

核燃料輸送物設計変更承認申請書

令05原機(P技)015
令和5年 11月 8日

原子力規制委員会 殿

住所 茨城県那珂郡東海村大字舟石川765番地1
氏名 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
理事長 小口 正範
(公印省略)

核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示(平成2年科学技術庁告示第5号)第41条第1項の規定により、下記のとおり申請します。

記

1. 核燃料輸送物の名称
MONJU-F型
2. 核燃料輸送物設計承認番号
J/118/B(U)F-96(Rev.3)

3. 変更内容

平成25年12月5日付け原管発第1312021号(平成27年4月24日付け27原機(P技)006をもって記載事項変更、平成30年10月19日付け30原機(P技)015をもって期間更新(平成30年11月21日付け原規規発第1811212号)、令和4年4月22日付け令04原機(P技)006をもって記載事項変更)により承認を受けた核燃料輸送物設計変更承認申請書(以下「既承認申請書」という。)の記載事項について別記のとおり変更する。

- (1) 核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則(以下「外運搬規則」という。)及び核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示(以下「外運搬告示」という。)の改正を踏まえて、次のとおり変更する。
 - ・(イ) 章「核燃料輸送物の説明」に使用予定年数及び使用予定回数を追加する。
 - ・使用予定期間中の経年変化の評価を行い、その結果を(ロ)章F「核燃料輸送物の経年変化の考慮」(追加)及び(ロ)章G「外運搬規則及び外運搬告示に対する適合性の評価」として記載する。
 - ・(ハ) 章「品質マネジメントの基本方針」を削除し、「輸送容器に係る品質管理の方法等(設計に係るものに限る。)」に関する説明書を追加する。
- (2) 核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に係る核燃料輸送物設計承認及び容器承認等に関する申請手続ガイド(以下「申請手続ガイド」という。)を踏まえて、章構成及び記載の変更を行う。
- (3) その他記載の見直しを行う。

4. 変更理由

- (1) 外運搬規則及び外運搬告示が改正されたため。
- (2) 申請手続ガイドに基づき見直したため。
- (3) 記載を適正化するため。

以上

1. 核燃料輸送物の名称

MONJU-F型

2. 輸送容器の外形寸法、重量及び主要材料

(1) 輸送容器の外形寸法

高さ : 約

幅 : 約

長さ : 約

(2) 輸送容器の重量 : 以下

(3) 核燃料輸送物の総重量 : 以下

(4) 輸送容器の主要材料

外容器

外胴 :

断熱緩衝材 :

中性子しゃへい材 :

伝熱板 :

緩衝材 :

内容器 :

燃料集合体ホルダ :

(5) 核燃料輸送物の概略を示す図 : 添付図のとおり

詳細形状は、本核燃料輸送物設計変更承認申請書（令和5年11月8日付け令
05原機（P技）015）に係る別記-1の（イ）-第2図から（イ）-第7図ま
でに示されている。

3. 核燃料輸送物の種類

BU型核分裂性輸送物

4. 収納する核燃料物質等の種類、性状、重量及び放射能の量

添付表のとおり

収納物の重量については、1容器につき 以下

5. 輸送制限個数

(1) 輸送制限個数 : 制限なし

(2) 配列方法 : 任意

(3) 臨界安全指数 : 0

6. 運搬中に予想される周囲の温度の範囲

−40℃～38℃まで

7. 収納物の臨界防止のための核燃料輸送物の構造に関する事項

収納物の臨界防止のため、密封容器に収納され収納位置が維持されるようになっている。

8. 臨界安全評価における浸水の領域に関する事項

臨界安全評価においては、本輸送物の密封装置内に水が浸入するものとして評価している。

9. 収納物の密封性に関する事項

密封装置は燃料要素及び内容器である。燃料要素は、被覆管の両端にステンレス製の端栓が溶接されているため密封性は保持されている。内容器の蓋部は [] の [] と、 [] の [] が [] の合計 [] の貫通部を有しているが、 [] のシール部はOリング及びシートパッキンにより密封性は保持されている。

10. BM型輸送物にあつては、BU型輸送物の設計基準のうち適合しない基準についての説明

該当しない

11. 輸送容器の保守及び核燃料輸送物の取扱いに関する事項

本輸送容器の保守及び定期自主検査並びに本核燃料輸送物の取扱いについては、本核燃料輸送物設計変更承認申請書（令和5年11月8日付け令05原機（P技）015）に係る別記-1に記載した方法により実施している。

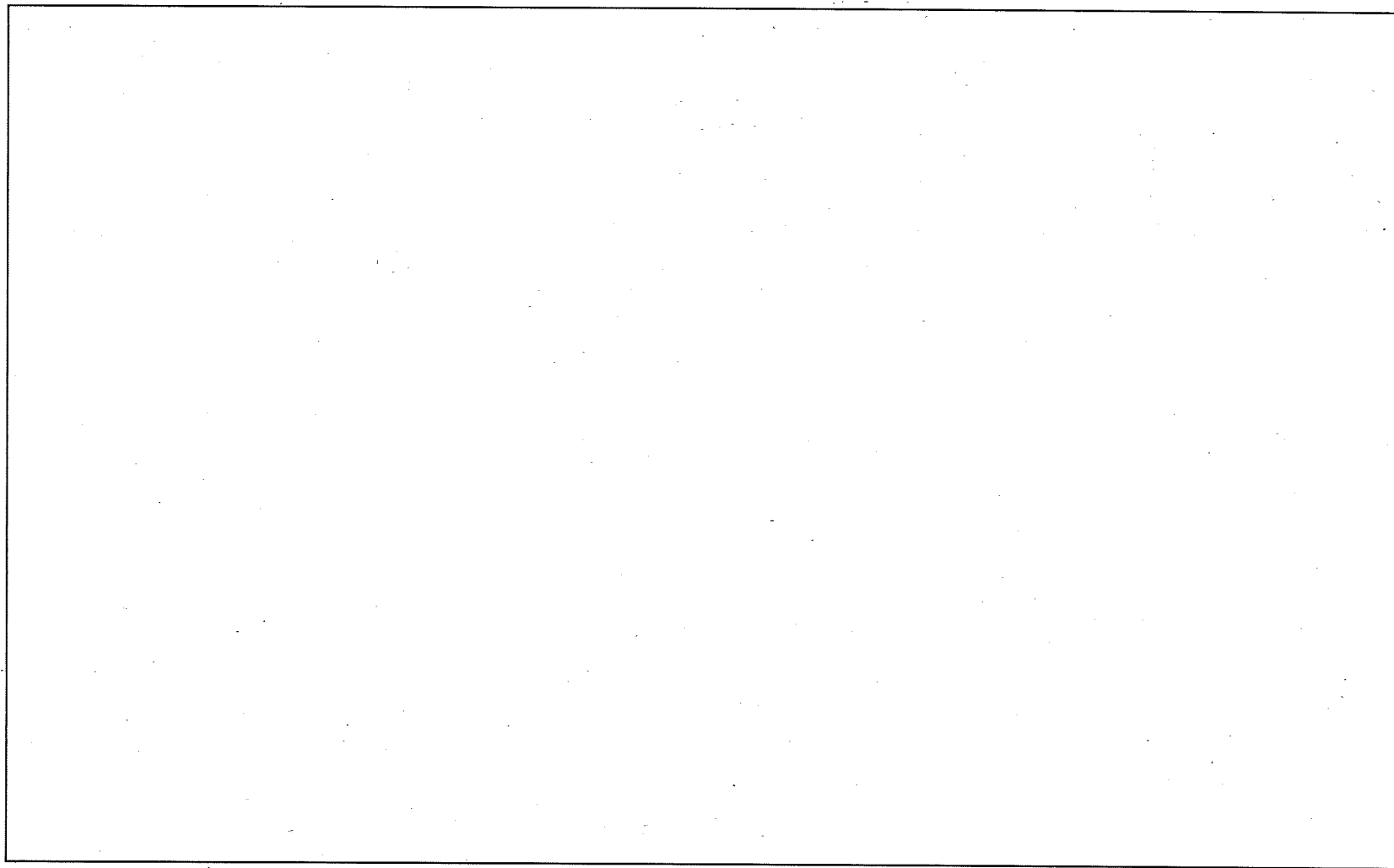
12. 輸送容器に係る品質管理の方法等（設計に係るものに限る。）に関する事項

輸送容器に係る品質管理の方法等（設計に係るものに限る。）については、本核燃料輸送物設計変更承認申請書（令和5年11月8日付け令05原機（P技）015）に係る別記-2に記載した方法により実施している。

13. その他特記事項

(1) 使用予定年数

本輸送容器は、製造してから現在までに3.2年が経過している輸送容器であり、今後2.8年の使用を予定しているため、総使用予定年数を60年としている。



添付図 MONJU-F型核燃料輸送物外觀図

表 収納する核燃料物質等の種類、性状重量及び放射能の量

	収納物 - I	収納物 - II	収納物 - III
収納物重量 核燃料物質 ・種類	[] 以下 / 容器 ([] / 体以下) プルトニウム・ウラン混合酸化物 (炉心燃料ペレット) * ¹ 及びウラン酸化物 (軸方向ブランケット燃料ペレット)	[] 以下 / 容器 ([] / 体以下) プルトニウム・ウラン混合酸化物 (炉心燃料ペレット) * ¹ 及びウラン酸化物 (軸方向ブランケット燃料ペレット)	[] 以下 / 容器 ([] / 体以下) プルトニウム・アルミニウム合金、ウラン・アルミニウム合金及びウラン金属
・性状 ・重量	[]	[]	[]
・プルトニウム・ウラン混合酸化物 ・ウラン酸化物	[] (炉心燃料ペレット)	[] (炉心燃料ペレット)	該当せず
・ウラン	[] 以下	[] 以下	[] 以下
・ U 2 3 5	[] 以下	[] 以下	[] 以下
・ U 2 3 8	[] 以下	[] 以下	[] 以下
・プルトニウム	[] 以下	[] 以下	[] 以下
・ Pu 2 3 8	[] 以下	[] 以下	[] 以下
・ Pu 2 3 9	[] 以下	[] 以下	[] 以下
・ Pu 2 4 0	[] 以下	[] 以下	[] 以下
・ Pu 2 4 1	[] 以下	[] 以下	[] 以下
・ Pu 2 4 2	[] 以下	[] 以下	[] 以下
・ Am 2 4 1	[] 以下	[] 以下	[] 以下
・ Pu-fissile 重量 (Pu-fissile 率)	[] 以下	[] 以下	[] 以下
・組成			
・核分裂性プルトニウム富化度	[] 以下	[] 以下	[] 以下
・プルトニウム富化度	[] 以下	[] 以下	[] 以下
・ウラン濃縮度	[] 以下 * ²	[] 以下 * ²	[] 以下

	収納物 - I	収納物 - II	収納物 - III
・ 燃焼度	該当せず	該当せず	該当せず
・ 冷却日数	該当せず	該当せず	該当せず
・ 放射能の量			
・ 総量	最大 <input type="text"/>	最大 <input type="text"/>	最大 <input type="text"/>
・ 主要な核種			
Pu 238	最大 <input type="text"/>	最大 <input type="text"/>	最大 <input type="text"/>
Pu 241	最大 <input type="text"/>	最大 <input type="text"/>	最大 <input type="text"/>
Am 241	最大 <input type="text"/>	最大 <input type="text"/>	最大 <input type="text"/>
・ 発熱量	最大 <input type="text"/>	最大 <input type="text"/>	最大 <input type="text"/>

注) 収納物-I:「もんじゅ」炉心燃料集合体、収納物-II:「もんじゅ」炉内性能試験用集合体、収納物-III:「もんじゅ」炉内性能試験用中性子検出要素
 収納物-I、-II及び-IIIの間で、1輸送容器内への混合積載はしない。

*1 収納物-I及び収納物-IIのプルトニウム・ウラン混合酸化物(炉心燃料ペレット)中のウランについては、回収ウランを含む。

*2 ただし、収納物-I及び収納物-IIの軸方向ブランケット燃料ペレットのウラン濃縮度については、以下とする。

別紙

本MONJU-F型核燃料輸送物の設計変更に伴う「別紙記載事項の変更箇所一覧表」及び「別紙記載事項」を以下に示す。

添付 別紙記載事項の変更箇所一覧表

別紙記載事項 別記-1

輸送容器の設計及び核燃料物質等を当該輸送容器に収納した場合の核燃料輸送物の安全性に関する説明書

- (イ) 章 核燃料輸送物の説明
- (ロ) 章 核燃料輸送物の安全解析
- (ハ) 章 輸送容器の保守及び核燃料輸送物の取扱方法
- (ニ) 章 安全設計及び安全輸送に関する特記事項

別紙記載事項 別記-2

輸送容器に係る品質管理の方法等（設計に係るものに限る）に関する説明書

別紙記載事項の変更箇所一覧表

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(目)-1	4行目	(イ)-B 輸送物の種類	(イ)-B 核燃料輸送物の種類
(目)-1	14行目	A. 4 輸送物の要件	A. 4 核燃料輸送物の要件
(目)-3	17行目	B. 5.2 輸送物の評価条件	B. 5.2 核燃料輸送物の評価条件
(目)-3	18行目	B. 5.3 輸送物温度	B. 5.3 核燃料輸送物温度
(目)-4	29行目	E. 4.2 輸送物への水の浸入等	E. 4.2 核燃料輸送物への水の浸入等
(目)-5	12行目	E. 6.4.2 輸送物への水の浸入等	E. 6.4.2 核燃料輸送物への水の浸入等
(目)-5	16行目の後 (記載追加)		(p)-F 核燃料輸送物の経年変化の考慮----- (p)-F-1 F. 1 考慮すべき経年変化要因----- (p)-F-1 F. 2 安全解析における経年変化の考慮の必要性の 評価----- (p)-F-1 F. 3 安全解析における経年変化の考慮内容----- ----- (p)-F-5 F. 4 参考文献----- (p)-F-6
(目)-5	17行目	(p)-F 規則及び告示に対する適合性の評価 ----- (p)-F-1	(p)-G 外運搬規則及び外運搬告示に対する適合性の評 価----- (p)-G-1
(目)-5	18行目	(p)-F 原型試験報告書----- (p)-F-1	(p)-H 原型試験報告書----- (p)-H-1
(目)-5	19行目	G. 1 原型容器試験の概要----- (p)-G-1	H. 1 原型容器試験の概要----- (p)-H-1
(目)-5	20行目	G. 1.1 原型容器試験の位置付け----- (p)-G-1	H. 1.1 原型容器試験の位置付け----- (p)-H-1
(目)-5	21行目	G. 1.2 原型容器試験要領----- (p)-G-1	H. 1.2 原型容器試験要領----- (p)-H-1
(目)-5	22行目	G. 1.2.1 試験手順----- (p)-G-1	H. 1.2.1 試験手順----- (p)-H-1
(目)-5	23行目	G. 1.2.2 試験施設----- (p)-G-2	H. 1.2.2 試験施設----- (p)-H-2
(目)-5	24行目	G. 1.3 原型容器と実機容器の主な相違点 ----- (p)-G-3	H. 1.3 原型容器と実機容器の主な相違点 ----- (p)-H-3
(目)-5	25行目	G. 1.4 原型容器試験結果----- (p)-G-3	H. 1.4 原型容器試験結果----- (p)-H-3
(目)-5	26行目	G. 1.4.1 気密漏えい検査----- (p)-G-3	H. 1.4.1 気密漏えい検査----- (p)-H-3
(目)-5	27行目	G. 1.4.2 落下試験 I ----- (p)-G-4	H. 1.4.2 落下試験 I ----- (p)-H-4

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(目)-5	28行目	G. 1.4.3 落下試験Ⅱ----- (p)-G-5	H. 1.4.3 落下試験Ⅱ----- (p)-H-5
(目)-5	29行目	G. 1.4.4 耐火試験----- (p)-G-5	H. 1.4.4 耐火試験----- (p)-H-5
(目)-5	30行目	G. 1.4.5 浸漬試験----- (p)-G-7	H. 1.4.5 浸漬試験----- (p)-H-7
(目)-5	31行目	G. 1.4.6 原型試験結果のまとめ----- (p)-G-7	H. 1.4.6 原型試験結果のまとめ----- (p)-H-7
(目)-5	32行目	G. 2 200m 浸漬試験の詳細----- (p)-G-11	H. 2 200m 浸漬試験の詳細----- (p)-H-11
(目)-6	1行目	G. 2.1 200m 浸漬試験の概要----- (p)-G-11	H. 2.1 200m 浸漬試験の概要----- (p)-H-11
(目)-6	2行目	G. 2.2 試験手順----- (p)-G-11	H. 2.2 試験手順----- (p)-H-11
(目)-6	3行目	G. 2.3 試験日及び試験場所----- (p)-G-11	H. 2.3 試験日及び試験場所----- (p)-H-11
(目)-6	4行目	G. 2.4 原型容器----- (p)-G-11	H. 2.4 原型容器----- (p)-H-11
(目)-6	5行目	G. 2.5 試験設備----- (p)-G-12	H. 2.5 試験設備----- (p)-H-12
(目)-6	6行目	G. 2.6 試験要領----- (p)-G-15	H. 2.6 試験要領----- (p)-H-15
(目)-6	7行目	G. 2.6.1 200m 浸漬試験要領----- (p)-G-15	H. 2.6.1 200m 浸漬試験要領----- (p)-H-15
(目)-6	8行目	G. 2.6.2 気密漏えい検査要領----- (p)-G-15	H. 2.6.2 気密漏えい検査要領----- (p)-H-15
(目)-6	9行目	G. 2.7 試験結果----- (p)-G-19	H. 2.7 試験結果----- (p)-H-19
(目)-6	10行目	G. 2.8 結果の要約と評価----- (p)-G-19	H. 2.8 結果の要約と評価----- (p)-H-19
(目)-6	11行目～ 22行目を削除	「(ハ) 章 品質マネジメントの基本方針----- (ハ)-A-1」から「(ハ) 章 品質マネジメントの基本方針----- (ハ)-A-1」まで 22行目を削除	「D.5 設計・開発の検証----- (ハ)-D-1」から「D.5 設計・開発の検証----- (ハ)-D-1」まで
(目)-7	1行目～ 7行目	「D.6 設計・開発の妥当性確認----- (ハ)-D-2」から「(ハ) 章 取扱い及び保守----- (ハ)-F-1」まで7行を削除	「(ハ) 章 取扱い及び保守----- (ハ)-F-1」まで7行を削除
(目)-7	8行目	(ニ) 章 輸送容器の保守及び核燃料輸送物の取扱い方法 ----- (ニ)-A-1	(ハ) 章 輸送容器の保守及び核燃料輸送物の取扱い方法 ----- (ハ)-A-1
(目)-7	9行目	(ニ)-A 輸送物の取扱い方法----- (ニ)-A-1	(ハ)-A 核燃料輸送物の取扱い方法----- (ハ)-A-1
(目)-7	10行目	(ニ)-A-1	(ハ)-A-1
(目)-7	11行目	A. 2 輸送物の発送前検査----- (ニ)-A-1	A. 2 核燃料輸送物の発送前検査----- (ハ)-A-1
(目)-7	12行目	(ニ)-A-4	(ハ)-A-4
(目)-7	13行目	(ニ)-A-5	(ハ)-A-5
(目)-7	14行目	(ニ)-B 保守条件----- (ニ)-B-1	(ハ)-B 保守条件----- (ハ)-B-1

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(目)-7	15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 及び 22 行目	(ニ)-B-1	(ハ)-B-1
(目)-7	23, 24 及び 25 行目	(ニ)-B-2	(ハ)-B-2
(目)-7	26 行目	(ホ) 章 安全設計及び安全輸送に関する特記事項----- ----- (ホ)-1	(ニ) 章 安全設計及び安全輸送に関する特記事項----- ----- (ニ)-1
(目)-8	15 行目	(ト)-第 A. 1 図 輸送物の重心及びコーナー角度	(ロ)-第 A. 1 図 核燃料輸送物の重心及びコーナー角度
(目)-8	18 行目	(ト)-第 A. 4 図 輸送物の固縛状態	(ロ)-第 A. 4 図 核燃料輸送物の固縛状態
(目)-10	23 行目	(ト)-第 B. 1 図 輸送物の主要構造	(ロ)-第 B. 1 図 核燃料輸送物の主要構造
(目)-10	24 行目	(ト)-第 B. 2 図 特別の試験条件下での輸送物の非定常温度分布	(ロ)-第 B. 2 図 特別の試験条件下での核燃料輸送物の非定常温度分布
(目)-10	26 行目	(ト)-第 B. 4 図 一般の試験条件下における輸送物各部の温度分布	(ロ)-第 B. 4 図 一般の試験条件下における核燃料輸送物各部の温度分布
(目)-10	30 行目	(ト)-第 B. 8 図 特別の試験条件下における輸送物各部の温度分布	(ロ)-第 B. 8 図 特別の試験条件下における核燃料輸送物各部の温度分布
(目)-11	10 行目	(ト)-第 G. 1 図 原型容器試験手順----- (ト)-G-2	(ロ)-第 H. 1 図 原型容器試験手順----- (ロ)-H-2
(目)-11	11 行目	(ト)-第 G. 2 図 耐火試験温度計測結果----- (ト)-G-6	(ロ)-第 H. 2 図 耐火試験温度計測結果----- (ロ)-H-6
(目)-11	12 行目	(ト)-第 G. 3 図 水平落下における原型容器試験結果と解析結果の比較----- (ト)-G-9	(ロ)-第 H. 3 図 水平落下における原型容器試験結果と解析結果の比較----- (ロ)-H-9
(目)-11	13 行目	(ト)-第 G. 4 図 コーナ落下における原型容器試験結果と解析結果の比較----- (ト)-G-10	(ロ)-第 H. 4 図 コーナ落下における原型容器試験結果と解析結果の比較----- (ロ)-H-10
(目)-11	14 行目	(ト)-第 G. 5 (1) 図 原型容器-2 のひずみゲージ取付位置図 (その 1) ----- (ト)-G-13	(ロ)-第 H. 5 (1) 図 原型容器-2 のひずみゲージ取付位置図 (その 1) ----- (ロ)-H-13
(目)-11	15 行目	(ト)-第 G. 5 (2) 図 原型容器-2 のひずみゲージ取付位置図 (その 2) ----- (ト)-G-14	(ロ)-第 H. 5 (2) 図 原型容器-2 のひずみゲージ取付位置図 (その 2) ----- (ロ)-H-14
(目)-11	16 行目	(ト)-第 G. 6 図 200m 浸漬試験状態図----- (ト)-G-17	(ロ)-第 H. 6 図 200m 浸漬試験状態図----- (ロ)-H-17

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(目)-11	17行目	(p)-第G.7図 気密漏えい検査の配管接続図 (p)-G-18	(p)-第H.7図 気密漏えい検査の配管接続図 p)-H-18
(目)-11	18行目	(p)-第G.8図 200m 浸漬試験時の加圧圧力の測定 チャート (p)-G-20	(p)-第H.8図 200m 浸漬試験時の加圧圧力の測定 チャート (p)-H-20
(目)-11	19行目	(p)-第G.9図 200m 浸漬試験時の内容器2重Oリング 部の真空度の測定チャート (p)-G-21	(p)-第H.9図 200m 浸漬試験時の内容器2重Oリング 部の真空度の測定チャート (p)-H-21
(目)-11	20行目	(p)-第G.10図 200m 浸漬試験における内容器外面のひ ずみ測定結果 (p)-G-22	(p)-第H.10図 200m 浸漬試験における内容器外面のひ ずみ測定結果 (p)-H-22
(目)-11	21行目～ 22行目	「(ハ)章」から「(ハ)-第B.1図 品質マネジメント体制図」	「(ハ)-第B-4」まで2行を削除
(目)-12	5行目	(イ)-第3表 輸送物重量 (最大値)	(イ)-第3表 核燃料輸送物重量 (最大値)
(目)-12	15行目	(p)-第A.4表 輸送物の重量	(p)-第A.4表 核燃料輸送物の重量
(目)-12	24行目	(p)-第A.13表 輸送物の温度分布 [一般の試験条件]	(p)-第A.13表 核燃料輸送物の温度分布 [一般の試験 条件]
(目)-13	28行目	(p)-第A.45表 耐火試験における輸送物各部の最高温 度	(p)-第A.45表 耐火試験における核燃料輸送物各部の 最高温度
(目)-14	25行目	(p)-第B.25表 特別の試験条件下における輸送物の総 合的評価	(p)-第B.25表 特別の試験条件下における核燃料輸送 物の総合的評価
(目)-15	12行目	(p)-第G.1表 原型容器と実機容器の主な相違点 (p)-G-3	(p)-第H.1表 原型容器と実機容器の主な相違点 (p)-H-3
(目)-15	13行目	(p)-第G.2表 気密漏えい検査結果 (p)-G-4	(p)-第H.2表 気密漏えい検査結果 (p)-H-4
(目)-15	14行目	(p)-第G.3表 原型容器試験結果と解析結果の比較 (p)-G-8	(p)-第H.3表 原型容器試験結果と解析結果の比較 (p)-H-8
(目)-15	15行目	(p)-第G.4表 200m 浸漬試験に関する試験一覧 (p)-G-16	(p)-第H.4表 200m 浸漬試験に関する試験一覧 (p)-H-16
(目)-15	16行目	(p)-第G.5表 200m 浸漬試験結果のまとめ	(p)-第H.5表 200m 浸漬試験結果のまとめ

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(目)-15		----- (目)-G-19	----- (目)-H-19
(目)-15	17行目	(二) 章	(イ) 章
(目)-15	18行目	(二)-第A.1表 輸送物発送前検査要領 ----- (二)-A-2	(イ)-第A.1表 核燃料輸送物発送前検査要領 ----- (イ)-A-2
(目)-15	19行目	(二)-第B.1表 定期自主検査一覧 ----- (二)-B-2	(イ)-第B.1表 定期自主検査一覧 ----- (イ)-B-2

注) 変更箇所を _____ で示す。

別紙記載事項の変更箇所一覧表

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(イ)-1	4行目	本輸送物は、主に高速増殖原型炉「もんじゅ」の新燃料集合体を独立行政法人日本原子力研究開発機構の核燃料サイクル工学研究所から高速増殖炉研究開発センターまで輸送するために使用することを目的とする。	本核燃料輸送物は、主に高速増殖原型炉「もんじゅ」の新燃料集合体を国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の核燃料サイクル工学研究所と高速増殖炉研究開発センターの間で輸送するために使用することを目的とする。
(イ)-1	7行目の後	(記載追加)	(3) 使用予定年数 製造後 60年 (4) 輸送容器の使用予定回数 製造後 30回
(イ)-1	8行目	(3) 輸送制限個数	(5) 輸送制限個数
(イ)-1	9行目	(4) 輸送指数	(6) 輸送指数
(イ)-1	10行目	(5) 臨界安全指数	(7) 臨界安全指数
(イ)-1	11行目	(6) 輸送物の総重量	(8) 核燃料輸送物の総重量
(イ)-1	12行目	(7) 輸送容器の外寸法	(9) 輸送容器の外寸法
(イ)-1	15行目	(8) 輸送容器の重量	(10) 輸送容器の重量
(イ)-1	16行目	(9) 輸送容器の主要材質	(11) 輸送容器の主要材質
(イ)-1	24行目	(10) 輸送物に収納する核燃料物質の仕様	(12) 核燃料輸送物に収納する核燃料物質の仕様
(イ)-2	4行目	核分裂性プルトニウム富化度：[]以下	核分裂性プルトニウム富化度：[]以下
(イ)-2	5行目	プルトニウム富化度：[]以下（ただし、収納物-Ⅲについては、[]以下）	プルトニウム富化度：[]以下（ただし、収納物-Ⅲについては、[]以下）
(イ)-2	6行目	ウラン濃縮度：[]以下（ただし、収納物-Ⅲについては、[]以下）	ウラン濃縮度：[]以下（ただし、収納物-Ⅲについては、[]以下）
(イ)-2	15行目	(11) 輸送形態	(13) 輸送形態
(イ)-2	20行目	(12) 冷却方式	(14) 冷却方式
(イ)-2	22行目	(イ)-B 輸送物の種類	(イ)-B 核燃料輸送物の種類
(イ)-2	27行目	器)及び燃料集合体ホルダより構成されている。輸送物の立体図を(イ)-第1図に示す。また、輸送物の全体図を(イ)-第2図に示す。	器)及び燃料集合体ホルダより構成されている。核燃料輸送物の立体図を(イ)-第1図に示す。また、核燃料輸送物の全体図を(イ)-第2図に示す。

(注) 変更箇所を [] で示す。

変更箇所		変更前		変更後																																													
ページ番号 (イ)-8	(イ)-第3表 (表題)	(イ)-第3表 輸送物重量 (最大値)	(イ)-第3表 核燃料輸送物重量 (最大値)																																														
(イ)-8	(イ)-第3表	<table border="1"> <thead> <tr> <th>名</th> <th>称</th> <th>重量 (単位: kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">輸送容器</td> <td>①輸送容器本体*</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">②燃料集合体ホルダ</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">③輸送容器重量 (①+②)</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">④取柄物重量</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">⑤輸送物総重量 (③+④)</td> <td><input type="text"/></td> </tr> </tbody> </table>	名	称	重量 (単位: kg)	輸送容器	①輸送容器本体*	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	②燃料集合体ホルダ		<input type="text"/>	③輸送容器重量 (①+②)		<input type="text"/>	④取柄物重量		<input type="text"/>	⑤輸送物総重量 (③+④)		<input type="text"/>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>名</th> <th>称</th> <th>重量 (単位: kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">輸送容器</td> <td>①輸送容器本体*</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">②燃料集合体ホルダ</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">③輸送容器重量 (①+②)</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">④取柄物重量</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">⑤核燃料輸送物総重量 (③+④)</td> <td><input type="text"/></td> </tr> </tbody> </table>	名	称	重量 (単位: kg)	輸送容器	①輸送容器本体*	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	②燃料集合体ホルダ		<input type="text"/>	③輸送容器重量 (①+②)		<input type="text"/>	④取柄物重量		<input type="text"/>	⑤核燃料輸送物総重量 (③+④)		<input type="text"/>		
名	称	重量 (単位: kg)																																															
輸送容器	①輸送容器本体*	<input type="text"/>																																															
	<input type="text"/>	<input type="text"/>																																															
	<input type="text"/>	<input type="text"/>																																															
②燃料集合体ホルダ		<input type="text"/>																																															
③輸送容器重量 (①+②)		<input type="text"/>																																															
④取柄物重量		<input type="text"/>																																															
⑤輸送物総重量 (③+④)		<input type="text"/>																																															
名	称	重量 (単位: kg)																																															
輸送容器	①輸送容器本体*	<input type="text"/>																																															
	<input type="text"/>	<input type="text"/>																																															
	<input type="text"/>	<input type="text"/>																																															
②燃料集合体ホルダ		<input type="text"/>																																															
③輸送容器重量 (①+②)		<input type="text"/>																																															
④取柄物重量		<input type="text"/>																																															
⑤核燃料輸送物総重量 (③+④)		<input type="text"/>																																															

注) 変更箇所を_____で示す。

ページ番号 (4)-18	変更箇所 (1)-第3表 (その1)	<p style="text-align: center;">変更前</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%; vertical-align: top;"> <p>収積物重量 積積目物質</p> <p>・種類 ・性状 ・重量 ・アルニウム・ウラン 混合酸化物 ・ウラン酸化物 ・ウラン U235 U238 アルニウム Pu238 Pu239 Pu240 Pu241 Pu242 Am241 Pu-tissite 重量 (Pu-tissite 等) 組成 ・核分裂性アルニウム ・アルニウム富化度 ・ウラン濃縮度</p> </td> <td style="width: 25%; vertical-align: top;"> <p>以下/容器 () / (体以F)</p> <p>アルニウム・ウラン混合酸化物 (熱心燃料ペレット) ・炭素 酸化物 (軸方向ウランペレット 燃料ペレット) 以下 (熱心燃料×41)</p> </td> <td style="width: 25%; vertical-align: top;"> <p>以下/容器 () / (体以F)</p> <p>アルニウム・ウラン混合酸化物 (熱心燃料ペレット) ・炭素 酸化物 (軸方向ウランペレット 燃料ペレット) 以下 (熱心燃料×41)</p> </td> <td style="width: 25%; vertical-align: top;"> <p>以下/容器 () / (体以F)</p> <p>アルニウム・ウラン混合酸化物 (熱心燃料ペレット) ・炭素 酸化物 (軸方向ウランペレット 燃料ペレット) 以下 (熱心燃料×41)</p> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">収積物 - III</td> <td style="text-align: center;">収積物 - II</td> <td style="text-align: center;">収積物 - I</td> <td></td> </tr> </table>	<p>収積物重量 積積目物質</p> <p>・種類 ・性状 ・重量 ・アルニウム・ウラン 混合酸化物 ・ウラン酸化物 ・ウラン U235 U238 アルニウム Pu238 Pu239 Pu240 Pu241 Pu242 Am241 Pu-tissite 重量 (Pu-tissite 等) 組成 ・核分裂性アルニウム ・アルニウム富化度 ・ウラン濃縮度</p>	<p>以下/容器 () / (体以F)</p> <p>アルニウム・ウラン混合酸化物 (熱心燃料ペレット) ・炭素 酸化物 (軸方向ウランペレット 燃料ペレット) 以下 (熱心燃料×41)</p>	<p>以下/容器 () / (体以F)</p> <p>アルニウム・ウラン混合酸化物 (熱心燃料ペレット) ・炭素 酸化物 (軸方向ウランペレット 燃料ペレット) 以下 (熱心燃料×41)</p>	<p>以下/容器 () / (体以F)</p> <p>アルニウム・ウラン混合酸化物 (熱心燃料ペレット) ・炭素 酸化物 (軸方向ウランペレット 燃料ペレット) 以下 (熱心燃料×41)</p>	収積物 - III	収積物 - II	収積物 - I	
<p>収積物重量 積積目物質</p> <p>・種類 ・性状 ・重量 ・アルニウム・ウラン 混合酸化物 ・ウラン酸化物 ・ウラン U235 U238 アルニウム Pu238 Pu239 Pu240 Pu241 Pu242 Am241 Pu-tissite 重量 (Pu-tissite 等) 組成 ・核分裂性アルニウム ・アルニウム富化度 ・ウラン濃縮度</p>	<p>以下/容器 () / (体以F)</p> <p>アルニウム・ウラン混合酸化物 (熱心燃料ペレット) ・炭素 酸化物 (軸方向ウランペレット 燃料ペレット) 以下 (熱心燃料×41)</p>	<p>以下/容器 () / (体以F)</p> <p>アルニウム・ウラン混合酸化物 (熱心燃料ペレット) ・炭素 酸化物 (軸方向ウランペレット 燃料ペレット) 以下 (熱心燃料×41)</p>	<p>以下/容器 () / (体以F)</p> <p>アルニウム・ウラン混合酸化物 (熱心燃料ペレット) ・炭素 酸化物 (軸方向ウランペレット 燃料ペレット) 以下 (熱心燃料×41)</p>							
収積物 - III	収積物 - II	収積物 - I								
	変更後	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%; vertical-align: top;"> <p>収積物重量 積積目物質</p> <p>・種類 ・性状 ・重量 ・アルニウム・ウラン 混合酸化物 ・ウラン酸化物 ・ウラン U235 U238 アルニウム Pu238 Pu239 Pu240 Pu241 Pu242 Am241 Pu-tissite 重量 (Pu-tissite 等) 組成 ・核分裂性アルニウム ・アルニウム富化度 ・ウラン濃縮度</p> </td> <td style="width: 25%; vertical-align: top;"> <p>以下/容器 () / (体以F)</p> <p>アルニウム・ウラン混合酸化物 (熱心燃料ペレット) ・炭素 酸化物 (軸方向ウランペレット 燃料ペレット) 以下 (熱心燃料×41)</p> </td> <td style="width: 25%; vertical-align: top;"> <p>以下/容器 () / (体以F)</p> <p>アルニウム・ウラン混合酸化物 (熱心燃料ペレット) ・炭素 酸化物 (軸方向ウランペレット 燃料ペレット) 以下 (熱心燃料×41)</p> </td> <td style="width: 25%; vertical-align: top;"> <p>以下/容器 () / (体以F)</p> <p>アルニウム・ウラン混合酸化物 (熱心燃料ペレット) ・炭素 酸化物 (軸方向ウランペレット 燃料ペレット) 以下 (熱心燃料×41)</p> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">収積物 - III</td> <td style="text-align: center;">収積物 - II</td> <td style="text-align: center;">収積物 - I</td> <td></td> </tr> </table>	<p>収積物重量 積積目物質</p> <p>・種類 ・性状 ・重量 ・アルニウム・ウラン 混合酸化物 ・ウラン酸化物 ・ウラン U235 U238 アルニウム Pu238 Pu239 Pu240 Pu241 Pu242 Am241 Pu-tissite 重量 (Pu-tissite 等) 組成 ・核分裂性アルニウム ・アルニウム富化度 ・ウラン濃縮度</p>	<p>以下/容器 () / (体以F)</p> <p>アルニウム・ウラン混合酸化物 (熱心燃料ペレット) ・炭素 酸化物 (軸方向ウランペレット 燃料ペレット) 以下 (熱心燃料×41)</p>	<p>以下/容器 () / (体以F)</p> <p>アルニウム・ウラン混合酸化物 (熱心燃料ペレット) ・炭素 酸化物 (軸方向ウランペレット 燃料ペレット) 以下 (熱心燃料×41)</p>	<p>以下/容器 () / (体以F)</p> <p>アルニウム・ウラン混合酸化物 (熱心燃料ペレット) ・炭素 酸化物 (軸方向ウランペレット 燃料ペレット) 以下 (熱心燃料×41)</p>	収積物 - III	収積物 - II	収積物 - I	
<p>収積物重量 積積目物質</p> <p>・種類 ・性状 ・重量 ・アルニウム・ウラン 混合酸化物 ・ウラン酸化物 ・ウラン U235 U238 アルニウム Pu238 Pu239 Pu240 Pu241 Pu242 Am241 Pu-tissite 重量 (Pu-tissite 等) 組成 ・核分裂性アルニウム ・アルニウム富化度 ・ウラン濃縮度</p>	<p>以下/容器 () / (体以F)</p> <p>アルニウム・ウラン混合酸化物 (熱心燃料ペレット) ・炭素 酸化物 (軸方向ウランペレット 燃料ペレット) 以下 (熱心燃料×41)</p>	<p>以下/容器 () / (体以F)</p> <p>アルニウム・ウラン混合酸化物 (熱心燃料ペレット) ・炭素 酸化物 (軸方向ウランペレット 燃料ペレット) 以下 (熱心燃料×41)</p>	<p>以下/容器 () / (体以F)</p> <p>アルニウム・ウラン混合酸化物 (熱心燃料ペレット) ・炭素 酸化物 (軸方向ウランペレット 燃料ペレット) 以下 (熱心燃料×41)</p>							
収積物 - III	収積物 - II	収積物 - I								

(注) 変更箇所を_____で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(イ)-19	(イ)-第3表 (その2) (注記)	*2 ただし、収納物-I及び収納物-IIの軸方向ブランクケツト燃料ペレットのウラン濃縮度については、 <input type="text"/> 以下とする。	*2 ただし、収納物-I及び収納物-IIの軸方向ブランクケツト燃料ペレットのウラン濃縮度については、 <input type="text"/> 以下とする。

注) 変更箇所を_____で示す。

別紙記載事項の変更箇所一覧表

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(p)-1	2行目	本輸送物に係る安全解析及び評価は、輸送物が「核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則(昭和53年総理府令第57号)」(以下、本章において「規則」という。)及び「平成2年科学技術庁告示第5号(核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示)」(以下、本章において「告示」という。)に基づき、B U型核燃料輸送物としての技術上の基準に適合することを示すために行う。	本核燃料輸送物に係る安全解析及び評価は、核燃料輸送物が「核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則(昭和53年総理府令第57号)」(以下、本章において「外運搬規則」という。)及び「核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示(平成2年科学技術庁告示第5号)」(以下、本章において「外運搬告示」という。)に基づき、B U型核燃料輸送物としての技術上の基準に適合することを示すために行う。
(p)-1	7行目	本輸送物に係る解析は、	本核燃料輸送物に係る解析は、
(p)-1	10行目	による輸送物の健全性を解析等により評価する。	による核燃料輸送物の健全性を解析等により評価する。
(p)-1	11行目	一般の試験条件における熱的試験、水噴霧、自由落下、積み重ね試験及び貫通による輸送物の健全性を解析等により評価する。	一般の試験条件における熱的試験、水噴霧、自由落下、積み重ね試験及び貫通による核燃料輸送物の健全性を解析等により評価する。
(p)-1	14行目	による輸送物の健全性を解析等により評価する。	による核燃料輸送物の健全性を解析等により評価する。
(p)-1	16行目	II及び浸漬試験については原型容器を用いた実験を実施している。「(p)-G原型試験報告書」参照。	II及び浸漬試験については原型容器を用いた実験を実施している。「(p)-H原型試験報告書」参照。
(p)-1	18行目	浸漬試験(水深200mm)による輸送物の健全性は、	浸漬試験(水深200mm)による核燃料輸送物の健全性は、
(p)-1	19行目	また、本輸送物は核分裂性輸送物であるので、臨界解析に用いる輸送物の解析モデルの検討も行っている。	また、本核燃料輸送物は核分裂性輸送物であるので、臨界解析に用いる核燃料輸送物の解析モデルの検討も行っている。
(p)-1	22行目	一般の試験条件における定常状態の輸送物各部の温度は、解析により評価する。	一般の試験条件における定常状態の核燃料輸送物各部の温度は、解析により評価する。
(p)-1	23行目	特別の試験条件における耐火試験は、構造解析による輸送物の変形を考慮して、解析により評価する。ただし、解析手法の確認のため、原型容器を用いた実験を実施している。「(p)-G原型試験報告書」参照。	特別の試験条件における耐火試験は、構造解析による核燃料輸送物の変形を考慮して、解析により評価する。ただし、解析手法の確認のため、原型容器を用いた実験を実施している。「(p)-H原型試験報告書」参照。

(注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(p)-2	6行目	本輸送物は、	本核燃料輸送物は、
	7行目	輸送物に対する孤立系及び配列系の実効増倍係数を解析により評価する。	核燃料輸送物に対する孤立系及び配列系の実効増倍係数を解析により評価する。
(p)-2	7行目の後	(記載追加)	<u>(F) 核燃料輸送物の経年変化の考慮</u> <u>本核燃料輸送物について、使用を予定する期間中に想定される使用状況及びそれに伴う経年変化の要因における経年変化の考慮の必要性を評価する。</u>

注) 変更箇所を _____ で示す。

別紙記載事項の変更箇所一覧表

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(平)-A-1	4行目	本輸送物は、	本核燃料輸送物は、
(平)-A-2	15行目	(b) 平成2年科学技術庁告示第5号(核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に定める告示)	(b) 核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示(平成2年科学技術庁告示第5号)

ページ番号	変更箇所 (P)-第A.1表 (その1)	変更前											変更後																	
		解 析 項 目	参 照 回 数	材 質	厚 度	本 設 計 作 業 種 類	計 算 荷 重	要 素	適用数式又は要素	解 析 基 準	備 考	1. 応力の発生 (D)応力の発生	(E)電磁的応力	2. 応力強度 内容部材 剛接部材 中央部材	3. 変形許容 (D)変形	(E)変形	4. 変形許容 (D)変形	(E)変形	5. 変形許容 (D)変形	(E)変形	6. 変形許容 (D)変形	(E)変形								
(P)-A-4		1. 筋上部	—	—	—	輸送物積載	3	電入所	$z = \frac{2S}{3F} + \frac{a}{a} + \sqrt{\left(\frac{z}{a}\right)^2 + z^2}$	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a						
		2. 筋下部	—	—	—	輸送物積載	3	電入所		0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a	0.6a						
		3. 変形許容	(D)変形	(E)変形	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
		4. 変形許容	(D)変形	(E)変形	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
		5. 変形許容	(D)変形	(E)変形	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
		6. 変形許容	(D)変形	(E)変形	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		7. 変形許容	(D)変形	(E)変形	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		8. 変形許容	(D)変形	(E)変形	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		9. 変形許容	(D)変形	(E)変形	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		10. 変形許容	(D)変形	(E)変形	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注) 変更箇所を_____で示す。

ページ番号 (R)-A-6	変更箇所 (R)-第A. 1表 (その3)	<div data-bbox="231 324 263 448">変更前</div> <table border="1" data-bbox="279 392 502 1892"> <thead> <tr> <th rowspan="2">番号</th> <th colspan="3">解除方法</th> <th colspan="4">計算</th> <th rowspan="2">参照項目</th> <th rowspan="2">計算位置</th> <th rowspan="2">乗算</th> <th rowspan="2">乗算位置</th> <th rowspan="2">乗算種別</th> <th rowspan="2">乗算単位</th> <th rowspan="2">乗算項目</th> <th rowspan="2">乗算位置</th> <th rowspan="2">乗算種別</th> <th rowspan="2">乗算単位</th> <th rowspan="2">乗算項目</th> <th rowspan="2">乗算位置</th> <th rowspan="2">乗算種別</th> </tr> <tr> <th>適用数式又は要素</th> <th>解除基準</th> <th>乗算位置</th> <th>乗算種別</th> <th>乗算単位</th> <th>乗算項目</th> <th>乗算位置</th> <th>乗算種別</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>⑤</td> <td>適用数式又は要素</td> <td>解除基準</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>乗算位置</td> <td>乗算種別</td> <td>乗算単位</td> <td>乗算項目</td> <td>乗算位置</td> <td>乗算種別</td> <td>乗算単位</td> <td>乗算項目</td> <td>乗算位置</td> <td>乗算種別</td> <td>乗算単位</td> <td>乗算項目</td> <td>乗算位置</td> <td>乗算種別</td> <td>乗算単位</td> <td>乗算項目</td> <td>乗算位置</td> <td>乗算種別</td> <td>乗算単位</td> </tr> </tbody> </table>	番号	解除方法			計算				参照項目	計算位置	乗算	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	適用数式又は要素	解除基準	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	⑤	適用数式又は要素	解除基準	<input type="checkbox"/>	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位	
番号	解除方法			計算				参照項目	計算位置	乗算														乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別																						
	適用数式又は要素	解除基準	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置				乗算種別																																												
⑤	適用数式又は要素	解除基準	<input type="checkbox"/>	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位																																	
変更後		<div data-bbox="231 996 263 1120">変更後</div> <table border="1" data-bbox="279 996 502 1892"> <thead> <tr> <th rowspan="2">番号</th> <th colspan="3">解除方法</th> <th colspan="4">計算</th> <th rowspan="2">参照項目</th> <th rowspan="2">計算位置</th> <th rowspan="2">乗算</th> <th rowspan="2">乗算位置</th> <th rowspan="2">乗算種別</th> <th rowspan="2">乗算単位</th> <th rowspan="2">乗算項目</th> <th rowspan="2">乗算位置</th> <th rowspan="2">乗算種別</th> <th rowspan="2">乗算単位</th> <th rowspan="2">乗算項目</th> <th rowspan="2">乗算位置</th> <th rowspan="2">乗算種別</th> <th rowspan="2">乗算単位</th> </tr> <tr> <th>適用数式又は要素</th> <th>解除基準</th> <th>乗算位置</th> <th>乗算種別</th> <th>乗算単位</th> <th>乗算項目</th> <th>乗算位置</th> <th>乗算種別</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>⑤</td> <td>適用数式又は要素</td> <td>解除基準</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>乗算位置</td> <td>乗算種別</td> <td>乗算単位</td> <td>乗算項目</td> <td>乗算位置</td> <td>乗算種別</td> <td>乗算単位</td> <td>乗算項目</td> <td>乗算位置</td> <td>乗算種別</td> <td>乗算単位</td> <td>乗算項目</td> <td>乗算位置</td> <td>乗算種別</td> <td>乗算単位</td> <td>乗算項目</td> <td>乗算位置</td> <td>乗算種別</td> <td>乗算単位</td> </tr> </tbody> </table>	番号	解除方法			計算				参照項目	計算位置	乗算	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位	適用数式又は要素	解除基準	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	⑤	適用数式又は要素	解除基準	<input type="checkbox"/>	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位
番号	解除方法			計算				参照項目	計算位置	乗算															乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位																				
	適用数式又は要素	解除基準	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置				乗算種別																																												
⑤	適用数式又は要素	解除基準	<input type="checkbox"/>	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位	乗算項目	乗算位置	乗算種別	乗算単位																																	

注) 変更箇所を_____で示す。

ページ番号 (H)-A-9	変更箇所 (P)-第A.2表 (その3)	<p>変更後</p> <table border="1"> <tr> <td>解題項目</td> <td>多照図</td> <td>材質</td> <td>断面</td> <td>自重</td> <td>種別</td> <td>変位</td> <td>変位</td> <td>変位</td> <td>変位</td> <td>変位</td> <td>変位</td> <td>変位</td> <td>変位</td> <td>変位</td> <td>変位</td> <td>変位</td> <td>変位</td> </tr> <tr> <td>5.2 水平基下 外存器の变形 脚のある方向</td> <td>(a) 第A.4図</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										解題項目	多照図	材質	断面	自重	種別	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	5.2 水平基下 外存器の变形 脚のある方向	(a) 第A.4図																
解題項目	多照図	材質	断面	自重	種別	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位																														
5.2 水平基下 外存器の变形 脚のある方向	(a) 第A.4図																																														
		<p>変更前</p> <table border="1"> <tr> <td>解題項目</td> <td>多照図</td> <td>材質</td> <td>断面</td> <td>自重</td> <td>種別</td> <td>変位</td> <td>変位</td> <td>変位</td> <td>変位</td> <td>変位</td> <td>変位</td> <td>変位</td> <td>変位</td> <td>変位</td> <td>変位</td> <td>変位</td> <td>変位</td> </tr> <tr> <td>5.2 水平基下 外存器の变形 脚のある方向</td> <td>(a) 第A.4図</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										解題項目	多照図	材質	断面	自重	種別	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	5.2 水平基下 外存器の变形 脚のある方向	(a) 第A.4図																
解題項目	多照図	材質	断面	自重	種別	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位	変位																														
5.2 水平基下 外存器の变形 脚のある方向	(a) 第A.4図																																														

(注) 変更箇所を_____で示す。

ページ番号	変更箇所 (p)-第A.2表 (その4)	変更前										変更後									
		解折項目	参照図	材質	温度	許容歪率	種別	許容歪率	種別	材質	温度	許容歪率	種別	参照図	材質	温度	許容歪率	種別	解折箇所	備考	
(p)-A-10		3.3 傾斜落下	外部の歪形量	傾斜落下																	
		3.4 コーナ落下	外部の歪形量	傾斜落下																	
		3.1 コーナ落下	外部の歪形量	傾斜落下																	
		1. 落下試験	外部の歪形量	傾斜落下																	
		6. 貫通	外部の歪形量	傾斜落下																	
		解折項目	参照図	材質	温度	許容歪率	種別	許容歪率	種別	材質	温度	許容歪率	種別	参照図	材質	温度	許容歪率	種別	解折箇所	備考	
		3.3 傾斜落下	外部の歪形量	傾斜落下																	
		3.4 コーナ落下	外部の歪形量	傾斜落下																	
		3.1 コーナ落下	外部の歪形量	傾斜落下																	
		1. 落下試験	外部の歪形量	傾斜落下																	
		6. 貫通	外部の歪形量	傾斜落下																	

(注) 変更箇所を_____で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後																																							
(P)-A-11	(P)-第A.3表 (その1)	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="272 1576 424 1626">解題項目</td> <td data-bbox="272 1016 424 1576"> 1. 強電線・落下電線 (1) 外装の電線 上部電線 下部電線 (2) 閉路電線 上部電線 下部電線 (3) 絶縁体本体外装 </td> <td data-bbox="424 1016 762 1576"> 参照目録 (P)-第A.31回 (P)-第A.32回 (P)-第A.33回 </td> <td data-bbox="762 1016 831 1576"> 非 注 茶 緑 赤 青 紫 黄 白 </td> <td data-bbox="831 1016 900 1576"> 変形量 1 閉路力 1 曲げ </td> <td data-bbox="900 1016 968 1576"> $U_1 = m \cdot r \cdot h$ $U_2 = V_1 \cdot a_1$ $U_3 = V_2 \cdot a_2$ $U_4 = U_1 + U_2 + U_3$ 上式より変形量を算出 </td> <td data-bbox="968 1016 1037 1576"> $F_1 = A_1 \cdot a_1$ $F_2 = A_2 \cdot a_2$ $F_3 = F_1 + F_2 + F_3$ $G = \frac{m \cdot g}{A_1}$ この値を各部の強度計算に使用 </td> <td data-bbox="1037 1016 1189 1576"> $a_1 = \beta \cdot \frac{h^2}{p \cdot a^2}$ </td> <td data-bbox="1189 1016 1335 1576"> 変形量 閉路力 曲げ </td> <td data-bbox="1189 293 1335 958"> 変形量 閉路力 曲げ </td> </tr> <tr> <td data-bbox="272 1576 424 1626">解題項目</td> <td data-bbox="272 1016 424 1576"> 1. 強電線・落下電線 (1) 外装の電線 上部電線 下部電線 (2) 閉路電線 上部電線 下部電線 (3) 絶縁体本体外装 </td> <td data-bbox="424 1016 762 1576"> 参照目録 (P)-第A.31回 (P)-第A.32回 (P)-第A.33回 </td> <td data-bbox="762 1016 831 1576"> 非 注 茶 緑 赤 青 紫 黄 白 </td> <td data-bbox="831 1016 900 1576"> 変形量 1 閉路力 1 曲げ </td> <td data-bbox="900 1016 968 1576"> $U_1 = m \cdot r \cdot h$ $U_2 = V_1 \cdot a_1$ $U_3 = V_2 \cdot a_2$ $U_4 = U_1 + U_2 + U_3$ 上式より変形量を算出 </td> <td data-bbox="968 1016 1037 1576"> $F_1 = A_1 \cdot a_1$ $F_2 = A_2 \cdot a_2$ $F_3 = F_1 + F_2 + F_3$ $G = \frac{m \cdot g}{A_1}$ この値を各部の強度計算に使用 </td> <td data-bbox="1037 1016 1189 1576"> $a_1 = \beta \cdot \frac{h^2}{p \cdot a^2}$ </td> <td data-bbox="1189 1016 1335 1576"> 変形量 閉路力 曲げ </td> <td data-bbox="1189 293 1335 958"> 変形量 閉路力 曲げ </td> </tr> <tr> <td data-bbox="272 1576 424 1626">解題項目</td> <td data-bbox="272 1016 424 1576"> 1. 強電線・落下電線 (1) 外装の電線 上部電線 下部電線 (2) 閉路電線 上部電線 下部電線 (3) 絶縁体本体外装 </td> <td data-bbox="424 1016 762 1576"> 参照目録 (P)-第A.31回 (P)-第A.32回 (P)-第A.33回 </td> <td data-bbox="762 1016 831 1576"> 非 注 茶 緑 赤 青 紫 黄 白 </td> <td data-bbox="831 1016 900 1576"> 変形量 1 閉路力 1 曲げ </td> <td data-bbox="900 1016 968 1576"> $U_1 = m \cdot r \cdot h$ $U_2 = V_1 \cdot a_1$ $U_3 = V_2 \cdot a_2$ $U_4 = U_1 + U_2 + U_3$ 上式より変形量を算出 </td> <td data-bbox="968 1016 1037 1576"> $F_1 = A_1 \cdot a_1$ $F_2 = A_2 \cdot a_2$ $F_3 = F_1 + F_2 + F_3$ $G = \frac{m \cdot g}{A_1}$ この値を各部の強度計算に使用 </td> <td data-bbox="1037 1016 1189 1576"> $a_1 = \beta \cdot \frac{h^2}{p \cdot a^2}$ </td> <td data-bbox="1189 1016 1335 1576"> 変形量 閉路力 曲げ </td> <td data-bbox="1189 293 1335 958"> 変形量 閉路力 曲げ </td> </tr> <tr> <td data-bbox="272 1576 424 1626">解題項目</td> <td data-bbox="272 1016 424 1576"> 1. 強電線・落下電線 (1) 外装の電線 上部電線 下部電線 (2) 閉路電線 上部電線 下部電線 (3) 絶縁体本体外装 </td> <td data-bbox="424 1016 762 1576"> 参照目録 (P)-第A.31回 (P)-第A.32回 (P)-第A.33回 </td> <td data-bbox="762 1016 831 1576"> 非 注 茶 緑 赤 青 紫 黄 白 </td> <td data-bbox="831 1016 900 1576"> 変形量 1 閉路力 1 曲げ </td> <td data-bbox="900 1016 968 1576"> $U_1 = m \cdot r \cdot h$ $U_2 = V_1 \cdot a_1$ $U_3 = V_2 \cdot a_2$ $U_4 = U_1 + U_2 + U_3$ 上式より変形量を算出 </td> <td data-bbox="968 1016 1037 1576"> $F_1 = A_1 \cdot a_1$ $F_2 = A_2 \cdot a_2$ $F_3 = F_1 + F_2 + F_3$ $G = \frac{m \cdot g}{A_1}$ この値を各部の強度計算に使用 </td> <td data-bbox="1037 1016 1189 1576"> $a_1 = \beta \cdot \frac{h^2}{p \cdot a^2}$ </td> <td data-bbox="1189 1016 1335 1576"> 変形量 閉路力 曲げ </td> <td data-bbox="1189 293 1335 958"> 変形量 閉路力 曲げ </td> </tr> </table>	解題項目	1. 強電線・落下電線 (1) 外装の電線 上部電線 下部電線 (2) 閉路電線 上部電線 下部電線 (3) 絶縁体本体外装	参照目録 (P)-第A.31回 (P)-第A.32回 (P)-第A.33回	非 注 茶 緑 赤 青 紫 黄 白	変形量 1 閉路力 1 曲げ	$U_1 = m \cdot r \cdot h$ $U_2 = V_1 \cdot a_1$ $U_3 = V_2 \cdot a_2$ $U_4 = U_1 + U_2 + U_3$ 上式より変形量を算出	$F_1 = A_1 \cdot a_1$ $F_2 = A_2 \cdot a_2$ $F_3 = F_1 + F_2 + F_3$ $G = \frac{m \cdot g}{A_1}$ この値を各部の強度計算に使用	$a_1 = \beta \cdot \frac{h^2}{p \cdot a^2}$	変形量 閉路力 曲げ	変形量 閉路力 曲げ	解題項目	1. 強電線・落下電線 (1) 外装の電線 上部電線 下部電線 (2) 閉路電線 上部電線 下部電線 (3) 絶縁体本体外装	参照目録 (P)-第A.31回 (P)-第A.32回 (P)-第A.33回	非 注 茶 緑 赤 青 紫 黄 白	変形量 1 閉路力 1 曲げ	$U_1 = m \cdot r \cdot h$ $U_2 = V_1 \cdot a_1$ $U_3 = V_2 \cdot a_2$ $U_4 = U_1 + U_2 + U_3$ 上式より変形量を算出	$F_1 = A_1 \cdot a_1$ $F_2 = A_2 \cdot a_2$ $F_3 = F_1 + F_2 + F_3$ $G = \frac{m \cdot g}{A_1}$ この値を各部の強度計算に使用	$a_1 = \beta \cdot \frac{h^2}{p \cdot a^2}$	変形量 閉路力 曲げ	変形量 閉路力 曲げ	解題項目	1. 強電線・落下電線 (1) 外装の電線 上部電線 下部電線 (2) 閉路電線 上部電線 下部電線 (3) 絶縁体本体外装	参照目録 (P)-第A.31回 (P)-第A.32回 (P)-第A.33回	非 注 茶 緑 赤 青 紫 黄 白	変形量 1 閉路力 1 曲げ	$U_1 = m \cdot r \cdot h$ $U_2 = V_1 \cdot a_1$ $U_3 = V_2 \cdot a_2$ $U_4 = U_1 + U_2 + U_3$ 上式より変形量を算出	$F_1 = A_1 \cdot a_1$ $F_2 = A_2 \cdot a_2$ $F_3 = F_1 + F_2 + F_3$ $G = \frac{m \cdot g}{A_1}$ この値を各部の強度計算に使用	$a_1 = \beta \cdot \frac{h^2}{p \cdot a^2}$	変形量 閉路力 曲げ	変形量 閉路力 曲げ	解題項目	1. 強電線・落下電線 (1) 外装の電線 上部電線 下部電線 (2) 閉路電線 上部電線 下部電線 (3) 絶縁体本体外装	参照目録 (P)-第A.31回 (P)-第A.32回 (P)-第A.33回	非 注 茶 緑 赤 青 紫 黄 白	変形量 1 閉路力 1 曲げ	$U_1 = m \cdot r \cdot h$ $U_2 = V_1 \cdot a_1$ $U_3 = V_2 \cdot a_2$ $U_4 = U_1 + U_2 + U_3$ 上式より変形量を算出	$F_1 = A_1 \cdot a_1$ $F_2 = A_2 \cdot a_2$ $F_3 = F_1 + F_2 + F_3$ $G = \frac{m \cdot g}{A_1}$ この値を各部の強度計算に使用	$a_1 = \beta \cdot \frac{h^2}{p \cdot a^2}$	変形量 閉路力 曲げ	変形量 閉路力 曲げ
解題項目	1. 強電線・落下電線 (1) 外装の電線 上部電線 下部電線 (2) 閉路電線 上部電線 下部電線 (3) 絶縁体本体外装	参照目録 (P)-第A.31回 (P)-第A.32回 (P)-第A.33回	非 注 茶 緑 赤 青 紫 黄 白	変形量 1 閉路力 1 曲げ	$U_1 = m \cdot r \cdot h$ $U_2 = V_1 \cdot a_1$ $U_3 = V_2 \cdot a_2$ $U_4 = U_1 + U_2 + U_3$ 上式より変形量を算出	$F_1 = A_1 \cdot a_1$ $F_2 = A_2 \cdot a_2$ $F_3 = F_1 + F_2 + F_3$ $G = \frac{m \cdot g}{A_1}$ この値を各部の強度計算に使用	$a_1 = \beta \cdot \frac{h^2}{p \cdot a^2}$	変形量 閉路力 曲げ	変形量 閉路力 曲げ																																	
解題項目	1. 強電線・落下電線 (1) 外装の電線 上部電線 下部電線 (2) 閉路電線 上部電線 下部電線 (3) 絶縁体本体外装	参照目録 (P)-第A.31回 (P)-第A.32回 (P)-第A.33回	非 注 茶 緑 赤 青 紫 黄 白	変形量 1 閉路力 1 曲げ	$U_1 = m \cdot r \cdot h$ $U_2 = V_1 \cdot a_1$ $U_3 = V_2 \cdot a_2$ $U_4 = U_1 + U_2 + U_3$ 上式より変形量を算出	$F_1 = A_1 \cdot a_1$ $F_2 = A_2 \cdot a_2$ $F_3 = F_1 + F_2 + F_3$ $G = \frac{m \cdot g}{A_1}$ この値を各部の強度計算に使用	$a_1 = \beta \cdot \frac{h^2}{p \cdot a^2}$	変形量 閉路力 曲げ	変形量 閉路力 曲げ																																	
解題項目	1. 強電線・落下電線 (1) 外装の電線 上部電線 下部電線 (2) 閉路電線 上部電線 下部電線 (3) 絶縁体本体外装	参照目録 (P)-第A.31回 (P)-第A.32回 (P)-第A.33回	非 注 茶 緑 赤 青 紫 黄 白	変形量 1 閉路力 1 曲げ	$U_1 = m \cdot r \cdot h$ $U_2 = V_1 \cdot a_1$ $U_3 = V_2 \cdot a_2$ $U_4 = U_1 + U_2 + U_3$ 上式より変形量を算出	$F_1 = A_1 \cdot a_1$ $F_2 = A_2 \cdot a_2$ $F_3 = F_1 + F_2 + F_3$ $G = \frac{m \cdot g}{A_1}$ この値を各部の強度計算に使用	$a_1 = \beta \cdot \frac{h^2}{p \cdot a^2}$	変形量 閉路力 曲げ	変形量 閉路力 曲げ																																	
解題項目	1. 強電線・落下電線 (1) 外装の電線 上部電線 下部電線 (2) 閉路電線 上部電線 下部電線 (3) 絶縁体本体外装	参照目録 (P)-第A.31回 (P)-第A.32回 (P)-第A.33回	非 注 茶 緑 赤 青 紫 黄 白	変形量 1 閉路力 1 曲げ	$U_1 = m \cdot r \cdot h$ $U_2 = V_1 \cdot a_1$ $U_3 = V_2 \cdot a_2$ $U_4 = U_1 + U_2 + U_3$ 上式より変形量を算出	$F_1 = A_1 \cdot a_1$ $F_2 = A_2 \cdot a_2$ $F_3 = F_1 + F_2 + F_3$ $G = \frac{m \cdot g}{A_1}$ この値を各部の強度計算に使用	$a_1 = \beta \cdot \frac{h^2}{p \cdot a^2}$	変形量 閉路力 曲げ	変形量 閉路力 曲げ																																	

(注) 変更箇所を_____で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前		変更後																																																																																																																													
(p)-A-12	(p)-第A.3表 (その2)	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">解折項目</th> <th rowspan="2">参照図</th> <th rowspan="2">設置</th> <th rowspan="2">材質</th> <th rowspan="2">温度</th> <th rowspan="2">種類</th> <th rowspan="2">容積</th> <th rowspan="2">設置位置</th> <th colspan="2">解折方法</th> </tr> <tr> <th>適用式又は要素</th> <th>解析基準</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>蒸気ト</td> <td>(p)-第A.37回</td> <td>閉塞荷重</td> <td></td> <td></td> <td>閉塞荷重</td> <td>1</td> <td>曲打</td> <td>$a_1 = \frac{1}{3} \cdot \frac{P \cdot a^2}{h^2}$</td> <td>引張り</td> </tr> <tr> <td>内側</td> <td>(p)-第A.38回</td> <td>閉塞荷重</td> <td></td> <td></td> <td>閉塞荷重</td> <td>1</td> <td>圧縮</td> <td>$a_1 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$</td> <td>圧縮</td> </tr> <tr> <td>蒸気トノ密 封性 (1)取付物の強度 の強度</td> <td>(p)-第A.38回</td> <td>閉塞荷重</td> <td></td> <td></td> <td>閉塞荷重</td> <td>1</td> <td>引張り</td> <td>$a_0 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$</td> <td>変位量</td> </tr> <tr> <td>中性子抽出要素 の強度</td> <td>(p)-第A.39回</td> <td>閉塞荷重</td> <td></td> <td></td> <td>閉塞荷重</td> <td>1</td> <td>圧縮</td> <td>$a_1 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$</td> <td>圧縮</td> </tr> <tr> <td>取付物の強度</td> <td>(p)-第A.40回</td> <td>閉塞荷重</td> <td></td> <td></td> <td>閉塞荷重</td> <td>1</td> <td>圧縮</td> <td>$a_1 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$</td> <td>圧縮</td> </tr> </tbody> </table>		解折項目	参照図	設置	材質	温度	種類	容積	設置位置	解折方法		適用式又は要素	解析基準	蒸気ト	(p)-第A.37回	閉塞荷重			閉塞荷重	1	曲打	$a_1 = \frac{1}{3} \cdot \frac{P \cdot a^2}{h^2}$	引張り	内側	(p)-第A.38回	閉塞荷重			閉塞荷重	1	圧縮	$a_1 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$	圧縮	蒸気トノ密 封性 (1)取付物の強度 の強度	(p)-第A.38回	閉塞荷重			閉塞荷重	1	引張り	$a_0 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$	変位量	中性子抽出要素 の強度	(p)-第A.39回	閉塞荷重			閉塞荷重	1	圧縮	$a_1 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$	圧縮	取付物の強度	(p)-第A.40回	閉塞荷重			閉塞荷重	1	圧縮	$a_1 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$	圧縮	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">解折項目</th> <th rowspan="2">参照図</th> <th rowspan="2">設置</th> <th rowspan="2">材質</th> <th rowspan="2">温度</th> <th rowspan="2">種類</th> <th rowspan="2">容積</th> <th rowspan="2">設置位置</th> <th colspan="2">解折方法</th> </tr> <tr> <th>適用式又は要素</th> <th>解析基準</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>蒸気ト</td> <td>(p)-第A.37回</td> <td>閉塞荷重</td> <td></td> <td></td> <td>閉塞荷重</td> <td>1</td> <td>曲打</td> <td>$a_1 = \frac{1}{3} \cdot \frac{P \cdot a^2}{h^2}$</td> <td>引張り</td> </tr> <tr> <td>内側</td> <td>(p)-第A.38回</td> <td>閉塞荷重</td> <td></td> <td></td> <td>閉塞荷重</td> <td>1</td> <td>圧縮</td> <td>$a_1 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$</td> <td>圧縮</td> </tr> <tr> <td>蒸気トノ密 封性 (1)取付物の強度 の強度</td> <td>(p)-第A.38回</td> <td>閉塞荷重</td> <td></td> <td></td> <td>閉塞荷重</td> <td>1</td> <td>引張り</td> <td>$a_0 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$</td> <td>変位量</td> </tr> <tr> <td>中性子抽出要素 の強度</td> <td>(p)-第A.39回</td> <td>閉塞荷重</td> <td></td> <td></td> <td>閉塞荷重</td> <td>1</td> <td>圧縮</td> <td>$a_1 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$</td> <td>圧縮</td> </tr> <tr> <td>取付物の強度</td> <td>(p)-第A.40回</td> <td>閉塞荷重</td> <td></td> <td></td> <td>閉塞荷重</td> <td>1</td> <td>圧縮</td> <td>$a_1 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$</td> <td>圧縮</td> </tr> </tbody> </table>		解折項目	参照図	設置	材質	温度	種類	容積	設置位置	解折方法		適用式又は要素	解析基準	蒸気ト	(p)-第A.37回	閉塞荷重			閉塞荷重	1	曲打	$a_1 = \frac{1}{3} \cdot \frac{P \cdot a^2}{h^2}$	引張り	内側	(p)-第A.38回	閉塞荷重			閉塞荷重	1	圧縮	$a_1 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$	圧縮	蒸気トノ密 封性 (1)取付物の強度 の強度	(p)-第A.38回	閉塞荷重			閉塞荷重	1	引張り	$a_0 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$	変位量	中性子抽出要素 の強度	(p)-第A.39回	閉塞荷重			閉塞荷重	1	圧縮	$a_1 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$	圧縮	取付物の強度	(p)-第A.40回	閉塞荷重			閉塞荷重	1	圧縮	$a_1 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$	圧縮
解折項目	参照図	設置	材質									温度	種類	容積	設置位置	解折方法																																																																																																																	
				適用式又は要素	解析基準																																																																																																																												
蒸気ト	(p)-第A.37回	閉塞荷重			閉塞荷重	1	曲打	$a_1 = \frac{1}{3} \cdot \frac{P \cdot a^2}{h^2}$	引張り																																																																																																																								
内側	(p)-第A.38回	閉塞荷重			閉塞荷重	1	圧縮	$a_1 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$	圧縮																																																																																																																								
蒸気トノ密 封性 (1)取付物の強度 の強度	(p)-第A.38回	閉塞荷重			閉塞荷重	1	引張り	$a_0 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$	変位量																																																																																																																								
中性子抽出要素 の強度	(p)-第A.39回	閉塞荷重			閉塞荷重	1	圧縮	$a_1 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$	圧縮																																																																																																																								
取付物の強度	(p)-第A.40回	閉塞荷重			閉塞荷重	1	圧縮	$a_1 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$	圧縮																																																																																																																								
解折項目	参照図	設置	材質	温度	種類	容積	設置位置	解折方法																																																																																																																									
								適用式又は要素	解析基準																																																																																																																								
蒸気ト	(p)-第A.37回	閉塞荷重			閉塞荷重	1	曲打	$a_1 = \frac{1}{3} \cdot \frac{P \cdot a^2}{h^2}$	引張り																																																																																																																								
内側	(p)-第A.38回	閉塞荷重			閉塞荷重	1	圧縮	$a_1 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$	圧縮																																																																																																																								
蒸気トノ密 封性 (1)取付物の強度 の強度	(p)-第A.38回	閉塞荷重			閉塞荷重	1	引張り	$a_0 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$	変位量																																																																																																																								
中性子抽出要素 の強度	(p)-第A.39回	閉塞荷重			閉塞荷重	1	圧縮	$a_1 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$	圧縮																																																																																																																								
取付物の強度	(p)-第A.40回	閉塞荷重			閉塞荷重	1	圧縮	$a_1 = \frac{V}{m \cdot R \cdot G}$	圧縮																																																																																																																								

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前										変更後									
		図号	参照項目	材質	寸法	種類	位置	寸法	位置	寸法	位置	参照項目	材質	寸法	種類	位置	寸法	位置	寸法	位置	
(P)-A-14	(P)-第A.3表 (その4)	13	(3)輸送器本体各部の強度	鋼	φ100	1	垂直	φ100	1	垂直	φ100	1	垂直	φ100	1	垂直	φ100	1	垂直	φ100	
		14	(1)収容物の強度	鋼	φ100	1	垂直	φ100	1	垂直	φ100	1	垂直	φ100	1	垂直	φ100	1	垂直	φ100	1
		15	(2)中間部強度	鋼	φ100	1	垂直	φ100	1	垂直	φ100	1	垂直	φ100	1	垂直	φ100	1	垂直	φ100	1
		16	(4)外装の強度	鋼	φ100	1	垂直	φ100	1	垂直	φ100	1	垂直	φ100	1	垂直	φ100	1	垂直	φ100	1
		17	(5)輸送物の落下	鋼	φ100	1	垂直	φ100	1	垂直	φ100	1	垂直	φ100	1	垂直	φ100	1	垂直	φ100	1

(注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前		変更後	
		解前項目	参照図	参照図	解前項目
(p)-A-15	(p)-第A.3表 (その5)	(1) 傾斜落下 上部傾斜落下 下部傾斜落下 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ	(a) 第A.19回	(1) 傾斜落下 上部傾斜落下 下部傾斜落下 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ	(1) 傾斜落下 上部傾斜落下 下部傾斜落下 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ
		(2) 回転加速落下 上部回転落下 下部回転落下 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ	(b) 第A.20回	(2) 回転加速落下 上部回転落下 下部回転落下 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ	(2) 回転加速落下 上部回転落下 下部回転落下 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ
		(3) 回転加速落下 上部回転落下 下部回転落下 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ		(3) 回転加速落下 上部回転落下 下部回転落下 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ	(3) 回転加速落下 上部回転落下 下部回転落下 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ
		(4) 傾斜落下 上部傾斜落下 下部傾斜落下 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ		(4) 傾斜落下 上部傾斜落下 下部傾斜落下 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ	(4) 傾斜落下 上部傾斜落下 下部傾斜落下 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ
		(5) 傾斜落下 上部傾斜落下 下部傾斜落下 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ		(5) 傾斜落下 上部傾斜落下 下部傾斜落下 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ	(5) 傾斜落下 上部傾斜落下 下部傾斜落下 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ 落下速度 落下時間 落下高さ

注) 変更箇所を_____で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後																								
(p)-A-18	(p)-第A.4表 (表題)	(p)-第A.4表 輸送物の重量	(p)-第A.4表 核燃料輸送物の重量																								
(p)-A-18	(p)-第A.4表	<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>重量 (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>輸送容器本体</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>燃料集合体ホルダ</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>輸送容器重量 (①)</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>収納物重量 (②)</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>輸送物重量 (①+②)</td> <td><input type="text"/></td> </tr> </tbody> </table>	項目	重量 (kg)	輸送容器本体	<input type="text"/>	燃料集合体ホルダ	<input type="text"/>	輸送容器重量 (①)	<input type="text"/>	収納物重量 (②)	<input type="text"/>	輸送物重量 (①+②)	<input type="text"/>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>重量 (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>輸送容器本体</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>燃料集合体ホルダ</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>輸送容器重量 (①)</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>収納物重量 (②)</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>核燃料輸送物重量 (①+②)</td> <td><input type="text"/></td> </tr> </tbody> </table>	項目	重量 (kg)	輸送容器本体	<input type="text"/>	燃料集合体ホルダ	<input type="text"/>	輸送容器重量 (①)	<input type="text"/>	収納物重量 (②)	<input type="text"/>	核燃料輸送物重量 (①+②)	<input type="text"/>
項目	重量 (kg)																										
輸送容器本体	<input type="text"/>																										
燃料集合体ホルダ	<input type="text"/>																										
輸送容器重量 (①)	<input type="text"/>																										
収納物重量 (②)	<input type="text"/>																										
輸送物重量 (①+②)	<input type="text"/>																										
項目	重量 (kg)																										
輸送容器本体	<input type="text"/>																										
燃料集合体ホルダ	<input type="text"/>																										
輸送容器重量 (①)	<input type="text"/>																										
収納物重量 (②)	<input type="text"/>																										
核燃料輸送物重量 (①+②)	<input type="text"/>																										
(p)-A-18	(p)-第A.1図																										
(p)-A-18	(p)-第A.1図 (図題)	(p)-第A.1図 輸送物の重心及びコーナー角度	(p)-第A.1図 核燃料輸送物の重心及びコーナー角度																								
(p)-A-19	10行目	を () 内に示す。本輸送物の主要部材等の機械的性質に、	を () 内に示す。本核燃料輸送物の主要部材等の機械的性質に、																								
(p)-A-23	1行目	A.4 輸送物の要件	A.4 核燃料輸送物の要件																								

注) 変更箇所を_____で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(P)-A-23	3行目	本輸送物構成部品及び本輸送容器と収納物の間にあって、	本核燃料輸送物構成部品及び本輸送容器と収納物の間にあって、
(P)-A-23	4行目	示す。これらは、本輸送容器の使用条件下（温度38℃～40℃）において物理的、	示す。これらは、本輸送容器の使用条件下（温度40℃～38℃）において物理的、
(P)-A-24	20行目	(1) 負荷荷重としては安全係数を3とした重量を考える。すなわち、輸送物負荷質量（ m_L ）は、輸送物質量 <input type="text"/> [(P)-第A.4表参照] を3倍した <input type="text"/> とする。	(1) 負荷荷重としては安全係数を3とした重量を考える。すなわち、核燃料輸送物負荷質量（ m_L ）は、核燃料輸送物質量 <input type="text"/> [(P)-第A.4表参照] を3倍した <input type="text"/> とする。
(P)-A-25	19行目	m_L : 輸送物負荷質量	m_L : 核燃料輸送物負荷質量
(P)-A-28	17行目	第A3図に示す。荷重モデルとしては、輸送物に加わる負荷質量を輸送物の全長で割ったwの等分布荷重が作用するとする。	第A3図に示す。荷重モデルとしては、核燃料輸送物に加わる負荷質量を核燃料輸送物の全長で割ったwの等分布荷重が作用するとする。
(P)-A-29	5行目	m_L : 輸送物負荷質量	m_L : 核燃料輸送物負荷質量
(P)-A-31	11行目	吊上装置は、吊上げ時、その機能を損なうことはない。	吊上装置は、吊上げ時、その機能を損なうことはない。また、吊上上部、吊具溶接部及び外胴の疲労については、発生する応力が小さいことから許容繰返し回数は、設計・建設規格による <input type="text"/> の設計疲労線図から <input type="text"/> 回を超えらる。使用期間中に想定される通算の使用回数（30回輸送× <input type="text"/> 回/輸送× <input type="text"/> 回）と比較して十分に上回っており問題はない。
(P)-A-31	13行目	本輸送物を積載車両上に固定する場合の荷姿は、	本核燃料輸送物を積載車両上に固定する場合の荷姿は、
(P)-A-32	11行目	h : 輸送物重心までの高さ	h : 核燃料輸送物重心までの高さ
(P)-A-33	(P)-第A.4図 (図題)	輸送物の固縛状態	核燃料輸送物の固縛状態
(P)-A-37	11行目	m_L : 輸送物負荷質量	m_L : 核燃料輸送物負荷質量
(P)-A-37	25行目	評価モデルは前項の(2-1) 横方向加速度5Gが作用する場合と同様で、輸送物負荷質量が変わるのみである。	評価モデルは前項の(2-1) 横方向加速度5Gが作用する場合と同様で、核燃料輸送物負荷質量が変わるのみである。

注) 変更箇所を で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(p)-A-39	17行目の後 (記載追加)		以上より、脚座側板と外胴補強板の溶接部及び外胴は、固縛に対して強度を保ち、本輸送容器の固縛装置は、固縛時、その機能を損なうことはない。また、脚座側板と外胴補強板の溶接部及び外胴の疲労については、発生する応力が小さいことから許容繰返し回数は、設計・建設規格による[]の設計疲労線図から[]回を超えるものと考えられ、使用期間中に想定される通算の使用回数(30回輸送×[]回)と比較して十分に上回っており問題はない。
(p)-A-40	4行目	以下では本輸送物の固有振動数を計算し、輸送時に積載車両の荷台で受ける振動数域と比較して、輸送物が共振しないことを示す。	以下では本核燃料輸送物の固有振動数を計算し、輸送時に積載車両の荷台で受ける振動数域と比較して、核燃料輸送物が共振しないことを示す。
(p)-A-40	6行目	輸送物を両端支持はりとして近似すると、輸送物の固有振動数は、次式で表される。	核燃料輸送物を両端支持はりとして近似すると、核燃料輸送物の固有振動数は、次式で表される。
(p)-A-40	19行目	m : 輸送物質量	m : 核燃料輸送物質量
(p)-A-40	25行目	積載車両の荷台で受ける振動数域は大部分0～10Hzであるので、本輸送物の固有振動数(約20Hz)とは差があり、輸送中、本輸送物が共振することはない。	積載車両の荷台で受ける振動数域は大部分0～10Hzであるので、本核燃料輸送物の固有振動数(約20Hz)とは差があり、輸送中、本核燃料輸送物が共振することはない。
(p)-A-41	3行目	収納物の崩壊熱及び太陽の放射熱を考慮した本輸送物の熱的評価は、	収納物の崩壊熱及び太陽の放射熱を考慮した本核燃料輸送物の熱的評価は、
(p)-A-41	6行目	一般の試験条件下における輸送物各部の最高温度は、	一般の試験条件下における核燃料輸送物各部の最高温度は、
(p)-A-41	7行目	章B.4.2 最高温度参照) また、同条件下の輸送物各部の最低温度は-40℃である。	章B.4.2 最高温度参照) また、同条件下の核燃料輸送物各部の最低温度は-40℃である。
(p)-A-41	(p)-第A.13表 表(表題)	(p)-第A.13表 輸送物の温度分布〔一般の試験条件〕	(p)-第A.13表 核燃料輸送物の温度分布〔一般の試験条件〕
(p)-A-41	9行目	るので、輸送物の密封性は損なわれない。	るので、核燃料輸送物の密封性は損なわれない。

(注) 変更箇所を_____で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後																																																								
(P)-A-54	3行目	より小さく、蓋ボルトは内圧を受けても破損することはない。	より小さく、蓋ボルトは内圧を受けても破損することはない。また、発生する応力が最も大きい蓋ボルトの疲労について、設計・建設規格より許容繰り返し回数は、 <input type="text"/> 回を超えるものと考えられ、使用期間中に想定される通算の使用回数(=30回輸送)と比較して十分に上回っており問題はない。																																																								
(P)-A-56	(P)-第A・14表(その2)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>条件</th> <th>解析項目</th> <th>解析基準</th> <th>解析結果等</th> <th>余裕率等</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">通常輸送時</td> <td>(2)外胴 〔曲げ〕 〔曲げ〕 〔組合せ〕</td> <td>○ ○ ○</td> <td><input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></td> <td><input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></td> <td>縦方向G 垂直下方0.3G 各方向の加速度のベクトル和</td> </tr> <tr> <td>6.圧力</td> <td colspan="2">内容部各部の強度は熱的試験の応力計算において、より安全側の評価を行っている。</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">一般の試験条件</td> <td>7.振動 各軸付ボルト 輸送物</td> <td>縦付トルク 共振域</td> <td>既定のトルクで備付け 2.0Hz</td> <td>基準に合致 基準に合致</td> <td></td> </tr> <tr> <td>熱的試験 1.熱膨張 内胴(鋼)鋼 2.応力計算 内胴(鋼)鋼 底板 フランジ</td> <td>○ ○ ○ ○ ○</td> <td><input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></td> <td><input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></td> <td>ハブの軸方向応力 フランジの半径方向応力 フランジの周方向応力</td> </tr> </tbody> </table>	条件	解析項目	解析基準	解析結果等	余裕率等	備考	通常輸送時	(2)外胴 〔曲げ〕 〔曲げ〕 〔組合せ〕	○ ○ ○	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	縦方向G 垂直下方0.3G 各方向の加速度のベクトル和	6.圧力	内容部各部の強度は熱的試験の応力計算において、より安全側の評価を行っている。				一般の試験条件	7.振動 各軸付ボルト 輸送物	縦付トルク 共振域	既定のトルクで備付け 2.0Hz	基準に合致 基準に合致		熱的試験 1.熱膨張 内胴(鋼)鋼 2.応力計算 内胴(鋼)鋼 底板 フランジ	○ ○ ○ ○ ○	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	ハブの軸方向応力 フランジの半径方向応力 フランジの周方向応力	<table border="1"> <thead> <tr> <th>条件</th> <th>解析項目</th> <th>解析基準</th> <th>解析結果等</th> <th>余裕率等</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">通常輸送時</td> <td>(2)外胴 〔曲げ〕 〔曲げ〕 〔組合せ〕</td> <td>○ ○ ○</td> <td><input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></td> <td><input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></td> <td>縦方向G 垂直下方0.3G 各方向の加速度のベクトル和</td> </tr> <tr> <td>6.圧力</td> <td colspan="2">内容部各部の強度は熱的試験の応力計算において、より安全側の評価を行っている。</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">一般の試験条件</td> <td>7.振動 各軸付ボルト 輸送物</td> <td>縦付トルク 共振域</td> <td>既定のトルクで備付け 2.0Hz</td> <td>基準に合致 基準に合致</td> <td></td> </tr> <tr> <td>熱的試験 1.熱膨張 内胴(鋼)鋼 2.応力計算 内胴(鋼)鋼 底板 フランジ</td> <td>○ ○ ○ ○ ○</td> <td><input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></td> <td><input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></td> <td>ハブの軸方向応力 フランジの半径方向応力 フランジの周方向応力</td> </tr> </tbody> </table>	条件	解析項目	解析基準	解析結果等	余裕率等	備考	通常輸送時	(2)外胴 〔曲げ〕 〔曲げ〕 〔組合せ〕	○ ○ ○	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	縦方向G 垂直下方0.3G 各方向の加速度のベクトル和	6.圧力	内容部各部の強度は熱的試験の応力計算において、より安全側の評価を行っている。				一般の試験条件	7.振動 各軸付ボルト 輸送物	縦付トルク 共振域	既定のトルクで備付け 2.0Hz	基準に合致 基準に合致		熱的試験 1.熱膨張 内胴(鋼)鋼 2.応力計算 内胴(鋼)鋼 底板 フランジ	○ ○ ○ ○ ○	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	ハブの軸方向応力 フランジの半径方向応力 フランジの周方向応力
条件	解析項目	解析基準	解析結果等	余裕率等	備考																																																						
通常輸送時	(2)外胴 〔曲げ〕 〔曲げ〕 〔組合せ〕	○ ○ ○	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	縦方向G 垂直下方0.3G 各方向の加速度のベクトル和																																																						
	6.圧力	内容部各部の強度は熱的試験の応力計算において、より安全側の評価を行っている。																																																									
一般の試験条件	7.振動 各軸付ボルト 輸送物	縦付トルク 共振域	既定のトルクで備付け 2.0Hz	基準に合致 基準に合致																																																							
	熱的試験 1.熱膨張 内胴(鋼)鋼 2.応力計算 内胴(鋼)鋼 底板 フランジ	○ ○ ○ ○ ○	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	ハブの軸方向応力 フランジの半径方向応力 フランジの周方向応力																																																						
条件	解析項目	解析基準	解析結果等	余裕率等	備考																																																						
通常輸送時	(2)外胴 〔曲げ〕 〔曲げ〕 〔組合せ〕	○ ○ ○	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	縦方向G 垂直下方0.3G 各方向の加速度のベクトル和																																																						
	6.圧力	内容部各部の強度は熱的試験の応力計算において、より安全側の評価を行っている。																																																									
一般の試験条件	7.振動 各軸付ボルト 輸送物	縦付トルク 共振域	既定のトルクで備付け 2.0Hz	基準に合致 基準に合致																																																							
	熱的試験 1.熱膨張 内胴(鋼)鋼 2.応力計算 内胴(鋼)鋼 底板 フランジ	○ ○ ○ ○ ○	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	ハブの軸方向応力 フランジの半径方向応力 フランジの周方向応力																																																						
(P)-A-57	2行目	本容器は、鋼板製の円筒形であるため、水はたまりにくい。外胴には <input type="text"/> を用いているので吸水性にはOリングが設けられ、本容器は水密を保つ構造である。	本容器の外表面は滑らかな円筒形状であるため、水はたまることはない。外胴には <input type="text"/> を用いているので吸水性はなく、水切りはよい。蓋にはOリングが設けられ、蓋にはOリングが設けられ、本容器																																																								

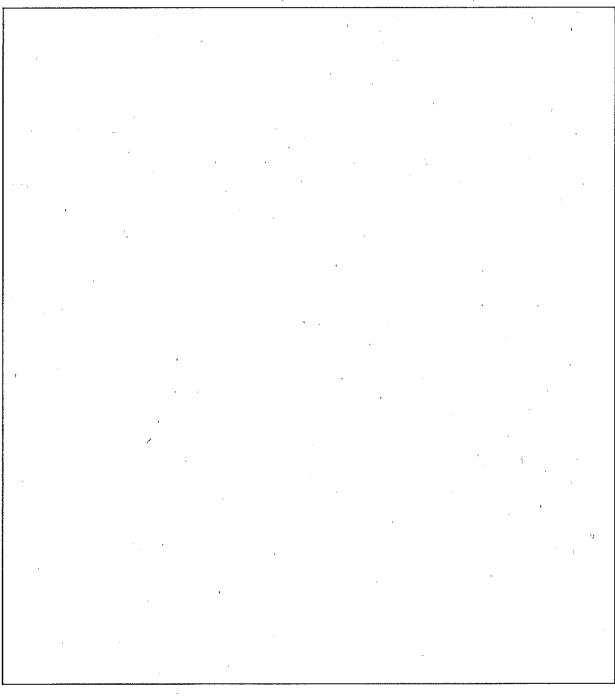
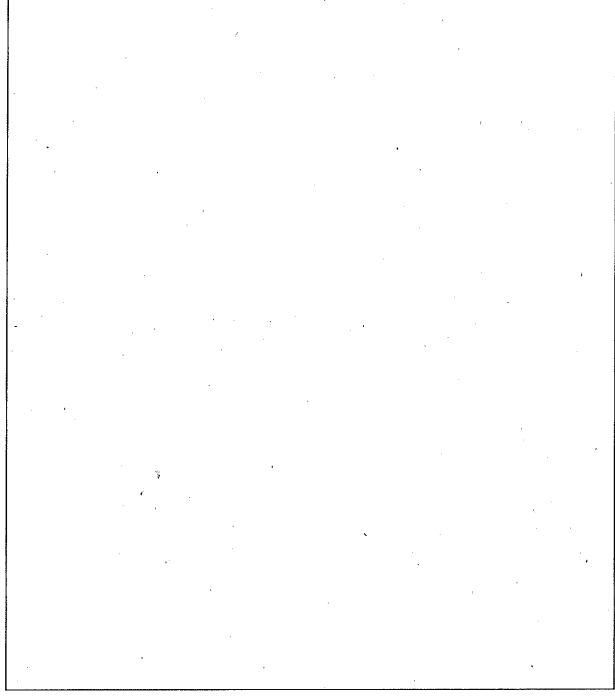
(注) 変更箇所を で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(甲)-A-57	6行目	本輸送物の重量は \square であり、 \square 以下であるから自由落下高さは1.2mである。しかし、本輸送物に対しては(甲)章 A.6.1「強度試験・落下試験 I」において、落下衝撃力がより厳しい9m自由落下試験に対して外容器及び収納物は強度及び密封性を保つことを示した。したがって、輸送物は1.2m落下に対しても強度及び密封性が保たれるので、容器の健全性は確保される。	本輸送物の重量は \square であり、 \square 以下であるから自由落下高さは1.2mである。しかし、本輸送物に対しては(甲)章 A.6.1「強度試験・落下試験 I」において、落下衝撃力がより厳しい9m自由落下試験に対して外容器及び密封性が保たれるので、容器の健全性は確保される。
(甲)-A-57	21行目	(a) 輸送物の落下エネルギーが外容器の変形にのみ費やされる。ただし、傾斜落下の場合、一部の落下エネルギーは輸送物の回転エネルギーとして消費される。	(a) 輸送物の落下エネルギーが外容器の変形にのみ費やされる。ただし、傾斜落下の場合、一部の落下エネルギーは輸送物の回転エネルギーとして消費される。
(甲)-A-58	3行目	輸送物の落下エネルギー ($U = mgh$, m : 輸送物質量, g : 重力加速度, h : 落下高さ) と外容器の変形部の吸収エネルギー (U) が等しいから、次式の関係となる。	輸送物の落下エネルギー ($U = mgh$, m : 輸送物質量, g : 重力加速度, h : 落下高さ) と外容器の変形部の吸収エネルギー (U) が等しいから、次式の関係となる。
(甲)-A-58	16行目	輸送物が保護蓋を下向きに落下したときの変形量を求める。輸送物の落下エネルギー (U) は、次式で表される。	輸送物が保護蓋を下向きに落下したときの変形量を求める。輸送物の落下エネルギー (U) は、次式で表される。
(甲)-A-58	19行目	m : 輸送物質量	m : 輸送物質量
(甲)-A-58	22行目	輸送物の落下エネルギーは、	輸送物の落下エネルギーは、
(甲)-A-61	2行目	輸送物が底部を下向きに落下したときの変形量を求める。輸送物の落下エネルギーは、	輸送物が底部を下向きに落下したときの変形量を求める。輸送物の落下エネルギーは、
(甲)-A-63	5行目	輸送物が脚座のない方向を下向きに落下したときの変形量を求める。	輸送物が脚座のない方向を下向きに落下したときの変形量を求める。
(甲)-A-65	2行目	輸送物が脚座のある方向を下向きに落下したときの変形量を求める。	輸送物が脚座のある方向を下向きに落下したときの変形量を求める。
(甲)-A-67	2行目	輸送物が脚座のある方向から水平落下したときの落下衝撃によって、	輸送物が脚座のある方向から水平落下したときの落下衝撃によって、

(注) 変更箇所を \square で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(p)-A-69	21 行目	一の一部が輸送物の回転に消費されることである。	一の一部が核燃料輸送物の回転に消費されることである。
(p)-A-70	1 行目	ここで、 m : 輸送物質量	ここで、 m : 核燃料輸送物質量
(p)-A-71	5 行目	(p)-第 A. 20 図のように傾斜角度 ϕ で輸送物が落下した場合、輸送物重心の運動方程式は、次式で表される。	(p)-第 A. 20 図のように傾斜角度 ϕ で核燃料輸送物が落下した場合、核燃料輸送物重心の運動方程式は、次式で表される。
(p)-A-71	13 行目	M : 輸送物質量	M : 核燃料輸送物質量
(p)-A-71	15 行目	本モデルは、変形部をバネ定数 k のバネに置き換えている。ここで、バネによる輸送物の落下エネルギー吸収現象は短時間に終了するものとし、	本モデルは、変形部をバネ定数 k のバネに置き換えている。ここで、バネによる核燃料輸送物の落下エネルギー吸収現象は短時間に終了するものとし、
(p)-A-79	10 行目	コーナ落下は傾斜落下の特別な場合であり、(p)-第 A. 29 図のように輸送物の落下点と重心を結ぶ線が、	コーナ落下は傾斜落下の特別な場合であり、(p)-第 A. 29 図のように核燃料輸送物の落下点と重心を結ぶ線が、
(p)-A-79	16 行目	R : 輸送物外半径	R : 核燃料輸送物外半径
(p)-A-79	17 行目	l : 輸送物重心から容器端部までの軸方向の長さ	l : 核燃料輸送物重心から容器端部までの軸方向の長さ

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(P)-A-81	(P)-第 A.29 図		
(P)-A-84	2行目	規則及び告示に基づき輸送物の負荷荷重による影響を解析するため、まず、輸送物の総重量の5倍に相当する荷重 (W_1) と輸送物の鉛直投影面積に 13kPa を乗じた荷重 (W_2) とを比較する。	外運搬規則及び外運搬告示に基づき核燃料輸送物の負荷荷重による影響を解析するため、まず、核燃料輸送物の総重量の5倍に相当する荷重 (W_1) と核燃料輸送物の鉛直投影面積に 13kPa を乗じた荷重 (W_2) とを比較する。
(P)-A-84	8行目	m：輸送物質量	m：核燃料輸送物質量
(P)-A-84	13行目	D：輸送物の直径	D：核燃料輸送物の直径
(P)-A-84	14行目	L：輸送物の長さ	L：核燃料輸送物の長さ
(P)-A-84	15行目	であるので、 $W_1 > W_2$ となる。したがって、前者、すなわち、輸送物の5倍に相当する荷重 W_1 と輸送物自重を考慮した輸送物重量の6倍を圧縮の負荷荷重として輸送物の強度を解析する。輸送物には圧縮負荷荷重が均等にかかるものとし、輸送物は脚座で支えられる	であるので、 $W_1 > W_2$ となる。したがって、前者、すなわち、核燃料輸送物の5倍に相当する荷重 W_1 と核燃料輸送物自重を考慮した核燃料輸送物重量の6倍を圧縮の負荷荷重として核燃料輸送物の強度を解析する。核燃料輸送物には圧縮負荷荷重が均等にかかるもの

(注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(H)-A-92	4行目	本輸送物については、(H)章A.6.1「強度試験・落下試験I」において、落下衝撃力がより激しい9m自由落下試験に対して、輸送物が強度及び密封性を保つことを示している。	とし、核燃料輸送物は脚座で支えられるとする。 本核燃料輸送物については、(H)章A.6.1「強度試験・落下試験I」において、落下衝撃力がより激しい9m自由落下試験に対して、核燃料輸送物が強度及び密封性を保つことを示している。
(H)-A-93	2行目	規則及び告示により、本輸送物に課せられた特別の試験条件は、次のとおりである。	外運搬規則及び外運搬告示により、本核燃料輸送物に課せられた特別の試験条件は、次のとおりである。
(H)-A-93	11行目	規則及び告示により輸送物を9mの高さから落下させる試験の評価を行う。	外運搬規則及び外運搬告示により核燃料輸送物を9mの高さから落下させる試験の評価を行う。
(H)-A-93	19行目	と比較検討することによって立証する。(H)章G原型試験報告書参照。	と比較検討することによって立証する。(H)章H原型試験報告書参照。
(H)-A-93	21行目	実容器相当容器である原型容器を用いて原型容器試験を実施し、輸送物の構造的な安全性を確認し、	実容器相当容器である原型容器を用いて原型容器試験を実施し、核燃料輸送物の構造的な安全性を確認し、
(H)-A-93	25行目	(H)-G原型試験報告書参照。	(H)-H原型試験報告書参照。
(H)-A-94	5行目	(a) 輸送物の落下エネルギーが外容器の変形にのみ費やされるとする。ただし、傾斜落下の場合、一部の落下エネルギーは回転エネルギーとして消費される。	(a) 核燃料輸送物の落下エネルギーが外容器の変形にのみ費やされるとする。ただし、傾斜落下の場合、一部の落下エネルギーは核燃料輸送物の回転エネルギーとして消費される。
(H)-A-94	23行目	a) 輸送物の落下エネルギー ($U=m \cdot g \cdot h$ 、 m : 輸送物質量、 g : 重力加速度、 h : 落下高さ)	a) 核燃料輸送物の落下エネルギー ($U=m \cdot g \cdot h$ 、 m : 核燃料輸送物質量、 g : 重力加速度、 h : 落下高さ)
(H)-A-95	1行目	b) 衝撃加速度倍率 (G) は、輸送物への衝撃力 (F) と輸送物質量 (m) 及び重力加速度 (m/sec^2) より、	b) 衝撃加速度倍率 (G) は、核燃料輸送物への衝撃力 (F) と核燃料輸送物質量 (m) 及び重力加速度 (m/sec^2) より、
(H)-A-95	7行目	m : 輸送物質量	m : 核燃料輸送物質量
(H)-A-95	23行目	輸送物が保護蓋を下向きに落下したときの変形量を求める。輸送物の落下エネルギー (U) は、次式で表される。	核燃料輸送物が保護蓋を下向きに落下したときの変形量を求める。核燃料輸送物の落下エネルギー (U) は、次式で表される。
(H)-A-95	26行目	m : 輸送物質量	m : 核燃料輸送物質量
(H)-A-96	1行目	輸送物の落下エネルギーは、	核燃料輸送物の落下エネルギーは、

(注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(11)-A-96	11 行目	輸送物が底部を下向きに落下したときの変形量を求める。輸送物の落下エネルギーは、	核燃料輸送物が底部を下向きに落下したときの変形量を求める。核燃料輸送物の落下エネルギーは、
(11)-A-99	6 行目	輸送物が保護蓋を下向きに落下し外容器が変形するとき、輸送物が受ける衝撃加速度倍率を求める。輸送物に加わる衝撃力の計算には、	核燃料輸送物が保護蓋を下向きに落下し外容器が変形するとき、核燃料輸送物が受ける衝撃加速度倍率を求める。核燃料輸送物に加わる衝撃力の計算には、
(11)-A-100	2 行目	輸送物が底部を下向きに落下し、外容器が変形するとき、輸送物が受ける衝撃加速度倍率を求める。輸送物に加わる衝撃加速度倍率の計算には、	核燃料輸送物が底部を下向きに落下し、外容器が変形するとき、核燃料輸送物が受ける衝撃加速度倍率を求める。核燃料輸送物に加わる衝撃加速度倍率の計算には、
(11)-A-107	8 行目	輸送物の垂直落下時に、	核燃料輸送物の垂直落下時に、
(11)-A-108	8 行目	輸送物の垂直落下時に、	核燃料輸送物の垂直落下時に、
(11)-A-109	7 行目	輸送物の垂直落下時に、	核燃料輸送物の垂直落下時に、
(11)-A-111	15 行目	輸送物が脚座のない方向を下向きに落下したときの変形量を求める。	核燃料輸送物が脚座のない方向を下向きに落下したときの変形量を求める。
(11)-A-113	2 行目	輸送物が脚座のある方向を下向きに落下したときの変形量を求める。	核燃料輸送物が脚座のある方向を下向きに落下したときの変形量を求める。
(11)-A-115	3 行目	9 m 水平落下の脚座のない方向からの落下によって外容器が変形するとき、輸送物が受ける衝撃加速度倍率を求める。輸送物に加わる衝撃力の計算には、	9 m 水平落下の脚座のない方向からの落下によって外容器が変形するとき、核燃料輸送物が受ける衝撃加速度倍率を求める。核燃料輸送物に加わる衝撃力の計算には、
(11)-A-116	2 行目	9 m 水平落下の脚座のある方向からの落下によって外容器が変形するとき、輸送物が受ける衝撃加速度倍率を求める。脚座のある方向からの落下の場合、輸送物に加わる衝撃力の計算には、	9 m 水平落下の脚座のある方向からの落下によって外容器が変形するとき、核燃料輸送物が受ける衝撃加速度倍率を求める。脚座のある方向からの落下の場合、核燃料輸送物に加わる衝撃力の計算には、
(11)-A-121	12 行目	定のピッチでスペーサにより固定・支持されており、輸送物の水平落下時に収納管を支持するスペーサ間には曲げ応力が生ずる。	定のピッチでスペーサにより固定・支持されており、核燃料輸送物の水平落下時に収納管を支持するスペーサ間には曲げ応力が生ずる。
(11)-A-122	20 行目	輸送物が脚座のない方向を下に水平落下した場合、	核燃料輸送物が脚座のない方向を下に水平落下した場合、

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(a)-A-122	25行目	しない。また、臨界解析では輸送物相互の接近が問題になるので、	しない。また、臨界解析では核燃料輸送物相互の接近が問題になるので、
(a)-A-123	3行目	強度解析では輸送物の衝撃加速度倍率 $G = \square$ を用いた。	強度解析では核燃料輸送物の衝撃加速度倍率 $G = \square$ を用いた。
(a)-A-123	6行目	収納物に対しても輸送物の衝撃加速度倍率 $G = \square$ を用いて応力を解析した結果、	収納物に対しても核燃料輸送物の衝撃加速度倍率 $G = \square$ を用いて応力を解析した結果、
(a)-A-127	11行目	撃力を輸送物重量で除して求める。	撃力を核燃料輸送物重量で除して求める。
(a)-A-129	15行目	転エネルギーが二次衝撃として輸送物に作用すると仮定しても、	転エネルギーが二次衝撃として核燃料輸送物に作用すると仮定しても、
(a)-A-130	2行目	ここでは、強度試験・落下試験 I による本輸送物の変形の状態について述べる。	ここでは、強度試験・落下試験 I による本核燃料輸送物の変形の状態について述べる。
(a)-A-130	9行目	落下試験 I に引き続き、輸送物を 1 m の高さから直径 150 mm の軟鋼棒上に落下させる落下試験 II の解析を行う。	落下試験 I に引き続き、核燃料輸送物を 1 m の高さから直径 150 mm の軟鋼棒上に落下させる落下試験 II の解析を行う。
(a)-A-131	2行目	輸送物が垂直に落下し、	核燃料輸送物が垂直に落下し、
(a)-A-131	5行目	輸送物が保護蓋を下向きに落下したときの変形量を求める。本輸送物の保護蓋の板厚は \square mm で、	核燃料輸送物が保護蓋を下向きに落下したときの変形量を求める。本核燃料輸送物の保護蓋の板厚は \square mm で、
(a)-A-131	7行目	輸送物の落下エネルギー U は、	核燃料輸送物の落下エネルギー U は、
(a)-A-131	12行目	m : 輸送物質量	m : 核燃料輸送物質量
(a)-A-131	15行目	また、輸送物の変形量 (δ) とステンレス鋼板の変形部分の体積 (V_1) 及びフアープライウツドの変形部分の体積 (V_2) の間には、	また、核燃料輸送物の変形量 (δ) とステンレス鋼板の変形部分の体積 (V_1) 及びフアープライウツドの変形部分の体積 (V_2) の間には、
(a)-A-131	23行目	U : 輸送物の落下エネルギー	U : 核燃料輸送物の落下エネルギー
(a)-A-132	23行目	輸送物が底部を下向きに落下したときの変形量を求める。本輸送物の外胴端板の板厚は \square mm で、	核燃料輸送物が底部を下向きに落下したときの変形量を求める。本核燃料輸送物の外胴端板の板厚は \square mm で、
(a)-A-132	25行目	解析は上部垂直落下の場合と同様に行い、輸送物の変形量は $\delta = \square$ mm となる。	解析は上部垂直落下の場合と同様に行い、核燃料輸送物の変形量は $\delta = \square$ mm となる。

(注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(P)-A-133	2行目	輸送物が水平に落下し、	核燃料輸送物が水平に落下し、
(P)-A-133	6行目	落下試験 I (9 m 水平落下) に引き続き、輸送物を 1 m の高さから水平に、	落下試験 I (9 m 水平落下) に引き続き、核燃料輸送物を 1 m の高さから水平に、
(P)-A-133	8行目	解析モデルを (P)-第 A.50 図に示す。解析では輸送物の落下エネルギー (U) は、	解析モデルを (P)-第 A.50 図に示す。解析では核燃料輸送物の落下エネルギー (U) は、
(P)-A-133	9行目	$U = (\text{輸送物の質量} : \square) \times (\text{落下距離} : 1 \text{ m})$	$U = (\text{核燃料輸送物の質量} : \square) \times (\text{落下距離} : 1 \text{ m})$
(P)-A-134	12行目	したがって、落下試験 I (9 m 水平落下) に引き続き、輸送物を 1 m の高さから水平に、衝撃作用線が輸送物の重心を通るように軟鋼棒上に落下させた場合、	したがって、落下試験 I (9 m 水平落下) に引き続き、核燃料輸送物を 1 m の高さから水平に、衝撃作用線が核燃料輸送物の重心を通るように軟鋼棒上に落下させた場合、
(P)-A-135	16行目	落下試験 I (9 m 水平落下) に引き続き、輸送物が水平に 1 m の高さから軟鋼棒上に、衝撃作用線が輸送物の重心を通らないように落下した場合、	落下試験 I (9 m 水平落下) に引き続き、核燃料輸送物が水平に 1 m の高さから軟鋼棒上に、衝撃作用線が核燃料輸送物の重心を通らないように落下した場合、
(P)-A-136	1行目	偏心衝突した場合、輸送物の落下エネルギーの一部は輸送物の回転エネルギーとして費やされるため、	偏心衝突した場合、核燃料輸送物の落下エネルギーの一部は核燃料輸送物の回転エネルギーとして費やされるため、
(P)-A-136	3行目	輸送物を固体と考え、衝突の際の輸送物の重心についての運動方程式は、下向きを正とし、また、輸送物が軟鋼棒に衝突した時点を $t = 0$ とすると、次式で表される。	核燃料輸送物を固体と考え、衝突の際の核燃料輸送物の重心についての運動方程式は、下向きを正とし、また、核燃料輸送物が軟鋼棒に衝突した時点を $t = 0$ とすると、次式で表される。
(P)-A-136	8行目	ここで、 M : 輸送物の質量	ここで、 M : 核燃料輸送物の質量
(P)-A-136	9行目	I : 輸送物の慣性モーメント	I : 核燃料輸送物の慣性モーメント
(P)-A-136	10行目	u : 輸送物の重心の x 方向の速度	u : 核燃料輸送物の重心の x 方向の速度
(P)-A-136	11行目	v : 輸送物の重心の y 方向の速度	v : 核燃料輸送物の重心の y 方向の速度
(P)-A-136	12行目	ω : 輸送物の重心のまわりの角速度	ω : 核燃料輸送物の重心のまわりの角速度
(P)-A-136	15行目	P : 輸送物の重心から蓋 O リング部までの距離	P : 核燃料輸送物の重心から蓋 O リング部までの距離
(P)-A-137	6行目	と表されるが、本偏心衝突では輸送物が衝撃点を中心として回転するので、	と表されるが、本偏心衝突では核燃料輸送物が衝撃点を中心として回転するので、
(P)-A-138	6行目	M : 輸送物の質量	M : 核燃料輸送物の質量
(P)-A-138	7行目	I : 輸送物の慣性モーメント	I : 核燃料輸送物の慣性モーメント

(注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(P)-A-138	8行目	P：輸送物の重心からオリングまでの距離	P：核燃料輸送物の重心からオリングまでの距離
(P)-A-139	19行目	輸送物がコーナ方向を下向きに落下し、	核燃料輸送物がコーナ方向を下向きに落下し、
(P)-A-139	22行目	輸送物が保護蓋側を下向きにコーナ落下したときの変形量を求める。	核燃料輸送物が保護蓋側を下向きにコーナ落下したときの変形量を求める。
(P)-A-139	28行目	輸送物が底部側を下向きにコーナ落下したときの変形量を求める。	核燃料輸送物が底部側を下向きにコーナ落下したときの変形量を求める。
(P)-A-140	4行目	輸送物が傾斜落下し、	核燃料輸送物が傾斜落下し、
(P)-A-140	10行目	強度試験・落下試験Ⅰに引き続き、落下試験Ⅱを実施した。輸送物の状態について述べる。	強度試験・落下試験Ⅰに引き続き、落下試験Ⅱを実施した。核燃料輸送物の状態について述べる。
(P)-A-140	20行目	衝撃加速度倍率は、変形部の吸収エネルギーより得た衝撃力と輸送物重量より求めた。	衝撃加速度倍率は、変形部の吸収エネルギーより得た衝撃力と核燃料輸送物重量より求めた。
(P)-A-157	3行目	強度試験に引き続き実施する本輸送物の熱的試験に対する解析は、	強度試験に引き続き実施する本核燃料輸送物の熱的試験に対する解析は、
(P)-A-158	32行目	小さく、蓋ボルトは内圧により破損することはない。	小さく、蓋ボルトは内圧により破損することはない。また、発生する応力が最も大きい蓋ボルトの疲労について、設計・建設規格より許容繰り返し回数は、 <input type="text"/> 回を超えるものと考えられ、使用期間中に想定される通算の使用回数（=30回輸送）と比較して十分に上回っており問題はない。
(P)-A-164	4行目	ここでは、輸送物が15m水深に等しい外圧力を受けた場合について検討する。	ここでは、核燃料輸送物が15m水深に等しい外圧力を受けた場合について検討する。
(P)-A-167	14行目	本輸送物の最大収納放射能の量は、一定量を超える量の放射能を有する核燃料物質等が収納されている核燃料輸送物に課せられる強化浸漬試験（以下、「200m浸漬試験」という。）の適用条件であるA ₂ 値の十万倍を超える。したがって、本輸送物は、200m浸漬試験の適用を受けることになる。	本核燃料輸送物の最大収納放射能の量は、一定量を超える量の放射能を有する核燃料物質等が収納されている核燃料輸送物に課せられる強化浸漬試験（以下、「200m浸漬試験」という。）の適用条件であるA ₂ 値の十万倍を超える。したがって、本核燃料輸送物は、200m浸漬試験の適用を受けることになる。
(P)-A-167	20行目	本輸送物については、規則及び告示で定められた特別の試験条件に対する適合性を確認するとともに、	本核燃料輸送物については、外運搬規則及び外運搬告示で定められた特別の試験条件に対する適合性を確認するとともに、

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(甲)-A-167	24行目	要については、(甲)章 G 原型試験報告書の「G.1 原型容器試験の概要」に示す。）	要については、(甲)章 H 原型試験報告書の「H.1 原型容器試験の概要」に示す。）
(甲)-A-167	30行目	(200m 浸漬試験の詳細については、(甲)章 G 原型試験報告書の「G.2 200m 浸漬試験の詳細」に示す。）	(200m 浸漬試験の詳細については、(甲)章 H 原型試験報告書の「H.2 200m 浸漬試験の詳細」に示す。）
(甲)-A-167	32行目	(甲)章 G.2 項に示すように、	(甲)章 H.2 項に示すように、
(甲)-A-169	2行目	本輸送容器の収納物に含有される核分裂性核種の重量の合計が 15g を超えるので、本輸送物は核分裂性輸送物に該当する。よって、一般の試験条件、特別の試験条件については、規則及び告示に定める項目に従うものとする。	本輸送容器の収納物に含有される核分裂性核種の重量の合計が 15g を超えるので、本核燃料輸送物は核分裂性輸送物に該当する。よって、一般の試験条件、特別の試験条件については、規則及び告示に定める項目に従うものとする。
(甲)-A-169	5行目	なお、本輸送物が -40℃～38℃の周囲温度に置かれた場合でも、	なお、本核燃料輸送物が -40℃～38℃の周囲温度に置かれた場合でも、
(甲)-A-169	8行目	本輸送物は核分裂性輸送物に該当するので、規則及び告示により以下に示す最も厳しい試験手順に基づき評価を行うものとする。	本核燃料輸送物は核分裂性輸送物に該当するので、外運搬規則及び外運搬告示により以下に示す最も厳しい試験手順に基づき評価を行うものとする。
(甲)-A-169	18行目	前述の水の吹付試験に引き続き、自由落下を実施した場合の本輸送物の変形の状態について述べる。	前述の水の吹付試験に引き続き、自由落下を実施した場合の本核燃料輸送物の変形の状態について述べる。
(甲)-A-170	2行目	また、輸送物の慣性によって内容器に衝撃力が加わるが、	また、核燃料輸送物の慣性によって内容器に衝撃力が加わるが、
(甲)-A-171	13行目	輸送物の構造部に生じるくぼみは貫通試験による外容器のくぼみであり、	核燃料輸送物の構造部に生じるくぼみは貫通試験による外容器のくぼみであり、
(甲)-A-171	15行目	本輸送物の外形寸法は高さ <input type="text"/> 、	本核燃料輸送物の外形寸法は高さ <input type="text"/> 、
(甲)-A-171	16行目	における落下等により輸送物の構造部に生じる変形は最大 9.1 cm であり、	における落下等により核燃料輸送物の構造部に生じる変形は最大 9.1 cm であり、
(甲)-A-171	17行目	寸法は、外接する直方体の各辺が 10cm 未満となることはない。水の吹付試験により輸送物内への浸水はなく、	寸法は、外接する直方体の各辺が 10cm 未満となることはない。水の吹付試験により核燃料輸送物内への浸水はなく、

(注) 変更箇所を で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(甲)-A-172	2行目	本輸送物は核分裂性輸送物に該当するので、規則及び告示により以下に示す最も厳しい試験手順に基づき評価を行うものとする。	本核燃料輸送物は核分裂性輸送物に該当するので、外運搬規則及び外運搬告示により以下に示す最も厳しい試験手順に基づき評価を行うものとする。
(甲)-A-172	16行目	自由落下により変形した本輸送物に、	自由落下により変形した本核燃料輸送物に、
(甲)-A-174	2行目	落下試験 I により変形した本輸送物に、	落下試験 I により変形した本核燃料輸送物に、
(甲)-A-175	10行目	耐火試験における輸送物各部の最高温度を、	耐火試験における核燃料輸送物各部の最高温度を、
(甲)-A-175	(甲)-第 A.45 表 (表題)	(甲)-第 A.45 表 耐火試験における輸送物各部の最高温度	(甲)-第 A.45 表 耐火試験における核燃料輸送物各部の最高温度
(甲)-A-175	(甲)-第 A.45 表 (注記)	注) 自由落下により変形した輸送物に、	注) 自由落下により変形した核燃料輸送物に、
(甲)-A-176	4行目	続いて 15mの水頭下に輸送物が没した場合における内容器の強度を検討し、	続いて 15mの水頭下に核燃料輸送物が没した場合における内容器の強度を検討し、
(甲)-A-176	14行目	るものとして、輸送物相互の接近を過大に評価する。	るものとして、核燃料輸送物相互の接近を過大に評価する。

注) 変更箇所を _____ で示す。

別紙記載事項の変更箇所一覧表

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後																														
(p)-B-1	3行目	本輸送物の熱解析は、	本核燃料輸送物の熱解析は、																														
(p)-B-1	27行目	熱解析は、規則及び告示に規定された一般の試験条件下及び特別の試験条件下における輸送容器の熱的特性について行った。	熱解析は、外運搬規則及び外運搬告示に規定された一般の試験条件下及び特別の試験条件下における輸送容器の熱的特性について行った。																														
(p)-B-1	30行目	1) 輸送物は38℃の大気において一週間放置する。	1) 核燃料輸送物は38℃の大気において一週間放置する。																														
(p)-B-2	(p)-第B.1図(図題)	輸送物の主要構造	(p)-第B.1図 核燃料輸送物の主要構造																														
(p)-B-3	1行目	2) 輸送物は、	2) 核燃料輸送物は、																														
(p)-B-3	3行目	3) 輸送物の表面温度は、	3) 核燃料輸送物の表面温度は、																														
(p)-B-3	4行目	本輸送物は専用積載として扱われるので、	本核燃料輸送物は専用積載として扱われるので、																														
(p)-B-3	6行目	1) 輸送物は、	1) 核燃料輸送物は、																														
(p)-B-3	10行目	a) 輸送物は、	a) 核燃料輸送物は、																														
(p)-B-3	12行目	b) 輸送物は、	b) 核燃料輸送物は、																														
(p)-B-4	3行目	輸送物の環境条件、	核燃料輸送物の環境条件、																														
(p)-B-4	(p)-第B.3表	<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>内容</th> <th>参照</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>発熱量</td> <td>取納物仕様 最大発熱量</td> <td>()章D参照</td> </tr> <tr> <td>計算モデル</td> <td>輸送容器 取納物</td> <td>1/2半径一軸方向円筒断面伝熱モデル 均質化近似</td> </tr> <tr> <td>温度分布計算</td> <td>輸送物温度分布計算</td> <td>非定常熱解析コードTRUMP⁽¹⁾</td> </tr> <tr> <td>使用物性値</td> <td>熱的性質</td> <td>B.2 材料の熱的性質参照</td> </tr> </tbody> </table>	項目	内容	参照	発熱量	取納物仕様 最大発熱量	()章D参照	計算モデル	輸送容器 取納物	1/2半径一軸方向円筒断面伝熱モデル 均質化近似	温度分布計算	輸送物温度分布計算	非定常熱解析コードTRUMP ⁽¹⁾	使用物性値	熱的性質	B.2 材料の熱的性質参照	<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>内容</th> <th>参照</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>発熱量</td> <td>取納物仕様 最大発熱量</td> <td>()章D参照</td> </tr> <tr> <td>計算モデル</td> <td>輸送容器 取納物</td> <td>1/2半径一軸方向円筒断面伝熱モデル 均質化近似</td> </tr> <tr> <td>温度分布計算</td> <td>核燃料輸送物温度分布計算</td> <td>非定常熱解析コードTRUMP⁽¹⁾</td> </tr> <tr> <td>使用物性値</td> <td>熱的性質</td> <td>B.2 材料の熱的性質参照</td> </tr> </tbody> </table>	項目	内容	参照	発熱量	取納物仕様 最大発熱量	()章D参照	計算モデル	輸送容器 取納物	1/2半径一軸方向円筒断面伝熱モデル 均質化近似	温度分布計算	核燃料輸送物温度分布計算	非定常熱解析コードTRUMP ⁽¹⁾	使用物性値	熱的性質	B.2 材料の熱的性質参照
項目	内容	参照																															
発熱量	取納物仕様 最大発熱量	()章D参照																															
計算モデル	輸送容器 取納物	1/2半径一軸方向円筒断面伝熱モデル 均質化近似																															
温度分布計算	輸送物温度分布計算	非定常熱解析コードTRUMP ⁽¹⁾																															
使用物性値	熱的性質	B.2 材料の熱的性質参照																															
項目	内容	参照																															
発熱量	取納物仕様 最大発熱量	()章D参照																															
計算モデル	輸送容器 取納物	1/2半径一軸方向円筒断面伝熱モデル 均質化近似																															
温度分布計算	核燃料輸送物温度分布計算	非定常熱解析コードTRUMP ⁽¹⁾																															
使用物性値	熱的性質	B.2 材料の熱的性質参照																															
(p)-B-5	2行目	(p)章B.1.2 熱解析に示した条件下での輸送物各部の温度及び内容	(p)章B.1.2 熱解析に示した条件下での核燃料輸送物各部の温度及び内容																														
(p)-B-5	7行目	器に発生する内圧については以下に述べる。 一般の試験条件下では、輸送物表面温度は [] であり、	一般の試験条件下では、核燃料輸送物表面温度は [] であり、																														

(注) 変更箇所を [] で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後												
(p)-B-6	(p)-第B.2 図 (図題)	(p)-第B.2 図 特別の試験条件下での輸送物の非定常温度分布	(p)-第B.2 図 特別の試験条件下での核燃料輸送物の非定常温度分布												
(p)-B-15	3行目	輸送物の熱解析は、	核燃料輸送物の熱解析は、												
(p)-B-15	4行目	体を2体収納した輸送物について、	体を2体収納した核燃料輸送物について、												
(p)-B-15	14行目	ないものとする。この変形は、輸送物の半径方向の伝熱長さを短くし、輸送物内部の温度を下げることになるので、	ないものとする。この変形は、核燃料輸送物の半径方向の伝熱長さを短くし、核燃料輸送物内部の温度を下げることになるので、												
(p)-B-17	(p)-第B.20 表	<table border="1"> <tr> <td>輸送物表面の形状及び向き</td> <td>1日12時間としての伝熱量 (W/m²)</td> </tr> <tr> <td>垂直に輸送される表面及び水平に輸送されない下向きの表面</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>その他の表面</td> <td>400*</td> </tr> </table>	輸送物表面の形状及び向き	1日12時間としての伝熱量 (W/m ²)	垂直に輸送される表面及び水平に輸送されない下向きの表面	200	その他の表面	400*	<table border="1"> <tr> <td>核燃料輸送物の形状及び向き</td> <td>1日12時間としての伝熱量 (W/m²)</td> </tr> <tr> <td>垂直に輸送される表面及び水平に輸送されない下向きの表面</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>その他の表面</td> <td>400*</td> </tr> </table>	核燃料輸送物の形状及び向き	1日12時間としての伝熱量 (W/m ²)	垂直に輸送される表面及び水平に輸送されない下向きの表面	200	その他の表面	400*
輸送物表面の形状及び向き	1日12時間としての伝熱量 (W/m ²)														
垂直に輸送される表面及び水平に輸送されない下向きの表面	200														
その他の表面	400*														
核燃料輸送物の形状及び向き	1日12時間としての伝熱量 (W/m ²)														
垂直に輸送される表面及び水平に輸送されない下向きの表面	200														
その他の表面	400*														
(p)-B-18	1行目	(3) 輸送物の伝熱	(3) 核燃料輸送物の伝熱												
(p)-B-18	2行目	解析において考慮した輸送物の伝熱を以下に述べる。	解析において考慮した核燃料輸送物の伝熱を以下に述べる。												
(p)-B-18	3行目	(I) 輸送物表面と周囲の伝熱	(I) 核燃料輸送物表面と周囲の伝熱												
(p)-B-25	21行目	(p)章B.4.1 に記述した解析モデル及び解析条件に基づいて求めた輸送物各部の最高温度に関する温度分布を、	(p)章B.4.1 に記述した解析モデル及び解析条件に基づいて求めた核燃料輸送物各部の最高温度に関する温度分布を、												
(p)-B-25	24行目	輸送物の表面温度は□であり、	核燃料輸送物の表面温度は□であり、												
(p)-B-26	(p)-第B.4 図 (図題)	(p)-第B.4 図 一般の試験条件下における輸送物各部の温度分布	(p)-第B.4 図 一般の試験条件下における核燃料輸送物各部の温度分布												
(p)-B-27	2行目	輸送物の最低温度の評価条件は、	核燃料輸送物の最低温度の評価条件は、												
(p)-B-27	3行目	き、輸送物各部の温度は外気温度と平衡状態になるので、規則及び告示により-40℃となる。	き、核燃料輸送物各部の温度は外気温度と平衡状態になるので、外運搬規則及び外運搬告示により-40℃となる。												
(p)-B-27	19行目	一般の試験条件下においては、発熱量□、雰囲気温度38℃のときに輸送物各部の温度は最高になり、内圧も最大になる。このときの輸送物各部の温度及び圧力は、	一般の試験条件下においては、発熱量□、雰囲気温度38℃のときに核燃料輸送物各部の温度は最高になり、内圧も最大になる。このときの核燃料輸送物各部の温度及び圧力は、												
(p)-B-28	8行目	(3) 輸送物の伝熱	(3) 核燃料輸送物の伝熱												

注) 変更箇所を□で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(p)-B-28	10 行目	本輸送物の熱解析モデルは、	本核燃料輸送物の熱解析モデルは、
(p)-B-32	6 行目	火災事故時の熱的条件は、規則及び告示に定められているように周囲温度 800℃、	火災事故時の熱的条件は、外運搬規則及び外運搬告示に定められているように周囲温度 800℃、
(p)-B-32	12 行目	(3) 輸送物の伝熱	(3) 核燃料輸送物の伝熱
(p)-B-32	13 行目	解析において考慮した輸送物の伝熱を、	解析において考慮した核燃料輸送物の伝熱を、
(p)-B-32	20 行目	③ 輸送物表面と周囲の伝熱	③ 核燃料輸送物表面と周囲の伝熱
(p)-B-35	1 行目	B.5.2 輸送物の評価条件	B.5.2 核燃料輸送物の評価条件
(p)-B-35	2 行目	本輸送物の特別の試験条件下の強度試験により生じる変形は、	本核燃料輸送物の特別の試験条件下の強度試験により生じる変形は、
(p)-B-35	12 行目	B.5.3 輸送物温度	B.5.3 核燃料輸送物温度
(p)-B-35	14 行目	別の試験条件下での輸送物の温度を時間経過と共にプロットしたものである。	別の試験条件下での核燃料輸送物の温度を時間経過と共にプロットしたものである。
(p)-B-36	(p)-第 B.8 図 (図題)	(p)-第 B.8 図 特別の試験条件下における輸送物各部の温度分布	(p)-第 B.8 図 特別の試験条件下における核燃料輸送物各部の温度分布
(p)-B-37	9 行目	特別の試験条件下における輸送物の性能評価は、	特別の試験条件下における核燃料輸送物の性能評価は、
(p)-B-37	10 行目	件下で 800℃、30 分間の火災事故に遭遇するとして行った。この場合の輸送物各部の温度変化は、	件下で 800℃、30 分間の火災事故に遭遇するとして行った。この場合の核燃料輸送物各部の温度変化は、
(p)-B-37	25 行目	また、特別の試験条件下における輸送物の総合的評価の詳細を、	また、特別の試験条件下における核燃料輸送物の総合的評価の詳細を、
(p)-B-37	26 行目	以上より、本輸送物は、	以上より、本核燃料輸送物は、
(p)-B-38	(p)-第 B.25 表 (表題)	(p)-第 B.25 表 特別の試験条件下における輸送物の総合的評価	(p)-第 B.25 表 特別の試験条件下における核燃料輸送物の総合的評価
(p)-B-39	7 行目	本輸送物は核分裂性輸送物に該当するため、	本核燃料輸送物は核分裂性輸送物に該当するため、

注) 変更箇所を _____ で示す。

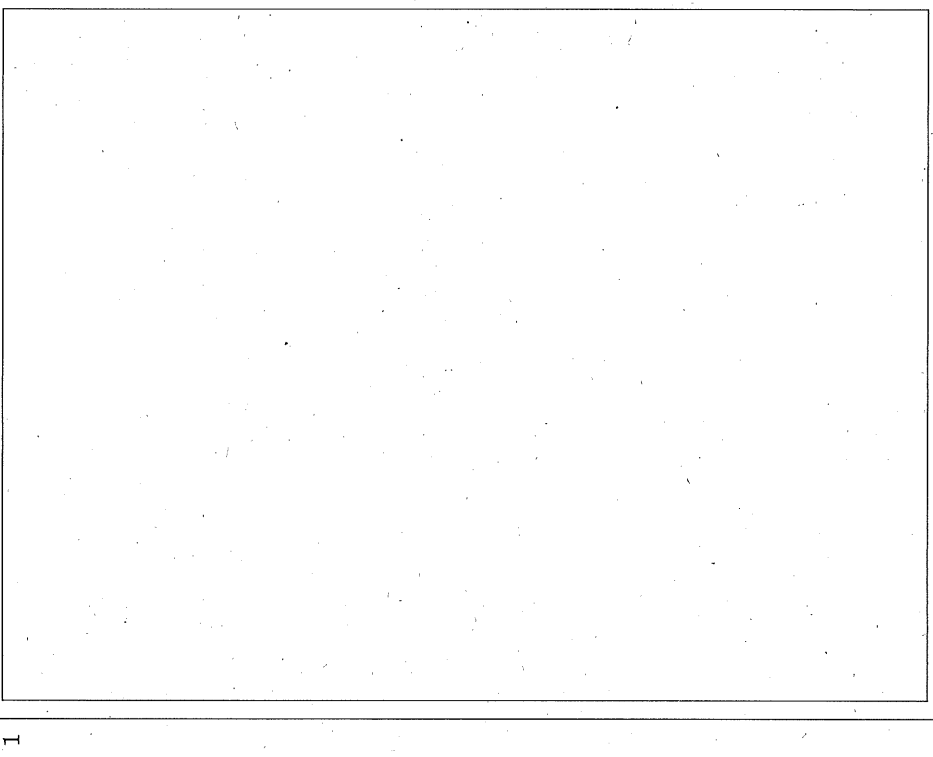
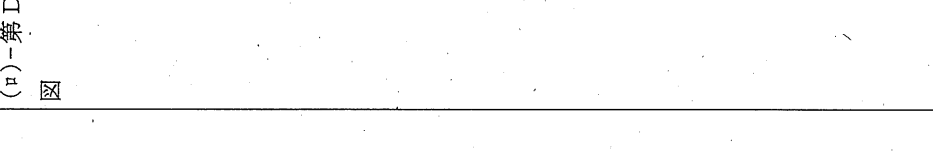
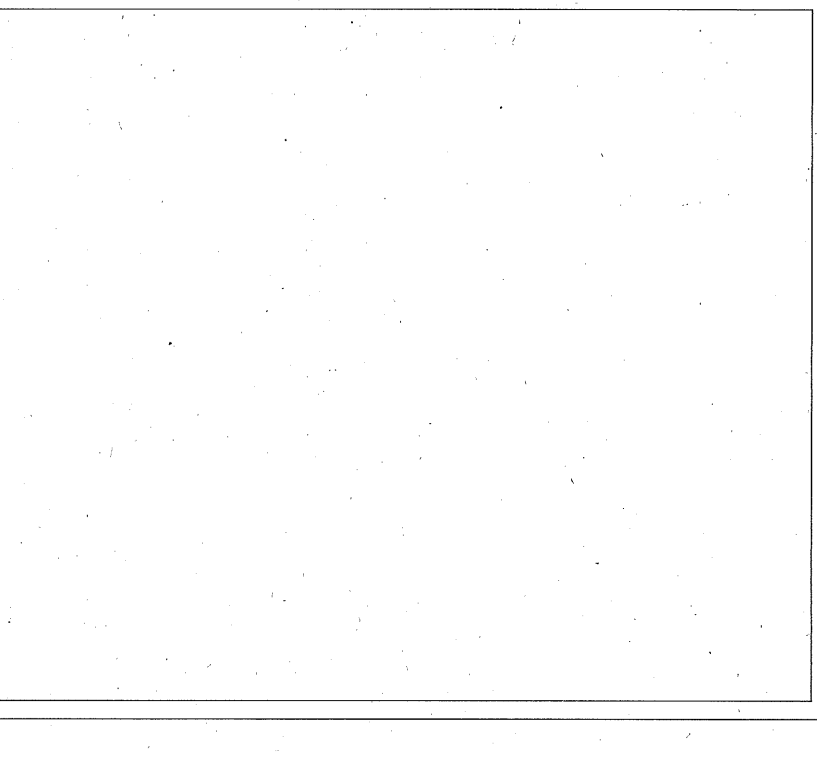
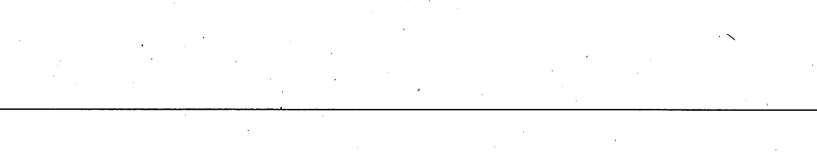
別紙記載事項の変更箇所一覧表

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(甲)-C-1	3行目	本輸送物の密封解析は、	本核燃料輸送物の密封解析は、
(甲)-C-10	3行目	種の漏えい基準値との比の合計 (A a / B a の総和) が 1.71×10^{-3} で、1 未満であるので、規則及び告示に定められた放射性物質の漏えい基準値 [A_2 値 $\times 10^{-6}$ / h 以下] を満足する。	種の漏えい基準値との比の合計 (A a / B a の総和) が 1.71×10^{-3} で、1 未満であるので、 <u>外運搬規則及び外運搬告示</u> に定められた放射性物質の漏えい基準値 [A_2 値 $\times 10^{-6}$ / h 以下] を満足する。
(甲)-C-13	8行目	の漏えい基準値との比の合計 (A' a / B' a の総和) が 2.88×10^{-7} で、1 未満であるので、規則及び告示に定められた放射性物質の漏えい基準値 [A_2 値 / week 以下] を満足する。	の漏えい基準値との比の合計 (A' a / B' a の総和) が 2.88×10^{-7} で、1 未満であるので、 <u>外運搬規則及び外運搬告示</u> に定められた放射性物質の漏えい基準値 [A_2 値 / week 以下] を満足する。

別紙記載事項の変更箇所一覧表

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(P)-D-1	3行目	本輸送物のしやへい解析は、	本核燃料輸送物のしやへい解析は、
(P)-D-1	32行目	このような条件の下に計算した本輸送物の最大線量当量率を、	このような条件の下に計算した本核燃料輸送物の最大線量当量率を、
(P)-D-4	(P)-第D.3表		

注) 変更箇所を_____で示す。

変更箇所	変更前	変更後
ページ番号 (p)-D-5		
(p)-第D.1 図		
(p)-D-6	7 行目	

ように 2.108×10^7 個/秒である。核燃料輸送物の実効増倍係数 K_{eff} を考慮すると、中性子源強度は $1 / (1 - K_{eff})$ 倍になる。臨界解析の通常輸送時の核燃料輸送物の実効増倍係数は 0.292 である。

ように 2.108×10^7 個/秒である。輸送物の実効増倍係数 K_{eff} を考慮すると、中性子源強度は $1 / (1 - K_{eff})$ 倍になる。臨界解析の通常輸送時の輸送物の実効増倍係数は 0.292 である。

(注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後																																				
(H)-D-6	(H)-第D.4表	<table border="1"> <thead> <tr> <th>中性子が発生する反応</th> <th colspan="2">中性子源強度 (neutrons sec⁻¹ 輸送物)</th> </tr> <tr> <td>(α, n) 反応</td> <td>炉心燃料</td> <td>プランケット燃料</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>自発核分裂による反応</td> <td>1.182 × 10⁷</td> <td>5.061 × 10⁶</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>9.265 × 10⁶</td> <td>5.915 × 10⁶</td> </tr> <tr> <td>実効増倍係数を考慮した場合の合計</td> <td>2.108 × 10⁷</td> <td>5.966 × 10⁶</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2.977 × 10⁷</td> <td>8.424 × 10⁶</td> </tr> </tbody> </table>	中性子が発生する反応	中性子源強度 (neutrons sec ⁻¹ 輸送物)		(α, n) 反応	炉心燃料	プランケット燃料	自発核分裂による反応	1.182 × 10 ⁷	5.061 × 10 ⁶	合計	9.265 × 10 ⁶	5.915 × 10 ⁶	実効増倍係数を考慮した場合の合計	2.108 × 10 ⁷	5.966 × 10 ⁶		2.977 × 10 ⁷	8.424 × 10 ⁶	<table border="1"> <thead> <tr> <th>中性子が発生する反応</th> <th colspan="2">中性子源強度 (neutrons sec⁻¹ 核燃料輸送物)</th> </tr> <tr> <td>(α, n) 反応</td> <td>炉心燃料</td> <td>プランケット燃料</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>自発核分裂による反応</td> <td>1.182 × 10⁷</td> <td>5.061 × 10⁶</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>9.265 × 10⁶</td> <td>5.915 × 10⁶</td> </tr> <tr> <td>実効増倍係数を考慮した場合の合計</td> <td>2.108 × 10⁷</td> <td>5.966 × 10⁶</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2.977 × 10⁷</td> <td>8.424 × 10⁶</td> </tr> </tbody> </table>	中性子が発生する反応	中性子源強度 (neutrons sec ⁻¹ 核燃料輸送物)		(α, n) 反応	炉心燃料	プランケット燃料	自発核分裂による反応	1.182 × 10 ⁷	5.061 × 10 ⁶	合計	9.265 × 10 ⁶	5.915 × 10 ⁶	実効増倍係数を考慮した場合の合計	2.108 × 10 ⁷	5.966 × 10 ⁶		2.977 × 10 ⁷	8.424 × 10 ⁶
中性子が発生する反応	中性子源強度 (neutrons sec ⁻¹ 輸送物)																																						
(α, n) 反応	炉心燃料	プランケット燃料																																					
自発核分裂による反応	1.182 × 10 ⁷	5.061 × 10 ⁶																																					
合計	9.265 × 10 ⁶	5.915 × 10 ⁶																																					
実効増倍係数を考慮した場合の合計	2.108 × 10 ⁷	5.966 × 10 ⁶																																					
	2.977 × 10 ⁷	8.424 × 10 ⁶																																					
中性子が発生する反応	中性子源強度 (neutrons sec ⁻¹ 核燃料輸送物)																																						
(α, n) 反応	炉心燃料	プランケット燃料																																					
自発核分裂による反応	1.182 × 10 ⁷	5.061 × 10 ⁶																																					
合計	9.265 × 10 ⁶	5.915 × 10 ⁶																																					
実効増倍係数を考慮した場合の合計	2.108 × 10 ⁷	5.966 × 10 ⁶																																					
	2.977 × 10 ⁷	8.424 × 10 ⁶																																					
(H)-D-6	12行目	本輸送物の外形は、円筒形である。線量当量率の評価は、輸送物の径方向、	本核燃料輸送物の外形は、円筒形である。線量当量率の評価は、核燃料輸送物の径方向、																																				
(H)-D-8	8行目	本輸送物の外容器寸法は、	本核燃料輸送物の外容器寸法は、																																				
(H)-D-8	12行目	び軸方向共に局所的であるので除外した。径方向の水平落下(落下試験 I)による変形は輸送物の一方向のみに生ずるが、	び軸方向共に局所的であるので除外した。径方向の水平落下(落下試験 I)による変形は核燃料輸送物の一方向のみに生ずるが、																																				
(H)-D-8	14行目	板は、最小外半径の位置となる((H)-第D.2図参照)。輸送物の変形量は、	板は、最小外半径の位置となる((H)-第D.2図参照)。核燃料輸送物の変形量は、																																				
(H)-D-10	16行目	本収納物から放出される中性子は、自発核分裂と(α, n)反応によるもので、本輸送物の中性子線量当量率分布の計算にPSL-40ライブラリを用いた。	本収納物から放出される中性子は、自発核分裂と(α, n)反応によるもので、本核燃料輸送物の中性子線量当量率分布の計算にPSL-40ライブラリを用いた。																																				
(H)-D-12	2行目	本輸送物の各試験条件における最大線量当量率の要約は、(H)-第D.1表に示すとおりである。この結果より、本輸送物はいかなる条件下においても、輸送物表面及び1m離れた位置での最大線量当量率は、基準に定められた値を満足する。	本核燃料輸送物の各試験条件における最大線量当量率の要約は、(H)-第D.1表に示すとおりである。この結果より、本核燃料輸送物はいかなる条件下においても、核燃料輸送物表面及び1m離れた位置での最大線量当量率は、基準に定められた値を満足する。																																				

注) 変更箇所を_____で示す。

別紙記載事項の変更箇所一覧表

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後																																																						
(4)-B-1	3行目	本輸送物の臨界解析は、	本核燃料輸送物の臨界解析は、																																																						
(4)-B-1	5行目	本輸送物は、	本核燃料輸送物は、																																																						
(4)-B-1	9行目	孤立系及び配列系について実施することが規則及び告示で求められている。	孤立系及び配列系について実施することが外運搬規則及び外運搬告示で求められている。																																																						
(4)-B-1	10行目	本輸送物の場合、	本核燃料輸送物の場合、																																																						
(4)-B-1	13行目	り、配列系については中性子の相互干渉効果が高まることから、本輸送物は特別の試験条件下において臨界評価上最も厳しくなる。	り、配列系については中性子の相互干渉効果が高まることから、本核燃料輸送物は特別の試験条件下において臨界評価上最も厳しくなる。																																																						
(4)-B-1	16行目	における孤立系及び配列系について、臨界解析を実施する。本輸送物の特別の試験条件下における臨界解析の条件と結果を、	における孤立系及び配列系について、臨界解析を実施する。本核燃料輸送物の特別の試験条件下における臨界解析の条件と結果を、																																																						
(4)-B-2	(4)-第E.1 表	<table border="1"> <thead> <tr> <th>輸送制限個数</th> <th>配置</th> <th>配置</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>輸送制限</td> <td>あり(孤立系、配列系共に輸送物の中を水で満たし、水密度をパラメータとして最も厳しい条件で評価する。)</td> <td>あり(孤立系、配列系共に核燃料輸送物の中を水で満たし、水密度をパラメータとして最も厳しい条件で評価する。)</td> </tr> <tr> <td>取替物の配列</td> <td>燃料集合体が接した状態で配列する。</td> <td>燃料集合体が接した状態で配列する。</td> </tr> <tr> <td>中性子吸収材・蒸物</td> <td>本容器では中性子吸収を目的とした物質は用いていない。</td> <td>本容器では中性子吸収を目的とした物質は用いていない。</td> </tr> <tr> <td>孤立系の場合</td> <td>輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。</td> <td>核燃料輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。</td> </tr> <tr> <td>配列系の場合</td> <td>輸送物の相互間に水が存在する(水密度をパラメータとし、最も厳しい条件で評価する)。</td> <td>核燃料輸送物の相互間に水が存在する(水密度をパラメータとし、最も厳しい条件で評価する)。</td> </tr> <tr> <td>水反射体</td> <td>輸送物は無限個存在している。配列系の周囲には水を考慮しない。</td> <td>核燃料輸送物は無限個存在している。配列系の周囲には水を考慮しない。</td> </tr> <tr> <td>実効増倍係数 (孤立系輸送物)</td> <td>0.650</td> <td>0.650</td> </tr> <tr> <td>実効増倍係数 (配列系輸送物)</td> <td>0.898</td> <td>0.898</td> </tr> </tbody> </table>	輸送制限個数	配置	配置	輸送制限	あり(孤立系、配列系共に輸送物の中を水で満たし、水密度をパラメータとして最も厳しい条件で評価する。)	あり(孤立系、配列系共に核燃料輸送物の中を水で満たし、水密度をパラメータとして最も厳しい条件で評価する。)	取替物の配列	燃料集合体が接した状態で配列する。	燃料集合体が接した状態で配列する。	中性子吸収材・蒸物	本容器では中性子吸収を目的とした物質は用いていない。	本容器では中性子吸収を目的とした物質は用いていない。	孤立系の場合	輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。	核燃料輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。	配列系の場合	輸送物の相互間に水が存在する(水密度をパラメータとし、最も厳しい条件で評価する)。	核燃料輸送物の相互間に水が存在する(水密度をパラメータとし、最も厳しい条件で評価する)。	水反射体	輸送物は無限個存在している。配列系の周囲には水を考慮しない。	核燃料輸送物は無限個存在している。配列系の周囲には水を考慮しない。	実効増倍係数 (孤立系輸送物)	0.650	0.650	実効増倍係数 (配列系輸送物)	0.898	0.898	<table border="1"> <thead> <tr> <th>輸送制限個数</th> <th>配置</th> <th>配置</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>輸送制限</td> <td>あり(孤立系、配列系共に輸送物の中を水で満たし、水密度をパラメータとして最も厳しい条件で評価する。)</td> <td>あり(孤立系、配列系共に核燃料輸送物の中を水で満たし、水密度をパラメータとして最も厳しい条件で評価する。)</td> </tr> <tr> <td>取替物の配列</td> <td>燃料集合体が接した状態で配列する。</td> <td>燃料集合体が接した状態で配列する。</td> </tr> <tr> <td>中性子吸収材・蒸物</td> <td>本容器では中性子吸収を目的とした物質は用いていない。</td> <td>本容器では中性子吸収を目的とした物質は用いていない。</td> </tr> <tr> <td>孤立系の場合</td> <td>輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。</td> <td>核燃料輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。</td> </tr> <tr> <td>配列系の場合</td> <td>輸送物の相互間に水が存在する(水密度をパラメータとし、最も厳しい条件で評価する)。</td> <td>核燃料輸送物の相互間に水が存在する(水密度をパラメータとし、最も厳しい条件で評価する)。</td> </tr> <tr> <td>水反射体</td> <td>輸送物は無限個存在している。配列系の周囲には水を考慮しない。</td> <td>核燃料輸送物は無限個存在している。配列系の周囲には水を考慮しない。</td> </tr> <tr> <td>実効増倍係数 (孤立系輸送物)</td> <td>0.650</td> <td>0.650</td> </tr> <tr> <td>実効増倍係数 (配列系輸送物)</td> <td>0.898</td> <td>0.898</td> </tr> </tbody> </table>	輸送制限個数	配置	配置	輸送制限	あり(孤立系、配列系共に輸送物の中を水で満たし、水密度をパラメータとして最も厳しい条件で評価する。)	あり(孤立系、配列系共に核燃料輸送物の中を水で満たし、水密度をパラメータとして最も厳しい条件で評価する。)	取替物の配列	燃料集合体が接した状態で配列する。	燃料集合体が接した状態で配列する。	中性子吸収材・蒸物	本容器では中性子吸収を目的とした物質は用いていない。	本容器では中性子吸収を目的とした物質は用いていない。	孤立系の場合	輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。	核燃料輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。	配列系の場合	輸送物の相互間に水が存在する(水密度をパラメータとし、最も厳しい条件で評価する)。	核燃料輸送物の相互間に水が存在する(水密度をパラメータとし、最も厳しい条件で評価する)。	水反射体	輸送物は無限個存在している。配列系の周囲には水を考慮しない。	核燃料輸送物は無限個存在している。配列系の周囲には水を考慮しない。	実効増倍係数 (孤立系輸送物)	0.650	0.650	実効増倍係数 (配列系輸送物)	0.898	0.898
輸送制限個数	配置	配置																																																							
輸送制限	あり(孤立系、配列系共に輸送物の中を水で満たし、水密度をパラメータとして最も厳しい条件で評価する。)	あり(孤立系、配列系共に核燃料輸送物の中を水で満たし、水密度をパラメータとして最も厳しい条件で評価する。)																																																							
取替物の配列	燃料集合体が接した状態で配列する。	燃料集合体が接した状態で配列する。																																																							
中性子吸収材・蒸物	本容器では中性子吸収を目的とした物質は用いていない。	本容器では中性子吸収を目的とした物質は用いていない。																																																							
孤立系の場合	輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。	核燃料輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。																																																							
配列系の場合	輸送物の相互間に水が存在する(水密度をパラメータとし、最も厳しい条件で評価する)。	核燃料輸送物の相互間に水が存在する(水密度をパラメータとし、最も厳しい条件で評価する)。																																																							
水反射体	輸送物は無限個存在している。配列系の周囲には水を考慮しない。	核燃料輸送物は無限個存在している。配列系の周囲には水を考慮しない。																																																							
実効増倍係数 (孤立系輸送物)	0.650	0.650																																																							
実効増倍係数 (配列系輸送物)	0.898	0.898																																																							
輸送制限個数	配置	配置																																																							
輸送制限	あり(孤立系、配列系共に輸送物の中を水で満たし、水密度をパラメータとして最も厳しい条件で評価する。)	あり(孤立系、配列系共に核燃料輸送物の中を水で満たし、水密度をパラメータとして最も厳しい条件で評価する。)																																																							
取替物の配列	燃料集合体が接した状態で配列する。	燃料集合体が接した状態で配列する。																																																							
中性子吸収材・蒸物	本容器では中性子吸収を目的とした物質は用いていない。	本容器では中性子吸収を目的とした物質は用いていない。																																																							
孤立系の場合	輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。	核燃料輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。																																																							
配列系の場合	輸送物の相互間に水が存在する(水密度をパラメータとし、最も厳しい条件で評価する)。	核燃料輸送物の相互間に水が存在する(水密度をパラメータとし、最も厳しい条件で評価する)。																																																							
水反射体	輸送物は無限個存在している。配列系の周囲には水を考慮しない。	核燃料輸送物は無限個存在している。配列系の周囲には水を考慮しない。																																																							
実効増倍係数 (孤立系輸送物)	0.650	0.650																																																							
実効増倍係数 (配列系輸送物)	0.898	0.898																																																							

(注) 変更箇所を_____で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(H)-E-2	1行目	本輸送物は、	本核燃料輸送物は、
(H)-E-2	2行目	るため、輸送物の密封装置内に水が浸入することはない。	るため、核燃料輸送物の密封装置内に水が浸入することはない。
(H)-E-2	3行目	に引き続き特別の試験条件下に置いた場合に、輸送物の密封装置内に水が浸入すると仮定して解析を行っている。	に引き続き特別の試験条件下に置いた場合に、核燃料輸送物の密封装置内に水が浸入すると仮定して解析を行っている。
(H)-E-2	9行目	輸送物の実効増倍係数は、	核燃料輸送物の実効増倍係数は、
(H)-E-2	11行目	孤立系輸送物の場合は、輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在するとして解析を行い、その結果、3倍の標準偏差を考慮した実効増倍係数は、特別の試験条件下の輸送物で0.650である。	孤立系核燃料輸送物の場合は、核燃料輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在するとして解析を行い、その結果、3倍の標準偏差を考慮した実効増倍係数は、特別の試験条件下の核燃料輸送物で0.650である。
(H)-E-2	13行目	配列系輸送物の場合は、規則及び告示により解析の基準は特別の試験条件下の輸送物が輸送制限個数の2倍集積し、	配列系核燃料輸送物の場合は、外運搬規則及び外運搬告示により解析の基準は特別の試験条件下の核燃料輸送物が輸送制限個数の2倍集積し、
(H)-E-3	2行目	れているが、本輸送物の輸送制限個数が任意であることから、	れているが、本核燃料輸送物の輸送制限個数が任意であることから、
(H)-E-3	3行目	的とし、特別の試験条件下の輸送物の外境界面をすべて鏡面反射として、輸送物が無限個存在するものとする。解析の結果、3倍の標準偏差を考慮した実効増倍係数は、特別の試験条件下の輸送物で0.898である。	的とし、特別の試験条件下の核燃料輸送物の外境界面をすべて鏡面反射として、核燃料輸送物が無限個存在するものとする。解析の結果、3倍の標準偏差を考慮した実効増倍係数は、特別の試験条件下の核燃料輸送物で0.898である。
(H)-E-3	16行目	: <input type="text"/> とし、プルトニウムフィッサイルが <input type="text"/> となるように定めている。	: <input type="text"/> とし、プルトニウムフィッサイルが <input type="text"/> となるように定めている。
(H)-E-3	18行目	の同位元素は U235 に置き換え (すなわちウラン濃縮度を <input type="text"/> とし)、	の同位元素は U235 に置き換え (すなわちウラン濃縮度を <input type="text"/> とし)、

(注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後																								
(11)-E-3	(11)-第 E. 2 表	<table border="1"> <thead> <tr> <th>項</th> <th>目</th> <th>装 荷 量</th> <th>装 荷 量</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>炉心燃料</td> <td>ブランケット燃料</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>プルトニウム・ウラン混合酸化物 ウラン酸化物 ウラン濃縮度 プルトニウム富化度 プルトニウム同位体組成</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	項	目	装 荷 量	装 荷 量			炉心燃料	ブランケット燃料		プルトニウム・ウラン混合酸化物 ウラン酸化物 ウラン濃縮度 プルトニウム富化度 プルトニウム同位体組成			<table border="1"> <thead> <tr> <th>項</th> <th>目</th> <th>装 荷 量</th> <th>装 荷 量</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>炉心燃料</td> <td>ブランケット燃料</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>プルトニウム・ウラン混合酸化物 ウラン酸化物 ウラン濃縮度 プルトニウム富化度 プルトニウム同位体組成</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	項	目	装 荷 量	装 荷 量			炉心燃料	ブランケット燃料		プルトニウム・ウラン混合酸化物 ウラン酸化物 ウラン濃縮度 プルトニウム富化度 プルトニウム同位体組成		
項	目	装 荷 量	装 荷 量																								
		炉心燃料	ブランケット燃料																								
	プルトニウム・ウラン混合酸化物 ウラン酸化物 ウラン濃縮度 プルトニウム富化度 プルトニウム同位体組成																										
項	目	装 荷 量	装 荷 量																								
		炉心燃料	ブランケット燃料																								
	プルトニウム・ウラン混合酸化物 ウラン酸化物 ウラン濃縮度 プルトニウム富化度 プルトニウム同位体組成																										
(11)-E-4	15 行目	特別の試験条件下の輸送物の臨界解析モデルを、	特別の試験条件下の核燃料輸送物の臨界解析モデルを、																								
(11)-E-4	16 行目	E. 3 図に示す。モデルは、三次元有限円柱とした。輸送物は、規則及び告示に定められている特別の試験条件により外容器には変形が生じる。	E. 3 図に示す。モデルは、三次元有限円柱とした。核燃料輸送物は、外運搬規則及び外運搬告示に定められている特別の試験条件により外容器には変形が生じる。																								
(11)-E-4	20 行目	ものとして、輸送物相互の接近を過大に評価する。	ものとして、核燃料輸送物相互の接近を過大に評価する。																								
(11)-E-4	25 行目	特別の試験条件下の輸送物の解析モデルは、	特別の試験条件下の核燃料輸送物の解析モデルは、																								
(11)-E-5	14 行目	孤立系の場合には、規則及び告示により定められているとおりにこの輸送物 1 個が存在し、	孤立系の場合には、外運搬規則及び外運搬告示により定められているとおりにこの核燃料輸送物 1 個が存在し、																								
(11)-E-5	16 行目	配列系の場合には、規則及び告示により解析の基準は輸送制限個数の 2 倍の輸送物が最も接近し、その周囲には 20 cm の厚さの水が存在すると定められているが、本輸送物の輸送制限個数は任意としているため、輸送物の外境界面をすべて鏡面反射とし、輸送物が無限個存在するものとする。	配列系の場合には、外運搬規則及び外運搬告示により解析の基準は輸送制限個数の 2 倍の核燃料輸送物が最も接近し、その周囲には 20 cm の厚さの水が存在すると定められているため、核燃料輸送物の輸送制限個数は任意としているため、核燃料輸送物の外境界面をすべて鏡面反射とし、輸送物が無限個存在するものとする。																								
(11)-E-5	22 行目	特別の試験条件下の輸送物の解析に用いた水は、	特別の試験条件下の核燃料輸送物の解析に用いた水は、																								
(11)-E-5	23 行目	めるために輸送物の内容器内部と外部の水の密度を 0.0g/cm ³ から 1.0g/cm ³ まで変化させ、	めるために核燃料輸送物の内容器内部と外部の水の密度を 0.0g/cm ³ から 1.0g/cm ³ まで変化させ、																								
(11)-E-5	27 行目	特別の試験条件下の輸送物における各領域の体積比を、	特別の試験条件下の核燃料輸送物における各領域の体積比を、																								

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前		変更後																																																																																																																																		
		(p)-第E-1 図(注記)	(p)-第E-2 図(注記)	(p)-第E-1 図(注記)	(p)-第E-2 図(注記)																																																																																																																																	
(p)-E-6	(p)-第E-1 図(注記)	*特別の試験条件下の輸送物の評価では被覆管の外側を最適水密度の水としている				*特別の試験条件下の核燃料輸送物の評価では被覆管の外側を最適水密度の水としている																																																																																																																																
(p)-E-7	(p)-第E-2 図(注記)	孤立系の場合には輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。				孤立系の場合には核燃料輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。																																																																																																																																
(p)-E-8	(p)-第E-3 図(注記)	配列系の場合には輸送物の外境界面はすべて鏡面反射とする。				配列系の場合には核燃料輸送物の外境界面はすべて鏡面反射とする。																																																																																																																																
(p)-E-9	(p)-第E-3 表	<table border="1"> <thead> <tr> <th>領域名</th> <th>材質</th> <th>密度 (g/cm³)</th> <th>径 (mm)</th> <th>種類</th> <th>組成 (wt%)</th> <th>原子個数密度 (10²¹-atoms/cm³)</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>炉心燃料</td> <td>アルミニウム・ウラン混合酸化物</td> <td>9.65</td> <td></td> <td>O U235 U238 Pu239 Pu240 Pu241</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ブランケット燃料</td> <td>ウラン酸化物</td> <td>10.4</td> <td></td> <td>O U235 U238</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>放熱管、ランパ管</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>密度及び組成はJISによる。</td> </tr> <tr> <td>燃料集合体ホルダ</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>領域内で混合し希釈している。組成はJISによる。</td> </tr> <tr> <td>内容器内側、内容器外側</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>密度及び組成はJISによる。</td> </tr> <tr> <td>圧熱板</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>密度=JISによる。</td> </tr> <tr> <td>水</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				領域名	材質	密度 (g/cm ³)	径 (mm)	種類	組成 (wt%)	原子個数密度 (10 ²¹ -atoms/cm ³)	備考	炉心燃料	アルミニウム・ウラン混合酸化物	9.65		O U235 U238 Pu239 Pu240 Pu241				ブランケット燃料	ウラン酸化物	10.4		O U235 U238				放熱管、ランパ管							密度及び組成はJISによる。	燃料集合体ホルダ							領域内で混合し希釈している。組成はJISによる。	内容器内側、内容器外側							密度及び組成はJISによる。	圧熱板							密度=JISによる。	水								<table border="1"> <thead> <tr> <th>領域名</th> <th>材質</th> <th>密度 (g/cm³)</th> <th>径 (mm)</th> <th>種類</th> <th>組成 (wt%)</th> <th>原子個数密度 (10²¹-atoms/cm³)</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>炉心燃料</td> <td>アルミニウム・ウラン混合酸化物</td> <td>9.65</td> <td></td> <td>O U235 U238 Pu239 Pu240 Pu241</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ブランケット燃料</td> <td>ウラン酸化物</td> <td>10.4</td> <td></td> <td>O U235 U238</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>放熱管、ランパ管</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>密度及び組成はJISによる。</td> </tr> <tr> <td>燃料集合体ホルダ</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>領域内で混合し希釈している。組成はJISによる。</td> </tr> <tr> <td>内容器内側、内容器外側</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>密度及び組成はJISによる。</td> </tr> <tr> <td>圧熱板</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>密度=JISによる。</td> </tr> <tr> <td>水</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	領域名	材質	密度 (g/cm ³)	径 (mm)	種類	組成 (wt%)	原子個数密度 (10 ²¹ -atoms/cm ³)	備考	炉心燃料	アルミニウム・ウラン混合酸化物	9.65		O U235 U238 Pu239 Pu240 Pu241				ブランケット燃料	ウラン酸化物	10.4		O U235 U238				放熱管、ランパ管							密度及び組成はJISによる。	燃料集合体ホルダ							領域内で混合し希釈している。組成はJISによる。	内容器内側、内容器外側							密度及び組成はJISによる。	圧熱板							密度=JISによる。	水							
領域名	材質	密度 (g/cm ³)	径 (mm)	種類	組成 (wt%)	原子個数密度 (10 ²¹ -atoms/cm ³)	備考																																																																																																																															
炉心燃料	アルミニウム・ウラン混合酸化物	9.65		O U235 U238 Pu239 Pu240 Pu241																																																																																																																																		
ブランケット燃料	ウラン酸化物	10.4		O U235 U238																																																																																																																																		
放熱管、ランパ管							密度及び組成はJISによる。																																																																																																																															
燃料集合体ホルダ							領域内で混合し希釈している。組成はJISによる。																																																																																																																															
内容器内側、内容器外側							密度及び組成はJISによる。																																																																																																																															
圧熱板							密度=JISによる。																																																																																																																															
水																																																																																																																																						
領域名	材質	密度 (g/cm ³)	径 (mm)	種類	組成 (wt%)	原子個数密度 (10 ²¹ -atoms/cm ³)	備考																																																																																																																															
炉心燃料	アルミニウム・ウラン混合酸化物	9.65		O U235 U238 Pu239 Pu240 Pu241																																																																																																																																		
ブランケット燃料	ウラン酸化物	10.4		O U235 U238																																																																																																																																		
放熱管、ランパ管							密度及び組成はJISによる。																																																																																																																															
燃料集合体ホルダ							領域内で混合し希釈している。組成はJISによる。																																																																																																																															
内容器内側、内容器外側							密度及び組成はJISによる。																																																																																																																															
圧熱板							密度=JISによる。																																																																																																																															
水																																																																																																																																						

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(F)-E-10	4行目	本輸送物に収納される収納物は、	本核燃料輸送物に収納される収納物は、
(F)-E-10	12行目	特別の試験条件下の輸送物は、	特別の試験条件下の核燃料輸送物は、
(F)-E-10	13行目	形は、外容器外胴の周囲すべてに同じ量だけ変形するものとして、輸送物相互の接近を過大に評価する。	形は、外容器外胴の周囲すべてに同じ量だけ変形するものとして、核燃料輸送物相互の接近を過大に評価する。
(F)-E-11	1行目	E. 4. 2 輸送物への水の浸入等	E. 4. 2 核燃料輸送物への水の浸入等
(F)-E-11	2行目	本輸送物は、	本核燃料輸送物は、
(F)-E-11	3行目	保たれるが、規則及び告示で定める孤立系のみならず、	保たれるが、 <u>外運搬規則</u> 及び <u>外運搬告示</u> で定める孤立系のみならず、
(F)-E-11	6行目	及び特別の試験条件下の孤立系の輸送物の中で最も厳しい特別の試験条件下の孤立系の輸送物で代表して評価を行っている。	及び特別の試験条件下の孤立系の核燃料輸送物の中で最も厳しい特別の試験条件下の孤立系の核燃料輸送物で代表して評価を行っている。
(F)-E-11	9行目	本輸送物の実効増倍係数の算出には、	本核燃料輸送物の実効増倍係数の算出には、
(F)-E-12	13行目	の臨界解析に「KENO-IV」コードを用いたものには、次の輸送物がある。	の臨界解析に「KENO-IV」コードを用いたものには、次の核燃料輸送物がある。
(F)-E-12	17行目	特別の試験条件下の輸送物の孤立系と配列系の場合の実効増倍係数を、	特別の試験条件下の核燃料輸送物の孤立系と配列系の場合の実効増倍係数を、
(F)-E-13	1行目	特別の試験条件下の輸送物の解析では水の密度をパラメータとし、	特別の試験条件下の核燃料輸送物の解析では水の密度をパラメータとし、
(F)-E-15	3行目	配列系、並びに④特別の試験条件下における孤立系及び配列系について実施することが規則及び告示で求められているが、本輸送物の臨界解析は、	配列系、並びに④特別の試験条件下における孤立系及び配列系について実施することが <u>外運搬規則</u> 及び <u>外運搬告示</u> で求められているが、本核燃料輸送物の臨界解析は、
(F)-E-15	6行目	特別の試験条件下の輸送物では耐火試験による影響を考慮し、	特別の試験条件下の核燃料輸送物では耐火試験による影響を考慮し、
(F)-E-15	7行目	の存在を無視し、水に置き換えた状態を解析モデルとするともに、規則及び告示で定める孤立系のみならず配列系においても安全側に内容器内に水が浸入するとしている。	の存在を無視し、水に置き換えた状態を解析モデルとするともに、 <u>外運搬規則</u> 及び <u>外運搬告示</u> で定める孤立系のみならず配列系においても安全側に内容器内に水が浸入するとしている。

注) 変更箇所を____で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(P)-E-15	10行目	常輸時、一般の試験条件下及び特別の試験条件下の孤立系の輸送物の中で最も厳しい特別の試験条件下の孤立系の輸送物で代表して評価を行っている。	常輸時、一般の試験条件下及び特別の試験条件下の孤立系の核燃料輸送物の中で最も厳しい特別の試験条件下の孤立系の核燃料輸送物で代表して評価を行っている。
(P)-E-15	12行目	孤立系の輸送物では、輸送物の周囲に20 cmの厚さの水が存在するとし、配列系の輸送物では、輸送物の外境界をすべて鏡面反射とし、輸送物が無限個存在するものとしている。	孤立系の核燃料輸送物では、核燃料輸送物の周囲に20 cmの厚さの水が存在するとし、配列系の核燃料輸送物では、核燃料輸送物の外境界をすべて鏡面反射とし、核燃料輸送物が無限個存在するものとしている。
(P)-E-15	14行目	解析の結果は、(P)-第E.5表に示すとおり、輸送物はいかなる状態においても未臨界である。	解析の結果は、(P)-第E.5表に示すとおり、核燃料輸送物はいかなる状態においても未臨界である。
(P)-E-16	3行目	本輸送物の臨界解析は、	本核燃料輸送物の臨界解析は、
(P)-E-16	4行目	いて実施しているが、規則及び告示に定める輸送中及び孤立系、	いて実施しているが、外運搬規則及び外運搬告示に定める輸送中及び孤立系、
(P)-E-16	6行目	性については、一般の試験条件に包絡される。本輸送物の通常輸送時及び一般の試験条件下における臨界解析の条件と結果を、	性については、一般の試験条件に包絡される。本核燃料輸送物の通常輸送時及び一般の試験条件下における臨界解析の条件と結果を、

注) 変更箇所を_____で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後																																																		
(P)-E-16	(P)-第5.8表	<table border="1"> <thead> <tr> <th>輸送制限</th> <th>留意</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>密封装置内への水の浸入</td> <td>なし(外運搬規則及び告示に基づき独立系の要件とは異なる。輸送物の中を水で満たさない場合を評価する。)</td> </tr> <tr> <td>取納物の配列</td> <td>燃料集合体2体が接した状態で配列する。</td> </tr> <tr> <td>中性子吸収材・毒物</td> <td>本容器では中性子吸収を目的とした物質は用いていない。</td> </tr> <tr> <td>孤立系の場合</td> <td>輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。</td> </tr> <tr> <td>配列系の場合</td> <td>輸送物の相互間はポイントとする。(E.4.1より配列系では、水密度が0.0g/cm³のとき、最も厳しく輸送物は無限個存在するとしているので、配列系の周囲には水を考慮しない。)</td> </tr> <tr> <td>水反射体</td> <td></td> </tr> <tr> <td>解折結果</td> <td> <table border="1"> <thead> <tr> <th>実効増倍係数 (孤立系輸送物)</th> <th>通常輸送時</th> <th>一般の試験条件下</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.292**</td> <td>0.292**</td> <td>0.289**</td> </tr> <tr> <td>0.296</td> <td>-</td> <td>0.296</td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> </tbody> </table>	輸送制限	留意	密封装置内への水の浸入	なし(外運搬規則及び告示に基づき独立系の要件とは異なる。輸送物の中を水で満たさない場合を評価する。)	取納物の配列	燃料集合体2体が接した状態で配列する。	中性子吸収材・毒物	本容器では中性子吸収を目的とした物質は用いていない。	孤立系の場合	輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。	配列系の場合	輸送物の相互間はポイントとする。(E.4.1より配列系では、水密度が0.0g/cm ³ のとき、最も厳しく輸送物は無限個存在するとしているので、配列系の周囲には水を考慮しない。)	水反射体		解折結果	<table border="1"> <thead> <tr> <th>実効増倍係数 (孤立系輸送物)</th> <th>通常輸送時</th> <th>一般の試験条件下</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.292**</td> <td>0.292**</td> <td>0.289**</td> </tr> <tr> <td>0.296</td> <td>-</td> <td>0.296</td> </tr> </tbody> </table>	実効増倍係数 (孤立系輸送物)	通常輸送時	一般の試験条件下	0.292**	0.292**	0.289**	0.296	-	0.296	<table border="1"> <thead> <tr> <th>輸送制限</th> <th>留意</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>密封装置内への水の浸入</td> <td>なし(外運搬規則及び告示に基づき独立系の要件とは異なる。輸送物の中を水で満たさない場合を評価する。)</td> </tr> <tr> <td>取納物の配列</td> <td>燃料集合体2体が接した状態で配列する。</td> </tr> <tr> <td>中性子吸収材・毒物</td> <td>本容器では中性子吸収を目的とした物質は用いていない。</td> </tr> <tr> <td>孤立系の場合</td> <td>輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。</td> </tr> <tr> <td>配列系の場合</td> <td>輸送物の相互間はポイントとする。(E.4.1より配列系では、水密度が0.0g/cm³のとき、最も厳しく輸送物は無限個存在するとしているので、配列系の周囲には水を考慮しない。)</td> </tr> <tr> <td>水反射体</td> <td></td> </tr> <tr> <td>解折結果</td> <td> <table border="1"> <thead> <tr> <th>実効増倍係数 (孤立系輸送物)</th> <th>通常輸送時</th> <th>一般の試験条件下</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.292**</td> <td>0.292**</td> <td>0.289**</td> </tr> <tr> <td>0.296</td> <td>-</td> <td>0.296</td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> </tbody> </table>	輸送制限	留意	密封装置内への水の浸入	なし(外運搬規則及び告示に基づき独立系の要件とは異なる。輸送物の中を水で満たさない場合を評価する。)	取納物の配列	燃料集合体2体が接した状態で配列する。	中性子吸収材・毒物	本容器では中性子吸収を目的とした物質は用いていない。	孤立系の場合	輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。	配列系の場合	輸送物の相互間はポイントとする。(E.4.1より配列系では、水密度が0.0g/cm ³ のとき、最も厳しく輸送物は無限個存在するとしているので、配列系の周囲には水を考慮しない。)	水反射体		解折結果	<table border="1"> <thead> <tr> <th>実効増倍係数 (孤立系輸送物)</th> <th>通常輸送時</th> <th>一般の試験条件下</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.292**</td> <td>0.292**</td> <td>0.289**</td> </tr> <tr> <td>0.296</td> <td>-</td> <td>0.296</td> </tr> </tbody> </table>	実効増倍係数 (孤立系輸送物)	通常輸送時	一般の試験条件下	0.292**	0.292**	0.289**	0.296	-	0.296
輸送制限	留意																																																				
密封装置内への水の浸入	なし(外運搬規則及び告示に基づき独立系の要件とは異なる。輸送物の中を水で満たさない場合を評価する。)																																																				
取納物の配列	燃料集合体2体が接した状態で配列する。																																																				
中性子吸収材・毒物	本容器では中性子吸収を目的とした物質は用いていない。																																																				
孤立系の場合	輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。																																																				
配列系の場合	輸送物の相互間はポイントとする。(E.4.1より配列系では、水密度が0.0g/cm ³ のとき、最も厳しく輸送物は無限個存在するとしているので、配列系の周囲には水を考慮しない。)																																																				
水反射体																																																					
解折結果	<table border="1"> <thead> <tr> <th>実効増倍係数 (孤立系輸送物)</th> <th>通常輸送時</th> <th>一般の試験条件下</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.292**</td> <td>0.292**</td> <td>0.289**</td> </tr> <tr> <td>0.296</td> <td>-</td> <td>0.296</td> </tr> </tbody> </table>	実効増倍係数 (孤立系輸送物)	通常輸送時	一般の試験条件下	0.292**	0.292**	0.289**	0.296	-	0.296																																											
実効増倍係数 (孤立系輸送物)	通常輸送時	一般の試験条件下																																																			
0.292**	0.292**	0.289**																																																			
0.296	-	0.296																																																			
輸送制限	留意																																																				
密封装置内への水の浸入	なし(外運搬規則及び告示に基づき独立系の要件とは異なる。輸送物の中を水で満たさない場合を評価する。)																																																				
取納物の配列	燃料集合体2体が接した状態で配列する。																																																				
中性子吸収材・毒物	本容器では中性子吸収を目的とした物質は用いていない。																																																				
孤立系の場合	輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。																																																				
配列系の場合	輸送物の相互間はポイントとする。(E.4.1より配列系では、水密度が0.0g/cm ³ のとき、最も厳しく輸送物は無限個存在するとしているので、配列系の周囲には水を考慮しない。)																																																				
水反射体																																																					
解折結果	<table border="1"> <thead> <tr> <th>実効増倍係数 (孤立系輸送物)</th> <th>通常輸送時</th> <th>一般の試験条件下</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.292**</td> <td>0.292**</td> <td>0.289**</td> </tr> <tr> <td>0.296</td> <td>-</td> <td>0.296</td> </tr> </tbody> </table>	実効増倍係数 (孤立系輸送物)	通常輸送時	一般の試験条件下	0.292**	0.292**	0.289**	0.296	-	0.296																																											
実効増倍係数 (孤立系輸送物)	通常輸送時	一般の試験条件下																																																			
0.292**	0.292**	0.289**																																																			
0.296	-	0.296																																																			
(P)-E-16	(P)-第5.8表(注記)	** これらの値は、輸送物の密封装置内への水の浸入を考慮しないときのものである。	** これらの値は、 <u>核燃料輸送物の密封装置内への水の浸入</u> を考慮しないときのものである。																																																		
(P)-E-16	8行目	本輸送物は、通常輸送時及び一般の試験条件下においても、構造解析、熱解析の結果より密封性が保たれているため、輸送物の密封装置内に水が浸入することはない。	本核燃料輸送物は、通常輸送時及び一般の試験条件下においても、構造解析、熱解析の結果より密封性が保たれているため、核燃料輸送物の密封装置内に水が浸入することはない。																																																		
(P)-E-17	5行目	輸送物の実効増倍係数は、KENO-IVコードで求めた。	<u>核燃料輸送物の実効増倍係数は、KENO-IVコードで求めた。</u>																																																		
(P)-E-17	7行目	孤立系輸送物の場合は、輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在するとして解析を行い、その結果、3倍の標準偏差を考慮した実効増倍係数は、通常輸送時で0.292、一般の試験条件下の輸送物で0.289である。	孤立系核燃料輸送物の場合は、 <u>核燃料輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在するとして解析を行い、その結果、3倍の標準偏差を考慮した実効増倍係数は、通常輸送時で0.292、一般の試験条件下の核燃料輸送物で0.289である。</u>																																																		

(注) 変更箇所を_____で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(H)-E-17	10行目	配列系輸送物の場合は、規則及び告示により解析の基準は一般の試験条件下の輸送物が輸送制限個数の5倍集積するとし、	配列系核燃料輸送物の場合は、 <u>外運搬規則及び外運搬告示</u> により解析の基準は一般の試験条件下の <u>核燃料輸送物</u> が輸送制限個数の5倍集積するとし、
(H)-E-17	12行目	定められているが、本輸送物の輸送制限個数が任意であることから、解析モデルを簡単にすることを目的とし、一般の試験条件下の輸送物の外境界面をすべて鏡面反射として、輸送物が無限個存在するものとする。解析の結果、3倍の標準偏差を考慮した実効増倍係数は、一般の試験条件下の輸送物で0.296である。	定められているが、本核燃料輸送物の輸送制限個数が任意であることから、解析モデルを簡単にすることを目的とし、一般の試験条件下の核燃料輸送物の外境界面をすべて鏡面反射として、核燃料輸送物が無限個存在するものとする。解析の結果、3倍の標準偏差を考慮した実効増倍係数は、一般の試験条件下の核燃料輸送物で0.296である。
(H)-E-18	22行目	孤立系の場合には、規則及び告示により定められているとお	孤立系の場合には、 <u>外運搬規則及び外運搬告示</u> により定めら
(H)-E-18	24行目	り、この輸送物1個が存在し、	れているとおおり、この核燃料輸送物1個が存在し、
(H)-E-18	25行目	(2) 一般の試験条件下の輸送物	(2) 一般の試験条件下の核燃料輸送物
(H)-E-18	26行目	一般の試験条件下の輸送物の臨界解析モデルを、	一般の試験条件下の核燃料輸送物の臨界解析モデルを、
(H)-E-18	30行目	E.7図に示す。モデルは、三次元有限円柱とした。輸送物は、規則及び告示に定められている一般の試験条件下により外容器には変形が生じる。	E.7図に示す。モデルは、三次元有限円柱とした。核燃料輸送物は、 <u>外運搬規則及び外運搬告示</u> に定められている一般の試験条件下により外容器には変形が生じる。
(H)-E-18	31行目	るものとして、輸送物相互の接近を過大に評価する。	るものとして、 <u>核燃料輸送物相互の接近を過大に評価する</u> 。
(H)-E-19	12行目	一般の試験条件下の輸送物の解析モデルは、	一般の試験条件下の核燃料輸送物の解析モデルは、
(H)-E-19	12行目	孤立系の場合には、規則及び告示により定められているとお	孤立系の場合には、 <u>外運搬規則及び外運搬告示</u> により定めら
(H)-E-19	12行目	り、この輸送物1個が存在し、	れているとおおり、この核燃料輸送物1個が存在し、

(注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(H)-E-19	14行目	配列系の場合には、規則及び告示により解析の基準は輸送制限個数の5倍の輸送物が最も接近し、その周囲には20cmの厚さの水が存在すると定められているが、本輸送物の輸送制限個数は任意としており、輸送物の外境界面をすべて鏡面反射とし、輸送物が無限個存在するものとする。	配列系の場合には、外運搬規則及び外運搬告示により解析の基準は輸送制限個数の5倍の核燃料輸送物が最も接近し、その周囲には20cmの厚さの水が存在すると定められているが、本核燃料輸送物の輸送制限個数は任意としており、核燃料輸送物の外境界面をすべて鏡面反射とし、核燃料輸送物が無限個存在するものとする。
(H)-E-19	20行目	通常輸送時及び一般の試験条件下の輸送物における各領域の体積比を、	通常輸送時及び一般の試験条件下の核燃料輸送物における各領域の体積比を、
(H)-E-20	(H)-第E.5 図(注記)	孤立系の場合には輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。	孤立系の場合には核燃料輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。
(H)-E-21	(H)-第E.6 図(注記)	孤立系の場合には輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。	孤立系の場合には核燃料輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。
(H)-E-22	(H)-第E.7 図(注記)	配列系の場合には輸送物の外境界面はすべて鏡面反射とする。	配列系の場合には核燃料輸送物の外境界面はすべて鏡面反射とする。

変更箇所		変更前										変更後									
ページ番号	(P)-第E.9 表	領域名	材質	密度 (g/cm ³)	種 類	組成 (wt%)	原子密度 (10 ²¹ atoms/cm ³)	備考	領域名	材質	密度 (g/cm ³)	種 類	組成 (wt%)	原子密度 (10 ²¹ atoms/cm ³)	備考						
(H)-E-23		炉心燃料	プルトニウム・ウラン混合酸化物	9.65	O U235 U238 Pu239 Pu240 Pu241				炉心燃料	プルトニウム・ウラン混合酸化物	9.65	O U235 U238 Pu239 Pu240 Pu241									
		ブランケット燃料	ウラン酸化物	10.4	O U235 U238				ブランケット燃料	ウラン酸化物	10.4	O U235 U238									
		被覆管、ラップ管						密度及び組成はJISによる。	被覆管、ラップ管							密度及び組成はJISによる。					
		燃料集合体ホルダ						燃料集合体ホルダ								燃料集合体ホルダはJISによる。					
		内容器内服、内容器外服						内容器内服、内容器外服								内容器内服、内容器外服はJISによる。					
		圧熱板						圧熱板								圧熱板はJISによる。					
		中性子シールド材						中性子シールド材								中性子シールド材はメーカ仕様による。					
		断熱遮熱材						断熱遮熱材								断熱遮熱材はメーカ仕様による。					
		水						水								水は6.686×10 ⁻² 、3.343×10 ⁻²					

本核燃料輸送物に収納される収納物は、

本輸送物に収納される収納物は、

4行目

(H)-E-24

(注) 変更箇所を_____で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(F)-E-24	7行目	通常の輸送物は、	通常の核燃料輸送物は、
(F)-E-24	9行目	一般の試験条件下の輸送物は落下試験等による変形を考慮する。特に水平落下による変形は、外容器外胴の周囲に同じ量だけ変形するものとして、輸送物相互の接近を過大に評価する。	一般の試験条件下の核燃料輸送物は落下試験等による変形を考慮する。特に水平落下による変形は、外容器外胴の周囲すべてに同じ量だけ変形するものとして、核燃料輸送物相互の接近を過大に評価する。
(F)-E-25	1行目	E.6.4.2 輸送物への水の浸入等	E.6.4.2 核燃料輸送物への水の浸入等
(F)-E-25	2行目	本輸送物は、	本核燃料輸送物は、
(F)-E-25	3行目	り、その密封性は保たれることから輸送物への水の浸入は考えないものとする。	り、その密封性は保たれることから核燃料輸送物への水の浸入は考えないものとする。
(F)-E-25	5行目	本輸送物の実効増倍係数の計算方法は、	本核燃料輸送物の実効増倍係数の計算方法は、
(F)-E-25	7行目	通常輸送時の孤立系及び一般の試験条件下の輸送物の孤立系と配列系の場合の実効増倍係数を、	通常輸送時の孤立系及び一般の試験条件下の核燃料輸送物の孤立系と配列系の場合の実効増倍係数を、
(F)-E-25	10行目	規則及び告示に定める輸送中及び孤立系並びに一般の試験条件下における孤立系及び配列系について臨界解析を実施し、	外運搬規則及び外運搬告示に定める輸送中及び孤立系並びに一般の試験条件下における孤立系及び配列系について臨界解析を実施し、

注) 変更箇所を _____ で示す。

別紙記載事項の変更箇所一覧表

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
一	(ロ)ーEの後	(記載追加)	<p>(ロ)ーF 核燃料輸送物の経年変化の考慮</p> <p>F.1 考慮すべき経年変化要因 <u>本核燃料輸送物について、使用を予定する期間中に想定される使用状況及びそれに伴う経年変化の要因については、以下のとおりである。</u> <u>本核燃料輸送物の使用期間中において想定される経年変化の要因としては、輸送容器の保管及び使用中における温度変化、収納物からの放射線、腐食等の化学的変化及び繰り返し応力が生じることによる疲労が考えられる。</u> <u>そこで、これらの経年変化が想定される要因に対する本核燃料輸送物の主要部材に関する経年変化の考慮について以下に示す。</u></p> <p>F.2 安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価 <u>本核燃料輸送物の主要部材は、ロ章 A.3 材料の機械的性質に示すとおりである。これらの材料のうち経年変化を考慮する部材は、<input type="text"/>、<input type="text"/>、<input type="text"/>、<input type="text"/>、<input type="text"/>、<input type="text"/>及び <input type="text"/>である。</u> <u>これら部材の安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価について、以下に示す。</u> <u>なお、Oリング、内容器及び燃料集合体ホルダに付属する部品及び収納物の経年変化について、Oリングは定期自主検査、使用前検査又は発送前検査時の気密漏えい検査にて異常が確認された場合に交換し、内容器に付</u></p>

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
			<p>属する燃料押えゴム及び燃料集合体ホルダに付属するセ ルフオリエンテーションガイド、ローラは定期自主検査 又は使用前検査時に損傷が確認された場合は交換し、収 納物は輸送毎に準備するため、経年変化を考慮する必要 はない。</p> <p>(1) 熱的評価</p> <p>1) <input type="text"/> <input type="text"/></p> <p>内容器、蓋、外容器構造材及び保護蓋構造材に使用 する <input type="text"/> 及びボルト材として使用する <input type="text"/> <input type="text"/> について、使用期間中の最高温度は、<input type="text"/> 0章 B.4.2 で述べたとおり、一般の試験条件下の太陽熱 放射ありの条件において内容器（内胴）で <input type="text"/> である。熱による経年変化の要因として考えられる のはクリープによる変形であるが、クリープを生じ うる温度（<input type="text"/> 以上）^[1]よりも使用期間中の最高温 度は低いため熱的劣化を考慮する必要はない。以上 のことから、使用期間中の温度変化による経年変化 への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化 はない。</p> <p>2) <input type="text"/> <input type="text"/></p> <p>断熱緩衝材に使用する <input type="text"/> について、使用期 間中の最高温度は、0章 B.4.2 で述べた一般の試験 条件下の太陽熱放射ありの条件において <input type="text"/> で ある。熱による経年変化の要因として考えられるの は <input type="text"/> の熱膨張による強度低下であるが、使 用期間中の最高温度における熱膨張は小さいことか ら^[2]熱的劣化を考慮する必要はない。以上のことか</p>

注) 変更箇所を_____で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
			<p>ら、使用期間中の温度変化による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。</p> <p>3) <input type="checkbox"/> 中性子しゃへい材に使用する <input type="checkbox"/> について、使用期間中の最高温度は、ロ章 B. 4. 2 で述べた一般の試験条件下の太陽熱放射ありの条件において <input type="checkbox"/> である。熱による経年変化の要因として考えられるのは、含有する水分の放出に伴う質量減損であるが、一般の試験条件下の太陽熱放射ありの最高温度及び本核燃料輸送物の想定した使用条件における <input type="checkbox"/> の質量減損は、<input type="checkbox"/> 未満^[4]と微小なことから熱的劣化を考慮する必要はない。以上のことから、使用期間中の温度変化による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。</p> <p>4) <input type="checkbox"/> 伝熱板に使用する <input type="checkbox"/> について、使用期間中の最高温度は、ロ章 B. 4. 2 で述べた一般の試験条件下の太陽熱放射ありの条件における内容器（内胴）の温度（<input type="checkbox"/>）程度であると考えられる。熱による経年変化の要因として考えられるのはクリープによる変形であるが、クリープを生じうる温度（<input type="checkbox"/> 以上）^[4]よりも使用期間中の最高温度は低いため熱的劣化を考慮する必要はない。以上のことから、使用期間中の温度変化による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。</p> <p>5) <input type="checkbox"/> 緩衝材に使用する <input type="checkbox"/> について、使用期間中の最</p>

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
			<p>高温度は、<u>ロ章B.4.2</u>で述べた一般の試験条件下の<u>太陽熱放射ありの条件</u>において <input type="text"/> である。熱による経年変化の要因として考えられるのは、<u>高温環境下に長期間置くことによる機械的特性（圧潰強度）の劣化</u>であるが、<input type="text"/>の<u>熱的劣化</u>については<u>輸送容器に係る業界（電力、製造メーカー、JAEA等）において、以下の共通見解が示されている。</u></p> <p>① <input type="text"/>については、<input type="text"/>に達すると<input type="text"/>の<u>熱分解が進む^[5]</u>との文献が確認できたものの、<u>高温環境下での熱による強度低下について、直接参照できる文献は乏しい状況である。</u></p> <p>② <u>使用済燃料等の輸送実績がある別の輸送容器の緩衝材（<input type="text"/>）の平均温度データは、<input type="text"/>～<input type="text"/>程度と評価された。</u></p> <p>③ <u>過去に使用済燃料の輸送に供された輸送容器から採取した<input type="text"/>試験片をもとに、圧潰強度及び密度測定を実施した結果、<input type="text"/>のエネルギー吸収性能は健全であり、緩衝材の性能劣化は確認されなかった。</u></p> <p>④ <u>通常使用される条件においては、緩衝材の熱的劣化について技術上の基準に適合していることを確認する上で考慮する必要はない。</u></p> <p>以上のことから、<u>使用期間中の温度変化による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。</u>なお、<u>輸送に際しては、都度、輸送容器の使用履歴を蓄積し、輸送前に輸送容器の使用履歴、収納物の発熱量及び輸送の時に想定される環境</u></p>

注) 変更箇所を で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
			<p>温度を踏まえ、緩衝体温度が、概ね実績のある温度範囲内であることを確認した後、輸送を行う。</p> <p>(2) 放射線評価</p> <p>1) <input type="text"/> 内容器、蓋、外容器構造材及び保護蓋構造材に使用する <input type="text"/> 及びボルト材として使用する <input type="text"/> について、使用期間中の中性子照射量は、収納物に最も近い内容器で、中性子照射の影響がないものと考えられている照射量 (<input type="text"/>) ^[6] と比べて低い照射量 (<input type="text"/> オーダー程度) である。以上のことから、使用期間中の放射線による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。</p> <p>2) <input type="text"/> 断熱緩衝材に使用する <input type="text"/> について、使用期間中の中性子照射量は、前述した <input type="text"/> の使用期間中の中性子照射量 (<input type="text"/> オーダー程度) 以下であると考えられ、中性子照射の影響がないものと考えられている照射量 (<input type="text"/>) ^[7] と比べて低い照射量である。以上のことから、使用期間中の放射線による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。</p> <p>3) <input type="text"/> 中性子しゃへい材に使用する <input type="text"/> について、使用期間中の中性子照射量は、前述した <input type="text"/> の使用期間中の中性子照射量 (<input type="text"/> オーダー程度) 以下であると考えると考えられ、中性子照射の影響がない</p>

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
			<p>ものと考えられている照射量 (<input type="text"/>)^[8] と比べて低い照射量である。また、使用期間中のγ線照射量は、照射の影響がないものと考えられているγ線照射量 (<input type="text"/>)^[8] と比べて低い照射量 (<input type="text"/> オルダー程度) である。以上のことから、使用期間中の放射線による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。</p> <p>4) <input type="checkbox"/> 伝熱板に使用する <input type="checkbox"/> について、使用期間中の中性子照射量は、前述した <input type="text"/> の使用期間中の中性子照射量 (<input type="text"/> 程度) 以下であると考えられ、中性子照射の影響がないものと考えられている照射量 (<input type="text"/>)^[9] と比べて低い照射量である。以上のことから、使用期間中の放射線による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。</p> <p>5) <input type="checkbox"/> 緩衝材に使用する <input type="checkbox"/> について、使用期間中の中性子照射量は、前述した <input type="text"/> の使用期間中の中性子照射量 (<input type="text"/> オルダー程度) 以下であると考えられ、中性子照射の影響がないものと考えられている照射量 (<input type="text"/>)^[10] と比べて低い照射量である。また、使用期間中のγ線照射量は、照射の影響がないものと考えられているγ線照射量 (<input type="text"/>)^[11] と比べて非常に低い照射量 (<input type="text"/> オルダー程度) である。以上のことから、使用期間中の放射線による経年変化への影響はないため、安全解析で考</p>

注) 変更箇所を_____で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
			<p>慮する経年変化はない。</p> <p>(3) 腐食評価</p> <p>1) <input type="checkbox"/> 内容器、蓋、外容器構造材及び保護蓋構造材に使用する <input type="checkbox"/> 及びポリト材として使用する <input type="checkbox"/> について、大気中での均一腐食深さは、<input type="checkbox"/> 便覧^[12]によれば年間 <input type="checkbox"/> 以下であり、使用期間中の環境下(大気中)での腐食深さは最大で <input type="checkbox"/> と推定されることから、腐食等の化学変化による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。</p> <p>2) <input type="checkbox"/> 断熱緩衝材に使用する <input type="checkbox"/> について、<input type="checkbox"/> により被覆された密閉構造にあることから、腐食等の化学変化による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。</p> <p>3) <input type="checkbox"/> 中性子しゃへい材に使用する <input type="checkbox"/> については、ロ章 A.4.1 で述べたとおり、化学的及び電気的な反応は生じないことから、腐食等の化学変化による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。</p> <p>4) <input type="checkbox"/> 伝熱板に使用する <input type="checkbox"/> については、<input type="checkbox"/> により被覆された密閉環境にあることから、水分等の腐食の原因となる物質にさらされることはないこと、及びロ章 A.4.1 で述べたとおり、化学的及び電気</p>

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
			<p>的な反応は生じないことから、<u>腐食等の化学変化による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。</u></p> <p>5) <input type="checkbox"/> <u>緩衝材に使用する<input type="checkbox"/>は、<input type="checkbox"/>により被覆された密閉環境にあることから、腐食等の化学変化による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。</u></p> <p>(4) <u>疲労評価</u></p> <p>1) <input type="checkbox"/> <u>内容器、蓋、外容器構造材及び保護蓋構造材に使用する<input type="checkbox"/>及びボルト材として使用する<input type="checkbox"/>について、使用期間中の吊り上げ荷重及び運搬中の内圧変化を繰り返し受けることが想定されるが、使用期間中の吊り上げ荷重についてはロ章 A.4.4 にて、<u>運搬中の内圧変化についてはロ章 A.5.1.3 にて、それぞれ疲労による破壊は生じないことを確認している。</u></u></p> <p>F.3 <u>安全解析における経年変化の考慮内容</u></p> <p><u>本核燃料輸送物に係る主要部材について、安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価を行った。その結果、<input type="checkbox"/>、<input type="checkbox"/>、<input type="checkbox"/>及び<input type="checkbox"/>に対する熱、放射線、腐食等の化学的変化の経年変化要因における使用期間中の経年変化の影響について、安全解析において考慮する必要がないことを確認した。また、<input type="checkbox"/></u></p>

注) 変更箇所を_____で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
			<p>_____ については、使用期間中の吊り上げ荷重及び運搬中の内圧変化によって繰り返し応力が発生するが、使用期間中に想定される最も厳しい応力条件及び保守的な繰り返し回数を考慮し疲労を評価した結果、使用期間において疲労による破壊は生じず、安全解析において考慮する必要がないことを確認した。</p> <p>F.4 参考文献</p> <p>[1] JSME S FA1-2007 「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キヤスク構造規格」 (社) 日本機械学会(2007年)</p> <p>[2] _____</p> <p>[3] 「平成14年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等 (金属キヤスク貯蔵技術確認試験) 報告書」 独立行政法人 原子力安全基盤機構 (財団法人 原子力発電技術機構) (平成15年3月)</p> <p>[4] JIS B 8267:2015 「圧力容器の設計」 (財)日本規格協会 (2015年)</p> <p>[5] _____</p> <p>[6] 電力中央研究所報告「使用済燃料輸送・貯蔵キヤスク構造材料の照射脆化に関する調査 (平成15年2月)」</p> <p>[7] _____</p>

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
			<p>小嶋 正義、中野 眞木郎、田口 清貴 (令和元年 8 月)</p> <p>[8] 「平成 15 年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等 (金属キヤスク貯蔵技術確証試験) 最終報告書」 独立行政法人 原子力安全基盤機構 (財団法人 原子力発電技術機構) (平成 16 年 3 月)</p> <p>[9] ASTM STP888 「Low-Load Microhardness Changes in 14-MeV Neutron Irradiated Copper Alloys」 S. J. Zinkle, G. L. Kulcinski (1986 年)</p> <p>[10] JMSR-M 9412 「原子力産業に要求される高分子材料」 栗山 将 (1981 年 3 月)</p> <p>[11] _____</p> <p>_____</p> <p>[12] _____</p> <p>_____</p>

注) 変更箇所を _____ で示す。

別紙記載事項の変更箇所一覧表

変更箇所	変更前	変更後
ページ番号	(P)-F-	(P)-G-
(P)-F-1 から (P)-F-13	(P)-F-1 から (P)-F-13	(P)-G-1 から (P)-G-13
タイトル行	規則及び告示に対する適合性の評価	外運搬規則及び外運搬告示に対する適合性の評価
1 行目	本輸送物は B U 型輸送物であるので該当しない。	本核燃料輸送物は B U 型輸送物であるので適用を受けない。
説明 1 行目	本輸送物は B U 型輸送物であるので該当しない。	本核燃料輸送物は B U 型輸送物であるので適用を受けない。
説明 3 行目	(記載追加)	第 4 条及び別表第二
告示の項目 2 行目の後	本輸送物の収納物は未照射燃料要素であり、(記載追加)	本核燃料輸送物の収納物は未照射燃料要素であり、(1) A
説明 5 行目	したがって、主務大臣の定める量 A_2 を超えるので本輸送物は B U 型輸送物に該当する。	したがって、原子力規制委員会の定める量 A_2 を超えるので本核燃料輸送物は B U 型輸送物に該当する。
申請書記載対応項目 1 行目の前	本輸送物は B U 型輸送物であるので該当しない。	本核燃料輸送物は B U 型輸送物であるので適用を受けない。
説明 9 行目	本輸送物は B U 型輸送物であるので第 7 条に定める技術基準の適用を受ける。	本核燃料輸送物は B U 型輸送物であるので第 7 条に定める技術基準の適用を受ける。
説明 12 行目	(記載追加)	また、第 7 条技術上の基準の適合性評価に当たり経年変化の考慮が求められることから、以下のように評価した。
説明 14 行目		1. 本核燃料輸送物の想定した使用条件 (使用予定年数 60 年及び使用予定回数 30 回 (使用予定回数 1 回当たりの使用期間: 2 か月以内)) に基づき、経年評価を評価する。
説明 16 行目の後		2. 収納物は、輸送毎に準備するため、当該輸送日数で経年変化の影響はないことから、核燃料輸送物の主要部材について考慮する。

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
			<p>3. 経年変化の要因として、熱、放射線照射、化学的变化及び繰り返し荷重による疲労とする。</p> <p>4. 熱の影響は、使用期間中の最高温度は、内容器（内胴）で [] であり、 [] 及び [] の機能の低下は [] ([] 及び []) の機能の低下は起きないことから、熱による経年変化の影響は受けない。</p> <p>5. 放射線照射の影響は、使用期間中に収納物から放射線を受けるとしても、材料強度に影響が現れる照射量 10^{15} n/cm² を十分に下回ることから、放射線による経年変化の影響は受けない。</p> <p>6. 化学的变化は、 [] は使用期間中の環境下(大気中)での腐食深さは最大で [] と推定され構造強度への影響はなく、 [] 及び [] の緩衝材、 [] の断熱緩衝材、 [] の中性子しゃへい材、銅の伝熱板は [] により覆われた密封構造であり、使用期間中は腐食等の化学的影響は受けないことから、化学変化による経年変化の影響は受けない。</p> <p>7. 疲労については、吊り上げによる荷重及び運搬中の内圧を繰り返し受けるが、許容繰り返し回数([] 回)は、想定される通算の使用回数 [] を十分に上回ることから、疲労による経年変化の影響は受けない。</p> <p>以上より、使用期間中において核燃料輸送物は経年変化の影響はないことから安全解析で考慮する経年変化はない。</p>
(P)-F-1	本輸送物はB U型輸送物であるので該当しない。	本輸送物はB U型輸送物であるので該当しない。	本核燃料輸送物はB U型輸送物であるので適用を受けない。
(P)-F-1	本輸送物はB U型輸送物であるので該当しない。	本輸送物はB U型輸送物であるので該当しない。	本核燃料輸送物はB U型輸送物であるので適用を受けない。
(P)-F-1	本輸送物はB U型輸送物であるので該当しない。	本輸送物はB U型輸送物であるので該当しない。	本核燃料輸送物はB U型輸送物であるので適用を受けない。
(P)-F-1	本輸送物の外寸法は、	本輸送物の外寸法は、	本核燃料輸送物の外寸法は、

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(P)-F-1	備考1行目	府令第5条第1号～第9号	第5条第1号
(P)-F-2	説明2行目	る。本輸送物の取扱いは、	る。本核燃料輸送物の取扱いは、
(P)-F-2	備考1行目	府令第6条第5号	第4条第1号
(P)-F-2	説明5行目	1. 本輸送物（最大重量は約□である）の取扱いは、	1. 本核燃料輸送物（最大重量は約□である）の取扱いは、
(P)-F-2	説明13行目	は、輸送物最大重量の3倍の負荷荷重に耐えられるように設計	は、核燃料輸送物最大重量の3倍の負荷荷重に耐えられるよう
(P)-F-2	説明19行目	されているので、	に設計されているので、
(P)-F-2	説明19行目	3. 輸送中に使用する固縛装置は輸送物の安全性を損なうもので	3. 輸送中に使用する固縛装置は核燃料輸送物の安全性を損なう
(P)-F-2	備考2行目の	なく、輸送物の専用積載車両への固定時の設計は、	ものでなく、核燃料輸送物の専用積載車両への固定時の設計
(P)-F-2	後	(記載追加)	は、
(P)-F-3	説明1行目	中に予想される温度及び内圧の変化、	中に予想される温度（-40℃～38℃）及び内圧の変化、
(P)-F-3	説明7行目	〔□〕及び〔□〕、	〔□〕及び〔□〕、
(P)-F-3	説明16行目	3. 収納物の最大発熱は□であり、輸送中の収納物の最高温度	3. 輸送中に予想される温度の変化に対して、核燃料輸送物は周囲
		は□である。この温度で収納物の物理的性質が変わること	温度-40℃から38℃までの温度の範囲で使用される。収納物
		はなく、また、発熱による圧力上昇は95.1kPaGであり、この	の最大発熱を□と設定する等、安全側に評価する条件とし
		圧力で内容物の密封性が損なわれることはない。	た場合における輸送中の収納物の最高温度は□である。こ
(P)-F-3	説明23行目	4. 本輸送容器に生じる熱応力は、	の温度で収納物の物理的性質が変わることはない。また、内容
			器の設計圧力は196.1kPaGであり、この圧力で密封性が損なわ
(P)-F-3	説明26行目	に生じる熱応力は許容応力以下で、	れることはない。
(P)-F-4	説明20行目	6. 本輸送物の固有振動数と輸送中に予想される周波数には差が	4. 輸送中に予想される温度の変化に対して、核燃料輸送物は周囲
		あり、輸送中に共振することはない。	温度-40℃から38℃までの温度の範囲で使用される。本輸送
		保護蓋には錠孔があり、輸送中施錠するので、みだりに開封され	容器に生じる熱応力は、
			に生じる熱応力は許容応力以下であり、
			6. 輸送中に予想される内圧の変化に対して、外圧が60 kPaま
			で降下した場合よりも厳しい周囲圧力条件下における核燃
			料輸送物の最高圧力（設計圧力）が内容器は196.1 kPaGで

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
		<p>ることではなく、かつ、開封された場合はそれが明らかになるように設計されている。</p> <p>本輸送物の外表面には、吊具、台座及び脚座が取り付けられているが、その外の不要な突起物は無い。また、外容器の外胴、鏡板は□製なので、除染は容易に行える。</p> <p>本輸送物に用いている材質において、輸送容器相互間及び輸送容器と収納物の間にあつては接触する異種材により、本輸送物の使用条件下において物理的、化学的応を発生することはない。</p>	<p>あり、構造解析ではその圧力条件にて各部の応力について一般式を用いて評価している。輸送中の温度変化により予想される密封容器に生じる温度差による熱応力や内圧による応力が作用した場合でも、各部が基準値である許容応力を下回り、構造健全性が維持され、破損の生じるおそれはない。</p> <p>7. 本核燃料輸送物の固有振動数は約 20 Hz であり、輸送中に予想される周波数 (0～10 Hz) とは差があるため、輸送中に本核燃料輸送物の応答増幅はなく構造健全性は維持される。</p> <p>保護蓋には錠孔があり、輸送中施錠するので、みだりに開封されることはなく、かつ、開封された場合はそれが明らかになるように設計されている。</p> <p>本核燃料輸送物の外表面には、吊具、台座及び脚座が取り付けられているが、その外の不要な突起物は無い。また、外容器の外胴、鏡板は□製なので、除染は容易に行える。</p> <p>本核燃料輸送物に用いる材料は、□、□、□及び□等の化学的に安定した材料であり、輸送容器の異種材料相互間及び輸送容器と収納物の間の接触により、き裂、破損等物理的作用が生じるおそれはなく、腐食等化学反応が生じることはない。</p> <p>本核燃料輸送物には内容器に□を備えているが、保護蓋で覆われているため、誤って操作されることはない。</p>
(p)-F-4	備考	(記載追加)	第 4 条第 3 号
(p)-F-5	備考 1 行目の前	(記載追加)	第 4 条第 4 号
(p)-F-5	申請書記載対	(記載追加)	(イ)C

(注) 変更箇所を_____で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(p)-F-5	応項目 1 行目の後		
(p)-F-5	備考 1 行目の前	(記載追加)	第 4 条第 5 号
(p)-F-5	説明 9 行目	本輸送物の表面の放射性物質の密度は、	本核燃料輸送物の表面の放射性物質の密度は、
(p)-F-5	申請書記載対 応項目 2 行目	(二) A. 2	(ハ) A. 2
(p)-F-5	備考 1 行目	府令第 4 条第 8 号	第 4 条第 8 号
(p)-F-5	説明 16 行目の後	(記載追加)	本核燃料輸送物は、輸送に先立ち、発送前検査にて、収納物以外 のものが輸送容器内に収納されていないことを確認する。 本核燃料輸送物の外寸法は、高さ□×幅□×長さ□ □の円筒形容器であるので、一辺の長さは 10 cm 以上である。 収納物を収納する容器は、外容器の中にあり、みだりに解放され ることはない。また、外容器の保護蓋には錠孔があり、輸送中施錠 するので、みだりに開封されることはなく、かつ、開封された場合 はそれが明らかになるように設計されている。 輸送容器構成部品の使用材料は、-40℃においてぜい性破壊は 発生しないこと、また、各部材の最高温度(□)におい ても、各部材は十分な強度を保っていることから-40℃から □までの温度の範囲において亀裂、破損等が生じるおそれ はない。
(p)-F-5	申請書記載対 応項目 2 行目の後	(記載追加)	(ハ) A. 2 (イ) C (ロ) A. 4.3 (ワ) A. 9
(p)-F-5	備考 1 行目の後	(記載追加)	第 4 条第 10 号 第 5 条第 2 号

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(p)-F-5	説明 16 行目	周囲圧力が 60kPa まで下降しても内容部各部分は強度を保ち、破損することはない。	第 5 条第 3 号 第 5 条第 4 号 周囲圧力が 60kPa まで下降した場合よりも厳しい周囲圧力条件下において内容部の構造健全性及び密封性は確保されることから放射線物質の漏えいが生じることはない。
(p)-F-5	説明 19 行目	本輸送容器が最大放射線強度を示す収納物を収納した場合、輸送物表面の最大線量当量率は $6.8 \times 10^{-1} \text{mSv/h}$ であって、府令に定める技術基準 (2.0mSv/h) を満たす。かつ、輸送物の表面から 1 m 離れた位置における最大線量当量率は $5.8 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$ であり、府令に定める技術基準 (0.1mSv/h) を超えないことを満たす。	本核燃料輸送物の表面及び表面から 1 m 離れた位置における最大線量当量率について、最大放射線強度を示す収納物を収納する等の線量当量率が最大となる条件下で、最大線量当量率を評価した結果、核燃料輸送物の表面で $6.8 \times 10^{-1} \text{mSv/h}$ 、核燃料輸送物表面から 1 m 離れた位置で $5.8 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$ であり、技術基準を満足する。
(p)-F-5	備考 1 行目の後	(記載追加)	第 5 条第 7 号
(p)-F-5	説明 28 行目	本輸送物は、	第 5 条第 8 号
(p)-F-6	説明 5 行目	本輸送物は、	本核燃料輸送物は、
(p)-F-6	備考 1 行目	府令第 6 条第 5 号	本核燃料輸送物は、
(p)-F-6	告示の項目 3 行目の後	(記載追加)	第 6 条第 5 号
(p)-F-6	説明 8 行目の後	(記載追加)	別記第 4 第 1 号
(p)-F-6	告示の項目 4 行目	別記第 7	周囲温度 38 °C の環境及び太陽放射熱の下においての場合、核燃料輸送物が健全であることを解析により示している。
(p)-F-6	説明 10 行目	本輸送物は円筒形をしており、水はたまりにくい。また、表面は <input type="checkbox"/> を用いているので吸水性はなく、水切りが良い。蓋にはオリングが設けられ、本輸送容器は水密構造である。したがって、本試験を行っても問題は無い。	別記第 7 第 2 号 別記第 3 第 1 号イ 本核燃料輸送物は円筒形をしており、表面は滑らかな <input type="checkbox"/> であり水切りは良く吸水性はないこと、輸送容器本体外胴上部で保護蓋をボルト締めする構造であり、水密性が保たれる構造であることから、本核燃料輸送物の健全性が損なわれることはない。
(p)-F-6	備考 2 行目	告示別記第 4 第 2 号	外運搬告示別記第 4 第 2 号

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(甲)-F-6	備考4行目	告示別記第3第1号	外運搬告示別記第3第1号
(甲)-F-6	告示の項目4行目の後	(記載追加)	別記第3第1号ロ 別記第3第1号ロ(1)
(甲)-F-6	説明20行目	本輸送物の重量は最大[]であるので、	本核燃料輸送物の重量は最大[]であるので、
(甲)-F-6	説明23行目	輸送物の破損が最大になるように、輸送物に対して垂直、水平、傾斜、コーナ方向に剛体平面である落下試験台上に落下するとして解析している。	核燃料輸送物の破損が最大になるように、核燃料輸送物に対して垂直、水平、傾斜、コーナ方向に剛体平面である落下試験台上に落下するとして解析した結果、外容器の最大変形量は傾斜落下時に[]であり変形の許容量を十分に下回るため、内容器の構造健全性及び密封性は維持される。
(甲)-F-7	告示の項目1行目の前	(記載追加)	別記第3第1号ロ(3)
(甲)-F-7	説明7行目	の荷重で解析している。解析は、輸送物の曲げ強度について行っている。	の荷重で解析し、外容器は変形することなく本核燃料輸送物の健全性は維持される。
(甲)-F-7	説明13行目	ら本輸送物の外胴(可融栓への落下も考慮)へ落下させたとして解析している。衝撃荷重は輸送物が受け持つものとして解析している。	ら本核燃料輸送物の外胴(可融栓への落下も考慮)へ落下させたとして解析している。衝撃荷重は核燃料輸送物が受け持つものとして解析し、軟鋼棒の衝突部に打痕が生じるが貫通することはない。内容器へ到達することはない。
(甲)-F-7	説明20行目	-40℃までの条件下においても、輸送物が技術基準を満足することを解析によって示している。	-40℃までの条件下においても、核燃料輸送物が技術基準を満足している。
(甲)-F-7	備考1行目	告示別記第4第1号	外運搬告示別記第4第1号
(甲)-F-7	説明23行目	本輸送容器が最大放射能強度を示す収納物を収納して本条件下に置かれた場合、輸送物の最大線量当量率は $7.4 \times 10^{-1} \text{mSv/h}$ であり、府令に定める技術基準(著しい増加がなく 2.0mSv/h を超えないこと)を満足している。	一般の試験条件下における外容器の最大変形を考慮し、本核燃料輸送物表面の最大線量当量率の評価を行った結果、通常輸送時から著しい増加はなく $7.4 \times 10^{-1} \text{mSv/h}$ となり、府令に定める技術基準(著しい増加がなく 2.0mSv/h を超えないこと)を満足する。
(甲)-F-7	備考3,4行目	府令第6条第2号イ 府令第5条第10号ロ	第5条第9号ロ

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(p)-F-7	説明 29 行目	本輸送物が本条件下に置かれた場合、密封性が低下することはない。また、放射性物質の1時間当たりの漏えい率は、 A_2 値 $\times 10^{-6}$ に対して 1.71×10^{-3} 以下であるので、府令及び告示に定める技術基準を満足している。 最大発熱量 <input type="text"/> の収納物を収納して本条件下に置かれた場合、輸送物の表面温度の最高は <input type="text"/> であり、府令に定める技術基準（専用積載の場合 85°C を超えないこと）を満足している。	一般の試験条件下において本核燃料輸送物の内容器は、構造健全性及び密封性が維持される。放射性物質の1時間当たりの漏えい量の評価については、内容器に気密漏えい試験の合格基準に相当する漏えいがあり、内容器内にプルトニウム同位体のいずれも最大収納量が収納され、粉末状態でその一部が内容器内で浮遊しているものと仮定した場合について評価した結果、各同位体の1時間当たり A_2 値 $\times 10^{-6}$ との比率の合計は 1.71×10^{-3} 以下であることから、技術上の基準を満足する。 一般の試験条件下における内容器の最大変形を考慮し、内容器表面の温度が高く評価される条件の下で 38°C 雰囲気中に最大崩壊熱量の収納物を収納した本核燃料輸送物が置かれた場合、本核燃料輸送物表面の最高温度は <input type="text"/> となり、技術基準（専用積載の場合 85°C を超えないこと）を下回る。
(p)-F-7	備考 5 行目	府令第6条第2号ロ	第6条第2号ロ
(p)-F-8	備考 5 行目	府令第6条第2号ハ	第6条第2号ハ
(p)-F-8	説明 10 行目	本輸送物は、発送前検査により表面の放射性物質の密度が基準値を超えないことを確認する。さらに、本輸送物は本条件下に置かれてもその密封性は保持される。したがって、表面の放射性物質の密度は、府令及び告示の定める基準を満足している。	本核燃料輸送物は一般の試験条件下に置かれても内容器は密封性が維持される。さらに、発送前検査により表面の放射性物質の密度が基準値を超えないことを確認し輸送される。したがって、表面の放射性物質の密度は技術上の基準を満足する。
(p)-F-8	申請書記載対応項目 2 行目	(二) A.2	(二) A.2
(p)-F-8	備考 2 行目	府令第6条第2号ニ	第6条第2号ニ
(p)-F-8	説明 19 行目	輸送物が最大損傷を受けるよう垂直、水平、コーナ、傾斜方向に剛体平面である落下試験台上に9mの高さから落下するとして解析している。	核燃料輸送物が最大損傷を受けるよう垂直、水平、コーナ、傾斜方向に剛体平面である落下試験台上に9mの高さから落下するとして解析した結果、内容器の最大変形量は傾斜方向に落下させた時に <input type="text"/> であり変形の許容量を十分に下回るため、内容器の構造健全性及び密封性は維持される。

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(P)-F-8	備考 3 行目	告示別記第 5	外運搬告示別記第 5
(P)-F-8	説明 27 行目	(衝撃面は滑らかな水平面) に本輸送物を 1 m の高さから落下させるとして解析している。落下方向が水平 (重心を通る場合と外れた場合) と垂直 (重心を通る)、コーナー及び傾斜について解析している。	(衝撃面は滑らかな水平面) に本核燃料輸送物を 1 m の高さから落下させるとして解析し、軟鋼棒の衝突部に変形が生じるが貫通することとはなく内容容器へ到達することはない。
(P)-F-8	備考 5 行目	告示別記第 5	外運搬告示別記第 5
(P)-F-9	説明 7 行目	とき、輸送物は、	とき、核燃料輸送物は、
(P)-F-9	説明 13 行目	輸送物への熱伝達は放射と共に対流も考慮している。加熱後は、輸送物は 38℃ の条件下で自然冷却するものとし、各部の温度がすべて下がり始めるまで評価している。	核燃料輸送物への熱伝達は放射と共に対流も考慮している。加熱後は、核燃料輸送物は 38℃ の条件下で自然冷却するものとして評価した結果、内容容器の構造健全性は維持される。
(P)-F-9	備考 1 行目	告示別記第 5	外運搬告示別記第 5
(P)-F-9	説明 19 行目	耐火試験に引き続き浸漬試験を行うとして確認している。本輸送物は、147.1kPaG の水圧下に置かれたとして、密封性が損なわれないことを解析している。	本核燃料輸送物は 147.1kPaG の水圧下に置かれたとしても、内容容器の構造健全性は維持されるため、内容容器の密封性は維持される。
(P)-F-9	備考 3 行目	告示別記第 5	外運搬告示別記第 5
(P)-F-9	説明 26 行目	度が 38℃ から -40℃ までの条件下に置いて、輸送物が技術基準を満足することを解析によって示している。	度が -40℃ から 38℃ までの条件下に置いて、核燃料輸送物が技術基準を満足することを解析によって示している。
(P)-F-10	説明 1 行目	本輸送容器が最大放射能強度を示す収納物を収納し、本条件下に置いた場合、輸送物表面から 1 m 離れた位置における最大線量当量率は $3.0 \times 10^{-1} \text{mSv/h}$ であり、府令に定める技術基準 (10.0mSv/h) を超えないことを満足している。	特別の試験条件下における内容容器の損傷を考慮し、本核燃料輸送物表面から 1 m 離れた位置における最大線量当量率の評価を行った結果、 $3.0 \times 10^{-1} \text{mSv/h}$ となり、外運搬規則に定める技術基準 (10.0mSv/h) を超えないことを満足する。
(P)-F-10	備考 1 行目	府令第 6 条第 3 号イ	第 6 条第 3 号イ
(P)-F-10	説明 7 行目	本輸送物が最大放射能強度を示す収納物を収納して本条件下に置かれた場合に、各種落下試験による衝撃力、耐火試験による最大内圧、熱応力の負荷に対して内容容器は健全であるので、密封性は損なわれない。この場合の 1 週間当たりの放射性物質の漏えい率は A_2 値に対して 2.88×10^{-7} であり、府令及び告示に定める	特別の試験条件下において本核燃料輸送物の内容容器は、いずれも構造健全性及び密封性が維持される。放射性物質の 1 週間当たりの漏えい量の評価については、一般の試験条件下の場合と同様に、内容容器に気密漏えい試験の合格基準に相当する漏えいがあり、内容容器内にプルトニウム同位体のいずれも最大収納量が

(注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
		技術基準を満足する。	収納され、 <input type="checkbox"/> 状態での一部が内容器内で <input type="checkbox"/> しているものと仮定した場合について評価した結果、各同位体の1週間当たりのA ₂ 値との比率の合計が 2.88×10^{-7} 以下となり、技術上の基準を満足する。
(p)-F-10	備考2行目	府令第6条第3号ロ	第6条第3号ロ
(p)-F-10	説明16行目	周囲の温度が38℃から40℃までの環境においても、輸送物は性能を維持し技術基準を満足する。	周囲の温度が40℃から38℃までの環境においても、核燃料輸送物は性能を維持し技術基準を満足する。
(p)-F-10	説明19行目	本輸送物は、	本核燃料輸送物は、
(p)-F-10	説明23行目	本輸送物の最大使用圧力は <input type="checkbox"/> であり、火災時においても約 <input type="checkbox"/> であるので、府令に定める技術基準(700kPaG)を超えないこと)を満足する。	本核燃料輸送物の最大使用圧力は <input type="checkbox"/> であり、火災時においても約 <input type="checkbox"/> であるので、技術上の基準(700kPaG)を超えないこと)を満足する。
(p)-F-10	説明28行目	本輸送物はB U型輸送物であるので該当しない。	本核燃料輸送物はB U型輸送物であるので適用を受けない。
(p)-F-11	説明1行目	本輸送物はB U型輸送物であるので該当しない。	本核燃料輸送物はB U型輸送物であるので適用を受けない。
(p)-F-11	説明3行目	本輸送物はB U型輸送物であるので該当しない。	本核燃料輸送物はB U型輸送物であるので適用を受けない。
(p)-F-11	説明5行目の前	(記載追加)	経年変化の考慮について、第3条第3項の技術上の基準に対する適合性において説明のとおり、経年変化の要因として熱、放射線照射、化学的変化及び繰り返し荷重による疲労を考慮し、使用予定年数、使用予定回数に対する影響評価を行った結果、核燃料輸送物に経年変化の影響はない。
(p)-F-11	説明26行目	おける落下等により生じたくばみは1辺10 cmの立方体より大きくなることはない。	おける落下等により容器にくぼみが生じるが、容器の構造部に1辺10 cmの立方体を包含するようなくぼみが生じることはない。
(p)-F-12	説明1行目	本輸送物一個を周囲が20 cm厚さの水による完全反射の状態に置いて、輸送物の実効増倍係数は0.292である。よって、孤立系において輸送物は臨界に達することはない。	本核燃料輸送物一個を周囲が20 cm厚さの水による完全反射の状態に置いて、核燃料輸送物の実効増倍係数は0.292である。よって、孤立系において核燃料輸送物は臨界に達することはない。
(p)-F-12	説明6行目	主務大臣の定める核分裂性輸送物に係る一般の試験条件を受けた輸送物一個を周囲が20 cm厚さの水による完全反射の状態に	原子力規制委員会の定める核分裂性輸送物に係る一般の試験条件を受けた核燃料輸送物一個を周囲が20 cm厚さの水による完

注) 変更箇所を_____で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(ロ)-F-12	説明 13 行目	主務大臣の定める核分裂性輸送物に係る特別の試験条件を受けた輸送物一個を周囲が 20 cm 厚さの水による完全反射の状態において輸送物の実効増倍係数は 0.650 である。よって、孤立系において輸送物は臨界に達することはない。	原子力規制委員会の定める核分裂性輸送物に係る特別の試験条件を受けた核燃料輸送物一個を周囲が 20 cm 厚さの水による完全反射の状態においても、核燃料輸送物の実効増倍係数は 0.650 である。よって、孤立系において核燃料輸送物は臨界に達することはない。
(ロ)-F-12	説明 20 行目	主務大臣の定める核分裂性輸送物に係る一般の試験条件下に置いた輸送物を任意の配列で、	原子力規制委員会の定める核分裂性輸送物に係る一般の試験条件下に置いた核燃料輸送物を任意の配列で、
(ロ)-F-12	説明 25 行目	りも安全側となる無限個の輸送物が存在する場合の実効増倍係数は 0.296 である。よって、配列系において輸送物は臨界に達することはない。	りも安全側となる無限個の核燃料輸送物が存在する場合の実効増倍係数は 0.296 である。よって、配列系において核燃料輸送物は臨界に達することはない。
(ロ)-F-13	説明 1 行目	主務大臣の定める核分裂性輸送物に係る特別の試験条件下に置いた輸送物を任意の配列で、	原子力規制委員会の定める核分裂性輸送物に係る特別の試験条件下に置いた核燃料輸送物を任意の配列で、
(ロ)-F-13	説明 6 行目	も安全側となる無限個の輸送物が存在する場合の実効増倍係数は 0.898 である。よって、配列系において輸送物は臨界に達することはない。	も安全側となる無限個の核燃料輸送物が存在する場合の実効増倍係数は 0.898 である。よって、配列系において核燃料輸送物は臨界に達することはない。
(ロ)-F-13	説明 10 行目	本輸送物を -40℃から 38℃までの周囲の温度の範囲に置いて、	本核燃料輸送物を -40℃から 38℃までの周囲の温度の範囲に置いて、

注) 変更箇所を _____ で示す。

別紙記載事項の変更箇所一覧表

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(p)-G-1 から (p)-G-22	ページ番号	(p)-G-	(p)-H-
(p)-G-1	1行目	(p)-G- 原型試験報告書	(p)-H- 原型試験報告書
(p)-G-1	2行目	G.1 原型容器試験の概要	H.1 原型容器試験の概要
(p)-G-1	3行目	G.1.1 原型容器試験の位置付け	H.1.1 原型容器試験の位置付け
(p)-G-1	8行目	が、規則及び告示に定められた特別の試験条件に対する輸送容器の適合性（密封性の健全性）を確認するとともに、	が、外運搬規則及び外運搬告示に定められた特別の試験条件に対する輸送容器の適合性（密封性の健全性）を確認するとともに、
(p)-G-1	20行目	G.1.2 原型容器試験要領	H.1.2 原型容器試験要領
(p)-G-1	21行目	G.1.2.1 試験手順	H.1.2.1 試験手順
(p)-G-1	24行目	らの試験手順を、(p)-第G.1図に示す。	らの試験手順を、(p)-第H.1図に示す。
(p)-G-2	(p)-第G.1 図（図題）	(p)-第G.1図 原型容器試験手順	(p)-第H.1図 原型容器試験手順
(p)-G-2	1行目	G.1.2.2 試験施設	H.1.2.2 試験施設
(p)-G-3	5行目	G.1.3 原型容器と実機容器の主な相違点	H.1.3 原型容器と実機容器の主な相違点
(p)-G-3	6行目	原型容器と実機容器の主な相違点を、(p)-第G.1表に示す。	原型容器と実機容器の主な相違点を、(p)-第H.1表に示す。
(p)-G-3	(p)-第G.1 表（表題）	(p)-第G.1表 原型容器と実機容器の主な相違点	(p)-第H.1表 原型容器と実機容器の主な相違点

ページ番号	変更箇所	変更前				変更後			
		項目	原 型 容 器	表 機 容 器	項 目	原 型 容 器	表 機 容 器		
(P)-G-3	(P)-第G.1表	輸送物 総重量 輸送容器 重量	原型容器-1 原型容器-2 原型容器-1 原型容器-2		輸送物 総重量 輸送容器 重量	原型容器-1 原型容器-2 原型容器-1 原型容器-2			
(P)-G-4	(P)-第G.2表 (表題)	取 扱 物 計 装	模擬取扱い物 (模擬燃料集合体) 原型容器-1 燃料集合体の加速度計取付座 燃料集合体の熱電対取付座 燃料集合体の熱電対取付座 計測用貫通孔 原型容器-2 燃料集合体の加速度計取付座 燃料集合体の熱電対取付座 計測用貫通孔	耐火燃料集合体 設置せず	模擬取扱い物 (模擬燃料集合体) 計 装 耐火燃料集合体 設置せず				
(P)-G-3	7行目	G.1.4 原型容器試験結果							
(P)-G-3	8行目	G.1.4.1 気密漏えい検査							
(P)-G-3	16行目	保していることを確認した。各検査の結果を、(P)-第G.2表に示す。							
(P)-G-4	(P)-第G.2表 (表題)	(P)-第G.2表 気密漏えい検査結果 (単位:atm・cc/sec)							
(P)-G-4	6行目	G.1.4.2 落下試験 I							
(P)-G-5	1行目	G.1.4.3 落下試験 II							
(P)-G-5	22行目	G.1.4.4 耐火試験							
(P)-G-5	27行目	温度計測は、φ3mmのシース熱電対 (K型) により行った。温度の計測結果を、(P)-第G.2図に示す。							
(P)-G-6	(P)-第G.2図 (図題)	(P)-第G.2図 耐火試験温度計測結果							
(P)-G-7	1行目	G.1.4.5 浸漬試験							
(P)-G-7	18行目	G.1.4.6 原型試験結果のまとめ							
(P)-G-3		H.1.4 原型容器試験結果							
(P)-G-3		H.1.4.1 気密漏えい検査							
(P)-G-3		保していることを確認した。各検査の結果を、(P)-第H.2表に示す。							
(P)-G-4		(P)-第H.2表 気密漏えい検査結果 (単位:atm・cc/sec)							
(P)-G-4		H.1.4.2 落下試験 I							
(P)-G-5		H.1.4.3 落下試験 II							
(P)-G-5		H.1.4.4 耐火試験							
(P)-G-5		温度計測は、φ3mmのシース熱電対 (K型) により行った。温度の計測結果を、(P)-第H.2図に示す。							
(P)-G-6		(P)-第H.2図 耐火試験温度計測結果							
(P)-G-7		H.1.4.5 浸漬試験							
(P)-G-7		H.1.4.6 原型試験結果のまとめ							

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(p)-G-7	19 行目	実輸送容器と同等に製作された原型容器を用いた原型試験を実施し、輸送物の構造的及び熱的安全性を確認するとともに、	実輸送容器と同等に製作された原型容器を用いた原型試験を実施し、核燃料輸送物の構造的及び熱的安全性を確認するとともに、
(p)-G-7	21 行目	(p)-第G.3表に原型試験結果と解析結果の比較を示す。	(p)-第H.3表に原型試験結果と解析結果の比較を示す。
(p)-G-7	22 行目	(p)-第G.3図に9m水平落下における原型試験結果と解析結果の比較を、(p)-第G.4図に9mコーナ落下における原型試験結果と解析結果の比較を示す。	(p)-第H.3図に9m水平落下における原型試験結果と解析結果の比較を、(p)-第H.4図に9mコーナ落下における原型試験結果と解析結果の比較を示す。
(p)-G-8	(p)-第G.3表 (表題)	(p)-第G.3表 原型容器試験結果と解析結果の比較	(p)-第H.3表 原型容器試験結果と解析結果の比較
(p)-G-9	(p)-第G.3図 (図題)	(p)-第G.3図 水平落下における原型容器試験結果と解析結果の比較	(p)-第H.3図 水平落下における原型容器試験結果と解析結果の比較
(p)-G-10	(p)-第G.4図 (図題)	(p)-第G.4図 コーナ落下における原型容器試験結果と解析結果の比較	(p)-第H.4図 コーナ落下における原型容器試験結果と解析結果の比較
(p)-G-11	1 行目	G.2 200m 浸漬試験の詳細	H.2 200m 浸漬試験の詳細
(p)-G-11	4 行目	G.2.1 200m 浸漬試験の概要	H.2.1 200m 浸漬試験の概要
(p)-G-11	5 行目	本輸送物の原型容器試験は、	本核燃料輸送物の原型容器試験は、
(p)-G-11	15 行目	G.2.2 試験手順	H.2.2 試験手順
(p)-G-11	16 行目	原型容器試験のうち、原型容器-2を用いて実施した試験の全体試験手順を、(p)-第G.1図に示す。	原型容器試験のうち、原型容器-2を用いて実施した試験の全体試験手順を、(p)-第H.1図に示す。
(p)-G-11	18 行目	G.2.3 試験日及び試験場所	H.2.3 試験日及び試験場所
(p)-G-11	23 行目	G.2.4 原型容器	H.2.4 原型容器
(p)-G-11	25 行目	200m 浸漬試験に供した原型容器-2は、実寸大であり、申請輸送物との主な相違点を、(p)-第G.1表に示す。	200m 浸漬試験に供した原型容器-2は、実寸大であり、申請核燃料輸送物との主な相違点を、(p)-第H.1表に示す。
(p)-G-11	29 行目	ゲージの取付位置を、(p)-第G.5(1)図及び(p)-第G.5(2)図に示す。	ゲージの取付位置を、(p)-第H.5(1)図及び(p)-第H.5(2)図に示す。
(p)-G-12	1 行目	G.2.5 試験設備	H.2.5 試験設備

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(P)-G-12	4行目	圧タンクは、直径□、長さ□までの供試体が収納可能である ((P)-第G.6図参照)。	圧タンクは、直径□、長さ□までの供試体が収納可能である ((P)-第H.6図参照)。
(P)-G-13	(P)-第G.5 (1)図 (図題)	(P)-第G.5 (1)図 原型容器-2のひずみゲージ取付位置図 (その1)	(P)-第H.5 (1)図 原型容器-2のひずみゲージ取付位置図 (その1)
(P)-G-14	(P)-第G.5 (2)図 (図題)	(P)-第G.5 (2)図 原型容器-2のひずみゲージ取付位置図 (その2)	(P)-第H.5 (2)図 原型容器-2のひずみゲージ取付位置図 (その2)
(P)-G-15	1行目	G.2.6 試験要領	H.2.6 試験要領
(P)-G-15	2行目	200m 浸漬試験に関する試験一覧を、(P)-第G.4表に示す。	200m 浸漬試験に関する試験一覧を、(P)-第H.4表に示す。
(P)-G-15	3行目	G.2.6.1 200m 浸漬試験要領	H.2.6.1 200m 浸漬試験要領
(P)-G-15	4行目	浸漬試験の試験状態図を(P)-第G.6図に示す。	浸漬試験の試験状態図を(P)-第H.6図に示す。
(P)-G-15	22行目	G.2.6.2 気密漏えい検査要領	H.2.6.2 気密漏えい検査要領
(P)-G-15	23行目	① (P)-第G.7図のように配管する。	① (P)-第H.7図のように配管する。
(P)-G-16	(P)-第G.4 表 (表題)	(P)-第G.4表 200m 浸漬試験に関する試験一覧	(P)-第H.4表 200m 浸漬試験に関する試験一覧
(P)-G-17	(P)-第G.6 図 (図題)	(P)-第G.6図 200m 浸漬試験状態図	(P)-第H.6図 200m 浸漬試験状態図
(P)-G-18	(P)-第G.7 図 (図題)	(P)-第G.7図 気密漏えい検査の配管接続図	(P)-第H.7図 気密漏えい検査の配管接続図
(P)-G-19	1行目	G.2.7 試験結果	H.2.7 試験結果
(P)-G-19	2行目	原型容器-2の200m 浸漬試験結果をまとめて(P)-第G.5表に示す。	原型容器-2の200m 浸漬試験結果をまとめて(P)-第H.5表に示す。
(P)-G-19	(P)-第G.5 表 (表題)	(P)-第G.5表 200m 浸漬試験結果のまとめ	(P)-第H.5表 200m 浸漬試験結果のまとめ

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後																																																																																										
(p)-G-19	(p)-第G.5 表	<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>結果</th> <th>評価</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>加圧圧力 (真空中容器外圧) (G.5図参照)</td> <td>20 kPa (g²/6)</td> <td>試験条件を満足</td> </tr> <tr> <td>加圧保持時間</td> <td>1時間</td> <td></td> </tr> <tr> <td>内容器2重Oリング部の真空中での時間変化 (G.9図参照)</td> <td>1.3×10⁻² mmHg</td> <td>内容器内への水の侵入なし。</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1.2×10⁻² mmHg</td> <td></td> </tr> <tr> <td>内容器外部のひずみ</td> <td>ひずみ (mm)</td> <td>内容器のひずみは弾性範囲内である。</td> </tr> <tr> <td>ひずみ</td> <td>75×10⁻⁶</td> <td></td> </tr> <tr> <td>測定結果</td> <td>97×10⁻⁶</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>98×10⁻⁶</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>167×10⁻⁶</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>39×10⁻⁶</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>129×10⁻⁶</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>355×10⁻⁶</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>343×10⁻⁶</td> <td></td> </tr> <tr> <td>試験前及び試験後とも、規定基準 (10⁻⁵ atm・cm²/sec) 以下で、密封性が維持された。</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	項目	結果	評価	加圧圧力 (真空中容器外圧) (G.5図参照)	20 kPa (g ² /6)	試験条件を満足	加圧保持時間	1時間		内容器2重Oリング部の真空中での時間変化 (G.9図参照)	1.3×10 ⁻² mmHg	内容器内への水の侵入なし。		1.2×10 ⁻² mmHg		内容器外部のひずみ	ひずみ (mm)	内容器のひずみは弾性範囲内である。	ひずみ	75×10 ⁻⁶		測定結果	97×10 ⁻⁶			98×10 ⁻⁶			167×10 ⁻⁶			39×10 ⁻⁶			129×10 ⁻⁶			355×10 ⁻⁶			343×10 ⁻⁶		試験前及び試験後とも、規定基準 (10 ⁻⁵ atm・cm ² /sec) 以下で、密封性が維持された。			<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>結果</th> <th>評価</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>加圧圧力 (真空中容器外圧) (H.8図参照)</td> <td>20 kPa (g²/6)</td> <td>試験条件を満足</td> </tr> <tr> <td>加圧保持時間</td> <td>1時間</td> <td></td> </tr> <tr> <td>内容器2重Oリング部の真空中での時間変化 (H.8図参照)</td> <td>1.3×10⁻² mmHg</td> <td>内容器内への水の侵入なし。</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1.2×10⁻² mmHg</td> <td></td> </tr> <tr> <td>内容器外部のひずみ</td> <td>ひずみ (mm)</td> <td>内容器のひずみは弾性範囲内である。</td> </tr> <tr> <td>ひずみ</td> <td>75×10⁻⁶</td> <td></td> </tr> <tr> <td>測定結果</td> <td>97×10⁻⁶</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>98×10⁻⁶</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>167×10⁻⁶</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>39×10⁻⁶</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>129×10⁻⁶</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>355×10⁻⁶</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>343×10⁻⁶</td> <td></td> </tr> <tr> <td>試験前及び試験後とも、規定基準 (10⁻⁵ atm・cm²/sec) 以下で、密封性が維持された。</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	項目	結果	評価	加圧圧力 (真空中容器外圧) (H.8図参照)	20 kPa (g ² /6)	試験条件を満足	加圧保持時間	1時間		内容器2重Oリング部の真空中での時間変化 (H.8図参照)	1.3×10 ⁻² mmHg	内容器内への水の侵入なし。		1.2×10 ⁻² mmHg		内容器外部のひずみ	ひずみ (mm)	内容器のひずみは弾性範囲内である。	ひずみ	75×10 ⁻⁶		測定結果	97×10 ⁻⁶			98×10 ⁻⁶			167×10 ⁻⁶			39×10 ⁻⁶			129×10 ⁻⁶			355×10 ⁻⁶			343×10 ⁻⁶		試験前及び試験後とも、規定基準 (10 ⁻⁵ atm・cm ² /sec) 以下で、密封性が維持された。		
項目	結果	評価																																																																																											
加圧圧力 (真空中容器外圧) (G.5図参照)	20 kPa (g ² /6)	試験条件を満足																																																																																											
加圧保持時間	1時間																																																																																												
内容器2重Oリング部の真空中での時間変化 (G.9図参照)	1.3×10 ⁻² mmHg	内容器内への水の侵入なし。																																																																																											
	1.2×10 ⁻² mmHg																																																																																												
内容器外部のひずみ	ひずみ (mm)	内容器のひずみは弾性範囲内である。																																																																																											
ひずみ	75×10 ⁻⁶																																																																																												
測定結果	97×10 ⁻⁶																																																																																												
	98×10 ⁻⁶																																																																																												
	167×10 ⁻⁶																																																																																												
	39×10 ⁻⁶																																																																																												
	129×10 ⁻⁶																																																																																												
	355×10 ⁻⁶																																																																																												
	343×10 ⁻⁶																																																																																												
試験前及び試験後とも、規定基準 (10 ⁻⁵ atm・cm ² /sec) 以下で、密封性が維持された。																																																																																													
項目	結果	評価																																																																																											
加圧圧力 (真空中容器外圧) (H.8図参照)	20 kPa (g ² /6)	試験条件を満足																																																																																											
加圧保持時間	1時間																																																																																												
内容器2重Oリング部の真空中での時間変化 (H.8図参照)	1.3×10 ⁻² mmHg	内容器内への水の侵入なし。																																																																																											
	1.2×10 ⁻² mmHg																																																																																												
内容器外部のひずみ	ひずみ (mm)	内容器のひずみは弾性範囲内である。																																																																																											
ひずみ	75×10 ⁻⁶																																																																																												
測定結果	97×10 ⁻⁶																																																																																												
	98×10 ⁻⁶																																																																																												
	167×10 ⁻⁶																																																																																												
	39×10 ⁻⁶																																																																																												
	129×10 ⁻⁶																																																																																												
	355×10 ⁻⁶																																																																																												
	343×10 ⁻⁶																																																																																												
試験前及び試験後とも、規定基準 (10 ⁻⁵ atm・cm ² /sec) 以下で、密封性が維持された。																																																																																													
(p)-G-19	3行目	G.2.8 結果の要約と評価	H.2.8 結果の要約と評価																																																																																										
(p)-G-20	(p)-第G.8 図 (図題)	(p)-第G.8図 200m 浸漬試験時の加圧圧力の測定チャート	(p)-第H.8図 200m 浸漬試験時の加圧圧力の測定チャート																																																																																										
(p)-G-21	(p)-第G.9 図 (図題)	(p)-第G.9図 200m 浸漬試験時の内容器2重Oリング部の真空中の測定チャート	(p)-第H.9図 200m 浸漬試験時の内容器2重Oリング部の真空中の測定チャート																																																																																										
(p)-G-22	(p)-第G.10 図 (図題)	(p)-第G.10図 200m 浸漬試験における内容器外面のひずみ測定結果	(p)-第H.10図 200m 浸漬試験における内容器外面のひずみ測定結果																																																																																										

注) 変更箇所を _____ で示す。

別紙記載事項の変更箇所一覧表

変更前		変更後	
ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(二)-A-1 から (二)-A-5	ページ番号	(二)-A-	(二)-A-
(二)-A-1	1行目	(二) 章 輸送容器的保守及び核燃料輸送物の取扱い方法	(ハ) 章 輸送容器的保守及び核燃料輸送物の取扱い方法
(二)-A-1	2行目	(二)-A 輸送物の取扱い方法	(二)-A 核燃料輸送物の取扱い方法
(二)-A-1	17行目		
(二)-A-1	20行目		
(二)-A-1	26行目		
(二)-A-1	28行目		
(二)-A-1	30行目		
(二)-A-1	31行目	A.2 輸送物の発送前検査	A.2 核燃料輸送物の発送前検査
(二)-A-1	32行目	輸送物を発送することに、(二)-第A.1表に示す発送前検査を実施し、	核燃料輸送物を発送することに、(ハ)-第A.1表に示す発送前検査を実施し、
(二)-A-2	(二)-第A.1表 表(表題)	(二)-第A.1表 輸送物発送前検査要領	(二)-第A.1表 核燃料輸送物発送前検査要領

添付(二)-A-1

注) 変更箇所を _____ で示す。

変更箇所	変更前	変更後
ページ番号 (二)-A-2	(二)-第A.1表 (その1)	(二)-第A.1表
検査項目	検査項目	検査項目
検査対象	検査対象	検査対象
検査方法	検査方法	検査方法
合格基準	合格基準	合格基準
外観検査	輸送物の外観を目視で検査する。 輸送物	輸送物の外観を目視で検査する。 核燃料輸送物
第1検査	容器本体の吊具	容器本体の吊具
重量検査	輸送物	核燃料輸送物
表面密実 限度検査	輸送物表面	核燃料輸送物表面
放射線量率 検査	輸送物	核燃料輸送物
(二)-A-3	(二)-第A.1表 輸送物発送前検査要領 表 (表題)	(二)-第A.1表 核燃料輸送物発送前検査要領
(二)-A-4	2行目	新燃料集合体を輸送物から取り出す代表的な手順を以下に示す。
(二)-A-4	4行目	
(二)-A-4	5行目	
(二)-A-4	10行目	

注) 変更箇所を _____ で示す。

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(二)-A-4	14行目		(11a)

別紙記載事項の変更箇所一覧表

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(二)-B-1 から (二)-B-2	ページ番号	(二)-B-	(一)-B-
(二)-B-1	1行目	(二)-B 保守条件	(一)-B 保守条件
(二)-B-1	2行目	本輸送容器の性能の維持について(二)-第B.1表に示す検査 について実施し、	本輸送容器の性能の維持について(一)-第B.1表に示す検査 について実施し、
(二)-B-1	4行目	なお、(二)-第B.1表に示す各検査について、	なお、(一)-第B.1表に示す各検査について、
(二)-B-1	20行目	(二)章 B.2 に示す気密漏えい検査によりバルブ又はシール部 に基準値を超える漏えいが確認された場合には、	(一)章 B.2 に示す気密漏えい検査によりバルブ又はシール部 に基準値を超える漏えいが確認された場合には、
(二)-B-2	(二)-第B.1 表 (表題)	(二)-第B.1表 定期自主検査一覧	(一)-第B.1表 定期自主検査一覧

添付(一)-B-1

注) 変更箇所を____で示す。

別紙記載事項の変更箇所一覧表

ページ番号	変更箇所	変更前	変更後
(ホ)-1	ページ番号	(ホ)-1	(ニ)-1
(ホ)-1	1行目	(ホ) 章 安全設計及び安全輸送に関する特記事項	(ニ) 章 安全設計及び安全輸送に関する特記事項

MONJU-F型核燃料輸送物設計承認申請書

(別紙記載事項)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

目 次

(イ) 章 核燃料輸送物の説明	(イ)-1
(イ)-A 目的及び条件	(イ)-1
(イ)-B 核燃料輸送物の種類	(イ)-2
(イ)-C 輸送容器	(イ)-2
(イ)-D 輸送容器の収納物	(イ)-16
(ロ) 章 核燃料輸送物の安全解析	(ロ)-1
(ロ)-A 構造解析	(ロ)-A-1
A. 1 構造設計	(ロ)-A-1
A. 1.1 概要	(ロ)-A-1
A. 1.2 設計基準	(ロ)-A-2
A. 2 重量及び重心	(ロ)-A-18
A. 3 材料の機械的性質	(ロ)-A-19
A. 4 核燃料輸送物の要件	(ロ)-A-23
A. 4.1 化学的及び電氣的反応	(ロ)-A-23
A. 4.2 低温強度	(ロ)-A-23
A. 4.3 密封装置	(ロ)-A-24
A. 4.4 吊上装置	(ロ)-A-24
A. 4.5 固縛装置	(ロ)-A-31
A. 4.6 圧力	(ロ)-A-39
A. 4.7 振動	(ロ)-A-40
A. 5 一般の試験条件	(ロ)-A-41
A. 5.1 熱的試験	(ロ)-A-41
A. 5.1.1 温度及び圧力の要約	(ロ)-A-41
A. 5.1.2 熱膨張	(ロ)-A-41
A. 5.1.3 応力計算	(ロ)-A-42
A. 5.1.4 許容応力との比較	(ロ)-A-54
A. 5.2 水噴霧	(ロ)-A-57
A. 5.3 自由落下	(ロ)-A-57
A. 5.4 積み重ね試験	(ロ)-A-84

A. 5.5	貫通	-----	(Ⅱ)-A-88
A. 5.6	角又は縁落下	-----	(Ⅱ)-A-92
A. 5.7	結果の要約と評価	-----	(Ⅱ)-A-92
A. 6	特別の試験条件	-----	(Ⅱ)-A-93
A. 6.1	強度試験・落下試験Ⅰ（9m落下時）	-----	(Ⅱ)-A-93
(a)	解析	-----	(Ⅱ)-A-93
(b)	原型試験	-----	(Ⅱ)-A-93
(c)	モデル試験	-----	(Ⅱ)-A-93
A. 6.1.1	垂直落下	-----	(Ⅱ)-A-95
A. 6.1.2	水平落下	-----	(Ⅱ)-A-111
A. 6.1.3	コーナ落下	-----	(Ⅱ)-A-124
A. 6.1.4	傾斜落下	-----	(Ⅱ)-A-129
A. 6.1.5	結果の要約	-----	(Ⅱ)-A-130
A. 6.2	強度試験・落下試験Ⅱ（1m落下時）	-----	(Ⅱ)-A-130
A. 6.2.1	結果の要約	-----	(Ⅱ)-A-140
A. 6.3	熱的試験	-----	(Ⅱ)-A-157
A. 6.3.1	温度及び圧力の要約	-----	(Ⅱ)-A-157
A. 6.3.2	熱膨張	-----	(Ⅱ)-A-157
A. 6.3.3	許容応力との比較	-----	(Ⅱ)-A-159
A. 6.4	浸漬	-----	(Ⅱ)-A-164
A. 6.5	結果の要約と評価	-----	(Ⅱ)-A-167
A. 7	強化浸漬試験	-----	(Ⅱ)-A-167
A. 8	放射性収納物	-----	(Ⅱ)-A-168
A. 9	核分裂性輸送物	-----	(Ⅱ)-A-169
A. 9.1	核分裂性輸送物に係る一般の試験条件	-----	(Ⅱ)-A-169
A. 9.2	核分裂性輸送物に係る特別の試験条件	-----	(Ⅱ)-A-172
A. 10	参考文献	-----	(Ⅱ)-A-177
(Ⅱ)-B	熱解析	-----	(Ⅱ)-B-1
B. 1	概要	-----	(Ⅱ)-B-1
B. 1.1	熱設計	-----	(Ⅱ)-B-1
B. 1.2	熱解析	-----	(Ⅱ)-B-1
B. 1.3	最大発熱量	-----	(Ⅱ)-B-3
B. 1.4	熱解析の条件と方法	-----	(Ⅱ)-B-4

B. 1.5	結果	(p)-B-5
B. 2	材料の熱的性質	(p)-B-7
B. 3	構成要素の仕様	(p)-B-14
B. 4	一般の試験条件	(p)-B-15
B. 4.1	熱解析モデル	(p)-B-15
B. 4.1.1	解析モデル	(p)-B-15
B. 4.1.2	試験モデル	(p)-B-25
B. 4.2	最高温度	(p)-B-25
B. 4.3	最低温度	(p)-B-27
B. 4.4	最大内圧	(p)-B-27
B. 4.5	最大熱応力	(p)-B-27
B. 4.6	結果の要約と評価	(p)-B-27
B. 5	特別の試験条件	(p)-B-28
B. 5.1	熱解析モデル	(p)-B-28
B. 5.1.1	解析モデル	(p)-B-28
B. 5.1.2	試験モデル	(p)-B-34
B. 5.2	核燃料輸送物の評価条件	(p)-B-35
B. 5.3	核燃料輸送物温度	(p)-B-35
B. 5.4	最大内圧	(p)-B-35
B. 5.5	最大熱応力	(p)-B-37
B. 5.6	結果の要約と評価	(p)-B-37
B. 6	参考文献	(p)-B-40
(p)-C	密封解析	(p)-C-1
C. 1	概要	(p)-C-1
C. 2	密封装置	(p)-C-1
C. 2.1	密封装置	(p)-C-1
C. 2.2	密封装置の貫通部	(p)-C-2
C. 2.3	密封装置のガスケット及び溶接部	(p)-C-2
C. 2.4	蓋	(p)-C-3
C. 3	一般の試験条件	(p)-C-6
C. 3.1	放射性物質の漏えい	(p)-C-7
C. 3.2	密封装置の加圧	(p)-C-12
C. 3.3	冷却材汚染	(p)-C-12

C. 3.4	冷却材損失	-----	(ロ)-C-12
C. 4	特別の試験条件	-----	(ロ)-C-12
C. 4.1	核分裂生成ガス	-----	(ロ)-C-12
C. 4.2	放射性物質の漏えい	-----	(ロ)-C-12
C. 5	結果の要約と評価	-----	(ロ)-C-15
C. 6	参考文献	-----	(ロ)-C-16
(ロ)-D	しゃへい解析	-----	(ロ)-D-1
D. 1	概要	-----	(ロ)-D-1
D. 2	線源仕様	-----	(ロ)-D-2
D. 2.1	γ線源	-----	(ロ)-D-3
D. 2.2	中性子源	-----	(ロ)-D-6
D. 3	モデル仕様	-----	(ロ)-D-6
D. 3.1	解析モデル	-----	(ロ)-D-6
D. 3.2	解析モデル各領域における原子個数密度	-----	(ロ)-D-8
D. 4	しゃへい評価	-----	(ロ)-D-10
D. 5	結果の要約と評価	-----	(ロ)-D-12
D. 6	参考文献	-----	(ロ)-D-13
(ロ)-E	臨界解析	-----	(ロ)-E-1
E. 1	概要	-----	(ロ)-E-1
E. 2	解析対象	-----	(ロ)-E-3
E. 2.1	収納物	-----	(ロ)-E-3
E. 2.2	輸送容器	-----	(ロ)-E-4
E. 2.3	中性子吸収材	-----	(ロ)-E-4
E. 3	モデル仕様	-----	(ロ)-E-4
E. 3.1	解析モデル	-----	(ロ)-E-4
E. 3.2	解析モデル各領域における原子個数密度	-----	(ロ)-E-5
E. 4	未臨界評価	-----	(ロ)-E-10
E. 4.1	計算条件	-----	(ロ)-E-10
E. 4.2	核燃料輸送物への水の浸入等	-----	(ロ)-E-11
E. 4.3	計算方法	-----	(ロ)-E-11
E. 4.4	計算結果	-----	(ロ)-E-12
E. 5	結果の要約と評価	-----	(ロ)-E-15

E. 6	付属書類	(p)-E-16
E. 6.1	概要	(p)-E-16
E. 6.2	解析対象	(p)-E-17
E. 6.2.1	収納物	(p)-E-17
E. 6.2.2	輸送容器	(p)-E-17
E. 6.2.3	中性子吸収材	(p)-E-17
E. 6.3	モデル仕様	(p)-E-18
E. 6.3.1	解析モデル	(p)-E-18
E. 6.3.2	解析モデル各領域における原子個数密度	(p)-E-19
E. 6.4	未臨界評価	(p)-E-24
E. 6.4.1	計算条件	(p)-E-24
E. 6.4.2	核燃料輸送物への水の浸入等	(p)-E-25
E. 6.4.3	計算方法	(p)-E-25
E. 6.4.4	計算結果	(p)-E-25
E. 6.5	結果の要約と評価	(p)-E-25
E. 7	参考文献	(p)-E-26
(p)-F	核燃料輸送物の経年変化の考慮	(p)-F-1
F. 1	考慮すべき経年変化要因	(p)-F-1
F. 2	安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価	(p)-F-1
F. 3	安全解析における経年変化の考慮内容	(p)-F-5
F. 4	参考文献	(p)-F-6
(p)-G	外運搬規則及び外運搬告示に対する適合性の評価	(p)-G-1
(p)-H	原型試験報告書	(p)-H-1
H. 1	原型容器試験の概要	(p)-H-1
H. 1.1	原型容器試験の位置付け	(p)-H-1
H. 1.2	原型容器試験要領	(p)-H-1
H. 1.2.1	試験手順	(p)-H-1
H. 1.2.2	試験施設	(p)-H-2
H. 1.3	原型容器と実機容器の主な相違点	(p)-H-3
H. 1.4	原型容器試験結果	(p)-H-3
H. 1.4.1	気密漏えい検査	(p)-H-3

H. 1.4.2	落下試験 I	-----	(H)-H-4
H. 1.4.3	落下試験 II	-----	(H)-H-5
H. 1.4.4	耐火試験	-----	(H)-H-5
H. 1.4.5	浸漬試験	-----	(H)-H-7
H. 1.4.6	原型試験結果のまとめ	-----	(H)-H-7
H. 2	200m 浸漬試験の詳細	-----	(H)-H-11
H. 2.1	200m 浸漬試験の概要	-----	(H)-H-11
H. 2.2	試験手順	-----	(H)-H-11
H. 2.3	試験日及び試験場所	-----	(H)-H-11
H. 2.4	原型容器	-----	(H)-H-11
H. 2.5	試験設備	-----	(H)-H-12
H. 2.6	試験要領	-----	(H)-H-15
H. 2.6.1	200m 浸漬試験要領	-----	(H)-H-15
H. 2.6.2	気密漏えい検査要領	-----	(H)-H-15
H. 2.7	試験結果	-----	(H)-H-19
H. 2.8	結果の要約と評価	-----	(H)-H-19
(H) 章 輸送容器の保守及び核燃料輸送物の取扱い方法			(H)-A-1
(H)-A 核燃料輸送物の取扱い方法			(H)-A-1
A. 1	装荷方法	-----	(H)-A-1
A. 2	核燃料輸送物の発送前検査	-----	(H)-A-1
A. 3	取出し方法	-----	(H)-A-4
A. 4	空容器の準備	-----	(H)-A-5
(H)-B 保守条件			(H)-B-1
B. 1	外観及び耐圧検査	-----	(H)-B-1
B. 1.1	外観検査	-----	(H)-B-1
B. 1.2	耐圧検査	-----	(H)-B-1
B. 2	気密漏えい検査	-----	(H)-B-1
B. 3	補助系の保守	-----	(H)-B-1
B. 4	密封容器の弁、ガスケット等の保守	-----	(H)-B-1
B. 5	しゃへい検査	-----	(H)-B-1
B. 6	未臨界検査	-----	(H)-B-1
B. 7	熱検査	-----	(H)-B-2

B. 8 吊上検査 ----- (ハ)-B-2

B. 9 その他 ----- (ハ)-B-2

(二) 章 安全設計及び安全輸送に関する特記事項 ----- (ニ)-1

図 リ ス ト

(イ) 章

(イ)-第1図	MONJU-F型核燃料輸送物立体図	(イ)-9
(イ)-第2図	MONJU-F型核燃料輸送物全体図	(イ)-10
(イ)-第3図	容器本体全体図	(イ)-11
(イ)-第4図	保護蓋全体図	(イ)-12
(イ)-第5図	蓋全体図	(イ)-13
(イ)-第6図	内容器の密封境界	(イ)-14
(イ)-第7図	燃料集合体ホルダ全体図	(イ)-15
(イ)-第8a図	収納物-I(「もんじゅ」炉心燃料集合体構造図)	(イ)-20
(イ)-第8b図	収納物-II(試験用集合体構造図)	(イ)-21
(イ)-第8c図	収納物-III(中性子検出要素①及び保持治具構造図)	(イ)-22
(イ)-第8d図	収納物-III(中性子検出要素②及び保持治具構造図)	(イ)-23

(ロ) 章

(ロ)-第A.1図	核燃料輸送物の重心及びコーナ角度	(ロ)-A-18
(ロ)-第A.2図	吊具解析モデル	(ロ)-A-26
(ロ)-第A.3図	吊上げ時外胴に働く曲げモーメントの解析モデル	(ロ)-A-30
(ロ)-第A.4図	核燃料輸送物の固縛状態	(ロ)-A-33
(ロ)-第A.5図	脚座側板の寸法・形状	(ロ)-A-34
(ロ)-第A.6図	脚座各部溶接部の寸法・形状	(ロ)-A-35
(ロ)-第A.7図	輸送時外胴に働く曲げモーメントの解析モデル	(ロ)-A-38
(ロ)-第A.8図	底板の寸法形状	(ロ)-A-44
(ロ)-第A.9図	内胴フランジ部解析モデル	(ロ)-A-45
(ロ)-第A.10図	F 算出図	(ロ)-A-50
(ロ)-第A.11図	U, Y, Z, T 算出図	(ロ)-A-51
(ロ)-第A.12図	V 算出図	(ロ)-A-51
(ロ)-第A.13図	上部垂直落下解析モデル	(ロ)-A-60
(ロ)-第A.14図	下部垂直落下解析モデル	(ロ)-A-62
(ロ)-第A.15図	水平落下解析モデル(脚座のない方向からの落下)	(ロ)-A-64
(ロ)-第A.16図	水平落下解析モデル(脚座のある方向からの落下)	(ロ)-A-66

(ロ)-第 A. 17 図	脚座側板の構造	(ロ)-A-67
(ロ)-第 A. 18 図	脚座側板の圧縮強度解析モデル	(ロ)-A-68
(ロ)-第 A. 19 図	外容器本体部の脚座側板によるせん断強度解析モデル	(ロ)-A-68
(ロ)-第 A. 20 図	傾斜落下モデル	(ロ)-A-72
(ロ)-第 A. 21 図	馬てい型の体積解析モデル(1)	(ロ)-A-75
(ロ)-第 A. 22 図	馬てい型の体積解析モデル(2)	(ロ)-A-75
(ロ)-第 A. 23 図	馬てい型の体積解析モデル(3)	(ロ)-A-76
(ロ)-第 A. 24 図	馬てい型の体積解析モデル(4)	(ロ)-A-76
(ロ)-第 A. 25 図	馬てい型の体積解析モデル(5)	(ロ)-A-77
(ロ)-第 A. 26 図	馬てい型の体積解析モデル(6)	(ロ)-A-77
(ロ)-第 A. 27 図	斜円柱の体積解析モデル(1)	(ロ)-A-78
(ロ)-第 A. 28 図	斜円柱の体積解析モデル(2)	(ロ)-A-78
(ロ)-第 A. 29 図	コーナ落下評価モデル	(ロ)-A-81
(ロ)-第 A. 30 図	上部コーナ落下解析モデル	(ロ)-A-82
(ロ)-第 A. 31 図	下部コーナ落下解析モデル	(ロ)-A-83
(ロ)-第 A. 32 図	圧縮解析モデル	(ロ)-A-86
(ロ)-第 A. 33 図	貫通試験解析モデル	(ロ)-A-89
(ロ)-第 A. 34 図	上部垂直落下解析モデル	(ロ)-A-97
(ロ)-第 A. 35 図	下部垂直落下解析モデル	(ロ)-A-98
(ロ)-第 A. 36 図	蓋の解析モデル	(ロ)-A-101
(ロ)-第 A. 37 図	底板の解析モデル	(ロ)-A-103
(ロ)-第 A. 37a 図	蓋Oリングの密封性の解析モデル	(ロ)-A-107
(ロ)-第 A. 38 図	燃料要素の強度解析モデル(垂直落下時)	(ロ)-A-108
(ロ)-第 A. 39 図	中性子検出要素の強度解析モデル(垂直落下時)	(ロ)-A-109
(ロ)-第 A. 40 図	収納管の強度解析モデル(垂直落下時)	(ロ)-A-109
(ロ)-第 A. 41 図	水平落下解析モデル(脚座のない方向からの落下)	(ロ)-A-112
(ロ)-第 A. 42 図	水平落下解析モデル(脚座のある方向からの落下)	(ロ)-A-114
(ロ)-第 A. 43 図	水平落下時内筒解析モデル	(ロ)-A-118
(ロ)-第 A. 44 図	燃料要素の強度解析モデル(水平落下時)	(ロ)-A-119
(ロ)-第 A. 45 図	中性子検出要素の強度解析モデル(水平落下時)	(ロ)-A-120
(ロ)-第 A. 46 図	収納管の強度解析モデル(水平落下時)	(ロ)-A-121
(ロ)-第 A. 47 図	上部コーナ落下解析モデル	(ロ)-A-125

(ア)-第A.48 図	下部コーナ落下解析モデル	(ア)-A-126
(ア)-第A.49 図	落下試験Ⅱ・保護蓋貫通強度解析モデル	(ア)-A-132
(ア)-第A.50 図	落下試験Ⅱ・解析モデル(心向衝突)	(ア)-A-134
(ア)-第A.51 図	落下試験Ⅱ・外胴貫通強度解析モデル	(ア)-A-135
(ア)-第A.52 図	落下試験Ⅱ・解析モデル(偏心衝突)	(ア)-A-136
(ア)-第A.53 図	上部垂直落下解析結果	(ア)-A-142
(ア)-第A.54 図	下部垂直落下解析結果	(ア)-A-143
(ア)-第A.55 図	水平落下解析結果	(ア)-A-144
(ア)-第A.56 図	上部コーナ落下解析結果	(ア)-A-145
(ア)-第A.57 図	下部コーナ落下解析結果	(ア)-A-146
(ア)-第A.58 図	上部傾斜落下解析結果(15°)	(ア)-A-147
(ア)-第A.59 図	上部傾斜落下解析結果(30°)	(ア)-A-148
(ア)-第A.60 図	上部傾斜落下解析結果(45°)	(ア)-A-149
(ア)-第A.61 図	上部傾斜落下解析結果(60°)	(ア)-A-150
(ア)-第A.62 図	上部傾斜落下解析結果(75°)	(ア)-A-151
(ア)-第A.63 図	下部傾斜落下解析結果(15°)	(ア)-A-152
(ア)-第A.64 図	下部傾斜落下解析結果(30°)	(ア)-A-153
(ア)-第A.65 図	下部傾斜落下解析結果(45°)	(ア)-A-154
(ア)-第A.66 図	下部傾斜落下解析結果(60°)	(ア)-A-155
(ア)-第A.67 図	下部傾斜落下解析結果(75°)	(ア)-A-156
(ア)-第A.68 図	外圧を受ける円筒胴の形状曲線	(ア)-A-165
(ア)-第A.69 図	 の材料曲線	(ア)-A-166
(ア)-第B.1 図	核燃料輸送物の主要構造	(ア)-B-2
(ア)-第B.2 図	特別の試験条件下での核燃料輸送物の非定常温度分布	(ア)-B-6
(ア)-第B.3 図	一般の試験条件下の解析モデル・寸法	(ア)-B-16
(ア)-第B.4 図	一般の試験条件下における核燃料輸送物各部の温度分布	(ア)-B-26
(ア)-第B.5 図	水平落下による変形部のモデル化(輸送容器の中央部)	(ア)-B-29
(ア)-第B.6 図	水平落下による変形部のモデル化(輸送容器の蓋部)	(ア)-B-30
(ア)-第B.7 図	特別の試験条件下の解析モデル・寸法	(ア)-B-31
(ア)-第B.8 図	特別の試験条件下における核燃料輸送物各部の温度分布	(ア)-B-36
(ア)-第C.1 図	燃料要素の密封境界図	(ア)-C-4
(ア)-第C.2 図	内容器の密封境界図	(ア)-C-5
(ア)-第C.3 図	漏えい率解析フロー	(ア)-C-8

(ロ)-第D. 1 図	γ 線源のエネルギー分布	-----	(ロ)-D-5
(ロ)-第D. 2 図	しゃへい解析モデル	-----	(ロ)-D-7
(ロ)-第E. 1 図	燃料セル解析モデル	-----	(ロ)-E-6
(ロ)-第E. 2 図	特別の試験条件下・孤立系の解析モデル	-----	(ロ)-E-7
(ロ)-第E. 3 図	特別の試験条件下・配列系の解析モデル	-----	(ロ)-E-8
(ロ)-第E. 4 図	水密度パラメータ計算結果	-----	(ロ)-E-14
(ロ)-第E. 5 図	通常輸送時・孤立系の解析モデル	-----	(ロ)-E-20
(ロ)-第E. 6 図	一般の試験条件下・孤立系の解析モデル	-----	(ロ)-E-21
(ロ)-第E. 7 図	一般の試験条件下・配列系の解析モデル	-----	(ロ)-E-22
(ロ)-第H. 1 図	原型容器試験手順	-----	(ロ)-H-2
(ロ)-第H. 2 図	耐火試験温度計測結果	-----	(ロ)-H-6
(ロ)-第H. 3 図	水平落下における原型容器試験結果と解析結果の比較	-----	(ロ)-H-9
(ロ)-第H. 4 図	コーナ落下における原型容器試験結果と解析結果の比較	-----	(ロ)-H-10
(ロ)-第H. 5 (1) 図	原型容器-2のひずみゲージ取付位置図(その1)	-----	(ロ)-H-13
(ロ)-第H. 5 (2) 図	原型容器-2のひずみゲージ取付位置図(その2)	-----	(ロ)-H-14
(ロ)-第H. 6 図	200m 浸漬試験状態図	-----	(ロ)-H-17
(ロ)-第H. 7 図	気密漏えい検査の配管接続図	-----	(ロ)-H-18
(ロ)-第H. 8 図	200m 浸漬試験時の加圧圧力の測定チャート	-----	(ロ)-H-20
(ロ)-第H. 9 図	200m 浸漬試験時の内容器2重リング部の真空度の測定チャート	---	(ロ)-H-21
(ロ)-第H. 10 図	200m 浸漬試験における内容器外面のひずみ測定結果	-----	(ロ)-H-22

表 リ ス ト

(イ) 章

(イ)-第1表	輸送容器の材質	-----	(イ)-6
(イ)-第2表	輸送容器の寸法	-----	(イ)-7
(イ)-第3表	核燃料輸送物重量 (最大値)	-----	(イ)-8
(イ)-第4表	収納物の仕様	-----	(イ)-18
(イ)-第5表	回収ウランを使用したプルトニウム・ウラン混合酸化物中に含まれる ウラン不純物重量 (収納物-I 及びIIの炉心燃料ペレット)	-----	(イ)-19-1
(イ)-第6表	回収ウランを使用したプルトニウム・ウラン混合酸化物中に含まれる 不純物核種の最大含有量 (収納物-I 及びIIの炉心燃料ペレット)	---	(イ)-19-1

(ロ) 章

(ロ)-第A.1表	構造設計の条件及び解析方法 [通常輸送時]	-----	(ロ)-A-4
(ロ)-第A.2表	構造設計の条件及び解析方法 [一般の試験条件]	-----	(ロ)-A-7
(ロ)-第A.3表	構造設計の条件及び解析方法 [特別の試験条件]	-----	(ロ)-A-11
(ロ)-第A.4表	核燃料輸送物の重量	-----	(ロ)-A-18
(ロ)-第A.5表	主要部材 <input type="text"/> の機械的性質	-----	(ロ)-A-19
(ロ)-第A.6表	主要部材 <input type="text"/> の機械的性質	-----	(ロ)-A-19
(ロ)-第A.7表	ボルト材 <input type="text"/> の機械的性質	-----	(ロ)-A-20
(ロ)-第A.8表	被覆管材 <input type="text"/> の機械的性質	-----	(ロ)-A-20
(ロ)-第A.9表	緩衝材の圧縮変形応力	-----	(ロ)-A-21
(ロ)-第A.10表	主要部材 (<input type="text"/> , <input type="text"/> , <input type="text"/>) の機械的性質	-----	(ロ)-A-21
(ロ)-第A.11表	主要材料の熱的性質	-----	(ロ)-A-22
(ロ)-第A.12表	接触する異種材料	-----	(ロ)-A-23
(ロ)-第A.13表	核燃料輸送物の温度分布 [一般の試験条件]	-----	(ロ)-A-41
(ロ)-第A.14表	許容応力との比較(1)	-----	(ロ)-A-55
(ロ)-第A.15表	上部垂直落下時の変形量と吸収エネルギー	-----	(ロ)-A-59
(ロ)-第A.16表	下部垂直落下時の変形量と吸収エネルギー	-----	(ロ)-A-61
(ロ)-第A.17表	脚座のない方向からの水平落下時における変形量と吸収エネルギー	-	(ロ)-A-63
(ロ)-第A.18表	脚座のある方向からの水平落下時における変形量と吸収エネルギー	-	(ロ)-A-65
(ロ)-第A.19表	1.2m傾斜落下時解析結果	-----	(ロ)-A-70
(ロ)-第A.20表	1.2mコーナ落下時解析結果	-----	(ロ)-A-80
(ロ)-第A.21表	自由落下における変形量	-----	(ロ)-A-92

(ロ)-第 A. 22 表	上部垂直落下時の変形量と吸収エネルギー	(ロ)-A-96
(ロ)-第 A. 23 表	下部垂直落下時の変形量と吸収エネルギー	(ロ)-A-99
(ロ)-第 A. 24 表	上部垂直落下時の衝撃加速度倍率	(ロ)-A-99
(ロ)-第 A. 25 表	下部垂直落下時の衝撃加速度倍率	(ロ)-A-100
(ロ)-第 A. 26 表	脚座のない方向からの水平落下時における変形量と吸収エネルギー	(ロ)-A-111
(ロ)-第 A. 27 表	脚座のある方向からの水平落下時における変形量と吸収エネルギー	(ロ)-A-113
(ロ)-第 A. 28 表	脚座のない方向からの水平落下時における衝撃加速度倍率	(ロ)-A-115
(ロ)-第 A. 29 表	脚座のある方向からの水平落下時における衝撃加速度倍率	(ロ)-A-116
(ロ)-第 A. 30 表	9 m コーナ落下時解析結果	(ロ)-A-124
(ロ)-第 A. 31 表	上部コーナ落下時の変形量と吸収エネルギー	(ロ)-A-127
(ロ)-第 A. 32 表	上部コーナ落下時の衝撃加速度倍率	(ロ)-A-127
(ロ)-第 A. 33 表	下部コーナ落下時の変形量と吸収エネルギー	(ロ)-A-128
(ロ)-第 A. 34 表	下部コーナ落下時の衝撃加速度倍率	(ロ)-A-128
(ロ)-第 A. 35 表	9 m 傾斜落下時解析結果	(ロ)-A-129
(ロ)-第 A. 36 表	落下試験 I による変形量及び衝撃加速度倍率	(ロ)-A-130
(ロ)-第 A. 37 表	落下試験 I 及び II による変形量	(ロ)-A-141
(ロ)-第 A. 38 表	許容応力との比較 (2)	(ロ)-A-160
(ロ)-第 A. 39 表	放射性収納物に関する評価結果	(ロ)-A-168
(ロ)-第 A. 40 表	一般の試験条件下に係る自由落下における変形量と衝撃加速度倍率	(ロ)-A-170
(ロ)-第 A. 41 表	一般の試験条件下に係る自由落下における内容器各部位の最大発生応力	(ロ)-A-170
(ロ)-第 A. 42 表	特別の試験条件下に係る落下試験 I における変形量と衝撃加速度倍率	(ロ)-A-173
(ロ)-第 A. 43 表	特別の試験条件下に係る落下試験 I における内容器各部位の最大発生応力	(ロ)-A-173
(ロ)-第 A. 44 表	特別の試験条件下に係る落下試験 I 及び II による変形量	(ロ)-A-174
(ロ)-第 A. 45 表	耐火試験における核燃料輸送物各部の最高温度	(ロ)-A-175
(ロ)-第 B. 1 表	収納物最大発熱量	(ロ)-B-3
(ロ)-第 B. 2 表	熱解析条件	(ロ)-B-4
(ロ)-第 B. 3 表	熱解析の方法	(ロ)-B-4
(ロ)-第 B. 4 表	一般の試験条件下及び特別の試験条件下における各部の最高温度	(ロ)-B-5
(ロ)-第 B. 5 表	一般の試験条件下及び特別の試験条件下における内容器の最高圧力	(ロ)-B-7

(ロ)-第B. 6表	□の熱的性質	-----	(ロ)-B-7
(ロ)-第B. 7表	□の熱的性質	-----	(ロ)-B-8
(ロ)-第B. 8表	空気の熱的性質	-----	(ロ)-B-8
(ロ)-第B. 9表	□の熱的性質	-----	(ロ)-B-9
(ロ)-第B. 10表	□の熱的性質	-----	(ロ)-B-9
(ロ)-第B. 11表	□の熱的性質	-----	(ロ)-B-10
(ロ)-第B. 12表	□の熱的性質	-----	(ロ)-B-10
(ロ)-第B. 13表	均質化燃料の熱的性質	-----	(ロ)-B-10
(ロ)-第B. 14表	各部材の面積比	-----	(ロ)-B-11
(ロ)-第B. 15表	燃料集合体ホルダの熱的性質	-----	(ロ)-B-13
(ロ)-第B. 16表	バルブの仕様	-----	(ロ)-B-14
(ロ)-第B. 17表	リングの仕様	-----	(ロ)-B-14
(ロ)-第B. 18表	□の仕様	-----	(ロ)-B-14
(ロ)-第B. 19表	一般の試験条件下の熱的条件	-----	(ロ)-B-17
(ロ)-第B. 20表	太陽熱放射による伝熱量	-----	(ロ)-B-17
(ロ)-第B. 20 a表	管外の熱伝達率	-----	(ロ)-B-19
(ロ)-第B. 20 b表	垂直平板の熱伝達率	-----	(ロ)-B-20
(ロ)-第B. 20 c表	各材料の放射率	-----	(ロ)-B-21
(ロ)-第B. 20 d表	形態係数	-----	(ロ)-B-21
(ロ)-第B. 21表	特別の試験条件下の熱的条件	-----	(ロ)-B-32
(ロ)-第B. 22表	管外の熱伝達率	-----	(ロ)-B-33
(ロ)-第B. 22 a表	垂直平板の熱伝達率	-----	(ロ)-B-33
(ロ)-第B. 23表	各材料の放射率	-----	(ロ)-B-34
(ロ)-第B. 24表	形態係数	-----	(ロ)-B-34
(ロ)-第B. 25表	特別の試験条件下における核燃料輸送物の総合的評価	-----	(ロ)-B-38
(ロ)-第C. 1表	一般の試験条件下における漏えい量	-----	(ロ)-C-11
(ロ)-第C. 2表	特別の試験条件下における漏えい量	-----	(ロ)-C-14
(ロ)-第C. 3表	結果の要約	-----	(ロ)-C-15
(ロ)-第D. 1表	最大線量当量率の要約	-----	(ロ)-D-2
(ロ)-第D. 2表	線源の計算に用いた燃料装荷量	-----	(ロ)-D-3
(ロ)-第D. 2 a表	炉心燃料中に含まれる核分裂生成物の量	-----	(ロ)-D-3
(ロ)-第D. 3表	γ線源のエネルギー分布	-----	(ロ)-D-4
(ロ)-第D. 4表	中性子源強度	-----	(ロ)-D-6
(ロ)-第D. 5表	各領域の原子個数密度	-----	(ロ)-D-9
(ロ)-第D. 6表	γ線線量当量率解析用の線量当量率変換係数	-----	(ロ)-D-11
(ロ)-第D. 7表	中性子線量当量率解析用の線量当量率変換係数	-----	(ロ)-D-12

(ロ)-第E. 1表	臨界解析条件及び結果	(ロ)-E-2
(ロ)-第E. 2表	解析に用いた燃料装荷量	(ロ)-E-3
(ロ)-第E. 3表	各領域の材質及び原子個数密度	(ロ)-E-9
(ロ)-第E. 4表	解析モデルにおける各領域の体積比	(ロ)-E-10
(ロ)-第E. 5表	臨界解析の結果	(ロ)-E-12
(ロ)-第E. 6表	孤立系の水密度パラメータ計算結果	(ロ)-E-13
(ロ)-第E. 7表	配列系の水密度パラメータ計算結果	(ロ)-E-13
(ロ)-第E. 8表	臨界解析条件及び結果	(ロ)-E-16
(ロ)-第E. 9表	各領域の材質及び原子個数密度	(ロ)-E-23
(ロ)-第E. 10表	解析モデルにおける各領域の体積比	(ロ)-E-24
(ロ)-第E. 11表	臨界解析の結果	(ロ)-E-25

(ロ)-第H. 1表	原型容器と実機容器の主な相違点	(ロ)-H-3
(ロ)-第H. 2表	気密漏えい検査結果	(ロ)-H-4
(ロ)-第H. 3表	原型容器試験結果と解析結果の比較	(ロ)-H-8
(ロ)-第H. 4表	200m 浸漬試験に関する試験一覧	(ロ)-H-16
(ロ)-第H. 5表	200m 浸漬試験結果のまとめ	(ロ)-H-19

(ハ) 章

(ハ)-第A. 1表	核燃料輸送物発送前検査要領	(ハ)-A-2
(ハ)-第B. 1表	定期自主検査一覧	(ハ)-B-2

(イ) 章 核燃料輸送物の説明

(イ)-A 目的及び条件

(1) 使用目的

本核燃料輸送物は、主に高速増殖原型炉「もんじゅ」の新燃料集合体を国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の核燃料サイクル工学研究所と高速増殖炉研究開発センターの間で輸送するために使用することを目的とする。

- (2) 輸送容器の型名 MONJU-F型
- (3) 使用予定年数 製造後60年
- (4) 輸送容器の使用予定回数 製造後30回
- (5) 輸送制限個数 任意
- (6) 輸送指数 5.8
- (7) 臨界安全指数 0
- (8) 核燃料輸送物の総重量 最大
- (9) 輸送容器の外寸法
高さ
幅
長さ
- (10) 輸送容器の重量 最大
- (11) 輸送容器の主要材質
- | | | |
|----------|---|---|
| 外容器 外 胴 | : | <input type="text"/> |
| 断熱緩衝材 | : | <input type="text"/> |
| 中性子しゃへい材 | : | <input type="text"/> |
| 伝熱板 | : | <input type="text"/> |
| 緩衝材 | : | <input type="text"/> 、 <input type="text"/> |
| 内容器 | : | <input type="text"/> |
| 燃料集合体ホルダ | : | <input type="text"/> |

(12) 核燃料輸送物に収納する核燃料物質の仕様

(イ) 核燃料物質の名称

プルトニウム・ウラン混合酸化物 ($\text{PuO}_2\text{-UO}_2$) 及びウラン酸化物 (UO_2) 又はプルトニウム・アルミニウム合金、ウラン・アルミニウム合金及びウラン金属

(ロ) 重量

ウラン重量 以下
〔ウラン-235重量 以下〕

プルトニウム重量 以下

[プルトニウム-fissile重量 以下]

(ハ) 核分裂性プルトニウム富化度、プルトニウム富化度及びウラン濃縮度

核分裂性プルトニウム富化度： 以下

プルトニウム富化度： 以下（ただし、収納物-Ⅲについては、 以下）

ウラン濃縮度： 以下（ただし、収納物-Ⅲについては、 以下）

(ニ) 燃焼度

新燃料につき、該当せず。

(ホ) 冷却日数

新燃料につき、該当せず。

(ハ) 放射能の量

最大

(ト) 発熱量

最大

(13) 輸送形態

(a) 輸送方式

海上輸送は貨物船により、陸上輸送は貨物自動車により行われる。

(b) 積載方式

専用積載

(14) 冷却方式

冷却装置は設けていない。

(イ)-B 核燃料輸送物の種類

B U型核分裂性輸送物

(イ)-C 輸送容器

(1) 設計の概要

本輸送容器は、新燃料集合体の輸送容器である。輸送容器は、外容器、内容器（密封容器）及び燃料集合体ホルダより構成されている。核燃料輸送物の立体図を(イ)-第1図に示す。また、核燃料輸送物の全体図を(イ)-第2図に示す。

外容器は外胴〔〕、容器の中央部は断熱緩衝材（断熱及び緩衝の機能を有する）、中性子しゃへい材（しゃへいの機能を有する）、伝熱板（放熱の機能を有し、中性子しゃへい材の中に組み込まれている：）、容器の両端部は緩衝材

()及び()から構成され、外部からの衝撃を吸収する構造及び断熱性を有しており、特別の試験条件下において、内容器を保護する役割を果たすものである。

内容器〔〕は、外容器に保護される円筒の密封容器であり、特別の試験条件下においても破損せず、放射性物質の外部への散逸を防止する役割を果たすものである。

燃料集合体ホルダは、収納物2体を各々独立にホールドし、外部の振動、衝撃から保護する役割を果たすものである。この外、外容器には、本容器全体を水平に吊り上げるための吊具、本容器を横置きするとき用いる脚座、本容器を2段重ねするときのための台座を備えている。また、蓋には内部の放射性物質による汚染をチェックするためのバルブ（内容器内部の空気を採取するためのもの）を備えている。

(2) 外容器

(a) 外容器本体 ((1)-第3図参照)

外容器は、主に外胴〔外径 $\phi =$ 又は、全長 $l =$ 、肉厚 $t =$ 又は（外胴中央）；〕、容器の中央部は断熱緩衝材〔厚さ $t =$ 、全長 $l =$ ；〕、中性子しゃへい材〔厚さ $t =$ 、長さ $l =$ ；〕、伝熱板〔外径 $\phi =$ 、板厚 $t =$ ；〕、容器の両端部は緩衝材〔外径 $\phi =$ 、内径 $\phi =$ ；及び〕及び外胴端板〔板厚 $t =$ ；〕により構成されている。

断熱緩衝材及び緩衝材は、外部からの衝撃及び熱から内容器を保護する機能を有する。

外容器の表面には、断熱緩衝材部に、緩衝材部にの可融栓（外径 $\phi =$ ； ）が備えられ、外部からの熱により断熱緩衝材部及び緩衝材部に生ずる圧力を逃がす機能を有する。

吊具は、本輸送容器全体を水平吊りする吊上用具であり、取り付けられている〔横幅 $l =$ 、高さ $h =$ 、肉厚 $t =$ ；〕。

脚座は、本輸送容器を横置きするとき用いるもので、外容器の下側に2個取り付けられている〔横幅 $l =$ 、高さ $h =$ 、縦幅 $l =$ 、肉厚 $t =$ 又は；〕。

台座は、本輸送容器を水平に2段重ねする場合の台座となるもので、外容器の上側に2個取り付けられている〔横幅 $l =$ 、高さ $h =$ 、縦幅 $l =$ 、肉厚 $t =$ 又は；〕。

(b) 保護蓋 ((イ)-第4図参照)

保護蓋〔外径 ϕ = 、長さ l = 、肉厚 t = ; 〕は中にを詰めたもので、外部からの衝撃や熱から内容器を保護するものである。〔 ; 〕で外容器本体のフランジ部に固定する。

保護蓋にはの可融栓〔外径 ϕ = ; 〕が備えられ、外部からの熱による部に生ずる圧力を逃がす機能を有する。

さらに、

(3) 内容器 (密封容器)

(a) 内容器本体 ((イ)-第3図参照)

内容器本体は、内胴〔内径 ϕ = 、肉厚 t = (中央部) 又は (上下部) ; 〕、フランジ〔外径 ϕ = ; 〕及び底板〔外径 ϕ = 、肉厚 t = ; 〕より構成される。内胴、フランジ及び底板は突き合わせ溶接による一体構造で、収納部の長さはである。

(b) 蓋 ((イ)-第5図参照)

蓋〔外径 ϕ = 、厚さ t = 最大 ; 〕は、中央部に取扱い用の穴を設けてある。〔 ;
〕で内容器本体のフランジ部に固定する。蓋と本体との接合部は、蓋に設けてある2本のOリング〔〕により密封性を保持するようになっている。また、蓋にはアルファ線漏えい検査 (内部空気サンプリング及び内部空気のヘリウム置換) 用のバルブ、カプラ (アルファ線漏えい検査用及び蓋二重Oリング間の気密漏えい検査用)、バルブ蓋、カプラ蓋、バルブボックス用Oリング〔〕を2本、バルブ蓋及びカプラ蓋のシートパッキンを設けている。蓋の内面には収納物を保護するために燃料押えゴムを設けてある。内容器の密封境界を(イ)-第6図に示す。

(4) 燃料集合体ホルダ ((イ)-第7図参照)

燃料集合体ホルダは、支持胴、ホールド板、底板、セルフオリエンテーションガイド、ロッド、カム、ローラ、カムリング及び燃料受け等により構成される。

この燃料集合体ホルダの特徴は、円筒形状で、輸送容器本体の内胴内に収納され燃料集合体ホルダの上端部で輸送容器本体の所定の位置に固定される。収納物の燃料集合体ホルダへの挿入又は取出しは、輸送容器を縦置き状態に保持して行う。収納物は、2体各々独立にホールドされる。ホールド動作は、収納物の自重によりホールド機構を自動的に作動して行う。

ホールド箇所は収納物のパッド部で、特別の試験条件時に収納物の変形を防止するために、パッド部とパッド部の中間にも揺れ止め機構を設けている。

燃料集合体ホルダの外径は□□□□で、長さは□□□□である。支持胴、ホールド板及び底板はボルト接合し、円筒一体構造である。収納物が収納されるときに、その向きを所定の方
向に自動的に位置決めするためのセルフオリエンテーションガイドが上部に設けてある。燃
料集合体ホルダのホールド機構は、収納物の挿入時に燃料受けに接続したロッドが軸方向に
移動し、カム(1)を介してローラを収納物の各パッド部の六角対面に押し付けて支持する構造
となっている。収納物のパッド部以外の位置では、ホールド機構と連動するカム(2)及びカム
リングにより燃料ラッパ管の各六角面を揺れ止め支持する構造となっている。収納物と接触
するローラ部及びカム(2)部には、収納物の損傷防止のためゴムを使用している。

(5) 材 質

本輸送容器の材質を(イ)-第1表に示す。

(6) 寸 法

本輸送容器の各部の寸法を(イ)-第2表に示す。

(イ)-第1表 輸送容器の材質

名 称		材 質	参 照 図
外 容 器	外胴	[Redacted]	(イ)-第3図
	断熱緩衝材	[Redacted]	(イ)-第3図
	中性子しゃへい材	[Redacted]	(イ)-第3図
	伝熱板	[Redacted]	(イ)-第3図
	緩衝材	[Redacted]	(イ)-第3図
	外胴端板	[Redacted]	(イ)-第3図
	台座	[Redacted]	(イ)-第3図
	吊具	[Redacted]	(イ)-第3図
	脚座	[Redacted]	(イ)-第3図
	可融栓	[Redacted]	(イ)-第3図
	保護蓋	[Redacted]	(イ)-第4図
	緩衝材	[Redacted]	(イ)-第4図
	[Redacted]	[Redacted]	
	内 容 器	内胴	[Redacted]
フランジ		[Redacted]	(イ)-第3図
底板		[Redacted]	(イ)-第3図
蓋		[Redacted]	(イ)-第5図
Oリング		[Redacted]	
[Redacted]		[Redacted]	
バルブボックス		[Redacted]	(イ)-第5図
バルブ蓋		[Redacted]	(イ)-第5図
カプラ蓋		[Redacted]	(イ)-第5図
燃料押えゴム	[Redacted]	(イ)-第5図	
燃 料 集 合 容 体 ホ ル ダ	支持胴	[Redacted]	(イ)-第7図
	ホールド板	[Redacted]	(イ)-第7図
	底板	[Redacted]	(イ)-第7図
	セルフオリエンテーションガイド	[Redacted]	(イ)-第7図
	ロッド	[Redacted]	(イ)-第7図
	カム	[Redacted]	(イ)-第7図
	ローラ	[Redacted]	(イ)-第7図
	カムリング	[Redacted]	(イ)-第7図
	燃料受け	[Redacted]	(イ)-第7図

(イ)-第2表 輸送容器の寸法

名 称		寸 法 (単位: mm)	参 照 図
外 容 器	外胴	OD \square 又は $\square \times l \square \times t \square$ 又は \square	(イ)-第3図
	断熱緩衝材	$l \square \times t \square$	(イ)-第3図
	中性子しゃへい材	$l \square \times t \square$	(イ)-第3図
	伝熱板	OD $\square \times t \square$	(イ)-第3図
	緩衝材	OD $\square \times ID \square$	(イ)-第3図
	外胴端板	$t \square$	(イ)-第3図
	台座	HW $\square \times h \square \times VW \square \times t \square$ 又は \square	(イ)-第3図
	吊具	$l \square \times h \square \times t \square$	(イ)-第3図
	脚座	HW $\square \times h \square \times VW \square \times t \square$ 又は \square	(イ)-第3図
	可融栓	$\phi \square$	(イ)-第3図
	保護蓋	OD $\square \times l \square$	(イ)-第4図
	緩衝材	OD $\square \times l \square$	(イ)-第4図
	\square	\square	
内 容 器	内胴	ID $\square \times t \square$ 又は \square	(イ)-第3図
	フランジ	OD \square	(イ)-第3図
	底板	OD $\square \times t \square$	(イ)-第3図
	蓋	OD $\square \times t \square$	(イ)-第5図
	リング	ID $\square \times \phi \square / ID \square \times \phi \square$	
	\square	\square	
	バルブボックス	OD $\square \times l \square$	(イ)-第5図
	バルブ蓋	OD $\square \times t \square$	(イ)-第5図
	カプラ蓋	OD $\square \times t \square$	(イ)-第5図
燃料押えゴム	OD $\square \times t \square$	(イ)-第5図	
燃 料 集 合 体 ホ ル ダ	支持胴	OD $\square \times t \square$	(イ)-第7図
	ホールド板	OD $\square \times t \square (t \square, t \square)$	(イ)-第7図
	底板	OD $\square \times t \square$	(イ)-第7図
	セリアンテーションガイド	$l \square \times t \square$	(イ)-第7図
	ロッド	$\phi \square$	(イ)-第7図
	カム	OD $\square \times l \square$	(イ)-第7図
	ローラ	OD $\square (OD \square) \times l \square$	(イ)-第7図
	カムリング	OD $\square \times t \square$	(イ)-第7図
燃料受け	OD $\square \times l \square$	(イ)-第7図	

注) 記号の説明 W: 幅 h: 高さ HW: 横幅 VW: 縦幅 OD: 外径 ID: 内径

l: 長さ t: 板厚 M: メートルねじ ϕ : 径

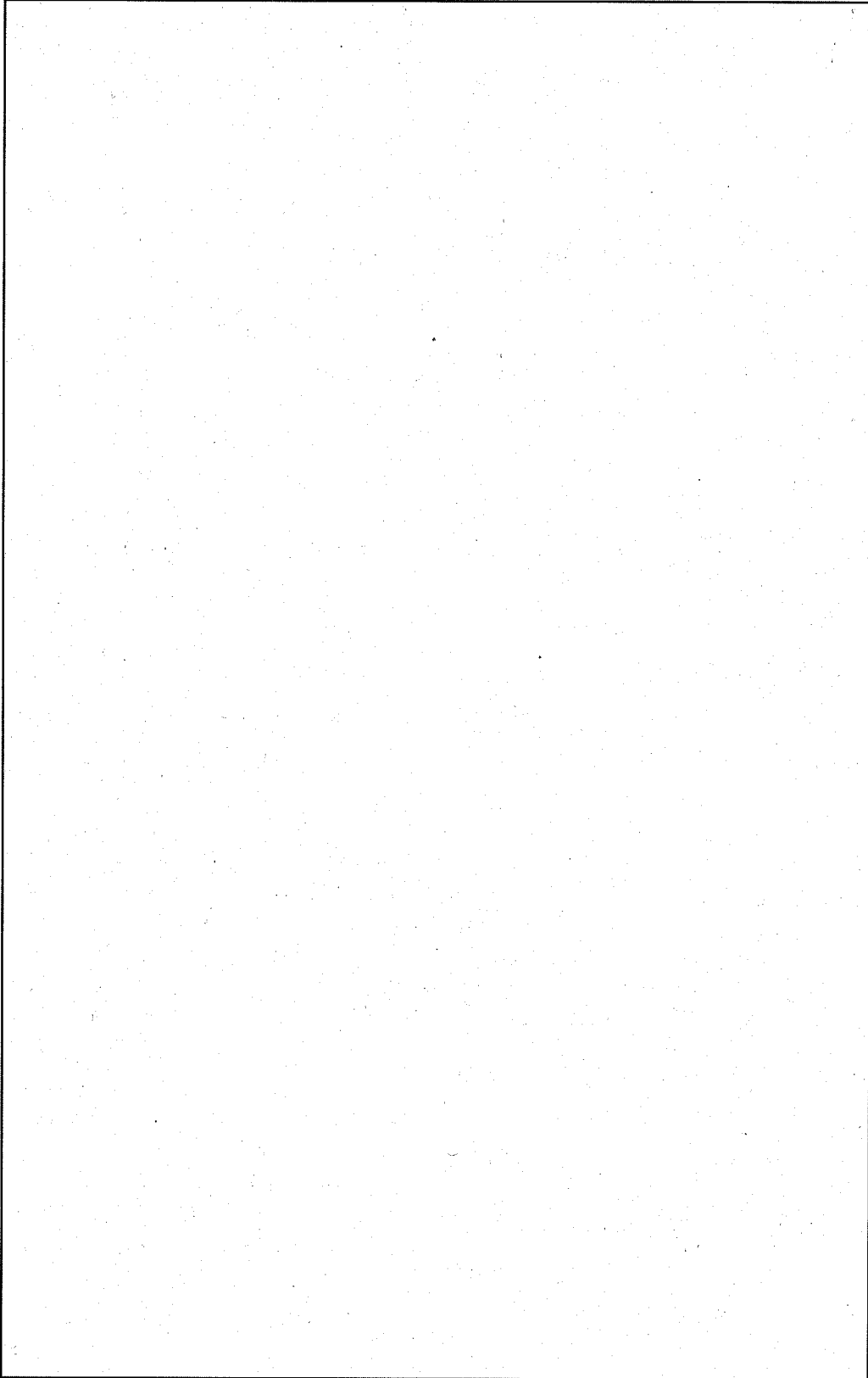
(7) 重量

容器の重量を(イ)-第3表に示す。

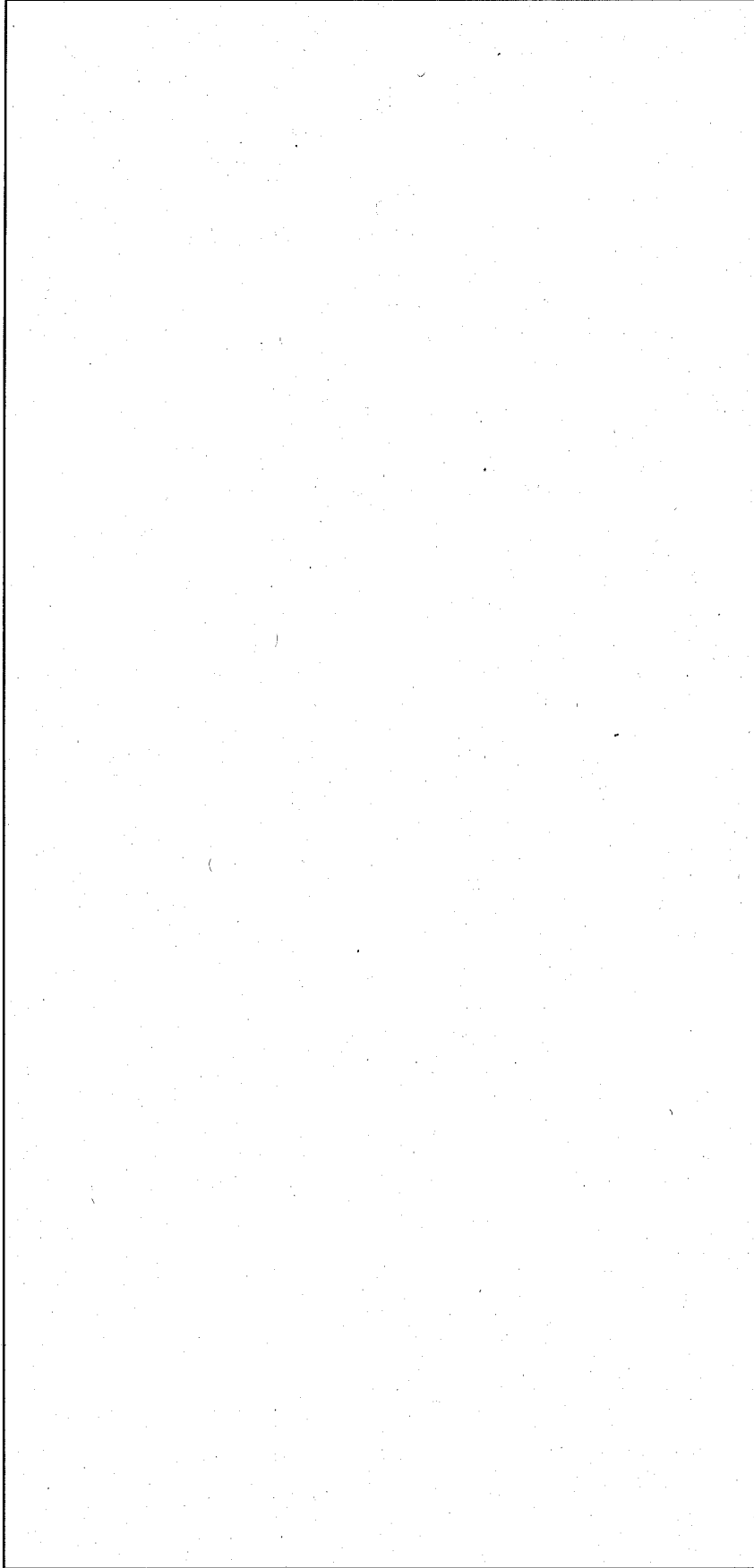
(イ)-第3表 核燃料輸送物重量 (最大値)

名 称		重量 (単位: kg)
輸 送 容 器	①輸送容器本体*	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	②燃料集合体ホルダ	<input type="text"/>
③輸送容器重量 (①+②)		<input type="text"/>
④収納物重量		<input type="text"/>
⑤核燃料輸送物総重量 (③+④)		<input type="text"/>

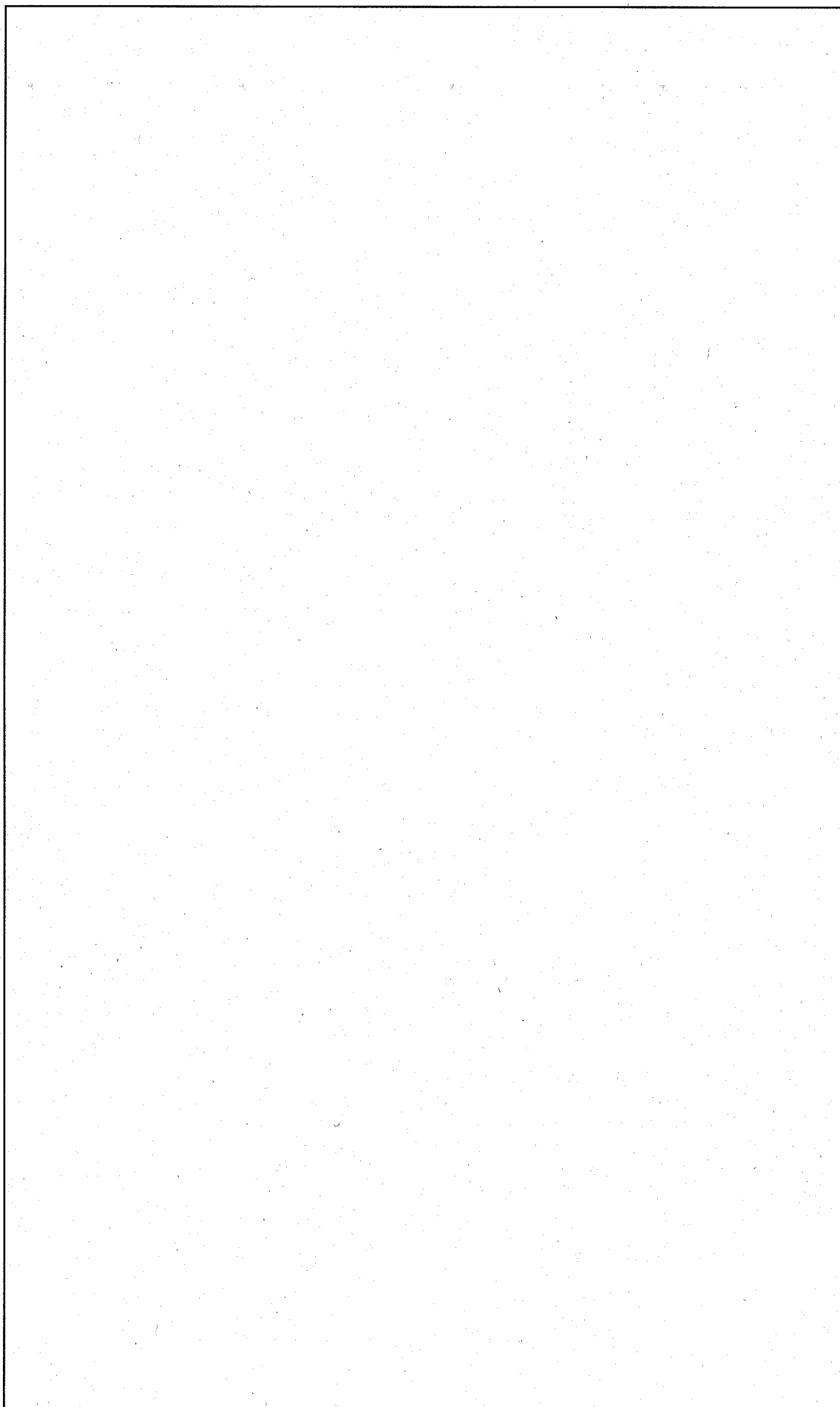
*) 輸送容器本体重量 () には、の重量が含まれる。



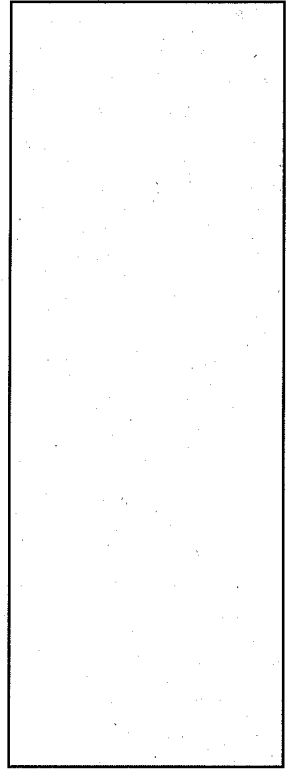
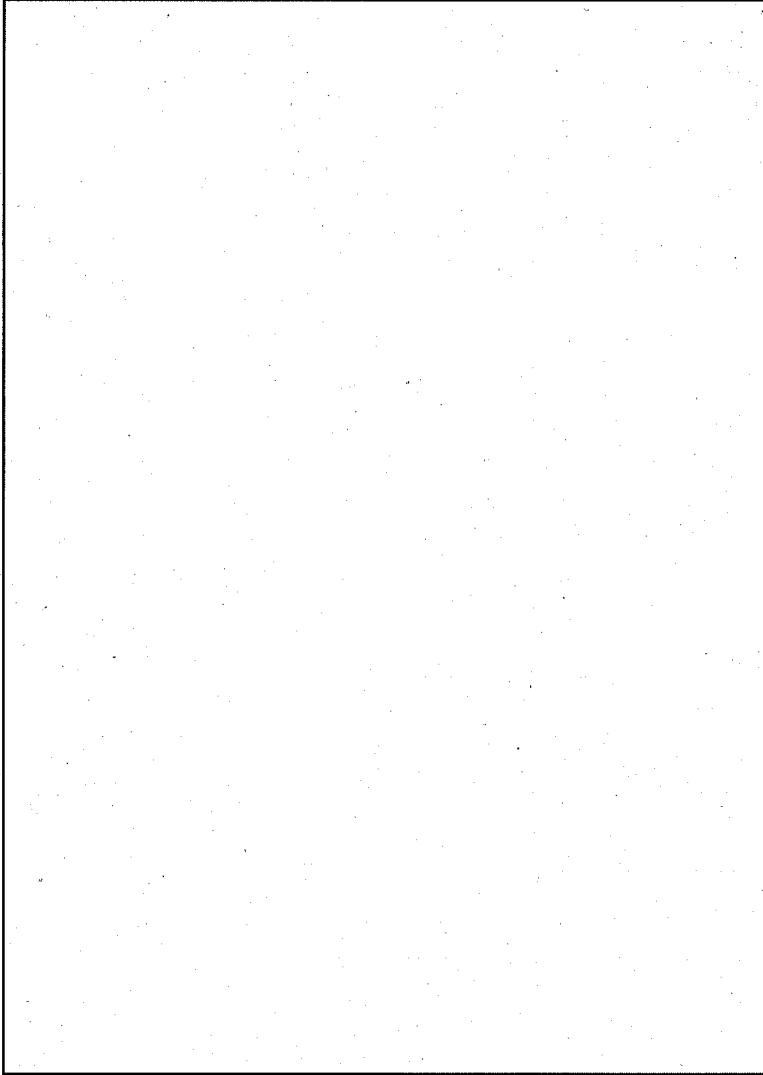
(4)-第1図 MONJU-F型核燃料輸送物立体図



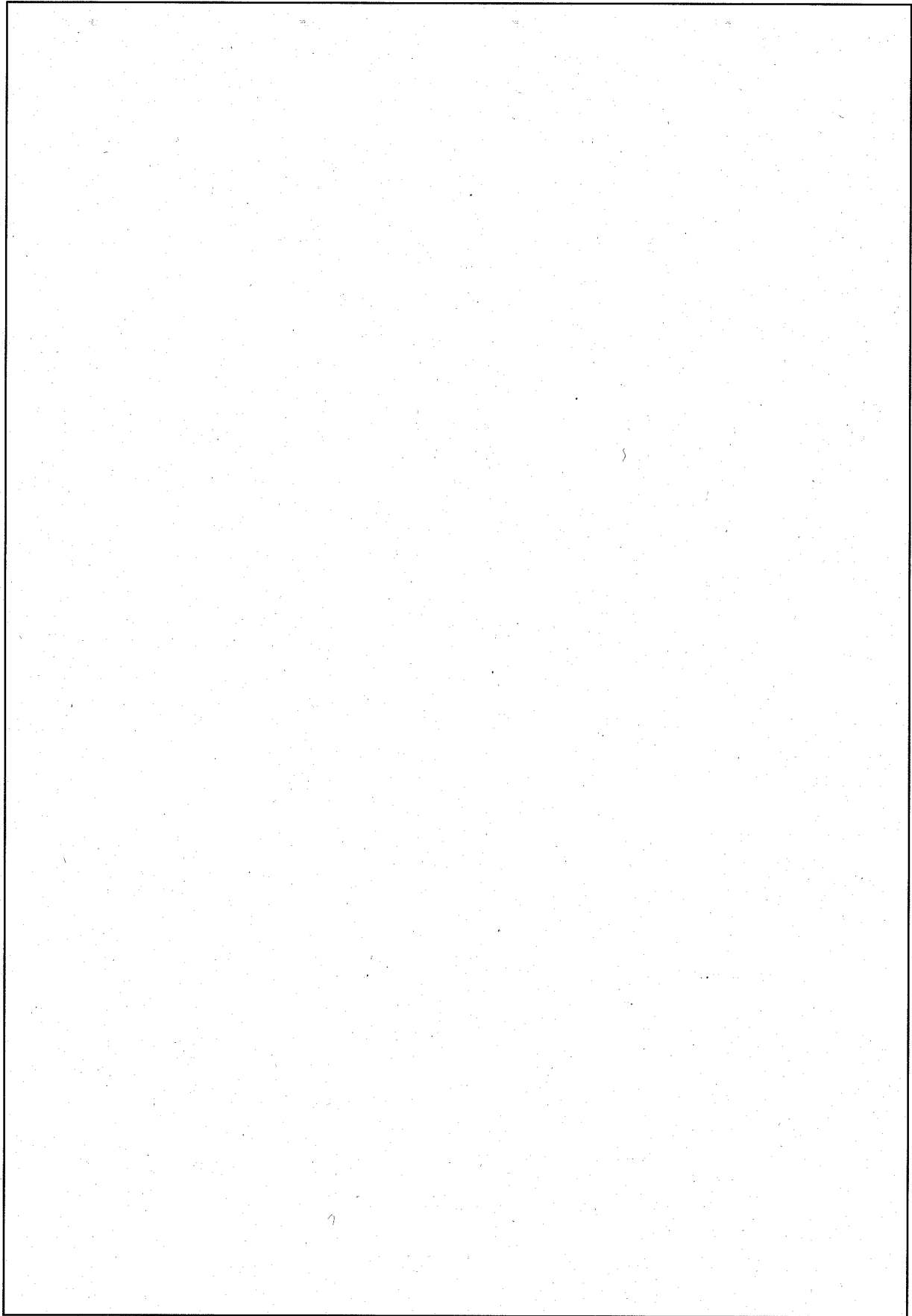
(1)-第2図 MONJU-F型核燃料輸送物全体図



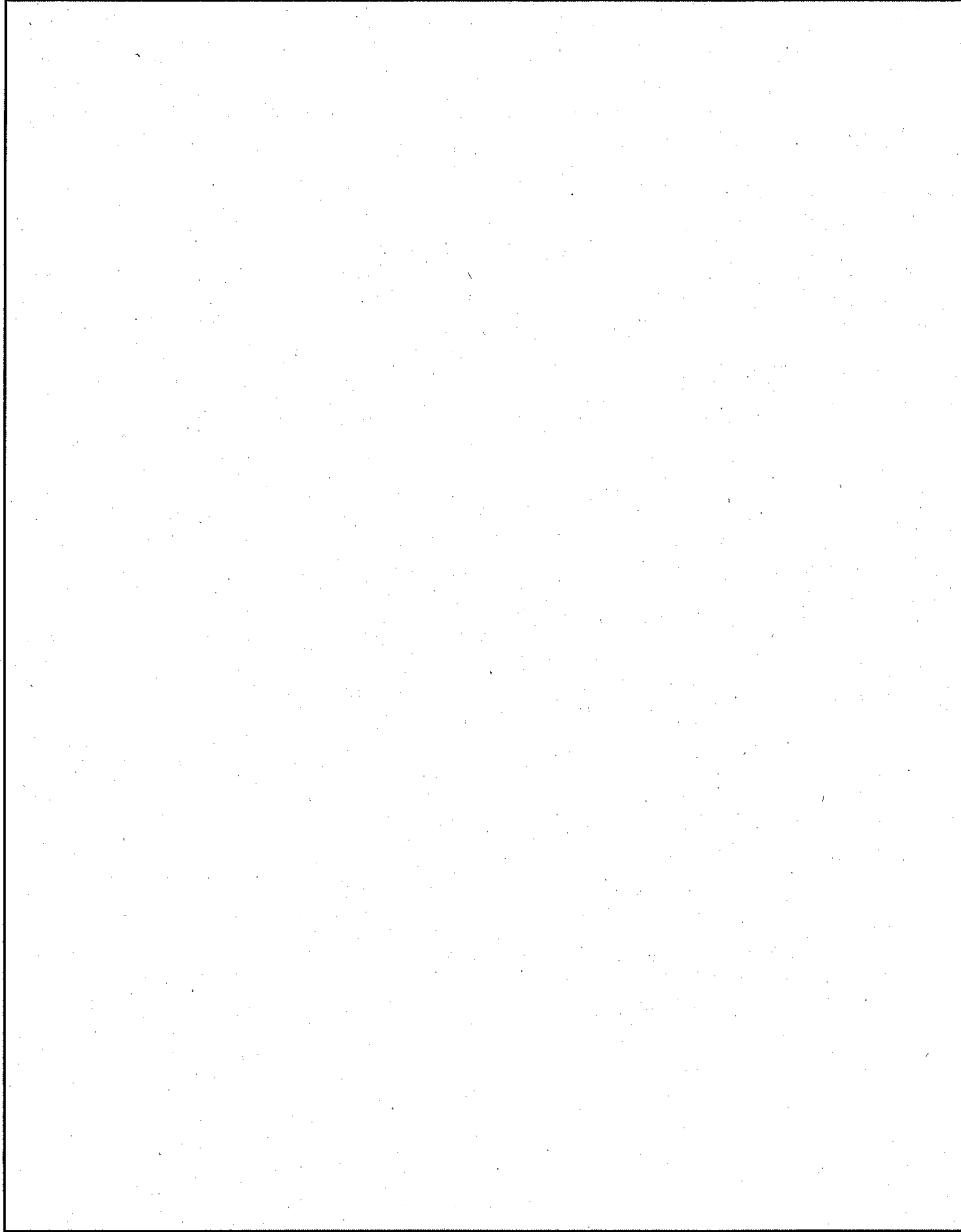
(1)-第3图 容器本体全体图



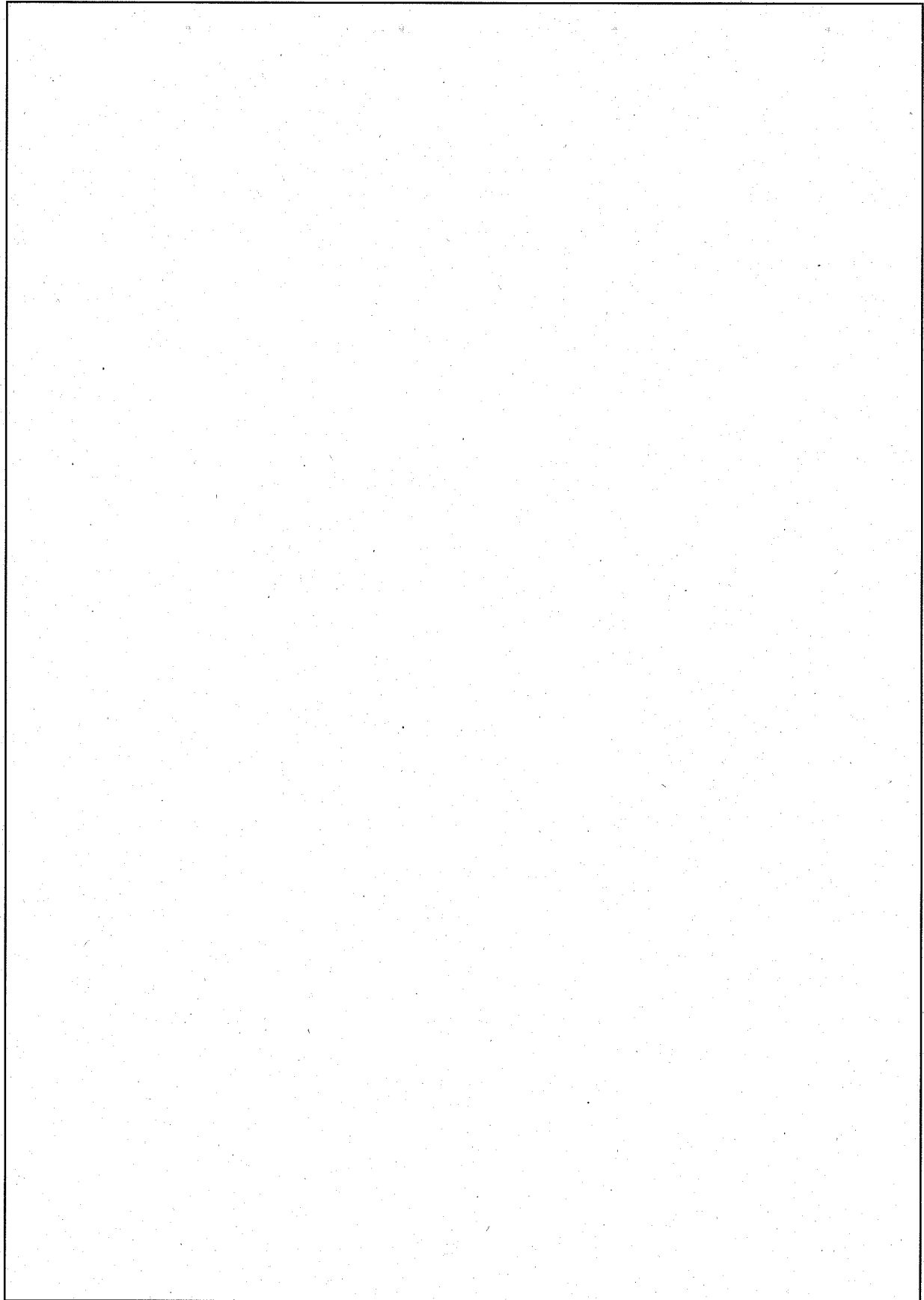
(1)-第 4 図 保護蓋全体図



(1)-第 5 图 盖全体图



(イ)-第6図 内容器の密封境界



(イ)-第7図 燃料集合体ホルダ全体図

(イ)-D 輸送容器の収納物

(1) 概要

本輸送容器の収納物は、収納物-I、-II及び-IIIの3つに分類される。収納物-Iは、「もんじゅ」炉心燃料集合体である。収納物-IIは、「もんじゅ」炉内性能試験用の試験用集合体である。収納物-IIIは、「もんじゅ」炉内性能試験用の中性子検出要素である。1輸送容器には最大2体の収納物を収納することができる。ただし、収納物-I、-II及び-IIIの間で、1輸送容器内への混合積載はしない。

(2) 仕様

A. 収納物-I

本収納物は、「もんじゅ」炉心燃料集合体であり、正六角形断面のラップ管（外対面寸法 = ; ）内に燃料要素 169 本を所定のピッチで三角格子状に配列し、下部端栓で固定された構造である。燃料要素は、被覆管（外径 ϕ = 約 、内径 ϕ = 、肉厚 t = 約 ; ）の中央（長さ l = ）に炉心燃料ペレット（直径 ϕ = ; プルトニウム・ウラン混合酸化物）、その上下部（上部 l = 、下部 l = ）に軸方向ブランケット燃料ペレット（直径 ϕ = 約 ; ウラン酸化物）を装填し、両端を上・下部端栓（ ）で溶接密封した構造である。また、被覆管の外側には、ワイヤスペーサ（ ）が巻き付けられており、両端は上・下部端栓に溶接固定されている。収納物-Iの仕様を(イ)-第4表に示す。収納物-Iの炉心燃料ペレットに使用済燃料の再処理により得られるウラン（以下「回収ウラン」という。）を使用する場合のウラン不純物重量を(イ)-第5表に、不純物核種の最大含有量を(イ)-第6表に示す。また、収納物-Iの形状・寸法を(イ)-第8a図に示す。

B. 収納物-II

本収納物は、「もんじゅ」炉内性能試験に使用するための試験用集合体であり、外形は「もんじゅ」炉心燃料集合体と同一の形状であるが、燃料要素 169 本のうち中央 7 本分の代わりに、炉内性能試験用の中性子検出要素を挿入するための案内管が固定されている。案内管（全長 l = 、外対面間距離 d = 、内径 ϕ = ; ）は、外形が正六角形状、内形が円筒形状を有している。

収納物-IIの仕様を(イ)-第4表に示す。収納物-IIの炉心燃料ペレットに回収ウランを使用する場合のウラン不純物重量を(イ)-第5表に、不純物核種の最大含有量を(イ)-第6表に示す。また、収納物-IIの形状・寸法を(イ)-第8b図に示す。

C. 収納物-III

本収納物は、「もんじゅ」炉内性能試験用の中性子検出要素であり、中性子検出要素は専用の保持治具に最大 18 本収納・固定され、燃料集合体ホルダの所定の位置に収納される。

中性子検出要素（全長 l =又は、最大径 ϕ ;
）は、被覆管（外径 ϕ =又は、肉厚 t =又は;
）に製スペーサペレット、プルトニウム・ア
ルミニウム合金箔、濃縮ウラン・アルミニウム合金箔、劣化ウラン金属箔等を装填し、両
端を上・下部両端栓で溶接密封した構造である。

中性子検出要素を収納する保持治具は、外形が「もんじゅ」炉心燃料集合体とほぼ同一
であるが、内部には中性子検出要素を収納するための収納管（外径 ϕ =約又は約
、肉厚 t =;）18本が三角格子状に配列され、所定の
ピッチでスペーサにより支持・固定されている。

収納物-Ⅲの仕様を(イ)-第4表に示す。また、収納物-Ⅲの形状・寸法を(イ)-第8 c 図
及び(イ)-第8 d 図に示す。

(イ)-第4表 収納物の仕様 (その1)

	収納物 - I	収納物 - II	収納物 - III
収納物重量 核燃料物質 ・種類	<input type="text"/> 以下/容器 (<input type="text"/> /体以下) プルトニウム・ウラン混合酸化物 (炉心燃料ペレット) * ¹ 及びウラ ン酸化物 (軸方向ブランケット燃 料ペレット)	<input type="text"/> 以下/容器 (<input type="text"/> /体以下) プルトニウム・ウラン混合酸化物 (炉心燃料ペレット) * ¹ 及びウラ ン酸化物 (軸方向ブランケット燃 料ペレット)	<input type="text"/> 以下/容器 (<input type="text"/> /体以下) プルトニウム・アルミニウム合金、 ウラン・アルミニウム合金及びウラ ン金属
・性状 ・重量	<input type="text"/> 以下 (炉心燃料ペレット)	<input type="text"/> 以下 (炉心燃料ペレット)	<input type="text"/>
・プルトニウム・ウラン 混合酸化物 ・ウラン酸化物	<input type="text"/> 以下 (炉心燃料ペレット) (軸方向ブランケット燃料ペレット)	<input type="text"/> 以下 (炉心燃料ペレット) (軸方向ブランケット燃料ペレット)	該当せず 該当せず
・ウラン U235 U238	<input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下	<input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下	<input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下
・プルトニウム Pu238 Pu239 Pu240 Pu241 Pu242	<input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下	<input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下	<input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下
・Am241 ・Pu-fissile重量 (Pu-fissile率)	<input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下	<input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下	<input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下
・組成 ・核分裂性プルトニウム富 化度 ・プルトニウム富化度 ・ウラン濃縮度	<input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下* ²	<input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下* ²	<input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下 <input type="text"/> 以下

(イ)-第4表 収納物の仕様 (その2)

	収納物 - I	収納物 - II	収納物 - III
<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃焼度 ・ 冷却日数 ・ 放射能の量 ・ 総量 ・ 主要な核種 Pu238 Pu241 Am241 ・ 発熱量 	<p>該当せず</p> <p>該当せず</p> <p>最大 <input type="text"/></p> <p>最大 <input type="text"/></p> <p>最大 <input type="text"/></p> <p>最大 <input type="text"/></p> <p>最大 <input type="text"/></p>	<p>該当せず</p> <p>該当せず</p> <p>最大 <input type="text"/></p> <p>最大 <input type="text"/></p> <p>最大 <input type="text"/></p> <p>最大 <input type="text"/></p> <p>最大 <input type="text"/></p>	<p>該当せず</p> <p>該当せず</p> <p>最大 <input type="text"/></p> <p>最大 <input type="text"/></p> <p>最大 <input type="text"/></p> <p>最大 <input type="text"/></p> <p>最大 <input type="text"/></p>

注) 収納物-I:「もんじゅ」炉心燃料集合体、収納物-II:「もんじゅ」炉内性能試験用集合体、収納物-III:「もんじゅ」炉内性能試験用中性子検出要素

*1 収納物-I及び収納物-IIのプルトニウム・ウラン混合酸化物(炉心燃料ペレット)中のウランについては、回収ウランを含む。

*2 ただし、収納物-I及び収納物-IIの軸方向プランケット燃料ペレットのウラン濃縮度については、以下とする。

(イ)-第5表 回収ウランを使用したプルトニウム・ウラン混合酸化物中に含まれる
ウラン不純物重量 (収納物-I及びIIの炉心燃料ペレット)

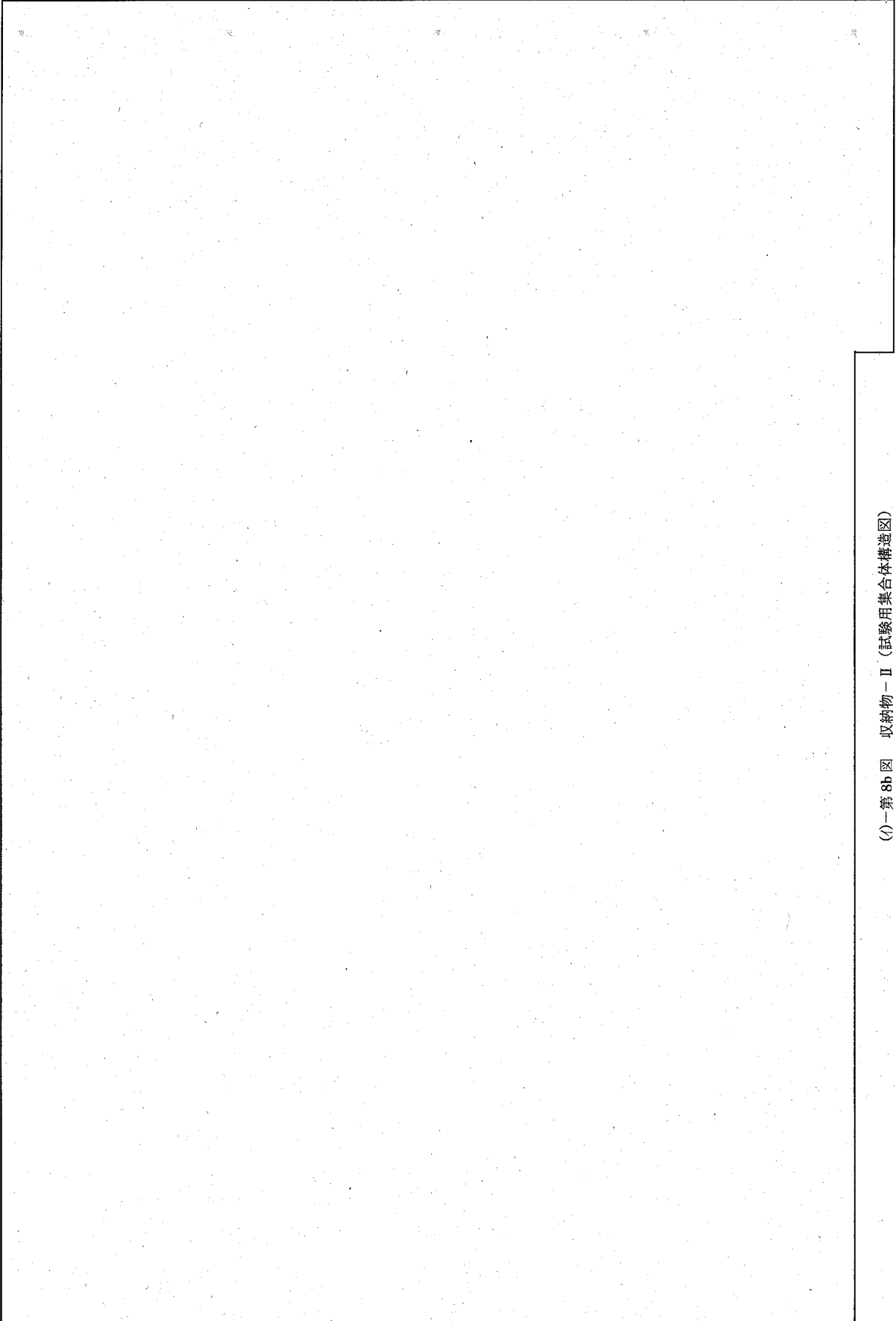
ウラン同位体	重量
U 2 3 2	<input type="text"/>
U 2 3 4	<input type="text"/> 以下
U 2 3 6	<input type="text"/> 以下

(イ)-第6表 回収ウランを使用したプルトニウム・ウラン混合酸化物中に含まれる
不純物核種の最大含有量 (収納物-I及びIIの炉心燃料ペレット)

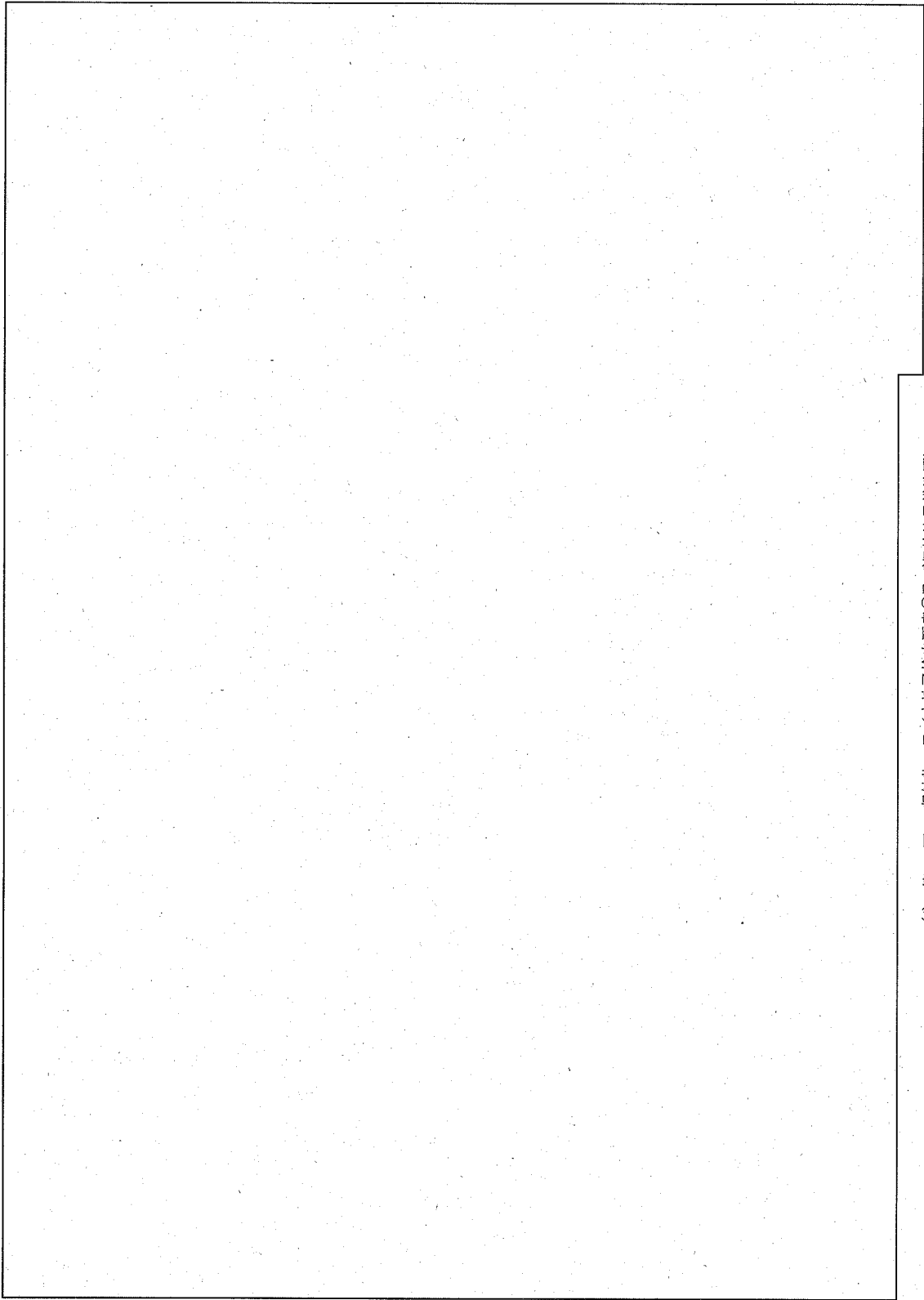
核 種	プルトニウム 1g 中に含まれる 放射能量 (kBq)	ウラン 1g 中に含まれる 放射能量 (kBq)
Z r 9 5 - N b 9 5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
R u 1 0 6 - R h 1 0 6	<input type="text"/>	<input type="text"/>
C s 1 3 7 - B a 1 3 7 m	<input type="text"/>	<input type="text"/>
C e 1 4 4 - P r 1 4 4	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(イ) 第 8a 図 収納物 - I

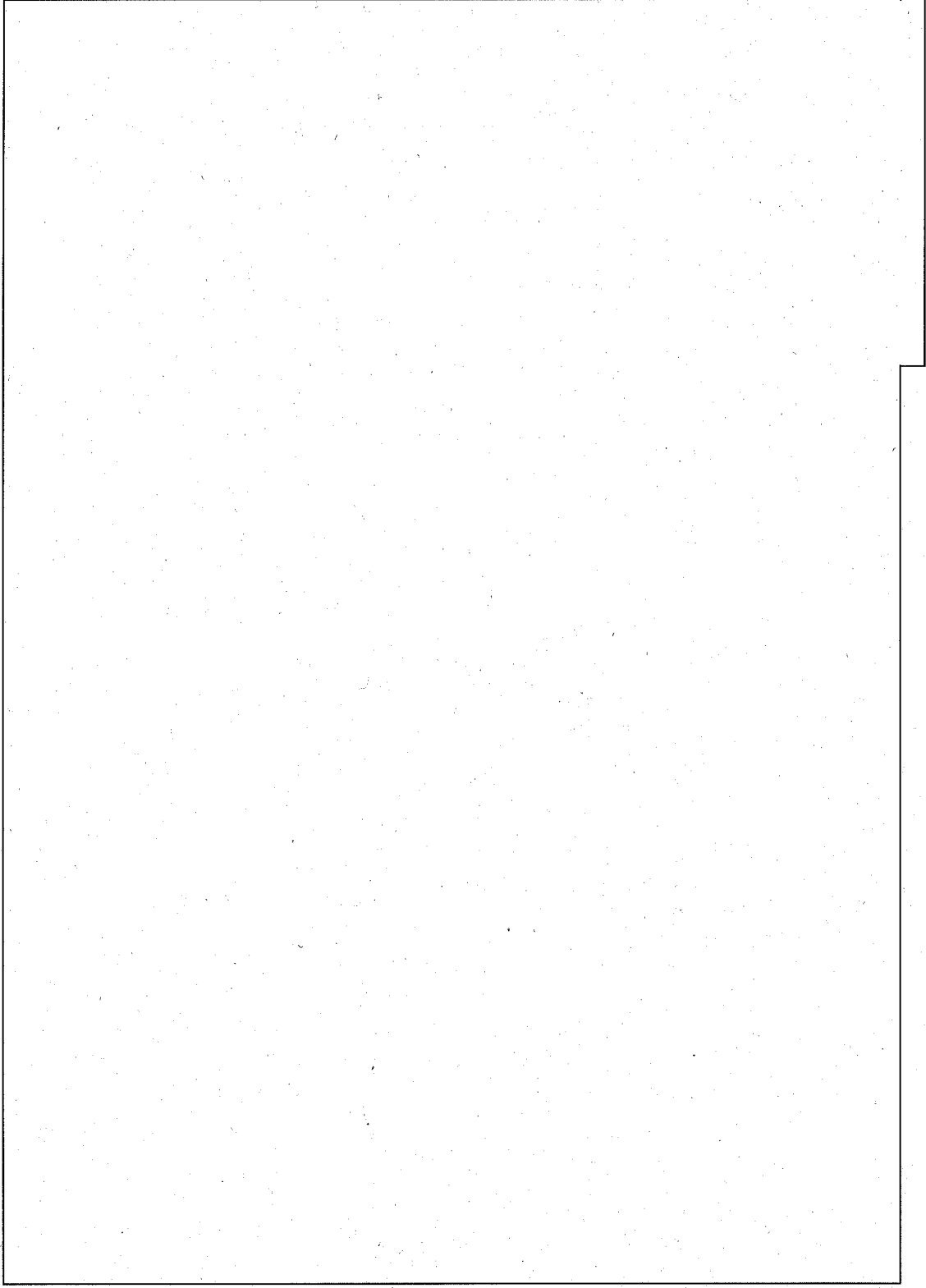
(「もんじゅ」炉心燃料集合体構造図)



(イ)第 8b 図 収納物 - II (試験用集合体構造図)



(イ) 第 8c 図 収納物 - Ⅲ (中性子検出要素①及び保持治具構造図)



(イ) 第一 8d 図 収納物－Ⅲ（中性子検出要素②及び保持治具構造図）

(ロ) 章 核燃料輸送物の安全解析

本核燃料輸送物に係る安全解析及び評価は、核燃料輸送物が「核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則（昭和53年総理府令第57号）」（以下、本章において「外運搬規則」という。）及び「核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示（平成2年科学技術庁告示第5号）」（以下、本章において「外運搬告示」という。）に基づき、BU型核燃料輸送物としての技術上の基準に適合することを示すために行う。

本核燃料輸送物に係る解析は、次のように実施している。

(A) 構造解析

通常輸送時における化学的及び電気的反応、低温強度、吊上装置、固縛装置、圧力及び振動による核燃料輸送物の健全性を解析等により評価する。

一般の試験条件における熱的試験、水噴霧、自由落下、積み重ね試験及び貫通による核燃料輸送物の健全性を解析等により評価する。

特別の試験条件における強度試験・落下試験Ⅰ、落下試験Ⅱ、熱的試験及び15m浸漬試験による核燃料輸送物の健全性を解析等により評価する。

ただし、解析手法の確認のため、特別の試験条件における強度試験・落下試験Ⅰ、落下試験Ⅱ及び浸漬試験については原型容器を用いた実験を実施している。「(ロ)-H原型試験報告書」参照。

浸漬試験（水深200m）による核燃料輸送物の健全性は、原型容器試験の結果により評価する。

また、本核燃料輸送物は核分裂性輸送物であるので、臨界解析に用いる核燃料輸送物の解析モデルの検討も行っている。

(B) 熱解析

一般の試験条件における定常状態の核燃料輸送物各部の温度は、解析により評価する。

特別の試験条件における耐火試験は、構造解析による核燃料輸送物の変形を考慮して、解析により評価する。ただし、解析手法の確認のため、原型容器を用いた実験を実施している。

「(ロ)-H原型試験報告書」参照。

(C) 密封解析

燃料要素を密封境界として燃料要素の全数から漏えいがあるとして解析により評価する。

(D) しゃべい解析

通常輸送時、一般の試験条件及び特別の試験条件における線量当量率を解析により評価する。一般の試験条件は構造解析による変形を、特別の試験条件は構造解析及び熱解析による変形をそれぞれ考慮している。

(E) 臨界解析

本核燃料輸送物は、核分裂性輸送物なので、輸送中及び孤立系並びに一般及び特別の試験条件下の核燃料輸送物に対する孤立系及び配列系の実効増倍係数を解析により評価する。

(F) 核燃料輸送物の経年変化の考慮

本核燃料輸送物について、使用を予定する期間中に想定される使用状況及びそれに伴う経年変化の要因における経年変化の考慮の必要性を評価する。

(ロ) - A 構造解析

A.1 構造設計

A.1.1 概要

本核燃料輸送物は、主に高速増殖原型炉「もんじゅ」の新燃料集合体を2体収納して輸送することを目的としている。輸送容器の構造を(イ)-第1図～(イ)-第7図に示す。輸送容器の構造部品は、内容器、外容器、燃料集合体ホルダである。

燃料集合体ホルダは、放射線による被ばくを軽減するため、燃料取扱治具で遠隔操作により燃料集合体の出し入れができる構造になっている。

本輸送容器は、重量の軽減化を図るために、緩衝体を内蔵した外容器等の変形で落下エネルギーを吸収し、内容器の安全性を保持する構造を有している。容器の中央部分には中性子しゃへい材を設け、さらに、燃料集合体からの発熱を外に放熱するために伝熱板を有する構造となっている。

(1) 内容器

内容器は、内胴、底板、フランジ、蓋、バルブ、蓋ボルト等より構成される。

内容器は、収納物と燃料集合体ホルダを収納する構造となっている。また、この内容器が密封容器を形成している。

蓋は、遠隔操作によって装着できる構造である。

内容器は密封容器であるため、ヘリウム漏えい検査ができるように二重Oリングを有している。

蓋には、アルファ線漏えい検査用のバルブとヘリウム漏えい検査用の孔が設けられている。ヘリウム漏えい検査は、内容器内にヘリウムを充填し、漏えい検査用孔をヘリウムリーク試験機に接続して真空法によって行う。

(2) 外容器

外容器と内容器は一体構造となっているが、ここでは、密封容器以外のものを総称して外容器という。

中央部分には中性子しゃへい材として [] を有し、伝熱を考慮してその間に伝熱板が埋め込まれている。中性子しゃへい材の外側には緩衝材及び断熱材として [] を設けている。容器の両端部分には緩衝材として [] と [] を充填している。

外胴には火災時に [] 及び [] から発生するガスを容器外へ放出するために可融栓を設けている。

その他付属品として、上部・下部吊具、上部・下部台座及び上部・下部脚座を有する構造となっている。

(3) 燃料集合体ホルダ

燃料集合体ホルダは、支持胴、ホールド板、底板、セルフオリエンテーションガイド、ロッド、ローラ、カム等から構成される。

燃料集合体ホルダ上部には、収納物挿入時に収納物を所定の向きに位置決めするセルフオリエンテーションガイドが設けられている。

燃料集合体ホルダ下部には、収納物を受ける燃料受けが設けられている。

収納物のホールド機構は、カム、ローラ等からなり、収納物の上中下の各パッド部3ヶ所及び上中パッド部間中央に1ヶ所、中下パッド部間に2ヶ所、合計6ヶ所設けられている。

ホールド機構の開閉は、燃料受けに接続されたロッドを介して行う。

A.1.2 設計基準

(1) 適用法規

特に設計上の要件を規定している以下を基本とする。

(a) 核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則（昭和53年総理府令第57号）

(b) 核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示（平成2年科学技術庁告示第5号）

(2) 設計、解析の考え方

設計、解析の考え方を要約すると以下のようなになる。

(a) 吊上装置に関しては、負荷係数を3とする。

(b) 固縛装置に関しては、縦方向10G、横方向5G、垂直方向2Gの加速度と各方向の加速度のベクトル和となる組合せ加速度が働くものとする。

(c) 一般及び特別の試験条件において、容器に機械的荷重、熱的荷重が作用しても、密封性能、しゃへい性能、未臨界性能を維持すること。

各構造部位における設計の条件及び解析方法を(□)-第A.1表～(□)-第A.3表に示す。

(3) 許容応力

許容応力として降伏応力を用いる。

(4) 溶接効率

溶接効率は、

RTを実施するもの 1.0

RTを実施しないもの 0.6

を用いる。

(5) 余裕率

余裕率は、次の式により求める。

$$(\text{余裕率}) = \frac{(\text{解析基準})}{(\text{解析結果})} - 1$$

上式で得られる値が正の数るとき、評価している対象は健全である。

(P)-第A.1表 構造設計の条件及び解析方法〔通常輸送時〕

(その1)

解析項目	設計		条件		解析方法		備考		
	参照図	材質	温度	種類	安全係数	荷要素		適用数式又は要素	
									種
1. 化学的及び電気的反応 (1) 化学的反応 (2) 電気的反応	—	—	-40℃ ~38℃ -40℃ ~38℃	腐食 腐食	—	活性 電位差	無 無		
		<input type="checkbox"/> 他 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	— — — —	材質 材質 材質 材質 材質 材質 材質	— — — — — — —	低温ぜい性 氷結 エネルギー 吸収特性 エネルギー 吸収特性 低温ぜい性 低温ぜい性 低温ぜい性	-40℃ 無 -40℃ -40℃ -40℃ -40℃ -40℃		
2. 低温強度 内容器本体 断熱緩衝材 緩衝材 中性子しゃへい材 オリシグ 内容器本体		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 他	— — — —	誤操作による開放 誤操作による開放		誤操作の可否 誤操作の可否	否 否		
	3. 密封装置 (1) 蓋 (2) バルブ	(I)-第6図 (I)-第6図	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>						
4. 吊上装置 (1) 吊具上部 (2) 吊具溶接部	(P)-第A.2図 (P)-第A.2図	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	核燃料輸送 物質量 核燃料輸送 物質量	3 3	せん断 引張り +せん断	$\tau = \frac{3F}{2S}$ $\sigma_p = \frac{\sigma}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}$	0.6σ _y 0.6σ _y	τ:せん断応力 F:ロープに生ずる力 S:せん断部断面積 σ _p :組合せ応力 σ:引張応力

(D)-第A.1表 構造設計の条件及び解析方法〔通常輸送時〕

(その2)

解析項目	設計		条件		解析方法		備考		
	参照図	材質	温度	種類	安全係数	適用数式又は要素		解析基準	
									荷要素
(3) 外胴	(D)-第A.3図	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	核燃料輸送 物質	3	引張り せん断 曲げ	$\sigma = F \cdot \cos \frac{\theta}{2} \cdot \frac{1}{S}$ $\tau = F \cdot \sin \frac{\theta}{2} \cdot \frac{1}{S}$ $\sigma = \frac{M}{Z}$	σ_y $0.6\sigma_y$ σ_y	θ : ロープの張り角度 M : 曲げモーメント Z : 断面係数 σ_y : 降伏応力
5. 固縛装置 (1) 脚座側板と外胴 補強板の溶接部	(D)-第A.4図~ (D)-第A.6図	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	縦方向加速 度10G 縦方向加速 度10G 組合せ加速 度 横方向加速 度5G 垂直方向加 速度2G 組合せ加速 度	1 1 1 1 1 1 1	曲げ せん断 曲げ +せん断 曲げ 曲げ 曲げ 曲げ	$\sigma_1 = \frac{M_1}{Z}$ $\tau_1 = \frac{3f_1}{2A}$ $\sigma_p = \frac{\sigma_1}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_1}{2}\right)^2 + \tau_1^2}$ $\sigma_2 = \frac{M_2}{Z}$ $\sigma_3 = \frac{M_3}{Z}$ $\sigma_T = \sigma_2 + \sigma_3$	σ_y $0.6\sigma_y$ $0.6\sigma_y$ σ_y σ_y σ_y	M_1 : 曲げモーメント Z : 側板の断面係数 A : 溶接部の断面積 f_1 : 縦方向に作用する力 σ_p : 組合せ応力 M_2 : 外胴に働くモーメント Z : 外胴の断面係数 M_3 : 外胴に働くモーメント σ_T : 組合せ応力
6. 圧力 内胴(板厚 <input type="checkbox"/> 部) 底板 フランジ 蓋 蓋ボルト	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	内外圧力差 内外圧力差 内外圧力差 内外圧力差 内外圧力差	1 1 1 1 1	曲げ 曲げ 曲げ 曲げ 引張り	σ_y σ_y σ_y σ_y σ_y	1 熱的試験 (2) 応力計算 (において 評価した結果を引用する。	

(v)-第A.1表 構造設計の条件及び解析方法〔通常輸送時〕

(その3)

解析項目	設計条件			解析方法	備考		
	参照図	材質	温度			設計安全係数	荷要素
7. 振動 各締付ボルト 核燃料輸送物					蓋、保護蓋、バルブ蓋 f_n : 固有振動数 C : モードによる係数 E : 縦弾性係数 I : 断面2次モーメント γ : 比質量 A : 断面積 l : 全長		
				ボルトの締付トルク $f_n = C \sqrt{\frac{EI}{\gamma A l^4}}$ 共振 共鳴域			

(p)-第A.2表 構造設計の条件及び解析方法 [一般の試験条件]

解析項目	設計		条件		解析方法		備考		
	参照図	材質	温度	種類	設計安全係数	荷要素		適用数式又は要素	
									標準
1. 熱的試験 (1) 熱膨張 内胴(板厚□部)		□	□	熱膨張	1	曲げ	$\sigma = 0.353 \cdot \alpha \cdot E \cdot \Delta T \cdot \sqrt{r h / \ell}$	σ_y	α : 線膨張係数 E : 縦弾性係数 ΔT : 温度差 r : 半径 h : 肉厚 ℓ : 全長
(2) 応力計算 内胴(板厚□部)		□	□	内外圧力差	1	曲げ	$\sigma_a = \frac{P D_i + 1.2 P t}{2 \eta t}$	σ_y	σ _a : 応力 P : 内圧力 D _i : 内径 η : 溶接効率 t : 板厚 d : 容器の内径 C : 係数
底板	(p)-第A.8図	□	□	内外圧力差	1	曲げ	$\sigma_a = \frac{C P d^2}{t^2}$	σ_y	σ _H : ハブの軸方向応力 σ _R : フランジの半径方向応力 σ _T : フランジの周方向応力 f : 係数 $L = \frac{t e + 1}{T} + \frac{t^3}{d}$
フランジ	(p)-第A.9図	□	□	内外圧力差	1	曲げ	$\sigma_H = \frac{f M}{L g_1^2 B}$ $\sigma_R = \frac{(1.33 t e + 1) M}{L t^2 B}$ $\sigma_T = \frac{Y M}{t^2 B} - Z \sigma_R$	σ_y	σ _H : ハブの軸方向応力 σ _R : フランジの半径方向応力 σ _T : フランジの周方向応力 f : 係数 $L = \frac{t e + 1}{T} + \frac{t^3}{d}$ M : モーメント e : $\frac{F}{h_0}$ F : 係数 h ₀ : $\sqrt{B g_0}$ B : フランジの内径 g ₀ : ハブ先端厚さ T : 係数 $d = \frac{U}{V} h_0 g_0^2$

(その1)


(p)-第A.2表 構造設計の条件及び解析方法〔一般の試験条件〕

(その2)

解析項目	設計条件		解析方法		備考				
	参照図	材質	温度	種類		設計安全係数	荷重要素	適用数式又は要素	解析基準
蓋		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	内外圧力差	1	曲げ	$\sigma = \frac{KPG^3 + 1.9 \times Wh_G}{t^2 G}$	σ_y	U:係数 V:係数 g ₁ :フランジ背面ハブの厚さ Z:係数 t:フランジ厚さ Y:係数 W:ボルト荷重 h _G :モーメントアーム G:ガスケット反力のかかる位置を通る円の直径 P:内圧 t:板厚 K:定数
蓋ボルト		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	内外圧力差	1	引張り	$\sigma = \frac{\pi \cdot G^2 \cdot P + W_g}{\frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \cdot n}$	σ_y	G:ガスケット径 P:内圧 n:ボルト本数 d ₁ :ボルトの谷径 W _g :ガスケット締付け時のボルト荷重
2.水噴霧				水噴霧		吸水 水切り		無 良	
3.自由落下 3.1垂直落下 外容器の変形量 上部垂直落下 下部垂直落下	(p)-第A.13図 (p)-第A.14図	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		落下エネルギー	1	変形量	$U_v = m \cdot g \cdot h$ $U_1 = V_1 \cdot \sigma_1$ $U_2 = V_2 \cdot \sigma_2$	許容変形量	U _v :核燃料輸送物の落下エネルギー m:質量 g:重力加速度 h:落下高さ








(p) 第A. 2表 構造設計の条件及び解析方法 [一般の試験条件]

(その3)

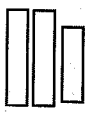



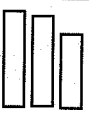

解析項目	設計			条件		解析方法		備考	
	参照図	材質	温度	種類	設計安全係数	荷要素	適用数式又は要素		解析基準
3.2 水平落下 外容器の変形量 脚座のない方向 脚座のある方向	(p)-第A. 15図 (p)-第A. 16図			落下エネルギー	1	変形量	$U_v = m \cdot g \cdot h$ $U_1 = V_1 \cdot \sigma_1$ $U_2 = V_2 \cdot \sigma_2$ $U_3 = R \cdot t_s \cdot L \cdot \sigma_s$ $U_4 = \left[\sin \theta (2 - \cos \theta) - \theta \right]$ $U_a = U_1 + U_2 + \dots + U_4$ 上式より変形量を算出。	許容変形量	U_1 : 核燃料輸送物の落下エネルギー m : 質量 g : 重力加速度 h : 落下高さ U_1 : 各材質の吸収エネルギー U_2 : 吸収エネルギーの合計 U_3 : 各材質の圧縮変形体積 U_4 : 各材質の吸収エネルギー U_a : 各材質の吸収エネルギーの合計 V_1 : 各材質の圧縮変形体積 V_2 : 各材質の圧縮変形体積 σ_1 : 各材質の圧縮変形応力 σ_2 : 各材質の圧縮変形応力 σ_3 : 各材質の圧縮変形応力 R : 外半径 t_s : 板厚 L : 軸方向長さ θ : 角度

(ロ)-第A.2表 構造設計の条件及び解析方法〔一般の試験条件〕

(その4)

解析項目	設計		条件		解析方法		備考	
	参照図	材質	温度	設計種類	安全係数	適用数式又は要素		解析基準
3.3 傾斜落下 外容器の変形量 上部傾斜落下 下部傾斜落下				落下エネルギー	1	変形量 $U_v = m \cdot g \cdot h \left[1 - \frac{\sin^2 \phi_0}{1 + \frac{I}{m P^2}} \right]$ $U_v = U_a$ 上式より変形量を算出。	許容変形量 U _v : 核燃料輸送物の変形エネルギー m: 質量 g: 重力加速度 h: 落下高さ φ ₀ : 傾斜角度 I: 容器の慣性モーメント P: 重心から容器のコーナー部までの距離 U _a : 外容器の吸収エネルギー	添字1:  添字2:  添字3: 外胴 添字4: 補強板
3.4 コーナ落下 外容器の変形量 上部傾斜落下 下部傾斜落下	(ロ)-第A.30図 (ロ)-第A.31図			落下エネルギー	1	変形量 $U_v = m \cdot g \cdot h$ $U_v = U_a$ 上式より変形量を算出。	許容変形量 U _v : 核燃料輸送物の落下エネルギー m: 質量 g: 重力加速度 h: 落下高さ U _a : 外容器の吸収エネルギー	
4. 積み重ね試験	(ロ)-第A.32図			核燃料輸送物質量	6	曲げ $\sigma = \frac{M}{Z}$	σ _y	M: モーメント Z: 断面係数
5. 貫通 外胴	(ロ)-第A.33図			棒の衝突		破損・変形量 $U = \sigma_s V_1 + \sigma_c V_2$	許容変形量	U: 変形エネルギー σ _s : 外胴の圧縮変形応力 V ₁ : 外胴の圧縮変形体積 σ _c : 緩衝材の圧縮変形応力 V ₂ : 緩衝材の圧縮変形体積

(P)-第A.3表 構造設計の条件及び解析方法〔特別の試験条件〕

解析項目	設計条件			解析方法	備考	
	参照図	材質	温度			
1. 強度試験・落下試験 I 1.1 垂直落下 (1) 外容器の変形量 上部垂直落下 下部垂直落下	(P)-第A.34図 (P)-第A.35図			適用数式又は要素 $U_v = m \cdot g \cdot h$ $U_1 = V_1 \cdot \sigma_1$ $U_2 = V_2 \cdot \sigma_2$ $U_3 = V_3 \cdot \sigma_3$ $U_a = U_1 + U_2 + U_3$ 上式より変形量を算出。	許容変形量	U _v : 核燃料輸送物の落下エネルギー m : 質量 g : 重力加速度 h : 落下高さ U ₁ : } 各材質の吸収エネルギー U ₂ : } U ₃ : } U _a : } 吸収エネルギーの合計 V ₁ : } 各材質の圧縮変形体積 V ₂ : } V ₃ : } σ ₁ : } 各材質の圧縮変形応力 σ ₂ : } σ ₃ : } F ₁ : } 各材質の衝撃力 F ₂ : } F ₃ : } F _a : } 衝撃力合計 A ₁ : } 各材質の受圧面積 A ₂ : } A ₃ : } G : 衝撃加速度倍率 g : 重力加速度 添字 1 :  添字 2 :  添字 3 : 
	(2) 衝撃加速度倍率 上部垂直落下 下部垂直落下			1	$F_1 = A_1 \cdot \sigma_1$ $F_2 = A_2 \cdot \sigma_2$ $F_3 = A_3 \cdot \sigma_3$ $F_a = F_1 + F_2 + F_3$ $G = \frac{m \cdot g}{F_a}$ この値を各部の強度評価に使用。	衝撃力
(3) 輸送容器本体各部の強度 蓋	(P)-第A.36図		1		$\sigma_1 = \beta_{1.4} \frac{P a^2}{h^2}$ 曲げ	β _{1.4} : 係数 P : 圧力 a : ボリプーケル半径

(その1)

(ロ)第A.3表 構造設計の条件及び解析方法 [特別の試験条件]

(その2)

解析項目	設計		条件		解析方法		備考
	参照図	材質	温度	設計種類	安全係数	荷重要素	
蓋ボルト		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	衝撃荷重	1	引張り	$\sigma_1 = \left(\frac{d}{d_1}\right)^2 \frac{P}{n} + \sigma$ h:板厚 d:ボルトサークルの径 d ₁ :ボルトの谷径 n:ボルトの数 σ:ガスケット締め及び内圧により生ずる蓋ボルトへの引張応力
底板	(ロ)第A.37図	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	衝撃荷重	1	曲げ	$\sigma_1 = \frac{3}{4} \cdot \frac{P a^2}{h^2}$
内筒		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	衝撃荷重	1	圧縮	$\sigma_1 = \frac{m \cdot g \cdot G}{A}$ m:質量 G:衝撃加速度倍率 g:重力加速度 A:内筒断面積
蓋Oリングの密封性 (4)収納物の強度 燃料要素の強度	(ロ)第A.37a図	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	衝撃荷重	1	変位量	許容変位量
中性子検出要素の強度	(ロ)第A.38図	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	衝撃荷重	1	引張り	$\sigma = \frac{m \cdot g \cdot G}{A}$ m:燃料要素の質量 G:衝撃加速度倍率 g:重力加速度 A:被覆管断面積
収納管の強度	(ロ)第A.39図	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	衝撃荷重	1	圧縮	$\sigma_1 = \frac{m \cdot g \cdot G}{A}$ m:中性子検出要素の質量 G:衝撃加速度倍率 g:重力加速度 A:被覆管断面積
	(ロ)第A.40図	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	衝撃荷重	1	圧縮	$\sigma_1 = \frac{m \cdot g \cdot G}{A}$ m:収納管の質量 G:衝撃加速度倍率 g:重力加速度 A:収納管断面積
1.2水平落下 (1)外容器の変形量 脚座のない方向	(ロ)第A.41図	<input type="checkbox"/>		落下工機	1	変形量	$U_v = m \cdot g \cdot h$ $U_1 = V_1 \cdot \sigma_1$ $U_2 = V_2 \cdot \sigma_2$ U _v :核燃料輸送物の落下エネルギー m:質量

(P)-第A.3表 構造設計の条件及び解析方法〔特別の試験条件〕

(その3)

解析項目	設計		条件		解析方法	備考
	参照図	材質	温度	種類		
脚座のある方向	(P)-第A.42図	<input type="text"/>				h : 落下高さ g : 重力加速度 U_1 : } 各材質の吸収 U_2 : } エネルギー U_3 : } U_4 : } U_a : 吸収エネルギー合計 V_1 : } 各材質の圧縮 V_2 : } 変形体積 σ_1 : } 各材質の圧縮 σ_2 : } 変形応力 σ_3 : } R : 外半径 t_s : 板厚 L : 軸方向長さ θ : 角度 F_1 : } 各材質の衝撃 F_2 : } 力 F_3 : } F_4 : } F_a : 衝撃力合計 A_1 : } 各材質の受圧 A_2 : } 面積 δ : 変形量 θ : 角度 R : 外半径 t_a : 板厚 L : 軸方向長さ σ_s : 変形応力 G : 衝撃加速度倍率 g : 重力加速度 添字 1: <input type="text"/> 添字 2: <input type="text"/>
(2) 衝撃加速度倍率 脚座のない方向 脚座のある方向		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		衝撃荷重	1	$U_3 = R \cdot t_s \cdot L \cdot \sigma_s \cdot [\sin \theta (2 - \cos \theta) - \theta]$ $U_4 = U_1 + U_2 + \dots + U_4$ 上式より変形量を算出。 $F_1 = A_1 \cdot \sigma_1$ $F_2 = A_2 \cdot \sigma_2$ $F_3 = R \cdot t_s \cdot L \cdot \sigma_s$ $F_4 = \frac{1}{1 - (2 \cos \theta - \cos 2 \theta)}$ $F_a = \frac{\sqrt{R^2 - (R - \delta)^2}}{F_a}$ $G = \frac{m \cdot g}{F_a}$ この値を各部の強度評価に使用。









(甲)-第A. 3表 構造設計の条件及び解析方法〔特別の試験条件〕

(その4)

解析項目	設計		条件		解析方法	備考	
	参照図	材質	温度	設計種類			安全係数
(3) 輸送容器本体各部の強度 蓋		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	衝撃荷重	1	せん断	添字3: 外胴 添字4: 補強板 τ : せん断応力 m : 蓋質量 G : 衝撃加速度倍率 g : 重力加速度 A : せん断面積
内胴	(甲)-第A. 43 図	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	衝撃荷重	1	圧縮	m : 質量 G : 衝撃加速度倍率 g : 重力加速度 D : 接触面投影長さ H : 接触面距離 σ : 燃料ペレットの圧縮破壊応力
(4) 収納物の強度 燃料要素の強度	(甲)-第A. 44 図	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	圧縮破壊 応力	1	圧縮	P : 作用荷重 D : ペレットの直径 σ_P : 燃料ペレットの限界圧縮破壊応力
中性子検出要素の強度 収納管の強度	(甲)-第A. 45 図 (甲)-第A. 46 図	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	衝撃荷重 衝撃荷重	1 1	曲げ 曲げ	M : モーメント Z : 断面係数 M : モーメント Z : 断面係数
1.3 コーナ落下 (1) 外容器の変形量 上部コーナ落下 下部コーナ落下	(甲)-第A. 47 図 (甲)-第A. 48 図	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		落下エネルギー	1	変形量	U_v : 核燃料輸送物の落下エネルギー m : 質量 h : 落下高さ g : 重力加速度 U_a : 外容器の吸収エネルギー

(v)-第A.3表 構造設計の条件及び解析方法〔特別の試験条件〕

(その5)

解析項目	設計		条件		解析方法		備考	
	参照図	材質	温度	種類	設計安全係数	適用数式又は要素		解析基準
(2) 衝撃加速度倍率 上部コーナ落下 下部コーナ落下				衝撃荷重	1	$G = \frac{F_a}{m \cdot g}$ この値を各部の強度評価に使用。 輸送容器に発生する衝撃加速度倍率を軸方向と径方向に分解すると、垂直落下及び水平落下で求めた値を超えることはないため、評価は省略する。	G: 衝撃加速度倍率 g: 重力加速度 F _a : 衝撃力合計 m: 核燃料輸送物質量	
(3) 輸送容器本体各部の強度				衝撃荷重	1	$U_v = m \cdot g \cdot h \left[1 - \frac{\sin^2 \phi_0}{1 + \frac{I}{m P^2}} \right]$ $U_v = U_a$ 上式より変形量を算出。 $G = \frac{F_a}{m g}$ この値を各部の強度評価に使用。	U _v : 核燃料輸送物の変形エネルギー m: 質量 g: 重力加速度 h: 落下高さ φ ₀ : 傾斜角度 I: 容器の慣性モーメント P: 重心から容器のコーナ部までの距離 U _a : 外容器の吸収エネルギー G: 衝撃加速度倍率 m: 核燃料輸送物質量 g: 重力加速度 F _a : 衝撃力合計	
1.4 傾斜落下 (1) 外容器の変形量 上部傾斜落下 下部傾斜落下				落下エネルギー	1	変形量	許容変形量	
(2) 衝撃加速度倍率 上部傾斜落下 下部傾斜落下				衝撃荷重	1	衝撃力		
2. 強度試験・ 落下試験II (1) 垂直落下 上部垂直落下 下部垂直落下	(v)-第A.49図			棒への衝突 落下エネルギー	1	破損・ 変形量	許容変形量	U: 核燃料輸送物の落下エネルギー m: 核燃料輸送物質量 g: 重力加速度 h: 落下高さ V ₁ :  板の変形体積 σ _s :  の圧潰応力 V ₂ :  の変形体積

(ロ)-第A.3表 構造設計の条件及び解析方法〔特別の試験条件〕

(その6)

解析項目	参照図	設計材質	設計温度	条件		適用数式又は要素	解析基準	備考		
				種類	安全係数					
(2) 水平落下 心向衝突 偏心衝突	(ロ)-第A.50 図 (ロ)-第A.52 図	[] [] [] []	[]	棒への衝突 落下エネルギー	1	落下エネルギー $U = m \cdot g \cdot h$ $U = V_1 \sigma_s + V_4 \sigma_M + V_5 \sigma_R$ (心向) $U = V_1 \sigma_s + V_2 \sigma_F + V_3 \sigma_B$ (偏心)	許容変形量	σ_F : []の圧縮変形応力 d: 軟鋼棒の直径 t _B : []の板厚 δ: 変形量 V ₃ : []の圧縮変形体積 σ _B : []の圧縮変形応力 V ₄ : []の圧縮変形体積 σ _M : []の圧縮変形応力 V ₅ : []の圧縮変形体積 σ _R : []の圧縮変形応力		
					(3) コーナ落下 上部コーナ落下 下部コーナ落下	1			落下エネルギー $U = m \cdot g \cdot h$ $U = V_2 \sigma_F + V_3 \sigma_B$	許容変形量
					(4) 傾斜落下 上部傾斜落下 下部傾斜落下	1			落下エネルギー $U = m \cdot g \cdot h$ $U = V_2 \sigma_F + V_3 \sigma_B$	
3. 熱的試験 (1) 熱膨張 内胴(板厚 []部)	[]	[]	[]	熱応力	1	$\sigma = 0.353 \cdot \alpha \cdot E \cdot \Delta T \cdot \sqrt{r h / \ell}$ 一般の試験条件の1熱的試験(2)応力計算において評価した結果を用いる。	α: 線膨張係数 E: 縦弾性係数 ΔT: 温度差 r: 半径 h: 肉厚 ℓ: 全長			
					(2) 応力計算 内胴(板厚 []部) 底板 フランジ 蓋 蓋ボルト	1 1 1 1 1 1		曲げ 曲げ 曲げ 曲げ 曲げ 引張り	σ _y σ _y σ _y σ _y σ _y σ _y	

(ロ) 第A.3表 構造設計の条件及び解析方法〔特別の試験条件〕

(その7)

解析項目	設計条件		解析方法		備考				
	参照図	材質	設計温度	適用数式又は要素		解析基準			
							種類	安全係数	荷要素
4. 浸漬内胴		□	□	水深15mにおける水圧	1	座屈	$P_a = \frac{4BC(t_a - \alpha)}{3D_o}$	$P_a > P$	P _a : 許容圧力 D _o : 内胴外径 t _a : 内胴厚さ α: 腐れ代 C: 係数 B: 係数 P: 外圧
内容器		□□	—	水深200mにおける水圧	1	密封装置の健全性	原型容器を用いた200m浸漬試験の結果を用いて評価	破損のないこと	

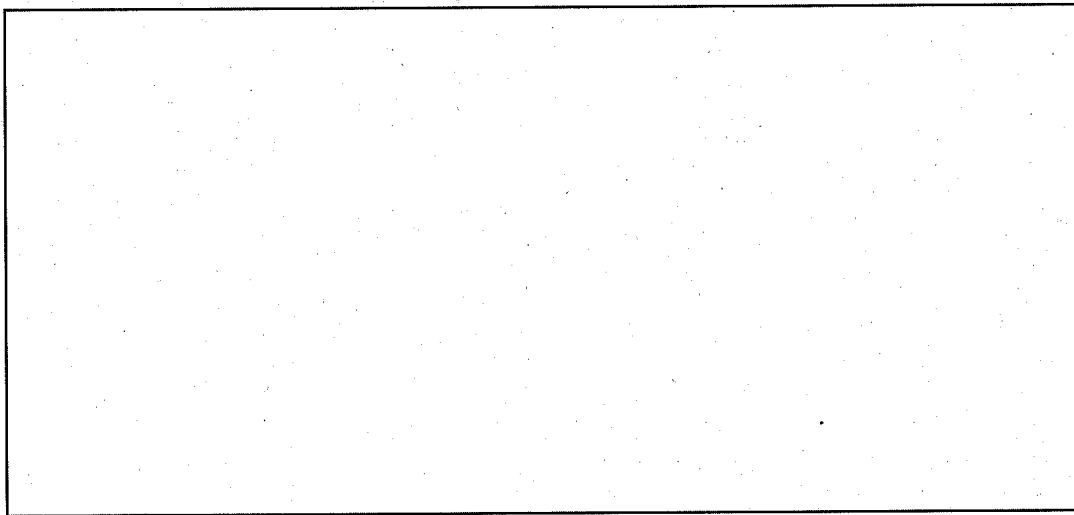
A.2 重量及び重心

本輸送容器の重量を(□)-第A.4表に示す。また、重心を(□)-第A.1図に示す。

(□)-第A.4表 核燃料輸送物の重量

項 目	重 量 (kg)
輸送容器本体 □ □	□ □* □*
燃料集合体ホルダ □	□
輸送容器重量 (①)	□
収納物重量 (②)	□
核燃料輸送物重量 (①+②)	□

*) 輸送容器本体重量 □には、□
□の重量が含まれる。



(□)-第A.1図 核燃料輸送物の重心及びコーナ角度

A.3 材料の機械的性質

使用材料のうち [] 板材は []、鍛造材は []、ボルト材は []、伝熱板は [] である。また、被覆管には [] を用いている。緩衝材として [] と [] [] を使用する。また、中性子しゃへい材として []、緩衝材及び断熱材として [] [] を使用する。

材料の機械的性質として、[] の場合を (p)-第A.5表に、[] の場合を (p)-第A.6表に、[] の場合を (p)-第A.7表に、[] の場合を (p)-第A.8表に示す。緩衝材の圧縮変形応力は (p)-第A.9表に、[]、[] 及び [] の機械的性質は (p)-第A.10表に示す。また、主要材料の熱的性質を (p)-第A.11表に示す。なお、現在の適切な出典に基づく値を () 内に示す。本核燃料輸送物の主要部材等の機械的性質に、これら現在の適切な出典に基づく値を用いた場合においても、解析結果に与える影響は軽微であり、安全性に問題がないことを確認した。

(p)-第A.5表 主要部材 [] の機械的性質^[1]

温度 (°C)	降伏応力 (MPa)	引張強さ (MPa)	縦弾性係数 (MPa)	線膨張係数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	備考
-30~40	[]	[]	[]	[]	
75	[]	[]	[]	[]	
100	[]	[]	[]	[]	
150	[]	[]	[]	[]	
200	[]	[]	[]	[]	
300	[]	[]	[]	[]	
325	[]	[]	[]	[]	

(p)-第A.6表 主要部材 [] の機械的性質^[1]

温度 (°C)	降伏応力 (MPa)	引張強さ (MPa)	縦弾性係数 (MPa)	線膨張係数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	備考
-30~40	[]	[]	[]	[]	
75	[]	[]	[]	[]	
100	[]	[]	[]	[]	
150	[]	[]	[]	[]	
200	[]	[]	[]	[]	

(ロ)-第A.7表 ボルト材 の機械的性質 ^[1]

温度 (°C)	降伏応力 (MPa)	引張強さ (MPa)	縦弾性係数 (MPa)	線膨張係数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	備考
-30~40	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
75	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
100	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
150	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
200	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	

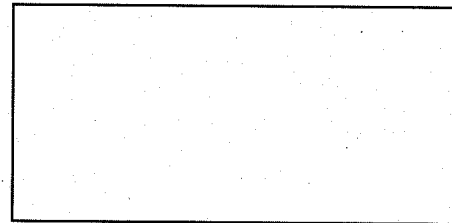
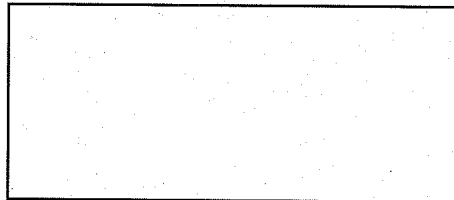
(ロ)-第A.8表 被覆管材 の機械的性質 ^[2]

温度 (°C)	降伏応力 (MPa)	引張強さ (MPa)	縦弾性係数 (MPa)	備考
-30~40	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
75	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
100	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
150	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
200	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
275	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
300	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	

(ロ)- 第A. 9表 緩衝材の圧縮変形応力

落下姿勢	落下角度 (度)	[]		[]	
		木目に対する 角度 (度)	圧縮変形応力 (MPa)	木目に対する 角度 (度)	圧縮変形応力 (MPa)
垂直 (上部 及び下部)	0	[]	[]	[]	[]
水平	90	[]	[]	[]	[]
コーナ (上部)	[]	[]	[]	[]	[]
(下部)	[]	[]	[]	[]	[]
傾斜	15	[]	[]	[]	[]
	30	[]	[]	[]	[]
	45	[]	[]	[]	[]
	60	[]	[]	[]	[]
	75	[]	[]	[]	[]

注) 木目に対する角度は次のように定めている。



(ロ)-第A. 10表 主要部材 ([]、[]、[]) の機械的性質

材 料	圧 縮 強 度 (MPa)	引 張 強 さ (MPa)
[] *	[] [] []	—
[] *	[]	—
[]	—	[3] []

* 実験による値

燃料ペレットの限界圧縮破壊応力は、^[4] [] である。

(□)-第 A. 11 表 主要材料の熱的性質

材 料	温度 (°C)	比 熱 (J / kg · °C)	熱 伝 導 率 (W / m · °C)
<input type="text"/>	2 0	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	2 0	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/> *	2 5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/> *	2 0	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/> *	4 0	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/> *	2 0	<input type="text"/>	<input type="text"/>

* 実験による値

上記材料の温度による熱的性質の変化については(□)章 B 熱解析 B. 2 材料の熱的性質に詳しく示す。

A.4 核燃料輸送物の要件

A.4.1 化学的及び電氣的反応

本核燃料輸送物構成部品及び本輸送容器と収納物の間にあって、接触する異種材を(ロ)-第A.12表に示す。これらは、本輸送容器の使用条件下(温度-40℃~38℃)において物理的、化学的な反応を生じることはない。

また、同様に電氣的な反応は生じない。なお、本収納物には腐食性ガスや腐食性液体は存在しない。

(ロ)-第A.12表 接触する異種材料

名 称	材 料
外容器外胴 ↔ 断熱緩衝材	↔
外容器外胴、内容器 ↔ 緩衝材	↔
断熱緩衝材 ↔ 中性子しゃへい材	↔
伝熱板 ↔ 中性子しゃへい材	↔
断熱緩衝材 ↔ 伝熱板	↔
内容器 ↔ 伝熱板	↔
蓋 ↔ Oリング	↔
蓋 ↔ 燃料押えゴム	↔
燃料押えゴム ↔ 燃料集合体	↔
セルフオリエンテーション付 ↔ 燃料集合体	↔
ローラ ↔ 燃料集合体	↔

A.4.2 低温強度

本輸送容器に使用している材料は、外容器、内容器及び燃料集合体ホルダの、Oリングの、断熱緩衝材の、中性子しゃへい材の、伝熱板の並びに緩衝材の及びである。

これらの材料は、輸送容器を-40℃の環境条件に置いた場合、使用に耐えることを以下に示す。

外容器、内容器、燃料集合体ホルダ及び蓋ボルトのは、及びであり、-40℃においてぜい性破壊は発生しない。さらに、Oリングに使用しているの耐寒性は-40℃以下であり、-40℃においてもOリングは密封機能を保持する。

断熱緩衝材としてののは、充填時に水分の除去を十分に行っているため、-40℃に

において氷結により体積膨張を生ずることはなく、は劣化を起こさず、また、外容器本体及び内容器本体にも影響を与えない。

の最低使用温度は -50°C であり、 -40°C において中性子しゃへい材としての機能を保持する。

^[5]及びは、 -60°C までエネルギー吸収特性が低下することではなく、 -40°C において緩衝材としての機能を保持する。

したがって、 -40°C の環境条件下でも、本輸送容器はその機能を保つ。

A.4.3 密封装置

本輸送容器における密封装置は、内容器である。本輸送容器の密封境界を、(イ)-第6図に示す。

内容器は、製の円筒で下側に底板が、上側にフランジが溶接されており、フランジには。蓋にはアルファ線漏えい検査用及び気密漏えい検査用のバルブ、カプラが取り付けられているが、これらはカプラ蓋及びバルブ蓋で保護される。、蓋、カプラ蓋及びバルブ蓋が誤操作で開くことはない。

A.4.4 吊上装置

本輸送容器の吊上装置は吊具〔(ロ)-第A.2図参照〕であるので、これについて検討する。

吊具は、輸送容器のにより取り付けられている。

設計負荷及び設計基準を以下に示す。

(1) 負荷荷重としては安全係数を3とした重量を考える。すなわち、核燃料輸送物負荷質量(m_L)は、核燃料輸送物質量〔(ロ)-第A.4表参照〕を3倍したとする。

(2) 吊具の引張りに対する許容応力は、降伏応力(σ_y)を用いる。〔(ロ)-第A.5表参照〕

許容応力： $\sigma_y =$

(3) 吊具のせん断に対する許容応力(τ_a)は、次式によるものとする。

$$\tau_a = 0.6 \sigma_y$$

したがって、

$$\text{許容応力： } \tau_a = 0.6 \times$$

$$=$$

である。

(4) 吊具の溶接部に対する許容応力 (σ_{aw}) は溶接効率を0.6とする。したがって

許容応力: $\sigma_{aw} = 0.6 \sigma_y$

$$= \boxed{}$$

である。

吊上げのとき、下記の三箇所について発生する応力を計算し、それぞれの健全性についての検討を行う。吊上げに際しては、(ロ)-第A.2図に示すようにロープの張り角度が 60° の場合について評価する。

(1) 吊具上部 [(ロ)-第A.2図参照]

(2) 吊具溶接部 [(ロ)-第A.2図参照]

(3) 外 胴 [(ロ)-第A.3図参照]

(1) 吊具上部

吊上げ時、吊具上部にはせん断応力 (τ_1) が発生する。

せん断応力 (τ_1) は、次式で表される。

$$\tau_1 = \frac{3}{2} \cdot \frac{F_1}{S_1}$$

ここで、 F_1 : 吊上ロープ (1本) に生じる力

$$= \frac{m_L \cdot g}{2} \cdot \frac{1}{\cos \frac{\theta}{2}}$$

$$= \frac{\boxed{} \cdot 9.80665}{2} \times \frac{1}{\cos \frac{60}{2}}$$

$$= \boxed{}$$

m_L : 核燃料輸送物負荷質量

$$3 \times \boxed{} = \boxed{}$$

g : 重力加速度 9.80665 (m/sec²)

θ : ロープの張り角度 60°

S_1 : 吊具上部のせん断を受ける断面積 [(ロ)-第A.2図(b)参照]

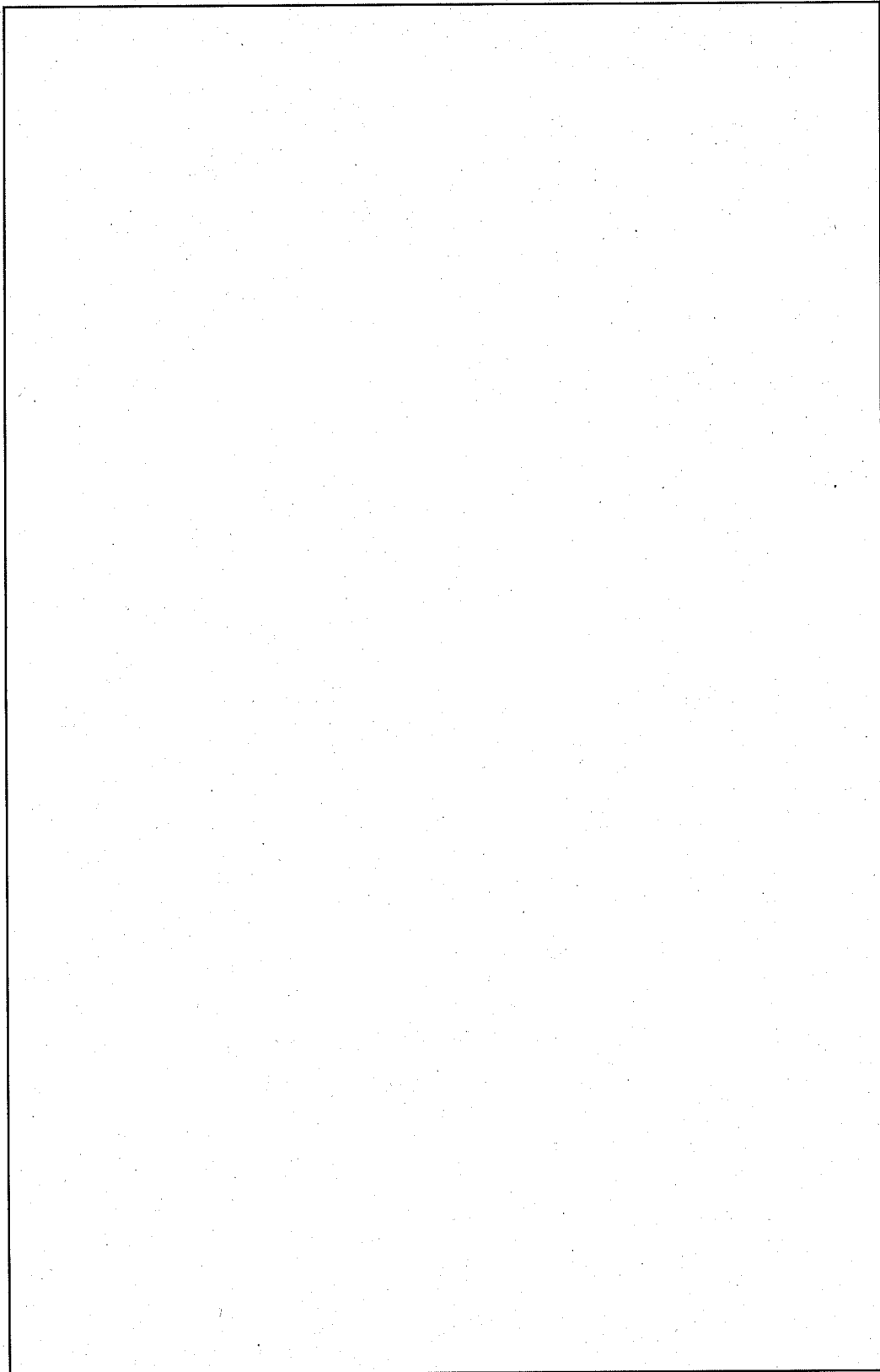
$$= 2 n t \ell = \boxed{}$$

n : 吊具のせん断を受ける箇所の数 2

t : 吊具の板厚 $\boxed{}$

ℓ : せん断を受ける部分の長さ $\boxed{}$

(任意の角度で吊り上げる場合の最小のもの)



(㊦)-第A.2図 吊具解析モデル

である。よって、吊具上部に発生するせん断応力 (τ_1) を次式より算出すると、

$$\begin{aligned}\tau_1 &= \frac{3}{2} \cdot \frac{F_1}{S_1} \\ &= \frac{3}{2} \times \frac{\boxed{}}{\boxed{}} \\ &= \boxed{}\end{aligned}$$

となる。

吊上げ時、吊具上部に発生するせん断応力 $\boxed{}$ は許容応力 $\boxed{}$ に比べて小さいので、吊具上部は強度を保ち、破損することはない。

(2) 吊具溶接部

吊上げ時、吊具溶接部には、引張応力 (σ_2) とせん断応力 (τ_2) が同時に作用することにより組合せ応力 (σ_p) が発生する。

発生する組合せ応力 (σ_p) は、次式で表される。

$$\sigma_p = \frac{\sigma_2}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_2}{2}\right)^2 + \tau_2^2}$$

吊具溶接部に発生する引張応力 (σ_2) 及びせん断応力 (τ_2) は、

$$\sigma_2 = F_1 \cos \frac{\theta}{2} \cdot \frac{1}{S_2}$$

$$\tau_2 = F_1 \sin \frac{\theta}{2} \cdot \frac{1}{S_2}$$

で求められる。

吊具溶接部に発生する引張応力 (σ_2) は、次式で表される。

$$\sigma_2 = F_1 \cos \frac{\theta}{2} \cdot \frac{1}{S_2}$$

ここで、 S_2 : 吊具溶接部の断面積 [(a)-第A2図(b)参照]

$$S_2 = n t \ell = \boxed{}$$

n : 溶接部の数 2 (個)

t : 母材厚さ $\boxed{}$

(吊具は全肉溶接されているので、安全側に、母材厚さ (t) を溶接部ののど厚とする。)

ℓ : 溶接部の長さ $\boxed{}$

であり、この数値を代入すると、

$$\sigma_2 = \boxed{} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{1}{\boxed{}} = \boxed{}$$

となる。

吊具溶接部に発生するせん断応力 (τ_2) は、次式で表される。

$$\tau_2 = F_1 \sin \frac{\theta}{2} \cdot \frac{1}{S_2}$$

であり、数値を代入すると、

$$\tau_2 = \boxed{} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{\boxed{}} = \boxed{}$$

となる。

吊具溶接部に発生する組合せ応力 (σ_p) は、

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{\sigma_2}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_2}{2}\right)^2 + \tau_2^2} \\ &= \frac{\boxed{}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\boxed{}}{2}\right)^2 + \boxed{}^2} = \boxed{} \end{aligned}$$

となる。吊上げ時、吊具溶接部に引張応力 (σ_2) とせん断応力 (τ_2) により生ずる組合せ応力 (σ_p) は最大 $\boxed{}$ であり、吊具溶接部の許容応力 $\boxed{}$ に比べて小さいので、吊具溶接部は吊上げに対して強度を保ち、破損することはない。

(3) 外 胴

吊上げ時、外胴には曲げ応力 (σ_3) が生じる。

このとき、外胴は、吊具の部分を支点とする両端張出しはりと考える。解析モデルを(ロ)-第A3図に示す。荷重モデルとしては、核燃料輸送物に加わる負荷質量を核燃料輸送物の全長で割った w の等分布荷重が作用するとする。

外胴のB断面 [(ロ)-第A.3図参照] での曲げ応力 (σ_B) は次式で表される。

$$\begin{aligned} \sigma_B &= \frac{M_B}{Z} \\ &= \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{} \end{aligned}$$

ここで、 M_B : B断面に働く曲げモーメント

$$= \frac{w l_1^2}{2} = \frac{\boxed{} \times \boxed{}^2}{2} = \boxed{}$$

w : 等分布荷重

$$= \frac{m_L \cdot g}{l} = \frac{\boxed{} \times 9.80665}{\boxed{}} = \boxed{}$$

m_L : 核燃料輸送物負荷質量

$\boxed{}$

l : 容器本体全長

$\boxed{}$

l_1 : 吊具から容器片端までの距離

$\boxed{}$

g : 重力加速度

9.80665 (m/sec²)

Z : B断面の外胴の断面係数

$$= \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_2^4 - d_1^4}{d_2} = \frac{\pi}{32} \times \frac{(\boxed{}^4 - \boxed{}^4)}{\boxed{}}$$

$$= \boxed{}$$

d_1 : 容器外胴内径

$\boxed{}$

d_2 : 容器外胴外径

$\boxed{}$

である。

次に、A断面〔(p)-第A.3図参照〕での曲げ応力 (σ_A) を求めると、

$$\sigma_A = \frac{M_A}{Z} + \frac{F_1 \sin(\theta/2)}{S_g}$$

$$= \frac{\boxed{}}{\boxed{}} + \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{}$$

となる。

ここで、 M_A : A断面に働く曲げモーメント

$$= - \frac{w (l_2/2 + l_1)^2}{2} + R_B \cdot \frac{l_2}{2} = \boxed{}$$

l_2 : 吊具間の距離

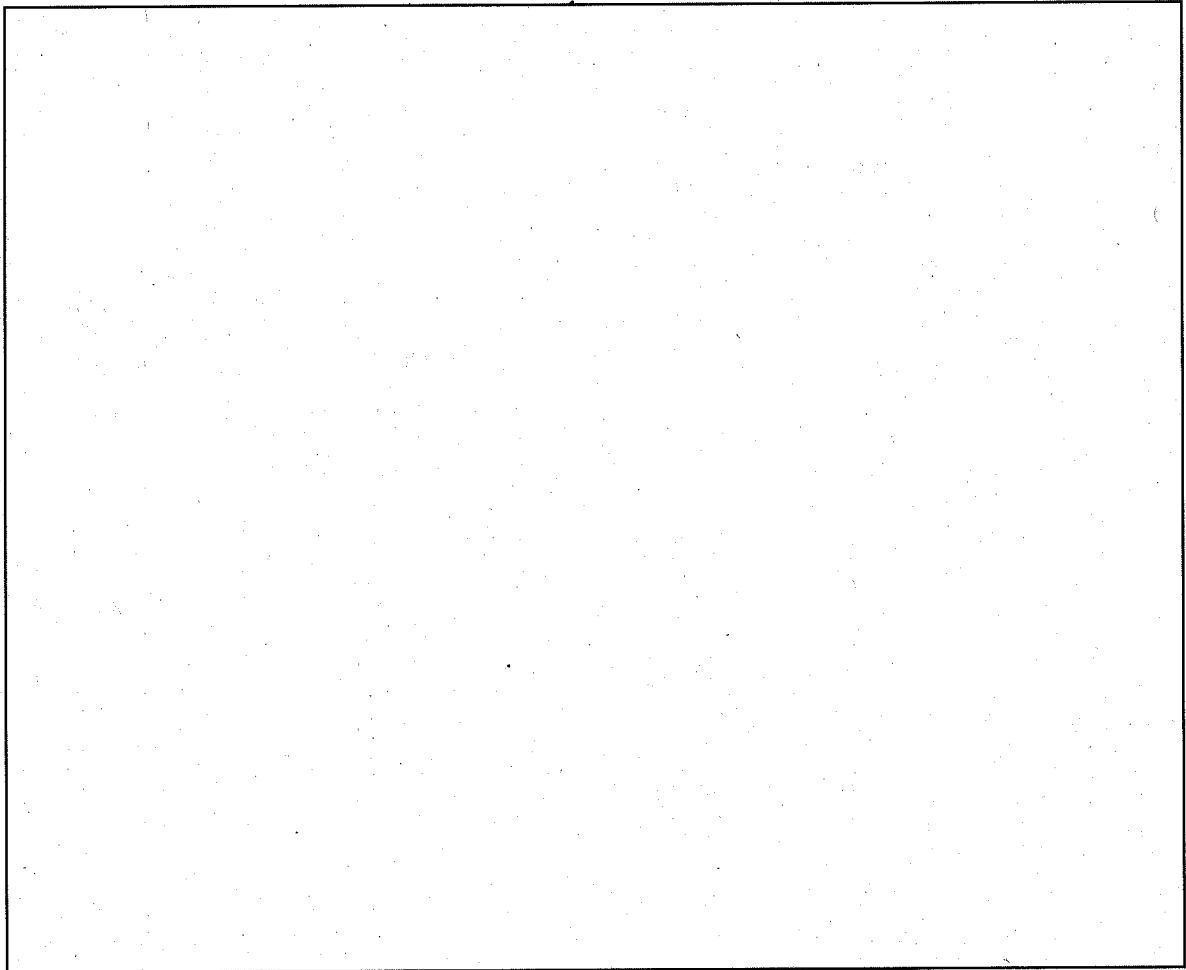
$\boxed{}$

R_B : B点での反力

$$= \frac{w (l_2 + l_1)^2 - w l_3^2}{2 l_2} = \boxed{}$$

l_3 : 吊具から容器片端までの距離

$\boxed{}$



(㊦)-第 A. 3 図 吊上げ時外胴に働く曲げモーメントの解析モデル

S_3 : 外胴の断面積

$$= \frac{\pi}{4} (\text{ }^2 - \text{ }^2) = \text{ }$$

Z : A断面の外胴の断面係数

$$= \text{ }$$

である。

A断面に作用する曲げ応力 (σ_A) とB断面に作用する曲げ応力 (σ_B) を比較して、最大となる値を外胴に生じる曲げ応力 (σ_3) とする。

したがって、外胴に生じる最大曲げ応力 ^2 は、外胴の降伏応力 ^2 より小さく、外胴は吊上げ時破損することはない。

以上より、吊具上部、吊具溶接部及び外胴は、吊上げに対して強度を保ち、本輸送容器の吊上装置は、吊上げ時、その機能を損なうことはない。また、吊具上部、吊具溶接部及び外胴の疲労については、発生する応力が小さいことから許容繰返し回数は、設計・建設規格による ^2 の設計疲労線図から ^2 回を超えるものと考えられ、使用期間中に想定される通算の使用回数 (30回輸送 \times ^2 回 / 輸送 \times ^2 \div ^2 回) と比較して十分に上回っており問題はない。

A.4.5 固縛装置

本核燃料輸送物を積載車両上に固定する場合の荷姿は、(ロ)-第A.4図に示すとおりとなる。輸送容器には固縛装置として脚座が輸送容器外表面に備えられている。

この固縛装置に、重心に対して、

- (1) 縦方向加速度 10G
- (2) 横方向加速度 5G
- (3) 垂直方向加速度 2G (重力加速度は含まず。評価では、上方向1G、下方向3Gを用いる。)
- (4) 組合せ加速度 各方向の加速度のベクトル和

が作用すると考え、輸送容器各部に生ずる応力について検討する。

輸送中に応力の生ずる部位は、以下に示すとおりである。

- (1) 脚座側板と外胴補強板の溶接部
- (2) 外胴

設計基準は、(ロ)章A.4.4 吊上装置と同一である。計算は、輸送容器各部に縦方向、横方向、垂直方向及び組合せ加速度が作用するとして、輸送容器各部に生ずる応力を求め、この値と許容応力とを比較し、健全であることを示す。

(1) 脚座側板と外胴補強板の溶接部 ((a)-第A.5図及び(ア)-第A.6図参照)

縦方向加速度 10 G、横方向加速度 5 G 及び垂直方向加速度 2 G が作用するものとする
と、脚座側板と外胴補強板の溶接部には、縦方向加速度が作用する。

10 G の荷重が重心に縦方向に作用すると、溶接部には曲げ応力 (σ_1) 及びせん断応力 (τ_1) が発生する。以下では縦方向加速度 10 G が溶接部に作用した場合に生ずる曲げ応力、せん断応力及び組合せ応力について評価する。

溶接部の縦方向の曲げにより発生する応力 (σ_1) は、次式で表される。

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{Z} = \frac{f_1 \cdot h}{n \cdot Z_1}$$

ここで、 M_1 : 曲げモーメント

f_1 : 縦方向に作用する力 $10 \times 9.80665 \times \boxed{} = \boxed{}$

h : 核燃料輸送物重心までの高さ $\boxed{}$

Z : 側板の断面係数の和

n : 側板の数 2 (個)

Z_1 : 断面係数

$$= \frac{b_1 (h_1^3 - h_2^3)}{6 h_1} = \boxed{}$$

b_1 : 側板の平均幅 $\boxed{}$

h_1 : 側板の外側間距離 $\boxed{}$

h_2 : 側板の内側間距離 $\boxed{}$

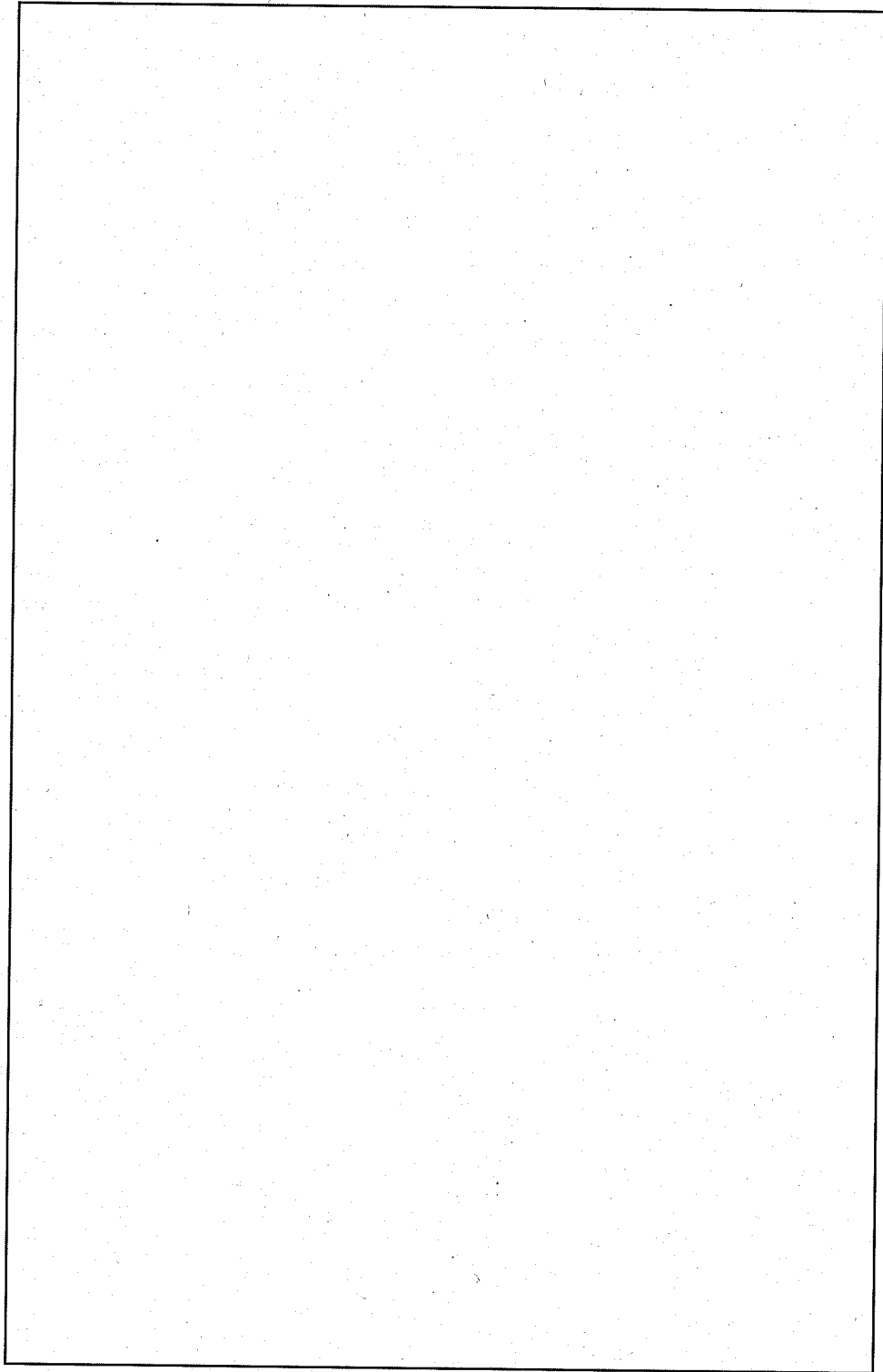
である。これらの値を用いると、

$$\sigma_1 = \frac{\boxed{} \times \boxed{}}{2 \times \boxed{}} = \boxed{}$$

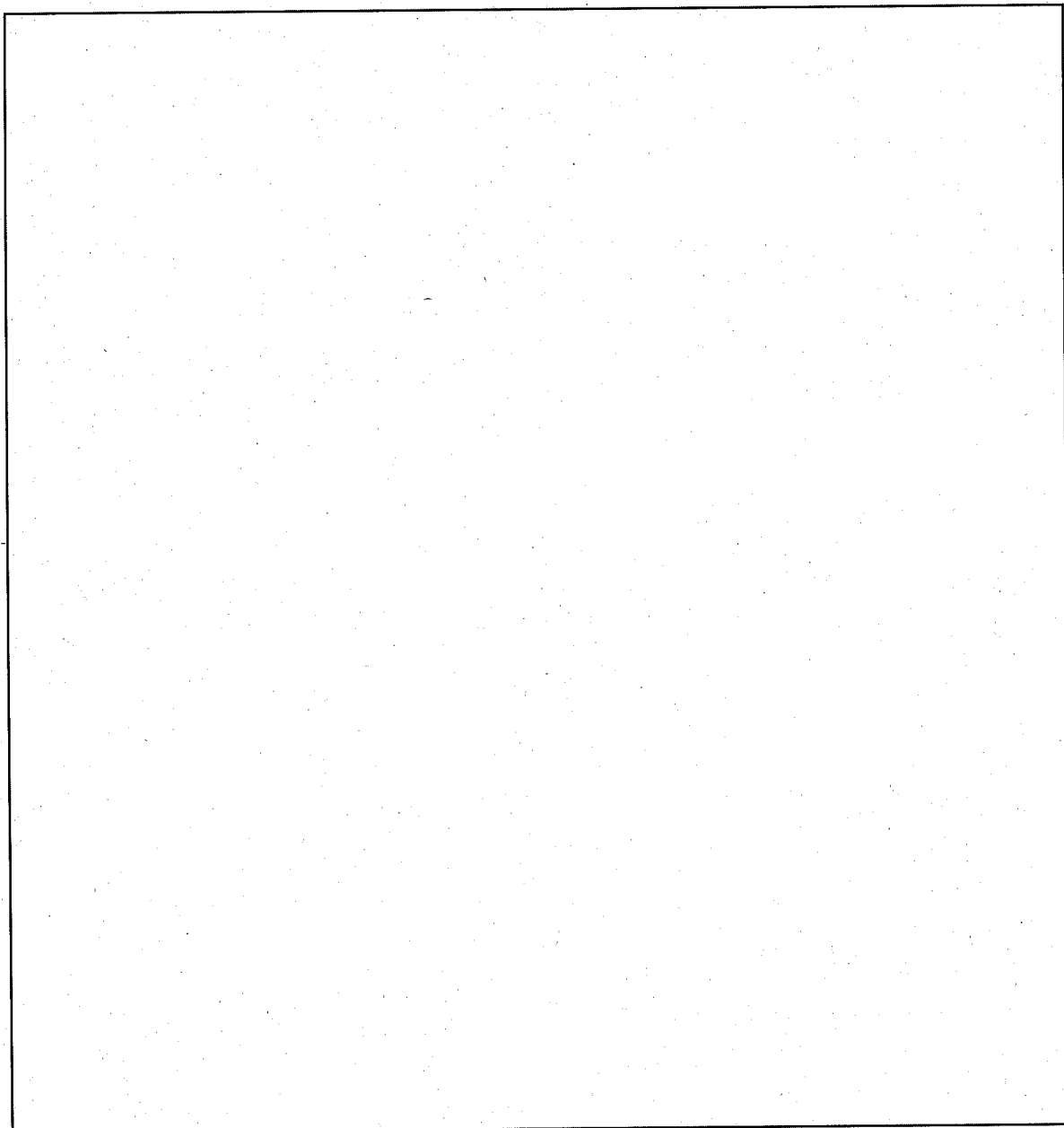
となる。脚座側板と外胴補強板の溶接部に縦方向加速度 10 G が作用する場合、発生する曲げ応力 $\boxed{}$ は許容応力 $\boxed{}$ に比べて小さいので、溶接部は強度を保ち、破損することはない。

溶接部の縦方向のせん断により発生する応力 (τ_1) は、次式で表される。

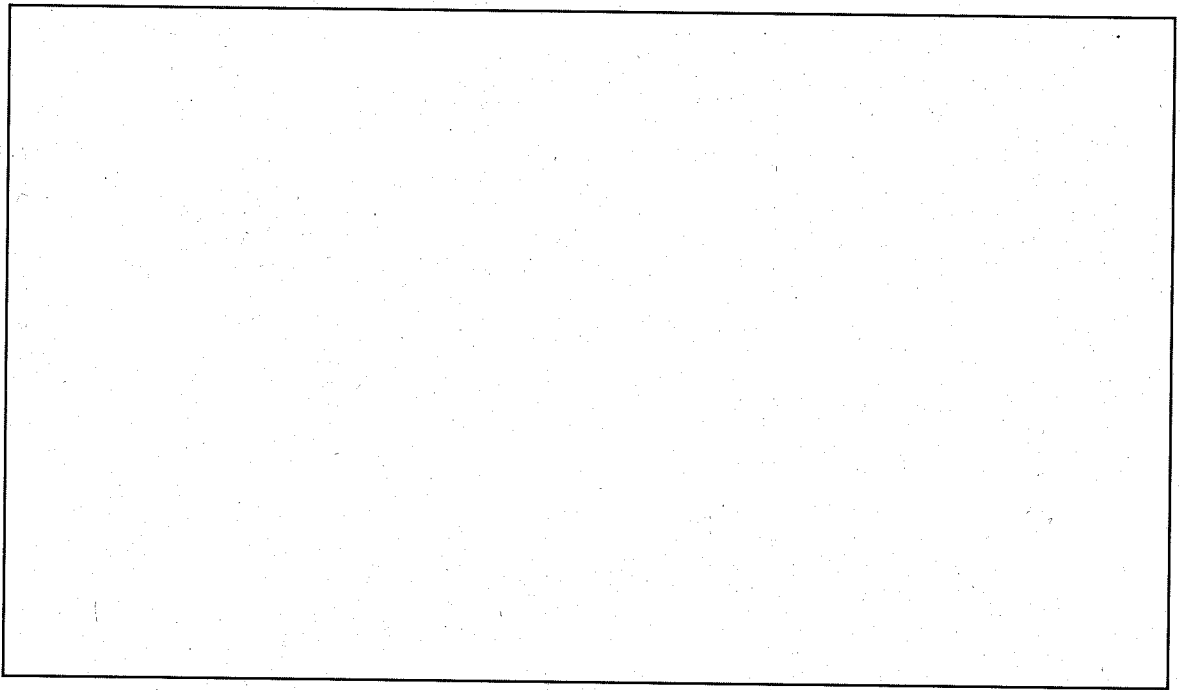
$$\tau_1 = \frac{3}{2} \cdot \frac{f_1}{A}$$



(註)-第 A. 4 図 核燃料輸送物の固縛状態



(a)-第 A. 5 図 脚座側板の寸法・形状



(□)-第A. 6図 脚座各部溶接部の寸法・形状

ここで、 A : 溶接部の断面積

$$= n \cdot t \cdot b$$

n : 溶接部の数 4 (個)

t : 溶接部ののど厚 (m)

b : 溶接部の長さ (m)

$$= 4 \times \text{} \times \text{}$$

$$= \text{}$$

である。これらの値を用いると、

$$\tau_1 = \frac{3}{2} \cdot \frac{\text{>}}{\text{>}} = \text{>}$$

となる。脚座側板と外胴補強板の溶接部に加速度 10 G が作用する場合、発生するせん断応力 は許容応力 に比べて小さいので、溶接部は強度を保ち、破損することはない。

10 G の荷重が重心に縦方向に作用した場合、溶接部に発生する組合せ応力 (σ_P) は次式で表される。

$$\sigma_P = \frac{\sigma_1}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_1}{2}\right)^2 + \tau_1^2}$$

ここで、 σ_1 : 曲げ応力

τ_1 : せん断応力

である。これらの値を用いると、

$$\sigma_P = \frac{\text{>}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\text{>}}{2}\right)^2 + \text{>}^2}$$
$$= \text{>}$$

となる。脚座側板と外胴補強板の溶接部に縦方向加速度 10 G が作用する場合、発生する組合せ応力 は許容応力 に比べて小さいので、溶接部は強度を保ち、破損することはない。

(2) 外胴

縦方向加速度 10 G、横方向加速度 5 G 及び垂直下方向加速度 3 G が作用するものとする。外胴には横方向加速度及び垂直方向加速度が作用する。以下では、横方向加速度 5 G、垂直下方向加速度 3 G 及び組合せ加速度が外胴に作用した場合に生ずる曲げ応力について評価する。

(2-1) 横方向加速度 5 G が作用する場合

5 G の荷重が重心に横方向に作用すると、外胴には曲げ応力 (σ_2) が発生する。評価モデルは(□)-第 A. 7 図に示すとおりであるが、これは(□)章 A. 4. 4 吊上装置の解析の吊上げ時に外胴に発生する応力と同様の評価となる。外胴に生ずる最大曲げ応力 (σ_2) は、(□)章 A. 4. 4 吊上装置の(3)外胴の解析より外胴の B 断面に発生し、次式で表される。

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{Z}$$

ここで、 M_2 : 外胴に働くモーメント

$$= \frac{w l_1^2}{2} = \frac{\square \times \square^2}{2} = \square$$

w : 等分布荷重

$$= \frac{m_L \cdot g}{l} = \frac{5 \times \square \times 9.80665}{\square} = \square$$

m_L : 核燃料輸送物負荷質量 □

l : 容器本体全長 □

g : 重力加速度 9.80665 (m/sec²)

l_1 : □ から容器片端までの距離 □

Z : 外胴の断面係数

$$= \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_2^4 - d_1^4}{d_2} = \square$$

d_1 : 外胴の内径 □

d_2 : 外胴の外径 □

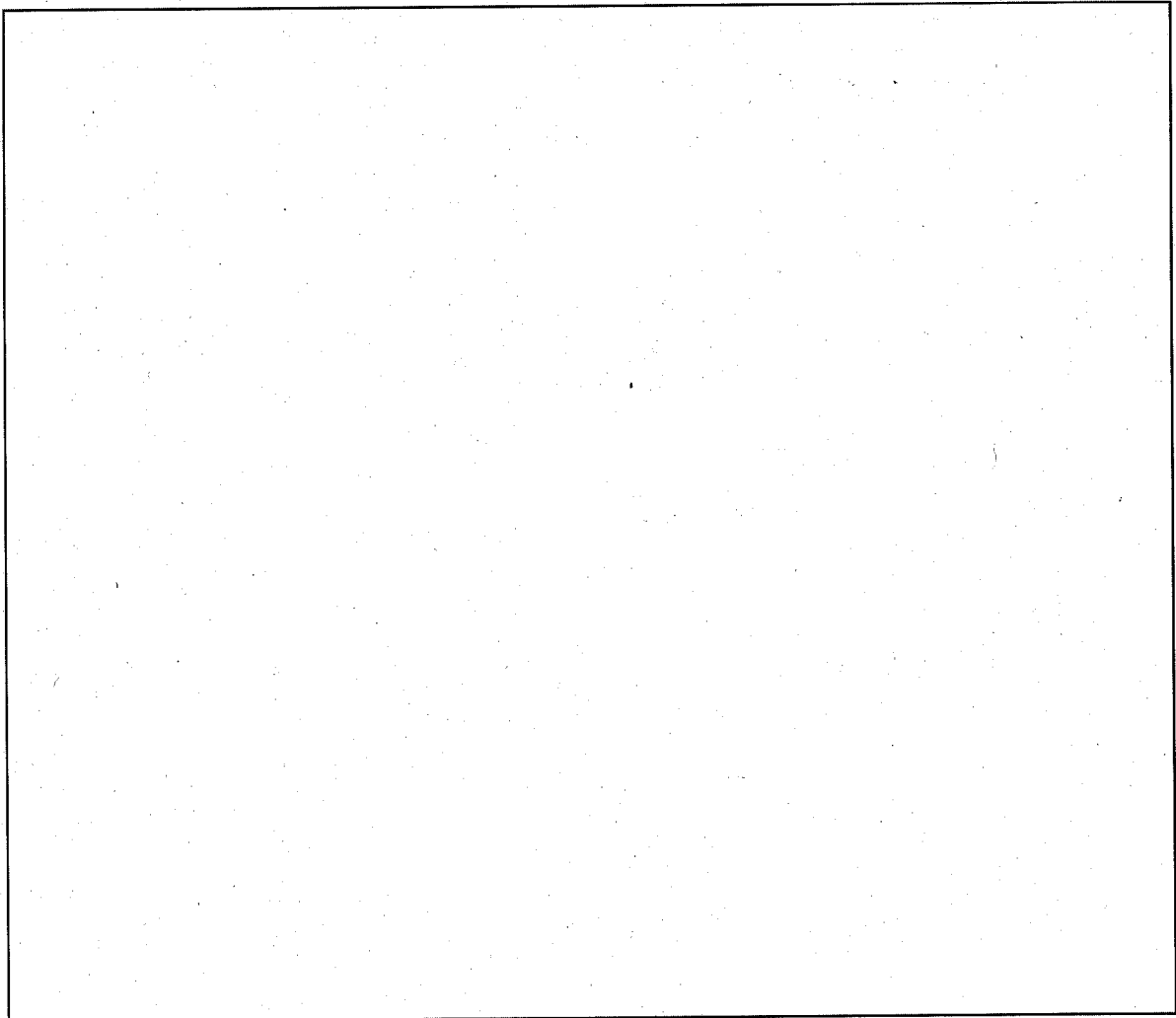
である。これらの値を用いると、

$$\sigma_2 = \frac{\square}{\square} = \square$$

となる。外胴に横方向加速度 5 G が作用する場合、発生する曲げ応力 □ は許容応力 □ に比べて小さいので、外胴は強度を保ち、破損することはない。

(2-2) 垂直下方向加速度 3 G が作用する場合

3 G の荷重が重心に垂直下方向に作用すると、外胴には曲げ応力 (σ_3) が発生する。評価モデルは前項の(2-1) 横方向加速度 5 G が作用する場合と同様で、核燃料輸送物負荷質量が変わるのみである。外胴に生ずる最大曲げ応力 (σ_3) は、次式で表される。



(㉓)-第A.7図 輸送時外胴に働く曲げモーメントの解析モデル

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{Z}$$

ここで、 M_3 : 外胴に働くモーメント

$$= \frac{w l_1^2}{2} = \frac{\boxed{} \times \boxed{}^2}{2} = \boxed{}$$

w : 等分布荷重

$$= \frac{m_L \cdot g}{l} = \frac{3 \times \boxed{} \times 9.80665}{\boxed{}} = \boxed{}$$

である。これらの値を用いると、

$$\sigma_3 = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{}$$

となる。外胴に垂直下方向加速度 3 G が作用する場合、発生する曲げ応力 $\boxed{}$ $\boxed{}$ は許容応力 $\boxed{}$ に比べて小さいので、外胴は強度を保ち、破損することはない。

(2-3) 組合せ加速度が作用する場合

組合せ加速度が作用する場合の外胴に発生する曲げ応力は、各方向加速度により発生する曲げ応力の合計で示される。曲げ応力の合計 σ_T は、

$$\begin{aligned} \sigma_T &= \sigma_2 + \sigma_3 \\ &= \boxed{} + \boxed{} = \boxed{} \end{aligned}$$

となる。外胴に組合せ加速度が作用する場合、発生する曲げ応力 $\boxed{}$ は許容応力 $\boxed{}$ に比べて小さいので、外胴は強度を保ち、破損することはない。

以上より、脚座側板と外胴補強板の溶接部及び外胴は、固縛に対して強度を保ち、本輸送容器の固縛装置は、固縛時、その機能を損なうことはない。また、脚座側板と外胴補強板の溶接部及び外胴の疲労については、発生する応力が小さいことから許容繰返し回数は、設計・建設規格による $\boxed{}$ の設計疲労線図から $\boxed{}$ 回を超えるものと考えられ、使用期間中に想定される通算の使用回数 (30回輸送 \times $\boxed{}$ \div $\boxed{}$ 回) と比較して十分に上回っており問題はない。

A.4.6 圧 力

大気圧が 60kPa abs. ^[6] (絶対圧) まで降下した場合の内容器の強度を検討する。大気圧が 60kPa abs. まで降下することは、内圧が 41.3 kPa G 増加することと同等である。

内容器の内圧を一般の試験条件下において発生する $\boxed{}$ とすると、内容器には、 $\boxed{}$ $\boxed{}$ 内圧が作用する。内容器各部の強度については、(□)章A.5.1.3応力計算において内容器内に設計圧力の 196.1 kPa G が発生したとして解析を行っている。内容器内に 196.1 kPa G の内圧が発生しても、内容器各部は健全であり、その密封性能は保持されているので、大気圧が 60kPa abs. まで降下しても、内容器各部は破損することはない。

A.4.7 振 動

本容器に用いたボルトは、振動によってガタ又は緩みが生じないように十分強固に締め付けられる。

以下では本核燃料輸送物の固有振動数を計算し、輸送時に積載車両の荷台で受ける振動数域と比較して、核燃料輸送物が共振しないことを示す。

[7]

核燃料輸送物を両端支持はりとして近似すると、核燃料輸送物の固有振動数は、次式で表される。

$$f_n = C \sqrt{\frac{E I}{\gamma A \ell^4}}$$

ここで、 C : モードによる係数

1次	1.571
2次	6.283
3次	14.137

E : の縦弾性係数

I : 振動面に直交する断面主軸に関する断面2次モーメント

$$= \frac{\pi}{64} (d_2^4 - d_1^4) = \text{}$$

A : 断面積

$$= \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2) = \text{}$$

γ : 比質量

$$= \frac{m}{A \ell} = \text{}$$

ℓ : 全長

m : 核燃料輸送物質量

d_1 : 内径

d_2 : 外径

である。上記の数値を用いると、

$$f_n = C \sqrt{\frac{\text{} \times \text{}}{\text{} \times \text{} \times \text{}^4}} = 13.0 C$$

となる。したがって、1次モードの場合 f_1 は約 2.0 Hz である。

積載車両の荷台で受ける振動数域は大部分 0 ~ 10 Hz であるので、本核燃料輸送物の固有振動数 (約 2.0 Hz) とは差があり、輸送中、本核燃料輸送物が共振することはない。

A.5 一般の試験条件

A.5.1 熱的試験

収納物の崩壊熱及び太陽の放射熱を考慮した本核燃料輸送物の熱的評価は、(ロ)章B.4 一般の試験条件下の熱解析に示されるが、その結果の要約を(ロ)章A.5.1.1 に示す。

A.5.1.1 温度及び圧力の要約

一般の試験条件下における核燃料輸送物各部の最高温度は、(ロ)-第A.13表のようになる。
((ロ)章B.4.2 最高温度参照) また、同条件下の核燃料輸送物各部の最低温度は -4.0°C である。

(ロ)-第A.13表 核燃料輸送物の温度分布〔一般の試験条件〕

(1) 容器外部 (外気)	<input type="text"/>
(2) 外容器外胴	<input type="text"/>
(3) 断熱緩衝材	<input type="text"/>
(4) 中性子しゃへい材	<input type="text"/>
(5) 内容器フランジ	<input type="text"/>
(6) 内容器内胴 (板厚 <input type="text"/> 部)	<input type="text"/>
(7) 内容器内胴 (板厚 <input type="text"/> 部)	<input type="text"/>
(8) 収納物 (ラッパ管)	<input type="text"/>
(9) 収納物 (燃料領域)	<input type="text"/>
(10) 保護蓋表面	<input type="text"/>

上記温度に対して内容器蓋部で使用しているOリングの使用可能範囲は -40°C からであるので、核燃料輸送物の密封性は損なわれない。

一般の試験条件下における内容器内部 (収納物) の温度差 ($-20^{\circ}\text{C}=\text{input type="text"}$) による圧力の増加は、最高である。内容器の設計圧力は196.1kPaGで、以後の内容器各部に発生する応力についての検討は、この設計圧力を用いる。((ロ)章A.5.1.3 応力計算参照) 内容器内圧により内容器の各部に発生する応力は許容応力以下であり、内容器は破損せず、その密封性能は損なわれない。

A.5.1.2 熱膨張

一般の試験条件下において、本輸送容器に生ずる熱応力は、内胴の軸方向の温度こう配による半径熱膨張の相違に伴う曲げ応力である。この曲げ応力は、次式^[8]で与えられる。

$$\sigma = 0.353 \cdot \alpha \cdot E \cdot \Delta T \cdot \sqrt{r h} / \ell$$

ここで、 α : 内胴 [] の線膨張係数 []

E : [] の縦弾性係数 []

ΔT : 温度差 (内胴中央部 - フランジ部) [] - [] = [] (°C)

r : 内胴の平均半径

$$= \frac{[] + []}{2 \times 2} = []$$

h : 内胴の肉厚 []

l : 内胴の長さ [] / 2 = []

である。これらの値を用いると、

$$\sigma = 0.353 \times [] \times [] \times [] \times \sqrt{[] \times []} / [] = []$$

となる。ゆえに、内胴の軸方向の温度こう配により発生する曲げ応力 [] は許容応力 [] より小さく、内胴は熱応力により破損することはない。

A.5.1.3 応力計算

内容物の設計圧力196.1 kPaGが内容物内に発生する場合の内容物各部の応力を求め、強度を検討する。本解析では内容物を圧力容器と考え、以下の箇所の強度について検討し、内容物が内圧に対して強度を保ち、その密封性能を保持することを示す。

- (1) 内胴 (板厚 [] 部)
- (2) 底板
- (3) フランジ
- (4) 蓋
- (5) 蓋ボルト

以下、内圧に対する各部の強度を、圧力容器の計算手法^[3]に準じて評価する。

- (1) 内胴 (板厚 [] 部)

内容物が内圧を受けると、胴部に曲げ応力 (σ) が発生する。

内容物本体において、容器内径 (D_i) と板厚 (t) との関係が、

$$\frac{t}{D_i} = \frac{[]}{[]} = 0.03 < 0.25$$

であるので、内圧を受ける内胴の板厚 (t) と応力 (σ_s) との関係は、次式^[3]で表される。

$$t = \frac{P D_i}{2 \sigma_s \eta - 1.2 P}$$

ここで、 P : 内圧 196.1×10^3 (Pa)

D_i : 内胴の内径

σ_a : 応力

η : 溶接継手の効率 1.0

t : 板厚

である。応力 (σ_a) について解くと、

$$\sigma_a = \frac{P D_i + 1.2 P t}{2 \eta t}$$

となり、上記の値を用いると、

$$\sigma_a = \frac{196.1 \times 10^3 \times \text{} + 1.2 \times 196.1 \times 10^3 \times \text{}}{2 \times 1.0 \times \text{}} = \text{}$$

となる。

ゆえに、内容器本体の内圧により発生する曲げ応力 は許容応力 より小さく、内容器本体は内圧により破損することはない。

(2) 底板 [(v)-第A.8図参照]

内容器本体に溶接された底板には、内圧を受けると曲げ応力 (σ_a) が発生する。内圧を受ける容器の平板の板厚 (t) と応力 (σ_a) との関係は、次式^[3]で表わせる。

$$t = d \sqrt{\frac{C P}{\sigma_a}}$$

ここで、 P : 内圧 196.1×10^3 (Pa)

C : 平板の取付方法によって定まる定数 0.5

d : 容器の内径

σ_a : 応力

t : 板厚

である。応力 (σ_a) について解くと、

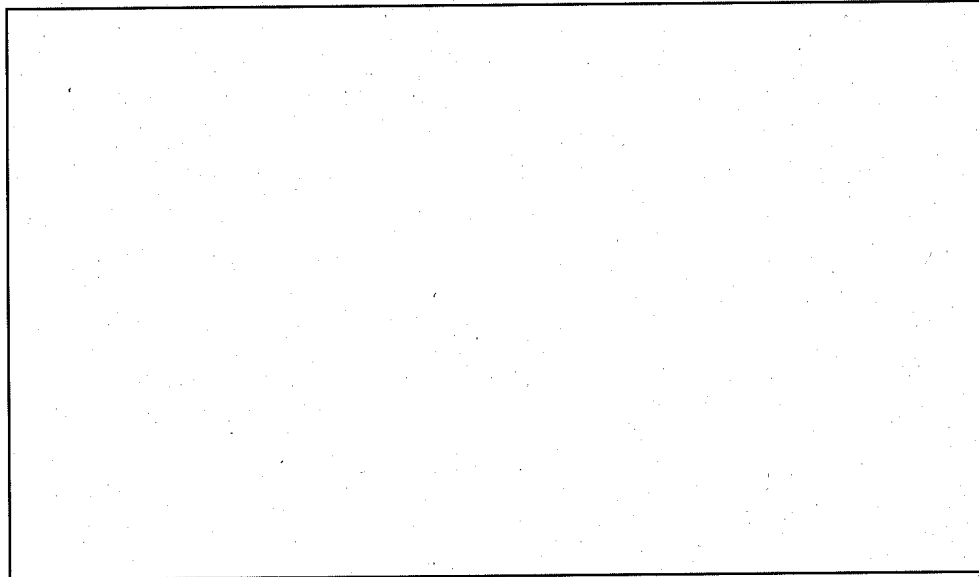
$$\sigma_a = \frac{C P d^2}{t^2}$$

となり、上記の値を用いると、

$$\sigma_a = \frac{0.5 \times 196.1 \times 10^3 \times \text{}^2}{\text{}^2} = \text{}$$

となる。

ゆえに、内圧により底板に発生する曲げ応力 は許容応力 より小さく、底板は内圧により破損することはない。



(ア)-第A.8図 底板の寸法形状

(3) フランジ [(ア)-第A.9図参照]

内容器本体に溶接されたフランジは、内圧を受けると各部に曲げ応力が発生する。フランジ各部に発生する応力は、以下に示すとおり評価される。この評価は、JIS B 8243「圧力容器の構造」による。

(i) 計算上必要なボルト荷重

(イ) 使用状態でのボルト荷重 W_{m1}

$$W_{m1} = H + H_p = \frac{\pi G P}{4} (G + 8 b m) = \text{$$

ここで、 H : フランジに内圧により加わる全荷重 (N)

$$= \frac{\pi}{4} G^2 P$$

G : ガasket接触面の平均径

P : 設計圧力 196.1×10^3 (Pa)

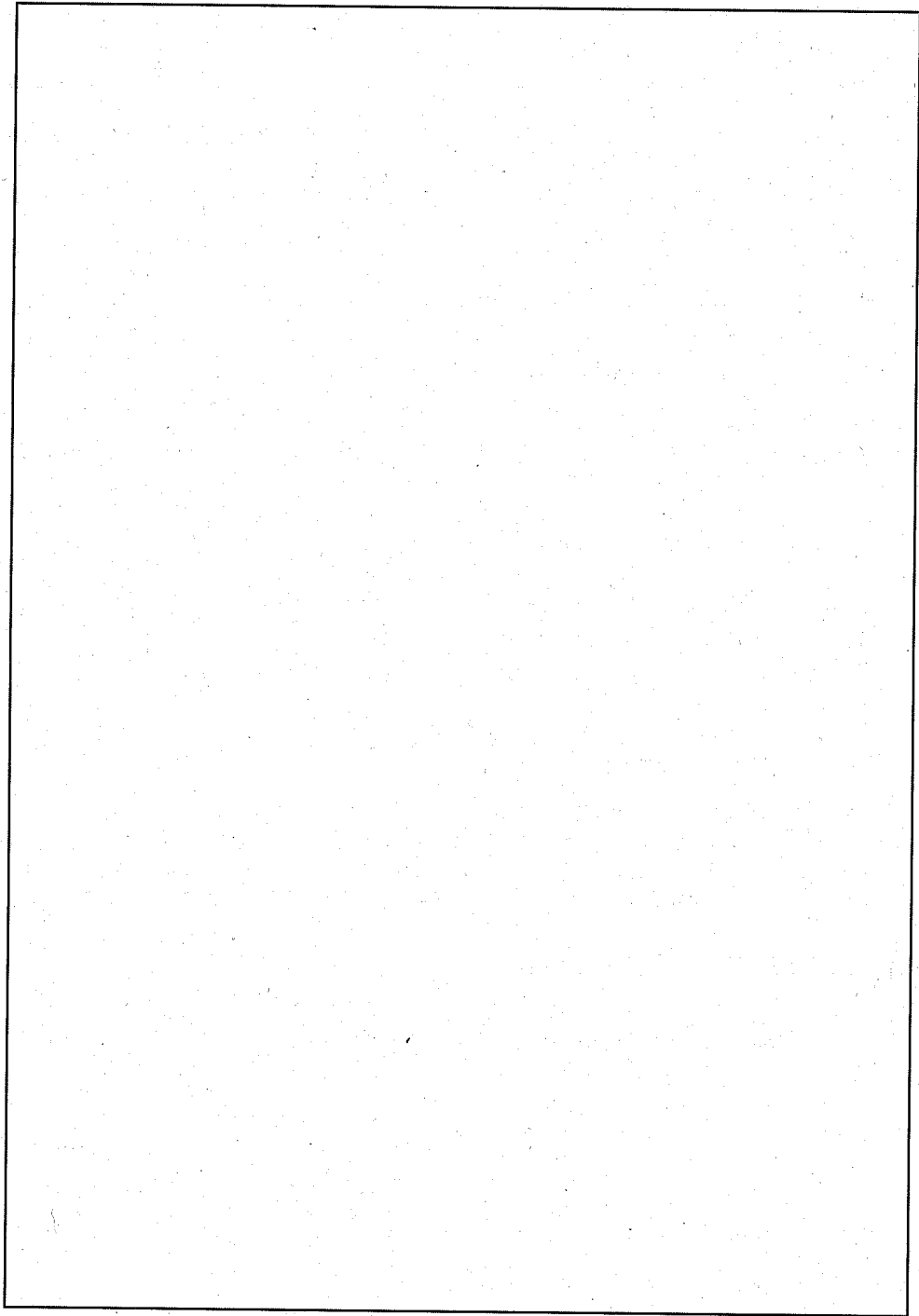
H_p : 気密を十分に保つためにガasketにおける圧縮力 (N)

$$= 2 \pi b G m P$$

b : ガasket座の有効幅

m : ガasket係数

である。



(ロ)-第A.9図 内胴フランジ部解析モデル

(ロ) ガasket 締付け時のボルト荷重 W_{m2}

$$W_{m2} = \pi b G y = 0 \text{ (N)}$$

ここで、 y : ガasket の最小設計締付け圧力

G : ガasket 接触面の平均径

b : ガasket 座の有効幅

である。

(ii) ボルトの所要総断面積 A_m と実際のボルトの総断面積 A_b

$$A_{m1} = \frac{W_{m1}}{\sigma_b}$$

$$A_{m2} = \frac{W_{m2}}{\sigma_a}$$

ここで、 A_{m1} : 使用状態でのボルトの所要総断面積 (m²)

A_{m2} : ガasket 締付け時のボルトの所要総断面積 (m²)

σ_a : 常温でのボルトの降伏応力の 1/4

σ_b : 設計温度でのボルトの降伏応力の 1/4

である。よって、

$$A_{m1} = \frac{\text{}}{\text{}} = \text{}$$

$$A_{m2} = \frac{0}{\text{}} = 0 \text{ (m}^2\text{)}$$

であり、 $A_{m1} > A_{m2}$ なので、

$$A_m = A_{m1} = \text{}$$

となる。実際のボルトの総断面積 A_b は、

$$A_b = \frac{\pi}{4} d_i^2 n$$

ここで、 d_i : ボルトの谷の径

n : ボルトの数

よって、

$$A_b = \frac{\pi}{4} \times \text{}^2 \times \text{} = \text{}$$

となる。したがって、

$$A_b > A_m$$

となり、十分な面積を有している。

(iii) フランジの計算に用いるボルト荷重

(イ) 使用状態でのボルト荷重

$$W_0 = W_{m1} = \boxed{}$$

(ロ) ガasket縮付け時のボルト荷重

$$W_g = \frac{A_m + A_b}{2} \sigma_a$$
$$= \frac{\boxed{} + \boxed{}}{2} \times \boxed{} = \boxed{}$$

(iv) 使用状態でフランジに作用する全モーメント ((p)-第A.9図参照)

$$M_0 = M_D + M_G + M_T$$

ここで、 M_D : フランジの内径面に加わる荷重によるモーメント

$$= H_D \times h_D \quad (\text{N} \cdot \text{m})$$

H_D : フランジの内径面に加わる荷重

$$= \frac{\pi}{4} B^2 P = \frac{\pi}{4} \times \boxed{}^2 \times 196.1 \times 10^3 = \boxed{}$$

h_D : モーメントアーム

$$= R + 0.5 g_1$$

$$= \boxed{} + 0.5 \times \boxed{} = \boxed{}$$

M_G : ガasket荷重によるモーメント、すなわちフランジのボルト荷重とフランジに加わる内圧による全荷重との差によるモーメント

$$= H_G \times h_G \quad (\text{N} \cdot \text{m})$$

H_G : ガasket荷重、すなわちボルト荷重とフランジに加わる内圧による全荷重との差

$$= W_0 - H = 0 \quad (\text{N})$$

h_G : モーメントアーム

$$= \frac{C - G}{2} = \frac{\boxed{} - \boxed{}}{2} = \boxed{}$$

M_T : フランジに加わる内圧による全荷重とフランジの内径面に加わる荷重との差によるモーメント

$$= H_T \times h_T \quad (\text{N} \cdot \text{m})$$

H_T : フランジに加わる内圧による全荷重とフランジの内径面に加わる

荷重との差

$$= H - H_D$$

$$= \frac{\pi}{4} G^2 P - H_D = \frac{\pi}{4} \times \boxed{}^2 \times 196.1 \times 10^3 - \boxed{}$$

$$= \boxed{}$$

h_T : モーメントアーム

$$= \frac{R + g_1 + h_G}{2}$$

$$= \frac{\boxed{} + \boxed{} + \boxed{}}{2} = \boxed{}$$

よって、 $M_D = \boxed{} \times \boxed{} = 399.9$ (N・m)

$M_G = 0 \times \boxed{} = 0$ (N・m)

$M_T = \boxed{} \times \boxed{} = 139.8$ (N・m)

$M_0 = 399.9 + 139.8 = 539.7$ (N・m)

(v) ガasket縮付け時にフランジに作用するモーメント

$$M_g = W_g \frac{C - G}{2}$$

$$= \boxed{} \frac{\boxed{} - \boxed{}}{2} = \boxed{}$$

(vi) フランジに生ずる応力

$$\sigma_H = \frac{f M}{L g_1^2 B}$$

$$\sigma_R = \frac{(1.33 t e + 1) M}{L t^2 B}$$

$$\sigma_T = \frac{Y M}{t^2 B} - Z \sigma_R$$

ここで、 σ_H : ハブの軸方向応力 (Pa)

σ_R : フランジの半径方向応力 (Pa)

σ_T : フランジの周方向応力 (Pa)

f : ハブ応力修正係数 1

B : フランジの内径 (m)

$$L = \frac{te+1}{T} + \frac{t^3}{d}$$

$$= \frac{\square \times \square + 1}{1.77} + \frac{\square^3}{9.40 \times 10^{-4}} = 0.7854$$

$$e = \frac{F}{h_0} = \frac{0.716}{\square} = \square$$

F : 係数 0.716 ((□)-第A.10図参照)

$$h_0 = \sqrt{B g_0} = \sqrt{0.316 \times \square} = \square$$

g₀ : ハブ先端の厚さ

T : 係数 1.77 ((□)-第A.11図参照)

$$d = \frac{U}{V} h_0 g_0^2 = \frac{7.10}{0.16} \times \square \times \square^2 = 9.40 \times 10^{-4}$$

U : 係数 7.10 ((□)-第A.11図参照)

V : 係数 0.16 ((□)-第A.12図参照)

g₁ : フランジ背面のハブの厚さ

Z : 係数 3.35 ((□)-第A.11図参照)

t : フランジの厚さ

Y : 係数 6.46 ((□)-第A.11図参照)

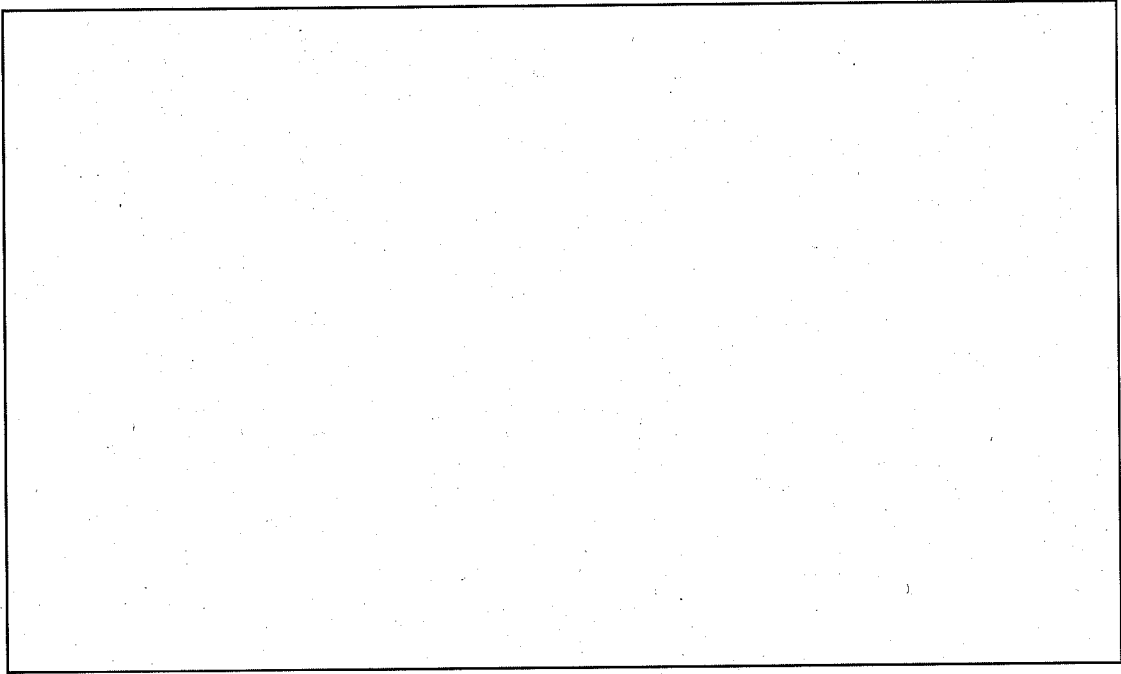
よって、

$$\sigma_H = \frac{M}{0.7854 \times \square^2 \times \square} = 4.48 \times 10^3 M$$

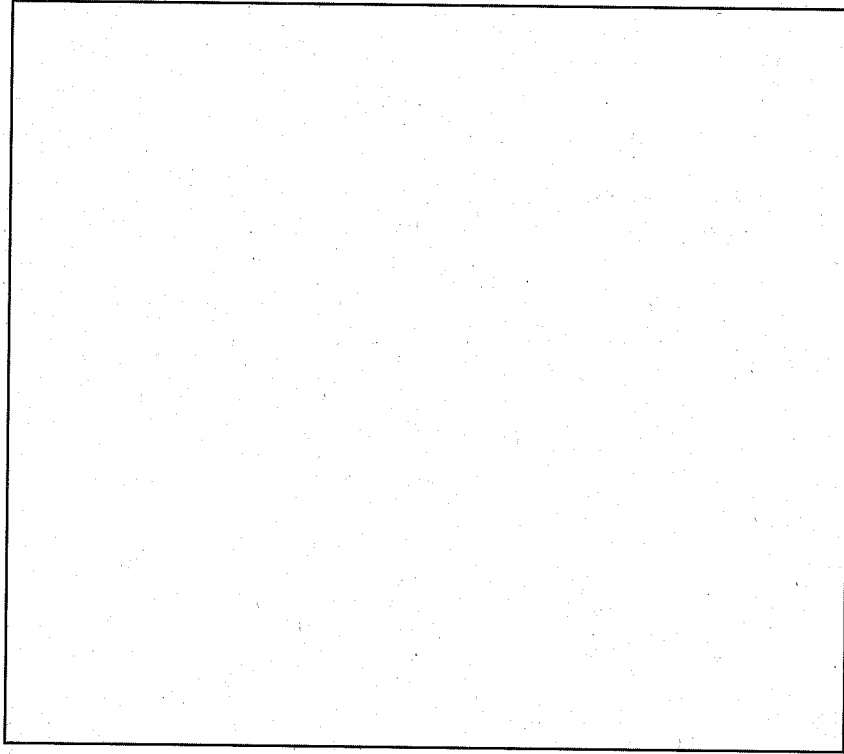
$$\sigma_R = \frac{(1.33 \times \square \times \square + 1) M}{0.7854 \times \square^2 \times \square} = 5.29 \times 10^3 M$$

$$\sigma_T = \frac{6.46M}{\square^2 \times \square} - 3.35 \times 5.29 \times 10^3 M = 1.05 \times 10^3 M$$

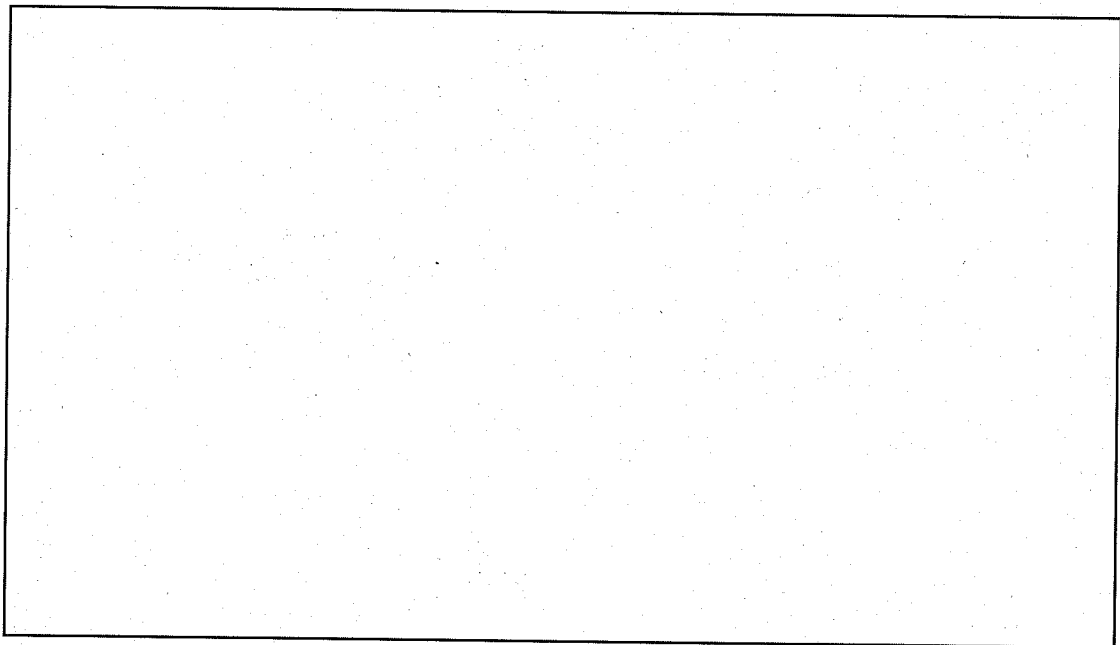
となる。



(a)-第A.10図 F 算出図



(㉓)-第A.11図 U, Y, Z, T 算出図



(㉓)-第A.12図 V 算出図

(イ) 使用状態でフランジに生ずる応力

使用状態でフランジに生ずる応力は $M = M_0$ として算出できる。上記の評価結果より、 $M_0 = 539.7 \text{ (N} \cdot \text{m)}$ であるので、この値を用いると、

$$\sigma_H = 4.48 \times 10^3 \times 539.7 = 2.42 \times 10^6 \text{ (Pa)}$$

$$\sigma_R = 5.29 \times 10^3 \times 539.7 = 2.86 \times 10^6 \text{ (Pa)}$$

$$\sigma_T = 1.05 \times 10^3 \times 539.7 = 5.67 \times 10^5 \text{ (Pa)}$$

$$\frac{\sigma_H + \sigma_R}{2} = \frac{2.42 \times 10^6 + 2.86 \times 10^6}{2} = 2.6 \text{ (MPa)}$$

$$\frac{\sigma_H + \sigma_T}{2} = \frac{2.42 \times 10^6 + 5.67 \times 10^5}{2} = 1.5 \text{ (MPa)}$$

となる。

(ロ) ガスケット締付け時にフランジに生ずる応力

ガスケット締付け時にフランジに生ずる応力は $M = M_g$ として算出できる。上記の評価結果より $M_g = \boxed{}$ であるので、この値を用いると、

$$\sigma_H = 4.48 \times 10^3 \times \boxed{} = \boxed{}$$

$$\sigma_R = 5.29 \times 10^3 \times \boxed{} = \boxed{}$$

$$\sigma_T = 1.05 \times 10^3 \times \boxed{} = \boxed{}$$

$$\frac{\sigma_H + \sigma_R}{2} = \frac{\boxed{} + \boxed{}}{2} = 35.6 \text{ (MPa)}$$

$$\frac{\sigma_H + \sigma_T}{2} = \frac{\boxed{} + \boxed{}}{2} = 20.1 \text{ (MPa)}$$

となる。ゆえに、フランジに内圧により発生する曲げ応力〔ハブの軸方向： $\boxed{}$ 、フランジの半径方向： $\boxed{}$ 、フランジの周方向： $\boxed{}$ 〕は許容応力 $\boxed{}$ より小さく、フランジは内圧を受けても破損することはない。

(4) 蓋

内胴フランジにボルトで取り付けられる円形平板厚さは、次式^[3]で与えられる。

$$t = G \sqrt{\frac{K P}{\sigma} + \frac{1.9 W \cdot h_G}{\sigma \cdot G^3}}$$

ここで、 W : ボルト荷重 $\boxed{}$

h_G : モーメントアーム

$$= \frac{C - G}{2} = \frac{\boxed{} - \boxed{}}{2} = \boxed{}$$

G : ガasket反力のかかる位置を通る円の直径

P : 内圧 196.1×10^3 (Pa)

t : 板厚

K : 定数 0.3

である。応力 σ について解くと、

$$\sigma = \frac{K P G^3 + 1.9 \times W \cdot h_g}{t^2 \cdot G}$$

となり、上記の値を用いると、

$$\sigma = \frac{0.3 \times 196.1 \times 10^3 \times \text{}^3 + 1.9 \times \text{} \times \text{}^2 \times \text{}$$

となる。ゆえに、蓋に内圧により発生する曲げ応力 は許容応力 より小さく、蓋は内圧を受けても破損することはない。

(5) 蓋ボルト

内圧を受けるとき、蓋ボルトには引張応力 (σ) が発生する。このとき、発生する応力 (σ) は、次式で表される。

$$\sigma = \frac{H + W_g}{\frac{\pi}{4} d_i^2 \cdot n}$$

ここで、 H : フランジに内圧により加わる全荷重

$$= \frac{\pi}{4} G^2 P$$

G : ガasketの径

P : 内圧 196.1×10^3 (Pa)

W_g : ガasket締付け時のボルト荷重

d_i : ボルトの谷の径

n : ボルトの本数

である。これを数値計算すると、

$$\sigma = \frac{\frac{\pi}{4} \times \square^2 \times 196.1 \times 10^3 + \square}{\frac{\pi}{4} \times \square^2 \times \square} = \square$$

となる。ゆえに、蓋ボルトに内圧により発生する引張応力（98.2 MPa）は許容応力 \square より小さく、蓋ボルトは内圧を受けても破損することはない。また、発生する応力が最も大きい蓋ボルトの疲労について、設計・建設規格より許容繰り返し回数は、 \square 回を超えるものと考えられ、使用期間中に想定される通算の使用回数（=30回輸送）と比較して十分に上回っており問題はない。

A. 5. 1. 4 許容応力との比較

(ロ)章A. 4項から(ロ)章A. 5. 1. 3項までに解析した結果と、(ロ)章A. 1. 2項に示した設計基準による許容応力との比較を(ロ)-第A. 14表に示す。

(ロ)-第A. 14表に示すように、通常輸送時において、吊上装置及び固縛装置の設計余裕率は正の数であり、それらの設計は安全である。

また、一般の試験条件下においても、内容器各部に発生する応力を解析し、設計余裕率を求めるとすべて正の数であり、一般の試験条件下で内容器の設計は安全である。

(ロ)-第A.14表 許容応力との比較 (1)

(その1)

条件	解析項目	解析基準	解析基準値	解析結果等	余裕率等	備考
通	1. 化学的及び電気的反応					
	(1) 化学的反応	反応の有無	反応がないこと	無	基準に合致	
	(2) 電気的反応	反応の有無	反応がないこと	無	基準に合致	
常 輸 送 時	2. 低温強度					
	内容器本体	最低使用温度	-4.0℃	-4.0℃で性能を保つ	基準に合致	<input type="text"/> を使用
	断熱緩衝材	氷結	無	自由水は存在しない	基準に合致	
	緩衝材	最低使用温度	-4.0℃	-4.0℃で性能を保つ	基準に合致	
	中性子しゃへい材	最低使用温度	-4.0℃	-5.0℃まで耐える	基準に合致	
	リング	最低使用温度	-4.0℃	-4.0℃で性能を保つ	基準に合致	
	外容器本体	最低使用温度	-4.0℃	-4.0℃で性能を保つ	基準に合致	<input type="text"/> を使用
	3. 密封装置					
	(1) 蓋	誤操作の可否	誤操作がないこと	否	基準に合致	
	(2) バルブ	誤操作の可否	誤操作がないこと	否	基準に合致	
	4. 吊上装置					
	(1) 吊具上部	$0.6\sigma_y$	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	組合せ応力
	(2) 吊具溶接部	$0.6\sigma_y$	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	
(3) 外胴	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>		
	5. 固縛装置					
	(1) 側板と外胴補強板の溶接部					
	[曲げ]	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	縦方向10G
	[せん断]	$0.6\sigma_y$	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	縦方向10G
	[組合せ]	$0.6\sigma_y$	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	各方向の加速度のベクトル和

(ロ)-第A.14表 許容応力との比較 (1)

(その2)

条件	解析項目	解析基準	解析基準値	解析結果等	余裕率等	備考
通常輸送時	(2)外胴 〔曲げ〕	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	横方向5G 垂直下方向3G 各方向の加速度のベクトル和
	〔曲げ〕	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	
	〔組合せ〕	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	
	6. 圧力	内容器各部の強度は熱的試験の応力計算において、より安全側の評価を行っている。				
	7. 振動					
	各締付ボルト	締付トルク	<input type="text"/>	所定のトルクで締付け	基準に合致	
	核燃料輸送物	共鳴域	1.0Hz以上	2.0Hz	基準に合致	
一般の試験条件	熱的試験					
	1. 熱膨張					
	内胴 (板厚 \square 部)	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	
	2. 応力計算					
	内胴 (板厚 \square 部)	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	
	底板	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	
	フランジ	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	ハブの軸方向応力
		σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	フランジの半径方向応力
	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	フランジの周方向応力	
	蓋	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	
	蓋ボルト	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	

A.5.2 水噴霧

本容器の外表面は滑らかな円筒形状であるため、水はたまることはない。外胴には [] を用いているので吸水性はなく、水切りはよい。蓋にはOリングが設けられ、本容器は水密性が保たれる構造である。

A.5.3 自由落下

本核燃料輸送物の重量は [] であり、 [] であるから自由落下高さは1.2mである。しかし、本核燃料輸送物に対しては(ロ)章A.6.1「強度試験・落下試験I」において、落下衝撃力がより厳しい9m自由落下試験に対して外容器は変形するが、内容器及び収納物は強度及び密封性を保つことを示した。したがって、核燃料輸送物は1.2m落下に対しても強度及び密封性が保たれるので、容器の健全性は確保される。

したがって、ここでは下記の各種自由落下における変形量についてのみ検討する。

- (1) 1.2m垂直落下
- (2) 1.2m水平落下
- (3) 1.2m傾斜落下
- (4) 1.2mコーナ落下

本解析の目的は、自由落下による外容器の変形量が内容器まで達せず、内容器が健全であり、その密封性が損なわれないことを示すことである。

なお、外容器の変形量はしゃへい解析と臨界解析の各々において、解析上最も厳しい場合のものが用いられる。

解析は、次の条件に基づいて行う。

- (a) 核燃料輸送物の落下エネルギーが外容器の変形にのみ費やされるとする。ただし、傾斜落下の場合、一部の落下エネルギーは核燃料輸送物の回転エネルギーとして消費される。
- (b) 垂直落下では、変形量の計算には外胴の鋼板を考慮せず、変形量を過大に評価する。
- (c) 水平落下では、脚座のない方向とある方向について、変形量を評価する。
- (d) 傾斜落下では、垂直落下と同様に変形量の計算には外胴の鋼板を考慮せず、変形量を過大に評価する。
- (e) 使用材料の圧縮変形応力(動変形応力)は次の値を用いる。鋼板については、静的降伏応力を動変形応力として用いる。[(ロ)-第A.5表~10表参照]

緩衝材 ([]) []

緩衝材 ([]) []

断熱緩衝材 ([]) []

鋼板 ()

以上の条件に基づき、変形量 (δ) は次のようにして求める。

核燃料輸送物の落下エネルギー ($U = m g h$ 、 m : 核燃料輸送物質量、 g : 重力加速度、 h : 落下高さ) と外容器の変形部の吸収エネルギー (U_e) が等しいから、次式の関係となる。

$$U = U_e \quad (1)$$

ここに、

$$U_e = \sum_n \sigma_n V_n \quad (2)$$

U_e : 外容器の変形部の吸収エネルギー (J)

σ_n : 外容器各部材の圧縮変形応力 (Pa)

V_n : 外容器各部材の圧縮変形体積 (m^3)

である。圧縮変形体積 ($V = \sum V_n$) は変形量 (δ) の関数であるから、(1)、(2)を解いて δ が求まる。

(1) 1.2 m 垂直落下

1.2 m 垂直落下による外容器変形量を求め、変形が内容器まで達しないことを示す。

(1)-1 上部 (蓋部方向) 垂直落下

[9]

核燃料輸送物が保護蓋を下向きに落下したときの変形量を求める。核燃料輸送物の落下エネルギー (U) は、次式で表される。

$$U = m g h$$

m : 核燃料輸送物質量 ()

g : 重力加速度 9.80665 (m/sec^2)

h : 落下高さ 1.2 (m)

核燃料輸送物の落下エネルギーは、

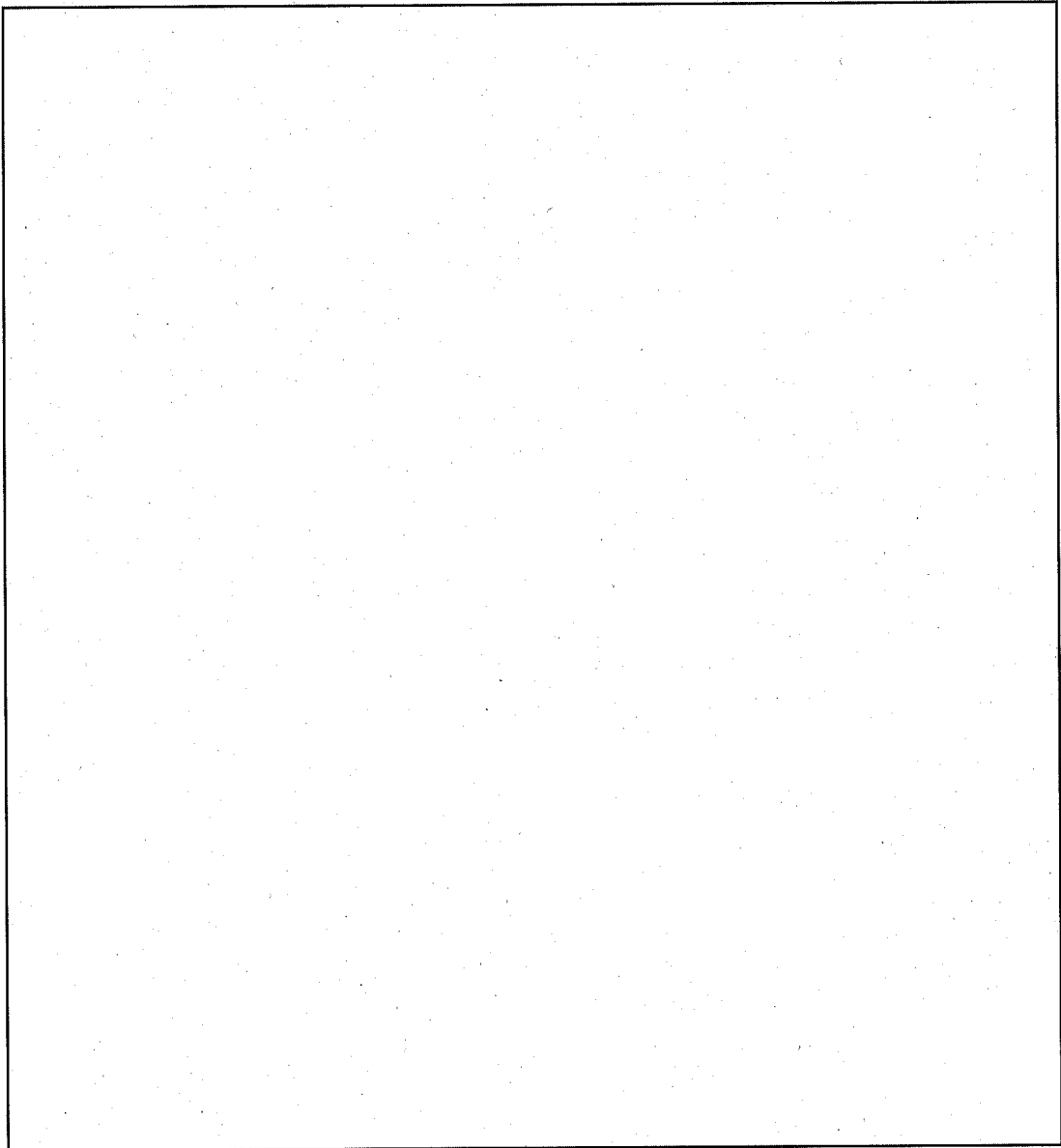
$$U = \text{ } \times 9.80665 \times 1.2 = \text{ }$$

となる。この落下エネルギーは、外容器を構成する緩衝材 () 及び ()、保護蓋を構成する緩衝材 () 及び一部の鋼板 (中間胴) の変形により吸収される。(p)-第 A.13 図に計算モデルを、(p)-第 A.15 表に解析結果を示す。

(ロ)-第 A. 15表 上部垂直落下時の変形量と吸収エネルギー

領域	変形量 δ (mm)	圧縮変形体積 V (m ³)	圧縮変形応力 σ (Pa)	吸収エネルギー E (J)
①緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
②緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
③緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
④鋼板 (中間胴)	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
合計	—	—	—	<input type="text"/>

したがって、1.2m上部垂直落下時の落下エネルギー〔 $U =$ 〕
を吸収できる。



(□)-第A.13図 上部垂直落下解析モデル

(1)-2 下部（底部方向）垂直落下

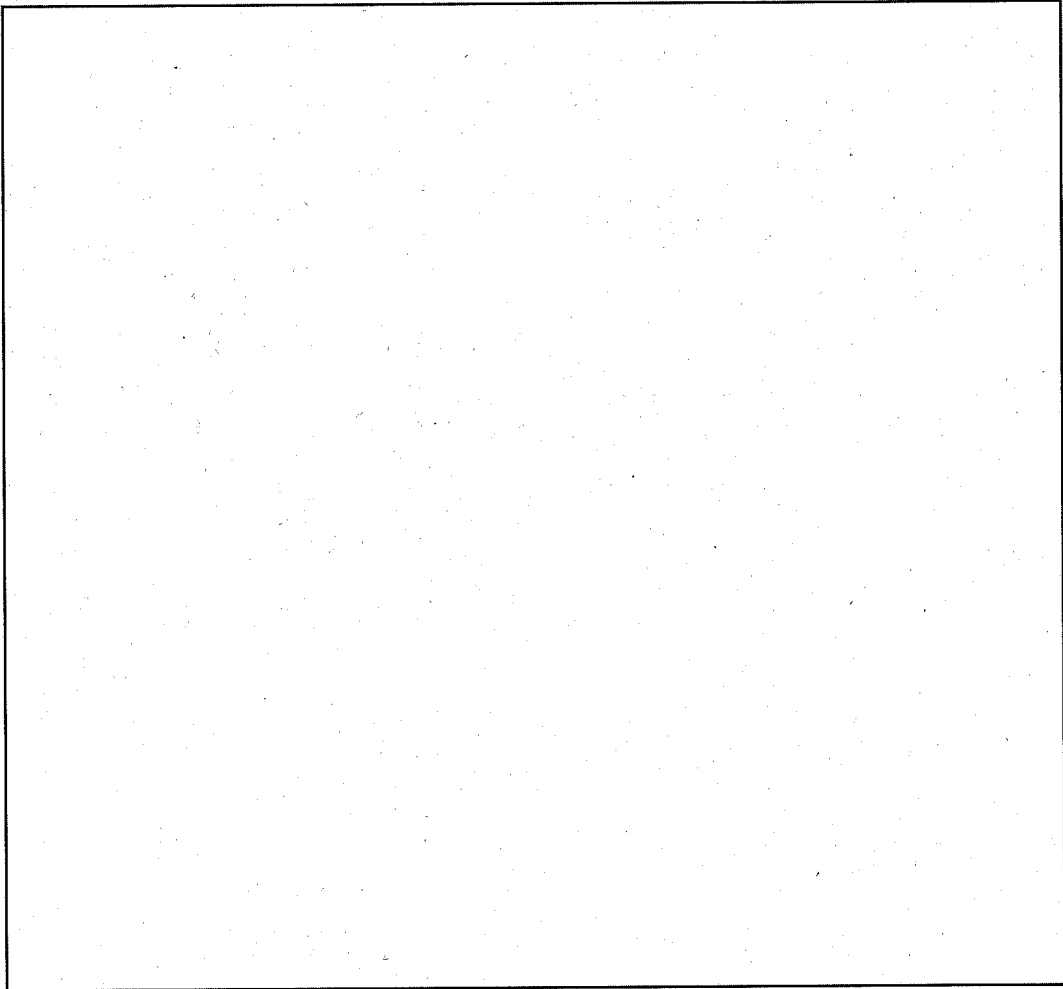
核燃料輸送物が底部を下向きに落下したときの変形量を求める。核燃料輸送物の落下エネルギーは、前項と同様に、 $U = \text{[]}$ である。

この落下エネルギーは、外容器を構成する緩衝材（ [] 及び [] ）の変形により吸収される。(ロ)-第A.14図に計算モデルを、(ロ)-第A.16表に解析結果を示す。

(ロ)-第A.16表 下部垂直落下時の変形量と吸収エネルギー

領域	変形量 δ (mm)	圧縮変形体積 V (m^3)	圧縮変形応力 σ (Pa)	吸収エネルギー E (J)
①緩衝材 ([])	[]	[]	[]	[]
②緩衝材 ([])	[]	[]	[]	[]
合計	—	—	—	[]

したがって、1.2 m上部垂直落下時の落下エネルギー [$U = \text{[]}$] を吸収できる。



(ア)-第A.14図 下部垂直落下解析モデル

(2) 1.2 m水平落下

1.2 m水平落下による外容器変形量を求め、変形が内容器まで達しないことを示す。本結果は、(ロ)章D.しゃへい解析に用いられる。

(2)-1 脚座のない方向からの落下

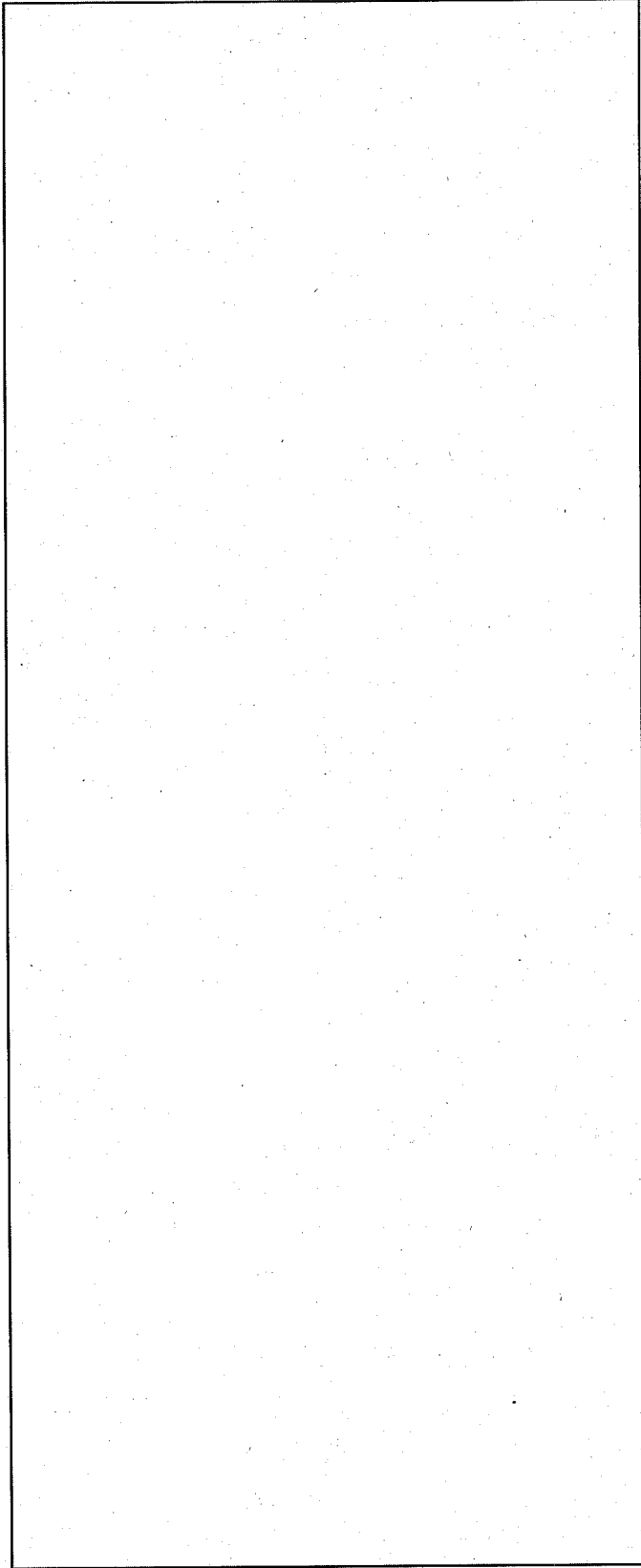
[9]

核燃料輸送物が脚座のない方向を下向きに落下したときの変形量を求める。1.2 m水平落下時の落下エネルギー〔 $U = \square$ 〕は、外容器を構成する緩衝材（ \square ）、断熱緩衝材（ \square ）、外胴（厚さ \square 及び \square ）及び補強板の変形によって吸収される。(ロ)-第A.15図に解析モデルを示す。解析結果を(ロ)-第A.17表に示す。

(ロ)-第A.17表 脚座のない方向からの水平落下時における変形量と吸収エネルギー

領域	変形量 δ (mm)	圧縮変形体積 V (m^3)	圧縮変形応力 σ (Pa)	吸収エネルギー E (J)
①緩衝材 (\square)	\square	\square	\square	\square
②断熱緩衝材 (\square)	\square	\square	\square	\square
③外胴 (厚さ \square)	\square	\square	\square	\square
④外胴 (厚さ \square)	\square	\square	\square	\square
⑤補強板 (厚さ \square)	\square	\square	\square	\square
合計	—	—	—	\square

変形量が構造材によって異なるのは、構造材の外半径がそれぞれ異なることによる。すなわち、最初に補強板が変形し、次に \square と外胴 \square が変形し始め、そして、 \square と外胴 \square が変形を始める。



(□)-第 A.15 図 水平落下解析モデル (脚座のない方向からの落下)

(2)-2 脚座のある方向からの落下

核燃料輸送物が脚座のある方向を下向きに落下したときの変形量を求める。脚座のある方向からの落下では、脚座は輸送容器の内側に埋没せず、脚座の側板が圧縮変形を生ずる。

(a)-第A.16図に解析モデルを示す。解析結果を(a)-第A.18表に示す。

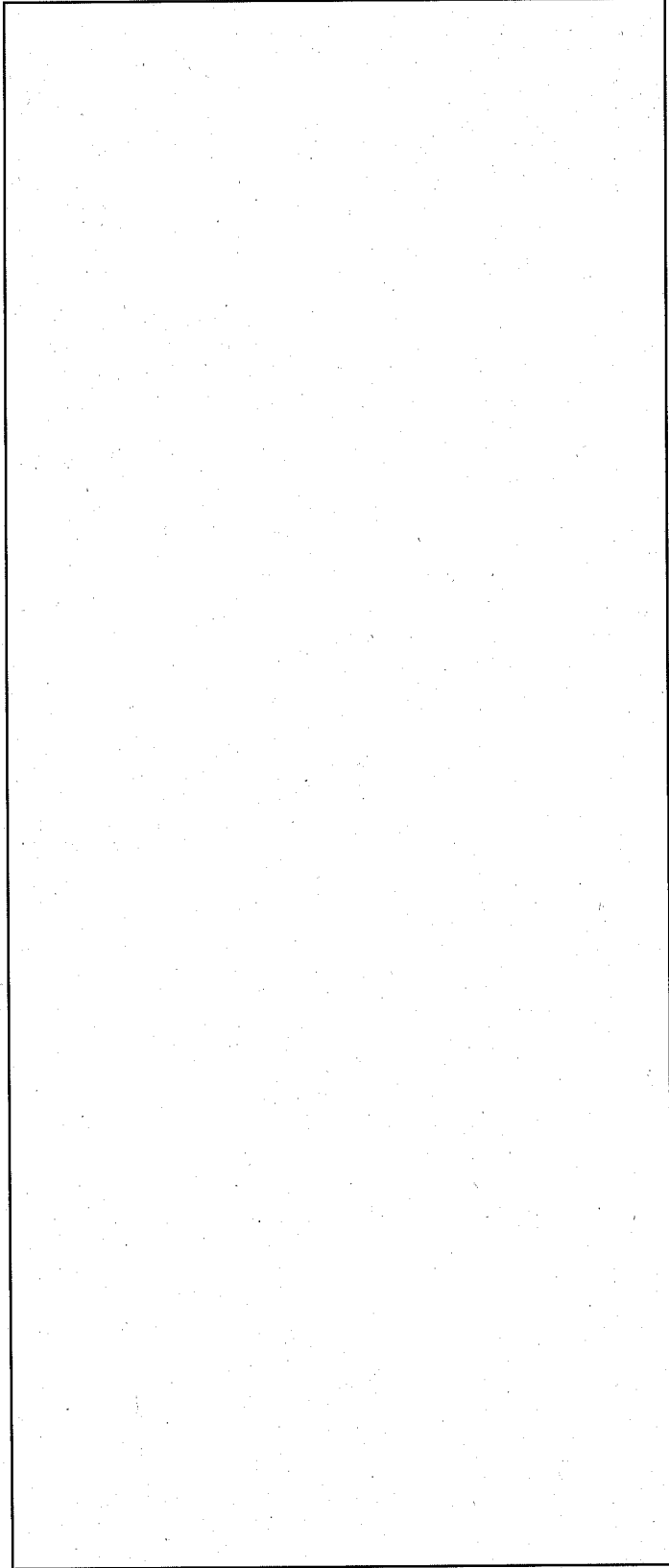
脚座のある方向から落下したときの外容器外胴及び脚座の強度評価については、(2)-2.1に示すとおりである。

(a)-第A.18表 脚座のある方向からの水平落下時における変形量と吸収エネルギー

領域	変形量 δ (mm)	圧縮変形体積 V (m ³)	圧縮変形応力 σ (Pa)	吸収エネルギー E (J)
①緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—
②断熱緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—
③外 胴 (厚さ <input type="text"/>)	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—
④外 胴 (厚さ <input type="text"/>)	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—
⑤脚 座 (板厚 <input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
⑥補強板 (厚さ <input type="text"/>)	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—
合 計	—	—	—	<input type="text"/>

1.2m落下時における落下エネルギーはであるので、落下エネルギーを吸収することができる。

この結果より脚座のある方向を下向きに落下したときは、脚座の側板が圧縮変形するだけで、外容器に変形は及ばない。



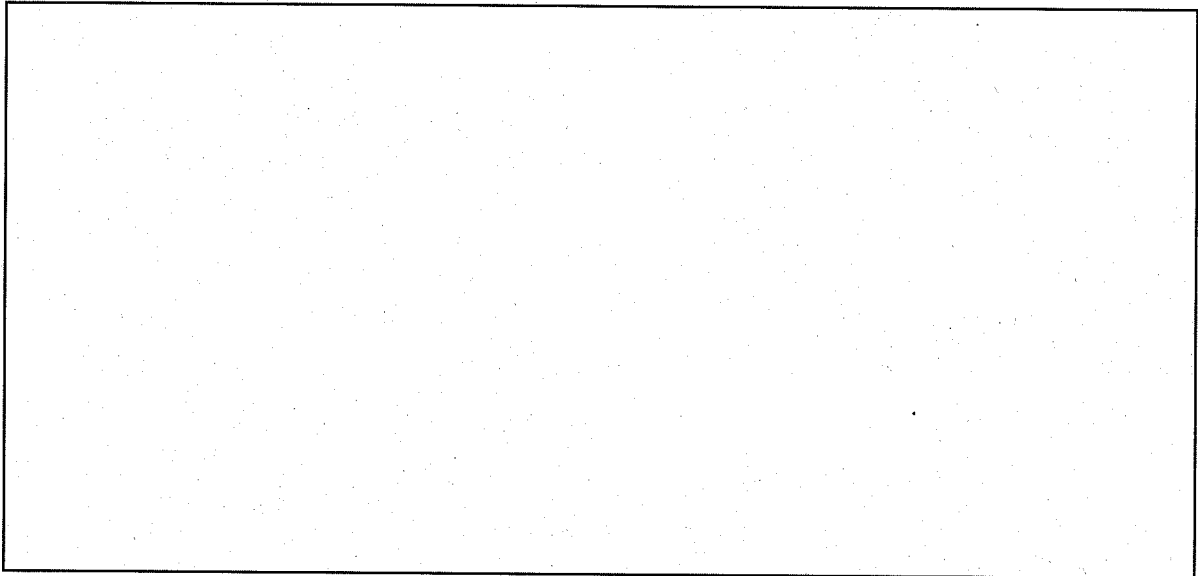
(□)-第 A.16 図 水平落下解析モデル (脚座のある方向からの落下)

(2)-2.1 脚座下向き水平落下の外容器外胴及び脚座の強度評価

核燃料輸送物が脚座のある方向から水平落下したときの落下衝撃によって、脚座側板には圧縮荷重が作用し、外容器本体部の外胴及び補強板には脚座側板によるせん断荷重が作用する。このため、脚座側板の圧縮強度と外容器本体部の脚座側板によるせん断強度を求め、両者を比較評価することにより、脚座側板の圧縮が先に発生して、外容器本体部はせん断されず、脚座側板の変形が落下エネルギーの吸収に寄与することを示す。

① 脚座側板の圧縮強度

脚座側板の圧縮強度の解析では、1枚の脚座側板の圧縮強度を評価する。脚座側板 の構造及び評価モデルを、(a)-第A.17図及び(a)-第A.18図に示す。



(a)-第A.17図 脚座側板の構造

圧縮強さ F (N) は、次式で表される。

$$F = \sigma_v \cdot A$$

ここで、

σ_v : 脚座側板 () の降伏応力

A : 脚座側板の横断面積

$$A = t \cdot l$$

$$= \text{} \times \text{} = \text{}$$

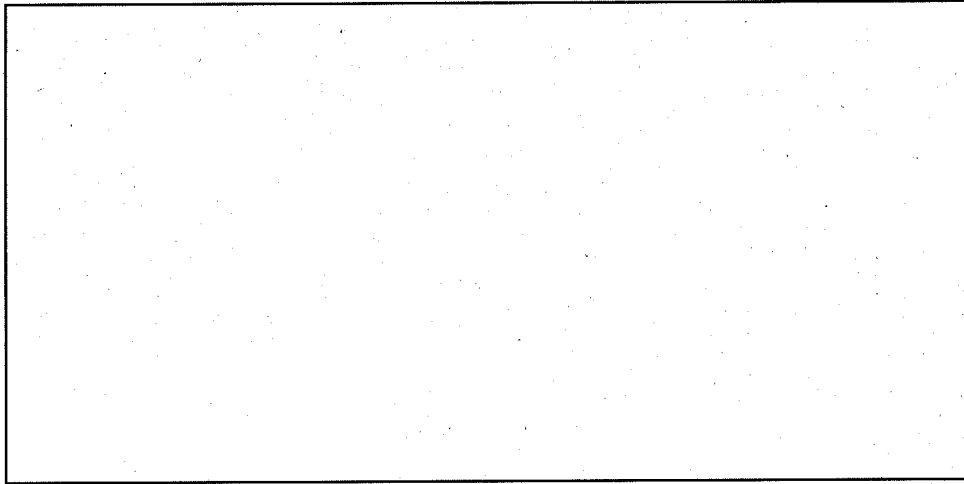
t : 脚座側板の厚さ

l : " の幅

である。

計算すると次のようになる。

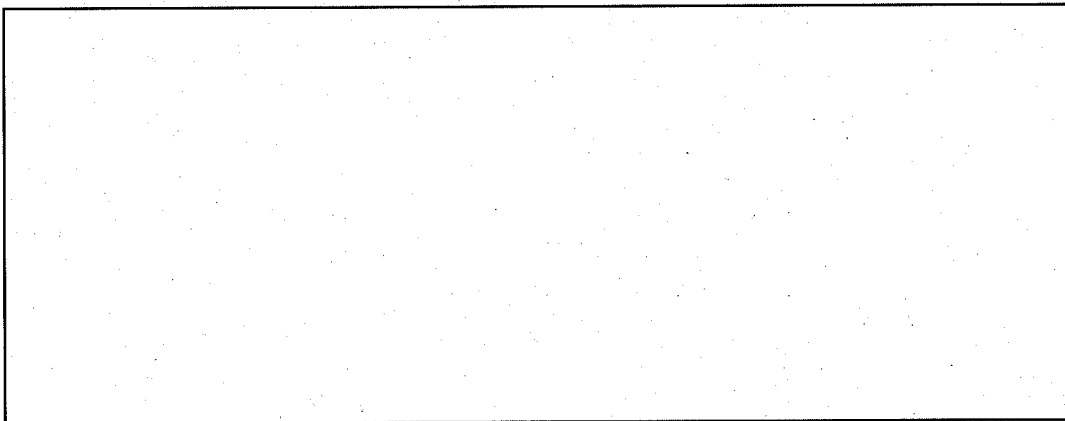
$$F = \sigma_y \cdot A$$
$$= \square \times \square = \square$$



(□)-第A.18図 脚座側板の圧縮強度解析モデル

② 外容器本体部の脚座側板によるせん断強度

脚座側板は、外容器外胴 (□, 板厚□) に溶接された補強板 (□, 板厚□) に溶接により取り付けられており、せん断は、脚座側板によって補強板及び外胴に発生する。外容器本体部の構造及び解析モデルを、(□)-第A.17図及び(□)-第A.19図に示す。



(□)-第A.19図 外容器本体部の脚座側板によるせん断強度解析モデル

脚座側板によるせん断強度P (N) は、次式で表される。

$$P = \sigma_b \cdot \ell \cdot t$$

ここで、

σ_b : せん断応力

$$= 0.6 \cdot \sigma_y = 0.6 \times \boxed{} = \boxed{}$$

σ_y : $\boxed{}$ の降伏応力 $\boxed{}$

ℓ : せん断輪部の全長

$$= (\boxed{} \times 2) + (\boxed{} \times 2) = \boxed{}$$

t : せん断部の板厚

$$= (\boxed{} + \boxed{}) = \boxed{}$$

である。

計算すると次のようになる。

$$P = \sigma_b \cdot \ell \cdot t$$

$$= \boxed{} \times \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{}$$

以上の結果より、脚座側板の圧縮強度F (N) より脚座側板による外容器本体部のせん断強度P (N) の方が大きい ($F = \boxed{} < P = \boxed{}$) ので、脚座のある方向からの落下では、脚座側板による外容器外胴のせん断が発生する前に脚座側板の圧縮変形が生じる。

(3) 1.2 m 傾斜落下

傾斜落下の場合、垂直落下や水平落下と異なる点は、コーナ落下を除いて、落下エネルギーの一部が核燃料輸送物の回転に消費されることである。ここでは、その残りのエネルギーがすべて外容器の変形に使われるとし、外容器の変形が内容器まで達しないことを示す。

傾斜落下したときに変形によって吸収されるエネルギーの算出及び変形する部分の体積の算出については、(3)-1及び(3)-2に示すとおりである。

1.2m 傾斜落下のときの代表的な落下角度における変形エネルギー (U) は、次式を用いて計算する。本輸送容器は重心が幾何形状の中心とずれているために、解析は上部と下部のそれぞれについて行う。

$$U = mgh \left(1 - \frac{\sin^2 \phi_0}{1 + \frac{I}{mP^2}} \right)$$

ここで、
 m : 核燃料輸送物質量
 g : 重力加速度 9.80665 (m/sec²)
 h : 落下高さ 1.2 (m)
 ϕ_0 : 傾斜角度
 I : 容器の慣性モーメント

$$= m \left(\frac{R^2}{4} + \frac{\ell^2}{12} \right) = \text{}$$

R : 容器外半径

ℓ : 容器全長

P : 重心から容器のコーナ部までの距離

$$= \sqrt{R^2 + S^2} = \text{(上部方向) = }$$

$$\text{(下部方向) = }$$

S : 重心から容器端部までの軸方向の長さ

上部方向:

下部方向:

である。この変形エネルギー (U) を用いて、変形量を求める。その結果を(□)-第A.19表に示す。

(□)-第A.19表 1.2m傾斜落下時解析結果

落下エネルギー (J)	落下角度 (度)	傾斜角度 (度)	吸収エネルギー (J)	変形量 (mm)
<input type="text"/>	上部 : 15	7.5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	上部 : 30	22.5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	上部 : 45	37.5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	上部 : 60	52.5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	上部 : 75	67.5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	下部 : 15	8.1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	下部 : 30	23.1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	下部 : 45	38.1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	下部 : 60	53.1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	下部 : 75	68.1	<input type="text"/>	<input type="text"/>

輸送容器の変形量は、傾斜落下の各角度において内容器まで達しない。

(3)-1 傾斜落下したときに変形によって吸収されるエネルギーの算出

容器が任意の角度で傾斜して落下した場合、落下エネルギーは、落下部の変形により吸収されるエネルギーとその後の回転に費やすエネルギーになる。落下の傾斜角度と落下部において吸収されるエネルギーの関係を求める。

(p)-第A.20図のように傾斜角度 ϕ_0 で核燃料輸送物が落下した場合、核燃料輸送物重心の運動方程式は、次式で表される。

$$\begin{aligned}MX &= R \\ MZ &= -F + Mg\end{aligned}\quad (1)$$

$$I \ddot{\phi} = F \cdot P \sin \phi - R \cdot P \cos \phi$$

X、Z : 重心の座標、着地点を原点とし、Zは下向きを正とする。

ϕ : 重心の回転角

R、F : 重心にかかるX方向、Z方向の反力

M : 核燃料輸送物質量

P : 落下部より重心までの距離

本モデルは、変形部をバネ定数kのバネに置き換えている。ここで、バネによる核燃料輸送物の落下エネルギー吸収現象は短時間に終了するものとし、重心の回転角は小さいと仮定する。重心部が微小回転 (α) 後、バネがh縮んだとき、重心の移動について次の関係が成り立つ。

$$X = P \sin \phi \quad (2a)$$

$$Z = -P \cos \phi + h$$

ここで、 $\phi = \phi_0 + \alpha$ であり、かつ、 α は微小であることから、次式が成り立つ。

$$X = P \sin \phi_0 + P \cos \phi_0 \cdot \alpha \quad (2b)$$

$$Z = -P \cos \phi_0 + P \sin \phi_0 \cdot \alpha + h$$

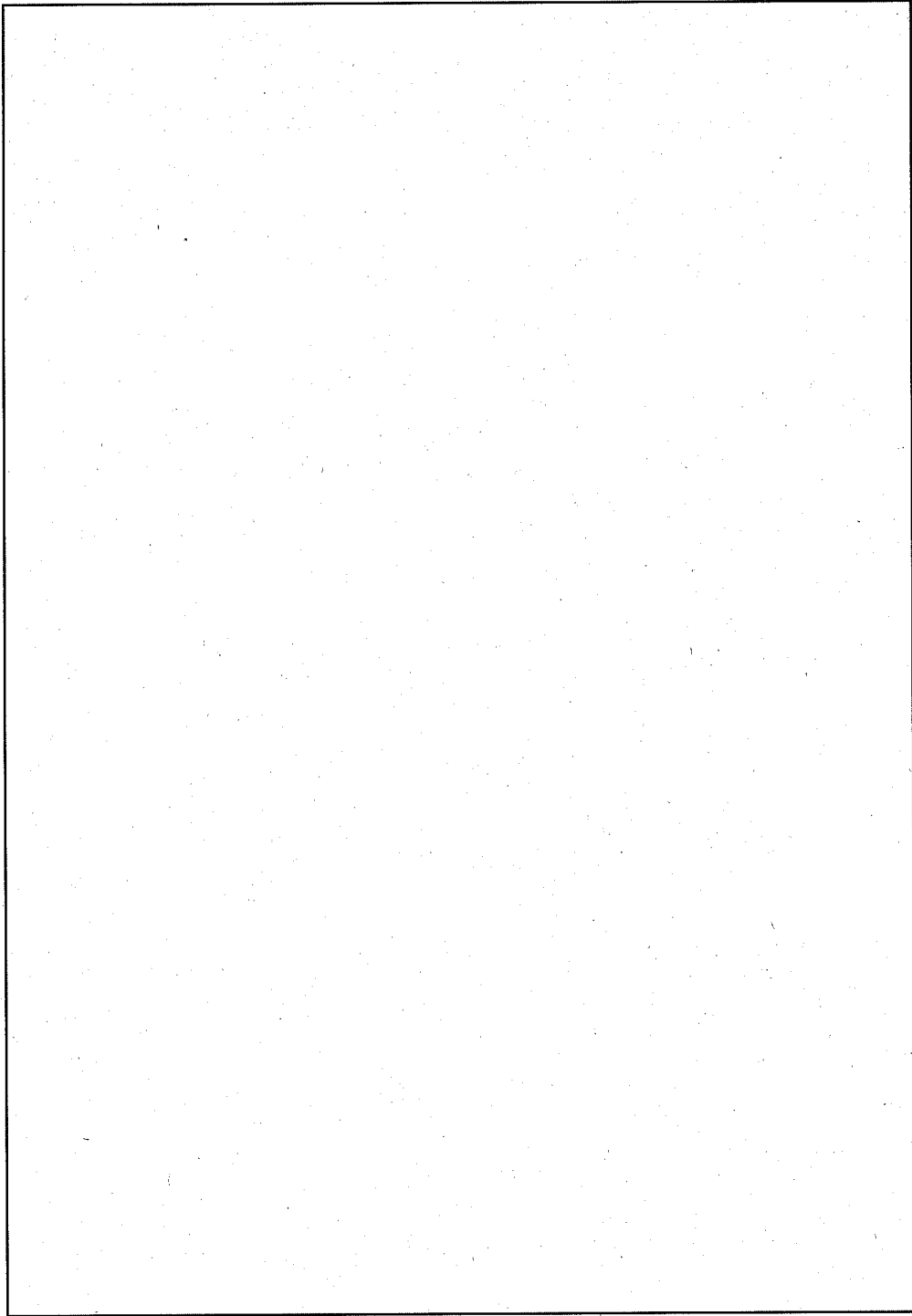
$$X = P \cos \phi_0 \cdot \alpha \quad (2c)$$

$$Z = P \sin \phi_0 \cdot \alpha + h$$

まず、バネの変位hの解を求める。(1)と(2c)より次式を得る。

$$MP \cos \phi_0 \cdot \alpha = R \quad (3a)$$

バネ反力 $F = kh$ と(1)、(3a)より、



(□)-第A.20図 傾斜落下モデル

$$MP \sin \phi_0 \cdot \alpha + Mh = -kh + Mg \quad (3b)$$

$\phi = \phi_0 + \alpha$ と (1) より

$$I \alpha = F \cdot P \sin \phi_0 - R \cdot P \cos \phi_0$$

(3a) より、

$$I \alpha = kh \cdot P \sin \phi_0 - MP^2 \cos^2 \phi_0 \cdot \alpha \quad (3c)$$

(3b)、(3c) から α を消去し、 h について解くと次のようになる。

$$h + \Omega^2 h = g \quad (4)$$

$$\text{ここで、} \Omega^2 = \frac{k}{M} \left(\frac{\sin^2 \phi_0}{\cos^2 \phi_0 + \frac{I}{MP^2}} + 1 \right)$$

(4) の一般解は、

$$h = C_1 \cos(\Omega t) + C_2 \sin(\Omega t) + \frac{g}{\Omega^2} \quad (5)$$

である。これに初期条件

$$t = 0 \quad \text{で} \quad h = 0$$

$$t = 0 \quad \text{で} \quad \dot{h} = V_0 = \sqrt{2gH} \quad (\text{Hは落下高さ})$$

を入れると 2 定数 C_1 、 C_2 が定まり、(5) は次のようになる。

$$h = \frac{V_0}{\Omega} \sin(\Omega t) + \frac{g}{\Omega^2} (1 - \cos(\Omega t))$$

又は、

$$h = V_0 \cos(\Omega t) + \frac{g}{\Omega} \sin(\Omega t)$$

次に h の最大変位 h_m を求め、そのときバネに吸収されるエネルギー U を求める。この U が求めるものである。落下による変形が終わるのは $h = 0$ で、その時間を t_s とすると、

$$0 = V_0 \cos(\Omega t_s) + \frac{g}{\Omega} \sin(\Omega t_s)$$

$$\therefore -\tan(\Omega t_s) = \frac{V_0 \Omega}{g}$$

そのときの変位 h_m は、

$$h_m = \frac{V_0}{\Omega} \sin(\Omega t_s) + \frac{g}{\Omega^2} (1 - \cos(\Omega t_s))$$

である。この h_m の値は $V_0 \Omega \gg g$ の場合、 $\Omega t_s \doteq \pi/2$ であるから次のようになる。

$$h_m \doteq \frac{V_0}{\Omega}$$

このときバネで吸収されているエネルギー U (変形部の吸収エネルギー) は、次式で求められる。

$$\begin{aligned} U &= \frac{k h_m^2}{2} \\ &= \frac{k V_0^2}{2 \Omega^2} \\ &= \left(\frac{k V_0^2}{2} \right) \left(\frac{M}{k} \right) \left(\frac{\cos^2 \phi_0 + \frac{I}{M P^2}}{\sin^2 \phi_0 + \cos^2 \phi_0 + \frac{I}{M P^2}} \right) \\ &= \frac{M V_0^2}{2} \left(1 - \frac{\sin^2 \phi_0}{1 + \frac{I}{M P^2}} \right) \end{aligned}$$

落下高さ H と衝突速度 V_0 の関係

$$H = \frac{V_0^2}{2g}$$

を代入して V_0 を消去すると、最終結果を得る。

$$U = \left(1 - \frac{\sin^2 \phi_0}{1 + \frac{I}{M P^2}} \right) M g H$$

この U が外容器の変形に消費されるので、以後の検討に用いる。

(3)-2 変形する部分の体積の算出

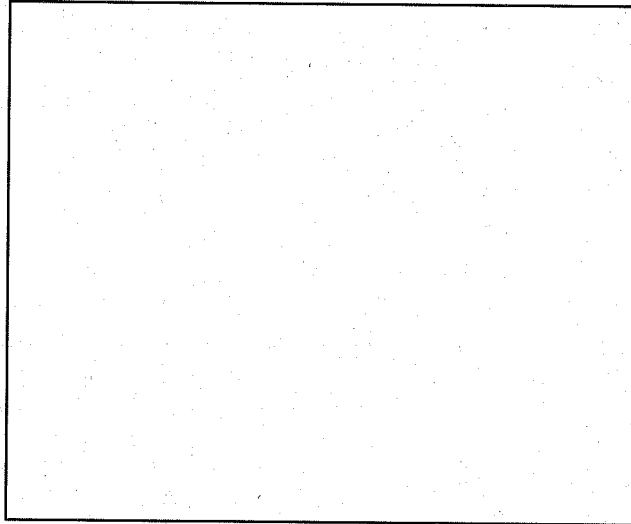
本節 ((□) 章 A.5.3 節) のはじめに述べたように、本落下解析の手法は、落下エネルギーと外容器の変形による吸収エネルギーを等しく置いて、変形量、衝撃加速度を求めるものである。したがって、変形部分の体積を求めなければならないが、傾斜落下の場合、垂直落下や水平落下と異なり変形が複雑なので、本節で変形部分の体積の求め方を示しておく。

傾斜落下によって変形する部分の求積法について述べる。傾斜落下によって変形する部分の形状は、次の4つである。

1. 外容器のみが馬てい型に変形する場合
2. 外容器及び保護蓋部が馬てい型に変形する場合
3. 外容器が馬てい型、保護蓋部が斜円柱状に変形する場合
4. 外容器及び保護蓋部が斜円柱状に変形する場合

以下に上記4ケースについての求積法を述べる。

求積法(1)：馬てい型変形



(□)-第A.21図 馬てい型の体積解析モデル(1)

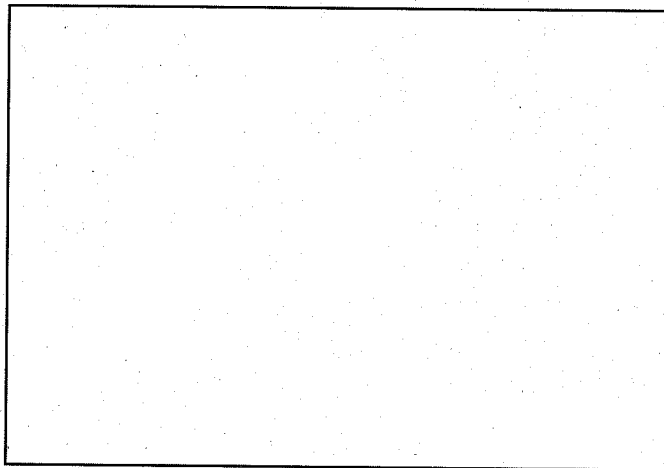
(□)-第A.21図からこの馬てい型の体積 (V_0I) 及び変形量 (Z) は、

$$V_0I = R^3 \tan A \left(\sin B - \frac{\sin^3 B}{3} - \frac{\pi}{180} B \cos B \right)$$

$$Z = R \sin A (1 - \cos B)$$

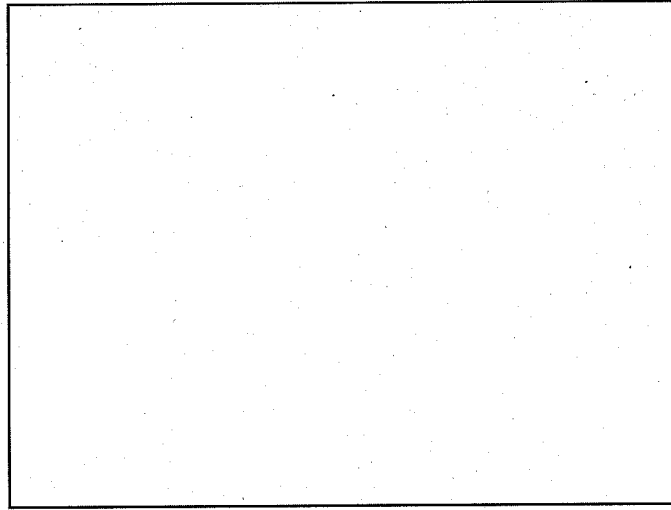
である。

求積法(2)：馬てい型変形(2重円柱)



(□)-第A.22図 馬てい型の体積解析モデル(2)

(Ⅱ)-第A.22図に示すように2重円柱の場合で、全領域が馬てい型である。



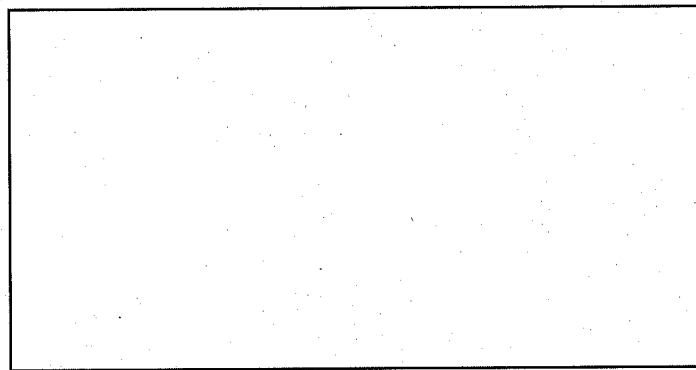
(Ⅱ)-第A.23図 馬てい型の体積解析モデル(3)

全領域 ($V_0 I_0$) は、求積法(1)から [(Ⅱ)-第A.23図参照]、

$$V_0 I_0 = R_0^3 \tan A \left(\sin B_0 - \frac{\sin^3 B_0}{3} - \frac{\pi}{180} B_0 \cos B_0 \right)$$

$$B_0 = \cos^{-1} \left(1 - \frac{Z}{R_0 \sin A} \right)$$

である。同様に領域Ⅱの体積 ($V_0 I_{11}$) は [(Ⅱ)-第A.24図参照]、



(Ⅱ)-第A.24図 馬てい型の体積解析モデル(4)

$$V_0 I_{11} = R_1^3 \tan A \left(\sin B_1 - \frac{\sin^3 B_1}{3} - \frac{\pi}{180} B_1 \cos B_1 \right)$$

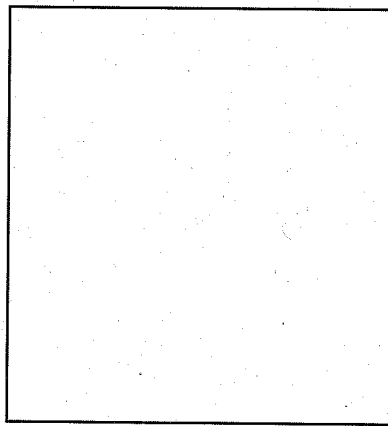
$$B_1 = \cos^{-1} \left(\frac{R_0 \cos B_0}{R_1} \right)$$

である。したがって、領域 I の体積 (V_{0I_1}) は、

$$\begin{aligned}
 V_{0I_1} &= V_{0I_0} - V_{0I_{II}} \\
 &= R_0^3 \tan A \left(\sin B_0 - \frac{\sin^3 B_0}{3} - \frac{\pi}{180} B_0 \cos B_0 \right) \\
 &\quad - R_1^3 \tan A \left(\sin B_1 - \frac{\sin^3 B_1}{3} - \frac{\pi}{180} B_1 \cos B_1 \right)
 \end{aligned}$$

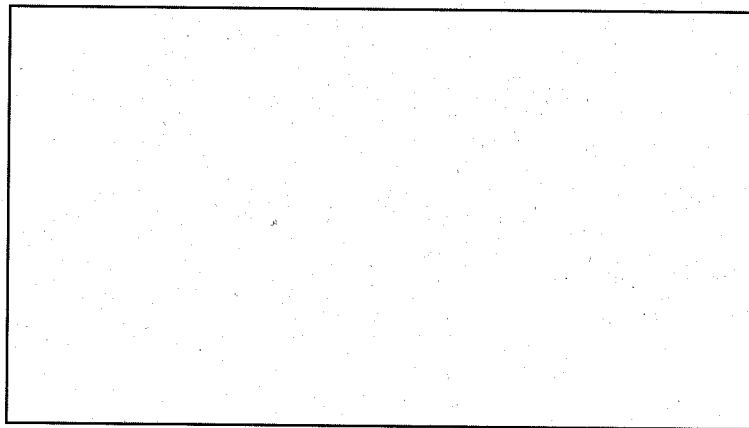
となる。

求積法(3) : 馬てい型+斜円柱変形 (2重円柱)



(v)-第 A. 25 図 馬てい型の体積解析モデル(5)

(v)-第 A. 25 図に示すように2重円柱で全領域が馬てい型、領域 II が斜円柱である。



(v)-第 A. 26 図 馬てい型の体積解析モデル(6)

求積法(2)と同様であるが領域Ⅱの形状が馬てい型ではなく、斜円柱となっている点異なる。全領域の体積 (V_{0I_0}) は、次式で与えられる。

$$V_{0I_0} = R_0^3 \tan A \left(\sin B_0 - \frac{\sin^3 B_0}{3} - \frac{\pi}{180} B_0 \cos B_0 \right)$$

$V_{0I_{II}}$ は斜円柱であるので、(□)-第A.26図より

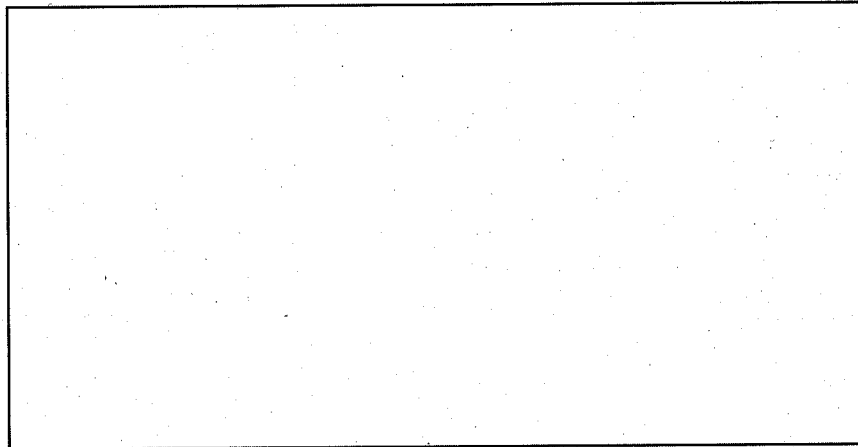
$$V_{0I_{II}} = \pi R_1^2 (b - R_0) \tan A$$

となる。したがって、領域Ⅰの体積 (V_{0I_I}) は、次のようになる。

$$\begin{aligned} V_{0I_I} &= V_{0I_0} - V_{0I_{II}} \\ &= R_0^3 \tan A \left(\sin B_0 - \frac{\sin^3 B_0}{3} - \frac{\pi}{180} B_0 \cos B_0 \right) \\ &\quad - \pi R_1^2 (b - R_0) \tan A \end{aligned}$$

求積法(4)：斜円柱変形(2重円柱)

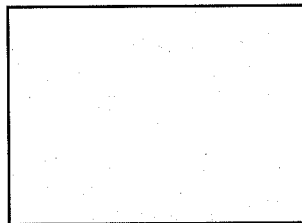
(□)-第A.27図のように斜円柱となる場合の手法を示す。



(□)-第A.27図 斜円柱の体積解析モデル(1)

斜円柱の体積 (V) の一般式は、 h_1 を最大母線の長さ、 h_2 を最小母線の長さとする
と次式で与えられる。[(□)-第A.28図参照]

$$V = \frac{1}{2} \pi R^2 (h_1 + h_2)$$



(□)-第A.28図 斜円柱の体積解析モデル(2)

体積 (V_{OI_0}) は、次式で与えられる。

$$V_{OI_0} = \pi R_0^2 \frac{Z - R_0 \sin A}{\cos A}$$

同様に体積 ($V_{OI_{II}}$) も次式で与えられる。

$$V_{OI_{II}} = \pi R_1^2 \frac{Z - R_1 \sin A}{\cos A}$$

したがって、体積 (V_{OI_I}) は、

$$\begin{aligned} V_{OI_I} &= V_{OI_0} - V_{OI_{II}} \\ &= \pi R_0^2 \frac{Z - R_0 \sin A}{\cos A} - \pi R_1^2 \frac{Z - R_1 \sin A}{\cos A} \end{aligned}$$

となる。

(4) コーナ落下

コーナ落下は傾斜落下の特別な場合であり、(v)-第A.29図のように核燃料輸送物の落下点と重心を結ぶ線が、剛体面に対して垂直な場合の落下である。したがって、解析目的、手法、条件等は、すべて、前節の傾斜落下の場合と同一である。ここでも解析は上部と下部に分けて行う。上部及び下部のコーナ落下解析モデルを、(v)-第A.30図及び(v)-第A.31図に示す。

コーナ落下角度 (A°) は、次式で与えられる。

$$A = \tan^{-1} \left(\frac{R}{\ell} \right)$$

R : 核燃料輸送物外半径

ℓ : 核燃料輸送物重心から容器端部までの軸方向の長さ

上部方向

下部方向

ゆえに、上部方向は

$$A = \tan^{-1} \left(\frac{\text{[]}}{\text{[]}} \right) = \text{[]}$$

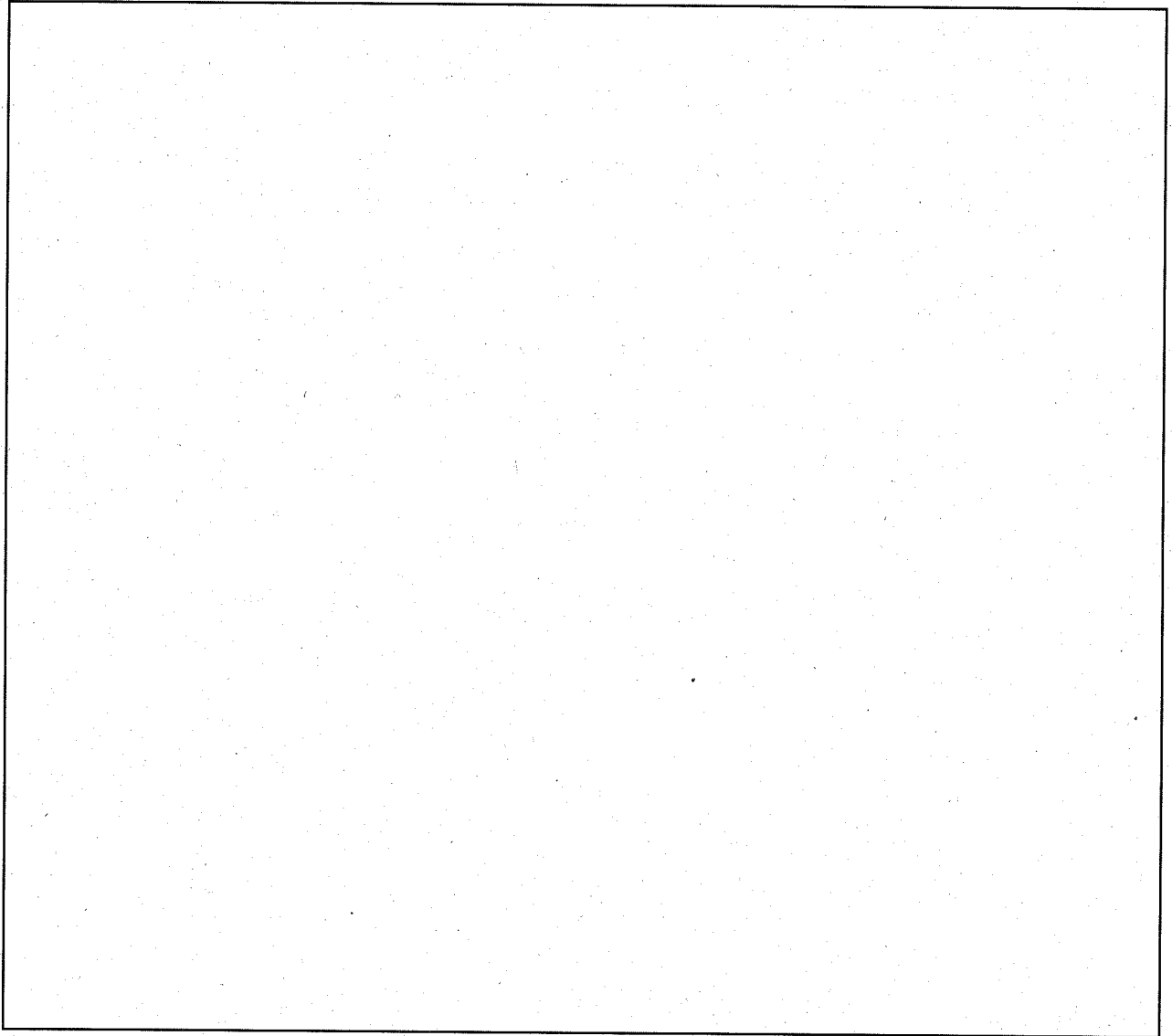
下部方向は、

$$A = \tan^{-1} \left(\frac{\text{[]}}{\text{[]}} \right) = \text{[]}$$

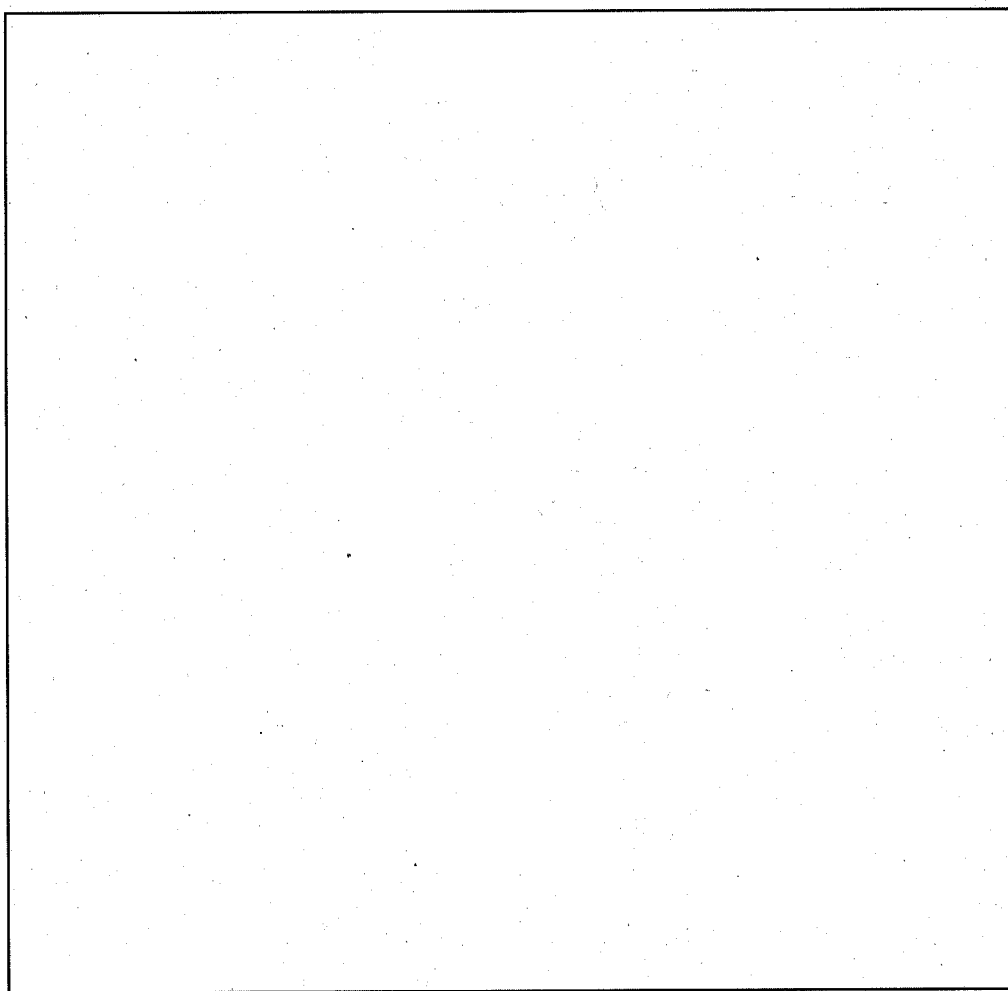
となる。傾斜落下と同様にして、コーナ落下の変形量を計算し、その結果を(v)-第A.20表に示す。

(□)-第A.20表 1.2mコーナ落下時解析結果

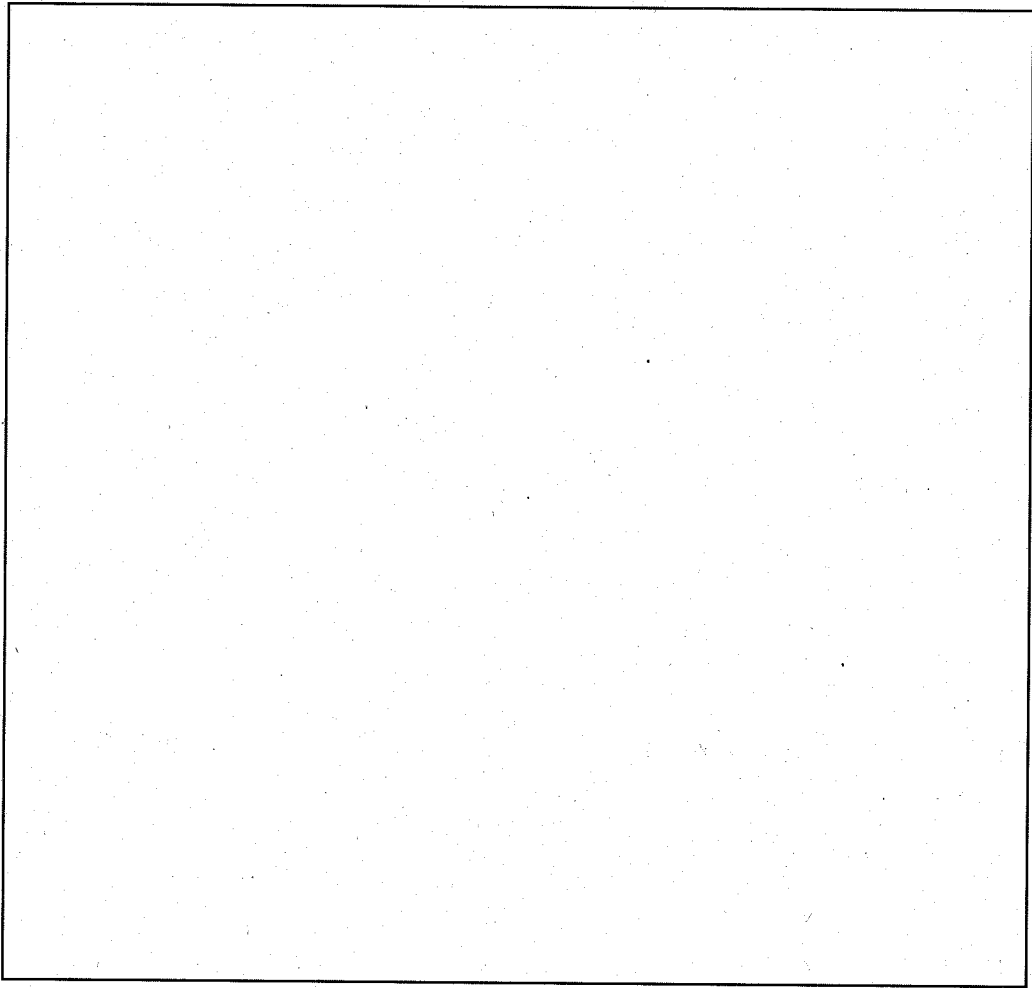
落下エネルギー (J)	落下角度 (度)	傾斜角度 (度)	吸収エネルギー (J)	変形量 (mm)
□	□	□	□	□
	□	□	□	□



(ロ)-第A.29図 コーナ落下評価モデル



(□)-第 A. 30図 上部コーナ落下解析モデル



(□)-第 A. 31 図 下部コーナ落下解析モデル

A.5.4 積み重ね試験

外運搬規則及び外運搬告示に基づき核燃料輸送物の負荷荷重による影響を解析するため、まず、核燃料輸送物の総重量の5倍に相当する荷重 (W_1) と核燃料輸送物の鉛直投影面積に13kPaを乗じた荷重 (W_2) とを比較する。

前者の荷重 W_1 は、

$$W_1 = 5m g$$

$$= 5 \times \boxed{} \times 9.80665 = \boxed{}$$

m : 核燃料輸送物質量 $\boxed{}$

g : 重力加速度 9.80665 (m/sec²)

であり、後者の荷重 W_2 は、

$$W_2 = 13 \times 10^3 \cdot D \cdot L$$

$$= 13 \times 10^3 \times \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{}$$

D : 核燃料輸送物の直径 $\boxed{}$

L : 核燃料輸送物の長さ $\boxed{}$

であるので、 $W_1 > W_2$ となる。したがって、前者、すなわち、核燃料輸送物の5倍に相当する荷重 W_1 と核燃料輸送物自重を考慮した核燃料輸送物重量の6倍を圧縮の負荷荷重として核燃料輸送物の強度を解析する。核燃料輸送物には圧縮負荷荷重が均等にかかるものとし、核燃料輸送物は脚座で支えられるとする。

解析モデルを(□)-第A.32図に示す。外胴には荷重により曲げ応力が発生する。外胴のB断面〔(□)-第A.32図参照〕での曲げ応力 (σ_B) は、次式で表される。

$$\sigma_B = \frac{M_B}{Z}$$

ここで、 M_B : 脚座部の曲げモーメント

$$= \frac{w l_1^2}{2} = \frac{\boxed{} \times \boxed{}^2}{2} = \boxed{}$$

w : 均等荷重

$$= \frac{6 \times \boxed{} \times 9.80665}{5} = \boxed{}$$

l_1 : 脚座から外容器端面までの距離 $\boxed{}$

Z : 外胴の断面係数

$$= \frac{\pi}{32} \left(\frac{d_2^4 - d_1^4}{d_2} \right)$$

$$= \frac{\pi}{32} \left(\frac{\boxed{}^4 - \boxed{}^4}{\boxed{}} \right) = \boxed{}$$

d₁ : 外胴の内径 \boxed{}

d₂ : 外胴の外径 \boxed{}

である。数値計算を行うと、

$$\sigma_B = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{}$$

となる。

次に、C断面〔(ロ)-第A.32図参照〕での曲げ応力(σ_c)は、次式で表される。

$$\sigma_c = \frac{M_c}{Z}$$

ここで、

M_c : 中央部(C点)の曲げモーメント

$$= -\frac{w(l_c + l_1)^2}{2} + R_B l_c$$

$$= -\frac{\boxed{} \times (\boxed{} + \boxed{})^2}{2} + \boxed{} \times \boxed{}$$

$$= \boxed{}$$

R_B : B点での反力

$$= \frac{w(l_2 + l_1)^2 - w l_3^2}{2l_2}$$

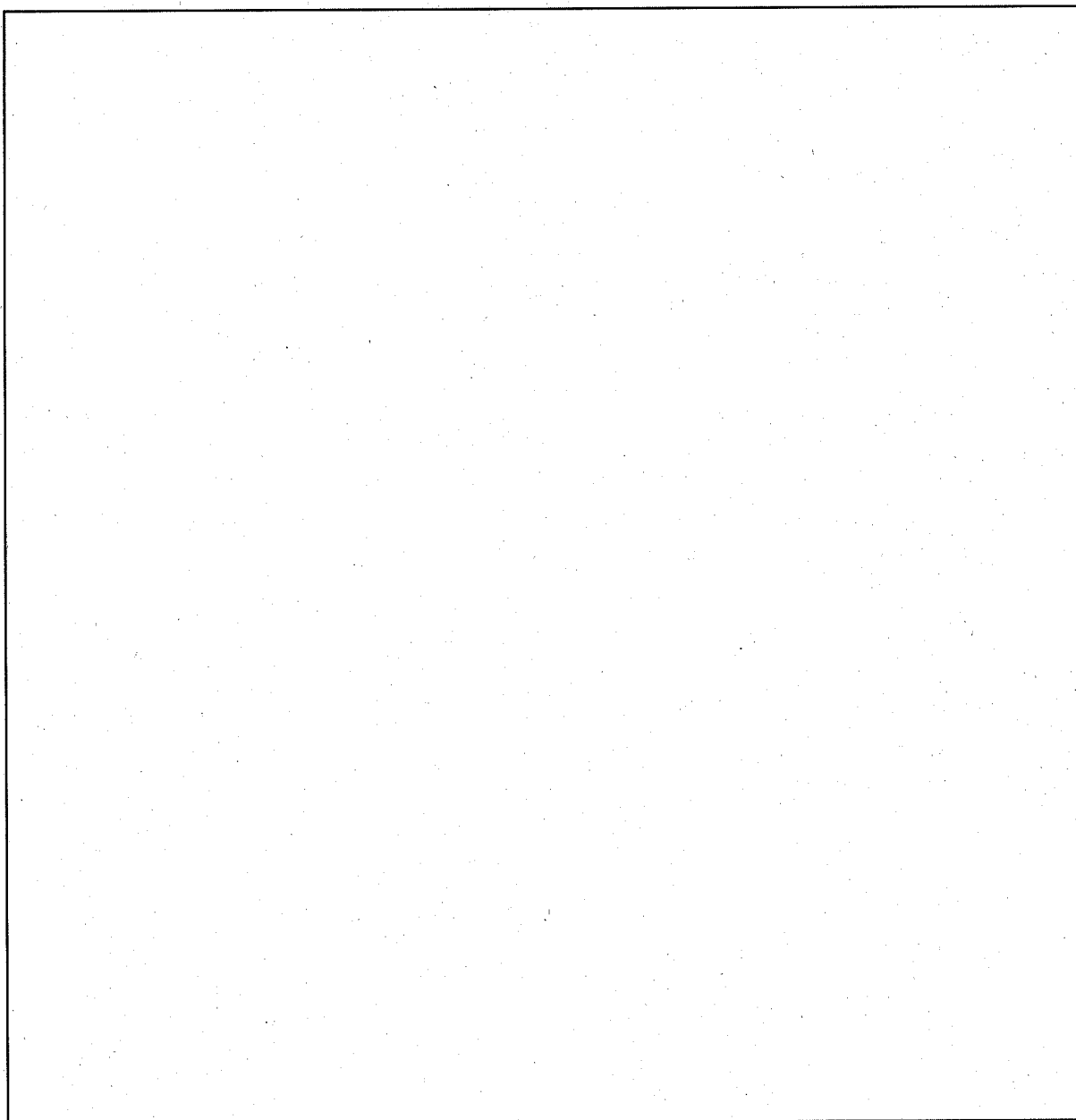
$$= \frac{\boxed{} \times (\boxed{} + \boxed{})^2 - \boxed{} \times \boxed{}^2}{2 \times \boxed{}}$$

$$= \boxed{}$$

l_c : せん断力F_c = 0となるまでの距離

$$-w(l_c + l_1) + R_B = 0$$

$$l_c = \frac{R_B}{w} - l_1 = \boxed{}$$



(□)-第 A. 32図 圧縮解析モデル

Z : C断面の外胴の断面係数

である。数値計算を行うと、

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \frac{M_c}{Z} \\ &= \frac{\text{}}{\text{}} = \text{}\end{aligned}$$

となる。

B断面に作用する曲げ応力 (σ_B) とC断面に作用する曲げ応力 (σ_c) を比較して、最大となる値を外胴に生ずる曲げ応力 (σ) とする。

したがって、外胴に生ずる最大曲げ応力は であり、許容応力 に比べると小さい。

以上より、輸送容器に5倍の荷重が加わっても、容器が破損することはない。

A. 5. 5 貫通

規定の軟鋼棒（直径：3.2mm、重量：6kg）を1mの高さから輸送容器へ落下させた場合の変形量を求め、変形が内容器に達しないことを示す。

解析は次の場合について行う。

- (1) 軟鋼棒が可融栓以外の部分へ落下した場合
 - (2) 軟鋼棒が可融栓の部分へ落下した場合
- (1) 可融栓以外の部分への落下〔(□)-第A.33図(1)参照〕

本輸送容器の外胴は板厚□又は□、保護蓋及び外胴端板の板厚は□であるので、軟鋼棒の落下による容器への影響は、外胴□に行った場合が大である。よって外胴へ貫通試験を行った場合について以下の解析を行う。解析は、容器の緩衝材部分と断熱緩衝材部分について行う。

(1)-1 緩衝材部分への落下

規定の軟鋼棒が1mの高さから落下したときの落下エネルギー（ U_k ）が、外胴及び緩衝材を球冠状にへこませるエネルギー（ U ）としてすべて消費されるものとする。すると、次式の関係が成り立つ。

$$U_k = U$$

U_k : 軟鋼棒の落下エネルギー

$$= m \cdot g \cdot h$$

$$m : \text{軟鋼棒の質量} \quad 6 \quad (\text{kg})$$

$$g : \text{重力加速度} \quad 9.80665 \quad (\text{m/sec}^2)$$

$$h : \text{落下高さ} \quad 1 \quad (\text{m})$$

$$= 6 \times 9.80665 \times 1 = 58.8 \quad (\text{J})$$

U : 外胴及び緩衝材の変形エネルギー

$$= \sigma_s V_1 + \sigma_c V_2$$

$$\sigma_s : \text{外胴の圧縮変形応力} \quad \square$$

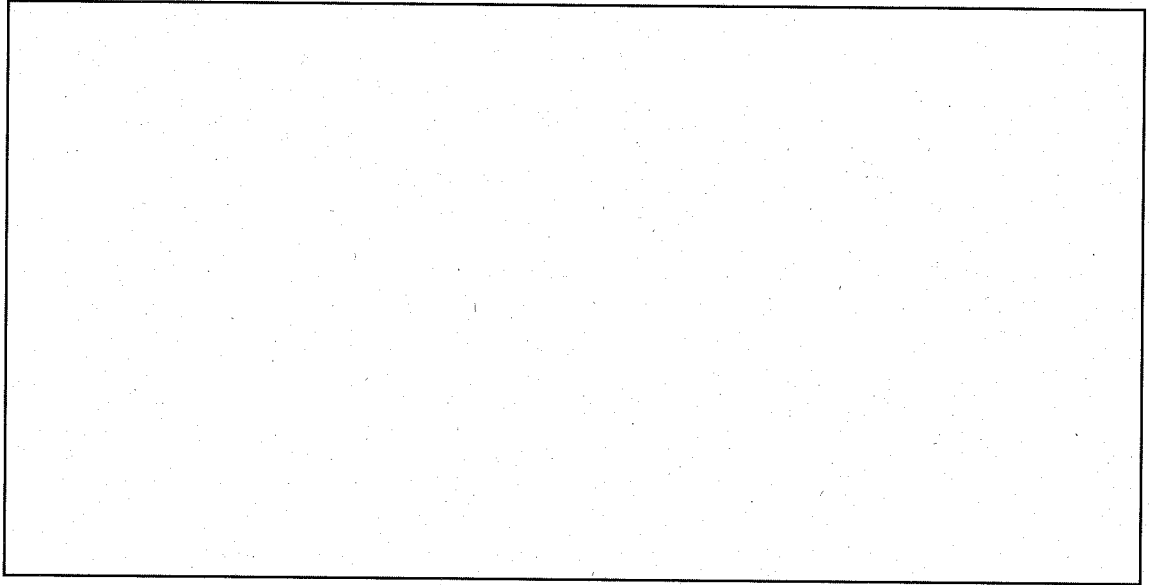
V_1 : 外胴の圧縮変形体積

$$= \frac{\pi}{3} \delta^2 (3r - \delta)$$

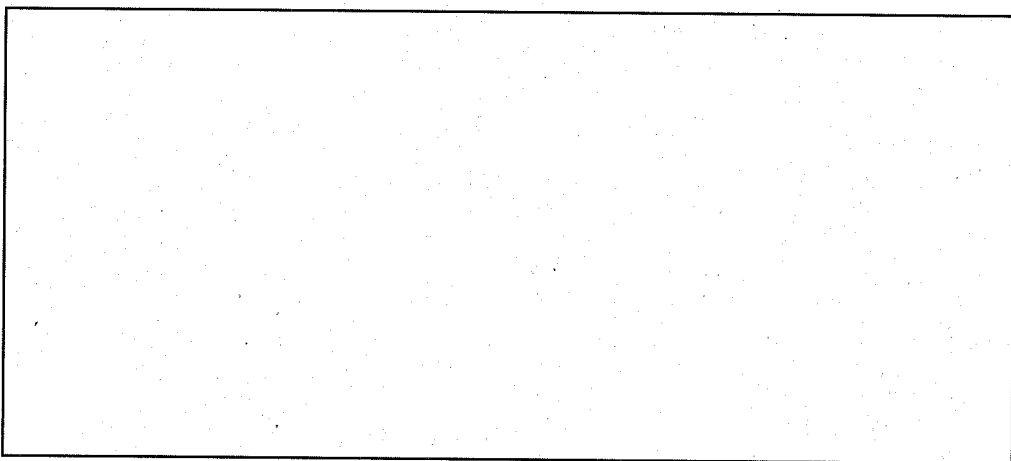
δ : 変形量

$$r : \text{軟鋼棒の半径} \quad 0.016 \quad (\text{m})$$

$$\sigma_c : \text{緩衝材の圧縮変形応力} \quad \square$$



(1) 可融栓以外への落下



(□)-第 A. 33 図 貫通試験解析モデル

V_2 : 緩衝材の圧縮変形体積

$$= \frac{\pi}{3} \delta^2 \{3(r+t) - \delta\}$$

t : 外胴の板厚

したがって、落下エネルギー (U_R) と変形エネルギー (U) は等しいので、

$$58.8 = \text{[]} \times \frac{\pi}{3} \delta^2 (3 \times 0.016 - \delta) + \text{[]}$$

$$\times \frac{\pi}{3} \delta^2 \{3(\text{[]} + 0.003) - \delta\}$$

δ について整理すると、次の3次方程式となる。

$$\delta^3 - \text{[]} \delta^2 + \text{[]} = 0$$

これを解くと、外容器の変形量は、

$$\delta = \text{[]} = \text{[]}$$

である。外胴が球冠状に深さ [] 変形するが、外容器の厚さ [] に比べて小さいので、変形は内容器まで達しない。

(1)-2 断熱緩衝材部分への落下

前項の緩衝材部分への落下と同様にして評価を行う。断熱緩衝材の圧縮変形応力は [] [] で、外胴の板厚は [] なので、落下エネルギー (U_R) と変形エネルギー (U) の関係式は、以下のとおりとなる。

$$58.8 = \text{[]} \times \frac{\pi}{3} \delta^2 (3 \times 0.016 - \delta) + \text{[]}$$

$$\times \frac{\pi}{3} \delta^2 \{3(0.016 + \text{[]}) - \delta\}$$

δ について整理すると、次の3次方程式となる。

$$\delta^3 - \text{[]} \delta^2 + \text{[]} = 0$$

これを解くと、外容器の変形量は、

$$\delta = \text{[]} = \text{[]}$$

である。外胴が球冠状に深さ [] 変形するが、外容器の厚さ [] に比べて小さいので、変形は内容器まで達しない。

(2) 可融栓への落下 [(□)-第A.33図(2)参照]

可融栓はネジ止めで外胴に固定されているが、外容器は密封境界ではないので、貫通試験に関しては、外容器に固定されている必要はない。

以下、軟鋼棒が可融栓用の穴を貫通しないことを示す。可融栓用の穴を軟鋼棒が貫通するのに要するエネルギーは、(□)-第A.33図(2)(b)に示すように軟鋼棒の径まで穴を拡大するのに消費されるエネルギー (E_1) であり、次式で表される。

$$E_1 = \sigma_s V_3$$

ここで、

σ_s : 外胴の圧縮変形応力

V_3 : 外胴の圧縮変形体積

$$= \frac{\pi}{4} \{ (2r)^2 - (2r')^2 \} t$$

$2r$: 軟鋼棒の直径 0.032 (m)

$2r'$: 可融栓用の穴径

t : 外胴板厚

$$= \frac{\pi}{4} (0.032^2 - \text{}^2) \times \text{} = \text{}$$

である。これらの値を求めると、

$$E_1 = \text{} \times \text{} = \text{}$$

となる。軟鋼棒の落下エネルギー [$U_k = 58.8$ (J)] と比較すると、

$$E_1 > U_k$$

となる。

したがって、軟鋼棒が可融栓用の穴を貫通することはない。よって、変形が内容器に達することはない。

A.5.6 角又は縁落下

該当せず。

A.5.7 結果の要約と評価

本核燃料輸送物については、(ロ)章A.6.1「強度試験・落下試験I」において、落下衝撃力がより激しい9m自由落下試験に対して、核燃料輸送物が強度及び密封性を保つことを示している。したがって、1.2m落下に対しても強度及び密封性が保たれるので、容器の健全性は確保される。

したがって、ここでは、自由落下における外容器の変形量についてのみ述べる。

各落下による変形量を、(ロ)-第A.21表に示す。

(ロ)-第A.21表 自由落下における変形量

落下姿勢	落下方向	変形量 (mm)	
垂直落下	上部	<input type="checkbox"/>	
	下部	<input type="checkbox"/>	
水平落下	脚座なし	<input type="checkbox"/>	
	脚座あり	<input type="checkbox"/>	
傾斜落下	上部	15°	<input type="checkbox"/>
		30°	<input type="checkbox"/>
		45°	<input type="checkbox"/>
		60°	<input type="checkbox"/>
		75°	<input type="checkbox"/>
	下部	15°	<input type="checkbox"/>
		30°	<input type="checkbox"/>
		45°	<input type="checkbox"/>
		60°	<input type="checkbox"/>
		75°	<input type="checkbox"/>
コーナ落下	上部	<input type="checkbox"/>	
	下部	<input type="checkbox"/>	

A.6 特別の試験条件

外運搬規則及び外運搬告示により、本核燃料輸送物に課せられた特別の試験条件は、次のとおりである。

(1) 強度試験

落下試験 I

落下試験 II

(2) 耐火試験

(3) 浸漬試験

ここで、(2) 耐火試験は後述B.熱解析の項に示すので、本項では(1)強度試験と(3)浸漬試験について解析する。

A.6.1 強度試験・落下試験 I (9 m 落下時)

外運搬規則及び外運搬告示により核燃料輸送物を9 mの高さから落下させる試験の評価を行う。

ここでは下記の各落下試験について検討する。

A.6.1.1 垂直落下

A.6.1.2 水平落下

A.6.1.3 コーナ落下

A.6.1.4 傾斜落下

(a) 解析

各落下試験の検討は、解析によって行う。なお、解析の妥当性は、原型容器試験の結果と比較検討することによって立証する。(註)章H原型試験報告書参照。

(b) 原型試験

実容器相当容器である原型容器を用いて原型容器試験を実施し、核燃料輸送物の構造的な安全性を確認し、さらに、解析手法の妥当性を確認した。

原型容器は外容器、内容器及び燃料集合体ホルダより構成されており、外寸法で直径□
□、長さ□の円筒型容器で、輸送容器重量は□である。

(註)-H原型試験報告書参照。

(c) モデル試験

採用せず。

本解析の目的は、次のとおりである。

- (1) 9 m 落下による外容器の変形量が内容器まで達せず、内容器が健全であり、その密封性が損なわれないこと。
- (2) 収納物の破損がないこと。

を示すことである。

なお、外容器の変形量は、(ロ)章B.熱解析と(ロ)章D.しゃへい解析の各々において解析上最も影響のある場合のものが用いられる。

解析は、次の基準に基づいて行う。

- (a) 核燃料輸送物の落下エネルギーが外容器の変形にのみ費やされるとする。ただし、傾斜落下の場合、一部の落下エネルギーは核燃料輸送物の回転エネルギーとして消費される。
- (b) 垂直落下では、変形量の計算には外胴の鋼板を考慮せず、変形量を過大に評価する。衝撃加速度倍率の計算には外胴の鋼板を考慮し、衝撃加速度倍率を安全側に評価する。
- (c) 水平落下では、脚座のない方向とある方向についてそれぞれ変形量と衝撃加速度倍率を評価する。
- (d) 傾斜落下では、垂直落下と同様に変形量の計算には外胴の鋼板を考慮しないが、衝撃加速度倍率の計算には外胴の鋼板を考慮し、安全側の評価をする。
- (e) 内容器等の強度解析に用いる衝撃加速度倍率は、外容器の落下エネルギー吸収式から求めたものとする。したがって、最大衝撃加速度倍率で評価を行うことになる。
- (f) 使用材料の圧縮変形応力（動変形応力）は、次の値を用いる。[(ロ)-表A 5～10参照]

鋼板については、静的降伏応力を動変形応力として用いている。

緩衝材 ()	()
緩衝材 ()	()
断熱緩衝材 ()	()
中性子しゃへい材 ()	()
鋼板 ()	()

以上の条件に基づき、変形量 (δ) と衝撃加速度倍率 (G) は、次のようにして求める。

- a) 核燃料輸送物の落下エネルギー ($U = m \cdot g \cdot h$ 、 m : 核燃料輸送物質量、 g : 重力加速度、 h : 落下高さ) と外容器の変形部の吸収エネルギー (U_e) が等しいから、

$$U = U_e \quad (1)$$

ここで、

$$U_e = \sum_n \sigma_n V_n \quad (2)$$

U_e : 外容器の変形部の吸収エネルギー (J)

σ_n : 外容器各部材の圧縮変形応力 (Pa)

V_n : 外容器各部材の圧縮変形体積 (m^3)

である。圧縮変形体積 ($V = \sum_n V_n$) は、変形量 (δ) の関数であるから、(1)、(2) を解いて δ が求まる。

b) 衝撃加速度倍率 (G) は、核燃料輸送物への衝撃力 (F) と核燃料輸送物質量 (m) 及び重力加速度 (m/sec²) より、次式から求める。

$$G = \frac{F}{m \cdot g}$$

ここで、

- G : 衝撃加速度倍率
- F : 衝撃力 (N)
- m : 核燃料輸送物質量 (kg)
- g : 重力加速度 (m/sec²)

である。

A.6.1.1 垂直落下

9 m垂直落下の検討は、次の項目について行う。

- (1) 外容器変形量
- (2) 衝撃加速度倍率
- (3) 輸送容器本体各部の強度
- (4) 収納物の強度
- (5) まとめ

(1)により外容器変形量を求め、変形が内容器まで及ばないことを示す。(2)により衝撃加速度倍率を求め、(3)(4)で必要な衝撃力を求めるための衝撃加速度倍率とする。(3)により輸送容器本体各部の強度を求め、内容器が健全であることを示す。(4)により収納物(燃料集合体)が破損しないことを確認する。

(1) 外容器変形量

(1)-1 上部(蓋部方向)垂直落下

核燃料輸送物が保護蓋を下向きに落下したときの変形量を求める。核燃料輸送物の落下エネルギー (U) は、次式で表される。

$$U = m \cdot g \cdot h$$

- m : 核燃料輸送物質量
- h : 落下高さ 9 (m)
- g : 重力加速度 9.80665 (m/sec²)

核燃料輸送物の落下エネルギーは、

$$U = \boxed{} \times 9 \times 9.80665 = \boxed{}$$

となる。この落下エネルギーは外容器を構成する緩衝材（及び）、保護蓋を構成する緩衝材（）及び一部の鋼板（中間胴）の変形により吸収される。(p)-第A.34図に計算モデルを、(p)-第A.22表に解析結果を示す。

(p)-第A.22表 上部垂直落下時の変形量と吸収エネルギー

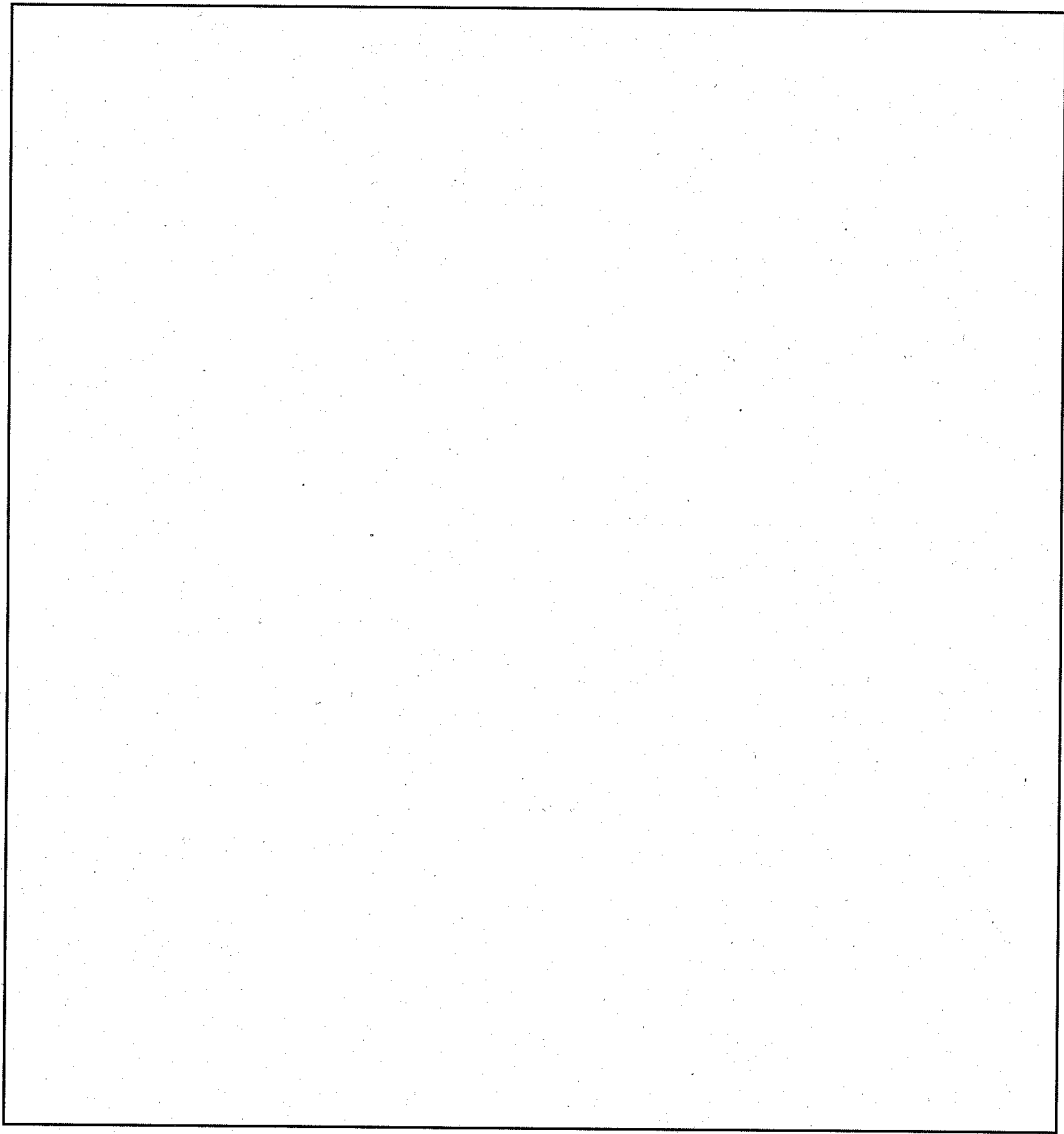
領域	変形量 δ (mm)	圧縮変形体積 V (m ³)	圧縮変形応力 σ (Pa)	吸収エネルギー E (J)
①緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
②緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
③緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
④鋼板 (中間胴)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
合計	—	—	—	<input type="text"/>

したがって、9 m上部垂直落下時の落下エネルギー〔U= (J)〕を吸収できる。外容器の厚さは(p)-第A.34図に示すようにであるので、外容器の変形（変形量）は内容器に達しない。

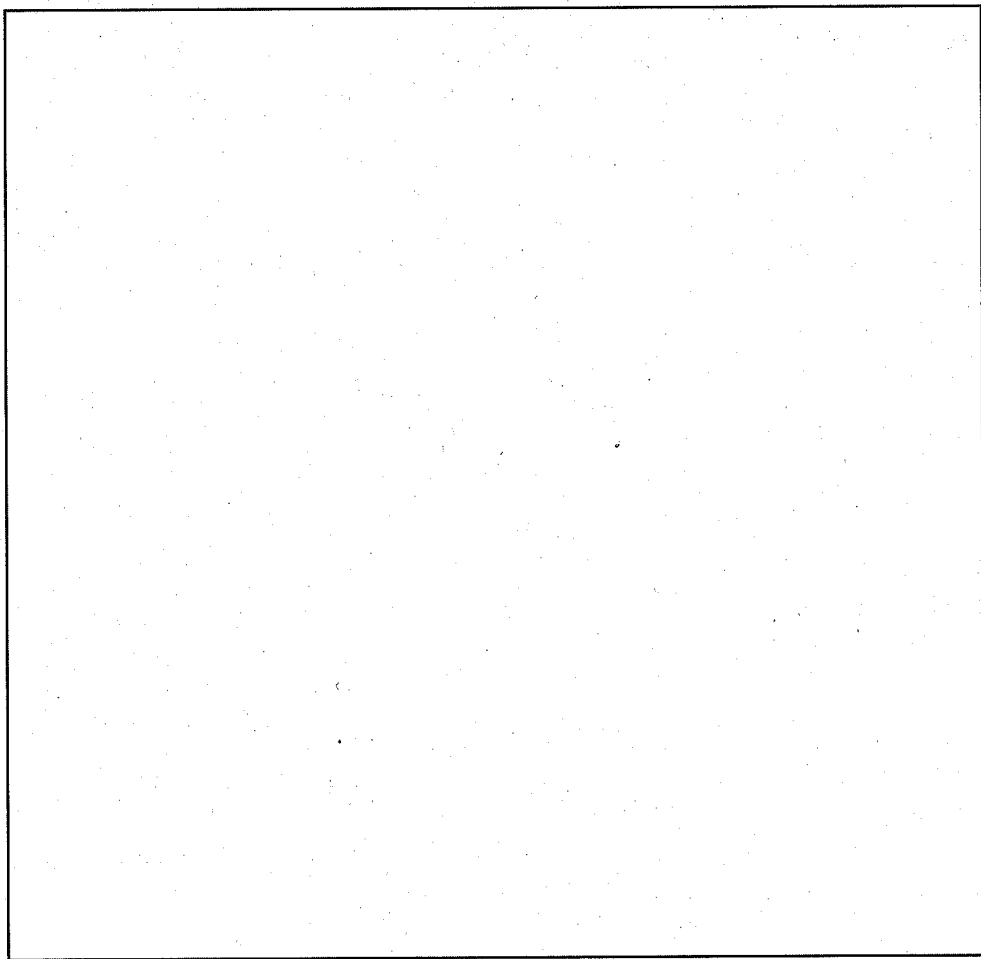
(1)-2 下部（底部方向）垂直落下

核燃料輸送物が底部を下向きに落下したときの変形量を求める。核燃料輸送物の落下エネルギーは、前項と同様に (J)である。

この落下エネルギーは、外容器を構成する緩衝材（及び）の変形により吸収される。(p)-第A.35図に計算モデルを、(p)-第A.23表に解析結果を示す。



(ア)-第 A. 34 図 上部垂直落下解析モデル



(ア)-第 A. 35図 下部垂直落下解析モデル

(ロ)-第A.23表 下部垂直落下時の変形量と吸収エネルギー

領域	変形量 δ (mm)	圧縮変形体積 V (m ³)	圧縮変形応力 σ (Pa)	吸収エネルギー E (J)
①緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
②緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
合計	—	—	—	<input type="text"/>

したがって、9 m上部垂直落下時の落下エネルギー〔 $U =$ 〕を吸収できる。外容器の厚さは(ロ)-第A.35図に示すように であるので、外容器の変形 は内容器に達しない。

(2) 衝撃加速度倍率

(2)-1 上部（蓋部方向）垂直落下

核燃料輸送物が保護蓋を下向きに落下し外容器が変形するとき、核燃料輸送物が受ける衝撃^[9] 加速度倍率を求める。核燃料輸送物に加わる衝撃力の計算には、外容器を構成する緩衝材 (及び)、保護蓋を構成する緩衝材 () 及び鋼板（中間胴及び外胴）を考慮する。解析結果を(ロ)-第A.24表に示す。

(ロ)-第A.24表 上部垂直落下時の衝撃加速度倍率

領域	受圧面積 A (m ²)	圧縮変形応力 σ (Pa)	衝撃力 F (N)	衝撃加速度倍率 G
①緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
②緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
③緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
④鋼板 (中間胴)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
⑤鋼板 (外胴)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
合計	—	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(2)-2 下部（底部方向）垂直落下

核燃料輸送物が底部を下向きに落下し、外容器が変形するとき、核燃料輸送物が受ける衝撃加速度倍率を求める。核燃料輸送物に加わる衝撃加速度倍率の計算には、外容器を構成する緩衝材（及び）及び鋼板（外胴）を考慮する。解析結果を(ロ)-第A.25表に示す。

(ロ)-第A.25表 下部垂直落下時の衝撃加速度倍率

領域	受圧面積 A (m ²)	圧縮変形応力 σ (Pa)	衝撃力 F (N)	衝撃加速度倍率 G
①緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
②緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
③鋼板 (外胴)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
合計	—	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(3) 輸送容器本体各部の強度

衝撃加速度倍率の計算より、上部垂直落下時にG=、下部垂直落下時にG=の衝撃加速度倍率が生ずるが、ここでは強度解析上の衝撃加速度倍率条件としてG=を用いるものとする。輸送容器本体各部の強度解析では、密封性維持の観点から特に重要な以下の部位について評価を行う。

- (3)-1 蓋
- (3)-2 蓋ボルト
- (3)-3 底板
- (3)-4 内胴
- (3)-5 蓋Oリングの密封性

(3)-1 蓋

蓋の解析モデルを(ロ)-第A.36図に示す。上部垂直落下時、蓋に収納物からの荷重により、曲げ荷重が作用する。蓋は構造上、蓋ボルトの位置で肉厚が薄く強度が弱いいため、蓋ボルトの位置で周辺固定され、安全側に中央に穴のある円板と考え、蓋に生ずる最大曲げ応力を算出する。曲げ応力の算出には次式^[8]を用いる。

$$\sigma_1 = \beta_{14} \frac{P \cdot a^2}{h^2}$$

ここで、 β_{14} : b/a で与えられる係数

$$b/a = \boxed{} / \boxed{} = \boxed{} \text{ のとき } \beta_{14} = 0.7$$

a : ボルトサークル半径

b : 穴の半径

$$P : \text{蓋に作用する圧力 } P = |P_i - P_o| = | \boxed{} - \boxed{} |$$

$$= \boxed{}$$

$$P_i = \frac{m \cdot g \cdot G}{\frac{\pi}{4} d_i^2} = \frac{\boxed{} \times \boxed{} \times 9.80665}{\frac{\pi}{4} \times \boxed{}^2} = \boxed{}$$

P_i : 落下加速度による圧力 (Pa)

m : (燃料集合体 2 体) + (燃料集合体ホルダ) + (蓋) の質量

$$= \boxed{} + \boxed{} + \boxed{} = \boxed{}$$

G : 衝撃加速度倍率

g : 重力加速度 9.80665 (m/sec²)

d_i : 内胴内径

P_o : 木材 (からの圧力)

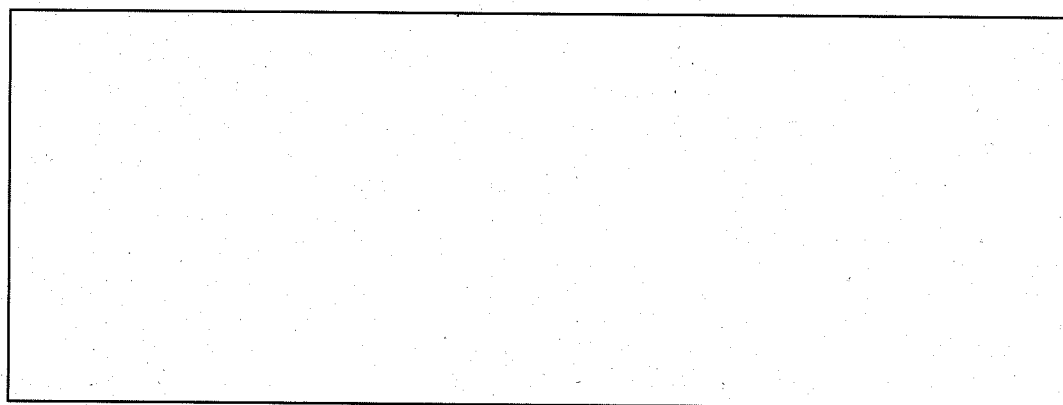
a : ボルトサークル半径

h : 板厚

である。上記の値を用いると、

$$\sigma = 0.7 \times \frac{\boxed{} \times \boxed{}^2}{\boxed{}^2} = \boxed{}$$

となる。ゆえに、上部垂直落下時に蓋に発生する曲げ応力 は許容応力 より小さく、蓋は上部垂直落下により破損することはない。



(ア)-第 A. 36 図 蓋の解析モデル

(3)-2 蓋ボルト

上部垂直落下時に、蓋ボルトには蓋に作用する圧力と、ガスケット締付け及び内圧により生ずる圧力により蓋ボルトに引張荷重が作用する。このとき、蓋ボルトに生ずる引張応力を算出する。引張応力の算出は次式を用いる。

$$\sigma = \frac{\frac{\pi}{4} d^2 P}{\frac{\pi}{4} d_i^2 n} + \sigma_1 = \left(\frac{d}{d_i}\right)^2 \frac{P}{n} + \sigma_1$$

ここで、 d : ボルトサークルの径

P : 蓋に作用する圧力

d_i : 蓋ボルトの谷の径

n : ボルトの数

σ_1 : ガスケット締付け及び内圧により生ずる

蓋ボルトへの引張応力 [A.5.1.3 応力計算より]

である。上記の値を用いると

$$\sigma = \left(\frac{\text{}}{\text{}}\right)^2 \times \frac{\text{}}{\text{}} + \text{} = \text{}$$

となる。ゆえに、上部垂直落下時に蓋ボルトに発生する引張応力 は許容応力 より小さく、蓋ボルトは上部垂直落下により破損することはない。

(3)-3 底板 [(v)-第A.37図参照]

下部垂直落下時底板に収納物等からの荷重により曲げ荷重が作用する。底板を内胴の位置で周辺固定され、等分布荷重を受ける円板と考え、底板に生ずる最大曲げ応力を算出する。曲げ応力の算出には次式^[8]を用いる。

$$\sigma = \frac{3}{4} \cdot \frac{P a^2}{h^2}$$

ここで、 P : 底板に作用する圧力 $P = |P_i - P_o| = \left| \text{} - \text{} \right|$
 $= \text{}$

P_i : 落下加速度による圧力 (Pa)

$$= \frac{m \cdot g \cdot G}{\frac{\pi}{4} d_i^2} = \frac{\square \times 9.80665 \times \square}{\frac{\pi}{4} \times \square^2} = \square$$

m : (燃料集合体2体) + (燃料集合体ホルダ) + (底板) の質量
= $\square + \square + \square = \square$

G : 衝撃加速度倍率 \square

g : 重力加速度 9.80665 (m/sec²)

d_i : 内胴内径 \square

P_o : 木材からの圧力 \square

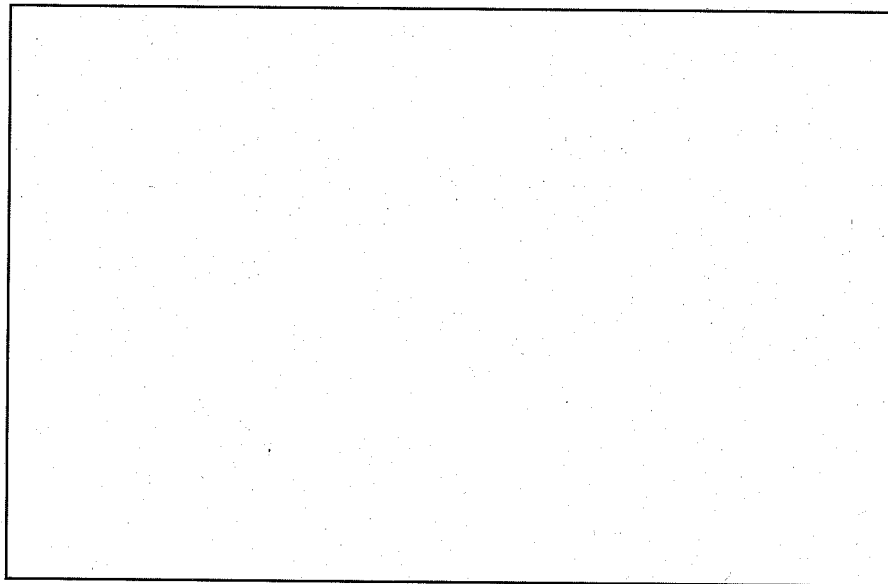
a : 内胴中心半径 \square

h : 底板の板厚 \square

である。上記の値を用いると、

$$\sigma = \frac{3 \times \square \times \square^2}{4 \times \square^2} = \square$$

となる。ゆえに、上部垂直落下時に底板に発生する曲げ応力 \square は許容応力 \square より小さく、底板は下部垂直落下時により破損することはない。



(ア)-第 A. 37 図 底板の解析モデル

(3)-4 内胴

垂直落下時、内胴に自重等により圧縮荷重が作用する。内胴に発生する圧縮応力の算出には次式を用いる。

$$\sigma = \frac{m \cdot g \cdot G}{A}$$

ここで、 m : 内胴の質量

g : 重力加速度 9.80665 (m/sec²)

A : 内胴の断面積

$$\frac{\pi}{4} (d_o^2 - d_i^2) = \text{}$$

d_o : 内胴の外径

d_i : 内胴の内径

G : 衝撃加速度倍率

である。上記の値を用いると、

$$\sigma = \frac{\text{>} \times \text{>} \times 9.80665}{\text{>}} = \text{>}$$

となる。ゆえに、垂直落下時に内胴に発生する圧縮応力 は許容応力 より小さく、内胴は自重による圧縮応力により破損することはない。

(3)-5 蓋リングの密封性 [(p)-第A.37a図参照]

9 m上部垂直落下時に蓋ボルトが受ける引張応力によるボルトの伸び及び蓋のたわみを考慮し、シール材の密封性に及ぼす影響について評価した。

9 m上部垂直落下時に蓋ボルトに生じる引張応力をσとすると、ボルトの伸びは、次のように表される。

$$\begin{aligned} \Delta l &= \varepsilon l \\ &= (\sigma / E) l \end{aligned}$$

ここで、

Δ l : ボルトの伸び (mm)

ε : ボルトに生じるひずみ

l : 伸びに寄与するボルトの軸方向長さ

σ : ボルトに生じる引張応力

E : ボルト の縦弾性係数

したがって、 Δl は次のようになる。

$$\Delta l = \left(\frac{\quad}{\quad} \right) \times \quad = \quad$$

一方、蓋のたわみによるリング部の変位量は、蓋のたわみを大きく評価するため、蓋をボルトサークルの位置で外周単純支持され、内圧及び燃料集合体等の衝撃により等分布荷重を受ける円輪板（内周自由）とすると((p)-第A37a図参照)、次のように表される。

$$\delta = - \frac{P a^4}{64D} \left(\left(1 - \frac{r^4}{a^4}\right) + 8(A+1) \left(1 - \frac{r^2}{a^2}\right) \frac{b^2}{a^2} \right) + 4 \left(B - 2 \frac{b^2}{a^2} \frac{r^2}{a^2} \right) \ln \frac{a}{r}$$

$$A = \frac{b^2}{a^2 - b^2} \ln \frac{a}{b} - \frac{1}{4(1+\nu)} \left((1+3\nu) + (3+\nu) \frac{a^2}{b^2} \right)$$

$$B = \frac{1}{1-\nu} \left(4(1+\nu) \frac{b^2}{a^2 - b^2} \ln \frac{a}{b} - (3+\nu) \right) \frac{b^2}{a^2}$$

ここで、

δ : 蓋のたわみによるリング部の変位量 (mm)

P : 蓋に作用する単位面積当たりの荷重

$$= P_1 + P_2$$

$$= 196.1 \times 10^3 + \quad = \quad$$

P_1 : 内圧により蓋に作用する圧力 (設計圧力 196.1×10^3 PaG)

P_2 : 燃料集合体等の衝撃力により蓋に作用する圧力

$$\quad$$

a : ボルトサークルの半径

$$= \frac{\quad}{2} = \quad$$

b : 蓋くり抜き部の半径

$$= \frac{\quad}{2} = \quad$$

D : 蓋の曲げ剛性

$$= \frac{E h^3}{12(1-\nu)}$$

$$= \frac{\square \times \square^3}{12 \times (1 - 0.3)} = \square$$

E : 縦弾性係数 \square

h : 蓋の板厚 \square

ν : ポアソン比 (0.3)

r : Oリングサークルの半径

$$= \frac{\square}{2} = \square$$

A : 係数

$$= \frac{\square^2}{\square^2 - \square^2} \times \ln \frac{\square}{\square} - \frac{1}{4 \times (1 + 0.3)} \times ((1 + 3 \times 0.3) + (3 + 0.3) \times \frac{\square^2}{\square^2}) = -10.53$$

B : 係数

$$= \frac{1}{(1 - 0.3)} \times (4 \times (1 + 0.3) \times \frac{\square^2}{\square^2 - \square^2} \times \ln \frac{\square}{\square} - (3 + 0.3)) \times \frac{\square^2}{\square^2} = -0.25$$

これらの数値を代入すると、 δ は次のようになる。

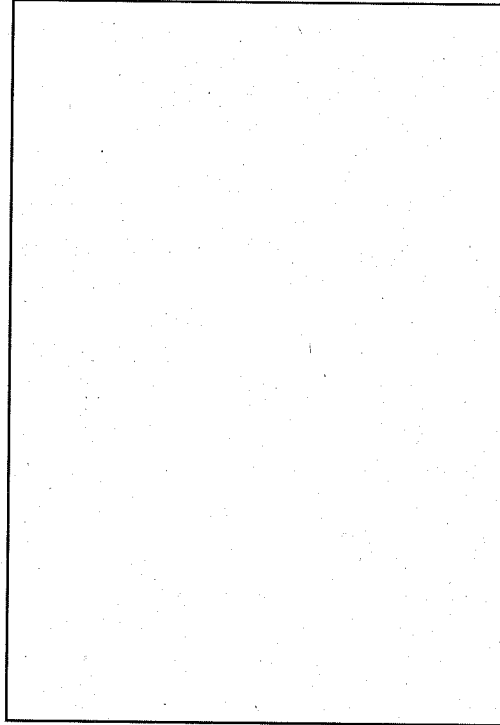
$$\delta = -\frac{\square \times \square^4}{64 \times \square} \times \left(\left(1 - \frac{\square^4}{\square^4} \right) + 8 \times (-10.53 + 1) \right) \times \left(1 - \frac{\square^2}{\square^2} \right) \times \frac{\square^2}{\square^2} + 4 \times (-0.25 - 2 \times \frac{\square^2 \times \square^2}{\square^2 \times \square^2}) \times \ln \frac{\square}{\square} = \square$$

9 m 垂直落下時の Oリング部の変位 T は、ボルトの伸びによる変位量 Δl と、蓋のたわみによる変位量 δ の和とすると、次のようになる。

$$T = \Delta l + \delta$$

$$= \square + \square = \square$$

蓋ボルト締付け時のOリングのつぶし代は1mmあるので、9m垂直落下時に 開いても、残りのつぶし代がまだ あるので、密封性は保たれる。



(p)-第A.37a 図 蓋Oリングの密封性の解析モデル

(4) 収納物の強度

収納物の強度の評価として、収納物-I及び-IIは、燃料要素の強度を評価し、健全であることを確認する。また、収納物-IIIは、中性子検出要素及び中性子検出要素保持治具の強度を評価し、健全であることを確認する。

(4)-1 燃料要素の強度 [(p)-第A.38図参照]

核燃料輸送物の垂直落下時に、収納物である燃料要素の被覆管には引張応力が生ずる。これは次式で表される。

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{m \cdot g \cdot G}{\frac{\pi}{4} (d_o^2 - d_i^2)}$$

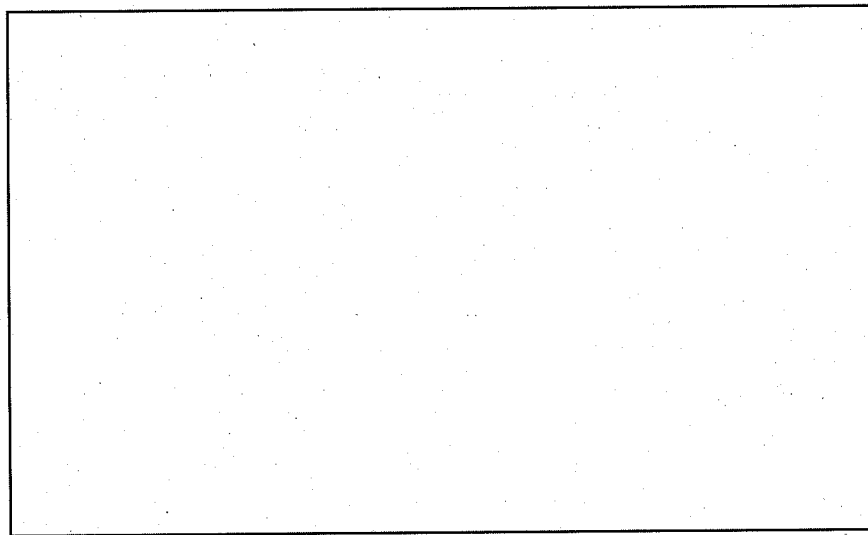
ここで、m : 燃料要素質量
 g : 重力加速度 9.80665 (m/sec²)
 G : 衝撃加速度倍率
 d_o : 被覆管外径

d_i : 被覆管内径

である。この数値を用いると、

$$\sigma = \frac{\square \times \square \times 9.80665}{\frac{\pi}{4} (\square^2 - \square^2)} = \square$$

となる。ゆえに、燃料要素の被覆管に発生する引張応力 は許容応力 より小さく、垂直落下時に燃料要素は破損することなく、収納物の強度は保たれる。



(ロ)-第 A. 38図 燃料要素の強度解析モデル (垂直落下時)

(4)-2 中性子検出要素の強度 [(ロ)-第 A. 39図参照]

核燃料輸送物の垂直落下時に、収納物である中性子検出要素の被覆管には圧縮応力が生ずる。これは次式で表される。

$$\sigma = \frac{m \cdot g \cdot G}{\frac{\pi}{4} (d_o^2 - d_i^2)}$$

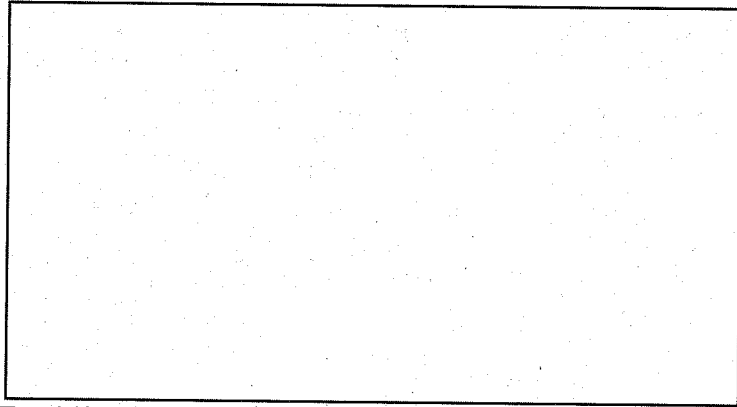
ここで、 m : 中性子検出要素 1 本当たりの質量

G : 衝撃加速度倍率

g : 重力加速度 9.80665 (m/sec²)

d_o : 被覆管外径

d_i : 被覆管内径



(ロ)-第 A. 39 図 中性子検出要素の強度解析モデル (垂直落下時)

である。この数値を用いると、

$$\sigma = \frac{\square \times \square \times 9.80665}{\frac{\pi}{4} (\square^2 - \square^2)} = \square$$

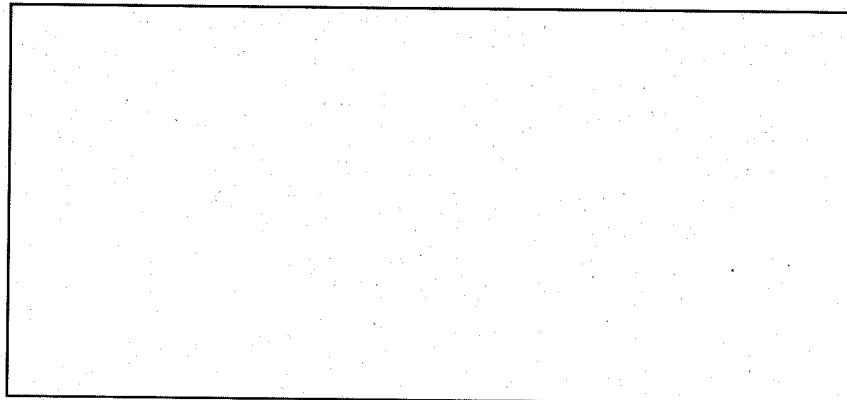
となる。ゆえに、中性子検出要素の被覆管に発生する圧縮応力 \square は許容応力 \square より小さく、垂直落下時に中性子検出要素は破損することはない、収納物の強度は保たれる。

(4)-3 中性子検出要素保持治具の強度 [(ロ)-第 A. 40 図参照]

核燃料輸送物の垂直落下時に、収納物である中性子検出要素を収納する保持治具の収納管には圧縮応力が生ずる。これは次式で表される。

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{m \cdot g \cdot G}{\frac{\pi}{4} (d_o^2 - d_i^2)}$$

- ここで、
- m : 収納管質量 \square
 - G : 衝撃加速度倍率 \square
 - g : 重力加速度 9.80665 (m/sec²)
 - d_o : 収納管外径 \square
 - d_i : 収納管内径 \square



(ロ)-第 A. 40 図 収納管の強度解析モデル (垂直落下時)

である。この数値を用いると、

$$\sigma = \frac{\square \times \square \times 9.80665}{\frac{\pi}{4} (\square^2 - \square^2)} = \square$$

となる。ゆえに、収納管にかかる圧縮応力 \square は許容応力 \square より小さく、垂直落下時に収納管が破損することはない、収納物の強度は保たれる。

(5) 9 m垂直落下のまとめ

(1)の外容器変形量の検討から、変形量は上部側で \square 、下部側で \square である。(2)衝撃加速度倍率で求めた衝撃加速度倍率は、上部側で $G = \square$ 、下部側で $G = \square$ である。

(3)輸送容器本体各部の強度、(4)収納物の強度の検討では、安全側に衝撃加速度倍率は $G = \square$ を用いた。(3)により、落下衝撃により内容器は、密封性を保持することを確認した。また、(4)により、収納物は密封性を保持することを確認した。

A.6.1.2 水平落下

9 m水平落下の検討は、次の項目について行う。

- (1) 外容器変形量
- (2) 衝撃加速度倍率
- (3) 輸送容器本体各部の強度
- (4) 収納物の強度
- (5) まとめ

(1)により外容器変形量を求め、変形が内容器まで及ばないことを示す。本解析結果は、(ロ)章D.しゃへい解析に反映される。(2)で衝撃加速度倍率を求め、(3)及び(4)で必要な衝撃力を求めるための衝撃加速度倍率とする。(3)により内容器が密封性を維持することを示し、(4)において収納物の強度の検討を行い、その健全性を示す。

なお、(1)で求めた外容器変形量は、(ロ)章B.熱解析及び(ロ)章D.しゃへい解析に用いられる。

(1) 外容器変形量

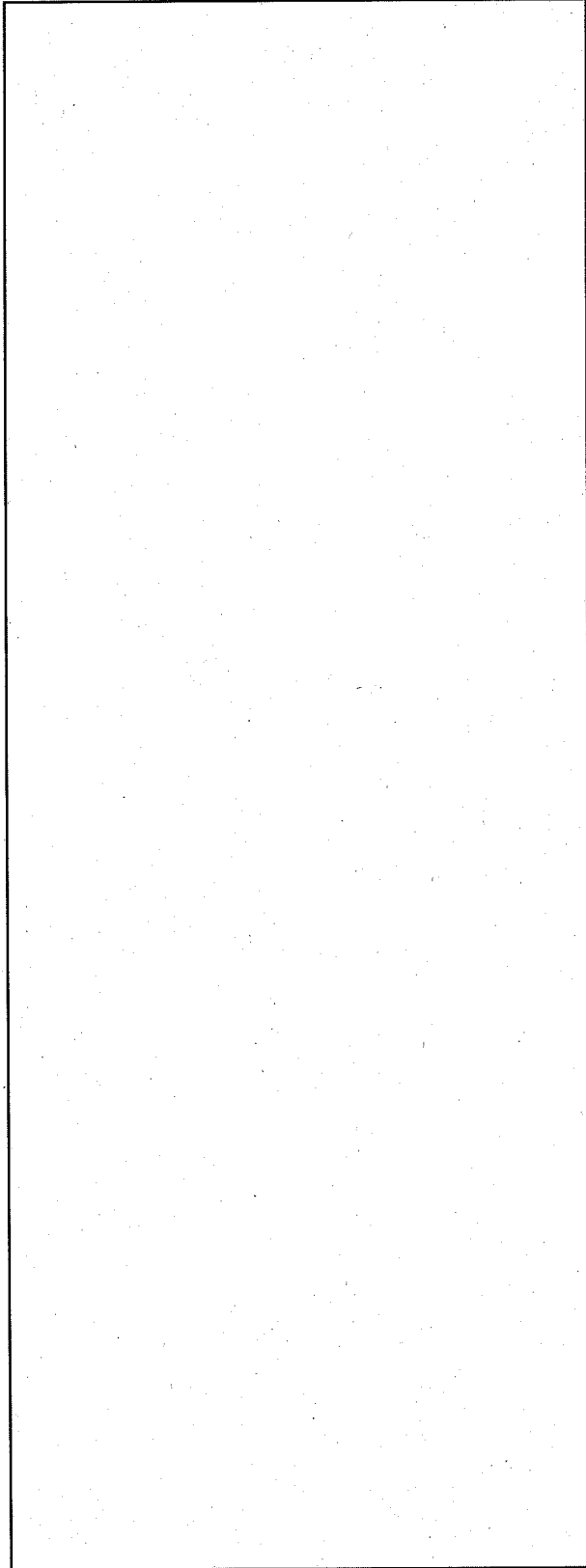
(1)-1 脚座のない方向からの落下

核燃料輸送物が脚座のない方向を下向きに落下したときの変形量^[9]を求める。9 m水平落下時に落下エネルギー〔U= 〕は、外容器を構成する緩衝材 ()、断熱緩衝材 ()、外胴 (厚さ及び) 及び補強板の変形によって吸収される。(ロ)-第A.41図に解析モデルを示す。解析結果を(ロ)-第A.26表に示す。

(ロ)-第A.26表 脚座のない方向からの水平落下時における変形量と吸収エネルギー

領域	変形量 δ (mm)	圧縮変形体積 V (m ³)	圧縮変形応力 σ (Pa)	吸収エネルギー E (J)
①緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
②断熱緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
③外胴 (厚さ <input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
④外胴 (厚さ <input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
⑤補強板 (厚さ <input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
合計	—		—	<input type="text"/>

変形量が構造材によって異なるのは、構造材の外半径が、それぞれ異なることによる。すなわち、最初に補強板が変形し、次にと外胴が変形し始め、そして、と外胴が変形を始める。



単位 (mm)

(甲)-第A.41図 水平落下解析モデル (脚座のない方向からの落下)

(1)-2 脚座のある方向からの落下

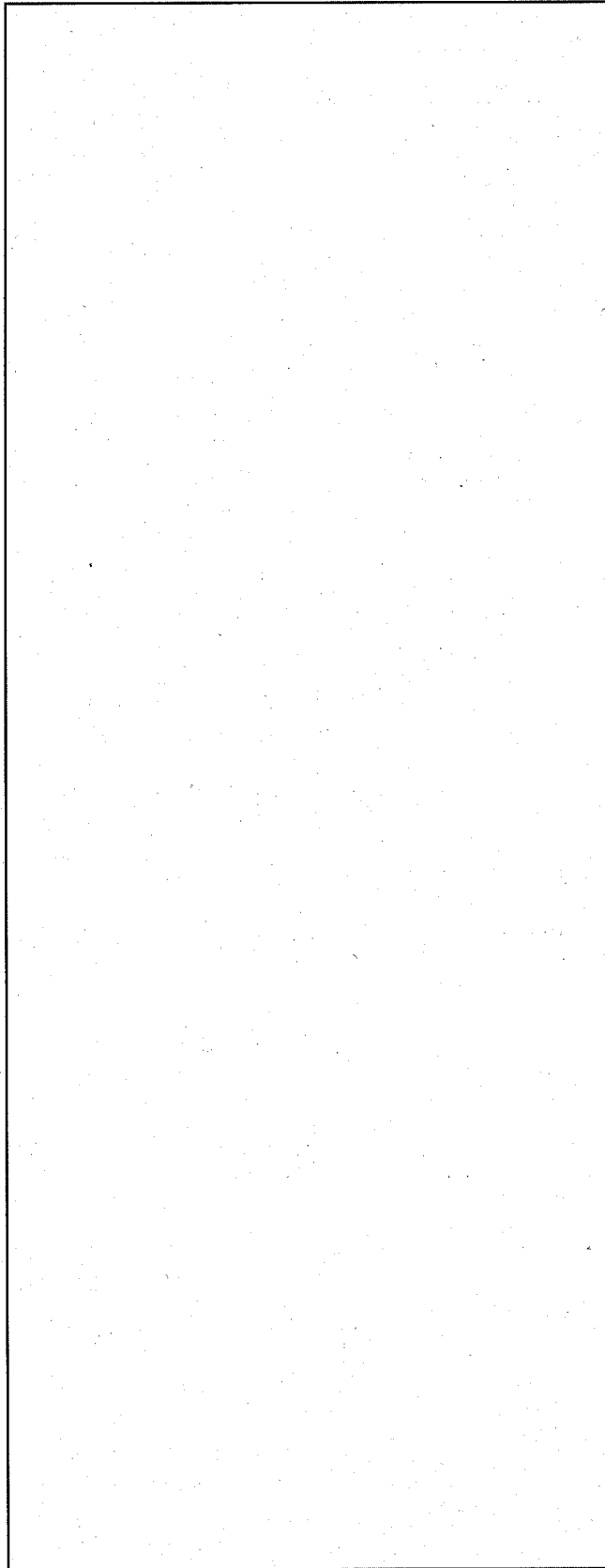
核燃料輸送物が脚座のある方向を下向きに落下したときの変形量を求める。脚座のある方向からの落下では、脚座は輸送容器の内側に埋没せず、脚座の側板が圧縮変形を生ずる。

(ロ)-第A.42図に解析モデルを示す。解析結果を(ロ)-第A.27表に示す。

(ロ)-第A.27表 脚座のある方向からの水平落下時における変形量と吸収エネルギー

領域	変形量 δ (mm)	圧縮変形体積 V (m ³)	圧縮変形応力 σ (Pa)	吸収エネルギー E (J)
①緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
②断熱緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
③外 胴 (厚さ <input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
④外 胴 (厚さ <input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
⑤脚 座 (板厚 <input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
⑥補強板 (厚さ <input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
合 計	—	—	—	<input type="text"/>

9 m落下時における落下エネルギーは であるので、落下エネルギーを吸収することができる。



単位 (mm)

(ア)-第A.42図 水平落下解析モデル (脚座のある方向からの落下)

(2) 衝撃加速度倍率

(2)-1 脚座のない方向からの落下

9 m水平落下の脚座のない方向からの落下によって外容器が変形するとき、核燃料輸送物が受ける衝撃加速度倍率^[9]を求める。核燃料輸送物に加わる衝撃力の計算には、外容器を構成する緩衝材 ()、断熱緩衝材 ()、外胴 (厚さ 及び)、補強板及び脚座の一部を考慮する。解析結果を(ロ)-第A.28表に示す。

(ロ)-第A.28表 脚座のない方向からの水平落下時における衝撃加速度倍率

領域	受圧面積 A (m ²)	圧縮変形応力 σ (Pa)	衝撃力 F (N)	衝撃加速度倍率 G
①緩衝材 ()				
②断熱緩衝材 ()				
③外胴 (厚さ)				
④外胴 (厚さ)				
⑤補強板 (厚さ)				
⑥脚座				
合計	————	————		

(2)-2 脚座のある方向からの落下

9 m水平落下の脚座のある方向からの落下によって外容器が変形するとき、核燃料輸送物が受ける衝撃加速度倍率を求める。脚座のある方向からの落下の場合、核燃料輸送物に加わる衝撃力の計算には、外容器を構成する緩衝材 ()、断熱緩衝材 ()、外胴 (厚さ 及び)、補強板及び脚座が外容器の内側に移動する部位の緩衝材 () と脚座の一部を考慮する。解析結果を(ロ)-第A.29表に示す。

(ロ)-第A.29表 脚座のある方向からの水平落下時における衝撃加速度倍率

領域	受圧面積 A (m ²)	圧縮変形応力 σ (Pa)	衝撃力 F (N)	衝撃加速度倍率 G
①緩衝材 ()	□	□	□	□
②断熱緩衝材 ()	□	□	□	□
③外胴 (厚さ □)	□	□	□	□
④外胴 (厚さ □)	□	□	□	□
⑤脚座 (厚さ □)	□	□	□	□
⑥補強板 (厚さ □)	□	□	□	□
合計	—	—	□	□

(3) 輸送容器本体各部の強度

垂直方向落下時と同様に、密封性維持の観点から蓋、内胴について強度解析を行う。水平落下衝撃加速度倍率は、脚座のない方向の場合が $G = \square$ 、脚座のある方向の場合が $G = \square$ であるが、強度解析上は、 $G = \square$ を用いる。

(3)-1 蓋

蓋はフランジに嵌合されているため、水平落下時には、この嵌合部においてせん断応力が生ずる。このときに生ずる応力は、次式で与えられる。

$$\tau = \frac{m \cdot g \cdot G}{A}$$

ここで、 m : 蓋質量 \square

G : 衝撃加速度倍率 \square

g : 重力加速度 9.80665 (m/sec²)

A : 蓋の嵌合部のせん断面積

$$= \pi (a^2 - b^2) = \pi (\square^2 - \square^2) = \square$$

である。上記の値を用いると、

$$\tau = \frac{\square \times \square \times 9.80665}{\square} = \square$$

となる。ゆえに、水平落下時に蓋に発生するせん断応力 \square は許容応力 \square より小さく、蓋は水平落下により破損することはない。

(3)-2 内胴

収納物は燃料集合体ホルダで内容器に密着している。水平落下時には、内容器本体に、その自重と収納物及び燃料集合体ホルダの荷重がかかる。収納物と燃料集合体ホルダに衝撃加速度倍率 $G = \square$ が働くとして内容器本体の強度を検討する。内容器は外容器で囲まれており、これが緩衝体となるので、衝撃加速度倍率を $G = \square$ とするのは安全側の評価である。(B)-第A.43図に解析モデルを示す。内容器内胴には衝撃荷重により圧縮応力 (σ) が発生する。このとき、圧縮応力 (σ) は、次式で表される。

$$\sigma = \frac{m \cdot g \cdot G}{D \cdot H}$$

ここで、 m : (燃料集合体 2 体) + (燃料集合体ホルダ) の質量

$$= \square + \square = \square$$

G : 衝撃加速度倍率 \square

g : 重力加速度 9.80665 (m/sec²)

D : 接触面の投影長さ

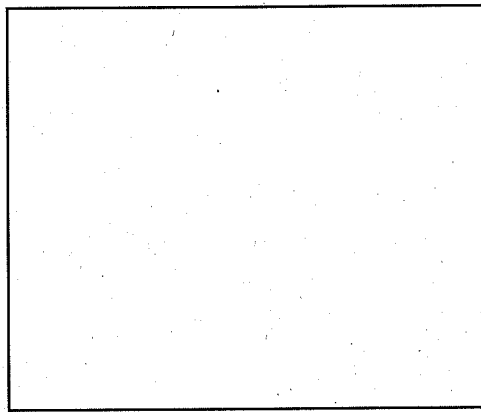
H : 内胴と燃料集合体ホルダとの接触距離

$$\text{} + \text{} \times 2 + \text{} \times 3 + \text{} = \text{}$$

である。上記の値を用いると、

$$\sigma = \frac{\text{} \times \text{} \times 9.80665}{\text{} \times \text{}$$

となる。発生する圧縮応力 は内胴の許容応力 より小さく、水平落下により、内容器内胴は破損することはない。



(ロ)-第A.43図 水平落下時内胴解析モデル

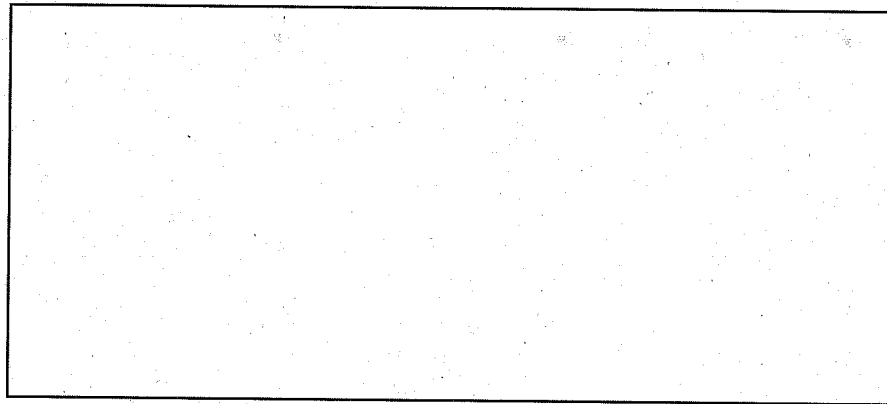
(4) 収納物の強度

収納物-I及び-IIの強度評価として、燃料要素の強度を評価し、健全であることを確認する。また、収納物-IIIの強度評価として中性子検出要素及び中性子検出要素保持治具の強度を評価し、健全であることを確認する。

(4)-1 燃料要素の強度 [(ロ)-第A.44図参照]

燃料要素は、ラッパ管内に収納されているため、水平落下の場合には、他の燃料要素との相互作用を考慮する必要がある。評価方法としては、燃料要素内にペレットが収納されているため、このペレットに生ずる圧縮応力を求め、この値をペレットの圧縮破壊応力と比較することにより、水平落下時の収納物の破損を評価する。この評価方法は、燃料要素被覆管に荷重を分担させていないため、安全側な評価といえる。

評価対象となる燃料要素は、水平落下時最下端となる燃料要素を考え作用荷重は、その燃料要素の上部に位置する燃料要素全部の質量による慣性力がペレット収納部（炉心燃料ペレット及びブランケット燃料ペレット）のみに作用するとして評価する。



(ア)-第A.44図 燃料要素の強度解析モデル (水平落下時)

上記の条件を基に、燃料ペレットの圧縮破壊応力は、次式により求める。

$$\sigma = \frac{2P}{\pi D}$$

ここで、 P : 作用荷重 (N/m)

$$= 15 \times G \times W_1 = 15 \times \square \times \square = \square$$

G : 衝撃加速度倍率 \square

W₁ : 燃料要素単位長さ当たりの重量

$$\frac{m \cdot g}{\ell} = \frac{\square \times 9.80665}{\square} = \square$$

m : 燃料要素質量 \square

g : 重力加速度 9.80665 (m/sec²)

ℓ : 炉心燃料ペレット及びブランケット燃料ペレット部分の長さ \square

D : ペレットの直径 \square

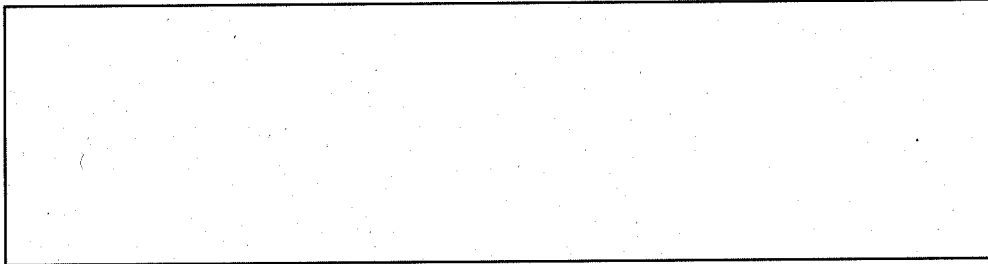
である。上記の値を用いると、

$$\sigma = \frac{2 \times \square}{\pi \times \square} = \square$$

となる。この値は、燃料ペレットの限界圧縮破壊応力 ($\sigma_r = \square$)^[4]より小さいため水平落下により、燃料ペレットが破損することはない。よって、収納物についても同様に破損することはない。

(4)-2 中性子検出要素の強度 [(a)-第A.45図参照]

中性子検出要素は、1本ずつ収納管に収納されている。収納管は、(4)-3 中性子検出要素保持治具の強度で述べられているとおり水平落下時に破損することはない。したがって、ここでは中性子検出要素の上部端栓について強度を評価し、中性子検出要素が健全であることを確認する。



(a)-第A.45図 中性子検出要素の強度解析モデル (水平落下時)

中性子検出要素の上部端栓にかかる曲げ応力は、等分布荷重による片持ちはりの式で表せる。

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

ここで、M：曲げモーメント (N・m)

$$\begin{aligned} &= \frac{\omega \cdot \ell^2}{2} \\ &= \frac{\boxed{} \times \boxed{}^2}{2} = \boxed{} \end{aligned}$$

ℓ ：中性子検出要素上部端栓の長さ $\boxed{}$

ω ：等分布荷重 (N/m)

$$\begin{aligned} &= \frac{m \cdot g \cdot G}{\ell} \\ &= \frac{\boxed{} \times 9.80665 \times \boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{} \end{aligned}$$

m：中性子検出要素上部端栓の質量 $\boxed{}$

G：衝撃加速度倍率 $\boxed{}$

g：重力加速度 9.80665 (m/sec²)

Z : 断面係数 (m³)

$$\begin{aligned} &= \frac{\pi}{32} \cdot d^3 \\ &= \frac{\pi}{32} \times \boxed{}^3 = \boxed{} \end{aligned}$$

d : 中性子検出要素上部端栓の直径

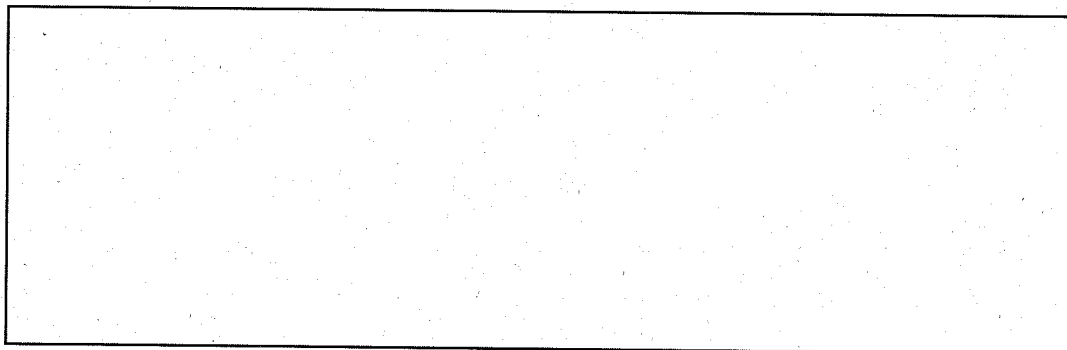
よって、

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{}$$

となる。ゆえに、中性子検出要素の上部端栓にかかる曲げ応力 は許容応力 より小さく、水平落下時に中性子検出要素が破壊することなく、収納物の強度は保たれる。

(4)-3 中性子検出要素保持治具の強度 [(p)-第A.46図参照]

中性子検出要素は、専用の保持治具の収納管に1本ずつ収納される。この収納管は所定のピッチでスペーサにより固定・支持されており、核燃料輸送物の水平落下時に収納管を支持するスペーサ間には曲げ応力が生ずる。これは次式で表される。



(p)-第A.46図 収納管の強度解析モデル (水平落下時)

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

ここで、

M : 曲げモーメント (N・m)

$$\begin{aligned} &= \frac{\omega \cdot l^2}{8} \\ &= \frac{\boxed{} \times \boxed{}^2}{8} = \boxed{} \end{aligned}$$

ℓ : スペーサ間の距離

ω : 等分布荷重 (N/m)

$$\omega = \frac{m \cdot g \cdot G}{\ell_1}$$
$$= \frac{\text{} \times 9.80665 \times \text{}}{\text{}} = \text{}$$

m : 収納管及び中性子検出要素の質量

$$\text{} + \text{} = \text{}$$

G : 衝撃加速度倍率

g : 重力加速度 9.80665 (m/sec²)

ℓ_1 : 収納管の長さ

Z : 断面係数 (m³)

$$= \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_o^4 - d_i^4}{d_o}$$
$$= \frac{\pi}{32} \times \frac{\text{}^4 - \text{}^4}{\text{}} = \text{}$$

d_o : 収納管の外径

d_i : 収納管の内径

よって、

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{\text{}}{\text{}} = \text{}$$

となる。ゆえに、収納管にかかる曲げ応力 は許容応力 より小さく、水平落下時に収納管が破壊することはなく、収納物の強度は保たれる。

(5) 9 m水平落下のまとめ

核燃料輸送物が脚座のない方向を下に水平落下した場合、変形量は である。脚座のある方向から落下した場合の変形量は、(□)-第A.42図より脚座のところで 、その他のところで である。最大変形の場所でも変形は外容器だけで終わっており、内容器は健全である。脚座以外からの落下時の変形量 は、(□)章B.熱解析及び(□)章D.しゃへい解析で用いられる。(線源領域は容器中央部であり、脚座の変形はしゃへい解析に影響しない。また、臨界解析では核燃料輸送物相互の接近が問題になるので、局所的な変形は無視できる。)

最大衝撃加速度倍率は $G = \square$ である。これは脚座のない方向から落下した場合の値である。脚座から落下した場合の最大衝撃加速度倍率は $G = \square$ である。

強度解析では核燃料輸送物の衝撃加速度倍率 $G = \square$ を用いた。解析の結果、内容器の各部に生ずる応力は許容応力以下であるので、内容器は衝撃力に対して破損しないことが得られた。

収納物に対しても核燃料輸送物の衝撃加速度倍率 $G = \square$ を用いて応力を解析した結果、収納物に発生する応力は降伏応力以下であるので、収納物は衝撃力に対して破損しないことが得られた。よって、9 m水平落下において内容器及び収納物は破損することなく、その密封性能は損なわれない。

A.6.1.3 コーナ落下

9 m コーナ落下については、一般の試験条件における1.2 m コーナ落下と同じ手法を用いて解析する。解析の結果得られた変形量及び衝撃加速度倍率を、(□)-第A.30表に示す。

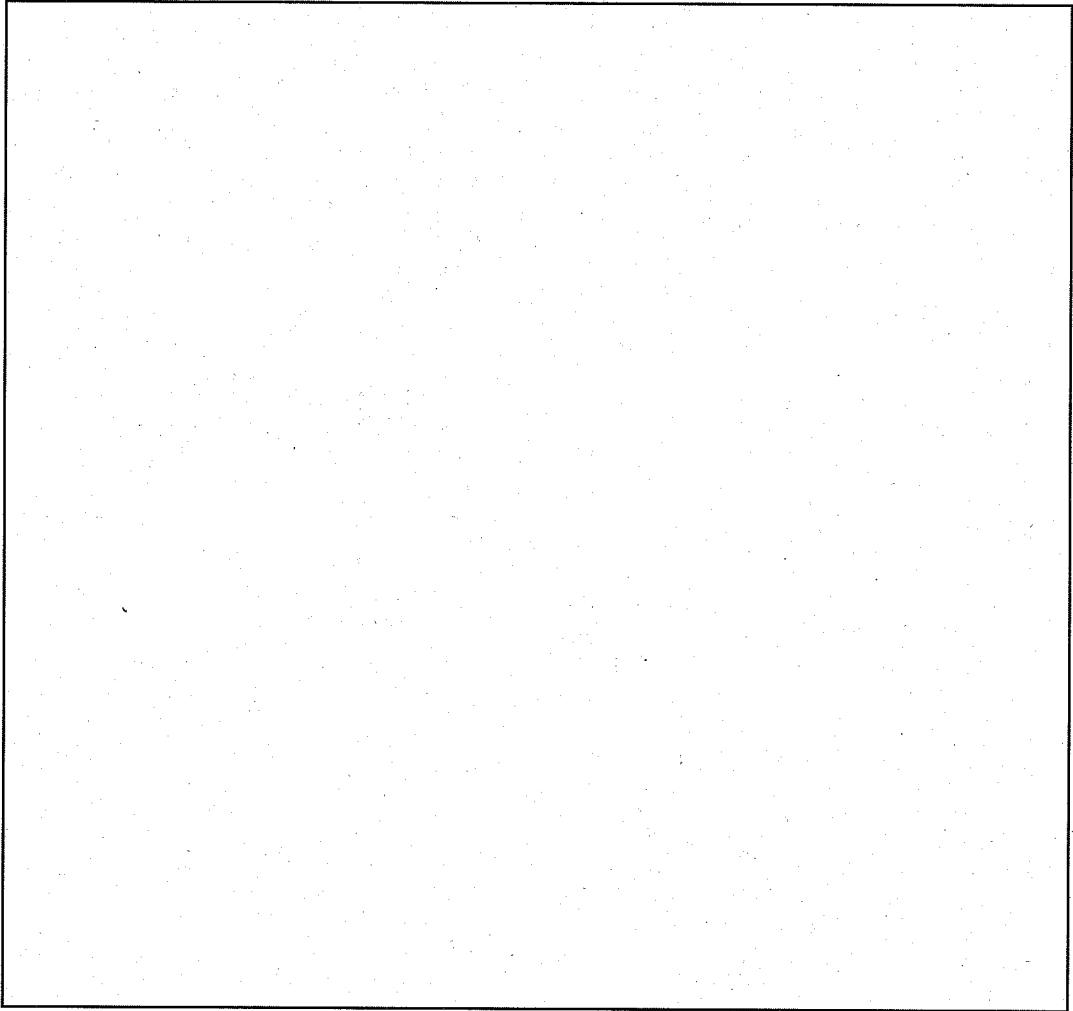
(□)-第A.30表 9 m コーナ落下時解析結果

落下エネルギー (J)	落下角度 (度)	傾斜角度 (度)	吸収エネルギー (J)	変形量 (mm)	衝撃力 (N)	衝撃加速度倍率 G
□	上部： □	0	□	□	□	□
	下部： □	0	□	□	□	□

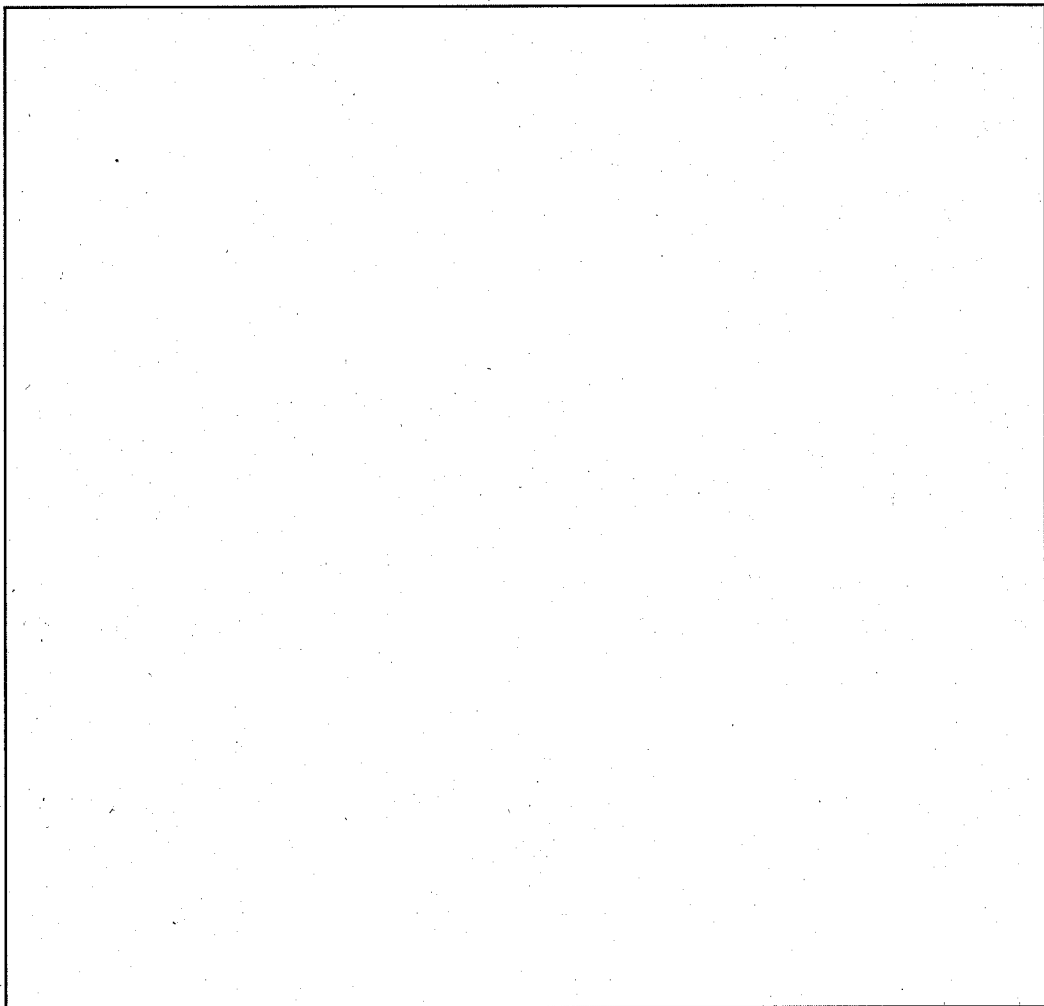
この結果より9 m コーナ落下時における変形量は上部側 □、下部側 □で、外容器の許容変形量〔上部側 □、下部側 □ ((□)-第A.47図及び(□)-第A.48図参照)) に比べて小さく、変形は内容器まで達しない。

また、9 m コーナ落下時における衝撃加速度倍率を容器の軸方向と径方向の成分に分解した場合、軸方向は上部G = □、下部G = □ □で、径方向は上部G = □、下部G = □ □である。9 m 垂直落下時の衝撃加速度倍率(軸方向加速度倍率)は上部G = □、下部G = □、また、9 m 水平落下時の衝撃加速度倍率(径方向加速度倍率)はG = □ であり、これらの場合に内容器等の健全性が示されていることより、9 m コーナ落下の場合においても内容器は健全であり、その密封性が保持される。また、燃料要素の密封性も保持される。

解析の詳細及び解析モデル図は、次のとおりである。



(□)-第A.47図 上部コーナ落下解析モデル



(□)-第A.48図 下部コーナ落下解析モデル

(1) 輸送容器の変形量と衝撃加速度倍率

(1)-1 上部コーナ落下

上部コーナ落下時における落下角度は、(ロ)章A.2 重量及び重心で述べてあるとおり、
である。

落下エネルギーは、緩衝材として容器内に充填されている (、
) が変形することにより吸収される。吸収エネルギーは、の圧縮変形
 体積に圧縮変形応力を乗じて求めることができる。(ロ)-第A.47図に解析モデルを、(ロ)-
 第A.31表に解析結果を示す。

(ロ)-第A.31表 上部コーナ落下時の変形量と吸収エネルギー

領域	変形量 δ (mm)	圧縮変形体積 V (m ³)	圧縮変形応力 σ (Pa)	吸収エネルギー E (J)
①緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
②緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
合計	—	—	—	<input type="text"/>

したがって、9 m上部コーナ落下時の落下エネルギー $E = \text{$ を吸収できる。

衝撃加速度倍率は、緩衝材の受圧面積に圧縮変形応力を乗じて衝撃力を求め、この衝
 撃力を核燃料輸送物重量で除して求める。変形量 $\delta = \text{$ における衝撃加速度倍率
 の解析結果を、(ロ)-第A.32表に示す。

(ロ)-第A.32表 上部コーナ落下時の衝撃加速度倍率

領域	受圧面積 A (m ²)	圧縮変形応力 σ (Pa)	衝撃力 F (N)	衝撃加速度倍率 G
①緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
②緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
③鋼板 (外胴)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
合計	—	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(1)-2 下部コーナ落下

上部コーナ落下と同様に解析を行う。下部コーナ落下時における落下角度は、(ロ)章A.2 重量及び重心で述べてあるとおり、 である。(ロ)-第A.48図に解析モデルを、(ロ)-第A.33表に解析結果を示す。

(ロ)-第A.33表 下部コーナ落下時の変形量と吸収エネルギー

領域	変形量 δ (mm)	圧縮変形体積 V (m ³)	圧縮変形応力 σ (Pa)	吸収エネルギー E (J)
①緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
②緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
合計	—	—	—	<input type="text"/>

したがって、9 m下部コーナ落下時の落下エネルギー $E = \text{$ を吸収できる。

変形量 $\delta = \text{$ における衝撃加速度倍率の解析結果を、(ロ)-第A.34表に示す。

(ロ)-第A.34表 下部コーナ落下時の衝撃加速度倍率

領域	受圧面積 A (m ²)	圧縮変形応力 σ (Pa)	衝撃力 F (N)	衝撃加速度倍率 G
①緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
②緩衝材 (<input type="text"/>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
③鋼板 (外胴)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
合計	—	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(2) 輸送容器本体各部の強度

前項により求めた衝撃加速度倍率を容器の軸方向と径方向のそれぞれの成分に分解したとき、いずれも垂直落下（軸方向）や水平落下（径方向）で求めた値を超えることはない。垂直落下時及び水平落下時において内容器及び収納物は健全性が示されていることより、9 mコーナ落下の場合においても内容器及び収納物は健全であり、その密封性が保持される。

A.6.1.4 傾斜落下

任意の落下角度で落下する場合について、(ロ)章A.5.3 一般の試験条件のコーナ落下と同様の手法で解析する。したがって、解析の詳細については記述を省略する。解析の結果得られた変形量及び衝撃加速度倍率を、(ロ)-第A.35表に示す。

9 m 傾斜落下時における変形量は最大 (上部：傾斜角度 45°) であり、外容器の許容変形量より小さく、変形は内容器まで達しない。

また、各落下角度における衝撃加速度倍率を容器の軸方向と径方向の成分に分解した場合、軸方向の最大値は $G = \text{$ であり、径方向の最大値は $G = \text{$ である。9 m 垂直落下時の衝撃加速度倍率 (軸方向加速度倍率) は $G = \text{$ 、また、9 m 水平落下時の衝撃加速度倍率 (径方向加速度倍率) は $G = \text{$ であり、これらの場合に内容器等の健全性が示されていることより、9 m 傾斜落下の場合においても内容器は健全であり、その密封性が保持される。また収納物も健全でありその密封性が保持される。

傾斜落下においては、落下エネルギーの一部が回転エネルギーとして消費される。この回転エネルギーが二次衝撃として核燃料輸送物に作用すると仮定しても、降伏応力等に対する裕度が十分に確保されており、内容器及び収納物は密封性が保持されるので、傾斜落下の二次衝撃が作用しても密封性が損なわれることはない。

(ロ)-第A.35表 9 m 傾斜落下時解析結果

落下エネルギー (J)	落下角度 (度)	傾斜角度 (度)	吸収エネルギー (J)	変形量 (mm)	衝撃力 (N)	衝撃加速度倍率 G
<input type="text"/>	上部：15	7.5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	上部：30	22.5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	上部：45	37.5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	上部：60	52.5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	上部：75	67.5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	下部：15	8.1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	下部：30	23.1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	下部：45	38.1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	下部：60	53.1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	下部：75	68.1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

A.6.1.5 結果の要約

ここでは、強度試験・落下試験Ⅰによる本核燃料輸送物の変形の状態について述べる。解析では、外容器の変形が内容器に達するか否かを評価する。次に、衝撃力による影響について評価する。各落下による変形量を(□)-第A.36表に示す。各落下の衝撃力により内容器各部位及び収納物に発生する応力は、いずれも基準値を超えることはない。したがって、内容器及び収納物は破損することはない。

以上の結果は、後の解析（(□)章B.熱解析及び(□)章D.しゃへい解析）に反映される。

(□)-第A.36表 落下試験Ⅰによる変形量及び衝撃加速度倍率

落下姿勢及び落下角度	解析部位	外容器の厚さ (mm)	落下試験Ⅰによる変形量 (mm)	変形後の外容器の厚さ (mm)	衝撃加速度倍率 G
垂直落下	上部	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	下部	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
水平落下	脚座なし	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	脚座あり	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
コーナ落下	<input type="checkbox"/> 上部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> 下部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
傾斜落下	15° 上部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	30° 上部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	45° 上部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	60° 上部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	75° 上部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	15° 下部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	30° 下部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	45° 下部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	60° 下部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	75° 下部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A.6.2 強度試験・落下試験Ⅱ（1m落下時）

落下試験Ⅰに引き続き、核燃料輸送物を1mの高さから直径150mmの軟鋼棒上に落下させる落下試験Ⅱの解析を行う。解析では、落下試験Ⅰによる変形の上に、落下試験Ⅱによる変形が重畳するものとして変形量を求め、変形が内容器に達しないことを示す。なお、求められた変形量は熱的に最も影響のあるものが(□)章B.熱解析の条件として用いられる。

落下試験Ⅱは、落下試験Ⅰで評価したすべての方向について解析を行う。

(1) 垂直落下

核燃料輸送物が垂直に落下し、軟鋼棒と衝突するときの変形量を計算する。落下の方向は、上部側と下部側とする。

(1)-1 上部垂直落下

核燃料輸送物が保護蓋を下向きに落下したときの変形量を求める。本核燃料輸送物の保護蓋の板厚は [] で、その内部には [] が詰められている。

核燃料輸送物の落下エネルギー U は、板厚 [] の [] 板の変形エネルギー (U_s) と [] の変形エネルギー (U_F) の和に等しいとする。

$$U = m \cdot g \cdot h \\ = [] \times 9.80665 \times 1 = []$$

ここで、

m : 核燃料輸送物質量 []

g : 重力加速度 9.80665 (m/sec²)

h : 落下高さ 1 (m)

また、核燃料輸送物の変形量 (δ) と [] 板の変形部分の体積 (V_1) 及び [] の変形部分の体積 (V_2) の間には、 [] の板厚を t_B とすると、

$$V_1 = \{ \pi (d + t_B) t_B \} \delta$$

$$V_2 = \frac{\pi}{4} d^2 \delta$$

となる関係がある。 [] 及び [] の圧縮変形応力を各々 σ_s 、 σ_F とすると、

$$U = V_1 \sigma_s + V_2 \sigma_F \\ = \{ \pi (d + t_B) t_B \} \sigma_s \delta + \frac{\pi}{4} d^2 \sigma_F \delta$$

U : 核燃料輸送物の落下エネルギー []

σ_s : [] の圧縮変形応力 []

σ_F : [] の圧縮変形応力 []

d : 軟鋼棒の直径 0.15 (m)

t_B : [] 板の肉厚 []

である。これらの値を代入して δ を求めると、

$$\delta = [] = []$$

となる。

変形量は (落下試験 I) + (落下試験 II) = で、変形は内容器まで達しない。

保護蓋の貫通強度は、次式で求めた変形により生じたひずみが材料の伸び以下であれば、貫通は生じないものとして検討する。保護蓋の落下試験 II による伸び量 (Δl) を求めると、次のようになる。(v)-第 A. 49 図参照)

$$\begin{aligned} \Delta l &= l' - l \\ &= \left(2 \times \frac{\pi}{2} \delta + d\right) - (2 \times \delta + d) = 1.14 \delta \end{aligned}$$

ここで、 l' : 変形後の長さ (m)

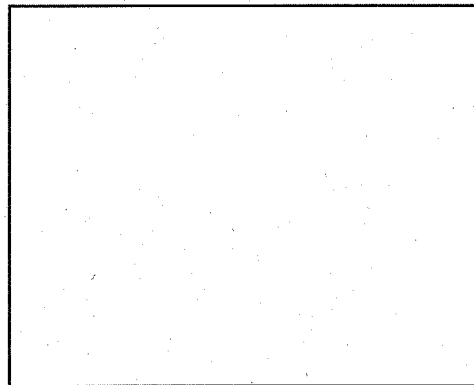
l : 変形前の長さ (m)

δ : 変形量 (m)

d : 軟鋼棒直径 (m)

この伸び量が生じた場合のひずみ (ε) は、

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{\Delta l}{l} \\ &= \frac{1.14 \delta}{2 \delta + d} \end{aligned}$$



(v)-第 A. 49 図 落下試験 II ・保護蓋貫通強度解析モデル

となる。ここで、 δ : 保護蓋変形量

d : 軟鋼棒直径 0.15 (m)

である。したがって、

$$\varepsilon = \frac{1.14 \times \text{}}{2 \times \text{} + 0.15} = \text{}$$

となる。

保護蓋のひずみは であり、保護蓋は で、貫通するまでの伸びが 以上あるので、保護蓋に貫通は生じない。

(1)-2 下部垂直落下

核燃料輸送物が底部を下向きに落下したときの変形量を求める。本核燃料輸送物の外胴端板の板厚は で、その内部には が詰められている。

解析は上部垂直落下の場合と同様に行い、核燃料輸送物の変形量は $\delta = \text{}$ となる。変形量は (落下試験 I) + (落下試験 II) = で、変形は内容器まで達しない。

また、底部のひずみは であり、底部は で、貫通するまでの伸びが 以上あるので、底部に貫通は生じない。

(2) 水平落下

核燃料輸送物が水平に落下し、軟鋼棒と衝突するときの変形量を計算する。落下の位置は、衝撃作用線が重心を通るように軟鋼棒上に落下（以後心向衝突という）した場合と、衝撃作用線が重心を通らないように軟鋼棒上に落下（以後偏心衝突という）した場合とする。

(2)-1 心向衝突

落下試験 I（9 m 水平落下）に引き続き、核燃料輸送物を 1 m の高さから水平に、衝撃作用線が重心を通るように軟鋼棒上に落下させた場合、変形が内容器まで達しないことを示す。解析モデルを(Ⅱ)-第 A.50 図に示す。解析では核燃料輸送物の落下エネルギー（U）は、

$$U = (\text{核燃料輸送物の質量 : } \boxed{}) \times (\text{落下距離 : } 1 \text{ m}) \\ \times (\text{重力加速度 : } 9.80665 \text{ m/sec}^2) = \boxed{}$$

となる。

この落下エネルギー（U）が、外容器の断熱緩衝材の変形エネルギー（ U_{c1} ）、中性子しゃへい材の変形エネルギー（ U_{c2} ）及び外胴の変形エネルギー（ U_s ）の総和（ U_c ）に等しいとして変形量を求める。ただし、水平落下試験 I の結果より断熱緩衝材の残りの厚さは $\boxed{}$ なので、変形量が $\boxed{}$ までは断熱緩衝材及び外胴の変形エネルギーにより、 $\boxed{}$ を超えた場合にはさらに中性子しゃへい材の変形エネルギーを考慮するものとする。

$$U_c = U_{c1} + U_{c2} + U_s$$

$$U_{c1} = \sigma_{c1} \cdot V_1$$

$$U_{c2} = \sigma_{c2} \cdot V_2$$

$$U_s = \sigma_s \cdot V_s$$

ここで、 σ_{c1} : 断熱緩衝材の圧縮変形応力 $\boxed{}$

V_1 : 断熱緩衝材の圧縮変形体積 (m^3)

$$= \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \delta_1$$

d : 軟鋼棒の直径 0.15 (m)

δ_1 : 変形量 $\boxed{}$ (水平落下試験 I による断熱緩衝材の残りの厚さは $\boxed{}$ なので、ここでは $\boxed{}$ とする。)

σ_{c2} : 中性子しゃへい材の圧縮変形応力 $\boxed{}$

V_2 : 中性子しゃへい材の圧縮変形体積

$$= \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot (\delta - \delta_1)$$

δ : 変形量

σ_s : 外胴の圧縮変形応力

□

V_s : 外胴の圧縮変形体積

$$= \pi \{(d+t) \times t\} \cdot \delta$$

t : 外胴の厚さ

□

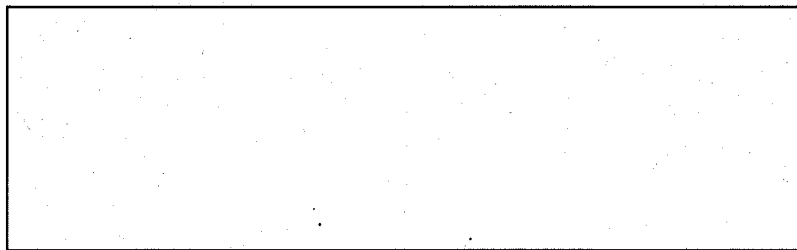
である。したがって、落下エネルギー (U) と変形エネルギー (U_e) は等しいので、

$$\begin{aligned} \square &= \square \times \frac{\pi}{4} \times (0.15)^2 \times \square + \square \times \frac{\pi}{4} \times (0.15)^2 \\ &\times (\delta - \square) + \square \times \pi \times \{(0.15 + \square) \times \square\} \times \delta \\ \delta &= \square = \square \end{aligned}$$

である。

変形量は □ (落下試験 I) + □ (落下試験 II) = □ で、変形は内容器まで達しない。

したがって、落下試験 I (9 m 水平落下) に引き続き、核燃料輸送物を 1 m の高さから水平に、衝撃作用線が核燃料輸送物の重心を通るように軟鋼棒上に落下させた場合、変形が内容器に達することはない。



(p)-第 A. 50 図 落下試験 II ・解析モデル (心向衝突)

外胴の貫通強度は、次式で求めた変形により生じたひずみが材料の伸び以下であれば、貫通は生じないものとして検討する。外胴の落下試験 II による伸び量 (Δl) を求めると次のようになる。(p)-第 A. 51 図参照)

$$\begin{aligned} \Delta l &= l' - l \\ &= \left(2 \times \frac{\pi}{2} \delta + d\right) - (2 \times \delta + d) = 1.14 \delta \end{aligned}$$

ここで、 l' : 変形後の長さ (m)

l : 変形前の長さ (m)

δ : 変形量 (m)

d : 軟鋼棒直径 (m)

この伸び量が生じた場合のひずみ (ϵ) は、

$$\begin{aligned}\epsilon &= \frac{\Delta l}{l} \\ &= \frac{1.14 \delta}{2\delta + d}\end{aligned}$$

となる。ここで、 δ : 外容器変形量

d : 軟鋼棒直径 0.15 (m)

である。したがって、

$$\epsilon = \frac{1.14 \times \text{}}{2 \times \text{} + 0.15} = \text{$$

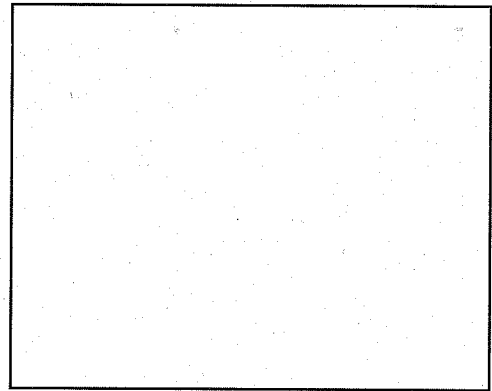
となる。

外胴のひずみは であり、外胴は で、貫通するまでの伸びが 以上あるので、外胴に貫通は生じない。

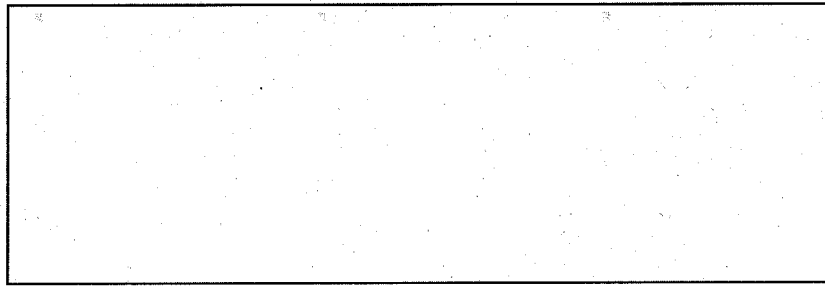
(2)-2 偏心落下

落下試験 I (9 m 水平落下) に引き続き、核燃料輸送物が水平に 1 m の高さから軟鋼棒上に、衝撃作用線が核燃料輸送物の重心を通らないように落下した場合、変形が内容器に達しないことを示す。

ここでは、内容器の密封性に関して最も影響が大である蓋部を衝撃作用線が通る場合について検討する。解析モデルを (a)-第 A.52 図に示す。



(a)-第 A.51 図 落下試験 II・外胴
貫通強度解析モデル



(p)-第 A. 52 図 落下試験 II ・解析モデル (偏心衝突)

偏心衝突した場合、核燃料輸送物の落下エネルギーの一部は核燃料輸送物の回転エネルギーとして費やされるため、変形により吸収されるエネルギーは心向衝突の場合より減少する。

核燃料輸送物を固体と考えると、衝突の際の核燃料輸送物の重心についての運動方程式は、下向きを正とし、また、核燃料輸送物が軟鋼棒に衝突した時点を $t = 0$ とすると、次式で表される。

$$M \dot{u} = X$$

$$M \dot{v} = Y$$

$$I \dot{\omega} = P Y$$

ここで、 M : 核燃料輸送物の質量 (kg)

I : 核燃料輸送物の慣性モーメント ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

u : 核燃料輸送物の重心の x 方向の速度 (m/sec)

v : 核燃料輸送物の重心の y 方向の速度 (m/sec)

ω : 核燃料輸送物の重心のまわりの角速度 (m/sec)

X : x 方向に働く力 (N)

Y : y 方向に働く力 (N)

P : 核燃料輸送物の重心から蓋 O リング部までの距離 (m)

である。

この微分方程式を解く初期条件は、 $t = 0$ のとき落下高さを h とすると、

$$u_0 = 0$$

$$v_0 = \sqrt{2 g h}$$

ここで、 g : 重力加速度

$$\omega_0 = 0$$

である。よって、

$$u = \frac{1}{M} \int_0^t X \, dt$$

$$v = \frac{1}{M} \int_0^t Y \, dt + \sqrt{2gh}$$

$$\omega = \frac{P}{I} \int_0^t Y \, dt$$

となる。また、衝突点の速度 (v_p) は、

$$v_p = v + P\omega$$

と表されるが、本偏心衝突では核燃料輸送物が衝撃点を中心として回転するので、 $v_p = 0$ であり、

$$v = -P\omega$$

となる関係が成り立つ。これに上で求めた ω を代入すると、

$$\int_0^t Y \, dt = -\frac{I}{P^2} v$$

となる。この式と上で求めた v より、

$$v = \frac{\sqrt{2gh}}{1 + \frac{1}{M} \frac{I}{P^2}}$$

$$\begin{aligned} \omega &= -\frac{v}{P} \\ &= -\frac{\sqrt{2gh}}{MP^2 + I} \end{aligned}$$

が求まる。

容器の衝突前後の運動エネルギーを各々 T 、 T' とすると、

$$T = \frac{1}{2} M v_0^2$$

$$T' = \frac{1}{2} M v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2$$

である。ゆえに、衝突によって吸収されるエネルギー (U) は、次式で与えられる。

$$U = T - T^2$$

$$= \frac{1}{2} M v_0^2 - \frac{1}{2} M v^2 - \frac{1}{2} I \omega^2$$

$$= \frac{M I}{M P^2 + I} g h$$

h : 落下高さ 1 (m)
 g : 動力加速度 9.80665 (m/sec²)
 M : 核燃料輸送物の質量
 I : 核燃料輸送物の慣性モーメント
 P : 核燃料輸送物の重心からリングまでの距離

である。これらの数値を用いると、

$$U = \frac{\text{} \times \text{}}{\text{} \times \text{}^2 + \text{}} \times 9.80665 \times 1 = \text{}$$

となる。

この落下エネルギー (U) が、外容器の緩衝材 () の変形エネルギー (U_{c1})、緩衝材 () の変形エネルギー (U_{c2}) 及び外胴の変形エネルギー (U_s) の総和 (U_c) に等しいとして変形量を求める。ただし、水平落下試験 I の結果より緩衝材 () の残りの厚さは なので、変形量が までは緩衝材 () 及び外胴の変形エネルギーにより、 を超えた場合にはさらに緩衝材 () の変形エネルギーを考慮するものとする。

$$U_c = U_{c1} + U_{c2} + U_s$$

$$U_{c1} = \sigma_{c1} \cdot V_1$$

$$U_{c2} = \sigma_{c2} \cdot V_2$$

$$U_s = \sigma_s \cdot V_3$$

ここで、 σ_{c1} : 緩衝材 () の圧縮変形応力

V_1 : 緩衝材 () の圧縮変形体積 (m³)

$$= \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \delta_1$$

d : 軟鋼棒の直径 0.15 (m)

δ_1 : 変形量 (水平落下試験 I による緩衝材 () の残り厚さは なので、ここでは とする。)

σ_{c2} : 緩衝材 () の圧縮変形応力 (Pa)

V_2 : 緩衝材 () の圧縮変形体積 (m³)

$$= \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot (\delta - \delta_1)$$

δ : 変形量

σ_s : 外胴の圧縮変形応力 ()

V_s : 外胴の圧縮変形体積 (m³)

$$= \pi \{(d + t) \times t\} \cdot \delta$$

t : 外胴の厚さ ()

である。したがって、落下エネルギー (U) と変形エネルギー (U_c) は等しいので、

$$\begin{aligned} &= \text{ } \times \frac{\pi}{4} \times (0.15)^2 \times \text{ } + \text{ } \times \frac{\pi}{4} \times (0.15)^2 \\ &\quad \times (\delta - \text{ }) + \text{ } \times \pi \times \{(0.15 + \text{ }) \times \text{ }\} \times \delta \\ \delta = &= \text{ } = \text{ } \end{aligned}$$

である。

変形量は () (落下試験 I) + () (落下試験 II) = () で、変形は内容器まで達しない。

外胴のひずみは () であり、外胴はステンレス鋼で、貫通するまでの伸びが () 以上あるので、外胴に貫通は生じない。

(3) コーナ落下

核燃料輸送物がコーナ方向を下向きに落下し、軟鋼棒と衝突するときの変形を計算する。落下の方向は、上部側と下部側とする。

(3)-1 上部コーナ落下

核燃料輸送物が保護蓋側を下向きにコーナ落下したときの変形量を求める。変形量の計算は、上部垂直落下の場合と同様に行った。

変形量は () (落下試験 I) + () (落下試験 II) = () で、変形は内容器まで達しない。また、外胴のひずみは () であり、外胴は () で、貫通するまでの伸びは () あるので、外胴に貫通は生じない。

(3)-2 下部コーナ落下

核燃料輸送物が底部側を下向きにコーナ落下したときの変形量を求める。変形量の計算は、下部垂直落下の場合と同様に行った。

変形量は () (落下試験 I) + () (落下試験 II) = () で、変形は内容器

まで達しない。また、外胴のひずみは□であり、外胴は□で、貫通するまでの伸びは□以上あるので、外胴に貫通は生じない。

(4) 傾斜落下

核燃料輸送物が傾斜落下し、軟鋼棒と衝突するときの変形量を計算する。落下の方向は、上部側と下部側とする。変形量の計算は、コーナ落下の場合と同様に行った。各落下方向での変形量は、(□)-第A.37表に示すとおりである。落下試験Ⅰ及び落下試験Ⅱによる変形量は、内容器まで達しない。また、外胴のひずみはいずれの落下方向においても□の貫通するまでの伸び□を超えることはなく、外胴に貫通は生じない。

A.6.2.1 結果の要約

強度試験・落下試験Ⅰに引き続き、落下試験Ⅱを実施した。核燃料輸送物の状態について述べる。

[変形量について]

外容器の変形量は、容器の耐火性及び密封性に深く関与している。解析は、変形量に着目して行った。解析の結果、累積した変形量を(□)-第A.37表に示す。また、落下解析後の変形モデルを上部垂直落下の場合を(□)-第A.53図に、下部垂直落下の場合を(□)-第A.54図に、水平落下の場合を(□)-第A.55図に、上部コーナ落下の場合を(□)-第A.56図に、下部コーナ落下の場合を(□)-第A.57図に、上部傾斜落下の場合を(□)-第A.58図から(□)-第A.62図に、また、下部傾斜落下の場合を(□)-第A.63図から(□)-第A.67図にそれぞれ示す。これらの表及び図から明らかなように、落下試験Ⅰ及び落下試験Ⅱによる変形は、内容器まで達しない。

[衝撃加速度倍率について]

衝撃加速度倍率は、変形部の吸収エネルギーより得た衝撃力と核燃料輸送物重量より求めた。

内容器等の強度は、外容器の受ける衝撃加速度倍率を用いて解析したので、内容器等と外容器との間の緩衝効果は無視したことになり、安全側の解析となる。

[内容器、収納物強度]

内容器等に発生する応力は許容応力以下で、内容器等が破損することはない。

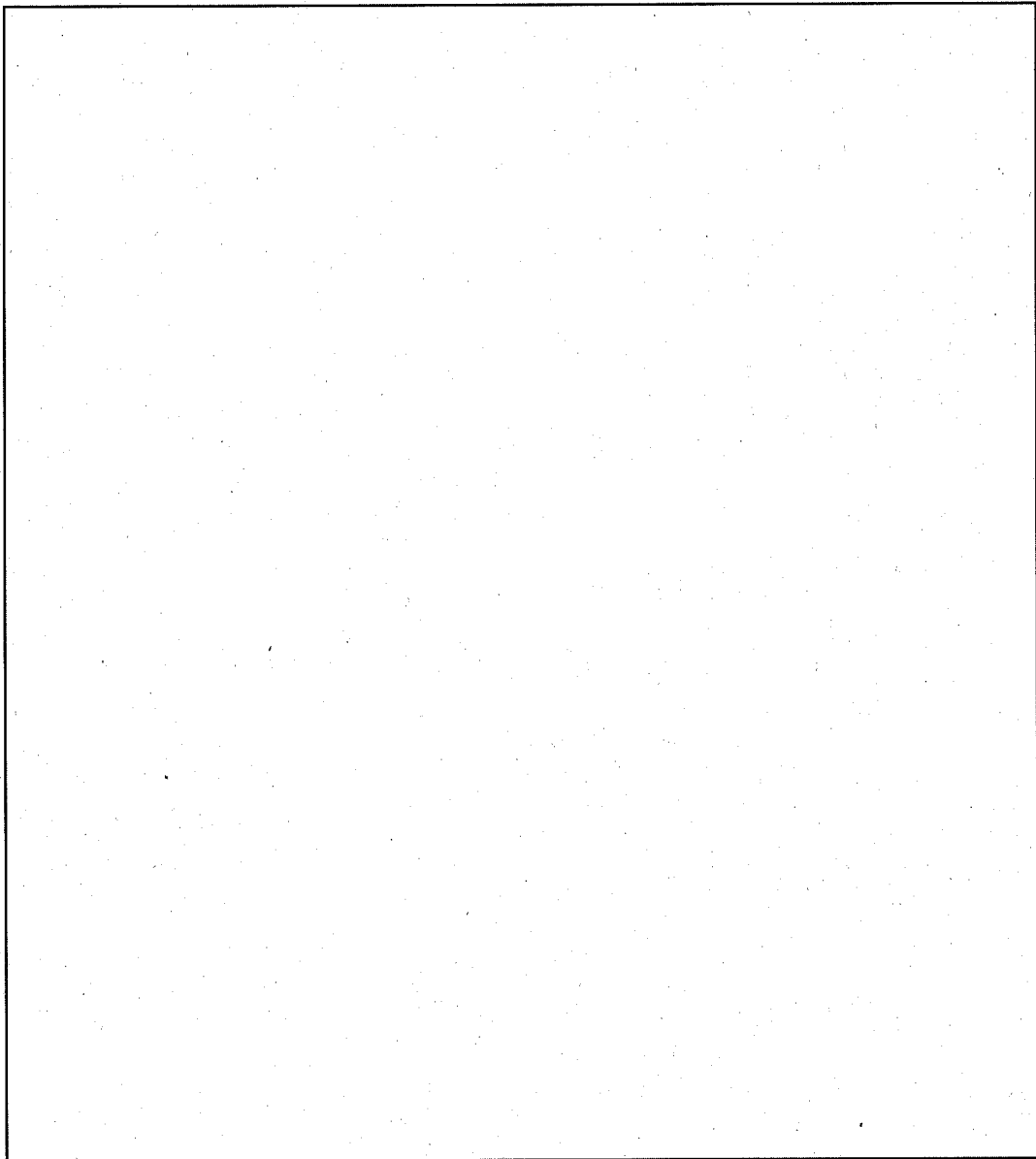
収納物に発生する応力は許容応力以下で、収納物が破損することはない。

以上より内容器と収納物の密封性は、強度試験の落下試験Ⅰ、Ⅱにおいて確保される。

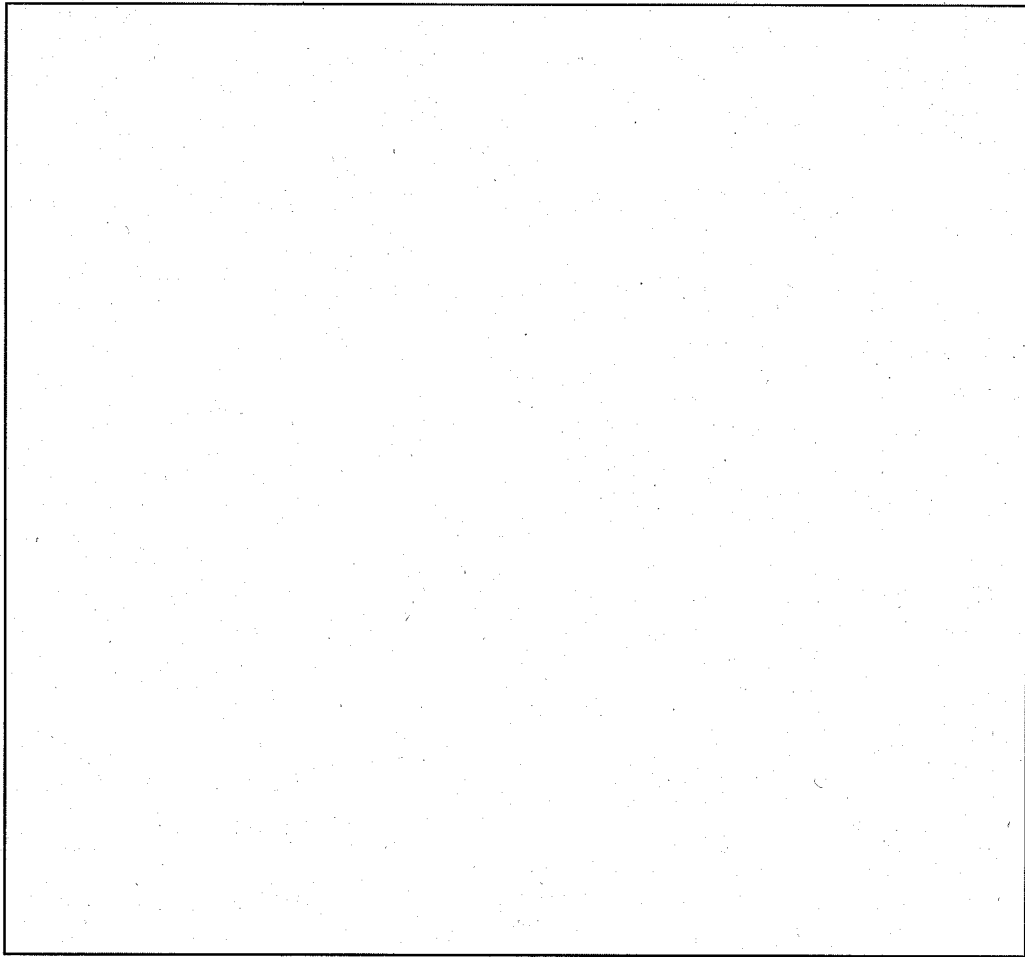
(ロ)-第A.37表 落下試験Ⅰ及びⅡによる変形量

単位 (mm)

落下姿勢	解析部位	外容器の 厚さ	落下試験Ⅰ による変形量	落下試験Ⅱ による変形量	落下試験Ⅰ 及びⅡによる 変形量	変形せずに残 っている外容器 の厚さ
垂直落下	保護蓋部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	外胴端板部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
水平落下	胴部	落下試験Ⅱ が心向衝突	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		落下試験Ⅱ が偏心衝突	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
コーナ落下	<input type="checkbox"/>	上部コーナ部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/>	下部コーナ部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
傾斜落下	15°	上部コーナ部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	30°	上部コーナ部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	45°	上部コーナ部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	60°	上部コーナ部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	75°	上部コーナ部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	15°	下部コーナ部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	30°	下部コーナ部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	45°	下部コーナ部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	60°	下部コーナ部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	75°	下部コーナ部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

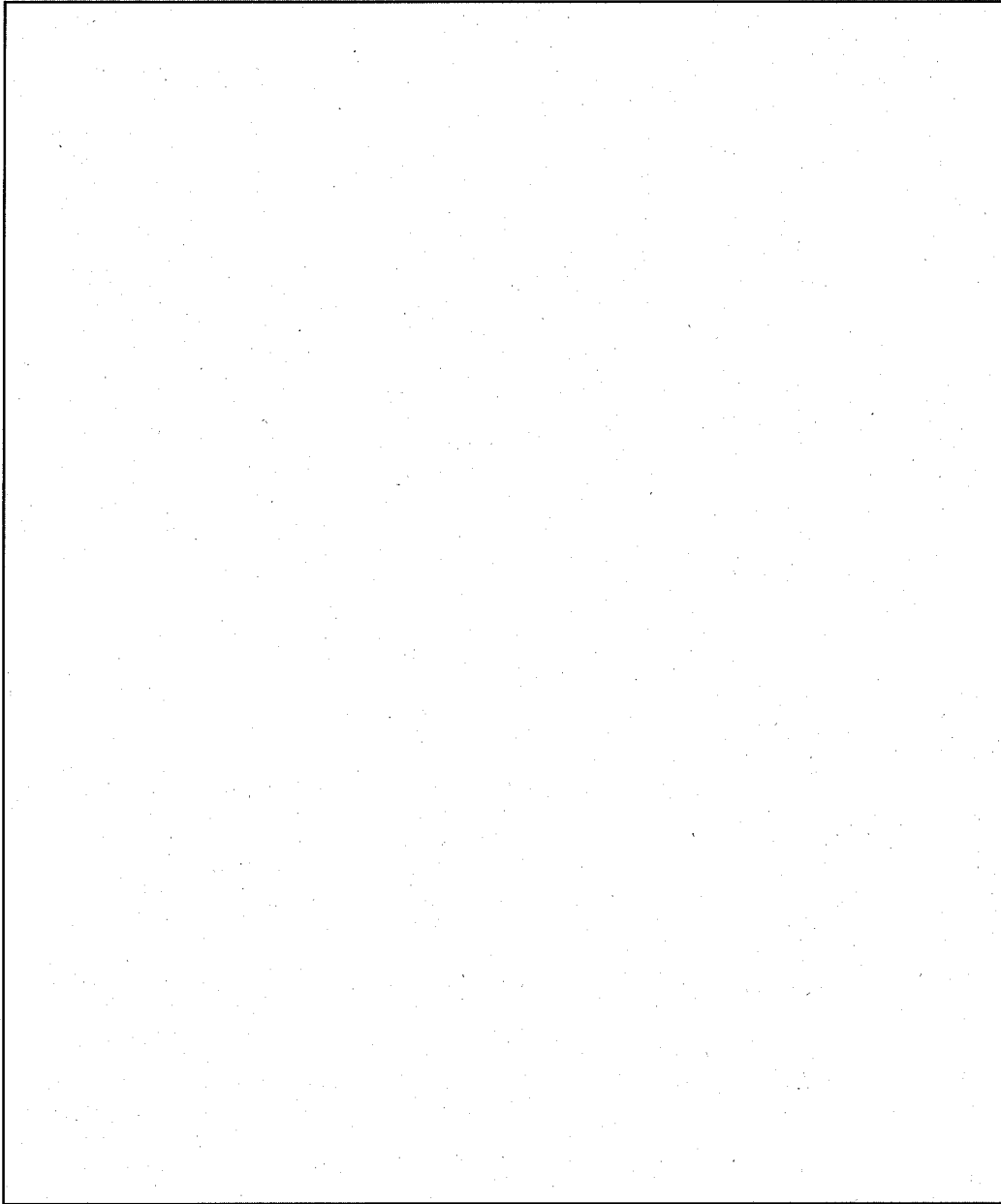


(㉓)-第 A. 53 図 上部垂直落下解析結果



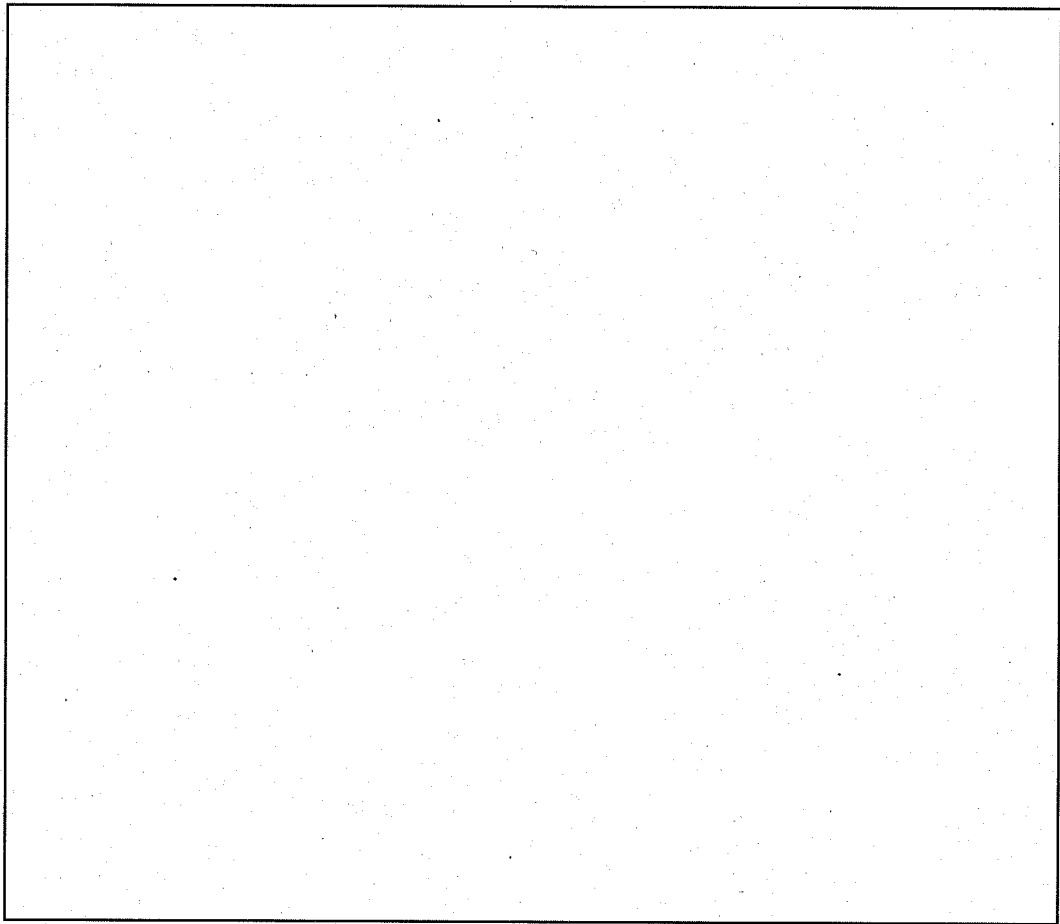
單位 (mm)

(□)-第A. 54圖 下部垂直落下解析結果



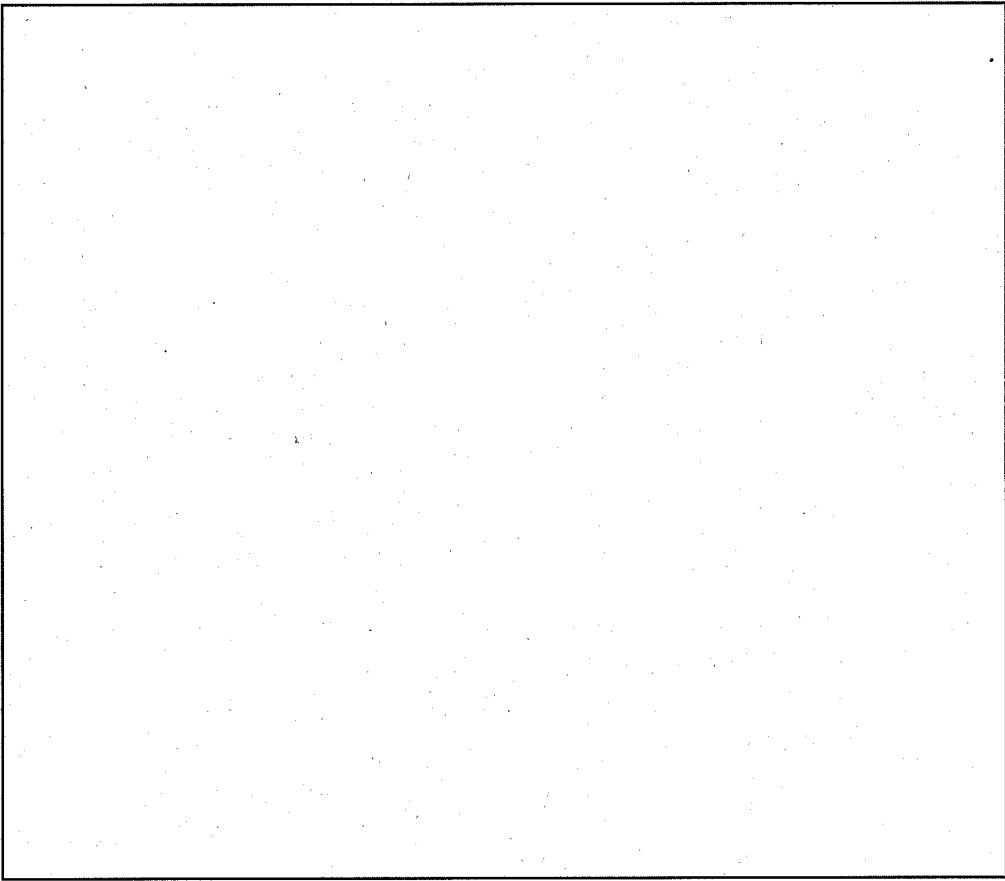
单位 (mm)

(㉑)-第A.55图 水平落下解析結果



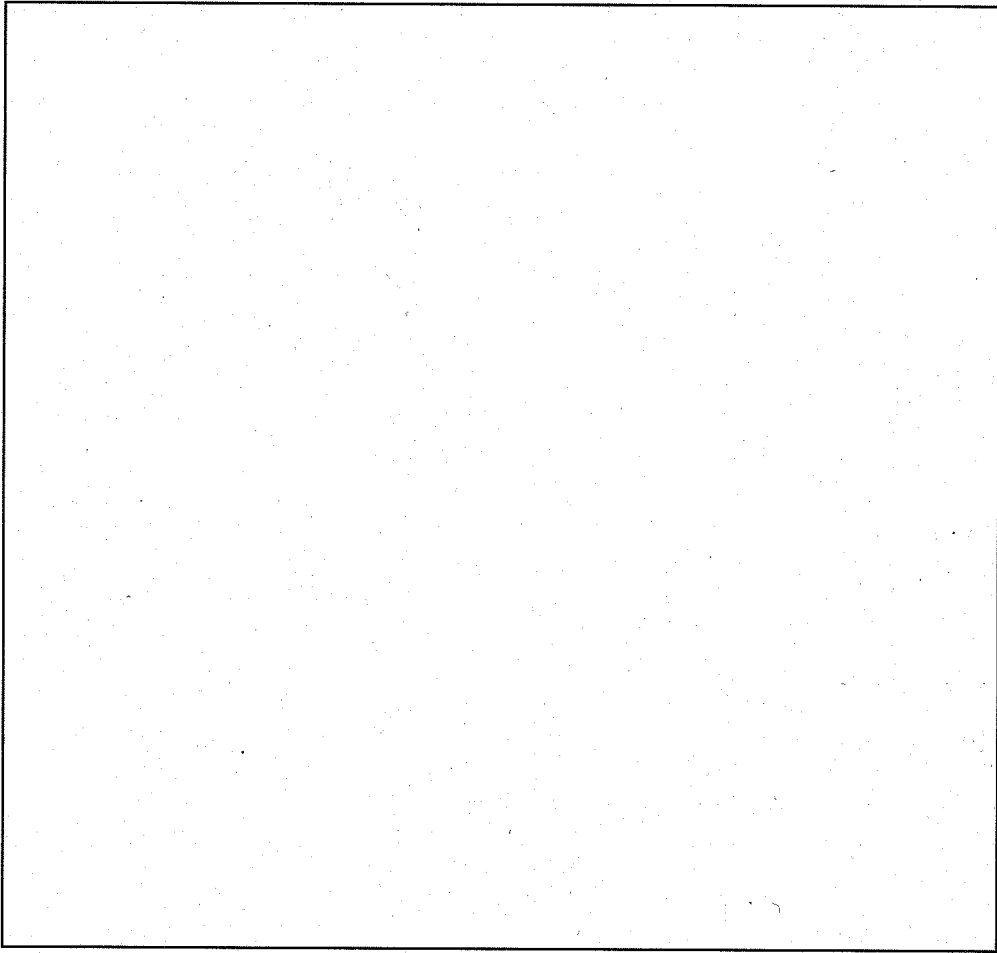
単位 (mm)

(v)-第A.56図 上部コーナ落下解析結果



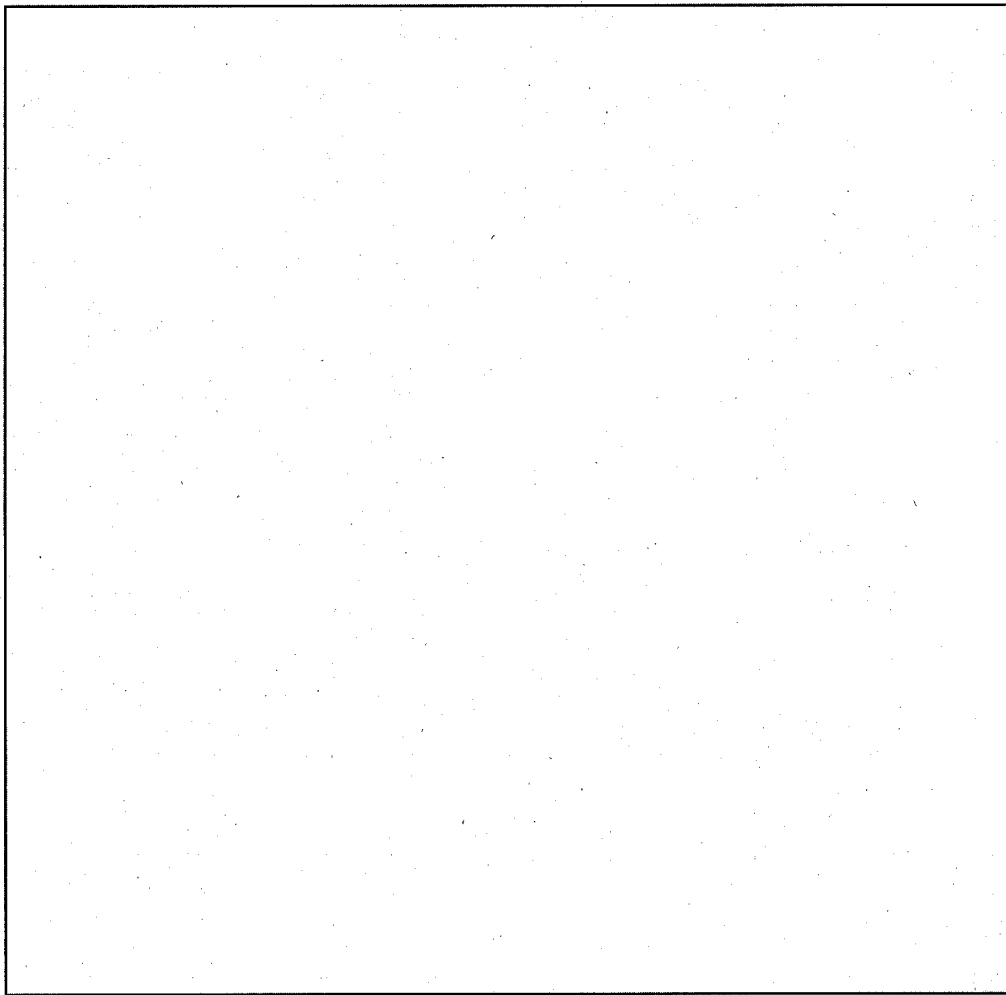
単位 (mm)

(□)-第 A. 57 図 下部コーナ落下解析結果



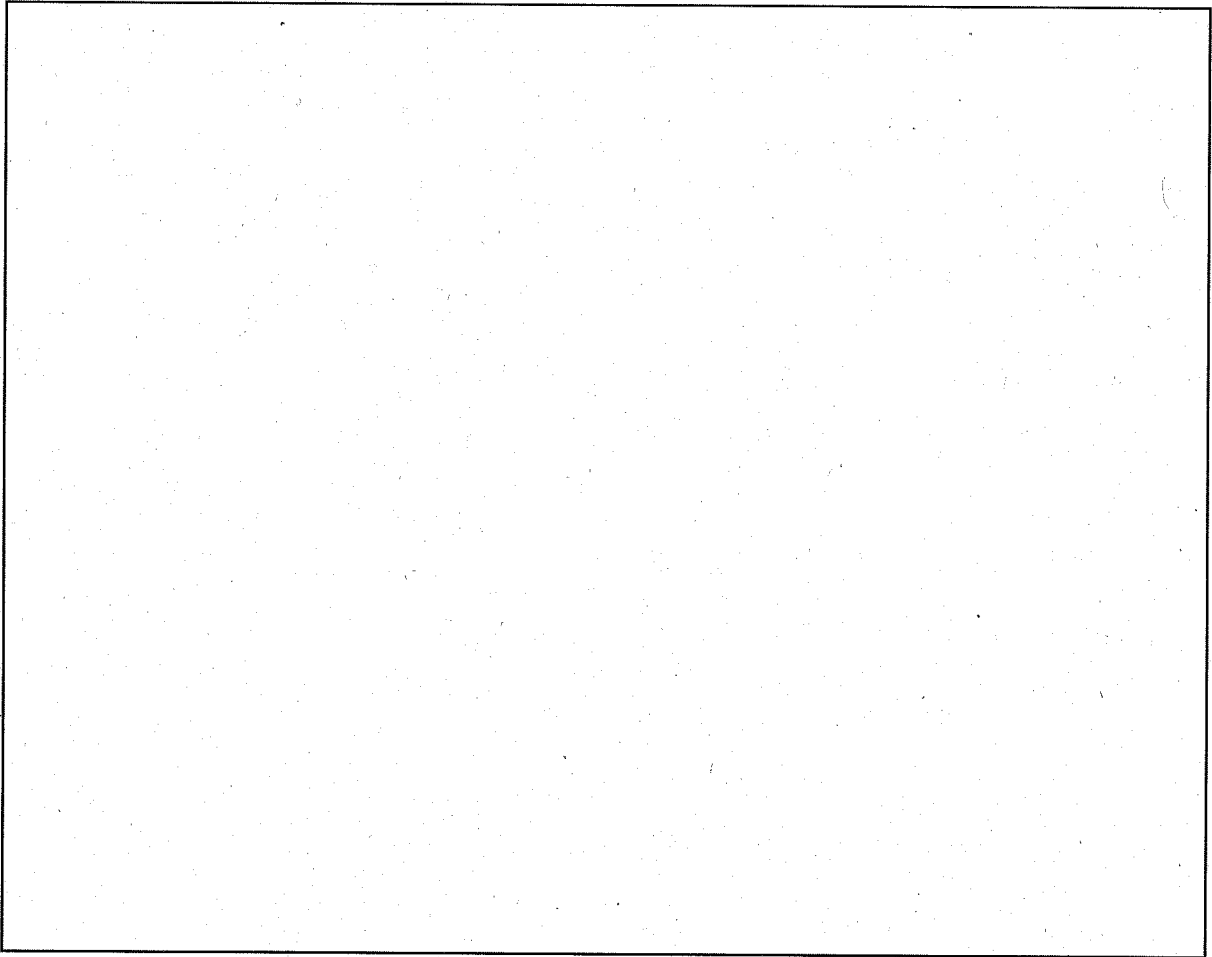
単位 (mm)

(a)-第 A. 58 図 上部傾斜落下解析結果 (15°)



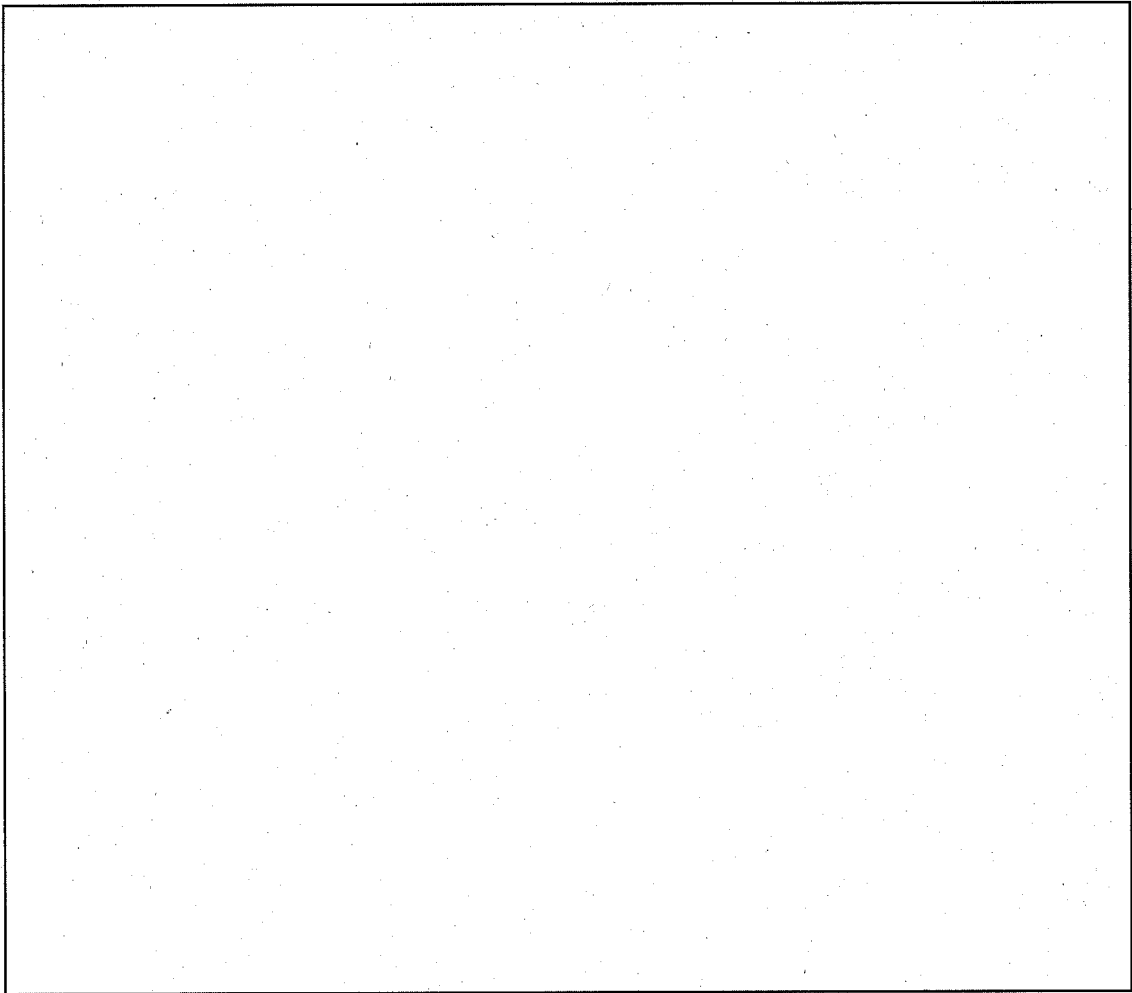
単位 (mm)

(□)-第A.59図 上部傾斜落下解析結果 (30°)



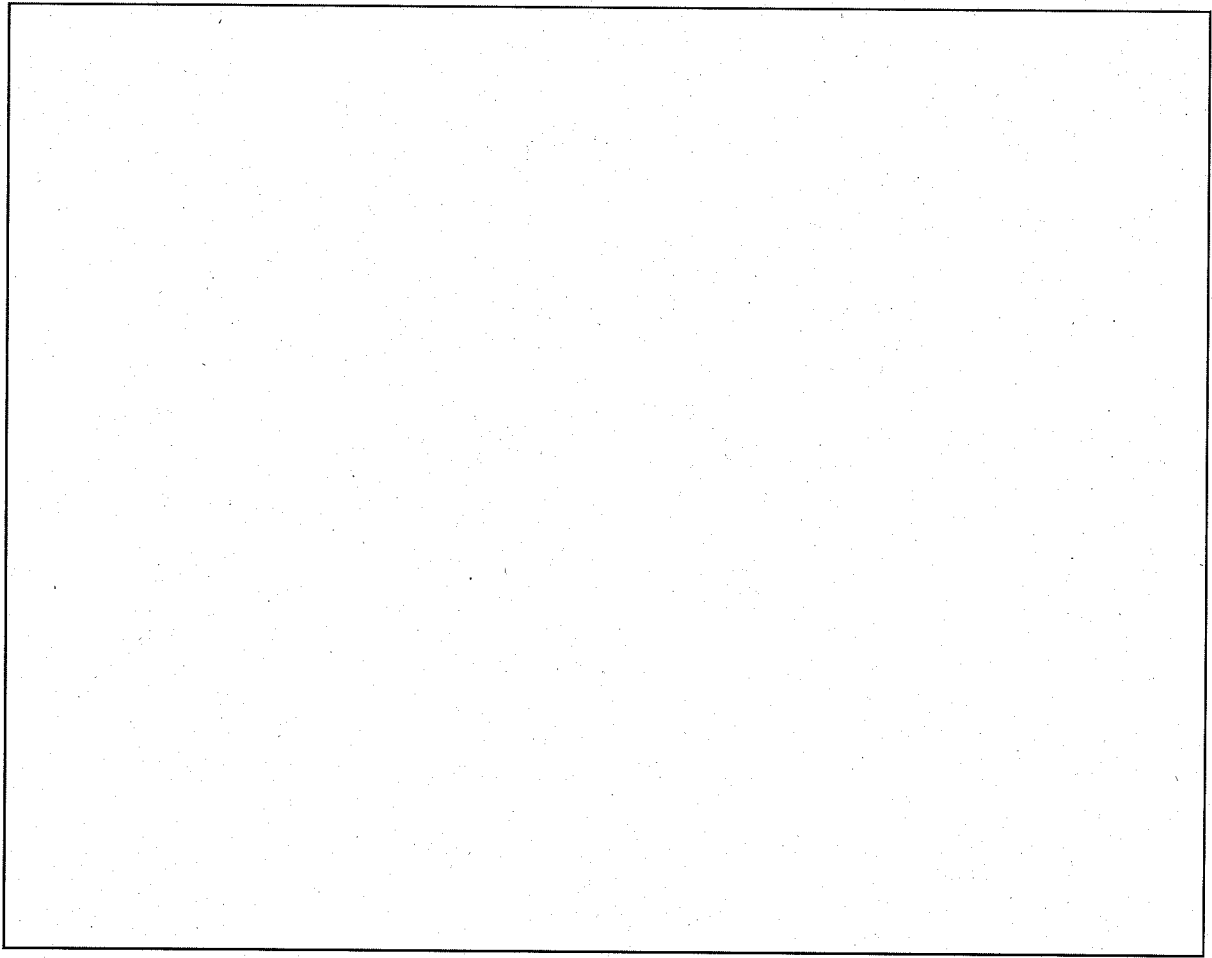
單位 (mm)

(v)-第A.60圖 上部傾斜落下解析結果 (45°)



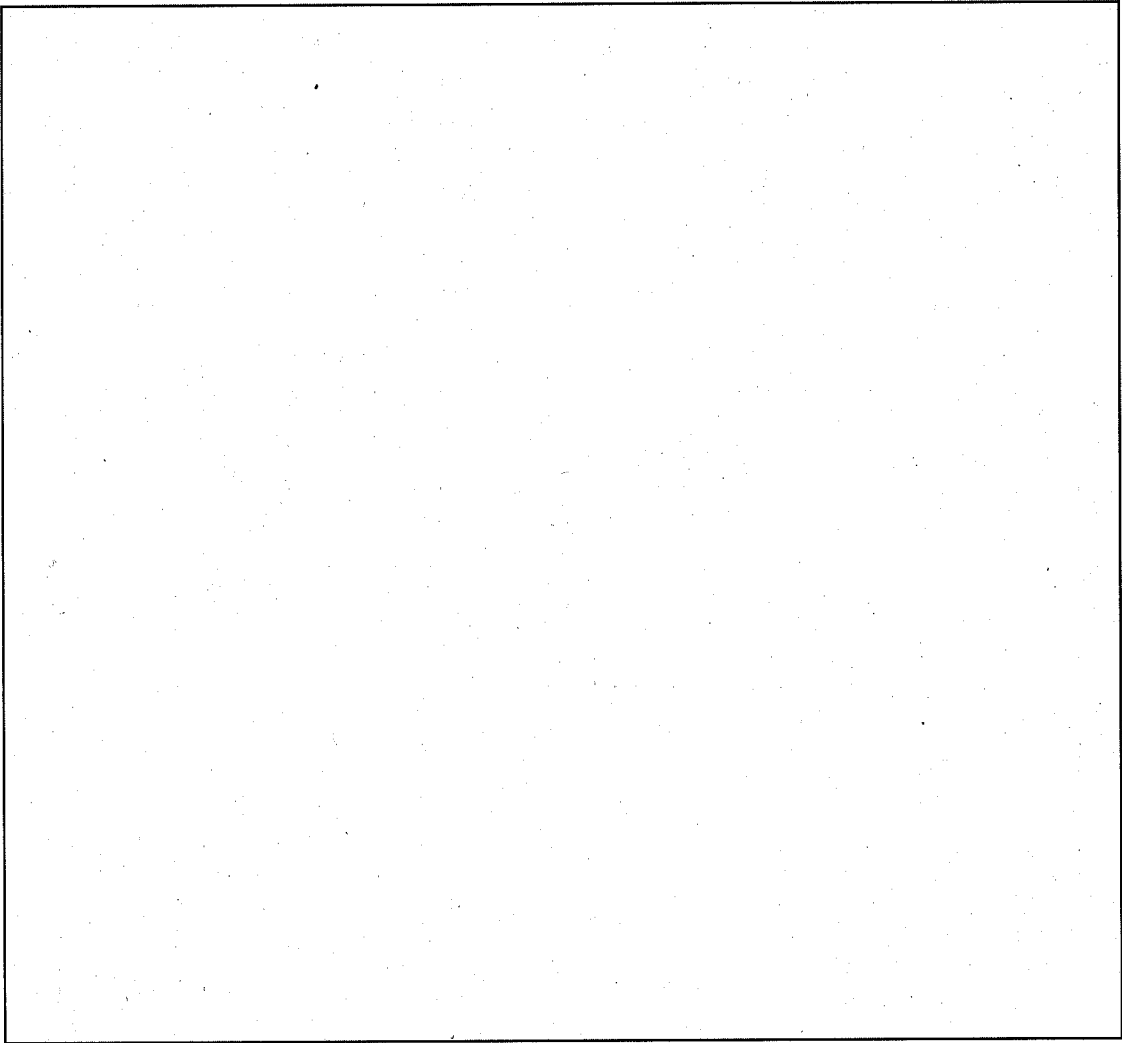
単位 (mm)

(v)-第 A. 61 図 上部傾斜落下解析結果 (60°)



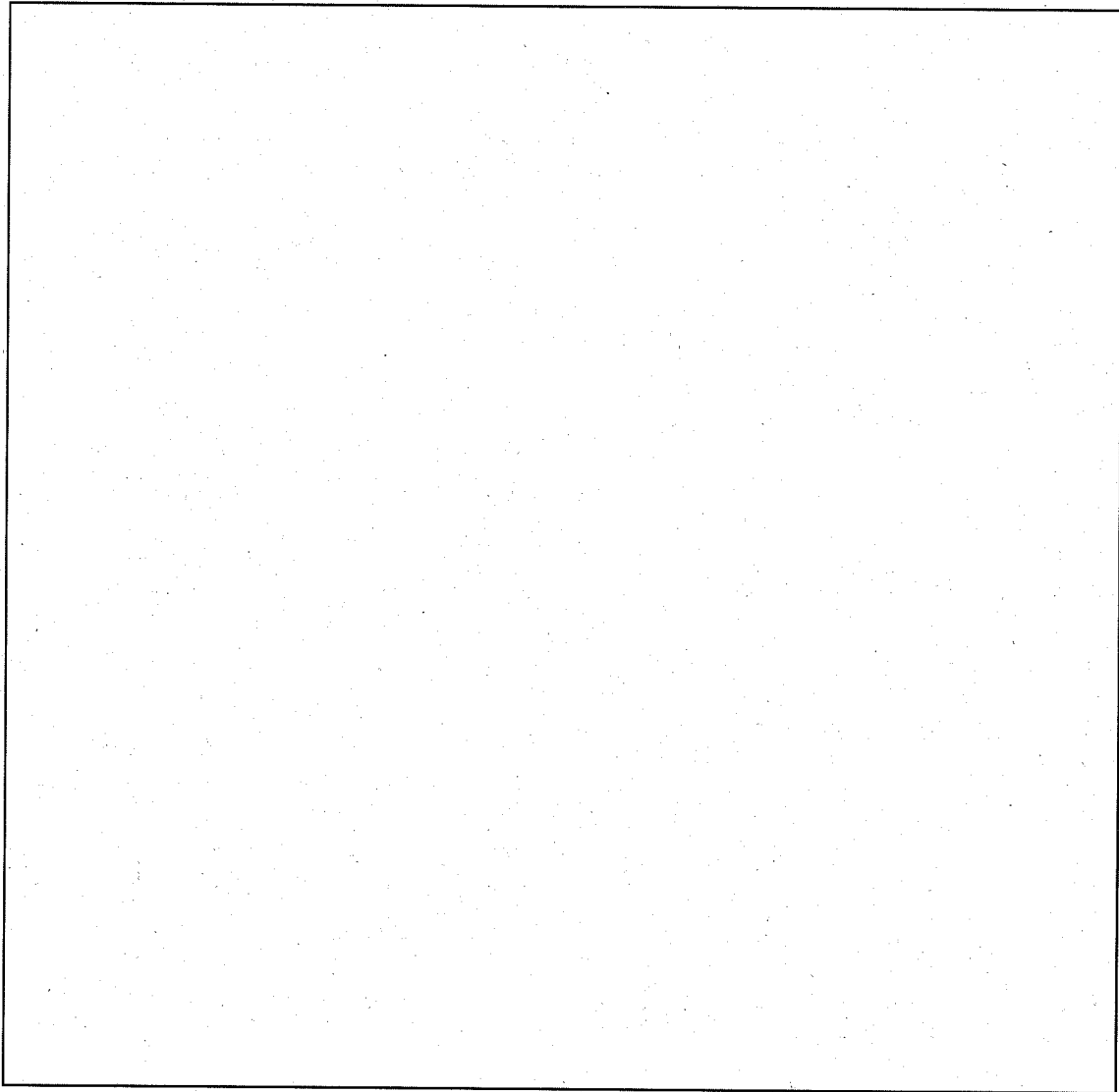
单位 (mm)

(a)-第 A. 62 图 上部倾斜落下解析结果 (75°)



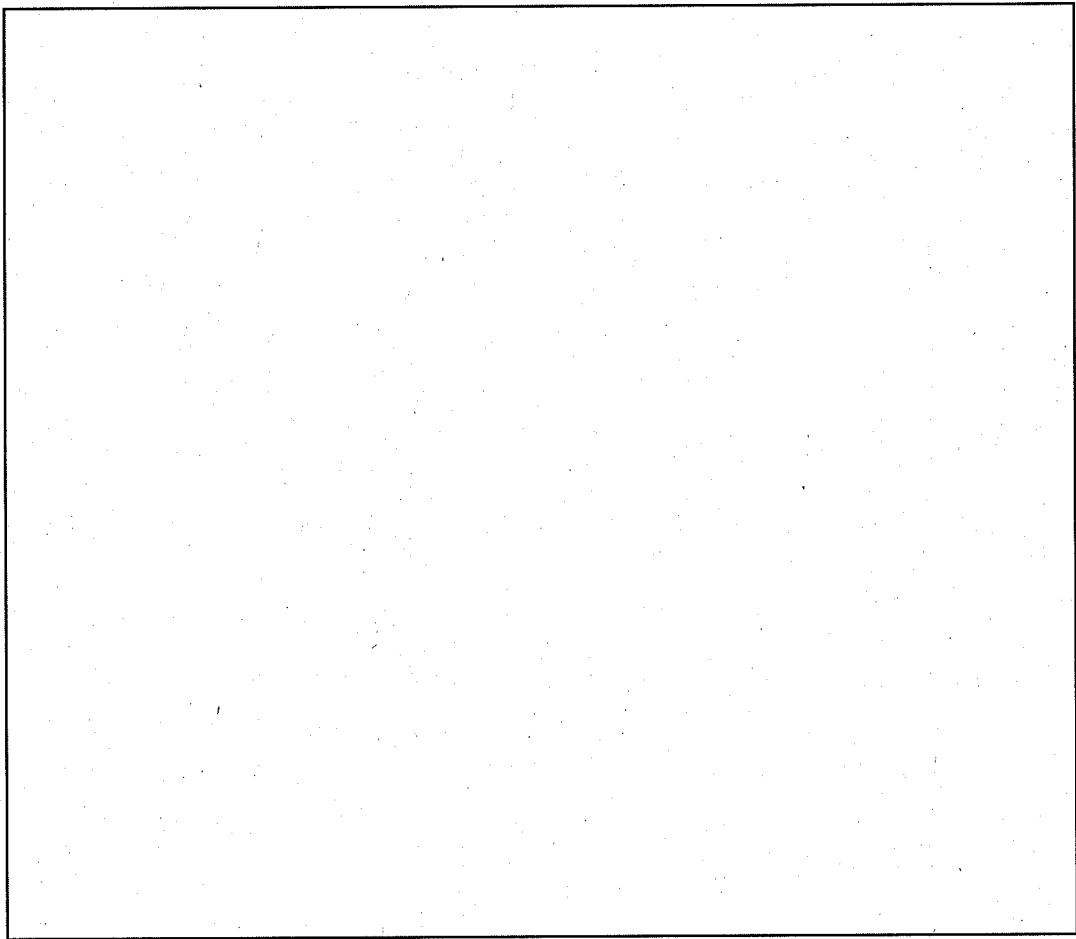
单位 (mm)

(v)-第 A. 63 图 下部倾斜落下解析结果 (15°)



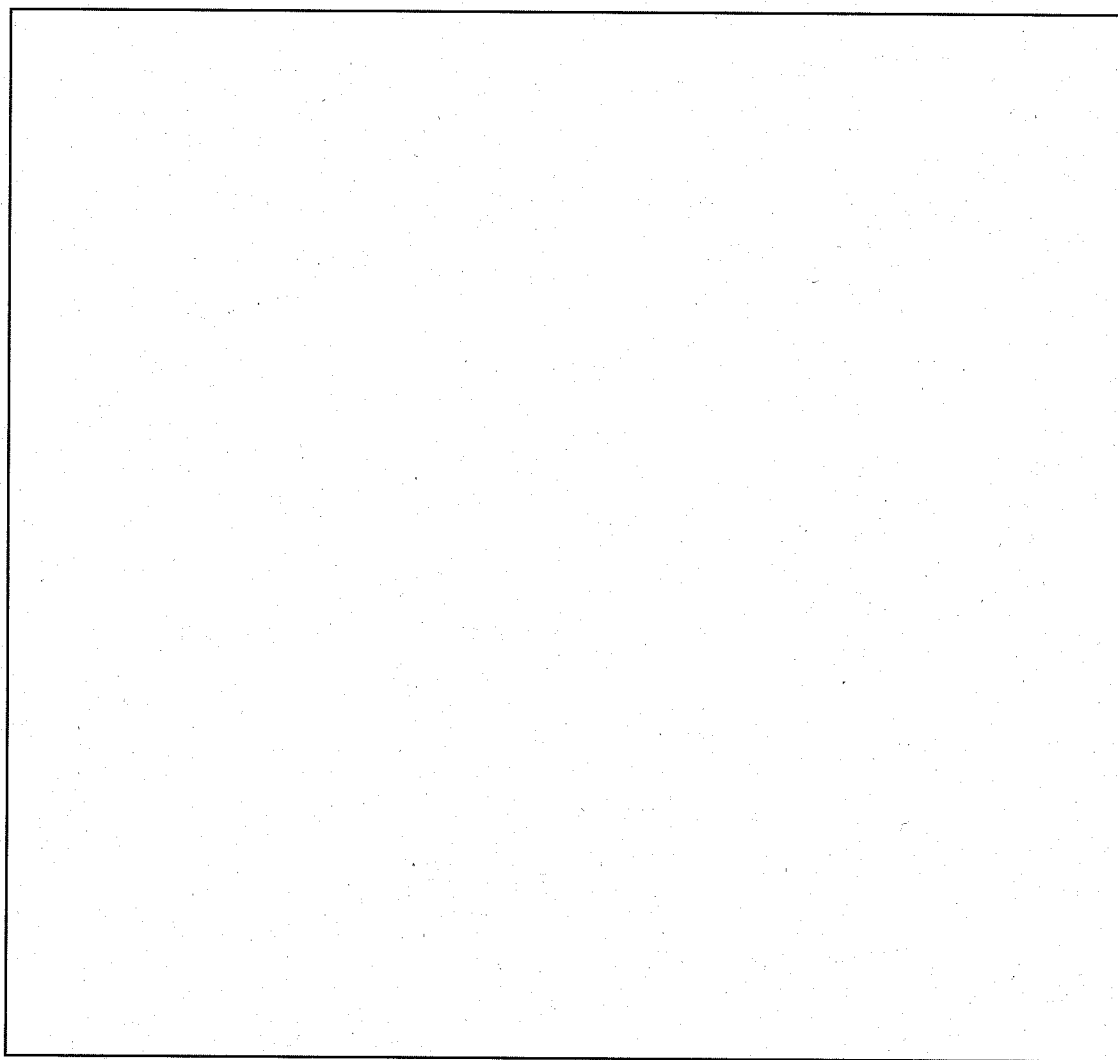
単位 (mm)

(□)-第 A. 64 図 下部傾斜落下解析結果 (30°)



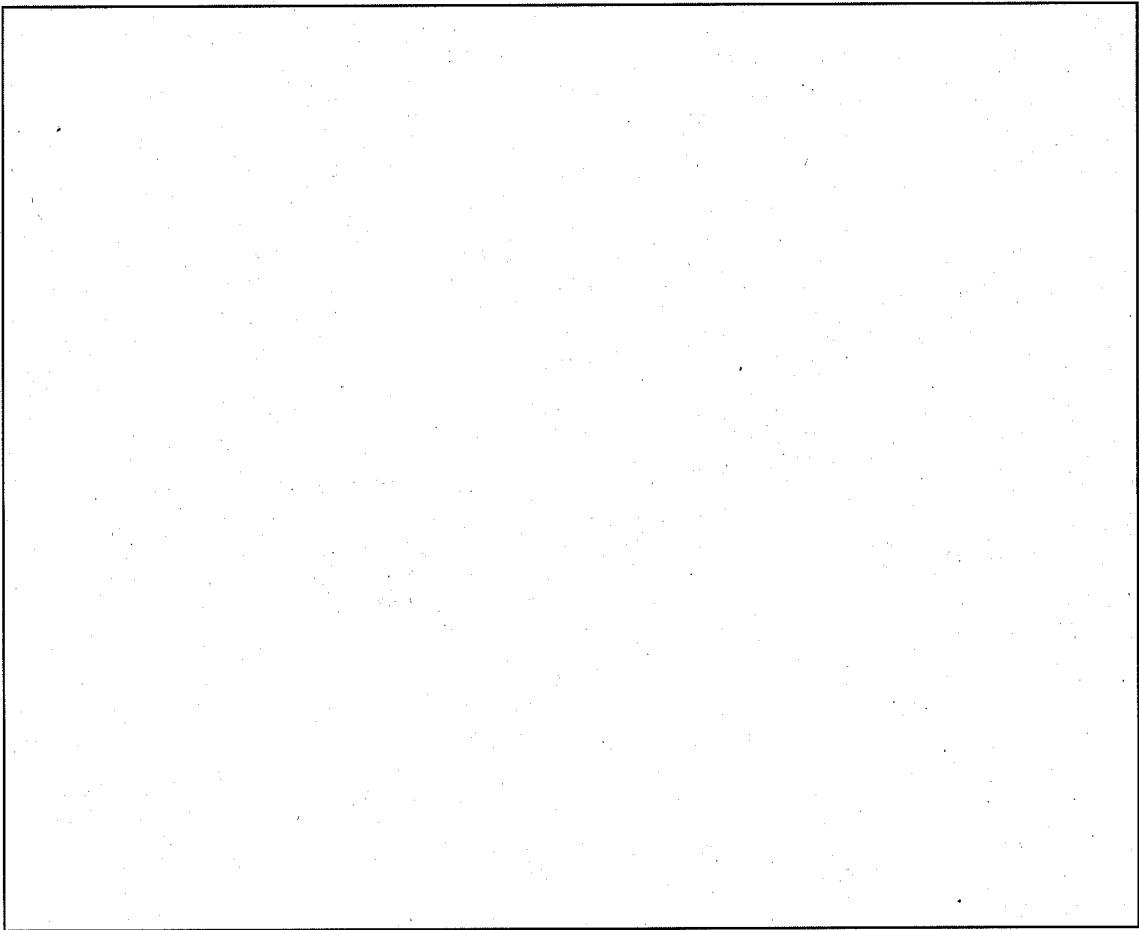
単位 (mm)

(□)-第A.65図 下部傾斜落下解析結果 (45°)



單位 (mm)

(a)-第 A. 66 圖 下部傾斜落下解析結果 (60°)



单位 (mm)

(p)-第A.67图 下部倾斜落下解析结果 (75°)

A. 6. 3 熱的試験

A. 6. 3. 1 温度及び圧力の要約

強度試験に引き続いて実施する本核燃料輸送物の熱的試験に対する解析は、(ロ)章B. 5 項に詳細に述べてある。

熱的試験の解析結果によると、内容物の各部材の最高到達温度は内胴 []、蓋及び底板 [] であり、燃料集合体の最高温度は [] である。このとき、内容物内部に生ずる圧力を内容物の最高到達温度に基づいて求めた結果、内容物の圧力は [] である。なお、内容物蓋のOリングの最高使用温度は [] であり、密封性維持の観点からは特に問題とならない。

A. 6. 3. 2 熱膨張

(1) 熱膨張

特別の試験条件下（火災時）において、本輸送容器に生ずる熱応力は、内胴の軸方向の温度こう配による半径熱膨張の相違に伴う曲げ応力であり、この曲げ応力は次式で与えられる。

$$\sigma = 0.353 \cdot \alpha \cdot E \cdot \Delta T \cdot \sqrt{r h / \ell}$$

ここで、 α : 内胴 [] の線膨張係数 [] []

E : [] の縦弾性係数 [] []

ΔT : 最大温度差が生じるときの温度の差
(内胴中央部温度－フランジ部温度) [] - [] = []

r : 内胴の平均半径
= $\frac{[] + []}{2 \times 2}$ = []

h : 内胴の肉厚 []

ℓ : 内胴の長さ [] / 2 = []

である。これらの値を用いると、

$$\begin{aligned} \sigma &= 0.353 \times [] \times [] \times [] \times \sqrt{[] \times [] / []} \\ &= [] \\ &= [] \end{aligned}$$

となる。ゆえに、内胴の軸方向の温度こう配により発生する曲げ応力 [] は許容応力 [] より小さく、内胴は熱応力により破損することはない。

(2) 応力計算

(2)-1 解析条件

(a) 耐火試験条件下において、密封性の観点から下記の箇所に関して、強度上の評価を行う。

- ① 内胴（板厚□部）
- ② 底板
- ③ フランジ
- ④ 蓋
- ⑤ 蓋ボルト

(b) 解析の手法は、JIS B 8243「圧力容器の構造」に準じて行う。^[3]

(c) 解析温度は、熱解析の結果より内胴（板厚□部）は□、内胴（板厚□部）は□、その他の部位は□とする。

(d) 各部位に作用する圧力については、熱解析の結果より□である。

(e) 章A.5.1.3応力計算において、内容器内に設計圧力の196.1kPaGが発生したとして解析を行っているので、同じ考え方を用いて各部の発生応力を求める。

(2)-2 輸送容器本体各部の強度

① 内胴（板厚□部）

内圧196.1kPaにより内胴に発生する曲げ応力 □ は許容応力 □ より小さく、内胴は内圧により破損することはない。

② 底板

内圧により底板に発生する曲げ応力 □ は許容応力 □ より小さく、底板は内圧により破損することはない。

③ フランジ

内圧によりフランジに発生する曲げ応力（ハブの軸方向：□、フランジの半径方向：□、フランジの周方向：□）は許容応力 □ より小さく、フランジは内圧により破損することはない。

④ 蓋

内圧により蓋に発生する曲げ応力 □ は許容応力 □ より小さく、蓋は内圧により破損することはない。

⑤ 蓋ボルト

内圧により蓋ボルトに発生する引張応力 □ は許容応力 □ より小さく、蓋ボルトは内圧により破損することはない。また、発生する応力が最も大きい蓋ボルトの疲労について、設計・建設規格より許容繰り返し回数は、□回を超えるものと考えられ、使用期間中に想定される通算の使用回数（＝30回輸送）と比較して十分に

上回っており問題はない。

A.6.3.3 許容応力との比較

(□)章A.5.2 項から(□)章A.6.5 項までに解析した結果と、(□)章A.1.2 に示した設計基準による許容応力との比較を(□)-第A.38表に示す。

(□)-第A.38表に示すように、一般の試験条件下及び特別の試験条件下において、内容器各部に発生する応力を解析し、設計余裕率を求めると、すべて正の数である。したがって、一般の試験条件下及び特別の試験条件下で内容器は破損せず、それらの密封性能は保持される。

(□)-第A.38表 許容応力との比較 (2)

(その1)

条件	解析項目	解析基準	解析基準値	解析結果等	余裕率等	備考
一般 の 試 験 条 件	水噴霧					
	吸水性	吸水性の有無	吸水性がないこと	無	基準に合致	
	水切り	水切りの良否	水切りが良いこと	良	基準に合致	
	自由落下					落下高さ1.2 m
	(1)垂直落下					
	外容器変形量					
	上部垂直落下	変形量	<input type="text"/>	<input type="text"/>	変形は内容器に達しない	
	下部垂直落下	変形量	<input type="text"/>	<input type="text"/>	変形は内容器に達しない	
	(2)水平落下					落下高さ1.2 m
	外容器変形量					
脚座のない方向からの落下	変形量	<input type="text"/>	<input type="text"/>	変形は内容器に達しない		
脚座のある方向からの落下	変形量	<input type="text"/>	<input type="text"/>	変形は内容器に達しない		
(3)傾斜落下					落下高さ1.2 m	
外容器変形量	変形量	<input type="text"/>	<input type="text"/>	変形は内容器に達しない		
(4)コーナ落下					落下高さ1.2 m	
外容器変形量	変形量	<input type="text"/>	<input type="text"/>	変形は内容器に達しない		
積み重ね試験	σ_y		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	曲げ応力
貫通						
緩衝材部分への落下	変形量	<input type="text"/>	<input type="text"/>	変形は内容器に達しない		
断熱緩衝材部分への落下	変形量	<input type="text"/>	<input type="text"/>	変形は内容器に達しない		

(ロ)-第A.38表 許容応力との比較 (2)

(その2)

条件	解析項目	解析基準	解析基準値	解析結果等	余裕率等	備考
特 別 の 試 験	強度試験・ 落下試験 I					
	(1) 垂直落下					落下高さ 9 m
	外容器変形量					
	上部垂直落下	変形量	<input type="text"/>	<input type="text"/>	変形は内容器 に達しない	
	下部垂直落下	変形量	<input type="text"/>	<input type="text"/>	変形は内容器 に達しない	
	輸送容器本体各部 の強度					衝撃加速度倍率 G = <input type="text"/>
	蓋	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	蓋ボルト	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	底板	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	内胴	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	蓋Oリングの密 封性	変位量	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
条 件	収納物の強度					
	燃料要素	σ_p	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	中性子検出 要素	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
件	(2) 水平落下					落下高さ 9 m
	外容器変形量					
	脚座のない方 向からの落下	変形量	<input type="text"/>	<input type="text"/>	変形は内容器 に達しない	
	脚座のある方 向からの落下	変形量	<input type="text"/>	<input type="text"/>	変形は内容器 に達しない	
	輸送容器本体各部 の強度					衝撃加速度倍率 G = <input type="text"/>
	蓋	τ	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	内胴	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
収納物の強度						
ペレット	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
中性子検出要 素上部端栓	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		

(v)-第A.38表 許容応力との比較 (2)

(その3)

条件	解析項目	解析基準	解析基準値	解析結果等	余裕率等	備考
特別	(3) コーナ落下 外容器変形量	変形量	<input type="text"/>	<input type="text"/>	変形は内容器に達しない	落下高さ9 m
	輸送容器本体各部の強度	輸送容器に発生する衝撃加速度倍率を軸方向と径方向に分解すると、垂直落下及び水平落下で求めた値を超えることはないため、評価は省略する。				
の	(4) 傾斜落下 外容器変形量	変形量	<input type="text"/>	<input type="text"/>	変形は内容器に達しない	落下高さ9 m
	試験	強度試験・落下試験Ⅱ 外容器変形量				変形せげに残っている外容器の厚さ
上部垂直落下		変形量	—	<input type="text"/>	変形は内容器に達しない	<input type="text"/>
条件	下部垂直落下	変形量	—	<input type="text"/>	変形は内容器に達しない	<input type="text"/>
	水平落下 胴部心向衝突	変形量	—	<input type="text"/>	変形は内容器に達しない	<input type="text"/>
	胴部偏心衝突	変形量	—	<input type="text"/>	変形は内容器に達しない	<input type="text"/>
	コーナ落下	変形量	—	<input type="text"/>	変形は内容器に達しない	<input type="text"/>
	傾斜落下	変形量	—	<input type="text"/>	変形は内容器に達しない	<input type="text"/>
	熱的試験					800℃×30分間の火災
	熱膨張 内胴(板厚 <input type="text"/> 部)	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	内圧196.1kPaで評価
応力計算 内胴(板厚 <input type="text"/> 部)	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
底板	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		

(ロ)-第A.38表 許容応力との比較 (2)

(その4)

条件	解析項目	解析基準	解析基準値	解析結果等	余裕率等	備考
特別の試験条件	フランジ	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	ハブの軸方向応力
		σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	フランジの半径方向応力
		σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	フランジの周方向応力
	蓋	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	蓋ボルト	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
浸漬						
内容器内胴	P_a	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	P_a : 許容圧力	
内容器	密封装置の健全性	破損のないこと。	原型容器を用いた200m浸漬試験により、破損のないことを確認。			

A. 6. 4 浸漬

(1) 15m 浸漬試験

① 概要

ここでは、核燃料輸送物が15m水深に等しい外圧を受けた場合について検討する。この場合、評価対象部位は蓋、底板、内胴とするが、蓋、底板については、熱的試験の応力計算での圧力196.1 kPaGの方が15m水深の圧力(147.1 kPa)より大きいので省略する。内胴については、座屈の評価を行う必要があるため、これについて検討する。解析方法はJIS B 8243

「圧力容器の構造」^[3]に準じて行い、温度については保守的に熱的試験時の最高到達温度 を使用する。

② 内胴の外圧座屈強度

外圧を受ける円筒胴の許容圧力は、次式^[3]で与えられる。

$$P_a = \frac{4BC(t_a - \alpha)}{3D}$$

ここで、 P_a : 許容圧力

D : 内胴外径

t_a : 内胴の実際の厚さ

α : 腐れ代 0 (mm)

C : 係数 1.0 (突合せ継手の場合)

B : 係数

B の値は、次の手順により求める。

(1) $L/D = \frac{\text{}{\text{}} = \text{$

ただし、 L は保守的に容器全長 とする。

(2) $D / (t_a - \alpha) = \frac{\text{}}{\text{} - 0} = 41.375$

(3) (a)-第A.68図より A を求める。

$A = 0.0007$

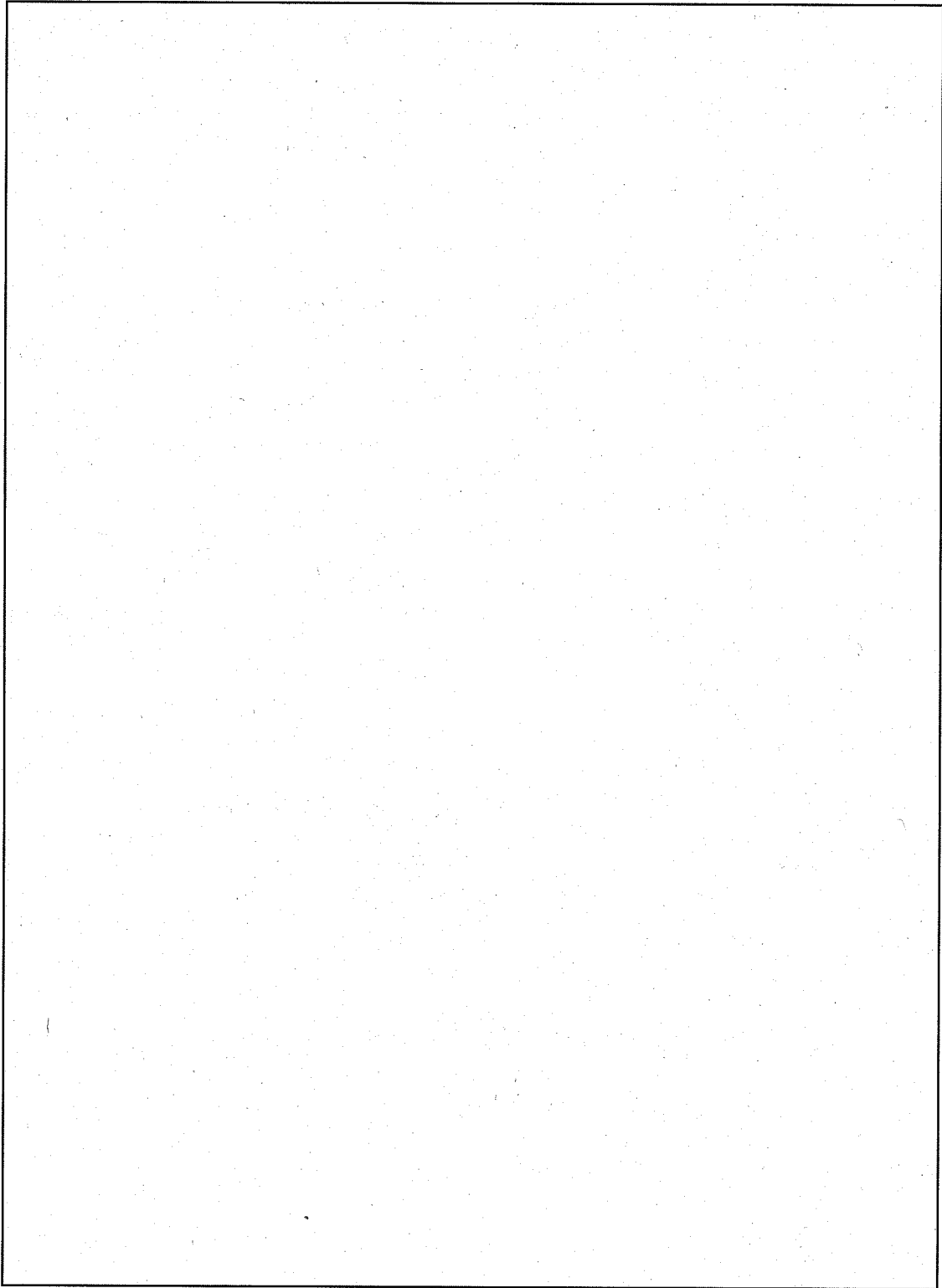
(4) (a)-第A.69図より B を求める。

$B = 400$

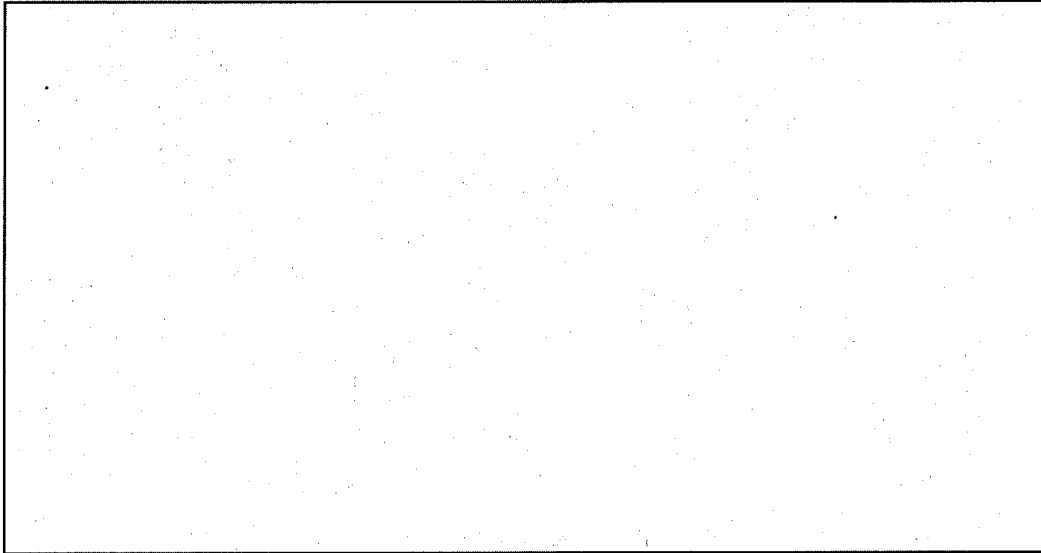
である。上記の値を用いると、

$$P_a = \frac{4 \times 400 \times 1.0 \times (\text{} - 0)}{3 \times \text{}} = \text{} = \text{$$

となる。浸漬により内胴に147.1 kPaの外圧(容器が垂直に没したと仮定して最大196.1 kPaG)が作用するが、許容圧力 より小さく、内胴は破損することはない。



(甲)-第A. 68図 外圧を受ける円筒胴の形状曲線



(Ⅱ)-第A.69図 の材料曲線

したがって、内容器の密封性が保持され、収納物が損失することはない。

A. 6.5 結果の要約及びその評価

特別の試験条件下における破損の要約を、各試験項目に沿って説明する。

(1) 落下試験 I (9 m 落下)

本試験では、緩衝材 (□)、断熱緩衝材 (□)、外胴が変形するが、密封境界を構成している内容物まで変形は達せず、破損には至らない。

(2) 落下試験 II (1 m 落下)

本試験では、緩衝材 (□)、断熱緩衝材 (□)、中性子しゃへい材 (□)、外胴が変形するが、内容物まで貫通せず、破損には至らない。

(3) 熱的試験

内容物に変形せず、密封境界は維持される。

(4) 浸漬

内容物に変形せず、密封境界は維持される。

A. 7 強化浸漬試験

本核燃料輸送物の最大収納放射能の量は、一定量を超える量の放射能を有する核燃料物質等が収納されている核燃料輸送物に課せられる強化浸漬試験（以下、「200m浸漬試験」という。）の適用条件である A_2 値の十万倍を超える。したがって、本核燃料輸送物は、200m浸漬試験の適用を受けることになる。

本項では、実寸大の原型容器を用いて実施した原型容器試験のうち、200m浸漬試験の結果により、200m浸漬試験条件下における内容物の健全性を確認する。

本核燃料輸送物については、外運搬規則及び外運搬告示で定められた特別の試験条件に対する適合性を確認するとともに、安全解析手法の妥当性を確認するため、原型容器試験を実施している。原型容器試験は、実寸大の原型容器 2 基を用いて、強度試験（落下試験 I 及び II）、耐火試験、浸漬試験（15m 浸漬試験及び 200m 浸漬試験）及び気密漏えい検査を実施した。（原型容器試験全体の概要については、(ロ)章 H 原型試験報告書の「H.1 原型容器試験の概要」に示す。）

200m 浸漬試験は、原型容器 - 2 を用い、強度試験（落下試験 I 及び II）に引き続いて実施した。試験は、200m 水頭圧相当の圧力 1,961 kPa G (20 kgf/cm²) 以上に加圧された耐圧タンク内に原型容器を 1 時間以上保持し、内容物蓋 2 重 Oリング部の真空度の変化により、内容物への水の浸入の有無を調べるとともに、内容物胴及び底板に取り付けたひずみゲージにより、試験時に発生するひずみを測定した。また、試験の前後に内容物の気密漏えい検査を実施した。（200m 浸漬試験の詳細については、(ロ)章 H 原型試験報告書の「H.2 200m 浸漬試験の詳細」に示す。）

(ロ)章 H.2 項に示すように、原型容器を用いて実施した 200m 浸漬試験の結果、浸漬試験中に測定した内容物蓋 2 重 Oリング部の真空度は、試験前：1.3 Pa G (1.3×10⁻² mbar)、試験後：

1.2 Pa G (1.2×10^{-2} mbar) であり、内容物内部への水の浸入はなかった。また、内容物に取り付けたひずみゲージによる計測結果では、最大ひずみが 344×10^{-6} で、弾性領域内であった。気密漏えい検査は、強度試験前及び200m浸漬試験後に実施し、強度試験前： 3.12×10^{-10} Pa \cdot m³/s (3.08×10^{-9} atm \cdot cm³/sec)、200m浸漬試験後： 8.02×10^{-10} Pa \cdot m³/s (7.92×10^{-9} atm \cdot cm³/sec) であり、いずれも密封性（判定基準： 1.01×10^{-6} Pa \cdot m³/s (1×10^{-5} atm \cdot cm³/sec) 以下) を確保していることを確認した。

したがって、密封装置である内容物は、200m浸漬試験条件下においても破損することはない、その密封健全性が維持される。

A.8 放射性収納物

放射性収納物に関する構造設計は、強度試験・落下試験 I において実施している。放射性収納物に関する評価結果を、(p)-第 A.39表に示す。

(p)-第 A.39表に示すとおり、強度試験・落下試験 I において、放射性収納物に発生する応力は許容応力（解析基準値）を超えることはなく、強度を保つ。

(p)-第 A.39表 放射性収納物に関する評価結果

評価	評価対象物	解析項目	解析基準	解析基準値	解析結果	余裕率	
強度試験・落下試験 I	垂直落下	収納物-I 及び 収納物-II	燃料要素被覆管	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		収納物-III	検出要素被覆管	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	水平落下	収納物-I 及び 収納物-II	燃料ペレット	σ_p	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		収納物-III	検出要素上部端栓	σ_y	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

A.9 核分裂性輸送物

本輸送容器の収納物に含有される核分裂性核種の重量の合計が15gを超えるので、本核燃料輸送物は核分裂性輸送物に該当する。よって、一般の試験条件、特別の試験条件については、外運搬規則及び外運搬告示に定める項目に従うものとする。

なお、本核燃料輸送物が $-40^{\circ}\text{C}\sim 38^{\circ}\text{C}$ の周囲温度に置かれた場合でも、(□)章A.4.2低温強度及び(□)章A.5.1熱的試験で示したように、き裂、破損等が生じることはない。

A.9.1 核分裂性輸送物に係る一般の試験条件

本核燃料輸送物は核分裂性輸送物に該当するので、外運搬規則及び外運搬告示により以下に示す最も厳しい試験手順に基づき評価を行うものとする。

- ① 水の吹付試験
- ② 自由落下
- ③ 貫通試験
- ④ 積み重ね試験

(1) 水の吹付試験

水の吹付試験に対する評価結果は、(□)章A.5.2 水噴霧で示したとおり容器は水密を保つ構造である。

(2) 自由落下

前述の水の吹付試験に引き続いて、自由落下を実施した場合の本核燃料輸送物の変形の状態について述べる。

自由落下高さは1.2mであり、自由落下による変形の解析手法は、(□)章A.5.3自由落下と同様に行う。

解析では、変形が内容器に達するか否かを評価する。次に、慣性力(衝撃力)による影響について評価する。各落下による変形量を、(□)-第A.40表に示す。収納物等の慣性力による衝撃力での内容器各部位の発生応力を、(□)-第A.41表に示す。

(ロ)-第 A. 40表 一般の試験条件下に係る自由落下における変形量と衝撃加速度倍率

落下姿勢		解析部位	外容器の厚さ (mm)	自由落下による 変形量 (mm)	変形せずに残っている 外容器の厚さ(mm)	衝撃加速度倍率 G
垂直落下		保護蓋部	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		外胴端板部	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
水平落下		胴部 (脚座あり)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		胴部 (脚座なし)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
コーナ 落下	<input type="checkbox"/>	上部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	下部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
傾斜 落下	15°	上部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	30°	上部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	45°	上部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	60°	上部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	75°	上部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	15°	下部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	30°	下部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	45°	下部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	60°	下部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	75°	下部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(ロ)-第 A. 40表で明らかのように、各落下における変形は内容器に達しない。

また、核燃料輸送物の慣性によって内容器に衝撃力が加わるが、これによる内容器各部位の発生応力は、いずれも許容応力 (σ_y 又はせん断部は $\tau = 0.6 \sigma_y$) 以下となり、自由落下において内容器は強度を保つ。

(ロ)-第 A. 41表 一般の試験条件下に係る自由落下における内容器各部位の最大発生応力

落下姿勢	解析部位	解析基準	解析基準値	解析結果	余裕率
垂直落下	蓋	σ_y	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	蓋ボルト	σ_y	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	底板	σ_y	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	内胴	σ_y	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
水平落下	蓋	τ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	内胴	σ_y	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(3) 貫通試験

貫通試験の評価結果は、(ロ)章A.5.5貫通で示したとおり外容器が球冠状に深さ□変形するが、自由落下により変形した後の外容器の厚さに比べて小さいので、変形は内容器まで達しない。

(4) 積み重ね試験

積み重ね試験の評価結果は、(ロ)章A.5.4積み重ね試験で示したとおり外胴に生ずる最大応力は許容応力を超えることはなく、貫通試験の後で積み重ね試験を実施しても容器は破損することはない。

(5) 評価結果

核分裂性輸送物に係る一般の試験条件で最も厳しい試験手順で評価を行ったが、変形は外容器に生じるのみで、内容器及び収納物は健全であった。よって、臨界解析に影響する形状変化の評価は、次のとおりとなる。

核燃料輸送物の構造部に生じるくぼみは貫通試験による外容器のくぼみであり、深さ□□のくぼみは直径が最大で□□となり、一辺10cmの立方体より大きくなることはない。また、本核燃料輸送物の外形寸法は高さ□□、幅□□及び長さ□□であるが、一般の試験条件下における落下等により核燃料輸送物の構造部に生じる変形は最大□□であり、変形後の構造部の寸法は、外接する直方体の各辺が10cm未満となることはない。水の吹付試験により核燃料輸送物内への浸水はなく、また、自由落下の結果より収納物の配列及び密封装置の形状が変化することもない。

A.9.2 核分裂性輸送物に係る特別の試験条件

本核燃料輸送物は核分裂性輸送物に該当するので、外運搬規則及び外運搬告示により以下に示す最も厳しい試験手順に基づき評価を行うものとする。

- ① 水の吹付試験
- ② 自由落下
- ③ 貫通試験
- ④ 積み重ね試験
- ⑤ 強度試験・落下試験 I
- ⑥ 強度試験・落下試験 II
- ⑦ 耐火試験
- ⑧ 浸漬試験（深さ0.9mで8時間）

このうち、①～④は前項の一般の試験条件において評価したので、ここでは省略し、④に引き続いて、⑤以降の評価を実施した場合を以下に示す。臨界解析を実施する場合には、上記に示した場合の試験手順が最も厳しい条件となる。

(1) 強度試験・落下試験 I

自由落下により変形した本核燃料輸送物に、引き続き落下試験 I を実施した場合の変形の状態について述べる。

解析では、変形が内容器に達するか否かを評価し、次に、慣性力（衝撃力）による影響について評価する。

各落下による変形量を、(□)-第 A.42 表に示す。また、収納物等の慣性力による衝撃力での内容器各部位の発生応力を、(□)-第 A.43 表に示す。

(□)-第 A.42 表で明らかなように、各落下による変形は内容器に達しない。

(ロ)-第A.42表 特別の試験条件下に係る落下試験 I における変形量と衝撃加速度倍率

落下姿勢		解析部位	外容器の厚さ (mm)	落下試験 I による変形量 (mm)	変形せずに残っている 外容器の厚さ(mm)	衝撃加速度倍率 G
垂直落下		保護蓋部	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		外胴端板部	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
水平落下		胴部 (脚座あり)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		胴部 (脚座なし)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
コーナ 落下	<input type="checkbox"/>	上部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	下部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
傾斜 落下	15°	上部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	30°	上部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	45°	上部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	60°	上部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	75°	上部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	15°	下部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	30°	下部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	45°	下部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	60°	下部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	75°	下部コーナ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(ロ)-第A.43表 特別の試験条件下に係る落下試験 I における内容器各部位の最大発生応力

落下姿勢	解析部位	解析基準	解析基準値	解析結果	余裕率
垂直落下	蓋	σ_y	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	蓋ボルト	σ_y	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	底板	σ_y	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	内胴	σ_y	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
水平落下	蓋	τ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	内胴	σ_y	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(2) 強度試験・落下試験Ⅱ

落下試験Ⅰにより変形した本核燃料輸送物に、引き続いて落下試験Ⅱを実施した場合の変形について述べる。各落下による変形量を、(ロ)-第A.44表に示す。

(ロ)-第A.44表で明らかなように、各落下における変形は内容器に達しない。

(ロ)-第A.44表 特別の試験条件下に係る落下試験Ⅰ及びⅡによる変形量

単位 (mm)

落下姿勢		解析部位	外容器の厚さ	落下試験Ⅰによる変形量	落下試験Ⅱによる変形量	落下試験Ⅰ及びⅡによる変形量	変形せずに残っている外容器の厚さ	落下試験Ⅱによる外容器外胴の歪量
垂直落下		保護蓋部	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		外胴端板部	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
水平落下		胴部 落下試験Ⅱが心向衝突	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		落下試験Ⅱが偏心衝突	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
コーナ 落下	<input type="checkbox"/>	上部コーナ部	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	下部コーナ部	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
傾落 斜下	15°	上部コーナ部	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	30°	上部コーナ部	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	45°	上部コーナ部	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	60°	上部コーナ部	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	75°	上部コーナ部	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	15°	下部コーナ部	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	30°	下部コーナ部	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	45°	下部コーナ部	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	60°	下部コーナ部	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	75°	下部コーナ部	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(3) 耐火試験

落下試験Ⅱに引き続いて耐火試験を実施する場合の計算モデルは、(ロ)章B.5 特別の試験条件で示す計算モデルと同様に、強度試験（落下試験Ⅰ及び落下試験Ⅱ）後の破損を考慮したモデルとする。この変形状態で内部の熱評価を行うことが最も厳しい評価となる。落下試験Ⅰの水平落下による変形は容器の一部にのみ生じるが、ここでは最大変形量□が全周にわたり生じているとした。保護蓋側は、垂直落下による変形□を考慮している。落下試験Ⅱによる変形は、水平落下時が輸送容器の中央部（燃料の発熱領域の中央）と端部（蓋、蓋ボルト及び蓋リングのある位置）に、垂直落下時が保護蓋の中央部にそれぞれ考慮している。

耐火試験における核燃料輸送物各部の最高温度を、(ロ)-第A.45表に示す。

(ロ)-第A.45表 耐火試験における核燃料輸送物各部の最高温度

部 位	特別の試験条件下	
	温度 (°C)	時間 (分)
燃料集合体	□	□
ラップ管	□	□
内胴 (板厚□部)	□	□
内胴 (板厚□部)	□	□
中性子しゃへい材	□	□
断熱緩衝材	□	□
外胴	□	□
蓋、蓋ボルト	□	□
蓋用リング部、バルブ	□	□
保護蓋端板	□	□

注) 自由落下により変形した核燃料輸送物に、引き続いて落下試験Ⅰ及び落下試験Ⅱを実施した場合の変形量を考慮した解析モデルを用いた解析値である。

(ロ)-第A.45表より蓋用リング部、バルブの最高到達温度は□であり、最高使用温度以下であるため、その密封性能は損なわれない。

また、熱的試験の結果より、内容器内部に生ずる最高圧力は□となり、これは設計圧力 (196.1 kPaG) 以下であり、内容器及び収納物は破損することなく、その密封性能は損なわれない。

(4) 浸漬試験

耐火試験に引き続いて実施する浸漬試験は、本項では深さ0.9mで8時間と定められている。しかし、(ロ)章A.6.4浸漬試験では、特別の試験条件の強度試験及び耐火試験に引き続いて15mの水頭下に核燃料輸送物が没した場合における内容物の強度を検討し、内容物が健全で、密封性が保持され、収納物の損失がないことを示している。

よって、耐火試験に引き続いて深さ0.9mで8時間の浸漬試験を実施しても内容物が密封性を失うことはなく、収納物が損失することもない。

(5) 評価結果

核分裂性輸送物に係る特別の試験条件で、最も厳しい試験手順で評価を行ったが、変形は外容器に生じるのみで、内容物及び収納物は健全であった。臨界解析に影響する形状変化と解析モデルへの反映は、次のとおりとなる。

外容器は、強度試験による変形を考慮する。外容器外胴は、水平落下試験で変形量が最大となる位置を外径とし、解析では保守的に外容器外胴の周囲すべてが同じ量だけ変形するものとして、核燃料輸送物相互の接近を過大に評価する。保護蓋側及び外胴端板側は、それぞれ上部及び下部垂直落下による最大変形量を考慮する。また、外容器の緩衝材及び中性子しゃへい材は、耐火試験により一部焼失するものとして安全側にその存在を無視する。

さらに、内容物は健全であり、密封性が損なわれることはないが、安全側に内容物内に水が浸入するものとする。

A.10 参考文献

- [1] 「発電用原子炉設備に関する構造等の技術基準」、通商産業省告示第501号（昭和55年）
なお、（ ）内の数値は、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版）＜第1編 軽水炉規格＞」、日本機械学会、による。
- [2] 「高速原型炉燃料集合体の構造設計方針 材料強度基準（案）」PNC SN241 85-22(1) (1985)、
動力炉・核燃料開発事業団資料
- [3] JIS B 8243 -1981(1986確認)「圧力容器の構造」、日本規格協会
- [4] 「UO₂の高温強度と破壊(I)」N841 73-34(1973)、動力炉・核燃料開発事業団資料
- [5] 「A. C. Knoell; Environmental and Physical Effects on the Response of Balsa Wood as an
Energy Dissipator」、TEC No. 32-944 (1966)
- [6] 「Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material 1996 Edition」、
IAEA(1996)
- [7] 「強度設計データブック」、強度設計データブック編集委員会編、掌華房(1973)
- [8] 「機械工学便覧 改訂第6版」、日本機械学会編
- [9] 「CASK DESIGNERS GUIDE」 ORNL-NSIC-68

(ロ) - B 熱解析

B.1 概要

本核燃料輸送物の熱解析は、燃料からの崩壊熱量が最も大きい収納物-I（「もんじゅ」炉心燃料集合体、最大発熱量：□□□□）及び収納物-II（「もんじゅ」炉内性能試験用集合体、最大発熱量：□□□□）を収納物とした場合について行う。

本収納物は、炉心燃料部（長手方向の中心約1mの領域）に発熱部及び放射線源がある。このため、その線源のしゃへい材として有効な□□□□の中に熱源の放熱に有効な□製の伝熱板を配置してある。

□□□□層の外側の□□□□は、断熱材及び落下衝撃時等における緩衝材としての役目をする。

□□□□及び□□□□は、落下衝撃の緩衝材としてのみならず、耐火試験時の断熱材としての役目も有する。なお、外容器には火災時に□□□□と□□□□の炭化したガスを容器外へ放出するように所々に可融栓を設けている。

B.1.1 熱設計

本輸送容器は、(ロ)-第B.1図に示すように、中央部は、外胴、断熱緩衝材（□□□□）、中性子しゃへい材（□□□□）、内胴によって構成されている。

上部、下部には、内容器を囲んで緩衝材が取り付けられている。

輸送容器本体内部には、燃料集合体ホルダと収納物2体が収納されている。燃料要素より発生する熱は、放射及び伝導によりラップ管に伝えられる。ラップ管に伝えられた熱は、伝導により支持胴（燃料集合体ホルダ）に伝えられ、さらに放射及び伝導により内胴へと伝えられる。

内胴に伝えられた熱は、中心部では中性子しゃへい材、断熱緩衝材、外胴へと伝導によって伝えられ、両端部では緩衝材、外胴へと伝えられる。なお、中心部には内胴と断熱緩衝材の間に伝熱板を配し、放熱効果を促進させている。

外胴に伝えられた熱は、自然対流及び放射により外界に放散される。

緩衝材は、断熱効果を有しており、それに覆われた蓋用Oリング、バルブは、特別の試験条件下の火災に対して、温度上昇が制限される。

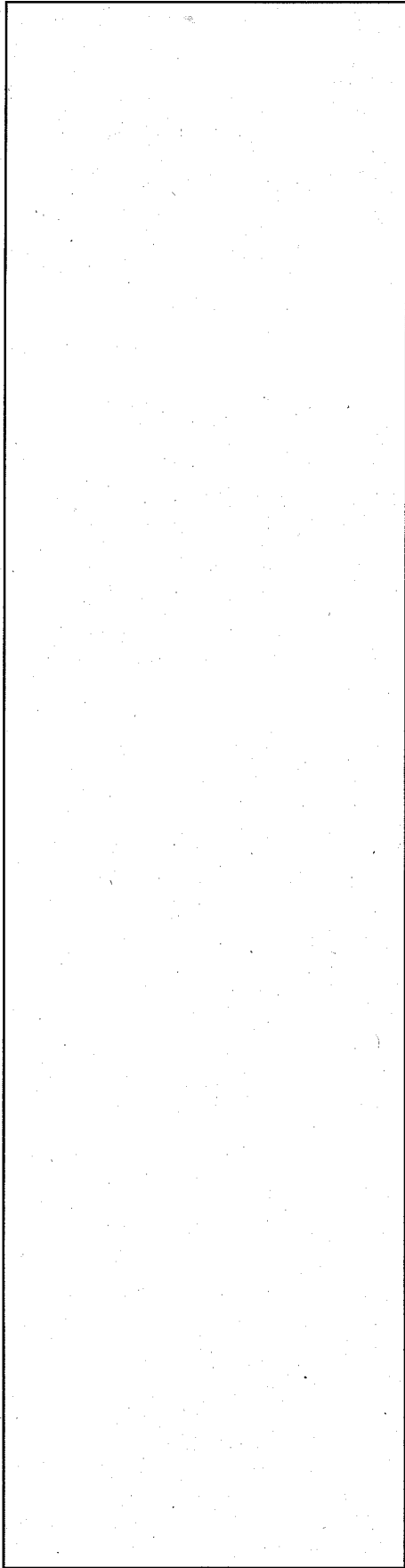
B.1.2 熱解析

熱解析は、外運搬規則及び外運搬告示に規定された一般の試験条件下及び特別の試験条件下における輸送容器の熱的特性について行った。

一般の試験条件下における熱的条件は、以下のとおりである。

1) 核燃料輸送物は38℃の大気において一週間放置する。

ただし、太陽熱の放射を受けるものとする。



(ロ)-第B.1図 核燃料輸送物の主要構造

2) 核燃料輸送物は、 -40°C の大気において一週間放置する。

ただし、太陽熱の放射を受けないものとする。

3) 核燃料輸送物の表面温度は、日陰において 85°C を超えないこと。

本核燃料輸送物は専用積載として扱われるので、規定温度は 85°C である。

特別の試験条件下における熱的条件は、以下のとおりである。

1) 核燃料輸送物は、 800°C で、かつ、0.9の放射率を持つ火炎の放射熱の条件下に30分間さらされる。

この場合、輸送容器の表面吸収率は0.8であり、太陽熱の放射を受けるものとする。

2) 1)の条件下においた後

a) 核燃料輸送物は、 38°C の大気において一週間放置する。

ただし、太陽熱の放射を受けるものとする。

b) 核燃料輸送物は、 -40°C の大気において一週間放置する。

ただし、太陽熱の放射を受けないものとする。

B.1.3 最大発熱量

収納物-I及び収納物-IIの各核種の α 、 β 、 γ 崩壊エネルギーは、100%に転換されるものとして計算した。

ただし、U235、U238による発熱は、Puに比べて十分小さいので無視した。

(p)-第B.1表に収納物の核種ごとの発熱量を示す。

(p)-第B.1表 収納物最大発熱量

核種	最大装荷量 (g)	比発熱量 (W/g)	発熱量 (W)
Pu238			
Pu239			
Pu240			
Pu241			
Pu242			
Am241			
U235			
U238			
U232			
U234			
U236			
総量			

B.1.4 熱解析の条件と方法

熱解析の条件として用いた一般の試験条件及び特別の試験条件に対する収納物-Iの発熱量、核燃料輸送物の環境条件、容器の表面吸収率を、(ロ)-第B.2表に示す。

(ロ)-第B.2表 熱解析条件

項目		条件		一般の試験条件				特別の試験条件			
				一般の試験条件		火災前	火災時	火災後	火災後		
発熱量		[]		[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
環境条件	周囲温度	静止空気 38℃	静止空気 -40℃	静止空気 38℃	30分間 800℃	静止空気 38℃	静止空気 -40℃				
	太陽熱放射	あり	なし	あり	あり	あり	なし				
	周囲放射率	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0				
容器表面吸収率		0.4	0.4	0.4 ^(a)	0.8 ^(b)	0.4 ^(c)	0.4				

- (a) 火災にさらされない [] の表面吸収率
 (b) 火災にさらされている [] の表面吸収率
 (c) 火災にさらされた後の [] の表面吸収率

なお、環境条件、周囲温度-40℃においた場合の条件は、(ロ)章B.1.2 熱解析に示したように、太陽熱放射を一般の試験条件及び特別の試験条件で共になしとしているが、安全側に容器各部の温度は-40℃になるとしている。

また、解析を実施している場合の解析の方法について、(ロ)-第B.3表に示す。

(ロ)-第B.3表 熱解析の方法

項目	内容	
発熱量	収納物仕様	炉心燃料集合体 (イ)章D参照
	最大発熱量	[]
計算モデル	輸送容器	1/2半径一軸方向円筒断面伝熱モデル
	収納物	均質化近似
温度分布計算	核燃料輸送物温度分布計算	非定常熱解析コードTRUMP ^[1]
使用物性値	熱的性質	B.2 材料の熱的性質参照

B.1.5 結果

(ロ)章B.1.2 熱解析に示した条件下での核燃料輸送物各部の温度及び内容器に発生する内圧について以下に述べる。

1) 温度

一般の試験条件下及び特別の試験条件下における温度を(ロ)-第B.4表に、また、特別の試験条件下における温度変化を(ロ)-第B.2図に示す。

一般の試験条件下では、核燃料輸送物表面温度は□であり、許容基準温度85℃を超えない。

内容器フランジ部の最高到達温度は□であるので、Oリング部及びバルブは使用温度範囲内(Oリングは-40~□、バルブは-100~□)にある。燃料集合体温度は□であるが、特別の熱除去システムを設ける必要はない。

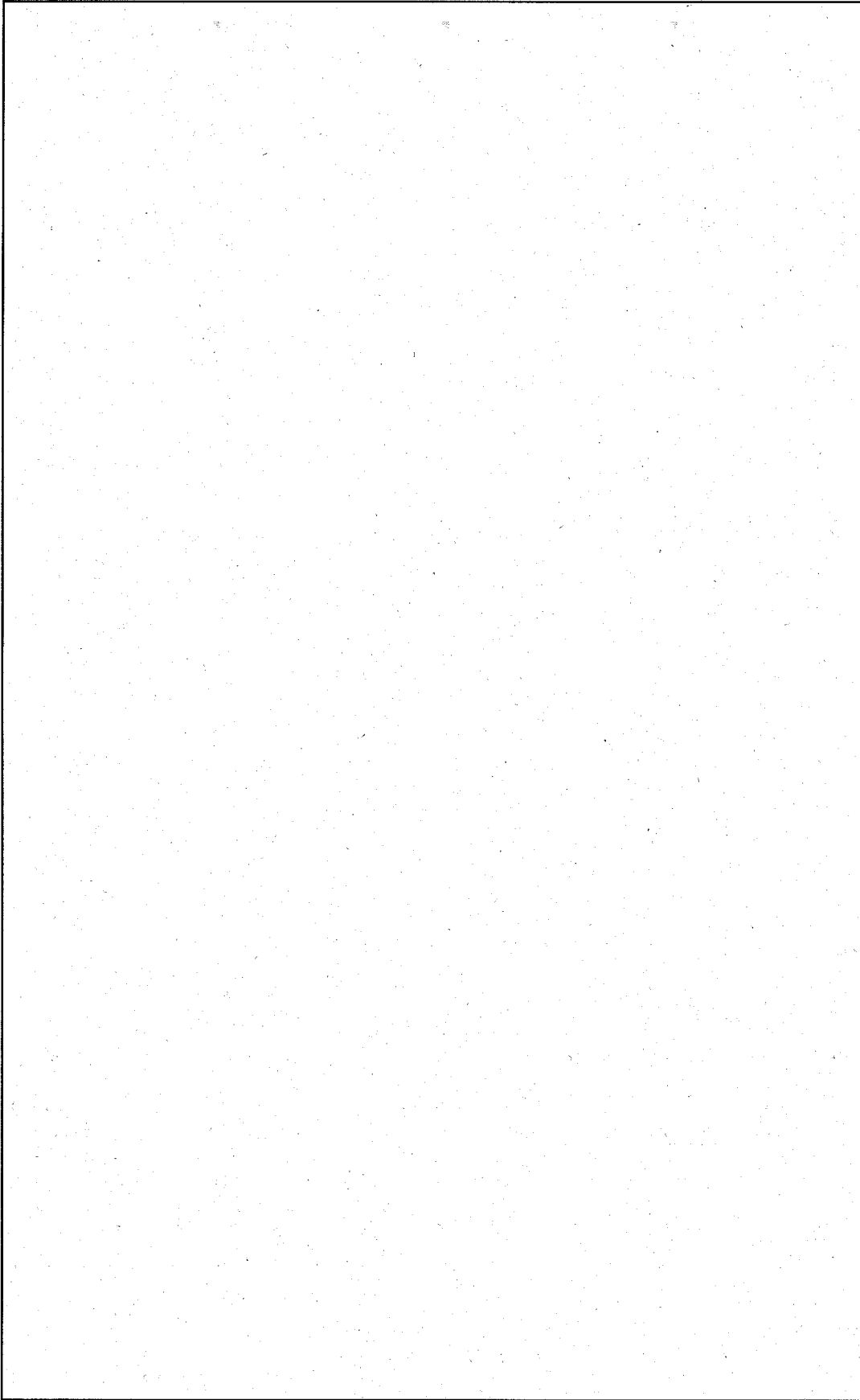
特別の試験条件下では、内容器フランジ部の最高到達温度は□であり、Oリング部及びバルブの温度は使用温度範囲を超えない。燃料集合体温度は□であり、これは燃料要素の通常使用温度範囲(約60.0℃)以下である。

(ロ)-第B.4表 一般の試験条件下及び特別の試験条件下における各部の最高温度

部 位	一般の試験条件下 での温度(℃)	特別の試験条件下	
		温度(℃)	時間(分)
燃料集合体	□	□	□
ラッパ管	□	□	□
内胴(板厚□部)	□	□	□
内胴(板厚□部)	□	□	□
中性子しゃへい材	□	□	□
断熱緩衝材	□	□	□
外胴	□	□	□
蓋、蓋ボルト	□	□	□
蓋用Oリング部、バルブ	□	□	□
保護蓋端板	□	□	□

2) 圧力

一般の試験条件下及び特別の試験条件下における内容器の最高圧力を、(ロ)-第B.5表に示す。



(甲)-第B.2図 特別の試験条件下での核燃料輸送物の非定常温度分布

(ロ)-第B.5表 一般の試験条件下及び特別の試験条件下における内容器の最高圧力

部 位	一般の試験条件下における圧力	特別の試験条件下における圧力
内 容 器	<input type="text"/>	<input type="text"/>

内容器の圧力は、それぞれの試験条件下で及びとなり、これは耐圧検査圧力（245kPaG）に比べ小さい。

B.2 材料の熱的性質

本輸送容器の構成材料は、(イ)章Cに示すとおりである。これらの材料のうち熱解析で用いた材料の熱的性質を以下に示す。

(1) (及び)

の熱的性質を、(ロ)-第B.6表に示す。このデータは、参考文献の[2]より引用している。

この材料は、燃料集合体のラップ管、内胴、外胴及び蓋に使用している。

(ロ)-第B.6表 の熱的性質 (及び)^[2]

比 重 量	<input type="text"/> (kg/m ³)	
温 度 (°C)	熱 伝 導 率 (W/m·°C)	比 熱 (J/kg·°C)
20	<input type="text"/>	<input type="text"/>
200	<input type="text"/>	<input type="text"/>
400	<input type="text"/>	<input type="text"/>
600	<input type="text"/>	<input type="text"/>
800	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(2) □

□の熱的性質を(□)-第B. 7表に示す。このデータは、参考文献の[3]より引用している。

(□)-第B. 7表 □の熱的性質 ^[3]

比重量	□ (kg/m ³)	
温度 (°C)	熱伝導率 (W/m·°C)	比熱 (J/kg·°C)
20	□	□
100	□	□
300	□	□

(3) 空気

空気の熱的性質を(□)-第B. 8表に示す。このデータは、参考文献の[3]より引用している。

(□)-第B. 8表 空気の熱的性質 ^[3]

温度 (°C)	比重量 (kg/m ³)	動粘性係数 (m ² /s)	熱伝導率 (W/m·°C)	プラントル数	比熱 (J/kg·°C)
0	1.251	1.380×10 ⁻⁵	2.407×10 ⁻²	0.72	1.005×10 ³
40	1.091	1.750×10 ⁻⁵	2.721×10 ⁻²	0.71	1.009×10 ³
100	0.916	2.390×10 ⁻⁵	3.164×10 ⁻²	0.70	1.013×10 ³
140	0.827	2.850×10 ⁻⁵	3.454×10 ⁻²	0.69	1.017×10 ³
200	0.722	3.580×10 ⁻⁵	3.861×10 ⁻²	0.69	1.026×10 ³
500	0.442	8.100×10 ⁻⁵	5.619×10 ⁻²	0.70	1.093×10 ³
800	0.319	1.370×10 ⁻⁴	7.092×10 ⁻²	0.71	1.156×10 ³

(4)

の熱的性質を(ロ)-第B.9表に示す。このデータは、実験に基づいている。この材料は、中性子しゃへい材として断熱緩衝材と内胴の間に使用されている。

(ロ)-第B.9表 の熱的性質

比重量	<input type="text"/> (kg/m ³)	
温度 (°C)	熱伝導率 (W/m·°C)	比熱 (J/kg·°C)
-40	—	<input type="text"/>
25	<input type="text"/>	<input type="text"/>
120	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(5)

の熱的性質を(ロ)-第B.10表に示す。このデータは、実験に基づいている。この材料は、断熱緩衝材として外胴と中性子しゃへい材の間に使用されている。

(ロ)-第B.10表 の熱的性質

比重量	<input type="text"/> (kg/m ³)	
温度 (°C)	熱伝導率 (W/m·°C)	比熱 (J/kg·°C)
20	<input type="text"/>	<input type="text"/>
100	<input type="text"/>	<input type="text"/>
200	<input type="text"/>	<input type="text"/>
300	<input type="text"/>	<input type="text"/>
400	<input type="text"/>	<input type="text"/>
800	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(6)

の熱的性質を(ロ)-第B.11表に示す。このデータは、実験に基づいている。この材料は、緩衝材として炉心燃料領域以外の外胴と内胴の間に使用されている。

(ア)-第B.11表 の熱的性質

温度 (°C)	熱伝導率 (W/m・°C)	比熱 (J/kg・°C)	比重量 (kg/m ³)
40	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
80	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
120	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
200	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(7)

の熱的性質を (ア)-第B.12表に示す。このデータは、実験に基づいている。この材料は、緩衝材として保護蓋等に使用されている。

(ア)-第B.12表 の熱的性質

項目	温度 (°C)	物性値
比重量 (kg/m ³)	—	<input type="text"/>
比熱 (J/kg・°C)	285 未満	<input type="text"/>
	285 以上	<input type="text"/>
熱伝導率 (W/m・°C)	20	<input type="text"/>
	100	<input type="text"/>
	200	<input type="text"/>
	355	<input type="text"/>
	355 以上	<input type="text"/>

(8) 均質化燃料

均質化燃料の熱的性質を (ア)-第B.13表に示す。

(ア)-第B.13表 均質化燃料の熱的性質

項目	温度 (°C)	物性値
比重量 (kg/m ³)	—	5743
比熱 (J/kg・°C)	100	3.210×10^2
	200	3.296×10^2
	300	3.329×10^2
	400	3.361×10^2
熱伝導率 (W/m・°C)	—	0.3140

本解析モデルに用いている均質化燃料の物性値及び計算式を以下に述べる。

① 比重量及び比熱

均質化した燃料領域の面積比は、(ロ)-第B.14表に示すとおりである。

(ロ)-第B.14表 各部材の面積比

材 質	計 算 式	面 積 比
燃料ペレット	$\frac{\pi}{4} \times \square^2 \times 169 \times 2 = \square (\text{cm}^2)$	0.4085
被 覆 管	$\frac{\pi}{4} \times (\square^2 - \square^2) \times 169 \times 2 = \square (\text{cm}^2)$	0.1588
空 気	[残り] = $\square (\text{cm}^2)$	0.4327
合 計	$2 \times 0.866 \times \square^2 = \square (\text{cm}^2)$	1.0

この場合の等価比重量及び等価比熱は、次式で求められる。

等価比重量は、体積平均、等価比熱は重量平均によって算出できる。

$$d = d_F \cdot W_F + d_S \cdot W_S + d_A \cdot W_A$$

$$C_P = \frac{C_F \cdot d_F \cdot W_F + C_S \cdot d_S \cdot W_S + C_A \cdot d_A \cdot W_A}{d_F \cdot W_F + d_S \cdot W_S + d_A \cdot W_A}$$

d : 等価比重量

d_F : 燃料の比重量

d_S : 被覆管の比重量

d_A : 空気の比重量

C_P : 等価比熱

C_F : 燃料の比熱

C_S : 被覆管の比熱

C_A : 空気の比熱

W_F : 燃料の面積比

W_S : 被覆管の面積比

W_A : 空気の面積比

② 熱伝導率

均質化燃料の等価熱伝導率を、対流と放射による熱移動を考慮したWootonの式^[4]により求める。

$$h_e = \frac{1}{T_E - T_C} \{ \sigma C_1 F_1 (T_E^4 - T_C^4) + C_2 (T_E - T_C)^{4/3} \} \quad (a)$$

$$K_e = r h_e \quad (b)$$

$$C_1 = \frac{4N}{(N+1)^2} \quad (c)$$

$$F_1 = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1} \quad (d)$$

- ここで、 h_e : 等価熱伝達率 (kcal/h · m² · °C)
 K_e : 等価熱伝導率 (kcal/h · m · °C)
 T_E : 中心部温度 (°C)
 T_C : 表面温度 (°C)
 C_1 : 幾何学的係数
 C_2 : 自然対流時の経験的係数 (kcal/h · m² · °C^{4/3})
 F_1 : 形態係数
 N : 燃料要素の最大列本数
 ϵ_1 : 燃料要素の放射率
 ϵ_2 : ラップ管等の放射率
 σ : ステファン-ボルツマン定数 (kcal/m² · h · °C⁴)
 r : 均質化燃料半径 (m)

である。

ここで、等価熱伝導率 K_e を求めるには、 T_E 及び T_C を求める必要がある。

一様発熱 q のある半径 r の無元円柱の中心温度 T_E 、表面温度 T_C 、熱伝導率 K は、次式の関係にて表される。

$$\frac{4K (T_E - T_C)}{q r^2} = 1.0 \quad (e)$$

ここで、 K : 熱伝導率 (kcal/m・h・°C)
 T_E : 中心温度 (°C)
 T_c : 表面温度 (°C)
 q : 発熱量 $q = Q / \pi r^2 L$ (kcal/m³・h)
 r : 半径 (m)
 L : 単位長さ (m)

である。

(a)～(e)式を使用して収束計算を行い、等価熱伝導率を求める。

(9) 燃料集合体ホルダ

燃料集合体ホルダも、燃料領域と同様に均質化している。燃料集合体ホルダの熱的性質を、(p)-第B.15表に示す。

(p)-第B.15表 燃料集合体ホルダの熱的性質

比重量	<input type="text"/> (kg/m ³)	
温度 (°C)	熱伝導率 (W/m・°C)	比熱 (J/kg・°C)
200	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1000	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2000	<input type="text"/>	<input type="text"/>
5000	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8000	<input type="text"/>	<input type="text"/>

燃料集合体ホルダはその形状が複雑なため、ホルダを主に構成している鋼材 () と空気の混合物質としている。この領域の物性値のうち比重量及び比熱は、ホルダを構成する鋼材と空気の体積及び重量の割合より算出している。熱伝導率については、ホルダ内部の径方向に存在する鋼材のホルダ全長に対する割合より算出している。

B.3 構成要素の仕様

熟解析をする上で関連する構成要素の仕様を、以下に述べる。

(1) バルブ

バルブの仕様を(□)-第B.16表に示す。

(□)-第B.16表 バルブの仕様

項目	仕様
種類	<input type="text"/>
材質	弁体等 <input type="text"/>
	ガスケット <input type="text"/>
型式	<input type="text"/>
通常使用範囲	<input type="text"/> <input type="text"/>
最低使用範囲	<input type="text"/>

(2) Oリング

Oリングの仕様を(□)-第B.17表に示す。

(□)-第B.17表 Oリングの仕様

項目	仕様
材質	<input type="text"/>
硬度	<input type="text"/>
サイズ	内径 <input type="text"/> 、太さ <input type="text"/>
通常使用温度	<input type="text"/> ~ <input type="text"/>

(3)

中性子しゃへい材に使用するの仕様を、(□)-第B.18表に示す。

(□)-第B.18表 の仕様

項目	仕様
許容温度	<input type="text"/>
注) 無荷重下、雰囲気温度 <input type="text"/> ×24hにて変形なし。	

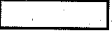

B.4 一般の試験条件

B.4.1 熱解析モデル

核燃料輸送物の熱解析は、収納物として燃料からの発熱量が最も大きい「もんじゅ」炉心燃料集合体を2体収納した核燃料輸送物について、ノード法に基づく多次元伝熱計算コードTRUMPを用いて行った。以下にTRUMPによる熱解析モデルについて説明する。

B.4.1.1 解析モデル


(1) 解析モデルの説明

本輸送容器は円筒形状であり、軸対称である。熱解析上評価すべき部位は、外容器を構成する外胴、、等と内容器を構成する内胴、蓋、蓋用Oリング、そして燃料集合体ホルダ及び燃料集合体である。このため、上記部位の各部の温度評価を行うために、燃料部中心から上部側の上部全体系モデルとした。底板等下部構成部の温度は、本上部全体系モデルの結果から設定した。

一般の試験条件下の自由落下により生じる輸送容器外表面の変形は、下記により模擬しないものとする。この変形は、核燃料輸送物の半径方向の伝熱長さを短くし、核燃料輸送物内部の温度を下げることになるので、変形を無視することにより熱的に安全側の評価となる。


収納物である燃料集合体及びそれを収納保持している燃料集合体ホルダは複雑な形状をしているので、体積、質量、熱容量が等しくなるように、均質化した円柱及び円筒形状にモデル化した。

(a) 炉心燃料部

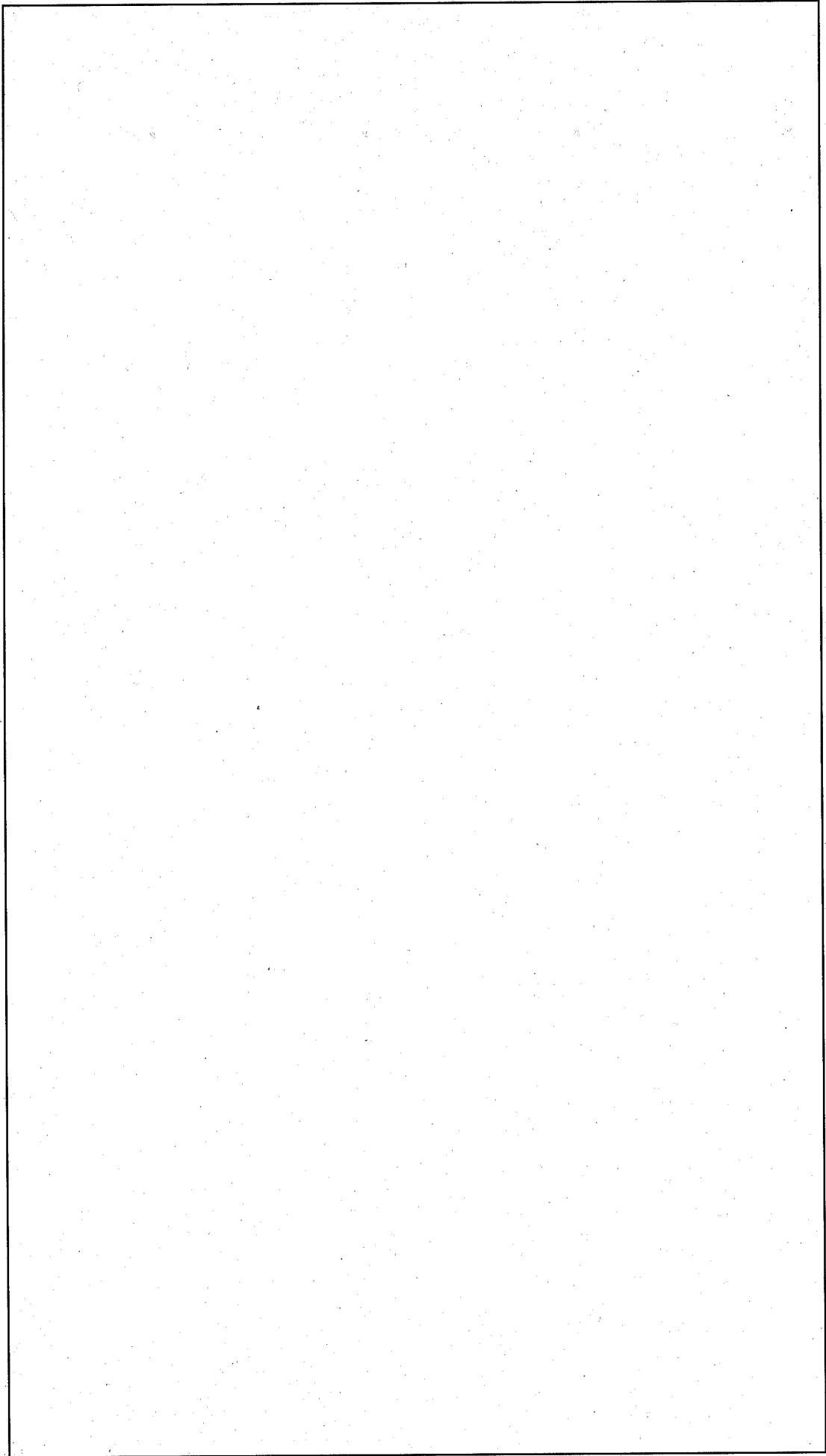
炉心燃料部の熱的性質は、それを構成する燃料ペレットと燃料被覆管 () の断面積により均質化した。

解析に使用した燃料 (均質化燃料) の熱的性質は、(ロ)-第B.13表に示すとおりである。

(b) 燃料集合体ホルダ

燃料集合体ホルダの熱的性質は、それを構成する部材 () と部材以外の空気との混合物質として均質化した。

解析に使用した燃料集合体ホルダの熱的性質は、(ロ)-第B.15表に示すとおりである。本解析モデル図を(ロ)-第B.3図に示す。



(ロ)-第B.3図 一般の試験条件下の解析モデル・寸法

(2) 解析条件

解析に使用した熱的条件は、次のとおりである。最大発熱量 の収納物を収容した輸送容器は、静止空気で空気温度 38℃ の条件下に置かれ、太陽熱放射を受ける。このときの輸送容器の表面吸収率は 0.4 であり、周囲の放射率は 1.0 とする。これらの条件をまとめたものを、(□)-第 B.19 表に示す。

(□)-第 B.19 表 一般の試験条件下の熱的条件

発熱量		<input type="text"/>
環境条件	周囲温度	空気 38℃
	太陽熱放射	あり
	周囲放射率	1.0
輸送容器表面吸収率		0.4

(2)-1 太陽熱

輸送容器が太陽から受ける放射熱は、放射性物質等の輸送に関する安全基準に定められている(□)-第 B.20 表の値を用いる。

表面吸収率はすべて、0.4 とした。本解析では最高温度の安全側評価ということから、太陽熱入力を小さく評価する形態係数は無視した。

以上より、各部の太陽熱による熱流束 (q) は、

① 外胴部

$$q = 400 \times 0.4 = 160 \quad (\text{W}/\text{m}^2)$$

② 保護蓋部

$$q = 200 \times 0.4 = 80 \quad (\text{W}/\text{m}^2)$$

となる。TRUMPコードへの入力は、上記の熱流束を 1 日 24 時間の連続照射として取り扱う。

(□)-第 B.20 表 太陽熱放射による伝熱量

核燃料輸送物の形状及び向き	1 日 12 時間としての伝熱量 (W/m ²)
垂直に輸送される表面及び水平に輸送されない下向きの表面	200
その他の表面	400 *

* 横置きで輸送される円筒表面のうち下半分については、「水平に輸送されない下向きの表面」として 200W/m² が適用となるが、安全側の評価とするため、すべて 400W/m² とする。

(3) 核燃料輸送物の伝熱

解析において考慮した核燃料輸送物の伝熱を以下に述べる。

(I) 核燃料輸送物表面と周囲の伝熱

空気の自然対流による熱伝達と放射を考慮。

外胴及び保護蓋部の環境条件を扱うとき、TRUMPでは、熱伝達は対流項と放射項によって表される。

$$h_T = h_{conv} + h_{rad}$$
$$= h_{sb} |T_o - T_w|^{P_{sb}} + \sigma \cdot F_{sb} \cdot (T_o + T_w) (T_o^2 + T_w^2) \quad (a)$$

ここで、 h_T : 全熱伝達率

h_{conv} : 対流熱伝達率

h_{rad} : 放射熱伝達率

h_{sb} : 対流熱伝達係数

P_{sb} : 対流項のべき乗数

σ : ステファン-ボルツマン定数

F_{sb} : 放射形態係数

T_o : 雰囲気温度

T_w : 表面温度

である。

(a) 対流項

・外胴（水平円筒）

対流熱伝達率係数及び対流項のべき乗数については、管外自然対流の式により求める。

$$h_{conv} = \frac{\lambda}{L} N_u \quad (b)$$

$$N_u = 0.53 (G_r \times P_r)^{1/4} \quad (10^9 > G_r \times P_r > 10^4) \quad (c)$$

$$G_r = \frac{g \beta L^3 (t_w - t_o)}{\nu^2} \quad (d)$$

ここで、 N_u : ヌッセルト数

G_r : グラスホフ数

P_r : プラントル数

g : 重力加速度 $9.8 \text{ (m/sec}^2\text{)}$

β : 気体の膨張係数 $(1/^\circ\text{C})$

L : 基準長

ν : 気体の動粘性係数 (m^2/sec)

λ : 気体の熱伝導率 (kcal/m・h・°C)

h_{conv} : 管外の自然対流伝達率 (kcal/m²・h・°C)

t_w : 表面温度 (°C)

t_o : 雰囲気温度 (°C)

である。以上の(b)~(d)式をまとめると、次のとおりとなる。

$$h_{conv} = 0.53 \times \frac{\lambda}{L} \left\{ \frac{g \beta L^3}{\nu^2} P_r \right\}^{1/4} (t_w - t_o)^{1/4} \quad (e)$$

(e)式の各温度条件ごとに数値解析を行った結果を、(u)-第B.20a表に示す。

(u)-第B.20a表 管外の熱伝達率 (*1 : 表中の数値 × (($t_w - t_o$)^{1/4})

t_o (°C)	λ (kcal/m・h・°C)	ν (m ² /sec)	P_r (-)	β	h_{conv}^{*1} (kcal/m ² ・h・°C)	h_{conv}^{*1} (cal/cm ² ・sec・°C)
40	0.0234	0.175×10^{-4}	0.71	3.195×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
100	0.0272	0.239×10^{-4}	0.70	2.681×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
200	0.0332	0.358×10^{-4}	0.69	2.114×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
300	0.0386	0.495×10^{-4}	0.69	1.745×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
400	0.0437	0.645×10^{-4}	0.69	1.486×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
500	0.0483	0.810×10^{-4}	0.70	1.294×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
600	0.0527	0.989×10^{-4}	0.70	1.145×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
800	0.0610	1.370×10^{-4}	0.71	0.932×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>

・保護蓋部 (垂直平板)

対流熱伝達率係数及び対流項のべき乗数については、垂直面の自然対流の式により求める。

$$h_{conv} = \frac{\lambda}{L} N_u \quad (f)$$

$$N_u = K_1 (G_r \times P_r)^{1/4} \quad (3 \times 10^{10} > G_r \times P_r) \quad (g)$$

$$G_r = \frac{g \beta L^3 (t_w - t_o)}{\nu^2} \quad (h)$$

ここで、 N_u : ヌッセルト数

$$K_1 : (2 \times P_r / 5 (1 + 2 \times P_r^{1/2} + 2 \times P_r))^{1/4}$$

G_r : グラスホフ数

P_r : プラントル数

g : 重力加速度 9.8 (m/sec²)

β : 気体の膨張係数 (1/°C)

- L : 基準長
 ν : 気体の動粘性係数 (m²/sec)
 λ : 気体の熱伝導率 (kcal/m · h · °C)
 v_{conv} : 平板の自然対流伝達率 (kcal/m² · h · °C)
 t_w : 表面温度 (°C)
 t_o : 雰囲気温度 (°C)

である。以上の(f)～(h)式をまとめると、次のとおりとなる。

$$v_{conv} = (2 \times P_r / 5(1 + 2 \times P_r^{1/2} + 2 \times P_r))^{1/4} \times \frac{\lambda}{L} \times \left(\frac{g \beta L^3}{\nu^2} P_r \right)^{1/4} (t_w - t_o)^{1/4} \quad (i)$$

(i)式の各温度条件ごとに数値解析を行った結果を、(a)-第B.20b表に示す。

(a)-第B.20b表 垂直平板の熱伝達率 (*1:表中の数値 × ((t_w - t_o)^{1/4})

t _o (°C)	λ (kcal/m·h·°C)	ν (m ² /sec)	P _r (-)	β	v _{conv} ^{*1} (kcal/m ² ·h·°C)	v _{conv} ^{*1} (cal/cm ² ·sec·°C)
40	0.0234	0.175 × 10 ⁻⁴	0.71	3.195 × 10 ⁻³	<input type="text"/>	<input type="text"/>
100	0.0272	0.239 × 10 ⁻⁴	0.70	2.681 × 10 ⁻³	<input type="text"/>	<input type="text"/>
200	0.0332	0.358 × 10 ⁻⁴	0.69	2.114 × 10 ⁻³	<input type="text"/>	<input type="text"/>
300	0.0386	0.495 × 10 ⁻⁴	0.69	1.745 × 10 ⁻³	<input type="text"/>	<input type="text"/>
400	0.0437	0.645 × 10 ⁻⁴	0.69	1.486 × 10 ⁻³	<input type="text"/>	<input type="text"/>
500	0.0483	0.810 × 10 ⁻⁴	0.70	1.294 × 10 ⁻³	<input type="text"/>	<input type="text"/>
600	0.0527	0.989 × 10 ⁻⁴	0.70	1.145 × 10 ⁻³	<input type="text"/>	<input type="text"/>
800	0.0610	1.370 × 10 ⁻⁴	0.71	0.932 × 10 ⁻³	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(b) 放射項

放射の形態係数は、次式により求める。

$$F_{12} = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1} \quad (j)$$

ここで、F₁₂: 形態係数

ε₁: 面1の放射率

ε₂: 面2の放射率

なお、それぞれの面における放射率を(a)-第B.20c表に示す。

形態係数の計算結果を(a)-第B.20d表に示す。

(v)-第B.20c表 各材料の放射率

	一般の試験条件
周囲の空気	1.0
外胴 (<input type="text"/>)	0.4
保護蓋 (<input type="text"/>)	0.4

(v)-第B.20d表 形態係数

	一般の試験条件
外胴 (<input type="text"/>)	0.4
保護蓋 (<input type="text"/>)	0.4

(II) 燃料集合体ホルダ支持胴と内胴間の伝熱

燃料集合体ホルダ支持胴と内胴の間にある密封された空気の熱伝導及び放射を考慮する。

解析に用いた寸法、境界条件の関係式等については、以下に示す。

(a) 自然対流熱伝達

水平同心円筒間の密閉流体層での自然対流熱伝達として、次式により等価伝導率を求める。^[3]

$$K_e = N_u \cdot K$$

K_e : 密閉層の等価伝導率 (kcal/m・h・°C)

K : 空気の熱伝導率 (kcal/m・h・°C)

N_u : ヌッセルト数

ここで、ヌッセルト数 N_u は、次式により求められる。

$$N_u = 0.20 \times \left(\frac{\sqrt{r_2 / r_1}}{r_2 / r_1 - 1} \ln \frac{r_2}{r_1} \right)^{3/4} \cdot R_a^{1/4}$$

(7.1 × 10³ < R_a)

$$N_u = 1 \quad (10^3 > R_a)$$

$$R_a : \text{レイレイ数} \left(\frac{g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot (r_2 - r_1)^3}{a \cdot \nu} \right)$$

$$r_1 : \text{内円筒の外半径} \quad (\text{m})$$

$$r_2 : \text{外円筒の内半径} \quad (\text{m})$$

$$g : \text{重力加速度} \quad 9.8 \quad (\text{m/sec}^2)$$

$$\beta : \text{空気の体膨張係数} \quad (1/\text{K})$$

$$a : \text{空気の温度伝導率} \quad (\text{m}^2/\text{sec})$$

$$\nu : \text{空気の動粘性係数} \quad (\text{m}^2/\text{sec})$$

である。

空気層の平均温度 (T_{av}) を 、内外円筒面の温度差 (Δt) を と仮定して、等価熱伝導率 (K_e) を計算する。

計算に使用する空気の熱的性質及び物性値は、 における次の値を採用する。

$$\beta = \frac{1}{273 + \text{}} = \text{}$$

$$a = 3.417 \times 10^{-5} \quad (\text{m}^2/\text{sec})$$

$$\nu = 2.39 \times 10^{-5} \quad (\text{m}^2/\text{sec})$$

$$K = 7.556 \times 10^{-4} \quad (\text{cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C})$$

$$r_1 = \text{, } r_2 = \text{, } \Delta t = \text{}$$

$$R_a = \frac{9.8 \times \text{} \times \text{} \times (\text{} - \text{})^3}{3.417 \times 10^{-5} \times 2.39 \times 10^{-5}} = 5.027$$

よって、 $R_a = 5.027 < 10^3$ となり、 $N_u = 1$ となる。

したがって、

$$K_e = K$$

となり、自然対流は考慮しない。

(b) 放射伝熱

放射による熱伝達等は、円筒面の法線方向のみと考える。TRUMPでは表面1と2の間の熱交換量 (q) は、次式によって表される。

$$q = A_1 \cdot F_{12} \cdot \sigma (T_1^4 - T_2^4) = A_2 \cdot F_{21} \cdot \sigma (T_1^4 - T_2^4) \quad (\text{a})$$

ここで、 A_1 : 面1の表面積

A_2 : 面2の表面積

T_1 : 面1の表面温度

T_2 : 面2の表面温度

F_{12} : 面1から面2に対する放射形態係数

F_{21} : 面 2 から面 1 に対する放射形態係数

σ : ステファン-ボルツマン定数

である。

ガス層を挟んだ円筒間の放射形態係数は、同心円筒の式により求める。

$$F_{12} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{A_1}{A_2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1\right)} \quad (b)$$
$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{r_1}{r_2}$$

ここで、 ε_1 : 面 1 の放射率

ε_2 : 面 2 の放射率

r_1 : 外円筒の内半径

r_2 : 内円筒の外半径

である。TRUMP への入力では、伝熱面積として外側の面積を用いる。

$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0.4$ 、 $r_1 = \square$ 、 $r_2 = \square$ であるから、

$$F_{12} = \frac{1}{\frac{1}{0.4} + \frac{\square}{\square} \times \left(\frac{1}{0.4} - 1\right)} = 0.248$$

である。

(Ⅲ) 内容器蓋中央孔の平行 2 平面間の伝熱

内容器蓋中央孔と保護蓋の間にある密封された空気の熱伝導及び放射を考慮する。

解析に用いた寸法、境界条件の関係式等については、以下に示す。

(a) 自然対流熱伝達

平行 2 平面間の密閉流体層での自然対流熱伝達として、次式により等価伝導率を^[3]求める。

$$K_e = N_u \cdot K$$

K_e : 密閉層の等価伝導率 (kcal/m · h · °C)

K : 空気の熱伝導率 (kcal/m · h · °C)

N_u : ヌッセルト数

ここで、ヌッセルト数 N_u は、次式により求められる。

$$N_u = 0.28 \times R_a^{1/4} (L/D)^{-1/4} \quad (10^3 < R_a < 10^7)$$

$$N_u = 1 \quad (10^3 > R_a)$$

$$R_a : \text{レイレイ数} \quad \left(\frac{g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot D^3}{a \cdot \nu} \right)$$

L	: 垂直接流体層の高さ	(m)
D	: 流体層の厚さ	(m)
g	: 重力加速度	9.8 (m/sec ²)
β	: 空気の体膨張係数	(1/K)
a	: 空気の温度伝導率	(m ² /sec)
ν	: 空気の動粘性係数	(m ² /sec)

である。

空気層の平均温度 (T_{a,v}) を 、内外円筒面の温度差 (Δt) を と仮定して、等価熱伝導率 (K_e) を計算する。

計算に使用する空気の熱的性質及び物性値は、 における次の値を採用する。

$$\beta = \frac{1}{273 + \text{}} = \text{}$$

$$a = 3.417 \times 10^{-5} \quad (\text{m}^2/\text{sec})$$

$$\nu = 2.39 \times 10^{-5} \quad (\text{m}^2/\text{sec})$$

$$K = 7.556 \times 10^{-5} \quad (\text{cal}/\text{cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C})$$

D = 、L = 、Δt = であるから、

$$L/D = \frac{\text{}}{\text{}} = 0.788$$

$$R_s = \frac{9.8 \times \text{} \times \text{} \times \text{}^3}{3.417 \times 10^{-5} \times 2.39 \times 10^{-5}} = \text{}$$

よって、 $10^3 < R_s < 10^7$ となり、

$$N_u = 0.28 \times (\text{})^{1/4} \left(\frac{\text{}}{\text{}} \right)^{-1/4} = 8.617$$

となる。ゆえに、

$$\begin{aligned} K_e &= 8.617 \times 7.556 \times 10^{-5} \\ &= 6.511 \times 10^{-4} \quad (\text{cal}/\text{cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

である。

(b) 放射伝熱

放射による熱伝達等は、相対する平行2平面方向のみと考える。TRUMPでは表面1と2の間の熱交換量 (q) は、次式によって表される。

$$q = A_1 \cdot F_{12} \cdot \sigma (T_1^4 - T_2^4) = A_2 \cdot F_{21} \cdot \sigma (T_1^4 - T_2^4) \quad (\text{a})$$

ここで、A₁ : 面1の表面積

A₂ : 面2の表面積

- T_1 : 面 1 の表面温度
 T_2 : 面 2 の表面温度
 F_{12} : 面 1 から面 2 に対する放射形態係数
 F_{21} : 面 2 から面 1 に対する放射形態係数
 σ : ステファン-ボルツマン定数

である。

ガス層を挟んだ平行 2 平面間の放射形態係数は、次の式により求める。

$$F_{12} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{A_1}{A_2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1\right)} \quad (b)$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

ここで、 ε_1 : 面 1 の放射率

ε_2 : 面 2 の放射率

r_1 : 内半径

r_2 : 外半径

である。

$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0.4$ 、 $r_1 = r_2$ であるから、

$$F_{12} = \frac{1}{\frac{1}{0.4} + \left(\frac{1}{0.4} - 1\right)} = 0.25$$

である。

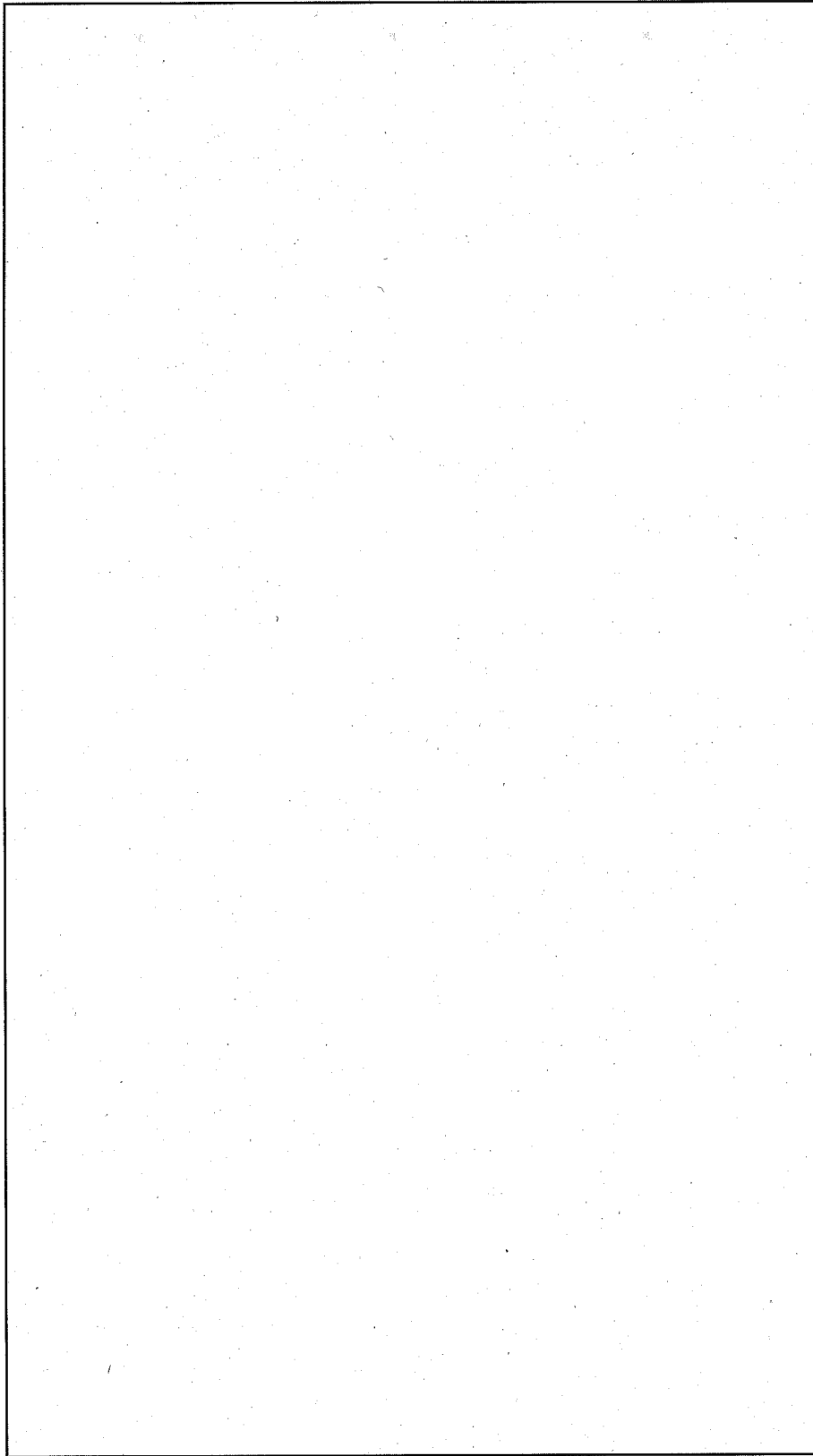
B.4.1.2 試験モデル

該当せず。

B.4.2 最高温度

(ロ)章B.4.1 に記述した解析モデル及び解析条件に基づいて求めた核燃料輸送物各部の最高温度に関する温度分布を、(ロ)-第B.4図に示す。また、各部の最高温度は、(ロ)-第B.4表に示している。

核燃料輸送物の表面温度は□であり、基準 85℃を満足する。蓋及びバルブボックスの Oリングの最高温度は□であり、Oリング最高使用温度範囲□に対して十分安全である。



単位 (°C)

(p)-第B.4図 一般の試験条件下における核燃料輸送物各部の温度分布

B.4.3 最低温度

核燃料輸送物の最低温度の評価条件は、太陽放射熱がなく収納物の発熱がない場合である。このとき、核燃料輸送物各部の温度は外気温度と平衡状態になるので、外運搬規則及び外運搬告示により-40℃となる。したがって、内容器及びバルブボックスのOリングの温度は-40℃となるが、Oリング()は-40℃まで使用に耐えることより、健全性は保持される。

B.4.4 最大内圧

内容器内の空気と外気との温度差は、炉心燃料中心部において最大 となる。内容器内胴では最大 であるが、ここでは、安全側に温度差が最大となる炉心燃料中心部の温度の値を用いる。この温度差に対応する圧力Pは、

$$P = \frac{273 + \square}{273 + 20} \times \square = \square = \square$$

である。これより圧力Pを〔P= 〕として以下用いる。また、この圧力は、内容器の耐圧検査圧力(245 kPa G)に比べ小さく、強度は保たれる。

B.4.5 最大熱応力

最大熱応力は、燃料集合体装荷時(発熱量、環境温度38℃)において生じ、またその応力は、内胴の軸方向の温度こう配による半径熱膨張の相違に伴い生ずる。

このときの内胴に生ずる曲げ応力は許容応力以下であり、内胴に曲げ応力が発生しても、内胴は破損することはない。

B.4.6 結果の要約と評価

一般の試験条件下においては、発熱量、雰囲気温度38℃のときに核燃料輸送物各部の温度は最高になり、内圧も最大になる。このときの核燃料輸送物各部の温度及び圧力は、(ロ)-第B.4表及び(ロ)-第B.5表に示してある。容易に人の近づき得る部分である外胴表面の最高温度は であり、設計基準の85℃を下回る。

製のOリング位置での温度は であり、(ロ)章B.3に記述したOリングの使用限度を超えることはない。バルブは、それを覆う蓋の温度が 以下であり、(ロ)章B.3に記述した使用限度を超えることはない。中性子しゃへい体である の温度は であり、(ロ)章B.3に記述した使用限度を超えることはない。

B.5 特別の試験条件

B.5.1 熱解析モデル

特別の試験条件下における熱評価を、3次元非定常熱解析コードTRUMPを用いて行った。

B.5.1.1 解析モデル

ここでは、TRUMPによる計算に用いた以下の項目について述べる。

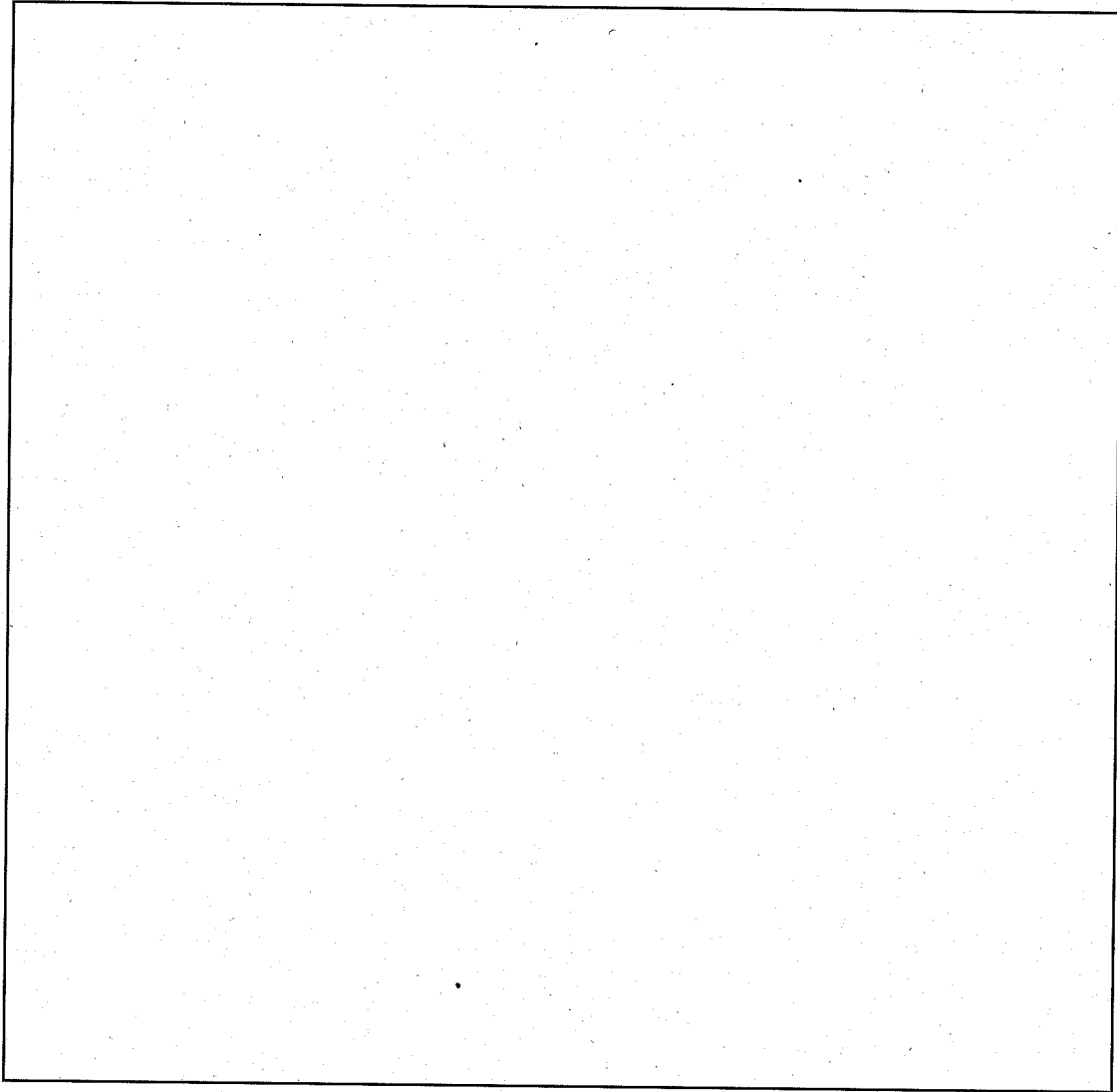
- (1) 解析モデル
- (2) 解析条件
- (3) 核燃料輸送物の伝熱

(1) 解析モデル

本核燃料輸送物の熱解析モデルは、強度試験（落下試験Ⅰ及び落下試験Ⅱ）後の破損を考慮したモデルとする。この変形状態で内部の熱評価を行うことが最も厳しい評価となる。落下試験Ⅰの水平落下による変形は容器の一部にのみ生じるが、ここでは最大変形量が全周にわたり生じているとした。保護蓋側は、垂直落下による変形を考慮している。落下試験Ⅱによる変形は、水平落下時が輸送容器の中央部（燃料の発熱領域の中央）と端部（蓋、蓋ボルト及び蓋リングのある位置）に、垂直落下時が保護蓋の中央部にそれぞれ考慮している。

(a)-第B.5図及び(a)-第B.6図に解析モデルを示す。

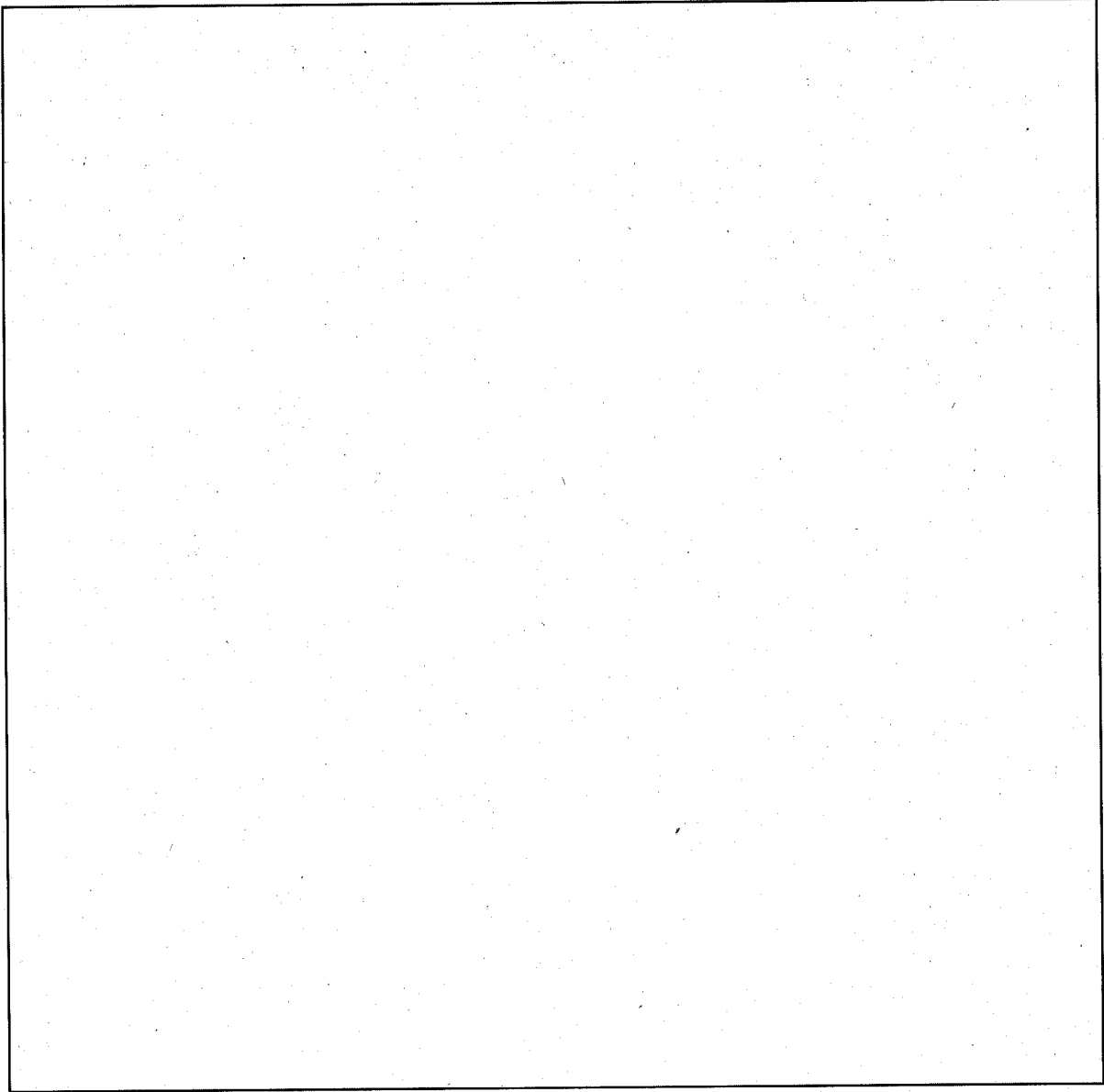
したがって、特別の試験条件下での熱解析は、(a)-第B.7図に示すように、炉心燃料中心より保護蓋側の1/2全体を軸対称として取り扱い、モデル化した。



(□)-第B. 7図のA-A断面部分)

単位 (cm)

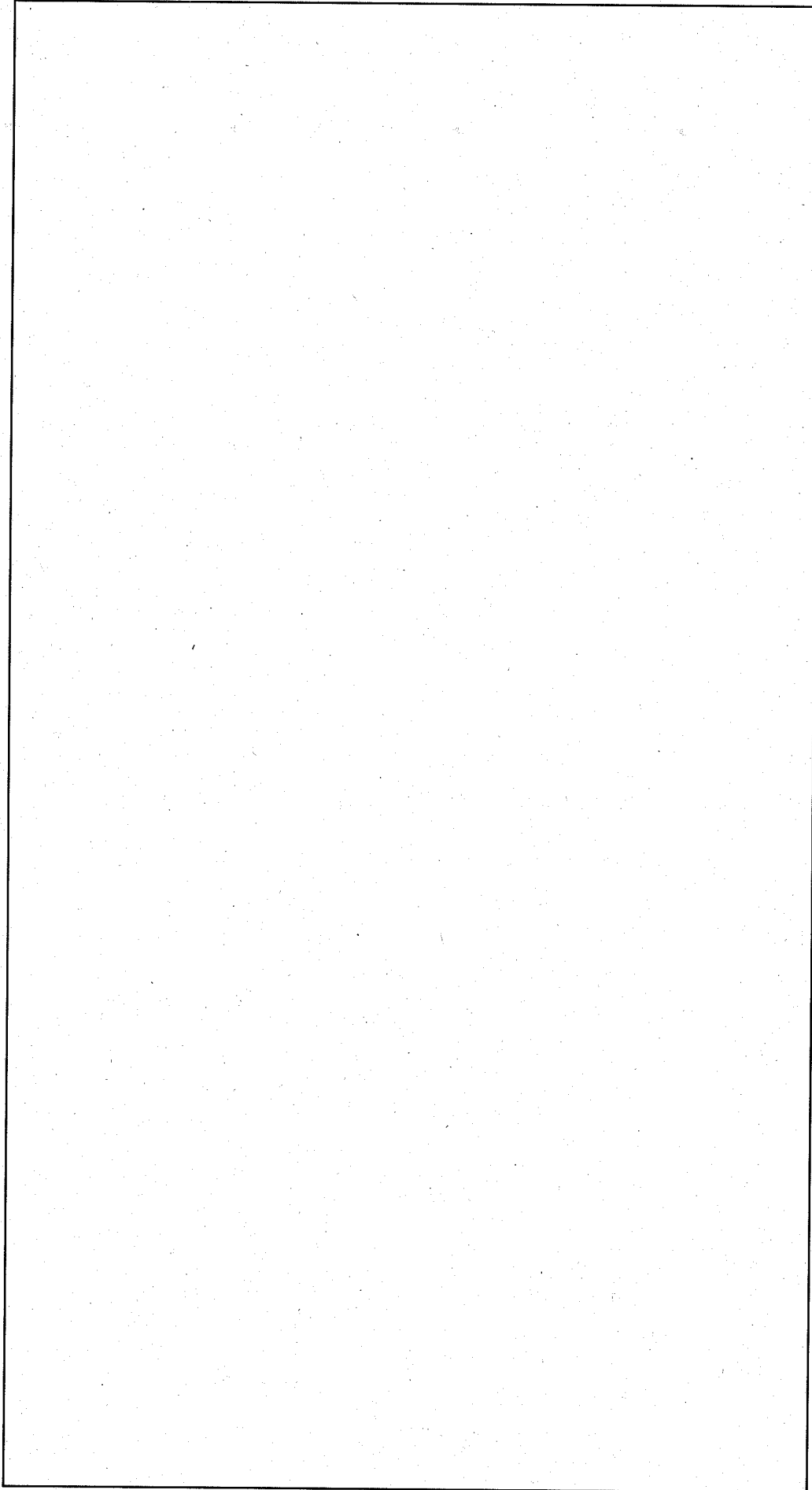
(□)-第B. 5図 水平落下による変形部のモデル化 (輸送容器の中央部)



((□)-第B. 7図のB-B断面部分)

単位 (cm)

((□)-第B. 6図 水平落下による変形部のモデル化 (輸送容器の蓋部))



単位 (cm)

(㉓)-第B.7図 特別の試験条件下の解析モデル・寸法

(2) 解析条件

解析に使用した熱的条件は、次のとおりである。収納物の崩壊熱量は、全体で [] である。特別の試験条件下の熱解析は、特別の試験条件下で強度試験（落下試験 I 及び II）条件に引き続いて、火災事故条件下に置かれるものとする。したがって、火災事故に遭遇する前の輸送容器の温度分布は、特別の試験条件下の火災前の温度分布を使用する。火災事故時の熱的条件は、外運搬規則及び外運搬告示に定められているように周囲温度 800℃、火災時間 30分、火炎の放射率 0.9 とし、容器の表面吸収率を 0.8 とする。また、太陽熱放射を受けるものとする。周囲からの容器への熱伝達は、放射と共に対流も考慮する。火災事故後の熱的条件は、周囲温度 38℃、容器の表面吸収率は 0.4、周囲の放射率を 1.0 とした。容器表面からの熱放散は、自然対流と放射を考慮する。また、太陽熱放射も考慮し、(ロ)-表 B.20 の値を用いる。以上の解析条件をまとめたものを、(ロ)-第 B.21 表に示す。

(ロ)-第 B.21 表 特別の試験条件下の熱的条件

項 目		初 期 条 件	火 災 事 故 時	火 災 事 故 後
発 熱 量		[]		
環 境 条 件	周 囲 温 度	静止空気 38℃	火災 800℃	静止空気 38℃
	太 陽 熱 放 射	あ り	あ り	あ り
	周 囲 の 放 射 率	1.0	0.9	1.0
容 器 の 表 面 吸 収 率		0.4 ^(a)	0.8 ^(b)	0.4 ^(c)

- (a) 火災にさらされない [] の表面吸収率
 (b) 火災にさらされている [] の表面吸収率
 (c) 火災にさらされた後の [] の表面吸収率

(3) 核燃料輸送物の伝熱

解析において考慮した核燃料輸送物の伝熱を、以下に述べる。

① 燃料集合体ホルダ支持胴と内胴間の伝熱

燃料集合体ホルダ支持胴と内胴間にある密封された空気の伝導及び放射を一般の試験条件と同様に考慮する。

② 内容器蓋中央孔の平行 2 平面間の伝熱

内容器蓋中央孔と保護蓋の間にある密封された空気の熱伝導及び放射を一般の試験条件と同様に考慮する。

③ 核燃料輸送物表面と周囲の伝熱

自然対流及び放射を一般の試験条件と同様に考慮する。

(a) 対流項

特別の試験条件では、落下試験 I の変形により基準長が となる。管外の熱伝達率及び垂直平板の熱伝達率を、(a)-第 B. 22 表及び (a)-第 B. 22 a 表に示す。

(a)-第 B. 22 表 管外の熱伝達率 (* 1 : 表中の数値 $\times ((t_w - t_o)^{1/4})$)

t_o (°C)	λ (kcal/m·h·°C)	ν (m ² /sec)	P_r (-)	β	h_{conv}^{*1} (kcal/m ² ·h·°C)	h_{conv}^{*1} (cal/cm ² ·sec·°C)
40	0.0234	0.175×10^{-4}	0.71	3.195×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
100	0.0272	0.239×10^{-4}	0.70	2.681×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
200	0.0332	0.358×10^{-4}	0.69	2.114×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
300	0.0386	0.495×10^{-4}	0.69	1.745×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
400	0.0437	0.645×10^{-4}	0.69	1.486×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
500	0.0483	0.810×10^{-4}	0.70	1.294×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
600	0.0527	0.989×10^{-4}	0.70	1.145×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
800	0.0610	1.370×10^{-4}	0.71	0.932×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(a)-第 B. 22 a 表 垂直平板の熱伝達率 (* 1 : 表中の数値 $\times ((t_w - t_o)^{1/4})$)

t_o (°C)	λ (kcal/m·h·°C)	ν (m ² /sec)	P_r (-)	β	v_{conv}^{*1} (kcal/m ² ·h·°C)	v_{conv}^{*1} (cal/cm ² ·sec·°C)
40	0.0234	0.175×10^{-4}	0.71	3.195×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
100	0.0272	0.239×10^{-4}	0.70	2.681×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
200	0.0332	0.358×10^{-4}	0.69	2.114×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
300	0.0386	0.495×10^{-4}	0.69	1.745×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
400	0.0437	0.645×10^{-4}	0.69	1.486×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
500	0.0483	0.810×10^{-4}	0.70	1.294×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
600	0.0527	0.989×10^{-4}	0.70	1.145×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>
800	0.0610	1.370×10^{-4}	0.71	0.932×10^{-3}	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(b) 放射項

特別の試験条件における放射率を (a)-第 B. 23 表に示す。

形態係数の計算結果を (a)-第 B. 24 表に示す。なお、火災事故時及び火災事故後の太陽熱による熱流束 (q) は、(a)-第 B. 24 表形態係数の値より、火災事故時の形態係数を 0.735、火災事故後の形態係数を 0.4 とすると、

① 火災事故時

(a) 外胴部

$$q = 400 \times 0.735 = 294 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

(b) 保護蓋部

$$q = 200 \times 0.735 = 147 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

② 火災事故後

(a) 外胴部

$$q = 400 \times 0.4 = 160 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

(b) 保護蓋部

$$q = 200 \times 0.4 = 80 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

となる。

(㍀)-第B.23表 各材料の放射率

	特別の試験条件		
	火災前	火災時	火災後
周囲の空気	1.0	0.9	1.0
外胴 (<input type="text"/>)	0.4	0.8	0.4
保護蓋 (<input type="text"/>)	0.4	0.8	0.4

(㍀)-第B.24表 形態係数

	特別の試験条件		
	火災前	火災時	火災後
外胴 (<input type="text"/>)	0.4	0.735	0.4
保護蓋 (<input type="text"/>)	0.4	0.735	0.4

B.5.1.2 試験モデル

該当せず。

B. 5.2 核燃料輸送物の評価条件

本核燃料輸送物の特別の試験条件下の強度試験により生じる変形は、落下試験Ⅰの水平落下及び垂直落下、落下試験Ⅱの水平落下（容器の中央部及び蓋部）及び垂直落下であり、解析モデルではこれらの変形について考慮している。このうち水平落下については、外容器の変形が熱的に最も厳しくなるように考慮している。

内容器及び収納物に熱的に一番厳しい変形の状態は、次のとおりである。落下試験Ⅰによる変形は断熱緩衝材部分及び緩衝材部分に局部的に□□生じているが、これが輸送容器の全周にわたっているとす。これに引き続き行われる落下試験Ⅱによる変形は、輸送容器の中央部で□□、蓋部で□□である。中央部は断熱緩衝材と中性子しゃへい材が、蓋部は緩衝材が潰されてなくなっているとす。水平落下による変形部のモデル化を、(□)-第B. 5図及び(□)-第B. 6図に示す。

B. 5.3 核燃料輸送物温度

(□)章B. 5.1.1 で述べた解析モデルを用いた計算結果を、(□)-第B. 2図に示す。これは、特別の試験条件下での核燃料輸送物の温度を時間経過と共にプロットしたものである。また、各部の最高温度と火災発生からの経過時間を、(□)-第B. 4表及び(□)-第B. 8図に示す。密封境界である蓋Oリング部及びバルブの温度は、□□である。

また、内容器内胴は最大□□に達するが、フランジ部分の最高温度は□□である。

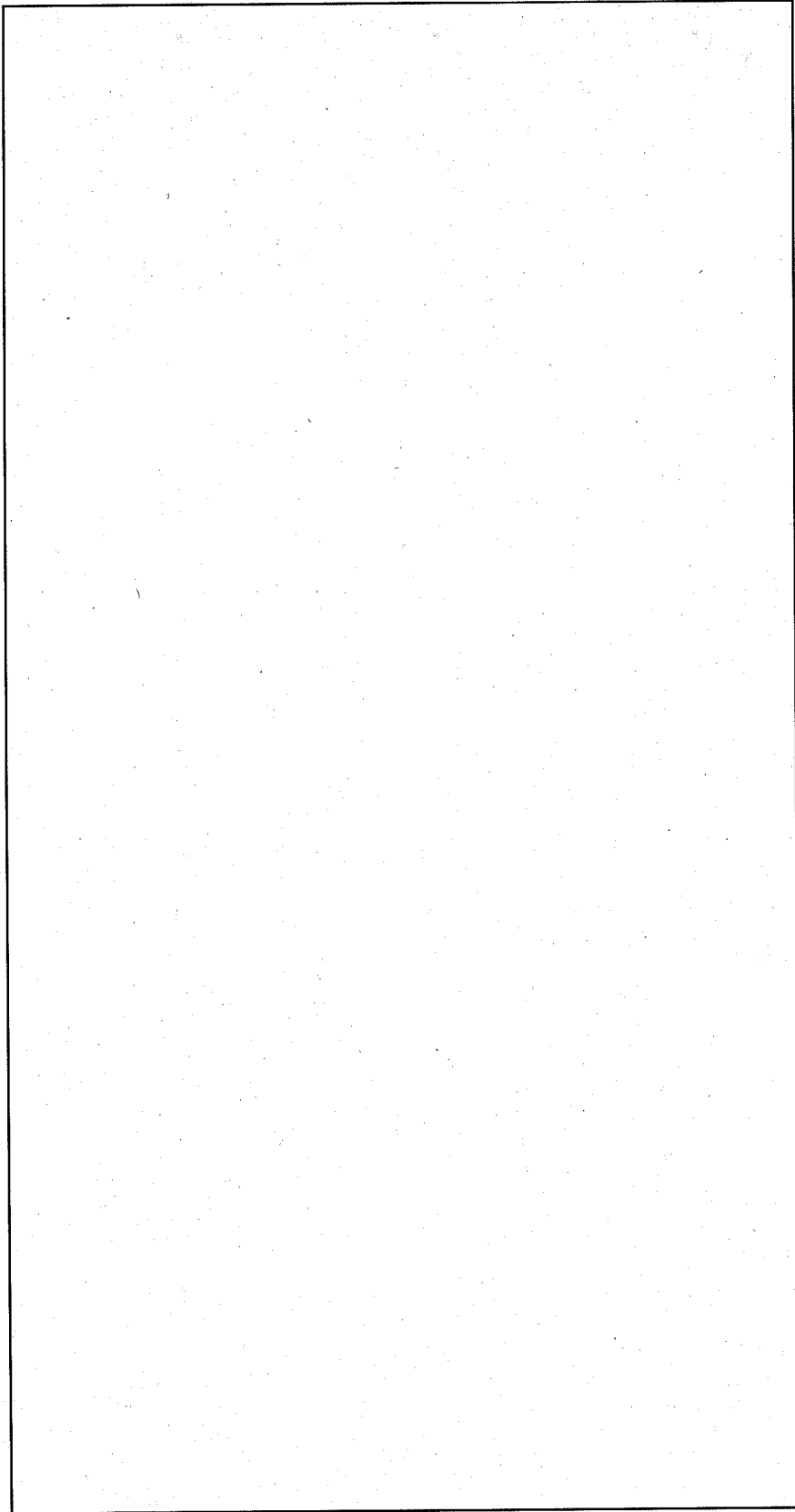
B. 5.4 最大内圧

熱的試験における内容器内胴の最高到達温度は前述したように□□であり、収納物である燃料集合体の温度は□□である。ここでは、内容器内部の空気の温度差が最大となる炉心燃料中心部の温度として、空気の熱膨張による内容器の内圧Pを求めると、

$$P = \frac{273 + \square}{273 + 20} \times \square = \square = \square$$

となる。

熱的試験により生じた内容器の内圧増加□□が内容器各部材に及ぼす影響は、(□)章A. 5.1.3応力計算で述べられている。



上段：温度 (°C)

下段：火災終了後からの時刻 (時：分)

(甲) 第B.8図 特別の試験条件下における核燃料輸送物各部の温度分布

B.5.5 最大熱応力

内容器内胴の最高温度は、熱的試験において [] に達する。内容器蓋部の最高到達温度は、 [] である。

内容器内胴には、軸方向の温度こう配による半径熱膨張の相違に伴う曲げ応力が生じる。(□)章A.6.3.2 熱膨張に述べるように、内胴に発生する応力は、許容応力以下である。Oリングの最高到達温度は [] であって、この値に比べて十分に大きな伸び量を有するので、内胴の熱膨張に十分追従し、内容器の密封性を保つ。

B.5.6 結果の要約と評価

特別の試験条件下における核燃料輸送物の性能評価は、発熱量 []、周囲温度 38℃ の環境条件下で 800℃、30 分間の火災事故に遭遇するとして行った。この場合の核燃料輸送物各部の温度変化は、(□)-第 B.2 図に示すとおりである。

それらの図に示した各部について、最高温度と火災事故発生からの時間をまとめると、(□)-D 第 B.4 表に示すとおりである。また、密封容器である内容器の最大内圧は、(□)-第 B.5 表に示してある。 [] 製 Oリングの温度は、(□)章 B.5.3 に示したように内容器蓋用 Oリング部で [] を超えることはない。これより、 [] 製 Oリングは -40 ~ [] の温度の使用に耐えるので、特別の試験条件において密封容器蓋部の Oリングの健全性は保たれる。

バルブは、(□)章 B.5.3 に示したように [] を超えることはなく、このとき受ける圧力 [] と共に、(□)章 B.3 に記載したバルブの耐用条件を超えることはない。したがって、密封容器に用いているバルブは、特別の試験条件下においても十分使用に耐える。

以上より、密封容器で熱的に問題となる Oリング、バルブは、特別の試験条件においても健全である。

なお、特別の試験条件下の構造解析においては、本解析結果より得られた温度及び圧力を用いて密封容器の各部に生じる応力を評価し、特別の試験条件下の熱的試験において、輸送容器が強度を保つことを示した。(□)章 A.6.3 参照)

また、特別の試験条件下における核燃料輸送物の総合的評価の詳細を、(□)-第 B.25 表に示す。以上より、本核燃料輸送物は、特別の試験条件下において、熱的健全性及び強度を保つ。

(ロ)-第B.25表 特別の試験条件下における核燃料輸送物の総合的評価

項 目	基 準 値	結 果	備 考
最高温度			
燃料集合体	—	<input type="text"/>	
内容器	—	<input type="text"/>	
内容器フランジ	—	<input type="text"/>	
外容器外胴	—	<input type="text"/>	
内容器蓋Oリング部	-40～ <input type="text"/>	<input type="text"/> 以下	基準値を満足
バルブ	<input type="text"/> 以下	<input type="text"/> 以下	基準値を満足
最大内圧			
内容器内	245kPaG以下	<input type="text"/>	基準値を満足

次に、構造解析及び熱解析で得られた結果の密封、しゃへい、臨界の各解析への適用について以下に示す。

(1) 密封解析

構造解析において、密封境界である燃料要素及び内容器は健全であり、それらの密封性能が保持されることが示された。

熱解析において、内容器蓋Oリング部及びフランジ部の最高到達温度は以下である。使用している製Oリングの使用温度範囲は-40～であり、この最高温度においても十分使用に耐える。

なお、熱解析結果より得られた温度及び圧力は、構造解析（熱的試験）に反映されている。

以上より、構造並びに熱解析の結果から密封解析では、収納物及び内容器は密封性能を保持するものとして評価する。

(2) しゃへい解析

しゃへい解析では、外容器の変形が解析結果に影響する。解析は二次元で行っているの
で、径方向及び軸方向の変形について考慮する。

構造解析の水平落下・落下試験Ⅰにおいて、外容器の変形は局部的にのみ発生するが、安全側に全周が同一に変形するものとしている。垂直落下・落下試験Ⅰでは、保護蓋部方向及び底部方向のそれぞれについて変形を考慮している。また、落下試験Ⅱによる変形はより局所的なものなので、各方向について無視している。

熱解析の耐火試験において、外容器を構成する断熱緩衝材、中性子しゃへい材及び緩衝材は高温となるため、しゃへい解析においてはこれらの領域の部材は無いものとして空気に置き換えている。

(3) 臨界解析

臨界解析でも、外容器の変形が解析結果に影響する。解析は三次元で行っているので、径方向及び軸方向の両方の変形を考慮している。

本核燃料輸送物は核分裂性輸送物に該当するため、(□)章A.9 核分裂性輸送物の項で実施した評価の方が、(□)章B.5 特別の試験条件での評価より厳しいモデルとなるため、臨界解析を実施するための計算モデルは、(□)章A.9 項の評価結果に基づくものとする。

B.6 参考文献

- [1] A.L. Edwards, 「TRUMP: A COMPUTER PROGRAM FOR TRANSIENT AND STEADY STATE TEMPERATURE DISTRIBUTIONS IN MULTIDIMENSIONAL SYSTEMS」、Lawrence Livermore Laboratory, University of California (Sep. 1, 1972)
- [2] 「J I S ハンドブック (鉄鋼)」、日本規格協会
- [3] 「伝熱工学資料 改訂第3版」、日本機械学会 (1975)
- [4] R.O. Wootton & H.M. Epstein, 「Heat Transfer from a parallel Rod Fuel Element in a Shipping container」、Battelle Memorial Institute (1963)

(ロ) - C 密封解析

C.1 概要

本核燃料輸送物の密封解析は、核燃料物質装荷量の最も多い収納物-I (「もんじゅ」炉心燃料集合体) 及び収納物-II (「もんじゅ」炉内性能試験用集合体) を収納物とした場合について行う。

密封装置は、燃料要素 ((ロ)-第C.1図) 及び内容器 ((ロ)-第C.2図) である。放射性物質である燃料ペレットは燃料要素内に溶接密封され、これはさらに内容器内に収納されている。密封装置は外容器に保護されており、一般の試験条件下及び特別の試験条件下においてもその密封性を保持し、放射性物質の外部への漏えいに対する基準を満足するように設計されている。

密封解析では、燃料要素の密封性のみで基準を満たすことを示す。

C.2 密封装置

C.2.1 密封装置

(1) 燃料要素の密封性

被覆管 ([] : 外径 ϕ = 約 []、肉厚 t = 約 []、長さ l = []) の両端には [] の端栓 (上部端栓、下部端栓) が溶接される構造となっている。被覆管は、密封性 [漏えい率: 1本当たり $3 \times 10^{-9} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ ($3 \times 10^{-8} \text{atm} \cdot \text{cc}/\text{sec}$) 以下] を保持する設計となっており、これは製作時の気密漏えい検査により確認される。

燃料要素の密封境界を、(ロ)-第C.1図に示す。

(2) 内容器の密封性

内容器は、内胴 ([]、内径 ϕ = []、肉厚 t = 両端部で []、中央部で []、長さ l = []) の円筒の下側に底板 ([]、外径 ϕ = []、肉厚 t = []) と上側にフランジ ([]、外径 ϕ = 最大 []、肉厚 t = 最大 []) が溶接されている。また、 []

[]
[]。また、バルブ及びカプラが付いている。

蓋、バルブ及びカプラのシール部はOリング ([]) 及びシートパッキン ([]) が使用されており、内容器の密封性 [漏えい率: $1 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ ($1 \times 10^{-5} \text{atm} \cdot \text{cc}/\text{sec}$) 以下] を保持する設計になっている。この漏えい率は、製作時の気密漏えい検査によって確認される。内容器の密封境界を、(ロ)-第C.2図に示す。

密封装置は、燃料要素を収納したとき、次の条件下において耐圧強度を備えている。

条 件	最 高 圧 力	最 高 温 度
通常の輸送条件	<input type="text"/>	<input type="text"/>
一般の試験条件	<input type="text"/>	<input type="text"/>
特別の試験条件	<input type="text"/>	<input type="text"/>

C.2.2 密封装置の貫通部

燃料要素は溶接で密封されており、貫通部はない。

内容器には、蓋にバルブとカプラが取り付けられている。バルブは α 漏えい検査用のもので、内部空気のサンプリング及びヘリウム漏えい検査時の内部空気のヘリウム置換に使用する。カプラのうちは α 漏えい検査用のもので、内部空気のサンプリング及びバルブとバルブボックスの漏えい検査に使用する。もうのカプラは、蓋二重Oリング間の気密漏えい検査に使用する。

C.2.3 密封装置ガスケット及び溶接部

燃料要素は溶接で密封されており、ガスケット部はない。

内容器については、蓋とフランジ部の間を密封するためOリングが使用されている。内容器の溶接箇所は内胴の長手、内胴と内胴、内胴とフランジ部そして内胴と底板であるが、内容器の内胴部の強度と同一になるように設計製作されている。カプラにはシートガスケットが組み込まれているが、十分な耐熱性 を保有している。

使用しているOリング及びシートガスケットの仕様は、次のとおりである。

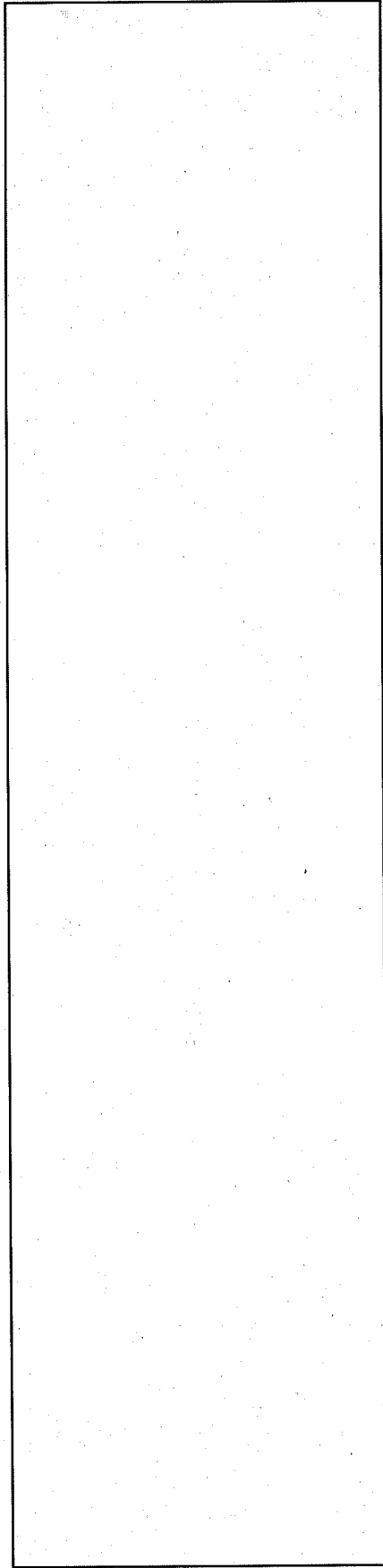
使 用 場 所	寸 法	材 質	使用温度範囲
蓋部Oリング	内径 <input type="text"/> ×線径 <input type="text"/> 内径 <input type="text"/> ×線径 <input type="text"/>	<input type="text"/>	-40℃～ <input type="text"/>
バルブOリング	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/>	-40℃～ <input type="text"/>
カプラシートガスケット		<input type="text"/>	-100℃～ <input type="text"/>

これらのOリングは-40℃から、シートガスケットは-100℃からの温度範囲で使用に耐え、一般の試験条件下及び特別の試験条件下でも性能を保持し、密封装置の密封性が保たれる。溶接部は、製作時に液体浸透探傷試験及び放射線透過検査を行い、溶接の健全性を確認し、その密封性を保証する。

C.2.4 蓋

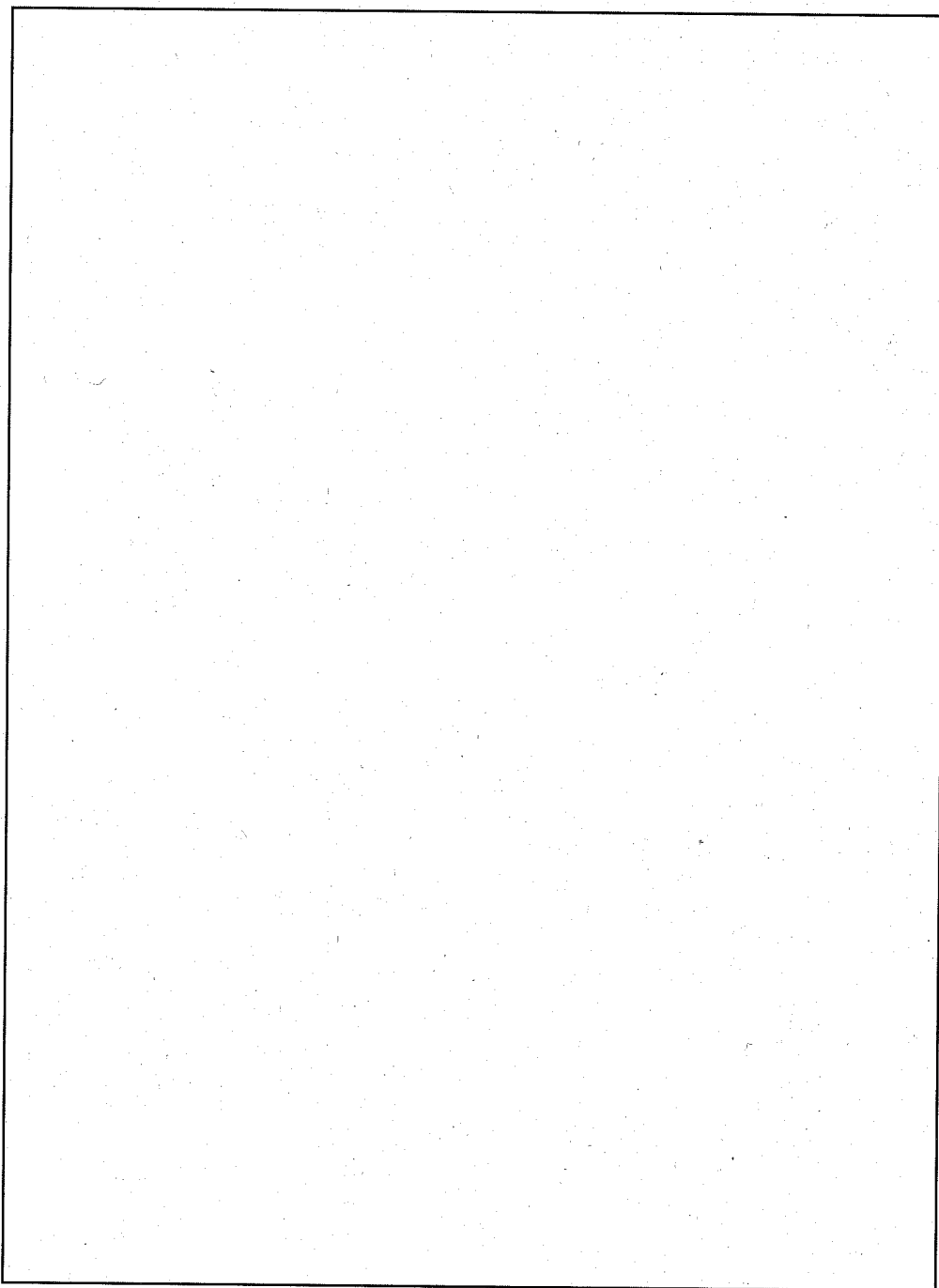
燃料要素は上・下部端栓が溶接されており、蓋は無い。

蓋は [] で製作されており、 [] で内容器フランジに締め付けられ、密封性を保持する []。



単位 (mm)

(P)-第C.1図 燃料要素の密封境界図



(甲)-第C.2図 内容器の密封境界図

C.3 一般の試験条件

一般の試験条件下において、燃料要素及び内容器各部に生ずる応力は各々許容応力以下であり、燃料要素及び内容器は健全である。(□)章A.5.1.4 及び(□)章A.6.3.3 許容応力との比較参照)
また、燃料要素の崩壊熱 [] により蓋用Oリングの最高温度は [] となるが、使用しているOリング〔材質： []〕は最高 [] まで使用に耐えるので、その性能は損なわれない。輸送容器の内胴の軸方向の温度こう配による半径熱膨張の相違に伴い生ずる曲げ応力は、許容応力以下で、内胴が破損することはない。(□)章A.5.1.2 熱膨張参照)

したがって、燃料要素及び内容器は、一般の試験条件下でその密封性〔漏えい率：燃料要素1本当たり $3 \times 10^{-9} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ ($3 \times 10^{-8} \text{atm} \cdot \text{cc}/\text{sec}$) 以下、内容器 $1 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ ($1 \times 10^{-5} \text{atm} \cdot \text{cc}/\text{sec}$) 以下〕を保持する。

C.3.1 放射性物質の漏えい

一般の試験条件下においても、密封境界である燃料要素の密封性〔漏えい率：燃料要素1本当たり $3 \times 10^{-9} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ ($3 \times 10^{-8} \text{atm} \cdot \text{cc}/\text{sec}$) 以下〕は保持される。ここでは燃料要素の密封性により、放射性物質の漏えい基準〔 A_2 値 $\times 10^{-6}/\text{h}$ を超えないこと〕を満足することを示す。

(1) 解析モデル

放射性物質であるプルトニウム・ウラン混合酸化物は、被覆管に充填された後、端栓が被覆管に溶接されることにより燃料要素内部に密封される。この溶接密封構造の健全性は、製作時に行われる溶接部のX線検査により燃料要素の全数について確認される。これとは別に、さらに安全性を高めるためにヘリウムリーク検査を行い、燃料要素内部に充填されているヘリウムガスが外部に漏えいしていないことを確認する。

燃料要素は、特別の試験条件下においてその構造強度上の健全性が保たれることが解析((p)章A.6.1.1 及び(p)章A.6.1.2 参照)により確認されている。

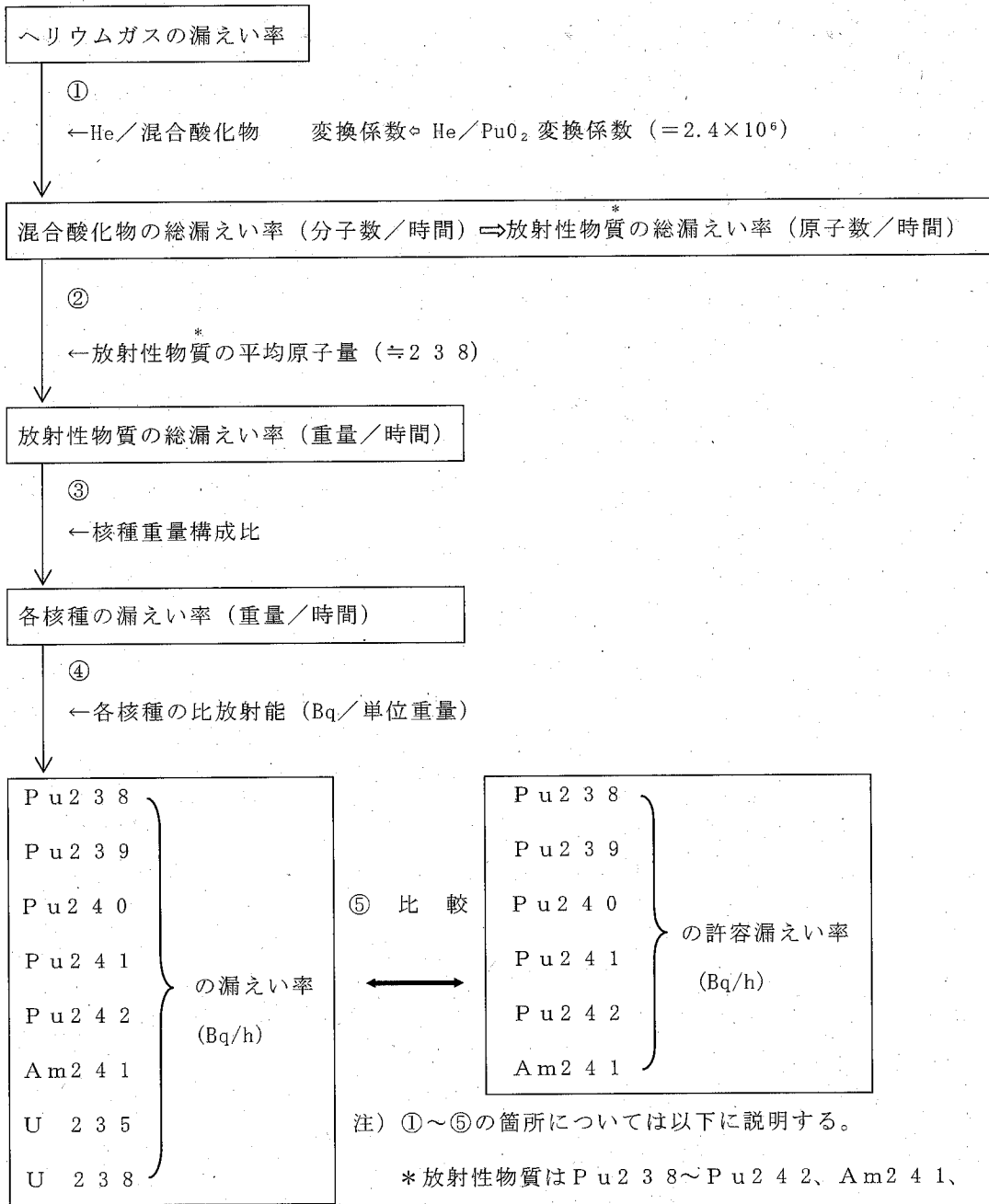
燃料要素からの放射性物質の漏えいについては、以下に示す安全側の仮定に基づいて解析を行う。

- (a) 燃料要素は、要素製作時に行うヘリウムガスを用いた気密漏えい検査基準〔 $3 \times 10^{-9} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ ($3 \times 10^{-8} \text{atm} \cdot \text{cc}/\text{sec}$) 以下〕に相当する漏えい(ヘリウムガス)があるとする。
- (b) 放射性物質は焼結ペレットの形態をしており、強固であるが、ここでは粉末とする。

なお、プルトニウム・ウラン混合酸化物には、ウラン同位体の $U232$ 、 $U234$ 及び $U236$ 並びに不純物として核分裂生成核種が含まれるが、これらの核種は含有量が少なく、プルトニウム及びアメリシウムの漏えい量と漏えい基準値との比に対してごくわずかであり、漏えい基準値との比に影響を与えないことから、評価対象核種から除外する。

(2) 解析方法

ここではオリフィスに開けられた小さな孔を通して漏えいするプルトニウム粉末とヘリウムガスの漏えい率の相関について実施された実験結果^[1]を用いて、放射性物質の漏えいを評価する。解析上の密封装置は燃料要素〔漏えい率 $3 \times 10^{-9} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ ($3 \times 10^{-8} \text{atm} \cdot \text{cc}/\text{sec}$)〕であり、解析フローは(p)-第C.3図に示す。



(ロ)-第C.3図 漏えい率解析フロー

手順 ① 燃料集合体 2 体分の燃料要素 338 本から 1 本当たり $3 \times 10^{-8} \text{ atm} \cdot \text{cc/sec}$ の漏れがあるものとして計算する。

$338 \text{ 本} \times 3 \times 10^{-8} \text{ atm} \cdot \text{cc/sec}$ の漏えい率でヘリウムガスが漏えいする場合、漏れるヘリウム原子数は、

$$\frac{338 \text{ 本} \times 3 \times 10^{-8} (\text{atm} \cdot \text{cc/sec}) \times 6.0 \times 10^{23}}{22.4 \times 10^3 (\text{atm} \cdot \text{cc})} = 2.72 \times 10^{14} (\text{個/sec})$$

である。

ヘリウムガスの漏えい率から、変換係数 $\text{He} / \text{混合酸化物} = 2.4 \times 10^6$ ^[1] を用いて、混合酸化物の漏えい率を求める。すなわち、漏えいする混合酸化物の分子数は、

$$\text{漏えいするヘリウム原子数} \times \frac{1}{\frac{\text{ヘリウム原子数}}{\text{混合酸化物分子数}}}$$

$$= 2.72 \times 10^{14} \times \frac{1}{2.4 \times 10^6}$$

$$= 1.13 \times 10^8 (\text{個/sec})$$

となる。

手順 ② 放射性物質の総原子数に放射性物質の平均原子量を乗じて、放射性物質の総質量漏えい率 [X] を求める。すなわち、

$$X = \text{漏えいする放射性物質の総原子数} \times \frac{\text{放射性物質の平均原子量}}{\text{アボガドロ数}}$$

$$= 1.13 \times 10^8 \times \frac{238}{6.0 \times 10^{23}}$$

$$= 4.48 \times 10^{-14} (\text{g/sec})$$

$$= 1.61 \times 10^{-10} (\text{g/h})$$

手順 ③ 放射性物質の総質量漏えい率 [X] に核種 a の質量構成比 [x a] を乗じて、核種 a の質量漏えい率 [X a] を求める。すなわち、

$$X a = X \cdot x a$$

手順 ④ 質量漏えい率 [X a] に比放射能 [P a] を乗じて、比放射能漏えい率 [A a] を求める。すなわち、

$$A a = X a \cdot P a$$

手順 ⑤ 各核種の放射能漏えい率 [A a] と許容漏えい率 [B a = A₂値 $\times 10^{-6} \text{ Bq/h}$] を比較する。

以上③～⑤の結果を、(Ⅱ)-第C.1表に示す。

この表より明らかなように、密封装置である燃料要素からの放射性物質の漏えい量は、各核種の漏えい基準値との比の合計（ A_a / B_a の総和）が 1.71×10^{-3} で、1未満であるので、外運搬規則及び外運搬告示に定められた放射性物質の漏えい基準値〔 A_2 値 $\times 10^{-6}/h$ 以下〕を満足する。

(イ)-第C.1表 一般の試験条件下における漏えい量

核種	収納物装荷量* (g)	含有率 (%)	Xa 漏えい量 (g/h)	Pa 放射能 比 (GBq/g)	Aa 放射能漏えい量 (GBq/h)	Ba 漏えい基準値 (GBq/h)	Aa/Ba
Pu 238	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	6.3×10^2	<input type="text"/>	1.0×10^{-6}	<input type="text"/>
Pu 239	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2.3	<input type="text"/>	1.0×10^{-6}	<input type="text"/>
Pu 240	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	8.5	<input type="text"/>	1.0×10^{-6}	<input type="text"/>
Pu 241	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	4.1×10^3	<input type="text"/>	6.0×10^{-5}	<input type="text"/>
Pu 242	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	1.4×10^{-1}	<input type="text"/>	1.0×10^{-6}	<input type="text"/>
Am 241	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	1.2×10^2	<input type="text"/>	1.0×10^{-6}	<input type="text"/>
U 235	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	} 未照射、かつ、濃縮度20%以下なので制限なし	<input type="text"/>		
U 238	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				*
						(合計)	1.71×10^{-3}

注 1) * (イ)-第4表より

2) $Xa = X \cdot xa$

$Aa = Xa \cdot Pa$

C.3.2 密装置の加圧

一般の試験条件下において、内容器内の最高温度は□である。本収納物であるプルトニウム・ウラン混合酸化物ペレットは、この温度で気化することはない。内容器内の温度変化による圧力増加は□であるが、そのとき内胴に発生する応力は各々許容応力以下であり、耐圧強度を有する。よって密封性は保持される。(□章B.4.2 最高温度参照)(□章A.5.1.3 応力計算参照)

C.3.3 冷却材汚染

本輸送容器は、冷却材を用いていないので該当しない。

C.3.4 冷却材損失

本輸送容器は、冷却材を用いていないので該当しない。

C.4 特別の試験条件

特別の試験条件の強度試験において、燃料要素及び内容器は、その強度を保つ。(□章A.6 特別の試験条件参照) 引き続き行う熱的試験での収納物の最高到達温度は、□以下である。フランジ部の最高到達温度は□で、使用している□製Oリングは、この温度で十分使用に耐える。内容器の温度変化による圧力増加は□であるが、そのとき内胴に発生する応力は各々許容応力以下であり、耐圧強度を有する。(□章A.6.3.3 応力計算参照)

輸送容器の内胴の軸方向の温度こう配による半径熱膨張の相違に伴い生ずる曲げ応力は許容応力以下で、内胴が破損することはない。(□章A.6.3.2 熱膨張参照)

したがって、燃料要素及び内容器は、特別の試験条件下においてもその密封性〔漏えい率：燃料要素1本当たり $3 \times 10^{-9} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ ($3 \times 10^{-8} \text{atm} \cdot \text{cc}/\text{sec}$) 以下、内容器 $1 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ ($1 \times 10^{-5} \text{atm} \cdot \text{cc}/\text{sec}$) 以下〕を保持する。

収納物は□では気化することはない。また、内容器は密封性を保持するので、内容器内へ水が浸入することはない。混合酸化物が水溶液となることもない。(□章A.6.4 浸漬参照)

C.4.1 核分裂生成ガス

未照射燃料であるため該当しない。

C.4.2 放射性物質の漏えい

前述「(□章C.3.1 放射性物質の漏えい)」と同様に、燃料要素のみで密封性を保持するとして解析する。

1時間当たり漏えいする放射性物質の総漏えい量は 1.61×10^{-10} g ((a)章C.3.1参照)であるので、1週間当たりの漏えい量〔X'〕は 2.71×10^{-8} g となる。

各放射性核種の含有率〔x a〕を考慮して、各核種について漏えい量〔X' a = X'・x a〕を求める。この値に比放射能〔P a〕を乗じて放射能漏えい量〔A' a = X' a・P a〕を求め、漏えい基準値〔B' a = A₂値/week〕と比較する。

以上の結果を、(a)-第C.2表に示す。

この表より明らかなように、密閉装置である燃料要素からの放射性物質の漏えい量は、各核種の漏えい基準値との比の合計(A' a / B' aの総和)が 2.88×10^{-7} で、1未満であるので、外運搬規則及び外運搬告示に定められた放射性物質の漏えい基準値〔A₂値/week以下〕を満足する。

(ロ) 第三C.2表 特別の試験条件下における漏えい量

核種	収納物装荷量 (g)	含有率 (%)	X' a 漏えい量 (g/week)	Pa 放射能 比 (GBq/g)	A' a 放射能漏えい量 (GBq/week)	B' a 漏えい基準値 (GBq/week)	A' a/B' a
Pu 238	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	6.3×10^2	<input type="text"/>	1.0	<input type="text"/>
Pu 239	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2.3	<input type="text"/>	1.0	<input type="text"/>
Pu 240	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	8.5	<input type="text"/>	1.0	<input type="text"/>
Pu 241	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	4.1×10^3	<input type="text"/>	6.0×10^1	<input type="text"/>
Pu 242	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	1.4×10^{-1}	<input type="text"/>	1.0	<input type="text"/>
Am 241	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	1.2×10^2	<input type="text"/>	1.0	<input type="text"/>
U 235	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	} 未照射、かつ、濃縮度20%以下なので制限なし	<input type="text"/>		
U 238	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
(合計)							2.88×10^{-7}

注 1) * (イ) 第四表より

2) X' a = X' · xa

A' a = X' a · Pa

C.5 結果の要約と評価

一般の試験条件下及び特別の試験条件下における密封解析の結果は、(□)-第C.3表に示すとおりである。この表より、いかなる条件下においても密封装置より漏えいする放射性物質の量は、漏えい基準値を満足する。

(□)-第C.3表 結果の要約

条 件	漏えい基準値との比
一般の試験条件下	1.71×10^{-3}
特別の試験条件下	2.88×10^{-7}

C.6 参考文献

- [1] D. C. Drennen, E. W. Schmidt, W. J. Madia, M. Pobereskin, 「Study of Plutonia Leak Rates from Simulated Container Leaks」、 Battelle Columbus Laboratories 1978

(ロ) -D シャヘイ解析

D.1 概要

本核燃料輸送物のシャヘイ解析は、核燃料物質装荷量の最も多い収納物-I（「もんじゅ」炉心燃料集合体）及び収納物-II（「もんじゅ」炉内性能試験用集合体）を収納物とした場合について行う。

本収納物は未照射燃料であるが、炉心燃料（プルトニウム・ウラン混合酸化物）中に不純物として核分裂生成物が含まれているので、放射線源は、主に未照射燃料に含まれているウラン、プルトニウム、アメリシウム及び核分裂生成物である。

本容器の主な構造は、(イ)-第1図に示すように、外容器（外胴、断熱緩衝材、中性子シャヘイ材及び緩衝材）、内容器（内胴）及び燃料集合体ホルダである。

線源評価は、燃料から放出される γ 線と中性子について行った。線源強度を計算するとき用いた燃料装荷量を、(ロ)-第D.2表に示す。これらの装荷量は、安全側の評価を行うために、プルトニウム及びアメリシウムの装荷量については、それぞれの核種が最大となるように選ばれている。

また、炉心燃料中に含まれる核分裂生成物含有量を(ロ)-第D.2a表に示す。

計算により得られた γ 線源強度を(ロ)-第D.3表及び(ロ)-第D.1図に、中性子源強度を(ロ)-第D.4表に示す。 γ 線及び中性子の線源強度の計算にはORIGENコードを用いた。^[1]

線量当量率分布の計算は、 γ 線と中性子に分けて、それぞれ2次元輸送方程式の計算コードDOT-3.5を用いて行った。^[2] 使用した断面積は、PSL-40ライブラリの中性子・ γ 線結合の40群の断面積である。^[3]

計算モデルを(ロ)-第D.2図に示す。計算モデルは2次元円柱とし、線量当量率が高く計算されるようにした。線源領域は、酸化物の均質な混合物質とした。*収納物である燃料集合体2体は燃料集合体ホルダ内で所定の位置に収納保持されているが、横断面の面積が等しい1本の等価円柱に置き換えた。シャヘイ体の模擬は、炉心燃料領域である輸送容器の中央部分について、外胴、断熱緩衝材、中性子シャヘイ材、伝熱板、内胴及びラップ管に対して行い、燃料集合体ホルダ等の他の部材はすべて空気とした。輸送容器の軸方向については、燃料要素の炉心燃料領域の上下にブランケット燃料を配置し、上・下部端栓等は考慮していない。燃料集合体については、上・下部シャヘイ体を考慮していない。外胴の外半径及び上・下部方向の長さは、各試験条件について構造解析で求めた最大変形を考慮して定めた。また、断熱緩衝材、中性子シャヘイ材及び緩衝材は特別の試験条件下の火災試験時に高温になることを考慮して、特別の試験条件下では空気と置き換えている。

このような条件の下に計算した本核燃料輸送物の最大線量当量率を、(ロ)-第D.1表に示す。

(ロ)-第D.1表 最大線量当量率の要約

条件	評価場所		線量当量率 (mSv/h)			
			γ線	中性子	合計	基準
通常輸送時	蓋部	表面	1.3×10^{-5}	7.5×10^{-5}	8.8×10^{-5}	2.0
		表面より1m	1.3×10^{-5}	6.5×10^{-5}	7.8×10^{-5}	0.1
	側部	表面	2.1×10^{-1}	4.7×10^{-1}	6.8×10^{-1}	2.0
		表面より1m	2.0×10^{-2}	3.8×10^{-2}	5.8×10^{-2}	0.1
	底部	表面	3.3×10^{-5}	1.8×10^{-4}	2.2×10^{-4}	2.0
		表面より1m	1.9×10^{-5}	9.1×10^{-5}	1.1×10^{-4}	0.1
一般の試験 条件	蓋部	表面	1.3×10^{-5}	7.5×10^{-5}	8.8×10^{-5}	2.0
	側部	表面	2.4×10^{-1}	5.0×10^{-1}	7.4×10^{-1}	2.0
	底部	表面	3.1×10^{-5}	1.8×10^{-4}	2.2×10^{-4}	2.0
特別の試験 条件	蓋部	表面より1m	2.7×10^{-5}	5.2×10^{-4}	5.5×10^{-4}	10.0
	側部	表面より1m	4.5×10^{-2}	2.5×10^{-1}	3.0×10^{-1}	10.0
	底部	表面より1m	3.6×10^{-5}	8.3×10^{-4}	8.7×10^{-4}	10.0

D.2 線源仕様

収納物である未照射燃料要素から放出される放射線でしゃへい解析の対象となるのは、γ線及び中性子である。α線及びβ線は、燃料被覆管の段階で吸収される。

線源強度は、主としてプルトニウム同位体及びアメリシウムの装荷量に依存する。

しゃへい解析の線源を求める計算のために使用した燃料の装荷量を、(ロ)-第D.2表に示す。この装荷量は、プルトニウム及びアメリシウムがしゃへい評価上最も厳しい収納物に基づいている。

また、炉心燃料中に含まれる核分裂生成物含有量を(ロ)-第D.2a表に示す。

線源強度の計算にはORIGENコードを用い、プルトニウム及びアメリシウムについては崩壊日数を180日、炉心燃料中のウランについてはU232の娘核種からの放射線を考慮して、崩壊日数を10年、核分裂生成物は崩壊なしとしている。

(ロ)-第D. 2表 線源の計算に用いた燃料装荷量

種 類	項 目	装 荷 量
炉 心 燃 料	P u 2 3 8	<input type="text"/>
	P u 2 3 9	<input type="text"/>
	P u 2 4 0	<input type="text"/>
	P u 2 4 1	<input type="text"/>
	P u 2 4 2	<input type="text"/>
	A m 2 4 1	<input type="text"/>
	U 2 3 5	<input type="text"/>
	U 2 3 8	<input type="text"/>
	U 2 3 2	<input type="text"/>
	U 2 3 4	<input type="text"/>
	U 2 3 6	<input type="text"/>
ブランケット燃料	U 2 3 5	<input type="text"/>
	U 2 3 8	<input type="text"/>

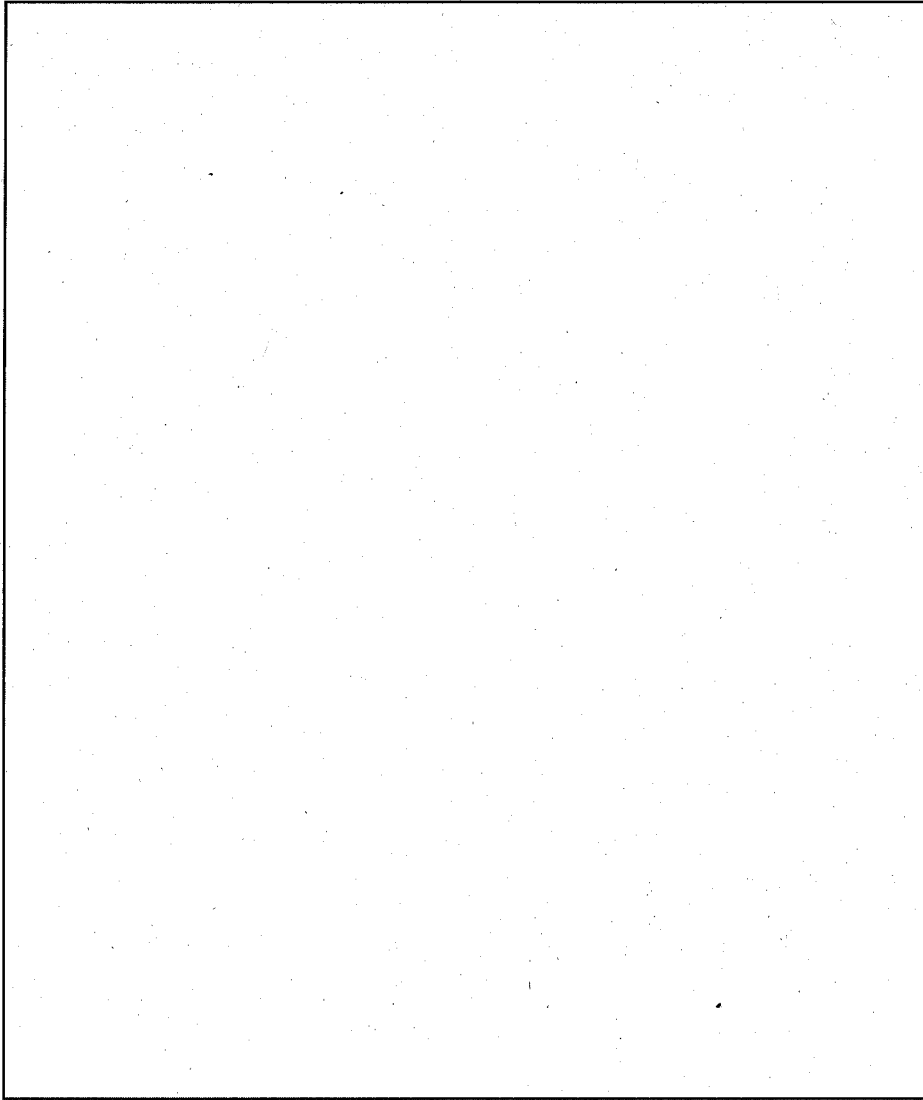
(ロ)-第D. 2a表 炉心燃料中に含まれる核分裂生成物の量

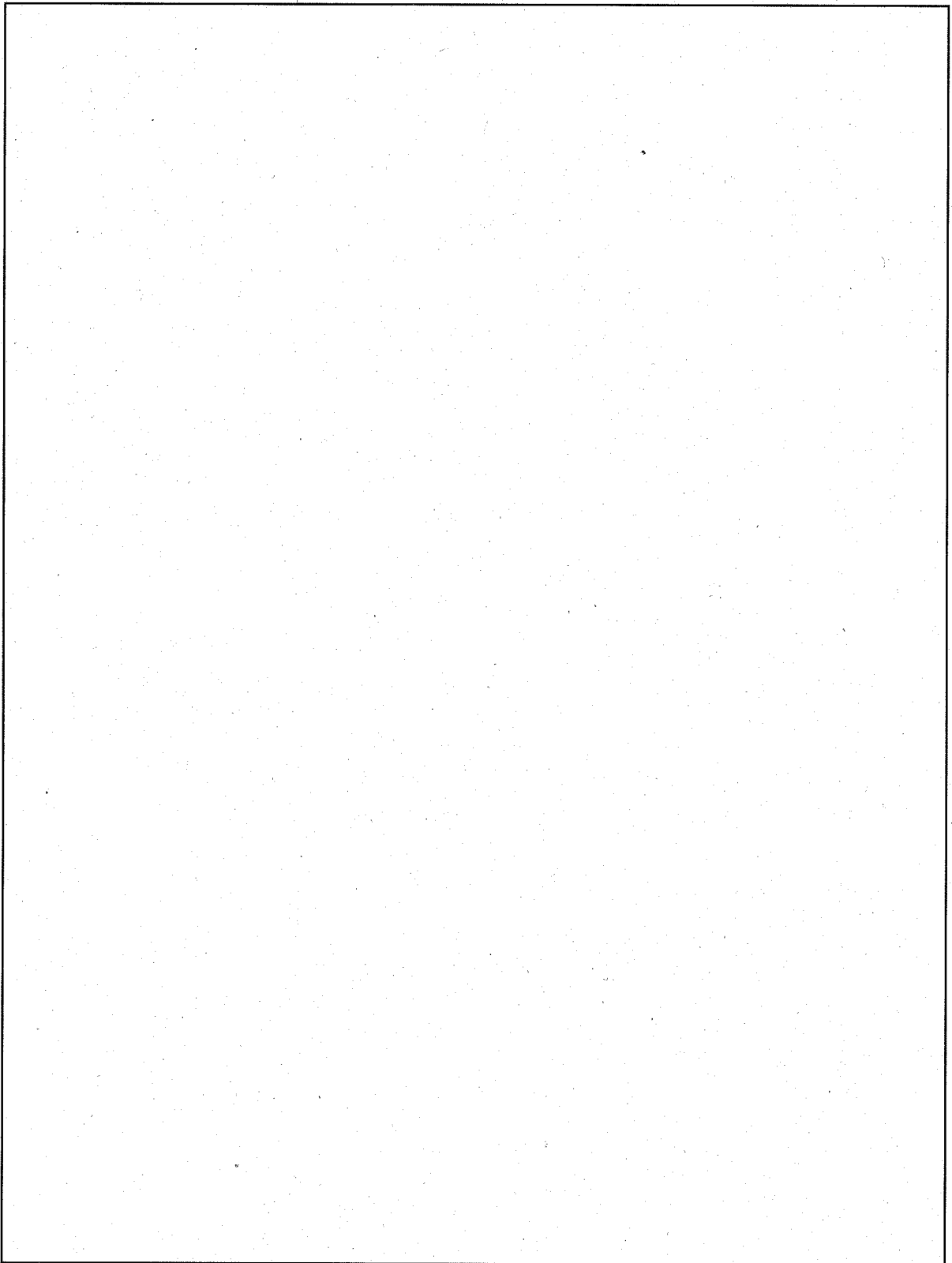
核 種	プルトニウムに含まれる 重量 (g)	ウランに含まれる 重量 (g)
Z r 9 5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
N b 9 5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
R u 1 0 6	<input type="text"/>	<input type="text"/>
R h 1 0 6	<input type="text"/>	<input type="text"/>
C s 1 3 7	<input type="text"/>	<input type="text"/>
B a 1 3 7 m	<input type="text"/>	<input type="text"/>
C e 1 4 4	<input type="text"/>	<input type="text"/>
P r 1 4 4	<input type="text"/>	<input type="text"/>

D.2.1 γ 線源

γ 線源は、プルトニウムとウラン及びP u 2 4 1の娘核種のA m 2 4 1並びに不純物である核分裂生成物から発生するものである。 γ 線源強度は、(ロ)-第D. 2表に示す燃料装荷量及び(ロ)-第D. 2a表に示す炉心燃料中に含まれる核分裂生成物の量を用いて計算した。各エネルギー群ごとの γ 線源強度を、(ロ)-第D. 3表及び(ロ)-第D. 1図に示す。ここで用いているエネルギー範囲はPSL-40ライブラリに準備されているものである。

(□)-第D、3表 γ 線源のエネルギー分布





(p)-第D. 1 図 γ 線源のエネルギー分布

D.2.2 中性子源

中性子源は、プルトニウム及びウランの同位元素によるものである。したがって、中性子源強度は、(a)-第D.2表に示す装荷量を用いて計算した。

収納物から放出される中性子は、ウラン、プルトニウム及びアメリシウムが α 崩壊して発生する α 粒子と燃料ペレットの酸素原子が (α, n) 核反応を起こして生じるものと、プルトニウムの自発核分裂により生じるものの2種類である。これらの中性子源強度の合計は、(a)-第D.4表に示すように 2.108×10^7 個/秒である。核燃料輸送物の実効増倍係数 K_{eff} を考慮すると、中性子源強度は $1 / (1 - K_{eff})$ 倍になる。臨界解析の通常輸送時の核燃料輸送物の実効増倍係数は0.292である。これを用いると、中性子源強度の合計は 2.977×10^7 個/秒である。

(a)-第D.4表 中性子源強度

中性子が発生する反応	中性子源強度 (neutrons/sec・1核燃料輸送物)	
	炉心燃料	ブランケット燃料
(α, n) 反応	1.182×10^7	5.061×10^0
自発核分裂による反応	9.265×10^6	5.915×10^2
合計	2.108×10^7	5.966×10^2
実効増倍係数を考慮した 場合の合計	2.977×10^7	8.424×10^2

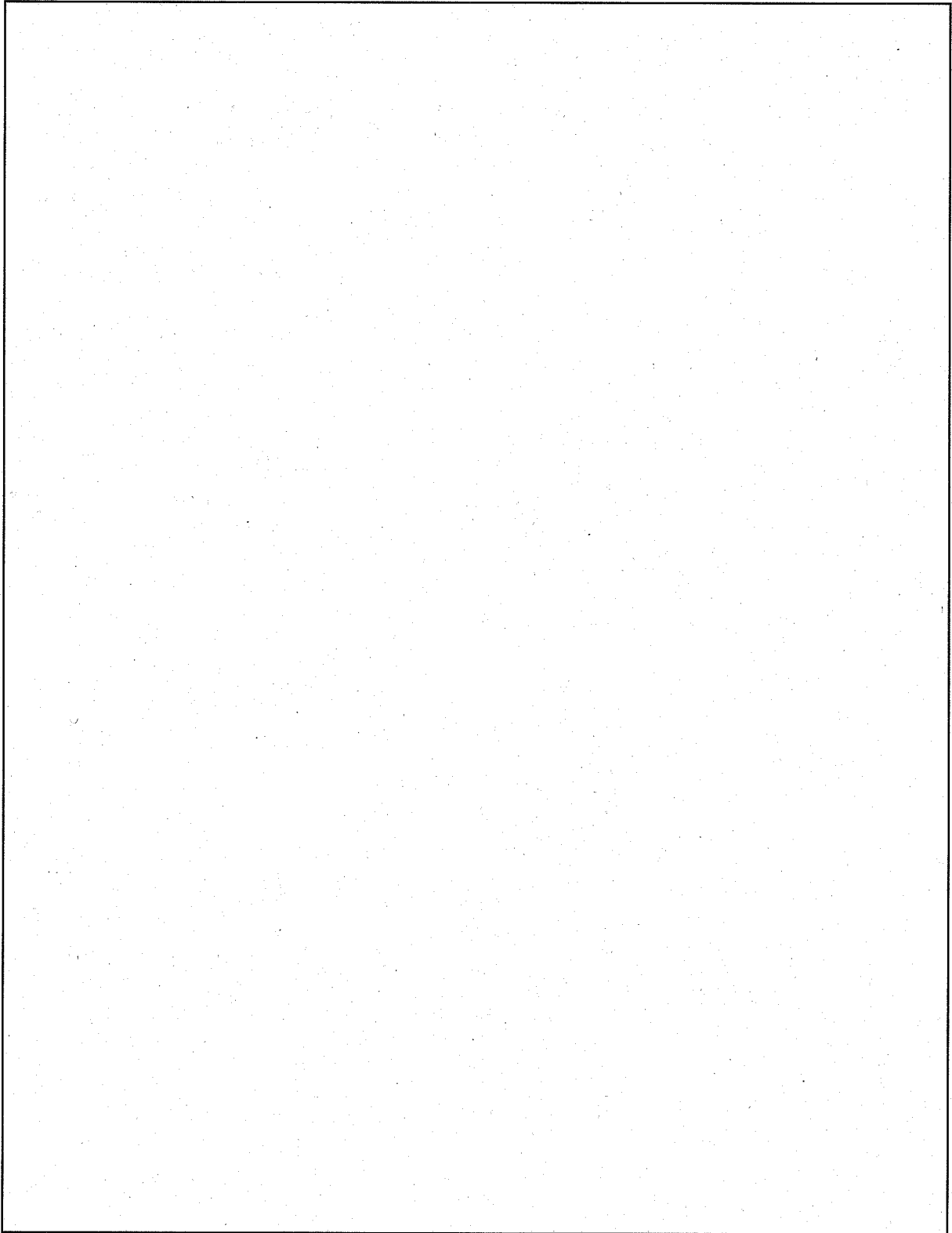
D.3 モデル仕様

D.3.1 解析モデル

本核燃料輸送物の外形は、円筒形である。線量当量率の評価は、核燃料輸送物の径方向、軸方向の蓋部及び底部について行っている。解析モデルは、(a)-第D.2図に示すとおりである。

線源は、燃料要素内に収納された未照射の混合酸化物であるが、計算では酸化物の均質な物質とした。燃料集合体2体は燃料集合体ホルダ内で所定の位置に収納保持されているが、横断面の面積が等しい1本の等価円柱に置き換えている。燃料集合体2体を模擬したこの円柱の長さは、炉心燃料領域の長さと同じとしている。この炉心燃料領域の上下にはブランケット燃料を酸化物の均質な物質と模擬し、配置している。

しゃへい体(構造材)の模擬は、輸送容器の全体について行っている。輸送容器の内側より、内容器(内胴及び底板)、蓋、伝熱板、中性子しゃへい材、断熱緩衝材、緩衝材、外胴、外胴下部鏡板及び保護蓋について模擬している。また、収納物である燃料集合体を構成するラップ管についても考慮している。燃料集合体ホルダについては安全側に無視し、空気に置き換えている。計算モデルの径方向については、燃料集合体のラップ管と内容器の内胴との間の距離が最小となる



(㊦)-第D. 2 図 シャヘい解析モデル

位置に配置している。軸方向については、燃料集合体が輸送容器内の所定の位置にあるものとしている。

本計算モデルでは外胴に取り付けられている可融栓によるしゃへい体欠損は、モデル化していない。これは、欠損部が外胴のみで、その直径が□であるために影響が見られなかったためである。また、特別の試験条件下では、断熱緩衝材及び緩衝材は特別の試験条件時の落下試験Ⅰにより変形すること、断熱緩衝材、中性子しゃへい材及び緩衝材が火災試験時に高温になることを考慮して、安全側に空気と置き換える。

本核燃料輸送物の外容器寸法は、一般の試験条件及び特別の試験条件による外容器の変形を基に決定した。一般の試験条件下では、径方向の場合は水平落下による変形を、軸方向の場合は垂直落下（蓋部方向及び底部方向）による変形をそれぞれ考慮している。特別の試験条件下では、径方向、軸方向共に落下試験Ⅰによる変形をそれぞれ考慮している。落下試験Ⅱによる変形は、径方向及び軸方向共に局所的であるので除外した。径方向の水平落下（落下試験Ⅰ）による変形は核燃料輸送物の一方向のみに生ずるが、安全側にこの変形が全周にわたるとしている。したがって、外胴の鋼板は、最小外半径の位置となる（(□)-第D.2図参照）。核燃料輸送物の変形量は、一般の試験条件下で、「(□)章A.5.3自由落下（1）1.2m垂直落下」より上部（蓋部）方向が□、下部（底部）方向が□、「(□)章A.5.3自由落下（2）1.2m水平落下」より水平方向（脚座のない方向）が□である。特別の試験条件下では、「(□)章A.6.1.1 9m垂直落下」より上部（蓋部）方向が□、下部（底部）方向が□、「(□)章A.6.1.2 9m水平落下」より水平方向（脚座のない方向）が□である。

D.3.2 解析モデル各領域における原子個数密度

前節に述べられているように、しゃへい解析モデルは、線源（炉心燃料領域）、ブランケット燃料領域、ラップ管、内胴、伝熱板、中性子しゃへい材、断熱緩衝材、緩衝材（□）、緩衝材（□）、外胴及び空気の11領域に分けられ、各領域の原子個数密度を、(□)-第D.5表に示す。値は、常温のものである。

(D)-第D.5表 各領域の原子個数密度

領域	核種	原子個数密度 (10^{24} atoms/cm ³)	体積比 (%)		
			通常輸送時	一般の試験条件	特別の試験条件
線源 (炉心燃料領域)	O U235 U238 Pu238 Pu239 Pu240 Pu241 Pu242		1.72	1.87	2.48
ブランケット燃料	O U235 U238		1.18	1.28	1.70
ラップ管 ()	 		0.61	0.67	0.88
内胴・外胴 (*1)	 		8.60	9.18	11.50
伝熱板			0.17	0.18	0.24
中性子しゃへい材	 		11.76	12.78	—
断熱緩衝材	 		10.44	8.88	—
緩衝材 ()	 		50.98	49.60	—
緩衝材 ()	 		8.35	8.84	—
空気*2	N O	3.960×10^{-5} 1.080×10^{-5}	6.19	6.72	83.20

*1 内胴と外胴は同材質であるので、体積比はその合計で表している

*2 空気の体積比は各条件下での合計

D.4 シャーヘイ評価

線量当量率の空間分布の計算は、二次元輸送方程式の計算コードDOT-3.5を用いて行った。本コードは放射線の散乱の非等方性を扱えるので、シャーヘイ計算のような物質透過の問題に適し、また、使用実績がある。散乱の取扱いは、ルジャンドル展開された微分散乱断面積を用いて行い（ P_l 近似）、また、角度に依存する中性子束については、空間を多数の立体角に分ける近似法（ S_n 近似）で行っている。本計算では、 P_3 、 S_{16} 近似で行ったが、この近似で十分精度のよい解が得られる。使用した断面積（群定数）は、PSL-40ライブラリ*（中性子22群と γ 線18群を結合したもの）である。

(1) γ 線のシャーヘイ

群定数は、本収納物から放出される γ 線のエネルギースペクトルを考慮して、PSL-40ライブラリにより作成したものを用いた。そのエネルギー構成を、(a)-第D.3表に示す。

前述のモデルで、ここで求めた群定数を用い、DOT-3.5コードによって γ 線束の空間分布を求めた。この γ 線束に(a)-第D.6表に示す線量当量率変換係数を乗じると、 γ 線線量当量率の分布が求まる。結果の要約を、(a)-第D.1表に示した。

(2) 中性子のシャーヘイ

本収納物から放出される中性子は、自発核分裂と (α, n) 反応によるもので、本核燃料輸送物の中性子線量当量率分布の計算にPSL-40ライブラリを用いた。本ライブラリは中性子と γ 線の断面積を結合したものであるから、中性子の非弾性散乱や中性子捕獲によって生じる2次 γ 線の評価も同時に行える。

以上のような条件の下に、DOT-3.5コードを使用して中性子束及び2次 γ 線束の空間分布を求めた。この中性子束に(a)-第D.7表に示す線量当量率変換係数を乗じると、中性子線量当量率の分布が求まる。結果の要約を、(a)-第D.1表に示す。なお、ここでは2次 γ 線は、 γ 線に含めて評価している。

(D)-第D.6表 γ 線線量当量率解析用の線量当量率変換係数

群番号	エネルギー範囲 (MeV)	変換係数 (mSv/h)/(photons/cm ² ·sec)
1	10.00 ~6.813	7.958×10^{-5}
2	6.813 ~4.642	6.053×10^{-5}
3	4.642 ~3.162	4.690×10^{-5}
4	3.162 ~2.154	3.665×10^{-5}
5	2.154 ~1.468	2.836×10^{-5}
6	1.468 ~1.000	2.139×10^{-5}
7	1.000 ~0.6813	1.616×10^{-5}
8	0.6813 ~0.4642	1.171×10^{-5}
9	0.4642 ~0.3162	8.223×10^{-6}
10	0.3162 ~0.2154	5.646×10^{-6}
11	0.2154 ~0.1468	3.823×10^{-6}
12	0.1468 ~0.1000	2.593×10^{-6}
13	0.1000 ~0.06813	1.936×10^{-6}
14	0.06813~0.04642	1.873×10^{-6}
15	0.04642~0.03162	2.387×10^{-6}
16	0.03162~0.02154	3.330×10^{-6}
17	0.02154~0.01468	3.586×10^{-6}
18	0.01468~0.01000	1.754×10^{-6}

出典) ICRP Pub. 74 表A.21

(ロ)-第D. 7表 中性子線量当量率解析用の線量当量率変換係数

群番号	エネルギー範囲 (MeV)	変換係数 (mSv/h)/(neutrons/cm ² ・sec)
1	$1.492 \times 10^1 \sim 1.000 \times 10^1$	1.743×10^{-3}
2	$1.000 \times 10^1 \sim 6.703 \times 10^0$	1.478×10^{-3}
3	$6.703 \times 10^0 \sim 4.966 \times 10^0$	1.442×10^{-3}
4	$4.966 \times 10^0 \sim 4.066 \times 10^0$	1.464×10^{-3}
5	$4.066 \times 10^0 \sim 3.012 \times 10^0$	1.475×10^{-3}
6	$3.012 \times 10^0 \sim 2.466 \times 10^0$	1.490×10^{-3}
7	$2.466 \times 10^0 \sim 1.827 \times 10^0$	1.508×10^{-3}
8	$1.827 \times 10^0 \sim 1.353 \times 10^0$	1.533×10^{-3}
9	$1.353 \times 10^0 \sim 9.072 \times 10^{-1}$	1.525×10^{-3}
10	$9.072 \times 10^{-1} \sim 6.081 \times 10^{-1}$	1.370×10^{-3}
11	$6.081 \times 10^{-1} \sim 4.076 \times 10^{-1}$	1.157×10^{-3}
12	$4.076 \times 10^{-1} \sim 1.111 \times 10^{-1}$	6.443×10^{-4}
13	$1.111 \times 10^{-1} \sim 1.503 \times 10^{-2}$	1.181×10^{-4}
14	$1.503 \times 10^{-2} \sim 3.355 \times 10^{-3}$	3.225×10^{-5}
15	$3.355 \times 10^{-3} \sim 5.830 \times 10^{-4}$	2.797×10^{-5}
16	$5.830 \times 10^{-4} \sim 1.013 \times 10^{-4}$	3.156×10^{-5}
17	$1.013 \times 10^{-4} \sim 2.902 \times 10^{-5}$	3.543×10^{-5}
18	$2.902 \times 10^{-5} \sim 1.068 \times 10^{-5}$	3.860×10^{-5}
19	$1.068 \times 10^{-5} \sim 3.059 \times 10^{-6}$	4.272×10^{-5}
20	$3.059 \times 10^{-6} \sim 1.125 \times 10^{-6}$	4.663×10^{-5}
21	$1.125 \times 10^{-6} \sim 4.140 \times 10^{-7}$	4.857×10^{-5}
22	$4.140 \times 10^{-7} \sim 1.000 \times 10^{-9}$	3.675×10^{-5}

出典) ICRP Pub.74 表A.42

D.5 結果の要約と評価

本核燃料輸送物の各試験条件における最大線量当量率の要約は、(ロ)-第D. 1表に示すとおりである。この結果より、本核燃料輸送物はいかなる条件下においても、核燃料輸送物表面及び1 m離れた位置での最大線量当量率は、基準に定められた値を満足する。

D.6 参考文献

- [1] M. J. Bell, 「ORIGEN-The ORNL Isotope Generation and Depletion Code」、ORNL-4628 (1973)
- [2] Rhoades, W. A.、 「DOT-3.5 Two Dimensional Discrete Ordinates Radiation Transport Code」、 CCC-276(1977)
- [3] 「動力炉・核燃料開発事業団資料」

(ロ) -E 臨界解析

E.1 概要

本核燃料輸送物の臨界解析は、核燃料物質装荷量の最も多い収納物-I（「もんじゅ」炉心燃料集合体）及び収納物-II（「もんじゅ」炉内性能試験用集合体）を収納物とした場合について行う。

本核燃料輸送物は、収納物中に含まれる核分裂性物質の重量が15gを超えるために、核分裂性輸送物に該当する。臨界解析及び評価は、①輸送中、②孤立系、③核分裂性輸送物に係る一般の試験条件（以下、本章において「一般の試験条件」という。）下における孤立系及び配列系、並びに④核分裂性輸送物に係る特別の試験条件（以下、本章において「特別の試験条件」という。）下における孤立系及び配列系について実施することが外運搬規則及び外運搬告示で求められている。

本核燃料輸送物の場合、特別の試験条件下では、落下試験による外容器の局所的な変形を外容器の全周にわたって考慮しており、また、耐火試験により焼失した一部の構成部品について、その存在を無視し、水で置き換えている。これにより、孤立系については中性子の減速・反射効果が高まり、配列系については中性子の相互干渉効果が高まることから、本核燃料輸送物は特別の試験条件下において臨界評価上最も厳しくなる。

ここでは、上記の4つの条件を包絡する臨界評価上最も厳しい条件である特別の試験条件下における孤立系及び配列系について、臨界解析を実施する。本核燃料輸送物の特別の試験条件下における臨界解析の条件と結果を、(ロ)-第E.1表に示す。

(ロ)-第E.1表 臨界解析条件及び結果

解 析 条 件	輸 送 制 限 個 数	任 意
	輸 送 制 限 配 列	任 意
	密 封 装 置 内 へ の 水 の 浸 入	あり（孤立系、配列系共に核燃料輸送物の中を水で満たし、水密度をパラメータとして最も厳しい条件で評価する。）
	収 納 物 の 配 列	燃料集合体2体が接した状態で配列する。
	中性子吸収材・毒物	本容器では中性子吸収を目的とした物質は用いていない。
	水 反 射 体	孤 立 系 の 場 合 配 列 系 の 場 合
解 析 結 果	実 効 増 倍 係 数 (孤立系核燃料輸送物)	0.650
	実 効 増 倍 係 数 (配列系核燃料輸送物)	0.898

* 解析結果は、実効増倍係数 (K_{eff}) とモンテカルロ計算に伴う標準偏差 (σ) の3倍の和 ($K_{eff} + 3\sigma$) を計算結果とする。

本核燃料輸送物は、特別の試験条件下において、構造解析、熱解析の結果より密封性が保たれているため、核燃料輸送物の密封装置内に水が浸入することはない。しかし、本解析では一般の試験条件に引き続いて特別の試験条件下に置いた場合に、核燃料輸送物の密封装置内に水が浸入すると仮定して解析を行っている。

また、燃料集合体2体は、燃料集合体ホルダで所定の位置に固定され、内容器の内部に収納される。この燃料集合体ホルダは、特別の試験条件下においても強度は保たれるが、本解析では2体の燃料集合体の表面間距離の寸法公差を考慮し、燃料集合体の配列はそのままスライドさせ、ラップ管の頂部が接しているとして解析を行っている。

核燃料輸送物の実効増倍係数は、KENO-IVコードで求めた。また、計算に用いた群定数（断面積）は、Hansen-Roach^[2]16群ライブラリのものである。解析モデルは、三次元有限円柱とした。

孤立系核燃料輸送物の場合は、核燃料輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在するとして解析を行い、その結果、3倍の標準偏差を考慮した実効増倍係数は、特別の試験条件下の核燃料輸送物で0.650である。

配列系核燃料輸送物の場合は、外運搬規則及び外運搬告示により解析の基準は特別の試験条件下の核燃料輸送物が輸送制限個数の2倍集積し、その周囲に20cmの厚さの水が存在する場合にも未臨界であることと定められているが、本核燃料輸送物の輸送制限個数が任意であることから、解析モデルを簡単にするを目的とし、特別の試験条件下の核燃料輸送物の外境界面をすべて鏡面反射として、核燃料輸送物が無限個存在するものとする。解析の結果、3倍の標準偏差を考慮した実効増倍係数は、特別の試験条件下の核燃料輸送物で0.898である。

E.2 解析対象

E.2.1 収納物

本輸送容器に収納する収納物は、収納物-I及びIIのような未照射のプルトニウム・ウラン混合酸化物燃料要素を束ねてラップ管に収納した燃料集合体及び試験燃料集合体と、収納物-IIIのような金属プルトニウム箔及び金属ウラン箔を充填した中性子検出要素を保持治具に収納したものである。

本解析では、このうち、収納物中の核分裂性物質の量が最も多い収納物-I及び収納物-IIについて評価を行うこととした。

収納物-I及び収納物-IIの炉心燃料領域におけるプルトニウムの装荷量は一定でないため、本解析では反応度が最大となるようにプルトニウム同位体の組成をPu239 : Pu240 : Pu241 = □ : □ : □とし、プルトニウムフィッサイルが□となるように定めている。また、炉心燃料のウランには同位元素としてU232、U234、U236が含まれるが、反応度が最大となるように、これらの同位元素はU235に置き換え（すなわちウラン濃縮度を□とし）、残りをU238とした。

解析に用いた燃料の仕様を、(p)-第E.2表に示す。

(p)-第E.2表 解析に用いた燃料装荷量

項 目	装 荷 量	
	炉心燃料	ブランケット燃料
プルトニウム・ウラン混合酸化物	□	-
ウラン酸化物	-	□
ウラン濃縮度	□	□
プルトニウム富化度	□	-
プルトニウム同位体組成	Pu239 □	-
	Pu240 □	-
	Pu241 □	-

E.2.2 輸送容器

特別の試験条件下における輸送容器には、落下試験等により外容器の一部に変形が生じている。さらに、耐火試験により外容器の構成部品材料が高温にさらされる。

ここでは、落下試験のうち上・下部垂直落下及び水平落下による変形を考慮し、水平落下については、安全側にその変形が外容器外胴の周囲すべてに同じ量だけ生ずるものとする。また、耐火試験による影響を考慮し、外容器の緩衝材、中性子しゃへい材、断熱緩衝材についてはその存在をすべて無視し、水に置き換えた状態を特別の試験条件下の輸送容器とする。

外容器の一部に生じた落下試験Ⅱによる変形は、体積の減少もごくわずかであるため無視する。

E.2.3 中性子吸収材

本輸送容器では、中性子吸収を目的とした物質は用いていない。

E.3 モデル仕様

E.3.1 解析モデル

特別の試験条件下の核燃料輸送物の臨界解析モデルを、(ロ)-第E.1図、(ロ)-第E.2図及び(ロ)-第E.3図に示す。モデルは、三次元有限円柱とした。核燃料輸送物は、外運搬規則及び外運搬告示に定められている特別の試験条件により外容器には変形が生じる。ここでは、落下試験のうち上・下部垂直落下及び水平落下による変形を考慮する。特に水平落下による変形は、外容器の衝撃面側だけに起こる局所的なものであるが、ここでは安全側に外容器の周囲すべてが同じ量だけ変形するものとして、核燃料輸送物相互の接近を過大に評価する。

また、強度試験・落下試験Ⅱによる変形は外容器の一部に生じるものなので無視するが、耐火試験では構成部品材料が高温にさらされるため、その影響を考慮して中性子しゃへい材、緩衝材及び断熱緩衝材についてはその存在を無視し、すべて水に置き換えて最適な密度の水が存在するものとする。

特別の試験条件下の核燃料輸送物の解析モデルは、次の①～⑧の各領域を考慮している。

- ①燃料領域 燃料要素はその全長を□とし、被覆管内側の中央に炉心燃料ペレット(□)を配置し、その上下に軸方向ブランケット燃料ペレットを配置し、これを燃料セルとしている((ロ)-第E.1図参照)。この燃料セルが1集合体中に169本、ラップ管の内側に三角格子配列で配置されている。
- ②燃料集合体ホルダ 燃料集合体ホルダは、燃料集合体のラップ管と内容器の間に□が希釈され、均一に分散している。
- ③内容器内胴 材質を□とし、輸送容器内の所定の位置にあるものとする。

- ④伝熱板 材質を□とし、輸送容器内の所定の位置にあるものとする。
- ⑤中性子しゃへい材 □の存在を無視し、水に置き換える。
ここでは、水平落下による変形量が中性子しゃへい材に及ばないので、その厚さを□とする。
- ⑥断熱緩衝材 □の存在を無視し、水に置き換える。ここでは水平落下による変形量を考慮し、その厚さを□とする。
- ⑦外容器外胴 材質を□とし、水平落下による変形量を考慮し、外半径を□とする。
- ⑧その他の輸送容器構造材 上述の②～⑦以外で輸送容器を構成している部材は、すべて水に置き換えている。この領域には、緩衝材、蓋、保護蓋等が含まれるが、外胴に取り付けられている補強板、台座、吊具及び脚座は無視している。
また、上・下部垂直落下による変形量を考慮し、上部側で□、下部側で□とする。

孤立系の場合には、外運搬規則及び外運搬告示により定められているとおりにこの核燃料輸送物1個が存在し、その周囲はすべて20cmの厚さの水で囲まれているとする。

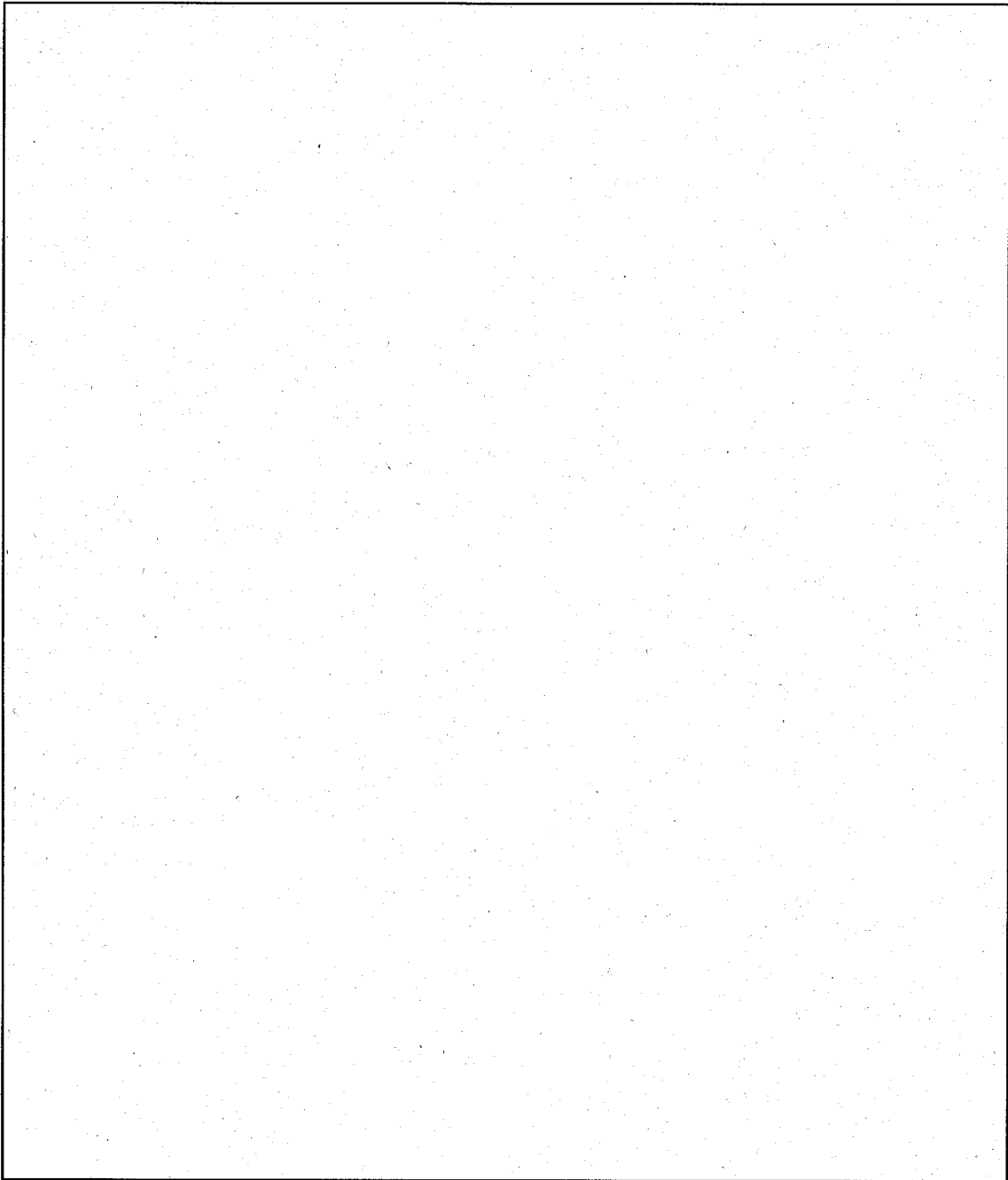
配列系の場合には、外運搬規則及び外運搬告示により解析の基準は輸送制限個数の2倍の核燃料輸送物が最も接近し、その周囲には20cmの厚さの水が存在すると定められているが、本核燃料輸送物の輸送制限個数は任意としているため、核燃料輸送物の外境界面をすべて鏡面反射とし、核燃料輸送物が無限個存在するものとする。

E.3.2 解析モデル各領域における原子個数密度

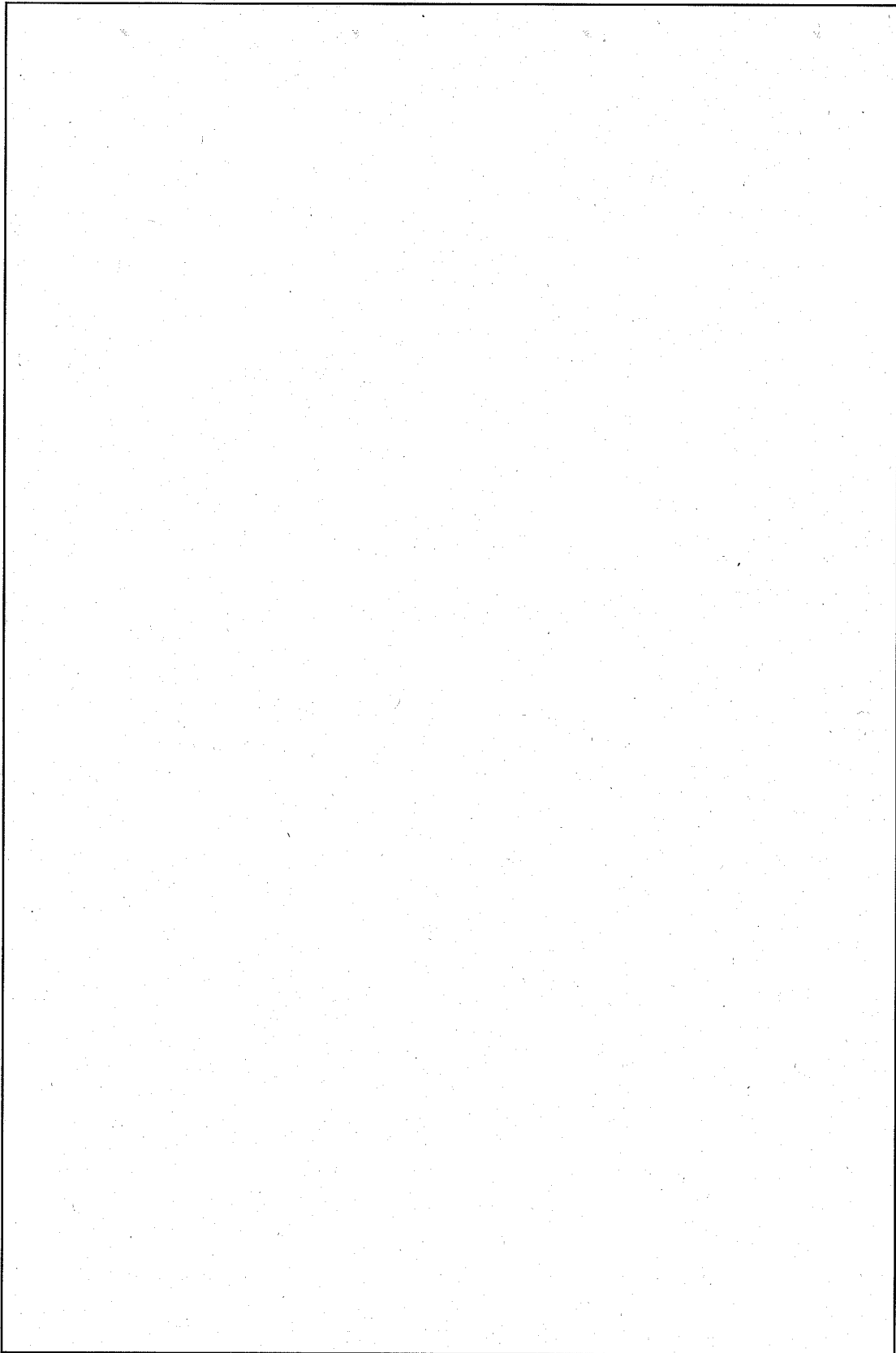
本解析に用いた各領域の原子個数密度を、(□)-第E.3表に示す。

特別の試験条件下の核燃料輸送物の解析に用いた水は、最適水密度とした。最適水密度を詳細に求めるために核燃料輸送物の内容器内部と外部の水の密度を 0.0g/cm^3 から 1.0g/cm^3 まで変化させ、最も厳しいときの密度を用いた。孤立系の場合で最も厳しい結果が得られたときの水密度は、内容器内部、外部共 1.0g/cm^3 のときであり、また、配列系の場合では内容器内部、外部共 0.0g/cm^3 （水無し）のときである。

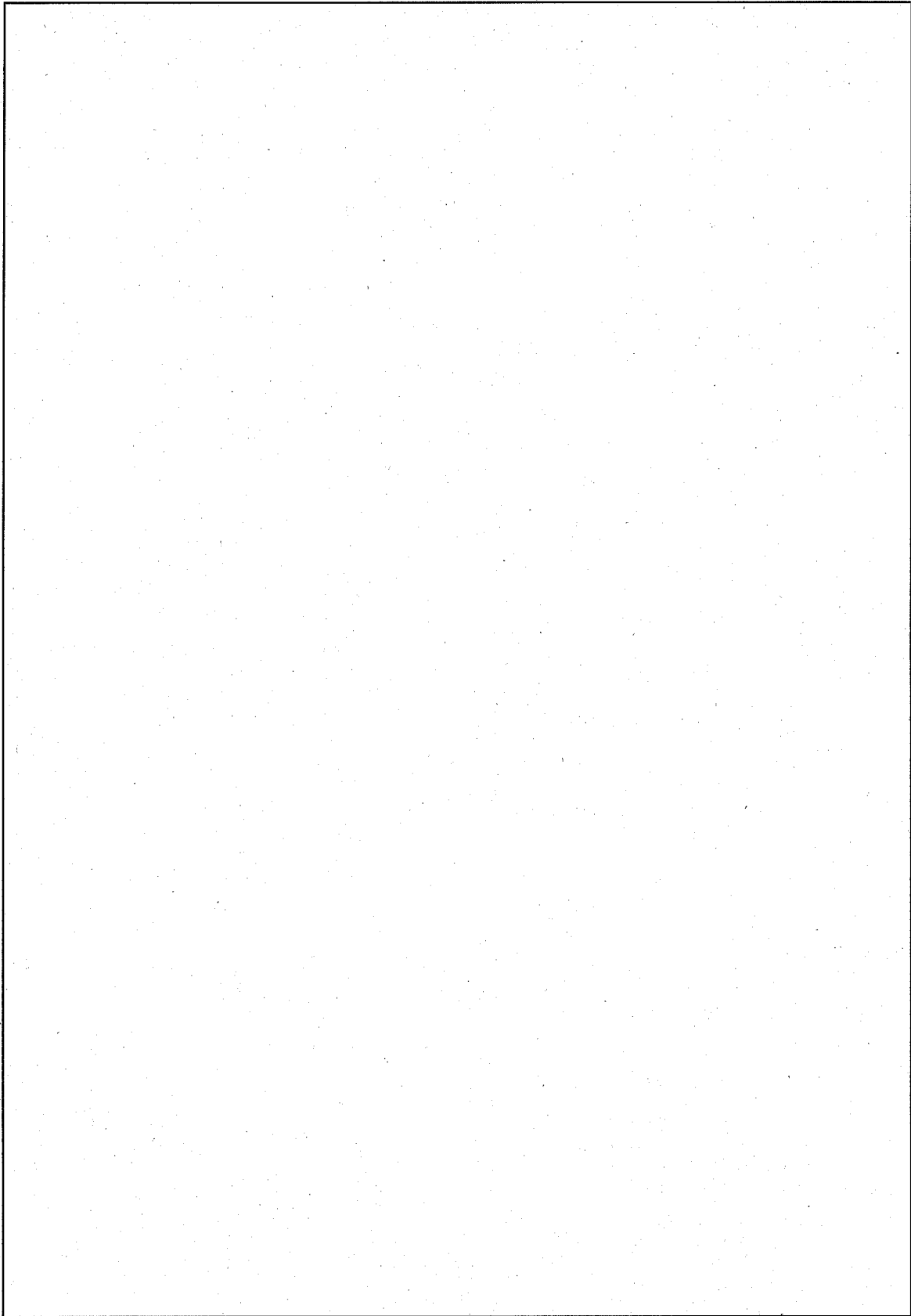
特別の試験条件下の核燃料輸送物における各領域の体積比を、(□)-第E.4表に示す。



(□)-第E.1図 燃料セル解析モデル



(ロ)-第E.2図 特別の試験条件下・孤立系の解析モデル



(ロ)-第 E. 3 図 特別の試験条件下・配列系の解析モデル

(E)-第 E. 3 表 各領域の材質及び原子個数密度

領域名	材質	密度 (g/cm ³)	核種	組成 (%)	原子個数密度 (10 ²⁴ atoms/cm ³)	備考
炉心燃料	プルトニウム・ ウラン混合酸化 物	9.65	O U235 U238 Pu239 Pu240 Pu241	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
ブランケット 燃料	ウラン酸化物	10.4	O U235 U238	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
被覆管、 ラップ管	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	密度及び組成 はJISによる。
燃料集合体ホ ルダ	<input type="text"/> <input type="text"/> と水	<input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	領域内で混合し 希釈している。 組成はJISに よる。
内容器内胴、 外容器外胴	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	密度及び組成 はJISによる。
伝熱板	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	密度はJISによる。
水	水	1.0	H O	11.19 88.81	6.686×10 ⁻² 3.343×10 ⁻²	

(ロ)-第E.4表 解析モデルにおける各領域の体積比

領域	体積比 (%)
炉心燃料領域	0.63
ブランケット燃料領域	0.38
被覆管領域	0.39
ラッパ管領域	0.29
燃料集合体ホルダ領域	7.40
内容器内胴領域	3.48
伝熱板領域	0.23
外容器外胴領域	0.89
水	86.25
ボイド	0.06

E.4 未臨界評価

E.4.1 計算条件

(1) 収納物

本核燃料輸送物に収納される収納物は、前述のとおり収納物-Iから-IIIまでの3種類がある。このうち、収納物中の核分裂性物質の量が最も多い収納物-I及び収納物-IIを、ここでは評価の対象としている。

解析ではこの収納物について、核分裂性物質の量がより安全側となるように燃料装荷量を定めている。U235及びプルトニウムについては収納物範囲の上限値をとり、そのうちのプルトニウムについては、フィッサイル重量がプルトニウムの割合の□となるように定める。よって、解析に用いている燃料装荷量は、安全側のものである。

(2) 輸送容器

特別の試験条件下の核燃料輸送物は、落下試験等による変形を考慮する。特に水平落下による変形は、外容器外胴の周囲すべてに同じ量だけ変形するものとして、核燃料輸送物相互の接近を過大に評価する。また、外容器の中性子しゃへい材(□)、断熱緩衝材(□)は耐火試験により高温となるため、安全側にその存在を無視し、すべて水に置き換えている。

密封装置である内容器は、一連の試験においてもその健全性が確認されているが、安全側に密封装置内にも水が浸入するとして解析を行っている。

(3) 中性子吸収材

本輸送容器では、中性子吸収を目的とした物質は用いていない。

E.4.2 核燃料輸送物への水の浸入等

本核燃料輸送物は、特別の試験条件下においても密封装置である内容器は健全であり、その密封性は保たれるが、外運搬規則及び外運搬告示で定める孤立系のみならず、配列系においても安全側に密封装置内に水が浸入するとして解析を行っている。また、核分裂性輸送物に係る孤立系の条件である「核分裂性輸送物の中を水で満たすこと。」に対する評価については、通常輸送時、一般の試験条件下及び特別の試験条件下の孤立系の核燃料輸送物の中で最も厳しい特別の試験条件下の孤立系の核燃料輸送物で代表して評価を行っている。

E.4.3 計算方法

本核燃料輸送物の実効増倍係数の算出には、KENO-IVコードを用いている。また、計算に用いた群定数（断面積）は、Hansen-Roach 16群ライブラリのものである。

① 概要

「KENO-IV」は、Oak Ridge National Laboratoryで開発された、多群モンテカルロ法に基づく計算プログラムであり、複雑な体系中の中性子増倍係数の計算ができる。

本プログラムの特徴としては、核定数データとしてSnコードと同じ形式のものが使用できること及び体系の形状の記述が他のモンテカルロ法計算プログラムに比べて簡単であることがあげられる。

② 機能

「KENO-IV」における体系の形状の取扱い方は、ボックスタイプと呼ばれる幾何学的パッケージにより他のモンテカルロコードに比べ簡単になっている。このパッケージは、幾何学的境界がその内部を完全に包んでいる限り、球、円筒、直方体、立方体の組合せで表現できる。また、同じような体系が並ぶ格子は、これらのパッケージを積み重ねることにより表現できる。

「KENO-IV」は、核定数ライブラリとしてKnight Modified Hansen Roachのデータセットを内蔵しており、これを用いて計算を行うことができる。

「KENO-IV」からの出力としては、実効増倍係数 K_{eff} の外、各エネルギー群ごとの中性子の体系からの漏れ、吸収及び各領域の平均の中性子束分布を得ることができる。

③ 計算手法

「KENO-IV」で用いられる散乱の取扱いは、 P_1 近似である。また、中性子の吸収は、中性子飛程履歴の各衝突点で、確率的に中性子の重みが吸収率に応じて減少するものとして取り扱われている。したがって、中性子の消滅は、中性子の持つ重みがある値以下になったとき、ロシアンルーレット法により決定される。

中性子の実効増倍係数 K_{eff} は、以下の式により計算される。

$$K_{eff} = \frac{\sum_{j=1}^{NPB} \sum_{i=1}^{NCOLL} WT_{ij} \frac{\nu \Sigma_f}{\Sigma_t}}{\sum_{j=1}^{NPB} WT_{0j}}$$

ただし、

- NPB : 一回のバッチで発生する中性子数
- NCOLL : 中性子の衝突回数
- WT_{ij} : 核分裂が起こったとき中性子の持っていた重み
- WT_{0j} : 発生した中性子が持っていた重み
- ν : 一回の核分裂で発生する中性子数
- Σ_f : 巨視的核分裂断面積
- Σ_t : 巨視的全断面積

④ 信頼性

「KENO-IV」はモンテカルロ法に基づく計算プログラムであり、吸収体の多い体系では、吸収体の付近で近似が悪くなる拡散近似に比べて計算精度の点で優れている。輸送容器の臨界解析に「KENO-IV」コードを用いたものには、次の核燃料輸送物がある。

- (a) TN-9180/A型 (設計承認番号: J/66/B(U)F(Rev. 5))
- (b) PUCON型 (設計承認番号: J/75/B(U)F(Rev. 2))

E.4.4 計算結果

特別の試験条件下の核燃料輸送物の孤立系と配列系の場合の実効増倍係数を、(p)-第E.5表に示す。

(p)-第E.5表 臨界解析の結果

孤立系	実効増倍係数 (Keff)	0.638
	標準偏差 (σ)	0.004
	Keff + 3σ	0.650
配列系	実効増倍係数 (Keff)	0.889
	標準偏差 (σ)	0.003
	Keff + 3σ	0.898

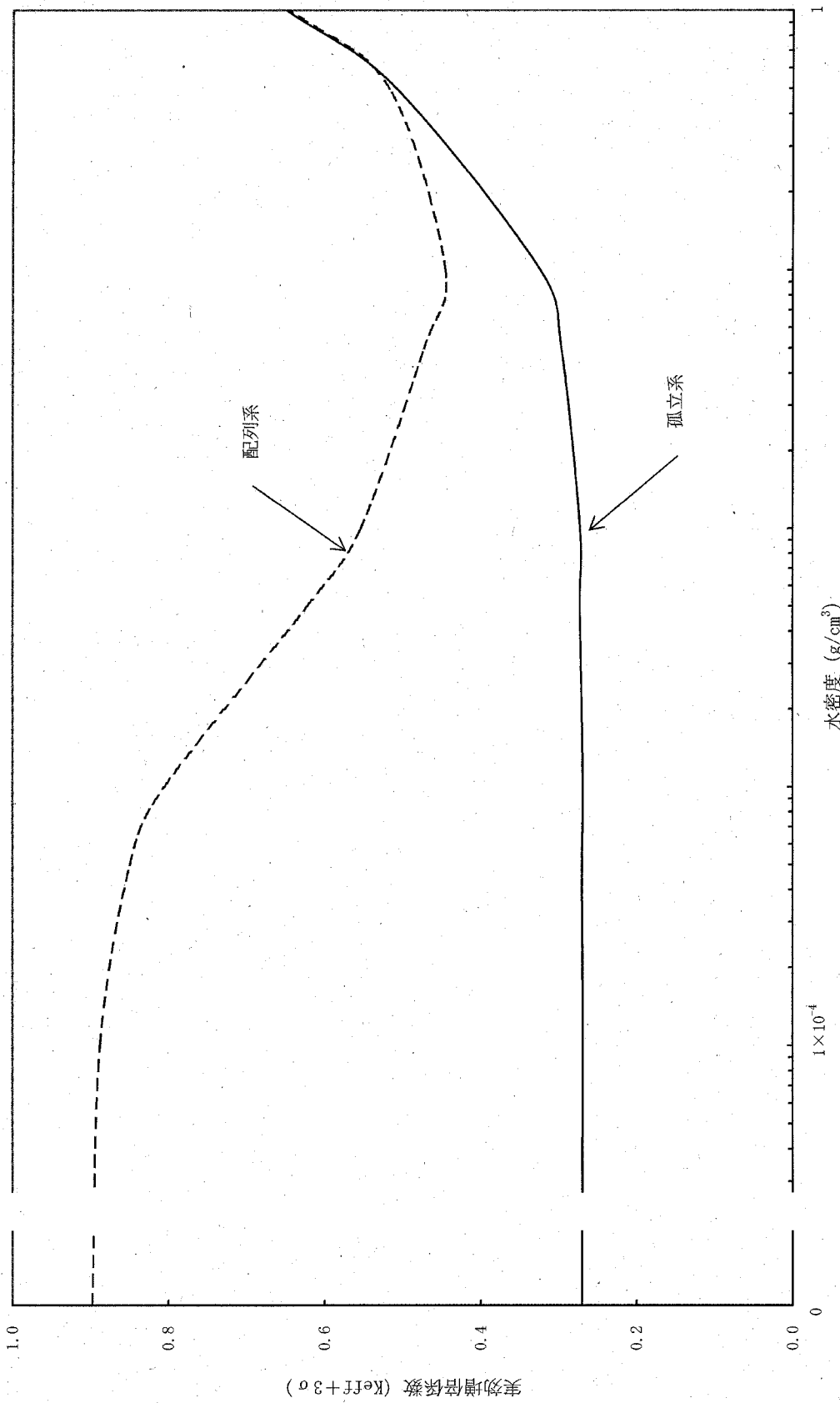
特別の試験条件下の核燃料輸送物の解析では水の密度をパラメータとし、最も厳しいときの水密度を用いている。実効増倍係数は、孤立系については水密度 1.0g/cm^3 のときで最大 0.650 、配列系については水密度 0.0g/cm^3 のときで最大 0.898 である。孤立系の水密度パラメータ計算結果を、(ア)-第E.6表及び(ア)-第E.4図に示す。また、配列系の水密度パラメータ計算結果を、(ア)-第E.7表及び(ア)-第E.4図に示す。

(ア)-第E.6表 孤立系の水密度パラメータ計算結果

水 密 度 (g/cm^3)	実効増倍係数 (K_{eff})	標 準 偏 差 (σ)	$K_{\text{eff}} + 3\sigma$
0.0	0.264	0.002	0.270
0.0001	0.263	0.002	0.269
0.0005	0.264	0.002	0.270
0.001	0.263	0.002	0.269
0.005	0.264	0.003	0.273
0.01	0.267	0.002	0.273
0.05	0.288	0.003	0.297
0.1	0.315	0.003	0.324
0.5	0.500	0.003	0.509
1.0	0.638	0.004	0.650

(ア)-第E.7表 配列系の水密度パラメータ計算結果

水 密 度 (g/cm^3)	実効増倍係数 (K_{eff})	標 準 偏 差 (σ)	$K_{\text{eff}} + 3\sigma$
0.0	0.889	0.003	0.898
0.0001	0.879	0.003	0.888
0.0005	0.841	0.003	0.850
0.001	0.797	0.003	0.806
0.005	0.614	0.003	0.623
0.01	0.545	0.003	0.554
0.05	0.464	0.003	0.473
0.1	0.437	0.003	0.446
0.5	0.506	0.004	0.518
1.0	0.633	0.004	0.645



(E)-第E.4図 水密度パラメータ計算結果

E.5 結果の要約と評価

核分裂性輸送物の臨界解析は、①輸送中、②孤立系、③一般の試験条件下における孤立系及び配列系、並びに④特別の試験条件下における孤立系及び配列系について実施することが外運搬規則及び外運搬告示で求められているが、本核燃料輸送物の臨界解析は、これらの条件を包絡する臨界安全評価上最も厳しい特別の試験条件下の孤立系と配列系について実施している。

特別の試験条件下の核燃料輸送物では耐火試験による影響を考慮し、中性子しゃへい材及び断熱緩衝材の存在を無視し、水に置き換えた状態を解析モデルとするとともに、外運搬規則及び外運搬告示で定める孤立系のみならず配列系においても安全側に内容容器内に水が浸入するとしている。また、核分裂性輸送物に係る孤立系の条件である「核分裂性輸送物の中を水で満たすこと。」に対する評価については、通常輸送時、一般の試験条件下及び特別の試験条件下の孤立系の核燃料輸送物の中で最も厳しい特別の試験条件下の孤立系の核燃料輸送物で代表して評価を行っている。

孤立系の核燃料輸送物では、核燃料輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在するとし、配列系の核燃料輸送物では、核燃料輸送物の外境界面をすべて鏡面反射とし、核燃料輸送物が無限個存在するものとしている。

解析の結果は、(ロ)-第E.5表に示すとおり、核燃料輸送物はいかなる状態においても未臨界である。

E.6 付属書類

E.6.1 概要

本核燃料輸送物の臨界解析は、臨界評価上最も厳しい特別の試験条件下における孤立系及び配列系について実施しているが、外運搬規則及び外運搬告示に定める輸送中及び孤立系、並びに一般の試験条件下における孤立系及び配列系についても実施しているため、その結果等について示す。なお、輸送中の未臨界性については、一般の試験条件に包絡される。本核燃料輸送物の通常輸送時及び一般の試験条件下における臨界解析の条件と結果を、(E)-第E.8表に示す。

(E)-第E.8表 臨界解析条件及び結果

解 析 条 件	輸 送 制 限 個 数		任 意	
	輸 送 制 限 配 列		任 意	
	密 封 装 置 内 へ の 水 の 浸 入		なし（外運搬規則及び外運搬告示に基づく孤立系の要件とは異なり、核燃料輸送物の中を水で満たさない場合を評価する。）	
	収 納 物 の 配 列		燃料集合体2体が接した状態で配列する。	
	中 性 子 吸 収 材 ・ 毒 物		本容器では中性子吸収を目的とした物質は用いていない。	
	水 反 射 体	孤 立 系 の 場 合	核燃料輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在する。	
配 列 系 の 場 合		核燃料輸送物の相互間はボイドとする。(E.4.4より配列系では、水密度が0.0g/cm ³ のとき、最も厳しくなる。)核燃料輸送物は無限個存在するとしているので、配列系の周囲には水を考慮しない。		
解 析 結 果			通常輸送時	一般の試験条件下
	実 効 増 倍 係 数 (孤立系核燃料輸送物)		0.292**	0.289**
	実 効 増 倍 係 数 (配列系核燃料輸送物)		—	0.296

* 解析結果は、実効増倍係数 (Keff) とモンテカルロ計算に伴う標準偏差 (σ) の3倍の和 (Keff + 3σ) を計算結果とする。

** これらの値は、核燃料輸送物の密封装置内への水の浸入を考慮しないときのものである。

本核燃料輸送物は、通常輸送時及び一般の試験条件下においても、構造解析、熱解析の結果より密封性が保たれているため、核燃料輸送物の密封装置内に水が浸入することはない。

また、燃料集合体2体は、燃料集合体ホルダで所定の位置に固定され、内容器の内部に収納される。この燃料集合体ホルダは、一般の試験条件下においても強度は保たれるが、本解析では2体の燃料集合体の表面間距離の寸法公差を考慮し、燃料集合体の配列はそのままスライドさせ、ラップ管の頂部が接しているとして解析を行っている。

核燃料輸送物の実効増倍係数は、KENO-IVコード^[1]で求めた。また、計算に用いた群定数（断面積）は、Hansen-Roach16群ライブラリ^[2]のものである。解析モデルは、三次元有限円柱とした。

孤立系核燃料輸送物の場合は、核燃料輸送物の周囲に20cmの厚さの水が存在するとして解析を行い、その結果、3倍の標準偏差を考慮した実効増倍係数は、通常輸送時で0.292、一般の試験条件下の核燃料輸送物で0.289である。

配列系核燃料輸送物の場合は、外運搬規則及び外運搬告示により解析の基準は一般の試験条件下の核燃料輸送物が輸送制限個数の5倍集積するとし、その周囲に20cmの厚さの水が存在する場合にも未臨界であることと定められているが、本核燃料輸送物の輸送制限個数が任意であることから、解析モデルを簡単にすることを目的とし、一般の試験条件下の核燃料輸送物の外境界面をすべて鏡面反射として、核燃料輸送物が無限個存在するものとする。解析の結果、3倍の標準偏差を考慮した実効増倍係数は、一般の試験条件下の核燃料輸送物で0.296である。

E.6.2 解析対象

E.6.2.1 収納物

本輸送容器に収納する収納物は、E.2.1章に示したとおりである。

E.6.2.2 輸送容器

(1) 通常輸送時の輸送容器

通常輸送時の輸送容器には、通常輸送時における振動等による破損、変形はない。また、低温環境下における構成部品材料の性能も維持される。したがって、輸送に供されるべく設計されたままの状態を通常輸送時の輸送容器とする。

(2) 一般の試験条件下の輸送容器

一般の試験条件下における輸送容器には、落下試験等により外容器の一部に変形が生じている。

ここでは、落下試験のうち上・下部垂直落下及び水平落下による変形を考慮し、水平落下については、安全側にその変形が外容器外胴の周囲すべてに同じ量だけ生ずるものとする。この状態を、一般の試験条件下の輸送容器とする。

E.6.2.3 中性子吸収材

本輸送容器では、中性子吸収を目的とした物質は用いていない。

E. 6.3 モデル仕様

E. 6.3.1 解析モデル

(1) 通常輸送時

通常輸送時の臨界解析モデルを、(a)-第E. 1図、(a)-第E. 5図に示す。

モデルは、三次元有限円柱とした。

通常輸送時の解析モデルは、次の①～⑧の各領域を考慮している。

- ①燃料領域 燃料要素はその全長を□とし、被覆管内側の中央に炉心燃料ペレット□を配置し、その上下に軸方向ブランケット燃料ペレットを配置し、これを燃料セルとしている ((a)-第E. 1図参照)。この燃料セルが1集合体中に169本、ラップ管の内側に三角格子配列で配置されている。
- ②燃料集合体ホルダ 燃料集合体ホルダは、燃料集合体のラップ管と内容器的間に□が希釈され、均一に分散している。
- ③内容器的内筒 材質を□とし、輸送内容器的内の所定の位置にあるものとする。
- ④伝熱板 材質を□とし、輸送内容器的内の所定の位置にあるものとする。
- ⑤中性子しゃへい材 材質を□とし、その厚さを□とする。
- ⑥断熱緩衝材 材質を□とし、その厚さを□とする。
- ⑦外内容器的外筒 材質を□とし、その外半径を□とする。
- ⑧その他の輸送内容器的構造材 上述の②～⑦以外で輸送内容器的を構成している部材は、すべて水に置き換えている。この領域には、緩衝材、蓋、保護蓋等が含まれるが、外筒に取り付けられている補強板、台座、吊具及び脚座は無視している。

孤立系の場合には、外運搬規則及び外運搬告示により定められているとおり、この核燃料輸送物1個が存在し、その周囲はすべて20cmの厚さの水で囲まれているとする。

(2) 一般の試験条件下の核燃料輸送物

一般の試験条件下の核燃料輸送物の臨界解析モデルを、(a)-第E. 1図、(a)-第E. 6図及び(a)-第E. 7図に示す。モデルは、三次元有限円柱とした。核燃料輸送物は、外運搬規則及び外運搬告示に定められている一般の試験条件により外内容器には変形が生じる。ここでは、落下試験のうち上・下部垂直落下及び水平落下による変形を考慮する。特に水平落下による変形は、外内容器の衝撃面側だけに起こる局所的なものであるが、ここでは安全側に外内容器の周囲すべてが同じ量だけ変形するものとして、核燃料輸送物相互の接近を過大に評価する。

一般の試験条件下の核燃料輸送物の解析モデルは、次の①～⑧の各領域を考慮している。

- ①燃料領域、②燃料集合体ホルダ、③内容器的内筒、④伝熱板については、通常輸送時のモデルと同じものとする。

- ⑤中性子しゃへい材 材質を□とし、水平落下による変形量が中性子しゃへい材に及ばないので、その厚さを□とする。
- ⑥断熱緩衝材 材質を□とし、水平落下による変形量を考慮し、その厚さを□とする。
- ⑦外容器外胴 材質を□とし、水平落下による変形量を考慮し、その外半径を□とする。
- ⑧その他の輸送容器構造材 上述の②～⑦以外で輸送容器を構成している部材は、すべて水に置き換えている。この領域には、緩衝材、蓋、保護蓋等が含まれるが、外胴に取り付けられている補強板、台座、吊具及び脚座は無視している。
また、上・下部垂直落下による変形量を考慮し、上部側で□、下部側で□とする。

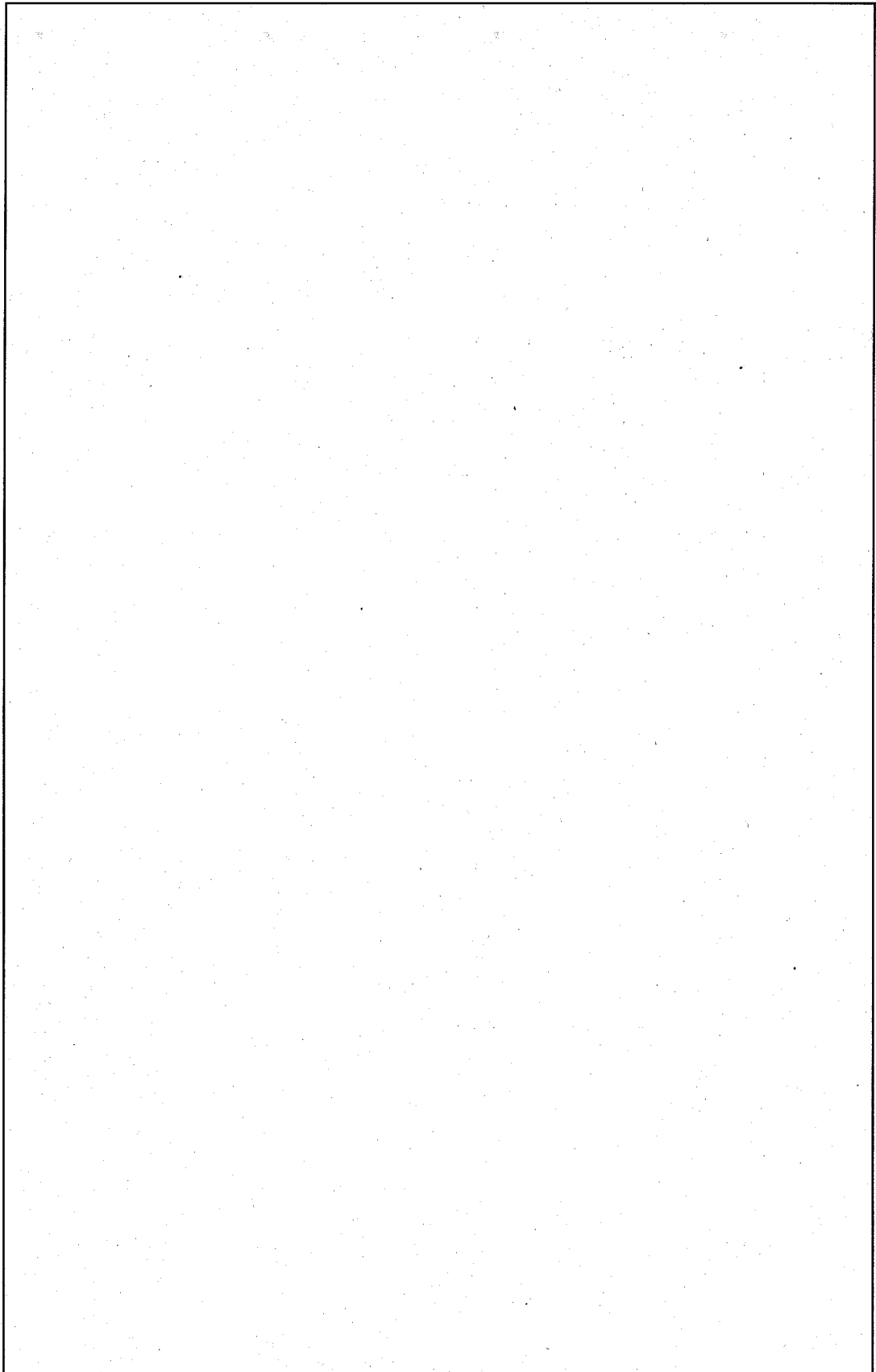
孤立系の場合には、外運搬規則及び外運搬告示により定められているとおり、この核燃料輸送物1個が存在し、その周囲はすべて20cmの厚さの水で囲まれているとする。

配列系の場合には、外運搬規則及び外運搬告示により解析の基準は輸送制限個数の5倍の核燃料輸送物が最も接近し、その周囲には20cmの厚さの水が存在すると定められているが、本核燃料輸送物の輸送制限個数は任意としているため、核燃料輸送物の外境界面をすべて鏡面反射とし、核燃料輸送物が無限個存在するものとする。

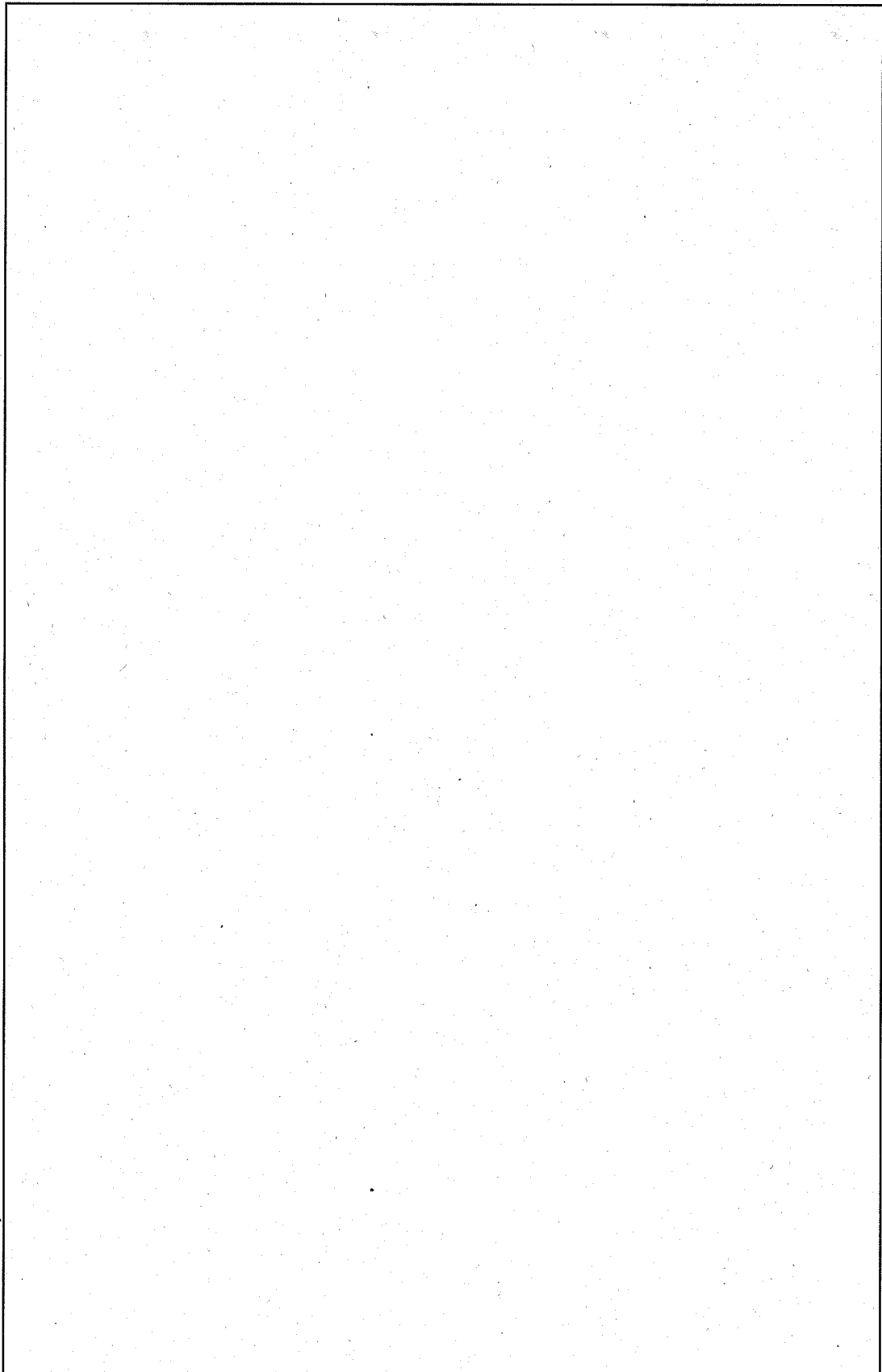
E.6.3.2 解析モデル各領域における原子個数密度

本解析に用いた各領域の原子個数密度を、(E)-第E.9表に示す。

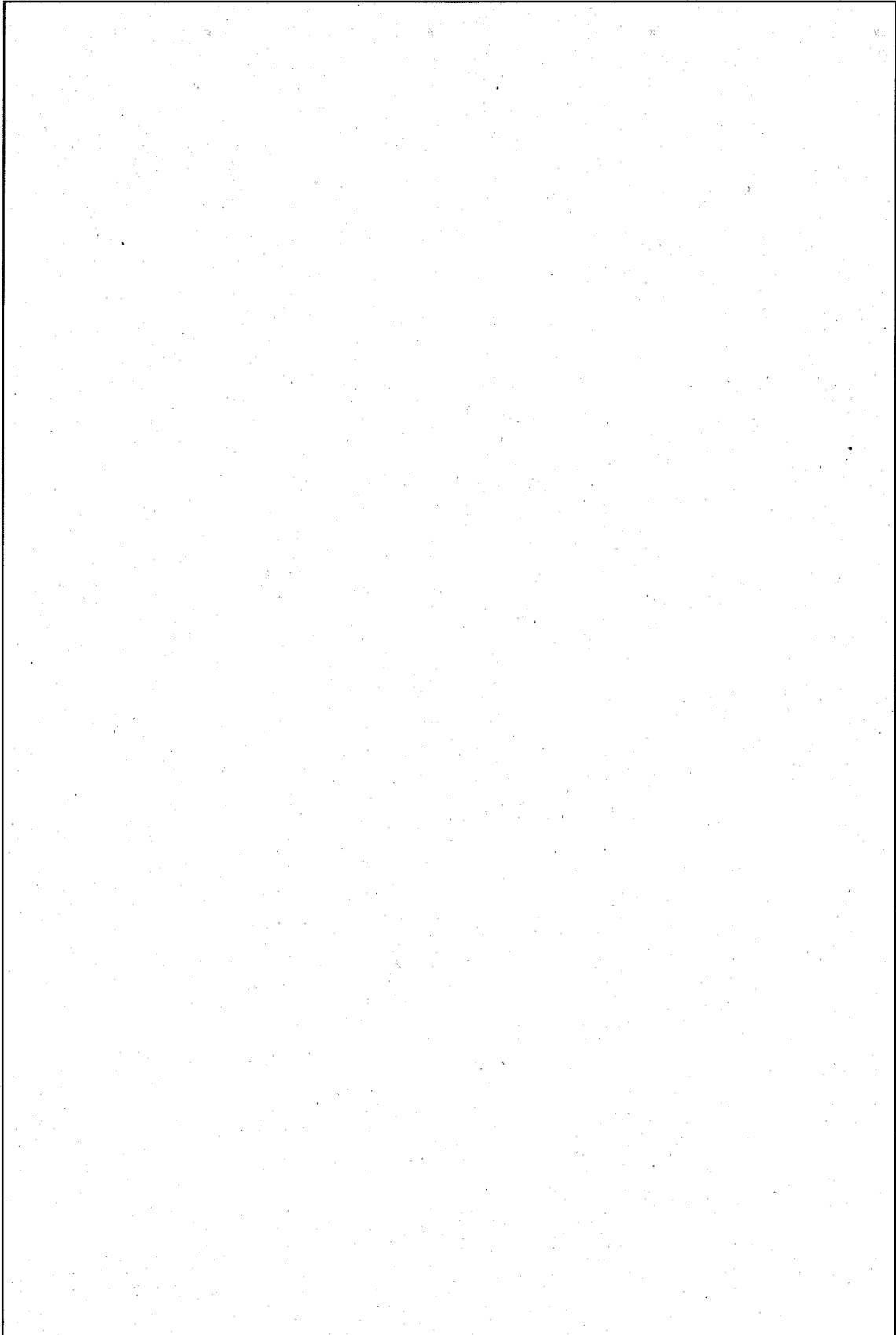
通常輸送時及び一般の試験条件下の核燃料輸送物における各領域の体積比を、(E)-第E.10表に示す。



(ロ)-第E.5図 通常輸送時・孤立系の解析モデル



(□)-第E. 6 図 一般の試験条件下・孤立系の解析モデル



(□)-第E. 7図 一般の試験条件下・配列系の解析モデル

(ア)-第 E. 9 表 各領域の材質及び原子個数密度

領域名	材質	密度 (g/cm ³)	核種	組成 (%)	原子個数密度 (10 ²⁴ atoms/cm ³)	備考
炉心燃料	プルトニウム・ ウラン混合酸化 物	9.65	○ U235 U238 Pu239 Pu240 Pu241	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
ブランケット 燃料	ウラン酸化物	10.4	○ U235 U238	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
被覆管、 ラッパ管	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	密度及び組成 は J I S による。
燃料集合体ホ ルダ	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	領域内で希積 している。 組成は J I S による。
内容器内胴、 外容器外胴	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	密度及び組成 は J I S による。
伝熱板	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	密度は J I S による。
中性子しゃへい材	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	密度及び組成 はメーカー実測値 による。
断熱緩衝材	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	密度及び組成 はメーカー実測値 による。
水	水	1.0	H O	11.19 88.81	6.686×10 ⁻² 3.343×10 ⁻²	

(ロ)-第E.10表 解析モデルにおける各領域の体積比

領 域	体 積 比 (%)	
	通常輸送時	一般の試験条件下
炉心燃料領域	0.4 5	0.4 9
ブランケット燃料領域	0.2 8	0.3 0
被覆管領域	0.2 9	0.3 1
ラッパ管領域	0.2 1	0.2 3
燃料集合体ホルダ領域	5.4 2	5.7 9
内容器内胴領域	3.0 8	2.7 2
伝熱板領域	0.0 5	0.1 8
中性子しゃへい材領域	1 0.4 5	1 1.2 3
断熱緩衝材領域	8.5 7	7.2 4
外容器外胴領域	0.7 5	0.7 8
水	6 9.7 0	6 9.9 0
ボイド	0.7 5	0.8 4

E.6.4 未臨界評価

E.6.4.1 計算条件

(1) 収納物

本核燃料輸送物に収納される収納物は、E.4.1章に示したとおりである。

(2) 輸送容器

① 通常輸送時の場合

通常の核燃料輸送物は、輸送に供されるべく設計されたままの状態を計算モデルとする。

② 一般の試験条件下の場合

一般の試験条件下の核燃料輸送物は落下試験等による変形を考慮する。特に水平落下による変形は、外容器外胴の周囲すべてに同じ量だけ変形するものとして、核燃料輸送物相互の接近を過大に評価する。

(3) 中性子吸収材

本輸送容器では、中性子吸収を目的とした物質は用いていない。

E.6.4.2 核燃料輸送物への水の浸入等

本核燃料輸送物は、通常輸送時及び一般の試験条件下においても密封装置である内容器は健全であり、その密封性は保たれることから核燃料輸送物への水の浸入は考えないものとする。

E.6.4.3 計算方法

本核燃料輸送物の実効増倍係数の計算方法は、E.4.3章に示したとおりである。

E.6.4.4 計算結果

通常輸送時の孤立系及び一般の試験条件下の核燃料輸送物の孤立系と配列系の場合の実効増倍係数を、(p)-第E.11表に示す。

(p)-第E.11表 臨界解析の結果

		通常輸送時	一般の試験条件下
孤立系	実効増倍係数 (Keff)	0.286	0.283
	標準偏差 (σ)	0.002	0.002
	Keff + 3 σ	0.292	0.289
配列系	実効増倍係数 (Keff)	—	0.290
	標準偏差 (σ)	—	0.002
	Keff + 3 σ	—	0.296

E.6.5 結果の要約と評価

外運搬規則及び外運搬告示に定める輸送中及び孤立系並びに一般の試験条件下における孤立系及び配列系について臨界解析を実施し、いずれも未臨界であることを確認した。

E.7 参考文献

- [1] G.E. Whiteside and N.F. Cross, 「KENO-A Multigroup Monte Carlo Criticality Program」, CTC-5 (Sep, 1969)
- [2] G.E. Hansen and W.H. Roach, 「Six and Sixteen Group Cross Section for Fast and Intermediate Critical Assemblies」, LAMS-2513 (Dec, 1961)

(ロ) - F 核燃料輸送物の経年変化の考慮

F.1 考慮すべき経年変化要因

本核燃料輸送物について、使用を予定する期間中に想定される使用状況及びそれに伴う経年変化の要因については、以下のとおりである。

本核燃料輸送物の使用期間中において想定される経年変化の要因としては、輸送容器の保管及び使用中における温度変化、収納物からの放射線、腐食等の化学的変化及び繰り返し応力が生じることによる疲労が考えられる。そこで、これらの経年変化が想定される要因に対する本核燃料輸送物の主要部材に関する経年変化の考慮について以下に示す。

F.2 安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価

本核燃料輸送物の主要部材は、ロ章 A.3 材料の機械的性質に示すとおりである。これらの材料のうち経年変化を考慮する部材は、、、、、 (及び) である。

これら部材の安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価について、以下に示す。

なお、Oリング、内容器及び燃料集合体ホルダに付属する部品及び収納物の経年変化について、Oリングは定期自主検査、使用前検査又は発送前検査時の気密漏えい検査にて異常が確認された場合に交換し、内容器に付属する燃料押えゴム及び燃料集合体ホルダに付属するセルフオリエンテーションガイド、ローラは定期自主検査又は使用前検査時に損傷が確認された場合は交換し、収納物は輸送毎に準備するため、経年変化を考慮する必要はない。

(1) 熱的评价

1)

内容器、蓋、外容器構造材及び保護蓋構造材に使用する 及びボルト材として使用する について、使用期間中の最高温度は、ロ章 B.4.2 で述べたとおり、一般の試験条件下の太陽熱放射ありの条件において内容器 (内胴) で である。熱による経年変化の要因として考えられるのはクリープによる変形であるが、クリープを生じうる温度 (以上) ^[1] より

も使用期間中の最高温度は低いため熱的劣化を考慮する必要はない。以上のことから、使用期間中の温度変化による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。

2)

断熱緩衝材に使用する について、使用期間中の最高温度は、ロ章 B.4.2 で述べた一般の試験条件下の太陽熱放射ありの条件において である。熱による経年変化の要因として考えられるのは の熱膨張による強度低下であるが、使用期間中の最高温度における熱膨張は小さいことから^[2] 熱的劣化を考慮する必要はない。以上のことから、使用期間中の温度変化による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。

3)

中性子しゃへい材に使用する について、使用期間中の最高温度は、ロ章 B.4.2 で述べた一般の試験条件下の太陽熱放射ありの条件において である。熱による経年変化の要因として考えられるのは、含有する水分の放出に伴う質量減損であるが、一般の試験条件下の太陽熱放射ありの最高温度及び本核燃料輸送物の想定した使用条件における の質量減損は、 未満^[3] と微小なことから熱的劣化を考慮する必要はない。以上のことから、使用期間中の温度変化による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。

4)

伝熱板に使用する について、使用期間中の最高温度は、ロ章 B.4.2 で述べた一般の試験条件下の太陽熱放射ありの条件における内容器（内胴）の温度（）程度であると考えられる。熱による経年変化の要因として考えられるのはクリープによる変形であるが、クリープを生じうる温度（ 以上）^[4] よりも使用期間中の最高温度は低いため熱的劣化を考慮する必要はない。以上のことから、使用期間中の温度変化による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。

5)

緩衝材に使用する について、使用期間中の最高温度は、ロ章 B.4.2 で述べた一般の試験条件下の太陽熱放射ありの条件において である。熱による経年変化の要因として考えられるのは、高温環境下に長期間置くことによる機

械的特性（圧潰強度）の劣化であるが、の熱的劣化については輸送容器に係る業界（電力、製造メーカ、JAEA 等）において、以下の共通見解が示されている。

①については、に達するとの熱分解が進む^[5]との文献が確認できたものの、高温環境下での熱による強度低下について、直接参照できる文献は乏しい状況である。

②使用済燃料等の輸送実績がある別の輸送容器の緩衝材（）の平均温度データは、～程度と評価された。

③過去に使用済燃料の輸送に供された輸送容器から採取した試験片をもとに、圧潰強度及び密度測定を実施した結果、のエネルギー吸収性能は健全であり、緩衝材の性能劣化は確認されなかった。

④通常使用される条件においては、緩衝材の熱的劣化について技術上の基準に適合していることを確認する上で考慮する必要はない。

以上のことから、使用期間中の温度変化による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。なお、輸送に際しては、都度、輸送容器の使用履歴を蓄積し、輸送前に輸送容器の使用履歴、収納物の発熱量及び輸送の時に想定される環境温度を踏まえ、緩衝体温度が、概ね実績のある温度範囲内であることを確認した後、輸送を行う。

(2) 放射線評価

1)

内容器、蓋、外容器構造材及び保護蓋構造材に使用する及びボルト材として使用するについて、使用期間中の中性子照射量は、収納物に最も近い内容器で、中性子照射の影響がないものと考えられている照射量（）^[6]と比べて低い照射量（オーダー程度）である。以上のことから、使用期間中の放射線による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。

2)

断熱緩衝材に使用するについて、使用期間中の中性子照射量は、前述したの使用期間中の中性子照射量（オーダー程度）以下

であると考えられ、中性子照射の影響がないものと考えられている照射量（ ）^[7]と比べて低い照射量である。以上のことから、使用期間中の放射線による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。

3)

中性子しゃへい材に使用するについて、使用期間中の中性子照射量は、前述したの使用期間中の中性子照射量（オーダー程度）以下であると考えられ、中性子照射の影響がないものと考えられている照射量（）^[8]と比べて低い照射量である。また、使用期間中のγ線照射量は、照射の影響がないものと考えられているγ線照射量（）^[8]と比べて低い照射量（オーダー程度）である。以上のことから、使用期間中の放射線による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。

4)

伝熱板に使用するについて、使用期間中の中性子照射量は、前述した の使用期間中の中性子照射量（オーダー程度）以下であると考えられ、中性子照射の影響がないものと考えられている照射量（）^[9]と比べて低い照射量である。以上のことから、使用期間中の放射線による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。

5)

緩衝材に使用するについて、使用期間中の中性子照射量は、前述した の使用期間中の中性子照射量（オーダー程度）以下であると考えられ、中性子照射の影響がないものと考えられている照射量（）^[10]と比べて低い照射量である。また、使用期間中のγ線照射量は、照射の影響がないものと考えられているγ線照射量（）^[11]と比べて低い照射量（オーダー程度）である。以上のことから、使用期間中の放射線による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。

(3) 腐食評価

1)

内容器、蓋、外容器構造材及び保護蓋構造材に使用する及びボルト材として使用するについて、大気中での均一腐食深さは、 便覧^[12]によれば年間以下であり、使用期間中の環境下（大気中）で

の腐食深さは最大で [] と推定されることから、腐食等の化学変化による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。

2) []

断熱緩衝材に使用する [] について、 [] により被覆された密閉構造にあることから、腐食等の化学変化による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。

3) []

中性子しゃへい材に使用する [] については、ロ章 A.4.1 で述べたとおり、化学的及び電氣的な反応は生じないことから、腐食等の化学変化による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。

4) []

伝熱板に使用する [] については、 [] により被覆された密閉環境にあることから、水分等の腐食の原因となる物質にさらされることはないこと、及びロ章 A.4.1 で述べたとおり、化学的及び電氣的な反応は生じないことから、腐食等の化学変化による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。

5) []

緩衝材に使用する [] は、 [] により被覆された密閉環境にあることから、腐食等の化学変化による経年変化への影響はないため、安全解析で考慮する経年変化はない。

(4) 疲労評価

1) []

内容器、蓋、外容器構造材及び保護蓋構造材に使用する [] 及びボルト材として使用する [] について、使用期間中の吊り上げ荷重及び運搬中の内圧変化を繰り返し受けることが想定されるが、使用期間中の吊り上げ荷重についてはロ章 A.4.4 にて、運搬中の内圧変化についてはロ章 A.5.1.3 にて、それぞれ疲労による破壊は生じないことを確認している。

F.3 安全解析における経年変化の考慮内容

本核燃料輸送物に係る主要部材について、安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価を行った。その結果、、、、及びに対する熱、放射線、腐食等の化学的変化の経年変化要因における使用期間中の経年変化の影響について、安全解析において考慮する必要がないことを確認した。また、
については、使用期間中の吊り上げ荷重及び運搬中の内圧変化によって繰り返し応力が発生するが、使用期間中に想定される最も厳しい応力条件及び保守的な繰り返し回数を考慮し疲労を評価した結果、使用期間において疲労による破壊は生じず、安全解析において考慮する必要がないことを確認した。

F.4 参考文献

- [1] JSME S FA1-2007 「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格」 (社) 日本機械学会 (2007年)
- [2] [Redacted]
[Redacted]
- [3] 「平成14年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等 (金属キャスク貯蔵技術確証試験) 報告書」
独立行政法人 原子力安全基盤機構 (財団法人 原子力発電技術機構) (平成15年3月)
- [4] JIS B 8267:2015 「圧力容器の設計」 (財) 日本規格協会 (2015年)
- [5] [Redacted]
- [6] 電力中央研究所報告「使用済燃料輸送・貯蔵キャスク構造材料の照射脆化に関する調査
(平成15年2月)」
- [7] [Redacted]
[Redacted]
- [8] 「平成15年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等 (金属キャスク貯蔵技術確証試験)
最終報告書」 独立行政法人 原子力安全基盤機構 (財団法人 原子力発電技術機構)
(平成15年3月)
- [9] ASTM STP888 「Low-Load Microhardness Changes in 14-MeV Neutron Irradiated Copper
Alloys」 S.J.Zinkle, G.L.Kulcinski (1986年)
- [10] JMSR-M 9412 「原子力産業に要求される高分子材料」 栗山 将 (1981年3月)
- [11] [Redacted]
- [12] [Redacted]

(ロ)-G 外運搬規則及び外運搬告示に対する適合性の評価

(その1)

外運搬規則*1 の項目	外運搬告示*2の 項目	説 明	申請書記載 対応項目	備 考
第3条第1項 第1号	第3条	本核燃料輸送物はBU型輸送物である ので適用を受けない。		
第2号	第4条	本核燃料輸送物はBU型輸送物である ので適用を受けない。		
第3号	第4条及び 別表第一	本核燃料輸送物の収納物は未照射燃料 要素であり、特別形以外の核燃料物質 等の核燃料物質で放射能強度は最大 □である。 したがって、原子力規制委員会の定め る量 A_2 を超えるので本核燃料輸送物 はBU型輸送物に該当する。	(イ) A (イ) D	
第3条第2項	第5条	本核燃料輸送物はBU型輸送物である ので適用を受けない。		
第3項		本核燃料輸送物はBU型輸送物である ので第7条に定める技術基準の適用を 受ける。 また、第7条技術上の基準の適合性評 価に当たり経年変化の考慮が求められる ことから、以下のように評価した。 1. 本核燃料輸送物の想定した使用条件 (使用予定年数 60 年及び使用予定 回数 30 回 (使用予定回数 1 回当た りの使用期間: 2 か月以内)) に基づ き、経年評価を評価する。 2. 収納物は、輸送毎に準備するため、 当該輸送日数で経年変化の影響はな いことから、核燃料輸送物の主要部 材について考慮する。 3. 経年変化の要因として、熱、放射線 照射、化学的变化及び繰り返し荷重		

*1: 核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則 (昭和 53 年総理府令第 57 号)

*2: 平成 2 年科学技術庁告示第 5 号 (核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示)

(その2)

外運搬規則*1 の項目	外運搬告示*2の 項目	説 明	申請書記載 対応項目	備 考
		<p>による疲労とする。</p> <p>4. 熱の影響は、使用期間中の最高温度は、内容器（内胴）で [] であり、 []、 []、 []、 []、 [] の機能の低下は起きないことから、熱による経年変化の影響は受けない。</p> <p>5. 放射線照射の影響は、使用期間中に収納物から放射線を受けるとしても、材料強度に影響が現れる照射量 10^{15} n/cm² を十分に下回ることから、放射線による経年変化の影響は受けない。</p> <p>6. 化学的变化は、 [] は使用期間中の環境下（大気中）での腐食深さは最大で [] と推定され構造強度への影響はなく、 [] 及び [] の緩衝材、 [] の断熱緩衝材、 [] の中性子しゃへい材、銅の伝熱板は [] により覆われた密封構造であり、使用期間中は腐食等の化学的影響は受けないことから、化学変化による経年変化の影響は受けない。</p> <p>7. 疲労については、吊り上げによる荷重及び運搬中の内圧を繰り返し受けるが、許容繰り返し回数（ [] 回）は、想定される通算の使用回数 [] [] を十分に上回ることから、疲労による経年変化の影響は受けない。</p>		

(その4)

外運搬規則*1 の項目	外運搬告示*2の 項目	説 明	申請書記載 対応項目	備 考
		<p>3. 輸送中に使用する固縛装置は核燃料輸送物の安全性を損なうものでなく、核燃料輸送物の専用積載車両への固定時の設計は、進行方向 10G、横方向 5 G、垂直方向 2 G（重力加速度は含まず）の加速度に対して耐えられるようになされている。</p> <p>保護蓋締付ボルト、蓋締付ボルト等のボルトは、輸送時の振動によって緩まないようなトルク管理で強固に締め付けられている。</p> <p>本輸送容器は、以下に示すように輸送中に予想される温度（-40℃～38℃）及び内圧の変化、振動等によりき裂、破損等の生じるおそれがないように設計されている。</p> <p>1. 本輸送容器は外容器（外胴〔<input type="text"/>〕断熱緩衝材〔<input type="text"/>〕、中性子しゃへい材〔<input type="text"/>〕、緩衝材〔<input type="text"/>〕及び〔<input type="text"/>〕）、内容容器〔<input type="text"/>〕、燃料集合体ホルダ〔<input type="text"/>〕から成っており、十分な構造強度、熱的特性、密封性能等を有している。</p> <p>2. 内容容器及び外容器の蓋は、トルク管理で蓋締付ボルトにより強固に締め付けられており、輸送中に内圧や振動によって開くことはない。</p> <p>3. 輸送中に予想される温度の変化に対して、核燃料輸送物は周囲温度-40℃から 38℃までの温度の範囲で使用される。収納物の最大発熱を <input type="text"/> と設</p>	<p>(ロ) A. 4. 5</p> <p>(ロ) A. 4. 7</p> <p>(イ) C</p> <p>(ニ) A</p> <p>(イ) D</p> <p>(ロ) A. 5. 1. 1</p> <p>(ロ) A. 5. 1. 3</p>	<p>第 4 条 第 2 号</p>

外運搬規則*1 の項目	外運搬告示*2の 項目	説 明	申請書記載 対応項目	備 考
		<p>定する等、安全側に評価する条件とした場合における輸送中の収納物の最高温度は [] である。この温度で収納物の物理的性質が変わることはない。また、内容器の設計圧力は 196.1 kPaG であり、この圧力で密封性が損なわれることはない。</p> <p>4. 輸送中に予想される温度の変化に対して、核燃料輸送物は周囲温度-40℃から38℃までの温度の範囲で使用される。本輸送容器に生じる熱応力は、内胴の軸方向の温度こう配による半径熱膨張差によるものである。このとき、内胴に生じる熱応力は許容応力以下であり、内容器の密封性が損なわれることはない。また、径方向の膨張はわずかであるので、</p> <p>5. 内容器の本体、蓋及びボルトの [] [] は、 [] 及び [] [] であり、-40℃において十分な強度を有する。内容器シール部のOリングは [] で、-40℃は使用温度範囲内である。外容器の鋼材には [] [] を用いているので、-40℃でぜい性破壊は発生しない。断熱緩衝材中には自由水は無く、氷結により膨張することはない。緩衝材として用いている [] 及び [] は、-40℃でエネルギー吸収特性は低下しな</p>	<p>(□) A. 5. 1. 2</p> <p>(□) A. 5. 1. 1</p> <p>(□) A. 4. 2</p>	

(その6)

外運搬規則*1 の項目	外運搬告示*2の 項目	説 明	申請書記載 対応項目	備 考
		<p>い。ゆえに輸送中に予想される温度変化（-40℃～38℃）や太陽放射熱に対して各部材が変化することはない。</p> <p>6. 輸送中に予想される内圧の変化に対して、外圧が 60 kPa まで降下した場合よりも厳しい周囲圧力条件下における核燃料輸送物の最高圧力（設計圧力）が内容器は 196.1 kPaG であり、構造解析ではその圧力条件にて各部の応力について一般式を用いて評価している。輸送中の温度変化により予想される密封容器に生じる温度差による熱応力や内圧による応力が作用した場合でも、各部が基準値である許容応力を下回り、構造健全性が維持され、破損の生じるおそれはない。</p> <p>7. 本核燃料輸送物の固有振動数は約 20 Hz であり、輸送中に予想される周波数（0～10 Hz）とは差があるため、輸送中に本核燃料輸送物の応答増幅はなく構造健全性は維持される。</p> <p>保護蓋には錠孔があり、輸送中施錠するので、みだりに開封されることはなく、かつ、開封された場合はそれが明らかになるように設計されている。</p> <p>本核燃料輸送物の外表面には、吊具、台座及び脚座が取り付けられているが、その外の不要な突起物は無い。また、外容器の外胴、鏡板は <input type="text"/></p> <p><input type="checkbox"/>製なので、除染は容易に行える。</p> <p>本核燃料輸送物に用いる材料は、<input type="text"/></p>	<p>(ロ) A. 4. 7</p> <p>(イ) C</p> <p>(イ) C</p> <p>(ロ) A. 4. 1</p>	<p>第 4 条第 3 号</p> <p>第 4 条第 4 号</p>

(その7)

外運搬規則*1 の項目	外運搬告示*2の 項目	説 明	申請書記載 対応項目	備 考
	第9条	<p>□、□、□、□、□ □及び□ □等の化学的に安定した材料であり、輸 送容器の異種材料相互間及び輸送容器と 収納物の間の接触により、き裂、破損等 物理的作用が生じるおそれはなく、腐食 等化学反応が生じることはない。</p> <p>本核燃料輸送物には内容器に□ □を備えている が、保護蓋で覆われているため、誤っ て操作されることはない。</p> <p>本核燃料輸送物の表面の放射性物質の 密度は、発送前検査において以下に記 述する値以下であることが確認され る。</p> <p>α線を放出する放射性物質 0.4Bq/cm² α線を放出しない放射性物質 4.0Bq/cm²</p> <p>本核燃料輸送物は、輸送に先立ち、発 送前検査にて、収納物以外のものが輸 送容器内に収納されていないことを確 認する。</p> <p>本核燃料輸送物の外寸法は、高さ□ ×幅□×長さ□の円筒形容 器であるので、一辺の長さは10 cm以上 である。</p> <p>収納物を収納する内容器は、外容器の中 にあり、みだりに解放されることはない。 また、外容器の保護蓋には錠孔があり、 輸送中施錠するので、みだりに開封され ることはなく、かつ、開封された場合は</p>	<p>(イ) C</p> <p>(ハ) A. 2</p> <p>(ハ) A. 2</p> <p>(イ) C</p> <p>(ロ) A. 4. 3</p>	<p>第4条第5号</p> <p>第4条第8号</p> <p>第4条第10号</p> <p>第5条第2号</p> <p>第5条第3号</p>

外運搬規則*1 の項目	外運搬告示*2の 項目	説 明	申請書記載 対応項目	備 考
		<p>それが明らかになるように設計されている。</p> <p>輸送容器構成部品の使用材料は、-40℃においてぜい性破壊は発生しないこと、また、各部材の最高温度（<input type="text"/>)においても、各部材は十分な強度を保っていることから-40℃から<input type="text"/>までの温度の範囲において亀裂、破損等が生じるおそれはない。</p> <p>周囲圧力が60kPaまで下降した場合よりも厳しい周囲圧力条件下においても内容物の構造健全性及び密封性は確保されることから放射性物質の漏えいが生じることはない。</p>	(□) A. 9	第5条第4号
	第8条	<p>本核燃料輸送物の表面及び表面から1 m離れた位置における最大線量当量率について、最大放射能強度を示す収納物を収納する等の線量当量率が最大となる条件下で、最大線量当量率を評価した結果、核燃料輸送物の表面で$6.8 \times 10^{-1} \text{mSv/h}$、核燃料輸送物表面から1 m離れた位置で$5.8 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$であり、技術基準を満足する。</p>	(□) D	第5条第7号 第5条第8号
	第18条 別記第6	<p>本核燃料輸送物は、収納物装荷時に発送前検査が行われ、輸送物の安全性を損なうおそれがあるものが収納されることはない。また、輸送物の使用に必要な書類、工具以外のものを同時に輸送することはない。</p> <p>本核燃料輸送物は、原型容器を用いた200m浸漬試験を実施し、密封装置の破損のないことを確認している。</p>	(□) A. 2 (□) A. 6. 4	第6条第5号

外運搬規則*1 の項目	外運搬告示*2の 項目	説 明	申請書記載 対応項目	備 考
		<p>積に 13kPa を乗じて得た値に相当する荷重は <input type="text"/> である。</p> <p>安全側の解析となる前者の荷重で解析し、外容器は変形することなく本核燃料輸送物の健全性は維持される。</p> <p>貫通試験</p> <p>重量が 6 kg、直径が 3.2 cm の先端が半球形の軟鋼棒を 1 m の高さから本核燃料輸送物の外胴（可融栓への落下も考慮）へ落下させたとして解析している。衝撃荷重は核燃料輸送物が受け持つものとして解析し、軟鋼棒の衝突部に打痕が生じるが貫通することはない。</p> <p>前記イ、ロの条件下に置いた後、野外温度が 38℃（太陽放射熱を負荷）から -40℃までの条件下においても、核燃料輸送物が技術基準を満足している。</p>	(ロ) A. 5. 5	
	第 8 条	<p>一般の試験条件下における外容器の最大変形を考慮し、本核燃料輸送物表面の最大線量当量率の評価を行った結果、通常輸送時から著しい増加はなく $7.4 \times 10^{-1} \text{mSv/h}$ となり、府令に定める技術基準（著しい増加がなく 2.0mSv/h を超えないこと）を満足する。</p>	(ロ) D. 1	第 5 条第 9 号ロ
	第 15 条	<p>一般の試験条件下において本核燃料輸送物の内容器は、構造健全性及び密封性が維持される。放射性物質の 1 時間当たりの漏えい量の評価については、内容器に気密漏えい試験の合格基準に相当す</p>	(ロ) C. 3. 1	第 6 条第 2 号ロ

外運搬規則*1 の項目	外運搬告示*2の 項目	説 明	申請書記載 対応項目	備 考
第7条第3号		<p>る漏えいがあり、内容器内にプルトニウム同位体のいずれも最大収納量が収納され、粉末状態でその一部が内容器内で浮遊しているものと仮定した場合について評価した結果、各同位体の1時間当たり A_2 値 $\times 10^{-6}$ との比率の合計は 1.71×10^{-3} 以下であることから、技術上の基準を満足する。</p> <p>一般の試験条件下における外容器の最大変形を考慮し、外容器表面の温度が高く評価される条件の下で 38°C 雰囲気にて最大崩壊熱量の収納物を収納した本核燃料輸送物が置かれた場合、本核燃料輸送物表面の最高温度は <input type="text"/> となり、技術基準（専用積載の場合 85°C を超えないこと）を下回る。</p>	(ロ) B. 4. 6	第6条第2号ハ
	第9条	<p>本核燃料輸送物は一般の試験条件下に置かれても内容器は密封性が維持される。さらに、発送前検査により表面の放射性物質の密度が基準値を超えないことを確認し輸送される。したがって、表面の放射性物質の密度は技術上の基準を満足する。</p>	(ハ) A. 2	第6条第2号ニ
	第20条 別記第8	<p>BU型輸送物に係る特別の試験条件 落下試験 I</p> <p>核燃料輸送物が最大損傷を受けるよう垂直、水平、コーナ、傾斜方向に剛体平面である落下試験台上に 9 m の高さから落下するとして解析した結果、外容器の最大変形量は傾斜方向に落下させた時に <input type="text"/> で</p>	(ロ) A. 6 (ロ) A. 6. 1	外運搬告示別記第5 第1号イ

外運搬規則*1 の項目	外運搬告示*2の 項目	説 明	申請書記載 対応項目	備 考
		<p>あり変形の許容量を十分に下回るため、内容物の構造健全性及び密封性は維持される。</p> <p>落下試験Ⅱ</p> <p>落下試験Ⅰに引き続き、垂直に固定した直径15cm、長さ20cmの軟鋼棒（衝撃面は滑らかな水平面）に本核燃料輸送物を1mの高さから落下させるとして解析し、軟鋼棒の衝突部に変形が生じるが貫通することはない。</p> <p>耐火試験</p> <p>落下試験Ⅰ及びⅡに引き続き耐火試験を行うとして解析している。このとき、核燃料輸送物は、800℃で、かつ、0.9の放射率を持つ火炎の放射熱の条件下に30分さらされているものとし、輸送容器の表面吸収率を0.8として解析している。また、火災中は太陽放射熱を受けるものとして、周囲から核燃料輸送物への熱伝達は放射と共に対流も考慮している。加熱後は、核燃料輸送物は38℃の条件下で自然冷却するものとして評価した結果、内容物の構造健全性は維持される。</p> <p>浸漬試験</p> <p>本核燃料輸送物は147.1kPaGの水圧下に置かれたとしても、内容物の構造健全性は維持されるため、内容物の密封性は維持される。</p> <p>環境条件</p>	<p>(□) A. 6. 2</p> <p>(□) B. 5</p> <p>(□) A. 6. 4</p> <p>(□) B. 4. 3</p>	<p>外運搬告示別記第5 第1号ロ</p> <p>外運搬告示別記第5 第2号</p> <p>外運搬告示別記第5 第3号</p>

外運搬規則*1 の項目	外運搬告示*2の 項目	説 明	申請書記載 対応項目	備 考
第7条第4号 第7条第5号	第8条	前号の条件の下に置いた後、野外の温度が-40℃から38℃までの条件下に置いて、核燃料輸送物が技術基準を満足することを解析によって示している。		
	第17条	特別の試験条件下における外容器の損傷を考慮し、本核燃料輸送物表面から1m離れた位置における最大線量当量率の評価を行った結果、 3.0×10^{-1} mSv/hとなり、外運搬規則に定める技術基準(10.0mSv/hを超えないこと)を満足する。	(ロ)D.1	第6条第3号イ
		特別の試験条件下において本核燃料輸送物の内容器は、いずれも構造健全性及び密封性が維持される。放射性物質の1週間当たりの漏えい量の評価については、一般の試験条件下の場合と同様に、内容器に気密漏えい試験の合格基準に相当する漏えいがあり、内容器内にプルトニウム同位体のいずれも最大収納量が収納され、 <input type="checkbox"/> 状態でもその一部が内容器内で <input type="checkbox"/> しているものと仮定した場合について評価した結果、各同位体の1週間当たりのA ₂ 値との比率の合計が 2.88×10^{-7} 以下となり、技術上の基準を満足する。	(ロ)C.4	第6条第3号ロ
		周囲の温度が-40℃から38℃までの環境においても、核燃料輸送物は性能を維持し技術基準を満足する。 本核燃料輸送物は、内部気体ろ過のためのフィルタ又は核燃料物質等の冷却のための機械的冷却装置を必要としな		

外運搬規則*1 の項目	外運搬告示*2の 項目	説 明	申請書記載 対応項目	備 考
第7条第6号		<p>い自然対流方式である。</p> <p>本核燃料輸送物の最大使用圧力は□ □であり、火災時においても約 □であるので、技術上の基準 (700kPaG を超えないこと) を満足す る。</p>		
第8条		<p>本核燃料輸送物はB U型輸送物である ので適用を受けない。</p>		
第9条		<p>本核燃料輸送物はB U型輸送物である ので適用を受けない。</p>		
第10条		<p>本核燃料輸送物はB U型輸送物である ので適用を受けない。</p>		
第11条		<p>経年変化の考慮について、第3条第3項 の技術上の基準に対する適合性において 説明のとおり、経年変化の要因として熱、 放射線照射、化学的变化及び繰り返し荷重 による疲労を考慮し、使用予定年数、使用 予定回数に対する影響評価を行った結果、 核燃料輸送物に経年変化の影響はない。</p> <p>核分裂性物質に係る核燃料輸送物の一般 の試験条件下及び特別な試験条件下にお ける技術上の基準は、次のとおりである。</p>		
	<p>第24条 別記第11</p>	<p>一般の試験条件</p> <p>次に示す試験を連続して行う。</p> <p>①水の吹付試験 ②自由落下試験 ③積み重ね試験 ④貫通試験</p>	(□) A. 9. 1	
	<p>第26条 別記第12</p>	<p>特別な試験条件</p> <p>次に示す試験を連続して行う。</p> <p>①水の吹付試験</p>	(□) A. 9. 2	

外運搬規則*1 の項目	外運搬告示*2の 項目	説 明	申請書記載 対応項目	備 考
第11条第1号		②自由落下試験 ③積み重ね試験 ④貫通試験 ⑤落下試験Ⅰ ⑥落下試験Ⅱ ⑦耐火試験 ⑧深さ0.9mで8時間の浸漬試験		
イ	第24条 別記第11	構造解析の結果より一般の試験条件下に おける落下等により容器にくぼみが生じ るが、容器の構造部に1辺10cmの立方体 を包含するようなくぼみが生じることは ない。	(ロ) A. 9. 1	
ロ		落下等により構造部に変形が生じるが、 変形後の構造部の寸法は、外接する直方 体の各辺が10cm未満となることはない。	(ロ) A. 9. 1	
第11条第2号 イ	第25条	本核燃料輸送物一個を周囲が20cm厚 さの水による完全反射の状態に置いて も、核燃料輸送物の実効増倍係数は 0.292である。よって、孤立系におい て核燃料輸送物は臨界に達することは ない。	(ロ) E	
ロ	第24条 別記第11 第25条	原子力規制委員会の定める核分裂性輸 送物に係る一般の試験条件を受けた核 燃料輸送物一個を周囲が20cm厚さの 水による完全反射の状態に置いて、 核燃料輸送物の実効増倍係数は0.289 である。よって、孤立系において核燃 料輸送物は臨界に達することはない。		
ハ	第26条 別記第12	原子力規制委員会の定める核分裂性輸 送物に係る特別の試験条件を受けた核		

外運搬規則*1 の項目	外運搬告示*2の 項目	説 明	申請書記載 対応項目	備 考
第11条第3号	第25条	燃料輸送物一個を周囲が20cm厚さの水による完全反射の状態においても、核燃料輸送物の実効増倍係数は0.650である。よって、孤立系において核燃料輸送物は臨界に達することはない。		
	二 第24条 別記第11	原子力規制委員会の定める核分裂性輸送物に係る一般の試験条件下に置いた		
	第27条	核燃料輸送物を任意の配列で、輸送制限個数の5倍を運搬機器に積載し、その周囲を20cm厚さの水により完全反射の状態としたよりも安全側となる無限個の核燃料輸送物が存在する場合の実効増倍係数は0.296である。よって、配列系において核燃料輸送物は臨界に達することはない。		
	ホ 第26条 別記第12	原子力規制委員会の定める核分裂性輸送物に係る特別の試験条件下に置いた		
	第27条	核燃料輸送物を任意の配列で、輸送制限個数の2倍を運搬機器に積載し、その周囲を20cm厚さの水により完全反射の状態としたよりも安全側となる無限個の核燃料輸送物が存在する場合の実効増倍係数は0.898である。よって、配列系において核燃料輸送物は臨界に達することはない。 本核燃料輸送物を-40℃から38℃までの周囲の温度の範囲に置いても、き裂、破損等が生じるおそれはない。	(ロ) A.9	

(ロ) - H 原型試験報告書

H.1 原型容器試験の概要

H.1.1 原型容器試験の位置付け

「MONJU-F型」輸送容器は、従来、動力炉・核燃料開発事業団が開発したいくつかの新燃料輸送容器と構造的に類似していることから、安全解析は、基本的には類似した他の輸送容器と同様の安全解析手法を採用している。

これらの安全解析においては、保守的な評価となるよう安全側の仮定の下で解析を行っているが、外運搬規則及び外運搬告示に定められた特別の試験条件に対する輸送容器の適合性（密封性の健全性）を確認するとともに、安全解析手法の妥当性を確認するため、原型容器試験を実施した。

原型容器試験のうち落下試験Ⅰでは、主に、熱解析、しゃへい解析及び臨界解析条件の1つである変形量が実験値と比較して安全側であるかどうか、また、構造解析条件の1つである加速度が実験値と比較して安全側であるかどうかを確認している。落下試験Ⅱでは、主に、熱解析条件の1つである変形量が実験値と比較して安全側であるかどうか、また、熱解析で重要となる貫通に伴う熱絶縁の損失の有無を確認している。

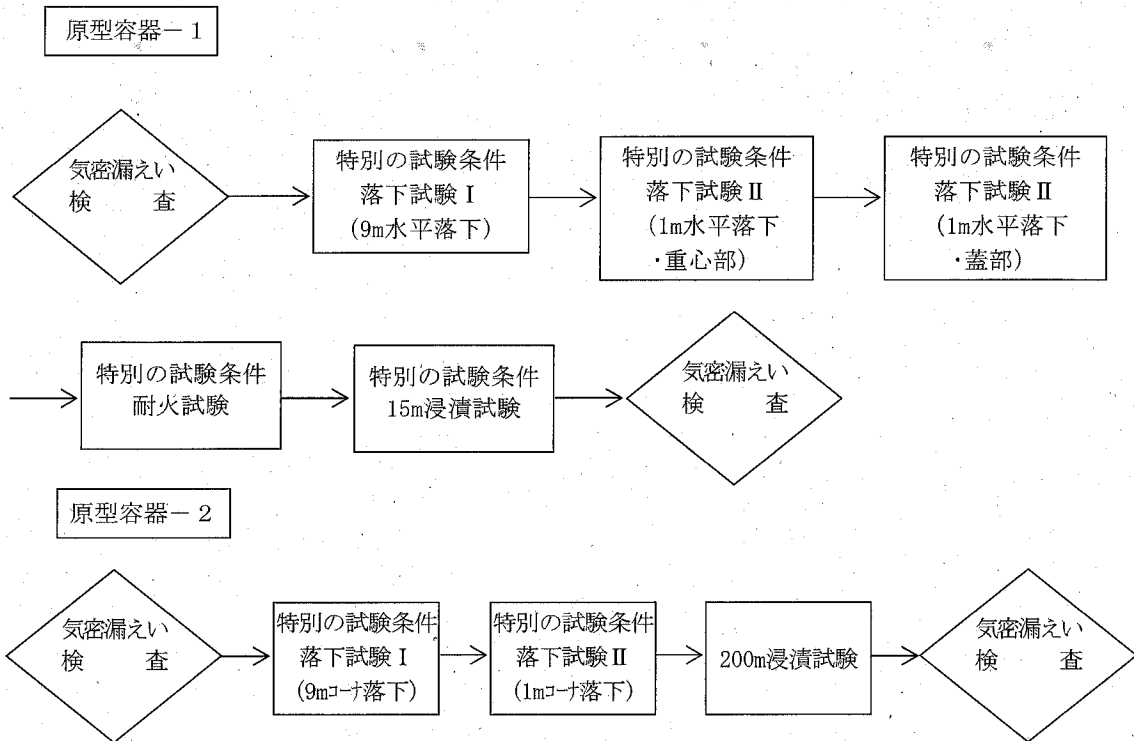
一方、耐火試験においては、耐火試験条件を用いた熱解析結果による輸送容器各部温度と実験値と比較することにより、熱解析手法の妥当性を確認している。

また、浸漬試験では、強度試験（落下試験Ⅰ及びⅡ）及び耐火試験に引き続いて15m浸漬試験を実施した場合、並びに強度試験（落下試験Ⅰ及びⅡ）に引き続いて200m浸漬試験を実施した場合の密封装置の健全性を確認している。

H.1.2 原型容器試験要領

H.1.2.1 試験手順

平成元年8月24日～9月8日の間に、原型容器2基を用いて、強度試験（落下試験Ⅰ及びⅡ）、耐火試験、浸漬試験（15m水頭圧下及び200m水頭圧下）及び気密漏えい検査を実施した。これらの試験手順を、(ロ)-第H.1図に示す。



(ロ)-第H.1図 原型容器試験手順

H.1.2.2 試験施設

原型容器を用いて実施した強度試験、耐火試験及び浸漬試験に使用した施設は、次のとおりである。

(1) 強度試験（落下試験）施設

落下試験のための原型容器吊上げには[]を用い、吊上げ後の原型容器離脱は、ワイヤカッターにより行った。

落下試験台は縦12m、横12m、厚さ1m、重量約300tの鉄筋コンクリート製の直方体台上に縦6m、横4m、厚さ40mm、重量約7.5tの鋼板を固定したものである。

また、落下試験IIに用いる貫通試験台は、直径150mm、長さ200mmの円柱状のポンチ（軟鋼製で隈部半径5mm）を上述の落下試験台上に溶接により固定したものである。

(2) 耐火試験施設

耐火試験に使用した炉は、炉内の有効寸法が縦8m、横1.9m、高さ1.5mの重油直火型加熱炉である。この炉は約1,000℃まで昇温可能であり、炉内温度コントロールは通常炉壁に取り付けられた熱電対の指示値によりマニュアル操作により行われる。

(3) 浸漬試験施設

浸漬試験には、水圧試験用耐圧タンクを使用した。

この耐圧タンクは最大直径約□□であり、最大長さ約□□の供試体が収納可能である。また、このタンクは、最高2.1MPaGまで使用可能である。

H.1.3 原型容器と実機容器の主な相違点

原型容器と実機容器の主な相違点を、(v)-第H.1表に示す。

(v)-第H.1表 原型容器と実機容器の主な相違点

項目	原型容器	実機容器
核燃料輸送物 総重量	原型容器-1 : □□ 原型容器-2 : □□	□□
輸送容器 重量	原型容器-1 : □□ 原型容器-2 : □□	□□
収納物	模擬収納物 (模擬燃料集合体)	炉心燃料集合体
計装	原型容器-1 外胴部の加速度計取付座 燃料集合体ホルダの加速度計取付座 燃料集合体の加速度計取付座 外容器の熱電対取付座 燃料集合体ホルダの熱電対取付座 燃料集合体の熱電対取付座 計測用貫通孔 原型容器-2 外胴部の加速度計取付座 燃料集合体ホルダの加速度計取付座 燃料集合体の加速度計取付座 計測用貫通孔	該当せず

H.1.4 原型容器試験結果

H.1.4.1 気密漏えい検査

(1) 内容器

原型容器の2重Oリング部に対し、原型容器-1については強度試験前及び15m浸漬試験後、原型容器-2については強度試験前及び200m浸漬試験後にヘリウムによる漏えい検査を実施した。気密漏えい検査は、内容器内部にヘリウムガスを充填し、2重Oリング部へのリーク量を測定した。

検査の結果、原型容器-1の強度試験前及び15m浸漬試験後、原型容器-2については強度試験前及び200m浸漬試験後、いずれも密封性 (判定基準は $1 \times 10^{-5} \text{atm} \cdot \text{cc}/\text{sec}$ 以下) を確保していることを確認した。各検査の結果を、(v)-第H.2表に示す。

(ロ)-第H. 2表 気密漏えい検査結果 (単位: atm・cc/sec)

	原型容器-1	原型容器-2
強度試験前	3.08×10^{-9}	3.08×10^{-9}
浸漬試験後	3.55×10^{-9} (注1)	7.92×10^{-9} (注2)

(注1): 強度試験及び耐火試験に引き続いて実施した15m浸漬試験後の結果

(注2): 強度試験に引き続いて実施した200m浸漬試験後の結果

(2) 燃料要素

原型容器試験開始前と試験終了後に燃料要素のヘリウムによる漏えい検査を実施した。その結果、原型容器-1及び-2に収納されていた両模擬燃料集合体の検査結果は、試験前後共 1×10^{-8} atm・cc/sec以下であり、いずれも密封性(判定基準は 3×10^{-8} atm・cc/sec以下)を確保していることを確認した。

H.1.4.2 落下試験 I

(1) 9 m水平落下

原型容器-1を用いて9 m水平落下試験を実施した。落下の方向は、輸送容器の台座及び脚座が衝突面にならない方向とした。

9 m水平落下による原型容器-1の変形量は最大□で、変形は外容器でとどまり、内容器には達しなかった。また、外容器の外胴にき裂等は生じず、外容器本体の有意な曲げは見られなかった。

原型容器の各部に取り付けた加速度計による計測結果では、外容器本体に発生した衝撃加速度倍率は、□であった。

(2) 9 mコーナ落下

原型容器-2を用いて9 mコーナ落下試験を実施した。落下の方向は、輸送容器の保護蓋が下向きとなる方向としている。

9 mコーナ落下による原型容器-2の変形量は最大□で、変形は外容器でとどまり、内容器には達しなかった。また、外容器の外胴にき裂等は生じなかった。

原型容器の各部に取り付けた加速度計による計測結果では、外容器本体に発生した衝撃加速度倍率は、□であった。

H.1.4.3 落下試験Ⅱ

(1) 1 m水平落下・重心部

原型容器－1を用いて9 m水平落下試験に引き続いて、重心部に対し1 m水平落下試験を実施した。落下の方向は、9 m水平落下により変形した箇所へ変形が重畳するように落下させた。

重心部の1 m水平落下による変形量は最大□で、9 m水平落下及び1 m水平落下の合計の変形は外容器でとどまり、内容器には達しなかった。また、外容器の外胴にき裂等は生じず、外容器本体の有意な曲げは見られなかった。

(2) 1 m水平落下・蓋部

原型容器－1を用いて1 m水平落下試験（重心部）に引き続いて、蓋部（Oリング部）に対し1 m水平落下試験を実施した。落下の方向は、9 m水平落下により変形した箇所へ変形が重畳するように落下させた。

蓋部の1 m水平落下による変形量は最大□で、9 m水平落下及び1 m水平落下の合計の変形は外容器でとどまり、内容器には達しなかった。また、外容器の外胴にき裂等は生じず、外容器本体の有意な曲げは見られなかった。

(3) 1 mコーナ落下

原型容器－2を用いて9 mコーナ落下試験に引き続いて、1 mコーナ落下試験を実施した。落下の方向は、9 mコーナ落下により変形した箇所へ変形が重畳するように落下させた。

1 mコーナ落下による変形量は最大□で、9 mコーナ落下及び1 mコーナ落下の合計の変形は外容器でとどまり、内容器には達しなかった。また、外容器の外胴及び保護蓋端板にき裂等は見られなかった。

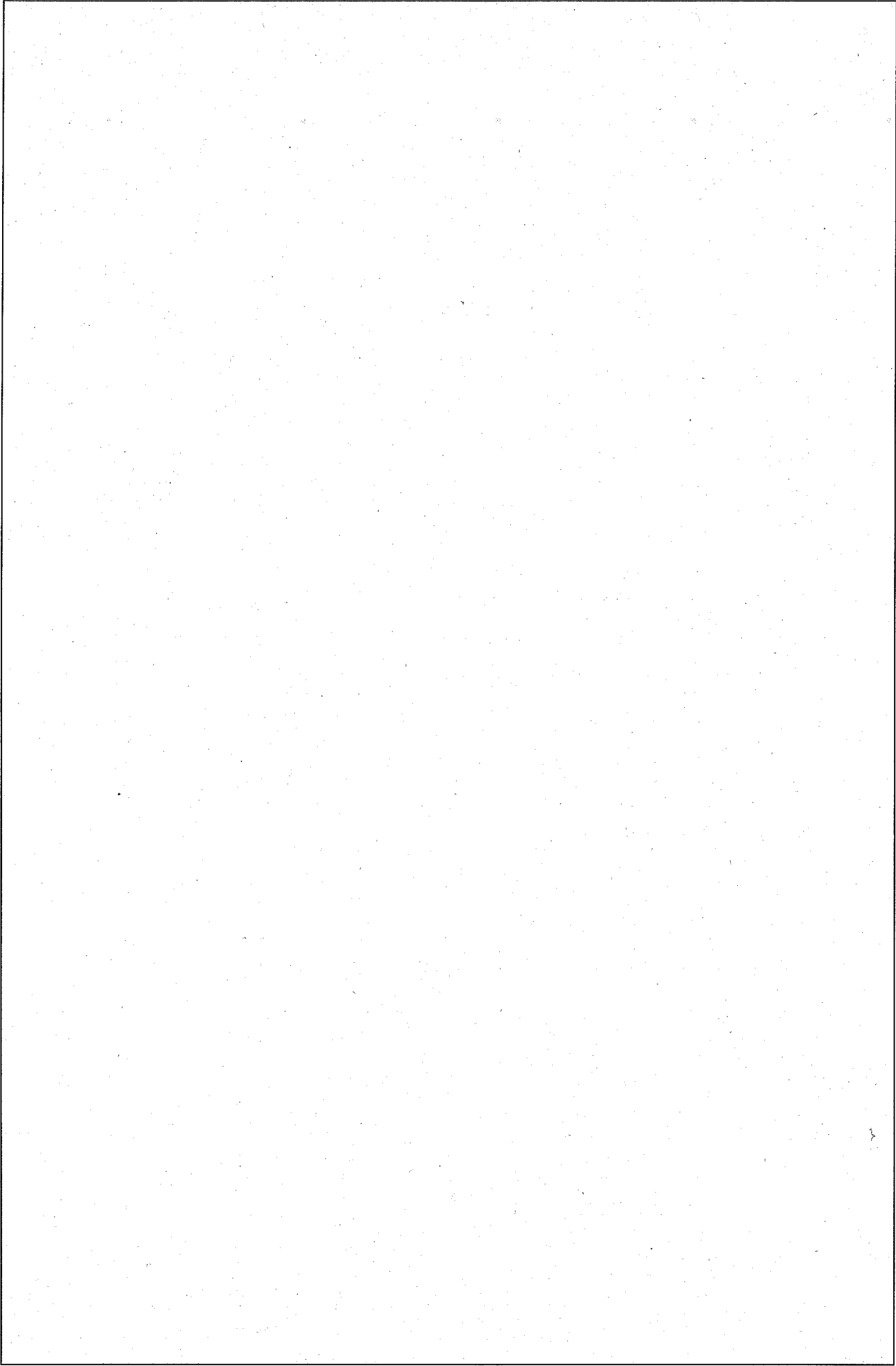
H.1.4.4 耐火試験

原型容器－1を用いて強度試験（落下試験Ⅰ及びⅡ）に引き続いて、800℃×30分間の耐火試験を実施した。

試験は、前項で述べた加熱炉内で規定の温度及び時間を保持した後、炉外に取り出し、原型容器の温度変化を計測して行った。

温度計測は、φ3 mmのシース熱電対（K型）により行った。温度の計測結果を、(□)-第H.2 □に示す。

計測の結果、蓋部及びバルブ部の最高到達温度は約66℃で、Oリングの最高使用温度 □ □を超えることはなかった。



(p)-第H. 2 図. 耐火試験温度計測結果

H.1.4.5 浸漬試験

(1) 15m浸漬試験

原型容器-1を用いて耐火試験に引き続いて、15m浸漬試験を実施した。

試験は、水中15m深さ相当の圧力147.1kPaに加圧された耐圧タンク内に原型容器を8時間保持し、2重Oリング部の真空度の変化により、内容器内部への水の浸入の有無を調べた。

その結果、2重Oリング部の真空度は試験前： 2.4×10^{-3} mbar、試験後： 1.4×10^{-3} mbarで内容器内部への水の浸入はなかった。

(2) 200m浸漬試験

原型容器-2を用いて強度試験（落下試験Ⅰ及びⅡ）に引き続いて、200m浸漬試験を実施した。

試験は、水中200m深さ相当の圧力1961kPaに加圧された耐圧タンク内に原型容器を1時間保持し、内容器蓋2重Oリング部の真空度の変化により、内容器への水の浸入の有無を調べるとともに、内容器胴部及び底板に取り付けたひずみゲージにより、試験時に発生するひずみを測定した。

その結果、2重Oリング部の真空度は試験前： 1.3×10^{-2} mbar、試験後： 1.2×10^{-2} mbarで、内容器内部への水の浸入はなかった。また、内容器に取り付けたひずみゲージによる計測結果では、内容器に発生したひずみは最大 344×10^{-6} （約0.04%）で、弾性領域内であった。

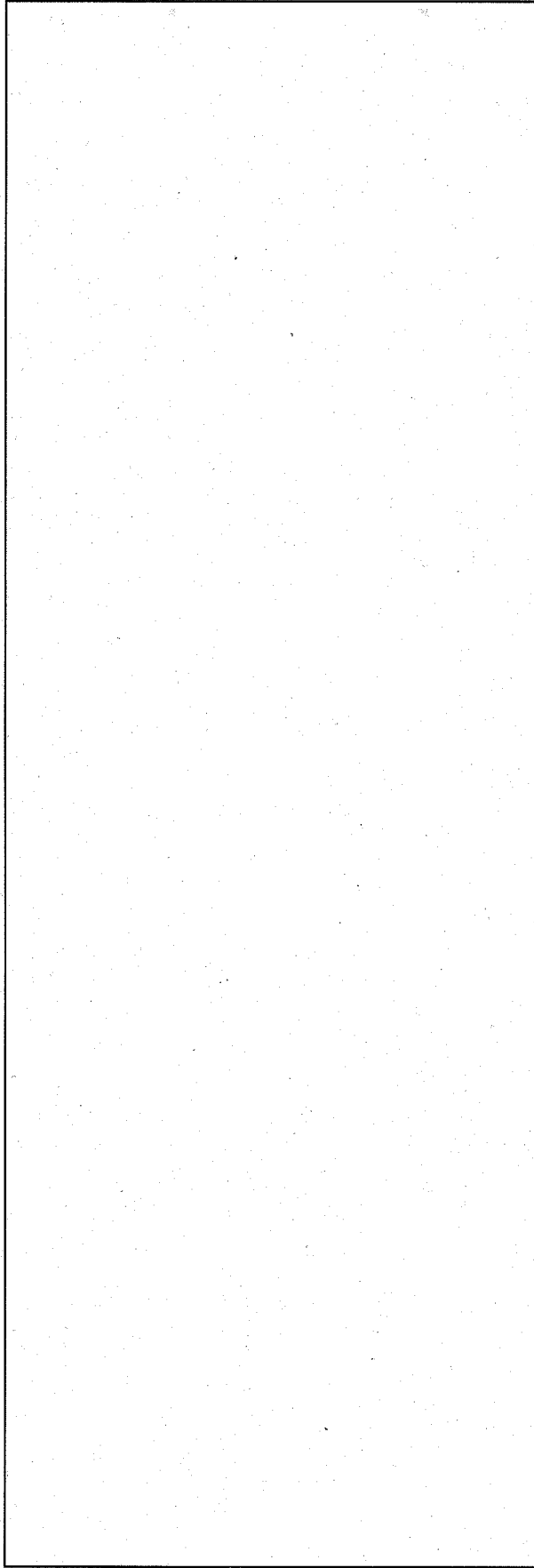
H.1.4.6 原型試験結果のまとめ

実輸送容器と同等に製作された原型容器を用いた原型試験を実施し、核燃料輸送物の構造的及び熱的安全性を確認するとともに、200m浸漬試験における密封装置の健全性を確認した。また、(a)-第H.3表に原型試験結果と解析結果の比較を示す。この表より解析手法は妥当である。

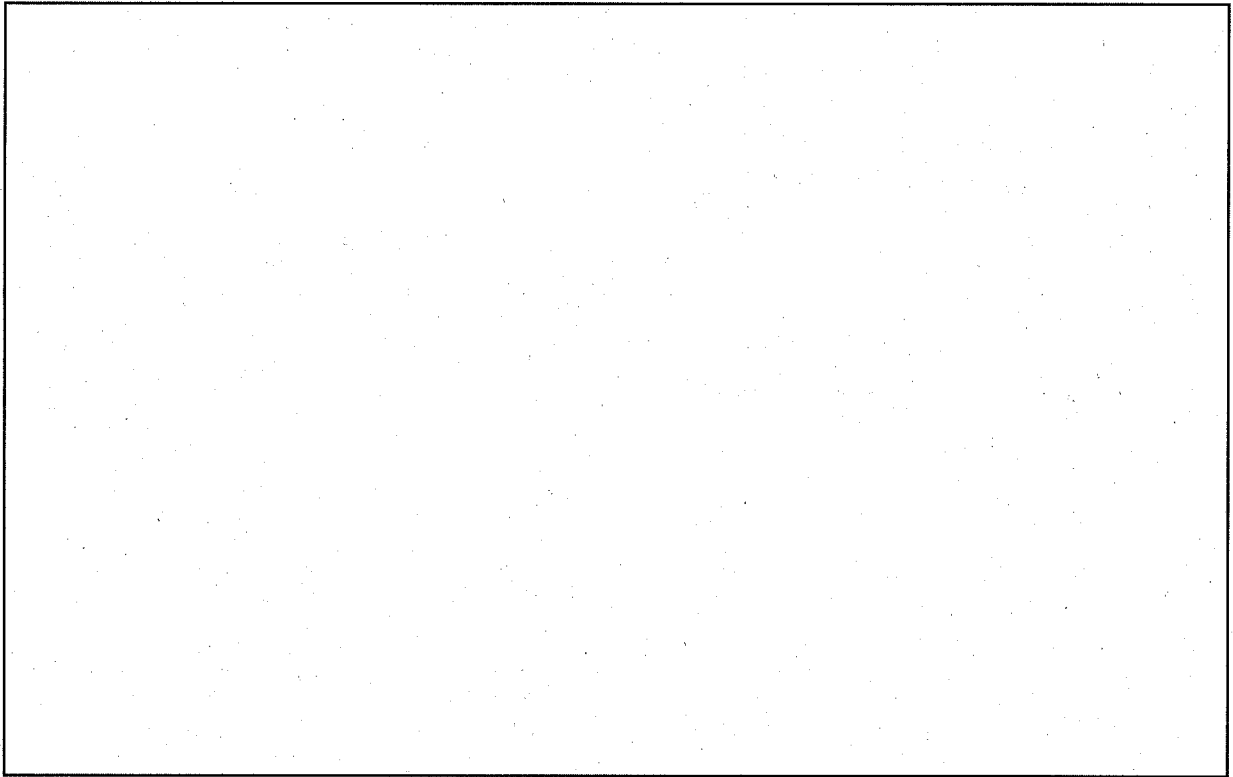
(a)-第H.3図に9m水平落下における原型試験結果と解析結果の比較を、(a)-第H.4図に9mコーナ落下における原型試験結果と解析結果の比較を示す。

(ロ)-第H. 3表 原型容器試験結果と解析結果の比較

項 目	原 型 試 験 結 果	解 析 結 果
① 落下試験 I		
①-1 9m水平落下		
・ 外容器変形量	最 大 <input type="text"/>	<input type="text"/>
・ 衝撃加速度倍率	<input type="text"/>	<input type="text"/>
①-2 9m コーナ落下		
・ 外容器変形量	最 大 <input type="text"/>	<input type="text"/>
・ 衝撃加速度倍率	<input type="text"/>	<input type="text"/>
② 落下試験 II		
②-1 1m 水平落下・重心部		
・ 外容器変形量	最 大 <input type="text"/>	<input type="text"/>
②-2 1m 水平落下・蓋部		
・ 外容器変形量	最 大 <input type="text"/>	<input type="text"/>
②-3 1 m コーナ落下		
・ 外容器変形量	最 大 <input type="text"/>	<input type="text"/>
③ 耐火試験・最高到達温度		
・ 外 胴	<input type="text"/>	<input type="text"/>
・ 内 胴	<input type="text"/>	<input type="text"/>
・ 蓋・バルブ	<input type="text"/>	<input type="text"/>
・ 燃料集合体ホルダ	<input type="text"/>	<input type="text"/>
・ 燃料集合体	<input type="text"/>	<input type="text"/>



(v)-第H.3図 水平落下における原型容器試験結果と解析結果の比較



(ロ)-第H. 4図 コーナ落下における原型容器試験結果と解析結果の比較

H.2 200m 浸漬試験の詳細

本項では、実寸大の原型容器を用いて実施した原型容器試験のうち、200m 浸漬試験の詳細について述べる。

H.2.1 200m 浸漬試験の概要

本核燃料輸送物の原型容器試験は、実寸大の原型容器 2 基を用いて、強度試験（落下試験 I 及び II）、耐火試験、浸漬試験（15m 浸漬試験及び 200m 浸漬試験）及び気密漏えい検査を実施した（原型容器試験全体の概要については (v) 章 G.1 項参照）。

200m 浸漬試験は、原型容器 - 2 を用い、強度試験（落下試験 I 及び II）に引き続いて実施した。試験は、200m 水頭圧相当の圧力 $20 \text{ kgf/cm}^2 \text{ G}$ に加圧された耐圧タンク内に原型容器を 1 時間保持し、内容器蓋 2 重 Oリング部の真空度の変化により、内容器への水の浸入の有無を調べるとともに、内容器胴及び底板に取り付けたひずみゲージにより、試験時に発生するひずみを測定した。また、試験の前後に内容器の気密漏えい検査を実施した。

以下に、原型容器試験で実施した 200m 浸漬試験について、試験手順、使用した原型容器、試験設備、試験要領及び試験結果について述べる。

H.2.2 試験手順

原型容器試験のうち、原型容器 - 2 を用いて実施した試験の全体試験手順を、(v)-第 H.1 図に示す。200m 浸漬試験は、強度試験（落下試験 I 及び II）に引き続いて実施した。

H.2.3 試験日及び試験場所

(1) 試験日

200m 浸漬試験 : 平成元年 9 月 5 日

(2) 試験場所

株式会社 神戸製鋼所 (兵庫県高砂市荒井町新浜)

H.2.4 原型容器

(1) 実機容器との主な相違点

200m 浸漬試験に供した原型容器 - 2 は、実寸大であり、申請核燃料輸送物との主な相違点を、(v)-第 H.1 表に示す。

(2) ひずみゲージ取付位置

200m 浸漬試験時に、内容器のひずみを測定するために原型容器 - 2 に取り付けたひずみゲージの取付位置を、(v)-第 H.5 (1) 図及び (v)-第 H.5 (2) 図に示す。

H.2.5 試験設備

(1) 浸漬試験用圧力容器（水圧試験用耐圧タンク）

200m 浸漬試験には、浸漬試験用圧力容器（水圧試験用耐圧タンク）を使用した。この耐圧タンクは、直径□□□□、長さ□□□□までの供試体が収納可能である（(p)-第H.6図参照）。また、最高使用圧力は、 $21 \text{ kgf/cm}^2 \text{ G}$ である。

(2) その他の設備

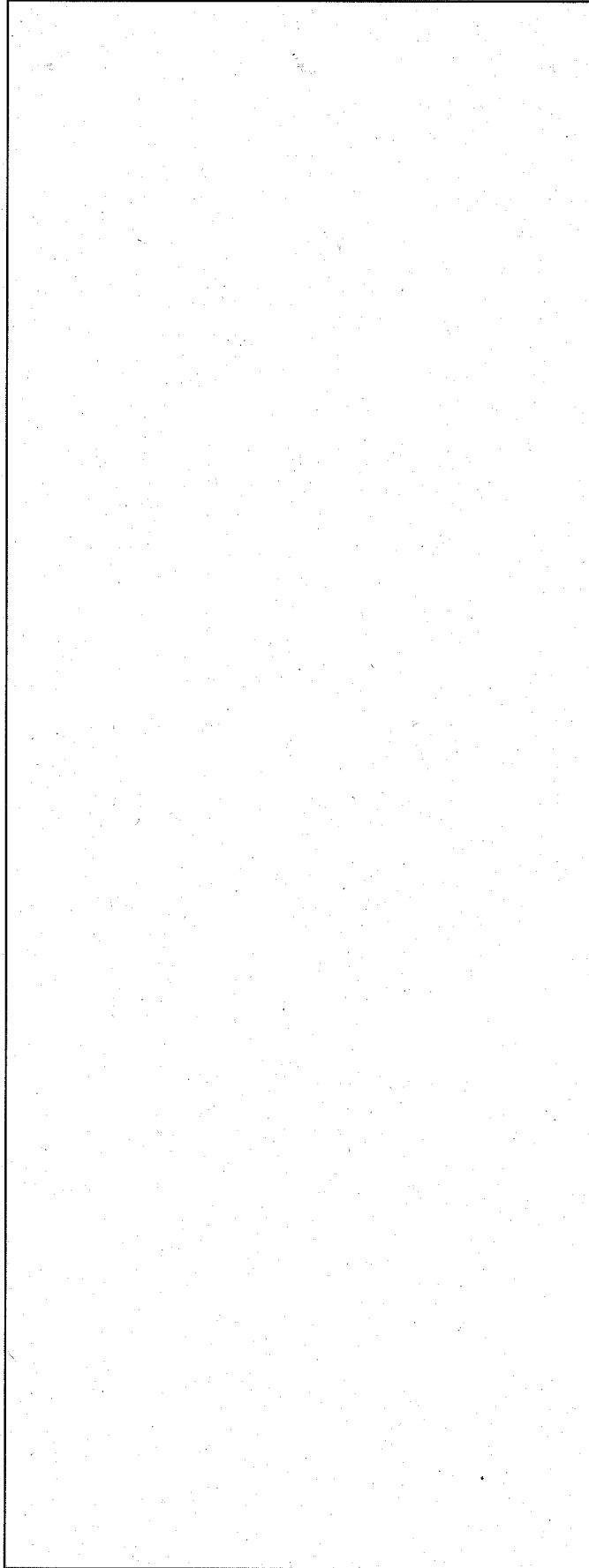
浸漬試験時の加圧圧力測定用の圧力計及び内容器蓋2重Oリング部の真空度測定用の真空計の仕様を以下に示す。

① 圧力計

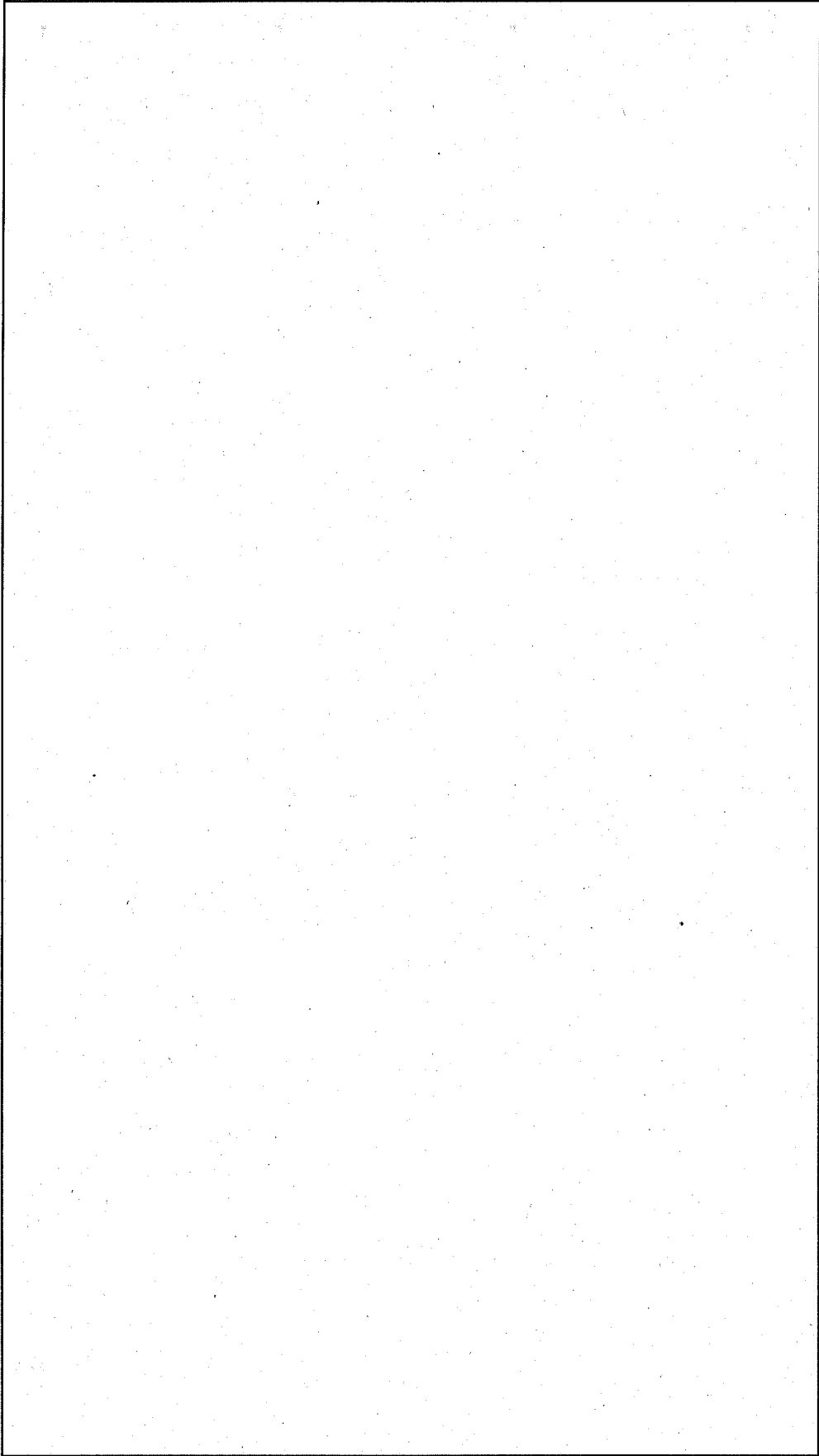
- ・型式 : ブルドン管式
- ・レンジ : $0 \sim 35 \text{ kgf/cm}^2 \text{ G}$
- ・精度 : $1 \text{ kgf/cm}^2 \text{ G}$

② 真空計

- ・型式 : ピラニ真空計
- ・レンジ : $10^{-4} \sim 10^{-1} \text{ mbar}$



(甲)-第H. 5 (1)図 原型容器-2のひずみゲージ取付位置図(その1)



(p)-第H.5(2)図 原型容器-2のひずみゲージ取付位置図(その2)

H. 2. 6 試験要領

200m 浸漬試験に関する試験一覧を、(ロ)-第H. 4表に示す。

H. 2. 6. 1 200m 浸漬試験要領

浸漬試験の試験状態図を(ロ)-第H. 6図に示す。また、浸漬試験の概略手順を以下に示す。

(1) 試験前

- ① 原型容器-2について、強度試験前に気密漏えい検査を実施する。
- ② 浸漬試験用圧力容器に原型容器-2を挿入する。
- ③ 内容器蓋2重Oリング部の真空度測定用引出管を取り付け、ひずみゲージのリード線を取り出す。
- ④ 浸漬試験用圧力容器へ注水し、圧力容器蓋を取り付ける。
- ⑤ 加圧装置の配管、圧力計、記録計を取り付ける。

(2) 浸漬試験

- ① 内容器蓋2重Oリング部を 10^{-2} Torr以下まで真空引きし、真空度を真空計にて加圧終了まで継続測定する。
- ② ひずみ測定を開始し、加圧終了まで継続測定する。
- ③ 浸漬試験用圧力容器を 20 kgf/cm^2 Gまで加圧し、1時間放置する。
- ④ 加圧を開放し、計測を終了する。

(3) 試験後

- ① 浸漬試験用圧力容器から原型容器-2を抜き出す。
- ② 原型容器-2の気密漏えい検査を実施する。

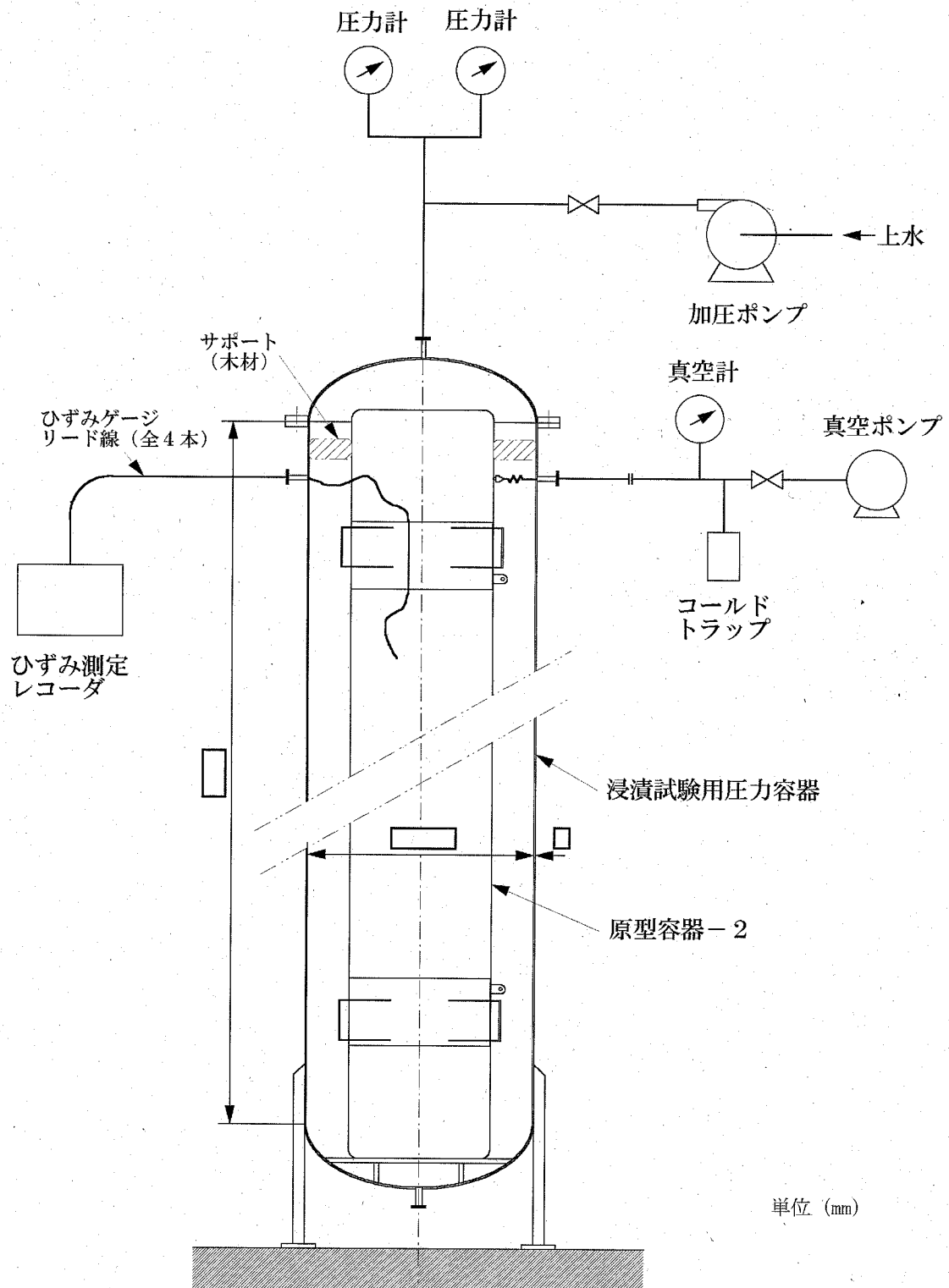
H. 2. 6. 2 気密漏えい検査要領

- ① (ロ)-第H. 7図のように配管する。
- ② 真空ポンプを始動させ、内容器内を680 Torr以下まで真空引きする。
- ③ 内容器内にヘリウムガスを 0 kgf/cm^2 Gまで封入する。
- ④ ヘリウムリークディテクターで内容器蓋2重Oリング部のリーク量を測定する。

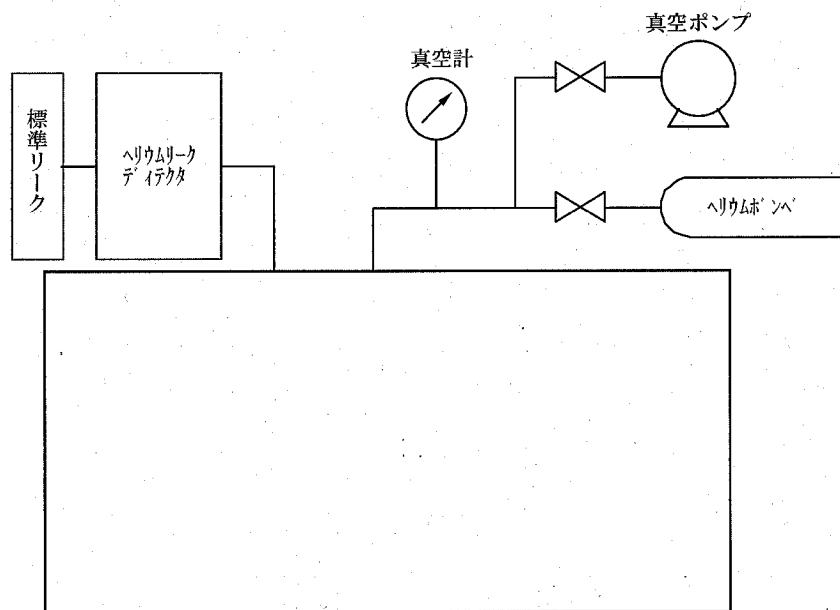
判定基準： $1 \times 10^{-5} \text{ atm}\cdot\text{cm}^3/\text{sec}$ 以下であること。

(E)-第H.4表 200m浸漬試験に関する試験一覧

試験No.	試験項目	内容	測定項目	測定方法	測定対象	判定基準	備考
BH-1	気密漏えい検査	原型容器-2の内容器内部を真空にした後、ヘリウムガスを大気圧まで充填し、内容器蓋2重リング部を真空にして、その部分へのヘリウムのリーク量を測定する。	ヘリウムリーク量 ($\text{atm}\cdot\text{cm}^3/\text{sec}$)	1. 容器胴側面の内容器内部リード線引出管から空気を抜き、内容器内を真空にする。 2. 内容器内にヘリウムガスを大気圧まで充填する。 3. 容器胴側面の蓋2重リング部貫通孔から空気を抜き、真空にする。 4. ヘリウムリークデテクターにより、同部のヘリウム濃度の経時変化を測定する。	内容器蓋2重リング部	1×10^{-5} $\text{atm}\cdot\text{cm}^3/\text{sec}$ 以下	強度試験、落下試験I(試験No. B-1)の実施前に行う。
BS	200m浸漬試験	原型容器-2を浸漬試験用圧力容器に入れて圧力容器内を上水にて $20\text{ kgf}/\text{cm}^2\text{g}$ に加圧し、1時間以上保持する。 その間、内容器蓋2重リング部の真空引きを継続して実施し、真空度の変化を記録する。 また、内容器のひずみも測定する。	浸漬試験用圧力容器内圧 真空度 ひずみ	1. 圧力容器にブルドン管式圧力計(2体)を取り付ける。 2. 加圧時の圧力計の読みを記録する。 容器胴側面の内容器蓋2重リング部貫通孔から空気を抜いて真空にし、真空計にて真空度を測定する。 加圧時の内容器のひずみ量をひずみゲージにて測定し、データレコーダに記録する。	浸漬試験用圧力容器内圧 内容器蓋2重リング部 内容器4点 BS03, 04, 07, 08	— — —	圧力計レンジ： 0~35 $\text{kgf}/\text{cm}^2\text{g}$ ひずみ測定限界： 2.8% 測定方向：長手軸方向及びそ の直角方向
BH-2	気密漏えい検査	試験No. BH-1と同じ	同左	同左	同左	同左	



(甲)-第H. 6図 200m浸漬試験状態図



(ロ)-第H. 7図 気密漏えい検査の配管接続図

H. 2.7 試験結果

原型容器－２の 200m 浸漬試験結果をまとめて(□)-第H. 5表に示す。

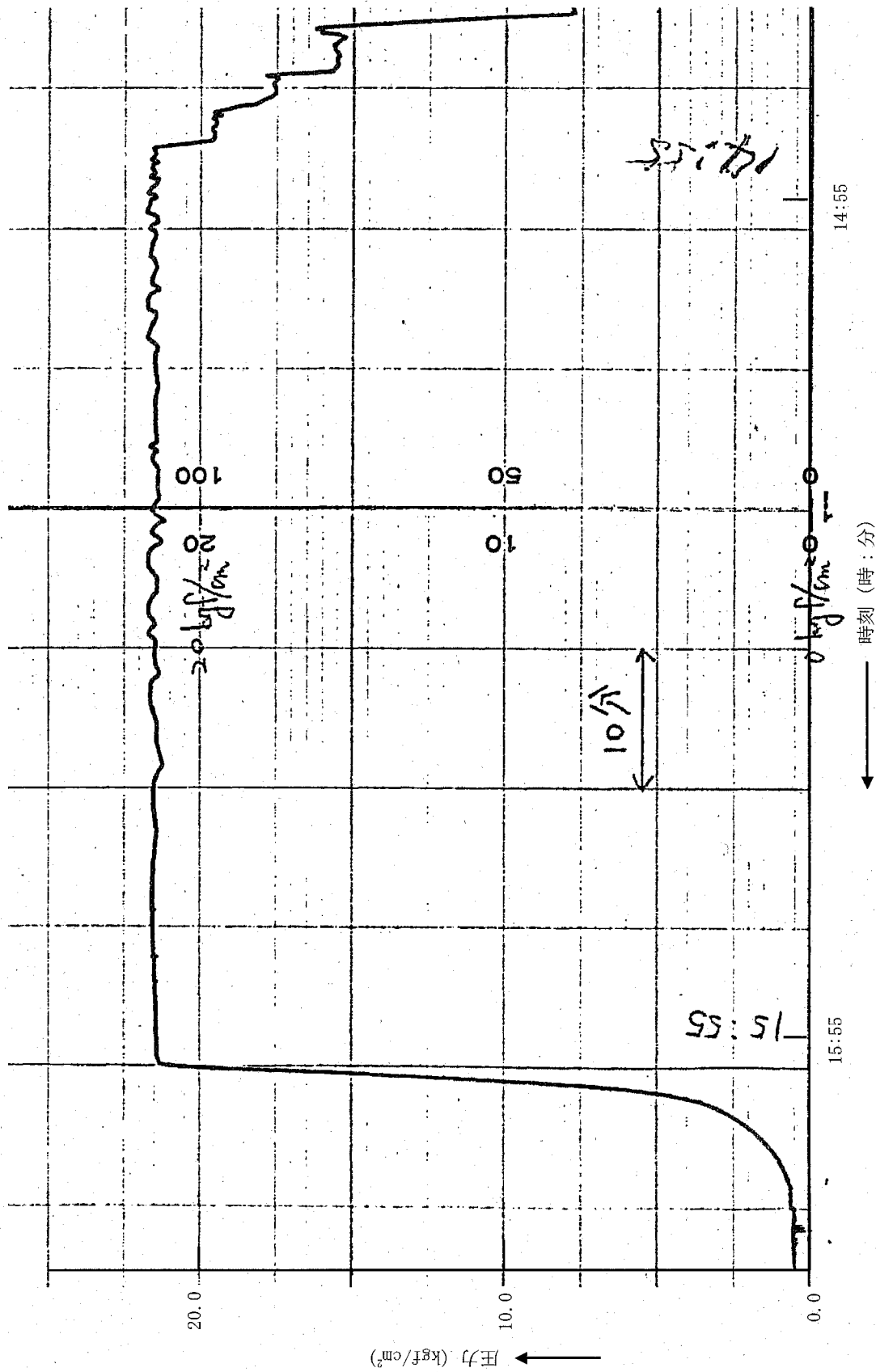
(□)-第H. 5表 200m 浸漬試験結果のまとめ

項目		結果	評価等	
加圧圧力 (原型容器外圧) ((□)-第H. 8図参照)		20 kgf/cm ² G	試験条件を満足。	
加圧保持時間		1 時間		
内容器 2重Oリング部の真空度の経時変化 ((□)-第H. 9図参照)	加圧開始時	1.3×10^{-2} mbar	内容器内への水の浸入なし。	
	加圧終了時	1.2×10^{-2} mbar		
内容器 外面の ひずみ 測定結果 ((□)-第 H.10図 参照)	ひずみ測定位置 ((□)-第G.5(1)図参照)	ひずみ (—)	内容器のひずみは弾性領域内である。	
	BS03 軸方向 (下部胴 0° 方向)	75×10^{-6}		
	BS03 周方向	97×10^{-6}		
	BS04 軸方向 (下部胴 90° 方向)	98×10^{-6}		
	BS04 周方向	167×10^{-6}		
	BS07 軸方向 (上部胴 90° 方向)	59×10^{-6}		
	BS07 周方向	120×10^{-6}		
BS08 軸方向 (底板中央)	335×10^{-6}			
	BS08 周方向		344×10^{-6}	
気密漏えい検査	試験No.	実施時期	リーク量 (atm・cm ³ /sec)	試験前及び試験後ともに、判定基準 1×10^{-5} atm・cm ³ /sec 以下で、密封性が維持された。
	BH-1	落下試験 I (B-I) の前	3.08×10^{-9}	
	BH-2	200m 浸漬試験 (BS) の後	7.92×10^{-9}	

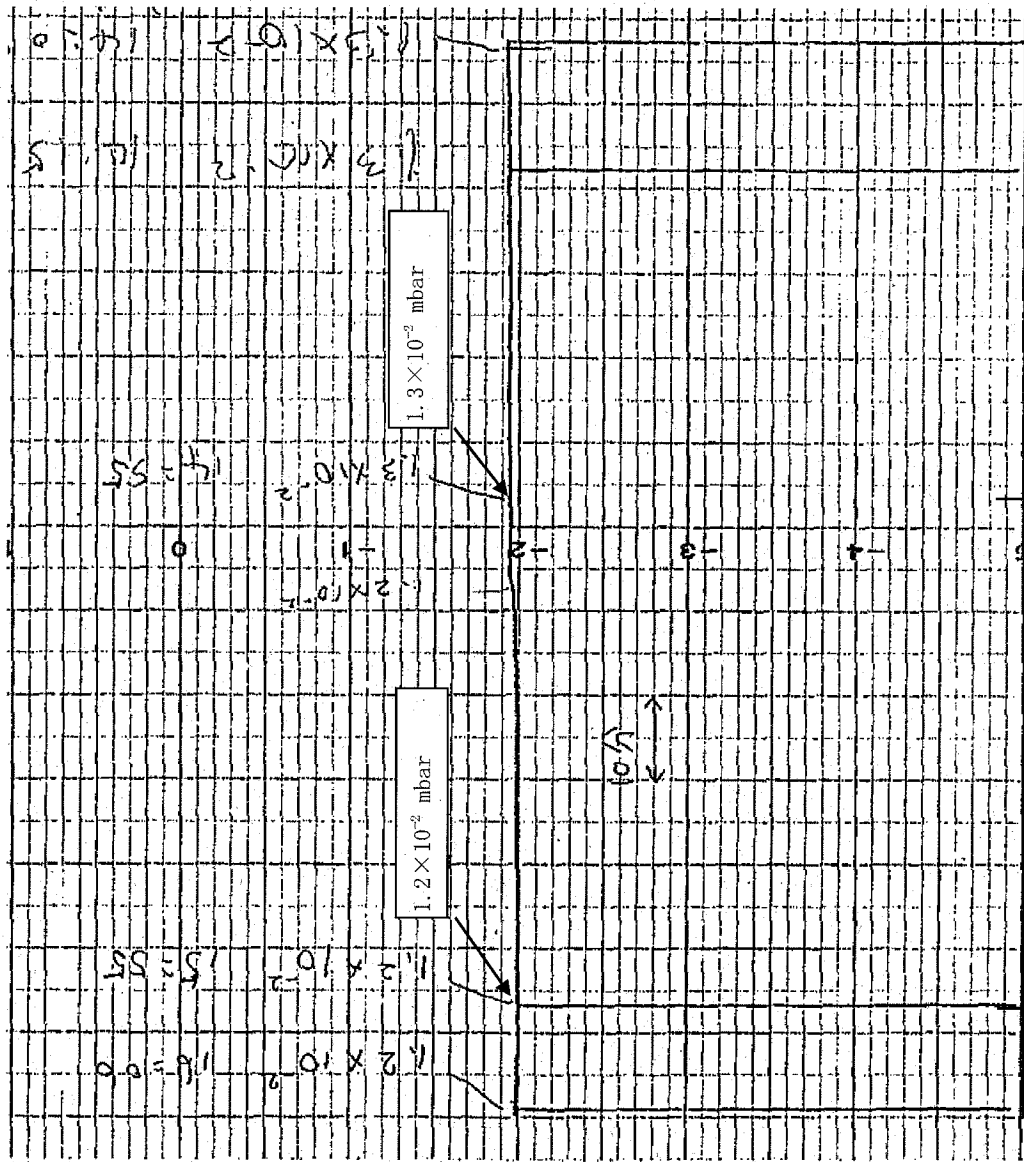
H. 2.8 結果の要約と評価

強度試験 (落下試験 I 及び II) に供した後の原型容器－２の 200m 浸漬試験の結果、浸漬試験中に測定した内容器蓋 2重Oリング部の真空度は、試験前： 1.3×10^{-2} mbar、試験後： 1.2×10^{-2} mbar であり、試験中もほぼ一定に維持されていることから、内容器内部への水の浸入はなかった。内容器に取り付けたひずみゲージによる計測結果では、最大ひずみが 344×10^{-6} で、弾性領域内であった。また、気密漏えい検査は、強度試験前及び 200m 浸漬試験後に実施し、強度試験前： 3.08×10^{-9} atm・cm³/sec、200m 浸漬試験後： 7.92×10^{-9} atm・cm³/sec であり、いずれも密封性 (判定基準： 1×10^{-5} atm・cm³/sec 以下) を確保していることを確認した。

したがって、密封装置である内容器は、200m 浸漬試験条件下においても破損することはない、その密封健全性が維持される。

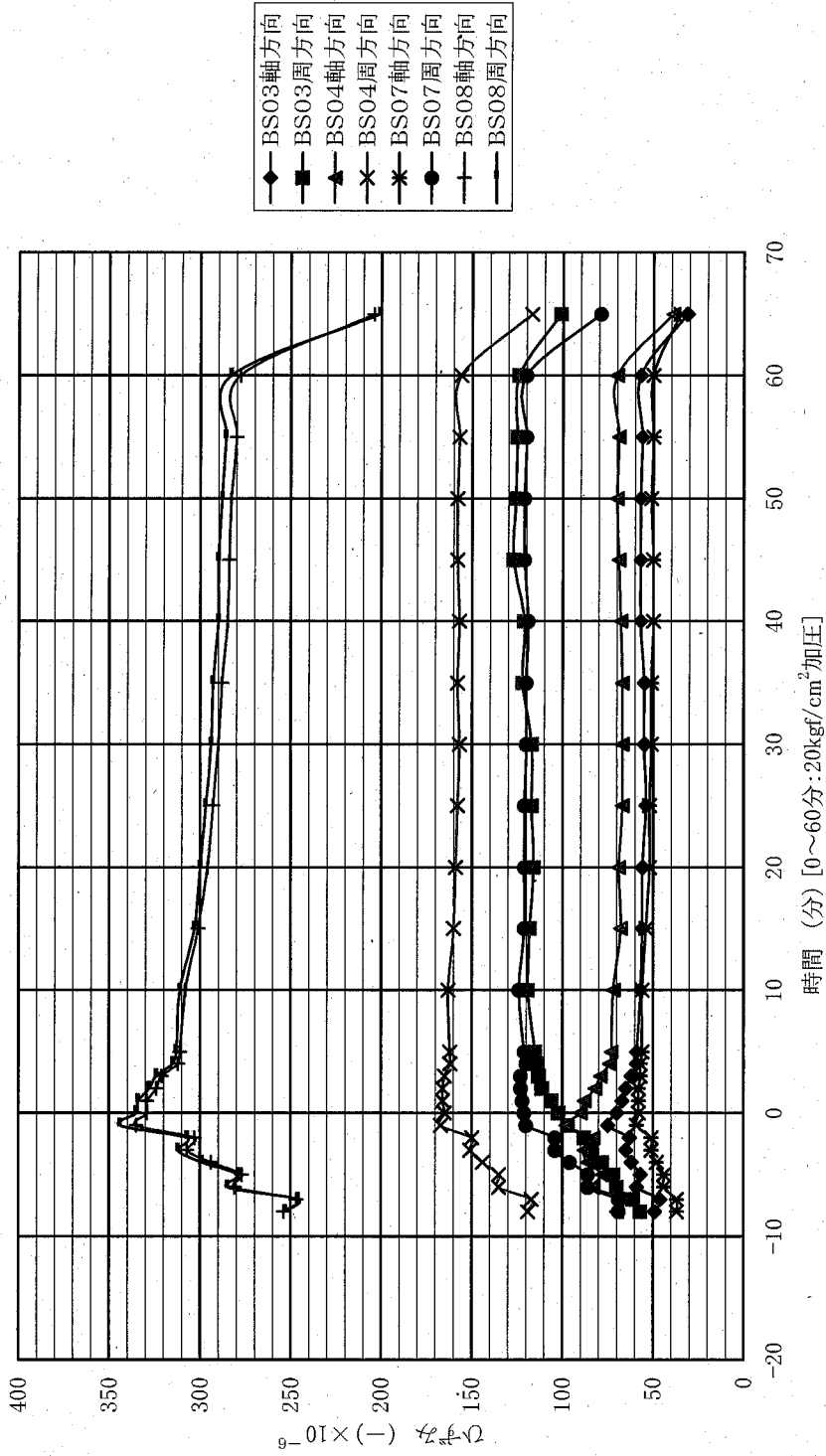


(甲)-第H. 8 図 200m 浸漬試験時の加圧圧力の測定チャート



15:55 ← 時刻 (時:分) → 14:55

(□)-第H. 9 図 200m 浸漬試験時の内容器 2 重 O リング部の真空度の測定チャート



(p)-第H.10 図 200m 浸漬試験における内容器外面のひずみ測定結果

(ハ) 章 輸送容器の保守及び核燃料輸送物の取扱い方法

(ハ)-A 核燃料輸送物の取扱い方法

A.1 装荷方法

新燃料集合体を輸送容器に装荷する代表的な手順を以下に示す。

[Redacted content]

A.2 核燃料輸送物の発送前検査

核燃料輸送物を発送するごとに、(ハ)-第A.1表に示す発送前検査を実施し、発送前検査基準に適合することを確認する。

(ハ)-第A.1表 核燃料輸送物発送前検査要領

(その1)

検査項目	検査対象	検査方法	合格基準
外観検査	核燃料輸送物	核燃料輸送物の外観を目視で検査する。	有害な傷、汚れ、腐食等がなく、全部品が所定の位置に正常な状態で備わっていること。
吊上検査	容器本体の吊具	吊上げ前及び吊上げ後、容器本体の吊上金具及びその溶接部の外観を目視で検査する。	変形及びひび割れ等の異常がないこと。
重量検査	核燃料輸送物	収納物重量と空容器重量測定値（容器完成時検査の値）を加算することにより検査する。	□以下であること。
表面密度 限度検査	核燃料輸送物表面	スミヤ法により核燃料輸送物の表面密度限度を検査する。	α 線を放出する核種は0.4 Bq/cm ² 以下、 α 線を放出しない核種は4Bq/cm ² 以下であること。
線量当量率 検査	核燃料輸送物	燃料を装荷した状態で γ 線線量当量率及び中性子線量当量率を測定する。	γ 線線量当量率及び中性子線量当量率を合計した最大線量当量率が表面で2 mSv/h以下、表面から1 m離れた位置で0.1mSv/h以下を満足していること。

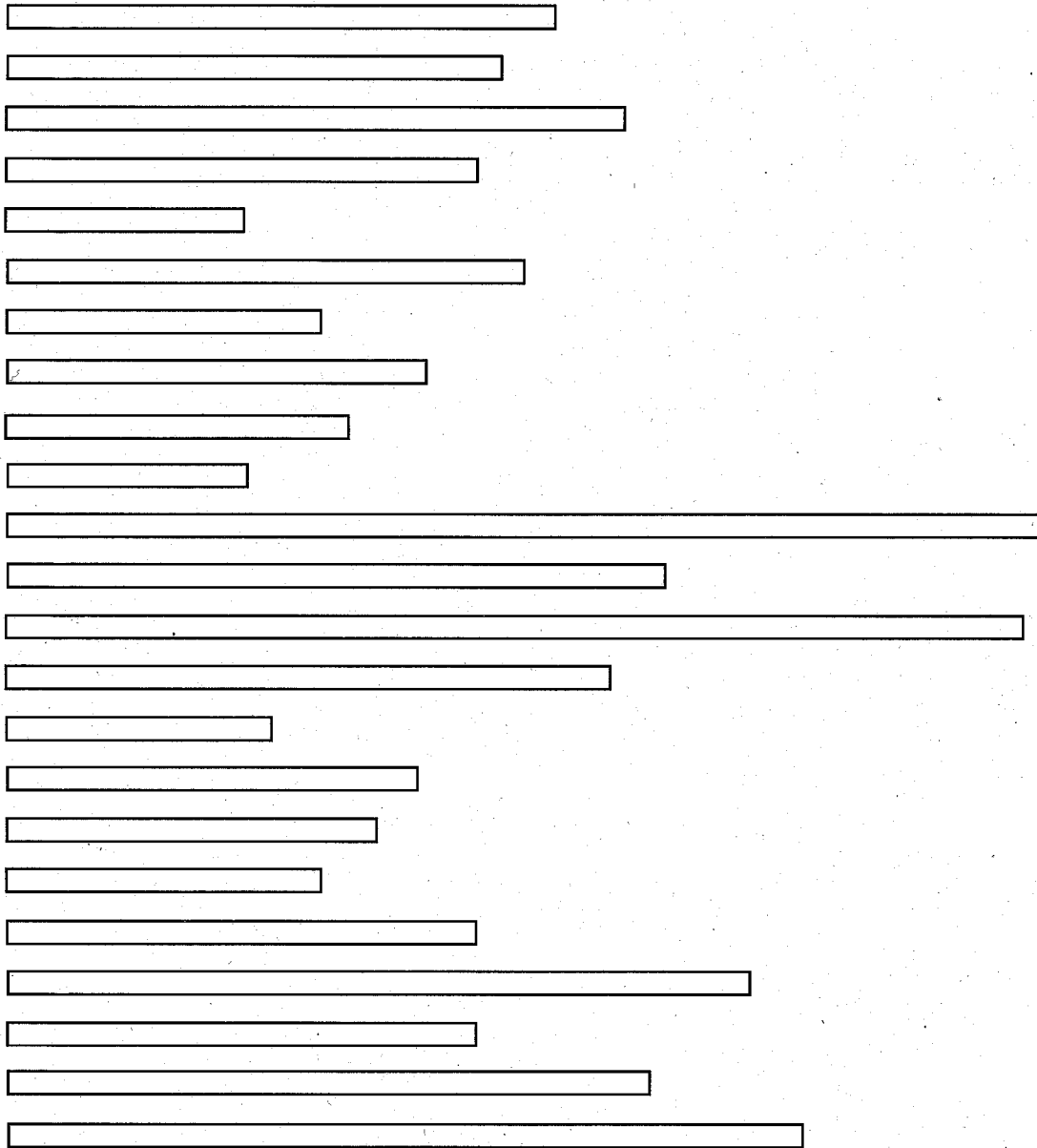
(ハ)-第A.1表 核燃料輸送物発送前検査要領

(その2)

検査項目	検査対象	検査対象	合格基準
未臨界検査	燃料集合体ホルダ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 収納物 - I 及び II の燃料集合体の場合 所定の燃料集合体ホルダに、燃料集合体が 2 体以下であることを確認する。 ・ 収納物 - III の中性子検出要素の場合 所定の燃料集合体ホルダに、所定の保持治具が 2 体以下で、かつ、中性子検出要素が 36 本以下であることを確認する。 	<p>所定の燃料集合体ホルダが使用され、燃料集合体が 2 体以下であること。</p> <p>所定の燃料集合体ホルダが使用され、保持治具が 2 体以下で、かつ、中性子検出要素が 36 本以下であること。</p>
収納物検査	収納物	<ul style="list-style-type: none"> ① 収納物の外観、数量を確認する。 ② 収納物の収納条件（重量、濃度等）を書類により検査する。 	<ul style="list-style-type: none"> ① 設計条件を満足し、かつ、外観上に有害な変形等がないこと。 ② 設計条件を満足していること。
温度測定検査	[省略]	—	—
気密漏えい検査	収納物 蓋、バルブとバルブボックス	<ul style="list-style-type: none"> ① 燃料要素及び中性子検出要素のHeリーク検査結果を確認する。 ② 窒素ガスで内容器内部を147kPaG以上に加圧したまま5分間以上放置し、圧力低下を検査する。 	<ul style="list-style-type: none"> ① 検査記録で、漏えい率が $3 \times 10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ ($3 \times 10^{-8} \text{ atm} \cdot \text{cc}/\text{sec}$) 以下であること。 ② 内部圧力低下のないこと。

A.3 取り出し方法

新燃料集合体を核燃料輸送物から取り出す代表的な手順を以下に示す。



A.4 空容器の準備

輸送容器の使用前に以下の検査を行い、作業の安全性と輸送容器の健全性を確認する。

1. 外観検査

外観を目視により検査し、損傷のないことを確認する。

2. 表面密度限度検査

輸送容器表面の放射性物質の密度を測定し、記録するとともに、技術基準（ β 、 γ 放出核種 4 Bq/cm^2 以下、 α 放出核種 0.4 Bq/cm^2 以下）を満足していることを確認する。

3. 線量当量率測定

輸送容器の表面における線量当量率を測定し、記録するとともに、技術基準（表面の最大線量当量率で $5 \mu \text{ Sv/h}$ 以下）を満足していることを確認する。

4. 内部の放射能密度測定

輸送容器内部の非固定性物質の密度を測定し、技術基準（ β 、 γ 放出核種 400 Bq/cm^2 、 α 放出核種 40 Bq/cm^2 以下）を満足していることを確認する。

5. 気密漏えい検査

蓋Oリング部、バルブとバルブボックスOリング部について目視検査を行い、異常がないことを確認する。

6. 内部の外観検査

容器本体内部の目視検査を行い、損傷のないことを確認する。

(ハ)-B 保守条件

本輸送容器の性能の維持について(ハ)-第B.1表に示す検査について実施し、その健全性を保証する。

なお、(ハ)-第B.1表に示す各検査について、1年間に1回以上(年間の使用回数が10回を超える場合は、使用回数10回ごとに1回以上)定期自主検査を実施し、その記録を必要期間保存するものとする。

B.1 外観及び耐圧検査

B.1.1 外観検査

輸送容器を目視により検査し、外表面に有害な傷、割れ、変形等の異常がないことを確認する。

B.1.2 耐圧検査

輸送容器内部に245kPaG以上の気圧を加えて5分間以上放置し、圧力低下がないことを確認する。

B.2 気密漏えい検査

蓋のバルブから容器内をヘリウム置換して、バルブとシール部からのヘリウム漏えい量を検出器で測定し、漏えい率が $1 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ ($1 \times 10^{-5} \text{atm} \cdot \text{cc}/\text{sec}$)以下であることを確認する。

B.3 補助系の保守

本輸送容器は、補助系を装備していないので該当しない。

B.4 密封容器の弁、ガスケット等の保守

(ハ)章B.2に示す気密漏えい検査によりバルブ又はシール部に基準値を超える漏えいが確認された場合には、その都度不良部品を取り替える。

B.5 しゃへい検査

輸送容器を目視により検査し、有害な傷、割れ、変形等の異常がないことを確認する。

B.6 未臨界検査

燃料集合体ホルダを目視により検査し、有害な変形及び破損等の異常がないことを確認する。

B.7 熱検査

輸送容器を目視により検査し、有害な変形、破損等の異常がないことを確認する。

B.8 吊上検査

空容器を吊り上げた状態で容器本体の吊具の外観等を目視により検査し、変形及びひび割れ等の異常がないことを確認する。

B.9 その他

なし。

(ハ)-第B.1表 定期自主検査一覧

検査項目	検査対象	検査方法	合格基準
外観検査	容器本体、蓋、 保護蓋、 燃料集合体ホルダ	輸送容器の外観を目視で検査する。	有害な傷、割れ、変形等の異常がないこと。また可融栓に異常がないこと。
耐圧検査	容器本体、蓋	容器内に245kPaG以上の気圧を加え、圧力低下を検査する。	圧力低下がないこと。
気密漏えい検査	蓋、 バルブとバルブボックス	ヘリウムリークディテクタにより漏えい量を検査する。	漏えい率が $1 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{sec}$ ($1 \times 10^{-5} \text{ atm} \cdot \text{cc} / \text{sec}$) 以下であること。
しゃへい検査	輸送容器	輸送容器の外観を目視で検査する。	有害な傷、割れ及び変形等の異常がないこと。
未臨界検査	燃料集合体ホルダ	燃料集合体ホルダの外観を目視で検査する。	外観に変形破損等の異常がないこと。
熱検査	輸送容器	輸送容器の外観を目視で検査する。	有害な変形、破損等の異常がないこと。
吊上検査	容器本体の吊具	空容器を吊り上げた状態で容器本体の吊具の外観等を目視により検査する。	変形及びひび割れ等の異常がないこと。

(二) 章 安全設計及び安全輸送に関する特記事項

特記事項なし。

参考 輸送容器の製作の方法の概要に関する説明


(参)-A 輸送容器の製作法

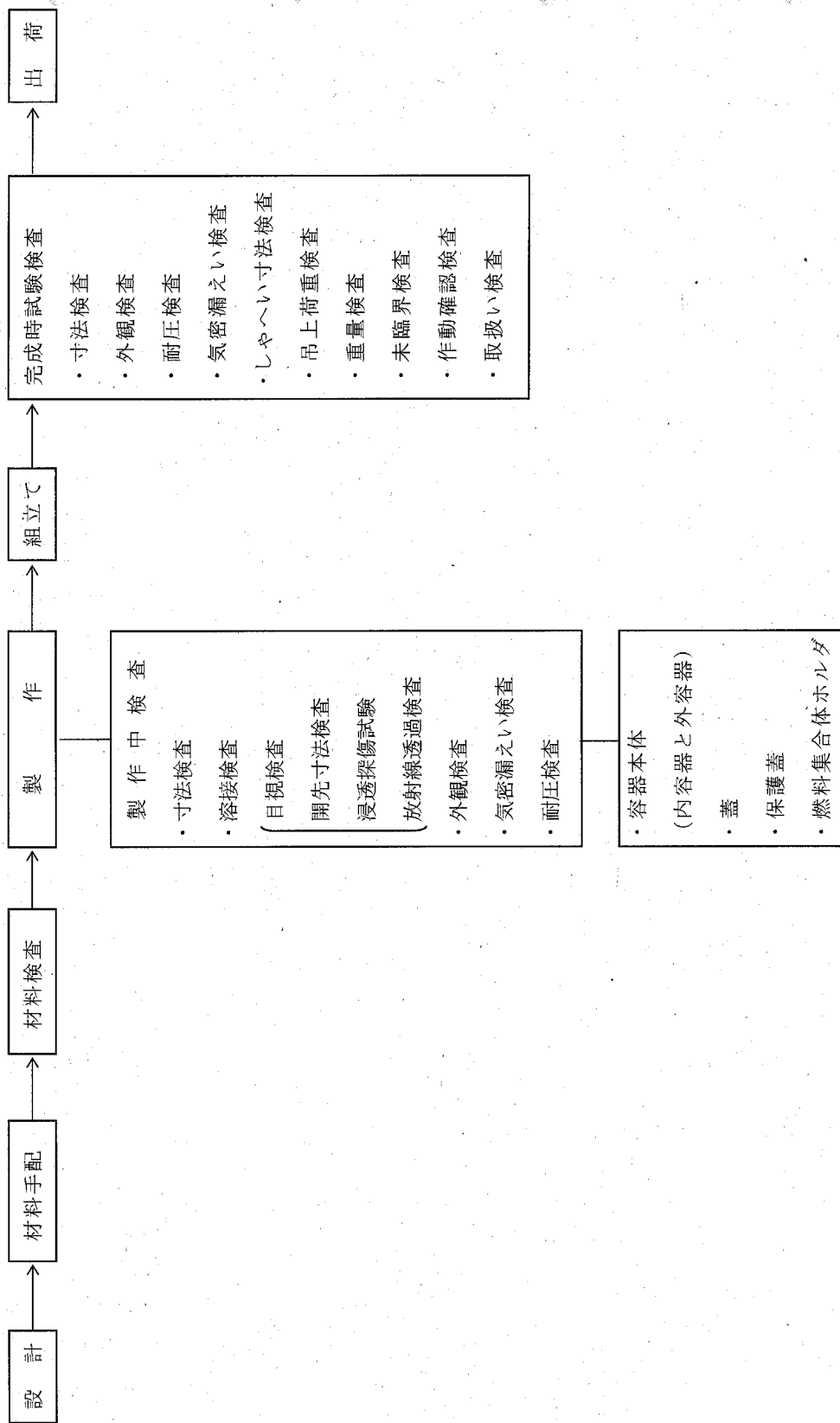
A.1 概要

本輸送容器の製作は、次に記述する手法に基づいて行う。

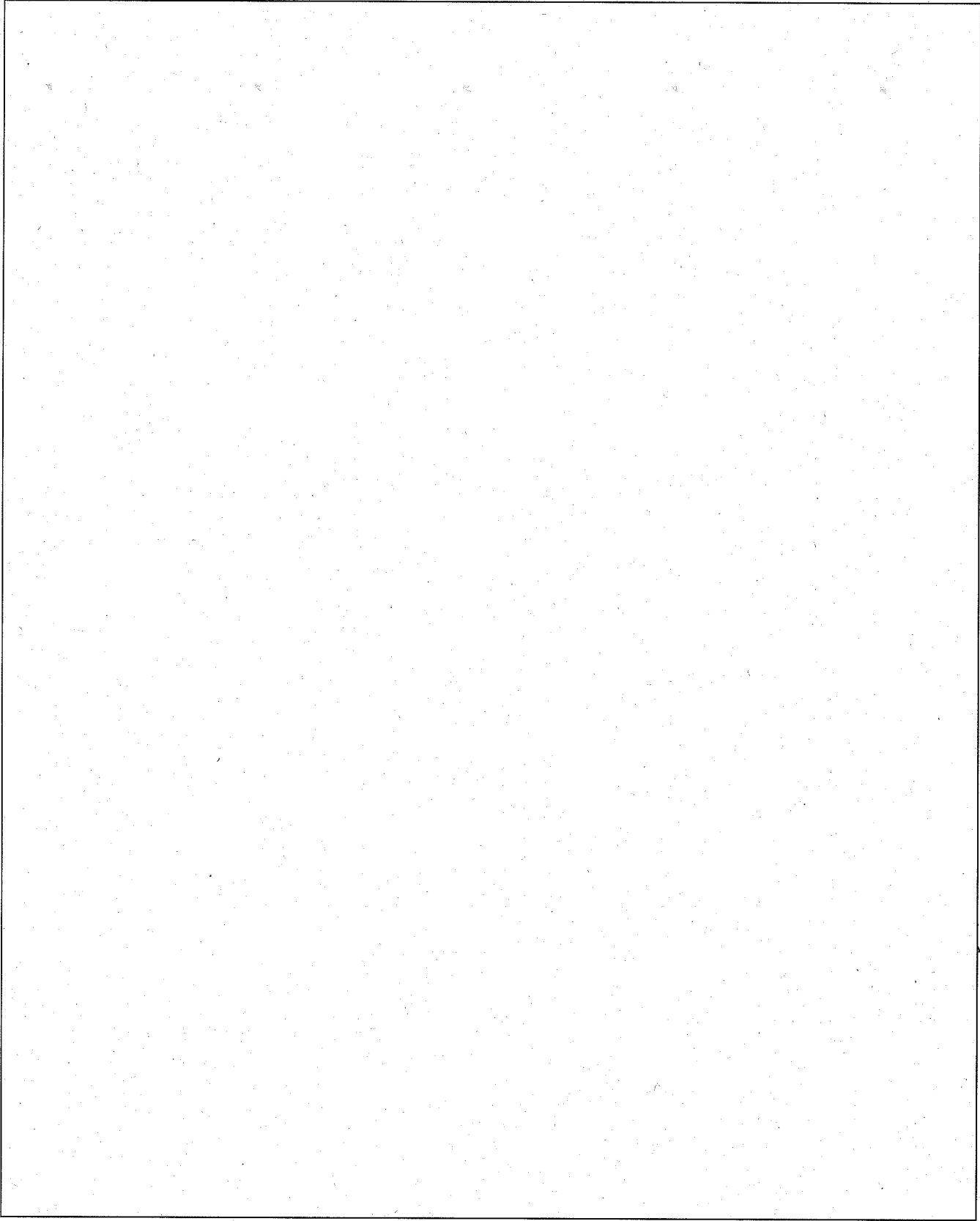
全体の製作工程を(参)-第A.1図に、また、主要部品の製作手順を(参)-第A.2図に示す。

(1) 容器本体

- 1) 内胴中央材を材料検査の上、切断、曲げ加工し円筒形状に成型してから長手溶接を行う。内胴中央に伝熱板、中性子しゃへい材を取り付けるため内胴中央の内外径を機械加工し、所定の寸法に仕上げる。
- 2) 中性子しゃへい材 () は、素材を混合し、型に流し込んで成型した後、機械加工により所定の寸法に仕上げる。
- 3) 伝熱板は材料検査の上、切断、絞り加工により所定の寸法に仕上げる。
- 4) 仕上げた内胴中央に中性子しゃへい材と伝熱板を順次取り付け、伝熱板を溶接していく。
- 5) 内胴上下部材と外胴材を材料検査の上、切断、曲げ加工し円筒形状に成型する。また、底板材とフランジ材を材料検査の上、機械加工し所定の寸法に仕上げる。
- 6) 内胴中央に仕切板と外胴中央を取り付け溶接した後、断熱材を充填、乾燥させる。
- 7) 断熱材を充填した内胴中央に、内胴上部、内胴下部、フランジ及び底板を取り付け、周溶接を行う。
- 8) 切断と接着により成型した緩衝材を所定寸法に機械加工の上、内胴に順次取り付けると同時に外胴も併せて順次周溶接を行う。
- 9) 外胴上部端板、外胴下部端板、上部鏡板及び下部鏡板を材料検査の上、外胴上・下部端板は機械加工し、上・下部鏡板は成型加工し、所定の寸法に仕上げ、外胴の上・下部に取り付け、周溶接を行う。
- 10) 補強板を材料検査の上、切断、曲げ加工し、所定の寸法に仕上げ、外胴に取り付け、溶接を行う。
- 11) 上・下部台座、上・下部脚座及び吊具を材料確認の上、切断、機械加工し、所定の寸法に仕上げ、外胴に取り付け、溶接を行う。
- 12) 燃料集合体ホルダを本体に挿入し、取合いを確認する。燃料集合体ホルダの製作手順は(2)に示すとおりである。
- 13) 蓋は蓋本体、バルブボックス、バルブ蓋及びカプラ蓋を材料確認の上、機械加工し、所定の寸法に仕上げる。リング、シートパッキン、バルブ及びカプラは市販品を受入検査の上、蓋に組み込む。輸送容器本体に組み立て、取合いを確認する。



(参)-第 A. 1 図 製作の全体工



内胴中央部

中生子レール材

伝熱板

上部胴仕切板

外胴中央部

断熱緩衝材

下部胴仕切板

内胴上部

内胴下部

底板

フランジ

中間胴

緩衝材

外胴上部端板

保護蓋取付板

上部護板

下部護板

外胴下部端板

外胴上部

外胴下部

補強板

上部台座

下部台座

上部脚座

下部脚座

吊具

支持脚(1)~(2)

フラシジ

ホルド板(1)~(6)

ガイド

ロッド

継ぎ手

カム(1)

ローラ

ローラ軸

ローラ支え

カム(2)

カム(2)取付アーム

カムリング

ガイド固定座

ヒコワ材エンジン

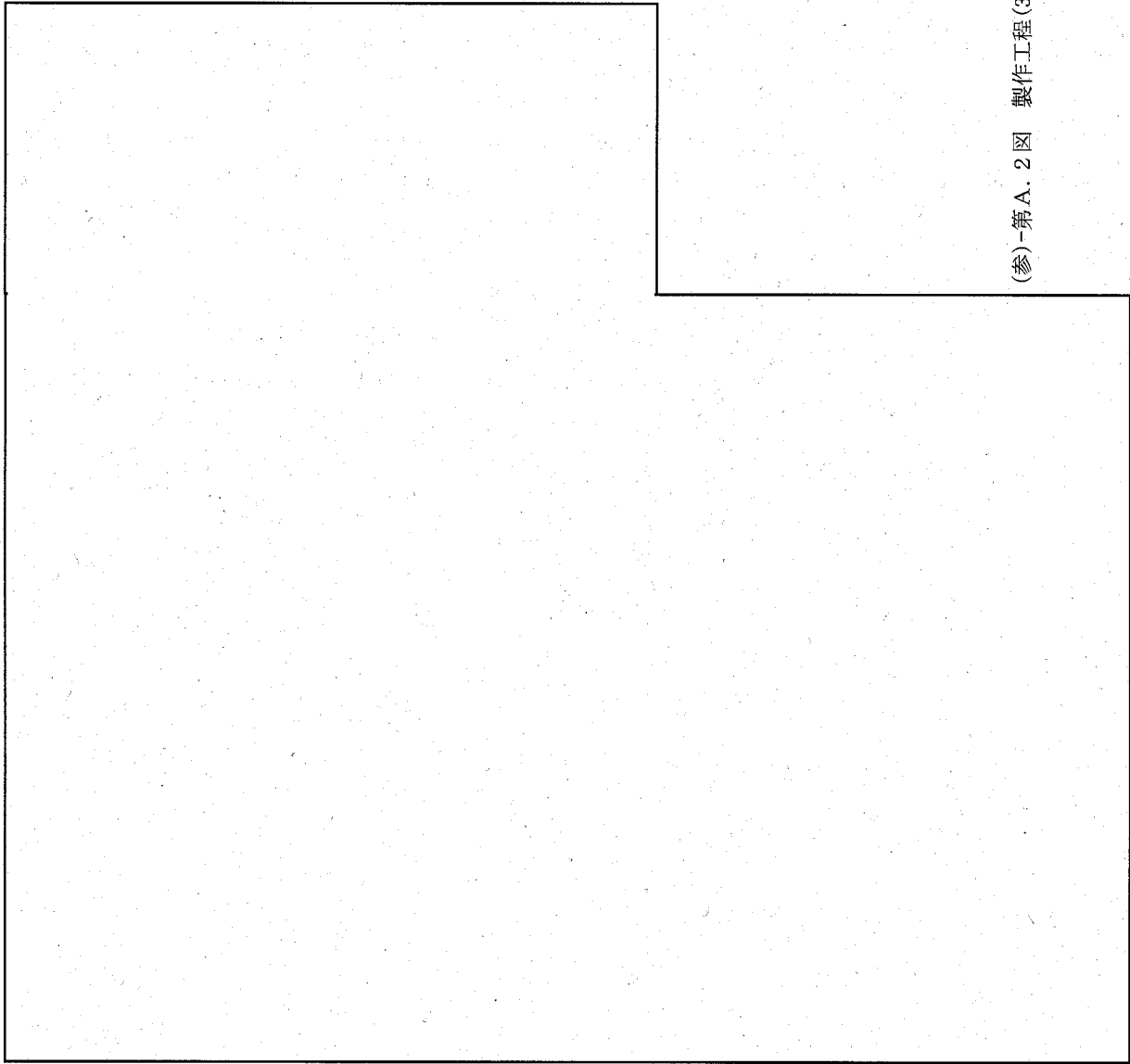
燃料受け

ケーシング

ロッド固定座

スプリング

底板



蓋本体

リング

肌ボウズ

リング

パルプ蓋

カプラ蓋

シート材

フランジ

胴板

底板

緩衝材

(参)-第A.2図 製作工程(3)

14) 保護蓋は、フランジ、胴板及び底板を材料確認の上、機械加工し、所定の寸法に仕上げる。
緩衝材は切断と接着により成型し、取り付ける。輸送容器本体に組み立て、取り合いを確認する。

(2) 燃料集合体ホルダ

- 1) ホールド板、カムリング、燃料受け、ガイド固定座、ガイド管、カム、ローラ軸等の主要部品を材料確認の上、切断し機械加工する。
- 2) 支持胴材を材料検査の上、切断、曲げ加工し円筒形状に成型した後、機械加工により所定の寸法に仕上げる。
- 3) 加工した各部品を組み立て、調整して、仕上げ寸法にする。

A.2 材料の説明

A.2.1 板材料

本輸送容器に使用する板材料は、(ロ)章輸送物の安全解析で記述した設計条件を満足するように(参)-第A.1表に示す規格の材料を使用する。

これらの材料は、十分な強度を有し、耐食性に優れ、各種製作法においても特性を失うことなく加工可能である。

また、(参)-第A.2表に適用規格の材料特性を示す。

A.2.2 管材類

該当せず。

A.2.3 鍛造品、ボルト・ナット類

鍛造品は であるので、A.2.1の板材と同様、設計上要求される強度、耐食性を有する。また、ボルト類として を使用する。

これらの材料は、十分な強度を有し、耐食性に優れ、各種製作法においても特性を失うことなく加工可能である。

また、(参)-第A.2表に適用規格の材料特性を示す。

(参)-第A.1表 主要材料適用規格

使用区分	材 料	適 用 規 格	備 考
1. 容器本体 内胴 フランジ 底板 中間胴 外胴 鏡板 端板 補強板 台座、脚座 吊具	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
2. 蓋 蓋本体 バルブボックス <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/>
3. 保護蓋 フランジ 胴板 底板	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
4. 燃料集合体ホルダ ホールド板 底板 支持胴	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	

(参)-第A.2表 主要材料特性表

適用規格又は材料名	引張試験				硬さ試験 HB	化学成分 (%)										
	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り %		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N	その他

A.2.4 溶接用電極・棒・線類

本輸送容器の製作に使用する材料に対して良好な溶接を行うため、次に示す材料を使用する。

		銘柄
(1) 被覆アーク溶接 (JIS Z 3221 D308L)	RNY308L
(2) TIG 溶接 (JIS Z 3221 Y308L)	TG308L
(3) MIG 溶接 (JIS Z 3323 YF308LC)	GFW308L
(4) サーマシットアーク溶接	WEL SUB308L
(5) 溶接用電極	製作に用いる溶接電極はタングステン（トリウム入り）であり、不消耗である。

A.2.5 特殊材料

本輸送容器の製作に関し、前述の一般材料の外に、(ロ)章「核燃料輸送物の安全解析」の各解析で述べた設計条件を満足するために、(参)-第A.3表に示す特殊材料を使用する。

(1) 緩衝材

衝撃の緩和を目的として、容器本体の両端と保護蓋に充填されるもので、とを使用する。は製材（約W×H×L mmの角材）を切断、接着して充填する。は合板（××）で、素材はである。

(2) 中性子しゃへい材

中性子しゃへい材として、内胴の中央部外周に成型したを取り付ける。その元素組成は、質量比で炭素、水素、窒素及び酸素の構成である。

(3) 伝熱板

放熱を良くするために用いられている伝熱板は、熱伝導率の良好なである。

(4) 断熱緩衝材

断熱緩衝材としてを使用する。このは、中性子しゃへい材と外胴の間に充填する。

(5) 可融栓

耐火試験時における緩衝材及び断熱材の水蒸気により外胴に生ずる内圧力の上昇を防ぐために、製の可融栓を使用する。

(参)-第A.3表 特殊材料

品名	材	料	規	格	備	考
緩衝材	[]		メーカー標準		比重 []	
緩衝材	[]		メーカー標準		比重 []	
中性子しゃへい材	[]		メーカー標準		比重 []	
伝熱板	[]		[]			
断熱緩衝材	[]		メーカー標準		気乾比重 []	
可融栓	[]		[]			

A.2.6 ミルシート

本輸送容器に使用している主要な鋼材については、ミルシートを添付する。ミルシートには、適用仕様、コード又は規格により要求される化学成分、機械的性質及び他の物性値が記載されているものとする。

A.2.7 材料の欠陥部の修理

鍛造材及び板材欠陥の溶接補修は、原則としてJISの要求事項を満足するように行う。

A.2.8 材料の切断

輸送容器の容器本体、保護蓋、燃料集合体ホルダ等に使用する [] 板材の切断は、 []、 []、 [] 等を用いて行う。

また、棒材の切断も []、 []、 [] 等を用いて行う。 [] は高温の [] で切断するため、作動ガスにはアルゴンガスを使用する。 [] を使用した場合は、熱影響部を取り除くため、切断面より5mm以上グラインダ又は機械加工で除去し、熱影響部を除くものとする。

A.2.9 材料の成型

容器本体のフランジと蓋は、 [] 塊を鍛造加工により、それぞれの形に成型した後、旋盤、グラインダー等を使用して仕上げ加工を行う。容器本体の内胴、中間胴、外胴、補強板等と保護蓋の胴板並びに燃料集合体ホルダの支持胴は曲げ加工により成型する。容器本体の伝熱板は、絞り加工により成型する。

A.3 溶接

A.3.1 溶接方法及び材料

本輸送容器の母材の種類は、 [] - [] と [] - [] の二種類である。溶接施行法を(参)-第A.4表に示す。この溶接施行法は、科学技術庁の定める施行法試験に合格もしくは準拠した施行法とする。

(参)-第A.4表 溶接施行法一覧表

溶接方法	母材区分	母材の厚さ (mm)	溶着金属区分	溶接棒区分	溶加材区分	シールドガス	電極	心線	裏面よりのガス保護	層数
初層TIG、 残層被膜アーク溶接										
TIG溶接 (裏当金付)										
被膜アーク溶接										
TIG溶接										
MIG溶接										
初層TIG、 残層MIG溶接										
サブマージドアーク溶接										
自動プラズマアーク溶接										

A. 3.2 溶接機の管理及び作業員資格

- (1) 溶接機は、毎年1回以上定期的に点検し、管理を行う。点検の主要項目は、次のとおりである。
絶縁抵抗値、タップ切替装置の接点及び動作の状態、アースの接触断線、キャプタイヤケーブルの被覆の状態、ホルダの具合、ケーブルコネクタの具合、接地クランプの破損などの状態、溶接トーチの破損等の状態、電流の校正、その他。
- (2) 溶接作業員は、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第16条及び第46条の要件である科学技術庁長官の溶接士技能試験に合格した資格を有するものとする。

A. 3.3 溶接の主要事項に関する説明

- (1) 溶接時の層間温度
層間温度は、150℃以下に管理する。
- (2) 開先等の主要寸法、形状
本輸送容器の主な溶接線配置図を(参)-第A.3図に、溶接部の開先寸法と形状を(参)-第A.5表に示す。
- (3) 溶接表面の洗浄
溶接部における融合不足や溶接後の割れを防止するために、溶接部表面の酸化物や油等の異物の除去作業を溶接前に行う。方法は、機械的方法又は化学的方法とする。
- (4) 溶接部の仕上げ
溶接部は、非破壊検査の可能な程度に仕上げる。ただし、他の部分との取合いがあるなど特に仕上げが要求される場合は、その要求に応じグラインダ仕上げ、バフ仕上げ、機械加工仕上げ等を実施する。

A. 3.4 溶接欠陥の修理

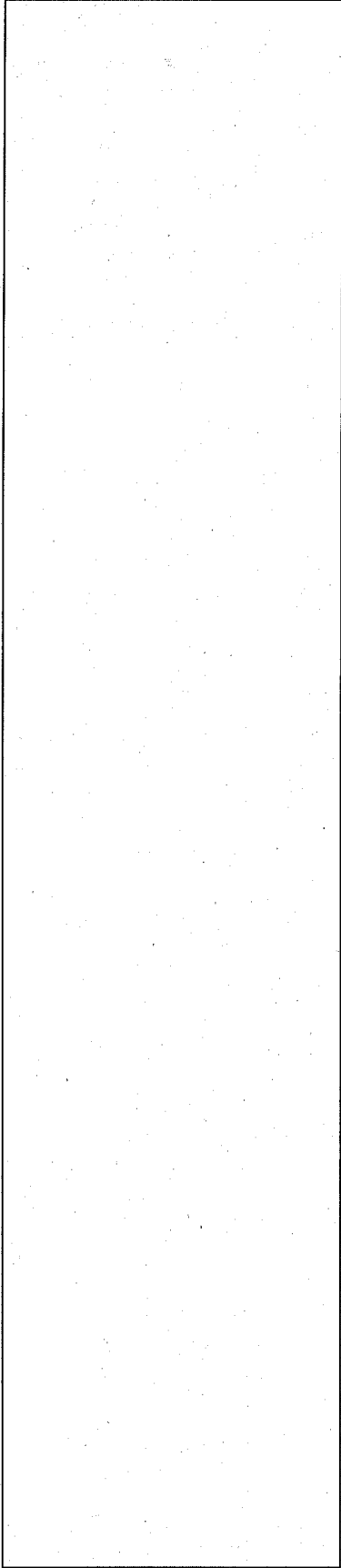
目視検査、浸透探傷試験等で発見された溶接部の欠陥は、欠陥の存在箇所をグラインダで除去し、本溶接と同一の条件で補修溶接を行い、本溶接と同様の検査を実施する。

A. 3.5 溶接後の熱処理

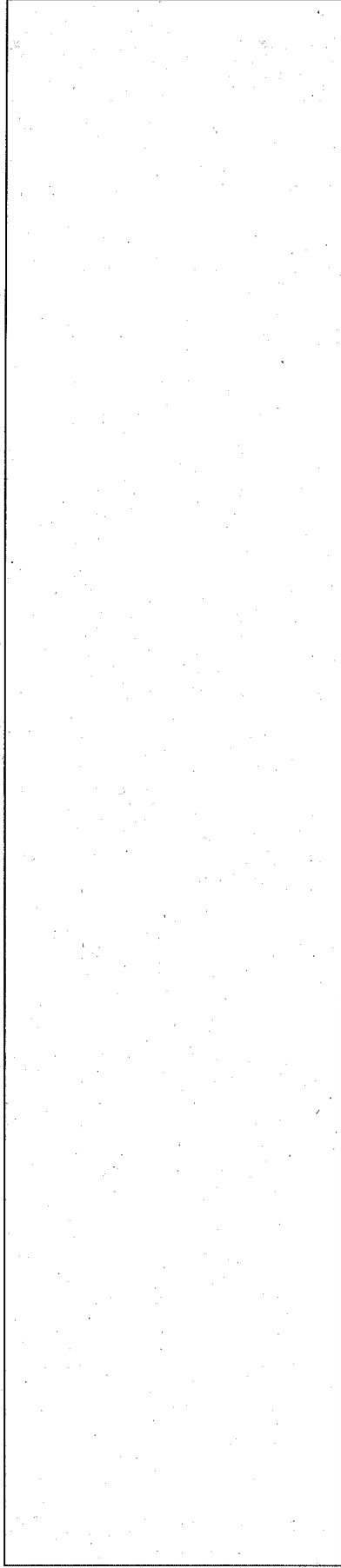
□の溶接においては、結晶粒子の性質上、溶接後の熱処理は不要であるので該当しない。したがって、溶接後の熱処理は行わない。

A. 3.6 特殊溶接

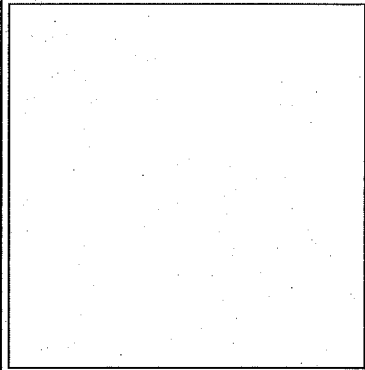
本輸送容器の製作において特殊溶接は行わない。



外形図



A-A 断面

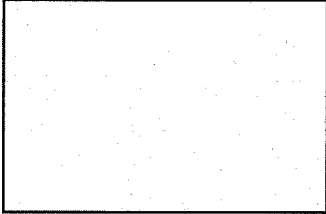
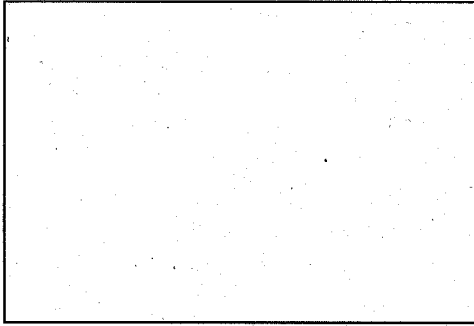
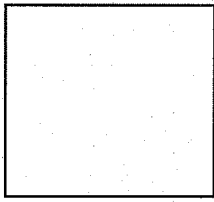
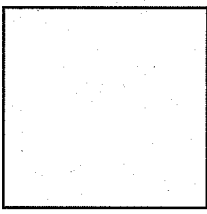


B-B 矢視

(参)-第 A. 3 図 容器本体溶接線配置

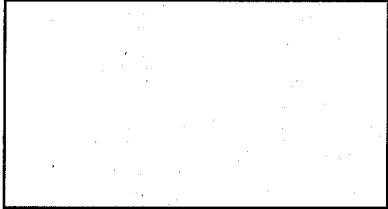
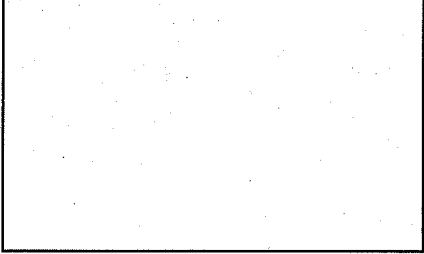

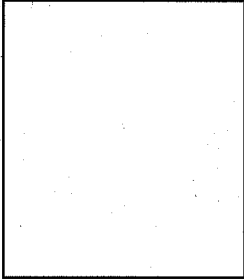
(参)-第A.5表 溶接開先図(その1)

単位 (mm)

溶接線番号	位置	開先の形状と寸法
WL-1 WL-3	内胴上部 内胴下部	
WL-2	内胴中央	
WL-4~6 WL-8~11	外胴上部 外胴下部	
WL-7	外胴中央	

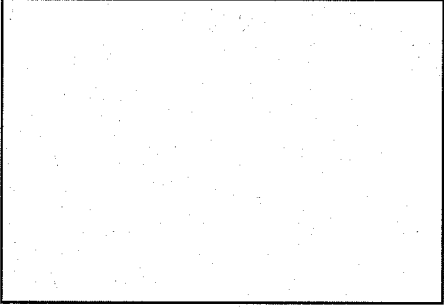
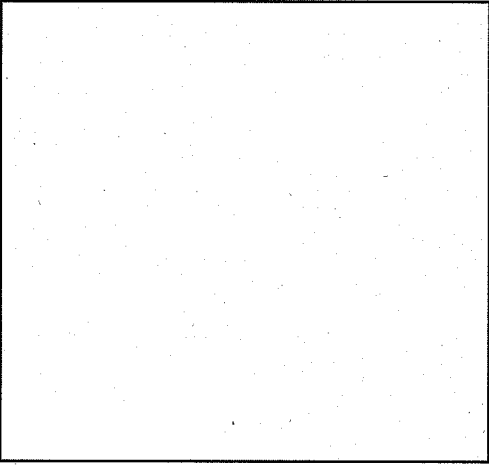
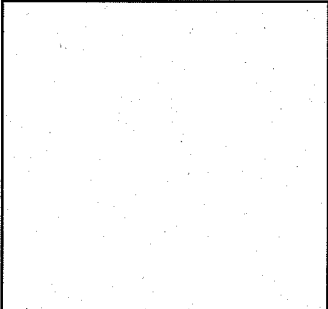
(参)- 第A.5表 溶接開先図 (その2)

単位 (mm)

溶接線番号	位 置	開 先 の 形 状 と 寸 法
WC-1	フランジと内胴上部	
WC-2 WL-3	内胴上部と内胴中央 内胴下部と内胴中央	
WC-4	内胴下部と底板	
WC-5~7 WC-10~12	上部鏡板と外胴上部、 外胴上部 下部鏡板と外胴下部、 外胴下部	

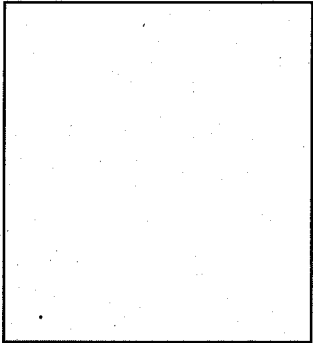
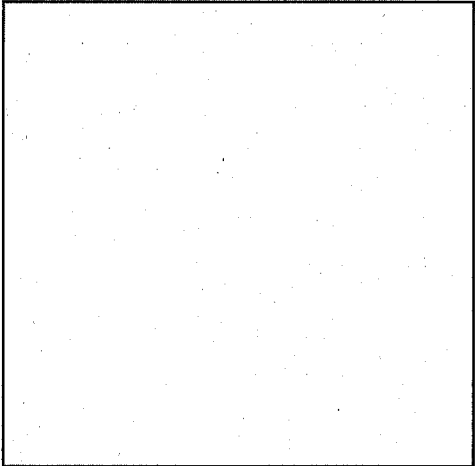
(参)- 第A.5表 溶接開先図 (その3)

単位 (mm)

溶接線番号	位 置	開 先 の 形 状 と 寸 法
WC-8 WC-9	外胴上部と外胴中央 外胴下部と外胴中央	
WC-13	外胴上部端板と上部鏡板	
WC-14	中間胴と外胴上部端板	

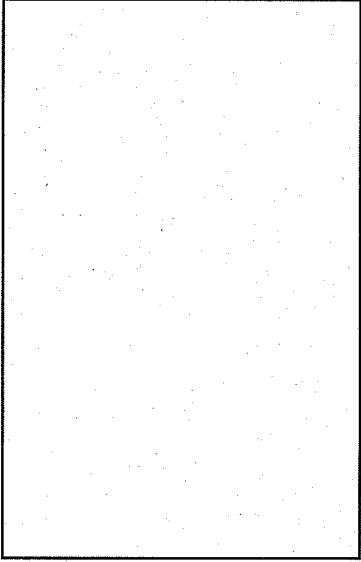
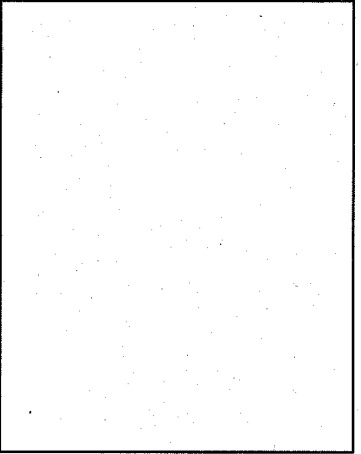
(参)- 第A.5表 溶接開先図 (その4)

単位 (mm)

溶接線番号	位 置	開 先 の 形 状 と 寸 法
WC-15	フランジと中間胴	
WC-16	外胴下部端板と下部鏡板	

(参)- 第A. 5表 溶接開先図 (その5)

単位 (mm)

溶接線番号	位 置	開 先 の 形 状 と 寸 法
WA-1	吊具と補強板	
WA-2, 3	側板と補強板	

A.3.7 溶接の品質保証計画・その他

溶接施行法、溶接士の資格、溶接用材料の管理等は、品質保証を確立するため、製作者は、以下に示す要領に従って溶接作業を行う。

- (1) 製作設計において、主要な溶接継手には溶接線番号を付け、製作図面に示す。溶接施行の文書の上での管理は、すべてこの溶接線番号で行う。
- (2) 溶接施行法は、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第16条及び第46条の要件である科学技術庁長官の認可を受けた方法を適用する。また、主な溶接部に対して溶接施行要領書を作成し、前述の溶接施行法と照合を明らかにし、溶接方法、溶接施行厚さの範囲、母材の材質、溶接棒の銘柄などを記載し、溶接条件を明記する。
- (3) 作業員は、溶接施行要領書を基に作成した溶接指令書を発行し、溶接後は施行記録を残す。
- (4) 溶接士は、科学技術庁長官の確認を受けた資格を有するものとする。
- (5) 溶接用の材料の取扱いは、それぞれの取扱規定を設け、管理を行う。
- (6) 溶接棒の保管は、銘柄、棒径ごとに区分し、管理を行う。また、被覆アーク溶接棒については、棒の乾燥についても規定する。
- (7) 溶接機は、管理基準により定期点検の義務付け、方法等を規定する。
- (8) 溶接部の検査は、製作図と検査要領書に示し、判定基準も明確にしておく。

A.4 シャへい体の製作法

本容器には、中性子しゃへいを目的とした を中央内胴の外周に取り付けている。 は、主剤に硬化剤と促進剤を規定の割合で加え、攪拌し、脱泡する。そして、別に作ったリング状の金型に を流し込み、硬化を待って型を外す。最後に、所定寸法になるまで機械加工する。

A.5 弁等の付属機器の製作法

本容器に用いている弁は、蓋に取り付けたバルブとカブラである。バルブは試料採取用の弁で、密封装置の一部を構成し、市販品を用いる。カブラはリークテスト孔用の弁であり、特注品を用いる。

A.6 組立て等その他の製作法

容器本体、蓋、保護蓋及び燃料集合体ホルダは、以下に示す製作法の組合せにより製作する。なお、各部の組立手順及び方法は、(参)-第A.2図に示す。

(1) マーキングと切断

- 1) 製作図に基づき各材料の材料検査を実施した後に、所定の寸法に切断する。切断に際しては、各部品にマジックインキにより部品番号をマーキングする。
- 2) []の切断は、[]、[]あるいは[]により行う。
- 3) 切断面は、機械加工、グラインダ加工などにより仕上げる。

(2) 開先加工

- 1) 開先の加工は、機械又はグラインダにより所定の形状に加工する。
- 2) 開先加工の後処理として、開先面の汚れをアセトン又はアルコールで洗浄する。

(3) 成型加工

1) 成型加工の前準備

- 1-1 成型加工機（プレス加工、ローラ曲げ加工、機械加工など）は、[]
[]を加工しても支障のないように、材料と直接接触する部分を十分に洗浄する。
- 1-2 溶接歪の防止治具として[]製のものを使用する場合で、[]
[]と直接接触する箇所には、[]によりライニングを施す。また、[]部分は塗料により養生をする。

2) プレス及びベンディングロール加工

- 2-1 胴板等の端曲げ加工に際しては、プレーキプレス又は油圧プレスを使用しRゲージでチェックしながら正確に加工する。
- 2-2 プレスの押し型の先端は、丸みのあるものを使用し、材料に傷が付かぬよう注意して加工する。
- 2-3 胴板の巻き加工は、ベンディングロールを使用し、Rゲージでチェックしながら正確に巻き加工する。

(4) 開先合わせ

- 1) 開先合わせの仮付け溶接は、工作物の形状を正しく保持し、部品の角、端、強度上重要な部分など応力集中するような箇所を避けて行う。
- 2) 仮付け溶接後は、スラグ、スパッタなどの溶接に有害な物を十分に除去し、仮付け溶接部に割れ又は溶け込み不良などが無いことを確認する。
- 3) 仮付け部に上記の不備がある場合は、グラインダにて不良部を除去し、手直しを行う。
- 4) 仮付け溶接を行う溶接士は、本溶接を行う溶接士と同等の資格を有するものとする。

(5) 機械加工

- 1) 溶接部の機械加工を行う場合は、機械加工後に溶接部の液体浸透探傷試験を実施し、欠陥のないことを確認する。
- 2) を切削する場合は、旋盤の爪に当たる箇所は板を当てて養生する。
- 3) 機械加工寸法は図面の指示に従い、特に組立て時の取合い部の寸法については十分に注意して加工する。
- 4) 機械加工の後に、角の面取りを行い、返りを残さないようにする。

(6) 洗浄

洗浄は、出荷前に酸洗及びアセトンなどにより行い、塵埃、汚れを除去する。

(7) 組立てと仕上げ

- 1) 組立作業は、各部の取合寸法に注意して行う。
- 2) ボルトの締付けに際しては、片締めにならないように注意して作業する。
- 3) については、傷を付けないように取扱いを注意する。

(参)-B 試験、検査方法等

本項は、各試験、検査項目ごとに、試験、検査方法と時期並びに判定基準について以下に述べる。

B.1 材料検査

(ロ)章で述べられた各解析に係る材料は、ミルシートにより規格に示す所定の性能を満足していることを確認する。

□の判定基準は、それぞれ JIS規格によるものとする。緩衝材である□□と□□は、原材料の材料証明を確認する。□□と□□は、原料の材料証明と充填前に混合比を確認する。また、Oリングについても材料試験報告書を確認する。

B.2 寸法検査

寸法測定は、(ハ)章に基づいて管理されている巻尺、ノギス、マイクロメータ等を用いて検査を行う。

(1) 中間検査

半製品となった時点で実施するもので、主要寸法に対して寸法検査を行う。判定基準は(参)-第B.1図～(参)-第B.4図に示す公差内とする。公差記入なき寸法は、次の(イ)削り加工品及び(ロ)缶製品の表による。

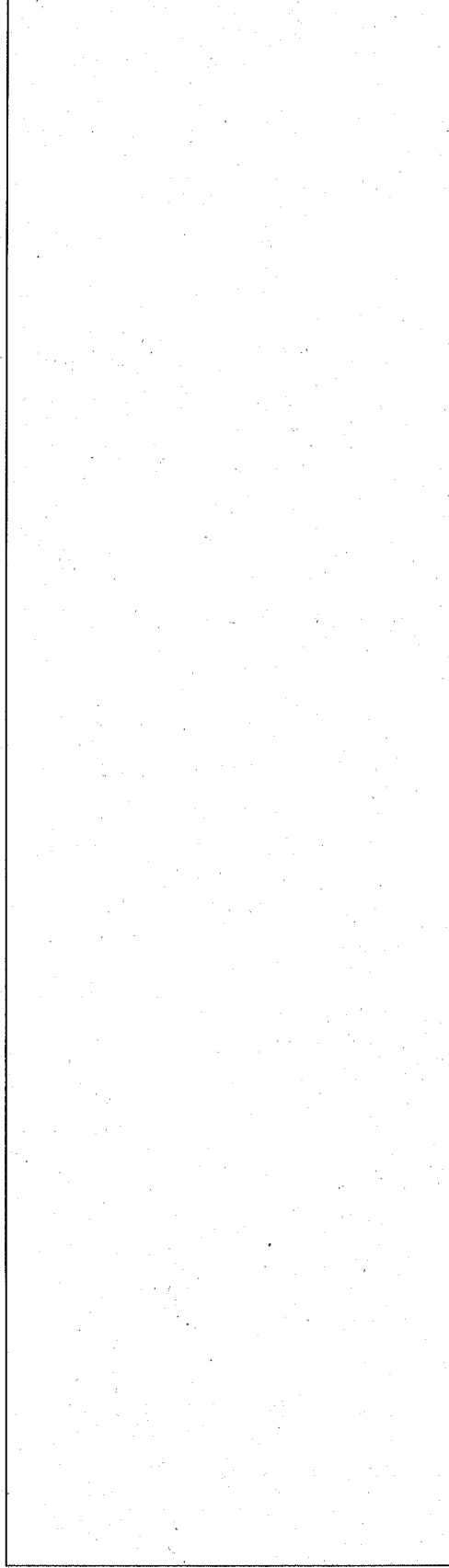
(イ) 削り加工品 (単位 mm)

呼び寸法の区分		寸法差
	6 以下	±0.1
6 を超え	30 "	±0.2
30 "	120 "	±0.3
120 "	315 "	±0.5
315 "	1000 "	±0.8
1000 "	2000 "	±1.6

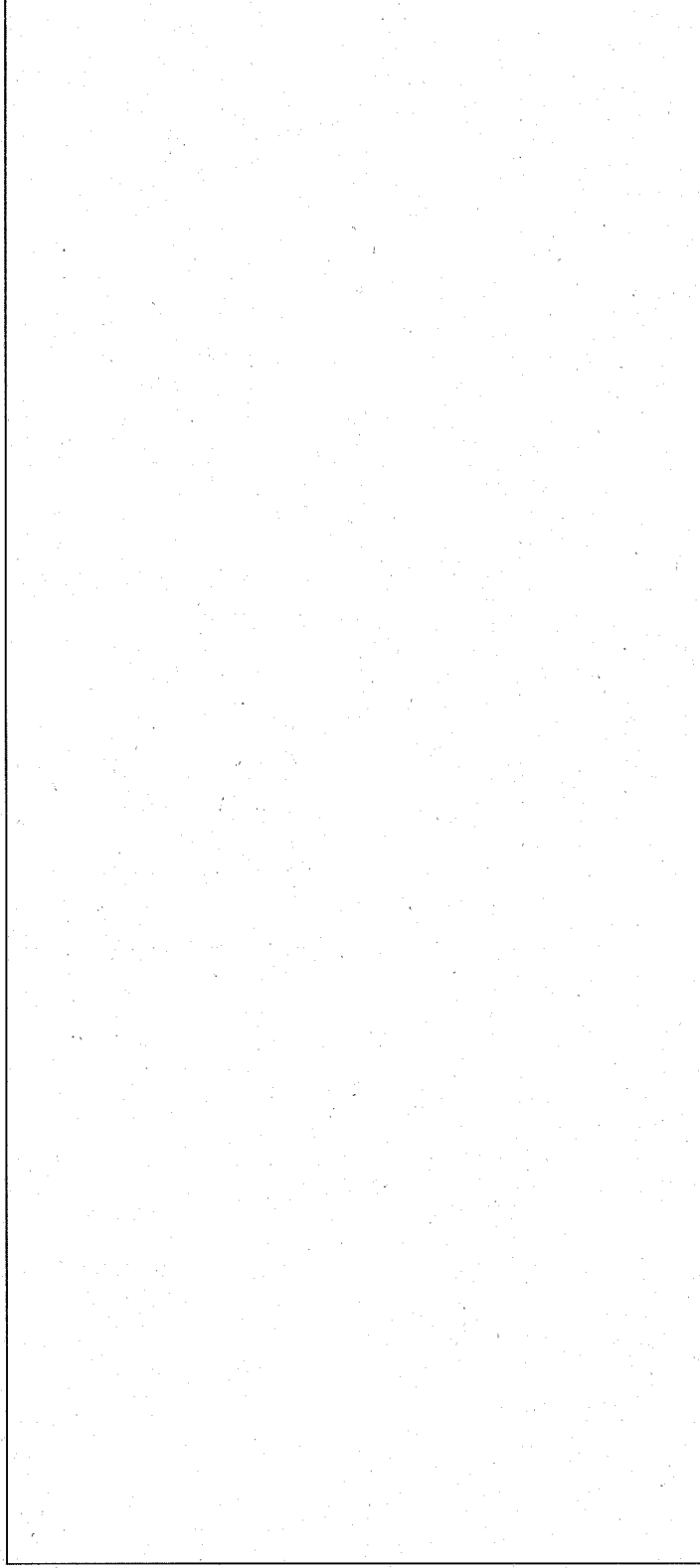
(ロ) 缶製品 (単位 mm)

呼び寸法の区分		寸法差
	250 以下	±3.5
250 を超え	500 "	±5.0
500 "	1000 "	±7.0
1000 "	2000 "	±11
2000 "	4000 "	±16

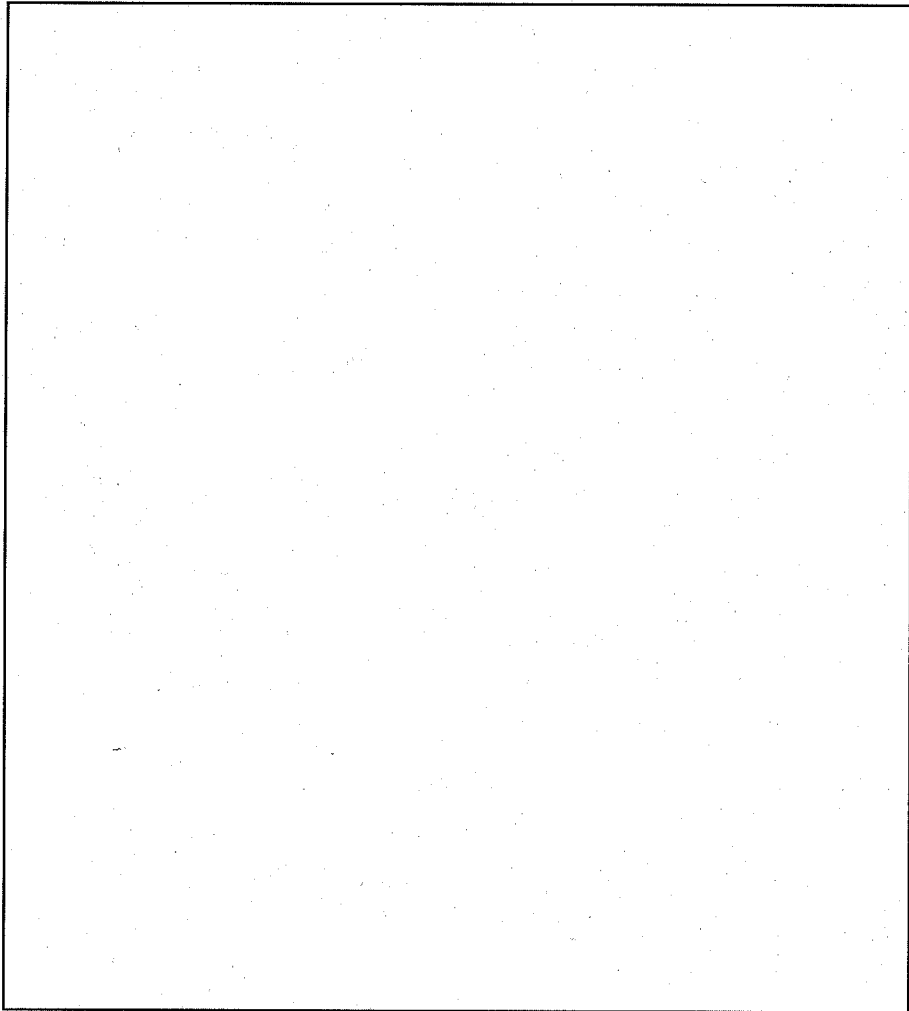
胴の真円度：最大－最小 ≤ 胴径の 1%
ただし、最大 20mm



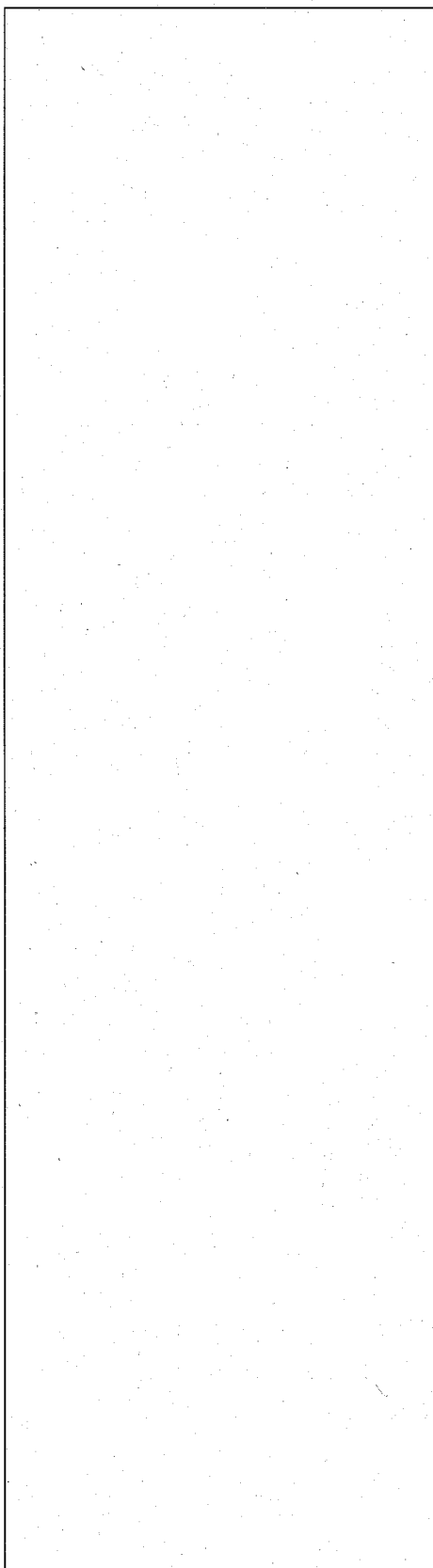
(参)-第B.1 図 容器本体の寸法検査部位



(参) 箱B、2図 蓋の寸法検査部位



(参)-第B.3 図 保護蓋の寸法検査部位



(参)-第B-4図 燃料集合体ホルダの寸法検査部位

(2) 最終検査

完成品となった時点で実施するもので、組立図の主要寸法に対して寸法検査を行う。判定基準は、中間検査のものと同じとする。

B.3 溶接検査

溶接検査は、製作中の中間検査のときに実施する。検査内容、方法、判定基準については、以下に述べる。

(1) 目視検査

すべての溶接線に対して実施する。目視にて溶接線の表面を観察し、アンダーカット、クラック等の有害な欠陥の有無を調べる。

判定基準：有害な欠陥のないこと。

(2) 開先寸法検査

開先寸法検査は、開先形状、ルート間隔、板の食い違いの3点について確認する。

判定基準：所定の公差内にあること。

(3) 浸透探傷試験

JIS Z 2343 に規定されている「浸透探傷試験方法及び欠陥指示模様の等級分数」に基づき、

□の溶接線に対して浸透探傷試験を実施し、判定基準を満足していることを確認する。

- (a) 前処理；検査部表面を洗浄液又はアセトンで十分に洗浄した後、5分間以上自然乾燥を行う。
- (b) 浸透処理；検査部表面温度が3℃～50℃であることを確認する。浸透液は浸漬法、ハケ塗り又は吹付け法により均一に適用する。浸透時間は、15分間以上とする。
- (c) 洗浄処理；洗浄は表面に付着している余剰の浸透液だけを除去するものとし、欠陥中に浸透している液を流出するような過液の洗浄をしない。また、洗浄は布に洗浄液をしみ込ませて拭き取る。なお、余剰浸透液の除去液、被検査面は、現像液の適用の前に5分間以上自然乾燥を行う。
- (d) 現像処理；余剰浸透液の除去後、現像液を適用する。この際、現像液を十分攪拌した後、吹付け法により薄く均一に適用する。
- (e) 観察；現像液の乾燥後、7～30分間に観察する。
- (f) 後洗浄；観察後、洗浄液又はアセトンで被検査部表面を完全に洗浄する。

判定基準：総理府令第74号による。

(4) 放射線透過検査

放射線透過検査は、内胴の溶接部についてのみJIS Z 3106 に従って実施する。

判定基準：総理府令第74号による。

B.4 外観検査

製作中の中間検査、製作完了時の最終検査において実施し、その方法は目視して観察するものであり、次の項目についての検査を行う。

- (1) 形状、取付位置等が図面どおりであることを確認する。
- (2) 外観上の傷、切削部の返り等、不手際な部分のないことを確認する。
- (3) 表面仕上面が製作図面どおりであることを確認する。
- (4) 腐食、汚れ等のないことを確認する。

B.5 耐圧検査

耐圧検査は、製作中には内胴中央部と内胴全体について、製作完了後には容器本体と蓋について実施する。製作中の検査では、容器内部に気圧245 kPaG以上を加え、30分以上放置した後に溶接線に発泡剤を注いで目視により異常若しくは漏えいのないことを確認する。製作完了後の検査では、容器内部に気圧245 kPaG以上を加え、30分以上放置した後に49 kPaG以上の圧力減少がないこと、若しくは輸送容器を目視により検査し、異常がないことを確認する。

B.6 気密漏えい検査

気密漏えい検査は、製作完了後に行う。製作中には内胴中央部と内胴全体について、製作完了後には容器本体と蓋について実施する。製作中の検査では、内胴の外部をヘリウムガスで覆い、内胴内部に漏れてくるヘリウムを検出器で測定する。製作完了後の検査では、蓋のバルブから内容器内をヘリウムガスに置換して、バルブとシール部からのヘリウム漏えい量を検出器で測定する。いずれの場合も、漏えい率が $1 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{sec}$ ($1 \times 10^{-5} \text{ atm} \cdot \text{cc} / \text{sec}$) 以下であることを確認する。

B.7 シャヘい性能検査

本収納物は未照射燃料であり、輸送物外表面より1 m離れた位置における線量当量率は、最大 $5.8 \times 10^{-2} \text{ mSv/h}$ である。

本輸送容器においては、シャヘい性能検査を実施しない。ただし、シャヘい性能上重要な中性子シャヘい材 () の比重を材料検査の一部として確認する。

B.8 シャへい寸法検査

B.2 に示した寸法検査と同様の検査を行い、公差内にあることを確認する。

B.9 伝熱検査

本輸送容器においては、伝熱検査を実施しない。ただし、本輸送容器の伝熱特性上重要な断熱緩衝材の比重と伝熱板の材料を材料検査により、断熱緩衝材と伝熱板の厚さを寸法検査により確認する。

B.10 吊上荷重検査

吊具に輸送物重量 () の2倍の荷重をかけて検査する。吊上げ前後に吊具の溶接部に対し浸透探傷試験等を行い、有害な欠陥、変形がないことを確認する。

B.11 重量検査

重量検査は、輸送容器の製作完了時に行う。総重量算出は、個々の単品を測定し、その総和を求める方法又は組立総重量を測定する方法によって行う。

輸送容器の総重量が 以下であることを確認する。

B.12 未臨界検査

燃料集合体ホルダの外観及び寸法検査を行う。

B.13 作動確認検査

バルブの開閉操作に支障がないことを確認する。

B.14 取扱い検査

輸送容器は製作完了後、次の操作性について確認する。

- (1) 輸送容器内に燃料集合体ホルダが円滑に挿入できること。
- (2) 蓋を取り付け、所定の締付トルクでボルト締めを行い、異常のないことを確認する。
- (3) 保護蓋を取り付け、ボルト締めを行い、異常のないことを確認する。
- (4) 輸送容器を横置きにし、吊り上げて、異常のないことを確認する。

輸送容器に係る品質管理の方法等
(設計に係るものに限る。)に関する説明書

輸送容器に係る品質管理の方法等 (設計に係るものに限る。)に関する説明書

申請者による核燃料輸送物の設計，製作，取扱い及び保守（以下「輸送容器の設計，製作等」という。）に係る全般的な品質管理の基本方針を記述する。

なお，本品質マネジメントシステムは，JIS Q 9001:2015（ISO 9001:2015）に基づき，国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の核燃料サイクル工学研究所が行う品質保証活動に係る要求事項を定めたものである。

A. 品質マネジメントシステム

A.1 一般要求事項

核燃料サイクル工学研究所所長（以下「所長」という。）は，法令要求事項，組織外及び組織内からの要求事項への適合を保証するため，輸送容器の設計，製作等に係る品質マネジメントシステムを確立し，文書化し，実施し，維持する。また，その品質マネジメントシステムの有効性を継続的に改善する。

所長は，プルトニウム燃料技術開発センター長（以下「プルセンター長」という。）に次の事項を実施させる。

- a) 品質マネジメントシステムに必要なプロセス及びそれらの組織への適用を明確にする。
- b) これらのプロセスの順序及び相互関係を明確にする。
- c) これらのプロセスの運用及び管理のいずれもが効果的であることを確実にするために必要な判断基準及び方法を文書において明確にする。
- d) これらのプロセスの運用及び監視の支援をするために必要な資源及び情報を利用できることを確実にする。
- e) これらのプロセスを監視し，適用可能な場合には測定し，分析を実施する。
- f) これらのプロセスについて，計画どおりの結果を得るため，かつ，継続的改善を達成するために必要な処置をとる。

A.2 品質保証計画

所長は，次の事項を含む「輸送容器の設計，製作等並びに輸送に係る品質保証計画書」

を策定し,維持する。

- a) 品質マネジメントシステムの適用範囲
- b) 品質マネジメントシステムについて確立された文書化された手順
- c) 品質マネジメントシステムのプロセス間の相互関係に関する記述

A. 3 品質方針

所長は, 次の事項に適合した品質方針を定める。

- a) 組織の目的に対して適切であること。
- b) 要求事項への適合及び品質マネジメントシステムの有効性の継続的な改善に対するコミットメントを含むこと。
- c) 品質目標の設定及びレビューのための枠組みを与えること。
- d) 組織全体に伝達され, 理解されること。
- e) 適切性の持続のためにレビューされること。

A. 4 品質目標

- (1) 所長は, 品質方針を踏まえ, 品質目標を策定する。
- (2) プルセンター長は, 所長が定めた品質目標を達成するために, 品質目標を定め, 品質目標を達成するための要求事項を策定し, 文書化する。
- (3) 品質目標の策定に当たっては, 次の事項に留意する。
 - a) 品質方針との整合がとれていること。
 - b) 品質目標には, 要求事項を満たすために必要なものを含める。
 - c) 達成度が判定可能な目標であること。

A. 5 文書管理

所長及びプルセンター長は, 品質保証活動に必要な文書管理のための文書及び記録の管理に係る要領を定める。

A. 6 品質記録の管理

所長及びプルセンター長は, 品質保証活動に必要な記録の管理のための文書及び記録の管理に係る要領を定める。

B. 申請者の責任

B.1 経営者のコミットメント

所長は、品質マネジメントシステムの構築及び実施並びにその有効性を継続的に改善することに対するコミットメントの証拠を次の事項によって示す。

- a) 要求事項を満たすことの重要性を組織内に周知する。
- b) 品質方針を設定する。
- c) 品質目標を策定するとともに、プルセンター長に品質目標を策定させる。
- d) マネジメントレビューを実施する。
- e) 必要な資源を提供する。

B.2 品質方針

輸送容器の設計、製作等に関し、以下の方針で品質マネジメントシステムの下に活動を展開する。

- (1) 安全確保を最優先とする。
- (2) 法令及びルール（自ら決めたことや社会との約束）を守る。
- (3) 情報共有及び相互理解に、不断に取り組む。
- (4) 品質目標とその活動を定期的にレビューし、継続的な改善を徹底する。

B.3 品質目標

輸送容器の設計、製作等に関し、品質方針を踏まえ、以下の品質目標の下に活動を展開する。

- (1) 法令等の改正内容を、品質保証活動に必要とされる文書へ確実に反映する。
- (2) コミュニケーションを通じた現場の課題等の情報共有と相互理解を推進するための活動を行う。また、MO等を通じた仲間を尊重して風通しの良い作業環境を向上するための活動を行う。
- (3) 活動を定期的にレビューし、必要な改善を行う。

B.4 組織

品質マネジメントシステム遂行に係る申請者の品質マネジメント体制図を(別記-2)-第B.1図に示す。

(1) 核燃料サイクル工学研究所長

所長は、輸送容器の設計、製作等に係る業務を総括する。

(2) 品質保証管理責任者

品質保証管理責任者は、所長から指名され、輸送容器の設計、製作等の品質保証活動に関する管理責任者としての業務を行う。

(3) 主任監査員

主任監査員は、所長から指名され、与えられている他の責任と関わりなく、内部監査を実施する。

(4) 保安管理部長

保安管理部長は、施設安全課長を指揮し、輸送容器の設計、製作等に係る業務における所長及び品質保証管理責任者の品質保証活動に関する調整業務等を統括する。

(5) 保安管理部施設安全課長

保安管理部施設安全課長は、輸送容器の設計、製作等に係る業務における所長及び品質保証管理責任者の品質保証活動の調整に係る業務を行う。

(6) プルトニウム燃料技術開発センター長

プルセンター長は、プルトニウム燃料技術開発センター（以下「プルセンター」という。）が行う輸送容器の設計、製作等に係る業務を統括する。

(7) プルセンター技術部長

プルセンター技術部長は、技術部内の輸送容器の設計、製作等に係る業務を統括する。

(8) プルセンター技術部核物質管理課長

プルセンター技術部核物質管理課長は、輸送容器の設計、製作等に係る業務を行う。

(9) プルセンター技術部品質保証課長

プルセンター技術部品質保証課長は、輸送容器の設計、製作等に係る業務におけるプルセンターの品質保証活動の調整に係る業務を行う。

(10) 核燃料サイクル工学研究所品質保証委員会

核燃料サイクル工学研究所品質保証委員会は、所長の諮問を受け、輸送容器の設計、製作等に係る業務の品質保証活動に関する重要事項を審議検討する。

(11) 核燃料サイクル工学研究所安全専門委員会

核燃料サイクル工学研究所安全専門委員会は、所長の諮問を受け、輸送容器の安全に関して、審議検討する。

(12) プルトニウム燃料技術開発センター安全専門委員会

プルトニウム燃料技術開発センター安全専門委員会は、プルセンター長の諮問を受け、輸送容器の安全に関して、審議検討する。

B.5 管理責任者

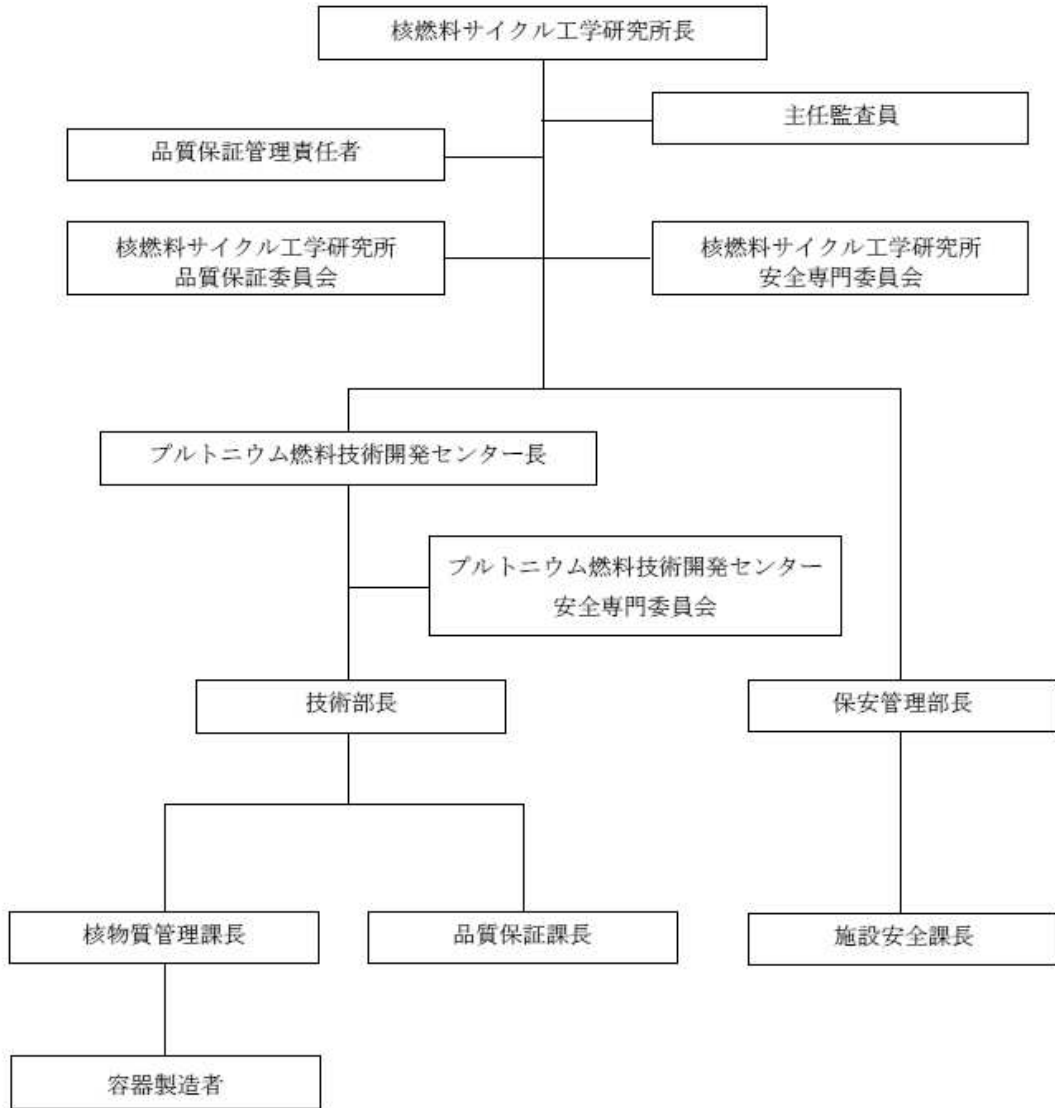
(1) 所長は、品質保証に係る業務の管理責任者として、「品質保証管理責任者」を指名する。

(2) 品質保証管理責任者は、与えられている他の責任と係わりなく、次に示す責任及び権限を持つ。

a) 品質マネジメントシステムに必要なプロセスの確立、実施及び維持を確実にすること。

b) 品質マネジメントシステムの成果を含む実施状況及び改善の必要性の有無について所長へ報告すること。

c) 従事する者に対して、要求事項に対する認識を高めることを確実にすること。



(別記-2) - 第 B.1 図 品質マネジメント体制図

C. 教育・訓練

C.1 一般

所長は、輸送容器に係る安全の達成に影響がある業務に従事する者について、適切な教育、訓練、技能及び経験を判断の根拠とした力量を有する者をあてる。

C.2 力量、教育・訓練及び認識

プルセンター長は、教育・訓練の管理に係る要領に従い、核物質管理課長に次の事項を実施させる。

- a) 輸送容器に係る安全の達成に影響がある業務に従事する者に必要な力量を明確にする。
- b) 必要な力量をもてるように、教育・訓練を行うか、又は他の処置を実施する。
- c) 教育・訓練又は他の処置の有効性を評価する。
- d) 従事する者が、自らの活動のもつ意味及び重要性を認識し、品質目標の達成に向けて自らがどのように貢献できるか認識させる。
- e) 教育、訓練に係る実施結果及び評価結果は、品質記録として管理する。

D. 設計管理

核物質管理課長は、輸送容器の設計・開発の要求事項を満足するために、設計管理に係る要領に従い、輸送容器の設計・開発管理を行う。

D. 1 設計・開発の計画

- (1) 輸送容器の設計・開発の計画を策定し、管理する。
- (2) 効果的なコミュニケーション及び責任の明確な割当てを確実にするため、設計・開発に関与する関係者間のインターフェースを運営管理する。
- (3) 設計・開発の進行に応じて、策定した計画を適切に更新する。

D. 2 設計・開発へのインプット

- (1) 要求事項に関連するインプットを明確にし、記録を維持する。
- (2) 要求事項に関連するインプットについて、その適切性をレビューする。その要求事項は、漏れなく、曖昧でなく、かつ、相反することがないようにする。

D. 3 設計・開発からのアウトプット

設計・開発からのアウトプットは、設計・開発へのインプットと対比した検証を行うのに適した形式とし、リリース（次工程への引渡し）の前に承認を行う。

D. 4 設計・開発のレビュー

- (1) 設計・開発の適切な段階において、次の事項を目的として、計画されたとおりに体系的なレビューを行う。
 - a) 設計・開発の成果が、要求事項を満たせるかどうかを評価する。
 - b) 問題を明確にし、必要な処置を提案する。
- (2) レビューの参加者に、レビューの対象となっている設計・開発段階に関連する部署を代表する者を含める。

D. 5 設計・開発の検証

- (1) 設計・開発からのアウトプットが、設計・開発へのインプットで与えられている要求事項を満たしていることを確実にするために、計画されたとおりに検証を実施する。

- (2) この検証は、設計・開発に直接関与していない者が実施する。

D. 6 設計・開発の妥当性確認

- (1) 結果として得られる輸送容器が、指定された用途又は意図された用途に応じた要求事項を満たしていることを確実にするために、設計計画書に従って、設計・開発の妥当性確認を実施する。
- (2) 適切な段階において、必要に応じて以下に示す委員会等で審議を受ける。
- ・核燃料サイクル工学研究所安全専門委員会及びその専門部会
 - ・プルトニウム燃料技術開発センター安全専門委員会及びその専門部会

D. 7 設計・開発の変更管理

- (1) 設計・開発の変更内容を明確にし、記録を維持する。
- (2) 変更に対して、レビュー、検証及び妥当性確認を適切に行い、その変更を実施する前に承認する。このレビューには、その変更が、輸送容器を構成する要素及び関連する輸送容器に及ぼす影響の評価を含める。

E. 輸送容器の製造発注

核物質管理課長は、法令の技術上の基準、設計承認申請書の設計仕様、容器承認申請書の製作方法等の調達要求事項に適合することを確実にするため、調達管理に係る要領に従い、以下の内容を実施する。

E.1 輸送容器製造者の評価

発注先の選定に当たっては、選定、評価及び再評価の基準を定め、発注先の納入実績等に基づいて技術的能力や品質保証体制を評価又は再評価する。輸送容器製造者の能力の評価・選定に当たっては、必要に応じ、次の事項を考慮する。

- a) 輸送容器の製作に関する技術及び従事する者並びに製作設備
- b) 輸送容器製造者の品質方針、品質管理計画及びそれらの実施状況
- c) 輸送容器又は類似のものに関する供給実績
- d) 輸送容器又は類似のものに関する使用実績及び品質に関する記録
- e) 試作品、サンプル等の評価

E.2 輸送容器製造者への品質マネジメントシステム要求事項

輸送容器製造者に対して、適切な品質を確保させるため、核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に係る核燃料輸送物設計承認及び容器承認等に関する申請手続ガイド「別添 輸送容器の製作の方法に関するマネジメント指針」に規定されている「Ⅲ. 容器製造者による品質マネジメントの内容」に適合する品質管理が行われていることを確認する。

E.3 輸送容器の製作に係る検査及び品質監査による検証

輸送容器製造者に対して、規定した要求事項を満たしていることを確実にするために、「輸送容器の設計、製作等並びに輸送に係る品質保証計画書」に基づいて、輸送容器の製作時検査及び品質監査を実施する。

F. 取扱い, 保守

核物質管理課長は, MONJU-F 設計承認申請書 (別紙記載事項) ハ章に示す核燃料輸送物の発送前検査, 輸送容器の保守に関する作業マニュアルを策定し, 実施する。

G. 測定、分析及び改善

G. 1 内部品質監査

所長は、主任監査員を指名し、内部監査組織を設置し、品質マネジメントシステムの要求事項が満たされているか、効果的に実施され維持されているか否かを明確にするために、内部監査を年一回及び必要に応じて実施させる。

G. 2 不適合の管理

プルセンター長は、不適合管理に係る要領に基づき不適合の管理を実施するとともに、発生した不適合について処置する。

G. 3 是正処置及び未然防止処置

(1) 是正処置

プルセンター長は、是正処置に係る要領に基づき、速やかに不適合の原因を究明し、再発防止を含めた是正処置を実施する。

(2) 未然防止処置

プルセンター長は、未然防止処置に係る要領に基づき、活動の実施によって得られた知見及び他の施設等から得られた知見の活用を含め、起こり得る不適合が発生することを防止するため、未然防止処置を実施する。