

## JMHL-78Y15T型核燃料輸送物の核燃料輸送物設計変更承認申請に係るコメントへの回答について

本資料は、JMHL-78Y15T型核燃料輸送物の核燃料輸送物設計変更承認申請に関するヒアリングにて受けたコメント及びその回答をまとめたものである。  
以下、表1にヒアリングにて受けたコメント及びその回答を記載する。

表1 JMHL-78Y15T型核燃料輸送物の核燃料輸送物設計変更承認申請のヒアリングにて受けたコメント及び回答一覧

No.	該当箇所	ヒアリングでのコメント (9月5日)	回答 (10月13日)	備考	対応状況	修正の要否
1	(ロ)章A ・ (ロ)章F	経年変化にかかる検討の結果、(ロ)章Fで記載されている考慮内容についてその具体を(ロ)章Aにて説明すること。(経年変化を踏まえ技術上の基準に対する適合性評価を行う上で考慮の要否と要とした場合の概略が記載F.3項に述べられているのは良い。	考慮内容の具体(計算)を(ロ)章A(A.4.4項、A.5.7項)に追記する。	10/13コメント 表現の見直し (語尾の修正) ・確認している。→ した。	済	要
2	(ロ)章A ・ (ロ)章B	密封内容物、密封容器及び格納容器の内圧について、規則第6条第1号の技術上の基準に運搬中に予想される温度、内圧の変化及び振動等に対し、亀裂破損のないことを求めていることから、安全解析書において以下のとおり追記すること。  ①温度の変化について、運搬中予想される温度の範囲を-20℃から38℃としていることから、当該の温度の範囲を考慮した熱膨張等の影響について。(A.5.1項)  ②温度の変化に伴う内圧の上昇について。(B.4.4項)  ③振動について、記載は共振しないこと、緩みのないこと等となっているが、技術上の基準は亀裂・破損の生じるおそれのないことを求めていることから、固有振動数と運搬中に予想される入力振動より応答増倍を明らかにした上で、運搬中に予想される加速度に増倍を考慮した場合にも輸送物の構造健全性が確保されること。(A.4.7項)	①A.5.1項に熱膨張等の影響に対し、亀裂破損のないことを追記する。  ② B.4.4項に内圧の変化に対し、亀裂破損のないことを追記する。  ③ A.4.7項に振動の影響に対し、亀裂破損のないことを追記する。	10/13コメント ①熱膨張の評価については、ももとの熱解析により、格納容器の厚肉で評価しても温度差が10℃であることから、温度変化が特にないことを示せば良い。	添付 1 参照  ②済 ③済	要

No.	該当箇所	ヒアリングでのコメント (9月5日)	回答 (10月13日)	備考	対応状況	修正の要否
3	(ロ)章A	9m 落下評価において構成部品の強度評価基準を旧告示 501 号等に示されていた材料強度を一律 25%増しとしており、根拠として ORNL の試験レポートが挙げられているが、当該のレポートにどのような事が記載され、本輸送物においても適用可能であることについて説明のこと。	ORNL の試験レポートにて、圧縮応力及び引張応力に係る静的及び動的な応力の関係性について示されている (Fig. 27)。本図にて、動的応力については、 $\sigma D = 4.33 \times 10^5 \epsilon + 60000$ 、静的応力については、 $\sigma S = 3.95 \times 10^5 \epsilon + 44000$ と示されている。 この定数の関係より ( $(60000-44000) / 60000 = 0.266$ )、9m 落下評価において構成部品の強度評価基準を 25%増しにしているものと考え。 なお、25%増しをしない場合において一部部材にて評価基準を満足できない場合がある。それら部材については破断しても、密封は担保できることからその旨を申請書に追記する。	10/13 コメント 一般的に認められているような文献のなかで、本輸送物にも適用可能であることを示せば良い。	添付 2 参照	要
4	(ロ)章A	落下時の収納物の評価として支持構造材の評価をもって健全であるとしていることの正当性について説明のこと	収納物は、試料スペーサにより密封容器内で保持されている。また、 <span style="background-color: black; color: black;">■■■■</span> を試料スペーサや収納物の緩衝材として用いている。よって、支持構造材が健全であればその収納物も健全であると考え。 その旨を申請書に追記する。	10/13 コメント 収納物の筒が健全であれば、核燃料物質等が漏えいしない (密封性が担保できる) ということを追記。 また、「支持構造材」の用語の説明が必要。	添付 3 参照	要
5	(ロ)章B	<span style="background-color: black; color: black;">■■■■</span> 及び <span style="background-color: black; color: black;">■■■■</span> について前者は最高使用温度 <span style="background-color: black; color: black;">■■■</span> °C、短期 <span style="background-color: black; color: black;">■■■</span> °C、後者は <span style="background-color: black; color: black;">■■■</span> °Cとなっているが、これらの根拠について説明のこと。特に前者については、これまで機構が申請、承認を受けた型式と比べ高いこと、また後者についてはいくつかのリングメーカーのカタログでは最高使用可能温度が <span style="background-color: black; color: black;">■■■</span> °C程度としているものもあることから、記載が正しいことについて説明のこと。	B. 4. 6、B. 5. 6 に示すとおり、リングに達する温度が <span style="background-color: black; color: black;">■■■</span> °Cを超えることから、リングの最高使用温度を <span style="background-color: black; color: black;">■■■</span> °C (短期 <span style="background-color: black; color: black;">■■■</span> °C) 及び <span style="background-color: black; color: black;">■■■</span> °Cの記載となっている。 また、高機能ゴム材質のリングは、使用温度 <span style="background-color: black; color: black;">■■■</span> °Cを超えるものがあるので、当該輸送容器では、最高使用温度を満足させるリングを使用する。 その旨を申請書に追記する。	10/13 コメント 参考文献へ適用可能なリングのカタログなどを追記すること。	添付 4 参照	要
6	(ロ)章B	(ロ)-第 B. 14 表の「通常時」「一般」について規則条項に則り、記載の適正化を図ること。	(ロ)-第 B. 14 表において、以下のとおり記載の適正化を図る、 ・通常時 → 一般の試験条件 (日陰) ・一般 → 一般の試験条件 (運搬時最高温度条件)		済	要

No.	該当箇所	ヒアリングでのコメント (9月5日)	回答 (10月13日)	備考	対応状況	修正の要否
7	(ロ)章B	熱解析モデル：一般及び特別の試験条件において緩衝体の変形を考慮しない方が保守側となることについてその妥当性について説明のこと。	自由落下試験により緩衝体に変形が生じる。熱解析では、緩衝体に変形し薄くなった場合、緩衝体による放熱抵抗が小さくなり輸送物の温度が低く評価されるため、緩衝体の変形を無視の方が安全側の評価となる。 その旨を申請書に追記する。	10/13 コメント 特別の試験条件下では、周囲温度を800℃で評価するため、この回答では、特別の試験条件下での妥当性について説明できていない。 例えば緩衝体の断熱効果が高いなどの理由により保守性を担保できるなど、記載について再度確認すること。	添付 5 参照	要
8	(ロ)章B	熱解析における参考文献において、当該輸送物に関係があるとは思えない文献（中性子遮蔽材）があるので必要な適正化を図ること。	他解析についても、関係のない文献の有無について確認し、適正化を図る。		済	要
9	各章	今回の申請で、今後輸送する予定のない収納物（F4、F6、F8、F11、F13、F17～F20）を削除したとしても、技術上の基準適合性に関する説明は対象を削除することで変更がないと理解したがその理解で正しいか。すなわち輸送の予定のある収納物の放射エネルギー、線源強度等を求めた上で最も厳しい収納物を解析対象とした、またチャンピオンとなる収納物は予定のない収納物にはないとしたということでの理解は正しいか。	ご理解のとおり、チャンピオンとなる収納物は、予定のない収納物にはない。ただし、A.6.1.1 垂直落下 2. 底部垂直落下 (8) 試料容器 (A) にて、収納物を F8→F10 へと変更しています。評価に必要な試料容器 (A) の重量Wを変更していないため問題無いと考える。		済	否
10	(ロ)章C	密封について、収納物の健全性は維持されることとして検討が成されているが、支持構造材の健全性を説明することで当該の前提を密封解析で用いることの正当性について説明のこと。	No.4と同様の回答 収納物は、試料スペーサにより密封容器内で保持されている。また、ロックウールを試料スペーサや収納物の緩衝材として用いている。よって、支持構造材が健全であればその収納物も健全であると考え。 その旨を申請書に追記する。	10/13 コメント No.4と同様	添付 3 参照	要

No.	該当箇所	ヒアリングでのコメント (9月5日)	回答 (10月13日)	備考	対応状況	修正の要否
11	(ハ)章	密封内容物、密封容器及び格納容器を密封境界としているが、それぞれの気密漏えい試験の方法(手順)を具体的に説明のこと。	<p>回答</p> <p>密封内容物</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>セル内でマニプレータを用いた遠隔操作により、密封内容物へカプラを接続する。セル操作室で発送前検査装置により、容器内を <math>1.07 \times 10^{-4}</math> MPa 以下まで真空引きし、30分放置した後、漏えい率が <math>1.0 \times 10^{-4}</math> std·cm<sup>3</sup>/s を超えないことを確認する。</li> </ul> <p>密封容器</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>サービスエリア(管理区域内)にて、カプラを密封容器へ接続し、圧縮空気又は窒素ガスで 0.16MPaG まで加圧し、30分放置した後、漏えい率が <math>6.94 \times 10^{-3}</math> std·cm<sup>3</sup>/s を超えないことを確認する。</li> </ul> <p>格納容器</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>サービスエリア(管理区域内)にて、カプラを格納容器へ接続し、圧縮空気又は窒素ガスで 0.16MPaG まで加圧し、30分放置した後、漏えい率が <math>6.5</math> std·cm<sup>3</sup>/s を超えないことを確認する。</li> </ul> <p>上記を申請書に追記する。</p>		済	要
12	(ロ)章C	気密漏えい試験における合格基準に基づく、一般および特別の試験条件のガス漏えい率算定式に係り一般の試験条件における動粘性係数を最高温度条件の値を用いているが、温度高→動粘性係数低となるため、保守性の確保が可能なのか?	<p>(ロ) 第B.3表に示すとおり、温度高→動粘性係数が高くなります。動粘性係数が低い方が、保守性が高くなります(動粘性係数が高い=伝わりにくい)。</p> <p>動粘性係数と粘性係数の関係は、動粘性係数×密度=粘性係数</p> <p>上記のとおり、式C-3において、最高使用温度における空気の絶対粘性係数は分母にきていますので、温度が低い方が絶対粘性係数が下がり、保守性が高くなります。</p> <p>一方、本評価は燃料装荷状態での評価であり、一般試験条件の状態として行っている。</p>		済	否
13	(ロ)章C	密封解析において、ソースタームについて、収納物に起因する核種の他、セル内のガス核種、ダスト核種、密封容器、格納容器表面の表面付着によるCo-60を対象としているがこれらの設定根拠について説明のこと。	<p>以下のとおり算出している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>核分裂生成ガス (FPの量×FPガス漏えい率)/密封容器内の空気容積</li> <li>セル内ガス状核種の汚染濃度 試料内の個別のガス状核種の量/試料内のガス状核種の総量×セル内検出限界</li> <li>セル内ダスト状核種の汚染濃度 試料内の個別の固体状核種の量/試料内の固体状核種の総量×セル内検出限界</li> <li>Co-60による表面汚染密度は、セル内スミヤを採取し実測により求めています。 表面汚染密度/(<math>3.7E+10 \times 60</math>) × (密封容器表面/密封容器内の空気容積)</li> </ul> <p>上記を申請書に追記する。</p>	10/13 コメント セル内検出限界についての用語の説明も追記すること。	添付 6 参照	要

No.	該当箇所	ヒアリングでのコメント (9月5日)	回答 (10月13日)	備考	対応状況	修正の要否
14	(ロ)章C	密封解析 C-5 式、C-6 式 ((ロ) -C-24 ページ) の物理的意味を説明のこと。 (何故、この式で放射能漏えい量となるのか理解出来ない) ガス中の総濃度 (g/cc) × (対象核種の量 (g) /全核種の量 (g)) × 対象核種の比放射能 × 体積漏えい量 = 核種の漏えい量となるが、それぞれの式が同じ意味を持つことを説明のこと。	C-5 式及び C-6 式と以下は同じ意味をもつ。 ガス中の総濃度 (g/cc) × (対象核種の量 (g) /全核種の量 (g)) × 対象核種の比放射能 × 体積漏えい量 = 核種の漏えい量  C-5 式にて対応箇所を示す。 $L_p = (C \times 10^6) \times A_{si} \times (A_{pi}/A_{si}) / (\sum A_{pi}/A_{si}) \times L_x \dots (C-5)$ <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <math>L_p</math> : 核種の漏えい量</li> <li>・ <math>(A_{pi}/A_{si}) / (\sum A_{pi}/A_{si})</math> : 対象核種の量/全核種の量</li> <li>・ <math>A_{si}</math> : 対象核種の比放射能</li> <li>・ <math>L_x</math> : 体積漏えい量</li> </ul>	10/13 コメント 説明を補足すること。また、Pu 同位体以外の固体状核種の漏えい率で、PuO <sub>2</sub> とともに漏えいすることにして理由を追記した方がよい。	添付 7 参照	要
15	(ロ)章E	臨界解析において、いずれの収納物も最小臨界量を下回る U235 量 Pu であることは理解するものの実効増倍率を算定する上で、収納物のモデル化について水の内部浸入程度の説明となっている。構造解析では収納物支持構造材の健全性評価が成されているが、その健全性のみを説明することで臨界解析の収納物のモデル化が適切であることについて説明のこと。また、核分裂性物質の量のみ (形状が無い) を比較して 1 収納物を代表としていることの正当性について説明のこと。	前提として、いただいたコメントにもあるとおり、本容器に収納する核燃料物質はいずれも臨界質量を十分下まわっており輸送物が単独に存在する場合には未臨界に保たれる。 輸送中、孤立系、核分裂性輸送物に係る一般の試験条件下及び特別の試験条件下の孤立系及び配列系に対して共通して適用できるモデルとし、解析モデルの境界条件として完全反射を採用することにより、孤立系及び配列系の別に関係なく無限個の配列を想定したモデルとなっている。 収納物のモデルについては、水の無い状態で核分裂性物質及び形状を変化させるよりも、水を輸送容器内部に侵入させた方が安全側と考える。	10/13 コメント 収納物 F 1 の 1 モデルを代表とした理由を追記すること。	添付 8 参照	要
16	(ロ)章G	(ロ)章Gの適合性説明においても、上記の確認事項を踏まえ該当する部分について適正化を行うこと。	上記コメント反映したものを、(ロ)章Gへ追記し、適正化を図る。		※	要
17	(ロ)章F	巻上装置について、(ロ)章Fで安全評価に影響ない旨、使用前に確認(保守)することなど記載し、経年変化の考慮を必要としないことを説明すること。	「F.2 安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価」にて、安全評価に影響ないことの説明を追記する。 [REDACTED]  例 巻上装置は、密封容器を格納容器に装荷するための装置であり、密封境界を担保しているものではない。また、使用前に確認(保守)を行うため、経年変化について考慮しない。		済	要

※ : (ロ)章Gの記載の適正化等は、コメント対応完了後に随時対応する。

資料 No.2 のコメント回答

※グレーハッチング部は  
変更内容を示す。

(ロ) 章A 構造解析

A.5.1.2 熱膨張

変更前

(文末)

したがって、余裕率は、

$$MS = \sigma_y / \sigma_{Ti} - 1$$

$$= \blacksquare - 1$$

$$= \blacksquare$$

変更後

(文末)

したがって、余裕率は、

$$MS = \sigma_y / \sigma_{Ti} - 1$$

$$= \blacksquare - 1$$

$$= \blacksquare$$

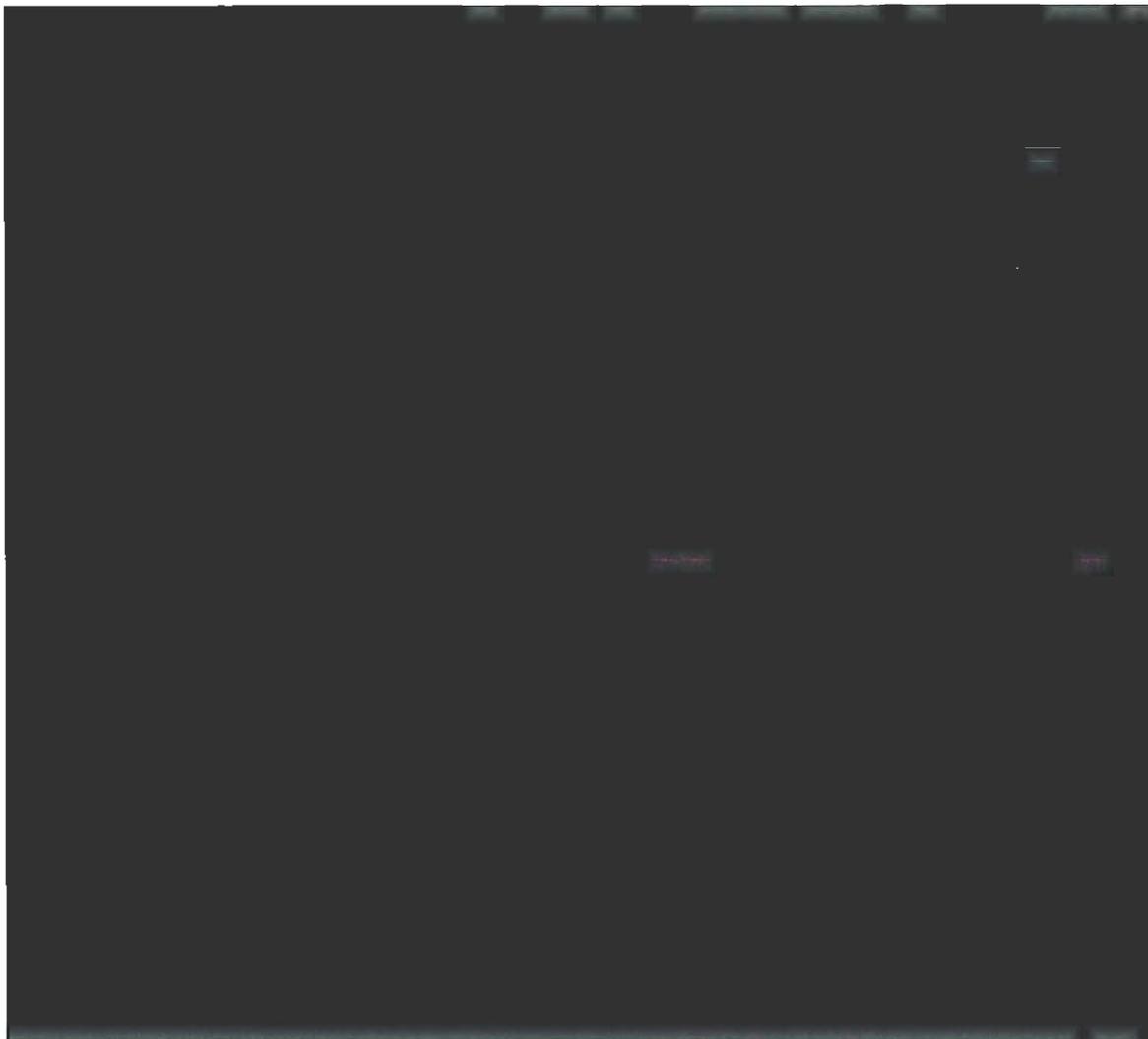
よって、格納容器に亀裂、破損等は生じず健全である。

なお、運搬中に予想される温度の変化 (-20℃～38℃) を考慮した場合、(ロ) ー第A.7表に示すとおり、格納容器は厚肉の中空円筒であるが、格納容器外面と内面の最高温度差が $\blacksquare$ ℃であり、温度差がほとんどないことから熱膨張による亀裂、破損等は生じず健全である。

資料 No.3 のコメント回答

参考文献 1 : 一般財団法人 日本機械学会

広域なひずみ速度域における SUS304 鋼の応力ひずみ曲線 fig.2 から引用



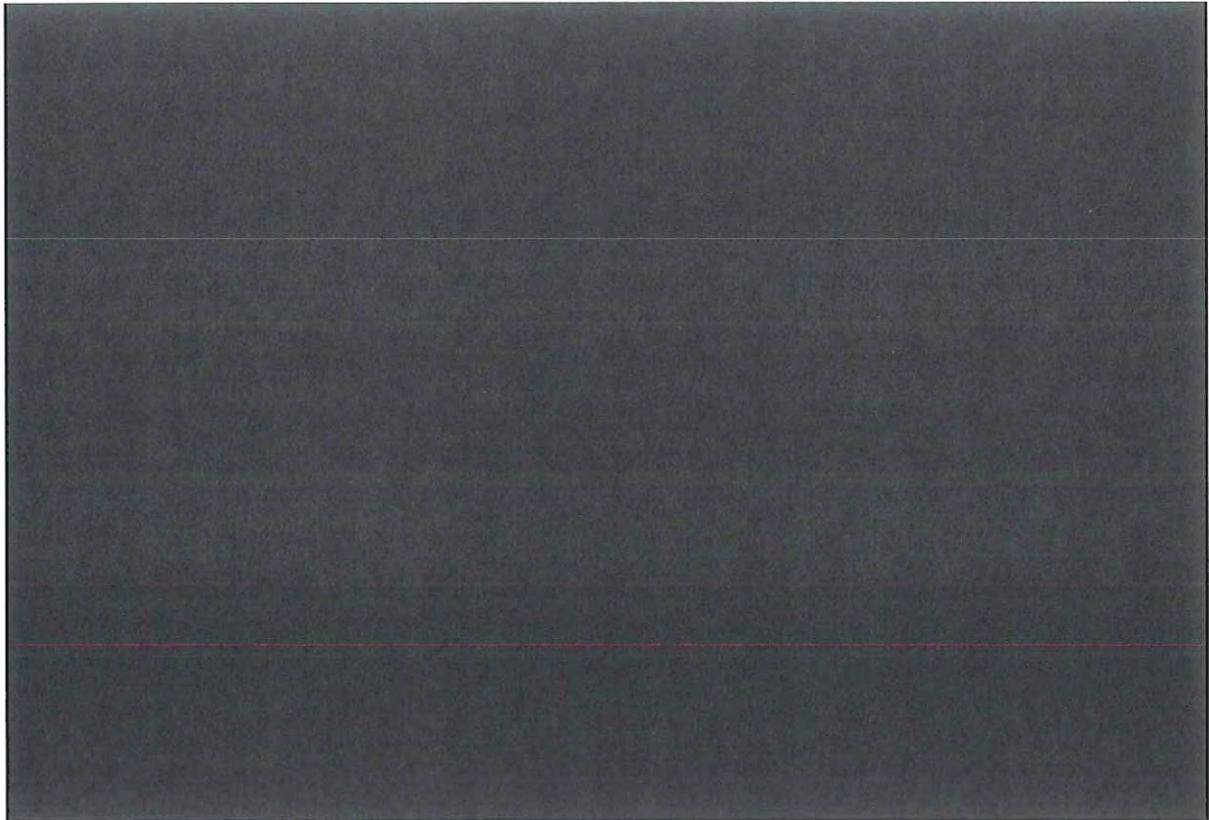
キャスクの落下によるひずみ速度の範囲

参考文献 2 : コンクリート構造物の衝撃挙動 表-2 衝撃問題の特性<sup>1)</sup>

・ 1) 土木学会 : 構造工学シリーズ 6 構造物の衝撃挙動と設計法  
から引用

参考文献 2 より、キャスクの落下によるひずみ速度の範囲は、                     (/s) である。このことから、落下による動的応力の範囲は、約        MPa ~        MPa であり、静的応力を        MPa とした場合、動的応力は約 1.2 倍 ~ 1.36 倍に増加する。

参考文献2：コンクリート構造物の衝撃挙動 表-2 衝撃問題の特性<sup>1)</sup>



※グレーハッチング部は  
変更内容を示す。

資料 No.4 のコメント回答

(ロ) 章A 構造解析

- ・ A. 6. 1. 1 垂直落下 1. 蓋部垂直落下 (12) 収納物
- ・ A. 6. 1. 1 垂直落下 2. 底部垂直落下 (9) 収納物
- ・ A. 6. 1. 2 水平落下 7. 収納物

変更前

本輸送容器の解析に用いる収納物の重量と支持構造材を下記に示す。

収納物	重量 (kg/体)	構造材寸法 (mm)	材 質
F1			
F2			
・			
・			

衝撃力による慣性力が収納物に働いた場合、収納物支持構造材に圧縮応力が生じる。この応力は次式で与えられる。

・

・

・

変更後

収納物内の燃料ピン等は、外筒・スペーサ等（以下「支持構造材」という。）により被覆・保持されている。支持構造材が健全であれば、密封性を維持できることから核燃料物質等が漏えいすることはない。

本輸送容器の解析に用いる収納物の重量と支持構造材を下記に示す。

収納物	重量 (kg/体)	構造材寸法 (mm)	材 質
F1			
F2			
・			
・			

衝撃力による慣性力が収納物に働いた場合、支持構造材に圧縮応力が生じる。この応力は次式で与えられる。

・

・

・

※グレーハッチング部は  
変更内容を示す。

### B.3 構成要素の仕様

#### 1. 空気漏えい試験用カプラ

材 質 : ステンレス鋼  
 最大使用圧力 : ■■■ MPa (仕様値 : ■■■ kg/cm<sup>2</sup>)  
 最高使用温度 : ■■■°C (常用)、■■■°C (1週間)

#### 2. パッキング

(1) O リン グ (参考文献に示す材料は相当品とする。)

a) 材 質 : ■■■■■<sup>20)</sup>  
 最高使用温度 : ■■■°C (常用)、■■■°C (1週間)

使用箇所

- ・密封容器 : 密封容器蓋  
漏えい試験用カプラ
- ・格納容器 : 上部蓋  
底部密封カバー  
漏えい試験用カプラ

b) 材 質 : ■■■■■<sup>21)</sup>  
 最高使用温度 : ■■■°C  
 使用箇所 : 密封内容器蓋、巻上装置カバー蓋

(2) ガスケット

材 質 : グラファイト  
 最高使用温度 : ■■■°C  
 使用箇所 : 格納容器  
シャッターカバー  
開閉用ネジシャフト

#### 3. バ ル ブ

材 質 : ステンレス鋼  
 最大使用圧力 : ■■■ MPa (仕様値 : ■■■ kg/cm<sup>2</sup>)  
 最高使用温度 : ■■■°C

(3) B.6.3 参考文献

- 1) Edwards, A. L., "TRUMP : A Computer Program for Transient and Steady State Temperature Distributions in Multidimensional Systems" , Lawrence Radiation Laboratory, Livermore, Report UCRL-14754 Rev.3 (1972)
- 2) M. J. Bell, " ORIGEN-The ORNL Isotope Generation and Depletion Code" , ORNL-4628, May 1973
- 3) A. G. Croff, "ORIGEN2 - A Revised and Updated Version of the Oak Ridge Isotope Generation and Depletion Code" , ORNL-5621, July 1980
- 4) BNFL Fact Sheet "Commercial Uranium 3 UO2"
- 5) 日本機械学会 "伝熱工学資料 (改訂第2版)"
- 6) Goldsmith, A., et, al., "Handbook of Thermophysical Properties of Solid Materials" Revised Edition, Vol. II. The MacMillan Company, New York (1961) PP. 157-172
- 7) "Basic Materials for Atomic Energy Industry" , Pamphlet F-86-55, National Lead Company, New York pp. 10-14
- 8) Edwards, A. L. "A Compilation of Thermal Property Data for Computer Heat Conduction Calculation" , U C R L - 50589, Feb, 1969
- 9) A. Sheth & L. Leibowits ANL-AFP-11, 1975
- 10) C. A. Alexander, J. S. Ogden and W. M. Parduc, in: Plutonium 1970 and other Actinides, Santa Fe' (1970), ed. W. N. Miner Nucl. Metallurgy 17 (1970) 95.
- 11) 日本機械学会 "技術資料 流体の熱物性値集"
- 12) 財) 原子力発電技術機構 "平成12年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術確証試験 (金属キャスク貯蔵技術確証試験) 報告書" (平成13年3月)
- 13) D. L. Hagerman, G. A. Reymann, R. E. Mason (ed.), "MATPRO Version 11 (Rev. 2) A Handbook of Material Properties for Use in the Analysis of Light Water Reactor Fuel Rod Behavior" , NUREG/CR-0497 TREE-1280, Rev. 2, EG & G Idaho, Inc., Idaho, (1981)
- 14) ASME Sec. II Part D Properties

- 15) 欠番
- 16) 財) 原子力発電技術機構 “平成13年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術確証試験  
(金属キャスク貯蔵技術確証試験) 報告書” (平成14年3月) 原子力発電技術機構
- 17) 財) 原子力発電技術機構 “平成14年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術確証試験  
(金属キャスク貯蔵技術確証試験) 報告書” (平成15年3月) 原子力発電技術機構
- 18) 独) 原子力安全基盤機構 “平成15年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術確証試験  
(金属キャスク貯蔵技術確証試験) 報告書” (平成16年6月)
- 19) N. Yamada, et, al., “Thermal Behavior of Neutron Shielding Material, NS-4-FR,  
under Long Term Storage Conditions”, PATRAM2004, Berlin, Sep. 2004
- 20) デュポン™カルレッツ® パーフロロエラストマー “Kalrez®4079”
- 21) 桜シール(株) フロロパワー®FFH

# DuPont™ Kalrez®

Piezas de perfluoroelastómeros

Propiedades físicas y comparaciones de productos

Información Técnica — Rev. 11 de Setiembre de 2012

Las piezas de perfluoroelastómeros DuPont™ Kalrez® están disponibles en una serie de compuestos diferentes que han sido formulados para optimizar sus propiedades y brindar el mejor rendimiento posible en distintas aplicaciones. Mediante el uso de agentes de relleno y otros aditivos se consigue modificar las propiedades del producto terminado.

La Tabla 1 resume las propiedades físicas básicas de los productos Kalrez® más comúnmente usados en las industrias de procesamiento químico y de hidrocarburos. Se presentan descripciones de los atributos principales de cada producto y sus áreas generales de aplicación.

Tabla 1. Propiedades físicas típicas<sup>1</sup>

Productos DuPont™ Kalrez®	Estándar			Especiales				
	6375	7075	4079	6380	7090	0090	0040	1050LF
Tª máxima de aplicación <sup>2</sup> , °C	275	327	316	225	325	250	220	288
°F	527	620	600	437	617	482	428	550
Dureza de durómetro, Shore A <sup>3</sup> , puntos ±5	75	75	75	80	90	95	70	82
Módulo 100% <sup>4</sup> , MPa	7,24	7,58	7,24	6,89	(Módulo 50%) 15,51	(Módulo 50%) 14,20	6,61	12,40
psi	1.050	1.100	1.050	1.000	2.250	2.060	960	1.800
Resistencia a la tracción a rotura <sup>4</sup> , MPa	15,16	17,91	16,88	15,86	22,75	19,51	13,72	18,60
psi	2.200	2.600	2.450	2.300	3.300	2.830	1.990	2.700
Alargamiento de rotura <sup>4</sup> , %	160	160	150	160	75	80	180	125
Deformación permanente por compresión <sup>5</sup> , % 70 h a 204 °C (400 °F)	25	12	25	38	12	40	38	35
Tr10 <sup>6</sup> , °C	-3	-4	-2	-5	-5	-7	-17	-4
°F	26,6	24,8	28,4	23,0	23,0	19,4	1,4	24,8

<sup>1</sup> No utilizable para especificaciones

<sup>2</sup> Método patentado de DuPont; el rendimiento varía según el diseño del sello y las aplicaciones específicas

<sup>3</sup> ASTM D2240

<sup>4</sup> ASTM D412, 500 mm/min (20 pulg/min)

<sup>5</sup> ASTM D395 – Método B, pellets

<sup>6</sup> ASTM 1329



The miracles of science™

3.0 版



# Oリング

Sakura Seal

Oリング総合カタログ

## Oリング総合カタログ

- 材 質 — 汎用～高機能材の性能データ
- サ イ ズ — 大きくて見易い規格サイズ表
- 設 計 — 使用や設計に役立つポイント

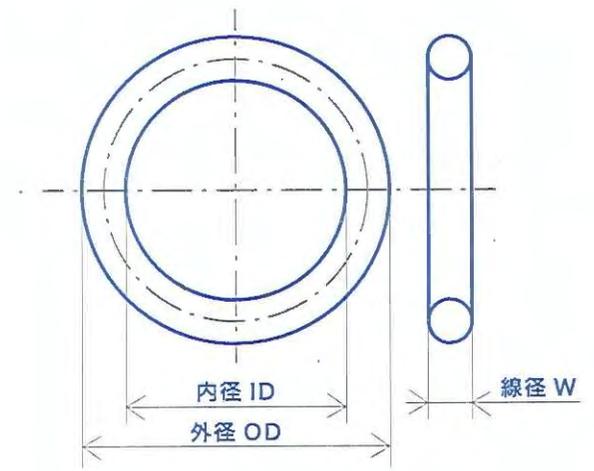
桜シール株式会社

Oリングの種類

Oリングと設計、使用

バックアップリング

高性能Oリング材質



## Oリング

(オーリング, O-RING)

 **桜シール株式会社**  
Sakura Seal Company, Ltd.

〒130-0021 東京都墨田区緑3丁目4番10号  
TEL.03-3846-8400 FAX.03-3846-8418

# 高性能 Oリング材質

## フロロパワーシリーズ - 高性能材質各種

フロロパワー®とは、高性能フッ素ゴム材質のシリーズ名です。広く流通している材質の改良版から原材料メーカーとの共同開発による希少材質まで、幅広い用途にお応えすることが出来る豊富なラインナップを取り揃えております。また、必要に応じて Oリング以外の製品を製作することも出来るので、使用条件に対してより複合的な提案をすることも可能です。フロロパワー®は、桜シール株式会社の登録商標です。

材料系統	材質名称 (材質 No.)	硬さ (JIS-A)	温度範囲 (目安)(°C)	特徴	色調
パーフロ ン® (FKM)	フロロパワー FF (7008)	A80±5	0 ~ 230	パーフロ材質の標準グレードです。耐薬品性や耐熱性に優れるのはもちろんのこと、パーフロ材質の弱点とされてきた機械特性でも優秀な性能を保持しています。	黒
	フロロパワー FFW (7017)	A75±5	0 ~ 230	白色パーフロ材質で、フロロパワー FF の白色配合タイプです。重金属類充填材は不活性のものしか含まず、高いクリーン性を有します。	白
	フロロパワー FFS (7307)	A75±5	0 ~ 330	330°Cの耐熱性を有するパーフロ材質のトップグレードです。最高峰の耐熱性に加え、フロロパワー FF と同等の耐薬品性や機械特性を保持しています。	黒
	フロロパワー FFN (7317)	A70±5	0 ~ 300	一切の金属成分やカーボン含有をしない、低パーティクル化に最適なパーフロ材質です。優れた機械特性と 300°C の耐熱性も有します。	灰
	フロロパワー FFH (7108)	A80±5	0 ~ 300	300°Cの耐熱性を有するパーフロ材質です。旧グレードで、全性能が新グレードのフロロパワー FFS よりも劣っています。	黒
	フロロパワー FFHW (7117)	A75±5	0 ~ 280	280°Cの耐熱性を有する白色パーフロ材質で、フロロパワー FFH の白色配合タイプです。	白
	フロロパワー FFH90 (7109)	A90±5	0 ~ 280	280°Cの耐熱性と耐圧性を有するパーフロ材質です。パーフロ材質で最高の強度を誇る高硬度グレードで、防摩性にも優れます。 (RGD テスト ISO23936-2 合格)	黒
三元系フッ素系 ゴム (FKM)	フロロパワー 3F (6007)	A70±5	-10 ~ 200	耐油性や耐スチーム性、耐強酸性に優れます。金属溶出が非常に少なく、また強い物性を有することから歪みが少なく長寿命です。	黒
	フロロパワー 3PW (6017)	A70±5	-10 ~ 200	白色三元系フッ素系ゴム材質で、フロロパワー 3F の白色配合タイプです。二元系フッ素ゴムと同レベルの機械特性を有し、クリーン性に優れます。	白
	フロロパワー 3FH (6107)	A75±5	0 ~ 250	250°Cの耐熱性を有する三元系フッ素系ゴム材質です。耐油性や耐スチーム性、耐強酸性といった三元系フッ素系ゴムの特性も兼ねています。	黒
	フロロパワー 3F90 (6009)	A90±5	0 ~ 200	耐圧性を有する三元系フッ素系ゴム材質です。三元系フッ素系ゴム材質で最高の強度を誇る高硬度グレードで、防摩性にも優れます。 (RGD テスト ISO23936-2 合格)	黒
バイトン® (EPM)	フロロパワー DEB (2207)	A75±5	0 ~ 200	パーフロに近い耐薬品性を保持しています。フロロパワー FF と比較して耐薬品性も機械特性も劣っていますが、下位互換として有効です。	黒
	フロロパワー DEW (2217)	A70±5	0 ~ 180	バイトン ETP の白色タイプで、カーボン含有を含まないことから機械特性で劣ります。フロロパワー FFW の下位互換として有効です。	白
フッ素系 ゴム (FPM)	フロロパワー AF (2007)	A70±5	0 ~ 200	耐無機薬品性、耐アルコール性、耐アミン性に優れ、中でも耐アミン性はパーフロ材質を凌ぐ性能を有します。また、耐放射線性を持っています。	黒
	フロロパワー AF90 (2909)	A90±5	0 ~ 200	耐圧性を有するフロロパワー AF の高硬度グレードです。	黒
シリコン ゴム (VMQ)	フロロパワー FQ (3907)	A70±5	-70 ~ 200	-70°Cの耐寒性を有する FVMQ 材質です。200°Cまでの耐熱性や耐油性、耐アルコール性も有しています。	青
低温度 フッ素 ゴム (FKM)	フロロパワー DL (2307)	A70±5	-35 ~ 200	-35°Cの耐寒性を有する低温用三元系フッ素系ゴム材質です。耐薬品性や耐熱性、機械特性にも優れています。	黒
導電 フッ素 ゴム (FKM)	フロロパワー OD (2318)	A80±5	-35 ~ 200	導電性を有する三元系フッ素系ゴム材質です。電気抵抗が低いことから静電気が溜まりにくく、帯電が防止されます。	黒
特殊 フッ素 ゴム (FKM)	フロロパワー DPR (5606)	A65±5	0 ~ 200	フッ素ゴムにフッ素樹脂を混合させた特殊材質です。耐プラズマ性に優れ、充填材を全く含まません。フロロパワー FFN の下位互換として有効です。	黒

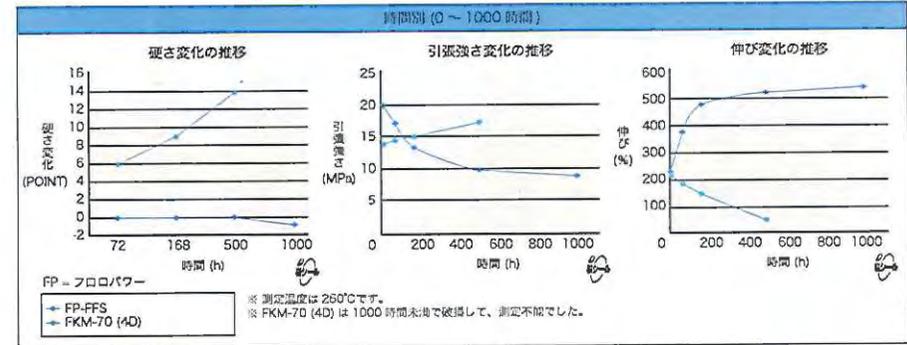
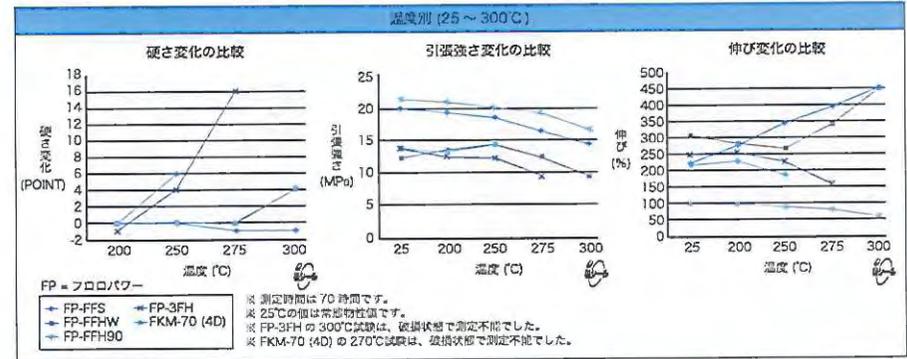
## フロロパワーシリーズ - 特性データ

参考資料として、各種特性の測定データを記載します。

### \* 耐熱性

230°C以上の高温下でも使用可能なグレードの比較データは以下の通りです。耐熱老化試験の各項目は、変化が小さいほど高温下での劣化が少ないことを示しています。また圧縮永久歪み試験では、歪み率の進行が遅いほど高温下での長寿命化が図れることを示しています。これらのデータからも、フロロパワー FFS、FFHW、FFH90、3FH が耐熱性に優れていることが分かります。

### < 耐熱老化試験データ >



### \* 耐寒性

耐寒性に優れ、低温下でも使用可能な材質のデータは以下の通りです。TR 試験により、低温下でのゴム材質の復元温度を調べました。この温度が低いほど低温下でもゴム弾性を有していることを示しています。このデータからも、フロロパワー FQ、DL、DD が耐寒性に優れていることが分かります。

### 耐寒性に優れる材質

材質名称	TR-10 (°C)
フロロパワー FQ	-80.0
フロロパワー DL	-30.0
フロロパワー DD	-30.0

### 参考材質 (比較用)

材質名称	TR-10 (°C)
フロロパワー FF	-4.7
フロロパワー 3F	-7.0
FKM-70 (4D)	-18.0

### \* 導電性

フロロパワー DD は、基本的に絶縁性である従来のフッ素ゴムに対し、炭素を特殊配合することで導電性を付与した材質です。下表は導電性の比較データで、絶縁では体積固有抵抗は 10 乗以上の数値になりますが、フロロパワー DD は導電レベルである 7 乗以下の数値です。

### 導電性に優れる材質

材質名称	体積固有抵抗 (Ω・cm)
フロロパワー DD	2.5 × 10 <sup>4</sup>

### 参考材質 (比較用)

材質名称	体積固有抵抗 (Ω・cm)
フロロパワー FF	2.8 × 10 <sup>16</sup>
フロロパワー 3F	1.0 × 10 <sup>15</sup>
FKM-70 (4D)	1.2 × 10 <sup>15</sup>

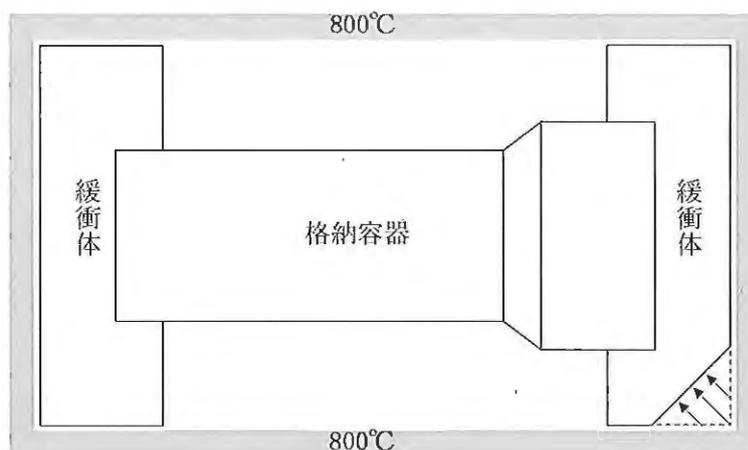
## 資料 No.7 のコメント回答

特別の試験条件下において、(ロ)－第 B. ● 図のように緩衝体に変形が生じる場合、凹んだ部分が空気層となる。(ロ)－第 B. 3 表及び(ロ)－第 B. 6 表に示すとおり、バルサ材に比べ、800°Cの空気は熱伝導率が低くなることから、凹んだ部分の緩衝体表面に到達するまでの温度は、変形がないモデルに比べ低くなる。また、緩衝体内部のバルサ材表面が一部炭化するが、(ロ)章 B. 2 (5) に示すとおり、緩衝体の断熱効果への影響はほとんどない。

なお、木炭の熱伝導率は  $0.07 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  であり、バルサ材の熱伝導率とほとんど変わらない。

以上のことから、本解析において緩衝体に変形がないモデルで行っている。

(ロ)－第 B. ● 図 特別の試験条件下における緩衝体の変形モデル



## 密封解析フロー図（密封容器）

### A. 一般の試験条件

- ① 空気漏えい試験条件における最大空気漏えい率
- ↓
- ② 一般の試験条件における最大空気漏えい率 (A)
- ↓
- ③ 放射性物質漏えい率 =  $A \times B_1$   
 $A \times B_2$   
 $A \times B_3$   
 $A \times B_4$
- ↓
- ④ 比率 =  $\Sigma$  (放射性物質漏えい率 ÷ 基準値)

### B. 特別の試験条件

- ① 特別の試験条件における最大空気漏えい率
- ↓
- ② 一般の試験条件③、④と同じ

### 放射性物質濃度

(a) 核分裂性生成ガスの濃度 ( $B_1$ )

$$= \frac{\text{FPの量} \times \text{FPガス漏えい率 (■)}}{\text{密封容器内の空気容積}}$$

(b) セル内ガス状線種の濃度 ( $B_2$ )

$$= \frac{\text{試料内の個別のガス状核種の量}}{\text{試料内のガス状核種の総量}} \times \text{セル内検出限界 (■ } \mu\text{Bq/cm}^3\text{)}$$

(c) セル内固体状線種の濃度 ( $B_3$ )

$$= \frac{\text{試料内の個別の固体状核種の量}}{\text{試料内の固体状核種の総量}} \times \text{セル内検出限界 (■ } \mu\text{Bq/cm}^3\text{)}$$

(d)  $^{60}\text{Co}$ による表面汚染濃度 ( $B_4$ )

$$= \frac{\text{表面汚染濃度 (■ Bq/cm}^2\text{)}}{3.7 \times 10^{10} \times 60} \times \frac{\text{密封容器内表面積}}{\text{密封容器内の空気容積}}$$

※グレーハッチング部は変更内容を示す。

密封解析フロー図（格納容器）

A. 一般の試験条件

① 空気漏えい試験条件における最大空気漏えい率



② 一般の試験条件における最大空気漏えい率 (A)



③ 放射性物質漏えい率 =  $A \times B_2$   
 $A \times B_3$   
 $A \times B_4$



④ 比率 =  $\Sigma$  (放射性物質漏えい率 ÷ 基準値)  
 + 密封容器からの漏えい比率



B. 特別の試験条件

① 特別の試験条件における最大空気漏えい率



② 一般の試験条件③、④と同じ

放射性物質濃度

(b) セル内ガス状線種の濃度 ( $B_2$ )

$$= \frac{\text{試料内の個別のガス状核種の量}}{\text{試料内のガス状核種の総量}} \times \text{セル内検出限界 ( } \blacksquare \text{ } \mu\text{Bq/cm}^3 \text{)}$$

(ロ) - 第C.1図 ⑤

(c) セル内固体状線種の濃度 ( $B_3$ )

$$= \frac{\text{試料内の個別の固体状核種の量}}{\text{試料内の固体状核種の総量}} \times \text{セル内検出限界 ( } \blacksquare \text{ } \mu\text{Bq/cm}^3 \text{)}$$

(ロ) - 第C.1図 ⑥

(ロ) - 第C.1図 ⑦

(d)  $^{60}\text{Co}$ による表面汚染濃度 ( $B_4$ )

$$= \frac{\text{表面汚染濃度 ( } \blacksquare \text{ Bq/cm}^2 \text{)}}{3.7 \times 10^{10} \times 60} \times \frac{\text{格納容器内表面積}}{\text{格納容器内の空気容積}}$$

(ロ) - 第C.1図 ⑦

(ii) 空気漏えい試験による最大漏えい率

最大漏えい率を(ロ)－第C.5表に示す。

(ロ)－第C.5表 空気漏えい試験による最大漏えい率

部 位	格納容器蓋部
V : テスト系の容積 (cm <sup>3</sup> )	■
P 1 : 試験開始時の圧力 (MPa)	0.16
P 2 : 試験終了時の圧力 (MPa)	0.155
H : テスト時間 (h)	0.5
L : 漏えい率 (std・cm <sup>3</sup> /s)	■

C.3.1.2 一般の試験条件における放射性核種の漏えい率

放射性核種の漏えいは、収納物が密封容器に収納されない場合 (F1からF3、F5、F7、F9、F10) と収納された場合 (F12、F14からF16) で密封境界の数が変わってくるので2つに分けて評価する。nanba

1. 密封容器を用いない場合

容器からの放射性物質の漏えいは次式を用いて計算される。

$$\Delta Q = Q \times \Delta V$$

ただし、 $\Delta Q$  : 放射性物質の漏えい率 (  $\mu$  Bq/h )

$Q$  : 容器内の放射性物質濃度 (  $\mu$  Bq/cm<sup>3</sup> )

$\Delta V$  : 容器からの空気漏えい率 ( cm<sup>3</sup> / h )

容器内の放射性物質濃度は、輸送中に収納物が破損することはないが、下記の核種が容器内に拡散しているものと仮定する。

- (a) 収納物から放出される核分裂生成ガス核種
- (b) 試料収納時に収納物から漏えいし、セル内のガス状核種として、容器内に封入されるダスト状核種
- (c) 試料収納時に収納物から浮遊し、セル内のダスト状核種として、容器内に封入されるダスト状核種
- (d) 試料収納時の<sup>60</sup>Coによる収納物、密封容器の表面汚染

密封容器からの漏えいは上記(a)から(d)の核種であり、格納容器からの漏えいは密封容器から漏えいする核種と上記(b)から(d)の核種である。(漏えいモデル図を(ロ)-第C.1図に示す。)

核種ごとの放射性物質濃度は、(a)の核分裂生成ガス核種については被覆粒子燃料から得られた放出率を用い、(b)、(c)、(d)の核種については取扱施設で評価した汚染濃度及び汚染密度を用いて算出する。

放射性物質濃度の算出に用いた放出率、汚染濃度及び汚染密度は下記の通りである。

- (a) 核分裂生成ガスの放出率 : [ ]
- ・核分裂生成ガスの放出率は、Nuclear Science and Engineering Vol.18 30 1p~318p, ORNL(1964)に基づいている。
  - ・(FPの量×FPガス漏えい率) / 密封容器内の空気容積
- (b) セル内ガス状核種の汚染濃度 : [ ]  $\mu\text{Bq}/\text{cm}^3$  ([ ]  $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ )
- ・セル内ガス状核種の汚染濃度は、排気系ガスモニター検出限界から排気系を考慮して求めた。
  - ・試料内の個別のガス状核種の量 / 試料内のガス状核種の総量 ×セル内検出限界
- (c) セル内ダスト状核種の汚染濃度 : [ ]  $\mu\text{Bq}/\text{cm}^3$  ([ ]  $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ )
- ・セル内ダスト状核種の汚染濃度は、排気系ダストモニター検出限界から排気系及びフィルター効率を考慮して求めた。
  - ・試料内の個別の固体状核種の量 / 試料内の固体状核種の総量 ×セル内検出限界
- (d)  $^{60}\text{Co}$ による表面汚染密度 : [ ]  $\text{Bq}/\text{cm}^2$  ([ ]  $\text{dpm}/\text{cm}^2$ )
- ・ $^{60}\text{Co}$ による表面汚染密度は、セル内スミヤを採取し実測により求めた。
  - ・試料内の個別の固体状核種の量 / 試料内の固体

密封内容器を用いない場合の解析の対象としては、収納物F1からF10についてORIGENコードにより計算した核種ごとの放射エネルギーから漏えい率と基準値との比を求め、その比が最大となる収納物F1を選定した。(収納物F1からF10漏えい率と基準値との比を(ロ)章C.6の(1)に示す。)



(ロ)－第C.1図 密封解析の漏えいモデル(密封内容器を用いない場合)

(1) 密封容器の密封性

密封容器からの漏えいについては、次の4つの場合の放射性核種の漏えいが考えられる。

- (a) 核分裂生成ガス
- (b) 試料収納時に封入されるセル内ガス状核種
- (c) 試料収納時に封入されるセル内ダスト状核種
- (d)  $^{60}\text{Co}$ による表面汚染

※グレーハッチング部は  
変更内容を示す。

## 2. 密封内容器を用いる場合

収納物F12からF16（F13除く）を輸送する場合には密封内容器を用いる。容器内の放射性物質濃度は、下記の核種が容器内に拡散しているものとする。

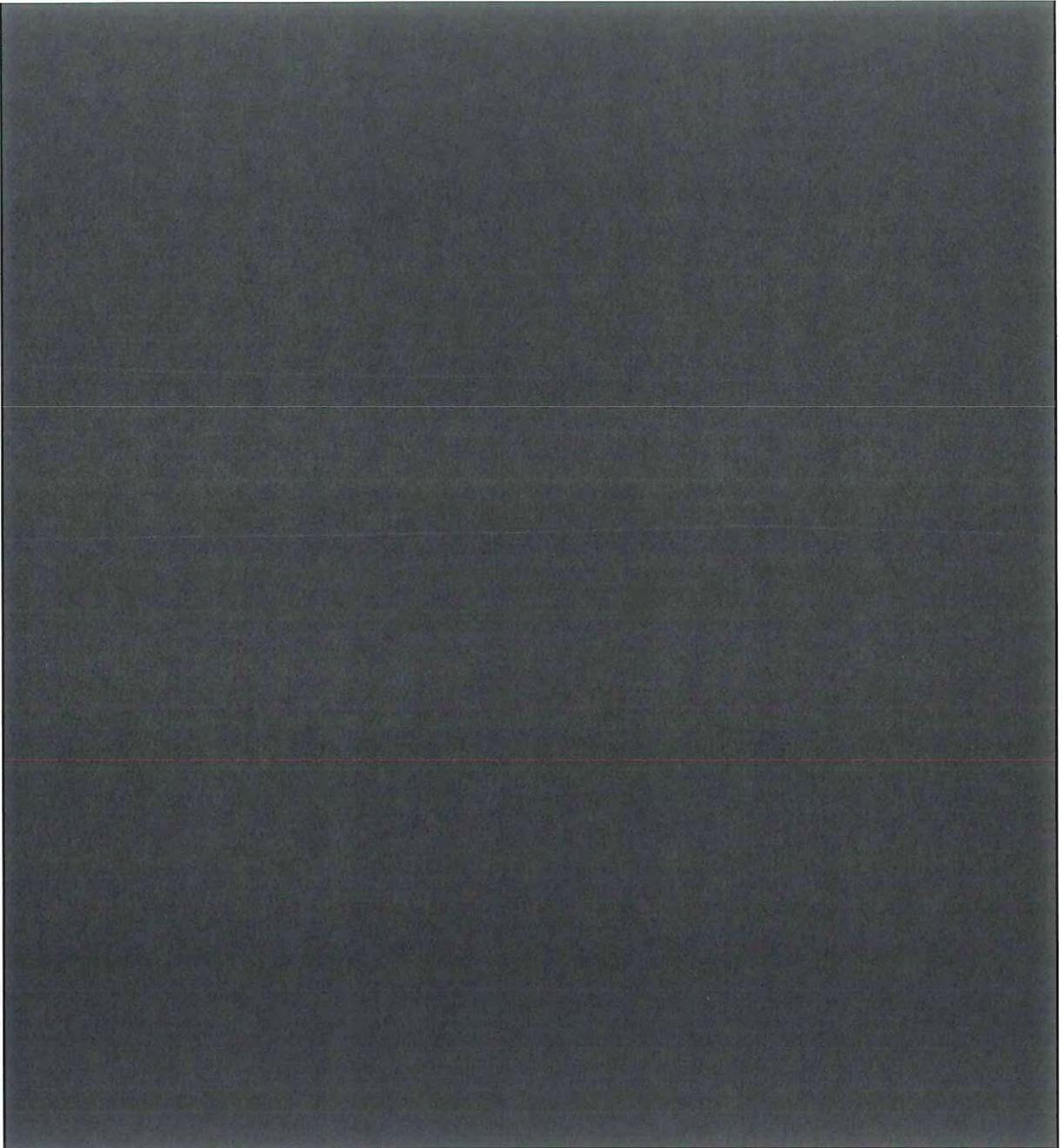
- (a) 収納物から放出される固体状核種
- (b) 収納物から放出される核分裂生成ガス
- (c) 試料収納時に収納物から漏えいし、セル内のガス状核種として、容器内に封入されるダスト状核種
- (d) 試料収納時に収納物から浮遊し、セル内のダスト状核種として、容器内に封入されるダスト状核種
- (e) 試料収納時の<sup>60</sup>Coによる収納物、密封内容器、密封容器の表面汚染

密封内容器からの漏えいは上記(a)から(e)の核種であり、密封容器からの漏えいは密封内容器から漏えいする核種と上記(c)から(e)の核種である。

また、格納容器からの漏えいは密封容器から漏えいする核種と上記(c)から(e)の核種である。漏えいモデル図を(ロ)―第C.2図に示す。

放射性物質濃度の算出に用いた放出率、汚染濃度及び汚染密度は、前項C.3.1.2の1で示した値を用いる。なお、収納物から放出される固体状核種については、Battelle研究所の実験データを用いる。

密封内容器を用いる場合の解析の対象としては、収納物F12からF16（F13除く）についてORIGENコードにより計算した核種ごとの放射エネルギーから漏えい率と基準値との比を求め、収納物の側部が被覆されない打抜き板状ウラン燃料試験片であって漏えい率と基準値との比が最大となる収納物F12を選定した。（収納物F12からF16（F13除く）の漏えい率と基準値との比を(ロ)章C.6の(2)に示す。）



(ロ)－第C.2図 密封解析の漏えいモデル (密封内容器を用いる場合)

(1) 密封内容器の密封性

密封内容器からの漏えいについては、次の5つの場合の放射性核種の漏えいが考えられる。

- (a) 固体状核種
- (b) 核分裂生成ガス
- (c) 試料収納時に封入されるセル内ガス状核種
- (d) 試料収納時に封入されるセル内ダスト状核種
- (e) <sup>60</sup>Coによる表面汚染

密封内容器からの漏えいについては、上記(a)から(e)の各放射性核種の漏えい率を求め、その漏えい率と基準値との比率の合計が1以下であることを示す。

(a) 固体状核種の漏えい

固体状核種の漏えい評価法は安全側に収納物が粉体になっているものとする。

一般には粉体の漏えいは気体状の放射性物質の漏えいよりも小さいと考えられる。プルトニウムは粉体では二酸化プルトニウムとして存在するので本解析では Battelle Columbus Laboratoriesで行われた50 μmのオリフィスを用いた二酸化プルトニウム粒子の漏えい試験における変換係数PuO<sub>2</sub>/He (μg/cm<sup>3</sup>)<sup>(2)</sup>を用いて放射性物質の漏えい量が外運搬規則及び外運搬告示に示された基準値を満足することを示す。

(i) 一般の試験条件における最大のヘリウムガス漏えい率

一般の試験条件における最大のヘリウムガス漏えい率は、漏えい試験条件における最大漏えい率に基づいて次式により表される。

$$L_x = \frac{L_y \eta_y (P_u^2 - P_d^2) x}{\eta_x (P_u^2 - P_d^2) y} \dots\dots\dots (C-4)$$

ただし、

L = ガスの漏えい率 (std・cm<sup>3</sup>/s)

η = ガスの絶対粘性係数 (MPa・s)

P<sub>u</sub> = ガスの圧力(上流側) (MPa abs)

P<sub>d</sub> = ガスの圧力(下流側) (MPa abs)

x = 一般の試験を表わす添字

y = 漏えい試験を表わす添字

ここで、

$L_y =$  漏えい試験における漏えい率、 $\blacksquare$  std·cm<sup>3</sup>/s

$\eta_x =$   $\blacksquare$  MPa absにおけるヘリウムの粘性係数<sup>(3)</sup>  
 $=$   $\blacksquare$  MPa·s

$\eta_y =$  漏えい試験(25°C、0.1 MPa abs)における空気の粘性係数  
 $= 1.86 \times 10^{-11}$  MPa·s

$P_{uy} =$  漏えい試験圧力 0.1 MPa abs

$P_{dy} =$  漏えい試験時の外気圧 0 MPa abs

$P_{ux} =$  一般の試験時の密封内容器内圧  $\blacksquare$  MPa abs

$P_{dx} =$  一般の試験時の密封容器内圧 0.1 MPa abs  
(安全側に大気圧とする)

である。

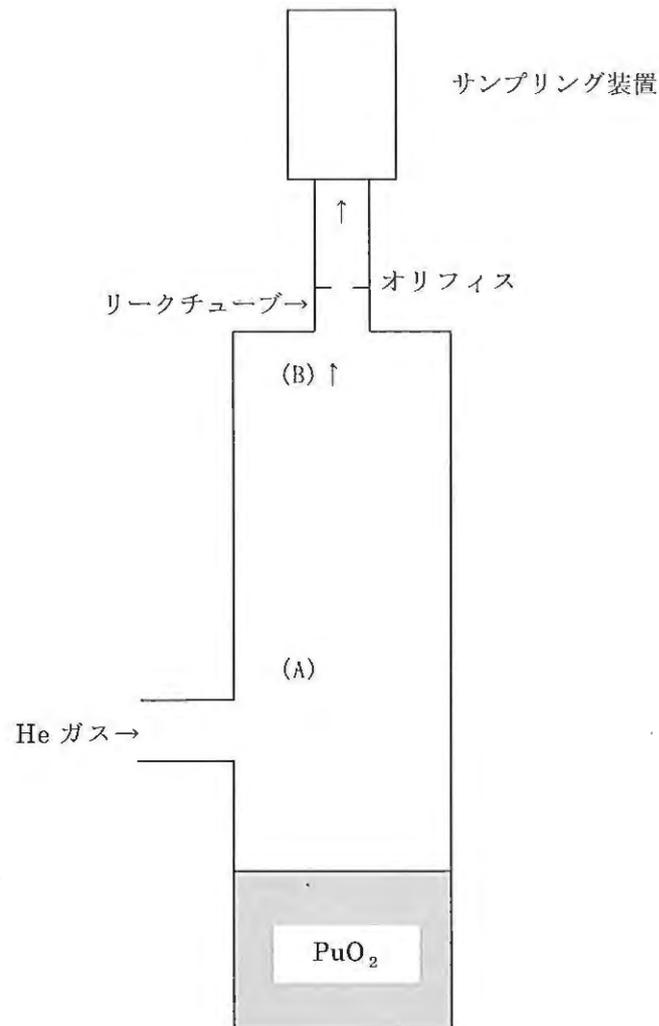
したがって、

$$L_x = \frac{\blacksquare \times 1.86 \times 10^{-11} \times (\blacksquare^2 - 0.1^2)}{\blacksquare \times (0.1^2 - 0^2)}$$
$$= \blacksquare \text{ std}\cdot\text{cm}^3/\text{s}$$
$$= \blacksquare \text{ cm}^3/\text{h}$$

以下の解析では漏えい率を安全側に  $\blacksquare$  cm<sup>3</sup>/hとする。

(ii) 一般の試験条件における固体放射性核種の漏えい率

放射性物質の漏えい率をBattelle研究所の実験データより求められた(PuO<sub>2</sub>/He変換係数)を用いて解析する。まずBattelle研究所で行われたPuO<sub>2</sub>粉体の漏えい実験について概略を示す。実験の概要をモデル図として(ロ)―第C.3図に示す。



(ロ)－第C. 3図 Battelle研究所のPuO<sub>2</sub>粉体漏えい実験モデル

入口と出口は、(ロ)－第C. 3図中(A)及び(B)を持つステンレス製の容器内にPuO<sub>2</sub>粉体を入れ(A)よりHeガスを注入し、(B)からリークチューブ内へガスを引く。リークチューブ内にはオリフィス(穴径5 μm～50 μm厚さ0.1 mm)が設けられており、オリフィスの穴を通過したガスと粉体がサンプリング装置に導かれ、HeガスとPuO<sub>2</sub>の量が測定される。

それに基づきPuO<sub>2</sub>/He (μg/cm<sup>3</sup>)<sup>(2)</sup>を算出している。

その結果を(ロ)－第C. 8表に示す。

(ロ) - 第C. 8表 PuO<sub>2</sub>質量とHe流量との関係

(単位: μg/cm<sup>3</sup>)

Orifice Size (μm)	Mass/Flow Correlation	
	min.	Max.
5		
8		
10		
20		
50		

なお、オリフィスの穴が5 μmより小さい場合は、粉体が穴を閉塞するため漏えいが生じにくくなり、変換係数 PuO<sub>2</sub>/Heの値は小さくなる。Pu同位体の漏えい率に用いているPuO<sub>2</sub>/He変換係数の値としては、安全側に(ロ) - 第C. 8表に示された最大値 XXXXXXXXXX μg/cm<sup>3</sup>を用いる。また、質量流量は粉体物性(粒子径、内部摩擦など)に依存することから、Pu同位体以外の固体状核種の漏えい率も同様に、変換係数 XXXXXXXXXX (μg/cm<sup>3</sup>)を用いて下記により求めた。

なお、固体状放射性物質としては、

- (イ) Pu同位体
- (ロ) Pu同位体以外の固体状核種

の2種類に区分し、Pu同位体以外の固体状核種は、PuO<sub>2</sub>とともに漏えいするとした。

(イ) Pu同位体の漏えい率

Pu同位体の漏えい率 L<sub>p</sub>(Bq/h)は次式により求めた。

$$L_p = (C \times 10^{-6}) \times A_{si} \times \frac{A_{pi}/A_{si}}{\sum A_{pi}/A_{si}} \times L_x \dots\dots\dots (C-5)$$

ここで、 C : PuO<sub>2</sub>/He変換係数 = XXXXXXXXXX (μg/cm<sup>3</sup>)

A<sub>si</sub> : 固体状各核種の比放射能(Bq/g)

A<sub>pi</sub> : Pu同位体各核種の放射エネルギー(Bq)

L<sub>x</sub> : 一般の試験条件下のヘリウム漏えい率 = XXXXXXXXXX cm<sup>3</sup>/h

(ロ) Pu同位体以外の固体状核種の漏えい率

Pu同位体以外の固体状核種の漏えい率 L<sub>d</sub>(Bq/h)は、次式により求めた。

$$L_d = (C \times 10^{-6}) \times A_{si} \times \frac{A_{di}/A_{si}}{\sum (A_{pi}/A_{si} + A_{di}/A_{si})} \times L_x \dots\dots\dots (C-6)$$

ここで、 A<sub>di</sub> : Pu同位体以外の固体状各核種の放射エネルギー(Bq)

(ロ) - 第C. 9表に放射性核種の濃度、漏えい率及びそれらの比を示す。

※グレーハッチング部は  
変更内容を示す。

資料 No.15 のコメント回答

(ロ) 章E 臨界解析

E.2 解析対象

E.2.1 収納物

変更前

(上から4行目)

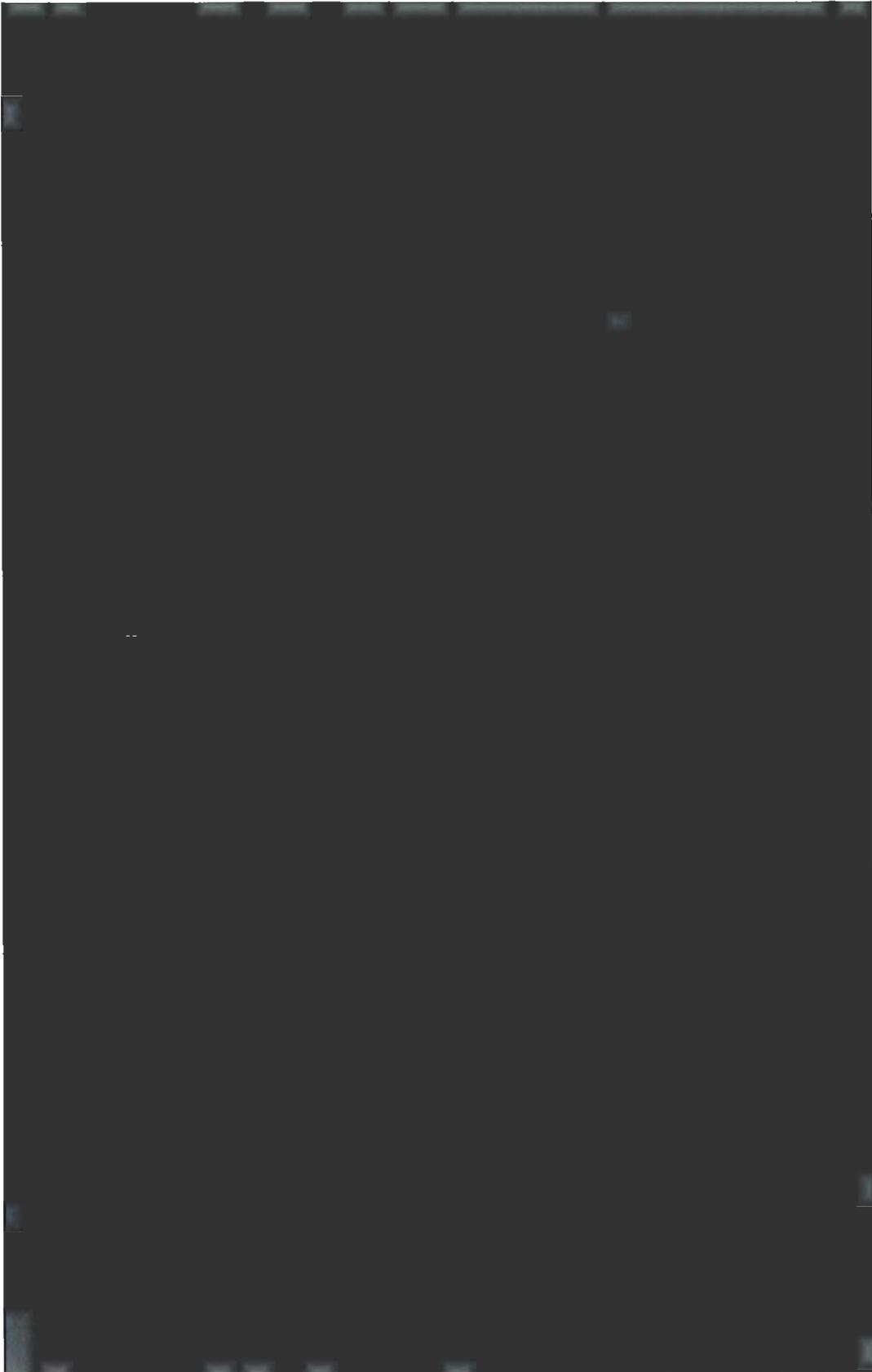
臨界解析は(ロ)－第E.1表に記載した収納物のうち核分裂性物質の重量が最大となる収納物F1を収納した場合について行った。

変更後

(上から4行目)

臨界解析は(ロ)－第E.1表に記載した収納物のうち核分裂性物質の重量が最大であり、かつ形状モデルが(ロ)－第E.1 図のとおり直径      cmで、(ロ)－第E.6表に示す無限円筒直径(金属)の最小臨界値7.9cmを超えることから収納物F1を収納した場合について行った。

なお、(イ)－第33図から(イ)－第42図で示すとおり、F1以外の各収納物形状は7.9cm以下である。



(ロ) - 第E.1図 臨界計算モデル

(ロ) - 第E.1表 収納物の仕様

収納物番号	F1	F2	F3	F5	F7	F9	F10	F12	F14	F15	F16
核燃料物質	U	U	U	U, Th	Th	U	U	U	U, Pu	U, Pu	U, Pu
ウラン濃縮度 (%)											
プルトニウム富化度 (%)											
核分裂性プルトニウム富化度 (%)											
重量 (g)											
(照射前) U											
Th											
Pu											
核分裂性物質の重量 (g)											
(照射前)											
<sup>233</sup> U											
<sup>235</sup> U											
<sup>238</sup> Pu, <sup>239</sup> Pu, <sup>241</sup> Pu											

注) 収納物 F4、F6、F8、F11、F13、F17～F20 は欠番。

(ロ) - 第E.6表 臨界パラメータ

		<sup>235</sup> U		<sup>233</sup> U		<sup>239</sup> Pu		
		制限値 (勧告)	最小 臨界値	制限値 (勧告)	最小 臨界値	制限値 (勧告)	最小 臨界値	
質 量 [ kg ]	溶液	0.35	0.82	0.25	0.59	0.22	0.51	
	金属	10.0	22.8	3.2	7.5	2.6	5.6	α相
無限円筒直径 [ cm ]	溶液	12.7	13.8	9.4	11.2	10.7	12.4	
	金属	6.9	7.9	4.3	4.8	3.6	4.3	α相
無限平板厚さ [ cm ]	溶液	3.8	4.3	2.0	3.0	2.3	3.3	
	金属	1.3	1.5	0.51	0.76	0.46	0.61	α相
						0.56	0.71	δ相
液体の体積 [ ・ ]		4.8	6.3	2.3	3.3	3.4	4.5	
水溶液濃度 [g/・]		10.8	12.1	10.0	11.2	6.9	7.8	
<sup>235</sup> U 濃縮度 [wt%] (均質水素減速系)		0.95	1.0	—	—	—	—	