

核燃料輸送物設計承認申請書の一部補正について

21京大施環化第90号
令和3年11月15日

原子力規制委員会 殿

住 所 京都府京都市左京区吉田本町36番地1
氏 名 国立大学法人京都大学

学 長 湊 長 博

令和3年6月7日付け21京大施環化第44号をもって申請しました核燃料輸送物設計承認申請書について、下記のとおり一部補正します。

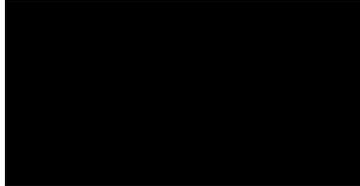
記

1. 核燃料輸送物の名称

■■■■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
- (2) 輸送容器の重量
- (3) 核燃料輸送物の総重量
- (4) 輸送容器の概略を示す図



第1図のとおり

詳細形状は、本核燃料輸送物の核燃料輸送物設計承認申請書（令和3年6月7日付け21京大施環化第44号（令和3年11月15日付け21京大施環化第90号をもって一部補正）に係る別紙の（イ）－第C.2図、（イ）－第C.6図から（イ）－第C.12図までに示されている。

- (5) 輸送容器の主要材料

イ	ドラムアセンブリ	ステンレス鋼、■■■■
ロ	収納容器	ステンレス鋼
ハ	断熱材	■■■■
ニ	中性子吸収材	■■■■
ホ	収納容器	ステンレス鋼

3. 核燃料輸送物の種類

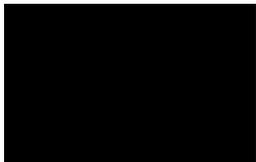
BU型核分裂性輸送物

4. 収納する核燃料物質等の種類、形状、重量及び放射能の量

第1表のとおり

5. 輸送制限個数

- (1) 輸送制限個数
- (2) 輸送制限配列
- (3) 臨界安全指数



6. 運搬中に予想される周囲の温度の範囲

-40℃から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、収納物は専用の収納缶に収納され、所定の間隔、位置が保た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

臨界計算は、密封境界である輸送容器内部への水の浸水を考慮し、実施している。

9. 収納物の密封性に関する事項

本輸送容器の密封境界は、収納容器本体とシール蓋で構成され、収納容器本体とシール蓋の接触部は [REDACTED] Oリングで密封される。

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

該当なし

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核燃料輸送物の取扱いについては、本核燃料輸送物の核燃料輸送物設計承認申請書（令和3年6月7日付け21京大施環化第44号（令和3年11月15日付け21京大施環化第90号をもって一部補正））に係る別紙のとおり。

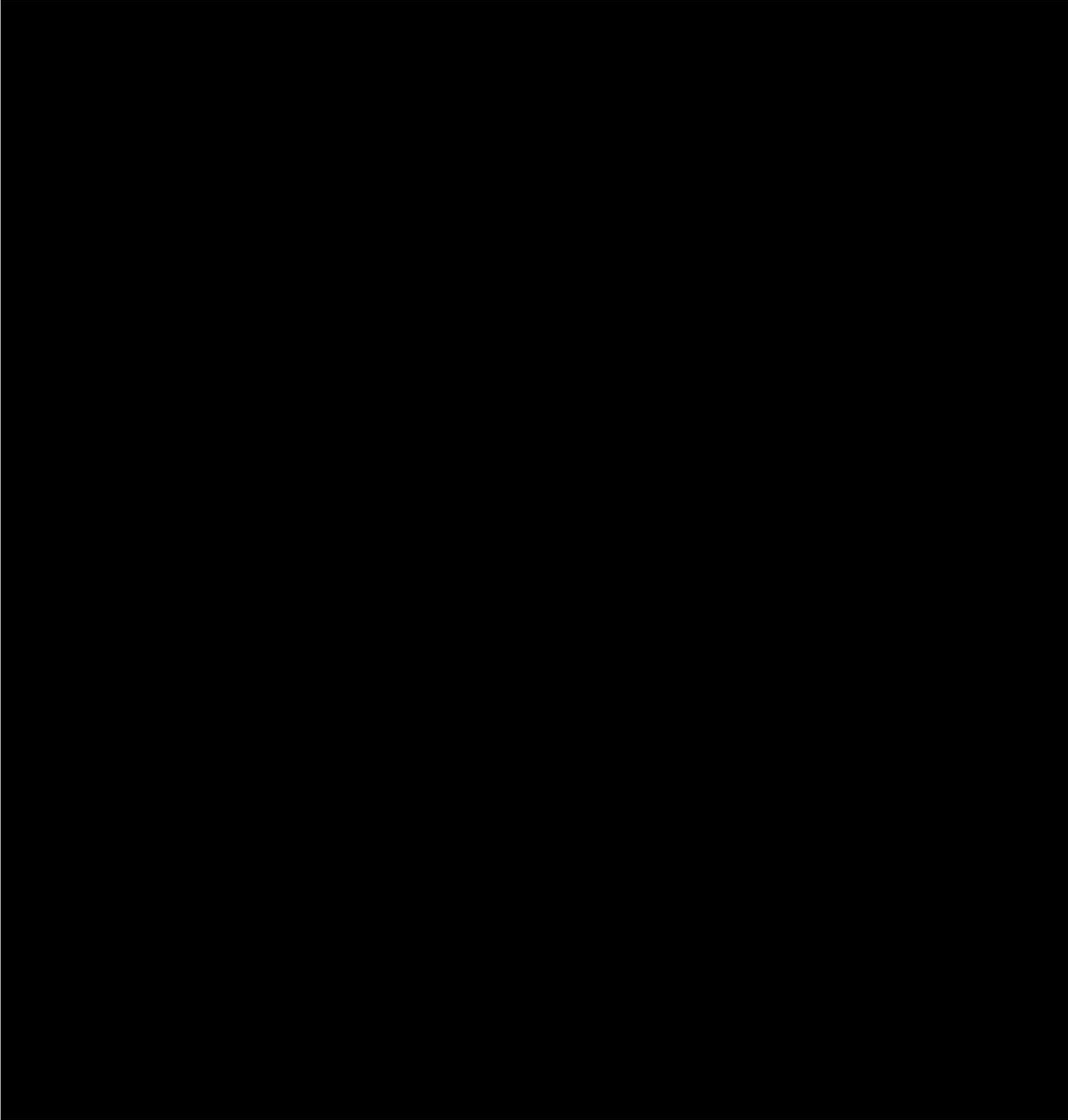
12. 輸送容器に係る品質管理の方法等（設計に係るものに限る。）に関する事項

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、本核燃料輸送物の核燃料輸送物設計承認申請書（令和3年6月7日付け21京大施環化第44号（令和3年11月15日付け21京大施環化第90号をもって一部補正））に係る別紙のとおり。

13. その他特記事項

（1）使用予定年数

[REDACTED]



第 1 图 [REDACTED] 型核燃料輸送物全体図

第1表 収納する核燃料物質等の仕様 (1/2)

項目		仕様	
種類		[Redacted]	
性状			
型式			
寸法 (mm)			
重量 (g)			
輸送物1基あたりの仕様	収納数 ^{※1} (枚)		
	²³⁵ U重量 (kg)		
	ウラン濃縮度 (重量%)		
	放射能の量 (Bq)		
	主要核種の放射能の量 (Bq)		²³⁵ U
	発熱量 (W)		
燃焼度 (%)			
冷却日数 (日)			

- ・ 収納物表面から 1m 離れた位置での空気吸収線量率は 1Gy/h 以下

第1表 収納する核燃料物質等の仕様 (2/2)

項目		仕様	
種類		[Redacted]	
性状			
型式			
燃料重量 (g)			
輸送物1基あたりの仕様	[Redacted] 収納数 (g)		
	²³⁵ U重量 (kg)		
	ウラン濃縮度 (重量%)		
	放射能の量 (Bq)		
	主要核種の放射能の量 (Bq)		²³⁵ U
	発熱量 (W)		
燃焼度 (%)			
冷却日数 (日)			

- ・ 収納物表面から 1m 離れた位置での空気吸収線量率は 1Gy/h 以下

別紙

本 [REDACTED] 核燃料輸送物の「別紙記載事項」を以下に示す。

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 別記-1
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 別記-2

型核燃料輸送物設計承認申請書

(別紙記載事項)

国立大学法人
京都大学

目 次

(イ) 章 核燃料輸送物の説明	
A. 目的及び条件	(イ) -1
B. 輸送物の種類	(イ) -4
C. 輸送容器	(イ) -5
D. 輸送容器の収納物	(イ) -23
(ロ) 章 核燃料輸送物の安全解析	(ロ) -1
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-22
A.3 材料の機械的性質	(ロ) -A-24
A.4 輸送物の要件	(ロ) -A-31
A.4.1 化学的及び電気的反応	(ロ) -A-31
A.4.2 低温強度	(ロ) -A-33
A.4.3 密封装置	(ロ) -A-35
A.4.4 吊上装置	(ロ) -A-35
A.4.5 固縛装置	(ロ) -A-35
A.4.6 圧 力	(ロ) -A-35
A.4.7 振 動	(ロ) -A-38
A.5 一般の試験条件	(ロ) -A-40
A.5.1 熱的試験	(ロ) -A-40
A.5.1.1 温度及び圧力の要約	(ロ) -A-40
A.5.1.2 熱 膨 張	(ロ) -A-41
A.5.1.3 応力計算	(ロ) -A-43
A.5.1.4 許容応力との比較	(ロ) -A-45
A.5.2 水 噴 霧	(ロ) -A-45

A.5.3	自由落下	(口)	-A-46
(a)	解析モデル	(口)	-A-46
(b)	原型試験	(口)	-A-46
(c)	モデル試験	(口)	-A-46
A.5.4	積み重ね試験	(口)	-A-63
A.5.5	貫通	(口)	-A-64
A.5.6	角又は縁落下	(口)	-A-64
A.5.7	結果の要約及びその評価	(口)	-A-65
A.6	特別の試験条件	(口)	-A-66
A.6.1	強度試験・落下試験Ⅰ(9m落下時)又は 強度試験・落下試験Ⅲ(動的圧潰時)	(口)	-A-66
(a)	解析モデル	(口)	-A-67
(b)	原型試験	(口)	-A-67
(c)	モデル試験	(口)	-A-67
A.6.1.1	垂直落下	(口)	-A-67
A.6.1.2	水平落下	(口)	-A-73
A.6.1.3	コーナー落下	(口)	-A-75
A.6.1.4	傾斜落下	(口)	-A-78
A.6.1.5	結果の要約	(口)	-A-81
A.6.2	強度試験・落下試験Ⅱ(1m落下時)	(口)	-A-82
A.6.2.1	結果の要約	(口)	-A-90
A.6.3	熱的試験	(口)	-A-91
A.6.3.1	温度及び圧力の要約	(口)	-A-102
A.6.3.2	熱膨張	(口)	-A-103
A.6.3.3	許容応力との比較	(口)	-A-103
A.6.4	浸漬	(口)	-A-105
A.6.5	結果の要約及びその評価	(口)	-A-105
A.7	強化浸漬試験	(口)	-A-107
A.8	放射性収納物	(口)	-A-107
A.9	核分裂性輸送物	(口)	-A-108

A.9.1	核分裂性輸送物に係る一般の試験条件	(口)	-A-108
A.9.2	核分裂性輸送物に係る特別の試験条件	(口)	-A-111
A.10	付属書類	(口)	-A-114
A.10.1	ガasket装荷によって発生する力	(口)	-A-115
A.10.2	参考文献	(口)	-A-117
B.	熱解析	(口)	-B-1
B.1	概要	(口)	-B-1
B.1.1	熱設計	(口)	-B-1
B.1.2	熱解析	(口)	-B-2
B.2	材料の熱的性質	(口)	-B-4
B.3	構成要素の仕様	(口)	-B-8
B.4	一般の試験条件	(口)	-B-9
B.4.1	熱解析モデル	(口)	-B-9
B.4.1.1	解析モデル	(口)	-B-9
B.4.1.2	試験モデル	(口)	-B-13
B.4.2	最高温度	(口)	-B-13
B.4.3	最低温度	(口)	-B-15
B.4.4	最大内圧	(口)	-B-16
B.4.5	最大熱応力	(口)	-B-17
B.4.6	結果の要約及びその評価	(口)	-B-18
B.5	特別の試験条件	(口)	-B-19
B.5.1	熱解析モデル	(口)	-B-19
B.5.1.1	解析モデル	(口)	-B-19
B.5.1.2	試験モデル	(口)	-B-20
B.5.2	輸送物の評価条件	(口)	-B-20
B.5.3	輸送物温度	(口)	-B-20
B.5.4	最大内圧	(口)	-B-23
B.5.5	最大熱応力	(口)	-B-23
B.5.6	結果の要約及びその評価	(口)	-B-24

B.6	付属書類	(口)	-B-25
B.6.1	収納物の最大崩壊熱	(口)	-B-26
B.6.2	参考文献	(口)	-B-28
C.	密封解析	(口)	-C-1
C.1	概要	(口)	-C-1
C.2	密封装置	(口)	-C-1
C.2.1	密封装置	(口)	-C-1
C.2.2	密封容器の貫通部	(口)	-C-3
C.2.3	密封装置のガスケット及び溶接部	(口)	-C-3
C.2.4	蓋	(口)	-C-4
C.3	一般の試験条件	(口)	-C-5
C.3.1	放射性物質の漏えい	(口)	-C-5
C.3.1.1	密封装置からの漏えい量	(口)	-C-5
C.3.1.2	放射性物質漏えい量評価	(口)	-C-10
C.3.2	密封装置の加圧	(口)	-C-15
C.3.3	冷却材汚染	(口)	-C-15
C.3.4	冷却材損失	(口)	-C-15
C.4	特別の試験条件	(口)	-C-16
C.4.1	核分裂生成ガス	(口)	-C-16
C.4.2	放射性物質の漏えい	(口)	-C-16
C.4.2.1	密封装置からの漏えい量	(口)	-C-16
C.4.2.2	放射性物質漏えい量評価	(口)	-C-18
C.5	結果の要約及びその評価	(口)	-C-20
C.6	付属書類	(口)	-C-21
C.6.1	参考文献	(口)	-C-22
D.	遮蔽解析	(口)	-D-1
D.1	概要	(口)	-D-1
D.2	線源仕様	(口)	-D-2

D.2.1	ガンマ線源	(口)	-D-3
D.2.2	中性子源	(口)	-D-5
D.3	モデル仕様	(口)	-D-7
D.3.1	解析モデル	(口)	-D-7
D.3.2	解析モデル各領域における原子個数密度	(口)	-D-14
D.4	遮蔽評価	(口)	-D-16
D.5	結果の要約及びその評価	(口)	-D-19
D.6	付属書類	(口)	-D-21
D.6.1	ガンマ線評価モデル	(口)	-D-22
D.6.2	参考文献	(口)	-D-24
E.	臨界解析	(口)	-E-1
E.1	概要	(口)	-E-1
E.2	解析対象	(口)	-E-3
E.2.1	収納物	(口)	-E-3
E.2.2	輸送容器	(口)	-E-6
E.2.3	中性子吸収材	(口)	-E-6
E.3	モデル仕様	(口)	-E-7
E.3.1	解析モデル	(口)	-E-7
E.3.2	解析モデル各領域における原子個数密度	(口)	-E-17
E.4	未臨界評価	(口)	-E-26
E.4.1	計算条件	(口)	-E-26
E.4.2	輸送物への水の浸入等	(口)	-E-26
E.4.3	計算方法	(口)	-E-27
E.4.4	計算結果	(口)	-E-27
E.5	ベンチマーク試験	(口)	-E-28
E.5.1	検証方法	(口)	-E-28
E.5.2	検証結果	(口)	-E-28
E.5.3	臨界判定基準の決定	(口)	-E-28
E.6	結果の要約及びその評価	(口)	-E-29

E.7	付属書類	(口)	-E-30
E.7.1	収納物モデルの補足	(口)	-E-31
E.7.2	損傷輸送物のための計算モデル	(口)	-E-34
E.7.3	水密度影響評価	(口)	-E-35
E.7.4	参考文献	(口)	-E-38
F.	核燃料輸送物の経年変化の考慮	(口)	-F-1
F.1	考慮すべき経年変化要因	(口)	-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	(口)	-F-2
F.3	安全解析における経年変化の考慮内容	(口)	-F-6
G.	規則および告示に対する適合性の評価	(口)	-G-1
(ハ) 章 輸送容器の保守および核燃料輸送物の取扱い方法			
A.	輸送物の取扱い方法	(ハ)	-A-1
A.1	装荷方法	(ハ)	-A-1
A.2	輸送物の発送前検査	(ハ)	-A-1
A.3	取出し方法	(ハ)	-A-3
A.4	空容器の取扱い	(ハ)	-A-3
B.	保守条件	(ハ)	-B-1
B.1	外観検査	(ハ)	-B-1
B.2	耐圧検査	(ハ)	-B-1
B.3	気密漏えい試験	(ハ)	-B-1
B.4	遮蔽検査	(ハ)	-B-1
B.5	未臨界検査	(ハ)	-B-1
B.6	熱検査	(ハ)	-B-2
B.7	吊上検査	(ハ)	-B-2
B.8	作動確認検査	(ハ)	-B-2
B.9	補助系の保守	(ハ)	-B-2

B.10	密封装置の弁、ガスケット等の保守	(ハ)	-B-2
B.11	輸送容器の保管	(ハ)	-B-2
B.12	記録の保管	(ハ)	-B-2
B.13	その他	(ハ)	-B-2
(二) 章	安全設計および安全輸送に関する特記事項	(二)	-1

図 目 次

(イ) 章

(イ) - 第 C.1 図	■■■■ 型輸送容器の概念図	(イ) - 6
(イ) - 第 C.2 図	■■■■ 型輸送容器の断面図	(イ) - 7
(イ) - 第 C.3 図	■■■■ 型輸送容器の分解図	(イ) - 8
(イ) - 第 C.4 図	■■■■ 型輸送容器の密封境界	(イ) - 9
(イ) - 第 C.5 図	■■■■ 型輸送容器荷姿	(イ) - 10
(イ) - 第 C.6 図	ドラムフランジ部及び底部拡大図	(イ) - 16
(イ) - 第 C.7 図	ドラム蓋	(イ) - 17
(イ) - 第 C.8 図	トッププラグ	(イ) - 18
(イ) - 第 C.9 図	ドラム内側ライナ	(イ) - 19
(イ) - 第 C.10 図	収納容器	(イ) - 20
(イ) - 第 C.11 図	シール蓋	(イ) - 21
(イ) - 第 C.12 図	クロージャーナット	(イ) - 22
(イ) - 第 D.1 図	収納容器内収納方法 ■■■■ ■■■■	(イ) - 27
(イ) - 第 D.2 図	収納缶内収納方法 ■■■■ ■■■■	(イ) - 27
(イ) - 第 D.3 図	収納缶内収納方法 ■■■■ ■■■■	(イ) - 28
(イ) - 第 D.4 図	■■■■ ■■■■	(イ) - 28
(イ) - 第 D.5 図	缶スペーサー	(イ) - 29

(ロ) 章

(ロ) - 第 A.1-1 図	収納容器の応力評価位置	(ロ) - A-16
(ロ) - 第 A.1-2 図	収納容器上部の応力解析モデル図	(ロ) - A-17
(ロ) - 第 A.1-3 図	収納容器底部の応力解析モデル	(ロ) - A-18
(ロ) - 第 A.1-4 図	圧力解析時の荷重条件 (ケース A)	(ロ) - A-19
(ロ) - 第 A.1-5 図	圧力解析時の荷重条件 (ケース B)	(ロ) - A-20
(ロ) - 第 A.2 図	輸送物時の重心位置	(ロ) - A-23
(ロ) - 第 A.3 図	振動試験	(ロ) - A-39
(ロ) - 第 A.4 図	供試体 4 の水噴霧試験配置	(ロ) - A-45

(口) - 第 A.5 図	供試体概要図	(口) - A-49
(口) - 第 A.6 図	収納物概要図	(口) - A-50
(口) - 第 A.7 図	供試体重心図	(口) - A-51
(口) - 第 A.8-1 図	落下試験施設 (1/2)	(口) - A-53
(口) - 第 A.8-2 図	落下試験施設 (2/2)	(口) - A-53
(口) - 第 A.9 図	耐火試験施設	(口) - A-54
(口) - 第 A.10 図	供試体 1 落下姿勢 (傾斜落下)	(口) - A-56
(口) - 第 A.11 図	供試体 2 落下姿勢 (水平落下)	(口) - A-56
(口) - 第 A.12 図	供試体 3 落下姿勢 (コーナー落下)	(口) - A-56
(口) - 第 A.13 図	供試体 4 落下姿勢 (垂直落下)	(口) - A-56
(口) - 第 A.14 図	供試体 1 1.2 m 自由落下試験 (傾斜落下)	(口) - A-57
(口) - 第 A.15 図	供試体 2 1.2 m 自由落下試験 (水平落下)	(口) - A-57
(口) - 第 A.16 図	供試体 3 1.2 m 自由落下試験 (コーナー落下) ..	(口) - A-58
(口) - 第 A.17 図	供試体 4 1.2 m 落下試験 (垂直落下)	(口) - A-58
(口) - 第 A.18 図	落下試験及び圧潰試験測定箇所図	(口) - A-59
(口) - 第 A.19 図	供試体 3 1.2 m 自由落下試験 (コーナー落下) 結果	(口) - A-62
(口) - 第 A.20 図	供試体 4 の積み重ね試験	(口) - A-63
(口) - 第 A.21 図	供試体 4 の貫通試験損傷	(口) - A-64
(口) - 第 A.22 図	供試体 4 落下姿勢	(口) - A-69
(口) - 第 A.23 図	供試体 4 圧潰姿勢	(口) - A-69
(口) - 第 A.24 図	供試体 4 9 m 落下試験結果	(口) - A-69
(口) - 第 A.25 図	供試体 4 9 m 落下試験及び圧潰試験結果	(口) - A-70
(口) - 第 A.26 図	供試体 2 落下姿勢	(口) - A-74
(口) - 第 A.27 図	供試体 2 圧潰姿勢	(口) - A-74
(口) - 第 A.28 図	供試体 2 9 m 落下試験及び圧潰試験結果	(口) - A-74
(口) - 第 A.29 図	供試体 3 落下姿勢	(口) - A-76
(口) - 第 A.30 図	供試体 3 圧潰姿勢	(口) - A-76
(口) - 第 A.31 図	供試体 3 9 m 落下試験結果	(口) - A-76
(口) - 第 A.32 図	供試体 3 9 m 落下試験及び圧潰試験結果	(口) - A-77
(口) - 第 A.33 図	供試体 1 落下姿勢	(口) - A-79
(口) - 第 A.34 図	供試体 1 圧潰姿勢	(口) - A-79
(口) - 第 A.35 図	供試体 1 9 m 落下試験結果	(口) - A-79

(口) - 第 A.36 図	供試体 1 9 m 落下試験及び圧潰試験結果……………	(口) - A-80
(口) - 第 A.37 図	垂直落下 (ドラム蓋直撃) ……………	(口) - A-83
(口) - 第 A.38 図	水平落下 (ドラム胴直撃) ……………	(口) - A-83
(口) - 第 A.39 図	水平落下 (収納容器フランジ位置直撃) ……………	(口) - A-83
(口) - 第 A.40 図	コーナー落下 (ドラム上部コーナー直撃) ……………	(口) - A-84
(口) - 第 A.41 図	傾斜落下 (垂直姿勢に対し 40°傾斜にて ドラム胴直撃) ……	(口) - A-84
(口) - 第 A.42 図	傾斜落下 (垂直姿勢に対し 28°傾斜にて ドラム胴直撃) ……	(口) - A-85
(口) - 第 A.43 図	供試体 4 1 m 貫通 垂直落下試験結果……………	(口) - A-87
(口) - 第 A.44 図	供試体 1 1 m 貫通 水平 (ドラム胴直撃) 及びコーナー落下試験結果……………	(口) - A-87
(口) - 第 A.45 図	供試体 2 1 m 貫通 水平 (ドラム胴直撃) 落下試験結果……………	(口) - A-88
(口) - 第 A.46 図	供試体 1 1 m 貫通 水平 (収納容器フランジ位置直撃) 落下試験結果……………	(口) - A-88
(口) - 第 A.47 図	供試体 1 1 m 貫通 傾斜 (垂直姿勢に対し 40°傾斜にてドラム胴直撃) 落下試験結果……………	(口) - A-89
(口) - 第 A.48 図	供試体 3 1 m 貫通 傾斜 (垂直姿勢に対し 28°傾斜にてドラム胴直撃) 落下試験結果……………	(口) - A-89
(口) - 第 A.49 図	耐火試験 (熱的試験前の予熱のための配置) ……………	(口) - A-92
(口) - 第 A.50 図	耐火試験 (炉内への供試体設置) ……………	(口) - A-92
(口) - 第 A.51 図	耐火試験 (試験後の供試体取り出し) ……………	(口) - A-93
(口) - 第 A.52 図	耐火試験 (試験後の供試体取り出し) ……………	(口) - A-93
(口) - 第 A.53 図	供試体 1 耐火試験結果 (ドラム蓋及びトッププラグ取り外し後) ……	(口) - A-94
(口) - 第 A.54 図	供試体 2 耐火試験結果 (ドラム蓋及びトッププラグ取り外し後) ……	(口) - A-94
(口) - 第 A.55 図	供試体 3 耐火試験結果 (ドラム蓋取り外し後) ……	(口) - A-95
(口) - 第 A.56 図	供試体 4 耐火試験結果 (ドラム蓋及びトッププラグ取り外し後) ……	(口) - A-95
(口) - 第 A.57 図	耐火試験温度測定箇所図 (トッププラグ底部) ……	(口) - A-96
(口) - 第 A.58 図	耐火試験温度測定箇所図 (ドラム内側ライナ) ……	(口) - A-97

	上部断面図（その2） ..	(ロ) - E-16
(ロ) - 第 E.10 図	■■■■ 計算モデルの材料番号対応	(ロ) - E-25
(ロ) - 第 E.11 図	燃料収納方法	(ロ) - E-32
(ロ) - 第 E.12 図	燃料収納物計算モデル	(ロ) - E-33

表 目 次

(イ) 章

(イ) - 第 A.1 表	輸送容器に収納する核燃料物質等の仕様 <u>(1/2)</u> [redacted] ……	(イ) - 2
(イ) - 第 A.1 表	輸送容器に収納する核燃料物質等の仕様 <u>(2/2)</u> [redacted] ……	(イ) - 3
(イ) - 第 C.1 表	輸送容器の構成材料 ……	(イ) - 14
(イ) - 第 C.2 表	輸送容器各部の寸法 ……	(イ) - 15
(イ) - 第 C.3 表	輸送容器の重量 ……	(イ) - 15
(イ) - 第 D.1 表	収納物の [redacted] 仕様 ……	(イ) - 25
(イ) - 第 D.2 表	収納物の [redacted] [redacted] 仕様 ……	(イ) - 26

(ロ) 章

(ロ) - 第 A.1 表	輸送容器の構造設計の条件及び評価方法 ……	(ロ) - A-6
(ロ) - 第 A.2-1 表	収納容器の許容応力 ……	(ロ) - A-15
(ロ) - 第 A.2-2 表	収納容器構成部品ごとの許容応力 ……	(ロ) - A-15
(ロ) - 第 A.3 表	収納容器応力解析条件 ……	(ロ) - A-19
(ロ) - 第 A.4 表	収納容器の設計に基づく応力計算結果 ……	(ロ) - A-21
(ロ) - 第 A.5 表	輸送物各部の重量 ……	(ロ) - A-22
(ロ) - 第 A.6 表	構造評価に使用する構成部品と材質 ……	(ロ) - A-25
(ロ) - 第 A.7 表	ドラムアセンブリに用いる ステンレス鋼の機械的性質 ……	(ロ) - A-26
(ロ) - 第 A.8 表	ドラム蓋ボルト等の機械的性質 ……	(ロ) - A-27
(ロ) - 第 A.9 表	[redacted] の機械的性質 ……	(ロ) - A-28
(ロ) - 第 A.10 表	O リングの機械的性質 ……	(ロ) - A-28
(ロ) - 第 A.11 表	収納容器の機械的性質 ……	(ロ) - A-29
(ロ) - 第 A.12 表	中性子吸収材の機械的性質 ……	(ロ) - A-30
(ロ) - 第 A.13 表	接触する異種材料の一覧 ……	(ロ) - A-32

(ロ) - 第 B.6 表	O リングの仕様	(ロ) - B-8
(ロ) - 第 B.7 表	太陽放射熱による伝熱量	(ロ) - B-13
(ロ) - 第 B.8 表	一般の試験条件下における輸送物各部の最高温度	(ロ) - B-14
(ロ) - 第 B.9 表	収納容器の内圧計算結果	(ロ) - B-16
(ロ) - 第 B.10 表	特別の試験条件下における輸送物各部の最高温度	(ロ) - B-21
(ロ) - 第 B.11 表	収納容器の内圧計算結果	(ロ) - B-23
(ロ) - 第 B.1 付属表	の重量百分率及び同位体重量	(ロ) - B-26
(ロ) - 第 B.2 付属表	の崩壊熱	(ロ) - B-27
(ロ) - 第 C.1 表	密封装置の最高圧力及び最高温度	(ロ) - C-1
(ロ) - 第 C.2 表	ガスケットの寸法及び材質	(ロ) - C-3
(ロ) - 第 C.3 表	クロージャーナット	(ロ) - C-4
(ロ) - 第 C.4 表	最大許容空気漏えい率	(ロ) - C-5
(ロ) - 第 C.5 表	最大許容ガス漏えい率	(ロ) - C-8
(ロ) - 第 C.6 表	一般の試験条件下の最大ガス漏えい率	(ロ) - C-9
(ロ) - 第 C.7 表	漏えい率評価に使用する核種組成及び質量	(ロ) - C-10
(ロ) - 第 C.8 表	ORIGEN-2.2 による の核種質量	(ロ) - C-11
(ロ) - 第 C.9 表	ORIGEN-2.2 算出結果に 基づく質量比 (崩壊年数 70 年)	(ロ) - C-12
(ロ) - 第 C.10 表	一般の試験条件下における放射性物質の漏えい率	(ロ) - C-14
(ロ) - 第 C.11 表	特別の試験条件下の最大ガス漏えい率	(ロ) - C-17
(ロ) - 第 C.12 表	特別の試験条件下における放射性物質の漏えい率	(ロ) - C-19
(ロ) - 第 C.13 表	発送前検査時の気密漏えい検査条件	(ロ) - C-20
(ロ) - 第 D.1 表	解析線源計算のための放射性同位体仕様	(ロ) - D-2
(ロ) - 第 D.2 表	あたりのガンマ線源	(ロ) - D-4
(ロ) - 第 D.3 表	あたりの中性子線源	(ロ) - D-6
(ロ) - 第 D.4 表	通常輸送時に対する(ロ)第 D.1 図で示される 型輸送物の遮蔽解析モデルのための 形状データ	(ロ) - D-11

(口) - 第 D.5 表	遮蔽解析モデルにおける線量当量率評価位置	(口) - D-12
(口) - 第 D.6 表	一般の試験条件下に対する(口)-第 D.1 図で示される [redacted] 型輸送物の遮蔽解析モデルのための 形状データ	(口) - D-13
(口) - 第 D.7 表	遮蔽モデル材料仕様	(口) - D-15
(口) - 第 D.8 表	ANSI/ANS-1977 ガンマ線量当量率換算係数	(口) - D-17
(口) - 第 D.9 表	ANSI/ANS-1977 中性子線量当量率換算係数	(口) - D-18
(口) - 第 D.10 表	[redacted] [redacted] 型輸送物外部の線量当量率	(口) - D-20
(口) - 第 E.1 表	臨界解析条件及び結果	(口) - E-2
(口) - 第 E.2 表	収納物仕様	(口) - E-4
(口) - 第 E.3 表	[redacted] 計算モデルに使用される材料組成	(口) - E-18
(口) - 第 E.4 表	各計算モデルの [redacted] 及び濃縮度	(口) - E-26
(口) - 第 E.5 表	各計算モデル臨界解析結果	(口) - E-27
(口) - 第 E.6 表	[redacted] よって算出された [redacted] [redacted] ドラムの変形	(口) - E-34
(口) - 第 E.7 表	孤立系・非損傷輸送物モデルにおける 水密度評価結果 [redacted]	(口) - E-35
(口) - 第 E.8 表	配列系・非損傷輸送物モデルにおける 水密度評価結果 [redacted]	(口) - E-35
(口) - 第 E.9 表	孤立系・損傷輸送物モデルにおける 水密度評価結果 [redacted]	(口) - E-36
(口) - 第 E.10 表	配列系・損傷輸送物モデルにおける 水密度評価結果 [redacted]	(口) - E-36
(口) - 第 E.11 表	孤立系・非損傷輸送物モデルにおける 水密度評価結果 [redacted]	(口) - E-36
(口) - 第 E.12 表	配列系・非損傷輸送物モデルにおける 水密度評価結果 [redacted]	(口) - E-37

(ロ) - 第 E.13 表 孤立系・損傷輸送物モデルにおける
水密度評価結果 [REDACTED] (ロ) - E-37

(ロ) - 第 E.14 表 配列系・損傷輸送物モデルにおける
水密度評価結果 [REDACTED] (ロ) - E-37

(ロ) - 第 F.1 表 安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価(1/3)
..... (ロ) - F-3

(ロ) - 第 F.1 表 安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価(2/3)
..... (ロ) - F-5

(ロ) - 第 F.1 表 安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価(3/3)
..... (ロ) - F-6

(ロ) - 第 G.1 表 規則及び告示に定める技術基準への適合性の評価
..... (ロ) - G-2

(ハ) 章

(ハ) - 第 A.1 表 輸送物発送前検査要領 (ハ) - A-2

(ハ) - 第 B.1 表 定期自主検査要領 (ハ) - B-3

(イ) 章 核燃料輸送物の説明

(イ)章 核燃料輸送物の説明

A. 目的及び条件

本輸送物は、国立大学法人京都大学複合原子力科学研究所の [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED] を輸送するために使用する。

- (1) 輸送容器の型名 [REDACTED] 型
- (2) 輸送物の種類 BU 型核分裂性輸送物
- (3) 輸送制限個数 [REDACTED]
- (4) 輸送制限配列 任意
- (5) 輸送指数 [REDACTED]
- (6) 臨界安全指数 (CSI) [REDACTED]
- (7) 輸送物の重量 最大 [REDACTED]
- (8) 輸送容器の外寸法 公称外径 [REDACTED]
公称高さ [REDACTED]
- (9) 輸送容器の重量 公称 [REDACTED]
- (10) 輸送容器の主要材質
 - (a) ドラムアセンブリ ステンレス鋼、 [REDACTED]
[REDACTED]
 - (b) 収納容器 ステンレス鋼
- (11) 輸送容器に収納する核燃料物質等の仕様
(イ)第 A.1 表に示すとおり。
- (12) 輸送形態
輸送は専用積載とし、車両による陸上輸送あるいは船による海上輸送である。
- (13) 使用予定年数
 - (a) 使用予定年数 : [REDACTED]
 - (b) 年間の運搬に使用される回数 : 3 回以下
 - (c) 1 回の運搬に要する日数 : [REDACTED]

(イ)-第 A.1 表 輸送容器に収納する核燃料物質等の仕様 (1/2)

項目		仕様	
種類		[Redacted]	
性状			
型式			
寸法 (mm)			
重量 (g)			
輸送物 1 基あたりの仕様	納数 ^{*1} (枚)		
	²³⁵ U 重量 (kg)		
	ウラン濃縮度 (重量%)		
	放射能の量 (Bq)		
	主要核種の放射能の量 (Bq)		²³⁵ U
	発熱量 (W)		
燃焼度 (%)			
冷却日数 (日)			

- ・ 収納物表面から1m離れた位置での空気吸収線量率は1Gy/h以下

(イ)第A.1表 輸送容器に収納する核燃料物質等の仕様 (2/2)

項目		仕様	
種類		[Redacted]	
性状			
型式			
燃料重量 (g)			
輸送物1基あたりの仕様	燃料収納量 (g)		
	²³⁵ U重量 (kg)		
	ウラン濃縮度 (重量%)		
	放射能の量 (Bq)		
	主要核種の放射能の量 (Bq)		²³⁵ U
	発熱量 (W)		
燃焼度 (%)			
冷却日数 (日)			

- ・ 収納物表面から1m離れた位置での空気吸収線量率は1Gy/h以下

B. 輸送物の種類

BU 型核分裂性輸送物

C. 輸送容器

C.1 輸送容器の概要

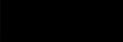
本輸送容器は、円筒形状であり、輸送時及び取扱い時ともに縦置状態で使用される。

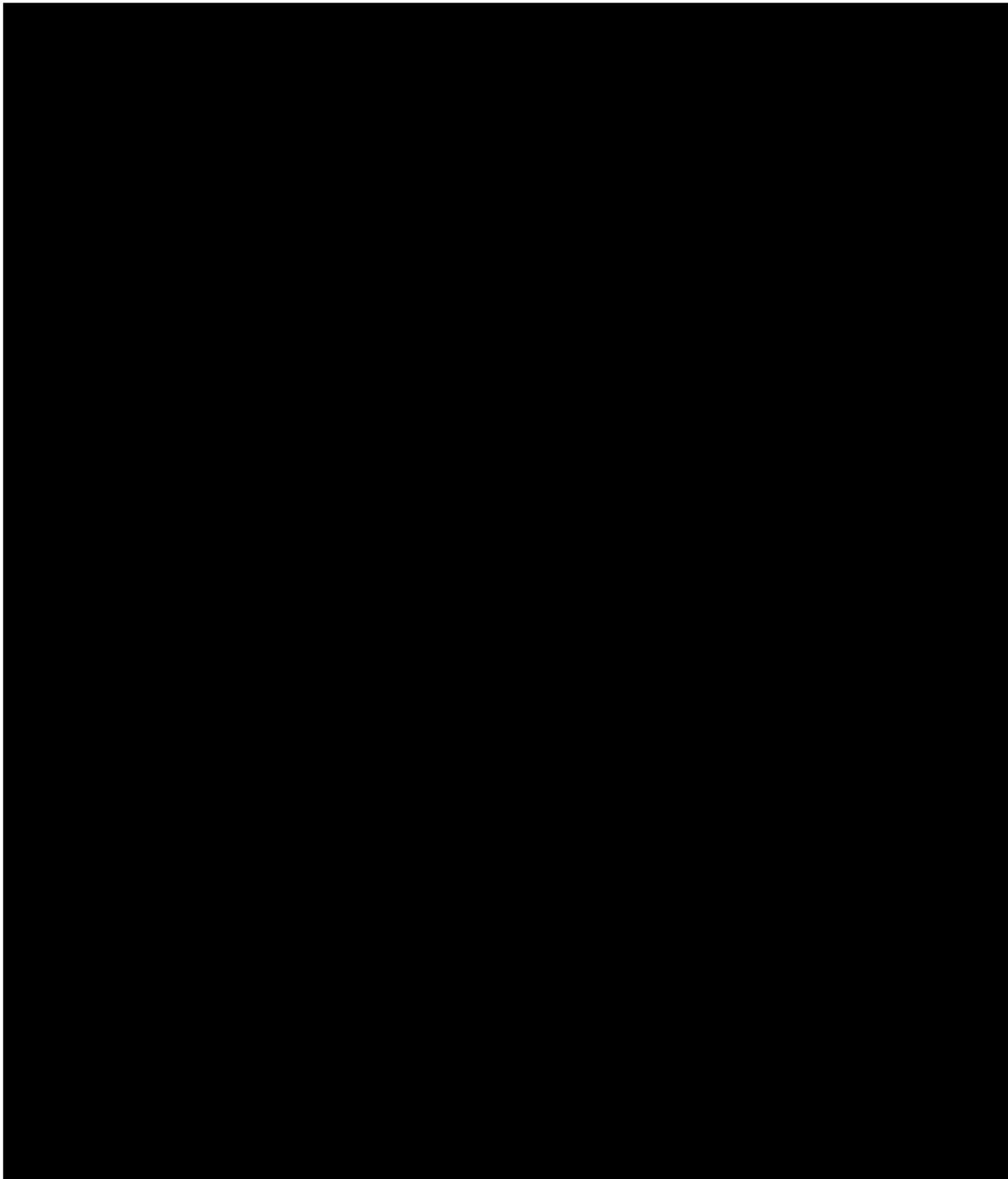
本輸送容器の概念図、断面図及び分解図を(イ)-第 C.1 図、(イ)-第 C.2 図及び(イ)-第 C.3 図に示す。

本輸送容器の概要を以下に示す。

- (1) 本輸送容器は密封機能を有する収納容器と収納容器を挿入するためのドラムアセンブリから構成されている。収納容器は輸送容器上部方向から挿入され、収納容器上部にトッププラグを取付ける。トッププラグの上に、ドラム蓋を設置し、ドラム蓋をドラム胴体にボルト締めする。
- (2) 収納容器は、設計圧力 [REDACTED] の耐圧容器として設計されている。
- (3) 取扱い時の衝撃を緩和するため、収納容器の上下にはシリコンラバーパッドを挿入する。
- (4) 落下等による衝撃の吸収及び火災事故による入熱を防ぐため、トッププラグ及びドラム胴体とドラム内側ライナの間には [REDACTED] を充填している。
- (5) 中性子を吸収するため、収納容器外側に中性子吸収材として [REDACTED] を配置している。
- (6) 本輸送容器の密封境界を(イ)-第 C.4 図に示す。
- (7) 本輸送容器は専用のローディングカート [REDACTED] 1 基に [REDACTED] 積載され、荷姿となる。荷姿を(イ)-第 C.5 図に示す。



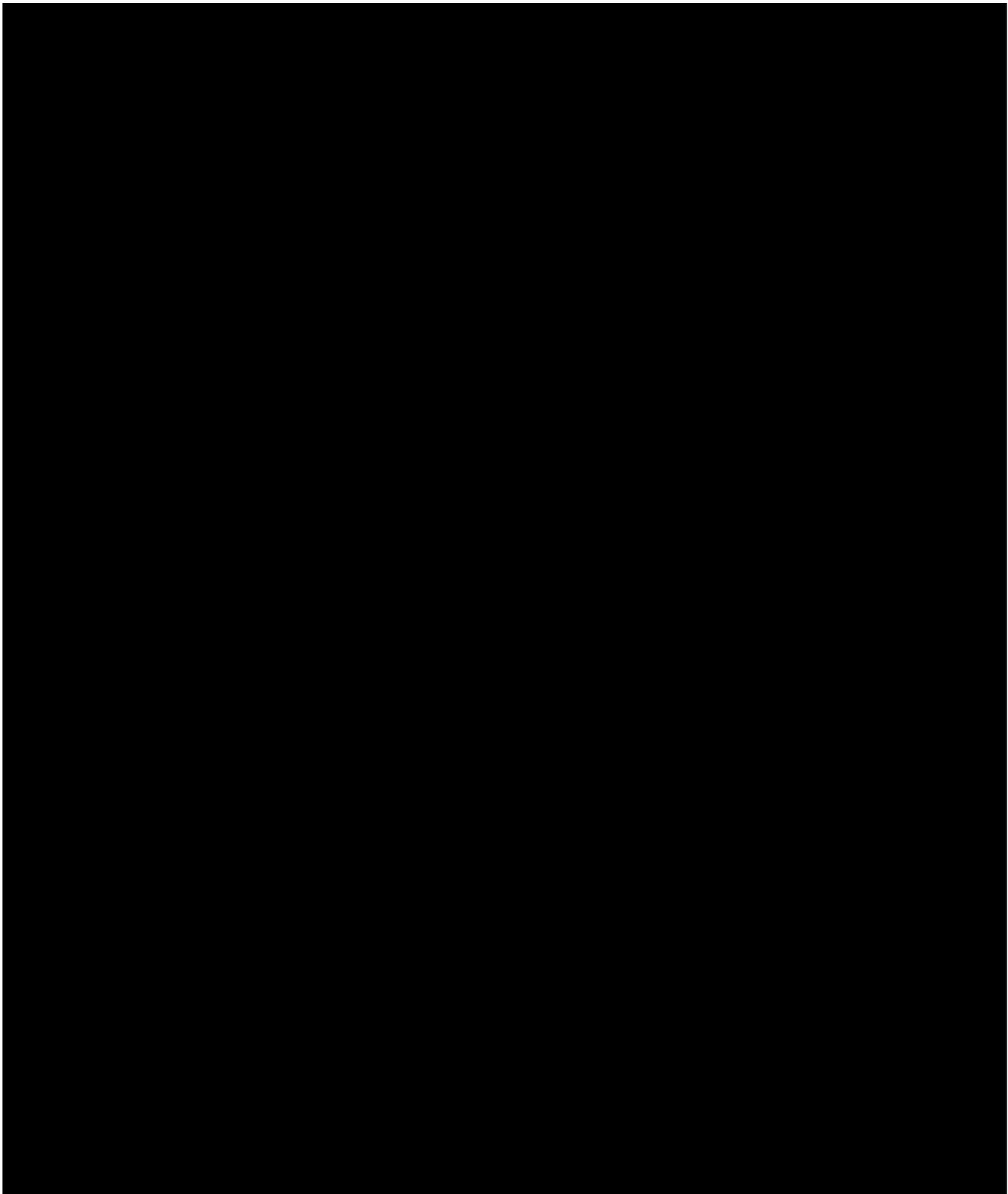
(イ)-第 C.1 図  型輸送容器の概念図



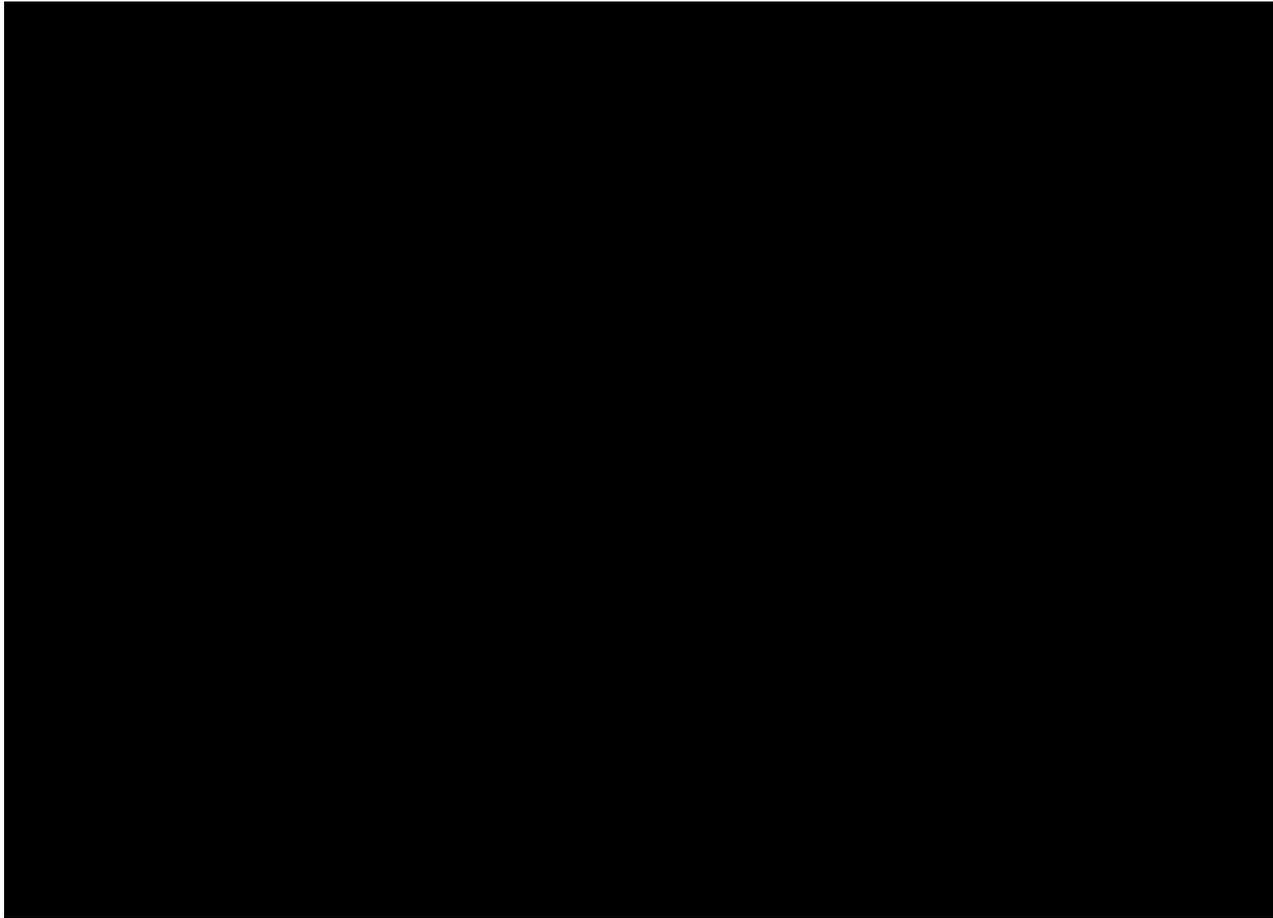
(イ)第 C.2 図 型輸送容器の断面図



(イ)第 C.3 図 ■■■ 輸送容器の分解図



(イ)第 C.4 図 XXXXXXXXXX 型輸送容器の密封境界



(i)-第 C.5 図 [redacted] 型輸送容器荷姿

C.2 輸送容器の構造

本輸送容器は、ドラムアセンブリ及び収納容器の2つの主要部から構成されている。

本輸送容器の構造を上記2つの主要部に分け、以下に示す。

C.2.1 ドラムアセンブリ

ドラムアセンブリはドラム胴体、ドラム底板、ドラム蓋、トッププラグ及びドラム内側ライナから構成され、[REDACTED] [REDACTED] の円筒形状である。

ドラム胴体は、[REDACTED] [REDACTED] のステンレス鋼で構成され、蓋部及び底部は開口している円筒形状である。また、ドラムのフランジ部を構成するためアングルを溶接する（(i)-第 C.6 図参照）。ドラム蓋取り付けのため、フランジ部にステンレス鋼製のスタッドボルトを [REDACTED] [REDACTED] 溶接する。また、上部リムには火災時の圧力緩和のために [REDACTED] [REDACTED] が設けられているが、輸送時及び貯蔵時の水の浸入を防ぐためにプラスチックプラグを挿入する。

ドラム底板は、アーチ状に加工した [REDACTED] [REDACTED] のステンレス鋼板であり、ドラム胴体の下部チャイムに外周を溶接して取り付ける。

ドラム蓋は [REDACTED] [REDACTED] のステンレス鋼で構成され、六角ナット [REDACTED] より本体に取り付ける（(i)-第 C.7 図参照）。また [REDACTED] [REDACTED]

トッププラグは [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] のステンレス鋼で構成し、内部には [REDACTED] [REDACTED] が充填される（(i)-第 C.8 図参照）。

ドラム内側ライナは [REDACTED] [REDACTED] のステンレス鋼で構成され、収納用途に合わせて上部ライナ、中間部ライナ及び下部ライナの3層構造になっている。上部ライナはトッププラグを収納するために [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] とし、ドラムフランジ部のアングルに溶接する。中間部ライナは収納容器のフランジを収納するため、 [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] とし、上部ライナに

溶接する。また、下部ライナは収納容器を収納するため、XXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXとし、中間部ライナに溶接する（(イ)-第 C.9 図参照）。

ドラム胴体と上部ライナ及び中間部ライナの間には、衝撃吸収及び断熱の目的のため、
XXXXXXXXXXを充填する。また、中間部ライナと下部ライナの間には中性子吸収材
としてXXXXXXXXXXを充填する。

C.2.2 収納容器

収納容器は収納容器本体、収納容器蓋及び O リングから構成され、設計圧XXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXの耐圧容器である（(イ)-第 C.10 図、(イ)-第 C.11 図及び(イ)-第 C.12 図
参照）。

収納容器本体はフランジ部XXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXのステンレス鋼で構成され、回転塑性加工による一体成型に
て製作される。

収納容器蓋は、シール蓋、クロージャーナット及び外止めリングから構成され、
XXXXXXXXXXである。

シール蓋はステンレス鋼製であり、XXXXの O リング溝の間に通じるリークテスト孔が
設けられている。リークテスト孔は、通常時、リークテストポートプラグで閉止する。

クロージャーナットはステンレス鋼製であり、収納容器蓋を収納容器本体に締め付ける
ために用いる。

外止めリングはステンレス鋼製であり、シール蓋に設けられた切欠き部に取付けられ、
シール蓋とクロージャーナットとの組み合わせを保持するために用いる。O リングXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXX製であり、収納容器本体フランジ部XXXX付ける。

また、振動の低減及び接触を最小限にする目的で収納容器の上下部にシリコンラバーパ
ッドを用いる。

C.3 輸送容器の構成材料

本容器の主な部品の材料については、(イ)-第 C.1 表に示す。

C.4 輸送容器の各部の寸法

本容器の主な部品の寸法については、(イ)-第 C.2 表に示す。

C.5 輸送容器の重量

本容器の重量については、(イ)-第 C.3 表に示す。

(イ)第 C.1 表 輸送容器の構成材料

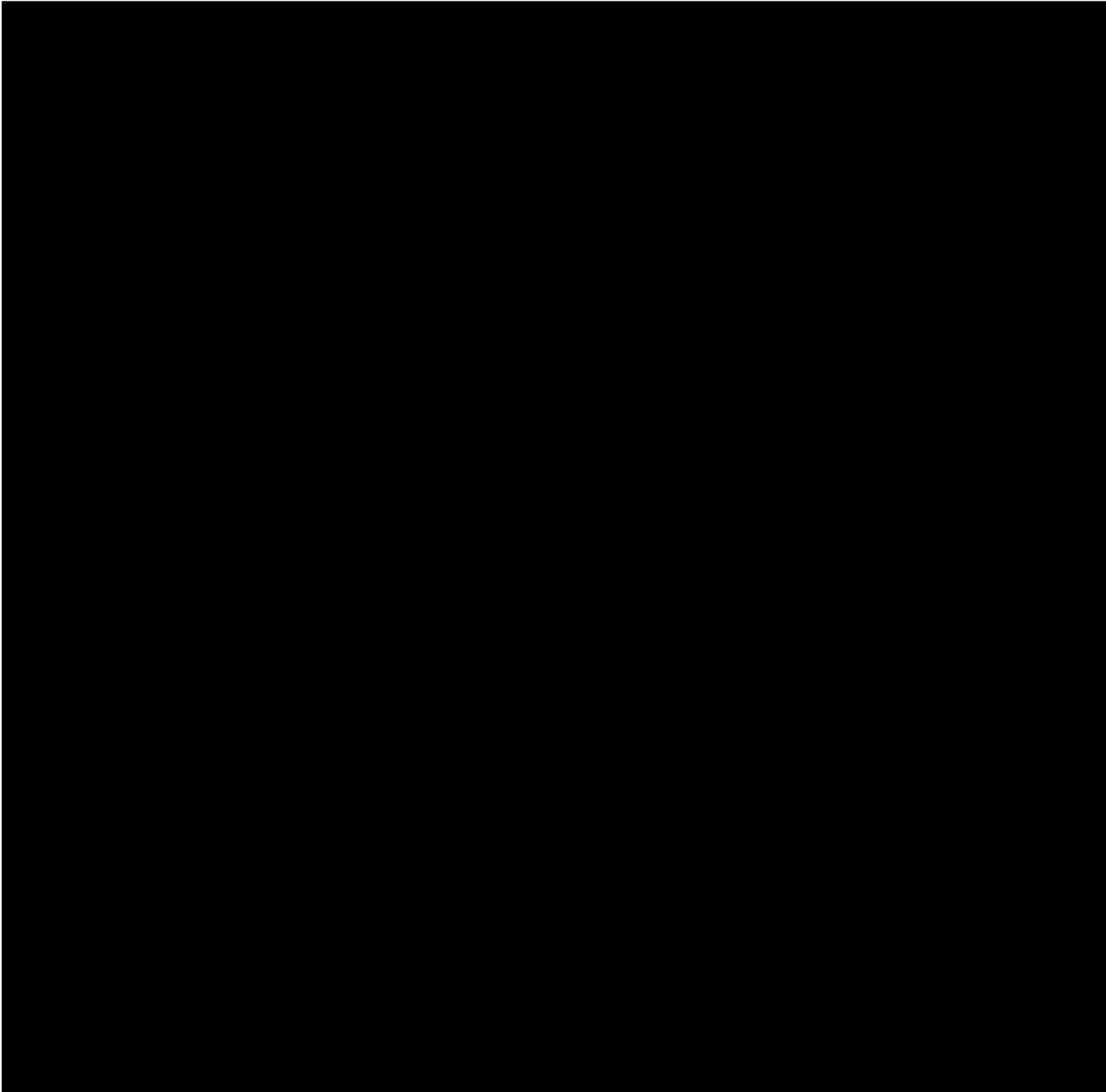
部 品 名	材 質	個 数	規 格 又 は 名 称
(1) ドラムアセンブリ			
・ ドラム蓋			
・ ドラム胴体			
・ ドラム底板			
・ ドラム内側ライナ			
・ トッププラグ			
・ アングル			
・ 			
・ 中性子吸収材			
・ 六角ナット			
・ スタッドボルト			
・ シリコンラバーパッド			
(2) 収納容器			
・ 収納容器本体			
・ シール蓋			
・ クロージャーナット			
・ Oリング			

(イ)-第 C.2 表 輸送容器各部の寸法

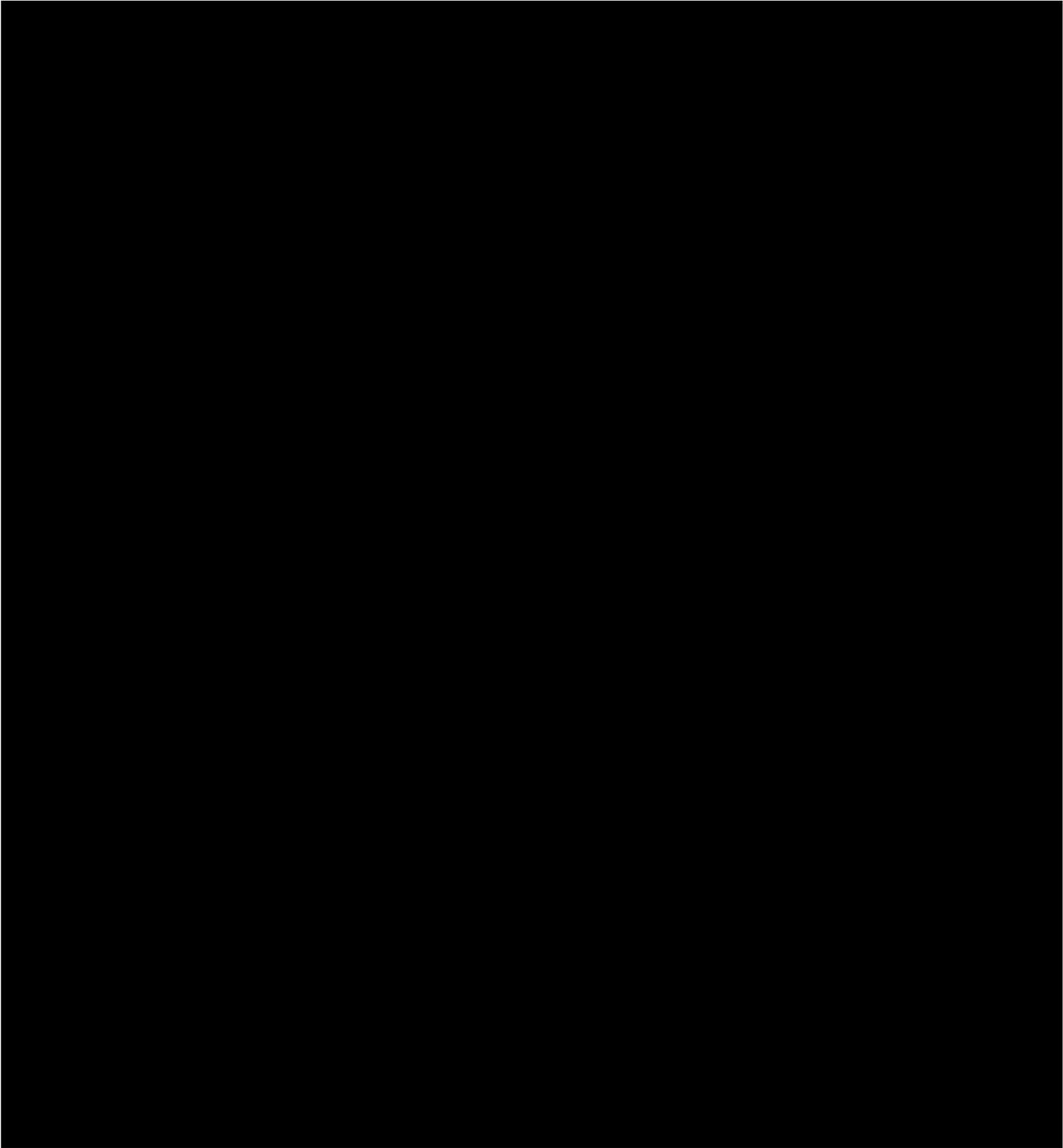
部 品 名	部 位	公称寸法 (mm (in.))
(1)ドラムアSEMBリ	[Redacted]	[Redacted]
(2)収納容器		

(イ)-第 C.3 表 輸送容器の重量

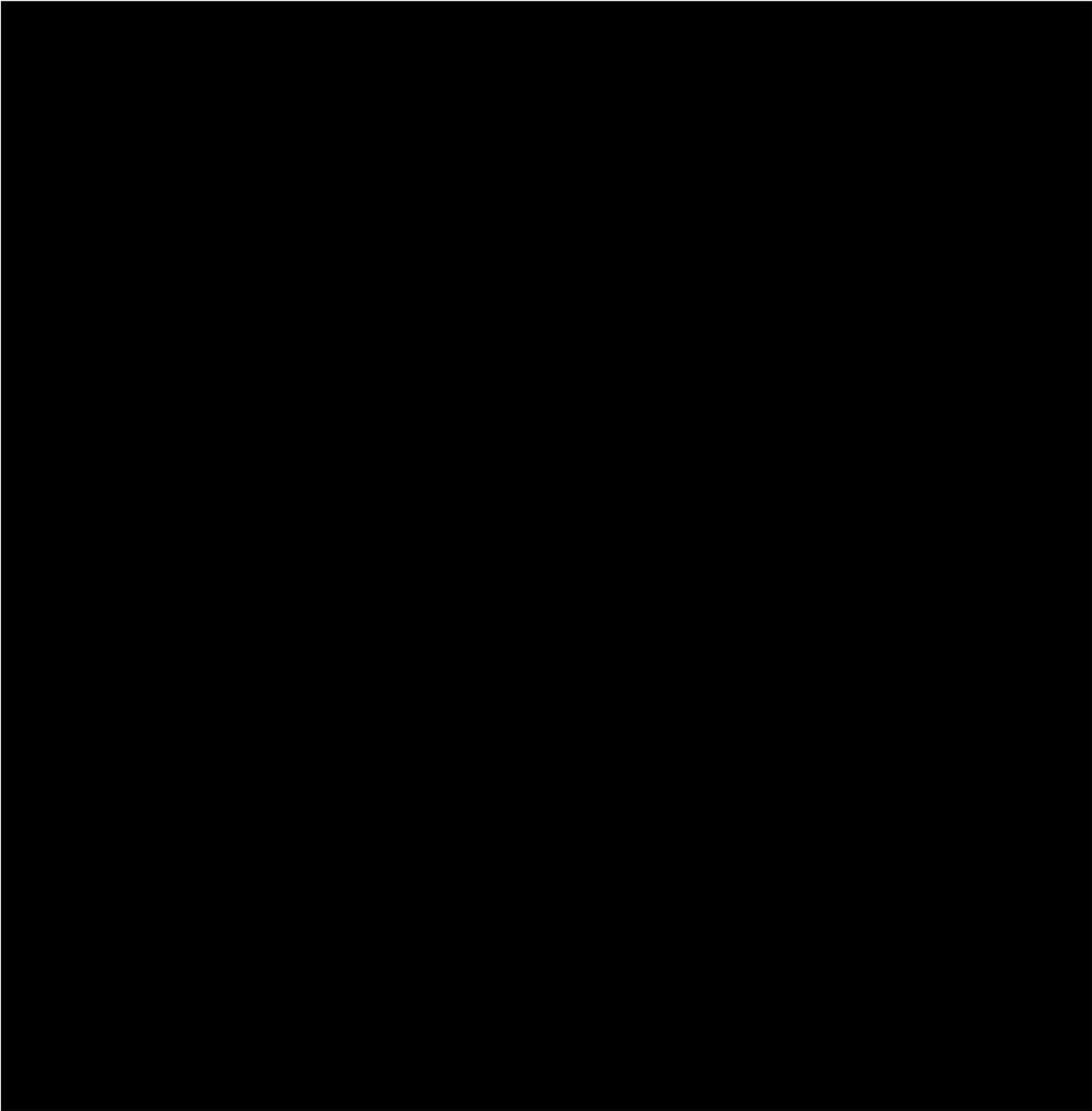
部 品 名	公称重量 (kg (lb))
(1)ドラムアSEMBリ	[Redacted]
(2)収納容器	
合計	



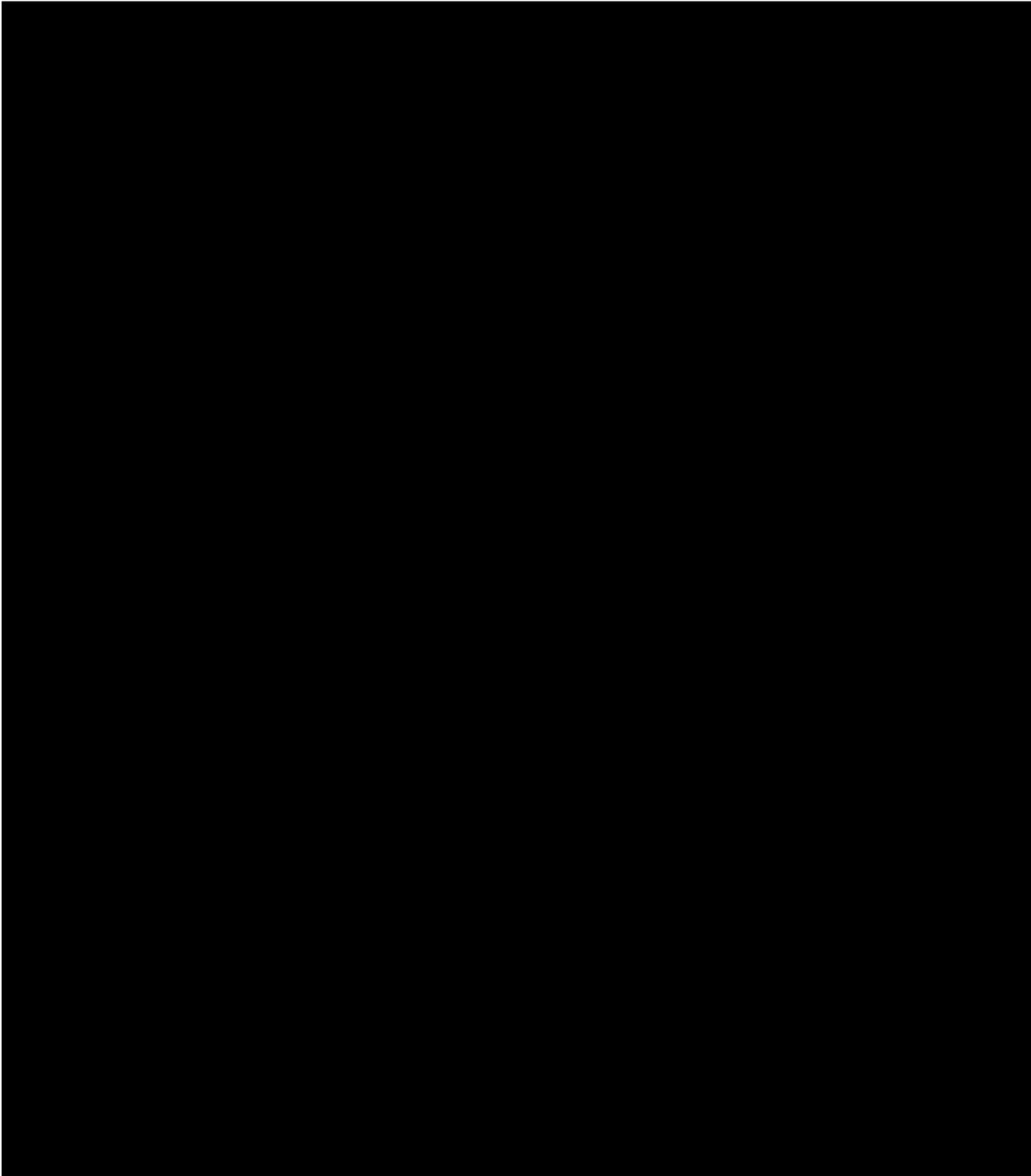
(イ)-第 C.6 図 ドラムフランジ部及び底部拡大図



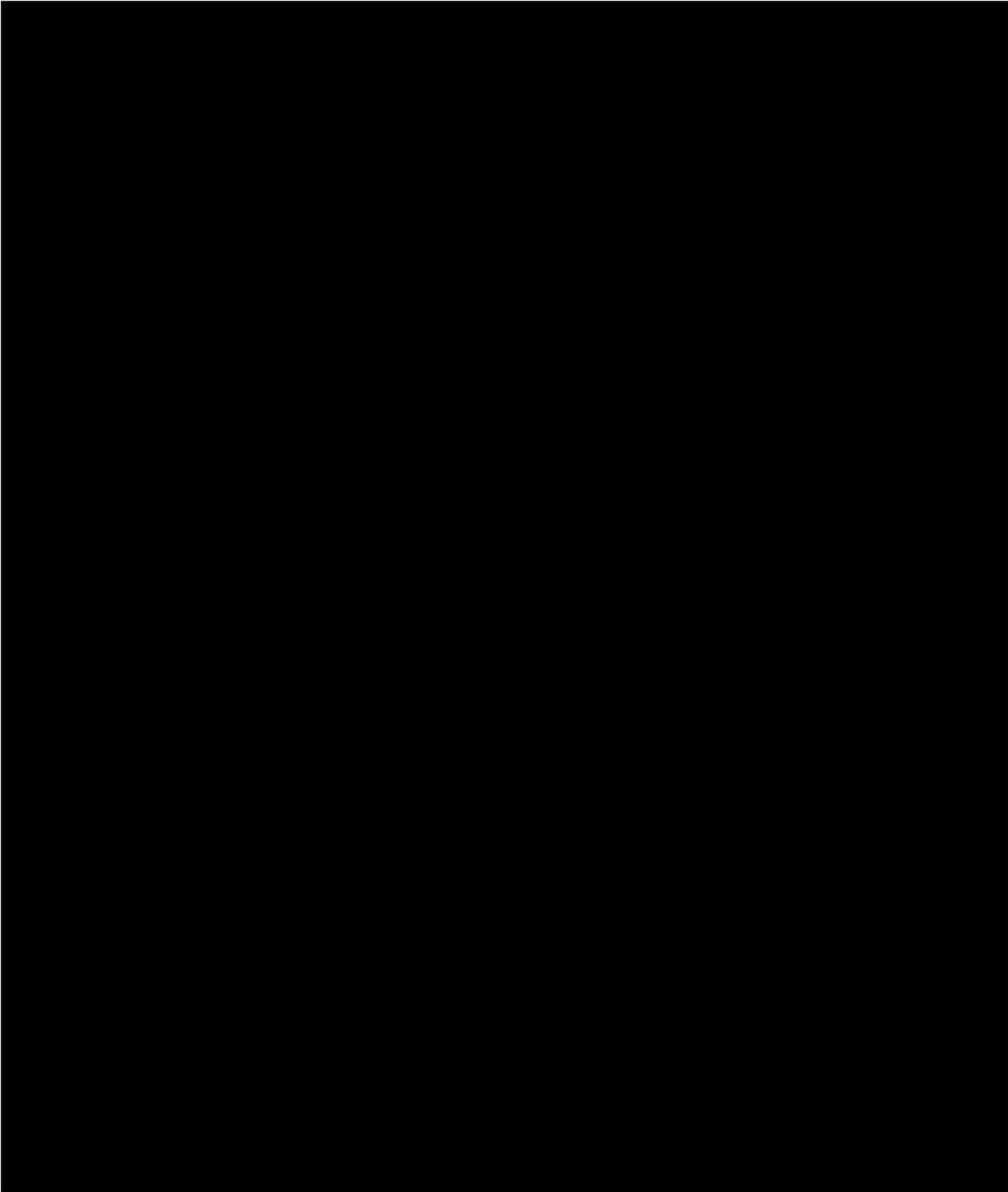
(イ)第 C.7 図 ドラム蓋



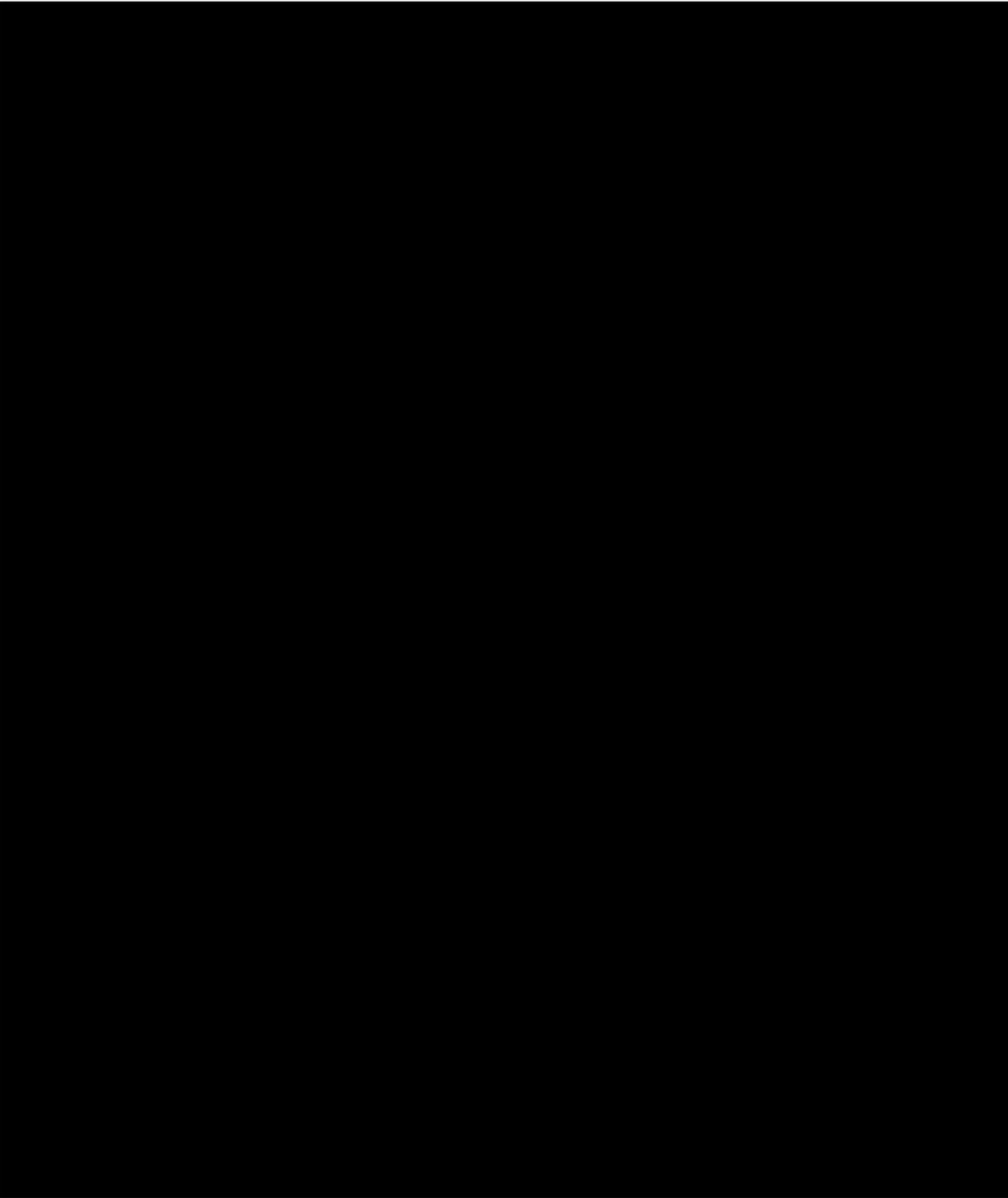
(イ)-第 C.8 図 トッププラグ



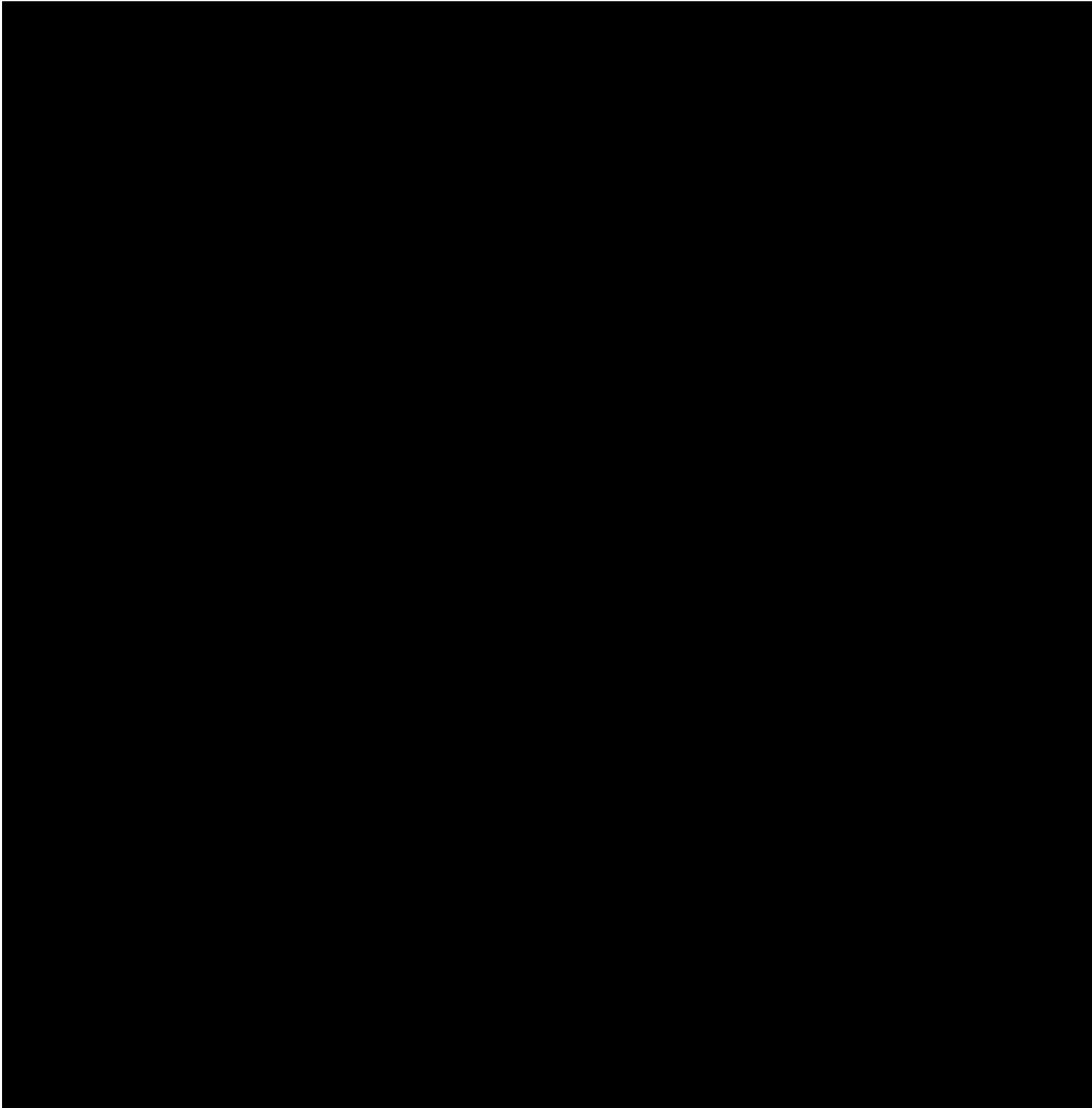
(イ)-第 C.9 図 ドラム内側ライナ



イ 第 一 図 収 納 容 器



(イ)第 C.11 図 シール蓋



(イ)-第 C.12 図 クロージャーナット

D. 輸送容器の収納物

本輸送容器に収納される収納物は、収納容器内の全ての物品を指し、
梱包材、
収納缶及び缶スペーサーである。

は、極低出力炉で用いられた
である。

を輸送する場合、輸送容器に収納缶を
装荷する ((i)-第 D.1 図参照)。収納缶には
を収納する。またと収納缶の間はクッション材を充填する ((i)-
第 D.2 図参照)。

装荷する ((i)-第 D.3 図参照)。
収納し、これらの燃料を収納缶で挟み込む。またと収納缶の間
はクッション材を充填する ((i)-第 D.3 図参照)。

場合、
輸送容器に収納缶を装荷する ((i)-第 D.1 図参照)。この際、収納容器内の空隙を埋め
るために収納缶と収納缶の間には缶スペーサーを設置する場合がある。収納缶には
に梱包し、収納缶に収納する。また、
燃料と収納缶の間はクッション材を充填する。

また、振動の低減及び接触を最小限にする目的で収納缶及び缶スペーサーの上下部にシリ
コンゴム製の緩衝材が使われる場合がある。

D.1 収納する核燃料物質

収納する核燃料物質の、主に ^{235}U と ^{238}U で構成
され、(i)-第 D.4 図に示すようにの形状がある。
であり、

██████████である。

██████████、主に ^{235}U と ^{238}U で構成され、██████████ある。

輸送容器に収納する核燃料物質の仕様を(イ)-第 D.1 表に示す。

D.2 収納缶及び缶スペーサー

収納缶は██████████ ███████████ ███████████ ███████████ ███████████
██████████ 構成される。缶スペーサーは██████████ ███████████ ███████████
██████████ で構成され、内部には中性子吸収の目的で██████████
██████████ を充填する。なお、収納缶及び缶スペーサーは取扱い時の作業を容易にするため
にステンレス鋼██████████ を装着する可能性がある。

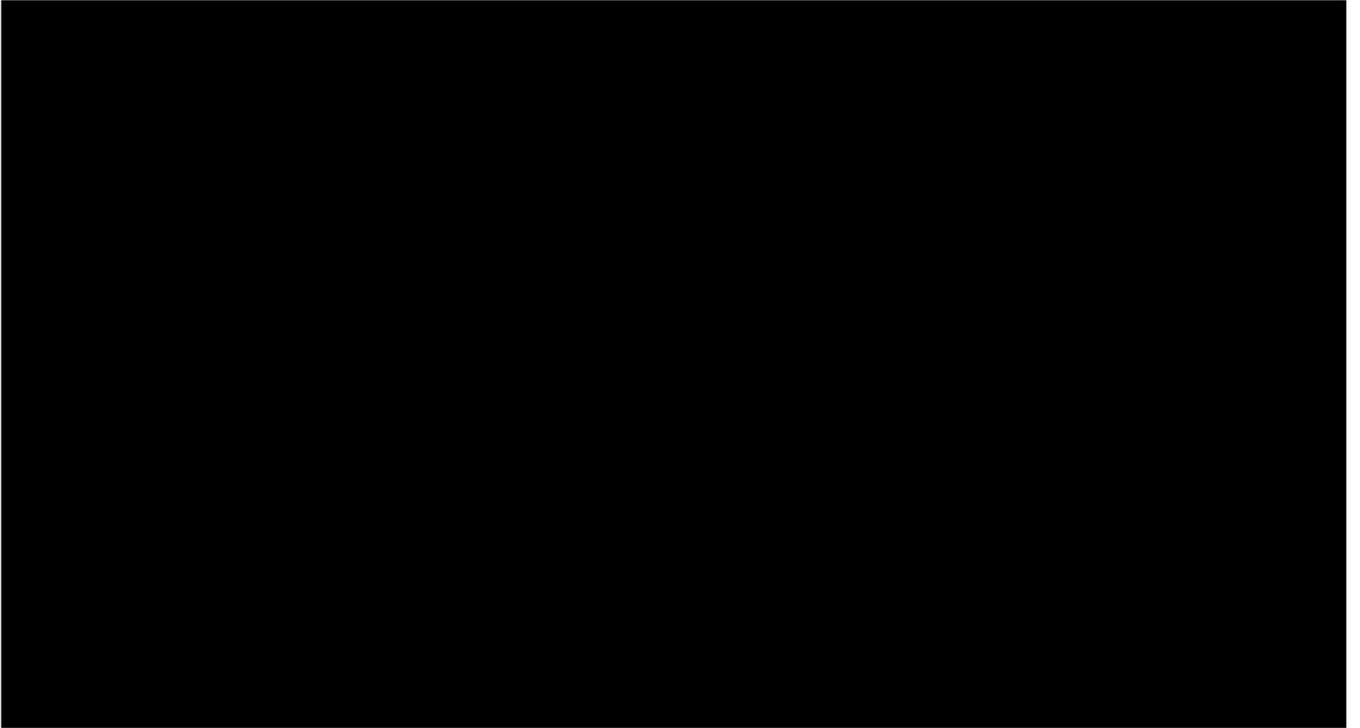
D.3 積載限度

██████████ 型輸送容器を使用し、██████████ を輸送する際には、
下記の積載限度を満たさなければならない。

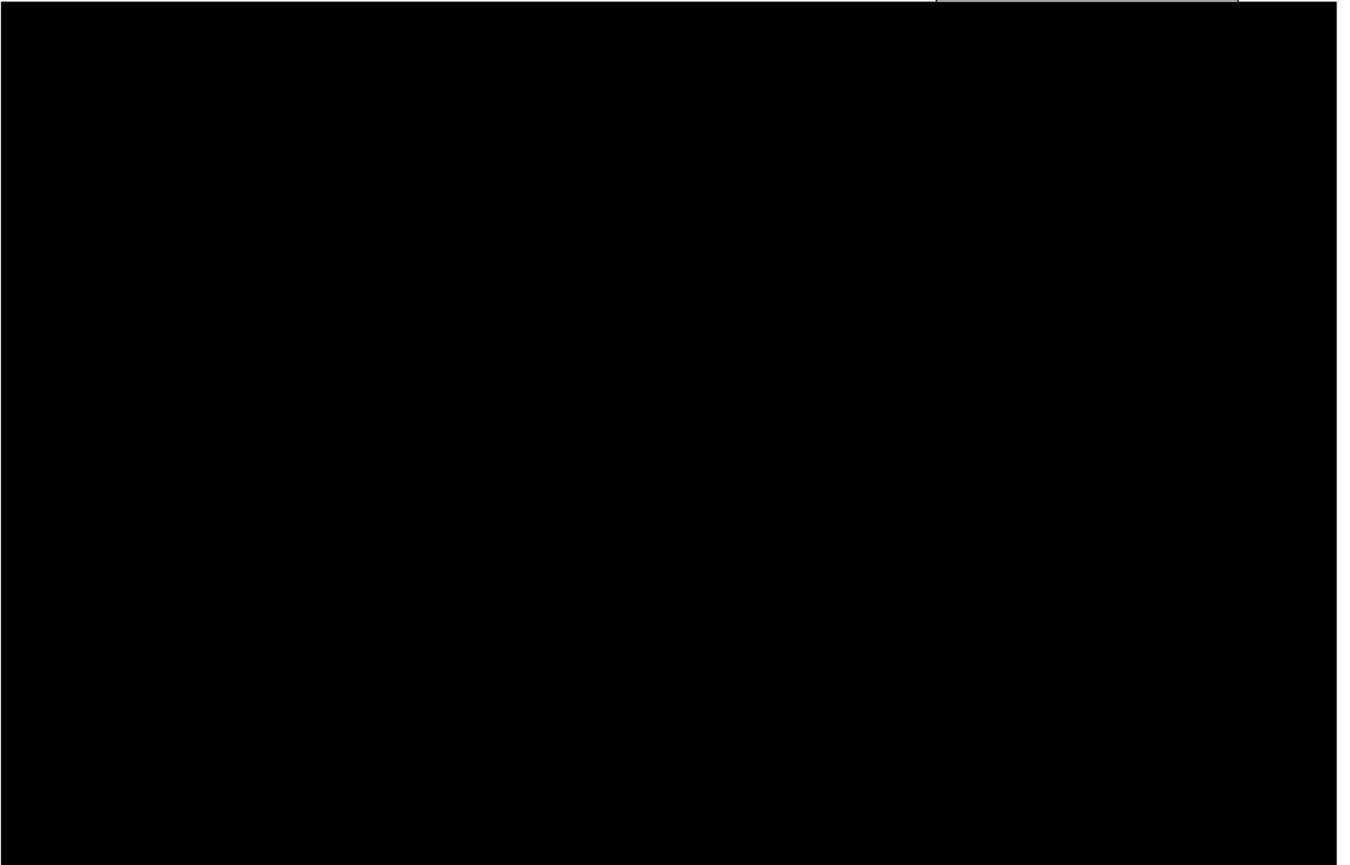
- (1) 収納物を収納する際には収納缶を使用しなければならない。
- (2) 収納缶、缶スペーサー及び緩衝材の合計高さが収納容器内側有██████████
██████████ を超えてはならない。
- (3) 空の収納缶を輸送容器内に収納する場合には、核燃料物質を収納した収納缶の上下
のいずれかに配置し、缶の圧力調整のために、██████████ ███████████ 穴を
設けた蓋を使用しなければならない。
- (4) 発火現象のおそれのある微小な高濃縮ウラン金属又は合金を収納する場合には、収
納容器内を不活性ガスで満たさなければならない。
- (5) 梱包材やハンドリング用部品のうち、ガス放出物質（ポリエチレン等）は輸送容器あ
たり██████████ 下にしなければならない。
- (6) 高濃縮ウランを輸送する際、収納容器内に使用する材料の水素原子密度は水と同等
もしくは小さいものを使用しなければならない。

(i)-第D.2表 収納物の XXXXXXXXXX 仕様

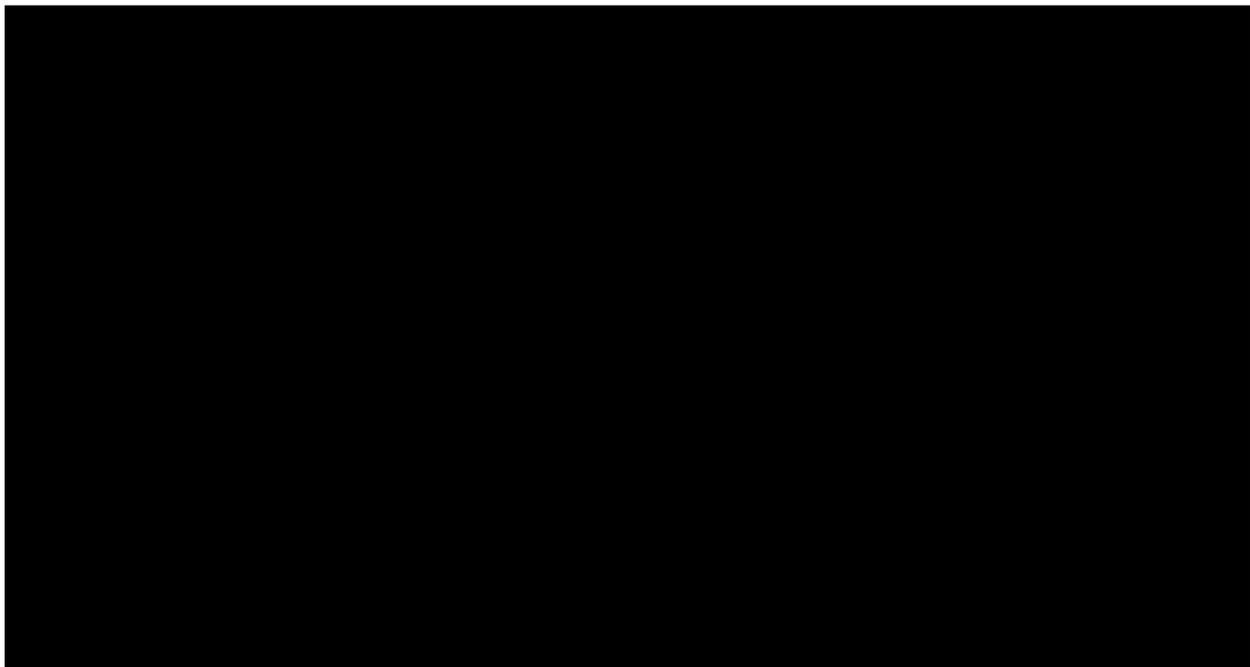
項目		仕様	
種類			
性状			
型式			
形状			
燃料重量 (g)			
輸送物1基あたりの仕様	収納物重量 ^{※1} (kg)		
	燃料重量 (g)		
	²³⁵ U重量 (kg)		
	ウラン濃縮度 (重量%)		
	放射能の量 (Bq)		
	主要核種の放射能の量 (Bq)		²³⁵ U
	発熱量 (W)		
燃焼度 (%)			
冷却日数 (日)			



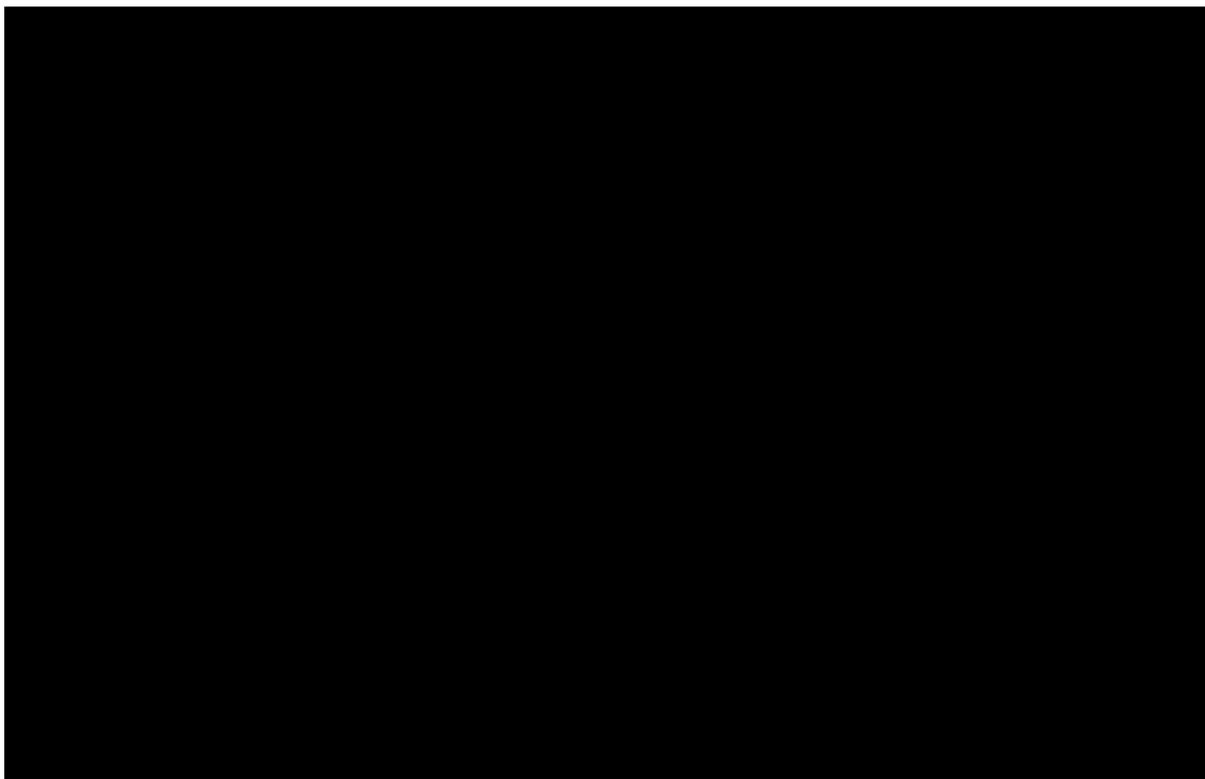
(イ)第 D.1 図 収納容器内収納方法



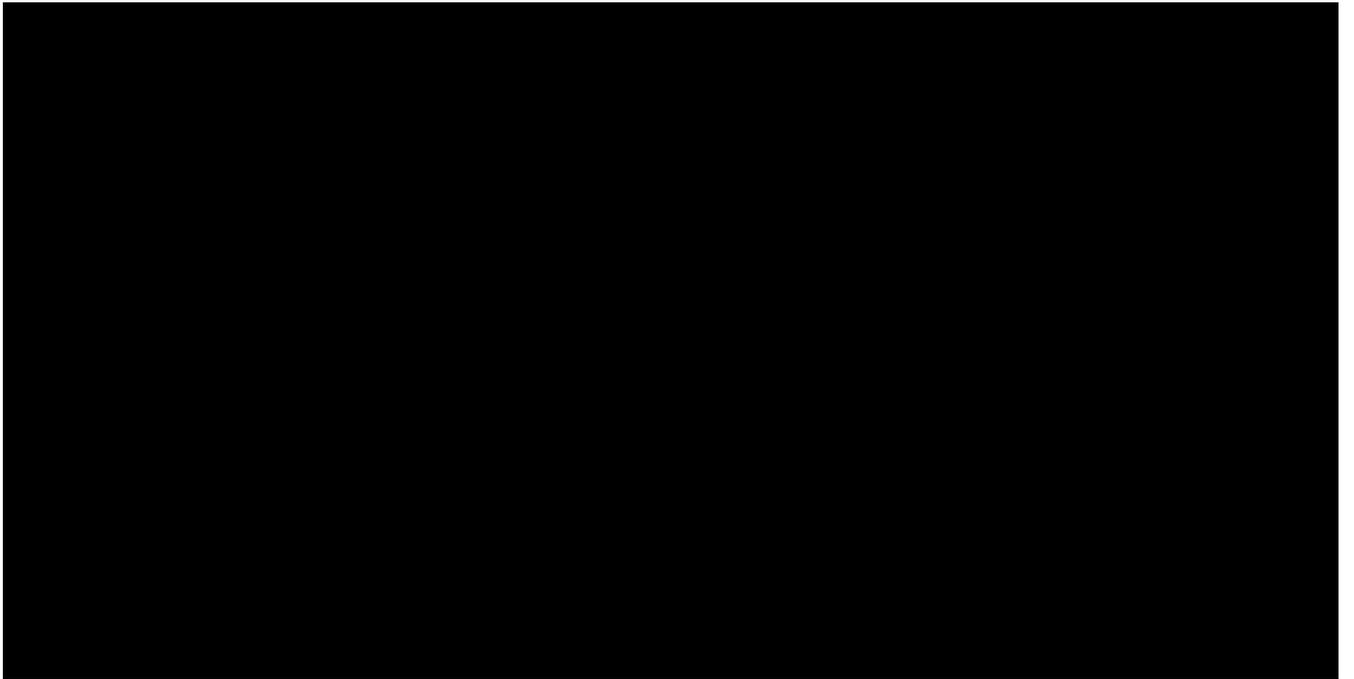
(イ)第 D.2 図 収納缶内収納方



(イ)第 D.3 図 収納缶内収納方法 



(イ)第 D.4 図 



(イ)第 D.5 図 缶スペーサー

ロ章 核燃料輸送物の安全解析

(ロ) 章 核燃料輸送物の安全解析

本輸送物に関する安全解析は、本輸送物が「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 12 月 28 日付、総理府令第 57 号）（最終改正 平成 27 年 1 月 1 日付、原子力規制委員会規則第 7 号）」（以下「府令」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 11 月 28 日付、科学技術庁告示第 5 号）（最終改正 平成 27 年 1 月 1 日付、原子力規制委員会告示第 6 号）」（以下「告示」という。）に基づいて核分裂性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。

本解析の概要は以下のとおりである。

1. 構造解析

構造解析では、通常の輸送時において輸送物のき裂、破損等の生じないことを確認する他、密封解析の前提となる密封装置の健全性を一般及び特別の試験条件において確認している。

また、熱及び遮蔽解析の評価条件を得るために一般及び特別の試験条件における輸送物の状態及び健全性を評価している。

さらに、本輸送物は BU 型核分裂性輸送物であるため、未臨界評価のために核分裂性輸送物に係る一般及び特別の試験条件における輸送物の状態及び健全性についても評価している。

2. 熱解析

熱解析では、前記の構造解析の結果を考慮して、通常の輸送、一般及び特別の試験条件における輸送物各部の温度及び圧力を評価し、構造、密封、遮蔽及び臨界解析の評価条件を与えている。

また、一般の試験条件における輸送物の近接表面温度基準（85℃）に適合することを確認している。

3. 密封解析

密封解析では、上記 1.、2.の条件と発送前検査における気密漏えい試験合格基準に基づいて、一般及び特別の試験条件における放射性物質の漏えい率を評価し、基準値を満足することを示している。

4. 遮蔽解析

遮蔽解析では、上記 1.、2.の条件を考慮して、通常の輸送、一般及び特別の試験条件における輸送物表面あるいは表面から 1 m 離れた位置の線量当量率を評価し、基準値を満足することを示している。

5. 臨界解析

臨界解析では、上記 1.の結果より核分裂性輸送物に係る一般の試験条件において、臨界評価に影響するような構造物の変形等が生じないことを示し、通常の輸送時の他、非損傷及び損傷輸送物の孤立系及び配列系のいずれの場合にも未臨界であることを示している。

6. 経年変化の考慮

経年変化の考慮では、使用期間を考慮して本輸送物の想定される経年変化について評価し、経年変化を考慮する必要がないことを示している。

7. 規則及び告示に対する適合性の評価

以上の結果及びイ章の核燃料輸送物の説明を総合して、本輸送物の設計が規則及び告示に定める技術基準に適合していることを示している。

以下、ロ章A～Gに各解析、評価の詳細を示す。

(口) 章 A 構造解析

A. 構造解析

A.1 構造設計

A.1.1 概要

本輸送容器は、(イ)-第 C.1 図に示すように、ドラムアセンブリ及び収納容器に大別される。収納物は[]を輸送する場合、(イ)-第 D.1 図に示すように収納缶を [] 装荷する [] にまとめてアルミニウム製の梱包材で梱包し、梱包した燃料は収納缶当たり [] となるように収納する。また、収納缶内の空隙にはクッション材（ステンレススポンジ）を充填する。

[] を輸送する場合は、輸送容器 [] 装荷する（(イ)-第 D.3 図参照 [] を収納し、これらの燃料を収納缶で挟み込む。また、[] と収納缶の間はクッション材を充填する。

[] 輸送する場合、(イ)-第 D.1 図に示すように収納缶を [] 装荷する [] については、収納缶の [] 等の梱包材で梱包し、梱包した燃料を収納缶に収納する。また、収納缶内の空隙にはクッション材（ステンレススポンジ）を充填する。

収納容器本体は、シール蓋と組合って、(イ)-第 C.4 図に示すように密封境界を形成し、かつ、内圧に耐えられる耐圧容器となっている。

シール蓋は(イ)-第 C.10 図に示すように [] の O リングで収納容器本体との接合部を密封し、クロージャーナットにより収納容器本体へ締付けられる。

ドラムアセンブリはドラム本体（ドラム胴体及びドラム底板）、ドラム蓋、トッププラグ及びドラム内側ライナからなり、衝撃吸収及び断熱のため [] 及び中性子吸収のため [] が充填される。

ドラム蓋はドラムフランジ部に溶接された [] のスタッドボルト [] に六角ナット [] でドラム本体へ締付けられる。

したがって、収納容器蓋は、輸送中にドラム蓋でおおわれているため、不用意に開封されることはない。また、 []

輸送容器は、ドラムリフターや専用の吊り具を使用してハンドリングを行う。また、輸送物は輸送中の加速度に耐えられるように、専用のローディングカートに [] 固縛し、ローディングカートをコンテナへ積載する。このため、輸送容器は吊り上げ装置や固縛装置を有しない。

A.1.2 設計基準

本輸送物に対する構造解析は、以下に述べる設計の基本に基づく設計基準に従って試験及び解析を行った。

A.1.2.1 設計の基本

輸送物の要件として以下の諸条件を考慮した。

- (1) 運搬中に予想される温度及び内圧の変化、振動等により、き裂、破損等の生じるおそれのないこと。
- (2) 輸送容器の材質相互間及び輸送容器の材質と収納物間において、物理的作用及び化学的反応の生じるおそれがないこと。
- (3) 輸送容器の構成部品は、 -40°C から 70°C の温度範囲において、き裂、破損の生じるおそれがないこと。また、 -40°C から 38°C の周囲の温度範囲において、き裂、破損の生じるおそれがないこと。
- (4) 密封装置である収納容器は、次の要件を満たすこと。
 - (a) 周囲の気圧の 60 kPa までの低下に対し、その強度が保たれ健全性が維持されること。
 - (b) 密封装置は、不用意に開かれない構造であること。
- (5) フィルタ又は機械的冷却装置を用いなくとも内部の気体のろ過又は核燃料物質等の冷却が行われる構造であること。
- (6) 最高使用圧力（運搬中に予想される周囲の温度及び日光の直射の条件の下で、排気、冷却その他の特別な措置を採らない場合に、1年間に核燃料輸送物の密封装置内に生じる気体の最大圧力（ゲージ圧力をいう。）をいう。）が 700 kPa を超えないこと。
- (7) 輸送物は輸送中に受ける振動に対し、その健全性が保たれること。
- (8) 全ての荷重条件において、ドラム蓋はドラム本体に取り付いたままであること。
- (9) 全ての荷重条件において、一辺 10 cm の立方体が入るような開口がドラムアセンブリに発生しないこと。
- (10) ドラムアセンブリの有効径が臨界安全性及び遮蔽性能を維持するために十分であること。
- (11) ドラムアセンブリは、一般の試験条件及び特別の試験条件における収納容器の漏えい基準に適合するために、構造強度及び耐熱性を有すること。

- (12) 中性子吸収材が適所に残存し、未臨界を維持するために必要な水分量を維持すること。
- (13) 一般の試験条件下に置いた後、次の要件に適合すること。
- (a) 表面における最大線量当量率が著しく増加せず、かつ、2 mSv/h を超えないこと。
 - (b) 放射性物質の 1 時間当たりの漏えい量が原子力規制委員会の定める量を超えないこと。
 - (c) 本輸送物は専用積載として運搬するものであり、輸送中に人が容易に近づくことのできる表面の温度は日陰において 85 °C を超えないこと。
 - (d) 表面の放射性物質の密度が表面密度限度を超えないこと。
- (14) 特別の試験条件下に置いた後、次の要件に適合すること。
- (a) 表面から 1 m 離れた位置における最大線量当量率が 10 mSv/h を超えないこと。
 - (b) 放射性物質の 1 週間当たりの漏えい量が原子力規制委員会の定める量を超えないこと。
- (15) 核分裂性輸送物として次の要件に適合すること。
- (a) -40 °C から 38 °C の周囲の温度範囲において、き裂、破損の生じるおそれがないこと。
 - (b) 一般の試験条件下に置いた後、次の要件に適合すること。
 - (ア) 容器の構造部に一辺 10 cm の立方体を包含するようなくぼみが生じないこと。
 - (イ) 外接する直方体の各辺が 10 cm 以上であること。
 - (c) 次のいずれの場合にも臨界に達しないこと。
 - (ア) 輸送中の場合。
 - (イ) 原子力規制委員会の定める孤立系の条件の下に置くこととした場合。
 - (ウ) 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の下に置いたものを原子力規制委員会の定める孤立系の条件の下に置くこととした場合。
 - (エ) 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の下に置いたものを原子力規制委員会の定める孤立系の条件の下に置くこととした場合。
 - (オ) 当該核分裂性輸送物と同一のものであって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の下に置いたものを、原子力規制委員会の定

める配列系の条件の下で、かつ、当該核分裂性輸送物相互の間が最大の中性子増倍率になるような状態で、当該核分裂性輸送物の輸送制限個数の5倍に相当する個数積載することとした場合。

- (カ) 当該核分裂性輸送物と同一のものであって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の下に置いたものを、原子力規制委員会の定める配列系の条件の下で、かつ、当該核分裂性輸送物相互の間が最大の中性子増倍率になるような状態で、輸送制限個数の2倍に相当する個数積載することとした場合。

A.1.2.2 設計の基準

設計の基本に従い、評価項目に対して材質、温度、負荷条件等の設計条件を考慮して、試験条件ごとに設計基準値を設ける。

各試験条件及び評価項目に対する設計基準を(□)-第 A.1 表に示す。

この中で応力に関する評価は、XXXXXXXXXX 基づき密封装置である収納容器について構造伝熱解析コード ANSYS による応力計算を行う。応力計算は収納容器蓋の初期締付けによって発生するガスケットの応力の影響評価（ケース A）を行う。その後、収納容器蓋の初期締付け及び設計内圧 XXXXXXXXXX を負荷した影響評価（ケース B）を行う。

収納容器の許容応力を(□)-第 A.2-1 表及び(□)-第 A.2-2 表に、評価位置を(□)-第 A.1-1 図に、応力解析モデルを(□)-第 A.1-2 図及び(□)-第 A.1-3 図に示す。また、応力計算の解析条件を(□)-第 A.3 表に、荷重条件図を(□)-第 A.1-4 図及び(□)-第 A.1-5 図に示す。

また、収納容器の設計に基づく応力計算結果を(□)-第 A.4 表に示す。この際、内圧と外圧の差圧（容器内から容器外への圧力を正圧とする）は設計圧力時で XXXXXXXXXX XXXXXXXXXX 15 m 浸漬模擬時で XXXXXXXXXX とした。計算結果より、収納容器の設計に基づく応力は許容応力を十分満足する。

応力評価においては、次に示す余裕率(Ms)を用いて評価する。

余裕率(Ms)= XXXXXXXXXX

余裕率を用いられないものは、該当箇所にその基準値等を記述する。

(ロ)第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び評価方法 (1/9)

要件	条件	評価項目	設 計 条 件					評 価 方 法		備 考	
			参 照 図	材 質	温 度	設 計 負 荷			適用数式または要素		評価基準
						種 類	安全係数	要 素			
B U 型 輸 送 物 件	輸送物の要件	4.1 化学的及び電気的反応	—			腐食	—	活性	活性の有無	無	
		・化学的反応				—	腐食	—	電位差	水分の有無	
	輸送物の要件	4.2 低温強度	—			材質	—	低温脆性	最低使用温度	-40 °C	
		・ドラム蓋、ドラム胴体、ドラム底板、ドラム内側ライナ、トッププラグ				材質	—	低温脆性	最低使用温度	-40 °C	
		・収納容器				材質	—	低温脆性	最低使用温度	-40 °C	
		・収納缶				材質	—	低温脆性	最低使用温度	-40 °C	
		・中性子吸収材				材質	—	低温脆性	最低使用温度	-40 °C	
		■				材質	—	低温脆性	最低使用温度	-40 °C	
		・Oリング				材質	—	低温脆性	最低使用温度	-40 °C	
		・スタッドボルト				材質	—	低温脆性	最低使用温度	-40 °C	
・六角ナット	材質	—	低温脆性	最低使用温度	-40 °C						
・シリコンラバーパッド	材質	—	低温脆性	最低使用温度	-40 °C						
輸送物の要件	4.3 密封装置	—			誤操作による開放	—	誤操作の可否	誤操作の可否	否		
	・シール蓋										

(ロ)第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び評価方法 (2/9)

要件	条件	評価項目	設計条件					評価方法		備考	
			参照図	材質	温度	設計負荷			適用数式または要素		評価基準
						種類	安全係数	要素			
B U 型 輸 送 物 の 要 件	輸送物	4.4 吊上装置	—	[REDACTED]	[REDACTED]	—	—	—	—	—	該当せず
		4.5 固縛装置	—			—	—	—	—	—	該当せず
	4.6 圧力 収納容器	(ロ)第 A.1-1 図	外気圧降下 60kPa			—	} 応力強さ	構造・伝熱解析プログラム(ANSYS)による評価	[注 1]	[注 1]	[注 1] Sm を基準とし、応力成分ごとに基準値を設ける
			内圧			—					
初期締付力	—										
4.7 振動 輸送物	(ロ)第 A.3 図	振動	—	共振	原型試験による	輸送を模擬した振動試験による輸送物への影響がないこと					

L-V-A-7 (ロ)

(ロ)第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び評価方法 (3/9)

要件	条件	評価項目	設計条件					評価方法		備考	
			参照図	材質	温度	設計負荷			適用数式または要素		評価基準
						種類	安全係数	要素			
B U 型 の 輸 送 物 条 件	一般 試験	5.1 熱的試験 5.1.2 熱膨張	—	[REDACTED]	[REDACTED]	温度分布	—	熱応力	[REDACTED] 下における 熱応力の問題の有無	問題なし	
		1) ドラム内側ライナと中性 子吸収材及び [REDACTED] [REDACTED] の干渉	—			温度差	—	熱膨張差	構造・伝熱解析プログラム (ANSYS) による評価	Sy	
	5.1.3 応力計算 収納容器	—	内圧 初期締付力			— —	} 応力強さ	構造・伝熱解析プログラム (ANSYS) による評価	[注 1]	[注 1] Sm を基準と し、応力成分ご とに基準値を 設ける	
	5.2 水噴霧	—	水噴霧			—					吸水 水切り

(ロ)第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び評価方法 (4/9)

要件	条件	評価項目	設計条件					評価方法		備考	
			参照図	材質	温度	設計負荷			適用数式または要素		評価基準
						種類	安全係数	要素			
B U 型 輸 送 物 条 件	一 般 の 輸 送 条 件	5.3 自由落下 5.3.5 水平落下 垂直落下 コーナー落下 傾斜落下	(ロ)第 A.11 図 (ロ)第 A.13 図 (ロ)第 A.12 図 (ロ)第 A.10 図	[Redacted]	[Redacted]	1.2 m 自由落下	—	密封性能 変形量	原型試験による評価 1.2 m 落下より厳しい 9 m 圧潰試験後の密封装置の密封性検査結果 落下試験後の変形量	密封性が保たれること 変形が密封装置まで達しないこと	
		5.4 積み重ね試験 輸送容器	(ロ)第 A.20 図			輸送物自重の 5 倍の荷重	—	変形量	原型試験による評価 積み重ね試験後の変形量	有意な変形がないこと	
		5.5 貫通 輸送容器	(ロ)第 A.21 図			軟鋼棒の落下衝撃	—	変形	原型試験による評価 1.2 m 落下試験に加えて、1 m 貫通落下試験後の変形を目視確認	貫通しないこと	

(ロ)第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び評価方法 (6/9)

要件	条件	評価項目	設計条件					評価方法		備考	
			参照図	材質	温度	設計負荷			適用数式または要素		評価基準
						種類	安全係数	要素			
B U 型 の 輸 送 物 条 件	特 別 の 輸 送 条 件	6.1.4 傾斜落下 輸送容器	(ロ)第 A.33 図			9 m 傾斜落下	—	密封性能 変形量	原型試験による評価 9 m 圧潰試験後の密封装置の密封性検査結果 9 m 傾斜落下試験後の変形量	密封性が保たれること 変形が密封装置まで達しないこと	
		6.2 強度試験・落下試験Ⅱ 垂直落下 水平落下 コーナー落下 傾斜落下	(ロ)第 A.37 図 ～ (ロ)第 A.42 図			軟鋼棒上への 1 m 落下衝突	—	密封性能 変形量	原型試験による評価 9 m 圧潰試験後の密封装置の密封性検査結果 9 m 落下試験に加えて、 1 m 貫通落下試験後の変形量	密封性が保たれること 変形が密封装置まで達しないこと	
		6.3 熱的試験 6.3.2 熱膨張	(ロ)第 A.53 図 ～ (ロ)第 A.56 図			耐火試験 800 °C/ 30 分	—	変形	原型試験による評価 耐火試験後の外観検査	熱膨張による 構成部品同士の 干渉がない こと	

(ロ)第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び評価方法 (7/9)

要件	条件	評価項目	設計条件					評価方法		備考	
			参照図	材質	温度	設計負荷			適用数式または要素		評価基準
						種類	安全係数	要素			
B	特別の輸送物条件	6.4 浸漬 収納容器	—			0.9 m 浸漬試験 外圧(0.009 MPa)	—	変形	収納容器のみを模擬した原型試験による評価 0.9 m 浸漬より厳しい15 m 浸漬試験後に目視による外観検査	密封性能に影響があるような変形のないこと	

(ロ)第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び評価方法 (8/9)

要件	条件	評価項目	設計条件					評価方法		備考	
			参照図	材質	温度	設計負荷			適用数式または要素		評価基準
						種類	安全係数	要素			
核 分 裂 の 性 試 験 輸 送 物 の 要 件	一般	1. 連続試験 下記 1) ~2) の連続試験 1) 水噴霧	—			水噴霧	—	吸水 水切り	原型試験による評価 吸水性 水切り性	無 良	設計基準は特 にないが、密封 性能と変形量 を確認する
		2) 1.2m 自由落下試験	—			1.2 m 自由落下	—	密封性能 変形量	原型試験の 1.2 m 落下 試験の結果を用いて評 価	変形が密封装 置まで達せず、 密封装置が健 全であること	
	試験条件	2. 貫通試験 輸送容器	(ロ)第 A.21 図			軟鋼棒の落下衝撃	—	変形	原型試験による評価 1.2 m 落下試験に加え て、1 m 貫通落下試験後 の変形を目視確認	貫通しないこ と	
要件		3. 積み重ね試験 輸送容器	(ロ)第 A.20 図			輸送物自重の 5 倍 の荷重	—	変形量	原型試験による評価 積み重ね試験後の変形 量	有意な変形が ないこと	

(ロ)第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び評価方法 (9/9)

要件	条件	評価項目	設計条件					評価方法		備考	
			参照図	材質	温度	設計負荷			適用数式または要素		評価基準
						種類	安全係数	要素			
核 分 裂 の 性 試 験 輸 送 物 の 要 件	特 別	1. 一般の試験条件のうち 連続試験	(ロ)第 A.23 図 (ロ)第 A.27 図 (ロ)第 A.30 図 (ロ)第 A.34 図	[REDACTED]	[REDACTED]	9 m 自由落下	—	密封性能	原型試験による評価 9 m 自由落下より厳しい 9 m 圧潰試験後の密封装 置の密封性検査結果	密封性が保た れること	設計基準はな いが密封性能 と変形量を確認 する
		変形量						9 m 自由落下より厳しい 9 m 圧潰試験後の変形量	変形が密封装 置まで達しな いこと		
	輸 送 物 の 要 件	3. 1m 貫通試験	(ロ)第 A.37 図 ～ (ロ)第 A.42 図	[REDACTED]	[REDACTED]	軟鋼棒上への 1 m 落下衝突	—	変形	原型試験による評価 9 m 圧潰試験に加えて、 1 m 貫通落下試験後の変 形を目視確認する	貫通しないこ と	
		4. 耐火試験 輸送容器	(ロ)第 A.53 図 ～ (ロ)第 A.56 図			800 °C で 30 分間	—	密封性能	原型試験による評価 800 °C、30 分間の耐火試 験における密封装置の 密封性	密封装置が健 全であること	
		5. 0.9m 浸漬試験 収納容器	—			0.9 m 浸漬試験 外圧(0.009 MPa)	—	変形	収納容器のみを模擬し た原型試験による評価 0.9 m 浸漬より厳しい 15 m 浸漬試験後に目視に よる外観検査	密封性能に影 響があるよう な変形のない こと	

(ロ)第 A.2-1 表 収納容器の許容応力^a

応力種類	最大許容応力	
	一般の試験条件	特別の試験条件
一次一般膜応力強さ	S_m	$2.4 S_m$ 及び $0.7 S_u$ 以下
一次局部膜応力+一次曲げ応力強さ	$1.5 S_m$	$3.6 S_m$ 及び S_u 以下
一次応力+二次応力強さ	$3.0 S_m$	適用外
繰返しピーク応力強さ	S_a	$2 S_a$
許容繰返し回数	10^6 サイクル	10^6 サイクル
座屈	座屈しない	座屈しない

a [redacted]に基づき評価を行う。

(ロ)第 A.2-2 表 収納容器構成部品ごとの許容応力⁽¹⁾

材料	仕様	S_m	S_m^a
収納容器本体 円筒部 (製作方法 1 ^b)	[redacted]	[redacted]	[redacted]
フランジ、底板 (製作方法 1 ^b)	[redacted]	[redacted]	[redacted]
収納容器本体 (製作方法 2 ^c)	[redacted]	[redacted]	[redacted]
シール蓋	[redacted]	[redacted]	[redacted]
クロージャーナット	[redacted]	[redacted]	[redacted]

a 数値は [redacted] 補間されたものを示す。

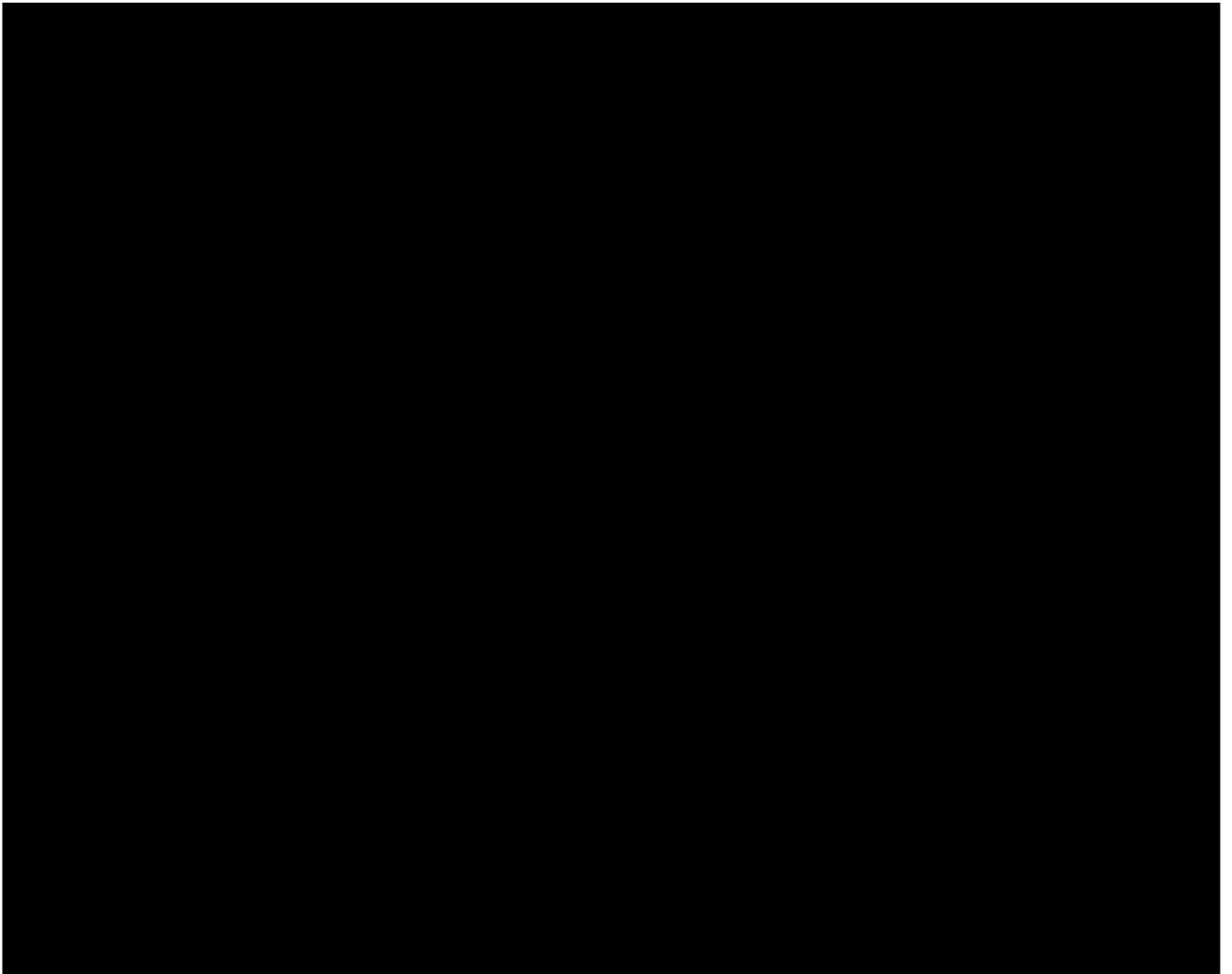
b ステンレス鋼製のパイプに機械加工したフランジ部及び底部を周方向完全溶け込み溶接にて接合する方法

c ステンレス鋼製の棒又はビレットを機械加工して収納容器本体を形成する方法

d 参考文献(1)、表4における [redacted] の許容応力とする。



(㊦)-第 A.1-1 図 収納容器の応力評価位置



(ロ)第 A.1-2 図 収納容器上部の応力解析モデル図

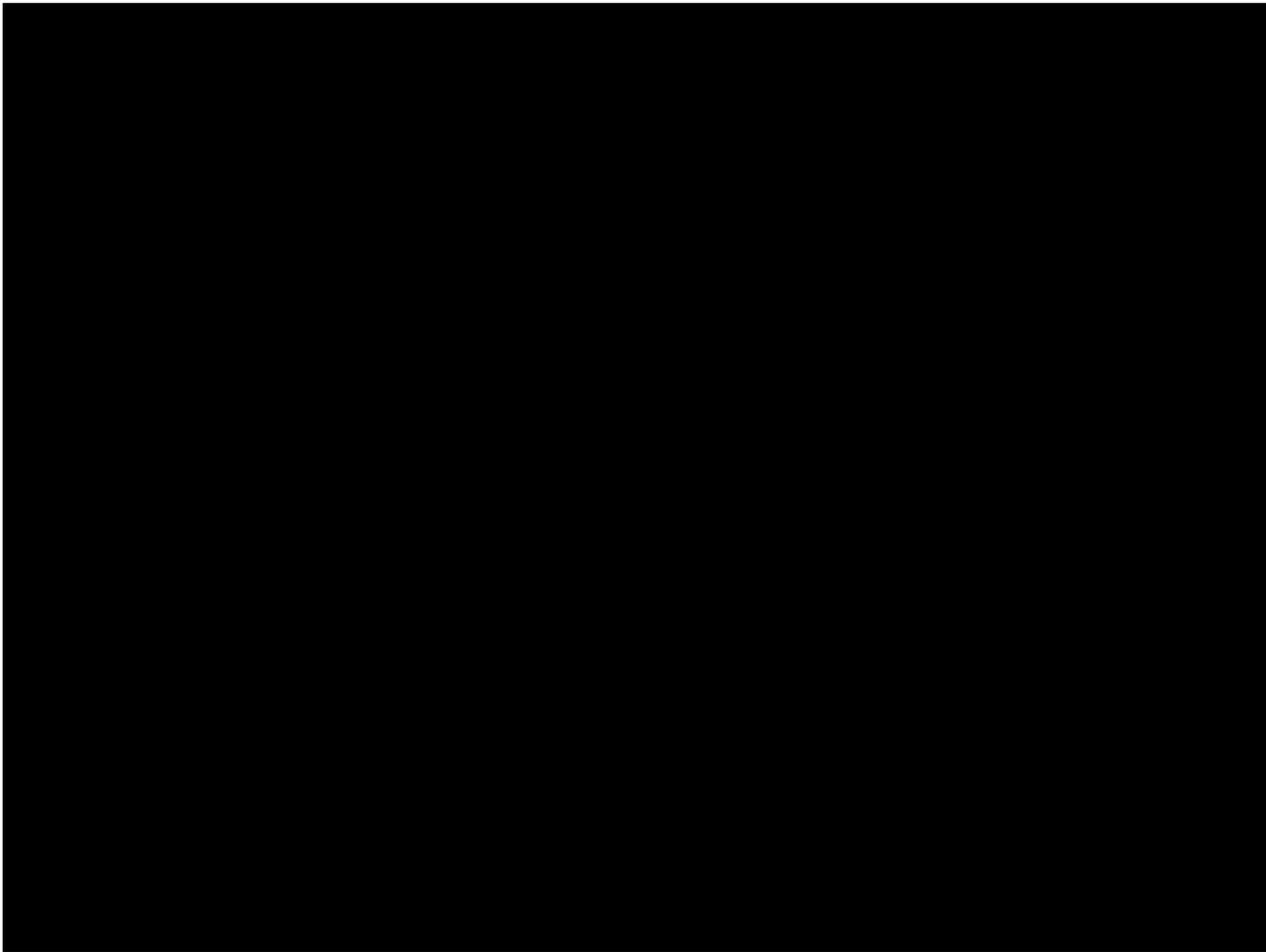


(□)第 A.1-3 図 収納容器底部の応力解析モデル

(ロ)-第 A.3 表 収納容器応力解析条件

負荷条件	ケース A	ケース B
重力加速度	○	○
シール蓋初期締付けトルクによる圧力 (内側 O リング及び外側 O リング反力考慮※)	○	○
収納容器内外の圧力差	×	

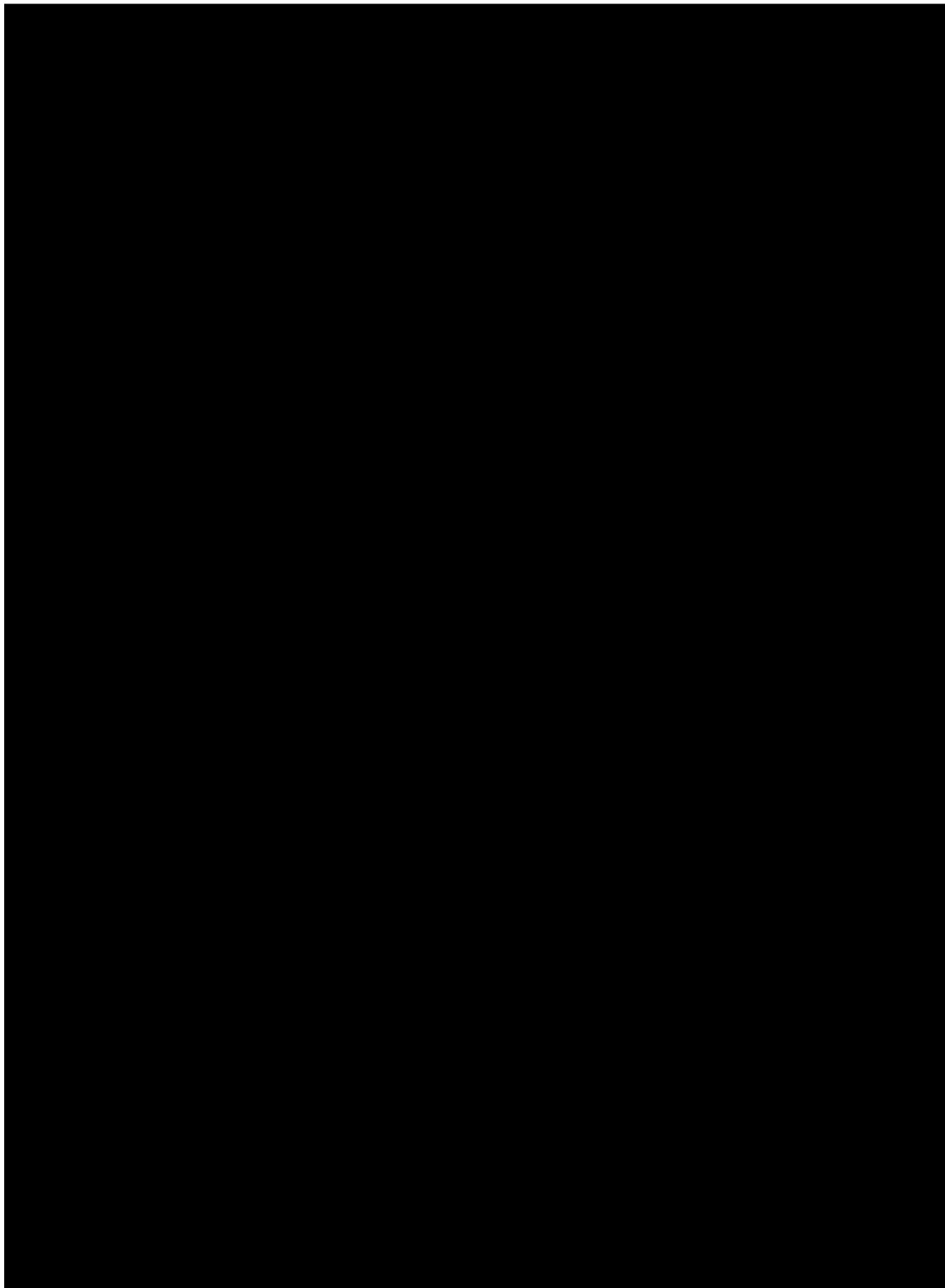
※ 付属図書 A.10.1 参照



(ロ)-第 A.1-4 図 圧力解析時の荷重条件 (ケース A)



(㊦)-第 A.1-5 図 圧力解析時の荷重条件 (ケース B)

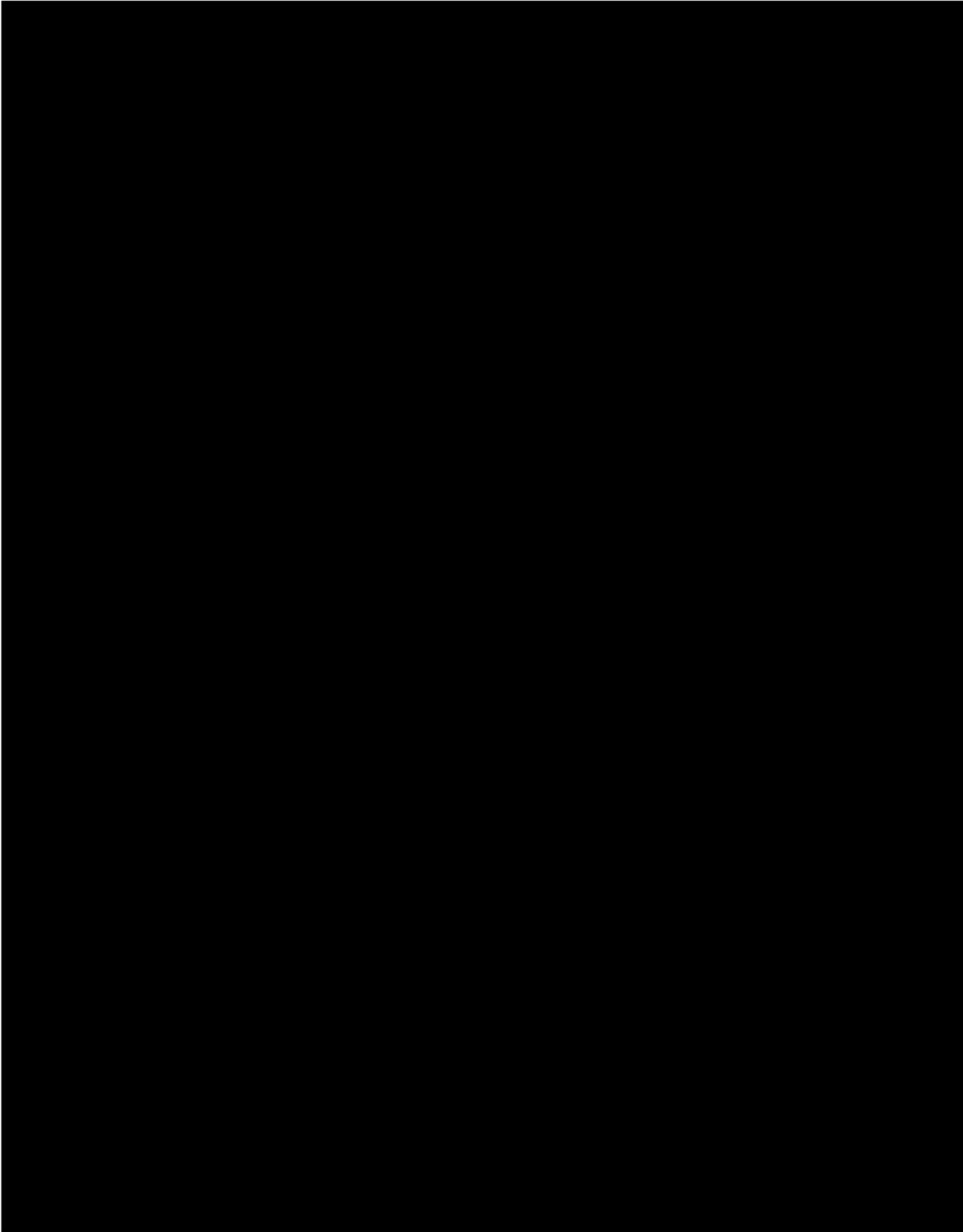


A.2 重量及び重心

本輸送物の各部の重量を、(□)-第 A.5 表に示す。輸送物時の重心位置は、(□)-第 A.2 図に示すとおりである。なお、輸送物時は収納物を [REDACTED] 型輸送容器に収納可能な最大重量 [REDACTED] まで装荷した場合を指す。

(□)-第 A.5 表 輸送物各部の重量

ドラムアセンブリ ドラムアセンブリ トッププラグ シリコンラバーパッド 合 計	[REDACTED]
収納容器 収納容器本体 収納容器蓋 (シール蓋、クロージャーナット、O リング、外止めリング等) 合 計	
輸送容器公称重量	
収納物 収納物 収納缶 緩衝材、梱包材等	



(㊦)-第 A.2 図 輸送物時の重心位置

A.3 材料の機械的性質

構造評価に用いる材料について、構造評価に使用する構成部品と材質を(□)-第 A.6 表に示す。

また、構造評価に用いる材料の機械的性質及び仕様を(□)-第 A.7 表 ～ (□)-第 A.12 表に示す。

(ロ)-第 A.6 表 構造評価に使用する構成部品と材質

部品	材質	規格又は名称
ドラム胴体		
ドラム底板		
ドラム蓋		
ドラム内側ライナ		
トッププラグ		
スタッドボルト		
六角ナット		
██████████		
中性子吸収材		
シリコンラバーパッド		
収納容器本体		
シール蓋		
クロージャーナット		
収納缶		

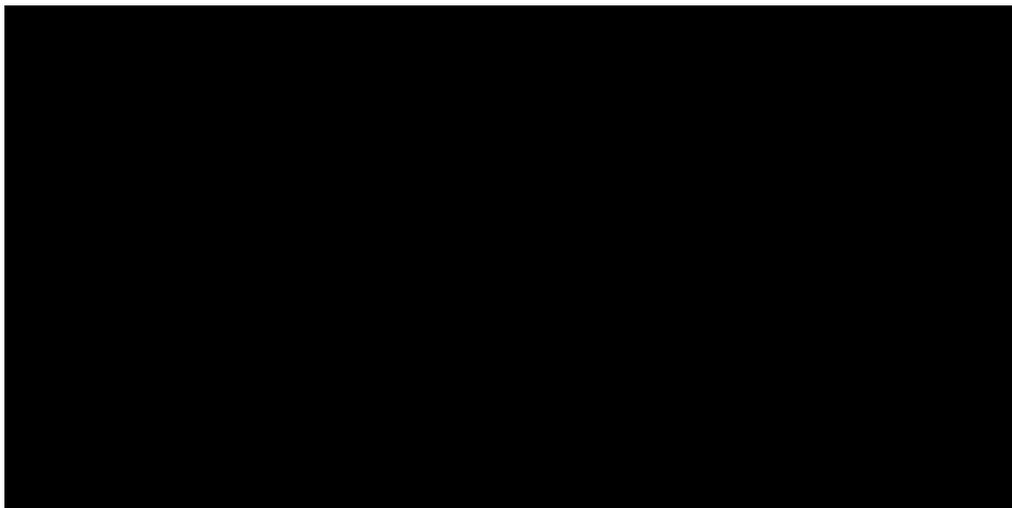
(ロ)第 A.7 表 ドラムアセンブリに用いるステンレス鋼の機械的性質⁽¹⁾



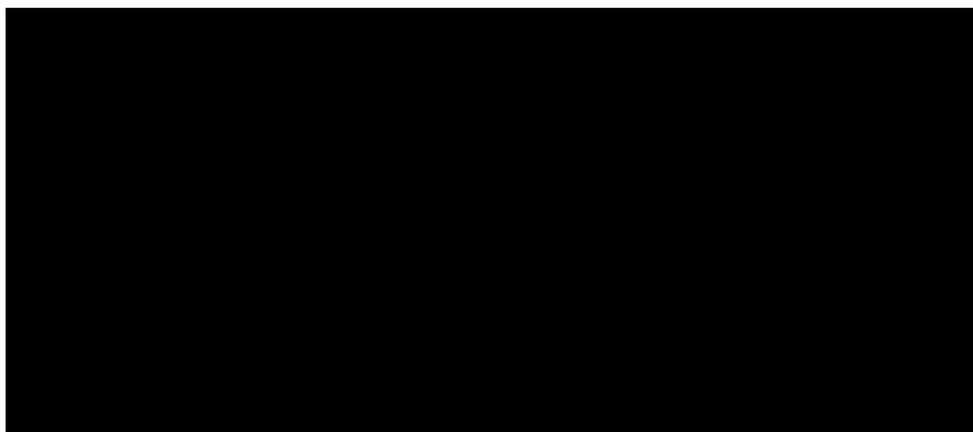
(ロ)第 A.8 表 ドラム蓋ボルト等の機械的性質



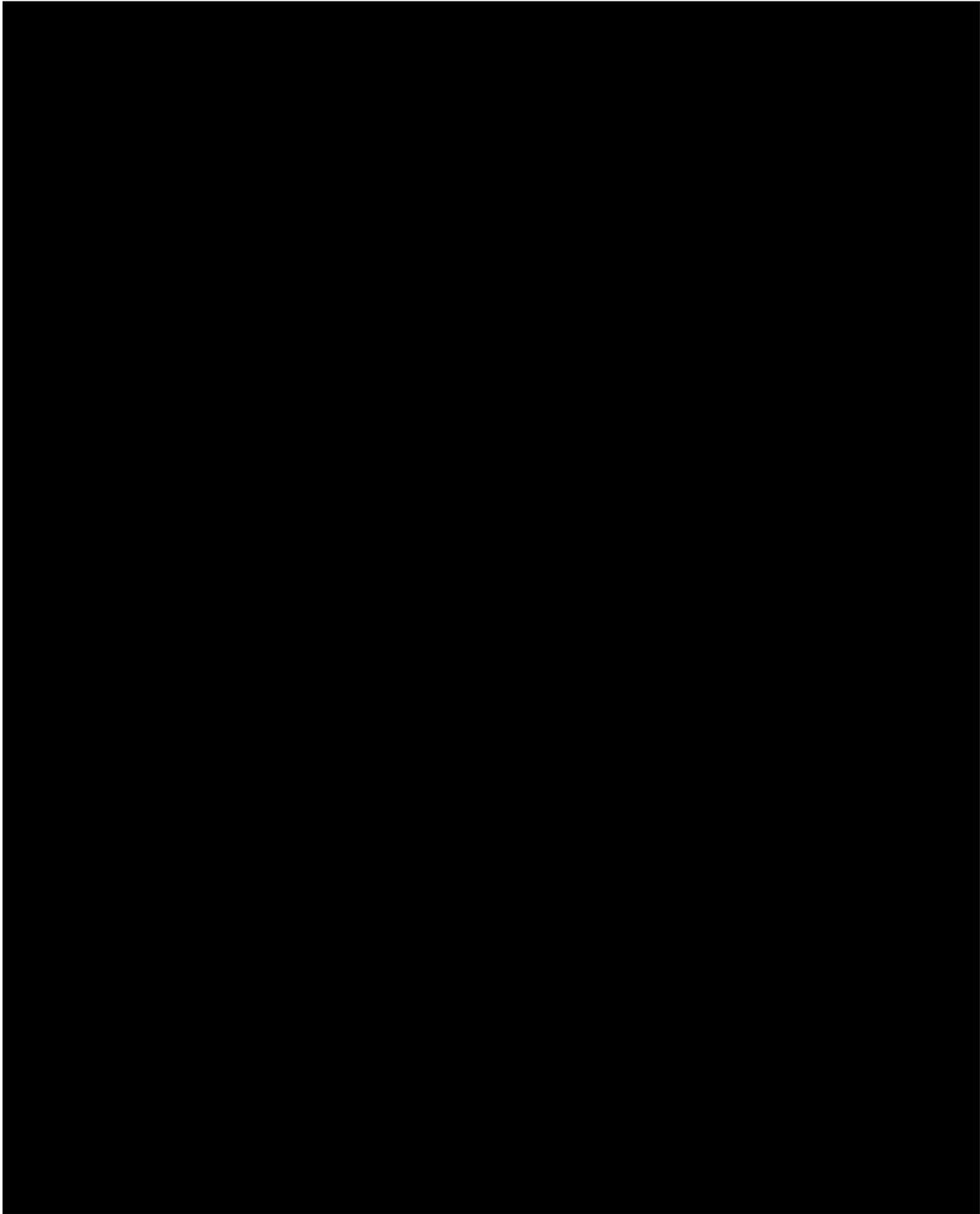
(□)-第 A.9 表 [redacted] の機械的性質

A large black rectangular redaction box covering the entire content of the table.

(□)-第A.10表 Oリングの機械的性質

A large black rectangular redaction box covering the entire content of the table.

(□)-第 A.11 表 収納容器の機械的性質



(□)-第 A.12 表 中性子吸収材の機械的性質



A.4 輸送物の要件

A.4.1 化学的及び電氣的反応

本輸送物中の接触する異種材料の一覧を(ロ)-第 A.13 表に示す。

はドラム胴体、ドラム底部、ドラム内側ライナ及びトッププラグのステンレス鋼内に充填されるはアルカリ性であり、周辺の構造物質に影響を及ぼすことはない。

中性子吸収材はドラム内側ライナ（中間部ライナ及び下部ライナ）の間に充填される。充填工程において、塩素濃度は 100 ppm に制限されるため、中性子吸収材がステンレス鋼製の中間部ライナ及び下部ライナに影響を及ぼすことはない。

ドラム蓋を取付けるために使用される六角ナットはであり、接触する金属部品はステンレス鋼であり、相互に影響を及ぼすことはない。

シリコンラバーパッドはシリコンゴム製であり、収納容器、ドラム内側ライナ及びトッププラグのステンレス鋼部と接触するが、相互に影響を及ぼすことはない。

O リングはであり、(ロ)章 B.5.3 輸送物温度で示すように特別の試験条件下においても常用使用温度を逸脱することはない。このことから、O リングは収納容器（ステンレス鋼）と相互に影響を及ぼすことはない。

収納容器はステンレス鋼製であり、収納缶は炭素鋼製であるため相互に影響を及ぼすことはない。

はアルミニウム製梱包材で梱包し、収納するため、と収納缶の間で電氣的反応はない。

は、収納缶がであり、また、ステンレススポンジで梱包されるためと収納缶の間で相互に影響を及ぼすことはない。

の梱包材で梱包し、収納するためと収納缶の間で電氣的反応はない。

このことから、本輸送物の構成材料は空气中で化学的に安定した材料であり、異種材料の接触により化学的及び電氣的に反応することはない。

(□)-第 A.13 表 接触する異種材料の一覧

接 触 物	接 触 材 料
[Redacted content]	

A.4.2 低温強度

本項では、輸送途中で周囲温度が $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ になった場合の影響について、輸送容器の構成材料が使用に耐え、問題ないことを示す。

ステンレス鋼は $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下の温度にも非常に強く $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ の低温での使用上の問題が発生することはない。

らなる軽量不燃性の耐火物である[REDACTED]に含有する水分は製造工程で除去しきれなかった水分のみであり、凍結による遊離水はなく、繊維とセメントの質量により断熱性能を維持しているため、 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ の低温によって断熱性能に大きな影響を及ぼすことはない。また、低温時に[REDACTED]及び中性子吸収材が硬化することがあり得るが、内側ライナが溶接されているため、放出による減少はなく、製造時に充填された量が担保される。

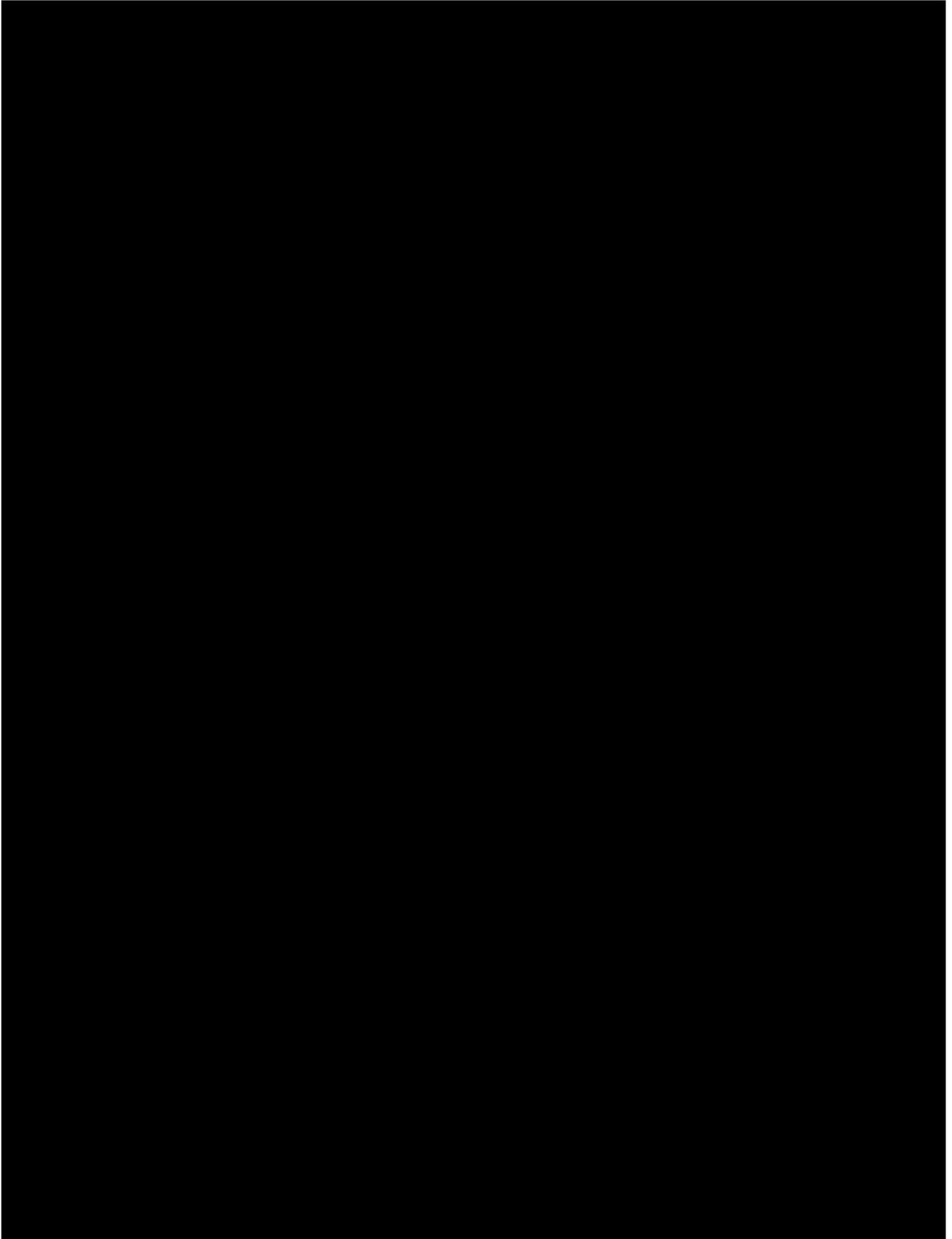
保守的に崩壊による発熱を無視すると、低温時の収縮によって収納容器の内圧は[REDACTED]なる。このため、外気圧を大気圧とすると、低温時には[REDACTED]の差圧が発生する。

この差圧による応力解析を A.1.2 項と同様に行い、結果を(□)-第 A.14 表に示す。(□)-第 A.14 表に示すとおり収縮によって発生する応力は許容応力を十分下回り、収納容器の構成材料は低温時での使用上の問題が発生することはない。

Oリングの常用使用温度[REDACTED]あるため、低温での使用には問題はない。また、低温での挙動を確認するため、供試体を用いて試験を実施し、問題ないことを確認した。

よって、周囲温度が $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ になったとしても本輸送容器は、その健全性を保持する。

(□)-第 A.14 表 低温時の応力と許容応力の比較



A.4.3 密装置

本輸送物の密装置は収納容器本体とシール蓋部で構成され、クロージャーナットにより収納容器本体へ締付けられることにより、密封を保つ構造になっている。

輸送中はトッププラグ及びドラム蓋が収納容器の蓋部全体を完全に覆っており、ドラム蓋はドラム本体へボルト締めされる。したがって、輸送容器の蓋が不用意に開封されることはない。

A.4.4 吊上装置

本輸送容器の吊上げは、専用のドラムリフターを用いて行われる。このため、本輸送容器には吊上装置はなく、本項は該当しない。

A.4.5 固縛装置

本輸送容器は専用のカートに積載し、コンテナに積載する。このため、本輸送容器には固縛装置はなく、本項は該当しない。

A.4.6 圧力

A.4.6.1 外圧減少

本項では、周囲の気圧が 60 kPa[abs]まで低下した場合、輸送容器が健全であり密封性が保持されることを評価する。なお、規則及び告示では 60 kPa[abs]の外気圧での検討が求められるが、本輸送物では保守的に [REDACTED] の外気圧での輸送容器の健全性について評価を実施する。

ドラムアセンブリの水蒸気放出孔をプラスチックプラグで閉じている。また、下部ライナには中性子吸収材充填孔が設けられており、充填後にアルミニウムテープで充填孔を閉じている。このため、外圧が [REDACTED] 減少した場合、ドラムアセンブリ内の圧力は外気圧と等しくなり、ドラムアセンブリには外圧減少による影響はない。

次に外圧減少時の収納容器の応力について評価する。収納容器内圧を最高使用圧力 [REDACTED] とし、外気圧を [REDACTED] とすると、収納容器には [REDACTED] 差圧が発生する。

この差圧による応力解析を A.1.2 項と同様に行い、結果を(四)第 A.15 表に示す。(四)第 A.15 表に示すとおり、外圧減少によって発生する応力は許容応力を十分下回り、収納容器の構成材料は外圧減少時での使用上の問題が発生することはない。

よって、外気圧が [REDACTED]) になったとしても本輸送容器は、その健全性を保持する。また、収納容器蓋はクロージャーナットと収納容器フランジで挟まれる設計であり、シール部が口開きする構造でないことから、密封性は維持される。

A.4.6.2 外圧増加

本項では、周囲の気圧が [REDACTED] まで増加した場合、輸送容器が健全であり密封性が保持されることを評価する。

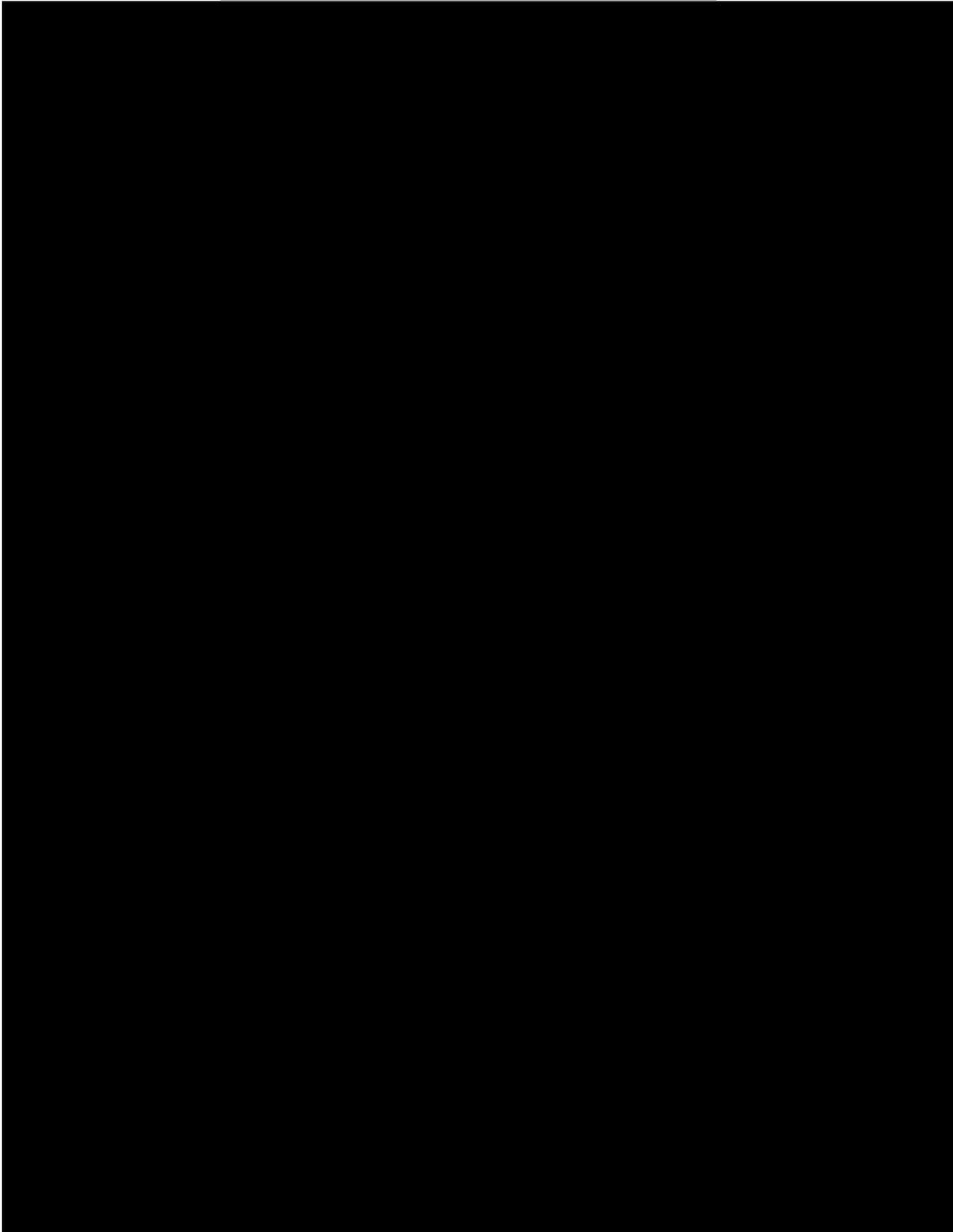
A.4.6.1 項で示したとおり、ドラムアセンブリ圧力は外気圧と等しくなるため外圧増加による影響はない。

次に外圧増加時の収納容器の応力について評価する。収納容器内圧を保守的に低温時の [REDACTED] とし、外気圧を [REDACTED] とすると、収納容器に [REDACTED] の差圧が発生する。

この差圧による応力解析を A.1.2 項と同様に行い、結果を(□)-第 A.15 表に示す。(□)-第 A.15 表に示すとおり外圧増加によって発生する応力は許容応力を十分下回り、収納容器の構成材料は外圧増加時に使用上の問題が発生することはない。

よって、外気圧が [REDACTED] になったとしても本輸送容器は、その健全性を保持する。また、収納容器蓋はクロージャーナットと収納容器フランジで挟まれる設計であり、シール部が口開きする構造でないことから、密封性は維持される。

(四)第 A.15 表 外圧変化時の応力と許容応力の比較



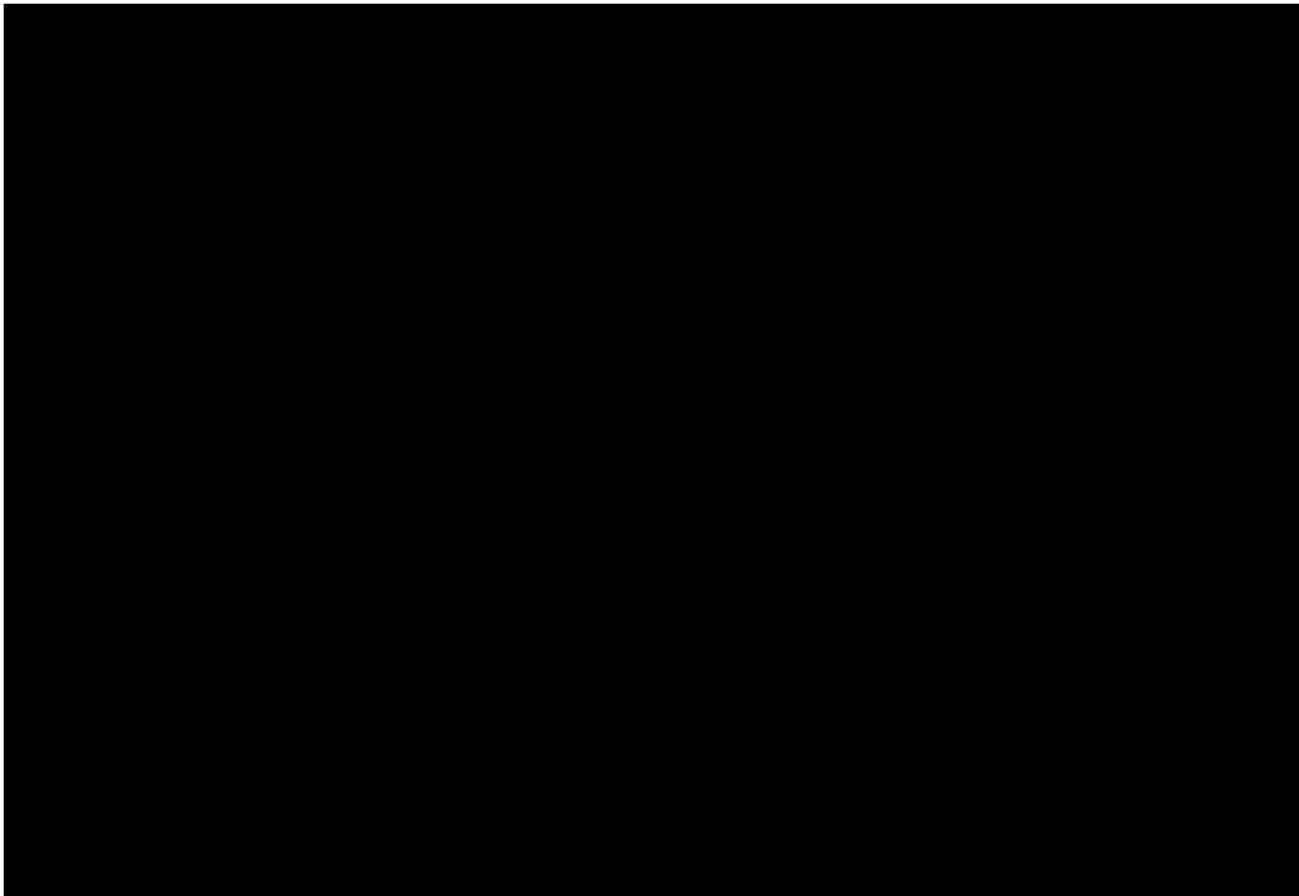
A.4.7 振動

本項では、通常の輸送時の振動が本輸送物に与える影響について説明する。

本輸送物の通常の輸送時を評価するために、原型モデル（供試体 4）を用いて通常の輸送時に発生する振動を模擬した試験を実施した⁽¹⁴⁾。(a)-第 A.3 図に示すとおりナイロンスリングで供試体 4 を振動試験装置に拘束し、垂直方向へ Safeguards Transporter (SGT) を模擬した振動⁽¹⁵⁾を加えた後にランダム振動試験を実施した。試験時間は ████████ 型輸送容器による輸送を想定し、すべての輸送を包含するように ████████ 時間とした。試験に使用した垂直方向のパワースペクトル密度を(a)-第 A.16 表に示す。また、ドラム蓋及びクロージャーナットはそれぞれ ████████ ████████ で締付けられる。なお、保守的に評価するために、供試体は一般の試験（水噴霧、自由落下、浸漬及び積み重ね）を行ったものを使用した。

振動試験の結果、供試体の外部に明らかな損傷はなく、一般及び特別の試験結果でも述べるとおり内部についても輸送物の有効性を損なうことはない。

このため、SGT による輸送時に発生する通常時の振動において、輸送物の健全性は維持される。



(□)-第 A.3 図 振動試験

(□)-第 A.16 表 振動試験における垂直方向のパワースペクトル密度

振動数 (Hz)	
1.0	
2.0	
4.0	
6.5	
75.0	
110.0	
380.0	
1000.0	

A.5 一般の試験条件

本輸送物は BU 型核分裂性輸送物である。したがって、38 °C の条件下に太陽放射熱を負荷し一週間置き、次の条件の下に置く。

(1) 水吹き付け試験

(1) の試験に引き続いて次の条件の下に置く。

(2) 自由落下試験

(3) 積み重ね試験

(4) 貫通試験

本項においては、上述の試験条件下での本輸送物へ与える影響について解析し、その解析結果が一般の試験条件の設計基準を満足することを示す。

A.5.1 熱的試験

A.5.1.1 温度及び圧力の要約

本項では、一般の試験条件下における設計・解析に使用する温度及び圧力の要約を記述する。

(1) 設計温度

(ロ)章 B.4.2 最高温度で評価した結果、輸送物の最高温度は 38 °C の周囲温度の下で太陽放射熱を受けたとした場合、収納容器表面及び O リング近傍は、それぞれ [REDACTED] [REDACTED] で温度が上昇する。したがって、一般の試験条件下における設計温度は(ロ)-第 A.17 表に示すように収納容器表面及び O リング近傍は、保守的に [REDACTED] になるものとして評価する。

(2) 設計圧力

(ロ)章 B.4.4 最大内圧で評価したように、収納容器内圧は [REDACTED] である。また、運搬中に周囲の温度が-40°Cから 38°Cに変化したとしても [REDACTED] となる。したがって、一般の試験条件下における設計圧力はこれらを含む保守的に [REDACTED] とする。

(ロ)-第 A.17 表 一般の試験条件下における設計温度

No	部 位	設計温度
1	収納容器表面	
2	Oリング近傍	

A.5.1.2 熱膨張

本項では、輸送物内部の温度勾配により生じる応力について検討し、通常の輸送時及び一般の試験条件において輸送物が健全であることを示す。

(ロ)-第 A.6 表に示すとおりドラム本体、ドラム内側ライナ及び収納容器は[REDACTED]ステンレス鋼で製作されているため、熱膨張差は生じない。また、収納容器とクロージャーナット[REDACTED]は熱膨張係数が類似しているため、熱膨張による干渉はない。

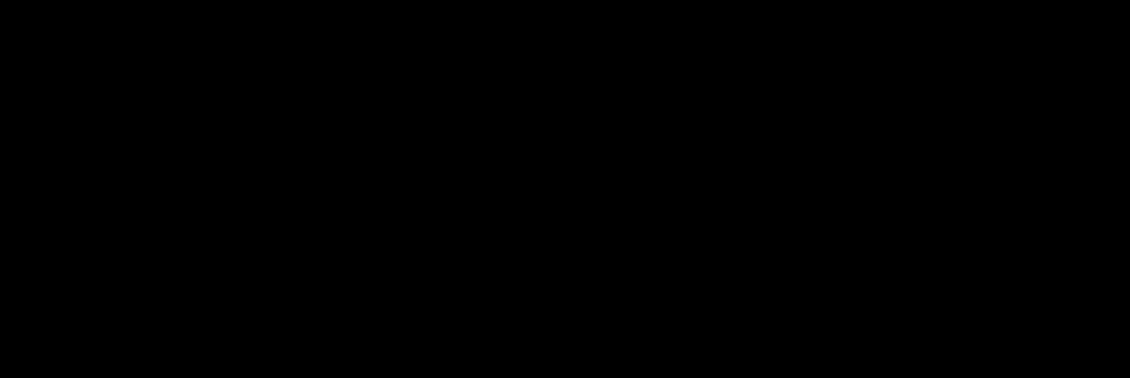
したがって、ドラム本体、ドラム内側ライナ、収納容器及びクロージャーナットには熱膨張による熱応力は発生しない。

ドラム本体及びドラム内側ライナに鑄込む中性子吸収材及び[REDACTED]はステンレス鋼との熱膨張差があり、周方向及び軸方向の干渉が起こりうる。このため、保守的に中性子吸収材及び[REDACTED]が隙間なく鑄込まれたとして応力計算を行った。結果を(ロ)-第 A.18 表に示す。ドラム内側ライナに発生する応力強さは[REDACTED]でのドラム内側ライナの降伏強度[REDACTED]満足する。また、中性子吸収材及び[REDACTED]に発生する応力強さは、降伏強度である[REDACTED][REDACTED]を満足する。したがって、中性子吸収材及び[REDACTED][REDACTED]の熱応力は、輸送物の健全性に影響を及ぼさない。

収納物であ[REDACTED]、収納缶、梱包材等はそれぞれの構成物質の設計裕度により、熱膨張差による周方向又は軸方向の干渉は発生しない。

このため、収納物には熱膨張による熱応力は発生しない。

(□)-第 A.18 表 一般の試験条件下の熱膨張による応力強さ

No	部 位	最大応力強さ	許容応力	Ms
1				
2				
3				

A.5.1.3 応力計算

本項では、輸送容器各部に発生する応力計算を行う。

ドラム本体、トッププラグ、ドラム内側ライナ及び収納容器に使用されるステンレス鋼はいずれも板厚が薄いため、ステンレス鋼板内には温度差が生じにくい。

このため、輸送容器各部においては、板厚方向の温度差による熱応力は小さいため、本項では計算を省略する。

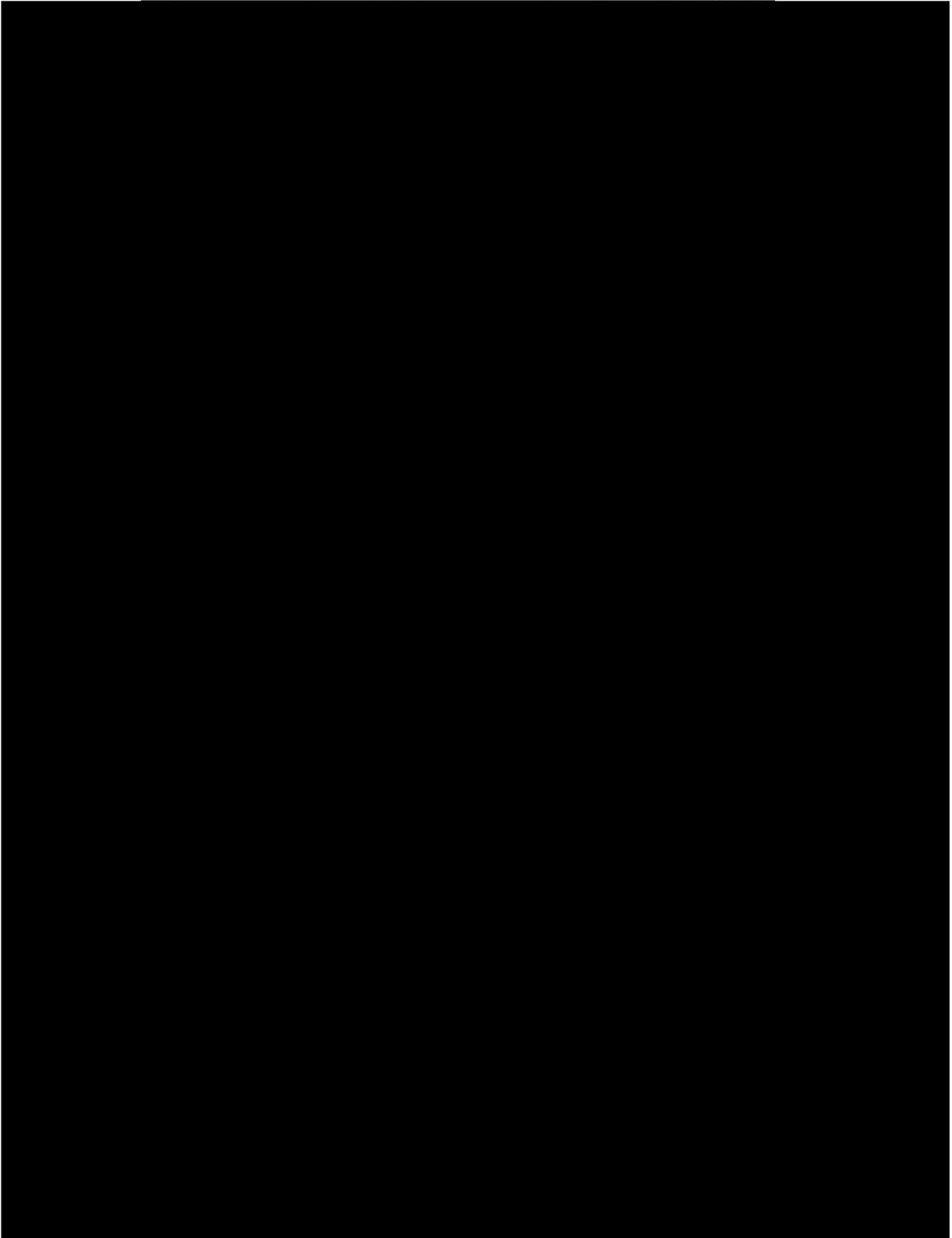
次に、輸送物に作用する圧力として、収納容器内圧を最高使用圧力の [REDACTED] [REDACTED] 気圧を大気圧とすると [REDACTED] の差圧が生じる。この差圧を考慮し、A.1.2 項と同様の応力計算を行う。

応力計算の結果を(□)-第 A.19 表に示す。(□)-第 A.19 表に示すとおり、発生する応力は許容応力を十分下回り、収納容器の構成材料は一般の試験条件による内圧上昇による使用上の問題が発生することはない。また、収納容器蓋はクロージャーナットと収納容器フランジで挟まれる設計であり、シール部が口開きする構造でないことから、密封性は維持される。

さらに、各負荷の繰り返しによる疲労について、一般の試験条件においては、輸送中に予想される太陽放射熱及び周囲温度として、 -40°C から 38°C (-40°F ~ 100°F) を考慮する。(□)章 B.4.2 最高温度に示すとおり、収納容器の最高温度は [REDACTED] であり、当該温度における収納容器の最大圧力は [REDACTED] ある。また、周囲温度 -40°C (-40°F) における絶対内圧は [REDACTED] ある。このため、低温から高温までの収納容器の最大周期的圧力変化は [REDACTED] となる。

[REDACTED] ステンレス鋼の疲労又は疲労限度は、通常、最大引張強さの約 1/2 と考えられ⁽¹⁰⁾、[REDACTED] ステンレス鋼については、最大引張強さの 1/2 は [REDACTED] [REDACTED] である。(□)-第 A.14 表、(□)-第 A.15 表及び(□)-第 A.19 表に示される応力、並びに最大周期的圧力は、[REDACTED] 疲労限度を下回る。

(□)-第 A.19 表 一般の試験条件による内圧増加に基づく応力計算結果



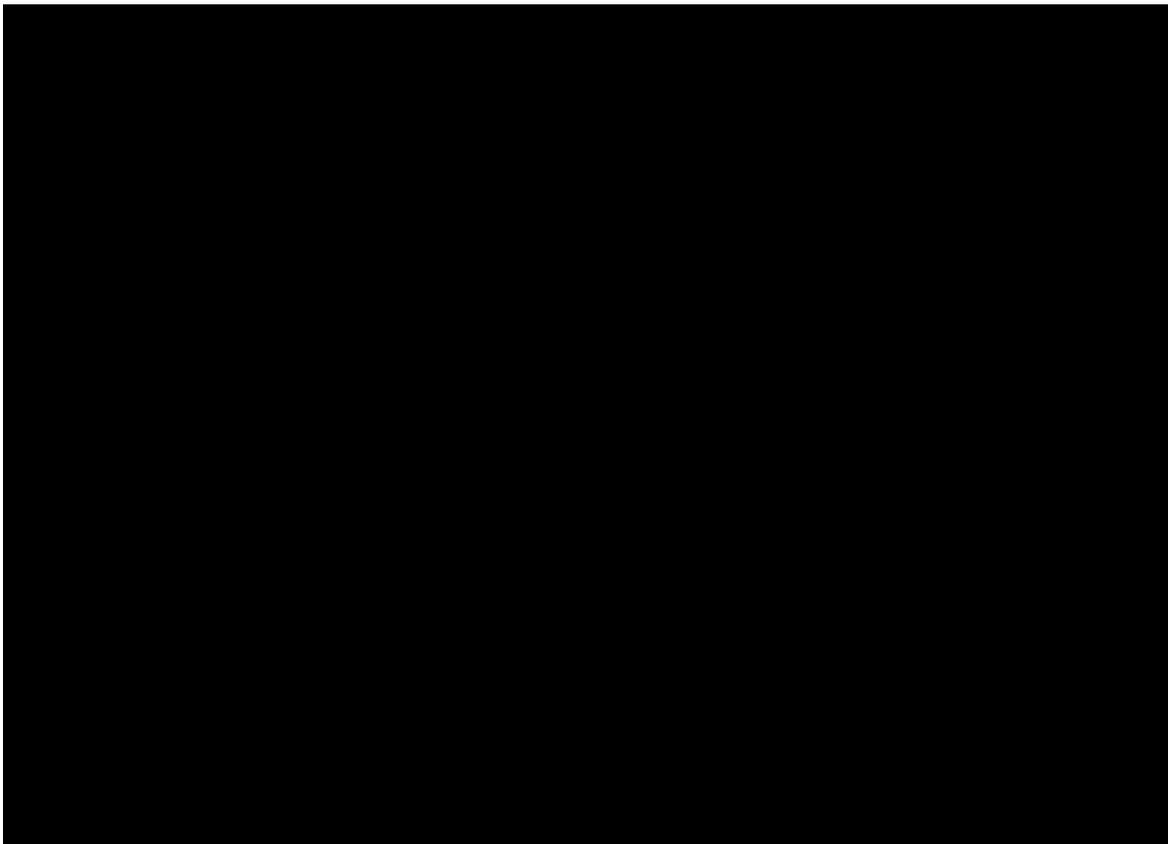
A.5.1.4 許容応力との比較

(□)-第 A.19 表に示すとおり収納容器の許容応力と一般の試験条件下の収納容器に発生する応力とを比較した結果、収納容器に発生する応力は、許容応力度限度を下回る。また、余裕率は全て 1 より大きく、通常の輸送時及び一般の試験条件下で、収納容器は温度及び内圧の負荷に耐え、健全性が保たれる。

A.5.2 水噴霧

本項では、水噴霧に対する影響を検討するため、雨量 5.08 cm/h (2 in./h) による 1 時間以上の水噴霧試験を実施した。試験の様子を(□)-第 A.4 図に示す。

試験の結果、ドラムアセンブリに変形はないため、水噴霧により線量が著しく増加することとはなく、核燃料物質が漏えいすることはない。蓋に設けられ [REDACTED] から水が浸入し、収納容器と内側ライナの間に溜まったが、密封境界内部への浸水はなかった。臨界解析においては、全側面を適切な水反射体で囲んで解析しており、本試験の結果が輸送物の健全性に影響を及ぼすことはない。



(□)-第 A.4 図 供試体 4 の水噴霧試験配置

A.5.3 自由落下

本輸送物の最大重量は [REDACTED] であり、5000 kg 以下であるから規則及び告示に定められる一般の試験条件下での自由落下高さは 1.2 m である。本項では、実寸大の原型輸送物を用いて輸送物の健全性を確認する。

落下姿勢は、下記の 4 ケースを考慮する。

- (1) 水平落下
- (2) 垂直落下
- (3) コーナー落下
- (4) 傾斜落下

(a) 解析モデル

採用せず。

(b) 原型試験

原型試験では、一般の試験条件下における最大損傷の状態と最大損傷を受ける条件とについて評価するため、供試体を用いて、水噴霧試験、1.2 m 自由落下試験、積み重ね試験、貫通試験を行った。さらに、特別の試験条件下における最大損傷の状態と最大損傷を受ける条件とについて評価するため、一般の試験条件で用いた供試体について、9 m 落下試験、圧潰試験、1 m 貫通落下試験、耐火試験を行った。

これらの試験の概要、試験結果及び評価については、A.5.3.1 項 ~A.5.3.5 項で詳述する。

(c) モデル試験

採用せず。

A.5.3.1 供試体

本原型試験は試験目的に合わせて5基の供試体を用いて実施した⁽¹⁷⁾。いずれの供試体も、申請輸送物と同等の製作仕様に基づき製作された実寸大のモデルである。供試体及び収納物の概要を(p)-第 A.5 図及び(p)-第 A.6 図に、供試体の重心を(p)-第 A.7 図に示す。また、申請輸送物と供試体の相違点及び各供試体の重量を(p)-第 A.20 表に示す。

また、申請輸送物の中性子吸収体は [REDACTED] 用いるが、供試体では [REDACTED] に相当する [REDACTED] を使用しており、中性子吸収材の違いが問題になることはない⁽¹⁸⁾。

供試体 1~4 及び 6 で用いる収納物は、中性子吸収材が充填された [REDACTED] の缶スペーサー、[REDACTED] の収納缶、6 つのシリコンラバーパッド及び燃料重量模擬のため収納缶に充填したスチール製の粒子で構成され、合計重量は [REDACTED] である。

以上のことから、本供試体は強度試験において申請輸送物を模擬しているものとなる。

A.5.3.2 落下試験用施設等

1.2 m 自由落下試験、9 m 落下及び圧潰試験は、[REDACTED] の落下試験台で実施した⁽¹⁹⁾。落下試験に用いる標的は、[REDACTED] の鉄筋コンクリート台に埋設する [REDACTED] の鋼板、又は [REDACTED] 鉄筋コンクリート台に埋設する [REDACTED] の鋼板で構成される。落下試験施設の写真を(p)-第 A.8 図に示す。

貫通試験に用いる軟鋼棒は、垂直円筒鋼の半球状の端をもつ軟鋼製の棒であり、直径 32 mm (1.25 in.)、重量 6 kg (13 lb) である。

圧潰試験では、[REDACTED] 軟鋼板を用いた。

1 m 貫通落下試験では、垂直に固定された [REDACTED] の鋼製丸棒を用いた。

耐火試験は、[REDACTED] のガス燃焼炉で実施した⁽¹⁷⁾。ガス燃焼炉は 6 基の高速パルス噴射バーナーから構成され、ヒーター容量は [REDACTED] である。耐火試験では、一般の試験条件を模擬するため供試体を余熱し、その後、設定温度 [REDACTED] ガス燃焼炉にて供試体を燃焼させた。ガス燃焼炉の写真を(p)-第 A.9 図に示す。

A.5.3.3 落下試験時の温度及び圧力

落下試験における温度及び圧力は、それぞれ [redacted] [redacted] 及び [redacted] 以下であった。

A.5.3.4 試験手順

原型試験の全体手順を(□)-第 A.21 表に示す。本原型試験では一般の試験条件下における試験後、同じ供試体を用いて特別の試験条件下の試験を行う。供試体ごとの落下姿勢を(□)-第 A.10 図～(□)-第 A.13 図に、落下試験前の写真を(□)-第 A.14 図～(□)-第 A.17 図示す。

一連の試験に先立ち、(□)-第 A.18 図に示す測定箇所について寸法検査を実施するとともに、1.2 m 自由落下試験後、9 m 落下試験後及び圧潰試験後に、再度、(□)-第 A.18 図に示す測定箇所について寸法検査を実施し、変形量を測定する。また、供試体に用いる収納容器においては、一連の試験に先立ち、漏えい検査を実施するとともに、耐火試験後にも漏えい検査を実施し、収納容器が密封されていることを確認する。

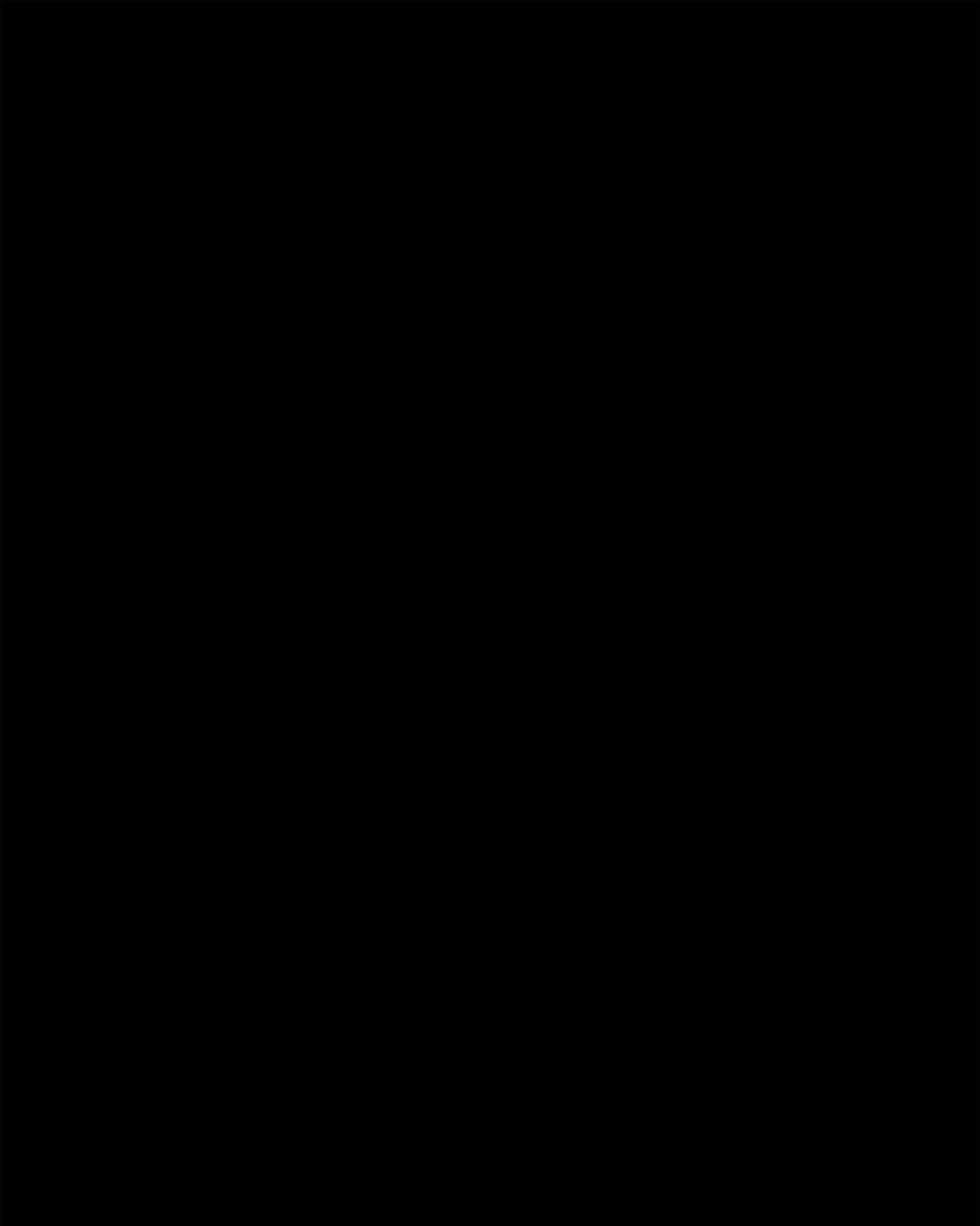
なお、水噴霧試験 (A.5.2 項)、貫通試験 (A.5.5 項)、振動試験 (A.4.7 項) 及び積み重ね試験 (A.5.4 項) については、各項に示すとおり輸送物の健全性に影響を及ぼさないため、供試体 4 以外についての当該試験を省略している。

A.5.3.5 原型試験の結果の要約及びその評価

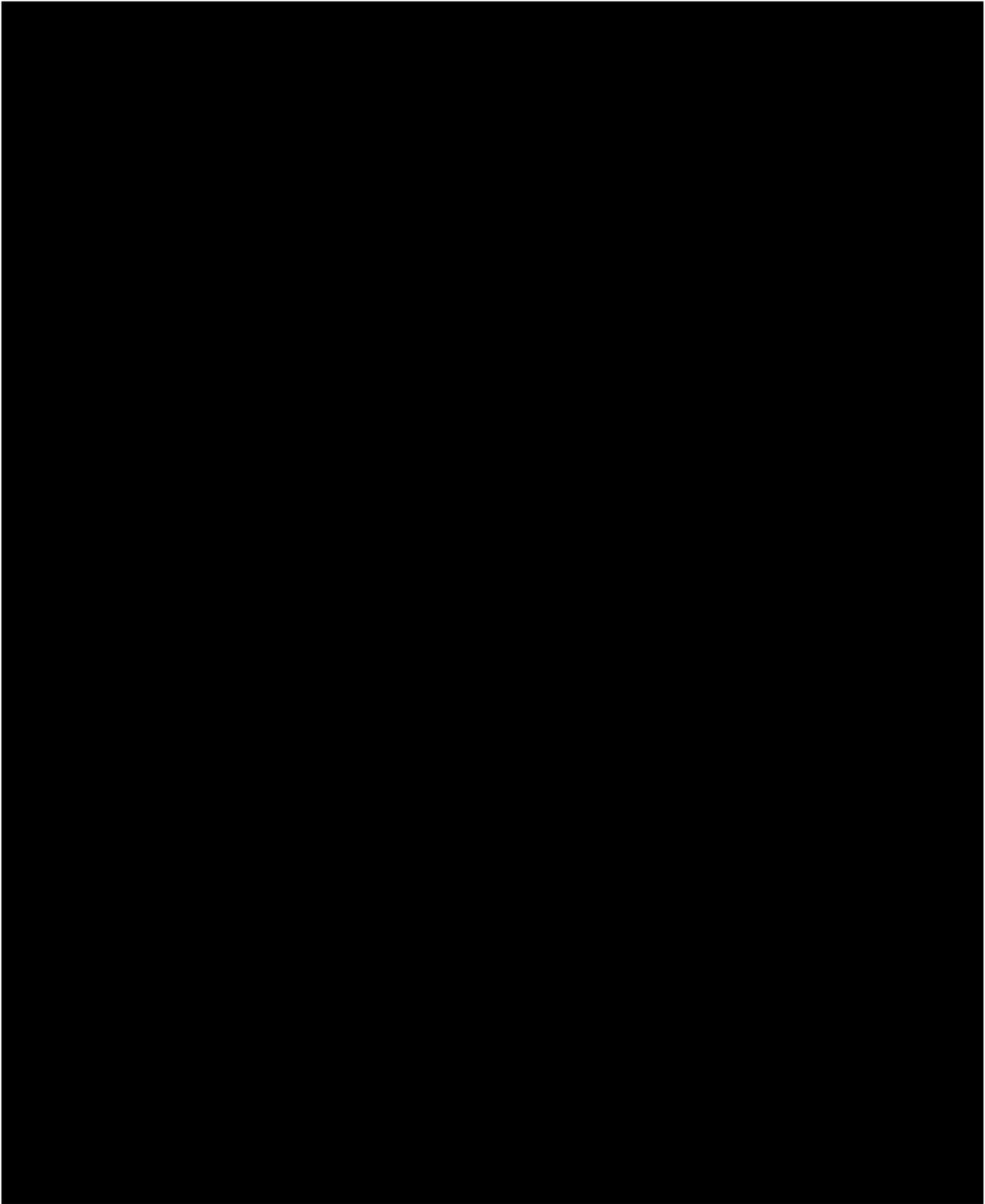
1.2 m 自由落下試験による供試体の軸方向変形量を(□)-第 A.22 表に、径方向変形量を(□)-第 A.23 表に示す。

試験の結果、1.2 m 自由落下試験による変形量が最大となったのは、特別の試験条件の 9m 落下及び 9m 圧潰試験を重畳させた水平落下の供試体 2 を除くと、コーナー落下姿勢の供試体 3 であり、ドラムアセンブリの高さ方向で [redacted] [redacted] の変形が生じた。供試体 3 の 1.2 m 自由落下試験による損傷状態を(□)-第 A.19 図に示す。1.2 m 自由落下試験後の目視検査の結果、ドラムアセンブリに多少変形が生じたものの、一連の試験後の目視検査では、収納容器に変形は認められなかった。このため、1.2 m 自由落下試験において収納容器に変形はなかったと考えられる。さらに、一連の試験後においても収納容器に損傷はなく、ヘリウムリーク試験の結果、漏えい率は [redacted] [redacted] 維持しており、一般の試験条件下において収納容器の密封性能が損なわれることはない。

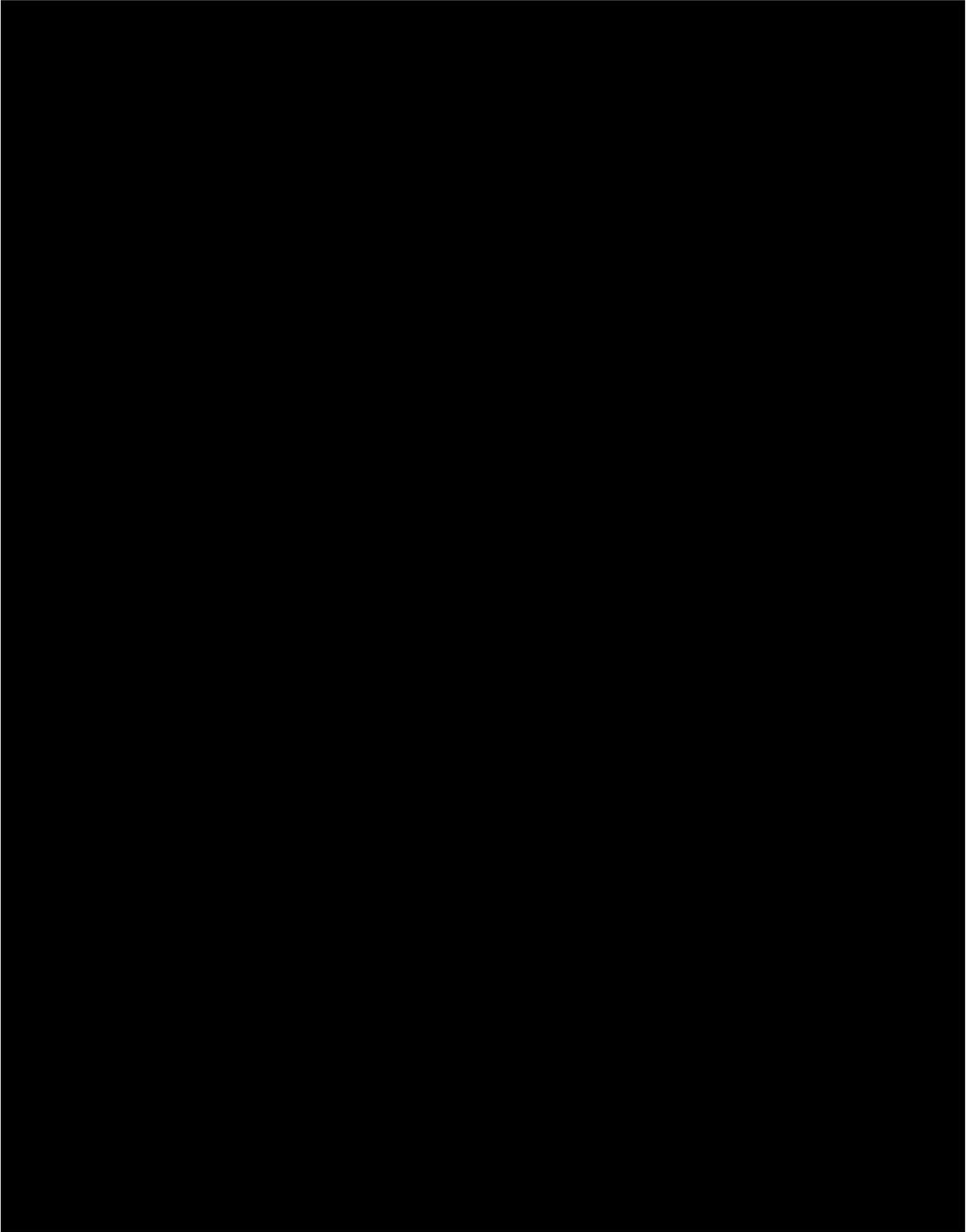
以上より、1.2 m 自由落下試験において、輸送物の健全性は維持される。



(㉓)-第 A.5 図 供試体概要図



(□)-第 A.6 図 収納物概要図



(㊦)-第 A.7 図 供試体重心図

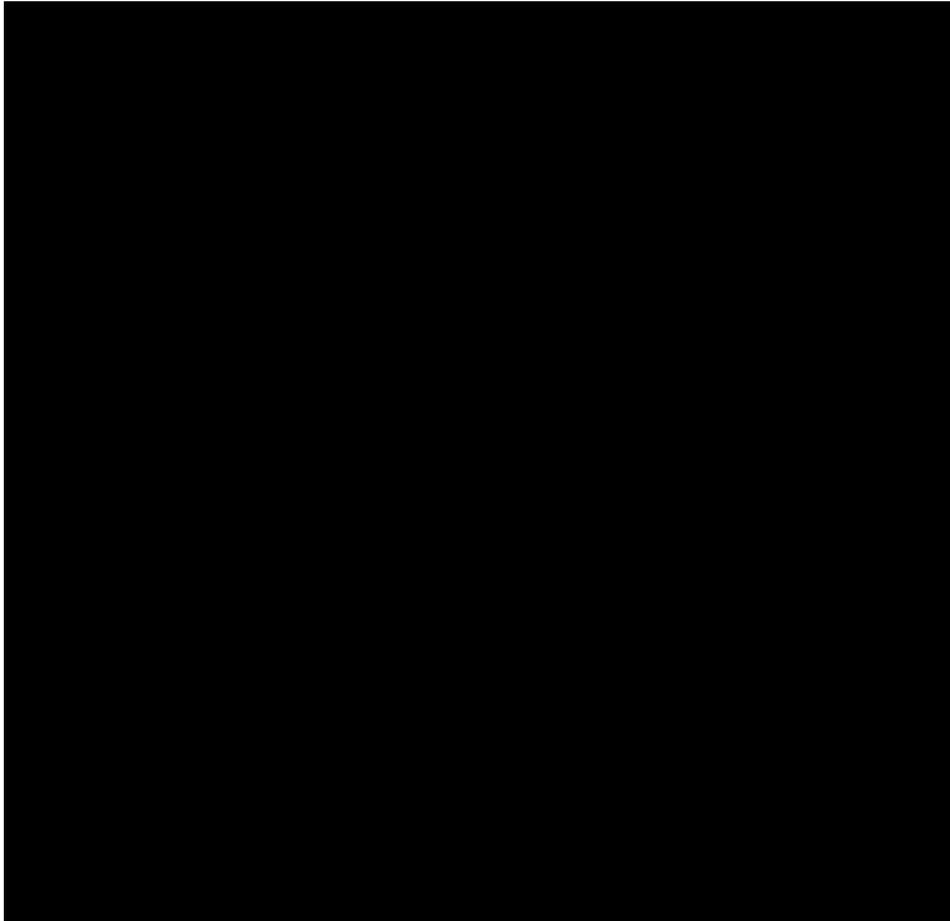
(ロ)-第 A.20 表 申請輸送物と供試体の相違点と供試体重量

		申請輸送物の設計仕様	供試体の仕様				
			供試体1	供試体2	供試体3	供試体4	供試体6
寸法・材質	ドラムアセンブリ						
	収納容器						
	収納物						
重量	ドラムアセンブリ						
	収納容器						
	収納物						
	合計 ^c						

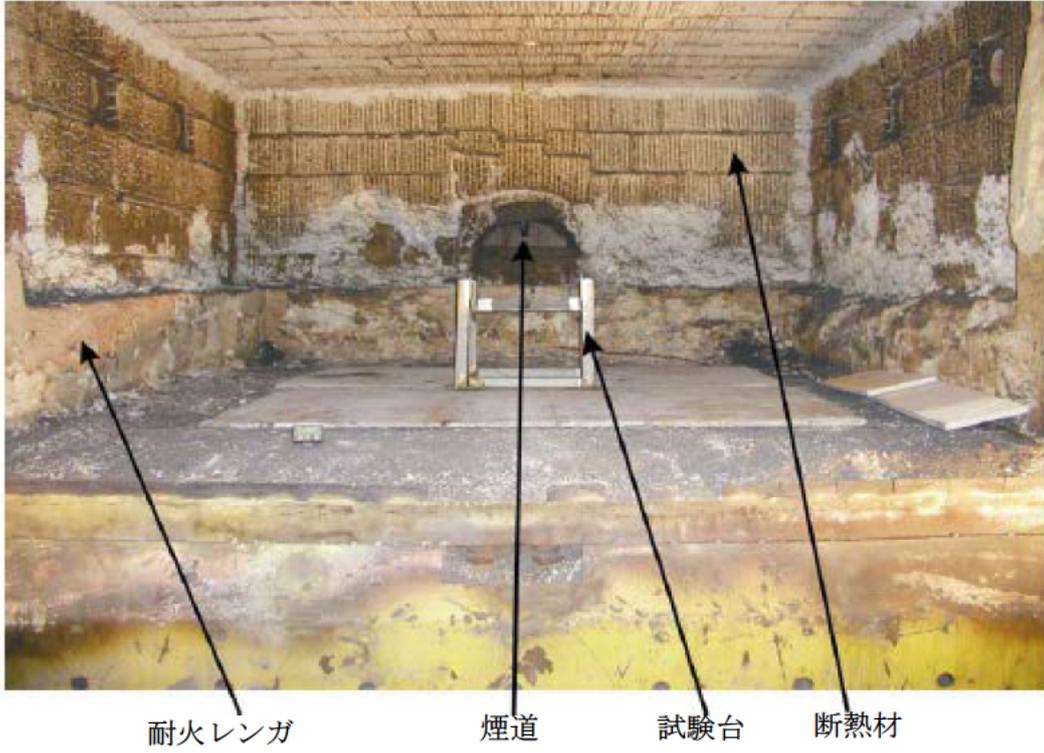
- a 供試体 6 は、15 m 浸漬試験のための供試体であり、ドラムアセンブリを伴わない。
- b 燃料、収納缶及び緩衝材等
- c XXXXXXXXXX スケール公差のため、個別の成分重量の合計とずれが生じる可能性がある。
- d この重量は、15 m 浸漬試験において収納容器の浮力を減らすために荷重される。



(□)-第 A.8-1 図 落下試験施設 (1/2)



(□)-第 A.8-2 図 落下試験施設 (2/2)



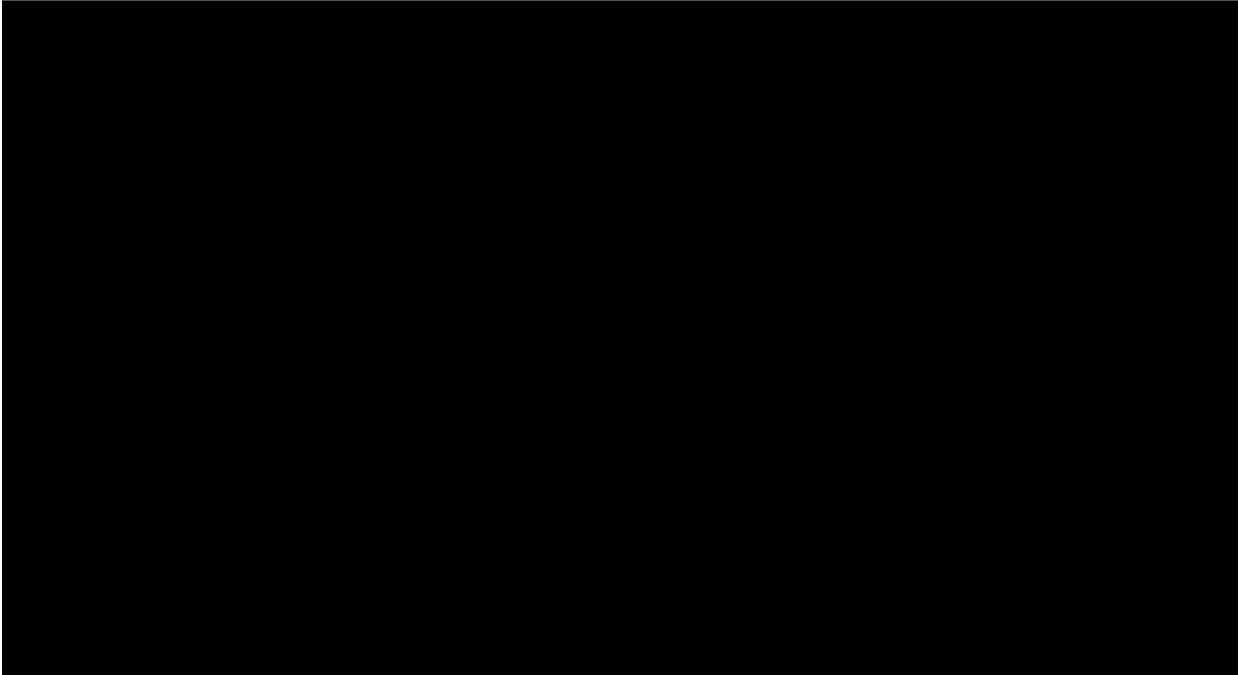
(□)-第 A.9 図 耐火試験施設

(H)-第 A.21 表 原型試験の全体手順

試験項目	検査項目	供試体1	供試体2	供試体3	供試体4	供試体6	参照項
—	寸法検査 漏えい検査	○	○	○	○	○	—
一般の試験条件	水噴霧試験				○		A.5.2項
	1.2 m自由落下試験	○ (傾斜)	○ ^{a,b} (水平)	○ (コーナー)	○ (垂直)		A.5.3項
	貫通試験				○		A.5.5項
	振動試験				○		A.4.7項
	積み重ね試験				○		A.5.4項
特別の試験条件	9 m落下試験	○ (傾斜)	○ ^{a,b} (水平)	○ (コーナー)	○ (垂直)		A.6.1項
	圧潰試験	○	○	○	○		A.6.1項
	1 m貫通落下試験	○	○	○	○		A.6.2項
	耐火試験	○	○	○	○		A.6.3項
	15 m浸漬試験					○	A.6.4項

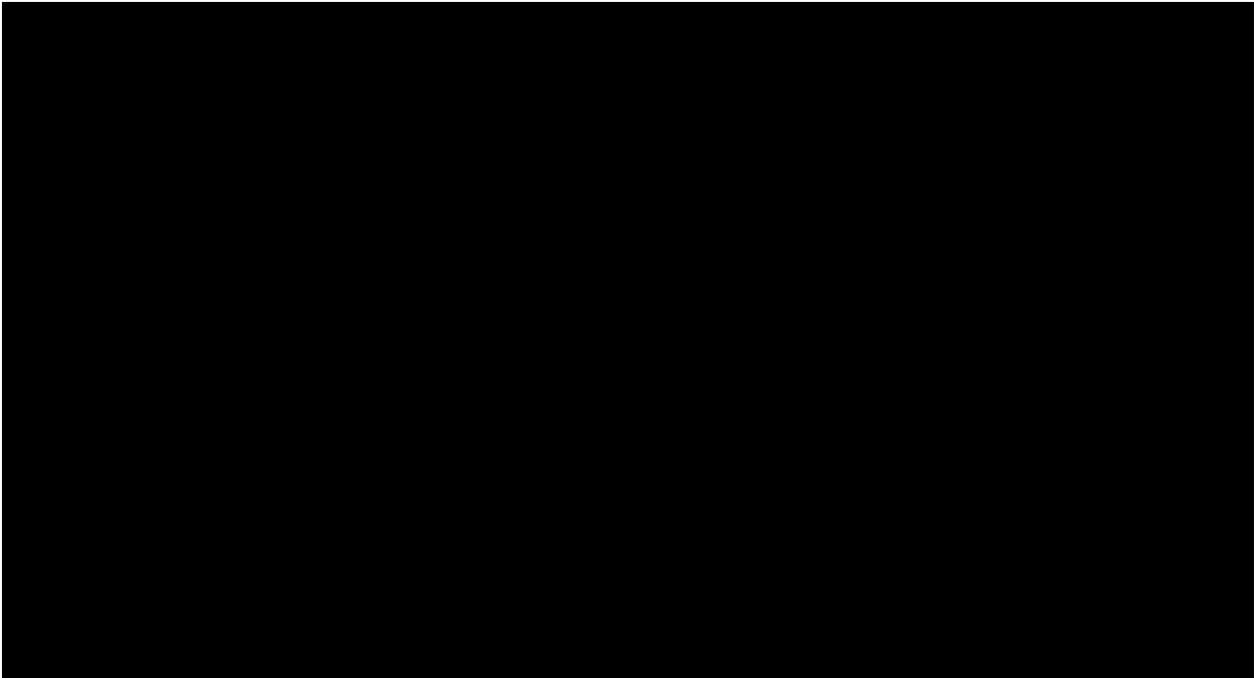
a -40 °C (-40 °F) に冷却後、試験を実施。

b 圧潰試験後に寸法検査を実施。



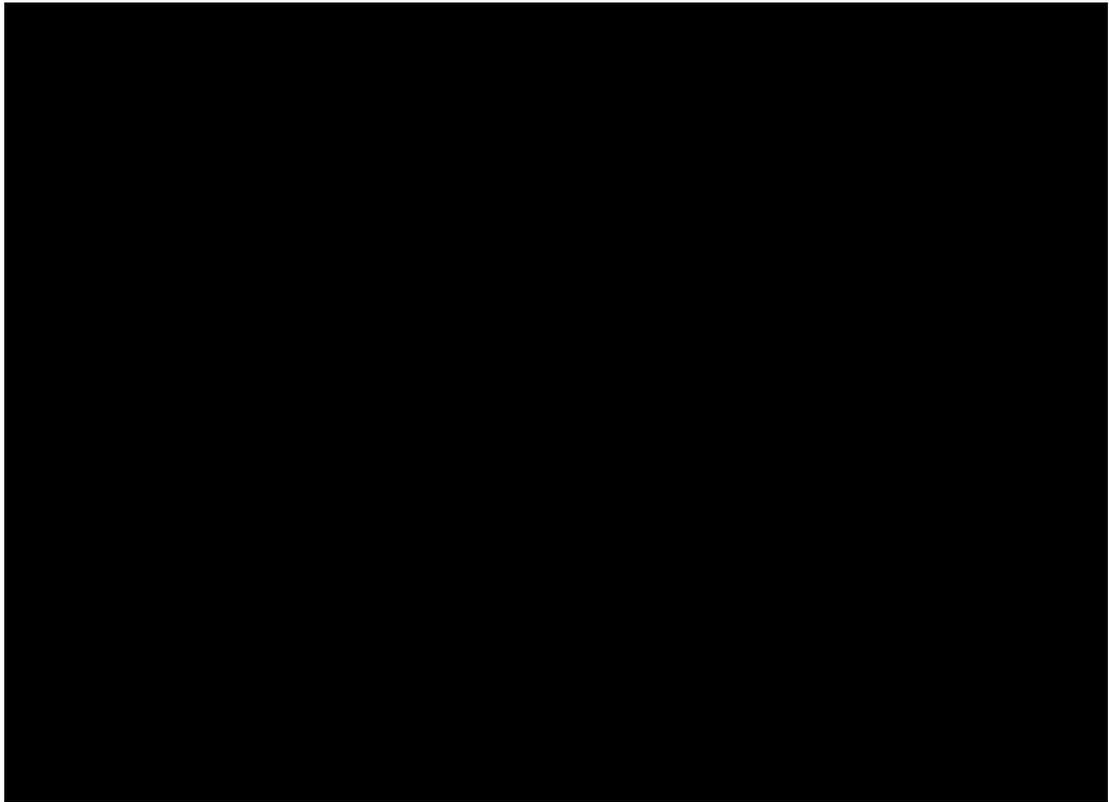
(□)-第 A.10 図 供試体 1 落下姿勢
(傾斜落下)

(□)-第 A.11 図 供試体 2 落下姿勢
(水平落下)

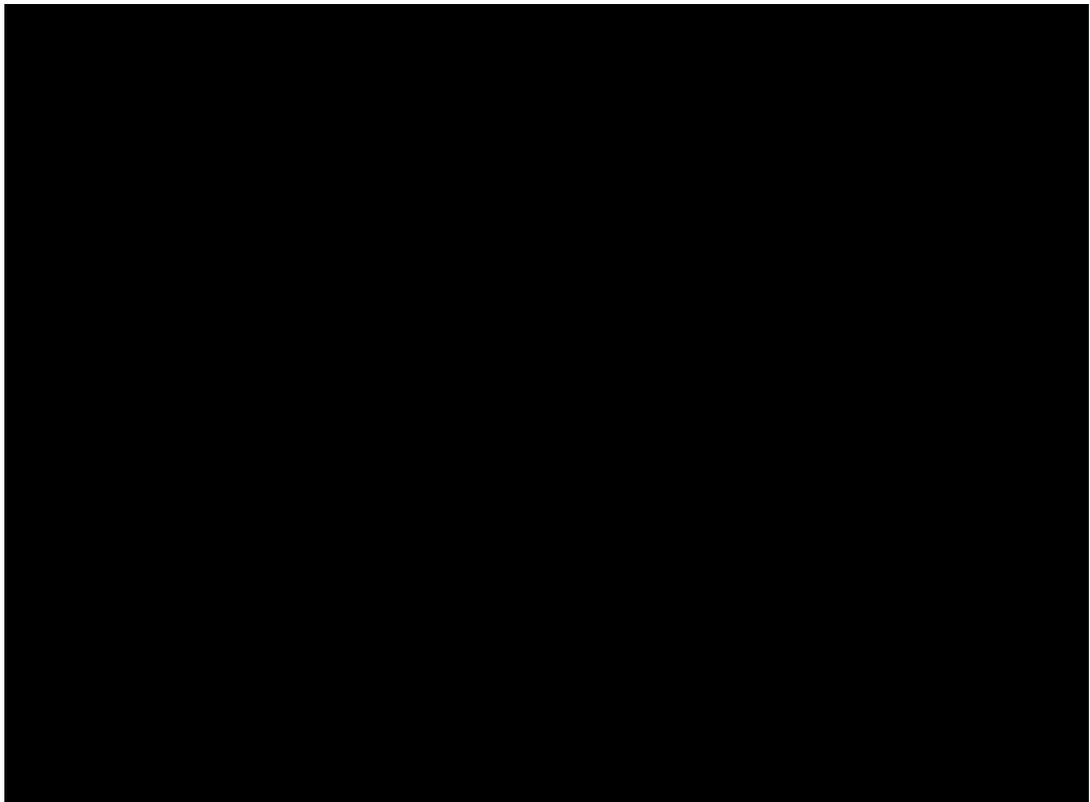


(□)-第 A.12 図 供試体 3 落下姿勢
(コーナー落下)

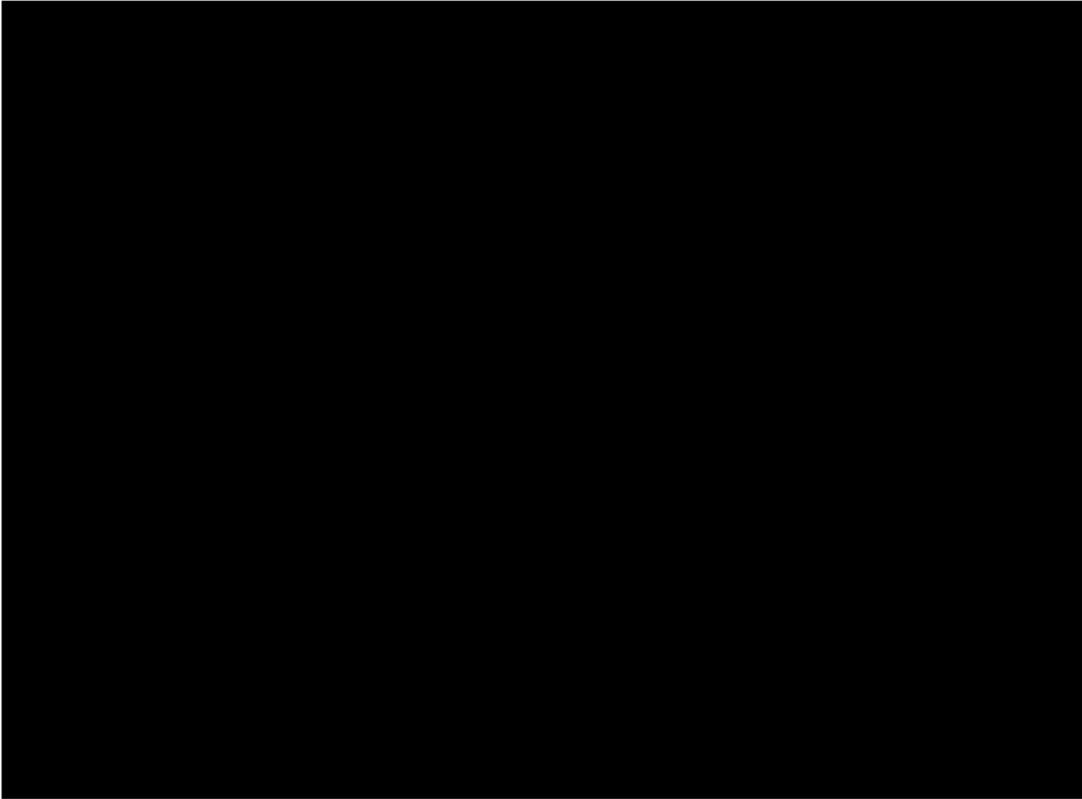
(□)-第 A.13 図 供試体 4 落下姿勢
(垂直落下)



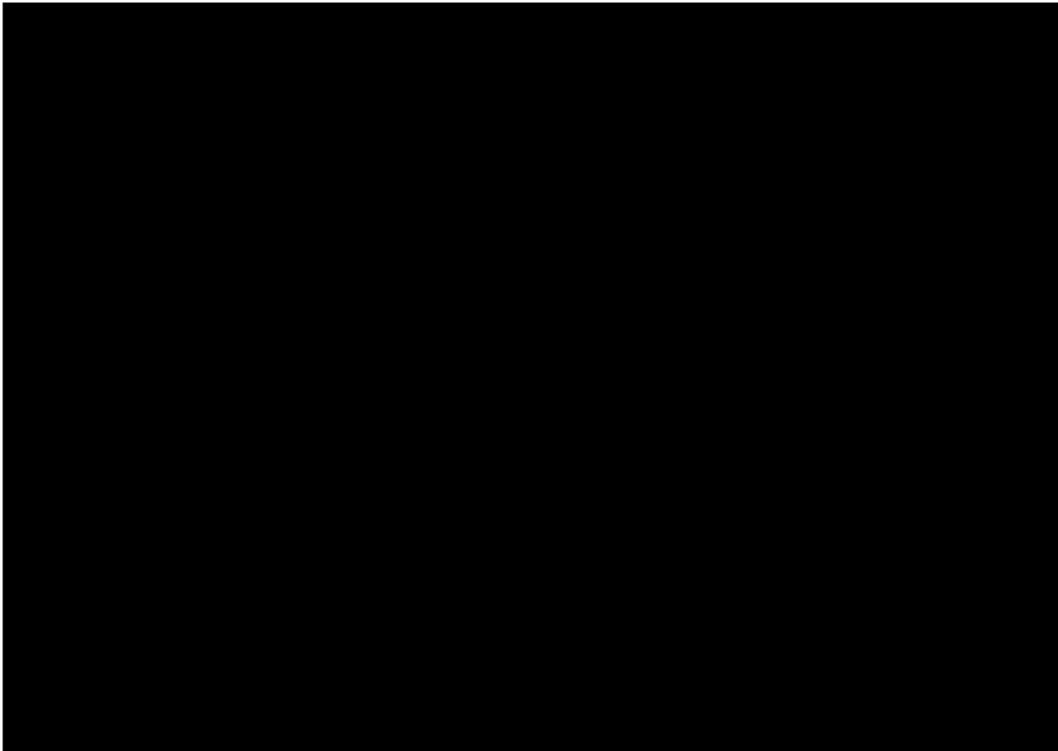
(□)-第 A.14 図 供試体 1 1.2 m 自由落下試験 (傾斜落下)



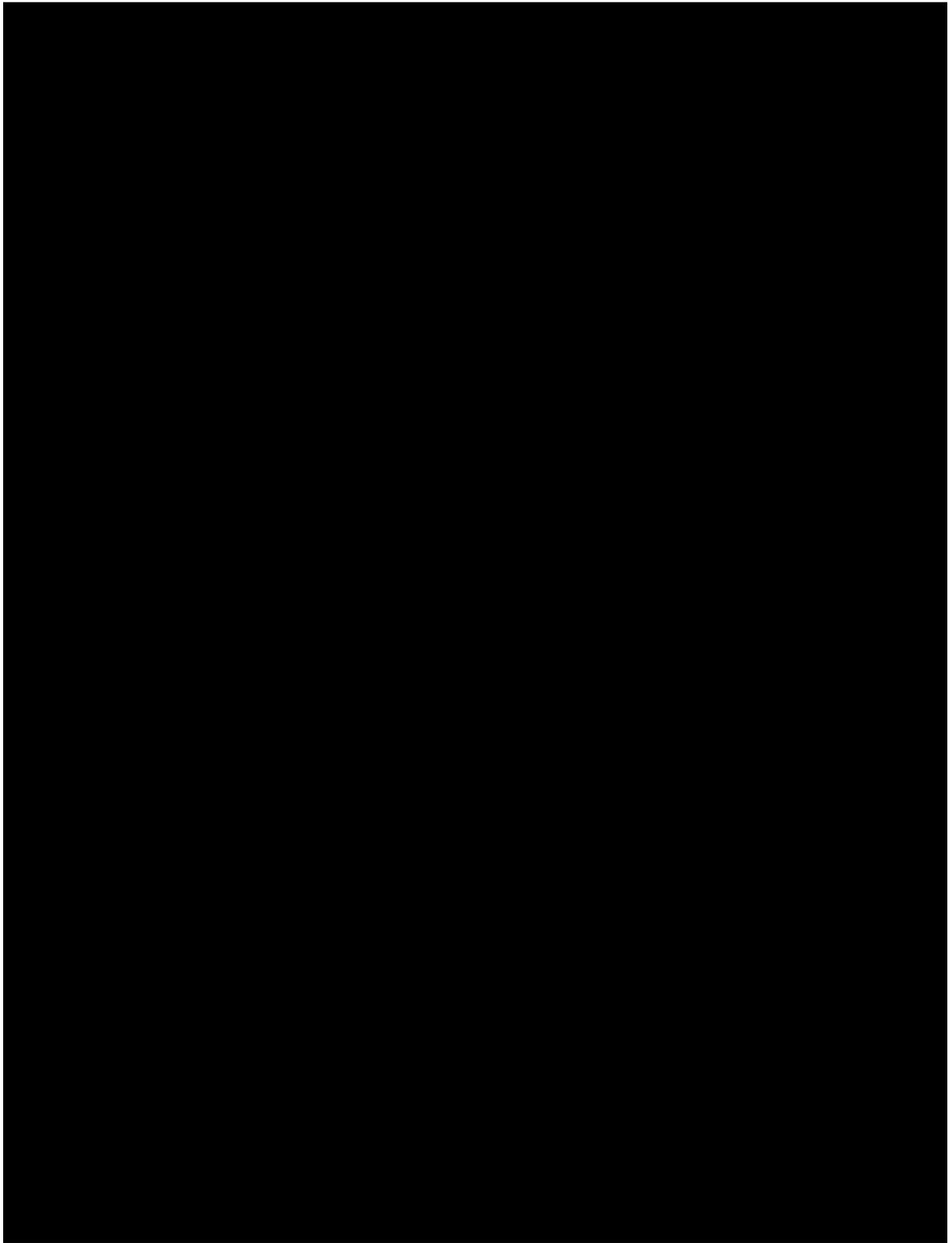
(□)-第 A.15 図 供試体 2 1.2 m 自由落下試験 (水平落下)



(p)-第 A.16 図 供試体 3 1.2 m 自由落下試験 (コーナー落下)



(p)-第 A.17 図 供試体 4 1.2 m 落下試験 (垂直落下)



(㊦)-第 A.18 図 落下試験及び圧潰試験測定箇所図

(ロ)-第 A.22 表 1.2 m 自由落下試験結果 (全高測定)

単位 : mm (in.)

		0°	90°	180°	270°
供試体 1 (傾斜)	落下前				
	1.2 m 落下後				
	変形量				
供試体 2 (水平)	落下前				
	落下後*				
	変形量				
供試体 3 (コーナー)	落下前				
	1.2 m 落下後				
	変形量				
供試体 4 (垂直)	落下前				
	1.2 m 落下後				
	変形量				

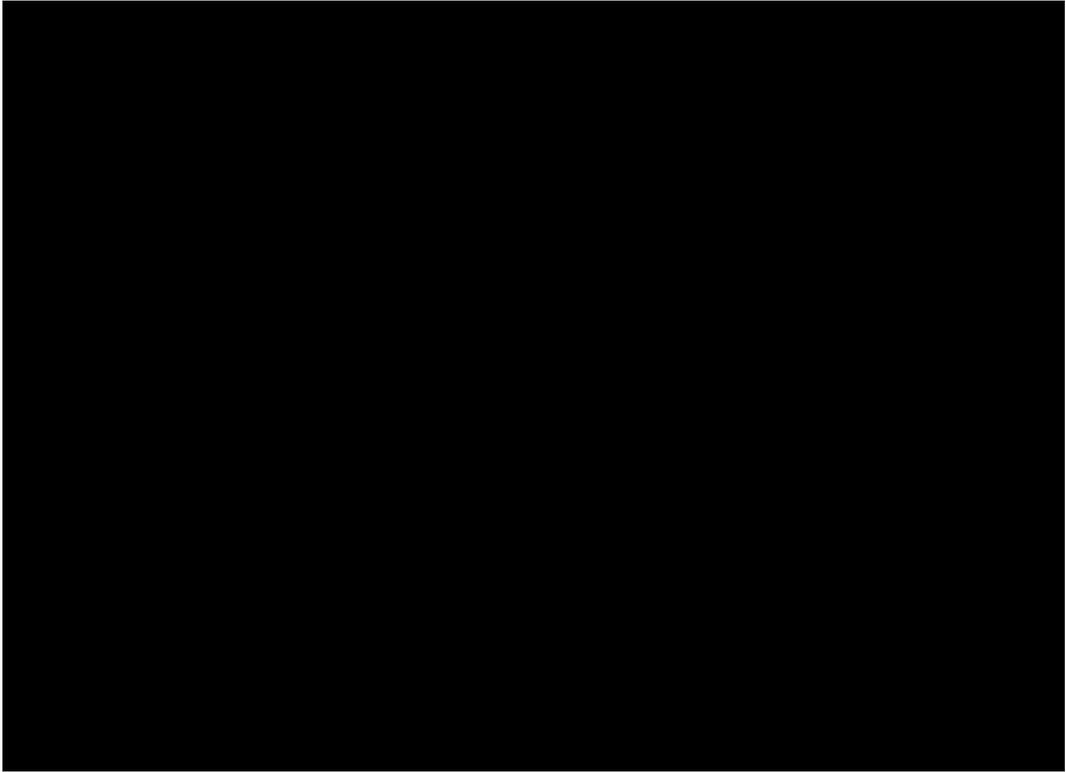
* : 1.2 m 落下、9 m 落下及び圧潰試験の累積損傷

(ロ)-第 A.23 表 1.2 m 自由落下試験結果 (直径測定)

単位 : mm (in.)

		0°と 180°を結ぶ直径方向					90°と 270°を結ぶ直径方向					
		ドラムアセンブリ上部	第 1 フープ	第 2 フープ	第 3 フープ	第 4 フープ	ドラムアセンブリ下部	ドラムアセンブリ上部	第 1 フープ	第 2 フープ	第 3 フープ	第 4 フープ
供試体 1	落下前											
	1.2 m 落下後											
	変形量											
供試体 2	落下前											
	落下後*											
	変形量											
供試体 3	落下前											
	1.2 m 落下後											
	変形量											
供試体 4	落下前											
	1.2 m 落下後											
	変形量											

* : 1.2 m 落下、9 m 落下及び圧潰試験の累積損傷



(□)第 A.19 図 供試体 3 1.2 m 自由落下試験 (コーナー落下) 結果

A.5.4 積み重ね試験

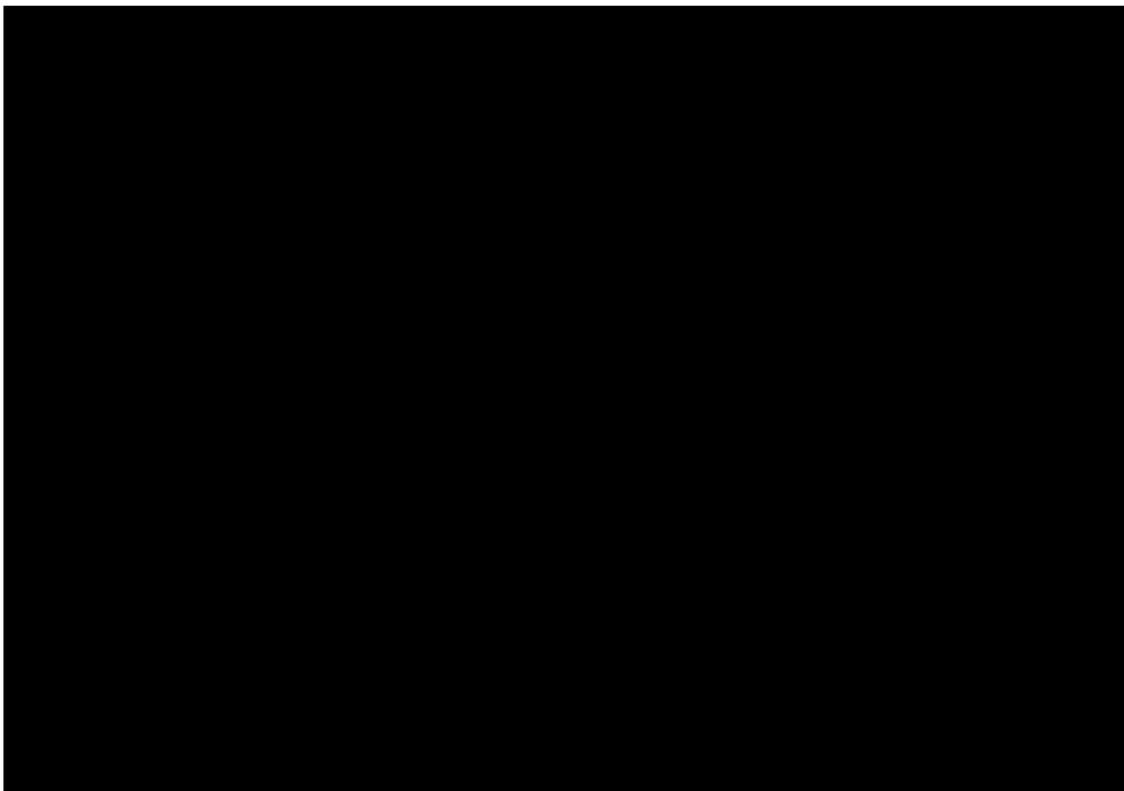
輸送物の積み重ねに対する影響について、(㊦)-第 A.21 表に示す供試体 4 での原型試験の結果に基づいて説明する。

規則及び告示により積み重ね試験の荷重は、自重の 5 倍に相当する荷重、あるいは輸送物の鉛直投影面積に 13 kPa を乗じて得た荷重のいずれか大きい方とされている。本輸送物の最大重量は [REDACTED] であり、自重の 5 倍に相当する荷重は [REDACTED] なる。本輸送物の垂直に投影された面積は [REDACTED] あり、鉛直投影面積に [REDACTED] を乗じて得た荷重は [REDACTED] となる。このため、積み重ね試験においては、保守的に自重の 5 倍以上に相当する荷重として [REDACTED] の圧縮荷重を、供試体 4 の上部及び下部に一樣に 24 h 負荷した。積み重ね試験の写真を(㊦)-第 A.20 図に示す。

積み重ね試験の結果、ドラムアセンブリの高さ及び直径に変化は生じなかった。

圧縮荷重は均等に蓋の周辺に分布し、主にドラム缶外形及び [REDACTED] で支持されるため、中性子吸収材及び内部ライナに負荷は伝達しない。このため、中性子吸収材の材質の相違は、積み重ね試験の結果に影響を及ぼさない。

したがって、本輸送物は積み重ね試験に対して健全性を維持する。

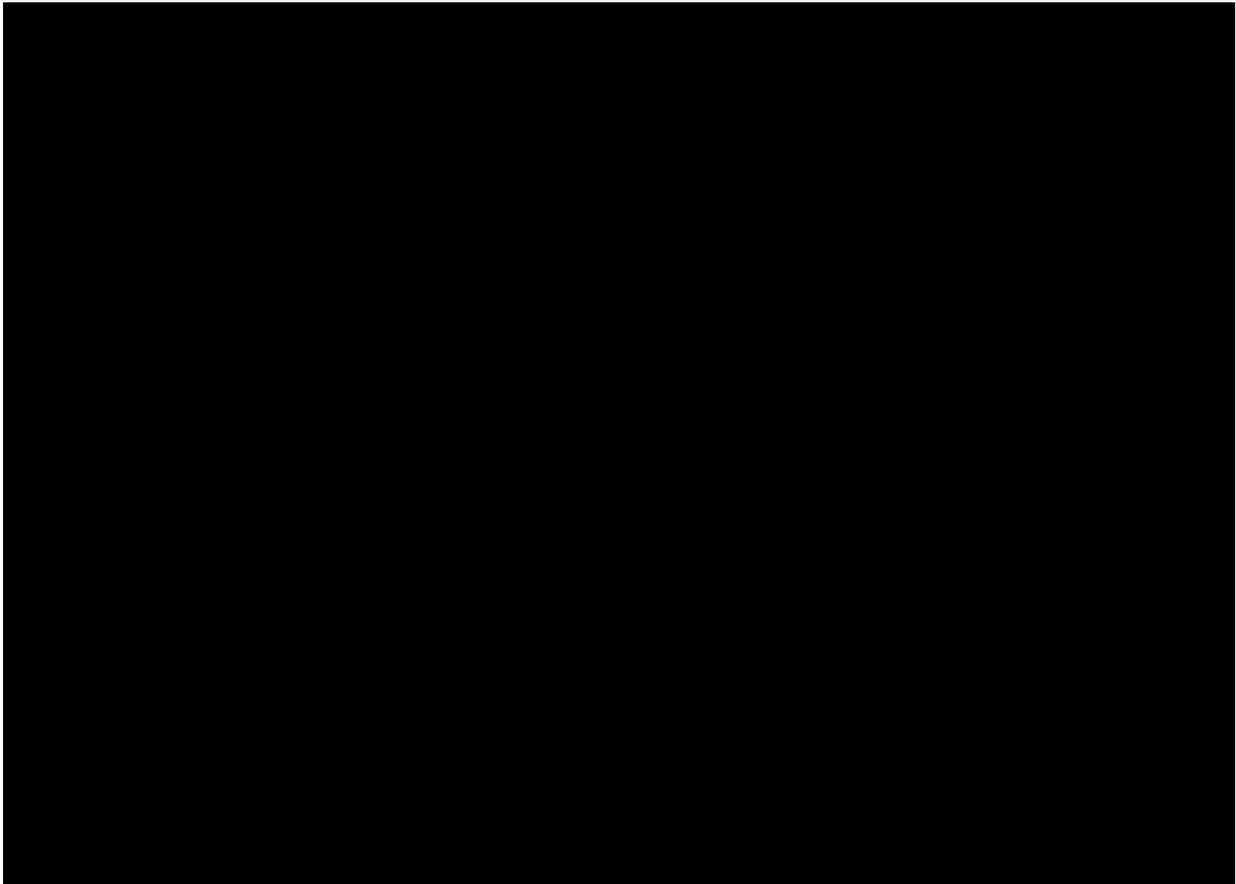


(㊦)-第 A.20 図 供試体 4 の積み重ね試験

A.5.5 貫通

本項においては、重量 6 kg (13 lb)、直径 32 mm (1.25 in.) の、先端が半球状の軟鋼棒が 1 m (40 in.) の高さから本輸送物に落下したときの輸送物の受ける影響について、(a)-第 A.21 表に示す供試体 4 での試験結果に基づいて説明する。

貫通試験の写真を(a)-第 A.21 図に示す。軟鋼棒を構造上最も弱いと考えられるドラム胴体の溶接部(0° 位置)に落下させた結果、深さ [REDACTED] の局所的な変形が生じたが、ドラム胴体を貫通することはなかった。



(a)-第 A.21 図 供試体 4 の貫通試験損傷

A.5.6 角又は縁落下

輸送物の最大重量は [REDACTED] で、外殻は鋼板でできているため、本項は該当しない。

A.5.7 結果の要約及びその評価

(1) 水噴霧試験

A.5.2 項で記述したように、輸送容器は、表面が滑らかに仕上げられたステンレス鋼で製作されているため、水切りも良く、吸水性はない。よって、水噴霧試験を受けても形状の変形等は生じない。

(2) 1.2 m 自由落下試験

A.5.3 項で記述したように、1.2 m の高さからの自由落下試験を行った場合、収納容器の密封性能は維持される。

(3) 積み重ね試験

A.5.4 項で記述したように、積み重ね試験を行っても輸送物が変形する事はない。

(4) 貫通試験

A.5.5 項で記述したように、貫通試験によりドラム胴体に凹部が生じるが、凹部は局部的であるため、臨界を検討する形状の変化はない。

(5) 結果の要約と評価

(1) 水噴霧試験、(2) 1.2 m 自由落下試験、(3) 積み重ね試験、(4) 貫通試験を行っても、一辺 10 cm の立方体が入るようなくぼみは生じず、輸送物の健全性を損ねることはない。また、A.5.1 熱的試験に示す評価結果から内部圧力上昇による密封の破壊もないため、収納容器の密封性能が損なわれることはない。

A.6 特別の試験条件

本輸送物は、BU 型輸送物である。したがって、規則及び告示に定められた特別の試験条件は次のとおりである。

(1) 落下試験 I 又は落下試験 III

(1) の試験に引き続いて次の条件の下に置く。

(2) 落下試験 II

(3) 耐火試験

(4) 浸漬試験

本項においては、上述の試験条件下での本輸送物へ与える影響について解析し、その解析結果が特別の試験条件の設計基準を満足することを示す。

A. 6.1 強度試験・落下試験 I (9 m 落下時) 又は強度試験・落下試験 III (動的圧潰時)

本項では、輸送物が 9 m 落下した場合、輸送物が受ける影響について検討する。

本項で検討する落下姿勢は、下記の 4 姿勢とし、9 m 落下においても本輸送物が健全性を維持できることを示す。

(1) 垂直落下

(2) 水平落下

(3) コーナー落下

(4) 傾斜落下

なお、規則及び告示では圧潰試験は適用されないが、本試験では保守的に 9 m 落下試験に引き続き圧潰試験も実施し評価する。

本試験では、次の要件に適合することを確認する。

① 全ての荷重条件において、ドラム蓋はドラム本体に取り付いたままであること。

② 全ての荷重条件において、一辺 10 cm の立方体が入るような開口がドラムアセンブリに発生しないこと。

③ ドラムアセンブリの有効径が臨界安全性及び遮蔽性能を維持するために十分であること。

④ ドラムアセンブリは、特別の試験条件における収納容器の漏えい基準に適合するために、構造強度及び耐熱性を有すること。

⑤ 中性子吸収材が適所に残存し、未臨界を維持するために必要な水分量を維持すること。

(a) 解析モデル

採用せず。

(b) 原型試験

特別の試験条件に基づく原型試験として、供試体 1 から供試体 4 の 4 基の原型供試体に対し、一般の試験条件の 1.2 m 落下試験に引き続き、9 m 落下試験を実施した。

さらに、すべての供試体について、9 m 落下試験に引き続き、重量 500 kg (1100 lb)、縦及び横の長さが 1 m (40 in.) の軟鋼板を 9 m (30 ft.) の高さから水平に落下させ、当該輸送物が最大損傷を受けるよう圧潰試験を実施した。

本項では、保守的に圧潰試験まで試験を行った輸送物の損傷状態に基づき評価する。原型試験に用いた供試体、試験施設、落下試験時の温度及び圧力及び試験手順については、A.5.3.1 項 ~ A.5.3.4 項に前述したとおりである。落下姿勢及び圧潰試験時の輸送物の姿勢については A.6.1.1 項 ~ A.6.1.4 項に詳述する。

(c) モデル試験

採用せず。

A.6.1.1 垂直落下

垂直落下試験は供試体 4 を用いて実施した。

9 m 落下試験の落下姿勢を(ρ)-第 A.22 図に示す。落下姿勢は、収納容器のフランジ部に最大の影響を及ぼす上部垂直落下とし、9 m 落下試験の前後に、(ρ)-第 A.18 図に示す輸送物の全高及び直径を測定した。

9 m 落下試験の結果、ドラムの損傷は全高で最大

減少がみられた。

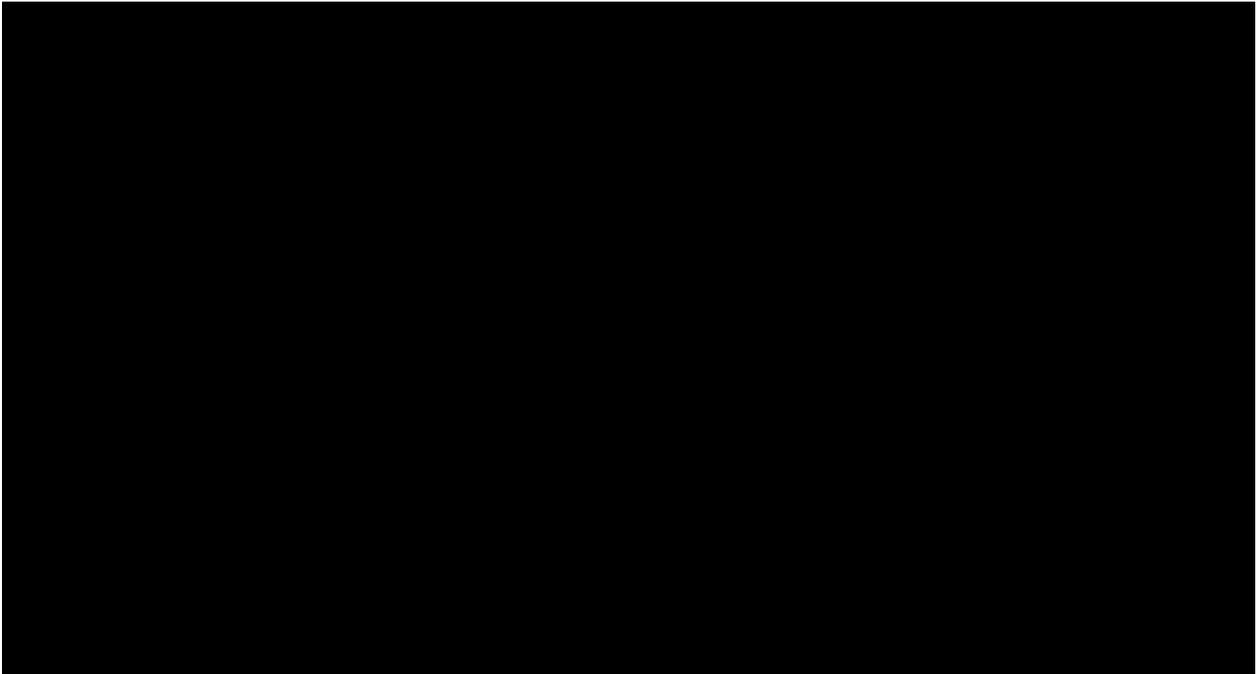
9 m 落下試験に引き続き、圧潰試験を実施した。圧潰試験姿勢を(ρ)-第 A.23 図に示す。圧潰試験姿勢は、9 m 落下試験と同様に垂直姿勢とし、試験後、9 m 落下試験後と同じ箇所についての測定を実施した。

圧潰試験の結果、ドラムの損傷は全高で最大

がみられたが、ドラム蓋は外れることはなく、断熱材及び中性子吸収

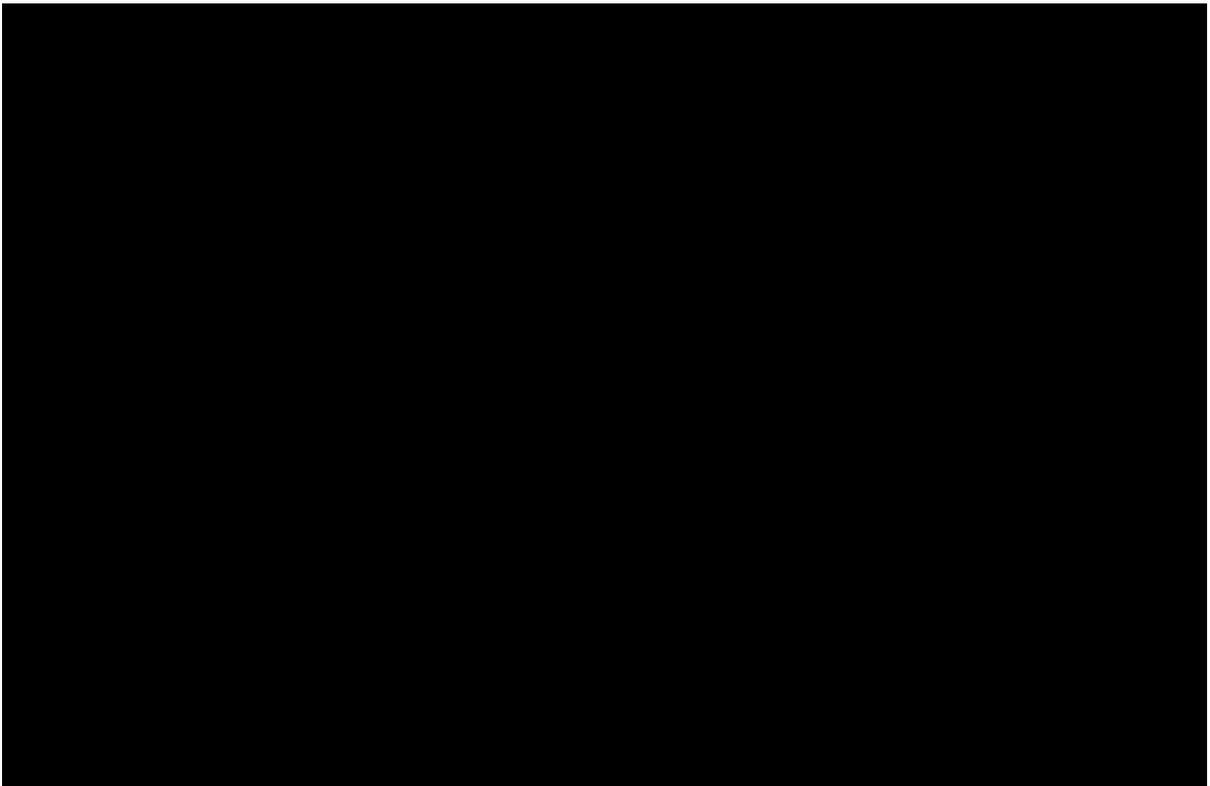
材の配置は維持された。また、後述する熱的試験の後、収納容器を取り出し、損傷の確認及び漏えい試験を実施したところ、収納容器に損傷はなく、ヘリウムリーク試験の結果、漏えい率は [REDACTED] を維持していることから、収納容器の健全性が確認された。

9 m 落下試験及び圧潰試験の結果を(□)-第 A.24 図、(□)-第 A.25 図、(□)-第 A.24 表及び(□)-第 A.25 表に示す。

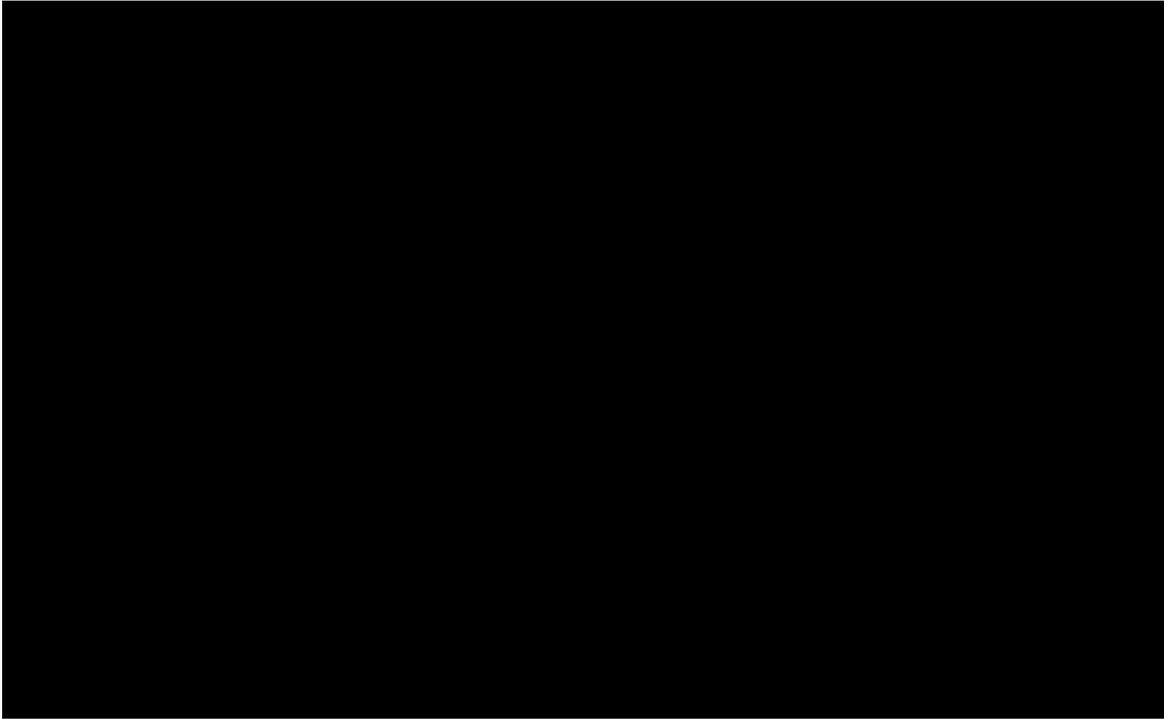


(□)-第 A.22 図 供試体 4 落下姿勢

(□)-第 A.23 図 供試体 4 圧潰姿勢



(□)-第 A.24 図 供試体 4 9 m 落下試験結果



(□)-第 A.25 図 供試体 4 9 m 落下試験及び圧潰試験結果

(ロ)第 A.24 表 9 m 落下試験及び圧潰試験結果 (全高測定)

単位 : mm (in.)

		0°	90°	180°	270°
供試体 1	落下前				
	1.2 m 落下後				
	9 m 落下後				
	累積変形量				
	圧潰試験後				
	累積変形量				
供試体 2	落下前				
	1.2 m 及び 9 m 落下後及び圧潰試験後				
	累積変形量				
供試体 3	落下前				
	1.2 m 落下後				
	9 m 落下後				
	累積変形量				
	圧潰試験後				
	累積変形量				
供試体 4	落下前				
	1.2 m 落下後				
	9 m 落下後				
	累積変形量				
	圧潰試験後				
	累積変形量				

(ロ)-第 A.25 表 9 m 落下試験及び圧潰試験結果 (直径測定)

単位 : mm (in.)

		0°と 180°を結ぶ直径方向					90°と 270°を結ぶ直径方向					
		ドラムアセンブリ上部	第 1 フープ	第 2 フープ	第 3 フープ	第 4 フープ	ドラムアセンブリ下部	ドラムアセンブリ上部	第 1 フープ	第 2 フープ	第 3 フープ	第 4 フープ
供試体 1	落下前											
	1.2 m 落下後											
	9 m 落下後											
	累積変形量											
	圧潰試験後											
	累積変形量											
供試体 2	落下前											
	落下後*											
	変形量											
供試体 3	落下前											
	1.2 m 落下後											
	9 m 落下後											
	累積変形量											
	圧潰試験後											
	累積変形量											
供試体 4	落下前											
	1.2 m 落下後											
	9 m 落下後											
	累積変形量											
	圧潰試験後											
	累積変形量											

* : 1.2 m 落下、9 m 落下及び圧潰試験の累積損傷

(ロ)-A-72

A.6.1.2 水平落下

水平落下試験は供試体 2 を用いて実施した。供試体 2 による試験は低温時の健全性を確認するため、9 m 落下試験前に供試体 2 を -40°C (-40°F) に冷却した。

9 m 落下試験の落下姿勢を(ρ)-第 A.26 図に示す。落下姿勢は、水平落下とした。本試験は、供試体を冷却して実施したため、9 m 落下試験に引き続き圧潰試験を実施した後、ドラムの損傷状態の測定を行った。

圧潰試験姿勢を(ρ)-第 A.27 図に示す。圧潰試験姿勢は、9 m 落下試験と同様に水平姿勢とし、試験後、(ρ)-第 A.18 図に示す輸送物の全高及び直径を測定した。

9 m 落下試験及び圧潰試験の結果、ドラムの損傷は、全高で最大 [REDACTED] の減少がみられたが、ドラム蓋は外れることはなく、断熱材及び中性子吸収材の配置は維持された。また、後述する熱的試験の後、収納容器を取り出し、損傷の確認及び漏えい試験を実施したところ、収納容器に損傷はなく、ヘリウムリーク試験の結果、漏えい率は [REDACTED] を維持していることから、収納容器の健全性が確認された。

9 m 落下試験及び圧潰試験の結果を(ρ)-第 A.28 図、(ρ)-第 A.24 表及び(ρ)-第 A.25 表に示す。

A.6.1.3 コーナー落下

コーナー落下試験は供試体 3 を用いて実施した。

9 m 落下試験の落下姿勢を(□)-第 A.29 図に示す。落下姿勢は、収納容器のフランジ部に最大の影響を及ぼす上部コーナー落下とし、落下点が重心とコーナーを結ぶ直線上に位置するように、角度 24.8° (目標角度 24.6°) で落下した。また、9 m 落下試験の前後に、(□)-第 A.18 図に示す輸送物の全高及び直径を測定した。

9 m 落下試験の結果、ドラムの損傷は全高で最大 [REDACTED] の減少がみられた。

9 m 落下試験に引き続き、圧潰試験を実施した。圧潰試験姿勢を(□)-第 A.30 図に示す。圧潰試験姿勢は、9 m 落下試験と同様に 24.7° (目標角度 24.6°) の傾斜姿勢とし、試験後、9 m 落下試験後と同じ箇所についての測定を実施した。

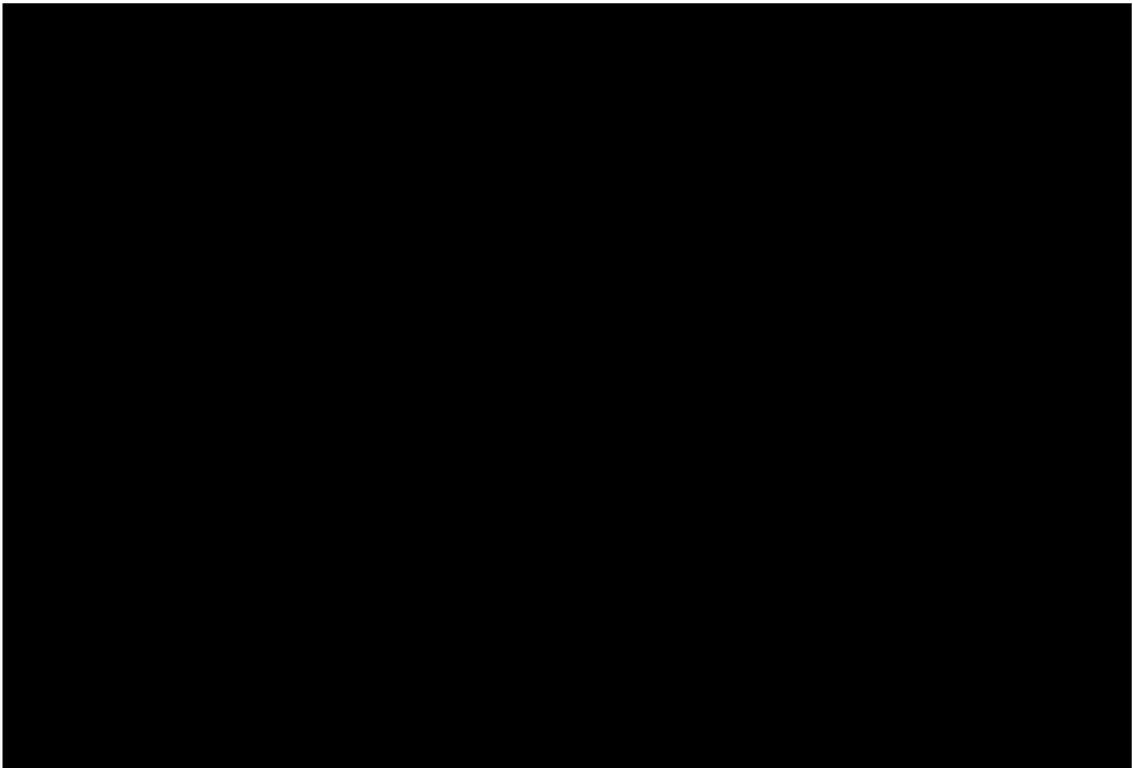
圧潰試験の結果、ドラムの損傷は、全高で [REDACTED] の減少がみられたが、ドラム蓋は外れることはなく、断熱材及び中性子吸収材の配置は維持された。また、後述する熱的試験の後、収納容器を取り出し、損傷の確認及び漏えい試験を実施したところ、収納容器に損傷はなく、ヘリウムリーク試験の結果、漏えい率は [REDACTED] を維持していることから、収納容器の健全性が確認された。

9 m 落下試験及び圧潰試験の結果を(□)-第 A.31 図、(□)-第 A.32 図、(□)-第 A.24 表及び(□)-第 A.25 表に示す。

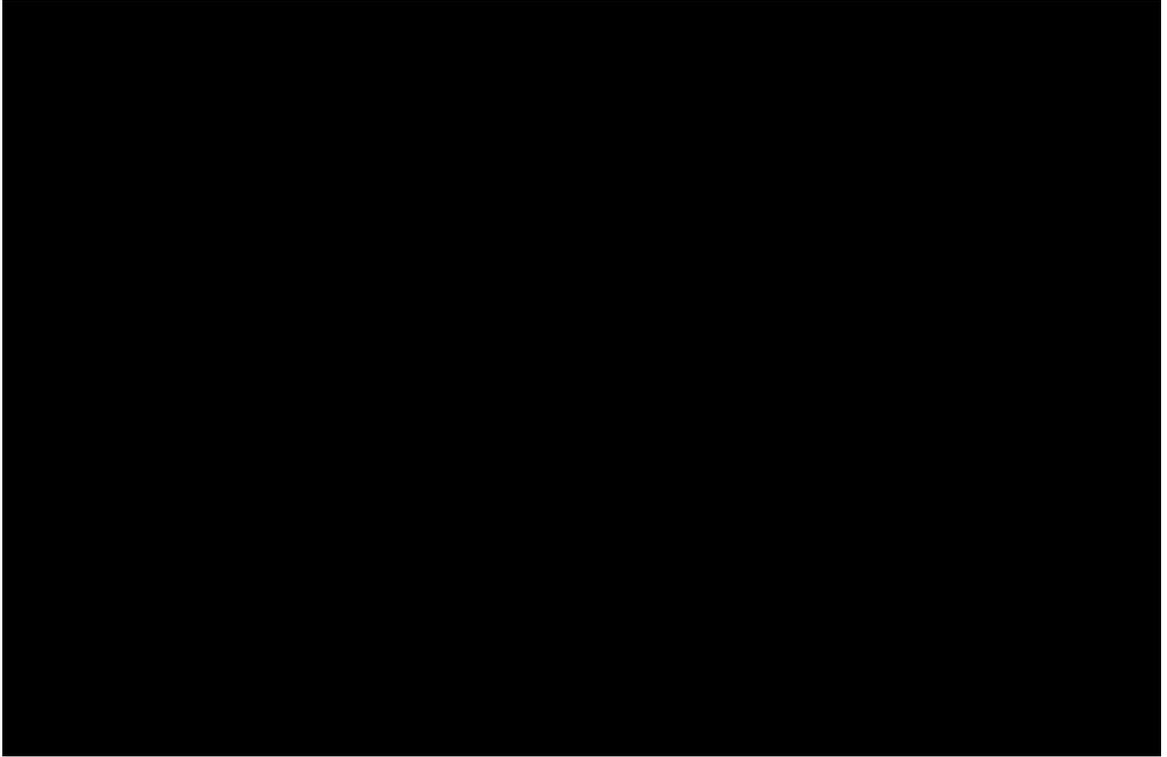


(p)-第 A.29 図 供試体 3 落下姿勢

(p)-第 A.30 図 供試体 3 圧潰姿勢



(p)-第 A.31 図 供試体 3 9 m 落下試験結果



(㉓)-第 A.32 図 供試体 3 9 m 落下試験及び圧潰試験結果

A.6.1.4 傾斜落下

傾斜落下試験は、供試体 1 を用いて実施した。

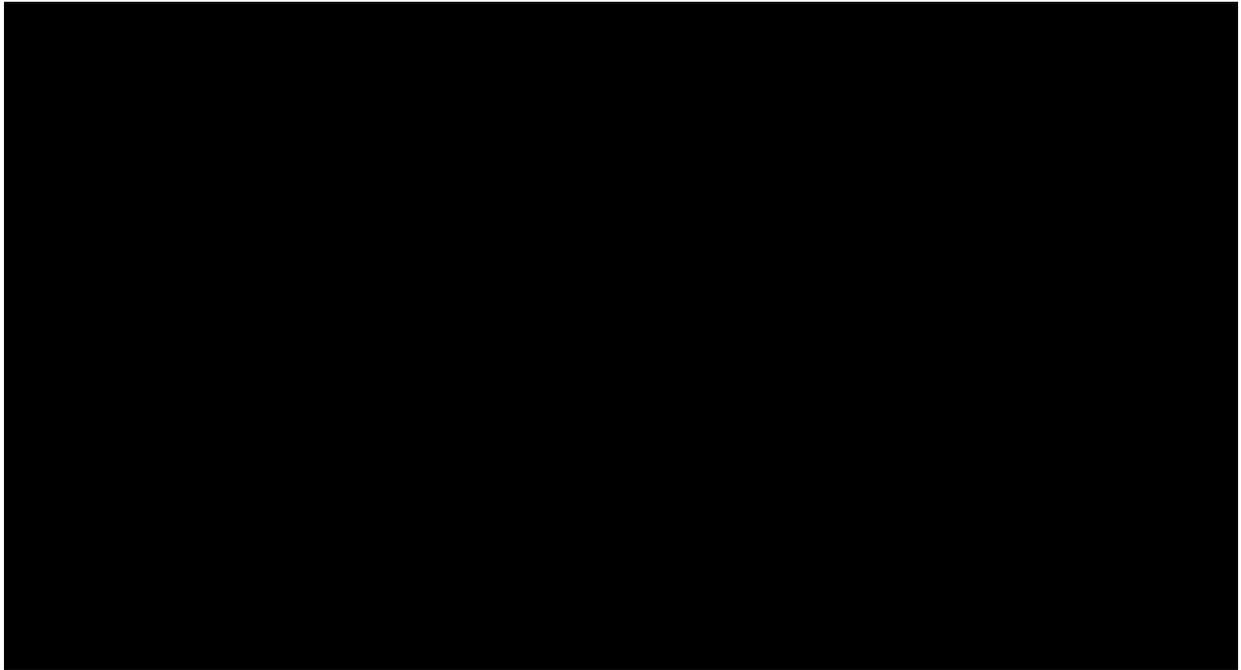
9 m 落下試験の落下姿勢を(□)-第 A.33 図に示す。落下姿勢は、収納容器のフランジ部に最大の影響を及ぼす、ドラム長軸と衝撃面の角度 12.2° (目標角度 12°) の傾斜落下とし、9 m 落下試験の前後に、(□)-第 A.18 図に示す輸送物の全高及び直径を測定した。

9 m 落下試験の結果、ドラムの損傷は全高で最大 [REDACTED] [REDACTED] 減少がみられた。

9 m 落下試験に引き続き、圧潰試験を実施した。圧潰試験姿勢を(□)-第 A.34 図に示す。圧潰試験姿勢は水平姿勢とし、収納容器フランジ部に最大の影響を及ぼす落下位置として、収納容器フランジ部を中心とした箇所に軟鋼板を落下させた。試験後、9 m 落下試験後と同じ箇所についての測定を実施した。

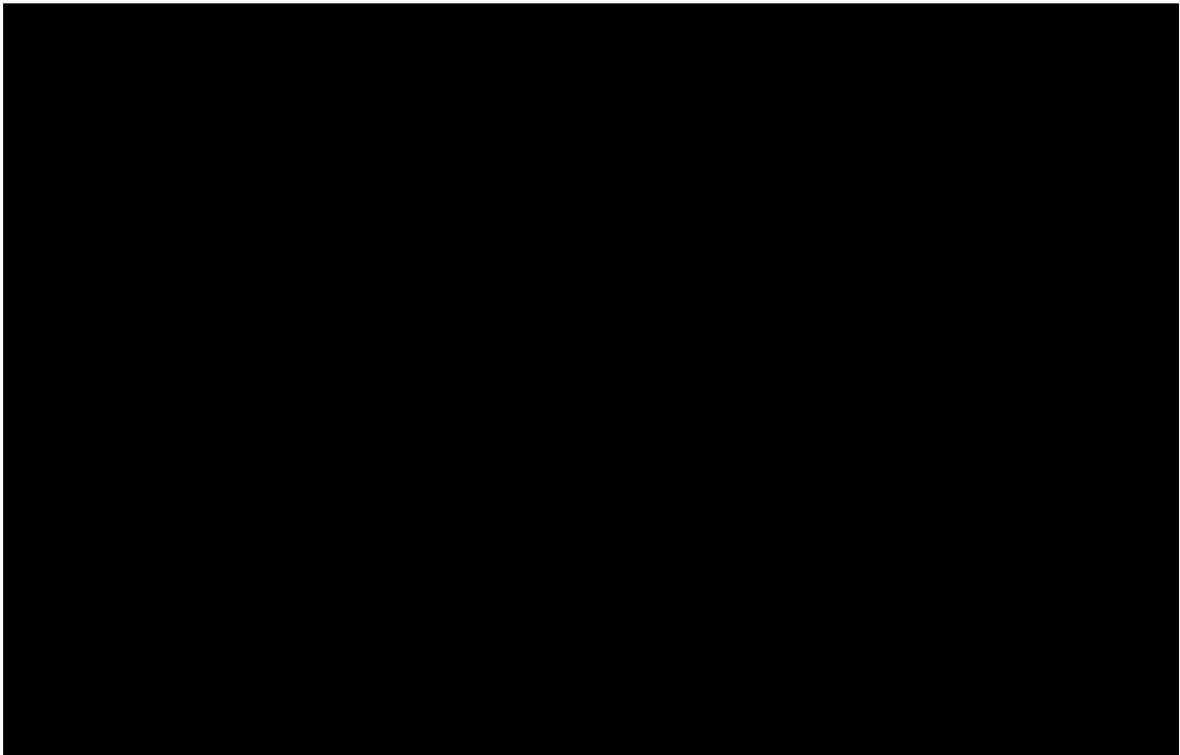
圧潰試験の結果、ドラムの損傷は全高で最大 [REDACTED] [REDACTED] の減少がみられたが、ドラム蓋は外れることはなく、断熱材及び中性子吸収材の配置は維持された。また、後述する熱的試験の後、収納容器を取り出し、損傷の確認及び漏えい試験を実施したところ、収納容器に損傷はなく、ヘリウムリーク試験の結果、漏えい率は [REDACTED] [REDACTED] 維持していることから、収納容器の健全性が確認された。

9 m 落下試験及び圧潰試験の結果を(□)-第 A.35 図、(□)-第 A.36 図、(□)-第 A.24 表及び(□)-第 A.25 表に示す。

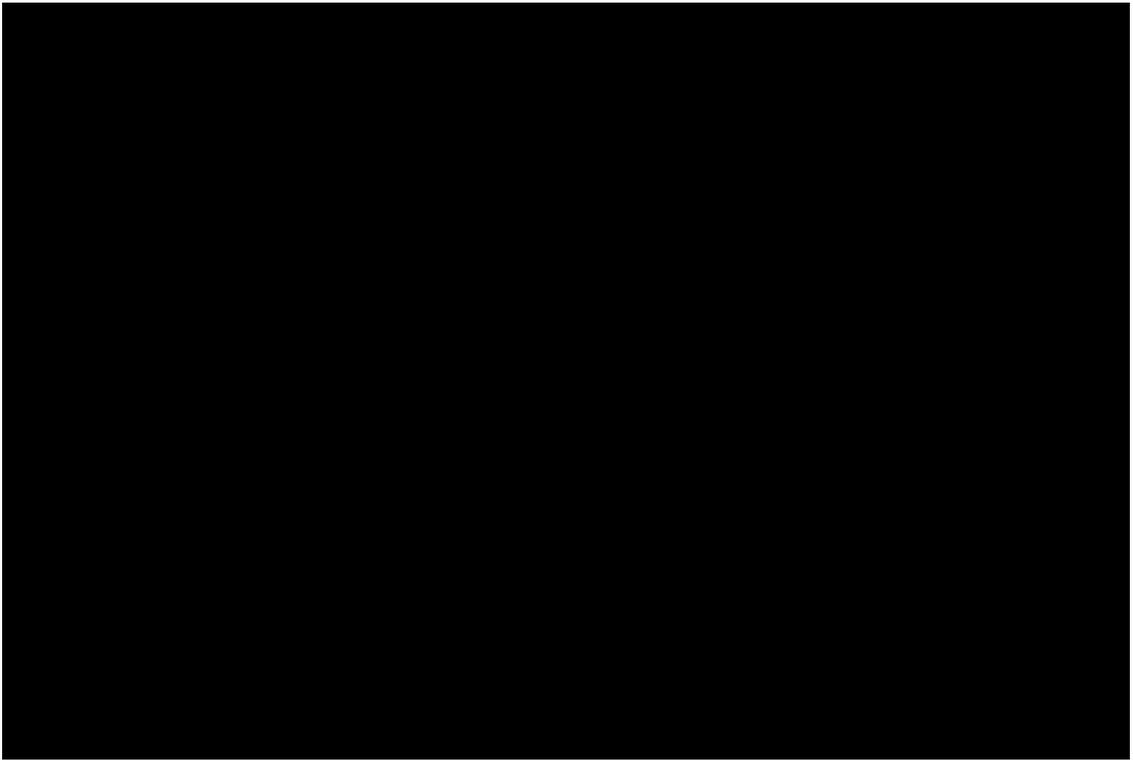


(a)-第 A.33 図 供試体 1 落下姿勢

(a)-第 A.34 図 供試体 1 圧潰姿勢



(a)-第 A.35 図 供試体 1 9 m 落下試験結果



(□)-第 A.36 図 供試体 1 9 m 落下試験及び圧潰試験結果

A.6.1.5 結果の要約

ここでは、強度試験・落下試験Ⅰによる本輸送物の変形の状態について述べる。なお、強度試験・落下試験Ⅰ（9 m 落下試験）に引き続き実施した強度試験・落下試験Ⅲ（圧潰試験）の結果も含め、保守側に評価する。

各 9 m 落下試験による変形量は、(□)-第 A.24 表及び(□)-第 A.25 表に示すとおりである。各 9 m 落下試験における変形は、緩衝材（ドラム、断熱材及び中性子吸収材）のみで収納容器に達することはない。また、後述する熱的試験の後、各試験輸送物の収納容器を取り出し、損傷の確認及び漏えい試験を実施したところ、収納容器に損傷はなく、ヘリウムリーク試験の結果、漏えい率は [REDACTED] を維持していることから、収納容器の健全性が確認された。

したがって、遮蔽性能及び密封性能は損なわれない。

なお、特別の試験条件後の遮蔽解析においては、保守的にドラム、断熱材及び中性子吸収材を除いたモデルで評価している。

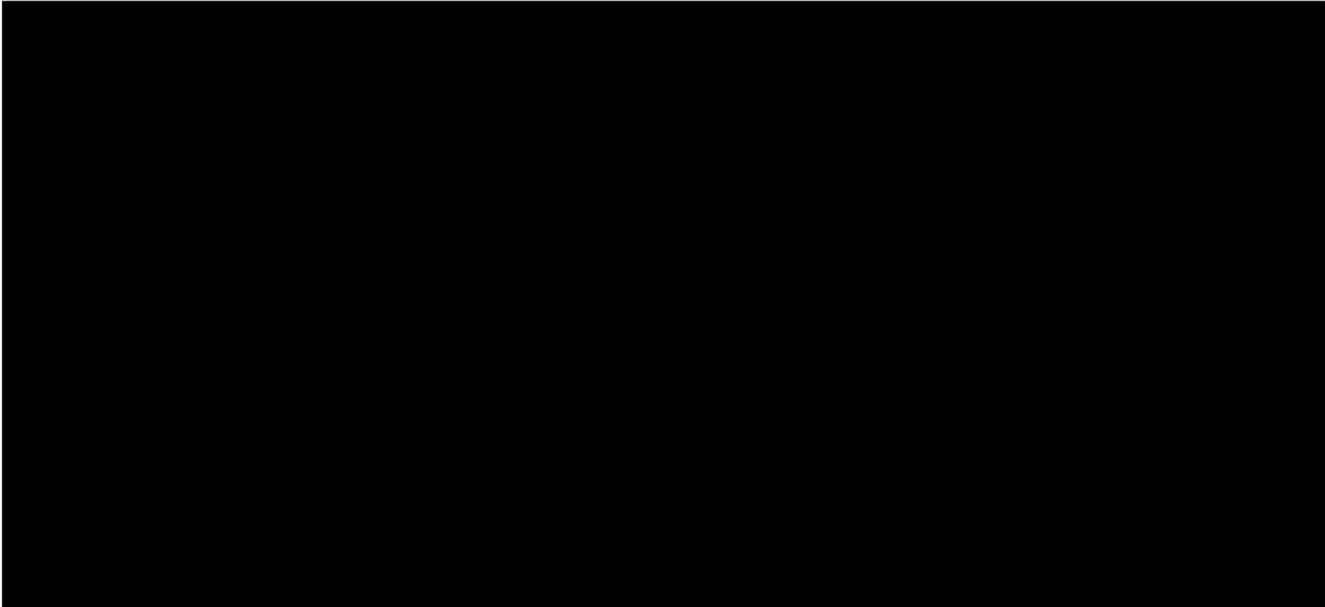
A. 6.2 強度試験・落下試験Ⅱ（1 m 落下時）

本項では、落下試験Ⅰ及び落下試験Ⅲに引き続き、輸送物が1 mの高さから直径150 mmの軟鋼棒上へ落下する1 m貫通落下試験を行った場合、輸送物が受ける影響について検討する。

本項で検討する落下姿勢は次の姿勢とし、原型試験により本輸送物が健全性を維持できることを示す。

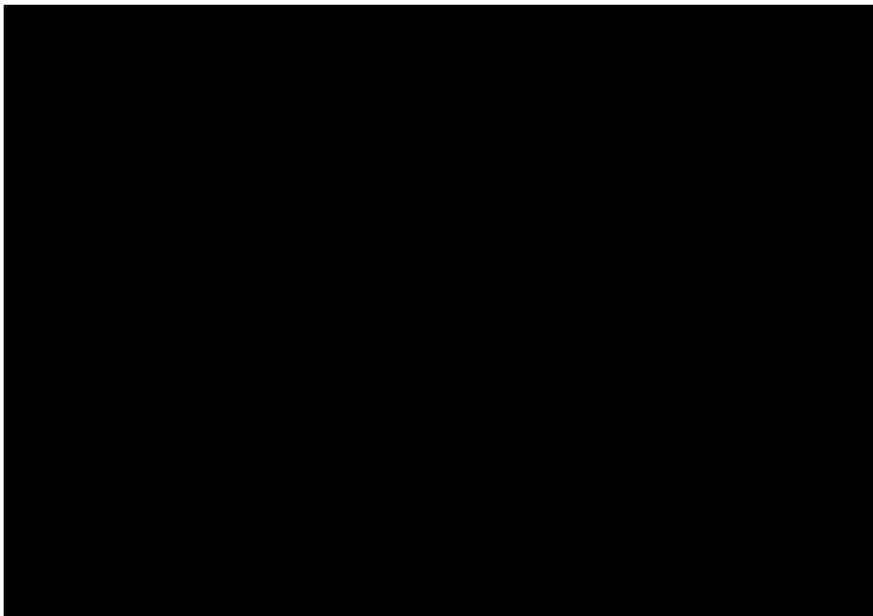
- ① 垂直落下（ドラム蓋直撃）
- ② 水平落下（ドラム胴直撃）
- ③ 水平落下（収納容器フランジ位置直撃）
- ④ コーナー落下（ドラム上部コーナー直撃）
- ⑤ 傾斜落下（垂直姿勢に対し40°傾斜にてドラム胴直撃）
- ⑥ 傾斜落下（垂直姿勢に対し28°傾斜にてドラム胴直撃）

各供試体の落下姿勢を(□)-第 A.37 図 ～ (□)-第 A.42 図に示す。また、1 m貫通落下試験結果を、(□)-第 A.26 表及び(□)-第 A.43 図 ～ (□)-第 A.48 図に示す。



(㊦)-第 A.37 図 垂直落下（ドラム蓋直撃）

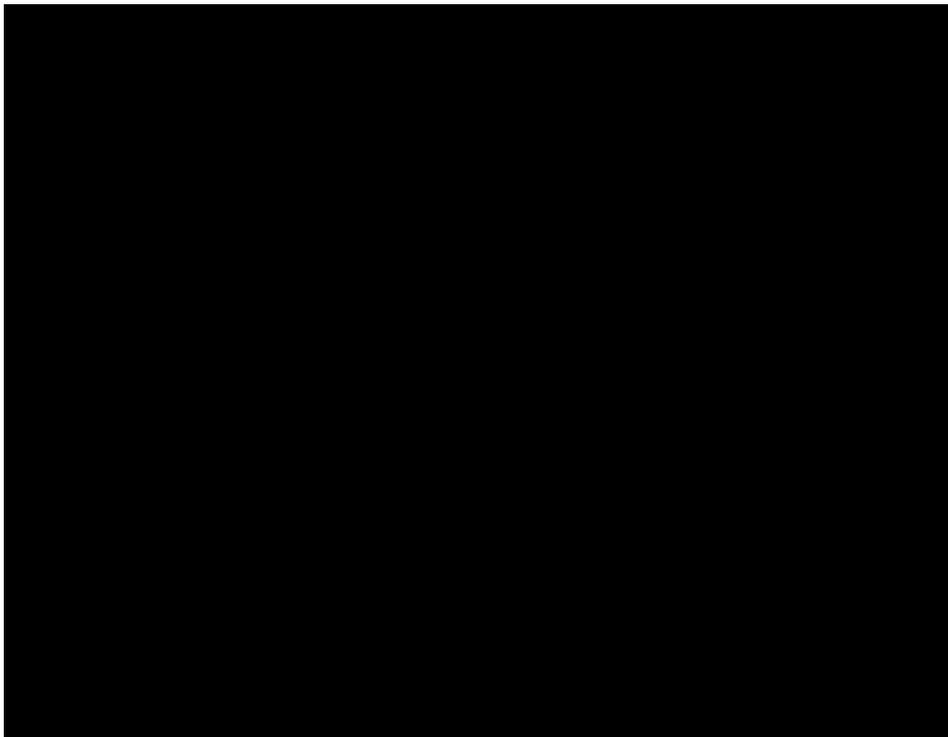
(㊦)-第 A.38 図 水平落下（ドラム胴直撃）



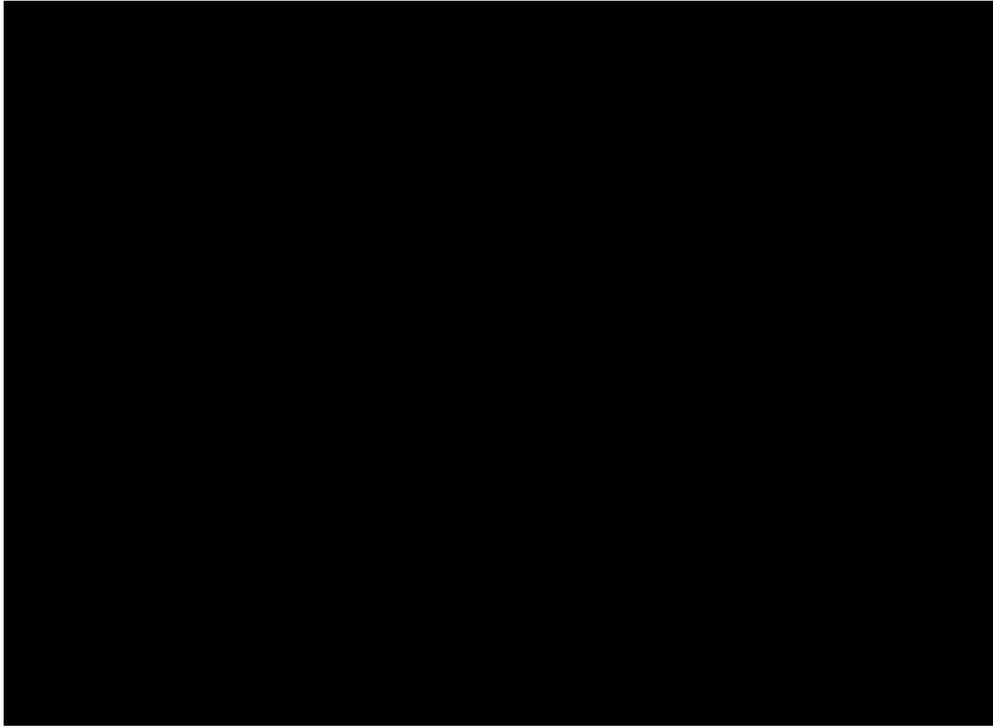
(㊦)-第 A.39 図 水平落下（収納容器フランジ位置直撃）



(□)-第 A.40 図 コーナー落下（ドラム上部コーナー直撃）



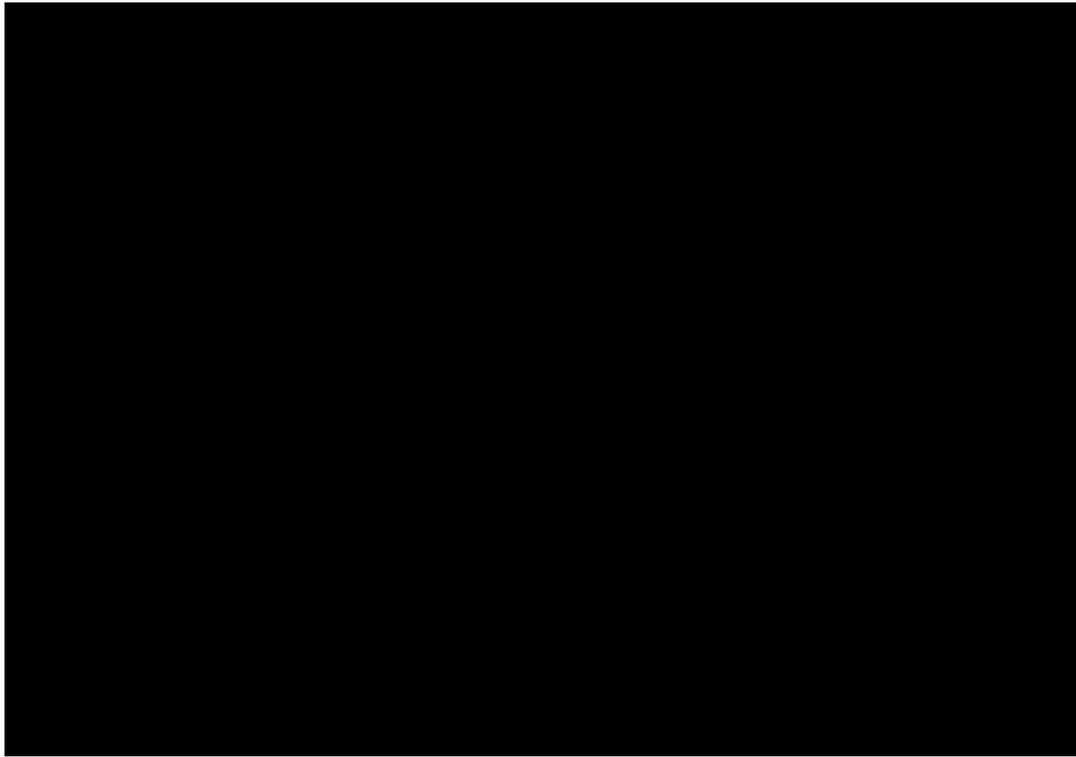
(□)-第 A.41 図 傾斜落下（垂直姿勢に対し 40°傾斜にてドラム胴直撃）



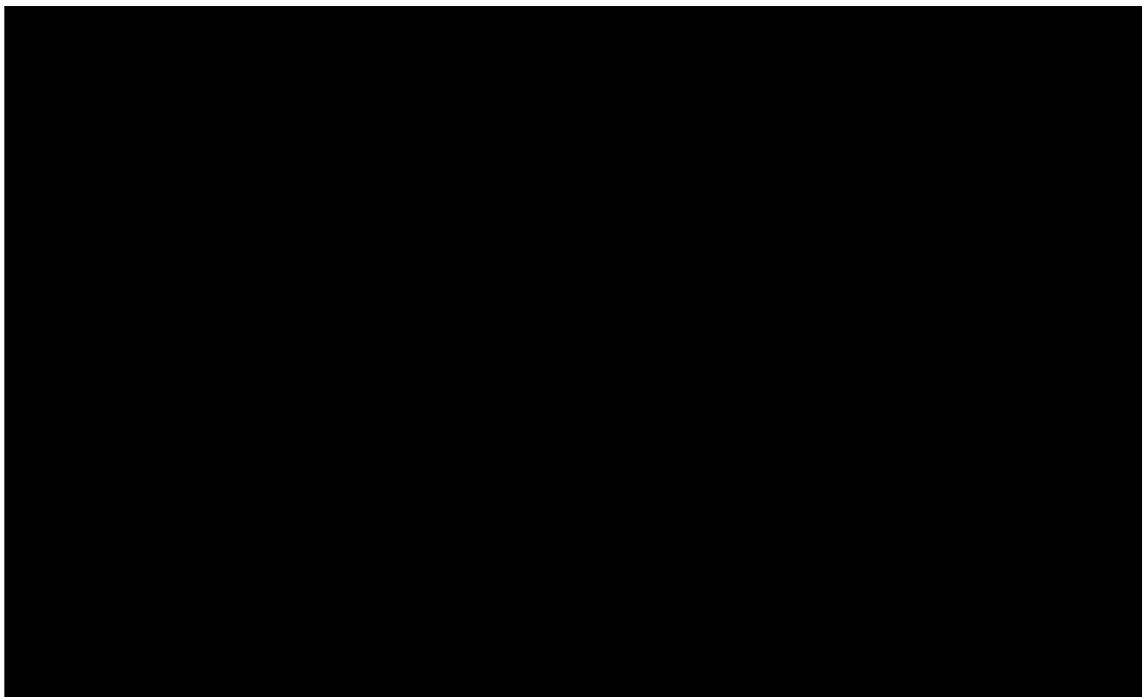
(□)-第 A.42 図 傾斜落下 (垂直姿勢に対し 28°傾斜にてドラム胴直撃)

(㊦)-第 A.26 表 1 m 貫通落下試験の落下姿勢及び結果

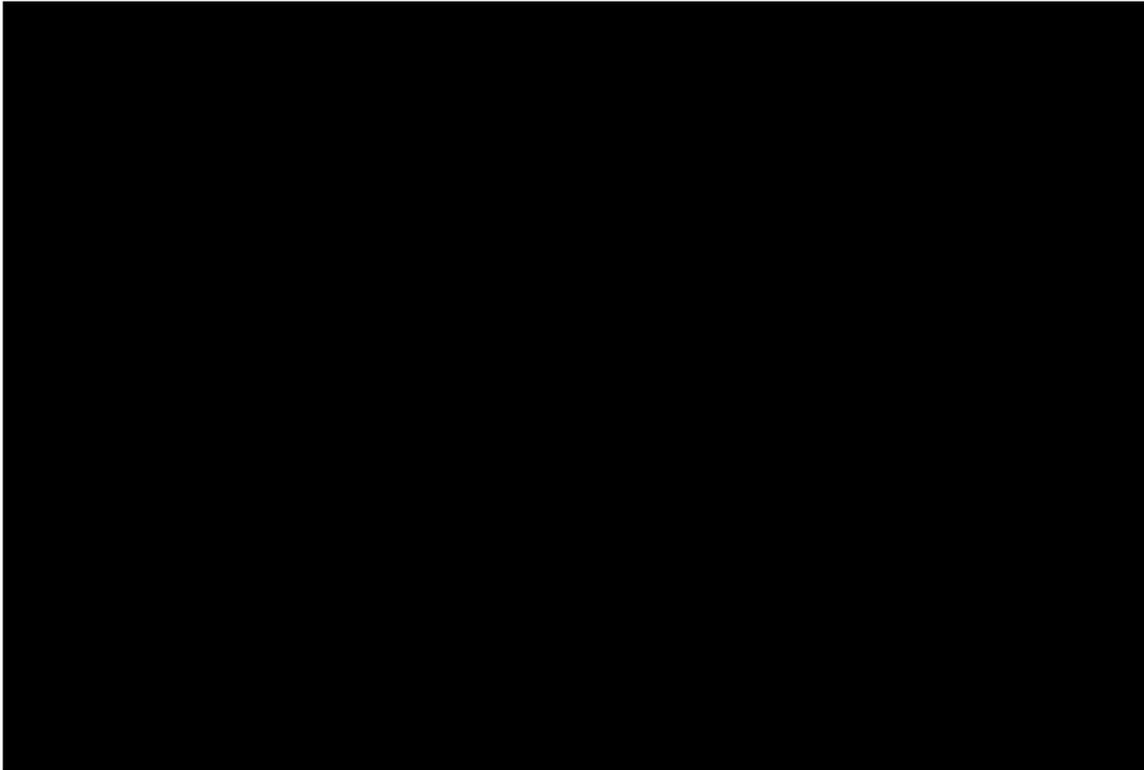
落下姿勢	供試体	直撃位置 (ドラム蓋からの軸及び径方向位置)	損傷深さ mm(in.)	試験結果写真
① 垂直落下 (ドラム蓋直撃) (㊦)-第A.37図	4	ドラム蓋直撃		(㊦)-第A.43図
② 水平落下 (ドラム胴直撃) (㊦)-第A.38図	1	重心部 0°		(㊦)-第A.44図
	2	重心部 0°		(㊦)-第A.45図
③ 水平落下 (収納容器フランジ位置直撃) (㊦)-第A.39図	1	ドラム蓋よ XXXXXXXXXX 部 180°		(㊦)-第A.46図
④ コーナー落下 (ドラム上部コーナー直撃) (㊦)-第A.40図	1	ドラム蓋コーナー部 90°		(㊦)-第A.44図
⑤ 傾斜落下 (垂直姿勢に対し40° 傾斜にてドラム胴直撃) (㊦)-第A.41図	1	供試体の重心に沿った箇所 270°		(㊦)-第A.47図
⑥ 傾斜落下 (垂直姿勢に対し28° 傾斜にてドラム胴直撃) (㊦)-第A.42図	3	供試体の重心に沿った箇所 270°		(㊦)-第A.48図



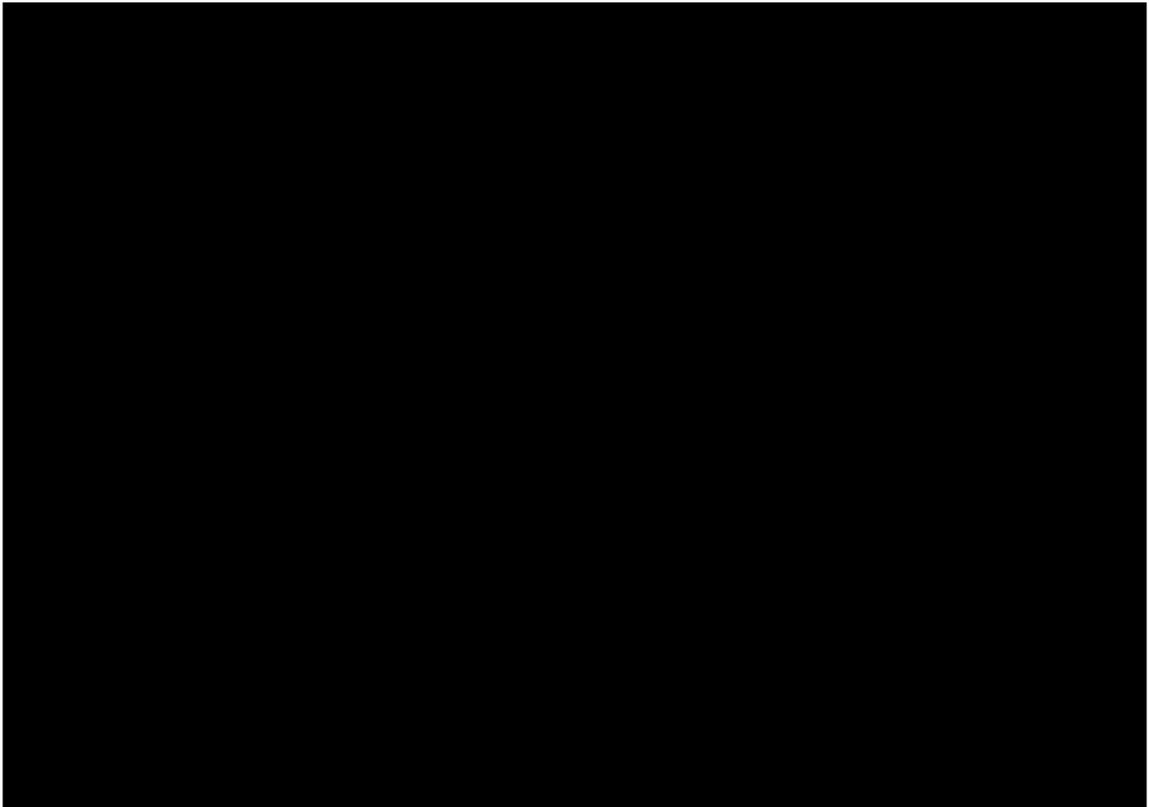
(□)-第 A.43 図 供試体 4 1 m 貫通 垂直落下試験結果



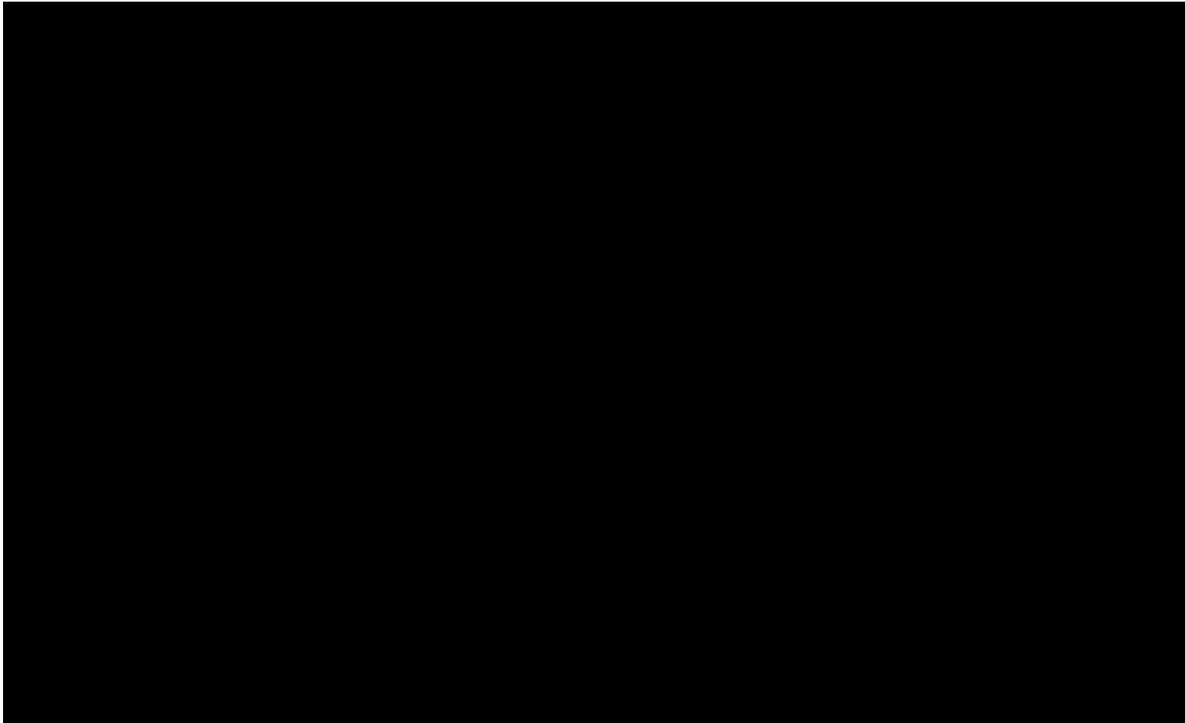
(□)-第 A.44 図 供試体 1 1 m 貫通 水平（ドラム胴直撃）及びコーナー落下試験結果



(㍀)-第 A.45 図 供試体 2 1 m 貫通 水平 (ドラム胴直撃) 落下試験結果

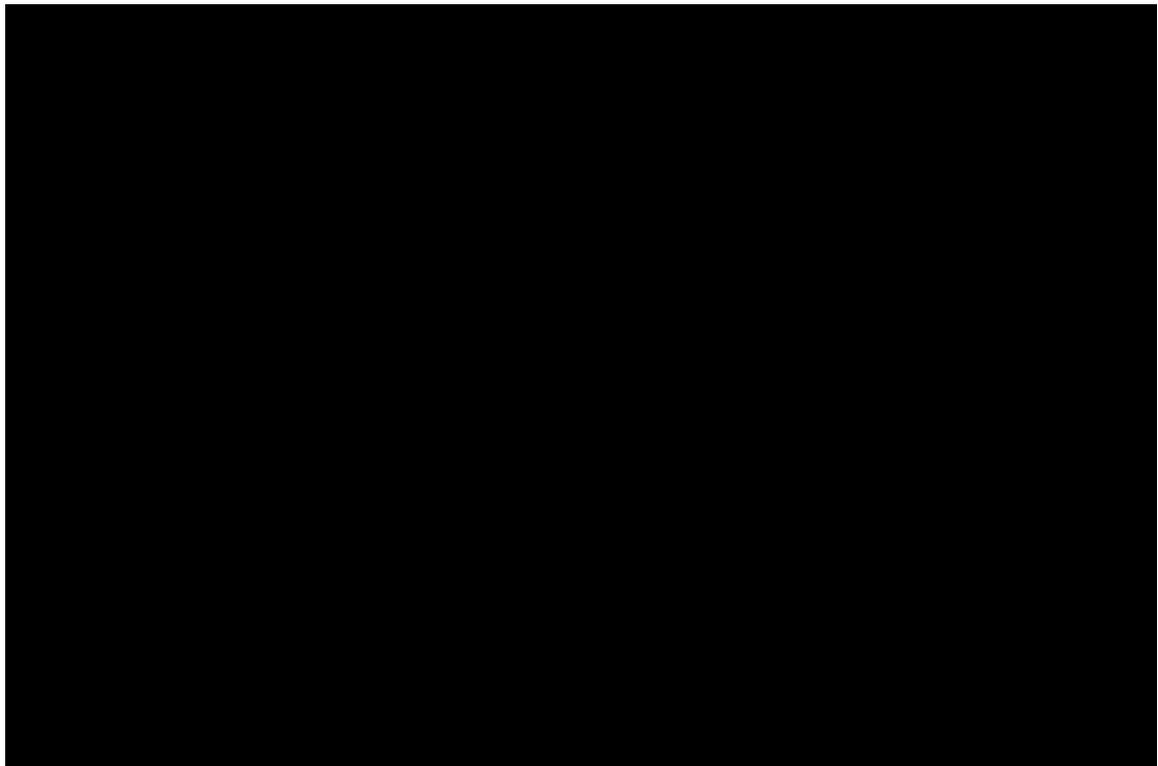


(㍀)-第 A.46 図 供試体 1 1 m 貫通 水平 (収納容器フランジ位置直撃) 落下試験結果



(㊦)-第 A.47 図 供試体 1 1 m 貫通 傾斜 (垂直姿勢に対し 40°傾斜にてドラム胴直撃)

落下試験結果



(㊦)-第 A.48 図 供試体 3 1 m 貫通 傾斜 (垂直姿勢に対し 28°傾斜にてドラム胴直撃)

落下試験結果

A.6.2.1 結果の要約

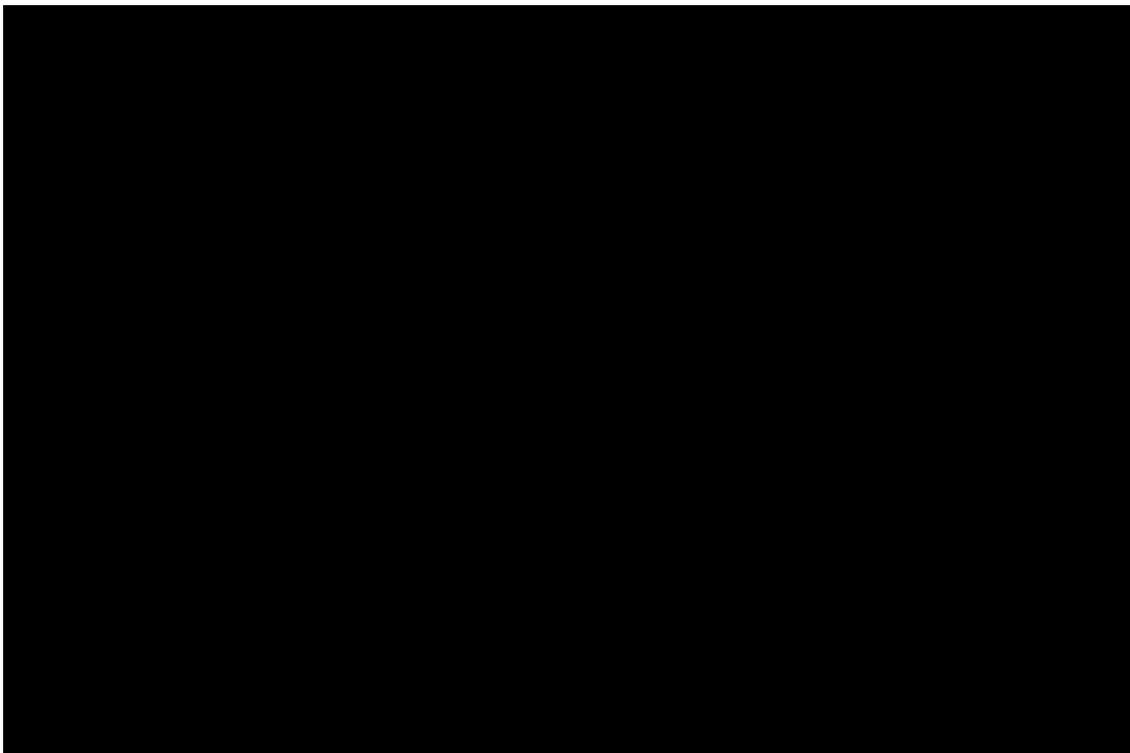
1 m 貫通落下試験の結果は(□)-第 A.26 表及び(□)-第 A.43 図 ~ (□)-第 A.48 図に示すとおりである。1 m 貫通落下試験の結果、すべての供試体において変形を生じたが、ドラム表面は貫通することなく、それによって断熱材及び中性子吸収材の健全性を維持した。

A.6.3 熱的試験

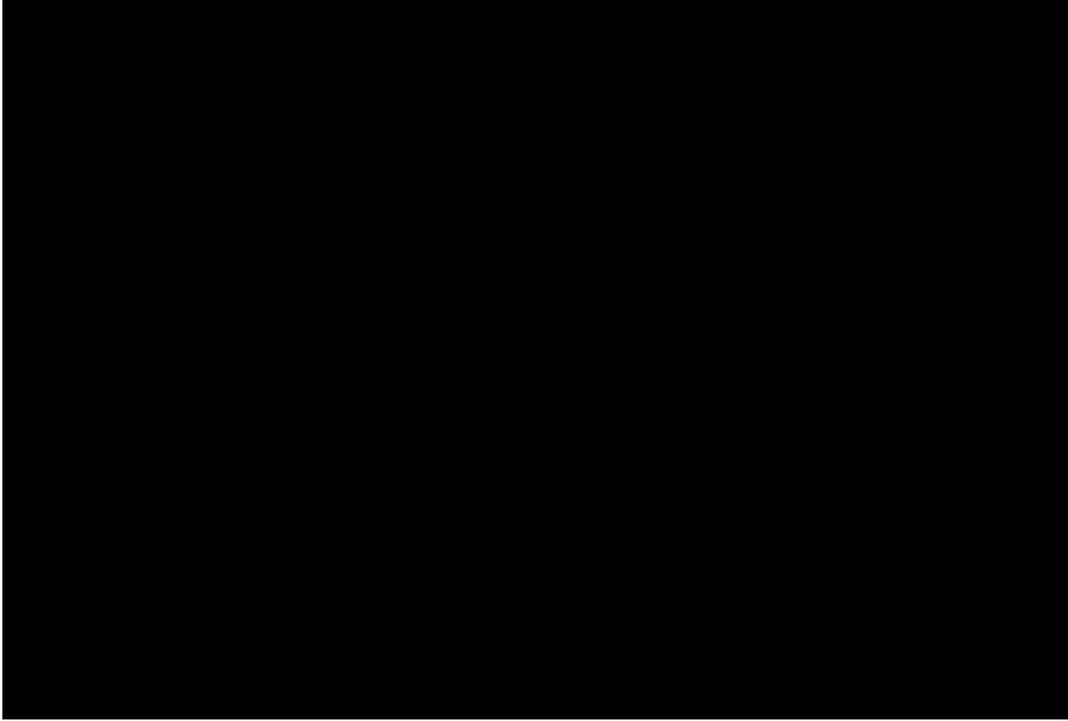
熱的試験として、一般の試験条件下及び上述までの特別の試験条件下の試験に引き続き、同じ供試体を用いて、800 °C (1475 °F) の環境に 30 分間設置する耐火試験を実施した。耐火試験の写真を、(a)-第 A.49 図 ~ (a)-第 A.52 図に示す。また、耐火試験の結果を、(a)-第 A.53 図 ~ (a)-第 A.56 図に、耐火試験時の温度測定箇所を(a)-第 A.57 図~(a)-第 A.61 図に、耐火試験によって到達する各部の最高温度の測定結果を(a)-第 A.27 表に示す。



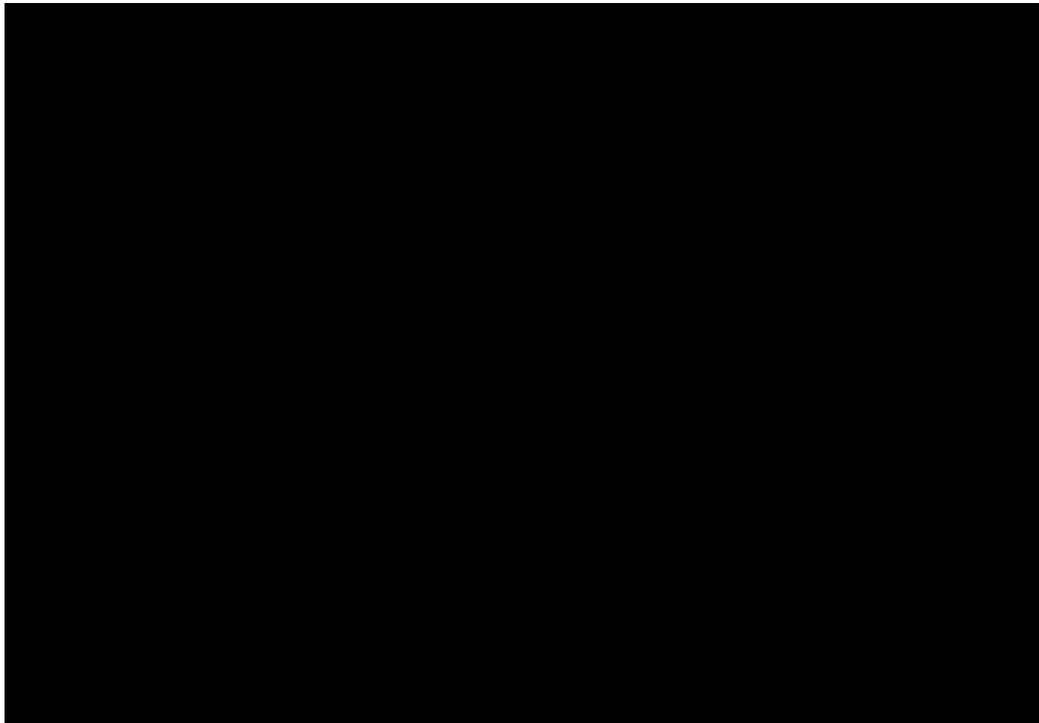
(□)-第 A.49 図 耐火試験（熱的試験前の予熱のための配置）



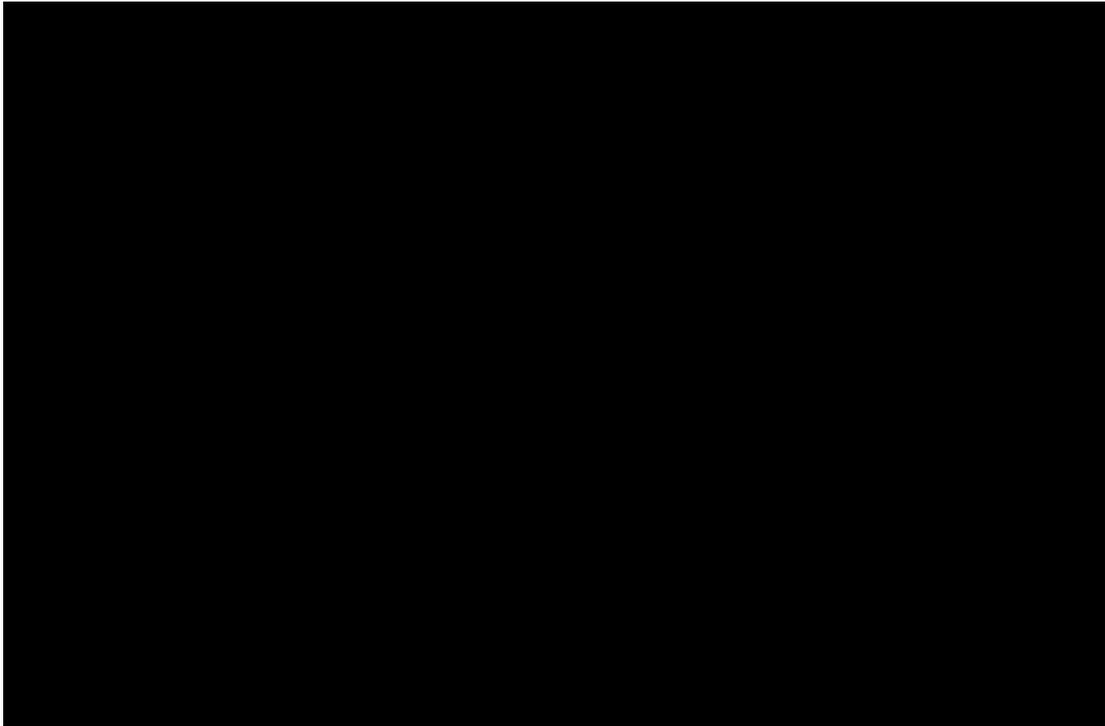
(□)-第 A.50 図 耐火試験（炉内への供試体設置）



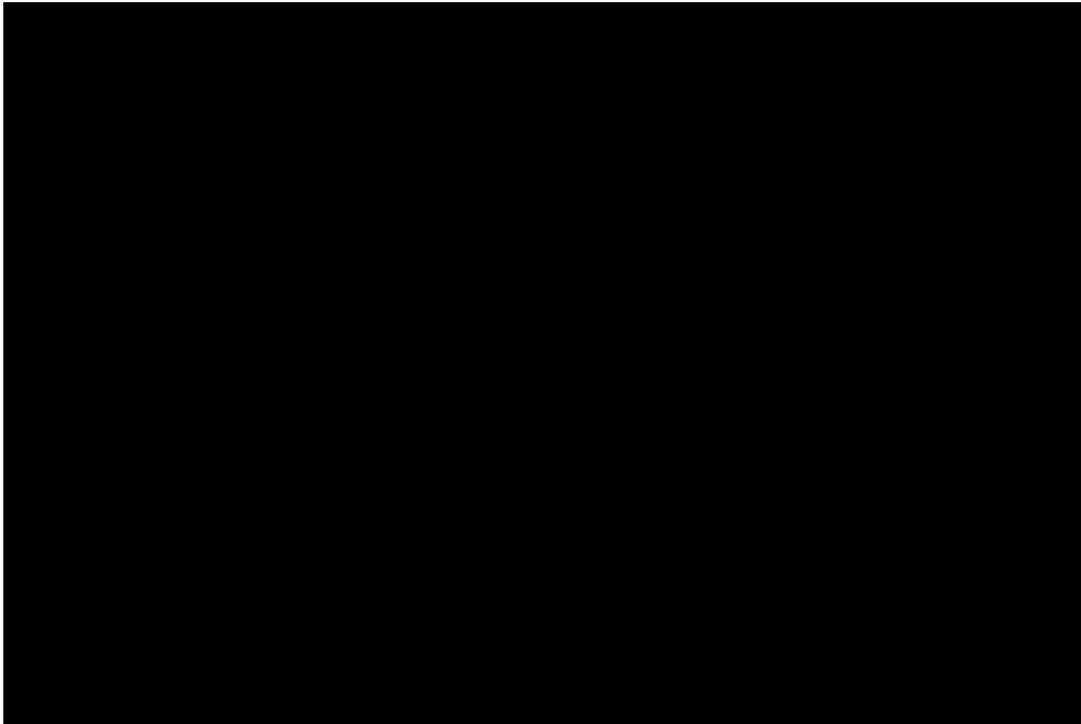
(□)-第 A.51 図 耐火試験（試験後の供試体取り出し）



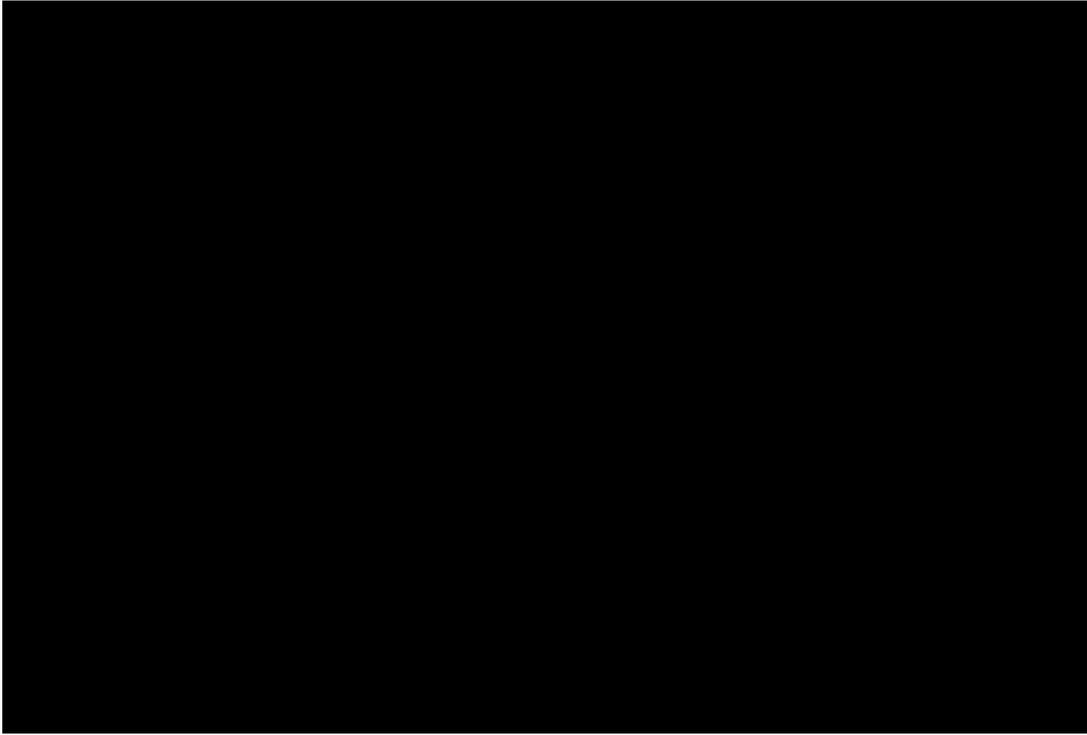
(□)-第 A.52 図 耐火試験（試験後の供試体取り出し）



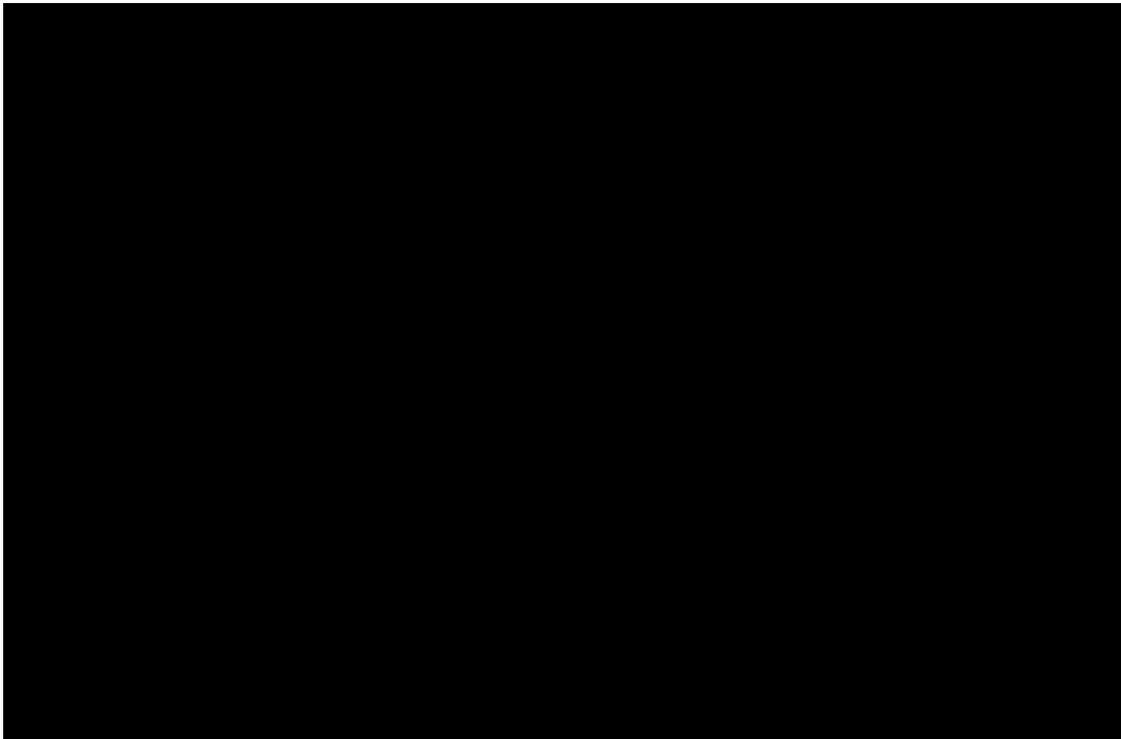
(□)-第 A.53 図 供試体 1 耐火試験結果 (ドラム蓋及びトッププラグ取り外し後)



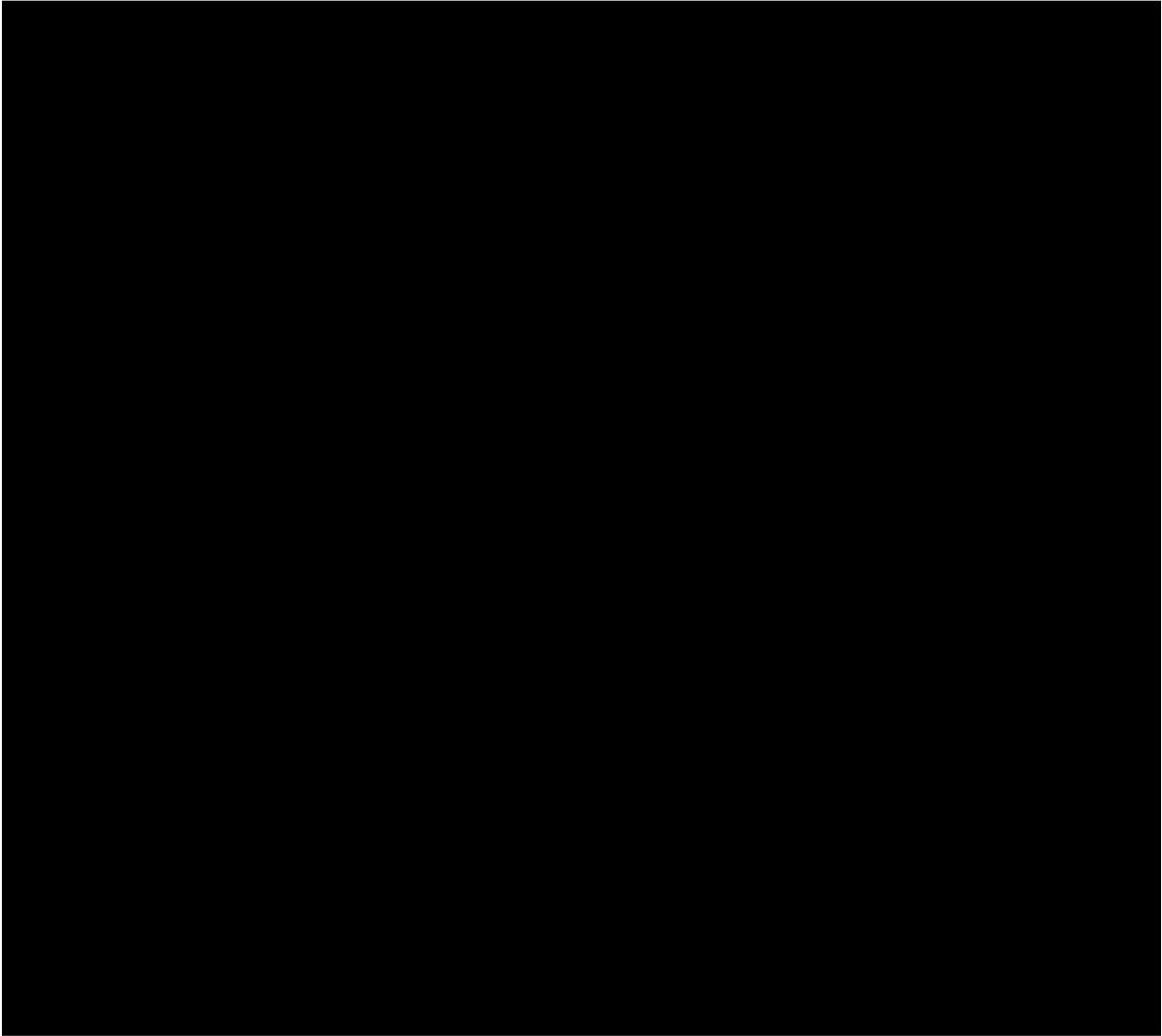
(□)-第 A.54 図 供試体 2 耐火試験結果 (ドラム蓋及びトッププラグ取り外し後)



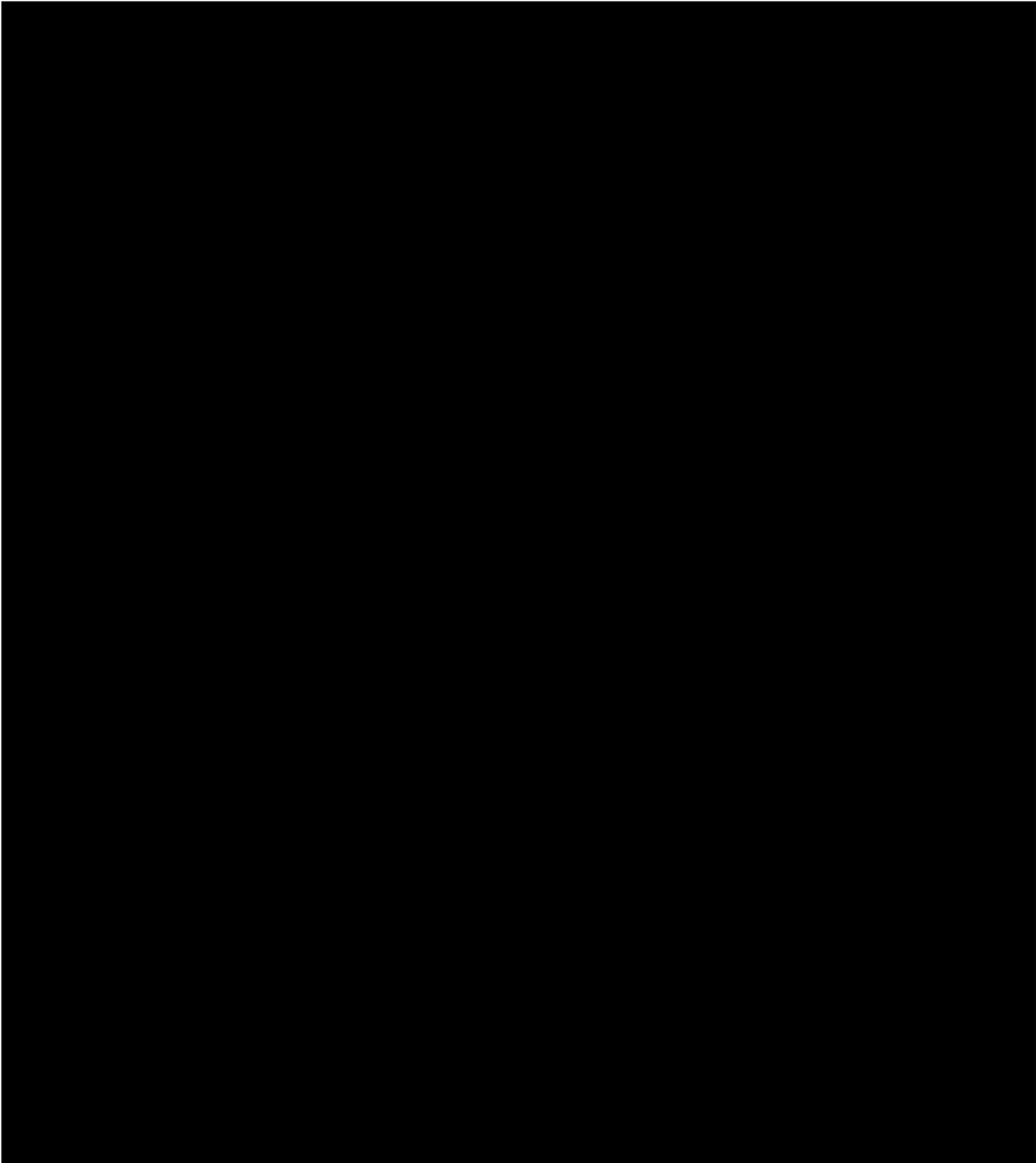
(ロ)-第 A.55 図 供試体 3 耐火試験結果 (ドラム蓋取り外し後)



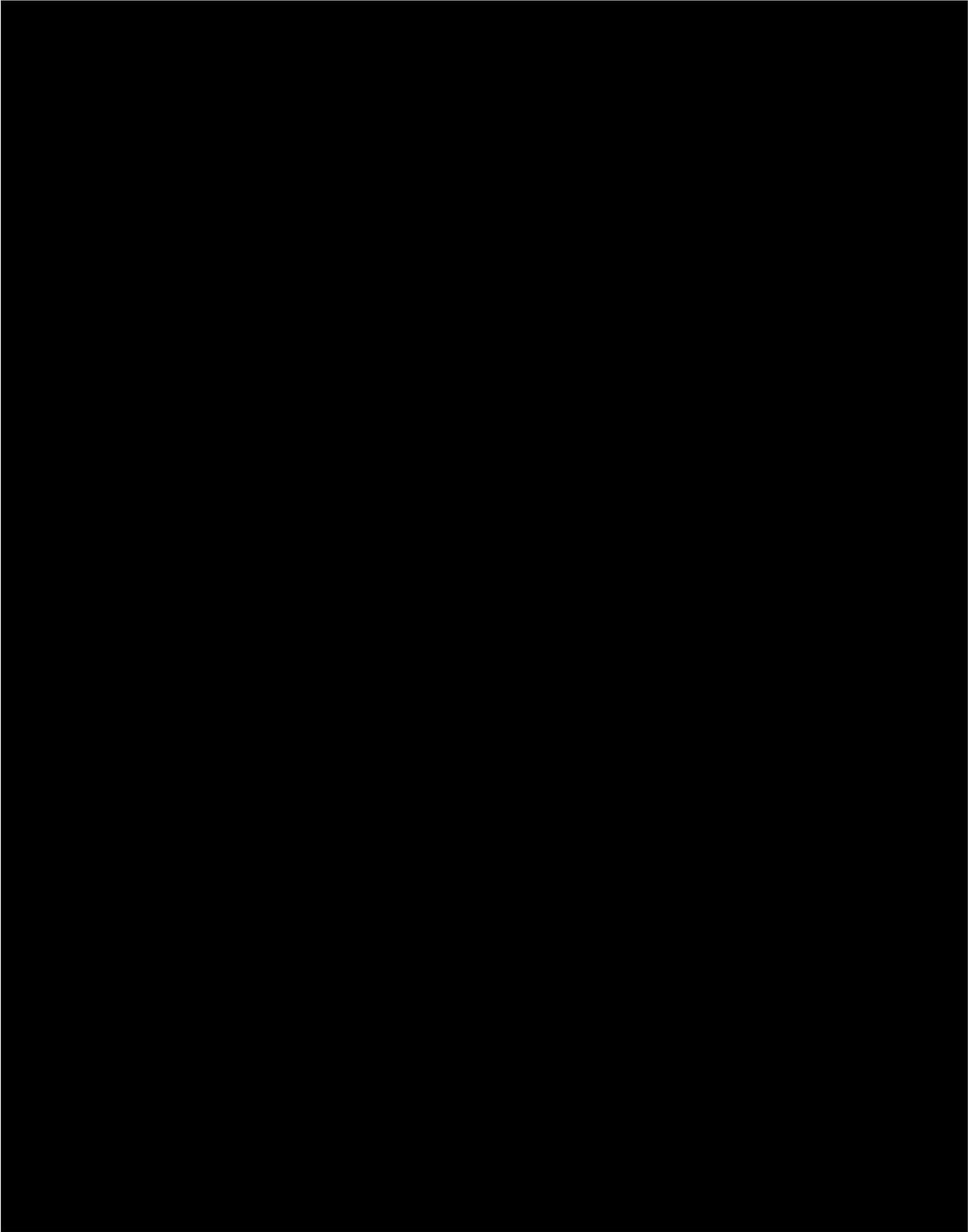
(ロ)-第 A.56 図 供試体 4 耐火試験結果 (ドラム蓋及びトッププラグ取り外し後)



(□)-第 A.57 図 耐火試験温度測定箇所図 (トッププラグ底部)

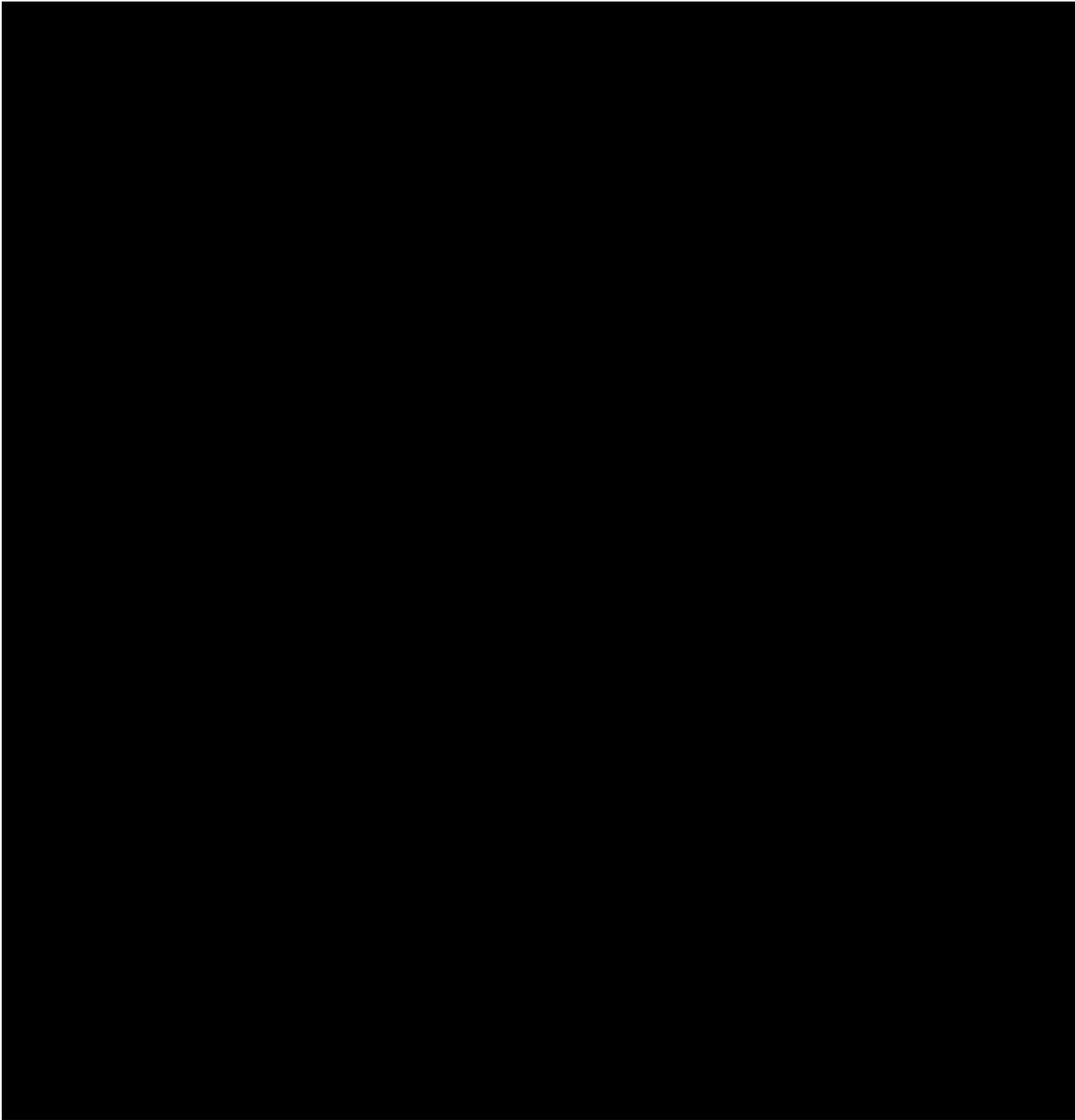


(□)第 A.58 図 耐火試験温度測定箇所図 (ドラム内側ライナ)



(□)-第 A.59 図 耐火試験温度測定箇所図 (収納容器蓋)

(□)-第 A.60 図 耐火試験温度測定箇所図 (収納容器)



(□)-第 A.61 図 耐火試験温度測定箇所図 (模擬収納物)

(ロ)-第 A.27 表 耐火試験における供試体内部の最高温度⁽¹⁷⁾

温度測定箇所	供試体			
	1	2	3	4
	°C (°F)	°C (°F)	°C (°F)	°C (°F)
トッププラグ底部				
ドラム内側ライナ				
中間部ライナ壁				
下部ライナ上部平坦部				
下部ライナ壁上部				
下部ライナ壁中央部				
底部平坦部				
収納容器				
蓋 (外側上部)				
蓋 (内側)				
フランジ (外側)				
フランジ (内側)				
本体壁中央部				
底部 (中央)				
模擬収納物				
側面上部				
側面中央部				
側面底部				

A.6.3.1 温度及び圧力の要約

本項では、特別の試験条件下における設計・解析に使用する温度及び圧力の要約を記述する。

(1) 設計温度

(ロ)章 B.5.3 輸送物温度で評価した結果、収納容器表面及び O リング近傍は、それぞれ [redacted] [redacted] 温度が上昇する。(ロ)-第 A.28 表に示すように、本項においては収納容器表面及び O リング近傍の設計温度を保守的に [redacted] として評価する。

(ロ)-第 A.28 表 特別の試験条件下における設計温度

No	部 位	設計温度
1	収納容器表面	[redacted]
2	O リング近傍	[redacted]

(2) 設計圧力

(ロ)章 B.5.4 最大内圧で評価した結果、収納容器内圧は [redacted] [redacted] [redacted] である。本項においては設計圧力を保守的に [redacted] として評価する。

A.6.3.2 熱膨張

本項では、輸送物内部の温度勾配により生じる応力について検討し、特別の試験条件において輸送物が健全であることを示す。

(a)第 A.6 表に示すとおりドラム本体、ドラム内側ライナ及び収納容器は[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] ステンレス鋼で製作されているため、熱膨張差は生じない。また、収納容器とクロージャーナット [REDACTED] は熱膨張係数が類似しているため、熱膨張による干渉はない。

したがって、ドラム本体、ドラム内側ライナ、収納容器及びクロージャーナットには熱膨張による熱応力は発生しない。

ドラム本体及びドラム内側ライナに鑄込む中性子吸収材及び [REDACTED] はステンレス鋼との熱膨張差があり、周方向及び軸方向の干渉が起こりうる。原型試験による耐火試験の結果、ドラム本体及びドラム内側ライナに有意な変形や損傷は発生しなかった。この結果から、中性子吸収材及び [REDACTED] の特別の試験条件下における熱応力は小さく、ドラムアセンブリの機能を損なうものではない。したがって、中性子吸収材及び [REDACTED] の熱応力は、特別の試験条件下において輸送物の健全性に影響を及ぼさない。

収納物である [REDACTED] 収納缶、梱包材等はそれぞれの構成物質の設計裕度により、熱膨張差による周方向又は軸方向の干渉は発生しない。

このため、収納物には熱膨張による熱応力は発生しない。

A.6.3.3 許容応力との比較

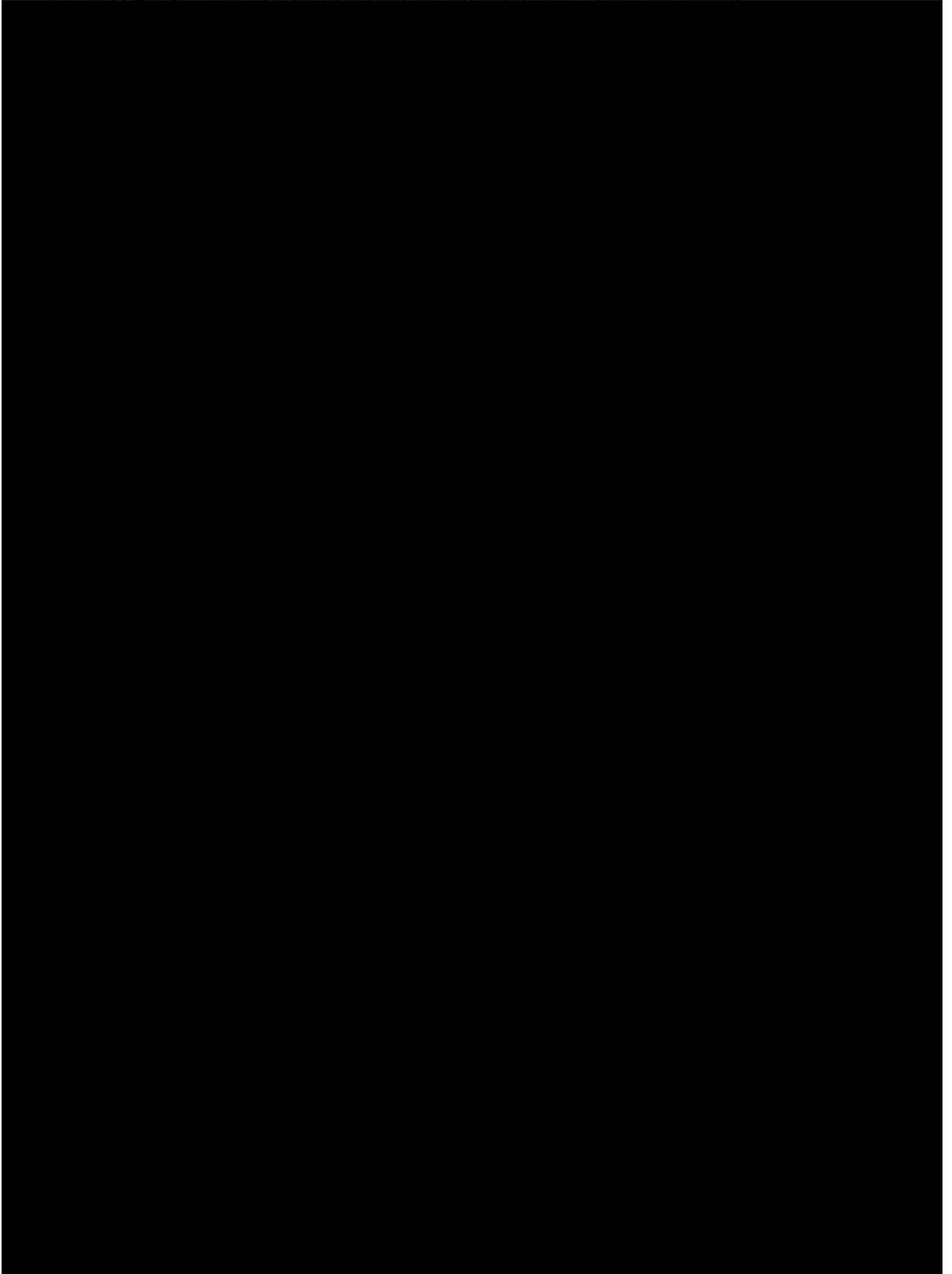
(a)第 A.27 表に示すとおりすべての供試体において、収納容器に温度勾配は発生せず均一であった。この温度範囲において収納容器は熱応力による損傷は発生しない。したがって、特別の試験条件下に発生する主な応力は収納容器の内圧の増加に起因する。

輸送物に作用する圧力として、収納容器内圧を最高使用圧力の [REDACTED] [REDACTED] 外気圧を大気圧とすると [REDACTED] の差圧が生じる。この差圧を考慮し、A.1.2 項と同様の応力評価を行う。収納容器蓋はクロージャーナットと収納容器フランジで挟まれる設計であり、シール部が口開きする構造でないことから、密封性は維持される。

応力計算の結果を(a)第 A.29 表に示す。(a)第 A.29 表に示すとおり発生する応力は許容応力を十分下回り、収納容器の構成材料は特別の試験条件による内圧上昇による使用

上の問題が発生することはない。

(㊦)-第 A 29 表 特別の試験条件による内圧増加に基づく応力計算結果



A.6.4 浸漬

本項では、輸送物が 15 m の水中に浸漬した場合、輸送物が十分耐えることを示す。

15 m 浸漬試験にはドラムアセンブリを伴わない収納容器のみの供試体 6 を用いた。また、15 m 浸漬試験に用いた浸漬試験装置は [REDACTED] のタンクで構成された、収納容器を浸漬及び加圧できる装置である。この浸漬装置に供試体 6 を浸漬させ [REDACTED] 8 時間加圧させた。なお、収納される核燃料物質等の放射エネルギーは A_2 値の 10 万倍を超えないため、200 m 浸漬試験は不要である。

試験の結果、密封境界の中への漏水は確認されなかった。

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輸送物への影響について、原型試験及び解析により検討を行った。強度試験では、落下試験 I（及び落下試験 III）において、ドラムは変形するものの、収納容器は変形しない。

落下試験 II において、ドラムは局所的に変形するものの、収納容器は変形せず密封境界が保たれ、密封性は損なわれない。

引き続き行われる熱的試験でも、収納容器に発生する応力は、許容応力以下であり、密封境界が保たれ、密封性は損なわれない。

浸漬試験においても、収納容器は [REDACTED] の外圧に耐え、健全である。

ドラム、収納容器及び収納物の評価の結果は、(ロ)章 B 熱解析、(ロ)章 C 密封解析、(ロ)章 D 遮蔽解析及び(ロ)章 E 臨界解析に用いられる。

各解析においては、構造解析の結果を次のように考慮した。

(1) 熱解析

輸送容器の熱解析上重要な箇所は、収納容器及び収納容器蓋部である。

構造評価において、ドラムの損傷は収納容器に達せず、輸送容器は健全である。落下試験 II によりドラムには貫通が生じない。また、ドラム蓋は外れることなく、断熱材の配置は維持されることから、断熱材の機能は十分有している。

したがって、熱解析では収納容器は変形しないものとし、断熱材の変形に関しては考慮して評価を行う。

(2) 密封解析

構造評価において輸送容器の密封機能は健全性を有する。密封解析では保守的に

収納物が破損したものとして放射性物質の漏えい量を評価する。

(3) 遮蔽解析

遮蔽解析では、ドラム、収納容器及び収納物の破損が解析結果に影響する。

構造解析において、ドラムの損傷は収納容器に達せず、輸送容器は健全である。

落下試験Ⅱにより、ドラムは局所的に変形するが、収納容器は変形しない。

したがって、遮蔽解析では収納容器は変形しないものとする。また、保守的に、ドラム、断熱材及び中性子吸収材はないものとする。

(4) 臨界解析

臨界解析では、ドラム外径が減少するとして楕円形に変形した輸送容器を等価な円に置き換えて評価する。遮蔽解析と同様、収納容器は変形しないものとする。

A.7 強化浸漬試験

本輸送物の最大放射エネルギーは A_2 値の 10 万倍以下であり、該当しない。

A.8 放射性収納物

本輸送容器の放射性収納物は、(イ)-第 A.1 表に示すとおりである。これらは収納容器に収納される。収納容器は、各試験及び解析の結果、破損することなく、外部に放射性収納物が放散されることはない。

A.9 核分裂性輸送物

本輸送物は、収納物（核燃料物質）の濃縮度が [REDACTED] であり、核分裂性物質の量 [REDACTED] が 15 g を超えるので、核分裂性輸送物に該当する。よって、本項では、核分裂性輸送物に係る一般の試験条件及び特別の試験条件に対し、(ロ) 章 E 臨界解析において反映する輸送物の損傷状態を評価する。

なお、本輸送物が -40°C ～ 38°C の周囲温度に置かれた場合でも、A.4.2 低温強度及び 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

核分裂性輸送物に係る一般の試験条件は、規則及び告示により次の試験が定められている。

- ① 水の吹付試験
- ② 1.2 m 自由落下
- ③ 貫通試験
- ④ 積み重ね試験

本輸送物をこれらの試験条件下に順次置いた場合に、臨界評価に影響する輸送物の損傷状態について、A.5 一般の試験条件の結果を基に評価すると、次のようになる。

(1) 水の吹付試験

水の吹付試験に対する臨界評価は、A.5.2 水噴霧に示すとおり、収納容器は水密を保つ構造で、劣化等はなく、輸送物に損傷は生じない。 [REDACTED] [REDACTED] 水が浸入し、収納容器と内側ライナの間に溜まったが、臨界解析においては、全側面を適切な水反射体で囲んで解析している。

(2) 自由落下

本輸送物の場合の落下高さである 1.2 m からの自由落下に対する評価結果は、A.5.3 自由落下に示すとおりである。

1.2 m の高さからの自由落下による損傷状態の評価の結果、コーナー落下において、ドラムの高さで最大 [REDACTED] 変形が生じた。コーナー落下における変形は、輸送容器の一部に生じるため、輸送容器の全体形状に影響を与えない。その他の落下姿勢では、変形がわずかであるか、局所的

であり、臨界評価に影響しない。また、試験後の収納容器の漏えい試験の結果、密封性が保たれることが確認された。

(3) 貫通試験

貫通試験の評価結果は、A.5.5 貫通に示すとおりであり、ドラム胴体に深さ [REDACTED] の局所的な変形を生ずるが、貫通は起こらない。したがって、これらの変形は、臨界評価に影響しない。

(4) 積み重ね試験

積み重ね試験の評価結果は、A.5.4 積み重ね試験に示すとおりであり、原型試験で実施した積み重ね試験の結果、いかなる恒久的変形も生じず、輸送物の損傷はない。

(5) 評価結果

核分裂性輸送物に係る一般の試験条件は、上述のとおり原型容器試験の結果により評価した。この結果、変形は輸送容器本体の一部にのみ生じたが、収納容器は健全であった。一般の試験条件下における輸送物の損傷状態のまとめを、(ロ)第 A.30 表に示す。

輸送容器の構造部に生じるくぼみとしては、貫通試験によりドラム胴体に生じる [REDACTED] くぼみであり、要件である一辺 10 cm の立方体を包含するような変形ではない。

また、輸送容器の外形寸法は [REDACTED] あるが、一般の試験条件下における落下等により輸送物の構造部に生じる変形は、高さ方向 [REDACTED] 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 10 cm 未満となることはない。

(ロ)第 A.30 表 核分裂性輸送物に係る一般の試験条件下の輸送物の損傷状態

試験条件	輸送物の損傷状態	臨界評価上の影響
水噴霧試験	劣化等損傷はない。収納容器と内側ライナの間には水が溜まった。	臨界評価において、全側面を適切な水反射体で囲んで解析している。また、収納容器の内部に水が存在するものとして評価している。
自由落下	ドラム端部に変形が生じる。 [REDACTED]	変形がわずかであるか、局所的であり、臨界評価上の影響はない。
貫通試験	ドラム胴体に [REDACTED] のわずかなくぼみが生じる。	臨界評価上の影響はない。
積み重ね試験	損傷はない。	臨界評価上の影響はない。

A.9.2 核分裂性輸送物に係る特別の試験条件

規則及び告示では、次の 2 つの一連の試験のうち厳しい方を順次行うよう規定されている。

ケース (1)

一般の試験条件(A.9.1)+9m 圧潰試験+1m 貫通落下試験
+耐火試験+0.9m 浸漬試験

ケース (2)

一般の試験条件(A.9.1)+15m 浸漬試験

上記 2 ケースの内、臨界体系への影響が大きい圧潰試験を含むケース (1) で、以下に示す試験手順に基づき評価を行う。

- ① A.9.1 項の一般の試験条件
- ② 強度試験・落下試験Ⅲ（動的圧潰時）
- ③ 1 m 貫通落下試験
- ④ 耐火試験
- ⑤ 0.9 m 浸漬試験

本輸送物を、上記の試験条件下に順次置いた場合について、臨界評価に影響する輸送物の損傷状態について、A.9.1 核分裂性輸送物に係る一般の試験条件及び A.6 特別の試験条件の結果を基に評価すると、次のようになる。

(1) 一般の試験条件

本試験条件下における輸送物の損傷状態は、(p)-第 A.30 表に示したとおりである。

(2) 9 m 圧潰試験

9 m 圧潰試験の評価結果は、A.6.1 強度試験・落下試験 I（9 m 落下時）又は強度試験・落下試験Ⅲ（動的圧潰時）に示すとおりである。なお、本試験では 9 m 落下試験に引き続き 9 m 圧潰試験を実施しており、保守的に両試験の累積損傷を評価している。

9 m 落下試験及び圧潰試験による損傷状態の評価の結果、水平落下において、ドラムの高さ方向で [REDACTED] の変形が生じた。その他の落下姿勢では、変形がわずかであるか、局所であり、臨界評価に影響しない。また、収納容器は変形せず、試験後の収納容器の漏えい試験の結果、密封性が保たれることが確認された。

(3) 1 m 貫通落下試験

1 m 貫通落下試験の評価結果は、A.6.2 強度試験・落下試験Ⅱ（1 m 落下時）に示すとおりであり、ドラム胴体に最大 [REDACTED] さいの変形を生じた。また、収納容器は変形せず、試験後の収納容器の漏えい試験の結果、密封性が保たれることが確認された。

(4) 耐火試験

A.6.3 熱的試験の結果から明らかなように、耐火試験において輸送物は損傷が拡大することはない。

(5) 0.9 m 浸漬試験

A.6.4 の 15 m 浸漬試験の結果から明らかなように、0.9 m 浸漬試験において輸送物は損傷が拡大することはない。

(6) 評価結果

核分裂性輸送物に係る特別の試験条件は、上述のとおり原型容器試験の結果により評価した。この結果、輸送容器本体に変形が生じたが、収納容器は健全であった。特別の試験条件下における輸送物の損傷状態のまとめを、(p)-第 A.31 表に示す。

(ロ)第 A.31 表 核分裂性輸送物に係る特別の試験条件下の輸送物の損傷状態

試験条件	輸送物の損傷状態	臨界評価上の影響
9 m 圧潰試験	ドラム、断熱材及び中性子吸収材に変形が生じる。	構造解析で評価した変形量を包含するよう、臨界評価において、ドラムアセンブリの径方向を縮めて解析している。なお、中性子吸収材及び収納容器については変形がないものとして解析している。
1 m 貫通落下試験	ドラム、断熱材及び中性子吸収材に変形が生じる。	臨界評価上の影響はない。
耐火試験	各部の温度が上昇。	臨界評価において、ドラム、断熱材及び中性子吸収材の形状に変化はないものとして解析している。ただし、耐火試験において中性子吸収材及び ██████████ の水分が喪失することを考慮している。
0.9 m 浸漬試験	損傷はない。	臨界評価において、収納容器の内部に水が存在するものとして評価している。

A.10 付属書類

A.10.1 ガasket装荷によって発生する力

A.10.2 参考文献

A.10.1 ガasket装荷によって発生する力

収納容器に O リングを装荷した際に生じる応力を評価し、応力解析のインプットに用いる。

(1) O リング圧縮量

本輸送容器に用いられる O リングは [redacted] である。一方、収納容器のガスケット溝は [redacted] である。このため、収納容器蓋を締付け、収納容器本体と接触するまでに O リングが圧縮される割合は(10.1)式で与えられる。

$$[redacted] \dots\dots\dots(10.1)$$

(2) O リング圧縮時に発生する単位長さあたりの力

本輸送容器に用いられる O リング [redacted] である。O リング製造者のカタログから O リングの圧縮量に応じて発生する力を求める。

製造者カタログに基づくと [redacted] 圧縮された場合に発生する力は [redacted] なる。また、 [redacted] 圧縮された場合に発生する力は [redacted] となる。上記の結果を平均値より、 [redacted] なる。

また、 [redacted] 圧縮された場合に発生する力は [redacted] となる。また [redacted] 圧縮された場合に発生する力は [redacted] となる。上記の結果の平均値より [redacted] 圧縮された場合に O リングから発生する力は [redacted] となる。

上記の①及び②の値を線形補間し、O リングが [redacted] 圧縮された場合に発生する力は [redacted] と求められる。

(3) O リング部に生じる応力

(2)で求めた O リング圧縮時に発生する単位長さあたりの力及びモデル化における O リング上下部の接触幅に基づき O リング部に生じる応力を求める。結果を(ロ)第 A.32 表に示し、本応力を用いて解析を行う。

(ロ)第 A.32 表 Oリング圧縮により発生する応力

部位		接触幅	応力
内側 O リング	上部	[Redacted]	[Redacted]
	下部		
外側 O リング	上部		
	下部		

A.10.2 参考文献

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

(4) MIL-HDBK-5H, Metallic Materials and Elements for Aerospace Vehicle Structures, Dec. 1, 1998.

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

(10) Parker O-Ring Handbook, ORD 5700, Parker Hannifin Corp., Lexington, Ky., 2007.

([REDACTED]

(16) Design Guidelines for the Selection and Use of Stainless Steel, American Iron and Steel Institute, Washington, D.C., 1977.

[REDACTED]

(口) 章 B 熱解析

B. 熱解析

B.1 概要

本解析では、規則及び告示に規定される BU 型輸送物に係る一般の試験条件及び特別の試験条件における輸送物の熱的状态を解析し、技術上の基準に適合することを示す。

B.1.1 熱設計

本輸送物は、(イ)第 C.1 表及び(イ)第 C.2 表に示すとおり、ドラムアセンブリ及び収納容器の 2 つの主要部から構成される。

本輸送物の熱設計上の特徴を以下に示す。

(1) 収納物の最大崩壊熱

収納物の最大崩壊熱は、付属書類 B.6.1 に示すとおり、本申請に係る輸送物より厳しい条件の ██████████ における崩壊熱として 5 W を適用する。

(2) 輸送物の伝熱

(a) 輸送物への入熱は、崩壊熱、太陽放射熱及び特別の試験条件下における火災時の熱である。

(b) 内側ライナとドラムの間充填される ██████████ は、外部熱源からの収納物の熱保護機能を有する。

(c) 輸送物外表面の熱又は収納容器の熱は、伝導、放射及び自然対流により収納容器又は輸送物外表面まで伝えられる。輸送物外表面の熱は空気の自然対流及び放射により大気に放熱される。

(3) ドラムアセンブリの上部リムには、火災時に ██████████ より発生する蒸気を放出するため、4 つの水蒸気放出孔があり、熱可溶性のプラスチックプラグが挿入されている。

(4) 輸送物の密封性を保持する収納容器の O リング部は ██████████ の断熱効果により、特別の試験条件下における火災による入熱から保護される。

B.1.2 熱解析

一般の試験条件下における熱的条件は、次のとおりである。

- ・ 最高温度評価条件（太陽放射熱有の条件）

輸送物は、38 °C（100 °F）の大気中において 12 時間ごとに太陽放射熱を受ける環境に 1 週間置かれる。

- ・ 人の近づき得る表面の最高温度評価条件（太陽放射熱無の条件）

輸送物は 38 °C（100 °F）の大気中において太陽放射熱を受けない。

- ・ 最低温度評価条件

輸送物は -40 °C（-40 °F）の大気中において収納物崩壊熱及び太陽放射熱を受けない。

特別の試験条件下における熱的条件は、次のとおりである。

- ・ 輸送物は、0.9 の周囲放射率を持つ 800 °C（1472 °F）の環境に 30 分間さらされる（火災事故）。輸送物表面の放射率は 0.8 とする。
- ・ 試験後の輸送物は、38 °C（100 °F）の大気中において 12 時間ごとに太陽放射熱を受ける。

本解析における条件を(□)-第 B.1 表及び(□)-第 B.2 表に示す。また、熱解析の方法を(□)-第 B.3 表に示す。

(ロ)-第B.1表 一般の試験条件における熱解析条件

項目 \ 条件		人の近づき得る 表面の 最高温度評価条件	一般の試験条件 における 最高温度評価条件	最低温度評価条件
崩壊熱 (W)		5	5	0
環境条件	周囲温度 (°C)	38	38	-40
	太陽放射熱	無	有	無
	周囲放射率	1	1	1
輸送物表面放射率		0.22	0.22	0.22

(ロ)-第B.2表 特別の試験条件における熱解析条件

項目 \ 条件		火災前	火災中	火災後
崩壊熱 (W)		5	5	5
環境条件	周囲温度 (°C)	38	800/30分	38
	太陽放射熱	有	有	有
	周囲放射率	1	0.9	1
輸送物表面放射率		0.22	0.8	0.22

(ロ)-第B.3表 熱解析の方法

項目		内容
収納物仕様		■
最大崩壊熱 (W)		5
計算モデル	輸送容器	二次元軸対称有限要素モデル
	収納物	— (B.4.1.1 解析モデル (1) (c) 参照)
熱計算		ANSYS Mechanical 14.5
使用物性値		B.2 材料の熱的性質 参照

B.2 材料の熱的性質

本輸送物の構成材料は、(イ)章に示すとおりである。これらの材料のうち熱解析に使用する材料を以下に示す。また、各材料の熱的性質を(ロ)-第 B.4 表及び(ロ)-第 B.5 表に示す。

(1) ステンレス鋼

ステンレス鋼は、ドラムアSEMBリのドラム本体及びライナ等、並びに収納容器の主要構造材として使用する。

(2) ██████████

落下等による衝撃の吸収及び火災事故による入熱を防ぐため ██████████
██████████ ██████████ を使用する。

(3) 中性子吸収材

中性子吸収材として ██████████ ██████████ を使用する。

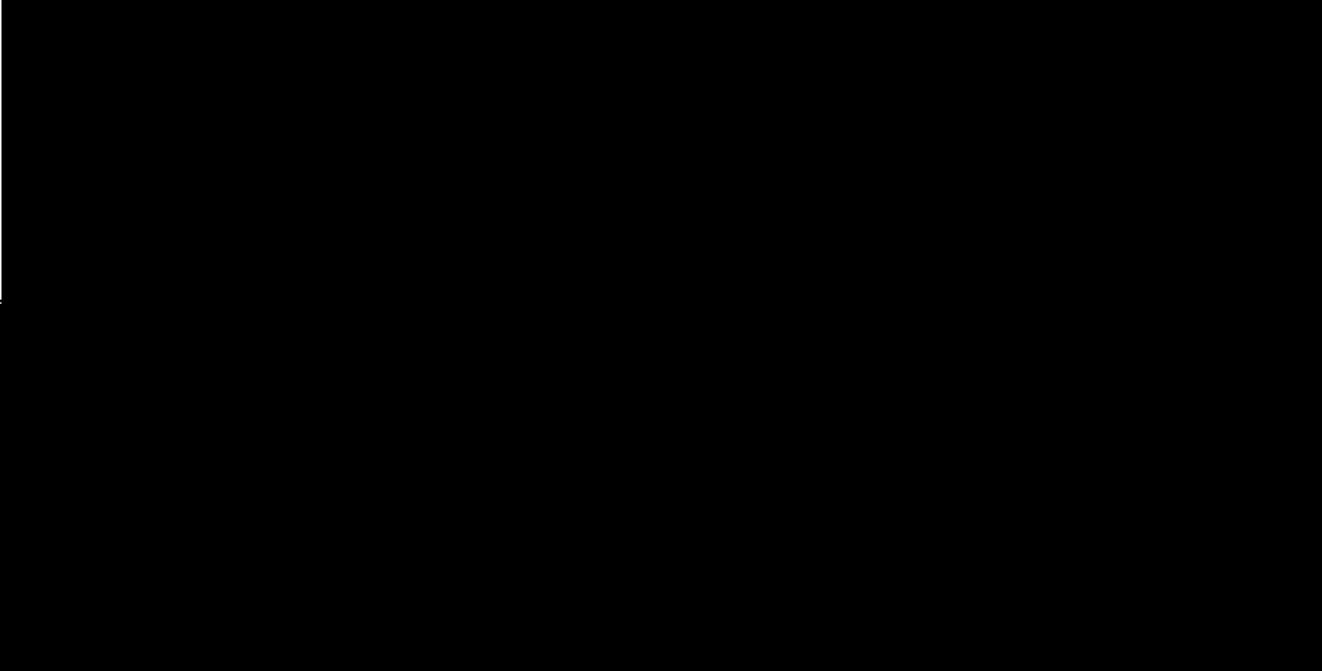
(4) シリコンラバーパッド

取扱い時の衝撃を緩和するため、収納容器の上下にはシリコンラバーパッドを使用する。

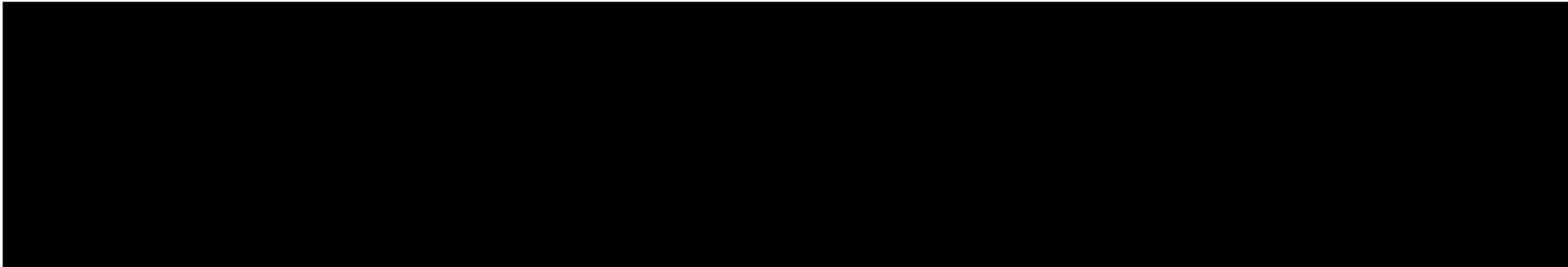
(5) 空気

空気は各部材間の隙間に適用する。

(ロ)-第B.4表 熱解析に使用する材料の熱的性質 (1/2)

材料	温度 °C (°F)	熱伝導率 W/(m·K) (Btu/h in.·°F)	密度 kg/m ³ (lbm/in. ³)	比熱 kJ/(kg·K) (Btu/lbm·°F)	放射率
ステンレス鋼 ^a					

a 本熱解析においては、ステンレス鋼の熱的性質として一様に表中の値を用いる。



(ロ)-第B.4表 熱解析に使用する材料の熱的性質 (2/2)

材料	温度 °C (°F)	熱伝導率 W/(m·K) (Btu/h in.·°F)	密度 kg/m ³ (lbm/in. ³)	比熱 kJ/(kg·K) (Btu/lbm·°F)	放射率
シリコンラバー パッド					
空気					

d 保守的に、放射率 1.0 としてモデル化する。

e 38 °C (100 °F) として評価。

(p)-第B.5表 熱解析に使用する材料の使用温度及び許容圧力

構成部品	使用温度範囲 (°C (°F))	許容圧力 (kPaG (psig))
[Redacted]		
シリコンラバーパッド	[Redacted]	

a [Redacted] の使用温度範囲に準ずる。

B.3 構成要素の仕様

熱解析に関連する構成要素の仕様を(□)-第 B.6 表に示す。

(□)-第B.6表 Oリングの仕様

項目	仕様
材質	
硬度	
通常使用温度	

B.4 一般の試験条件

B.4.1 熱解析モデル

輸送物の一般の試験条件における熱解析は、(ロ)第 B.1 表に示す一般の試験条件の解析条件に対して、有限要素法に基づく熱伝達計算プログラム ANSYS Mechanical ⁽¹²⁾を用いて実施した。

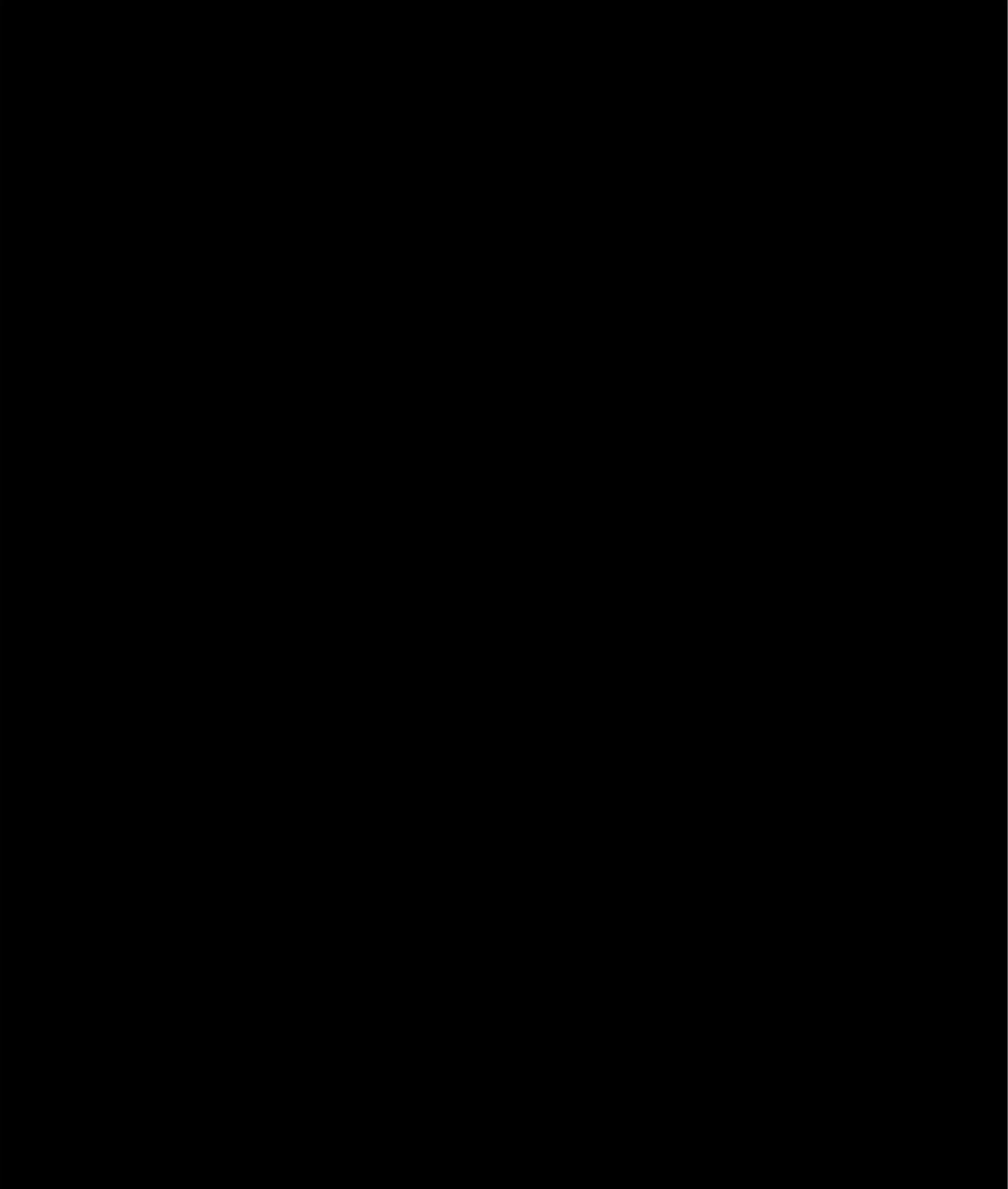
B.4.1.1 解析モデル

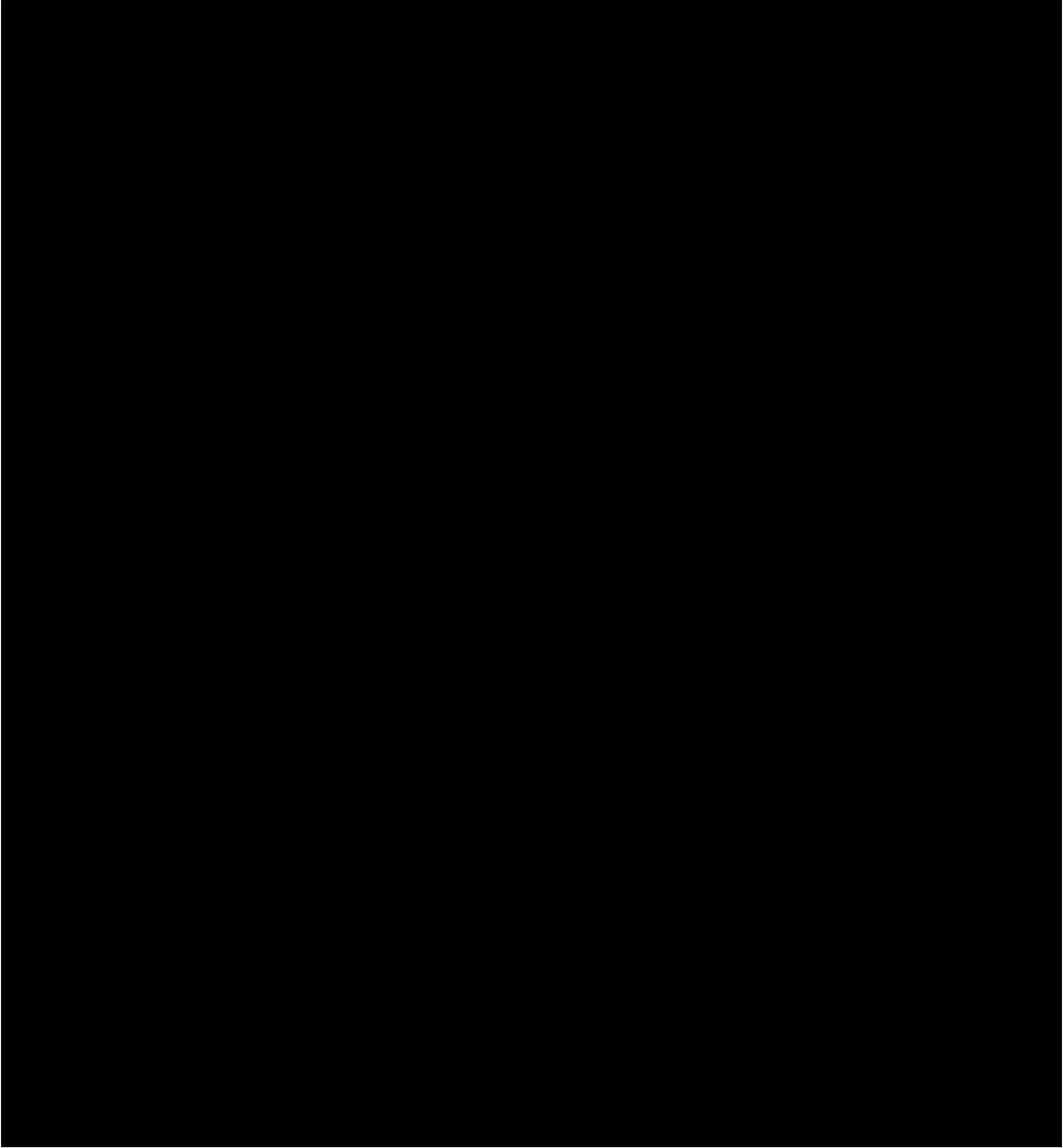
(1) 形状モデル

一般の試験条件における解析モデルの形状を(ロ)第 B.1 図に、要素分割図を(ロ)第 B.2 図、(ロ)第 B.3 図、及び(ロ)第 B.4 図に示す。

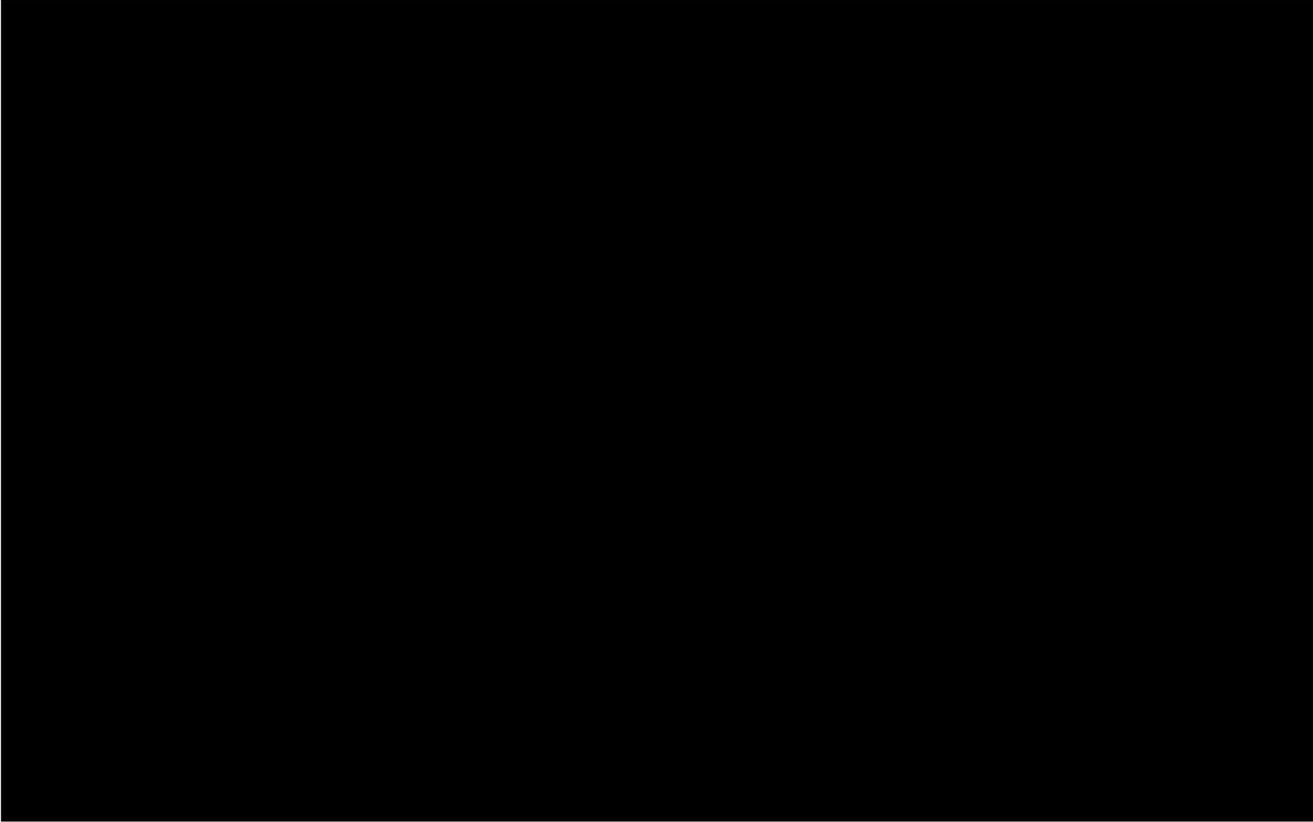
なお、本解析モデルにおける考慮を以下に示す。

- (a) 一般の試験条件のうち、水噴霧試験及び積み重ね試験では輸送物は変形しないが、1.2 m 落下試験においてドラムアセンブリに変形が生じる。ドラムアセンブリ内部の ██████████ は熱伝導率が小さく、収納物より発生する熱の放散を防ぐため、██████████ が変形していないとする方が内部温度は高くなる。このため、一般の試験条件下の熱解析においては、ドラムアセンブリは変形していないものとする。
- (b) 本輸送物は、輸送時及び取扱い時ともに縦置状態で使用されるため、一般の試験条件下の熱解析においては縦置状態についてモデル化する。
- (c) 本輸送容器に収納される収納物は、(イ)章 D 項に示すとおり ██████████ 梱包材、収納缶である。解析においては収納物の形状をモデル化せず、収納容器内面に、崩壊熱に相当する均一熱流束を適用することによって、収納物からの熱負荷をモデル化する。当該モデルは収納物の熱容量を無視しているため、保守的な評価となる。

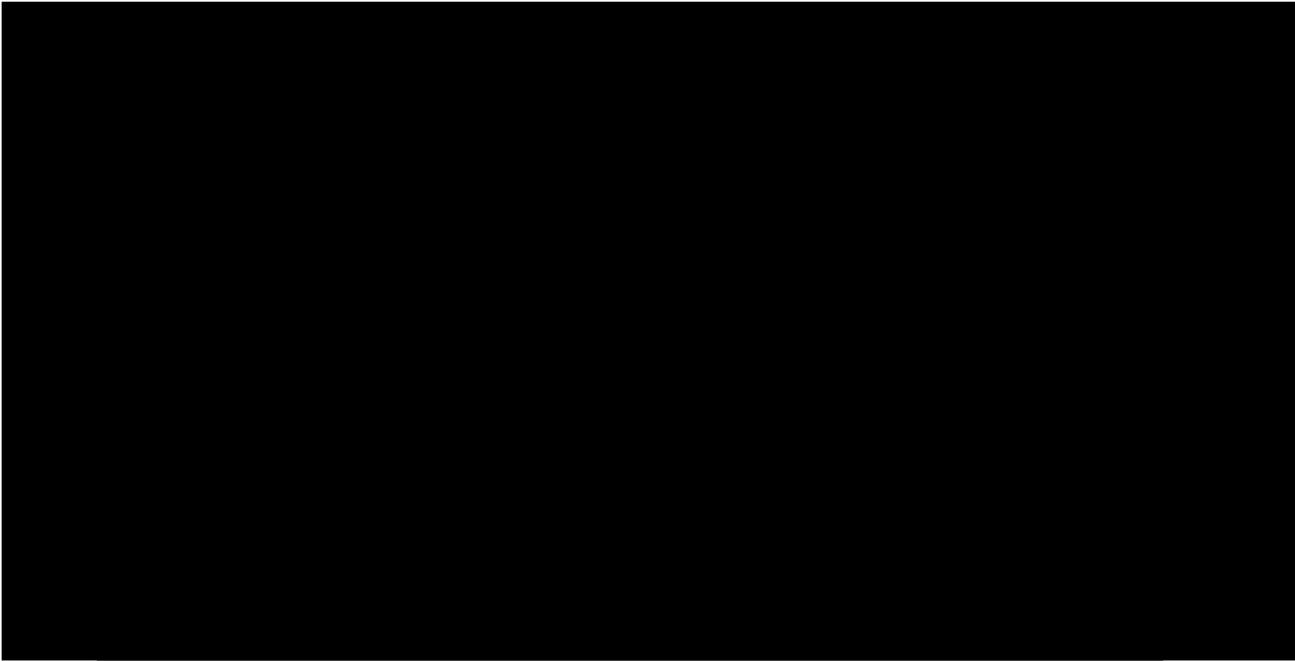




(㉓)-第B.2図 要素分割図 (全体)



(n)-第B.3図 要素分割図 (上部詳細)



(n)-第B.4図 要素分割図 (下部詳細)

(2) 解析条件

一般の試験条件における熱的条件は(□)-第 B.1 表に示すとおりである。また、太陽放射熱については、(□)-第 B.7 表に示す値を使用する。

(□)-第 B.7 表 太陽放射熱による伝熱量

表面の形状及び位置の区分		一日当たり 12 時間の放射熱 (W/m ²)
水平に輸送される平面	下向きの表面	[REDACTED]
	上向きの表面	
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		
その他の曲面		

B.4.1.2 試験モデル

解析モデルを採用し、試験モデルは採用していない。

B.4.2 最高温度

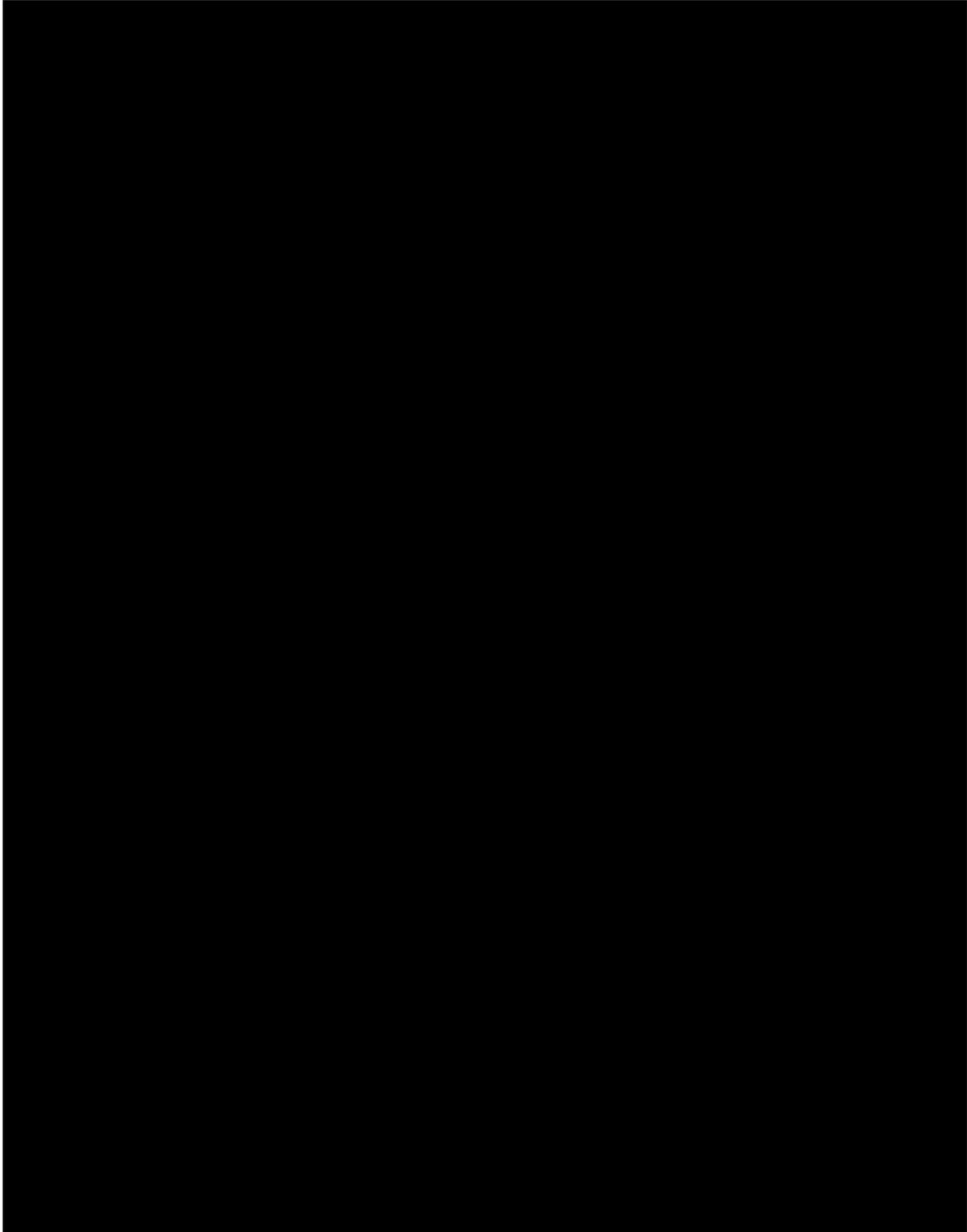
一般の試験条件下における輸送物各部の解析結果を(□)-第 B.8 表に示す。

日陰の場合、容易に人の近づきうる輸送物外面であるドラムアセンブリの最高温度は [REDACTED] であり、専用積載の技術基準である 85 °C を超えることはない。

日向の場合、輸送物各部の最高温度は、ドラムアセンブリで [REDACTED] 収納容器表面で [REDACTED] Oリング近傍で [REDACTED] ある。

収納容器に係る強度評価等を行う場合には、上記の収納容器表面の温度に対し余裕をもたせた [REDACTED] を使用する。

(□)・第B.8表 一般の試験条件下における輸送物各部の最高温度



B.4.3 最低温度

一般の試験条件において本輸送物は、内部発熱がなく、 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-40\text{ }^{\circ}\text{F}$) の周囲温度で太陽放射熱を受けていない環境に放置されたときに最低温度となり輸送物全体が $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-40\text{ }^{\circ}\text{F}$) となる。

(ロ)章 A.4.2 低温強度の項に記載したように、構成材料は $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-40\text{ }^{\circ}\text{F}$) で使用しても健全性が損なわれることはない。

輸送物は乾式であるため冷却水を内封しておらず、凍結により輸送物は破損を受けることはない。

また、最低温度時の圧力 P_1 はボイル・シャルルの法則に基づく次式より求められ

$$P_1 = P_0 \cdot \frac{V_0}{V_1} \cdot \frac{T_1 + 273.15}{T_0 + 273.15}$$

ここで、

P_0 : 初期圧力 =

V_0 : 収納容器容積 = V_1

T_0 : 初期温度 =

T_1 : 最低温度 = $-40\text{ }(^{\circ}\text{C})$ ($-40\text{ }(^{\circ}\text{F})$)

収納容器に係る強度評価等を行う場合には、上記圧力に対し余裕をもたせた

使用する。

B.4.4 最大内圧

輸送物について、一般の試験条件下での内圧を求める。

(1) 作用圧力

収納容器内の空気による作用圧力を求める。

(a) 初期圧力

収納容器内の初期圧力は、初期温度 [] 大気圧であ [] とする。

(b) 空気の膨張による圧力

空気の膨張による圧力 P_1 は、ボイル・シャルルの法則に基づく次式で求める。

$$P_1 = P_0 \cdot \frac{V_0}{V_1} \cdot \frac{T_1 + 273.15}{T_0 + 273.15}$$

ここで、

P_0 : 初期圧力 = []

V_0 : 収納容器容積 = V_1

T_0 : 初期温度 = []

T_1 : 一般の試験条件下での空気の温度 (°C)

これらの式より圧力 P_1 を求めると(□)-第B.9表のようになる。

(□)-第B.9表 収納容器の内圧計算結果

試験条件	一般の試験条件
温度 T_1	[]
圧力 P_1	[]

なお、周囲の温度が-40°Cから 38°Cに変化した場合における内圧は $T_0=-40°C$ として、上記の式により求められ [] となる。

(2) 最大圧力

収納容器に係る強度評価等を行う場合には、上記収納容器の内圧に対し余裕をもたせた [] を使用する。

B.4.5 最大熱応力

一般の試験条件下における熱応力は、(ロ)章 A.5.1 項で述べたように構造強度に影響を与えることはない。

B.4.6 結果の要約及びその評価

一般の試験条件下において、運搬中に予想される周囲温度として最高 38 °C (100 °F)、最低 [REDACTED] の熱解析の結果に基づく評価は以下に示すとおりであり、構造強度及び密封性能に影響を与えないことを確認した。

(1) 日陰における表面温度

日陰における輸送物の人の容易に近づきうる表面の最高温度は [REDACTED] であり、許容基準温度 85 °C を超えることはない。

(2) 構造強度

日向における輸送物各部の最高温度は、ドラムアSEMBリで [REDACTED] 収納容器表面で [REDACTED] Oリング近傍で [REDACTED] あり、(p)-第 B.5 表及び(p)-第 B.6 表に示す使用温度範囲内である。また、その他の構造材においても悪影響を及ぼすような温度にはならない。また、最低温度 -40 °C (-40 °F) の環境下においても(ロ)章 A.4.2 低温強度の項に記載したように構成材料の健全性が損なわれることはない。なお、収納容器に係る強度評価等を行う場合には [REDACTED] で解析を行っており、一般の試験条件下の熱的試験において輸送物が健全性を維持していることを示している ((ロ)章 A.5.1 項参照)。

一般の試験条件における収納容器の最大内圧は [REDACTED] あり、収納容器の設計圧力 [REDACTED] 以下となるため、輸送物の健全性は維持される。

(3) 密封性能

密封境界である収納容器の内側 O リングの温度は、 [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] なる。この値は、O リングの通常使用温度範囲 [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] 内であり、劣化することはない。

外圧が 60kPa まで低下した場合における内外圧力差は [REDACTED] である。一方、当該輸送容器の強度評価は、これを上回る外圧 [REDACTED] [REDACTED] を負荷として評価し、密封装置の構造健全性及び密封性が確保されていることを確認していることから 60kPa

まで外圧が低下した場合においても密封性が確保される。

B.5 特別の試験条件

B.5.1 熱解析モデル

輸送物の特別の試験条件における熱解析は、(a)-第 B.2 表に示す特別の試験条件の解析条件に対して、有限要素法に基づく熱伝達計算プログラム ANSYS Mechanical ⁽¹²⁾を用いて実施した。

B.5.1.1 解析モデル

特別の試験条件における解析モデルの形状は (a)-第 B.1 図に、要素分割図は(a)-第 B.2 図、(a)-第 B.3 図及び(a)-第 B.4 図に示すとおりである。

(1) 形状モデル

本熱解析においては、落下試験によるドラムアセンブリの変形を考慮せず、一般の試験条件と同様の輸送物をモデル化している。ドラムアセンブリの変形に起因する温度変化については、後述する B.5.3 項でその影響を補正する。

(2) 解析条件

火災前の輸送物の温度分布は、一般の試験条件下の温度分布を使用する。特別の試験条件における熱的条件は(a)-第 B.2 表に示すとおりである。また、太陽放射熱については、(a)-第 B.7 表に示す値を使用する。

B.5.1.2 試験モデル

解析モデルを採用し、試験モデルは採用していない。

B.5.2 輸送物の評価条件

一般の試験条件との相違として、特別の試験条件においては、火災による入熱を大きくするため、横置きとして輸送容器底面からも入熱を仮定する。この際、火災前の温度分布は一般の試験条件後の温度分布を使用する。火災中及び火災後の太陽放射としてドラムアセンブリ上部及び底部は、垂直に輸送される表面として 200 W/m^2 、ドラムアセンブリ胴体部は、その他の曲面として 400 W/m^2 を入熱する。

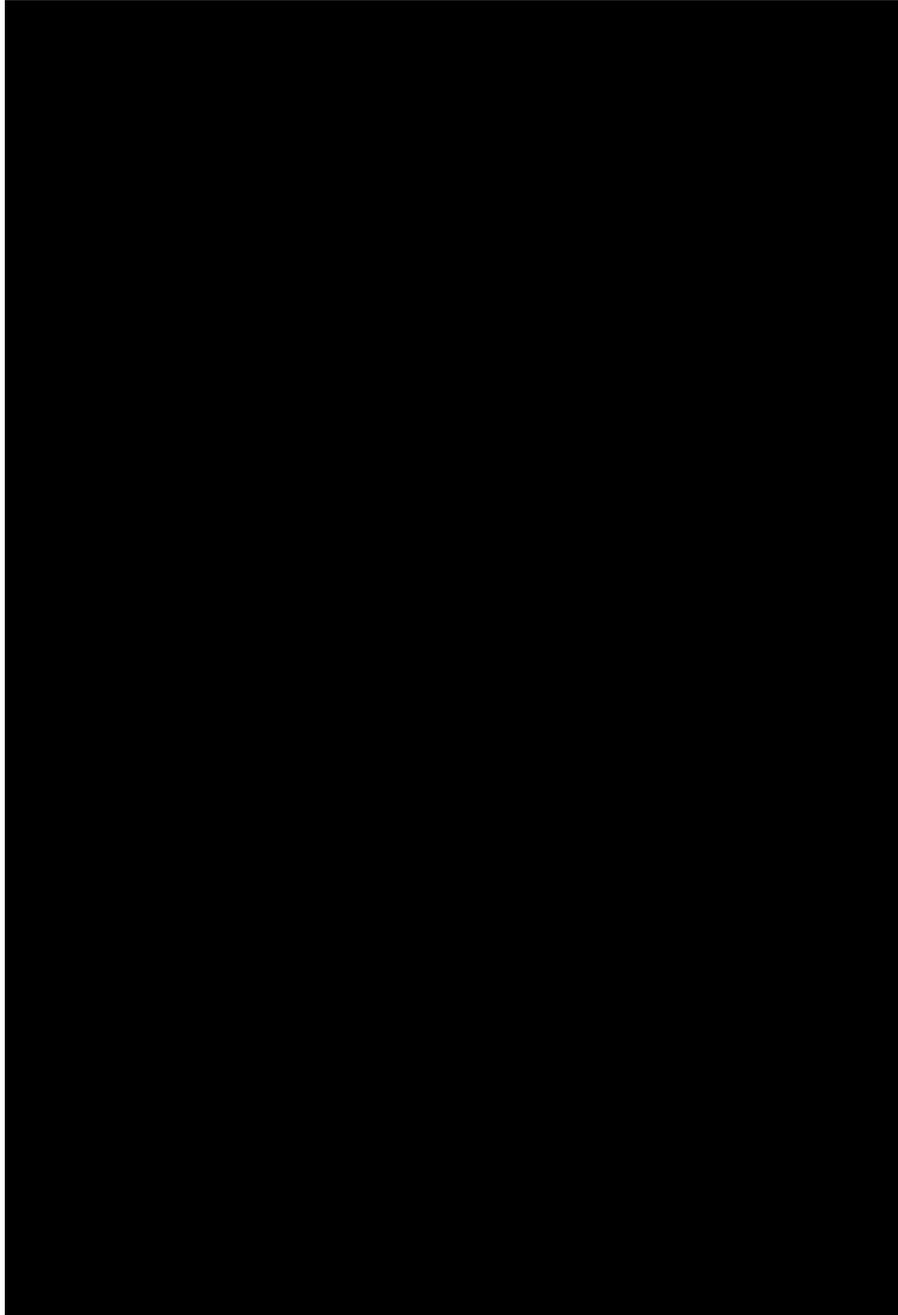
B.5.3 輸送物温度

解析結果を(ロ)第 B.10 表に示す。また、火災発生から最高温度到達までの時間経過を(ロ)第 B.5 図に示す。

輸送物各部の最高温度は、収納容器表面で [] Oリング近傍で [] [] である。

落下試験によるドラムアセンブリの変形に対する最高温度への影響について、(ロ)章 A 項で示す原型試験の結果、供試体 1 と供試体 2 の耐火試験では、収納容器表面温度に平均 [] の差が生じる⁽¹³⁾。供試体 1 の結果は、収納容器フランジ部近傍の [] の損傷が小さい場合の結果であり、供試体 2 の結果は、収納容器フランジ部近傍の [] の損傷が大きい場合の結果である。したがって、供試体 1 と供試体 2 との温度差は、輸送物の損傷による温度差と考えられる⁽¹³⁾。このため、収納容器に係る強度評価等を行う場合には、解析温度に対し余裕をもたせ、収納容器及び収納容器内の空気の高温度として [] Oリングの高温度として [] を使用する。

(四)第B.10表 特別の試験条件下における輸送物各部の最高温度



(中)-B-22



(中)-第 B.5 図 特別の試験条件下における各部の温度履歴

B.5.4 最大内圧

特別の試験条件下における収納容器内の最大圧力を(□)-第 B.11 表に示す。圧力計算の方法は、一般の試験条件の場合と同様に、B.4.4 に示すとおりとする。

(□)-第B.11表 収納容器の内圧計算結果

試験条件	特別の試験条件
温度 T	
圧力 P ₁	

収納容器に係る強度評価等を行う場合には、上記収納容器の内圧に対し余裕をもたせた [] を使用する。

B.5.5 最大熱応力

特別の試験条件下における熱応力は、(□)章 A.6.3 項 (A.9.2.5 項) に記述されているとおり、構造強度に影響を与えることはない。

B.5.6 結果の要約及びその評価

特別の試験条件下における熱解析の結果に基づく評価は、以下に示すとおりであり、構造強度及び密封性能に影響を与えないことを確認した。

(1) 温度

輸送物各部の最高温度は、収納容器表面で [REDACTED] Oリング近傍で [REDACTED] であり、(p)-第 B.5 表及び(p)-第 B.6 表に示す使用温度範囲内である。また、その他の構造材においても悪影響を及ぼすような温度にはならない。このため、輸送物の健全性は維持される。

(2) 内圧

特別の試験条件における収納容器の最大内圧 [REDACTED] であり、収納容器の設計圧力 [REDACTED] 以下となるため、輸送物の健全性は維持される。

(3) 密封性能

密封境界である収納容器の内側 Oリングの最高温度は [REDACTED] となる。この値は、Oリングの通常使用温度範囲 [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] 内であり劣化することはない。

B.6 付属書類

B.6.1 収納物の最大崩壊熱

B.6.2 参考文献

B.6.1 収納物の最大崩壊熱

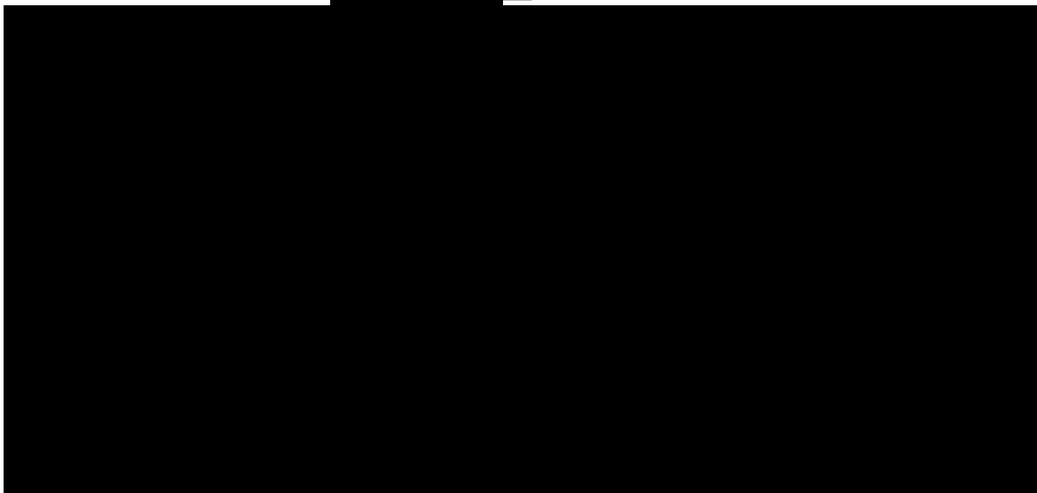
本項は、熱解析に用いる収納物の最大崩壊熱を検討したものである。

本輸送容器に収納可能な核燃料物質等の仕様は(イ)-第 A.1 表に示すとおり [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] である。熱解析においては、本申請に係る輸送物より厳しい条件として [REDACTED] を仮定する。また、重量分布については、(ロ)-第 B.1 付属表に示す同位体及び重量分布に基づく。

ORIGEN-S コード (NUREG/CR-0200) を用いた崩壊熱の計算結果を(ロ)-第 B.2 付属表に示す。

[REDACTED] [REDACTED] に対する崩壊熱が最大となるのは、初期組成から約 10 年経過後であり、合計値は [REDACTED] である。この値を保守的に切り上げ、最大崩壊熱負荷 5 W として熱解析に使用する。

(ロ)-第B.1付属表 [REDACTED] [REDACTED] 重量百分率及び同位体重量



(甲)第 B.2 付属表 [redacted] の崩壊熱

崩壊熱 (W/g)	同位元素	崩壊時間								
		0 年	5 年	10 年	20 年	30 年	40 年	50 年	60 年	70 年
[redacted]										

(甲)-B-27

B.6.2 参考文献

- (1) incropera, F. P., and D. P. DeWitt, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 2d ed., John Wiley & Sons, New York, 1985.

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

- (10) *Parker O-Ring Handbook*, ORD 5700, Parker Hannifin Corp., Lexington, Ky., 2007.

[REDACTED]

- (12) ANSYS, Mechanical Release 14.5, UP20120918, ANSYS Mechanical U, ANSYS, Inc.

[REDACTED]

(口) 章 C 密封解析

C. 密封解析

C.1 概 要

本解析では、一般の試験条件及び特別の試験条件における本輸送物の密封性について述べる。

本輸送容器の密封装置は、収納容器であり、収納容器本体とシール蓋で構成され、収納容器本体とシール蓋との接触部は[REDACTED] Oリング（シール蓋 Oリング）で密封されている。

密封装置は一般及び特別の試験条件における原型試験により漏えい率が判定基準を満足することが確認され、シール蓋 Oリング部は輸送物の発送前に実施される気密漏えい検査により漏えい率が判定基準を満足することが確認される。

C.2 密封装置

C.2.1 密封装置

(1) 構 成

本輸送容器の密封装置は(a)-第 C.1 図に示すとおり、収納容器本体及びシール蓋により構成される。

(2) 材 質

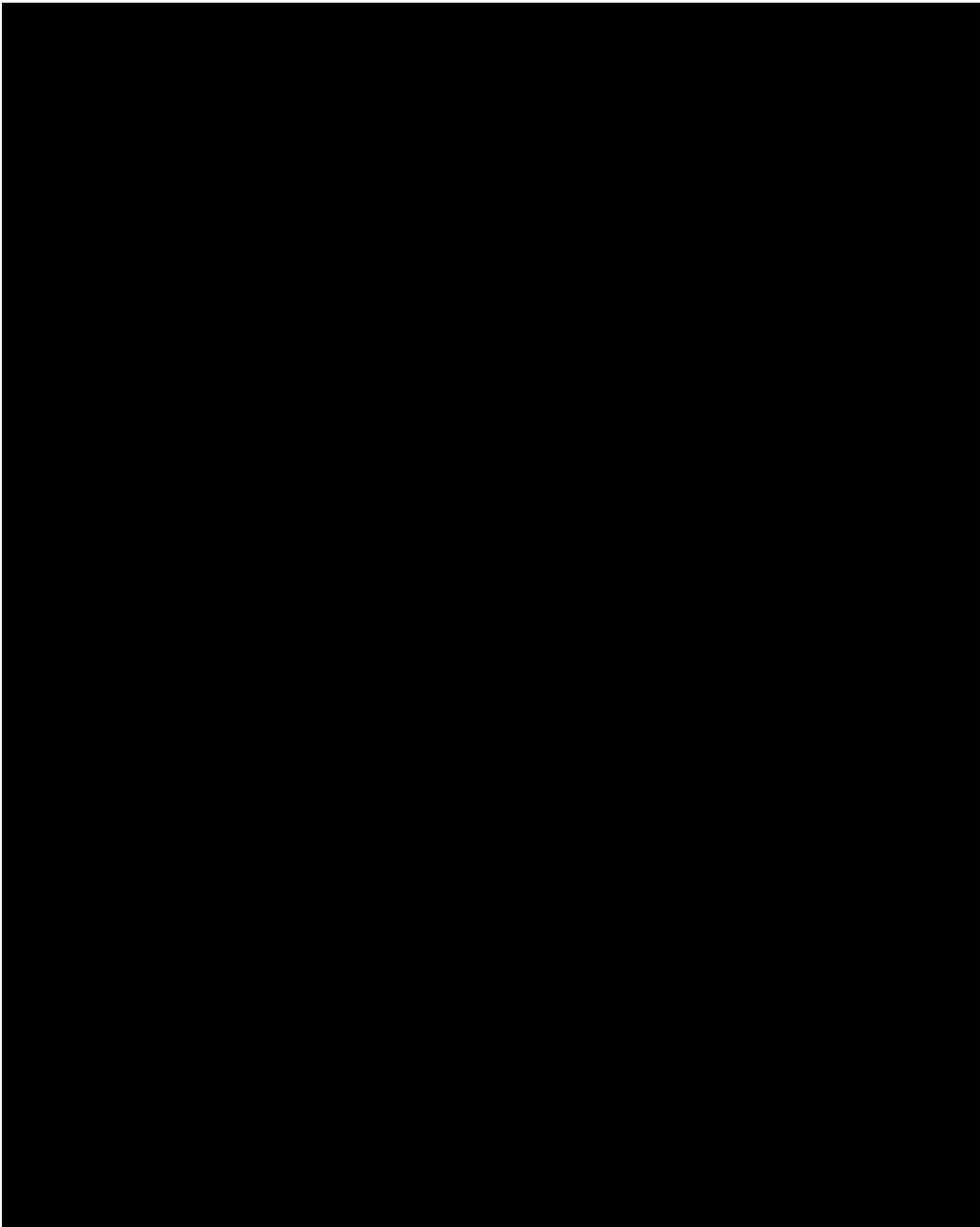
密封装置を構成する収納容器本体及びシール蓋にはステンレス鋼、シール蓋のシール部には[REDACTED] Oリングが使用されている。

(3) 設計圧力及び設計温度

(a)-第 C.1 表に示す最高圧力及び最高温度での漏えい率の評価を行う。

(a)-第C.1表 密封装置の最高圧力及び最高温度

条 件	項 目	密 封 装 置
一般の試験条件	設計圧力	[REDACTED]
	設計温度	
特別の試験条件	設計圧力	
	設計温度	



(㉔)-第C.1図 密封装置構造図

(3) 溶接部

収納容器本体のフランジ、胴及び底板は溶接される。溶接部は製作中に適切な非破壊検査を行い、その健全性を確認し、さらに、耐圧検査を行い漏えいのないことを確認する。

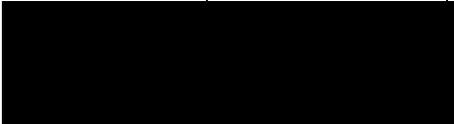
C.2.4 蓋

シール蓋には(□)-第 C.1 図に示すとおり  製の O リングが取付けられている。

また、シール蓋は一般及び特別の試験条件においても十分耐え得る強度を備え、かつ、密封性を保持できる構造となっている。

シール蓋は、輸送容器の密封性を保つため、(□)-第 C.3 表に示すクロージャーナットにより適正なトルクで締付ける。

(□)-第C.3表 クロージャーナット

名 称	規格	締付けトルク
クロージャーナット		

C.3 一般の試験条件

本輸送物の密封装置は、(ロ)章 A 構造解析の結果から、BU 型輸送物の要件としての一
般の試験条件において健全性は損なわれない。また、(ロ)章 B 熱解析の結果から、一般の
試験条件下での温度及び圧力に対しても健全性は損なわれない。

したがって、密封装置の密封性は、一般の試験条件において損なわれることはないので、
本解析では、輸送物の発送前に行うシール蓋の O リング部の気密漏えい検査における判定
基準に基づいて密封性能の評価を行うことにより、一般の試験条件下における放射性物質
の漏えい率が規則に定める基準値以下であることを示す。

C.3.1 放射性物質の漏えい

C.3.1.1 密封装置からの漏えい量

密封装置は、製作中及び保守時に行う気密漏えい検査等により、漏えいがないことが
確認される。

さらに本輸送物の密封性能については、輸送ごとに気密漏えい検査等により漏えい率
が基準値以下であることを確認することとしている。

本解析では、気密漏えい試験においてシール蓋 O リング部に供給した空気等の圧力変
化（最大許容空気漏えい率相当）が一定時間後に検知されたと想定し、放射性物質の漏
えいを評価する。

ここでは最大許容空気漏えい率から一般の試験条件下のガスの漏えい率を求め、ガス
中の放射性物質濃度とそれぞれの漏えい率から、放射性物質の漏えい率を求めて、放射
性物質の漏えい率が規則に定める基準値以下であることを確認する。

なお、本項においての圧力は、絶対圧力とする。

(1) 最大許容空気漏えい率

密封解析の設計基準として設定した最大許容空気漏えい率 L_R は、輸送容器の被検
査部の空気漏えい率として(ロ)-第 C.4 表に示す値とする。

(ロ)-第C.4表 最大許容空気漏えい率

項 目	密 封 境 界 (シール蓋 O リング部)
L_R : 最大許容空気漏えい率 (std cm ³ /s)	

(2) 気密漏えい試験時の漏えい率と気密漏えい試験条件

(a) 気密漏えい試験時の漏えい率

圧力降下試験による漏えい試験時の漏えい率は次式で表される。

$$L_R = \frac{VT_s}{60HP_s} \left(\frac{P_1}{T_1} - \frac{P_2}{T_2} \right)^{1)} \dots\dots\dots(C.3-1)$$

ただし、

L_R : 25 °C、0.101 MPa (1 atm) の標準状態における体積漏えい率
(std cm³/s)

V : 試験系の容積 []

H : 試験時間 (min)

T_s : 基準温度 298 (K)

T_1 : 試験開始時の空気温度 (K)

T_2 : 試験終了時の空気温度 (K)

P_s : 基準圧力 (0.101 MPa, (1 atm))

P_1 : 試験開始時の空気圧力 (MPa)

P_2 : 試験終了時の空気圧力 (MPa)

上記の(C.3-1)式に次の気密漏えい試験条件を入れて空気漏えい率を求め、設計基準として設定した最大許容空気漏えい率以下であることを確認する。

(b) 気密漏えい試験条件

(i) 試験開始時の空気圧力は、[] とする。

(ii) 試験終了時の空気圧力は [] とする。

(iii) 試験時間は 10 分間とする。

(iv) 計算においては、 $T_1 = T_2 = T_s = 298$ K(25 °C)とする。

以上の条件を (C.3-1) 式にあてはめ、気密漏えい試験時の最大許容空気漏えい率を求めた結果を(ロ)第 C.4 表に示す。

(v) 上記 (i) ~ (iv) の条件及び漏えい試験装置系の全容積 V を考慮して、シール蓋の O リング部空気漏えい率 L_R ($L_R = \sum L_{Ri}$ が最大許容空気漏えい率 $L_R =$ []、298 [] 以下であることを確認できるように、試験時間 H 及び圧力降下 ΔP ($P_1 - P_2$) を定め試験を実施する。

注) $L_R \cdot \frac{P_s}{P_1} \cdot \frac{T_1}{T_s}$ []

(3) 一般の試験条件における最大ガス漏えい率

一般の試験条件における最大ガス漏えい率は、漏えい試験における最大空気漏えい率 L_R に基づいて以下の手順により求める。

(a) 漏えい孔径

漏えい孔としてシール蓋の内側 O リング部を最短で横切る円直管を仮定する。

漏えい孔中の流体の流れの形態は自由分子流と連続流が考えられ、その漏えい率は次式で与えられる。

$$L = (F_c + F_m)(P_u - P_d)^{1/2} \dots\dots\dots(C.3-2)$$

ここで、 L : 圧力 P_a における体積漏えい率(cm^3/s at P_a, T_a)

P_a : 流れの平均圧力

$$P_a = (P_u + P_d)/2 \dots\dots\dots(C.3-3)$$

T_a : 流体の平均温度(K)

P_u : 上流側の圧力 (MPa)

P_d : 下流側の圧力 (MPa)

F_c : 連続流の流動熱伝導係数 ($\text{cm}^3/(\text{MPa}\cdot\text{s})$)

F_m : 自由分子流の流動熱伝導係数 ($\text{cm}^3/(\text{MPa}\cdot\text{s})$)

$$F_c \dots\dots\dots(C.3-4)$$

$$F_m \dots\dots\dots(C.3-5)$$

ただし、 D : 漏えい孔径 (cm)

a : 漏えい孔長 (cm)

μ : 空気の粘度 ($\text{MPa}\cdot\text{s}$)

T : 流体の温度 (K)

M : 流体の分子量 (g/mol)

漏えい孔径 (D) は、次式及び(C.3-2)式から求められる。

$$L = L_{Ri} \cdot \frac{P_s}{P_a} \cdot \frac{T_s}{T_a} \dots\dots\dots(C.3-6)$$

ここで、 L_{Ri} : 密封境界の空気漏えい率 (std cm^3/s)

T_a : 平均温度 (= T_s) (K)

シール蓋部の漏えい試験時の最大漏えい孔径を(註)-第 C.5 表に示す。

注) XXXXXXXXXX 記載式の単位を単位換算した。

(ロ)-第C.5表 最大許容ガス漏えい率

項目	部 位
	シール蓋 O リング部
L_{Ri} : 密封境界の空気漏えい率	(std cm ³ /s)
P_u : 上流側圧力	(MPa)
P_d : 下流側圧力	(MPa)
P_a : 流れの平均圧力	(MPa)
T_a, T : 空気の温度	(K)
L : 漏えい試験時の空気漏えい率	(cm ³ /s at P_a, T_a)
μ : 空気の粘性係数 ²⁾ (at 25°C) ※1	(MPa・s)
a : 漏えい孔長	(cm)
M : 空気の分子量	(g/mol)
F_c : 連続流の流動伝導係数	$\left(\frac{\text{cm}^3}{\text{MPa} \cdot \text{s}} \right)$
F_m : 自由分子流の流動伝導係数	$\left(\frac{\text{cm}^3}{\text{MPa} \cdot \text{s}} \right)$
D : 漏えい孔径	(cm)

※1 : 気体の粘性係数は温度が上昇すれば大きくなるので、低い温度を設定することは保守的である。

※2 : O リング断面直径を採用

(b) 一般の試験条件下の最大ガス漏えい率

一般の試験条件下のガス漏えい率は(C.3-2)式～(C.3-5)式に一般の試験条件下の圧力条件、ガス物性値及び最大漏えい孔径を代入して求められる。

一般の試験条件下のガス漏えい率を(ロ)-第 C.6 表に示す。計算はシール蓋 O リング部の漏えい率を最大ガス漏えい率とする。

(ロ)-第C.6表 一般の試験条件下の最大ガス漏えい率

項 目	部 位	密封境界 (シール蓋 O リング部)
D	: 漏えい孔径	[Redacted]
a	: 漏えい孔長さ	
μ	: ガスの粘性係数 (at 25°C) ※1	
$P_{u,N}$: 一般の試験条件下の密封装置内圧力	
$P_{d,N}$: 一般の試験条件下の外圧	
$T_{u,N}$: 一般の試験条件下のガス温度	
M	: ガスの分子量	
L_N	: 一般の試験条件下のガス漏えい率 (at 366.48 K, 0.120 MPa)	

※1：気体の粘性係数は温度が上昇すれば大きくなるので、低い温度を設定することは保守的である。

※2：熱解析の最大内圧 [Redacted] する。

※3： [Redacted] 基づく最小外圧 [Redacted] を使用する。

C.3.1.2 放射性物質漏えい量評価

(1) 漏えい量評価を行う放射性物質

本密封解析では、収納する放射性物質を保守的に[REDACTED]とした。(□)-第 C.7 表に核種ごとの質量を示す。本収納物の崩壊を考慮し、ORIGEN-2.2 で崩壊年数ごとの核種質量を算出した。ORIGEN-2.2 による解析結果を(□)-第 C.8 表に示す。

本解析では、最大放射エネルギーとなる崩壊年数 70 年の算出結果を基に評価を実施する。崩壊年数 70 年時の質量比を(□)-第 C.9 表で示す。

(□)-第C.7表 漏えい量評価に使用する核種組成及び質量

核種	質量 (g)
[REDACTED]	

(ロ)第C.8表 ORIGEN-2.2による高濃縮[redacted]核種質量

(単位：g)

核種	0年	5年	10年	20年	30年	40年	50年	60年	70年
Pb-210	[redacted]								
Pb-212									
Bi-210									
Bi-212									
Po-210									
Rn-222									
Ra-223									
Ra-224									
Ra-225									
Ra-226									
Ra-228									
Ac-225									
Ac-227									
Ac-228									
Th-227									
Th-228									
Th-229									
Th-230									
Th-231									
Th-232									
Th-234									
Pa-231									
Pa-233									
U-232									
U-233									
U-234									
U-235									
U-236									
U-238									
Np-237									

(㊦)-第C.9表 ORIGEN-2.2算出結果に基づく質量比（崩壊年数70年）

核種	質量 (g)	質量比 (質量%)
Pb-210		
Bi-210		
Po-210		
Rn-222		
Ra-223		
Ra-226		
Ac-227		
Th-227		
Th-230		
Th-231		
Th-234		
Pa-231		
U-234		
U-235		
U-238		
合計		

(2) 一般の試験条件における放射性物質の漏えい量評価

(ロ) 章 A 構造解析に示したように特別の試験条件下において収納容器に損傷はなく、健全性が維持される。一般の試験条件における漏えいに係る放射性物質としては、 であるが、保守的 があると仮定する。この から発生するエアロゾルが収納容器の空気中に均一に分散していると仮定し、漏えい率の評価を行う。

一般の試験条件における放射性物質の漏えい率は、収納容器内の空気中に存在するエアロゾル最大密度 及び C.3.1.1 項で求めた一般の試験条件下のガス漏えい率 (L_N) を乗じ、(ロ)-第 C.9 表で示した質量比によって求められる。

(ロ)-第 C.10 表に一般の試験条件における放射性物質の漏えい率を示す。

(ロ)-第 C.10 表に示すように一般の試験条件における放射性物質の基準値と漏えい率の比の合計は 1 より小さい。

(ロ)-第C.10表 一般の試験条件における放射性物質の漏えい率

核種	質量比 (質量%)	漏えい質量 (g/h)	比放射能 (TBq/g)	漏えい率 (TBq/h)	基準値 ^{※1} ($A_2 \times 10^{-6}$) (TBq/h)	比率
Pb-210						
Bi-210						
Po-210						
Rn-222						
Ra-223						
Ra-226						
Ac-227						
Th-227						
Th-230						
Th-231						
Th-234						
Pa-231						
U-234						
U-235						
U-238						

※1：ウランの A_2 値は最小となるよう告示で定める (S) の値とした。

C.3.2 密封装置の加圧

本輸送物はドライ状態で輸送されるため、放射線または熱により圧力が上昇する要因となる水分は含まれていない。

したがって輸送物内部の加圧要因となるのは、温度上昇による空気の熱膨張である。これによる内圧力は(ロ)章 B.4.4 項で述べたとおりである。

密封装置の耐圧強度解析は(ロ)章 B.4.4 項で示した容器の内圧に対し、設計余裕をとり、XXXXXXXXXX の設計圧力で実施している。

C.3.3 冷却材汚染

本輸送容器には冷却材を使用していないので、本項は該当しない。

C.3.4 冷却材損失

本輸送容器には冷却材を使用していないので、本項は該当しない。

C.4 特別の試験条件

本輸送物の密封装置は、(ロ)章 A 構造解析の結果から BU 型輸送物の要件としての特別の試験条件において健全性は損なわれない。また、(ロ)章 B 熱解析の結果から特別の試験条件下での温度及び圧力に対しても健全性は損なわれない。

したがって、密封装置の密封性は、特別の試験条件において損なわれることはないので、本解析では、輸送物の発送前に行うシール蓋 O リング部の気密漏えい試験における判定基準に基づいて密封性能の評価を行うことにより、特別の試験条件における放射性物質の漏えい率が規則に定める基準値以下であることを示す。

C.4.1 核分裂生成ガス

収納物は [REDACTED] のため、核分裂性ガスは発生しない。

C.4.2 放射性物質の漏えい

C.4.2.1 密封装置からの漏えい量

(1) 特別の試験条件における最大ガス漏えい率

特別の試験条件下のガス漏えい率は(C.3-2)式～(C.3-5)式及び(C.3-7)式に特別の試験条件下の圧力条件、ガス物性値及び最大漏えい孔径を代入して求められる。

特別の試験条件下のガス漏えい率を(ロ)-第 C.11 表に示す。計算はシール蓋 O リング部の漏えい率を最大ガス漏えい率とする。

(ロ)-第C.11表 特別の試験条件下の最大ガス漏えい率

項 目	部 位 密封境界 (シール蓋 O リング部)
D : 漏えい孔径	
a : 漏えい孔長さ	
μ : ガスの粘性係数 (at 25°C) ※1	
P _{u,A} ※2 : 特別の試験条件下の密封装置内圧力	
P _{d,A} ※2 : 特別の試験条件下の外圧	
T _{u,A} ※2 : 特別の試験条件下のガス温度	
M : ガスの分子量	
L _A ※2 : 特別の試験条件下のガス漏えい率 (██████████ ██████████)	

※1：気体の粘性係数は温度が上昇すれば大きくなるので、低い温度を設定することは保守的である。

※2：A：特別の試験条件を表す添字

※3：熱解析の最大内圧 ██████████ ██████████ とする。

※4： ██████████ ██████████ に基づく最小外圧 ██████████ ██████████ を使用する。

C.4.2.2 放射性物質漏えい量評価

(ロ)章 A 構造解析に示したように特別の試験条件下において収納容器に損傷はなく、健全性が維持される。一般の試験条件下と同様に漏えいに係る放射性物質としては[REDACTED] [REDACTED]を保守的[REDACTED]であると仮定する。この[REDACTED]から発生するエアロゾルが収納容器の空気中に均一に分散していると仮定し、漏えい率の評価を行う。

特別の試験条件における放射性物質の漏えい率は、収納容器内の空気中に存在するエアロゾル最大密度[REDACTED] [REDACTED]及び C.4.2.1 項で求めた特別の試験条件下のガス漏えい率 (L_A) を乗じ、(ロ)-第 C.9 表に示した質量比によって求められる。

(ロ)-第 C.12 表に特別の試験条件における放射性物質の漏えい率を示す。

(ロ)-第 C.12 表に示すように、特別の試験条件における放射性物質の基準値と漏えい率の比の合計は 1 より小さい。したがって、特別の試験条件における放射性物質の漏えい率は基準値を満足する。

(ロ)-第C.12表 特別の試験条件における放射性物質の漏えい率

核種	質量比 (質量%)	漏えい質量 (g/week)	比放射能 (TBq/g)	漏えい率 (TBq/week)	基準値(A ₂) ^{※1} (TBq/week)	比率
Pb-210						
Bi-210						
Po-210						
Rn-222						
Ra-223						
Ra-226						
Ac-227						
Th-227						
Th-230						
Th-231						
Th-234						
Pa-231						
U-234						
U-235						
U-238						

(ロ)-C-19

※1：ウランの A₂ 値は最小となるよう告示で定める (S) の値とした。

C.5 結果の要約及びその評価

漏えいに係る放射性物質としては[REDACTED]を保守的[REDACTED]であると仮定する。この[REDACTED]から発生するエアロゾルが収納容器の空气中に均一に分散していると仮定し、各質量比に漏えい率を乗じて、一般の試験条件及び特別の試験条件の漏えい率評価を行うと、(a)-第 C.10 表、(a)-第 C.12 表に示すように、放射性物質の基準値と漏えい率の比の合計は、それぞれ 1 より小さい。したがって、一般の試験条件及び特別の試験条件における放射性物質の漏えい率は、基準値を満足する。

また、本密封解析を基に発送前検査時の気密漏えい検査の基準値を [REDACTED]ではなく保守的に [REDACTED] 設定する。発送前検査の検査条件を(a)-第 C.13 表に示す。

(a)-第C.13表 発送前検査時の気密漏えい検査条件

項目	条件
検査方法	[REDACTED]
初期圧力	[REDACTED]
検査時間	[REDACTED]
ガス	[REDACTED]
漏えい率	[REDACTED]

C.6 付属書類

C.6.1 参考文献

[Redacted]

2) 伝熱工学資料第5版 日本機械学会(2009)

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

(口) 章 D 遮蔽解析

D. 遮蔽解析

D.1 概要

本申請に係る輸送では、(イ)第 A.1 表に示す [REDACTED] について、輸送容器あたり、 ^{235}U 濃縮度 [REDACTED]、または、(イ)第 A.1 表に示す [REDACTED] について、輸送容器あたり、 [REDACTED] を取扱う。

[REDACTED] 輸送容器は、輸送容器あたり最大 [REDACTED] 収納する設計であり、本章では、本申請に係る輸送時より厳しい条件である [REDACTED] に対する評価を示す。本章において、収納する燃料を収納物、収納物を収納した輸送容器を輸送物と呼称する。

遮蔽解析における線源条件として、本輸送に係る収納物に対し保守的評価となるウラン同位体量、並びに不純物として ^{237}Np 及び超ウラン元素同位体を考慮する。超ウラン元素は、米国等の核兵器保有国でのウラン燃料製造時に生産ラインから微量の混入が考えられる兵器級プルトニウムを選定し、評価する。

解析コードは、モンテカルロ輸送コード MCNP¹⁾を用いた。線源のエネルギー群毎のガンマ線及び中性子源の算出には ORIGEN-S²⁾を使用した。

通常の輸送時における解析モデルでは、収納物、収納容器、中性子吸収材、断熱材及びドラムを考慮した。その他の輸送容器の材料は、遮蔽として安全側の評価となるよう無視した。

一般の試験条件下の解析モデルは、通常の輸送時の解析モデルに対し、一般の試験条件下の自由落下における変形量 [REDACTED] を考慮した。

特別の試験条件下においては、収納容器の損傷は無い状態のまま、保守的にその他の構成材料は燃焼や破壊により喪失したと仮定し、収納物と収納容器のみでの評価を実施した。

なお、収納物は [REDACTED] で構成されるため、収納缶ないでの配置は一定ではない。従って、評価結果が最も保守的となるようなモデルを用いて解析を実施した。

D.2 線源仕様

線量当量率の評価に用いた線源仕様を(□)-第 D.1 表に示す。線源仕様は、輸送に係る収納物に対し保守的評価となるウラン量、並びに不純物として ^{237}Np 及び超ウラン元素同位体を考慮した。超ウラン元素については、米国等の核兵器保有国でのウラン燃料製造時に生産ラインから微量の混入が考えられる兵器級プルトニウムを選定した。

ガンマ線源及び中性子線源の算出は、本線源仕様で定義した同位体から崩壊によって生成される娘核種も考慮し計算する。

(□)-第 D.1 表において [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] に対し過小評価側の値となっているが、評価する [REDACTED] [REDACTED] とし、過大側の評価をした。

(□)-第D.1表 解析線源計算のための放射性同位体仕様

同位体	wt %
^{232}U	[REDACTED]
^{233}U	[REDACTED]
^{234}U	[REDACTED]
^{235}U	[REDACTED]
^{236}U	[REDACTED]
^{238}U	[REDACTED]
$^{237}\text{Np}^a$	[REDACTED]
$^{238}\text{Pu}^a$	[REDACTED]
$^{239}\text{Pu}^a$	[REDACTED]
$^{240}\text{Pu}^a$	[REDACTED]
$^{241}\text{Pu}^a$	[REDACTED]
$^{242}\text{Pu}^a$	[REDACTED]
$^{241}\text{Am}^a$	[REDACTED]

^a 不純物として考慮、wt%は [REDACTED] に対する割合。

D.2.1 ガンマ線源

ガンマ線源は、線源仕様で定義した同位体の崩壊によって生成される娘核種も考慮した。計算コード SCALE 内の ORIGEN-S モジュールにより 18 群のガンマ線エネルギーを(□)-第 D.1 表の初期組成からの経過時間の関数として算出した。

ガンマ線による線量当量率が最大となるのは(□)-第 D.1 表の初期組成から約 10.5 年経過後であった。(□)-第 D.1 表の初期組成から約 10.5 年経過後の各エネルギー群のガンマ線源強度を(□)-第 D.2 表に示す。なお、二次ガンマ線及び制動放射線については、遮蔽評価時に解析によって求めるために、本表には含まない。

最もエネルギーの低い第 18 群のガンマ線については、ガンマ線エネルギーが低いため、全体のガンマ線源に対する影響を無視できるため、線量当量率計算の線源としては省略した。

(D)-第D.2表 XXXXXXXXXXあたりのガンマ線源^a

エネルギー群 番号	エネルギー範囲 (MeV)	ガンマ線源強度 (photons/s)
1	8.00 < E ≤ 10.00	
2	6.50 < E ≤ 8.00	
3	5.00 < E ≤ 6.50	
4	4.00 < E ≤ 5.00	
5	3.00 < E ≤ 4.00	
6	2.50 < E ≤ 3.00	
7	2.00 < E ≤ 2.50	
8	1.66 < E ≤ 2.00	
9	1.33 < E ≤ 1.66	
10	1.00 < E ≤ 1.33	
11	0.80 < E ≤ 1.00	
12	0.60 < E ≤ 0.80	
13	0.40 < E ≤ 0.60	
14	0.30 < E ≤ 0.40	
15	0.20 < E ≤ 0.30	
16	0.10 < E ≤ 0.20	
17	0.05 < E ≤ 0.10	
18 ^b	0.01 < E ≤ 0.05	
Total		

^a 初期組成から 10.5 年経過後のORIGEN-Sコードの計算結果。
^b 線量当量率計算では省略される。

D.2.2 中性子源

中性子源もガンマ線源同様に照射後経過時間の関数として、ORIGEN-S を使用して算出した。

中性子を発生する反応は、超ウラン元素の自発核分裂、及び α 崩壊核種から発生した α 線と燃料中の軽元素との (α, n) 反応である。自発核分裂により発生する中性子の収率については、ガンマ線源強度と同様に、(D)-第 D.1 表に示す同位体組成を用いて評価した。また、本輸送に係る収納物は [REDACTED] であるが、保守的評価とするために、解析上は [REDACTED] [REDACTED] として取り扱い、酸素元素の (α, n) 反応により発生する中性子収率も評価した。

(D)-第 D.1 表に示す同位体組成における発生中性子スペクトルを(D)-第 D.3 表に示す。中性子スペクトルは 27 群のエネルギー構造で評価し、(D)-第 D.3 表には高エネルギーの上位 9 群の値を示す。中性子の増倍は、本表で考慮されていない。中性子の増倍影響は、計算コード実行時に中性子の増倍を考慮した計算を実施する。中性子スペクトルは燃料要素に含まれる同位体の放射性崩壊により、時間とともに変化するため、中性子による寄与が最大となる (D)-第 D.1 表の初期組成から約 15 年経過後の値を用いた。

なお、ガンマ線源と中性子線源では、線量当量率への寄与が最大となる崩壊生成核種組成が異なるために、線量当量率評価が最大となる初期組成からの経過時間が異なるが、保守的な評価としてどちらの評価にも最大寄与崩壊時間を適用して解析を行う。

(ロ)-第D.3表 ██████████ あたりの中性子線源^a

エネルギー群番号	エネルギー範囲 (MeV)	中性子線源強度 (neutrons/s)
1	$6.43 \times 10^{+0} < E \leq 2.00 \times 10^{+1}$	██████████
2	$3.00 \times 10^{+0} < E \leq 6.43 \times 10^{+0}$	
3	$1.85 \times 10^{+0} < E \leq 3.00 \times 10^{+0}$	
4	$1.40 \times 10^{+0} < E \leq 1.85 \times 10^{+0}$	
5	$9.00 \times 10^{-1} < E \leq 1.40 \times 10^{+0}$	
6	$4.00 \times 10^{-1} < E \leq 9.00 \times 10^{-1}$	
7	$1.00 \times 10^{-1} < E \leq 4.00 \times 10^{-1}$	
8	$1.70 \times 10^{-2} < E \leq 1.00 \times 10^{-1}$	
9	$3.00 \times 10^{-3} < E \leq 1.70 \times 10^{-2}$	
10-27 ^b	$5.50 \times 10^{-4} < E \leq 3.00 \times 10^{-3}$	
Total		

^a 初期組成から 15 年経過後のORIGEN-Sコードの計算結果。

^b 線源は、線量当量率へ評価結果に寄与しない 10 ~ 27 群に対してゼロと仮定した。

D.3 モデル仕様

D.3.1 解析モデル

本輸送容器における遮蔽解析は、MCNP コードを使用して実施した。

輸送容器の解析モデルでは、収納物、収納容器、中性子吸収材、断熱材及びドラムを考慮した。その他の輸送容器中の物質については、遮蔽評価として安全側の評価となるよう、解析上は存在しないものとして扱った。

通常輸送時の解析に使用した解析モデルを(ρ)-第 D.1 図及び(ρ)-第 D.4 表に示す。

線量当量率の評価位置を(ρ)-第 D.5 表に示す。通常輸送時における線量当量率は、ドラムの外表面（ドラムの表面から 1 cm）及びドラム表面から 1 m の位置で計算した。線源及び輸送容器の構造は底部及び側面部では開口部がなく、線源からの輸送容器外部へのストリーミングによる放射線は無い。上部は空気モデル化し保守的な評価とした。一般の試験条件下の解析に使用した解析モデルを(ρ)-第 D.2 図 及び (ρ)-第 D.6 表に示す。一般の試験条件下における落下試験で局所的に ██████████ 変形した。解析モデルは保守的な評価となるように、上部断熱材と底部断熱材の ██████████ ██████████ ██████████ 縮めた解析モデルとした。線量当量率の評価位置を(ρ)-第 D.5 表に示す。一般の試験条件下における線量当量率は、ドラムの外表面（ドラムの表面から 1 cm）の位置で計算した。

特別の試験条件下においては、収納容器は完全な状態であるが、その他のすべての物質が存在しないものとの仮定し、収納物と収納容器のみでの評価を実施した。

██████████ は、小さな ██████████ で構成されるために、収納缶内での配置は一定ではない。従って、評価結果が最も保守的となるようなモデルを用いて解析を実施した。

ガンマ線（ドラム側面と上部）遮蔽解析モデルでは、██████████ ██████████ を収納容器モデルと同じ高さ ██████████ 円筒シェル形状に配置した。円筒シェルの寸法は ██████████ ██████████ ██████████ ██████████ である。ガンマ線（ドラム底部）遮蔽解析モデルと中性子線遮蔽解析モデルでは、収納容器の底部に全てのウランがあり ██████████ ██████████ ██████████ 形とした。

収納物モデルが保守的になるように、輸送容器のすべての材料寸法、厚み及び密度は、公称値以下でモデル化し、収納容器を支持するシリコンゴムパッドのような主要でない部品は全て省略して評価している。

軸方向の最大線量当量率が、輸送容器の下面で生じることが予備解析から想定されたため、

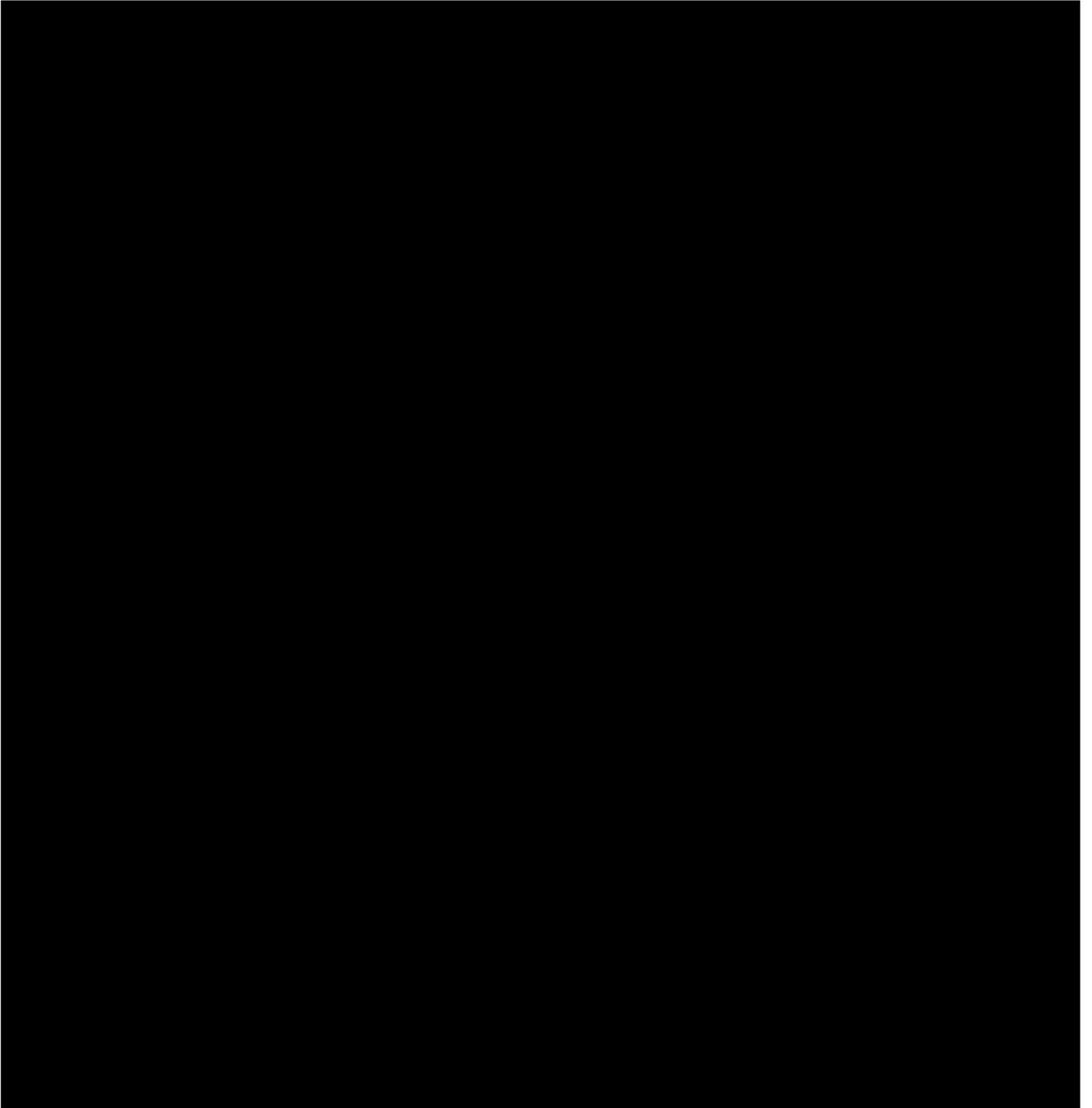
すべての収納物は、収納容器の下面に接触するようにモデル化され、収納容器の上部形状、収納容器の蓋、断熱材、蓋、カバーなどは保守的に簡略化、又は、空隙（(ロ)-第 D.1 図、(ロ)-第 D.2 図参照）としてモデル化する。

収納容器の内部モデルは、収納物 [REDACTED] のみとする。収納缶、缶スペーサー、収納物包装等は、すべて省略される。収納物である [REDACTED] は、輸送容器底面の評価点で最大になる配置（ガンマ線（底部）と中性子線評価：円柱）としてモデル化する。その他の形状の [REDACTED] デルの検討結果は章末の付属書類D.6.1に示す。

(a)-第D.1図 通常輸送時のための ████████ 型輸送物の円筒計算モデル

収納物、材料及び線量当量率評価の位置に関するデータは、(a)-第D.4表、(a)-第D.5表及び(a)-第D.7表を参照。

特別の試験条件下に対して、収納容器の外部の全ての材料は無視される。



(a)-第D.2図 一般の試験条件下のため ██████████ 型輸送物の円筒計算モデル

収納物、材料及び線量当量率評価の位置に関するデータは、(a)-第D.5表・(a)-第D.6表及び(a)-第D.7表を参照。

(D)-第D.5表 遮蔽解析モデルにおける線量当量率評価位置

	外半径 (cm)	高さ ^a (cm)	備考
通常輸送時			
容器表面 (横) ^b			高さは収納容器中央とし、ドラム横外側の横1cm
容器表面 (上)			ドラム上面中央より1cm上
容器表面 (下)			ドラム下部中央より1cm下
容器側面 1 m ^b			高さは収納容器中央とし、ドラム横外側の横1m
容器上部 1 m			ドラム上面中央より1m上
容器下部 1 m			ドラム下部中央より1m下
一般の試験条件			
容器表面 (横)			高さは収納物中央とし、ドラム横外側の横1cm
容器表面 (上)			ドラム上面中央より1cm上
容器表面 (下)			ドラム下部中央より1cm下
特別の試験条件			
容器側面 1 m ^b			高さは収納容器中央とし、収納容器横外側の横1m
容器上部 1 m			収納容器上面中央より1m上
容器下部 1 m			収納容器下部中央より1m下

^a ドラム下面を基準とした高さ方向の距離

^b 表面側面位置は、収納物の中心の高さで設定

(D)-第D.6表 一般の試験条件下に対する(D)-第D.1図で示される
 型輸送物の遮蔽解析モデルのための形状データ

材質	外半径	底部からの 基準高さ ^a	高さ (h)	横方向厚	上部方向厚	下部方向厚
収納物						
輸送容器						
収納容器内側空気						
収納容器 ^b						
収納容器外側空気						
中性子吸収材内側ライナー						
中性子吸収材						
断熱材内側ライナー						
上部断熱材						
底部・横断熱材						
ドラム						

^a ドラム下面を基準とした高さ方向の距離 単位: cm
^b フランジ及び蓋の詳細は省略した (保守的評価)。
^c
^d 線量当量率が低い上部の材料は空気とした (保守的評価)。

D.3.2 解析モデル各領域における原子個数密度

型 輸送物の遮蔽モデルのための各領域の核種組成を、(D)-第 D.7 表に示す。

(D)-第D.7表 遮蔽モデル材料仕様

材料	密度 (g/cm ³)	組成	wt%	原子個数密度 (atoms/barn-cm)
収納物 ^a				
ステンレス鋼				
空気				

a 自己吸収評価のための収納物材料中ウラン同位体は、主要の 2 核種で評価した。

D.4 遮蔽評価

遮蔽評価の方法及び計算結果について下記に示す。

1. 方法

2つの解析コード（ORIGEN-S コード及びMCNP コード）を遮蔽の評価に使用する。

ORIGEN-S は一般的な核種崩壊生成を計算するコードで、初期同位体組成に対して時間依存の崩壊や燃焼による組成の変化を計算でき、それらの核種が放出するエネルギー群毎のガンマ線及び中性子源を計算できる。

MCNP は、汎用目的の中性子、ガンマ線輸送モンテカルロ解析コードである。

ORIGEN-S で得られたエネルギー群毎のガンマ線及び中性子源を輸送モデルに適用し、線量当量率を算出する。

この解析において、断面積ライブラリーは、ENDF/B-VI.8 を使用した。

評価点における線量当量率は、ANSI/ANS 換算係数（ANSI/ANS-6.1.1）³⁾ を用いてガンマ線及び中性子束に換算した。使用したエネルギー群の換算係数を(ρ)-第 D.8 表及び(ρ)-第 D.9 表に示す。

2. 計算結果

評価結果を(ρ)-第 D.10 表に示す。

通常輸送時、一般の試験条件下及び特別の試験条件下の両方の線量当量率基準を満足することを示す。

(D)-第D.8表 ANSI/ANS-1977 ガンマ線量当量率換算係数

エネルギー (MeV)	換算係数 (rem/h)/(photons/s/cm ²)
0.01	3.96×10^{-6}
0.03	5.82×10^{-7}
0.05	2.90×10^{-7}
0.07	2.58×10^{-7}
0.10	2.83×10^{-7}
0.15	3.79×10^{-7}
0.20	5.01×10^{-7}
0.25	6.31×10^{-7}
0.30	7.59×10^{-7}
0.35	8.78×10^{-7}
0.40	9.85×10^{-7}
0.45	1.08×10^{-6}
0.50	1.17×10^{-6}
0.55	1.27×10^{-6}
0.60	1.36×10^{-6}
0.65	1.44×10^{-6}
0.70	1.52×10^{-6}
0.80	1.68×10^{-6}
1.00	1.98×10^{-6}
1.40	2.51×10^{-6}
1.80	2.99×10^{-6}
2.20	3.42×10^{-6}
2.60	3.82×10^{-6}
2.80	4.01×10^{-6}
3.25	4.41×10^{-6}
3.75	4.83×10^{-6}
4.25	5.23×10^{-6}
4.75	5.60×10^{-6}
5.00	5.80×10^{-6}
5.25	6.01×10^{-6}
5.75	6.37×10^{-6}
6.25	6.74×10^{-6}
6.75	7.11×10^{-6}
7.50	7.66×10^{-6}
9.00	8.77×10^{-6}
11.00	1.03×10^{-5}
13.00	1.18×10^{-5}
15.00	1.33×10^{-5}

(D)-第D.9表 ANSI/ANS-1977 中性子線量当量率換算係数

エネルギー (MeV)	換算係数 (rem/h)/(neutrons/s/cm ²)
2.5×10^{-8}	3.67×10^{-6}
1.0×10^{-7}	3.67×10^{-6}
1.0×10^{-6}	4.46×10^{-6}
1.0×10^{-5}	4.54×10^{-6}
1.0×10^{-4}	4.18×10^{-6}
1.0×10^{-3}	3.76×10^{-6}
1.0×10^{-2}	3.56×10^{-6}
1.0×10^{-1}	2.17×10^{-5}
5.0×10^{-1}	9.26×10^{-5}
1.0	1.32×10^{-4}
2.5	1.25×10^{-4}
5.0	1.56×10^{-4}
7.0	1.47×10^{-4}
10.0	1.47×10^{-4}
14.0	2.08×10^{-4}
20.0	2.27×10^{-4}

D.5 結果の要約及びその評価

遮蔽モデル評価の結果の要約を(ロ)第 D.10 表に示す。

通常輸送時の輸送物の表面線量当量率の最大は [REDACTED] であり、また表面から 1 m 離れた点での線量当量率の最大は [REDACTED] である。それぞれ基準値の 2.0 mSv/h 以下及び 100 μ Sv/h 以下を満足している。また、一般の試験条件下での輸送物の表面線量当量率の最大は [REDACTED] であり、基準値の 2.0 mSv/h 以下を満足している。さらに、特別の試験条件下での輸送物の表面から 1 m の点での線量当量率の最大は [REDACTED] であり、これも基準値の 10.0 mSv/h 以下を満足している。

(ロ)-第D.10表 [redacted] 型 輸送物外部の線量当量率

mSv/h(mrem/h)

	ドラム表面			表面から 1 m		
	側面	上部	底部	側面	上部	底部
通常輸送時						
ガンマ線	[redacted]					
中性子線	[redacted]					
Total	[redacted]					
制限値	2 (200)	2 (200)	<u>2 (200)</u>	<u>0.1 (10)</u>	0.1 (10)	0.1 (10)
一般の試験条件下						
ガンマ線	[redacted]					
中性子線	[redacted]					
Total	[redacted]					
制限値	2 (200)	2 (200)	<u>2 (200)</u>	----	----	----
特別の試験条件下						
ガンマ線	[redacted]					
中性子線 ^a	[redacted]					
Total	[redacted]					
制限値	----	----	----	<u>10 (1000)</u>	10 (1000)	10 (1000)

^a 二次ガンマ線量当量率を含む(中性子線量当量率の<1%)

^b 輸送指数は5.8と評価する。

表中の下線部は3点の評価点（側面、上部、底部）の最大値

(ロ)-D-20

D.6 付属書類

D.6.1 ガンマ線評価モデル

D.6.2 参考文献



(□)-第D.3図 [redacted] 収納物の径方向(上面図)形状モデル

D.6.2 参考文献

- 1) LA-UR-03-1987, Version 5, MCNP—A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Los Alamos Natl. Lab., Los Alamos, N.M., Apr. 24, 2003.
- 2) NUREG/CR-0200, Rev. 6 (also ORNL/NUREG/CSD-2/R6), SCALE: A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analyses for Licensing Evaluation, Lockheed Martin Energy Research, Inc., Oak Ridge Natl. Lab., March 2000.
- 3) ANSI/ANS-6.1.1, Neutron and Gamma Ray Flux-to-Dose-Rate Factors, American Natl. Standards Institute, American Nuclear Society, La Grange, Ill., 1977.

(口) 章 E 臨界解析

E. 臨界解析

E.1 概 要

本書は、**■**型輸送容器を用いた**■**輸送時の臨界安全性の評価について示す。

■型輸送容器は、設計上**■****■**等を収納可能であるが、本輸送では、収納物を**■**に限定する。

本輸送容器の特別の試験条件下での試験結果では、密封装置の健全性が確保されていることを示しているが、臨界解析においては保守的評価として、収納容器内が水に満たされていると仮定して評価を行う。

本輸送容器には**■****■****■****■****■****■****■**ある。ただし、**■**臨界解析では、収納容器内は水と**■****■**が均一に存在するモデルを想定する。**■**の臨界解析では、より安全側の解析となるよう**■****■**として、収納容器内は水と**■**が均一に存在するモデルを想定する。

なお、**■**が同一の輸送容器に梱包されることはない。本輸送物は、**■**での輸送を実施する。

本輸送物は、収納物中に含まれる核分裂性物質の重量が 15 g 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輸送中、通常輸送時の孤立系、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規則及び告示で求められている。なお、本章では、通常輸送時及び一般の試験条件下における輸送物を非損傷系輸送物、特別の試験条件下における輸送物を損傷系輸送物と呼称する。

本解析において実施した、解析条件及び結果を(□)-第 E.1 表に示す。輸送中の臨界評価は他モデル評価結果に包含されるとし、評価しなかった。

臨界解析は、配列系における距離、特別の試験条件下における輸送容器の変形等を考慮し、臨界安全解析コードシステム SCALE⁽¹⁾を使用し、3次元モンテカルロ法を用いて行った。以下、通常の輸送時及び一般の試験条件においた輸送物を非損傷輸送物、特別の試験条件においた輸送物を損傷輸送物という。

(ロ)-第E.1表 臨界解析条件及び結果

		孤立系			配列系	
		通常輸送時	一般の試験条件	特別の試験条件	一般の試験条件	特別の試験条件
解析モデル		非損傷-孤立系		損傷-孤立系	非損傷-配列系	損傷-配列系
解析条件	輸送制限個数	[Redacted]				
	輸送制限配列	[Redacted]				
	変形考慮	無し	有り	無し	有り	
	密封装置内への水の浸入	有り（収納容器内で燃料と水が均一）				
	中性子吸収材・毒物	収納容器周囲			収納容器周囲	
	水反射体	周囲に厚さ 30 cm の水が存在			周囲上下に厚さ 30 cm 水が存在。輸送物間は低密度の水が存在するとし、1 輸送物の境界は鏡面反射として無限配列を想定。	
結果	中性子実効増倍率 ($k_{eff}+2\sigma$)	[Redacted]				
結果	中性子実効増倍率 ($k_{eff}+2\sigma$)	[Redacted]				

E.2 解析対象

E.2.1 収納物

収納容器に収納する収納物は、核分裂性物質、収納缶、緩衝材及び梱包材（アルミ箔、アルミ袋、クッション材、テープ）で構成される。

(1) 核分裂性物質

型輸送容器に収納される核分裂性物質は、
寸法は、それぞれ
である。

収納物の仕様を(ロ)第 E.2 表、形状を(ロ)第 E.1 図に示す。

(2) 収納缶、缶スペーサー

は、炭素鋼製の収納缶に収納される。
収納缶の間には、中性子吸収材を充填した缶スペーサーを配置する場合がある。

解析においては、収納缶は存在しないものとし、収納容器内に直に核分裂性物質を収納したモデルで評価を行う。このため、収納缶に収納される
は、収納缶内で配置上の制限はない。なお、缶スペーサー内の中性子吸収材は臨界解析上考慮されない。

(3) 梱包材、緩衝材

アルミ箔又はアルミ袋にて梱包し、
収納する。梱包された燃料は、荷崩れ防止のためテープが使用される。
それぞれ輸送容器当たり
で収納する際は、アルミ袋に梱包し、収納缶に収納する。梱包された燃料は、荷崩れ防止のためテープが使用され

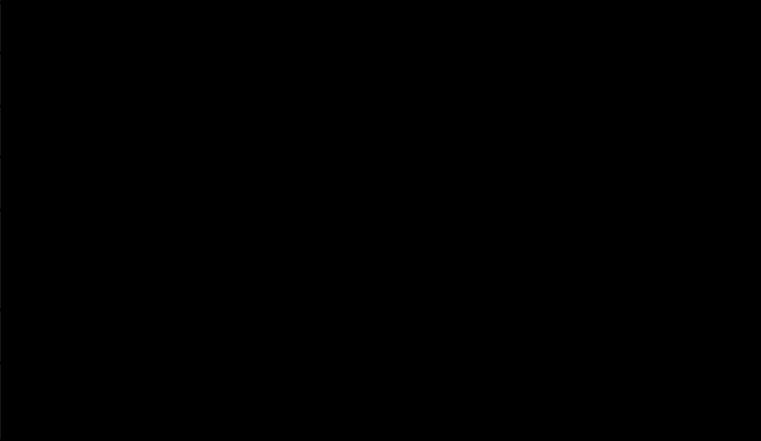
る場合がある。 [redacted] 収納後の収納缶内外の空隙部は、ステンレス製のクッション材等で満たされる。収納缶には、取扱い時の作業を容易にするため、ステンレス鋼バンド及びナイロン被覆ワイヤーを装着する可能性がある。また、振動の低減及び接触を最小限にする目的で、缶同士の上にシリコンゴム製の緩衝材が使われる場合がある。また、 [redacted] [redacted] の際には、缶スペーサーが収納缶の間に挿入される場合がある。

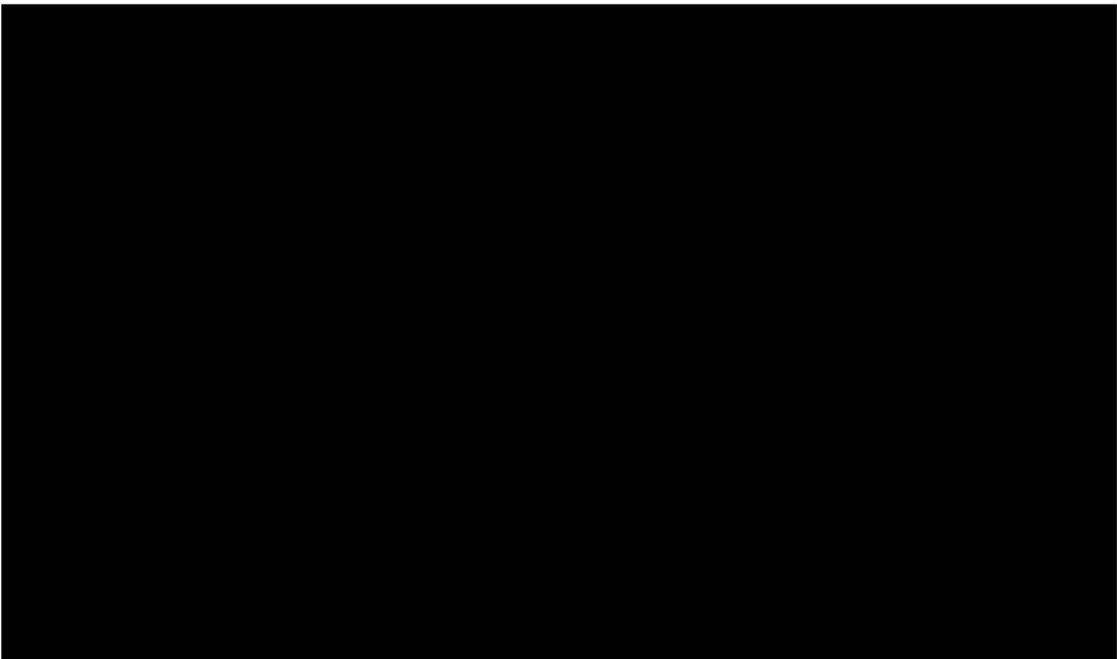
なお、収納容器内の梱包材、緩衝材及び空隙は、臨界解析上、水に置き換えた。

(p)-第E.2表 収納物仕様 (1) [redacted]

項目		仕様
性状		[redacted]
型式		
寸法 (mm)		
形状		
[redacted]重量 (g)		
あたりの仕様の 輸送物1基	収納物重量 (kg)	
	[redacted]収納数 (枚)	
	²³⁵ U重量 (kg)	
	ウラン濃縮度 (wt%)	

(㊦)-第E.2表 収納物仕様 (2/2) 

項目		仕様
性状		
型式		
形状		
燃料重量 (g)		
あたりの仕様 輸送物1基	燃料収納量 (g)	
	²³⁵ U重量 (kg)	
	ウラン濃縮度 (重量%)	



(㊦)-第E.1図 

E.2.2 輸送容器

本輸送容器は、(ロ)章 A.9 項に示すとおり、一般の試験条件下において、ドラム本体及び断熱材に臨界解析に影響するような形状変化は生じない。

特別の試験条件下では、収納物、収納容器及び中性子吸収材は変形せず、ドラムアセンブリの外壁及び断熱材が変形する。変形によりドラムアセンブリは楕円形になると仮定し、解析においては面積の等しい円形モデルで近似する。

(ロ)章 A 構造解析に示すとおり、通常輸送時、一般及び特別の試験条件下において、収納容器の密封性能は維持されているが、臨界解析においては保守的評価として、収納容器内が水に満たされると仮定して評価を行う。

断熱材である [REDACTED] は、主成分が [REDACTED] 水分の含有量が火災時や浸水時で異なる。臨界解析上は、中性子吸収材での中性子吸収効果が最小となる水分含有量を仮定して解析を実施する。

E.2.3 中性子吸収材

本輸送容器には、収納容器外側に中性子吸収材として、 [REDACTED] [REDACTED] を使用している。

[REDACTED] は、製造時に [REDACTED] 上の天然組成のボロン濃度であるが、保守的に評価するために [REDACTED] を [REDACTED] と評価した。 [REDACTED] は、材料の主成分 [REDACTED] があるため、高温で脱水する。臨界安全上は、水分含有量が多い場合は水素原子により減速される中性子が増えてボロンによる中性子吸収効果が増す。中性子吸収材中の水分濃度については、通常輸送時及び一般の試験条件下に対しては、保守的に評価した中性子吸収材最高到達温度 [REDACTED] で 168 時間乾燥させ重量測定した値を用いた。特別の試験条件下に対しては、さらに [REDACTED] [REDACTED] で 4 時間加熱した後に重量測定を行った値を用いた³⁾。

なお、輸送物内の中性子束は小さいので、長時間たっても、この中性子捕獲によって中性子吸収材が著しく消耗されることはない。

注 1) [REDACTED]

注 2) 中性子吸収材の最高到達温度は(ロ)第 B.8 表及び(ロ)第 B.10 表のノード 255, 351, 3880, 3888 参照。加熱温度は表中の温度より、保守的に高く設定した。

E.3 モデル仕様

E.3.1 解析モデル

本輸送容器には [redacted] 収納される。 [redacted]

[redacted]

(p)-第 E.2 図に評価に使用したモデル図を示す。本解析において、収納容器内の収納缶や梱包材はモデル化せず、燃料は収納容器内に水と燃料が均一に分布していると仮定した (E.7.1 項参照)。また [redacted] 解析においては、保守的にもっとも燃料の量が多くなる [redacted] を輸送容器当たり [redacted] 場合を仮定 [redacted] [redacted]、解析を実施した。

モデル中の空隙は、すべて浸水したと保守的に仮定した。

1. 非損傷-孤立系輸送物計算モデル

孤立系における輸送物計算モデルを (p)-第 E.3 図～(p)-第 E.5 図に示す。非損傷-孤立系の輸送物を評価するために使用される形状モデルは、収納物を除く輸送容器形状を一部簡略化 (ドラムアセンブリのフープ削除、シリコンラバーパッド形状の単純化等) した後、実際の寸法通りに作成している。

非損傷-孤立系輸送物計算モデルのための材料仕様を (p)-第 E.3 表に示す。

本計算モデルでは、ドラムアセンブリ外側を厚さ 30 cm の水で囲まれた体系にて評価した。

2. 非損傷-配列系輸送物計算モデル

配列系輸送物計算モデルを、(p)-第 E.6 図～(p)-第 E.9 図に示す。

非損傷-配列系輸送物計算モデルのための材料仕様を (p)-第 E.3 表に示す。本配列系計算モデルでは、輸送容器周囲上下に 30 cm の水 (水密度 1) を満たし、輸送容器の外周に接する正六角形を配置し、正六角形の周囲境界を鏡面反射とする無限配

列で評価を実施した。配列間^{注3)}（正六角形内側と輸送容器外周の間）は低密度の水で満たした。

3. 損傷-孤立系輸送物計算モデル

本モデルは、第1項に示した「非損傷-孤立系輸送物計算モデル」と比較し、ドラム本体の半径を6.4%縮めたモデルを使用する（E.7.2項参照）。

臨界解析上の各領域の密度等は第2項と同様に定めた。

損傷-孤立系輸送物計算モデルのための材料仕様を(□)-第E.3表に示す。

本計算モデルでは、30 cm厚の水で囲まれた体系にて評価した。

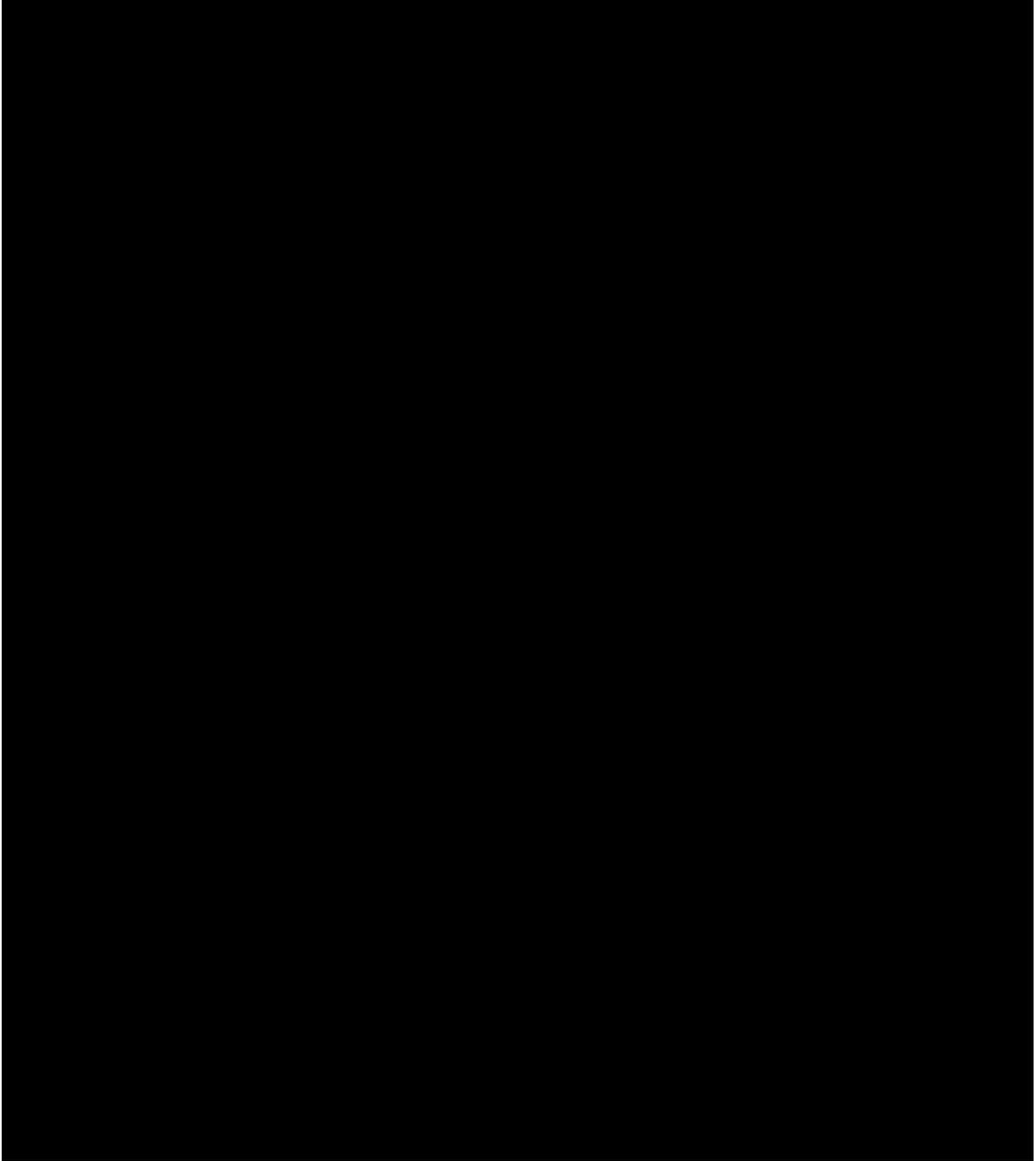
4. 損傷-配列系輸送物計算モデル

損傷-配列系において、配列内の単一モデルは第3項と同様に「損傷-孤立系輸送物計算モデル」で評価を行った。

損傷-配列系輸送物計算モデルのための材料仕様を(□)-第E.3表に示す。

本配列系計算モデルでは、第2項と同様の無限配列で評価した。

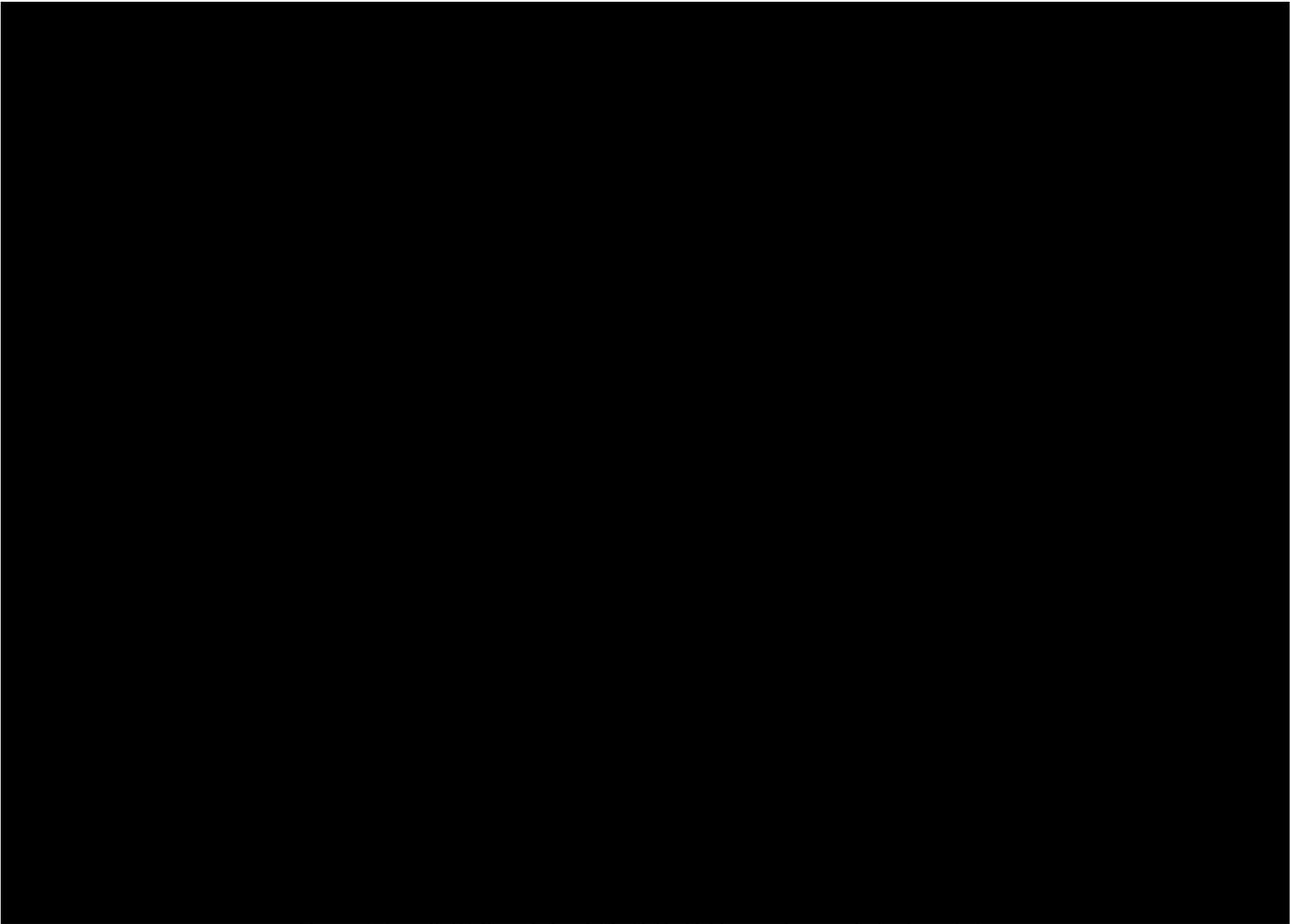
^{注3)} 配列間は、中性子実効増倍率が最大となる低密度 ($0.9982 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$) の水で満たす (E.7.3項参照)。



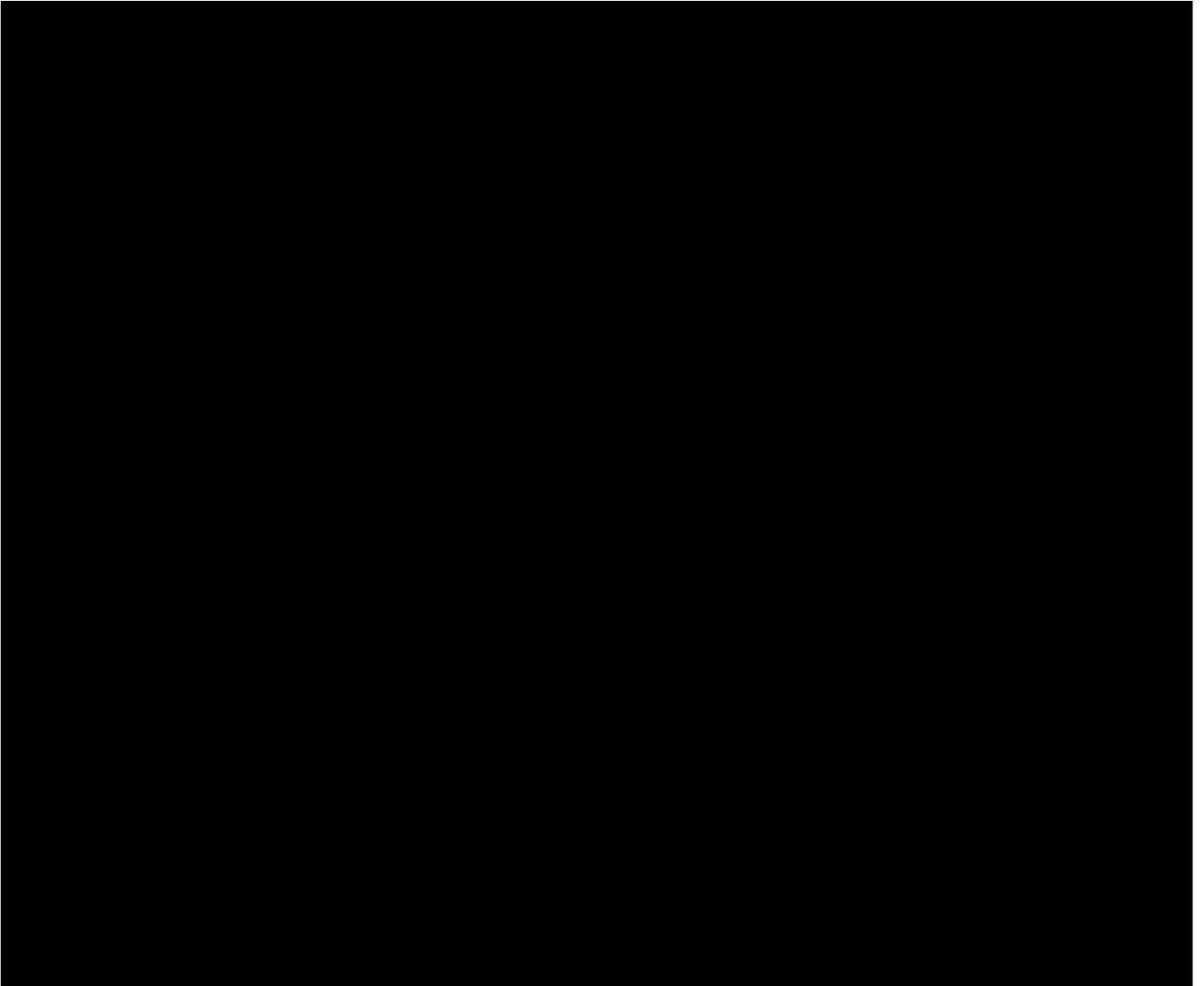
(□)-第E.2図 XXXXXXXXXX 単一ユニット輸送物モデルの断面図



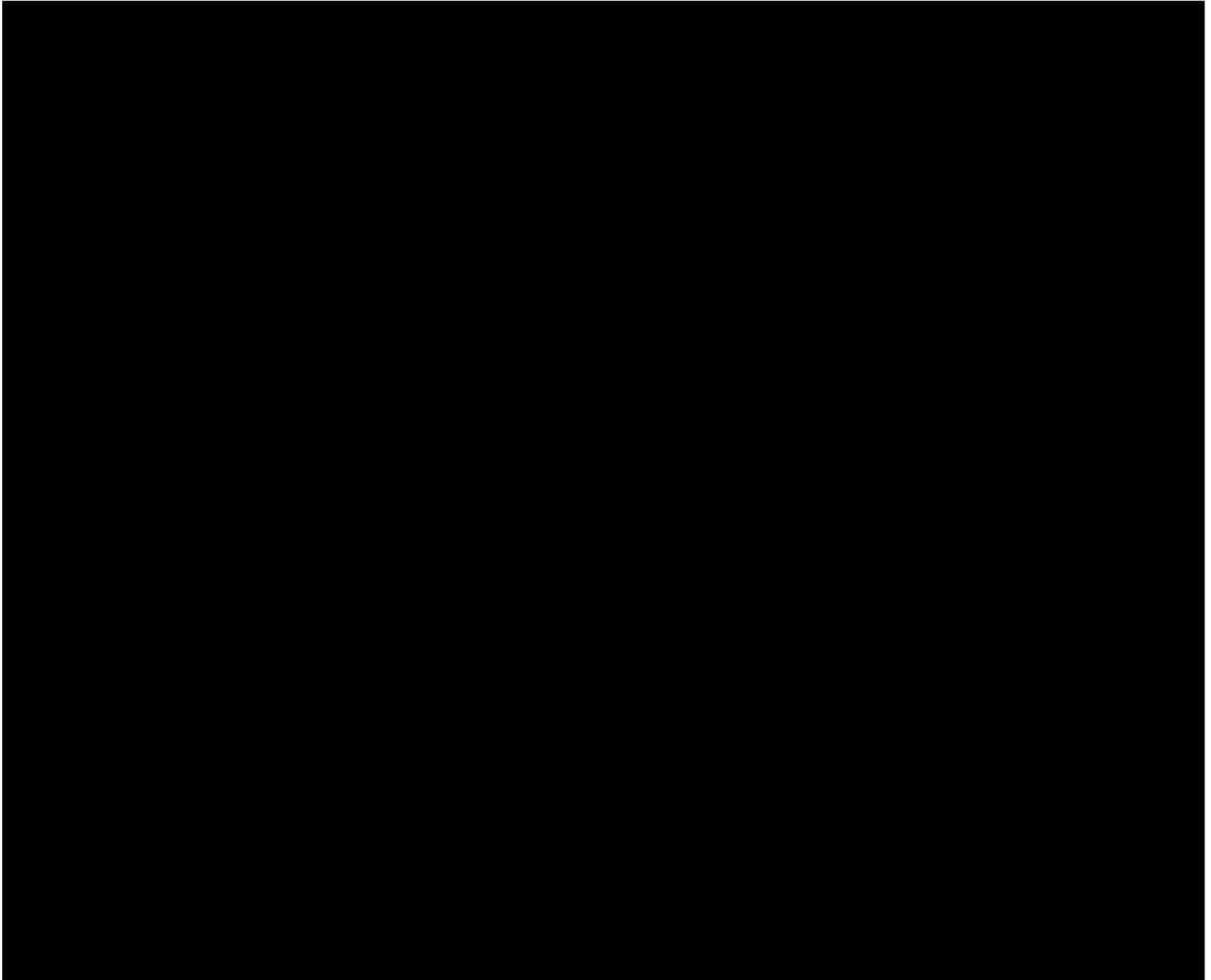
(ロ)・第E.3図 非損傷-孤立系輸送物計算モデルの底部断面図



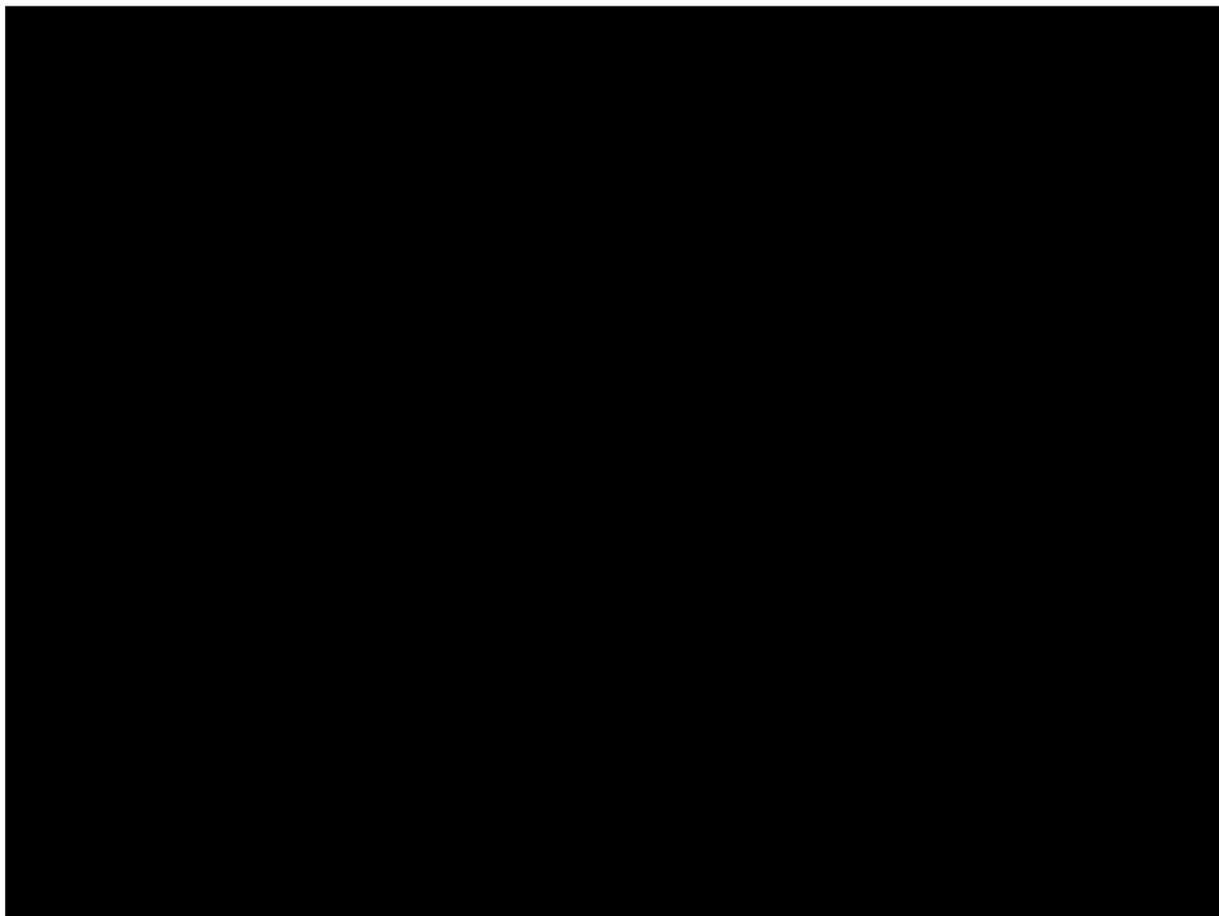
ロ 第 図 非損傷 孤立系輸送物計算モデルの上部断面図



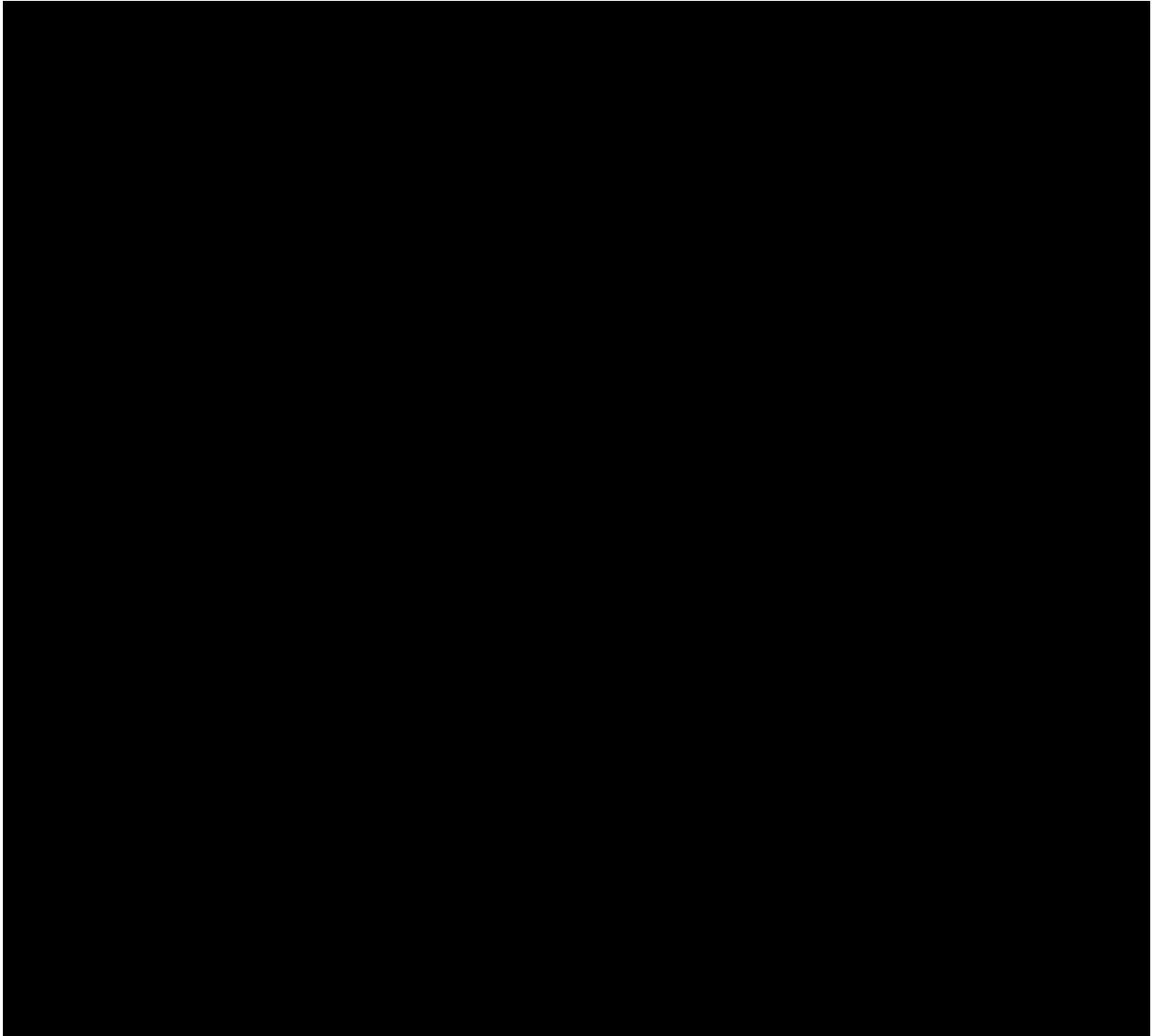
(ロ)・第E.5図 非損傷・孤立系輸送物計算モデルの上部断面図2



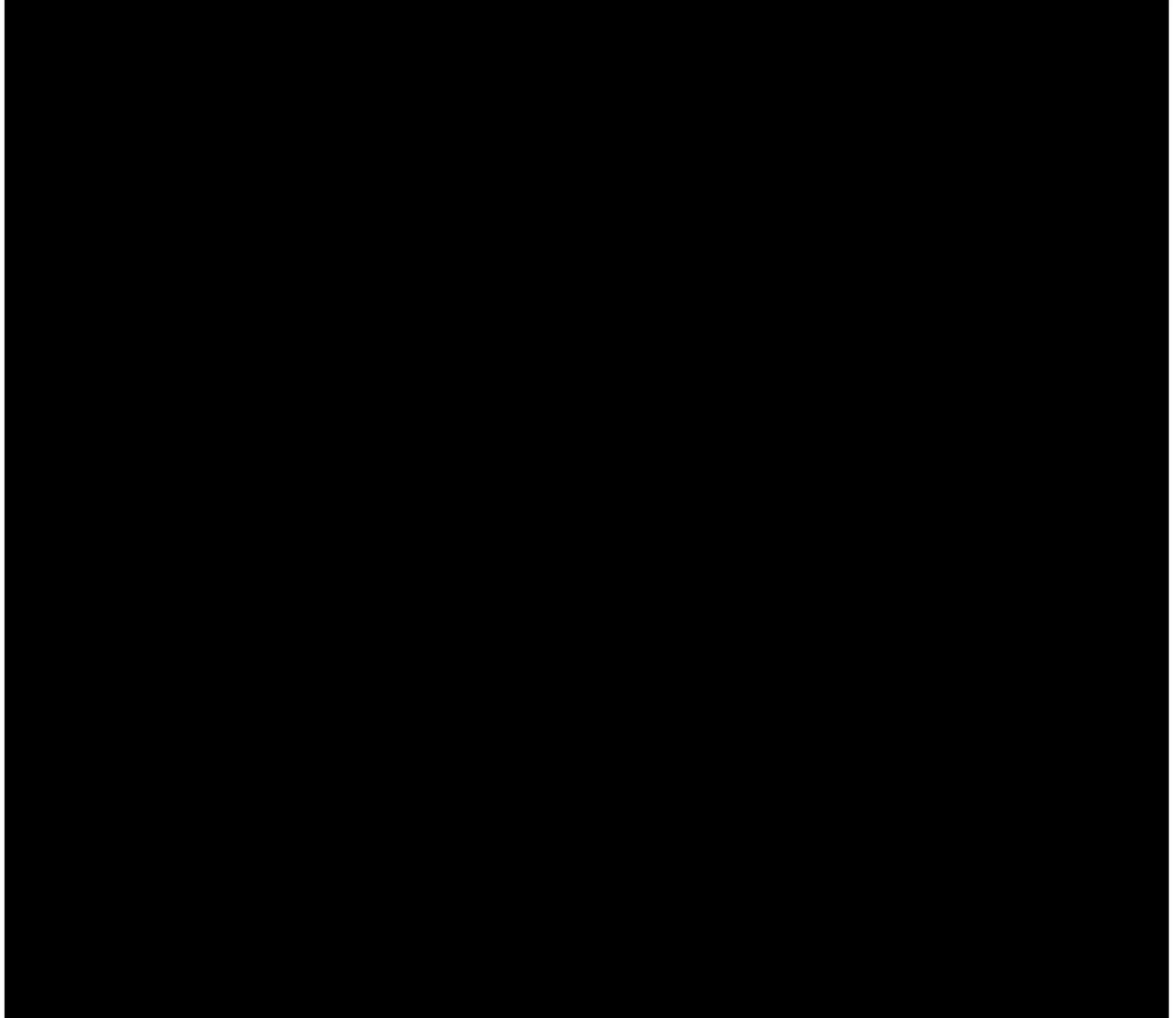
(ロ)第E.6図 非損傷・配列系輸送物単一ユニット計算モデルの底部断面図



(v)-第E.7図 非損傷・配列系輸送物単一ユニット計算モデルの中間部断面図



(ロ)第E.8図 非損傷-配列系輸送物単一ユニット計算モデルの上部断面図 (その1)



(ロ)-第E.9図 非損傷-配列系輸送物単一ユニット計算モデルの上部部断面図 (その2)

E.3.2 解析モデル各領域における原子個数密度

計算に使用した輸送物各領域の原子個数密度を(□)-第 E.3 表に示す。

表中の原子個数密度が計算のモデルにより異なる理由は、 の水分量が温度によって異なるためである。本輸送容器では、中性子吸収材及び とした材料が使用されている。中性子吸収材中の水分量は臨界管理上、水分量が低い方が中性子の減速効果が小さく、保守的評価であるため、一般の試験及び特別の試験のそれぞれの条件下での最高温度で中性子吸収材を乾燥させた場合の物性を用いた。

 も水分量が小さい方が中性子の減速効果が小さいため、保守的評価になる。ただし、孤立系の評価時においては、水分量が大きい方が反射体効果により保守的評価になる。よって、孤立系では、水没させた場合の物性を用いた。

また、損傷系モデルは損傷による容器の変形を考慮している。このために、寸法の変化による輸送物全体の重量の変化を補正するため、 の密度を大きくし、変形による体積変化を補っているために密度が異なる。

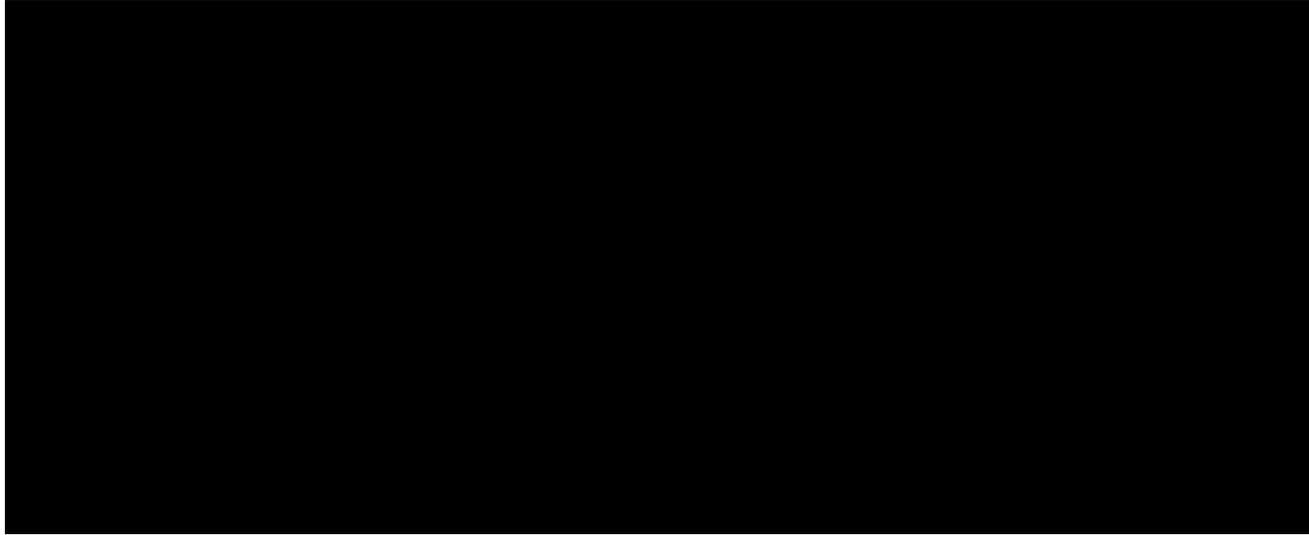
(E)-第E.3表 XXXXXXXXXX 計算モデルに使用される材料組成 (その1)

材料名	材料 番号*	理論密度 (g/cm ³)	体積比	組成	原子量	重量比	原子個数密度 (atoms/barn/cm)

*材料番号の対応は、(E)-第E.10図参照

(E)-第E.3表 [redacted] 計算モデルに使用される材料組成 (その2)

材料名	材料 番号*	理論密度 (g/cm ³)	体積比	組成	原子量	重量比	原子個数密度 (atoms/barn/cm)
非損傷-孤立系輸送物計算モデル							
収納容器内水	3	0.9982	1.0	H	1.0077	11.1909	6.67536×10^{-2}
				O	15.9904	88.8091	3.33856×10^{-2}



*材料番号の対応は、(E)-第E.10図参照

(E)-第E.3表 XXXXXXXXXX 計算モデルに使用される材料組成 (その3)

材料名	材料 番号*	理論密度 (g/cm ³)	体積比	組成	原子量	重量比	原子個数密度 (atoms/barn/cm)
水	12	0.52294	1.0	H	1.0077	11.1909	3.49711×10^{-2}
				O	15.9904	88.8091	1.74856×10^{-2}

*材料番号の対応は、(E)-第E.10図参照

(E)-第E.3表 XXXXXXXXXX 計算モデルに使用される材料組成 (その4)

材料名	材料 番号*	理論密度 (g/cm ³)	体積比	組成	原子量	重量比	原子個数密度 (atoms/barn/cm)
水	13	0.49860	1.0	H	1.0077	11.1909	3.33433×10^{-2}
				O	15.9904	88.8091	1.66717×10^{-2}
空隙部-水	15	0.9982	1.0	H	1.0077	11.1909	6.67536×10^{-2}
				O	15.9904	88.8091	3.33856×10^{-2}

*材料番号の対応は、(E)-第E.10図参照

(ロ)-第E.3表 XXXXXXXXXX 計算モデルに使用される材料組成 (その5)

材料名	材料 番号*	理論密度 (g/cm ³)	体積比	組成	原子量	重量比	原子個数密度 (atoms/barn/cm)
配列間-水	20	0.9982	1.0	H	1.0077	11.1909	6.67536×10^{-2}
				O	15.9904	88.8091	3.33856×10^{-2}
反射体-水	21	0.9982	1.0	H	1.0077	11.1909	6.67536×10^{-2}
				O	15.9904	88.8091	3.33856×10^{-2}
非損傷-配列系輸送物計算モデル変更点							
非損傷-孤立系輸送物計算モデルと同じ							

*材料番号の対応は、(ロ)-第E.10図参照

(a)-第E.3表 XXXXXXXXXX 計算モデルに使用される材料組成 (その6)

材料名	材料 番号*	理論密度 (g/cm ³)	体積比	組成	原子量	重量比	原子個数密度 (atoms/barn/cm)
-----	-----------	------------------------------	-----	----	-----	-----	---------------------------

損傷-孤立系輸送物計算モデル変更点 (その他は、非損傷-孤立系輸送物計算モデルと同じ)

--	--	--	--	--	--	--	--

*材料番号の対応は、(a)-第 E.10 図参照

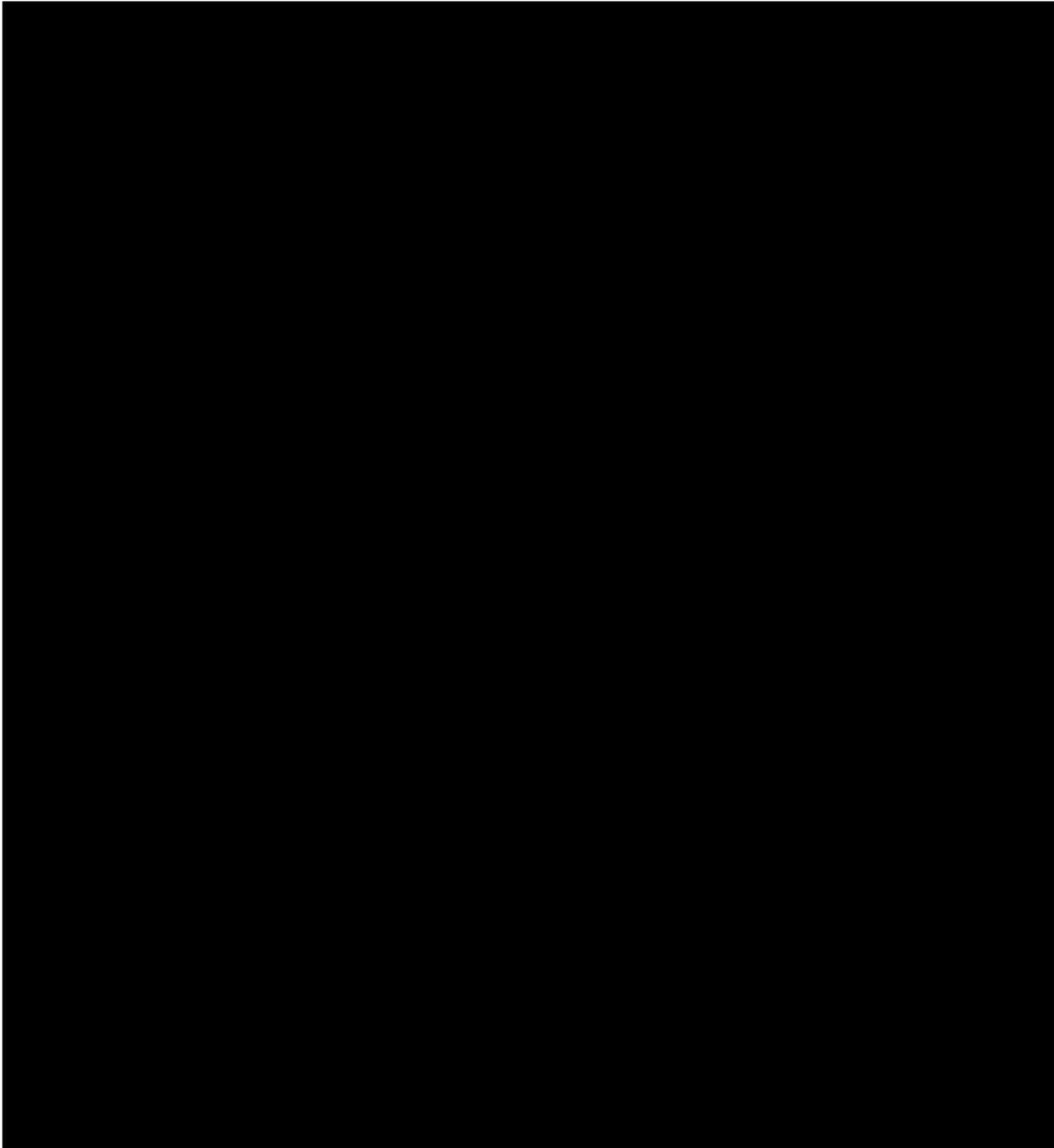
(E)-第E.3表 [redacted] 算モデルに使用される材料組成 (その7)

材料名	材料 番号*	理論密度 (g/cm ³)	体積比	組成	原子量	重量比	原子個数密度 (atoms/barn/cm)
水	12	0.62843	1.0	H	1.0077	11.1909	4.20256 × 10 ⁻²
				O	15.9904	88.8091	2.10128 × 10 ⁻²

損傷-配列系輸送物計算モデル変更点

損傷-孤立系輸送物計算モデルと同じ

*材料番号の対応は、(E)-第E.10図参照



(ロ)-第E.10図  計算モデルの材料番号対応

E.4 未臨界評価

E.4.1 計算条件

解析に使用した[REDACTED]量、または[REDACTED]及び濃縮度を(□)-第 E.4 表に示す。

孤立系、配列系の解析では、本輸送に係る制限値にて評価を実施した。

(□)-第E.4表 各計算モデルのウラン重量及び濃縮度 (1/2) [REDACTED]

解析モデル	[REDACTED]
非損傷-孤立系	[REDACTED]
非損傷-配列系	[REDACTED]
損傷-孤立系	[REDACTED]
損傷-配列系	[REDACTED]

(□)-第E.4表 各計算モデルのウラン重量及び濃縮度 (2) [REDACTED]

解析モデル	[REDACTED]
非損傷-孤立系	[REDACTED]
非損傷-配列系	[REDACTED]
損傷-孤立系	[REDACTED]
損傷-配列系	[REDACTED]

E.4.2 輸送物への水の浸入等

臨界解析は、収納容器内に水が浸入するという保守的な条件での評価を実施した。収納物については、収納缶、缶スペーサーは考慮せず、[REDACTED]等が収納容器内に均一に分散して、板状燃料間に水が入ることを想定し、[REDACTED]と周囲の水が一様に均質化したと仮定した。モデル内の水密度の評価は付属書類 E.7.3 に示す。

また[REDACTED]については[REDACTED]場合もあることから、均質体系に対する非均質体系の影響を考慮する。均質体系としての評価に非均質体系の影響について

は、「臨界安全ハンドブック第2版」⁽⁶⁾の[]を用いて評価を行った。これによると、非均質体系効果は単調に増加するわけではなく、最大となる[]が存在する。また、濃縮度[]においては、濃縮度が増加するに従って、非均質体系の効果は無増倍率に負の影響があることがわかる。以上のことから、文献(6)の[]に示される非均質体系の効果として、本輸送物に対しても最大で[]を見込めば十分に安全側の評価となる。

E.4.3 計算方法

臨界解析には、臨界安全解析コードシステム SCALE 内のモンテカルロ計算モジュール KENO-VI を使用した。

断面積ライブラリーには、ENDF/B-V に基づく 238 群中性子断面積ライブラリー 238GROUPNDF5 を使用した。

E.4.4 計算結果

計算結果を、(p)-第 E.5 表に示す。

(p)-第E.5表 各計算モデル臨界解析結果 (1/2) []

解析モデル	中性子実効増倍率 ($k_{\text{eff}}+2\sigma$)	中性子実効増倍率 ($k_{\text{eff}}\pm\sigma$)
非損傷-孤立系	[]	[]
非損傷-配列系	[]	[]
損傷-孤立系	[]	[]
損傷-配列系	[]	[]

(p)-第E.5表 各計算モデル臨界解析結果 (2/2) []

解析モデル	中性子実効増倍率 ($k_{\text{eff}}+2\sigma$)	中性子実効増倍率 ($k_{\text{eff}}\pm\sigma$)	実効増倍率 ($k_{\text{eff}}+2\sigma$)×非均質効果
非損傷-孤立系	[]	[]	[]
非損傷-配列系	[]	[]	[]
損傷-孤立系	[]	[]	[]
損傷-配列系	[]	[]	[]

E.5 ベンチマーク試験

E.5.1 検証方法

解析で用いた SCALE 内のモンテカルロ計算モジュール KENO-VI と ENDF/B-V を基にした 238 群断面積ライブラリーの検証については、米国オークリッジ国立研究所から出ている「Validation and Comparison of KENO V.a and KENO-VI」を基に、実験結果との比較検討を実施した⁽⁴⁾。

E.5.2 検証結果

ベンチマーク解析結果より、ウラン系のベンチマーク解析結果について、試験モデルと本解析手法のバイアスを算出した⁽⁵⁾。バイアスの算出においては、中性子実効増倍率を過大評価する正のバイアスについては保守的にゼロとし、中性子実効増倍率を過小評価する負のバイアスのみを考慮した。実効増倍率が最も過小評価された値は、 0.974 ± 0.003 であった。

E.5.3 臨界判定基準の決定

本解析手法とベンチマークでは、ウラン系列の解析において、最大 -0.029 の過小評価があったことから 0.030 の負のバイアス効果を考慮することとした。

従って、本解析手法による臨界判定基準については、未臨界度の判断基準である中性子実効増倍率 0.950 からバイアス分の裕度を差し引き、 0.920 を判定基準とすることとした。

E.6 結果の要約及びその評価

本解析において最大の中性子実効増倍率 (k_{eff}) となるモデルは、(p)-第 E.5 表のとおり [REDACTED] [REDACTED] では、損傷-配列系のモデルで $k_{\text{eff}+2\sigma}$ が [REDACTED] [REDACTED] では、損傷-配列系のモデルで $k_{\text{eff}+2\sigma}$ に粒径の影響を考慮した場合の [REDACTED] となり、判定基準の 0.920 を下回るため、未臨界である。

E.7 付属書類

E.7.1 収納物モデルの補足

E.7.2 損傷輸送物のための計算モデル

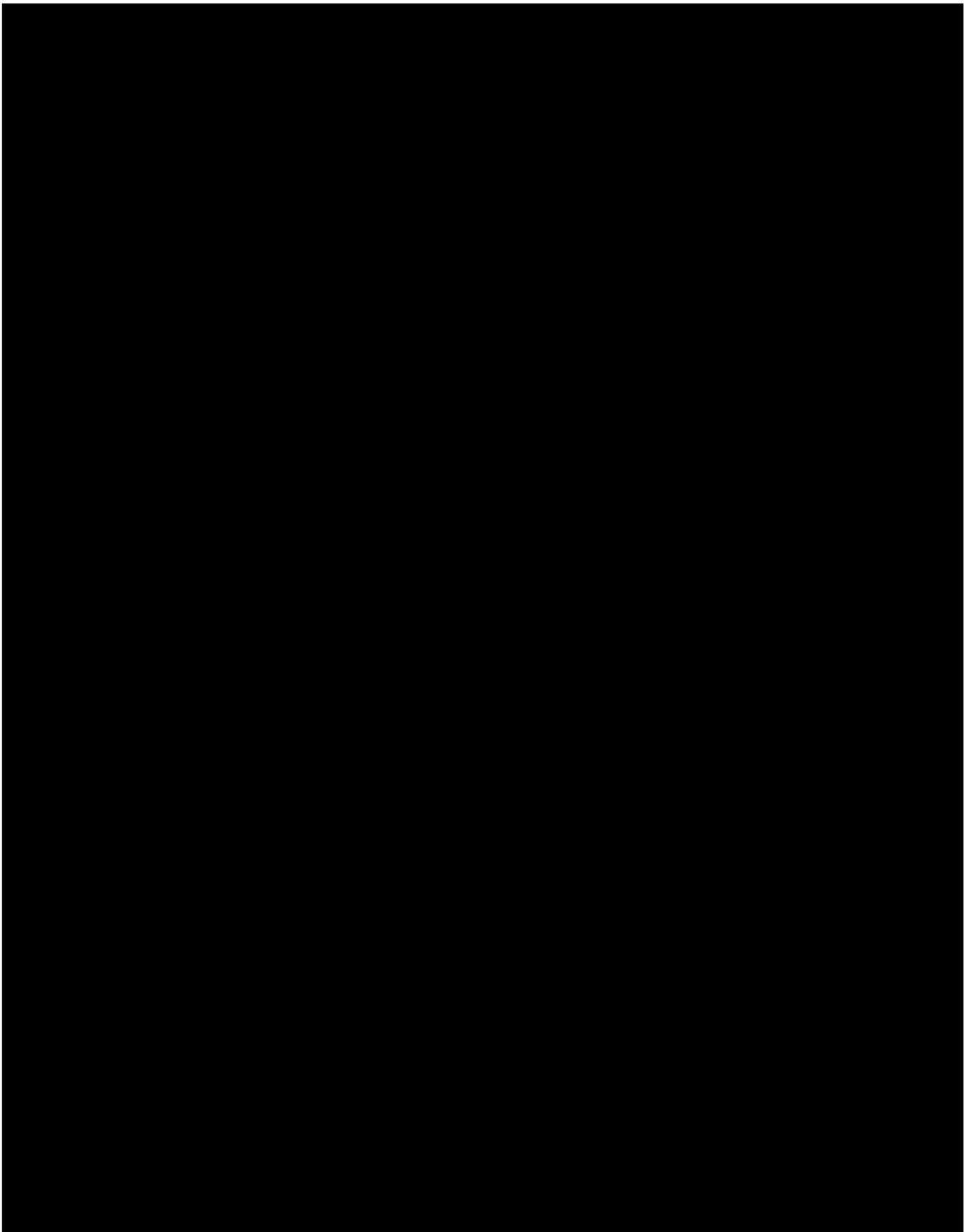
E.7.3 水密度影響評価

E.7.4 参考文献

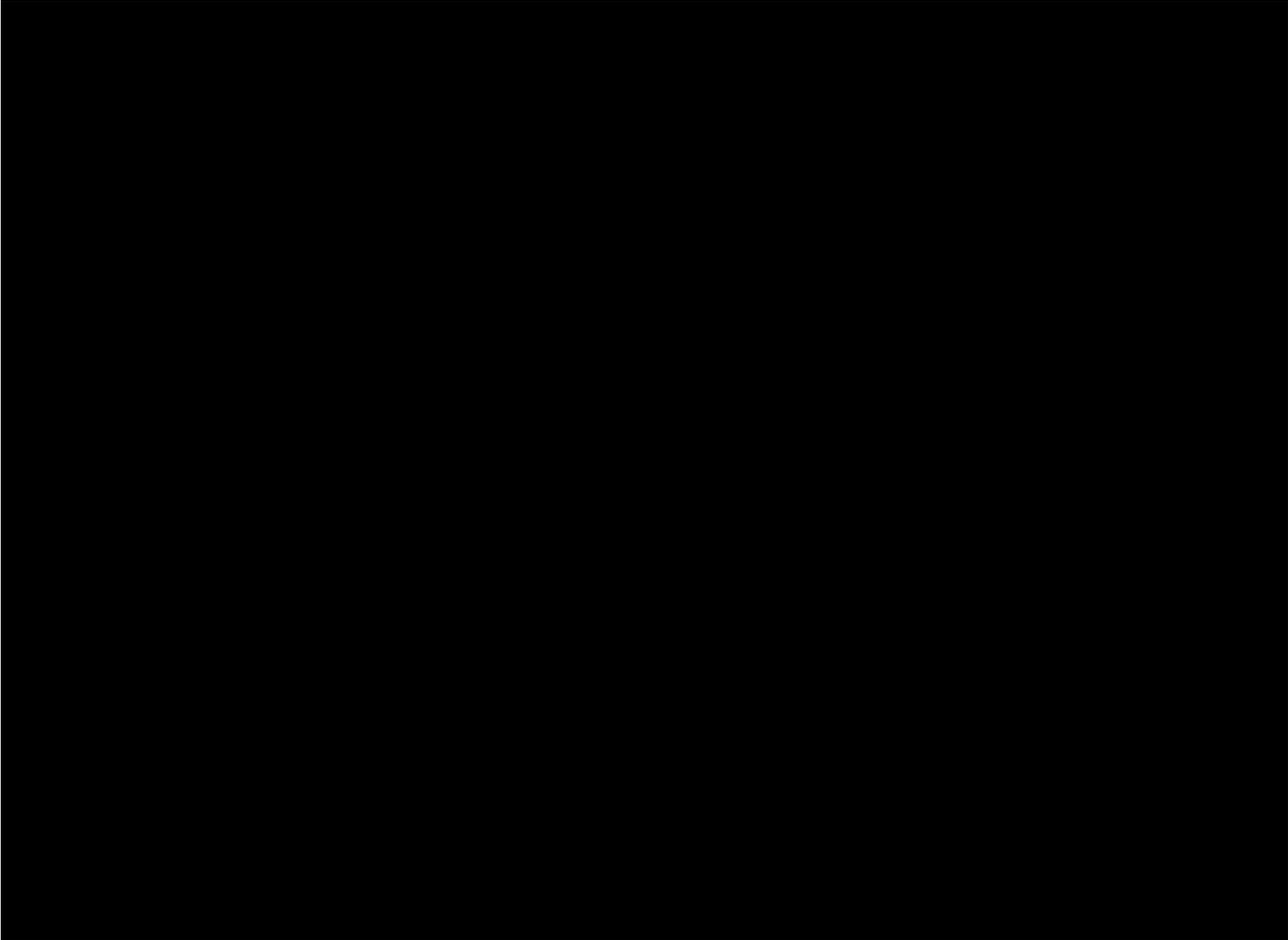
E.7.1 収納物モデルの補足

本輸送に係る収納物は(㉓)-第 E.11 図に示す方法で収納する。

収納物のモデル化は、収納缶の形状を無視し、収納容器内の浸水を考慮して(㉓)-第 E.12 図のとおりとした。



(㉔)-第E.11図 燃料収納方法



(ロ)-第E.12図 燃料収納物計算モデル

E.7.2 損傷輸送物のための計算モデル

一般の試験条件下及び特別の試験条件下において、臨界安全に影響する物理的変化は、9 m 落下試験、動的圧潰試験及び 1 m 貫通試験で評価された。

9 m 落下試験からの衝撃点でドラムの角に大きなつぶれができ、1 m 貫通試験ではドラム側部にくぼみが生じた。しかしながら、ドラム中間部及び底に大きな破砕が生じて、収納物の有効中心間の距離は増加する結果となる。

損傷輸送物モデルは、動的圧潰試験後の変形を考慮した。

変形量は、実機試験の変形量より大きな変形となった構造計算結果を使用した（(p)-第 E.6 表参照）。

(p)-第 E.6 表 [redacted] によって
算出された [redacted] ドラムの変形

変形箇所	Node番号	直径 (90°方向) (in.)	直径 (180°方向) (in.)	等価直径 (in.)
ドラム上部	098194	[redacted]	[redacted]	[redacted]
ドラム中高部	100238	[redacted]	[redacted]	[redacted]
ドラム中央部	101589	[redacted]	[redacted]	[redacted]
ドラム中低部	103012	[redacted]	[redacted]	[redacted]
ドラム底部	105786	[redacted]	[redacted]	[redacted]

等価直径：ドラムは変形により楕円形となったと仮定し、楕円の面積と等しい面積の円の直径を等価直径とした。

上記表より、実際の燃料装荷位置であるドラム中低部の [redacted] [redacted] [redacted] を損傷系モデルのドラム直径とした。

ドラム底部がより小さい等価直径となっているが、容器端部が小さくても胴部がより大きい場合は、燃料距離は胴部の大きさとなるため、最小部での評価は行わない。

損傷輸送モデルは損傷度合によって変形量がことなる楕円形であり、非損傷モデルの様に、三角格子配列であると、充填部に空隙ができ、細密となる配列条件とは言えない。損傷系モデルは変形により径が減少する評価を行っているため、三角格子配列による更なる径の減少評価は実施しない。

E.7.3 水密度影響評価

孤立系・配列系モデルの配列間水密度

配列系輸送物の配列間の水密度影響確認のため、各輸送物モデルにて輸送物間（配列間）の水密度を $1.0 \times 10^{-18} \sim 100\%$ （ 100% 水密度： 0.9982 g/cm^3 ）とした場合の ██████████ 臨界評価結果を(□)-第 E.7 表~(□)-第 E.10 表、██████████ 臨界評価結果を(□)-第 E.11 表~(□)-第 E.14 表に示す。評価には、それぞれ実効増倍率が最大となるものを採用した。

(□)-第E.7表 孤立系-非損傷輸送物モデルにおける水密度評価結果 ██████████

配列間水密度 (%)	中性子実効増倍率	統計誤差 (σ)
1.0×10^{-18}	██████████	██████████
1.0×10^{-4}		
1.0×10^{-2}		
10		
50		
100		

(□)-第E.8表 配列系-非損傷輸送物モデルにおける水密度評価結果 ██████████

配列間水密度 (%)	中性子実効増倍率	統計誤差 (σ)
1.0×10^{-18}	██████████	██████████
1.0×10^{-4}		
1.0×10^{-2}		
10		
50		
100		

(ロ)-第E.9表 孤立系-損傷輸送物モデルにおける水密度評価結果

配列間水密度 (%)	中性子実効増倍率	統計誤差 (σ)
1.0×10^{-18}		
1.0×10^{-4}		
1.0×10^{-2}		
10		
50		
100		

(ロ)-第E.10表 配列系-損傷輸送物モデルにおける水密度評価結果

配列間水密度 (%)	中性子実効増倍率	統計誤差 (σ)
1.0×10^{-18}		
1.0×10^{-4}		
1.0×10^{-2}		
10		
50		
100		

(ロ)-第E.11表 孤立系-非損傷輸送物モデルにおける水密度評価結果

配列間水密度 (%)	中性子実効増倍率	統計誤差 (σ)
1.0×10^{-18}		
1.0×10^{-4}		
1.0×10^{-2}		
10		
50		
100		

(ロ)-第E.12表 配列系-非損傷輸送物モデルにおける水密度評価結果

配列間水密度 (%)	中性子実効増倍率	統計誤差 (σ)
1.0×10^{-18}		
1.0×10^{-4}		
1.0×10^{-2}		
10		
50		
100		

(ロ)-第E.13表 孤立系-損傷輸送物モデルにおける水密度評価結果

配列間水密度 (%)	中性子実効増倍率	統計誤差 (σ)
1.0×10^{-18}		
1.0×10^{-4}		
1.0×10^{-2}		
10		
50		
100		

(ロ)-第E.14表 配列系-損傷輸送物モデルにおける水密度評価結果

配列間水密度 (%)	中性子実効増倍率	統計誤差 (σ)
1.0×10^{-18}		
1.0×10^{-4}		
1.0×10^{-2}		
10		
50		
100		

E.7.4 参考文献

(1) NUREG/CR-0200, Rev. 6 (also ORNL/NUREG/CSD-2/R6), SCALE: A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analyses for Licensing Evaluation, Lockheed Martin Energy Research, Inc., Oak Ridge Natl. Lab., March 2000.

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

(6) 「臨界安全ハンドブック第2版」日本原子力研究所 1999年3月

(ロ) 章F 核燃料輸送物の経年変化の考慮

(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

本章では、本輸送物について、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について考慮する。

本輸送物の使用期間中に想定される経年変化の要因としては、容器保管中や使用中における温度変化、収納物から発生する放射線、腐食等の化学的変化、繰り返し荷重が考えられる。そこで、これらの経年変化を生じさせる要因について、本輸送容器の主要材料・部材に関して評価を実施することとする。

本輸送物を使用する期間としては、製造後から として、使用回数としては、年 3 回、一輸送当たり輸送に要する日数を として評価を実施する。

F.2 安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価

本輸送物の構成材料は、口章の(口)－第 A.5 表に示す通りである。これらの材料のうち経年変化を考慮する材料を以下に示す。

- ・ ステンレス鋼

- ・ [REDACTED]

- ・ [REDACTED]

なお、O-ring の経年変化については、輸送毎に交換を行うため、本章では考慮しない。

また、収納物については、輸送毎で変わるため、輸送容器本体についてのみ考慮する。

以下に、(口)－第 F.1 表に各材料の経年変化の考慮について示す。運搬中に予想される周囲の温度変化による繰り返し荷重に伴う密封装置の疲労については、(口)章 A の A.5.1 に示したとおり、発生応力は疲労源となるレベルではないことを確認しているため、疲労による経年変化の影響はない。

(ロ) - 第 F.1 表 安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価(1/3)

材料	要因	経年変化の考慮の必要性の検討	評価
ステンレス鋼 [REDACTED]	熱	ステンレス鋼の温度変化については、金属キャスト構造規格（設計・建設規格（JSME S NSI-2005） ⁽¹⁾ （2007年追補版） ⁽²⁾ において [REDACTED] までの設計用強度・物性値が規定されており、当該の温度まではクリープ等の影響を受けない。	輸送時における最高温度は [REDACTED] であり、本材料では機能の低下はおきないため、熱による経年変化の影響は受けない。
	放射線	中性子照射量が $10^{16}n/cm^2$ 以上となると、材料強度に影響が生じ始める ⁽³⁾ 。	年間3回、1度の輸送に要する期間 [REDACTED] として、[REDACTED] 間使用する条件下で、保守的に自己遮蔽を無視し、構造部品の特定の $1cm^2$ に集中して中性子が照射されたとしても、その中性子照射量は [REDACTED] であるため、中性子照射による経年変化の影響は受けない。
	化学反応	ステンレス鋼は、表層に不動態膜を形成し、腐食しにくい材料である。また、より安全を考慮し、海塩粒子の曝露試験においても有意な腐食は認められていない ⁽⁴⁾ 。	ステンレス鋼は腐食しにくい材料であり、また、運搬中に予想される海塩粒子付着による腐食に対しても、実用上影響はない。さらに、万一腐食が生じた場合でも、定期点検・保守作業等により腐食の有無は確認され、適切に対応される。

			以上のことから経年変化の影響は受けない。	
--	--	--	----------------------	--



(ロ) - 第 F.1 表 安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価(2/3)

材料	要因	経年変化の考慮の必要性の検討	評価
<p>██████████</p>	熱	<p>本材料は ██████████ での耐熱性を有している材料であり、当該の温度までは影響がない。</p>	<p>輸送時における最高温度は ██████████ であり、本材料では機能の低下はおきないため、熱による経年変化を考慮する必要はない。</p>
	放射線	<p>本材料は 10^{17} Gy から結晶構造に変化が生じる。</p>	<p>年間 3 回、1 度の輸送に要する期間 ██████████ として ██████████ 使用する条件下で、保守的に自己遮蔽を無視し、██████████ 特定の 1cm^2 に集中して中性子が照射されたとしても、中性子照射量は ██████████ 程度となるため、中性子照射による経年変化を考慮する必要はない。</p>
	化学反応	<p>██████████ は一般的に金属材料に比べて耐食性が高い。</p>	<p>██████████ は、金属材料よりも耐食性に優れ、また、当該材料はステンレス鋼板に覆われた設計であることから、環境中の水分等と接触することはなく、吸湿による分解、腐食等、化学変化による経年変化の影響はない。</p>

(ロ) - 第 F.1 表 安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価(3/3)

材料	要因	経年変化の考慮の必要性の検討	評価
中性子吸収 [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	熱	当該材料の最高使用可能温度は [REDACTED] である。 [REDACTED]) は高温になると内部の水分が散逸し、割れ等が発生する可能性がある。	輸送時における最高温度は [REDACTED] であり、本材料では機能の低下はおきないため、熱による経年変化を考慮する必要はない。
	放射線	中性子照射量が多い場合、中性子吸収材の B-10 が減損すれば、遮蔽性能に影響がある。	年間 3 回、1 度の輸送に要する期間を [REDACTED] として [REDACTED] 使用する条件下で、保守的に自己遮蔽を無視し [REDACTED] の特定の 1cm ² に集中して中性子が照射されたとしても、中性子照射量は [REDACTED] となる。一方、B-10 の原子個数密度は 8 [REDACTED] であるため、上記使用条件下であれば、B-10 の減損量は無視できる。
	化学反応	環境中の水分等を吸着することにより、形状が変化する場合がある。	本材料は、ステンレス鋼板に覆われる設計であり、密閉空間にあることから、環境中の水分等との接触はなく、吸湿による分解、腐食など、化学変化による経年変化の影響はない。

F.3 安全解析における経年変化の考慮内容

前章に示したとおり、本輸送物に係る各材料について、経年変化の考慮の必要性について評価を行った。その結果、本輸送物については、安全解析において経年変化を考慮する必要がないことが分かった。本章にて評価を実施しなかった部材については、(ハ)章にて示す輸送容器の保守および取り扱いにおいてその健全性が担保されるため、安全解析上考慮する必要はない。

参考文献

- (1) (一社) 日本機械学会、「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格 (JSME S FA1-2007)」(2007).
- (2) (一社) 日本機械学会、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005 年版) <第 I 編 軽水炉規格> (JSME S NC1-2005 (2007 年追補版含む))」(2007).
- (3) K. Farrell, et al, "An Evaluation of Low Temperature Radiation Embrittlement Mechanisms in Ferritic Alloys", J. of Nuclear Materials, Vol.210, (1994).
- (4) R. R. Gaugh, "Stress Corrosion Cracking of Precipitation-Hardening Stainless Steels", Materials Performance, Vol.26, No.2, (1987).
- (6) (一社) 日本原子力学会、「使用済燃料中間貯蔵施設用金属キャスクの安全設計及び検査基準 (AESJ-SC-F002) :2010」(2010).

(ロ) 章 G 規則及び告示に対する
適合性の評価

(ロ) -G. 規則及び告示に対する適合性の評価

本輸送物は (ロ) -第 G.1 表 に示すように、規則及び告示に定める技術基準の該当項目に合致している。

(ロ) 第 G.1 表 規則及び告示に定める技術基準への適合性の評価

規則の項目	告示の項目	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	本輸送物は BU 型輸送物であるので該当しない。		
第 3 条第 2 号	第 4 条	本輸送物は BU 型輸送物であるので該当しない。		
第 3 条第 3 号	第 4 条 及び 別表第一	<p>本輸送物に収納される核燃料物質は、特別形核燃料物質等以外のものに該当し、燃料物質の濃縮度は [REDACTED] [REDACTED] である。</p> <p>収納される放射エネルギーは A2 値を超えるため、本輸送物は BU 型輸送物に該当する。</p>	(イ)A (イ)B (イ)D	
第 3 条第 2 項	第 5 条	本輸送物は BU 型輸送物であるので該当しない。		
第 3 条第 3 項		<p>本輸送物は BU 型輸送物として規則第 7 条に規定される技術上の基準が適用される。</p> <p>また、以下の通り、第 7 条の技術上の基準の適合性評価にあたり経年変化の考慮が求められることから以下の通り評価した。</p> <p>1. 輸送物は使用予定年数を [REDACTED] [REDACTED] 年間の輸送回数を 3 回、一輸送当たり輸送に要する日数を [REDACTED] [REDACTED] と設定する。</p>	(ロ)F	

規則の項目	告示の項目	説明	申請書記載 対応項目	備考
		<p>2. 収納物については当該輸送日数では経年変化のないことから、輸送容器構成部品について考慮する。</p> <p>3. 経年変化の要因として、放射線照射、熱、化学変化及び繰り返し荷重とする。</p> <p>4. 放射線照射の影響については、使用予定年数の期間で収納物から連続して照射をうけるとしても、材料強度に影響が現れる単位面積当たり10^{16}個を十分に下回る</p> <p>5. 熱の影響については、輸送容器構成部品の最高温度は[]を下回り、規格等で構造強度基準が定められる範囲であること、また[] []温度は[]を下回り変質等を生じる温度を下回る。</p> <p>6. 化学変化の影響について、ステンレス鋼は不動態膜を表面に形成し腐食は進行しないこと、また外観検査等で状態を確認し、必要に応じ補修すること、[] []はステンレス鋼に覆われ、密閉空間にあることから吸湿等による分解、腐食は生じない</p> <p>7. 繰り返し荷重の影響について、圧力や取扱いによる繰り返し荷重に</p>		

規則の項目	告示の項目	説明	申請書記載 対応項目	備考
		より発生する応力は疲労を考慮すべき応力とされる設計引張強さの半分を下回る。 以上より、輸送物は経年変化による影響はない。		
第4条		本輸送物はBU型輸送物であるので該当しない。		
第5条		本輸送物はBU型輸送物であるので該当しない。		
第6条		本輸送物はBU型輸送物であるので該当しない。		
第7条第1号		輸送物の吊上げ、吊下ろしは専用の吊上げ治具をドラムの上部に装着し汎用のクレーン等と接続することで容易に取り扱うことができる。また、吊り治具については、年次の定期検査行ったもののみを使用すること及びドラム装着時において外観に異常がないことを確認したうえで吊り上げを行うことから安全に取り扱うことができる。	(ハ)A	第4条第1号
第7条第1号		輸送物は以下に示すとおり、運搬中に予想される温度、内圧及び振動等に対して亀裂・破損等を生じる恐れはない。 1. 運搬中に予想される輸送物各部の最低温度は-40℃、また最高温度は規則第7条第2号に規定される周	(ロ)A.4.7 (ロ)A.5	第4条第2号

規則の項目	告示の項目	説明	申請書記載 対応項目	備考
		<p> 囲の温度が 38℃で太陽熱の放射を 受ける条件に収納物が 5W の崩壊熱 量を持つ輸送物を置いた場合であ り、輸送物各部の温度について、ド ラム蓋は [REDACTED] また [REDACTED] [REDACTED] ゴム製 O リング及び収納容 器等他の部位すべては [REDACTED] を下回 る。本温度において、輸送容器構成 部品は健全性を損なうことはない。 2. 運搬中に予想される温度の変化 に対して、輸送物を周囲の温度が -40℃から 38℃まで変化することを 想定しても輸送容器構成部品間で 有意な熱膨張差及び熱応力は発生 しない。 3. 運搬中に予想される内圧の変化 について、輸送物の最大内圧は [REDACTED] である。これ らを上回る圧力を収納容器に負荷 した条件のもとで密封装置の強度 及び密封性を評価しており、構造健 全性及び密封性が確保されること を確認している。 4. 振動等について、実物大の試験 用容器を用いた振動試験を実施し、 運搬中に輸送物への入力が見込ま れる励振力を包含する振動を入力 した結果、輸送物の構造健全性が維 </p>		

規則の項目	告示の項目	説明	申請書記載 対応項目	備考
		持されることを確認したことから、 輸送物に亀裂・破損を生じるおそれ はない。		
第7条第1号		本輸送物の表面には突起物はな い。また、本輸送物の表面は滑らか に仕上げられたステンレス鋼であ り汚染の除去が容易な構造となっ ている。	(イ)C	第4条第3号
第7条第1号		<p>本輸送物の構成部品はステンレス 鋼</p> <p>化学的に安定し た材料を使用しており容器を構成す る材料相互及び収納物と危険な物理 的作用や化学的作用の生じるおそれ はない。</p> <p>1. 第4条第2号で示した通り、運 搬中に予想される温度の範囲におい て有意な熱膨張差等生じることはな く、熱膨張による相互の干渉もない ことから、材料相互及び材料と収納 物の間で危険な物理的作用を生じる おそれはない。</p> <p>2. 本輸送物は冷却水を用いないタ イプであり、凍結に起因する破損を 生じる恐れはない。</p> <p>3. 断熱材、 中性子吸収材</p>	(ロ)A.4.1 (ロ)A.4.2	第4条第4号

規則の項目	告示の項目	説明	申請書記載 対応項目	備考
		収納容器の蓋は、すべてドラムアセンブリ内部にあるため、不用意に開けられることはない。また、ドラム缶蓋に封印が施される。	(ロ)A.4.3	第5条第3号
第7条第1号		第4条第2号に示すとおり、運搬中に予想される輸送容器構成部品の温度の範囲は■■■■■■の範囲である。当該の温度範囲において、輸送物構成部品の材料は著しい強度の低下及び脆化等は生じず、必要な材料強度に影響を及ぼすことはない。従って、-40℃から運搬中予想される最高温度の範囲において構成部品に亀裂、破損を生じるおそれはない。	(ロ)A.3 (ロ)B.4.2	第5条第4号
第7条第1号		外圧が60kPaまで低下した場合における内外圧力差は■■■■■■である。一方当該輸送容器の強度評価はこれを上回る外圧■■■■■■、内圧■■■■■■を負荷として評価し、密封装置の構造健全性及び密封性が確保されることを確認していることから60kPaまで外圧が低下した場合においても放射性物質の漏えいはない。	(ロ)A.4.6	第5条第5号
第7条第1号		本輸送物は、液体の核燃料物質を収納しないことから、本要件の適用は受けない。		第5条第6号

規則の項目	告示の項目	説明	申請書記載 対応項目	備考
第7条第1号		<p>本輸送物の表面における最大線量当量率の評価について、輸送物には収納物の有するウラン量を包含する ██████████ が収納されていること、ウラン同位体の崩壊を考慮すること並びに及びドラム、██████████ 中性子吸収材及び収納容器以外の構造物を無視する等、保守的な条件を設定して、MCNP6 コードを用いて輸送物表面における最大線量当量率を求めた結果、輸送物の表面における最大線量当量率は ██████████ となり 2mSv/h を下回る。</p>	(ロ)D.5	第5条第7号
第7条第1号		<p>本輸送物は、表面における最大線量当量率と同様の保守的な条件に基づき表面から 1m 離れた位置における線量当量率を評価している。表面から 1m 離れた位置における最大線量当量率は ██████████ であり 100 μSv/h を下回る。</p>	(ロ)D.5	第5条第8号
第7条第1号		<p>本輸送物に収納される収納物の放射能の量は最大 ██████████ である。仮にこの放射能が全て A2 値が最小となる ^{234}U (A2 値: 6GBq) であると仮定しても、10 万倍を下回ることから本要件の適用は受けない。</p>	(ロ)A.6.4	第6条第5号
第7条第2号		BU 型輸送物に係る一般の試験条件		

規則の項目	告示の項目	説明	申請書記載 対応項目	備考
	<p data-bbox="437 663 560 748">別記第3 第1号ロ</p> <p data-bbox="421 1541 544 1626">別記第3 第1号ロ</p>	<p data-bbox="587 367 1066 636">また、収納容器とドラム内面の空間に水の浸入が認められたが、収納容器内部への水の浸入はないことが確認されたことから、密封性及び遮蔽性能に影響する損傷はない。</p> <p data-bbox="587 663 1066 1514">c. 自由落下 当該輸送物の最大重量■■■■であることから、落下高さは1.2mとなる。1.2m高さから落下したときの輸送物の状態について、実物大の試験用容器を用いた垂直、水平、コーナー及び傾斜落下試験結果より、ドラムに■■■■ ■■■■認められたが、収納容器に有意な変形は認められなかった。また、試験後に実施した気密漏えい試験の結果、漏えい率は試験前の漏えい率を維持することを確認したことから、構造健全性及び密封性は確保される。</p> <p data-bbox="587 1541 1066 1980">d. 積み重ね 輸送容器の投影面積■■■■を負荷する場合と輸送物に自重の5倍荷重を負荷する場合を比較すると後者の負荷のほうが厳しい条件となることから後者の条件の下で、実物大の試験用容器を用いて、試験用容器に5倍荷重を負荷する試験を実施</p>	<p data-bbox="1085 721 1206 748">(ロ)A.5.3</p> <p data-bbox="1085 1599 1206 1626">(ロ)A.5.4</p>	

規則の項目	告示の項目	説明	申請書記載 対応項目	備考
	別記第3 第1号ロ	<p>した結果、輸送容器に塑性変形を生じることはなく、輸送物の健全性は確保され、密封性及び遮蔽性能に影響を与える損傷はない。</p> <p>e. 貫通</p> <p>ドラムの [] に6 kgの鋼棒を1m高さから落下させた場合について、実物大の試験用容器を用いて試験用容器のドラム溶接部上に鋼棒を落下させた結果、ドラムに僅かな打痕を生じ貫通しないことを確認していることから、密封性及び遮蔽性能に影響を与える損傷はない。</p>	(ロ)A.5.5	
第7条第2号	別記第3 第1号ロ(3)	<p>一般の試験条件に置いた輸送物は、ドラムに変形が生じることを踏まえ、変形に伴う表面の位置の変化を考慮して、収納容器内部に収納物のウラン量を包含する [] 収納されている条件の下で評価した結果、表面における最大線量当量率は [] となり、2mSv/hを下回る。</p>	(ロ)D.4	第6条第2号イ
第7条第2号	別記第3 第1号ロ(4)	<p>一般の試験条件に置いた輸送物は密封装置の構造健全性及び密封性が確保される。放射性物質の漏えい量評価においては、収納容器に収納物のウラン量を包含する [] []</p>	(ロ)C.3.1	第6条第2号ロ

規則の項目	告示の項目	説明	申請書記載 対応項目	備考
		<p>で収納され、粉体の一部がエアロゾルとして内部気体と混合していると仮定した上で、収納容器内圧を、外圧をとして放射性物質の1時間当たりの漏えい量を評価した結果、放射性物質の漏えい量の基準($A2 \times 10^{-6}$)に対する比率は 5.78×10^{-1} であり基準を満足する。</p>		
第7条第2号		<p>輸送物は専用積載で輸送される。一般の試験条件に置いた輸送物を38℃の環境での日陰に置くこととした場合について、収納物の崩壊熱量5Wを考慮し、輸送物の表面温度を高く評価するようドラムは変形していない条件の下で、ANSYS Mechanical コードにより輸送物表面の温度を評価した結果、表面の最高温度となることから、輸送物表面の温度は85℃を超えることはない。</p>	(ロ)B.4.2	第6条第2号ハ
第7条第2号		<p>一般の試験条件に置いた輸送物は、密封装置の構造健全性及び密封性が確保されることから、放射性物質が放出されることはない。また、発送前検査において表面密度が表面密度限度を下回ることを確認することから、表面密度限度を超えること</p>	(ニ)A.2	第6条第2号ニ

規則の項目	告示の項目	説明	申請書記載 対応項目	備考
		はない。		
第7条第3号	第20条 別記第8 別記第5 第1号イ	BU型輸送物に係る特別の試験条件 a. 落下試験Ⅰ（9m落下試験） 9m高さから落下させた場合の輸 送物の状態について、実物大の試験 用容器を用いた9m垂直、水平、コ ーナー及び傾斜落下試験の結果、変 形はドラムに限られ、断熱材及び中 性子吸収材の配置が変わるようなこ とはない、また、収納容器に有意な 変形は認められなかった。また、試 験後の気密漏えい検査の結果、漏え い率は試験前の漏えい率を維持す ることを確認したことから、構造健全 性及び密封性は確保される。	(ロ)A.6 (ロ)A.6.1	
	別記第5 第1号ロ	b. 落下試験Ⅱ（1m貫通試験） 1m高さから直径150mmの鋼棒上に 落下させた場合の輸送物の状態につ いて、実物大の試験用容器を用いた 落下試験の結果、ドラムに変形は生 じるが、貫通することなく収納容 器の構造健全性に影響を与えるこ とはない。また、試験後の気密漏えい 試験の結果、漏えい率は試験前の漏 えい率を維持することを確認したこ とから収納容器蓋に到達すること はないことを確認しており、密封装置 の構造健全性及び密封性は確保され	(ロ)A.6.2	

規則の項目	告示の項目	説明	申請書記載 対応項目	備考
	別記第5 第2号イ 第2号ロ	<p>る。</p> <p>c. 熱的試験</p> <p>落下試験 I,II を行った後、熱的試験に置いた輸送物の状態について、落下試験に供した実物大の試験容器を用いた熱的試験及び ANSYS-Mechanical コードによる解析の結果、中性子吸収材、Oリングの温度はいずれも [] 程度であり、最高使用可能温度である [] を下回ることから熱的健全性は確保される。また、収納容器内圧は内部の空気温度を収納容器の最高温度とした場合に [] であり強度評価に用いた [] を下回ることから、密封装置の構造健全性及び密封性は確保される。</p>	(ロ)A.6.3 (ロ)B.5	
	別記第5 第3号	<p>d. 15m 浸漬試験</p> <p>15m の水深に置いた輸送物の状態について、実物大の試験用容器を 15m の水深相当の外圧を負荷する試験の結果、収納容器内部への水の浸入は認められなかった。</p>	(ロ)A.6.4	
第7条第3号		<p>特別の試験条件に置いた輸送物は、ドラムが変形することを踏まえ、ドラム及び中性子吸収材を無視して収納容器の外表面を輸送物の輸送物</p>	(ロ)D.5	第6条第3号イ

規則の項目	告示の項目	説明	申請書記載 対応項目	備考
		<p>表面とみなす保守側の条件の下で、 収納容器内部に収納物のウラン量を 包含する ██████████ が収納 されているとして MCNP-6 コードを 用いて評価した結果、表面から 1m 離 れた位置における最大線量当量率は ██████████ となり、2mSv/h を下回 る。</p>		
第7条第3号	別記第5 第3号	<p>特別の試験条件に置いた輸送物 は、収納容器の構造健全性及び密封 性が確保される。放射性物質の漏え い量評価においては、収納容器に収 納物のウラン量を包含する ██████████ ██████████ で収 納され、██████の一部がエアロゾルと して内部気体と混合しているとした 上で、収納容器内圧を ██████████ ██████████ ██████████ として放射性物 質の1週間当たりの漏えい量を評価 した結果、放射性物質の漏えい量の 基準(A2 値)に対する比率は $3.75 \times$ 10^4 であり基準を満足する。</p>	(ロ)C.4.2.2	第6条第3号ロ
第7条第4号		<p>第7条第1号(第4条第2号、 第5条第4号)の技術上の基準に対 する適合性において説明のとおり、 周囲の温度が -40°C から 38°C の範 囲とした場合の輸送物各部の温度 において、材料は必要とされる構造</p>	(ロ)A.3 (ロ)B.4.2	

規則の項目	告示の項目	説明	申請書記載 対応項目	備考
		強度に対して影響はない。また収納容器の内圧は当該の温度範囲における最大圧力を超える条件の下で構造健全性及び密封性が確保される。		
第7条第5号		本輸送物は、冷却装置等を持たない自然冷却方式である。	(ロ)B.1	
第7条第6号		本輸送物は、運搬中に予想される温度の変化及び内圧の変化を考慮しても、内外圧差(ゲージ圧)は [REDACTED] を下回ることから最大使用圧力が 700 k Pa を超えない。	(ロ)B.4 (ロ)B.5	
第8条		本輸送物は BU 型輸送物であるので該当しない。		
第9条		本輸送物は BU 型輸送物であるので該当しない。		
第10条		本輸送物は BU 型輸送物であるので該当しない。		
第11条		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放射線照射、熱、化学変化及び繰り返し荷重を考慮して、使用予定年数、使用回数に対する影響評価を行った結果、輸送物に経年変化の影響はない。 核分裂性輸送物に係る一般の試験条件においた輸送物の状態につい	(ロ)-F	

規則の項目	告示の項目	説明	申請書記載 対応項目	備考
		<p>て、ドラムの一部に変形が生じるが、 収納容器、収納容器蓋の構造健全性は確保される。</p> <p>核分裂性輸送物に係る特別の試験条件に置くこととした場合、一般の試験条件の履歴を受けたのちに、落下試験、熱的試験、浸漬試験に置いた輸送物の状態について、ドラム及びドラム内の断熱材に変形が生じるが収納容器、収納容器蓋及び中性子吸収材が破損することはない。</p>		
第11条第1号 イ、ロ		<p>輸送物を一般の試験条件の下に置くこととした場合、輸送物に生じる変形は自由落下に伴うドラムの最大変形に限られる、また変形の形状はくぼみを生じるような変形ではないことから、1辺が10cmの立方体を包含するようなくぼみは容器の構造部に生じない。一方、輸送物のことであることから、外接する直方体の一辺は10cm以上である。</p>	(ロ)A.9.1	
第11条第2号 イ、ロ、ハ、ニ、ホ		<p>第11条第2号イからホの5つの条件をすべて包含するよう、特別の試験条件における損傷を考慮し、ドラムの外径を一様に縮小すること、収納容器の内部を満水すること、収納物であるが均一に</p>	(ロ)E.4.4	

規則の項目	告示の項目	説明	申請書記載 対応項目	備考
		<p>存在すること及びドラム外表面に外接する正六角形を完全反射面として輸送容器が無限配列させたうえで、臨界評価上、厳しい結果を与えるため収納物は²³⁵Uを仕様値より高い濃縮度とすること及び最も高い反応度を与え[REDACTED]とする等の条件の下、KENO-VIコードを用いてすべての収納物に対して実効増倍率を求めた結果、実効増倍率の最大値[REDACTED] [REDACTED]を収納した場合で[REDACTED]となり、収納物とした核燃料物質のいずれを収納した場合においても未臨界性が確保される。</p>		
第11条第3号		<p>第7条第1号（第4条第2号、第5条第4号）の技術上の基準に対する適合性において説明のとおり、周囲の温度が-40℃から38℃の範囲とした場合の輸送物各部の温度において、材料は必要とされる構造強度に対して影響はない。また収納容器の内圧は当該の温度範囲における最大圧力を超える条件の下で構造健全性及び密封性が確保される。</p>	(ロ)A.3 (ロ)A.4.2	

(ハ)章 輸送容器の保守及び
核燃料輸送物の取扱い方法

A. 輸送物の取扱い方法

A.1 装荷方法

本輸送物に係る収納物の装荷は、次の手順により行う。

(1) 収納物の準備

収納物は装荷に先立ち、A.2 の輸送物発送前検査に基づく収納物検査を行う。

(2) 収納物の装荷

① 収納缶、緩衝材、治具、吊り上げ装置等を準備する。

②

④ 収納容器の気密漏えい検査を実施する。(A.2 参照)

輸送物の吊上げ、吊下ろしは、専用の吊上げ治具をドラムの上部に装着し汎用のクレーン等を用いて実施する。なお、吊り治具については、年1回以上の定期検査を行ったもののみを使用する。また、ドラム装着時においては、吊り上げ治具の外観に異常がないことを確認した上で装荷作業を実施する。A.3 の取り出し時も同様の吊り上げ治具を使用する。

A.2 輸送物の発送前検査

輸送物を発送する前に(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 輸送物発送前検査要領

検査項目	検査方法	合格基準
外観検査	ドラムアセンブリ、ドラム蓋、トッププラグ及び収納容器の外観を目視により検査する。	有害な傷、割れ等がなく、形状に異常な欠陥がないこと。
気密漏えい検査	収納容器シール部に) 以上の空気圧を 10 分間加え、圧力降下法により漏えい率を測定する。	漏えい率が 1×10^{-4} std-cm ³ /s 以下であること。
線量当量率検査	収納物を収納した状態で、輸送物の表面及び表面より 1 m 離れた位置におけるガンマ線量当量率及び中性子線量当量率をサーベイメーターで検査する。	ガンマ線量当量率及び中性子線量当量率の合計が以下の基準を満足すること。 表面：2 mSv/h 表面から 1 m の距離：100 μSv/h
未臨界検査	ドラムアセンブリの外観及び収納物の収納方法を目視により検査する。	ドラムアセンブリに有害な傷、割れ等がなく、形状に異常な欠陥がないこと。 収納物が所定の収納方法で収納されていること。
重量検査	輸送物の総重量を検査する。	重量 以下であること。
収納物検査	収納物の種類、濃縮度、重量、収納数及び外観を検査する。	1.種類： 設計承認条件のとおりであること。 2.濃縮度及び収納量 設計承認条件のとおりであること。 3.外観：異常のないこと。
表面密度検査	スミヤ法により輸送物表面の放射性物質の密度を測定する。	表面密度が以下の基準を満足すること。 アルファ線を放出する放射性物質： 0.4 Bq/cm ² を超えないこと。 アルファ線を放出しない放射性物質： 4 Bq/cm ² を超えないこと。
吊上検査	本輸送容器は吊上装置を有しないため該当せず。	
圧力測定検査	収納物から発生する崩壊熱は小さく、容器内部は常圧であるため、容器内部の圧力は周囲圧力と同一になる。そのため、本検査は実施しない。	
温度測定検査	収納物から発生する崩壊熱は小さく、容器温度は周囲温度と同一になる。そのため、本検査は実施しない。	

A.3 取出し方法

- [Redacted]

A.4 空容器の取扱い

収納物の取り出し後、容器内面の放射線管理を行い、必要に応じ除染を行う。また、輸送容器の外観検査を行い、異常がないことを確認して屋内に保管する。

B. 保守条件

輸送容器の保管は屋内で行う。定期自主検査は、以下に記した方法により、1年に1回以上（年間の使用回数が10回を超える場合には、使用回数10回毎に1回以上）実施する。検査項目、対象、検査方法及び判定基準を(ハ)-第B.1表に示す。また、定期自主検査の結果、必要に応じて補修を実施する。

B.1 外観検査

ドラムアセンブリ、ドラム蓋、トッププラグ及び収納容器の外観を目視により検査する。

B.2 耐圧検査

耐圧検査の対象機器は収納容器であり、製造時検査により耐圧性能を有していることを確認している。このため、定期自主検査では収納容器の外観に有害な傷、割れ等がなく、形状に異常な欠陥がないことを目視により検査する。

B.3 気密漏えい試験

試験用ガスとしてヘリウムガスを用いて収納容器のヘリウムリーク試験を行い、漏えい率が 2.0×10^{-7} std·cm³/s 以下であることを確認する。

B.4 遮蔽検査

収納容器の内外面に有害な傷、割れ等がなく、形状に異常な欠陥がないことを目視により検査する。ドラムアセンブリの外表面、内側ライナ表面に [REDACTED] が放逸するような有害な傷、割れ等がなく、形状に異常な欠陥がないことを目視により検査する。

B.5 未臨界検査

収納容器の内外面に有害な傷、割れ等がなく、形状に異常な欠陥がないことを目視により検査する。ドラムアセンブリの外表面、内側ライナ表面に [REDACTED] が放逸するような有害な傷、割れ等がなく、形状に異常な欠陥がないことを目視により検査する。

B.6 熱検査

収納物から発生する崩壊熱は最大 5W と小さく、容器温度は周囲温度と同一になる。そのため、本検査を省略する。

B.7 吊上検査

本輸送容器は吊上装置を有しないため該当しない。

B.8 作動確認検査

本輸送容器は弁及び非常用安全装置等の作動装置を有していないため該当しない。

B.9 補助系の保守

本輸送容器は補助系を有していないため該当しない。

B.10 密封装置の弁、ガスケット等の保守

定期自主検査ごとに O リングの交換を実施する。O リング、O リング溝及び収納容器シール面に密封性能に影響する有害な傷、割れ等がなく、形状に異常な欠陥がないこと目視により検査する。異常が認められた場合には O リングを交換する。

B.11 輸送容器の保管

輸送容器は、水蒸気放出穴にプラスチックプラグを装着し、ドラム蓋を取付け、天候の影響を受けない屋内施設で保管する。

B.12 記録の保管

容器の定期自主検査等の記録は、容器登録の有効期限内はこれを保管する。

B.13 その他

補修を行った容器は、補修後検査として(ニ)第 B.1 表の定期自主検査要領に基づき検査を行う。ただし、補修が収納容器の耐圧性能に影響を及ぼすと考えられる場合、耐圧検査として収納容器の水圧試験 () を行い、圧力の減少及び内部からの漏水がないことを確認する。

(ハ)-第 B.1 表 定期自主検査要領

検査項目	検査方法	合格基準
外観検査	ドラムアセンブリ及び収納容器の外観を目視により検査する。	有害な傷、割れ等がなく、形状に異常な欠陥がないこと。
耐圧検査	収納容器の外観を目視により検査する。	有害な傷、割れ等がなく、形状に異常な欠陥がないこと。
気密漏えい検査	収納容器のヘリウムリーク試験により漏えい率を測定する。	漏えい率が 2.0×10^{-7} std-cm ³ /s 以下であること。
遮蔽検査	ドラムアセンブリ及び収納容器の外観を目視により検査する。	有害な傷、割れ等がなく、形状に異常な欠陥がないこと。
未臨界検査	ドラムアセンブリ及び収納容器の外観を目視により検査する。	有害な傷、割れ等がなく、形状に異常な欠陥がないこと。
密封装置の弁、ガスケット等の保守	Oリング、Oリング溝及び収納容器シール面の外観を目視により検査する。	有害な傷、割れ等がなく、形状に異常な欠陥がないこと。 異常が認められた場合、Oリングを交換する。
熱検査	収納物から発生する崩壊熱は小さく、容器温度は周囲温度と同一になる。そのため、本検査は実施しない。	
吊上検査	本輸送容器は吊上装置を有しないため該当せず。	
作動確認検査	弁及び非常用安全装置等を有していないため該当せず。	
補助系の保守	補助系を有していないため該当せず。	

(二)章 安全設計及び安全輸送に関する
特記事項

(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。

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

品質マネジメントの基本方針

本品質マネジメントの基本方針は、「原子力発電所における安全のための品質保証規定(JEAC4111-2009)」を参考に品質保証活動の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

(1) 京都大学複合原子力科学研究所（以下「研究所」という。）は、法令に定める技術上の基準並びに運搬に関する確認の申請または容器承認の申請書に示された設計仕様及び製作方法に適合するため、輸送容器の設計、製作、取扱い、保守及び輸送並びに輸送容器の取扱い、保守及び輸送に関連する原子炉施設（以下「輸送容器等」という。）に係る品質マネジメントシステムを確立し、実施し、かつ、維持する。また、この品質マネジメントシステムはマネジメントレビューを通して、継続的に改善する。

(2) 研究所は、次の事項を実施する。

- a) 品質マネジメントシステムに必要なプロセスの内容（当該プロセスにより達成される結果を含む。）を明らかにするとともに、当該プロセスのそれぞれについてどのように適用されるかについて識別できるようにすること。
- b) プロセスの順序及び相互の関係を明確にすること。
- c) プロセスの実施及び管理の実効性の確保に必要な判定基準及び方法を明確にすること。
- d) プロセスの実施並びに監視及び測定（以下「監視測定」という。）に必要な資源及び情報が利用できる体制を確保すること。
- e) プロセスを監視測定し、及び分析すること。ただし、測定することが困難な場合は、測定することを要しない。
- f) プロセスについて、第一号の結果を得るため、及び実効性を維持するために、所要の措置を講ずること。
- g) 品質保証の実施に係るプロセス及び組織を品質マネジメントシステムと整合的なものとする。
- h) 社会科学及び行動科学の知見を踏まえて、保安活動を促進すること。

A.2 文書化に関する要求事項

A.2.1 一般

研究所は、A.1 の規定により品質マネジメントシステムを確立するために、次に掲げる文書を作成し、当該文書に規定する事項を実施する。

- a) 品質方針表明書及び品質目標表明書
- b) 品質マネジメントシステムを規定する文書（品質マネジメント計画書）
- c) プロセスについての実効性のある計画的な実施及び管理がなされるようにするために必要な文書
- d) 品質マネジメント計画書に規定する手順書及び記録

A.2.2 文書管理

(1) 研究所は、品質マネジメント計画書に規定する文書その他品質マネジメントシステムに必要な文書（記録を除く。以下「品質マネジメント文書」という。）を管理する。

(2) 研究所は、次に掲げる業務に必要な管理を定めた手順書を作成する。

- a) 品質マネジメント文書を発行するに当たり、当該文書の妥当性をレビューし、その発行を承認すること。
- b) 品質マネジメント文書について所要のレビューを行い、更新を行うに当たり、その更新を承認すること。
- c) 品質マネジメント文書の変更内容及び最新の改訂状況が識別できるようにすること。
- d) 改訂のあった品質マネジメント文書を使用する場合において、当該文書の適切な改訂版が利用できる体制を確保すること。
- e) 品質マネジメント文書が読みやすく、容易に内容を把握することができる状態にあることを確保すること。
- f) 外部で作成された品質マネジメント文書を識別し、その配付を管理すること。
- g) 廃止した品質マネジメント文書が意図に反して使用されることを防止すること。この場合において、当該文書を保持するときは、その目的にかかわらず、これを識別すること。

A. 2. 3 品質記録の管理

- (1) 研究所は、品質マネジメント計画書に規定する記録その他要求事項への適合及び品質マネジメントシステムの実効性のある実施を実証する記録の対象を明らかにするとともに、当該記録を、読みやすく容易に内容を把握することができ、かつ、検索することができるように作成し、これを維持管理する。
- (2) 研究所は、前項の記録の識別、保存、保護、検索、保存期間及び廃棄に関し所要の管理を定めた手順書を作成する。
- (3) 研究所は、輸送容器に係る品質記録について、次の事項を確実にする。
 - a) 品質記録には、容器製造者等から提出される品質記録を含むこと。
 - b) 品質記録の保管期間は、容器承認及び設計承認の有効期間を考慮して定めること。

B. 申請者の責任

B.1 経営者のコミットメント

研究所所長（以下「所長」という。）は、経営責任者として品質マネジメントシステムの確立及び実施並びにその実効性の維持と継続的改善に指導力及び責任を持って関与していることを、次に掲げる業務を行うことによって実証する。

- a) 品質方針を定めること。
- b) 品質目標が定められているようにすること。
- c) 安全文化を醸成するための活動を促進すること。
- d) マネジメントレビューを実施すること。
- e) 資源が利用できる体制を確保すること。
- f) 関係法令を遵守することその他原子力の安全を確保することの重要性を、保安活動を実施する者（以下「部室員」という。）に周知すること。

B.2 責任及び権限

B.2.1 責任及び権限

(1) 体制

本基本方針に係る業務を実施する品質保証組織は、第 B.1 図による。

(2) 責任及び権限

所長は、経営責任者として各部室及び部室員の責任（保安活動の内容について説明する責任を含む。）及び権限が定められ、文書化され、周知されているようにする。

B.2.2 品質保証責任者

所長は、品質マネジメントシステムを管理監督する責任者（以下「品質保証責任者」という。）を任命し、次に掲げる業務に係る責任及び権限を与える。

- a) プロセスが確立され、実施されるとともに、その実効性が維持されているようにすること。
- b) 品質マネジメントシステムの実施状況及びその改善の必要性について所長に

報告すること。

- c) 各部室において、関係法令を遵守することその他原子力の安全を確保することについての認識が向上するようにすること。

B. 2. 3 部室長の責任と権限

所長は、プロセスを管理監督する責任者である各部室の長（以下「部室長」という。）に、次に掲げる業務に係る責任及び権限を与える。

- a) 部室長が管理する個別業務のプロセスが確立され、実施されるとともに、その実効性が維持されているようにすること。
- b) 部室長が管理する個別業務に従事する部室員の個別業務等要求事項についての認識が向上するようにすること。
- c) 部室長が管理する個別業務の実績に関する評価を行うこと。
- d) 安全文化を醸成するための活動を促進すること。

B. 2. 4 内部監査責任者

- (1) 所長は、内部監査責任者を任命する。
- (2) 内部監査責任者は、内部監査に関する業務の責任者として、内部監査の計画及び実施に関する業務を行う。

B. 3 マネジメントレビュー

B. 3. 1 一般

- (1) 所長は、品質マネジメントシステムについて、その妥当性及び実効性の維持を確認するためのレビュー（品質マネジメントシステム、品質方針及び品質目標の改善の余地及び変更の必要性の評価を含む。以下「マネジメントレビュー」という。）を、あらかじめ定めた間隔で行う。
- (2) 研究所は、品質保証責任者にマネジメントレビューの結果の記録を作成させ、これを管理させる。

B. 3. 2 マネジメントレビューへのインプット

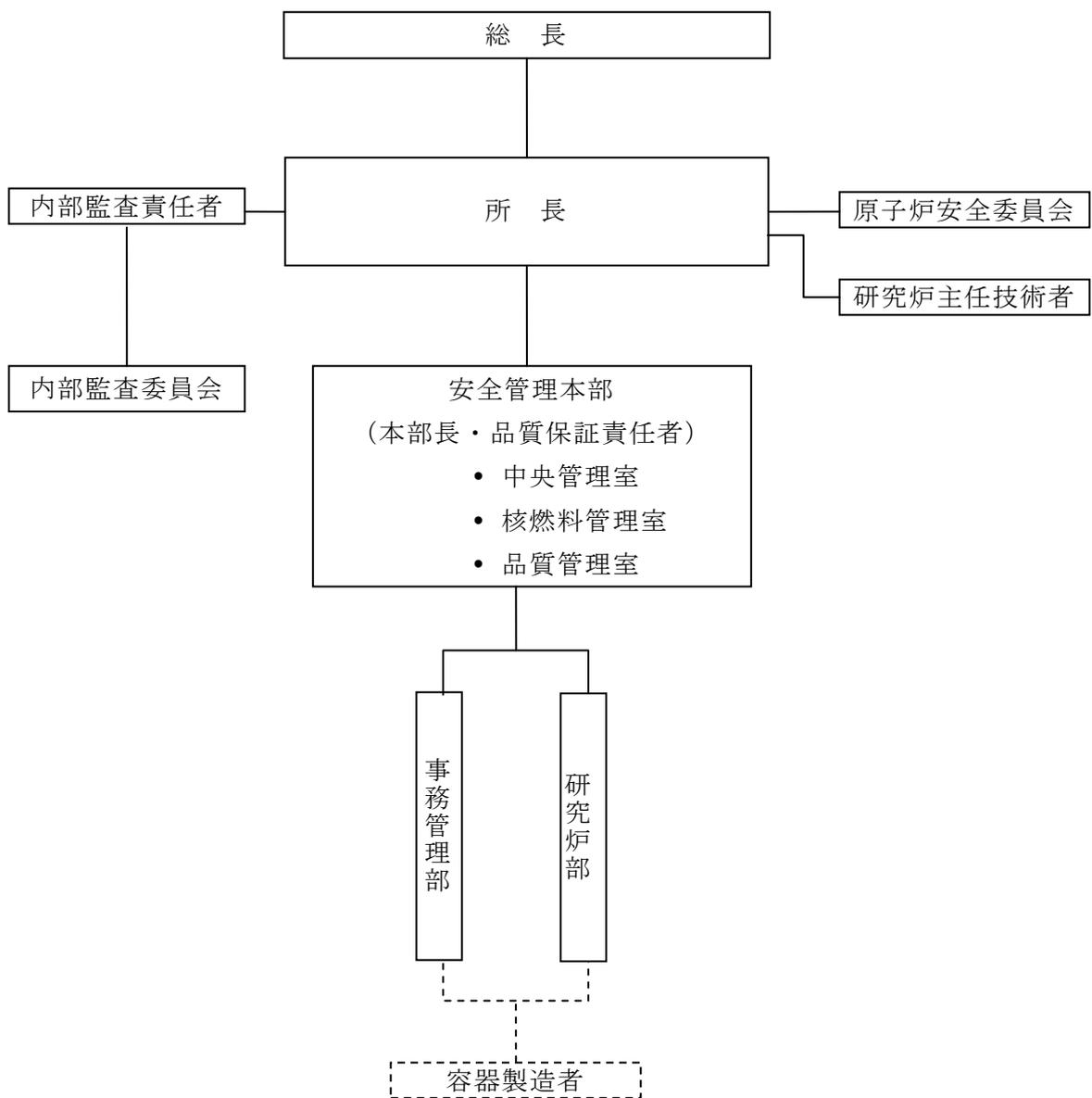
所長は、次に掲げるインプットを元にマネジメントレビューを行う。

- a) 監査の結果
- b) 研究所の外部の者（外部機関、規制官庁、京都大学本部、地域住民、利用者など）からのフィードバック
- c) プロセスの実施状況
- d) 輸送容器等に係る検査の結果
- e) 品質目標の達成状況
- f) 安全文化を醸成するための活動の実施状況
- g) 関係法令の遵守状況
- h) 是正処置（不適合（要求事項に適合しない状態をいう。以下同じ。）に対する再発防止のために行う是正に関する処置をいう。以下同じ。）及び予防処置（生じるおそれのある不適合を防止するための予防に関する処置をいう。以下同じ。）の状況
- i) 従前のマネジメントレビューの結果を受けて講じた措置（フォローアップ）
- j) 品質マネジメントシステムに影響を及ぼすおそれのある変更
- k) 各部室又は部室員からの改善のための提案

B.3.3 マネジメントレビューからのアウトプット

所長は、マネジメントレビューから次に掲げる事項に係る情報を得て、所要の措置を講じる。

- a) 品質マネジメントシステム及び業務の実効性の維持に必要な改善
- b) 個別業務に関する計画及び個別業務の実施に関連する保安活動の改善
- c) 品質マネジメントシステムの妥当性及び実効性の維持を確保するために必要な資源



第 B.1 図 核燃料輸送物の設計等に係る品質保証組織

C. 教育・訓練

C.1 資源の確保

研究所は、保安のために必要な資源を明確にし、確保する。

C.2 要員の提供

研究所は、部室員に、次に掲げる要件を満たしていることをもってその能力が実証された者を充てる。

- a) 適切な教育訓練を受けていること。
- b) 所要の技能及び経験を有していること。

C.3 教育訓練等

研究所は、次に掲げる業務を行う。

- a) 部室員にどのような能力が必要かを明確にすること。
- b) 部室員の教育訓練の必要性を明らかにすること。
- c) 前号の教育訓練の必要性を満たすために教育訓練その他の措置を講ずること。
- d) 前号の措置の実効性を評価すること。
- e) 部室員が、品質目標の達成に向けて自らの個別業務の関連性及び重要性を認識するとともに、自らの貢献の方途を認識しているようにすること。
- f) 部室員の教育訓練、技能及び経験について適切な記録を作成し、これを管理すること。

D. 設計管理

D.1 個別業務に必要なプロセスの計画

- (1) 研究所は、輸送容器等に係る個別業務に必要なプロセスについて、計画を策定するとともに、確立する。
- (2) 前項の規定により策定された計画（以下「個別業務計画」という。）は、他のプロセスの要求事項と整合的なものとする。
- (3) 研究所は、個別業務計画の策定を行うに当たっては、次に掲げる事項を適切に明確化する。
 - a) 個別業務又は輸送容器等に係る品質目標及び個別業務等要求事項
 - b) 所要のプロセス、品質マネジメント文書及び資源であって、個別業務又は輸送容器等に固有のもの
 - c) 所要の検証、妥当性確認、監視測定並びに検査及び試験（以下「検査試験」という。）であって、当該個別業務又は輸送容器等に固有のもの及び個別業務又は輸送容器等の適否を決定するための基準（以下「適否決定基準」という。）
 - d) 個別業務又は輸送容器等に係るプロセス及びその結果が個別業務等要求事項に適合していることを実証するために必要な記録
 - e) 研究所は、個別業務計画の策定に係るアウトプットを、作業方法に見合う形式によるものとする。

D.2 個別業務等要求事項の明確化

研究所は、次に掲げる事項を個別業務等要求事項として明確にする。

- a) 外部の者が明示してはいないものの、個別業務又は輸送容器等に必要な要求事項であって既知のもの
- b) 当該個別業務や輸送容器等に関する関係法令
- c) その他研究所が必要と判断する要求事項

D.3 個別業務等要求事項のレビュー

- (1) 研究所は、個別業務の実施又は輸送容器等の使用に当たって、あらかじめ、

個別業務等要求事項のレビューを実施する。

- (2) 研究所は、前項のレビューを実施するに当たっては、次に掲げる事項を確認する。
- a) 当該個別業務又は輸送容器等に係る個別業務等要求事項が定められていること。
 - b) 当該個別業務又は輸送容器等に係る個別業務等要求事項が、あらかじめ定められた個別業務等要求事項と相違する場合においては、当該相違点が解明されていること。
 - c) 研究所が、あらかじめ定められた要求事項に適合する能力を有していること。
- (3) 研究所は、第一項のレビューの結果に係る記録及び当該レビューの結果に基づき講じた措置に係る記録を作成し、これを管理する。
- (4) 研究所は、個別業務等要求事項が変更された場合においては、関連する文書が改訂されるようにするとともに、関連する部室員に対し変更後の個別業務等要求事項が周知されるようにする。

D.4 外部の者との情報の伝達

研究所は、外部の者との情報の伝達のために実効性のある方法を明らかにして、これを実施する。

D.5 設計開発の計画

- (1) 研究所は、設計開発の計画（以下「設計開発計画」という。）を策定するとともに、設計開発を管理する。
- (2) 研究所は、設計開発計画の策定において、次に掲げる事項を明確にする。
- a) 設計開発の段階
 - b) 設計開発の各段階それぞれにおいて適切なレビュー、検証及び妥当性確認
 - c) 設計開発に係る部室及び部室員の責任（保安活動の内容について説明する責任を含む。）及び権限
- (3) 研究所は、実効性のある情報の伝達並びに責任及び権限の明確な割当てがなされるようにするために、設計開発に関与する各者間の連絡を管理監督する。

- (4) 研究所は、第一項の規定により策定された設計開発計画を、設計開発の進行に応じ適切に更新する。

D.6 設計開発に係るインプット

- (1) 研究所は、輸送容器に係る要求事項に関連した次に掲げる設計開発に係るインプットを明確にするとともに、当該情報に係る記録を作成し、これを管理する。
- a) 意図した使用方法に応じた機能又は性能に係る輸送容器に係る要求事項
 - b) 従前の類似した設計開発から得られた情報であって、当該設計開発へのインプットとして適用可能なもの
 - c) 関係法令
 - d) その他設計開発に必須の要求事項
- (2) 研究所は、設計開発に係るインプットについて、その妥当性をレビューし、承認する。

D.7 設計開発に係るアウトプット

- (1) 研究所は、設計開発に係るアウトプットを、設計開発に係るインプットと対比した検証を可能とする形式により保有する。
- (2) 研究所は、設計開発からプロセスの次の段階に進むことを承認するに当たり、あらかじめ、当該設計開発に係るアウトプットを承認する。
- (3) 研究所は、設計開発に係るアウトプットを、次に掲げる条件に適合するものとする。
- a) 設計開発に係るインプットたる要求事項に適合するものであること。
 - b) 調達、個別業務の実施及び輸送容器等の使用のために適切な情報を提供するものであること。
 - c) 適否決定基準を含むものであること。
 - d) 輸送容器等の安全かつ適正な使用方法に不可欠な当該輸送容器等の特性を規定しているものであること。

D.8 設計開発のレビュー

- (1) 研究所は、設計開発について、その適切な段階において、設計開発計画に従って、次に掲げる事項を目的とした体系的なレビュー（以下「設計開発レビュー」という。）を実施する。
 - a) 設計開発の結果が要求事項に適合することができるかどうかについて評価すること。
 - b) 設計開発に問題がある場合においては、当該問題の内容を識別できるようにするとともに、必要な措置を提案すること。
- (2) 研究所は、設計開発レビューに、当該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室の代表者及び当該設計開発に係る専門家を参加させる。
- (3) 研究所は、設計開発レビューの結果の記録及び当該結果に基づき所要の措置を講じた場合においては、その記録を作成し、これを管理する。

D.9 設計開発の検証

- (1) 研究所は、設計開発に係るアウトプットが当該設計開発に係るインプットたる要求事項に適合している状態を確保するために、設計開発計画に従って検証を実施する。この場合において、設計開発計画に従ってプロセスの次の段階に進む場合には、要求事項に対する適合性の確認をする。
- (2) 研究所は、前項の検証の結果の記録（当該検証結果に基づき所要の措置を講じた場合においては、その記録を含む。）を作成し、これを管理する。
- (3) 研究所は、当該設計開発に係る部室又は部室員に第一項の検証をさせない。

D.10 設計開発の妥当性確認

- (1) 研究所は、輸送容器を、規定された性能、使用目的又は意図した使用方法に係る要求事項に適合するものとするために、当該輸送容器に係る設計開発計画に従って、当該設計開発の妥当性確認（以下この条において「設計開発妥当性確認」という。）を実施する。
- (2) 研究所は、輸送容器を使用するに当たり、あらかじめ、設計開発妥当性確認

を完了する。ただし、当該輸送容器の完成の後でなければ妥当性確認を行うことができない場合においては、当該輸送容器の使用を開始する前に、設計開発妥当性確認を行う。

- (3) 研究所は、設計開発妥当性確認の結果の記録及び当該妥当性確認の結果に基づき所要の措置を講じた場合においては、その記録を作成し、これを管理する。

D.11 設計開発の変更の管理

- (1) 研究所は、設計開発の変更を行った場合においては、当該変更の内容を識別できるようにするとともに、当該変更に係る記録を作成し、これを管理する。
- (2) 研究所は、設計開発の変更を実施するに当たり、あらかじめ、レビュー、検証および妥当性確認を適切に行い、承認する。
- (3) 研究所は、設計開発の変更のレビューの範囲を、当該変更が輸送容器に及ぼす影響の評価（当該輸送容器を構成する材料又は部品に及ぼす影響の評価を含む。）を含むものとする。
- (4) 研究所は、第二項の規定による変更のレビューの結果に係る記録（当該レビュー結果に基づき所要の措置を講じた場合においては、その記録を含む。）を作成し、これを管理する。

E. 輸送容器の製造発注

E.1 品質管理計画

研究所は、輸送容器製造者及び供給者の品質管理を含む輸送容器の製造に関する品質マネジメント業務を規定する品質管理計画を構築し、品質管理計画書を策定する。

E.2 発注プロセス

- (1) 研究所は、輸送容器の製造を発注する場合、輸送容器の製造が法令に定める技術上の基準並びに設計承認申請書又は容器承認申請書の設計仕様及び容器承認申請書の製造方法に適合することを確実にし、品質マネジメント計画書に定める調達プロセスに従って、外部から調達する物品または役務（以下「調達物品等」という。）が、研究所の規定する調達物品等に係る要求事項（以下「調達物品等要求事項」という。）に適合するようにする。
- (2) 研究所は、研究所が輸送容器の一部の製造を他の製造者に発注し、その製品を容器製造者に支給する場合についても、前項の事項を準用する。

E.3 容器製造者の評価

研究所は、次の事項を実施する。

- (1) 容器製造者の輸送容器を製造する能力について評価し、選定する。能力の評価に当たっては、必要に応じて、次の事項を考慮する。
 - a) 輸送容器の製造に関する技術・要員及び製造設備
 - b) 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
- (2) 容器製造者に対して研究所が実施する管理の方式及び程度を明確にする。

E.4 容器製造者への品質マネジメント要求事項

研究所は、輸送容器の製造発注に当たって、容器製造者に対して次の要求事項について、仕様書等の文書で明確に指示し、実施させる。

- a) 容器製造者が、「E.8 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を実施すること。
- b) 研究所及び規制当局の職員が、容器製造者及び容器製造者の供給者等において、輸送容器の製造時の検査や品質管理状況の確認を行うことができるように措置すること。
- c) 研究所が容器製造者の供給者の選定基準について審査し、承認できるように措置すること。また、研究所が容器製造者の供給者の選定状況を確認できるように措置すること。
- d) 輸送容器の製造に携わる事業者間の責任関係を契約等により明確にするように措置すること。
- e) 研究所が示す安全上重要な材料仕様値等について、容器製造者及び容器製造者の供給者にその数値の意味と重要性を十分理解させるように措置すること。
- f) 輸送容器の製造に当たって、安全上の重要度が高く特殊な材料を採用する場合は、予め製造に係る施工・分析・検査方法について、輸送容器の製造に携わる各事業者間における情報交換や技術的検討が十分実施されるように措置すること。
- g) 輸送容器の製造に携わる複数の事業者間にまたがる工程では、作業指示や納期などの取決めを明確にし、緊密な連携を図るよう措置すること。
- h) 不適合品が発生して、手直し等により使用する場合は、研究所に対し文書で通知し、取扱の指示を受けること。
- i) 容器製造者の製造のプロセスにおいて重要な変更があった場合は、研究所に対し速やかに報告し、承認を受けること。

E.5 輸送容器の製造の検証

- (1) 研究所は、容器製造者への品質監査を実施するとともに、容器製造者による供給者への品質監査等の状況を把握し、必要に応じ供給者に対し直接品質管理の状況を確認する。

(2) 研究所は、輸送容器の検査に当たって、安全上の重要性などを考慮しつつ、公的規格及び公的資格制度の有無、容器製造者及び供給者の品質管理の状況等を勘案し、立会確認、記録確認を行う。

(3) 研究所は、輸送容器の製造に係る品質監査及び輸送容器の検査に当たって、検査計画書、検査要領書、実施要領等の文書を作成し、実施する。

E.6 日程管理及び特殊工程の認定

研究所は、輸送容器の製造に係る製造スケジュール及び検査スケジュールを作成し、管理する。また、事後の検査では結果が十分検証できない工程を特殊工程として認定し、作業員及び工程の認定及び管理の方法を明確にする。

E.7 測定、分析及び改善

E.7.1 一般

研究所は、次に掲げる業務に必要な監視測定、分析及び改善に係るプロセスについて、計画を策定し（適用する検査試験の方法（統計学的方法を含む。）及び当該方法の適用の範囲の明確化を含む。）、実施する。

- a) 個別業務等要求事項への適合性を実証すること。
- b) 品質マネジメントシステムの適合性を確保し、実効性を維持すること。

E.7.2 外部の者からの意見

- (1) 研究所は、品質マネジメントシステムの実施状況の監視測定の一環として、保安の確保に対する輸送容器等の外部の者の意見を把握する。
- (2) 研究所は、前項の意見の把握及び当該意見の反映に係る方法を明確にする。

E.7.3 内部監査

- (1) 研究所は、品質マネジメントシステムが次に掲げる要件に適合しているかどうかを明確にするために、あらかじめ定めた間隔で、内部監査委員会による内部監査を実施する。研究所は内部監査責任者に内部監査委員会の編成及び指揮をさせる。

- a) 個別業務計画、本書の規定及び当該品質マネジメントシステムに係る要求事項に適合していること。
 - b) 実効性のある実施及び維持がなされていること。
- (2) 研究所は、内部監査の対象となるプロセス、領域の状態及び重要性並びに従前の監査の結果を考慮して、内部監査実施計画を策定する。
- (3) 研究所は、内部監査の判定基準、範囲、頻度及び方法を定める。
- (4) 研究所は、内部監査委員の選定及び内部監査の実施においては、客観性及び公平性を確保する。
- (5) 研究所は、内部監査委員に自らの個別業務を内部監査させない。
- (6) 研究所は、内部監査実施計画の策定及び実施並びに内部監査結果の報告及び記録の管理について、その責任及び権限並びに要求事項を手順書の中で定める。
- (7) 研究所は、内部監査された領域に責任を有する管理者に、発見された不適合及び当該不適合の原因を除去するための措置を遅滞なく講じさせるとともに、当該措置の検証を行わせ、その結果を報告させる。

E. 7. 4 プロセスの監視及び測定

- (1) 研究所は、プロセスの監視測定を行う場合においては、当該プロセスの監視測定に見合う監視測定の方法を適用する。
- (2) 研究所は、前項の監視測定の方法により、プロセスが品質管理計画及び個別業務計画に定めた結果を得ることができることを実証する。
- (3) 研究所は、品質管理計画及び個別業務計画に定めた結果を得ることができない場合においては、個別業務等要求事項の適合性を確保するために、修正及び是正処置を適切に講じる。

E. 7. 5 検査及び試験

- (1) 研究所は、輸送容器が要求事項に適合していることを検証するために、輸送容器に対して検査試験を行う。
- (2) 研究所は、前項の検査試験を、個別業務計画及び手順書に従って、個別業務の実施に係るプロセスの適切な段階において行う。

- (3) 研究所は、検査試験の適否決定基準への適合性の証拠となる検査試験の結果に係る記録等を作成し、これを管理する。
- (4) 研究所は、プロセスの次の段階に進むことの承認を行った者を特定する記録を作成し、これを管理する。
- (5) 研究所は、個別業務計画に基づく検査試験を支障なく完了するまでは、プロセスの次の段階に進むことの承認をしない。
- (6) 研究所は、個別業務及び輸送容器の重要度に応じて、検査試験を行う者を定める。この場合において、検査試験を行う者の独立性を考慮する。

E. 7. 6 不適合管理

- (1) 研究所は、要求事項に適合しない個別業務又は輸送容器が放置されることを防ぐよう、当該個別業務又は輸送容器を識別し、これが管理されているようにする。
- (2) 研究所は、不適合の処理に係る管理及びそれに関連する責任及び権限を手順書に定める。
- (3) 研究所は、次に掲げる方法のいずれかにより、不適合を処理する。
 - a) 発見された不適合を除去するための措置を講ずること。
 - b) 個別業務の実施、輸送容器の使用又はプロセスの次の段階に進むことの承認を行うこと（以下「特別採用」という。）。
 - c) 本来の意図された使用又は適用ができないようにするための措置を講ずること。
 - d) 個別業務の実施後に不適合を発見した場合においては、その不適合による影響又は起こり得る影響に対して適切な措置を講ずること。
- (4) 研究所は、不適合の内容の記録及び当該不適合に対して講じた措置（特別採用を含む。）の記録を作成し、これを管理する。
- (5) 研究所は、不適合に対する修正を行った場合においては、修正後の個別業務等要求事項への適合性を実証するための再検証を行う。

E. 7. 7 データの分析

- (1) 研究所は、品質マネジメントシステムが適切かつ実効性のあるものであることを実証するため、及びその品質マネジメントシステムの実効性の改善の余地を評価するために、適切なデータ（監視測定の結果から得られたデータ及びそれ以外の関連情報源からのデータを含む。）を明確にし、収集し、及び分析する。
- (2) 研究所は、前項のデータの分析により、次に掲げる事項に係る情報を得る。
 - a) 輸送容器の外部の者からの意見
 - b) 個別業務等要求事項への適合性
 - c) プロセス、輸送容器の特性及び傾向（予防処置を行う端緒となるものを含む。）
 - d) 調達物品等の供給者の供給能力

E. 7. 8 改善

研究所は、その品質方針、品質目標、内部監査の結果、データの分析、是正処置、予防処置及びマネジメントレビューの活用を通じて、品質マネジメントシステムの妥当性及び実効性を維持するために変更が必要な事項を全て明らかにするとともに、当該変更を実施する。

E. 7. 9 是正処置

- (1) 研究所は、発見された不適合による影響に照らし、適切な是正処置を講じる。
この場合において、原子力の安全に影響を及ぼすものについては、発生した根本的な原因を究明するために行う分析（以下「根本原因分析」という。）を、手順を確立した上で、行う。
- (2) 研究所は、次に掲げる要求事項を規定した是正処置手順書を作成する。
 - a) 不適合のレビュー
 - b) 不適合の原因の明確化
 - c) 不適合が再発しないことを確保するための措置の必要性の評価
 - d) 所要の是正処置（文書の更新を含む。）の明確化及び実施
 - e) 是正処置に関し調査を行った場合においては、その結果及び当該結果に基づき講じた是正処置の結果の記録

f) 講じた是正処置及びその実効性についてのレビュー

E. 7. 10 予防処置

(1) 研究所は、起こり得る問題の影響に照らし、適切な予防処置を明確にして、これを講じる。この場合において、自らの輸送容器等における保安活動の実施によって得られた知見のみならず他の施設から得られた知見を適切に反映する。

(2) 研究所は、次に掲げる要求事項（根本原因分析に係る要求事項を含む。）を定めた予防処置手順書を作成する。

- a) 起こり得る不適合及びその原因の明確化
- b) 予防処置の必要性の評価
- c) 所要の予防処置の明確化及び実施
- d) 予防処置に関し調査を行った場合においては、その結果及び当該結果に基づき講じた予防処置の結果の記録
- e) 講じた予防処置及びその実効性についてのレビュー

E. 8 容器製造者による品質マネジメントの内容

研究所は、輸送容器の製造を容器製造者に発注する際に、容器製造者へ品質マネジメントに係る下記の事項を要求する。

E. 8. 1 品質マネジメントシステム

E. 8. 1. 1 一般要求事項

容器製造者は、輸送容器の製造に係る要求事項に適合して製造を実施するため、品質マネジメントシステムを確立し、文書化し、実施し、かつ、維持すること。

E. 8. 1. 2 文書化に関する要求事項

E. 8. 1. 2. 1 一般

品質マネジメントシステムの文書には、文書化した、品質方針及び品質目標の表明、並びに以下の E. 8. 1. 2. 2 から E. 8. 1. 2. 4 を含めること。

E. 8. 1. 2. 2 品質マニュアル

容器製造者は、品質マネジメントシステムの適用範囲、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及び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を含む品質マニュアルを作成し、維持すること。

E. 8. 1. 2. 3 文書管理

容器製造者は、品質マネジメントシステムで必要とされる文書を管理すること。文書の承認及びレビュー並びに識別に関して必要な管理を規定する文書化された手順を確立すること。

E. 8. 1. 2. 4 品質記録の管理

容器製造者は、読みやすく、識別可能で、検索可能な品質記録を作成し、維持すること。品質記録の識別、保管、保護、検索、保管期間及び廃棄に関して必要な管理を規定する文書化された手順を確立すること。品質記録には、供給者等から提出される品質記録を含むこと。

E. 8. 2 容器製造者の責任

E. 8. 2. 1 最高責任者のコミットメント

容器製造者の最高責任者は、品質方針を設定し、品質目標が設定されることを確実にし、マネジメントレビューを実施することによって、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示すこと。

E. 8. 2. 2 責任及び権限

E. 8. 2. 2. 1 責任及び権限

容器製造者の最高責任者は、輸送容器の製作に係る品質に影響のある業務について責任及び権限が定められ、組織全体に周知されていることを確実にす

ること。

E. 8. 2. 2. 2 管理責任者

容器製造者の最高責任者は、管理層の中から品質マネジメントシステムの実施について責任及び権限を持つ管理責任者を任命すること。

E. 8. 2. 3 マネジメントレビュー

容器製造者の最高責任者は、品質マネジメントシステムが有効であることを確実にするため、定期的に品質マネジメントシステムをレビューすること。

E. 8. 3 資源の運用管理

E. 8. 3. 1 要員の提供

容器製造者は、品質マネジメントシステムを実施し、維持し、その有効性を継続的に改善するために必要な要員を明確にし、提供すること。

E. 8. 3. 2 教育・訓練

- (1) 容器製造者は、輸送容器の製作に係る品質に影響がある仕事に従事する要員に必要な力量を明確にし、必要な力量がもてるように教育・訓練し、その記録を維持すること。
- (2) 特に定められた業務に従事する者については、必要に応じて適切な教育・訓練歴及び経験に基づいて資格認定すること。

E. 8. 4 輸送容器の製造

E. 8. 4. 1 品質管理計画

- (1) 容器製造者は、供給者の品質管理を含む輸送容器の製造に関する品質マネジメント業務を規定する品質管理計画を構築し、品質管理計画書を策定すること。
- (2) 容器製造者は、輸送容器の製造に係る要求事項を満たすために、適宜以下の事項について配慮すること。

- a) 要求事項を達成するために必要と考えられるすべての管理手段、工程、装置（検査装置を含む。）、備品、経営資源及び技術を確保すること。
- b) 製造工程、検査手順及び文書の整合を図ること。
- c) 品質管理、検査の技法は、必要に応じて更新すること。
- d) 輸送容器の製造工程における検証の方法を明確にすること。
- e) 合否判定基準を明確にすること。
- f) 品質記録を作成すること。

E. 8. 4. 2 契約内容の確認

- (1) 容器製造者は、契約内容を確認する手順を定めること。
- (2) 容器製造者は、見積り仕様書の提出前又は契約の前にその内容を確認し、自らが契約の要求事項を満たす能力を持っていることを確認すること。

E. 8. 4. 3 購買

E. 8. 4. 3. 1 一般

容器製造者は、購買品（役務を含む。以下同じ。）を要求事項に適合させる手順を定めること。なお、J I S等の公的規格に基づいて製造される購買品又は検査の確認項目が簡易なもの若しくは汎用品であって、受入時の検収で適合性の確認ができるものについては、この限りではない。

E. 8. 4. 3. 2 供給者の評価

容器製造者は、次の事項を実施すること。

- a) 供給者の選定基準を策定し、供給者が供給契約における要求事項を満たしうる能力を有するか否かについて評価し、選定すること。
- b) 供給者に対して容器製造者が実施する管理の方式及び程度を明確にすること。

E. 8. 4. 3. 3 購買データ

容器製造者は、供給に係る要求事項を記載した購買文書を作成し、供給者

に指示すること。

E. 8. 4. 3. 4 購買品の検証

- (1) 容器製造者は、購買品の検査等に当たって、実施要領等の文書を作成すること。
- (2) 容器製造者は、必要な検査又はその他の活動により購買品の検証を実施すること。

E. 8. 4. 4 工程管理

- (1) 容器製造者は、輸送容器の製造の工程を計画し、管理するに当たって、次の事項を実施すること。
 - a) 品質に影響を及ぼす可能性のある製造についての方法を明確にした手順書を作成すること。
 - b) 各工程において、適切な設備を使用するとともに、適切な作業環境を確保すること。
 - c) 全工程を、品質管理計画書、手順書等に従って実施すること。
 - d) 工程や製品の特性値を監視すること。
 - e) 工程能力を継続的に維持するために設備を適切に保全すること。
 - f) 供給者において不適合が発生した場合又は製造のプロセスに重要な変更があった場合は、速やかに文書にて報告させるとともに、適切な処置をとること。
- (2) 容器製造者は、事後の検査では結果が十分に検証できない工程を、申請者と協議の上、特殊工程として認定し、作業員及び工程の認定及び管理の方法を明確にすること。認定された工程、設備及び要員については、適宜記録を保管すること。

E. 8. 4. 5 識別及びトレーサビリティ

- (1) 容器製造者は、材料の受入から製造の全段階において、輸送容器の状態を識別するための手順を定めること。

(2) 容器製造者は、個々の輸送容器の品質記録の追跡を可能とするための手順を定めること。

E. 8. 4. 6 顧客支給品の管理

容器製造者は、製造する輸送容器に組み込むため又は関連する業務のために申請者から支給される物品の検証、保管及び管理についての手順を定めること。紛失又は損傷した支給品及びその他の使用に適さない支給品については、記録し、申請者に報告すること。

E. 8. 4. 7 検査

E. 8. 4. 7. 1 一般

容器製造者は、検査業務の手順を定めること。必要な検査及び記録は、品質管理計画書又は手順書に規定すること。

E. 8. 4. 7. 2 受入検査

容器製造者は、購買品が要求事項に適合していることを確認するまで、当該購買品を使用又は加工しないこと。

E. 8. 4. 7. 3 工程内の検査

容器製造者は、次の事項を実施すること。

- a) 品質管理計画書及び手順書の規定に従い、輸送容器の検査を実施すること。
- b) 規定された検査を完了するか、又は必要な報告書を受領し、検証するまでは、次工程に進まないこと。

E. 8. 4. 7. 4 最終検査

容器製造者は、輸送容器が要求事項に適合していることを確認するため、品質管理計画書及び手順書に従って、最終検査を実施すること。

E. 8. 4. 7. 5 検査の記録

容器製造者は、輸送容器の検査記録を作成し、保管すること。これらの記録は、判定基準に従って検査に合格したか否かを明らかにすること。検査に合格しない場合には、不適合品の管理に関する手順を適用すること。

E. 8. 4. 8 検査、測定及び試験装置の管理

E. 8. 4. 8. 1 一般

- (1) 容器製造者は、検査、測定及び試験装置（以下「測定装置等」という。）を管理し、校正する手順を定めること。測定装置等は、測定能力に応じて使用すること。
- (2) 容器製造者は、測定装置等の点検の範囲及び頻度を定め、その記録を保管すること。

E. 8. 4. 8. 2 管理手順

容器製造者は、次の事項を実施すること。

- a) 測定項目及び必要な精度を明らかにし、適切な測定装置等を選定すること。
- b) 測定装置等の校正について定めること。
- c) 測定装置等を定期的又は使用前に校正し、調整すること。校正・調整の国際又は国内標準が無い場合は、校正に用いた基準を記録しておくこと。
- d) 適切な標識等によって、測定装置等の校正状態を識別すること。
- e) 測定装置等の校正記録を保管すること。
- f) 測定装置等が校正基準から外れていることが発見された場合、過去の検査の結果の妥当性を評価し、記録すること。
- g) 校正、検査、測定及び試験は、適切な環境条件下で実施すること。
- h) 測定装置等の取扱、保守、保管において、損傷及び劣化しないように保護すること。

E. 8. 4. 9 検査の状態

容器製造者は、検査に合格した輸送容器だけを出荷するために、品質管理計画書及び手順書の規定に従って、製造の全工程における輸送容器の検査の状態を識別すること。

E. 8. 5 測定、分析及び改善

E. 8. 5. 1 内部監査

- (1) 容器製造者は、品質マネジメントシステムが効果的に実施され、維持されているかを明確にするため、定期的に内部監査を実施すること。監査の計画及び実施について、文書化された手順の中で規定すること。監査員は、自らの仕事は監査しないこと。
- (2) 被監査領域の責任者は、発見された不適合及びその原因を除去するために遅滞なく処置がとられることを確実にすること。内部監査の結果はマネジメントレビューへのインプットとすること。

E. 8. 5. 2 不適合品の管理

- (1) 容器製造者は、要求事項に適合しない輸送容器を識別し、管理することを確実にすること。不適合品の処理に関する管理及びそれに関連する責任及び権限を文書化された手順に規定すること。
- (2) 修理又は手直しされた輸送容器は、要求事項への適合性を実証するための再検証を実施すること。

E. 8. 5. 3 改善

E. 8. 5. 3. 1 是正処置

- (1) 容器製造者は、再発防止のため、不適合の原因を除去する処置をとること。
- (2) 次の事項に関する要求事項を規定するために、文書化された手順を確立すること。
 - a) 申請者の苦情及び不適合品報告書の内容確認
 - b) 輸送容器、工程及び品質マネジメントシステムに関する不適合の原因の特定

- c) 不適合の再発防止を確実にするための処置の必要性の評価
- d) 必要な処置の決定及び実施
- e) とった処置の結果の記録

E. 8. 5. 3. 2 予防処置

- (1) 容器製造者は、起こりうる不適合が発生することを防止するため、その原因を除去する処置を決めること。
- (2) 次の事項に関する要求事項を規定するために、文書化された手順を確立すること。
 - a) 起こりうる不適合及びその原因の特定
 - b) 不適合の発生を予防するための処置の必要性の評価
 - c) 必要な処置の決定及び実施
 - d) とった処置の結果の記録

F. 取扱い及び保守

F.1 取扱い管理

(1) 研究所は、取扱い時の輸送容器の誤操作及び損傷を防止するために、次に掲げる事項を含む取扱い管理の方法を文書に定め、適切に管理する。

- a) 取扱い装置の点検並びに取扱い時の誤操作及び損傷防止対策
- b) 輸送容器の取扱い条件
- c) 保管施設からの輸送容器の搬出入条件及び方法
- d) 設備管理の責任者

(2) 研究所は、取扱いを行う者に対して、取扱いを行う上での要求事項を明確に示し、輸送容器の誤操作及び損傷防止に反映させる。

F.2 保守及び保管管理

(1) 研究所は、輸送容器の要求事項への適合性を維持するために、次に掲げる事項を含む保管管理の方法を文書に定め、適切に管理する。

- a) 保管中の損傷防止対策
- b) 環境条件等を考慮した保管方法、保管区域の設定
- c) 保管中の点検
- d) 設備管理の責任者

(2) 研究所は、保守及び保管管理を行う者に対して、保守及び保管管理を行う上での要求事項を明確に示し、輸送容器の誤操作及び損傷防止に反映させる。

なお、品質マネジメントシステムを見直した場合は、見直し後の内容に従う。