

東海再処理施設の臨界安全評価
(技術報告)

2000年4月

核燃料サイクル開発機構
東 海 事 業 所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184,
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2000

東海再処理施設の臨界安全評価

(技術報告)

白井更知^{*1}、中島正義^{*2}、高谷暁和^{*3}
大沼秀行^{*3}、白水秀知^{*4}、林晋一郎^{*5}、
由川幸次^{*6}、須藤俊幸^{*7}

要 旨

東海再処理施設の主要な機器のうち、形状に係る核的制限値を有し、かつ溶液を取り扱う機器について、再処理施設安全審査指針「指針10 単一ユニットの臨界安全」の核的制限値設定の考え方を参考に、核的制限値の見直しを行った。

本報告は、核的制限値の見直しに伴い、各機器の単一ユニットの臨界安全性について評価を行ったものである。また、単一ユニットが複数存在するセル、室についての複数ユニットの臨界安全性についても評価を行った。

溶解施設、分離施設、精製施設、脱硝施設、製品貯蔵施設、プルトニウム転換技術開発施設及び濃縮ウラン溶解槽の遠隔補修技術開発施設の機器のうち、形状に係る核的制限値を有し、かつ溶液を取り扱う機器を対象に評価を行った結果、単一ユニット、複数ユニットとして十分臨界安全であることを確認した。

*1：再処理センター技術部技術開発課

*2：再処理センター環境保全部環境管理課

*3：再処理センター処理部転換技術課

*4：再処理センター処理部前処理課

*5：再処理センター処理部化学処理第1課

*6：再処理センター処理部

*7：再処理センター

Criticality Safety Evaluation in Tokai Reprocessing Plant

Nobutoshi Shirai^{*1}, Masayoshi Nakajima^{*2}, Akikazu Takaya^{*3}
Hideyuki Ohnuma^{*3}, Hidetomo Shirouzu^{*4}, Shinichiro Hayashi^{*5}
Koji Yoshikawa^{*6}, Toshiyuki Suto^{*7}

Abstract

Criticality limits for equipments in Tokai Reprocessing Plant which handle fissile material solution and are under shape and dimension control were reevaluated based on the guideline No.10 "Criticality safety of single unit" in the regulatory guide for reprocessing plant safety.

This report presents criticality safety evaluation of each equipment as single unit. Criticality safety of multiple units in a cell or a room was also evaluated. The evaluated equipments were ones in dissolution, separation, purification, denitration, Pu product storage, and Pu conversion processes.

As a result, it was reconfirmed that the equipments were safe enough from a view point of criticality safety of single unit and multiple units.

*1 : Technology Development Section, Technology Co-ordination Division, Tokai Reprocessing Center

*2 : Waste Management Section, Waste Management Division, Tokai Reprocessing Center

*3 : Conversion Technology Section, Reprocessing Operation Division, Tokai Reprocessing Center

*4 : Mechanical Treatment Section, Reprocessing Operation Division, Tokai Reprocessing Center

*5 : Dissolution and Clarification Section, Reprocessing Operation Division, Tokai Reprocessing Center

*6 : Reprocessing Operation Division, Tokai Reprocessing Center

*7 : Tokai Reprocessing Center

目 次

1. はじめに	1
2. 評価対象	1
2.1 単一ユニットの評価対象	1
2.2 複数ユニットの評価対象	1
3. 評価の前提	2
3.1 核分裂性物質の形態と設計条件	2
3.2 燃料条件	2
3.3 評価モデル	3
3.4 計算コード等	4
3.5 臨界安全の判定	4
3.6 推定臨界増倍率	4
4. 臨界評価結果	5
5. 参考文献	8

1. はじめに

東海再処理施設の主要な機器のうち、形状に係る核的制限値を有し、かつ溶液を取り扱う機器について、再処理施設安全審査指針「指針10 単一ユニットの臨界安全」の核的制限値設定の考え方を参考に、核的制限値の見直しを行った。

本報告は、核的制限値の見直しに伴い、各機器の単一ユニットの臨界安全性及び単一ユニットが複数存在するセル及び室について、複数ユニットの臨界安全性の評価を行ったものである。

2. 評価対象

2.1 単一ユニットの評価対象

単一ユニットの評価対象は、溶解施設、分離施設、精製施設、脱硝施設、製品貯蔵施設、プルトニウム転換技術開発施設及び濃縮ウラン溶解槽の遠隔補修技術開発施設の主要な機器のうち、形状に係る核的制限値を有し、かつ溶液を取り扱う機器とした。

2.2 複数ユニットの評価対象

複数ユニットの評価対象は、単一ユニットが複数設置されている以下のセル、室とした。

(1) 分離精製工場

- ① 濃縮ウラン溶解セル (R0 02)
- ② 紙液調整セル (R0 06)
- ③ 分離第1セル (R1 07A)
- ④ 分離第2セル (R1 09A)
- ⑤ 分離第3セル (R1 09B)
- ⑥ プルトニウム精製セル (R0 15)
- ⑦ プルトニウム濃縮セル (R1 25B)
- ⑧ プルトニウム濃縮セル (R0 25A)
- ⑨ ウラン精製セル (R1 14)
- ⑩ ウラン濃縮脱硝室 (A1 22, A2 22, A3 22)
- ⑪ プルトニウム製品貯蔵セル (R0 23)
- ⑫ プルトニウム製品貯蔵セル (R0 41)

(2) ウラン脱硝施設

- ① UNH受槽室 (A0 16, A0 17)

(3) プルトニウム転換技術開発施設

- ① 受入室 (A0 27)
- ② 液移送室 (A1 27)
- ③ 廃液一次処理室 (A1 29)

3. 評価の前提

3.1 核分裂性物質の形態と設計条件

評価対象となる再処理施工程における核分裂性物質の物理的・化学的形態と、これに対する設計条件を表-1に示す。

表-1 各工程の核分裂性物質の物理的・化学的形態と設計条件

各工程	形 態		設計条件	
	物理的	化学的	核分裂性物質	濃縮度または ²³⁹ Puの割合 (%)
溶解	固体-液体	$\text{UO}_2\text{-PuO}_2$ $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2\text{-Pu}(\text{NO}_3)_4$	²³⁵ U	4
分離	液体	$\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ $\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$	²³⁵ U	4
精製 ウラン プルトニウム	液体	$\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$	²³⁵ U	4
	液体	$\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$	²³⁹ Pu	100
ウラン濃縮脱硝	液体 粉末	$\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ UO_3	²³⁵ U	4
製品貯蔵 プルトニウム	液体	$\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$	²³⁹ Pu	100
プルトニウム転換	液体	$\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ $\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$ Pu	²³⁵ U ²³⁹ Pu	4, 20 ²³⁹ Pu : ²⁴⁰ Pu = 95 : 5

3.2 燃料条件

- (1) 溶解前の燃料は二酸化ウラン (UO_2) として評価する。また、 UO_2 ペレット密度は理論密度の95%とする。
- (2) 溶解後の燃料は基本的にウランまたはプルトニウムの均質の硝酸溶液として評価する。また、硝酸溶液中の遊離硝酸は無視する。硝酸溶液の密度は、臨界安全ハン

ドブック第2版¹⁾に記載されているMoeken及びMaimoniの式（文献(1)の3.12, 3.13, 3.14式）を用いて計算する。このとき溶液の温度は20℃とする。

(3) 個々の機器について、含有する燃料の組成を以下のように設定する。

- ① 全ウラン濃度または全プルトニウム濃度をパラメータとして臨界評価上最も厳しくなる濃度（最適濃度）のサーベイ計算を行い、最適濃度を用いる。
- ② ただし、設置承認申請書による核的制限値（濃度）または保安規定に定める濃度制限値が設定されている場合は、その濃度（以下「濃度制限値」）を用いる。
- ③ また、濃度制限値が設定されていなくても、当該機器の上流の濃度制限値が定められた機器から、燃料の組成変化なく当該機器に移送され、かつ、当該機器において燃料濃度を増加させる操作がない限りにおいて、上流の機器の濃度制限値を用いる。

上記と異なる設定あるいは上記に該当しない設定をする場合は、各資料で個別に述べる。

3.3 評価モデル

- (1) 評価モデルの寸法設定は、機器の腐食を考慮して、基本的に従来の核的制限値に対して2~4mmを加えた値を液厚として設定する。
- (2) 製作公差は、製作公差の範囲で臨界評価上最も厳しい寸法を用いる。
- (3) なお、上記の他に評価対象が単純で、円柱直径、平板厚さなどに対して臨界安全ハンドブック第2版¹⁾に「最小推定臨界下限値」が記載されている場合には、上記(1)(2)にさらに余裕を見て設定している場合がある。
- (4) セルまたは室の形状寸法及び機器の配置は、実寸法によるものとするが、壁の段差、機器の傾斜等の複雑な形状・配置がある場合は、セルまたは室の形状寸法を小さくする、あるいはユニット間の距離を短くするなどして安全側となるよう単純化する。
- (5) 単一ユニットの臨界評価では、機器の外側を基本的に水全反射条件（厚さ20cm）とする。
- (6) 複数ユニットの周囲はコンクリート壁、鉄遮蔽体の場合がある。周囲がコンクリート壁で厚さがコンクリート全反射厚さ（約40cm）²⁾未満の場合及び鉄遮蔽体の場合は、その外側を水全反射条件（厚さ20cm）とする。コンクリート全反射厚さ以上の場合は、コンクリート全反射条件とする。
- (7) 複数ユニットの臨界評価では、ユニット間の空間水密度をパラメータとして評価する。

3.4 計算コード等

- (1) 計算コードは、SCALE-4.3または4.4コードシステム³⁾を用いる。
- (2) 核データライブラリはSCALE内蔵の27群ENDF/B-IV核データライブラリを使用する。
- (3) 計算はCSASシーケンス（一次元の場合はXSDRNPM、三次元の場合はKENO-V.a）を用いて行う。
- (4) KENO-V.aにおいて、単一ユニットの計算では、世代当たりの中性子発生数を1000、世代数を203とし、最初の3世代を無条件にスキップさせ、以降の世代をスキップさせていったとき最も統計精度が良くなる（すなわち標準偏差が最も小さくなる）場合の値を採用する。
- (5) 複数ユニットの計算では、世代当たりの中性子発生数を1500、世代数を305とし、最初の5世代を無条件にスキップさせ、単一ユニットと同様に最も統計精度が良くなる場合の値を採用する。

3.5 臨界安全の判定

計算により求めた評価対象の実効増倍係数に標準偏差の三倍を加えた値が0.95を超えないとき、評価対象は臨界安全であると判断する。

$$\text{実効増倍係数 (keff+3\sigma)} \leqq 0.95$$

3.6 推定臨界増倍率

単一ユニットの評価対象のうち、形状及び濃度に係る核的制限値が設定されており、かつ再処理施設設置承認申請書の添付資料4再処理施設の安全設計に関する説明書に臨界濃度が記載されている機器については臨界濃度を計算する。このとき、臨界濃度を与える推定臨界増倍率を次のとおりとする。

硝酸ウラニル溶液の推定臨界増倍率 : 0.99

硝酸プルトニウム溶液の推定臨界増倍率 : 1.00

なお、この値の設定の詳細は添付資料⑭に示す。

4. 臨界評価結果

単一ユニットの評価対象機器、複数ユニットの評価対象セル、室における臨界評価結果を表-2に示す（評価結果の詳細を添付資料①～⑬に示す）。

単一ユニット、複数ユニットいづれにおいても十分臨界安全であることを確認した。

表-2 臨界評価結果 (1/2)

施設名	機器名 (機器番号)	機器設置場所	核的制限値		単一ユニット実効増倍係数 keff+3σ	複数ユニット実効増倍係数 keff+3σ	備考		
			変更前	変更後					
溶解施設 (M P)	濃縮ウラン溶解槽 (242R12)	R003	φ22cm (バスケット) φ27cm (円筒部) s12.5cm (平板状部)	φ23.2cm (バスケット) φ29cm (円筒部) s14.5cm (平板状部)	—	—	設置承認申請書(補足7) : 濃縮ウラン溶解槽の実効増倍係数は0.9以下		
附属施設 (M P)	濃縮ウラン溶解槽 (242R10)	R001		—	—	—			
	濃縮ウラン溶解槽 (242R11)	R002		—	—	0.9305			
溶解施設 (M P)	スワーフタンク (242V20)		s14cm	s16cm	推定臨界下限値以下*	0.8152	*臨界安全ハンドブック第2版		
溶解施設 (M P)	溶解槽溶液受槽 (243V10)	R006	a14cm	a14.4cm	0.8474	0.8152	**核的制限値として設定されていないが、複数ユニットの評価に際して243V10と同様の扱いとした		
溶解施設 (M P)	洗浄液受槽 (242V13)		a14cm**	a14.4cm**					
溶解施設 (M P)	パルスフィルタ (243F16A)	R026	φ29	φ31	推定臨界下限値以下*	—	*臨界安全ハンドブック第2版		
溶解施設 (M P)	パルスフィルタ (243F16)	R107A	φ29	φ31		0.5346	*臨界安全ハンドブック第2版		
分離施設 (M P)	分離第1抽出器 (252R11)		s32cm	s32.2cm					
分離施設 (M P)	分離第2抽出器 (253R10)	R109A	s32cm	s32.2cm	keff : 0.4364 (無限平板)	0.4333			
分離施設 (M P)	分離第3抽出器 (255R14)		s32cm	s32.2cm					
分離施設 (M P)	分離第4抽出器 (255R15)		s32cm	s32.2cm					
分離施設 (M P)	分離第5抽出器 (255R16)	R109B	s32cm	s32.2cm	0.5041				
精製施設 (M P)	アルトニウム精製第1抽出器 (265R20)	R015	s9cm	s9.2cm	keff : 0.8490 (無限平板)	0.8426			
精製施設 (M P)	アルトニウム精製第2抽出器 (265R22)		s9cm	s9.2cm					
精製施設 (M P)	アルトニウム溶液蒸発缶 (266E20-T21)	R125B	φ12.5cm (ボイラ部) φ12.5cm (カラム部)	φ12.9cm (ボイラ部) φ12.9cm (カラム部)	0.8257	0.8535			
精製施設 (M P)	アルトニウム濃縮液受槽(266V23)	R025A	s4cm	s4.4cm	keff : 0.8327 (無限平板)	keff : 0.8327 (無限平板)	266V23とV24は無限平板としての評価が適用できる配置となっている		
精製施設 (M P)	循環槽(266V24)		s4cm	s4.4cm					
精製施設 (M P)	ウラン精製第1抽出器(261R13)	R114	s32cm	s32.2cm	keff : 0.4364 (無限平板)	0.4333			
精製施設 (M P)	ウラン精製第2抽出器(261R15)		s32cm	s32.2cm					
精製施設 (M P)	ウラン溶液蒸発缶 (第1段) 263E11-T12	A122 A222 A322	φ30cm (ボイラ部) φ30cm (カラム下部)	φ30.55cm (ボイラ部) φ30.55cm (カラム下部)	0.8848	0.8928	**核的制限値として設定されていないが、複数ユニットの評価に際して263V17と同様の扱いとした		
精製施設 (M P)	濃縮液受槽 (263V17)		a14cm	a14.4cm	0.7938				
精製施設 (M P)	希釀槽 (263V18)		a14cm**	a14.4cm**	0.7981				
精製施設 (M P)	給液槽 (263V19)		a14cm**	a14.4cm**					
脱硝施設 (M P)	ウラン溶液蒸発缶 (第2段)(263E20)		φ30cm	φ32cm	推定臨界下限値以下*		*臨界安全ハンドブック第2版		
脱硝施設 (M P)	濃縮液受槽 (264V10)		φ30cm	φ32cm	推定臨界下限値以下*		*臨界安全ハンドブック第2版		

表-2 臨界評価結果 (2/2)

施設名	機器名 (機器番号)	機器 設置 場所	核的制限値		単一ユニット 実効増倍係数 $k_{eff}+3\sigma$	複数ユニット 実効増倍係数 $k_{eff}+3\sigma$	備考
			変更前	変更後			
脱硝施設 (DN)	UNH受槽 (263V30,31)	A016 A017	s15.2cm	s15.4cm	$k_{eff} : 0.7734$ (無限平板)	0.7723	
脱硝施設 (DN)	蒸発缶(第2段) (263E35)	A211	$\phi 58.1cm$	—	—	—	腐食を含め十分な安全裕度 (内径 $\phi 40cm$) があるので 対象外
脱硝施設 (DN)	濃縮液受槽 (264V40)	A211	$\phi 58.1cm$	—	—	—	腐食を含め十分な安全裕度 (内径 $\phi 40cm$) があるので 対象外
脱硝施設 (DN)	溶解槽 (264V75)	A011	$\phi 33.1cm$ 長さ2m(2本) 槽外面間隔45.1cm	—	—	—	腐食を含め十分な安全裕度 (内径 $\phi 30.55cm$) があるので 対象外
製品貯蔵施設 (MP)	アルミニウム製品貯槽 (267V10,11,12)	R023	a4.5cm	a4.9cm	0.8992	0.8595	
製品貯蔵施設 (MP)	アルミニウム製品貯槽 (267V13,14,15,16)	R041	a5.5cm	a5.9cm	0.8621	0.8662	
Pu転換施設 (Pucon)	硝酸アルミニウム受入計量 槽(P11V11)	R053	a6.4cm	a6.6cm	0.9291	—	
Pu転換施設 (Pucon)	硝酸アルミニウム 貯槽(P11V12)	R054	a6.4cm	a6.6cm		—	
Pu転換施設 (Pucon)	混合槽(P12V11)	R052	a6.4cm	a6.6cm		—	
Pu転換施設 (Pucon)	混合液貯槽 (P12V12)	R051	a6.4cm	a6.6cm		—	
Pu転換施設 (Pucon)	硝酸アルミニウム受入 計量槽(P11V13)	A027	s34cm	s34.2cm	$k_{eff} : 0.8793$ (無限平板)	$k_{eff} : 0.8793$ (無限平板)	P11V13とV14は無限平板と しての評価が適用できる配置 となっている
Pu転換施設 (Pucon)	硝酸アルミニウム貯槽 (P11V14)		s34cm	s34.2cm			
Pu転換施設 (Pucon)	ウラン受槽 (P01V41,42)	A127	$\phi 31.1cm$	$\phi 31.3cm$	0.9060	0.9099	
Pu転換施設 (Pucon)	混合液給液槽 (P12V13,14)	A126	$\phi 15cm$	$\phi 15cm$	—	—	腐食を含め十分な安全裕度 (内径 $\phi 12.98cm$) があるので 対象外
Pu転換施設 (Pucon)	廃液受入槽 (P71V11,12)	A129	a5.5cm	a5.7cm	0.8624	0.8600	

5. 参考文献

- 1) "臨界安全ハンドブック第2版",日本原子力研究所,JAERI 1340,1999.
- 2) "臨界安全ハンドブック", 科学技術庁原子力安全局核燃料規制課編, にっかん書房, 1988.
- 3) "SCALE : A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analysis for Licensing Evaluation", Radiation Shielding Information Center, CCC-545, 1998.

添付資料

添付資料一覧

① 濃縮ウラン溶解セル (R002) の複数ユニットの臨界安全性について	11
② 溶解槽溶液受槽 (243V10) の核的制限値変更に係る臨界安全性について	17
③ 分離第1～5抽出器 (252R11, 253R10, 255R14, 255R15, 255R16) 及び ウラン精製第1～2抽出器 (261R13, 261R15) の核的制限値変更に係る臨 界安全性について	25
④ プルトニウム精製第1～2抽出器 (265R20, 265R22) の核的制限値変更に 係る臨界安全性について	41
⑤ プルトニウム溶液蒸発缶 (266E20, T21) の核的制限値変更に係る臨界安 全性について	51
⑥ プルトニウム濃縮液受槽 (266V23) 及び循環槽 (266V24) の核的制限値 変更に係る臨界安全性について	59
⑦ ウラン溶液蒸発缶 (第1段) (263E11, T12) 及び濃縮液受槽 (263V17) の核的制限値変更に係る臨界安全性について	63
⑧ UNH受槽 (263V30, 31) の核的制限値変更に係る臨界安全性について	79
⑨ プルトニウム製品貯槽 (267V10～12, 267V13～16) の核的制限値変更に 係る臨界安全性について	85
⑩ 硝酸プルトニウム受入計量槽 (P11V11), 硝酸プルトニウム貯槽 (P11V12), 混合槽 (P12V11) 及び混合液貯槽 (P12V12) の核的制限 値変更に係る臨界安全性について	93
⑪ 硝酸ウラニル受入計量槽 (P11V13), 硝酸ウラニル貯槽 (P11V14) の核 的制限値変更に係る臨界安全性について	99
⑫ ウラン受槽 (P01V41, V42) の核的制限値変更に係る臨界安全性について	103
⑬ 廃液受入槽 (P71V11, V12) の核的制限値変更に係る臨界安全性について	109
⑭ 推定臨界増倍率について	115

濃縮ウラン溶解セル（R002）の複数ユニットの臨界安全性について

1. はじめに

東海再処理施設の溶解施設のうち、形状管理を行っている主要な機器の一部の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器を含む濃縮ウラン溶解セル（R002）の4%濃縮ウランに対する複数ユニットの臨界安全評価を行った。

2. 核的制限値

変更前後の核的制限値を表2.1に示す。

表2.1 変更前後の核的制限値

機器名	核的制限値	
	変更前	変更後
スワーフタンク（242V20）	s 14 cm	s 16 cm

(注) s: 平板状機器の記号で、寸法を示すときは厚みを表す。

3. 評価条件

(1) 計算コード

SCALE-4.4 (CSAS2X シーケンス)¹⁾

核データライブラリ: 27群 ENDF/B-IV

(2) 燃料条件

ウラン濃縮度は4%とする。溶解前の燃料は二酸化ウラン(UO_2)として評価し、 UO_2 ペレット密度は理論密度の95%とする。溶解後の燃料はウランの均質の硝酸溶液として評価する。また、硝酸溶液中の遊離硝酸は無視する。硝酸ウラニル溶液の密度の値は、臨界安全ハンドブック第2版²⁾に従って計算し、このときの溶液の温度は20°Cとする。

濃縮ウラン溶解槽は二つの円筒状の溶解部(バレル部)と一つの平板状の貯液部(スラブ部)とから構成されているため、バレル部とスラブ部に分けて最適濃度サーベイ計算を行う。

- ① 溶解槽スラブ部での硝酸ウラニル溶液の最適濃度サーベイ
 - ② 溶解槽バレル部での硝酸ウラニル溶液の最適濃度サーベイ
 - ③ 燃料装荷バスケット内非均質 $\text{UO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ 系の最適格子条件のサーベイ
- 溶解槽バレル部は②③の厳しい方の条件として濃縮ウラン溶解セル (R002) 全体の評価を行う。

(3) 評価モデル

溶解槽 (242R11) 及びスワーフタンク (242V20) の評価モデルの寸法、製作寸法及び燃料条件を表 3.1 に示す。また、溶解槽スラブ部での硝酸ウラニル溶液の最適濃度サーベイ、溶解槽バレル部での硝酸ウラニル溶液の最適濃度サーベイ、及び燃料装荷バスケット内非均質 $\text{UO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ 系の最適格子条件のサーベイのための計算モデルをそれぞれ図 3.1、図 3.2、図 3.3 に示す。濃縮ウラン溶解セル全体の計算モデルを図 3.4 に示す。セルのコンクリート壁の厚さは 1m 以上あるが、評価上は全て 1m とする。また、臨界計算の初期中性子は安全側に評価するために、最も反応度の高い燃料装荷バスケットの中心点より発生させる。

複数ユニットの臨界評価では、ユニット間の空間水密度 ($0 \sim 1.0 \text{ g/cm}^3$) をパラメータとして評価する。

4. 評価結果

濃縮ウラン溶解セル (R002) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係を表 4.1 に示す。空間水密度を変化させても $k_{\text{eff}} + 3 \sigma$ は全て 0.94 未満であり臨界にはならない。

表 4.1 濃縮ウラン溶解セル (R002) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係

空間水密度 (g/cm^3)	$k_{\text{eff}} \pm \sigma$	$k_{\text{eff}} + 3 \sigma$
0	0.9121 ± 0.0014	0.9163
0.1	0.9209 ± 0.0012	0.9245
0.2	0.9245 ± 0.0013	0.9284
0.3	0.9207 ± 0.0011	0.9240
0.4	0.9242 ± 0.0015	0.9287
0.5	0.9237 ± 0.0012	0.9273
0.6	0.9241 ± 0.0014	0.9283
0.7	<u>0.9269 ± 0.0012</u>	<u>0.9305</u>
0.8	0.9259 ± 0.0013	0.9298
0.9	0.9265 ± 0.0011	0.9298
1.0	0.9234 ± 0.0011	0.9267

(下線は $k_{\text{eff}} + 3 \sigma$ が最大となることを示す)

5. まとめ

スワーフタンク（242V20）の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器を含む濃縮ウラン溶解セル（R002）の複数ユニットの臨界安全評価を行い、臨界安全であることを確認した。

参考文献

- 1) "SCALE : A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analysis for Licensing Evaluation", Radiation Shielding Information Center, CCC-545, (1998).
- 2) "臨界安全ハンドブック第2版", 日本原子力研究所, JAERI 1340, (1999).

表 3.1 濃縮ウラン溶解セル (R002) 内機器の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件

機器名	寸法 (cm)			燃料条件
	評価モデル	製作寸法 ^{*2}		
濃縮ウラン溶解槽 燃料装荷バスケット	内径	23.2	22.0	非均質 UO ₂ -H ₂ O 系 燃料棒直径 0.5cm 三角格子ピッチ 1.0cm (最適格子条件)
	長さ	290.5	185.0±0.25	
	肉厚	0	0.6	
	構造材	無視	SUS304L	
バレル	内径	29.0	27.0	
	長さ	391.0	390.0	
	肉厚	0.7	1.2	
	腐食代	—	0.5	
	構造材	高クロムニッケル鋼 ^{*1}	高クロムニッケル鋼 ^{*1}	
バレルジャケット	厚さ	2.1	2.1	
	構造材	無視	SUS304L	
スラブ	平板溶液厚さ	14.5	12.2±0.3	1000gU / ℓ (最適濃度)
	長さ	255.0	250.5	
	高さ	350.0	340.0	
	肉厚	1.0	1.5	
	腐食代	—	0.5	
	構造材	高クロムニッケル鋼 ^{*1}	高クロムニッケル鋼 ^{*1}	
スラブジャケット	厚さ	3.0	2.5	
	構造材	無視	SUS304L	
連通管部	配管外径 8.91cm を 厚みとし、高さをス ラブと同じ 350cm とする直方体とする。			1000gU / ℓ (最適濃度)
スワーフタンク (242V20)	平板溶液厚さ	16.0	13.8±0.2	1100gU / ℓ (最適濃度)
	平板溶液長さ	300.4	300.0	
	平板溶液高さ	76.7	76.3	
	容器厚さ	0.7	0.9	
	腐食代	—	0.1	
	構造材	SUS304L	SUS304L	

*1 高クロムニッケル鋼 : Cr 25%, Ni 20%, Mn 1%, Fe 54%, 密度 7.8g/cm³

*2 製作寸法 (燃料部分) は、位置によって異なる場合は安全側に最も大きい値を記載。

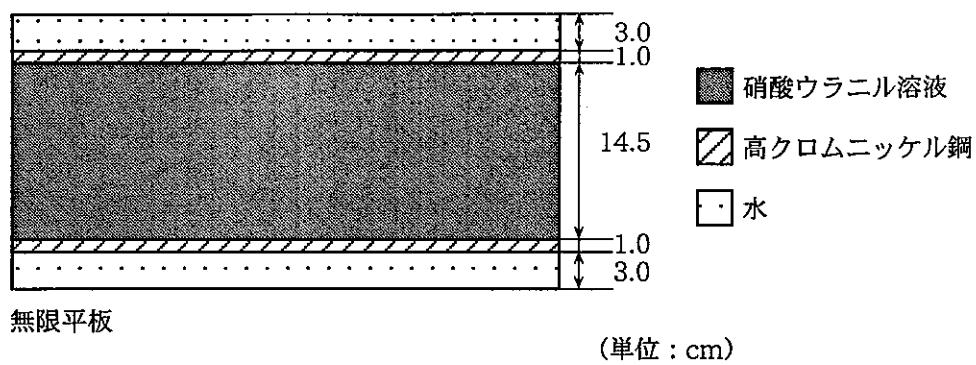


図3.1 溶解槽スラブ部最適濃度サーベイモデル

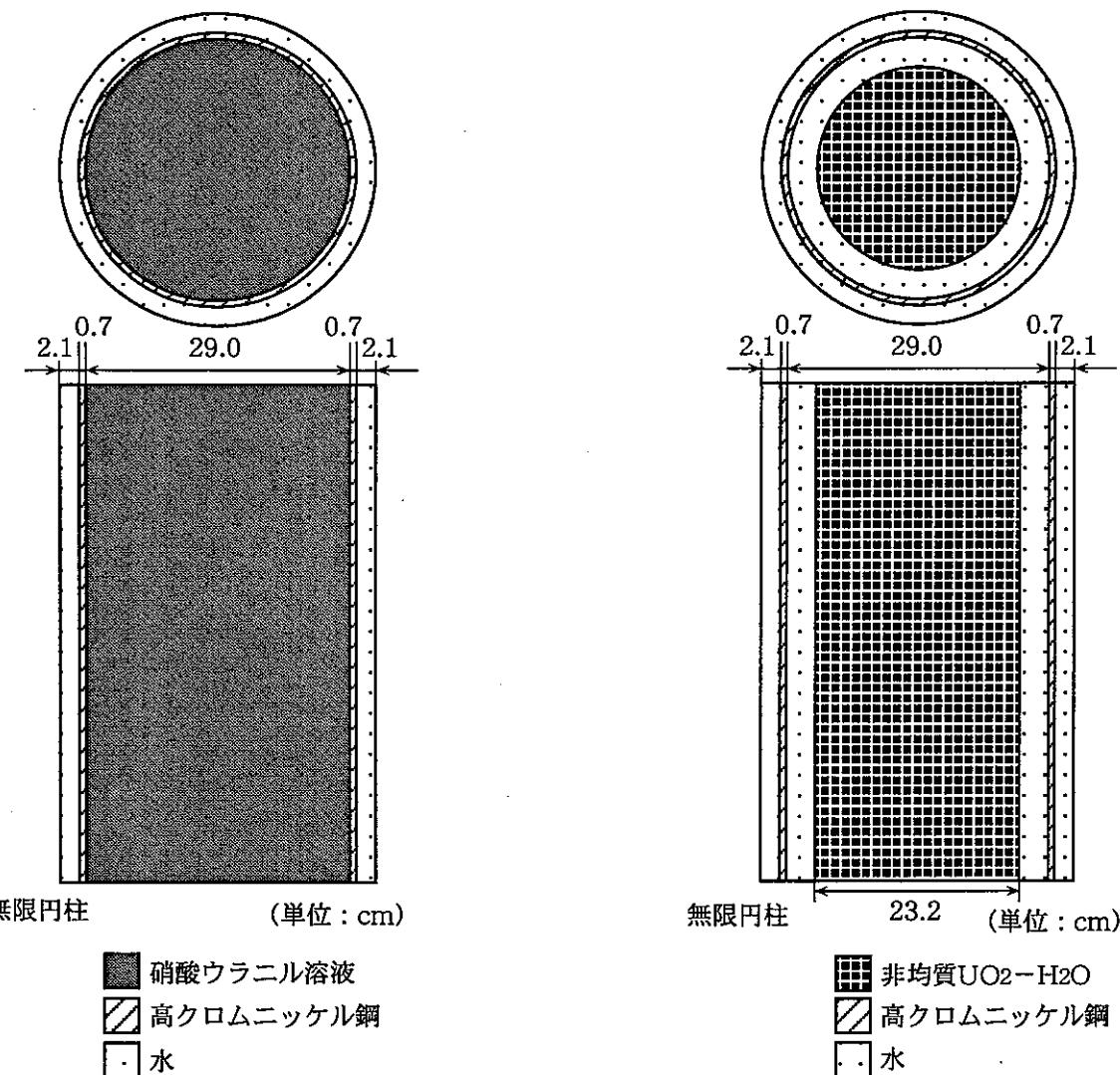
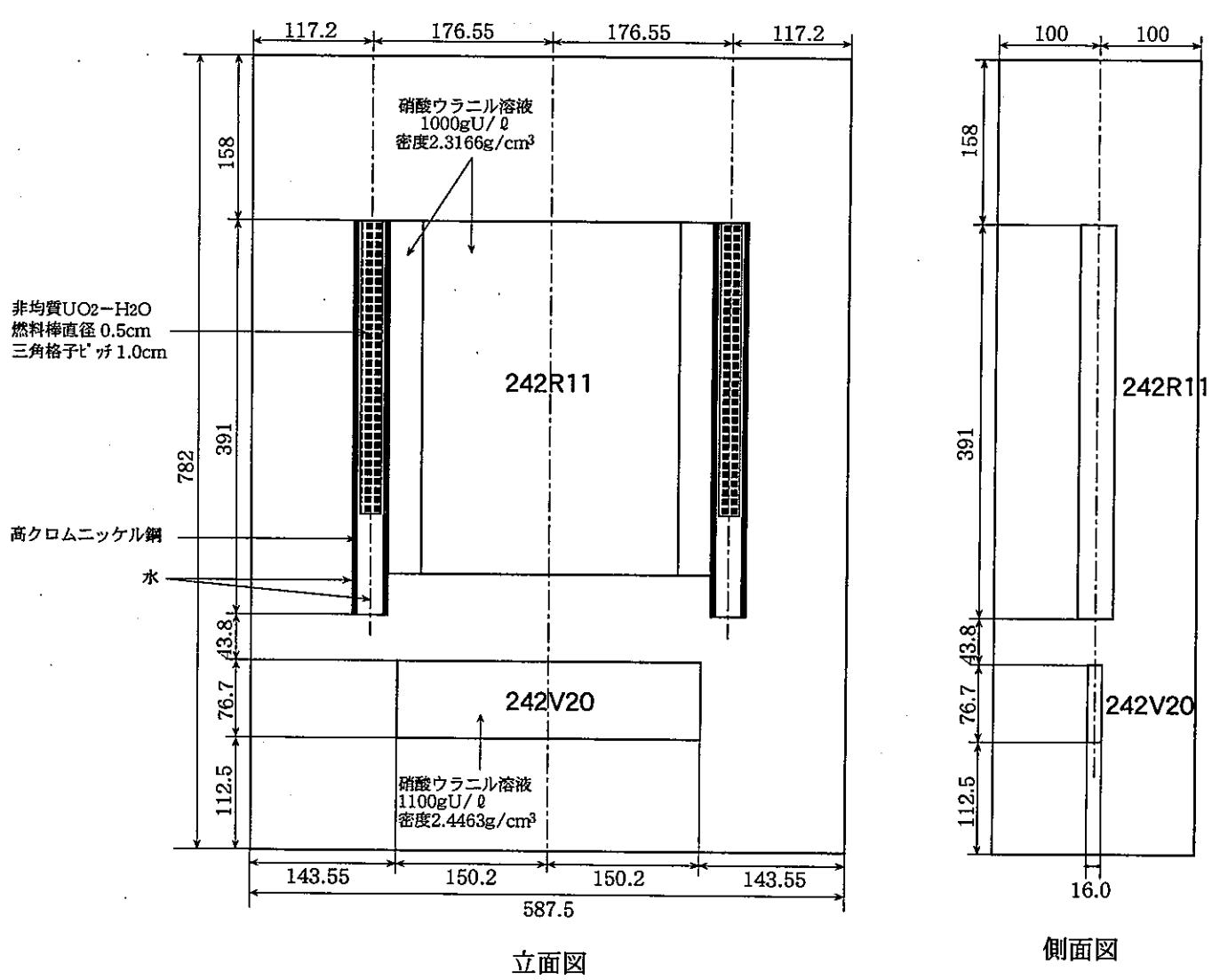
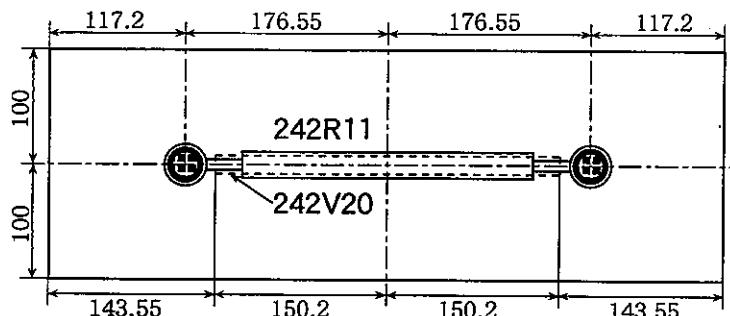


図3.2 溶解槽バレル部最適濃度サーベイモデル

図3.3 燃料荷物バスケット内
最適格子サーベイモデル



単位: cm
セル周囲は1m厚のコンクリート

図 3.4 濃縮ウラン溶解セル(R002)評価モデル

溶解槽溶液受槽（243V10）の 核的制限値変更に係る臨界安全性について

1. はじめに

東海再処理施設の溶解施設のうち、形状管理を行っている中空円筒状槽である溶解槽溶液受槽（243V10）の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の単一ユニットの臨界安全評価及び当該変更機器を含む給液調整セル（R006）の複数ユニットの臨界安全評価を行った。

また、同一室に設置されている全濃度安全形状寸法の機器である洗浄液受槽（242V13）についても、上記変更と同様の考え方を適用した場合の臨界安全性を評価した。

2. 核的制限値の変更設定

(1) 基本的な考え方

- ① 機器の腐食を考慮して、従来の核的制限値に4mmを加えた値を新たな核的制限値に設定する。
- ② 製作公差は、製作公差の範囲で臨界評価上最も厳しい寸法を用いる。

(2) 核的制限値

変更前後の核的制限値を表2.1に示す。また、その他の全濃度安全形状寸法機器の評価寸法を表2.2に示す。

表2.1 変更前後の核的制限値

機器名	核的制限値	
	変更前	変更後
溶解槽溶液受槽（243V10）	a 14 cm	a 14.4 cm

(注) a: 中空円筒状槽の記号で、寸法を示すときは厚みを表す。

表2.2 全濃度安全形状寸法機器の評価寸法

機器名	評価寸法	
	変更前	変更後
洗浄液受槽（242V13）	a 14 cm	a 14.4 cm

(注) a: 中空円筒状槽の記号で、寸法を示すときは厚みを表す。

3. 評価条件

(1) 計算コード

SCALE-4.4/CSAS25 シーケンス¹⁾

核データライブラリ：27 群 ENDF/B-IV

(2) 溶解槽溶液受槽（243 V10）及び洗浄液受槽（242V13）の単一ユニットの評価条件

① 燃料条件

ウラン濃縮度 4% の硝酸ウラニル溶液とし、ウラン濃度をパラメータとする。また、硝酸溶液中の遊離硝酸は無視する。硝酸ウラニル溶液の密度の値は、臨界安全ハンドブック第 2 版²⁾に従って計算し、このときの溶液の温度は 20°C とする。

② 評価モデル

溶解槽溶液受槽（243V10）及び洗浄液受槽（242V13）の評価モデル寸法及び製作寸法を表 3.1 に示す。また、単一ユニットの評価モデルを図 3.1 に示す。

(3) 給液調整セル（R006）の複数ユニットの評価条件

① 燃料条件

溶解槽溶液受槽（243 V10）及び洗浄液受槽（242V13）については上記単一ユニットの計算結果より臨界安全評価上最も厳しくなる濃度（最適濃度）の硝酸ウラニル溶液とし、他の機器については東海再処理施設の複数ユニットの臨界安全評価を行った文献(3)に基づくものとする。

② 評価モデル

給液調整セル（R006）内機器の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件を表 3.1 に、給液調整セル（R006）全体の評価モデルを図 3.2 に示す。

4. 評価結果

(1) 溶解槽溶液受槽（243 V10）及び洗浄液受槽（242V13）の単一ユニットの臨界計算結果

ウラン濃度と実効増倍係数の関係を表 4.1 に示す。keff+3 σ は全て 0.85 未満であり臨界にはならない。

また、給液調整セル（R006）の複数ユニットの臨界安全評価の際、溶解槽溶液受槽（243 V10）及び洗浄液受槽（242V13）の燃料条件はウラン濃度 1150gU/l とする。

表 4.1 溶解槽溶液受槽 (243 V10) 及び洗浄液受槽 (242V13) の
単一ユニットの臨界計算結果

ウラン濃度 (g/ℓ)	$k_{eff} \pm \sigma$	$k_{eff} + 3\sigma$
900	0.8310±0.0015	0.8355
950	0.8333±0.0017	0.8384
1000	0.8370±0.0018	0.8424
1050	0.8382±0.0015	0.8427
1100	0.8409±0.0016	0.8457
<u>1150</u>	<u>0.8429±0.0015</u>	<u>0.8474</u>
1200	0.8372±0.0015	0.8417

(下線は $k_{eff} + 3\sigma$ が最大となることを示す)

(2) 給液調整セル (R006) の複数ユニットの臨界計算結果

給液調整セル (R006) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係を表 4.2 に示す。
空間水密度を変化させても $k_{eff} + 3\sigma$ は全て 0.82 未満であり臨界にはならない。

表 4.2 給液調整セル (R006) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係

空間水密度 (g/cm ³)	$k_{eff} \pm \sigma$	$k_{eff} + 3\sigma$
0	0.7983±0.0010	0.8013
0.0001	0.7997±0.0010	0.8027
0.001	0.7993±0.0012	0.8029
<u>0.01</u>	<u>0.8122±0.0010</u>	<u>0.8152</u>
0.1	0.7977±0.0010	0.8007
0.2	0.7721±0.0010	0.7751
0.4	0.7584±0.0007	0.7605
0.6	0.7596±0.0007	0.7617
0.8	0.7603±0.0007	0.7624
1.0	0.7612±0.0005	0.7627

(下線は $k_{eff} + 3\sigma$ が最大となることを示す)

5. まとめ

溶解槽溶液受槽（243 V10）の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の单一ユニットの臨界安全評価及び当該変更機器を含む給液調整セル（R006）の複数ユニットの臨界安全評価を行い、臨界安全であることを確認した。

また、上記以外の全濃度安全形状寸法の機器である洗浄液受槽（242V13）についても、上記変更と同様の考え方を適用した場合に臨界安全であることも確認した。

参考文献

- 1) "SCALE : A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analysis for Licensing Evaluation", Radiation Shielding Information Center, CCC-545, (1998).
- 2) "臨界安全ハンドブック第2版", 日本原子力研究所, JAERI 1340, (1999).
- 3) "東海再処理施設の複数ユニットの臨界安全評価", JNC TN8410 99-055, (1999).

表 3.1 給液調整セル (R006) 内機器の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件

機器名	寸法 (cm)		燃料条件 ³⁾
	評価モデル	製作寸法 ²⁾	
溶解槽溶液受槽 (243V10) 及び 洗浄液受槽 (242V13)	中空円筒溶液部内径	221.6	222.4
	中空円筒溶液部外径	250.4	250.0
	液厚	14.4 ^{*1}	13.8±0.2
	中空円筒溶液部高さ	285.4	285.0
	中空円筒容器側面内側厚さ	0.6	0.8
	中空円筒容器側面外側厚さ	0.4	0.6
	中空円筒容器上部厚さ	0.6	0.8
	中空円筒容器下部厚さ	0.8	1.0
	腐食代	—	0.1
	構造材	SUS304L	SUS304L
パルスフィルタ給液槽 (243V14)	円筒溶液部外径	40.4	40.0
	円筒溶液部高さ	65.4	65.0
	円筒容器側面厚さ	0.15	0.35
	円筒容器上部及び下部厚さ	0.25	0.45
	腐食代	—	0.1
	構造材	SUS304L	SUS304L
パルス発生槽 (243V17)	円筒溶液部外径	60.4	60.0
	円筒溶液部長さ	75.4	75.0
	円筒容器側面厚さ	0.2	0.4
	円筒容器平面部厚さ	0.25	0.45
	腐食代	—	0.1
	構造材	SUS304L	SUS304L
調整槽 (251V10)	円筒溶液部外径	230.4	230.0
	円筒溶液部高さ	120.4	120.0
	円筒容器側面厚さ	0.5	0.7
	円筒容器上部厚さ	2.2	2.4
	円筒容器下部厚さ	0.6	0.8
	腐食代	—	0.1
給液槽 (251V11)	円筒溶液部外径	250.4	250.0
	円筒溶液部高さ	130.4	130.0
	円筒容器側面厚さ	0.5	0.7
	円筒容器上部厚さ	2.4	2.6
	円筒容器下部厚さ	0.6	0.8
	腐食代	—	0.1
	構造材	SUS304L	SUS304L

*1 243V10については核的制限値

*2 製作寸法（燃料部分）は、位置によって異なる場合は安全側に最も大きい値を記載

*3 単一ユニットの評価結果に基づく最適濃度

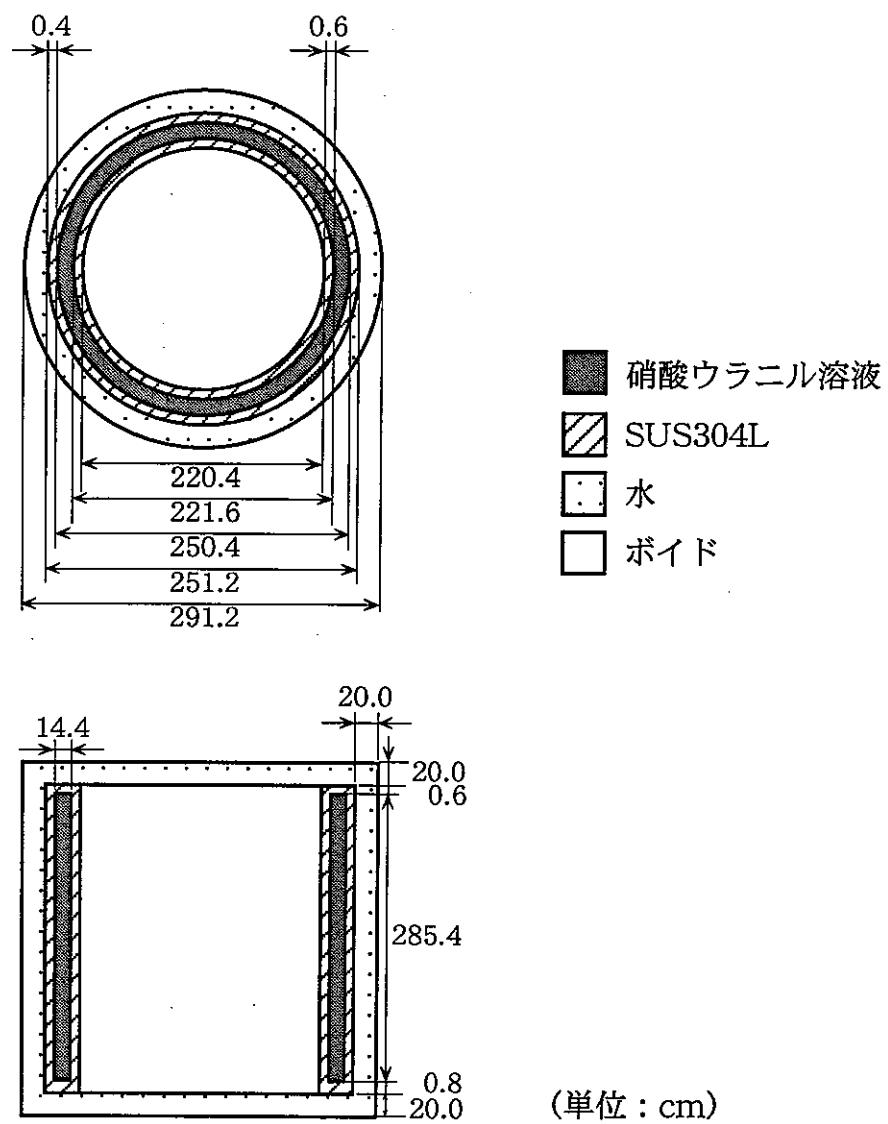
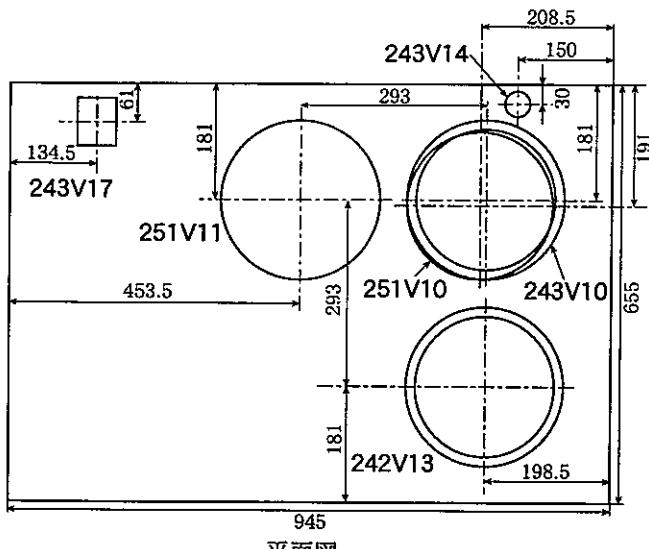
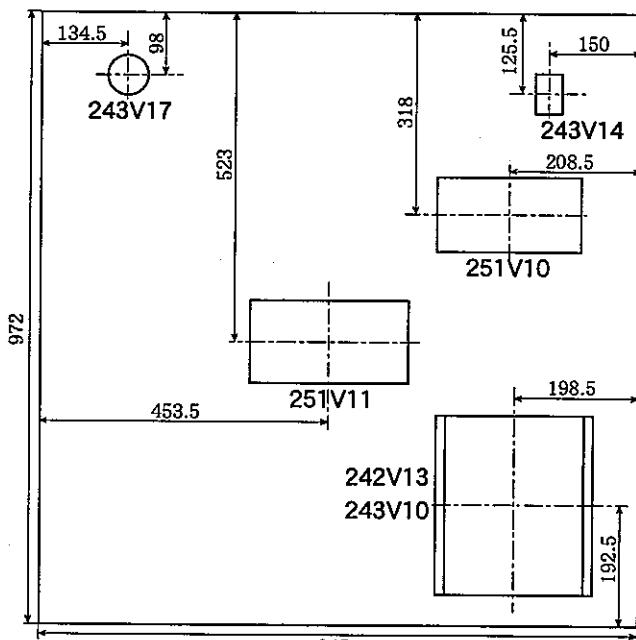


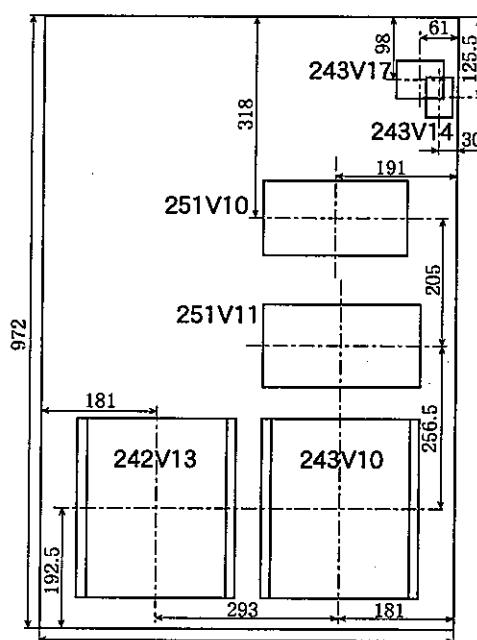
図3.1 溶解槽溶液受槽（243V10）及び洗浄液受槽（242V13）
の最適濃度サーベイモデル



平面図



立面図



側面図

単位: cm

セル周囲は1m厚のコンクリート

図3.2 給液調整セル (R006) の評価モデル

分離第1～5抽出器（252R11, 253R10, 255R14, 255R15, 255R16）及びウラン精製第1～2抽出器（261R13, 261R15）の核的制限値変更に係る臨界安全性について

1. はじめに

東海再処理施設の分離施設及び精製施設のうち、制限濃度安全形状寸法機器である分離第1抽出器（252R11）、分離第2抽出器（253R10）、分離第3抽出器（255R14）、分離第4抽出器（255R15）、分離第5抽出器（255R16）、ウラン精製第1抽出器（261R13）及びウラン精製第2抽出器（261R15）の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の単一ユニットの臨界安全評価並びに当該変更機器を含む分離第1セル（R107A）、分離第2セル（R109A）、分離第3セル（R109B）及びウラン精製セル（R114）の複数ユニットの臨界安全評価を行った。

また、核的制限値の変更による平板状機器の臨界濃度の再計算を行った。

2. 核的制限値の変更設定

(1) 基本的な考え方

機器の腐食を考慮して、従来の核的制限値に2mmを加えた値を新たな核的制限値に設定する。

(2) 核的制限値

各機器の変更前後の核的制限値を表2.1に示す。

表2.1 各機器の核的制限値

機 器 名	核的制限値		
	形 状		濃 度
	変更前	変更後	
分離第1抽出器（252R11）	s 32 cm	s 32.2 cm	120 gU/ℓ
分離第2抽出器（253R10）	s 32 cm	s 32.2 cm	120 gU/ℓ
分離第3抽出器（255R14）	s 32 cm	s 32.2 cm	120 gU/ℓ
分離第4抽出器（255R15）	s 32 cm	s 32.2 cm	120 gU/ℓ
分離第5抽出器（255R16）	s 32 cm	s 32.2 cm	120 gU/ℓ
ウラン精製第1抽出器（261R13）	s 32 cm	s 32.2 cm	120 gU/ℓ
ウラン精製第2抽出器（261R15）	s 32 cm	s 32.2 cm	120 gU/ℓ

（注） s：平板状機器の記号で、寸法を示すときは厚みを表す。

3. 評価条件

(1) 計算コード

SCALE-4.4¹⁾／CSAS1X シーケンス：単一ユニットの臨界計算
 ／CSAS25 シーケンス：複数ユニットの臨界計算、
 平板状機器の臨界濃度計算

核データライブラリ：27 群 ENDF/B-IV

(2) 単一ユニットの評価条件

① 燃料条件

ウラン濃縮度 4% の硝酸ウラニル溶液とし、ウラン濃度は 120gU/l とする。また、硝酸ウラニル溶液中の遊離硝酸は無視する。硝酸ウラニル溶液の密度の値は臨界安全ハンドブック第 2 版²⁾に従って計算し、温度 20°C として計算する。

② 評価モデル

分離第 1 抽出器 (252R11)、分離第 2 抽出器 (253R10)、分離第 3 抽出器 (255R14)、分離第 4 抽出器 (255R15)、分離第 5 抽出器 (255R16)、ウラン精製第 1 抽出器 (261R13) 及びウラン精製第 2 抽出器 (261R15) の評価モデルでは安全側に形状を無限平板とする。評価モデル寸法を表 3.1 及び図 3.1 に示す。

表 3.1 平板状機器の評価モデル寸法及び燃料条件

機器名		寸法 (cm) または材質		燃料条件
		評価モデル	製作寸法	
分離第 1 抽出器 (252R11)	液厚	32.2 ^{*1}	32.0 ^{*2}	120gU/l
分離第 2 抽出器 (253R10)	肉厚	0.2	0.4	
分離第 3 抽出器 (255R14)	腐食代	—	0.1	
分離第 4 抽出器 (255R15)	構造材	SUS304L	SUS304L	
分離第 5 抽出器 (255R16)				
ウラン精製第 1 抽出器 (261R13)				
ウラン精製第 2 抽出器 (261R15)				

*1 核的制限値

*2 オーバーフローレベル

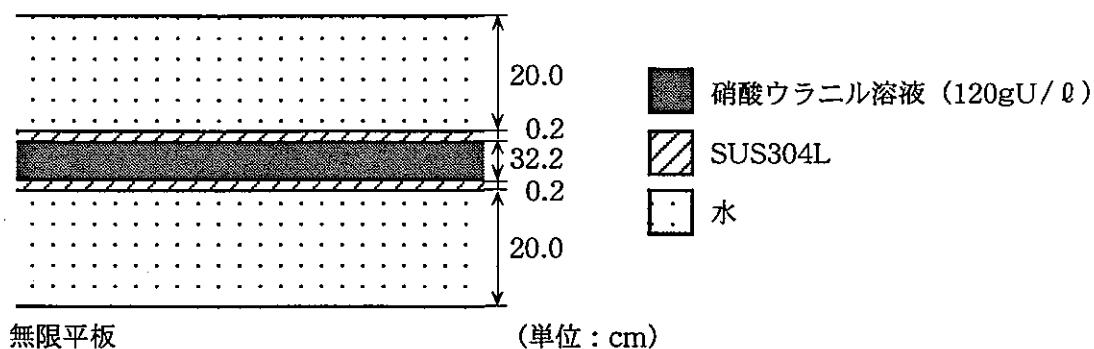


図3.1 平板状機器の評価モデル

(3) 複数ユニットの評価条件

① 燃料条件

各機器の燃料条件は、東海再処理施設の複数ユニットの臨界安全評価を行った文献(3)に基づくものとする。

② 評価モデル

各セル内機器の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件を表3.2～3.5に、評価モデルを図3.2～3.5に示す。

複数ユニットの臨界評価では、ユニット間の空間水密度 ($0\sim1.0\text{g/cm}^3$) をパラメータとして評価する。

(4) 平板状機器の臨界濃度の評価条件

① 臨界濃度の判定基準

本評価では推定臨界増倍率を0.99とし(添付資料④参照)、実効増倍係数がこの値のときの濃度を臨界濃度とする。

② 評価モデル

平板状機器の臨界濃度計算における無限平板評価モデルを図3.6に示す。

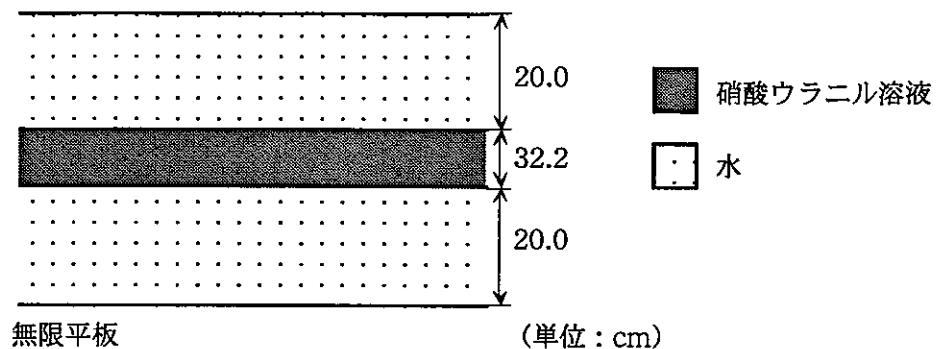


図3.6 無限平板評価モデル

4. 評価結果

(1) 平板状機器の単一ユニットの評価結果

平板状機器の無限平板評価モデルにおける臨界計算結果を表 4.1 に示す。 k_{eff} は 0.44 未満であり臨界にはならない。

表 4.1 平板状機器の無限平板評価モデルにおける臨界計算結果

k_{eff}
0.4364

(2) 分離第 1 セル (R107A) の複数ユニットの評価結果

分離第 1 セル (R107A) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係を表 4.2 に示す。空間水密度を変化させても $k_{eff}+3\sigma$ は全て 0.54 未満であり臨界にはならない。

表 4.2 分離第 1 セル (R107A) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係

空間水密度 (g/cm ³)	$k_{\text{eff}} \pm \sigma$	$k_{\text{eff}} + 3 \sigma$
0	0.4951 ± 0.0008	0.4975
0.1	0.5131 ± 0.0006	0.5149
0.2	0.5211 ± 0.0006	0.5229
0.3	0.5252 ± 0.0007	0.5273
0.4	0.5255 ± 0.0008	0.5279
0.5	0.5285 ± 0.0006	0.5303
0.6	0.5290 ± 0.0006	0.5308
0.7	0.5293 ± 0.0006	0.5311
0.8	0.5317 ± 0.0007	0.5338
<u>0.9</u>	<u>0.5325 ± 0.0007</u>	<u>0.5346</u>
1.0	0.5321 ± 0.0007	0.5342

(下線は $k_{\text{eff}} + 3 \sigma$ が最大となることを示す)

(3) 分離第 2 セル (R109A) の複数ユニットの評価結果

分離第 2 セル (R109A) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係を表 4.3 に示す。
空間水密度を変化させても $k_{\text{eff}} + 3 \sigma$ は全て 0.44 未満であり臨界にはならない。

表 4.3 分離第 2 セル (R109A) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係

空間水密度 (g/cm ³)	$k_{\text{eff}} \pm \sigma$	$k_{\text{eff}} + 3 \sigma$
0	0.4233 ± 0.0004	0.4245
0.1	0.4286 ± 0.0004	0.4298
0.2	0.4306 ± 0.0004	0.4318
0.3	0.4316 ± 0.0004	0.4328
0.4	0.4309 ± 0.0004	0.4321
<u>0.5</u>	<u>0.4321 ± 0.0004</u>	<u>0.4333</u>
0.6	0.4310 ± 0.0004	0.4322
0.7	0.4311 ± 0.0004	0.4323
0.8	0.4306 ± 0.0004	0.4318
0.9	0.4319 ± 0.0004	0.4331
1.0	0.4311 ± 0.0004	0.4323

(下線は $k_{\text{eff}} + 3 \sigma$ が最大となることを示す)

(4) 分離第3セル (R109B) の複数ユニットの評価結果

分離第3セル (R109B) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係を表 4.4 に示す。空間水密度を変化させても $k_{\text{eff}} + 3 \sigma$ は全て 0.51 未満であり臨界にはならない。

表 4.4 分離第3セル (R109B) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係

空間水密度 (g/cm ³)	$k_{\text{eff}} \pm \sigma$	$k_{\text{eff}} + 3 \sigma$
0	0.5021±0.0003	0.5030
0.1	0.5018±0.0003	0.5027
0.2	0.5022±0.0003	0.5031
0.3	0.5024±0.0003	0.5033
0.4	0.5020±0.0003	0.5029
0.5	0.5029±0.0003	0.5038
0.6	0.5028±0.0003	0.5037
<u>0.7</u>	<u>0.5032±0.0003</u>	<u>0.5041</u>
0.8	0.5026±0.0003	0.5035
0.9	0.5021±0.0003	0.5030
1.0	0.5021±0.0003	0.5030

(下線は $k_{\text{eff}} + 3 \sigma$ が最大となることを示す)

(5) ウラン精製セル (R114) の複数ユニットの評価結果

ウラン精製セル (R114) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係を表 4.5 に示す。空間水密度を変化させても $k_{\text{eff}} + 3 \sigma$ は全て 0.44 未満であり臨界にはならない。

表 4.5 ウラン精製セル (R114) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係

空間水密度 (g/cm ³)	$k_{\text{eff}} \pm \sigma$	$k_{\text{eff}} + 3 \sigma$
0	0.4186±0.0004	0.4198
0.1	0.4295±0.0004	0.4307
0.2	0.4300±0.0004	0.4312
0.3	0.4312±0.0004	0.4324
0.4	0.4309±0.0004	0.4321
0.5	0.4312±0.0003	0.4321
<u>0.6</u>	<u>0.4321±0.0004</u>	<u>0.4333</u>
0.7	0.4310±0.0004	0.4322
0.8	0.4312±0.0003	0.4321
0.9	0.4315±0.0005	0.4330
1.0	0.4317±0.0004	0.4329

(下線は $k_{\text{eff}} + 3 \sigma$ が最大となることを示す)

(6) 平板状機器の臨界濃度計算結果

臨界濃度の計算結果を表4.6に示す。表より、臨界濃度は680gU/lとなる。

なお、4%濃縮ウラン、硝酸ウラニル溶液の32.2cm液厚みの無限平板の臨界濃度は、臨界安全ハンドブック⁴⁾及び西独臨界ハンドブック⁵⁾によれば、グラフからの読み取りにより、それぞれ約690、720gU/lである。

表4.6 平板状機器の臨界濃度計算結果 ($k_{eff}=0.99$)

ウラン濃度 (gU/l)	$k_{eff} \pm \sigma$
660	0.9833±0.0012
670	0.9848±0.0013
<u>680</u>	<u>0.9869±0.0010</u>
690	0.9910±0.0011
700	0.9953±0.0012
750	1.0067±0.0014

5.まとめ

分離第1抽出器(252R11)、分離第2抽出器(253R10)、分離第3抽出器(255R14)、分離第4抽出器(255R15)、分離第5抽出器(255R16)、ウラン精製第1抽出器(261R13)及びウラン精製第2抽出器(261R15)の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の単一ユニットの臨界安全評価並びに当該変更機器を含む分離第1セル(R107A)、分離第2セル(R109A)、分離第3セル(R109B)及びウラン精製セル(R114)の複数ユニットの臨界安全評価を行い、臨界安全であることを確認した。

また、平板状機器の臨界濃度は680gU/lとなった。

参考文献

- 1) "SCALE : A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analysis for Licensing Evaluation", Radiation Shielding Information Center, CCC-545, (1998).
- 2) "臨界安全ハンドブック第2版", 日本原子力研究所, JAERI 1340, (1999).
- 3) "東海再処理施設の複数ユニットの臨界安全評価", JNC TN8410 99-055, (1999).
- 4) "臨界安全ハンドブック", 科学技術庁原子力安全局核燃料規制課編, にっかん書房 (1988).
- 5) "Handbuch zur Kritikalität", Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH, (1985).

表 3.2 分離第 1 セル (R107A) 内機器の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件

機器名	寸法 (cm) または材質		燃料条件
	評価モデル	製作寸法 *2	
希釈剤洗浄器 (252R101～R103)	溶液部幅	121.0	120gU / ℥
	溶液部長さ	97.2	
	液厚	32.2	96.8
	容器肉厚	0.2	32.0 *3
	腐食代 構造材	—	0.4
		SUS304L	0.1
分離第 1 抽出器の抽出部 (252R1101～R1109)	溶液部幅	130.0	120gU / ℥
	溶液部長さ	276.6	
	液厚	32.2 *1	276.2
	容器肉厚	0.2	32.0 *3
	腐食代 構造材	—	0.4
		SUS304L	0.1
分離第 1 抽出器の洗浄部 (252R1110～R1117)	溶液部幅	152.5	120gU / ℥
	溶液部長さ	247.2	
	液厚	32.2 *1	246.8
	容器肉厚	0.2	32.0 *3
	腐食代 構造材	—	0.4
		SUS304L	0.1
パルスフィルタ (243F16)	円筒溶液部外径	31.0 *1	120gU / ℥
	円筒溶液部高さ	254.2	
	円筒容器側面厚さ	0.1	240gU / ℥
	円筒容器下部厚さ	0.6	
	円筒容器上部厚さ	0	
	腐食代 構造材	—	0.8
		SUS304L	0.1
		SUS304L	

*1 核的制限値

*2 製作寸法（燃料部分）は、位置によって異なる場合は安全側に最も大きい値を記載。また、機器の本体寸法ではなく、補強材まで含めた寸法としている場合がある。

*3 オーバーフローレベル

表 3.3 分離第 2 セル (R109A) 内機器の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件

機器名	寸法 (cm) または材質			燃料条件
	評価モデル	製作寸法 *2		
分離第 2 抽出器 (253R1001～R1012)	溶液部幅	159.5	159.1	120gU / ℧ (核的制限値)
	溶液部長さ	361.8	361.4	
	液厚	32.2 *1	32.0 *3	
	容器肉厚	0.2	0.4	
	腐食代	—	0.1	
	構造材	SUS304L	SUS304L	
調整槽 (255V11)	円筒溶液部外径	50.4	50.0	120gU / ℧
	円筒溶液部高さ	63.8	63.4	
	円筒容器側面厚さ	0.2	0.4	
	円筒容器上部厚さ	0.4	0.6	
	円筒容器下部厚さ	0.3	0.5	
	腐食代	—	0.1	
分離第 3 抽出器の抽出部 (255R1401～R1407) 及び (255R1408～R1414)	構造材	SUS304L	SUS304L	120gU / ℧ (核的制限値)
	溶液部幅	189.0	188.6	
	溶液部長さ	268.8	268.4	
	液厚	32.2 *1	32.0 *3	
	容器肉厚	0.2	0.4	
	腐食代	—	0.1	
分離第 3 抽出器の洗浄部 (255R1415～R1421)	構造材	SUS304L	SUS304L	120gU / ℧ (核的制限値)
	溶液部幅	156.5	156.1	
	溶液部長さ	251.3	250.9	
	液厚	32.2 *1	32.0 *3	
	容器肉厚	0.2	0.4	
	腐食代	—	0.1	
分離第 4 抽出器の ウラン洗浄部 (255R1501～R1504)	構造材	SUS304L	SUS304L	120gU / ℧ (核的制限値)
	溶液部幅	103.0	102.6	
	溶液部長さ	111.6	111.2	
	液厚	22.2	22.0 *3	
	容器肉厚	0.2	0.4	
	腐食代	—	0.1	
分離第 4 抽出器の プルトニウム逆抽出部 (255R1505～R1511)	構造材	SUS304L	SUS304L	120gU / ℧ (核的制限値)
	溶液部幅	171.5	171.1	
	溶液部長さ	251.3	250.9	
	液厚	32.2 *1	32.0 *3	
	容器肉厚	0.2	0.4	
	腐食代	—	0.1	
	構造材	SUS304L	SUS304L	

*1 核的制限値

*2 製作寸法（燃料部分）は、位置によって異なる場合は安全側に最も大きい値を記載。また、機器の本体寸法ではなく、補強材まで含めた寸法としている場合がある。

*3 オーバーフローレベル

表 3.4 分離第3セル (R109B) 内機器の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件

機器名	寸法 (cm) または材質		燃料条件
	評価モデル	製作寸法 *2	
中間貯槽 (255V12)	円筒溶液部外径	180.4	180.0
	円筒溶液部高さ	220.4	220.0
	円筒容器側面厚さ	0.35	0.55
	円筒容器上部及び下部厚さ	0.4	0.6
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L
分離第5抽出器 (255R161~R169)	溶液部幅	199.0	198.6
	溶液部長さ	339.6	339.2
	液厚	32.2 *1	32.0 *3
	容器肉厚	0.2	0.4
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L

*1 核的制限値

*2 製作寸法（燃料部分）は、位置によって異なる場合は安全側に最も大きい値を記載。また、機器の本体寸法ではなく、補強材まで含めた寸法としている場合がある。

*3 オーバーフローレベル

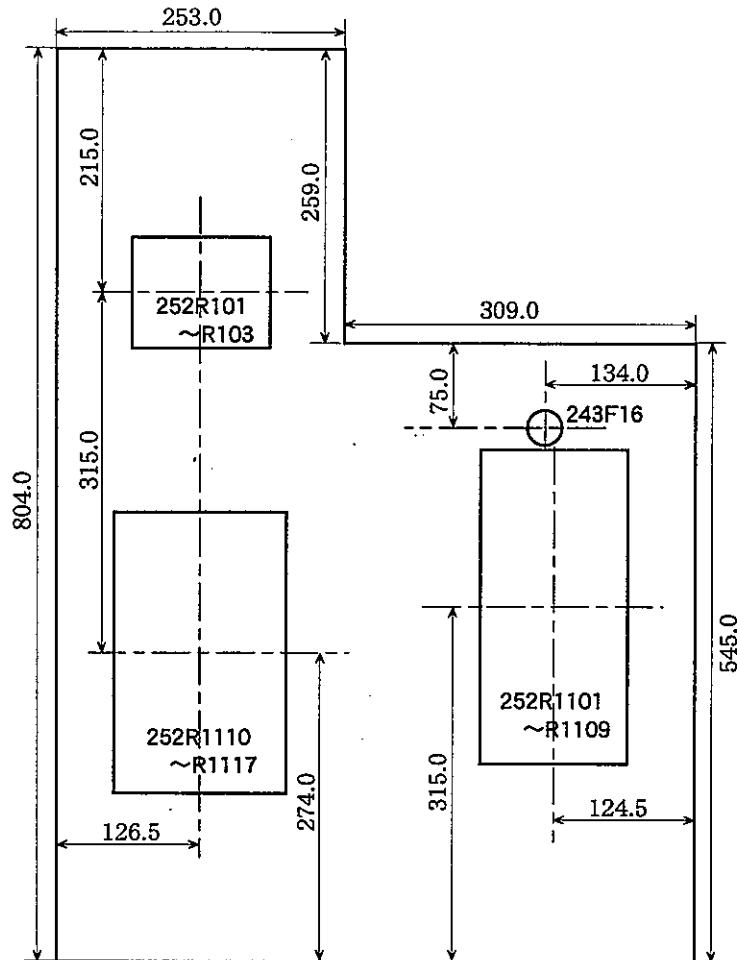
表 3.5 ウラン精製セル (R114) 内機器の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件

機器名	寸法 (cm) または材質		燃料条件
	評価モデル	製作寸法 *2	
調整槽 (261V11)	円筒溶液部外径	50.4	50.0
	円筒溶液部高さ	74.4	74.0
	円筒容器側面厚さ	0.2	0.4
	円筒容器上部厚さ	0.4	0.6
	円筒容器下部厚さ	0.3	0.5
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L
中間貯槽 (261V12)	円筒溶液部外径	180.4	180.0
	円筒溶液部長さ	290.4	290.0
	円筒容器厚さ	0.5	0.7
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L
ウラン精製第1抽出器の抽出部 (261R1301～R1306)	溶液部幅	205.0	204.6
	溶液部長さ	251.4	251.0
	液厚	32.2 *1	32.0 *3
	容器肉厚	0.2	0.4
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L
			120gU / ℥ (核的制限値)
ウラン精製第1抽出器の洗浄部 (261R1307～R1312)	溶液部幅	170.5	170.1
	溶液部長さ	217.4	217.0
	液厚	32.2 *1	32.0 *3
	容器肉厚	0.2	0.4
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L
			120gU / ℥ (核的制限値)
希釈剤洗浄器 (261R141～R143) 及び ウラン精製第2抽出器 (261R151～R157)	溶液部幅	184.0	183.6
	溶液部長さ	350.0	349.6
	液厚	32.2 *1	32.0 *3
	容器肉厚	0.2	0.4
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L
			120gU / ℥ (核的制限値)

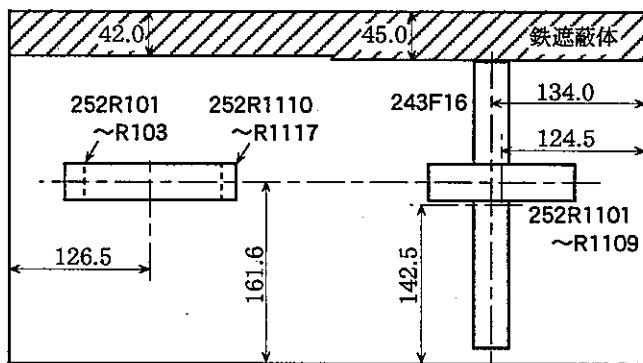
*1 核的制限値

*2 製作寸法（燃料部分）は、位置によって異なる場合は安全側に最も大きい値を記載。また、機器の本体寸法ではなく、補強材まで含めた寸法としている場合がある。

*3 オーバーフローレベル



平面図



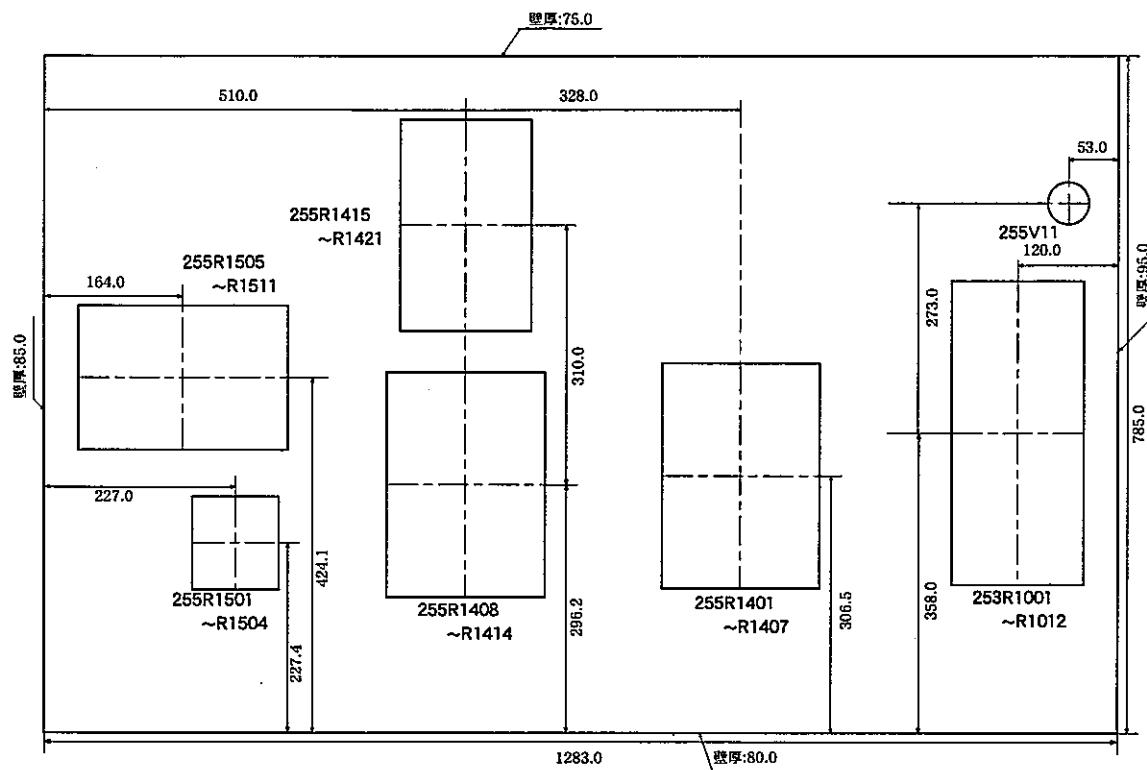
立面図

単位 : cm

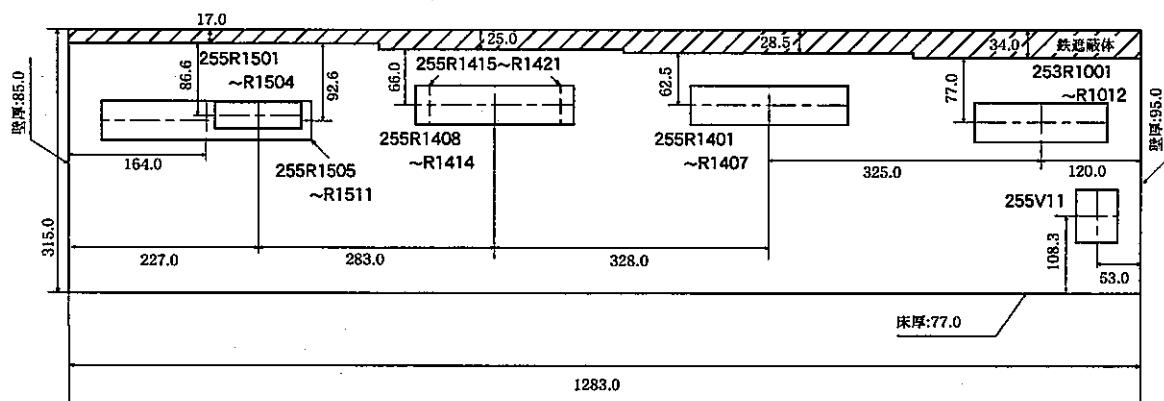
鉄遮蔽体の上部は20cm厚の水全反射条件

上部以外のセル周囲は1m厚のコンクリート全反射条件

図3.2 分離第1セル(R107A)評価モデル



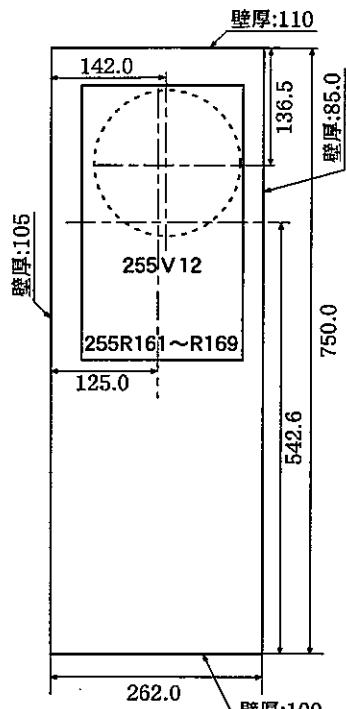
平面図



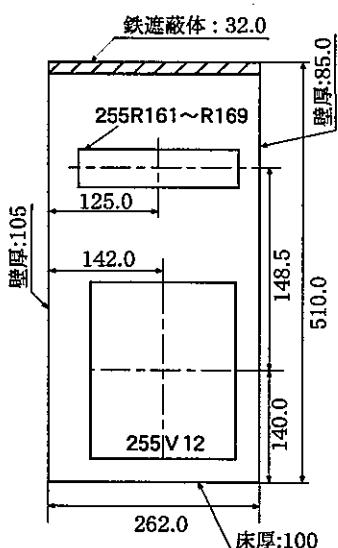
立面図

単位: cm
鉄遮蔽体の上部は20cm厚の水全反射条件

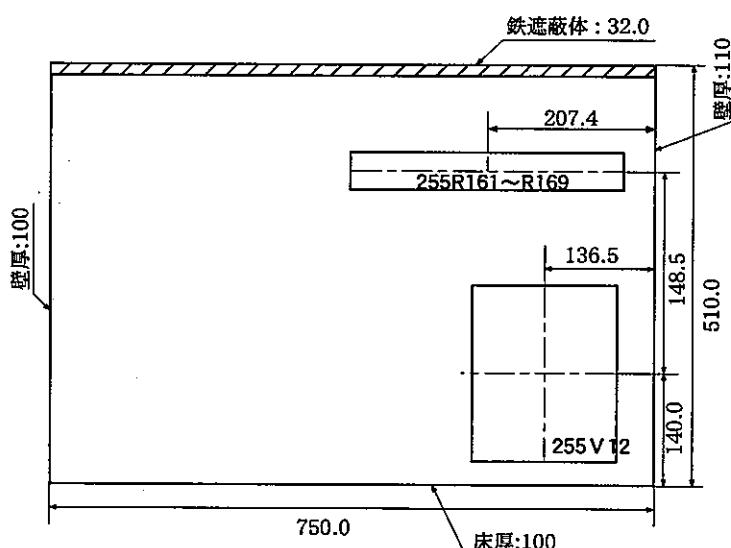
図3.3 分離第2セル(R109A)評価モデル



平面図



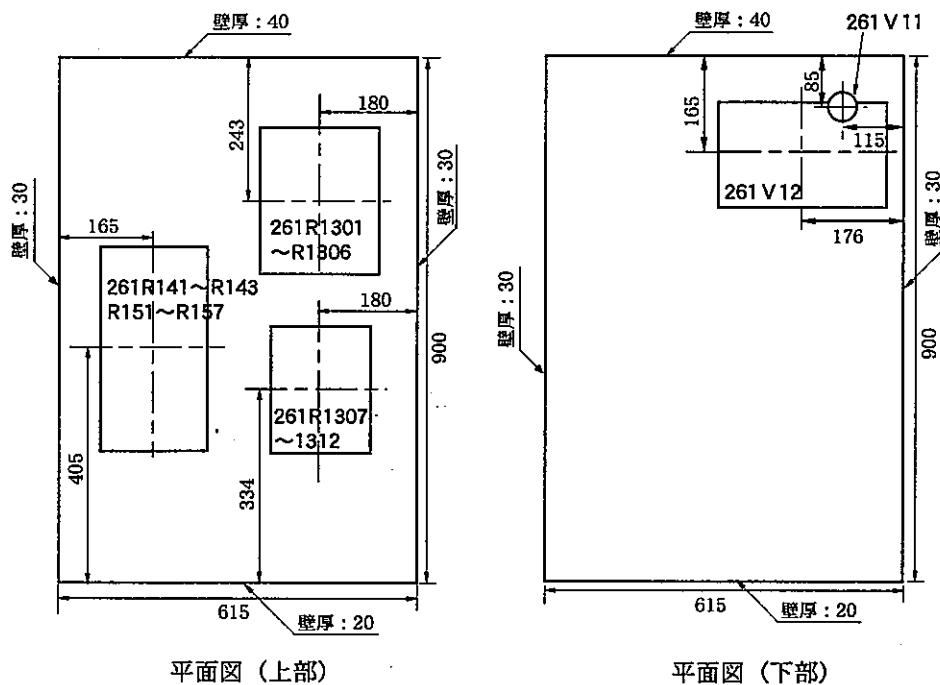
立面図



側面図

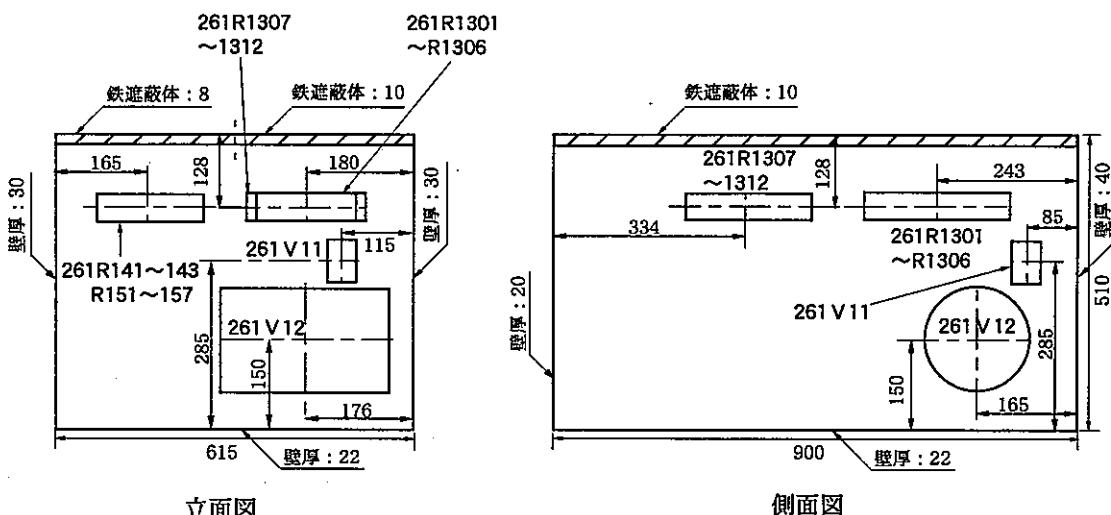
単位:cm
鉄遮蔽体の上部は20cm厚の水全反射条件

図3.4 分離第3セル(R109B)評価モデル



平面図(上部)

平面図(下部)



立面図

側面図

単位: cm

鉄遮蔽体の上部及びコンクリート壁の外側は
20cm厚の水全反射条件

図3.5 ウラン精製セル(R114)評価モデル

プルトニウム精製第1～2抽出器（265R20, 265R22）の核的制限値変更に係る臨界安全性について

1. はじめに

東海再処理施設の精製施設のうち、制限濃度安全形状寸法機器であるプルトニウム精製第1抽出器（265R20）及びプルトニウム精製第2抽出器（265R22）の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の単一ユニットの臨界安全評価及び当該変更機器を含むプルトニウム精製セル（R015）の複数ユニットの臨界安全評価を行った。

また、核的制限値の変更による平板状機器の臨界濃度の再計算を行った。

2. 核的制限値の変更設定

(1) 基本的な考え方

機器の腐食を考慮して、従来の核的制限値に2mmを加えた値を新たな核的制限値に設定する。

(2) 核的制限値

各機器の変更前後の核的制限値を表2.1に示す。

表2.1 各機器の核的制限値

機 器 名	核的制限値		
	形 状		濃 度
	変更前	変更後	
プルトニウム精製第1抽出器（265R20）	s 9 cm	s 9.2 cm	22 gPu/ℓ
プルトニウム精製第2抽出器（265R22）	s 9 cm	s 9.2 cm	22 gPu/ℓ

(注) s: 平板状機器の記号で、寸法を示すときは厚みを表す。

3. 評価条件

(1) 計算コード

SCALE-4.4¹⁾/CSAS1X シーケンス：単一ユニットの臨界計算

/CSAS25 シーケンス：複数ユニットの臨界計算

平板状機器の臨界濃度計算

核データライブラリ：27群 ENDF/B-IV

(2) 単一ユニットの評価条件

① 燃料条件

^{239}Pu 100%の硝酸プルトニウム溶液とし、プルトニウム濃度は 22gPu/l とする。また、硝酸プルトニウム溶液中の遊離硝酸は無視する。硝酸溶液の密度の値は、臨界安全ハンドブック第2版²⁾に従って計算し、このときの溶液の温度は 20°C とする。

② 評価モデル

プルトニウム精製第1抽出器（265R20）及びプルトニウム精製第2抽出器（265R22）の評価モデルでは安全側に形状を無限平板とする。評価モデル寸法を表3.1及び図3.1に示す。

表3.1 平板状機器の評価モデル寸法及び燃料条件

機器名	寸法(cm) または材質		燃料条件
	評価モデル	製作寸法	
プルトニウム精製第1抽出器（265R20）	液厚 9.2 ^{*1}	9.0 ^{*2}	22gPu/l
プルトニウム精製第2抽出器（265R22）	肉厚 0.1 腐食代 — 構造材 SUS304L	0.3 0.1 SUS304L	

*1 核的制限値

*2 オーバーフローレベル

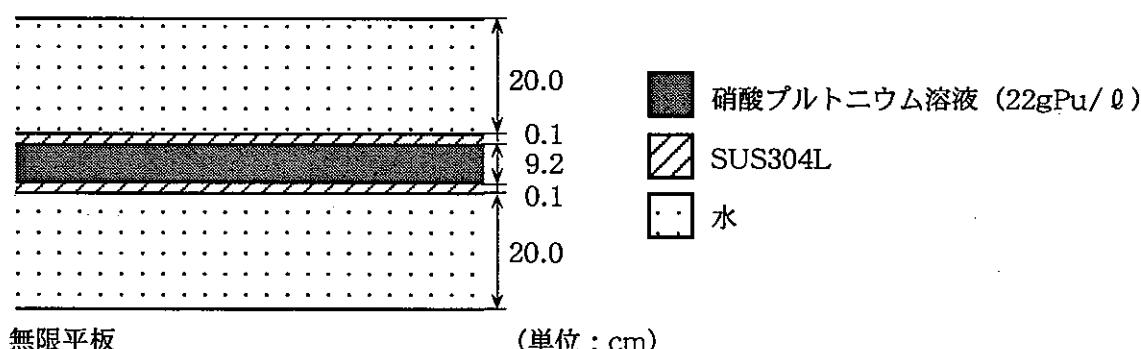


図3.1 平板状機器の評価モデル

(3) 複数ユニットの評価条件

① 燃料条件

各機器の燃料条件は、東海再処理施設の複数ユニットの臨界安全評価を行った文献(3)に基づくものとする。

② 評価モデル

プルトニウム精製セル（R015）内機器の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件を表3.2に、評価モデルを図3.2～3.3に示す。

複数ユニットの臨界評価では、ユニット間の空間水密度（0～1.0g/cm³）をパラメータとして評価する。

(4) 平板状機器の臨界濃度の評価条件

① 臨界濃度の判定基準

本評価では推定臨界増倍率を1.00とし（添付資料⑭参照）、実効増倍係数がこの値のときの濃度を臨界濃度とする。

② 評価モデル

平板状機器の臨界濃度計算における無限平板評価モデルを図3.4に示す。

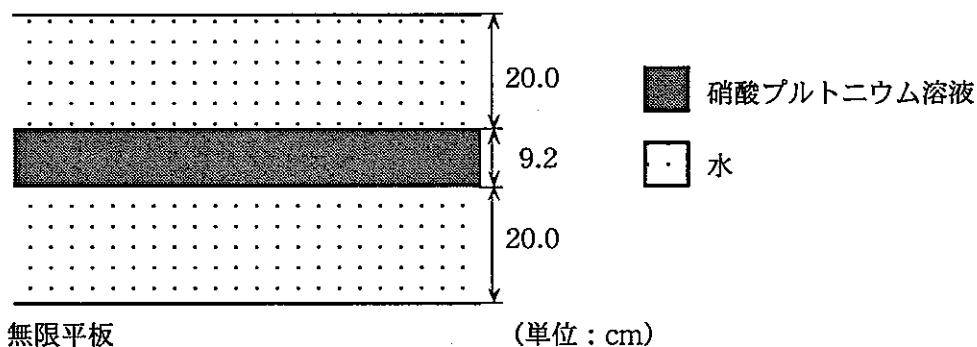


図3.4 無限平板評価モデル

4. 評価結果

(1) 平板状機器の單一ユニットの評価結果

平板状機器の無限平板評価モデルにおける臨界計算結果を表 4.1 に示す。keff は 0.85 未満であり臨界にはならない。

表 4.1 平板状機器の無限平板評価モデルにおける臨界計算結果

keff
0.8490

(2) プルトニウム精製セル (R015) の複数ユニットの評価結果

プルトニウム精製セル (R015) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係を表 4.2 に示す。空間水密度を変化させても $\text{keff} + 3\sigma$ は全て 0.85 未満であり臨界にはならない。

表 4.2 プルトニウム精製セル (R015) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係

空間水密度 (g/cm ³)	$\text{keff} \pm \sigma$	$\text{keff} + 3\sigma$
0	0.6975 ± 0.0012	0.7011
0.1	0.8091 ± 0.0013	0.8130
0.2	0.8143 ± 0.0015	0.8188
0.3	0.8299 ± 0.0013	0.8338
0.4	0.8316 ± 0.0012	0.8352
0.5	0.8368 ± 0.0013	0.8407
0.6	0.8380 ± 0.0013	0.8419
0.7	<u>0.8390 ± 0.0012</u>	<u>0.8426</u>
0.8	0.8383 ± 0.0013	0.8422
0.9	0.8391 ± 0.0011	0.8424
1.0	0.8382 ± 0.0011	0.8415

(下線は $\text{keff} + 3\sigma$ が最大となることを示す)

(3) 平板状機器の臨界濃度計算結果

臨界濃度の計算結果を表 4.3 に示す。表より、臨界濃度は 35gPu/l となる。

なお、 $^{239}\text{Pu}100\%$ の硝酸プルトニウム溶液の 9.2cm 液厚みの無限平板の臨界濃度は、米国及び西独の臨界ハンドブック^{4), 5)}によれば、グラフからの読み取りにより、共に約 39gPu/l である。

表 4.3 平板状機器の臨界濃度計算結果 ($k_{\text{eff}}=1.00$)

プルトニウム濃度 (gPu/l)	$k_{\text{eff}} \pm \sigma$
33	0.9822 ± 0.0018
34	0.9888 ± 0.0016
<u>35</u>	<u>0.9933 ± 0.0021</u>
36	1.0030 ± 0.0020
37	1.0117 ± 0.0019
38	1.0146 ± 0.0017
39	1.0179 ± 0.0022
40	1.0234 ± 0.0016

5. まとめ

プルトニウム精製第 1 抽出器 (265R20) 及びプルトニウム精製第 2 抽出器 (265R22) の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の単一ユニットの臨界安全評価及び当該変更機器を含むプルトニウム精製セル (R015) の複数ユニットの臨界安全評価を行い、臨界安全であることを確認した。

また、平板状機器の臨界濃度は 35gPu/l となった。

参考文献

- 1) "SCALE : A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analysis for Licensing Evaluation", Radiation Shielding Information Center, CCC-545, (1998).
- 2) "臨界安全ハンドブック第 2 版", 日本原子力研究所, JAERI 1340, (1999).
- 3) "東海再処理施設の複数ユニットの臨界安全評価", JNC TN8410 99-055, (1999).
- 4) "Criticality Handbook", ARH-600, (1968).
- 5) "Handbuch zur Kritikalität", Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH, (1985).

表 3.2 プルトニウム精製セル (R015) 内機器の評価モデル寸法、製作寸法及び
燃料条件 (1 / 2)

機器名	寸法 (cm) または材質		燃料条件
	評価モデル	製作寸法 *2	
調整槽 (265V11)	円筒溶液部外径	30.3	29.9
	円筒溶液部高さ	62.1	61.7
	円筒容器側面厚さ	0.3	0.5
	円筒容器上部厚さ	0.3	0.5
	円筒容器下部厚さ	0.25	0.45
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L
中間貯槽 (265V12)	中空円筒溶液部内径	164.4	165.2
	中空円筒溶液部外径	195.2	194.8
	液厚	15.4	14.8±0.2
	中空円筒溶液部高さ	151.4	151.0
	中空円筒容器側面内側厚さ	0.4	0.6
	中空円筒容器側面外側厚さ	0.3	0.5
	中空円筒容器上部厚さ	0.4	0.6
	中空円筒容器下部厚さ	0.9	1.1
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L
酸化塔 (265T14)	円筒溶液部外径	12.48	12.08
	円筒溶液部高さ	300.4	300.0
	円筒容器側面厚さ	0.75	0.95
	円筒容器上部及び下部厚さ	0.4	0.6
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L
空気吹込塔 (265T15、265T16)	円筒溶液部外径	12.48	12.08
	円筒溶液部高さ	350.4	350.0
	円筒容器側面厚さ	0.75	0.95
	円筒容器上部及び下部厚さ	0.4	0.6
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L
プルトニウム精製第1抽出器 の抽出部 (265R2001～R2009)	溶液部幅	169.3	168.9
	溶液部長さ	276.5	276.1
	液厚	9.2 *1	9.0 *4
	容器肉厚	0.1	0.3
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L

*1 核的制限値

*2 製作寸法 (燃料部分) は、位置によって異なる場合は安全側に最も大きい値を記載。また、機器の本体寸法ではなく、補強材まで含めた寸法としている場合がある。

*3 この上流の分離第4抽出器の核的制限値の濃度は 120gU/l であるが、プルトニウムが逆抽出されてくるため、安全側に Pu 濃度を設定した。

*4 オーバーフローレベル

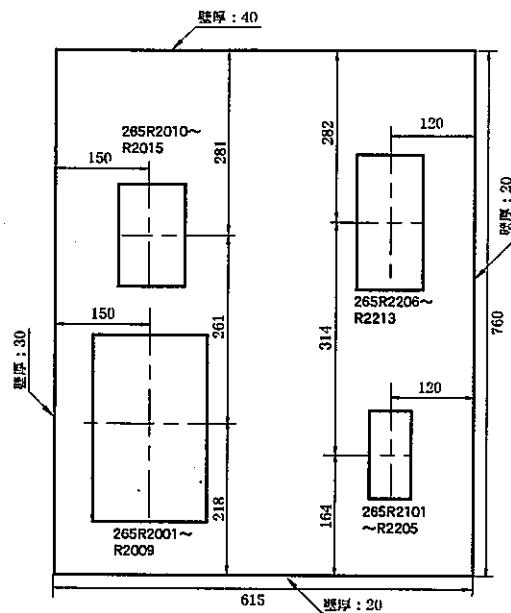
表 3.2 プルトニウム精製セル（R015）内機器の評価モデル寸法、製作寸法及び
燃料条件（2／2）

機器名	寸法 (cm) または材質		燃料条件
	評価モデル	製作寸法 *2	
プルトニウム精製第1抽出器の洗浄部 (265R2010～R2015)	溶液部幅	98.8	98.4
	溶液部長さ	152.3	151.9
	液厚	9.2 *1	9.0 *3
	容器肉厚	0.1	0.3
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L
プルトニウム精製 第2抽出器の プルトニウム逆抽出部 (265R2206～R2213)	溶液部幅	98.8	98.4
	溶液部長さ	199.1	198.7
	液厚	9.2 *1	9.0 *3
	容器肉厚	0.1	0.3
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L
希釈剤洗浄器 (265R2101～R2102) 及び プルトニウム第2抽出器 のウラン洗浄部 (265R2201～R2205)	溶液部幅	63.1	62.7
	溶液部長さ	130.2	129.8
	液厚	9.2 *1	9.0 *3
	容器肉厚	0.1	0.3
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L
中間貯槽 (266V12)	液厚	8.4	7.9 (+0.1,-0.2)
	溶液部長さ	314.4	314.0
	溶液部高さ	200.0	199.6
	平板側面厚さ	0.6	0.8
	平板上部厚さ	3.9	4.1
希釈槽 (266V13)	平板下部厚さ	0.6	0.8
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L
	中空円筒溶液部内径	236.4	237.0
	中空円筒溶液部外径	245.2	244.8
	液厚	4.4	3.9±0.1
中空円筒溶液部高さ 中空円筒容器側面内側厚さ 中空円筒容器側面外側厚さ 中空円筒容器上部厚さ 中空円筒容器下部厚さ 腐食代 構造材	中空円筒溶液部高さ	205.6	205.2
	中空円筒容器側面内側厚さ	0.6	0.8
	中空円筒容器側面外側厚さ	0.4	0.6
	中空円筒容器上部厚さ	3.9	4.1
	中空円筒容器下部厚さ	0.9	1.1
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L

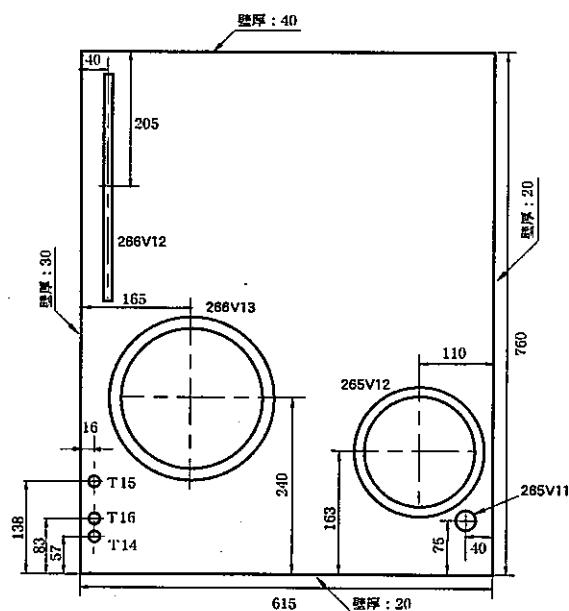
*1 核的制限値

*2 製作寸法（燃料部分）は、位置によって異なる場合は安全側に最も大きい値を記載。また、機器の本体寸法ではなく、補強材まで含めた寸法としている場合がある。

*3 オーバーフローレベル



平面図（上部）

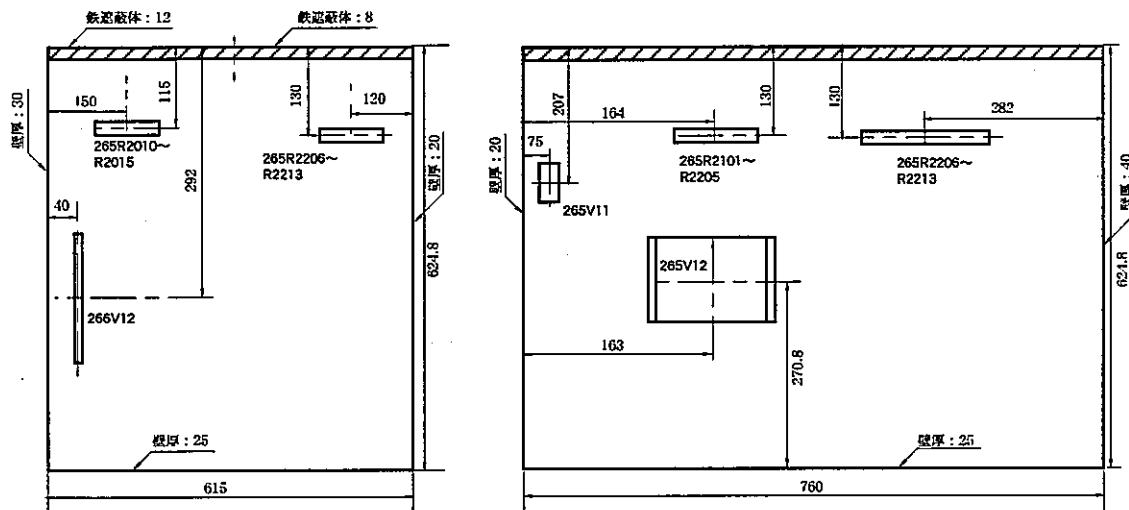


平面図（下部）

単位：cm

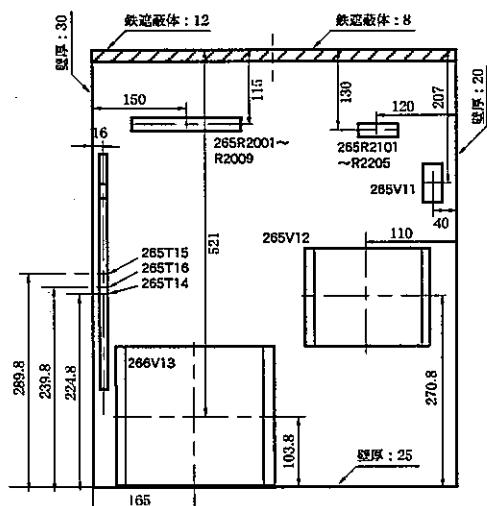
コンクリート壁の外側は20cm厚の水全反射条件

図3.2 プルトニウム精製セル（R015）評価モデル（1/2）



立面図(1/2)

側面図



立面図(2/2)

単位: cm

鉄道蔽体の上部及びコンクリート壁の外側は20cm厚の水全反射条件

図3.3 プルトニウム精製セル (R015) 評価モデル (2/2)

プルトニウム溶液蒸発缶（266E20, T21）の核的制限値変更に係る 臨界安全性について

1. はじめに

東海再処理施設の精製施設のうち、全濃度安全形状寸法機器であるプルトニウム溶液蒸発缶（266E20, T21）の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の単一ユニットの臨界安全評価及び当該変更機器を含むプルトニウム濃縮セル（R125B）の複数ユニットの臨界安全評価を行った。

2. 核的制限値の変更設定

(1) 基本的な考え方

- ① 機器の腐食を考慮して、従来の核的制限値に4mmを加えた値を新たな核的制限値に設定する。
- ② 製作公差は、製作公差の範囲で臨界評価上最も厳しい寸法を用いる。

(2) 核的制限値

各機器の変更前後の核的制限値を表2.1に示す。

表2.1 各機器の核的制限値

機 器 名	核的制限値	
	変更前	変更後
プルトニウム溶液蒸発缶（266E20, T21）		
ボイラ部	Φ 12.5 cm	Φ 12.9 cm
カラム部	Φ 12.5 cm	Φ 12.9 cm

（注）Φ：円筒状機器の記号で、寸法を示すときは内径を表す。

3. 評価条件

(1) 計算コード

SCALE-4.4¹⁾/CSAS25 シーケンス
核データライブラリ：27群 ENDF/B-IV

(2) 単一ユニットの評価条件

① 燃料条件

^{239}Pu 100%の硝酸プルトニウム溶液とし、プルトニウム濃度をパラメータとする。また、硝酸プルトニウム溶液中の遊離硝酸は無視する。硝酸溶液の密度の値は、臨界安全ハンドブック第2版²⁾に従って計算し、このときの溶液の温度は20°Cとする。

② 評価モデル

プルトニウム溶液蒸発缶(266E20, T21)の評価モデル寸法及び製作寸法を表3.1に、評価モデルを図3.1に示す。

(3) プルトニウム濃縮セル(R125B)の複数ユニットの評価条件

① 燃料条件

プルトニウム溶液蒸発缶(266E20, T21)の燃料条件は、上記単一ユニットの計算結果より臨界安全評価上最も厳しくなる濃度(最適濃度)の硝酸プルトニウム溶液とし、他の機器については東海再処理施設の複数ユニットの臨界安全評価を行った文献(3)に基づくものとする。

② 評価モデル

プルトニウム濃縮セル(R125B)内機器の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件を表3.1に、評価モデルを図3.2に示す。

複数ユニットの臨界評価では、ユニット間の空間水密度(0~1.0g/cm³)をパラメータとして評価する。

4. 評価結果

(1) プルトニウム溶液蒸発缶(266E20, T21)の単一ユニットの臨界計算結果

プルトニウム濃度と実効増倍係数の関係を表4.1に示す。keff+3 σは全て0.83未満であり臨界にはならない。

また、プルトニウム濃縮セル(R125B)の複数ユニットの臨界安全評価の際、プルトニウム溶液蒸発缶(266E20, T21)の燃料条件はプルトニウム濃度350gPu/lとする。

表 4.1 プルトニウム溶液蒸発缶 (266E20, T21) の単一ユニットの
臨界計算結果

プルトニウム濃度 (g / ℓ)	$k_{\text{eff}} \pm \sigma$	$k_{\text{eff}} + 3\sigma$
200	0.8030±0.0020	0.8090
250	0.8080±0.0020	0.8140
300	0.8141±0.0019	0.8198
350	<u>0.8188±0.0023</u>	<u>0.8257</u>
400	0.8149±0.0019	0.8206
450	0.8181±0.0021	0.8244
500	0.8159±0.0021	0.8222
550	0.8150±0.0019	0.8207

(下線は $k_{\text{eff}} + 3\sigma$ が最大となることを示す)

(2) プルトニウム濃縮セル (R125B) の複数ユニットの臨界計算結果

プルトニウム濃縮セル (R125B) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係を表 4.2 に示す。空間水密度を変化させても $k_{\text{eff}} + 3\sigma$ は全て 0.86 未満であり臨界にはならない。

表 4.2 プルトニウム濃縮セル (R125B) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係

空間水密度 (g/cm ³)	$k_{\text{eff}} \pm \sigma$	$k_{\text{eff}} + 3\sigma$
0	0.6391±0.0013	0.6436
0.1	0.7159±0.0015	0.7201
0.2	0.7316±0.0013	0.7355
0.3	0.7523±0.0014	0.7565
0.4	0.7719±0.0014	0.7764
0.5	0.7915±0.0015	0.7960
0.6	0.8117±0.0013	0.8159
0.7	0.8207±0.0014	0.8252
0.8	0.8322±0.0014	0.8364
0.9	0.8419±0.0016	0.8470
<u>1.0</u>	<u>0.8493±0.0017</u>	<u>0.8535</u>

(下線は $k_{\text{eff}} + 3\sigma$ が最大となることを示す)

5. まとめ

プルトニウム溶液蒸発缶（266E20, T21）の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の単一ユニットの臨界安全評価及び当該変更機器を含むプルトニウム濃縮セル（R125B）の複数ユニットの臨界安全評価を行い、臨界安全であることを確認した。

参考文献

- 1) "SCALE : A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analysis for Licensing Evaluation", Radiation Shielding Information Center, CCC-545, (1998).
- 2) "臨界安全ハンドブック第2版", 日本原子力研究所, JAERI 1340, (1999).
- 3) "東海再処理施設の複数ユニットの臨界安全評価", JNC TN8410 99-055, (1999).

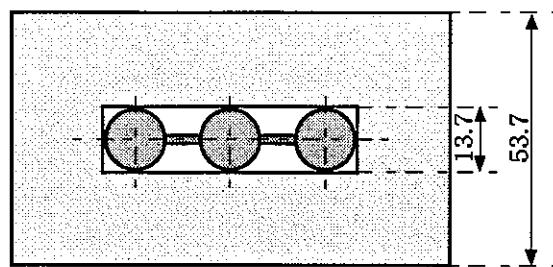
表 3.1 プルトニウム濃縮セル (R125B) 内機器の評価モデル寸法、製作寸法
及び燃料条件

機器名	寸法 (cm) または材質		燃料条件
	評価モデル	製作寸法 *2	
プルトニウム溶液蒸発缶 カラム部 (266T21)	円筒溶液部外径	12.9 *1	12.5 (+0, -0.3)
	円筒溶液部高さ	174.8	174.6
	肉厚	0.25	0.45
	腐食代	—	0.1
	構造材	R-Ti-5Ta	R-Ti-5Ta
プルトニウム溶液蒸発缶 ボイラ部 (266E20)	円筒溶液部外径 (上部)	12.9	12.5 (+0, -0.3)
	肉厚(上部)	0.4	0.6
	円筒溶液部外径 (下部)	12.9 *3	10.0(+0, -0.3)
	肉厚(下部)	0.4 *3	0.5
	円筒溶液部高さ	285.1	284.9
プルトニウム溶液蒸発缶 連通管 (上部)	腐食代	—	0.1
	構造材	Ti	Ti
連通管 (中部、下部)	円筒溶液部外径	4.6	4.2
	肉厚	0.1	0.3
	構造材	Ti	Ti
凝縮器 (266H22)	円筒溶液部外径	2.6	2.2
	肉厚	0.1	0.3
	構造材	Ti	Ti
	円筒溶液部長さ	11.83	11.43
	円筒容器肉厚	235.9	235.5
凝縮器 (266H22)	腐食代	0.2	0.4
	構造材	—	0.1
	SUS304L	SUS304L	

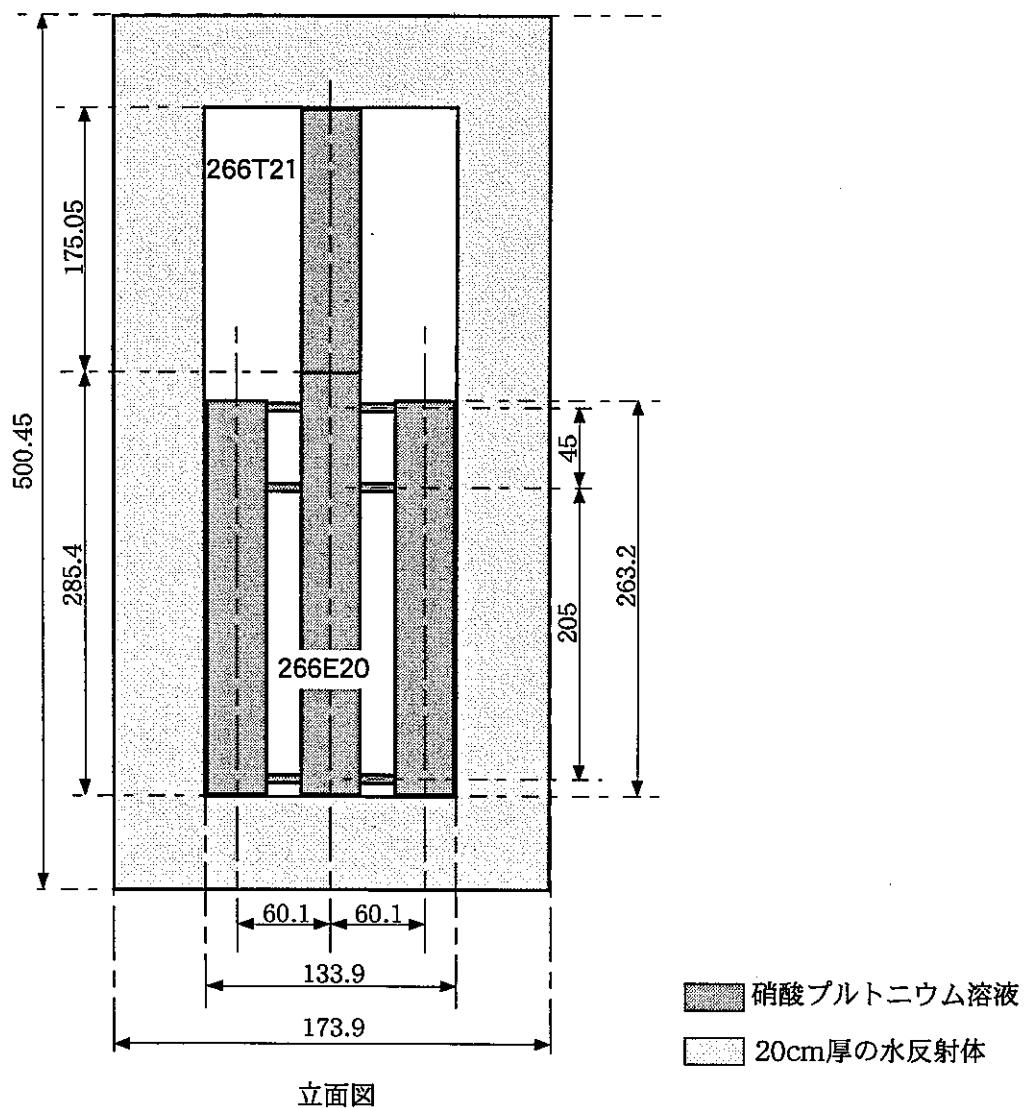
*1 核的制限値

*2 製作寸法 (燃料部分) は、位置によって異なる場合は安全側に最も大きい値を記載。

*3 蒸発缶の形状を安全側に単純化した。



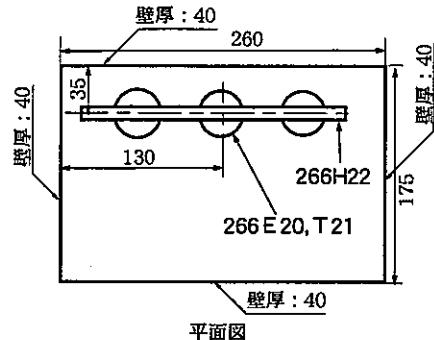
平面図



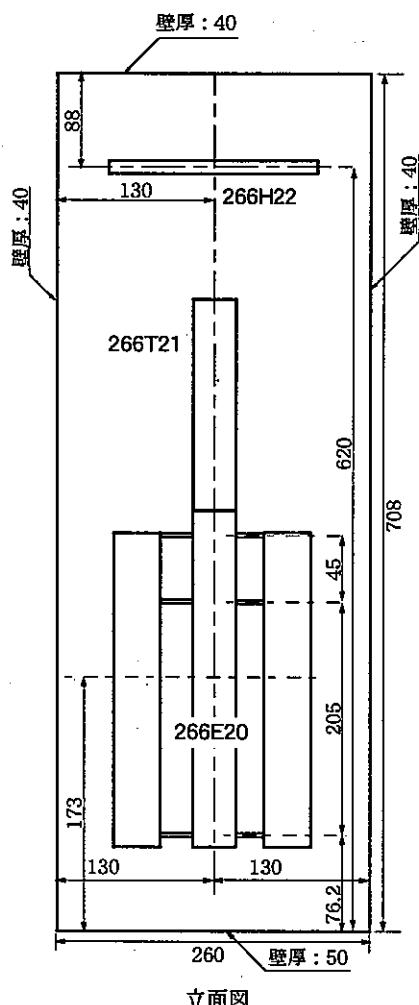
立面図

(単位: cm)

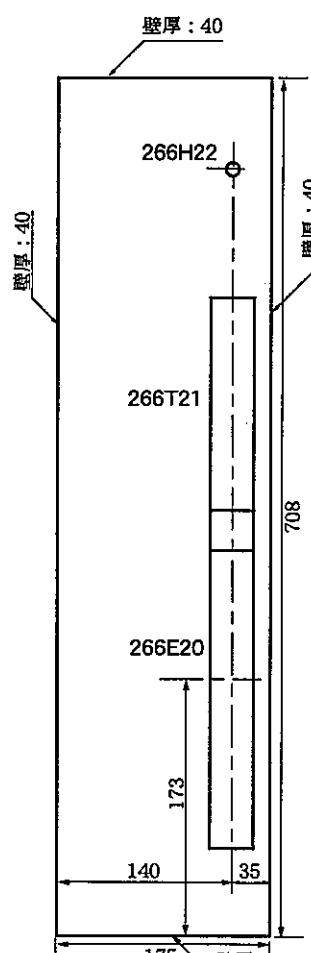
図3.1 プルトニウム蒸発缶(266E20, T21)評価モデル



平面図



立面図



側面図

単位: cm

コンクリート壁の外側は
20cm厚の水全反射条件

図3.2 プルトニウム濃縮セル(R125B)評価モデル

プルトニウム濃縮液受槽（266V23）及び循環槽（266V24）の核的制限値変更に係る臨界安全性について

1. はじめに

東海再処理施設の精製施設のうち、全濃度安全形状寸法機器であるプルトニウム濃縮液受槽（266V23）及び循環槽（266V24）の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の単一ユニットの臨界安全評価及び当該変更機器を含むプルトニウム濃縮セル（R025A）の複数ユニットの臨界安全評価を行った。

なお、当該セルにはプルトニウム濃縮液受槽（266V23）と循環槽（266V24）が設置されているが、これらは一つの無限平板に包含されるような配置となっていることから、無限平板モデルでの評価で包括することとする。

2. 核的制限値の変更設定

(1) 基本的な考え方

機器の腐食を考慮して、従来の核的制限値に4mmを加えた値を新たな核的制限値に設定する。

(2) 核的制限値

各機器の変更前後の核的制限値を表2.1に示す。

表2.1 各機器の核的制限値

機 器 名	核的制限値	
	変更前	変更後
プルトニウム濃縮液受槽（266V23）	s 4 cm	s 4.4 cm
循環槽（266V24）	s 4 cm	s 4.4 cm

(注) s: 平板状機器の記号で、寸法を示すときは厚みを表す。

3. 評価条件

(1) 計算コード

SCALE-4.4／CSAS1X シーケンス¹⁾

核データライブラリ：27群 ENDF/B-IV

(2) 燃料条件

^{239}Pu 100%の硝酸プルトニウム溶液とし、プルトニウム濃度をパラメータとする。また、硝酸プルトニウム溶液中の遊離硝酸は無視する。硝酸溶液の密度の値は、臨界安全ハンドブック第2版²⁾に従って計算し、このときの溶液の温度は20°Cとする。

(3) 評価モデル

プルトニウム濃縮液受槽（266V23）及び循環槽（266V24）の評価モデルでは安全側に形状を無限平板とする。評価モデル寸法を表3.1及び図3.1に示す。

表3.1 平板状機器の評価モデル寸法

機器名	寸法(cm)または材質		
	評価モデル	製作寸法	
プルトニウム濃縮液受槽（266V23） 循環槽（266V24）	液厚 肉厚 腐食代 構造材	4.4 ^{*1} 0.5 — SUS304L	3.9(+0.1, -0.2) 0.7 0.1 SUS304L

*1 核的制限値

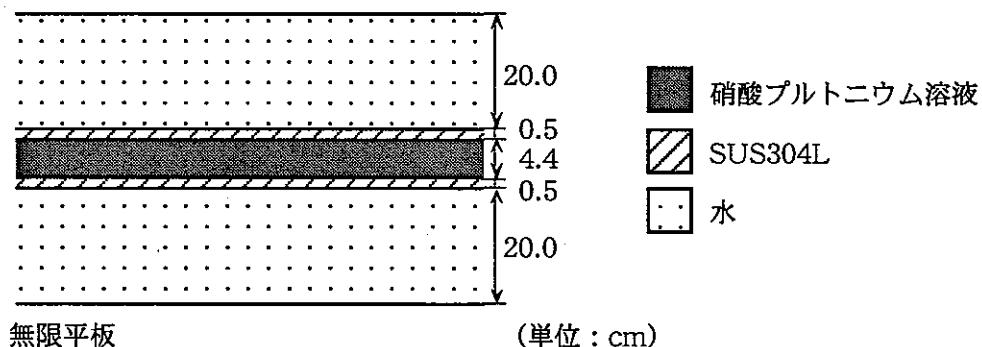


図3.1 平板状機器の評価モデル

4. 評価結果

プルトニウム濃度と実効増倍係数の関係を表 4.1 に示す。keff は全て 0.84 未満であり臨界にはならない。

表 4.1 プルトニウム濃縮液受槽（266V23）及び循環槽（266V24）の無限平板評価モデルにおける臨界計算結果

プルトニウム濃度 (g / ℓ)	keff
450	0.8294
500	0.8311
550	0.8322
600	0.8327
<u>650</u>	<u>0.8327</u>
700	0.8322
750	0.8315

(下線は keff が最大となることを示す)

5. まとめ

プルトニウム濃縮液受槽（266V23）及び循環槽（266V24）の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の臨界安全評価を行い、臨界安全であることを確認した。

参考文献

- 1) "SCALE : A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analysis for Licensing Evaluation", Radiation Shielding Information Center, CCC-545, (1998).
- 2) "臨界安全ハンドブック第2版", 日本原子力研究所, JAERI 1340, (1999).

ウラン溶液蒸発缶（第1段）（263E11, T12）及び濃縮液受槽（263V17）の核的制限値変更に係る臨界安全性について

1. はじめに

東海再処理施設の精製施設のうち、制限濃度安全形状寸法機器であるウラン溶液蒸発缶（第1段）（263E11, T12）及び全濃度安全形状寸法機器である濃縮液受槽（263V17）の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の単一ユニットの臨界安全評価及び当該変更機器を含むウラン濃縮脱硝室（A122, A222, A322）の複数ユニットの臨界安全評価を行った。

また、同一室に設置されている全濃度安全形状寸法の機器である希釀槽（263V18）及び給液槽（263V19）についても、上記変更と同様の考え方を適用した場合の臨界安全性を評価した。

2. 核的制限値の変更設定

(1) 基本的な考え方

- ① 機器の腐食を考慮して、従来の核的制限値に5.5mm（濃縮液受槽については4mm）を加えた値を新たな核的制限値に設定する。
- ② 製作公差は、製作公差の範囲で臨界評価上最も厳しい寸法を用いる。
(ウラン溶液蒸発缶の製作公差1.5mmは、上記5.5mmに含めている。)

(2) 核的制限値

核的制限値設定機器の変更前後の核的制限値を表2.1に示す。また、その他の全濃度安全形状寸法機器の評価寸法を表2.2に示す。

表2.1 核的制限値設定機器の核的制限値

機器名	核的制限値		
	形状		濃度
	変更前	変更後	
ウラン溶液蒸発缶（第1段）（263E11, T12） ボイラ部 カラム下部	Φ 30 cm	Φ 30.55 cm	450 gU/l
	Φ 30 cm	Φ 30.55 cm	450 gU/l
濃縮液受槽（263V17）	a 14 cm	a 14.4 cm	

(注) Φ: 円筒状機器の記号で、寸法を示すときは内径を表す。

a: 中空円筒状槽の記号で、寸法を示すときは厚みを表す。

表 2.2 全濃度安全形状寸法機器の評価寸法

機 器 名	評価寸法	
	変更前	変更後
希釀槽 (263V18)	a 14 cm	a 14.4 cm
給液槽 (263V19)	a 14 cm	a 14.4 cm

(注) a : 中空円筒状槽の記号で、寸法を示すときは厚みを表す。

3. 評価条件

(1) 計算コード

SCALE-4.4¹⁾/CSAS25 シーケンス
核データライブラリ : 27 群 ENDF/B-IV

(2) ウラン溶液蒸発缶 (第1段) (263E11, T12) の単一ユニットの評価条件

① 燃料条件

ウラン濃縮度 4%の硝酸ウラニル溶液とし、ウラン濃度は 450gU/l とする。また、硝酸ウラニル溶液中の遊離硝酸は無視する。硝酸溶液の密度の値は、臨界安全ハンドブック第2版²⁾に従って計算し、このときの溶液の温度は 20°C とする。

② 評価モデル

ウラン溶液蒸発缶 (第1段) (263E11, T12) の評価モデル寸法及び製作寸法を表 3.1 に、評価モデルを図 3.1 に示す。

(3) 濃縮液受槽 (263V17)、希釀槽 (263V18) 及び給液槽 (263V19) の単一ユニットの評価条件

① 燃料条件

ウラン濃縮度 4%の硝酸ウラニル溶液とし、ウラン濃度をパラメータとする。密度式等は上記(2)①と同様の条件とする。

② 評価モデル

濃縮液受槽 (263V17) の評価モデル寸法及び製作寸法を表 3.1 に、評価モデルを図 3.2 及び図 3.3 に示す。

(4) ウラン濃縮脱硝室 (A122, A222, A322) の複数ユニットの評価条件

① 燃料条件

ウラン溶液蒸発缶（第1段）（263E11, T12）の燃料条件は上記(2)①と同様とし、濃縮液受槽（263V17）、希釀槽（263V18）及び給液槽（263V19）の燃料条件は、単一ユニットの計算結果より臨界安全評価上最も厳しくなる濃度（最適濃度）の硝酸ウラニル溶液とする。

他の機器については東海再処理施設の複数ユニットの臨界安全評価を行った文献(3)に基づくものとする。

② 評価モデル

ウラン濃縮脱硝室（A122, A222, A322）内機器の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件を表3.1に、評価モデルを図3.4～3.8に示す。

複数ユニットの臨界評価では、ユニット間の空間水密度（0～1.0g/cm³）をパラメータとして評価する。

4. 評価結果

(1) ウラン溶液蒸発缶（第1段）（263E11, T12）の単一ユニットの評価結果

ウラン溶液蒸発缶（第1段）（263E11, T12）の単一ユニットの臨界計算結果を表4.1に示す。keff+3 σ は0.89未満であり臨界にはならない。

表4.1 ウラン溶液蒸発缶（第1段）（263E11, T12）の単一ユニットの臨界計算結果

機器名	keff±σ	keff+3 σ
ウラン溶液蒸発缶（第1段）（263E11, T12）	0.8809±0.0013	0.8848

(2) 濃縮液受槽（263V17）、希釀槽（263V18）及び給液槽（263V19）の単一ユニットの評価結果

ウラン濃度と実効増倍係数の関係を表4.2及び表4.3に示す。濃縮液受槽（263V17）のkeff+3 σ は0.80未満であり臨界にはならない。また、希釀槽（263V18）及び給液槽（263V19）のkeff+3 σ は0.80未満であり臨界にはならない。

なお、ウラン濃縮脱硝室（A122, A222, A322）の複数ユニットの臨界安全評価の際、濃縮液受槽（263V17）、希釀槽（263V18）及び給液槽（263V19）の燃

料条件はウラン濃度 1100gU/ℓ とする。

表 4.2 濃縮液受槽 (263V17) の単一ユニットの臨界計算結果

ウラン濃度 (g/ℓ)	$k_{\text{eff}} \pm \sigma$	$k_{\text{eff}} + 3\sigma$
900	0.7802±0.0015	0.7847
950	0.7870±0.0014	0.7912
1000	0.7893±0.0014	0.7935
1050	0.7883±0.0014	0.7925
<u>1100</u>	<u>0.7893±0.0015</u>	<u>0.7938</u>
1150	0.7853±0.0016	0.7901
1200	0.7882±0.0015	0.7927

(下線は $k_{\text{eff}} + 3\sigma$ が最大となることを示す)

表 4.3 希釀槽 (263V18) 及び給液槽 (263V19) の臨界計算結果

ウラン濃度 (g/ℓ)	$k_{\text{eff}} \pm \sigma$	$k_{\text{eff}} + 3\sigma$
900	0.7831±0.0014	0.7873
950	0.7898±0.0015	0.7943
1000	0.7936±0.0015	0.7981
1050	0.7926±0.0014	0.7968
<u>1100</u>	<u>0.7942±0.0013</u>	<u>0.7981</u>
1150	0.7930±0.0016	0.7978
1200	0.7902±0.0014	0.7944

(下線は $k_{\text{eff}} + 3\sigma$ が最大となることを示す)

(3) ウラン濃縮脱硝室 (A122, A222, A322) の複数ユニットの臨界計算結果

ウラン濃縮脱硝室 (A122, A222, A322) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係を表 4.4 に示す。空間水密度を変化させても $k_{\text{eff}} + 3\sigma$ は全て 0.90 未満であり臨界にはならない。

表 4.4 ウラン濃縮脱硝室 (A122, A222, A322) 内の空間水密度と
実効増倍係数の関係

空間水密度 (g/cm ³)	$k_{\text{eff}} \pm \sigma$	$k_{\text{eff}} + 3\sigma$
0	0.8699±0.0010	0.8729
0.1	0.8799±0.0009	0.8826
0.2	0.8849±0.0008	0.8873
0.3	0.8865±0.0008	0.8889
0.4	0.8867±0.0009	0.8894
0.5	0.8874±0.0008	0.8898
0.6	0.8879±0.0010	0.8909
0.7	0.8886±0.0009	0.8913
0.8	0.8877±0.0008	0.8901
<u>0.9</u>	<u>0.8901±0.0009</u>	<u>0.8928</u>
1.0	0.8873±0.0008	0.8897

(下線は $k_{\text{eff}} + 3\sigma$ が最大となることを示す)

5. まとめ

ウラン溶液蒸発缶（第1段）（263E11, T12）及び濃縮液受槽（263V17）の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の単一ユニットの臨界安全評価及び当該変更機器を含むウラン濃縮脱硝室（A122, A222, A322）の複数ユニットの臨界安全評価を行い、臨界安全であることを確認した。

また、上記以外の全濃度安全形状寸法の機器である希釈槽（263V18）及び給液槽（263V19）についても、上記変更と同様の考え方を適用した場合に臨界安全であることも確認した。

参考文献

- 1) "SCALE : A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analysis for Licensing Evaluation", Radiation Shielding Information Center, CCC-545, (1998).
- 2) "臨界安全ハンドブック第2版", 日本原子力研究所, JAERI 1340, (1999).
- 3) "東海再処理施設の複数ユニットの臨界安全評価", JNC TN8410 99-055, (1999).

表 3.1 ウラン濃縮脱硝室 (A122, A222, A322) 内機器の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件 (1 / 3)

機器名	寸法 (cm) または材質		燃料条件
	評価モデル	製作寸法 *2	
ウラン溶液蒸発缶 (第1段) ボイラ部 (263E11)	円筒溶液部外径	30.55 *1	30.0
	円筒溶液部高さ	581.3 *3	511.0
	円筒容器側面厚さ	0.2	0.4
	円筒容器上部厚さ	0.3	0.5
	円筒容器下部厚さ	0.2 *3	0.5
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L
ウラン溶液蒸発缶 (第1段) カラム部 (263T12)	円筒溶液部外径 (上部)	60.58	60.0
	円筒溶液部高さ (上部)	219.2	219.0
	円筒容器側面厚さ (上部)	0.2	0.4
	円筒容器上部厚さ	0.25	0.45
	円筒溶液部外径 (下部)	30.55	30.0
	円筒溶液部高さ (下部)	677.6 *3	266.5
ウラン溶液蒸発缶 (第1段) (263E11, T12)	円筒容器側面厚さ (下部)	0.2 *3	0.35
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L
	連通管 (上部)	円筒溶液部外径	16.92
		円筒容器肉厚	0.3
		構造材	SUS304L
	連通管 (下部)	円筒溶液部外径	11.83
		円筒容器肉厚	0.2
		構造材	SUS304L
濃縮液受槽 (263V17)	中空円筒溶液部内径	156.6	157.4
	中空円筒溶液部外径	185.4	185.0
	液厚	14.4 *1	13.8±0.2
	中空円筒溶液部高さ	119.4	119.0
	中空円筒容器側面内側厚さ	0.6	0.8
	中空円筒容器側面外側厚さ	0.6	0.8
	中空円筒容器上部厚さ	1.0	1.2
	中空円筒容器下部厚さ	0.4	0.6
	腐食代 構造材	— SUS304L	0 SUS304L

*1 核的制限値

*2 製作寸法 (燃料部分) は、位置によって異なる場合は安全側に最も大きい値を記載。

*3 蒸発缶の形状を安全側に単純化した。

表 3.1 ウラン濃縮脱硝室（A122, A222, A322）内機器の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件（2／3）

機器名	寸法 (cm) または材質		燃料条件	
	評価モデル	製作寸法 *2		
希釀槽 (263V18) 及び 給液槽 (263V19)	中空円筒溶液部内径	156.6	1100gU / ℥ (最適濃度)	
	中空円筒溶液部外径	185.4		
	液厚	14.4	13.8±0.2	
	中空円筒溶液部高さ	126.9		
	中空円筒容器側面内側厚さ	0.6	0.8	
	中空円筒容器側面外側厚さ	0.6	0.8	
	中空円筒容器上部厚さ	1.0	1.2	
	中空円筒容器下部厚さ	0.4	0.6	
	腐食代 構造材	— SUS304L	0 SUS304L	
ダネード給液槽 (263V103)	円筒溶液部外径	40.4	120gU / ℥	
	円筒溶液部高さ	60.4		
	円筒容器側面厚さ	0.15	0.35	
	円筒容器上部及び下部厚さ	0.25	0.45	
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L	
	呼水槽 (263V105)	円筒溶液部外径	25.8	120gU / ℥
	円筒溶液部高さ	46.4		
	円筒容器側面厚さ	0.15	0.35	
	円筒容器上部及び下部厚さ	0.25	0.45	
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L	
呼水槽 (263V162)	円筒溶液部外径	25.8	1000gU / ℥	
	円筒溶液部高さ	45.4		
	円筒容器側面厚さ	0.15	0.35	
	円筒容器上部及び下部厚さ	0.25	0.45	
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L	
	ダネード給液槽 (263V193)	円筒溶液部外径	25.8	1000gU / ℥
	円筒溶液部高さ	46.4		
	円筒容器側面厚さ	0.15	0.35	
	円筒容器上部及び下部厚さ	0.25	0.45	
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L	
及び 呼水槽 (263V195)	円筒溶液部外径	25.8		
	円筒溶液部高さ	46.4		
	円筒容器側面厚さ	0.15		
	円筒容器上部及び下部厚さ	0.25		
	腐食代 構造材	— SUS304L	0.1 SUS304L	

*1 核的制限値

*2 製作寸法（燃料部分）は、位置によって異なる場合は安全側に最も大きい値を記載。

*3 蒸発缶の形状を安全側に単純化した。

表 3.1 ウラン濃縮脱硝室 (A122, A222, A322) 内機器の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件 (3 / 3)

機器名		寸法 (cm) または材質		燃料条件
		評価モデル	製作寸法 *2	
ウラン溶液蒸発缶 (第2段) (263E20)	円筒溶液部外径	32.0 *1	30.0 (+0, -0.3)	1000gU / ℥ (最適濃度)
	円筒溶液部高さ	207.1	206.7	
	円筒容器側面厚さ	0.25	0.45	
	円筒容器上部及び下部厚さ	0.35	0.55	
	腐食代	—	0	
	構造材	Ti	Ti	
濃縮液受槽 (264V10)	円筒溶液部外径	32.0 *1	30.0 ± 0.15	1050gU / ℥ (最適濃度)
	円筒溶液部高さ	270.4	270.0	
	円筒容器側面厚さ	0.25	0.45	
	円筒容器上部厚さ	0.35	0.55	
	円筒容器下部厚さ	0.35	0.55	
	腐食代	—	0.1	
脱硝塔 (264R11)	コニカル部内径	178.6	178.2	コニカル部 4.0gUO ₃ /cm ³ 6.0 × 10 ⁻⁴ gH ₂ O/cm ³ (UO ₃ 粉末空隙部) 流動層部 非均質UO ₃ - H ₂ O系 燃料棒直径0.5cm 三角格子ピッチ0.9cm (最適格子条件)
	コニカル部高さ	197.3	197.1	
	コニカル部側面厚さ	0.7	0.9	
	コニカル部上部厚さ	0.7	0.9	
	流動層部内径	22.4	22.0	
	流動層部高さ	235.0	235.0	
冷却器 (264X115)	流動層部側面厚さ	0.2	0.4	4.0gUO ₃ /cm ³ 含水率4.0wt%
	腐食代	—	0.1	
	構造材	SUS304L	SUS304L	
	冷却器外側幅	24.1	24.1	
	冷却器外側長さ	195.5	195.5	
	冷却器外側高さ	5.2	5.2 (+0, -0.4)	
三酸化ウラン容器 (製品用)	構造材	無視	SUS304L	4.0gUO ₃ /cm ³ 含水率4.0wt%
	円筒容器内径	24.8	24.4	
	円筒容器高さ (内のり)	140.4	140.0	
	円筒容器肉厚	0.1	0.3	
	腐食代	—	0	
	構造材	SUS304L	SUS304	
三酸化ウラン循環容器 (種用)	円筒容器外径	25.0	25.0 (± 0.1)	4.0gUO ₃ /cm ³ 含水率4.0wt%
	円筒容器高さ	113.85	113.7 ± 0.15	
	構造材	無視	FRP	

*1 核的制限値

*2 製作寸法 (燃料部分) は、位置によって異なる場合は安全側に最も大きい値を記載。また、機器の本体寸法ではなく、構造材まで含めた寸法としている場合がある。

*3 蒸発缶の形状を安全側に単純化した。

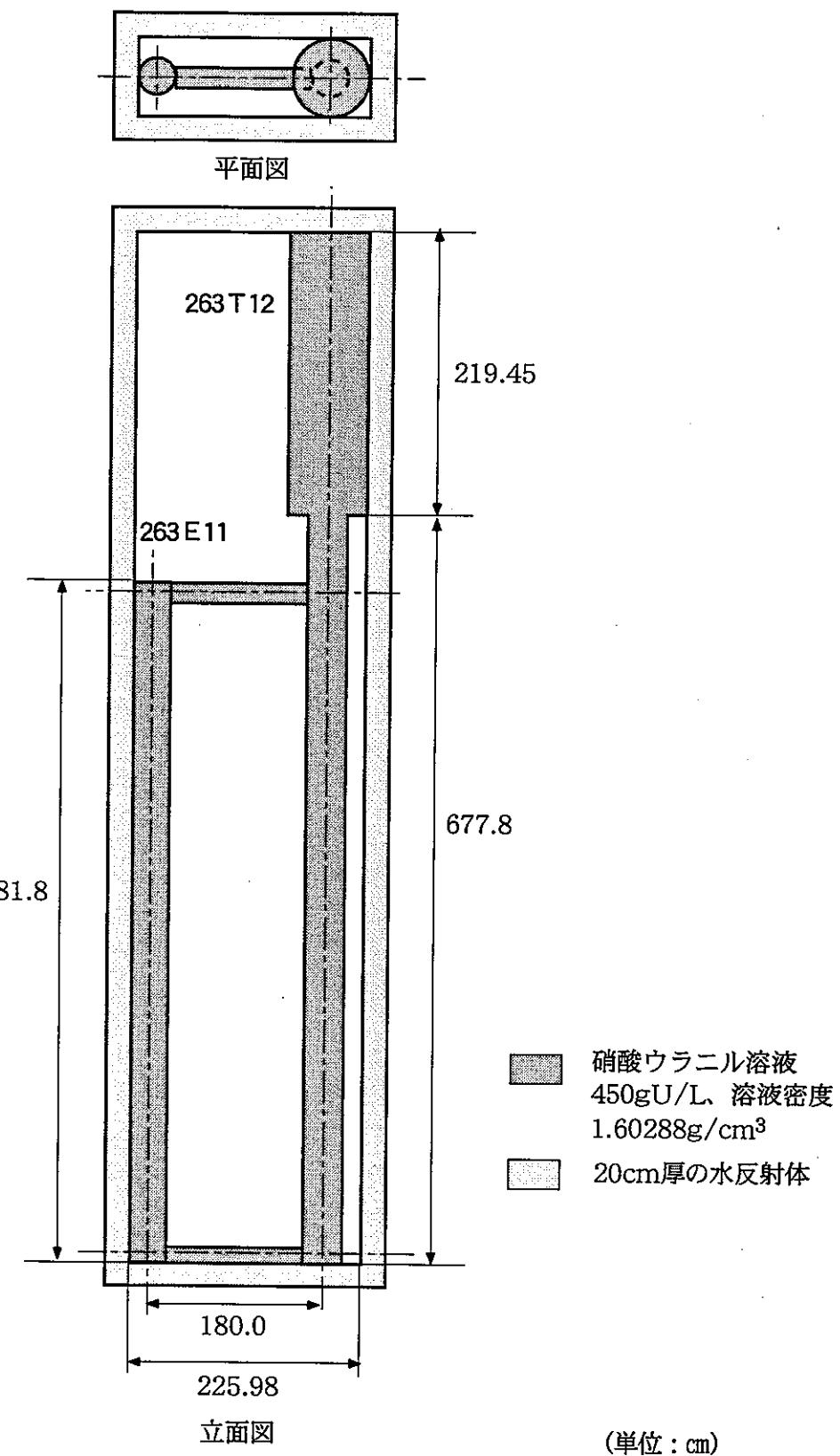


図3.1 ウラン蒸発缶(第1段) (263E11-T11) 評価モデル

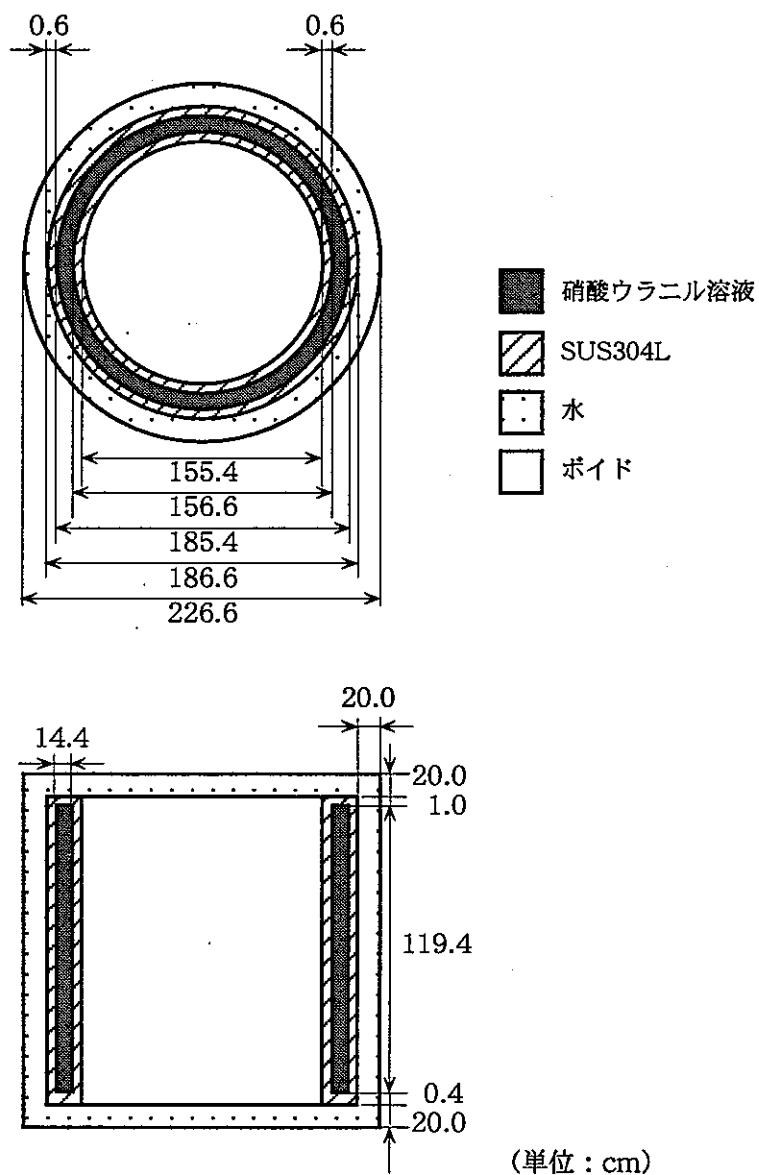


図3.2 濃縮液受槽(263V17)の最適濃度サーベイモデル

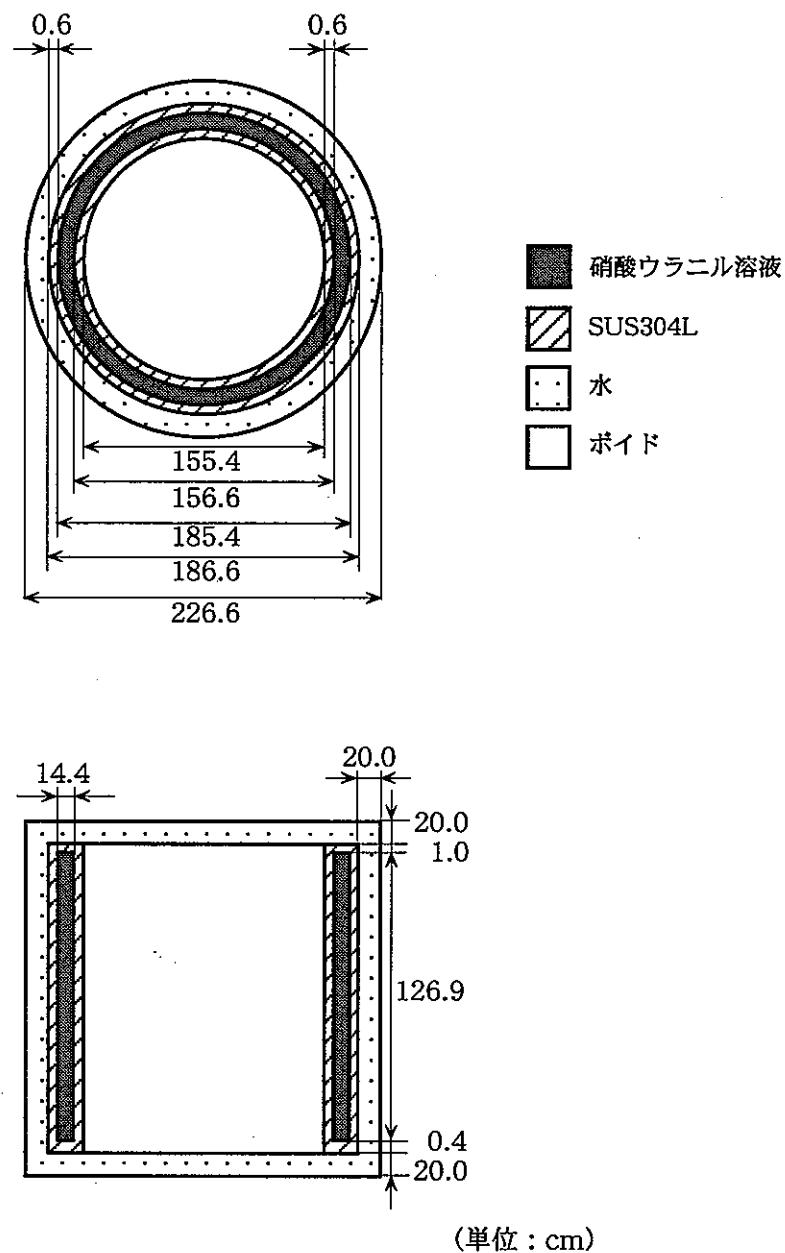
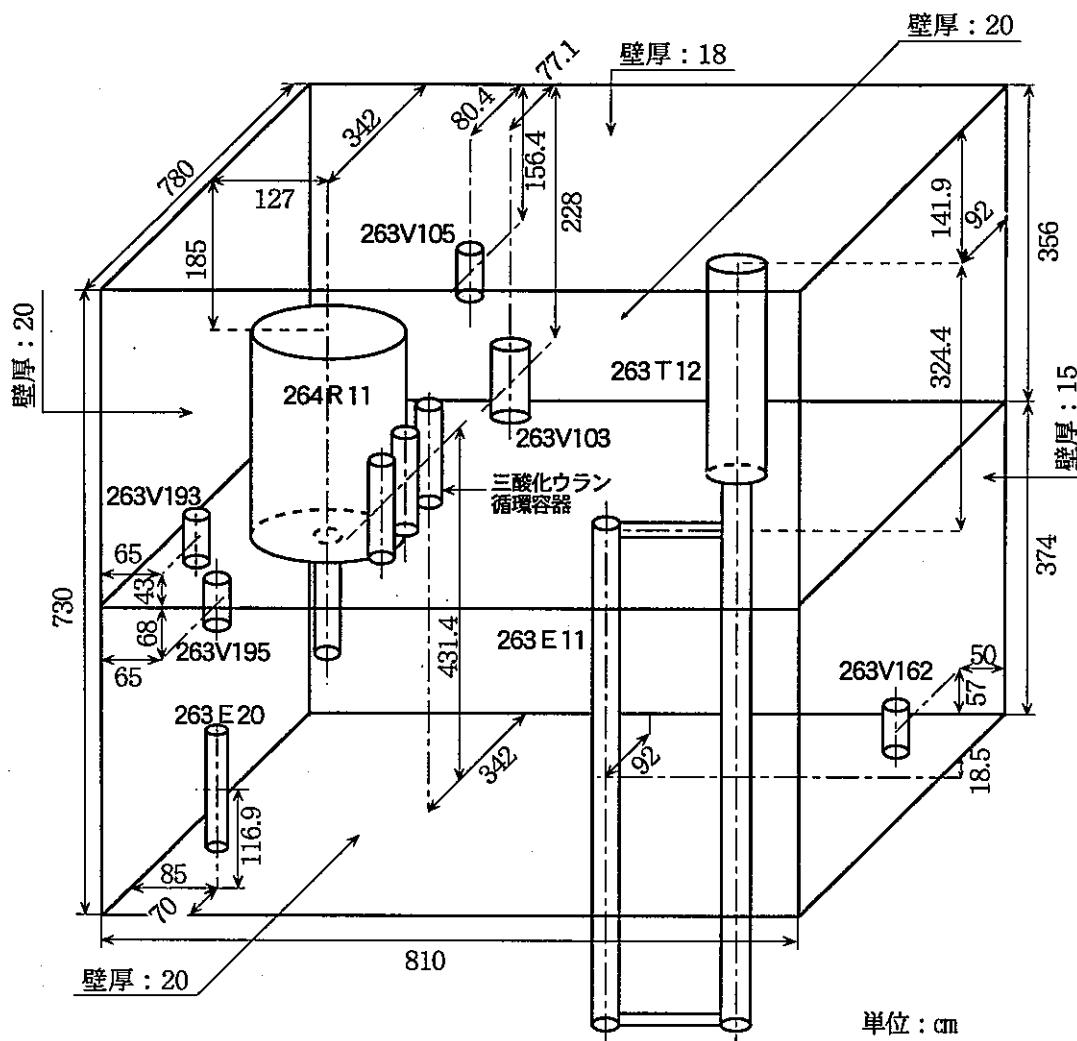


図3.3 希釀槽(263V18)及び給液槽(263V19)の最適濃度サーベイモデル

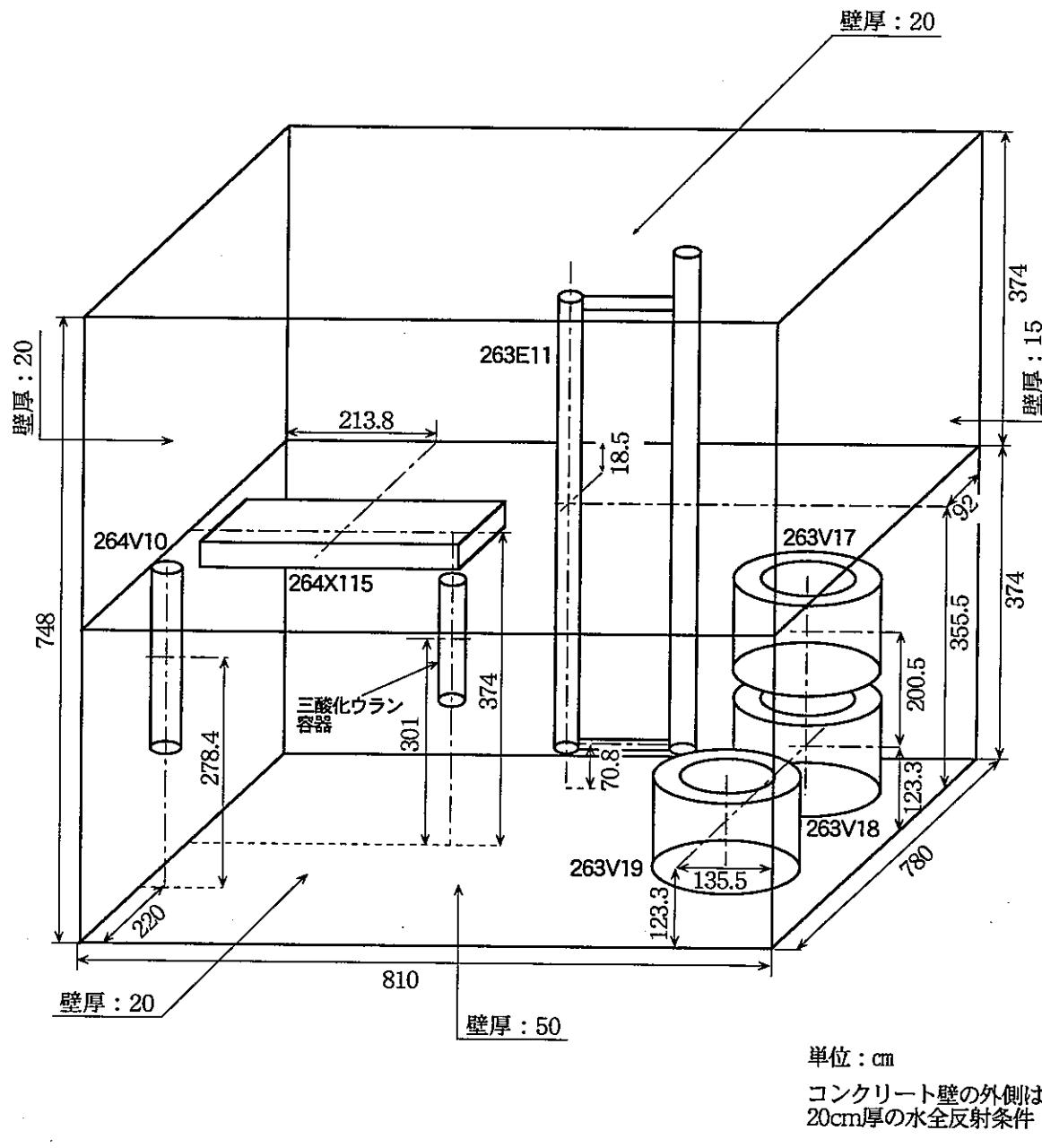


単位: cm

コンクリート壁の外側は
20cm厚の水全反射条件

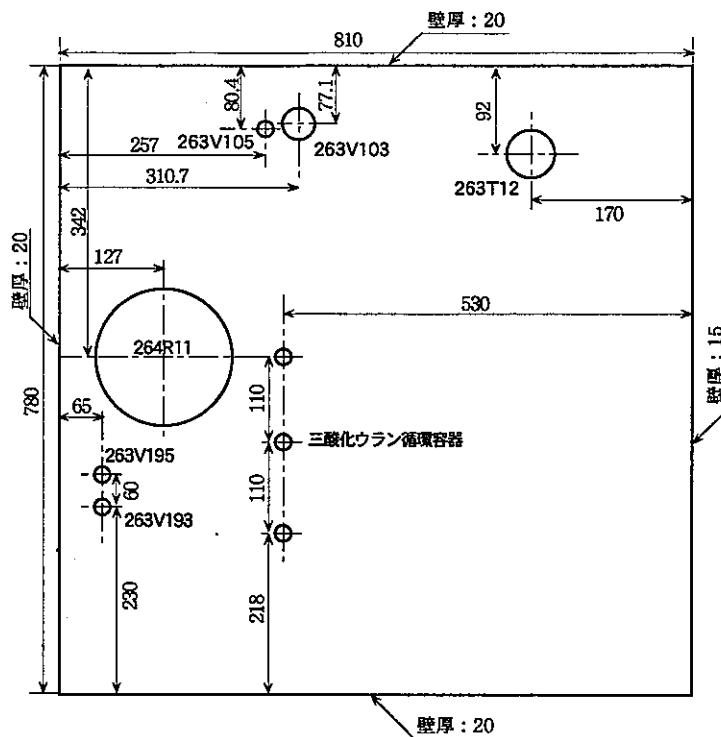
ウラン濃縮脱硝室 (A322, A222) 鳥瞰図

図3.4 ウラン濃縮脱硝室 (A322, A222) 評価モデル (1/5)



ウラン濃縮脱硝室 (A222, A122) 鳥瞰図

図3.5 ウラン濃縮脱硝室 (A222, A122) 評価モデル (2/5)

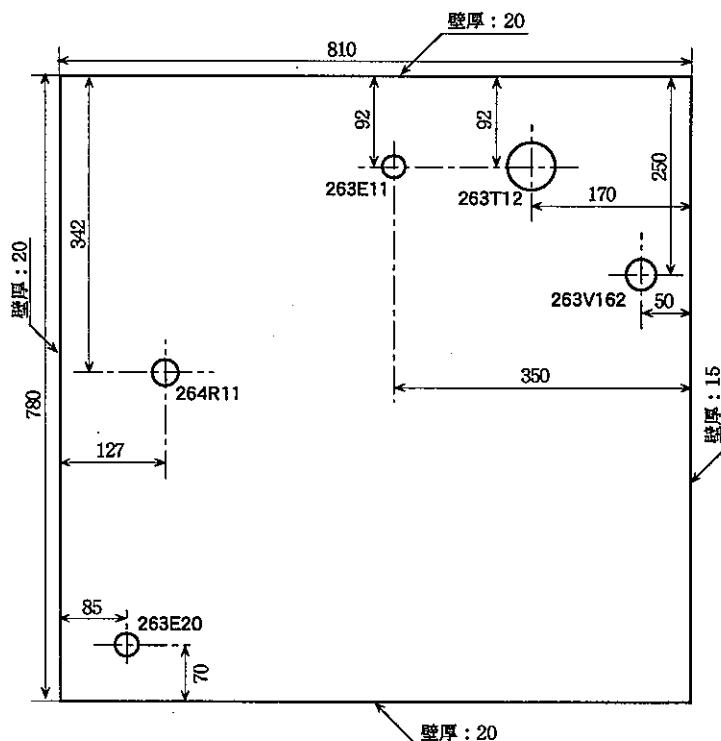


ウラン濃縮脱硝室 (A322) 平面図

単位: cm

コンクリート壁の外側は20cm厚の
水全反射条件

図3.6 ウラン濃縮脱硝室 (A322) 評価モデル (3/5)

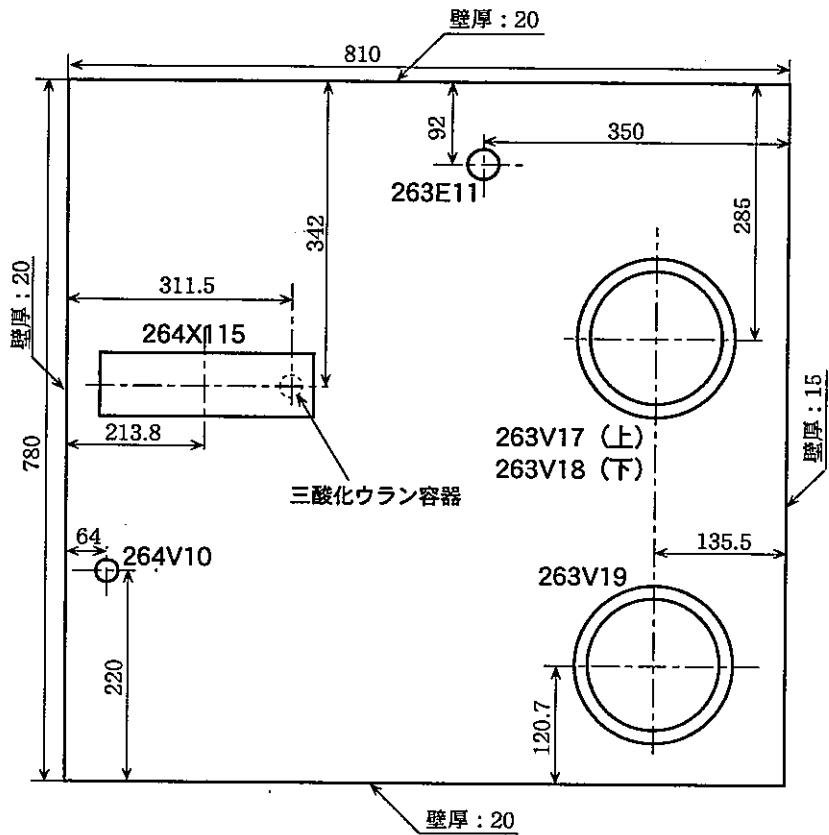


ウラン濃縮脱硝室 (A222) 平面図

単位: cm

コンクリート壁の外側は20cm厚の
水全反射条件

図3.7 ウラン濃縮脱硝室 (A222) 評価モデル (4/5)



単位: cm
コンクリート壁の外側は20cm厚の
水全反射条件

ウラン濃縮脱硝室 (A122) 平面図

図3.8 ウラン濃縮脱硝室 (A122) 評価モデル (5/5)

UNH 受槽 (263V30, 31) の核的制限値変更に係る臨界安全性について

1. はじめに

東海再処理施設の脱硝施設のうち、全濃度安全形状寸法機器である UNH 受槽 (263V30, 31) の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の単一ユニットの臨界安全評価及び当該変更機器を含む UNH 受槽室 (A016, A017) の複数ユニットの臨界安全評価を行った。

2. 核的制限値の変更設定

(1) 基本的な考え方

- ① 機器の腐食を考慮して、従来の核的制限値に 2mm を加えた値を新たな核的制限値に設定する。
- ② 製作公差は、製作公差の範囲で臨界評価上最も厳しい寸法を用いる。

(2) 核的制限値

各機器の変更前後の核的制限値を表 2.1 に示す。

表 2.1 各機器の核的制限値

機 器 名	核的制限値	
	変更前	変更後
UNH 受槽 (266V30, 31)	s 15.2 cm	s 15.4 cm

(注) s : 平板状機器の記号で、寸法を示すときは厚みを表す。

3. 評価条件

(1) 計算コード

SCALE-4.4¹⁾ / CSAS1X シーケンス：単一ユニットの臨界計算
 / CSAS25 シーケンス：複数ユニットの臨界計算
 核データライブラリ：27 群 ENDF/B-IV

(2) 単一ユニットの評価条件

① 燃料条件

ウラン濃縮度 4%の硝酸ウラニル溶液とし、ウラン濃度をパラメータとする。また、硝酸ウラニル溶液中の遊離硝酸は無視する。硝酸溶液の密度の値は、臨界安全ハンドブック第2版²⁾に従って計算し、このときの溶液の温度は 20°C とする。

② 評価モデル

UNH 受槽 (263V30, 31) の評価モデルでは安全側に形状を無限平板とする。評価モデル寸法を表 3.1 及び図 3.1 に示す。

表 3.1 平板状機器の評価モデル寸法

機器名	寸法 (cm) または材質		
	評価モデル	製作寸法	
UNH 受槽 (263V30, 31)	液厚 肉厚 腐食代 構造材	15.4 ^{*1} 0.8 — SUS304L	14.5 (+0.5, -0.3) 1.0 0.1 SUS304L

*1 核的制限値

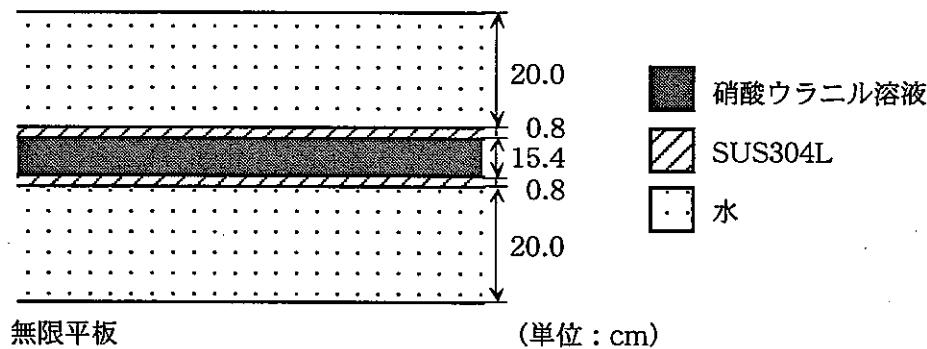


図3.1 平板状機器の評価モデル

(3) 複数ユニットの評価条件

① 燃料条件

UNH 受槽 (263V30, 31) の燃料条件は、上記單一ユニットの計算結果より臨界安全評価上最も厳しくなる濃度（最適濃度）の硝酸ウラニル溶液とする。

② 評価モデル

UNH 受槽室 (A016, A017) 内機器の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件を表 3.2 に、評価モデルを図 3.2 に示す。

複数ユニットの臨界評価では、ユニット間の空間水密度 (0~1.0g/cm³) をパラメータとして評価する。

4. 評価結果

(1) UNH 受槽 (263V30, 31) の無限平板評価モデルにおける單一ユニットの臨界計算結果

ウラン濃度と実効増倍係数の関係を表 4.1 に示す。keff は全て 0.78 未満であり臨界にはならない。

また、UNH 受槽室 (A016, A017) の複数ユニットの臨界安全評価の際、UNH 受槽 (263V30, 31) の燃料条件はウラン濃度 1050gU/ℓ とする。

表 4.1 UNH 受槽 (263V30, 31) の無限平板評価モデルにおける
單一ユニットの臨界計算結果

ウラン濃度 (g/ℓ)	keff
900	0.7672
950	0.7706
1000	0.7725
<u>1050</u>	<u>0.7734</u>
1100	0.7731
1150	0.7719
1200	0.7698

(下線は keff が最大となることを示す)

(2) UNH 受槽室 (A016, A017) の複数ユニットの臨界計算結果

UNH 受槽室 (A016, A017) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係を表 4.2 に示す。空間水密度を変化させても $k_{\text{eff}} + 3 \sigma$ は全て 0.78 未満であり臨界にはならない。

表 4.2 UNH 受槽室 (A016, A017) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係

空間水密度 (g/cm ³)	$k_{\text{eff}} \pm \sigma$	$k_{\text{eff}} + 3 \sigma$
0	0.7294±0.0009	0.7321
0.1	0.7530±0.0011	0.7563
0.2	0.7601±0.0010	0.7631
0.3	0.7629±0.0009	0.7656
0.4	0.7636±0.0010	0.7666
0.5	0.7652±0.0009	0.7679
0.6	0.7650±0.0009	0.7677
0.7	<u>0.7690±0.0011</u>	<u>0.7723</u>
0.8	0.7640±0.0010	0.7670
0.9	0.7669±0.0009	0.7696
1.0	0.7658±0.0010	0.7688

(下線は $k_{\text{eff}} + 3 \sigma$ が最大となることを示す)

5. まとめ

UNH 受槽 (263V30, 31) の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の単一ユニットの臨界安全評価及び当該変更機器を含む UNH 受槽室 (A016, A017) の複数ユニットの臨界安全評価を行い、臨界安全であることを確認した。

参考文献

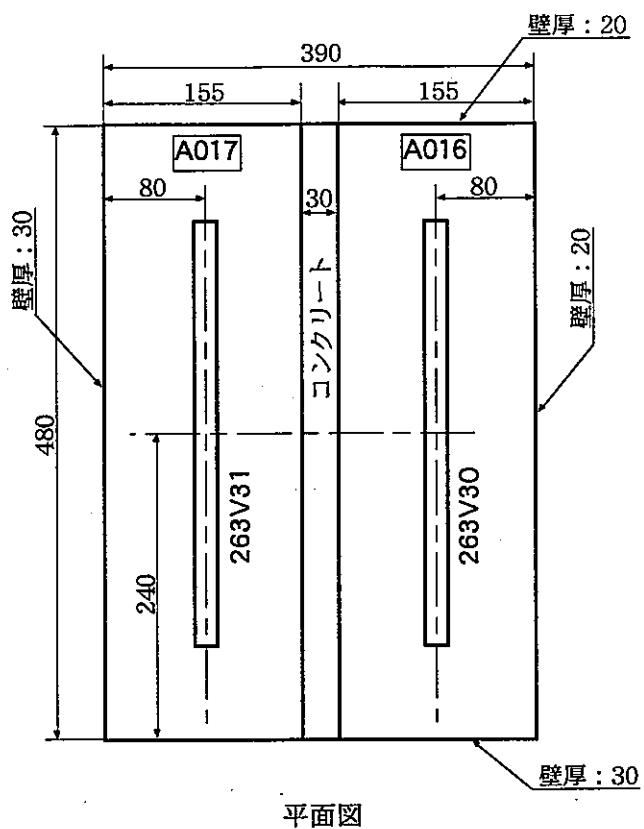
- 1) "SCALE : A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analysis for Licensing Evaluation", Radiation Shielding Information Center, CCC-545, (1998).
- 2) "臨界安全ハンドブック第2版", 日本原子力研究所, JAERI 1340, (1999).

表 3.1 UNH 受槽室 (A016, A017) 内機器の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件

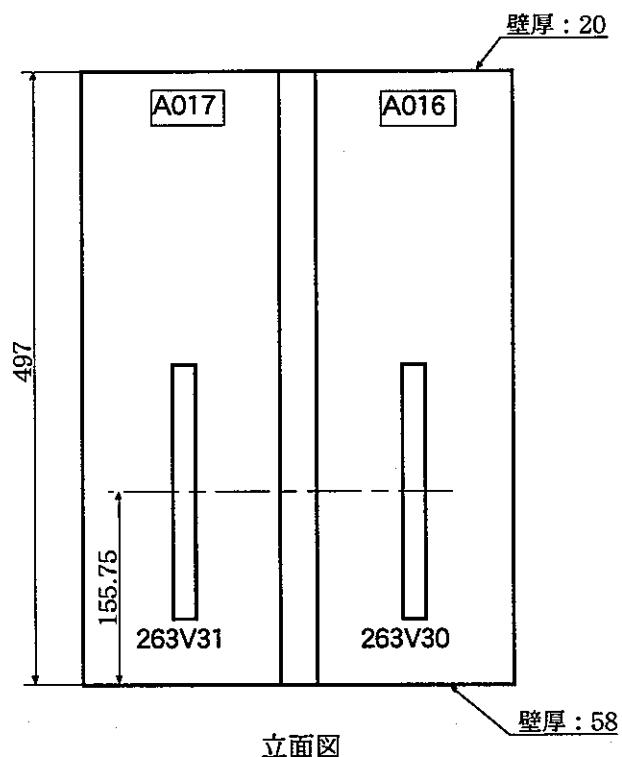
機器名	寸法 (cm) または材質		燃料条件
	評価モデル	製作寸法 *2	
UNH受槽 (263V30, 31)	液厚	15.4 *1	1050gU / ℥ (最適濃度)
	溶液部長さ	325.4	
	溶液部高さ	201.9	
	平板容器側面厚さ	0.8	
	平板容器上部厚さ	3.8	
	平板容器下部厚さ	0.8	
	腐食代 構造材	— SUS304L	
		SUS304L	

*1 核的制限値

*2 製作寸法（燃料部分）は、位置によって異なる場合は安全側に最も大きい値を記載。



平面図



立面図

単位: cm
コンクリート部の外側は
20cm厚の水全反射条件

図3.2 UNH受槽室(A016, A017)評価モデル

プルトニウム製品貯槽（267V10～12, 267V13～16）の核的制限値変更に係る臨界安全性について

1. はじめに

東海再処理施設の製品貯蔵施設のうち、制限濃度安全形状寸法機器であるプルトニウム製品貯槽（267V10～12, 267V13～16）の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の単一ユニットの臨界安全評価及び当該変更機器を含むプルトニウム製品貯蔵セル（R023, R041）の複数ユニットの臨界安全評価を行った。

2. 核的制限値の変更設定

(1) 基本的な考え方

- ① 機器の腐食を考慮して、従来の核的制限値に4mmを加えた値を新たな核的制限値に設定する。
- ② 製作公差は、製作公差の範囲で臨界評価上最も厳しい寸法を用いる。

(2) 核的制限値

各機器の変更前後の核的制限値を表2.1に示す。

表2.1 各機器の核的制限値

機 器 名	核的制限値		
	形 状		濃 度
	変更前	変更後	
プルトニウム製品貯槽（267V10～12）	s 4.5 cm	s 4.9 cm	250 gPu/ℓ
プルトニウム製品貯槽（267V13～16）	s 5.5 cm	s 5.9 cm	250 gPu/ℓ

（注） s：平板状機器の記号で、寸法を示すときは厚みを表す。

3. 評価条件

(1) 計算コード

SCALE-4.4/CSAS25 シーケンス 1)

核データライブラリ：27群 ENDF/B-IV

(2) 燃料条件

^{239}Pu 100%の硝酸プルトニウム溶液とし、プルトニウム濃度は250gPu/lとする。また、硝酸溶液中の遊離硝酸は無視する。硝酸プルトニウム溶液の密度の値は、臨界安全ハンドブック第2版²⁾に従って計算し、このときの溶液の温度は20℃とする。

(3) 評価モデル

① 単一ユニットの評価モデル

プルトニウム製品貯槽(267V10~12, 267V13~16)の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件を表3.1に示す。また、単一ユニットの評価モデルを図3.1, 3.2に示す。

② 複数ユニットの評価モデル

プルトニウム貯蔵セル(R023, R041)の複数ユニットの評価モデルを図3.3, 3.4に示す。

複数ユニットの臨界評価では、ユニット間の空間水密度(0~1.0g/cm³)をパラメータとして評価する。

4. 評価結果

(1) 単一ユニットの評価結果

プルトニウム製品貯槽(267V10~12, 267V13~16)の単一ユニットの臨界計算結果を表4.1に示す。keff+3σは0.90未満であり臨界にはならない。

表4.1 プルトニウム製品貯槽(267V10~12, 267V13~16)の
単一ユニットの臨界計算結果

機器名	keff±σ	keff+3σ
プルトニウム製品貯槽(267V10~12)	0.8932±0.0020	0.8992
プルトニウム製品貯槽(267V13~16)	0.8558±0.0021	0.8621

(2) プルトニウム製品貯蔵セル (R023, R041) の複数ユニットの評価結果

プルトニウム製品貯蔵セル (R023, R041) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係を表 4.2 に示す。空間水密度を変化させても $k_{eff} + 3\sigma$ は全て 0.87 未満であり臨界にはならない。

表 4.2 プルトニウム製品貯蔵セル (R023, R041) 内の空間水密度と実効増倍係数の関係

空間水密度 (g/cm ³)	プルトニウム製品貯蔵セル (R023)		プルトニウム製品貯蔵セル (R041)	
	$k_{eff} \pm \sigma$	$k_{eff} + 3\sigma$	$k_{eff} \pm \sigma$	$k_{eff} + 3\sigma$
0	0.8542 ± 0.0014	0.8584	<u>0.8623 ± 0.0013</u>	<u>0.8662</u>
0.0001	<u>0.8553 ± 0.0014</u>	<u>0.8595</u>	<u>0.8620 ± 0.0014</u>	<u>0.8662</u>
0.001	0.8512 ± 0.0013	0.8551	0.8596 ± 0.0014	0.8638
0.01	0.8229 ± 0.0013	0.8268	0.8338 ± 0.0014	0.8380
0.1	0.7163 ± 0.0012	0.7199	0.7166 ± 0.0013	0.7205
0.2	0.7261 ± 0.0013	0.7300	0.7063 ± 0.0015	0.7108
0.4	0.7362 ± 0.0016	0.7410	0.7060 ± 0.0014	0.7102
0.6	0.7398 ± 0.0014	0.7440	0.7060 ± 0.0014	0.7102
0.8	0.7419 ± 0.0014	0.7461	0.7055 ± 0.0014	0.7097
1.0	0.7412 ± 0.0014	0.7454	0.7063 ± 0.0014	0.7105

(下線は $k_{eff} + 3\sigma$ が最大となることを示す)

5. まとめ

プルトニウム製品貯槽 (267V10~12, 267V13~16) の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の単一ユニットの臨界安全評価及び当該変更機器を含むプルトニウム製品貯蔵セル (R023, R041) の複数ユニットの臨界安全評価を行い、臨界安全であることを確認した。

参考文献

- "SCALE : A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analysis for Licensing Evaluation", Radiation Shielding Information Center, CCC-545, (1998).
- "臨界安全ハンドブック第2版", 日本原子力研究所, JAERI 1340, (1999).

表 3.1 プルトニウム製品貯蔵セル（R023, R041）内機器の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件

機器名	寸法 (cm) または材質		燃料条件
	評価モデル	製作寸法 *2	
プルトニウム製品貯槽 (267V10~12)	中空円筒溶液部内径	235.6	236.2
	中空円筒溶液部外径	245.4	245.0
	液厚	4.9 *1	4.4 (+0.1, -0.2)
	中空円筒溶液部高さ	239.6	239.2
	中空円筒容器側面内側厚さ	0.6	0.8
	中空円筒容器側面内側Cd厚さ	0.07	0.08
	中空円筒容器側面外側厚さ	0.4	0.6
	中空円筒容器上部厚さ	0.6	0.8
	中空円筒容器下部厚さ	0.9	1.1
	腐食代 構造材	SUS304L	0.1 SUS304L
プルトニウム製品貯槽 (267V13~16)	中空円筒溶液部内径	186.6	187.0
	中空円筒溶液部外径	198.4	198.0
	液厚	5.9 *1	5.5 (+0, -0.4)
	中空円筒溶液部高さ	193.6	193.2
	中空円筒容器側面内側厚さ	0.6	0.8
	中空円筒容器側面内側Cd厚さ	0.07	0.2±0.05
	中空円筒容器側面外側厚さ	0.6	0.8
	中空円筒容器側面外側Cd厚さ	0.07	0.2±0.05
	中空円筒容器上部厚さ	0.6	0.8
	中空円筒容器下部厚さ	0.8	1.0
	腐食代 構造材	SUS304L	0.1 SUS304L

*1 核的制限値

*2 製作寸法（燃料部分）は、位置によって異なる場合は安全側に最も大きい値を記載。

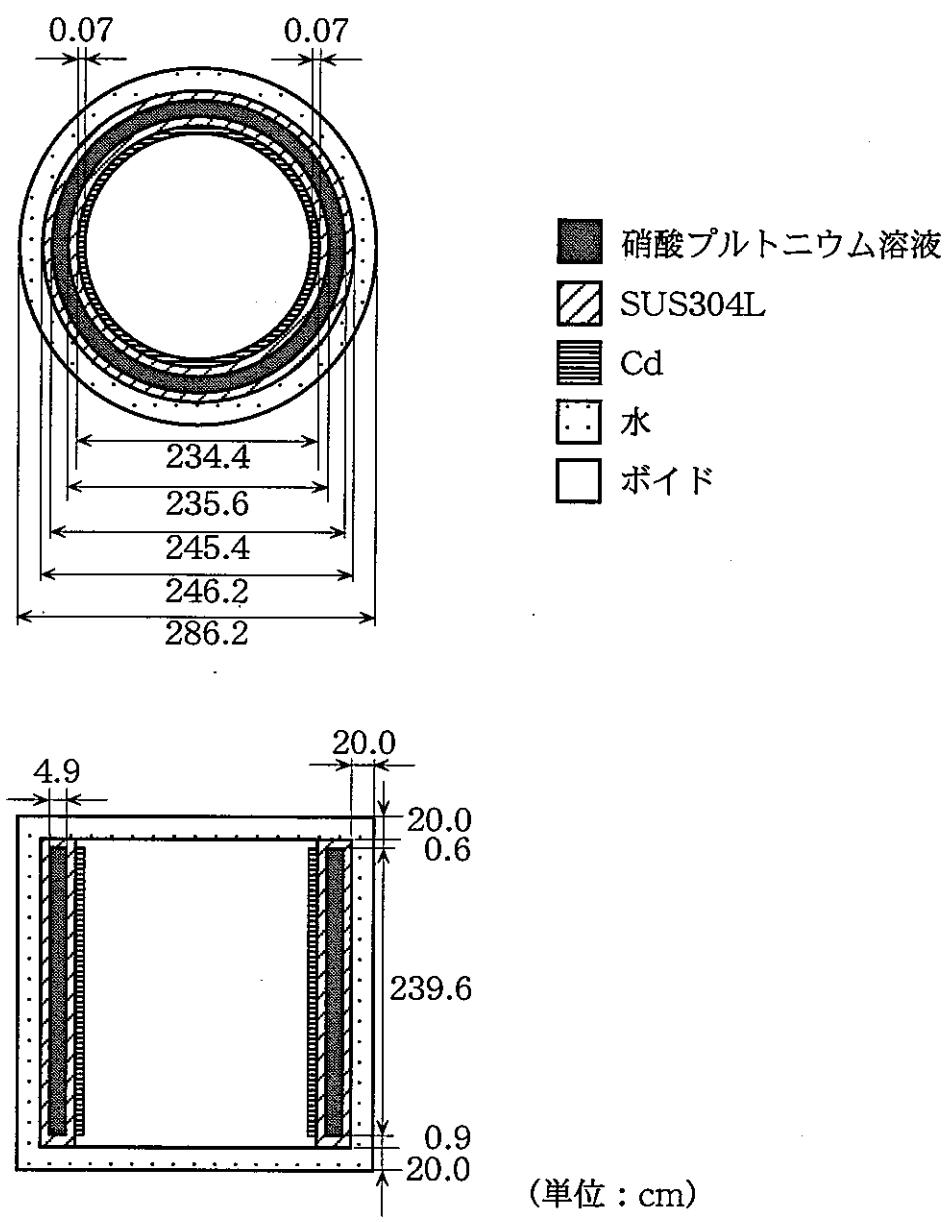


図3.1 プルトニウム製品貯槽 (267V10~12) の單一ユニットの評価モデル

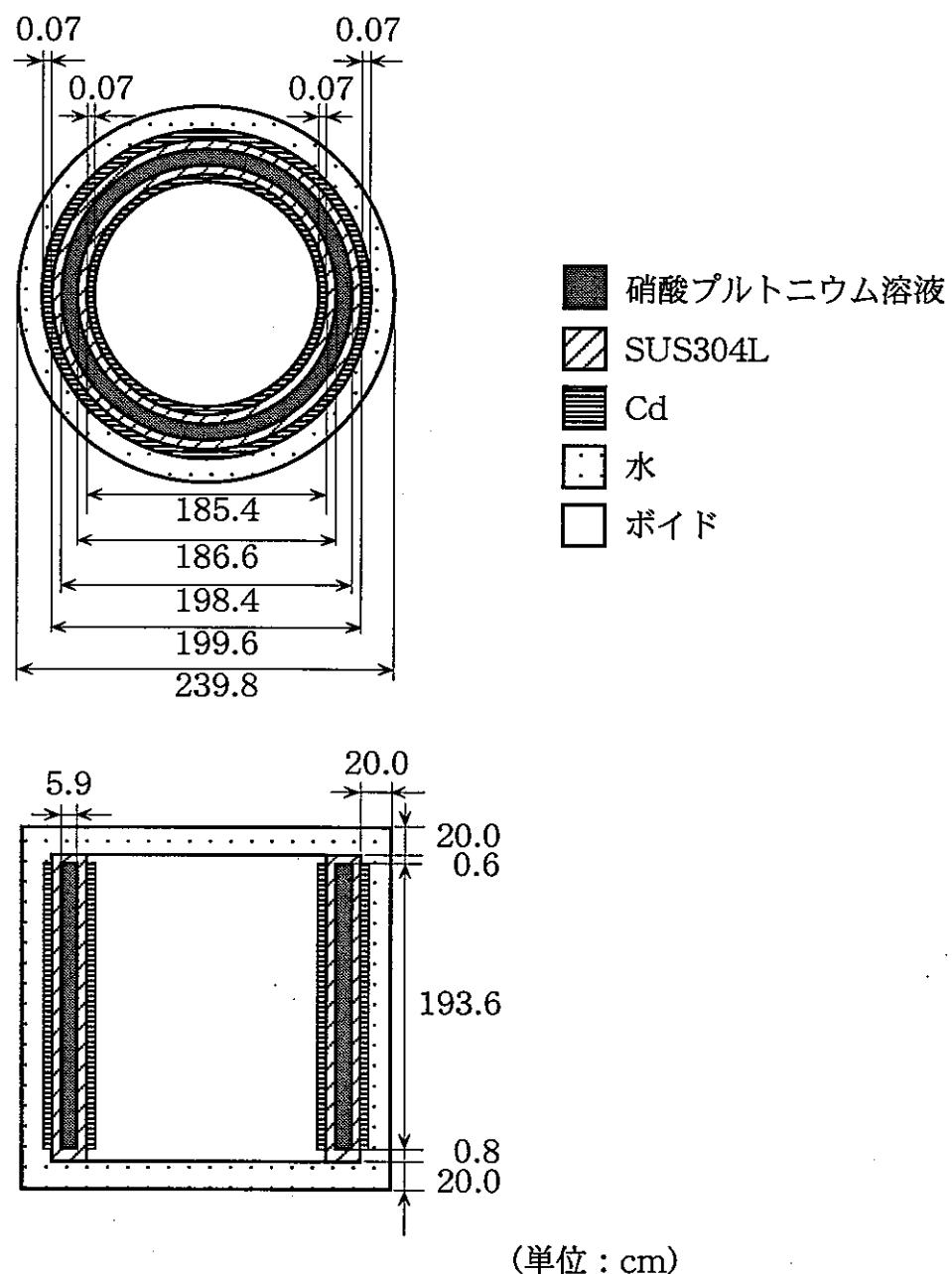
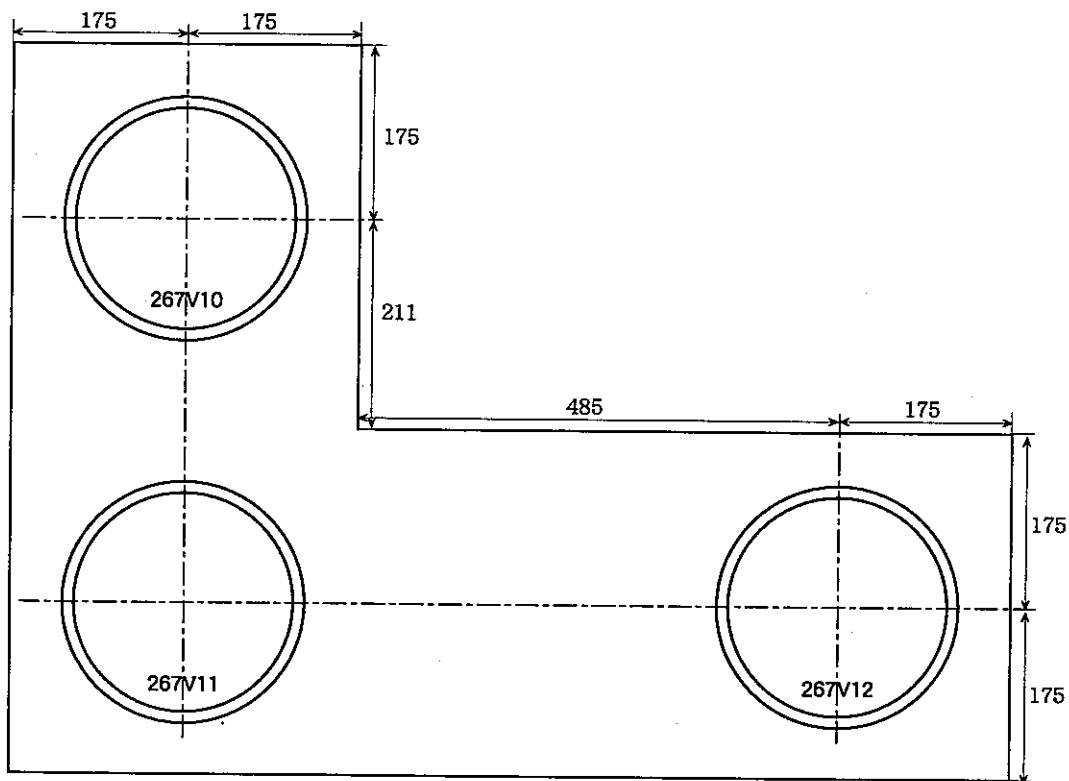
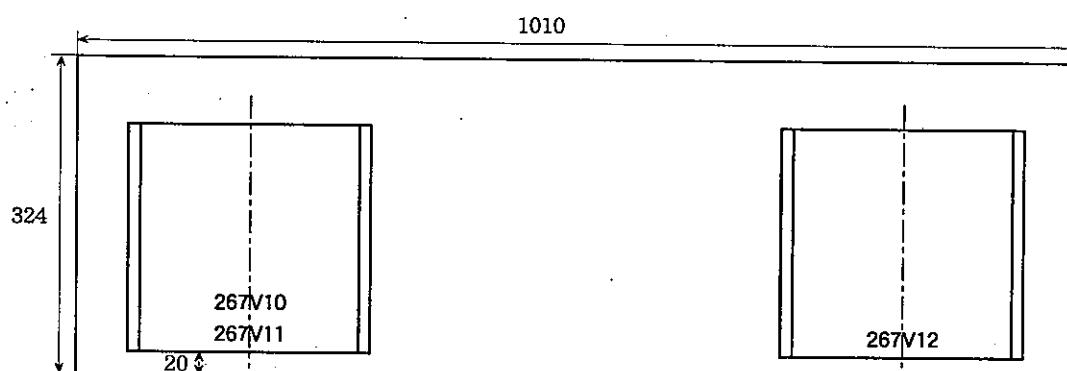


図3.2 プルトニウム製品貯槽 (267V13~16) の單一ユニットの評価モデル



平面図

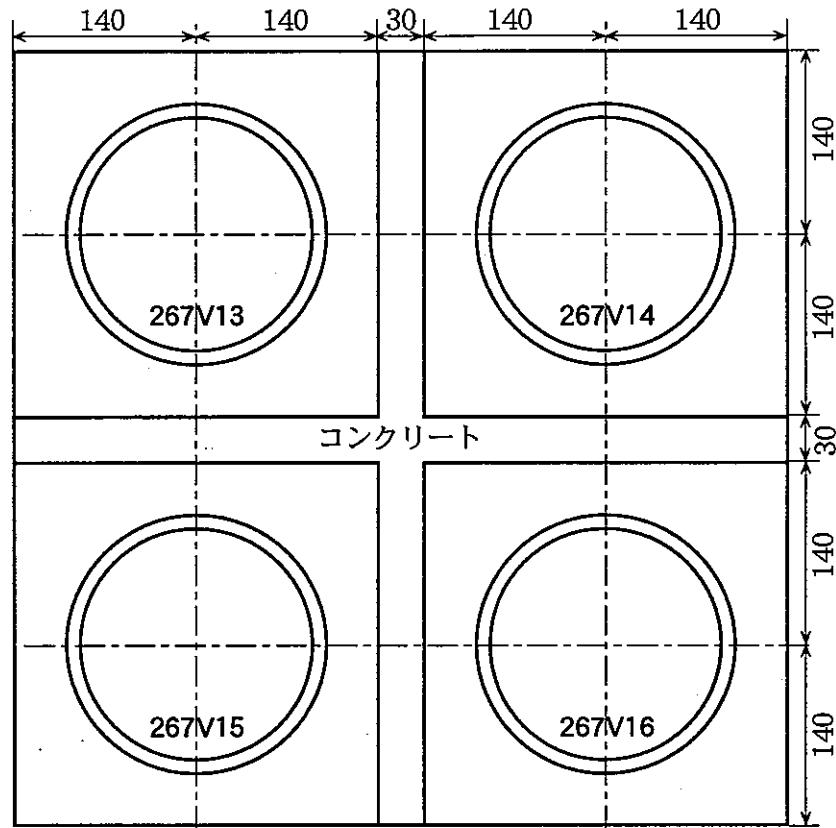


立面図

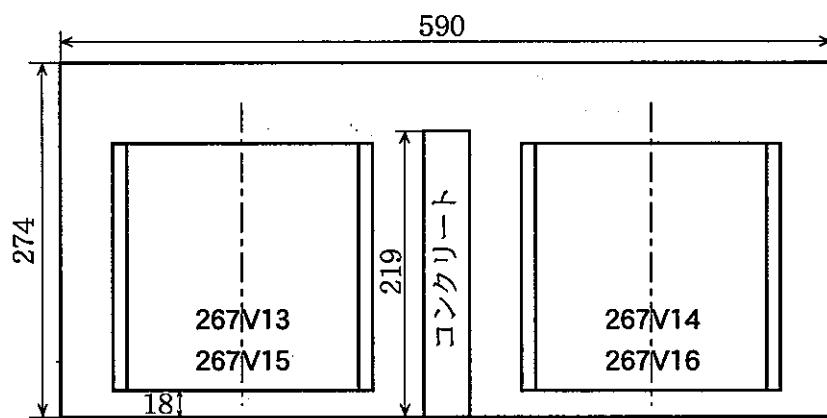
単位 : cm

周囲はコンクリート厚50cm

図3.3 プルトニウム製品貯蔵セル（R023）評価モデル



平面図



立面図

単位: cm

周囲はコンクリート厚50cm

図3.4 プルトニウム製品貯蔵セル (R041) 評価モデル

硝酸プルトニウム受入計量槽(P11V11), 硝酸プルトニウム貯槽(P11 V12),
 混合槽(P12 V11) 及び混合液貯槽(P12 V12)の核的制限値変更に
 係る臨界安全性について

1. はじめに

東海再処理施設の転換技術開発施設のうち、形状管理を行っている中空円筒状槽である硝酸プルトニウム受入計量槽(P11 V11)及びこれと同一形状の硝酸プルトニウム貯槽(P11 V12)、混合槽(P12 V11)、混合液貯槽(P12 V12)の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の単一ユニットの臨界安全評価を行った。

2. 核的制限値の変更設定

(1) 基本的な考え方

- ① 機器の腐食を考慮して、従来の核的制限値に2mmを加えた値を新たな核的制限値に設定する。
- ② 製作公差は、製作公差の範囲で臨界評価上最も厳しい寸法を用いる。

(2) 核的制限値

変更前後の核的制限値を表2.1に示す。

表2.1 変更前後の核的制限値

機器名	核的制限値	
	形状	
	変更前	変更後
硝酸プルトニウム受入計量槽 (P11V11)	a 6.4 cm	a 6.6 cm
硝酸プルトニウム貯槽 (P11V12)	a 6.4 cm	a 6.6 cm
混合槽 (P12V11)	a 6.4 cm	a 6.6 cm
混合液貯槽 (P12V12)	a 6.4 cm	a 6.6 cm

(注) a: 中空円筒状槽の記号で、寸法を示すときは厚みを表す。

3. 評価条件

(1) 計算コード

SCALE-4.3 (CSAS25 シーケンス)¹⁾

核データライブラリ: 27群 ENDF/B-IV

(2) 硝酸プルトニウム受入計量槽 (P11 V11), 硝酸プルトニウム貯槽 (P11 V12),
混合槽 (P12 V11), 混合液貯槽 (P12 V12) の単一ユニットの評価条件

① 燃料条件

硝酸プルトニウム溶液とし、プルトニウム濃度をパラメータとする。

また、硝酸プルトニウム溶液中の遊離硝酸は無視する。硝酸プルトニウム溶液の密度は臨界安全ハンドブック第2版²⁾に従って計算し、このときの溶液の温度は 20°C とする。

プルトニウムの同位体組成としては、²³⁹Pu 95%, ²⁴⁰Pu 5%とした。

② 評価モデル

4 槽共通の評価モデルの寸法及び製作寸法を表 3.1 に、同じく共通の評価モデルを図 3.1 に示す。

評価モデルでは、機器の外側を 20cm 厚の水全反射条件とした。

表 3.1 4 槽共通の評価モデル寸法、製作寸法

機器名		寸法(cm) 又は材質	
		評価モデル	製作寸法*1
硝酸プルトニウム受入 計量槽 (P11 V11)	中空円筒溶液部内径	147.2	148.2
	中空円筒溶液部外径	160.4	160.0
	液厚	6.6	5.9±0.3
	中空円筒溶液部高さ	140.4	140.0
硝酸プルトニウム貯槽 (P11 V12)	中空円筒容器側面内側厚さ	0.6	0.8
	中空円筒容器側面外側厚さ	0.6	0.8
	中性子毒Cd (中空部に内張り)	0.07	0.07
混合槽 (P12 V11)	中空円筒容器上部厚さ	3.8	4.0
	中空円筒容器下部厚さ	0.6	0.8
	腐食代	—	0.1
混合液貯槽 (P12 V12)	構造材	SUS304L	SUS304L

*1 製作寸法(燃料部分)は、位置によって異なる場合は安全側に最も大きい値を記載

4. 評価結果

- (1) 硝酸プルトニウム受入計量槽(P11 V11), 硝酸プルトニウム貯槽(P11 V12),
混合槽(P12 V11), 混合液貯槽(P12 V12) の単一ユニットの臨界計算結果

プルトニウム濃度と実効増倍係数の関係を表 4.1 に示す。keff+3 σ は全て 0.95 未満であり臨界にはならない。

表 4.1 4 槽共通の単一ユニット臨界計算結果

プルトニウム濃度 (gPu/ ℓ)	keff±σ	keff+3σ
100	0.8857±0.0020	0.8917
200	0.9181±0.0019	0.9238
250	0.9208±0.0019	0.9265
300	<u>0.9234±0.0019</u>	<u>0.9291</u>
350	0.9196±0.0018	0.9250
400	0.9181±0.0019	0.9238
500	0.9161±0.0018	0.9215
700	0.9046±0.0018	0.9100
900	0.8978±0.0018	0.9032
1100	0.8907±0.0018	0.8961

(下線は keff+3 σ が最大となることを示す)

5. まとめ

硝酸プルトニウム受入計量槽(P11 V11)、硝酸プルトニウム貯槽(P11 V12)、混合槽(P12 V11)、及び混合液貯槽(P12 V12)の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の単一ユニットの臨界安全評価を行い、臨界安全であることを確認した。

参考文献

- 1) "SCALE : A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analysis for Licensing Evaluation", Radiation Shielding Information Center, CCC-545, (1998).
- 2) "臨界安全ハンドブック第2版", 日本原子力研究所, JAERI 1340, (1999).

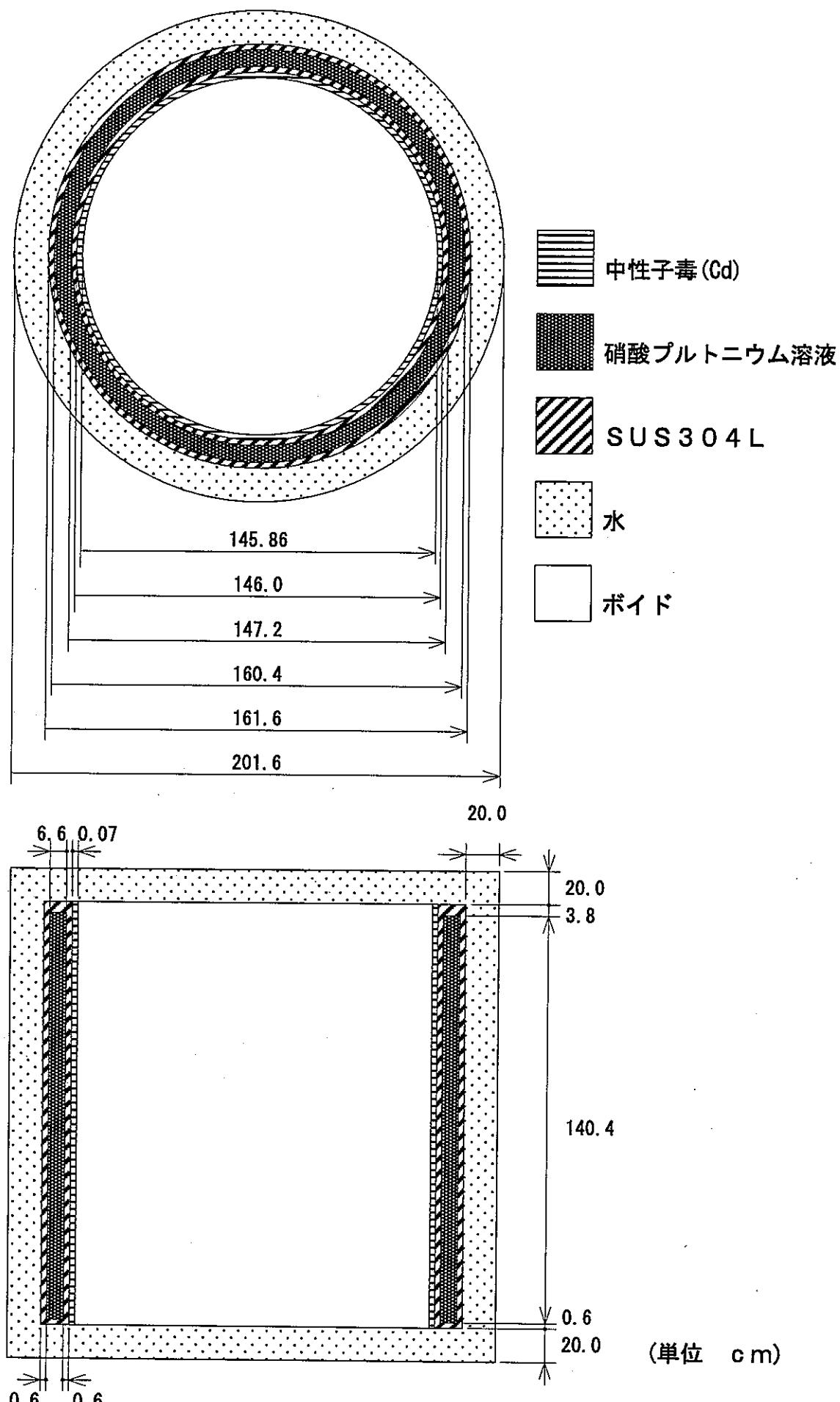


図3.1 硝酸プルトニウム受入計量槽(P11V11), 硝酸プルトニウム貯槽(P11V12),
混合槽(P12V11), 混合液貯槽(P12V12)の評価モデル

硝酸ウラニル受入計量槽(P11V13), 硝酸ウラニル貯槽(P11 V14)
の核的制限値変更に係る臨界安全性について

1. はじめに

東海再処理施設の転換技術開発施設のうち、形状管理を行っている平板状槽である硝酸ウラニル受入計量槽(P11 V13)及びこれと同一形状の硝酸ウラニル貯槽(P11 V14)の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の單一ユニットの臨界安全評価及び受入室(A027)に設置されているこれらの機器に係る複数ユニットの臨界安全評価を行った。

2. 核的制限値の変更設定

(1) 基本的な考え方

- ① 機器の腐食を考慮して、従来の核的制限値に2mmを加えた値を新たな核的制限値に設定する。
- ② 製作公差は、製作公差の範囲で臨界評価上最も厳しい寸法を用いる。

(2) 核的制限値

変更前後の核的制限値を表2.1に示す。

表2.1 変更前後の核的制限値

機器名	核的制限値		
	形状		濃度
	変更前	変更後	
硝酸ウラニル受入計量槽 (P11V13)	s 34.0 cm	s 34.2 cm	450gU/l
硝酸ウラニル貯槽 (P11V14)	s 34.0 cm	s 34.2 cm	

(注) s : 平板状機器の記号で、寸法を示すときは厚みを示す。

3. 評価条件

(1) 計算コード

SCALE-4.3 (CSAS1X シーケンス)¹⁾

核データライブラリ: 27群 ENDF/B-IV

(2) 硝酸ウラニル受入計量槽(P11 V13), 硝酸ウラニル貯槽(P11 V14)の評価条件

① 燃料条件

硝酸ウラニル溶液とし、核的制限値のウラン濃度(450gU/l)にて評価を行った。

また、硝酸ウラニル溶液中の遊離硝酸は無視する。硝酸ウラニル溶液の密度は臨界安全ハンドブック第2版²⁾に従って計算し、このときの溶液の温度は20°Cとする。ウランの同位体組成としては、²³⁵U 4%，²³⁸U 96%とした。

② 評価モデル

評価モデルの寸法及び製作寸法を表3.1に、評価モデルを図3.1に示す。

評価モデルでは、機器を無限平板でモデル化し、平板の外側を20cm厚の水全反射条件とした。

複数ユニットの評価については、2槽が工程室内において同一平面上に配置されているため、無限平板モデルにて複数ユニットの評価条件を包括することとした。

表3.1 硝酸ウラニル受入計量槽(P11 V13)、硝酸ウラニル貯槽(P11 V14)
の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件

機器名	寸法(cm)又は材質		燃料条件
	評価モデル	製作寸法 ^{*1}	
硝酸ウラニル受入 計量槽 (P11 V13)	液厚	34.2	450gU/l (核的制限値)
	溶液部高さ	無限	183.0
	溶液横方向長さ	無限	225.0
	容器厚さ	0.8	1.0
	容器上部厚さ	なし	4.0
	容器下部厚さ	なし	1.0
硝酸ウラニル貯槽 (P11 V14)	腐食代	—	0.1
	構造材	SUS304L	SUS304L

*1 製作寸法(燃料部分)は、位置によって異なる場合は安全側に最も大きい値を記載

4. 評価結果

(1) 硝酸ウラニル受入計量槽(P11 V13)、硝酸ウラニル貯槽(P11 V14)
の臨界計算結果

ウラン濃度と実効増倍係数の関係を表4.1に示す。keffは0.95未満であり、臨界にはならない。

表4.1 無限平板での臨界計算結果

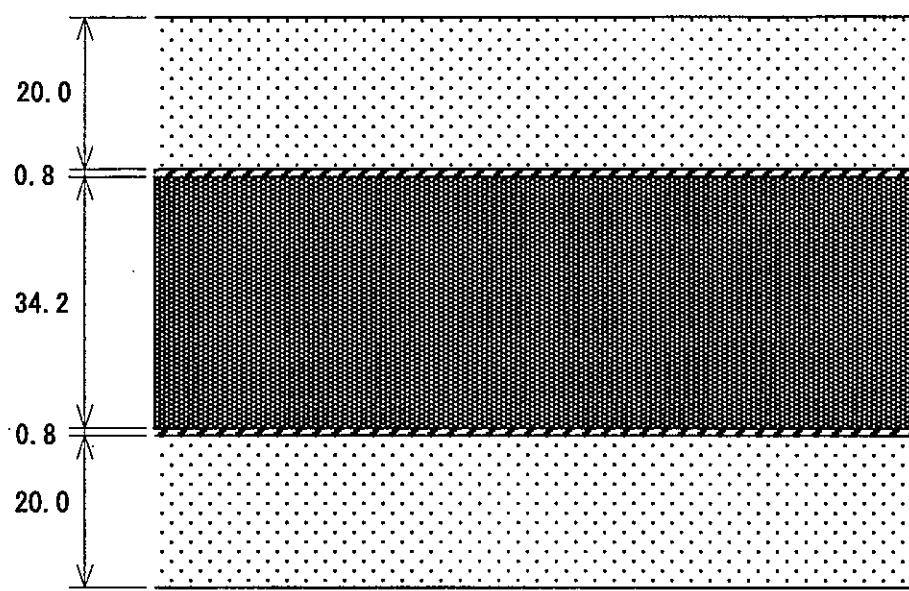
ウラン濃度 (gU/ℓ)	k _{eff}
450	0.8793

5. まとめ

硝酸ウラニル受入計量槽(P11 V13)、硝酸ウラニル貯槽(P11 V14)の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の臨界安全評価を行い、臨界安全であることを確認した。

参考文献

- 1) "SCALE : A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analysis for Licensing Evaluation", Radiation Shielding Information Center, CCC-545, (1998).
- 2) "臨界安全ハンドブック第2版", 日本原子力研究所, JAERI 1340, (1999).



(単位 cm)

(左右及び垂直方向に無限平板)

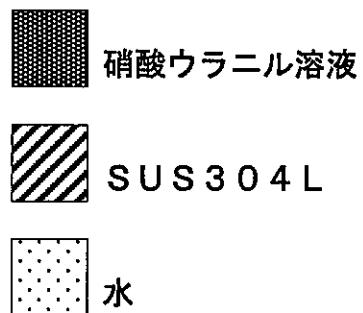


図3.1 硝酸ウラニル受入計量槽(P11V13) 及び硝酸ウラニル貯槽(P11V14)の評価モデル

ウラン受槽(P01V41,V42)の核的制限値変更に係る 臨界安全性について

1. はじめに

東海再処理施設の転換技術開発施設のうち、形状管理を行っている中空円筒状槽であるウラン受槽(P01 V41,V42)の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の単一ユニットの臨界安全評価及び液移送室(A127)に設置されているこれらの機器に係る複数ユニットの臨界安全評価を行った。

2. 核的制限値の変更設定

(1) 基本的な考え方

- ① 機器の腐食を考慮して、従来の核的制限値に2mmを加えた値を新たな核的制限値に設定する。
- ② 製作公差は、製作公差の範囲で臨界評価上最も厳しい寸法を用いる。

(2) 核的制限値

変更前後の核的制限値を表2.1に示す。

表2.1 変更前後の核的制限値

機器名	核的制限値		
	形状		濃度
	変更前	変更後	
ウラン受槽 (P01V41,V42)	Φ 31.1 cm	Φ 31.3 cm	450gU/ℓ

(注) Φ: 中空円筒槽の溶液部外径を示す。

3. 評価条件

(1) 計算コード

SCALE-4.3 (CSAS25 シーケンス)¹⁾

核データライブラリ: 27群 ENDF/B-IV

(2) ウラン受槽(P01 V41,V42)の単一ユニットの評価条件

① 燃料条件

硝酸ウラニル溶液とし、核的制限値のウラン濃度(450gU/ℓ)にて評価を行った。

また、硝酸ウラニル溶液中の遊離硝酸は無視する。硝酸ウラニル溶液の密

度は臨界安全ハンドブック第2版²⁾に従って計算し、このときの溶液の温度は20°Cとする。ウランの同位体組成としては、²³⁵U 20%，²³⁸U 80%とした。

② 評価モデル

ウラン受槽(P01 V41,V42)の評価モデルの寸法及び製作寸法を表3.1に、評価モデルを図3.1に示す。

評価モデルでは、機器の外側を20cm厚の水全反射条件とした。

(3) ウラン受槽(P01 V41,V42)の複数ユニットの評価条件

① 燃料条件

ウラン受槽(P01 V41,V42)については核的制限値となる濃度(450gU/l)の硝酸ウラニル溶液とした。

② 評価モデル

ウラン受槽(P01 V41,V42)の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件を表3.1に、複数ユニットの評価モデルを図3.2に示す。

複数ユニットの評価モデルにおいて、機器間距離は実寸法から十分な安全裕度を持った寸法に設定した。

また、ユニット間の空間水密度は(0~1.0g/cm³)の範囲をパラメータとして評価した。

表3.1 ウラン受槽(P01 V11,V12)の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件

機器名		寸法(cm)又は材質		燃料条件
		評価モデル	製作寸法 ^{*1}	
ウラン受槽 (P01 V41, V42)	中空円筒溶液部内径	13.3	13.98±0.14	450gU/l (核的制限値)
	中空円筒溶液部外径	31.3	30.55±0.32	
	液厚	9.0	8.52	
	中空円筒溶液部高さ	200.4	200.0	
	中空円筒容器側面内側厚さ	0.46	0.66	
	中空円筒容器側面外側厚さ	0.45	0.65	
	中性子毒BN直径(中空部に装填)	9.0	9.0	
	中空円筒容器上部厚さ	2.0	2.2	
	中空円筒容器下部厚さ	0.8	1.0	
	腐食代	—	0.1	
機器間距離(複数ユニット評価時)	構造材	SUS304L	SUS304L	
		40.0 ^{*2}	47.0	

*1 製作寸法(燃料部分)は、位置によって異なる場合は安全側に最も大きい値を記載

*2 設工認図書記載値

4. 評価結果

(1) ウラン受槽 (P01 V41,V42) の単一ユニットの臨界計算結果

ウラン濃度と実効増倍係数の関係を表 4.1 に示す。keff+3 σ は 0.95 未満であり臨界にはならない。

表 4.1 ウラン受槽 (P01 V41,V42) の単一ユニット臨界計算結果

ウラン濃度 (gU / ℓ)	keff± σ	keff+3 σ
450	0.9009±0.0017	0.9060

(2) ウラン受槽 (P01 V41,V42) の複数ユニットの臨界計算結果

ウラン受槽 (P01 V41,V42) 内の空間水密度と実効増倍率の関係を表 4.2 に示す。空間水密度を変化させても keff+3 σ は全て 0.95 未満であり臨界にはならない。

表 4.2 ウラン受槽 (P01 V41,V42) の複数ユニット臨界計算結果

空間水密度 (g/cm³)	keff± σ	keff+3 σ
0.00001	0.9040±0.0012	0.9076
<u>0.0001</u>	<u>0.9063±0.0012</u>	<u>0.9099</u>
0.001	0.9042±0.0011	0.9075
0.01	0.9040±0.0012	0.9076
0.1	0.8956±0.0011	0.8989
0.2	0.8942±0.0011	0.8975
0.4	0.8964±0.0012	0.9000
0.6	0.9008±0.0012	0.9044
0.8	0.9031±0.0012	0.9067
1.0	0.9055±0.0012	0.9091

(下線は keff+3 σ が最大となることを示す。)

5. まとめ

ウラン受槽 (P01 V41,V42) の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の単一ユニットの臨界安全評価及び当該変更機器の複数ユニットの臨界安全評価を行い、臨界安全であることを確認した。

参考文献

- 1) "SCALE : A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analysis for Licensing Evaluation", Radiation Shielding Information Center, CCC-545, (1998).
- 2) "臨界安全ハンドブック第2版", 日本原子力研究所, JAERI 1340, (1999).

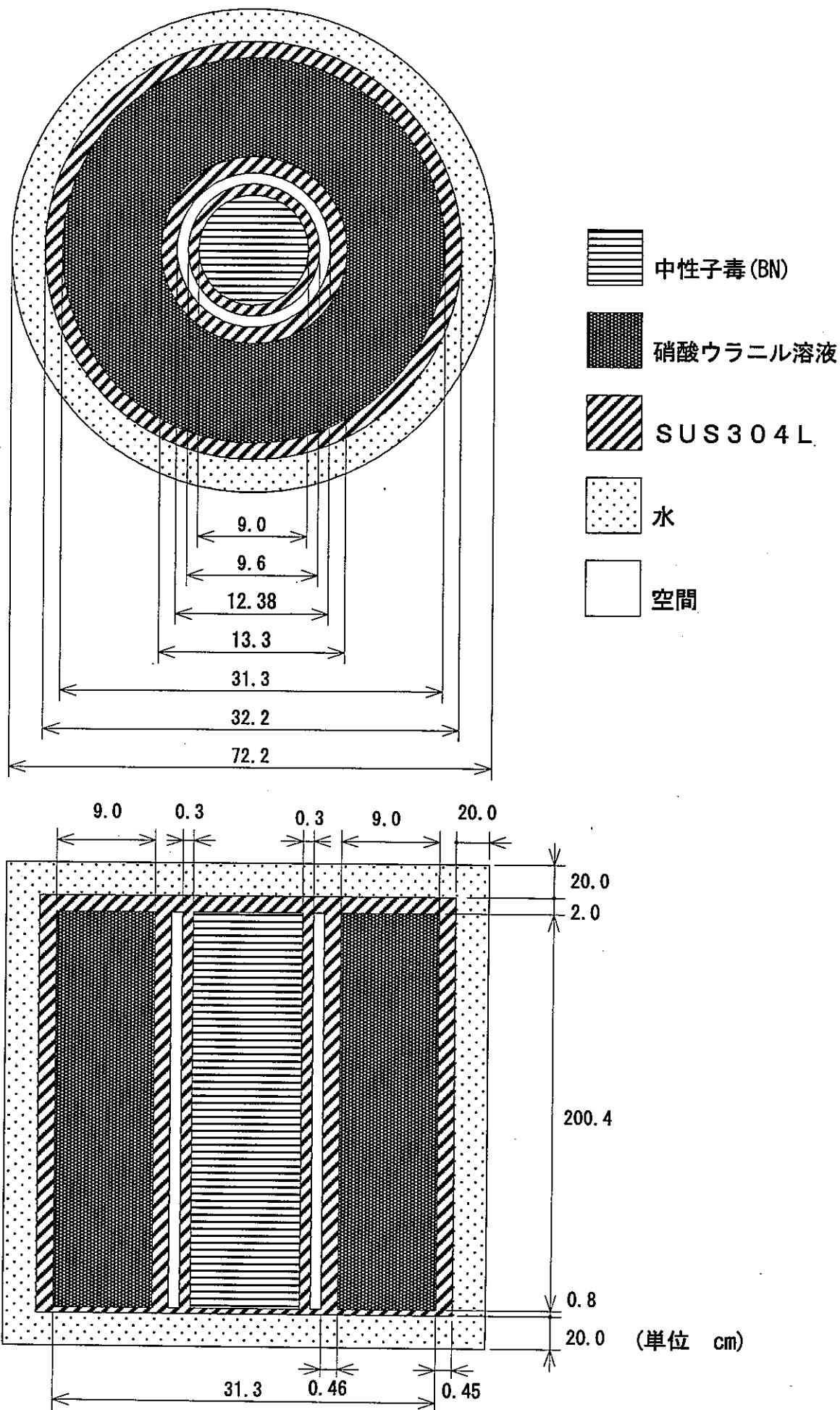


図3.1 ウラン受槽(P01V41・V42)の評価モデル

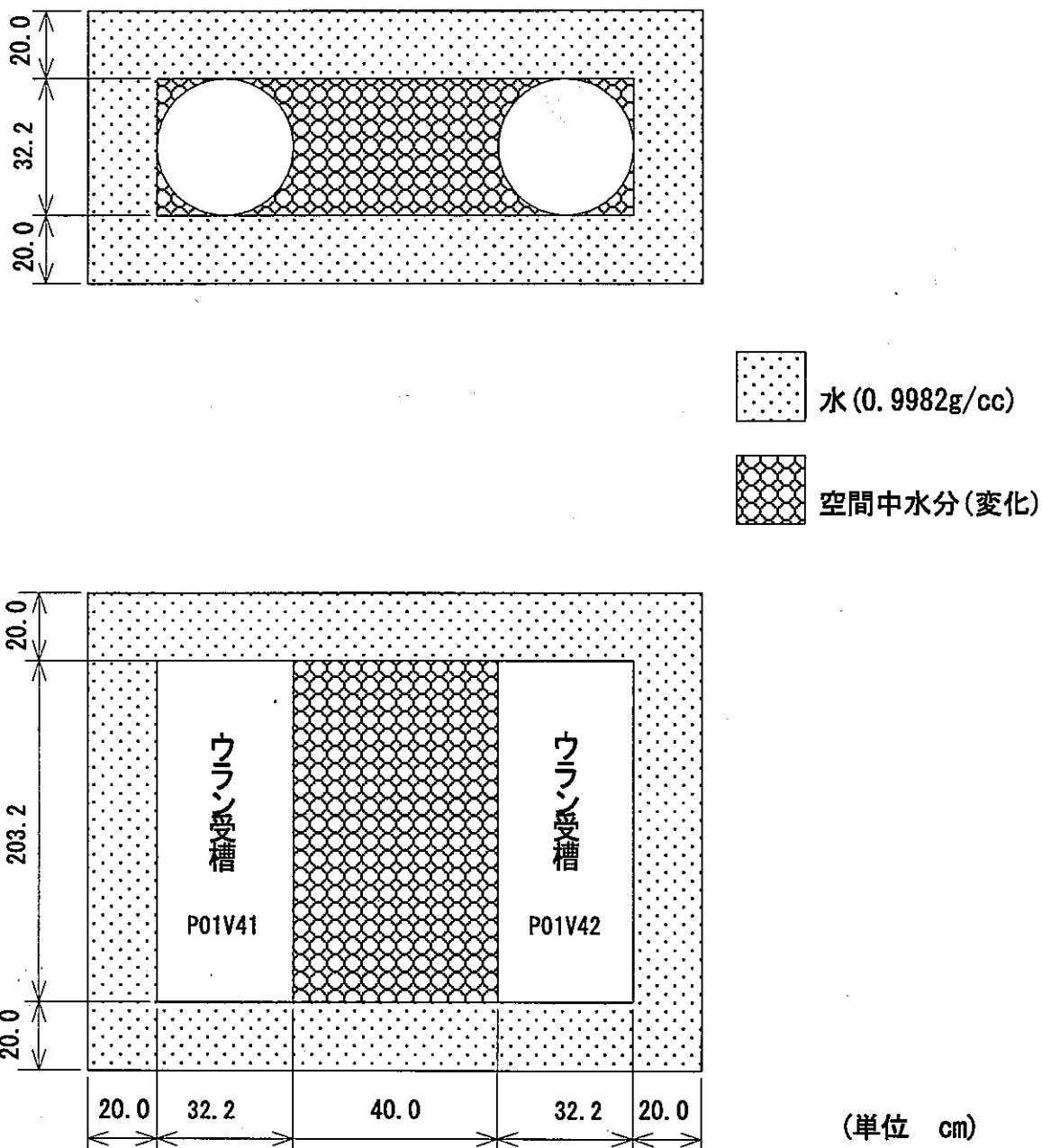


図3. 2 ウラン受槽(P01V41・V42)の評価モデル(相互干渉系)

廃液受入槽（P71V11,V12）の核的制限値変更に係る 臨界安全性について

1. はじめに

東海再処理施設の転換技術開発施設のうち、形状管理を行っている中空円筒状槽である廃液受入槽（P71V11,V12）の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の単一ユニットの臨界安全評価及び廃液一次処理室（A129）に設置されているこれらの機器に係る複数ユニットの臨界安全評価を行った。

2. 核的制限値の変更設定

(1) 基本的な考え方

- ① 機器の腐食を考慮して、従来の核的制限値に2mmを加えた値を新たな核的制限値に設定する。
- ② 製作公差は、製作公差の範囲で臨界評価上最も厳しい寸法を用いる。

(2) 変更後の核的制限値

変更前後の核的制限値を表2.1に示す。

表2.1 変更前後の核的制限値

機 器 名	核的制限値	
	形 状	
	変更前	変更後
廃液受入槽 (P71V11,V12)	a 5.5 cm	a 5.7 cm

(注) a : 中空円筒状槽の記号で、寸法を示すときは厚みを表す。

3. 評価条件

(1) 計算コード

SCALE-4.3 (CSAS25 シーケンス)¹⁾

核データライブラリ：27群 ENDF/B-IV

(2) 廃液受入槽（P71 V11,V12）の単一ユニットの評価条件

① 燃料条件

溶液組成としてはプルトニウム-水系とし、プルトニウム濃度をパラメータとする。

また、プルトニウム及び水の密度は、臨界安全ハンドブック²⁾記載の密度

を用い、温度条件は 20°C として計算する。プルトニウムの同位体組成としては、²³⁹Pu 95%，²⁴⁰Pu 5%とした。

② 評価モデル

廃液受入槽 (P71 V11,V12) の評価モデルの寸法及び製作寸法を表 3.1 に、評価モデルを図 3.1 に示す。

評価モデルでは、機器の外側を 20cm 厚の水全反射条件とした。

(3) 廃液受入槽 (P71 V11,V12) の複数ユニットの評価条件

① 燃料条件

廃液受入槽 (P71 V11,V12) については、上記単一ユニットの計算結果より臨界安全評価上最も厳しくなる濃度とした。

② 評価モデル

廃液受入槽 (P71 V11,V12) の評価モデル寸法、製作寸法及び燃料条件を表 3.1 に、複数ユニットの評価モデルを図 3.2 に示す。

複数ユニットの評価モデルにおいて、機器間距離は実寸法から十分な安全裕度を持った寸法に設定した。

また、ユニット間の空間水密度は (0~1.0g/cm³) の範囲をパラメータとして評価した。

表 3.1 廃液受入槽 (P71 V11,V12) の評価モデル寸法、
製作寸法及び燃料条件

機器名	寸法(cm) 及び材質		複数ユニット評価時 の燃料条件
	評価モデル	製作寸法 ^{*1}	
廃液受入槽 (P71 V11, V12)	中空円筒溶液部内径	50.1	50.5
	中空円筒溶液部外径	61.5	60.5
	液厚	5.7	5.0±0.3
	中空円筒溶液部高さ	150.4	150.0
	中空円筒容器側面内側厚さ	0.4	0.6
	中空円筒容器側面外側厚さ	0.4	0.6
	中性子毒Cd (中空部に内張り)	0.07	0.07
	中空円筒容器上部厚さ	3.8	4.0
	中空円筒容器下部厚さ	0.9	1.1
	腐食代	—	0.1
機器中心間距離(複数ユニット評価時)	構造材	SUS304L	SUS304L
		100.0 ^{*2}	126.0

*1 製作寸法（燃料部分）は、位置によって異なる場合は安全側に最も大きい値を記載

*2 設工認図書記載値

4. 評価結果

(1) 廃液受入槽 (P71 V11,V12) の単一ユニットの臨界計算結果

プルトニウム濃度と実効増倍係数の関係を表 4.1 に示す。keff+3 σ は全て 0.95 未満であり臨界にはならない。

表 4.1 廃液受入槽 (P71 V11,V12) の単一ユニット臨界計算結果

プルトニウム濃度 (gPu/ ℓ)	keff± σ	keff+3 σ
100	0.7213±0.0019	0.7270
200	0.7787±0.0018	0.7841
300	0.7931±0.0019	0.7988
400	0.8032±0.0019	0.8089
500	0.8127±0.0019	0.8184
600	0.8227±0.0020	0.8287
700	0.8336±0.0019	0.8393
800	0.8408±0.0018	0.8462
900	0.8491±0.0018	0.8545
<u>1000</u>	<u>0.8570±0.0018</u>	<u>0.8624</u>

(下線は keff+3 σ が最大となることを示す)

(2) 廃液受入槽 (P71 V11,V12) の複数ユニットの臨界計算結果

廃液受入槽 (P71 V11,V12) 内の空間水密度と実効増倍率の関係を表 4.2 に示す。空間水密度を変化させても keff+3 σ は全て 0.95 未満であり臨界にはならない。

表 4.2 廃液受入槽 (P71 V11,V12) の複数ユニット臨界計算結果

空間水密度 (g/cm³)	keff± σ	keff+3 σ
0.0001	0.8528±0.0013	0.8567
0.001	0.8528±0.0013	0.8567
0.01	0.8558±0.0012	0.8594
0.1	0.8545±0.0012	0.8581
0.2	0.8500±0.0012	0.8536
0.4	0.8461±0.0012	0.8497
0.6	0.8470±0.0011	0.8503
0.8	0.8518±0.0011	0.8551
<u>1.0</u>	<u>0.8561±0.0013</u>	<u>0.8600</u>

(下線は keff+3 σ が最大となることを示す)

5. まとめ

廃液受入槽(P71 V11,V12)の核的制限値の変更に当たり、当該変更機器の単一ユニットの臨界安全評価及び当該変更機器の複数ユニットの臨界安全評価を行い、臨界安全であることを確認した。

参考文献

- 1) "SCALE : A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analysis for Licensing Evaluation", Radiation Shielding Information Center, CCC-545, (1998).
- 2) "臨界安全ハンドブック", 科学技術庁原子力安全局核燃料規制課編,にっかん書房, (1988).

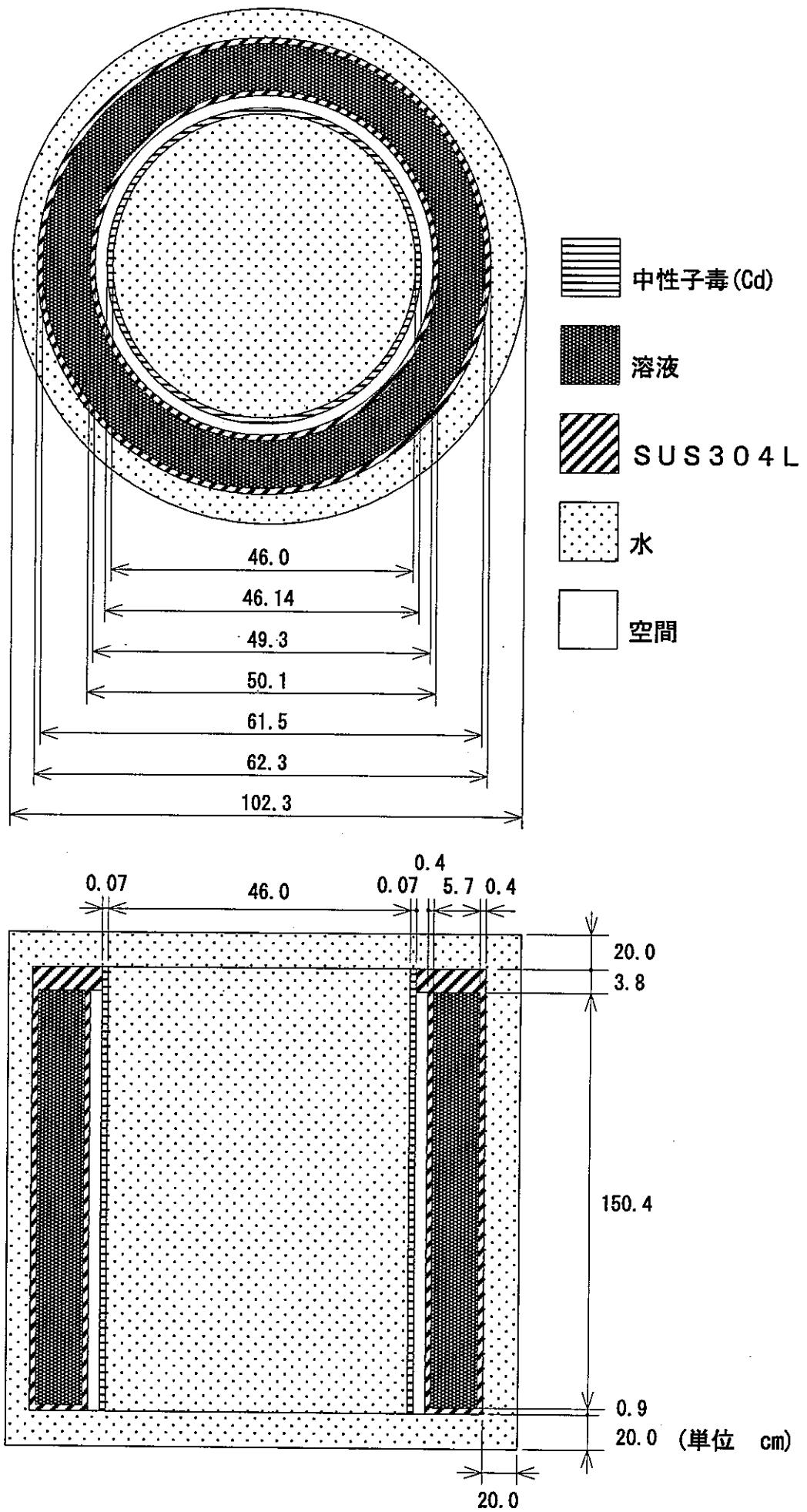
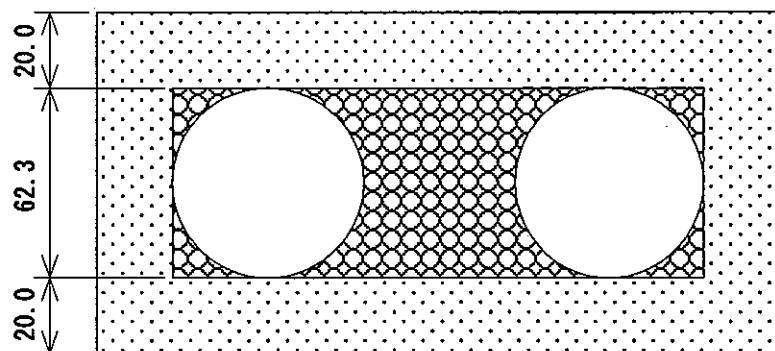


図3.1 廃液受入槽(P71V11・V12)の評価モデル



水 (0.9982g/cc)

空間中水分 (変化)

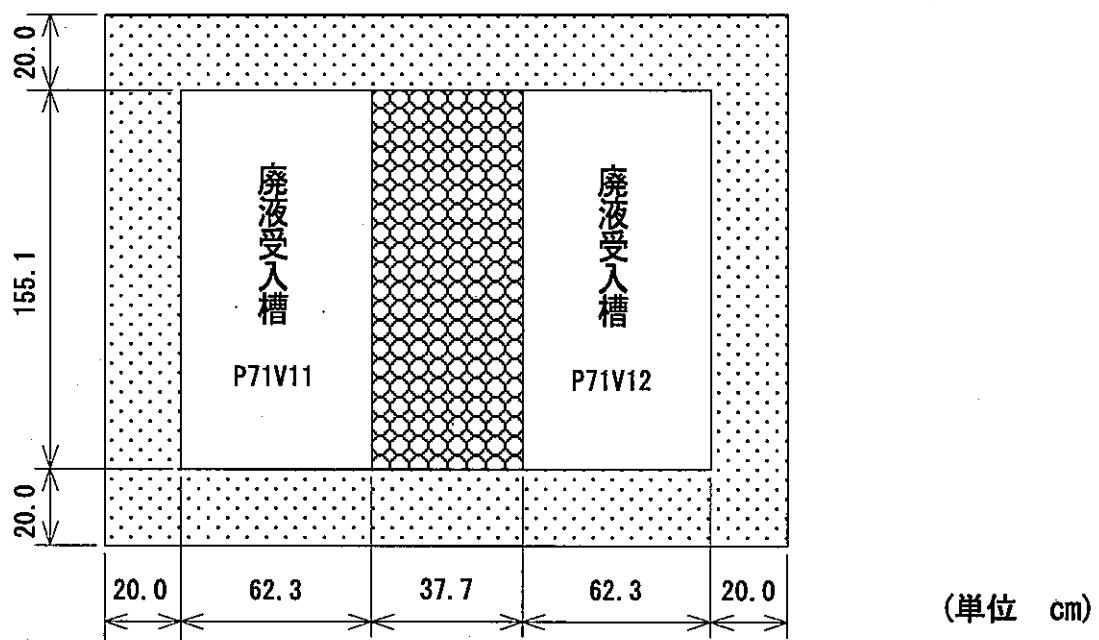


図3.2 廃液受入槽(P71V11・V12)の評価モデル(相互干渉系)

推定臨界増倍率について

1. はじめに

国際臨界安全ベンチマーク実験ハンドブック⁽¹⁾の中には、臨界実験データに対する SCALE/CSAS シーケンス⁽²⁾、27 群 ENDF/B-IV 核データライブラリを用いた実効増倍率の計算値が記載されている。これを用いて推定臨界増倍率を求める。

2. 低濃縮硝酸ウラニル溶液

国際臨界安全ベンチマーク実験ハンドブックには、低濃縮(5~10%)硝酸ウラニル溶液を用いた臨界実験に対して、SCALE/KENO+27 群 ENDF/B-IV ライブラリを用いたベンチマーク計算結果が 17 ケース与えられている。これらの結果を用いて得られる各統計量を以下に示す。

実効増倍率の平均値	0.9980
最大値	1.0062
最小値	0.9940
標準偏差	0.0035
推定臨界下限値	0.98 (統計計算によれば 0.9869)

これより、推定臨界増倍率を、0.99 とする。

3. 硝酸プルトニウム溶液

国際臨界安全ベンチマーク実験ハンドブックには、硝酸プルトニウム溶液を用いた臨界実験に対して、SCALE/KENO+27 群 ENDF/B-IV ライブラリを用いたベンチマーク計算結果が 289 ケース与えられている。これらの結果を用いて得られる各統計量を以下に示す。

実効増倍率の平均値	1.0137
最大値	1.0279
最小値	0.9983
標準偏差	0.0044
推定臨界下限値	0.98 (統計計算によれば 1.0042)

これより、推定臨界増倍率を、1.00 とする。

参考文献

-
- (1) "International Handbook of Evaluated Criticality Safety Benchmark Experiments", NEA/NSC/DOC(95)03 1999 edition
 - (2) "SCALE : A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analysis for Licensing Evaluation", Radiation Safety Information Computational Center (RSICC), CCC-545, (1998)