

先進的湿式プラントの設計研究(II)

(1)再処理・燃料製造施設一体化の検討

(動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告書)

1997年3月

三菱マテリアル株式会社

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒319-11 茨城県那珂郡東海村大字村松 4-33

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所 技術開発推進部・技術管理室

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section, Tokai Works, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation, 4-33 O-aza-Muramatsu, Tokai-mura, Naka, Ibaraki-ken, 319-11, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)

先進的湿式プラントの設計研究(II)

(1)再処理・燃料製造施設一体化の検討

(動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告書)

1997年3月

三菱マテリアル株式会社

1997年3月

先進的湿式プラントの設計研究（Ⅱ）

（1）再処理・燃料製造施設一体化の検討

田仲 昇一 *1

要　旨

先進的湿式プラントは、高速炉燃料サイクルコストの大幅な低減を目指したプラントであり、晶析法と改良型PUREX法を中心とした再処理施設と、ゲル化転換・振動充填方式による酸化物粒子燃料の製造を行う燃料製造施設とを合体させた、一体型の燃料サイクルプラントである。

本設計研究は、昨年度実施された『先進的湿式プラントの設計研究』の成果をもとに、再処理・燃料製造施設一体化と、再処理施設のうちの前処理工程の設備構成に関して、更に詳細な検討を行うことを目的として、下記の評価・検討を実施したものである。

（1）再処理・燃料製造施設一体化の得失評価

本プラントの付帯工程のうち、廃液処理工程および低放射性固体廃棄物処理工程の設備構成の再検討を行うとともに、この再検討結果等に基づいて、本プラントとして、再処理施設と燃料製造施設とを一体化した場合の得失を検討・評価した。

（2）前処理工程の検討

処理対象燃料であるコア燃料とプランケット燃料との混合を、前処理工程で行う場合の設備構成について、混合位置や混合方法をパラメータとする複数のケースを設定し、各ケースを経済性、取扱い性（運転管理の容易性等）、安全性、実証性等の観点から比較・評価して、本プラントに適すると考えられる設備構成を検討した。

本報告書は、三菱マテリアル株式会社が、動力炉・核燃料開発事業団から委託を受けて実施した研究の成果である。

契約番号：08C4179

事業団担当部課および担当者：技術開発推進部アクリサイクルグループ [紙谷 正仁]

*1) 三菱マテリアル株式会社 原子力事業センター

目 次

1. 緒 言	1
2. 再処理・燃料製造施設の一体化の得失評価	2
2.1 廃液処理工程の設備構成の再検討	2
2.1.1 昨年度の設計研究における設備構成と課題	2
2.1.2 中レベル廃液処理工程の設備構成の再検討	6
2.1.3 低レベル・極低レベル廃液処理工程の設備構成の再検討	9
2.2 低放射性固体廃棄物処理工程の設備構成の再検討	19
2.2.1 昨年度の設計研究における設備構成と課題	19
2.2.2 低放射性固体廃棄物処理工程の設備構成の再検討	21
2.3 評価対象設備	25
2.3.1 試薬・ユーティリティ設備の設備構成の考え方	25
2.3.2 評価対象設備と共用化の範囲	26
2.4 再処理・燃料製造施設一体化の得失評価	30
2.4.1 評価の前提条件と視点	30
2.4.2 再処理・燃料製造施設一体化の得失評価	30
3. 前処理工程の検討	35
3.1 検討の前提条件	35
3.1.1 処理対象燃料および処理能力等	35
3.1.2 検討対象工程と要素技術	41
3.1.3 溶解液の濃度等	45
3.1.4 処理方式および処理ケース	45
3.2 各処理ケースの検討	51
3.2.1 概略物質収支の検討	51
3.2.2 主要設備・機器の概略検討	54
3.2.3 各処理ケースの特徴	92
3.3 処理ケースの比較・評価	125
3.3.1 処理ケースの比較・評価	125
3.3.2 前処理工程の設備構成の選定	131
4. あとがき	136

図一覧

図2.1.1-1 中レベル廃液処理工程プロセスフローダイアグラム	3
図2.1.1-2 低レベル廃液処理工程プロセスフローダイアグラム	4
図2.1.1-3 極低レベル廃液処理工程プロセスフローダイアグラム	5
図2.1.2-1 アンモニア廃液処理系統プロセスフローダイアグラム	8
図2.1.3-1 廃液放出設備プロセスフローダイアグラム	13
図2.1.3-2 サンドフィルタの概念図	14
図2.1.3-3 膜分離法とその分離対象	15
図2.1.3-4 逆浸透の原理	16
図2.2.1-1 低放射性固体廃棄物処理フロー	20
図2.2.2-1 焼却溶融炉オフガス系のブロックフロー	23
図2.2.2-2 Ag電解酸化法の概念図	24
図3.1.4-1 燃料処理方式のケース	49
図3.2.2-1 無限円筒の臨界計算結果 (Pu富化度 100wt%)	56
図3.2.2-2 無限円筒の臨界計算結果 (Pu富化度 100wt%, 円筒直径18.9cm)	57
図3.2.2-3 無限円筒の臨界計算結果 (Pu富化度 25wt%)	58
図3.2.2-4 無限円筒の臨界計算結果 (Pu富化度 25wt%, 円筒直径22.8cm)	59
図3.2.2-5 無限円筒の臨界計算結果 (Pu富化度 10wt%)	60
図3.2.2-6 無限円筒の臨界計算結果 (Pu富化度 10wt%, 円筒直径27.3cm)	61
図3.2.2-7 無限平板の臨界計算結果 (Pu富化度 25wt%)	62
図3.2.2-8 無限平板の臨界計算結果 (Pu富化度 25wt%, 平板厚10.1cm)	63
図3.2.2-9 無限平板の臨界計算結果 (Pu富化度 10wt%)	64
図3.2.2-10 無限平板の臨界計算結果 (Pu富化度 10wt%, 平板厚13.1cm)	65
図3.2.2-11 無限円環の臨界計算結果 (Pu富化度 25wt%, 内径1m)	66
図3.2.2-12 無限円環の臨界計算結果 (Pu富化度 25wt%, 内径1m, 円環厚5.6cm)	67
図3.2.2-13 無限円環の臨界計算結果 (Pu富化度 10wt%, 内径1m)	68
図3.2.2-14 無限円環の臨界計算結果 (Pu富化度 10wt%, 内径1m, 円環厚7.2cm)	69
図3.2.2-15 混合酸化物系の臨界計算結果 (無限円筒, Pu富化度 25wt%)	71
図3.2.2-16 混合酸化物系の臨界計算結果 (無限円筒, Pu富化度 10wt%)	72
図3.2.2-17 連続溶解槽概念図	77
図3.3.2-1 平板多室型連続溶解槽の概念図	135

表一覧

表2.1.3-1	主な廃液処理方法の比較	17
表2.1.3-2	海水淡水化技術におけるエネルギー比較	18
表2.3.2-1	本施設の試薬	28
表2.3.2-2	本施設のユーティリティ	28
表2.3.2-3	一体化に関する共有設備の評価	29
表2.4.2-1	再処理・燃料製造施設の一体化の得失評価	34
表3.1.1-1	想定した高速炉炉心の基本仕様	36
表3.1.1-2	使用済み燃料の基本仕様	37
表3.1.1-3	処理対象燃料の種類および炉装荷HM量等	40
表3.1.1-4	処理対象燃料ごとの年間処理量等	40
表3.1.1-5	処理対象燃料ごとの1日当たりの処理量等	41
表3.1.1-6	1日当たりの処理量に対応する使用済燃料の組成	42
表3.1.1-7	1日当たりの処理量に対応する使用済燃料の放射能	43
表3.1.1-8	1日当たりの処理量に対応する使用済燃料の発熱量	44
表3.1.4-1	燃料処理方式のケースとその概要	47
表3.2.1-1	混合処理ケースの物質収支計算結果	52
表3.2.2-1	溶液系の核的制限値	55
表3.2.2-2	均質MOX系・無限円筒の核的制限値	73
表3.2.2-3	剪断機の剪断回数等	74
表3.2.2-4	各処理ケースの溶解槽の環状部（溶解部）の寸法	76
表3.2.2-5	主要機器リスト（ケースA）	79
表3.2.2-6	主要機器リスト（ケースB）	80
表3.2.2-7	主要機器リスト（ケースC）	81
表3.2.2-8	主要機器リスト（ケースD）	82
表3.2.2-9	主要機器リスト（ケースE）	83
表3.2.2-10	主要機器リスト（ケースF）	84
表3.2.2-11	主要機器リスト（ケースG）	85
表3.2.2-12	主要機器リスト（ケースH）	86
表3.2.2-13	主要機器リスト（ケースI）	87
表3.2.2-14	主要機器リスト（ケースJ）	88

表3. 2. 2-15 主要機器リスト（ケースK）	89
表3. 2. 2-16 主要機器リスト（ケースL）	90
表3. 2. 3-1 コア燃料・ブランケット燃料混合処理方式のケースの比較	123
表3. 3. 1-1 処理ケースの比較・評価	130

1. 緒 言

先進的湿式プラント（以下、本プラントと記す）は、動力炉・核燃料開発事業団殿（以下、事業団と記す）が、高速炉燃料サイクルコストの大幅な低減を目指して検討を進めているプラントであり、晶析法と改良型PUREX法を中心とした高速炉MOX使用済燃料の再処理施設と、ゲル化転換・振動充填方式による酸化物粒子燃料（高速炉コア燃料およびプランケット燃料）の製造を行う燃料製造施設とを合体させた、一体型の燃料サイクルプラントである。

『先進的湿式プラントの設計研究(Ⅱ) (1) 再処理・燃料製造施設一体化の検討』（以下、本設計研究と記す）は、昨年度実施された『先進的湿式プラントの設計研究』の成果をもとに、再処理・燃料製造施設一体化と、再処理施設のうちの前処理工程の構成に関して、更に詳細な検討を行うことを目的として、下記の評価・検討を実施したものである。

(1) 再処理・燃料製造施設一体化の得失評価

本プラントの付帯工程のうち、特に、プラント構成上（設置スペースおよび建設費の面）で大きな割合を占めると考えられる、廃液処理工程（中レベル廃液処理以降）および低放射性固体廃棄物処理工程の設備構成の再検討を行うとともに、この再検討結果および試薬・ユーティリティ設備等の他の付帯設備・補完設備に関する昨年度の設計研究結果に基づいて、本プラントとして、再処理施設と燃料製造施設とを一体化した場合の、メリット・デメリットの評価検討を行った。

(2) 前処理工程の検討

処理対象燃料であるコア燃料とプランケット燃料との混合を、前処理工程（解体・剪断工程から溶解工程、清澄・調整工程まで）で行う場合の設備構成について、混合位置や混合方法をパラメータとする複数のケースを設定し、各ケースを経済性、取扱い性（運転管理の容易性等）、安全性、実証性等の観点から比較・評価し、本プラントに適すると考えられる設備構成を検討した。

なお、評価・検討においては、昨年度実施された『先進的湿式プラントの設計研究』において検討・構築された本プラントの基本概念をベースとして、処理対象燃料の仕様や処理能力等の、検討・評価の前提条件は、昨年度の設計研究と同じとした。

2. 再処理・燃料製造施設の一体化の得失評価

2.1 廃液処理工程の設備構成の再検討

2.1.1 昨年度の設計研究における設備構成と課題

昨年度の設計研究における設備構成を図2.1.1-1～図2.1.1-3に示す。

また、課題として以下の点があげられている。

(1) 中レベル廃液処理工程

(i) アンモニア系廃液処理フローの開発

アンモニア系廃液の処理フローおよび機器（特に、硝酸アンモニウムの電解透析等）については、現在開発段階にあることから、引き続き研究開発が必要である。

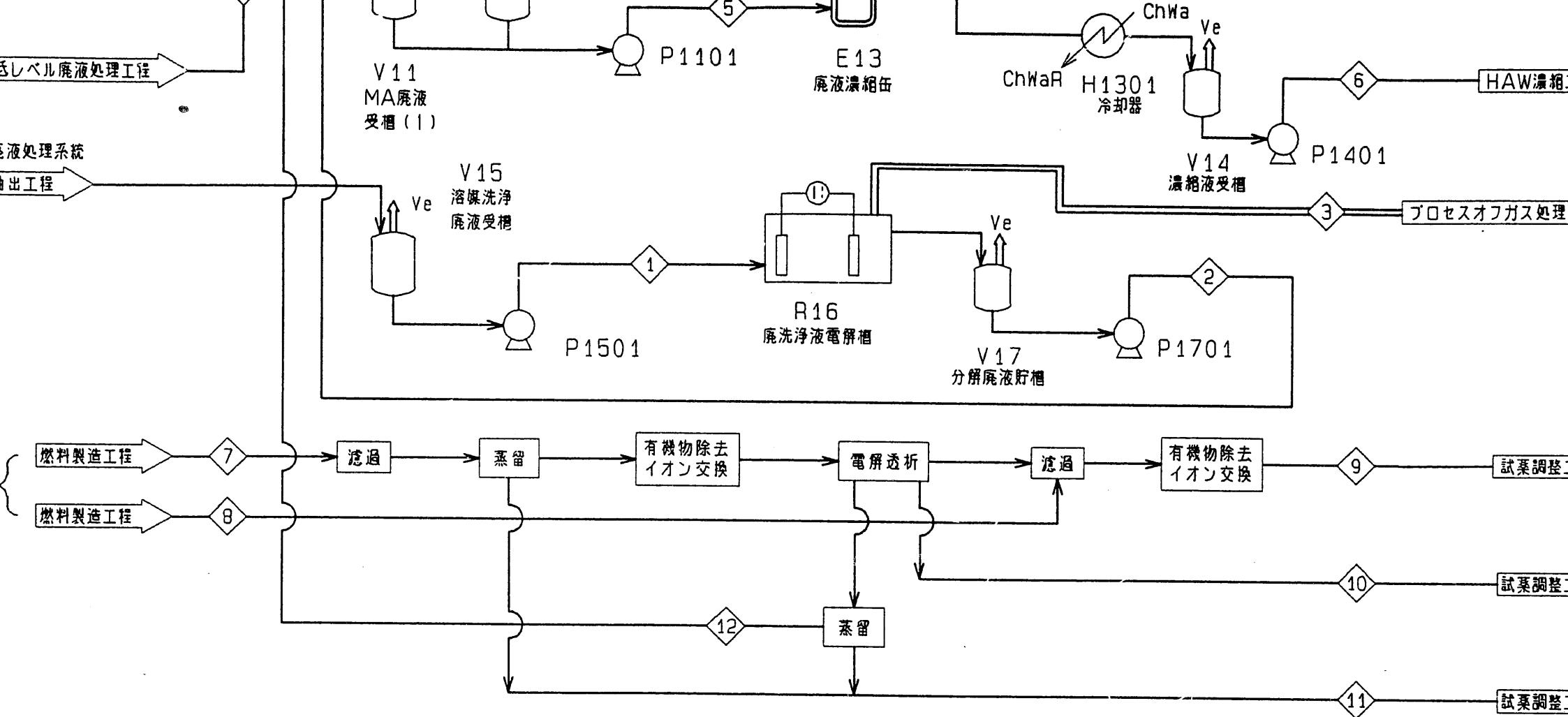
(2) 低レベルおよび極低レベル廃液処理工程

(i) 廃サンドおよび廃活性炭の処理の検討

サンドフィルタろ過および活性炭吸着から発生する、廃サンドおよび廃活性炭の処理が必要である。

(ii) 省エネルギーの観点から蒸発缶以外の処理フローの検討

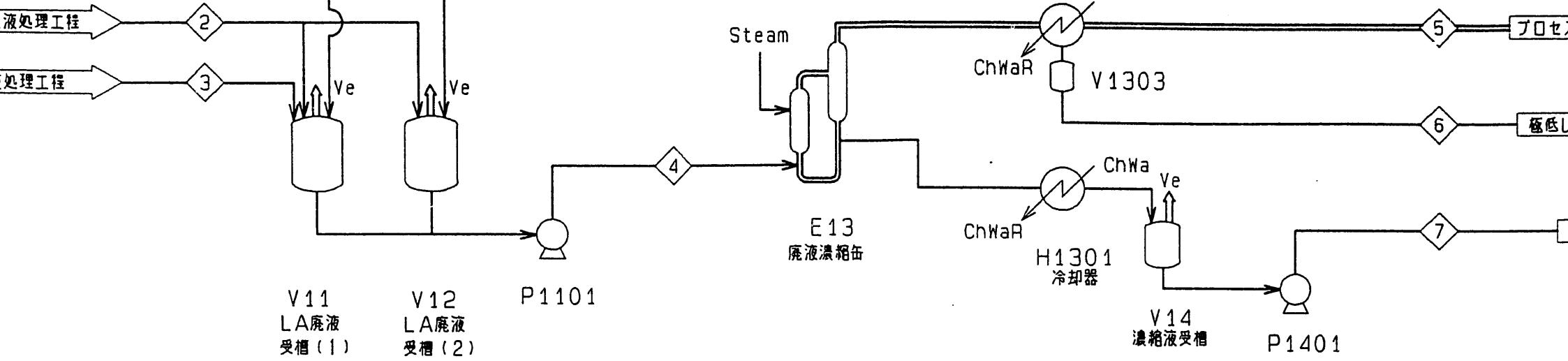
低レベルおよび極低レベル廃液処理工程では共に蒸発濃縮処理を採用したが、熱供給量が大きいため、省エネルギーの観点から他の処理方法の検討が必要である。



主要機器一覧

機器番号	V11, V12	E13	V14	V15
機器名称	MA廃液受槽	廃液濃縮缶	濃縮液受槽	溶媒洗浄受槽
主要仕様	堅置円筒型	垂直サモ	堅置円筒型	堅置円筒型
	5m ³	サイフォン型	200L	300L
	伝熱面積 9m ²			
主要材質	SUS304L	SUS304L	SUS304L	SUS304L
基 数	2	1	1	1
備 考				

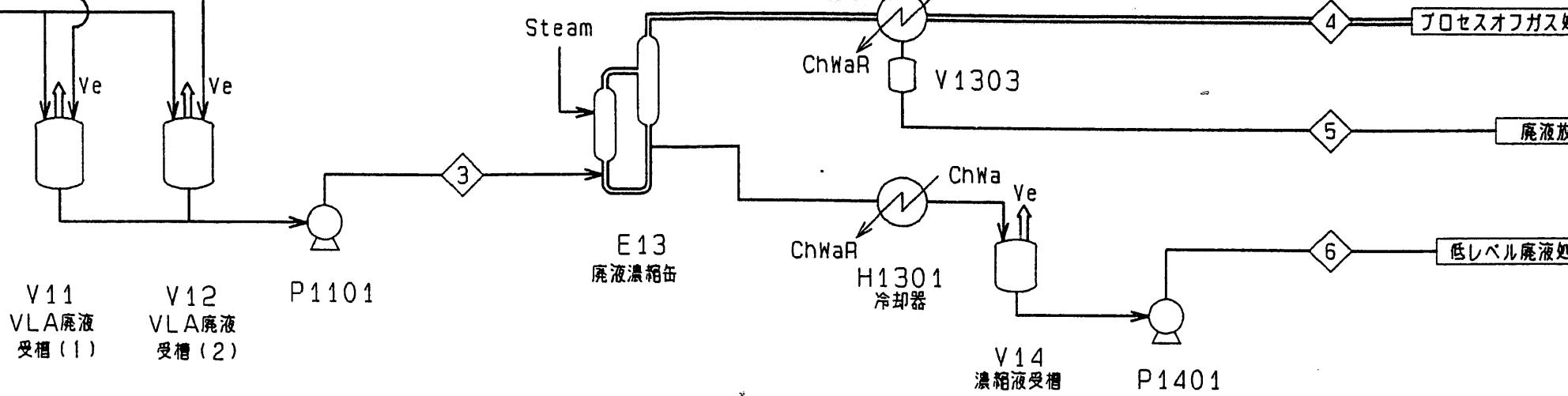
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
解液	オフガス	低レベル	供給液	濃縮液	アンモニア廃液	洗浄廃液	精製廃液	HNO ₃ 廃液	NH ₃ 廃液	硝安廃液
9E+02	4.04E+00	3.67E+02	6.17E+03	1.17E+02	3.49E+04	2.38E+03	2.31E+04	6.01E+03	5.72E+03	2.74E+03
0.05	—	0.79	0.05	2.55	0.19	—	—	6.0	—	—
8E-10	—	—	1.64E-11	8.63E-10	—	—	—	—	—	—
0E-13	—	—	1.23E-14	6.46E-13	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
流量の単位					HAWへ					



主要物流一覧

物流番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
物流名称	除染廃液等	極低レベル	中レベル	供給液	オフガス	凝縮液	濃縮液
流量 (t/d)	1.18E+04	7.98E+02	6.05E+03	1.86E+04	0	1.83E+04	3.67E+02
NO ₃ 濃度(N)	6.30E-03	0.27	—	0.02	—	—	0.79
J濃度(g/t)	—	—	—	—	—	—	—
Cl濃度(g/t)	—	—	—	—	—	—	—
シ量(kg/t)	—	—	—	—	—	—	—
備考	NaN ₃ 1.03E+01			NaN ₃ 1.03E+01		極低レベルへ 中レベルへ NaN ₃ 1.03E+01	

主要機器一覧



観

	①	②	③	④	⑤	⑥
除染廃液等	低レベル	供給液	オフガス	凝縮液	濃縮液	
2.16E+04	1.83E+04	3.99E+04	0	3.91E+04	7.98E+02	
0.01	-	5.37E-03	-	-	0.27	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
(t)	-	-	-	-	-	
				V21へ	低レベルへ	

主要機器一覧

機器番号	V11、V12	E13	V14
機器名称	VLA廃液受槽	廃液濃縮缶	濃縮液受槽
主要仕様	堅置円筒型	垂直サーモ	堅置円筒型
	20 m³	サイボン型	1 m³
	伝熱面積 56m²		
主要材質	SUS304L	SUS304L	SUS304L
基 数	2	1	1
備 考			

2.1.2 中レベル廃液処理工程の設備構成の再検討

(1) アンモニア系廃液処理フローの再検討

昨年度の設計研究では動燃殿のR & Dを基にプロセスブロックフローを構築した。

今年度はそれを基に主要機器のイメージを考慮したPFDを作成した。

作成したPFDを図2.1.2-1に示す。

なお、電解透析槽で得られたアンモニア成分はアンモニアと硝酸アンモニウムを分離するための蒸留塔（E23）の上段へフィードすることとして、水とアンモニアを分離するための蒸留塔を削除し、システムの簡素化を図った。

主な機器の型式は次のように想定した。

① 濾過機：フィルタプレスまたはベルトフィルタ

（設置スペースをさらに小さくする場合には遠心濾過機等も考えられる。）

② 蒸留塔：段塔

③ 有機物除去塔：活性炭吸着、イオン交換樹脂吸着または逆浸透膜

(2) 硝酸アンモニウムの防爆対策

中レベル廃液処理工程でのアンモニア系廃液の処理があり、その処理過程で硝酸アンモニウムが生成される。硝酸アンモニウムは発火燃焼性物質であり、その防爆対策について以下に述べる。

なお、硝酸アンモニウムが爆発の危険性を有するのは固体として存在する場合であり、水溶液として取り扱う場合には爆発の危険性はない。

硝酸アンモニウムは発火燃焼性物質（注1）の中の酸化性物質（注2）（更なる詳細分類によると酸化性塩類）である。

法規制上は以下のような物質に該当する。

① 消防法：第2条危険物第1種硝酸塩類第3種酸化性固体

② 労働安全衛生法：施行令別表1危険物（酸化性のもの）

次のような危険性を有している。

① 加熱・衝撃等により爆発

② 可燃物と混合すると可燃物を燃えやすくする

（注1）：火災または爆発を起こす危険性のある物質

（注2）：還元性物質または一般可燃物に対して強い酸化性をもつ物質

- ③ 紙くず、ぼろ、木材等の有機物との混合物を加熱すると爆発
- ④ 強酸類との混合物は衝撃により爆発
- ⑤ 油等の可燃性液体が混入したものは発火しやすい
- ⑥ 金属（亜鉛、アルミニウム、スズ等）が混入したものは発火しやすい
- ⑦ 硫酸アンモニウムとの混合物は爆発の可能性あり。

従って、硝酸アンモニウムの防爆対策としては、上記に挙げた物質等との接触を避けることが必要となり、容器を密閉し、換気の良い冷所に保管するのが良い。

中レベル廃液処理工程内で硝酸アンモニウムが発生する箇所は主に次のとおりである。（図2.1.2-1参照）

- ・蒸発缶(E23) 低部
- ・濃縮液受槽(V24)
- ・電解透析槽(R27)

いずれも水溶液系での取扱いであり、通常は防爆対策を施す必要はない。

但し、保守時に槽内の液をドレンした場合や漏えいが発生した場合には乾固や析出のおそれがある。

乾固や析出を防止する為には、ドレン時には槽内を十分に洗浄した後に保守を実施することで槽内への残留をなくす。また、漏えいが生じた場合には直ちに検知できる設計とし、乾固や析出を防ぐ必要がある。

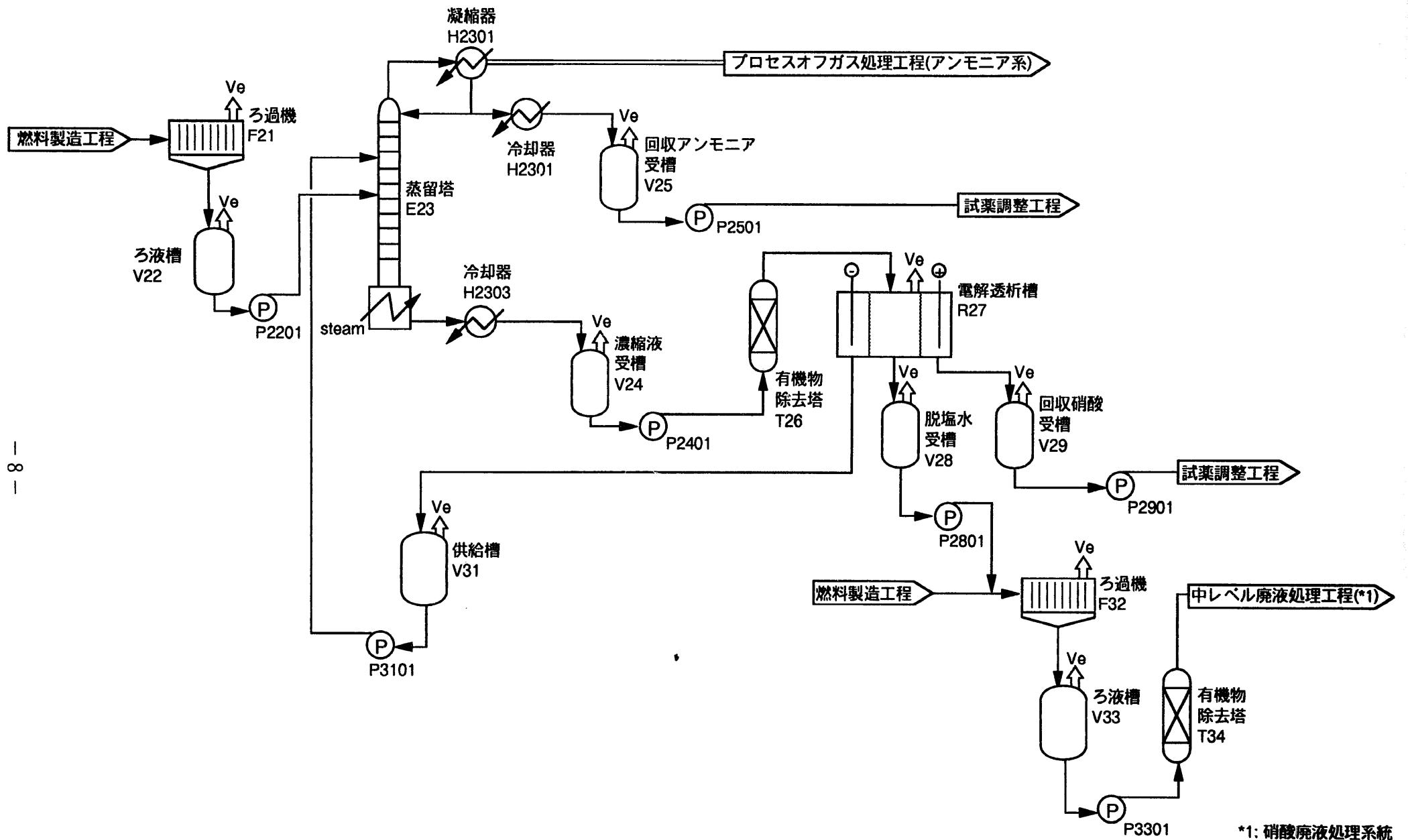


図 2.1.2-1 アンモニア廃液処理系統プロセスフローダイアグラム

*1: 硝酸廃液処理系統

2.1.3 低レベル・極低レベル廃液処理工程の設備構成の再検討

(1) 廃液放出設備における廃サンドおよび廃活性炭の処理の検討

参考として、廃液放出設備のPFDを図2.1.3-1に示す。

(i) 廃サンドの処理

サンドフィルタは放出前の油分の除去を主目的とした処理である。

サンドフィルタの概念図を図2.1.3-2に示す。

原則として、サンドフィルタのサンドは水および空気の逆洗により繰り返して使用が可能である。

油分10~20ppmの廃液を処理すると 2~5 ppm程度となる。

処理後の廃液中の油分が高い場合にはサンドを交換する。交換された廃サンドは低放射性固体廃棄物としてドラム缶に充填され、貯蔵、保管される。

交換頻度は廃液の性状等によるが、一般的に2~3年に1度である。

(ii) 廃活性炭の処理

活性炭吸着処理は廃サンドと同様、放出前の油分の除去を主目的とした処理である。また、サンドフィルタのサンドと同様に逆洗により繰り返して使用が可能である。処理後の廃液中の油分が高い場合には活性炭を交換する。廃活性炭は焼却処理され、その焼却灰は金属溶融体またはスラグ溶融体として固化体化し、低放射性固体廃棄物として処分される。

交換頻度は廃液の性状等によるが、一般的に2~3年に1度である。

(iii) 廃液処理における微量油分の除去法について

本設計では最も一般的なサンドフィルタおよび活性炭吸着を選定したが、他の方法として次のようなものがある。

- ① 活性汚泥法
- ② 膜分離法
- ③ 光触媒法

活性汚泥法とは微生物等による油分の分解を利用した処理法である。微生物を取り扱うことから処理環境の管理が重要であり、処理時間も比較的長く、また、大量処理を想定した場合の装置のモジュール化等に困難な点を有している。

膜分離法とは、精密ろ過(MF)、限外ろ過(UF)、逆浸透(RO)の総称であり、省エネルギーな処理法として近年注目されている。また、装置も非常にコン

パクトであり、運転費もかなり低い。

光触媒法とはある種の触媒の存在下で光を照射すると化学物質を安全かつ容易に分解するものであり、環境浄化に利用可能な1つの技術として台頭してきた方法である。光触媒としては、耐久性にすぐれ、無毒で安価な二酸化チタン(TiO_2)が使用されている。これに光を照射すると正孔が生成され、これと水と酸素との反応により非常に強い酸化力をもつOHラジカル(塩素やオゾンよりも強い酸化力を示す。)が生成される。このOHラジカルのエネルギーは120 kcal/molであり、有機物を構成する結合エネルギー(C-C: 83 kcal/mol / C-H: 99 kcal/mol / C-O: 84 kcal/mol)に比べて大きいため、これらの結合を容易に切断して分解することができる。

光としては蛍光灯のような弱い光でも十分に分解することが明らかになり、実用化が急速に近づいてきている。

R & Dの事例としては、次のような報告がある。

・田中啓一他：有機ハロゲン化合物の光触媒分解，

用水と廃水，38(4)，1996

・田中修三他：水中におけるフェノール類の光触媒分解に及ぼす

浮遊物質の影響，用水と廃水，38(5)，1996

・A. Wold : Photocatalytic Properties of TiO_2

Chem. Mater., 5, 280-283, 1993

・藤島 昭他：酸化チタン光触媒が活躍する

ファインケミカル，25(8)，1996

(2) 省エネルギーの観点から蒸発缶以外の処理フローの検討

主な廃液処理方法の比較を表2.1.3-1に示す。

スチームの消費量が多く、エネルギー効率の観点からは問題があるが、除染および減容効果を要求するのであれば、昨年度の結果同様に蒸発濃縮法が適切な処理方法である。

但し、排水の環境放出基準の設定値にもよるが、中レベル廃液処理工程でのDFが高く、低レベルおよび極低レベル廃液処理工程でのDFをあまり期待しなくて良い場合には、低レベルおよび極低レベル廃液処理工程での処理を蒸発濃縮から凝集沈殿に

変更することも可能である。この場合、廃液処理での濃縮缶は3基から1基となり、必要な蒸気量も約4000kg/hから約400kg/hと大幅に減少し、省エネルギーの観点からの効果は大である。但し、凝集沈殿スラッジの処理等の問題があり、二次廃棄物発生量の増大にもなり、大きなデメリットの1つとなる。

また、中レベル廃液処理工程でのDFが高い場合には、膜分離法の1つである逆浸透法による処理も考えられる。図2.1.3-3に示すように逆浸透法は膜分離法の中では、水溶液中の最小溶解成分であるイオンや有機物を分離することが可能である。

逆浸透法の原理図を図2.1.3-4に示す。また、海水淡水化プラントの一例ではあるが、そのエネルギー効率は表2.1.3-2に示すように大変良いものである。

エレメントも大変コンパクトであり、約5m³/日の処理量でも約100φ×約1000Lのエレメントが1本で十分である。

また、エレメントの寿命は処理液の性状にもよるが一般的に3年程度である。

なお、逆浸透法の特徴は次のとおりである。

- ① 溶解塩類の除去
- ② 省エネルギー型の分離方法
- ③ 有価物の回収・濃縮が可能（非加熱操作）
- ④ 装置がコンパクト
- ⑤ 運転管理が容易（メンテナンスが容易）

更に、逆浸透法の原子力産業への適用例（R&Dを含む）としては以下のものがある。

- ① 及川 安夫：限外ろ過膜／逆浸透膜フィルタの廃液処理への適用

FAPIG, 126, 42-46 1990

- ② W.T.Bourns : Reserve Osmosis Plant to Process CRNL Low Level

Radioactive Liquid Wastes

Proc. Annu. Conf. Can. Nucl. Soc., 2, 406-412, 1981

①は膜分離技術として限外ろ過膜と逆浸透膜フィルタについて、放射性廃液の処理システムとして適用する際に課題となる各々の処理法の除染性能や処理性能等を評価・検討した。その結果、高い除染性能（DF：100～1000）が得られたと報告されている。

②はCRNLに建設中（1981年当時）の廃棄物処理センターに30,000 m³/yの希釈

廃液を処理するための逆浸透工程があり、逆浸透法の実験結果と共に同プラントの概要が紹介されている。

他に吸着、遠心分離等の方法があるが、原子力施設の廃液処理としては、DFおよび処理量等から実際の処理法としては不適切であろう。

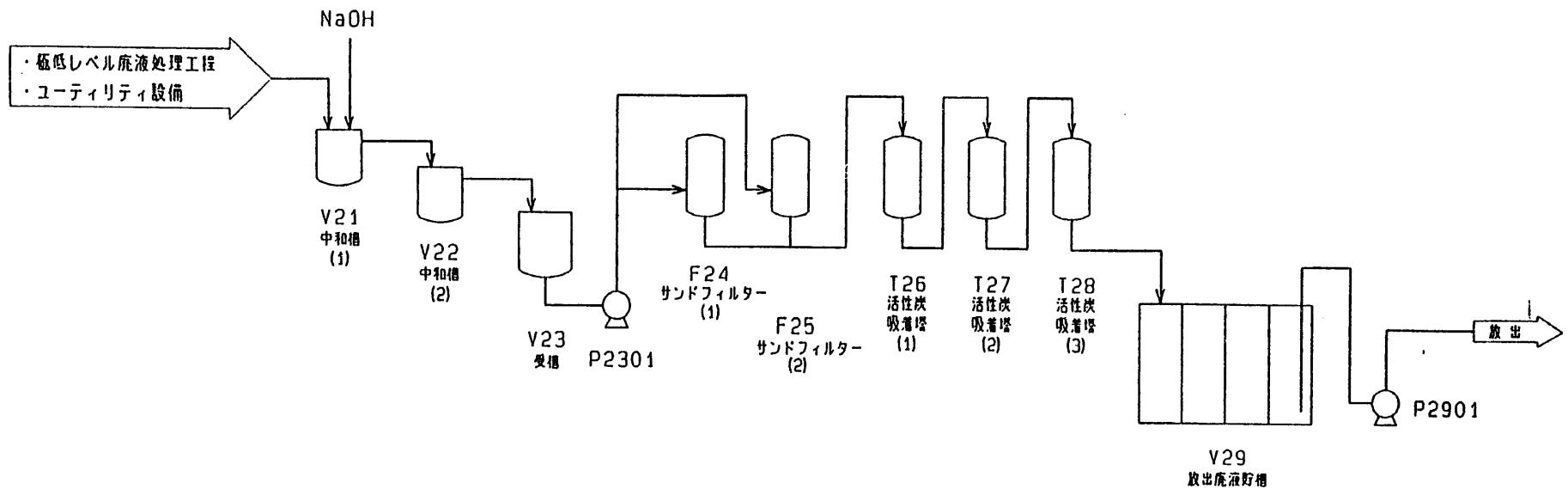


図2.1.3-1 廃液放出設備プロセスフローダイアグラム

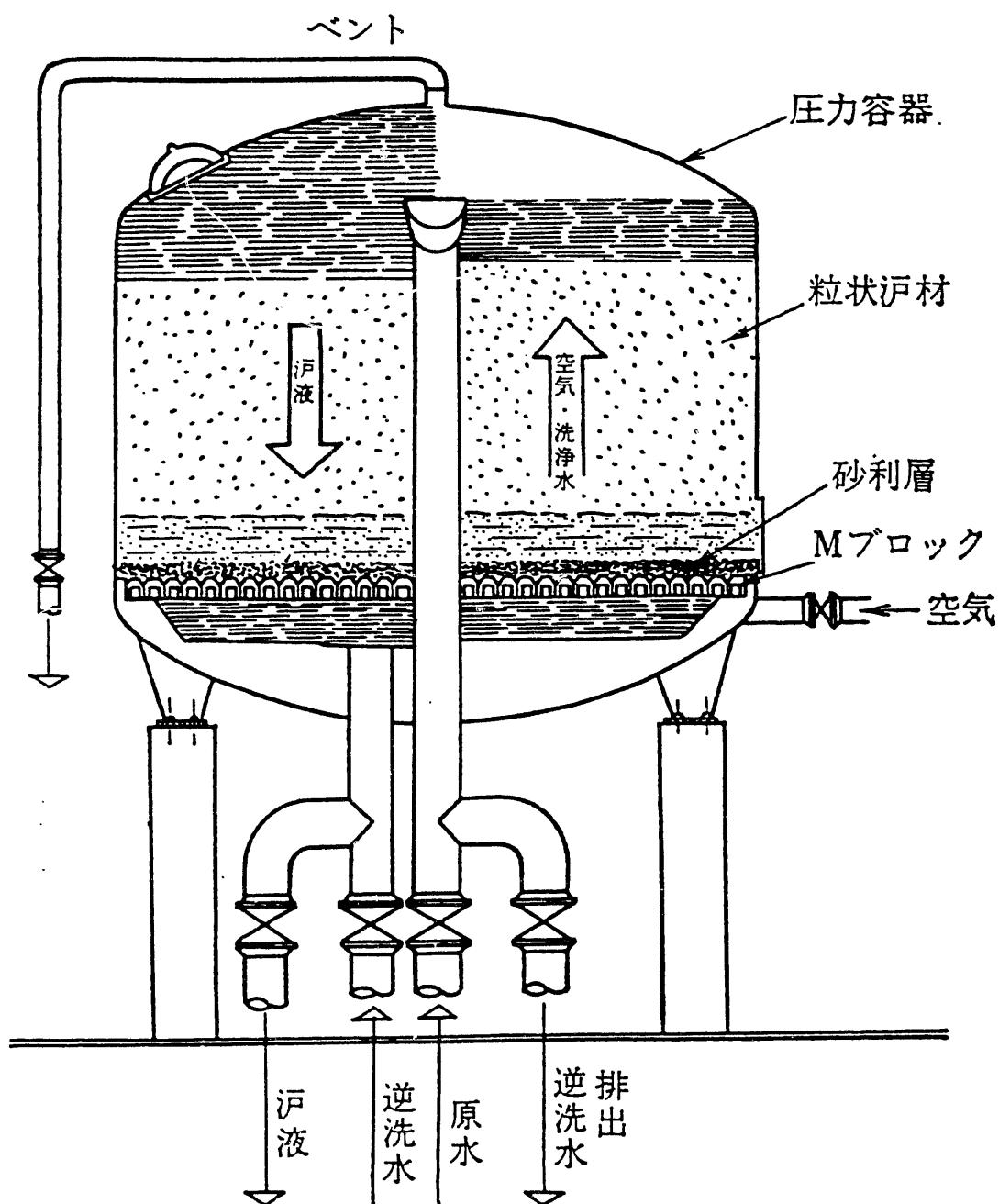


図2.1.3-2 サンドフィルタの概念図

大きさ (μm)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
分離対象	大腸菌 コレラ菌 ブドウ球菌	インフルエンザウイルス コロイド状シリカ	ポリオウイルス バイロジエン	・塩素イオン ・硝酸イオン ・ナトリウムイオン ・カルシウムイオン トリハロメタン	
分離方法	精密ろ過(MF)	限外ろ過(UF)		逆浸透(RO)	

※ $1\mu\text{m}$ は千分の1ミリメートル。

図 2.1.3-3 膜分離法とその分離対象

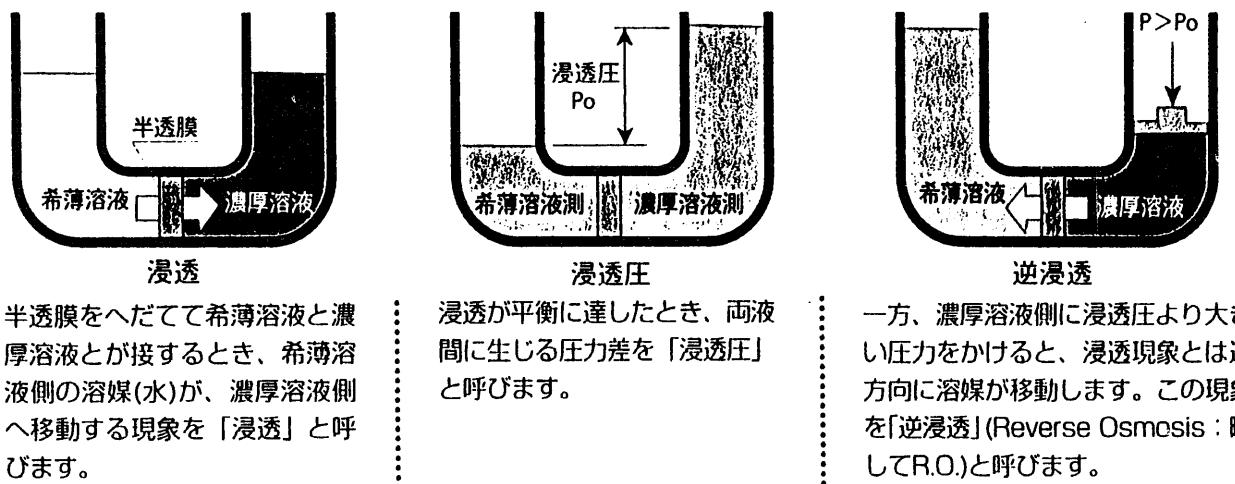


図 2.1.3 - 4 逆浸透の原理

表2.1.3-1 主な廃液処理方法の比較

比較項目	蒸発濃縮	逆浸透	限外ろ過	イオン交換	凝集沈殿	希釈
長 所	・DFが大きい ・非イオン核種にも適用	・溶解塩を除去 ・装置がコンパクト ・運転が容易 ・省エネルギー	・溶解塩を除去 ・装置がコンパクト ・運転が容易 ・省エネルギー	・適度なDF	・前処理に適用 ・大量の低レベル廃液に適用 ・懸濁粒子を含む廃液に最適	・放出前の最終的な処理法
短 所	・運転費が高い	・懸濁粒子を含む廃液に不適 ・膜の劣化(耐久性) ・付着物によるフアリング	・懸濁粒子を含む廃液に不適 ・膜の劣化(耐久性) ・付着物によるフアリング	・樹脂の再生又は廃棄が必要 ・樹脂が高価 ・塩又はSSを含む廃液には不適	・沈殿物の処理が必要(ろ過/脱水を含む)	・放出量の増大
DF	$10^4 \sim 10^5$	(~ 10^1)	(~ 10^1)	$10^1 \sim 10^3$	~ 10^1	~ 1
設置ベース	中	小	小	小	大	大
建設費	中	小	小	中	小	小
運転費	駆動動力	大	小	小	小	小
交換品等	—	中	中	大	中	小

* 1 {

(* 1) : 単位処理量当たりとして概略評価

表2.1.3-2 海水淡水化技術におけるエネルギー比較

(単位: k Wh/m³)

プロセス	所要エネルギー
理論値	0. 79
逆浸透法	3. 69
冷凍法	7. 93
電気透析法	35. 9
蒸発法	64. 2

出典: 鵜飼哲雄他, 燃料および燃焼, 47 (11), 865, (1980)

2.2 低放射性固体廃棄物処理工程の設備構成の再検討

2.2.1 昨年度の設計研究における設備構成と課題

昨年度の設計研究における設備構成を図2.2.1-1に示す。

また、課題として以下の点があげられている。

(1) 廃棄物発生量の把握

$\alpha/\beta\gamma$ 系それぞれの発生量を定量的に把握し、それに応じた処理設備を検討する必要がある。

(2) $\alpha/\beta\gamma$ の一体化処理の検討

(1)による各系統の発生量の評価結果により、どちらの系統の発生量が極端に小さい場合には、処理系統を統合し、1系列化することを検討する。

(3) 焼却溶融に対する閉じ込めの配慮

可燃性・難燃性・不燃性の廃棄物を一括して焼却溶融する方法は原子炉施設の低放射性固体廃棄物処理に開発されつつある技術であり、本設計対象の施設に適用するには、閉じ込め機能面等の技術開発・実証が必要である。

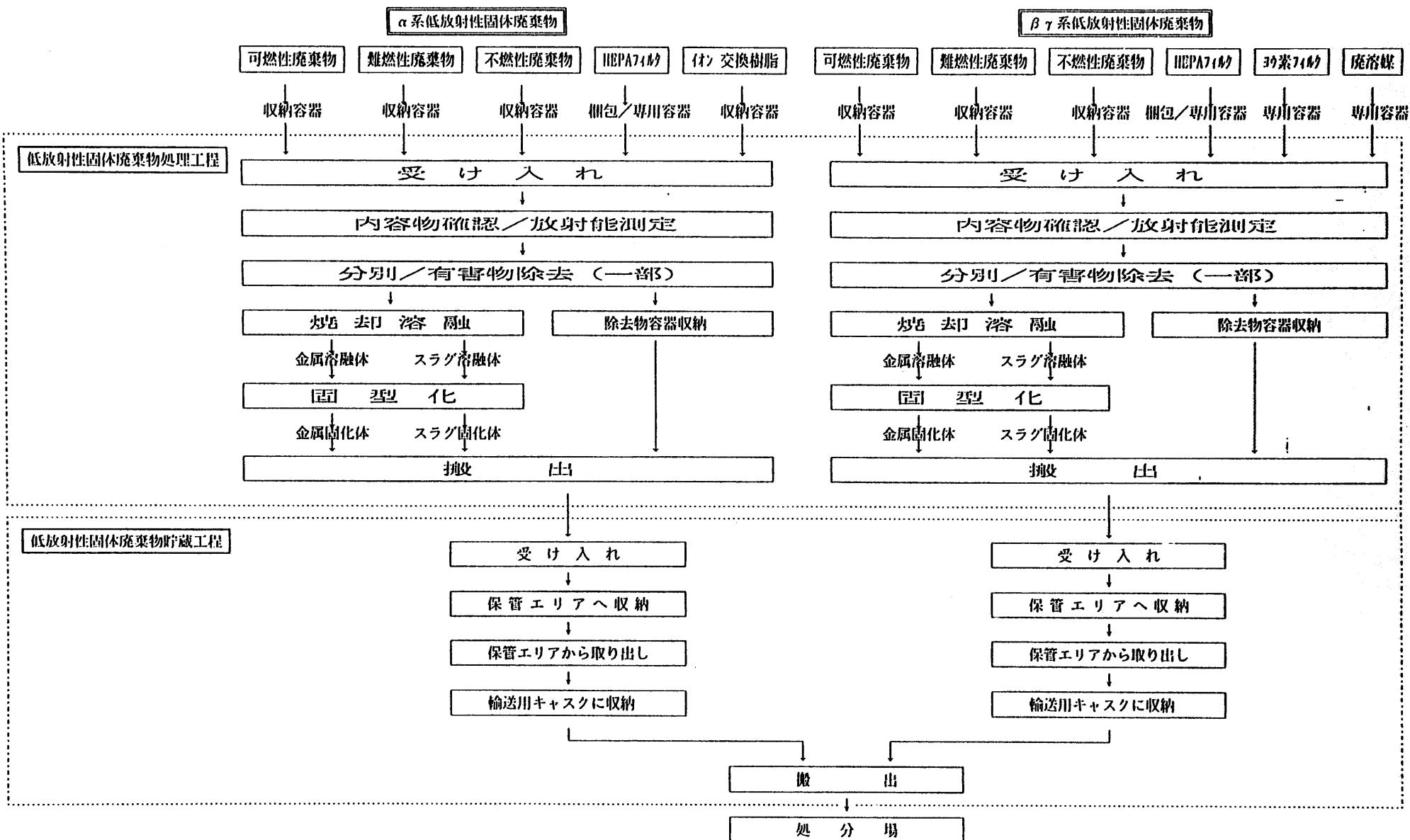


図2.2.1-1 低放射性固体廃棄物処理フロー

2.2.2 低放射性固体廃棄物処理工程の設備構成の再検討

(1) 廃棄物発生量の把握

本設計の対象となる施設と同等または類似の施設は存在しないため、本施設から発生する低放射性固体廃棄物の発生量を把握することは困難である。

ここでは、 α 系の廃棄物発生量が $\beta\gamma$ 系に比べて多いと想定されるので、 α 系の処理系統に $\beta\gamma$ 系を統合し、全体として1系列の処理設備とする。

(2) $\alpha/\beta\gamma$ の一体化処理の検討

昨年度の設計研究においては、 α 系および $\beta\gamma$ 系の2系統の処理設備を独立に設けている。

ここでは $\beta\gamma$ 系の廃棄物の発生量が極端に少ないと仮定し、処理設備を統合した場合を考える。

これにより設置スペースもほぼ半減する。

(3) 焼却溶融に対する閉じ込めの配慮

焼却溶融に対する閉じ込めの配慮としては、①オフガス系への移行、②装置本体の閉じ込め性の2つを考慮する必要がある。

(i) オフガス系への移行

Puのオフガス系への移行については、適切なガス冷却系およびフィルタシステム等の捕集設備を設置すれば特に問題はないと考えられる。

図2.2.2-1に焼却溶融炉オフガス系のブロックフローの一例を示す。

(ii) 装置本体の閉じ込め性

焼却溶融炉の構造は基本的に一般金属産業で用いられている方式と同様であり、加熱方式として、誘導加熱炉やプラズマ加熱等が考えられる。また、炉内の溶融物等は漏えいする事がない構造であり、焼却溶融時にPu等の放射性物質が漏えいする可能性はない。

なお、排気系へのPu等の移行については上記(i)で述べたようにフィルタ等を設置することで防ぐことができる。

(4) Ag電解酸化法による除染処理

固体廃棄物の焼却灰等からPuを回収する1つの方法として、ここではAg電解酸化法について述べる。

概念図を図2.2.2-2に示す。装置は、銀を酸化する電解部、溶液中に対象物を混

合させ、液の循環を行う混合部、そして溶解液からPuを回収する抽出部／逆抽出部からなる。

電解部にセットされた電極により、硝酸溶液中に溶けている銀イオンは1価から2価に酸化される。この2価の銀は酸化力が非常に強く、これにより対象物に含有または付着しているPuは溶解する。硝酸溶液中に溶けだしたPu溶液は溶解残渣との分離後、溶媒抽出により分離・回収される。溶解残渣は乾燥後、固体廃棄物として処理される。

なお、2価の銀は酸化力が非常に高いため、構造材としてステンレス鋼は不適切である。チタン等の耐食材料を使用する必要がある。

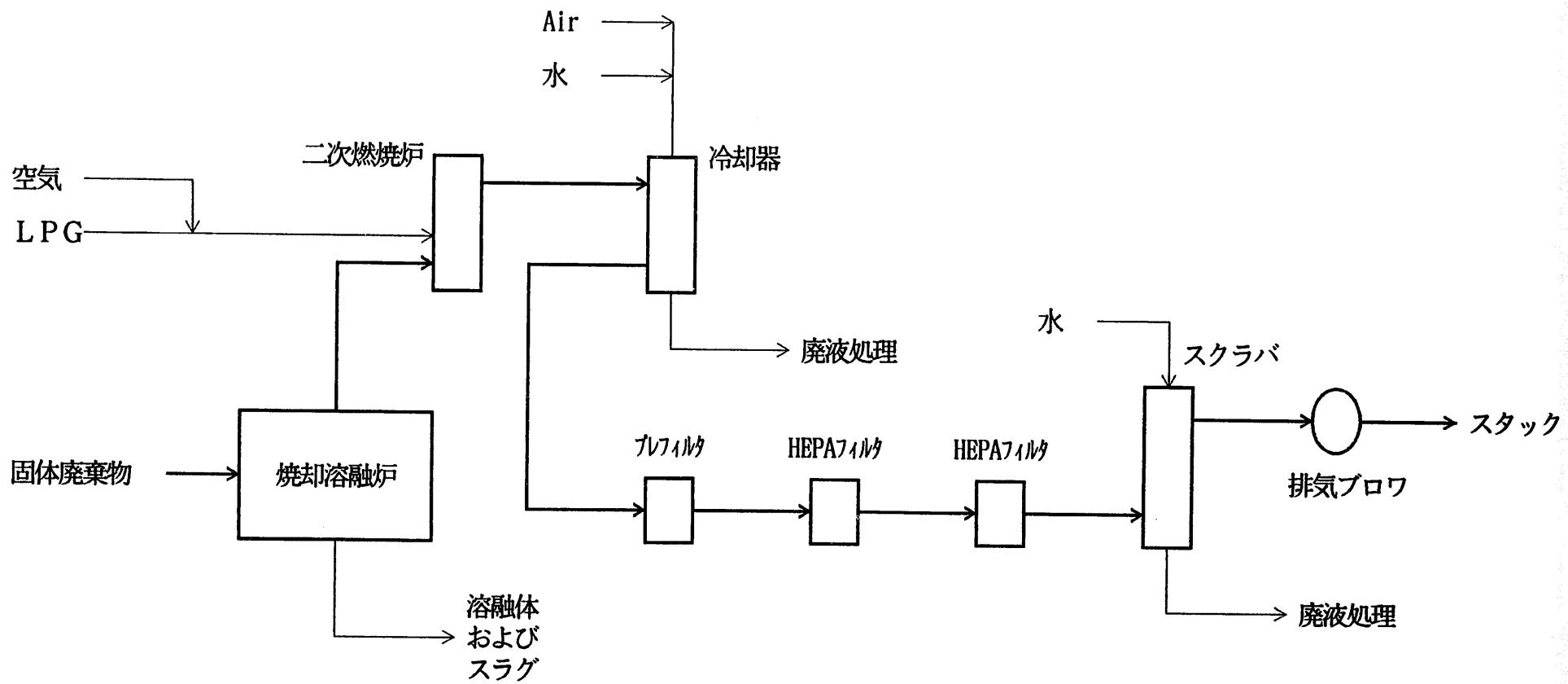


図 2.2.2-1 焼却溶融炉オフガス系のブロックフロー

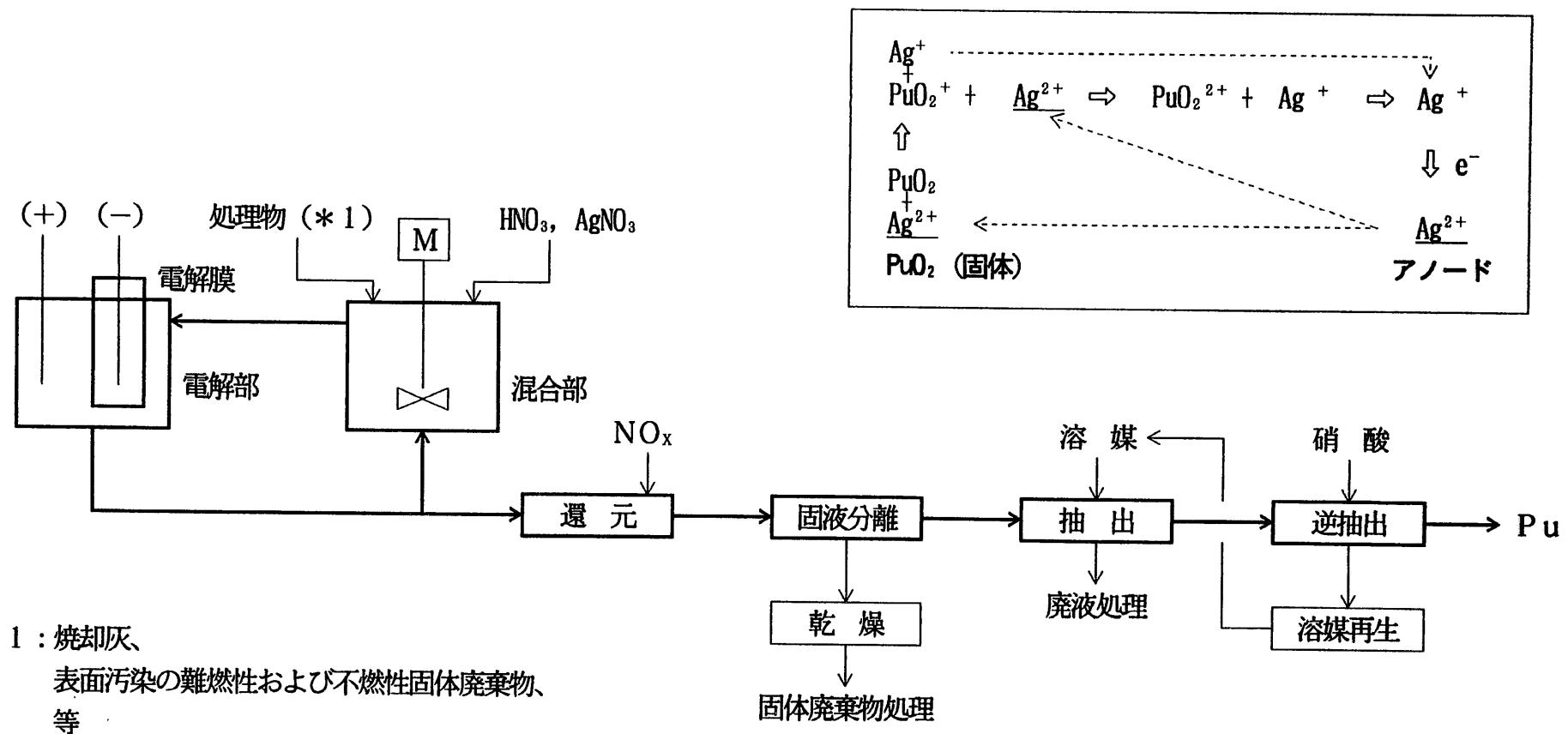


図 2.2.2-2 Ag 電解酸化法の概念図

2.3 評価対象設備

2.3.1 試薬・ユーティリティ設備の設備構成の考え方

ここでは、次章2.4にて一体化の得失評価をする上で比較的共有化のメリットが期待できる標記の2つの設備について、その設備構成を整理する。

(1) 試薬設備の設備構成の考え方

試薬設備は基本的に購入試薬または回収試薬の受入れ・濃度調整・プロセスへの供給の3つの機能を有するものとし、試薬の製造機能は持たないものとする。

また、回収試薬としては回収硝酸および回収アンモニアがあり、それぞれ以下の工程から回収される。

① 回収硝酸：せん断・溶解オフガス処理工程

脱硝転換工程

製品蒸発濃縮工程

HAW廃液濃縮工程

② 回収アンモニア：燃料製造工程（ゲル化転換工程）

なお、基本的にこれら試薬設備の設備構成の考え方とは、昨年度の設計研究における設備構成と同じである。

(2) ユーティリティ設備の設備構成の考え方

圧縮空気製造設備については計装用とプロセス用の2系統の設備を設置する。

なお、基本的にユーティリティ設備の設備構成の考え方とは、昨年度の設計研究における設備構成と同じである。

2.3.2 評価対象設備と共用化の範囲

(1) 評価対象設備

得失評価をする上での対象となる施設・設備を整理すると次のとおりとなる。

(1) 再処理主要工程 :

使用済燃料受入れ工程、使用済燃料一時貯蔵工程、解体・せん断工程、溶解工程、清澄・調整工程、晶析工程、抽出工程、脱硝転換工程、製品濃縮工程

(2) 再処理付帯工程 :

せん断・溶解オフガス処理工程、酸回収工程、HAW廃液処理工程、ガラス固化工程、ガラス固化体貯蔵工程、高放射性固体廃棄物取扱工程、高放射性固体廃棄物貯蔵工程、リワーク工程

(3) 燃料加工主要工程 :

原料受入れ工程、原料調整工程、ゲル化転換工程、焼結工程、振動充填
燃料製造工程、燃料検査工程、燃料組立て工程、燃料払い出し工程

(4) ブランケット燃料製造工程 :

ブランケット燃料転換・造粒工程、ブランケット燃料焼結工程、ブランケット燃料振動充填工程、ブランケット燃料検査工程、ブランケット燃料組立て工程

(5) 再処理・燃料加工共通付帯工程 :

中レベル廃液処理工程、低レベル廃液処理工程、極低レベル廃液処理工程、プロセスオフガス処理工程、試薬調整工程、ユーティリティ設備およびその他の付帯工程・補完設備

(2) 共通設備

再処理・燃料製造施設一体化の場合の共通設備を確認するために、両施設で使用する試薬およびユーティリティを、表2.3.2-1および表2.3.2-2に示す。

両施設に共通なものは次のとおりである。

① 試薬 : なし

② ユーティリティ : 純水、圧縮空気、冷媒

ユーティリティ設備に関しては一体化のメリットがあるが、試薬については共通なものは皆無であり、一体化のメリットはない。

また、その他の付帯設備・補完設備についても一体化の得失を評価した。上記の2設備と合わせて結果を表2.3.2-3に示す。

基本的に原子力施設として必要とされる各付帯設備・補完設備については、2つの建屋が1つになるという視点での共用化のメリットはある。

しかし、主要プロセスに関する試薬・ユーティリティ等の設備においては、純水、圧縮空気、冷媒を除いて、共用化できるものはない。

逆に、廃液処理やセル・グローブボックス系換排気設備においては、取り扱う溶液系が異なる（硝酸系／アンモニア系）ため、別々の処理設備が必要となり、メリットは得られない。

表2.3.2-1 本施設の試薬

試薬名	再処理	燃料製造	試薬名	再処理	燃料製造
硝酸	○		n-ドекан	○	
HAN	○		アンモニア		○
N ₂ H ₄	○		ホルマリン	○	
炭酸ナトリウム	○		PVA		○
炭酸ヒドロゲン	○		THF		○
TBP	○		リン酸	○	

表2.3.2-2 本施設のユーティリティ

試薬名	再処理	燃料製造	試薬名	再処理	燃料製造
冷却水	○		冷媒	○	○
冷水	○		アンモニアガス		○
純水	○	○	アルゴンガス		○
温水	○		窒素		○
蒸気	○		ヘリウムガス		○
圧縮空気	○	○	LPGガス		○

表2.3.2-3 一体化に関する共有設備の評価

工程・設備名称	評価	主な内容
廃液処理工程	-	・燃料製造独自のアンモニア系廃液の処理が必要
プロセスオフガス処理工程	○/-	・粉体系等のオフガス系統が共有化でき、一体化のメリット有り。 ・溶液系が異なるため、個別の系統が必要となる。
試薬調整工程	-	・2つの工程で共有している試薬は無いので一体化への影響は無い。
ユーティリティ設備	○	・2つの工程で共有しているユーティリティはわずかであるが、一体化のメリットがある。
セル・グローブボックス系換排気設備	-	・溶液系が異なるため、個別の系統が必要となる。
サンプリング・分析設備	○	・共用化により分析設備等の設置スペース等の削減可能
計装制御設備	○	・共用化により中央制御室等の設置スペース等の削減可能
放管設備	○	・共用化により設置スペース等の削減可能
電気設備	○	・共用化により設置スペース等の削減可能
低放射性固体廃棄物処理工程	○	・共用化により設置スペース等の削減可能
低放射性固体廃棄物貯蔵工	○	・共用化により設置スペース等の削減可能
建屋管理区域系換排気設備	○	・共用化により設置スペース等の削減可能
廃液放出設備	○	・共用化により設置スペース等の削減可能

(凡例) ○: メリット有り
 ×: デメリット有り
 -: メリット無し

2.4 再処理・燃料製造施設一体化の得失評価

2.4.1 評価の前提条件と視点

比較項目を以下のとおり設定する。

- ① 設置スペース
- ② 建設費
- ③ 運転費
- ④ 付帯設備の共用化
- ⑤ 廃棄物発生量
- ⑥ 許認可性
- ⑦ 計量管理／保障措置

2.4.2 再処理・燃料製造施設の一体化の得失評価

上記の7項目について一体化の得失について述べる。

(1) 設置スペース

付帯設備のうち次の設備については、再処理／燃料製造の両施設で個別に設置する必要がなく、共用化のメリットがあり、設備の設置エリアの減少が期待できる。

- ① ユーティリティ設備（純水、圧縮空気、冷媒）
- ② プロセスオフガス処理工程
- ③ その他の付帯設備
(サンプリング・分析設備／計装制御設備／電気設備／
低放射性固体廃棄物処理工程／低放射性固体廃棄物貯蔵工程／
建屋管理区域系換排気設備／廃液放出設備)

また、上記の設備およびその設置エリアが減少することに伴い、換排気設備の設置エリアの減少が期待できる。

なお、2つの施設を統合することにより、以下のエリアも1つに統合され、建屋としての床面積の減少も期待できる。

- ・電気室／更衣室／放管室／中央制御室／資材置場等

(2) 建設費

(i) 機電

上記(1)のように共有化可能な設備があり、その設備の関する機電工事費の減少が期待できる。

また、換排気設備についても同様に機電工事費の減少が期待できる。

(ii) 建屋

上記(1)のように設置エリアの減少により建屋の延べ床面積が減少し、建設費の減少が期待できる。

(3) 運転費

上記(1)のように共有化可能な設備があり、その設備に関する駆動動力費および保守費の低減が期待できる。

また、全体として建屋が小さくなり、換排気設備の負荷が減少することにより、換排気設備の駆動動力の減少も期待できる。

(4) 付帯設備の共用化

(i) 試薬調整工程

再処理／燃料製造の2つの施設で共有する試薬は無いので、一体化によるメリットはない。

(ii) ユーティリティ設備

ユーティリティ設備のうち以下のものは2つの施設で共通して使用しており、一体化のメリットがある。

- ① 純水
- ② 圧縮空気
- ③ 冷媒

(iii) プロセスオフガス処理工程

再処理／燃料製造の2つの施設では取り扱う溶液系が異なる（硝酸系／アンモニア系）ので、槽類オフガス系は別々に設置する必要があり、本工程の設備・機器および設置エリアとしては一体化のメリットはない。

一方、粉体移送系に関しては共用化が期待でき、オフガス処理系の統合化ができるのでメリットがある。

(iv) 廃液処理工程

再処理／燃料製造の2つの施設では取り扱う溶液系が異なる（硝酸系／アンモニア系）ので、廃液の処理設備を別々に設置する必要があり、本工程の設備・機器および設置エリアとしては一体化のメリットはない。

(v) 建屋換気設備

再処理／燃料製造の2つの施設を統合することにより、換気系統の統合が可能であり、排風機やフィルタユニットの減少が期待できる。

また、系統の統合化により換気ダクトの数の減少も期待でき、本設備の設置エリアの減少が十分期待できる。

(vi) セル・グローブボックス換気設備

再処理／燃料製造の2つの施設では取り扱う溶液系が異なる（硝酸系／アンモニア系）ので、セル・グローブボックス換気設備を別々に設置する必要があり、本設備の機器および設置エリアとしては一体化のメリットはない。

(5) 廃棄物発生量

上記(1)で述べたように付帯設備数が共用化により減少するに伴い、保守時に発生する可能性のある廃棄物の減少が期待できる。

また、換気設備の縮小に伴い、使用済のフィルタユニットの発生量の減少が若干ながら期待できる。

(6) 許認可性

現状の法体系では再処理と燃料製造（加工）の2つの規制が考えられ、一体化の場合には安全評価上では厳しい、再処理側での評価が加工施設側にも要求される可能性がある。

また、再処理／燃料製造と個別に審査を受けたとしても、一部の評価においては両方の施設・設備を加味した評価を必要とするものがあり、審査上の作業量が増大する。

更に、施設の運開後においても各種の記録（排気／排水／放管関係等）を提出する際に、再処理／燃料製造の区別をすることは困難である。

なお、本施設のような新しい区分の原子燃料サイクル施設に対応する新たな法体系の整備も必要である。

(7) 計量管理／保障措置

現状の法体系では再処理と燃料製造の2つの事業（施設）が認知されており、本研

究のような両者を統合した施設は前例として存在しないが、実際の計量管理上は再処理と加工の2つのエリア毎に従来どおりの溶液系／粉体系を基本とした管理を行うと考えられるので、特に問題はない。

一方、計量管理手法や査察手法等について IAEA 等との交渉の際には1つの施設として実施できるメリットがある。

上記の評価結果をまとめたものを表2.4.2-1に示す。

総合的には、評価項目のうちメリットにマーキングされたものの方が多く、一体化のシナリオが有意義であることが改めて確認される。

但し、プロセスオフガス処理工程、廃液処理工程等では再処理と燃料加工とで取扱い液組成が大きく異なることから、固有の処理系が必要となり、一体化のメリットが得られない工程もある。

表2.4.2-1 再処理・燃料製造施設の一体化の得失評価

No.	項目	メリット	デメリット	リスク	内 容
1	設置スペース	○			・付帯設備（ユーティリティ・廃ガス処理等）の共有化による付帯設備設置エリアの減少 ・建屋換気設備の合理化も期待できる。
2	建設費	○			・付帯設備（ユーティリティ・廃ガス処理等）の共有化による付帯設備設置エリアの減少 ・建屋換気設備の合理化も期待できる。
3	運転費	○			・付帯設備（ユーティリティ・廃ガス処理等）の共有化による保守費の低減 ・建屋換気設備の合理化も期待できる。 ・再処理製品の運搬（所内外）の不用
付帯設備の共用化	試薬			○	・2つの施設で共用している試薬は無いので、一体化への影響は無い。
	ユーティリティ	○			・2つの施設で共用しているユーティリティは僅かであるが有り、若干のメリットが有る。
	オフガス処理	○		○	・粉体系等のオフガス系統が共有でき、一体化のメリット有り。 ・2つの溶液系（硝酸／アンモニア）が存在するため、別々の処理設備が必要
	廃液処理			○	・2つの溶液系（硝酸／アンモニア）が存在するため、別々の処理設備が必要
	建屋換気	○			・個別にフィルタユニットや排風機を持つ必要が無く、メリットがある。
	セル・GB換気			○	・2つの溶液系（硝酸／アンモニア）が存在するため、別々の処理設備が必要
	放管設備	○			・個別に各設備等を持つ必要が無く、メリットがある。
	電気計装設備	○			
	非常用発電機	○			
5	廃棄物発生量	○			・付帯設備（ユーティリティ・オフガス処理等）の共有化により、ユーティリティを中心とした保守時の廃棄物発生量の低減 ・建屋換気設備の合理化も期待できる。
6	許認可性		○		・各種基準の再処理側への引き上げ ・加工／再処理の2重の審査 ・記録の分割が困難
7	計量管理・保障措置	○			・IAEA等への交渉が1本化する。

3. 前処理工程の検討

処理対象燃料であるコア燃料とプランケット燃料との混合を、前処理工程で行う場合の設備構成を検討する。

昨年度の設計研究においては、コア燃料集合体（軸方向プランケット燃料を含む）と径方向プランケット燃料集合体とを、それぞれ、別系統の剪断機・溶解槽で処理し、溶解槽から出てきた溶解液を溶解槽出口（清澄工程の前）で混合するものとして、設備概念を構築した。

本検討においては、コア燃料とプランケット燃料との混合を、前処理工程（解体・剪断工程から清澄・調整工程まで）で行う場合の混合処理方式に関して、混合位置や混合方法をパラメータとする複数のケースを設定し、各ケースを経済性、取扱い性（運転管理の容易性等）、安全性、実証性等の観点から比較・評価し、本プラントに適すると考えられる設備構成を検討する。

3. 1 検討の前提条件

3. 1. 1 処理対象燃料および処理能力等

検討の前提とする処理対象燃料および処理能力は、昨年度の設計研究において使用した設計条件と同じく、下記のとおりとする。

(1) 処理対象燃料

処理対象燃料は、高速炉使用済み燃料（コア燃料およびプランケット燃料）である。使用済燃料の基本仕様を設定するために想定した、高速炉（130万kWe級バイパック燃料高速炉）炉心の基本仕様を、表3. 1. 1-1 に示す。

また、処理対象となる使用済燃料の基本仕様を、表3. 1. 1-2 に示す。

冷却期間は、コア燃料集合体（コア燃料+軸方向プランケット燃料）、径方向プランケット燃料集合体とともに、炉出し後、3.0年とする。

なお、炉1基当たりの使用済燃料のHM量（装荷燃料ベース）は、

- ・コア燃料 : 5.528 MT/年
- ・軸方向プランケット燃料 : 4.136 MT/年
- ・径方向プランケット燃料 : 3.469 MT/年 となる。

表3.1.1-1 想定した高速炉炉心の基本仕様

項目		単位	コア燃料	軸方向ブランケット燃料	径方向ブランケット燃料
炉心	集合体数	体	426 (内炉心 216, 外炉心 210)		78
	集合体ピッチ	mm	173.9		173.9
炉心運転	熱出力 *1	W	2.946E+09	2.162E+08	4.637E+07
	出力分担率*2	%	91.8	6.7	1.4
	取替バッチ数	—	5		3
	取替体数/バッチ	体/B	85.2		26
	取替体数/年	体/y	66.9		20.4
	運転パターン	日	396日運転, 69日停止		
	燃焼日数	日	1,980		1,188
	燃焼度	MWd/t	165,000	16,300	4,160
炉1基当たりの使用済燃料 *3					
	U+Pu重量	g/年	4.550E+06	4.055E+06	3.450E+06
	fissile重量	g/年	5.954E+05	2.371E+05	1.178E+05
注 *1) 熱出力 全炉心合計 3.199E+09 [W] *2) 全炉心合計 100% *3) 全炉心合計 U+Pu重量 1.206E+07 [g/年] fissile重量 9.502E+05 [g/年]					

表3.1.1-2 使用済み燃料の基本仕様 (1/3) コア燃料

コア燃料 : 5.528 MTHM当たり (炉装荷燃料ベース) 集合体数 : 66.9 体

冷却期間 : 3.0 年

	5.528 MTHM当たり				1.0 MTHM当たり				集合体1体当たり				
	組成 [g]	放射能 [Ci]	放射能 [Bq]	発熱量 [W]	組成 [g]	放射能 [Ci]	放射能 [Bq]	発熱量 [W]	組成 [g]	放射能 [Ci]	放射能 [Bq]	発熱量 [W]	
U	3.53E+06	1.45E+02	5.36E+12	6.07E-01	6.39E+05	2.62E+01	9.69E+11	1.10E-01	5.28E+04	2.16E+00	8.01E+10	9.08E-03	
Pu	1.02E+06	5.88E+06	2.17E+17	1.56E+04	1.84E+05	1.06E+06	3.93E+16	2.82E+03	1.52E+04	8.78E+04	3.25E+15	2.33E+02	
Np	2.90E+03	3.61E+03	1.33E+14	8.89E+00	5.24E+02	6.52E+02	2.41E+13	1.61E+00	4.33E+01	5.39E+01	1.99E+12	1.33E-01	
Am	4.48E+04	1.12E+05	4.16E+15	3.09E+03	8.11E+03	2.03E+04	7.52E+14	5.60E+02	6.79E+02	1.68E+03	6.21E+13	4.62E+01	
Cm	4.57E+03	3.77E+05	1.40E+16	1.33E+04	8.26E+02	6.82E+04	2.52E+15	2.41E+03	6.83E+01	5.64E+03	2.09E+14	1.99E+02	
アクチニド計	4.60E+06	6.37E+06	2.36E+17	3.20E+04	8.32E+05	1.15E+06	4.26E+16	5.79E+03	6.87E+04	9.52E+04	3.52E+15	4.78E+02	
Kr	6.16E+03	1.25E+05	4.61E+15	1.86E+02	1.11E+03	2.25E+04	8.33E+14	3.37E+01	9.20E+01	1.86E+03	6.89E+13	2.79E+00	
Xe	1.18E+05	1.77E-08	6.56E+02	3.25E-11	2.14E+04	3.21E-09	1.19E+02	5.88E-12	1.77E+03	2.65E-10	9.81E+00	4.86E-13	
希ガス計	1.24E+05	1.25E+05	4.61E+15	1.86E+02	2.25E+04	2.25E+04	8.33E+14	3.37E+01	1.86E+03	1.86E+03	6.89E+13	2.79E+00	
ヨウ素	8.72E+03	1.12E+00	4.16E+10	5.20E-04	1.58E+03	2.03E-01	7.52E+09	9.41E-05	1.30E+02	1.68E-02	6.22E+08	7.78E-06	
F	Mo	8.03E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.45E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.20E+03	0.00E+00	0.00E+00	
Tc	1.99E+04	3.39E+02	1.25E+13	1.70E-01	3.61E+03	6.13E+01	2.27E+12	3.08E-02	2.98E+02	5.07E+00	1.88E+11	2.54E-03	
P	Ru	7.65E+04	1.97E+06	7.27E+16	1.17E+02	1.38E+04	3.55E+05	1.32E+16	2.11E+01	1.14E+03	2.94E+04	1.09E+15	1.75E+00
Rh	2.19E+04	1.97E+06	7.27E+16	1.89E+04	3.96E+03	3.56E+05	1.32E+16	3.41E+03	3.27E+02	2.94E+04	1.09E+15	2.82E+02	
Pd	6.82E+04	6.10E+00	2.26E+11	3.61E-04	1.23E+04	1.10E+00	4.08E+10	6.54E-05	1.02E+03	9.11E-02	3.37E+09	5.40E-06	
白金族計	2.67E+05	3.93E+06	1.45E+17	1.90E+04	4.83E+04	7.11E+05	2.63E+16	3.43E+03	3.99E+03	5.88E+04	2.17E+15	2.84E+02	
Sr	1.15E+04	8.88E+05	3.29E+16	1.03E+03	2.08E+03	1.61E+05	5.95E+15	1.87E+02	1.72E+02	1.33E+04	4.91E+14	1.54E+01	
Cs	9.56E+04	3.69E+06	1.37E+17	1.52E+04	1.73E+04	6.68E+05	2.47E+16	2.74E+03	1.43E+03	5.52E+04	2.04E+15	2.27E+02	
Sr/Cs計	1.07E+05	4.58E+06	1.70E+17	1.62E+04	1.94E+04	8.29E+05	3.07E+16	2.93E+03	1.60E+03	6.85E+04	2.53E+15	2.42E+02	
その他	3.98E+05	7.59E+06	2.81E+17	2.48E+04	7.19E+04	1.37E+06	5.08E+16	4.48E+03	5.94E+03	1.13E+05	4.20E+15	3.70E+02	
FP合計	9.05E+05	1.62E+07	6.01E+17	6.01E+04	1.64E+05	2.94E+06	1.09E+17	1.09E+04	1.35E+04	2.43E+05	8.98E+15	8.99E+02	

表3.1.1-2 使用済み燃料の基本仕様 (2/3) 軸方向ブランケット燃料

軸方向ブランケット燃料 : 4.136 MTHM当たり (炉装荷燃料ベース) 集合体数 : 66.9 体

冷却期間 : 3.0 年

	4.136 MTHM当たり				1.0 MTHM当たり				集合体1体当たり				
	組成 [g]	放射能 [Ci]	放射能 [Bq]	発熱量 [W]	組成 [g]	放射能 [Ci]	放射能 [Bq]	発熱量 [W]	組成 [g]	放射能 [Ci]	放射能 [Bq]	発熱量 [W]	
U	3.80E+06	3.93E+00	1.45E+11	4.21E-02	9.19E+05	9.50E-01	3.51E+10	1.02E-02	5.68E+04	5.87E-02	2.17E+09	6.29E-04	
Pu	2.56E+05	1.23E+05	4.55E+15	6.85E+02	6.18E+04	2.97E+04	1.10E+15	1.66E+02	3.82E+03	1.84E+03	6.80E+13	1.02E+01	
Np	5.78E+02	8.29E-01	3.07E+10	1.35E-02	1.40E+02	2.00E-01	7.41E+09	3.27E-03	8.64E+00	1.24E-02	4.58E+08	2.02E-04	
Am	2.70E+02	9.28E+02	3.44E+13	3.05E+01	6.52E+01	2.24E+02	8.31E+12	7.37E+00	4.03E+00	1.39E+01	5.13E+11	4.55E-01	
Cm	1.90E-01	8.42E+01	3.12E+12	3.09E+00	4.59E-02	2.04E+01	7.53E+11	7.46E-01	2.84E-03	1.26E+00	4.66E+10	4.61E-02	
アクチニド計	4.06E+06	1.24E+05	4.59E+15	7.19E+02	9.81E+05	3.00E+04	1.11E+15	1.74E+02	6.06E+04	1.85E+03	6.86E+13	1.07E+01	
Kr	6.08E+02	1.19E+04	4.39E+14	1.77E+01	1.47E+02	2.87E+03	1.06E+14	4.29E+00	9.09E+00	1.77E+02	6.56E+12	2.65E-01	
Xe	1.03E+04	7.68E-11	2.84E+00	1.41E-13	2.48E+03	1.86E-11	6.87E-01	3.40E-14	1.54E+02	1.15E-12	4.24E-02	2.10E-15	
希ガス計	1.09E+04	1.19E+04	4.39E+14	1.77E+01	2.63E+03	2.87E+03	1.06E+14	4.29E+00	1.63E+02	1.77E+02	6.56E+12	2.65E-01	
ヨウ素	8.41E+02	1.07E-01	3.94E+09	4.93E-05	2.03E+02	2.58E-02	9.54E+08	1.19E-05	1.26E+01	1.59E-03	5.90E+07	7.37E-07	
F	Mo	7.22E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.74E+03	0.00E+00	0.00E+00	1.08E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
P	Tc	1.86E+03	3.15E+01	1.16E+12	1.58E-02	4.49E+02	7.60E+00	2.81E+11	3.81E-03	2.77E+01	4.70E-01	1.74E+10	2.36E-04
Ru	6.46E+03	1.40E+05	5.19E+15	8.34E+00	1.56E+03	3.39E+04	1.26E+15	2.02E+00	9.65E+01	2.10E+03	7.76E+13	1.25E-01	
Rh	2.02E+03	1.40E+05	5.19E+15	1.35E+03	4.89E+02	3.39E+04	1.26E+15	3.25E+02	3.02E+01	2.10E+03	7.76E+13	2.01E+01	
Pd	4.97E+03	4.60E-01	1.70E+10	2.73E-05	1.20E+03	1.11E-01	4.12E+09	6.59E-06	7.43E+01	6.88E-03	2.54E+08	4.08E-07	
白金族計	2.25E+04	2.81E+05	1.04E+16	1.35E+03	5.45E+03	6.79E+04	2.51E+15	3.27E+02	3.37E+02	4.19E+03	1.55E+14	2.02E+01	
Sr	1.15E+03	8.89E+04	3.29E+15	1.03E+02	2.79E+02	2.15E+04	7.95E+14	2.50E+01	1.72E+01	1.33E+03	4.92E+13	1.54E+00	
Cs	8.41E+03	2.60E+05	9.62E+15	7.22E+02	2.03E+03	6.29E+04	2.33E+15	1.75E+02	1.26E+02	3.89E+03	1.44E+14	1.08E+01	
Sr/Cs計	9.56E+03	3.49E+05	1.29E+16	8.25E+02	2.31E+03	8.44E+04	3.12E+15	2.00E+02	1.43E+02	5.22E+03	1.93E+14	1.23E+01	
その他	3.56E+04	6.81E+05	2.52E+16	2.10E+03	8.62E+03	1.65E+05	6.10E+15	5.07E+02	5.33E+02	1.02E+04	3.77E+14	3.14E+01	
F P合計	7.95E+04	1.32E+06	4.90E+16	4.30E+03	1.92E+04	3.20E+05	1.18E+16	1.04E+03	1.19E+03	1.98E+04	7.32E+14	6.42E+01	

表3.1.1-2 使用済み燃料の基本仕様 (3/3) 径方向ブランケット燃料

径方向ブランケット燃料 : 3.469 MTHM当たり (炉装荷燃料ベース) 集合体数 : 20.4 体

冷却期間 : 3.0 年

	3.469 MTHM当たり				1.0 MTHM当たり				集合体1体当たり				
	組成 [g]	放射能 [Ci]	放射能 [Bq]	発熱量 [W]	組成 [g]	放射能 [Ci]	放射能 [Bq]	発熱量 [W]	組成 [g]	放射能 [Ci]	放射能 [Bq]	発熱量 [W]	
U	3.33E+06	1.58E+00	5.85E+10	3.11E-02	9.60E+05	4.56E-01	1.69E+10	8.97E-03	1.63E+05	7.75E-02	2.87E+09	1.53E-03	
Pu	1.19E+05	2.48E+04	9.18E+14	2.73E+02	3.42E+04	7.15E+03	2.65E+14	7.86E+01	5.81E+03	1.22E+03	4.50E+13	1.34E+01	
Np	2.90E+02	2.21E-01	8.19E+09	6.30E-03	8.36E+01	6.38E-02	2.36E+09	1.81E-03	1.42E+01	1.09E-02	4.02E+08	3.09E-04	
Am	3.50E+01	1.20E+02	4.45E+12	3.98E+00	1.01E+01	3.47E+01	1.28E+12	1.15E+00	1.71E+00	5.90E+00	2.18E+11	1.95E-01	
Cm	5.00E-03	4.88E+00	1.81E+11	1.79E-01	1.44E-03	1.41E+00	5.20E+10	5.17E-02	2.45E-04	2.39E-01	8.85E+09	8.79E-03	
アチニド計	3.45E+06	2.49E+04	9.22E+14	2.77E+02	9.95E+05	7.19E+03	2.66E+14	7.98E+01	1.69E+05	1.22E+03	4.52E+13	1.36E+01	
Kr	1.48E+02	3.17E+03	1.17E+14	4.75E+30	4.27E+01	9.14E+02	3.38E+13	1.37E+00	7.25E+00	1.55E+02	5.75E+12	2.33E-01	
Xe	2.52E+03	5.36E-12	1.98E-01	9.83E-15	7.27E+02	1.55E-12	5.72E-02	2.83E-15	1.24E+02	2.63E-13	9.73E-03	4.82E-16	
希ガス計	2.67E+03	3.17E+03	1.17E+14	4.75E+00	7.69E+02	9.14E+02	3.38E+13	1.37E+00	1.31E+02	1.55E+02	5.75E+12	2.33E-01	
ヨウ素	2.12E+02	2.68E-02	9.93E+08	1.24E-05	6.12E+01	7.74E-03	2.86E+08	3.58E-06	1.04E+01	1.32E-03	4.87E+07	6.09E-07	
F	Mo	1.76E+03	0.00E+00	0.00E+00	5.07E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.62E+01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
F	Tc	4.67E+02	7.92E+00	2.93E+11	3.97E-03	1.35E+02	2.28E+00	8.45E+10	1.14E-03	2.29E+01	3.88E-01	1.44E+10	1.95E-04
P	Ru	1.40E+03	4.36E+04	1.61E+15	2.60E+00	4.03E+02	1.26E+04	4.65E+14	7.48E-01	6.86E+01	2.14E+03	7.92E+13	1.27E-01
P	Rh	4.80E+02	4.36E+04	1.61E+15	4.19E+02	1.38E+02	1.26E+04	4.65E+14	1.21E+02	2.35E+01	2.14E+03	7.92E+13	2.05E+01
P	Pd	1.08E+03	1.03E-01	3.82E+09	6.12E-06	3.12E+02	2.98E-02	1.10E+09	1.76E-06	5.31E+01	5.06E-03	1.87E+08	3.00E-07
白金族計	5.19E+03	8.73E+04	3.23E+15	4.21E+02	1.50E+03	2.52E+04	9.31E+14	1.21E+02	2.54E+02	4.28E+03	1.58E+14	2.06E+01	
Sr	3.03E+02	2.36E+04	8.71E+14	2.73E+01	8.74E+01	6.79E+03	2.51E+14	7.88E+00	1.49E+01	1.15E+03	4.27E+13	1.34E+00	
Cs	2.11E+03	5.93E+04	2.20E+15	1.21E+02	6.07E+02	1.71E+04	6.33E+14	3.49E+01	1.03E+02	2.91E+03	1.08E+14	5.94E+00	
Sr/Cs計	2.41E+03	8.29E+04	3.07E+15	1.48E+02	6.94E+02	2.39E+04	8.84E+14	4.28E+01	1.18E+02	4.06E+03	1.50E+14	7.28E+00	
その他	8.65E+03	2.08E+05	7.70E+15	6.04E+02	2.49E+03	6.00E+04	2.22E+15	1.74E+02	4.24E+02	1.02E+04	3.78E+14	2.96E+01	
F P合計	1.91E+04	3.82E+05	1.41E+16	1.18E+03	5.51E+03	1.10E+05	4.07E+15	3.40E+02	9.38E+02	1.87E+04	6.92E+14	5.77E+01	

(2) 年間処理能力

年間処理量および年間運転日数は、それぞれ、下記のとおりとする。

- ・年間処理量 : 100 MTHM (炉装荷HM基準)

- ・年間運転日数 : 200 日

- ・1日当たりの処理能力 : 500 kgHM/日

処理対象燃料の種類および炉装荷HM量 (130万kWe級バイパック燃料FBR, 1基

- ・年当たり) および集合体年間取出し体数は、表3.1.1-3に示すとおりである。

表3.1.1-3 処理対象燃料の種類および炉装荷HM量等

種類	炉装荷HM量 [MTHM/基・年]	集合体年間取出し体数 [体/基・年]
コア燃料	5.528	66.9
軸方向ブランケット燃料	4.136	
径方向ブランケット燃料	3.469	20.4

上記の年間処理量 (100 MTHM) の内容が、表3.1.1-3 中の3種類の処理対象燃料の炉装荷量に比例配分されると仮定し、それぞれの年間処理量および処理集合体数を求める、表3.1.1-4に示すとおりとなる。

表3.1.1-4 処理対象燃料ごとの年間処理量等

種類	処理HM量*1 [MTHM/年]	集合体処理体数 [体/年]	集合体HM量 [kgHM/体]	炉数 [基]
コア燃料	42.092	509.4	82.63	7.6
軸方向ブランケット燃料	31.493		61.82	基相当
径方向ブランケット燃料	26.415	155.3	170.1	
合 計	100.0	664.7	—	

注*1) 炉装荷HM基準

(3) 1日当たりの処理能力

表3.1.1-4 から、本プラントにおける1日当たりの処理HM量 [kgHM/日] および処理体数 [体/日] は、表3.1.1-5 に示すとおりとなる。

表3.1.1-5 処理対象燃料ごとの1日当たりの処理量等

種類	処理HM量 ^{*1} [kgHM/日]	集合体処理体数 [体/日]
コア燃料	210.46	
軸方向プランケット燃料	157.47	2.55
径方向プランケット燃料	132.07	0.78
注*1) 炉装荷HM基準		

表3.1.1-2 を基に、上記の各燃料の1日当たりの処理量に対応する、使用済燃料の組成、放射能および発熱量を計算した結果を、それぞれ、表3.1.1-6、表3.1.1-7 および表3.1.1-8 に示す。

なお、各燃料の燃焼度および冷却期間は、下記のとおりである。

- ・コア燃料 : 燃焼度 165,300 MWd/T ; 冷却期間 3年
- ・軸方向プランケット燃料 : 燃焼度 16,300 MWd/T ; 冷却期間 3年
- ・径方向プランケット燃料 : 燃焼度 4,160 MWd/T ; 冷却期間 3年

3.1.2 検討対象工程と要素技術

検討対象とする工程は、解体・剪断工程から調整工程までの前処理工程とし、各工程の要素技術は、下記のとおりとする。

解体工程 : レーザー解体方式

剪断工程 : 燃料ピン束剪断方式 (R E T F 方式)

[オプションとして、脱被覆方式 (拡管脱被覆等) を考慮する]

溶解工程 : 連続溶解槽方式

清澄工程 : 遠心清澄方式

調整工程 : バッチ式調整方式

表3.1.1-6 1日当たりの処理量に対する使用済燃料の組成

1日当たりの処理量

コア (Core) 燃料 : 210.46 kgHM/d
軸方向ブランケット (A-Bla) 燃料 : 157.47 kgHM/d
径方向ブランケット (R-Bla) 燃料 : 132.07 kgHM/d

	1.0 MTHM 当たりの組成 [g]			1日当たりの組成 [g/日]		
	Core燃料	A-Bla燃料	R-Bla燃料	Core燃料	A-Bla燃料	R-Bla燃料
U	6.39E+05	9.19E+05	9.60E+05	1.34E+05	1.45E+05	1.27E+05
Pu	1.84E+05	6.18E+04	3.42E+04	3.86E+04	9.73E+03	4.52E+03
Np	5.24E+02	1.40E+02	8.36E+01	1.10E+02	2.20E+01	1.10E+01
Am	8.11E+03	6.52E+01	1.01E+01	1.71E+03	1.03E+01	1.33E+00
Cm	8.26E+02	4.59E-02	1.44E-03	1.74E+02	7.22E-03	1.91E-04
アクチニド計	8.32E+05	9.81E+05	9.95E+05	1.75E+05	1.54E+05	1.31E+05
F	Kr	1.11E+03	1.47E+02	4.27E+01	2.34E+02	2.32E+01
	Xe	2.14E+04	2.48E+03	7.27E+02	4.50E+03	3.91E+02
	希ガス計	2.25E+04	2.63E+03	7.69E+02	4.73E+03	4.14E+02
	ヨウ素	1.58E+03	2.03E+02	6.12E+01	3.32E+02	3.20E+01
P	Mo	1.45E+04	1.74E+03	5.07E+02	3.06E+03	2.75E+02
	Tc	3.61E+03	4.49E+02	1.35E+02	7.59E+02	7.06E+01
	Ru	1.38E+04	1.56E+03	4.03E+02	2.91E+03	2.46E+02
	Rh	3.96E+03	4.89E+02	1.38E+02	8.33E+02	7.70E+01
	Pd	1.23E+04	1.20E+03	3.12E+02	2.60E+03	1.89E+02
白金族計		4.83E+04	5.45E+03	1.50E+03	1.02E+04	8.58E+02
Sr		2.08E+03	2.79E+02	8.74E+01	4.37E+02	4.39E+01
Cs		1.73E+04	2.03E+03	6.07E+02	3.64E+03	3.20E+02
Sr/Cs計		1.94E+04	2.31E+03	6.94E+02	4.08E+03	3.64E+02
その他		7.19E+04	8.62E+03	2.49E+03	1.51E+04	1.36E+03
F P合計		1.64E+05	1.92E+04	5.51E+03	3.44E+04	3.02E+03

表3.1.1-7 1日当たりの処理量に対応する使用済燃料の放射能

1日当たりの処理量

コア (Core) 燃料 : 210.46 kgHM/d
軸方向ブランケット (A-Bla) 燃料 : 157.47 kgHM/d
径方向ブランケット (R-Bla) 燃料 : 132.07 kgHM/d

	1.0 MTHM 当たりの放射能 [Bq]			1日当たりの放射能 [Bq/日]		
	Core燃料	A-Bla燃料	R-Bla燃料	Core燃料	A-Bla燃料	R-Bla燃料
U	9.69E+11	3.51E+10	1.69E+10	2.04E+11	5.53E+09	2.23E+09
Pu	3.93E+16	1.10E+15	2.65E+14	8.28E+15	1.73E+14	3.49E+13
Np	2.41E+13	7.41E+09	2.36E+09	5.08E+12	1.17E+09	3.12E+08
Am	7.52E+14	8.31E+12	1.28E+12	1.58E+14	1.31E+12	1.70E+11
Cm	2.52E+15	7.53E+11	5.20E+10	5.31E+14	1.19E+11	6.87E+09
アクチニド計	4.26E+16	1.11E+15	2.66E+14	8.97E+15	1.75E+14	3.51E+13
Kr	8.33E+14	1.06E+14	3.38E+13	1.75E+14	1.67E+13	4.47E+12
Xe	1.19E+02	6.87E-01	5.72E-02	2.50E+01	1.08E-01	7.55E-03
希ガス計	8.33E+14	1.06E+14	3.38E+13	1.75E+14	1.67E+13	4.47E+12
ヨウ素	7.52E+09	9.54E+08	2.86E+08	1.58E+09	1.50E+08	3.78E+07
F	Mo	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	Tc	2.27E+12	2.81E+11	8.45E+10	4.78E+11	4.43E+10
P	Ru	1.32E+16	1.26E+15	4.65E+14	2.77E+15	1.98E+14
	Rh	1.32E+16	1.26E+15	4.65E+14	2.77E+15	1.98E+14
	Pd	4.08E+10	4.12E+09	1.10E+09	8.59E+09	6.48E+08
白金族計	2.63E+16	2.51E+15	9.31E+14	5.54E+15	3.95E+14	1.23E+14
Sr	5.95E+15	7.95E+14	2.51E+14	1.25E+15	1.25E+14	3.32E+13
Cs	2.47E+16	2.33E+15	6.33E+14	5.20E+15	3.66E+14	8.36E+13
Sr/Cs計	3.07E+16	3.12E+15	8.84E+14	6.45E+15	4.92E+14	1.17E+14
その他	5.08E+16	6.10E+15	2.22E+15	1.07E+16	9.60E+14	2.93E+14
FP合計	1.09E+17	1.18E+16	4.07E+15	2.29E+16	1.86E+15	5.37E+14

表3.1.1-8 1日当たりの処理量に対応する使用済燃料の発熱量

1日当たりの処理量

コア (Core) 燃料 : 210.46 kgHM/d

軸方向ブランケット (A-Bla) 燃料 : 157.47 kgHM/d

径方向ブランケット (R-Bla) 燃料 : 132.07 kgHM/d

	1.0 MTHM 当たりの発熱量 [W]			1日当たりの発熱量 [W/日]		
	Core燃料	A-Bla燃料	R-Bla燃料	Core燃料	A-Bla燃料	R-Bla燃料
U	1.10E-01	1.02E-02	8.97E-03	2.31E-02	1.60E-03	1.18E-03
Pu	2.82E+03	1.66E+02	7.86E+01	5.94E+02	2.61E+01	1.04E+01
Np	1.61E+00	3.27E-03	1.81E-03	3.38E-01	5.15E-04	2.40E-04
Am	5.60E+02	7.37E+00	1.15E+00	1.18E+02	1.16E+00	1.51E-01
Cm	2.41E+03	7.46E-01	5.17E-02	5.06E+02	1.17E-01	6.83E-03
アクチニド計	5.79E+03	1.74E+02	7.98E+01	1.22E+03	2.74E+01	1.05E+01
Kr	3.37E+01	4.29E+00	1.37E+00	7.10E+00	6.75E-01	1.81E-01
Xe	5.88E-12	3.40E-14	2.83E-15	1.24E-12	5.35E-15	3.74E-16
希ガス計	3.37E+01	4.29E+00	1.37E+00	7.10E+00	6.75E-01	1.81E-01
ヨウ素	9.41E-05	1.19E-05	3.58E-06	1.98E-05	1.88E-06	4.73E-07
F	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc	3.08E-02	3.81E-03	1.14E-03	6.47E-03	6.00E-04	1.51E-04
Ru	2.11E+01	2.02E+00	7.48E-01	4.45E+00	3.18E-01	9.88E-02
Rh	3.41E+03	3.25E+02	1.21E+02	7.18E+02	5.12E+01	1.59E+01
Pd	6.54E-05	6.59E-06	1.76E-06	1.38E-05	1.04E-06	2.33E-07
白金族計	3.43E+03	3.27E+02	1.21E+02	7.22E+02	5.16E+01	1.60E+01
Sr	1.87E+02	2.50E+01	7.88E+00	3.93E+01	3.93E+00	1.04E+00
Cs	2.74E+03	1.75E+02	3.49E+01	5.78E+02	2.75E+01	4.61E+00
Sr/Cs計	2.93E+03	2.00E+02	4.28E+01	6.17E+02	3.14E+01	5.65E+00
その他	4.48E+03	5.07E+02	1.74E+02	9.43E+02	7.99E+01	2.30E+01
F P合計	1.09E+04	1.04E+03	3.40E+02	2.29E+03	1.64E+02	4.48E+01

3.1.3 溶解液の濃度等

溶解液の濃度、溶液受槽類の容量等は、下記のとおりとする。

(1) 溶解液の濃度

溶解槽出口溶解液 : 300 gHM/l, HNO₃ : 3.0N

調整後清澄済溶解液 : 270 gHM/l, HNO₃ : 3.0N

(2) 溶液受槽類の容量

溶解液受槽（遠心清澄機への給液槽を兼ねる）、清澄液受槽、計量・調整槽等の容量は、溶解液1日分 + α を受けられる容量とする。

(3) 溶解槽への供給モード

溶解槽への使用済燃料（剪断ピンまたは脱被覆燃料粒子）の供給モードは、溶解槽が連続溶解槽であることを考慮して、連続定量供給もしくは一定量（剪断1カット分）ずつの短時間（数分間～数十分間程度）断続供給とし、溶解途中での長時間の燃料供給停止は行わない（ただし、燃料集合体の剪断処理が終了し、次の燃料集合体を剪断機へセットし剪断を開始するまでの燃料供給停止時間は除く）こととする。

(4) 遠心清澄機の運転モード

遠心清澄機の運転モードは、12時間サイクル（清澄運転：10時間、スラッジ洗浄・排出運転：2時間、2サイクル/日）の運転とする。

(5) その他

使用済燃料の受け入れ・一時貯蔵工程、解体工程（解体機への燃料集合体の導入・セット、レーザーによるラップ管の切断除去）のプロセスおよび機器については、昨年度の設計研究と同じとする。

3.1.4 処理方式および処理ケース

検討の対象とする処理方式として、コア燃料集合体・プランケット燃料集合体の混合剪断方式と、コア燃料集合体・プランケット燃料集合体の別処理混合方式（混合位置をパラメータとする）を考慮する。

混合剪断方式は、同一の剪断機内でコア燃料集合体とプランケット燃料集合体を同時に剪断して、剪断ピンの状態で混合して溶解槽へ装荷する方式とする。

別処理混合方式については、混合位置をパラメータとして、さらに、『剪断工程混合方式』『溶解工程混合方式』および『調整工程混合方式』の3種類に分類する。

剪断工程混合方式は、原則として、溶解槽に入る手前（剪断ピン装荷シート部または剪断ピン中間貯蔵部等）で剪断ピンを混合する方式とし、剪断機の基数や剪断ピン中間貯蔵の有無・基数等の組合せで、複数種類の処理ケースを設定する。また、剪断工程混合方式のオプションとして、燃料ピンの脱被覆を行い、燃料粒子のみを中間貯蔵・混合した後、溶解槽に供給するケースも考慮する。

溶解工程混合方式は、コア燃料集合体・プランケット燃料集合体を別々に溶解処理して、清澄処理前に溶解液を混合する方式とし、溶解槽の基数や混合箇所等の組合せで、複数種類の処理ケースを設定する。

調整工程混合方式は、コア燃料集合体・プランケット燃料集合体を別々に溶解・清澄処理して、清澄処理後の溶解液を混合する方式とし、清澄設備の系列数や混合箇所等の組合せで、複数種類の処理ケースを設定する。

上記の各方式および処理ケースをまとめて、下記のケースA～ケースLまでの計12ケースを設定する。

- (1) 混合剪断方式 ケースA
- (2) 剪断工程混合方式 ケースB（剪断工程混合方式-1）
 - ケースC（剪断工程混合方式-2）
 - ケースD（剪断工程混合方式-3）
 - ケースE（剪断工程混合方式-4）
 - ケースF（剪断工程混合方式-5）
 - ケースG（剪断工程混合方式-6）〔脱被覆・燃料粒子混合〕
 - ケースH（剪断工程混合方式-7）〔脱被覆・燃料粒子混合〕
- (3) 溶解工程混合方式 ケースI（溶解工程混合方式-1）〔昨年度の検討ケース〕
 - ケースJ（溶解工程混合方式-2）
- (4) 調整工程混合方式 ケースK（調整工程混合方式-1）
 - ケースL（調整工程混合方式-2）

各ケースの概略ブロックフローとその概要を、図3.1.4-1 および表3.1.4-1 に示す。

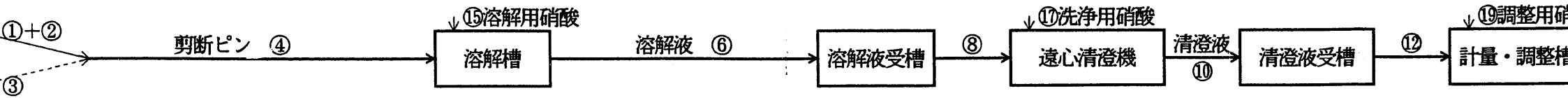
表3.1.4-1 燃料処理方式のケースとその概要(1/2)

ケース	混合方式	混合位置	主要機器員数	運用の概要
A	混合剪断方式	剪断機出口 (溶解槽への剪断) (ピンシュー部)	剪断機 : 1基 溶解槽 : 1基 以下、ケースJまでは (溶解液受槽以降の機器) は、各1基	<ul style="list-style-type: none"> コア燃料/径方向プランケット燃料両方の集合体を1台の剪断機で同時に剪断し、剪断機出口で混合した燃料ピンを直接溶解工程に送る。 剪断機は、2集合体(コア燃料/径方向プランケット燃料)を同時に並行して処理する。 剪断機内での燃料集合体の送り速度(頻度)を、コア燃料/径方向プランケット燃料別に変化させることにより、両燃料の混合比(処理比率)を管理する。
B	剪断工程 混合方式-1	剪断機出口 (溶解槽への剪断) (ピンシュー部)	剪断機 : 2基 溶解槽 : 1基	<ul style="list-style-type: none"> コア燃料、径方向プランケット燃料各専用の剪断機で、両燃料を同時に剪断し、剪断機出口シュー部で混合した燃料ピンを直接溶解工程に送る。 各剪断機における剪断速度で、両燃料の混合比(処理比率)を管理する。
C	剪断工程 混合方式-2	剪断ピン中間貯槽	剪断機 : 2基 剪断ピン中間貯槽 : 1基 溶解槽 : 1基	<ul style="list-style-type: none"> コア燃料、径方向プランケット燃料各専用の剪断機で剪断した燃料ピンを中間貯槽で混合する。混合した燃料ピンを中間貯槽から溶解工程に送る。 各剪断機における剪断速度(中間貯槽への受入量)で両燃料の混合比(処理比率)を管理する。
D	剪断工程 混合方式-3	剪断ピン 中間貯槽出口 (溶解槽への剪断) (ピンシュー部)	剪断機 : 2基 コア燃料用中間貯槽 : 1基 軸方向プランケット燃料用中間貯槽 : 1基 溶解槽 : 1基	<ul style="list-style-type: none"> コア燃料、径方向プランケット燃料各専用の剪断機で剪断し、コア燃料集合体用、径方向プランケット燃料集合体用それぞれ専用の剪断ピン中間貯槽に個別に貯蔵した後に、溶解工程に送る。 中間貯槽からのコア燃料、径方向プランケット燃料の各送り出し量(速度)により混合比(処理比率)を管理する。
E	剪断工程 混合方式-4	剪断ピン 中間貯槽出口 (溶解槽への剪断) (ピンシュー部)	剪断機 : 2基 コア燃料用中間貯槽 : 1基 軸方向プランケット燃料用中間貯槽 : 1基 溶解槽 : 1基	<ul style="list-style-type: none"> コア燃料、径方向プランケット燃料各専用の剪断機で剪断し、コア燃料用、プランケット燃料(軸方向および径方向)用それぞれ専用の剪断ピン中間貯槽に個別に貯蔵した後に、溶解工程に送る。 コア燃料集合体用の剪断機出口で、コア燃料部分と軸方向プランケット燃料部分とを分配し、軸方向プランケット燃料の剪断ピンは、径方向プランケット燃料集合体の剪断ピンと混合する。 中間貯槽からのコア燃料、プランケット燃料(軸方向および径方向)の各送り出し量(速度)により混合比(処理比率)を管理する。
F	剪断工程 混合方式-5	剪断ピン 中間貯槽出口 (溶解槽への剪断) (ピンシュー部)	剪断機 : 1基 コア燃料用中間貯槽 : 1基 軸方向プランケット燃料用中間貯槽 : 1基 溶解槽 : 1基	<ul style="list-style-type: none"> 1基の剪断機でコア燃料、径方向プランケット燃料を剪断する。 コア燃料集合体の剪断時には、コア燃料部分と軸方向プランケット燃料部分とを分配し、軸方向プランケット燃料の剪断ピンは、径方向プランケット燃料の剪断ピンと混合する。コア燃料、プランケット燃料(軸方向および径方向)それぞれの剪断ピンを専用の中間貯槽に個別に貯蔵した後に、溶解工程に送る。 中間貯槽からのコア燃料、プランケット燃料(軸方向および径方向)の各送り出し量(速度)により混合比(処理比率)を管理する。

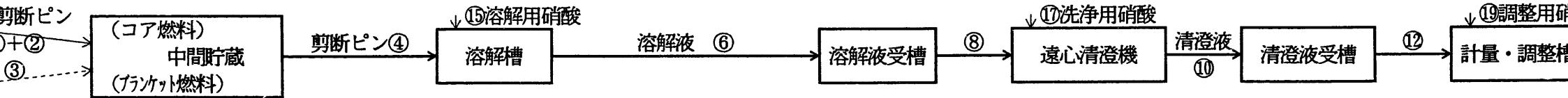
表3.1.4-1 燃料処理方式のケースとその概要(2/2)

ケース	混合方式	混合位置	主要機器員数	運用の概要
G	脱被覆・燃料粒子混合方式-1	燃料粒子中間貯槽	脱被覆機 : 2基 燃料粒子中間貯槽 : 1基 溶解槽 : 1基	・剪断機の代わりに、脱被覆機を使用し、燃料粒子のみを溶解槽へ供給する。 ・コア燃料、径方向プランケット燃料各専用の脱被覆機で脱被覆した燃料粒子を中間貯槽で混合する。混合した燃料粒子を中間貯槽から溶解工程に送る。 ・各脱被覆機における処理比率(中間貯槽への受入量)で両燃料の混合比(処理比率)を管理する。
H	脱被覆・燃料粒子混合方式-2	燃料粒子中間貯槽	脱被覆機 : 1基 燃料粒子中間貯槽 : 1基 溶解槽 : 1基	・1基の脱被覆機でコア燃料、径方向プランケット燃料を処理する。 ・脱被覆した燃料粒子を中間貯槽で混合する。混合した燃料粒子を中間貯槽から溶解工程に送る。 ・コア燃料、径方向プランケット燃料の脱被覆処理の比率により、混合比を管理する。
I	溶解工程混合方式-1	溶解液受槽入口 (溶解液受槽の入口配管)	剪断機 : 2基 溶解槽 : 2基 溶解液受槽 : 1基	・コア燃料、径方向プランケット燃料各専用の剪断機～溶解槽で剪断・溶解した燃料別の溶解液を、溶解液受槽(混合槽)へ供給し混合する。 ・各燃料の剪断・溶解処理速度により混合比(処理比率)を管理する。 ・昨年度の設計研究において検討したフローと同じ。
J	溶解工程混合方式-2	溶解液受槽入口 (溶解液受槽の入口配管)	剪断機 : 2基 コア燃料用中間貯槽 : 1基 プランケット燃料用中間貯槽 : 1基 溶解槽 : 2基 溶解液受槽 : 1基	・コア・径方向プランケット各燃料専用の剪断機で剪断し、コア燃料、プランケット燃料(軸方向および径方向)の各専用の剪断ピン中間貯槽に個別に貯蔵した後に、各専用の溶解槽で溶解した燃料別の溶解液を、溶解液受槽(混合槽)へ供給し混合する。 ・剪断機～剪断ピン中間貯槽に関しては、ケースE(剪断工程混合方式-4)と同じ。 ・各燃料の溶解処理速度[中間貯槽からのコア燃料、プランケット燃料(軸方向および径方向)の各送出し速度]により混合比(処理比率)を管理する。
K	調整工程混合方式-1	清澄液受槽入口 (清澄液受槽の入口配管)	剪断機 : 2基 溶解槽 : 2基 溶解液受槽 : 2基 遠心清澄機 : 2基 清澄液受槽 : 1基 計量・調整槽 : 1基	・コア燃料、径方向プランケット燃料各専用の剪断機～溶解槽～遠心清澄機で剪断・溶解・清澄処理した燃料別の溶解液(清澄後)を、清澄液受槽へ受入れ、混合する。 ・各燃料の溶解処理速度および清澄処理量により混合比(処理比率)を管理する。
L	調整工程混合方式-2	計量・調整槽	剪断機 : 2基 コア燃料用中間貯槽 : 1基 プランケット燃料用中間貯槽 : 1基 溶解槽 : 2基 溶解液受槽 : 2基 遠心清澄機 : 2基 清澄液受槽 : 2基 計量・調整槽 : 1基	・コア・径方向プランケット各燃料専用の剪断機で剪断し、コア燃料、プランケット燃料(軸方向および径方向)の各専用の剪断ピン中間貯槽に個別に貯蔵した後に、各専用の溶解槽～遠心清澄機で溶解・清澄した燃料別の溶解液を、各専用の清澄液受槽へ受入れた後、計量・調整槽にて混合する。 ・剪断機～剪断ピン中間貯槽に関しては、ケースE(剪断工程混合方式-4)と同じ。 ・各燃料の溶解処理速度[中間貯槽からのコア燃料、プランケット燃料(軸方向および径方向)の各送出し速度]および清澄処理量により混合比(処理比率)を管理する。

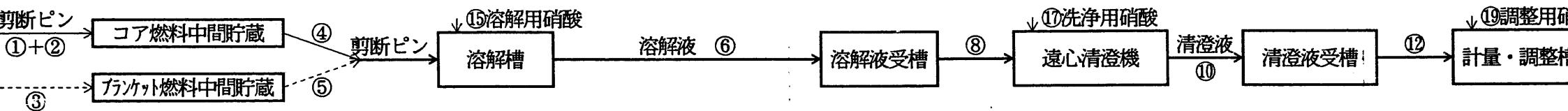
混合方式-1



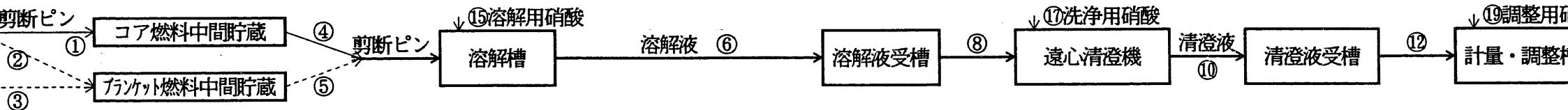
混合方式-2



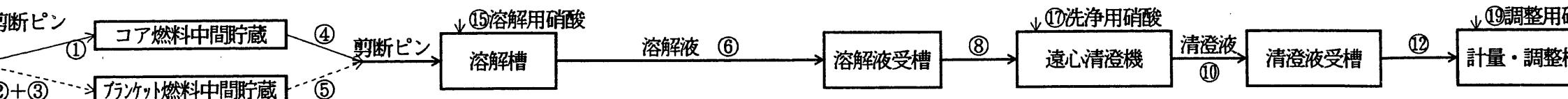
混合方式-3



混合方式-4

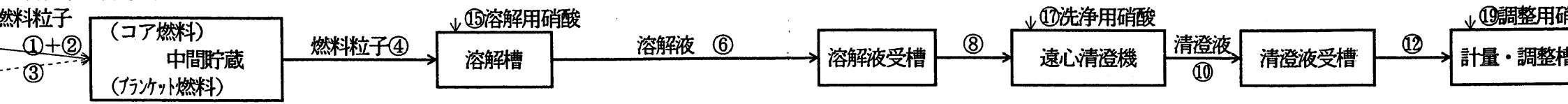


混合方式-5

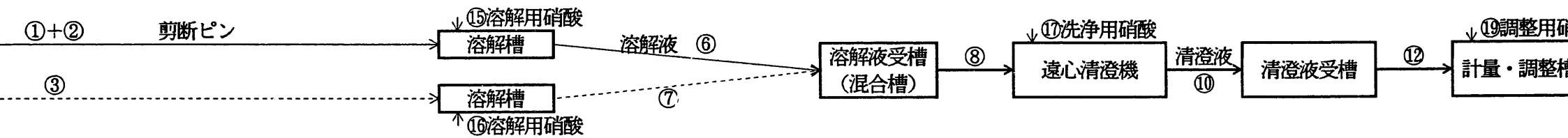


(ブランケット燃料)

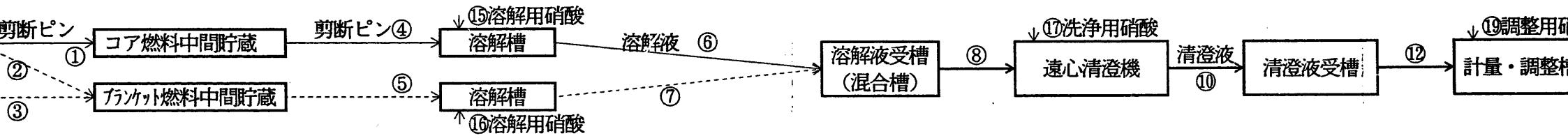
燃料粒子混合方式-2



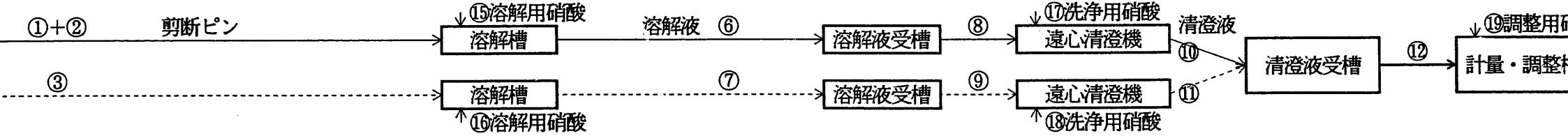
混合方式-1 (昨年度検討のフロー)



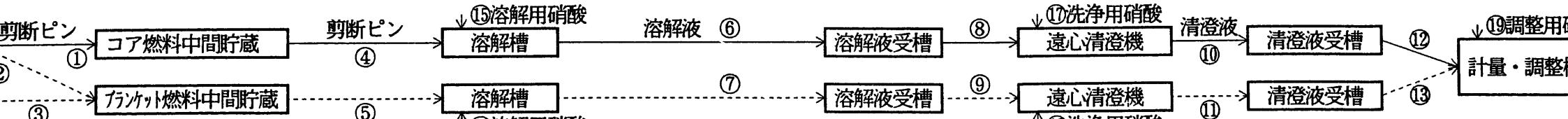
混合方式-2



混合方式-1



混合方式-2



3.2 各処理ケースの検討

前節で検討・設定した各処理ケースについて、概略物質収支の検討や主要設備・機器の概略検討を行うとともに、各ケースの特徴をまとめる。

3.2.1 概略物質収支の検討

前節で設定した各処理ケースのブロックフローダイヤグラム（図3.1.4-1参照）に基づいて、各ケースの概略物質収支を計算した。

計算結果を、表3.2.1-1に示す。表中の物流No.は、図3.1.4-1中の○付き数字に該当する。各ケースで、同一の物流に対しては同一の物流No.を探ることとしたため、ケースによっては、欠番となっている物流No.もある。

計算の前提条件および計算上の特記事項は下記のとおりである。

- ① コア燃料、軸方向プランケット燃料および径方向プランケット燃料の、U量およびPu量 [kg/d]は、表3.1.1-6による。合計重量は、U+Puの値である。
- ② コア燃料剪断ピンの『コア燃料比』は、コア燃料集合体（コア燃料+軸方向プランケット燃料）中のコア燃料の比率である。（溶解液中のPu濃度の最大値および最小値の計算に使用）
- ③ 溶解槽への剪断ピン（ケースGおよびケースHにおいては、脱被覆燃料粒子）の供給速度は、連続溶解槽を考慮し、合計重量(kg/d)を24時間で除した値である。
- ④ 溶解液の液量 (ℓ/d)は、溶解液の濃度を 300 gHM/ ℓ として計算した。また、液流量 (ℓ/h)は、連続溶解槽を考慮し、24時間で除した値である。
- ⑤ 溶解液のPu濃度は、同一の溶解槽でコア燃料と軸方向プランケット燃料を溶解するケースについて、溶解槽中での溶解液の流れがピストンフローであると仮定して、最大値（コア燃料溶解時）および最小値（プランケット燃料溶解時）を計算した。実際には、溶解槽内軸方向の液の混合・拡散がある程度は想定されるため、Pu濃度の変動範囲は、表中の値以内になると考えられる。
- ⑥ ただし、ケースGおよびケースHについては、脱被覆された燃料粒子が中間貯蔵において均一に混合されると仮定して、平均濃度のみを計算した。
- ⑦ また、いずれのケースにおいても、清澄供給液（物流番号：⑧）以降は、溶解液受槽等で半日分または1日分の溶解液を受け入れてからバッチ処理することから、溶解液組成としては、混合・平均化されていると仮定して、平均値のみを計算した。

表3.2.1-1 混合処理ケースの物質収支計算結果(1/2)

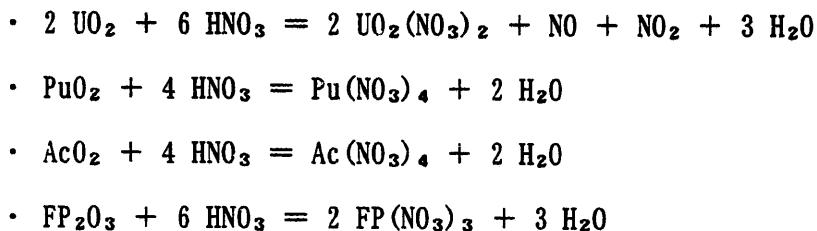
物流No.	物流名称	組成等	単位	ケースA	ケースB	ケースC	ケースD	ケースE	ケースF	ケースG	ケースH	ケースI	ケースJ	ケースK	ケースL
1	コア燃料剪断ピン	U	kg/d	134.00	134.00	134.00	134.00	134.00	134.00	134.00	134.00	134.00	134.00	134.00	134.00
		Pu	kg/d	38.60	38.60	38.60	38.60	38.60	38.60	38.60	38.60	38.60	38.60	38.60	38.60
		合計重量	kg/d	172.60	172.60	172.60	172.60	172.60	172.60	172.60	172.60	172.60	172.60	172.60	172.60
		コア燃料比		0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
2	軸プラ燃料剪断ピン	U	kg/d	145.00	145.00	145.00	145.00	145.00	145.00	145.00	145.00	145.00	145.00	145.00	145.00
		Pu	kg/d	9.73	9.73	9.73	9.73	9.73	9.73	9.73	9.73	9.73	9.73	9.73	9.73
		合計重量	kg/d	154.73	154.73	154.73	154.73	154.73	154.73	154.73	154.73	154.73	154.73	154.73	154.73
		径プラ燃料剪断ピン													
3	径プラ燃料剪断ピン	U	kg/d	127.00	127.00	127.00	127.00	127.00	127.00	127.00	127.00	127.00	127.00	127.00	127.00
		Pu	kg/d	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52
		合計重量	kg/d	131.52	131.52	131.52	131.52	131.52	131.52	131.52	131.52	131.52	131.52	131.52	131.52
		供給速度	kg/h	19.12	19.12	19.12	13.64	7.19	7.19	19.12	19.12	13.64	7.19	13.64	7.19
4	溶解槽供給 剪断ピン	燃料種別	—	C+AB+RB	C+AB+RB	C+AB	C	C	C+AB+RB	C+AB+RB	C+AB	C	C+AB	C	C
		U	kg/d	406.00	406.00	406.00	279.00	134.00	134.00	406.00	406.00	279.00	134.00	279.00	134.00
		Pu	kg/d	52.85	52.85	52.85	48.33	38.60	38.60	52.85	52.85	48.33	38.60	48.33	38.60
		合計重量	kg/d	458.85	458.85	458.85	327.33	172.60	172.60	458.85	458.85	327.33	172.60	327.33	172.60
5	溶解槽供給 剪断ピン	供給速度	kg/h	19.12	19.12	19.12	13.64	7.19	7.19	19.12	19.12	13.64	7.19	13.64	7.19
		燃料種別	—				RB	AB+RB	AB+RB				RB	AB+RB	RB
		U	kg/d				127.00	272.00	272.00				127.00	272.00	127.00
		Pu	kg/d				4.52	14.25	14.25				4.52	14.25	4.52
6	溶解液	合計重量	kg/d				131.52	286.25	286.25				131.52	286.25	131.52
		供給速度	kg/h				5.48	11.93	11.93				5.48	11.93	5.48
		U濃度	g/%	265.45	265.45	265.45	265.45	265.45	265.45	265.45	265.45	255.71	232.91	255.71	232.91
		Pu濃度	g/%	34.55	34.55	34.55	34.55	34.55	34.55	34.55	34.55	44.29	67.09	44.29	67.09
15	溶解用硝酸	Pu濃度 max	g/%	50.82	50.82	50.82	50.82	50.82	37.00				67.09		67.09
		Pu濃度 min	g/%	16.41	16.41	16.41	16.41	16.41	31.67				18.87		18.87
		硝酸濃度	N	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
		液量	㎘/d	1529.50	1529.50	1529.50	1529.50	1529.50	1529.50	1529.50	1529.50	1091.10	575.33	1091.10	575.33
7	溶解液	液流量	㎘/h	63.73	63.73	63.73	63.73	63.73	63.73	63.73	63.73	45.46	23.97	45.46	23.97
		硝酸濃度	N	7.79	7.79	7.79	7.79	7.79	7.79	7.79	7.79	8.15	9.16	8.15	9.16
		液量	㎘/d	1449.67	1449.67	1449.67	1449.67	1449.67	1449.67	1449.67	1449.67	1017.66	512.92	1017.66	512.92
		液流量	㎘/h	60.40	60.40	60.40	60.40	60.40	60.40	60.40	60.40	42.40	21.37	42.40	21.37
16	溶解用硝酸	U濃度	g/%									289.69	285.07	289.69	285.07
		Pu濃度	g/%									10.31	14.93	10.31	14.93
		Pu濃度 max	g/%												
		Pu濃度 min	g/%												
		硝酸濃度	N									3.00	3.00	3.00	3.00
		液量	㎘/d									438.40	954.17	438.40	954.17
		液流量	㎘/h									18.27	39.76	18.27	39.76
		硝酸濃度	N									6.94	7.04	6.94	7.04
		液量	㎘/d									432.65	937.39	432.65	937.39
		液流量	㎘/h									18.03	39.06	18.03	39.06

表3.2.1-1 混合処理ケースの物質収支計算結果 (2/2)

物流No.	物流名称	組成等	単位	ケースA	ケースB	ケースC	ケースD	ケースE	ケースF	ケースG	ケースH	ケースI	ケースJ	ケースK	ケースL
8	溶解液 (清澄供給液)	U濃度	g/㍑	265.45	265.45	265.45	265.45	265.45	265.45	265.45	265.45	265.45	265.45	255.71	232.91
		Pu濃度	g/㍑	34.55	34.55	34.55	34.55	34.55	34.55	34.55	34.55	34.55	34.55	44.29	67.09
		硝酸濃度	N	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
		液量	㍑/d	1529.50	1529.50	1529.50	1529.50	1529.50	1529.50	1529.50	1529.50	1529.50	1529.50	1091.10	575.33
		液流量	㍑/h	76.48	76.48	76.48	76.48	76.48	76.48	76.48	76.48	76.48	76.48	54.56	28.77
9	溶解液 (清澄供給液)	U濃度	g/㍑											289.69	285.07
		Pu濃度	g/㍑											10.31	14.93
		硝酸濃度	N											3.00	3.00
		液量	㍑/d											438.40	954.17
		液流量	㍑/h											21.92	47.71
10	清澄液 (清澄後溶解液)	U濃度	g/㍑	265.45	265.45	265.45	265.45	265.45	265.45	265.45	265.45	265.45	265.45	255.71	232.91
		Pu濃度	g/㍑	34.55	34.55	34.55	34.55	34.55	34.55	34.55	34.55	34.55	34.55	44.29	67.09
		硝酸濃度	N	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
		液量	㍑/d	1529.50	1529.50	1529.50	1529.50	1529.50	1529.50	1529.50	1529.50	1529.50	1529.50	1091.10	575.33
		液流量	㍑/h	76.48	76.48	76.48	76.48	76.48	76.48	76.48	76.48	76.48	76.48	54.56	28.77
17	不溶解残渣 洗净用硝酸	硝酸濃度	N	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
		液量	㍑/d	109.25	109.25	109.25	109.25	109.25	109.25	109.25	109.25	109.25	109.25	109.25	77.94
11	清澄液 (清澄後溶解液)	U濃度	g/㍑											289.69	285.07
		Pu濃度	g/㍑											10.31	14.93
		硝酸濃度	N											3.00	3.00
		液量	㍑/d											438.40	954.17
		液流量	㍑/h											21.92	47.71
18	不溶解残渣 洗净用硝酸	硝酸濃度	N											3.00	3.00
		液量	㍑/d											31.31	68.15
12	清澄液 (調整供給液)	U濃度	g/㍑	247.75	247.75	247.75	247.75	247.75	247.75	247.75	247.75	247.75	247.75	247.75	217.38
		Pu濃度	g/㍑	32.25	32.25	32.25	32.25	32.25	32.25	32.25	32.25	32.25	32.25	32.25	32.25
		硝酸濃度	N	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
		液量	㍑/d	1638.75	1638.75	1638.75	1638.75	1638.75	1638.75	1638.75	1638.75	1638.75	1638.75	1638.75	616.43
13	清澄液 (調整供給液)	U濃度	g/㍑												266.06
		Pu濃度	g/㍑												13.94
		硝酸濃度	N												3.00
		液量	㍑/d												1022.32
19	調整用硝酸	硝酸濃度	N	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
		液量	㍑/d	60.69	60.69	60.69	60.69	60.69	60.69	60.69	60.69	60.69	60.69	60.69	60.69
14	調整後溶解液	U濃度	g/㍑	238.90	238.90	238.90	238.90	238.90	238.90	238.90	238.90	238.90	238.90	238.90	238.90
		Pu濃度	g/㍑	31.10	31.10	31.10	31.10	31.10	31.10	31.10	31.10	31.10	31.10	31.10	31.10
		硝酸濃度	N	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
		液量	㍑/d	1699.44	1699.44	1699.44	1699.44	1699.44	1699.44	1699.44	1699.44	1699.44	1699.44	1699.44	1699.44

⑧ 溶解用硝酸の液量および硝酸濃度（N）は、下記の前提条件で計算した。

(a) 溶解反応式は、下記のとおりとする。



(b) Ac は、Np, Am, Cm の合計量、FP は、希ガスおよびヨウ素を除く金属元素 FP の全量（ただし、白金族元素は50%）が溶解するものと仮定する。

(c) 溶解液中の硝酸濃度を、3.0N とする。

(d) 溶解反応時の水分および硝酸分の蒸発による系外への逃げは無視する。

⑨ 清澄工程の運転モード（3.1.3項参照）を考慮し、清澄供給（溶解）液の流量は、

1日分の溶解液を、10時間×2回で清澄処理するとして計算した。

⑩ 清澄工程において、遠心清澄機に捕集した不溶解残渣を硝酸で洗浄し、洗浄液は清澄液と混合した後、調整工程に送液する。調整供給液および調整後溶解液の液量は、それぞれ、下記の濃度になるように設定した。

- 調整供給液 : 280 gHM/l
- 調整後溶解液 : 270 gHM/l

3.2.2 主要設備・機器の概略検討

(1) 主要設備・機器の臨界安全設計

前処理工程の主要設備・機器の臨界安全設計（主要な核的制限値の算出）を行った。

(i) 同位体組成

処理燃料中のプルトニウム、ウランの同位体組成は、体系の反応度に大きく影響を及ぼす重要な因子である。本検討では、昨年度と同様に、臨界安全設計上のプルトニウム同位体組成を以下の値とする。

$$\text{Pu-239 : Pu-240 : Pu-241} = 60 : 20 : 20$$

また、処理対象の新燃料では劣化ウランを使用しているが、臨界安全設計上のウランは保守的に天然ウランとする。

(ii) Pu富化度

Pu富化度が高くなるコア燃料溶解液に着目し、臨界安全設計上のPu富化度は、

$$Pu / (Pu + U) = 25 \text{ wt\%}$$

とする。また、ブランケット燃料の溶解液のみを取扱う系については、臨界安全設計上のPu富化度は、10% として、核的制限値を求める。

(iii) 主要な核的制限値

(a) 溶液系機器（槽類）

一次元輸送計算コード A N I S N - J R および M G C L - 1 3 7 群ライブラリを使用して、無限円筒、無限平板および無限円環に関して、実効増倍率 (k_{eff}) と寸法（円筒直径、平板厚および円環厚）との関係（Pu濃度をパラメータとする）、および実効増倍率 (k_{eff}) とPu濃度との関係を計算した。

溶液は硝酸溶液（遊離硝酸は保守的に無視）とし、「臨界安全ハンドブック」の記載式で組成を計算した。また、反射条件は水全反射条件（厚み30cm）とした。

なお、円環の内側の空間は水密度を変化させた計算を行い、真空の場合が最も厳しいことを確認している。（昨年度の設計研究報告書：図2.3.5-5参照）

計算結果を図3.2.2-1～図3.2.2-14に示すとともに、それに基づき設定した核的制限値を、表3.2.2-1に示す。なお、本検討においては、核的制限値として、計算誤差を考慮して、 $k_{eff} = 0.94$ における値を設定した。

また、腐食代、製作公差を考慮して、機器の設計寸法としては、原則として核的制限値より 5mm 引いた値以下とする。

表3.2.2-1 溶液系の核的制限値

形状	Pu富化度 Pu/(Pu+U)	核的制限値 ($k_{eff}=0.94$)	備 考
無限円筒	100 wt%	直径 18.6 cm	
	25 wt%	直径 22.3 cm	
	10 wt%	直径 26.8 cm	
無限平板	25 wt%	液厚 9.8 cm	
	10 wt%	液厚 12.7 cm	
無限円環	25 wt%	液厚 5.5 cm	内径1mで計算。したがって内径1m以上の円環槽に適用
	10 wt%	液厚 7.0 cm	

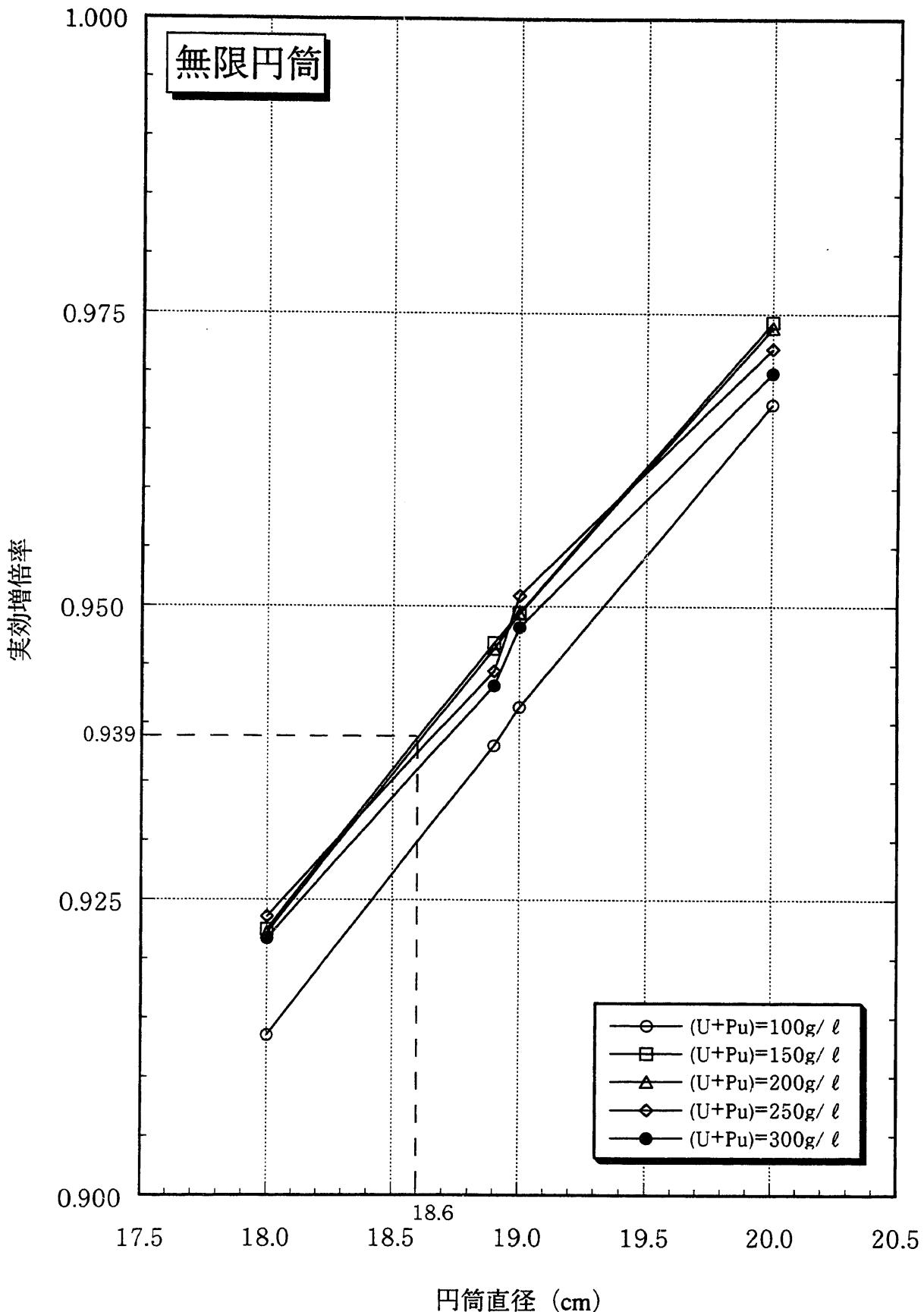


図3.2.2-1 無限円筒の臨界計算結果 (Pu富化度100wt%)

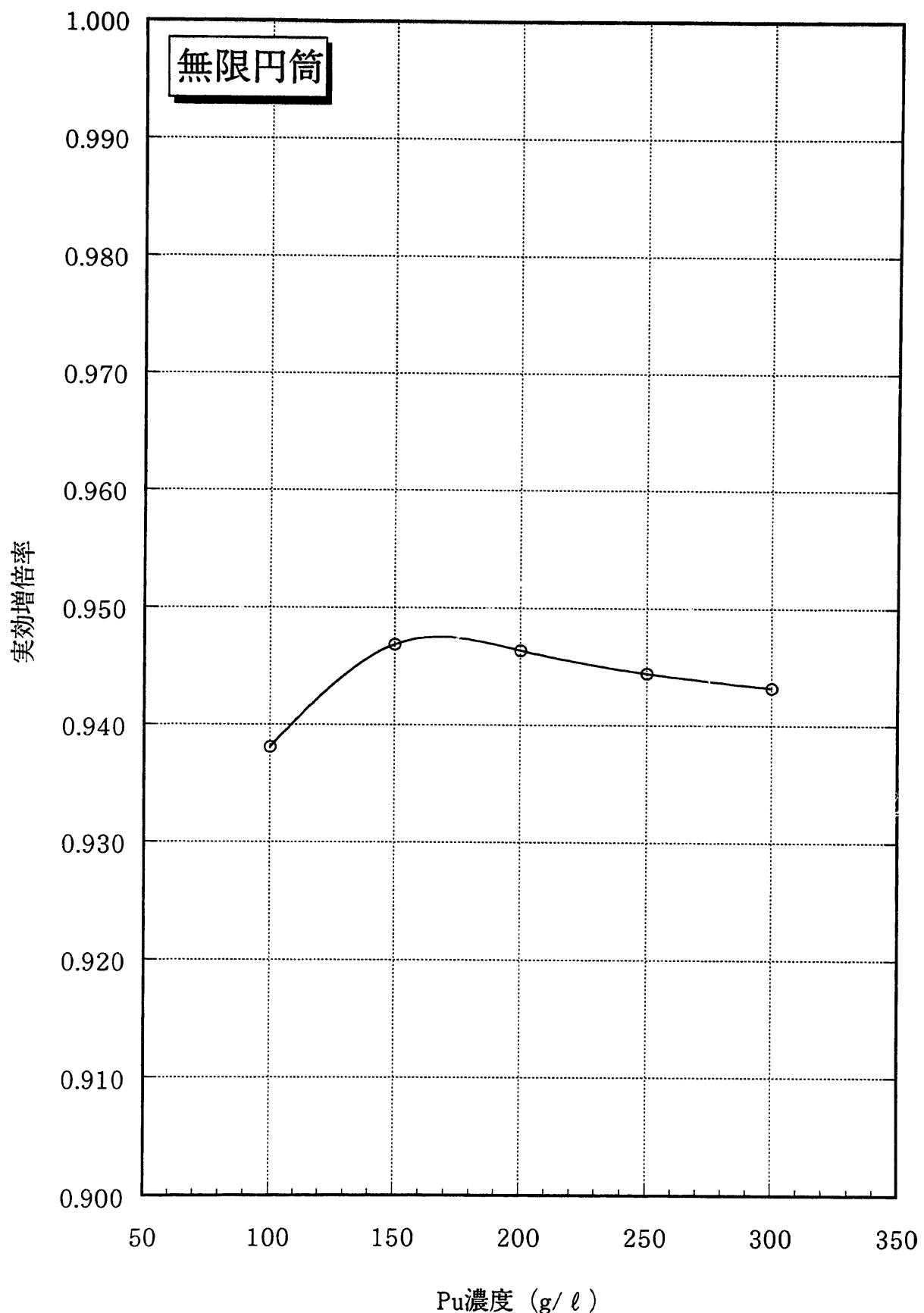


図3.2.2-2 無限円筒の臨界計算結果 (Pu富化度100wt%, 円筒直径18.9cm)

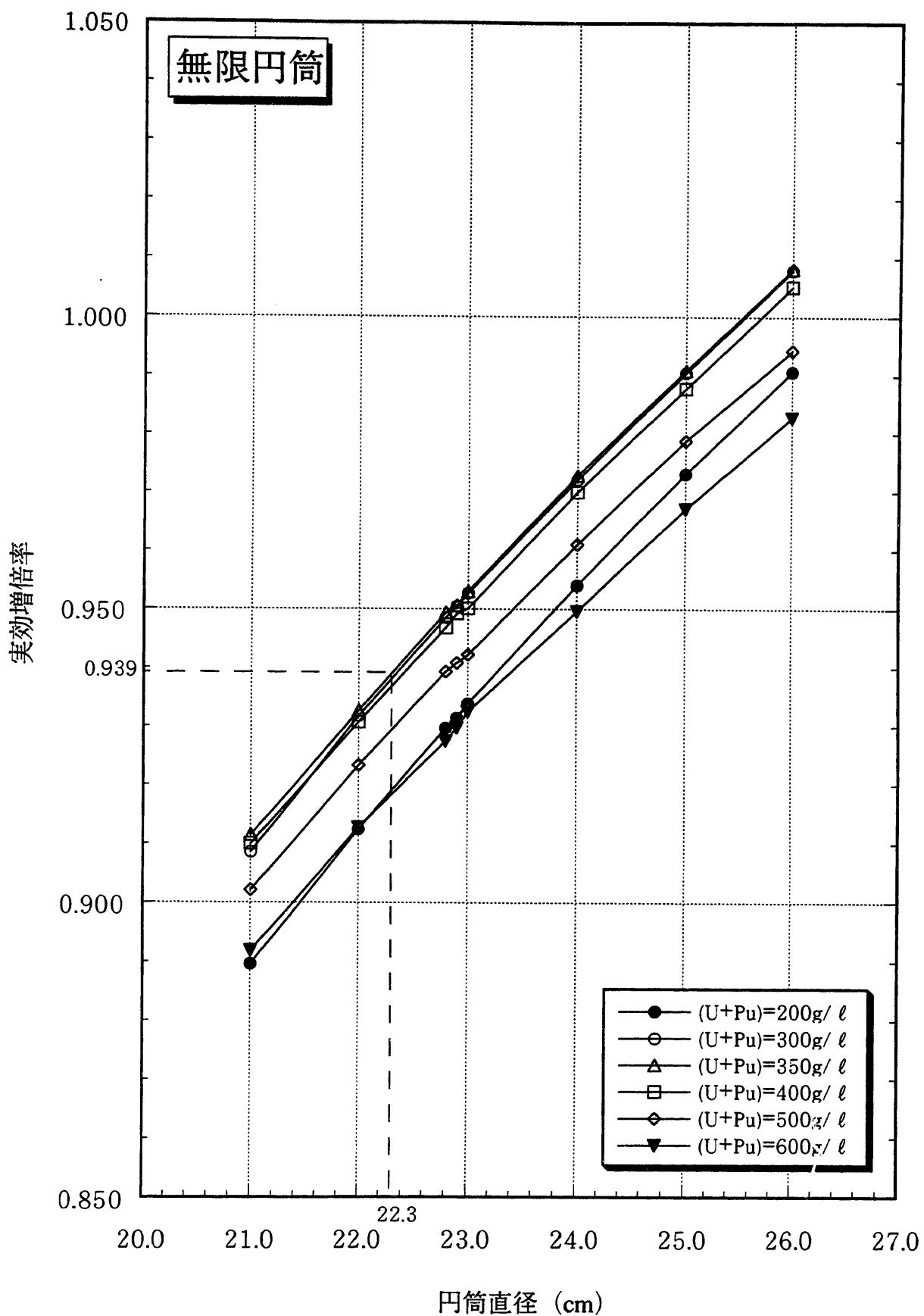


図3.2.2-3 無限円筒の臨界計算結果 (Pu富化度25wt%)

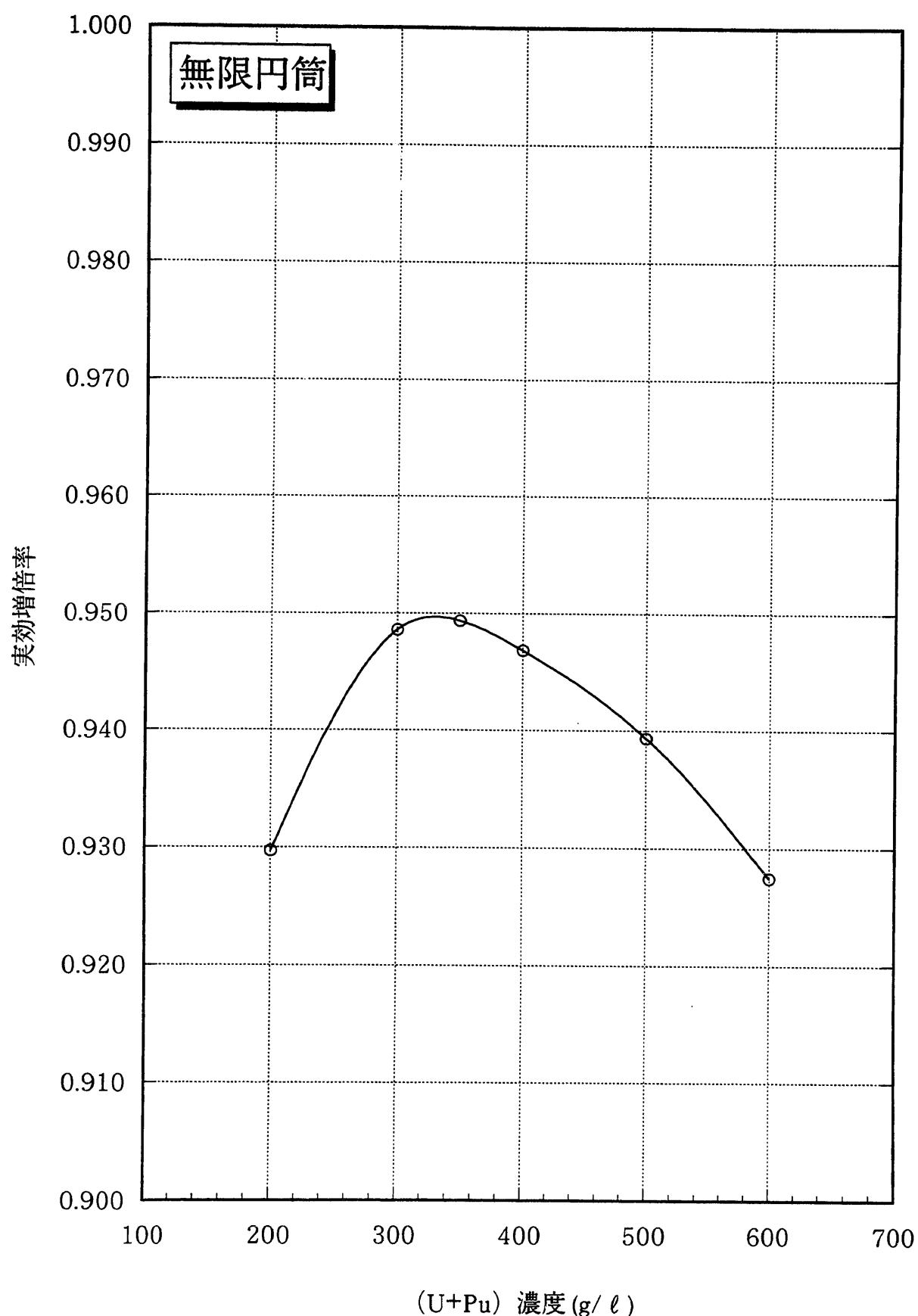


図3.2.2-4 無限円筒の臨界計算結果 (Pu富化度25wt%, 円筒直径22.8cm)

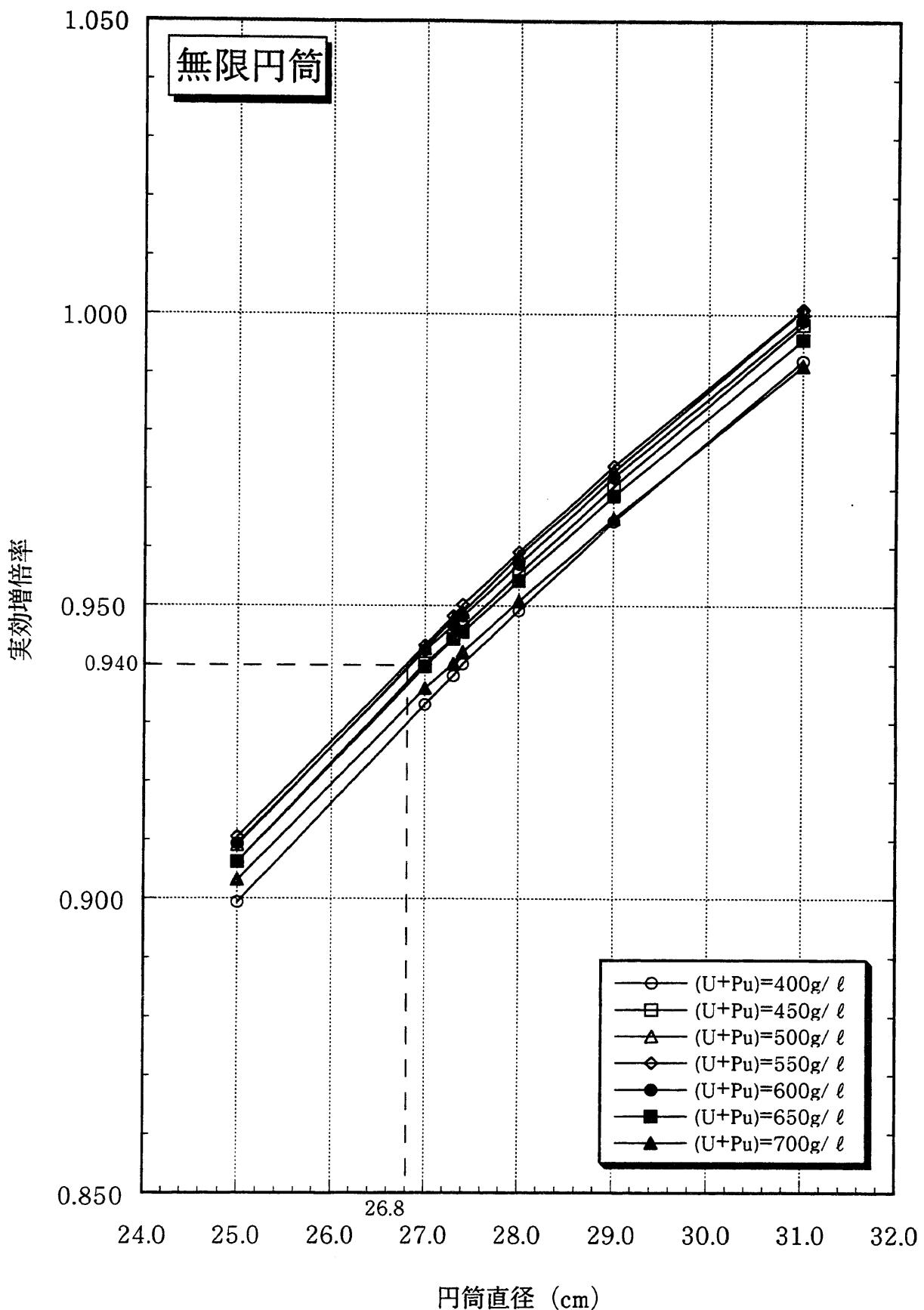


図3.2.2-5 無限円筒の臨界計算結果 (Pu富化度10wt%)

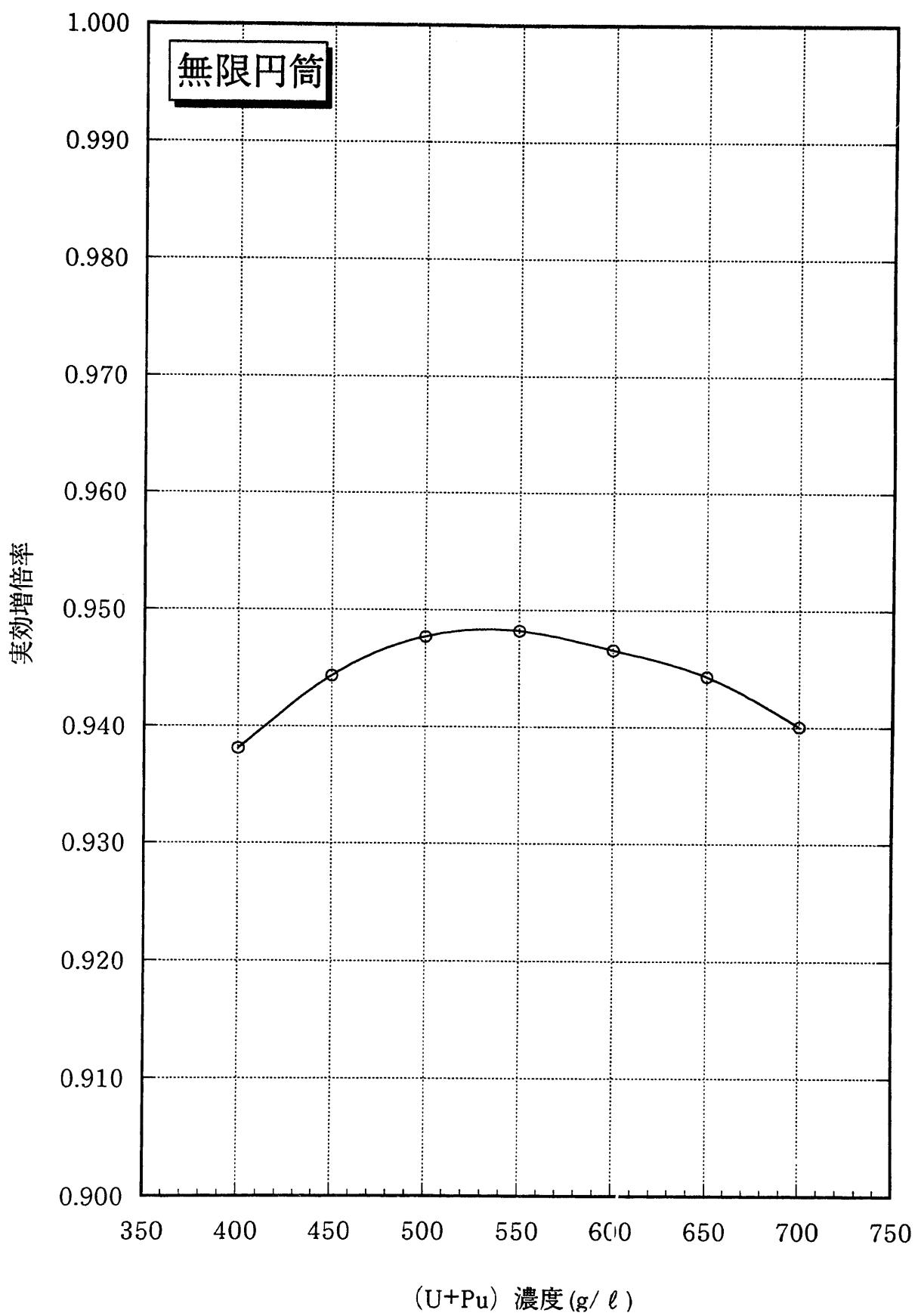


図3.2.2-6 無限円筒の臨界計算結果 (Pu富化度10wt%,円筒直徑27.3cm)

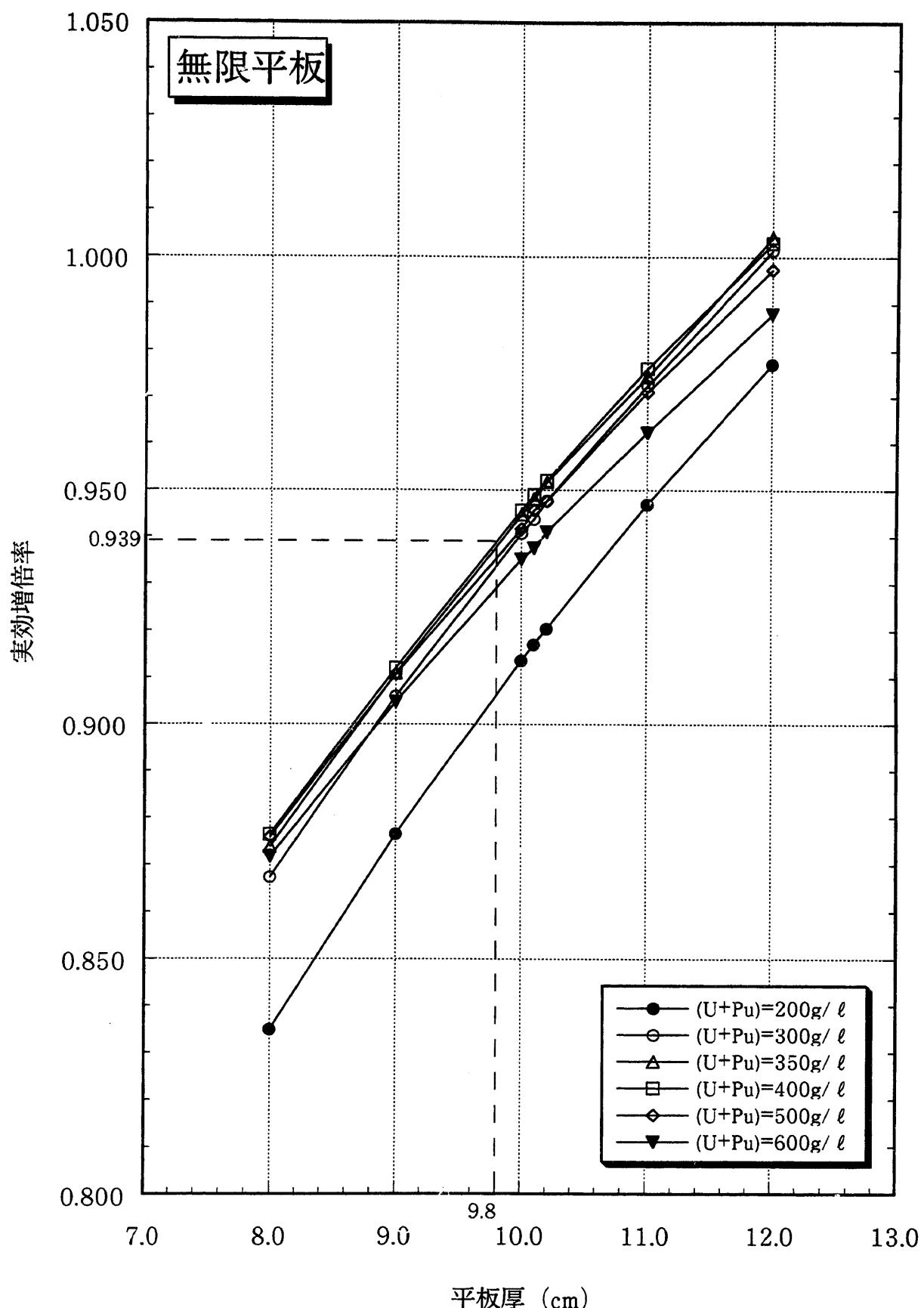


図3.2.2-7 無限平板の臨界計算結果 (Pu富化度25wt%)

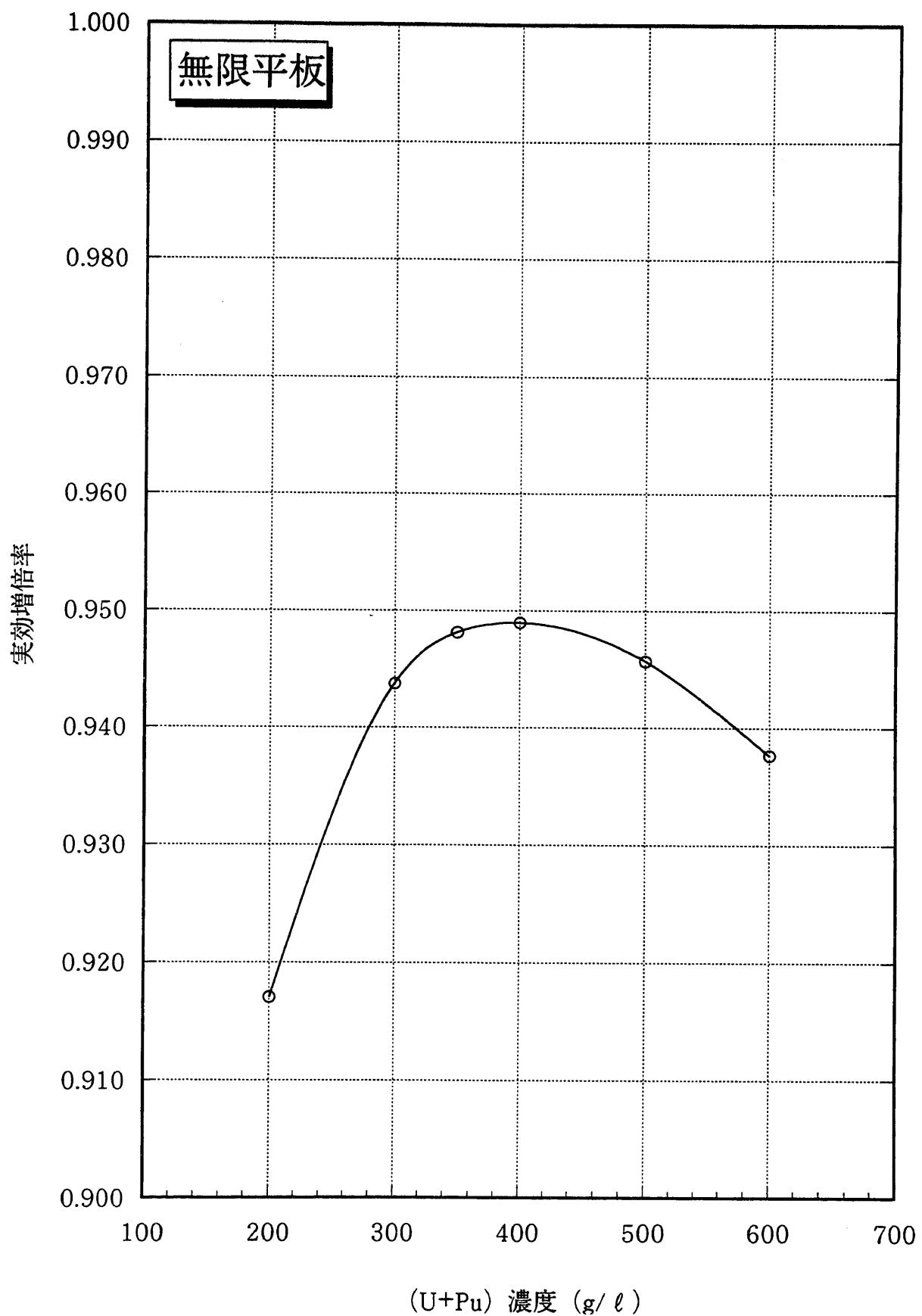


図3.2.2-8 無限平板の臨界計算結果 (Pu富化度25wt%, 平板厚10.1cm)

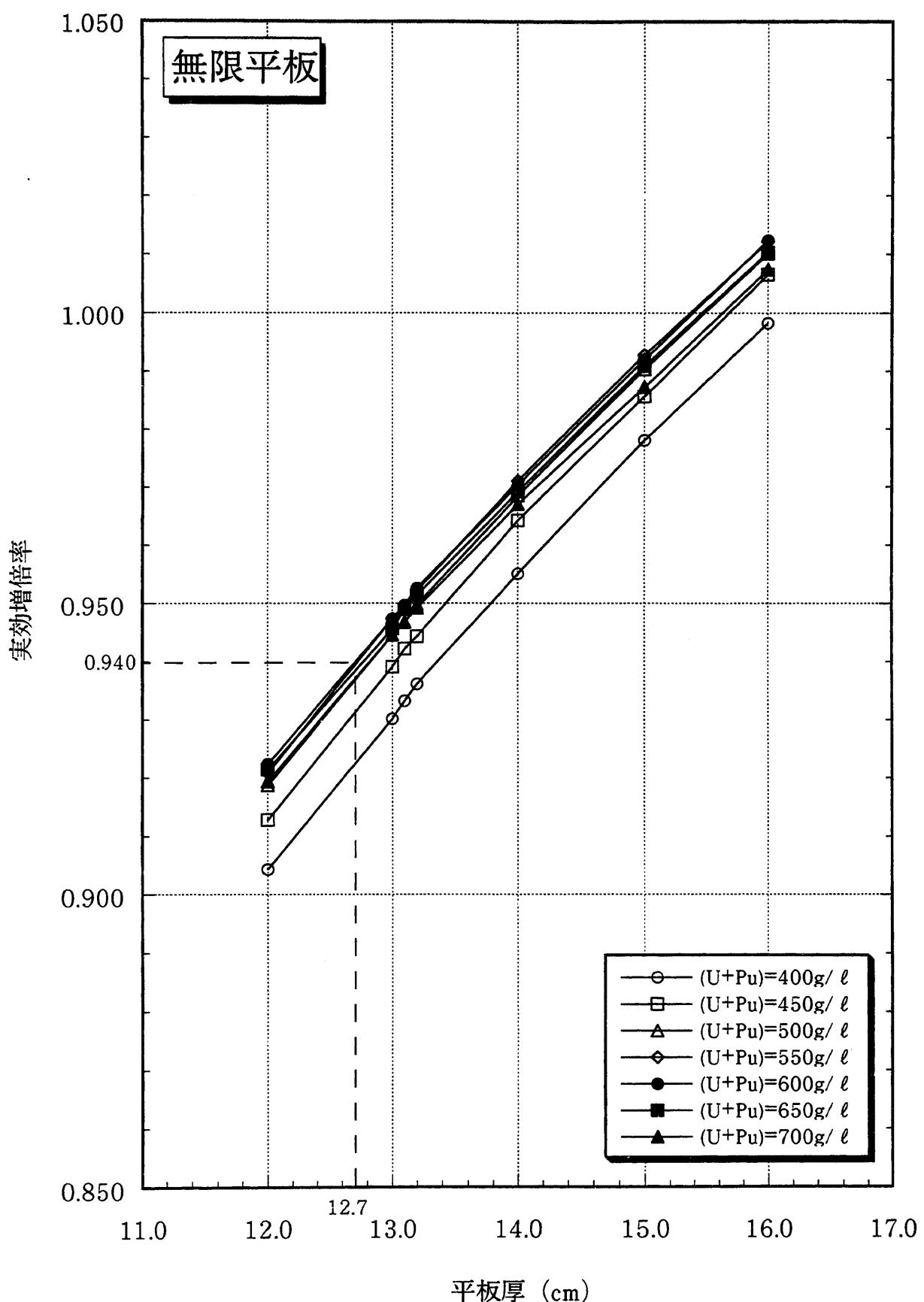


図3.2.2-9 無限平板の臨界計算結果 (Pu富化度10wt%)

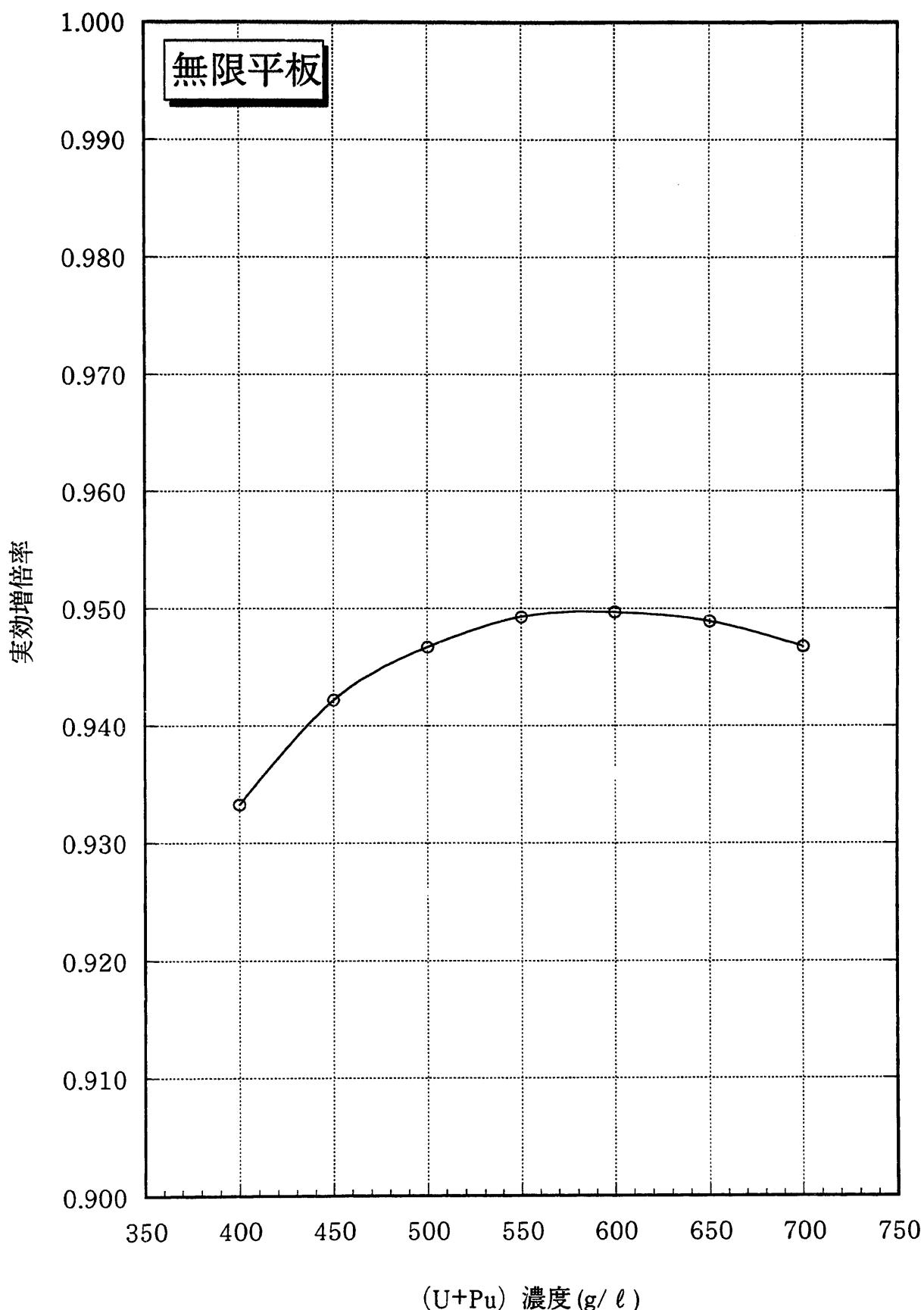


図3.2.2-10 無限平板の臨界計算結果 (Pu富化度10wt%,平板厚13.1cm)

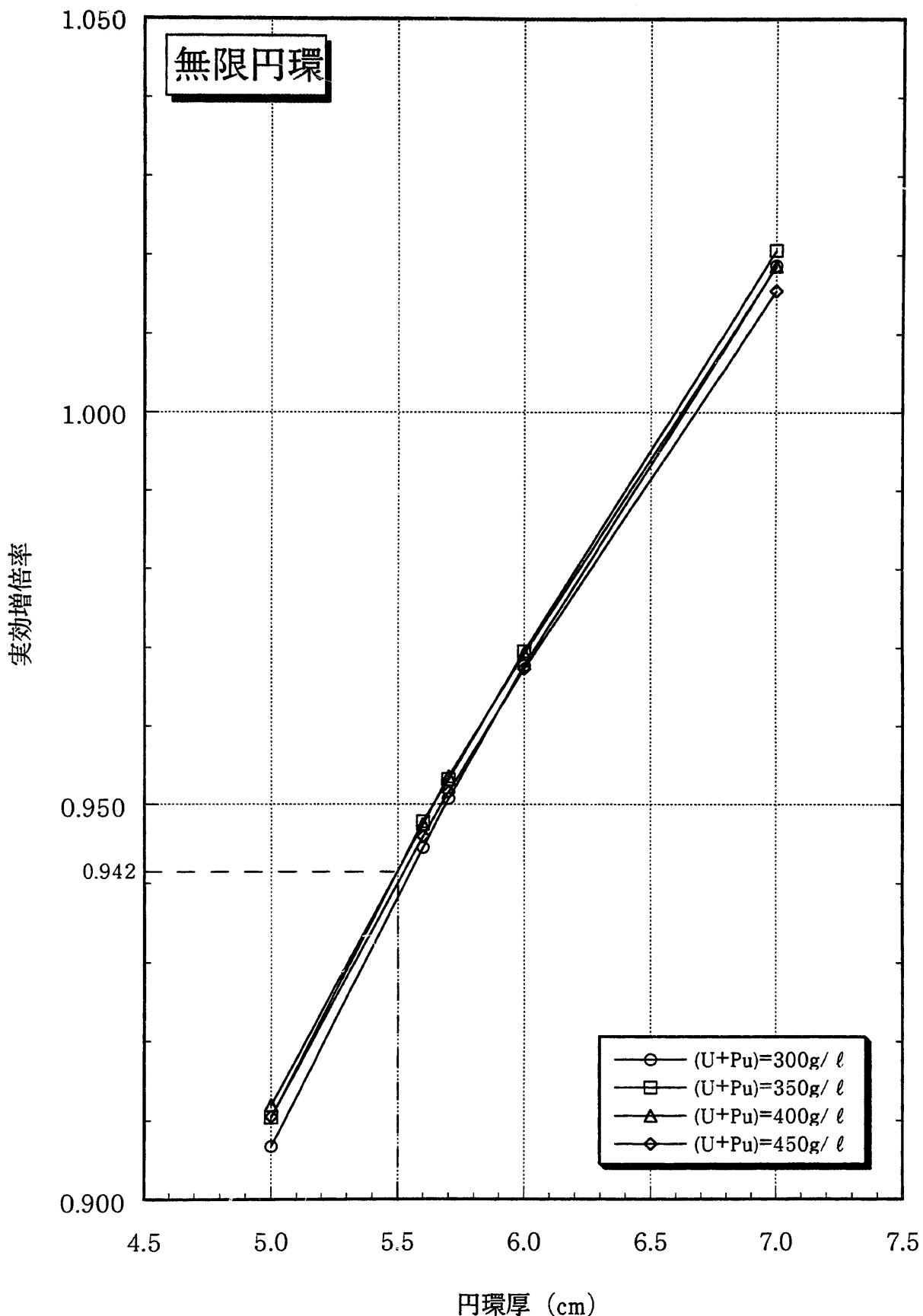


図3.2.2-11 無限円環の臨界計算結果 (Pu富化度25wt%,内径1m)

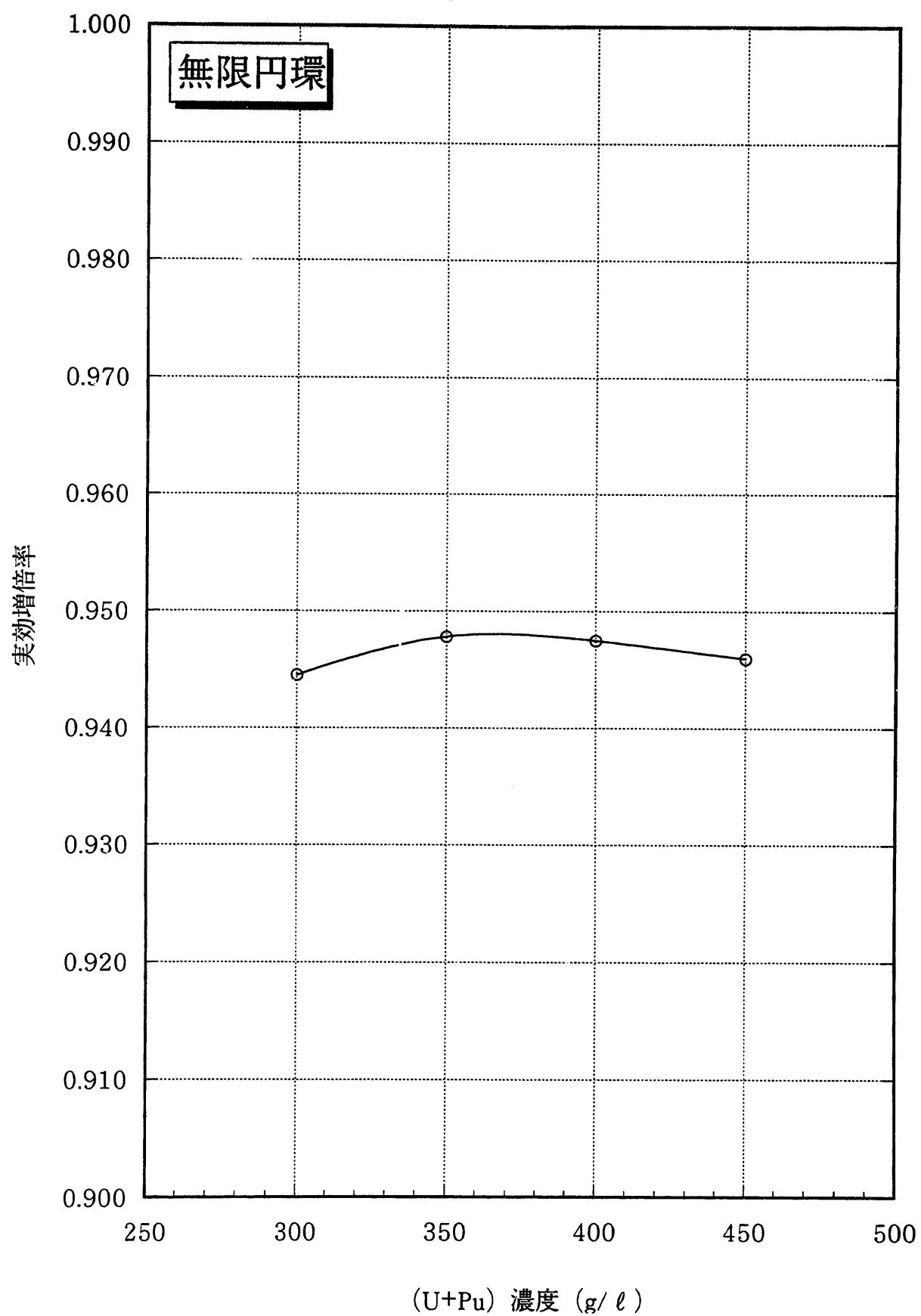


図3.2.2-12 無限円環の臨界計算結果 (Pu富化度25wt%, 内径1m, 円環厚5.6cm)

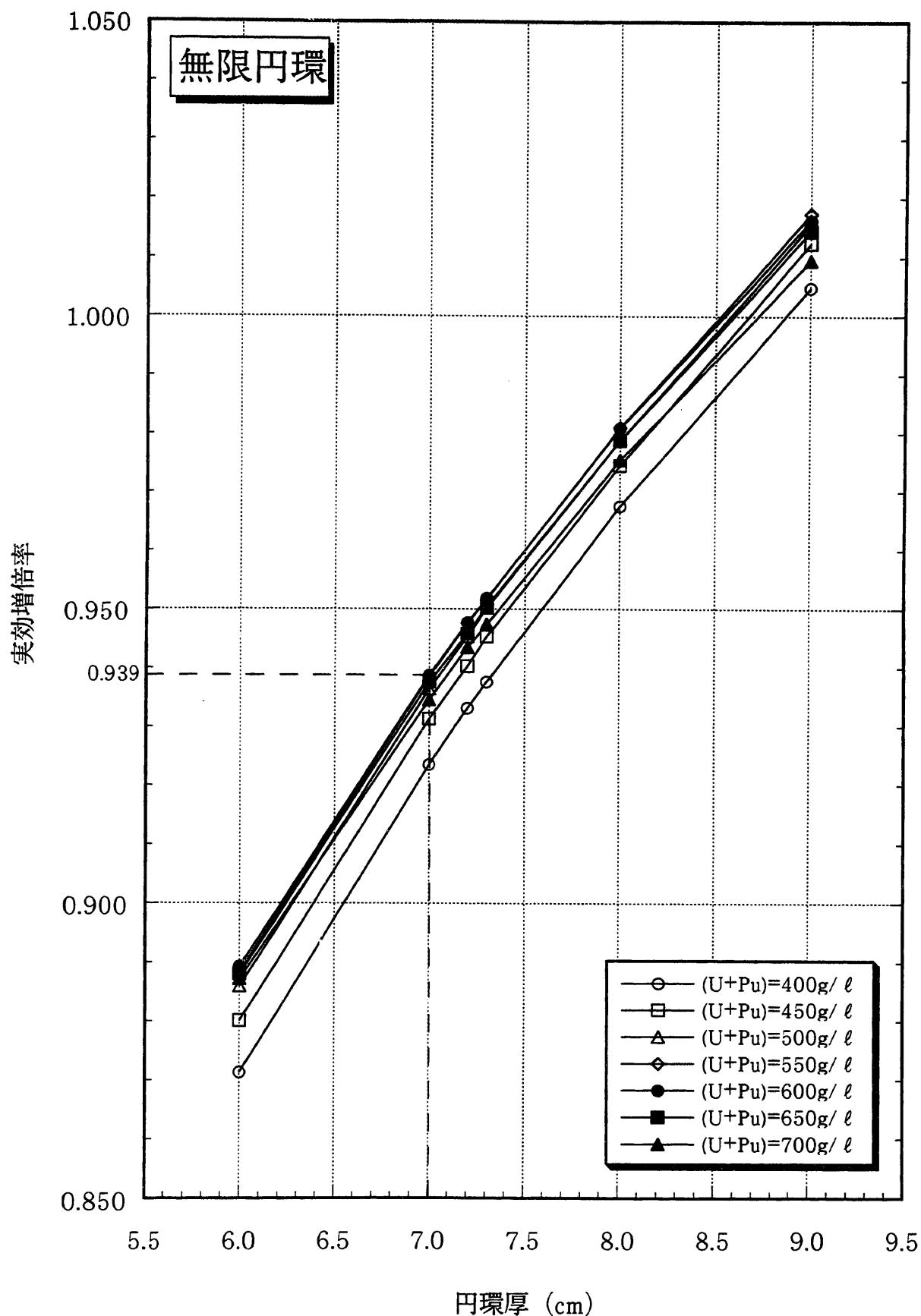


図3.2.2-13 無限円環の臨界計算結果 (Pu富化度10wt%,内径1m)

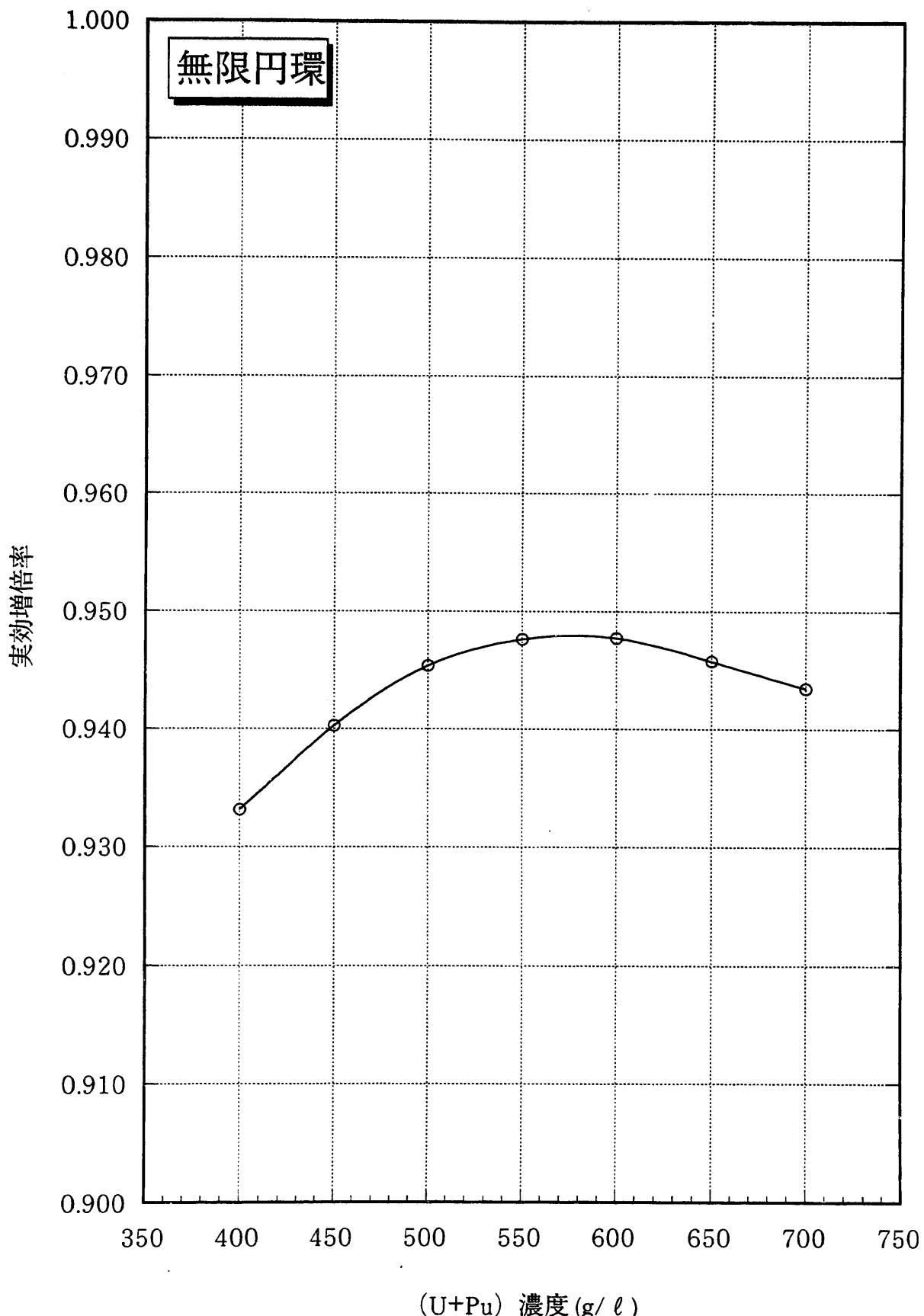


図3.2.2-14 無限円環の臨界計算結果 (Pu富化度10wt%, 内径1m, 円環厚7.2cm)

(b) 連続溶解槽

連続溶解槽に関しては、昨年度の設計研究と同様に、R E T F の連続溶解槽の核的制限値を使用することとする。

R E T F の連続溶解槽は円環型であり、中心部に中性子吸收材としてB₄Cを使用しており、核的制限値は円環の厚み11.5cm, B₄Cの厚み7.8cmである。

本検討では、連続溶解槽の内径を大きくすることによりスケールアップすることとし、核的制限値は上記のR E T F の値を用いることとする。

なお、R E T F では、Pu富化度30wt%, U濃縮度1.6wt% (Pu同位体組成は本研究と同じ) であり本研究より保守的である。

(c) 解体・剪断工程

解体・剪断工程では、原則として、燃料集合体を同時に2体以上取扱わないこととして、臨界安全を担保する。処理ケースによっては、同時に2体の集合体を取り扱うこともあるが、その場合には、機械的な隔離（近接防止）、および必要に応じて固定中性子毒の併用等により、臨界安全を担保する。

また、燃料剪断ピン（または、脱被覆後の燃料粒子）の中間貯蔵を考慮するケース（ケースC～ケースH等）における、中間貯槽（縦形円筒槽を想定）の核的制限値（円筒直径）を求めるために、混合酸化物（M O X）系における実効増倍率（k_{eff}）と寸法（円筒直径）との関係を、一次元輸送計算コードA N I S N - J R およびM G C L - 1 3 7 群ライブラリを使用して、計算した。

計算条件等は下記のとおりである。

- ① 計算体系：均質M O X系・無限円筒（溶解槽と剪断ピン中間貯槽との間のシート部に溶解槽へ向けての気流を確保することにより、剪断ピン中間貯槽には水分は侵入しないとして、均質M O X系の計算とする）
- ② 燃料密度：M O Xの理論密度（臨界安全ハンドブックの記載式）
- ③ 減速材：空気中の水分（保守的に、60°Cにおける飽和水蒸気）を考慮
- ④ 反射条件：水全反射条件（厚み30cm）

計算結果を図3.2.2-15および～図3.2.2-16に示すとともに、それに基づき設定した核的制限値を、表3.2.2-2に示す。

なお、本検討においては、核的制限値として、溶液系機器と同様に、計算誤差を考慮して、k_{eff} = 0.94における値を設定した。

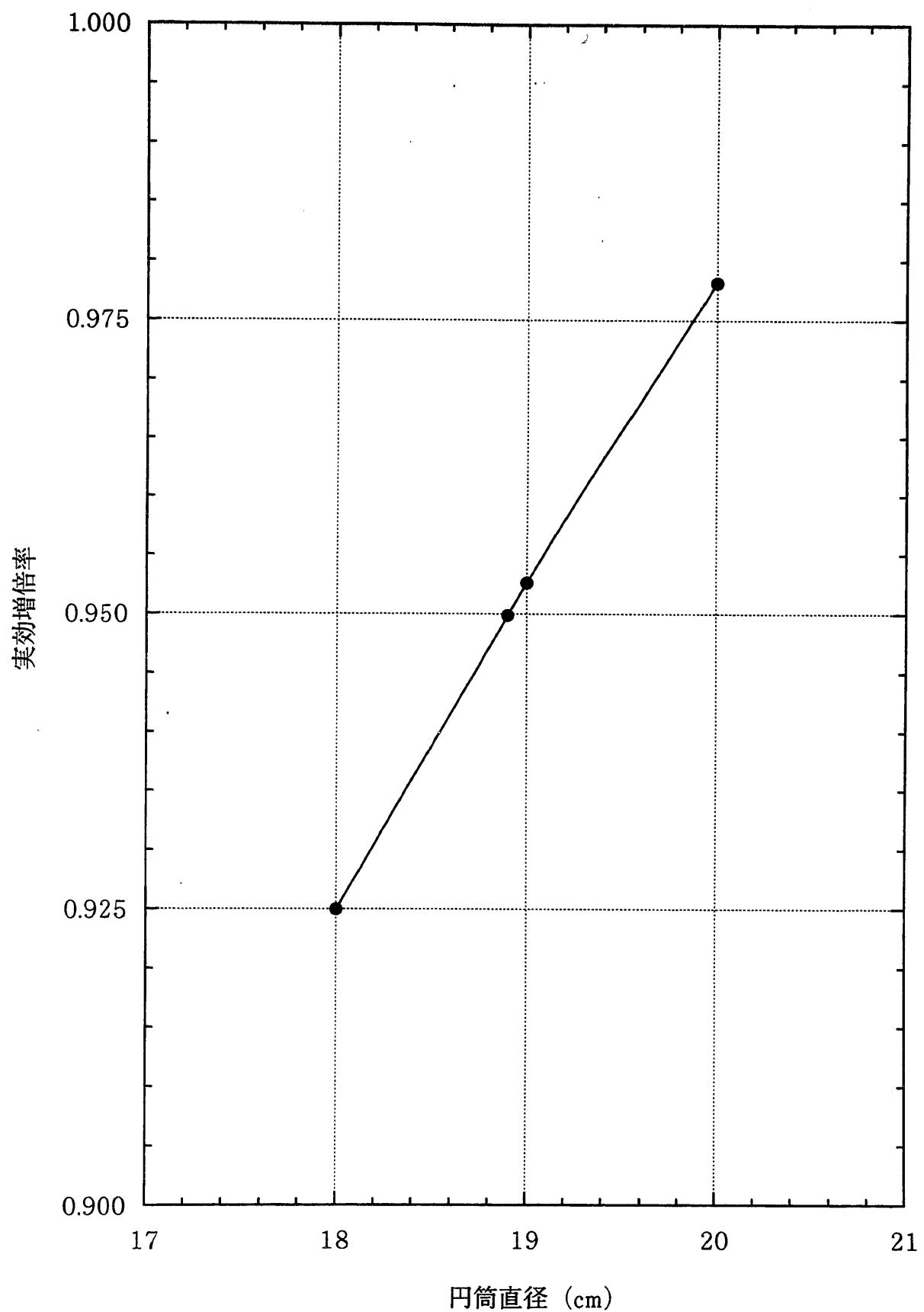


図3.2.2-15 混合酸化物系の臨界計算結果（無限円筒,Pu富化度25%）

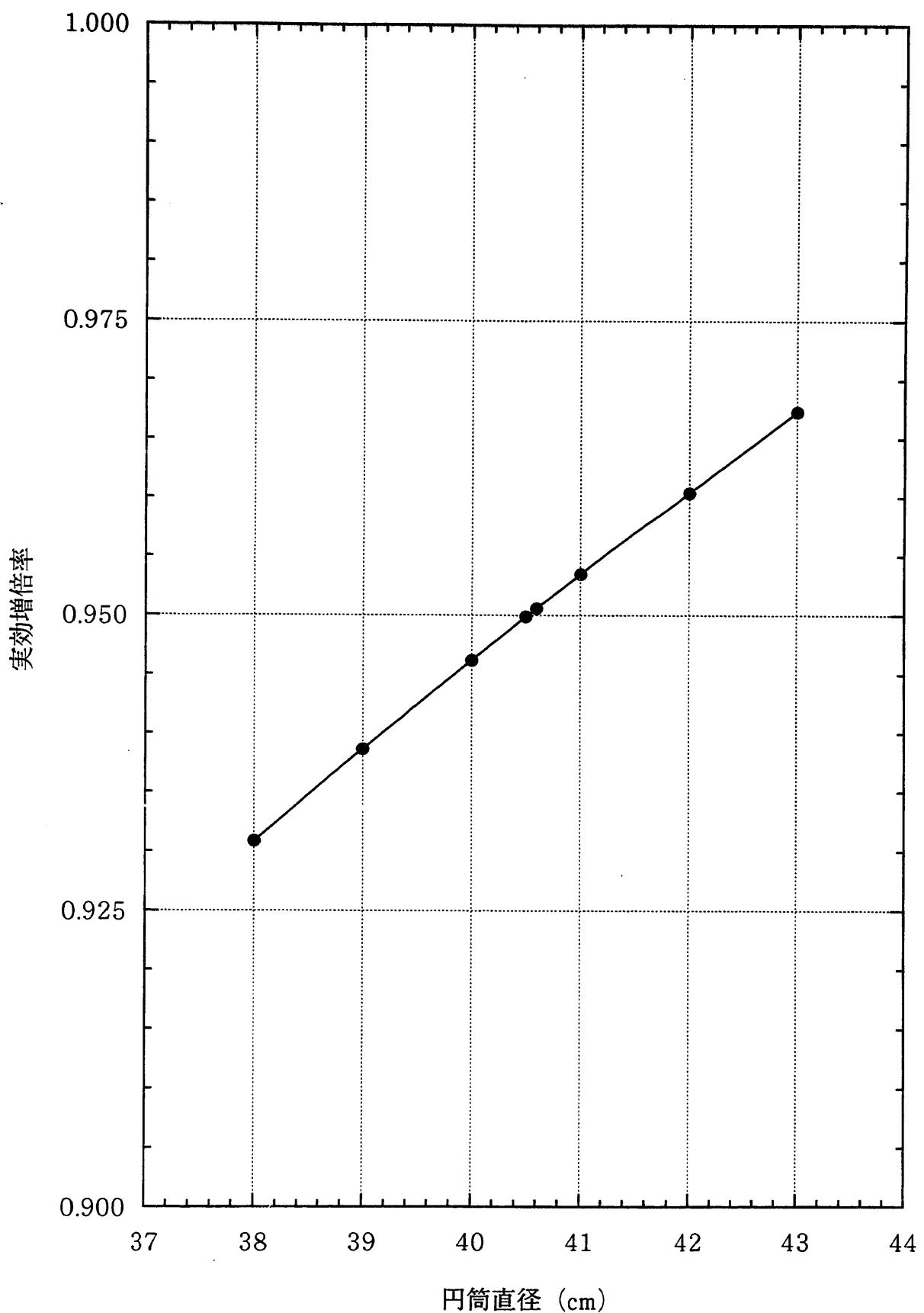


図3.2.2-16 混合酸化物系の臨界計算結果（無限円筒,Pu富化度10%）

また、腐食代、製作公差を考慮して、機器の設計寸法としては、原則として核的制限値より 5mm 引いた値以下とする。

表3.2.2-2 均質MOX系・無限円筒の核的制限値

Pu富化度 Pu/(Pu+U)	核的制限値 (keff=0.94)	備 考
25 wt%	直径 18.5 cm	
10 wt%	直径 39.2 cm	

(2) 主要設備・機器の概略検討

(i) 解体機

解体機に関しては、昨年度の設計研究で想定した、RET Fにて採用している解体機と同様の、レーザー式（トーチ移動型）解体機とする。解体機は、処理ケースによらず、同一仕様の解体機（各ケースとも、1基のみ）とする。

(ii) 剪断機

剪断機は、下記の処理ケース（ケースA、ケースGおよびケースH）を除いて、RET Fにて採用している剪断機と同様の、水平シリンダ・油圧押し切り型（燃料集合体：横置き）剪断機とする。処理ケースによっては、コア燃料集合体用と径方向プランケット燃料集合体用の2基の剪断機を必要とするケースもあるが、この場合にも、剪断機の仕様としては、同一仕様のものとする。

剪断機の処理容量は、コア燃料集合体：2.55体／日、径方向プランケット燃料集合体：0.78体／日である。

コア燃料集合体、径方向プランケット燃料集合体とともに、燃料ピンの燃料ミート部の長さは、163 cm（昨年度の設計研究報告書参照）であるから、剪断ピンの長さを3.0cmになるように剪断すると仮定すると、各ケースにおける剪断機の剪断回数（回／日）等は、表3.2.2-3に示すとおりとなる。

燃料集合体の剪断を終えて、次の燃料集合体の剪断を開始するまで（剪断終了後の端末追い落とし⇒燃料集合体の剪断機への装荷⇒端末部切り落とし⇒剪断開始）に要する時間は、約10分～20分程度と考えられるが、この間は、溶解槽への燃料供給が中断する。

表3. 2. 2-3 剪断機の剪断回数等

	剪断回数 (回／日)	剪断間隔 (分／回)
コア燃料集合体専用* ¹	約 140	約 10
径方向ブランケット燃料集合体専用* ¹	約 45	約 30
両燃料集合体剪断用* ²	約 165	約 8
注. *1) ケースF～ケースHを除く、各ケースに対応		
*2) ケースFに対応		

径方向ブランケット燃料専用の剪断機においては、表3. 2. 2-3 に示すように、剪断間隔が約30分であるから、この供給中断時間は問題とならないが、コア燃料専用の剪断機および両燃料剪断用（ケースF）の場合には、この供給中断時間が溶解槽出口の溶解液濃度の変動要因となる等、問題となる可能性がある。

下記の処理ケースにおいては、上記の剪断機とは異なった仕様の剪断機または脱被覆機を想定する。

(a) ケースA

ケースAにおける剪断機は、型式としては、他のケースと同様に、水平シリンダ・油圧押し切り型（燃料集合体：横置き）であるが、同時に2体の燃料集合体を並べて剪断処理できるような、新型の剪断機を想定する。

剪断機（マガジン部）内に、コア燃料集合体と径方向ブランケット燃料集合体2体を（上下方向または左右方向に）並べて収納するとともに、各燃料集合体の送り出しピッチ（剪断長さ）および／または送り出し頻度を個別に調整することにより、コア燃料集合体（2.55体／日処理）および径方向ブランケット燃料集合体（0.78体／日処理）の処理量に応じた剪断が行えるようとする。

2体の燃料集合体を同時に取り扱うため、両集合体の間隔を機械的に隔離するとともに、必要に応じて、中間仕切り板に固定中性子毒を使用する等によって、臨界安全を担保する。

(b) ケースGおよびケースH

この両ケースにおいては、剪断機の代わりに、燃料被覆管の中から燃料のみを取り出す、脱被覆機を想定する。

脱被覆の方法としては、財産業創造研究所において研究されている『拡管脱被

覆法』等も考えられるが、本設計研究においては、燃料が球状粒子燃料であることを考慮して、解体後の燃料ピン束の端末部をレーザー等の適切な手段により切断し、必要に応じて、燃料ピン束に振動を加える方法によって、内部の燃料粒子を取り出す方法・装置を想定する。

本装置の主要な構成機能としては、解体後の燃料ピン束の把持（燃料ピン束を縦持ちする）機能、端末部の切断機能、燃料ピン束への加振機能、燃料粒子と端末部等とを分離する機能（燃料粒子のみを下流の中間貯蔵・溶解槽に送るため）、分離した端末部および燃料取り出し後の燃料ピン（被覆管）の洗浄機能等が必要となると考えられる。

本装置の具体的な構造・寸法等は、今後の検討・開発事項と考える。

（iii）剪断ピン（または、燃料粒子）中間貯槽

剪断ピン（または、燃料粒子）中間貯槽は縦形円筒槽とし、円筒直径を、前述したPu富化度25%の臨界制限値（表3.2.2-2参照）に見合う、180 mmとする。

処理ケースによっては、コア燃料用中間貯槽とプランケット燃料用中間貯槽の両方を設置するケースがあり、この場合、プランケット燃料用中間貯槽の直径としては、Pu富化度 10%の臨界制限値に見合う、約390mm 程度の直径とすることも可能であるが、後述するように（3.2.3項 参照）、プランケット燃料用中間貯槽の臨界制限値をゆるめると、プランケット燃料集合体用剪断機へのコア燃料集合体の誤装荷防止や、コア燃料部と軸方向プランケット部の分配の確実性等、臨界安全管理の面からの装置・システムに対する要求が厳しくなるため、本検討においては、プランケット燃料用中間貯槽の直径としても、180 mmとする。

中間貯槽の容量としては、各ケースとも（2槽設置するケースでは、2槽とも）、燃料集合体 1 体分（HMとして、約150 kg相当）の剪断ピンまたは燃料粒子を受けられる容量とする。

中間貯槽内における、剪断ピン（長さ：約3cmと想定）および燃料粒子の充填密度（見掛け密度）を、それぞれ、 2.0kgHM/l および 6.0kgHM/l と仮定すると、各中間貯槽の形状は、それぞれ、下記のようになる。（いずれの場合も、槽上部の空間容積として、槽全体の2割程度を見込む）

- ・剪断ピン中間貯槽： $180 \text{ mm} \phi \times 3,600 \text{ mmH}$

- ・燃料粒子中間貯槽： $180 \text{ mm} \phi \times 1,200 \text{ mmH}$

中間貯槽の下部には、剪断ピンまたは粒子燃料を一定量ずつ連続溶解槽へ供給する、燃料定量払出し機構が取り付けられる。

中間貯槽本体や燃料定量払出し機構の具体的な構造・寸法等は、今後の検討・開発事項と考える。

(iv) 溶解槽

溶解槽に関しては、昨年度の設計研究と同様に、R E T F にて採用している連続溶解槽と同タイプの連続溶解槽とし、核的制限値も同じ値を使用することとする。

本検討では、連続溶解槽の環状部（燃料・溶解液の入る部分）の断面積が処理量に比例するように、環状部の内径を変化させる（環状部液厚は一定）ことにより、スケールアップ・スケールダウンすることとする。

昨年度の設計研究における溶解槽概念図を、図3.2.2-17に示すとともに、各処理ケースの溶解槽の環状部（溶解部）の寸法を、表3.2.2-4 に示す。

表3.2.2-4 各処理ケースの溶解槽の環状部（溶解部）の寸法

処理ケース	溶解槽 I			溶解槽 II		
	処理量 kgU+Pu/d	外径 [mm]	内径 [mm]	処理量 kgU+Pu/d	外径 [mm]	内径 [mm]
昨年度設計研究	327.3	900	670	131.5	900	670
ケースA	458.8	1,210	980			
ケースB	458.8	1,210	980			
ケースC	458.8	1,210	980			
ケースD	458.8	1,210	980			
ケースE	458.8	1,210	980			
ケースF	458.8	1,210	980			
ケースG	458.8	1,210	980			
ケースH	458.8	1,210	980			
ケースI	327.3	900	670	131.5	430	200
ケースJ	172.6	530	300	286.3	800	570
ケースK	327.3	900	670	131.5	430	200
ケースL	172.6	530	300	286.3	800	570

基 数	2
	機器型式
	連続回転式
	設置場所
	—
	取扱対象物
	—
	使用圧力
	本体:常圧 / ジャケット: 12kgf/cm ²
	使用温度
	本体: 95°C / ジャケット: 190°C
	主要部材質
	Ti 合金
	主要仕様
	臨界管理方法 形状管理(円環厚み)
	主要ノズル一覧表
	No. 用途 サイズ 備考
	N1 せん断片入口 —
	N2 硝酸入口 —
	N3 溶解液出口 —
	N4 ハル出口 —
	N5 スチーム入口 —
	N6 凝縮水出口 —
	機器名称 溶解槽
	機器番号 R11 / R12
	工程番号 14 工程名称 溶解工程
	図番 改訂 0

溶解部: 8段

ジャケット

溶解部

シャフト

A-A 断面

Φ988
Φ900(ID)
Φ670(OD)
Φ627(OD)
Φ40(OD)

B4C

図3.2.2-17 昨年度の設計研究における溶解槽概念図

(v) 槽類

前処理工程における主要な槽類としては、溶解液受槽、清澄液受槽および計量・調整槽がある。これらの槽類の型式、容量設定の考え方等は、下記のとおりとする。

- ① 型式は、臨界形状および設置スペースの低減化を考慮して、平板槽とする。
また、必要に応じて、ダブルスラブ型の採用も考慮する。
- ② 槽容量は、運転モードを考慮して、取り扱う液量の1日分または半日分を受け入れられる容量とし、具体的には、下記のとおりとする。
 - (a) 溶解液受槽：遠心清澄機への連続給液および給液の中止（遠心清澄機内のスラッジの洗浄・排出のため）を考慮して、溶解液12時間分を受けられる容量とする。
 - (b) 清澄液受槽：計量・調整槽における処理バッチ数（1日1バッチ）を考慮して、清澄後溶解液（遠心清澄機内の不溶解残渣洗浄用硝酸を含む）1日分を受けられる容量とする。
 - (c) 計量・調整槽：調整後の溶解液1日分を受けられる容量とする。
- ③ 各槽の寸法を決めるに当たっては、上記の考え方に基づいた槽の有効容量を100ℓ単位に切り上げて、かつ、槽上部の空間容積を、槽全体の2割程度とることを前提として考える。
- ④ 各槽の具体的な容量・寸法は、後述の機器リストに示す。

(3) 機器リスト

前記の主要設備・機器の概略検討結果に基づいて、各処理ケースの主要機器リストを作成した。結果を、表3.2.2-5～表3.2.2-16に示す。

表3.2.2-5 主要機器リスト(ケースA)

機器名称	基数	型式	機器概略仕様	主要材質	備考
剪断機	1	水平横型油圧式	W6,000×L7,500×H3,000 処理能力：コア燃料集合体 3体／日 ラックト燃料集合体 1体／日	ステンレス鋼	・コア燃料集合体および径方向ブランケット燃料集合体を2体同時に剪断する。 ・両燃料集合体の送り出しを個別に調整する。
溶解槽	1	水平円環型 連続回転式	Φ1,210×L4,000 (溶解部) 処理能力：460 kgU+Pu/d (溶解液：65 ℥/h)	Ti合金	・臨界形状管理(固定中性子毒併用) ・円環厚み：115mm
溶解液受槽	1	平板堅型	容量：800 ℥ W93×L2,000×H2,700×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
遠心清澄機	1	円筒型 スラッシュ回分排出式	処理容量：80 ℥/h Φ600×H2,000	ステンレス鋼	・溶解液12時間分を10時間で処理
清澄液受槽	1	平板堅型	容量：1,700 ℥ W93×L3,400×H3,400×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
計量・調整槽	1	平板堅型	容量：1,800 ℥ W93×L3,400×H3,500×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽

表3.2.2-6 主要機器リスト(ケースB)

機器名称	基數	型式	機器概略仕様	主要材質	備考
剪断機(1)	1	水平横型油圧式	W6,000×L7,500×H3,000 処理能力:コア燃料集合体 3体/日	ステンレス鋼	・コア燃料集合体用
剪断機(2)	1	水平横型油圧式	W6,000×L7,500×H3,000 処理能力:ブランケット燃料集合体 1体/日	ステンレス鋼	・径方向ブランケット燃料集合体用
溶解槽	1	水平円環型 連続回転式	Φ1,210×L4,000 (溶解部) 処理能力:460 kgU+Pu/d (溶解液: 65 ℥/h)	Ti合金	・臨界形状管理(固定中性子毒併用) ・円環厚み: 115mm
溶解液受槽	1	平板型	容量: 800 ℥ W93×L2,000×H2,700×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
遠心清澄機	1	円筒型 スラッシュ回分排出式	処理容量: 80 ℥/h Φ600×H2,000	ステンレス鋼	・溶解液12時間分を10時間で処理
清澄液受槽	1	平板型	容量: 1,700 ℥ W93×L3,400×H3,400×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
計量・調整槽	1	平板型	容量: 1,800 ℥ W93×L3,400×H3,500×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽

表3.2.2-7 主要機器リスト(ケースC)

機器名称	基数	型式	機器概略仕様	主要材質	備考
剪断機(1)	1	水平横型油圧式	W6,000×L7,500×H3,000 処理能力:コア燃料集合体 3体/日	ステンレス鋼	・コア燃料集合体用
剪断機(2)	1	水平横型油圧式	W6,000×L7,500×H3,000 処理能力:カセット燃料集合体 1体/日	ステンレス鋼	・径方向プランケット燃料集合体用
剪断ピン中間貯槽	1	円筒堅型	Φ180×H3,600 貯蔵容量:約150 kgU+Pu	ステンレス鋼	・燃料集合体:約1.0体分
溶解槽	1	水平円環型 連続回転式	Φ1,210×L4,000 (溶解部) 処理能力:460 kgU+Pu/d (溶解液:65 ℥/h)	Ti合金	・臨界形状管理(固定中性子毒併用) ・円環厚み:115mm
溶解液受槽	1	平板堅型	容量:800 ℥ W93×L2,000×H2,700×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
遠心清澄機	1	円筒型 スラッジ回分排出式	処理容量:80 ℥/h Φ600×H2,000	ステンレス鋼	・溶解液12時間分を10時間で処理
清澄液受槽	1	平板堅型	容量:1,700 ℥ W93×L3,400×H3,400×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
計量・調整槽	1	平板堅型	容量:1,800 ℥ W93×L3,400×H3,500×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽

表3.2.2-8 主要機器リスト(ケースD)

機器名称	基数	型式	機器概略仕様	主要材質	備考
剪断機(1)	1	水平横型油圧式	W6,000×L7,500×H3,000 処理能力:コア燃料集合体 3体/日	ステンレス鋼	・コア燃料集合体用
剪断機(2)	1	水平横型油圧式	W6,000×L7,500×H3,000 処理能力:方quette燃料集合体 1体/日	ステンレス鋼	・径方向ブランケット燃料集合体用
剪断ピン中間貯槽(1)	1	円筒堅型	Φ180×H3,600 貯蔵容量:約150 kgU+Pu	ステンレス鋼	・コア燃料集合体用 ・燃料集合体:約1.0体分
剪断ピン中間貯槽(2)	1	円筒堅型	Φ180×H3,600 貯蔵容量:約150 kgU+Pu	ステンレス鋼	・径方向ブランケット燃料集合体用 ・燃料集合体:約1.0体分
溶解槽	1	水平円環型 連続回転式	Φ1,210×L4,000 (溶解部) 処理能力: 460 kgU+Pu/d (溶解液: 65 ℥/h)	Ti合金	・臨界形状管理(固定中性子毒併用) ・円環厚み: 115mm
溶解液受槽	1	平板堅型	容量: 800 ℥ W93×L2,000×H2,700×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
遠心清澄機	1	円筒型 スラッシュ回分排出式	処理容量: 80 ℥/h Φ600×H2,000	ステンレス鋼	・溶解液12時間分を10時間で処理
清澄液受槽	1	平板堅型	容量: 1,700 ℥ W93×L3,400×H3,400×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
計量・調整槽	1	平板堅型	容量: 1,800 ℥ W93×L3,400×H3,500×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽

表3.2.2-9 主要機器リスト(ケースE)

機器名称	基數	型式	機器概略仕様	主要材質	備考
剪断機(1)	1	水平横型油圧式	W6,000×L7,500×H3,000 処理能力：コア燃料集合体 3体／日	ステンレス鋼	・コア燃料集合体用 ・下部にコア燃料／軸方向ランケット燃料分配機付き
剪断機(2)	1	水平横型油圧式	W6,000×L7,500×H3,000 処理能力：ランケット燃料集合体 1体／日	ステンレス鋼	・径方向プランケット燃料集合体用
剪断ピン中間貯槽(1)	1	円筒堅型	Φ180×H3,600 貯蔵容量：約150 kgU+Pu	ステンレス鋼	・コア燃料用 ・燃料集合体：約1.0体分
剪断ピン中間貯槽(2)	1	円筒堅型	Φ180×H3,600 貯蔵容量：約150 kgU+Pu	ステンレス鋼	・径方向および軸方向プランケット燃料用 ・燃料集合体：約1.0体分
溶解槽	1	水平円環型 連続回転式	Φ1,210×L4,000 (溶解部) 処理能力：460 kgU+Pu/d (溶解液：65 ℥ /h)	Ti合金	・臨界形状管理 (固定中性子毒併用) ・円環厚み：115mm
溶解液受槽	1	平板堅型	容量：800 ℥ W93×L2,000×H2,700×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
遠心清澄機	1	円筒型 スラッシュ回分排出式	処理容量：80 ℥ /h Φ600×H2,000	ステンレス鋼	・溶解液12時間分を10時間で処理
清澄液受槽	1	平板堅型	容量：1,700 ℥ W93×L3,400×H3,400×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
計量・調整槽	1	平板堅型	容量：1,800 ℥ W93×L3,400×H3,500×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽

表3.2.2-10 主要機器リスト(ケースF)

機器名称	基数	型式	機器概略仕様	主要材質	備考
剪断機	1	水平横型油圧式	W6,000×L7,500×H3,000 処理能力：コア燃料集合体 3体／日 プランケット燃料集合体 1体／日	ステンレス鋼	・コア燃料集合体および径方向プランケット燃料集合体を1体ずつ(交互に)剪断する。 ・下部にコア燃料/プランケット燃料分配機付き
剪断ピン中間貯槽(1)	1	円筒堅型	Φ180×H3,600 貯蔵容量：約150 kgU+Pu	ステンレス鋼	・コア燃料用 ・燃料集合体：約1.0体分
剪断ピン中間貯槽(2)	1	円筒堅型	Φ180×H3,600 貯蔵容量：約150 kgU+Pu	ステンレス鋼	・径方向および軸方向プランケット燃料用 ・燃料集合体：約1.0体分
溶解槽	1	水平円環型 連続回転式	Φ1,210×L4,000 (溶解部) 処理能力：460 kgU+Pu/d (溶解液：65 ℥/h)	Ti合金	・臨界形状管理(固定中性子毒併用) ・円環厚み：115mm
溶解液受槽	1	平板堅型	容量：800 ℥ W93×L2,000×H2,700×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
遠心清澄機	1	円筒型 スラッジ回分排出式	処理容量：80 ℥/h Φ600×H2,000	ステンレス鋼	・溶解液12時間分を10時間で処理
清澄液受槽	1	平板堅型	容量：1,700 ℥ W93×L3,400×H3,400×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
計量・調整槽	1	平板堅型	容量：1,800 ℥ W93×L3,400×H3,500×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽

表3.2.2-11 主要機器リスト(ケースG)

機器名称	基数	型式	機器概略仕様	主要材質	備考
脱被覆機(1)	1		W3,000×L3,500×H5,000 処理能力：コア燃料集合体 3体／日	ステンレス鋼	・コア燃料集合体用
脱被覆機(2)	1		W3,000×L3,500×H5,000 処理能力：カット燃料集合体 1体／日	ステンレス鋼	・径方向ブランケット燃料集合体用
燃料粒子中間貯槽	1	円筒堅型	Φ180×H1,200 貯蔵容量：約150 kgU+Pu	ステンレス鋼	・燃料集合体：約1.0体分
溶解槽	1	水平円環型 連続回転式	Φ1,210×L4,000 (溶解部) 処理能力：460 kgU+Pu/d (溶解液：65 ℥/h)	Ti合金	・臨界形状管理(固定中性子毒併用) ・円環厚み：115mm
溶解液受槽	1	平板堅型	容量：800 ℥ W93×L2,000×H2,700×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
遠心清澄機	1	円筒型 スラップ回分排出式	処理容量：80 ℥/h Φ600×H2,000	ステンレス鋼	・溶解液12時間分を10時間で処理
清澄液受槽	1	平板堅型	容量：1,700 ℥ W93×L3,400×H3,400×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
計量・調整槽	1	平板堅型	容量：1,800 ℥ W93×L3,400×H3,500×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽

表3.2.2-12 主要機器リスト(ケースH)

機器名称	基數	型式	機器概略仕様	主要材質	備考
脱被覆機	1		W3,000×L3,500×H5,000 処理能力：コア燃料集合体 3体／日 ブランケット燃料集合体 1体／日	ステンレス鋼	・コア燃料集合体および径方向ブランケット燃料集合体を1体ずつ(交互に)脱被覆する。
燃料粒子中間貯槽	1	円筒堅型	Φ180×H1,200 貯蔵容量：約150 kgU+Pu	ステンレス鋼	・燃料集合体：約1.0体分
溶解槽	1	水平円環型 連続回転式	Φ1,210×L4,000 (溶解部) 処理能力：460 kgU+Pu/d (溶解液：65 ℥/h)	Ti合金	・臨界形状管理(固定中性子毒併用) ・円環厚み：115mm
溶解液受槽	1	平板堅型	容量：800 ℥ W93×L2,000×H2,700×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
遠心清澄機	1	円筒型 スラップ回分排出式	処理容量：80 ℥/h Φ600×H2,000	ステンレス鋼	・溶解液12時間分を10時間で処理
清澄液受槽	1	平板堅型	容量：1,700 ℥ W93×L3,400×H3,400×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
計量・調整槽	1	平板堅型	容量：1,800 ℥ W93×L3,400×H3,500×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽

表3.2.2-13 主要機器リスト(ケースI)

機器名称	基数	型式	機器概略仕様	主要材質	備考
剪断機(1)	1	水平横型油圧式	W6,000×L7,500×H3,000 処理能力：コア燃料集合体 3体／日	ステンレス鋼	・コア燃料集合体用
剪断機(2)	1	水平横型油圧式	W6,000×L7,500×H3,000 処理能力：ランケット燃料集合体 1体／日	ステンレス鋼	・径方向プランケット燃料集合体用
溶解槽(1)	1	水平円環型 連続回転式	Φ900×L4,000 (溶解部) 処理能力：330 kgU+Pu/d (溶解液：46 ℥/h)	Ti合金	・コア燃料集合体用 ・臨界形状管理(固定中性子毒併用) ・円環厚み：115mm
溶解槽(2)	1	水平円環型 連続回転式	Φ430×L4,000 (溶解部) 処理能力：135 kgU+Pu/d (溶解液：19 ℥/h)	Ti合金	・径方向プランケット燃料集合体用 ・臨界形状管理(固定中性子毒併用) ・円環厚み：115mm
溶解液受槽	1	平板堅型	容量：800 ℥ W93×L2,000×H2,700×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
遠心清澄機	1	円筒型 スラッシュ回分排出式	処理容量：80 ℥/h Φ600×H2,000	ステンレス鋼	・溶解液12時間分を10時間で処理
清澄液受槽	1	平板堅型	容量：1,700 ℥ W93×L3,400×H3,400×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
計量・調整槽	1	平板堅型	容量：1,800 ℥ W93×L3,400×H3,500×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽

表3.2.2-14 主要機器リスト(ケースJ)

機器名称	基数	型式	機器概略仕様	主要材質	備考
剪断機(1)	1	水平横型油圧式	W6,000×L7,500×H3,000 処理能力：コア燃料集合体 3体／日	ステンレス鋼	・コア燃料集合体用 ・下部にコア燃料／軸方向プランケット燃料分配機付き
剪断機(2)	1	水平横型油圧式	W6,000×L7,500×H3,000 処理能力：プランケット燃料集合体 1体／日	ステンレス鋼	・径方向プランケット燃料集合体用
剪断ピン中間貯槽(1)	1	円筒堅型	Φ180×H3,600 貯蔵容量：約150 kgU+Pu	ステンレス鋼	・コア燃料用 ・燃料集合体：約1.0体分
剪断ピン中間貯槽(2)	1	円筒堅型	Φ180×H3,600 貯蔵容量：約150 kgU+Pu	ステンレス鋼	・径方向および軸方向プランケット燃料用 ・燃料集合体：約1.0体分
溶解槽(1)	1	水平円環型 連続回転式	Φ530×L4,000 (溶解部) 処理能力：180 kgU+Pu/d (溶解液：25 ℥/h)	Ti合金	・コア燃料用 ・臨界形状管理（固定中性子毒併用） ・円環厚み：115mm
溶解槽(2)	1	水平円環型 連続回転式	Φ800×L4,000 (溶解部) 処理能力：290 kgU+Pu/d (溶解液：40 ℥/h)	Ti合金	・径方向および軸方向プランケット燃料用 ・臨界形状管理（固定中性子毒併用） ・円環厚み：115mm
溶解液受槽	1	平板堅型	容量：800 ℥ W93×L2,000×H2,700×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
遠心清澄機	1	円筒型 スラグ回分排出式	処理容量：80 ℥/h Φ600×H2,000	ステンレス鋼	・溶解液12時間分を10時間で処理
清澄液受槽	1	平板堅型	容量：1,700 ℥ W93×L3,400×H3,400×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
計量・調整槽	1	平板堅型	容量：1,800 ℥ W93×L3,400×H3,500×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽

表3.2.2-15 主要機器リスト(ケースK)

機器名称	基數	型式	機器概略仕様	主要材質	備考
剪断機(1)	1	水平横型油圧式	W6,000×L7,500×H3,000 処理能力:コア燃料集合体 3体/日	ステンレス鋼	・コア燃料集合体用
剪断機(2)	1	水平横型油圧式	W6,000×L7,500×H3,000 処理能力:プランケット燃料集合体 1体/日	ステンレス鋼	・径方向プランケット燃料集合体用
溶解槽(1)	1	水平円環型 連続回転式	Φ900×L4,000 (溶解部) 処理能力: 330 kgU+Pu/d (溶解液: 46 ℥ / h)	Ti合金	・コア燃料集合体用 ・臨界形状管理(固定中性子毒併用) ・円環厚み: 115mm
溶解槽(2)	1	水平円環型 連続回転式	Φ430×L4,000 (溶解部) 処理能力: 135 kgU+Pu/d (溶解液: 19 ℥ / h)	Ti合金	・径方向プランケット燃料集合体用 ・臨界形状管理(固定中性子毒併用) ・円環厚み: 115mm
溶解液受槽(1)	1	平板堅型	容量: 600 ℥ W93×L2,000×H2,000×2	ステンレス鋼	・コア燃料(含軸方向プランケット)燃料用 ・ダブルスラブ槽
溶解液受槽(2)	1	平板堅型	容量: 300 ℥ W122×L1,700×H1,800	ステンレス鋼	・径方向プランケット燃料用 ・シングルスラブ槽
遠心清澄機(1)	1	円筒型 スラッシュ回分排出式	処理容量: 55 ℥ / h Φ450×H2,000	ステンレス鋼	・コア燃料(含軸方向プランケット)燃料用 ・溶解液12時間分を10時間で処理
遠心清澄機(2)	1	円筒型 スラッシュ回分排出式	処理容量: 25 ℥ / h Φ200×H2,000	ステンレス鋼	・径方向プランケット燃料用 ・溶解液12時間分を10時間で処理
清澄液受槽	1	平板堅型	容量: 1,700 ℥ W93×L3,400×H3,400×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽
計量・調整槽	1	平板堅型	容量: 1,800 ℥ W93×L3,400×H3,500×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽

表3.2.2-16 主要機器リスト(ケースL)

(1/2)

機器名称	基数	型式	機器概略仕様	主要材質	備考
剪断機(1)	1	水平横型油圧式	W6,000×L7,500×H3,000 処理能力:コア燃料集合体 3体/日	ステンレス鋼	・コア燃料集合体用 ・下部にコア燃料/軸方向ランケット燃料分配機付き
剪断機(2)	1	水平横型油圧式	W6,000×L7,500×H3,000 処理能力:ランケット燃料集合体 1体/日	ステンレス鋼	・径方向プランケット燃料集合体用
剪断ピン中間貯槽(1)	1	円筒堅型	Φ180×H3,600 貯蔵容量:約150 kgU+Pu	ステンレス鋼	・コア燃料用 ・燃料集合体:約1.0体分
剪断ピン中間貯槽(2)	1	円筒堅型	Φ180×H3,600 貯蔵容量:約150 kgU+Pu	ステンレス鋼	・径方向および軸方向プランケット燃料用 ・燃料集合体:約1.0体分
溶解槽(1)	1	水平円環型 連続回転式	Φ530×L4,000 (溶解部) 処理能力:180 kgU+Pu/d (溶解液: 25 ℥/h)	Ti合金	・コア燃料用 ・臨界形状管理(固定中性子毒併用) ・円環厚み: 115mm
溶解槽(2)	1	水平円環型 連続回転式	Φ800×L4,000 (溶解部) 処理能力:290 kgU+Pu/d (溶解液: 40 ℥/h)	Ti合金	・径方向および軸方向プランケット燃料用 ・臨界形状管理(固定中性子毒併用) ・円環厚み: 115mm
溶解液受槽(1)	1	平板堅型	容量: 300 ℥ W93×L2,000×H2,000	ステンレス鋼	・コア燃料用 ・シングルスラブ槽
溶解液受槽(2)	1	平板堅型	容量: 500 ℥ W122×L2,200×H2,300	ステンレス鋼	・径方向および軸方向プランケット燃料用 ・シングルスラブ槽
遠心清澄機(1)	1	円筒型 スラッシュ回分排出式	処理容量: 30 ℥/h Φ250×H2,000	ステンレス鋼	・コア燃料用 ・溶解液12時間分を10時間で処理
遠心清澄機(2)	1	円筒型 スラッシュ回分排出式	処理容量: 50 ℥/h Φ400×H2,000	ステンレス鋼	・径方向および軸方向プランケット燃料用 ・溶解液12時間分を10時間で処理
清澄液受槽(1)	1	平板堅型	容量: 700 ℥ W93×L2,000×H2,500×2	ステンレス鋼	・コア燃料用 ・ダブルスラブ槽

表3.2.2-16 主要機器リスト(ケースL)

(2/2)

機器名称	基數	型式	機器概略仕様	主要材質	備考
清澄液受槽(2)	1	平板豎型	容量: 1,100ℓ W122×L2,200×H2,500×2	ステンレス鋼	・径方向および軸方向プランケット燃料用 ・ダブルスラブ槽
計量・調整槽	1	平板豎型	容量: 1,800ℓ W93×L3,400×H3,500×2	ステンレス鋼	・ダブルスラブ槽

3.2.3 各処理ケースの特徴等

各ケースの所要設備、運転性、臨界安全管理の難易、物質収支・放射能収支、下流工程への影響等の観点から、各ケースの特徴（長所・短所）および問題点・今後の開発課題等をまとめる。

(1) ケースA（混合剪断方式）

(i) 特徴（長所・短所）

ケースA（混合剪断方式）の特徴は、1基の剪断機でコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体とを同時に剪断することによって、コア燃料（軸方向プランケット燃料を含む）と径方向プランケット燃料の剪断ピンを直接溶解槽へ供給しながら混合することである。

剪断機におけるコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の剪断速度（剪断機内での各燃料集合体の送り速度・ピッチ、または送出し回数）を個別に調整することによって、コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の処理比を管理する。

本ケースにおいては、コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体を溶解槽の入口で混合するため、溶解槽以降の溶液系の臨界安全管理を、Pu富化度：25wt%として行う。

(a) 長所

本ケースの長所としては、下記のことが挙げられる。

- ① システムが簡素（剪断工程～調整工程まで、すべての工程機器を1系列のみで構成できる）であり、所要設備が少ないこと。
- ② 運転性が優れていること（剪断途中での分配機の切替え作業や溶解液の混合操作等が不要）。

(b) 短所

本ケースの短所としては、下記のことが挙げられる。

- ① 新型剪断機（燃料集合体2体を同時剪断）の開発が必要なこと。
新型剪断機の機能としては、燃料集合体2体を（同一の剪断刃によって）同時に剪断するとともに、2種類の燃料集合体（コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体）の剪断速度（剪断機内での各燃料集合体の送り速度・ピッチ、または送出し回数）を個別に調整する機能、および2種類の燃料集

合体をそれぞれの燃料マガジン内に個別に（それぞれの処理タイミングに合わせて）挿入する機能が必要とされる。

- ② 集合体を2体同時に剪断するために、剪断オフガス量および／または剪断オフガス中の放射能濃度が増大し、それに伴って、剪断オフガス処理設備の負荷が増大すること。

(ii) 問題点

本ケースの問題点としては、下記のことが挙げられる。

- ① 剪断機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の誤装荷
- ② 剪断機および／または剪断工程での臨界安全管理
- ③ 剪断機への集合体装荷に伴う、コア燃料の溶解槽への供給の一時中断

(a) 剪断機への燃料集合体の誤装荷

まず、剪断機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の誤装荷に関しては、その防止対策が必要となる。

これは、程度の差はあるが、全てのケースについて共通の問題であるが、本ケースにおいては、1基の剪断機内でコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体を同時に剪断して直接溶解槽に供給することによって、混合比（両燃料の処理比率）を調整することから、コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の誤装荷は、混合比の調整に直接影響する。

特に、各燃料の剪断機への装荷のタイミングが大きく異なる場合が想定されるため、コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体とを間違って装荷（コア燃料集合体のみ、または径方向プランケット燃料集合体のみを剪断）しないよう、機構上および／またはシステム上からの誤装荷防止対策が必要となると考えられる。

(b) 剪断機および／または剪断工程での臨界安全管理

剪断機および／または剪断工程での臨界安全管理に関しては、原則として、剪断工程（剪断セル）内では、同時に1体しか燃料集合体を取り扱わないことで臨界安全を担保することとしているが、本ケースの場合には、その前提が成り立たないために、剪断機および／または剪断工程での臨界安全管理方法を新たに検討する必要がある。

すなわち、本ケースでは、同一の剪断機内で同時に2体の燃料集合体を取り扱

うことを前提としているため、剪断機および剪断セル内での2体の燃料集合体の最小隔離距離を機械的（構造的）に担保する方法や、必要な場合には、両燃料集合体間の仕切りに固定中性子毒を設置する方法等により、臨界安全を担保する必要があり、その方法論の検討が必要である。

(c) コア燃料の溶解槽への供給の一時中断

前述したように、コア燃料集合体を剪断処理する場合、剪断機において、1体の燃料集合体の剪断を終了して、次の燃料集合体の剪断を開始する（溶解槽に剪断ピンを供給する）までに要する時間が、コア燃料の剪断処理に必要とされる剪断間隔を超える可能性がある。

この場合には、溶解槽へのコア燃料剪断ピン供給の一時中断ということになり、中断が長時間にわたる場合には、溶解槽出口の溶解液濃度の変動（HM濃度の低下）等の問題が出てくる可能性も考えられる。

したがって、剪断機への燃料装荷システム等を考慮することにより、この中断時間を出来る限り短くして、溶解槽への剪断ピン供給の一時中断が、溶解槽出口の液濃度の変動等の要因とならないようにする必要があると考えられる。

1体の燃料集合体の剪断を終了して、次の燃料集合体の剪断を開始するまでに要する時間を、前述の剪断間隔以下に抑えられることが望ましい。

(ⅲ) 今後の開発課題

本ケースでは、集合体2体を同時に剪断する（剪断機内での各燃料集合体の送り速度・ピッチまたは送出し回数を個別に調整できる機能、および2種類の燃料集合体をそれぞれの燃料マガジン内に個別のタイミングで挿入できる機能を有する）新型剪断機の開発が必要となる。

また、この新型剪断機の開発では、同時に、前述したコア燃料集合体と径方向ブランケット燃料集合体との誤装荷防止のための機構・システムの開発、新型剪断機の臨界安全検討等が必要となる。

(2) ケースB（剪断工程混合方式－1）

(i) 特徴（長所・短所）

ケースB（剪断工程混合方式－1）の特徴は、コア燃料集合体・径方向ブランケット燃料集合体それぞれ専用の剪断機で、コア燃料集合体と径方向ブランケット燃料集合体とを同時に剪断することによって、各燃料の剪断ピンを直接溶解槽へ供給

しながら混合することである。

コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の剪断速度（各剪断機内での燃料集合体の送り速度・ピッチ、または送出し回数）を個別に調整することによって、コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の処理比を管理する。

ケースAとは、剪断機を2基とするか、1基（2体同時剪断）とするかの違いのみで、溶解槽以降は基本的に同じシステムが採用される。

(a) 長所

本ケースの長所としては、下記のことが挙げられる。

- ① ケースAと同様に、システムが簡素（剪断機は2基必要であるが、溶解工程以降のすべての工程機器を1系列のみで構成できる）であり、所要設備が少ないこと、および運転性が優れていること（剪断途中での分配機の切替え作業や溶解液の混合操作等が不要）
- ② 新型せん断機の開発が不要であること。

(b) 短所

本ケースの短所としては、下記のことが挙げられる。

- ① ケースAと同様に、集合体を2体同時に剪断するために、剪断オフガス量および／または剪断オフガス中の放射能濃度が増大し、それに伴って、剪断オフガス処理設備の負荷が増大すること。
- ② ケースAと比較して、剪断機を2基とするために、剪断機設置（剪断工程セル）面積が増大し、配置上不利となること。

(ii) 問題点

本ケースの問題点としても、ケースAと同様に、下記のことが挙げられる。

- ① 剪断機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の誤装荷
- ② 剪断機および／または剪断工程での臨界安全管理
- ③ 剪断機への集合体装荷に伴う、コア燃料の溶解槽への供給の一時中断

(a) 剪断機への燃料集合体の誤装荷

剪断機へのコア燃料集合体・径方向プランケット燃料集合体の誤装荷に関しては、ケースAにおいて前述したこととほぼ同じことが言えるが、本ケースの場合には、剪断機が独立している分、誤装荷防止対策は立てやすいと考えられる。

(b) 剪断機および／または剪断工程での臨界安全管理

剪断機および／または剪断工程での臨界安全管理に関しては、2基の剪断機をそれぞれ独立したセル内に配置することを前提とすれば、従来と同様の臨界安全管理方法で対応することができる。

2基の剪断機を同一のセル内に配置することを考える場合には、ケースAと同様に、剪断セル内での2体の燃料集合体の最小隔離距離を機械的（構造的）に担保する等の方法により、臨界安全を担保する必要があり、その方法論の検討が必要である。

(c) コア燃料の溶解槽への供給の一時中断

この件に関しては、ケースAにおいて述べたことと全く同じことが言える。

(iii) 今後の開発課題

本ケースでは、新型剪断機の開発は必要ないが、剪断機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体との誤装荷防止のための機構・システムの開発等が必要となる。

(3) ケースC（剪断工程混合方式－2）

(i) 特徴（長所・短所）

ケースC（剪断工程混合方式－2）の特徴は、ケースBにおける剪断ピン（特に、コア燃料集合体の剪断ピン）の溶解槽への供給の一時中断を避けるために、剪断ピンの中間貯槽を設けたことである。

すなわち、コア燃料集合体・径方向プランケット燃料集合体それぞれ専用の剪断機で、コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体とを同時に剪断し、各燃料の剪断ピンを中間貯槽で混合した後、溶解槽へ一定量ずつ供給する。

コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の剪断速度（各剪断機内での燃料集合体の送り速度・ピッチ、または剪断回数）を個別に調整して、各燃料の剪断ピン中間貯槽への受入れ量を調整することで、両燃料の処理比を管理する。

ケースBに剪断ピン中間貯槽（1基）を追加したもので、溶解槽以降は基本的に同じシステムが採用される。剪断ピンの溶解槽への供給一時中断を防止する目的で、剪断ピン中間貯槽を剪断～溶解工程間のバッファとするため、中間貯槽容量としては、燃料集合体1体分（HMとして、約150 kg相当）の剪断ピンを受けられる容量を想定する。

(a) 長所

本ケースの長所としては、下記のことが挙げられる。

- ① ケースBと同様に、運転性が比較的優れていること（剪断途中での分配機の切替え作業や溶解液の混合操作等が不要）
- ② 新型せん断機の開発が不要であること。
- ③ 剪断ピン（特に、コア燃料）の溶解槽への供給の一時中断がないため、溶解液の濃度変動が、ケースAやケースBに比して小さいと考えられること。

(b) 短所

本ケースの短所としては、下記のことが挙げられる。

- ① ケースAと同様に、集合体を2体同時に剪断するために、剪断オフガス量および／または剪断オフガス中の放射能濃度が増大し、それに伴って、剪断オフガス処理設備の負荷が増大すること。
- ② ケースAと比較して、剪断機を2基とするために、剪断機設置（剪断工程セル）面積が増大し、配置上不利となること。
- ③ さらに、剪断機2基の他に、剪断ピン中間貯槽を追加するために、中間貯槽のスペースが必要になる他、剪断ピンを剪断機⇒中間貯槽⇒溶解槽と重力で供給することを考慮すると、高さ方向の制約が厳しくなり、ケースBよりもさらに配置上不利となること。
- ④ 剪断ピン中間貯蔵システム（中間貯槽および剪断ピン定量払出し機構）の開発が必要なこと。

(ii) 問題点

本ケースの問題点としては、ケースBにおける①項および②項を含めて、下記のことが挙げられる。

- ① 剪断機へのコア燃料集合体と径方向ブランケット燃料集合体の誤装荷
- ② 剪断機および／または剪断工程での臨界安全管理
- ③ 剪断ピン中間貯槽での臨界安全管理
- ④ 剪断ピンの中間貯蔵システム

(a) 剪断機への燃料集合体の誤装荷

この件に関しては、ケースBにおいて述べたことと全く同じことが言える。

(b) 剪断機および／または剪断工程での臨界安全管理

この件に関しても、ケースBにおいて述べたことと全く同じことが言える。

(c) 剪断ピン中間貯槽での臨界安全管理

剪断ピン中間貯槽での臨界安全管理に関しては、新たな検討が必要である。

具体的には、剪断ピン中間貯槽への溶解槽からの水分の侵入（逆流）防止と、中間貯槽を形状管理する等の方法により、臨界安全を担保する必要があり、その方法論の検討が必要である。

本検討では、剪断ピン中間貯槽の臨界制限値（円筒直径）として、混合酸化物（MOX）系・半乾燥系における値を求めている。

(d) 剪断ピンの中間貯蔵システム

剪断ピンの中間貯蔵システムに関しては、中間貯蔵の形式（固定式の槽または移動容器等）および容量を決定する（本設計研究においては、固定式の貯槽とし、燃料集合体1体分の剪断ピンを受けられる容量を仮定した。）とともに、下記の項目に関する具体的な検討および技術開発が必要である。

① 溶解槽への剪断ピンの一定量払出し機構：剪断1カット分の剪断ピンを一定の周期で払い出す（間欠払出し）か、または溶解槽処理能力に見合う剪断ピンを連続供給するような定量払出し機構

② 溶解槽との雰囲気隔離（中間貯槽への水分侵入防止）機構等

(iii) 今後の開発課題

本ケースでは、剪断ピンの中間貯蔵システム（中間貯槽等の型式、溶解槽への剪断ピン定量払出し機構、溶解槽との雰囲気隔離機構等）の開発が必要である。

また、ケースBと同様に、本ケースでも、新型剪断機の開発は必要ないが、剪断機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体との誤装荷防止のための機構・システムの開発等が必要となる。

(4) ケースD（剪断工程混合方式－3）

(i) 特徴（長所・短所）

ケースD（剪断工程混合方式－3）の特徴は、ケースCと同様、剪断ピン（特に、コア燃料集合体の剪断ピン）の溶解槽への供給の一時中断を避けるために、剪断ピンの中間貯槽を設けるとともに、中間貯槽をコア燃料集合体用と径方向プランケット燃料集合体用の2基に分けたことである。

すなわち、コア燃料集合体・径方向プランケット燃料集合体それぞれ専用の剪断機で、コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体とを同時に剪断し、各燃料の剪断ピンをそれぞれの中間貯槽に受けた後、溶解槽へ一定量ずつ供給する。

両燃料の剪断ピン中間貯槽からの、溶解槽への払出し量を個別に調整することで、両燃料の処理比を管理する。

ケースCにさらに剪断ピン中間貯槽（1基）を追加したものの、溶解槽以降は基本的に同じシステムが採用される。それぞれの中間貯槽容量としては、ケースCと同様、燃料集合体1体分（HMとして、約150 kg相当）の剪断ピンを受けられる容量を想定する。

(a) 長所

本ケースの長所としては、ケースCと同様に、下記のことが挙げられる。

- ① 運転性が比較的優れていること（剪断途中での分配機の切替え作業や溶解液の混合操作等が不要）
- ② 新型せん断機の開発が不要であること。
- ③ 剪断ピン（特に、コア燃料）の溶解槽への供給の一時中断がないため、溶解液の濃度変動が、ケースAやケースBに比して小さいと考えられること。
- ④ コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の処理比を、剪断ピン中間貯槽からの払出し量を個別に調整することにより管理するため、各燃料集合体の剪断速度（各剪断機内での燃料集合体の送り速度・ピッチ、または剪断回数）を個別に調整する必要のないこと。

(b) 短所

本ケースの短所としても、ケースCと同様に、下記のことが挙げられる。

- ① 集合体を2体同時に剪断するために、剪断オフガス量および／または剪断オフガス中の放射能濃度が増大し、それに伴って、剪断オフガス処理設備の負荷が増大すること。
- ② ケースAと比較して、剪断機を2基とするために、剪断機設置（剪断工程セル）面積が増大し、配置上不利となること。
- ③ ケースCと比較して、剪断ピン中間貯槽をさらに1基、追加するために、中間貯槽のスペースがより大きく必要になる他、剪断ピンを剪断機⇒中間貯槽⇒溶解槽と重力で供給することを考慮すると、ケースCと同様に、高さ方

向の制約が厳しくなり、ケースBよりもさらに配置上不利となること。

- ④ 剪断ピン中間貯蔵システム（中間貯槽および剪断ピン定量払出し機構）の開発が必要なこと。

(ii) 問題点

本ケースの問題点としては、ケースCと同様、下記のことが挙げられる。

- ① 剪断機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の誤装荷
- ② 剪断機および／または剪断工程での臨界安全管理
- ③ 剪断ピン中間貯槽での臨界安全管理
- ④ 剪断ピンの中間貯蔵システム

(a) 剪断機への燃料集合体の誤装荷

この件に関しては、プランケット燃料集合体用の剪断ピン中間貯槽の臨界制限値の考え方を、コア燃料用と同一にする場合には、ケースCにおいて述べたことと全く同じことが言える。

ただし、プランケット燃料用中間貯槽の直径の臨界制限値をPu富化度：10%として求めた場合には、径方向プランケット燃料集合体用剪断機に、コア燃料集合体を誤って装荷すると、臨界安全管理の面から問題となるため、特に、剪断機への燃料集合体の誤装荷防止の対策が重要となる。

(b) 剪断機および／または剪断工程での臨界安全管理

この件に関しては、ケースCにおいて述べたことと全く同じことが言える。

(c) 剪断ピン中間貯槽での臨界安全管理

この件に関しては、ケースCと同様に、剪断ピン中間貯槽への溶解槽からの水分の侵入（逆流）防止と、中間貯槽を形状管理する等の方法により、臨界安全を担保する必要がある他に、中間貯槽を2基設置するために、2基の貯槽間の相互干渉を避けるための隔離距離の検討が必要である。

(d) 剪断ピンの中間貯蔵システム

剪断ピンの中間貯蔵システムに関しても、ケースCと同様に、中間貯蔵の形式および容量の決定や、溶解槽への剪断ピンの一定量払出し機構および溶解槽との雰囲気隔離（中間貯槽への水分侵入防止）機構等に関する具体的な検討および技術開発が必要である。

また、本ケースにおいては、コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体

の処理比を、各剪断ピン中間貯槽からの払出し量を個別に調整することにより管理するため、中間貯槽からの定量払出し機構の定量精度が求められる。

(iii) 今後の開発課題

本ケースでは、ケースCと同様に、剪断機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体との誤装荷防止のための機構・システムの開発や、剪断ピンの中間貯蔵システム（中間貯槽等の型式、溶解槽への剪断ピン定量払出し機構、溶解槽との雰囲気隔離機構等）の開発が必要であるが、溶解槽への剪断ピン定量払出し機構に関しては、ケースCよりも高精度の払出しの定量性が求められる。

(5) ケースE（剪断工程混合方式－4）

(i) 特徴（長所・短所）

ケースE（剪断工程混合方式－4）の特徴は、剪断ピン中間貯槽を、コア燃料用とプランケット燃料（径方向プランケット燃料および軸方向プランケット燃料）用の2基に分けることにより、溶解槽出口における溶解液の濃度（Pu濃度およびHM濃度とも）の変動を、ケースDまでのケースと比して、小さくしたことである。

すなわち、コア燃料集合体・径方向プランケット燃料集合体それぞれ専用の剪断機で、コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体とを同時に剪断するが、コア燃料集合体の剪断に関しては、軸方向プランケット部を剪断する場合には、剪断機下部の分配機により剪断ピンをプランケット燃料用中間貯槽へ送り、コア燃料部を剪断する場合には、分配機を切り替えて剪断ピンをコア燃料用中間貯槽へ送ることにより、各燃料の剪断ピンをそれぞれの中間貯槽に受けた後、溶解槽へ一定量ずつ供給する。

両燃料の各剪断機における剪断処理比（1日当たりの集合体数の比率）、および両燃料の剪断ピン中間貯槽からの溶解槽への払出し量を個別に調整することで、両燃料の処理比を管理する。

ケースDのコア燃料集合体用剪断機の下部に、剪断ピンの分配機を追加したもので、溶解槽以降は、ケースDまでと基本的に同じシステムが採用される。各中間貯槽容量も、ケースC、Dと同様、燃料集合体1体分（HMとして、約150 kg相当）の剪断ピンを受けられる容量を想定する。

(a) 長所

本ケースの長所としては、下記のことが挙げられる。

- ① 剪断ピン（特に、コア燃料）の溶解槽への供給の一時中断がないことや、コア燃料剪断ピンとプランケット（径方向および軸方向）燃料剪断ピンに分けた後、両者の混合物として、溶解槽に供給されることにより、溶解槽出口の溶解液の濃度（Pu濃度およびHM濃度とも）変動が、ほとんど無いこと。
- ② 新型せん断機の開発が不要であること。
- ③ コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の処理比を、剪断ピン中間貯槽からの払出し量を個別に調整することにより管理するため、各燃料集合体の剪断速度（各剪断機内での燃料集合体の送り速度・ピッチ、または剪断回数）を個別に調整する必要のないこと。

(b) 短所

本ケースの短所としては、ケースDにおける短所（下記の①～④項）の他に、下記⑤および⑥項が挙げられる。

- ① 集合体を2体同時に剪断するために、剪断オフガス量および／または剪断オフガス中の放射能濃度が増大し、それに伴って、剪断オフガス処理設備の負荷が増大すること。
- ② ケースAと比較して、剪断機を2基とするために、剪断機設置（剪断工程セル）面積が増大し、配置上不利となること。
- ③ ケースCと比較して、剪断ピン中間貯槽をさらに1基、追加するために、中間貯槽のスペースがより大きく必要になる他、剪断ピンを剪断機⇒中間貯槽⇒溶解槽と重力で供給することを考慮すると、ケースCと同様に、高さ方向の制約が厳しくなり、ケースBよりもさらに配置上不利となること。
- ④ 剪断ピン中間貯蔵システム（中間貯槽および剪断ピン定量払出し機構）の開発が必要なこと。
- ⑤ 運転性がケースDまでと比して、比較的劣ること（溶解液の混合操作等は不要であるが、剪断途中での分配機の切替え作業が必要）
- ⑥ ケースDと比較して、剪断機と剪断ピン中間貯槽との間に、剪断ピン分配機を追加設置するため、剪断ピンを剪断機⇒中間貯槽⇒溶解槽と重力で供給することを考慮すると、ケースDよりも、さらに高さ方向の制約が厳しくなり、配置上不利となること。

(ii) 問題点

本ケースの問題点としては、ケースDにおける問題点（下記の①～④項）の他に、下記の⑤項が挙げられる。

- ① 剪断機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の誤装荷
- ② 剪断機および／または剪断工程での臨界安全管理
- ③ 剪断ピン中間貯槽での臨界安全管理
- ④ 剪断ピンの中間貯蔵システム
- ⑤ コア燃料集合体剪断時のコア燃料部と軸方向プランケット燃料部の分配

(a) 剪断機への燃料集合体の誤装荷等

前記の①～④項に関しては、ケースDにおいて述べたことと全く同じことが言える。

(b) コア燃料集合体剪断時の剪断ピンの分配

燃料剪断ピンの分配機構に関しては、事業団東海再処理工場の実績があるので、分配機の機器開発という点では、新たな技術開発は必要ないと考えられるが、コア燃料集合体を剪断する際に、軸方向プランケット部とコア燃料部とを分配する機構に関しては、特に、プランケット燃料用中間貯槽の臨界制限値をPu富化度：10% ととして求めた場合には、臨界安全管理の観点からも、確実に軸方向プランケット部とコア燃料部とを分離することの出来る（軸方向プランケット部を受け入れるプランケット燃料中間貯槽に、コア燃料が入ってこないことを保証できる）ような機構の開発が必要である。

剪断機と連動した分配機の動作の確実性が求められるとともに、コア燃料集合体（または、コア燃料ピン）内の、軸方向プランケット燃料部とコア燃料部との境界位置を精度よく一定にする、燃料加工上の正確性が求められる。

(iii) 今後の開発課題

本ケースでは、上記の、コア燃料集合体剪断時に軸方向プランケット部とコア燃料部とを分配する機構の開発が必要である。

また、ケースDと同様に、剪断機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体との誤装荷防止のための機構・システムの開発や、剪断ピンの中間貯蔵システム〔中間貯槽等の型式、溶解槽への剪断ピン定量払出し機構（高精度の払出しの定量性が要求される）、溶解槽との雰囲気隔離機構等〕の開発が必要である。

さらに、本ケースの場合、前記の長所（①項：溶解槽出口における溶解液中のPu濃度の変動がほとんど無い）から、溶解液受槽以降の臨界安全管理を、Pu富化度15%に緩和できる（槽類のコンパクト化⇒経済性の向上につながる）可能性が有り、今後の詳細検討が必要であると考えられる。

(6) ケース F（剪断工程混合方式－5）

(i) 特徴（長所・短所）

ケース F（剪断工程混合方式－5）の特徴は、1基の剪断機で、コア燃料集合体と径方向ブランケット燃料集合体を個別に剪断し、コア燃料集合体の剪断時には、コア燃料部と軸方向ブランケット燃料部の剪断ピンを分配して、各燃料の剪断ピンを、それぞれコア燃料およびブランケット（径方向および軸方向）燃料専用の中間貯槽に個別に貯蔵した後、それぞれの中間貯槽から溶解槽へ一定量ずつ供給することである。

両燃料集合体の剪断処理比（1日当たりの集合体数の比率）、およびそれぞれの剪断ピン中間貯槽からの溶解槽への派出し量を個別に調整することで、両燃料の処理比を管理する。

設備構成としては、ケース Eにおける2基の剪断機を、1基（下部に、剪断ピン分配機構付きのコア燃料集合体用剪断機）のみにしたもので、溶解槽以降は基本的に同じシステムが採用される。

各中間貯槽容量も、前ケースと同様、燃料集合体1体分（HMとして、約150 kg相当）の剪断ピンを受けられる容量を想定する。

(a) 長所

本ケースの長所としては、ケース Eにおける長所（①～③項）が挙げられる他に、下記のことが挙げられる。

- ① 剪断機が1基で済むことから、剪断機の設置スペースが少なく、ケース Eよりは、明らかに経済性に優れていると考えられること。
- ② 燃料集合体を、1体づつ剪断するために、剪断オフガス量および／または剪断オフガス中の放射能濃度が、ケース Eまでと比べると、減少し、それに伴って、剪断オフガス処理設備の負荷を減少できること。

ただし、溶解槽出口における溶解液中のPu濃度の変動については、ケース Dまでと比べると、かなり小さいが、ケース Eよりは、やや大きくなる。

(b) 短所

本ケースの短所としては、ケースEにおける短所の③～⑥項と同様の短所が挙げられる。すなわち、

- ① 運転性が比較的劣ること（溶解液の混合操作等は不要であるが、剪断途中での分配機の切替え作業が必要）
- ② 剪断ピン中間貯槽（2基）と剪断ピン分配機を設置するため、ケースCと比較して、中間貯槽のスペースがより大きく必要になる他、剪断ピンを剪断機⇒中間貯槽⇒溶解槽と重力で供給することを考慮すると、ケースDよりも、さらに高さ方向の制約が厳しくなり、配置上不利となること。
- ③ 剪断ピン中間貯蔵システム（中間貯槽および剪断ピン定量払出し機構）の開発が必要なこと。

(ii) 問題点

本ケースの問題点としては、ケースEと全く同じ問題点（下記の①～⑤項）が挙げられ、各項目とも、ケースEにおいて述べたことと同じことが言える。

- ① 剪断機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の誤装荷
 - ② 剪断機および／または剪断工程での臨界安全管理
 - ③ 剪断ピン中間貯槽での臨界安全管理
 - ④ 剪断ピンの中間貯蔵システム
 - ⑤ コア燃料集合体剪断時のコア燃料部と軸方向プランケット燃料部の分配
- ただし、②項に関しては、本ケースにおいては、剪断機が1基であることから、原則として、同時に1体しか燃料集合体を取り扱わないので臨界安全を担保することとなる。

(iii) 今後の開発課題

本ケースでも、ケースEと同様に、下記の技術開発が必要である。

- ① コア燃料集合体剪断時における、軸方向プランケット部・コア燃料部の分配機構の開発
- ② 剪断機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体との誤装荷防止のための機構・システムの開発
- ③ 剪断ピンの中間貯蔵システム（中間貯槽等の型式、溶解槽への剪断ピン定量払出し機構（高精度の払出しの定量性が要求される）、溶解槽との雰囲気隔離

機構等] の開発

また、本ケースの場合も、ケースEと同様に、前記の長所（溶解槽出口における溶解液中のPu濃度の変動が小さいこと）から、溶解液受槽以降の臨界安全管理を、Pu富化度15%に緩和できる（槽類のコンパクト化⇒経済性の向上につながる）可能性が有り、今後の詳細検討が必要であると考えられる。

(7) ケースG（脱被覆・燃料粒子混合方式－1）

(i) 特徴（長所・短所）

ケースG（脱被覆・燃料粒子混合方式－1）の特徴は、コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体を、それぞれ、専用の脱被覆機で脱被覆処理して、燃料粒子のみを燃料粒子中間貯槽（コア燃料、径方向および軸方向プランケット燃料共用）に送り、中間貯槽内で混合・貯蔵した後、中間貯槽から溶解槽へ一定量ずつ供給することである。

両燃料集合体の脱被覆処理比（1日当たりの集合体数の比率）、および必要な場合には、各燃料集合体の脱被覆処理速度を個別に調整することで、両燃料の処理比および混合比を管理する。

設備構成としては、ケースCにおける2基の剪断機を、脱被覆機に置き換えたもので、溶解槽以降は基本的に同じシステムが採用される。

中間貯槽の容量は、前ケースと同様、燃料集合体1体分（HMとして、約150 kg相当）の燃料粒子を受けられる容量を想定する。

(a) 長所

本ケースの長所としては、下記のことが挙げられる。

- ① 燃料粒子の溶解槽への供給の一時中断がないことや、コア燃料とプランケット（径方向および軸方向）燃料とが、中間貯槽内で燃料粒子の状態で混合された後に溶解槽に供給されることにより、溶解槽出口の溶解液の濃度（Pu濃度およびHM濃度とも）変動が、他の剪断ピンを供給するケースに比して（ケースEと比べても）小さくなり、ほとんど無視できること期待されること。
- ② 剪断ピン中間貯槽（ケースC～ケースF）に比べて、中間貯槽内での燃料の混合や、中間貯槽からの燃料の定量払出しが、比較的容易に可能であると考えられること。
- ③ 剪断ピン中間貯槽（ケースC～ケースF）に比べて、中間貯槽がコンパク

ト化される（直径を同じとすれば、槽高さが、約3分の1となる）ため、配置上、有利になること。

(b) 短所

本ケースの短所としては、下記のことが挙げられる。

- ① 燃料の脱被覆機の開発が必要なこと。脱被覆機の機能としては、前述したように、解体後の燃料ピン束の把持（燃料ピン束を縦持ちする）機能、端末部の（レーザー等による）切断機能、燃料ピン束への加振機能（燃料ピンから燃料粒子を取り出す機能）、燃料粒子と端末部等とを分離する機能（燃料粒子のみを下流の中間貯槽に送るため）、分離した端末部および燃料取り出し後の燃料ピン（被覆管）の洗浄機能等が必要となると考えられる。
- ② 燃料粒子中間貯蔵システム（中間貯槽および燃料粒子定量払出し機構）の開発が必要なこと。
- ③ 集合体を2体同時に脱被覆処理するために、脱被覆時のオフガス量および／またはオフガス中の放射能濃度が増大し、それに伴って、オフガス処理設備の負荷が増大すること。

(ii) 問題点

本ケースの問題点としては、ケースCと同様の問題点（下記の①～④項）が挙げられる他に、⑤項（脱被覆システム）が挙げられる。すなわち、

- ① 脱被覆機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の誤装荷は、混合比の調整に直接影響する。このため、各脱被覆機へ、コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体とを間違って装荷（コア燃料集合体のみ、または径方向プランケット燃料集合体のみを脱被覆処理）しないように、機構上および／またはシステム上からの誤装荷防止対策が必要となる。
- ② 脱被覆機および／または脱被覆工程での臨界安全管理に関しては、2基の脱被覆機をそれぞれ独立したセル内に配置することを前提とすれば、従来と同様の臨界安全管理方法（同時に1体の燃料集合体しか取り扱わない）で対応することができる。2基の脱被覆機を同一のセル内に配置することを考える場合には、ケースAと同様に、脱被覆セル内での2体の燃料集合体の最小隔離距離を機械的（構造的）に担保する等の方法により、臨界安全を担保する必要があり、その方法論の検討が必要である。

- ③ 燃料粒子中間貯槽での臨界安全管理については、他の中間貯槽を設置するケース（ケースC～ケースF）と同様に、燃料粒子中間貯槽への溶解槽からの水分の侵入（逆流）防止と、中間貯槽を形状管理する等の方法により、臨界安全を担保する必要があり、その具体的な方法論の検討が必要である。
- ④ 燃料粒子中間貯蔵システムに関しても、ケースC～ケースFと同様に、中間貯蔵の形式および容量の決定や、溶解槽への燃料粒子の定量払出し機構および溶解槽との雰囲気隔離（中間貯槽への水分侵入防止）機構等に関する具体的な検討および技術開発が必要である。
- ⑤ 脱被覆システムに関しては、脱被覆方法（本設計研究においては、解体後の集合体ピン束の端末部を切断し、ピン束を振動させることで、ピン内部の燃料粒子を払い出す方法を想定した）や、燃料粒子と分離した後の端末部および燃料ピンの取扱い方法（燃料ピン内部の洗浄・除染等を含めて）等の、脱被覆システム全体について、検討および技術開発が必要である。

（ⅲ）今後の開発課題

本ケースでは、下記の技術開発が必要である。

- ① 脱被覆システムに関する、脱被覆方法や、燃料粒子と分離した後の端末部および燃料ピンの取扱い方法等、前記（ii）⑤項に記した技術開発
- ② 燃料粒子の中間貯蔵システムに関する、溶解槽への燃料粒子定量払出し機構、溶解槽との雰囲気隔離機構等、前記（ii）④項に記した技術開発
- ③ 脱被覆機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体との誤装荷防止のための機構・システムの開発

また、本ケースの場合は、前記の長所（燃料粒子の状態で混合されること、溶解槽出口における溶解液中のPu濃度の変動が無視できるほど小さいこと）から、溶解槽以降の臨界安全管理を、Pu富化度15%に緩和できる（槽類のコンパクト化⇒経済性の向上につながる）可能性が有り、今後の詳細検討が必要であると考えられる。

さらに、本ケースの場合には、被覆管（ハル）が溶解槽に供給されないために、ハルを機械的に溶解槽から排出する必要がなく、動的機器（可動部分）を有しない、シンプルでコンパクトな（溶解槽の運転条件のマイルド化を含む）連続溶解槽形式を採用できる可能性が有り、溶解槽の型式の見直しを含めた、今後の詳細検討が必要であると考えられる。

(8) ケースH（脱被覆・燃料粒子混合方式－2）

(i) 特徴（長所・短所）

ケースH（脱被覆・燃料粒子混合方式－2）の特徴は、1基の脱被覆機で、コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体を個別に脱被覆処理して、燃料粒子のみを燃料粒子中間貯槽（コア燃料、径方向および軸方向プランケット燃料共用）に送り、中間貯槽内で混合・貯蔵した後、中間貯槽から溶解槽へ一定量ずつ供給することである。

両燃料集合体の脱被覆処理比（1日当たりの集合体数の比率）を調整することで、両燃料の処理比および混合比を管理する。

設備構成としては、ケースGにおける2基の脱被覆機を、両燃料集合体共用の1基にしたもので、燃料粒子中間貯槽以降は基本的に同じシステムが採用される。

中間貯槽の容量は、前ケースと同様、燃料集合体1体分（HMとして、約150 kg相当）の燃料粒子を受けられる容量を想定する。

(a) 長所

本ケースの長所としては、ケースGにおける長所（下記の①～③項）の他に、下記の④項および⑤項が挙げられる。

① 燃料粒子の溶解槽への供給の一時中断がないことや、コア燃料とプランケット（径方向および軸方向）燃料とが、中間貯槽内で燃料粒子の状態で混合された後に溶解槽に供給されることにより、溶解槽出口の溶解液の濃度（Pu濃度およびHM濃度とも）変動が、他の剪断ピンを供給するケースに比して（ケースEと比べても）小さくなり、ほとんど無視できると期待されること。ただし、ケースGと比較すると、コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体を個別に処理するため、溶解槽出口の溶解液の濃度変動は、ケースGよりは、やや大きくなる可能性があると考えられる。

② 剪断ピン中間貯槽（ケースC～ケースF）に比べて、中間貯槽内での燃料の混合や、中間貯槽からの燃料の定量払出しが、比較的容易に可能であると考えられること。

③ 剪断ピン中間貯槽（ケースC～ケースF）に比べて、中間貯槽がコンパクト化される（直径を同じとすれば、槽高さが、約3分の1となる）ため、配置上、有利になること。

- ④ さらに、脱被覆機が1基になるため、配置スペースの点で、ケースGよりも有利になること。
- ⑤ ケースFと同様に、燃料集合体を1体づつ処理するために、脱被覆時のオフガス量および／またはオフガス中の放射能濃度が減少し、それに伴って、オフガス処理設備の負荷を減少できること。

(b) 短所

本ケースの短所としては、ケースGにおける短所のうち、下記の①～②項が挙げられる。

- ① 燃料の脱被覆機（脱被覆機の機能：解体後の燃料ピン束の把持機能、端末部の切断機能、燃料ピン束への加振機能、燃料粒子と端末部等とを分離する機能、分離した端末部および燃料取り出し後の燃料ピンの洗浄機能等が必要となると考えられる。）の開発が必要なこと。
- ② 燃料粒子中間貯蔵システム（中間貯槽および燃料粒子定量払出し機構）の開発が必要なこと。

(ii) 問題点

本ケースの問題点としては、ケースGと全く同じ問題点（下記の①～⑤項）が挙げられ、各項目とも、ケースGにおいて述べたことと、ほぼ同じことが言える。

- ① 脱被覆機へのコア燃料集合体と径方向ブランケット燃料集合体の誤装荷
- ② 脱被覆機および／または脱被覆工程での臨界安全管理
- ③ 燃料粒子中間貯槽での臨界安全管理
- ④ 燃料粒子中間貯蔵システム
- ⑤ 脱被覆システム

ただし、②項に関しては、本ケースにおいては、脱被覆機が1基であることから、原則として、同時に1体しか燃料集合体を取り扱わないので臨界安全を担保することとなる。

(iii) 今後の開発課題

本ケースでは、ケースGと同様に、下記の技術開発が必要である。

- ① 脱被覆システムに関する、脱被覆方法や、燃料粒子と分離した後の端末部および燃料ピンの取扱い方法等の技術開発
- ② 燃料粒子の中間貯蔵システムに関する、溶解槽への燃料粒子定量払出し機構、

溶解槽との雰囲気隔離機構等の技術開発

③ 脱被覆機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体との誤装荷防止のための機構・システムの開発

また、本ケースの場合も、ケースGと同様に、下記の可能性が有り、今後の詳細検討が必要であると考えられる。

- ① 溶解槽以降の臨界安全管理を、Pu富化度15% に緩和できる（槽類のコンパクト化⇒経済性の向上につながる）可能性
- ② 動的機器（可動部分）を有しない、シンプルでコンパクトな（溶解槽の運転条件のマイルド化を含む）連続溶解槽形式を採用できる可能性

(9) ケースI（溶解工程混合方式－1）

（i）特徴（長所・短所）

ケースI（溶解工程混合方式－1）は、昨年度の設計研究で検討した前処理工程のフローと同じフローである。

その特徴は、コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体とを、それぞれ、専用の剪断機⇒溶解槽系統で剪断・溶解処理した後、溶解液受槽に各系統からの溶解液を受け入れて混合することであり、剪断ピン中間貯槽は設置しない。

両燃料集合体の剪断処理比（1日当たりの集合体数の比率）および剪断速度を個別に調整することで、両燃料の処理比および混合比を管理する。

設備構成としては、ケースBにおける溶解槽（1基）を、コア燃料集合体用と径方向プランケット燃料集合体用溶解槽との系統に分けたもので、溶解液受槽以降は基本的に同じシステムが採用される。

（a）長所

本ケースの長所は、基本的には、ケースBと同様であり、下記のことが挙げられる。

- ① システムが簡素（剪断機および溶解槽は2基必要であるが、溶解液受槽以降のすべての機器を1系列のみで構成でき、また、剪断ピン中間貯槽を必要としない）であり、所要設備が少ないこと、および運転性が優れていること（剪断途中での分配機の切替え作業や溶解液の混合操作等が不要）
- ② 新型せん断機や剪断ピン中間貯槽等の、新規の開発要素が少ないこと。

(b) 短所

本ケースの短所としては、下記のことが挙げられる。

- ① ケースB等と同様に、集合体を2体同時に剪断するために、剪断オフガス量および／または剪断オフガス中の放射能濃度が増大し、それに伴って、剪断オフガス処理設備の負荷が増大すること。
- ② ケースBと比較して、溶解槽を2基とするために、溶解槽設置（溶解工程セル）面積が増大し、配置上不利となること。
- ③ コア燃料集合体の剪断処理時に、溶解槽へのコア燃料剪断ピン供給の一時中断が起り、溶解槽出口の溶解液濃度の変動（HM濃度の低下）等の問題が出てくる可能性がある。

(ii) 問題点

本ケースの問題点としては、下記①項の他に、ケースBにおけるのと同じ問題点（下記の②～④項）が挙げられる。

- ① 溶解槽における臨界安全管理
- ② 剪断機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の誤装荷
- ③ 剪断機および／または剪断工程での臨界安全管理
- ④ 剪断機への集合体装荷に伴う、コア燃料の溶解槽への供給の一時中断

(a) 溶解槽における臨界安全管理

本ケースの場合、溶解槽として、コア燃料集合体用と径方向プランケット燃料集合体用の2基の溶解槽を設置する。

本設計研究においては、溶解槽の臨界安全管理は、RET-Fの連続溶解槽と同じ体系とし、溶解槽（円環型、中心部に中性子吸収材B₄Cを取り付け）の核的制限値を、RET-Fの連続溶解槽と同じ、円環の厚み11.5cm、B₄Cの厚み7.8cmとしている。なお、この値は、Pu富化度30wt%，U濃縮度1.6wt%における値であり、本設計研究におけるPu富化度等よりも、保守的な設定である。

本検討においては、溶解槽の環状部（燃料・溶解液が入る部分）の断面積が処理量に比例するように、環状部の内径を変化させる（環状部液厚は一定）ことにより、スケールアップ・スケールダウンすることとして、各ケースの溶解槽寸法を設定している。（3.2.2項参照）

コア燃料集合体（Pu富化度25wt%）用溶解槽の臨界制限値としては、多少保守

的ではあるが、上記の値を使用することは合理的であると考えられるが、径方向プランケット燃料集合体（Pu富化度10wt%）用溶解槽の臨界制限値としては、上記の値は保守的すぎる（環状部液厚を増大させることにより、溶解槽の全体形状を、よりコンパクトにできる可能性がある）と考えられる。

したがって、径方向プランケット燃料集合体用溶解槽の臨界制限値に関する評価を行い、環状部液厚の増大や、中性子吸収材B・Cの厚み削減またはB・C自体の削除の可能性等について、具体的に検討する必要があると考えられる。

ただし、径方向プランケット燃料集合体用溶解槽の臨界制限値を、コア燃料集合体用溶解槽の臨界制限値より緩和する場合には、次項に述べる『剪断機への燃料集合体の誤装荷』が、臨界安全の観点から、より重要になってくる。

また、本ケースの場合、2基の溶解槽を、それぞれ、別のセル内に（または、十分な隔離距離をおいて）設置する場合には問題ないが、同一セル内で、かつ、設置スペースを考慮して比較的近接して設置することを考える場合には、2基の溶解槽の相互干渉を評価する必要がある。

(b) 剪断機への燃料集合体の誤装荷

剪断機へのコア燃料集合体・径方向プランケット燃料集合体の誤装荷に関しては、両燃料の処理比・混合比の調整という観点からは、ケースAにおいて前述したこととほぼ同じことが言えるが、本ケースの場合には、ケースBと同様、剪断機が独立している分、誤装荷防止対策は立てやすいと考えられる。

ただし、前述したように、本ケースの場合、特に、径方向プランケット燃料集合体用溶解槽の臨界制限値を、コア燃料集合体用溶解槽の臨界制限値より緩和する場合には、臨界安全の観点から、剪断機への燃料集合体の誤装荷対策（特に、径方向プランケット燃料集合体用剪断機にコア燃料集合体を装荷することのないようにする）が、必要不可欠になってくる。

(c) 剪断機および／または剪断工程での臨界安全管理

剪断機および／または剪断工程での臨界安全管理に関しては、2基の剪断機をそれぞれ独立したセル内に配置することを前提とすれば、従来と同様の臨界安全管理方法（同一セル内では、同時に1体の燃料集合体しか扱わない）で対応することができる。

2基の剪断機を同一のセル内に配置することを考える場合には、ケースB等の

場合と同様に、剪断セル内での2体の燃料集合体の最小隔離距離を機械的（構造的）に担保する等の方法により、臨界安全を担保する必要があり、その方法論の検討が必要である。

(d) コア燃料の溶解槽への供給の一時中断

この件に関しては、ケースAにおいて述べたことと全く同じことが言える。

すなわち、コア燃料集合体を剪断処理する場合、剪断機において、1体の燃料集合体の剪断を終了して、次の燃料集合体の剪断を開始する（溶解槽に剪断ピンを供給する）までに要する時間が、コア燃料の剪断処理に必要とされる剪断間隔を超えること（溶解槽へのコア燃料剪断ピン供給の一時中断）になり、中断が長時間にわたる場合には、溶解槽出口の溶解液濃度の変動（HM濃度の低下）等の問題が出てくる可能性が考えられる。

したがって、剪断機への燃料装荷システム等を考慮することにより、この中断時間を出来る限り短くして、溶解槽への剪断ピン供給の一時中断が、溶解槽出口の液濃度の変動等の要因とならないようにする必要があると考えられる。

1体の燃料集合体の剪断を終了して、次の燃料集合体の剪断を開始するまでに要する時間を、前述の剪断間隔以下に抑えられることが望ましい。

(iii) 今後の開発課題

本ケースでは、剪断機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体との誤装荷防止のための機構・システムの開発等が必要となるが、新型剪断機や、剪断ピン中間貯蔵システム等の開発は必要ない。

(10) ケースJ（溶解工程混合方式－2）

(i) 特徴（長所・短所）

ケースJ（溶解工程混合方式－2）の特徴は、ケースIにおけるコア燃料の溶解槽への供給の一時中断を避けるために、剪断機と溶解槽との間に、コア燃料用剪断ピン中間貯槽とプランケット（軸方向プランケットおよび径方向プランケット）燃料用剪断ピン中間貯槽を設置したことである。

すなわち、コア燃料集合体は、コア燃料集合体用剪断機で剪断され、コア燃料部のみが、剪断機下部の分配機により、コア燃料用剪断ピン中間貯槽を経由してコア燃料用溶解槽に送られ、溶解される。

コア燃料集合体の軸方向プランケット燃料部は、剪断機下部の分配機により、ブ

ランケット燃料用剪断ピン中間貯槽に送られ、径方向プランケット燃料用剪断機で剪断された径方向プランケット燃料剪断ピンと混合されて、プランケット燃料用溶解槽に送られ、溶解される。

両溶解槽からの溶解液を、溶解液受槽に受け入れて混合する。

両燃料集合体の剪断処理比（1日当たりの集合体数の比率）、および両燃料の剪断ピン中間貯槽からの溶解槽への払出し量を個別に調整することで、両燃料の処理比および混合比を管理する。

設備構成としては、ケースEにおける溶解槽（1基）を、コア燃料集合体用と径方向プランケット燃料集合体用溶解槽との系統に分けたもの〔または、ケースIに、ケースEと同じ剪断ピン中間貯蔵システムを付加したもの〕で、溶解液受槽以降は基本的に同じシステムが採用される。

(a) 長所

本ケースの長所は、基本的には、ケースEと同様であり、下記のことが挙げられる。

- ① 剪断ピン（特に、コア燃料）の溶解槽への供給の一時中断がないことや、コア燃料剪断ピンとプランケット（径方向および軸方向）燃料剪断ピンに分けた後、溶解槽に供給されるため、溶解槽出口の溶解液の濃度（Pu濃度およびHM濃度とも）変動が小さいこと。
- ② 新型せん断機の開発が不要であること。
- ③ コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の処理比を、剪断ピン中間貯槽からの払出し量を個別に調整することにより管理するため、各燃料集合体の剪断速度（各剪断機内での燃料集合体の送り速度・ピッチ、または剪断回数）を個別に調整する必要のないこと。

(b) 短所

本ケースの短所としては、ケースIにおける短所（下記の①～②項）が挙げられる他に、ケースEと同様の短所（下記の③～⑤項）が加味される。

- ① 集合体を2体同時に剪断するために、剪断オフガス量および／または剪断オフガス中の放射能濃度が増大し、それに伴って、剪断オフガス処理設備の負荷が増大すること。
- ② ケースBと比較して、溶解槽を2基とするために、溶解槽設置（溶解工程

セル) 面積が増大し、配置上不利となること。

- ③ ケース I と比較して、剪断ピン中間貯槽を追加するために、中間貯槽のスペースが必要になる他、剪断機と剪断ピン中間貯槽との間に、剪断ピン分配機を追加設置するため、剪断ピンを剪断機⇒中間貯槽⇒溶解槽と重力で供給することを考慮すると、高さ方向の制約が厳しくなり、ケース I よりもさらに配置上不利となること。
- ④ 剪断ピン中間貯蔵システム（中間貯槽および剪断ピン定量払出し機構）の開発が必要なこと。
- ⑤ ケース I と比較して、運転性が劣ること（剪断途中での分配機の切替え作業や、中間貯槽からの剪断ピン定量供給が必要）

（ii）問題点

本ケースの問題点としては、ケース I における問題点のうち、下記の①～③項、およびケース E における問題点のうち、下記の④～⑥項が挙げられる。

- ① 溶解槽における臨界安全管理
 - ② 剪断機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の誤装荷
 - ③ 剪断機および／または剪断工程での臨界安全管理
 - ④ 剪断ピン中間貯槽での臨界安全管理
 - ⑤ 剪断ピン中間貯蔵システム
 - ⑥ コア燃料集合体剪断機でのコア燃料部と軸方向プランケット燃料部の分配
- なお、上記の②項および③項は、ケース E の問題点としても挙げられている。

(a) 溶解槽における臨界安全管理等

前記の①～③項に関しては、ケース I において述べたことと全く同じことが言える。

(b) 剪断ピン中間貯槽での臨界安全管理

剪断ピン中間貯槽での臨界安全管理に関しては、ケース E 等と同様に、新たな検討が必要である。

具体的には、剪断ピン中間貯槽への溶解槽からの水分の侵入（逆流）防止と、中間貯槽を形状管理する等の方法により、臨界安全を担保する必要がある他に、中間貯槽を 2 基設置するため、2 基の貯槽間の相互干渉を避けるための隔離距離の検討等が必要である。

(c) 剪断ピン中間貯蔵システム

剪断ピンの中間貯蔵システムに関しても、ケースE等と同様に、中間貯蔵の形式（固定式の槽または移動容器等）および容量を決定する（本設計研究においては、固定式の貯槽とし、燃料集合体1体分の剪断ピンを受けられる容量を想定）とともに、下記の項目に関する具体的な検討および技術開発が必要である。

- ① 溶解槽への剪断ピンの一定量払出し機構
- ② 溶解槽との雰囲気隔離（中間貯槽への水分侵入防止）機構等

特に、本ケースにおいては、コア燃料集合体と軸方向プランケット燃料集合体の処理比を、各剪断ピン中間貯槽からの払出し量を個別に調整することにより管理するため、中間貯槽からの定量払出し機構の定量精度が求められる。

(d) コア燃料集合体剪断機での剪断ピンの分配

本項に関しては、ケースEと同じことが言える。

すなわち、燃料剪断ピンの分配機構に関しては、事業団東海再処理工場の実績があるので、分配機の機器開発という点では、新たな技術開発は必要ないと考えられるが、コア燃料集合体を剪断する際に、軸方向プランケット部とコア燃料部とを分配する機構に関しては、特に、プランケット燃料用中間貯槽やプランケット燃料用溶解槽の臨界制限値をPu富化度：10% として求めた場合には、臨界安全管理の観点からも、確実に軸方向プランケット部とコア燃料部とを分離するとの出来る（軸方向プランケット部を受け入れるプランケット燃料中間貯槽に、コア燃料が入ってこないことを保証できる）ような機構の開発が必要である。

剪断機と連動した分配機の動作の確実性が求められるとともに、コア燃料集合体（または、コア燃料ピン）内の、軸方向プランケット燃料部とコア燃料部との境界位置を精度よく一定にする、燃料加工上の正確性が求められる。

（Ⅲ）今後の開発課題

本ケースでも、ケースEと同様に、下記の技術開発が必要である。

- ① コア燃料集合体剪断時における、軸方向プランケット部・コア燃料部の分配機構の開発
- ② 剪断機へのコア燃料集合体と軸方向プランケット燃料集合体との誤装荷防止のための機構・システムの開発
- ③ 剪断ピンの中間貯蔵システム〔中間貯槽等の型式、溶解槽への剪断ピン定量

払出し機構（高精度の払出しの定量性が要求される）、溶解槽との雰囲気隔離機構等] の開発

また、本ケースの場合は、2基の溶解槽出口における溶解液中のPu濃度の変動がほとんど無いことから、溶解液受槽以降の臨界安全管理を、Pu富化度15%に緩和できる（槽類のコンパクト化⇒経済性の向上につながる）可能性が有り、今後の詳細検討が必要であると考えられる。

(1) ケースK（調整工程混合方式一1）

(i) 特徴（長所・短所）

ケースK（調整工程混合方式一1）の特徴は、コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体とを、それぞれ、専用の〔剪断機⇒溶解槽⇒溶解液受槽⇒遠心清澄機〕の系統で剪断・溶解・清澄処理した後、清澄液受槽に各系統からの清澄済溶解液を受け入れて混合することであり、剪断ピン中間貯槽は設置しない。

両燃料集合体の剪断処理比（1日当たりの集合体数の比率）および剪断速度を個別に調整することで、両燃料の処理比および混合比を管理する。

設備構成としては、ケースIにおける溶解液受槽および遠心清澄機（各1基）を、コア燃料集合体用と径方向プランケット燃料集合体用の2系統に分けたもので、清澄液受槽以降は同じシステムが採用される。

(a) 長所

本ケースの長所としては、下記のことが挙げられる。

- ① 剪断機から遠心清澄機まで、各2系統必要となるが、コア燃料集合体用と径方向プランケット燃料集合体用とで単純に分けられるため、システム構成が比較的簡素であること。
- ② 新型せん断機や剪断ピン中間貯槽等の、新規の開発要素が少ないこと。

(b) 短所

本ケースの短所としては、ケースIにおける短所と基本的に同じであり、下記のことが挙げられる。

- ① ケースB等と同様に、集合体を2体同時に剪断するために、剪断オフガス量および／または剪断オフガス中の放射能濃度が増大し、それに伴って、剪断オフガス処理設備の負荷が増大すること。
- ② コア燃料集合体の剪断処理時に、溶解槽へのコア燃料剪断ピン供給の一時

中断が起こり、溶解槽出口の溶解液濃度の変動（HM濃度の低下）等の問題が出てくる可能性がある。

- ③ ケースBと比較して、溶解槽を2基とするために、溶解槽設置（溶解工程セル）面積が増大し、配置上不利となること。
- ④ さらに、ケースIと比較して、溶解液受槽および遠心清澄機が各2基必要となるため、溶解液受槽および遠心清澄機の設置（清澄工程等のセル）面積が増大し、配置上さらに不利となること。

（ii）問題点

本ケースの問題点としては、基本的に、ケースIにおけるのと同じ問題点（下記の①～④項）が挙げられ、各項目について、ケースIにおいて述べたことと全く同じことが言える。

- ① 溶解槽における臨界安全管理
- ② 剪断機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の誤装荷
- ③ 剪断機および／または剪断工程での臨界安全管理
- ④ 剪断機への集合体装荷に伴う、コア燃料の溶解槽への供給の一時中断

ただし、本ケースの場合、特に『② 剪断機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の誤装荷』に関しては、両燃料の処理比・混合比の調整という観点や、径方向プランケット燃料集合体用溶解槽の臨界制限値をコア燃料集合体用溶解槽の臨界制限値より緩和する場合の臨界安全の観点から必要となる以上に、プランケット燃料処理系の溶解液受槽（平板槽）の臨界制限値を、Pu富化度：10wt%における値として設定しているため、剪断機への燃料集合体の誤装荷防止対策（特に、径方向プランケット燃料集合体用剪断機にコア燃料集合体を装荷することのないようにする）が、必要不可欠になってくる。

（iii）今後の開発課題

本ケースにおいても、ケースIと同様に、剪断機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体との誤装荷防止のための機構・システムの開発等が必要となるが、新型剪断機や、剪断ピン中間貯蔵システム等の開発は必要ない。

（2）ケースL（調整工程混合方式一2）

（i）特徴（長所・短所）

ケースL（調整工程混合方式一2）の特徴は、ケースKにおけるコア燃料の溶解

槽への供給の一時中断を避けるために、剪断機と溶解槽との間に、コア燃料用剪断ピン中間貯槽とプランケット（軸方向プランケットおよび径方向プランケット）燃料用剪断ピン中間貯槽を設置したことである。

すなわち、コア燃料集合体は、コア燃料集合体用剪断機で剪断され、コア燃料部のみが、剪断機下部の分配機により、コア燃料用剪断ピン中間貯槽を経由してコア燃料用溶解槽に送られ、溶解される。

コア燃料集合体の軸方向プランケット燃料部は、剪断機下部の分配機により、プランケット燃料用剪断ピン中間貯槽に送られ、径方向プランケット燃料用剪断機で剪断された径方向プランケット燃料剪断ピンと混合されて、プランケット燃料用溶解槽に送られ、溶解される。

両溶解槽からの溶解液は、それぞれ、専用の〔溶解液受槽⇒遠心清澄機⇒清澄液受槽〕の系統で清澄処理した後、各系統の清澄液受槽から、清澄済溶解液を計量・調整槽に受け入れて混合する。

両燃料集合体の剪断処理比（1日当たりの集合体数の比率）調整することで、両燃料の処理比を管理する他、各系統の清澄液受槽から計量・調整槽に受け入れる清澄済溶解液の量によって、処理比および混合比を調整・管理する。

設備構成としては、ケースKに、ケースEと同じ剪断ピン中間貯蔵システムを付加し、さらに、清澄液受槽を2基に分けたもの〔または、ケースJにおける系統のうち、溶解液受槽⇒遠心清澄機⇒清澄液受槽の系統をコア燃料用とプランケット燃料用の2系統としたもの〕である。

(a) 長所

本ケースの長所は、基本的には、ケースJと同様であり、下記のことが挙げられる。

- ① 剪断ピン（特に、コア燃料）の溶解槽への供給の一時中断がないことや、コア燃料剪断ピンとプランケット（径方向および軸方向）燃料剪断ピンに分けた後、溶解槽に供給されるため、溶解槽出口の溶解液の濃度（Pu濃度およびHM濃度とも）変動が小さいこと。
- ② 新型せん断機の開発が不要であること。
- ③ コア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の処理比を、剪断ピン中間貯槽からの払出し量を個別に調整することにより管理するため、各燃料集

合体の剪断速度（各剪断機内での燃料集合体の送り速度・ピッチ、または剪断回数）を個別に調整する必要のないこと。

(b) 短所

本ケースの短所としては、基本的に、ケースJと同様の短所（下記の①～⑤項）が挙げられる。

- ① 集合体を2体同時に剪断するために、剪断オフガス量および／または剪断オフガス中の放射能濃度が増大し、それに伴って、剪断オフガス処理設備の負荷が増大すること。
- ② 溶解槽⇒溶解液受槽⇒遠心清澄機⇒清澄液受槽までの系統が、各2系統必要となるため、機器設置面積が増大し、配置上不利となること。
- ③ ケースKと比較して、剪断ピン中間貯槽を追加するために、中間貯槽のスペースが必要になる他、剪断機と剪断ピン中間貯槽との間に、剪断ピン分配機を追加設置するため、剪断ピンを剪断機⇒中間貯槽⇒溶解槽と重力で供給することを考慮すると、高さ方向の制約が厳しくなり、ケースKよりもさらに配置上不利となること。
- ④ 剪断ピン中間貯蔵システム（中間貯槽および剪断ピン定量払出し機構）の開発が必要なこと。
- ⑤ ケースKと比較して、運転性が劣ること（剪断途中での分配機の切替え作業、中間貯槽からの剪断ピン定量供給、および各系統の清澄液受槽から計量・調整槽に受け入れる清澄済溶解液の量によって、処理比および混合比を調整・管理等が必要）

(ii) 問題点

本ケースの問題点としては、基本的に、ケースJにおけるのと同じ問題点（下記の①～⑥項）が挙げられ、各項目について、ケースJにおいて述べたことと全く同じことが言える。

- ① 溶解槽における臨界安全管理
- ② 剪断機へのコア燃料集合体と径方向ブランケット燃料集合体の誤装荷
- ③ 剪断機および／または剪断工程での臨界安全管理
- ④ 剪断ピン中間貯槽での臨界安全管理
- ⑤ 剪断ピン中間貯蔵システム

⑥ コア燃料集合体剪断機でのコア燃料部と軸方向プランケット燃料部の分配

なお、本ケースの場合、特に『② 剪断機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体の誤装荷』および『⑥ コア燃料集合体剪断機でのコア燃料部と軸方向プランケット燃料部の分配』に関しては、両燃料の処理比・混合比の調整という観点や、径方向プランケット燃料集合体用溶解槽の臨界制限値をコア燃料集合体用溶解槽の臨界制限値より緩和する場合の臨界安全の観点から必要となる以上に、プランケット燃料処理系の溶解液受槽および清澄液受槽（平板槽）の臨界制限値を、Pu富化度：10wt%における値として設定しているため、剪断機への燃料集合体の誤装荷防止対策（特に、径方向プランケット燃料集合体用剪断機にコア燃料集合体を装荷することのないようにする）や、コア燃料集合体の剪断時に軸方向プランケット部とコア燃料部とを確実に分離することの出来る（軸方向プランケット部を受け入れるプランケット燃料中間貯槽に、コア燃料が入ってこないことを保証できる）ような機構の開発が、必要不可欠になってくる。

（iii）今後の開発課題

本ケースでも、ケースJと同様に、下記の技術開発が必要である。

- ① コア燃料集合体剪断時における、軸方向プランケット部・コア燃料部の分配機構の開発
- ② 剪断機へのコア燃料集合体と径方向プランケット燃料集合体との誤装荷防止のための機構・システムの開発
- ③ 剪断ピンの中間貯蔵システム〔中間貯槽等の型式、溶解槽への剪断ピン定量払出し機構（高精度の払出しの定量性が要求される）、溶解槽との雰囲気隔離機構等〕の開発

以上の検討結果の概要を、表3.2.3-1にまとめる。

溶けた水受槽 遠心清澄機 清澄液受槽 計量・調整槽	1基 1基 1基 1基	② 力配機の切替え等が不要で優れている	等の、臨界安全管理方法の新たな検討が必要である ② 溶解槽以降は、Pu富化度25%の管理で統一する	② 溶解槽出口の溶解液中のPu濃度の変動が比較的大きい	② 調整済溶解液中のPu濃度が調整パッチにより変動する可能性がある	① 剪断速度を個別に調整できる ② 新型剪断機の開発 ② 燃料集合体の誤装荷防止の機構・システムの開発
剪断機 溶解槽 溶解液受槽 遠心清澄機 清澄液受槽 計量・調整槽	2基 1基 1基 1基 1基 1基	① 剪断機への燃料装荷時の燃料種類の確認が必要 ② 分配機の切替え等が不要で優れている	① 従来の臨界安全管理の考え方が適用できるため、新たな検討は不要である ② 溶解槽以降は、Pu富化度25%の管理で統一する	① 剪断オフガス流量の増大 ② 溶解槽出口の溶解液中のPu濃度の変動が比較的大きい	① 剪断オフガス放射能のピーク値の増大	① 剪断オフガス処理工程の負荷が増大する ② 調整済溶解液中のPu濃度が調整パッチにより変動する可能性がある
剪断機 剪断ピン中間貯槽* ² 溶解槽 溶解液受槽 遠心清澄機 清澄液受槽 計量・調整槽	2基 1基 1基 1基 1基 1基	① 剪断機への燃料装荷時の燃料種類の確認が必要 ② 剪断ピン中間貯槽の運転管理が必要となるが、コア燃料剪断ピンの溶解槽への供給中断はない ③ 分配機の切替えは不要	① 剪断ピン中間貯槽の臨界安全管理方法について、新たな検討が必要である ② 溶解槽以降は、Pu富化度25%の管理で統一する	① 剪断オフガス流量の増大 ② 溶解槽出口の溶解液中のPu濃度の変動が比較的大きい	① 剪断オフガス放射能のピーク値の増大	① 剪断オフガス処理工程の負荷が増大する ② 調整済溶解液中のPu濃度が調整パッチにより変動する可能性がある
剪断機 剪断ピン中間貯槽* ³ 溶解槽 溶解液受槽 遠心清澄機 清澄液受槽 計量・調整槽	2基 2基 1基 1基 1基 1基	① 剪断機への燃料装荷時の燃料種類の確認が必要 ② 剪断ピン中間貯槽の運転管理が必要となるが、コア燃料剪断ピンの溶解槽への供給中断はない ③ 分配機の切替えは不要	① 剪断ピン中間貯槽の臨界安全管理方法（2基の相互干渉評価を含む）について、新たな検討が必要である ② 溶解槽以降は、Pu富化度25%の管理で統一する	① 剪断オフガス流量の増大 ② 溶解槽出口の溶解液中のPu濃度の変動が比較的大きい	① 剪断オフガス放射能のピーク値の増大	① 剪断オフガス処理工程の負荷が増大する ② 調整済溶解液中のPu濃度が調整パッチにより変動する可能性がある
剪断機 剪断ピン中間貯槽* ⁴ 溶解槽 溶解液受槽 遠心清澄機 清澄液受槽 計量・調整槽	2基 2基 1基 1基 1基 1基	① 剪断機への燃料装荷時の燃料種類の確認が必要 ② 剪断ピン中間貯槽の運転管理が必要となるが、コア燃料剪断ピンの溶解槽への供給中断はない ③ 分配機の切替えが必要	① 剪断ピン中間貯槽の臨界安全管理方法（2基の相互干渉評価を含む）について、新たな検討が必要である ② 溶解槽以降は、Pu富化度25%で管理する。ただし、溶解液受槽以降は、Pu富化度15%で管理できる可能性がある（要詳細検討）	① 剪断オフガス流量の増大 ② 溶解槽出口の溶解液中のPu濃度の変動はほとんど無い	① 剪断オフガス放射能のピーク値の増大	① 剪断オフガス処理工程の負荷が増大する ② 調整済溶解液中のPu濃度が調整パッチにより変動する可能性がある
剪断機 剪断ピン中間貯槽* ⁴ 溶解槽 溶解液受槽 遠心清澄機 清澄液受槽 計量・調整槽	1基 2基 1基 1基 1基 1基	① 剪断機への燃料装荷時の燃料種類の確認が必要 ② 剪断ピン中間貯槽の運転管理が必要となるが、コア燃料剪断ピンの溶解槽への供給中断はない ③ 分配機の切替えが必要	① 剪断ピン中間貯槽の臨界安全管理方法（2基の相互干渉評価を含む）について、新たな検討が必要である ② 溶解槽以降は、Pu富化度25%で管理する。ただし、溶解液受槽以降は、Pu富化度15%で管理できる可能性がある（要詳細検討）	① 剪断オフガス流量が小さい ② 溶解槽出口の溶解液中のPu濃度の変動が小さい	① 剪断オフガス放射能（ピーク値）が小さい	① 剪断オフガス処理工程の負荷が小さい
脱被覆機 燃料粒子中間貯槽* ⁵ 溶解槽 溶解液受槽 遠心清澄機	2基 1基 1基 1基	① 脱被覆機への燃料装荷時の燃料種類の確認が必要 ② 脱被覆機の運転は、剪断機より複雑になると考えられる ③ 燃料粒子中間貯槽の運転管	① 脱被覆機の臨界管理方法について、新たな検討が必要である ② 燃料粒子中間貯槽の臨界安全管理方法について、新たな検討が必要である ③ 燃料粒子中間貯槽の運転管	① 脱被覆時オフガス流量の増大 ② 溶解槽出口の溶解液中のPu濃度の変動はほとんど無い（中	① 剪断オフガス放射能のピーク値の増大	① 剪断オフガス処理工程の負荷が増大する ② 燃料集合体の誤装荷防止の機構・システムの開発

		臨界安全管理の対象	影響度	放射能収支	下流工程への影響	開発課題
脱被覆機 燃料粒子中間貯槽* ⁵ 容解槽	1基	① 脱被覆機への燃料装荷時の燃料種類の確認が必要 ② 脱被覆機の運転は、剪断機より複雑になると考えられる ③ 燃料粒子中間貯槽の運転管理が必要となるが、燃料の溶解槽への供給中断はない ④ 分配機の切替えは不要	① 脱被覆機の臨界安全管理方法について、新たな検討が必要である ② 燃料粒子中間貯槽の臨界安全管理方法について、新たな検討が必要である ③ 溶解槽以降は、Pu富化度25%の管理で統一する ④ 溶解槽以降を、Pu富化度15%で管理できる可能性がある（要詳細検討）	① 脱被覆時オフガス流量が小さい ② 溶解槽出口の溶解液中のPu濃度の変動はほとんど無い（中間貯槽内で燃料粒子が十分混合されることが前提）	① 脱被覆時オフガス放射能（ピーク値）が小さい	① 脱被覆オフガス処理工程の負荷が小さい ② 燃料粒子中間貯槽（溶解槽への定量供給機能、溶解槽との雰囲気隔離機能を有する）の開発 ③ 燃料集合体の誤装荷防止の機構・システムの開発
剪断機 容解槽* ⁶ 溶解液受槽 遠心清澄機 清澄液受槽 計量・調整槽	2基 2基 1基 1基 1基 1基	① 剪断機への燃料装荷時の燃料種類の確認が必要不可欠（溶解槽の臨界安全管理） ② 分配機の切替え等が不要で優れている	① 従来の臨界安全管理の考え方が適用できるため、新たな検討は不要である ② 溶解槽は、Pu富化度25%および10%の2系統で管理する ③ 溶解液受槽以降は、Pu富化度25%で管理する	① 剪断オフガス流量の増大 ② コア燃料用溶解槽出口の溶解液中のPu濃度の変動が大きい	① 剪断オフガス放射能のピーク値の増大 ② 調整済溶解液中のPu濃度が調整バッチにより変動する可能性がある	① 燃料集合体の誤装荷防止の機構・システムの開発 ② 電子式計量装置の開発 ③ フロントエンド技術の開発
剪断機 剪断ピン中間貯槽* ⁷ 容解槽* ⁷ 溶解液受槽 遠心清澄機 清澄液受槽 計量・調整槽	2基 2基 2基 1基 1基 1基	① 剪断機への燃料装荷時の燃料種類の確認が必要不可欠（溶解槽の臨界安全管理） ② 剪断ピン中間貯槽の運転管理が必要となるが、コア燃料剪断ピンの溶解槽への供給中断はない ③ 分配機の切替えが必要	① 剪断ピン中間貯槽の臨界安全管理方法（2基の相互干渉評価を含む）について、新たな検討が必要である ② 溶解槽は、Pu富化度25%および10%の2系統で管理する ③ 溶解液受槽以降は、Pu富化度25%で管理する。ただし、Pu富化度15%で管理できる可能性がある（要詳細検討）	① 剪断オフガス流量の増大 ② 溶解槽出口の溶解液中のPu濃度の変動はほとんど無い	① 剪断オフガス放射能のピーク値の増大 ② 調整済溶解液中のPu濃度が調整バッチにより変動する可能性がある	① 剪断ピン中間貯槽（剪断ピンの溶解槽への定量供給機能、溶解槽との雰囲気隔離機能を有する）の開発 ② 燃料集合体の誤装荷防止の機構・システムの開発
剪断機* ⁸ 容解槽* ⁸ 溶解液受槽* ⁸ 遠心清澄機* ⁸ 清澄液受槽 計量・調整槽	2基 2基 2基 2基 1基 1基	① 剪断機への燃料装荷時の燃料種類の確認が必要不可欠（溶解槽以降の臨界安全管理） ② 分配機の切替え等が不要で優れている	① 従来の臨界安全管理の考え方が適用できるため、新たな検討は不要である ② 溶解槽、溶解液受槽および遠心清澄機はPu富化度25%および10%の2系統で管理する ③ 清澄液受槽以降は、Pu富化度25%で管理する	① 剪断オフガス流量の増大 ② コア燃料用溶解槽出口の溶解液中のPu濃度の変動が大きい	① 剪断オフガス放射能のピーク値の増大 ② 調整済溶解液中のPu濃度が調整バッチにより変動する可能性がある	① 燃料集合体の誤装荷防止の機構・システムの開発 ② 電子式計量装置の開発
剪断機 剪断ピン中間貯槽* ⁹ 容解槽* ⁹ 溶解液受槽* ⁹ 遠心清澄機* ⁹ 清澄液受槽* ⁹ 計量・調整槽	2基 2基 2基 2基 2基 1基	① 剪断機への燃料装荷時の燃料種類の確認が必要不可欠（溶解槽以降の臨界安全管理） ② 剪断ピン中間貯槽の運転管理が必要となるが、コア燃料剪断ピンの溶解槽への供給中断はない ③ 分配機の切替えが必要 ④ 計量・調整槽での両溶解液の混合操作（バーナー）が必要	① 剪断ピン中間貯槽の臨界安全管理方法（2基の相互干渉評価を含む）について、新たな検討が必要である ② 溶解槽から清澄液受槽までは、Pu富化度25%および10%の2系統で管理する ③ 計量・調整槽は、Pu富化度25%で管理する	① 剪断オフガス流量の増大 ② 溶解槽出口の溶解液中のPu濃度の変動はほとんど無い	① 剪断オフガス放射能のピーク値の増大 ② 調整済溶解液中のPu濃度が調整バッチにより変動する可能性がある	① 剪断ピン中間貯槽（剪断ピンの溶解槽への定量供給機能、溶解槽との雰囲気隔離機能を有する）の開発 ② 燃料集合体の誤装荷防止の機構・システムの開発

3.3 処理ケースの比較・評価

前節で検討した各処理ケースについて比較・評価するとともに、本プラントの前処理工 程として適していると考えられる設備構成（処理ケース）を選定する。

3.3.1 処理ケースの比較・評価

(1) 比較・評価の着目点

処理ケースを比較・評価する場合の着目点として、下記の4項目を選定する。

- ① 設備の運転性
- ② 臨界安全管理の容易性
- ③ 技術の実証性
- ④ 経済性

各着目点（項目）に関する考え方は、下記のとおりである。

(i) 設備の運転性

本プラントの運転は、基本的には、自動・遠隔運転がメインになると考えられるが、運転員の確認・判断を必要とする作業（確認・判断に基づいて押しボタン操作等を行う作業。例えば、下記のような作業）考えられ、処理ケースによって、運転性（運転員に対する負荷）に差が出てくる。

- ① 剪断機等への燃料装荷時の燃料種類の確認
- ② 剪断ピン分配機の（コア燃料部と軸方向プランケット燃料部の）切替え操作
- ③ 計量・調整槽における混合操作および濃度調整操作 等

また、すべての運転が自動運転で行われるとても、全体システムが簡素か複雑かによって、運転性（運転員に対する負荷）に差が出てくる。システムが簡素なプラントほど、運転員に対する負荷が小さい（運転性が良い）と判断される。

運転性に関しては、上記の定常運転時の運転性の他に、保守・補修に関する観点（保守性）も考慮する必要があると考えられる。

一般的には、機器・設備の基数・系統数の少ないほど、また、全体システムが簡素なほど、保守性（運転性）が優れていると判断される。

(ii) 臨界安全管理の容易性

本検討においては、新型剪断機（燃料集合体2体同時剪断・個別の剪断速度調整機能）や、剪断ピン中間貯槽、脱被覆機といった、新たな臨界安全管理システムの

構築・評価を必要とする設備・機器を有するケースが有り、処理ケースによって、臨界安全管理の容易性に差が出てくる。

また、コア燃料専用機器とブランケット燃料専用機器とが併存するケースでは、両燃料のPu富化度の違いを考慮した上で、各燃料系統の臨界安全評価を行う必要があり、コア燃料のみのPu富化度に基づいて臨界安全管理をするケースと比べると、システムが複雑となり、臨界安全管理の容易性に差が出てくる。

臨界安全管理の容易性という観点からは、新たな臨界安全管理システムの構築・評価を必要としないケースや、臨界安全管理の前提が単純なケースの方が、優れていると判断される。

(iii) 技術の実証性

本検討においては、新型剪断機（燃料集合体2体同時剪断・個別の剪断速度調整機能）や、剪断ピン中間貯槽（中間貯蔵システム）、脱被覆機（脱被覆システム）といった、新たな開発・実証を必要とする機器・システムを前提とするケースが有り、処理ケースによって、実証性に大きな差が出てくる。

本プラントは、想定される施設建設時期が、かなり先のことなので、技術開発・実証のためのリードタイムは、十分に確保されていると考えられるが、現時点における技術開発度合をベースとして、新たな技術開発を必要としないケースの方が、また、技術開発が比較的容易（技術開発要素が比較的少ない）と考えられる方が、実証性という観点からは、優れていると判断される。

(iv) 経済性

経済性という観点では、施設建設費および施設運転経費等を比較・評価する必要がある。

施設建設費という点では、基本的には、設備・機器の系列数・基数の少ないケースの方が、設備・機器の製作費や現地工事費（据付け・配管・配線工事等）、施設建屋の建設費の面で優れていると判断される。

また、運転経費（通常の運転経費と、保守・補修関連経費）の点でも、基本的には、設備・機器の系列数・基数の少ないケースの方が、優れていると判断される。

技術開発費は、上記の実証性の裏返しであることから、経済性の観点での比較・評価の対象とはしない。

(2) 各処理ケースの比較・評価

上記のような点に着目して、各処理ケースを比較・評価した。

以下に、各着目点ごとの比較・評価結果を概括する。

(i) 設備の運転性

設備の運転性の点では、ケースB（剪断工程混合方式-1）が、運転員の確認・判断を要する作業が少ないことや、システムが簡素なこと等から、もっとも優れないと判断される。

ケースA（混合剪断方式）およびケースI（溶解工程混合方式-1）についても、運転員の確認・判断を要する作業が少ないことや、システムが比較的簡素なこと等から、運転性は比較的良好であると判断される。

一方、下記の、剪断ピン中間貯蔵システムを有する（特に、コア燃料部と軸方向プランケット燃料部の剪断ピンの分配を必要とする）ケースや、脱被覆システムを前提とするケースは、運転員の確認・判断を要する作業が多くなることや、システムが複雑なこと等から、運転性はあまり良くないと判断される。

ケースE（剪断工程混合方式-4）

ケースF（剪断工程混合方式-5）

ケースG（脱被覆・燃料粒子混合方式-1）

ケースH（脱被覆・燃料粒子混合方式-2）

ケースJ（溶解工程混合方式-2）

ケースL（調整工程混合方式-2）

(ii) 臨界安全管理の容易性

臨界安全管理の容易性の点でも、ケースB（剪断工程混合方式-1）が、新たな臨界安全管理システムの構築・評価を必要としないことや、臨界安全管理の前提が単純なこと（Pu富化度：25%のみ）から、最も優れていると判断される。

また、ケースI（溶解工程混合方式-1）についても、溶解槽がコア燃料専用系統とプランケット燃料専用系統の2系統あるが、新たな臨界安全管理システムの構築・評価を必要としないことから、比較的優れていると判断される。

他のケースは、新型剪断機や剪断ピン中間貯蔵システムに関する臨界安全管理システムの構築・評価が必要であること等から、前2ケースに比べて、臨界安全管理の容易性の点で、差が有ると判断される。

(iii) 技術の実証性

技術の実証性の点では、従来技術（R E T F型の連続溶解槽を含む）で対応可能な、ケースB（剪断工程混合方式－1）、ケースI（溶解工程混合方式－1）およびケースK（調整工程混合方式－1）の3ケースが、最も優れていると判断される。

ケースA（混合剪断方式）は、新型剪断機（燃料集合体2体同時剪断、個別の剪断速度調整機能を有する）の開発と、当該剪断機への燃料集合体装荷システム（2種類の燃料集合体を、それぞれ専用の燃料マガジン内に個別のタイミングで、かつ、誤りなく装荷できるシステム）の開発が必要であるが、いずれも、従来技術の延長線上で、比較的容易に開発可能であると考えられる。

これに比べて、剪断ピン中間貯蔵システム（中間貯槽および剪断ピンの定量払出し機構等）や、酸化物燃料ピンの脱被覆システム（脱被覆機、燃料粒子・ピン端末部の分離機構、脱被覆後の被覆管洗浄機構等から構成）に関しては、ほとんどゼロの状態から技術開発を行う必要があり、実証性の点では、前者と大きな差が有ると判断される。

特に、脱被覆システムを前提とするケース（ケースGおよびケースH）は、燃料粒子の中間貯蔵システム（中間貯槽および燃料粒子の定量払出し機構等）の開発も必要であることから、実証性という観点からは、他のケースよりも更に問題があるものと判断される。

(iv) 経済性

経済性という点では、ケースB（剪断工程混合方式－1）が、設備・機器の系列数・基数が少ないことから、建設費・運転経費の面で優れている上に、新たな技術開発を必要としない点からも、全ケースの中で最も優れていると判断される。

また、ケースI（溶解工程混合方式－1）は、溶解槽が2基必要となる以外は、システムが比較的簡素であり、新たな技術開発を必要としない点から、比較的優れていると判断される。

さらに、ケースA（混合剪断方式）は、新型剪断機の開発が必要ではあるが、システムが簡素で、設備・機器の系列数・基数が少ないこと、新たな技術開発要素も比較的小さいと考えられることから、比較的優れていると判断される。

他のケースは、新たな技術開発要素が大きく、かつ、設備・機器の系列数・基数も多くなることから、前3ケースに比べて、差が有ると判断される。

ただし、ケースE、ケースF、ケースG、ケースHおよびケースJについては、連続溶解槽出口における溶解液中のPu濃度の変動がほとんど無いことから、溶解液受槽以降の臨界安全評価の前提条件（Pu富化度）を緩和できる可能性が有り、槽類のコンパクト化⇒経済性の向上につながる可能性が有る。

さらに、ケースGおよびケースHの場合には、燃料粒子が中間貯槽で十分混合されると仮定すると、溶解槽の臨界安全評価の前提条件（Pu富化度）を緩和できる可能性が有る上に、燃料粒子のみが連続溶解槽へ供給されることから、ハルを機械的に溶解槽から排出する必要がなく、連続溶解槽として、動的機器（可動部分）を有しない、シンプルでコンパクトな（溶解槽の運転条件のマイルド化を含む）連続溶解槽形式に出来る可能性が有り、経済性の向上が期待される。

(v) 総合評価

上記の各項目ごとの比較・評価結果を、表3.3.1-1 に示す。

各処理ケースを総合的に評価すると、下記のような順位になると考えられる。

- ① ケースB（剪断工程混合方式－1）
- ② ケースI（溶解工程混合方式－1）
- ③ ケースA（混合剪断方式）
 ケースK（調整工程混合方式－1）
- ④ ケースC（剪断工程混合方式－2）
 ケースD（剪断工程混合方式－3）
- ⑤ ケースF（剪断工程混合方式－5）
 ケースH（脱被覆・燃料粒子混合方式－2）
- ⑥ ケースE（剪断工程混合方式－4）
 ケースG（脱被覆・燃料粒子混合方式－1）
 ケースJ（溶解工程混合方式－2）
- ⑦ ケースL（調整工程混合方式－2）

表3.3.1-1 処理ケースの比較・評価

比較・評価項目 処理ケース		運転性	臨界 安全管理	実証性	経済性	総合	備 考
A	混合剪断方式	◎	△	○	○	○	新型剪断機（燃料集合体2体同時剪断・個別の剪断速度調整）の開発必要、システムは簡素、運転性比較的良好
B	剪断工程混合方式-1	◎	◎	◎	◎	◎	システム簡素、運転性良好、従来技術で対応可能
C	剪断工程混合方式-2	○	△	△	△	△	剪断ピン中間貯蔵システムの開発必要
D	剪断工程混合方式-3	○	△	△	△	△	剪断ピン中間貯蔵システムの開発必要、中間貯蔵システム2系統必要
E	剪断工程混合方式-4	△	△	×	×	×	剪断ピン中間貯蔵システム（剪断ピン分配機を含む）の開発必要、剪断機および中間貯蔵システム各2系統必要、運転性はあまり良くないと判断される
F	剪断工程混合方式-5	△	△	×	△	△	剪断ピン中間貯蔵システム（剪断ピン分配機を含む）の開発必要、剪断機は1基、中間貯蔵システム2系統必要、運転性はあまり良くないと判断される
G	脱被覆・燃料粒子混合方式-1	△	△	×	×	×	脱被覆システムおよび燃料粒子中間貯蔵システムの開発必要、脱被覆システム2系統必要、システム複雑、運転性はあまり良くないと判断される、溶解槽以降の臨界安全管理条件の緩和および機器コンパクト化（経済性向上）の可能性
H	脱被覆・燃料粒子混合方式-2	△	△	×	△	△	脱被覆システムおよび燃料粒子中間貯蔵システムの開発必要、脱被覆システム1系統システム複雑、運転性はあまり良くないと判断される、溶解槽以降の臨界安全管理条件の緩和および機器コンパクト化（経済性向上）の可能性
I	溶解工程混合方式-1	◎	○	◎	○	○	従来技術で対応可能、剪断機および溶解槽各2基必要
J	溶解工程混合方式-2	△	△	×	×	×	剪断ピン中間貯蔵システム（剪断ピン分配機を含む）の開発必要、剪断機・中間貯蔵システム・溶解槽各2系統必要、運転性はあまり良くないと判断される
K	調整工程混合方式-1	○	○	◎	△	△	従来技術で対応可能、剪断機から遠心清澄機まで各2基必要
L	調整工程混合方式-2	×	△	×	×	×	剪断ピン中間貯蔵システム（剪断ピン分配機を含む）の開発必要、剪断機・中間貯蔵システムから清澄液受槽まで各2系統必要、運転性は良くないと判断される

3.3.2 前処理工程の設備構成の選定

前項の比較・評価結果を基に、本プラントの前処理工程として適していると考えられる設備構成（処理ケース）を選定する。

選定に当たっては、前項の評価順位を一応の目安としながらも、それに拘束されることなく、機器・システムの技術開発・確証が行われることを前提として、将来の前処理工程設備として有望と考えられるケースも選定することとする。

(1) 選定ケース

本プラントの前処理工程として適していると考えられる処理ケースとして、下記のケースを選定する。

- ① ケースB（剪断工程混合方式－1）
- ② ケースA（混合剪断方式）
- ③ ケースH（脱被覆・燃料粒子混合方式－2）

以下に、各ケースごとに、選定理由等を概括する。

(2) 選定理由等の概括

(i) ケースB（剪断工程混合方式－1）

ケースB（剪断工程混合方式－1）の選定理由は、実証性、経済性、運転性等、全ての点で、最も優れていると判断されるためである。

剪断機へのコア燃料集合体装荷時の連続溶解槽への剪断ピン供給の一時中断や、それに伴う、溶解槽出口における溶解液の濃度（特に、Pu濃度）変動の問題はあるが、これらの問題は、他のケースにおいても同様の問題を抱えているケースもあり、総合的に判断した場合に、本ケースが最も優れていると判断される。

ケースB（剪断工程混合方式－1）のオプション的なケースとして、下記の2つのケースが考えられる。

- ① ケースBの剪断機を1基とするケース
- ② ケースI（溶解工程混合方式－1）における2系統の剪断機・溶解槽を、コア燃料集合体・径方向プランケット燃料集合体共用の系統（1系統を予備系統）として使用するケース

上記①のオプションケースは、ケースBにおける剪断機（コア燃料集合体用および径方向プランケット燃料集合体用、各1基、計2基）を、コア燃料集合体・径方向プランケット燃料集合体共用の1基とすることで、剪断機の設置スペースをより

小さくして、経済性をより高めることを目的とする場合のオプションである。

また、上記②のオプションケースは、セル内における動的機器である剪断機および溶解槽の予備機を設置することにより、剪断機および溶解槽の故障・トラブル時の施設稼働率の維持を考慮する場合のオプションである。この場合には、設備建設費の面では、ケースBよりも劣ることになる。

(ii) ケースA（混合剪断方式）

ケースA（混合剪断方式）を選定した理由は、新型剪断機の開発が必要である点では、実証性の面で問題があるが、新たな技術開発を必要とする他のケースに比べて、全体のシステムが簡素であり、技術開発要素が比較的少なく、経済性も比較的優れている上に、運転性も良好であると判断されるためである。また、設備設置スペースの面では、ケースBよりもコンパクトに出来る可能性も考えられる。

新型剪断機の機能としては、下記の機能が必要とされる。

- ① 燃料集合体2体を（同一の剪断刃によって）同時に剪断する機能
- ② 2種類の燃料集合体（コア燃料集合体と径方向ブランケット燃料集合体）の剪断速度（剪断機内での各燃料集合体の送り速度・ピッチ、または送出し回数）を個別に調整する機能
- ③ 2種類の燃料集合体をそれぞれの燃料マガジン内に個別に（それぞれの処理タイミングに合わせて）挿入する機能

(iii) ケースH（脱被覆・燃料粒子混合方式－2）

ケースH（脱被覆・燃料粒子混合方式－2）は、総合判定では、比較的下位にランクされた処理ケースであるが、本プラントの処理対象燃料が、粒子燃料であることを考慮して選定した。

すなわち、前述したように、ケースHの場合には、燃料粒子が中間貯槽で十分混合されると仮定すると、溶解槽の臨界安全評価の前提条件（Pu富化度）を緩和できる可能性が有る上に、燃料粒子のみが連続溶解槽へ供給されることから、ハルを機械的に溶解槽から排出する必要がなく、連続溶解槽として、動的機器（可動部分）を有しない、シンプルでコンパクトな（溶解槽の運転条件のマイルド化を含む）連続溶解槽形式に出来る可能性が有り、経済性の向上が期待されるためである。

従来の酸化物ペレット燃料の場合には、被覆管内から燃料ミートのみを機械的に取り出す（脱被覆）方式も、種々、提案・検討されているが、燃料ピン（または、

燃料集合体) の剪断～剪断ピンの硝酸への浸漬・燃料ミート部の溶解という方法が、確立された技術として存在している。

これに対して、本プラントの処理対象燃料である粒子燃料の場合、従来型の剪断・溶解方式を採用することも可能であるが、ペレット燃料よりは脱被覆法の適用が容易であると考えられる。このことから、脱被覆法のメリットを追求できるケースを、本プラントの前処理工程の設備構成の候補の1つとして選定した。

脱被覆法としては、財産業創造研究所において研究されている『拡管脱被覆法』や、レーザー等により被覆管を軸方向(縦)に切り裂いて内部の燃料ミートのみを取り出す方法等、種々、検討・提案されているが、ここでは、燃料が球状粒子燃料であることを考慮して、解体後の燃料ピン束の端末部をレーザー等の適切な手段により切断し、必要に応じて、燃料ピン束に振動を加える方法によって、内部の燃料粒子を取り出す方法・装置を想定した。

本脱被覆システム装置の主要な構成機能としては、下記のとおりである。

- ① 解体後の燃料ピン束の把持(燃料ピン束を縦持ちする)機能
- ② 端末部の切断機能(レーザー切断等)
- ③ 燃料ピン束への加振機能
- ④ 燃料粒子と端末部等との分離機能(燃料粒子のみを下流の中間貯蔵・溶解槽に送るため)
- ⑤ 分離した端末部および燃料取り出し後の燃料被覆管の洗浄機能等

脱被覆法のメリットとしては、一般的に、下記のことが挙げられている。

- ① 燃料溶解条件のマイルド化(低酸濃度・低温化)
- ② 溶解時間の短縮化
- ③ 溶解槽のコンパクト化の可能性

上記①のメリットは、溶解槽の材質のロードレード化(経済性の向上)につながり、上記②のメリットは、同一タイプの連続溶解槽を考える場合には、溶解時間の短縮化⇒燃料の溶解槽における滞留時間の低減化による、溶解槽のコンパクト化につながる可能性が有る。

また、本設計研究では、連続溶解槽として、RETFにおいて採用した溶解槽と同一タイプの連続溶解槽を採用することとして、検討を進めているが、粒子燃料に脱被覆法を採用する場合には、被覆管(ハル)が溶解槽内に供給されないために、

ハルを機械的に溶解槽から排出する必要がなく、動的機器（可動部分）を有しない、よりコンパクトでシンプルな溶解槽形式を採用できる可能性が考えられる。

脱被覆後の燃料粒子の溶解に適する連続溶解槽として、三菱マテリアル(株)が、(財)産業創造研究所と共同で研究開発した、平板多室型連続溶解槽が考えられる。

平板多室型連続溶解槽の概念図を、図3.3.2-1に示す。

三菱マテリアル(株)における研究では、軽水炉ウラン燃料を対象として、劣化ウランの酸化物粉末を使用して研究・開発を行ったため、高速炉MOX使用済み燃料へ適用するには、臨界安全検討（平板の液厚の評価）等を含めた、適用可能性の検討評価から始める必要があると考えられるが、脱被覆法との組み合わせで平板多室型連続溶解槽を採用することにより、設備設置スペースの削減につながるものと考えられる。

以上、本プラントの前処理工程として適していると考えられる処理ケースとして、ケースB（剪断工程混合方式-1）、ケースA（混合剪断方式）およびケースH（脱被覆・燃料粒子混合方式-2）の3ケースを選定した。

今後の検討において、3ケースの中から検討対象ケースを絞り込む場合の優先順位としては、上記の順位が良いと考える。

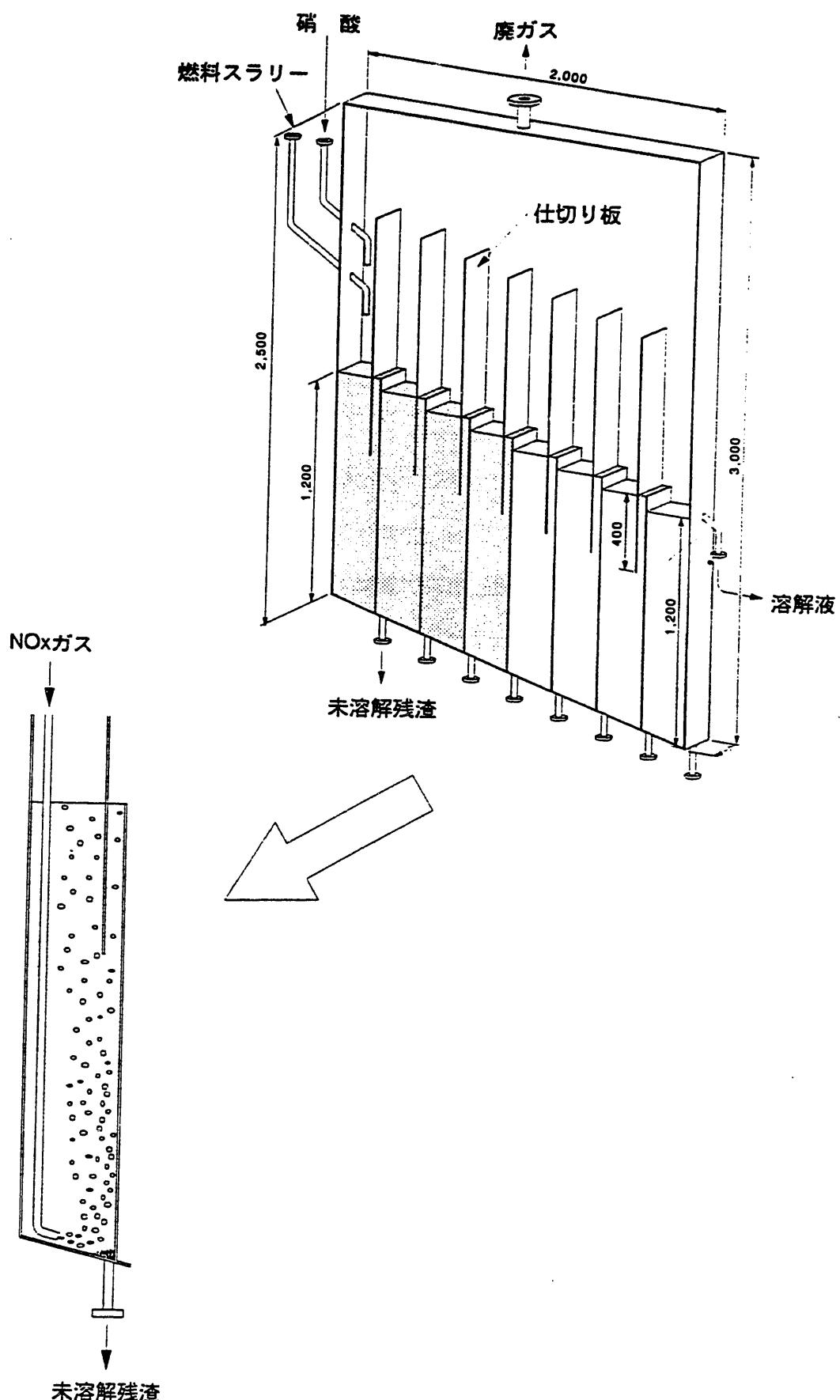


図3.3.2-1 平板多室型連続溶解槽の概念図

4. あとがき

本設計研究は、事業団が高速炉燃料サイクルコストの大幅な低減を目指して検討を進めている『先進的湿式プラント』に関して、昨年度実施された設計研究の成果をもとに、再処理・燃料製造施設一体化の得失評価と、再処理施設のうちの前処理工程の設備構成に関する検討を実施したものである。

本設計研究の成果として、下記の項目が列記される。

- ① 再処理・燃料製造施設一体化の得失評価の前提としての設備構成の再検討の結果、下記の見直しを行った。
 - ・アンモニア系廃液の処理フローの簡素化を行い、蒸留塔を1基削除した。
 - ・低放射性固体廃棄物処理工程の簡素化を行い、発生量の多いと推定される α 系に $\beta\gamma$ 系を統合し、1系列の処理設備とした。
- ② 施設一体化の得失評価の結果、下記のメリットが有ることが分かった。
 - ・ユーティリティ設備・建屋換気設備等の共有化
 - ・設備設置スペースの減少
 - ・建設費・運転費の削減 等
- ③ また、許認可の面では、各種基準の再処理側への引き上げ、燃料加工／再処理の二重の審査、各種記録の分割の困難さ、等のデメリットが有ることが分かった。
- ④ 前処理工程の設備構成に関する検討では、コア燃料とプランケット燃料との混合を、前処理工程で行う場合の設備構成について、混合位置や混合方法をパラメータとして、12のケースを設定し、各ケースを経済性、実証性、運転性、安全性等の観点から比較・評価し、本プラントに適すると考えられる設備構成を検討した。
- ⑤ その結果、本プラントの設備構成として適していると考えられる処理ケースとして、下記の3つの処理ケースを選定した。
 - ・ケースB（剪断工程混合方式－1）：実証性、経済性等、すべての面で優れる
 - ・ケースA（混合剪断方式）：新型剪断機の開発が必要であるが、システムが簡素
 - ・ケースH（脱被覆・粒子燃料混合方式－2）：連続溶解槽のシンプル化の可能性

本設計研究の成果が、事業団が今後進められる予定の、本プラントに関する詳細検討に寄与することを期待するとともに、本設計研究の実施に当たり、技術打合せ等で熱心に対応して戴いた、事業団の関係各位に対して、ここに厚くお礼申し上げる。