

分置

# 高速実験炉「常陽」

燃料洗浄設備の運転経験報告書

1991年4月

動力炉・核燃料開発事業団  
大洗工学センター

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ください。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター システム開発推進部・技術管理室

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section O-arai Engineering Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 4002 Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki, Ibaraki-ken, 311-13, Japan

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

# 高速実験炉「常陽」

## 燃料洗浄設備の運転経験報告書

鈴木寿章\*<sup>1</sup> 伊東秀明\*<sup>1</sup>

江幡享三\*<sup>2</sup> 久野修一\*<sup>2</sup>

### 要 旨

本報告書は、高速実験炉「常陽」の燃料洗浄設備におけるMK-II炉心移行後の洗浄データをまとめるとともに、洗浄設備の今後の課題について検討したものである。その結果を以下に記す。

- (1) 使用済炉心構成要素に付着するナトリウム量は、主として要素の内部構造に依存している。
- (2) 洗浄体に付着しているナトリウム量とその洗浄廃液線量当量率には、有意な関係が認められないことから、洗浄廃液中に含有する放射性腐食生成物量は、主として洗浄体の部材表面に付着している放射性腐生成物によって支配されていることがわかった。
- (3) 缶詰缶内水に含有するナトリウム量は、洗浄体の種類によって異なっており、最大で約8gであった。
- (4) 洗浄設備における脱塩水洗浄時の付着ナトリウム反応速度及び反応量は、洗浄体の種類によって種々であるので、洗浄の効率化を図る上で洗浄体の種類に適した脱塩水洗浄方法を確立していくことが今後の課題となる。

---

※1 大洗工学センター実験炉部原子炉第一課

※2 常陽産業株式会社

Operational Experience of the Fuel Cleaning  
Facility in "JOYO"

Toshiaki Suzuki, \*1 Hideaki Ito, \*1

Kyozo Ebata, \*2 Syuichi Kuno, \*2

**Abstract**

This report describes the operational experience during the MK-II core and a theme of the future Fuel Cleaning Facility in "JOYO". Following results are obtained.

- (1) The sodium quantity adhered the spent core elements is influenced by the inner structure of the elements.
- (2) The corrosion product quantity in the washing waste water is mainly influenced by the corrosion product adhering to material surface.
- (3) The sodium quantity in the water which is contained in a can differs from the kind of elements. (Maximum value of sodium is about 8 grams)
- (4) During the washing by demineralized water, reaction velocity and quantity of sodium which adheres to a element differ from the kind of elements.

Therefore, it is necessary to establish the washing way depend on the elements.

---

※1 Operation Section, Experimental Fast Reactor Division O-arai Engineering Center, PNC.

※2 JOYO industrial company.

## 目 次

1. 緒 言 .....	1
2. 燃料洗浄設備の概要 .....	2
2.1 設備概要 .....	2
2.2 洗浄工程概要 .....	2
3. 燃料洗浄設備の特性 .....	5
3.1 燃料洗浄廃液発生量について .....	5
3.2 脱塩水洗浄時の洗浄液電気伝導度ハンチングについて .....	5
3.3 脱塩水洗浄ループ内の残留廃液量について .....	6
4. 使用済炉心構成要素洗浄データのまとめ .....	11
4.1 蒸気洗浄データのまとめ .....	11
4.2 脱塩水洗浄データのまとめ .....	12
4.3 各条件下における使用済炉心構成要素の付着ナトリウム量について .....	18
5. 沈降防止槽表面線量当量率データのまとめ .....	35
5.1 洗浄液電気伝導度と沈降防止槽下部表面線量当量率の関係について .....	35
5.2 炉内滞在期間と沈降防止槽下部表面線量当量率の関係について .....	35
5.3 照射量（燃焼度）と沈降防止槽下部表面線量当量率の関係について .....	36
5.4 原子炉運転中温度と沈降防止槽下部表面線量当量率の関係について .....	36
5.5 洗浄回数毎の廃液線量当量率について .....	36
6. 缶詰缶内水サンプリングデータのまとめ .....	44
6.1 缶詰缶内水ナトリウム量について .....	44
6.2 缶詰缶内水性状分析結果について .....	45
7. ま と め .....	49
7.1 蒸気洗浄のまとめ .....	49
7.2 脱塩水洗浄のまとめ .....	49
7.3 沈降防止槽下部表面線量当量率のまとめ .....	51
7.4 缶詰缶内水サンプリングのまとめ .....	51

7.5 燃料洗浄設備の今後の課題について .....	52
8. 謝 辞 .....	54
9. 参考文献及び参考資料 .....	55

## 表・図・写真目次

## — 表 —

表 4. 1	蒸気洗浄時の水素濃度 (P15-FH2~P20-FH1)	11
表 4. 2	洗浄体別電気伝導度 (P15-FH2~P20-FH1)	13
表 4. 3	電気伝導度から求めた反応ナトリウム量	14
表 6. 1	缶内水サンプリング結果	44
表 6. 2	缶内水性状分析結果 (放射能濃度)	46

## — 図 —

図 2. 1	使用済炉心構成要素の移送経路	3
図 2. 2	燃料洗浄設備概要図	4
図 3. 1	洗浄液電気伝導度のハンチング	8
図 3. 2	フラッシング運転時の電気伝導度変化	9
図 3. 3	NaOH水溶液と電気伝導度の関係	10
図 4. 1	蒸気洗浄における水素濃度変化	20
図 4. 2	脱塩水循環方向切替時の電気伝導度変化	21
図 4. 3 - ①	洗浄体別電気伝導度分布 (洗浄 1 回目)	22
図 4. 3 - ②	洗浄体別電気伝導度分布 (洗浄 2 回目)	23
図 4. 3 - ③	洗浄体別電気伝導度分布 (洗浄 3 回目)	24
図 4. 4	脱塩水洗浄 1 回目の各電気伝導度変化	25
図 4. 5 - ①	洗浄回数毎の電気伝導度の関係 (燃料集合体)	26
図 4. 5 - ②	洗浄回数毎の電気伝導度の関係 (内側反射体)	27
図 4. 5 - ③	洗浄回数毎の電気伝導度の関係 (制御棒)	28
図 4. 6	蒸気及び脱塩水洗浄時の反応ナトリウム量の関係	29
図 4. 7	蒸気及び脱塩水洗浄時の平均反応ナトリウム量の関係	30
図 4. 8	蒸気洗浄時間と洗浄液電気伝導度の関係	31
図 4. 9	ナトリウムプラグ温度と電気伝導度の関係	32
図 4. 10	炉内滞在期間と電気伝導度の関係	33

図 4.11	照射量（燃焼度）と電気伝導度の関係	34
図 5.1	燃交サイクル毎の沈降防止槽下部線量当量率変化の経緯	38
図 5.2	電気伝導度と洗浄廃液線量当量率の関係	39
図 5.3	炉内滞在期間と洗浄廃液線量当量率の関係	40
図 5.4	照射量（燃焼度）と洗浄廃液線量当量率の関係	41
図 5.5	炉心温度と洗浄廃液線量当量率の関係	42
図 5.6	内側反射体脱塩水洗浄回数低減化試験時の 沈降防止槽表面線量当量率変化	43
図 6.1	缶詰缶内水サンプリング方法	47
図 6.2	缶詰缶内水の放射エネルギーとナトリウム量の関係	48

一 付 録 一

表 1	洗浄データ	付 - 2
表 2	洗浄体諸データ	付 - 6
表 3	洗浄体諸データ追加分	付 - 10



## 1. 緒 言

高速実験炉「常陽」の燃料洗浄設備は、昭和52年4月の臨界以降、運転、保守を順調に繰返してきた。

据付以降、MK-II炉心移行までの設備運転、保守については、燃料取扱設備の運転・保守経験<sup>(1)</sup>(1)～(3)、及び高速実験炉「常陽」燃料洗浄設備の運転実績<sup>(2)</sup>等において報告されている。

本報告書は、MK-II炉心移行後の燃料洗浄設備の運転経験によって得られたデータについてまとめたものである。

## 2. 燃料洗浄設備の概要

### 2.1 設備概要

「常陽」から取出される使用済炉心構成要素は、図2.1に示すように炉内、燃料出入機、トランスファロータ、キャスクカー、燃料洗浄設備、缶詰設備を經由して最終的に使用済燃料貯蔵プールに装荷、貯蔵される。

キャスクカーによってトランスファロータから吊り上げられた使用済炉心構成要素には、ナトリウムが付着しているため、燃料洗浄設備において付着ナトリウムの洗浄を行っている。（燃料洗浄設備の概要を図2.2に示す。）

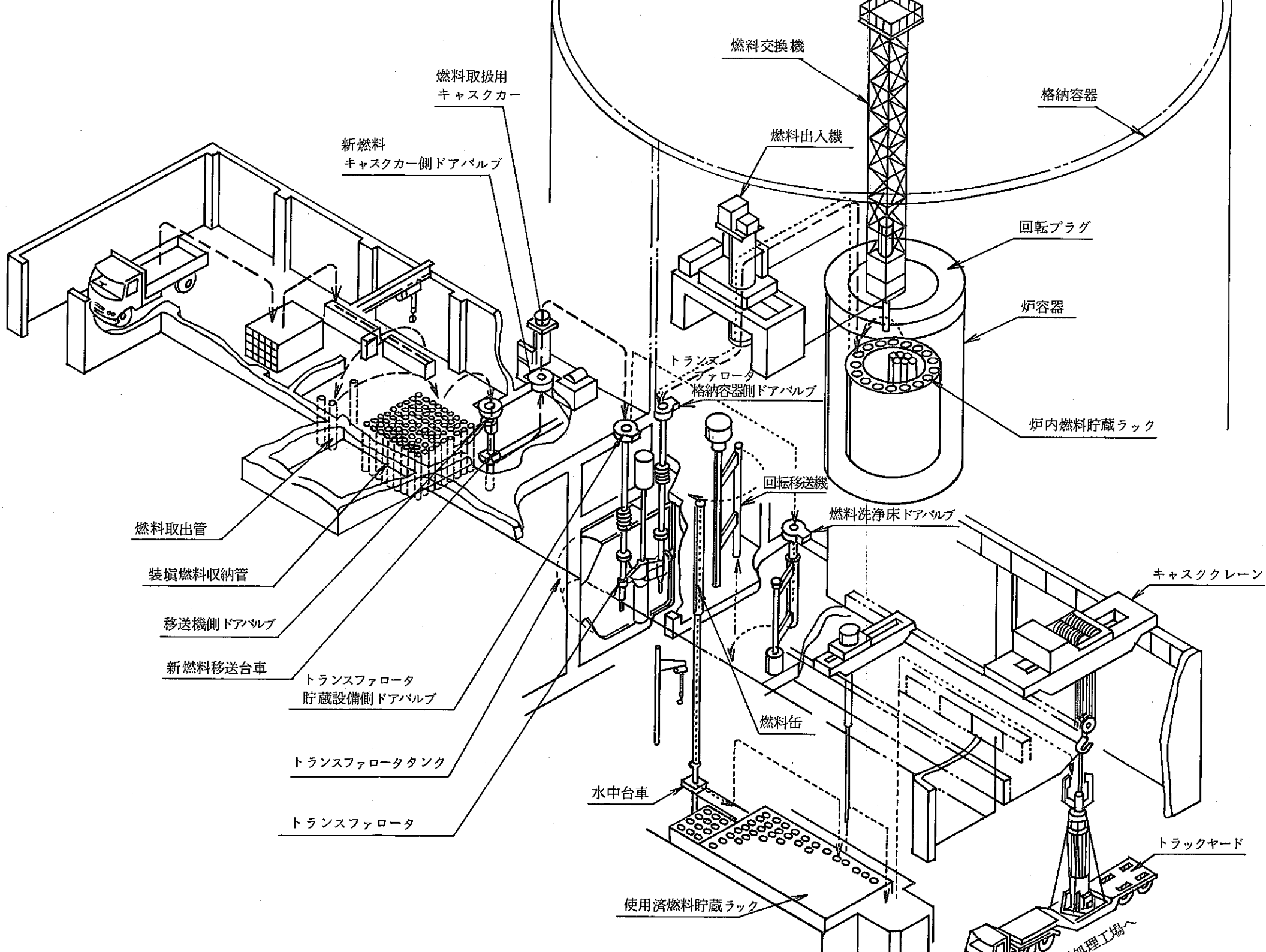
付着ナトリウムの洗浄方法は、冷却材として流しているアルゴンガス中に徐々に蒸気を注入し、ナトリウムと反応させ、反応が終了した後、反応生成物を脱塩水で洗い落とす方式をとっている。また、洗浄における付着ナトリウムの反応状態は、蒸気洗浄時の系内ガス中の水素濃度及び脱塩水洗浄時の洗浄液電気伝導度によって監視している。

### 2.2 洗浄工程概要

キャスクカーによって使用済炉心構成要素を燃料洗浄槽に装荷した後、以下に記す工程によって付着ナトリウムの洗浄を行っている。

- ① 準備工程（系統内ドレン及びアルゴンガス置換）
- ② 使用済炉心構成要素の格納
- ③ アルゴンガス冷却
- ④ 蒸気洗浄
- ⑤ 系統内ドレン
- ⑥ 脱塩水洗浄（⑥～⑦の工程を平均3回実施している）
- ⑦ 洗浄廃液ドレン（沈降防止槽に貯留する）

脱塩水洗浄時の洗浄状態は、洗浄液の電気伝導度によって監視しており、洗浄液の最終電気伝導度を洗浄終了基準値（ $40\mu\text{S}/\text{cm}$ ）以下にするため、平均3回の脱塩水交換を行っている。



燃料交換機

格納容器

燃料取扱用  
キャスクカー

燃料出入機

回転プラグ

新燃料  
キャスクカー側ドアバルブ

炉容器

トランス  
フェロータ  
格納容器側ドアバルブ

炉内燃料貯蔵ラック

回転移送機

燃料取出管

燃料洗浄床ドアバルブ

装填燃料収納管

キャスククレーン

移送機側ドアバルブ

新燃料移送台車

トランスフェロータ  
貯蔵設備側ドアバルブ

燃料缶

トランスフェロータタンク

水中台車

トランスフェロータ

使用済燃料貯蔵ラック

トラックヤード

加工工場へ

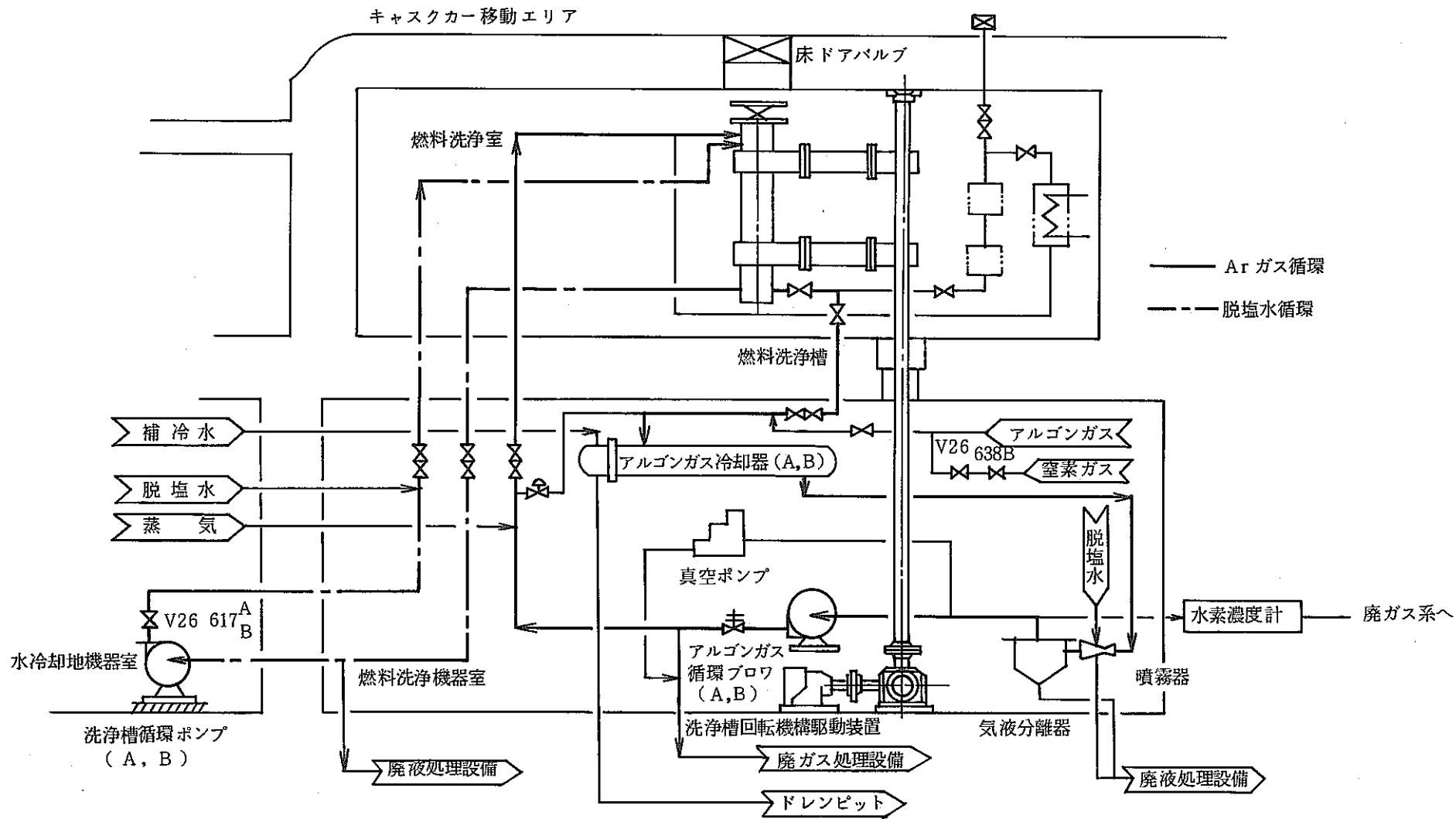


図 2.2 燃料洗浄設備概要図

### 3. 燃料洗浄設備の特性

#### 3.1 燃料洗浄廃液発生量について

使用済炉心構成要素1体当りの洗浄廃液発生量は、脱塩水洗浄3回にて公称1.2m<sup>3</sup>となっている。

ここで、第19サイクル用燃料交換における沈降防止槽液位から、脱塩水1回洗浄によって発生する廃液量を求めると、脱液水洗浄1回目の廃液量は約380ℓ、2回目以降は平均340ℓとなっている。

洗浄1回目の廃液量が多いのは、脱液水洗浄廃液の他に準備工程時の系統ドレン廃液、及び蒸気洗浄時の凝縮水が含まれているためである。

洗浄回数毎に廃液量のバラツキはあるが、データ評価上、脱塩水1回洗浄によって発生する廃液量は、340ℓとする。

尚、廃液量340ℓは、脱塩水使用量から求めた値と一致している。

#### 3.2 脱塩水洗浄時の洗浄液電気伝導度ハンチングについて

脱塩水洗浄において系統内脱塩水供給後、循環洗浄を開始すると、電気伝導度値がハンチングし、約15分後に収束する。(図3.1参照)

この原因は、脱塩水洗浄時に蒸気洗浄によって反応したNaOHが脱塩水中に溶出し、洗浄槽部の電気伝導度が上昇するためである。

燃料洗浄設備の洗浄系統は、配管によって構成されているため、脱塩水の循環を行っても系統内の洗浄液電気伝導度が均一となるには、10～15分の時間を要する。

〈脱塩水洗浄ループの一循環時間について〉

燃料洗浄設備の脱塩水循環ラインは、配管によって構成されており340ℓの脱塩水が平均10.5m<sup>3</sup>/hで循環する。これより脱塩水がループを一循する時間を求めると、約2分となる。

また、脱塩水洗浄時の洗浄液電気伝導度ハンチング周期からループ一循環時間を求めると約1.5分となる。(図3.1参照)

ここで、循環流量と電気伝導度ハンチング周期から求めたループ一循環時間に差があ

るのは、脱塩水循環量を340ℓで計算しているためと考えられる。

脱塩水循環量340ℓは、3.1項の廃液量から求めた値であるので実際に洗浄ループを循環していないドレン配管部等の容量も含まれている。脱塩水洗浄主配管容積から、実際にループ内を循環する脱塩水量を求めると約0.28m<sup>3</sup>となり、この脱塩水が10.5m<sup>3</sup>/hでループを循環する場合のループ循環時間は約1.6分となり、電気伝導度ハンチング周期から求めた値とほぼ一致する。

### 3.3 脱塩水洗浄ループ内の残留廃液量について

脱塩水洗浄時に洗浄液電気伝導度がハンチングする原因は、3.2項で述べた通りであるが、使用済炉心構成要素を洗浄槽に格納していない状態において系統循環（フラッシング）運転を行った場合でも電気伝導度がハンチング及び上昇する現象が確認されている。（図3.2参照）

この原因として、系統内に廃液が残留していることが考えられ、系統フラッシング時の電気伝導度上昇が系統内の残留廃液によるものと仮定して、電気伝導度値から系統内残留廃液量を求めると、約12ℓとなる。

〈算出条件〉

- ① フラッシング時の系統内脱塩水量は、340ℓとする。
- ② 残留廃液中のナトリウムは、そのままフラッシング液中に移行すると考える。
- ③ NaOH濃度と電気伝導度の関係は、図3.3より求める。

〈算出過程〉

図3.2より、フラッシング時の洗浄廃液の電気伝導度は、60μS/cmなのでフラッシング液中に含有するナトリウム量は、1.955gとなる。

$$\left[ \begin{array}{l} \text{図3.3より、60}\mu\text{S/cmのときのNaOH濃度は、0.25epmなのでNa濃度は、} \\ 0.25 \times 0.001 \times 23 = 5.75 \times 10^{-3} \text{ [g/}\ell\text{]} \\ \text{340}\ell\text{中のNa量は、} \\ 5.75 \times 10^{-3} \times 340 = 1.955 \text{ [g]} \end{array} \right]$$

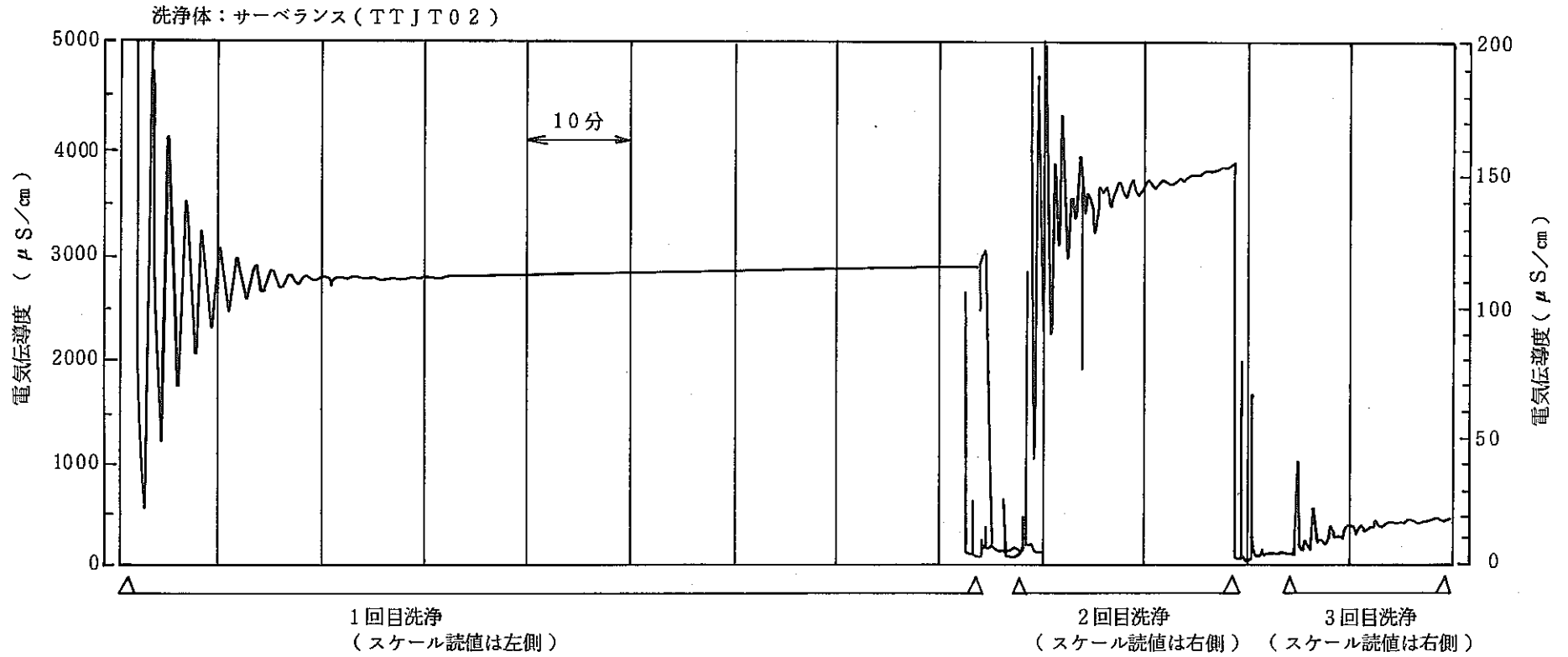
ここで、図3.2のフラッシング前の洗浄液最終電気伝導度は1550μS/cmであることから、以下の式が成り立つ。

$$0.159 \text{ [g/l]} \times V \text{ [l]} = 1.955 \text{ [g]}$$

V : 残留廃液量

{ 図 3.3 より,  $1550 \mu\text{S/cm}$  のときの NaOH 濃度は,  $6.9 \text{ ppm}$  なので Na 濃度は, }  
6.9  $\times 0.001 \times 23 = 0.159 \text{ [g/l]}$

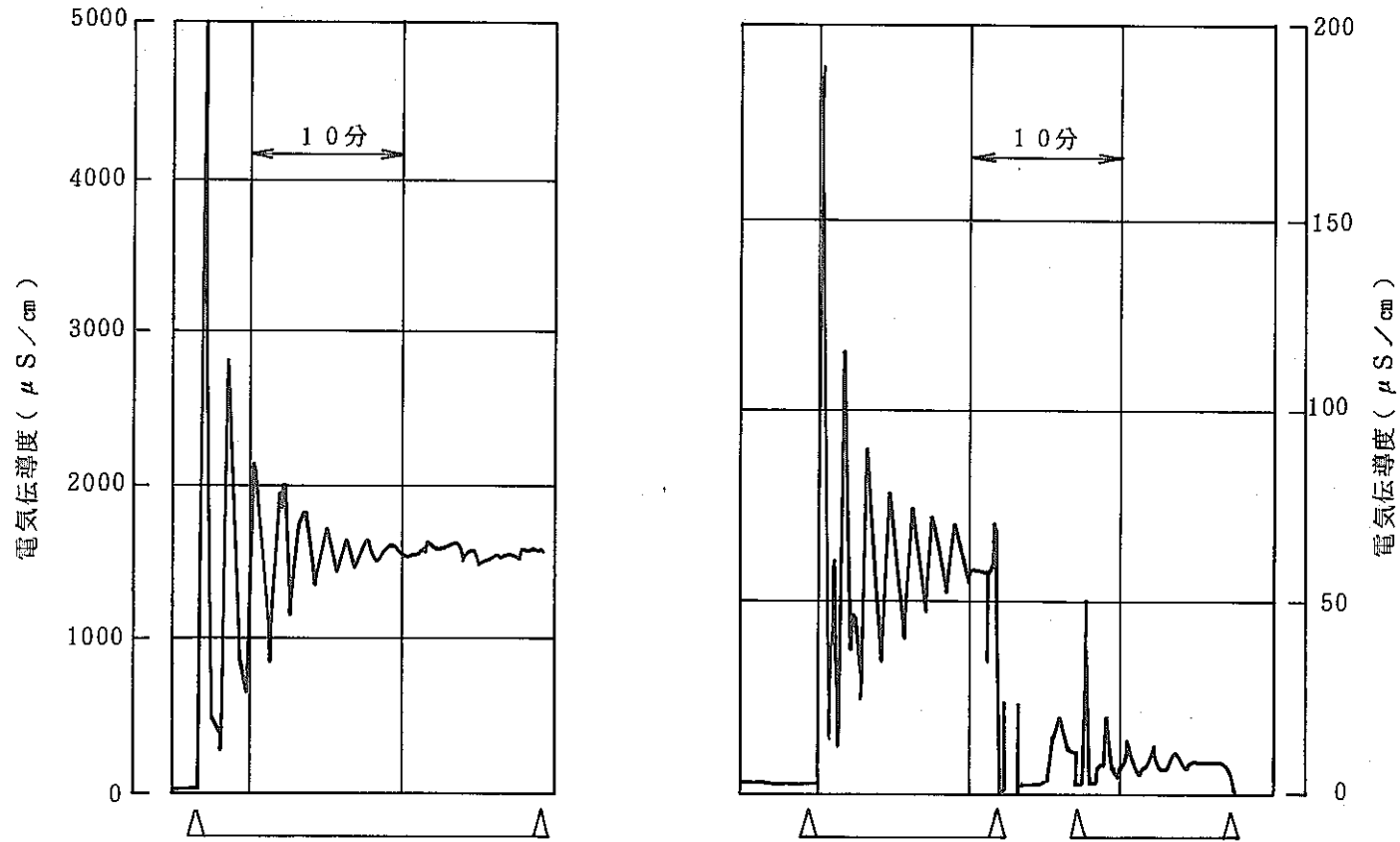
以上より, 残留廃液量は,  $12.3 \text{ l}$  となる。



1回当りのハンチング時間は、約1.5分である。

図3.1 洗浄液電気伝導度のハンチング





洗浄回数	1回	1回	2回
最終電気伝導度	1550 μS/cm	60 μS/cm	10 μS/cm
洗浄体	NFRI11	無し(フラッシング運転)	
洗浄日	1989. 4. 27	1989. 4. 28	

図3.2 フラッシング運転時の電気伝導度変化

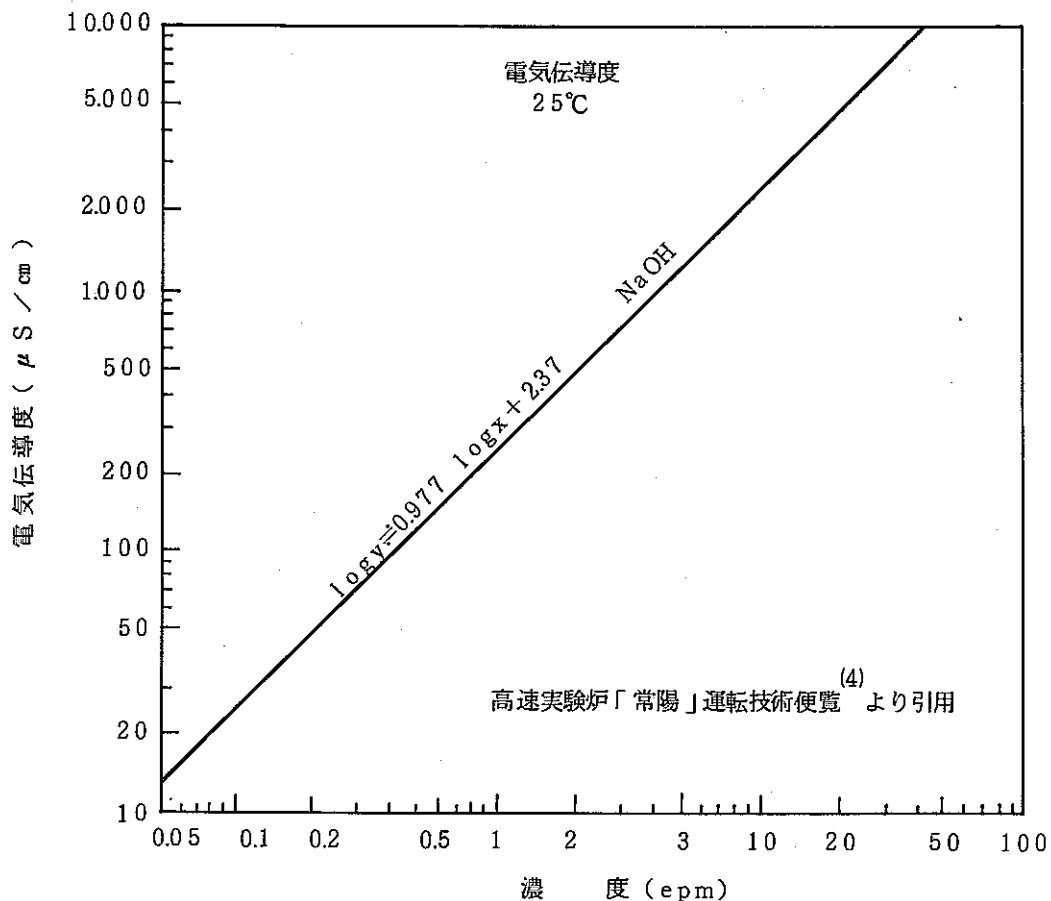


図3.3 NaOH水溶液と電気伝導度の関係

上記図の使用方法

emp...Equivalent per million (100 万分の1 当量)

N ...アボガドロ数

$0.001N \times l = 1 \text{ emp}$ として表わされる。

$0.001g \times l = 1 \text{ ppm}$ であるから

NaOHの場合1 当量は $23^{Na} + 16^O + 1^H = 40g$

$0.001 \times 40g / l = 0.04g / l$  as NaOHである。

Naの場合1 当量は $23^{Na}$ であるから

$0.001 \times 23g / l = 0.023g / l$ である。

従って上記図でまず電気伝導度よりXepmを求め、 $X \times 0.001 \times 23$ で水溶液中のNa濃度 (g/l) が求められる。

## 4. 使用済炉心構成要素洗浄データのまとめ

### 4.1 蒸気洗浄データのまとめ

燃料洗浄設備における蒸気洗浄時の付着ナトリウムの反応状態は、系統内ガス中の水素濃度によって把握しており、付着ナトリウムの反応は、洗浄体の種類に関係なく約15分で終了する。(図4.1参照)

使用済炉心構成要素の蒸気洗浄時の水素濃度は、表4.1に示すように洗浄体の種類によって異っており、これは、洗浄体の種類によって付着ナトリウム量が異なることを意味するものである。

表4.1 蒸気洗浄時の水素濃度 (P15-FH2 ~P20-FH1)

洗 浄 体	水 素 濃 度 (%)		
	最 小	最 大	平 均
燃 料 集 合 体	0.90	1.80	1.26
内 側 反 射 体	0.50	1.20	1.00
制 御 棒	1.90	2.20	2.06
S M I R * <sup>1</sup>	1.80	5.00	3.44
A M I R * <sup>2</sup>	2.40	2.80	2.60
サーベランス	—	—	1.60
外 側 反 射 体	—	—	7.60

※1 構造材料照射用反射体

※2 制御棒材料照射用反射体

表1の平均水素濃度から反応ナトリウム量を求めると以下の様になる。

燃 料 集 合 体 …… 31.9 (g)  
 内 側 反 射 体 …… 25.2 (g)  
 制 御 棒 …… 52.5 (g)  
 S M I R …… 88.9 (g)

A M I R	……	66.7 (g)
サーベランス	……	40.6 (g)
外側反射体	……	204.5 (g)

〈反応ナトリウム量の算出過程〉

① 水素発生量の算出

系統内ガス空間容積：1064 ℓ

蒸気洗浄前系統圧力：0.35kg/cm<sup>2</sup>G

蒸気洗浄前系統温度：20℃

蒸気洗浄時系統温度：70℃

系統水素濃度：h%

◎0.35kg/cm<sup>2</sup>G下における水素発生量

$$V_h [\ell] = 1064 [\ell] \times h (\%) \times \frac{1}{100}$$

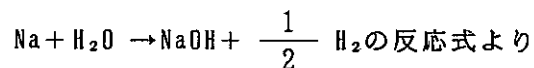
◎蒸気洗浄時の系統平均圧力（圧力補正）

$$P [\text{kg/cm}^2] = \frac{1064 [\ell] + V_h [\ell]}{1064 [\ell]} \times (1.03 [\text{kg/cm}^2] + 0.35 [\text{kg/cm}^2])$$

◎常温（20℃），大気圧（1.03kg/cm<sup>2</sup>）下における水素発生量

$$V [\ell] = V_h [\ell] \times \frac{P [\text{kg/cm}^2]}{1.03 [\text{kg/cm}^2]} \times \frac{273+20 [^\circ\text{K}]}{273+70 [^\circ\text{K}]}$$

② 反応ナトリウム量の算出



$$\text{Na} [\text{g}] = \frac{V [\ell]}{\frac{1}{2} \times 22.4 [\ell/\text{mol}]} \times 23 [\text{g/mol}]$$

## 4.2 脱塩水洗浄データのまとめ

脱塩水洗浄時における付着ナトリウムの洗浄状態は，洗浄液電気伝導度によって監視

しており、洗浄液電気伝導度が洗浄完了基準値である40 $\mu$ S/cm以下となるまで脱塩水の交換を行い、繰返し洗浄を行っている。

そして、洗浄体の種類によって異なるが、平均3回の脱塩水洗浄を行っている。また、脱塩水洗浄時の洗浄方法として、脱塩水が洗浄槽上部から下部へ流れる順流循環洗浄と、脱塩水が洗浄槽下部から上部へ流れる逆流循環洗浄がある。

(1) 順流，逆流循環洗浄の効果について

ここでは、脱塩水順流，逆流循環洗浄の効果について評価した。

脱塩水洗浄において、脱塩水順環方向を順流，逆流と交互に切替えた方が付着ナトリウムの洗浄性が向上すると考えられるが、図4.2のデータからは、脱塩水循環方向切替えによる洗浄液電気伝導度の有意な変化は確認できない。

実際にその効果があったとしても、部材細部の隙間等に残留している微量のナトリウムに対して効果があると考えられるので、電気伝導度には有意な変化として現われないものと考えられる。

(2) 洗浄体種別ごとの洗浄液電気伝導度変化について

各洗浄体の脱塩水洗浄時の電気伝導度変化を図4.3①～③及び表4.2に示す。

表4.2 洗浄体別電気伝導度 (P15-PH2 ~P20-PH1)

洗浄回数 洗浄体	1回目 ( $\mu$ S/cm)			2回目 ( $\mu$ S/cm)			3回目 ( $\mu$ S/cm)		
	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大
燃料集合体	1370	200	2600	128	15	400	27	5	145
内側反射体	1593	1200	1900	118	74	170	11	5	23
制御棒	2718	1400	4600	221	100	400	40	20	68
S M I R	4525	3600	>5000	402	280	530	36	15	55
A M I R	3650	3500	3800	450	400	500	30	25	35
サーベランス材	2840	—	—	150	—	—	18	—	—
外側反射体 (A)	>5000	—	—	800	—	—	100	—	—

図4.3から脱塩水洗浄時の電気伝導度は、洗浄体の種類によって異なることがわかる。

また、内側反射体の電気伝導度のバラツキは、各洗浄回数共に少ない傾向にあることがわかる。これに対して燃料集合体の電気伝導度は、3回目までバラツキがある。

これは、ナトリウムの付着量及び付着ナトリウムの洗浄性が洗浄体の種類（構造）によって異なることを表している。

図4.4の各洗浄体1回目洗浄時の電気伝導度変化を比較すると、内側反射体の洗浄液電気伝導度は平衡状態となっていることから、内側反射体の付着ナトリウムの洗浄は1回目で終了していることがわかる。尚、詳細については、使用済内側反射体の水洗浄回数低減化試験報告書<sup>(3)</sup>で述べている。

(3) 電気伝導度から求めた反応ナトリウム量について

脱塩水洗浄時における反応ナトリウム量を表4.2の電気伝導度から求めた。算出結果を表4.3に示す。

表4.3 電気伝導度から求めた反応ナトリウム量

洗浄体	1回目 (g)			2回目 (g)			3回目 (g)		
	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大
燃料集合体	48	7	92	4	0.5	13.5	0.8	0.2	4.8
内側反射体	56	42	67	4	2.4	5.6	0.3	0.2	0.7
制御棒	96	49	165	7	3.3	13.5	1.3	0.6	2.2
S M I R	>162	128	179	14	9.4	18.0	1.1	0.5	1.8
A M I R	130	124	135	15	13.5	17.0	1.0	0.8	1.1
サーベランス材	101	—	—	5	—	—	0.6	—	—
外側反射体 (A)	>179	—	—	28	—	—	3.3	—	—

脱塩水によって洗浄されたナトリウム量は、表4.3に示す1～3回洗浄時の反応ナトリウムの和と考えられる。各洗浄体の平均反応ナトリウム量を求めると以下の様になる。

- 燃料集合体 …… 53 (g)
- 内側反射体 …… 60 (g)
- 制御棒 …… 104 (g)
- S M I R …… >177 (g)
- A M I R …… 146 (g)
- サーベランス材 …… 107 (g)
- 外側反射体 (A) …… >210 (g)

表 4.3 の反応ナトリウムの算出過程を以下に記す。

〈算出条件〉

- ・ 系統内脱塩水量は340ℓとする。
- ・ NaOH濃度と電気伝導度の関係は、図 3.3 から求める。

〈算出過程〉

図 3.3 のNaOH濃度と電気伝導度の関係は、以下の式で表わされる。

$$\log y \approx 0.977 \cdot \log x + 2.37 \dots\dots\dots (1)$$

x : NaOH濃度 (epm)

y : 電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

(1)式を x について求める式に変形すると以下の様になる。

$$x \approx 3.75 \times 10^{-3} \cdot y^{1.024} \dots\dots\dots (2)$$

x (epm) は、100 万分の 1 当量なのでナトリウムの場合以下の式で表わされる。

$$1 \text{ (epm)} = 0.001 \times 23 \text{ (g/ℓ)} \dots\dots\dots (3)$$

系統内脱塩水量は、340ℓなので系内で反応したナトリウム量は以下の式で表わされる。

$$\text{Na (g)} = 0.023 \text{ (g/ℓ)} \times 340 \text{ (ℓ)} \times x \text{ (epm)} \dots\dots\dots (4)$$

(4)式に(2)式を代入すると、

$$\text{Na (g)} = 0.0293 \cdot y^{1.024} \dots\dots\dots (5)$$

となる。

本設備において洗浄液電気伝導度から反応ナトリウム量を求める場合、(5)式によって算出することができる。

(4) 各洗浄回数毎の電気伝導度の関係について

脱塩水洗浄における電気伝導度は、脱塩水交換を行うことによって低下し、平均 3 回の繰返し洗浄で洗浄終了基準値 ( $40 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) 以下となることが経験的にわかっている。

ここでは、各洗浄回数毎の電気伝導度の関係を調査した。図 4.5 - ① ~ ③ にその結果を示す。

図 4.5 - ② の内側反射体の洗浄データに関しては、脱塩水の交換に伴って洗浄液電

電気伝導度がある程度一定の割合いで低下していることがわかる。これは、4.2(2)で述べた内側反射体の付着ナトリウム量が一定の値に収束しているためと考えられる。そして、内側反射体の付着ナトリウムの洗浄は、1回目の脱塩水洗浄において終了していると考えた場合、2回目以降の電気伝導度の上昇原因は、3.3で述べた系統内残留廃液によるものと考えられる。

洗浄回数毎の洗浄液電気伝導度の低下率を見ると、洗浄2回目以降の洗浄液電気伝導度の上昇は、1回目の洗浄液の残留廃液に起因していることが十分考えられる。

洗浄2回目以降の洗浄液電気伝導の上昇が残留廃液に起因すると考えた場合、洗浄方法の見直し、さらには洗浄終了基準値の見直し等が今後の課題としてあげられる。

以下に洗浄回数毎の残留廃液移行量の比較結果を記す。

〈比較条件〉

- ① 洗浄液量は340ℓで、残留廃液量は12ℓで計算する。
- ② 比較対象は、洗浄液電気伝導度が安定している内側反射体のデータを用い、洗浄1回目と2回目及び2回目と3回目の洗浄液平均電気伝導度の値で比較する。(表2の値を用いる)
- ③ 内側反射体洗浄1回目の電気伝導度が上昇していないことから、付着ナトリウムの反応は洗浄1回目で終了していると考え。(図4.4参照)

〈比較過程〉

図3.3から各洗浄回数毎の洗浄液中ナトリウム濃度を求める。

洗浄回数	洗浄液電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	洗浄液中ナトリウム濃度	
		( $\text{epm}$ )	( $\text{g}/\ell$ )
1回目	1593	7.1	0.163
2回目	118	$5.0 \times 10^{-1}$	$1.15 \times 10^{-2}$
3回目	11	$4.4 \times 10^{-2}$	$1.01 \times 10^{-3}$

- ① 洗浄1回目の残留廃液が2回目の洗浄液中に移行する場合

洗浄1回目の残留廃液中ナトリウム量

$$0.163 \text{ (g/}\ell\text{)} \times 12 \text{ (}\ell\text{)} = 2.0 \text{ (g)}$$



2 回目の洗浄液中ナトリウム量

$$1.15 \times 10^{-2} \text{ (g/ℓ) } \times 340 \text{ (ℓ) } = 3.9 \text{ (g)}$$

- ③ 洗浄 2 回目の残留廃液が 3 回目の洗浄液中に移行する場合、洗浄 2 回目の残留廃液中ナトリウム量

$$1.15 \times 10^{-2} \text{ (g/ℓ) } \times 12 \text{ (ℓ) } = 0.14 \text{ (g)}$$

3 回目の洗浄液中ナトリウム量

$$1.01 \times 10^{-3} \text{ (g/ℓ) } \times 340 \text{ (ℓ) } = 0.34 \text{ (g)}$$

以上の結果より、各移行ナトリウム量はオーダー的に一致しており、電気伝導度計の誤差、洗浄データのバラツキ、洗浄液 340 ℓ に対して数グラムのナトリウムを評価していることを考慮すれば、洗浄 2 回目以降の電気伝導度の上昇は洗浄 1 回目の残留廃液に起因していることが十分考えられる。

(5) 蒸気及び脱塩水洗浄時の反応ナトリウム量の関係

① 洗浄体種別毎の反応ナトリウム量の関係

付録表 1 のデータをもとに、洗浄体種別毎の蒸気及び脱塩水洗浄時の反応ナトリウム量の関係について調査した。

結果を図 4.6 に示す。

図 4.6 より、蒸気洗浄時の水素濃度から求めた反応ナトリウム量と脱塩水洗浄時の洗浄液電気伝導度から求めた反応ナトリウム量の関係は特に認められない。

② 洗浄体種別毎の平均反応ナトリウム量の関係

(5) - ① 項の結果は、同種洗浄体における付着ナトリウム量のバラツキによる影響が考えられるため、ここでは洗浄体種別毎の平均反応ナトリウム量の関係について調査した。(表 4.1 及び表 4.2 の値を用いた) 結果を図 4.7 に示す。

図 4.7 より、蒸気及び脱塩水洗浄時における洗浄体種別毎の平均反応ナトリウム量には、以下の関係があることがわかった。

$$y \approx 0.48x + 1.7 \quad \text{相関係数 (r}^2\text{) = 0.97}$$

x : 脱塩水洗浄時の平均反応ナトリウム量 (g)

y : 蒸気洗浄時の平均反応ナトリウム量 (g)

脱塩水洗浄時の反応ナトリウム量 (x) を洗浄体に付着する全ナトリウム量と考

えた場合\*1, 蒸気洗浄時に反応するナトリウム量は, 全付着ナトリウム量の48%と推定される。

※1 図4.8の蒸気洗浄時間と洗浄液電気伝導度の関係を見ると, 蒸気洗浄時間を変えても洗浄液電気伝導度には変化が見られないことから, 蒸気洗浄時に反応したナトリウムはNaOHとして系内に残留すると考えられる。従って, 脱塩水洗浄時の洗浄液電気伝導度から算出した反応ナトリウム量には, 蒸気洗浄時に反応したナトリウム量も含まれていると考えられる。

#### 4.3 各条件下における使用済炉心構成要素の付着ナトリウム量について

使用済炉心構成要素に付着するナトリウム量は, 洗浄体の種類, すなわち内部構造によって異なることがわかっている。ここでは, その他の要因について調査した。

##### (1) 一次系ナトリウムプラグ温度と洗浄液電気伝導度の関係について

使用済炉心構成要素が炉内から取出されるときの一次系ナトリウムプラグ温度とその後の脱塩水洗浄時の洗浄液電気伝導度の関係について洗浄体種別毎に調査した。

使用データは, 付録表1の脱塩水洗浄1回目の洗浄液電気伝導度及び付録表2の炉内取出時の一次系ナトリウムプラグ温度を用いた。

調査結果を図4.9に示す。

一次系ナトリウムプラグ温度が安定しているため, 洗浄液電気伝導度との関係の有無については明確に言えないが, 本データを見る限りでは使用済炉心構成要素取扱時の一次系ナトリウムプラグ温度の上昇に伴ない, 洗浄液電気伝導度も高くなる傾向にある。

##### (2) 炉内滞在期間と洗浄液電気伝導度の関係について

使用済炉心構成要素の炉内滞在期間と脱塩水洗浄1回目の洗浄液電気伝導度の関係について, 洗浄体種別毎に調査した。

使用データは, 付録表1の脱塩水洗浄1回目の洗浄液電気伝導度及び添付資料2の炉内滞在期間を用いた。

調査結果を図4.10に示す。

図4.10より, 使用済炉心構成要素の炉内滞在期間と脱塩水洗浄時の洗浄液電気伝導

度との関係は特に認められない。

(3) 照射量（燃焼度）と洗浄液電気伝導度の関係について

使用済炉心構成要素の照射量（燃焼度）と脱塩水洗浄1回目の洗浄液電気伝導度の関係について、洗浄体種別毎に調査した。

使用データは、付録表1の脱塩水洗浄1回目の洗浄液電気伝導度及び添付資料表2の照射量（燃焼度）を用いた。

調査結果を図4.11に示す。

図4.11より、使用済炉心構成要素の照射量（燃焼度）と脱塩水洗浄時の洗浄液電気伝導度との関係は特に認められない。

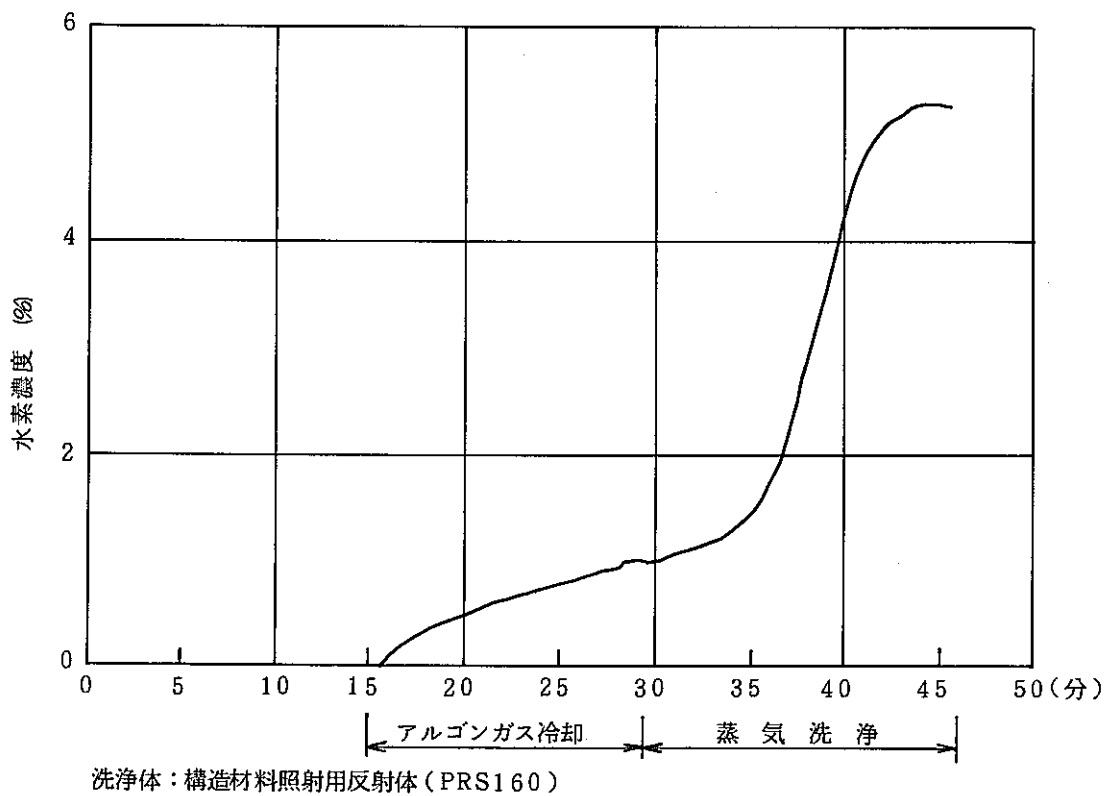
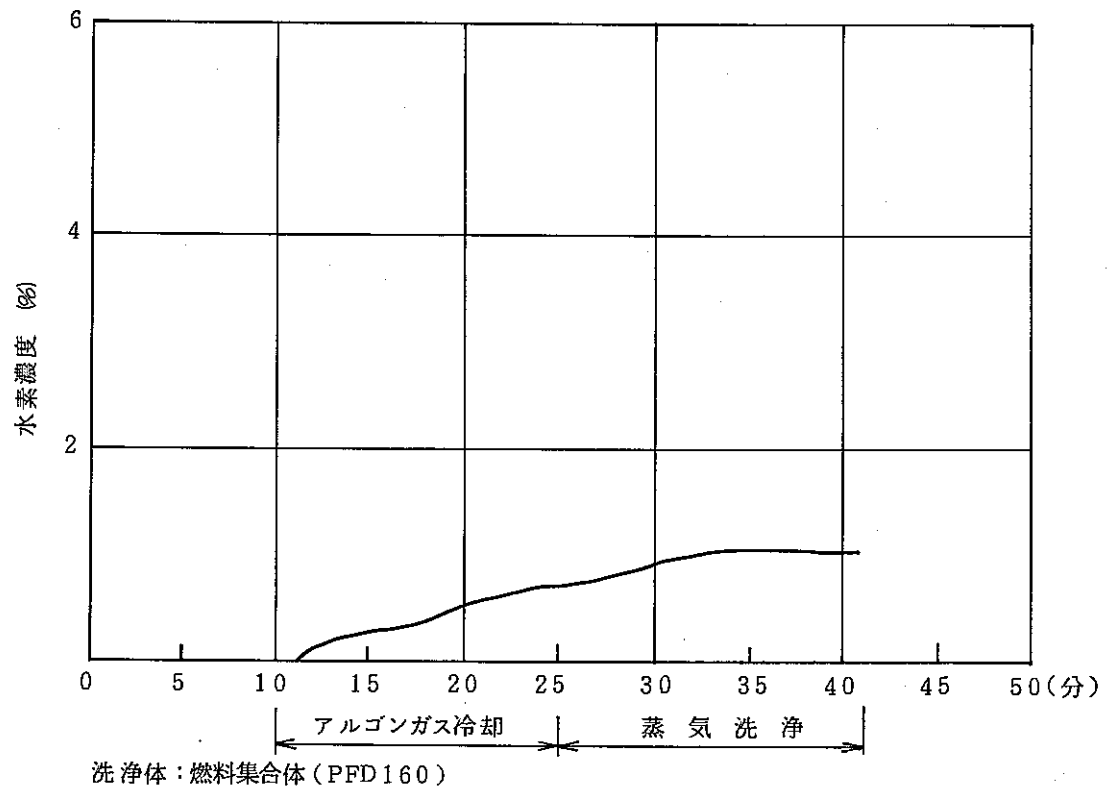


図 4.1 蒸気洗浄における水素濃度変化

洗浄体：燃料集合体 (PFD234)

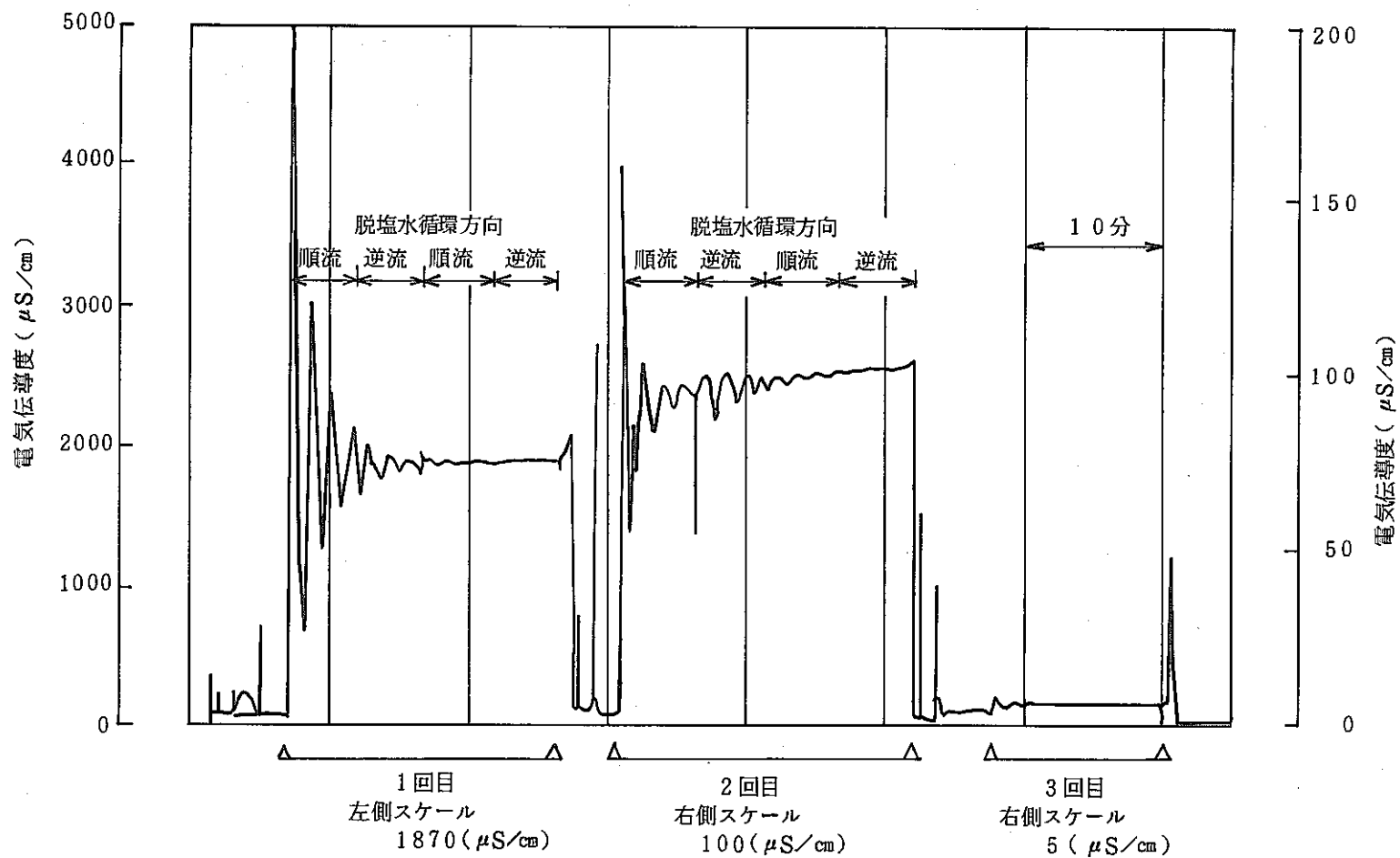


図 4.2 脱塩水循環方向切替時の電気伝導度変化

1000

2000

3000

4000

5000

電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

洗浄体：構造材料照射用反射体

1000

1000

2000

3000

4000

5000

電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

洗浄体：制御棒

1000

2000

3000

4000

5000

電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

洗浄体：内側反射体

1000

2000

3000

4000

5000

電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

洗浄体：燃料集合体

1000

2000

3000

4000

5000

電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

1 100 200 300 400 500 600

電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

洗浄体：構造材料照射用反射体

100 200 300 400 500 600

電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

洗浄体：制御棒

100 200 300 400 500 600

電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

洗浄体：内側反射体

100 200 300 400 500 600

電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

洗浄体：燃料集合体

100 200 300 400 500 600

電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

50

100

150

200

250

電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

洗浄体：構造材料照射用反射体

50

100

150

200

250

電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

洗浄体：制御棒

50

100

150

200

250

電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

洗浄体：内側反射体

50

100

150

200

250

電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

洗浄体：燃料集合体

50

100

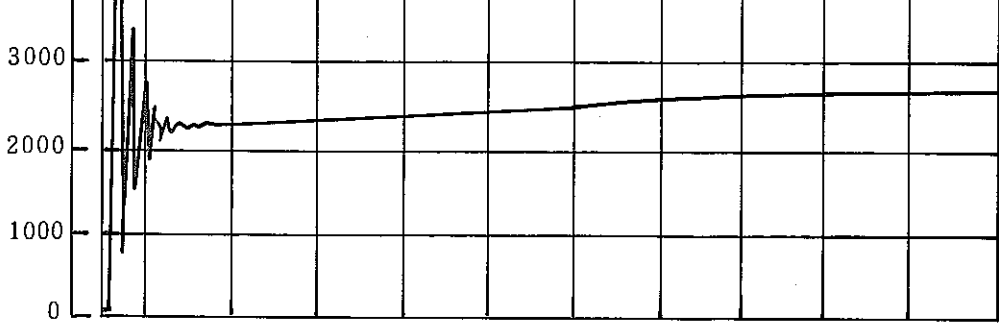
150

200

250

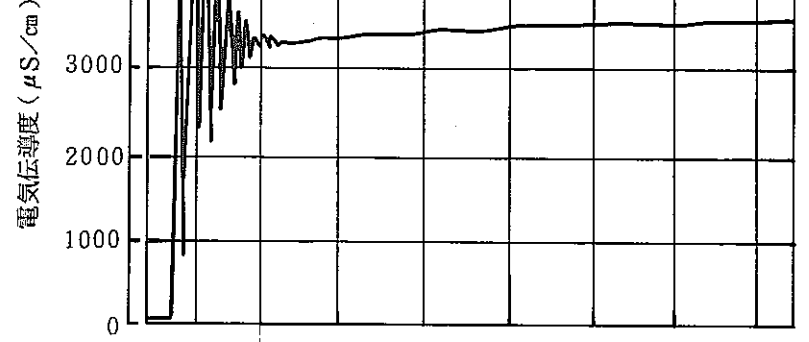
電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )





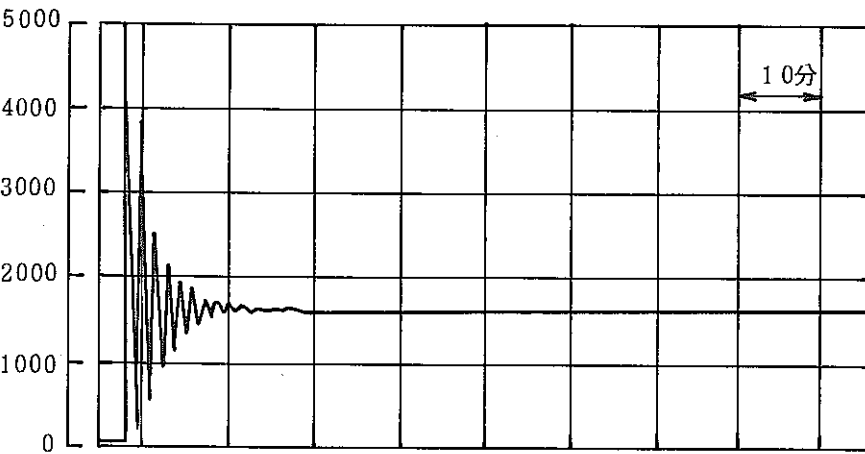
① 洗浄体：燃料集合体 (PFD133)

(最終電気伝導度)  
2600  $\mu\text{S}/\text{cm}$



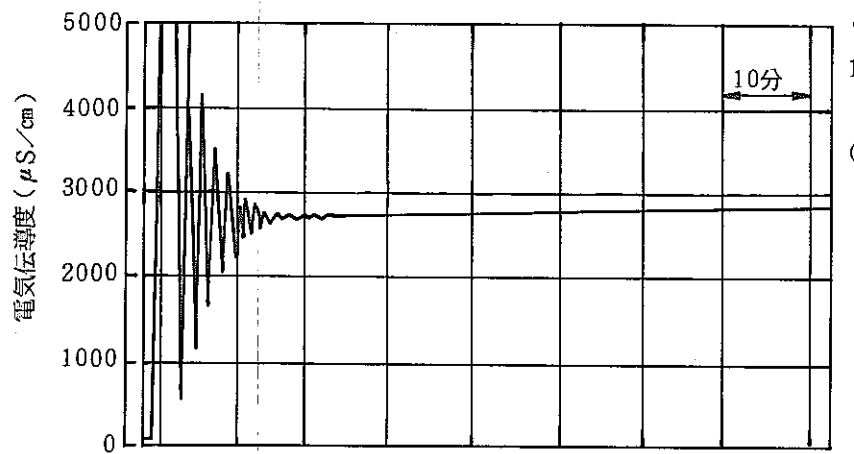
④ 洗浄体：AMIR (PRA031)

(最終電気伝導度)  
3500  $\mu\text{S}/\text{cm}$



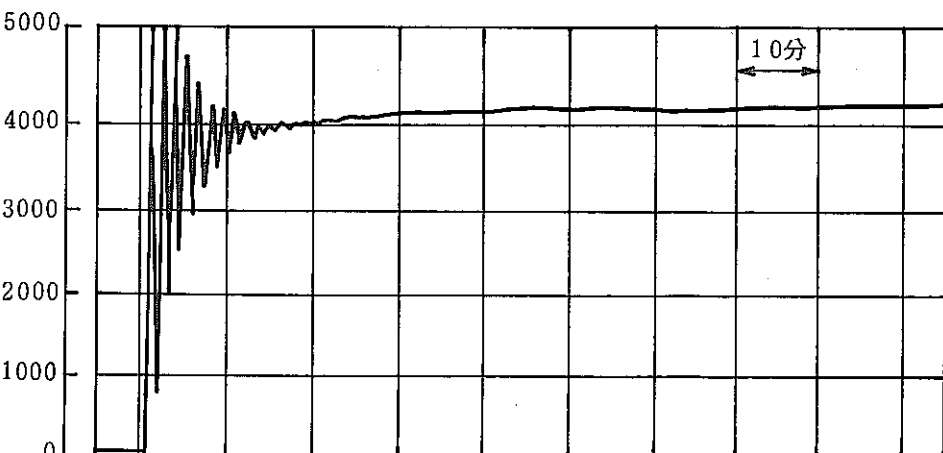
② 洗浄体：内側反射体 (NFRI16)

(洗浄日)  
1989. 4. 25  
  
(最終電気伝導度)  
1600  $\mu\text{S}/\text{cm}$



⑤ 洗浄体：サーベイランス材 (TTJT02)

(洗浄日)  
1989. 7. 26  
  
(最終電気伝導度)  
2840  $\mu\text{S}/\text{cm}$



(洗浄日)  
1989. 8. 3  
  
(最終電気伝導度)  
4100  $\mu\text{S}/\text{cm}$

電気伝導度が洗浄初期においてハンチングしているのは、洗浄ループ内の洗浄液電気伝導度が均一化していないためである。

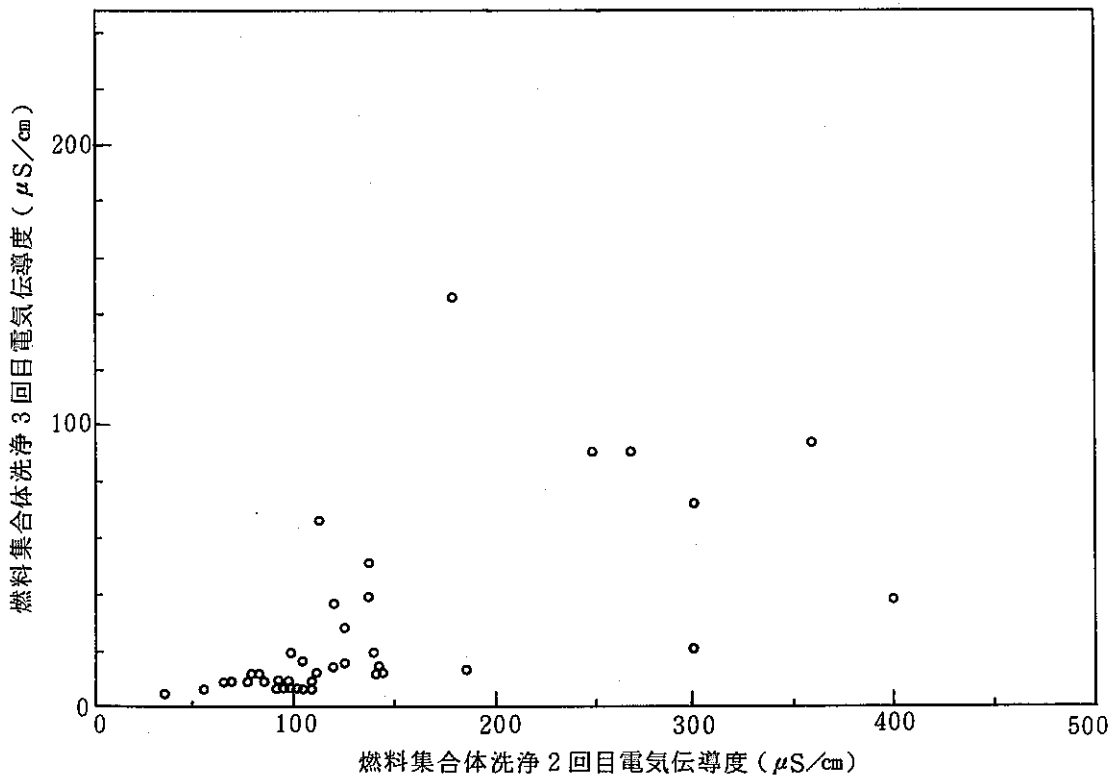
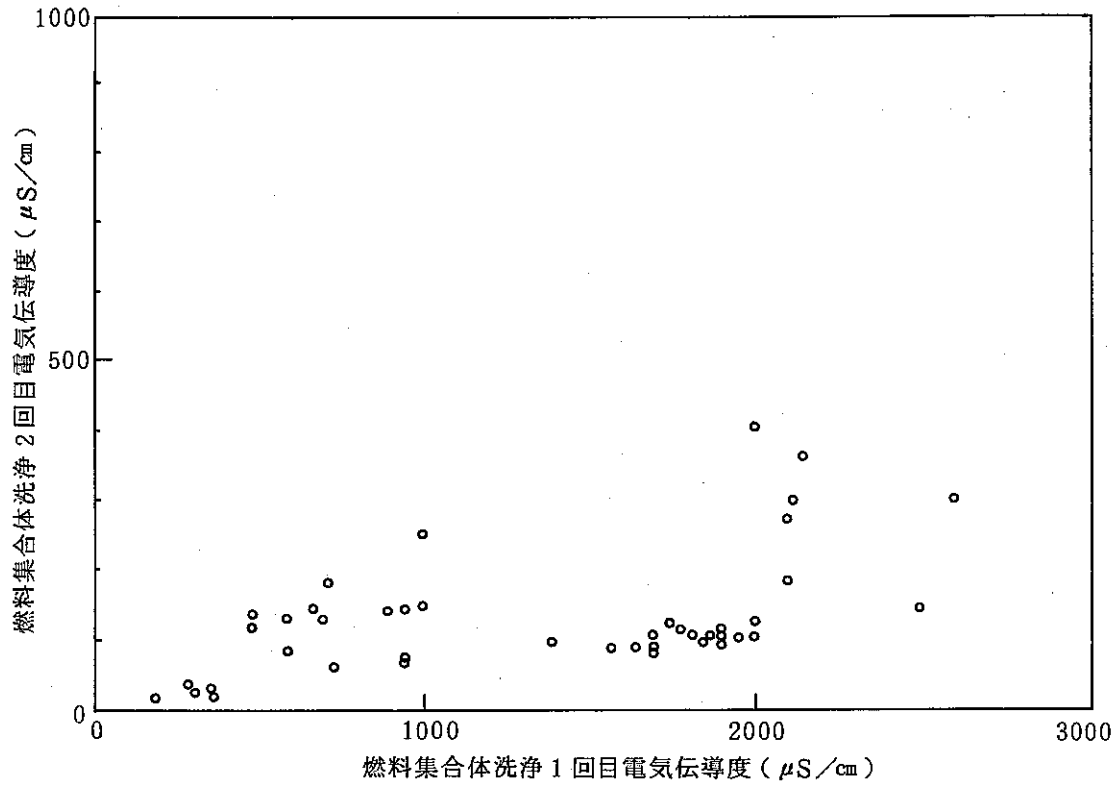


図 4.5 - ① 洗浄回数毎の電気伝導度の関係 (燃料集合体)

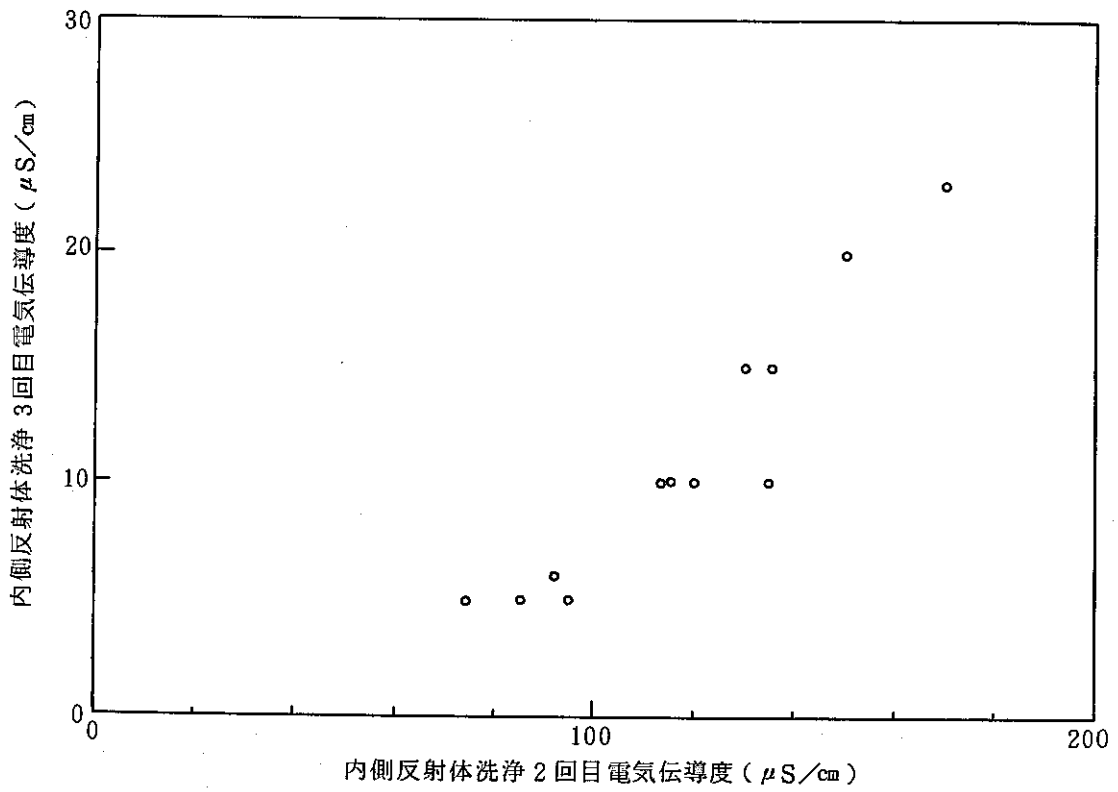
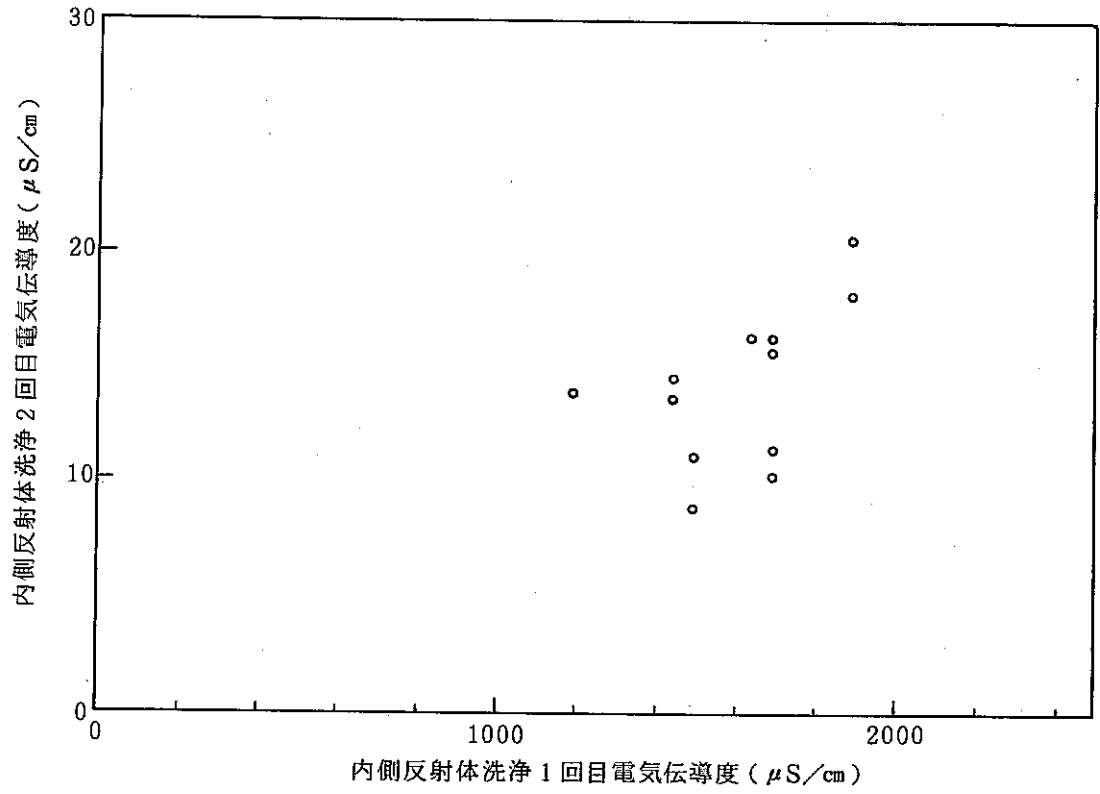


図 4.5 - ② 洗浄回数毎の電気伝導度の関係 (内側反射体)

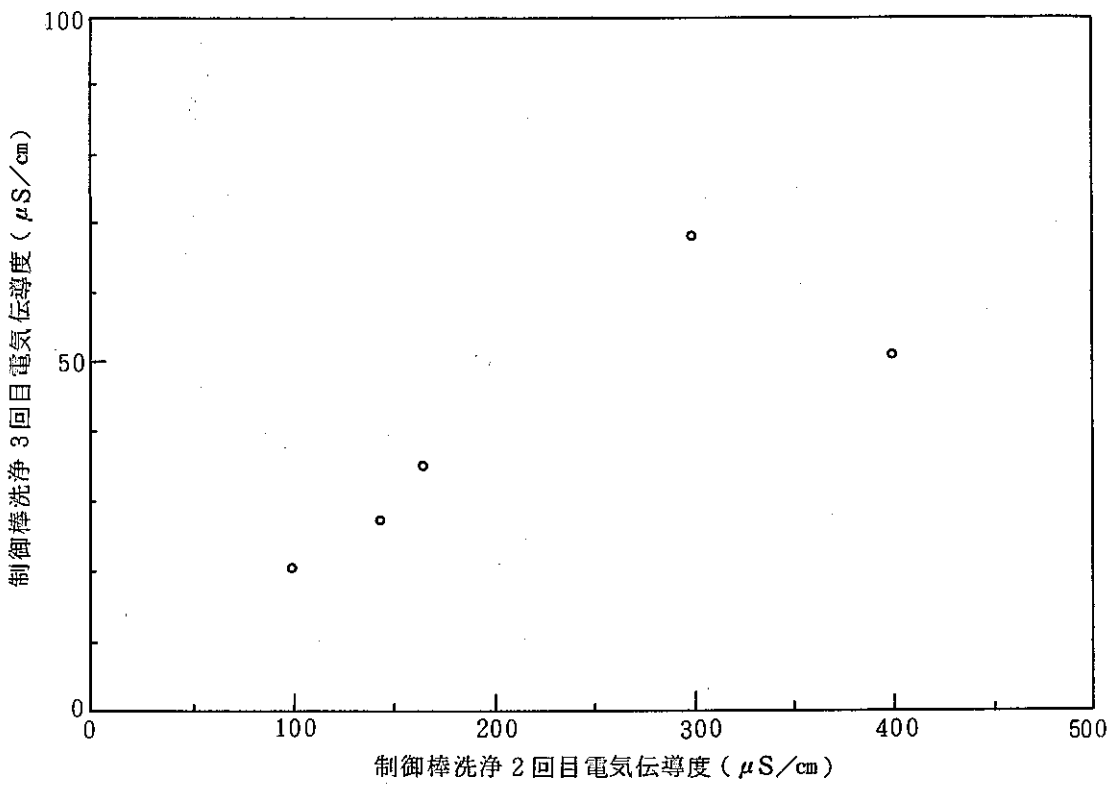
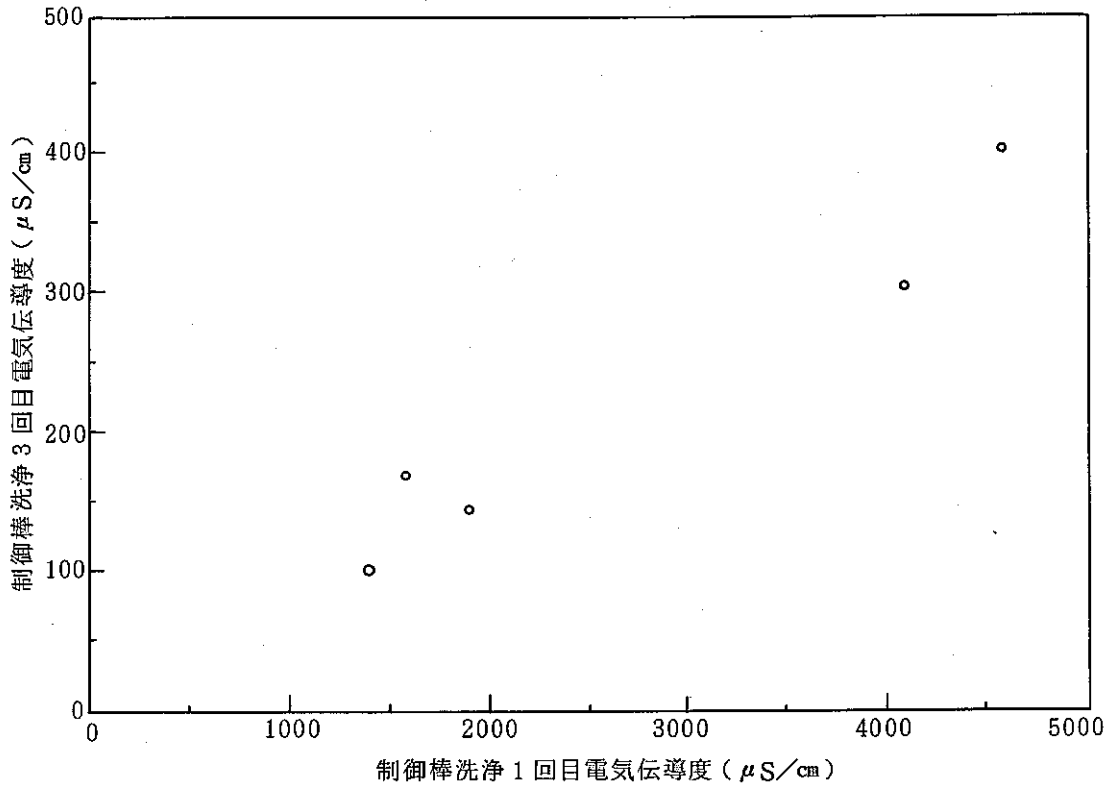
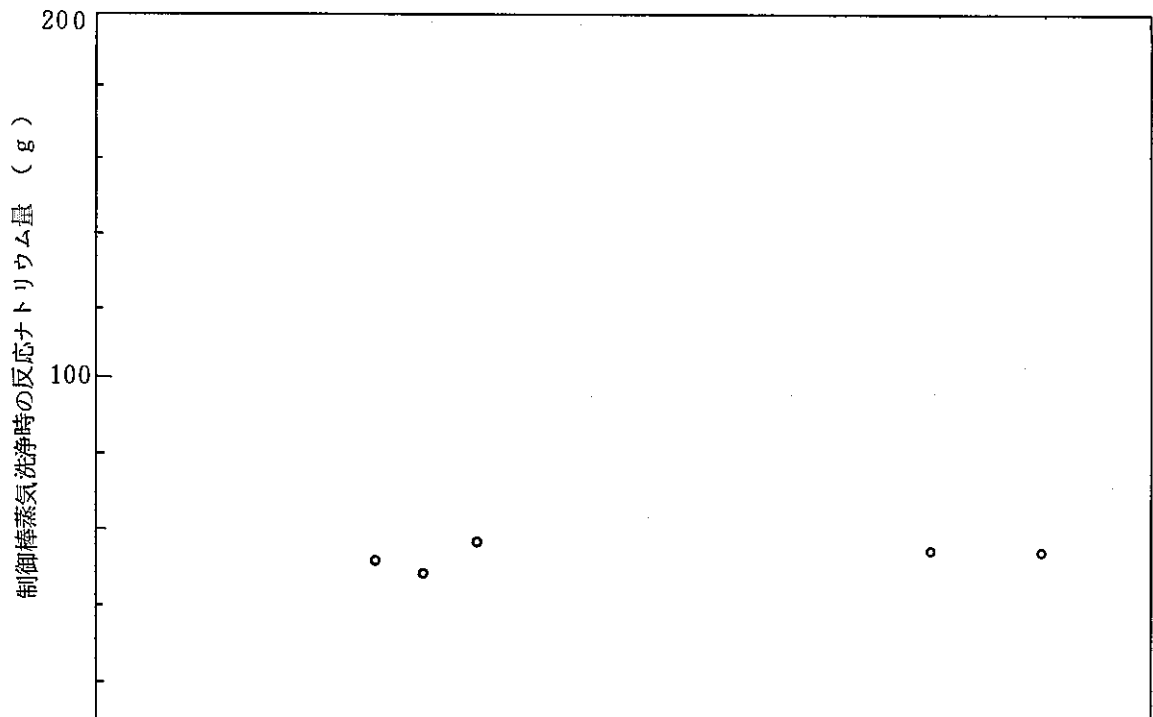
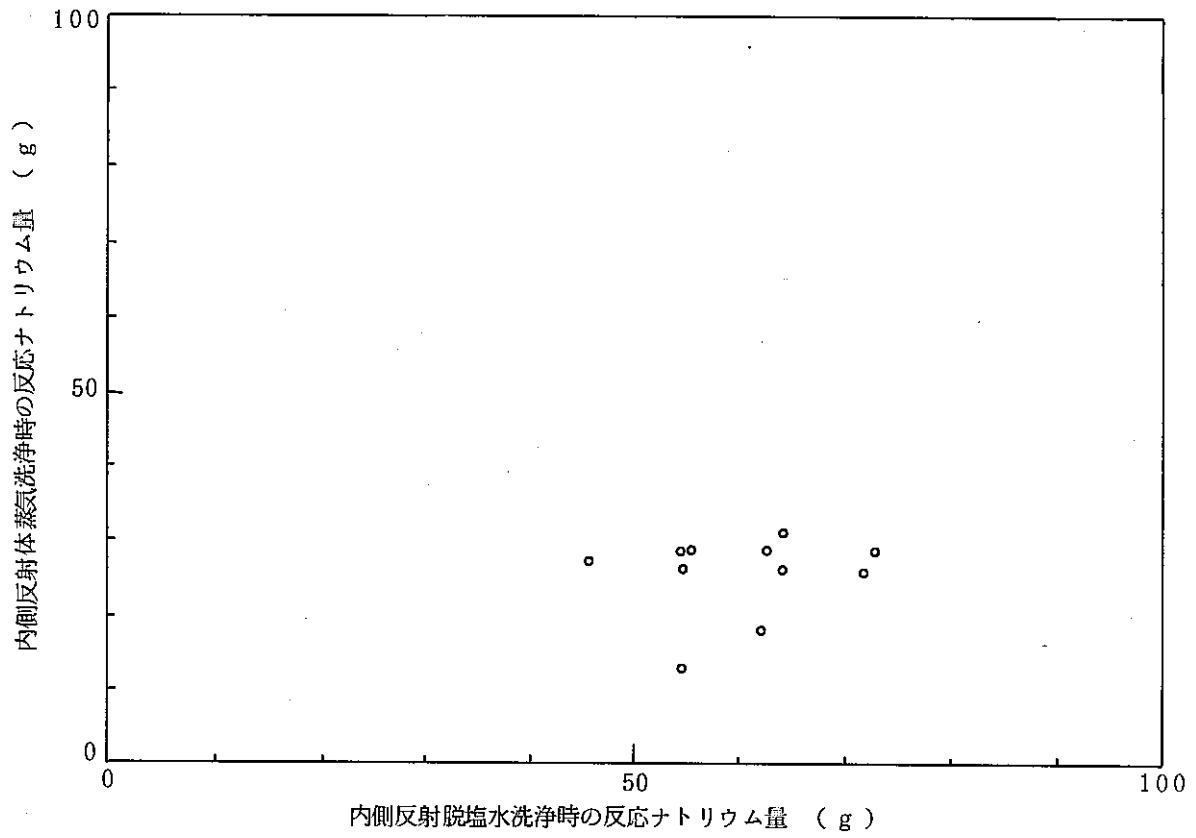
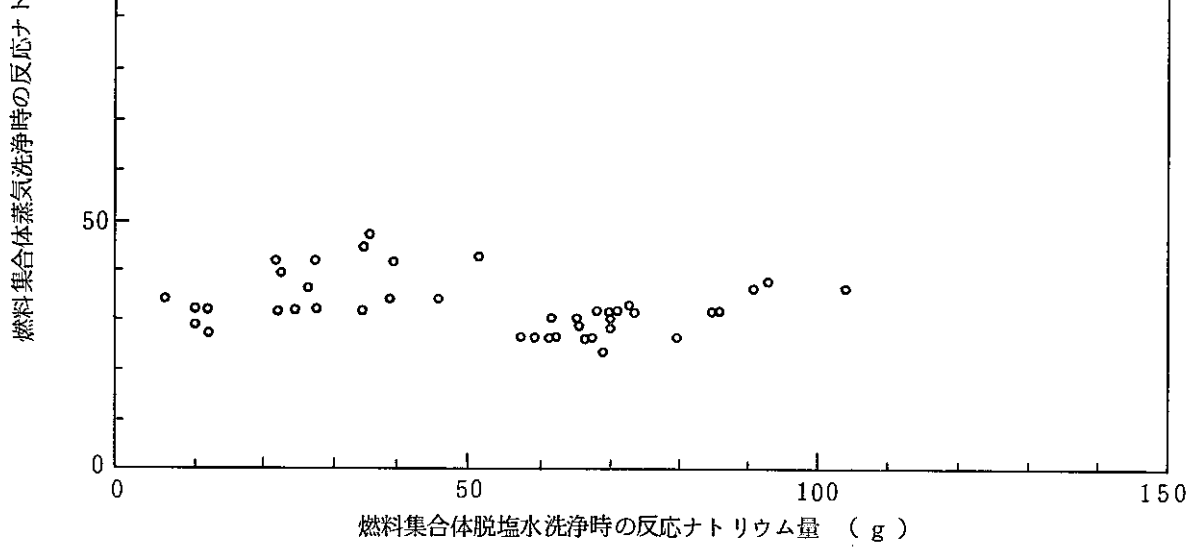


図4.5-③ 洗浄回数毎の電気伝導度の関係 (制御棒)



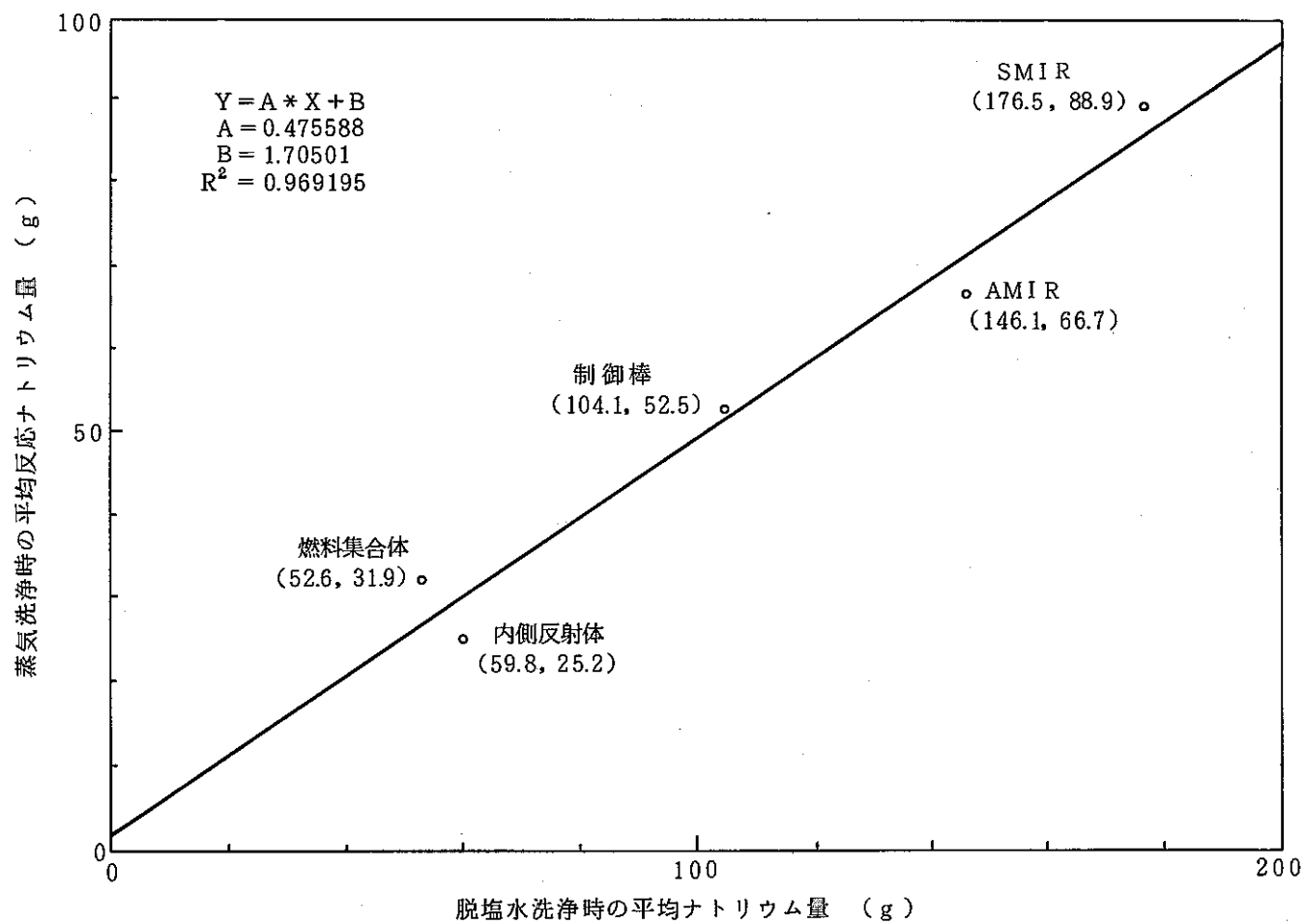
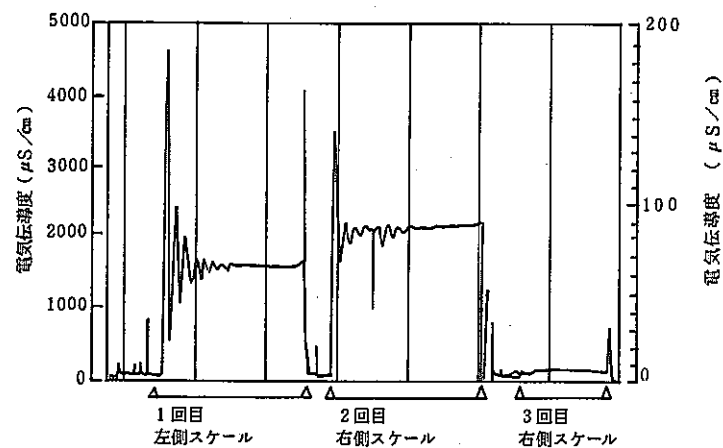
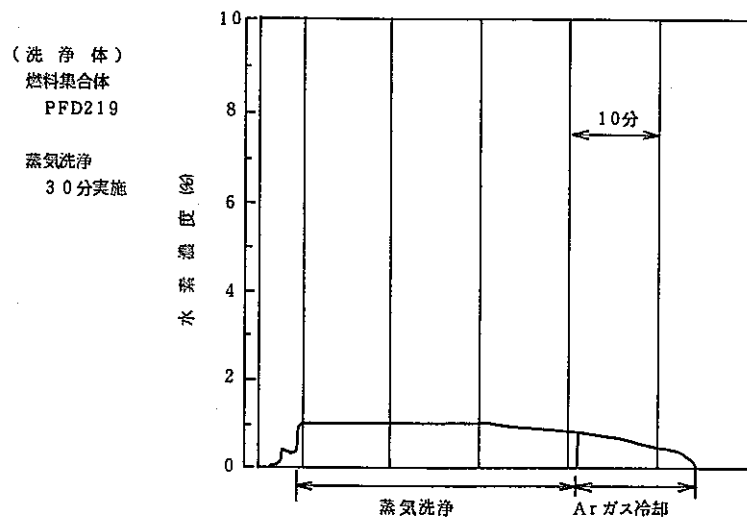
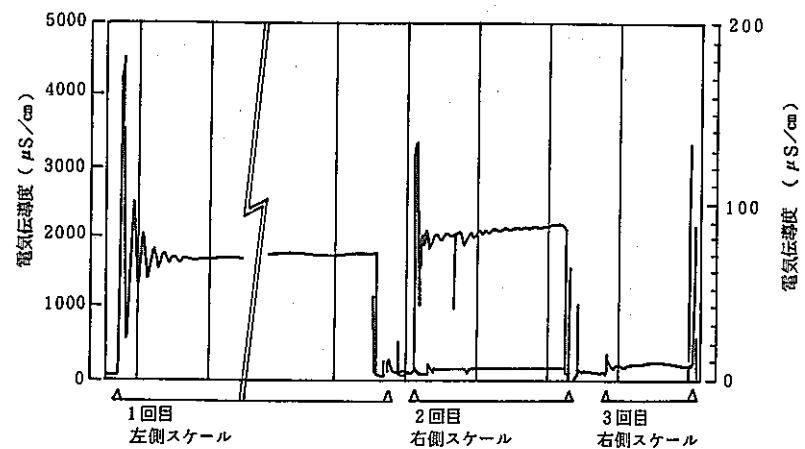
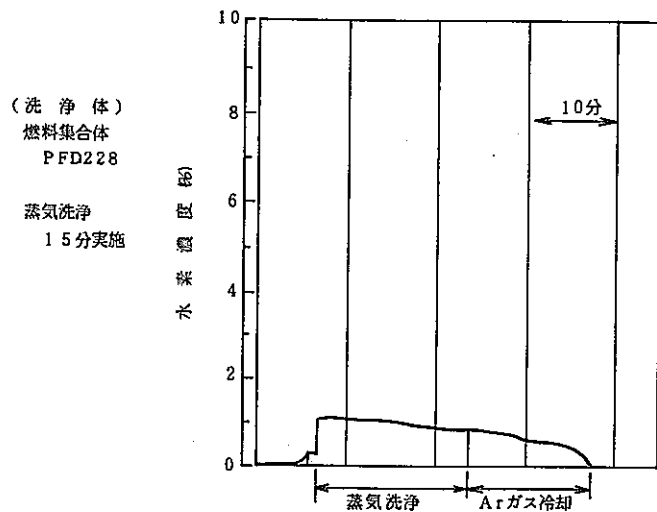


図4.7 蒸気及び脱塩水洗浄時の平均反応ナトリウム量の関係



蒸気洗浄時間に関係なく洗浄液電気伝導度は、ほぼ一定の値を示すことから、蒸気洗浄によって反応したナトリウム (NaOH) は、系内に残留すると考えられる。

図 4.8 蒸気洗浄時間と洗浄液電気伝導度の関係

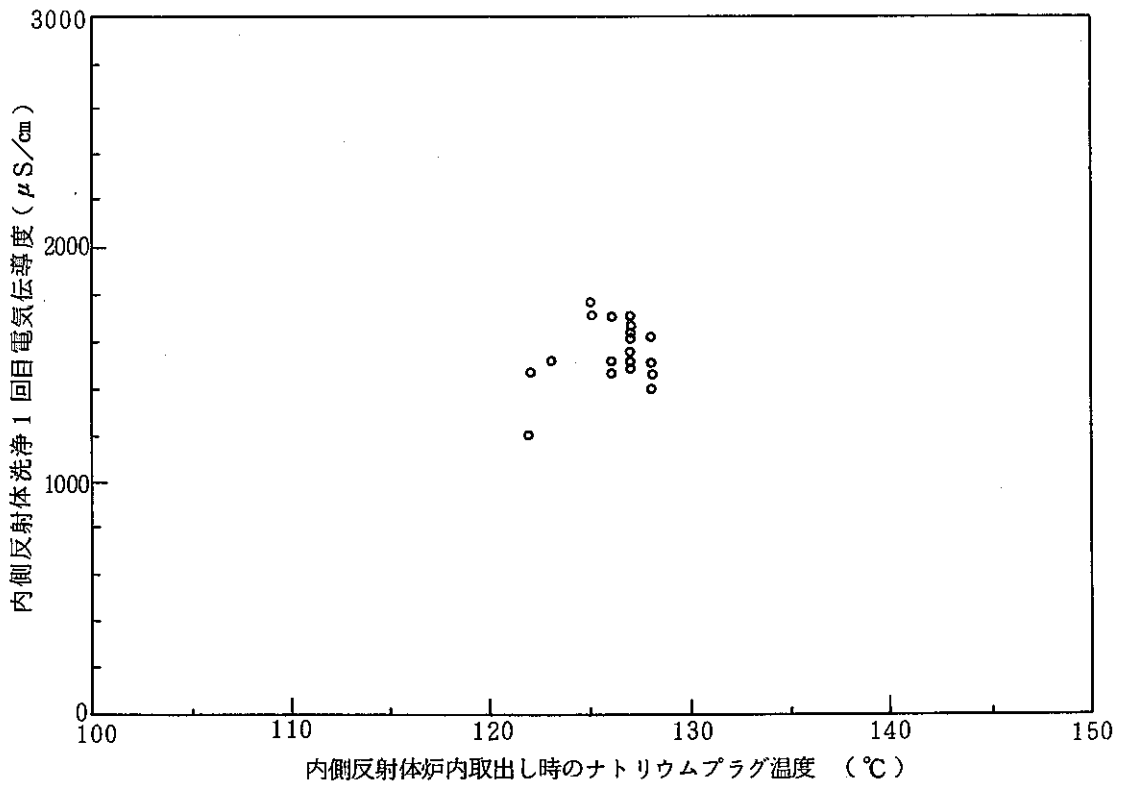
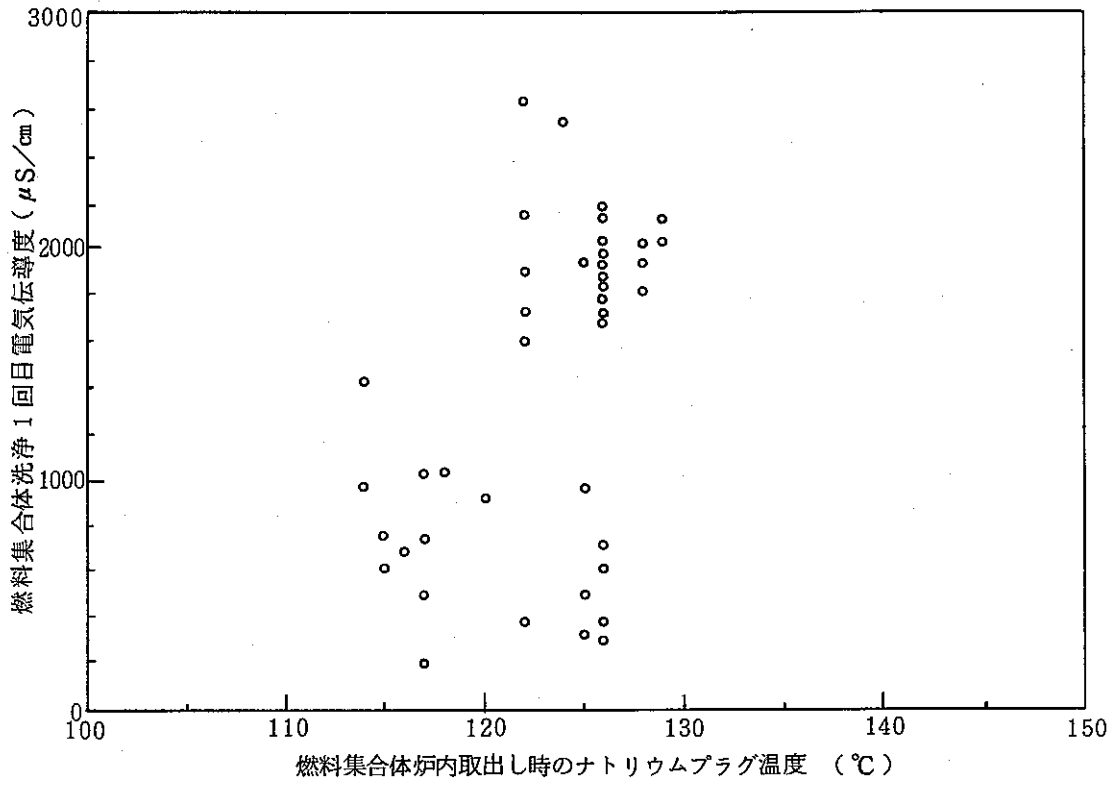


図 4.9 ナトリウムプラグ温度と電気伝導度の関係



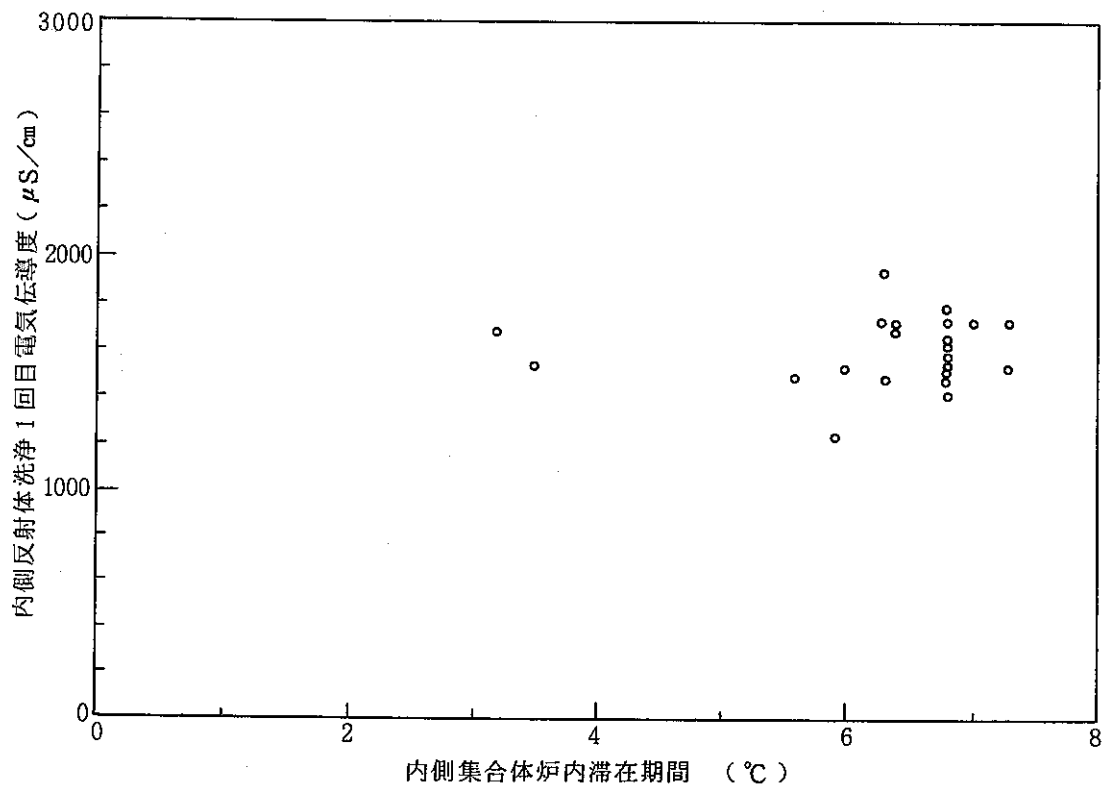
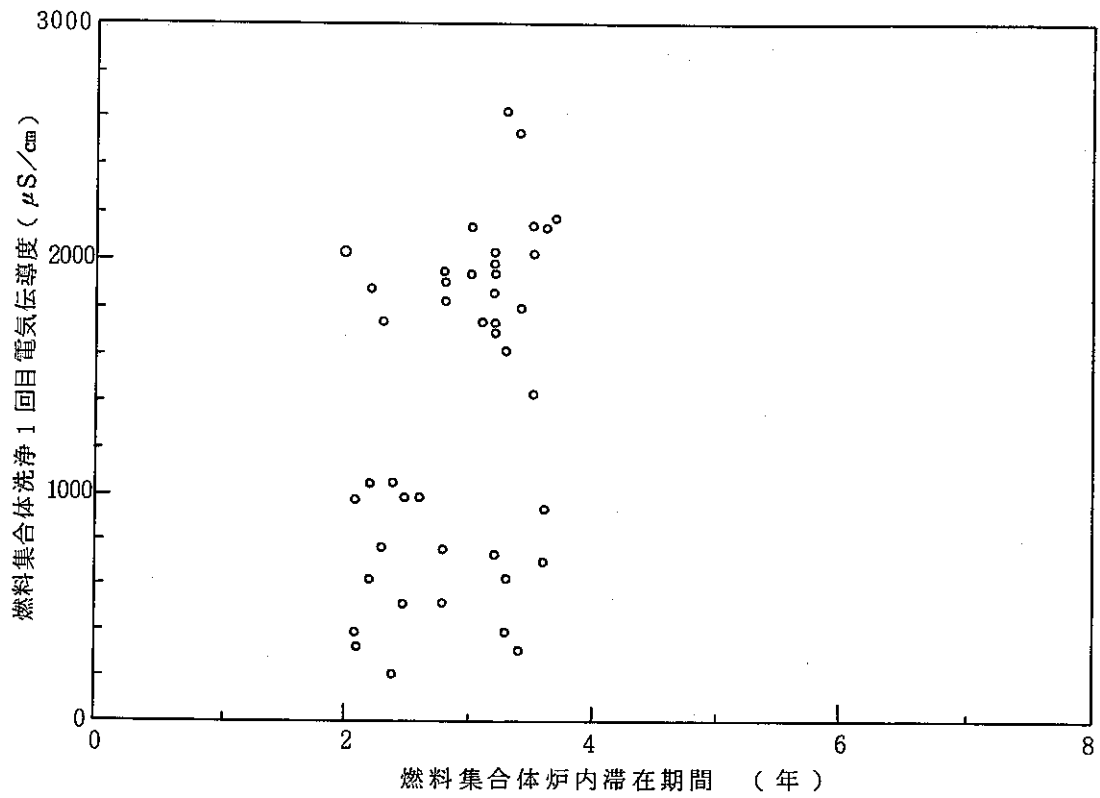


図 4.10 炉内滞在期間と電気伝導度の関係

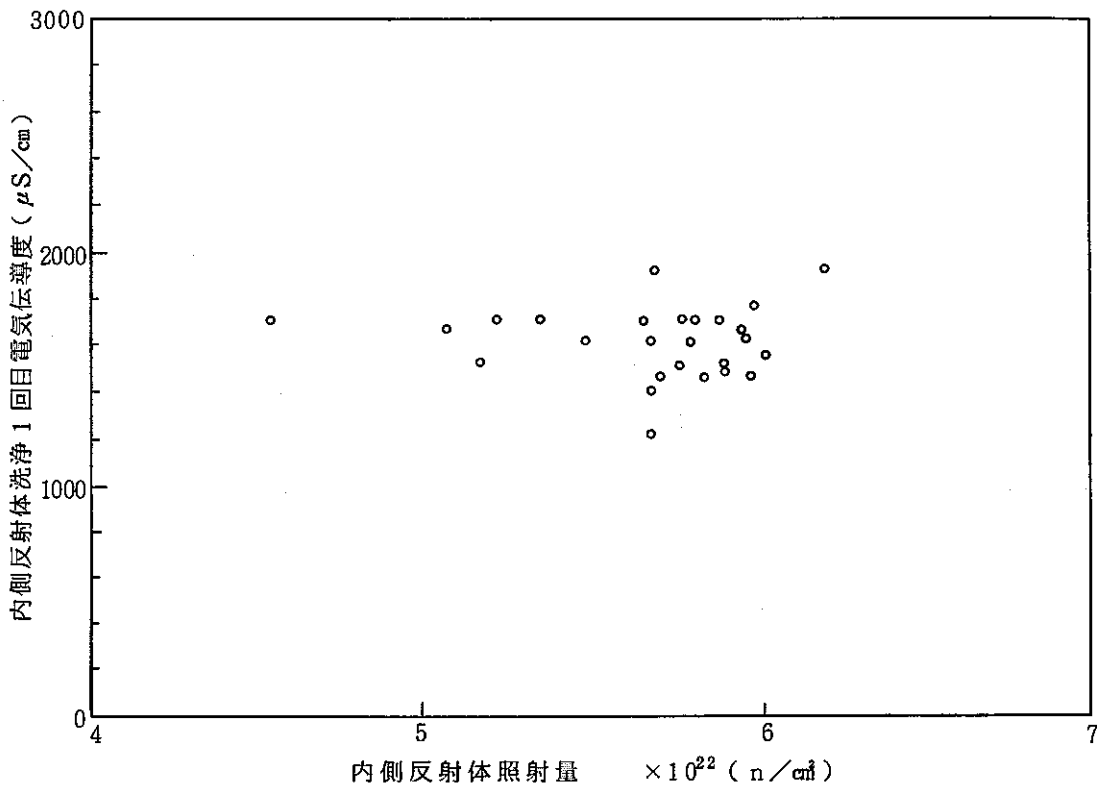
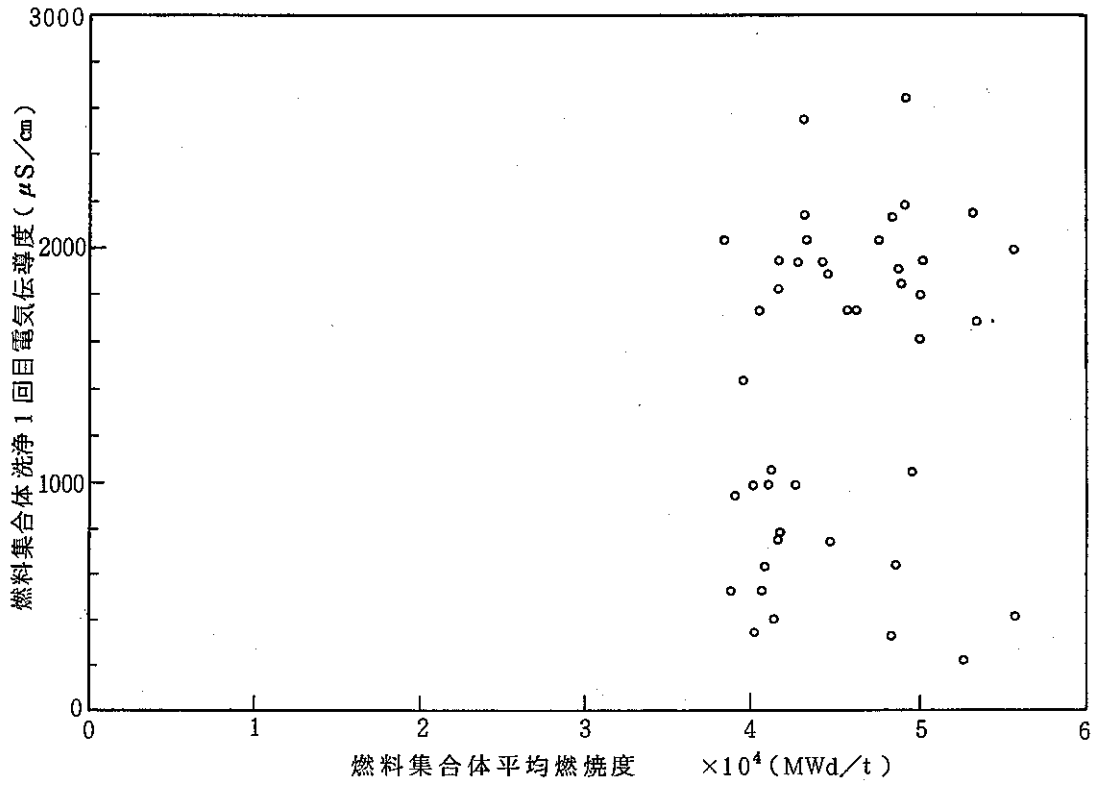


図 4.11 照射量（燃焼度）と電気伝導度の関係

## 5. 沈降防止槽表面線量当量率データのまとめ

使用済炉構成要素の洗浄によって発生する廃液は、沈降防止槽に貯留した後、廃棄物処理建家に移送される。

沈降防止槽の容量は、通常レベルで2.0m<sup>3</sup>となっているので使用済炉心構成要素1体分（脱塩水洗浄3回にて約1.2m<sup>3</sup>）の廃液しか受入れることができない。従って1体洗浄する毎に沈降防止槽の廃液を廃棄物処理建家に移送している。

ここでは、洗浄液貯留時の沈降防止槽下部表面線量当量率の測定結果に基づいて、諸評価を行った。

使用データは、第13～第21サイクル用燃料取扱いにおける沈降防止槽下部表面線量当量率測定データを用いた。また、各燃料取扱いサイクル毎の沈降防止槽下部表面線量当量率変化を図5.1に示す。

### 5.1 洗浄液電気伝導度と沈降防止槽下部表面線量当量率の関係について

使用済炉心構成要素の脱塩水洗浄1回目の電気伝導度とその廃液を貯留した沈降防止槽下部表面線量当量率の関係について、洗浄体の種類毎に調査した。

使用データは、付録表1の脱塩水洗浄1回目の電気伝導度及び付録表2の沈降防止槽下部表面線量当量率を用いた。（一部追加データを使用）

調査結果を図5.2に示す。

図5.2より、脱塩水洗浄1回目の電気伝導度と沈降防止槽下部表面線量当量率との関係は特に認められない。従って、使用済炉心構成要素付着ナトリウム中に含有する放射性腐食生成物（主に<sup>60</sup>Co、<sup>54</sup>Mn、等）は、微量であり、付着ナトリウム中に含有する放射性腐食生成物が洗浄液の線量当量率に与える影響は少ないことがわかる。

### 5.2 炉内滞在期間と沈降防止槽下部表面線量当量率の関係について

使用済炉心構成要素の炉内滞在期間とその洗浄廃液を貯留した沈降防止槽下部表面線量当量率の関係について洗浄体の種類毎に調査した。

使用データは、付録表2の値を用いた。

調査結果を図 5.3 に示す。

図 5.3 より、使用済炉心構成要素の炉内滞在期間と沈降防止槽下部表面線量当量率との関係は特に認められない。

### 5.3 照射量（燃焼度）と沈降防止槽下部表面線量当量率の関係について

使用済炉心構成要素の照射量（燃焼度）とその洗浄廃液を貯留した沈降防止槽下部表面線量当量率の関係について、洗浄体の種類毎に調査した。

使用データは、付録表 2 の値を用いた。

調査結果を図 5.4 に示す。

図 5.4 より、使用済炉心構成要素の照射量（燃焼度）と沈降防止槽下部表面線量当量率との関係は特に認められない。

### 5.4 原子炉運転中温度と沈降防止槽下部表面線量当量率の関係について

原子炉運転中における使用済炉心構成要素の温度とその洗浄廃液を貯留した沈降防止槽下部表面線量当量率の関係について調査した。

使用データは、付録表 3-②及び③の値を用いた。

調査結果を図 5.5 に示す。

データ数が少ないため、\*1 原子炉運転中温度と沈降防止下部表面線量当量率の関係については明確に言えないが、本データを見る限りでは原子炉運転中温度が低い位置にあった使用済炉心構成要素ほど、その洗浄廃液を貯留した沈降防止槽下部表面線量当量率が高くなる傾向にある。

※1 使用済炉心構成要素の種類と沈降防止下部表面線量当量率の関係については不明なため、材料照射用反射体を対象を絞った。

### 5.5 洗浄回数毎の廃液線量当量率について

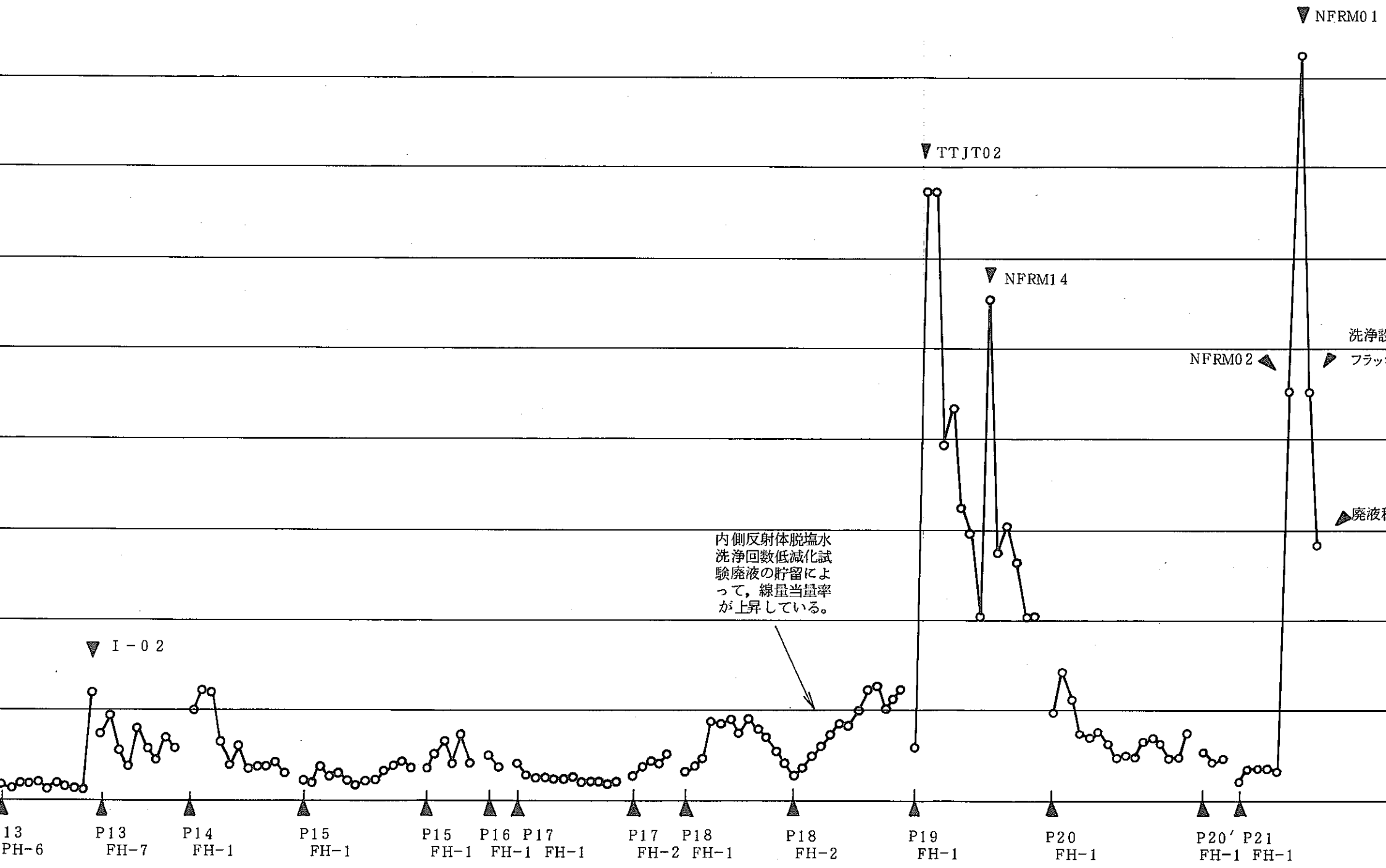
5.4 項で得られた結果によると、大半の放射性腐食生成物（ $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 等）は、部材表面に付着しており、脱塩水洗浄によってその放射性腐食生成物が剥離すると考えられる。

ここでは、大半の放射性腐食生成物が部材表面に付着すると仮定し、その放射性腐食生成物の洗浄回数毎の剥離性について調査した。

平均3回の脱塩水洗浄を行った廃液を貯留した場合の沈降防止槽下部表面線量当量率は、図5.1に示すように約5 mSv/h程度の一定した値を示しているが、使用済内側放射体の水洗浄回数低減化試験<sup>(3)</sup>において脱塩水洗浄1回目だけの廃液を連続して貯留した場合\*1の沈降防止槽下部表面線量当量率は上昇している。

従って、脱塩水洗浄によって部材表面から剥離する放射性腐食生成物は1回目洗浄時が最も多いことがわかる。

※1 通常の脱塩水洗浄では、平均3回分の廃液を1バッチとして沈降防止槽に貯留しているが、水洗浄回数低減化試験においては、脱塩水洗浄1回目だけの廃液を連続して貯留している。そのときの廃液貯留状態を図5.6に示す。



▼ NFRM01

▼ TTJT02

▼ NFRM1 4

NFRM02 ▲

▲ フラッシュ

▲ 廃液

内側反射体脱塩水  
 洗浄回数低減化試  
 験廃液の貯留によ  
 って、線量当量率  
 が上昇している。

▼ I-02

13 PH-6    P13 FH-7    P14 FH-1    P15 FH-1    P15 FH-1    P16 FH-1    P17 FH-1    P17 FH-2    P18 FH-1    P18 FH-2    P19 FH-1    P20 FH-1    P20' FH-1    P21 FH-1

燃交サイクル

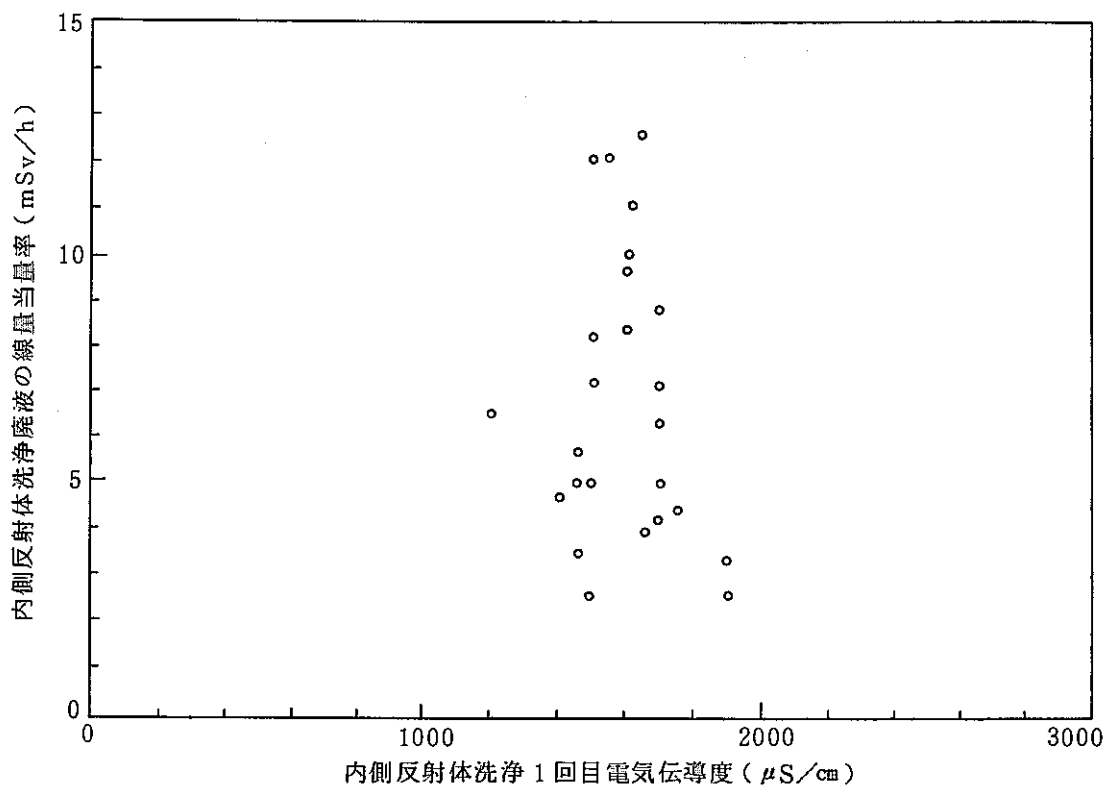
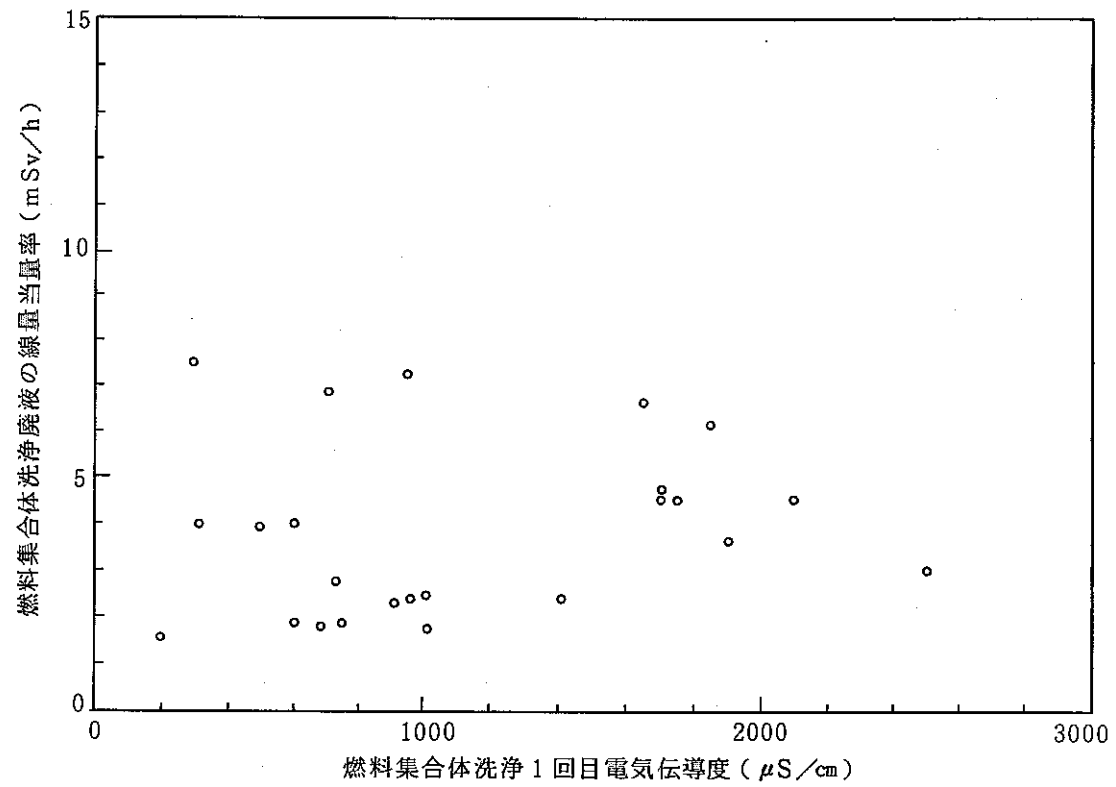


図 5.2 電気伝導度と洗浄廃液線量当量率の関係

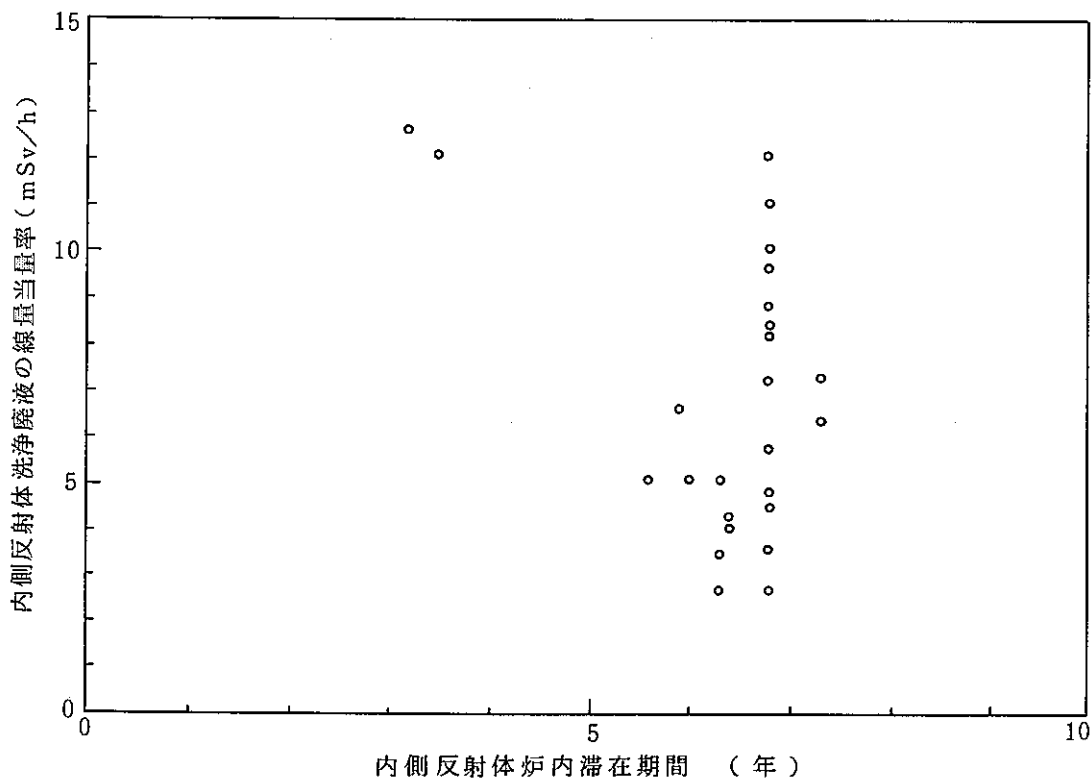
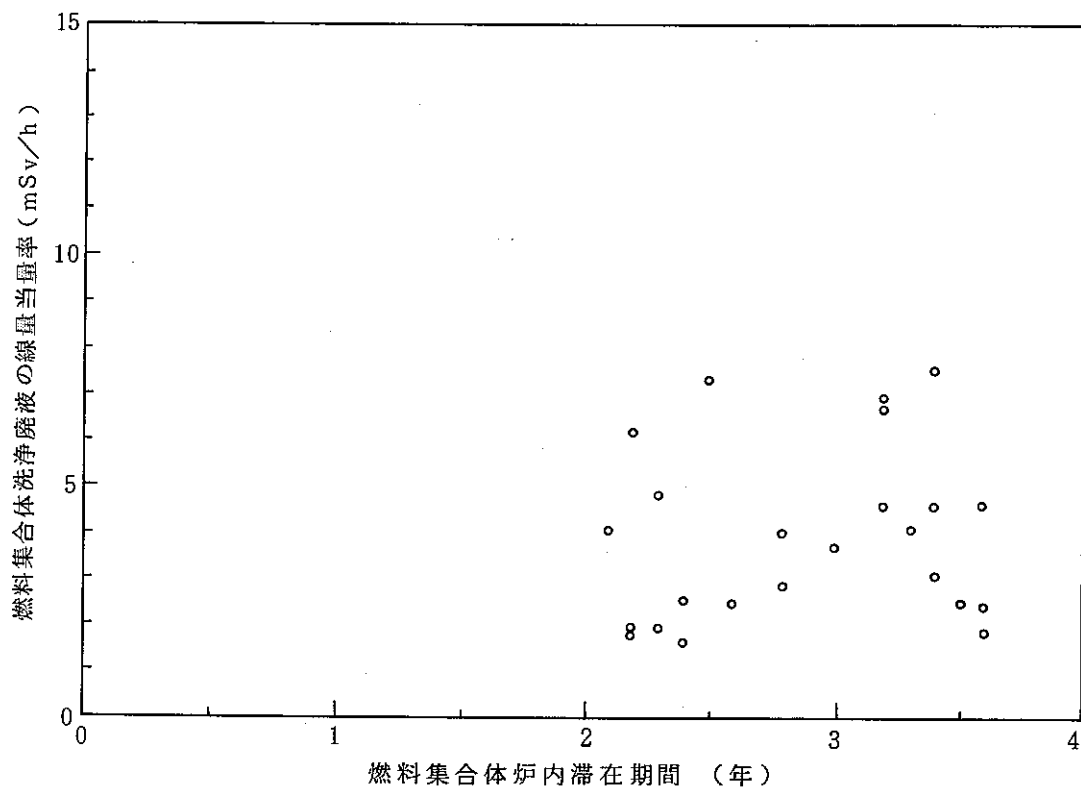


図 5.3 炉内滞在期間と洗浄廃液線量当量率の関係



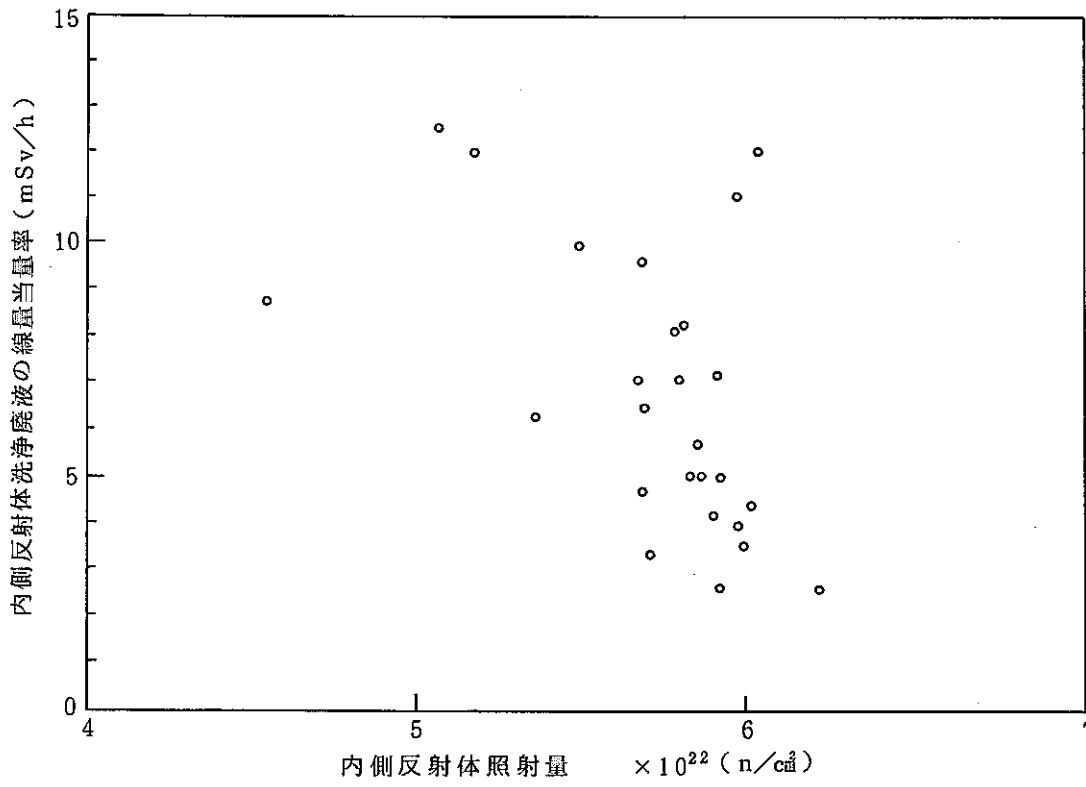
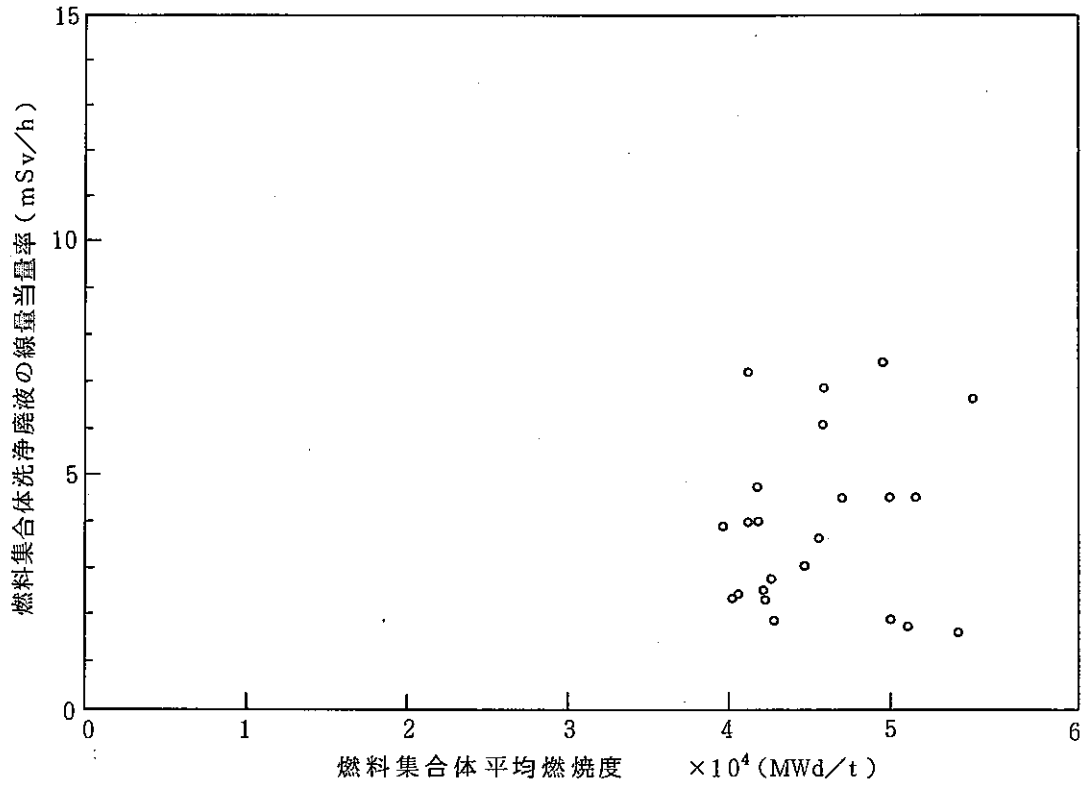


図 5. 4 照射量 (燃焼度) と洗浄廃液線量当量率の関係

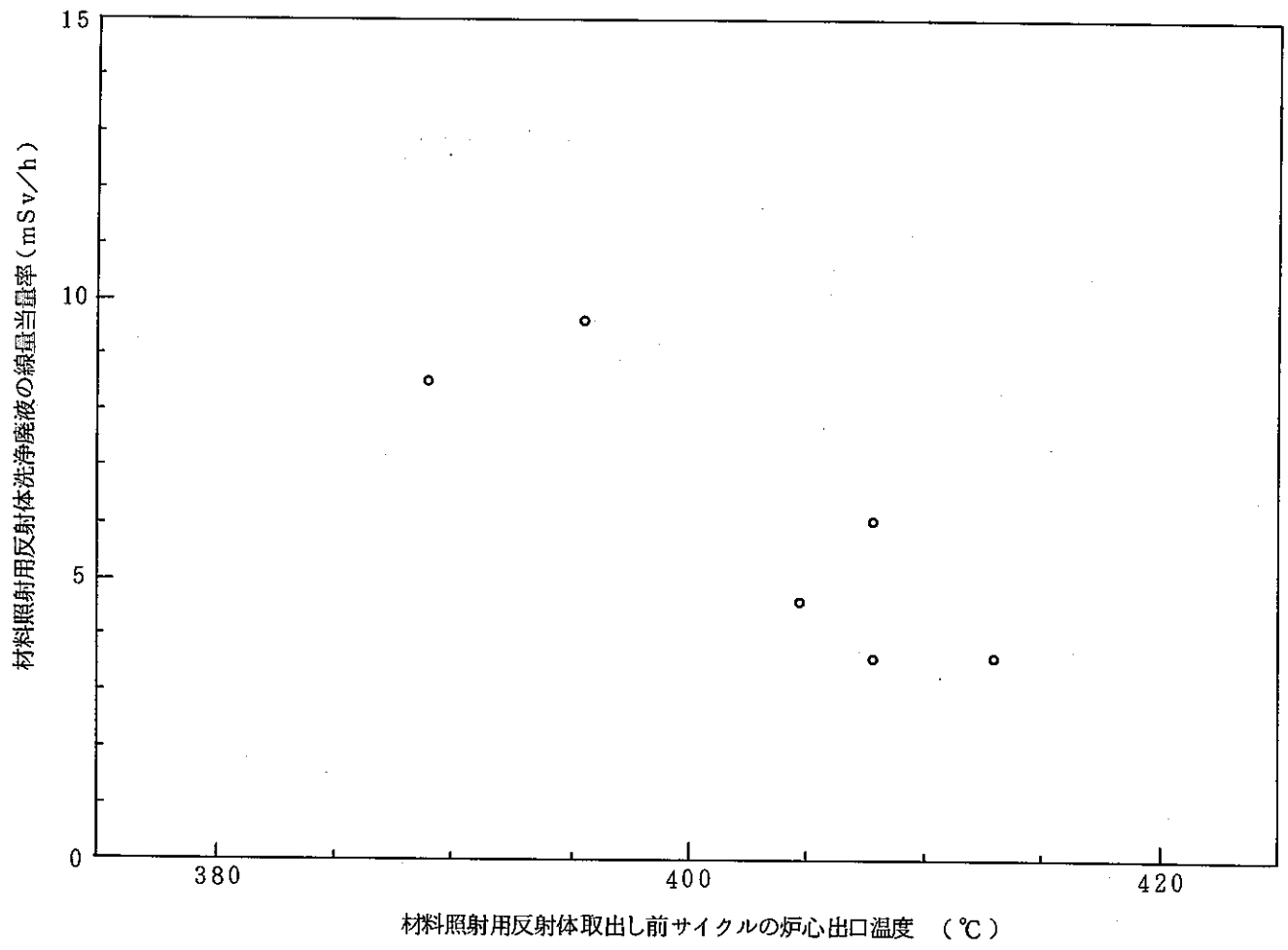


図 5. 5 炉心温度と洗浄廃液線量当量率の関係

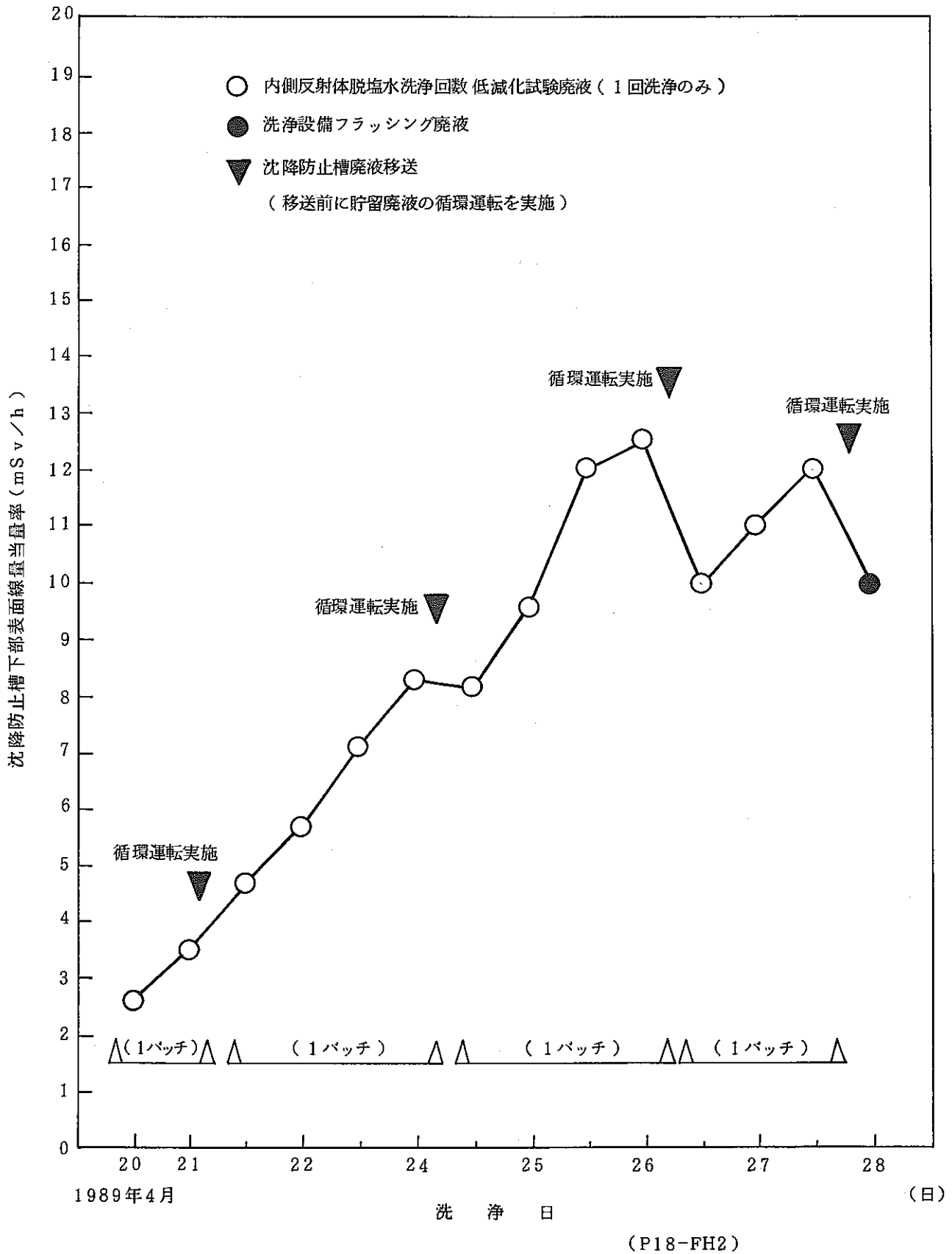


図 5.6 内側反射体脱塩水洗浄回数低減化試験時の沈降防止槽表面線量当量率変化

## 6. 缶詰缶内水サンプリングデータのまとめ

使用済炉心構成要素は、付着ナトリウムの洗浄を行った後、缶詰缶に封入し、使用済燃料貯蔵プールに貯蔵される。使用済炉心構成要素を封入した缶詰缶内には、崩壊熱の除去を目的として約18~19ℓ（缶内ガス空間容積約2ℓで管理）の脱塩水を注入している。

従って、燃料洗浄設備における付着ナトリウムの洗浄状態は、使用済炉心構成要素封入後ある程度経過した缶詰缶内水をサンプリングすることによって把握することができる（缶詰缶内水サンプリング方法を図6.1に示す）

### 6.1 缶詰缶内水ナトリウム量について

使用済炉心構成要素を封入した缶詰缶内水ナトリウム濃度のサンプリング及び缶内水に含有するナトリウム量の算出結果を表6.1に示す。

表6.1 缶内水サンプリング結果

洗 浄 体 No.*1	洗 浄 液 電 気 伝 導 度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )			缶内封入期間 (日)	缶内水量 (ℓ)	缶内水 ナトリウム 濃 度 ( $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ )	缶内水 ナトリウム量 (g)*3
	1回目	2回目	3回目				
PPD201	2000	400	37	244	19.5	415.0	8.09
PPD222	1900	105	3.4	248	19.5	16.9	0.33
PPD226	1900	110	7	243	19.5	10.4	0.20
NFRI0L	1900	170	23	395	19.0	37.2	0.71
NFRI0T	1490	—*2	—	239	18.5	29.9	0.55
NFRI0U	1700	95	5	135	19.0	27.2	0.52
NFRI1C	1700	135	10	393	19.0	29.4	0.56
NFRI1J	1400	—	—	375	16.4	47.0	0.77
NFRI16	1600	—	—	235	18.5	28.9	0.53
NFRI18	1500	—	—	235	18.5	40.0	0.74
NFRM14	>5000	800	100/14	136	16.5	190.0	3.14

\*1 洗浄体No.の区分 PFDXXX : 燃料集合体  
 NFRXXX : 内側反射体  
 NFRMXX : 外側反射体A

\*2 使用済内側反射体の水洗浄回数低減化試験<sup>(1)</sup>に伴い洗浄を1回で終了している。

\*3 缶内水ナトリウム量 (g) = 缶内水量 (ℓ) × 缶内水ナトリウム濃度 (g/ℓ)

表6.1から、内側反射体を封入した缶詰缶内水に含有するナトリウム量は、1g以下となっていることから、内側反射体のほとんどの付着ナトリウムは、洗浄によって除去されていることがわかる。

燃料集合体を封入した缶詰缶内水に含有するナトリウム量は、0.2～8gとなっていることから、洗浄では除去しきれない隙間部等の残留ナトリウムが存在していることがわかる。

外側反射体Aについては、洗浄液最終電気伝導度(14 $\mu$ S/cm)に対し、缶詰缶内水に含有するナトリウム量は、約3gとなっていることから、付着ナトリウムを有効に除去するにはある程度の洗浄浸漬時間を要することがわかる。

また、使用済炉心構成要素を洗浄槽から缶詰缶に移送する際に、最終洗浄液が使用済炉心構成要素の部材表面に付着し、缶詰缶内水に移行することが考えられるが、表6.1の内側反射体データからはその関連性が求められない。(内側反射体の缶詰缶内水ナトリウム量は、洗浄液最終電気伝導度に関係なくほぼ一定の値(0.5～0.7g)となっている)

燃料洗浄設備における洗浄工程は、洗浄体の種類に関係なく同じ方法で行われているが、洗浄時間、洗浄廃液発生量等を考慮し、洗浄体の種類に最も適した洗浄方法を確立していくことが今後の課題といえよう。

## 6.2 缶詰缶内水性状分析結果について

缶詰缶内水に含有する放射性核種(放射能濃度)の分析結果を表6.2に示す。

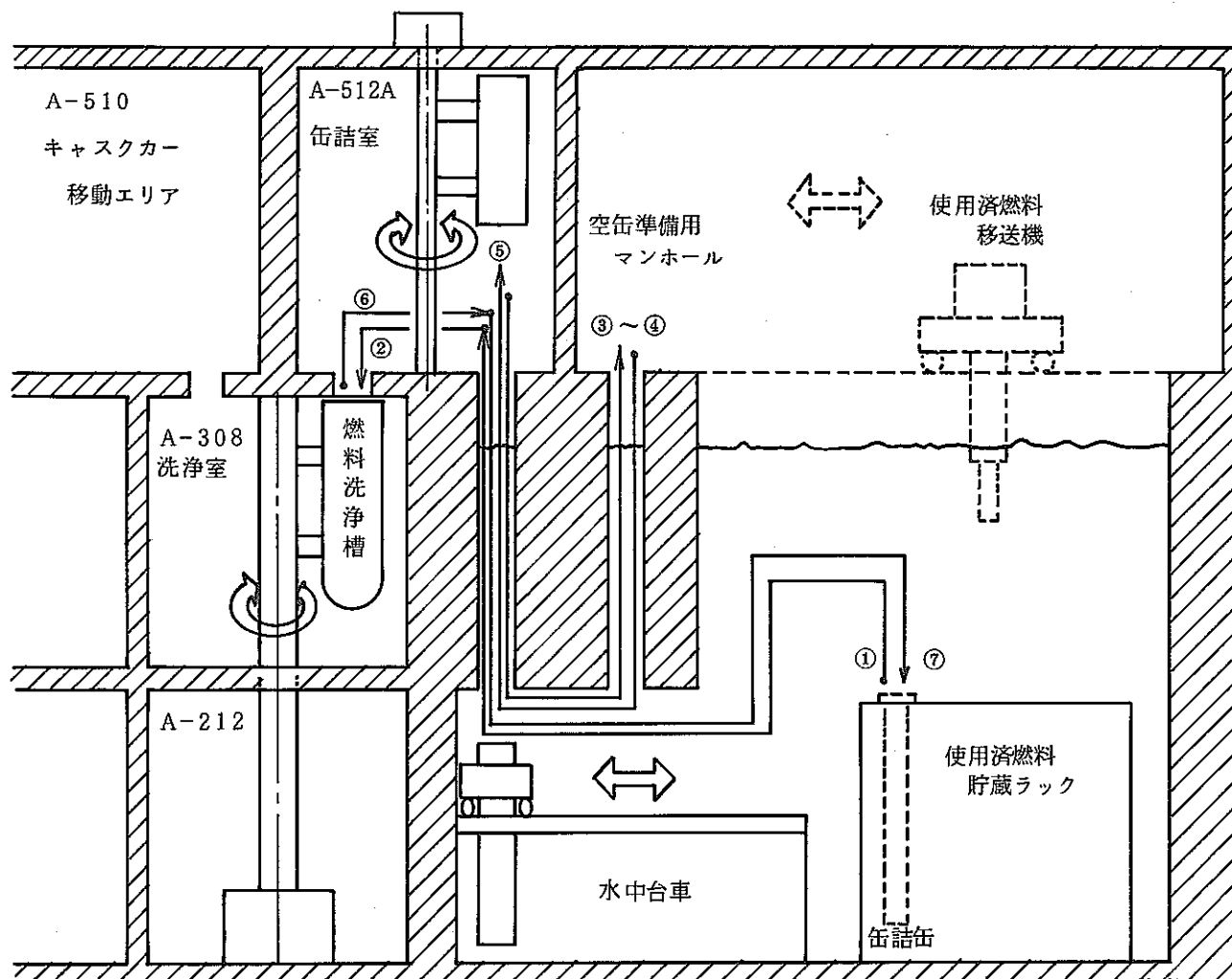
表 6.2 缶内水性状分析結果（放射能濃度）

洗 浄 体 No.*1	各 種 放 射 能 濃 度 (Bq/cm <sup>3</sup> )										
	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>51</sup> Cr	<sup>59</sup> Fe	<sup>54</sup> Mn	<sup>124</sup> Sb	<sup>182</sup> Ta	<sup>181</sup> Hs	<sup>95</sup> Nb	<sup>57</sup> Co	<sup>22</sup> Na
PF201	83	140	ND	ND	660	ND	23	ND	ND	3.5	18
PF222	34	14	ND	ND	340	ND	ND	ND	ND	1.5	16
PF226	22	8.4	ND	ND	270	ND	ND	ND	ND	0.9	17
NFRI0L	ND	3400	ND	ND	100	ND	ND	ND	ND	ND	ND
NFRI0T	9.8	900	ND	ND	18	29	ND	ND	ND	ND	ND
NFRI0U	ND	270	230	ND	8.1	37	ND	ND	ND	ND	ND
NFRI1C	ND	240	ND	ND	7.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
NFRI1J	ND	5.9	ND	ND	1.7	ND	ND	ND	ND	ND	ND
NFRI16	ND	87	21	ND	7.7	9.3	ND	ND	ND	ND	ND
NFRI18	ND	1600	ND	ND	24	13	ND	ND	ND	ND	ND
NFRM14	270	17000	600	31	280	43	390	25	3900	ND	ND

\* 1 洗浄体No.の区分    PFDXXX : 燃料集合体  
                               NFRIXX : 内側反射体  
                               NFRMXX : 外側反射体A

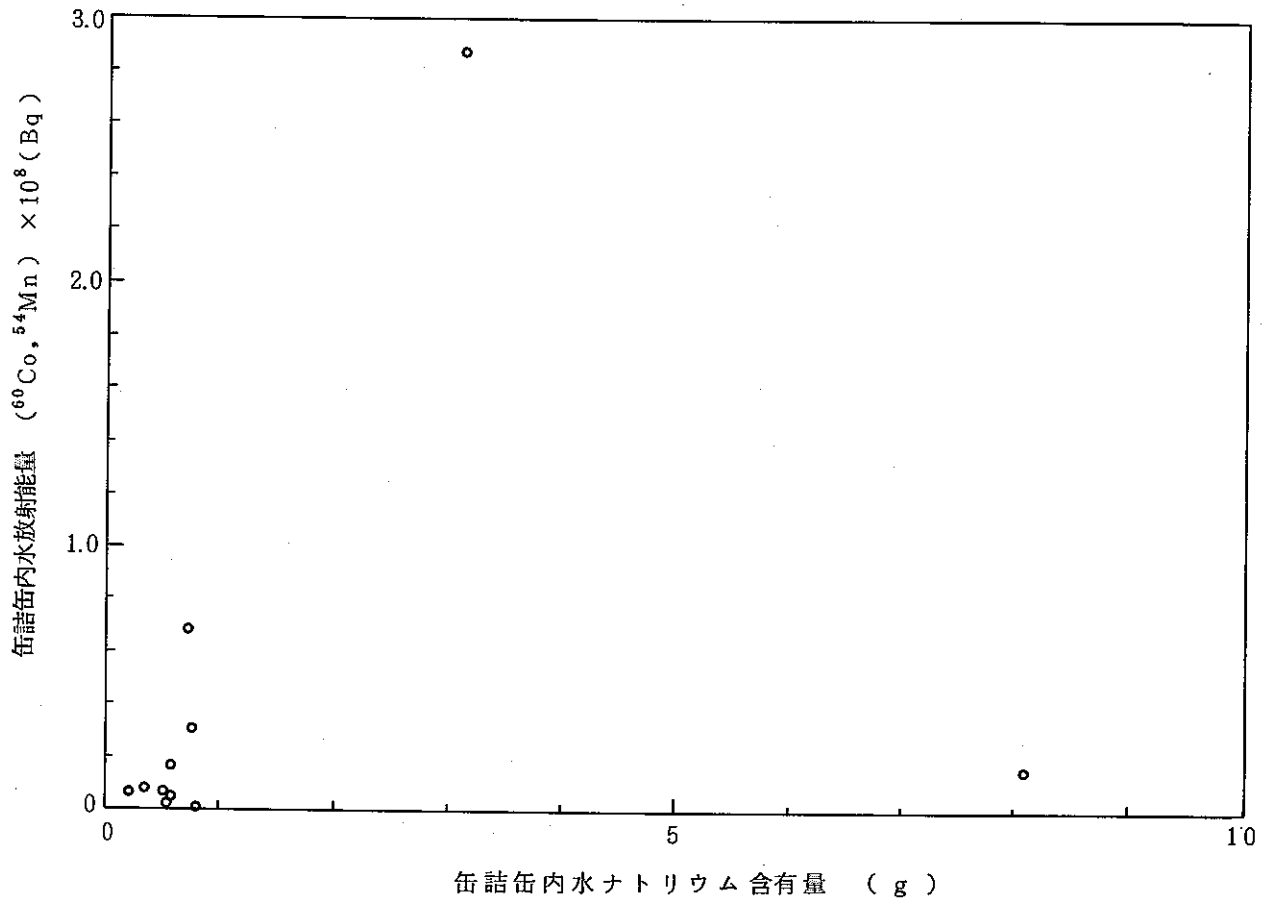
表 6.2 から、缶詰缶内水に含察する放射性腐食生成物は主として<sup>60</sup>Co、<sup>54</sup>Mn等であることがわかる。

また、図 6.2 に示す缶詰缶内水の放射性腐食生成物含有量は、ナトリウム量に比例していないことから、5.1 項で述べたように付着ナトリウム中に放射性腐食生成物が介在している割合は、全体の移行放射性腐食生成物量と比較して非常に少ないことがわかる。



- ① 貯蔵ラックから缶詰室に使用済炉心構成要素を移送する。
- ② 缶詰室にて缶蓋開封を行い、使用済炉心構成要素を燃料洗浄槽に仮置する。
- ③ 再び缶蓋を取付け、空缶を空缶準備用マンホールに移送する。
- ④ 手作業にて缶蓋の開封を行い、缶詰缶内水のサンプリングを行う、(サンプリング前に5~10分缶内水の循環を行う)
- ⑤ 缶蓋取付け後、空缶を缶詰室に移送する。
- ⑥ 缶詰室にて燃料洗浄槽に仮置した使用済炉心構成要素を缶詰缶に封入する。
- ⑦ 使用済炉心構成要素を貯蔵ラックに装荷する。

図6.1 缶詰缶内水サンプリング方法



缶詰缶内水に含有する放射性核種は、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ が主であるため、缶詰缶内水放射エネルギーは、 $^{60}\text{Co}$ と $^{54}\text{Mn}$ の和とした。

図 6.2 缶詰缶内水の放射エネルギーとナトリウム量の関係



## 7. ま と め

高速実験炉「常陽」MK-II炉心移行後の燃料洗浄設備の運転経験によって得られた結果を以下にまとめた。

### 7.1 蒸気洗浄のまとめ

- (1) 蒸気洗浄時の系統内水素濃度から算出した反応ナトリウム量は、以下に記す様に、洗浄体の種類によって異なっている。(平均値)

燃料集合体	—————	31.9 (g)
内側反射体	—————	25.2 (g)
制 御 棒	—————	52.5 (g)
構造材料照射用反射体	—————	88.9 (g)
制御棒材料照射用反射体	—————	66.7 (g)
サーベランス	—————	40.6 (g)
外側反射体 (A)	—————	204.5 (g)

- (2) 蒸気洗浄時の使用済炉心構成要素に付着しているナトリウムの反応は、系統内水素濃度から推定すると約15分で終了している。

また、系内水素濃度は、使用済炉心構成要素の種類すなわち付着ナトリウム量に関係なく約15分で飽和することから、蒸気洗浄は洗浄体の種類に関係なく約15分で終了するのが合理的である。(図4.1参照)

### 7.2 脱塩水洗浄のまとめ

- (1) 脱塩水洗浄1回によって発生する洗浄廃液量は約340ℓであり、洗浄に有効に作用しているのはその内の約83%である。(脱塩水循環主系統の容積)また、脱塩水循環後、系統内液の電気伝導度が均一になるまでに約15分を要する。(図3.1参照)
- (2) 洗浄廃液ドレン後、系統内に約12ℓの廃液が残留し、この廃液が次工程の脱塩水洗浄時の洗浄液電気伝導度に影響を及ぼしていると推定される。(図3.2参照)
- (3) 脱塩水洗浄を平均3回行なうことによって、洗浄液電気伝導度が洗浄完了基準値

(40  $\mu$ S/cm) を満足することができる。また、脱塩水循環方向の切替え運転における順流、逆流洗浄の効果は確認されない。(図4.2参照)

- (4) 脱塩水洗浄時の洗浄液電気伝導度から算出した反応ナトリウム量は、以下に記す様に洗浄体の種類によって異なっている。

燃料集合体	—————	53 g
内側反射体	—————	60 g
制御棒	—————	104 g
構造材料照射用反射体	—————	>177 g
制御棒材料照射用反射体	—————	146 g
サーベランス	—————	107 g
外側反射体 (A)	—————	>210 g

また、脱塩水洗浄時の洗浄液電気伝導度から算出した反応ナトリウム量には、蒸気洗浄時に反応したナトリウム量も含まれると考えたと(図4.8参照)、蒸気洗浄中の水素濃度から求めた平均反応ナトリウム量は、脱塩水洗浄によって反応する平均ナトリウム量の約48%と推定される。

- (5) 内側反射体脱塩水洗浄1回目の洗浄液電気伝導度は、洗浄初期以降平衡状態となっており(図4.4-②参照)、脱塩水洗浄を1回で終了した場合と3回(洗浄完了基準値以下)まで行なった場合の内側反射体を封入した缶詰缶内水をそれぞれサンプリングした結果、双方の缶詰缶内水に含有するナトリウム量には有意な差は確認されないことから(表6.1参照)、内側反射体に付着しているナトリウムは、1回目の脱塩水洗浄において除去されていることがわかった。
- (6) 使用済炉心構成要素脱塩水洗浄時の洗浄液電気伝導度、すなわち付着ナトリウム量に起因する事項について調査した結果を以下に記す。

- ① 洗浄体の種類(構造)によって付着ナトリウム量は異っており、内側反射体の付着ナトリウム量は比較的少く一定している。また、燃料集合体の付着ナトリウム量は比較的少いがバラツキがある。

その他、外側反射体及び材料照射用反射体等に付着するナトリウム量は、全般的に多い傾向にある。

- ② 炉内取出時の一次系ナトリウムプラグ温度の上昇に伴ない、付着ナトリウムも多くなる傾向にある。(プラグ温度はほとんど変化しないので明確な関係はつかめなかった)
- ③ 炉内滞在期間及び照射量(燃焼度)と、付着ナトリウム量の関係は認められなかった。

### 7.3 沈降防止槽下部表面線量当量率のまとめ

- (1) 脱塩水洗浄時の洗浄電気伝導度、すなわち付着ナトリウム量と、その洗浄廃液を貯留した沈降防止槽の下部表面線量当量率との関係は認められないことから、洗浄廃液中に含有する放射性腐食生成物は、付着ナトリウム中に介在していたものではなく、主として部材表面に付着していたものであり、洗浄によって部材表面に付着している放射性腐食生成物が剥離するものと推定される。
- (2) 通常の脱塩水洗浄(平均3回洗浄)時の沈降防止槽下部表面線量当量率は、平均5 mSv/hと低く一定しているが、洗浄1回目だけの廃液を連続して貯留すると、沈降防止槽下部表面線量当量率が上昇することから(図5.6参照)、脱塩水洗浄によって洗い落とされる放射性腐食生成物は、1回目洗浄時が最も多いことがわかった。
- (3) 使用済炉心構成要素に付着する放射性腐食生成物量に起因する事項について調査した結果を以下に記す。
  - ① 原子炉運転中温度が低い位置にあった使用済炉心構成要素ほど、放射性腐食生成物の付着量が多い傾向にある。(データ数が少なかったため、明確な関係はつかめなかった)
  - ② 炉内滞在期間及び照射量(燃焼度)と、放射性腐食生成物の付着量の関係は認められなかった。

### 7.4 缶詰缶内水サンプリングのまとめ

- (1) 缶詰缶内水に含有する放射性核種は $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ が主である。(表5参照)
- (2) 缶詰缶内水サンプリングの結果、洗浄工程で除去しきれないナトリウムが缶内水に移行していることが確認された。移行ナトリウム量は、封入体の種類によって異なっ

ており、最大で約8gであった。

- (3) 缶詰缶内水に含有する放射性腐食生成物量 ( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ を対象) と、ナトリウム量の関係は認められないことから、缶内水に含有する放射性腐食生成物の量は、付着ナトリウム中に介在する放射性腐食生成物の量よりも、むしろ部材表面に付着している放射腐食生成物の量によって支配されていることがわかった。

## 7.5 燃料洗浄設備の今後の課題について

燃料洗浄設備における蒸気洗浄方法は、ほぼ確立されたものとなっているが、脱塩水洗浄方法については、効率化を図る上で以下の項目について総合的に考慮していく必要がある。

### ① 洗浄時間

脱塩水洗浄回数は、洗浄体の種類に関係なく平均3回実施しているが、各洗浄体の洗浄性を考慮し、洗浄体の種類毎に洗浄回数(洗浄時間を)設定する必要がある。

### ② 洗浄廃液発生量

洗浄廃液を低減するには、洗浄回数を少くすればよいが、洗い落とされる放射性腐食生成物は、1回目の洗浄廃液に多く含まれるので、沈降防止槽に貯留する洗浄廃液の放射性物質濃度が高くなる。

従って、沈降防止槽周辺の空間線量当量率の管理も含めて考慮する必要がある。

### ③ 缶詰缶映水移行ナトリウム量

缶詰缶内水への移行ナトリウムによる部材の腐食、缶詰缶内圧力への影響、さらには、第二使用済燃料貯蔵施設での被貯蔵によるプール水移行ナトリウムの影響を考慮する必要がある。

使用済内側反射体については、上記項目を考慮した上で脱塩水洗浄を1回で終了できうる検討結果が得られており(詳細は、使用済内側反射体の水洗浄回数低減化試験報告書<sup>(3)</sup>を参照の事)、さらには、その他の洗浄体についても脱塩水洗浄方法を改善していく検討が必要であろう。

今後具体的に検討すべき課題を以下に記す。

使用済炉心構成要素の脱塩水洗浄を1回とし、洗浄時間は従来と同じ時間（平均3回洗浄に要する時間）とする。これによって脱塩水浸漬時間（反応時間）は従来と同じでも、洗浄廃液発生量を従来約3用分の1に低減することが可能となる。

ここで上記の項目について検討し、洗浄体の種類に適した洗浄時間を設定していく。

## 8. 謝 辞

最後に、本報告書作成において御協力頂いた常陽産業株式会社及びデータの提供、分析をして下さった放管2係、技術課（ナトリウム分析棟）に対し、深く感謝の意を表します。

## 9. 参考文献及び参考資料

- (1) 高速実験炉「常陽」燃料取扱設備の運転経験(1)  
PNC ZN941 77-167  
高速実験炉「常陽」燃料取扱設備の運転・保守経験(2)  
PNC ZN941 79-1  
高先実験炉「常陽」燃料取扱設備の運転・保守経験(3)  
PNC ZN941 82-186
- (2) 高速実験炉「常陽」燃料洗浄設備の運転実績  
PNC ZN941 77-211
- (3) 高速実験炉「常陽」使用済内側反射体の水洗浄回数低減化試験  
PNC SN9410 90-115
- (4) 高速実験炉「常陽」運転技術便覧 5 (燃料取扱設備編)

## 付 録

表 1	.....	洗浄データ
表 2	.....	洗浄体諸データ
表 3	.....	洗浄体諸データ追加分



表 1-① 洗浄データ (燃料集合体) その 1

洗浄体 No	蒸気洗浄		脱塩水洗浄						反応Na量 合計 (g)
	水素濃度 (%)	反応Na量 (g)	1 回目		2 回目		3 回目		
			電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	反応Na量 (g)	電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	反応Na量 (g)	電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	反応Na量 (g)	
PF0220	1.2	30.4	320	10.7	22	0.7	—	—	11.4
PF0208	1.3	32.9	950	32.8	138	4.5	50	1.6	38.9
PF0156	1.2	30.4	600	20.5	125	4.1	26	0.8	25.4
PF0210	1.2	30.4	500	17.0	137	4.5	38	1.2	22.7
PF0221	1.2	30.4	950	32.8	68	2.2	7	0.2	35.2
PF0223	1.2	30.4	370	12.5	23	0.7	—	—	13.2
PF0212	1.6	40.6	500	17.0	112	3.7	65	2.1	22.8
PF0213	1.7	43.2	720	24.7	180	6.0	145	4.8	35.5
PF0158	1.65	41.9	1400	48.7	93	3.0	8	0.2	51.9
PF0215	1.7	43.2	950	32.8	66	2.1	7	0.2	35.1
PF0159	1.8	45.8	900	31.0	142	4.7	10	0.3	36.1
PF0130	1.6	40.6	1000	34.5	145	4.8	10	0.3	39.6
PF0136	1.5	38.1	600	20.5	80	2.6	10	0.3	23.4
PF0227	1.4	35.5	740	25.4	55	1.8	5	0.1	27.3
PF0153	1.6	40.6	680	23.3	140	4.6	17	0.5	28.4
PF0224	1.3	32.9	200	6.6	15	0.5	—	—	7.1
PF0135	1.3	32.9	1000	34.5	250	8.4	90	2.9	45.8
PF0211	1.45	36.8	2500	88.2	144	4.7	12	0.4	93.3
PF0222	1.1	27.8	1900	66.6	105	3.4	15	0.5	70.5
PF0216	1.15	29.1	1900	66.6	112	3.7	10	0.3	70.6
PF0218	1.2	30.4	2000	70.2	120	3.9	12	0.4	74.5
PF0201	1.2	30.4	2000	70.2	400	13.5	37	1.2	84.9
PF0131	1.2	30.4	2100	73.8	270	9.0	90	2.9	85.7
PF0226	1.2	30.4	1900	66.6	110	3.6	7	0.2	70.4
PF0229	1.15	29.1	1780	62.3	108	3.5	5	0.1	65.9

表1-① 洗浄データ (燃料集合体) その2

洗浄体 No.	蒸気洗 PNC TN9410 91-155 と 塩水洗浄								
	水素濃度 (%)	反応Na量 (g)	1 回 目		2 回 目		3 回 目		反応Na量 合 計 (g)
			電気伝導度 ( $\mu$ S/cm)	反応Na量 (g)	電気伝導度 ( $\mu$ S/cm)	反応Na量 (g)	電気伝導度 ( $\mu$ S/cm)	反応Na量 (g)	
PF225	1.05	26.5	380	12.8	16	0.5	—	—	13.3
PF234	1.2	30.4	1870	65.5	100	3.3	5	0.1	68.9
PF228	1.15	29.1	1700	59.4	85	2.7	7	0.2	62.3
PF219	1.0	25.3	1570	54.8	86	2.8	6	0.2	57.8
PF133	1.4	35.5	2600	91.8	300	10.0	71	2.3	104.1
PF203	1.2	30.4	2120	74.5	300	10.0	20	0.6	85.1
PF255	1.25	31.6	2000	70.2	100	3.3	18	0.6	74.1
PF207	1.4	35.5	2150	75.6	360	12.1	94	3.1	90.8
PF235	0.9	22.7	1900	66.6	92	3.0	5	0.1	69.7
PF233	1.0	25.3	1820	63.7	105	3.4	5	0.1	67.2
PF236	1.2	30.4	1950	68.4	98	3.2	8	0.2	71.8
PF230	1.1	27.8	300	10.1	36	1.1	4	0.1	11.3
PF147	1.2	30.4	700	24.0	125	4.1	14	0.4	28.5
PF232	1.0	25.3	1700	59.4	103	3.4	5	0.1	62.9
PF254	1.0	25.3	1700	59.4	78	2.5	7	0.2	62.1
PF231	1.0	25.3	1650	57.6	83	2.7	10	0.3	60.6
PF305	1.0	25.3	1850	64.8	95	3.1	5	0.1	68.0
PF132	1.0	25.3	2100	73.8	186	6.2	12	0.4	80.4
PF134	1.1	27.8	1750	61.2	120	3.9	35	1.1	66.2

表 1-② 洗浄データ (内側反射体) その 1

洗浄体 No.	蒸気洗浄		脱塩水洗浄						反応Na量 合計 (g)
	水素濃度 (%)	反応Na量 (g)	1回目		2回目		3回目		
			電気伝導度 ( $\mu\text{S/cm}$ )	反応Na量 (g)	電気伝導度 ( $\mu\text{S/cm}$ )	反応Na量 (g)	電気伝導度 ( $\mu\text{S/cm}$ )	反応Na量 (g)	
NPRI0G	1.1	27.8	1450	50.5	113	3.7	10	0.3	54.5
NPRI0C	1.05	26.5	1200	41.6	115	3.8	10	0.3	45.7
NPRI00	1.1	27.8	1500	52.3	92	3.0	6	0.2	55.5
NPRI0L	1.1	27.8	1900	66.6	170	5.6	23	0.7	72.9
NPRI1H	1.0	25.3	1900	66.6	150	5.0	20	0.6	72.2
NPRI0S	1.2	30.4	1700	59.4	130	4.3	15	0.5	64.2
NPRI0X	1.1	27.8	1650	57.6	135	4.4	15	0.5	62.5
NPRI1C	1.0	25.3	1700	59.4	135	4.4	10	0.3	64.1
NPRI17	1.0	25.3	1450	50.5	120	3.9	10	0.3	54.7
NPRI0Y	1.05	26.5	1750	61.2	—	—	—	—	—
NPRI0Z	1.1	27.8	1700	59.4	—	—	—	—	—
NPRI12	1.05	26.5	1700	59.4	—	—	—	—	—
NPRI0T	1.0	25.3	1490	51.9	—	—	—	—	—
NPRI0R	0.85	21.4	1450	50.5	—	—	—	—	—
NPRI1J	0.95	24.0	1400	48.7	—	—	—	—	—
NPRI1G	0.85	21.4	1450	50.5	—	—	—	—	—
NPRI1D	1.15	29.1	1700	59.4	—	—	—	—	—
NPRI1B	1.0	25.3	1600	55.8	—	—	—	—	—
NPRI18	0.95	24.0	1500	52.3	—	—	—	—	—
NPRI16	1.0	25.3	1600	55.8	—	—	—	—	—
NPRI1M	1.0	25.3	1500	52.3	—	—	—	—	—
NPRI1N	1.0	25.3	1650	57.6	—	—	—	—	—
NPRI13	1.0	25.3	1610	56.2	—	—	—	—	—
NPRI0W	1.0	25.3	1620	56.6	—	—	—	—	—
NPRI11	1.0	25.3	1550	54.1	—	—	—	—	—

表1-② 洗浄データ (内側反送体) その2

洗浄体 No.	蒸気洗浄		脱塩水洗浄						反応Na量 合計 (g)
	水素濃度 (%)	反応Na量 (g)	1回目		2回目		3回目		
			電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	反応Na量 (g)	電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	反応Na量 (g)	電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	反応Na量 (g)	
NPRI0U	1.1	27.8	1700	59.4	95	3.1	5	0.1	62.6
NPRI15	0.7	17.6	1700	59.4	85	2.8	5	0.1	62.3
NPRI10	0.5	12.6	1500	52.3	74	2.4	5	0.1	54.8

表1-③ 洗浄データ (制御棒)

洗浄体 No.	蒸気洗浄		脱塩水洗浄						反応Na量 合計 (g)
	水素濃度 (%)	反応Na量 (g)	1回目		2回目		3回目		
			電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	反応Na量 (g)	電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	反応Na量 (g)	電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	反応Na量 (g)	
MCR104	2.2	56.2	1900	66.6	143	4.7	27	0.9	72.2
MCR103	1.9	48.4	1590	55.5	165	5.5	35	1.1	62.1
MCR102	2.0	51.0	1400	48.7	100	3.3	20	0.6	52.6
MCR106	2.1	53.6	4100	146.3	300	10.0	68	2.2	158.5
TCR202	2.1	53.6	4600	164.6	400	13.5	51	1.6	179.7

表 2-① 洗浄体諸データ (燃料集合体) その 1

洗浄体 No	炉内装荷日 (年月日)	炉内取出日 (年月日)	炉内滞在期間 (年)	炉内取出時の 1次系ナトリウム フラグ温度 (℃) *1	集合体平均 燃 焼 度 (MWd/t)*2	洗浄廃液貯留 時の沈降防止 槽下部表面線 量当量率 (mSv/h)
PFD220	S 61. 4. 12	S 63. 5. 20	2. 1	125	40200	4. 0
PFD208	S 60. 11. 10	S 63. 5. 20	2. 5	125	40200	7. 2
PFD156	S 60. 2. 2	S 63. 5. 23	3. 3	126	40800	4. 0
PFD210	S 60. 11. 11	S 63. 5. 24	2. 5	125	40600	—
PFD221	S 61. 4. 12	S 63. 5. 24	2. 1	125	42700	—
PFD223	S 61. 4. 14	S 63. 5. 25	2. 1	126	41300	—
PFD212	S 60. 11. 6	S 63. 9. 13	2. 8	117	38800	3. 9
PFD213	S 60. 11. 6	S 63. 9. 14	2. 8	117	41600	2. 8
PFD158	S 60. 2. 3	S 93. 9. 15	3. 5	114	39600	2. 4
PFD215	S 61. 1. 26	S 93. 9. 15	2. 6	114	41200	2. 4
PFD159	S 60. 2. 1	S 93. 9. 16	3. 6	120	39200	2. 3
PFD130	S 61. 6. 19	S 63. 9. 17	2. 4	118	41300	2. 5
PFD136	S 61. 6. 19	S 63. 9. 19	2. 2	115	48700	1. 9
PFD227	S 60. 1. 31	S 63. 9. 19	2. 3	115	41800	1. 9
PFD153	S 61. 4. 14	S 63. 9. 20	3. 6	116	63900	1. 8
PFD224	S 61. 6. 20	S 63. 9. 21	2. 4	117	52800	1. 6
PFD135	S 60. 11. 12	S 63. 9. 21	2. 2	117	49800	1. 7
PFD211	S 61. 4. 15	H 1. 4. 7	3. 4	124	43500	3. 0
PFD222	S 61. 1. 29	H 1. 4. 8	3. 0	125	44500	3. 6
PFD216	S 61. 1. 29	H 1. 4. 10	3. 2	128	50500	—
PFD218	S 60. 11. 6	H 1. 4. 12	3. 2	128	47900	—
PFD201	S 61. 4. 9	H 1. 4. 13	3. 5	129	43500	—
PFD131	S 61. 6. 25	H 1. 4. 13	3. 0	129	43400	—
PFD226	S 61. 6. 24	H 1. 4. 14	2. 8	128	43100	—
PFD229	S 61. 4. 15	H 1. 4. 14	2. 8	128	41700	—

\* 1 「常陽」運転パトロール記録より引用

\* 2 「常陽」サイクル報より引用

表 2 - ① 洗浄体諸データ (燃料集合体) その 2

洗浄体 No	炉内装荷日 (年月日)	炉内取出日 (年月日)	炉内滞在期間 (年)	炉内取出時の 1次系ナトリウム 液温度 (℃) *1	集合体平均 燃 焼 度 (Mwd/t)*2	洗浄廃液貯留 時の沈降防止 槽下部表面線 量当量率 (mSv/h)
PPD225	S 61. 4. 15	H 1. 7. 25	3. 3	122	55800	—
PPD234	S 61. 9. 1	H 1. 7. 26	2. 8	122	49100	—
PPD228	S 61. 6. 20	H 1. 7. 27	3. 1	122	46500	—
PPD219	S 61. 4. 11	H 1. 7. 27	3. 3	122	50300	—
PPD133	S 61. 4. 10	H 1. 7. 28	3. 3	122	49500	—
PPD203	S 61. 1. 27	H 1. 7. 28	3. 5	122	53600	—
PPD255	S 62. 8. 5	H 1. 8. 1	2. 0	126	38600	—
PPD207	S 60. 11. 10	H 1. 8. 1	3. 7	126	49600	—
PPD235	S 61. 8. 28	H 1. 8. 3	3. 0	126	41900	—
PPD233	S 61. 9. 3	H 1. 11. 3	3. 2	126	49200	—
PPD236	S 61. 8. 29	H 1. 11. 3	3. 2	126	56000	—
PPD230	S 61. 6. 24	H 1. 11. 4	3. 4	126	48500	7. 4
PPD147	S 61. 9. 2	H 1. 11. 4	3. 2	126	44800	6. 8
PPD232	S 61. 8. 29	H 1. 11. 7	3. 2	126	46000	4. 5
PPD254	S 62. 8. 7	H 1. 11. 7	3. 3	126	40700	4. 7
PPD231	S 61. 9. 4	H 1. 11. 10	3. 2	126	53800	6. 6
PPD305	S 62. 8. 8	H 1. 11. 10	2. 2	126	44700	6. 1
PPD132	S 61. 4. 10	H 1. 11. 11	3. 6	126	48700	4. 5
PPD134	S 61. 6. 25	H 1. 11. 11	3. 4	126	50300	4. 5

\* 1 「常陽」運転パトロール記録より引用

\* 2 「常陽」サイクル報より引用

表 2-② 洗浄体諸データ (内側反射体) その 1

洗浄体 No	炉内装荷日 (年月日)	炉内取出日 (年月日)	炉内滞在期間 (年)	炉内取出時の 1次系ナトリウム フラグ温度 (℃) *1	照射量 ( $E \geq 0.1\text{MeV}$ ) (n/cm <sup>2</sup> ) *2	洗浄廃液貯留 時の沈降防止 槽下部表面線 量当量率 (mSv/h)
NPRI0G	S 57. 10. 3	S 63. 5. 19	5. 6	122	$5.85 \times 10^{22}$	5. 0
NPRI0C	S 57. 7. 5	S 63. 5. 19	5. 9	122	$5.68 \times 10^{22}$	6. 5
NPRI00	S 57. 7. 1	S 63. 6. 28	6. 0	123	$5.91 \times 10^{22}$	5. 0
NPRI0L	S 57. 7. 16	S 63. 11. 15	6. 3	—	$6.21 \times 10^{22}$	2. 6
NPRI1H	S 57. 7. 11	S 63. 11. 15	6. 3	—	$5.70 \times 10^{22}$	3. 4
NPRI0S	S 57. 7. 2	S 63. 11. 16	6. 4	—	$5.89 \times 10^{22}$	4. 2
NPRI0X	S 57. 6. 25	S 63. 11. 16	6. 4	—	$5.96 \times 10^{22}$	4. 0
NPRI1C	S 57. 7. 15	S 63. 11. 17	6. 3	—	$5.82 \times 10^{22}$	5. 0
NPRI17	S 57. 7. 18	S 93. 11. 17	6. 3	—	$5.71 \times 10^{22}$	—
NPRI0Y	S 57. 6. 25	H 1. 4. 8	6. 8	125	$6.00 \times 10^{22}$	4. 4
NPRI0Z	S 57. 6. 25	H 1. 4. 11	6. 8	127	$4.54 \times 10^{22}$	8. 8
NPRI12	S 57. 7. 4	H 1. 4. 11	6. 8	127	$5.66 \times 10^{22}$	7. 1
NPRI0T	S 57. 7. 3	H 1. 4. 20	6. 8	127	$5.91 \times 10^{22}$	2. 6
NPRI0R	S 57. 7. 2	H 1. 4. 21	6. 8	128	$5.98 \times 10^{22}$	3. 5
NPRI1J	S 57. 7. 11	H 1. 4. 21	6. 8	128	$5.68 \times 10^{22}$	4. 7
NPRI1G	S 57. 7. 17	H 1. 4. 22	6. 8	126	$5.84 \times 10^{22}$	5. 7
NPRI1D	S 57. 7. 16	H 1. 4. 22	6. 8	126	$5.78 \times 10^{22}$	7. 1
NPRI1B	S 57. 7. 19	H 1. 4. 24	6. 8	128	$5.80 \times 10^{22}$	8. 3
NPRI18	S 57. 7. 18	H 1. 4. 24	6. 8	128	$5.77 \times 10^{22}$	8. 2
NPRI16	S 57. 7. 18	H 1. 4. 25	6. 8	127	$5.68 \times 10^{22}$	9. 6
NPRI1M	S 60. 11. 9	H 1. 4. 25	3. 5	127	$5.17 \times 10^{22}$	12. 0
NPRI1N	S 61. 1. 30	H 1. 4. 26	3. 2	127	$5.07 \times 10^{22}$	12. 5
NPRI13	S 57. 7. 4	H 1. 4. 26	6. 8	127	$5.49 \times 10^{22}$	10. 0
NPRI0W	S 57. 6. 26	H 1. 4. 27	6. 8	127	$5.97 \times 10^{22}$	11. 0
NPRI11	S 57. 7. 4	H 1. 4. 27	6. 8	127	$6.03 \times 10^{22}$	12. 0

\* 1 「常陽」運転パトロール記録より引用

\* 2 「常陽」サイクル報より引用

表2-② 洗浄体諸データ (内側反射体) その2

洗浄体 No	炉内装荷日 (年月日)	炉内取出日 (年月日)	炉内滞在期間 (年)	炉内取出時の 1次系ナトリウム フラグ温度 (℃) *1	照射量 ( $E \geq 0.1\text{MeV}$ ) (n/cm <sup>2</sup> ) *2	洗浄廃液貯留 時の沈降防止 槽下部表面線 量当量率 (mSv/h)
NFR10U	S 57. 7. 3	H 1. 8. 2	7.0	127	$5.22 \times 10^{22}$	—
NFR115	S 57. 7. 18	H 1. 11. 8	7.3	125	$5.35 \times 10^{22}$	6.3
NFR110	S 57. 7. 4	H 1. 11. 11	7.3	126	$5.90 \times 10^{22}$	7.2

表2-③ 洗浄体諸データ (制御棒)

洗浄体 No	炉内装荷日 (年月日)	炉内取出日 (年月日)	炉内滞在期間 (年)	炉内取出時の 1次系ナトリウム フラグ温度 (℃) *1	照射量 ( $E \geq 0.1\text{MeV}$ ) (n/cm <sup>2</sup> ) *2	洗浄廃液貯留 時の沈降防止 槽下部表面線 量当量率 (mSv/h)
MCR104	S 60. 2. 3	S 63. 5. 25	3.3	126	$3.77 \times 10^{22}$	—
MCR103	S 61. 4. 16	S 63. 6. 29	2.2	123	$4.00 \times 10^{22}$	3.6
MCR102	S 61. 4. 16	S 63. 9. 19	2.4	118	$3.46 \times 10^{22}$	2.2
MCR106	S 62. 6. 18	H 1. 8. 3	2.1	126	$3.59 \times 10^{22}$	—
TCR202	S 62. 11. 18	H 1. 11. 6	2.0	126	$3.64 \times 10^{22}$	7.3

\* 1 「常陽」運転パトロール記録より引用

\* 2 「常陽」サイクル報より引用



表3-① 洗浄体諸データ追加分 (外側反射体A)

洗浄体 No	炉内装荷日 (年月日)	炉内取出日 (年月日)	炉内滞在期間 (年)	脱塩水洗浄 1回目 電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	洗浄廃液貯留 時の沈降防止 槽下部表面線 量当量率 ( $\text{mSv}/\text{h}$ )	炉心取出時 のアドレス
NFRM14	S 57. 7. 12	H 1. 7. 31	7. 0	> 5000	55. 0	7B5
NFRM01	S 57. 6. 27	H 2. 2. 20	7. 7	> 5000	82. 0	6B1
NFRM02	S 57. 6. 24	H 2. 2. 20	7. 7	> 5000	45. 0	6C1
NFRM0G	S 57. 5. 29	H 2. 6. 27	8. 1	> 5000	33. 0	7B4
NFRM0H	S 57. 5. 27	H 2. 6. 27	8. 1	> 5000	75. 0	7B5
NFRM0A	S 57. 6. 28	H 2. 6. 28	8. 0	> 5000	55. 0	7A5
NFRM09	S 57. 6. 28	H 2. 6. 28	8. 0	> 5000	90. 0	7A4
NFRM1A	S 57. 5. 31	H 2. 11. 26	8. 5	> 5000	52. 0	7F4
NFRM13	S 57. 7. 12	H 2. 11. 28	8. 3	> 5000	—	7B4
NFRM0W	S 57. 7. 10	H 2. 11. 28	8. 3	> 5000	110. 0	7D4
NFRM0P	S 57. 6. 4	H 2. 11. 29	8. 5	> 5000	128. 0	7C4
NFRM04	S 57. 7. 19	H 2. 12. 5	8. 4	> 5000	65. 0	6B1
NFRM0Q	S 57. 6. 4	H 2. 12. 7	8. 5	> 5000	53. 0	7C5
NFRM0X	S 57. 7. 9	H 2. 12. 7	8. 4	> 5000	133. 0	7D5
NFRM1B	S 57. 6. 2	H 2. 12. 8	8. 5	> 5000	92. 0	7F5

表3-② 洗浄体諸データ追加分 (AMIR) \*1

洗浄体 No	炉内装荷日 (年月日)	炉内取出日 (年月日)	炉内滞在 期 間 (年)	脱塩水洗浄 1回目 電気伝導度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	洗浄廃液貯留 時の沈降防止 槽下部表面線 量当量率 ( $\text{mSv}/\text{h}$ )	炉心取出 時のアド レス	取出前の 運転中 出口温度 計算値*2 ( $^{\circ}\text{C}$ )
PRA020	S 59. 4. 5	S 63. 5. 18	4. 1	3800	3. 5	6F6	412. 9
PRA031	S 62. 6. 15	H 1. 7. 31	2. 1	2000	3. 5	6D6	407. 8
PRA032	S 62. 6. 13	H 2. 11. 24	3. 5	3700	—	6C6	404. 8

\* 1 制御棒材料照射用反射体

\* 2 実測値は周囲のナトリウム合流による影響があるため計算値を用いた。

表 3 - ③ 洗浄体諸データ追加分 (SMIR) \*1

洗浄体 No	炉内装荷日 (年月日)	炉内取出日 (年月日)	炉内滞在 期 間 (年)	脱塩水洗浄 1 回 目 電気伝導度 ( $\mu$ S/cm)	洗浄廃液貯留 時の沈降防 止槽下部表 面線量当 量率 (mSv/h)	炉心取出 時のアド レス	取出前の 運転中 出口温度 計算値*2 ( $^{\circ}$ C)
PRS020	S 62. 8. 8	H 1. 4. 10	1.7	>5000	8.5	5B2	388.8
PRS031	H 1. 7. 31	H 1. 11. 2	0.3	>5000	9.5	5F5	395.4
PRS120	S 63. 9. 19	H 1. 11. 6	1.1	4500	6.0	6A4	407.7
PRS130	S 63. 9. 19	H 1. 11. 8	1.1	3600	4.6	6D4	404.6
PRS021	H 2. 7. 13	H 2. 11. 24	0.3	5000	—	5B5	394.9

表 3 - ④ 洗浄体諸データ追加分 (サーベランス材)

洗浄体 No	炉内装荷日 (年月日)	炉内取出日 (年月日)	炉内滞在 期 間 (年)	脱塩水洗浄 1 回 目 電気伝導度 ( $\mu$ S/cm)	洗浄廃液貯留 時の沈降防 止槽下部表 面線量当 量率 (mSv/h)	炉心取出 時のアド レス
TTJT02	S 55. 6	H 1. 7. 26	9.0	2840	67.0	9B1

\* 1 構造材料照射用反射体

\* 2 実測値は周囲のナトリウム合流による影響があるため計算値を用いた。