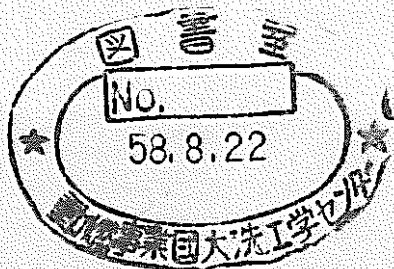


# 高速実験炉「常陽」運転試験報告書

75MW運転時Na・Arサンプリングおよび分析結果



1983年6月

技術資料コード	
開示区分	レポートNo.
T	✓ 941 83-80
この資料は 図書室保存資料です 閲覧には技術資料閲覧票が必要です	
動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター技術管理室	

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」運転試験報告書

### 75MW運転時Na・Arサンプリングおよび分析結果

野崎 誠\*, 大戸 敏弘\*, 山崎 和祥\*  
 小澤 健二\*, 引地 貴義\*\*, 安 哲徳\*\*  
 田村 政昭, 吉野富士男\*\*

#### 要 旨

高速実験炉「常陽」のナトリウムおよびカバーガスアルゴンのサンプリングおよび分析は、総合機能試験から継続して実施されてきている。本報告書は、75MW性能試験から75MW定格運転第6サイクルまでのサンプリング分析結果についてまとめたもので、その主な結論は次の通りである。

- (1) ナトリウムの分析結果は1次・2次系共に、ほぼ管理目標値を満足していた。
- (2) ナトリウム中の酸素および水素の化学分析値は、1次系の場合バラツキが大きくEichelbergerおよびVisserの溶解度曲線よりも高い値を示す傾向にある。また2次系では酸素の場合、溶解度曲線より高い値を示すものの1次系よりバラツキは大きくなかった。また、水素の場合、溶解度曲線と比較的よく一致することが分かった。
- (3) カバーガスアルゴンの分析結果で、1次系の場合、水素、メタン、窒素が管理目標値を越える場合があった。
- (4) 炉容器内をアルゴンガスバージすることによって、短時間で純度回復を行なえることを確認した。同時に同ページ操作要領を確立した。

\* 大洗工学センター高速実験炉部原子炉第一課

\*\* 大洗工学センター高速実験炉部技術課

\*\*\* 大洗工学センター高速実験炉部原子炉第二課

JOYO Operational Experience Report  
Results of Sampling and Analysis of Sodium  
and Argon during 75 MW Operation

Makoto Nozaki,\* Toshihiro Oodo,\*  
Kazuaki Yamasaki,\* Kenji Ozawa,\*  
Takayoshi Hikichi,\*\* Tetsunori Yasu,\*\*  
Masaaki Tamura\*\*\* and Fujio Yoshino\*

Abstract

In JOYO, coolant sodium and cover gas argon have been sampled and their impurities have been analysed since its initial functional tests. This report describes the results of sampling and analysis during 75 MW operation. The major conclusions are summarized as follows.

- (1) Impurity concentrations in primary and secondary sodium were within the reference limits of JOYO.
- (2) Analysed oxygen concentrations in both primary and secondary sodium were dispersed and were above the Eichelberger's oxygen solubility curve. On the other hand, hydrogen concentrations showed good consistency with the Visser's solubility curve.
- (3) Some impurity concentrations in the primary cover gas, such as hydrogen and methane, had been above the reference values.
- (4) It was confirmed that purity of the primary cover gas could be easily recovered by argon gas purging in the reactor vessel. At the same time, its operational method was established.

---

\* Operation Section, Experimental Fast Reactor Division, O-arai Engineering Center, PNC.

\*\* Reactor Technology Section, do.

\*\*\* Maintenance Section, do.

## 目 次

1. 緒 言	1
2. サンプリング設備の概要	2
2.1 1次ナトリウムサンプリング設備	3
2.2 2次ナトリウムサンプリング設備	3
2.3 1次カバーガスアルゴンサンプリング設備	3
2.4 2次カバーガスアルゴンサンプリング設備	4
2.5 1次カバーガス純度連続監視装置(ガスクロ)	4
3. サンプリング方法および分析方法	18
3.1 サンプリング実施時期	18
3.2 フラッシング時間	18
3.3 サンプリング操作法	18
3.4 サンプリング分析方法	20
4. サンプリング分析結果	34
4.1 ナトリウムおよびカバーガスアルゴンの純度管理目標値および分析結果	34
4.2 サンプリング経過	35
4.3 ナトリウムおよびカバーガスアルゴンサンプリング分析結果	35
4.4 1次系ナトリウムおよびカバーガスアルゴン取り出し時のサーベイ結果	38
5. 検討および評価	93
5.1 ナトリウムおよびカバーガスアルゴンサンプリング分析結果について	93
5.2 サンプリング操作について	94
6. 結 言	95
7. 謝 辞	96
8. 参考文献	97

## 図 目 次

Fig. 2. 1	サンプリング関連設備概略フローシート	6
Fig. 2. 2	1次ナトリウムサンプリング設備系統図	7
Fig. 2. 3	1次ナトリウムサンプリング装置概略図	8
Fig. 2. 4	1次ナトリウムサンプリングコイル	9
Fig. 2. 5	C・P ト ラップ用サンプリングコイル	10
Fig. 2. 6	2次ナトリウムサンプリング装置	11
Fig. 2. 7	2次ナトリウムサンプリングチューブ	12
Fig. 2. 8	1次カバーガスアルゴンサンプリング装置概略図	13
Fig. 2. 9	1次カバーガスアルゴンサンプリングポット	14
Fig. 2. 10	1次カバーガスアルゴンサンプリング装置概略図(旧型)	15
Fig. 2. 11	1次カバーガスアルゴンサンプリングポット(旧型)	16
Fig. 2. 12	2次カバーガスアルゴンサンプリング設備系統概略図	17
Fig. 3. 1	サンプリング実施時期想定図	27
Fig. 3. 2	1次系ナトリウムサンプリングコイルの冷却時温度分布 (低出力試験時)	28
Fig. 3. 3	2次系ナトリウムサンプリングチューブの冷却時の温度分布 (50MW出力上昇試験時)	29
Fig. 3. 4	1次および2次ナトリウム試料の分析区分(一般成分)	30
Fig. 3. 5	1次ナトリウム試料の分析区分(放射性物質)	31
Fig. 3. 6	ナトリウム中の不純物分析操作手順	32
Fig. 3. 7	1次カバーガスアルゴン中の不純物分析操作手順 「常陽」における $\gamma$ 線計測装置ブロックダイヤグラム (ナトリウムフラッシング中)	33
Fig. 4. 1	75MW性能試験時1次ナトリウム純化系の運転経過(その1)	41
Fig. 4. 2	75MW性能試験時1次ナトリウム純化系の運転経過(その2)	42
Fig. 4. 3	75MW第1サイクル1次ナトリウム純化系の運転経過	43
Fig. 4. 4	75MW第2サイクル1次ナトリウム純化系の運転経過	44
Fig. 4. 5	75MW第3サイクル1次ナトリウム純化系の運転経過	45
Fig. 4. 6	75MW第4サイクル1次ナトリウム純化系の運転経過	46
Fig. 4. 7	75MW第5サイクル1次ナトリウム純化系の運転経過	47
Fig. 4. 8	75MW第6サイクル1次ナトリウム純化系の運転経過	48
Fig. 4. 9	75MW性能試験時2次ナトリウム純化系の運転経過(その1)	49
Fig. 4. 10	75MW性能試験時2次ナトリウム純化系の運転経過(その2)	50

Fig. 4.11 75MW第1サイクル2次ナトリウム純化系の運転経過	51
Fig. 4.12 75MW第2サイクル2次ナトリウム純化系の運転経過	52
Fig. 4.13 75MW第3サイクル2次ナトリウム純化系の運転経過	53
Fig. 4.14 75MW第4サイクル2次ナトリウム純化系の運転経過	54
Fig. 4.15 75MW第5サイクル2次ナトリウム純化系の運転経過	55
Fig. 4.16 75MW第6サイクル2次ナトリウム純化系の運転経過	56
Fig. 4.17 サンプリング実施時期とプラント状態(1/3 ~ 3/3)	57
Fig. 4.18 1次ナトリウム不純物分析濃度の推移(昭和54年4月10日~昭和56年12月20日)	60
Fig. 4.19 2次ナトリウム不純物分析濃度の推移(昭和54年4月11日~昭和56年12月19日)	65
Fig. 4.20 1次カバーガスアルゴン不純物分析濃度の推移 (昭和54年5月12日~昭和57年1月28日)	76
Fig. 4.21 2次カバーガスアルゴン不純物分析濃度の推移(ダンプタンク) (昭和54年4月10日~昭和56年12月19日)	77
Fig. 4.22 2次カバーガスアルゴン不純物分析濃度の推移(オーバーフロータンク) (昭和54年4月10日~昭和56年12月19日)	78
Fig. 4.23 2次系のプラギング温度とコールドトラップ濃度の関係	79
Fig. 4.24 1次系ナトリウム中の酸素・水素濃度とコールドトラップ温度との関係	80
Fig. 4.25 1次系ナトリウム中の酸素・水素濃度とプラギング温度との関係	81
Fig. 4.26 2次系ナトリウム中の酸素・水素濃度とコールドトラップ温度との関係	82
Fig. 4.27 2次系ナトリウム中の酸素・水素濃度とプラギング温度との関係	83
Fig. 4.28 炉容器アルゴンガスバージ前後のガスクロによる窒素濃度の推移 (昭和56年3月11日~3月12日)	84
Fig. 4.29 FFD-CG法ラインからの炉容器アルゴンガスバージ後のガスクロによる窒素濃度の推移 (昭和56年3月12日~3月14日)	85
Fig. 4.30 75MW定格運転第4サイクル原子炉起動前後に於けるガスクロによる窒素および水素濃度の推移 (昭和56年3月10日~3月23日)	86
Fig. 4.31 格内燃料移送作業(ACT-6)における炉内水素濃度の推移 (昭和57年4月13日~4月14日)	87
Fig. 4.32 格内燃料移送作業(ACT-6)における炉内水素濃度の推移 (昭和57年4月27日~4月28日)(INC Oグリッパ乾燥)	88
Fig. 4.33 炉容器アルゴンガスバージ時の弁状態(連続バージ法・FFD-CG法利用)	89
Fig. 4.34 オーバーフロータンクアルゴンガスバージ時の弁状態(加圧法)	90

Fig. 4. 35 ダンプタンクアルゴンガスページ時の弁状態 ( 加圧法 )-----	91
Fig. 4. 36 FFD-CG法ラインからのアルゴンガスページ時の弁状態 ( 連続ページ法 )-----	92

## 表 目 次

Table. 3. 1 1次ナトリウムサンプリング方法の変遷	24
Table. 3. 2 2次ナトリウムサンプリング方法の変遷	25
Table. 3. 3 カバーガスアルゴンサンプリング操作法	26
Table. 4. 1 ナトリウムおよびカバーガスアルゴン純度管理目標値	34
Table. 4. 2 1次ナトリウム分析結果	61
Table. 4. 3 2次ナトリウム分析結果	64
Table. 4. 4 1次カバーガスアルゴン分析結果	66
Table. 4. 5 2次カバーガスアルゴン分析結果(ダンプタンク)	69
Table. 4. 6 2次カバーガスアルゴン分析結果(オーバーフロータンク)	72

## 1. 緒 言

高速炉における冷却材ナトリウム中の酸素、水素、炭素および窒素等の不純物は系統を構成する構造材や燃料被覆管の腐食挙動あるいは強度劣化に密接な関係があることが知られている。また、カバーガス中の酸素、水素および窒素等はナトリウム中に溶解し不純物增加の原因あるいは構造材劣化の要因となり、更に水素やメタンなどの不純物は系内への有機物等の異物混入と密接に関係している。

一方、ナトリウム中の核分裂生成物や腐食生成物、カバーガス中の核分裂生成物は機器保修時の被曝管理面および燃料破損状況を知る上で重要なものである。

本報告書は、これらの不純物に関する情報を得るために75MW性能試験から、75MW定格運転第1サイクル～第6サイクルまでのサンプリング操作およびそれらの分析結果について報告する。

## 2. サンプリング設備の概要

### 2.1 1次ナトリウムサンプリング設備

本設備はバイパス方式をとり、1次ナトリウム純化系のプラギング計エコノマイザ入口とオーバーフロータンク戻り配管と結ぶ径路（コールドトラップバイパス回路、Fig. 2.1 参照）に設置されている。サンプリングシステムの系統図およびサンプリング装置の概略図をそれぞれ Fig. 2.2, Fig. 2.3 に示す。

1次ナトリウムのサンプリング方式は、Fig. 2.4 に示したサンプリングコイルを用いるフロースルーフ法である。

ナトリウムサンプリングラインの入口弁および出口弁の間にバイパスラインが設けられており、サンプリングコイルにナトリウムを流す前（フラッシング開始前）にバイパス弁の開閉操作を行なってサンプリングコイルおよび配管中のガス抜きが行なわれる。

サンプリングコイルの接続部はスウェジロック継手構造となっており、コイルのみ容易に取り出すことが可能である。継手部より万一ナトリウムが漏れた場合には、漏洩検出器で検出し警報を出すようになっている。サンプリングコイルを遮蔽する鉛遮蔽体には、ナトリウムの誘導放射能および放射性腐食生成物 (C.P) 並びに放射性核分裂生成物 (F.P) の放射能濃度を測定するための計測孔が設けられており、必要に応じてピュアゲルマニウム半導体検出器等を設置し、 $\gamma$ 線計測が出来るようになっている。

本設備の主要目は次の通りである。

(1) サンプリングコイル (Fig. 2.4 参照)

形 式	コイル管
Na採取量	約 90g
材 質	SUS 304
概略寸法	10.5 $\phi$ × 1600 L × 1 t <sub>mm</sub>

(2) サンプリングコイル用ポット

形 式	たて形円筒
材 質	SUS 304
概略寸法	160 $\phi$ × 250 H <sub>mm</sub>

(3) 保 温 材

材 質	シリカライトおよびファインフレックス
厚 さ	約 90 mm

(4) 遮 蔽 体

形 式	ドーム形
材 質	鉛、炭素鋼
厚 さ	約 260 mm (中央部)

(5) グローブボックス

形 式 箱 形

概略寸法 700W × 1300L × 700Hmm

## 2.2 2次ナトリウムサンプリング設備

本設備はバイパス方式をとり、2次ナトリウム純化系の電磁ポンプ出口側と2次冷却系ダンプタンク入口（オーバーフロー戻り）配管を結ぶ経路に設置されている。（Fig. 2.1 参照）

2次ナトリウムサンプリング装置およびサンプリングチューブの概略図をFig. 2.6, Fig. 2.7 に示す。

2次ナトリウムのサンプリング方法はFig. 2.6 に示したU字型のサンプリングチューブを用いるフロースループ法である。

サンプリングチューブはスウェッジロック継手により接続されており、チューブのみ容易に取り出すことが可能である。

ナトリウムフラッシング中、サンプリングボックス内はアルゴンガスで置換されており、万一サンプリングボックス内でナトリウムが漏れた場合に発火しないようになっている。

本設備の主要目は次の通りである。

(1) サンプリングチューブ (Fig. 2.7 参照)

形 式 チューブ管

Na採取量 約 120g

材 質 SUS 304

概略寸法 15.9φ × 970L × 1.2tmm

(2) サンプリングボックス

形 式 箱 形

主要材質 炭素鋼

概略寸法 450W × 700L × 750Hmm

## 2.3 1次カバーガスアルゴンサンプリング設備

本設備は、FFD-CG 法コンプレッサ吐出側から分岐し、コンプレッサ吸込側へ戻る配管途中に設備されている。（Fig. 2.1 参照）

1次カバーガスアルゴンサンプリング装置の概略図 Fig. 2.7 に示す。

1次カバーガスアルゴンのサンプリングは、炉容器のカバーガスアルゴンを FFDコンプレッサ吐出側から分岐させ、Fig. 2.8 に示したサンプリングポットに導いて行なう。

サンプリング装置は原子炉建家操作室床面（オペフロ）に埋込まれており、サンプリングポットは鉛遮蔽体下部につり下げられている。サンプリングポットとアルゴンガス配管との継手部はクイックコネクタ継手構造になっており、サンプリングポットのみを取り出すことが可能である。また、サンプリングポットのガス封入部は出入口のストップ弁としてニードルバルブが使用されており、サンプルガスが漏洩しないようになっている。

本設備の主要目は次の通りである。

(1) サンプリングポット (Fig. 2.9 参照)

形 式	箱形カプセル
Ar 採取量	約 200 cc
材 質	SUS 304
概略寸法	100 W × 190 L × 66 H mm

(2) 遮蔽プラグ

形 式	2 段円筒形
材 質	鉛, 炭素鋼
概略寸法	480 φ × 230 H mm (上段)
	360 φ × 70 H mm (下段)

本サンプリング設備は、昭和 54 年 3 月に改良されたもので、それまでは Fig. 2.10 に示す設備を使用していた。旧形サンプリング設備が現設備と異なる点は、サンプリングポット [Fig. 2.11 参照] のガス封入部のストップ弁の開閉操作をポット取り出し後に行なう構造であり、サンプリング時の操作性および被曝防止の観点から現状のものに改造されたものである。

## 2.4 2 次カバーガスサンプリング設備

本設備の概略図を Fig. 2.12 に示す。本設備は、2 次系のオーバーフロータンクおよびダンプタンクのバックアップフィルタの試験用ノズルからカバーガスアルゴンを取り出し、サンプリング容器に導いて採取する方法で、フラッシング時の排ガスは主冷却建屋空調設備の排気ダクトへ排気される。

2 次カバーガスアルゴンのサンプリング容器の主要目は次の通りである。

(1) サンプリング容器 (Fig. 2.12 参照)

形 式	円筒形
Ar 採取量	約 300 cc
材 質	SUS 304
概略寸法	50.8 φ × 404 L mm

## 2.5 1 次カバーガス純度連続監視装置 (ガスクロ)

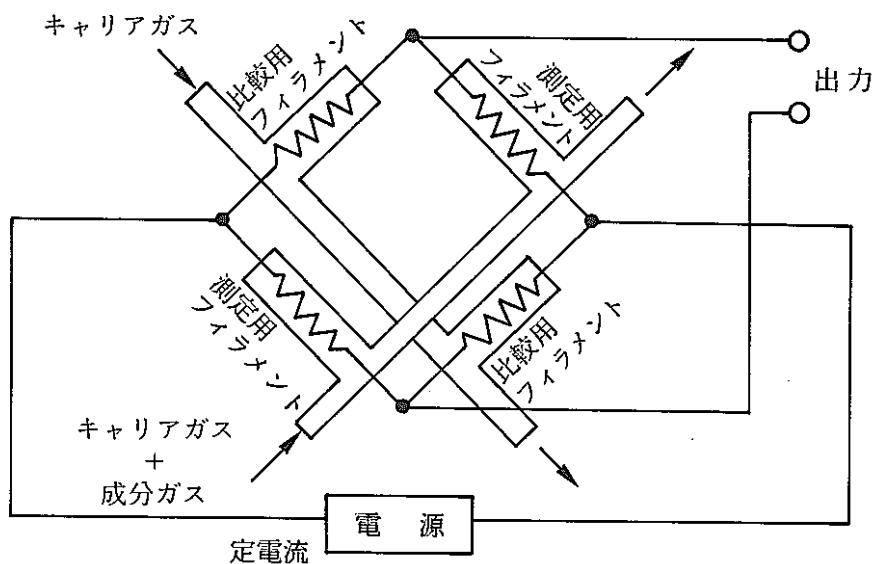
本装置は、FFD-CG 法 (カバーガスによる燃料破損検出設備) 設備と並列に設置されていて炉内カバーガスアルゴン中の不純物濃度をガスクロマトグラフにより連続監視する。検出対象の不純物成分は、窒素および水素の 2 成分である。(ただし、1983 年 1 月に 6 成分を分析できるように改造を行った)

ガスクロの測定原理として、検出器について簡単に述べる。

「常陽」で使用している検出器は熱伝導度方式と呼ばれるものであり、試料成分の熱伝導度がキャリアガス (「常陽」の場合アルゴンガス) の熱伝導度と異なることを利用するものである。下図に示すように測定用フィラメントと比較用フィラメントがそれぞれ 2 つづつ向き合って、ブリッジを構成しており、各フィラメ

ントには定電流源から一定の電流を供給するとともに、キャリアガスを流してフィラメントを熱的にバランスさせておく。比較フィラメントは常にキャリアガスを流し、測定フィラメントはカラム出口と接続してキャリアガスと成分ガスを流しておく。

カラムから試料成分が溶出しない時は4つのフィラメントの状態は同じで、出力電圧はゼロであるが、溶出してキャリアガスと成分ガスの混合ガスが測定フィラメントに流れると、混合ガスの熱伝導度がキャリアガスのそれと異なるため、測定フィラメントは放熱量と温度が変化して、その電気抵抗が変わり、ブリッジの出力として表われる。



熱伝導度検出器原理図

下記に本装置の運転条件を示す。

1) 恒温槽コントロールサーモスタット	65.6 °C
2) " ウォームアップサーモスタット	54.4 °C
3) " セイフティサーモスタット	76.7 °C
4) サンプル容積	4,000 ml
5) サンプルガス圧力	1 kg/cm <sup>2</sup> g
6) キャリアガス圧力	2.4 kg/cm <sup>2</sup> g
7) アナライザ入口キャリアガス圧力	4.0 kg/cm <sup>2</sup> g
8) カラム出口キャリアガス流量	37.5 cc/min
9) バックフラッシュベント流量	100 cc/min
10) リファレンスガス流量	25.0 cc/min
11) ブリッジ電流	140mA

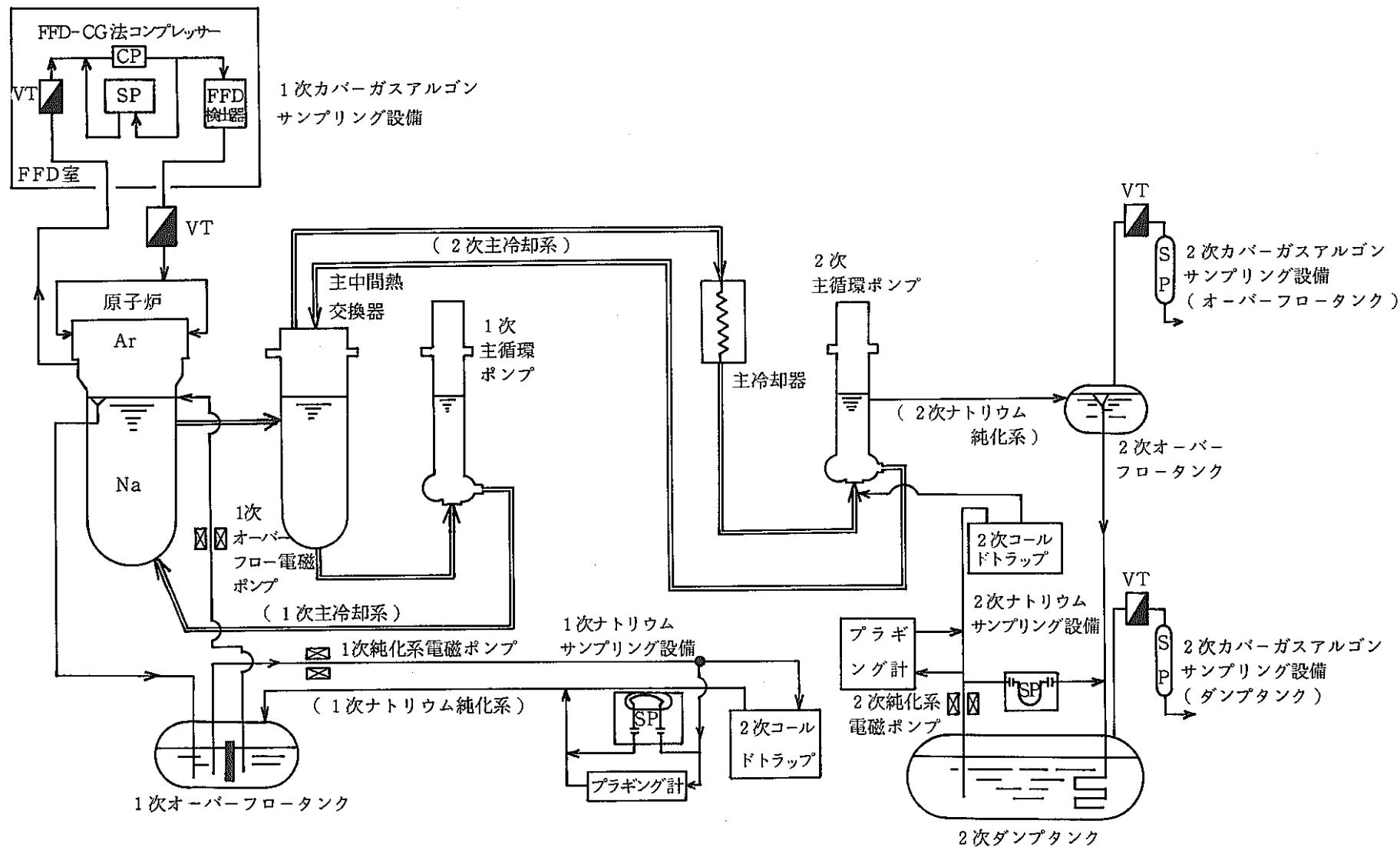


Fig. 2.1 サンプリング関連設備概略フローシート

Flow Sheet Related to Sampling System

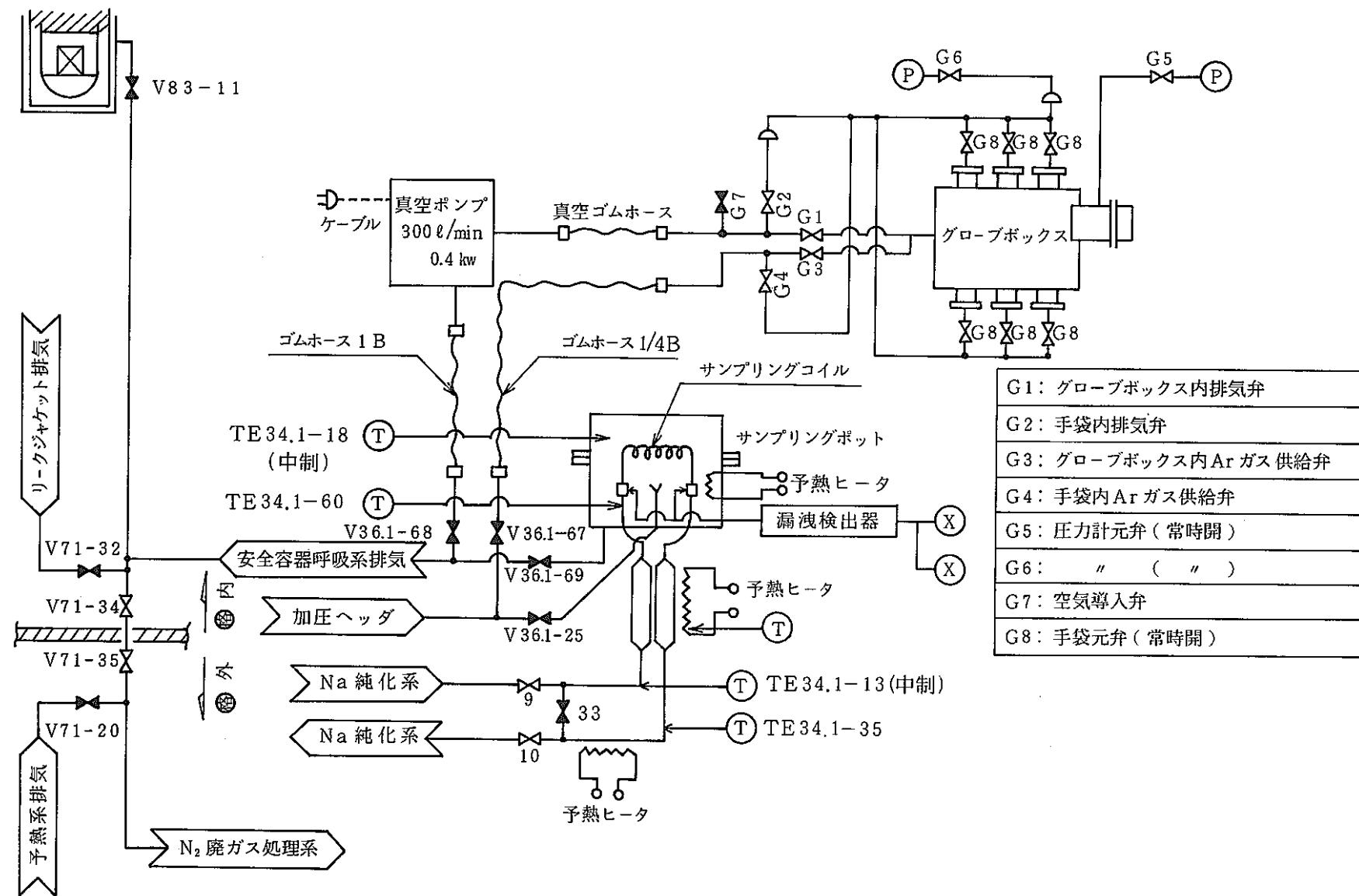


Fig. 2.2 1次ナトリウムサンプリング設備系統図

Flow Sheet of Primary Sodium Sampling System

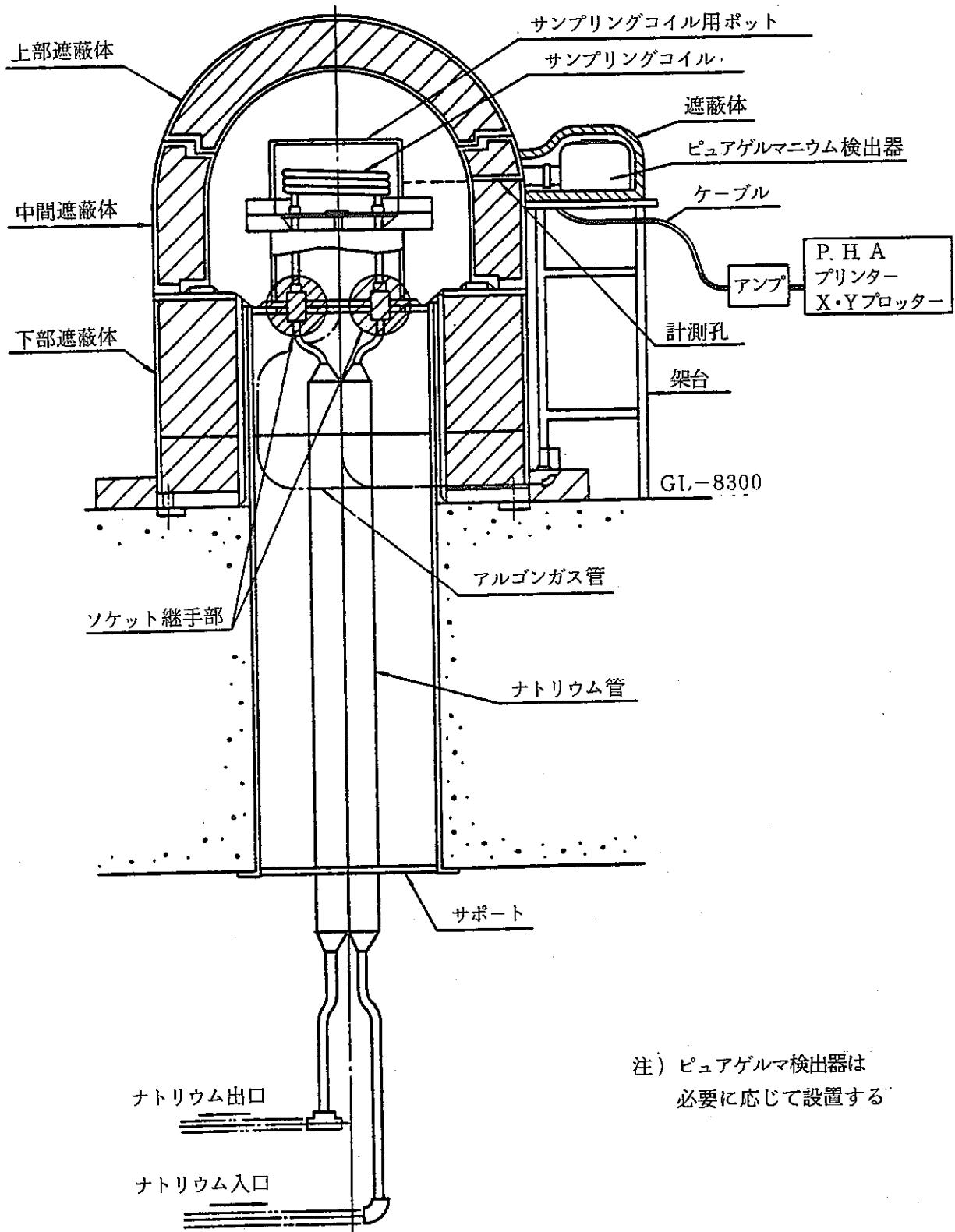


Fig. 2.3 1次ナトリウムサンプリング装置概略図

Vertical View of Primary Sodium Sampling Equipment

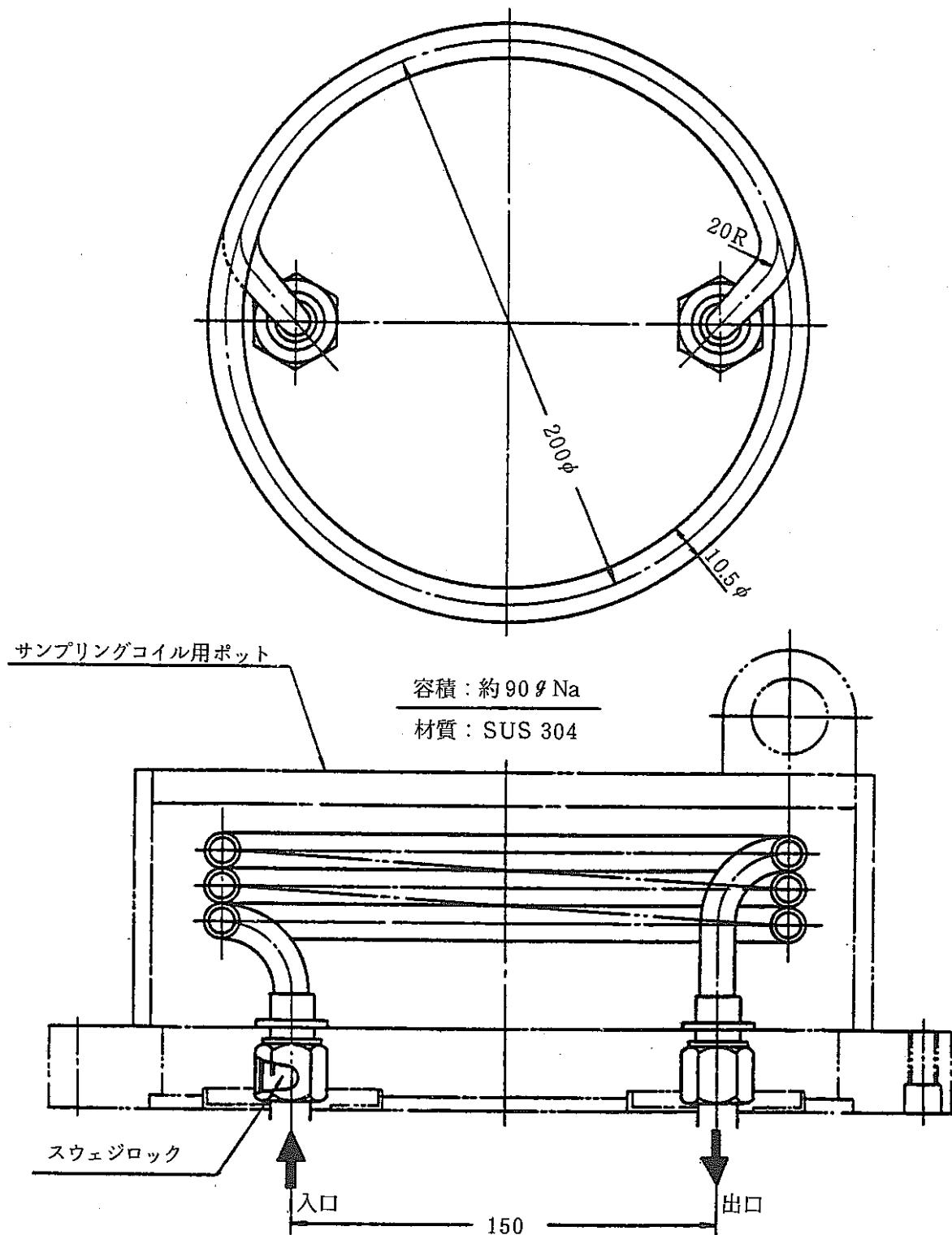


Fig. 2.4 1次ナトリウムサンプリングコイル

Sampling Coil for Primary Sodium

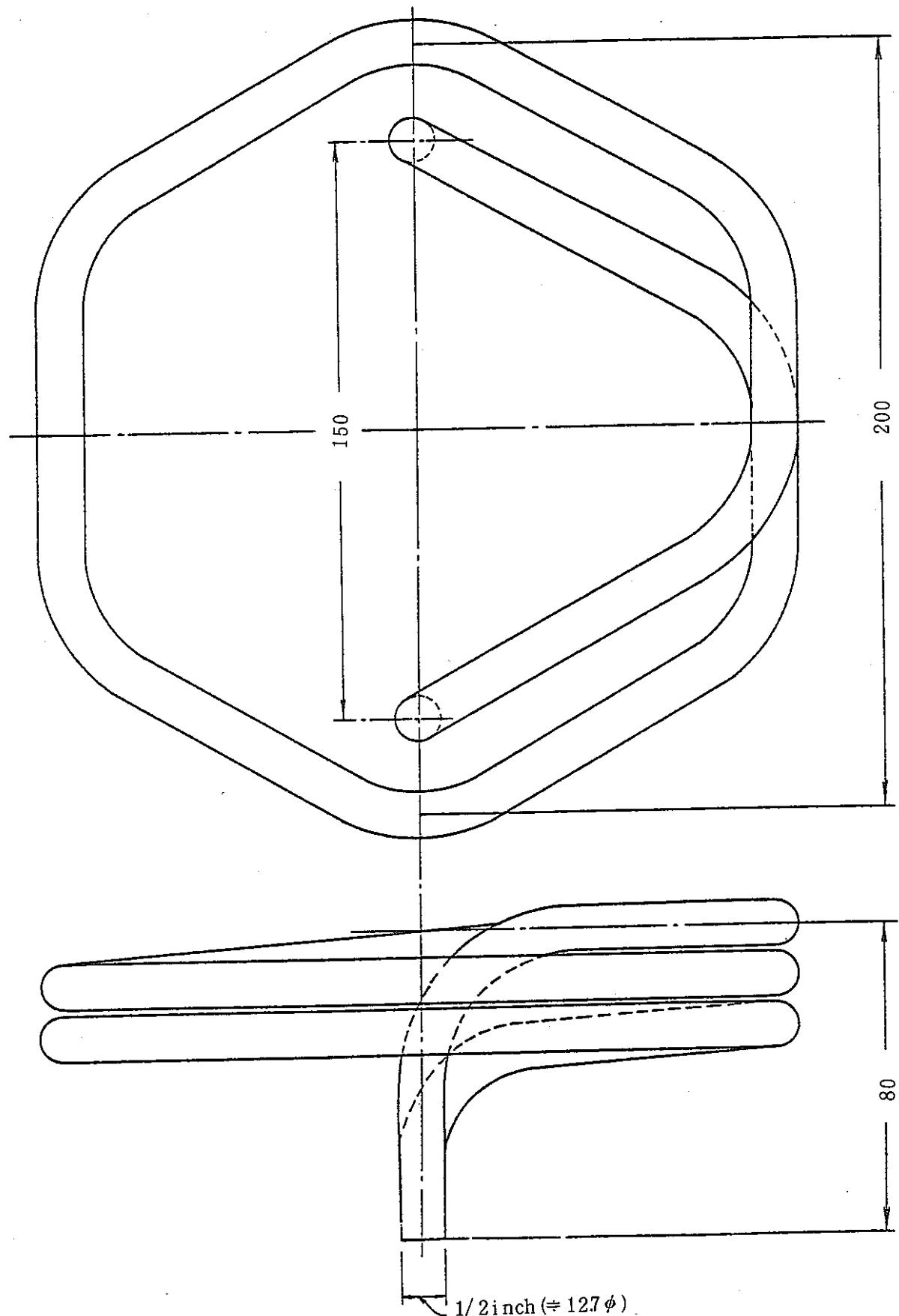


Fig. 2.5 C・P ト ラップ用サンプリングコイル

Sampling Coil for Trap of Corrosion Products  
in Primary Sodium

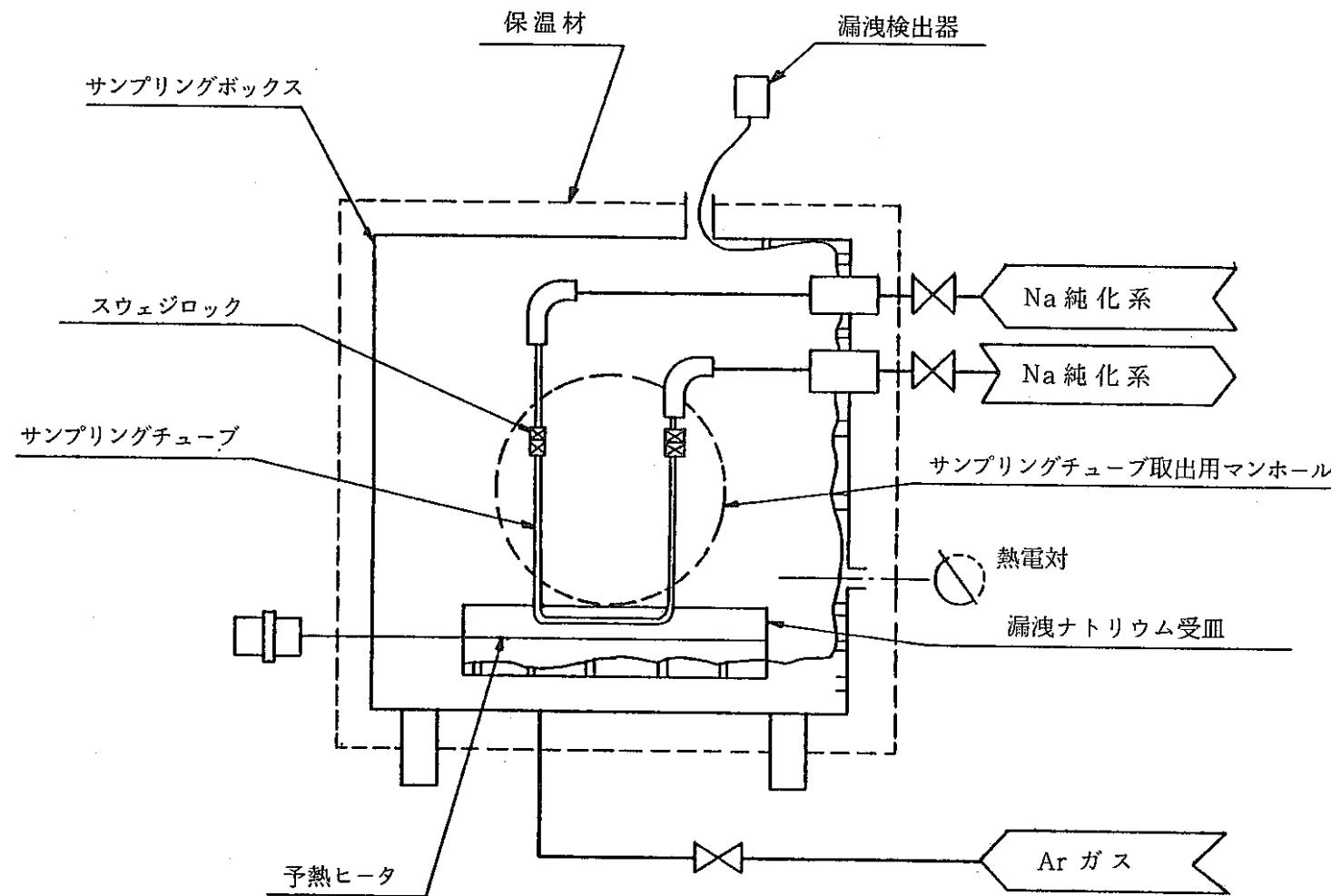


Fig. 2.6 2次ナトリウムサンプリング装置概略図

Sampling Equipment of Secondary Sodium

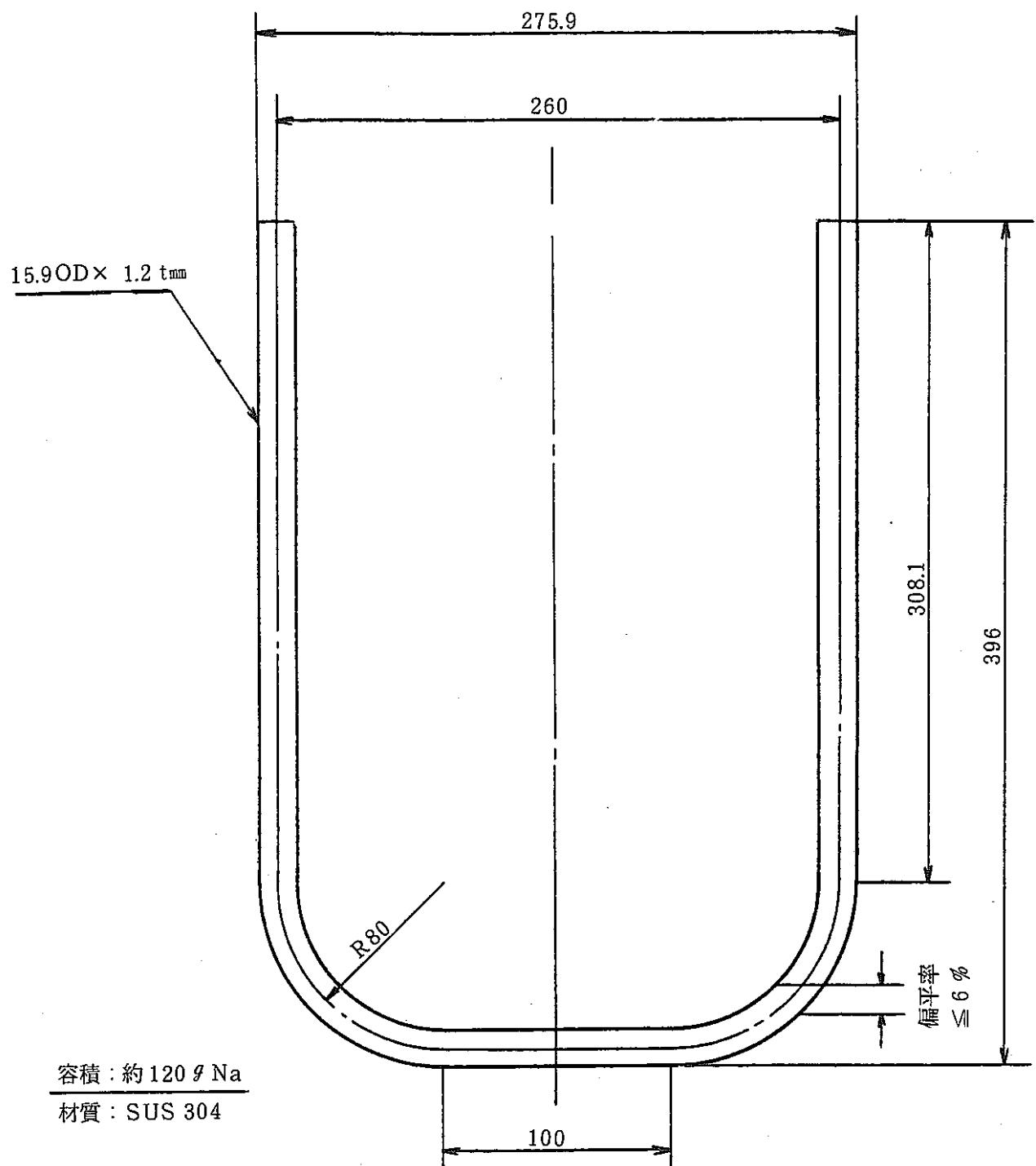


Fig. 2.7 2次ナトリウムサンプリングチューブ

Sampling Tube for Secondary Sodium

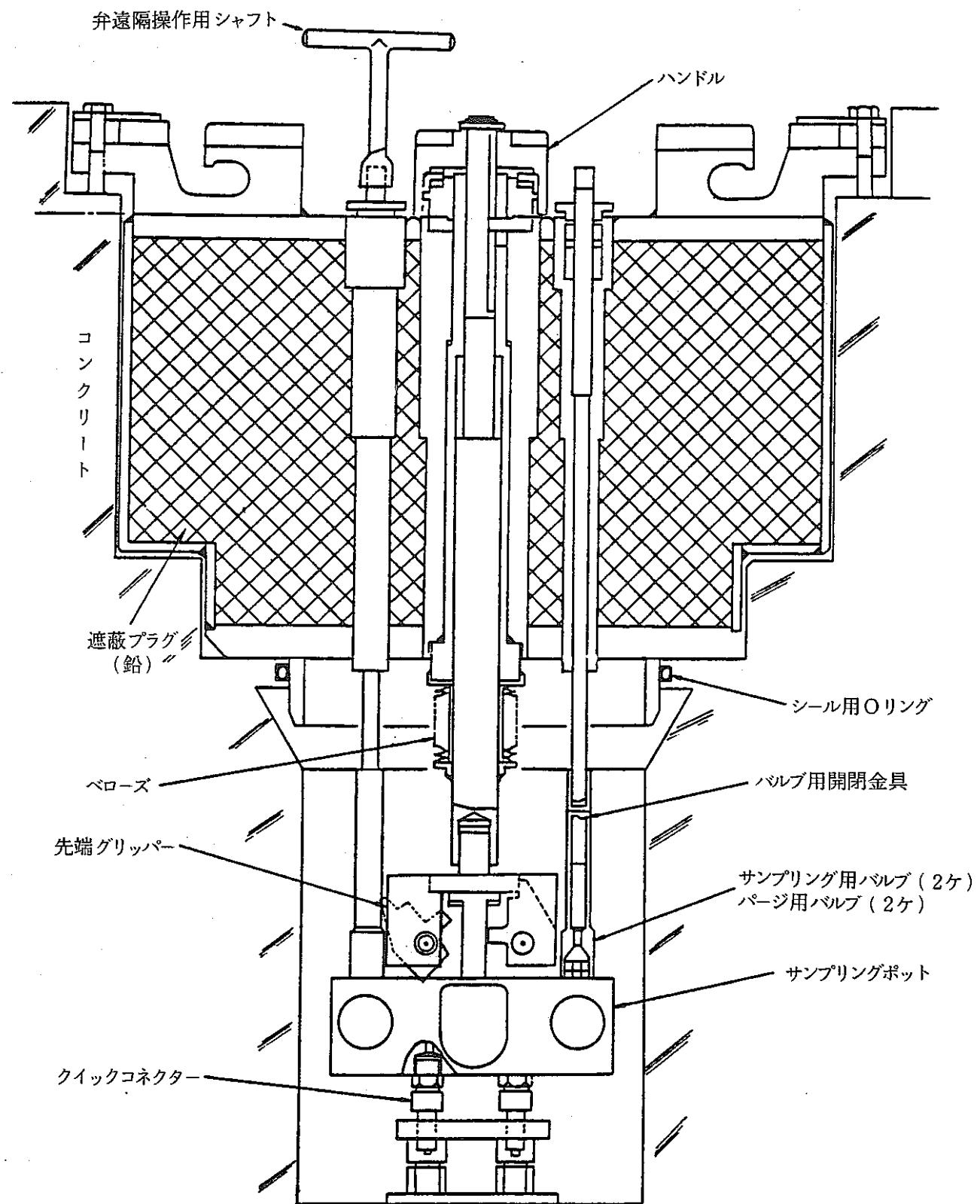


Fig. 2.8 1次カバーガスアルゴンサンプリング装置概略図

Vertical View of Sampling Equipment for Primary Argon Cover Gas

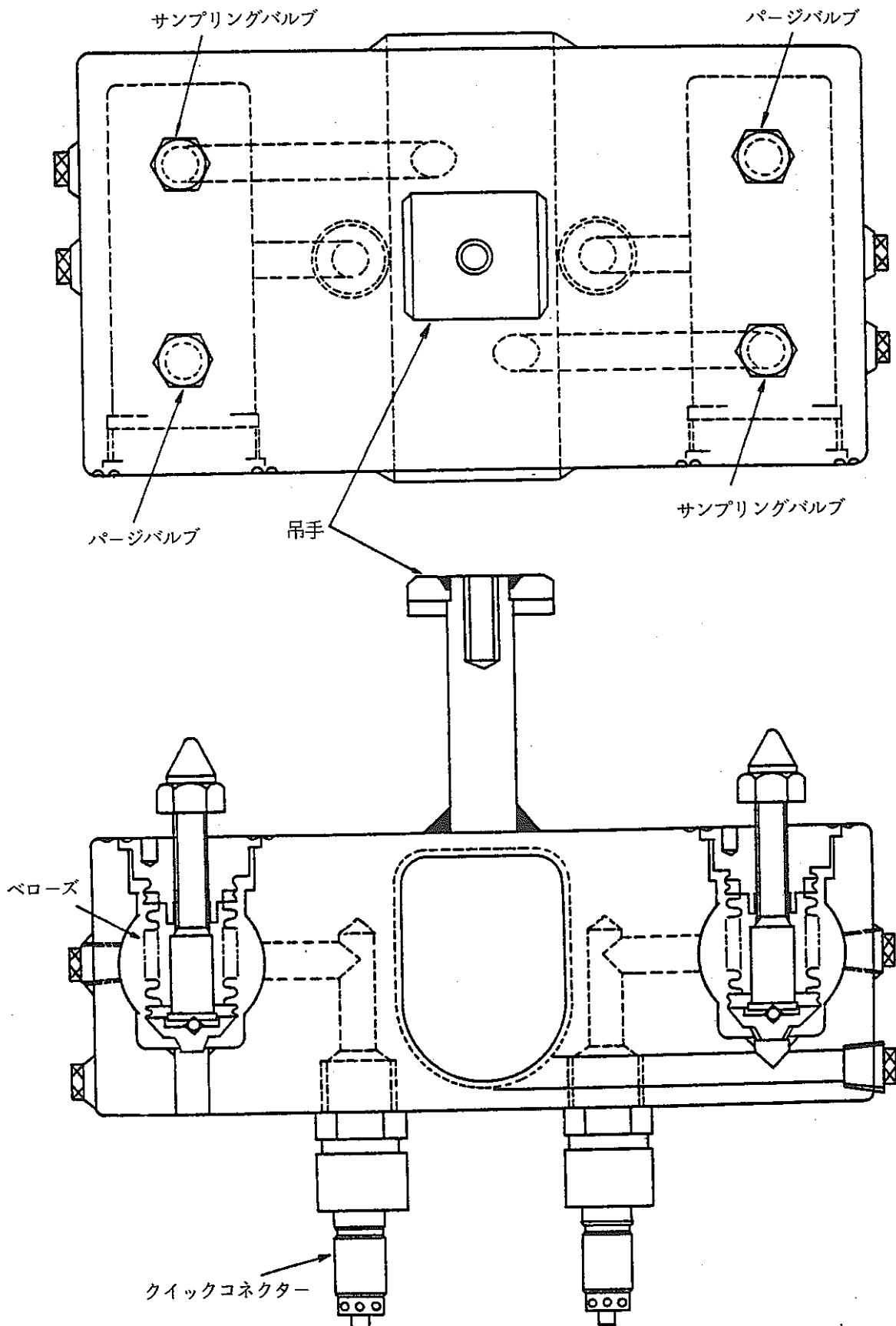


Fig. 2.9 1次カバーガスアルゴンサンプリングポット

Sampling Pot for Primary Argon Cover Gas

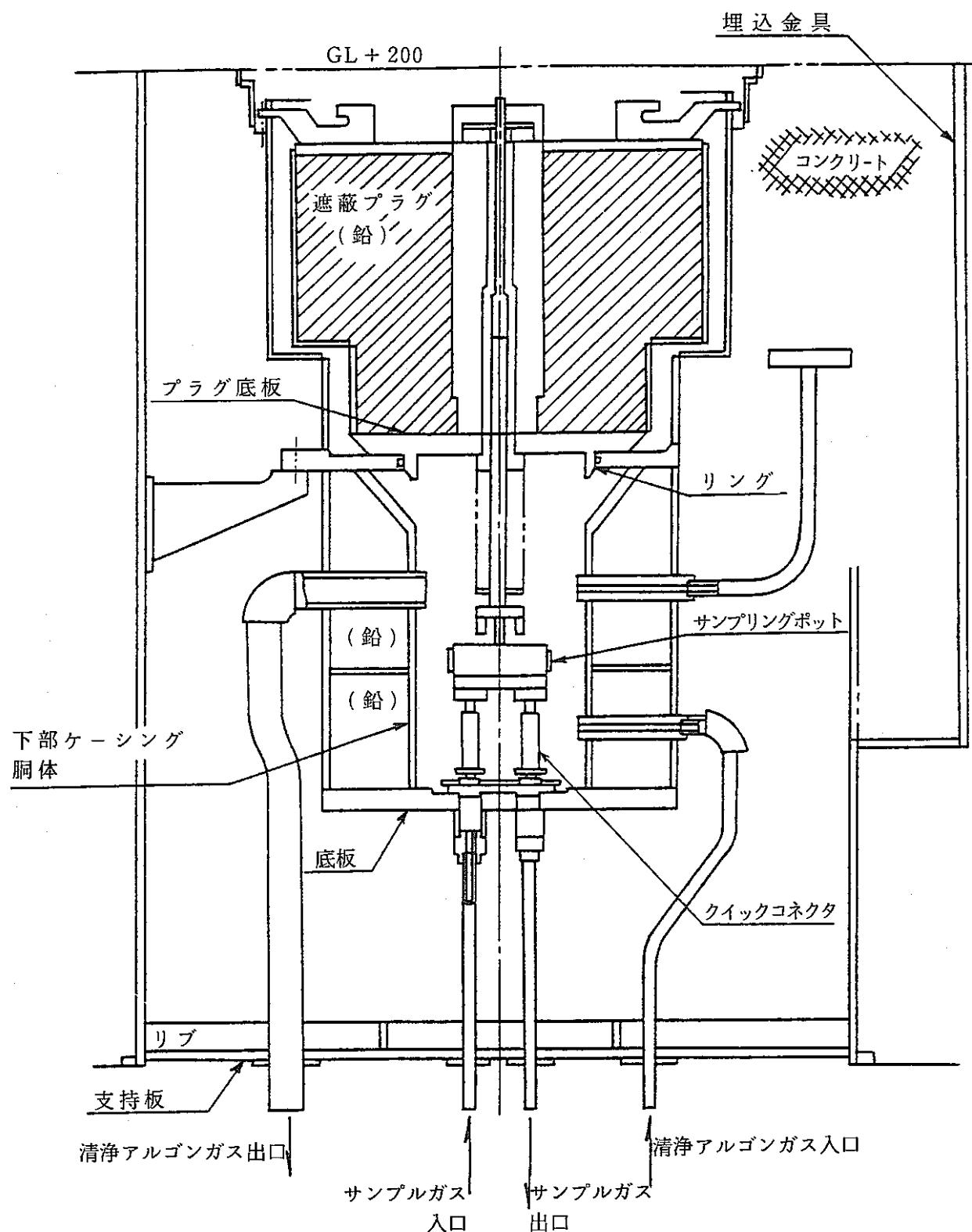


Fig. 2.10 1次カバーガスアルゴンサンプリング装置概略図(旧型)

Sampling Equipment for Primary Argon Cover Gas  
(Before Modification)

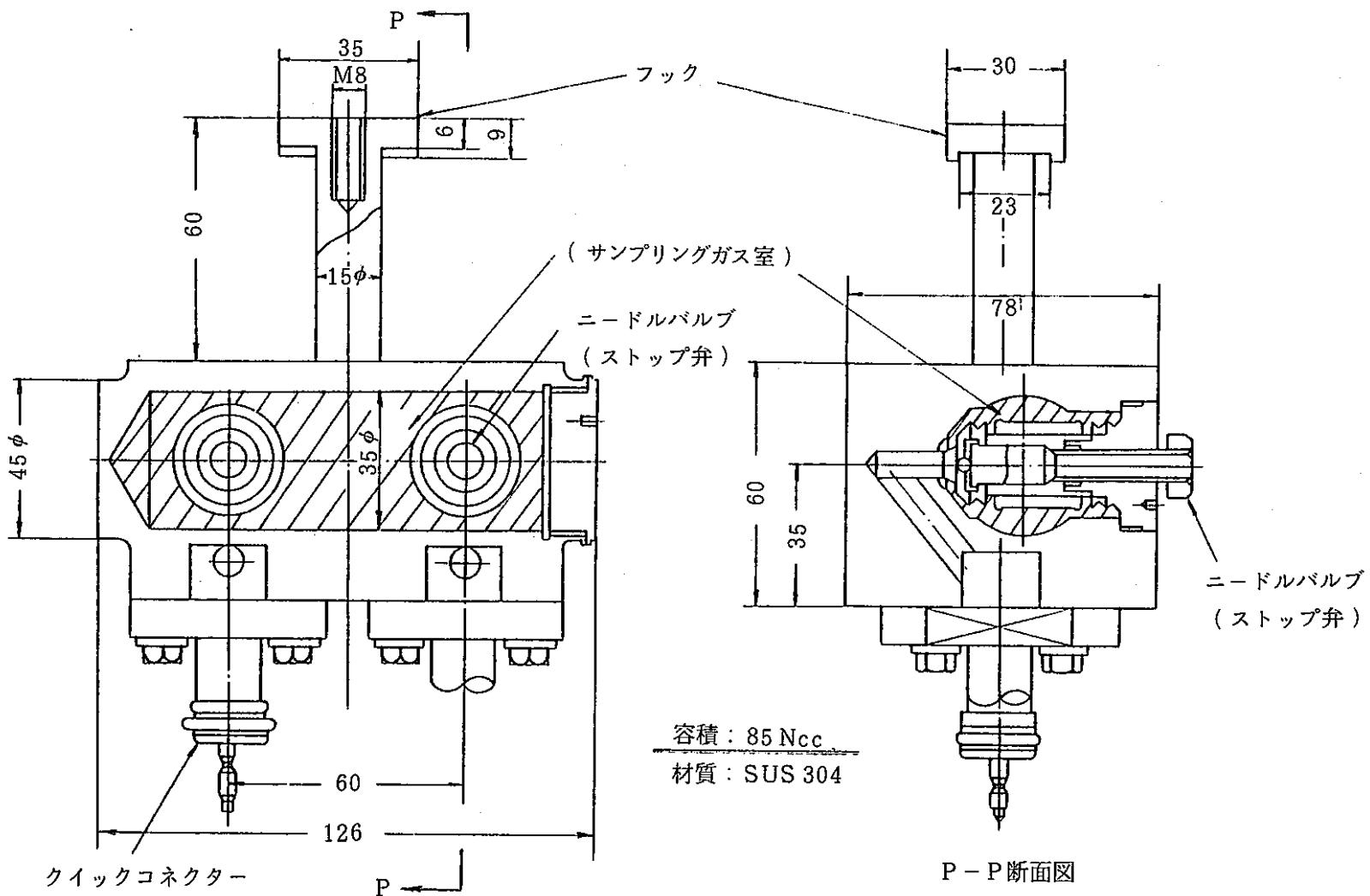


Fig. 2.11 1次カバーガスアルゴンサンプリングポット（旧型）

Sampling Pot for Primary Argon Cover Gas  
(Before Modification)

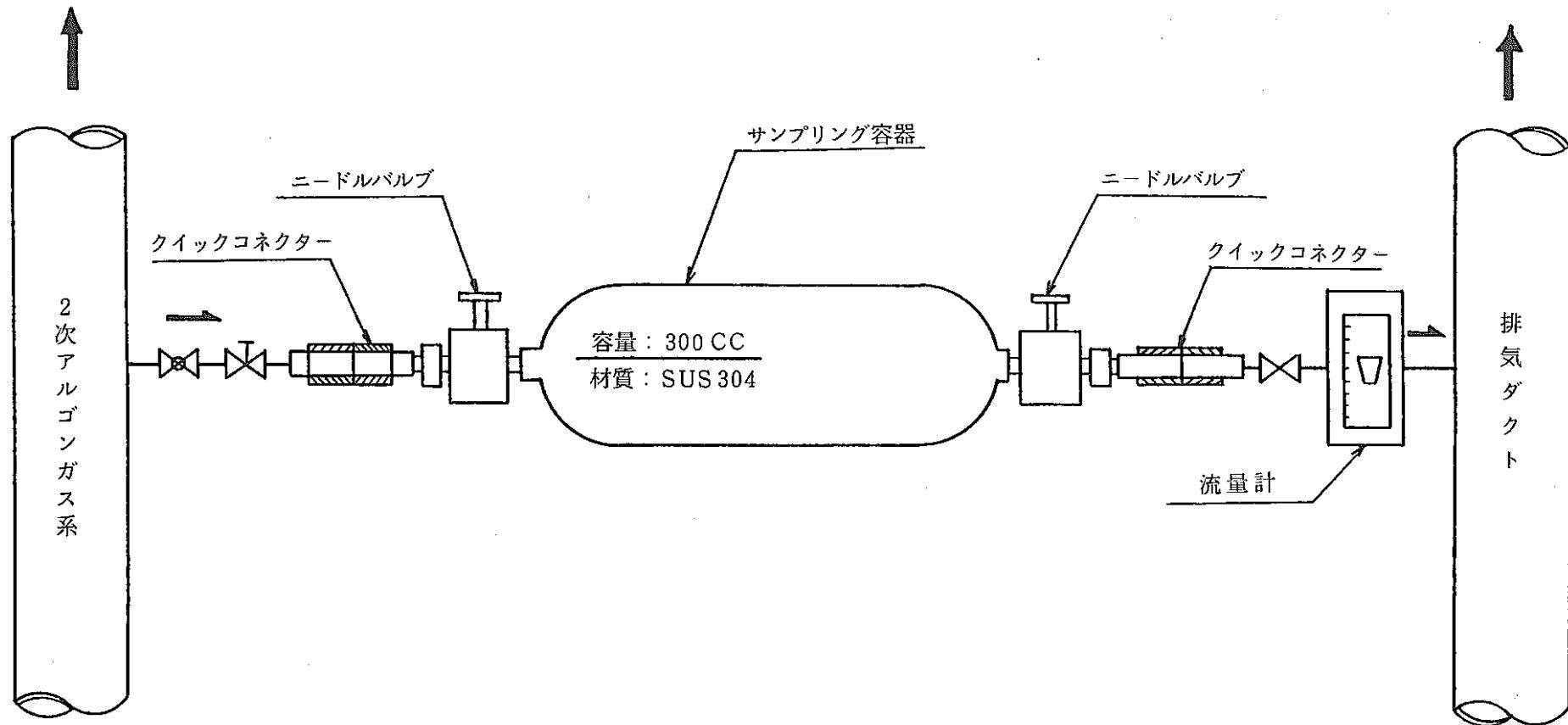


Fig. 2.12 2次カバーガスアルゴンサンプリング設備系統概略図

Sampling Equipment for Secondary Argon Cover Gas

### 3. サンプリング方法および分析方法

#### 3.1 サンプリング実施時期

「常陽」におけるナトリウムおよびアルゴンのサンプリング実施時期は、75MW定格運転期間中を通じて原子炉起動前（燃料交換終了後）、原子炉起動後（50MW出力時）、原子炉定格運転時、および原子炉停止後の4回を想定していた。しかし、現状では1次系ナトリウムの場合、サンプリングコイルの取出しに必要な放射能減衰期間（14日間）等の関係から1サイクル運転期間45日を通しての最大サンプリング回数は3回である。また、2次系ナトリウムおよび1次・2次系カバーガスアルゴンについては計画サンプリング回数および時期をほぼ満足することができた。Fig.3.1に計画工程を示す。これらのサンプリング工程は、上記各プラント状態に対応させた不純物濃度の変化を監視するという目的をほぼ満しているといえよう。

#### 3.2 フラッシング時間

「常陽」においてはナトリウムサンプリング時のフラッシング時間は、1次系の場合24～48時間、2次系では24時間を目標としている。フラッシングはサンプリングコイルおよびチューブ内の不純物の除去およびチューブ内の均一なナトリウム充填を目的としており、そのフラッシング時間の長さの基準は特に設けてはいない。

1次・2次系ナトリウムサンプリング時のフラッシング時間の実績は、後出（Table.4.1～Table.4.2）のように1次系の場合最短19.2時間から最長59.6時間とバラついており、また、2次系の場合でも21.4時間から70.5時間と1次系同様に大きいバラつきがある。ここで1次系の場合同Tableで上述のフラッシング時間より短いものがあるが、これらはフラッシング中ににおいてC.P（放射化生成物）のサンプラー内壁への沈着が観測されたため、これらの関係をつかむことを目的として、フラッシング時間を変更して放射性核種分析を実施したためである。

1次・2次系カバーガスアルゴンのフラッシング時間は、2時間を目標とした。

#### 3.3 サンプリング操作法

サンプリング操作法については、50MW運転終了までと75MW運転開始とで変更を行なった。Table.3.1～Table.3.3に変更前後の操作法の比較を示す。ナトリウムサンプリングのフラッシング手順では、1次・2次系共にフラッシング終了後の冷却時におけるナトリウムの体積収縮の対策およびフラッシング開始時の熱衝撃暖和への対策などの改善が重ねられた。初期の低出力期間中においては、ナトリウム温度の予熱ヒータ制御範囲との差が小さく体積収縮および熱衝撃などは大きな問題とはならなかった。しかし、50MW出力上昇試験の段階になって体積収縮および熱衝撃が問題となった。サンプリングコイルおよびチューブ内ナトリウムの体積収縮についてはフラッシング停止および冷却の方法が、また、熱衝撃についてはフラッシング開始の方法がそれぞれ改善された。

75MW運転移行後もフラッシング停止時の冷却方法について一部改善を行なった。1次系ナトリウムの改

善箇所は、Table. 3. 1 に見る通りフラッシング停止時の冷却方法である。すなわち、ナトリウム温度が約 150°C に冷却された時点でナトリウムの押込み操作を終了し、約 50°C に低下した時点で冷却を停止することとしていた。しかし、ここでのナトリウム温度とは Fig. 2. 2 に示したようにスウェジロックより下部（サンプリング部より上流）1B 配管部のナトリウム温度（TE 34.1-13）を検出しているため、サンプリングコイル内のナトリウム温度とは非常に大きい温度差がある。サンプリングコイル内のナトリウム温度冷却速度は、低出力試験時に実施された試験結果では約 4°C/min である。たとえば、原子炉停止中のナトリウム温度 250°C からサンプリング冷却したとすれば Fig. 3. 2 に示した冷却時の温度分布より約 60 分で完全に凝固する筈であるが、このときの TE 34.1-13 の降温速度は約 0.6°C/min と非常に小さく、60 分経過後の温度は約 210°C にとどまっている。つまり、測温部とサンプリングコイル内の温度差を確認したことにより、冷却操作でナトリウム温度が 150°C まで押込み操作を実施すれば、それ以後は冷却を止めてもサンプリングコイル中のナトリウムは凝固しているので、50°C まで冷却しなくても偏析は生じなくなることがわかった。これにより、150°C から 50°C までの冷却時間および冷却用アルゴンガスを節約できる方法に改善した。

2 次系ナトリウムも同様にフラッシング停止時の冷却操作を改善した。すなわち、50MW 出力上昇試験までの冷却操作は、出口弁を全閉後強制冷却を約 5 分間続けたあと入口弁を全閉にし、その後、3 時間後に冷却を停止していた。しかし 50MW 出力上昇試験時に実施したサンプリングチューブ冷却速度のデータ（Fig. 3. 3）からチューブのナトリウムの冷却速度は約 27°C/min であり、入口弁付近のナトリウム温度が約 150°C に到達した約 7 分後にチューブ中央部のナトリウムが固化する。改善前では入口弁を全閉にする時点はナトリウム温度が 150°C になった 3 時間後としていたが、ここでナトリウム温度は入口弁での温度であり、サンプラー内の温度を代表していないことがわかった。温度検出点が 150°C になった時点で入口弁を閉めればチューブ内のナトリウムは完全に固化されることになり、75MW 運転以降では冷却時間の短縮が可能となった。

これらの手順の改善によってナトリウムサンプルコイルおよびチューブ内のボイド（空洞）の発生は 1 次系の場合 29 回のサンプリング中に 13 回であったが、その状況は大巾に改善されている。ボイド発生の主なものは、サンプリングチューブ出口側 500mm に未充填部分が見られた（サンプル No. JNa I-54-06），また、入口側 300mm にもボイドの発生があった（サンプル No. JNa I-54-09）。他のサンプラーのボイドは、非常に小さいものであり、ナトリウム採取量も 90g 前後であり、分析の必要量を満たした。

2 次系の場合、25 回のサンプリング中にボイドは 5 回発生しているが、ボイド量は 1 次系同様に小さいものである。また、ボイドの発生頻度は 2 次系の方が少なく、サンプリング位置および強制冷却の効果がよく現われている。また、ナトリウム採取量が 89.5g と少ないことがあった（JNa II-55-02）が、その原因はサンプリングチューブの取付けが不完全であり、フラッシング開始後「ナトリウム漏洩」の ANN が発生したため、急拠出入口弁を同時に閉にして冷却したもので、ナトリウムの体積収縮の効果によるものである。

ここで 1 次・2 次系ナトリウムサンプリング分析に必要なナトリウム量は、1 次系の場合約 67g、2 次系の場合は約 56g である。この必要量はサンプラー内にボイド等が発生していないものに対してであり、ボイドがある場合はその部分を分析対象外とするため、必要量は、増加することになる。75MW 運転に移行後のナトリウム採取量は、これらのナトリウム分析必要量を十分満足した。

尚、後出の分析結果（Table. 4.1）のうち J Na I-56-02, 05, 08 はナトリウム採取量が 23.4g, 26.4g, および 42.0g と非常に少ないが、これは Fig. 2.5 に示した C.P（放射化生成物）トラップ用サンプリングコイルを用いたためであり、当該コイル中には C.P 除去選定用のテストピースを装填し、それを取出し、分析を容易とするようにナトリウムのサンプリングコイル中への充填量を少なくする方法をとったことによる。すなわち操作法としては、通常サンプリング操作法（Table. 3.1）とはまったく逆で、フラッシング停止の際は、入口弁を全閉にした後、出口弁を全閉にしたためである。

### 3.4 サンプリング分析方法

「常陽」においてサンプリングしたナトリウムおよびカバーガスアルゴンに対し、一般成分の分析は大洗工学センターナトリウム分析棟に実施を依頼している。一方、放射性物質の分析についてはナトリウム分析棟における分析の他、「常陽」においても 1 次系について独自にピュアゲルマニウム半導体検出器を用いた  $\gamma$  線計測を行い、核種分析を実施している。

ナトリウム分析棟では、ナトリウムに関しては Fig. 3.4 および Fig. 3.5 に示す様に、常に各成分毎に指定された分析位置からナトリウムを分取し、Fig. 3.6 に示す分析操作を経て各成分の濃度を測定している。一方、カバーガスアルゴンに関しては Fig. 3.7 に示す分析操作を経て各成分の濃度を測定している。

各成分に対する分析法の概要を以下に記す。

#### 3.4.1 一般成分

##### (1) ナトリウム

###### (a) O (酸素)

分析法： 真空蒸留分離中和滴定法

概要： サンプラーからナトリウム溶出法（溶出温度約 120 ℃）により分取した後、真空蒸留法により蒸発除去し、酸化ナトリウムを蒸留残渣として分離する。蒸留残渣を蒸留水で溶解し、生成する水酸化ナトリウムを塩酸標準溶液を用いて中和滴定し、間接的に酸素を定量する。

###### (b) C (炭素)

分析法： 湿式酸化ガスクロマトグラフ法

概要： サンプラーからナトリウムを押出法により分取した後、低圧水蒸気により分解し、生成塩を硫酸で中和する。これを蒸発乾固した後、湿式酸化剤を加えて加熱し、炭素を酸化する。

生成する二酸化炭素はコールドトラップに捕集した後、キャリアガスでガスクロマトグラフに送気して定量する。

###### (c) N (窒素)

分析法： ミクロケールダール法

概要： サンプラーからナトリウムを押出法により分取した後、濃厚な水酸化ナトリウム溶液を滴下して加水分解させる。これを水でうすめ、アルゴンガスを通じながら加熱

して窒化物の加水分解により生成したアンモニアを蒸留分解して希塩酸溶液に捕集する。

これにフェノールと塩酸を加え、生成したインドフェノール青を吸光度計により測定して窒素を定量する。

(d) H (水素)

分析法：アマルガム還流法

概要：清浄な反応容器内にナトリウムアマルガムを入れ、内部に高純度アルゴンガスを満たす。

サンプラーからナトリウムを押出法により分取した後、反応容器内アマルガム中に投入し、溶解した後、380℃に加熱し、水素化合物の分解によりアルゴンガス中に放出された水素ガスをガスクロマトグラフ法により測定して水素を定量する。

(e) Cl (塩素)

分析法：比濁法

概要：サンプラーからナトリウムを押出法により分取した後、低圧水蒸気により分解し、生成塩を硝酸塩で中和して微酸性とした後、硝酸銀を加え、生成した塩化銀の濁りにもとづく吸光度を測定して塩素を定量する。

(f) Cr (クロム), Ni (ニッケル), Fe (鉄), Mo (モリブデン)

分析法：真空蒸留分離原子吸光光度法

概要：酸素分析(上記(a))後の溶液を塩酸によって溶液調整した後、原子吸光光度法により各金属成分を定量する。

(2) カバーガスアルゴン

分析対象は、N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO (一酸化炭素), CO<sub>2</sub> (二酸化炭素), H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> (メタン), He (ヘリウム)である。

分析法：ガスクロマトグラフ法

概要：サンプルガスをガスクロマトグラフに導入し、各成分のガスクロマトグラムを記録測定して定量する。

### 3.4.2 放射性物質

(1) ナトリウム

(ナトリウム分析棟での分析)

(a) C.P (放射性腐食生成物)

分析対象は<sup>51</sup>Cr, <sup>54</sup>Mn (マンガン), <sup>60</sup>Co (コバルト)等である。

分析法： $\gamma$ 線計測法

概要：3.4.1 (1) (a) (酸素分析)と同様にして得た蒸留残渣を酸溶解し、この酸溶解液をゲルマニウム半導体検出器を用いて $\gamma$ 線計測することにより定量する。

(b) F.P (放射性核分裂生成物)

分析対象は<sup>131</sup>I (ヨウ素), <sup>137</sup>Cs (セシウム), <sup>140</sup>Ba - <sup>140</sup>La (バリウム - ランタン)である。

(i) <sup>131</sup>I

分析法 :  $\gamma$ 線計測法

概要 : サンプラーからナトリウムを溶解法により分取した後, 低圧水蒸気により分解し, 硫酸で中和して硫酸酸性溶液とする。これに酸化剤を加えてヨウ素を酸化し, 四塩化炭素で抽出分離する。

有機層からヨウ素を還元性溶液中に逆抽出した溶液について  $\gamma$ 線計測して <sup>131</sup>I を定量する。

(ii) <sup>137</sup>Cs

分析法 :  $\gamma$ 線計測法

概要 : サンプラーからナトリウムを溶解法により分析した後, 低圧水蒸気により分解し, 硫酸で中和して微酸性溶液とする。

この溶液からモリブデン酸による共沈法でセシウムを分離した後,  $\gamma$ 線計測して <sup>137</sup>Cs を定量する。

(iii) <sup>140</sup>Ba - <sup>140</sup>La

分析法 :  $\gamma$ 線計測法

概要 : C.P の分析と同様の処理にて得た酸溶解液からバリウム - ランタンを分離した後,  $\gamma$ 線計測して <sup>140</sup>Ba - (<sup>140</sup>La) を定量する。

(c) <sup>3</sup>H (トリチウム)

分析法 :  $\beta$ 線計測法

概要 : サンプラーからナトリウムを溶解法により分取した後, 水酸化ナトリウム溶液を滴下して分解し, 発生するガスを酸化炉を通じて酸化し, トリチウム水としてコールドトラップに捕集する。試料分解液は塩酸で中和し, 水分を完全に蒸留してナトリウム塩と分離し, 蒸留留出水分を捕集する。捕集水は液体シンチレータに混合し,  $\beta$ 線計測してトリチウムを定量する。

(2) カバーガスアルゴン

(ナトリウム分析棟での分析)

(a) F.P

分析対象は<sup>133</sup>Xe (キセノン), <sup>85</sup>Kr (クリプトン) である。

分析法 :  $\gamma$ 線計測法

概要 : サンプラーからガスを分取して計測用容器に封入し, これをゲルマニウム半導体検出器を用いて  $\gamma$ 線計測して定量する。

(b)  ${}^3\text{H}$

分析法 :  $\beta$  線計測法

概 要 : サンプラーからガスを分取し、キャリアガスとともに酸化炉に流し、トリチウムを酸化してトリチウム水とする。流出ガス中のトリチウム水をコールドトラップに捕集し、これに液体シンチレータを加え、 $\beta$  線計測してトリチウムを定量する。

Table. 3.1 1次ナトリウムサンプリング方法の変遷

Modification of Sampling Method for Primary Sodium

		75MW運転時の操作法	50MW出力上昇試験時の操作法	低出力試験時の操作法	備考
一 次 ナ ト リ ウ ム	フ ラ ッ シ ン グ 開 始 後	サンプリング装置の機器、配管の予熱終了後、入口弁及び出口弁を徐々に微開し、数ステップの操作を経て全開にする。	同 左	サンプリング装置の機器、配管の予熱終了後、入口弁及び出口弁を直ちに全開にする。	熱衝撃緩和対策
	フ ラ ッ シ ン グ 停 止 時	出口弁全閉後、アルゴンガスによる冷却を開始し、純化系EMP吐出圧力を利用してナトリウムをサンプリングコイル内に押し込みながら冷却を行ない、ナトリウム温度が約150℃になった時点で入口弁を全閉にし、冷却を停止する。なお、サンプリング装置の予熱ヒータは冷却開始と同時に全て切る。	出口弁全閉後、アルゴンガスによる冷却を開始し、純化系EMP吐出圧力を利用してナトリウムをサンプリングコイル内に押し込みながら冷却を行ない、ナトリウム温度が約150℃になった時点で入口弁を全閉し、ナトリウム温度が約50℃となった時点で冷却操作を停止する。  なお、サンプリング装置の予熱ヒータを冷却開始と同時に全て切る。	入口弁及び出口弁をほぼ同時に全閉後、アルゴンガスによる冷却を開始し、ナトリウム温度が約50℃となった時点で冷却操作を停止する。	体積収縮対策

Table.3.2 2次ナトリウムサンプリング方法の変遷

Modification of Sampling Method for Secondary Sodium

		75 MW 運転時の操作法	50 MW出力上昇試験時の操作法	低出力試験時の操作法	備考
二 次 ナ ト リ ウ ム	フ ラ ッ シ ン グ 開 始 時	サンプリング装置の機器、配管の予熱終了後、入口弁及び出口弁をほぼ同時に全開にする。	同 左	同 左	—
		出口弁全閉後、ナトリウムを押し込みながら軸流ファンを用いて空気による強制冷却操作を行ない、ナトリウム温度が150°Cになった入口弁を全閉にし、ナトリウム温度が50°Cになったら冷却を停止する。 なお、サンプリング装置の予熱ヒータは冷却開始と同時に全て切る。	出口弁を全閉後、約5分間程度入口弁全開の状態で、ナトリウムを押し込みながら軸流ファンを用いて空気による強制冷却を約3時間行なった後、冷却操作を停止した。 なお、サンプリング装置の予熱ヒータを冷却開始と同時に全て切る。	入口弁及び出口弁を全閉後、軸流ファンを用いて空気による強制冷却を約3時間行なった後、冷却操作を停止する。	体積収縮対策

Table. 3.3 カバーガスアルゴンサンプリング操作法  
Sampling Method for Argon Cover Gas

系 統		50MW出力上昇試験以降の操作法	低 出 力 試 験 時 の 操 作 法	備 考
一 次 カ バ ー ガ ス ア ル ゴ ン	フ ラ ッ シ ン グ 開 始 時	入口弁及び出口弁をほぼ同時に全開にする。	同 左	—
	フ ラ ッ シ ン グ 停 止 時	出口弁を全閉後、数分間入口弁全開の状態でカバーガスアルゴンをサンプリングポット内に押し込む操作を行った後、入口弁を全閉とする。	入口弁及び出口弁をほぼ同時に全閉とする。	サンプラ内負圧 防止対策
二 次 カ バ ー ガ ス ア ル ゴ ン	フ ラ ッ シ ン グ 開 始 時	入口弁及び出口弁をほぼ同時に全閉にする。	同 左	—
	フ ラ ッ シ ン グ 停 止 時	出口弁を全閉後、数分間入口弁全閉の状態でカバーガスアルゴンをサンプリング容器内に押込む操作を行った後、入口弁を全閉とする。	入口弁及び出口弁をほぼ同時に全閉にする。	サンプラ内負圧 防止対策

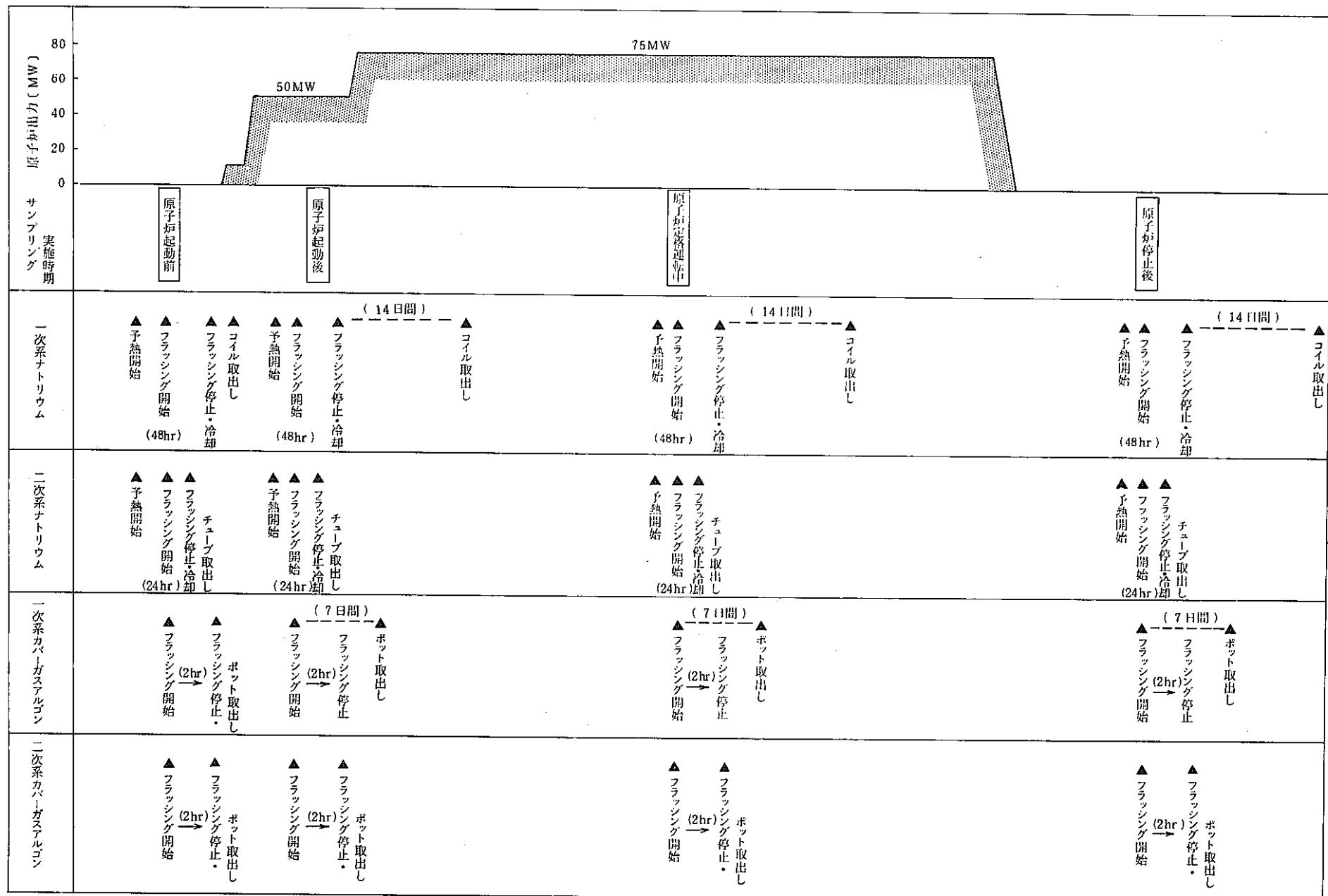


Fig. 3.1 サンプリング実施時期想定図

Sampling Schedule for Rated Cycle Operation

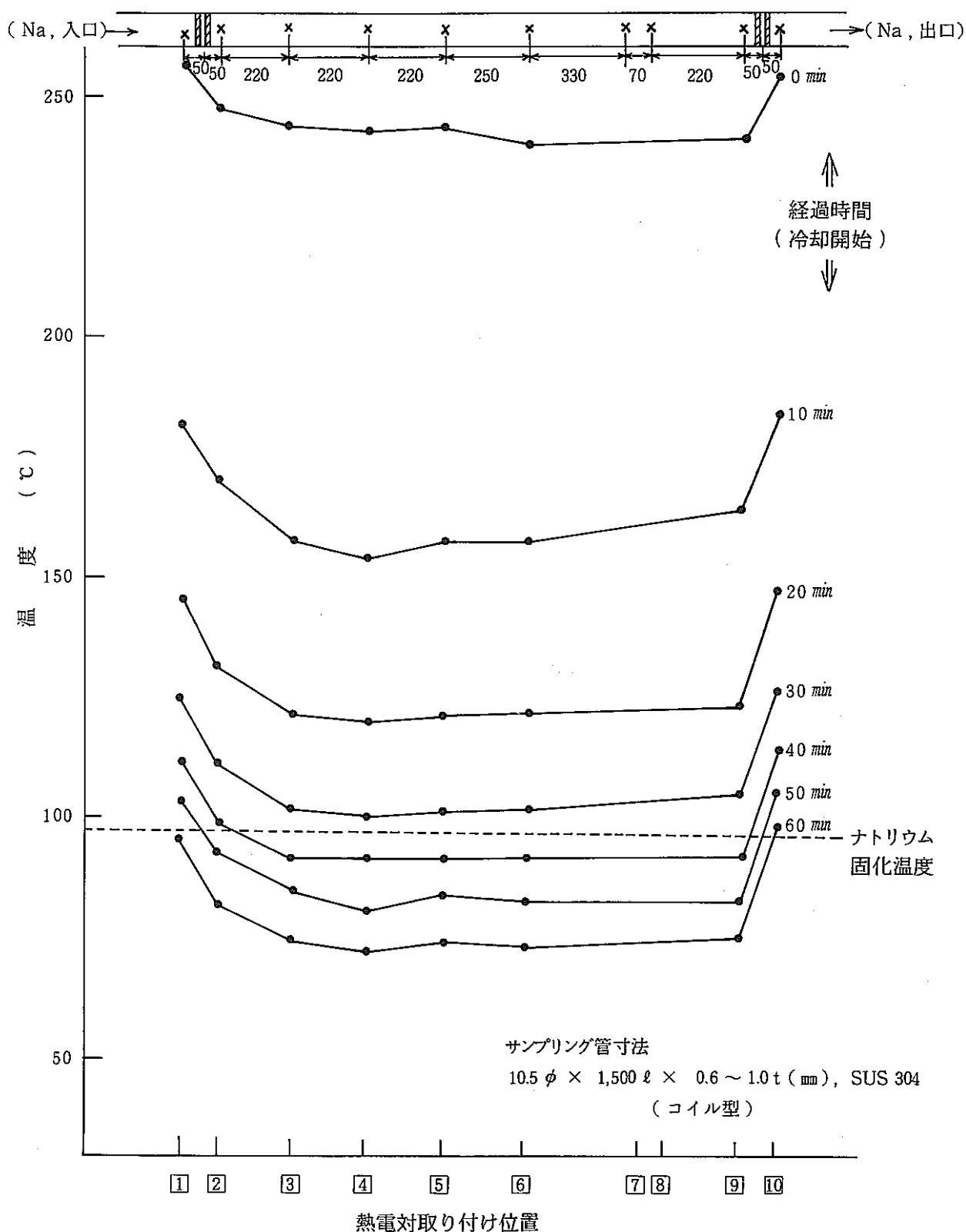


Fig. 3.2 1次系ナトリウムサンプリングコイルの冷却時の温度分布(低出力試験時)

Temperature Distribution of Sampling Coil for Primary Sodium during Cooling Down (at Low Power Test)

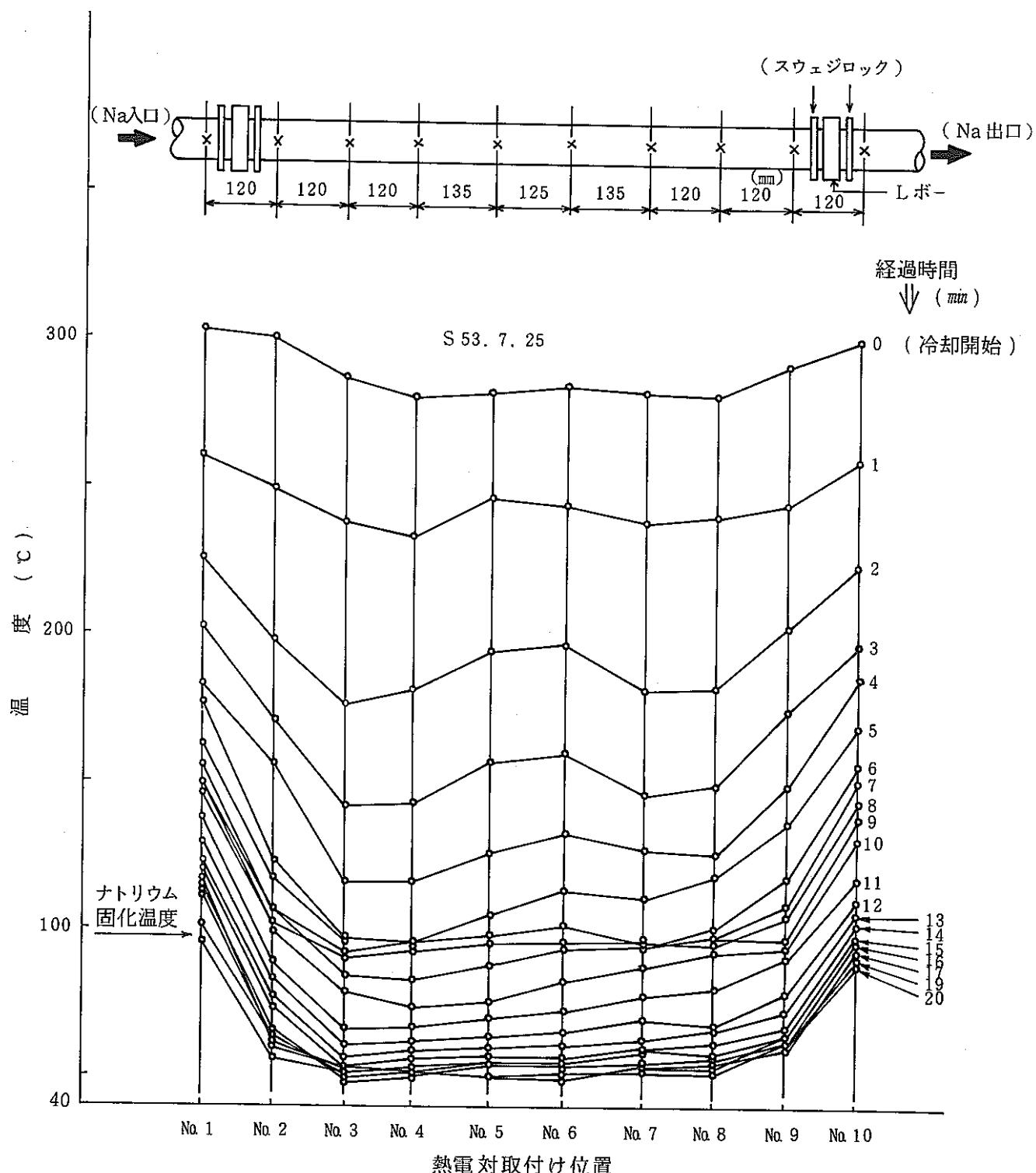


Fig. 3.3 2次系ナトリウムサンプリングチューブの冷却時の温度分布( 50MW出力上昇試験時 )

Temperature Distribution of Sampling Tube of Secondary Sodium during Cooling-Down (at 50 MW Power Ascension Test)

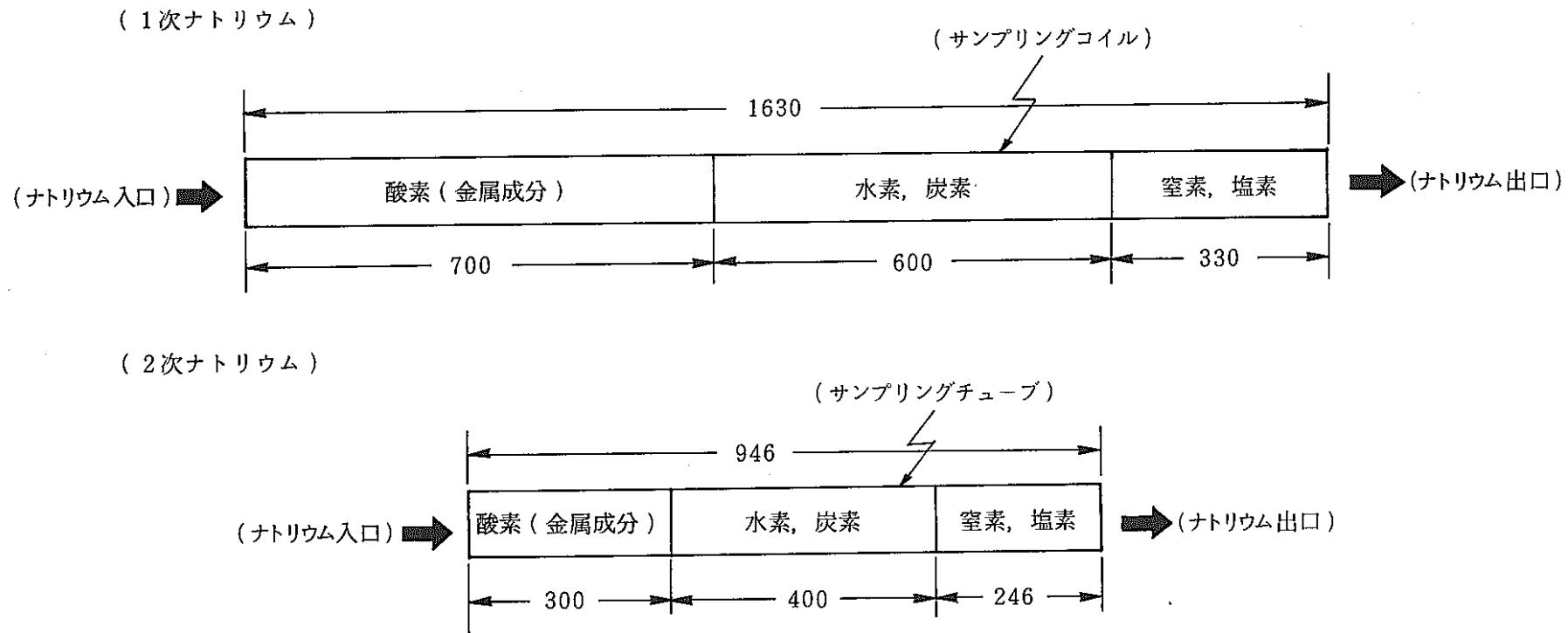


Fig. 3.4 1次および2次ナトリウム試料の分析区分(一般成分)

Arrangement of Analytical Sections of Sampling Tubes  
for Primary and Secondary Sodium (for General Elements)

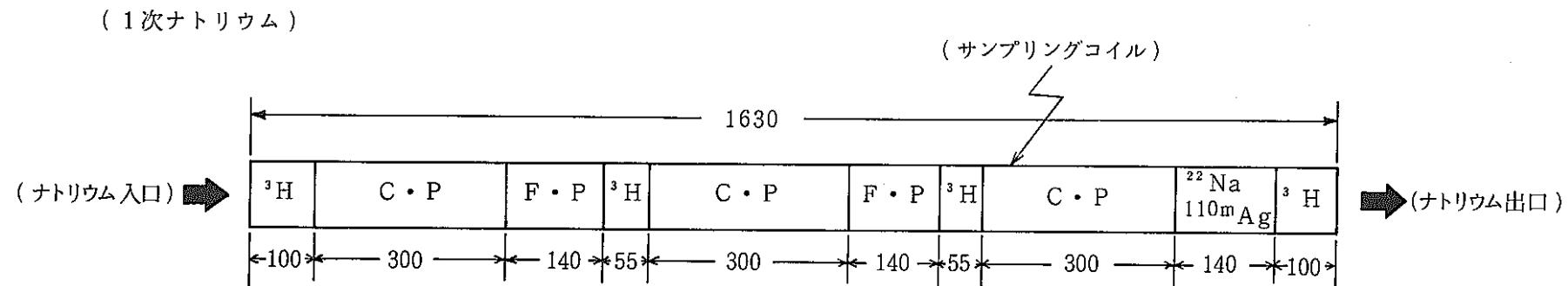


Fig. 3.5 1次ナトリウム試料の分析区分(放射性物質)

Arrangement of Analytical Sections of Sampling  
Tube for Primary Sodium (for Radioactive Elements)

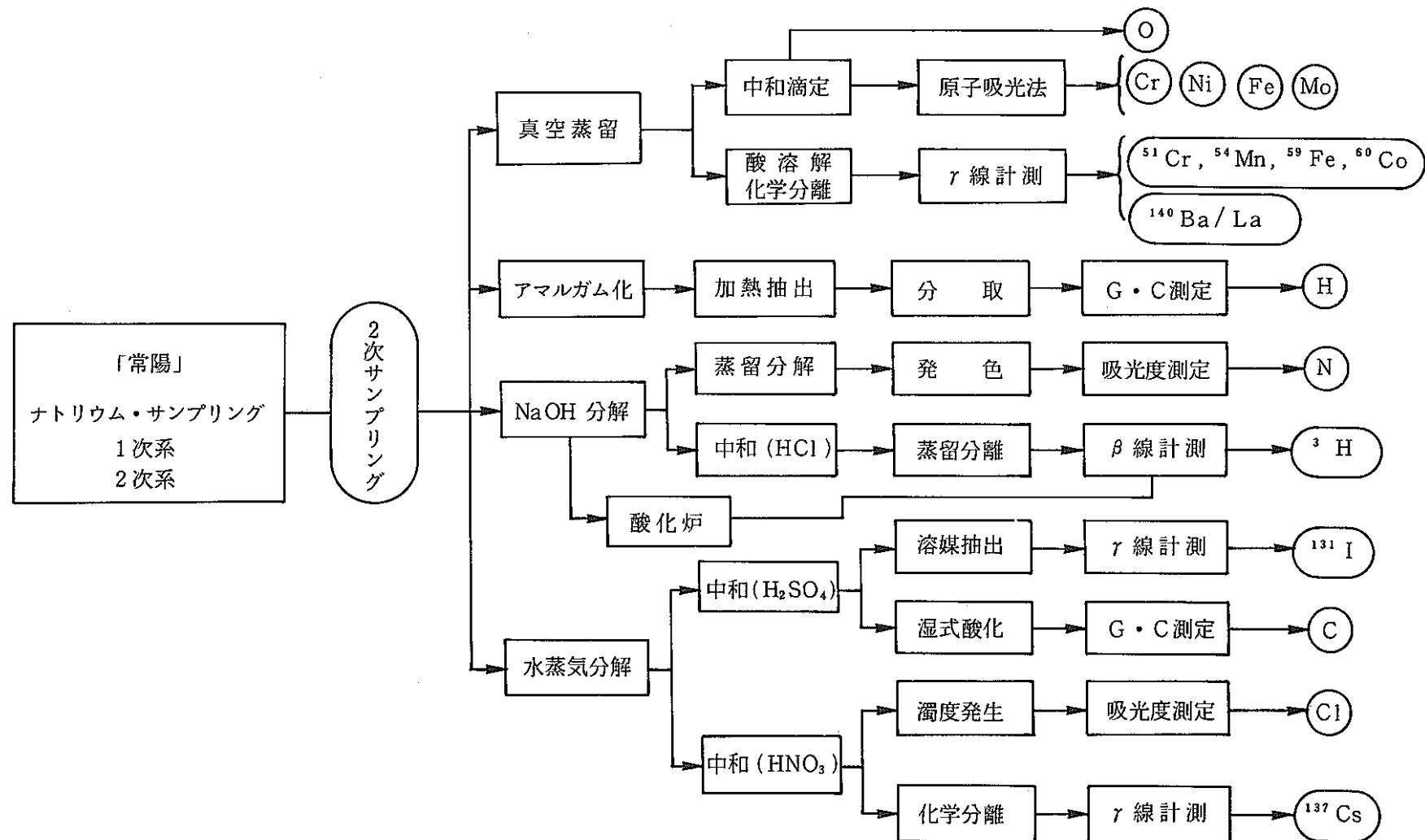


Fig. 3.6 ナトリウム中の不純物分析操作手順

Order of Impurity Analysis of Sodium

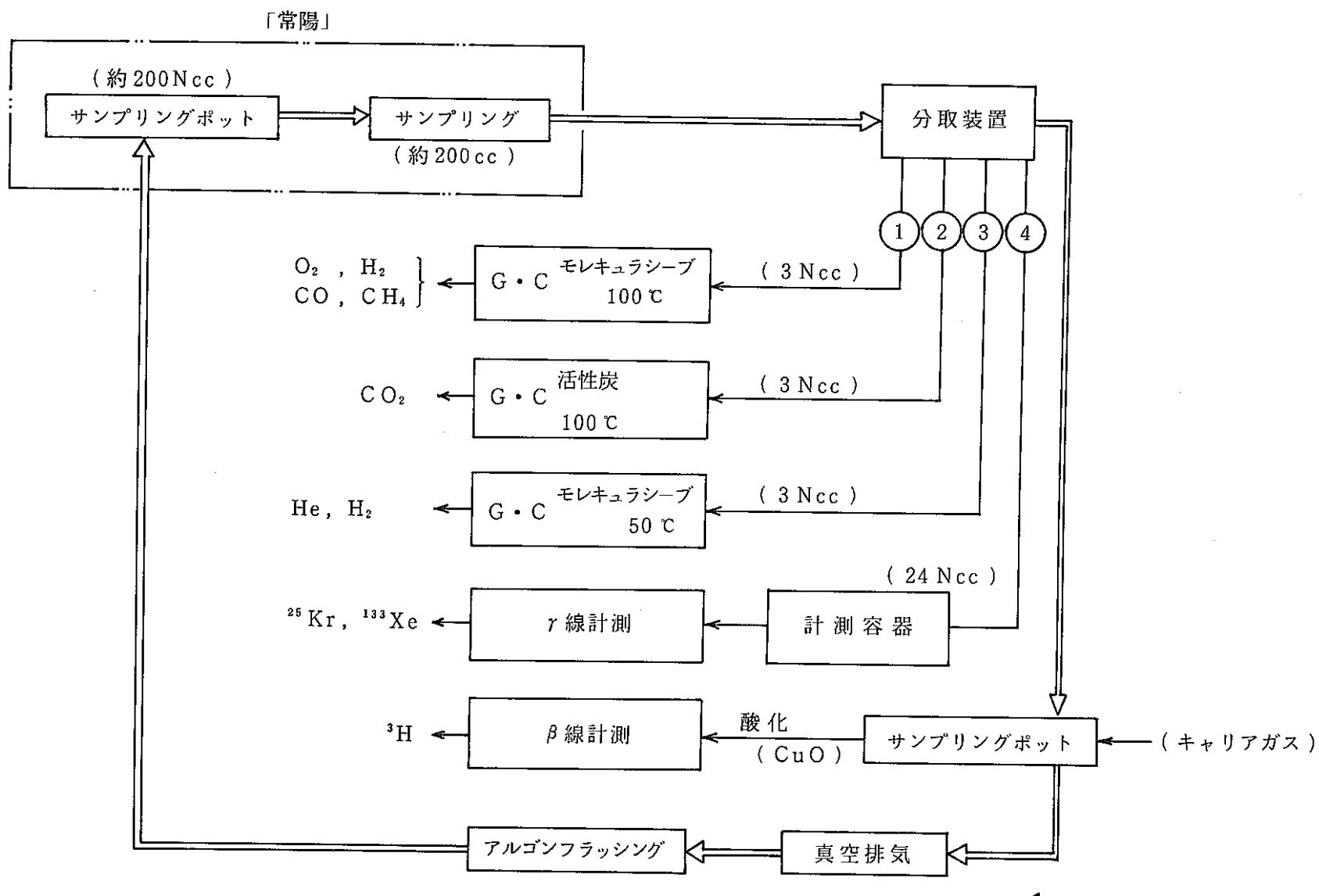


Fig. 3.7 1次カバーガスアルゴン中の不純物分析操作手順

Order of Impurity Analysis of Primary Argon Cover Gas

## 4. サンプリング分析結果

### 4.1 ナトリウムおよびカバーガスアルゴンの純度管理目標値および分析成分

「常陽」における冷却材ナトリウムおよびカバーガスアルゴンの純度管理目標値および分析成分をTable 4.1に示す。本管理目標値は、ナトリウム中の酸素濃度についてはプラント寿命中の材料腐食量から決定されたものであるが、他の成分については諸外国における純度管理基準値を参考に設定されたものである。

各成分の管理目標値に関しては、材料サーベラント結果および「常陽」での純度分析データの結果を基に現実に即したものとなる様に検討している。即ち、現在のところ「常陽」としては、純度管理“基準値”的名称は採らず、純度管理“目標値”として取扱っている。

Table. 4.1 ナトリウムおよびカバーガスアルゴン純度管理目標値  
Reference Value of Purity Control of Sodium and Argon

	成 分	管 理 目 標 値		分 析 方 法
		1 次 系	2 次 系	
ナ ト リ ウ ム	O	10 wt.ppm以下	20 wt.ppm以下	真空蒸留分離中和滴定法
	C	30 "	50 "	湿式酸化ガスクロ法
	N	50 "	- "	ミクロケールダール法
	H	5 "	10 "	アマルガム還流法
	C1	30 "	50 "	比濁法
	Ni	5 "	5 "	真空蒸留・原子吸光光度法
	Cr	5 "	5 "	"
	Fe	10 "	10 "	"
	Mo	-	-	"
カ バ ー ガ ス ア ル ゴ ン	Bi, Sn, In	(注 1)	-	真空蒸留・原子吸光光度法
	C.P&F.P	(注 2)	-	$\gamma$ 線(β線)計測法
ガ ス ア ル ゴ ン	N <sub>2</sub>	2500 vol.ppm以下	5000 vol.ppm以下	ガスクロマトグラフ法
	O <sub>2</sub>	30 "	50 "	"
	CO	10 "	20 "	"
	CO <sub>2</sub>	20 "	30 "	"
	H <sub>2</sub>	20 "	30 "	"
	CH <sub>4</sub>	10 "	20 "	"
	He	-	-	"
	F.P	(注 3)	-	$\gamma$ 線(β線)計測法

(注 1) フリーズシールメタル混入の有無の確認のため実施する。

(注 2) C.P : <sup>51</sup>Cr, <sup>54</sup>Mn, <sup>59</sup>Fe, <sup>60</sup>Co を対象とする。目標値なし。

F.P : <sup>131</sup>I, <sup>137</sup>Cs, <sup>140</sup>Ba, <sup>140</sup>La, <sup>3</sup>H を対象とする。目標値なし。

(注 3) F.P : <sup>133</sup>Xe, <sup>85</sup>Kr, <sup>131</sup>I, <sup>3</sup>H を対象とする。目標値なし。

#### 4.2 サンプリング経過

75 MW性能試験から、75 MW定格運転第6サイクルまでの1次・2次ナトリウム純化系の運転データをFig. 4.1～Fig. 4.16に示す。また、上記期間のサンプリング実施時期とプラント状態との関係をFig. 4.17(1/3～3/3)に示す。本期間中の純化系の運転は特筆すべき問題はなかったが、1次系の場合75 MW第4サイクルからコールドトラップ圧力損失の増加があった。その都度圧力損失回復操作(コールドトラップ設定温度の上昇)を行なったが、プラギング温度測定およびサンプリング分析によるナトリウム純度の低下は観測されず、プラギング温度は140°C以下であった。

Table. 4.1においてプラギング温度が140°C以下となっているのは、「常陽」のプラギング温度測定系の設計仕様が、Claxtonの酸素溶解度式を参考にしており、1次系では150°C - 10 ppm(O<sub>2</sub>)が測定下限となっているためであり、サンプリング時のコールドトラップ設定温度が120°Cの状態では、プラギング温度の正確な測定は不可能であることになる。また、サンプリング時におけるプラギング温度の測定は、サンプリングコイルのフラッシングに伴う純化系流量の変化(増加)のため適正流量が得られず、不可能となる。そのため当該プラギング温度はフラッシングの前後での測定値である。コールドトラップの設定温度が120°Cの時のプラギング温度については、それより高い温度でのコールドトラップ設定温度とプラギング温度と見做せるので、プラギング温度を140°C以下としてよい。

サンプリング実施回数は、1次系ナトリウムの場合29回で各サイクル毎3～4回実施できた。これはFig. 3.1に示した計画をほぼ満足するものである。2次ナトリウムサンプリングについては合計25回であり、1次系に比べてサンプリング回数が少ないので、75 MW第1サイクルから第3サイクルの期間にサンプリング装置の出入口バルブに不具合が発生し、それらの復旧作業でサンプリングができなかつたためである。また、1次カバーガスアルゴンのサンプリングは、合計38回、また、2次系カバーガスアルゴンでは、オーバーフロータンクから32回、ダンプタンクから32回の合計64回実施した。

#### 4.3 ナトリウムおよびカバーガスアルゴンサンプリング分析結果

本期間ににおける1次・2次系ナトリウムおよびカバーガスアルゴンの一般成分の分析結果をTable. 4.2～4.6に、同不純物濃度の推移をFig. 4.18～4.22に示す。

1次系については、Fig. 4.17(1/3～3/3)に示すように各プラント状態におけるサンプリング実施時期と、定期検査に伴うNaドレン、Na充填、純化系における改造工事等(1次プラギング計)および燃料交換作業との関連における濃度の推移が対応できるよう配慮した。

分析結果から次のことが明らかになった。

##### (1) 1次および2次系ナトリウム

ナトリウム中の不純物濃度はTable 4.3に示す2次系の酸素濃度25 ppmの1点(J Na II - 55 - 01)を除き、1次・2次系共に管理目標値を満足していた。

定検等に伴う1次系ナトリウムドレンおよび充填後は、分析結果を見る限り特に著しい濃度変化は無く通常値である。また、Table 4.2に見るように、炭素濃度が23.6 ppm(J Na I - 55 - 12)と通常値よりも高い値を示した例があった。その原因として考えられるものの1つに、第2回定検期間中の昭和55年11月

22日から12月16日まで実施された自動連続式1次プラギング計の改造工事中に、何らかの不純物が混入した可能性があったと推定される。それが真の原因であるか否かは明確ではない。なお、その後のサンプリング( J Na I - 55 - 13 )の結果から、炭素濃度は定常運転値の値に回復しており、現状では、この工事による影響は消滅したといえよう。

燃料交換時前後のサンプリング分析結果は、Fig. 4. 18 と Table. 4. 2 に見るように燃料交換時前後におけるナトリウム中の水素濃度に若干の変化が生じている。その例として燃料交換前( J Na I - 54 - 09 )と燃料交換後( J Na I - 55 - 02 )の水素濃度の値が3倍程度高くなっている。しかし、管理目標値の面からは十分満足する値である。また、燃料交換前後の濃度変化は、カバーガスアルゴンについても同様であるが、詳細は後で述べる。

原子炉起動前後ではナトリウムの場合、著しい濃度変化は無い。しかし、カバーガスアルゴンでは不純物濃度の顕著な変化があり、それについては後に述べる。

なお、2次系の場合Fig. 4.19 と Tabl 4.3 に示されるように、昭和55年7月16日( J Na II-55-01 )の酸素濃度が25 ppmと管理目標値を5 ppm上回る分析結果が出たが、これは前述のように2次ナトリウムサンプリング装置の出入口弁不良でフラッシングが十分に行なわれていなかったためと思われる。その後、出入口弁の修理工事を行ない、その間2次系ナトリウムのサンプリングを中止した。復旧後のサンプリング分析結果では、工事に伴う不純物の混入は検出されていない。

Fig. 4. 23 に2次系のコールドトラップ温度とプラギング温度との関係を示す。両温度の対応関係が比較的良好であり、純化系の運転による系統の純化がスムーズに行なわれていることがわかる。

1次・2次ナトリウム中の不純物成分のうち、酸素および水素の濃度についてコールドトラップ温度およびプラギング温度と分析値の関係を、Fig. 4. 24 ~ Fig. 4. 27 にそれぞれ示す。ここで、酸素溶解度曲線として、Claxton, Eichelberger およびPNCの式を、水素溶解度曲線としてはVisserの式を示した。これらの関係から次のことが言える。

### 1) 酸素濃度の分析値

- (a)  $140 \pm 10$  °C の範囲では1次系はEichelberger およびPNCの溶解度曲線と良く合っている。2次系ではデータ数が少ないため何ともいえない。
- (b)  $120$  °C 近傍では、1次系、2次系ともバラツキが大きく上記の溶解度曲線より高めに出ている。1次系の場合  $140$  °C 近傍の値を上回っている。しかし、Claxton の溶解度よりはいずれも低めの値である。

### 2) 水素濃度の分析値

分析値全般では、1次系はバラツキが大きく Visser の溶解度曲線より高めに出ている。2次系は同曲線より若干高めに出ているが  $120$  °C ~  $130$  °C の範囲ではいずれもよい一致を示す。

3.2 節で述べたようにC.Pのサンプラー内壁への沈着を調査するため実施したC.Pトラップ材選定試験( J Na I - 56 - 02, 05, 08 )の分析結果については現在検討中である。

### (2) 1次および2次系カバーガスアルゴン

1次系および2次系のカバーガスのサンプリング分析結果をそれぞれTable 4. 4 ~ Table 4. 6 に示す。

1次系の場合、水素、メタンおよび窒素が管理目標値を超えたケースがあったが、その他の成分は管理目標値をほぼ満足していた。

2次系についてはすべて管理目標値を満足する結果が得られた。

サンプリング実施時期とそのプラント状態を対比させてFig. 4.17 ( 1/3 ~ 3/3 ) に示す。プラント状態とサンプリング分析結果との関係を見ると、燃料交換後の原子炉起動前と原子炉起動後では、系統温度上昇と共に高くなる傾向にあり ( Fig. 4.30 参照 ), 燃料交換作業と水素濃度との因果関係が存在するといえる。また、第 2.5 節で記したガスクロの測定実績からも燃料交換作業中における水素濃度の上昇を確認している。その 1 例を以下に示す。

75MW運転 ( MK - I ) 終了後、昭和 57 年 1 月から MK - II への移行作業 ( 殆んど全ての炉心構成要素の交換作業 ) に入ったが、その期間の 1 次系カバーガス中の水素濃度が著しい変化を示した。すなわち A CT - 6 ( 昭和 57 年 3 月 20 日 ~ 5 月 1 日、炉心構成要素 90 本交換 ) におけるガスクロでの水素濃度の指示値は、3 ~ 5 ppm であり、正常であったが、燃料交換機 ( INCO ) による炉内燃料移送作業に入ると、水素濃度指示値の顕著な増大が見られた。この時の濃度推移を Fig. 4.31 に示す。このような水素濃度の上昇現象は、燃料出入機 ( EXTRA ) によって案内スリーブを回転プラグの交換機孔に装荷する時点から始まり、INCO のグリッパー予熱開始まもなくピーク ( 約 280 ppm ) に達し、その後次第に低下し通常値にもどった。この現象は燃料交換終了後にこれらの機器のグリッパをアルコール洗浄するため、グリッパに付着したエチルアルコールが炉内のナトリウムと反応して水素を発生し、カバーガス中の水素濃度が上昇するためであると推定される。この因果関係は同作業毎に同じパターンで繰り返し観測されることから、ほぼ確実であると考えてよい。これらの現象はナトリウムおよびカバーガスの純度管理上、非常に重要な問題である。そこで、炉内へのアルコール混入を極力小さくするため、燃料取扱機器のうち INCO についてはグリッパを洗浄後、付着アルコールを除去するために乾燥させた結果、水素濃度は、乾燥前の約 30 % に低下した。この時の濃度推移を Fig. 4.32 に示す。

また、前記の原子炉起動前の水素濃度の変化は、カバーガス中で気化したエチルアルコールのうちナトリウムと反応しきれなかったものがカバーガス中に残留していて、これが原子炉起動時のナトリウム温度上昇に伴うカバーガス中へのナトリウムベーパーの増加により、ナトリウム・アルコール反応が促進される結果であろうと考えられる。これらの反応現象については第 5 章で詳しく述べる。

次に窒素濃度の上昇についても 1 例があるので以下に示す。

窒素分析値のうち特に変化が著しかったのは、Table 4.4 の J Ar I - 55 - 10 で、この時の分析値は約 3 % と通常値 500 ~ 600 ppm の 50 ~ 60 倍も高い濃度であった。この異常が発見されたのは、昭和 56 年 3 月 9 日のガスクロの窒素濃度指示値が 25,000 ~ 30,000 ppm という値を示したことによる。

この時期はちょうど第 2 回定検が終了し、75MW 第 4 サイクル原子炉起動前であった。窒素濃度の異常上昇の原因として、(1) 定検期間中に実施された作業および操作に伴う窒素または空気の流入、(2) 1 次アルゴンガス系等のラインまたは機器からの連続的な空気あるいは窒素の吸込みが考えられた。

窒素濃度を低下させるためのいくつかの操作を実施した。第 1 段階として炉容器、ダンプタンク、オーバーフロータンクをそれぞれ隔離してガスパーティを行なった。以下にそれぞれのパーティ方法について述べる。

## 1) 炉容器パージ(昭和56年3月11日, 11時35分~18時15分)

炉容器の場合, Fig. 4.33 に示すようにダンプタンク(A), (B), オーバーフロータンクをそれぞれ隔離して呼吸ガスヘッダからガスパージを実施した。パージ時のアルゴン廃ガスは, FFD-CG法のラインを利用して燃取廃ガス系より格外アルゴン廃ガス処理系に排気した。パージ所要時間は6時間40分で、パージ前のガスクロによるカバーガス中窒素濃度は, 25,000~27,000 ppmであったが、パージ終了後には1,600 ppmまで一旦低下した。

## 2) オーバーフロータンクパージ(昭和56年3月11日, 19時40分~22時20分)

本パージ開始前, 1次主ポンプ流量を100%→20%に下げ、純化系電磁ポンプとオーバーフロー系電磁ポンプをそれぞれ停止し、炉容器カバーガス圧力を+200mm Aqまで昇圧して隔離、またダンプタンクは呼吸状態のまま加圧ヘッダよりパージを実施した。Fig. 4.34 にパージ時のフローシートを示す。

パージ時間は2時間40分で、タンク内圧力を0.1kg/cm<sup>2</sup>G~0.8kg/cm<sup>2</sup>Gの範囲で昇降させるパージを5回実施した。

## 3) ダンプタンクパージ(昭和56年3月11日~12日, 23時15分~6時00分)

本パージについても2)同様炉容器については隔離状態で、オーバーフロータンクは呼吸状態で実施した。Fig. 4.35 にパージ時のフローシートを示す。

パージ時間は6時間45分で、タンク内圧力を2)と同様に0.1kg/cm<sup>2</sup>G~0.8kg/cm<sup>2</sup>Gの範囲で約2回実施した。

以上に述べたパージ終了後の窒素濃度は6,000 ppmであった。Fig. 4.28 にガスクロによる窒素濃度推移を示す。

第2段階としてFFD-CG法のラインを利用してパージを2回実施した(昭和56年3月12日16時05分~13日9時25分, 3月13日13時30分~14日9時00分)。このパージ方法は、連続的に清浄アルゴンガスを流し込む方法で、オーバーフロータンクおよびダンプタンク共にパージを行なった。Fig. 4.36 にパージ時のフローシートを示す。

このパージ開始前の窒素濃度は、約6,000 ppmであったが、第1回目パージ終了時には600 ppmとだいたい通常値の濃度に低下した。これらの濃度推移をFig. 4.29 に示す。また、このパージに使用したアルゴンガス量は、1回目(パージ時間15時間25分)206m<sup>3</sup>で、2回目(パージ時間19時間30分)は229m<sup>3</sup>であった。

ガスパージ終了後のガサンプリングを3月14日(J Ar I-55-11(Table 4.4))に実施した結果、窒素濃度は652 ppmであった。

その後の窒素濃度の推移をFig. 4.30 に示す。

これらのガスパージの結果により、今後また何らかの原因でカバーガス内の窒素濃度が上昇しても今回のパージ方法(特にFFD-CG法ラインを利用したもの)を用いれば短時間でカバーガス内の純度回復を行なうことが出来ることを確認した。

## 4.4 1次ナトリウムおよびカバーガスアルゴン取り出し時のサーベイ結果

1次系ナトリウムおよびアルゴンは取り出し時毎に放射線サーベイを実施している。Fig. 3.1 から分かるように、ナトリウムの場合フラッシング停止後14日間放射能を減衰させてからサンプリングコイルの取

り出しを行ない、カバーガスアルゴンの場合は同様に7日間経過してからポットの取り出しを行なうようにしている。これらはすべて取り出しを行なう際の作業者への被曝を制限するためである。今回取り出し時のサーベイ記録のあるものについてTable 4.2 およびTable 4.4 にそれぞれ示す。

結果より1次系ナトリウムでは、原子炉定格運転時の場合フラッシング停止から14日間経過後の取り出しコイル表面の線量率は約2mR/hである。<sup>※</sup> カバーガスアルゴンでサンプリングポット表面の線量率はすべて0.03mR/h以下であった。

※ 表面線量率が50mR/hという一例があったが( J Na I - 54 - 09 ), これはフラッシング停止後、コイル取り出しまでの冷却期間が7日間と通常の1/2であったことによる。

(注) 原子炉出力はFig 4.9参照のこと

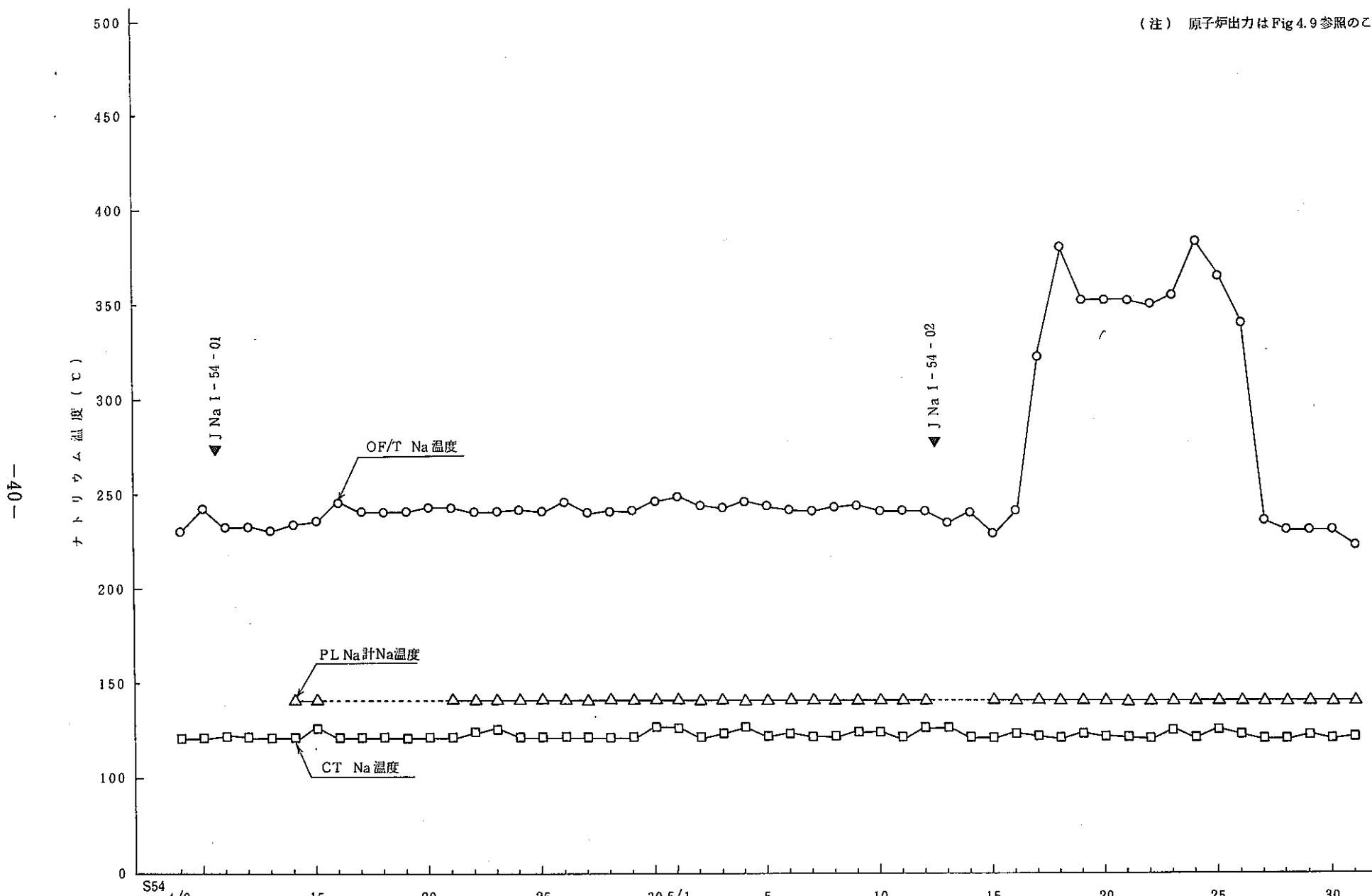


Fig. 4.1 75MW性能試験時1次ナトリウム純化系の運転経過(その1)

Operation Temperature of Primary Sodium Purification System during 75 MW Performance Tests (1)

(注) 原子炉出力はFig. 4.10参照のこと

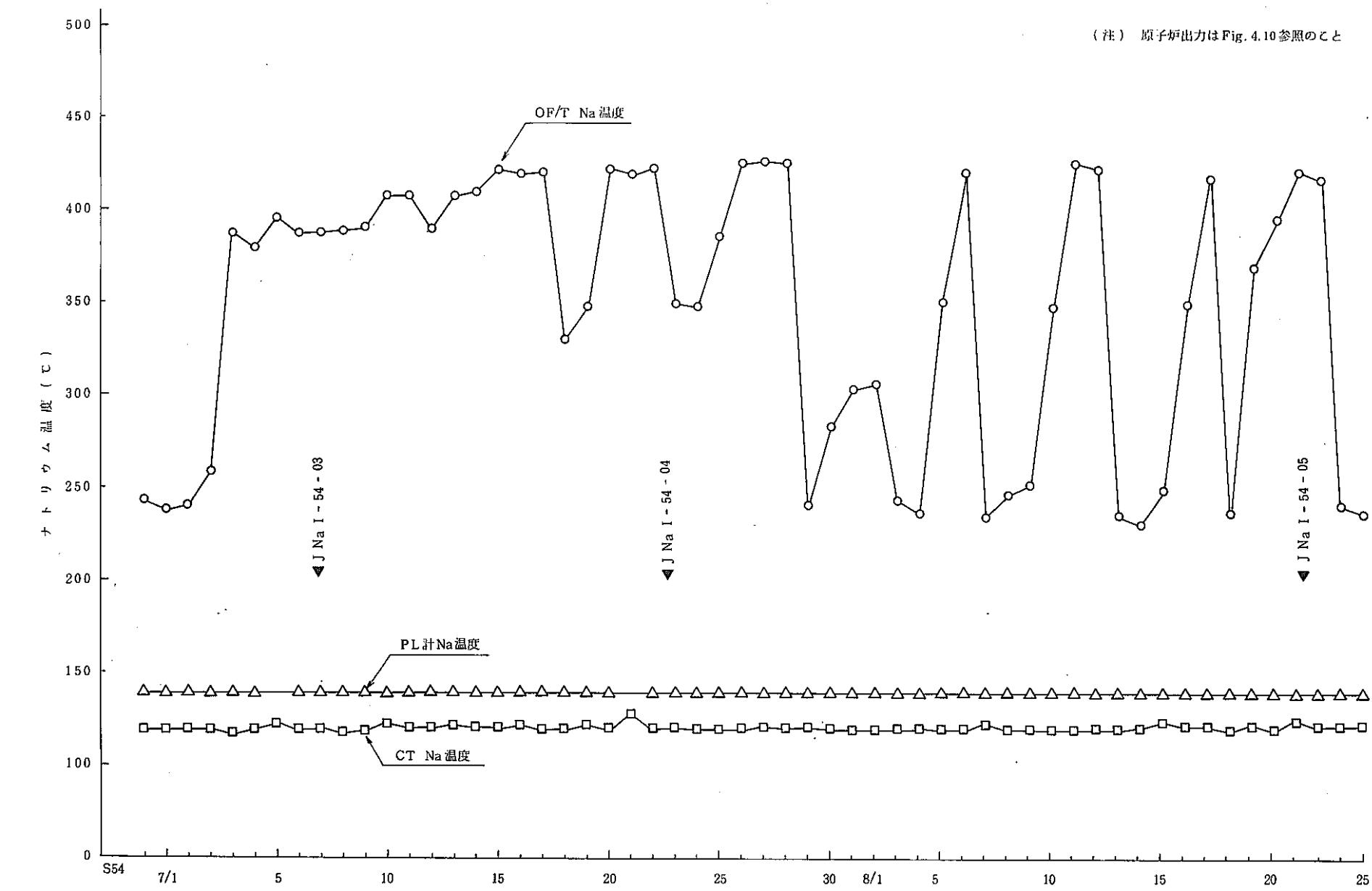


Fig. 4.2 75MW性能試験時ナトリウム純化系の運転経過(その2)

Operation Temperature of Primary Sodium Purification System during 75 MW Performance Tests (2)

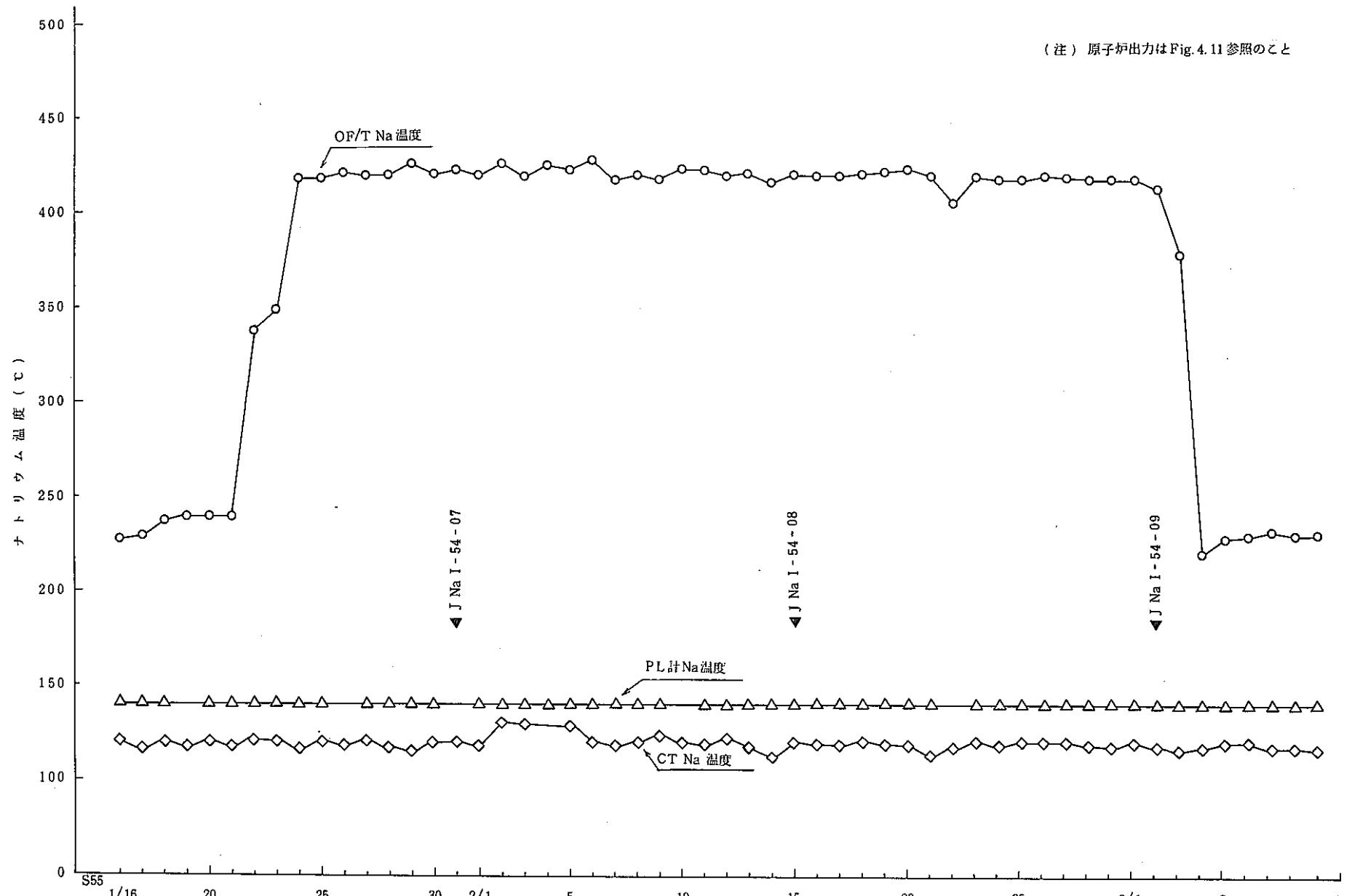


Fig. 4.3 75MW第1サイクル1次ナトリウム純化系の運転経過

Operation Temperature of Primary Sodium Purification System during 75MW 1st Cycle

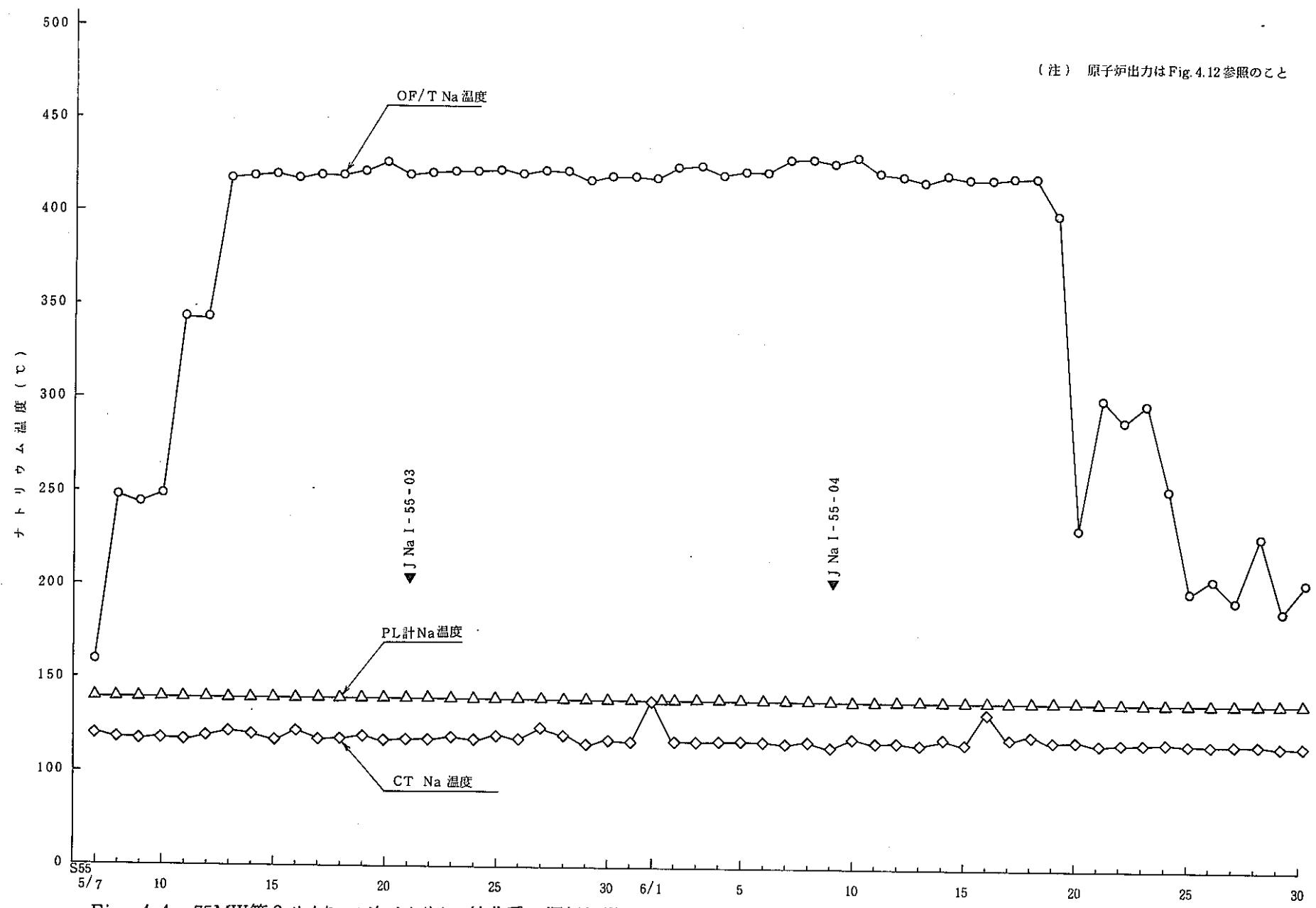


Fig. 4.4 75MW第2サイクル1次ナトリウム純化系の運転経過

Operation Temperature of Primary Sodium Purification System during 75MW 2nd Cycle

注) 原子炉出力は Fig. 4.13 参照のこと

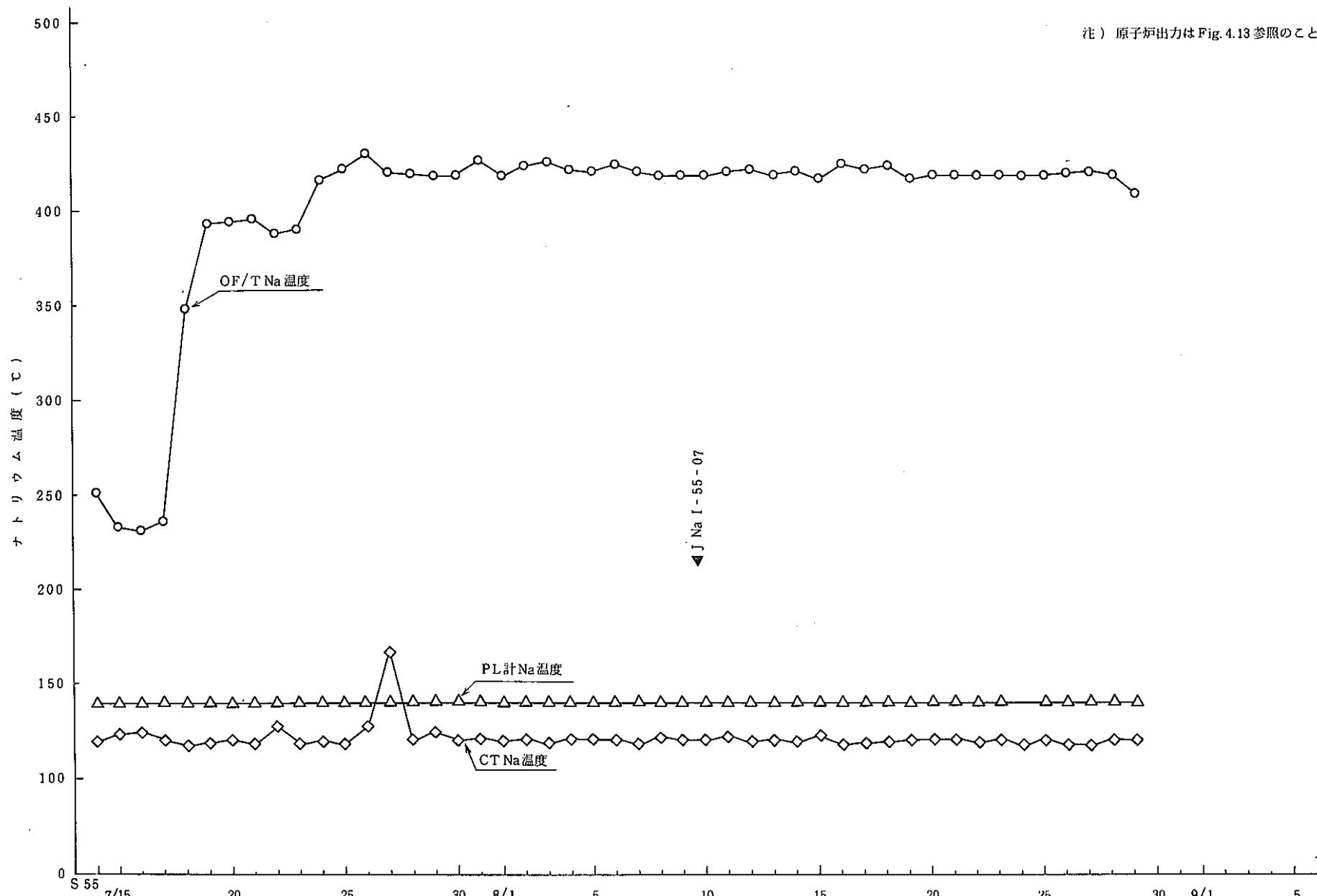


Fig. 4.5 75MW第3サイクル1次ナトリウム純化系の運転経過

Operation Temperature of Primary Sodium Purification System during 75 MW 3rd Cycle

(注) 原子炉出力はFig. 4.14 参照のこと

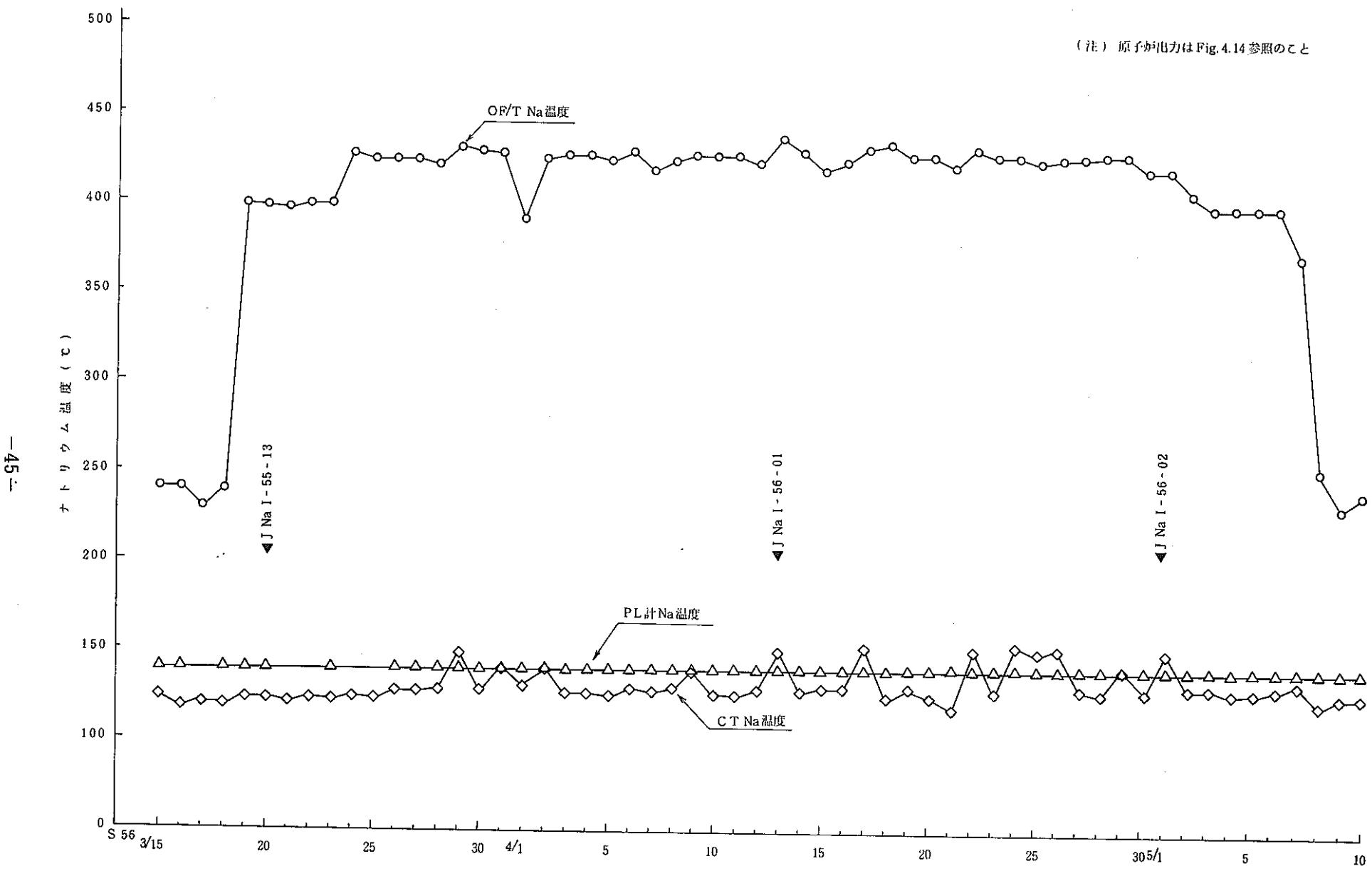


Fig. 4.6 75MW第4サイクル1次ナトリウム純化系の運転経過

Operation Temperature of Primary Sodium Purification System during 75 MW 4th Cycle

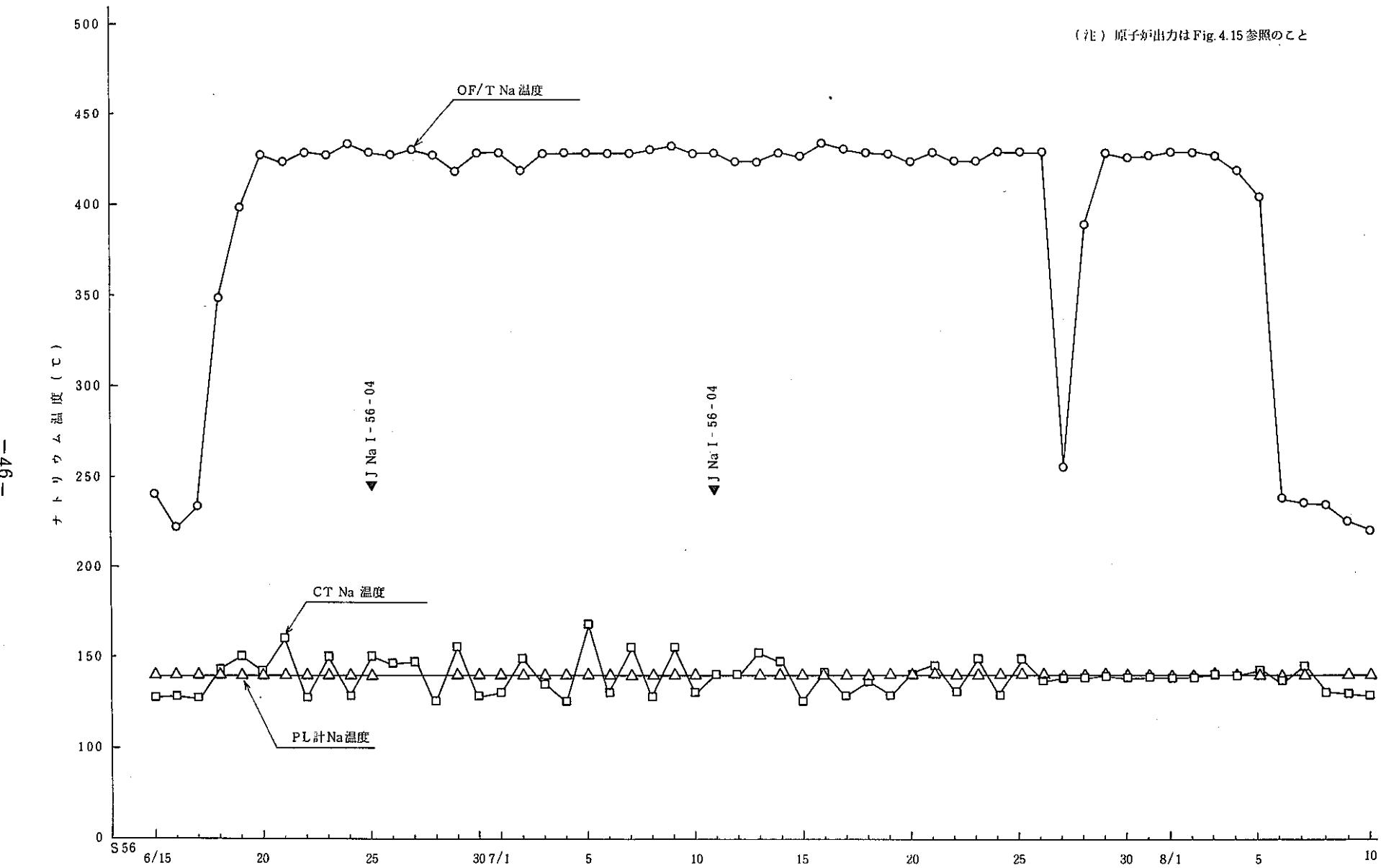


Fig. 4.7 75MW第5サイクル1次ナトリウム純化系の運転経過

Operation Temperature of Primary Sodium Purification System during 75 MW 5th Cycle

(注) 原子炉出力はFig. 4.16 参照のこと

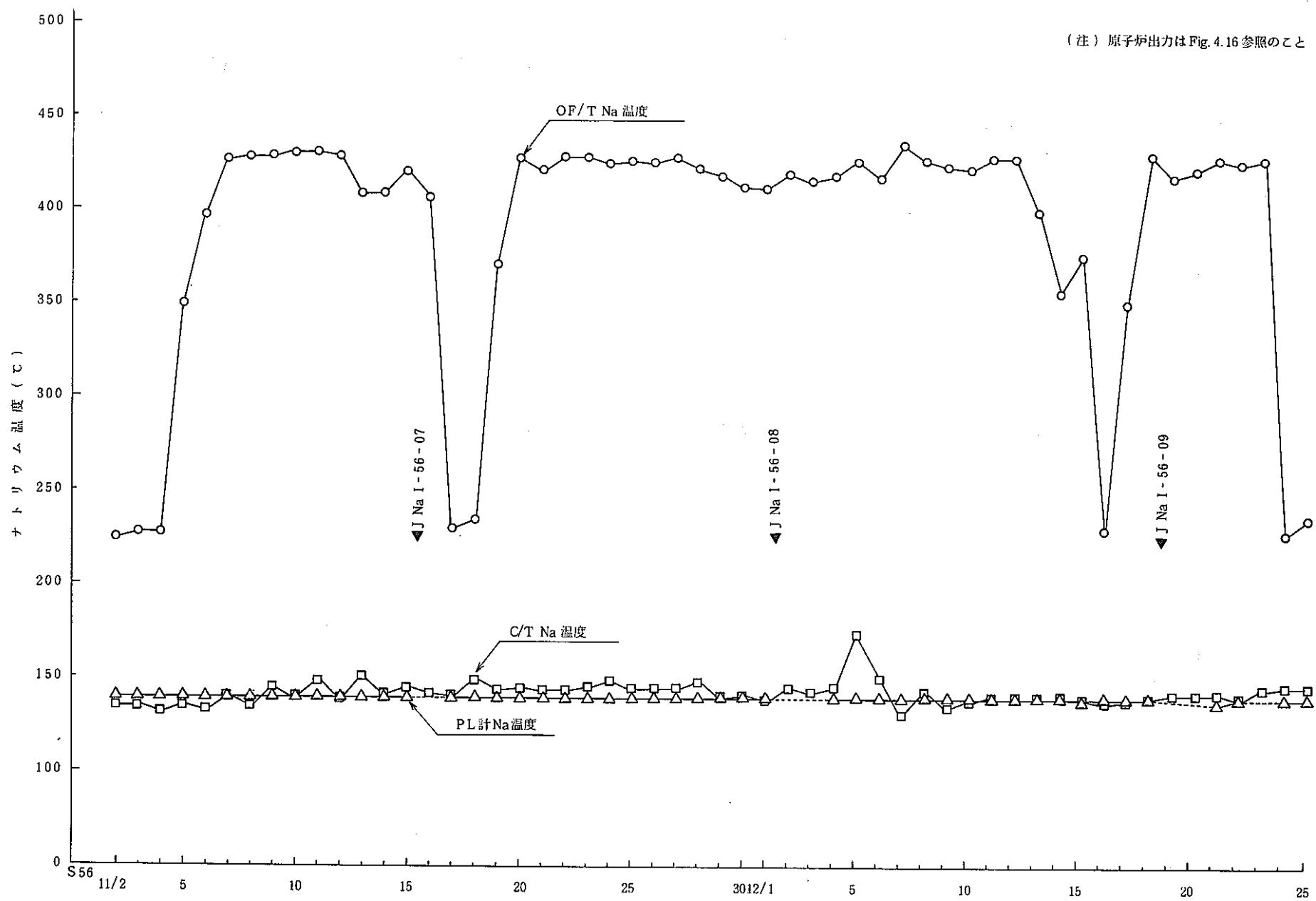


Fig. 4.8 75MW第6サイクル1次ナトリウム純化系の運転経過

Operation Temperature of Primary Sodium Purification System during 75 MW 6th Cycle

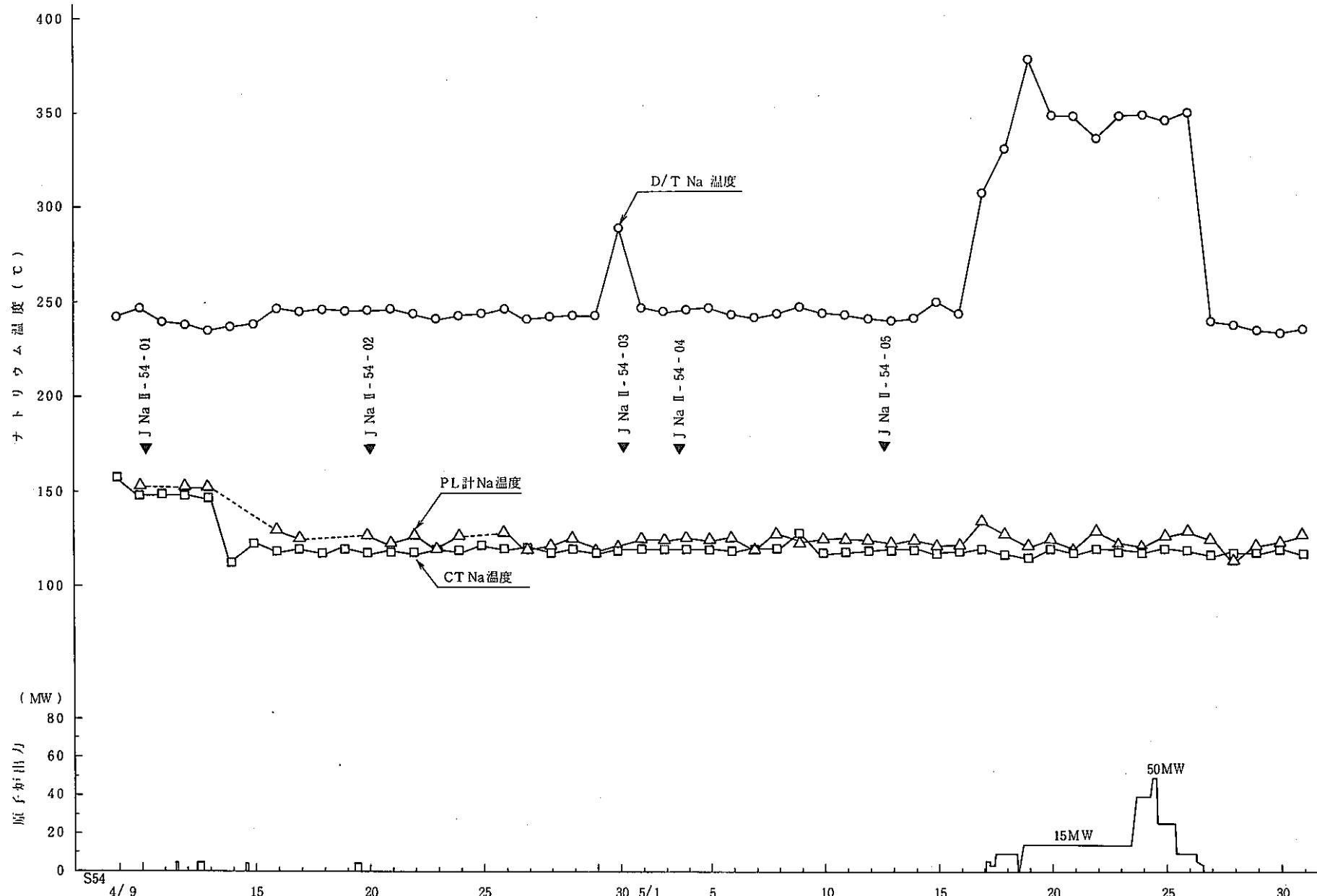


Fig. 4.9 75MW性能試験時2次ナトリウム純化系の運転経過(その1)

Operation Temperature of Secondary Sodium Purification System during 75MW Performance Tests (1)

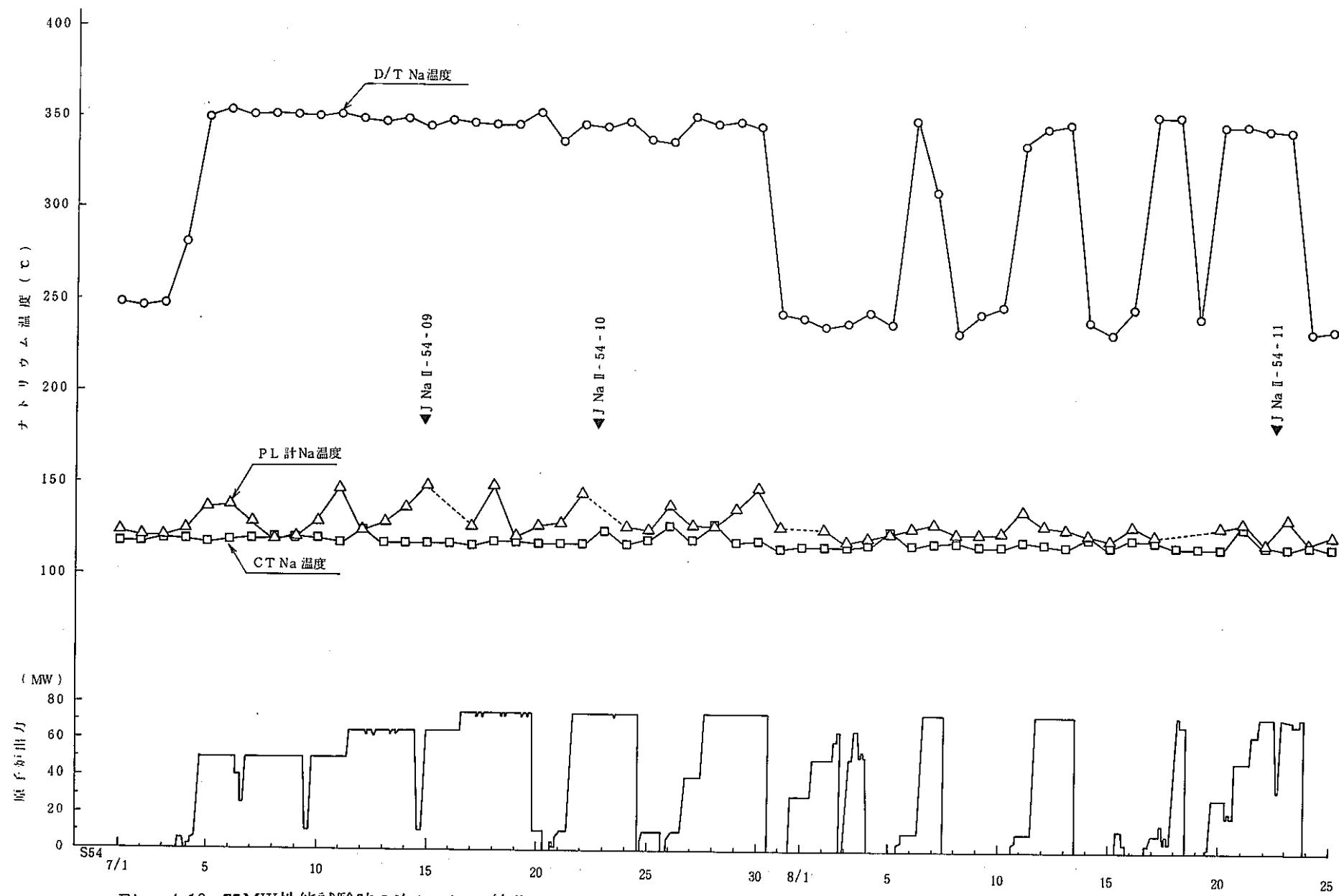


Fig. 4.10 75MW性能試験時2次ナトリウム純化系の運転経過（その2）

Operation Temperature of Secondary Sodium Purification System during 75 MW Performance Tests (2)

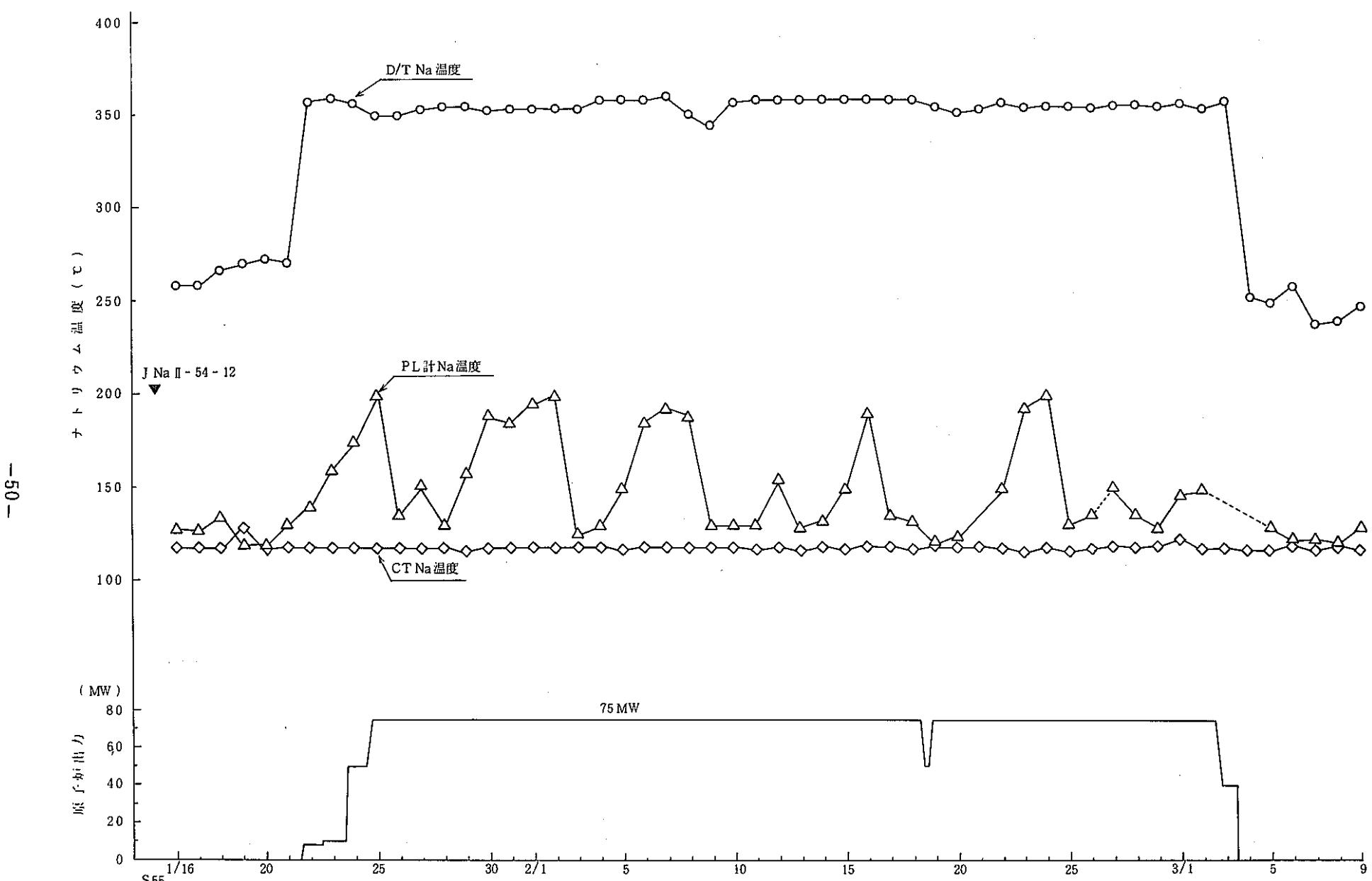


Fig. 4.11 75MW第1サイクル2次ナトリウム純化系の運転経過

Operation Temperature of Secondary Sodium Purification System during 75MW 1st Cycle

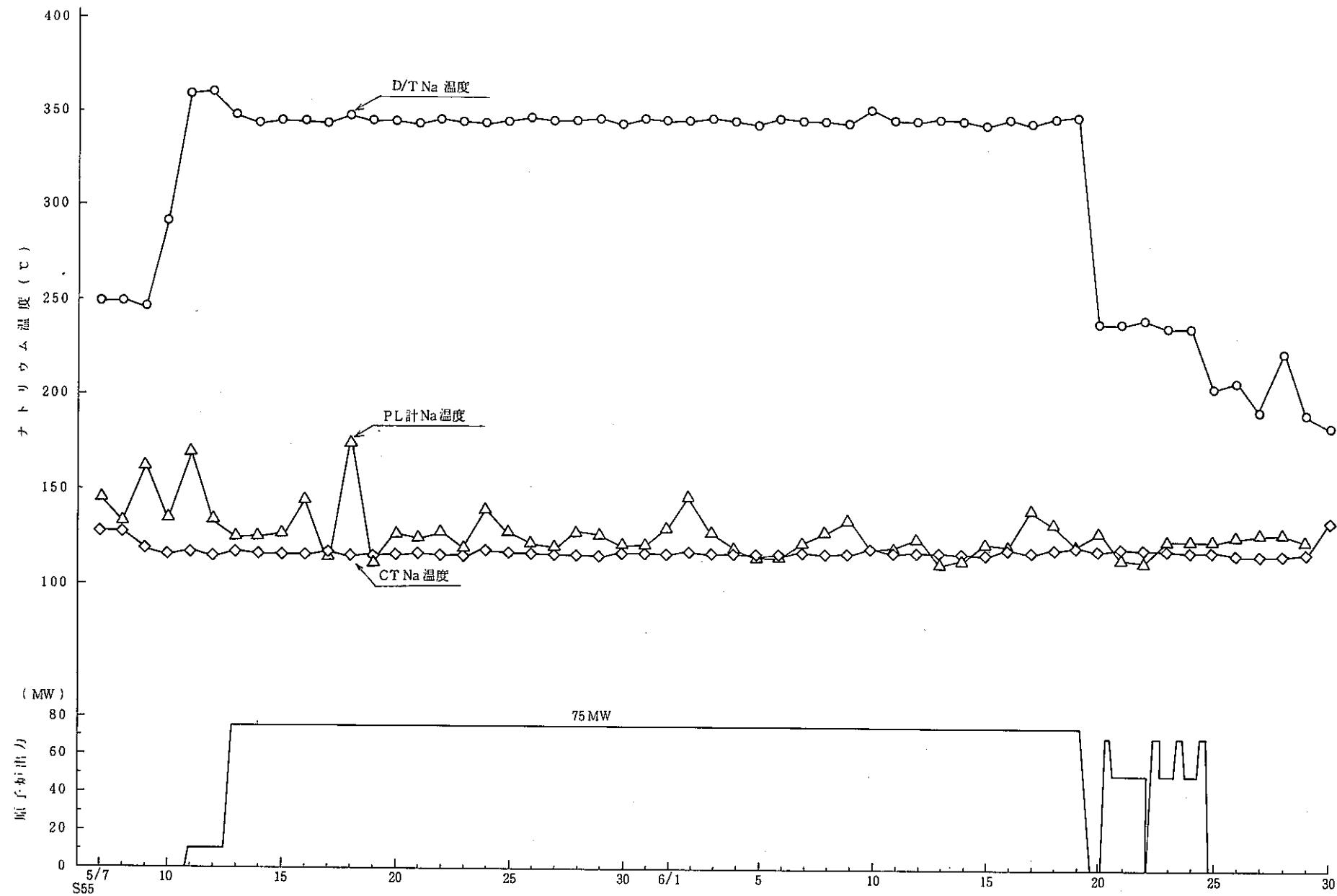


Fig. 4.12 75MW第2サイクル2次ナトリウム純化系の運転経過

Operation Temperature of Secondary Sodium Purification System during 75MW 2nd Cycle

-52-

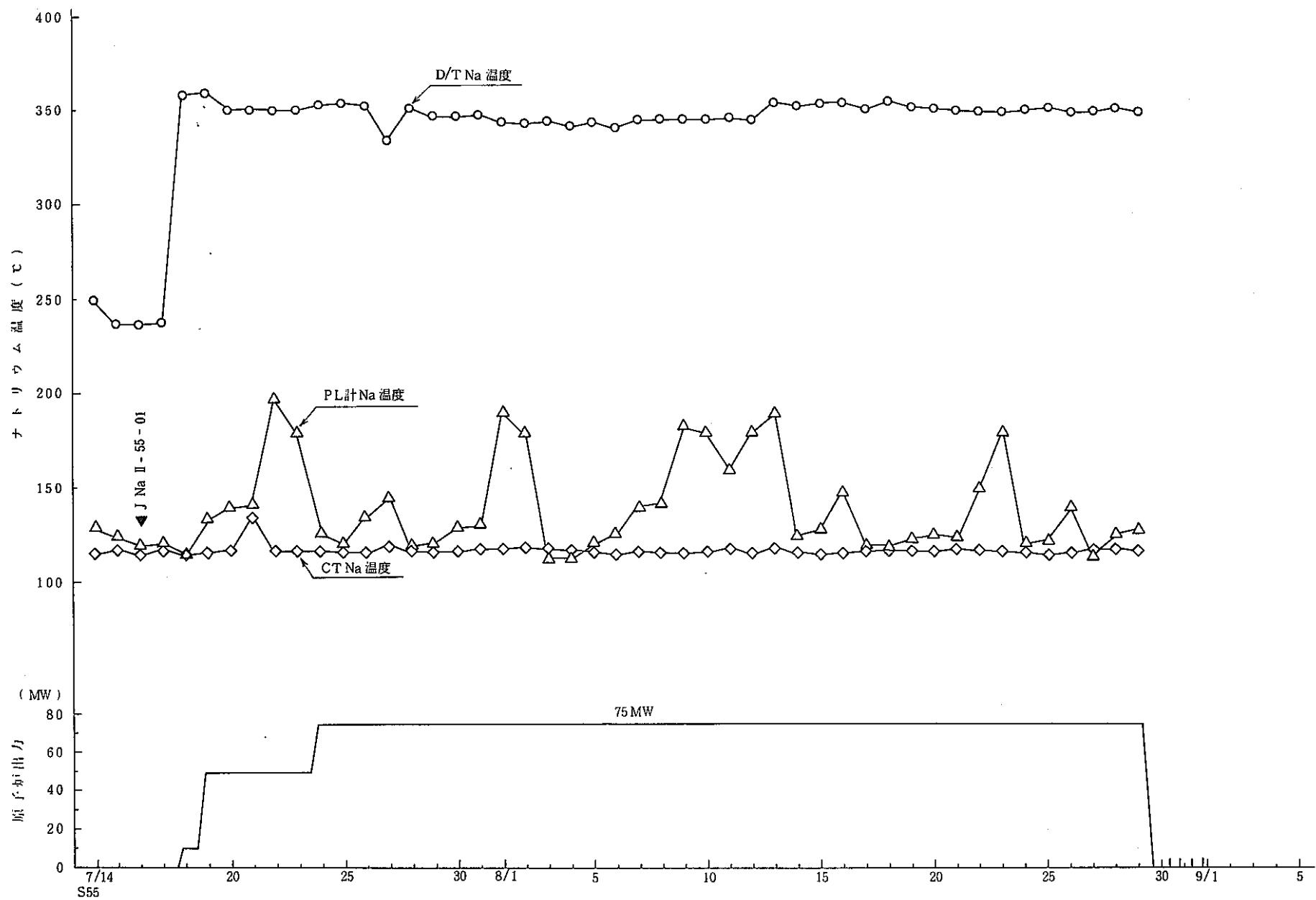


Fig. 4.13 75MW第3サイクル2次ナトリウム純化系の運転経過

Operation Temperature of Secondary Sodium Purification System during 75MW 3rd Cycle

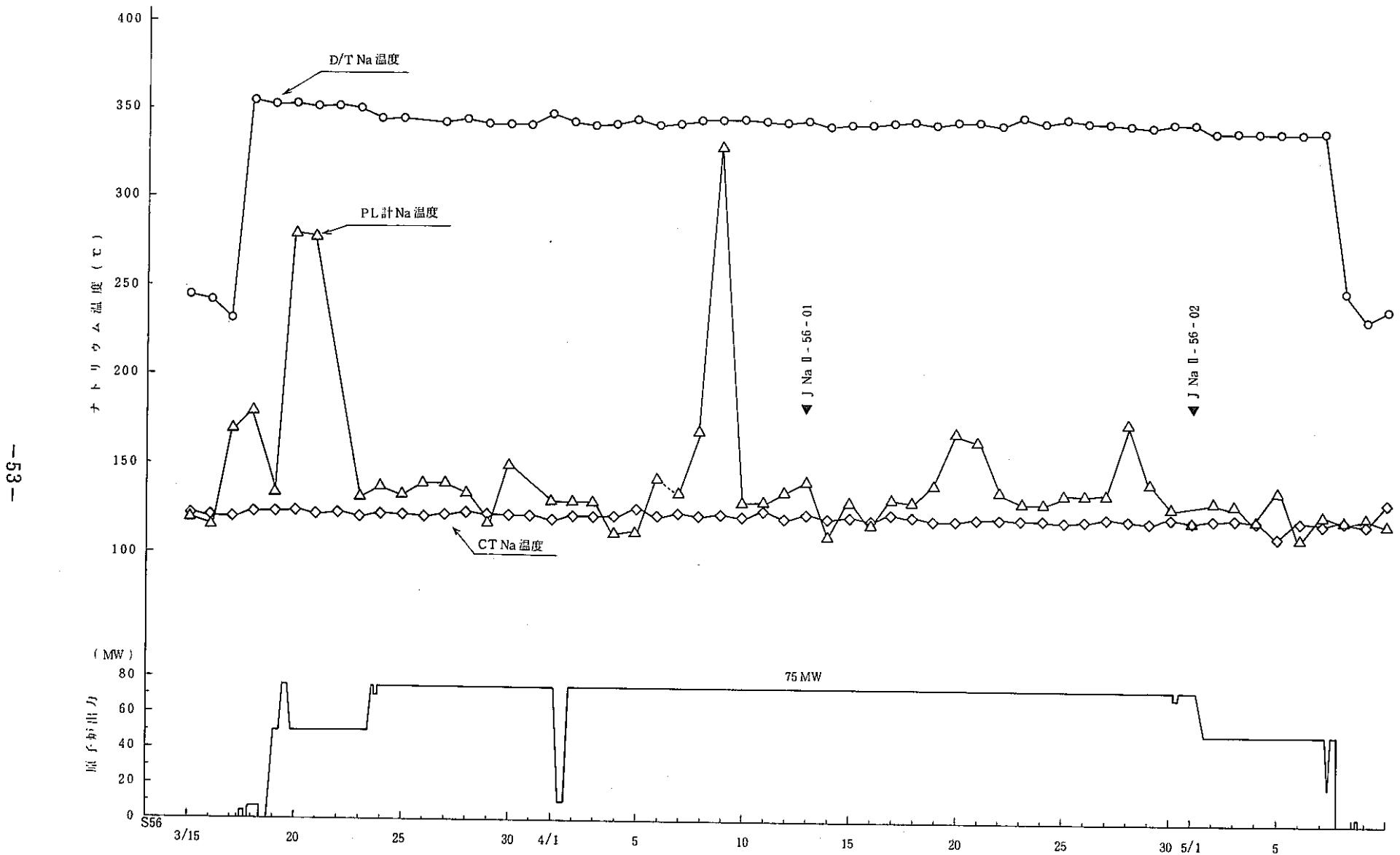


Fig. 4.14 75MW第4サイクル2次ナトリウム純化系の運転経過

Operation Temperature of Secondary Sodium Purification System during 75 MW 4th Cycle

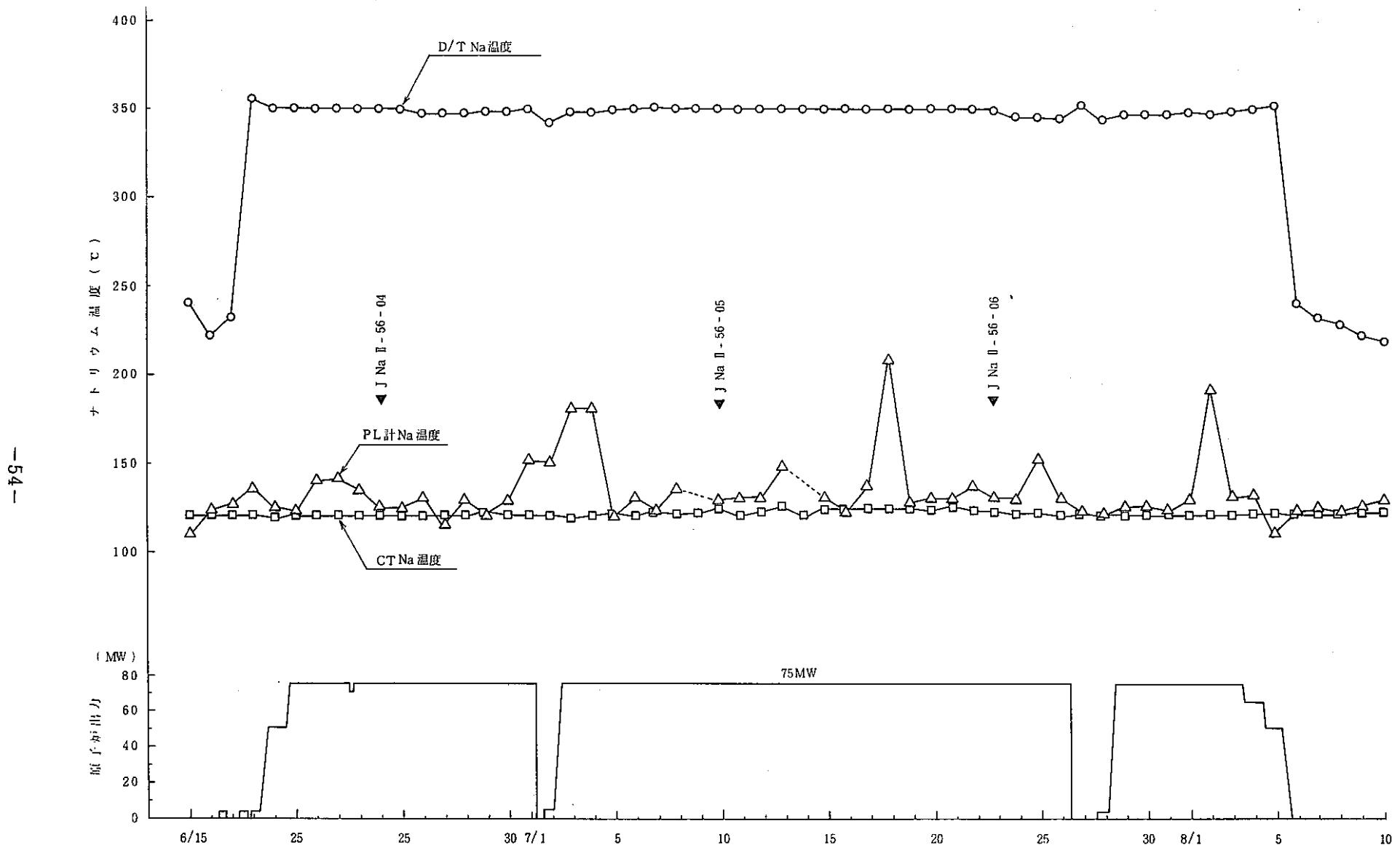
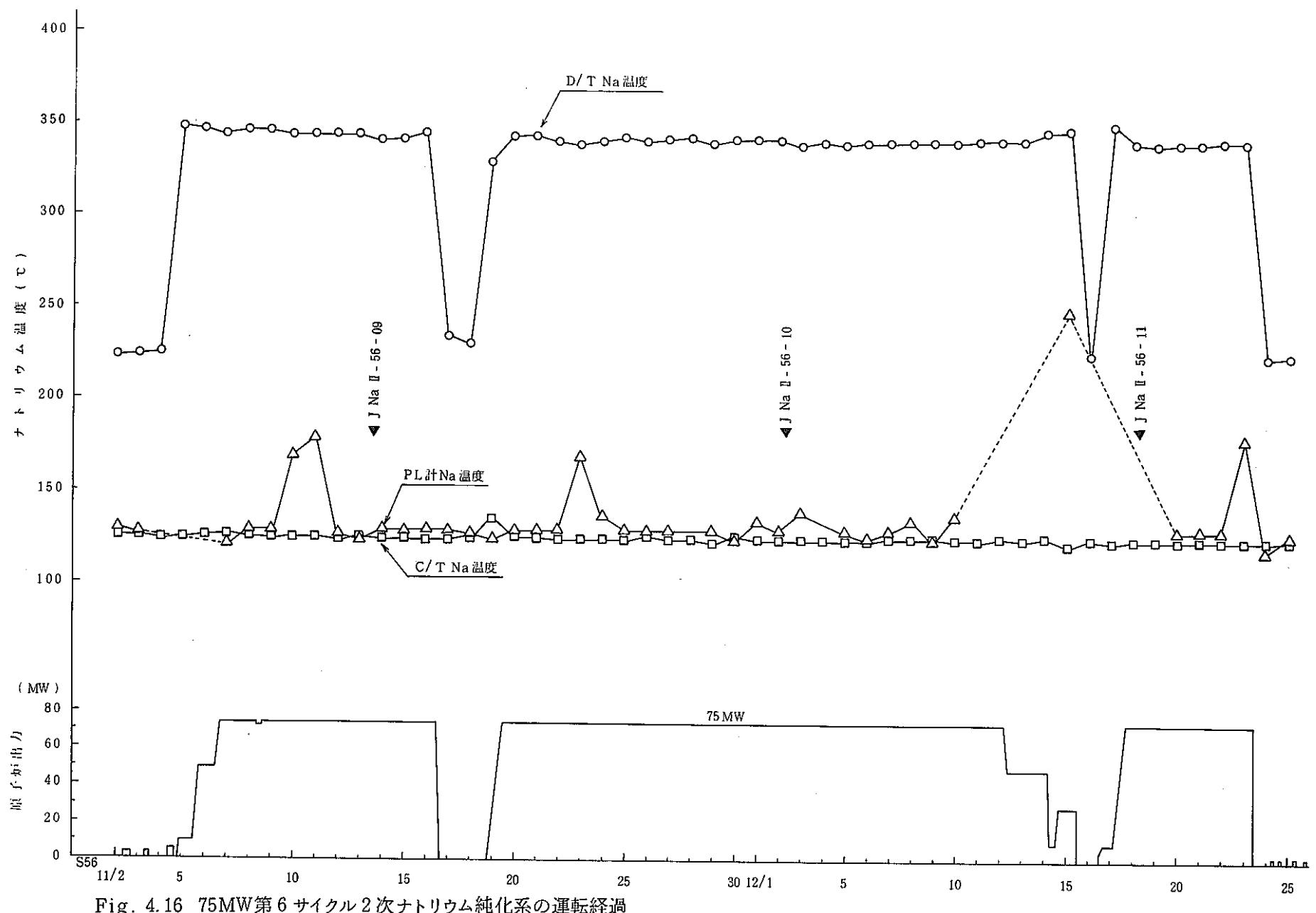


Fig. 4.15 75MW第5サイクル2次ナトリウム純化系の運転経過

Operation Temperature of Secondary Sodium Purification System during 75 MW 5th Cycle



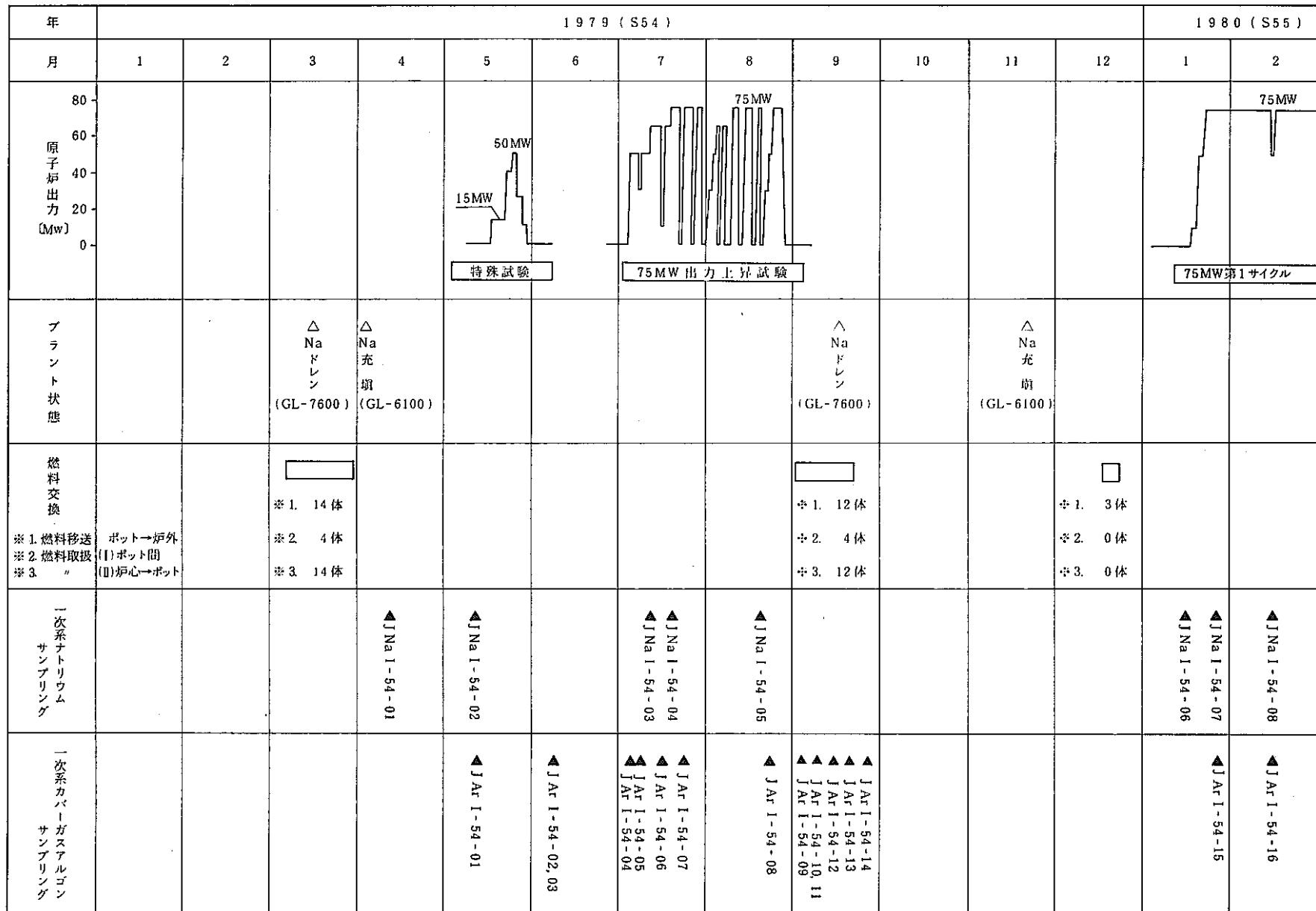


Fig. 4.17 サンプリング実施時期とプラント状態 (1/3)

## Operation History of the Plant and Sampling Schedule

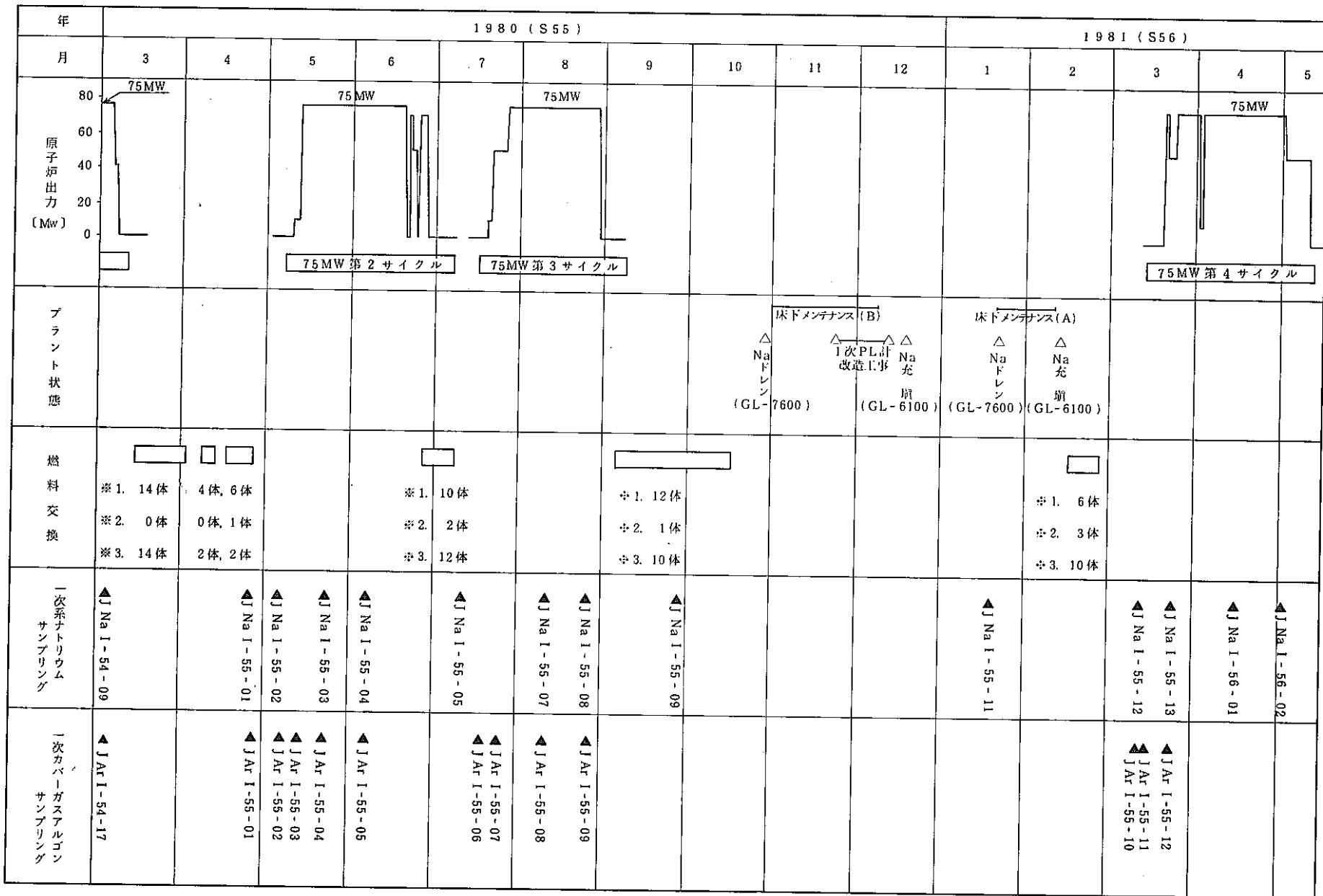


Fig.4.17 サンプリング実施時期とプラント状態 (2/3)

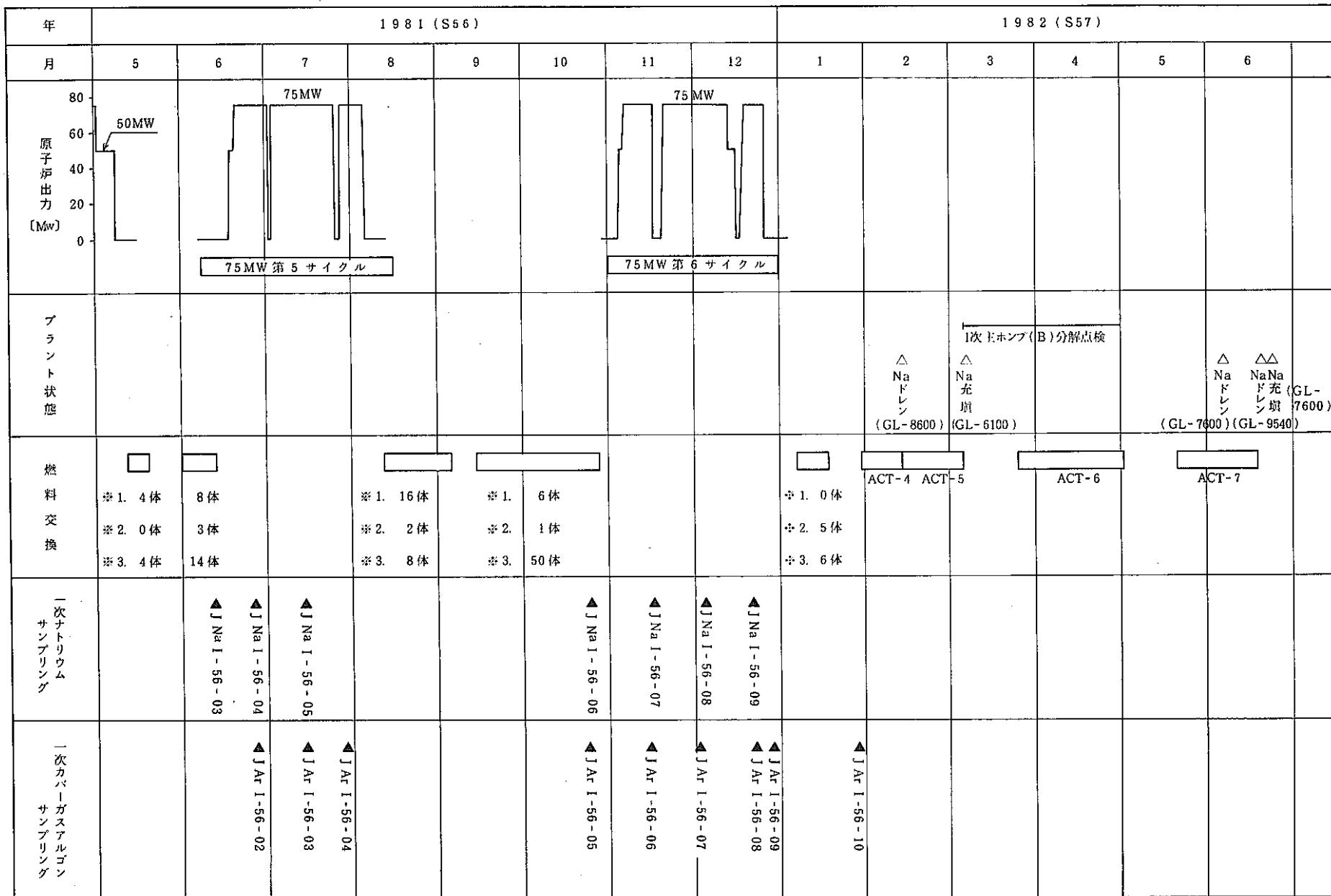


Fig. 4.17 サンプリング実施時期とプラント状態 (3/3)

Table 4.2 1次系ナトリウム分析結果

※1 C.P.トラップコイル

Results of Analysis for Sampled Primary Sodium ※2 分析中

サンプリング時の プラント状態	フラッシング時刻		サンプリング時温度			分析結果 (wt.ppm)							ナトリウム 採取量(g) ボイド 有無	備 考	サンプリング コイルの表面 線量率(mR/h) (取出日時)	
	フラッシング 開始・停止日時	フラッシング 時間(hr)	OF/T (°C)	CT (°C)	PL (°C)	O 10	C 30	H 5	N 50	Cl 30	Fe 10	Ni 5	Cr 5			
1 特殊試験 原子炉起動前	S54 4/10 10:30 4/12 10:48	48.8	127	120	<140	2.2	2.5	0.1	<0.2	<1	0.05	<0.02	0.03	80.0 無	J Na I-54-01	2.5 (4/12)
2 特殊試験 原子炉起動前	5/12 11:12 5/14 11:15	48.05	239	123	<140	1.1	5.2	0.06	<0.2	<1	0.03	<0.02	<0.01	54.5 無	J Na I-54-02	
3 75MW性能試験 50MW出力時	7/6 16:41 7/7 16:03	23.37	391	128	<140	—	—	—	—	—	—	—	—	80.0 無	J Na I-54-03	2.5 (7/22)
4 75MW性能試験 75MW出力運転時	7/22 16:17 7/23 16:00	23.72	422	130	<140	1.4	—	—	1.1	<1	0.03	<0.02	<0.01	88.0 無	J Na I-54-04	
5 75MW性能試験 75MW出力運転時	8/22 11:00 8/22 11:22	0.33	420	125	<140	—	—	—	—	—	—	—	—	82.5 無	J Na I-54-05	
6 75MW第1サイクル 原子炉起動前	S55 1/12 10:50 1/14 13:18	50.28	234	119	<140	—	—	—	—	—	—	—	—	74.5 無	J Na I-54-06	
7 75MW第1サイクル 原子炉定格運転中	1/30 11:08 1/31 16:36	29.28	425	121	<140	3.5	5.0	0.1	<0.2	2.2	0.04	<0.02	<0.01	93.5 無	J Na I-54-07	2.0 (2/14)
8 75MW第1サイクル 原子炉定格運転中	2/15 12:57 2/15 13:27	0.50	423	120	<140	—	—	—	—	—	—	—	—	88.0 無	J Na I-54-08	
9 75MW第1サイクル 原子炉停止前	3/1 14:02 3/2 9:22	19.20	418	116	<140	2.1	3.6	0.08	0.2	2.4	0.09	<0.02	<0.01	88.5 有	J Na I-54-09	50.0 (3/10)
10 燃料交換中	4/26 10:56 4/27 11:19	24.23	180	120	<140	—	—	—	—	—	—	—	—	84.5 無	J Na I-55-01	2.0 (5/1)
11 75MW第2サイクル 原子炉起動前	5/4 13:36 5/6 9:30	43.54	242	120	<140	2.9	5.4	0.24	0.5	<1	0.04	<0.02	<0.01	85.0 有	J Na I-55-02	2.0 (5/9)
12 75MW第2サイクル 原子炉定格運転中	5/21 10:42 5/21 16:31	5.49	420	120	<140	—	—	—	—	—	—	—	—	84.5 有	J Na I-55-03	2.0 (6/5)

サンプリング時の プラント状態	フラッシング時刻		サンプリング時温度			分析結果(wt.ppm)							ナトリウム 採取量(g) ボイド 有無	備 考	サンプリング コイルの表面 線量率(mR/h) (取出日時)		
	フラッシング 開始・停止日時	フラッシング 時間(hr)	OF/T (°C)	CT (°C)	PL (°C)	O 10	C 30	H 5	N 50	Cl 30	Fe 10	Ni 5	Cr 5				
13	75MW第2サイクル 原子炉定格運転中	S 5.5 6/6 16:14 6/9 3:33	59.19	430	120	<140	2.2	7.0	0.12	0.25	1.1	0.07	<0.02	<0.01	80.5 有	J Na I-55-04	
14	75MW第3サイクル 原子炉起動前	7/8 16:35 7/10 22:50	54.15	220	120	<140	—	—	—	—	—	—	—	—	35.0 無	J Na I-55-05	0.8 (7/15)
15	75MW第3サイクル 原子炉運転中	8/9 11:14 8/10 16:19	29.04	423	118	<140	2.1	12.2	0.1	<0.2	1.8	0.09	<0.02	<0.01	87.0 無	J Na I-55-07	
16	75MW第3サイクル 原子炉定格運転中	8/25 9:55 8/25 9:59	0.066	423	118	<140	—	—	—	—	—	—	—	—	0 —	J Na I-55-08	0.04 (9/10)
17	燃料交換中	9/26 10:39 9/28 22:15	59.60	226	116	<140	2.9	5.6	0.13	<0.2	1.9	0.091	0.045	<0.01	86.0 有	J Na I-55-09	
18	原子炉停止中	S 5.6 1/16 11:25 1/18 9:45	46.33	232	125	<140	2.7	5.3	0.07	0.16	2.2	0.05	<0.02	~0.02	100.0 有	J Na I-55-11	2.0 (1/24)
19	75MW第4サイクル 原子炉起動前	3/9 20:12 3/11 16:38	42.43	238	120	<140	2.7	23.6	0.11	0.7	9.1	0.05 0.10	<0.02	<0.01	92.0 有	J Na I-55-12	2.0 (3/12)
20	75MW第4サイクル 原子炉起動後	3/20 14:12 3/22 16:42	50.50	400	123	<140	2.7	2.1	0.05	<0.2	4.1	0.026	<0.01	~0.032	84.7 無	J Na I-55-13	
21	75MW第4サイクル 原子炉定格運転中	4/13 11:07 4/15 16:33	53.43	433	138	<140	1.6	2.7	0.06	0.5	4.6	0.04	<0.02	<0.01	87.5 有	J Na I-56-01	4.0 (4/30)
22	75MW第4サイクル 原子炉定格運転中	4/30 21:35 5/1 8:50	11.25	432	138	<140	—	—	—	—	—	—	—	—	23.4 —	※1 J Na I-56-02	1.5 (5/15)
23	75MW第5サイクル 原子炉起動前	6/8 16:55 6/10 16:38	47.72	221	130	<140	2.1	3.3	0.09	0.4	5.5	0.03	<0.02	~0.015	81.5 有	J Na I-56-03	3.0 (6/17)
24	75MW第5サイクル 原子炉定格運転中	6/25 10:50 6/27 22:25	59.58	430	150	<140	2.7	2.2	0.09	0.3	4.4	0.03	<0.02	<0.01	88.1 有	J Na I-56-04	4.5 (7/10)
25	75MW第5サイクル 原子炉定格運転中	7/11 10:30 7/12 17:54	31.40	430	141	<140	—	—	—	—	—	—	—	—	26.4 —	※1 J Na I-56-05	1.5 (7/27)

サンプリング時の プラント状態	フラッシング時刻		サンプリング時温度			分析結果(wt.ppm)								ナトリウム 採取量(g) ボイド 有無	備 考	サンプリング コクルの表面 線量率(mR/h) (取出日時)
	フラッシング	フラッシング	OF/T	C T	P L	O	C	H	N	C I	F e	N i	C r			
	開始・停止日時	時間 (hr)	(°C)	(°C)	(°C)	10	30	5	50	30	10	5	5			
26 75MW第6サイクル 原子炉起動前	S 56 10/22 11:01 10/23 16:18	29.28	230	129	<140	2.5	1.6	0.116	0.5	4.8	0.062	<0.02	0.012	88.8 有	JNaI-56-06	
27 75MW第6サイクル 原子炉定格運転中	11/15 13:57 11/16 15:06	25.15	422	145	<140	2.1	1.8	0.07	<0.2	4.5	0.033	<0.02	0.013	88.6 有	JNaI-56-07	
28 75MW第6サイクル 原子炉定格運転中	12/1 10:48 12/3 16:35	53.78	420	136	<140	—	—	—	—	—	—	—	—	42.0 —	JNaI-56-08	2.5 (12/16)
29 75MW第6サイクル 原子炉定格運転中	12/18 11:10 12/20 22:33	59.38	432	140	<140	※2	—	—	—	—	—	—	—	71.6 無	JNaI-56-09	5.0 (1/18)

Table 4.3 2次系ナトリウム分析結果  
Results of Analysis for Sampled Secondary Sodium

※3 酸素分析のみ

※4 フラッシング不十分

※5 平均値

サンプリング時の プラント状態	サンプリング時刻		サンプリング時温度			分析結果(wt. ppm)								ナトリウム 採取量(g) ボイド 有無	備 考	
	開始・停止日時	フラッシング 時間(hr)	D/T	CT	PL	O	C	H	N	Cl	Fe	Ni	Cr	Mo		
			(°C)	(°C)	(°C)	20	50	10	—	50	10	5	5	—		
1 特殊試験 原子炉起動前	S 54 4/10 9:10 4/11 9:10	24.00	242	149	153	4.1	1.8	0.18	0.3	1.7	0.01	<0.02	<0.01	<0.02	123.5 無	J Na II - 54-01
2 特殊試験中	4/20 7:50 4/21 7:15	23.42	248	118	127	2.2	4.7	0.08	0.4	2.0	0.03	<0.02	<0.01	<0.02	120.5 無	J Na II - 54-02
3 特殊試験中	5/1 9:56 5/2 13:15	23.78	248	120	126	※ 5 1.7	—	—	—	—	—	—	—	—	126.5 無	※3 J Na II - 54-03
4 特殊試験中	5/3 20:50 5/4 20:37	23.78	247	120	127	※ 5 1.81	—	—	—	—	—	—	—	—	127.0 無	※3 J Na II - 54-04
5 特殊試験 原子炉起動前	5/12 16:19 5/13 22:51	30.53	241	118	125	1.1	4.7	0.07	0.2	< 1	0.01 0.06	<0.02	<0.03	<0.02	122.5 無	J Na II - 54-05
6 燃料交換中	6/12 9:15 6/13 9:15	24.00	237	118	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	J Na II - 54-06
7 燃料交換中	6/14 9:31 6/15 9:23	23.90	249	118	125	※ 5 1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	※3 J Na II - 54-07
8 燃料交換中	6/18 9:05 6/19 9:13	24.13	249	126	125	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	J Na II - 54-08
9 75MW性能試験 75MW出力運転時	7/14 17:01 7/15 17:00	23.93	348	119	160	2.0	—	—	1.1	2.3	0.02	<0.02	<0.01	<0.02	122.0 無	J Na II - 54-09
10 75MW性能試験 75MW出力運転時	7/22 16:05 7/23 16:34	24.48	347	130	130	1.6	—	—	0.7	1.3	0.01	<0.02	<0.01	<0.02	122.8 無	J Na II - 54-10
11 75MW性能試験 75MW出力運転時	8/22 11:50 8/23 13:00	25.17	348	120	135	1.8	7.0	0.09	0.4	< 1	0.01	<0.02	<0.01	<0.02	122.5 無	J Na II - 54-11
12 75MW第4サイクル 原子炉起動前	S 55 1/14 18:30 1/15 17:15	22.45	261	118	128	2.5	4.8	0.09	<0.2	1.7	0.09	<0.02	<0.01	<0.02	121.5 無	J Na II - 54-12

サンプリング時の プラント状態	フラッシング時刻		サンプリング時温度			分析結果 (wt.ppm)								ナトリウム 採取量(g) ボイド 有無	備 考	
	フラッシング 開始・停止日時	フラッシング 時間 (hr)	D/T	C T	P L	O	C	H	N	C l	Fe	Ni	Cr	Mo		
	( °C )	( °C )	( °C )	20	50	10	—	50	10	5	5	—	—	—		
13 75MW第1サイクル 原子炉起動前	S 55 7/15 11:30 7/16 11:05	21.35	238	118	125	25	12	0.85	<0.2	1.2	1.0	0.01	0.03	0.03	122.0 無	※4 J Na II-55-01
14 燃料交換中	S 56 1/15 13:30 1/15 21:30	8.00	250	130	—	2.6	※5 5.5	0.04	0.2	2.3	0.56	<0.02	0.03	<0.02	89.5 無	J Na II-55-02
15 75MW第4サイクル 原子炉起動前	4/13 9:25 4/15 16:47	55.37	345	123	122	2.8	2.5	0.07	<0.2	3.0	0.03	<0.02	<0.01	<0.02	121.6 無	J Na II-56-01
16 75MW第4サイクル 原子炉停止前	5/1 16:15 5/3 23:03	54.80	350	122	125	2.2	2.3	0.07	0.3	4.3	0.07	<0.02	<0.01	<0.02	122.5 無	J Na II-56-02
17 75MW第5サイクル 原子炉起動前	6/8 16:24 6/9 14:03	22.65	213	121	123	2.5	1.9	0.08	0.5	5.3	0.02	<0.02	<0.01	<0.02	121.5 無	J Na II-56-03
18 75MW第5サイクル 原子炉定格運転中	6/24 14:50 6/25 15:32	24.70	350	120	125	※5 2.7	1.4	0.1	0.2	5.1	※5 0.015	<0.02	<0.01	<0.02	122.0 無	J Na II-56-04
19 75MW第5サイクル 原子炉定格運転中	7/10 13:46 7/11 14:45	25.02	351	128	122	2.6	1.3	0.09	0.2	3.6	0.018	<0.02	<0.01	<0.02	121.6 有	J Na II-56-05
20 75MW第5サイクル 原子炉定格運転中	7/23 11:10 7/26 9:42	70.53	349	122	130	2.7	2.0	0.07	<0.2	3.6	0.018	<0.02	<0.01	<0.02	121.7 有	J Na II-56-06
21 原子炉停止中	9/7 23:20 9/9 0:49	49.48	225	121	129	2.4	2.2	0.12	<0.2	5.2	0.03	<0.02	<0.01	<0.02	121.6 無	J Na II-56-07
22 75MW第6サイクル 原子炉起動前	10/22 9:45 10/23 9:26	23.68	235	125	130	1.7	1.5	0.073	0.3	5.3	0.01	<0.02	<0.01	<0.02	120.2 有	J Na II-56-08
23 75MW第6サイクル 原子炉定格運転中	11/13 15:08 11/14 12:30	21.37	347	125	125	1.7	2.1	0.08	0.3	6.0	0.01	<0.02	<0.01	<0.02	121.0 無	J Na II-56-09
24 75MW第6サイクル 原子炉定格運転中	12/2 9:24 12/3 10:10	24.77	343	125	130	1.5	1.5	0.074	<0.2	3.9	0.018	<0.02	0.017	<0.02	100.0 有	J Na II-56-10
25 75MW第6サイクル 原子炉定格運転中	12/18 9:48 12/19 16:55	31.07	342	125	—	2.0	1.4	0.068	0.3	2.3	0.01	<0.02	<0.01	<0.02	122.0 有	J Na II-56-11

Table 4.4 1次系カバーガスアルゴン分析結果  
Results of Analysis for Sampled Primary Cover Gas

※6 参考値

※7 旧型サンプリングポート

サンプリング時の プラント状態	サンプリング時刻		サンプリング時温度		主系統Na 流量A/B ( ml/h )	分析結果 (vol.ppm)							備 考
	フ ラッシ ン グ	フ ラッシ ン グ	炉容器入口	炉容器出口		O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	He	
	開始、停止日時	時間 (hr)	A / B (°C)	A / B (°C)		30	20	2500	10	20	10	—	
1 特 殊 試 験 原 子 炉 起 動 前	5/12 16:40 5/12 20:45	4.08	258 / 258	260 / 258	1263 / 1258	102	8.5	137	< 1.1	18	8.6	< 0.3	※7 JArI - 54 - 01
2 原 子 炉 停 止 中	6/8 10:40 6/8 13:40	3.0	250 / 251	252 / 250	1266 / 1261	1.2	8.6	810	< 1.1	< 2.2	7.9	< 0.3	JArI - 54 - 02
3 原 子 炉 停 止 中	6/8 14:00 6/8 16:00	2.0	251 / 251	252 / 250	1265 / 1255	1.8	9.9	840	< 1.1	< 2.2	8.8	< 0.3	※7 JArI - 54 - 03
4 75MW性能試験 原 子 炉 起 動 前	7/3 11:20 7/3 13:25	2.08	266 / 266	268 / 266	1262 / 1262	< 1	43.0	884	< 1.1	< 2.2	6.1	< 0.3	JArI - 54 - 04
5 75MW性能試験 50MW出 力 時	7/5 11:40 7/5 13:45	2.08	370 / 370	435 / 431	1261 / 1265	1.2	33.0	842	< 1.1	< 2.2	6.4	< 0.3	JArI - 54 - 05
6 75MW性能試験 65MW出力運転時	7/15 16:20 7/15 18:30	2.17	370 / 369	456 / 452	1261 / 1265	< 1	23.4	763	< 1.1	< 2.2	10.0	< 0.3	JArI - 54 - 06
7 75MW性能試験 75MW出力運転時	7/22 10:50 7/22 13:00	2.17	371 / 369	469 / 465	1264 / 1262	< 1	96.0	645	< 1.1	< 2.2	17.4	< 0.3	JArI - 54 - 07
8 75MW性能試験 75MW出力運転時	8/22 9:53 8/22 11:53	2.0	370 / 369	471 / 466	1262 / 1264	—	34.3	595	< 1.1	< 2.2	2.1	< 0.3	JArI - 54 - 08
9 燃 交 時	9/7 9:52 9/7 13:20	2.47	246 / 248	247 / 247	242 / 235	—	40.2	—	—	—	15.9	—	JArI - 54 - 09
10 燃 交 時	9/8 9:27 9/8 11:40	2.22	247 / 248	248 / 247	243 / 238	—	25.2	—	—	—	14.3	—	※7 JArI - 54 - 10
11 燃 交 時	9/8 14:40 9/8 16:40	2.0	247 / 247	248 / 247	243 / 236	—	19.6	—	—	—	14.7	—	JArI - 54 - 11
12 燃 交 時	9/10 13:22 9/10 15:32	2.0	195 / 195	196 / 196	242 / 237	—	16.7	—	—	—	12.7	—	※7 JArI - 54 - 12

サンプリング時の プラント状態		サンプリング時刻		サンプリング時温度		主系統Na 流量 A/B ( ml/h )	分析結果 (vol.ppm)							備 考
		フラッシング 開始, 停止日時	フラッシング 時間 (hr)	炉容器入口 A/B(°C)	炉容器出口 A/B(°C)		O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	He	
		30	20	2500	10		20	10	10	—	—	—	—	
13	燃 交 時	9/11 9:13 9/11 11:13	2.0	199 / 198	199 / 199	245 / 235	—	5.8	—	—	—	15.8	—	※7 JAr I - 54 - 13
14	燃 交 時	9/15 11:30 9/15 13:40	2.17	198 / 198	199 / 198	236 / 236	—	12.2	—	—	—	7.8	< 0.3	JAr I - 54 - 14
15	原子炉定格運転時 75MW第1サイクル	1/30 16:06 1/30 17:20	1.23	370 / 370	467 / 466	1268 / 1261	< 1	18.5	0.119%	< 1.1	< 2.2	18.8	38.2	JAr I - 54 - 15
16	原子炉定格運転時 75MW第1サイクル	2/15 10:20 2/15 13:45	3.42	370 / 370	466 / 466	1266 / 1258	< 1	20.0	641	< 1.1	< 2.2	17	26.7	JAr I - 55 - 16
17	原子炉定格運転時 75MW第1サイクル	3/1 11:45 3/1 13:15	1.5	372 / 370	466 / 463	1260 / 1260	< 1	26	430	< 1.1	< 2.2	14	20	JAr I - 55 - 17
18	原 子 炉 起 動 前 75MW第2サイクル	4/28 11:15 4/28 14:30	3.25	194 / 195	194 / 194	225 / 224	< 1	※6 9	1620	< 1.1	—	6.5	—	JAr I - 55 - 01
19	原 子 炉 起 動 前 75MW第2サイクル	5/6 11:33 5/6 14:26	2.88	270 / 270	270 / 271	1262 / 1258	< 1	14.2	1020	< 1.1	< 2.2	12	< 0.3	JAr I - 55 - 02
20	原子炉定格運転時 75MW第2サイクル	5/13 13:47 5/13 16:32	2.75	372 / 370	467 / 467	1270 / 1269	< 1	92	840	< 1.1	< 2.2	29	< 0.3	JAr I - 55 - 03
21	原子炉定格運転時 75MW第2サイクル	5/20 11:35 5/20 13:35	2.0	369 / 370	467 / 466	1268 / 1268	< 1	33	710	< 1.1	※6 < 50	15	< 0.3	JAr I - 55 - 04
22	原子炉定格運転時 75MW第2サイクル	6/6 11:40 6/6 13:37	1.95	370 / 370	468 / 468	1270 / 1265	< 1	24.8	603	< 1.1	< 2.2	12.6	4	0 JAr I - 55 - 05
23	原 子 炉 起 動 前 75MW第3サイクル	7/17 19:30 7/17 20:35	1.08	347 / 346	353 / 355	1260 / 1258	< 1	57.7	327	< 1.1	< 2.2	7.1	< 0.3	JAr I - 55 - 06
24	原 子 炉 起 動 後 (50MW) 75MW第3サイクル	7/23 9:40 7/23 11:40	2.0	370 / 370	440 / 440	1260 / 1260	< 1	14.3	370	< 1.1	< 2.2	4.4	1.1	JAr I - 55 - 07
25	原 子 炉 定 格 運 転 時 75MW第3サイクル	8/9 16:20 8/9 20:35	4.25	370 / 370	468 / 466	1264 / 1267	< 1	14.3	430	< 1.1	< 2.2	9	3.8	JAr I - 55 - 08

サンプリング時の プラント状態	サンプリング時刻		サンプリング時温度		主系統Na 流量 A/B ( m³/hr )	分析結果 (vol.ppm)							備 考	サンプリング ポートの表面 線量率(mR/h) ( 取出日時 )
	フラッシング 開始・停止日時	フラッシング 時間 (hr)	炉容器入口 A/B (°C)	炉容器出口 A/B (°C)		O₂	H₂	N₂	CO	CO₂	CH₄	He		
			30	20	2500	10	20	10	—					
26 原子炉定格運転時 75MW第3サイクル	8/25 9:30 8/25 13:35	4.08	369 / 369	464 / 464	1264 / 1263	<1	7.4	517	<1.1	<2.2	7.7	5.5	JAr I-55-09	
27 原子炉起動前 75MW第4サイクル	3/10 10:40 3/10 13:40	3.0	255 / 255	255 / 255	1264 / 1262	4.1	15.6	2.96 %	<1.1	<2.2	71	4.3	JAr I-55-10	
28 原子炉出力上昇前 75MW第4サイクル	3/14 16:35 3/14 18:40	2.08	259 / 259	259 / 259	1268 / 1263	<1	18.0	652	<1.1	<2.2	3.2	<0.3	JAr I-55-11	
29 原子炉起動後 (50MW) 75MW第4サイクル	3/21 9:35 3/21 11:35	2.0	370 / 370	435 / 434	1266 / 1265	<1	62.9	1210	<1.1	<2.2	28.2	1.7	JAr I-55-12	
30 原子炉定格運転時 75MW第5サイクル	6/25 11:10 6/25 13:20	2.17	370 / 371	468 / 467	1259 / 1266	<1	15.4	287	<1.1	<2.2	11.9	<0.3	JAr I-56-02	<0.03 (6/25)
31 原子炉定格運転時 75MW第5サイクル	7/11 10:50 7/11 15:05	4.25	370 / 371	467 / 466	1263 / 1264	<1	27	223	<1.1	<2.2	8.7	<0.3	JAr I-56-03	<0.03 (7/20)
32 原子炉定格運転時 75MW第5サイクル	7/26 11:34 7/26 13:08	1.57	370 / 370	467 / 466	1258 / 1264	<1	16.0	213	<1.1	<2.2	7.9	4.0	JAr I-56-04	<0.03 (8/4)
33 原子炉起動前 75MW第6サイクル	10/22 10:18 10/22 12:18	2.0	253 / 252	252 / 252	229 / 247	671	6.48	2280	—	—	5.0	—	JAr I-56-05	
34 原子炉定格運転中 75MW第6サイクル	11/15 10:20 11/15 13:32	3.2	369 / 370	467 / 466	1261 / 1269	47.7	21.7	907	—	—	9.6	—	JAr I-56-06	<0.03 (11/24)
35 原子炉定格運転中 75MW第6サイクル	12/1 11:10 12/1 13:10	2.0	369 / 370	467 / 466	1268 / 1268	—	14.0	—	—	—	4.19	3.38	JAr I-56-07	<0.03 (12/4)
36 原子炉定格運転中 75MW第6サイクル	12/21 10:55 12/21 15:02	4.12	370 / 371	467 / 466	1271 / 1265	<1	6.5	357	<1.1	<2.2	1.63	2.81	JAr I-56-08	<0.03 (12/23)
37 原子炉停止後 75MW第6サイクル	12/28 9:18 12/28 10:18	1.0	253 / 254	255 / 255	1260 / 1265	<1	3.25	512	<1.1	<2.2	2.08	2.07	JAr I-56-09	
38 MK-II移行作業中	1/28 13:27 1/28 14:27	1.0	224 / 224	224 / 225	228 / 256	<1	4.2	2440	<1.1	<2.2	17.7	0.272	JAr I-56-10	

Table 4.5 2次系カバーガスアルゴン分析結果(ダンプタンク)  
 Results of Analysis for Sampled Secondary Cover Gas (Dump Tank) ※8 分析中

サンプリング時の プラント状態		サンプリング時刻		サンプリング時温度 D/T Na 温度 ( °C )	分析結果 (vol. ppm)							備 考	
		フ ラッシ ン グ 開始・停止日時	フ ラッシ ン グ 時間 (hr)		O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	He		
					50	30	5000	20	30	20	—		
1	特 殊 試 験 原 子 炉 起 動 前	4/10 4/10	9:12 11:12	2.0	249	<1	3.8	21	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 54 - 01
2	特 殘 試 験 原 子 炉 起 動 前	4/10 4/10	11:16 13:16	2.0	249	—	—	—	—	—	—	—	JAr II - 54 - 02 ( <sup>3</sup> H分析)
3	特 殊 試 験 原 子 炉 出 力 上 昇 前	5/14 5/14	13:26 14:26	1.0	240	<1	1.2	4.1	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 54 - 03
4	原 子 炉 停 止 中	5/30 5/30	13:10 15:50	2.5	236	—	—	—	—	—	—	—	JAr II - 54 - 04
5	原 子 炉 停 止 中	6/28 6/28	17:16 19:20	2.07	250	—	—	—	—	—	—	—	JAr II - 54 - 05
6	75MW 性能試験 65MW 出 力 時	7/15 7/15	17:00 19:00	2.0	348	<1	0.6	11.2	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 54 - 06
7	75MW 性能試験 75MW出力運転時	7/22 7/22	14:00 16:00	2.0	348	<1	0.4	3.7	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 54 - 07
8	75MW 性能試験 75MW安定性試験時	8/23 8/23	10:00 12:00	2.0	348	—	1.0	12.5	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 54 - 08
9	原 子 炉 定 格 運 転 時 75MW第1サイクル	1/30 1/30	9:20 10:20	1.0	354	<1	7.5	8.3	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 54 - 09
10	原 子 炉 定 格 運 転 時 75MW第1サイクル	2/22 2/22	9:12 10:12	1.0	357	<1	2.9	2.0	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 54 - 10
11	原 子 炉 停 止 時 (燃交時) 75MW第1サイクル	3/17 3/17	10:34 13:10	2.6	255	<1	3.6	11	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 54 - 11
12	原 子 炉 起 動 前 75MW第2サイクル	4/28 4/28	10:00 11:30	1.5	192	<1	0.6	210	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 55 - 01

サンプリング時の プラント状態	サンプリング時刻		サンプリング時温度 D/T Na温度 ( °C )	分析結果 ( vol. ppm )							備 考	
	フラッシング 開始, 停止日時	フラッシング 時間 ( hr )		O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	He		
	5/6 5/6	10:48 15:27		50	30	5000	20	30	20	—		
13 原子炉起動前 75MW第2サイクル	5/6 5/6	10:48 15:27	4.65	250	<1	3.0	10	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 55 - 02
14 原子炉定格運転時 75MW第2サイクル	5/13 5/13	13:42 15:43	2.02	350	<1	4.5	4.6	<1.1	<2.2	<0.6	3.0	JAr II - 55 - 03
15 原子炉起動時 75MW第2サイクル	5/20 5/20	9:30 11:30	2.0	347	<1	9.8	11	<1.1	—	<0.6	<0.3	JAr II - 55 - 04
16 原子炉定格運転時 75MW第2サイクル	6/6 6/6	11:14 13:09	1.92	345	<1	8.9	12	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 55 - 05
17 原子炉起動前 75MW第3サイクル	7/8 7/8	16:06 17:17	1.15	205	<1	5.2	193	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 55 - 06
18 原子炉起動後 75MW第3サイクル	7/22 7/22	13:55 15:55	2.0	352	<1	21	15	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 55 - 07
19 原子炉定格運転時 75MW第3サイクル	8/9 8/9	9:33 11:33	2.0	346	<1	1	4	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 55 - 08
20 原子炉定格運転時 75MW第3サイクル	8/25 8/25	9:02 11:04	2.03	352	<1	1.4	<1	<1.1	<2.2	<0.6	1.2	JAr II - 55 - 09
21 原子炉起動前 75MW第4サイクル	3/6 3/6	16:30 18:55	2.42	240	<1	1.0	6	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 55 - 10
22 原子炉起動後 ( 50 MW ) 75MW第4サイクル	3/21 3/21	12:21 14:22	2.02	352	<1	3.7	<1	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 55 - 11
23 原子炉定格運転時 75MW第4サイクル	4/14 4/14	10:55 13:03	2.13	342	<1	2.8	<1	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 56 - 01
24 原子炉定格運転時 75MW第4サイクル	4/30 4/30	18:41 10:50	2.15	345	<1	0.43	<1	<1.1	<2.2	<0.6	<0.6	JAr II - 56 - 02
25 原子炉起動前 75MW第5サイクル	6/16 6/16	13:38 15:17	1.65	220.5	<1	0.8	2.3	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 56 - 03

サンプリング時の プラント状態	サンプリング時刻		サンプリング時温度 D/T Na 温度 ( °C )	分析結果 ( vol. ppm )							備 考
	フラッシング	フラッシング		O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	He	
	開始、停止日時	時間 ( hr )		50	30	5000	20	30	20	—	
26 原子炉定格運転時 75MW第5サイクル	6/25 15:05 6/25 17:45	2.67	350	<1	0.5	3.5	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 56 - 04
27 原子炉定格運転時 75MW第5サイクル	7/10 11:53 7/10 13:53	2.0	351	<1	0.6	<1	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 56 - 05
28 原子炉定格運転時 75MW第5サイクル	7/28 18:35 7/28 20:50	2.25	345	<1	0.9	2.3	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 56 - 06
29 原子炉起動前 75MW第6サイクル	10/23 9:22 10/23 12:02	2.67	234	<1	0.79	3.48	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 56 - 07
30 原子炉定格運転時 75MW第6サイクル	11/16 15:50 11/16 18:35	2.75	347	<1	1.22	7.01	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 56 - 08
31 原子炉定格運転時 75MW第6サイクル	12/3 13:20 12/3 15:40	2.33	343	<1	0.7	3.51	<1.1	<2.2	<0.6	4.31	JAr II - 56 - 09
32 原子炉定格運転時 75MW第6サイクル	12/19 16:50 12/19 18:50	2.0	342	※ 8 —	—	—	—	—	—	—	JAr II - 56 - 10

Table 4.6 2次系カバーガスアルゴン分析結果(オーバーフロータンク)  
Results of Analysis for Sampled Secondary Cover Gas (Overflow Tank)

サンプリング時の プラント状態		サンプリング時刻		軸封Arガス 流量 A/B (m³/hr)	分析結果 (vol.ppm)							備 考	
		フラッシング	フラッシング		O₂	H₂	N₂	CO	CO₂	CH₄	He		
		開始、停止日時	時間 (hr)		50	30	5000	20	30	20	—		
1	特殊試験 原子炉起動前	4/10 4/10	9:12 11:12	2.0	0.25 / 0.25	<1	4.0	17.4	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 54 - 01
2	特殊試験 原子炉起動前	4/10 4/10	11:16 13:16	2.0	0.245 / 0.245	—	—	—	—	—	—	—	JAr II - 54 - 02 (³H分析)
3	特殊試験 原子炉出力上昇前	5/14 5/14	13:26 14:26	1.0	0.25 / 0.25	<1	1.5	4.3	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 54 - 03
4	原子炉停止中	5/30 5/30	13:10 15:40	2.5	0.27 / 0.27	—	—	—	—	—	—	—	JAr II - 54 - 04
5	原子炉停止中	6/28 6/28	17:16 19:20	2.07	0.25 / 0.245	—	—	—	—	—	—	—	JAr II - 54 - 05
6	75MW性能試験 65MW出力時	7/15 7/15	17:00 19:00	2.0	0.25 / 0.245	<1	0.8	7.0	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 54 - 06
7	75MW性能試験 75MW出力運転時	7/22 7/22	14:00 16:00	2.0	0.25 / 0.25	<1	0.3	3.0	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 54 - 07
8	75MW性能試験 70MW安定性試験時	8/23 8/23	10:00 12:00	2.0	0.245 / 0.245	—	0.7	9.6	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 54 - 08
9	原子炉定格運転時 75MW第1サイクル	1/30 1/30	9:25 10:25	1.0	0.27 / 0.27	<1	3.2	13.1	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 54 - 09
10	原子炉定格運転時 75MW第1サイクル	2/22 2/22	9:12 10:12	1.0	0.24 / 0.235	<1	1.6	3.0	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 54 - 10
11	原子炉停止時 (燃交時) 75MW第1サイクル	3/17 3/17	10:34 13:10	2.6	0.26 / 0.26	<1	2.8	14	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 54 - 11
12	原子炉起動前 75MW第2サイクル	4/28 4/28	10:00 11:30	1.5	0.25 / 0.25	<1	0.4	24	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 55 - 01

サンプリング時の プラント状態	サンプリング時刻		軸封Arガス 流量 A/B ( m³/hr )	分析結果 ( vol. ppm )							備考
	フラッシング	フラッシング		O₂	H₂	N₂	CO	CO₂	CH₄	He	
	開始、停止日時	時間 ( hr )		50	30	5000	20	30	20	—	
13 原子炉起動前 75MW第2サイクル	5/6 10:48 5/6 15:27	4.65	0.25 / 0.26	<1	1.9	16	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 55 - 02
14 原子炉定格運転時 75MW第2サイクル	5/13 13:46 5/13 15:43	2.05	0.27 / 0.27	<1	1.7	3.1	<1.1	<2.2	<0.6	4.1	JAr II - 55 - 03
15 原子炉定格運転時 75MW第2サイクル	5/20 9:30 5/20 11:30	2.0	0.25 / 0.25	<1	2.4	9	<1.1	—	<0.6	<0.3	JAr II - 55 - 04
16 原子炉定格運転時 75MW第2サイクル	6/6 11:14 6/6 13:10	1.93	0.26 / 0.26	<1	3.8	6	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 55 - 05
17 原子炉起動前 75MW第3サイクル	7/8 16:06 7/8 17:17	1.15	0.25 / 0.25	<1	2.7	181	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 55 - 06
18 原子炉起動後 75MW第3サイクル	7/22 13:55 7/22 15:55	2.0	0.23 / 0.23	<1	10.4	15	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 55 - 07
19 原子炉定格運転時 75MW第3サイクル	8/9 9:33 8/9 11:33	2.0	0.25 / 0.24	<1	0.7	2.5	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 55 - 08
20 原子炉定格運転時 75MW第3サイクル	8/25 9:02 8/25 11:04	2.03	0.255 / 0.255	<1	0.7	3.7	<1.1	<2.2	<0.6	0.8	JAr II - 55 - 09
21 原子炉起動前 75MW第4サイクル	3/6 18:55 3/6 21:00	2.08	0.254 / 0.255	<1	1.0	<1	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 55 - 10
22 原子炉起動後 (50MW) 75MW第4サイクル	3/21 10:16 3/21 12:18	2.03	0.25 / 0.25	<1	6.6	5	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 55 - 11
23 原子炉定格運転時 75MW第4サイクル	4/14 13:05 4/14 16:12	3.12	0.25 / 0.25	<1	0.6	27	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 56 - 01
24 原子炉定格運転時 75MW第4サイクル	4/30 16:27 4/30 18:40	2.22	0.25 / 0.255	<1	0.56	<1	<1.1	<2.2	<0.6	0.9	JAr II - 56 - 02
25 原子炉起動前 75MW第5サイクル	6/16 15:19 6/16 17:35	2.27	0.25 / 0.25	<1	1.0	<1	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 56 - 03

サンプリング時の プラント状態		サンプリング時刻		軸封Arガス 流量 A/B ( m³/hr )	分析結果 ( vol.ppm )						備 考	
		フラッシング 開始、停止日時	フラッシング 時間 ( hr )		O₂	H₂	N₂	CO	CO₂	CH₄		
					50	30	5000	20	30	20		
26	原子炉定格運転時 75MW第5サイクル	6/25 17:46 6/25 20:31	2.75	0.255 / 0.255	<1	1.0	2.3	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 56 - 04
27	原子炉定格運転中 75MW第5サイクル	7/10 13:54 7/10 16:55	3.02	0.255 / 0.255	<1	1.0	1.3	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 56 - 05
28	原子炉定格運転中 75MW第5サイクル	7/28 16:45 7/28 18:33	1.8	0.25 / 0.25	<1	0.6	2.3	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 56 - 06
29	原子炉起動前 75MW第6サイクル	10/23 9:22 10/23 12:02	2.67	0.245 / 0.240	<1	1.13	4.27	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 56 - 07
30	原子炉定格運転時 75MW第6サイクル	11/16 11:28 11/16 14:00	2.53	0.243 / 0.245	<1	1.07	2.62	<1.1	<2.2	<0.6	<0.3	JAr II - 56 - 08
31	原子炉定格運転時 75MW第6サイクル	12/3 10:43 12/3 13:20	2.62	0.24 / 0.245	<1	0.48	3.22	<1.1	<2.2	<0.6	4.91	JAr II - 56 - 09
32	原子炉定格運転時 75MW第6サイクル	12/19 18:50 12/19 20:50	2.0	0.26 / 0.24	※8	—	—	—	—	—	—	JAr II - 56 - 10

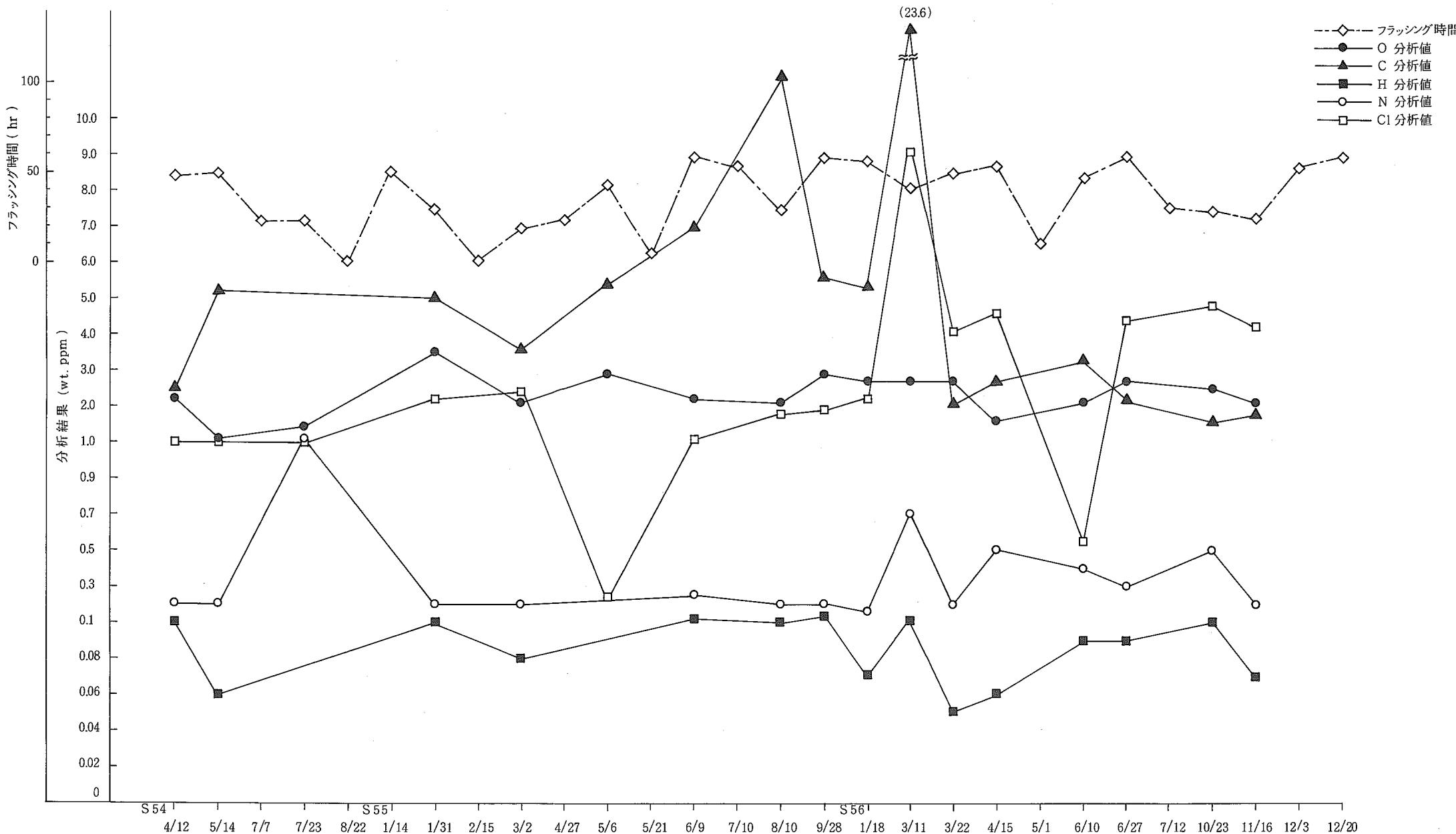


Fig. 4.18 1次系ナトリウム不純物分析濃度の推移 (昭和 54 年 4 月 10 日～昭和 56 年 12 月 20 日)  
Changes of Impurity Concentrations in Primary Sodium

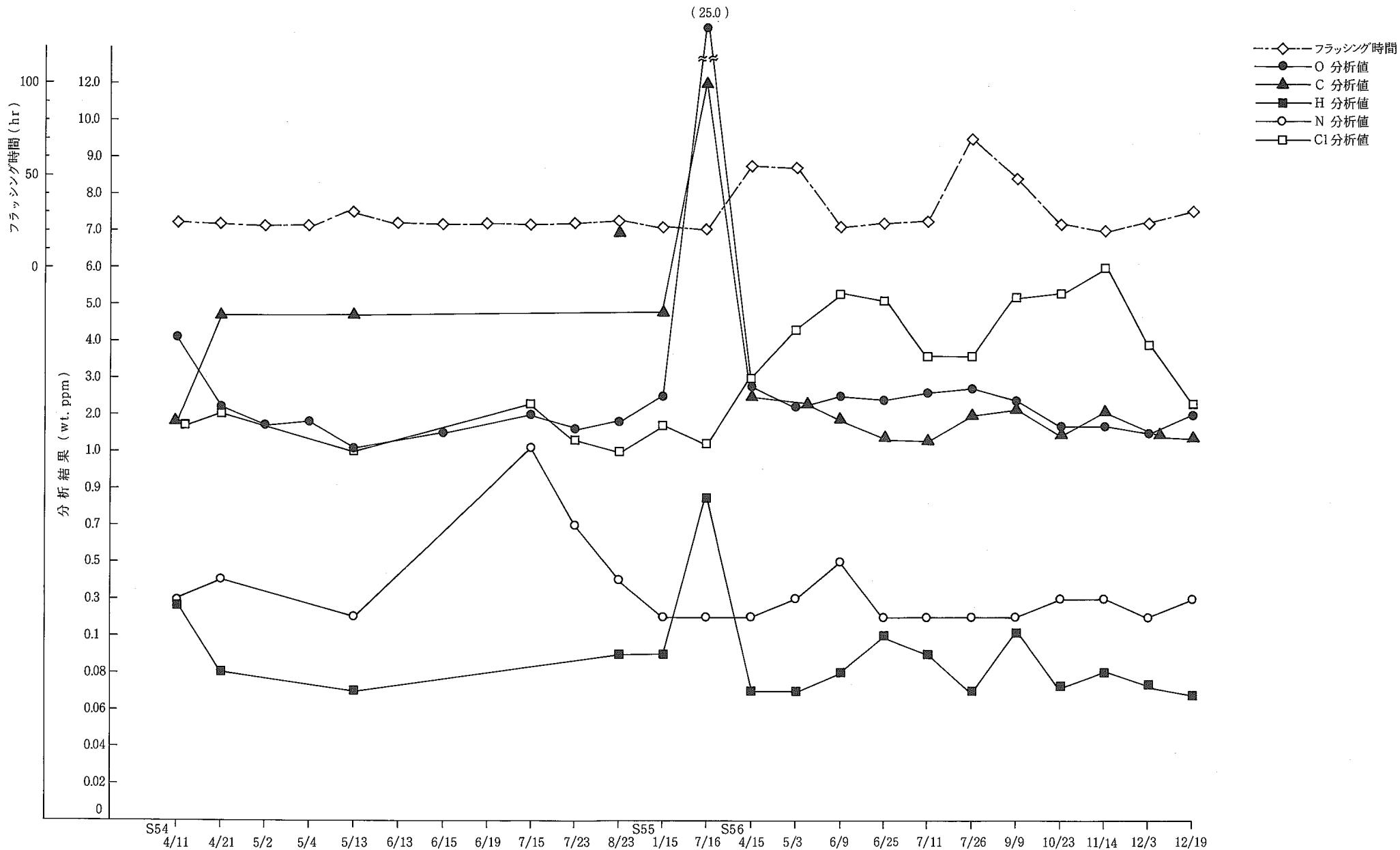


Fig. 4.19 2次ナトリウム不純物分析濃度の推移 (昭和54年4月11日～昭和56年12月19日)

Changes of Impurity Concentrations in Secondary Sodium

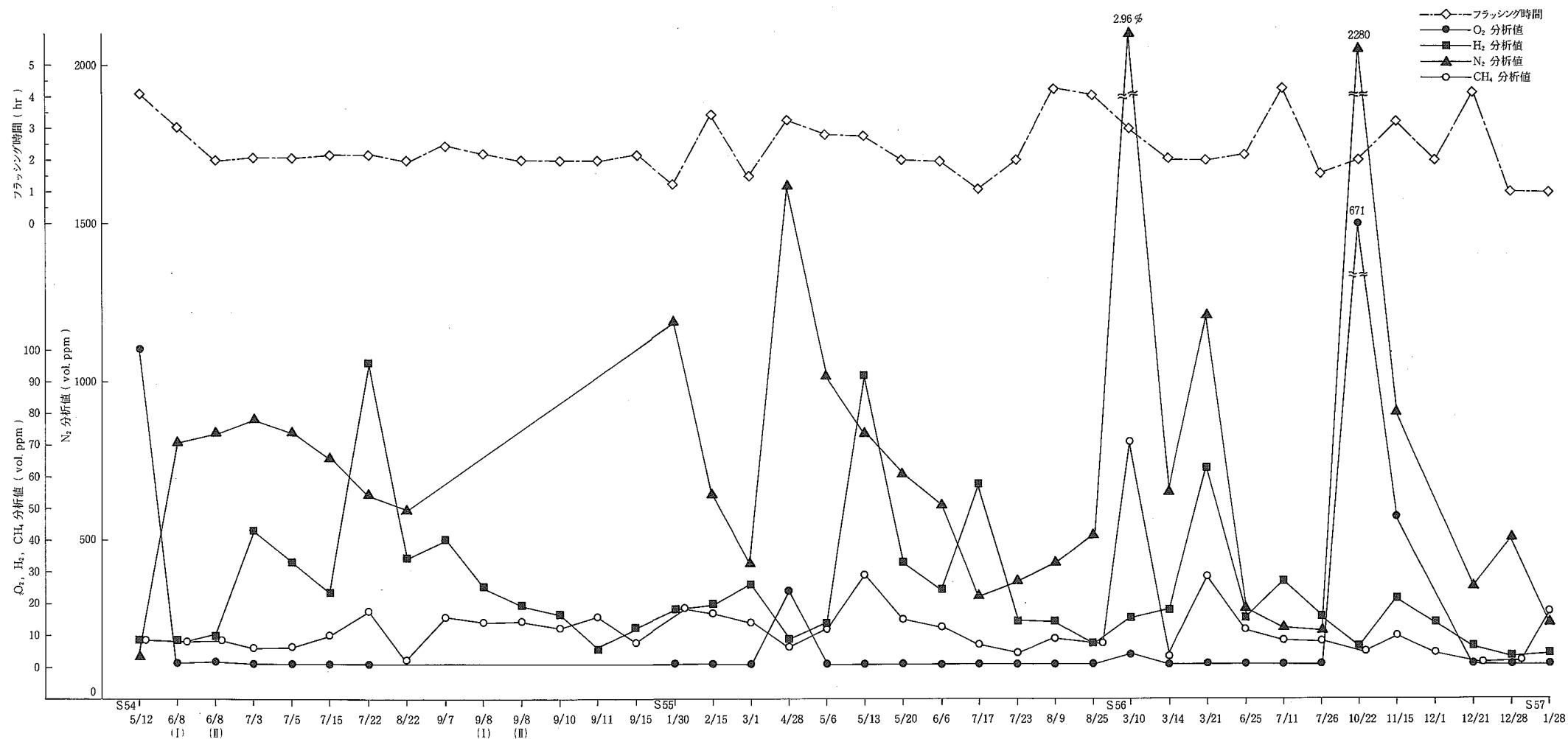


Fig. 4.20 1次カバーガスアルゴン不純物分析濃度の推移 (昭和 54 年 5 月 12 日～昭和 57 年 1 月 28 日)

Changes of Impurity Concentrations in Primary Cover Gas

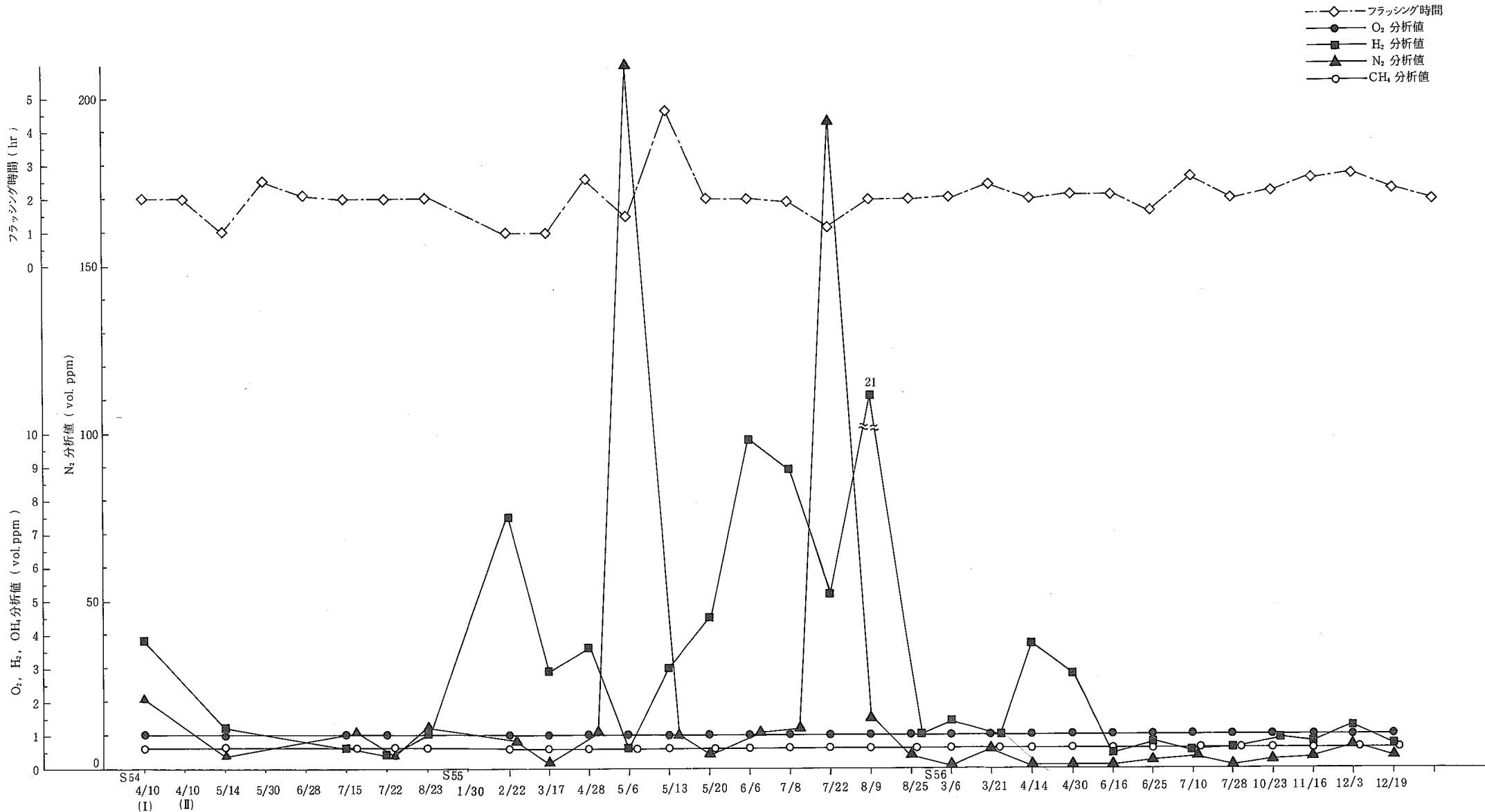


Fig. 4.21 2次カバーガスアルゴン不純物分析濃度の推移(ダンプタンク)(昭和54年4月10日～昭和56年12月19日)

Changes of Impurity Concentration in Secondary Cover Gas (Dump Tank) (1/2)

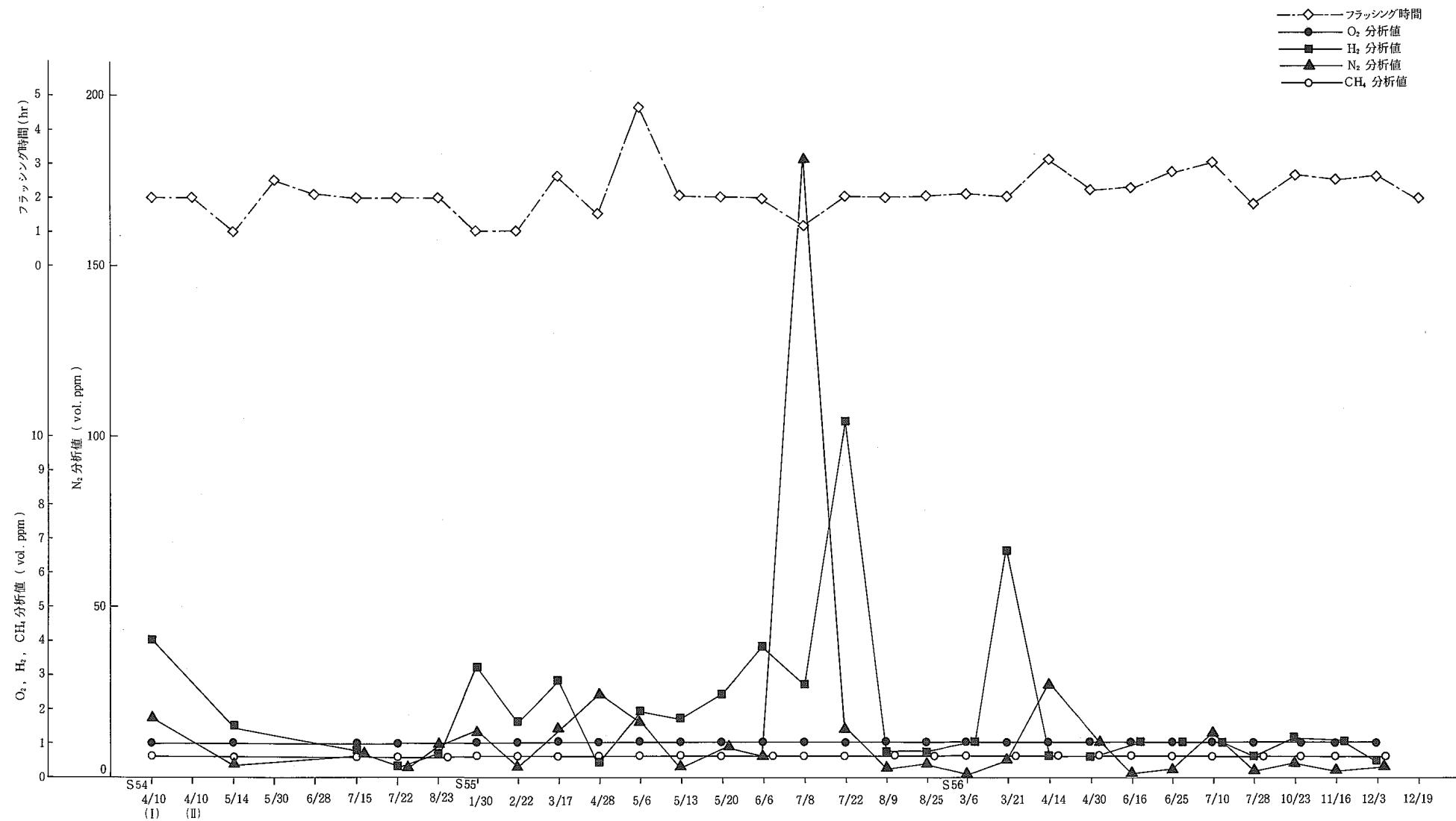


Fig. 4.22 2次カバーガスアルゴン不純物分析濃度の推移(オーバーフロータンク)(昭和54年4月10日～昭和56年12月19日)  
Changes of Impurity Concentration in Secondary Cover Gas (Overflow Tank) (1/2)

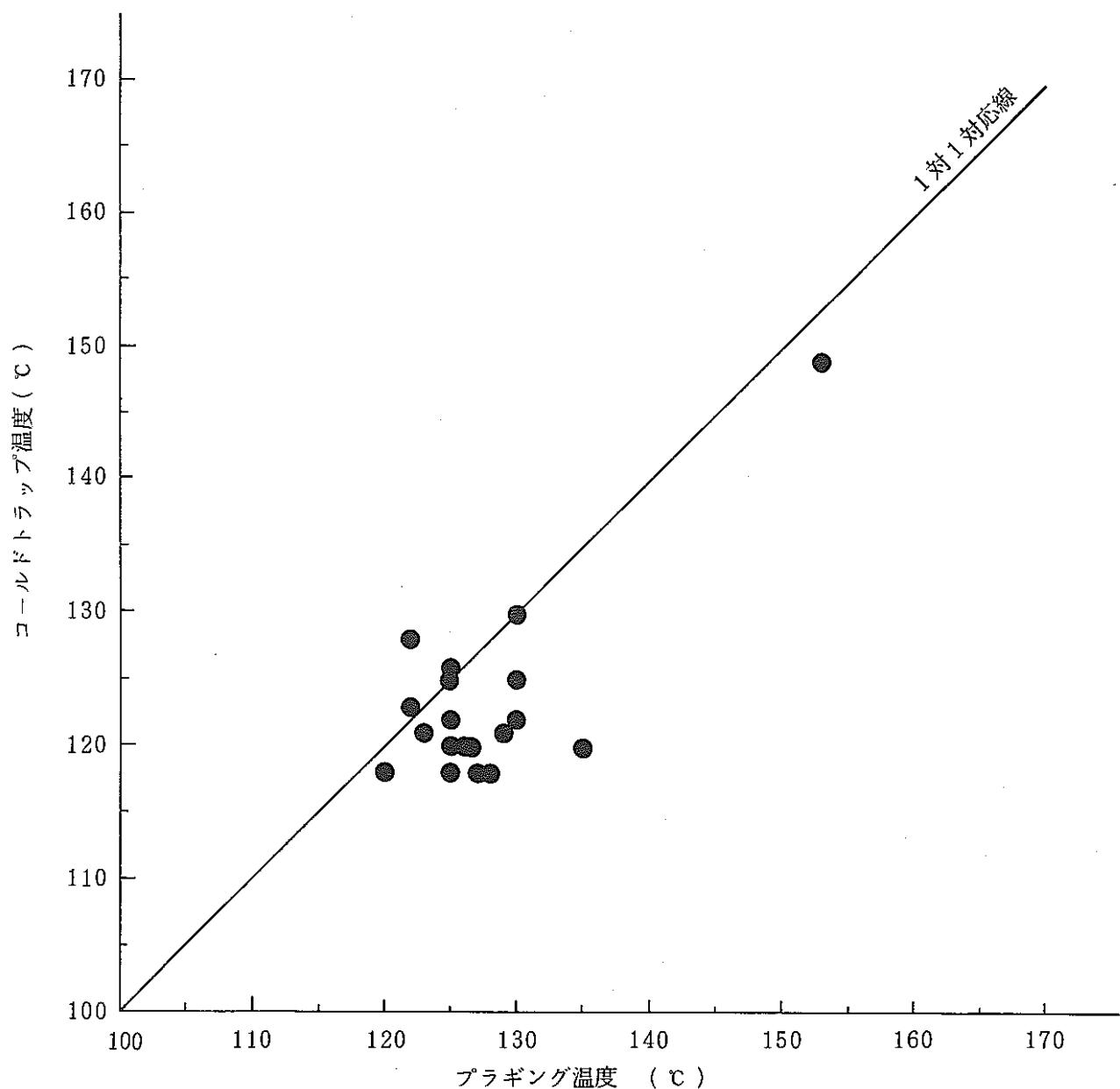


Fig. 4.23 2次系のプラギング温度とコールドトラップ温度の関係

Relation between Plugging Temperature and Cold Trap Temperature of Secondary Sodium

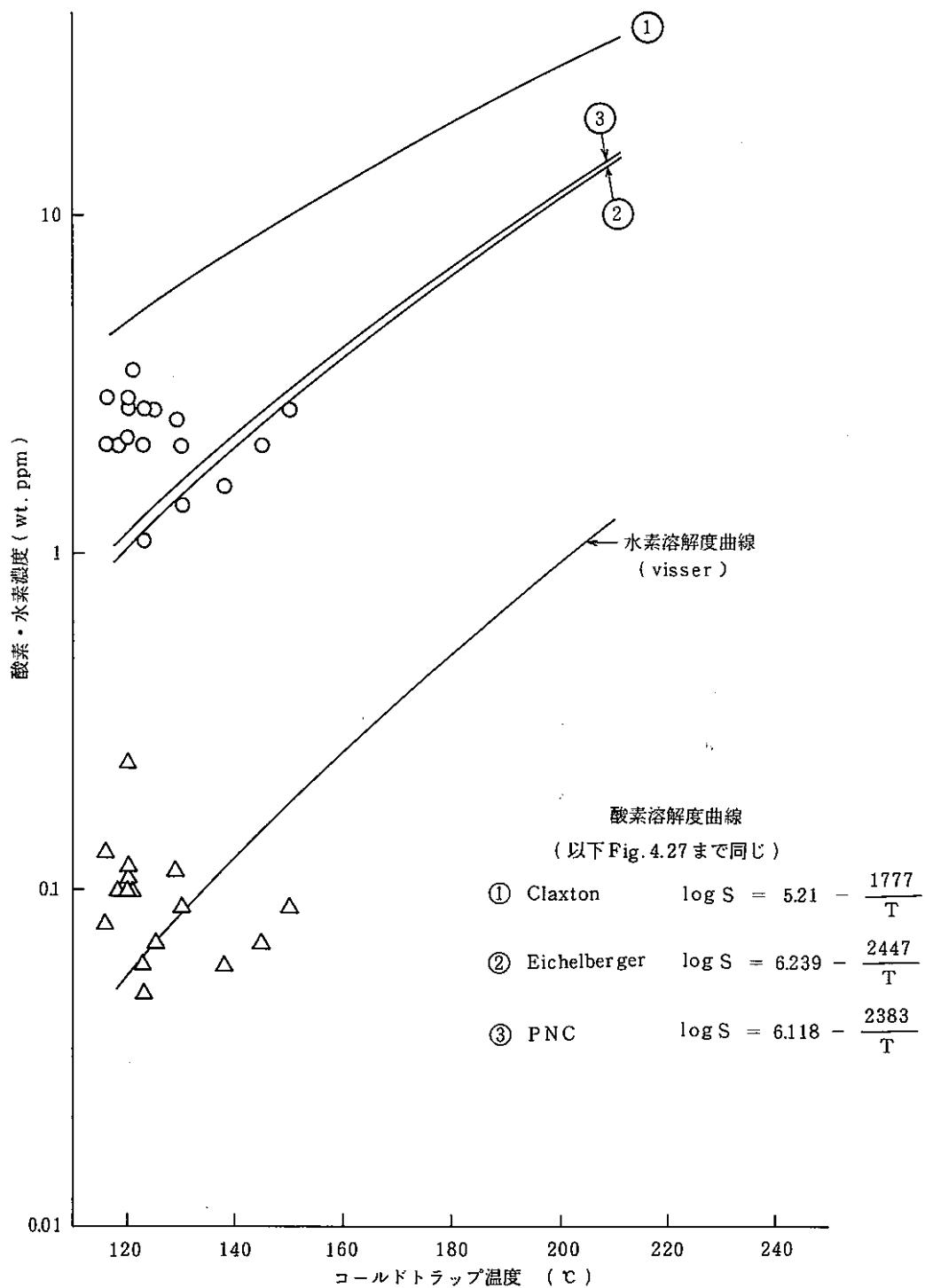


Fig. 4.24 1次系ナトリウム中の酸素・水素濃度とコールドトラップ温度との関係

Relations between Concentrations of Oxygen and Hydrogen  
and Cold Trap Temperature in Primary Sodium

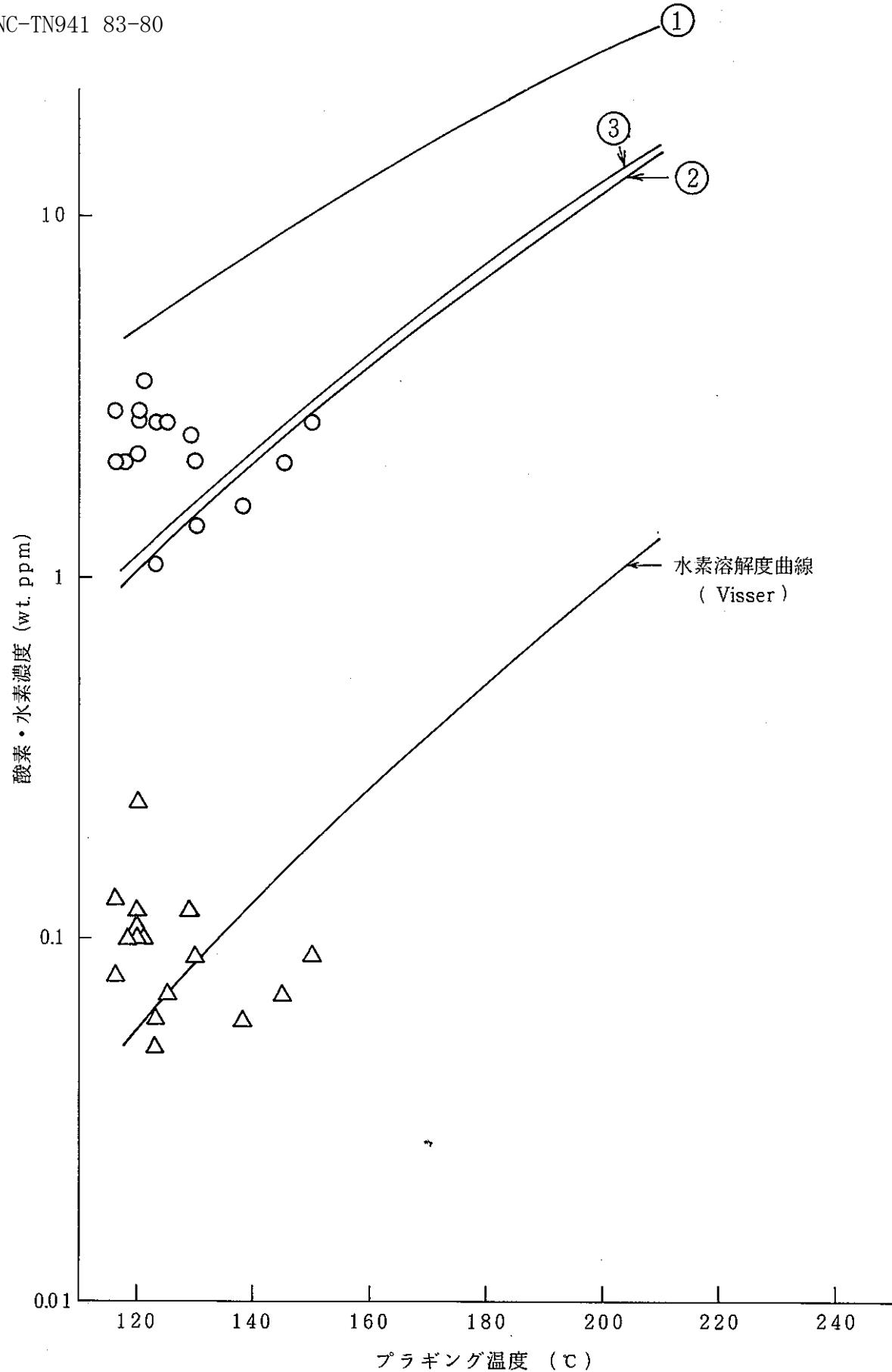


Fig. 4.25 1次系ナトリウム中の酸素・水素濃度とプラギング温度との関係

Relations between Concentrations of Oxygen and Hydrogen  
and Plugging Temperature in Primary Sodium

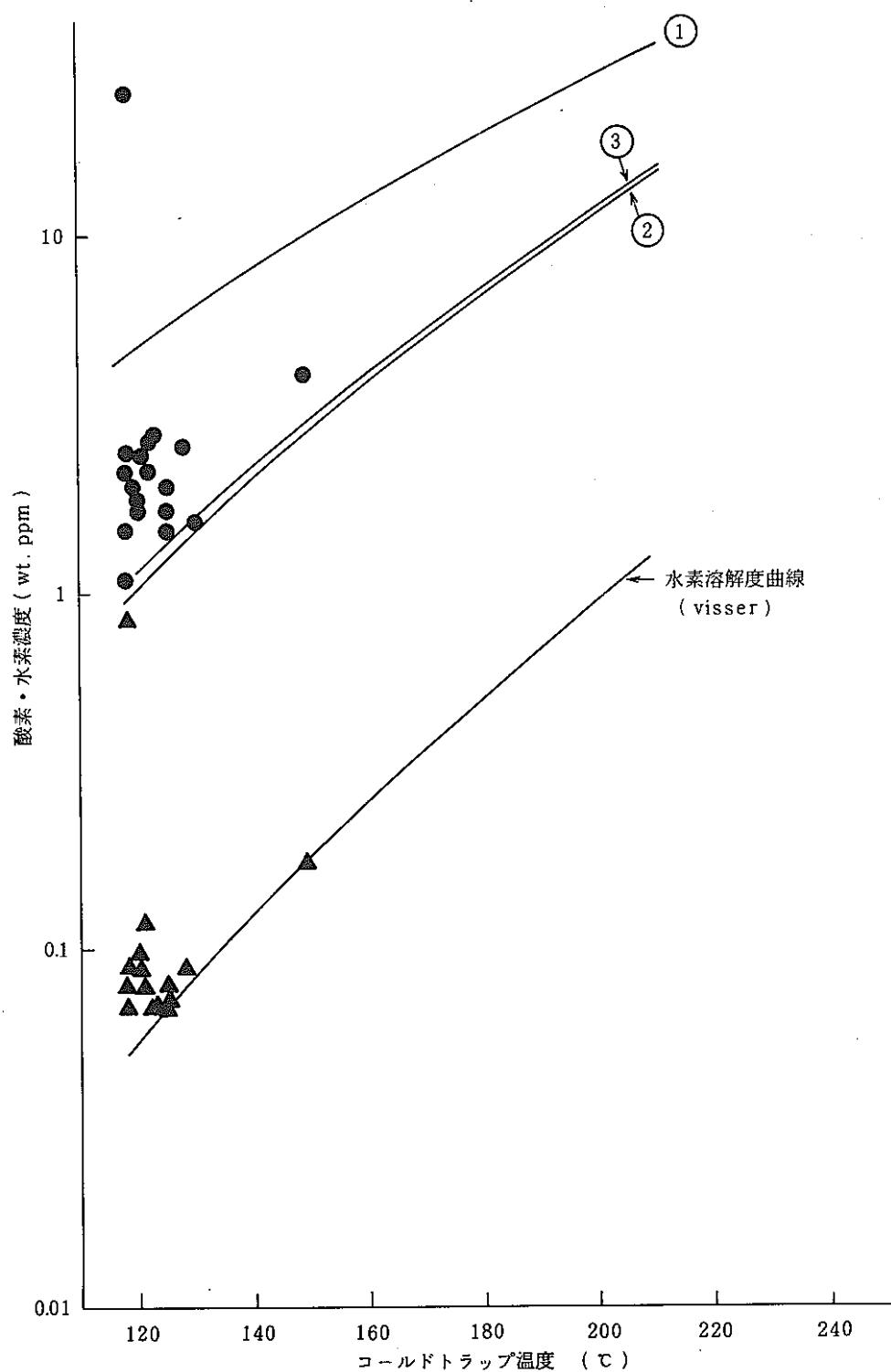


Fig. 4.26 2次系ナトリウム中の酸素・水素濃度とコールドトラップ温度との関係

Relations between Concentrations of Oxygen and Hydrogen and Cold Trap Temperature in Secondary Sodium

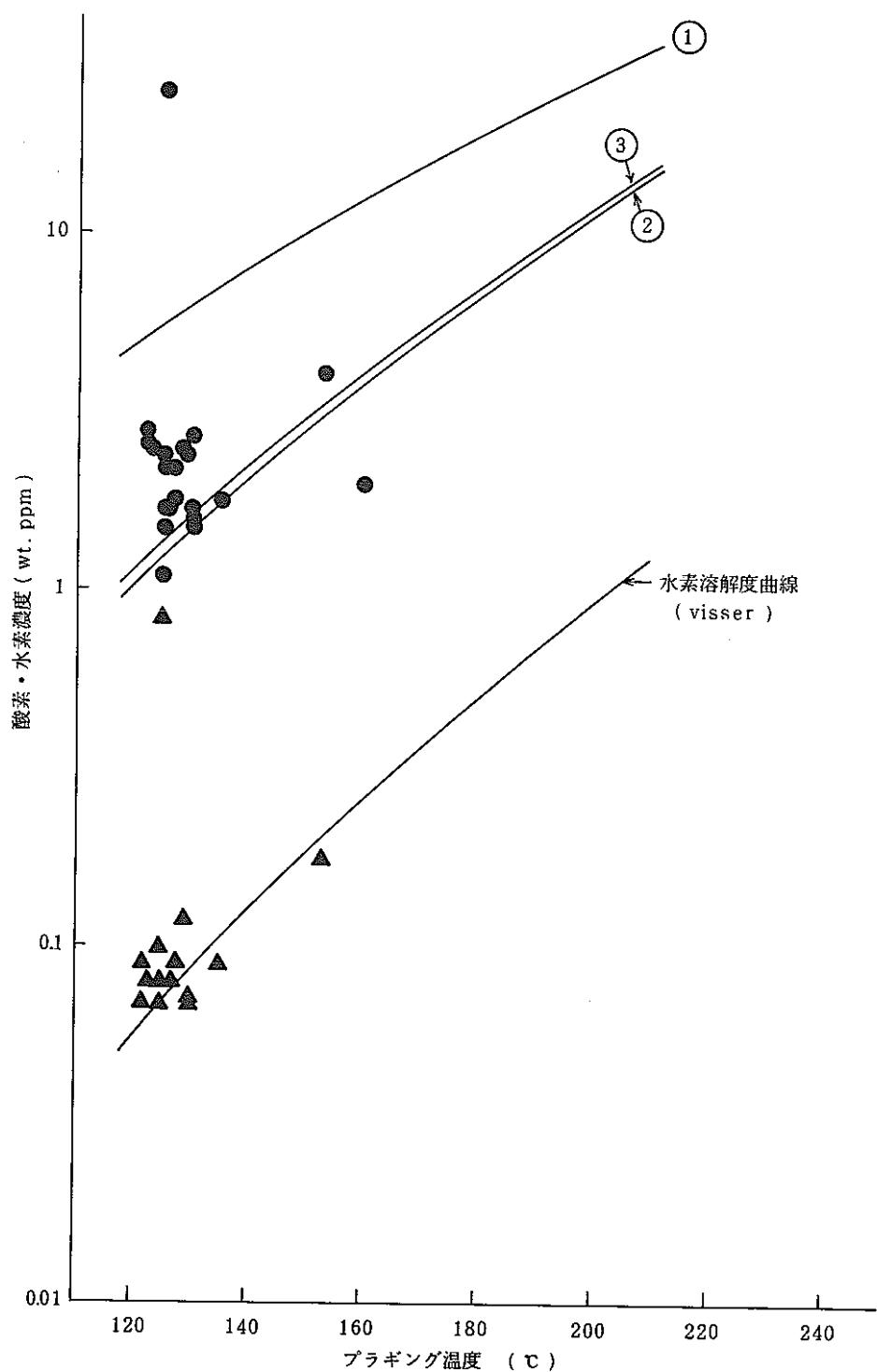
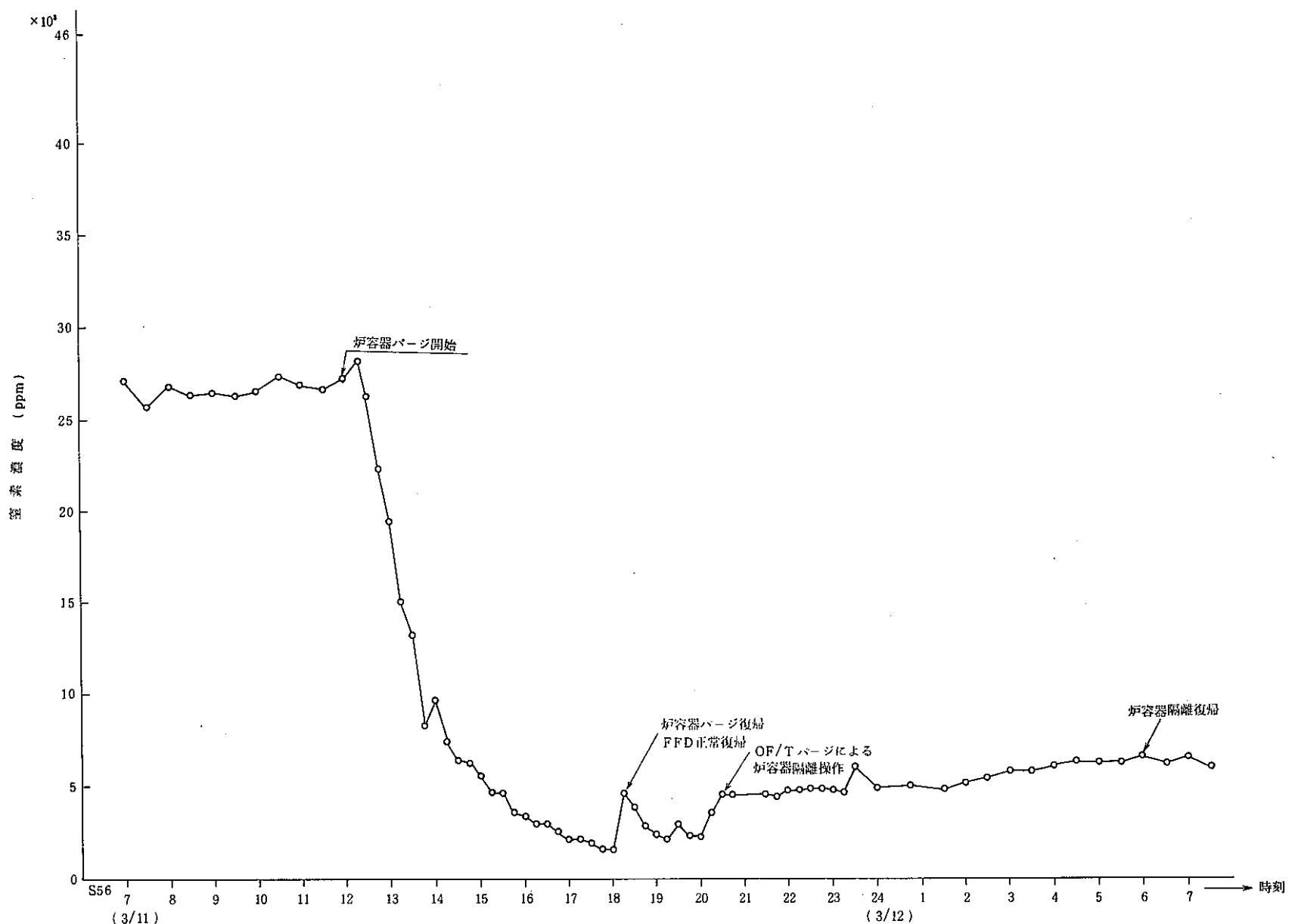


Fig. 4.27 2次系ナトリウム中の酸素・水素濃度とプラギング温度との関係

Relation between Concentrations of Oxygen and Hydrogen  
and Plugging Temperature in Secondary Sodium



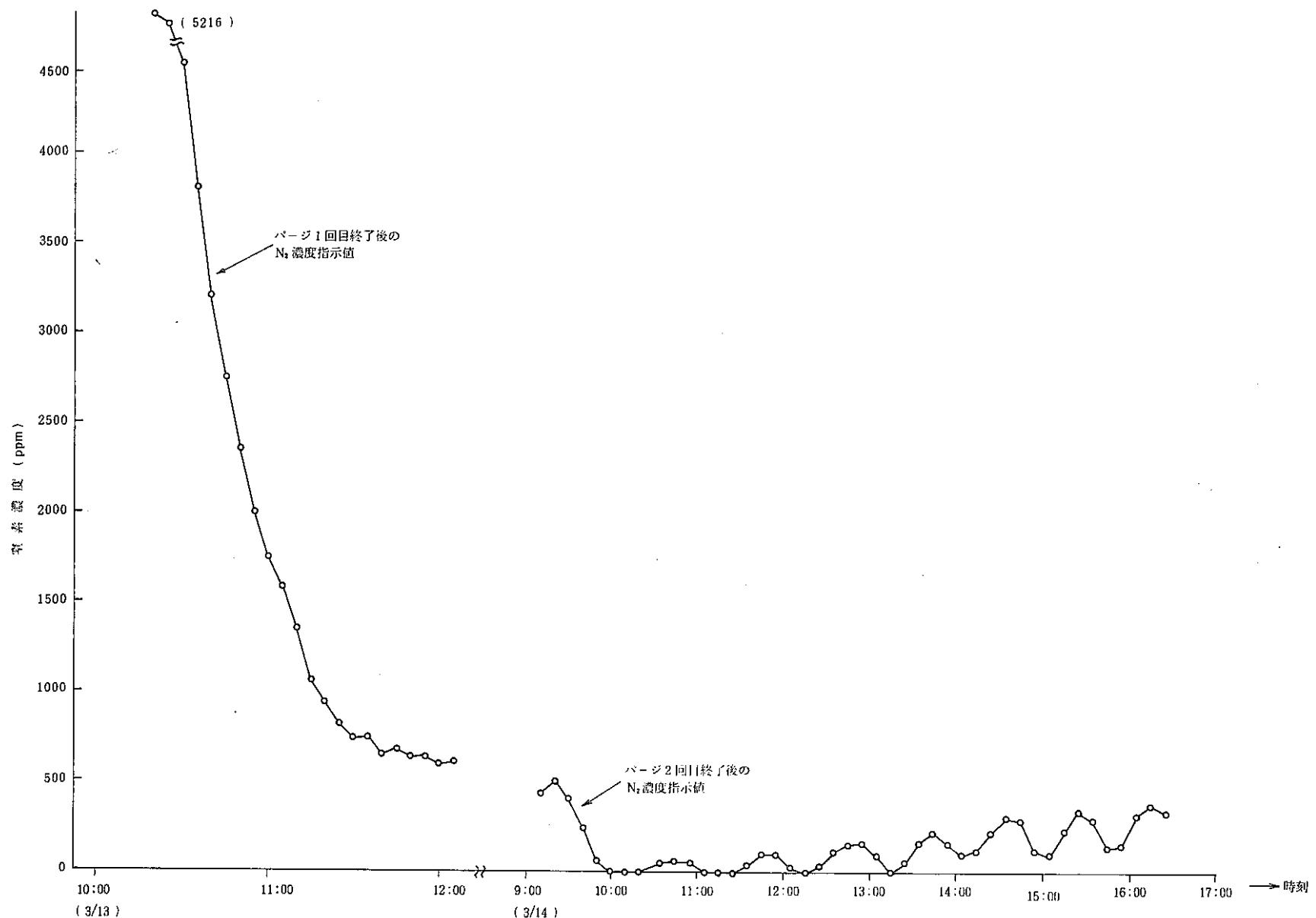


Fig. 4.29 FFD-CG法ラインからの炉容器アルゴンガスページ後のガスクロによる窒素濃度の推移 (昭和56年3月12日～3月14日)  
Change of Nitrogen Concentration in Reactor Cover Gas effected by Purging (2/2)

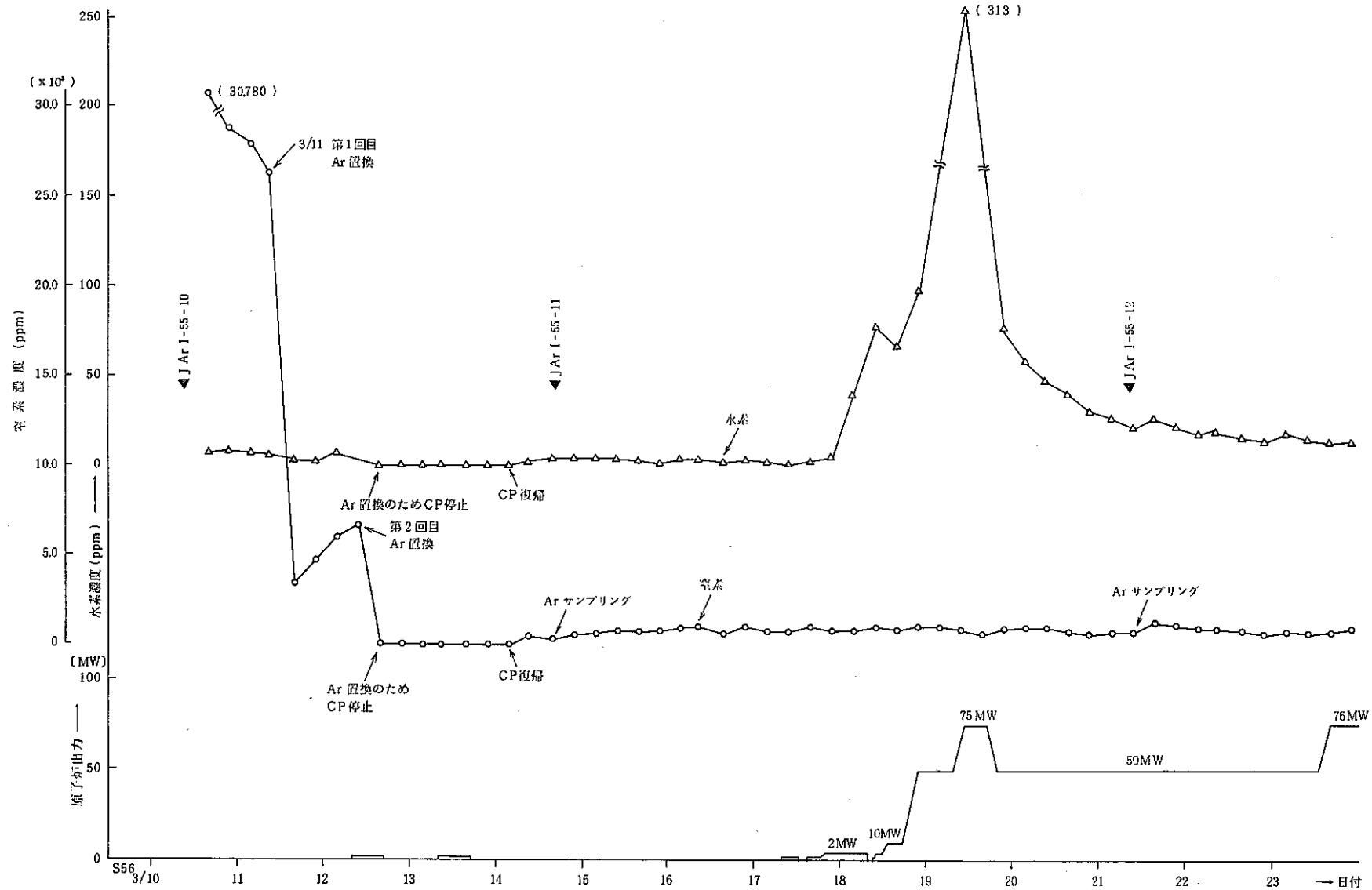


Fig. 4.30 75MW定格運転第4サイクル原子炉起動前後に於ける窒素および水素濃度の推移(昭和56年3月10日～3月23日)  
Change of Nitrogen and Hydrogen Concentration in Reactor Cover Gas effected  
by Reactor Startup

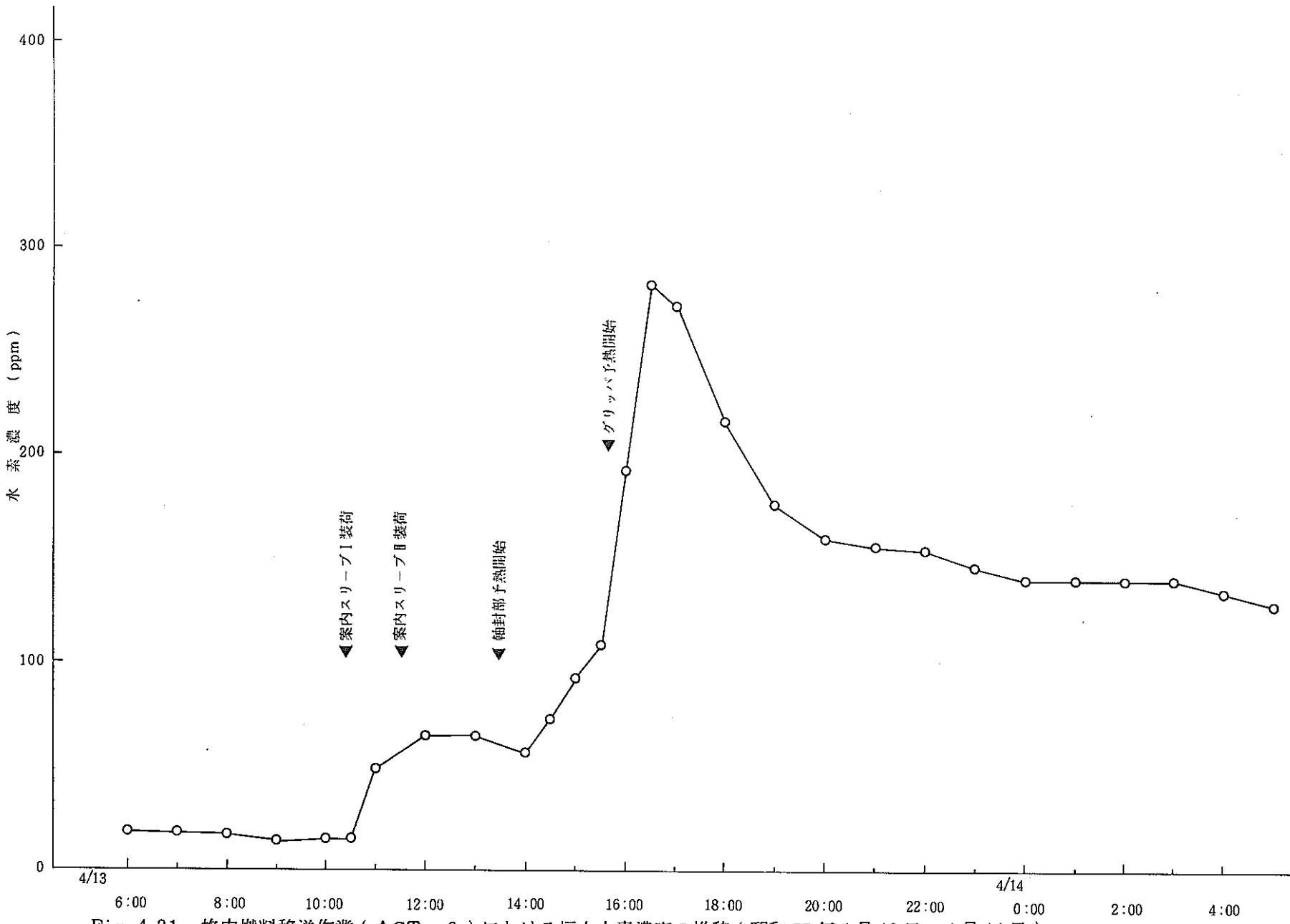


Fig. 4.31 格内燃料移送作業 (ACT-6) における炉内水素濃度の推移 (昭和57年4月13日～4月14日)

Change of Hydrogen Concentration induced by Fuel Exchange Work

-18-

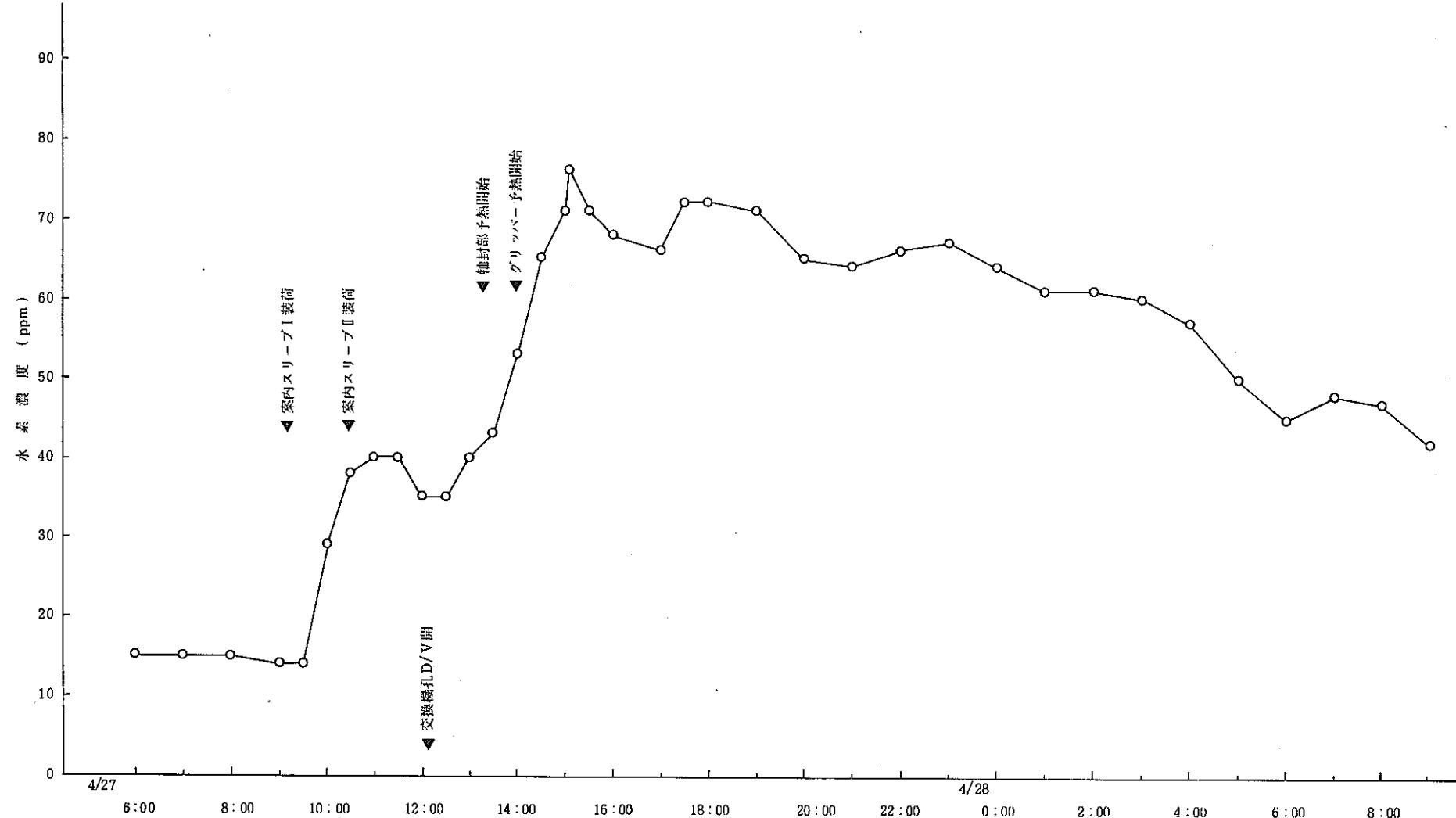


Fig. 4.32 格内燃料移送作業 (ACT - 6) における炉内水素濃度の推移 (昭和57年4月27日～4月28日) (INCOグリッパ乾燥)

Change of Hydrogen Concentration in Primary Cover Gas induced by Fuel Exchange Work

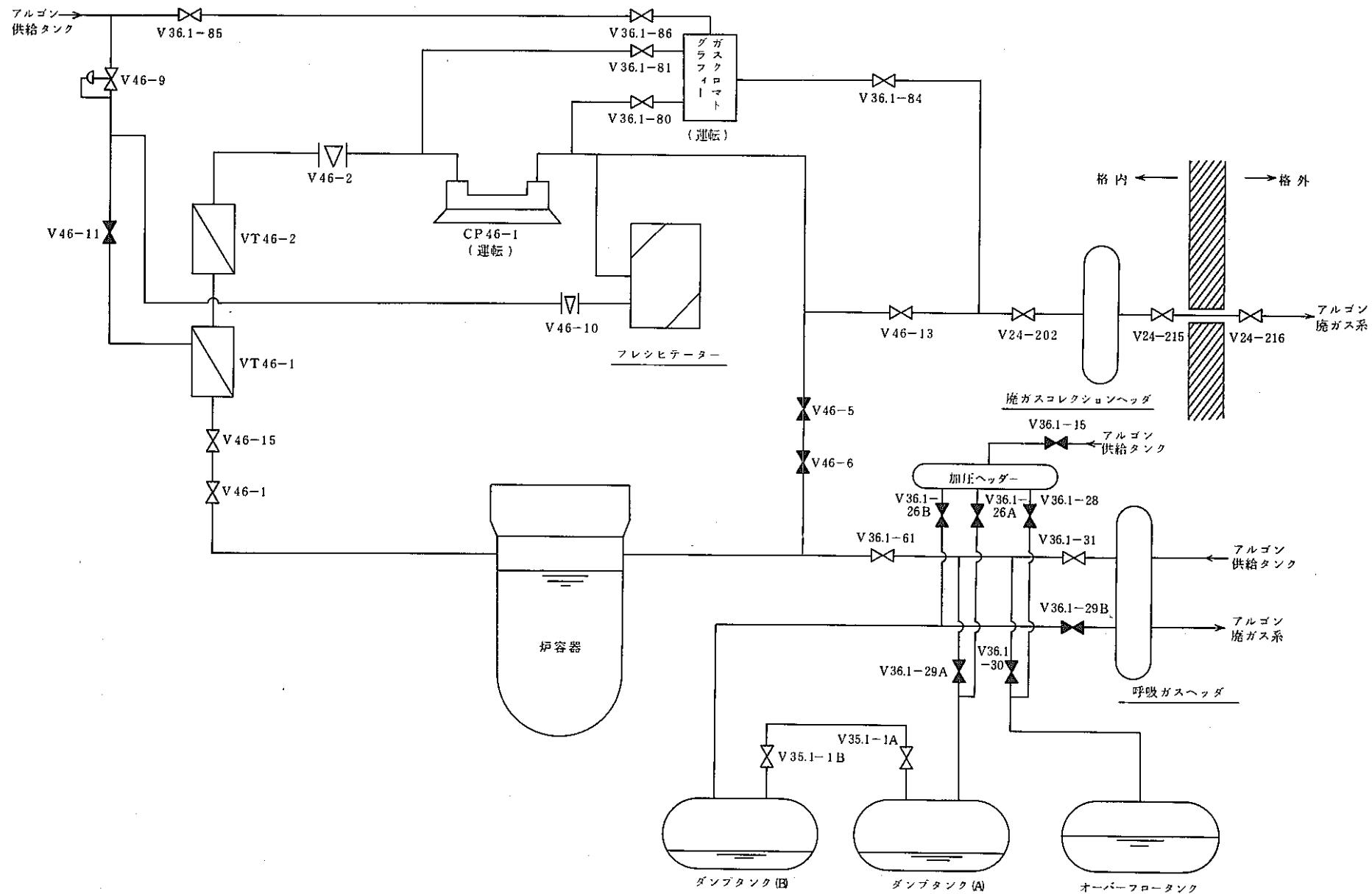


Fig. 4.33 炉容器アルゴンガスパージ時の弁状態（連続ページ法・FFD-CG法利用）  
Flow Sheet of Reactor Cover Gas Purging

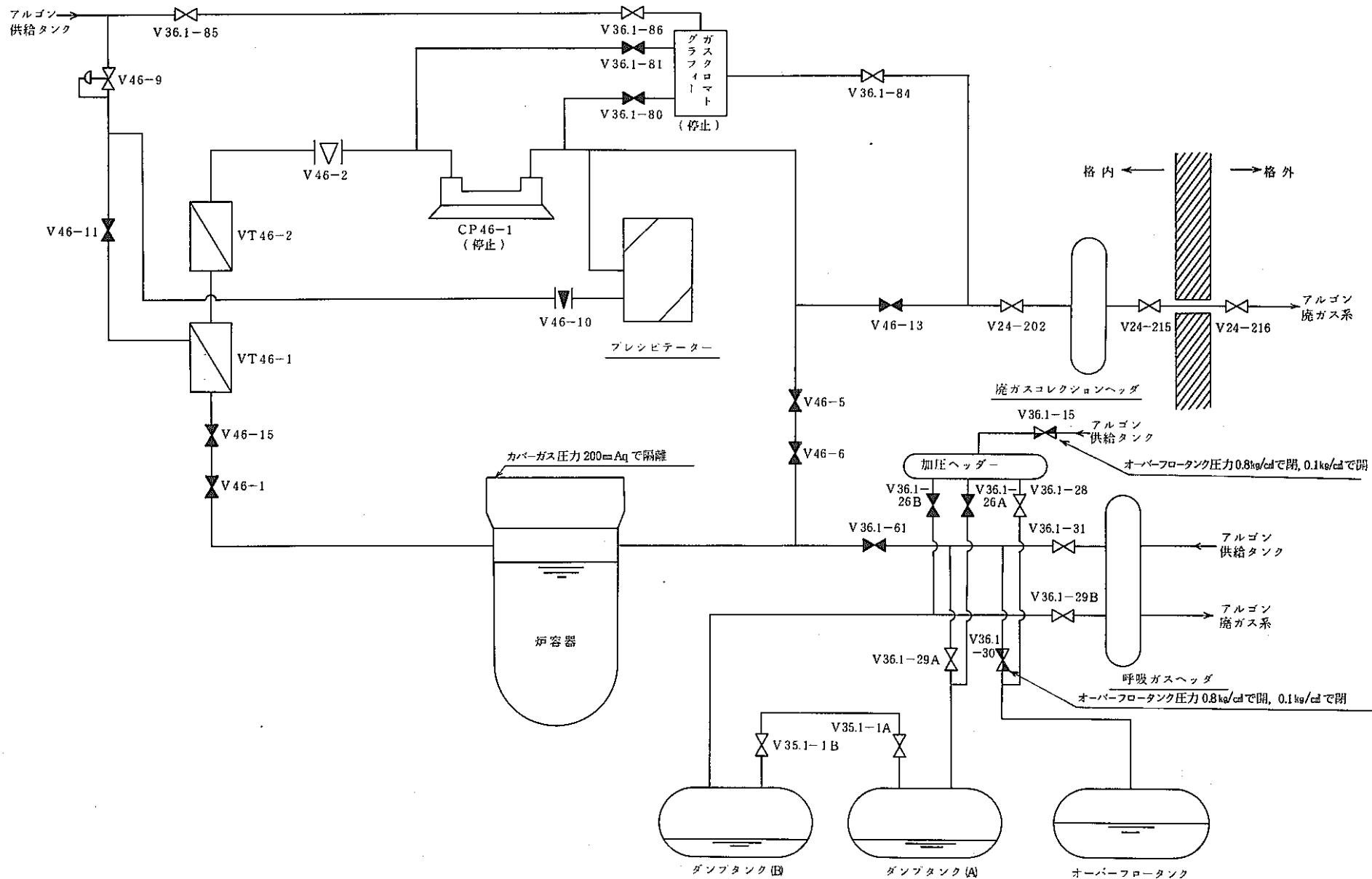


Fig. 4.34 オーバーフロータンクアルゴンガスバージの弁状態（加圧法）

Flow Sheet of Overflow Tank Cover Gas Purging

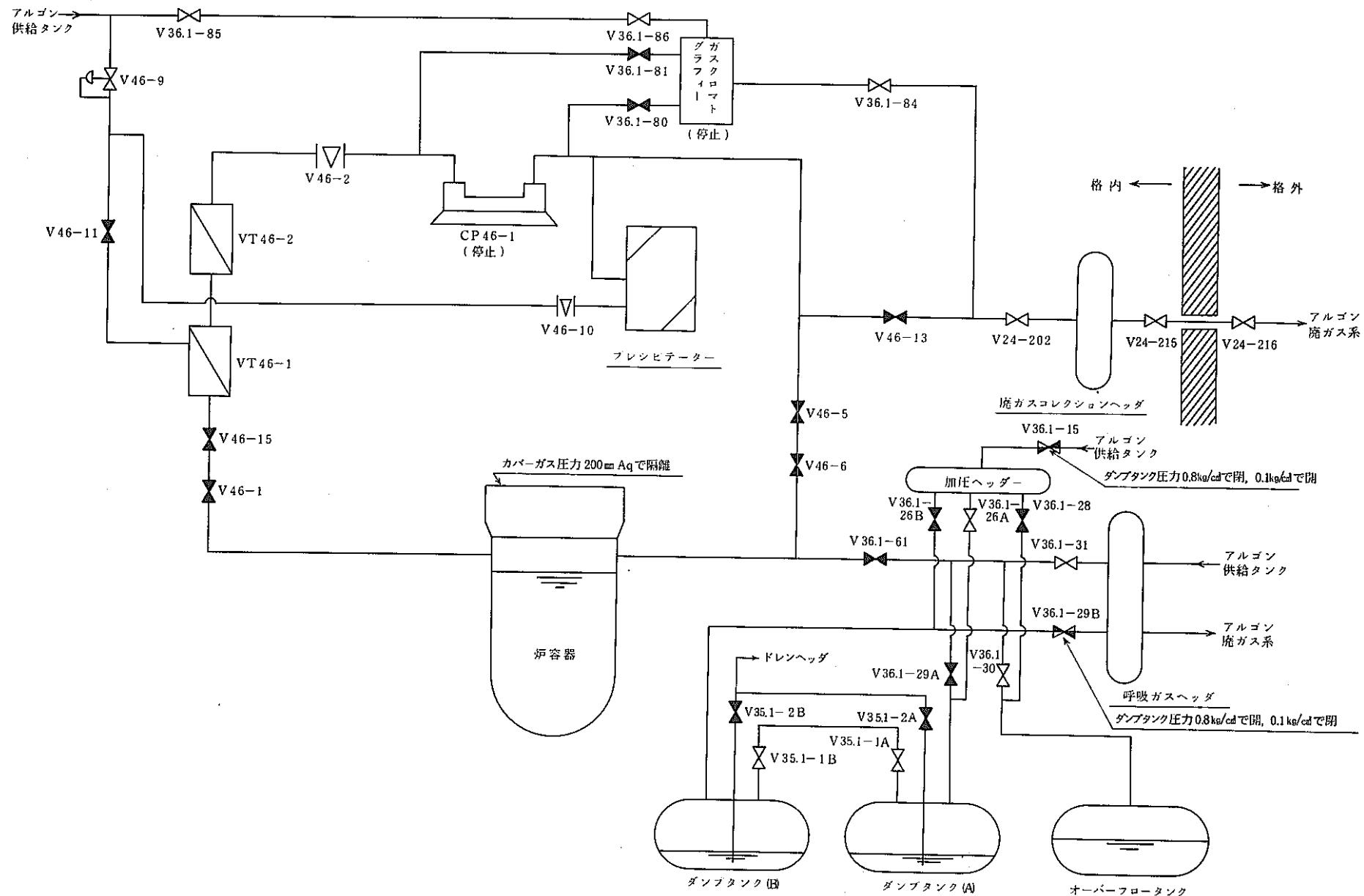


Fig. 4.35 ダンプタンクアルゴンガスバージ時の弁状態（加圧法）

Flow Sheet of Dump Tank Cover Gas Purging

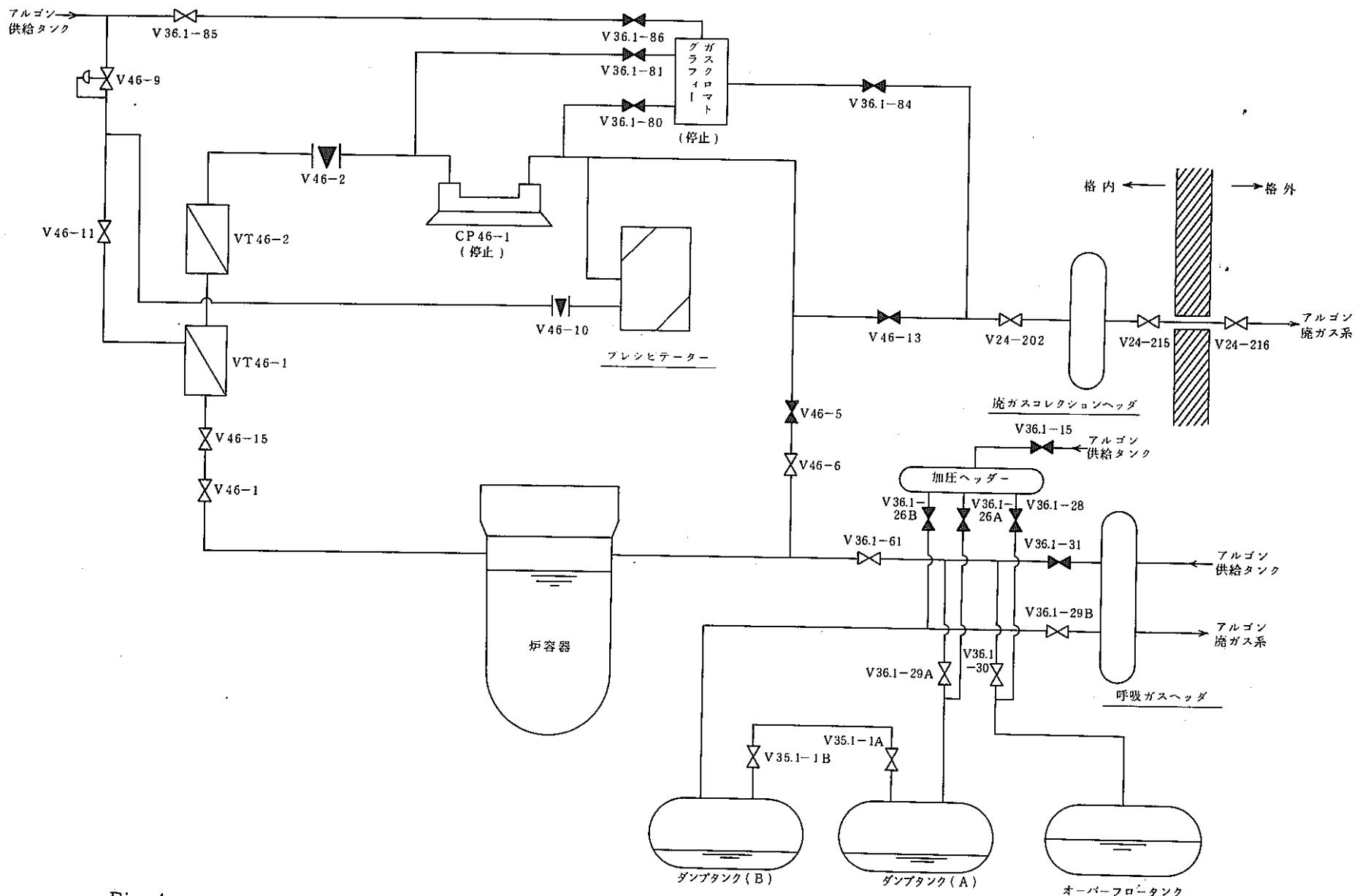


Fig. 4.36 FFD-CG法ラインからのアルゴンガスバージ時の弁状態(連続バージ法)

Flow Sheet of Primary Cover Gas Purging used by FFD-CG Line

## 5. 検討および評価

### 5.1 ナトリウムおよびカバーガスアルゴンサンプリング分析結果について

今回の報告対象としたのは、75MW性能試験から75MW定格運転第6サイクルまでの期間におけるサンプリングおよび分析結果である。この期間のサンプリング操作はほぼ順調に行なわれたが、2次ナトリウムサンプリング設備のみ、出入口弁不良の際に一定期間サンプリング不能となつたことがある。

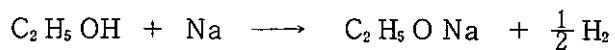
本期間ににおいて、各プラント状態とナトリウム分析結果の比較は4.3節でも述べたが、定検等に伴うナトリウムドレンおよびナトリウム充填の前後では、ほとんど分析値に変化がないことが明らかになった。1次系ナトリウムの場合特に著しい変化が見られたのは第2回定検中における1次プラギング計の改造工事後の炭素濃度である。その他の成分および特に重要な酸素については管理目標値以下であり、十分な純化が行なわれたといえる。

2次系ナトリウムについては、すべて管理目標値を満足した。

一方、カバーガスアルゴンの分析結果は、特に1次系について前章で述べたように原子炉起動前後においてしばしば水素濃度が管理目標値を越える値を示した。

この例としていくつか比較してみた。まずTable. 4.4 の分析結果で、No.14 ( J Ar I - 54 - 14 ) と No.15 ( J Ar I - 54 - 15 ), No.19 ( J Ar I - 55 - 02 ) と No.20 ( J Ar I - 55 - 03 ), No.28 ( J Ar I - 55 - 11 ) と No.29 ( J Ar I - 55 - 12 ) そして、No.33 ( J Ar I - 56 - 05 ) と No.34 ( J Ar I - 56 - 06 ) などが上げられる。この現象はFig. 4.30 に示す75MW第4サイクル原子炉起動時のガスクロによる水素濃度推移において、より明確に示されている。これらはすべて原子炉起動前に燃料交換作業を実施した時のデータであることから、水素濃度の上昇は、燃料交換作業と密接に関係しているといえる。

水素の発生源として考えられるものは、燃料交換作業で使用する機器に付着したエチルアルコールであり、ナトリウムとの反応は次の反応式により行なわれる。



燃料取扱機器のグリッパーに、洗浄時付着したエチルアルコール ( C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH ) は、炉内でのグリッパー予熱時に炉内器内のカバーガス中に気化する。しかし、ナトリウム温度 250 °Cにおいては、カバーガス中には殆んどナトリウムベーパは無いので、上記の反応はナトリウム液面近傍のみで行なわれる為、この時の水素の生成はあまり多くない。しかし、原子炉起動、核加熱、出力上昇に伴い、ナトリウム温度が上昇していくにしたがって、カバーガス中のナトリウムベーパ濃度が上昇し、このナトリウムベーパおよびミストと、前述のエチルアルコール蒸気との反応が激しく起こり、多量の水素が生成され、カバーガス中の水素濃度が急激に上昇する。また、メタンについてもTable 4.4 に原子炉起動後の濃度上昇という現象が見られる。この成分上昇について考えられることは、有機物の混入によりそれが熱分解し、生成したものと考えられる。

これらのカバーガスアルゴン中の不純物のうち水素成分については、これまでの報告書（参考文献(1), (2)参照）では燃料交換機器に付着した有機物が熱分解して生成されると推定されていたが、今回のサンプリングおよびガスクロのデータからエチルアルコールがナトリウムとの反応によって生成されることが明らかに

なった。

また、カバーガスアルゴンの分析成分で今後のMK-II運転でさらに注目される成分としてヘリウム(He)ガスが上げられる。これは、MK-II制御棒がベント方式であり、中性子の吸収により生じたHeを冷却材中に放出させる。このHeガスのカバーガス中への移行率、移行時間等を連続的に監視することはベント型制御棒の運転経験としての貴重なデータを提供することになる。

ガスクロによるカバーガス純度監視は、サンプリングに比べて次のような長所をもつ。(1)連続分析ができるので情報量が多い (2)速応性がよい (3)常時カバーガスを監視できるので異常を早期に発見できる。

「常陽」におけるガスクロはプラント上の制約が種々にあるため研究室レベルの精密装置と異なり、高い精度は期待できないが、今後の100MW(MK-II)運転においても、カバーガスの純度管理上重要な役割を果すことになる。

ガスクロで監視することができないその他の成分については分析結果を見る限り特に目立った異常現象は無かった。

## 5.2 サンプリング操作について

サンプリング操作の方法は50MWおよび75MWの運転試験を通じていくつかの改善が行なわれてきた。その内容はナトリウムについては熱衝撃緩和対策および体積収縮対策、カバーガスアルゴンではサンプラ内負圧防止対策である。その結果、サンプリング技術の巧拙が分析結果に影響を及ぼすことはほぼ無くなつたと考えてよい。

今後のMK-II 100MW運転でさらに問題となるのは熱衝撃である。それは、オーバーフロータンク内ナトリウム温度が75MWでは420～430℃であったのに対して100MWでは440～450℃となるため予熱ヒータ容量が十分でないことによる。サンプリング装置の予熱ヒータの通常制御範囲は200±30℃であるが、これを飽和制御(ヒータONのまま)としても熱衝撃を解消するに到らない。従って、フラッシング開始時の初期流量をさらに絞り込むことが必要となる。

## 6. 結 言

75MW性能試験から75MW定格運転第6サイクルまでのサンプリングによる不純物の分析結果より次の結論を得た。

- (1) ナトリウム分析結果は、1次・2次系共にほぼ管理目標値を満足していた。
- (2) 定検時におけるナトリウムドレンおよび充填の前後では特に著しい不純物の濃度変化は見られなかった。また燃料交換時の前後では、ナトリウム中の水素濃度が若干高くなるが、管理目標値の面からは十分満足する値であった。
- (3) カバーガスアルゴンの分析結果で1次系の場合、水素、メタン、および窒素が管理目標値を越えることが一時あったがその他の成分についてはほぼ管理目標値を満足する結果を得た。
- (4) 炉内燃料移送作業に伴い炉内カバーガス中水素濃度が上昇する現象がガスクロ装置により発見された。この原因は燃料取扱機器のグリッパに付着したエチルアルコールが炉容器カバーガス中に気化して、ナトリウムと反応して水素を発生するためであろうと考えられる。  
また、原子炉起動後においても同現象が現われる。これは、ナトリウムと反応しきれなかったカバーガス中のアルコールが原子炉起動後のナトリウム温度上昇によってナトリウムベーパと反応を活発化するためであろう。  
メタンの存在は、炉容器内に混入した有機物が、熱分解して生成されたものであると推定される。
- (5) カバーガス中窒素濃度上昇時に、1次系のカバーガスをページすることによって、短時間で純度回復を行なえることを確認した。同時に、同ページ操作要領を確立した。
- (6) ナトリウムおよびカバーガスアルゴンのサンプリング方法およびサンプリング時期は適切なものであった。

## 7. 謝 辞

本報告書をまとめるにあたり、サンプリング操作に携わった多数の歴代原子炉第一課第4グループ員の諸氏および多数の分析を実施して下さった大洗工学センターナトリウム分析室（現、実験炉部技術課）の諸氏に感謝します。

## 8. 参考文献

- (1) 高速実験炉「常陽」性能試験報告書 “ナトリウム・カバーガスアルゴン分析試験(PT-52)その1”  
PNC SN941 79-82, 1979年7月
- (2) 高速実験炉「常陽」性能試験報告書 “ナトリウム・カバーガスアルゴン分析試験(PT-52)その2”  
PNC SN941 80-05, 1980年1月
- (3) 高速実験炉「常陽」 “1次ナトリウム純化系運転経過報告書” PNC N943 81-203, 1981年  
10月