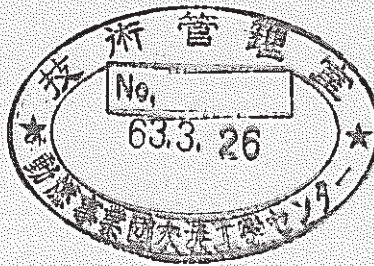


高速実験炉「常陽」運転経験報告書

100MW運転時Na・Arサンプリング及び分析結果
(MK-II炉心移行作業から100MW第7サイクルまで)



1987年12月

技術資料コード	
開示区分	レポートNo.
T	N9410 87-174
<p>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</p> <p>動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター技術管理室</p>	

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」運転経験報告書

100MW運転時Na・Arサンプリング及び分析結果
(MK-II炉心移行作業から100MW第7サイクルまで)

伊吹正和* 寺内 誠** 伊藤芳雄*
青野忠純* 藤原昭和* 今井勝友*

要 旨

常陽の冷却材ナトリウム、カバーガスアルゴン中の不純物及び放射性物質の純度管理を目的としてサンプリングし分析を行った。その結果は以下の通りであった。

1. ナトリウム中の不純物は、1次・2次系共に管理目標値を満足していた。
2. 1次系カバーガスアルゴン中の不純物のうち水素及びメタンは、主循環ポンプの点検及び燃料交換作業に伴い管理目標値を超える事があったが、その他の不純物は管理目標値を満足していた。特に窒素濃度はMK-I 炉心時に比べ約1/5に減少した。これはMK-I 炉心時の不確定要素による不具合が解消され、燃料交換機器のブローダウンガスにより希釈された為と思われる。
3. MK-II 移行中にMK-II 炉心用制御棒に封入されているヘリウムが炉内装荷時に放出され、その濃度は734 (ppm)であった。又、原子炉運転に伴う制御棒と中性子の反応によるヘリウム発生量は、制御棒の引抜量が増加すると減少していった。
4. 2次系カバーガスアルゴン中の不純物は全て管理目標値を満足していた。
5. 放射性物質で1次系ナトリウムサンプリングコイルに沈着する放射性腐食生成物は、原子炉運転時間が達つにつれ徐々に増加している。又、本コイル交換時の表面線量率は、 ^{24}Na 減衰後約10mR/h以下であった。

* 大洗工学センター実験炉部原子炉第1課

** 大洗工学センター実験炉部原子炉第2課

Report of operation experience on JOYO
Purity monitoring of Coolant Sodium and Cover gas
in the period from MK-II Core conversion work to 100MW 7th cycle

Masakazu Ibuki*, Makoto Terauchi**, Yoshio Ito*,
Tadasumi Aono*, Akikazu Fujiwara* and Kathutomo Imai*

Abstract

Monitoring of impurities concentration and radioactivity in coolant sodium and cover gas argon has been continued for the purpose of purity control on JOYO.

This report deals with the result of these monitoring during 1983 to 1985. Typical characteristics are followed.

- (1) Impurities concentrations in primary and secondary sodium were generally within the reference limits of JOYO.
- (2) Although hydrogen and methane concentrations in primary cover gas argon exceeded the reference limits during maintenance of primary system main circulating pump and fuel handling works, other items were well controlled within the limits. Particularly nitrogen concentrations in primary cover gas argon decreased to 1/5 as MK-I Core. This is due to vanishment of undefined air leak-in during the MK-I Core operation and dilution effect of blow down for fuel handling charge machine during core conversion works.
- (3) When vent type control rods were newly inserted to the reactor core, initially in helium gas in the rods were released to the primary cover gas during irradiation core conversion period. Its concentrations were 734ppm. And helium concentrations produced by neutron reaction in the control rod absorber were decreased as withdrawal of control rods.
- (4) Impurity concentrations in secondary cover gas argon were generally within the reference limits of JOYO.

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

** Maintenance Section, do.

- (5) Radioactive corrosion products deposited in the primary sodium sampler were gradually increased with reactor operation time elapsed. And, dose rate at the surface of sampler was less than 10 mR/h after ^{24}Na decay.

目 次

1. 緒 言	1
2. 設備の概要	2
2.1 主冷却系	2
2.2 ナトリウム純化系	3
2.3 アルゴンガス系	6
2.4 サンプリング設備	8
3. サンプリング分析方法	29
3.1 一般成分	29
3.2 放射性物質	30
4. サンプリング分析結果	36
4.1 ナトリウム及びカバーガスアルゴンの純度管理目標値及び分析成分	36
4.2 サンプリング時期	37
4.3 フラッシング時間	37
4.4 ナトリウム及びカバーガスアルゴンサンプリング分析結果	37
4.4.1 1次及び2次系ナトリウムサンプリングに於ける不純物の分析結果	37
4.4.2 1次系カバーガスアルゴンサンプリングに於ける不純物の分析結果	38
4.4.3 2次系カバーガスアルゴンサンプリング分析結果	42
4.4.4 放射性物質の濃度	43
5. 1次ナトリウムサンプリングコイル及びカバーガスアルゴンサンプリング ポットの取り出し時のサーベイ結果	45
6. サンプリング装置の改造について	46
6.1 1次系ナトリウムサンプリング装置	46
6.2 1次系カバーガスアルゴンガスサンプリングポット	46
7. 2次純化系コールドトラップバイパス試験時のナトリウムサンプリングの分析結果	47
8. 検 討	48
9. 結 言	50
謝 辞	51
参考文献	52

1. 緒 言

高速炉に於ける冷却材ナトリウム中の酸素・水素・炭素及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事が知られている。また、カバーガス中の酸素・水素及び窒素等はナトリウム中に溶解し不純物増加の原因あるいは構造材劣化の要因となり、更に水素やメタン等の不純物は系内への有機物等の混入と密接に関係している。この為これら不純物による材料腐食を極力抑制し、常時冷却材ナトリウム及びカバーガスアルゴンを高純度に維持する事が必要である。

一方、ナトリウム中の核分裂生成物・腐食生成物、及びカバーガス中の核分裂生成物は、燃料破損有無状況及び機器補修時の被曝管理をする上で重要な手がかりを与えるので純度管理と共に重要である。

本報告は、これら不純物に関する情報を得る為にMK-II炉心移行から100MW定格運転第7サイクルまでのサンプリング操作及びそれらの分析結果について報告する。

2. 設備の概要

高速実験炉「常陽」においては、本報告書に関する諸系統として以下のものがある。

2.1 主冷却系

(1) 1次主冷却系

1次主冷却系は2ループあり、各ループに主循環ポンプ1台を設け、原子炉冷却材ナトリウムを循環させ、原子炉で発生する熱を主中間熱交換器を介して2次主冷却系に伝達する。なお、主循環ポンプには主モータの他に無停電電源で働くボニーモータが備えられている。

サンプリング関連設備概略フローシートを図2.1に示したが、1次主冷却系のナトリウムの純度は、炉容器液面制御のためのオーバーフロー系入口①より炉容器のナトリウムを1次オーバーフロータンクのHot leg 側②にオーバーフローさせ、1次オーバーフロータンクから1次ナトリウム純化系（後記2.2(1)参照）の電磁ポンプ③により $9\text{ m}^3/\text{h}$ で汲み上げて1次コールドトラップ④に導き、ここでナトリウムを純化させる。純化させたナトリウムは、再び1次オーバーフロータンクのCold leg 側⑤に戻し、1次オーバーフロー系の電磁ポンプ⑥により $12\text{ m}^3/\text{h}$ で炉容器へ汲み上げている。なお、1次オーバーフロータンク⑥には、Hot legとCold legの間にナトリウム混合防止のためのジャマ板が設けられている。

1次主冷却系のナトリウムインベントリは約 100 m^3 であり、定常運転時には約 $1260\text{ m}^3/\text{h}$ で1ループで循環されている。

なお、1次主冷却系の機器、配管のナトリウム接液部は全てSUS304となっている。

(2) 2次主冷却系

2次主冷却系は、主中間熱交換器を介して1次主冷却系より伝えられる熱を主冷却器より大気中に放散する系統で、1次主冷却系に対応して2ループある。

2次主冷却系のナトリウムの純化は、2次主循環ポンプからのオーバーフロー⑦が2次オーバーフロータンク⑧に入り、2次オーバーフロータンクから2次ダンプタンク⑨へオーバーフローさせ、2次ダンプタンクから2次ナトリウム純化系（後記2.2(2)参照）の電磁ポンプ⑩により $4\text{ m}^3/\text{h}$ で汲み上げて2次コールドトラップ⑪に導き、ここでナトリウムを純化させる。純化させたナトリウムは、2次循環ポンプ吸込側⑫に戻している。

2次主冷却系のナトリウムインベントリは約 60 m^3 であり、定常運転時には約 $1260\text{ m}^3/\text{h}$ で1ループで循環させている。

なお、2次主冷却系のナトリウム接液部は主中間熱交換器の伝熱管、主循環ポンプはSUS304、配管、タンク類は $2\frac{1}{4}\text{Cr1Mo}$ 鋼となっている。

2.2 ナトリウム純化系

ナトリウム純化系は、1次ナトリウム純化系及び2次ナトリウム純化系の2系統からなる。

(1) 1次ナトリウム純化系

1次ナトリウム純化系は、1次主冷却系内に保有されるナトリウムの純度を監視し、ナトリウムを純化するためのものである。

本系統の設備は、ナトリウム純度測定のためのプラグング計及びナトリウムサンプリング設備、並びにナトリウム純化のためのコールドトラップ等から構成されており、1次プラグング計及びサンプリング設備は、1次主冷却系のナトリウム純度を代表させるべく、1次ナトリウム純化系入口のナトリウムを計測及び採取できる位置に設置されている。

① 1次ナトリウム純化系手動式プラグング計

1次ナトリウム純化系手動式プラグング計は熱交換部、閉塞部、温度検出端からなる計器で、出口側の配管に設けられている電磁流量計と組み合わせて使用する。

1次系手動式プラグング計の構造図を図2.2に示す。

ナトリウム中の不純物濃度の測定は一定圧力、流量の状態から外部冷却により徐々にナトリウム温度を下げてゆき、不純物を析出させてオリフィスを部分的に閉塞させ、ナトリウム流量が急激に減少する時点で冷却を停止し、流量が平衡に達したのち、再び温度上昇が始まる時の最低流量における温度、即ち閉塞したナトリウムが再溶解し始める温度を読み取り、プラグング温度とする。このプラグング温度とナトリウム中の不純物溶解度曲線からナトリウム中の不純物濃度を求めることができる。

1次系手動式プラグング計の主要目は次の通りである。

基 数	1基
形 式	オリフィスプレート型
流 体	ナトリウム及び窒素ガス
冷却方式	強制窒素ガス冷却
主要材料	SUS304
概略寸法	約2674φ×3037Lmm

② 1次ナトリウム純化系自動連続式プラグング計

1次ナトリウム純化系自動連続式プラグング計は、電磁ポンプ、電磁流量計、プラグングオリフィス、冷却加熱器フィルタユニット内配管等から構成され、プラグングオリフィス部ナトリウムの冷却は冷却ブローにより、また加熱には、加熱ヒータを用い、その制御は加熱ヒータの出力の増減により行う構造となっている。

1次ナトリウム純化系主配管とは、1/2 B配管で取合い、各構成機器を接続するユニット内配管も1/2 B配管である。冷却加熱器はL字ベントの1/2 B配管に、14枚の冷却フィンを取付けたもので、その加熱は内装ヒータ(5kW MAX)で行う構造となっている。

プラグングオリフィスは、0.5φの穴を7個設けており、熱容量をもたせない構造となっている。また、フィルタを自動プラグング計ユニット外出入口配管に設け、異物による閉塞を防ぐ構造となっている。プラグングオリフィス部には、CA型熱電対が取付けられており、プラグングオリフィスを流れるナトリウム温度を測定する。

プラグング計を流れるナトリウム流量は、冷却加熱器出口側と、プラグングオリフィス出口ラインに設けられた電磁流量計により測定し、系統側の流量外乱によるプラグングオリフィス部の流量変化をキャンセルするために、それぞれの流量信号の比をとって検出する構成となっている。

自動プラグング計の系統図を図2.3に、オリフィス部の構造を図2.4に示す。

自動プラグング計の主要目は、以下に示す通りである。

基数	1基
形式	オリフィスプレート型自動連続測定式
制御方式	加熱ヒータ入力制御方式
流体	ナトリウム及び窒素ガス
主要材質	SUS304

③ 1次ナトリウム純化系コールドトラップ

コールドトラップはナトリウム中の不純物の溶解度が温度低下とともに減少することを利用したもので、本機器内に流入したナトリウムを冷却することにより不純物を析出させ、ナトリウム中の不純物を取り除く装置である。

1次コールドトラップの構造図を図2.5に示す。

1次コールドトラップは外胴、内胴からなる縦型二重構造で、外胴と内胴の間の円環部には冷却用の窒素ガス管群を有し、内胴内部にはバッフルとその間にステンレス鋼製の金網を持つ。また、底部及び金網部にはナトリウム温度計測用の熱電対が挿入されている。

上部から流入したナトリウムは、まず内外胴間の円環部に入り、下降しながら窒素ガスで冷却され底部に至る。底部で流れを上方に転じ、内胴底部に設けられた穴から内胴内に入り、バッフルに沿って流れながらステンレス金網へ不純物を析出して出口へ戻る。

1次コールドトラップ内でのナトリウム温度の制御は冷却用窒素ガスの風量を変えることにより行われ、1次冷却系内のナトリウム中の酸素濃度をプラグング温度で約130℃を目標に運用していた。しかし使用開始して数年後から設計捕獲容量よりはるか少量の不純物捕獲量で、C/T圧損の上昇をきたし、純化目標値(150℃以下)さえも困難な状況になりつつあった。そこで第6回定検中に予備機(A)を撤去し、新しいタイプのコールドトラップに変換した。

1次コールドトラップは、1次ナトリウムドレイン時にも内部に残るナトリウム及び捕獲された不純物が放射能をおびているため、メンテナンス時に人が接近できるようにコールド

トラップ本体の周因には炭素鋼の遮蔽体を設けてある。

1次コールドトラップの主要目は次の通りである。

基数	2基
形式	メッシュ充填式窒素ガス強制冷却型
流体	ナトリウム及び窒素ガス
純化目標値	プラグング温度で150℃以下
主要材質	本体 SUS304 遮蔽体 SS41 (遮蔽厚約100mm)
概略寸法	約1480φ×6400Hmm (遮蔽体含む)
主要接続配管	ナトリウム出入口配管 2B 冷却用窒素ガス出入口配管 14B

(2) 2次ナトリウム純化系

2次ナトリウム純化系は、2次冷却系内に保有されているナトリウムの純度管理とナトリウムの純化、並びに2次主循環ポンプ及びオーバフロータンクの液位を常時一定に保持するためのものである。

本系統の設備は、プラグング計及びナトリウムサンプリング設備からなるナトリウム純度測定系、ナトリウム純化汲上げのためのコールドトラップ、電磁ポンプ及び電磁流量計等から構成されている。

① 2次プラグング計

2次プラグング計は、2次ナトリウム純化系汲上げラインのコールドトラップ入口側に設置されており、内蔵電磁ポンプ、冷却器、流量計(2台)、オリフィス、ストレナ及び配管等から構成されている。

2次プラグング計の系統図を図2.6に示す。

2次プラグング計の測定可能範囲は120℃～系統ナトリウム温度であり、プラグング温度が低い程測定精度は低下し、高くなると酸素以外の不純物の影響があらわれてくる。通常運転時、ナトリウム純化が平衡している状態では、このプラグング温度はコールドトラップ制御温度にほぼ一致するものと考えられる。

測定モードとしては手動測定、振動測定及び自動連続測定のいずれかが選択できる。手動測定は、各不純物のプラグング温度を測定する場合、析出温度と溶解温度を分けて測定する場合に採用される。振動測定は手動測定を自動的に行わせるものである。自動連続測定は析出状態と溶解状態が平衡するように冷却風量をPID制御し、この時の温度を測定するもので、測定対象となる不純物量が非常に少ない場合には精度の良い測定が行える。

② 2次コールドトラップ

2次純化系のコールドトラップは、1次純化系のコールドトラップ同様ナトリウム中の不

純物の溶解度が温度とともに減少し、本機器内で析出することを利用した不純物除去装置である。

2次コールドトラップの構造図を図 2.7 に示す。

2次コールドトラップはエコノマイザ内蔵型で、コールドトラップ上部の入口から流入したナトリウムはエコノマイザ胴側部を下降する間にパイプ中を帰還するナトリウムと熱交換を行い、冷却されてステンレス鋼製の金網部に流入する。このナトリウムは、さらにコールドトラップ本体外壁から空気により冷却され、酸化物を析出しながら下部プレナムに至る。ナトリウムはここで上昇流れとなり、帰環管、エコノマイザ管側を經由してコールドトラップ上部より流出する。

2次コールドトラップ内でのナトリウム温度の制御は冷却用空気の風量を変えることで行われ、通常2次冷却系内のナトリウム中の酸素濃度をプラグング温度で150℃以下を目標としており、実際の運転は約130℃で制御している。なお、制御のための温度計測はコールドトラップメッシュ下部プレナムで行う。

2次コールドトラップは1基設置されており、1基でプラント運転中に混入する不純物を全て除去できるように設計されている。

2次コールドトラップの主要目は次の通りである。

基 数	1 基
形 式	強制冷却エコノマイザ内蔵式
流 体	ナトリウム及び空気
純化目標値	プラグング温度で150℃以下
主要材料	ASTM387D(金網部SUS304)
概略寸法	約930φ×4100H×8tmm
主要接続配管	ナトリウム出入口配管 1 B 冷却用空気出入口配管 1 6 B

2.3 アルゴンガス系

アルゴンガス系は、1次アルゴンガス系及び2次アルゴンガス系の2系統からなる。

(1) 1次アルゴンガス系

1次アルゴンガス系は、1次系内の冷却材ナトリウムの自由空間をアルゴンガスで満たすためのものであり、カバーガスアルゴンの純度測定のためのサンプリング設備を有している。なお、1次カバーガスアルゴンサンプリング設備は、原子炉容器と燃料破損検出器(プレシピテータ法、FFD・CG法)との循環ラインにおけるFFD入口側のカバーガスをサンプリングできる位置に設置されている。

① 1次アルゴンガス給排気系

1次アルゴンガス系の給排気ラインの概略図を図2.8に示す。

1次系のカバーガスであるアルゴンは、アルゴンガス供給系（液体アルゴンを気化蒸発させる）から1次アルゴンガス系供給タンク①に供給された後、呼吸ガス圧力調整ヘッドへのライン②と主循環ポンプ軸封ライン③とにわかれて原子炉容器や主循環ポンプ等へと、それぞれ供給される。

まず、原子炉容器へのアルゴンガスの供給は、呼吸ガス圧力調整ヘッド④からダンプタンクB⑤及びダンプタンクA⑥を通り、原子炉容器ベーパーラップ⑦を経て原子炉容器⑧及び主中間熱交換器⑨へ供給する。排気は、供給とは逆の経路を通して呼吸ガス圧力調整ヘッドへ戻り、低圧タンク⑩を通して気体廃棄物処理系へ排気される。なお、ダンプタンクA⑥と原子炉容器ベーパーラップ⑦とのガスライン途中に1次オーバフロータンクベーパーラップ⑪を経てオーバフロータンク⑫に至るガスラインがあり、このガスラインにてオーバフロータンク⑫のアルゴンガス給排気を行う。

一方、主循環ポンプへのアルゴンガスの供給は、主循環ポンプ軸封部⑬から主循環ポンプ⑭に供給され、ポンプオーバフロカラム⑮を通り、主循環ポンプベーパーラップ⑯及び、呼吸ガス圧力調整ヘッド④を経て、やはり低圧タンク⑩を通して気体廃棄物処理系へのアルゴンガスの排気は、呼吸ガス圧力調整ヘッド④の圧力上昇により排気弁⑰が開き、この時に排気されるもので、常時は排気弁⑰は閉じている。

1次系のカバーガスアルゴンのインベントリは、原子炉の通常運転時、原子炉容器に約6.5 m³、主中間熱交換器に約0.4 m³/1ループ、主循環ポンプとオーバフロカラムに約1.4 m³/1ループ、ダンプタンクに約200 m³/1タンク及びオーバフロータンクに約1.4 m³である。

(2) 2次アルゴンガス系

2次アルゴンガス系は、1次系同様、2次系内の冷却材ナトリウムの自由空間をアルゴンガスで満たすためのものであり、カバーガスアルゴンの純度測定のためのサンプリング設備を有している。なお、2次系にはサンプリング設備を2設備持っており、1つはオーバフロータンクカバーガス用、他はダンプタンクカバーガス用である。いずれも、直接タンクからカバーガスをサンプリングできる位置に設置されている。

① 2次アルゴンガス給排気系

2次アルゴンガス系の給排気ラインの概略図を図2.9に示す。

2次系のアルゴンガスは、1次系同様、アルゴンガス供給系より供給され、2次アルゴンガス加圧ヘッド①を経て2次主ポンプ(A)の軸封部②及び2次主ポンプ(B)の軸封部②'へ供給される。2次主ポンプの軸封部②、②'に供給されたアルゴンガスは、2次オーバフロータンク(A)③及び(B)③'を通り、それぞれベーパーラップ④、④'及びバックアッ

プフィルタ⑤⑤'を経て2次アルゴンガス呼吸ヘッダ⑥へ至る。一方、2次ダンプタンク及び膨張タンクへのアルゴンガスの給気は、2次アルゴンガス呼吸ヘッダ⑥よりバックアップフィルタ⑦及びベーパーラップ⑧を経て2次ダンプタンク⑨へ、及びバックアップフィルタ⑩とベーパーラップ⑪を経て膨張タンク⑫のアルゴンガスの排気は、供給とは逆の経路でそれぞれのアルゴンガスが2次アルゴンガス呼吸ヘッダ⑥へ戻される。

2次系内からのアルゴンガスの排気は、2次アルゴンガス呼吸ヘッダ⑥の圧力上昇により排気弁⑬が開き（通常閉）、この弁を通して建屋排気ダクト⑭へ排気される。

2次系のカバーガスアルゴンのインベントリーは、原子炉の通常運転時、2次主ポンプに0.45 m³/1ポンプ、2次オーバフロータンクに0.34 m³/1タンク、2次ダンプタンクに7.74 m³、膨張タンクに0.24 m³である。

2.4 サンプリング設備

(1) 1次ナトリウムサンプリング設備

本設備はバイパススルー方式をとり、1次ナトリウム純化系のプラグニング計エコノマイザ入口とオーバフロータンク戻り配管とを結ぶ経路（コールドトラップバイパス回路）に設置されている。

サンプリング設備の系統図及びサンプリング装置の概略図を図2.10、図2.11にそれぞれ示す。

1次ナトリウムのサンプリング方法は、図2.12に示したサンプリングコイルを用いるフロースルー法を採用している。

ナトリウムサンプリングラインの入口弁及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時（フラッシング開始時）にバイパス弁の開閉操作を行ってサンプリングコイル及び配管中のガス抜きが行われる。

ナトリウムを流す前にはサンプリングポット内とナトリウム入口及び出口配管を予熱ヒータにより予熱する。サンプリングポット内部の温度は温度計により中央制御室操作盤に記録され、またナトリウム出入口弁及び配管の温度は温度計により1次冷却系現場制御室予熱ヒータ温度制御盤に指示される。

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できる。継手部から万一ナトリウムが洩れた場合には、2個の継手部下部に設けられた漏洩検出器の検出端で検出し、警報を出すようになっている。

コイルを取り出す場合は、ナトリウムが空気にふれて酸化しないように内部をアルゴンガスで置換したグローブボックスを用いる。

サンプリングポットの外面は保温材により囲まれており、さらに鉛遮蔽体によって遮蔽されている。遮蔽体は全体が三分割されており、サンプリングコイル取り出し時に上部二段がホイ

ストで取り外しができる構造となっている。

中央遮蔽体には、ナトリウムの誘導放射能及びC.P.並びに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、 γ 線計測ができるようになっている。

本設備の主要目は次の通りである。

(i) サンプリングコイル

形 式 コイル管
Na 採取量 約 90 g
材 質 SUS304
概略寸法 10.5 ϕ ×1600L×1tmm

(ii) サンプリングコイル用ポット

形 式 たて形円筒
材 質 SUS304
概略寸法 160 ϕ ×250Hmm

(iii) 保温材

材 質 シリカライト及びファインフレックス
保温厚 約 90 mm

(iv) 遮蔽体

形 式 ドーム形
材 質 鉛, 炭素鋼
遮蔽厚 約 260mm (中央部)
概略寸法 990 ϕ ×1260Hmm

(v) グローブボックス

形 式 箱 型
概略寸法 930W×1170L×520Hmm

(2) 2次ナトリウムサンプリング設備

本設備はバイパススルー方式をとり、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。

サンプリング装置の概略図を図 2.13 に示す。

2次ナトリウムのサンプリング方法は、図 2.14 に示したサンプリングチューブを用いるフロースルー法を採用している。

サンプリングボックス内にはサンプリングチューブ予熱ヒータ、温度検出用補償導線、漏洩検出器及びサンプリングチューブが内蔵されており、ナトリウムを流す(フラッシングする)前にサンプリングチューブとナトリウム出入口配管を予熱ヒータにより予熱する。サンプリン

グチューブはスウェ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せるようになっている。

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。

(i) サンプリングチューブ

形 式 チューブ管 (U字型)
 Na 採取量 約 1 2 0 g
 材 質 SUS 3 0 4
 概略寸法 1 5.9 ϕ \times 9 7 0 L \times 1.2 tmm

(ii) サンプリングボックス

形 式 箱 型
 主要材質 炭素鋼
 概略寸法 4 5 0 W \times 7 0 0 L \times 7 5 0 Hmm

(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システム内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置されている。

1次カバーガスアルゴンサンプリング装置の概略図を図 2.1 5 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し、図 2.1 6 に示したサンプリングポットに導いて行う。

サンプリング装置は原子炉建屋操作室 (オペフロ) 床面に埋込まれており、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となっており、サンプリングポットのみ容易に取り出すことができる。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。

サンプリングポット取り出し操作は、サンプリングガスの入口弁、出口弁を閉じ、クイックコネクタを床上部からレバーにより外した後、遮蔽体とともにサンプリングポットを引き上げることにより行う。

本設備の主要目は次の通りである。

(i) サンプリングポット

形 式 箱型カプセル
 Ar 採取量 約 3 2 0 cc
 材 質 SUS 3 0 4
 概略寸法 8 0 W \times 1 3 0 L \times 6 0 Hmm

(ii) 遮蔽プラグ

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

(4) 2次カバーガスアルゴンサンプリング設備

2次カバーガスアルゴンサンプリング設備の概略図を図 2.17 に示す。

本設備は、2次系のオーバフロータンク及びダンプタンクのバックアップフィルタ(図 2.9 中 ⑤及び⑦)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設備で、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。

形 式	円筒型
Ar 採取量	約 300 cc
材 質	SUS304
概略寸法	50.8φ×404L _{mm}

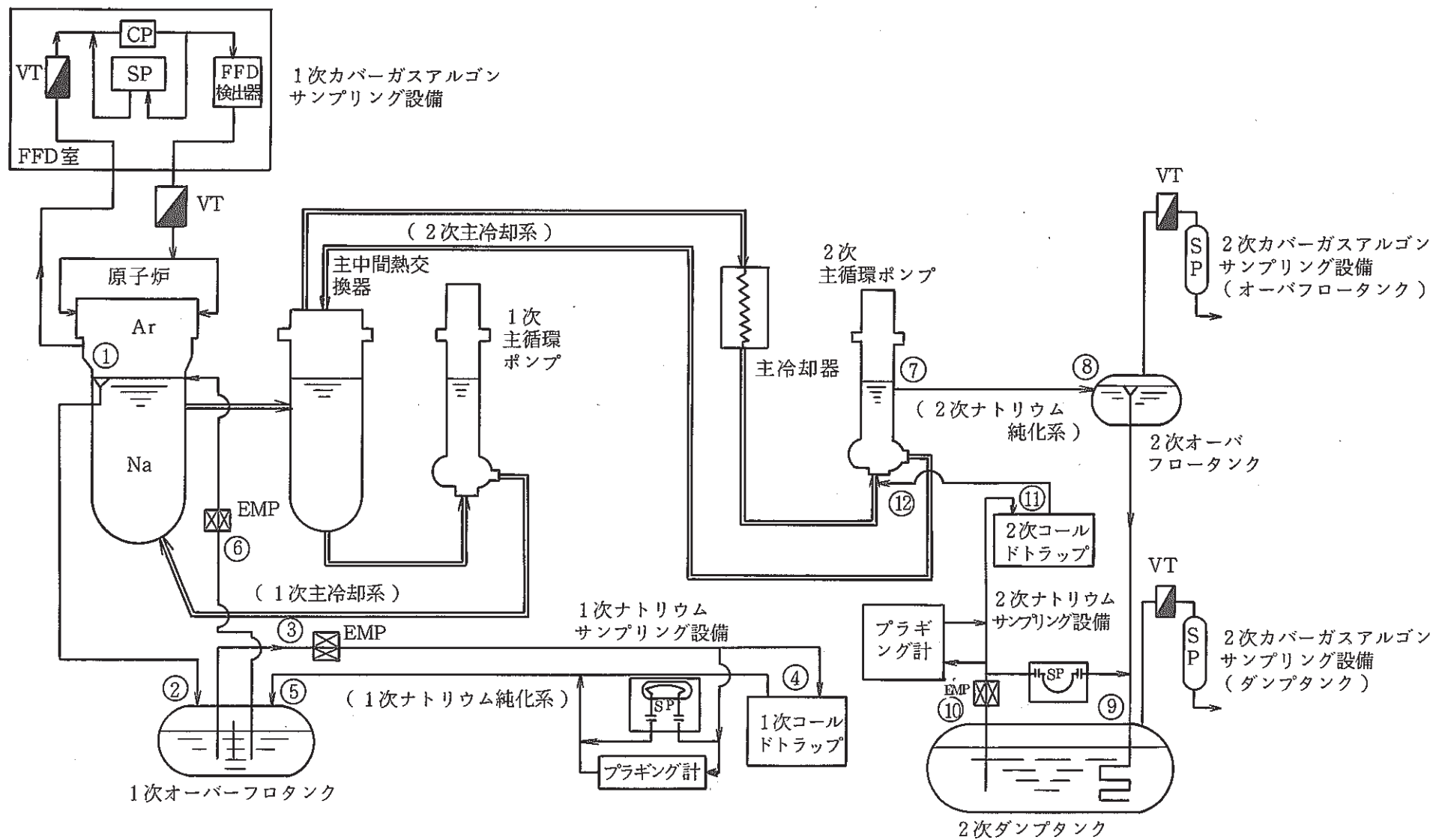


図 2.1 サンプルング関連設備概略フローシート

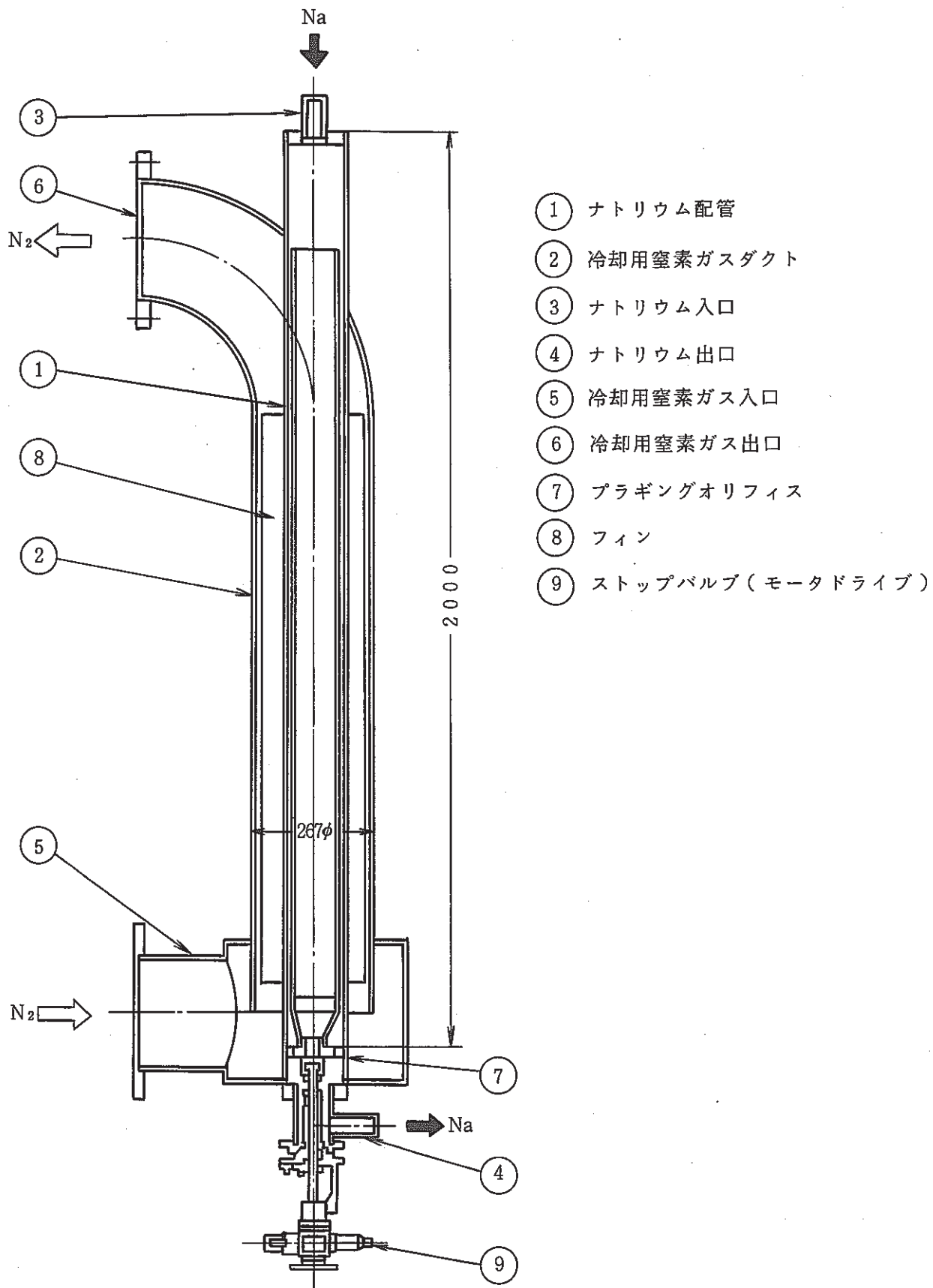


図 2.2 1次手動式プラギング計

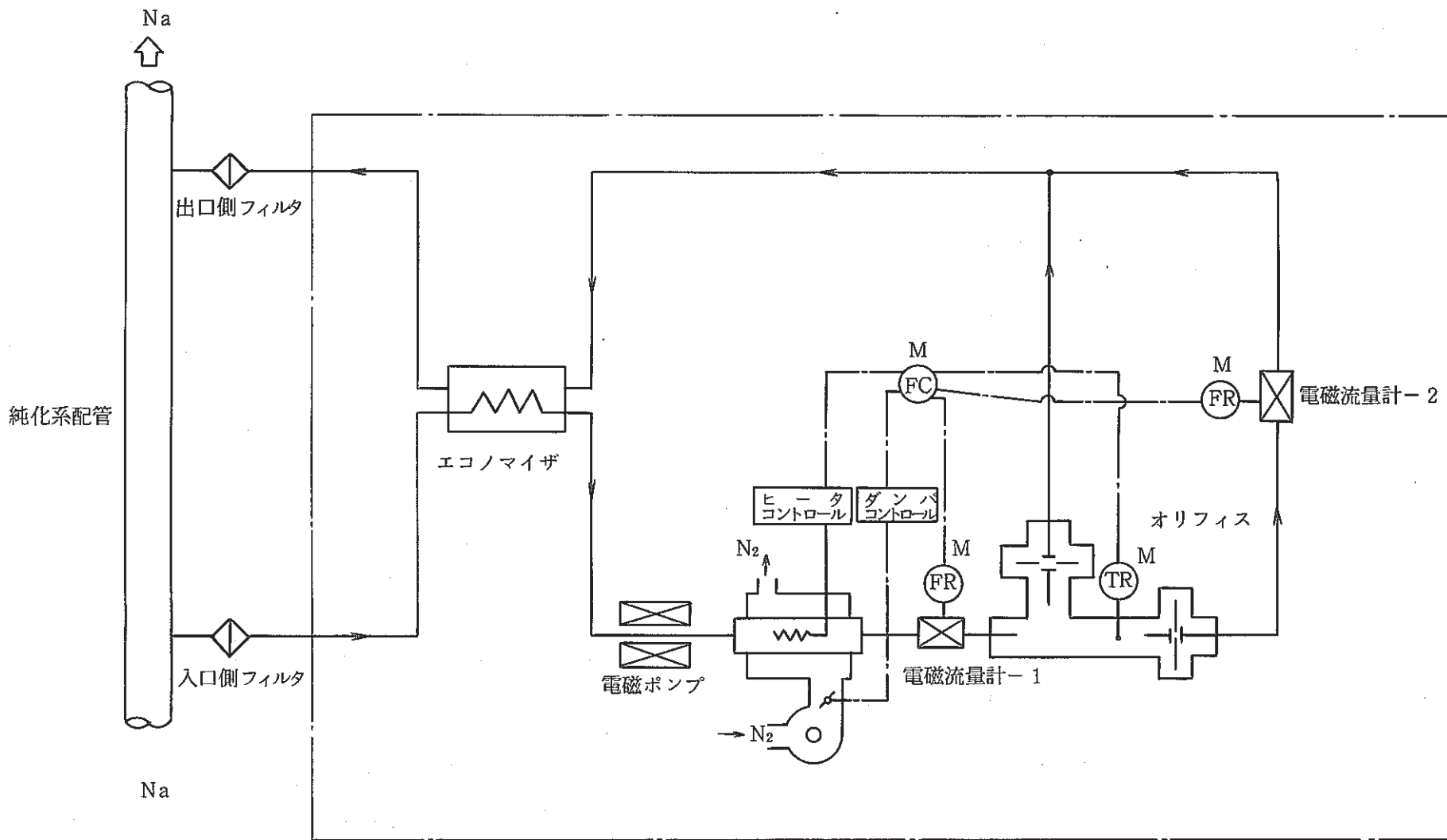


図 2.3 自動連続式プラグング計系統図

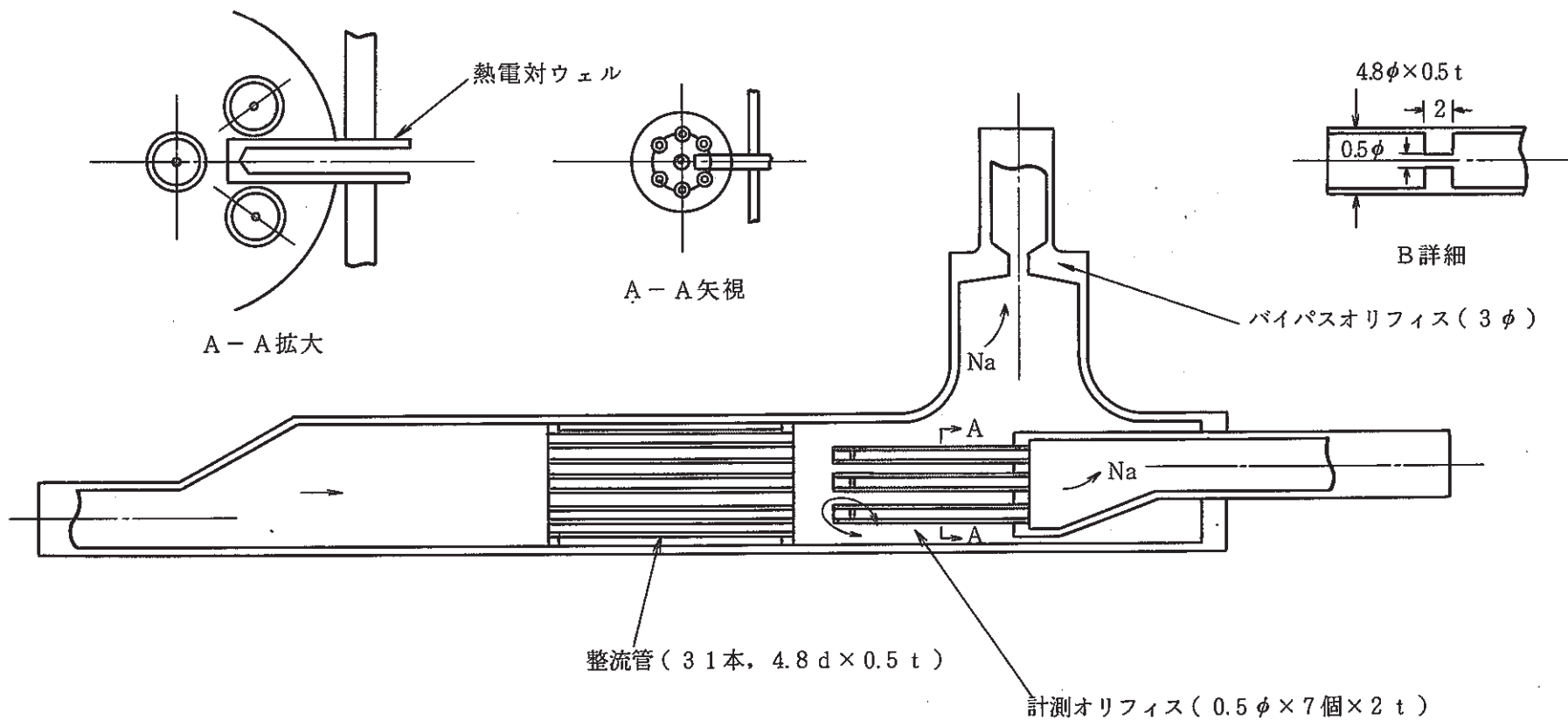


図 2.4 1次自動連続式プラグング計オリフィス構造図

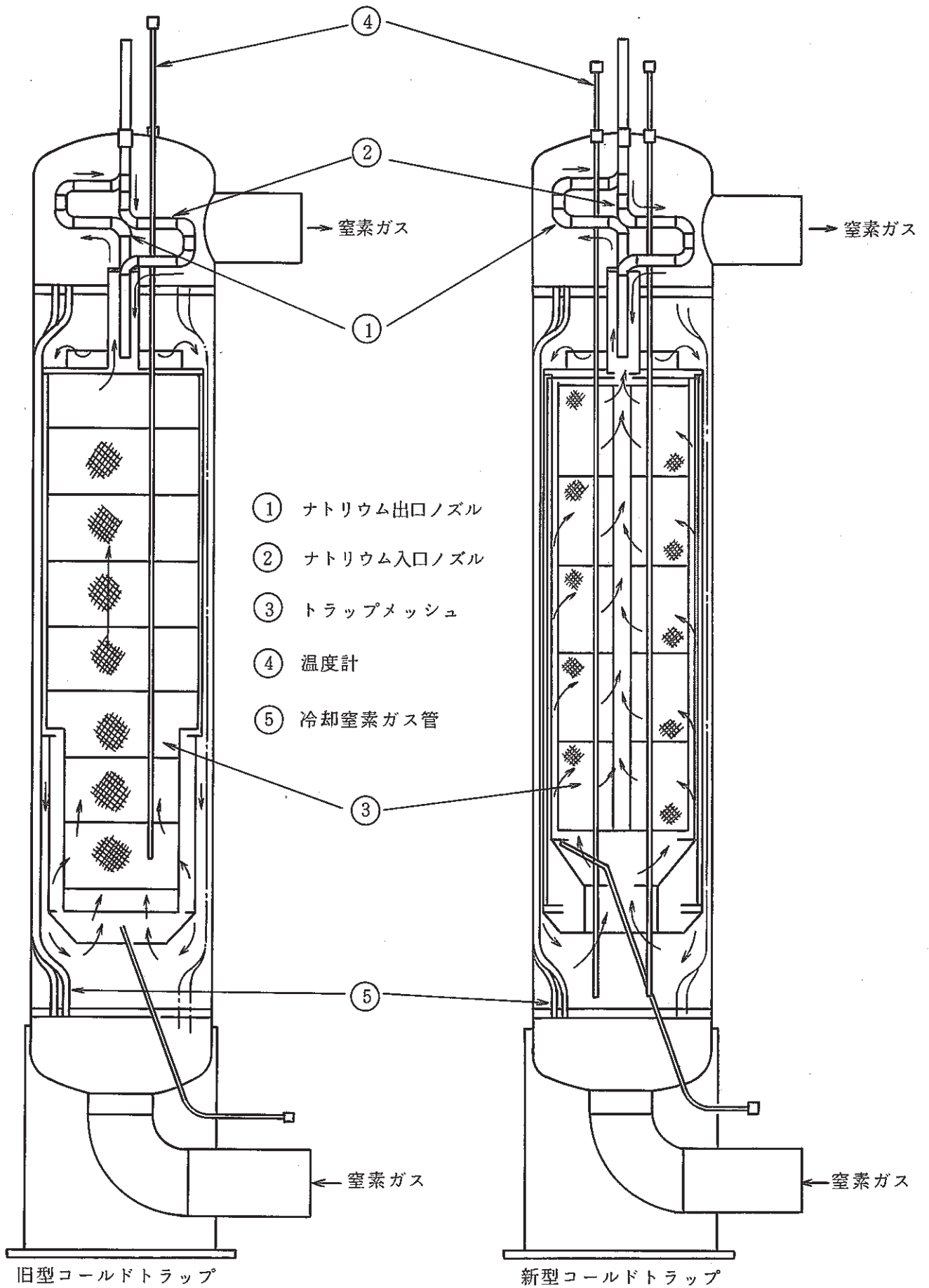


図 2.5 新型・旧型コールドトラップ構造図

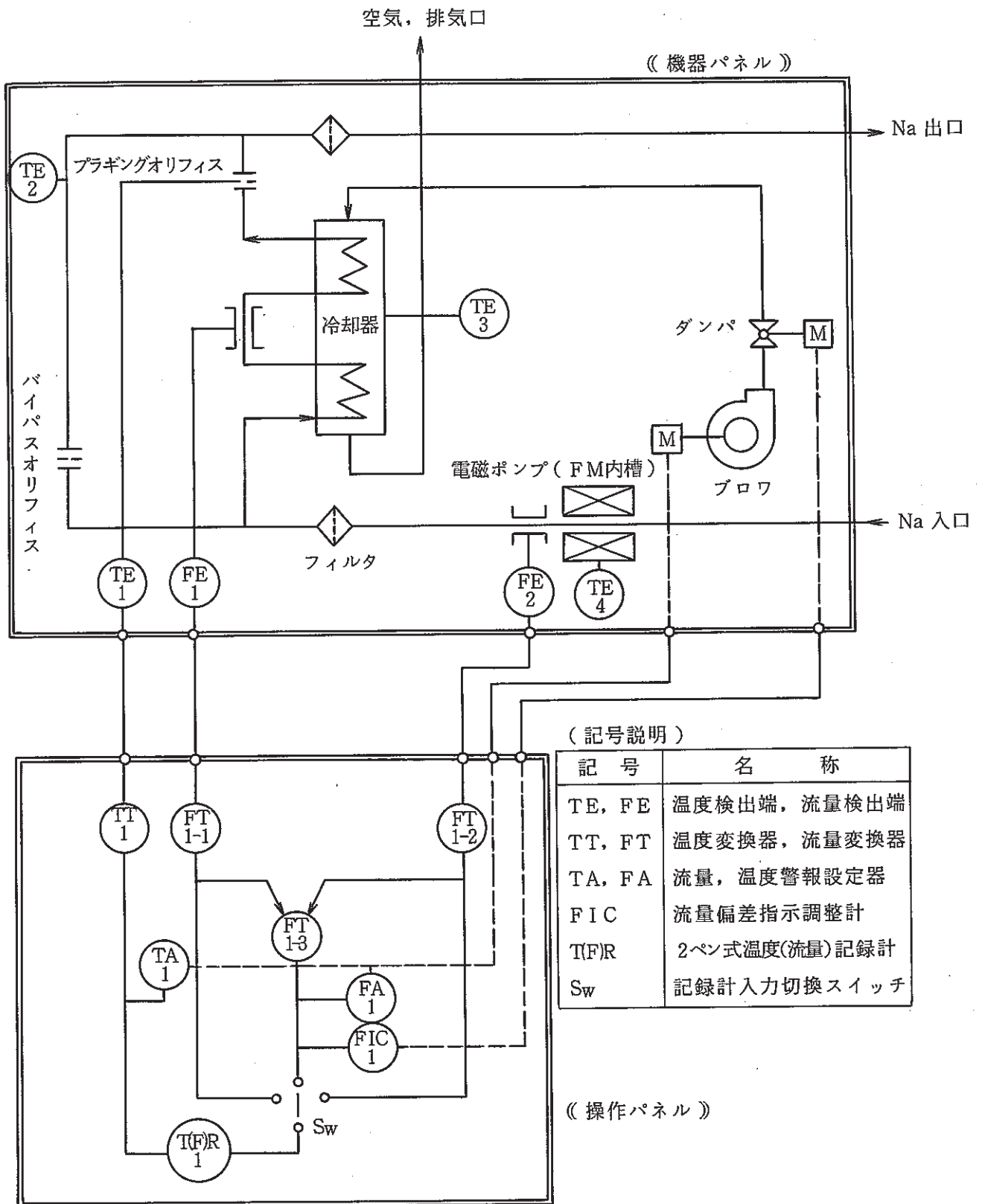


図 2.6 2次プラギング計

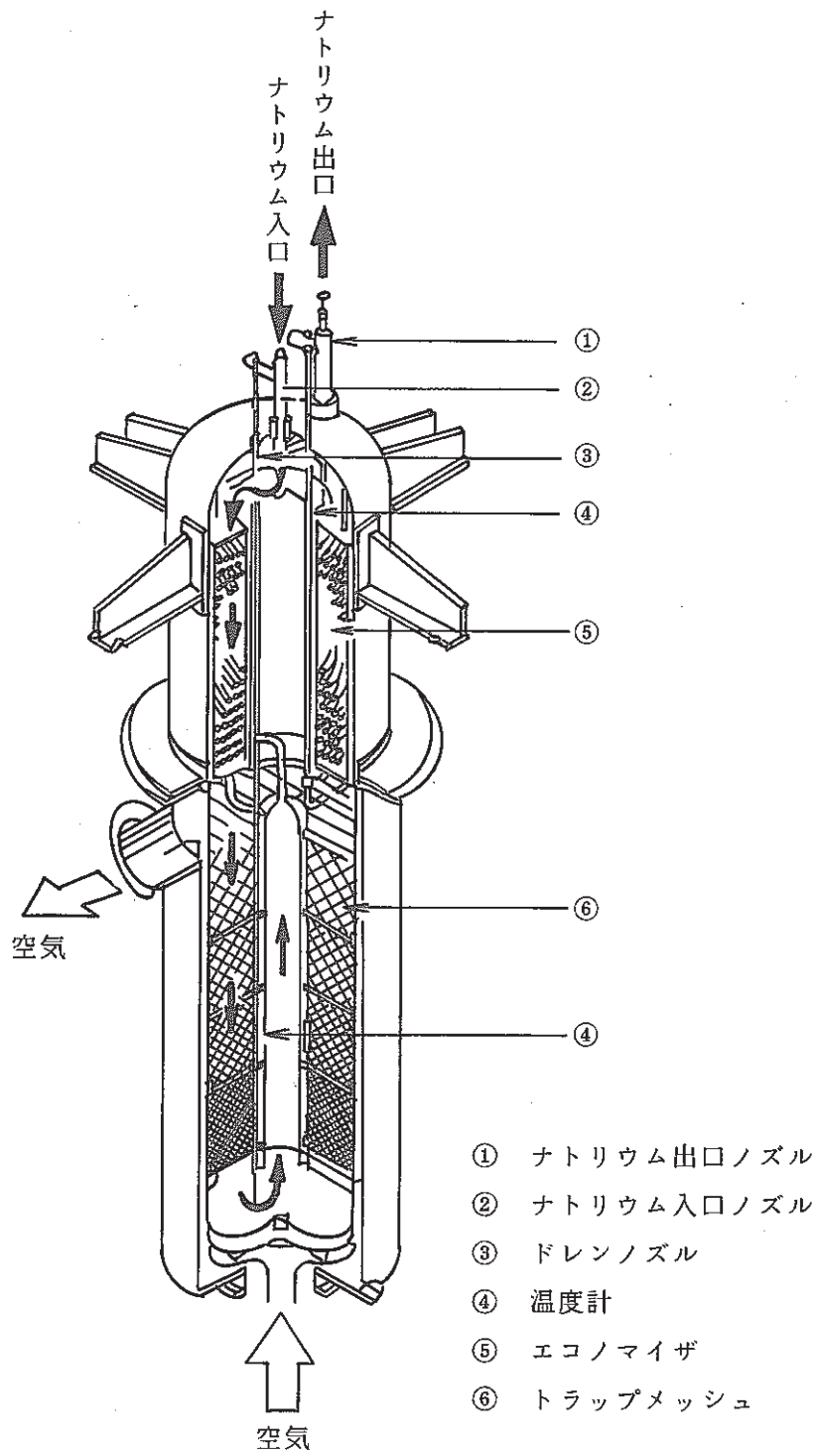


図 2.7 2次コールドトラップ構造図

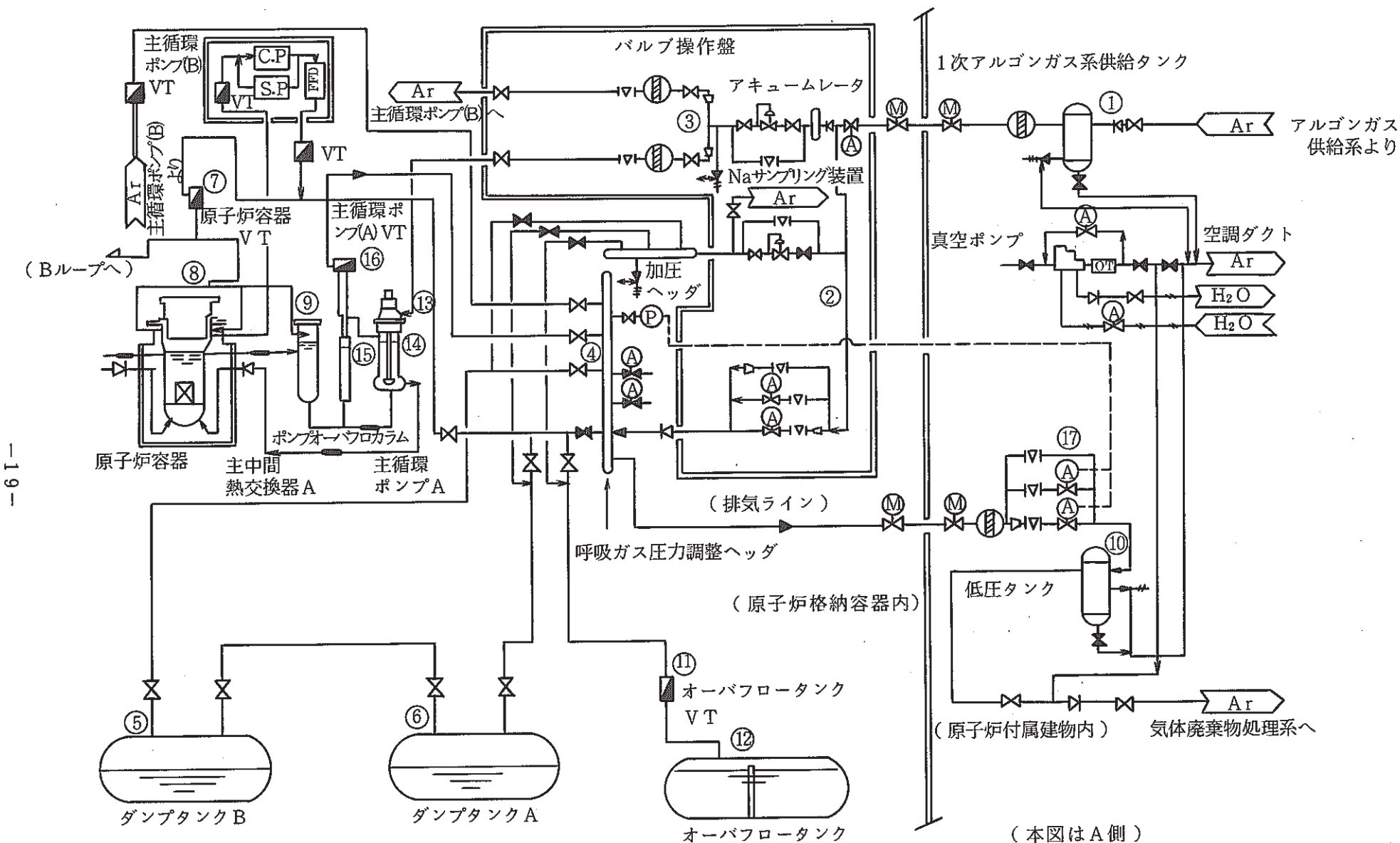


図 2.8 1次アルゴンガス系系統図

(本図はA側)

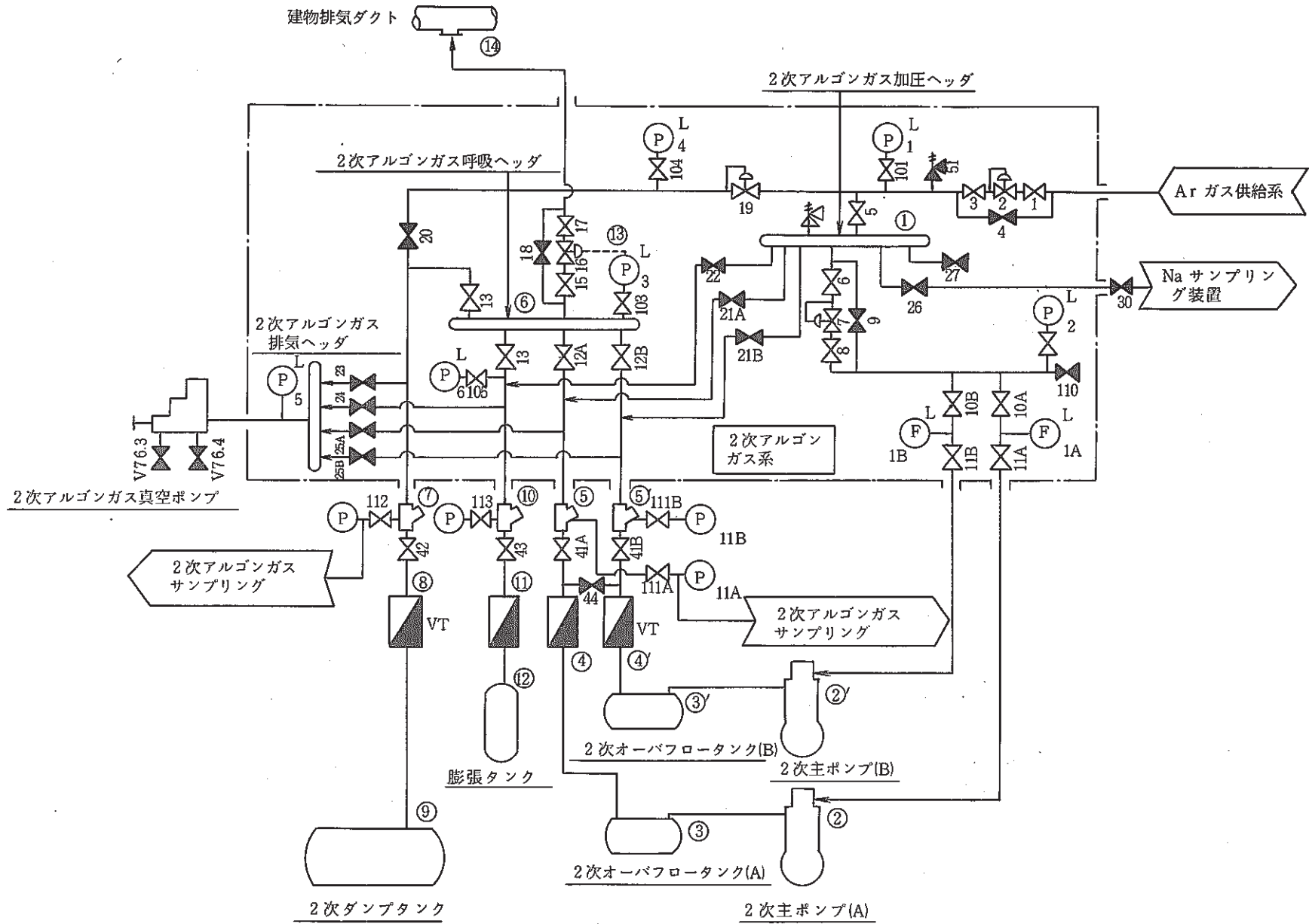


図 2.9 2次アルゴンガス系系統図

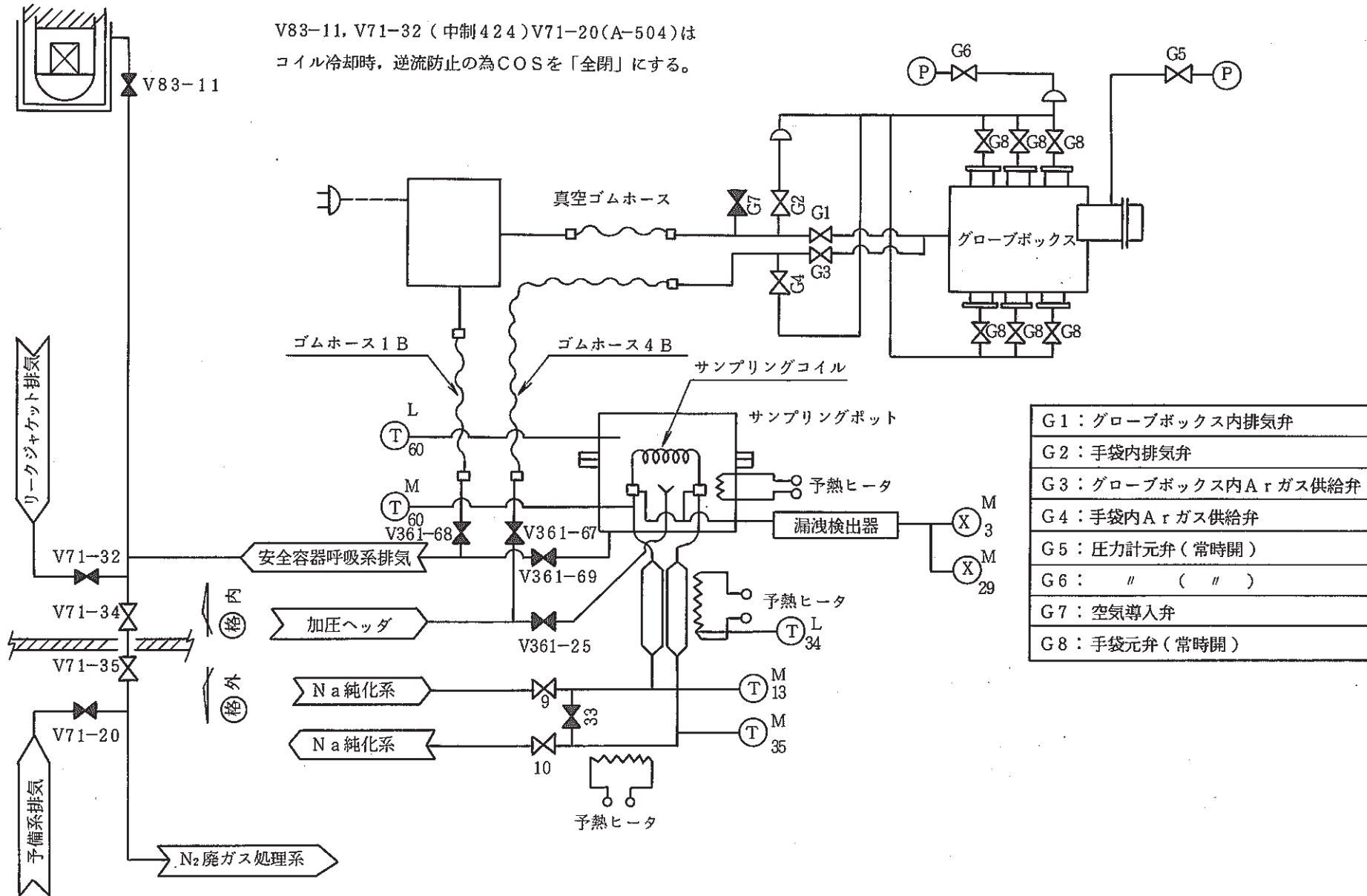


図 2.10 1次ナトリウムサンプリング設備系統図

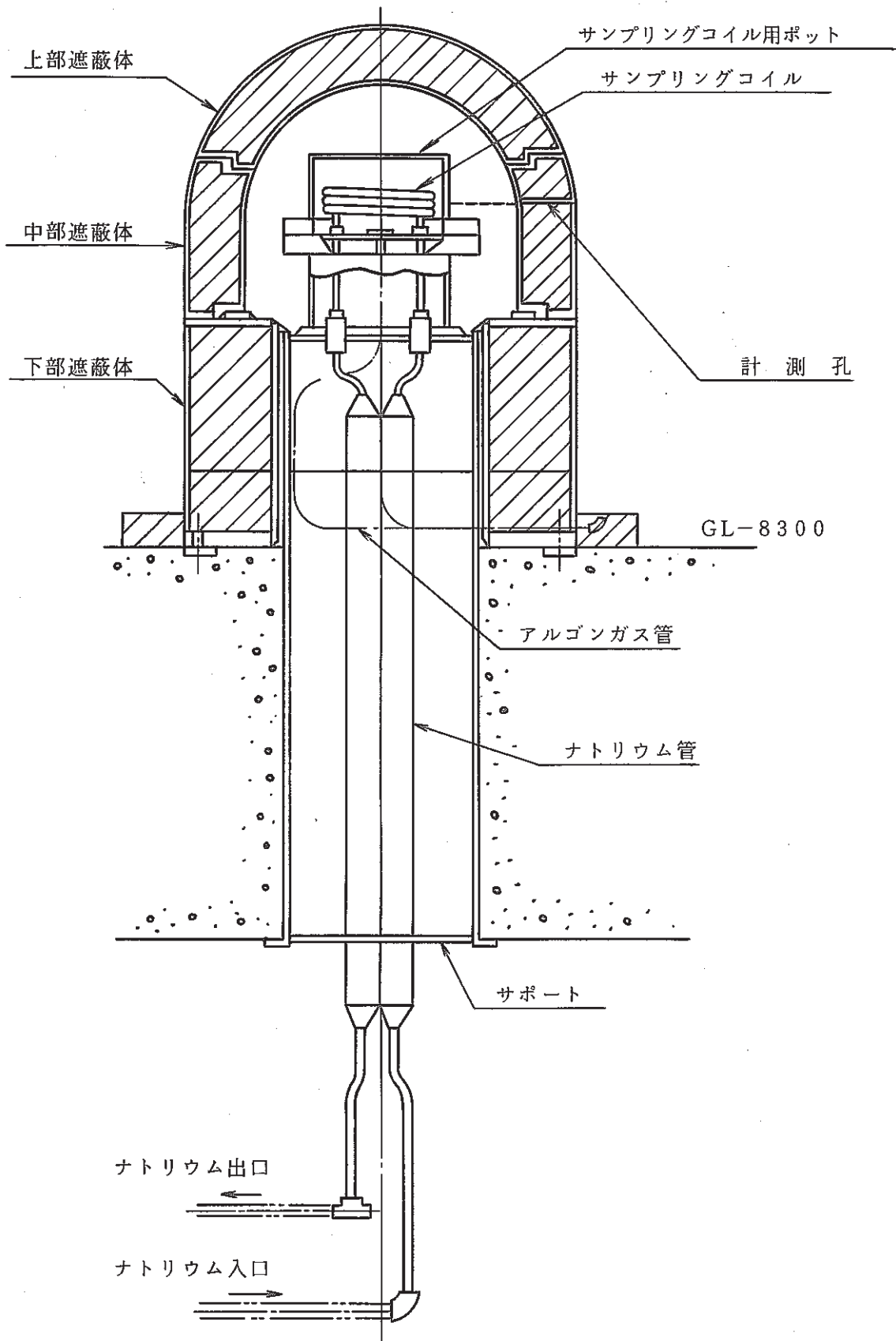


図 2.11 1次ナトリウムサンプリング装置概略図

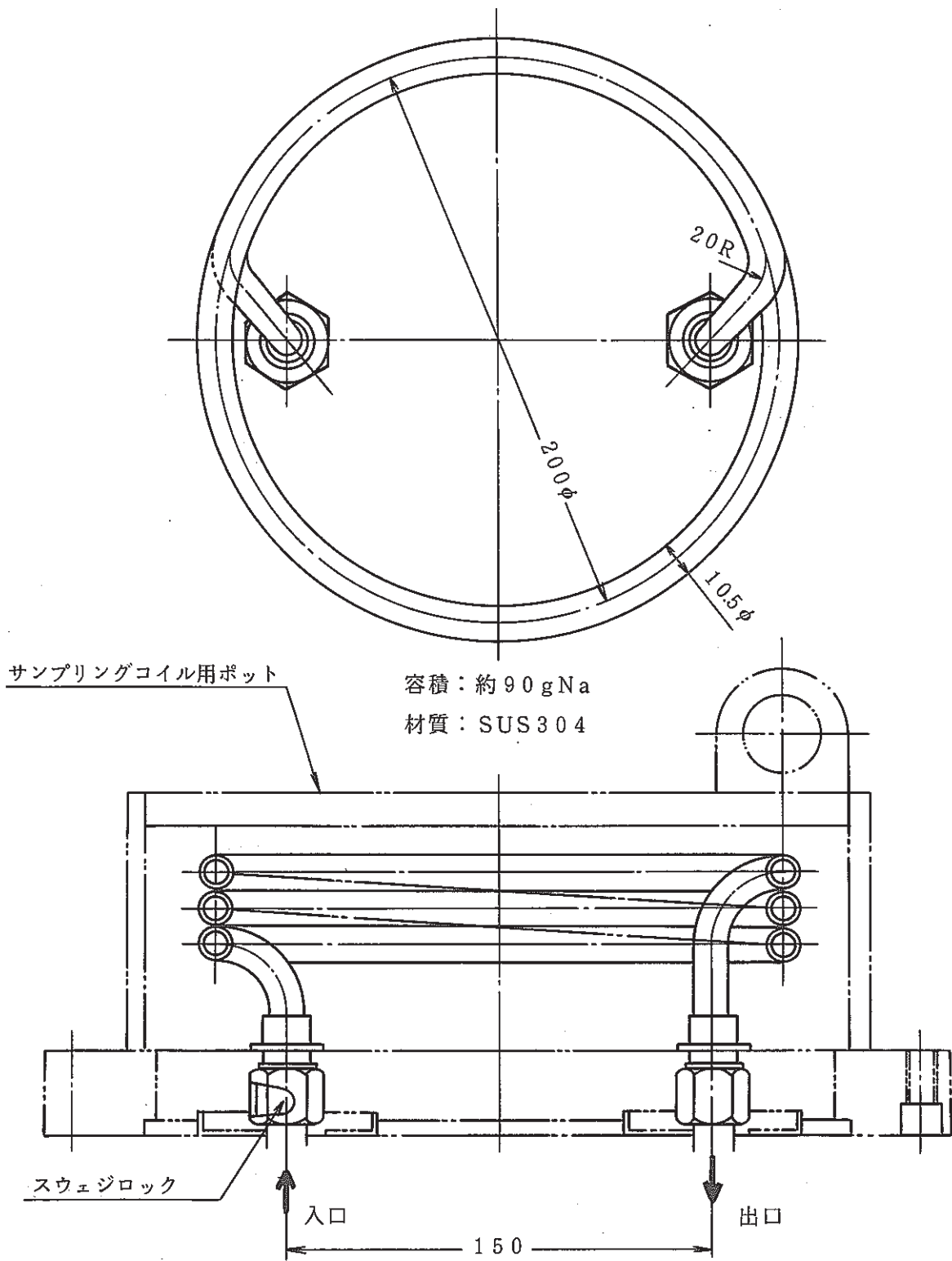


図2.12 1次ナトリウムサンプリングコイル

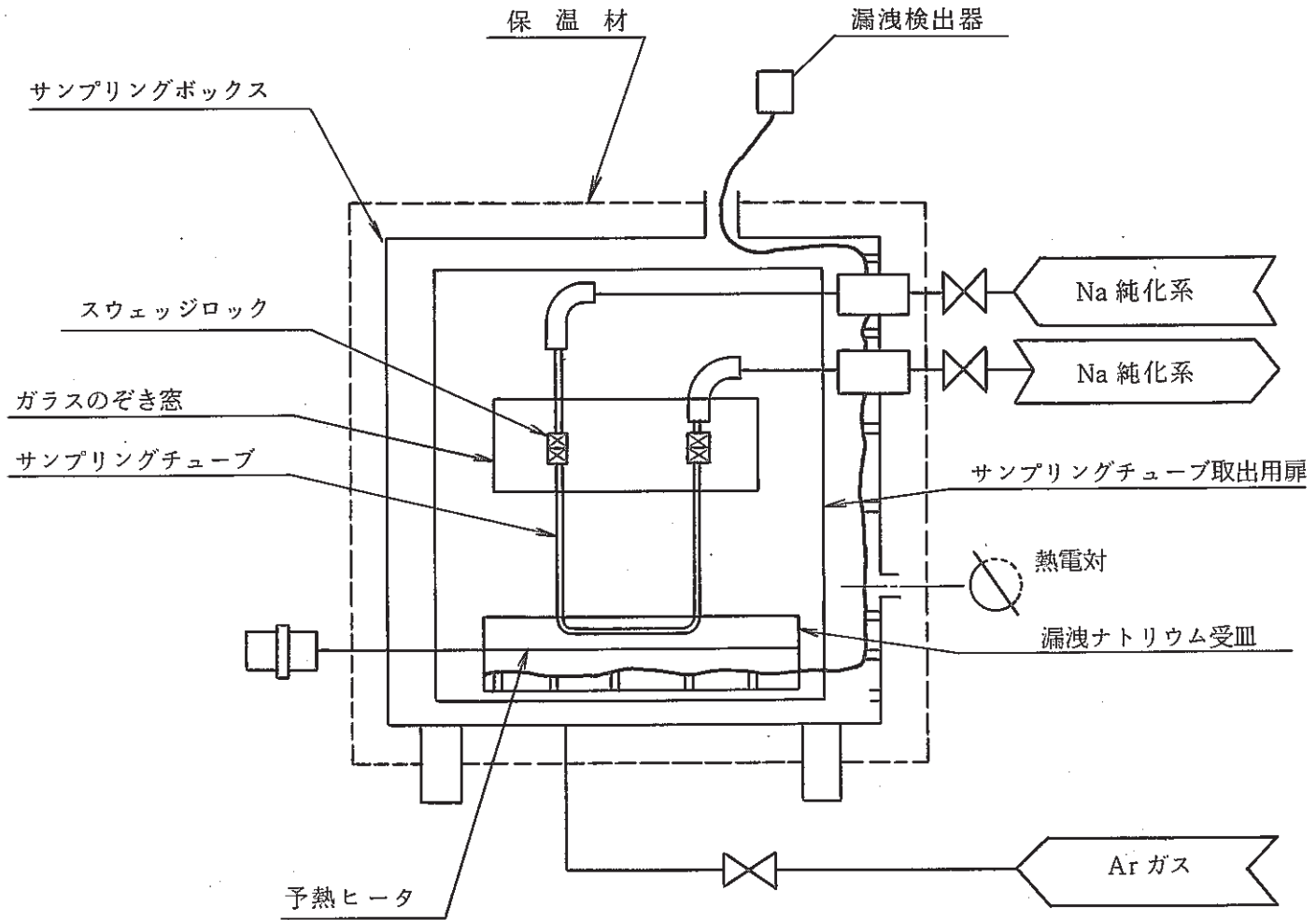


図 2.13 2次ナトリウムサンプリング装置概略図

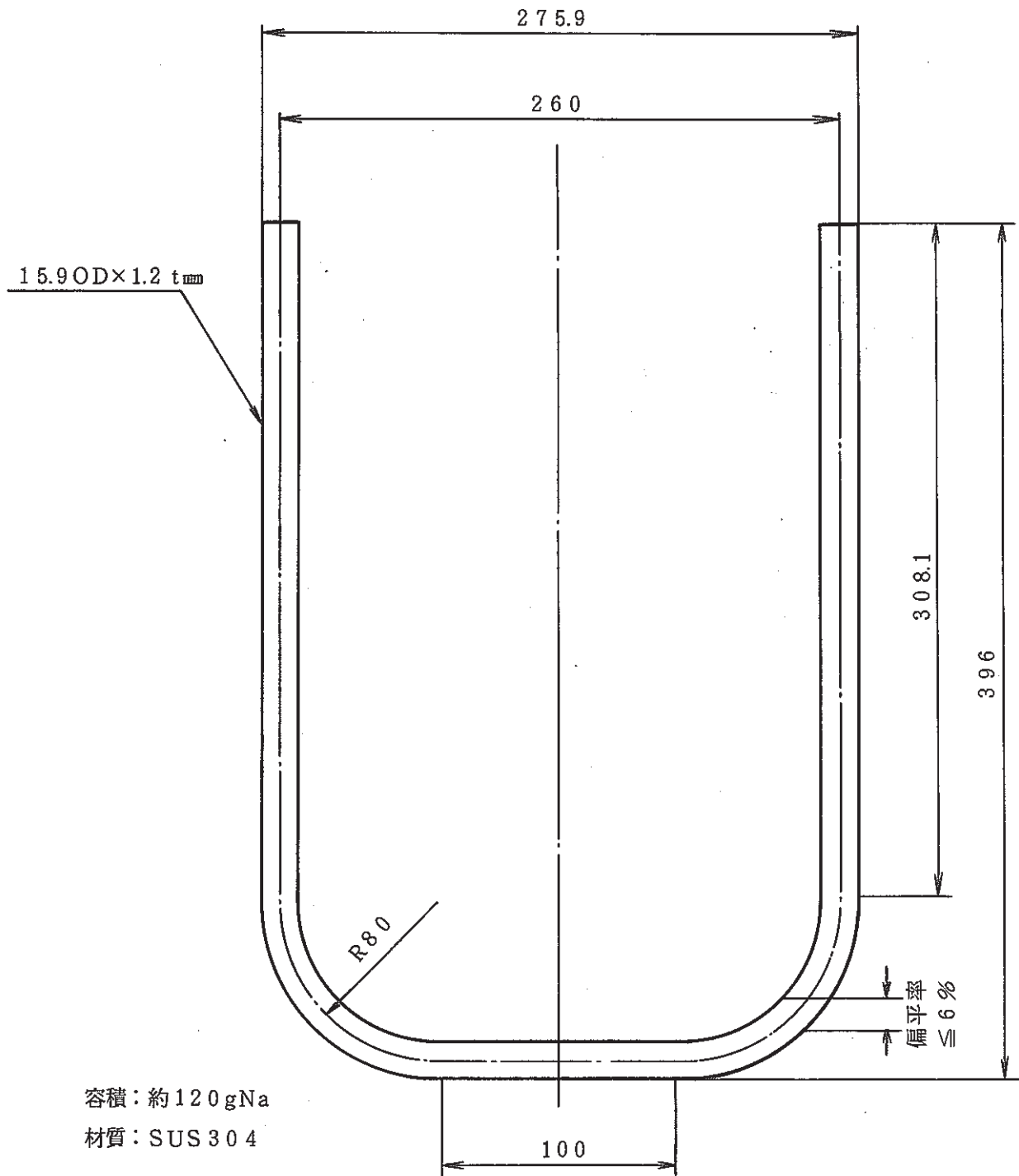


図 2.1 4 2次ナトリウムサンプリングチューブ

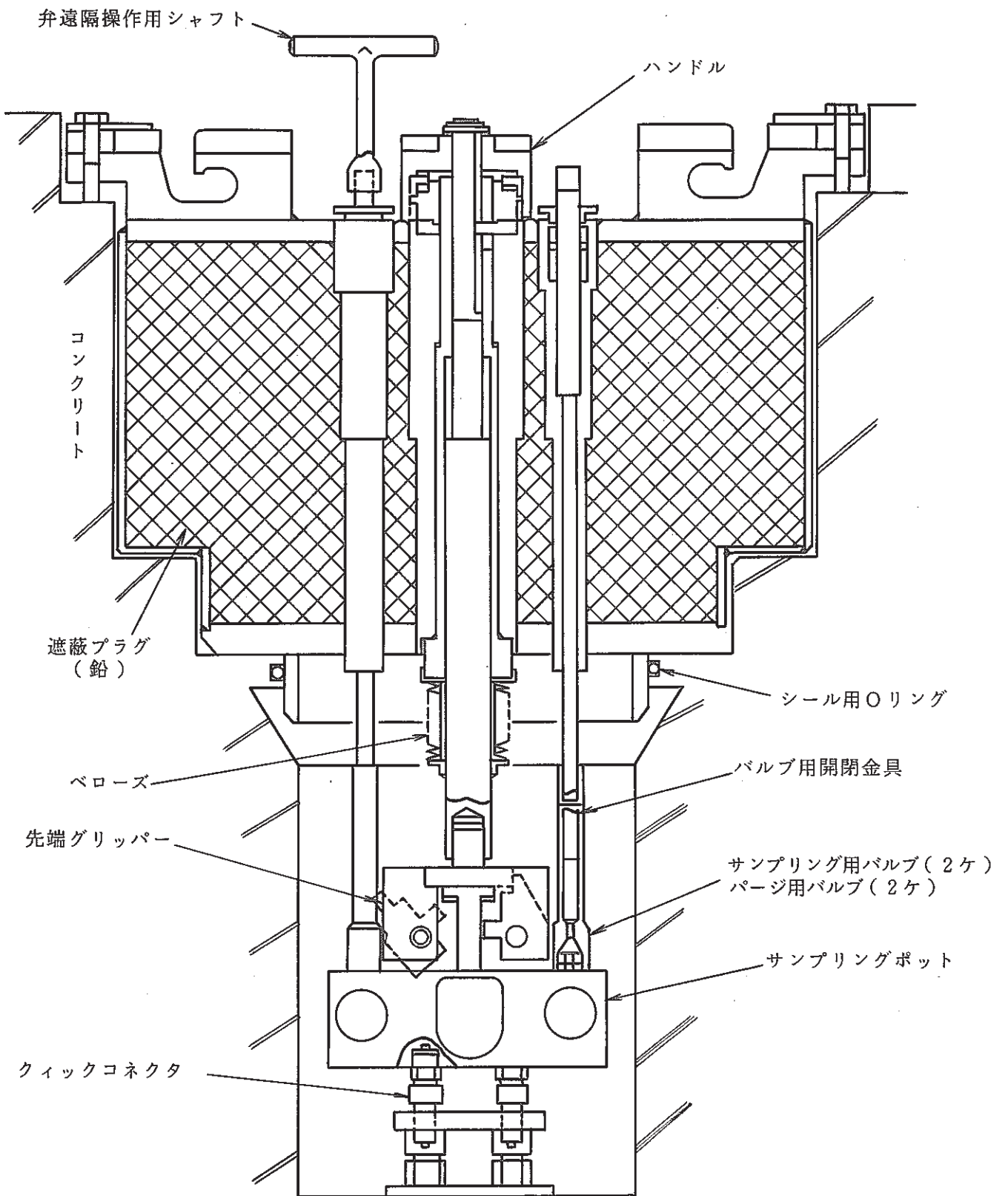


図 2.15 1次カバーガスアルゴンサンプリング装置概略図

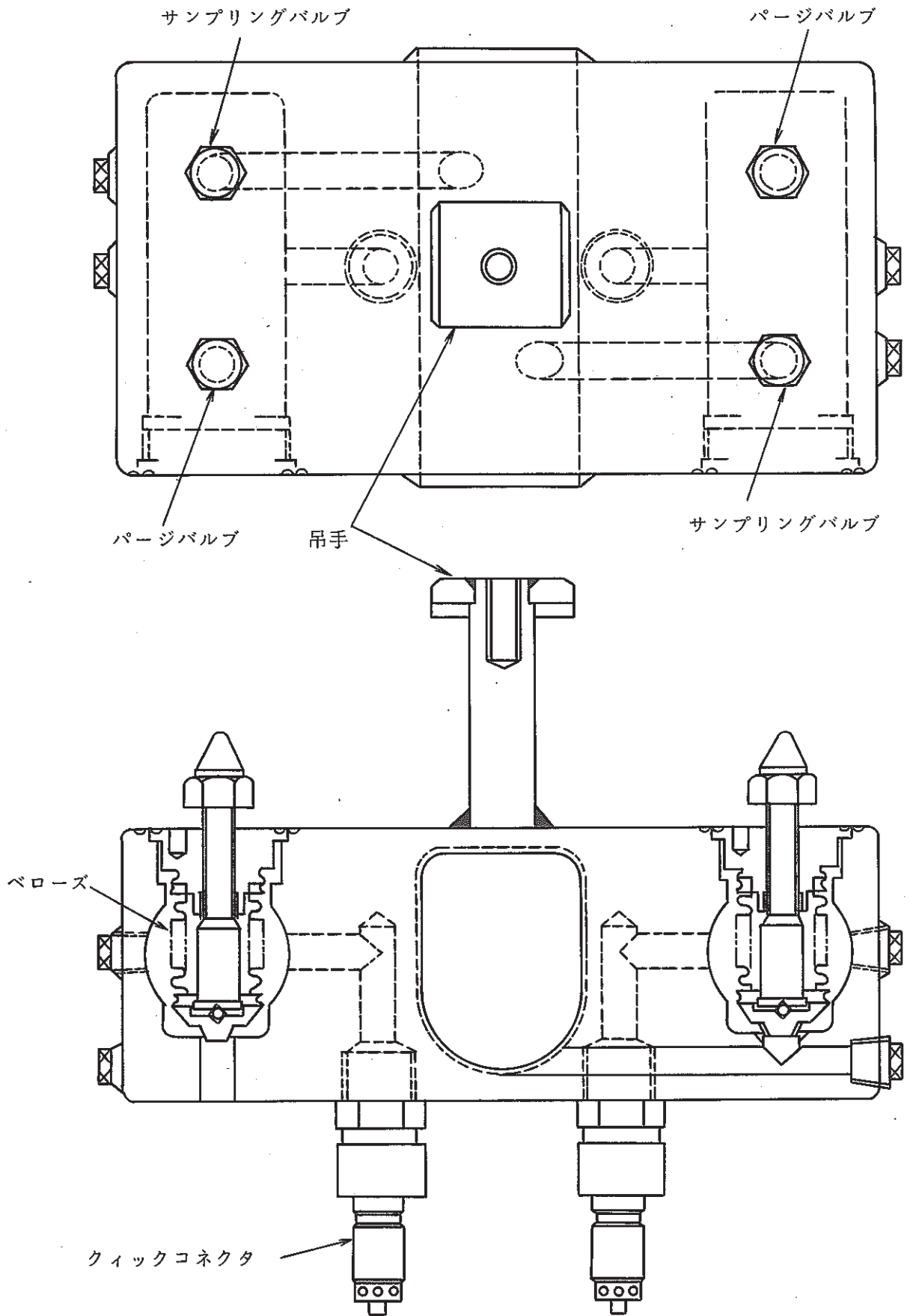


図 2.16 1次カバーガスアルゴンサンプリングポット

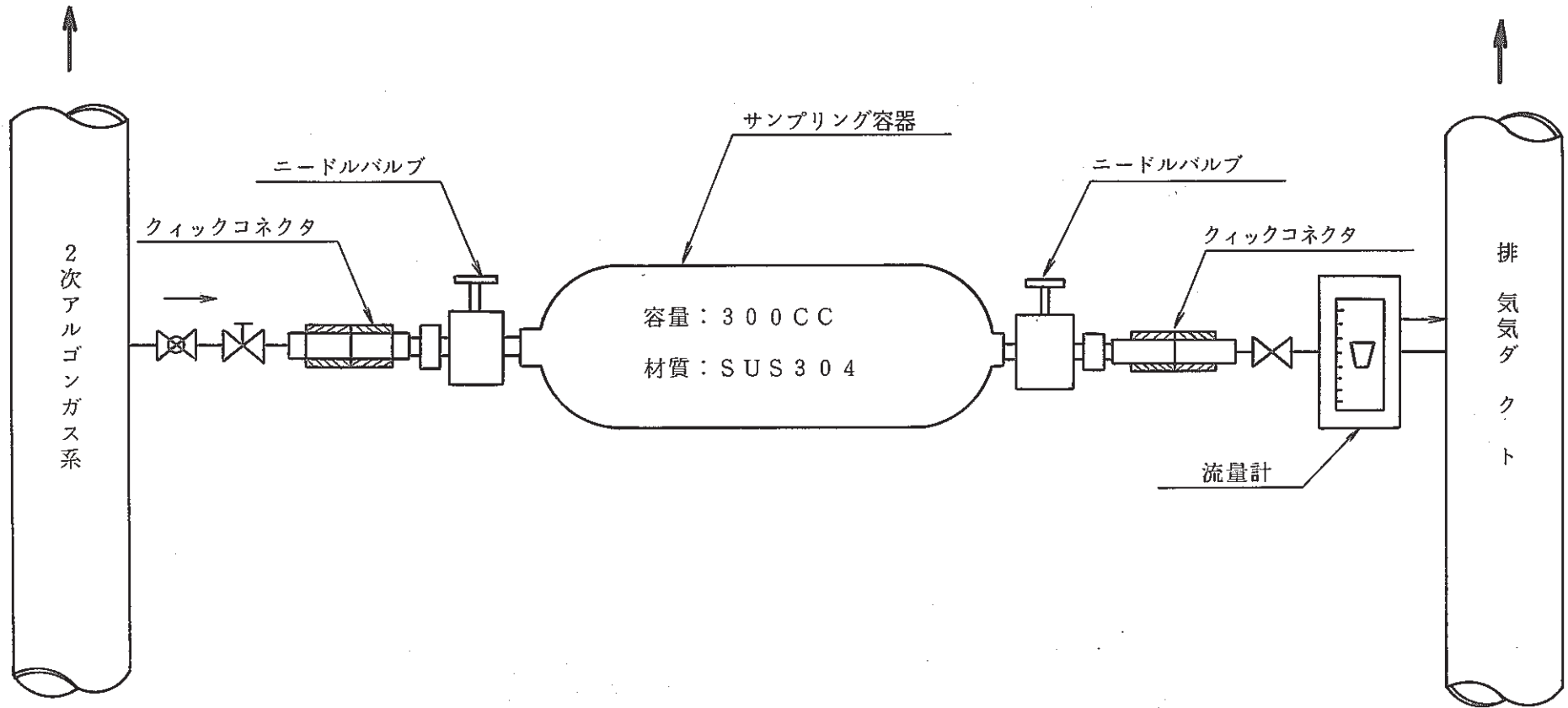


図 2.17 2次カバーガスアルゴンサンプリング設備系統概略図

3. サンプル分析手法

サンプリングされたナトリウムは、図 3.1 及び図 3.2 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、図 3.3 に示す分析操作を経て各成分の濃度を測定している。尚、ナトリウム入りのサンプリングコイル及びチューブは真直ぐ引延ばした後に、パイプカッタにて切断され分析試料として用いられる。

一方、カバーガスアルゴンに関しては、図 3.4 に示す分析操作を経て各成分の濃度を測定している。

3.1 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：サンプル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：サンプル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：加水分解イオンクロマトグラフ法

概要：サンプル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。捕集溶液をイオンクロマトグラフへ送液し定量する。

(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。

サンプル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、38.0℃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：イオン交換分離イオンクロマトグラフ法

概要：サンプルからナトリウムを抽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後、イオン交換分離する。分離液をイオンクロマトグラフへ送液し定量する。

(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 (又は、真空蒸留分離 ICP MASS 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、原子吸光光度法又は ICP MASS 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_2 , O_2 , CO (一酸化炭素), CO_2 (二酸化炭素), H_2 , CH_4 (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。

3.2 放射性物質

(1) ナトリウム

(a) C.P (放射性腐食生成物)

分析対象は ^{51}Cr (クロム), ^{54}Mn (マンガン), ^{60}Co (コバルト) 等である。

分析法： γ 線計測法

概要：3.4.1 (1) の(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 γ 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 ^{131}I (ヨウ素), ^{137}Cs (セシウム), ^{140}Ba - ^{140}La (バリウム - ランタン) である。

(i) ^{131}I

分析法： γ 線計測法

概要：サンプル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 γ 線計測して ^{131}I を定量する。

(ii) ^{137}Cs

分析法： γ 線計測法

概要：サンプル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、 γ 線計測して ^{137}Cs を定量する。

(iii) $^{140}\text{Ba}-^{140}\text{La}$

分析法： γ 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、 γ 線計測して $^{140}\text{Ba}-(^{140}\text{La})$ を定量する。

(c) ^3H (トリチウム)

分析法： β 線計測法

概要：サンプル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、 β 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

(a) F.P

分析対象は ^{133}Xe (キセノン)、 ^{85}Kr (クリプトン) である。

分析法： γ 線計測法

概要：サンプル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 γ 線計測して定量する。

(b) ^3H

分析法： β 線計測法

概要：サンプルからガスを分取し、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、 β 線計測してトリチウムを定量する。

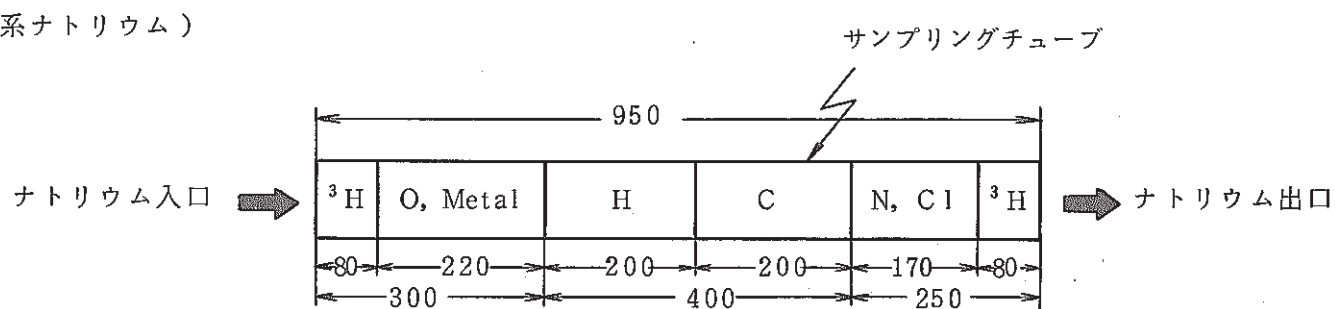
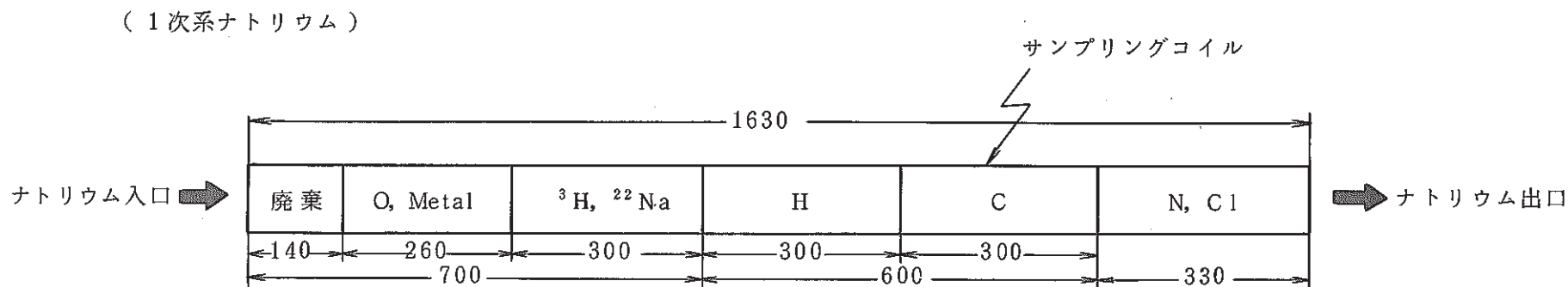


図 3.1 1次系及び2次系ナトリウム試料の分析区分(一般成分)

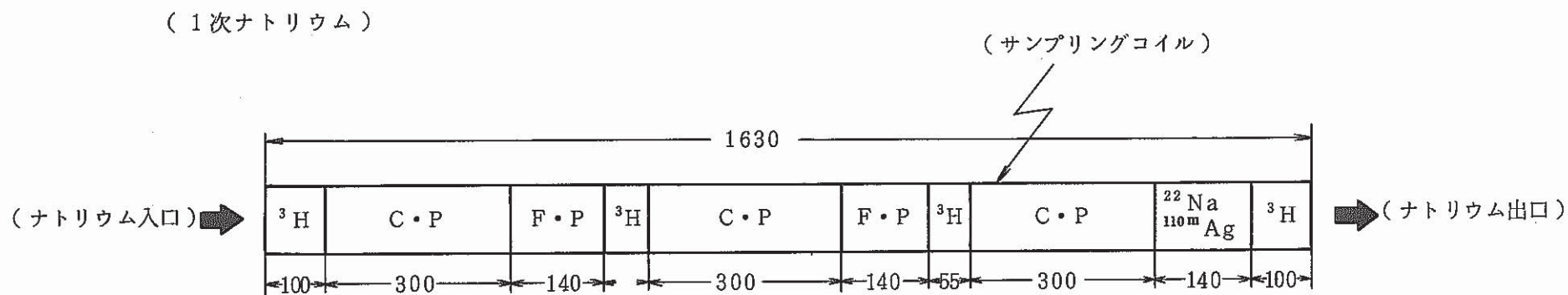


図 3.2 1次ナトリウム試料の分析区分(放射性物質)

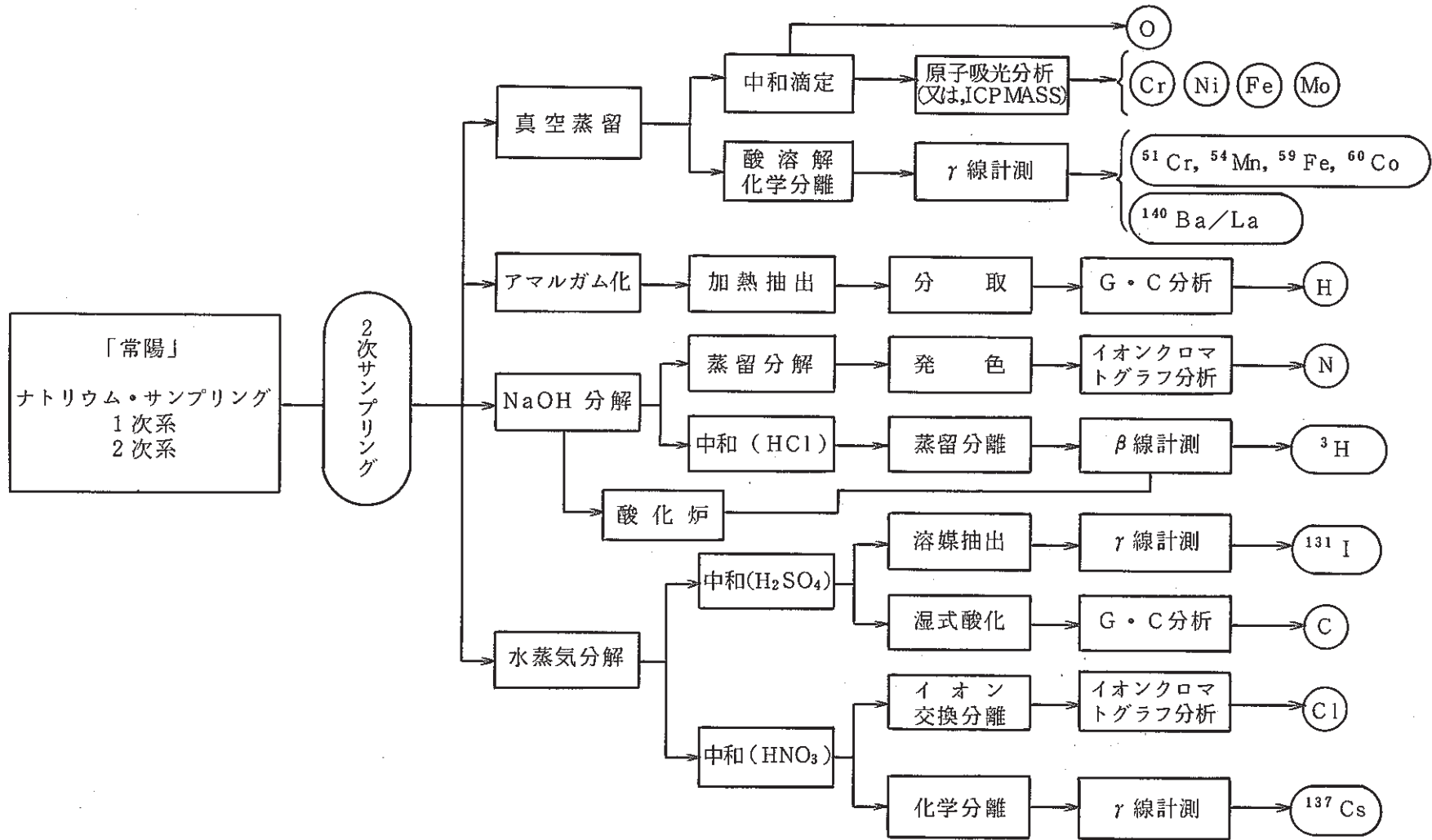


図 3.3 ナトリウム中の不純物分析操作手順

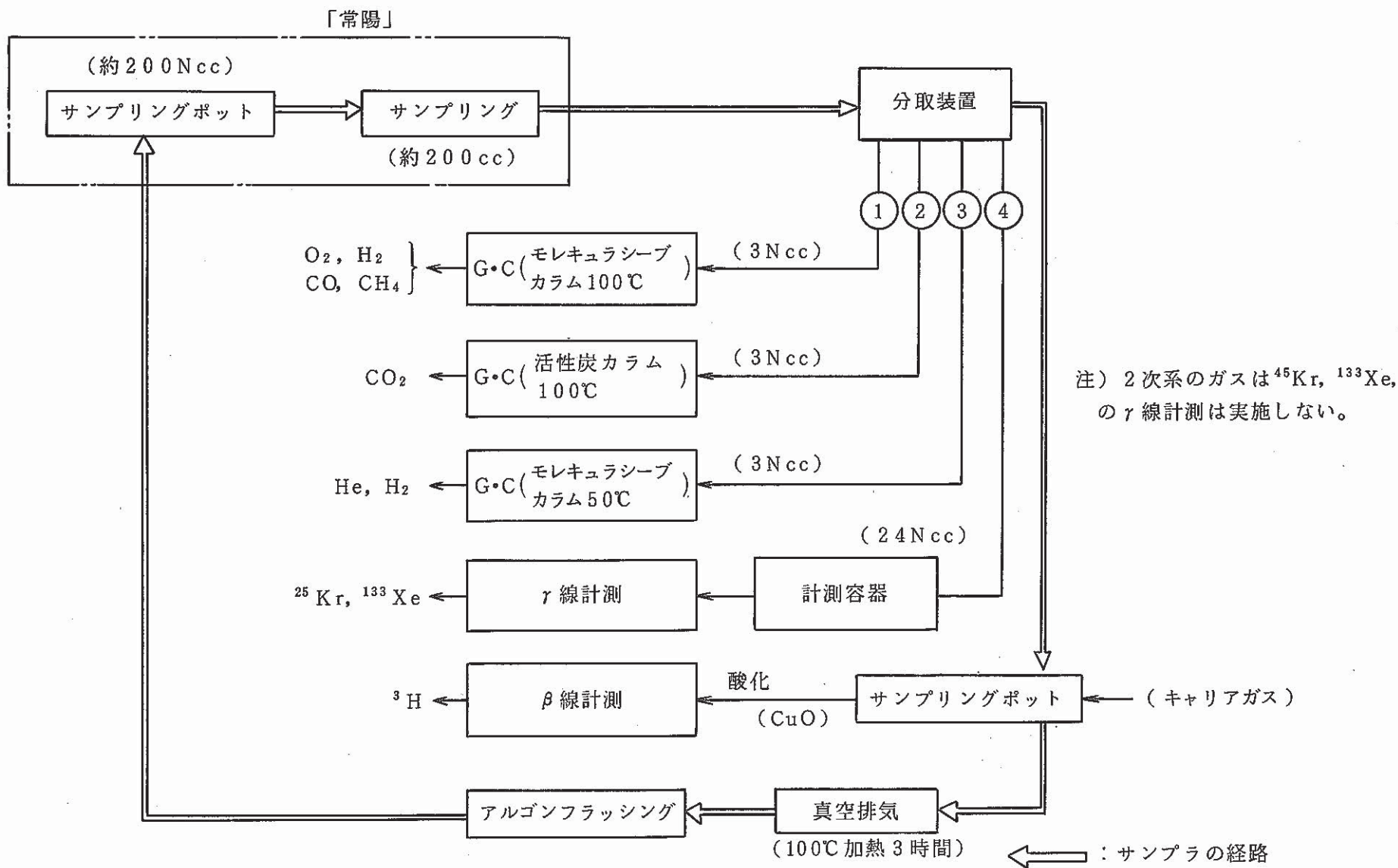


図 3.4 1次カバーガスアルゴン中の不純物分析操作手順

4. サンプルング分析結果

4.1 ナトリウム及びカバーガスアルゴンの純度管理目標値及び分析成分

「常陽」における冷却材ナトリウム及びカバーガスアルゴンの純度管理目標値及び分析成分を表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、材料サーベランス結果及び「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”の名称は採らず、純度管理“目標値”として取扱っている。

表4.1 ナトリウム及びカバーガスアルゴン純度管理目標値

	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 "	- "	加水分解イオンクロマトグラフ法
	H	5 "	10 "	アマルガム還流法
	Cl	30 "	50 "	イオン交換分離イオンクロマトグラフ法
	Ni	5 "	5 "	真空蒸留・原子吸光光度法 (又はICP MASS法)
	Cr	5 "	5 "	"
	Fe	10 "	10 "	"
	Mo	-	-	"
	Bi, Sn, In C.P&F.P	(注1) (注2)	- -	真空蒸留・原子吸光光度法 γ 線(β 線)計測法
カ バ ー ガ ス ア ル ゴ ン	N ₂	2500 vol. ppm以下	5000 vol. ppm以下	ガスクロマトグラフ法
	O ₂	30 "	50 "	"
	CO	10 "	20 "	"
	CO ₂	20 "	30 "	"
	H ₂	20 "	30 "	"
	CH ₄	10 "	20 "	"
	He	-	-	"
	F.P	(注3)	-	γ 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 : ⁵¹Cr, ⁵⁴Mn, ⁵⁹Fe, ⁶⁰Coを対象とする。目標値なし。

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

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

4.2 サンプルング実施時期

ナトリウム及びカバーガスアルゴンのサンプルング実施時期は、原則として100MW定格運転1サイクル当り、原子炉停止中(燃料交換中)、原子炉起動直後、及び原子炉定格運転時の3回である。実施時期の設定根拠は、原子炉停止中及び原子炉起動直後については、原子炉運転開始前後の系統内の圧力・温度等の変化に伴う不純物濃度の挙動調査、燃料交換中については、系統内への異物混入量を把握する為である。又、原子炉定格運転中については、燃料破損状況及び系統内の圧力・温度等が一定した状態に於ける不純物の挙動調査の為である。図4.1、4.2にサンプルング実施時期とその時のプラント状態をそれぞれ示す。

4.3 フラッシング時間

ナトリウムサンプルング時のフラッシング時間は、1次系で48時間、2次系では24時間、カバーガスアルゴンは、1次2次系共に2時間を目標としている。フラッシング時間は過去の経験から各サンプラの管内面に付着している不純物を除去する為の最短時間から定められた。表4.4～4.8はフラッシング時間の実績を分析結果と共に示す。

4.4 ナトリウム及びカバーガスアルゴンサンプルング分析結果

MK-II炉心移行作業時から100MW定格運転第7サイクルに於ける1次・2次系ナトリウム及びカバーガスアルゴンのサンプルング回数を表4.2に、分析結果を表4.3～4.11に示す。又、この時の1次、2次ナトリウム純化系の運転データを図4.3～4.18に示す。

4.4.1 1次及び2次系ナトリウムサンプルングに於ける不純物の分析結果

1次及び2次系ナトリウム中の不純物の濃度は全て管理目標値を満足する結果が得られた。表4.3に本期間中に於ける1次及び2次系ナトリウム中の不純物の平均値と最大値を示す。又、図4.19～4.26に不純物の濃度の推移を示す。

① 1次系ナトリウム中の不純物

1次系に於いて不純物濃度が上昇する要因は、燃料交換作業に伴うものである。即ち、燃料交換期間中に新燃料等が炉内装荷される前に空気と接触している為、アルゴンガスバージ等を行い不純物を除去している。しかしこの過程後も新燃料等に付着残留した不純物等が炉内へ持ち込まれる為である。

酸素成分は、管理目標値10(ppm)に対して、通常2～3(ppm)程度の値であるが、100MW第3(昭和59年5月20日)及び第6サイクル(昭和59年12月7日)では、5(ppm)弱の値を、又、その他にも4(ppm)近辺の分析結果を幾度か得ている。

鉄、ニッケル、クローム等の金属成分についても幾度か1桁程度の、濃度上昇が見られた。濃度変化の例として、1次系の鉄成分に於いて置換反応度測定時(昭和58年5月27日)の値は、それまでの0.03(ppm)から0.26(ppm)まで、濃度が上昇した。し

かしそれ以降は、徐々に減少し100MW第2サイクル定格運転中(昭和58年11月14日)時には、0.04(ppm)までに回復した。又、昭和59年5月以降から1次系の鉄・ニッケルの濃度が徐々に上昇する傾向が見られた。金属成分の濃度上昇の要因は、主に構造材の腐食と、配管に沈着していた金属類がナトリウム温度の上昇により溶解してナトリウム中に移行するの2つが挙げられるが、これらの時期の濃度上昇要因を特定することはできなかった。この為、今後も金属成分の挙動は、十分に監視する必要がある。

② 2次系ナトリウム中の不純物

2次系ナトリウム中の不純物濃度が上昇する要因は、1次系同様に系統外から持ち込まれる場合が多い。

酸素成分は、高出力特性試験前(昭和58年6月14日及び同年7月1日)及び100MW第1サイクル原子炉起動前(昭和58年7月31日)に、それぞれ5(ppm)近辺と通常値の2~3(ppm)に対して若干の濃度上昇が見られた。

この濃度上昇の原因については、サンプリング実施前に系統外から空気等が持ち込まれた形跡がない事から、サンプリングチューブ冷却時の温度分布不均一に起因する成分の偏析によるものと推察される。

③ 1次・2次ナトリウム中の不純物のうち、酸素および水素濃度についてコールドトラップ温度及びプラグング温度と分析結果の関係を図4.27~4.30に示す。また、酸素溶解度曲線としてClaxton, Eichelberger及びPNCの式を水素溶解度曲線としてVissersの式を示す。これらの関係から次のことが言える。

・ 酸素濃度

1次系は、ばらつきが大きく claxton と PNC, Eichelberger の溶解度曲線の間中に分布している。2次系についても同様な分布を示しているがプラグング温度とで比較した分析結果については、135℃~145℃の範囲内でPNC及びEichelbergerの溶解度曲線とプラグング温度から求めた値との差は1(ppm)以内に収まっている。

・ 水素濃度

1次系のプラグング温度とコールドトラップ温度及び2次系プラグング温度と分析結果との比較では、135℃を境にそれ以下ではVisser'sの溶解度曲線より高く分布し、それ以上の値については同曲線より低く分布している。2次系コールドトラップ温度と分析結果との比較では、Visser'sの溶解度曲線より若干高く分布する値はあるが同曲線とよく一致している。

4.4.2 1次系カバーガスアルゴンサンプリングに於ける不純物の分析結果

① 酸素(O₂)

本期間中の酸素の分析結果は、サンプリングポットのクイックコネクタのつけ根等から空気が混入した場合を除いては、管理目標値以下であった。尚、カバーガス中の酸素は、

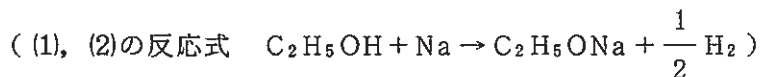
ナトリウムと即反応して酸化ナトリウムとなりガスサンプリングからは検出されない。又当該ポットのつけ根部にフランジを取り付け、つけ根部を補強した事により空気の混入がなくなった。

② 水素 (H₂)

水素はMK-II炉心移行作業から100MW第7サイクル終了まで、プラント状態に伴って変化した成分の1つであり、サンプリング回数42回中27回が管理目標値20(ppm)を越えていた。本期間中に於ける水素濃度の推移を図4.3.1に示す。

1次系カバーガスアルゴン中の水素濃度変化の要因は、

- (1) 燃料交換作業中に燃料交換機等のグリッパ洗浄後の残留アルコール及び定検時の主ポンプ洗浄後の残留有機溶剤と炉内ナトリウムとの反応による水素の発生
- (2) 核加熱等による炉内ナトリウム温度上昇時に発生するナトリウム蒸気と残留アルコールとの反応による水素の発生



以上の2つが従来から言われている。変化が著しく現われた例を以下に示す。

出力上昇試験時(昭和58年2月10日)には822(ppm)と管理目標値より約40倍も高い値を示した。この原因は前述(2)と推定される。又、100MW第3サイクル原子炉起動前(昭和59年4月13日)にも230(ppm)と管理目標値の約1.2倍の値であった。

これは、1次主ポンプ(A)の分解点検を行った際に洗浄剤として使用した有機溶剤が完全に除去できないまま系統内へ持ち込まれた結果、Naとの反応により発生したもの、即ち前述(1)である。

しかし、いずれの例も1次カバーガスアルゴン系の給排気により希釈されて約2~3週間で管理目標値近辺までに回復している。又、これらの例の時はプラント工程上、積極的にカバーガスをパージする事が容易でない為、1次カバーガスアルゴン系の呼吸、即ち給排気によるガス置換しか出来なかった。

③ メタン (CH₄)

メタンもプラント状態の変化に伴ない濃度変動を見せたものの一つである。図4.3.1にメタン濃度の推移を示す。メタン濃度が顕著に上昇した例として100MW性能試験25MW出力時(昭和58年2月10日~2月13日)が上げられ、この時の値は管理目標値より約1.2~1.5倍高い120~148(ppm)であった。この成分も水素と同様に洗浄用有機溶剤等がMK-II炉心移行期間中に炉内へ持ち込まれ、原子炉出力上昇に伴うナトリウム温度上昇により熱分解して発生した。しかしその濃度は炉内カバーガスアルゴン系の給排気により次第に減少し、約3週間後の分析結果(昭和58年3月5日)では、管理目標値近

くまでに回復している。これ以外の分析結果にも燃料交換期間中及び燃料交換終了後に管理目標値を越える例が見られた。(ACT-12開始前(昭和57年9月20日)又、1次主ポンプ分解点検終了後(昭和57年5月19日及び昭和59年4月13日)の分析結果にも管理目標値より約4~5倍も高い値が得られた。これはポンプを有機溶剤にて洗浄した際に付着残留したものが系統へ持ち込まれた結果である。これらメタン濃度が上昇した時には、カバーガスをパージする事が、プラント工程上困難であった事、及び本成分濃度が上昇した直後に原子炉運転開始があり、原子炉起動時には、系統内の温度上昇によりカバーガス圧力が上昇し、アルゴンガス系の給排気回数が増加するのでこれにより希釈効果が促進される為パージを実施しなかった。

④ 窒素(N₂)

窒素のサンプリング分析結果は全て管理目標値(2500 ppm)を満足したが特記すべきケースを以下に示す。同成分濃度の推移を図4.3.2に示す。

- (1) ACT-12開始前(昭和57年9月20日)の窒素の分析結果は2020(ppm)であった。考えられる原因としては同年9月7日から9日にかけて実施されたアルゴンガス供給設備の点検終了後の置換パージが不完全であった為空気が系統内に持ち込まれた事、及び同年9月16日から17日にかけて実施された1次系ガスクロの点検で空気がカバーガス中に持ち込まれた事と推定される。その後、窒素濃度は炉内カバーガス系の給排気により希釈されて減少していった。
- (2) 1次主ポンプは分解点検を行う為、ポンプ本体を系統から引抜、メンテナンス建家にて洗浄、分解点検終了後は再装荷を行う。(B)主ポンプ装荷復旧後(昭和57年5月19日)の値は341(ppm)であり、又(A)主ポンプ装荷復旧後(昭和59年3月2日)の値は543(ppm)と引抜前の分析結果((B)側90(ppm),(A)側128(ppm))より数倍の濃度上昇が見られたが、これも空気が主ポンプ装荷時に系統へ持ち込まれた為である。
- (3) 100MW第6サイクル原子炉起動前(昭和59年11月24日)の値は2300(ppm)であった。この為、濃度の上昇原因を調査したが、原因究明までには至らなかった。この時の状況は、サンプリング実施前に1次系ガスクロの指示値にて6000(ppm)と高濃度を示した為、2回に渡り炉内カバーガスパージを実施した。この結果、1次系ガスクロの指示値は1400(ppm)までに減少した。尚パージ時間及びアルゴンガス使用量はそれぞれ8時間160m³であった。サンプリング実施時には、パージ時隔離していたダンプタンクを隔離状態から通常状態へ復旧したことから、ダンプタンクに残留していた窒素がカバーガスの対流により炉内へ移行した。この為サンプリング値は、パージ後のガスクロの指示値より高い値を示した。

尚、100MW性能試験原子炉停止中(昭和58年1月18日)及び100MW性能試験25MW出力時(昭和58年2月10日)の窒素濃度が、それぞれ1210(ppm),6700

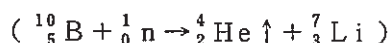
(ppm)を示したが、いずれも酸素が検出されたことから、サンプリングポットクイックコネクタ部から空気が混入した為と推定される。

1次原子炉運転中に於ける窒素濃度を75MW運転サイクル(MK-I炉心)時と100MW運転サイクル(MK-II炉心)時とで比較する。図4.3.3に示す窒素濃度の推移からわかる様に100MW運転サイクル時の下限値は75MW運転サイクル時の下限値に比べ約1/5に減少している。この原因としてMK-I炉心時の不具合がMK-II炉心移行中に解消され、燃料交換機等のブローダウンガスによって希釈されたと推定される。移行期間中に使用したブローダウンガス量は約2000m³で、1次系全体のカバーガス空気容量の約10倍に相当する。

⑤ ヘリウム

本成分の濃度はMK-I炉心用密閉型制御棒からMK-II炉心用ベント型制御棒の変更に伴い上昇し注目される様になった。本成分濃度の推移を図4.3.2に示す。上昇要因として

- (1) 新ベント型制御棒がナトリウム温度250℃時の炉内に装荷されると制御棒ベント孔シールに用いられている融点230℃のPb-Sn合金ハンダが融解し、その結果制御棒ピンに封入されているヘリウムが放出される。
- (2) 原子炉運転に伴う制御棒中性子吸収材のボロン(B)と中性子(n)との反応による生成。



の2つが考えられる。(1)によるヘリウム濃度上昇は、ベント型制御棒に変更後のACT-12開始前(昭和57年9月20日)に見られ、その濃度は新制御棒6体で734(ppm)であった。これを1体当りに換算すると約122(ppm)になる。この時は炉内ナトリウム温度を200℃から250℃へ昇温したことによりハンダが融解しヘリウムが放出された為である。これ以外にも(1)によるヘリウム濃度が上昇した時期があり、それは100MW第3サイクル終了後の燃交中(昭和59年11月24日)、100MW第6サイクル原子炉起動前(昭和59年11月24日)及び100MW第6サイクル終了後の燃交中(昭和60年2月12日)であった。それらの時期に於ける新制御棒装荷本数は100MW第6サイクル終了後の燃交中の2体を除き、各1体であり、ヘリウム濃度は、それぞれ26.8(ppm)、9.55(ppm)、17.5(ppm)であった。これらの分析結果はACT-12開始前の分析結果から新制御棒1体当りに換算した値より1/5以下であることから、封入ヘリウムは新制御棒を炉内装荷する前に放出されたと推定される。放出箇所としてはトランスファロータのラック内が考えられる。当該ラック内ナトリウム温度は200~250℃とハンダの融点より高い場合がある為、大部分のヘリウムが当該ラック内で放出されたと推定される。

次に(2)の原子炉運転に伴う制御棒中性子吸収材のボロンと中性子の反応によるヘリウム

の放出量について述べる。図4.3.4に示す様にヘリウム濃度は100MW定格運転を重ねるごとに減少してゆき、その値は、100MW第1サイクルでは925(ppm)を示したのに対し、100MW第7サイクルでは1/4の215(ppm)であった。この原因として制御棒の引抜位置が考えられる。同図4.3.4にヘリウム濃度とサンプリング実施時の制御棒位置との関係を示した。100MW第1サイクルでは、ヘリウム濃度が925(ppm)に対して制御棒位置は約300mm、100MW第7サイクルでは215(ppm)に対して約510mmとヘリウム濃度が高い時は制御棒位置が低いことがわかる。つまり制御棒引抜位置が低位置の時は前述の要因(2)の反応が多くなるためである。例として図4.3.5に制御棒引抜位置と炉心中性子束分布との関係を示した。ここでは制御棒引抜位置が最低位置である100MW第1サイクル時と最高位置である100MW第4サイクル時とを比較してみた。制御棒吸収材(B_4C)領域に対する炉心中性子束密度は、100MW第1サイクル時では $1.0 \times 10^{14} \sim 2.5 \times 10^{15}$ ($n/cm^2 \cdot sec$)であり、100MW第4サイクル時では $1.0 \times 10^{14} \sim 5.0 \times 10^{14}$ ($n/cm^2 \cdot sec$)と100MW第1サイクル時の方が高い値を示している。しかし、100MW第4サイクル以降は、制御棒引抜位置が低くなっているにもかかわらずヘリウム濃度が低下している。ヘリウムは原子炉起動時から発生し、カバーガス空間へ蓄積されていく為、原子炉起動からサンプリングまでの期間が長ければ蓄積量、即ちヘリウム濃度が増していく。100MW第1～4サイクルまでは、この期間が約30日前後に対して、5, 6, 7サイクルはそれぞれ約17, 22, 16日間である。又、5, 6, 7サイクル時の期間を30日に補正した場合、それぞれ330(ppm), 380(ppm), 360(ppm)で有り、図4.3.6の曲線上近辺に位置している。

4.4.3 2次系カバーガスアルゴンサンプリング分析結果

2次系カバーガスアルゴンの分析結果は、管理目標値を全て満足していたが、水素・窒素についてはサンプリング毎に変化が見られた。図4.3.7～4.3.8に2次系カバーガスアルゴン中の各不純物濃度の推移を示す。

特に窒素については、昭和57年9月17日のサンプリング分析結果に於いてダンプタンク及びオーバフロータンク共に926(ppm)と通常値より100倍以上も高い濃度を示した。原因はアルゴンガス供給系の点検によるものであった。この時は、アルゴン貯蔵タンクを点検し復旧する際、タンク内をバージしたにもかかわらず空気が残留していた為である。連続監視を行っていたガスクロによる窒素濃度は、アルゴンガス供給系点検終了後(昭和57年9月10日)から約6日間にわたり増加し、その後7日間飽和状態が続いたが、2次系カバーガス系への主ポンプ軸封ガス流入による希釈効果により減少し、通常値に回復した。その他の成分については、特に顕著な変化は見られなかった。

4.4.4 放射性物質の濃度

① トリチウム (^3H)

本放射性核種の発生源として、核分裂によるものと制御棒の吸収棒であるボロンの放射化によって生ずる反応 ($^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}(n, T)n+\alpha$) によるものとの2つがある。ナトリウム及びカバーガスアルゴン中のトリチウム濃度は、全体的に飽和傾向を示している。本期間中に於けるトリチウム濃度の推移を図4.39に示す。

1次系カバーガスアルゴン中のトリチウム濃度に於いて顕著な増大が見られたのは、100MW性能試験の25MW出力時(昭和57年2月13日)であり、通常値 ($10^{-14}\mu\text{Ci}/\text{N}\cdot\text{CC}$) より1ケタ高い濃度を示した。この原因として同時期には水素濃度が822 (ppm)と管理目標値より41倍も高いことから、この多量の水素がナトリウム中のトリチウムとの同位体交換反応 ($\text{NaT}+\text{H}\rightarrow\text{NaH}+\text{T}$) によってカバーガス中への移行が著しく促進されたと推定される。又、上記現象により1次系ナトリウム中のトリチウム濃度は減少した。これ以外にもカバーガスアルゴン中のトリチウム濃度は、燃料交換期間中、即ち水素等が炉内へ持ち込まれた可能性がある時期には、上昇する傾向を示している。以上のことからナトリウム中のトリチウムとカバーガス中のトリチウムとの間には、因果関係が存在すると思われるが、現状では1次系ナトリウムサンプリングコイル中に成分偏析が生じており、これによる影響も考えられ、断定は出来てない。図4.40は1次系ナトリウムサンプリングコイル中のトリチウムの偏析状態を示す。トリチウム濃度はサンプリング入口側が高く、出口側に近づくにつれて低下する傾向が見られ、その差は約7倍である。不純物等は、サンプリングコイル中でナトリウム冷却固化過程で低温部から高温部へ移動を示し、分布に偏析を生じる。以上のことからサンプリングコイル入口側が出口側より高温であり固化するのが遅いことが推定される。

② 放射性腐食生成物 (C・P)

C・Pの分析対象核種は、 ^{51}Cr 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{65}Zn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{124}Sb 、 ^{182}Ta 等であり、1次系ナトリウムサンプリングコイル管内壁表面へ沈着している核種について測定している。

図4.41、4.42にサンプリングコイル管内でのC・P沈着量の推移を示す。

C・P沈着量を本期間中に於ける測定開始の値と100MW第7サイクル時の値とで比較すると、 ^{51}Cr は約2倍、 ^{54}Mn は約1.7倍、 ^{58}Co は約5.5倍、 ^{65}Zn は2.5倍、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ は約1.2倍、 ^{182}Ta は約1.7倍に増加した。尚、 ^{60}Co の沈着量は平衡状態であった。

C・P核種のサンプリングコイル中での挙動に於いて、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ は⁽⁵⁾、ほとんどナトリウム中に溶解して存在し、サンプリングコイル長手方向に均一に分布している為、成分偏析が少なくばらつきも小さい結果が得られた。 ^{54}Mn についても、サンプリングコイル管内壁表面への沈着は見られるものの、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ と同様にサンプリングコイル長手方向に均一に

分布する為、比較的ばらつきが小さい。反面⁵¹Cr, ⁵⁸Co, ⁶⁰Co, ⁶⁵Zn, ¹²⁴Sb, ¹⁸²Ta等については、常に試料採取をサンプリングコイルの一定した部分から行っているにもかかわらず、成分偏析が生じている為、ばらつきが大きい傾向を示した。以上のように、^{110m}Ag, ⁵⁴Mnについては、他のC・P核種より正確な値が得られている。

又、サンプリングコイル管内壁表面への沈着量は、C・P核種濃度の増減、ナトリウムの温度、流速及び、フラッシング時間の長短等によって左右されると考えられるが、ナトリウム温度、流速及びフラッシング時間については、ほぼ統一して行っている為、沈着量の増減には影響を与えない。以上の事からサンプリングコイル管内壁表面への沈着量の増減から1次系全体に存在するC・P量の増減を推定することは可能であると思われる。

次に床下の配管に沈着したC・P核種の沈着密度⁽⁶⁾とサンプリング結果とを比較してみる。図4.43は1次系ナトリウムドレン時の主配管に於ける⁵⁴Mnと⁶⁰Coの沈着密度の推移を示す。

⁵⁴Mnの沈着量は、主配管に於ける値とサンプリング結果の値共に積算原子炉出力の増加につれて上昇している。⁶⁰Coの沈着量は、主配管の値については上昇しているが、サンプリング結果は低下している。⁶⁰Coのサンプリングコイル中の分布は粒子状に存在し、不規則に分布する為、値にばらつきが生じ、正確な値が得られていない。この為、サンプリング結果からは沈着量の増加の傾向は見られない。又、100MW第7サイクル運転終了時の主配管(ホットレグ)の値は、サンプリング結果と比較して⁵⁴Mnで約100倍、⁶⁰Coで約1000倍も大きい傾向を示した。

③ 放射性核分裂生成物(F・P)

1次系ナトリウム及びカバーガスアルゴンサンプリングに於いて、F・P核種の分析を実施したが、全て検出限界値以下であった。

④ ²²Na

²²Naは、1次系冷却材であるナトリウムが中性子の照射により生成され、その反応式は、 $^{23}\text{Na}(n, 2n)^{22}\text{Na}$ である。図4.44はMK-II炉心以降の積算原子炉出力に対する²²Naの放射能濃度の推移を示す。²²Naの濃度は、MK-II性能試験時の値に対し、100MW第7サイクル時の値は約2.4倍(1.5 $\mu\text{Ci/g}$)に上昇した。又、MK-II性能試験から100MW第1サイクルまでの期間及び100MW第2サイクルから第3サイクルまでの期間に於いて濃度上昇が見られなかったのは、それぞれ定検等により原子炉停止状態が長期間続いた為²²Naの放射能が半減期2.6年により減衰した結果である。

⑤ U・Pu

1次系ナトリウムサンプリングに於いて燃料構成元素であるU・Puは検出されなかった。

5. 1次系ナトリウムサンプリングコイル及びカバーガスアルゴンサンプリングポットの取り出し時のサーベイ結果

1次系ナトリウムサンプリングコイル及びカバーガスアルゴンサンプリングポットは、取り出し作業時の被曝低減化の為、ナトリウムの場合でフラッシング停止後約14日間、カバーガスアルゴンの場合で約7日間放射能を減衰させてからそれぞれのサンプルを取り出している。この時同時に各サンプルの表面線量率も測定している。

ナトリウムサンプリングコイルに於いてはプラント状態により取り出し目標日数14日間より短期間で取り出す場合があった。図5.1は、取り出し日数とコイル表面線量率の関係を示す。ナトリウムサンプリングコイル取り出し時の表面線量率に主として寄与する線源は、原子炉運転中では ^{24}Na 、原子炉停止中では ^{22}Na である。図5.1から原子炉運転中に於けるフラッシング停止直後のサンプリングコイル表面線量率を算定すると約 4×10^4 (mR/h)と推定される。更にコイル表面線量率に寄与する核種は、フラッシング停止からサンプリングコイル取り出しまでの日数経過と共に、半減期が短い ^{24}Na から半減期が長い ^{22}Na 及びC・Pへと移り変わる為、表面線量率の減衰勾配が緩やかになる傾向を示す。

原子炉停止中に於ける表面線量率の分布は、ばらつきが大きい傾向にあるが、これは採取ナトリウム量の差異による影響である。図5.2は、コイル表面線量率とナトリウム採取量との関係を示す。ナトリウム採取量が多い時は、比較的表面線量率が高くなっていることがわかる。

以上からコイル取り出し日数を14日間とすることで表面線量率は10 mR/h以下となり、取り出し作業時の被曝量は保安規定上の許容量を十分に下回る事が確認された。

又、カバーガスアルゴン用サンプリングポットの場合、1次系カバーガスアルゴン中の主線源である ^{41}Ar 及び ^{23}Ne は共に半減期が短いこと、及び取り出しまでの期間を十分に取ってあることから、表面線量率は、バックグラウンド(0.03 mR/h以下)程度であった。

6. サンプル装置の改造について

6.1 1次系ナトリウムサンプリング装置

本装置は、昭和58年8月8日のナトリウムサンプリングコイル取り出し作業時に配管側のコイル接続部（入口側スウェージロック）のネジ山が潰れた為、同部分を取り替え可能な構造に改造した。図6.1，6.2に改造装置構造図を示す。この改造によりサンプリングコイルの出入口の取り合いが逆方向となったがグローブボックスでの取り扱いの操作性に於いては改造前より改善された。又、配管側のコイル接続部にそれぞれエルボーを4ヶ所に使用している為、ナトリウムの充填性が問題となったが、表4.4に示す改造後のサンプリング結果（昭和58年10月25日）によって改造前と同様90g前後は十分採取できることが確認された。

6.2 1次系カバーガスアルゴンサンプリングポット

1次系カバーガスアルゴンサンプリングで使用するポットは、主として試料採取容積増加の面から、再三、改造が行われている。昭和54年3月には、それまでの85cc型から、200cc型へ、更に57年12月にはクイックコネクタ接続部を改造した。これは装置とポットの接続に使用しているクイックコネクタが改造したポットの重量（約6kg）を支えるには強度的に不十分であり、又、ポットの脱着時にコネクタのつけ根からの空気の漏れ込みを防止するためである。図6.3に本改造ポットの構造図を示す。

改造内容は図で示す様にクイックコネクタにフランジを設けて溶接し、コネクタとポットとの接続部の強度を増した。又、空気漏れ込みへの対策としてフランジ内部にOリング2個を入れた2重シール構造とした。本改造ポットを使用したサンプリング分析結果は、表4.6-(1)の性能試験原子炉停止中（昭和58年1月18日）以降である。

昭和59年2月には、採取量の増加及びポットの軽量化を計る為200cc型から320cc型へ変更した。320cc型は、試料採取部の容量以外は、外形・寸法共に200cc型とまったく同一で、フランジ部は、従来のものと同一構造とし、バルブの弁座がOリングシールに変更となった。これは従来の200cc型は弁座がメタルシールであり、万一リークがおこると取り替え不可能であったものが、Oリングのみ交換することでリークを防ぐことが出来る様になった。又、200cc型と320cc型との比較性能を昭和59年3月21日（第4回定検中）に実施した。試験は、プラント状態及びフラッシング時間を統一して行い、成分の分析値を比較した。結果は、両者ともに同様な値が得られた為、現在は採取量の多い320cc型を主に使用している。

7. 2次純化系コールドトラップバイパス試験時の ナトリウムサンプリングの分析結果

2次系ナトリウムは純度を維持する為に、コールドトラップにて不純物を除去しているが、本試験時には、ナトリウムをコールドトラップへ流入させない事から、不純物濃度に変化が現われる可能性が考えられた。又、この試験と平衡してナトリウムサンプリングを実施し、系統設備の一つであるラギング計に悪影響を与える可能性があるケイ素の濃度挙動を調査した。

なお、過去にも一度コールドトラップバイパス試験（昭和53年4月20日）が行われており、酸素については、約3 ppmの濃度上昇が分析結果から見られた。今回行ったコールドトラップバイパス試験時のサンプリング分析結果は、サンプル中のナトリウムにボイドが多く、酸素分析採用に大部分のナトリウムを使用したことで試料不足となり、酸素とケイ素以外の成分は分析不可能であった。ケイ素の分析結果については、本試験後も4回測定したが、0.4～0.8（ppm）と特に著しい濃度変化は見られなかった。

8. 検 討

(1) 1次系カバーガスアルゴン中の水素とメタンの割合

これまで常陽の1次系への有機物の混入は、主ポンプ分解点検時及び燃交中のみで有り、いずれもナトリウム洗浄剤としてのエタノールが洗浄後の機器表面に残留付着して持込まれたものである。そして、これらの作業後には必ずカバーガス中に水素とメタンの濃度が上昇することがわかっている。

そこで、混入物質が既知であるエタノールの場合についてカバーガス中に検出される水素濃度とメタン濃度の割合をプラント状態に基づいて調べた。

図8.1はこれまでのサンプリング分析結果から得られた1次系カバーガス中の水素濃度とメタン濃度を示す。

燃交後及び定検中の水素濃度とメタン濃度の割合はバラツキはあるが大体1対1の線の上下に分布している。これに対して100MW運転中のデータでは、メタンの割合が小さくなっており、メタンは、図中の斜線付きの直線（水素濃度対メタン濃度比が約3）以下に分布していることがわかる。この理由は燃交又は定検作業後のカバーガス中の水素及びメタンが、その後の主ポンプ軸封Arガス及びFFDCG法、プレシピテータのパージ用Arガスの流入等によって希釈され低濃度になって行くことや原子炉起動に伴う系統昇温に伴って系統温度の低い時に系内カバーガス領域の壁面に付着していた水素が放出され水素濃度が高くなること並びにサンプリングをしてから分析するまでの期間にサンプリングポット材内部から水素が放出されることが主な原因と思われる。運転中はサンプリングした後、放射能冷却を待ってから分析するのでサンプリングポット材からの水素の量も多くなっているものと推察される。

(2) 設備上の問題点

ナトリウムサンプリングの分析結果の問題点は、成分偏析によってその値にばらつきが生じる事である。この偏析は、フラッシング直後のナトリウムを冷却固化する過程でサンプリングコイルの長手方向及び径方向の温度差により成分が移行する為に生ずる。この問題を克服する為には均等急速冷却が望ましいが、現状の設備で実施するには、大幅な改造を必要とすることから、現状のバイパススルー法からオーバフロー法へと変更することが提案されている。オーバフロー法は、バイパススルー法の様に1つのサンプラから数種の成分を分析する方法と異なり、1つのサンプラ（カップ）から1成分のみを分析する為偏析が生じても問題にならない。

尚、オーバフロー法については、大洗の機器システム開発室と分析Grにて研究開発が進められており、将来、常陽で採用する様検討している。

(3) サンプリング頻度について

原子炉運転サイクル期間中のサンプリング頻度は3回であるが、今後は2回に減らす予定である。理由として、これまでのデータの蓄積で原子炉起動後と定格運転中との値に大差がない事や、

ガスクロ・プラグング計等のオンライン純度監視設備が完備された事、及びFFD、オンライン γ モニタ等により放射性物質の情報を常時得て監視している事等である。

尚、サンプリング頻度の2回については、燃料交換期間中と原子炉運転中に行う事にする。

9. 結 言

MK-II 炉心移行から 100 MW 定格運転第 7 サイクルまでのナトリウム及びカバーガスアルゴンの不純物及び腐食生成物、核分裂生成物の分析結果から次の結論を得た。

- (1) ナトリウム分析結果は、1 次・2 次系共に管理目標値を満足していた。
- (2) 1 次系カバーガス中の不純物の分析結果は、水素及びメタンが主循環ポンプのメンテナンス及び燃料交換に伴ない管理目標値を越える事があったが、その他の不純物については、管理目標値を満足していた。
- (3) 1 次系カバーガス中の窒素濃度は、MK-I 炉心時に比べ約 1/5 に減少した。これは MK-II 炉心移行期間中に燃料交換機器のブローダウンガスにより希釈された為である。
- (4) MK-II 炉心移行期間中、MK-II 炉心用制御棒炉内装荷時に封入ヘリウムが放出され、その濃度は 734 (ppm) であった。
- (5) MK-II 炉心での新制御棒炉内装荷時には封入ヘリウムが炉外で放出された。その放出箇所としてトランスファロータのラック内が推定される。
- (6) 原子炉出力運転に伴う制御棒と中性子の反応によるヘリウム発生量は運転サイクル回数を重ねるごとに減少していった。これは、制御棒の引抜量が多くなった為である。
- (7) 2 次系カバーガス中の不純物の分析結果は、管理目標値を満足していた。
- (8) 1 次系ナトリウムサンプリングコイル中のトリチウム分布は、コイル入口側が濃度が高く、出口側に近づくにつれて低下していく傾向を示した。
- (9) 1 次系ナトリウムサンプリングコイル管壁内に於いて放射性腐食生成物 ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{58}Co , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{182}Ta の沈着量が増加した。 ^{60}Co については、値にばらつきがあり、明確な挙動が得られなかった。
- (10) 1 次系ナトリウム及びカバーガスアルゴンサンプリングの分析結果からはウラン・プルトニウム及び放射性核分裂生成物は、検出されなかった。
- (11) 本期間中に於ける ^{22}Na の濃度上昇程度は約 2.2 倍であった。
- (12) 1 次系ナトリウムサンプリングコイル取り出し時のコイル表面線量率は放射能減衰期間を原子炉停止中で約 1 週間、原子炉運転中で約 2 週間放置することにより、被曝管理上問題にならない程度であった。

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1課の諸氏及び多数の分析を実施して下さった大洗工学センタ実験炉部技術課分析グループの諸氏に感謝します。

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(P T-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(P T-52)
その2 PNC SN941 80-05 1980年1月
- (3) 高速実験炉「常陽」運転試験報告書“75 MW運転時Na・Ar サンプリング及び分析結果
PNC 941 SN83-80. 1983年3月
- (4) 高速実験炉「常陽」1次Na純化系経過報告書(2)
PNC SN941 84-35 1984年3月
- (5) ナトリウムサンプラー中の放射性核種の挙動
PNC SN941 85-60 1985年3月
- (6) FBRにおけるCP問題と対策
PNC SN9410 86-074 1986年7月

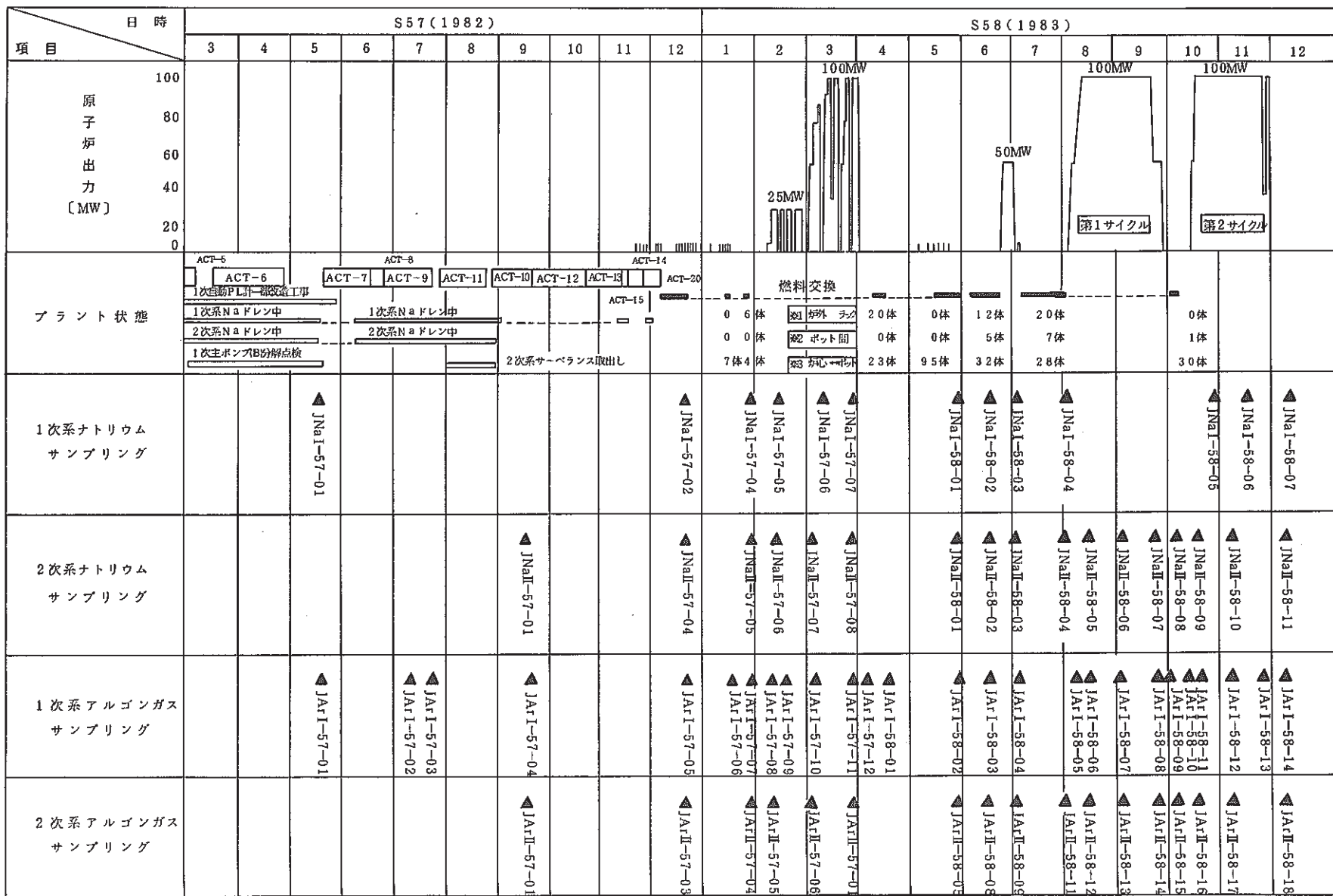


図 4.1 サンプルング実施時期とプラント状態

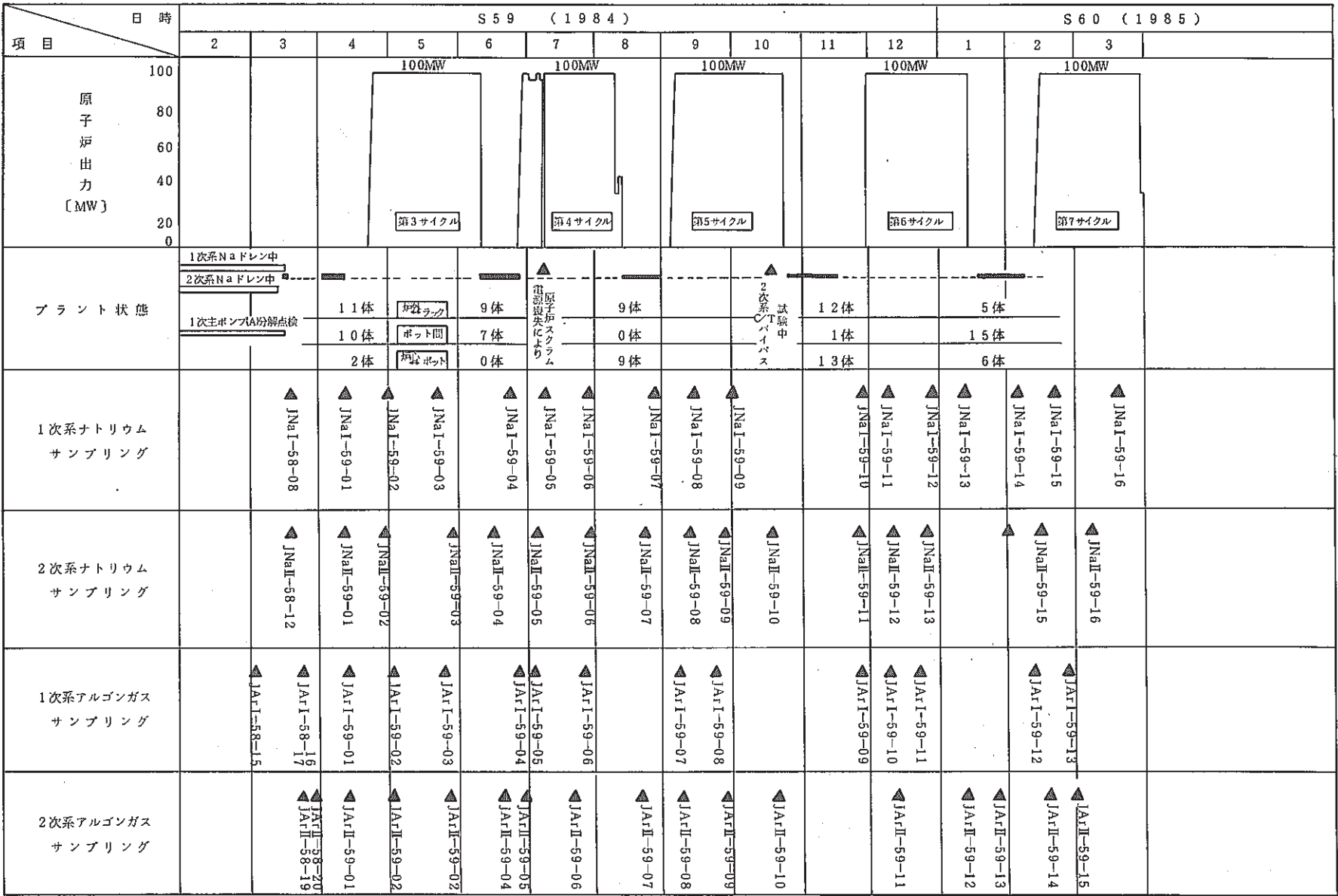


図 4.2 サンプルング実施時期とプラント状態

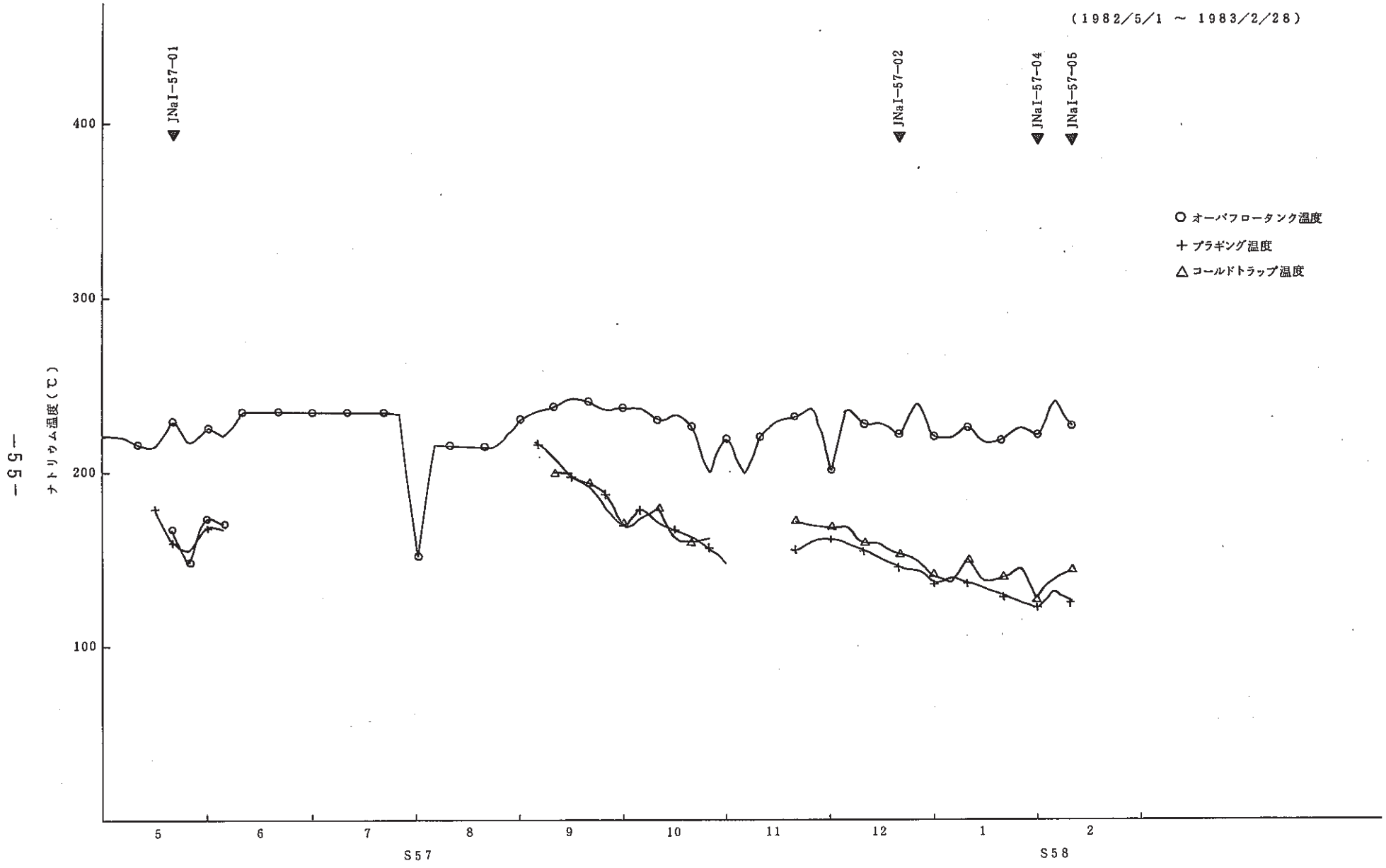


図 4.3 1次ナトリウム純化系の運転経過(その1)



(1983/2/8 6:0 ~1983/4/7 23:15)

POWER ASCENTION TEST

- オーバフロータンク温度
- + プラギング温度
- △ コールドトラップ温度

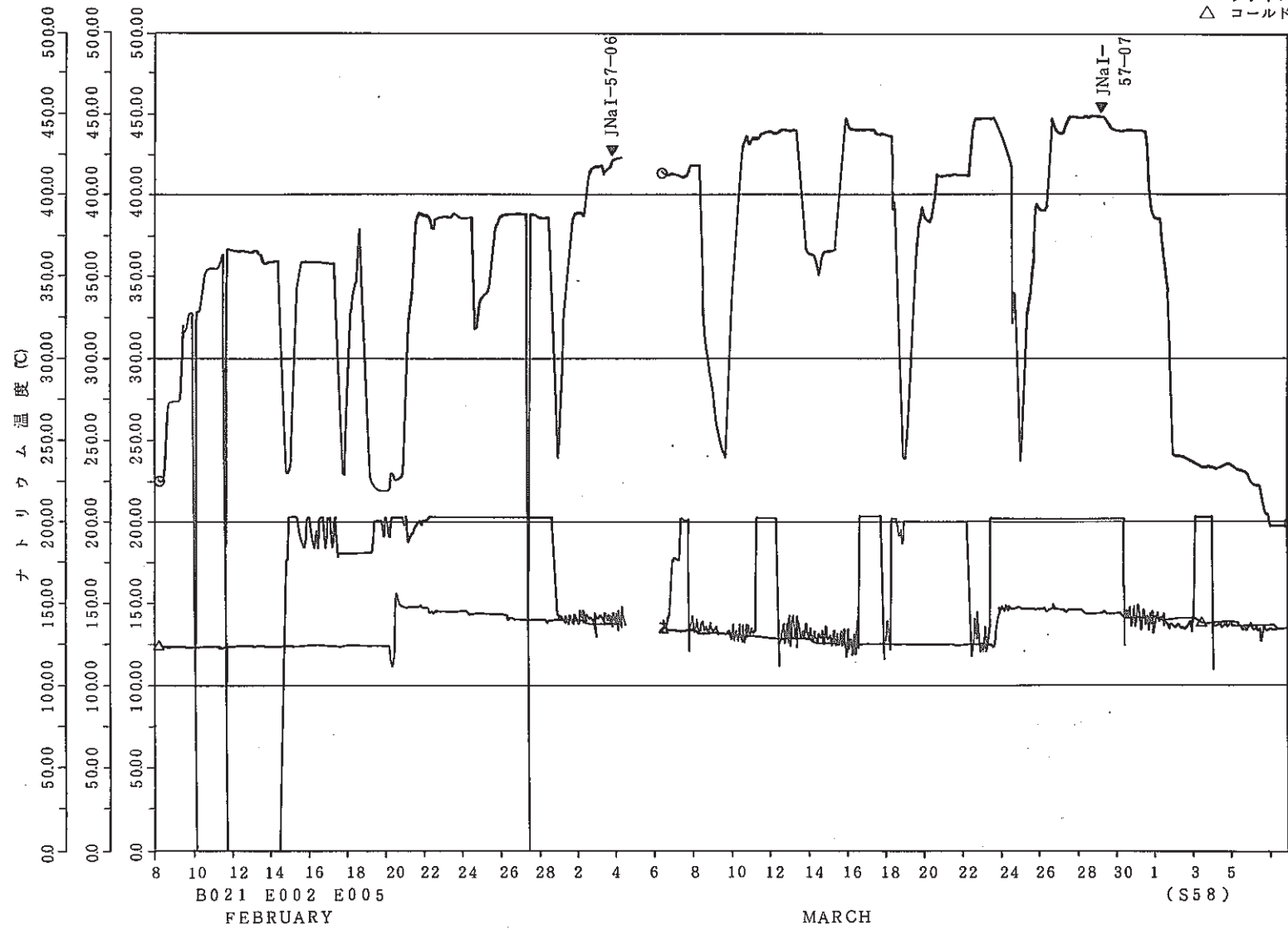


図 4.4 1次ナトリウム純化系の運転経過 (その2)

PNC-JOYO JOYDAS-PLOT



(1983/4/8 0:0 ~1983/4/25 13:0)

- オーバフロータンク温度
- + プラギング温度
- △ コールドトラップ温度

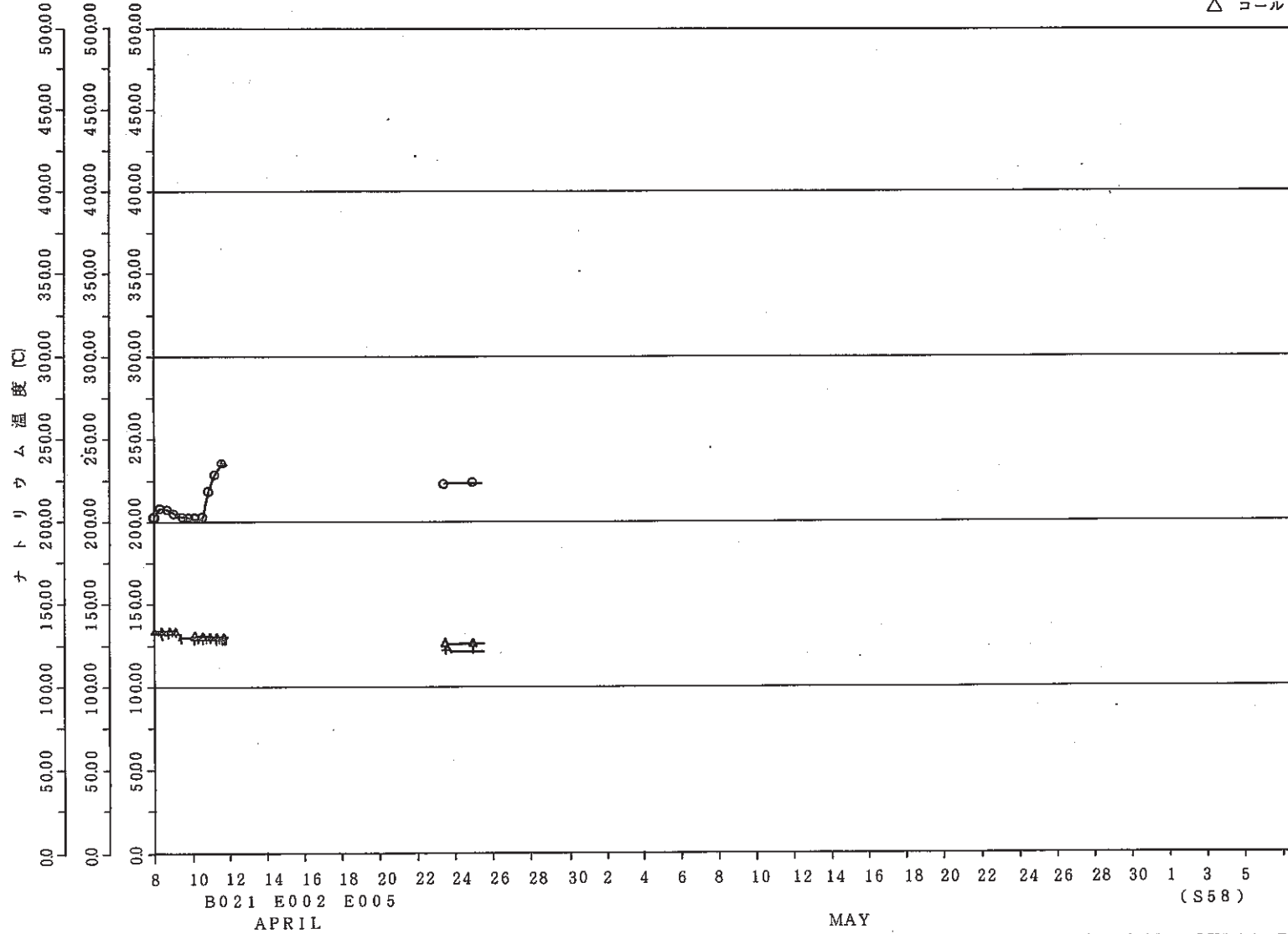


図 4.5 1次ナトリウム純化系の運転経過(その3)

PNC-JOYO JOYDAS-PLOT



(1983/6/27 10:45~1983/7/25 10:0)

- オーバフロータンク温度
- + プラギング温度
- △ コールドトラップ温度

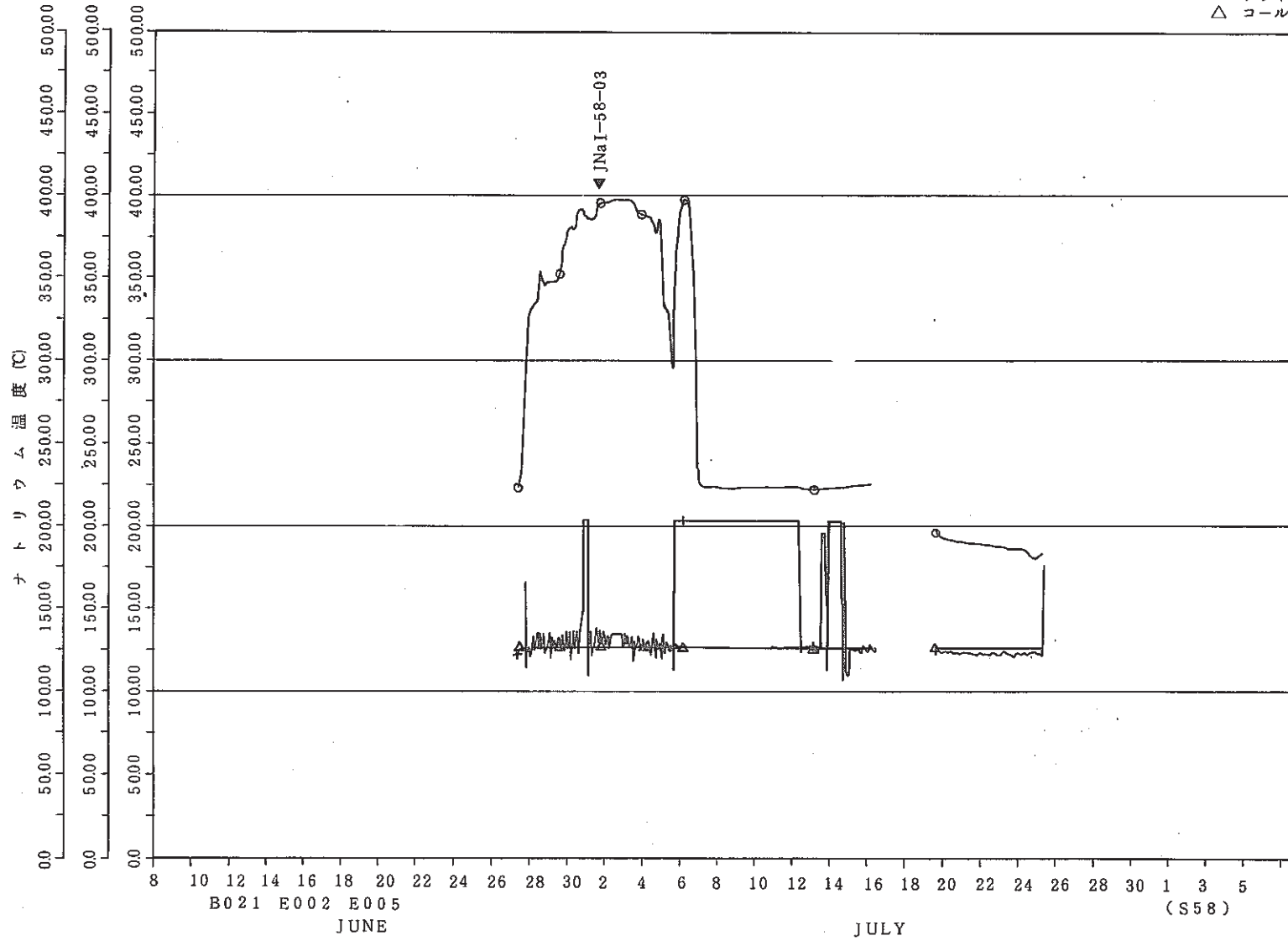


図 4.6 1次ナトリウム純化系の運転経過(その4)

PNC-JOYO JOYDAS-PLOT



(1983/8/10 11:30~1983/10/7 23:0)

CYCLE 1

- オーバフロータンク温度
- + プラギング温度
- △ コールドトラップ温度

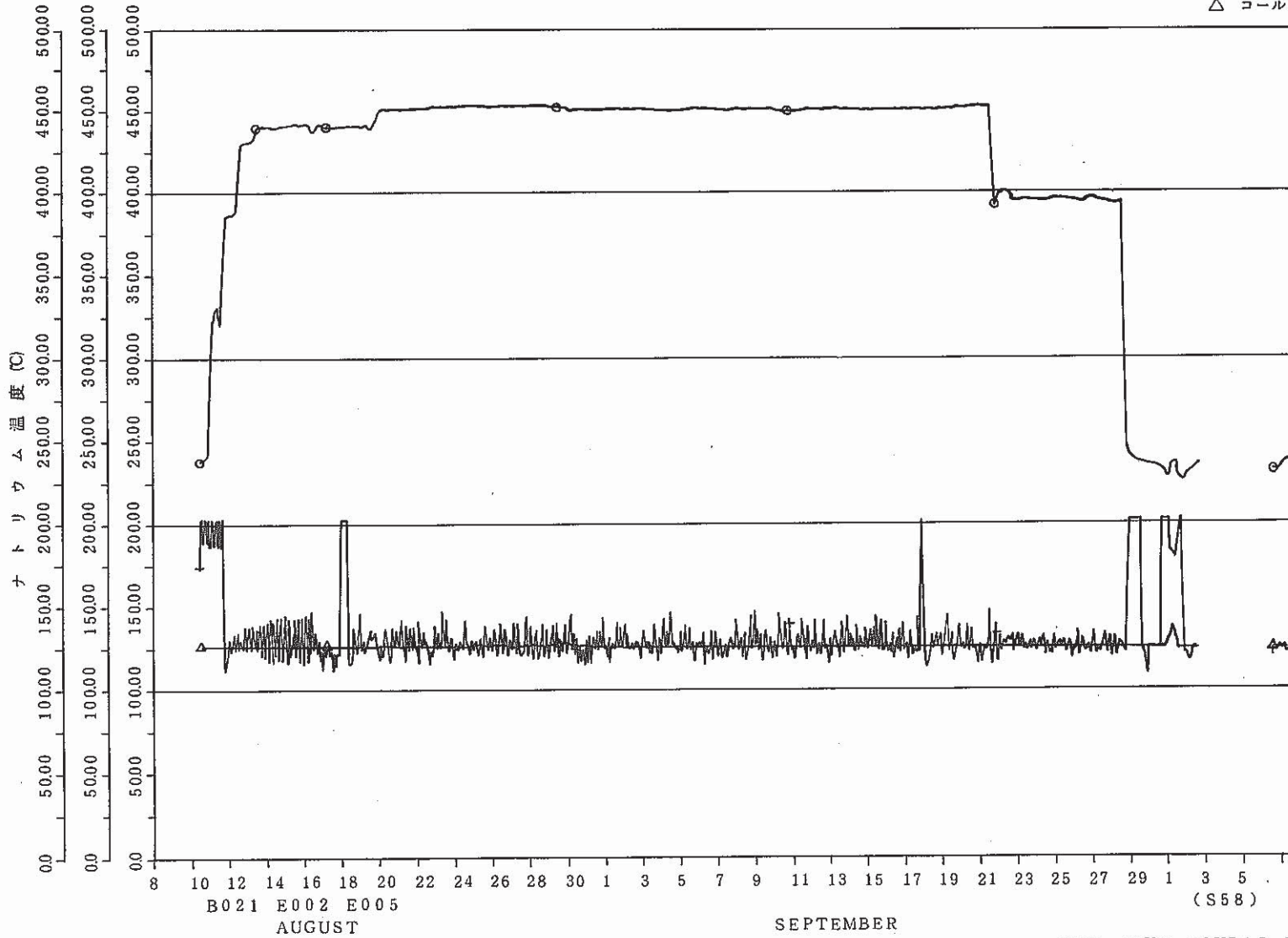


図 4.7 1次ナトリウム純化系の運転経過(その5)

PNC-JOYO JOYDAS-PLOT



(1983/10/8 1:0 ~1983/12/8 0:0)

CYCLE 2

- オーバフロータンク温度
- + プラギング温度
- △ コールドトラップ温度

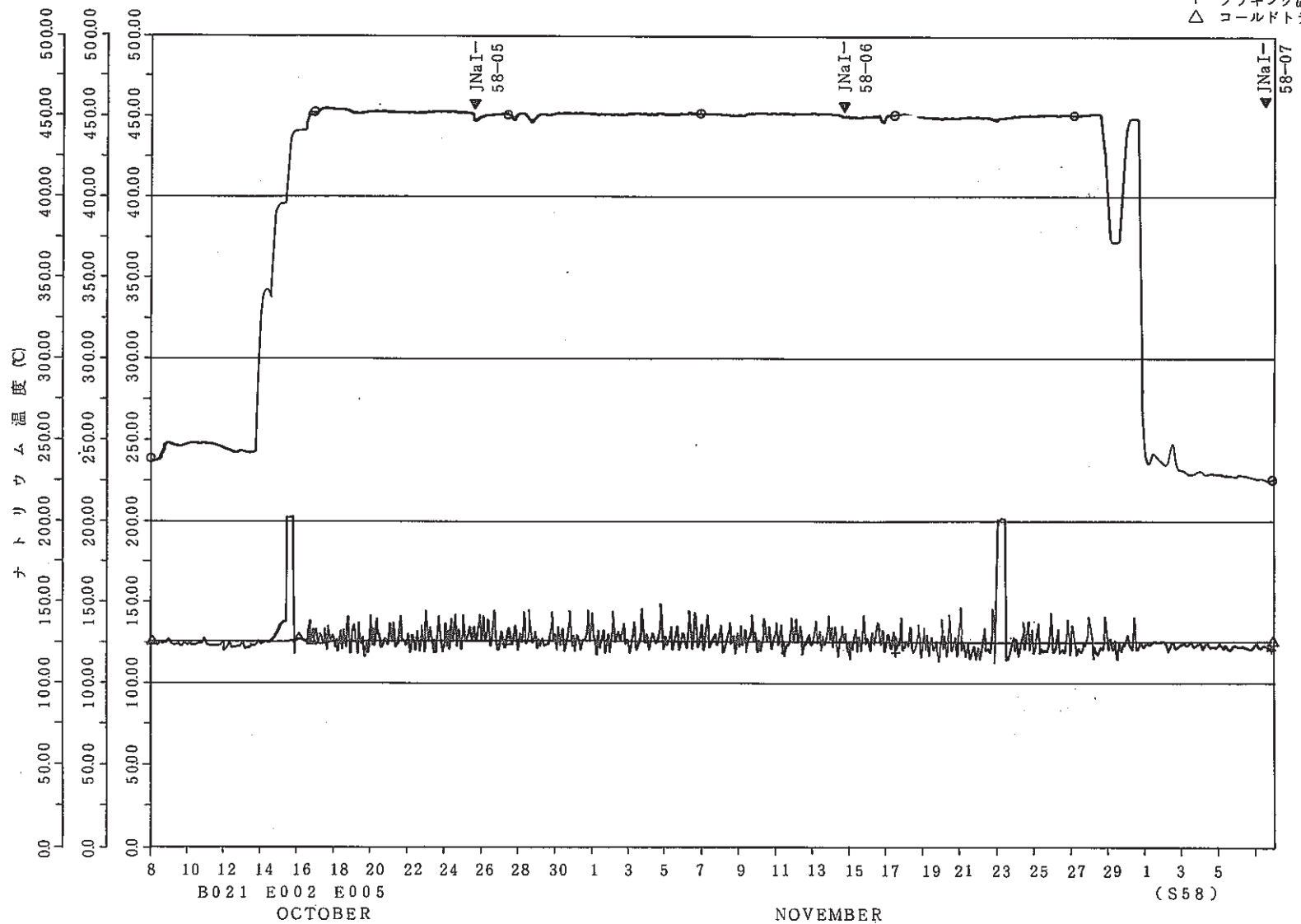
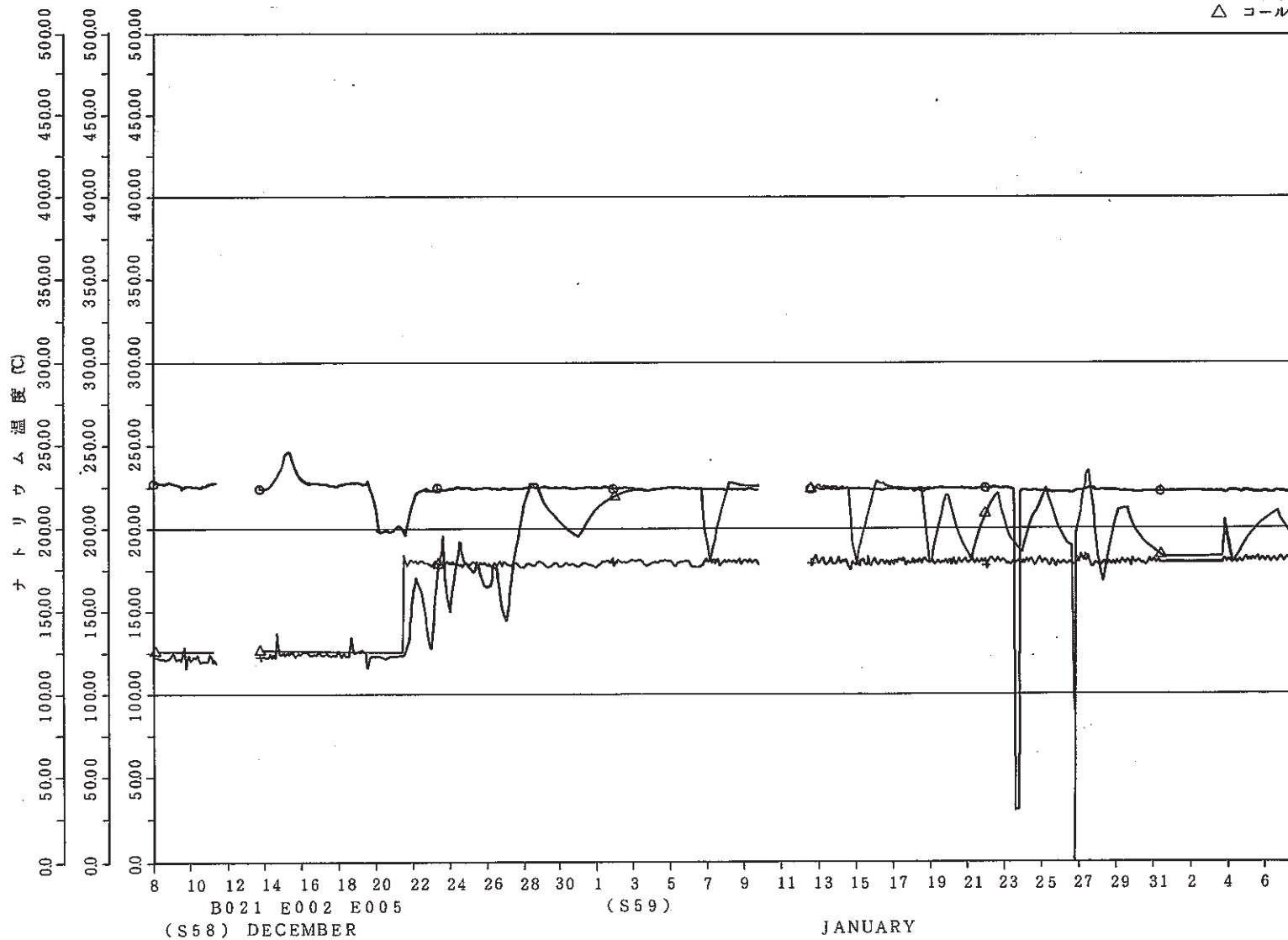


図 4.8 1次ナトリウム純化系の運転経過 (その6)



(1983/12/8 1:0 ~1984/2/7 23:0)

- オーバフロータンク温度
- + プラギング温度
- △ コールドトラップ温度



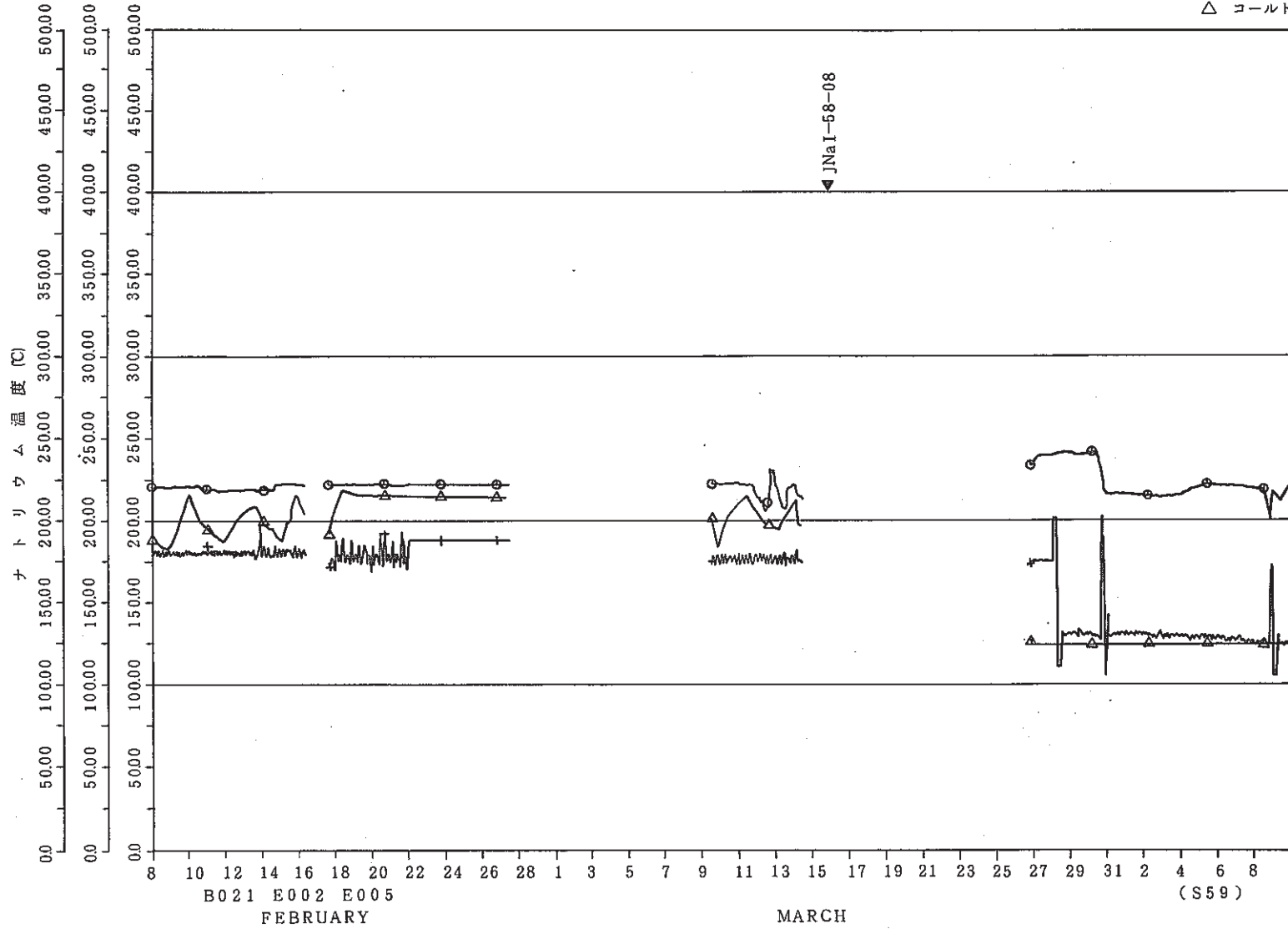
PNC-JOYO JOYDAS-PLOT

図 4.9 1次ナトリウム純化系の運転経過 (その7)



(1984/2/8 0:0 ~1984/4/10 0:0)

- オーバフロータンク温度
- + プラギング温度
- △ コールドトラップ温度



PNC-JOYO JOYDAS-PLOT

図 4.10 1次ナトリウム純化系の運転経過 (その8)



(1984/4/10 1:0 ~1984/6/13 9:0)

CYCLE 3

- オーバフロータンク温度
- + プラギング温度
- △ コールドトラップ温度

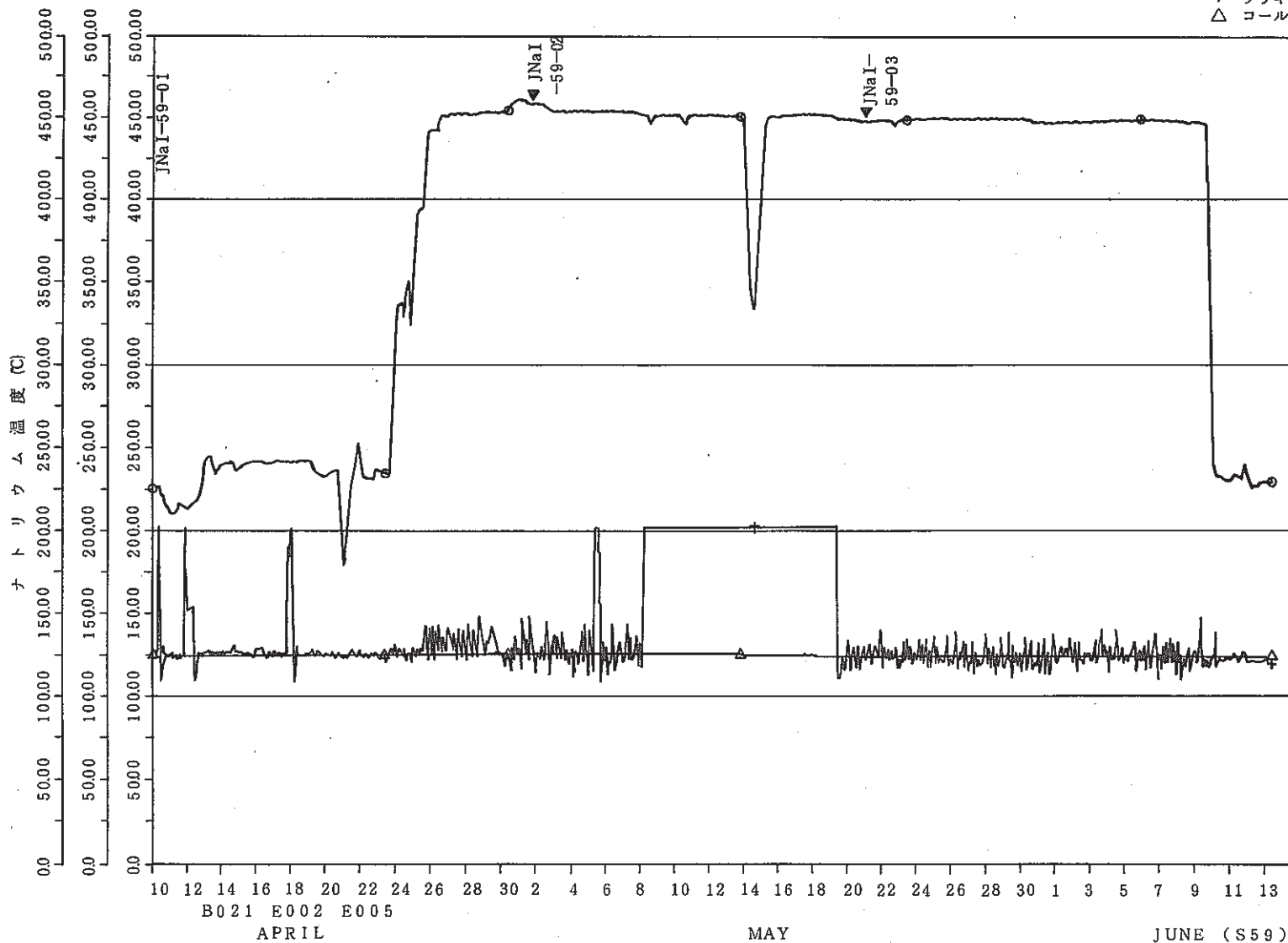


図 4.11 1次ナトリウム純化系の運転経過 (その9)

PNC-JOYO JOYDAS-PLOT



(1984/6/16 18:0 ~1984/8/19 23:0)

CYCLE 4

- オーバフロータンク温度
- + プラギング温度
- △ コールドトラップ温度

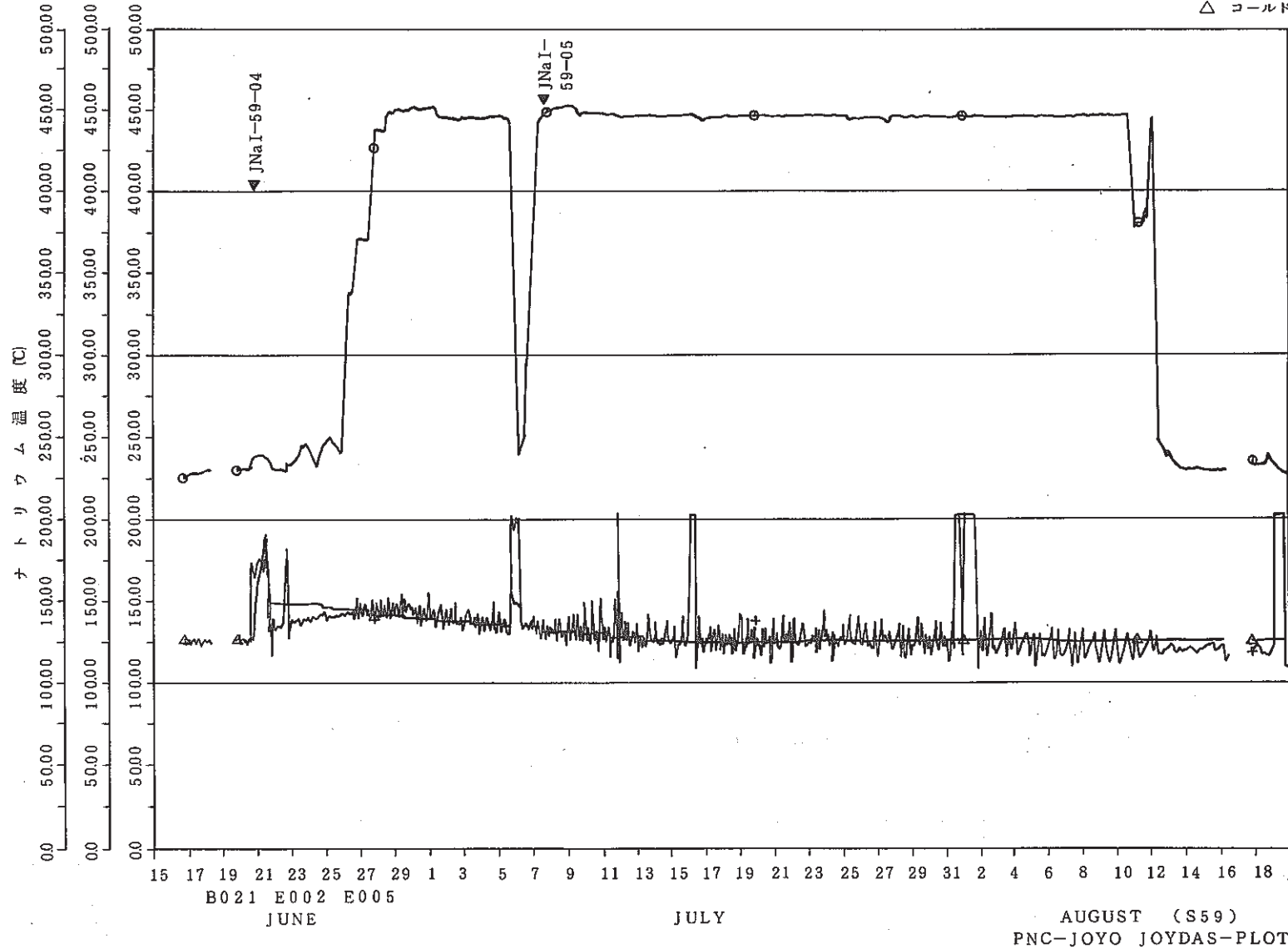


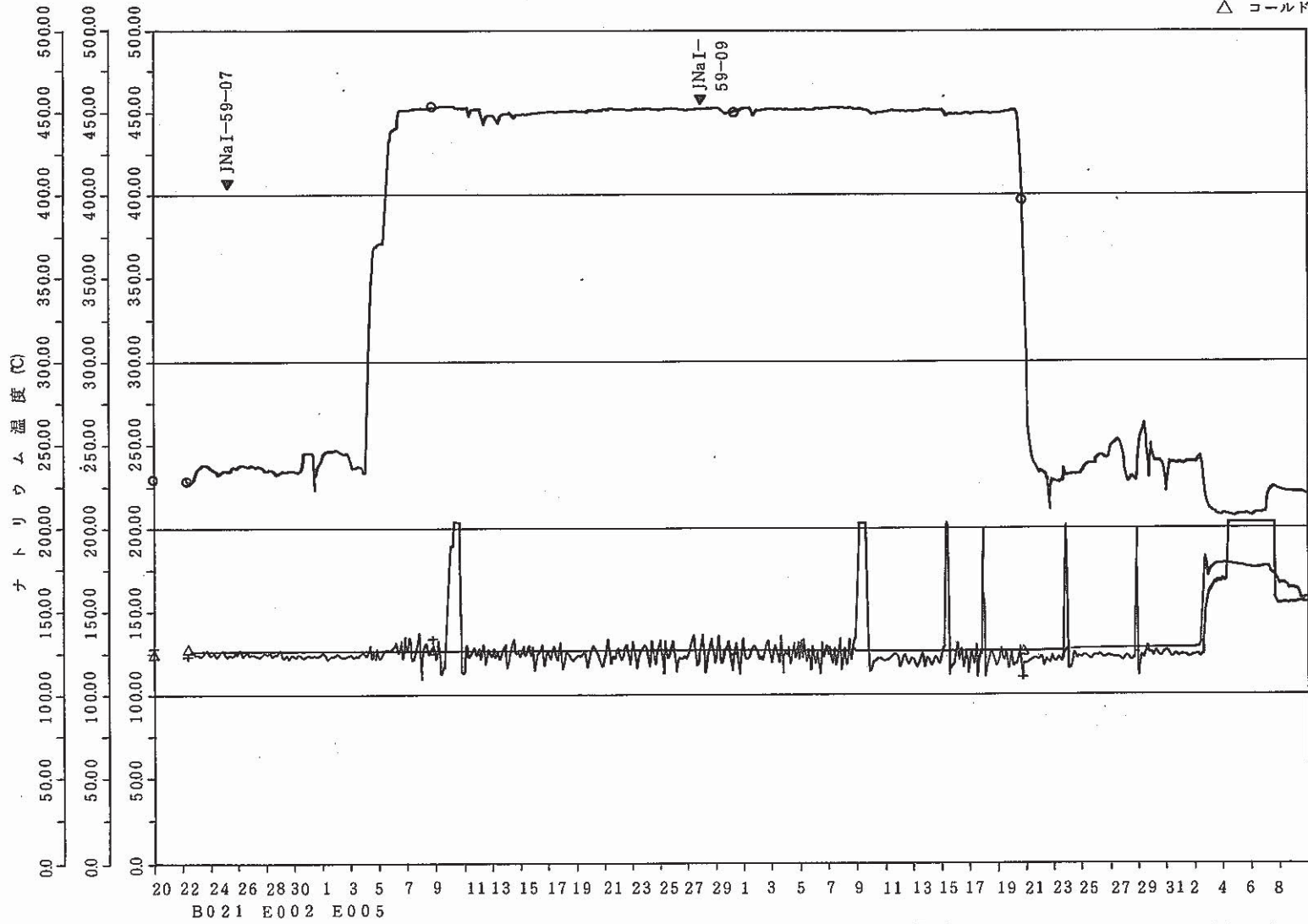
図 4.12 1次ナトリウム純化系の運転経過(その10)



(1984/8/20 2:0 ~1984/11/10 0:0)

CYCLE 5

- オーバフロータンク温度
- + プラギング温度
- △ コールドトラップ温度



(S59)
PNC-JOYO JOYDAS-PLOT

図 4.13 1次ナトリウム純化系の運転経過(その11)



(1984/11/10 1:0 ~1985/1/14 8:0)

CYCLE 6

- オーバフロータンク温度
- + プラギング温度
- △ コールドトラップ温度

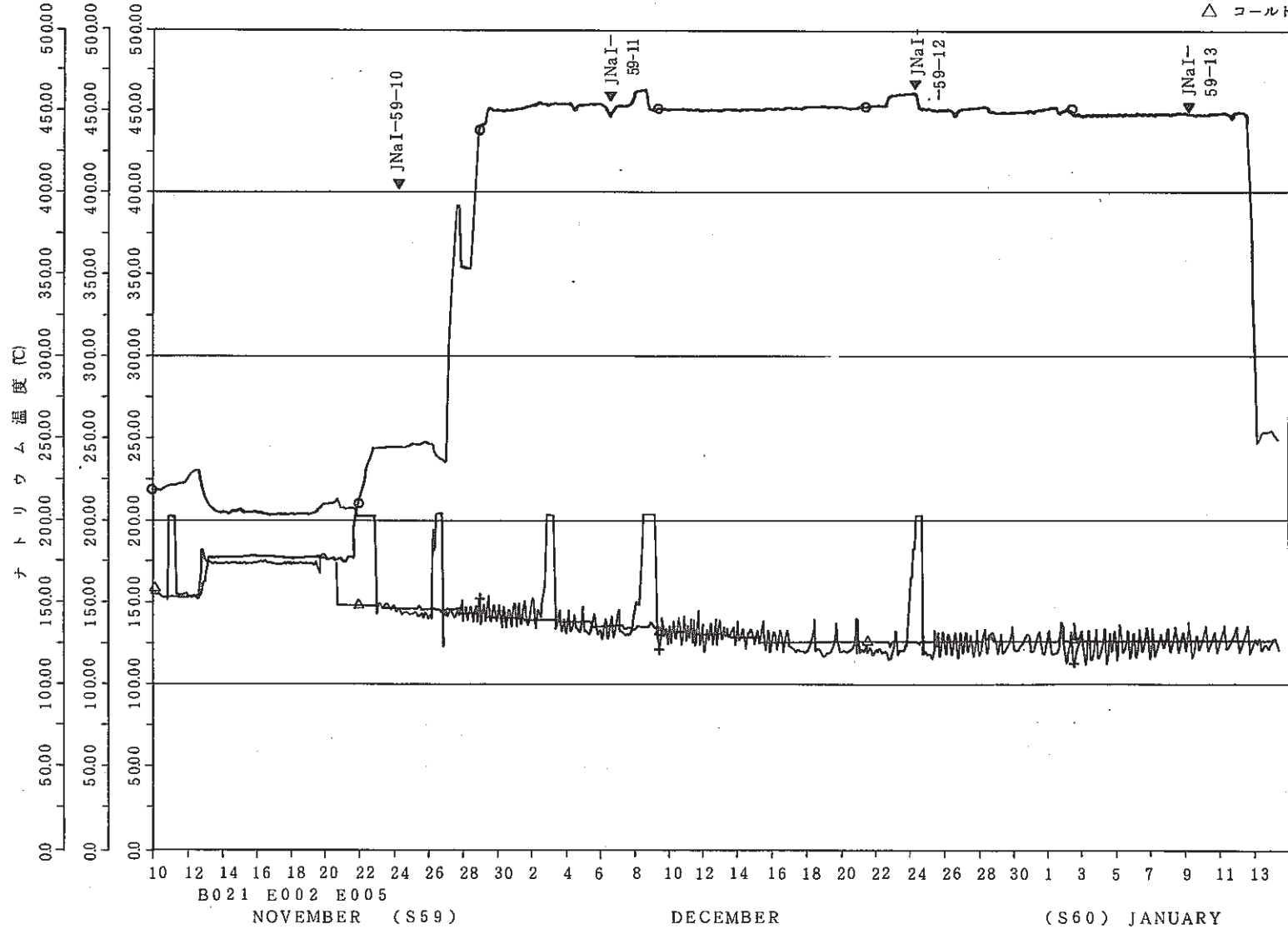


図 4.14 1次ナトリウム純化系の運転経過 (その12)



(1985/2/7 15:0 ~1985/4/2 0:0)

CYCLE 7

- オーバフロータンク温度
- + プラギング温度
- △ コールドトラップ温度

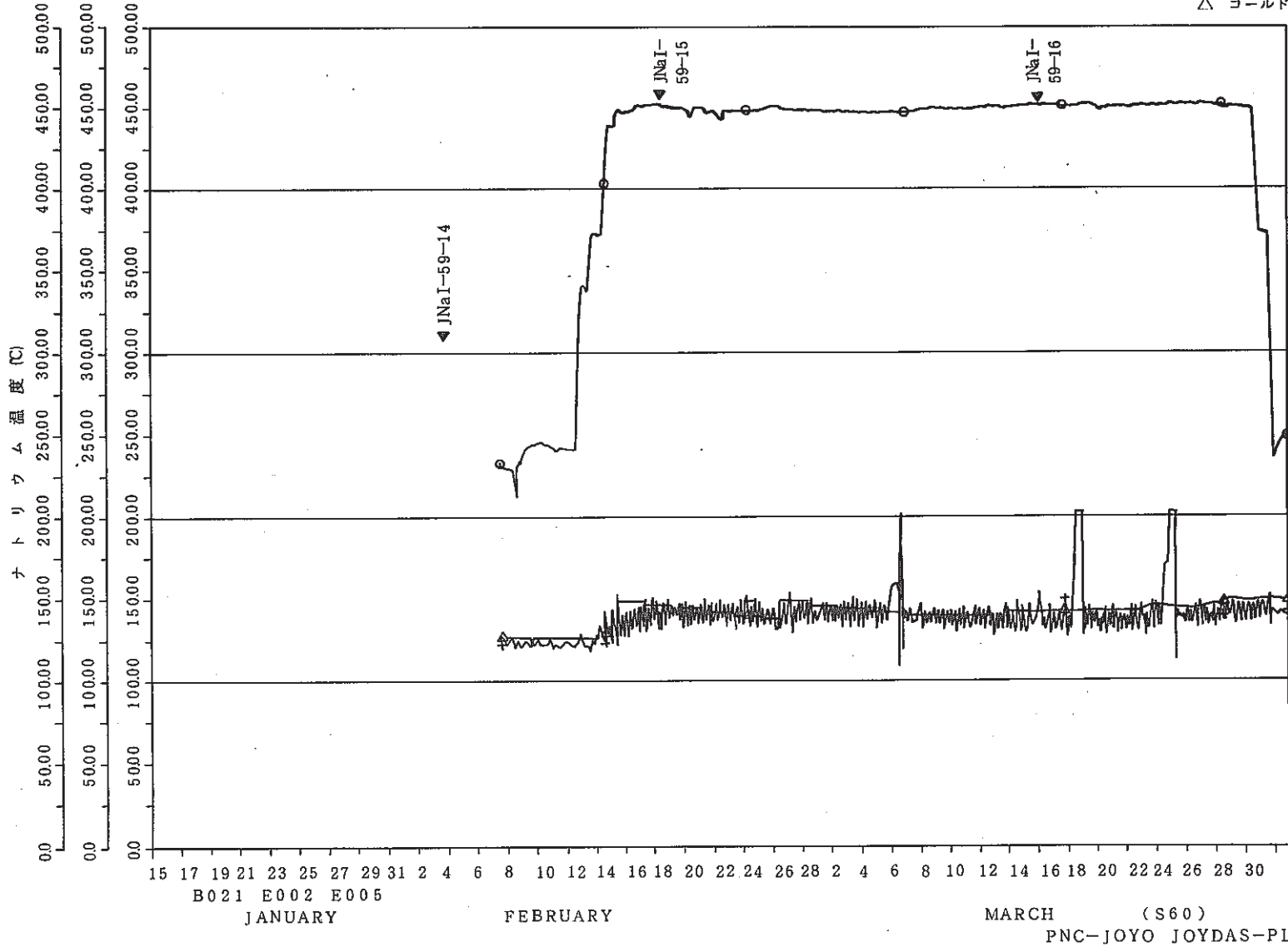


図 4.15 1次ナトリウム純化系の運転経過 (その13)

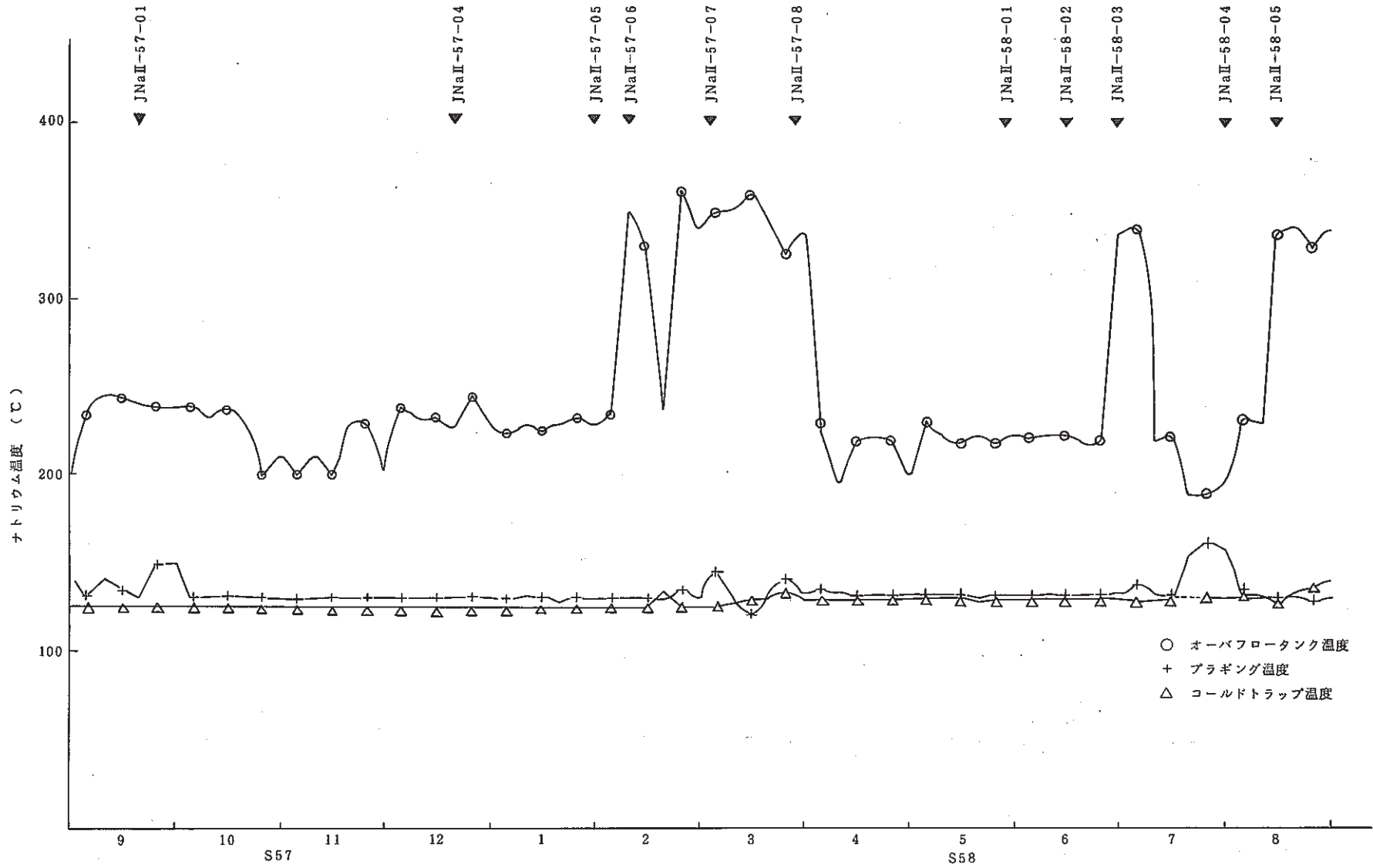


図 4.16 2次系ナトリウム純化系の運転経過(その1)

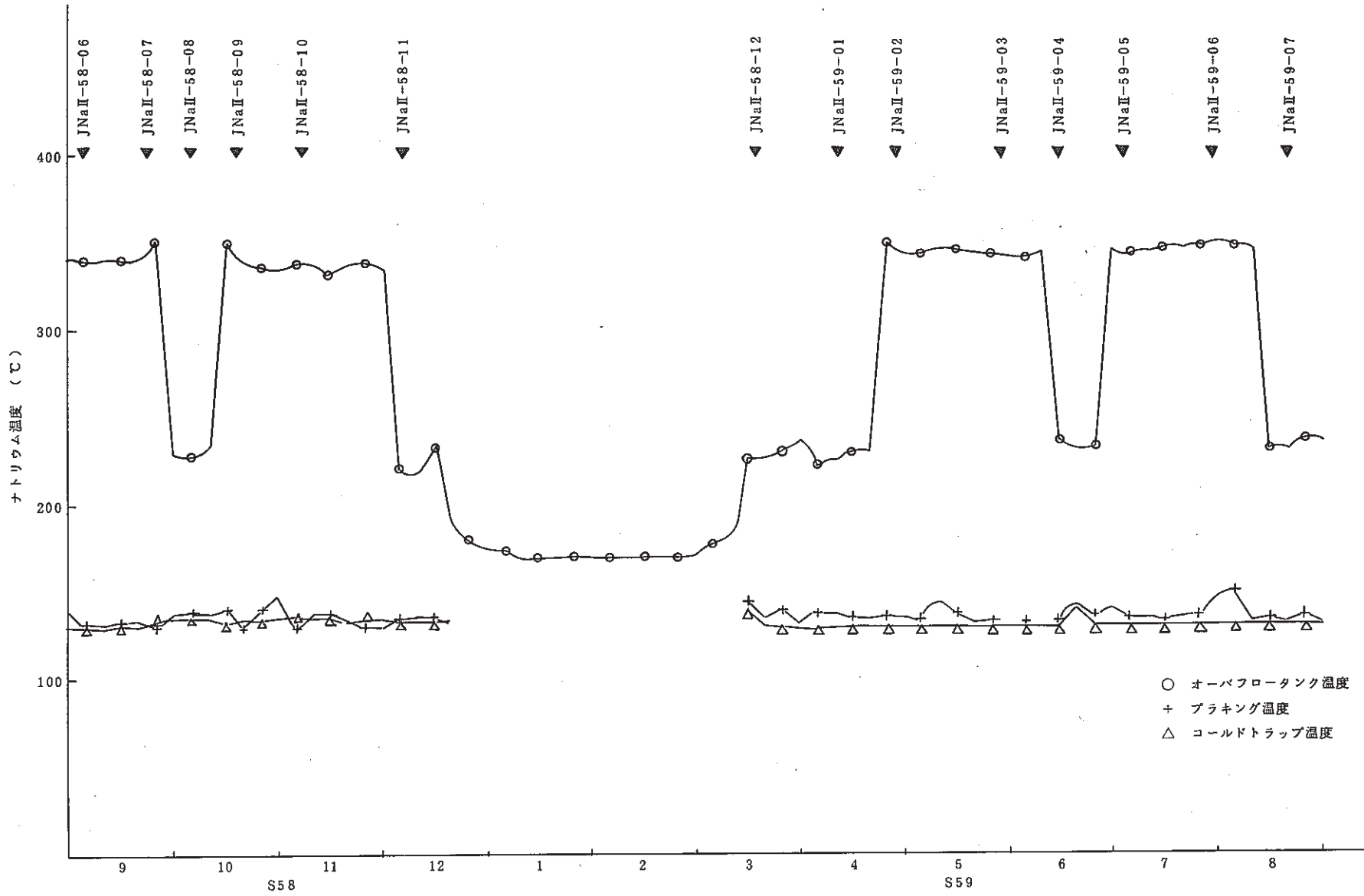


図 4.17 2次系ナトリウム純化系の運転経過(その2)

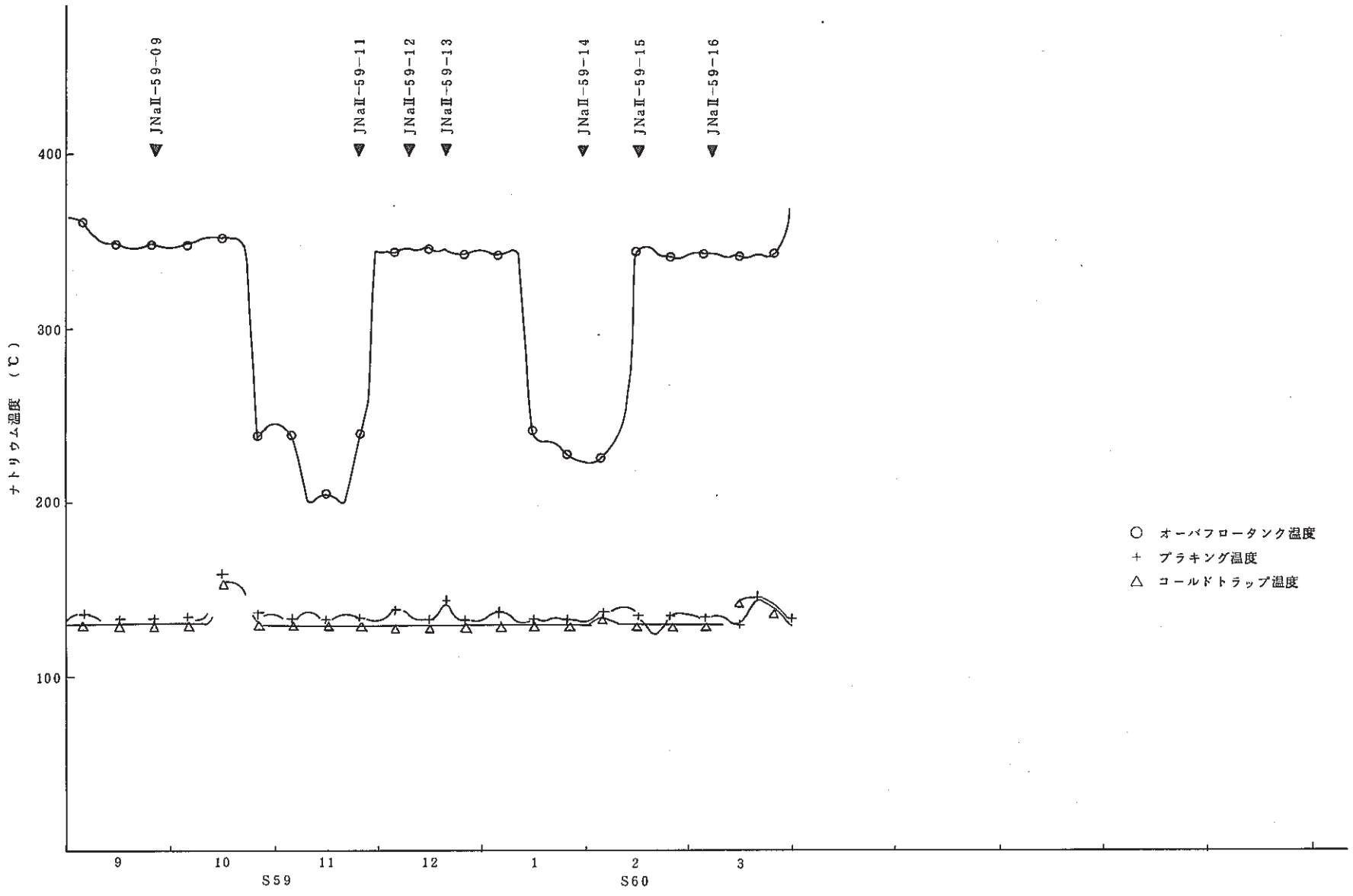


図 4.18 2次ナトリウム純化系の運転経過(その3)

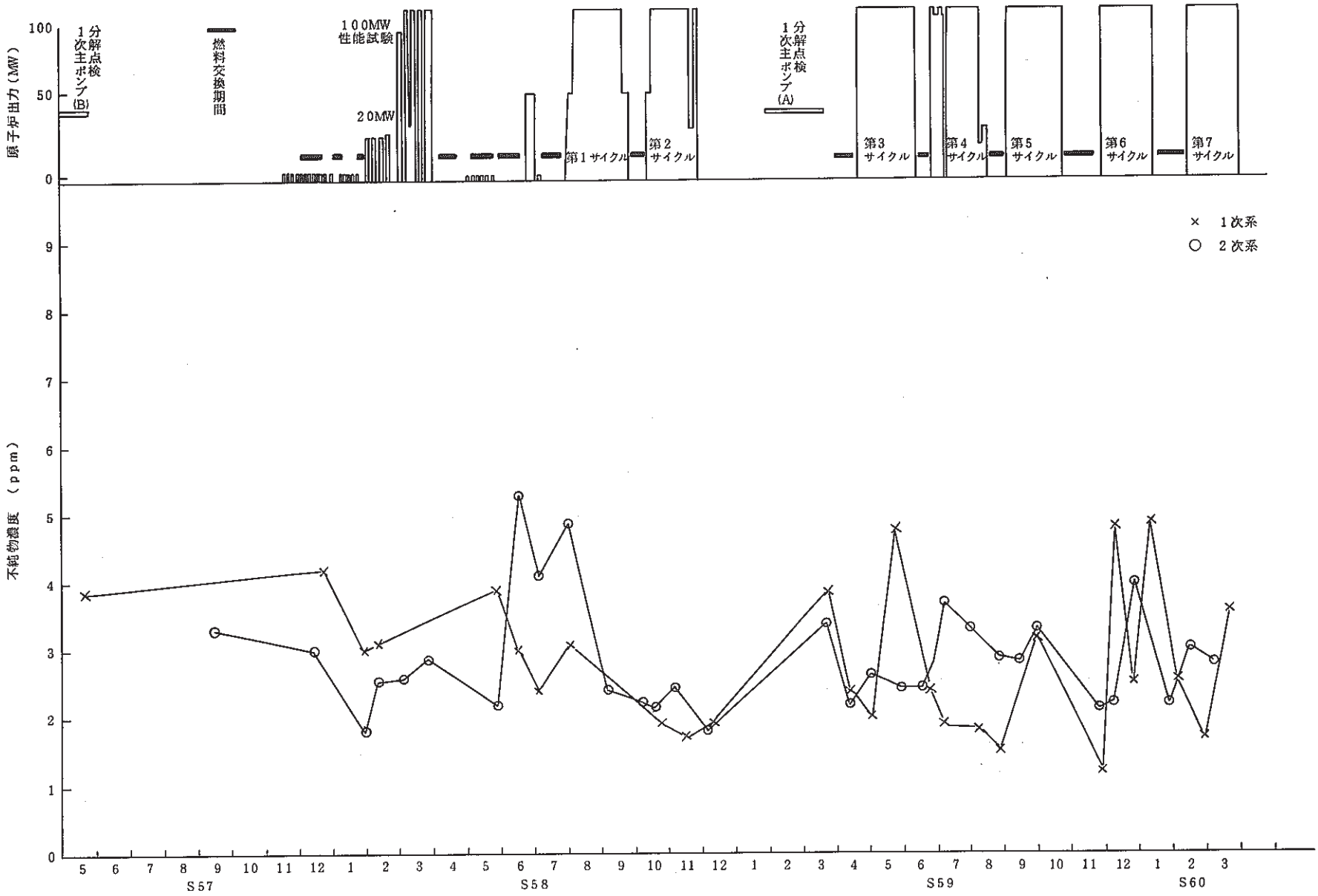


図 4.19 1次・2次系ナトリウムサンプリングによる酸素濃度の推移

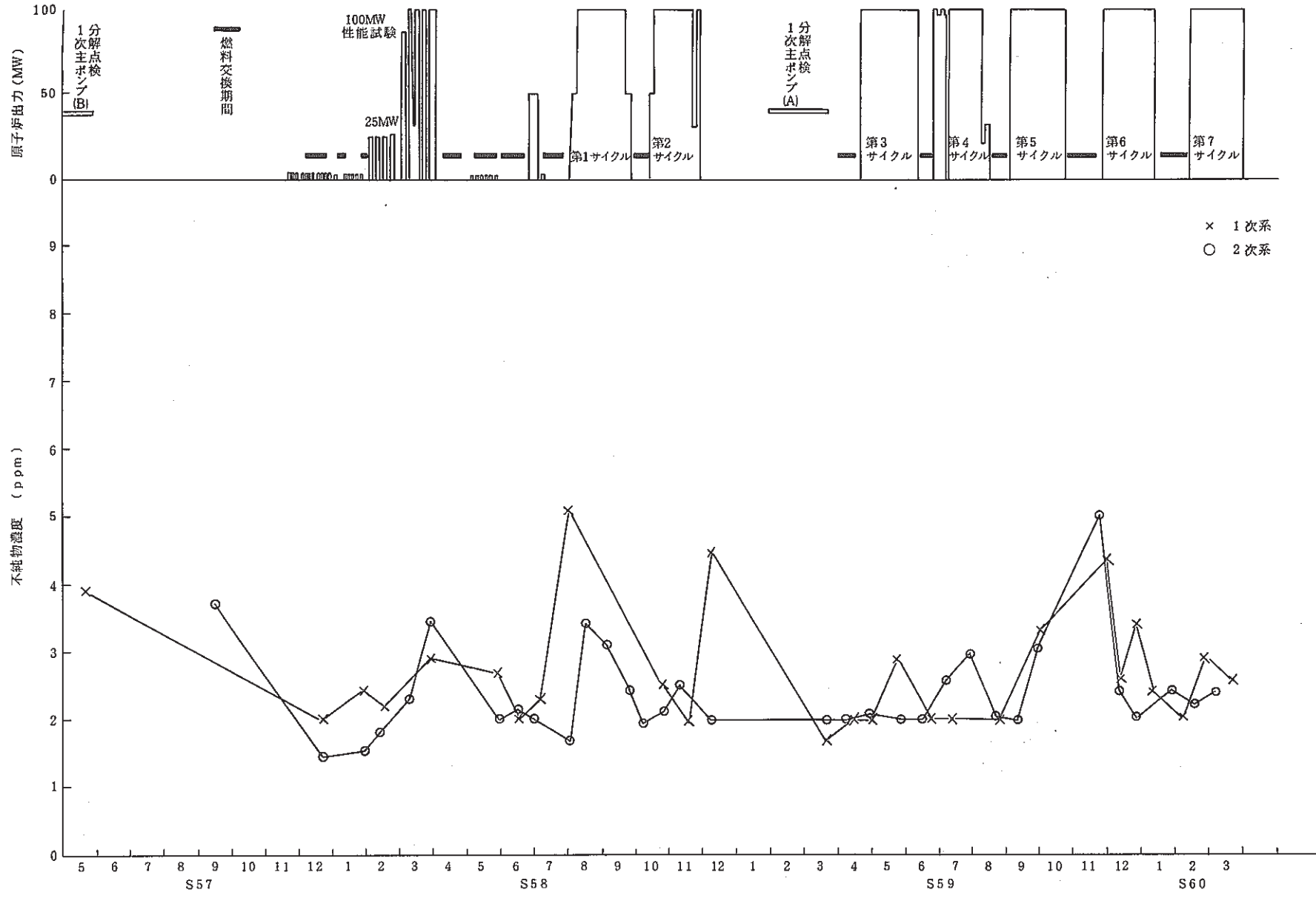


図 4.20 1次・2次系ナトリウムサンプリングによる炭素濃度の推移

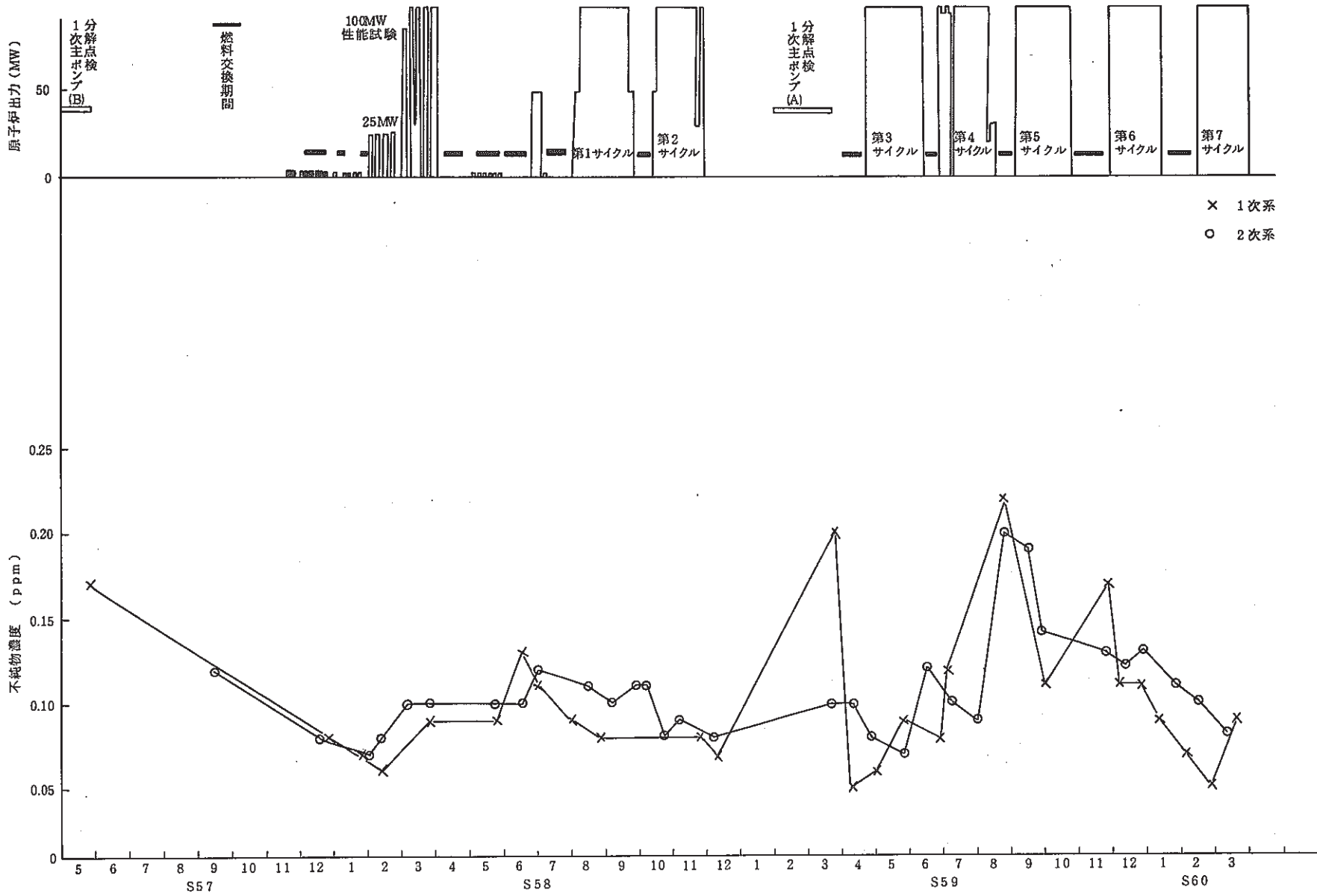


図 4.2.1 1次・2次系ナトリウムサンプリングによる水素濃度の推移

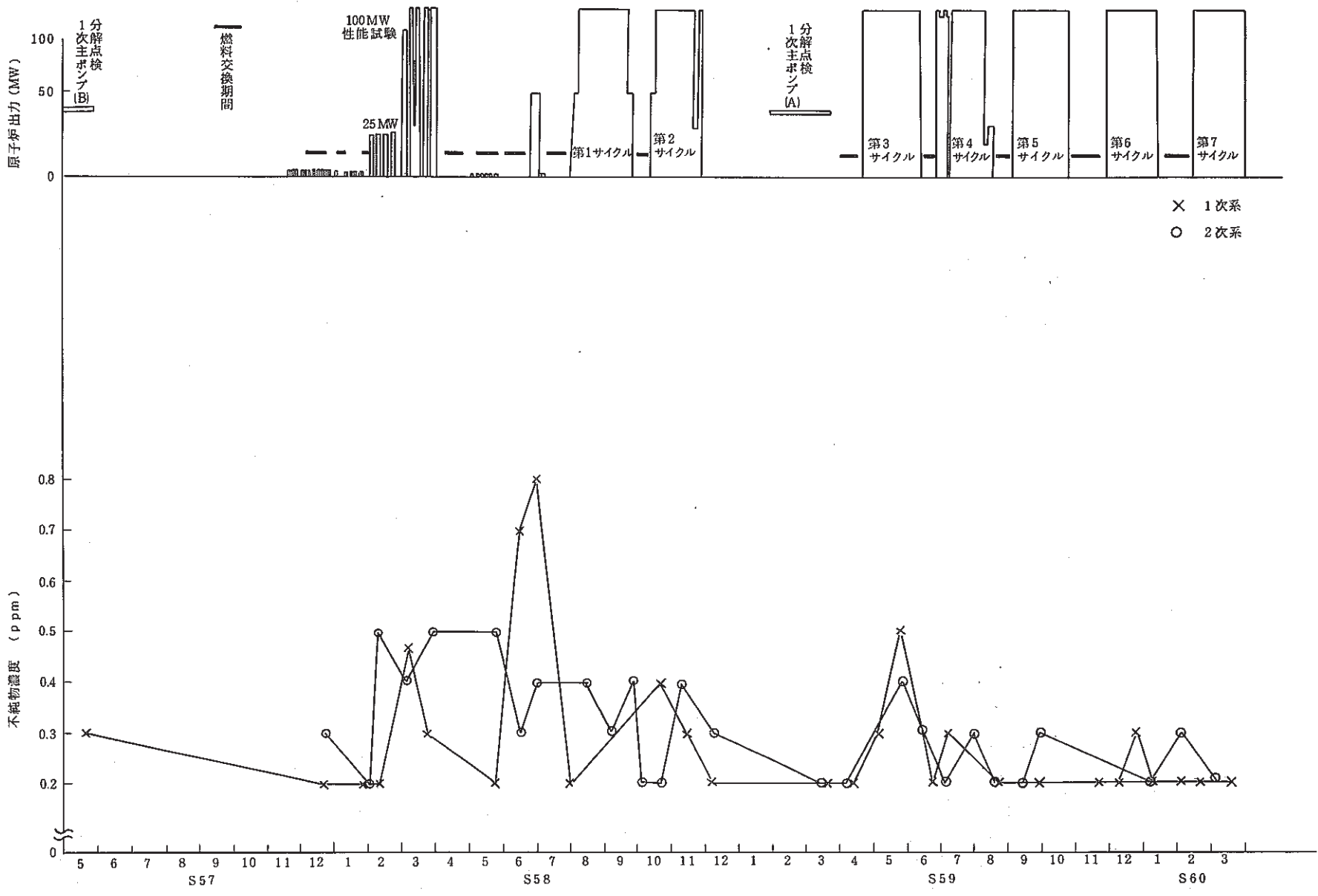


図 4.22 1次・2次系ナトリウムサンプリングによる窒素濃度の推移

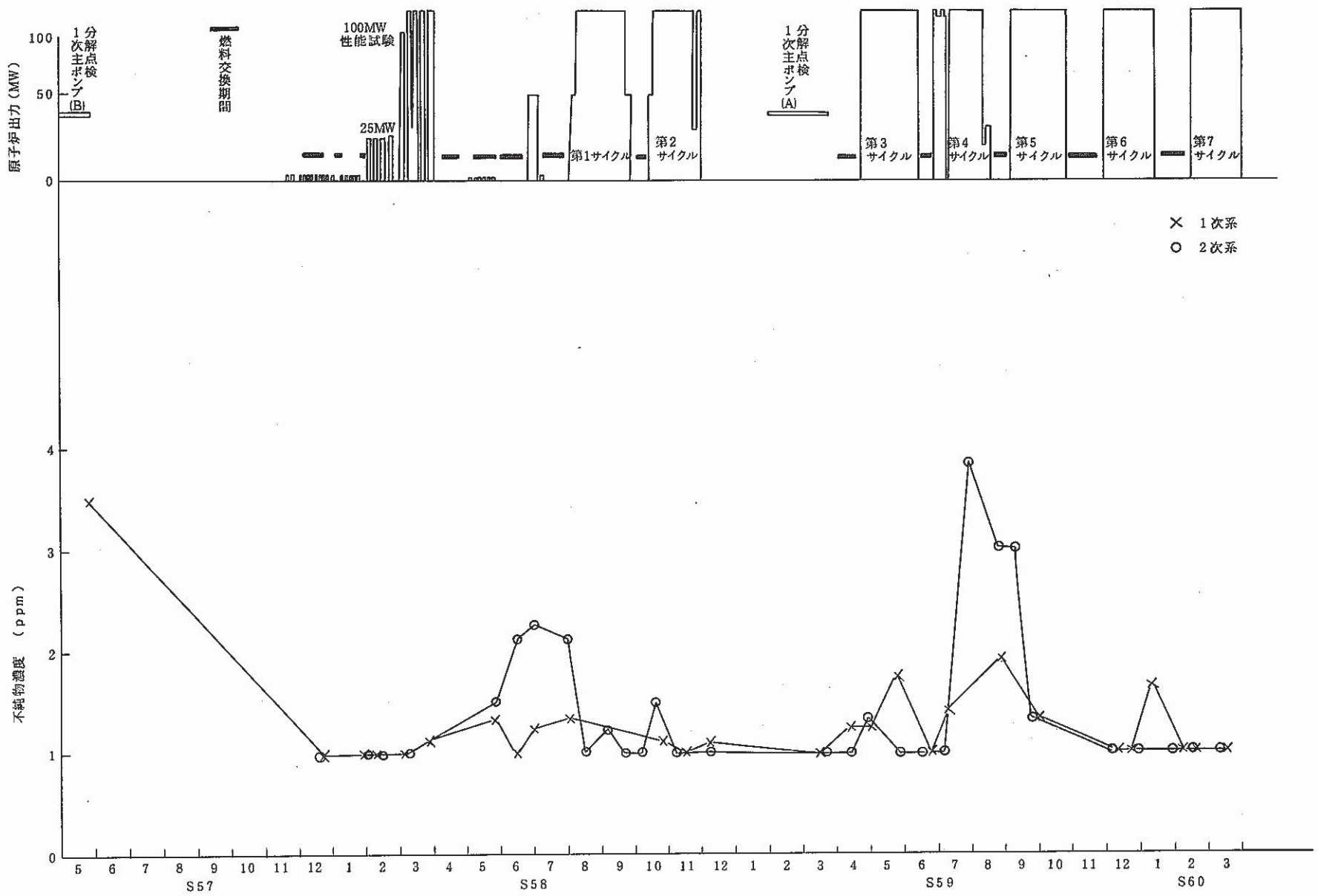


図 4.23 1次・2次系ナトリウムサンプリングによる塩素濃度の推移

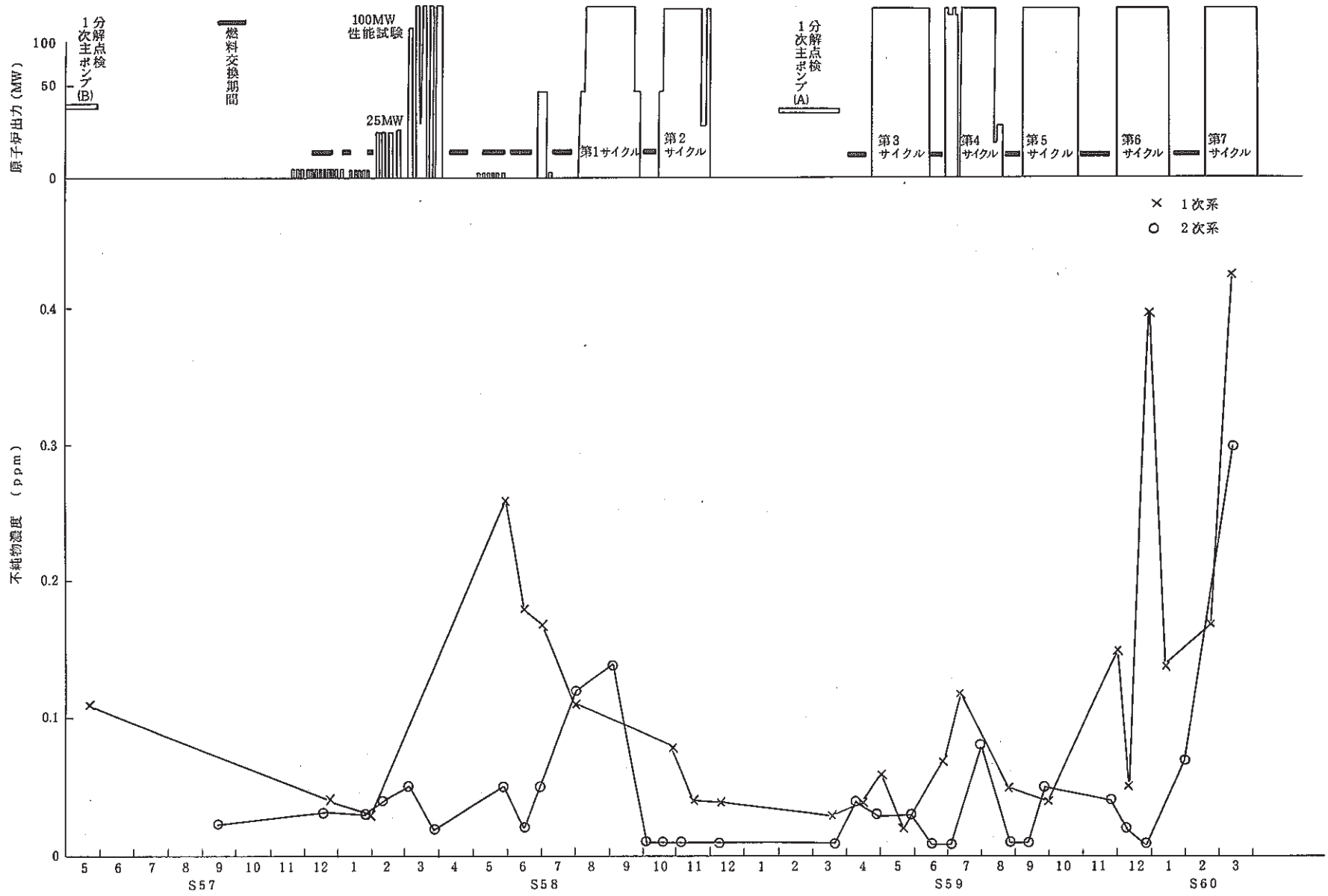


図 4.24 1次・2次系ナトリウムサンプリングによる鉄濃度の推移

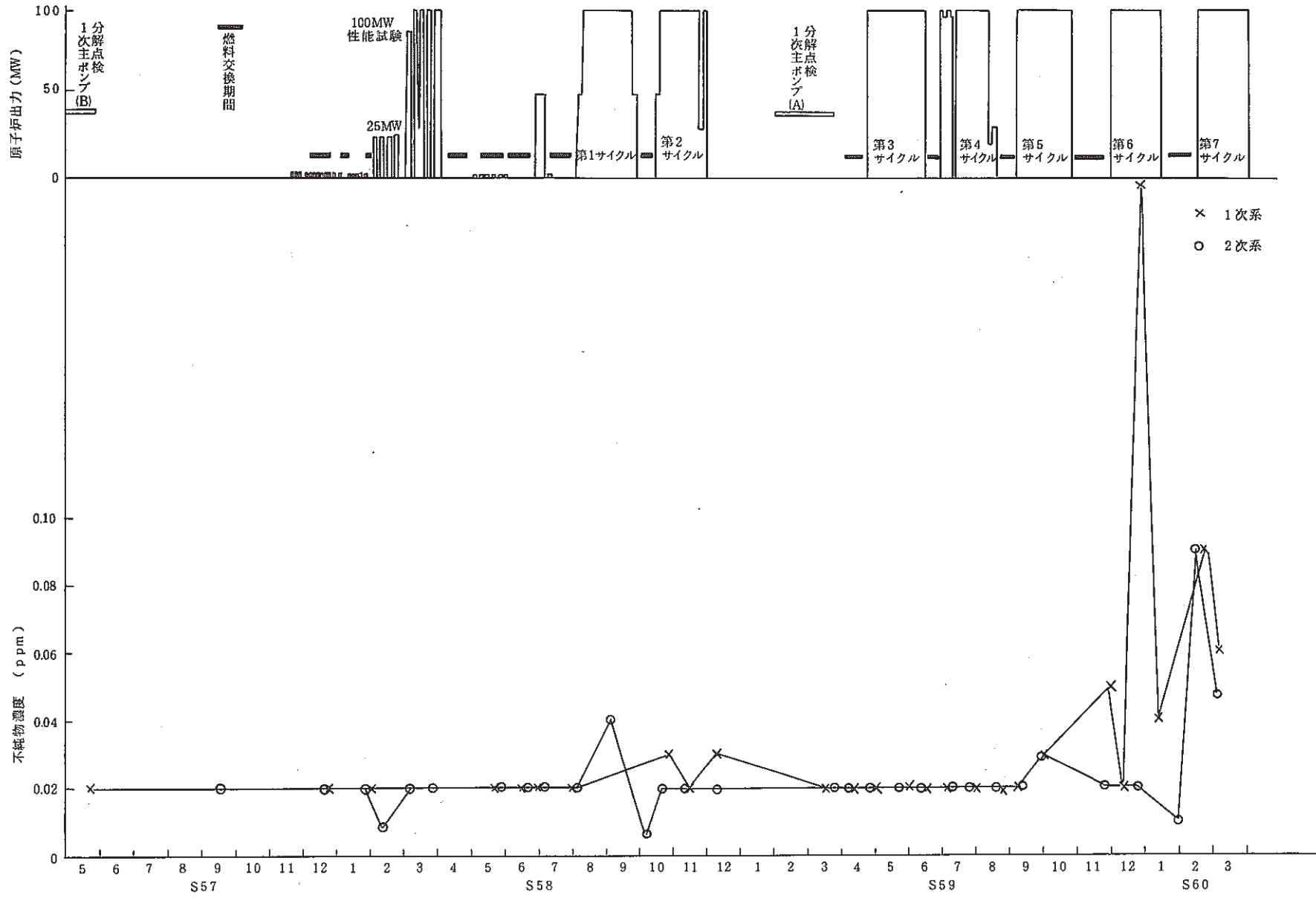


図 4.25 1次・2次系ナトリウムサンプリングによるニッケル濃度の推移

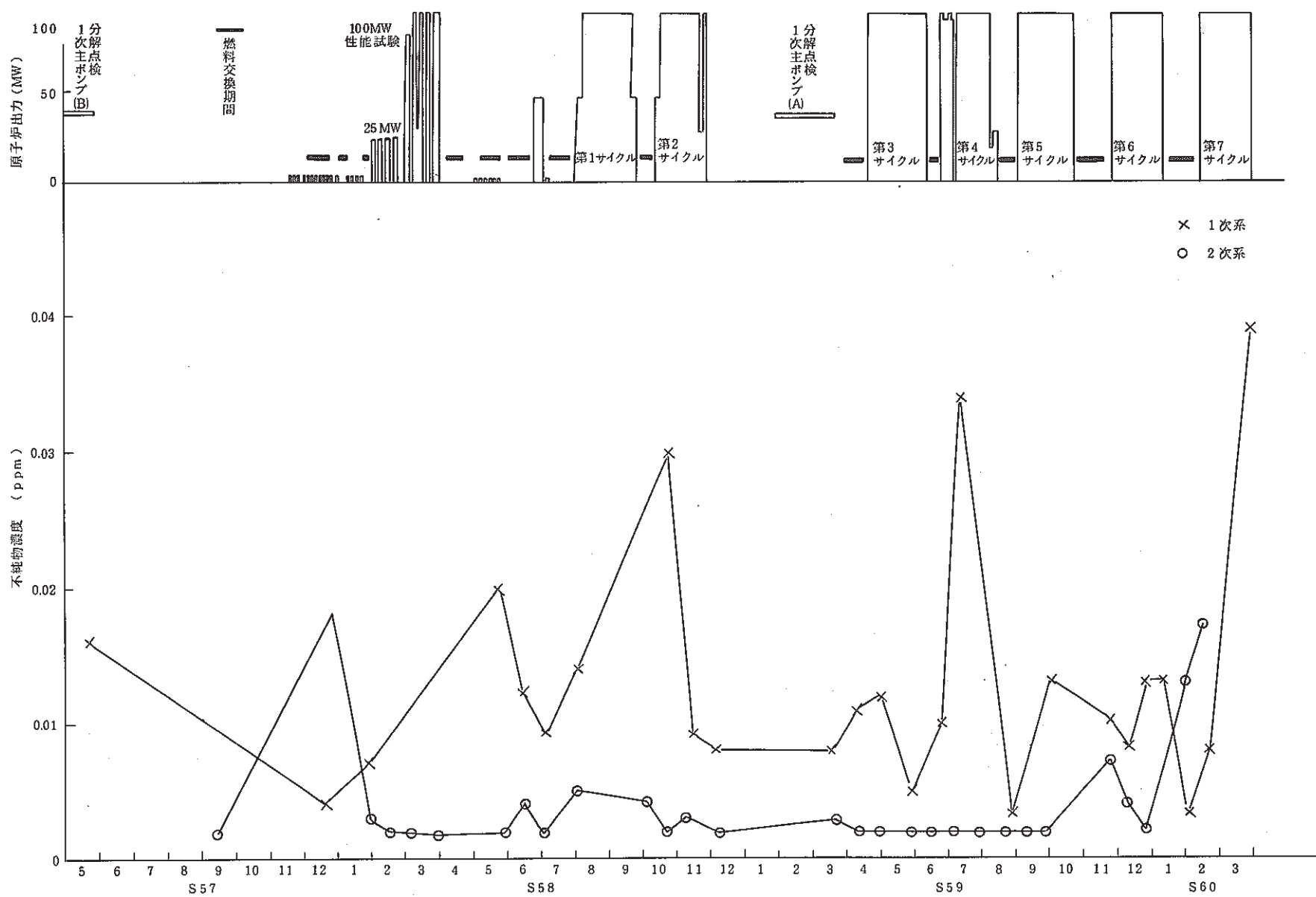


図 4.26 1次・2次系ナトリウムサンプリングによるクローム濃度の推移

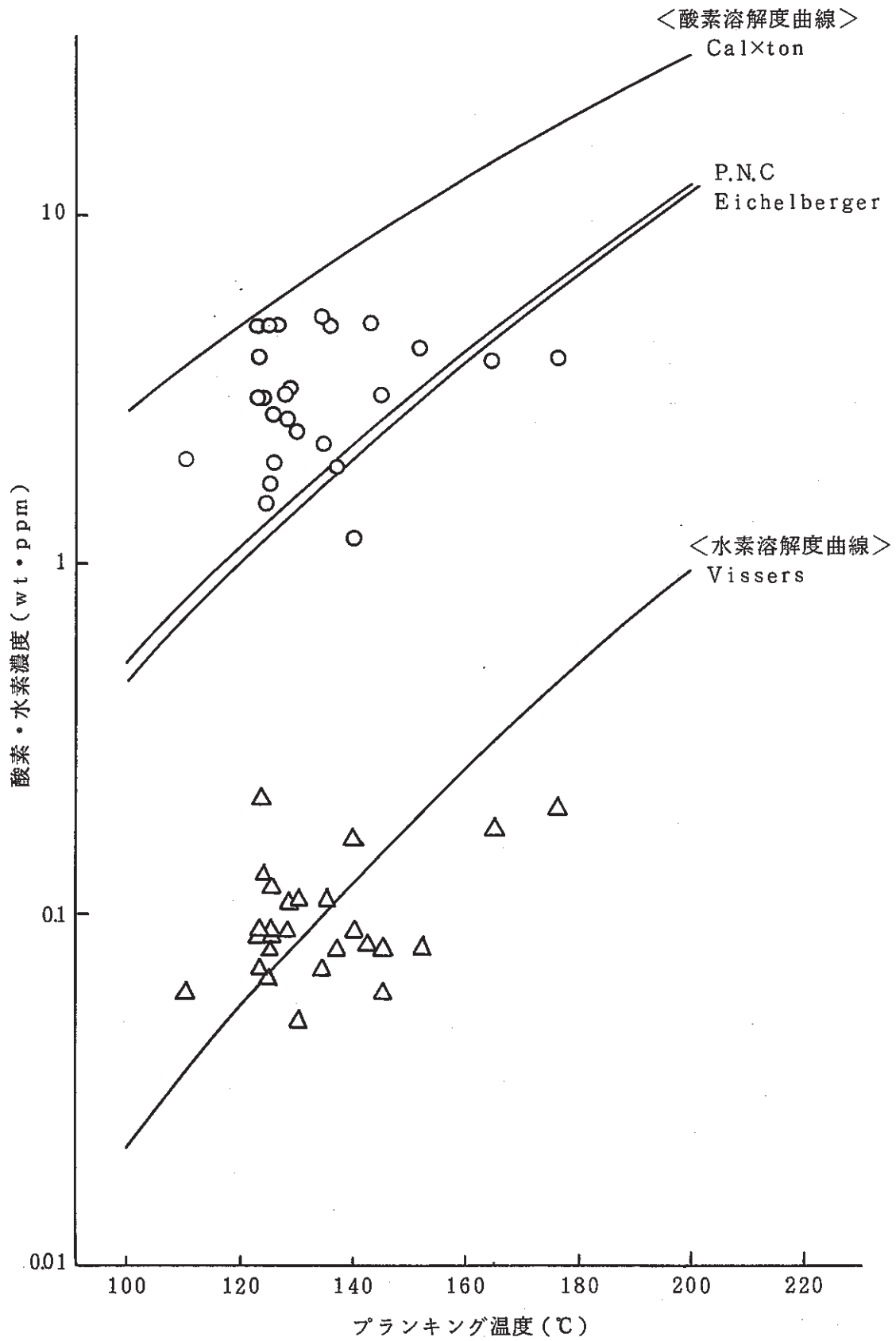


図 4.2 7 1次系ナトリウム中の酸素・水素濃度とプラッキング温度との関係

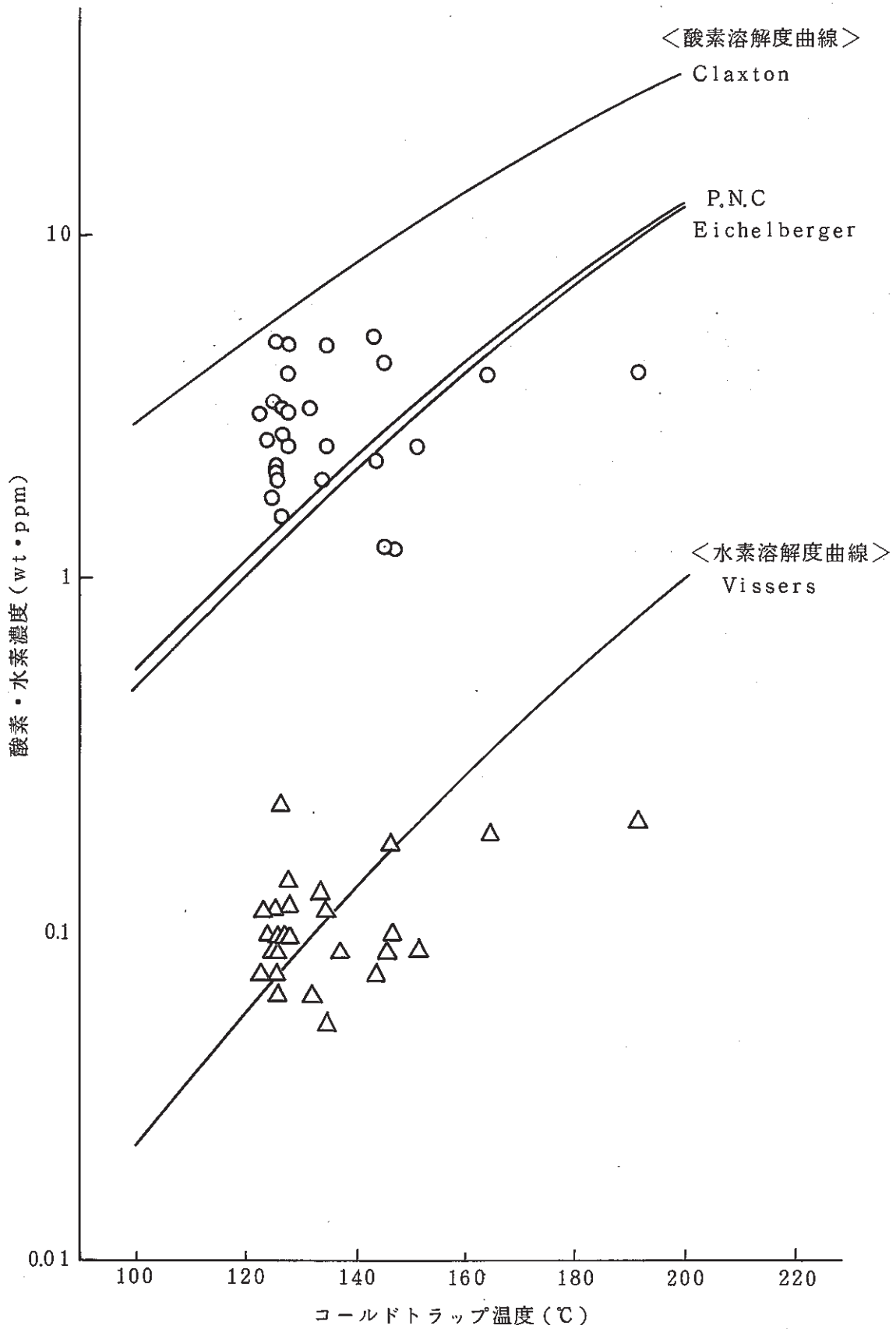


図 4.28 1次系ナトリウム中の酸素・水素濃度とコールドトラップ温度との関係

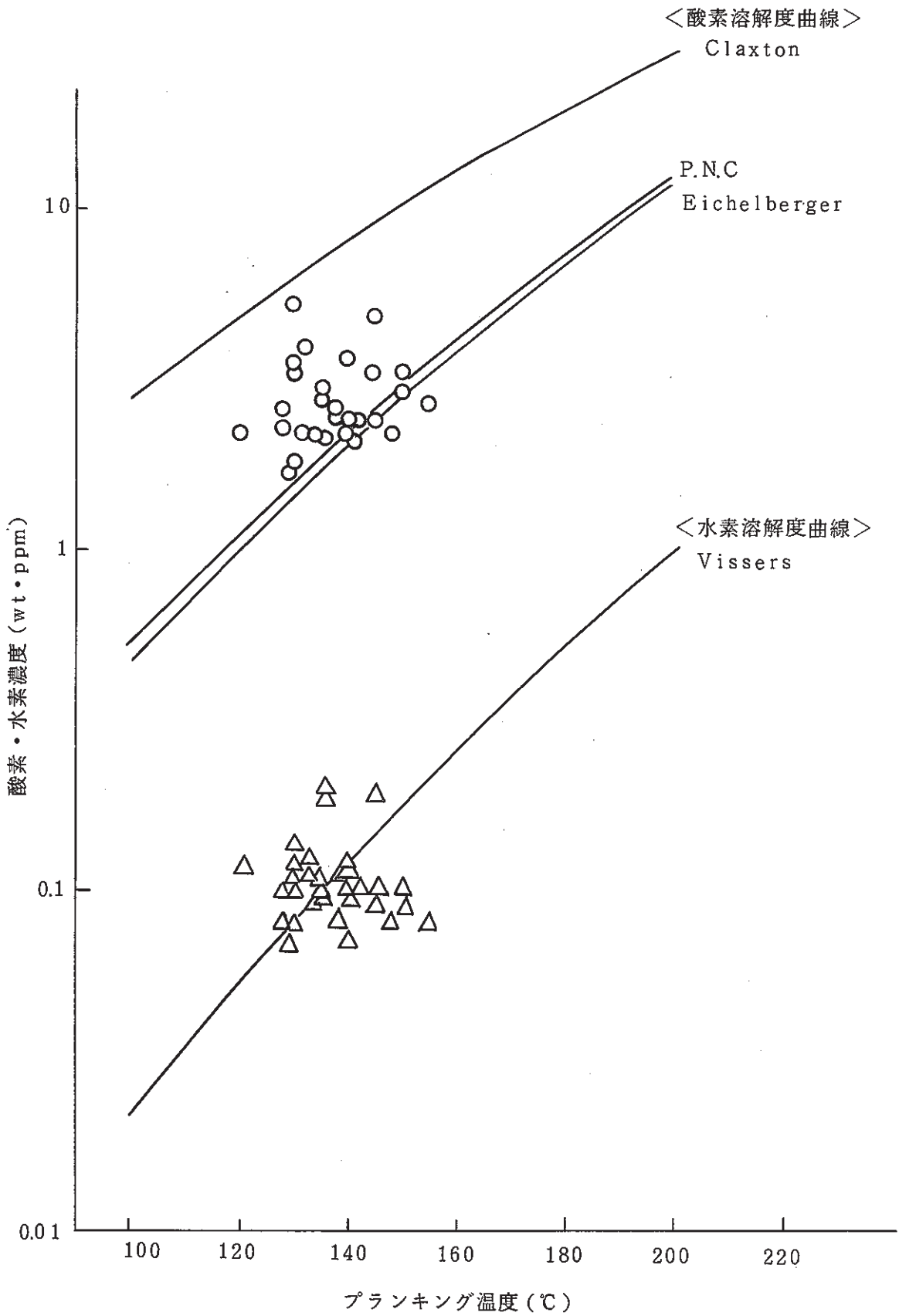


図 4.29 2次系ナトリウム中の酸素・水素濃度とプランキング温度との関係

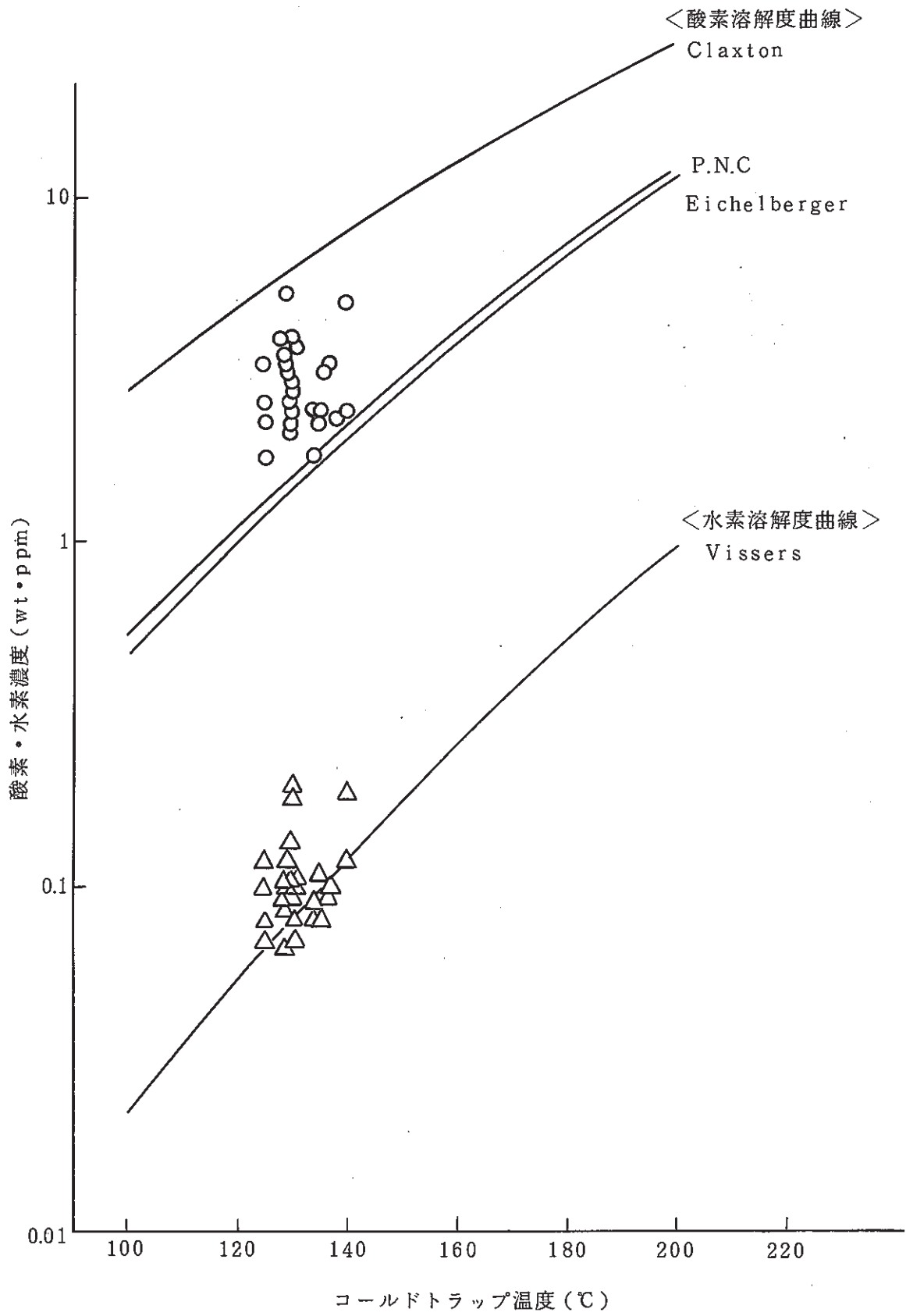


図 4.30 2次系ナトリウム中の酸素・水素濃度とコールドトラップ温度との関係

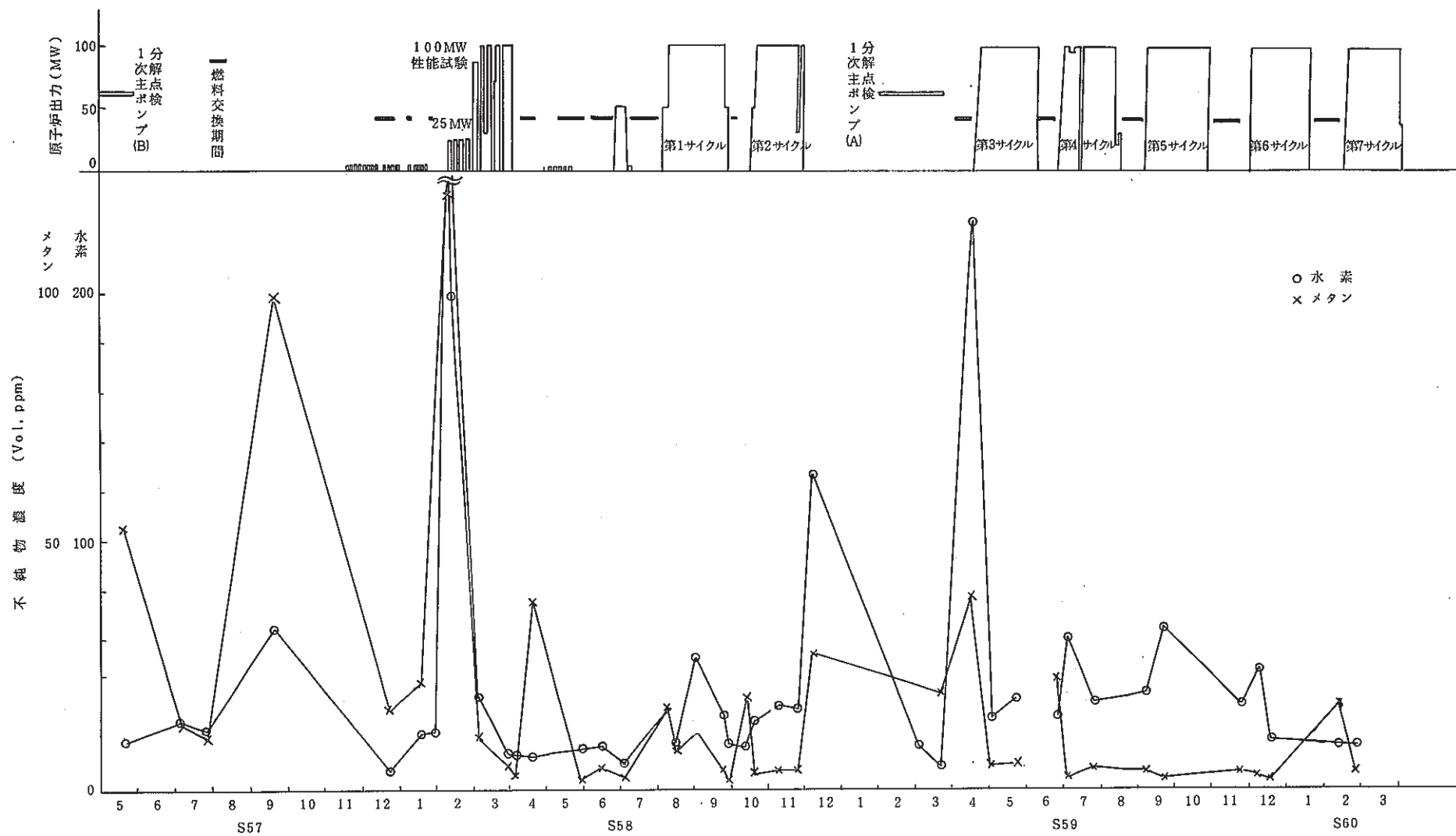


図 4.3 1 1次系カバーガスアルゴン中の水素及びメタン濃度の推移

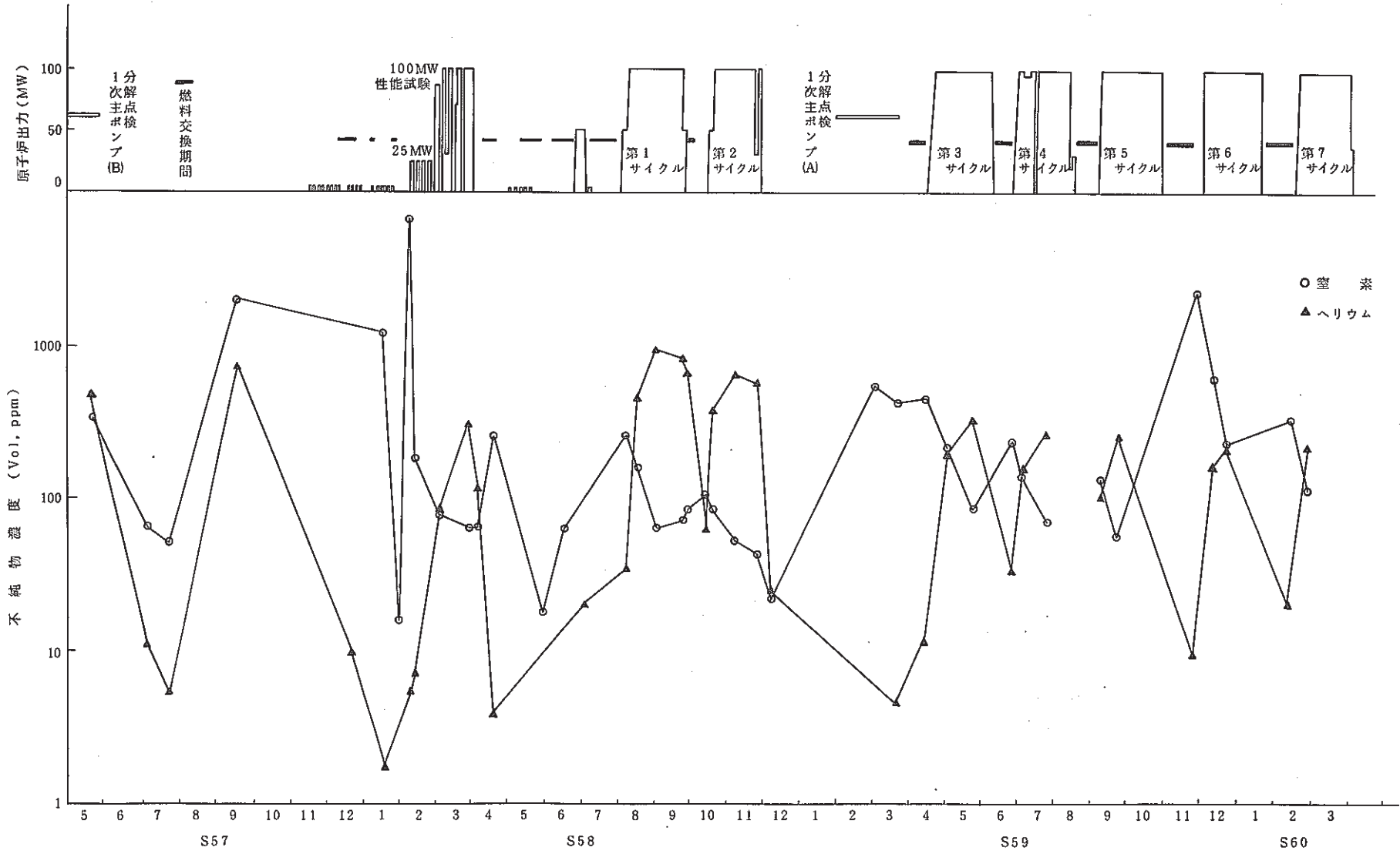


図 4.32 1次系カバーガスアルゴン中の窒素及びヘリウム濃度の推移

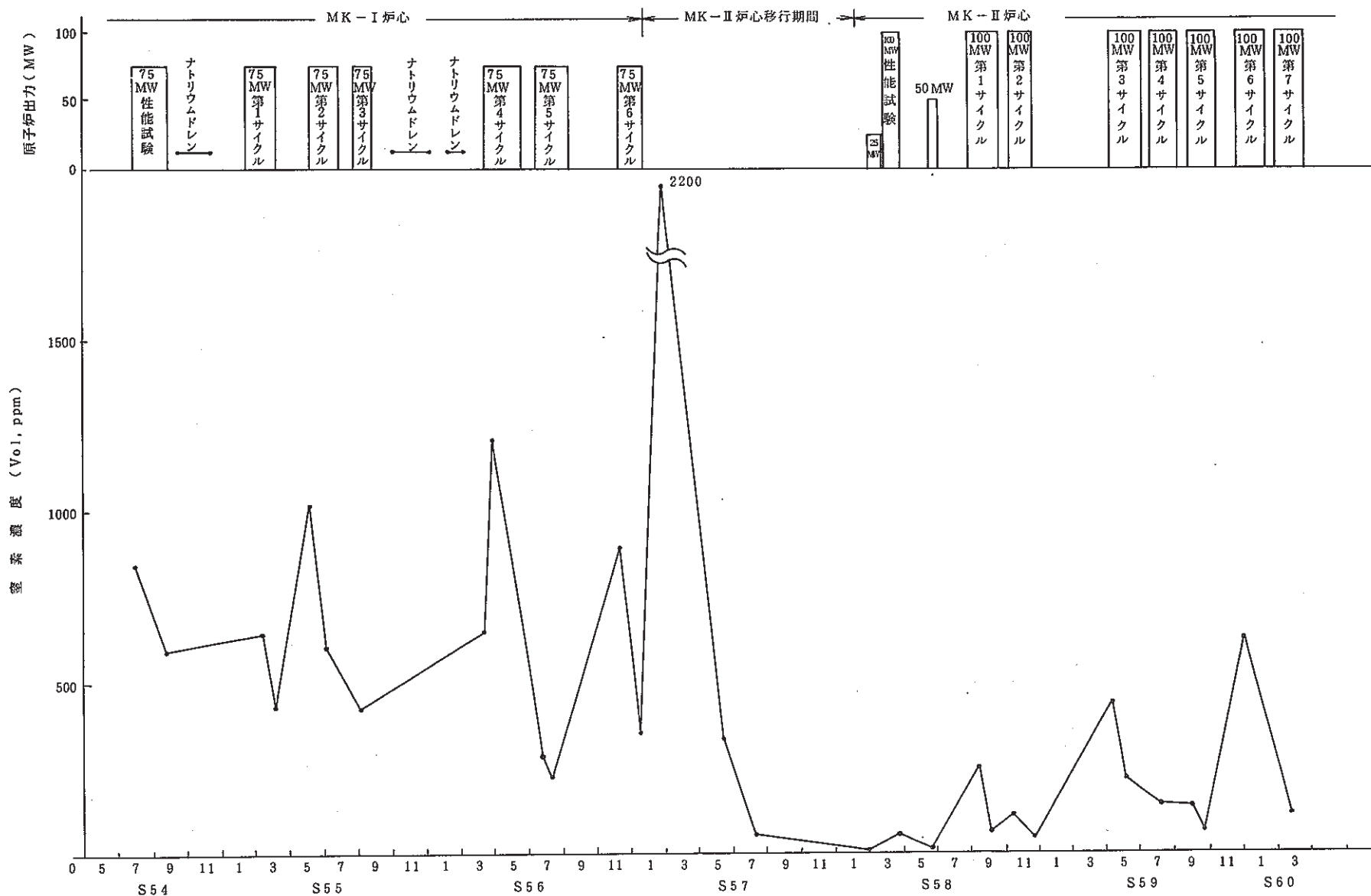


図 4.3 3 75 MW 運転サイクル時と 100 MW 運転サイクル時の 1 次系カバーガスアルゴン中に於ける窒素濃度の推移

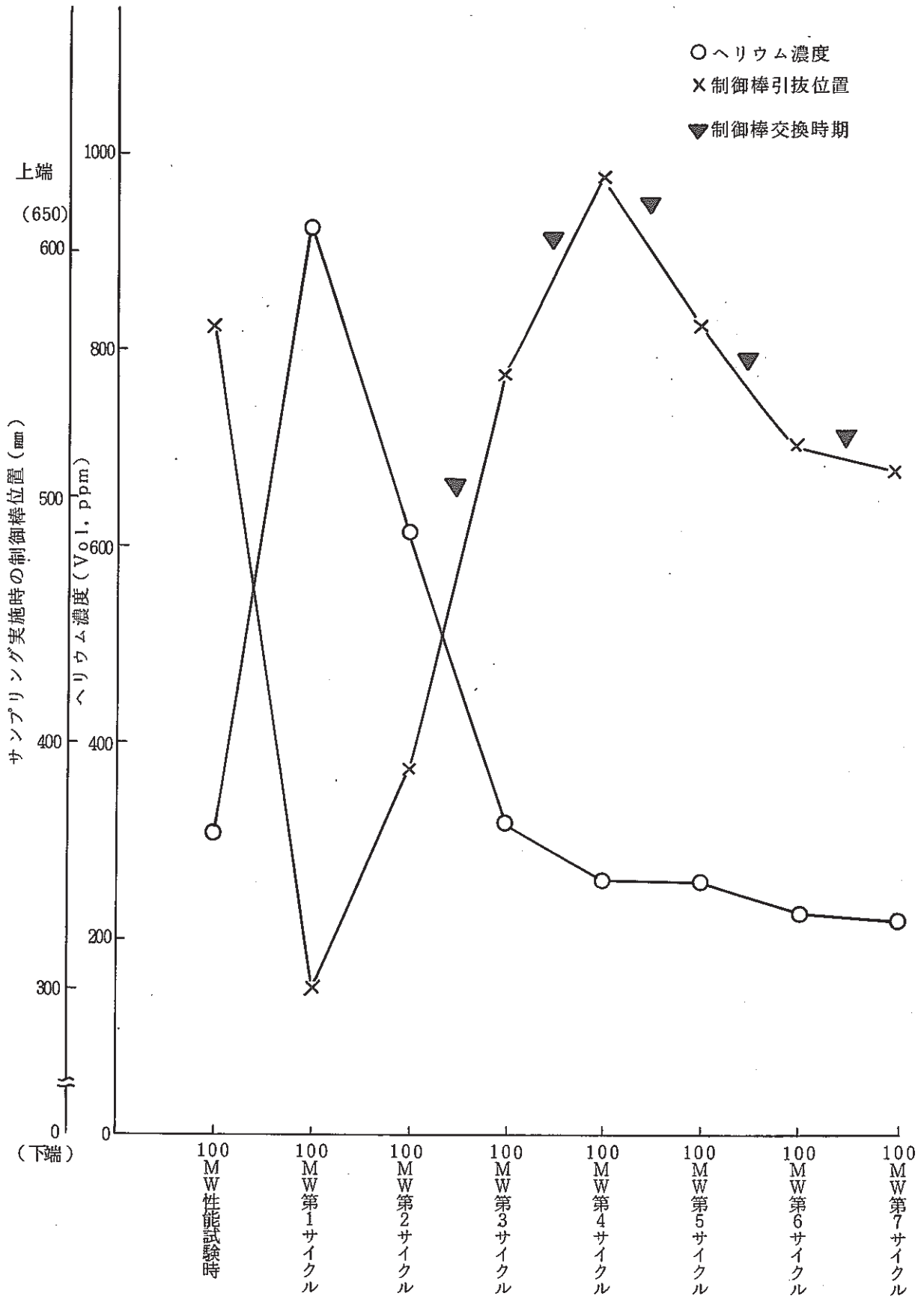


図 4.34 原子炉出力100MW運転時の最大ヘリウム濃度の推移及び
 サンプルング時の制御棒引抜位置との関係

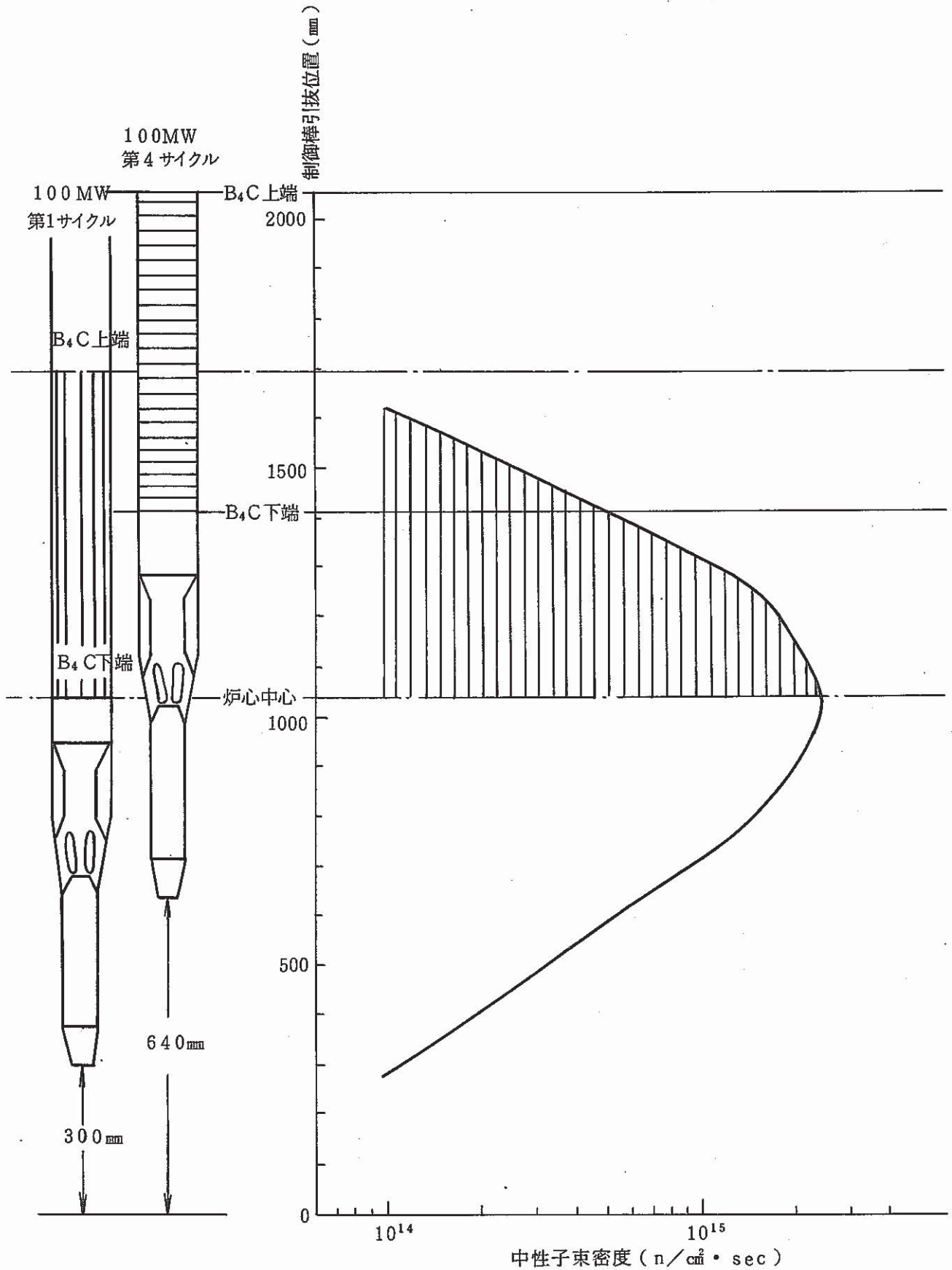


図 4.35 制御棒引抜位置と炉心中性子束分布との関係

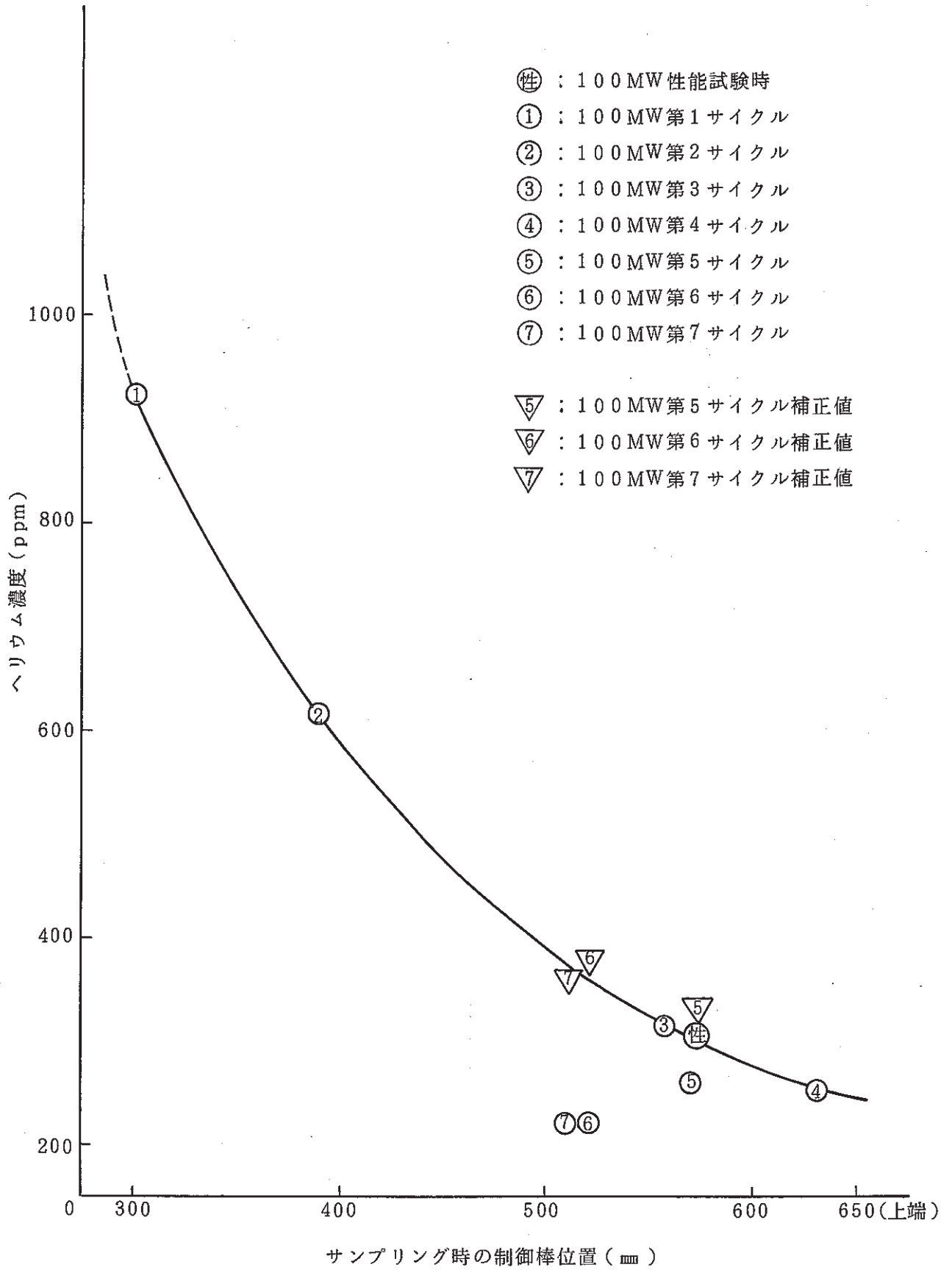


図 4.36 サンプルング時の制御棒位置とヘリウム濃度との関係

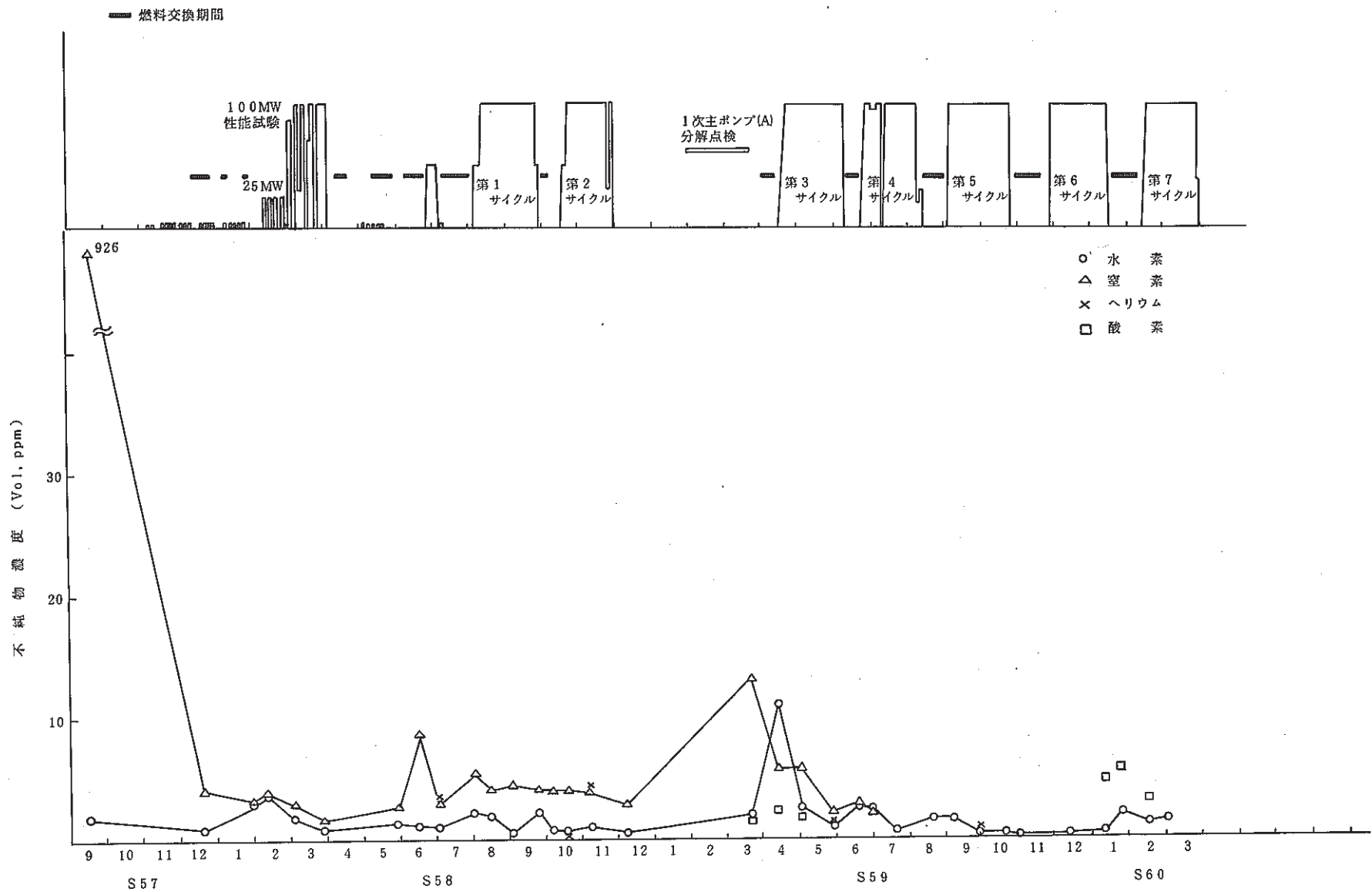


図 4.37 2次カバーガスアルゴン不純物分析濃度の推移 (オーバフロータンク)

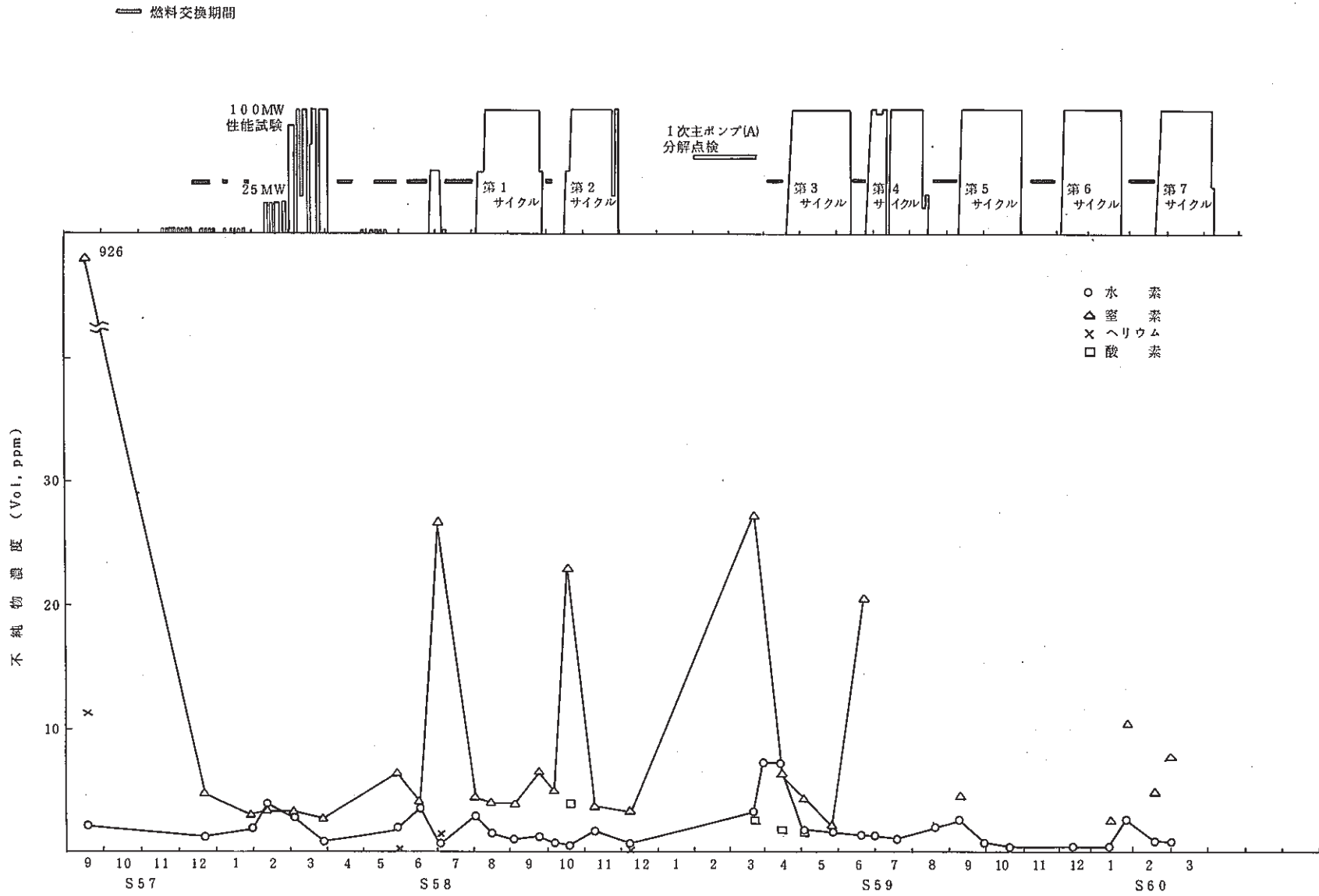


図 4.38 2次カバーガスアルゴン不純物分析濃度の推移 (ダンプタンク)

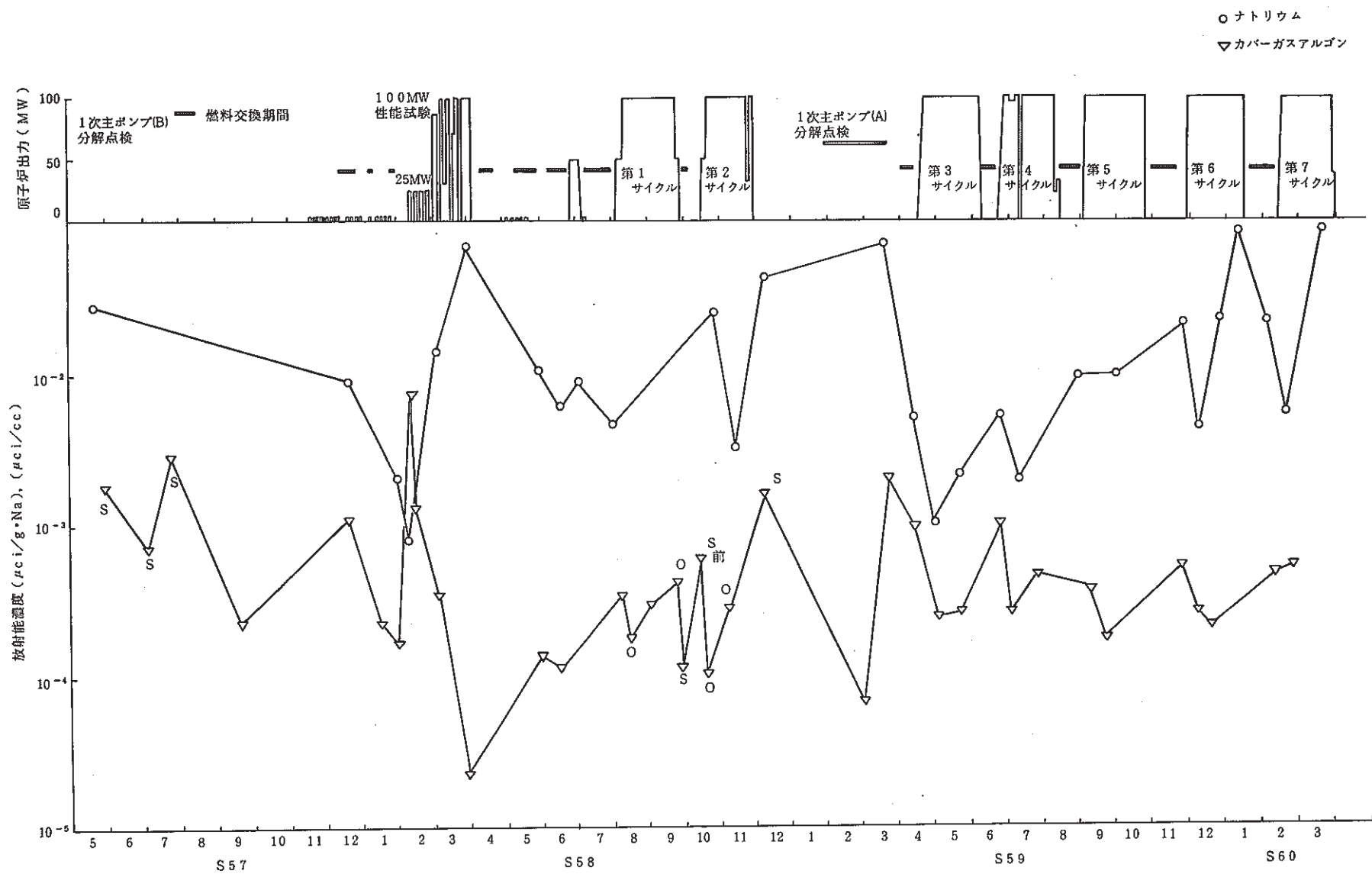


図 4.3 9 1次系ナトリウム及びカバーガスアルゴン中の³H濃度の推移

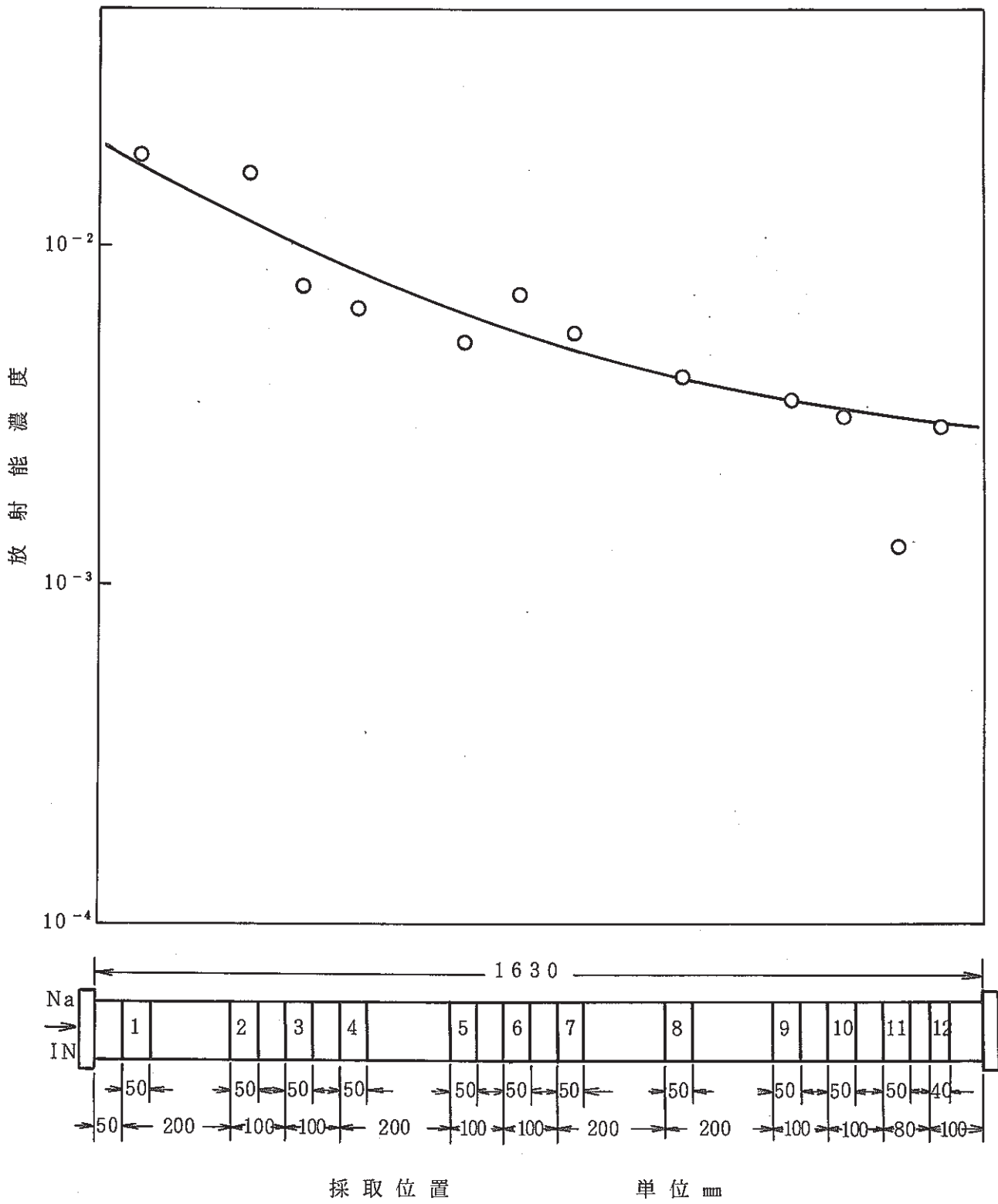


図 4.4 0 1次系ナトリウムサンプリングコイル中のトリチウムの偏析状況

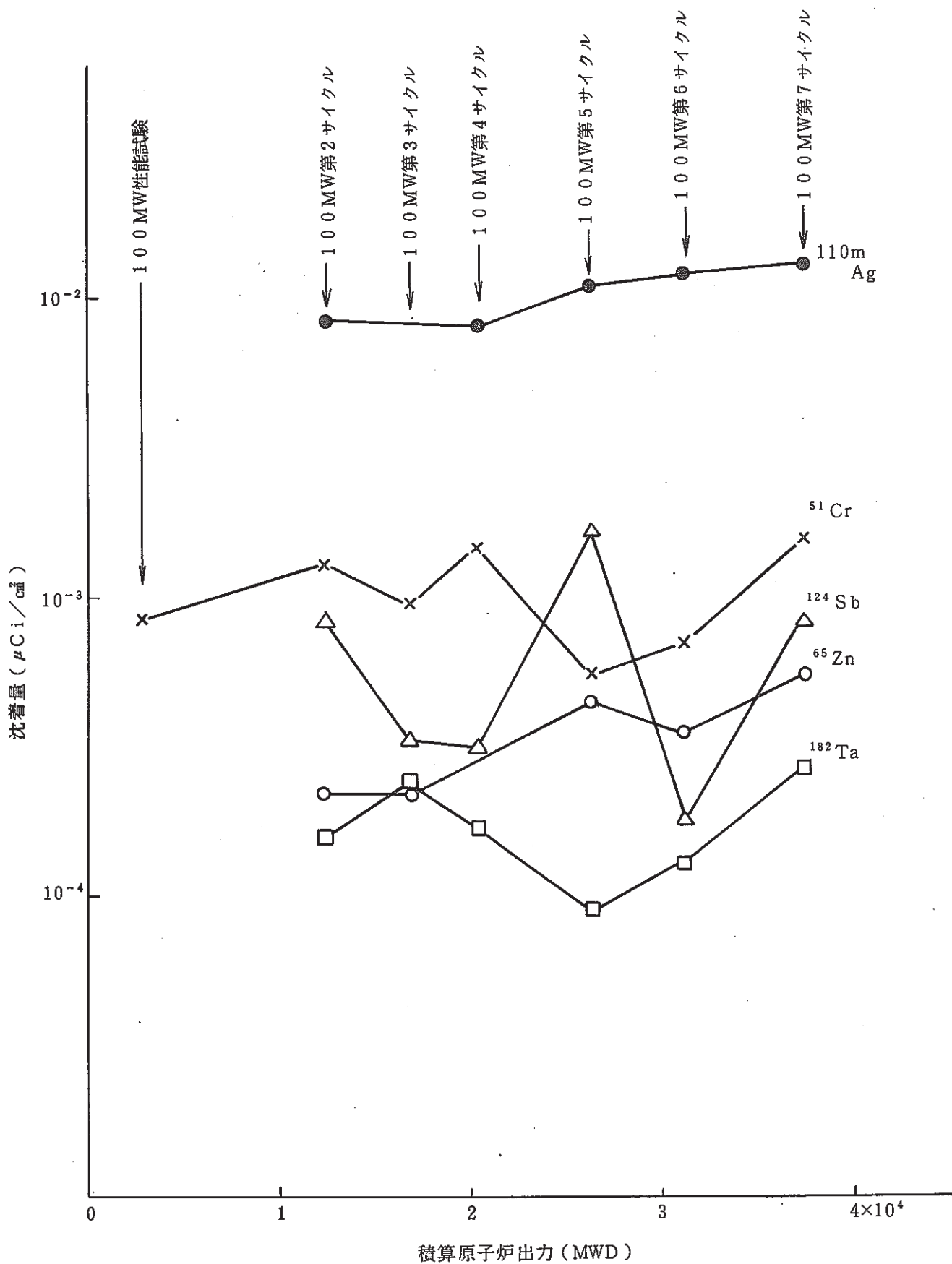


図 4.4 1 サンプラー管壁中への C・P 沈着量の推移

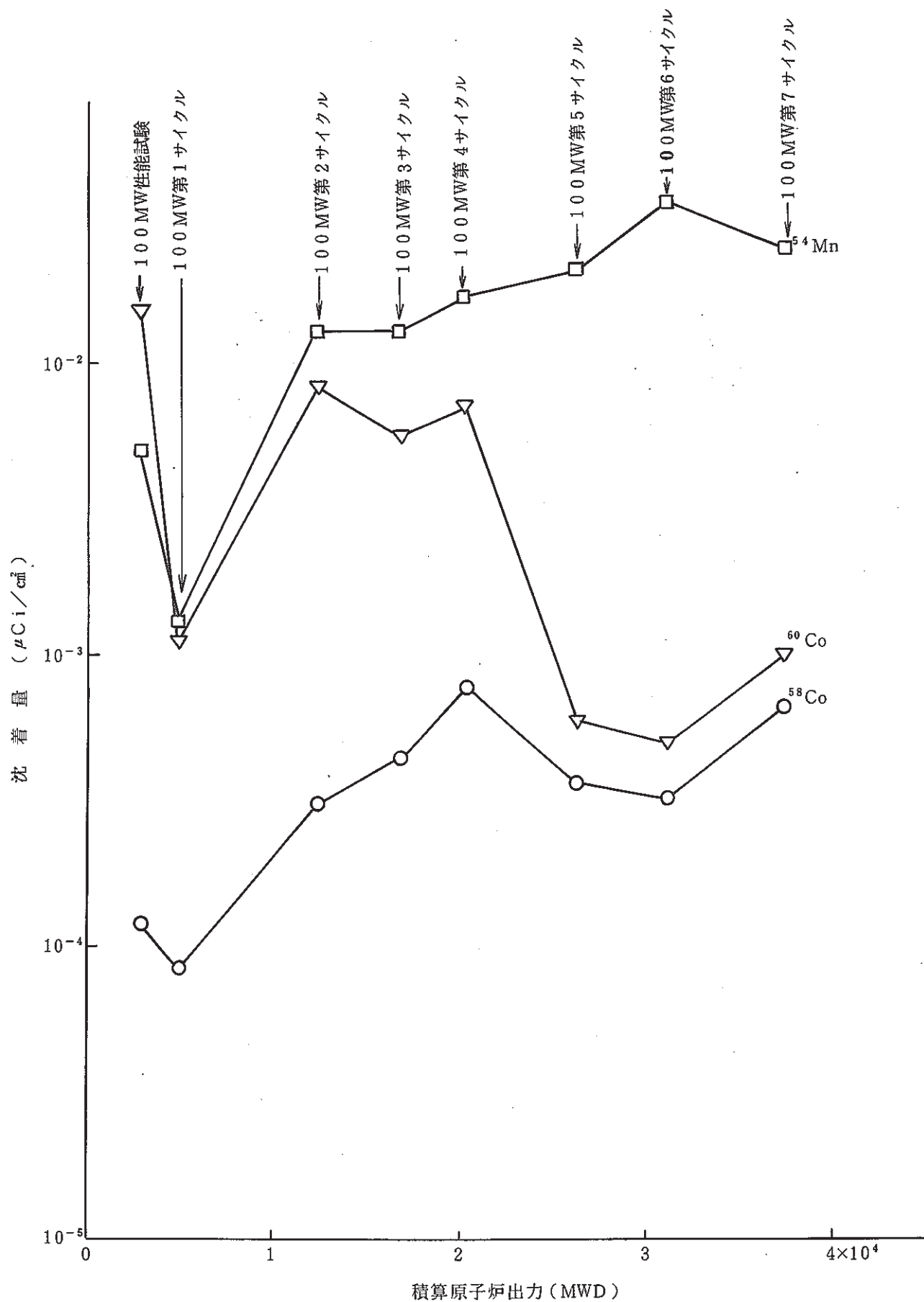


図 4.4 2 サンプラー管壁中へのC・P沈着量の推移

- ホッドレグ (A) (炉容器～主中間熱交換器)
- コールドレグ(A) (主中間熱交換器～主ポンプ)
- △ コールドレグ(A) (主ポンプ～炉容器)

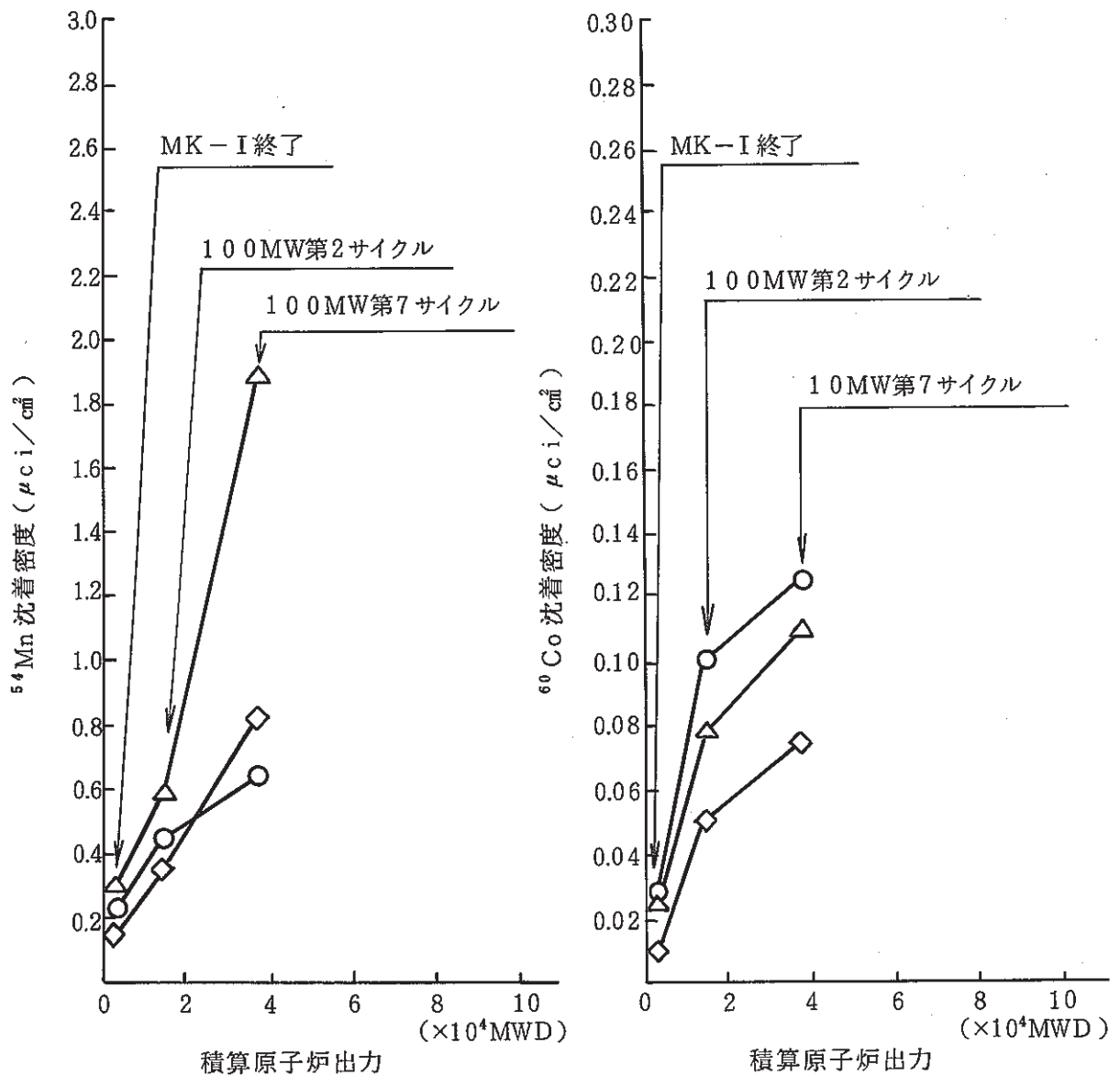


図 4.43 1 次系ナトリウムドレン時の主配管に於ける ^{54}Mn , ^{60}Co の沈着密度の推移
(SN9410 86-074 から引用)

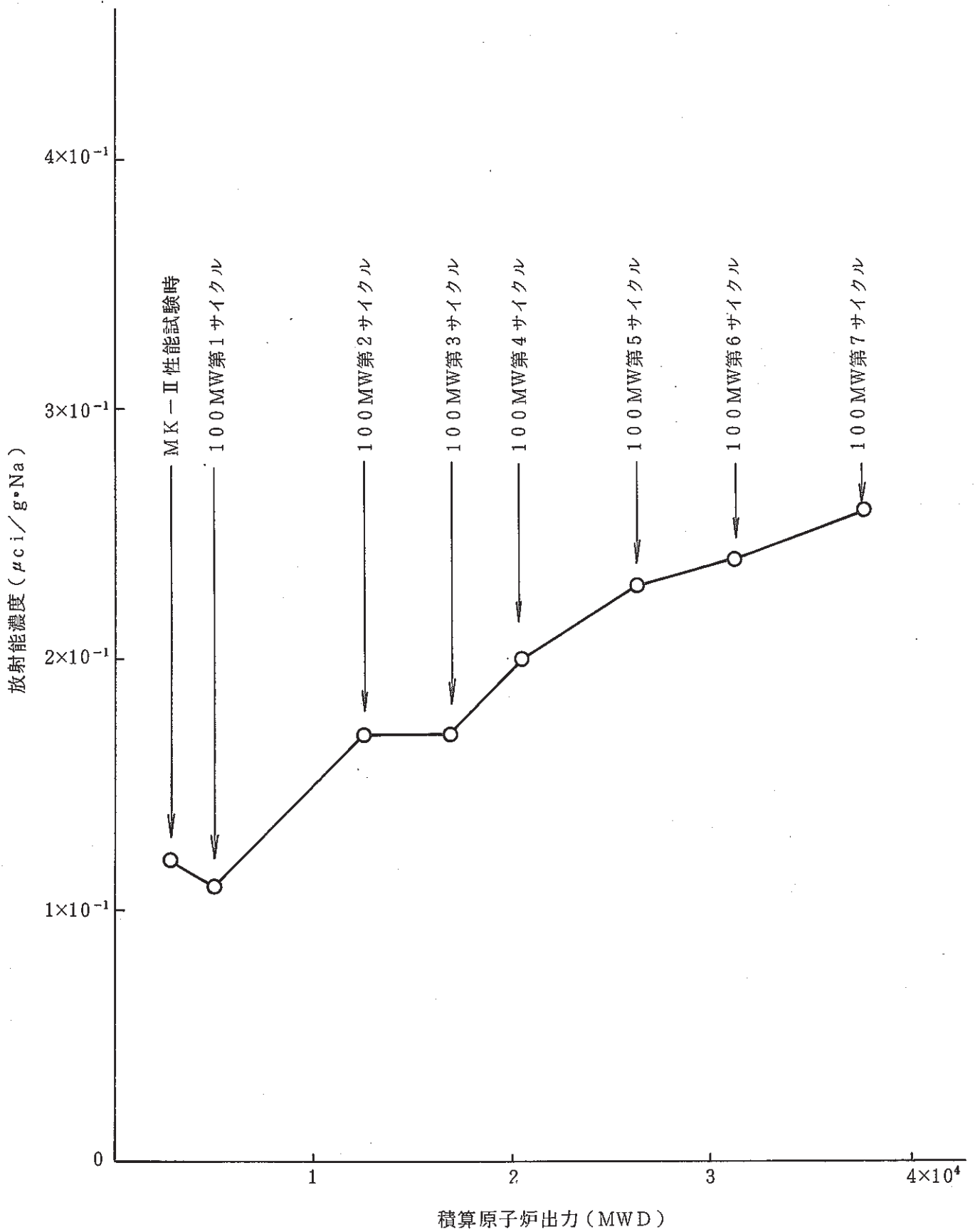


図 4.4 4 積算原子炉出力に対する ^{22}Na の放射能濃度の推移

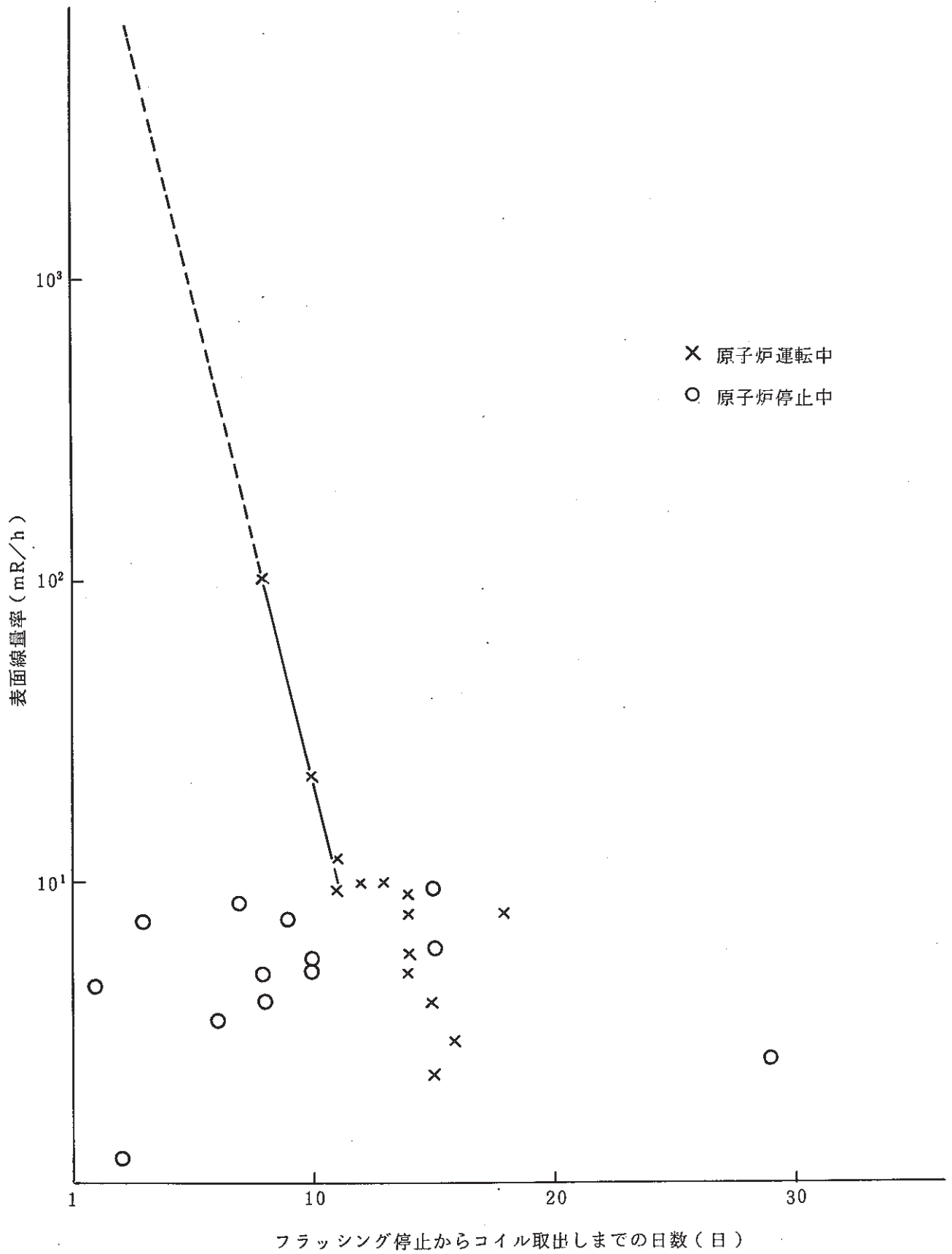


図 5.1 フラッシング停止からコイル取出しまでの日数とコイル表面線量率との関係

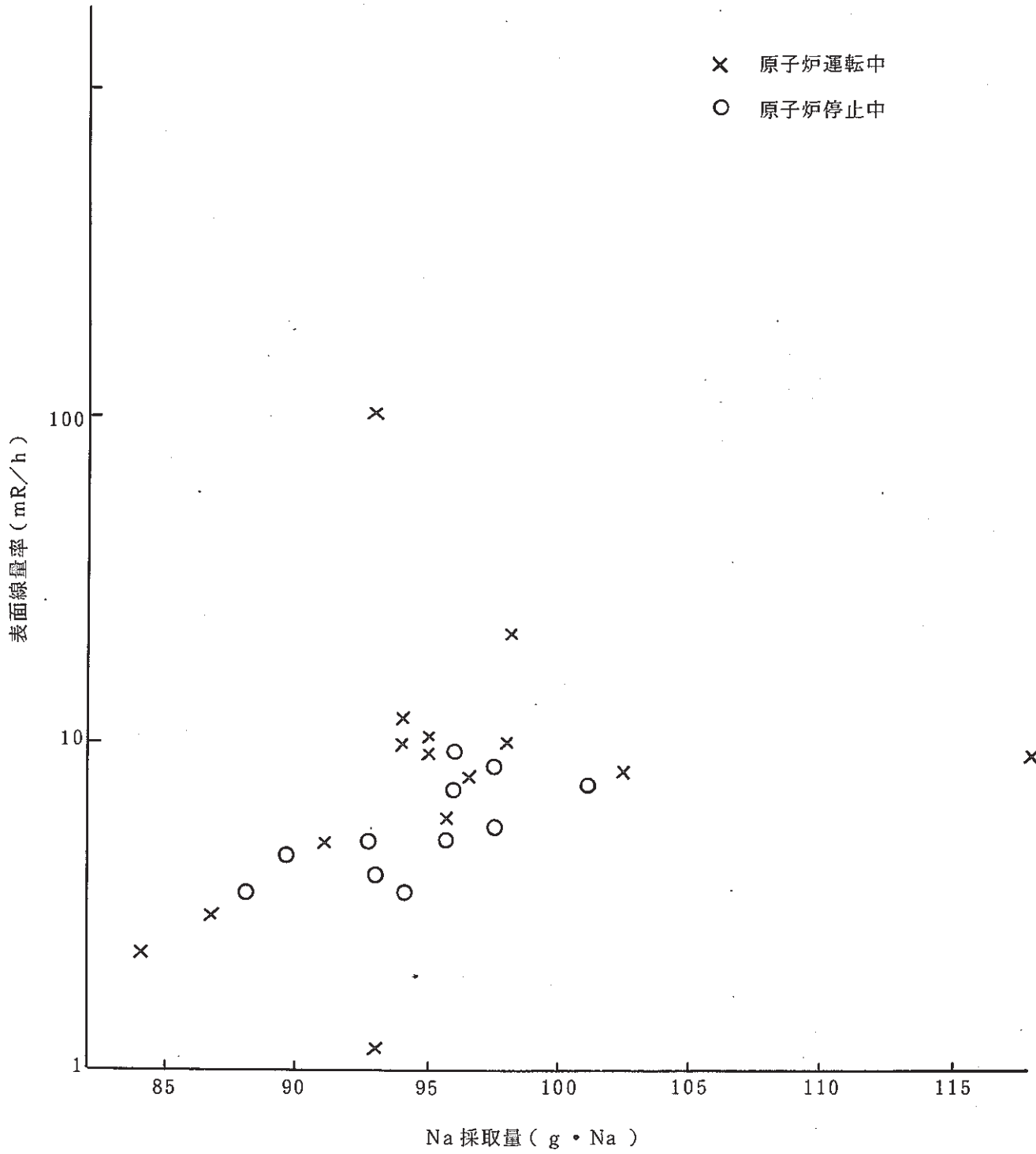


図 5.2 コイル表面線量率と Na 採取量との関係

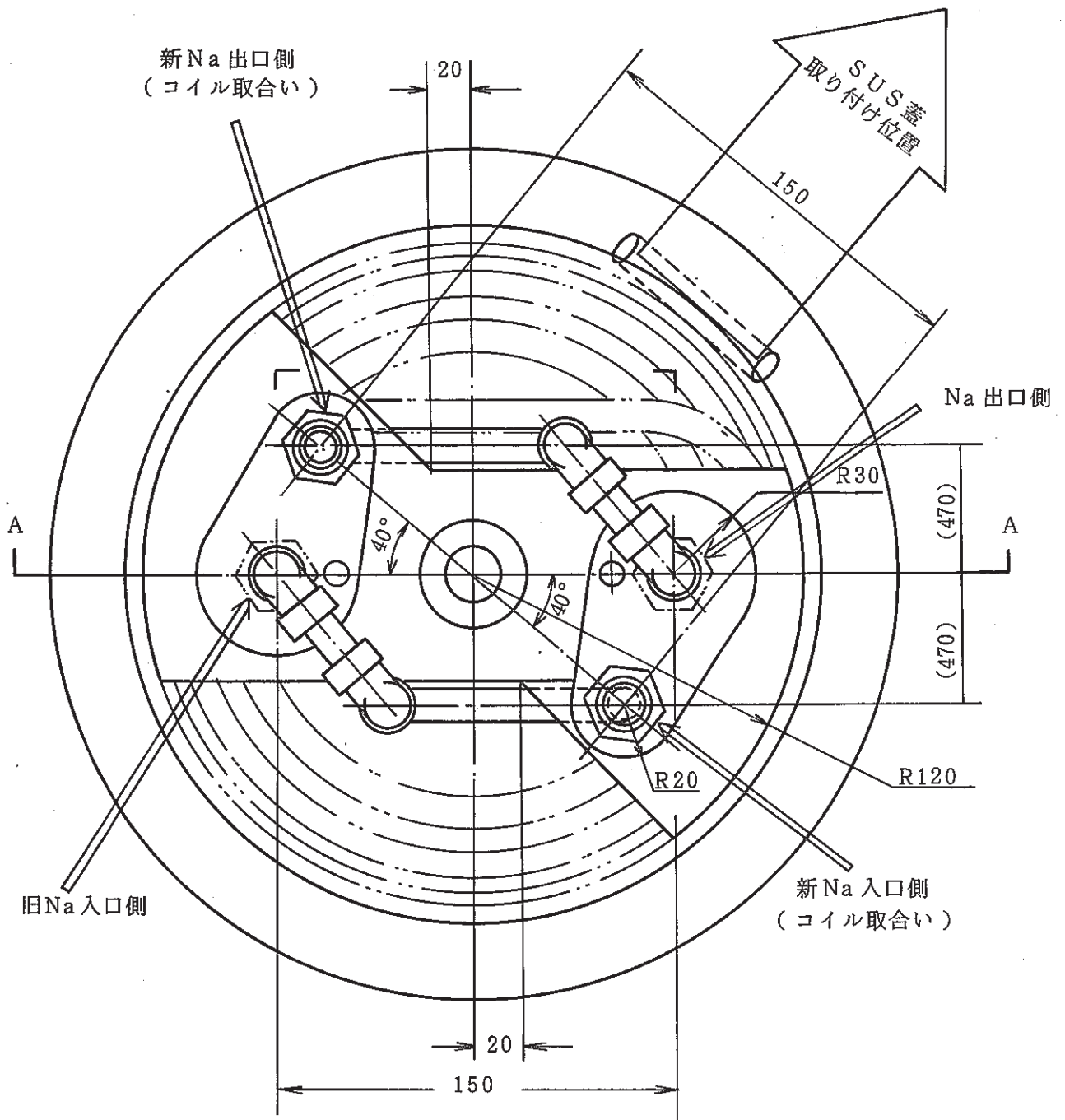


図 6.1 1次ナトリウムサンプリング装置改造構造図(平面図)(1/2)

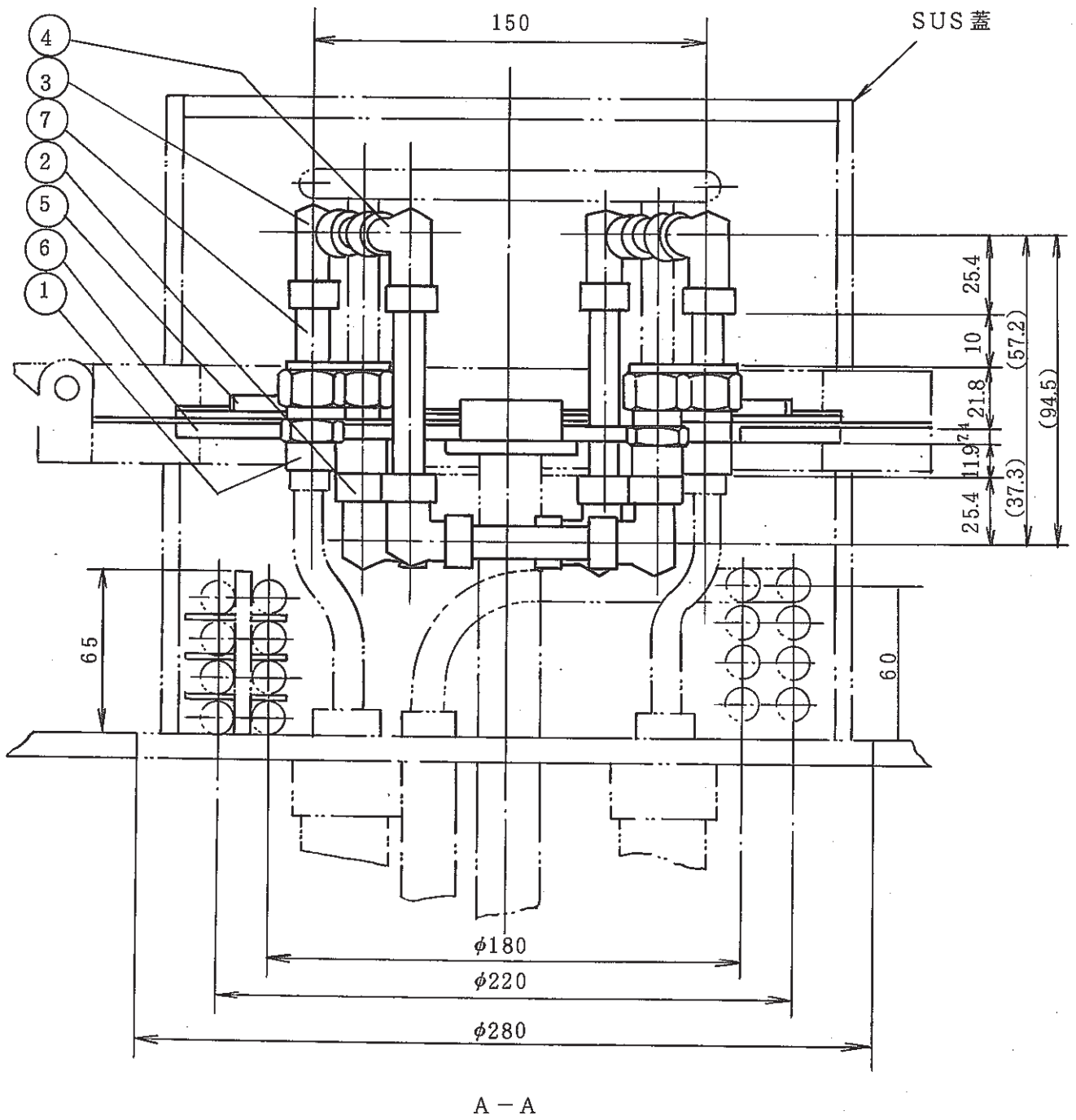


図 6.2 1次ナトリウムサンプリング装置改造構造図(断面図)

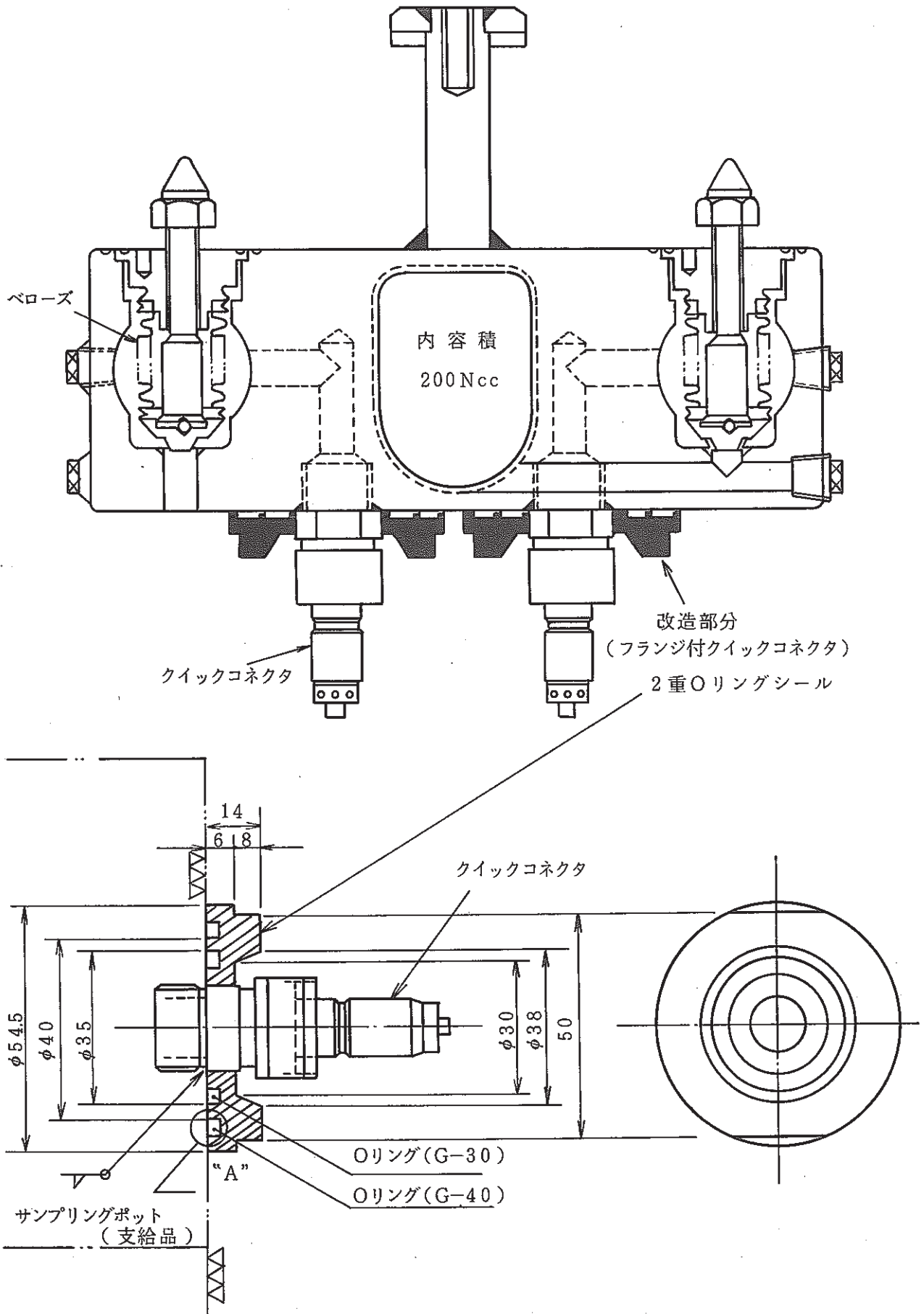
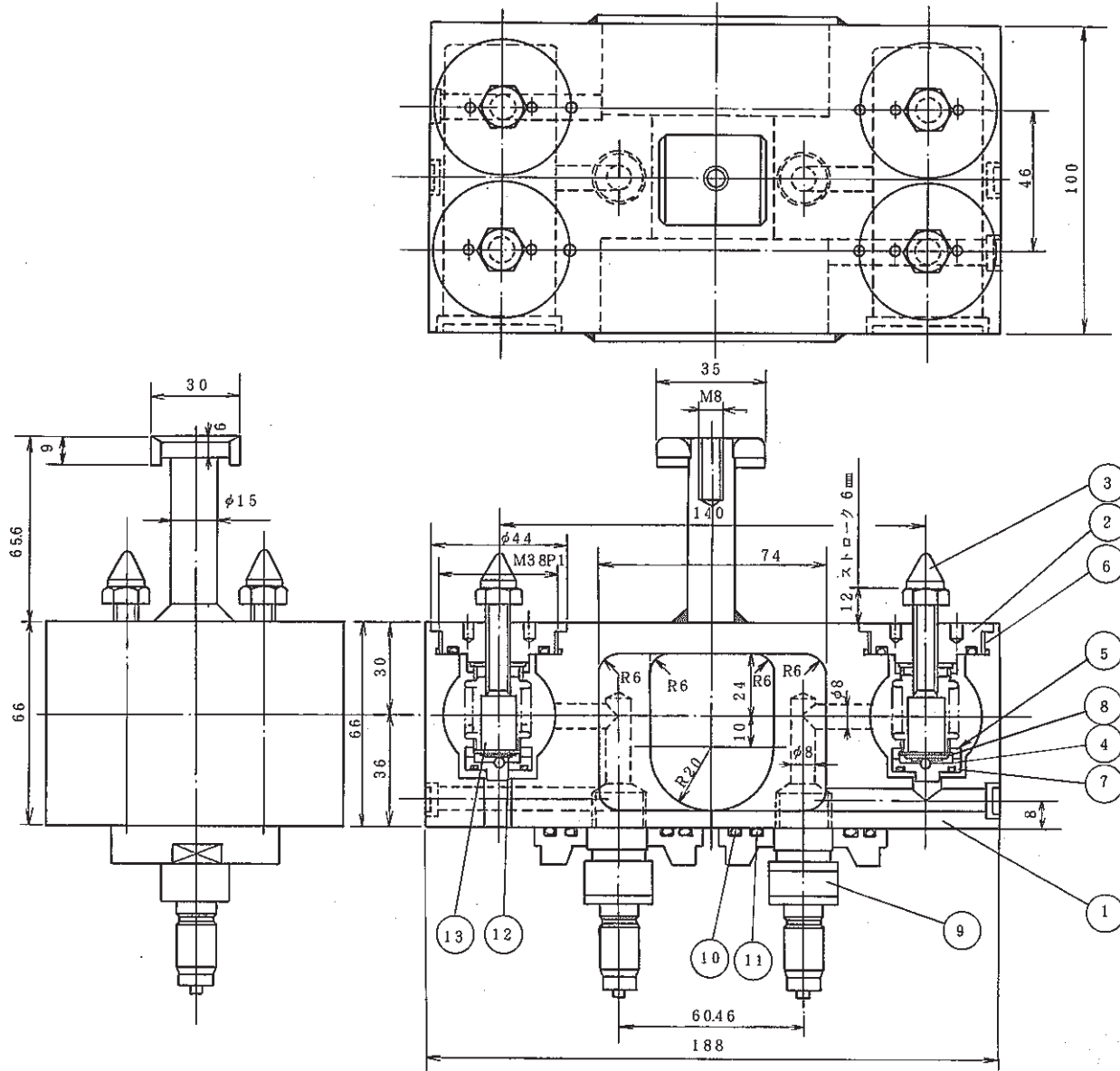


図 6.3 1次カバーガスアルゴンサンプリングポット改造図



サンプリングポット容積 320 cc
 サンプリングポット重量 6.67 kg

13	止メ輪	SUS304	4	軸用 呼び径10
12	カラー	SUS304	4	
11	リング	バイトン	2	G30 予備20ケ
10	リング	バイトン	2	G40 予備20ケ
9	クイックコネクター	SUS316	2	swiglock SS-QC8-D-810
8	鋼球	SUS304	4	φ4
7	リング	バイトン	4	P14 予備20ケ
6	リング	バイトン	4	P26 予備20ケ
5	ペロー	SUS316L SUS316	4	
4	弁	SUS304	4	
3	ボルト	SUS304	4	
2	フタ	SUS304	4	
1	本体	SUS304	1	
品番	部品名	材質	個数	備考

図6.4 1次系アルゴンサンプリングポット(320cc)組立図

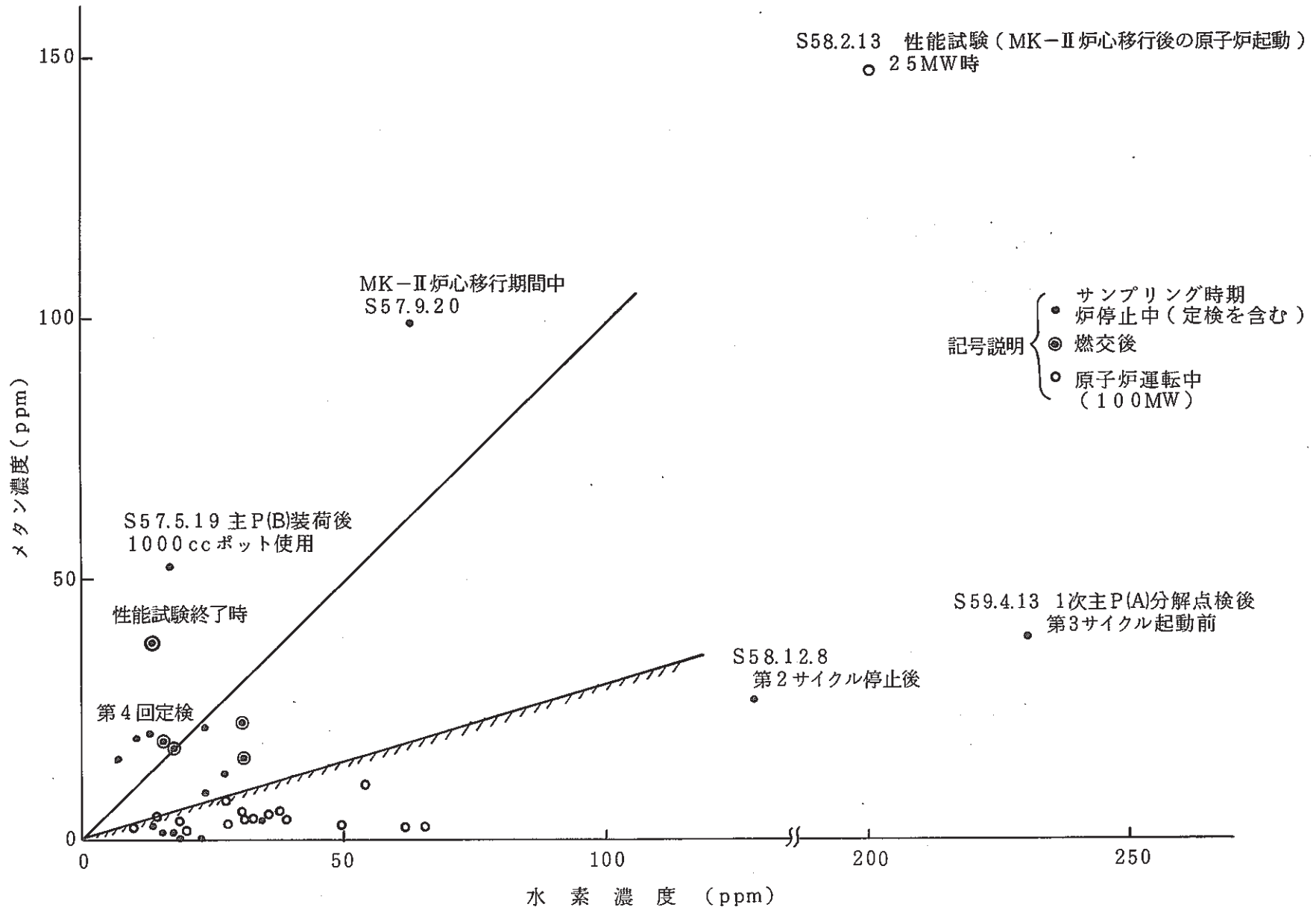


図 8.1 1次系カバーガス中の水素とメタンの割合

表 4.2 ナトリウム及びカバーガスアルゴンサンプリング回数

時期	MK-II 移行時	性能試験 (PT-252)	原子炉停止 及び 特殊試験	100MW 第1サイクル	100MW 第2サイクル	第4回 定検中	100MW 第3サイクル	100MW 第4サイクル	100MW 第5サイクル	100MW 第6サイクル	100MW 第7サイクル	合計
1次系 ナトリウム	1	5	3	1	3	1	4	3	2	4	2	29
2次系 ナトリウム	1	5	3	4	4	1	4	3	2	4	2	33
1次系 アルゴン	4	8	4	5	5	3	4	2	2	4	1	42
2次系 アルゴン OF/T D/T	1	5	3	4	4	2	4	2	3	3	2	33
合計	7	23	13	14	16	7	16	10	9	15	7	137

表 4.3 1次・2次ナトリウム中の不純物濃度の平均値と最大値

分析成分		管理目標値 (wt・ppm)	平均値 (wt・ppm)	最大値 (wt・ppm)
O	1次系	10	2.83	4.8
	2次系	20	2.80	5.3
C	1 "	30	2.67	5.1
	2 "	50	2.37	5.0
H	1 "	5	0.10	0.22
	2 "	10	0.11	0.20
N	1 "	50	0.29	0.8
	2 "	—	0.30	0.5
Cl	1 "	30	1.24	3.5
	2 "	50	1.39	3.8
Fe	1 "	10	0.11	0.43
	2 "	10	0.03	0.07
Ni	1 "	5	0.027	0.40
	2 "	5	0.020	0.04
Cr	1 "	5	0.012	0.034
	2 "	5	0.005	0.007

表 4.4 - (1) 1次系ナトリウム分析結果

サンプリング時の プラント状態	フラッシング		サンプリング時温度			分 析 結 果 (wt. ppm)								ナトリウム 採集量(g) ----- ボイド 有 無	備 考	サンプリング コイル 表面線量率 (mR/h) (減衰期間(日))
	フラッシング 開始・停止時間	フラッ シ ン グ 時 間(hr)	OF/T (°C)	C/T (°C)	PL (°C)	0	C	H	N	Cl	Fe	Ni	Cr			
						10	30	5	50	30	10	5	5			
1 1次主ポンプ 装荷後	S57 16:47 5/19 } /20 16:13	23:26	220	165	M 165	3.8	3.9	0.174	0.3	3.5	0.11	<0.02	0.016	89.5 ----- 無	JNaI- 57-01	4.5 (1)
2 性能試験臨界前	2/20 11:34 2/22 } 18:26	54:52	222	146	M 152	4.2	2.0	0.08	<0.2	<1	0.04	<0.02	0.004	88.6 ----- 有	57-02	2.5 (2)
3 性能試験 原子炉起動前	S58 11:08 1/29 } 1/31 10:43	47:35	230	123	M 123	3.0	2.4	0.07	<0.2	<1	0.03	<0.02	0.007	93.7 ----- 無	57-04	1.2 (2)
4 性能試験 2.5MW出力時	2/11 11:12 2/13 } 11:20	48:08	353	132	A 145	3.1	2.2	0.06	<0.2	<1	-	-	-	86.5 ----- 有	57-05	3.0 (16)
5 性能試験 7.5MW出力時	3/3 9:45 3/5 } 10:21	48:36	415	137	A 145	-	-	0.08	0.4	<1	-	-	-	84.0 ----- 無	57-06	2.3 (15)
6 性能試験 100MW出力時	3/27 10:47 3/29 } 10:08	47:21	440	147	M <140	-	2.9	0.09	0.3	1.1	-	-	-	91.0 ----- 無	57-07	5.0 (14)
7 置換反応度 測定時	5/27 10:09 5/29 } 10:01	48:00	230	128	A 123	3.94 9.97	2.7	0.09	<0.2	1.3	0.26	<0.02	0.02	95.7 ----- 有	58-01	5.0 (8)
8 原子炉停止中	6/14 10:30 6/16 } 10:30	48:00	225	128	A 124	3.0	<2.0	0.13	0.8	<1	0.18	<0.02	0.004 0.02	93.0 ----- 有	58-02	4.0 (8)
9 高出力特性試験 (50MW)	7/1 10:15 7/3 } 10:15	48:00	385	128	A 130	2.4	2.3	0.11	0.7	1.2	0.165	<0.02	0.009	93.0 ----- 有	58-03	4.0 (15)
10 100MW第1サイ クル原子炉起動前	7/31 10:30 8/2 } 10:30	48:00	186	127	A 128	3.1	5.1	0.09	<0.2	1.3	0.11	<0.02	0.014	94.0 ----- 有	58-04 58-	3.5 (6)
11 100MW第2サイ クル定格運転中	10/25 10:56 10/27 } 10:56	48:00	452	126	A 137	1.9	2.5	0.08	0.4	1.1	0.08	0.03	0.03	95.5 ----- 無	58-05 (装置改造後)	6.0 (14)
12 #	11/14 11:17 11/16 } 11:18	48:01	452	125	A 125	1.7	2.0	0.08	0.3	<1.0	0.04	<0.02	0.009	92.8 ----- 有	58-06	10.0 (8)

表 4.4 - (2) 1次系ナトリウム分析結果

サンプリング時の プラント状態	フラッシング		サンプリング時温度			分 析 結 果 (wt. ppm)								ナトリウム 採集量(g) ボイド 有 無	備 考	サンプリング コイル 表面線量率 (mR/h) (減衰期間(日))	
	フラッシング 開始・停止時間	フラッ シ ン グ 時 間(hr)	OF/T (°C)	C/T (°C)	PL (°C)	0	C	H	N	Cl	Fe	Ni	Cr				
						10	30	5	50	30	10	5	5				
13	100MW第2サイ クル原子炉停止後	12/7 11:06 12/4 11:06	48:00	222	126	A 126	1.9	45	0.07	0.2	1.1	0.04	0.03	0.008	95.5	JNaI-	6.0 (15)
14	1次主ポンプ 試運転時	S59 13:37 3/17 } 3/19 13:32	47:55	240	193	176	3.9	1.7	0.20	0.2	1.0	0.03	<0.02	0.008	97.5	58-08	5.5 (10)
15	100MW第3サイ クル原子炉起動前	4/11 10:55 4/13 10:52	47:57	210	135	130	2.4	2.0	0.05	0.2	1.2	0.04	<0.02	0.011	92.5	59-01	5.0 (10)
16	100MW第3サイ クル原子炉起動後	4/30 10:20 5/2 10:20	48:00	452	126	110	2.0	<2.0	0.06	0.3	1.2	0.06	<0.02	0.012	102.5	59-02	8.0 (14)
17	100MW第3サイ クル定格運転中	5/20 10:45 5/22 10:45	48:00	452	126	125	4.8	2.9	0.09	0.5	1.7	0.02	<0.02	0.005	118.0	59-03	9.2 (14)
18	100MW第3サイ クル終了後熱交中	6/22 17:34 6/24 17:35	48:01	236	152	142	2.4	<2.0	0.08	<0.2	<1	0.07	<0.02	0.01	101.5	59-04	7.5 (9)
19	100MW第4サイ クル原子炉起動後	7/7 10:17 7/9 10:24	48:07	447	134	125	1.9	<2.0	0.12	0.3	1.4	0.12	<0.02	0.034	94.0	59-05	12.0 (11)
20	100MW第4サイ クル終了後熱交中	8/26 10:43 8/28 9:58	47:15	235	127	123	1.5	<2.0	0.22	<0.2	1.9	0.05	<0.02	0.003	96.0	59-07	7.5 (13)
21	100MW第5サイ クル定格運転中	9/29 11:20 10/11 11:20	48:00	452	126	128	3.2	3.6	0.11	0.2	1.3	0.04	0.03	0.013	95.0	59-09	9.5 (11)
22	100MW第5サイ クル終了後熱交中	11/25 10:45 11/27 10:00	47:15	242	147	140	1.2	4.3	0.17	<0.2	0.4	0.15	0.05	0.010	96.0	59-10	9.5 (15)
23	100MW第5サイ クル原子炉起動後	12/7 10:57 12/9 10:07	47:10	451	135	135	4.7	2.6	0.11	0.2	<1.0	0.05	<0.02	0.008	98.0	59-11	10.0 (12)
24	100MW第6サイ クル定格運転中	12/24 11:36 12/26 11:10	47:29	455	124	128	2.5	3.4	0.11	0.3	<1.0	0.40	0.20	0.013	94.0	59-12	10 (12)

表 4.4 - (3) 1次系ナトリウム分析結果

サンプリング時の プラント状態	フラッシング		サンプリング時温度			分 析 結 果 (wt. ppm)								ナトリウム 採集量(g) ----- ボイド 有 無	備 考	サンプリング コイル 表面線量率 (mR/h) (減衰期間(日))
	フラッシング 開始・停止時間	フラッ シ ン グ 時 間(hr)	OF/T (°C)	C/T (°C)	PL (°C)	0	C	H	N	Cl	Fe	Ni	Cr			
						10	30	5	50	30	10	5	5			
25 100MW第6サイ クル定格運転中 (Na ²⁴ 測定用)	1/9 11:24 1/11 10:40	47:16	449	128	123	4.8	2.4	0.09	<0.2	1.6	0.14	0.04	0.013	98.0	59-13	2.2 (10)
26 100MW第6サイ クル終了後熱交中	2/3 10:55 2/5 10:55	48:00	232	127	125	2.6	<2.0	0.07	<0.2	<1.0	<0.01	<0.02	0.003	97.5	59-14	8.5 (7)
27 100MW第7サイ クル原子炉起動後	2/19 12:11 2/21 13:11	49:00	451	146	135	1.7	2.8	0.05	0.2	<1.0	0.17	0.09	0.008	96.5	59-15	8.0 (18)
28 100MW第7サイ クル定格運転中	3/17 18:42 3/19 18:46	48:02	452	144	134	3.6	2.3	0.07	<0.2	<1.0	0.43	0.06	0.034	95.0	59-16	10.0 (13)

表 4.5 - (1) 2次系ナトリウム分析結果

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)	備 考
	フラッシング	フラッシング	D/T	CT	PI	O	C	H	N	Cl	Fe	Ni	Cr	ボ イ ド 有 無		
	開始・停止日時	時間 (Hr)	(°C)	(°C)	(°C)	20	5	10	-	50	10	5	5			
1	サーベランス材 取り出し後	S57 10:19 9/16 } 9/17 10:30	24:11	248	125	130	3.3	3.7	0.12	-	-	0.023	<0.02	<0.002	121.0 無	JNaII- 57-01
2	性能試験臨界前	12/20 10:43 12/21 } 9:10	23:27	227	125	128	3.8 2.3	1.4	0.08	0.3	<1	0.47 0.16	0.02 0.006	0.03 0.006	120.2 有	57-04
3	性能試験原子炉 起動前	S58 9:40 1/29 } 1/30 9:40	24:00	227	125	129	1.8	1.3	0.07	<0.2	<1	0.03	<0.02	0.003	121.9 有	57-05
4	性能試験 25MW出力時	2/11 13:30 2/12 } 13:30	24:00	361	125	138	2.6	1.7	0.08	0.5	<1	0.04	<0.009	<0.02	123.5 無	57-06
5	性能試験 75MW出力時	3/3 11:20 3/4 } 13:05	25:45	351	125	128	2.6	2.3	0.1	0.4	<1	0.05	<0.02	<0.002	123.2 有	57-07
6	性能試験 100MW出力時	3/27 13:55 3/28 } 13:10	23:15	337	130	150	2.9	3.4	0.1	0.5	<1	0.02	<0.02	<0.002	121.7 無	57-08
7	置換反応度 測定時	5/27 14:17 5/28 } 14:00	24:43	221	130	134	2.2	<2.0	0.092 0.237	0.5	1.5	0.076 0.016	<0.02	<0.002	120.5 有	58-01
8	原子炉停止中	6/14 9:50 6/15 } 9:50	24:00	221	129	130	5.3	2.1	0.1	0.3	2.1	0.02	<0.02	0.004	124.5 有	58-02
9	高出力特性試験 (50MW)	7/1 10:15 7/2 } 10:15	24:00	335	129	130	3.54 5.77	<2.0	0.12	0.4	2.2	0.02 0.106	<0.02	<0.002	121.7 有	58-03
10	100MW第1サイ クル原子炉起動前	7/31 13:15 8/1 } 13:15	24:00	195	140	145	4.9	1.7	0.19	<0.2	2.1	0.12	<0.02	0.005	120.0 有	58-04
11	100MW第1サイ クル原子炉起動後	8/14 10:20 8/15 } 10:20	24:00	340	130	133	-	3.4	0.11	0.4	<1	-	-	-	125.0	58-05
12	100MW第1サイ クル定格運転中	9/2 11:00 9/3 } 11:00	24:00	338	130	142	2.4	3.1	0.10	0.3	1.2	0.14	0.04	0.02	124.0	58-06

表 4.5 - (2) 2次系ナトリウム分析結果

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)	備 考	
	フラッシング	フラッシング	D/T	CT	PI	O	C	H	N	Cl	Fc	Ni	Cr			
	開始・停止日時	時間(hr)	(°C)	(°C)	(°C)	20	50	10	-	50	10	5	5	ボイド 有 無		
13	100MW第1サイ クル終了前(50MW)	9/23 11:10	24:00	348	130	130	-	2.4	0.11	0.4	<1.0	-	-	-	126.0	JNaII- 58-07
		9/24 11:10													-----	
14	100MW第2サイ クル原子炉起動前	10/5 17:53	24:00	228	135	138	2.4	1.9	0.11	<0.2	<1.0	<0.01	0.003	<0.004	123.2	58-08
		10/6 17:53													-----	
15	100MW第2サイ クル原子炉起動後	10/17 10:43	24:24	339	135	148	2.2	2.1	0.08	<0.2	1.5	<0.01	<0.02	<0.002	125.9	58-09
		10/18 11:07													-----	
16	100MW第2サイ クル定格運転中	11/7 11:00	24:02	338	134	145	2.4	2.5	0.09	0.4	<1.0	<0.01	<0.02	0.003	123.2	58-10
		11/8 11:02													-----	
17	100MW第2サイ クル原子炉停止後	12/7 11:25	25:55	218	134	130	1.8	<2.0	0.08	0.3	<1.0	<0.01	<0.02	<0.002	123.5	58-11
		12/8 13:20													-----	
18	第4回定検中 (2次Na充填後)	S59 13:05	24:02	231	137	145	3.3	<2.0	0.10	<0.2	<1.0	0.01	<0.02	0.003	123.2	58-12
		3/17 13:07													-----	
19	100MW第3サイ クル原子炉起動前	4/11 13:42	24:00	215	130	135	2.2	<2.0	0.10	0.2	<1.0	0.04	<0.02	<0.002	119.5	59-01
		4/12 13:42													-----	
20	100MW第3サイ クル原子炉起動後	4/18 10:04	24:35	345	130	155	2.7	<2.0	0.08	分析 不可能	1.3	0.03	<0.02	<0.002	120.5	59-02
		4/19 10:39													-----	
21	100MW第3サイ クル定格運転中	5/27 10:18	24:12	343	130	140	2.2	<2.0	0.07	0.4	1.0	0.03	<0.02	<0.002	119.5	59-03
		5/28 10:30													-----	
22	100MW第3サイ クル終了後熱交中	6/24 10:36	24:01	237	140	140	2.4	<2.0	0.12	0.3	<1.0	<0.01	<0.02	<0.002	120.5	59-04
		6/25 10:37													-----	
23	100MW第4サイ クル原子炉起動後	7/3 9:13	24:02	346	131	140	3.7	2.6	0.10	0.2	<1.0	0.01	<0.02	<0.002	121.0	59-05
		7/4 9:15													-----	
24	100MW第4サイ クル定格運転中	7/29 10:00	24:07	349	130	150	3.3	3.0	0.09	0.3	3.8	0.08	<0.02	<0.002	122.0	59-06
		7/30 10:07													-----	

表 4.5 - (3) 2次系ナトリウム分析結果

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)	備 考	
	フラッシング	フラッシング	D/T	C/T	PL	O	C	H	N	Cl	Fe	Ni	Cr	ボイド 有 無		
	開始・停止時間	時間 (Hr)	(℃)	(℃)	(℃)	20	50	10	-	50	10	5	5			
25	100MW第4サイ クル終了後燃交中	8/21 10:10 8/22 10:10	24:00	230	130	135	2.9	<2.0	0.20	<0.2	3.0	<0.01	<0.02	<0.002	120.5	59-07
26	100MW第5サイ クル原子炉起動後	9/12 10:30 9/13 10:32	24:02	348	130	135	2.8	<2.0	0.19	<0.2	3.0	0.01	<0.02	<0.002	122.0	59-08
27	100MW第5サイ クル定格運転中	9/26 10:10 9/27 10:17	24:07	348	130	130	3.2	3.1	0.14	0.3	1.3	0.05	0.03	0.002	122.0	59-09
28	100MW第6サイ クル原子炉起動前	11/24 11:05 11/25 11:09	24:04	242	130	132	2.2	5.0	0.13	-	-	0.04	<0.02	0.007	121.5	59-11
29	100MW第6サイ クル原子炉起動後	12/9 9:45 12/10 10:01	24:16	343	130	120	2.2	2.4	0.12	-	<1.0	0.02	<0.02	0.004	107.1	59-12
30	100MW第6サイ クル定格運転中	12/22 10:11 12/23 10:15	24:05	345	130	132	4.0	2.0	0.13	-	<1.0	<0.01	<0.02	<0.002	108.5	59-13
31	100MW第6サイ クル終了燃交中	S61 10:45 1/30 10:48 1/31 10:48	24:03	223	130	134	2.2	2.4	0.11	<0.2	<1.0	0.07	<0.01	0.013	109.5	59-14
32	100MW第7サイ クル原子炉起動後	2/14 10:05 2/15 10:15	24:10	358	130	140	3.0	2.2	0.11	0.3	<1.0	0.56 2.26	0.09 0.30	0.017 1.313	122.0	59-15
33	100MW第7サイ クル定格運転中	3/7 10:17 3/8 10:09	23:52	342	130	120	2.8	2.4	0.08	<0.2	<1.0	0.26 0.76	0.037 0.114	0.048 0.153	107.7	59-16

表 4.6 - (1) 1次系カバーガスアルゴン分析結果

※1 Airリークの影響
 ※2 焼出し不足

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		主系統 Na 流量 A/B($\frac{m^3}{h}$)	分析結果 (vol. ppm)							備 考	サンプリング ポットの 表面線量率 (mR/h) (取出し日時)
	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)		O ₂	H ₂	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄	He		
						30	20	2500	10	20	10	-		
1 1次主ポンプ 装荷後	S57 5/19 14:05 16:05	2:00	220 220	220 221	1271 1267	<1.4	17.1	341	<3.6	<4.9	52.5	※2 474	JAr I-57-01 (1000ccポット)	
2 ACT-9 燃交中	7/5 11:20 14:10	2:50	38 40	32 31	0 0	<1.4	27.5	66.8	<3.6	<4.9	13.0	※2 11.1	57-02 (ドレン中)	
3 ACT-9 終了時	7/23 16:37 16:32	1:55	36 38	43 39	0 0	<1.3	23.6	50.4	<3.3	<4.4	9.9	5.4	57-03 (ドレン中)	<0.03 (7/26)
4 ACT-12 開始前	9/20 11:25 13:45	2:20	259 258	258 259	1265 1264	<1.4	63.3	2020	<3.6	<4.9	99.5	73.4	57-04	
5 性能試験制御棒 校正時 (20kW~90kW)	12/22 14:25 16:30	2:05	265 262	261 262	1260 1260	831 ×10 ³	※1 7.08	263 ×10 ⁴	<3.6	-	15.8	9.77	57-05 (旧ポット)	
6 性能試験 原子炉停止中	S58 1/18 11:50 13:50	2:00	234 231	231 231	239 251	6.33	2.37	121 ×10 ³	<3.6	<4.9	21.8	1.76	57-06 (コネクタ部漏れ)	
7 性能試験 原子炉起動前	1/31 13:24 15:24	2:00	240.0 238.3	237.8 237.9	253 250	<1.4	23.0	16.2	<3.6	<4.9	ND	<0.2	57-07	<0.03 (2/3)
8 性能試験 25kW 出力時	2/10 22:26 0:26	2:00	369.8 367.3	399.9 396.2	1267 1252	※1 1700	822	※1 6700	<3.6	-	120	5.4	57-08 (旧ポット) (コネクタ部漏れ)	<0.03 (2/12)
9 性能試験 25kW 出力時	2/13 11:40 13:40	2:00	368 366	398 398	1272 1262	5.5	200	184	<3.6	<5.7	148	8.1	57-09	<0.03 (2/23)
10 性能試験 75kW 出力時	3/5 13:40 15:40	2:00	369.5 366.6	463.7 463.2	1265 1264	2.6	37.6	79.3	<3.6	<5.7	10.7	83.8	57-10 (コネクタ部漏れ)	<0.03 (3/6)
11 性能試験 100MW出力時	3/29 13:10 15:10	2:00	370 370	497 498	1260 1260	1.1	14.4	64.9	<3.6	<5.7	4.8	30.8	57-11 (コネクタ部漏れ)	2.0 (3/30)
12 性能試験終了時	4/5 22:30 0:30	2:00	237 236	236 236	256 255	1.6	13.9	66.8	<3.6	<5.7	2.9	11.8	57-12	<0.03 (4/8)

改造ポット

表 4.6 -(2) 1次系カバーガスアルゴン分析結果

※1 Airリークの影響
 ※2 焼出し不足

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		主系統 Na 流量 A/B($\frac{m^3}{h}$)	分析結果 (vol. ppm)							備 考	サンプリング ポットの 表面線量率 (mR/h) (取出し日時)
	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)		O ₂	H ₂	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄	He		
						30	20	2500	10	20	10	—		
13 燃料交換終了時	S58 4/19 11:10 13:20	2:10	244.1/ 239.8	240.8/ 240.4	260/ 270	1.1	13.2	259	<3.6	<5.7	38.3	3.9	JArI- 58-01	<0.03 (4/19)
14 燃料交換終了時	5/29 10:43 12:43	2:00	243.3/ 244.0	243.3/ 243.3	255/ 242	1.5	15.8	17.9	<3.6	<5.7	1.7	<0.2	58-02	<0.03 (5/30)
15 原子炉停止中	6/16 13:00 15:00	2:00	239.0/ 239.0	239.7/ 239.5	251/ 241	<1.4	17.9	63.5	<3.6	<5.7	4.3	0.4	58-03	0.06 (6/17)
16 高出力特性試験 (50MW)	7/4 11:20 13:20	2:00	370.6/ 367.9	430.4/ 430.4	1260/ 1264	33※1 $\times 10^2$	10.3	※1 12.5 $\times 10^3$	—	—	2.4	20.4	58-04	
17 100MW第1サイクル 原子炉起動前	8/8 14:36 16:36	2:00	252.2/ 251.7	252.4/ 252.2	1267/ 1252	<1.4	31.1	255	<3.6	<5.7	15.8	32.7	58-05	
18 100MW第1サイクル 原子炉起動後	8/15 11:00 13:00	2:00	370/ 370	498/ 500	1260/ 1260	<1.4	29.6	153	<3.6	<5.7	7.5	44.6	58-06	<0.03 (8/23)
19 100MW第1サイクル 定格運転中	9/2 11:52 14:05	2:13	369/ 366.8	496.7/ 496.5	1256/ 1258	<1.4	54.0	63.9	<3.6	<5.7	11.2	92.4	58-07	<0.03 (9/9)
20 100MW第1サイクル 終了前(50MW)	9/24 10:53 12:53	2:00	368.4/ 367.9	434.1/ 433.5	1264/ 1253	<1.4	30.4	70.6	<3.6	<5.7	3.7	80.4	58-08	
21 100MW第1サイクル 原子炉停止後	9/28 16:17 18:17	2:00	256.9/ 256.5	258.1/ 257.4	1259/ 1253	0.97	18.1	84.6	<3.6	<5.7	1.6	65.5	58-09	<0.03 (9/29)
22 100MW第2サイクル 原子炉起動前	9/13 11:35 13:43	2:08	255.1/ 254.6	255.5/ 255.3	1271/ 1253	<1.4	15.8	10.6	<3.6	<5.7	19.1	61.5	58-10	<0.03 (10/13)
23 100MW第2サイクル 原子炉起動後	10/19 11:20 13:20	2:00	369.5/ 366.8	496.7/ 497.1	1266/ 1263	ND	27.6	82.9	ND	ND	3.1	37.0	58-11	
24 100MW第2サイクル 定格運転中	11/7 13:00 15:00	2:00	369.3/ 366.8	495.3/ 494.8	1268/ 1259	ND	34.4	52.1	ND	ND	3.8	61.5	58-12	

表 4.6-(3) 1次系カバーガスアルゴン分析結果

 ※1 Airリークの影響
 ※2 焼出し不足

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		主系統 Na 流量 A/B(m ³ /h)	分析結果 (vol.ppm)							備 考	サンプリング ポットの 表面線量率 (mR/h) (取出し日時)	
	フラッシング 開始・停止日時	フラッ シグ 時間(hr)	加容器入口	加容器出口		O ₂	H ₂	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄	He			
			A/B(°C)	A/B(°C)		30	20	2500	10	20	10	-			
25	100MW第2サイ クル原子炉停止前	S58 11/25 11:00 13:10	2:10	369.3 366.2	496.4 496.4	1268 1265	ND	32.4	43.7	ND	ND	4.1	55.9	JAr I- 58-13	<0.03 (12/1)
26	100MW第2サイ クル原子炉停止後	12/7 14:25 16:25	2:00	237.5 237.2	238.1 238.4	252 239	ND	128	21.9	ND	ND	27.4	23.9	58-14	
27	第4回定検中 (GL-8250)	S59 3/2 16:28 18:33	2:05	213.5 211.5	179.2 171.5	0 0	1.4	19	543	ND	ND	ND	0.63	58-15 (320ccポット)	<0.03 (3/5)
28	第4回定検中	3/21 10:52 12:52	2:00	232.7 230.1	231.6 231.2	170 195	4.4	10.9	415	ND	ND	19.9	4.6	58-16 (200ccポット)	<0.03 (3/21)
29	第4回定検中	3/21 13:23 15:23	2:00	232.3 230.3	231.4 231.2	171 196	7.8	12.9	433	ND	ND	20.2	4.5	58-17 (320ccポット)	<0.03 (3/21)
30	100MW第3サイ クル原子炉起動前	4/13 11:40 13:55	2:15	252.0 252.0	252.0 252.0	380 380	ND	230	444	ND	ND	39.1	11.4	59-01	<0.03 (4/4)
31	100MW第3サイ クル原子炉起動後	5/2 11:26 13:26	2:00	370.0 370.0	500.0 500.0	1260 1260	5.43	30.3	211	ND	ND	5.10	19.8	59-02	<0.03 (5/8)
32	100MW第3サイ クル定検運転中	5/22 11:27 13:37	2:10	370.0 368.4	497.0 497.9	1258 1268	5.63	37.4	85.4	ND	ND	5.41	31.7	59-03	<0.03 (5/29)
33	100MW第3サイ クル終了後燃交中	6/25 11:07 13:11	2:04	265.0 265.0	265.0 265.0	1269 1263	ND	30.2	237	ND	ND	2.28	26.8	59-04	<0.03 (6/29)
34	100MW第4サイ クル原子炉起動後	7/3 14:30 15:30	2:00	370.4 367.9	490.6 491.5	1260 1268	ND	61.7	13.9	ND	ND	2.60	15.2	59-05	<0.03 (7/10)
35	100MW第4サイ クル定検運転中	7/24 10:30 12:36	2:06	370.6 368.2	497.7 498.4	1260 1270	ND	35.5	70.8	ND	ND	4.72	25.9	59-06	2.5 (7/31)
36	100MW第5サイ クル原子炉起動後	9/7 10:52 13:03	2:11	370.0 369.0	498.0 499.0	1261 1268	ND	39.7	13.4	ND	ND	3.92	10.2	59-07	0.05 (9/14)

表 4.6 - (4) 1次系カバーガスアルゴン分析結果

※1 Airリークの影響
 ※2 焼出し不足

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		主系統 Na 流量 A/B (m ³ /h)	分析結果 (vol.ppm)							備 考	サンプリング ポットの 表面線量率 (mR/h) (取出し日時)	
	フラッシング 開始・停止日時	フラッ シグ 時間 (hr)	炉容器入口 A/B (°C)	炉容器出口 A/B (°C)		O ₂	H ₂	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄	He			
						30	20	2500	10	20	10	—			
37 100MW第5サイ クル定格運転中	S59 9/21	10:30 12:30	2:00	370.0 369.0	498.0 499.0	1261 1268	ND	65.7	57.1	ND	ND	23.5	25.9	JAr I- 59-08	0.06 (9/28)
38 100MW第6サイ クル原子炉起動前	11/24	9:35 11:33	1:58	258.8 258.1	260.0 259.0	126.0 126.9	ND	34.5	2300	ND	ND	3.88	9.55	59-09	<0.03 (11/24)
39 100MW第6サイ クル原子炉起動後	12/8	10:30 12:30	2:00	370.0 367.0	496.0 496.0	126.0 127.0	3.98	49.6	623	ND	ND	3.00	16.1	59-10	<0.03 (12/14)
40 100MW第6サイ クル定格運転中	12/18	10:30 12:30	2:00	369.5 367.7	496.6 497.5	126.2 127.3	ND	20.2	232	ND	ND	2.21	21.5	59-11	<0.03 (12/25)
41 100MW第6サイ クル終了後燃交中	2/12	11:15 13:15	2:00	256.5 256.6	257.0 257.0	126.0 126.0	ND	18.5	331	ND	ND	1.74	17.5	59-12	<0.03 (2/12)
42 100MW第7サイ クル定格運転中	2/26	11:27 13:29	2:02	369.9 367.7	497.9 498.4	125.7 127.0	ND	18.4	117	ND	ND	3.86	21.6	59-13	<0.03 (3/5)

表 4.7-1) 2次系カバーガスアルゴン分析結果(オーバフロータンク)

ND: 不検出

サンプリング時の プラント状態	フラッシング時刻		軸封Arガス流 量A/B (Nm ³ /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)		O ₂	H ₂	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄	He	
				50	30	5000	20	30	20	-	
1 サーベランス材 取出後	S57 13:15 9/17 ~15:00	1:45	0.25/0.25	<1.4 (ND)	1.91	926	<3.6 (ND)	<4.9 (ND)	<4.8 (ND)	11.3	JAr II- 57-01
2 性能試験臨界前	12/21 9:15 ~11:15	2:00	0.25/0.25	ND	0.91	4.21	ND	ND	ND	<0.2 ND	57-03
3 性能試験原子炉 起動前	S58 9:35 1/29 ~11:35	2:00	0.25/0.25	ND	3.2	3.1	ND	ND	ND	ND	57-04
4 性能試験 25MW 出力時	2/11 16:18 ~18:18	2:00	0.25/0.25	ND	3.8	4.1	ND	ND	ND	ND	57-05
5 性能試験 75MW 出力時	3/3 11:30 ~13:30	2:00	0.24/0.24	ND	2.0	3.1	ND	ND	ND	ND	57-06
6 性能試験 100MW 出力時	3/27 9:20 ~11:20	2:00	0.25/0.25	ND	1.0	1.8	ND	ND	ND	ND	57-07
7 置換反応度測定 時	5/28 10:05 ~12:05	2:00	0.25/0.25	ND	1.6	2.9	ND	ND	ND	ND	58-05
8 原子炉停止中	6/15 12:10 ~14:10	2:00	0.25/0.25	ND	1.3	8.9	ND	ND	ND	ND	58-08
9 高出力特性試験 (50MW)	7/2 11:58 ~13:58	2:00	0.25/0.25	ND	1.2	3.2	ND	ND	ND	3.2	58-09
10 100MW第1サイ クル原子炉起動前	8/1 13:22 ~15:22	2:00	0.27/0.27	ND	2.4	5.6	ND	ND	ND	ND	58-11
11 100MW第1サイ クル原子炉起動後	8/15 11:20 ~13:20	2:00	0.25/0.25	ND	2.0	4.2	ND	ND	ND	ND	58-12
12 100MW第1サイ クル定格運転中	9/3 13:06 ~15:06	2:00	0.25/0.25	ND	0.7	4.7	ND	ND	ND	ND	58-13
13 100MW第1サイク ル終了前(50MW)	9/24 11:00 ~13:00	2:00	0.25/0.25	ND	2.4	4.2	ND	ND	ND	ND	58-14
14 100MW第2サイク ル原子炉起動前	10/6 11:09 ~13:09	2:00	0.25/0.25	ND	0.8	4.1	ND	ND	ND	ND	58-15
15 100MW第2サイク ル原子炉起動後	10/18 17:18 ~19:18	2:00	0.25/0.25	ND	0.7	4.1	ND	ND	ND	0.5	58-16

表 4.7-2) 2次系カバーガスアルゴン分析結果(オーバフロータンク)

ND: 不検出

サンプリング時の プラント状態	フラッシング時刻		軸封 Ar ガス流量 A/B (Nm ³ /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)		O ₂	H ₂	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄	He		
				50	30	5000	20	30	20	—		
16 100MW第2サイ クル定格運転中	S58 11/8	10:45 ~12:45	2:00	0.25/0.25	ND	1.1	3.9	ND	ND	ND	4.1	JAr II - 58-17
17 100MW第2サイ クル原子炉停止後	12/8	11:25 ~13:40	2:15	0.24/0.24	ND	0.48	2.9	ND	ND	ND	ND	58-18
18 第4回定検中 2次Na充填後	S59 3/21	11:15 ~13:15	2:00	0.25/0.25	1.5	2.0	13.1	ND	ND	ND	ND	59-19
19 100MW第3サイ クル原子炉起動前	4/13	13:25 ~15:25	2:00	0.25/0.25	23.9	10.9	57.2	ND	ND	ND	ND	59-01
20 100MW第3サイ クル原子炉起動後	5/2	14:25 ~11:37	2:12	0.25/0.25	1.9	2.6	5.7	ND	ND	ND	ND	59-02
21 100MW第3サイ クル定格運転中	5/25	10:35 ~12:55	2:20	0.25/0.25	ND	1.15	2.34	ND	ND	ND	1.08	59-03
22 100MW第3サイ クル終了後燃交中	6/18	11:51 ~13:50	1:59	0.25/0.25	ND	2.72	3.01	ND	ND	ND	ND	59-04
23 100MW第4サイ クル原子炉起動後	6/29	10:10 ~12:10	2:00	0.245/0.245	ND	2.54	2.45	ND	ND	ND	ND	59-05
24 100MW第4サイ クル定格運転中	7/19	10:37 ~12:38	2:01	0.25/0.25	ND	0.66	ND	ND	ND	ND	ND	59-06
25 100MW第4サイ クル終了後燃交中	8/18	10:31 ~12:33	2:02	0.24/0.24	ND	1.76	ND	ND	ND	ND	ND	59-07
26 100MW第5サイ クル原子炉起動後	9/8	10:00 ~12:00	2:00	0.25/0.25	ND	1.66	ND	ND	ND	ND	ND	59-08
27 100MW第5サイ クル定格運転中	9/28	9:51 ~11:51	2:00	0.25/0.25	ND	0.55	ND	ND	ND	ND	0.41	59-09
28 2次系コールドトラ ップシフト試験中	10/19	∴ ∴	2:00	0.25/0.25	ND	0.44	ND	ND	ND	ND	ND	59-10
29 100MW第6サイ クル原子炉起動後	12/11	10:07 ~12:09	2:02	0.25/0.25	ND	0.33	ND	ND	ND	ND	ND	59-11
30 100MW第6サイ クル定格運転中	S60 1/11	10:15 ~12:15	2:00	0.25/0.25	ND	0.46	4.94	ND	ND	ND	ND	59-12

表 4.7-(3) 2次系カバーガスアルゴン分析結果(オーバフロータンク)

ND: 不検出

サンプリング時の プラント状態	フラッシング時刻		軸封Arガス流量 A/B (Nm ³ /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)		O ₂	H ₂	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄	He	
				50	30	5000	20	30	20	-	
31 100MW第6サイ クル終了後燃交中	S60 11:02 1/24 ~13:06	2:03	0.25/0.25	ND	2.06	5.71	ND	ND	ND	ND	59-13
32 100MW第6サイ クル原子炉起動後	2/17	2:00	0.25/0.25	ND	1.32	3.29	ND	ND	ND	ND	59-14
33 100MW第7サイ クル定格運転中	3/1 11:02 ~13:12	2:10	0.25/0.25	ND	1.66	ND	ND	ND	ND	0.52	59-15

表 4.8-1) 2次系カバーガスアルゴン分析結果(ダンプタンク)

ND: 不検出

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 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 ₂	H ₂	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄	He		
				50	30	5000	20	30	20	—		
1	サーベランス材 取出後	S57 13:15 9/17 15:00	1:45	245	<1.4 (ND)	2.14	926	<3.6 (ND)	<4.9 (ND)	<0.8 (ND)	11.3	JArII- 57-01
2	性能試験臨界前	12/21 9:15 11:15	2:00	229	ND	1.35	481	ND	ND	ND	<0.2 ND	57-03
3	性能試験 原子炉起動前	S58 9:35 1/29 11:35	2:00	227	ND	2.0	3.1	ND	ND	ND	ND	57-04
4	性能試験 25MW出力時	2/11 16:18 / 18:18	2:00	362	ND	3.9	3.9	ND	ND	ND	ND	57-05
5	性能試験 75MW出力時	3/3 11:30 13:30	2:00	351	ND	2.9	3.1	ND	ND	ND	ND	57-06
6	性能試験 100MW出力時	3/27 9:20 11:20	2:00	337	ND	0.9	2.8	ND	ND	ND	ND	57-07
7	置換反応度測定 時	5/28 10:05 12:05	2:00	221	ND	2.0	6.4	ND	ND	ND	0.2	58-05
8	原子炉停止中	6/15 12:10 14:10	2:00	222	ND	3.5	3.9	ND	ND	ND	ND	58-08
9	高出力特性試験 (50MW)	7/2 11:58 13:58	2:00	335	ND	0.7	26.6	ND	ND	ND	1.5	58-09
10	100MW第1サイ クル原子炉起動前	8/1 13:52 15:52	2:00	200	ND	2.9	4.4	ND	ND	ND	ND	58-11
11	100MW第1サイ クル原子炉起動後	8/15 11:20 13:20	2:00	339	ND	1.4	3.9	ND	ND	ND	ND	58-12
12	100MW第1サイ クル定格運転中	9/3 13:24 15:24	2:00	340	ND	1.0	3.9	ND	ND	ND	ND	58-13
13	100MW第1サイ クル終了前(50MW)	9/24 11:00 13:00	2:00	348	ND	1.2	6.4	ND	ND	ND	ND	58-14
14	100MW第2サイ クル原子炉起動前	10/6 11:08 13:08	2:00	225	ND	0.7	4.9	ND	ND	ND	ND	58-15
15	100MW第2サイ クル原子炉起動後	10/18 17:15 18:15	2:00	337	3.9	0.4	22.6	ND	ND	ND	ND	58-16

表 4.8-(2) 2次系カバーガスアルゴン分析結果(ダンプタンク)

ND: 不検出

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 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 ₂	H ₂	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄	He		
				50	30	5000	20	30	20	—		
16	100MW第2サイ クル定格運転中	S58 10:45 11/8 12:45	2:00	338	ND	1.7	3.6	ND	ND	ND	ND	JArII- 58-17
17	100MW第2サイ クル原子炉停止後	12/8 11:20 13:35	2:15	218	ND	0.47	3.1	ND	ND	ND	0.23	58-18
18	第4回定検中 2次Na充填後	S59 11:13 3/21 13:13	2:00	218	2.9	3.1	27.0	ND	ND	ND	ND	58-19
19	原子炉停止中	3/28 13:47 15:47	2:00	235	—	8.10 2.86 11.10	—	—	—	—	—	58-20 分析依頼
20	100MW第3サイ クル原子炉起動前	4/13 13:25 15:25	2:00	231	1.73	7.10	6.05	ND	ND	ND	ND	59-01
21	100MW第3サイ クル原子炉起動後	5/2 14:27 16:35	2:08	345	1.9	1.8	4.3	ND	ND	ND	ND	59-02
22	100MW第3サイ クル定格運転中	5/25 10:35 12:55	2:20	342	ND	1.65	2.00	ND	ND	ND	ND	59-03
23	100MW第3サイ クル終了後燃交中	6/18 11:44 13:47	2:03	233	ND	1.43	20.5	ND	ND	ND	ND	59-04
24	100MW第4サイ クル原子炉起動後	6/29 10:10 12:10	2:00	347	ND	1.37	ND	ND	ND	ND	ND	59-05
25	100MW第4サイ クル定格運転中	7/19 10:36 12:37	2:01	346	ND	1.03	ND	ND	ND	ND	ND	59-06
26	100MW第4サイ クル終了後燃交中	8/18 10:28 12:33	2:05	235	ND	1.91	ND	ND	ND	ND	ND	59-07
27	100MW第5サイ クル原子炉起動後	9/8 10:00 12:00	2:00	348	ND	2.55	4.39	ND	ND	ND	ND	59-08
28	100MW第5サイ クル定格運転中	9/28 9:48 11:49	2:00	346	ND	0.77	ND	ND	ND	ND	ND	59-09
29	2次系コールドトラ ップバイパス試験中	10/19 0:56 2:56	2:00	352	ND	0.22	ND	ND	ND	ND	ND	59-10
30	100MW第6サイ クル原子炉起動後	12/11 10:10 12:12	2:02	346	ND	0.33	ND	ND	ND	ND	ND	59-11

表 4.8 - (3) 2次系カバーガスアルゴン分析結果 (ダンプタンク)

ND: 不検出

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 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 ₂	H ₂	N ₂	CO	CO ₂	CH ₄	He	
				50	30	5000	20	30	20	-	
31 100MW第6サイ クル定格運転中	S60 10:15 1/11 12:15	2:00	343	ND	0.33	2.46	ND	ND	ND	ND	59-12
32 100MW第6サイ クル終了後燃交中	1/24 11:02 13:06	2:04	230	ND	2.55	10.3	ND	ND	ND	ND	59-13
33 100MW第7サイ クル原子炉起動後	2/17	2:00	342	ND	0.87	4.89	ND	ND	ND	ND	59-14
34 100MW第7サイ クル定格運転中	3/1 11:02 13:12	2:10	342	ND	0.85	7.69	ND	ND	ND	0.17	59-15

表 4.9 1次系ナトリウム中の³Hの放射能濃度

サンプリング時のプラント状態	分析結果 ($\mu\text{Ci/g}$)	サンプリング時のプラント状態	分析結果 ($\mu\text{Ci/g}$)
1次主ポンプ装荷後	2.8×10^{-2}	100MW第6サイクル定格運転中	2.3×10^{-2}
性能試験臨界前	9.0×10^{-3}	"	8.8×10^{-2}
性能試験原子炉起動前	2.1×10^{-3}	100MW第6サイクル終了後燃交中	2.2×10^{-2}
性能試験 25MW出力時	8.0×10^{-4}	100MW第7サイクル原子炉起動後	5.4×10^{-3}
75MW出力時	1.4×10^{-2}	" 定格運転中	9.0×10^{-2}
100MW出力時	6.8×10^{-2}		
置換反応度測定時	1.0×10^{-2}		
原子炉停止中	5.8×10^{-3}		
高出力特性試験前	8.4×10^{-3}		
100MW第1サイクル原子炉起動前	4.4×10^{-3}		
100MW第2サイクル定格運転中	2.5×10^{-2}		
"	2.2×10^{-3}		
100MW第2サイクル原子炉停止後	4.2×10^{-2}		
1次主ポンプ試運転時	7.0×10^{-2}		
100MW第3サイクル原子炉起動前	5.0×10^{-3}		
" 原子炉起動後	1.0×10^{-3}		
" 定格運転中	2.1×10^{-3}		
" 終了後燃交中	5.2×10^{-3}		
100MW第4サイクル原子炉起動後	1.9×10^{-3}		
" 終了後燃交中	9.4×10^{-3}		
100MW第5サイクル定格運転中	9.6×10^{-3}		
" 終了後燃交中	2.1×10^{-2}		
100MW第6サイクル原子炉起動後	4.2×10^{-3}		

表 4.10 1次系カバーガスアルゴン中の³H放射能濃度

サンプリング時のプラント状態	分析結果($\mu\text{ci}/\text{N. cc}$)	サンプリング時のプラント状態	分析結果($\mu\text{ci}/\text{N. cc}$)
1次主ポンプ装荷後	1.8×10^{-3}	第4回定検中	2.0×10^{-3}
ACT-9 燃交中	7.0×10^{-4}	100MW第3サイクル 原子炉起動前	9.5×10^{-4}
" 終了後	2.8×10^{-3}	" 原子炉起動後	2.4×10^{-4}
ACT-12 開始前	2.3×10^{-4}	" 定格運転中	2.6×10^{-4}
性能試験制御棒校正時 (20kW~90kW)	1.1×10^{-3}	" 終了後燃交中	9.8×10^{-4}
性能試験原子炉停止中	2.3×10^{-4}	100MW第4サイクル 原子炉起動後	2.5×10^{-4}
" 原子炉起動前	1.7×10^{-4}	" 定格運転中	4.5×10^{-4}
" 25MW出力時	7.5×10^{-3}	100MW第5サイクル 原子炉起動後	3.7×10^{-4}
"	1.3×10^{-3}	" 定格運転中	1.7×10^{-4}
" 75MW出力時	3.4×10^{-4}	100MW第6サイクル 原子炉起動前	5.2×10^{-4}
100MW出力時	2.3×10^{-5}	" 原子炉起動後	2.6×10^{-4}
置換反応度時測定時	1.3×10^{-4}	" 定格運転中	2.1×10^{-4}
原子炉停止中	1.1×10^{-4}	" 終了後燃交中	4.7×10^{-4}
100MW第1サイクル 原子炉起動前	3.3×10^{-4}	100MW第7サイクル 定格運転中	5.2×10^{-4}
" 原子炉起動後	1.7×10^{-4}		
" 定格運転中	2.9×10^{-4}		
" 終了前(50MW)	4.0×10^{-4}		
" 原子炉停止後	1.1×10^{-4}		
100MW第2サイクル 原子炉起動前	5.8×10^{-4}		
" 原子炉起動後	1.0×10^{-4}		
" 定格運転中	2.7×10^{-4}		
" 原子炉停止後	1.6×10^{-4}		
第4回定検中	6.7×10^{-5}		