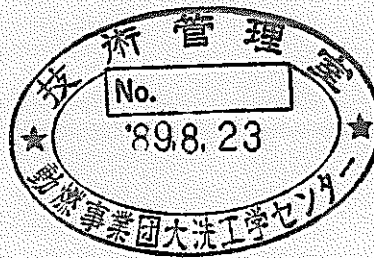


高速実験炉「常陽」 1次ナトリウム純化系コールドトラップ 線量率測定試験報告書



1989年3月

| 技術資料コード | |
|-------------------------------------|--------------|
| 開示区分 | レポートNo. |
| | N9410 89-084 |
| 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)

1989年3月

高速実験炉「常陽」1次ナトリウム純化系 コールドトラップ線量率測定試験報告書

中村正人* 野口浩二* 相川幸司*
伊藤芳雄* 郡司泰明* 小沢健二*
山下芳興**

要 旨

コールドトラップの表面線量率及び、放射性核種の分布とその推移から酸素不純物捕獲分布を把握することを目的に、第6回及び第7回定期検査時にコールドトラップの線量率測定試験を実施した。

測定結果以下の知見が得られた。

- (1) 新型コールドトラップの表面線量率は、第6回定期検査時に比べ第7回定期検査時には約2倍に上昇していたが、その分布状況はほぼ同じ傾向であった。
- (2) 放射性核種測定試験の結果 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{22}Na 、 ^{124}Sb が検出された。
- (3) 旧コールドトラップの ^{60}Co の分布は、旧コールドトラップのモックアップであるCT-4B1号機の解体検査で得られた酸素不純物捕獲分布と同じ様な分布であった。このことから旧コールドトラップでは、 ^{60}Co の分布と酸素不純物捕獲分布は同じであったと推察される。
- (4) 酸素不純物がメッシュ部全体に均一に捕獲される様に設計された、新型コールドトラップのメッシュ部における ^{60}Co の分布はほぼ均一であった。このことから、新型コールドトラップにおいても、 ^{60}Co の分布と酸素不純物捕獲分布に相関関係があるとした場合、新型コールドトラップは、初期の性能を発揮し酸素不純物が均一に捕獲されていることが確認出来た。

* 大洗工学センター高速実験炉原子炉第一課

** 大洗工学センター高速実験炉技術課

March, 1989

**A Cold Trap examination for measurements
of dose rate in primary Sodium
purification System of JOYO**

M. Nakamura, K. Noguchi, K. Aikawa
Y. Ito, Y. Gunji, K. Ozawa,
and Y. Yamashita

Abstract

A Cold Trap examination for measurements of dose rate, which purpose is to grasp the distribution of Captured oxygen impurity from the surface dose rate and distribution of nuclide, was carried out in the 6th and the 7th periodic Annual Inspection.

The results obtained from this examination were as follows.

- ① The surface dose rate of a new modeling Cold Trap at the 7th periodic Annual Inspection was about twice rate as much as the 6th.
- ② ^{22}Na , ^{60}Co , ^{54}Mn , and ^{124}Sb were detected from Cold Traps.
- ③ The distribution of ^{60}Co at a old modeling Cold Trap was same as the distribution of captured oxygen of CT4-1B which is mocked up for a old modeling Cold Trap of JOYO. Therefore the distribution at a Cold Trap will be expected that the distribution of ^{60}Co is same as the distribution of captured oxygen impurity.
- ④ The new modeling Cold Trap was designed to Capture the oxygen impurity homogeneity at mesh territory. The distribution of ^{60}Co at the new modeling Cold Trap was uniformed at mesh territory. Therefore, if there are the Correlation between the distribution of ^{60}Co and the captured oxygen impurity, New modeling Cold Trap was displaid design function and Captured oxygen impurtiy homogeneity.

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

** Reactor Technology Section, Experimental Reactor Division, O-arai Engineering Center.

目 次

| | |
|-------------------------------|----|
| 1. 諸 言 | 1 |
| 2. コールドトラップ線量率測定試験の目的 | 2 |
| 3. 試験経緯 | 3 |
| 4. 旧コールドトラップ線量率測定試験結果 | 4 |
| 4.1 測定試験結果 | 4 |
| 4.2 線量率測定に於ける課題点 | 10 |
| 5. 新型コールドトラップ用線量率測定試験装置 | 11 |
| 5.1 TLD線量率測定試験装置 | 11 |
| (1) TLDによる測定装置 | 11 |
| (2) TLDフェーディング現象の究明 | 14 |
| (2.1) TLD測定位置の温度測定 | 14 |
| (2.2) TLD特性試験 | 14 |
| 5.2 Ge半導体検出器核種測定試験装置 | 22 |
| (1) Ge半導体検出器遮へい体の製作 | 22 |
| (2) Ge半導体検出器遮へい体懸垂装置の製作 | 24 |
| (3) コリメータの製作 | 26 |
| 6. 新型コールドトラップ線量率測定試験 | 28 |
| 6.1 試験方法 | 28 |
| 6.2 試験結果 | 38 |
| 6.2.1 新型コールドトラップ | 38 |
| 6.2.2 旧コールドトラップ | 39 |
| 7. 検討結果 | 48 |
| 7.1 核種分布 | 48 |
| 7.2 酸素不純物捕獲とCPとの相関の可能性 | 54 |

| | |
|------------------------------|----|
| 8. 今後の計画 | 58 |
| 8.1 CPと酸素不純物捕獲分布の相関の究明 | 58 |
| 8.2 CPの定量評価 | 58 |
| 9. 結 言 | 59 |
| 10. 謝 辞 | 60 |
| 11. 参考文献 | 61 |

1. 緒 言

コールドトラップの健全性を評価する上において、不純物（主に酸素）の捕獲総量と、局部閉塞の観点から捕獲分布を知ることが重要になってくる。

旧コールドトラップの運転においては、不純物捕獲量の少ない時期から圧損上昇が始まり、問題となった。これら圧損上昇メカニズム及び原因究明の一つとして不純物捕獲状況を把握することが提案された。

現在コールドトラップにおける不純物捕獲総量については、プラグ温度から計算によって概ね知ることが出来る。しかし、捕獲された不純物の分布については、試験ループにおけるコールドトラップ強制閉塞試験後の解体検査時のデータのみであり、改良された新型コールドトラップについては、解体データもなく確立された予測手段がない。この為、なんらかの手法により捕獲分布を把握することによってコールドトラップ供用期間中の健全性を確認する必要がある。この捕獲分布を把握する一手段として、定期検査（以後定検という）ごとにTLDによる表面線量率測定及び、Ge半導体検出器による放射性核種（以後核種という）測定から、放射性腐食生成物（以後CPという）の分布と推移を追跡している。

本報告書では、線量率測定試験の経緯、旧コールドトラップの線量率測定試験経験、新型コールドトラップのナトリウム初期充填時、及び100MW定格出力で第13サイクル（昭和62年8月31日～10月31日）、第14サイクル（昭和62年11月28日～昭和63年1月30日）、第15サイクル（昭和63年2月29日～5月12日）、及び第16サイクル（昭和63年8月2日～9月6日）の4サイクル運転後の線量率測定結果について報告する。

2. コールドトラップ線量率測定試験の目的

1次ナトリウム純化系に設置された新型コールドトラップについて、定検ごとにTLDによる表面線量率測定及び、Ge半導体検出器による核種測定を行い、それらの分布と推移を知ることによって、コールドトラップの酸素不純物捕獲状況を予測し、新型コールドトラップ供用期間中の健全性評価手法を開発する。

3. 試験経緯

「常陽」の1次ナトリウム純化系は昭和50年7月に初期純化を開始したが、昭和53年4月の50MW出力上昇試験開始頃から早くもコールドトラップの圧損上昇傾向が現われ始めた。この対応として圧損が上昇した場合、コールドトラップの設定温度を一時的に上げ、圧損回復後再び設定温度を下げる操作を繰返して行った。この圧損回復操作は75MW第1サイクル（昭和55年1月～3月）までは月に1～2回程度であったが、75MW第5サイクル（昭和56年6月～8月）では1日に1～2回の頻度に達した。この為コールドトラップの圧損増加現象が顕著に現われるようになった昭和56年に、圧損増加の原因究明と対策の検討を行う目的で、部内特別対策委員会第8B部会を発足させた。その検討過程で既に実施されている1次冷却系機器、配管まわりのCP測定の手法を応用し、コールドトラップの放射線線量率を測定すれば、コールドトラップの不純物捕獲状況が推定でき、圧損増加現象の原因究明の一助になるのではないかという提案がなされた。本提案に基づき、昭和57年にTLD及びGe半導体検出器による最初の測定を実施し、以後定検ごとに測定を実施し経年変化をみることにした。

コールドトラップの圧損は、100MW定格運転中にも上昇を続け、圧損回復の処置を行ってもあまり効果がなく運転限界に近いと判断され、第6回定検中の昭和62年3月に新型コールドトラップに更新された。これまでに旧コールドトラップで行ったコールドトラップの不純物捕獲状況確認方法としての、TLDによる表面線量率測定及び、Ge半導体検出器による核種測定の実験を反映し、新型コールドトラップに対しても定検ごとに線量率測定試験を実施し、表面線量率及び核種（主にCP）の分布と推移を追跡していくことにした。

4. 旧コールドトラップの線量率試験結果

4.1 測定試験結果

旧コールドトラップ線量率測定試験は、昭和57年8月、昭和60年2月及び同年6月の3回実施された。線量率測定試験のうちTLDによる表面線量率測定は3回、Ge半導体検出器による核種測定は1回（昭和60年2月）行われた。

TLDによる表面線量率測定結果及び、Ge半導体検出器による核種測定結果の一例を図4.1.1～図4.1.5に示す。

図4.1.1～図4.1.4に示される様に、コールドトラップ下部付近の表面線量率は、昭和57年の測定に対して、昭和60年は大幅に上昇している。昭和57年測定時は、MK-I炉心（原子炉出力75MW第6サイクル運転）終了後であったのに対して、昭和60年は、MK-II炉心（原子炉出力100MW）移行後、100MWで6サイクル運転終了後であることから、原子炉出力の増加に伴い、放射性腐食生成物の生成量が増加し、この為コールドトラップの線量率が大幅に増加したと思われる。線量率の分布に着目すると、コールドトラップ下部からメッシュ最下段にかけて高線量率となっており、E方向において軸方向全体に上昇しているのを除き、A～H方向では、メッシュの下段から4段目以降は大幅な増加が見られなかった。

コールドトラップのE方向における線量率の上昇要因は、TLDをコールドトラップ避け体外表面にはり付けた方法で測定を行った為、近接するナトリウム配管からの放射線の影響を受けたものと思われる。また昭和60年の測定で、6月の値が2月の時より低くなっているのは、6月は、ナトリウムがドレンされた状態であった為、外部からの放射線の寄与が減少したものと考えられる。

Ge半導体検出器による核種測定で、 ^{22}Na の他、CPである ^{60}Co 、 ^{54}Mn が同定され、これらがコールドトラップの主たる放射線源であることがわかった。

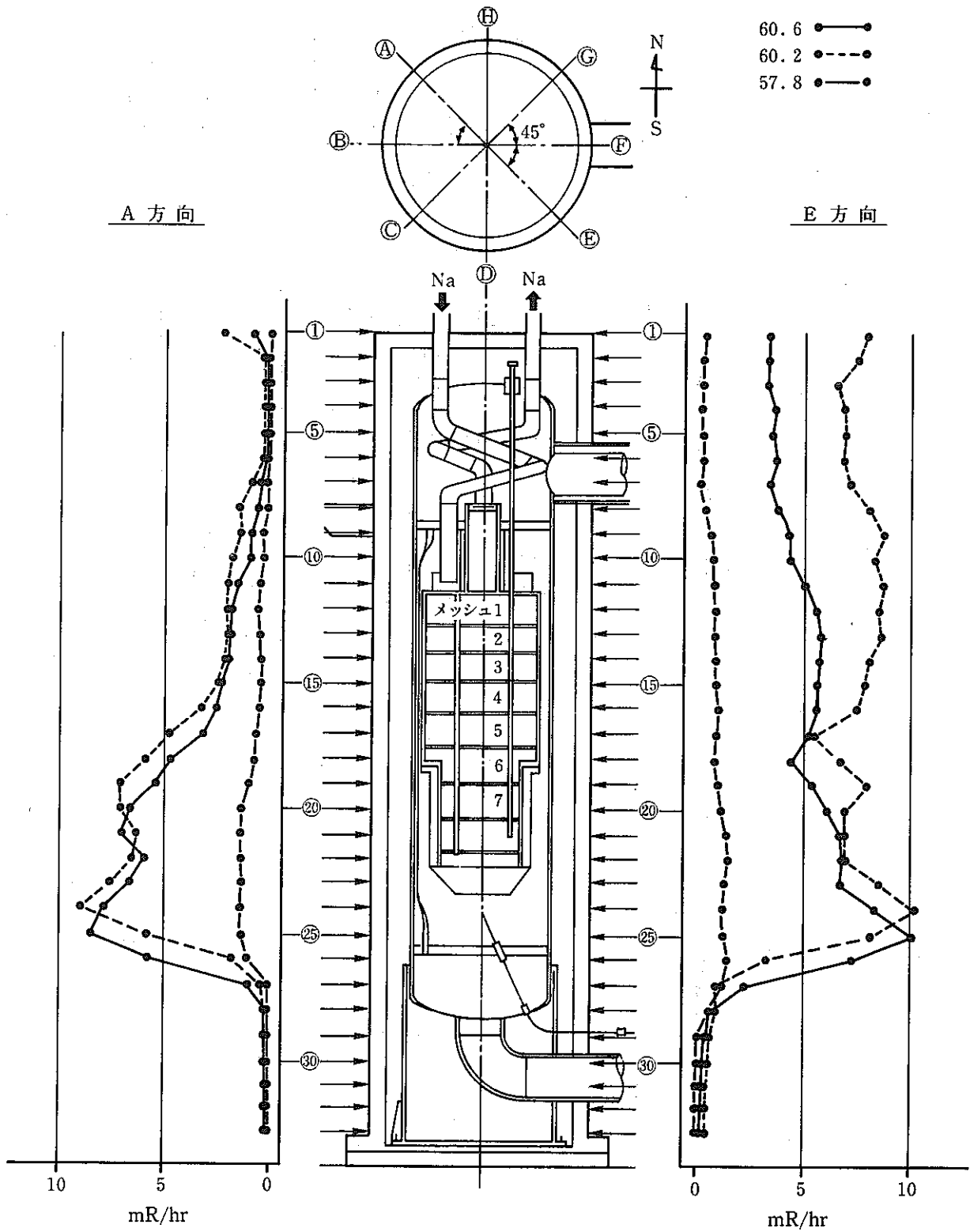


図 4. 1. 1 TLDによる表面線量率分布

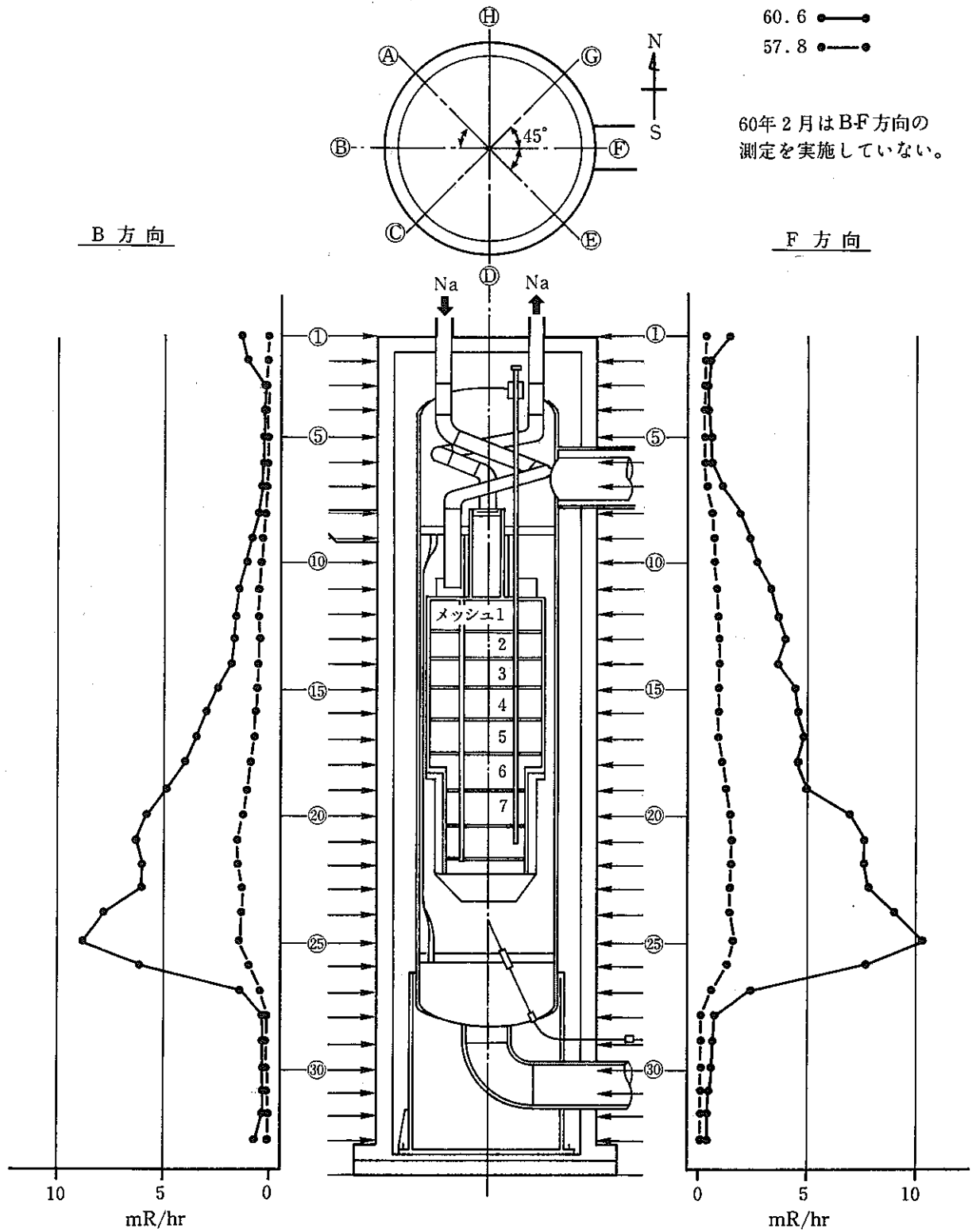


図 4. 1. 2 TLDによる表面線量率分布

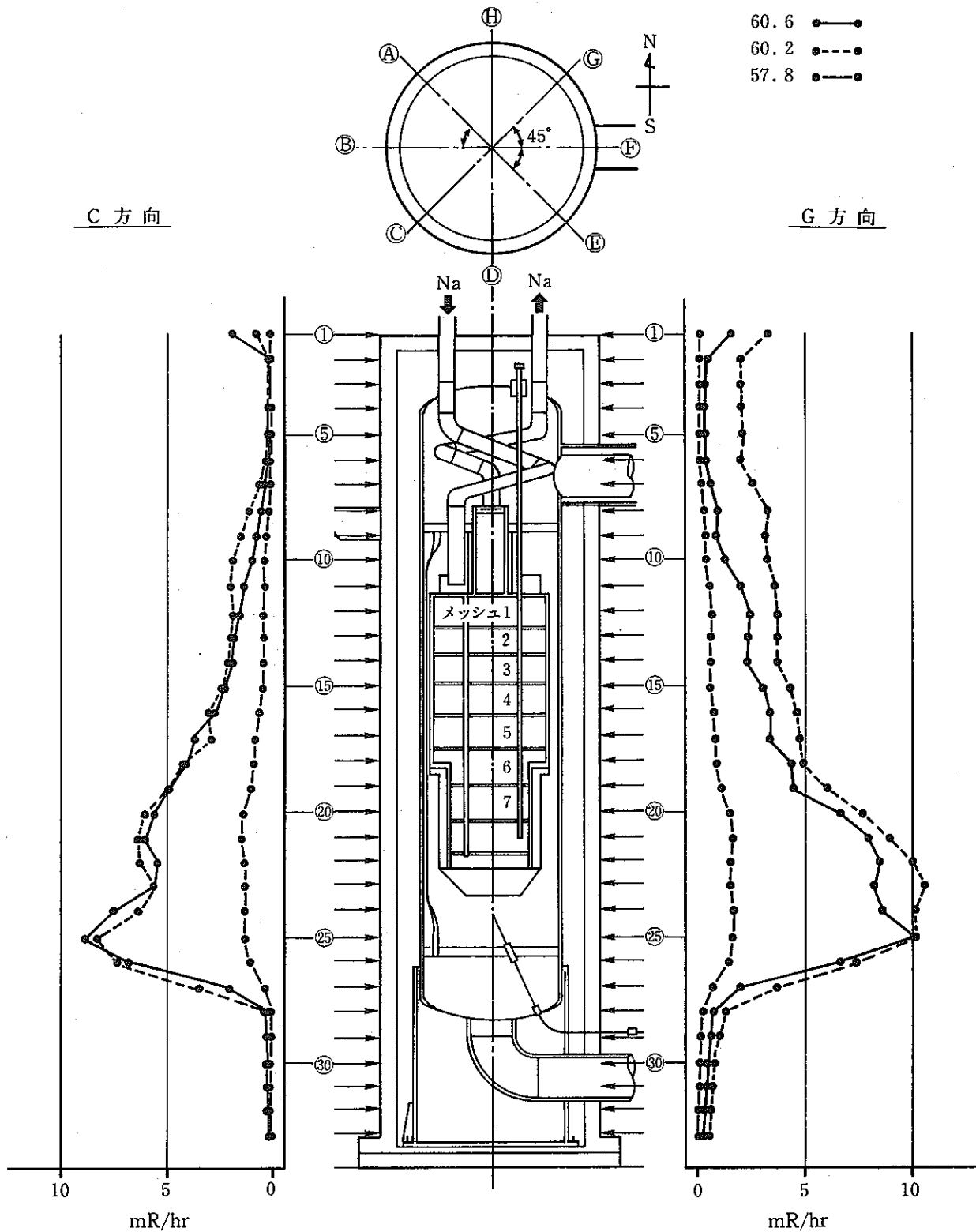


図 4.1.3 TLDによる表面線量率分布

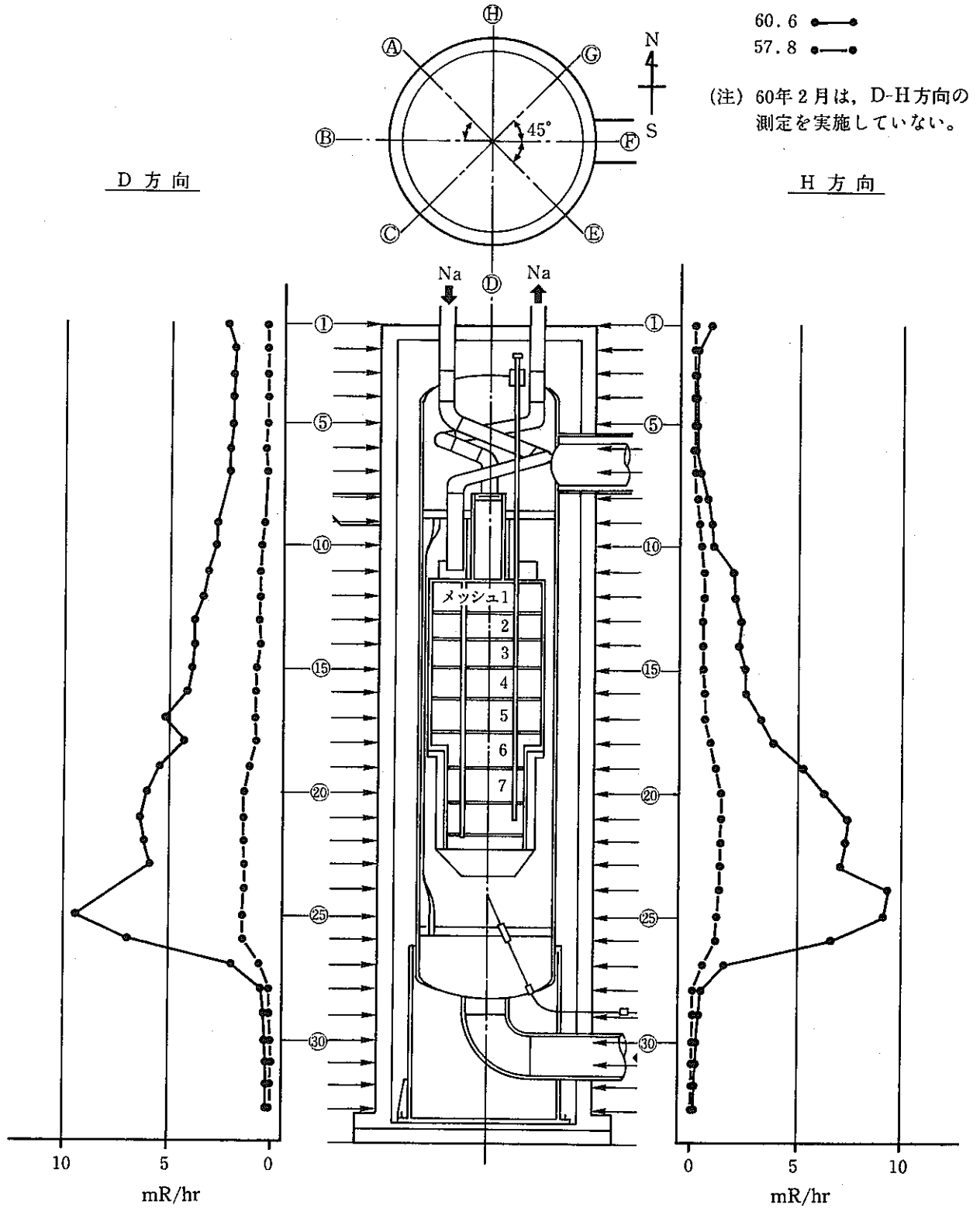


図 4. 1. 4 TLDによる表面線量率分布

** RESULT OF PEAK SEARCH **

| PK# | POSITION (CH) | START (CH) | STOP (CH) | NET (CNTS) | INTENSITY (CNTS/SEC) | SCATTER (CNTS) | ERROR (%) | FWHM (CH) |
|-----|---------------|------------|-----------|------------|----------------------|----------------|-----------|-----------|
| 1 | 23.30 | .19 | 25 | 64111 | 128.2216 | 146941 | .87 | 4.40 |
| 2 | 825.57 | 823 | 829 | 2075 | 4.1500 | 26586 | 10.48 | 4.28 |
| 3 | 1169.19 | 1166 | 1172 | 12042 | 24.0832 | 9976 | 1.41 | 4.97 |
| 4 | 1272.14 | 1269 | 1275 | 3880 | 7.7606 | 4663 | 2.80 | 5.21 |
| 5 | 1331.10 | 1328 | 1334 | 15154 | 30.3082 | 6697 | 1.08 | 5.35 |

COLLECT TIME= 500 sec

SENSITIVITY= 1.0

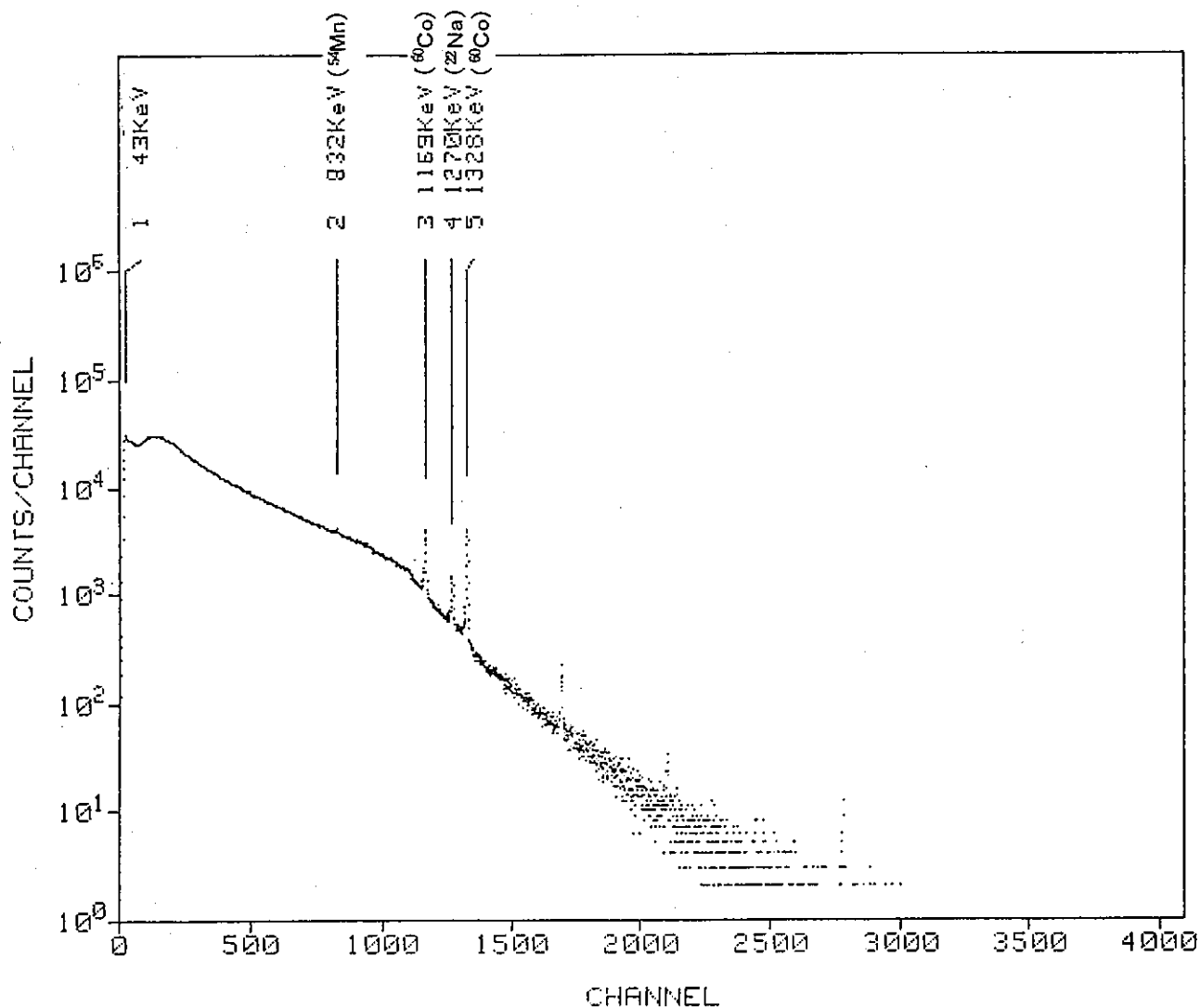


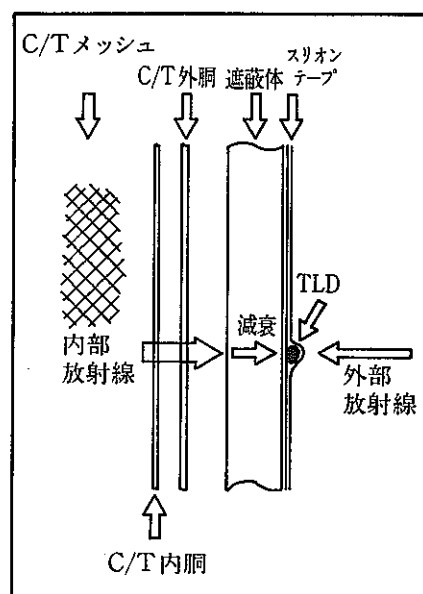
図4.1.5 Ge半導体検出器による核種測定 (γ線スペクトル)

4.2 線量率測定における問題点

旧コールドトラップにおけるTLD及びGe半導体検出器による測定では、以下の様な問題点があった。

(1) TLDによる測定

TLDによるコールドトラップの表面線量率測定は、TLD (UD-200S) をコールドトラップ遮へい体表面にスリオンテープで貼付する方法で行った。この為周辺機器配管内ナトリウム等外部からの放射線がある場合、その影響が大きくなり精度の良い測定が出来なかった。
・特にコールドトラップ出入口配管付近では配管からの放射線の影響が大きかった。



(2) Ge半導体検出器による測定

Ge半導体検出器による測定は、検出部のみを鉛にて遮へいした検出器を、コールドトラップ遮へい体にあけた測定孔に設置し行った。この方法では以下に記す問題点があった。

- 1) 検出器の適正なコリメートが図れていなかった為コールドトラップの線量率が高くなるにつれ、測定孔からの γ 線の入射が多くなり、検出器の数え落しが多くなり、得られた計数率は実際より低い値となった。
- 2) 検出器の遮へい体が不十分であったため、外部からの γ 線の影響を受け、コールドトラップからの線量のみ限定することができなかった。

5. 新型コールドトラップ用線量率測定試験装置

5.1 TLD線量率測定試験装置

(1) TLDによる測定装置の製作

TLDによるコールドトラップ表面線量率測定において、外部からの放射線の影響を小さくする為、コールドトラップ遮蔽体内側で測定する方式を採用し、新型コールドトラップ据付時に図5.1.1に示す2方位に、SUS304(21.7φ×1.65t)の案内管を設置した。この案内管にTLDを挿入する為のTLD収納管は、4分割されたもので、TLDを挿入しながら適宜継ぎ足し案内管に納める方法とした。なお収納時誤って収納管が案内管内に落下するのを防止する為、図5.1.2に示すTLD収納管落下防止治具を製作した。

TLDは、旧コールドトラップの表面線量率測定では、作業被曝管理に使用されているUD-200Sを使用した。一方、新型コールドトラップでは、収納管内にTLDを装荷する為、小型のTLDを使用する必要があった。この為小型でかつUD-200Sと同等の性能を有するTLDとしてUD-110Sを使用することとした。

なおTLD素子は、製造ロットが変わると素子の感度の違いによるデータのバラツキが大きくなる為、製造ロットが同一のものを購入し、測定精度の向上を計った。

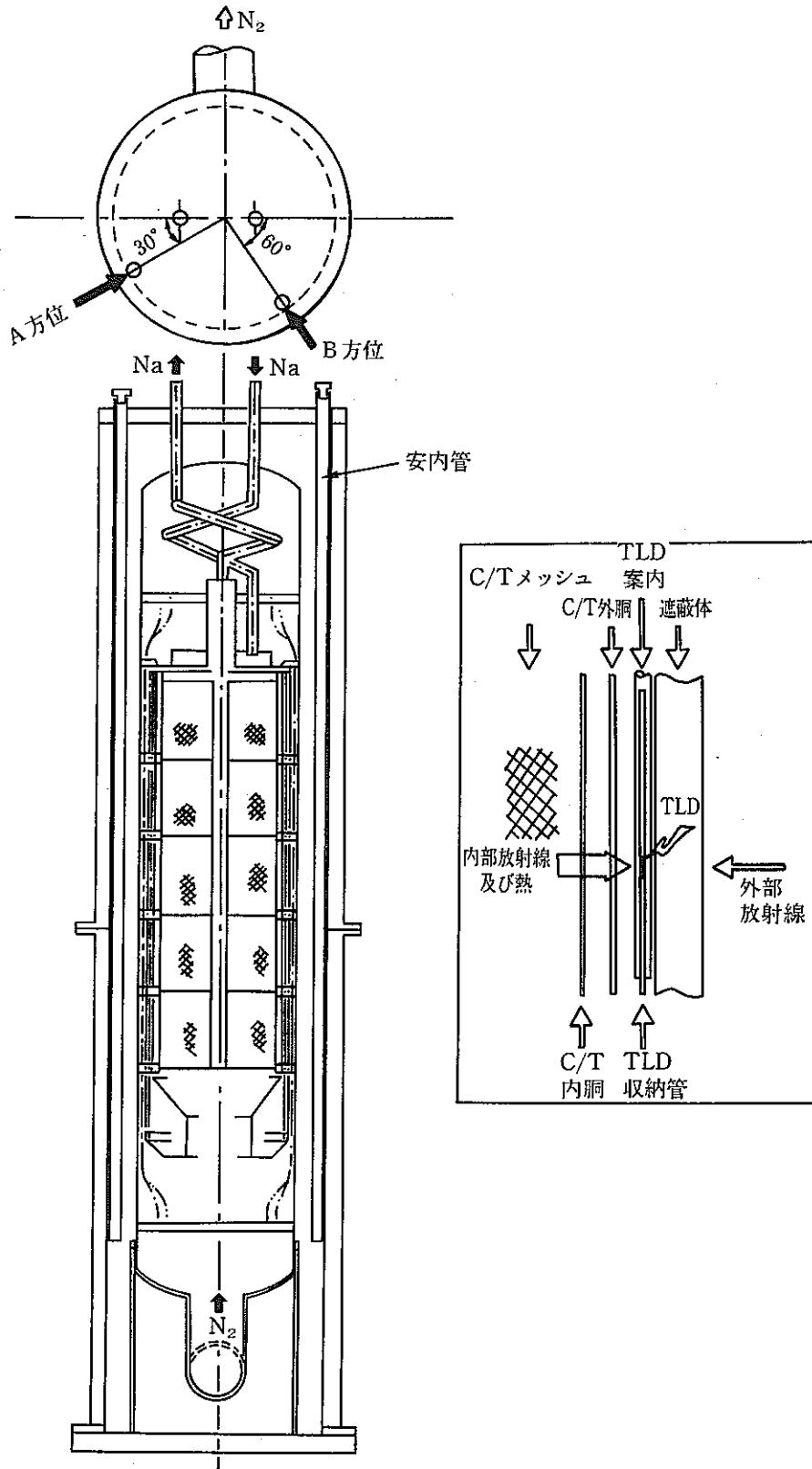


図 5. 1. 1 TLD挿入用案内管取付位置

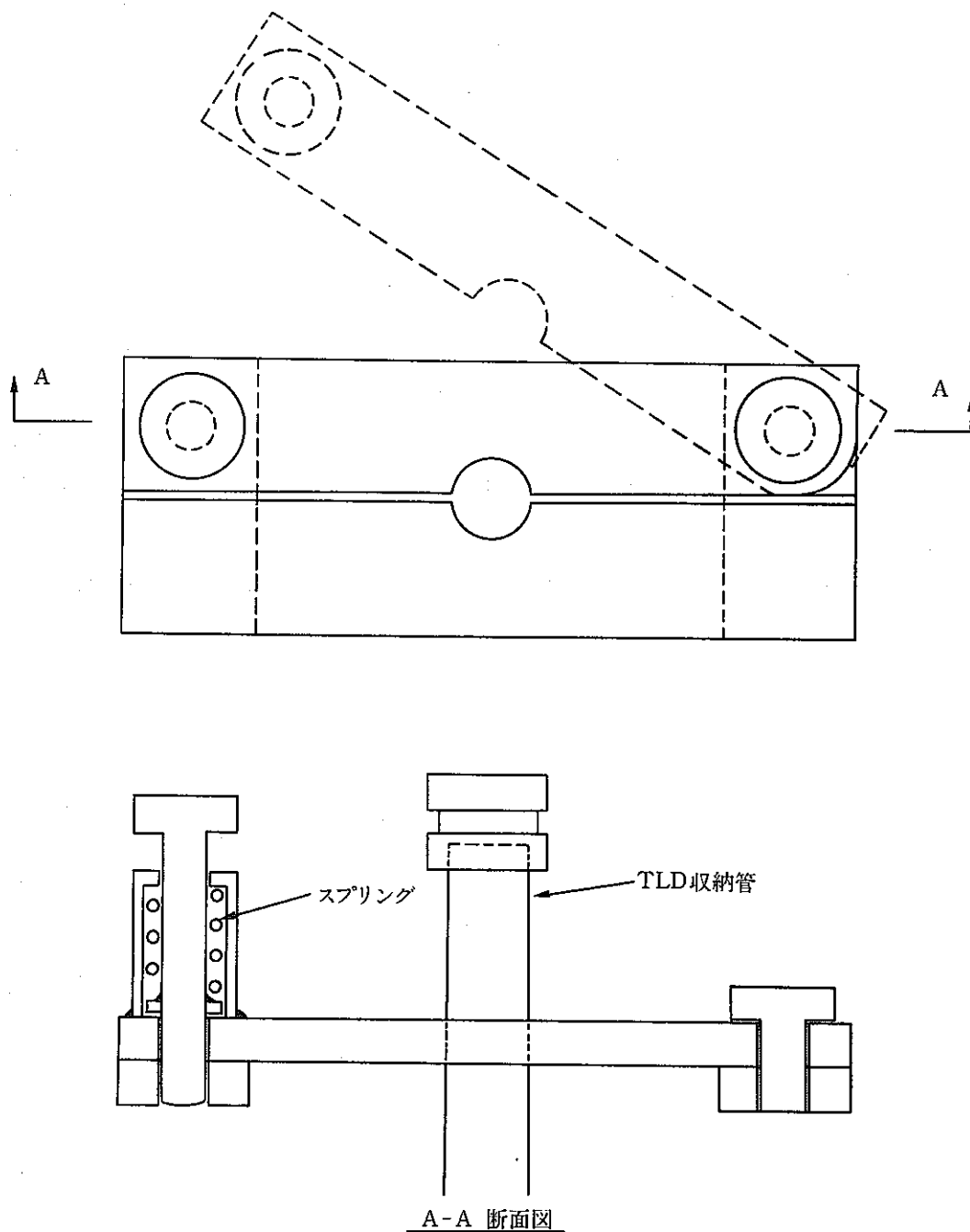


図 5. 1. 2 T L D 収納管落下防止治具

(2) TLDフェーディング現象の究明

TLDにはフェーディングという現象があり、このフェーディング現象には、照射後2日間で線量値が約15%低下しその後安定する「初期フェーディング」と、TLD線量値が温度によりアニーリングされる「温度依存性フェーディング」がある。

本試験で使用しているCaSO₄系素子のTLDは、前述した様に線量値は初期フェーディングにより、照射後2日間で約15%低下し、その後安定するという特徴を有しているが、通常線量測定においては、初期フェーディングによる低下がなくなり、安定した後の値を使用することになっている。本試験においても照射後室温で48時間以上放置し、初期フェーディングによる低下がなくなった後読み取りを行っている為、初期フェーディングについては問題はなかった。

一方TLDをコールドトラップ遮蔽体内側に挿入して測定を行う為、温度依存性フェーディングの影響度を確認しておく必要があった。温度依存性フェーディングについては、TLDを使用する環境の雰囲気温度が約50℃以下であればデータ評価上問題はない。しかし測定箇所（案内管取付場所）には、予熱ヒータが敷設されており、雰囲気温度が50℃以上になることが予想され、正しい測定データが得られない可能性があった。そこでTLD測定位置の温度測定を行い、その温度におけるTLDの温度依存性フェーディング現象の影響度を究明する為の特性試験を実施した。

(2.1) TLD測定位置の温度測定

(1) 方法

新型コールドトラップ遮蔽体内側に取付けた、TLD案内管内に、ヒートラベル(40℃～110℃)を図5.2.1に示す5箇所に貼付した6mmφのワイヤーを挿入し約190時間放置した後、取出し読み取りを行った。

本計測はコールドトラップ予熱ヒータ性能試験時に実施し、すべての予熱ヒータ「ON」、コールドトラップ冷却ブローア停止中であり、最もコールドトラップ部温度が高い状態であった。

(2) 結果

TLD測定位置温度は、図5.2.2に示すように最高で77℃であった。なお、ヒートラベルは、図5.2.1に示すように指示温度に達するとセンサー部が変色するもので、正確な値を求められないが70℃～80℃間であることが分った。

(2.2) TLD特性試験

特性試験を実施する前に、TLD素子(UD-110S)を使用した予備試験を100℃、

150℃、200℃について行った結果フェーディング係数* は、100℃で83%、150℃で45%、200℃では3%という値が得られた。この結果からTLD測定位置の温度が100℃以下であれば使用可能である見通しが得られたため、コールドトラップ線量率測定専用TLD素子(UD-110S)を70個(製造ロットが同一のもの)とホルダー40個を購入し、このTLD素子にて特性試験を実施した。

特性試験においては、温度依存性フェーディングの影響及びTLDの使用限界温度を調査した。

$$\text{フェーディング係数} = \frac{\text{試験用素子平均値}}{\text{評価用素子平均値}} \times 100 (\%)$$

評価用素子：常温での読み取り用

試験用素子：各試験温度での読み取り用

(1) 試験方法

1) 常温試験

温度依存性フェーディングを評価する為TLD素子(UD-110S)24個に⁶⁰Coのγ線を100mR照射し、常温雰囲気にて約3日間放置後読み取りを行った。

2) 温度依存性フェーディング確認試験

試験用としてTLD素子(UD-110S)24個に⁶⁰Coのγ線を100mR照射し、70℃から140℃の10℃ステップごとの温度下で各3個ずつ90分間放置した後線量値の読み取りを行い、常温で行った評価用素子のデータと比較することによって温度依存性フェーディング係数を求めた。

試験装置は、恒温槽、温度変換器、コントローラ、サイリスタ、レコーダ等で構成されコントローラ制御により恒温槽内温度を一定に保ち、確認試験は恒温槽内の受け皿に照射された試験用素子を置き、所定の温度に加熱し行った。

温度依存性フェーディング確認試験装置結線図を図5.2.3に示す。

(2) 試験結果

1) 常温試験

評価用素子24個の平均値、最小値及び最大値は以下のとおりであった。

- ・平均値：80.9mR
- ・最小値：71.4mR
- ・最大値：90.3mR

常温雰囲気での結果を表5.2.1に示す。

2) 温度依存性フェーディング確認結果

試験結果を表5.2.2に、本試験及び予備試験による温度依存性フェーディン

グ係数を図 5.2.4 に示す。試験結果、70℃から 110℃までのフェーディング係数は86～93%で大きな低下は見られなかったが、120℃を超えた付近から低下が始まり、130℃で70.1%、150℃で45%、200℃で3%まで低下した。

(3) 評 価

コールドトラップの測定位置温度80℃におけるフェーディング係数は90%と若干低下するが、TLDによるコールドトラップ線量率測定には温度による影響は以下の理由によりないものと判断した。

- イ) 評価用素子の常温雰囲気での結果より最小値は71.4mRであった。これに対し80℃での平均値は72.9mRであり、常温雰囲気でのバラツキ範囲内である。
- ロ) コールドトラップの性能評価及び不純物捕獲状況確認のための線量率測定は、線量率分布の推移を把握するのが目的であり、測定位置温度80℃におけるフェーディング係数が90%であれば大きな影響はないものとする。

TLDを用いた線量測定は、これまでの常識であった温度50℃以上でも測定が可能であることが判明した。また、評価グレードにもよるが110℃までは大きなフェーディング現象が見られないため測定可能と思われる。さらに評価グレードを向上させるためには140℃以内であれば以下に示す補正係数を用いることが有効である。なお、150℃以上ではフェーディング係数が50%以下となるため使用上問題となろう。

補正係数

| | | | | | |
|------|-------|-------|------|-------|-------|
| 70℃ | | *1.07 | 110℃ | | *1.15 |
| 80℃ | | *1.1 | 120℃ | | *1.25 |
| 90℃ | | *1.15 | 130℃ | | *1.43 |
| 100℃ | | *1.15 | 140℃ | | *1.72 |

注) 上記補正係数はコールドトラップ線量率測定専用TLD(UD-110S)の係数であり、同種TLDであっても製造ロットの違いにより多少の違いがある。

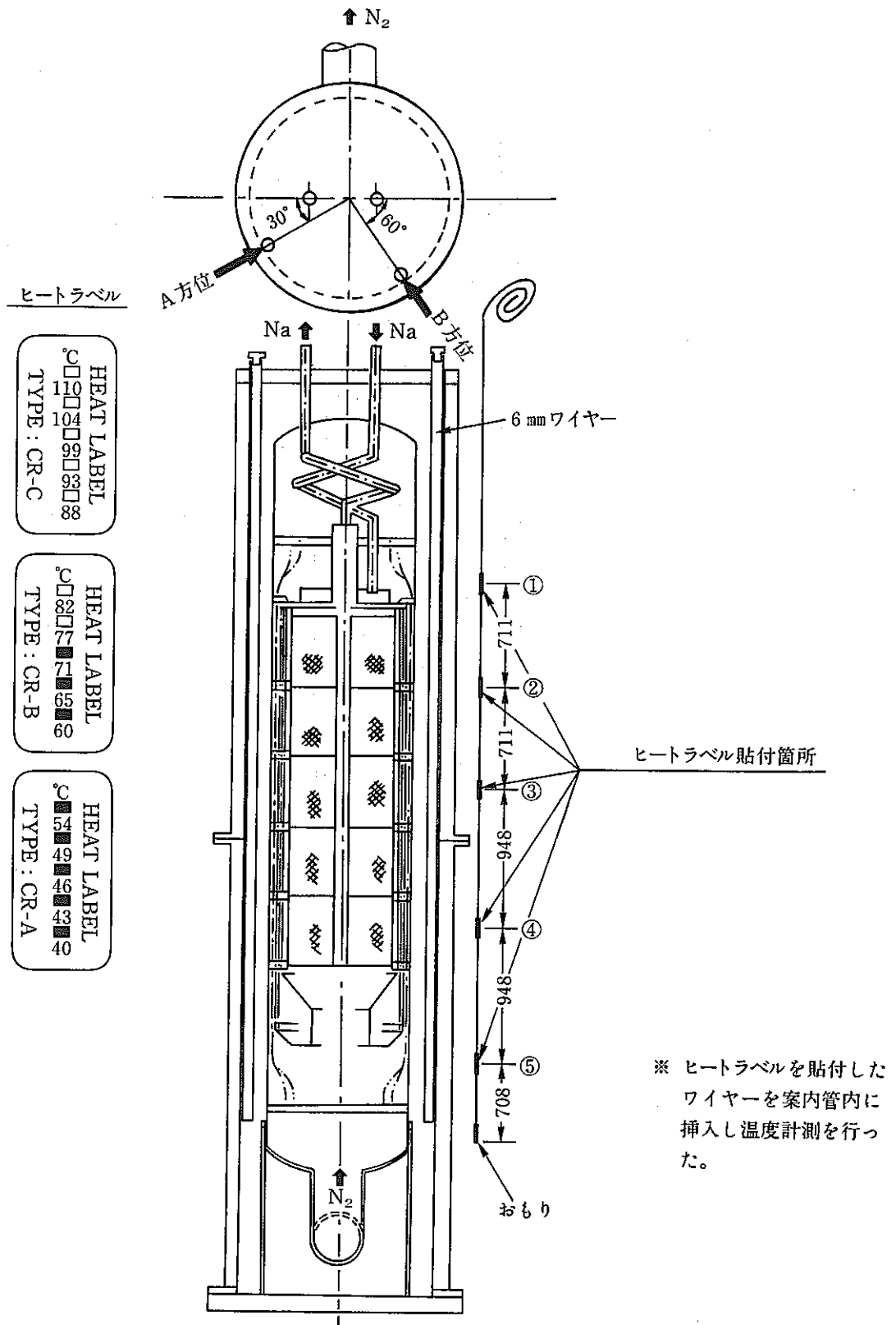


図 5. 2. 1 ヒートラベル貼付箇所

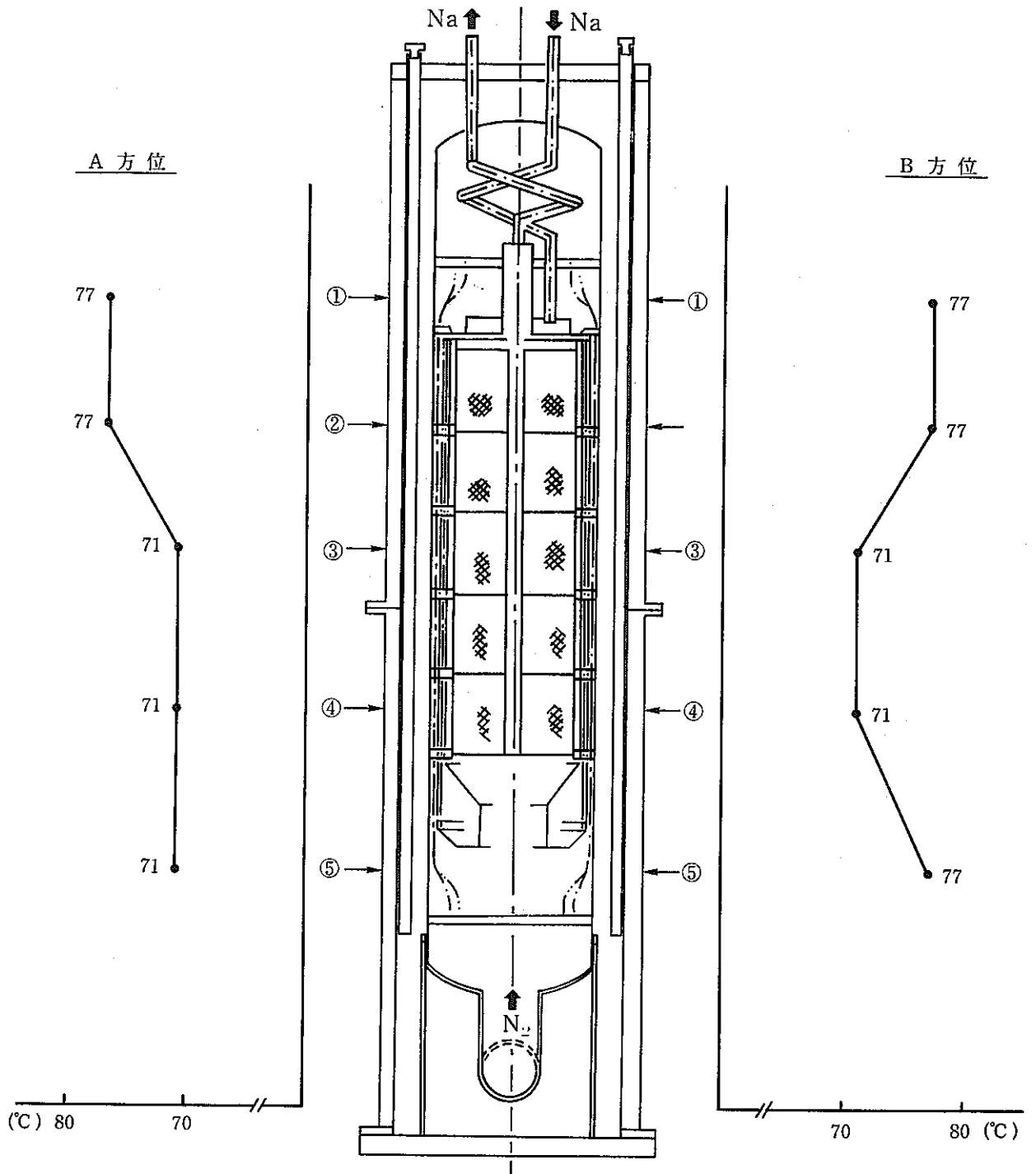
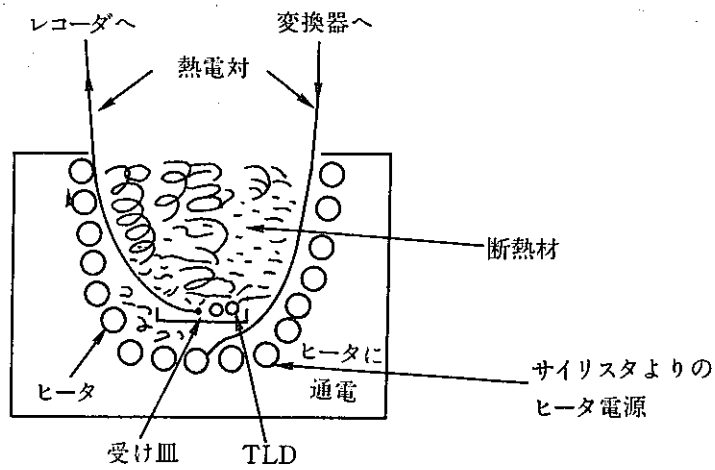
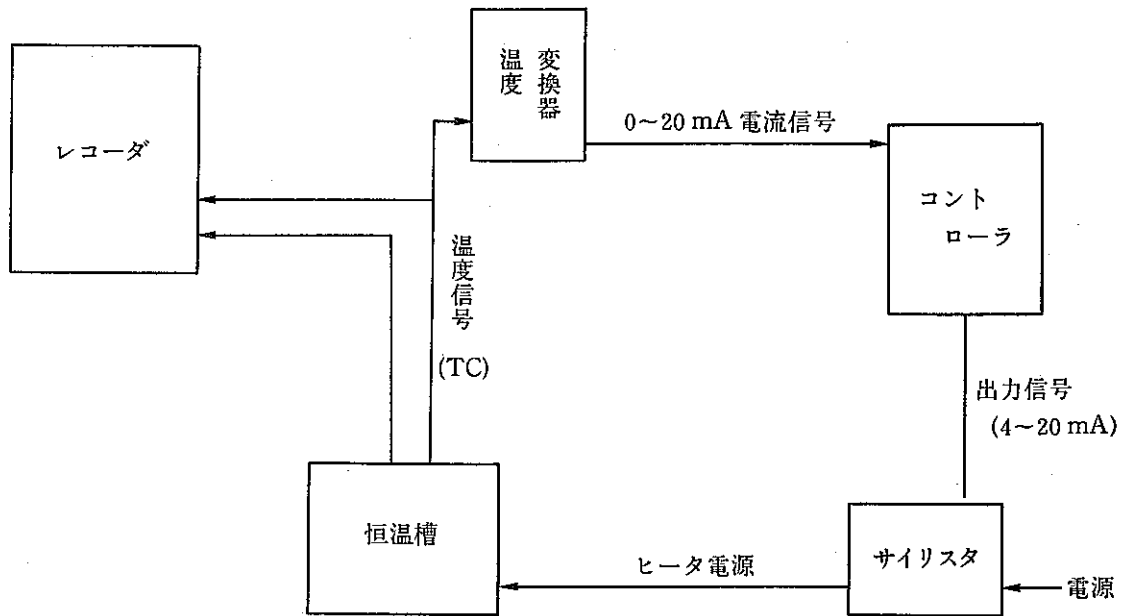


图 5.2.2 温度分布



恒温槽断面図

図 5. 2. 3 温度依存性フェーディング確認試験装置結線図

表 5. 2. 1 常温での T L D 値

・評価用素子 (m R)

| | | | | | | | | | |
|---|------|----|------|----|------|----|------|----|------|
| 1 | 75.0 | 6 | 85.0 | 11 | 80.5 | 16 | 75.4 | 21 | 82.0 |
| 2 | 84.2 | 7 | 85.5 | 12 | 71.4 | 17 | 83.5 | 22 | 87.0 |
| 3 | 85.1 | 8 | 84.9 | 13 | 75.9 | 18 | 80.7 | 23 | 77.6 |
| 4 | 90.3 | 9 | 75.7 | 14 | 77.3 | 19 | 78.4 | 24 | 78.1 |
| 5 | 75.9 | 10 | 78.6 | 15 | 86.0 | 20 | 87.8 | 平均 | 80.9 |

表 5. 2. 2 T L D 温度依存性確認試験結果

| ケース | 温度 (°C) | 試験用素子読取値 (m R) | | | 平均 (m R) | 評価用素子 平均 (m R) | 係数 (%) | |
|-----|------------|-------------------|------|------|-------------|-------------------|-----------|--|
| 1 | 70 | 72.7 | 77.9 | 76.9 | 75.8 | 80.9 | 93.6 | |
| 2 | 80 | 69.2 | 71.0 | 78.6 | 72.9 | 〃 | 90.1 | |
| 3 | 90 | 71.9 | 69.8 | 68.8 | 70.2 | 〃 | 86.6 | |
| 4 | 100 | 69.9 | 64.9 | 75.3 | 70.0 | 〃 | 86.3 | |
| 5 | 110 | 67.9 | 74.2 | 72.6 | 71.6 | 〃 | 88.3 | |
| 6 | 120 | 62.5 | 64.0 | 69.2 | 65.2 | 〃 | 80.3 | |
| 7 | 130 | 57.6 | 59.8 | 53.8 | 55.8 | 〃 | 70.1 | |
| 8 | 140 | 51.6 | 46.9 | 44.3 | 46.3 | 〃 | 58.2 | |

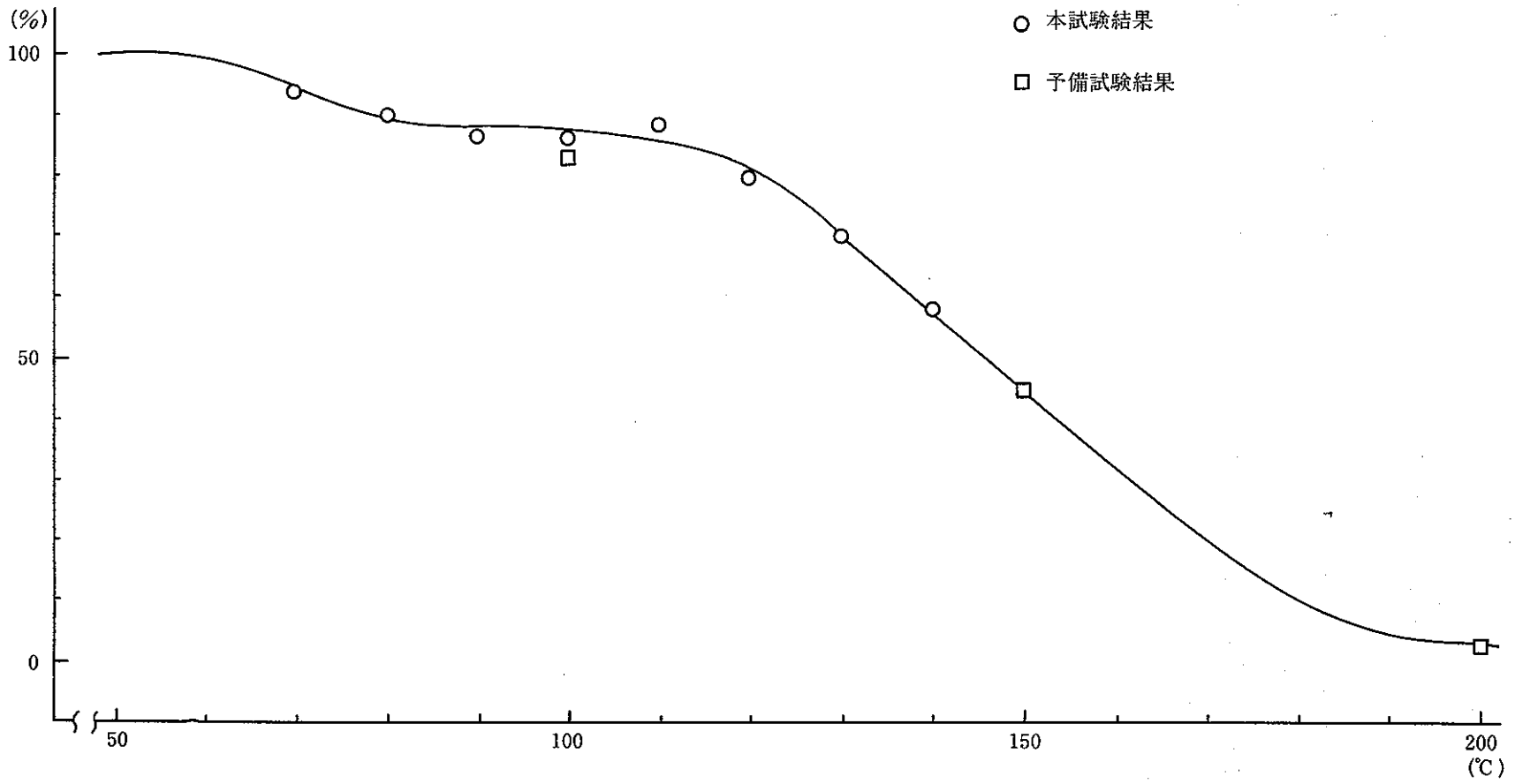


図 5. 2. 4 TLD (UD-110S) フェーディング係数

5.2 Ge半導体検出器核種測定試験装置

(1) Ge半導体検出器遮蔽体の製作

従来のGe半導体検出器による測定は、4章で述べたように検出器部だけを鉛にて遮蔽して測定していた為、コールドトラップ以外の系統配管等からの影響を受け、評価する上で満足するデータ採取が出来なかった。

このような問題点を改善すべくGe半導体検出器全体を鉛で覆い外部からの影響を受けずに測定可能な遮蔽体を製作した。

図5.3.1に新しく製作した遮蔽体を示す。

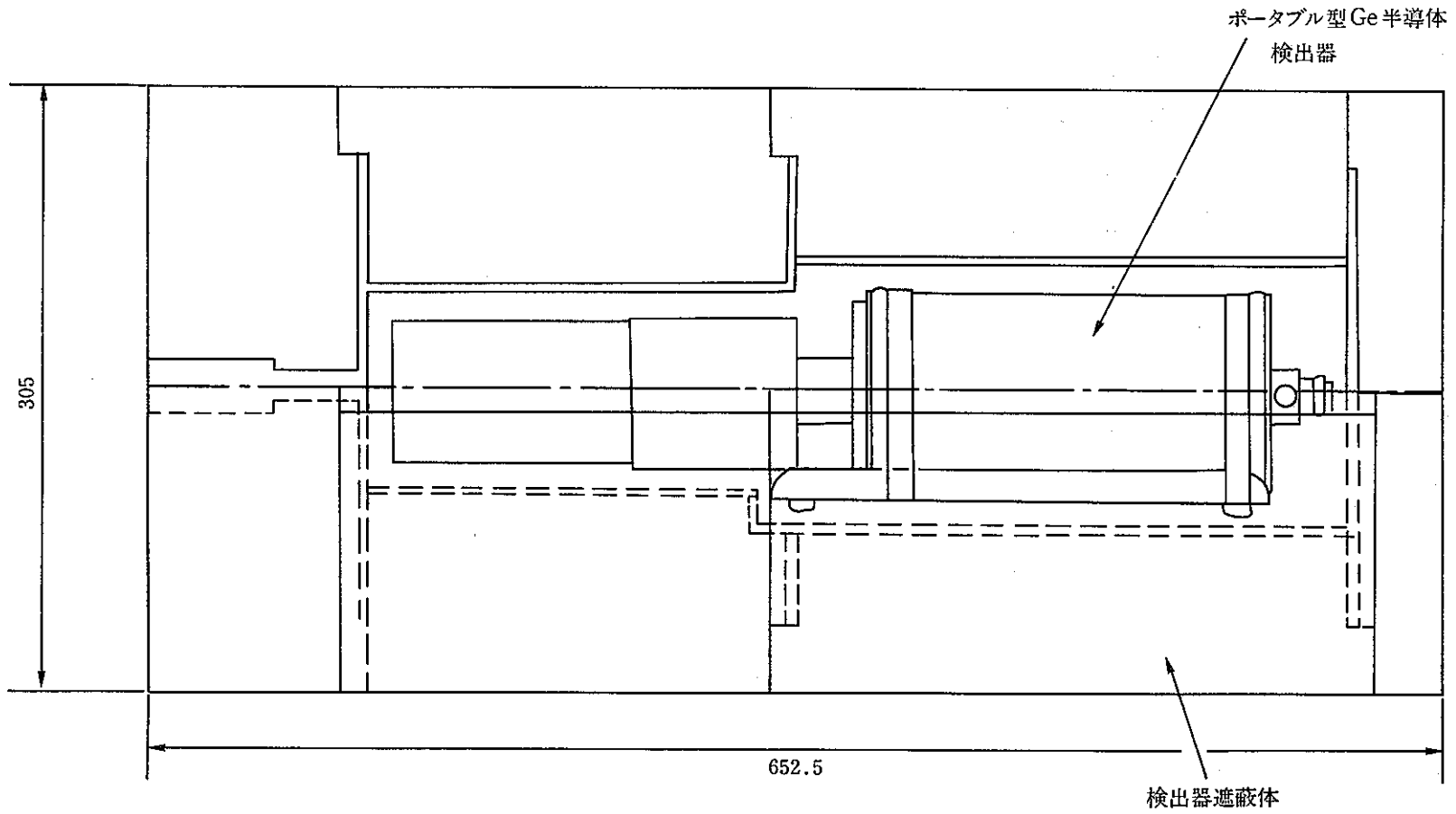


図 5. 3. 1 Ge半導体検出器遮蔽体

(2) Ge半導体検出器遮蔽体懸垂装置の製作

図5.3.2にGe半導体検出器遮蔽体懸垂装置の改良前、後の概略を示す。

Ge半導体検出器による測定は、検出器を鉛遮蔽体で覆ったものをコールドトラップ遮蔽体に開孔した測定孔に設置し測定する。

コールドトラップ遮蔽体の測定孔は、遮蔽体④方向と⑤方向の縦方向に合わせて17個ある。また、検出器遮蔽体は、約0.6tonと重量物である為、検出器の移動の際には懸垂装置が必要である。

1方向の測定の際、従来の懸垂装置を使用し縦方向の移動は容易であるが、④⑤間の検出器移動は④⑤間で共吊りして行うため、作業性が悪く、危険も伴っていた。

このため、コールドトラップ交換工事に合せて懸垂装置の改良を行った。従来の④、⑤方向の懸垂装置間のIビームを取付け、合せてチェーンブロックも設置した。これにより、④⑤間での検出器移動が円滑になり、安全性の向上と、作業時間の短縮を図ることができた。

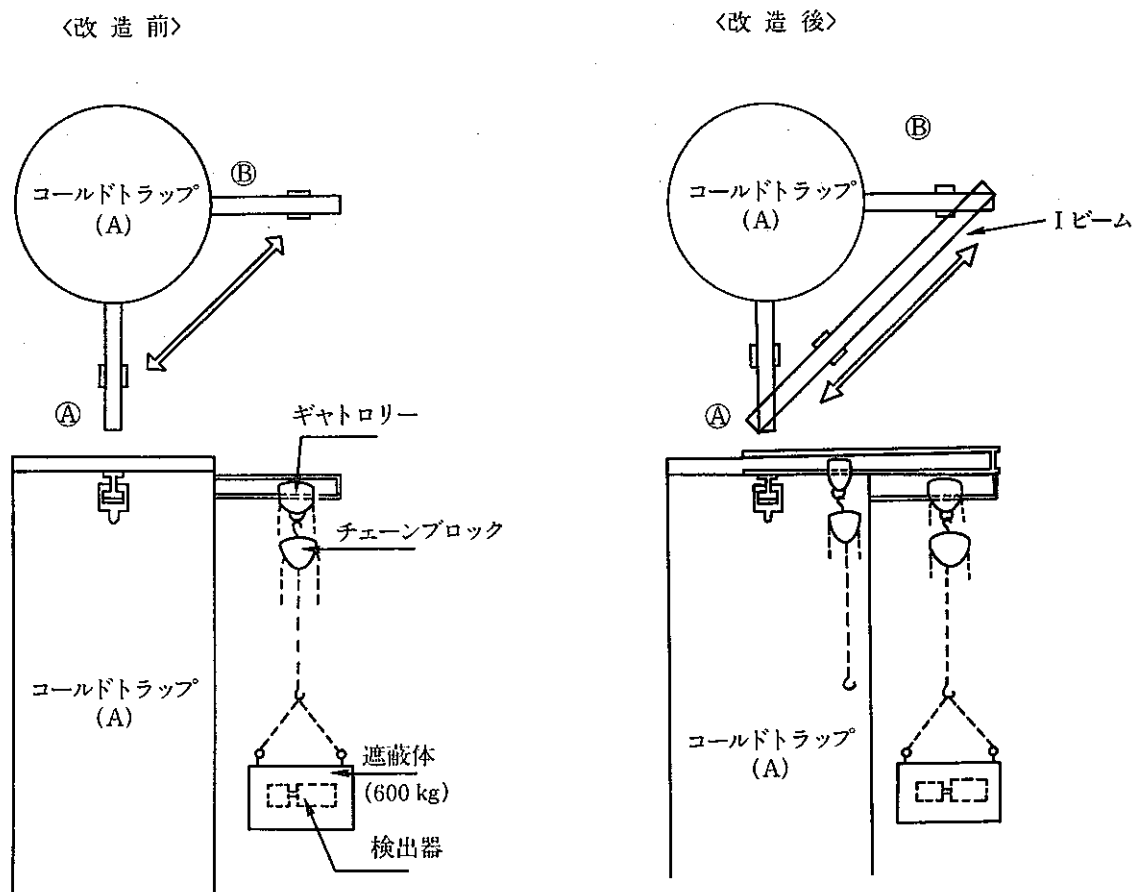


図 5. 3. 2 Ge 半導体検出器遮蔽体懸垂装置

(3) コリメータの製作

Ge半導体検出器による表面線量率測定の際コールドトラップ以外の系統配管等からの放射線による影響をなくし、コールドトラップからの放射線に限定して測定することが望ましい。そのため、検出器全体を鉛で覆い系統配管等からの影響を受けない遮蔽体を製作するとともに、測定場所におけるコールドトラップからの放射線に限定して測定できるようにコリメータを製作した。

図5.3.3にコリメータの詳細図を示す。

Ge半導体検出器による表面線量率測定には、コールドトラップからの線源の強度に合せ、1mmから5mmの入射孔をもつ6本のコリメータから任意に選択し使用する。そのため、予めコールドトラップからの線量を測る予備測定を実施し、その結果を踏まえ線源の強度に合ったコリメータを選択することができる。

また、主にバックグランド測定用として入射孔のないコリメータも1本製作した。

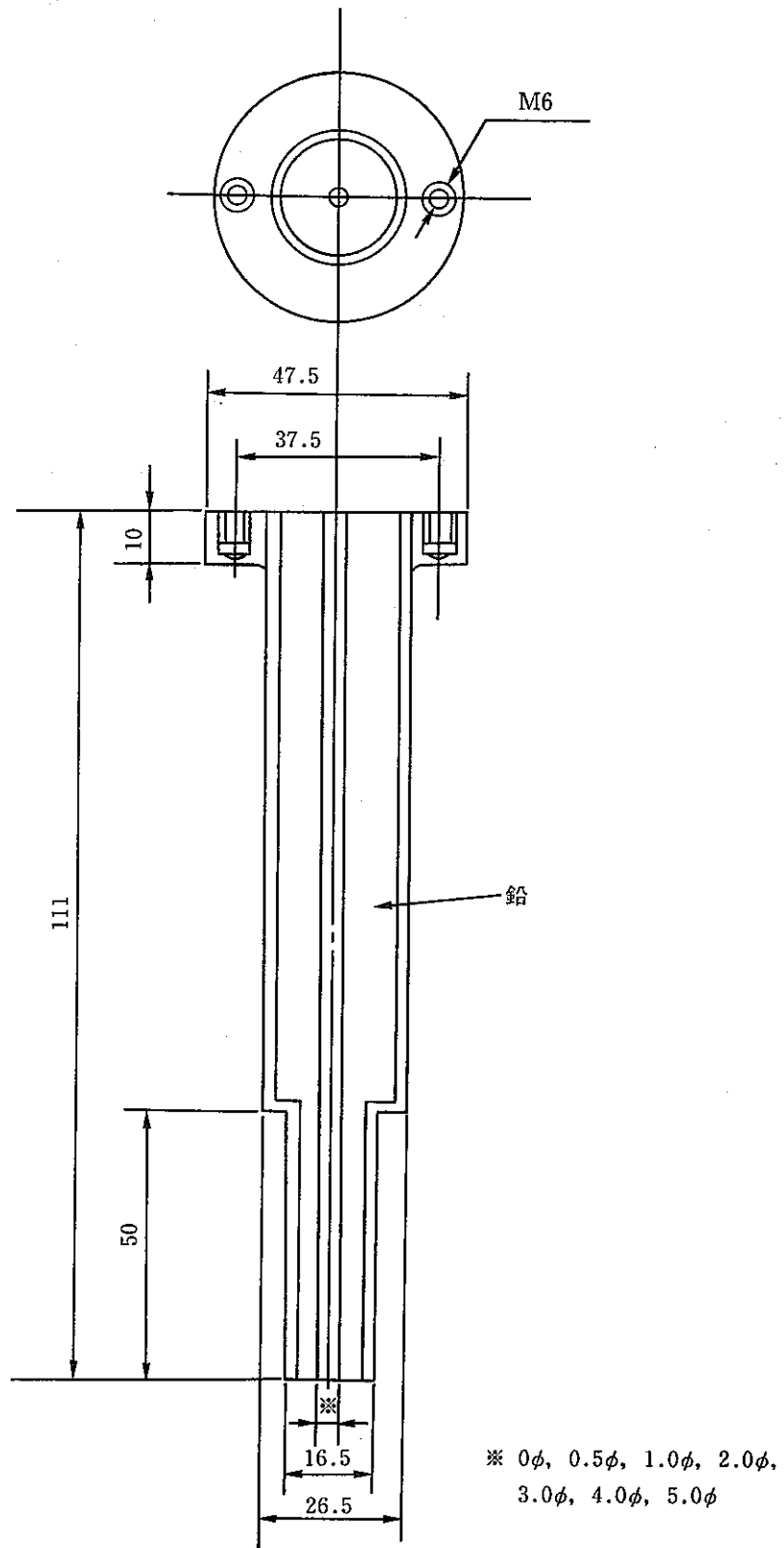


図 5. 3. 3 コリメータ詳細図

6. 新型コールドトラップ線量率測定試験

新型コールドトラップは、第6回定検時（昭和62年3月）に設置され、ナトリウム充填後の昭和62年6月から純化運転が開始された。その後第7回定検開始までに100MWで4サイクル（第13～第16サイクル）の運転が行われた。

この間コールドトラップ設定温度は、第13サイクルが150℃、第14サイクルが140℃、第15サイクルが130℃、第16サイクルが120℃とサイクルごとに設定温度を10℃降下させ120℃の定温運転へ移行した。新型コールドトラップの運転経過を表6-1（1/4～4/4）に示す。

線量率測定試験は、純化運転開始前（第6回定検時）及び、100MWで4サイクル運転後（第7回定検時）の2回行った。また試験時の一次ナトリウム純化系の状態は、第6回、第7回定検時共純化系電磁ポンプは停止され新型コールドトラップは予熱保持状態であった。

なお、第6回定検時の試験においては、Ge半導体検出器の不具合により核種分布データが得られず、核種の分布については、第7回定検時のデータが初期データとなった。又第7回定検時には、旧コールドトラップについてもデータ採取を行い、新型コールドトラップでの評価の参考とした。

6.1 試験方法

(1) TLDによる測定

イ) 新型コールドトラップ

図6.1.1に示す様に、コールドトラップ遮蔽体内側に取り付けたA・B2方位の案内管内にTLDとテフロン製スペーサを交互に挿入し、コールドトラップ下部管板から上部のナトリウムポット部にかけて、各方位16ポイントで線量率測定を行った。

なお、TLDは4時間照射後回収し、初期フェーディングの影響を除去する為室温で2日間放置した後読み取りを行った。

ロ) 旧コールドトラップ

図6.1.2に示す様にコールドトラップ遮蔽体に設けられた測定孔（2方向、13ポイント）からTLD（UD-110S）を遮蔽体内側に挿入し、約4時間照射後回収し、48時間放置した後線量値の読み取りを行った。

(2) Ge半導体検出器による測定

コールドトラップ遮蔽体に設けられた測定孔のうち、新型コールドトラップについては、図6.1.3に示すA方位の9ポイントすべてと、評価のための参考としてB方位の4

ポイントの計13ポイントの測定孔について、又旧コールドトラップについては、図6.1.4に示す①方位の7ポイントの測定孔において、Ge半導体検出器*による γ 線スペクトル測定を行い、 γ 線スペクトル解析コードにより核種の解析を行った。

なお新型コールドトラップは、遮蔽体内側にTLDによる測定用の案内用管を設置している為、Ge半導体検出器による測定孔は、右図に示す通り両方位とも、TLDによる測定位置から、反時計方向に33°ずれた位置となっている。

※ Ge半導体検出器主要目

| | |
|--------|------------------|
| 名 称 | ポータブルピュアGe同軸型検出器 |
| モデルNO. | GEM-18180 |
| 検出器効率 | 18.0%以上 |
| 分解能 | 1.80keV以下 |
| 印加電圧 | 3000V |

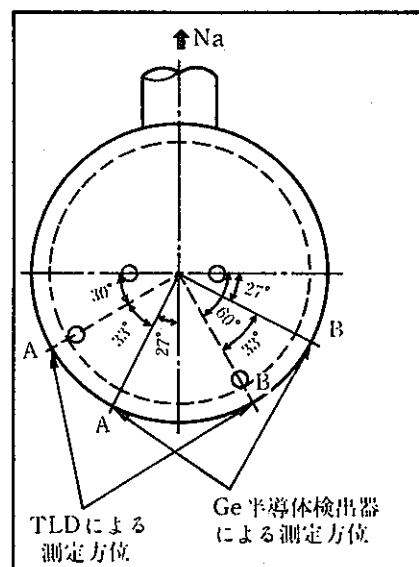


表 6 - 1 一次純化系運転実績

(1/4)

| | | S 62 | | | | |
|----------|--------|---|---|-------------------------------|---|--|
| | | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 運転実績 | | S 61.12.9 ~ S 62.9.7 第 6 回 定期検査 | | | | |
| | | | | | | |
| 純化系運転実績等 | 純化系流量 | Naドレン中 | 5/8 Na充填 5/9~10 S/P 11m³/hr | 5/15 5/22 5/26 S/P 11m³/hr | 9m³/hr 7/9 | 7/19 9m³/hr 8/14 8/19 8/26 11m³/hr 8/27 |
| | CT設定温度 | 予熱保持 | 200°C | 200°C | 174°C 2°C/2日 | 185°C 175°C 2°C/1日 2°C/2日 2°C/2日 8/20 150°C |
| | PL温度 | — | 171~174°C | 172~164°C | 164~177°C | 145~167°C |
| | SP結果 | — | O : 6.7 ppm H : 0.19 ppm | O : 5.5 ppm H : 0.14 ppm | — | O : 4.7 ppm H : 0.12 ppm |
| 特記事項 | | [新型CT機能試験] ○予熱ヒータ性能試験(1) ○ベーキング試験 ○CT(B)フリーズ | [新型CT機能試験] ○予熱ヒータ性能試験(2) ○線量率測定試験 | [新型CT機能試験] ○長期純化運転(6/10~) | [新型CT機能試験] ○長期純化運転 ○7/9~7/19 PCV L/Tのため 純化系停止 | [新型CT機能試験] ○長期純化運転 (8/20, 150°C到達) ○8/14 外部電源喪失発生 ○8/17 コールドトラップ プレフィルタNa通液 ○8/19 アイソレーション, 電源喪失試験 (局立リハーサル) ○8/26 アイソレーション 試験(局立) ○8/27 電源喪失試験(局立) |

表 6 - 1 一次純化系運転実績

(2/4)

| | | S 62 | | | | | |
|----------|---------|--|----------------------------|--|--|-----------------------------|--|
| | | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | |
| 運転実績 | | <p>100 MW (13) 8/31~10/31</p> | | | <p>100 MW (14) 11/28~1/30</p> | | |
| | | 9/7~9/9 計画外停止 | | | | | |
| 純化系運転実績等 | 純化系流量 | 9/7 13m ³ /hr 9m ³ /hr | S/P 9m ³ /hr | 9m ³ /hr | 9m ³ /hr 11/13 S/P 11m ³ /hr | S/P 11m ³ /hr | |
| | CT 設定温度 | 150°C | 150°C | 150°C | 2°C/2日 | 140°C | |
| | PL 温度 | 145~162°C | 132~152°C | 136~148°C | 140°C | 130°C~140°C | |
| | SP 結果 | O : 4.9 ppm H : 0.14 ppm | | O : 3.2 ppm H : 0.14 ppm | | O : 3.1 ppm H : 0.13 ppm | |
| | 特記事項 | <p>○9/7 炉容器 Na 液面低(ノイズ)による原子炉計画外停止。 原子炉停止後の系統降温操作に伴う高流量運転 (13m³/hr)</p> | | <p>○11/13 CT ガス抜き操作 [EMP 吐出圧力 1.12→0.95 kg/cm² CT 最下部 (TE 34.2-28A) 135°C→105°C]</p> <p>○11/18 CT 設定温度降下 (2°C/2日) (11/26 140°C 到達)</p> | | | |

表 6 - 1 一次純化系運転実績

(3/4)

| | | S 63 | | | | |
|----------|---------|--|------------------------------|--|--|----------------------|
| | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 運転実績 | | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> 100 MW (15) 2/29~5/12 </div> | | | | 1 MW (15) □ □ □ |
| 純化系運転実績等 | 純化系流量 | 2/2 2/21 | S/P 11 m ³ /hr | 9 m ³ /hr S/P 11 m ³ /hr | S/P 11 m ³ /hr 9 m ³ /hr | 9 m ³ /hr |
| | CT 設定温度 | 150°C 2°C/2日 188°C 4°C/日 140°C | 2°C/2日 | 132°C 130°C | 130°C | 130°C |
| | PL 温度 | 125~167°C | 125~160°C | 132~130°C | 128~114°C | 125~113°C |
| | SP 結果 | O : 4.1 ppm H : 0.14 ppm | — | O : 1.85 ppm H : 0.145 ppm | O : 3.0 ppm H : 0.16 ppm | — |
| 特記事項 | | ○ 2/2 電源喪失発生 (CT 温度 2°C/2日にて) 降温 2/11に140°C到達 ○ 2/21 所内停電 (*CT 予熱保持後) 4°C/日降温 12/29に160°C到達 ○ 2/29 CT 温度 2°C/2日 にて降温 * 26 hr ○ 4/2 130°C 設定到達 | | | | |

表 6 - 1 一次純化系運転実績

(4/4)

| | | S 63 | | | |
|----------|--------|---|-----------------------------------|---|---|
| | | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 運転実績 | | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> 100 MW (16) 8/2~9/6 </div> | | 9/7~ 第7回 定期検査 | |
| | | | | | |
| 純化系運転実績等 | 純化系流量 | 9m ³ /hr S/P | 9m ³ /hr S/P | 9m ³ /hr 6m ³ /hr | |
| | | 11m ³ /hr | 11m ³ /hr | | |
| | CT設定温度 | 130°C | 2°C/2日, 120°C | 150°C | CT予熱保持状態 |
| | PL温度 | 135~120°C | 139~115°C | 118~113°C | — |
| | SP結果 | O: 2.7 ppm H: 0.12 ppm | O: 1.6 ppm H: 0.11 ppm | — | — |
| 特記事項 | | | ○8/9 9日より2°C/2日の降温率にて降下17日120°C到達 | ○9/28 電源盤点検に伴う、電源喪失によりCT温度120°C→165°Cに上昇した。その後150°Cに設定した。 | ○10/1~3 電源盤点検によるEMP停止 ○10/7 ナトリウムドレン以後、CT予熱保持(設定150°C) |

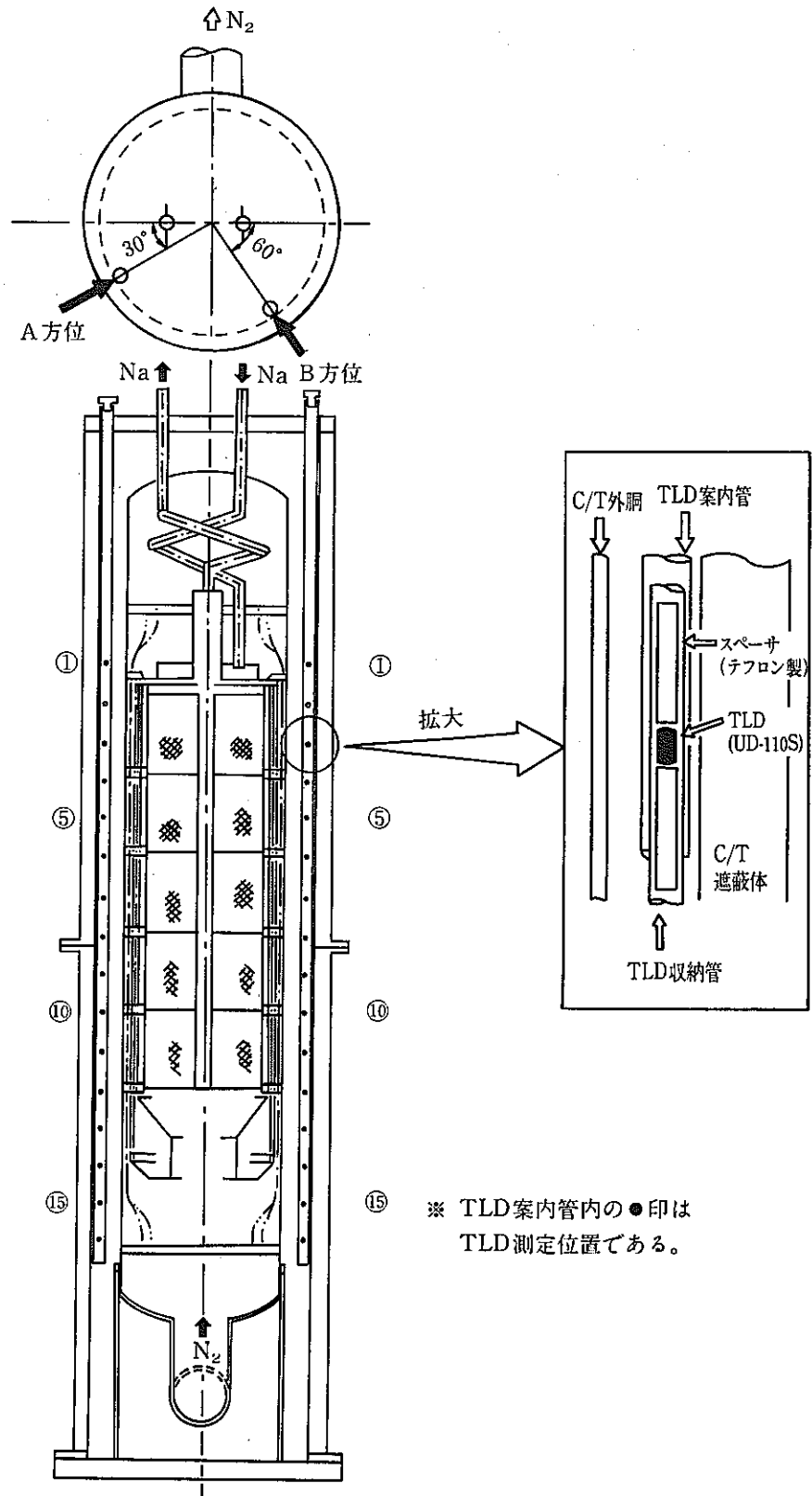


図 6. 1. 1 TLDによる測定位置

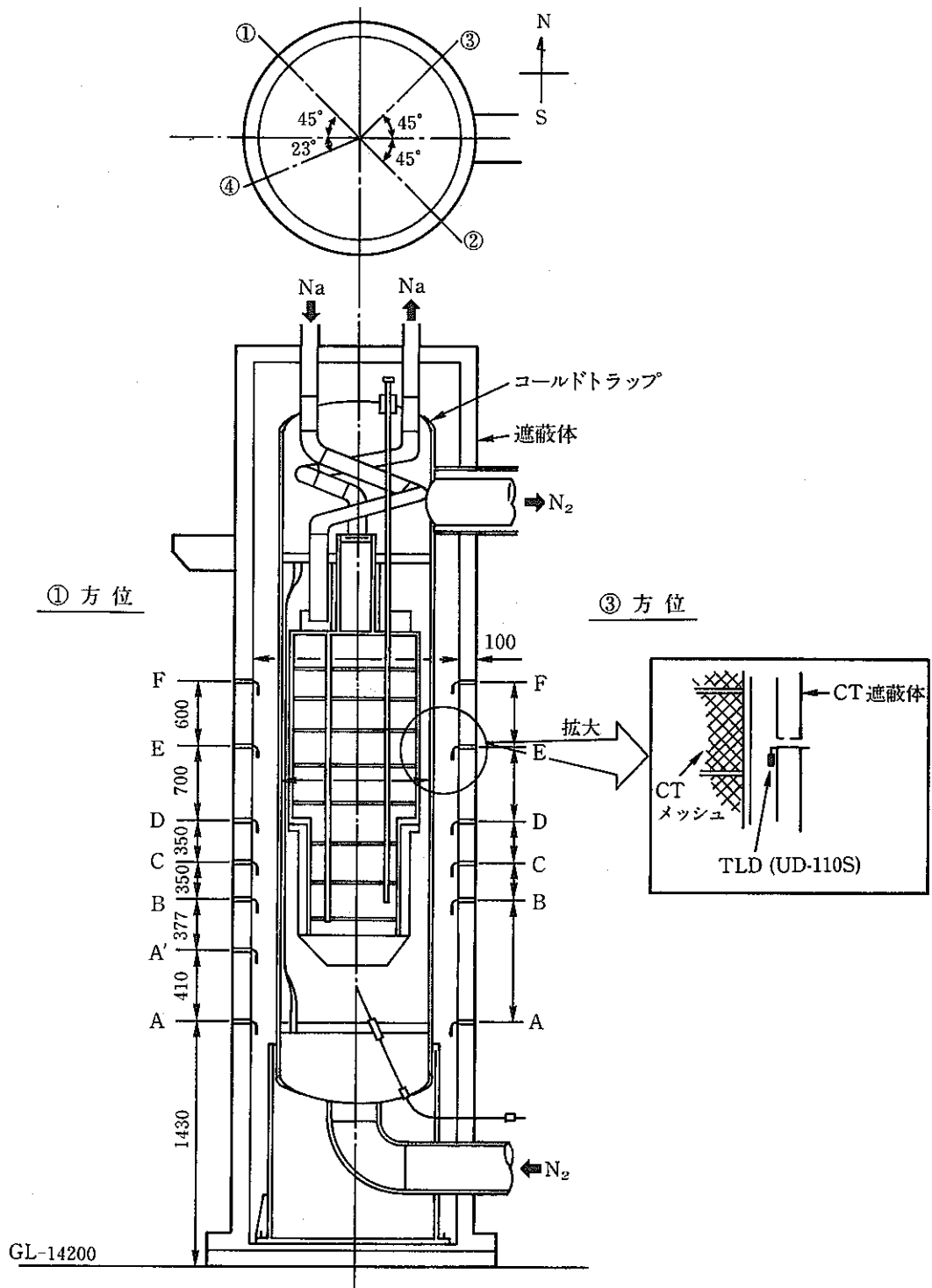
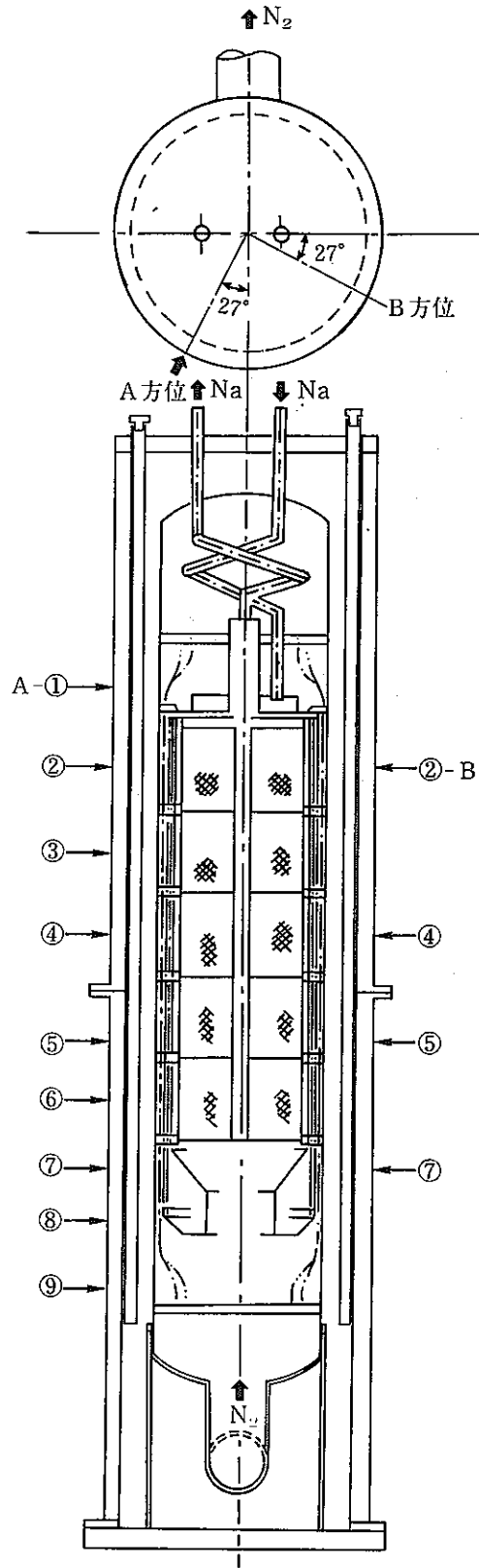


図 6. 1. 2 旧 CT TLD による測定位置



○印…測定ポイント

図 6. 1. 3 Ge 半導体検出器測定箇所

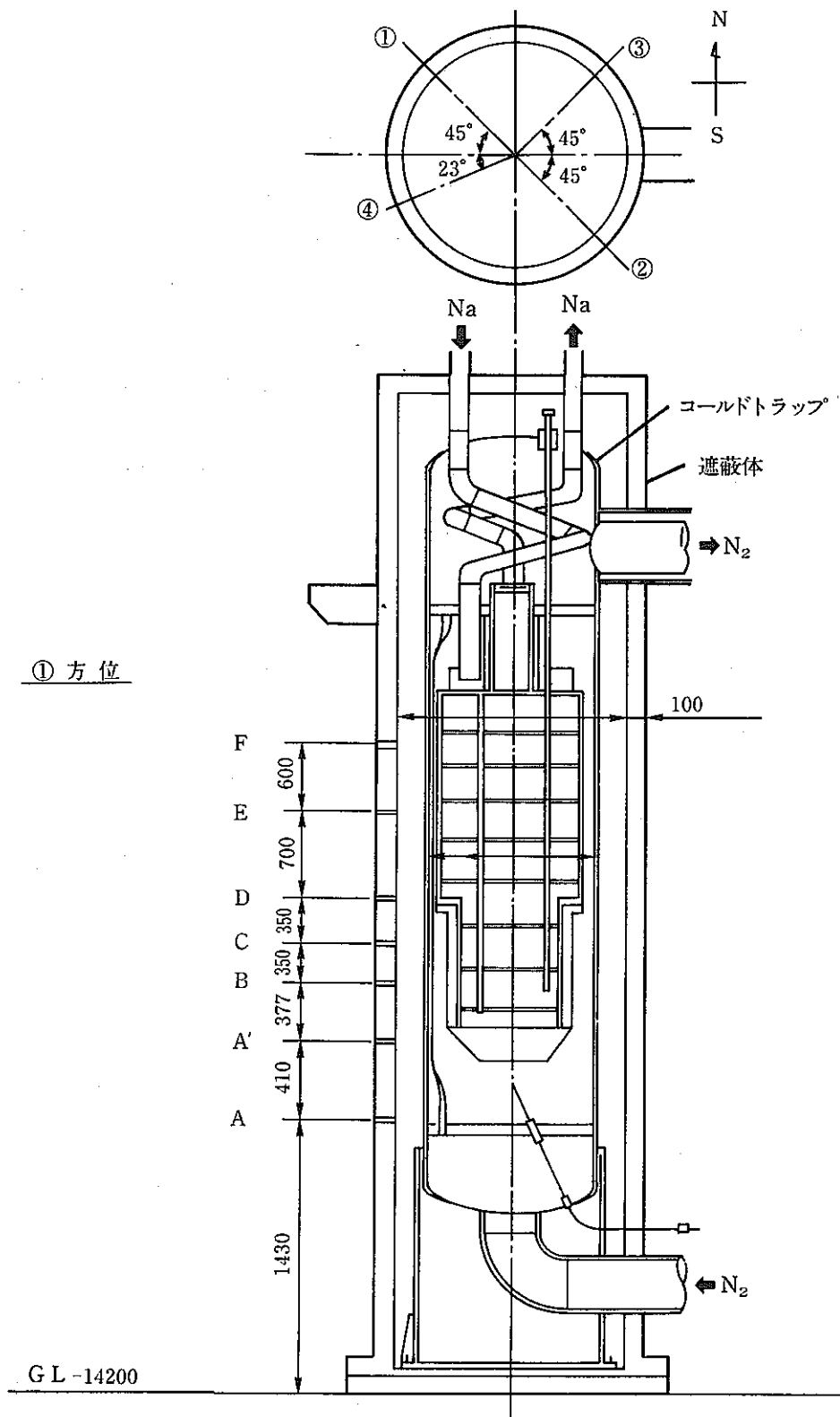


図 6. 1. 4 旧 C T Ge 検出器による測定位置

6.2 試験結果

6.2.1 新型コールドトラップ

(1) 表面線量率測定

表面線量率結果を図6.2.1及び表6.2.1に示す。

表面線量率は、下部管板付近が最大で400~500mR/h、最小はコールドトラップ上部で約20mR/hであった。メッシュ部については、測定ポイント⑤から⑩が約150mR/hでほぼ同じ分布をしていたが、最上段のメッシュ（測定ポイント③と②）では線量率の低下がみられた。最上段で線量率が低下している理由は、純化系電磁ポンプを停止すると、コールドトラップ上部のガス空間がメッシュ部まで広がり、この影響によるものと推定される。このことは、図6.2.2に示す核種測定結果の ^{22}Na の分布からも裏付けられる。

尚第6回定検時の線量率分布と、第7回定検時の線量率分布を比較すると、第7回定検時は下部管板付近で約4倍に上昇しているが、他のポイントにおける上昇は約2倍で、その分布状況は第6回定検時の分布とほぼ同じであった。

(2) 核種分布

Ge半導体検出器による核種測定の結果、 ^{22}Na 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{124}Sb が同定された。図6.2.2及び表6.2.2にGe半導体検出器による核種測定結果を、また図6.2.3に γ 線スペクトル測定結果の一例を示す。

① ^{22}Na の分布

^{22}Na は、メッシュ1段目から4段目にかけて一様に分布し、メッシュ入口から下部管板にかけて多少多くなり、下部管板部が最大で約9cpsであった。またメッシュ最上段から上は、ガス空間の為わずかに検出されただけであった。

② ^{60}Co の分布

^{60}Co は、下部管板付近で27cpsと突出した値であったがそのすぐ上のポイント(A-8)では2cps、コーン部(A-7)のポイントで7cpsというデータが得られた。一方メッシュ部においては4~5cpsでほぼ同じ分布をしていた。

③ ^{54}Mn の分布

^{54}Mn は、 ^{60}Co の様にコールドトラップ内で選択的に捕獲されず、全体的にほぼ均一に分布し、計数率は約2cpsであった。

④ ^{124}Sb

^{124}Sb は、過去の測定では検出されていなかったが、今回の新型コールドトラップの測定時わずかに検出された。 ^{124}Sb の半減期は約60日と短く、今回の測定が、過去の測定に比べて原子炉停止後約30～40日と比較的早く行われた為検出されたと推定される。

6.2.2 旧コールドトラップ

第7回定検時に行った、旧コールドトラップのTLDによる表面線量率測定結果を図6.2.4及び表6.2.3に、またGe半導体検出器による核種測定結果を図6.2.5及び表6.2.2に示す。

なお旧コールドトラップは、1次Na純化系コールドトラップが新型に更新された昭和62年3月（第6回定検中）以降停止状態となっており、第7回定検中の測定時（昭和63年10月）は、停止後約2年経過した時点であった。

この為核種によっては、かなり減衰しているものもあると思われる。

旧コールドトラップの表面線量率は、コーン部から下2段のメッシュ部にかけて最大となっており、300mR/hrから500mR/hで、上部へ行くほど低くなり、メッシュ最上段では100mR/h～500mR/hであった。又下部管板付近では約200mR/hであった。

Ge半導体検出器による核種測定では、新型コールドトラップ同様 ^{22}Na 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn が同定され、中でも ^{60}Co の蓄積が多かった。このことから旧コールドトラップの線量率分布に寄与している核種は、 ^{60}Co であることがわかる。

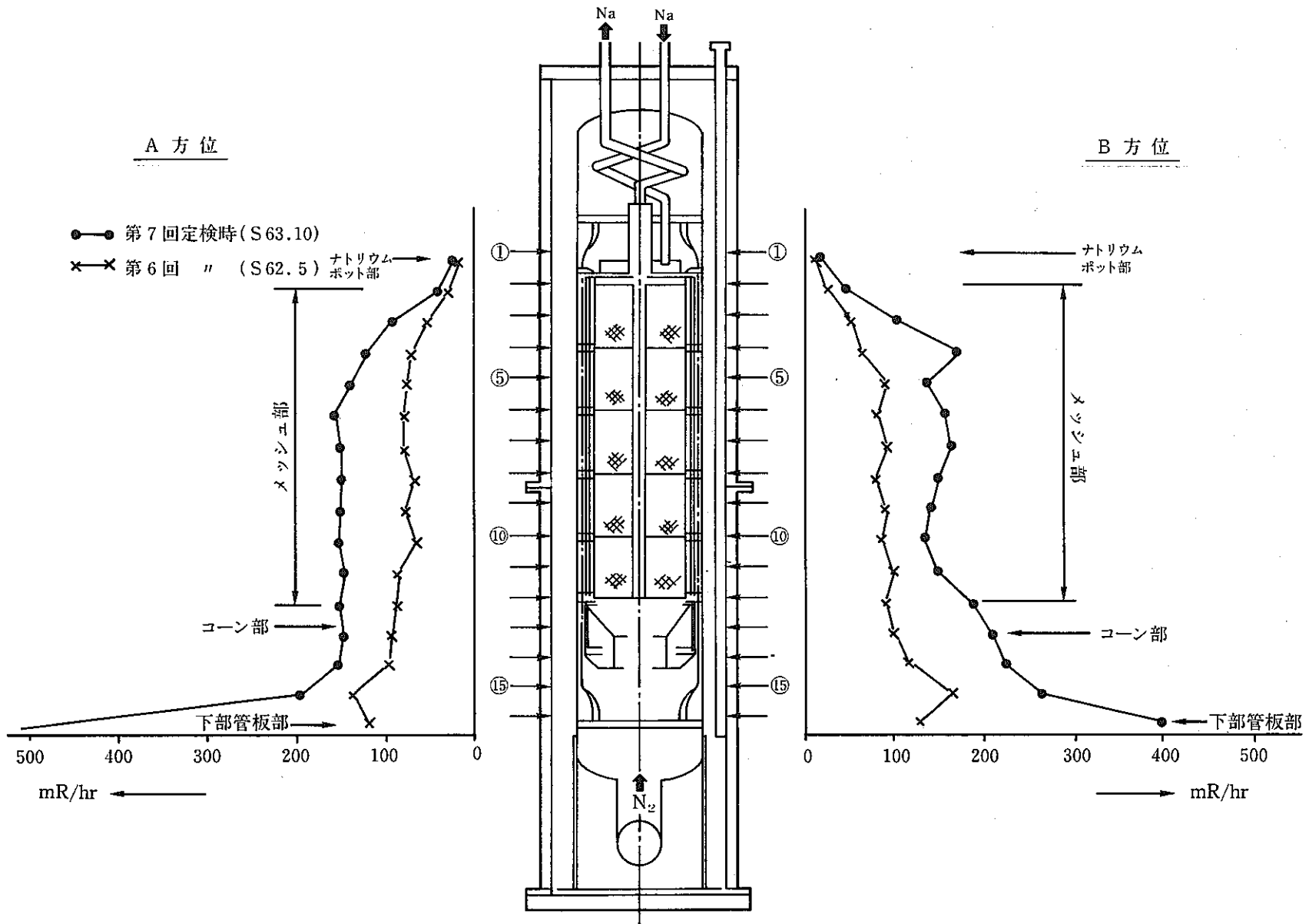


図 6. 2. 1 新型CT TLDによる線量率分布

表 6. 2. 1 新型コールドトラップ表面線量率測定結果

| 測定 ポイントNO | 場所 | 第 6 回定検時(S62.5)(mR/hr) | | 第 7 回定検時(S63.10)(mR/hr) | |
|--------------|-----------------------|------------------------|-------|-------------------------|-------|
| | | A 方 位 | B 方 位 | A 方 位 | B 方 位 |
| 1 | ナトリウム ポット部 | 17.3 | 12.8 | 23.7 | 16 |
| 2 | メ ッ シ ュ 部 | 29.3 | 27.6 | 40.5 | 40 |
| 3 | | 53.5 | 53.6 | 91.5 | 104 |
| 4 | | 69.5 | 64.8 | 121.8 | 174 |
| 5 | | 77.7 | 92.1 | 138.6 | 138 |
| 6 | | 79.0 | 77.5 | 154.5 | 157 |
| 7 | | 80.6 | 93.0 | 147.9 | 165 |
| 8 | | 66.7 | 81.9 | 147.6 | 149 |
| 9 | | 78.7 | 92.7 | 151.2 | 140 |
| 10 | | 64.8 | 85.3 | 152.1 | 133 |
| 11 | | 85.1 | 97.8 | 147.3 | 150 |
| 12 | | 88.9 | 88.5 | 152.7 | 187 |
| 13 | コーン部 | 95.5 | 99.3 | 149.7 | 208 |
| 14 | | 98.4 | 114.3 | 153.6 | 222 |
| 15 | | 135.5 | 165.1 | 196.9 | 262 |
| 16 | 下部管板部 | 120.0 | 128.5 | 508.3 | 398 |

S63.10

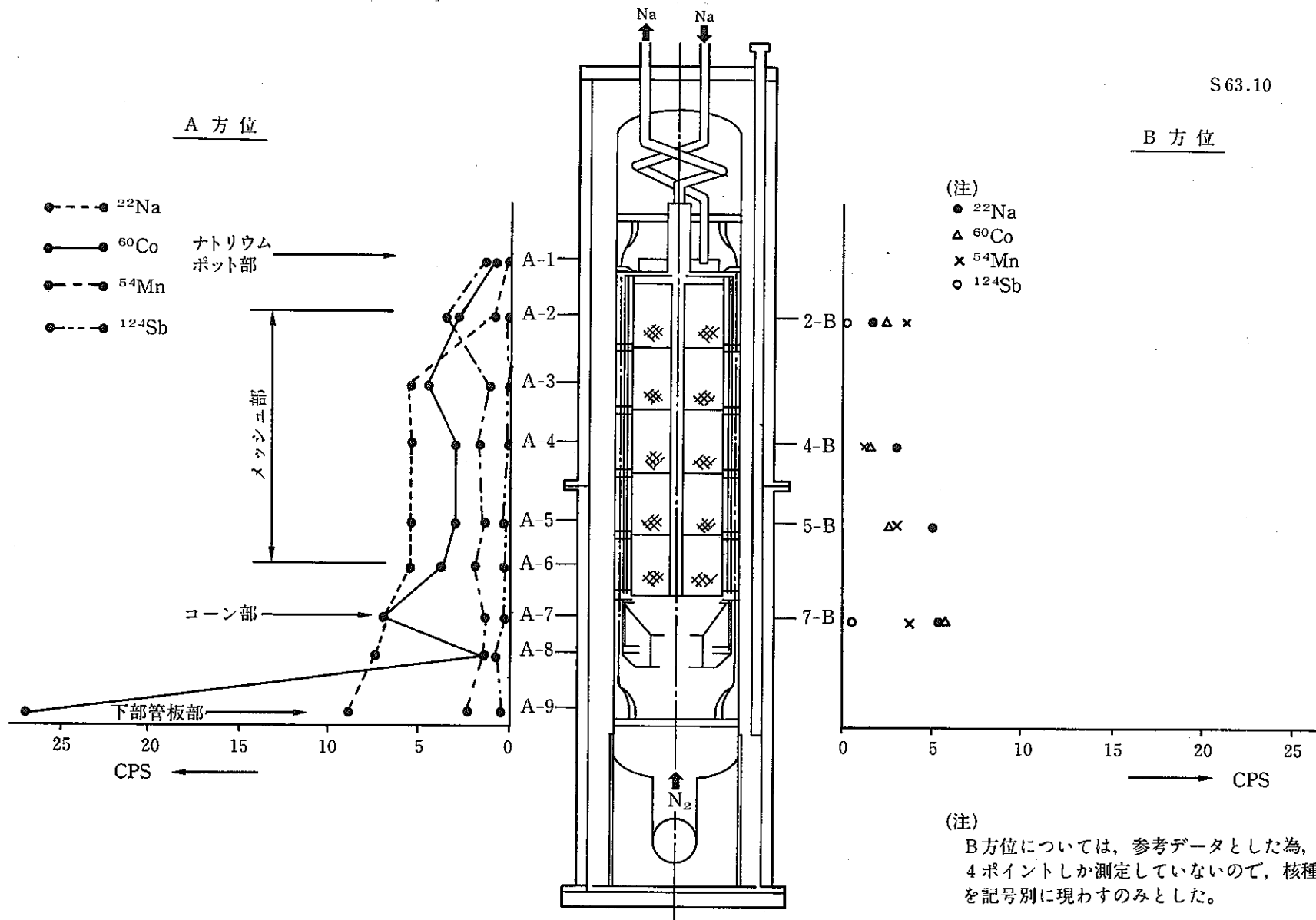


図 6. 2. 2 新型CT Ge半導体検出器による核種分布

表 6.2.2 コールドトラップ核種測定結果

S 63.10

| 新 型 C T | | | | | | | | |
|---------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| 観測点 | A 方 位 | | | | B 方 位 | | | |
| | ⁶⁰ Co | ⁵⁴ Mn | ²² Na | ¹²⁴ Sb | ⁶⁰ Co | ⁵⁴ Mn | ²² Na | ¹²⁴ Sb |
| 1 | 0.9 | 1.4 | — | — | / | / | / | / |
| 2 | 3.2 | 3.6 | 1.0 | 0.1 | 2.4 | 3.5 | 1.6 | 0.1 |
| 3 | 4.7 | 1.2 | 5.5 | — | / | / | / | / |
| 4 | 3.2 | 1.7 | 5.5 | — | 1.4 | 1.2 | 2.9 | — |
| 5 | 3.2 | 1.5 | 5.4 | 0.3 | 2.7 | 2.8 | 4.9 | — |
| 6 | 3.7 | 1.8 | 5.5 | 0.3 | / | / | / | / |
| 7 | 7.0 | 1.3 | 6.9 | 0.5 | 5.5 | 3.7 | 5.4 | 0.6 |
| 8 | 1.8 | 1.9 | 7.4 | 1.4 | / | / | / | / |
| 9 | 27.2 | 2.2 | 8.8 | 0.8 | / | / | / | / |

| 旧 C T | | | | | | | | |
|-------|------------------|------------------|------------------|--|--|--|--|--|
| 観測点 | 1 方 位 | | | | | | | |
| | ⁶⁰ Co | ⁵⁴ Mn | ²² Na | | | | | |
| F | 8.9 | 0.6 | 3.6 | | | | | |
| E | 6.2 | 2.4 | 3.4 | | | | | |
| D | 19.6 | 1.5 | 3.2 | | | | | |
| C | 21.9 | 2.4 | 3.8 | | | | | |
| B | 12.6 | 1.4 | 3.8 | | | | | |
| A' | 15.1 | — | 5.5 | | | | | |
| A | / | / | / | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

備考 1) 単位 [cps]

** RESULT OF PEAK SEARCH **

| PK# | POSITION (CH) | START - STOP (CH) | NET (CNTS) | INTENSITY (CNTS/SEC) | SCATTER (CNTS) | ERROR (%) | FWHM (CH) |
|-----|------------------|----------------------|---------------|-------------------------|-------------------|--------------|--------------|
| 1 | 118.92 | 117 - 125 | 502 | 1.0048 | 3964 | 17.84 | 12.62 |
| 2 | 1103.96 | 1098 - 1110 | 4832 | 9.6642 | 4684 | 2.59 | 5.78 |
| 3 | 1310.40 | 1304 - 1316 | 461 | .9228 | 3825 | 20.85 | 4.53 |
| 4 | 1834.69 | 1828 - 1842 | 1105 | 2.2100 | 3576 | 9.07 | 7.77 |
| 5 | 2598.65 | 2592 - 2606 | 12005 | 24.0090 | 1928 | 1.08 | 6.82 |
| 6 | 2827.25 | 2820 - 2834 | 4387 | 8.7730 | 806 | 1.82 | 7.40 |
| 7 | 2958.25 | 2950 - 2966 | 13622 | 27.2434 | 831 | .92 | 6.99 |
| 8 | 3768.84 | 3760 - 3776 | 404 | .8088 | 48 | 5.71 | 9.13 |

COLLECT TIME= 500 sec

SENSITIVITY= 1.0

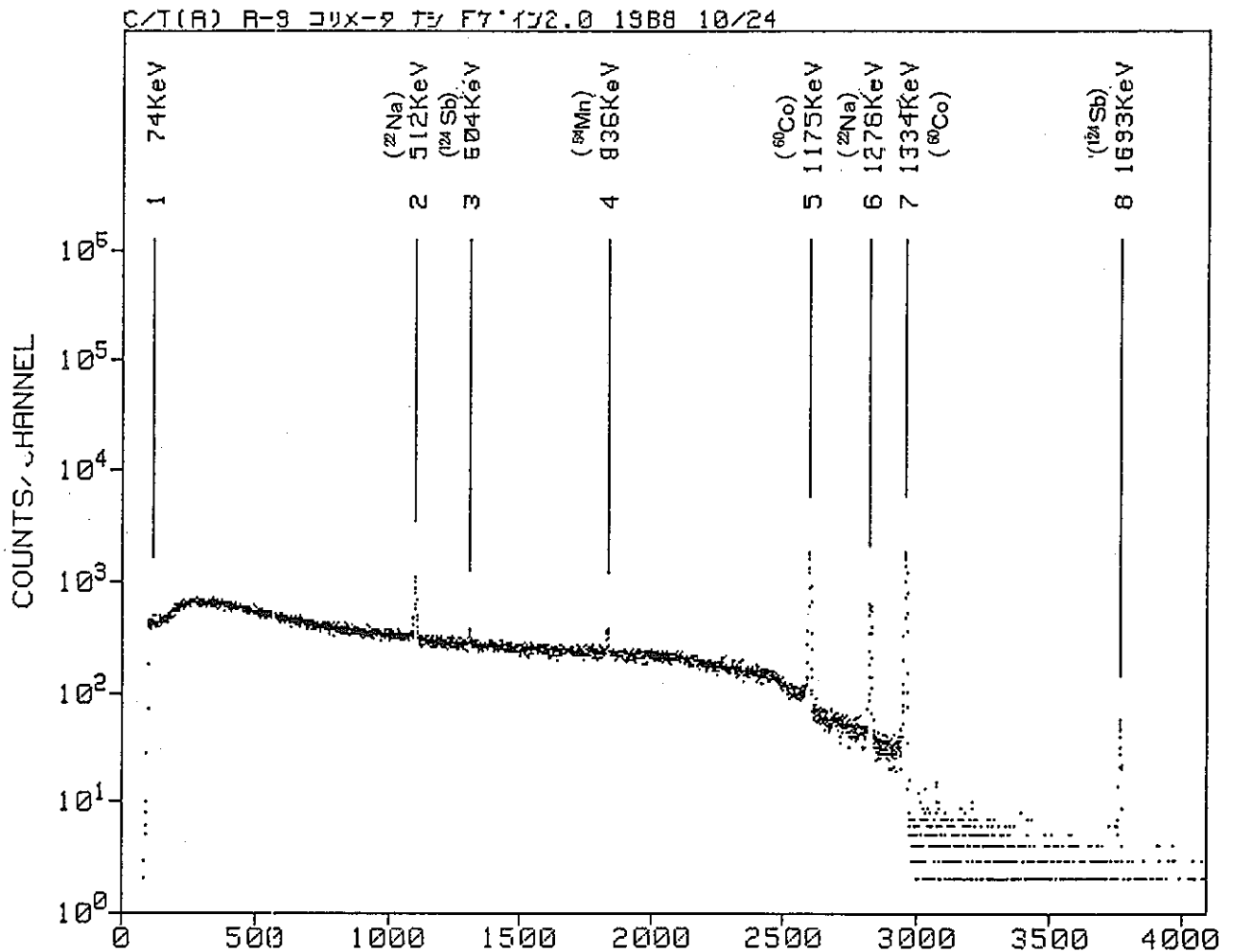


図 6. 2. 3 γ線スペクトル測定例

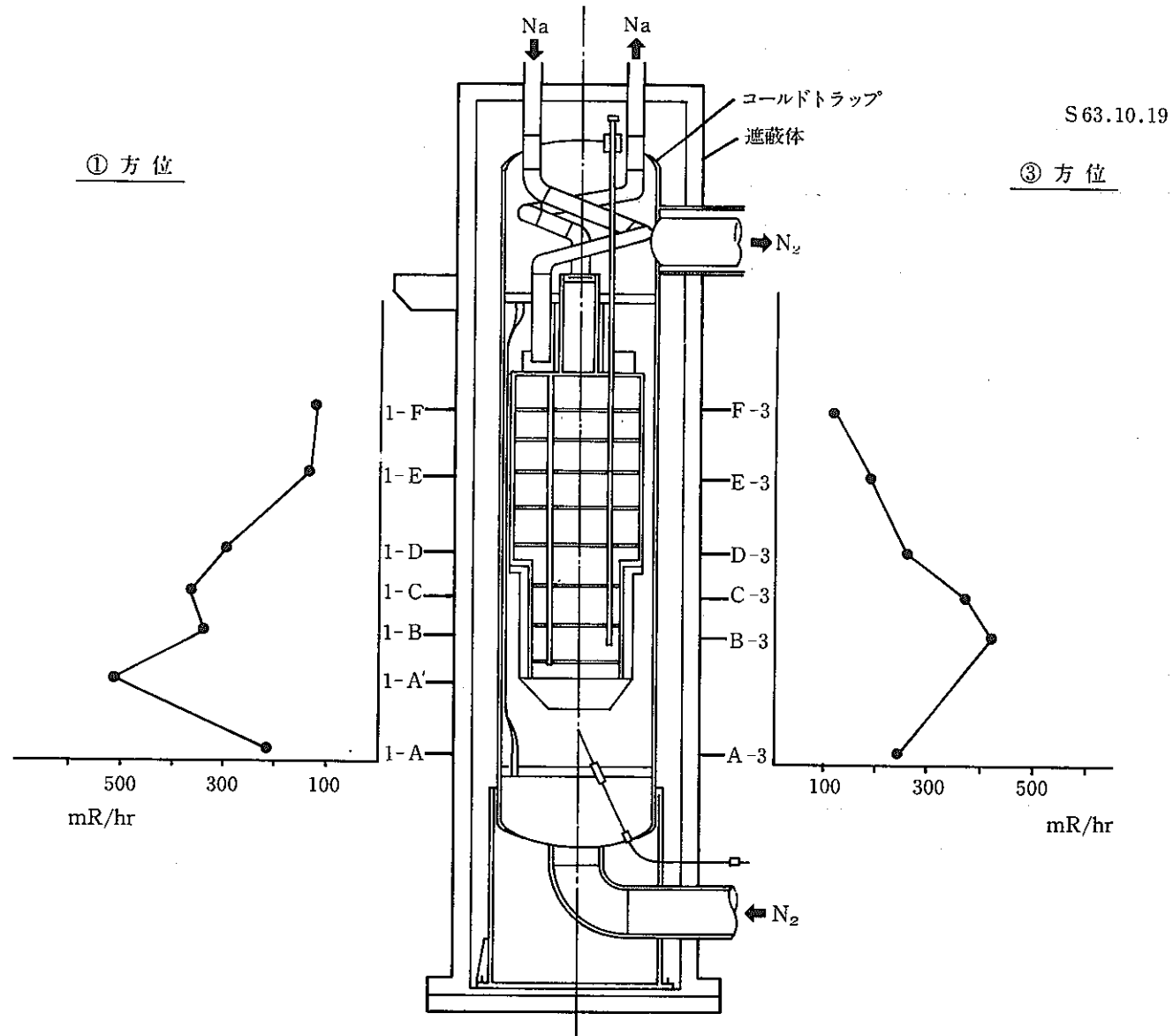


図 6. 2. 4 旧 C T 表面線量率測定結果

表 6.2.3 旧コールドトラップ表面線量率測定結果

| 測定 ポイント | 第 7 回定検時 (S63.10) (mR/hr) | |
|------------|---------------------------|-------|
| | ① 方位 | ③ 方位 |
| F | 125.6 | 111.4 |
| E | 139.5 | 182.9 |
| D | 300.2 | 257.1 |
| C | 370 | 363.7 |
| B | 339.1 | 416.3 |
| A' | 574.4 | ※ |
| A | 218.4 | 243 |

※ ③方位にはA'位置に測定孔がない為データなし。

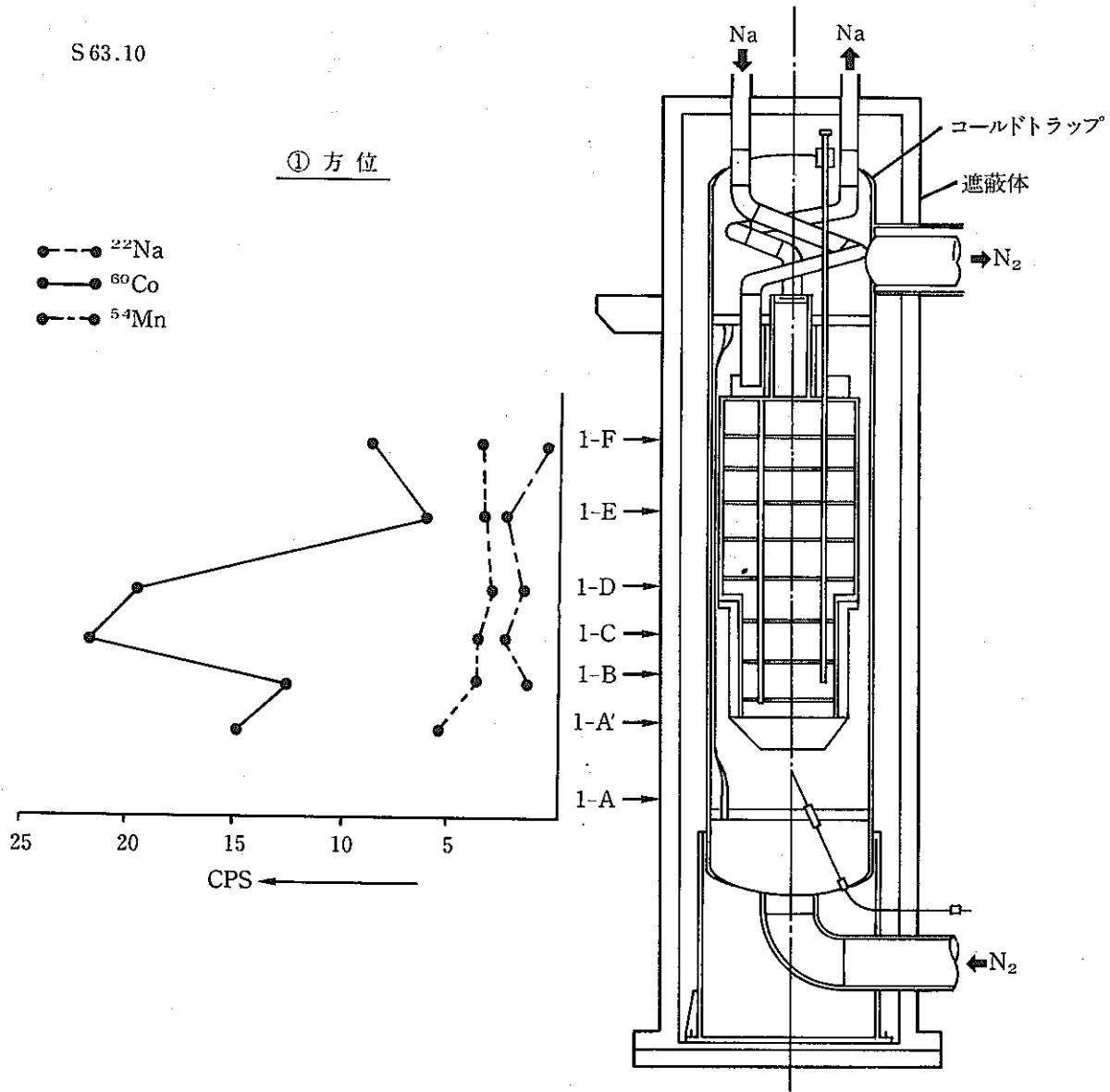


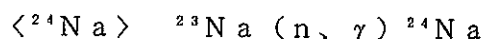
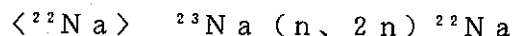
図 6. 2. 5 旧 C T Ge 半導体検出器による核主分布

7. 検討結果

7.1 核種分布

(1) ^{22}Na

高速増殖炉 (FBR) の冷却材にはナトリウム (^{23}Na) が用いられている。原子炉内では冷却材のナトリウム (^{23}Na) が次の様な核反応をおこし放射性物質である ^{22}Na 及び ^{24}Na を生成する。



^{24}Na の半減期は、15.02時間と比較的短い、生成量が ^{22}Na の約 10^5 倍と多く、原子炉運転中は線源としては ^{24}Na が支配的となる。一方 ^{22}Na は生成量が少ないが半減期が 2.602年と長い為に原子炉停止後における線源寄与は時間の経過とともに ^{24}Na に代り大きくなる。

今回、第7回定検時に実施されたGe半導体検出器での核種測定結果においても ^{22}Na が検出された。

^{22}Na の計数率は、新型コールドトラップ下部管板付近 (測定点A-9) で最大値の 8.8cps、メッシュ部 (測定点A-3~6) において 5.4~5.5cps、測定点A-2で1cps、測定点A-1で0cpsの値であった。新型コールドトラップ上部付近の測定点A-1とA-2における計数率の低下現象は『高速実験炉「常陽」1次ナトリウム純化系運転経験報告書(3) SN9410 88-061』で新型コールドトラップへのナトリウム充填時にコールドトラップ上部にガス留りができた可能性がある」と報告されており、新型コールドトラップ上部のガス留の影響によるものと推測される。

また、メッシュ部測定点A-3~A-6及び下部管板付近部測定点A-7~A-9の ^{22}Na の分布は新型コールドトラップ内のナトリウム容量に起因するものと推定される。これは、新型コールドトラップ内ナトリウム容量率分布 (容量率は各測定点を円筒モデル化して算出し、測定点A-9を100%として百分率で表した) と ^{22}Na と計数率分布がほぼ同様の傾向を示していることからもうかがえる。また、新型コールドトラップ内のナトリウム容量 1 m^3 当りの ^{22}Na の計数率を算出した結果、メッシュ部及び下部管板付近部をとわずほぼ同値であった。従って、 ^{22}Na の計数率分布は新型コールドトラップ内のナトリウム容量に起因したものといえる。図-7.1.1に ^{22}Na の計数率とコールドトラップ容量率の比較図を示す。

(2) CPの分布

コールドトラップ内で見られたCPは、 ^{60}Co と ^{54}Mn でありその分布には以下のような特徴が見られた。

- ① ^{60}Co は構造の異なる新型コールドトラップと旧コールドトラップで分布のしかたに違いがあったが、 ^{54}Mn の分布は同じ様な傾向であった。
- ② コールドトラップの ^{60}Co の分布は、予想される酸素不純物捕獲分布と同様な分布傾向であった。
- ③ 新型コールドトラップでは、下部管板付近に ^{60}Co のピークが見られた。
- ④ 得られた計数率を比較すると、 ^{60}Co は ^{54}Mn に比べて計数率への寄与分は大きかった。

一般にNa中での ^{60}Co 、 ^{54}Mn は、 ^{60}Co は高温部に、 ^{54}Mn は低温部に優先的に付着し、ともにNa流速が速いほど付着しやすい等の特徴がある。又 ^{54}Mn は、炉心構成材料をつくる元素のなかでも、最も溶出しやすい元素のひとつである為生成量が多く、一次系内では ^{60}Co よりも ^{54}Mn の方が優勢となるということも言われている。これらのことは、一次系主配管に於けるCP測定結果にも現れており、コールドトラップ内でも当然同様の挙動を示すと考えられる。CPの付着に影響を与える要因(Na流速、Na温度)についてコールドトラップ内を見ると、Na流速は速くても数cm/sec、Na温度は、コールドトラップ運転設定温度150°Cにおいても最大190°Cである。CPのNa流速依存性は、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn とも同じである為、Na流速による付着の差はないと思われるが、温度依存性は、 ^{54}Mn は低温部優先性がある為コールドトラップ内は ^{60}Co よりも ^{54}Mn の優先的付着場所と考えられる。しかし実際の測定結果では ^{60}Co の方が多く、かならずしも定説通りの挙動を示さなかった。

新型コールドトラップでは、下部管板付近に ^{60}Co の突出した捕獲が見られたが、一次系主配管のCP測定においてCPは重力沈降により堆積することを示唆する実測データが得られていることから、コールドトラップ内でもCPが沈降し、下部管板付近に堆積していることが予想される。このことは旧コールドトラップにおいても同様であると思われるが、旧コールドトラップの下部管板付近の線量率分布(図6.2.4)を見るかぎり(旧コールドトラップの下部管板付近の測定ポイント1-Aは、Ge半導体検出器遮蔽体をセットするスペースがない為、核種測定が出来なかった。)新型コールドトラップの様な突出した捕獲はうかがえなかった。この理由については以下のことが考えられる。

旧コールドトラップは、50MW第2サイクル頃より設定温度128°Cの低温運転を圧損増加に顕著となる75MW第5サイクル頃まで行って来た。低温運転においては、下部管板付

近はフリーズすることがR & D等で報告されており、旧コールドトラップでも下部管板付近のNaは、フリーズしていたものと思われる。このことは、図7.1.2に示す旧コールドトラップ設定温度128℃における内部温度分布からもいえる。最下部温度は116.2℃しかなく、この最下部温度の検出位置が下部管板から460mm上方にあることを考えると、下部管板付近はもちろん、そのかなり上方までフリーズ領域であったことが予想される。

また、旧コールドトラップの運転は、一次系Naの初期純化から行われ、50MW出力上昇試験時にはすでに圧損増加現象が始まり、75MW第5サイクル時には圧損増加が顕著になった。3.2章で記した様に、75MW出力での運転中は旧コールドトラップの線量率はまだ低く、CPの蓄積量も少なかったと思われ、CPの蓄積量が少ない内に、すでに下部管板付近のフリーズした上に酸素不純物の堆積層が出来た為、下部管板からわずかに約20mm上方に設置された測定孔付近では、運転時間が長かった割にCPの蓄積が少なかったのではないかと思われる。

一方新型コールドトラップでは、設定温度150℃から120℃の運転を行った。新型コールドトラップ設定温度130℃と120℃時の内部温度分布を図7.1.2に示す。

新型コールドトラップの最下部温度検出位置は、下部管板から141mm上方にあり、130℃と120℃の設定温度における最下部温度を見た場合、フリーズは温度には達していないが、さらに下方では、フリーズしている領域があることが予想される。Ge半導体検出器による測定孔は下部管板から109mmの位置がある為、ちょうどこの付近にNaフリーズ領域が出来CPの沈着場所となり、核種測定結果⁶⁰Coが多く検出されたのではないかと思われる。新、旧コールドトラップの下部温度検出位置及び下部管板付近のGe半導体検出器による測定孔位置の比較を図7.1.3に示す。

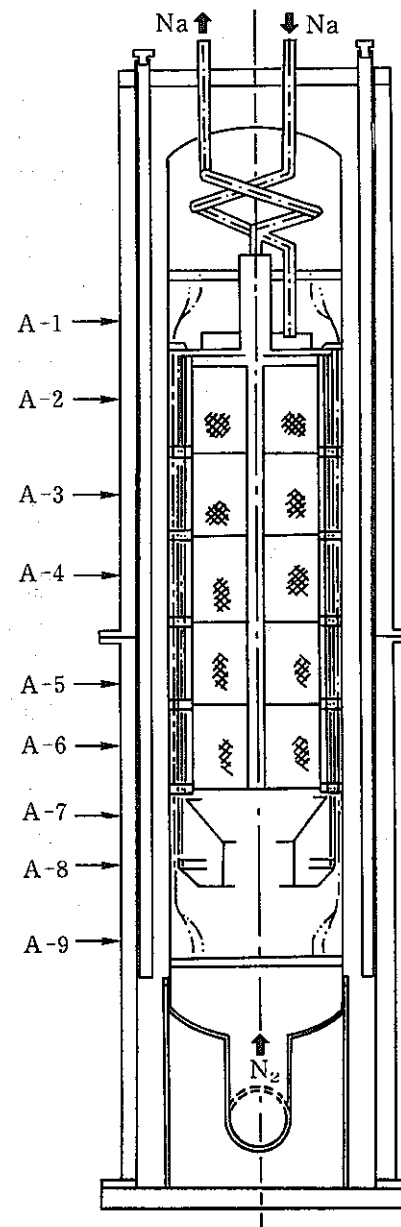
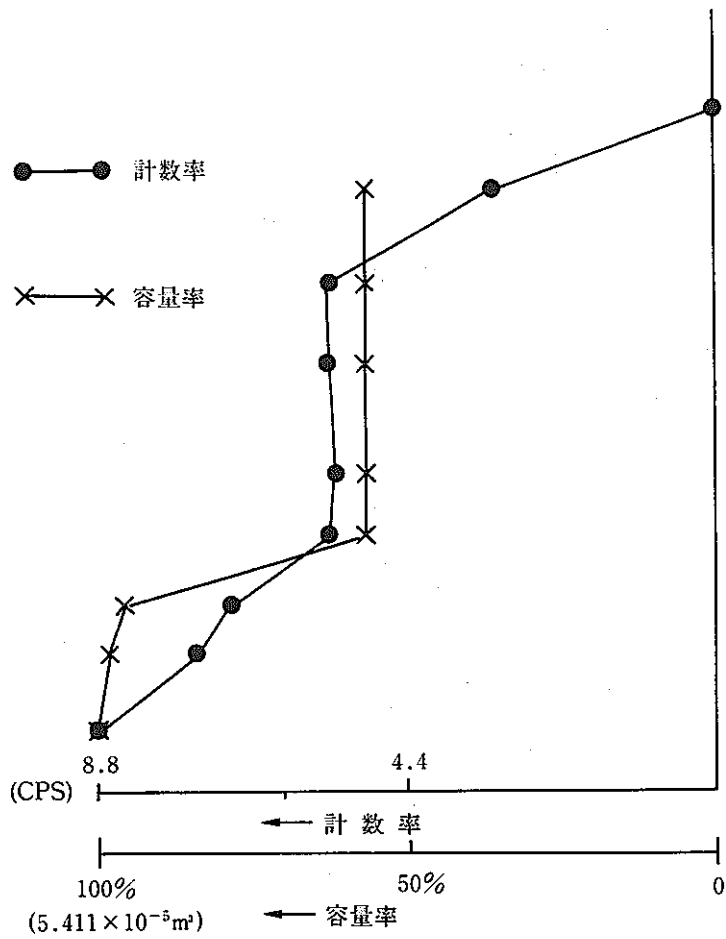


図 7. 1. 1 ²²Na の計数率と容量率

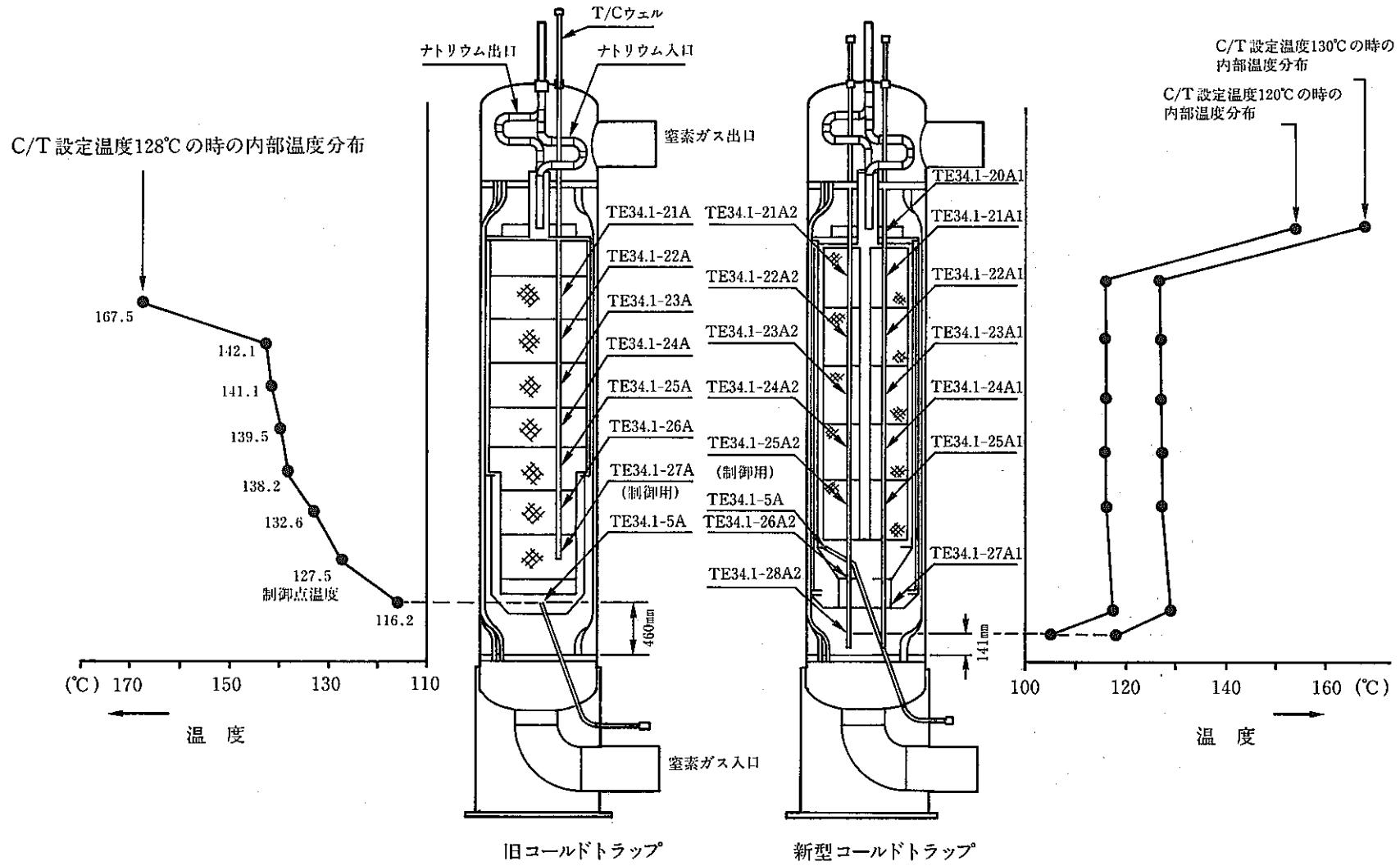


図 7. 1. 2 新型及び旧コールドトラップ内部温度分布

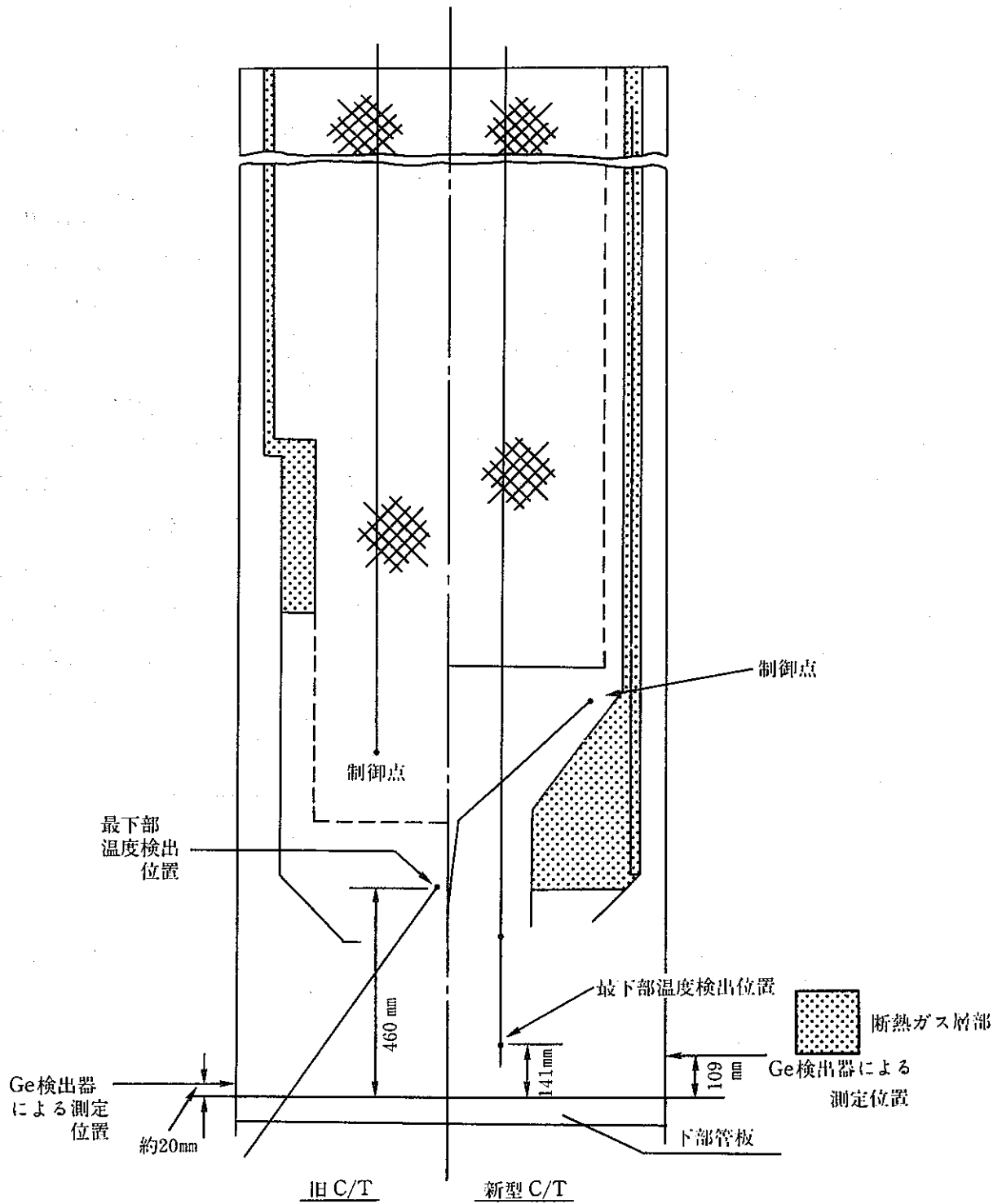


図 7. 1. 3 新、旧 C/T の下部熱電対と測定孔位置比較

7.2 酸素不純物捕獲とCPとの相関の可能性

新型と旧コールドトラップでは構造上の差異でナトリウム流入経路が異なる。図7.2.1に新型及び旧コールドトラップのナトリウム流入経路を示す。旧コールドトラップにおいてはメッシュ7層を軸方向に重ね下2層のメッシュを多孔板にて被覆した多孔板構造を採用している。下2層のメッシュ部の多孔板にはナトリウム流入用オリフィス孔が設けられており、コーン部より流れ込んだナトリウムは、すべて下2層のメッシュより流入し、メッシュ内を上昇しながら出口配管へと流れ出ていく。

新型コールドトラップでは、不純物捕獲容量の増大を図るとともにメッシュ全面に捕獲させる為全面流入構造を採用している。又、メッシュの不純物有効領域はナトリウム流入面から約30cmまでの範囲であることより、メッシュの厚さは30cmとし、ナトリウム流路を十分に確保するという観点から、メッシュ形状をドーナツ形としている。その為、コーン部より流れ込んだナトリウムは各層のメッシュ表面より流入しメッシュ中空部へ集中し出口配管に向う流れを形成する。また、旧コールドトラップで用いた多孔板構造に比べ新型コールドトラップで用いた全面流入構造はナトリウム流入部がメッシュ各層に均一化している為にメッシュ部の酸素不純物捕獲もメッシュ各層に均一化することが期待される。

一方、多孔板構造における酸素不純物の捕獲は、旧コールドトラップのモックアップであるCT-4B1号機の解体検査で、ナトリウム流入面である多孔板が目詰りしており酸素不純物捕獲分布もメッシュ部の下2層に集中していた。また、下部管板部にも比較的多くの酸素不純物捕獲があったと報告がなされている。このことから、旧コールドトラップの酸素不純物捕獲分布はCT-4B1号機と同様であると予想される。

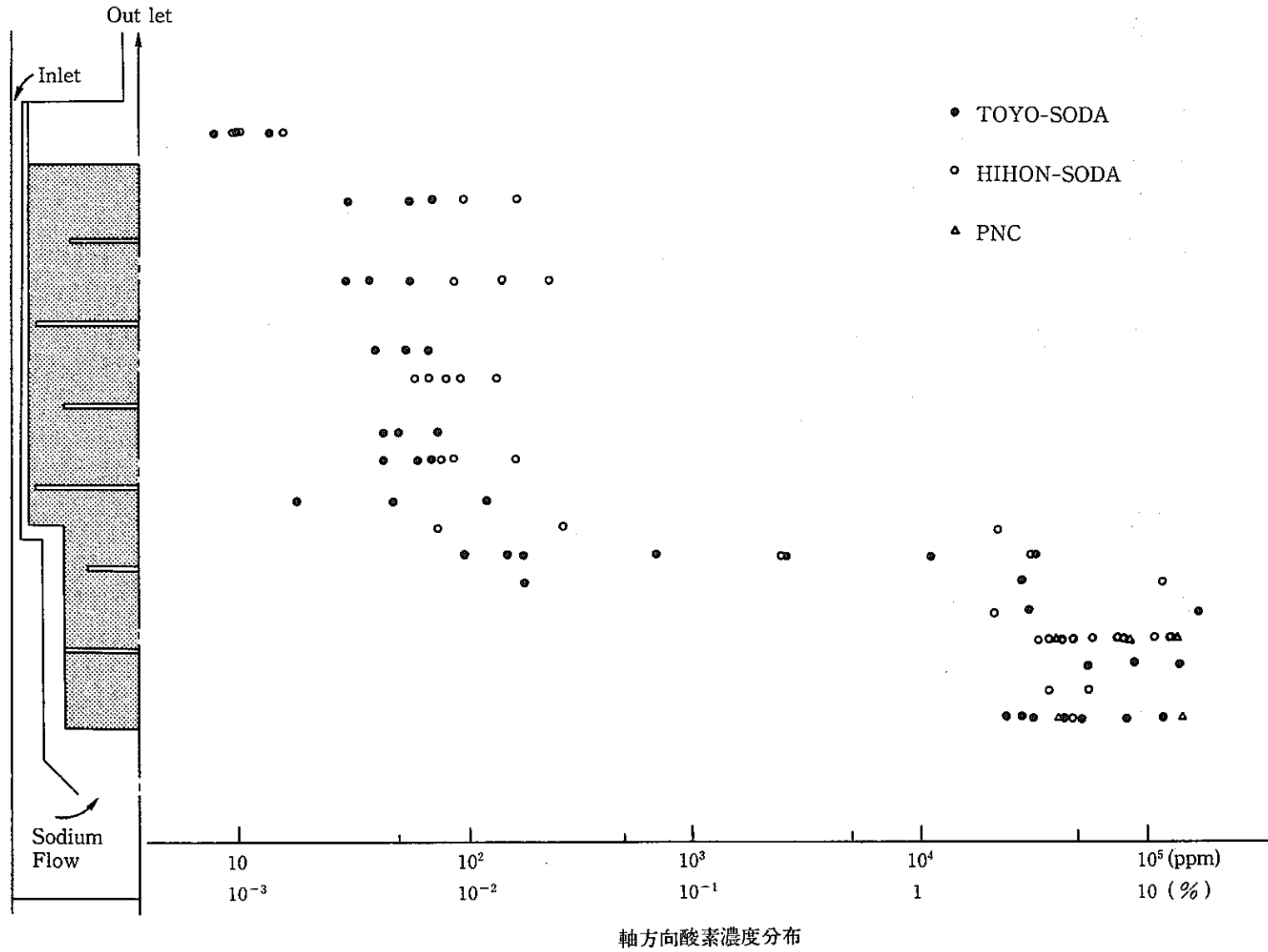
図7.2.2にCT-4B1号機の解体検査で得られた酸素不純物捕獲分布を示す。

新型及び旧コールドトラップの酸素不純物の捕獲が前述した様な分布が予想されるのに対し、CPは第7回定検時に実施した核種測定の結果、新型コールドトラップでは、メッシュ部においてCP（特に ^{60}Co ）分布は均一した分布傾向であった。又、旧コールドトラップでは、 ^{60}Co がナトリウム流入部である下2層のメッシュ部で最大となる分布をしていた。

以上、酸素不純物捕獲分布とCPの関係をまとめると表7.2.1に示す様になる。

表 7.2.1 酸素不純物とCPの相関について

| | 旧 コールドトラップのモックアップ コールドトラップ (CT-4B1号機) | 旧 コールドトラップ | 新 型 コールドトラップ |
|---|---|--|---|
| メッシュ部 への Na 流入構造 | 多孔板にて被覆した下2 層のメッシュより流入 | 同 左 | 全面流入型 |
| 酸素 不純物 捕獲 分布 | 解体検査の結果、酸素不 純物は、ナトリウム 流入部 である下2層のメッシュ部に集 中していた。 また、下部管板付近にも 比較的多く捕獲されていた。 | 旧コールドトラップのモックアップであ るCT-4B1号機の解体検査 で、ナトリウム 流入部である 下2層のメッシュ部に集中し て捕獲されていたことから、旧コールドトラップにおい ても下2層のメッシュ部に集中 して捕獲されていると予 想される。 | ナトリウム は、5層のメッシュ各 層から均一に流入する様 になっている為、メッシュ部 の酸素不純物捕獲も、メ ッシュ各層に均一に捕獲され ることが予想される。 |
| 線 量 率 測 定 結 果 | | ^{60}Co の分布はナトリウム 流入 部である下2層のメッシュ部 で最大となる分布であ った。 | メッシュ部におけるCP (特に ^{60}Co) の分布は均一な分 布であった。 |
| 酸素 不純物 とCP の相 関関 係 | | 酸素不純物捕獲分布と ^{60}Co の分布は同じ様な分 布傾向であり、両者には 相関関係が見られる。 | 酸素不純物はメッシュ各層に 均一に捕獲されていると 推定され、CP (特に ^{60}Co) のメッシュ部に於ける分布も 又均一な分布であった。 このことから両者には、 相関関係があると考えら れる。 |
| 線 量 率 測 定 の 有 効 性 | 酸素不純物捕獲分布とCP (特に ^{60}Co) の分布は同じ様な傾向にあることが言 え、コールドトラップの線量率測定を行うことは、コールドトラップの酸素不純物捕獲分布を知 る上で有効な手掛りとなり得ると考えられる。 | | |



軸方向酸素濃度分布

图 7. 2. 2 CT-4B1号機不純物捕獲分布

8. 今後の計画

8.1 CPと酸素不純物捕獲分布の相関の突明

第9回定検まで定検毎に線量率測定を行い、表面線量率及びCPの分布の推移を追跡するとともに、CPの化学形態の調査を行い、CPと酸素不純物の相関関係をさらに突明していく予定である。

8.2 CPの定量評価

今回は、得られた計数率のみによる比較にとどまったが、今後は実機を模擬したモックアップを製作し、標準線源を用いて測定する等の方法により、CPの放射能を定量的に評価していく予定である。

9. 結 言

- ① コールドトラップ内からは、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn の放射性腐食生成物の他 ^{22}Na 、 ^{124}Sb の放射性核種が検出された。
- ② コールドトラップの線量率分布と酸素不純物の捕獲分布はよく似た傾向を示しており、TLDによる表面線量率測定とGe半導体検出器によるCP核種分布測定を組み合わせる実施することが、コールドトラップの酸素不純物捕獲分布を把握する有効な方法である見通しを得た。
- ③ TLDの温度依存性フェーディング現象を究明すべく実施した特性試験の結果、TLDは比較的高温（110℃位）の雰囲気まで使用出来ることが分った。

10. 謝 辞

本試験に当り、高速実験炉「常陽」技術課計測グループ員及び放射線管理課員の方々の御協力を頂き、ここに深く感謝の意を表する。

11. 参考文献

1. 向 和夫 他 総合試験装置純化系特性試験(6)
コールドトラップの解体検査 PNC SN941 77-115
2. 道野 昌信 他 高速実験炉「常陽」1次ナトリウム純化系運転経験報告書(3)
PNC SN9410 88-061
3. 飯沢 克幸 他 高速炉プラントにおける放射性腐食生成物挙動解析コード
動燃技報 No.58 (1986.6)
4. 谷山 洋 他 LMFBR 1次系における核分裂及び腐食生成物の挙動
(翻訳) PNC N951 78-03