

# 「常陽」におけるCP付着分布の測定と評価（Ⅱ）

1992年7月

動力炉・核燃料開発事業団  
大洗工学センター

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせください。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター システム開発推進部・技術管理室

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

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

## 「常陽」におけるCP付着分布の測定と評価（Ⅱ）

飯沢克幸\*，茶谷恵治\*，伊藤和寛\*  
鈴木惣十\*，金城勝哉\*

### 要 旨

高速炉プラントの保守，点検時における作業員の被ばく低減化を目的として，高速実験炉「常陽」の定期検査期間を利用し，1次主冷却系における放射性腐食生成物（CP）の管壁付着密度と線量率分布の測定を実施し，CP挙動機構の解明とCP挙動解析コード“PSYCHE”の検証を進めて来た。

1次主冷却系配管壁のCP付着密度の測定は高純度Ge半導体検出器を，配管及び中間熱交換器（IHX）及びポンプの表面線量率は熱蛍光線量計を用い，いずれも保温材表面で実施した。今回の第9回定期検査時の測定も含めこれまでに計7回の測定データが蓄積され，これにより実プラントにおけるCP挙動の評価を進めた。本研究により得られた結果は次の通りである。

- (1) 1次ナトリウム冷却系内に蓄積する主要なCP核種は $^{54}\text{Mn}$ と $^{60}\text{Co}$ であり， $^{54}\text{Mn}$ が最優勢核種で $^{60}\text{Co}$ の約20倍に達する。
- (2)  $^{54}\text{Mn}$ はIHXから原子炉容器入口までのコールドレグ管壁に移行し易く， $^{60}\text{Co}$ は原子炉容器出口からIHX入口までのホットレグに移行し易い。
- (3) 1次冷却系内の $^{54}\text{Mn}$ のビルドアップは4～4.5実効運転年（EFPY： $^{54}\text{Mn}$ の約4半減期）を経て，ホットレグで飽和に達し，コールドレグでもゆるやかな上昇あるいは変動を示す。即ち実際上の飽和性を示す時期に入り，表面線量率も約 $1.5\text{mSv/h}$ で概ね飽和に達したものと考えられる。IHXとポンプの線量率はそれぞれ約 $1.5$ ， $2.1\text{mSv/h}$ のレベルにあり，冷却材停留部と流動攪乱の大きな部位で線量率分布のピークを示した。
- (4) 測定値（E）と“PSYCHE91”による計算値（C）を比較した結果，C/E値はCP付着分布に対して1.2，線量率分布に対して1.5が得られた。

以上より，「常陽」1次主冷却系配管と機器におけるCP挙動は，機器内CPの定量化と予測精度向上等努力すべき課題を残すものの，その特徴が概ね明らかとなって来た。

今後は，燃料洗浄・廃液処理系のCP評価に関連して，外側反射体等の炉心構成要素におけるCP挙動の評価と解明を進める必要がある。更に，CP抑制因子の明確化とナトリウム中CPトラップ等のCP低減対策の実証を図る必要がある。

---

\* 実験炉部 技術課

## Measurement and Evaluation of Radioactive Corrosion Product Behavior in Primary Sodium Circuits of JOYO (II)

K. Iizawa\*, K. Chatani\*, K. Ito\*  
S. Suzuki\* and K. Kinjo\*

### Abstract

The radioactive corrosion product (CP) deposition density and gamma dose rate have been measured along the primary sodium circuits in Experimental Fast Reactor "JOYO" during every annual inspection and the CP behavior analysis code "PSYCHE" has been verified with measurement data in order to contribute the reduction of exposure dose of plant personal.

The deposition density is measured by using a pure germanium detector system and determined by multiplying count rates by conversion factor. Gamma dose rate is measured with  $\text{CaSO}_4$  thermoluminescence dosimeters (TLD).

This report presents measurement results during the 9th annual inspection and the evaluation results for all data measured so far.

The results on this study are summarized as follows:

- (1) Major CP nuclides deposited along the primary sodium circuits are  $^{54}\text{Mn}$  and  $^{60}\text{Co}$ .  $^{54}\text{Mn}$  is most dominant isotopes. Amounts of deposited  $^{54}\text{Mn}$  is about twenty times as much as those of  $^{60}\text{Co}$ .
- (2)  $^{54}\text{Mn}$  is deposited mainly on the cold leg pipings between the outlet of the intermediate heat exchanger (IHX) and the inlet of the reactor vessel.  $^{60}\text{Co}$  is deposited mainly on the hot leg pipings between the outlet of the reactor vessel and the inlet of IHX.
- (3) The buildup of  $^{54}\text{Mn}$  is saturated at 4~4.5 EFPY.  
The averaged dose rate of the pipings is saturated at about 1.5 mSv/h. The dose rates of IHX and primary sodium pump are about 1.5 mSv/h and 2.1 mSv/h, respectively.

---

\* Experimental Reactor Division, Reactor Technology Section

The dose rate distributions around IHX and primary sodium pump show the peaks at the stagnant part of the flow and at the turbulence part.

- (4) Calculation by "PSYCHE" and measurement are compared. Calculation-to-measurement ratio is 1.2 for the CP deposition density and 1.5 for the dose rate.

It can be said that the features of the CP behavior in the primary circuit of "JOYO" is made clear. The more effort will be required for the evaluation of CP behavior for subassemblies such as outer reflectors, clearness of factor to reduce CP, and demonstration of the method for CP reduction like a CP trap.

## 目 次

1. 緒 言 .....	1
2. 高速炉におけるCP挙動の概要 .....	2
3. 「常陽」におけるCP測定 .....	5
3.1 プラント構成 .....	5
3.2 「常陽」の運転実績及びCPの測定時期 .....	6
4. CP測定の方法および条件 .....	14
4.1 測定時のプラント状態 .....	14
4.2 測定に使用した機器と測定条件 .....	14
4.3 測定位置と検出器の取付方法 .....	15
4.4 測定値の校正および規格化方法 .....	15
5. 測定結果 .....	32
5.1 CP付着分布 .....	32
5.2 1次主冷却系配管の表面線量率 .....	33
5.3 機器の表面線量率 .....	33
6. 評 価 .....	50
6.1 1次主冷却系内のCP核種 .....	50
6.2 CP付着分布の推移 .....	51
6.3 表面線量率分布の推移 .....	52
6.4 測定値と計算値の比較 .....	55
7. 結 言 .....	67
参考文献 .....	69
付録 1次主冷却系配管の表面線量率の推移 .....	70

## 表リスト

表 2. 1	プラント運転及び保守・補修の観点から見た1次系内の主要線源	3
表 3. 1	高速実験炉「常陽」の主要目	7
表 3. 2	Mk-I 運転実績データ	8
表 3. 3	Mk-II 運転実績データ	9
表 3. 4	「常陽」におけるCP付着分布測定履歴	11
表 4. 1	高純度Ge半導体検出器の諸性能	18
表 4. 2	熱蛍光線量計 (TLD) の諸性能	18
表 4. 3	測定ポイント数	19
表 5. 1	第9回定検時 <sup>54</sup> Mn付着量測定結果	35
表 5. 2	第9回定検時 <sup>60</sup> Co付着量測定結果	36
表 5. 3	第9回定検時 <sup>58</sup> Co付着量測定結果	37
表 5. 4	第9回定検時1次主冷却系配管 (A) 表面線量率測定結果	38
表 5. 5	第9回定検時1次主冷却系配管 (B) 表面線量率測定結果	39
表 5. 6	第9回定検時主中間熱交換器 (A) 表面線量率測定結果	40
表 5. 7	第9回定検時主中間熱交換器 (B) 表面線量率測定結果	41
表 5. 8	第9回定検時主循環ポンプ (A) 表面線量率測定結果	42
表 5. 9	第9回定検時主循環ポンプ (B) 表面線量率測定結果	43
表 5. 10	第9回定検時オーバフローコラム (A) 表面線量率測定結果	44
表 6. 1	1次主冷却系配管 (A) のCP付着分布測定結果の推移	56
表 6. 2	1次主冷却系配管の平均表面線量率の推移	57
表 6. 3	1次主冷却系配管 (A) のCP付着分布測定結果計算結果の比較	58

## 図リスト

図 2. 1	高速炉におけるCP挙動の概念図	4
図 3. 1	「常陽」1次および2次主冷却系の概要	12
図 3. 2	「常陽」運転履歴	13
図 4. 1	CP測定用鉛コリメータ	20
図 4. 2	ガンマ線スペクトルの測定位置	21
図 4. 3 (1)	表面線量率の測定位置 (Aループ主配管)	22
図 4. 3 (2)	表面線量率の測定位置 (Aループ主中間熱交換器)	23
図 4. 3 (3)	表面線量率の測定位置 (Aループ主循環ポンプ)	24
図 4. 3 (4)	表面線量率の測定位置 (Aループオーバーフローコラム)	25
図 4. 3 (5)	表面線量率の測定位置 (Bループ主配管)	26
図 4. 3 (6)	表面線量率の測定位置 (Bループ主中間熱交換器)	27
図 4. 3 (7)	表面線量率の測定位置 (Bループ主循環ポンプ)	28
図 4. 4	ガンマ線スペクトル測定値の減衰補正法のフロー	29
図 4. 5	Ge半導体検出器の校正体系, 方法および校正係数の算出結果	30
図 4. 6	表面線量率の測定位置と実行崩壊定数	31
図 5. 1	1次主冷却系配管のGe半導体検出器によるガンマ線スペクトル例 (ホットレグ部)	45
図 5. 2	第9回定検時CP測定位置と付着量の関係	46
図 5. 3	第9回定検時1次主冷却系配管(A)の表面線量率分布	47
図 5. 4	第9回定検時主中間熱交換器(A)の表面線量率の分布	48
図 5. 5	第9回定検時主循環ポンプ(A)の表面線量率の分布	49
図 6. 1 (1)	1次主冷却系配管(A)における $^{54}\text{Mn}$ 付着密度	59
図 6. 1 (2)	1次主冷却系配管(A)における $^{60}\text{Co}$ 付着密度	60
図 6. 2 (1)	1次主冷却系配管(A)における $^{54}\text{Mn}$ 付着密度の推移	61
図 6. 2 (2)	1次主冷却系配管(A)における $^{60}\text{Co}$ 付着密度の推移	61
図 6. 3	1次主冷却系配管(A)の表面線量率の推移	62



図 6. 4 (1)	1 次主冷却系配管 (A) における $^{54}\text{Mn}$ の付着密度の 計算値と測定値の比較	63
図 6. 4 (2)	1 次主冷却系配管 (A : ホットレグ) における $^{60}\text{Co}$ 付着密度の 計算値と測定値の比較	64
図 6. 4 (3)	1 次主冷却系配管 (A : コールドレグ) における $^{60}\text{Co}$ 付着密度の 計算値と測定値の比較	65
図 6. 5	1 次主冷却系配管 (A) の表面線量率の計算値と測定値の比較	66

## 1. 緒 言

高速炉の1次主冷却系では、炉心で放射化された燃料集合体および構造材料の成分が放射性腐食生成物（Radioactive Corrosion Product：CP）としてナトリウム中に移行する。このCPはナトリウムの流動により冷却系に運ばれて機器や配管の内壁に付着する。ナトリウムドレン後のCPの付着量は原子炉の積算運転時間の経過とともに増加し、冷却系配管の表面線量率が上昇して保守・補修作業の主要な被ばく源となっている。このため炉心におけるCPの発生量と冷却系における移行・沈着挙動を明かにして、被ばく線量率を定量的に評価することが重要である。

これらの課題に対応するため、高速実験炉「常陽」では原子炉施設の定期検査期間を利用して冷却系機器・配管に付着しているCP核種と表面線量率を測定し、その推移を調べてきた<sup>(1)・(2)</sup>。さらに、炉外試験の結果を基に作成されたCPの発生、移行、付着をシミュレーションするための解析コード“PSYCHE”を開発し、「常陽」のCP測定結果により本コードの整備と改良を図り、今後の線量率の推移予測と将来の大型炉における線量率評価に備えている。

本報告書は、「常陽」の第9回定期検査期間時に測定した1次主冷却系配管、機器のCP付着分布と表面線量率の結果、およびCP付着量と表面線量率の推移についてまとめたものである。

## 2. 高速炉におけるCP挙動の概要

高速炉プラントの運転および保守点検や補修時の放射線量率の観点からみた1次主冷却系内の主要な線源を表2.1に示す。線源はCP、核分裂生成物、トリチウム、燃料および放射化Na等から成り、この中で燃料破損を生じていない場合のプラントの保守点検や補修時に問題となる線源はCPである。

発生するCPの主なもの、燃料被覆管材や炉心構成材等が中性子の照射により放射化したのちナトリウム中に溶出したもの、あるいは主循環ポンプの軸受などで代表される動的部分における接触・摺動で生じる摩擦・摩耗粉が、ナトリウムの流動によって炉心に運ばれ放射化したものである。

CPは一般に1次冷却系内を移行し、炉内構造物である集合体等の鋼壁や冷却系機器および配管の壁面に付着する。これらCPの挙動の概念を図2.1に示す。CPの付着は1次主冷却系の放射化をもたらすばかりでなく、燃料集合体や機器のナトリウム洗浄設備の放射化をもたらして保守・補修時の作業員の被ばく源となっている。したがって、プラント各部のCP付着分布および表面線量率を実測することは、高速炉におけるこれらCP挙動の解明と被ばく低減対策を図る上で重要である。

表 2.1 プラント運転および保守・補修の観点から見た1次系内の主要線源

核種	生成核反応	半減期 (日)	$\gamma$ 線エネルギー (MeV)	備考
$^{54}\text{Mn}$	$^{54}\text{Fe}(n, p)$	312	0.83	高速炉で最も優勢なCP, 純Ni材によりNa中で捕獲可能
$^{60}\text{Co}$	$^{59}\text{Co}(n, \gamma)$	1,924	1.17, 1.33	炉心材料中の不純物Coとコバルト基表面硬化材から発生
$^{58}\text{Co}$	$^{58}\text{Ni}(n, p)$	71	0.81	$^{58}\text{Co}$ の中性子吸収断面積が大きく, 一部が $^{59}\text{Co}$ に転換し消滅する
$^{51}\text{Cr}$	$^{50}\text{Cr}(n, \gamma)$	28	0.32	
$^{55}\text{Fe}$	$^{54}\text{Fe}(n, \gamma)$	949	MnX-ray(EC)*	生成量が多いが放射線場形成には寄与しない
$^{110m}\text{Ag}$	$^{109}\text{Ag}(n, \gamma)$	253	0.658, 0.88	生成源は炉心および構造材料中の不純物Ag
$^{124}\text{Sb}$	$^{123}\text{Sb}(n, \gamma)$	60	0.60, 1.69	生成源は炉心および構造材料中の不純物Sbあるいは更に低融点合金シール材の混入
$^{182}\text{Ta}$	$^{181}\text{Ta}(n, \gamma)$	115	1.22	生成源はNb添加鋼におけるNbに伴う不純物Ta
$^{137}\text{Cs}$	Fission	$1.1 \times 10^4$	0.66	主要核分裂生成物, ガラス質カーボン材によりNa中で捕獲可能
$^{131}\text{I}$	Fission	8	0.36	事故評価上注目され, コールドトラップで除去される
$^{85}\text{Kr}$	Fission	3.927	$0.67(\beta^-)^*$	$^{85}\text{Kr} \xrightarrow{\beta^-} ^{85}\text{Rb}(n, \gamma)^{86}\text{Rb}(19\text{日})^{**}$ により $^{86}\text{Rb}$ 源となる
$^{133}\text{Xe}$	Fission	5	0.08	$^{133}\text{Xe} \xrightarrow{\beta^-} ^{133}\text{Cs}(n, \gamma)^{134}\text{Cs}(748\text{日})$ により $^{134}\text{Cs}$ 源となる
$^{135}\text{Xe}$	Fission	0.4	0.25	$^{135}\text{Xe} \xrightarrow{\beta^-} ^{135}\text{Cs}(1.1 \times 10^9\text{日})^{**}(n, \gamma)^{136}\text{Cs}(13\text{日})^{**}$ により $^{136}\text{Cs}$ 源となる
$^{140}\text{Ba/La}$	Fission	12.8/1.7	0.54, 1.60	破損燃料継続運転(RBCB)の場合に見出されよう
$^{95}\text{Zr/Nb}$	Fission	64/35	0.76, 0.77	
$^{239}\text{Pu}$	Fuel	$8.8 \times 10^6$	$5.2(\alpha)^*$	核燃料とナトリウムが直接接触する場合放出される
$^3\text{H}$	Ternary fission $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}(n, n\alpha)$ $^{10}\text{B}(n, 2\alpha)$	4,500	$0.019(\beta^-)^*$	核燃料の3体核分裂反応と中性子制御材Bの速中性子反応により生成, 被覆管壁を拡散し, 燃料破損のない場合もNa中に移行
$^{24}\text{Na}$	$^{23}\text{Na}(n, \gamma)$	0.625	1.4, 2.8, 4.2	
$^{22}\text{Na}$	$^{23}\text{Na}(n, 2n)$	950	0.51, 1.27	$^{22}\text{Na}$ の中性子吸収断面積が大きく, $^{23}\text{Na}$ にかなり転換, 消滅させ得る

\* 非 $\gamma$ 核種 EC: 軌道電子捕獲,  $\alpha$ :  $\alpha$ 核種,  $\beta^-$ :  $\beta$ 核種, \*\* (半減期)

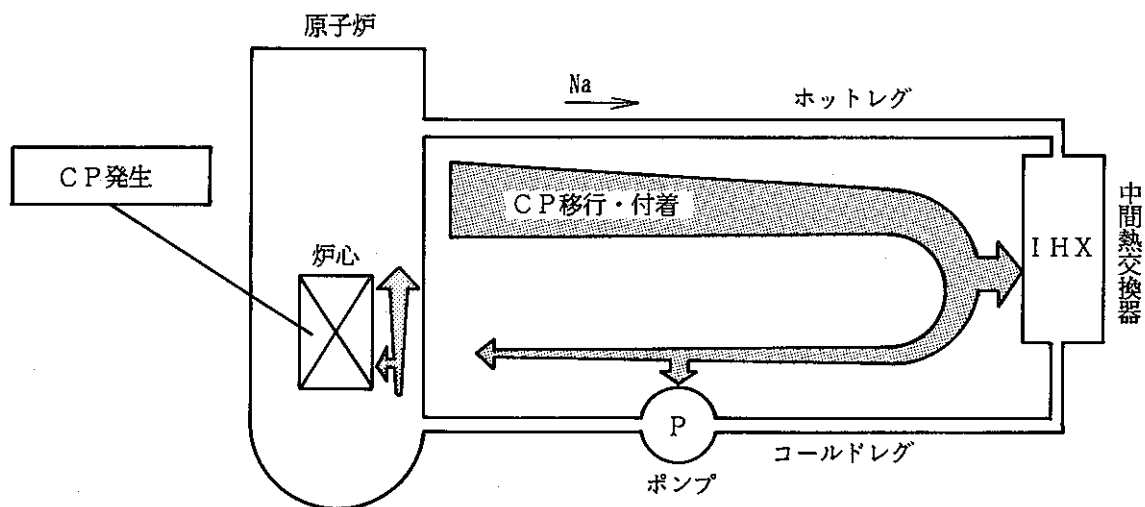


図 2.1 高速炉におけるCP挙動の概念図

### 3. 『常陽』におけるCP測定

#### 3.1 プラント構成

「常陽」は、図3.1に示すように、原子炉容器を中心として2系統の主冷却系（AループおよびBループ）、補助冷却系、オーバーフロー系および純化系から構成されている。原子炉の主要目を表3.1に示す。

主冷却系は1次系と2次系からなり、このうちCP挙動に関連するのは1次主冷却系である。1次主冷却系は主中間熱交換器、1次主循環ポンプ、配管および弁類等より構成されている。1次主冷却系のナトリウムは総量で137.7m<sup>3</sup>が充填されており、このナトリウムは1次主循環ポンプの定格運転により1ループ当たり約1260m<sup>3</sup>/hの流量で循環している。原子炉100MW出力時の原子炉容器出口ナトリウム温度は約500℃、入口温度は約370℃であり、この温度差分の熱量が主中間熱交換器を介して2次主冷却系に伝達される。1次主冷却系の主循環ポンプおよび主中間熱交換器は1ループに1基ずつ設置されている。これらの機器をつないでいる1次系の配管は全て2重管構造で、その全長は約85m/ループである。ナトリウムと接する内管の直径は、各領域の圧力損失を考慮して、原子炉容器出口から主中間熱交換器入口までが20<sup>B</sup>（内径：489.0mm, Hot-leg）、主中間熱交換器出口から主循環ポンプ入口までが18<sup>B</sup>（内径：441.4mm, Cold-leg.1）、主循環ポンプ出口から原子炉容器入口までが12<sup>B</sup>（内径：305.5mm, Cold-leg.2）となっており、それぞれの領域のナトリウムの流速は、約1.9m/s、約2.3m/sおよび約4.8m/sと異なっている。

1次主冷却系ナトリウムの純度は、オーバーフロータンクと接続されている純化系のコールドトラップで制御される。純化系の定格ナトリウム流量は9m<sup>3</sup>/hである。純化目標はプラグング温度で150℃以下と定められており、コールドトラップもこの温度を維持するため150℃以下で運転される。また、同系統内に設けられているナトリウムサンプリング装置で1次主冷却系のナトリウムをサンプリングして注目している元素について化学分析し、その推移を確認している。

### 3.2 『常陽』の運転実績およびCPの測定時期

「常陽」は、昭和52年4月増殖用炉心（Mk-I）で初臨界を達成し、翌年7月には定格の熱出力50MWに到達し、その後出力上昇を図り熱出力75MWの増殖炉心を実証した。昭和57年1月から照射用炉心（Mk-II）への移行を開始して58年3月には目標とした熱出力100MWを達成し、増殖用炉心から照射用炉心に移行した。これまでの主要な運転実績を図3.2に、その詳細を表3.3及び表3.4に示す。この間、定期検査期間を利用して表3.5に示す様にCP付着分布と表面線量率を測定してきた。

一方、CP挙動に密接に関係する1次ナトリウム純化系のコールドトラップはCP低減のために昭和54年12月以降設定温度を150℃から120℃前後に変更して運転された。しかしながら、照射用炉心への移行作業（Mk-II移行）時期を境にしてコールドトラップの圧力損失が年々増加する傾向を示し始め、原子炉運転中のナトリウム純度管理が困難になってきた。この主な原因として、コールドトラップのメッシュ部の空隙率が小さく、さらにメッシュへのナトリウム流入部が不純物による局部閉塞を起こしやすい構造であるためと考えられた。そこで従来のコールドトラップのメッシュより空隙率を大きくし、ナトリウム流入部で局部的な閉塞を起こしにくい構造とした新型のコールドトラップ（「もんじゅ」1次系コールドトラップと同一構造）を製作し、第6回定期検査中に交換した。機能試験の結果、新型コールドトラップは設定温度120℃でも順調運転できることが確認された。Mk-II第16サイクル以降、設定温度130℃で運転されてきており、コールドトラップの低温運転による冷却系機器・配管へのCP沈着の低減化が期待される。

表 3.1 高速実験炉「常陽」の主要目

主 要 目	MK - I		MK - II	
	第 1 期	第 2 期	初 期	平 衡
<b>熱特性</b>				
原子炉熱出力 Mwt	50	75	100	100
一次冷却系冷却材流量 t/h	2200	同 左	同 左	同 左
一次冷却材原子炉入口温度 ℃	370	同 左	同 左	同 左
出口温度 ℃	435	468	500	同 左
<b>核特性</b>				
炉心組成比				
燃料／冷却材／構造材	36.2/40.1/20.9		36.7/37.3/22.8	
炉心燃料装荷量 kg				
PuO <sub>2</sub>	154	156	194	219
UO <sub>2</sub>	713	723	481	544
ブランケットUO <sub>2</sub> 装荷量 kg				
軸方向	1150	1170	—	—
径方向	7600	7640	—	—
炉心中性子束 n/cm <sup>2</sup> ・sec				
平均	$1.3 \times 10^{15}$	$1.9 \times 10^{15}$	$2.9 \times 10^{15}$	$2.6 \times 10^{15}$
最高	$2.2 \times 10^{15}$	$3.2 \times 10^{15}$	$5.4 \times 10^{15}$	$5.1 \times 10^{15}$
<b>炉心</b>				
炉心部組成比				
燃料領域				
(燃料／冷却材／構造材)	37/37/23	同 左	同 左	同 左
炉心部冷却材流量 kg/sec	440	450	480	—
反射体部冷却材流量 kg/sec	110	100	40	—
炉心構成要素				
炉心燃料集合体本数	67	68	54	61
半径方向				
ブランケット集合体本数	191	190	—	—
集合体当たり要素本数				
炉心	91		127	
ブランケット	19	同 左	—	—



表 3.2 Mk-I 運転実績データ

〔MK-I 初期臨界～75MW-第6サイクル運転終了まで〕

・積算運転時間 : 12956 [h], 137.4日 (50MW) + 282.6日 (75MW)

・積算熱出力 : 673330 [MWH], [164850.5MW (50MW) + 5.8479.8 (75MW)]

\*原子炉運転実績表に基づくものである。

サイクル	項 目	運 転 期 間	*運転時間 [h]	EFPD [日]	*熱出力 [MWH]	定 格
0'	低出力試験	S52. 4.20 ~ S52.11.19	360.8	0.0057	6.8	
0	50MW-出力上昇試験	S53. 4.18 ~ S53. 9.16	2312.6	47.6	57061.6	
1	50MW-第1サイクル	S53.10.27 ~ S53.12.11	1067.0	43.0	51598.3	
2	50MW-第2サイクル	S54. 1.12 ~ S54. 2.26	1077.4	43.7	52469.0	
2'	特殊試験	S54. 4.11 ~ S54. 5.26	245.1	3.1	3714.8	
0	75MW-性能試験	S54. 7. 3 ~ S54. 8.23	981.0	26.9	48468.9	第1回
1	75MW-第1サイクル	S55. 1.16 ~ S55. 3. 9	1034.0	39.3	70713.0	
1'	特殊試験	S55. 4.14 ~ S55. 4.21	39.7	0.2	291.0	
2	75MW-第2サイクル	S55. 5. 8 ~ S55. 6.24	1074.0	41.0	73732.0	
3	75MW-第3サイクル	S55. 7.14 ~ S55. 9. 4	1055.0	40.3	72465.0	
4	75MW-第4サイクル	S56. 3.12 ~ S56. 5.11	1243.7	45.4	81729.9	
4'	特殊試験	S56. 5.25 ~ S56. 5.29	145.9	3.4	6115.0	
5	75MW-第5サイクル	S56. 6.19 ~ S56. 8. 9	1143.5	44.4	79980.0	
5'	特殊試験	S56. 9.11 ~ S56.10. 4	57.7	0.0033	5.9	
6	75MW-第6サイクル	S56.11. 2 ~ S56.12.23	1117.7	41.7	74979.1	第2回
	照射用炉心 (MK-II) 移行作業					第3回

表 3.3 Mk-II 運転実績データ (1/2)

\*1 JOYDAS オンラインデータ

サイ クル	運 転 期 間	原 子 炉 起 動 回 数 (回)	最 大 熱 出 力 (MW)	本 サ イ ク ル *1 積 算 熱 出 力 (MWH)	積 算 熱 出 力 *1 (MWH)	本 サ イ ク ル 運 転 時 間 (H)	積 算 運 転 時 間 (H)	100MW *1 相 当 日 数 (EPPD)	定 検
0	S57.11.17~ S58.7.31	80	100	66744	66744	1.492.76	1.492.76	27.81	第4回
1	S58.8.9~ S58.9.30	8	100	103344	170088	1.181.10	2.673.86	43.06	
2	S58.10.12~ S59.12.2	8	100	108240	278328	1.161.40	3.835.26	45.10	
3	S59.4.19~ S59.6.10	9	100	105120	383448	1.178.83	5.014.09	43.80	
4	S59.6.25~ S59.8.12	5	100	102216	485664	1.121.12	6.135.21	42.59	第5回
5	S59.9.3~ S60.10.22	5	100	107592	593256	1.139.49	7.274.70	44.83	
6	S59.11.26~ S60.1.12	1	100	107136	700392	1.135.68	8.4110.38	44.64	
7	S60.2.11~ S60.3.31	2	100	105000	805392	1.145.83	9.556.21	43.75	
7'	S60.4.17~ S60.4.19	1	100	5040	810432	66.83	9.623.04	2.10	
7''	S60.4.26~ S60.4.27	1	100	821	811253	35.75	9.658.79	0.342	
8	S60.12.2~ S61.1.21	4	100	105960	917213	1.171.33	10.830.12	44.15	
9	S61.2.12~ S61.3.31	4	100	101808	1019021	1.106.87	11.936.99	42.42	第6回
10	S61.4.25~ S61.6.11	2	100	106848	1125869	1.134.58	13.071.57	44.52	
11	S61.7.4~ S61.8.20	2	100	106656	1232525	1.136.58	14.208.15	44.44	
12	S61.9.13~ S61.10.29	2	100	102720	1335245	1.107.09	15.315.24	42.80	
12'	S61.11.13~ S61.11.14	2	100	910	1336155	36.61	15.351.85	0.379	
12''	S61.11.24~ S61.11.26	2	50	3264	1339419	61.93	15.413.78	1.36	
12'''	S61.12.3~ S61.12.5	2	50	3480	1342899	60.45	15.474.23	1.45	
13	S62.8.31~ S62.10.31	5	100	130080	1472979	1.416.12	16.890.35	54.20	第6回
14	S62.11.28~ S62.1.30	3	100	142776	1615755	1.503.73	18.394.08	59.49	

7' サイクル (FPDL炉内試験)  
 7'' サイクル (自然循環試験)  
 12' サイクル (MPR照射試験)  
 12'' サイクル (フィードバック反応度試験 (I))  
 12''' サイクル ( " (II))

表 3.3 Mk-II 運転実績データ (2/2)

\*1 JOYDAS オンラインデータ

サイ クル	運 転 期 間	原 子 炉 起 動 回 数 (回)	最 大 熱 出 力 (MW)	本 サイクル*1 積 算 熱 出 力 (MWH)	積 算 熱 出 力*1 (MWH)	本 サイクル 運 転 時 間 (H)	積 算 運 転 時 間 (H)	100MW *1 相 当 日 数 (EFPD)	定 検
15	S63. 2.29~ S63. 5.12	2	100	166560	1782315	1.748.38	20.142.46	69.40	
15'	S63. 6.14~ S63. 6.24	4	1	29	1782344	25.39	20.167.85	0.012	
15"				12	1782356	15.36	20.183.21	0.005	
15'''				14	1782370	16.08	20.199.29	0.006	
16	S63. 8.2~ S63. 9.6	4	100	75816	1858186	834.48	21.033.77	31.59	第7回
17	H 1. 1.18~ H 1. 4. 1	4	100	164040	2022226	1.741.00	22.774.77	68.35	
18	H 1. 5. 8~ H 1. 7.19	3	100	164064	2186290	1.716.99	24.491.76	68.36	
19	H 1. 8.15~ H 1.10.26	2	100	167424	2353714	1.717.06	26.208.82	69.76	
20	H 1.11.22~ H 2. 1. 4	2	100	98324	2452038	1.018.79	27.227.61	40.97	
20'	H 2. 1.17~ H 2. 1.22	2	100	9013	2461051	108.90	27.336.51	3.76	
21	H 2. 9. 6~ H 2.11.18	3	100	167801	2628852	1.722.54	29.059.05	69.92	第8回
22	H 2.12.22~ H 3. 3. 4	2	100	167464	2796316	1.713.82	30.772.87	69.78	
23	H 3. 4. 6~ H 3. 6. 1	2	100	129036	2925352	1.331.75	32.104.62	53.77	
23'	H 3. 6.16~ H 3. 6.17	1	95	578	2925930	23.55	32.128.17	0.241	
23"	H 3. 6.29~ H 3. 7. 7	6	0.85	13	2925943	94.63	32.222.80	0.005	
23'''	H 3. 9. 2~ H 3. 9.10	1	100	17707	2943650	202.48	32.425.28	7.38	第9回

- 15' サイクル (FFD感度校正試験 (I))
- 15" サイクル ( " (II))
- 15''' サイクル ( " (III))
- 20' サイクル (反応率測定試験)
- 23' サイクル (PTM試験)
- 23" サイクル (CR値詳細測定試験)
- 23''' サイクル (INTA-2試験)

表 3.4 「常陽」におけるCP付着分布測定履歴

No.	測定実施日	$\gamma$ 線スペクトル 測定	表面線量率 測定	備考
第1回	1979年9月		○	第1回定検時
第2回	1980年12月		○	第2回定検時
第3回	1982年7月	○	○	第3回定検時
第4回	1983年7月		○	
第5回	1984年1月	○	○	第4回定検時
第6回	1985年9月	○	○	第5回定検時
第7回	1987年5月	○	○	第6回定検時
第8回	1988年10月	○	○	第7回定検時
第9回	1990年4月	○	○	第8回定検時
第10回	1991年12月	○	○	第9回定検時

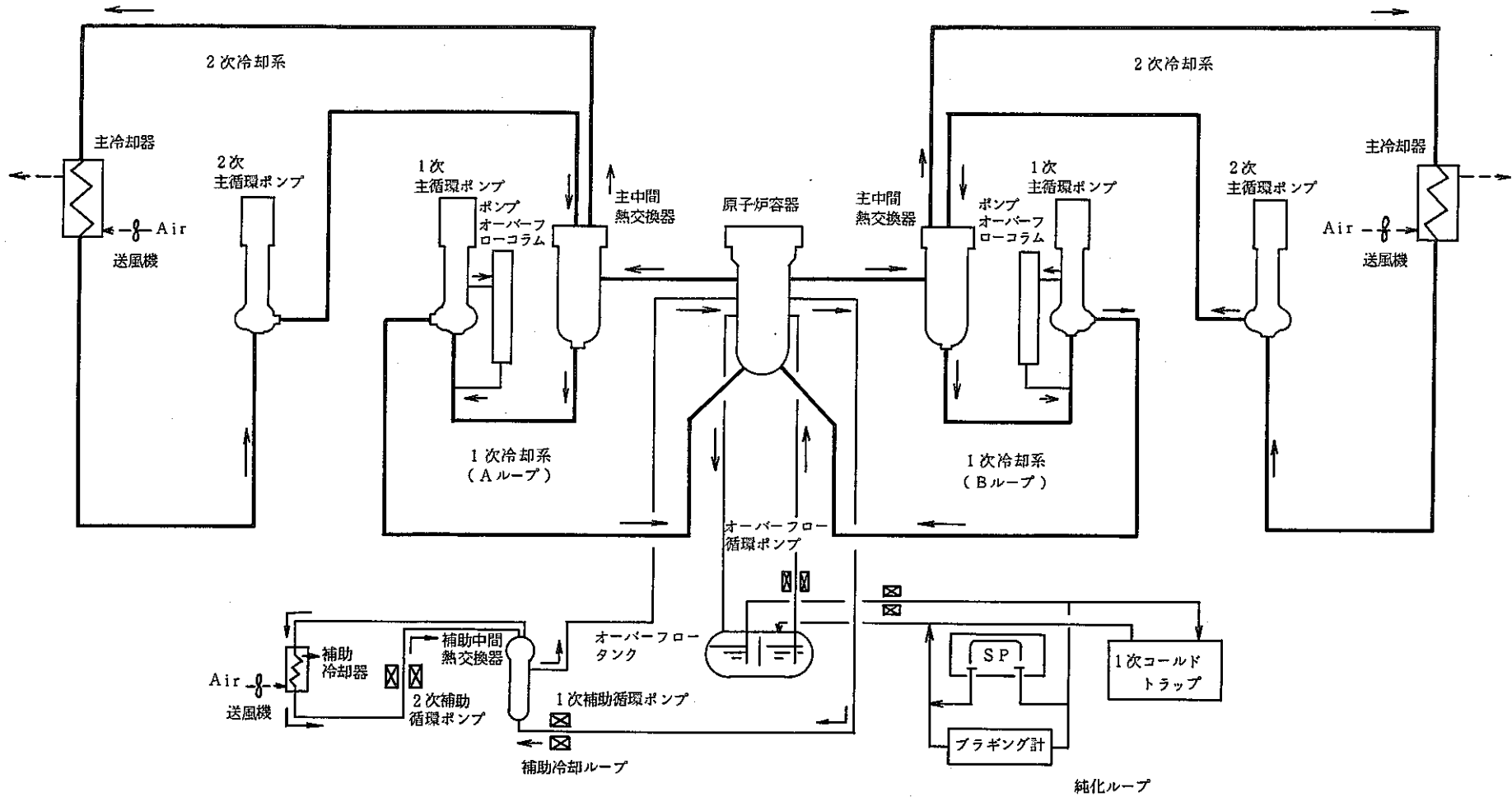


図3.1 「常陽」1次および2次主冷却系の概要

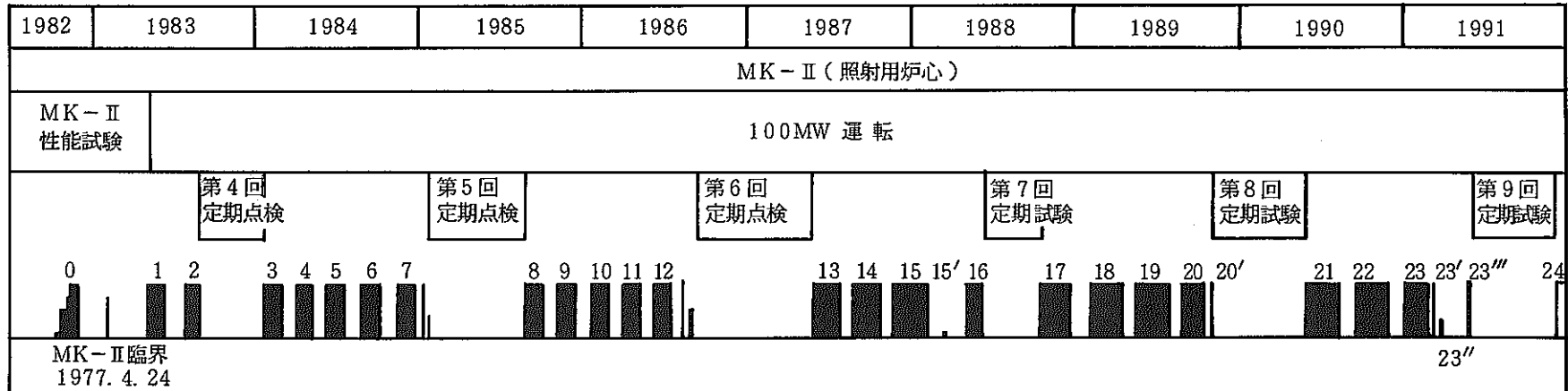
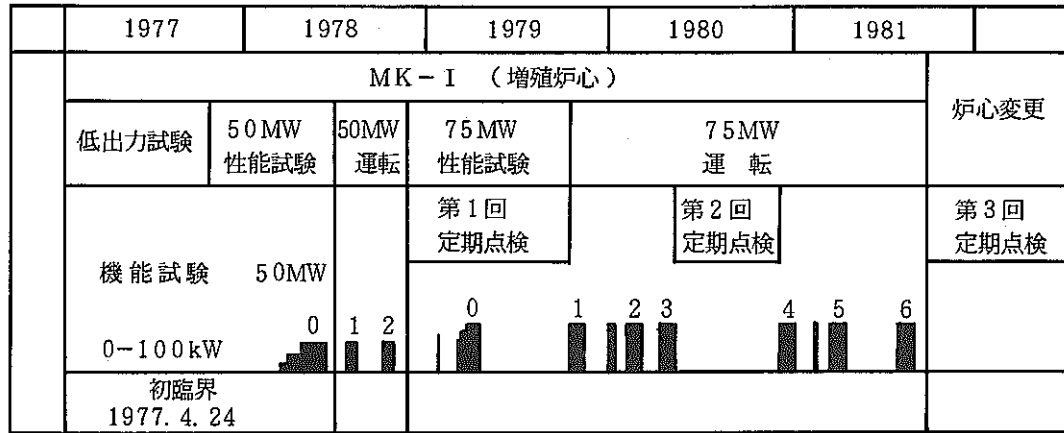


図3.2 「常陽」運転履歴

## 4. CP測定の方法および条件

### 4.1 測定時のプラント状態

「常陽」の各定期検査期間におけるCP沈着分布と表面線量率の測定は、その経時的な変化を調べる目的から、初回から測定的位置および方法を統一して行っている。以下に第9回定期検査中におけるCP測定を一例として示す。

「常陽」は、Mk-II炉心第23<sup>rd</sup>サイクルの運転を終了して1991年9月11日から第9回定期検査に入った。1次主冷却系のナトリウムは同年11月19日にダンプタンクにドレンされ、主冷却系は全て室温まで降温されていた。また、原子炉建家の床下各室は窒素ガス雰囲気から空気雰囲気に置換され、立入り可能な状態になった。この第9回定期検査期間を利用して1次主冷却系各部のCP付着密度と表面線量率を測定した。

測定期間：1991年12月2日\*～12月17日

\* 原子炉停止後 ; 82日経過日より測定開始

1次主冷却系ナトリウムドレン後 ; 69日経過日より測定開始

### 4.2 測定に使用した機器と測定条件

#### (1) ガンマ線スペクトルの測定

- (a) 検出器 ; 高純度ゲルマニウム (Ge) 半導体検出器
- (b) コリメータ ; 鉛製, コリメータ直径 $\phi$ 20mm
- (c) 計測時間 ; 実効時間で1000秒

検出器の諸性能を表4.1に、またガンマ線の入射方向を制限するコリメータの構造を図4.1に示す。

#### (2) 表面線量率の測定

- (a) 測定器 ; 熱蛍光線量計 (TLD)
- (b) アニールング ; 照射前400℃, 5分
- (c) 照射時間 ; 約6時間
- (d) 安定化時間 ; 照射後バックグランドの部屋で約40時間

測定器の諸性能を表4.2に示す。表面線量率の測定ではTLD素子をアニーラで焼き

だしを行い、個別に線量測定装置でバックグラウンド値を測定した。

#### 4.3 測定位置と検出器の取付方法

CPの測定はこれまでに各定期検査期間を利用して行われてきたが、測定の対象とする位置が異なると測定結果の整合性がとれなくなる。このため、測定位置にはマークを施している。ガンマ線スペクトルの測定位置を図4.2に、表面線量率の測定位置を図4.3に示す。また測定の対象とした総ポイント数をまとめて表4.3に示す。

##### (1) 高純度Ge半導体検出器の設置方法

ガンマ線スペクトルの測定位置にはコリメータ付き高純度Ge半導体検出器が一義的に位置が決まるような専用のレールを設けている。本測定では測定マークを確認しながらレールの上に検出器を乗せて行った。

##### (2) TLD素子の取り付け方法

TLD素子による表面線量率の測定は素子を粘着テープで密着させて行った。Aループは、ナトリウム主配管では長手方向約1 m間隔、周方向4箇所個別に貼付け、また中間熱交換器の胴体部分には長手方向約20 cm間隔、主循環ポンプの胴体部分には長手方向10 cm間隔で粘着テープに予め所定の本数分貼付けておき、それを周方向8箇所(45°間隔)に取り付けた。Bループは、IHX出入口のナトリウム主配管を対象に、Aループと同様に長手方向約1 m間隔、周方向4箇所に個別に貼付けた。また、中間熱交換器の胴体部分には長手方向約18 cm間隔、主循環ポンプの胴体部分には長手方向10 cm間隔で粘着テープに予め所定の本数分貼付けておき、それを周方向4箇所(90°間隔)に取り付けた。

#### 4.4 測定値の校正および規格化方法

##### (1) CP核種の同定、測定値の校正および規格化法

CP核種は測定対象部から放出されるガンマ線のスペクトロスコピーを行い、その光電ピークのガンマ線エネルギーにより同定した。次に、測定時の同定核種毎の計数率を原子炉運転停止直後の時点に減衰補正し、これまでの測定データと比較検討できるようにした。これら一連の規格化フローを図4.4に示す。フロー中、注目核種の計数



率は、ガンマ線スペクトルデータを簡易核種解析用プログラム“GAMMA-V”を用いて処理し、算出された。さらに、ここで得られた計数率から配管のCP付着密度に換算するには、検出体系での校正定数を決定しなければならない。このため、1次主冷却系配管のモックアップ装置と $^{54}\text{Mn}$ および $^{60}\text{Co}$ の専用の校正用標準面線源を製作し、これらの装置と実際CP測定で使用するコリメータ付き高純度ゲルマニウム半導体検出器により予め校正定数を求めた。図4.5に校正定数の求め方および求めた校正定数を示す。配管へのCP付着密度の解析にはここで求めた校正定数を用いた。

## (2) 表面線量率の規格化

表面線量率を測定するためのTLD素子はガンマ線で照射すると照射量に比例して電子が励起状態に励起される。この励起した電子は外部から励起エネルギーに対応した熱を加えない限り、準安定状態にとどまっている。照射済みの素子に熱を加えると、捕獲電子は基底状態に戻り、その際吸収線量に比例した熱蛍光を発する。従って、TLD素子による表面線量率の測定ではこの蛍光量を計測すれば直ちに照射線量が求められる。しかし、実際の測定では照射前のバックグラウンド値があるため、予めこのバックグラウンド値を測定しておき照射後の読み取り線量から差し引いた。

各回に実測した表面線量率を直接比較するには、原子炉停止日からの経過日を規格化する必要がある。この規格化するための減衰補正に関する理論式は、次の通りである。

$$R = \sum A_n \exp(-\lambda_n t)$$

$R$  ; 停止後  $t$  日の放射線量 (mSv/h)

$A_n$  ; 核種  $n$  の放射エネルギーから求めた配管表面における放射線量率 (mSv/h)

$\lambda_n$  ; 核種  $n$  の  $\gamma$  線崩壊定数 (1/d)

$t$  ; 停止後定期経過時間 (d)

しかし、実際には沈着している核種が数種類で測定位置によって付着密度が異なるため、 $\gamma$ 線崩壊定数の計算による補正が困難である。このため、「常陽」では代表的な測定点について、原子炉停止期間中の減衰特性はその点で固有なものとして、実効 $\gamma$ 線崩壊定数を求めている。図4.6にその位置と実効 $\gamma$ 線崩壊定数を示す。

この実効 $\gamma$ 線崩壊定数を用いて、次式により減衰補正を行った。

$$R = A \cdot \exp(\lambda(t - t_a))$$

R ; 停止後  $t_a$  日の放射線量 (mSv/h)

A ; 測定値 (mSv/h)

$\lambda$  ; 実効  $\gamma$  線崩壊定数 (1/d)

t ; 停止後から測定までの経過時間 (d)

$t_a$  ; 停止後一定経過時間 (d)

表 4.1 高純度Ge半導体検出器の諸性能

項 目	性 能
検出器メーカー 型 式	ORTEC製 Model. 1G12-13210-S Serial No. 21-P-663D
検出器形状	直径 44.4mm 同軸型 長さ 53.5mm
検出器有効体積	73.4cm <sup>3</sup>
使用電圧	Posi 3.0kV
エネルギー分解能	<sup>60</sup> Coの1.332MeV $\delta$ に対し 1.8keV FWHM
Photo Peakと Compton Plateau の高さの比	Peak/Compton = 47.8
検出効率	15.0%

表 4.2 熱蛍光線量計 (TLD) の諸性能

項 目	性 能
型 式	UD-200S (松下電器産業製)
素子材質	CaSO <sub>4</sub> :Tm
エネルギー依存性	±40% (>30keV)
測定範囲	0.1mR~20R
感度均一性	バラツキ±10%以内 再現性±5%以内
フェーディング量	8%/年以下

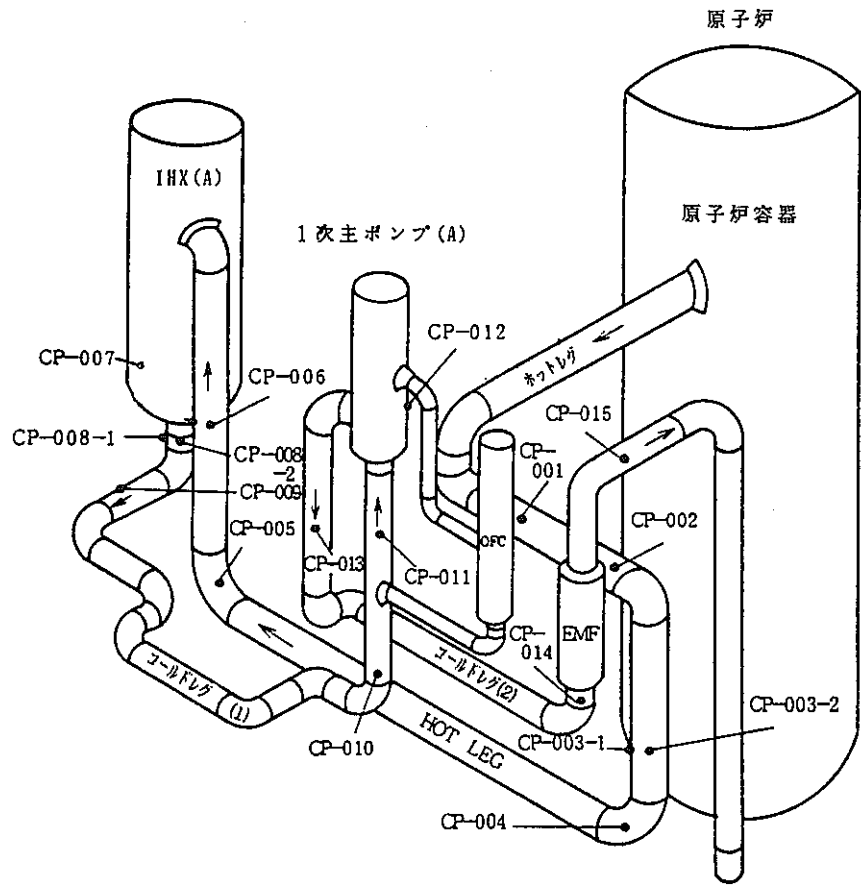
表 4.3 測定ポイント数

測定器	測定対象	測定ポイント数
Ge検出器	1次主冷却系配管 (A)	17 (内 2 ポイントは機器部)
	1次主冷却系配管 (A)	3
TLD素子	1次主冷却系配管 (A)	$90 \times 4^{*1}$
	1次主冷却系配管 (A)	$93 \times 4$
	主中間熱交換器 (A)	$(15 \times 4)^{*2}$ $38 \times 8$
	主中間熱交換器 (B)	$39 \times 8$
	主循環ポンプ (A)	$(39 \times 4)^{*2}$ $35 \times 8$
	主循環ポンプ (B)	$37 \times 8$
	オーバーフローコラム (A)	$(37 \times 4)^{*2}$ $15 \times 4$
	オーバーフローコラム (B)	$15 \times 4$ $(0)^{*2}$

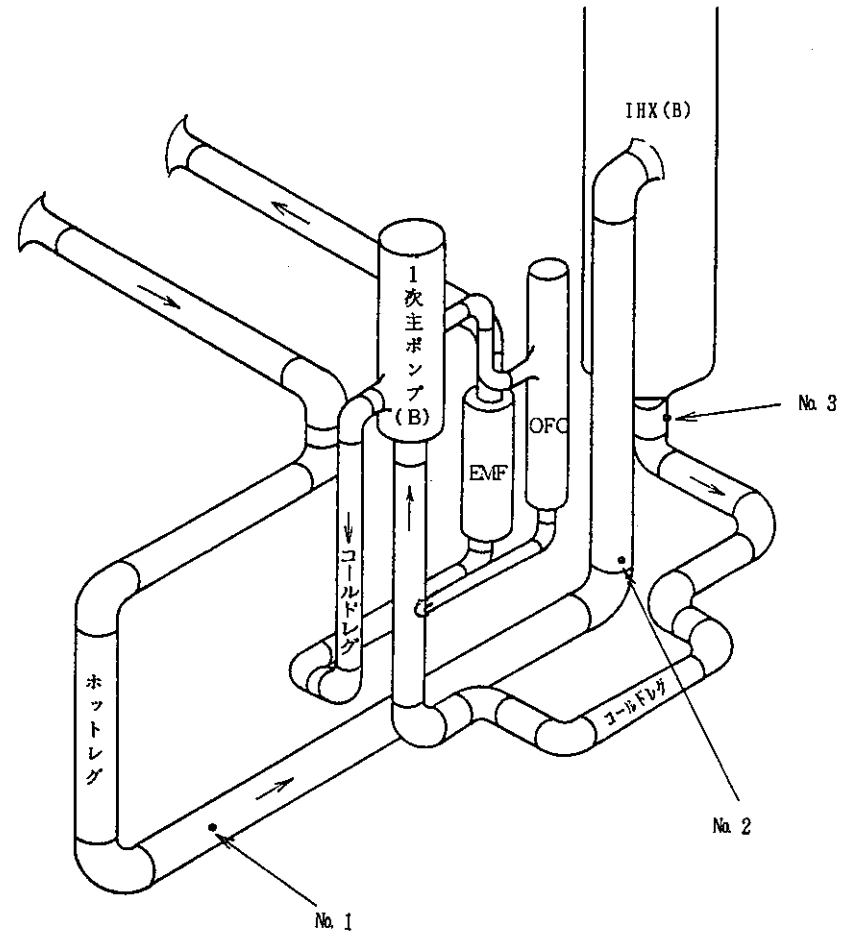
(注) \*1:  $\times 4$ ,  $\times 8$  は径方向のポイント数。

\*2: 第9回定検時の測定ポイント数。



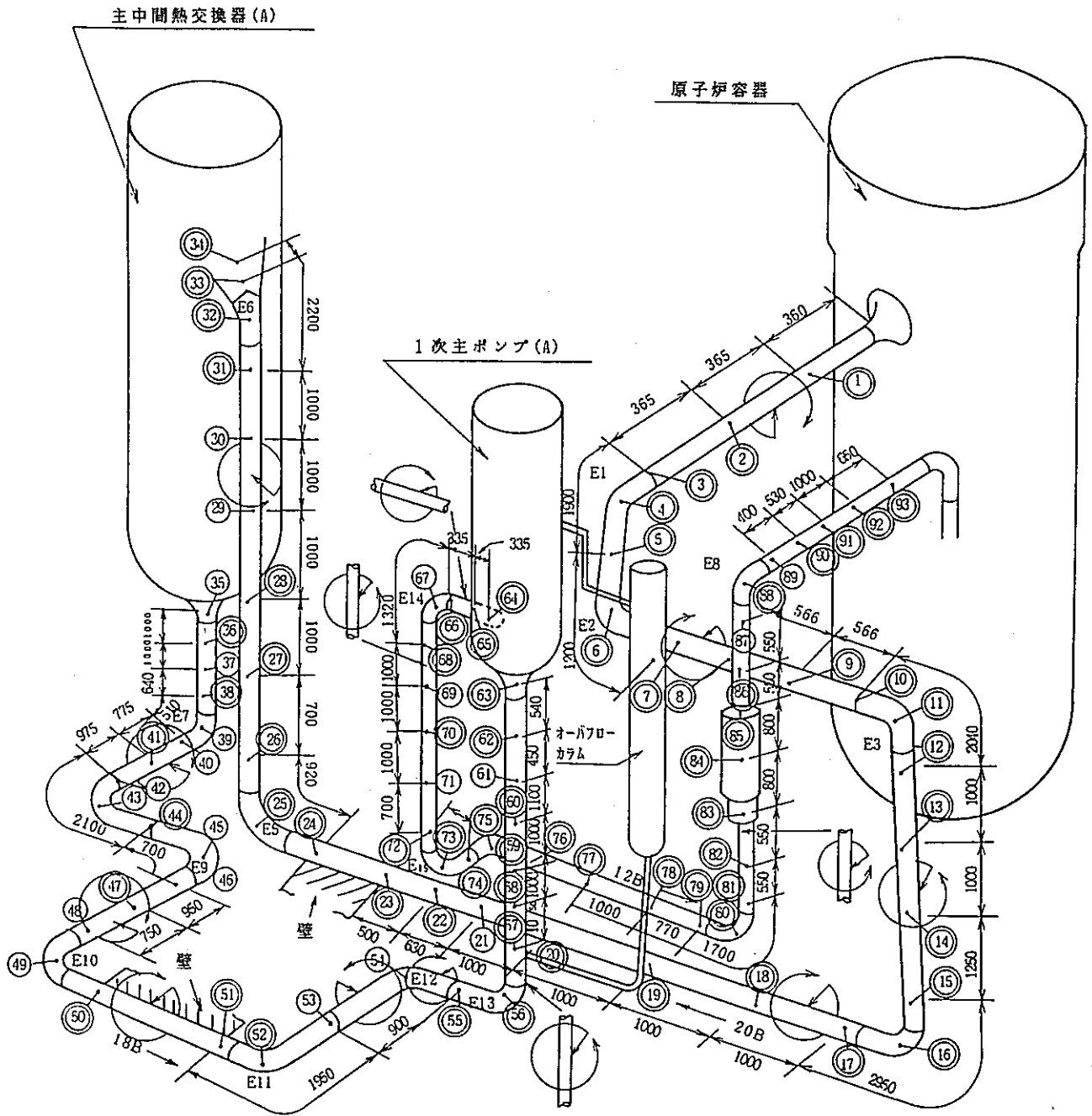


(a) A ループ



(b) B ループ

図 4.2 ガンマ線スペクトルの測定位置



注記 1) ①～⑨ 測定点の位置を示す。

なお、配管周方向の位置は下記に従う。

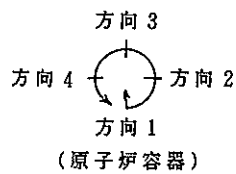


図 4. 3 (1) 表面線量率の測定位置  
(A ループ主配管)

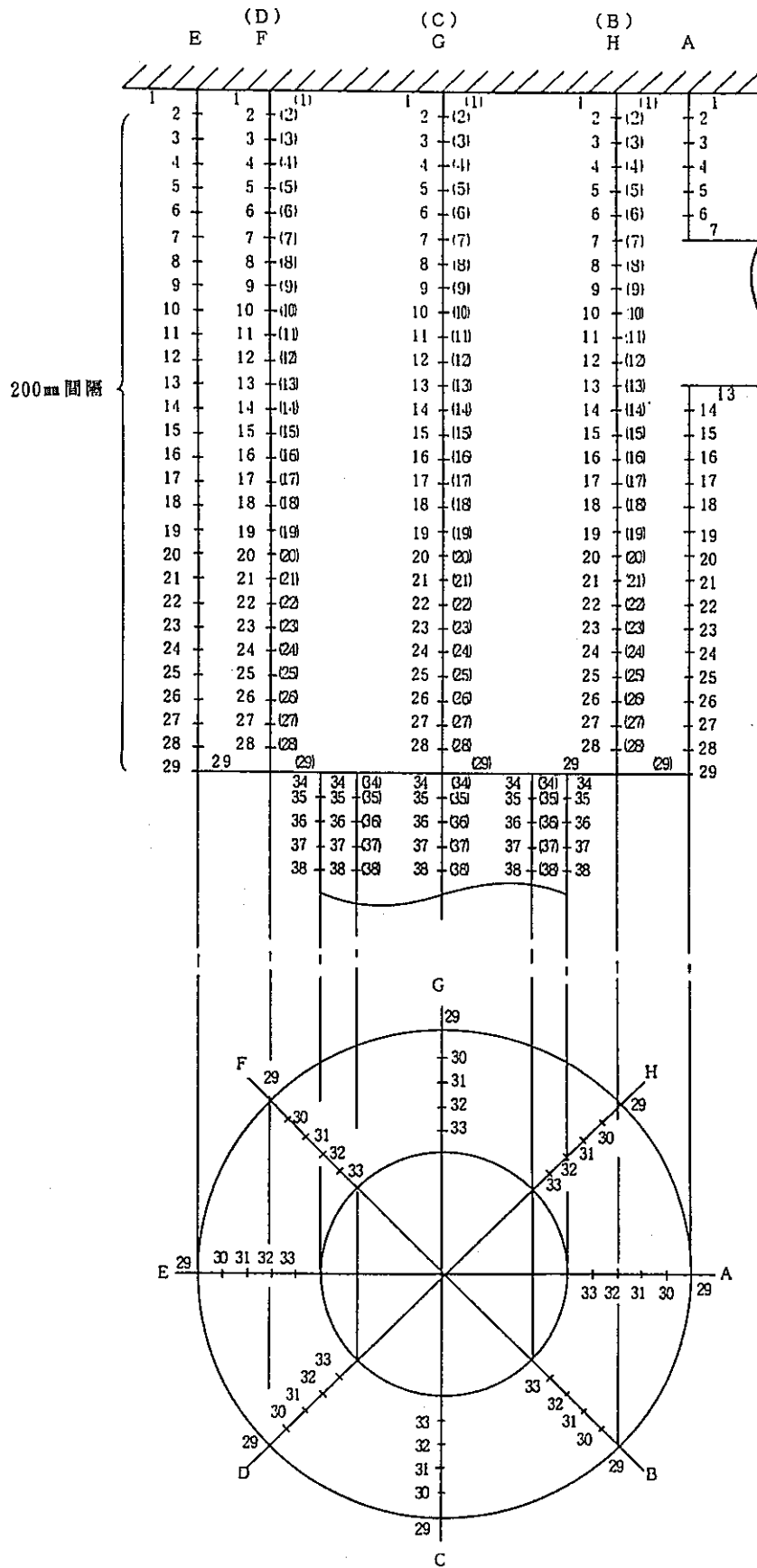


図 4.3 (2) 表面線量率の測定位置  
(A ループ主中間熱交換器)



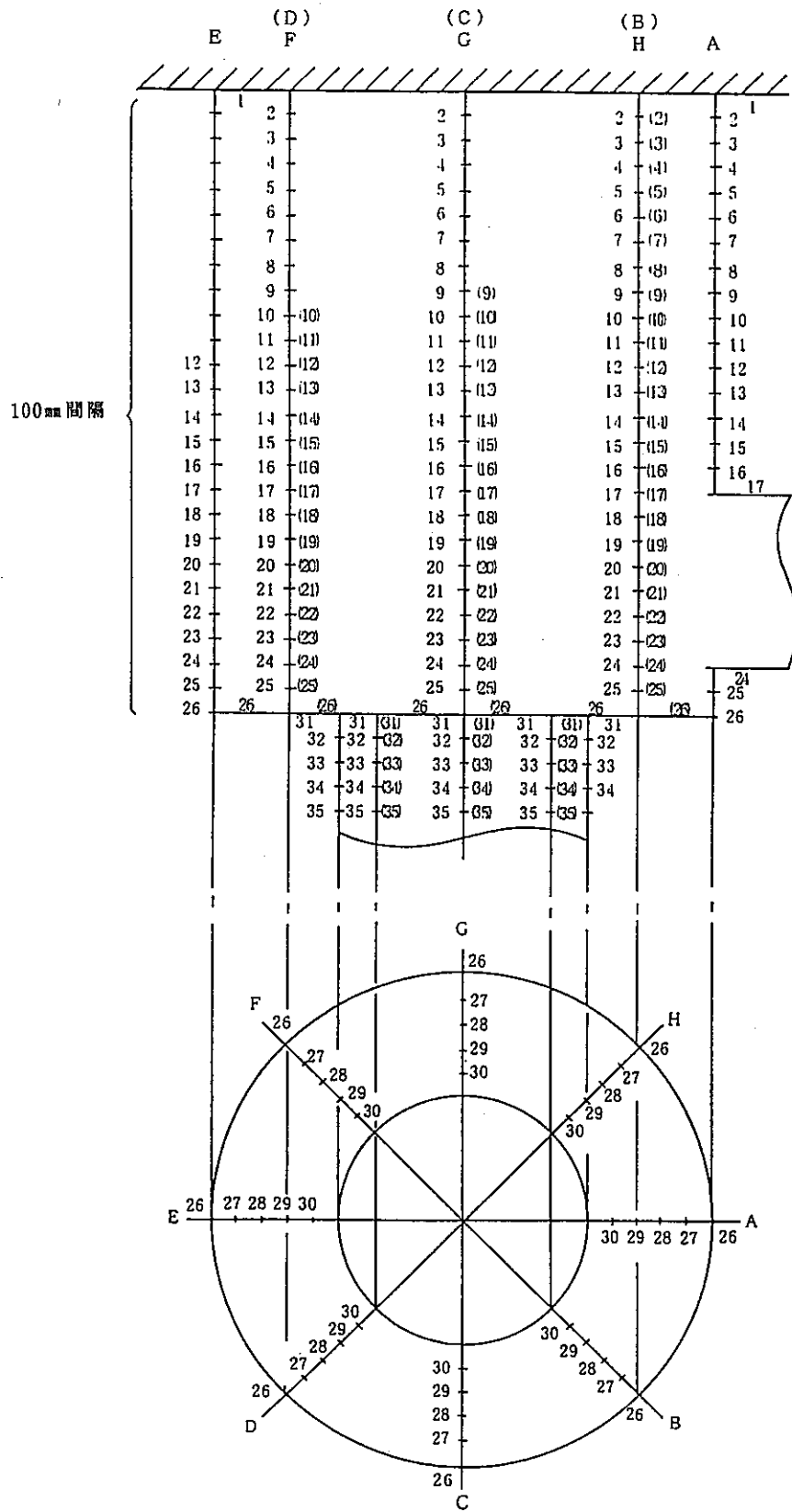


図 4. 3 (3) 表面線量率の測定位置  
(A ループ主循環ポンプ)

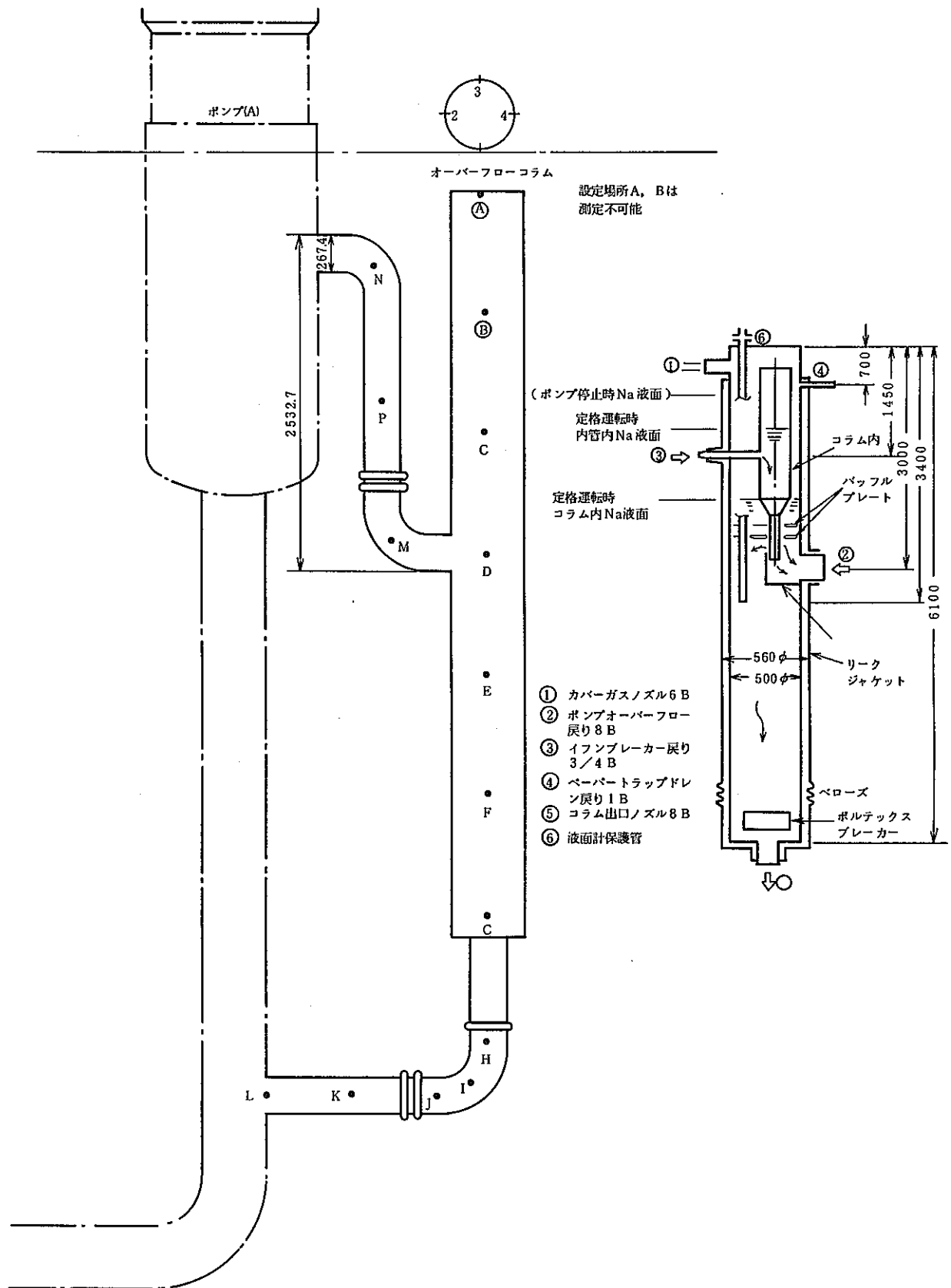


図4.3(4) 表面線量率の測定位置  
(Aループオーバーフローコラム)

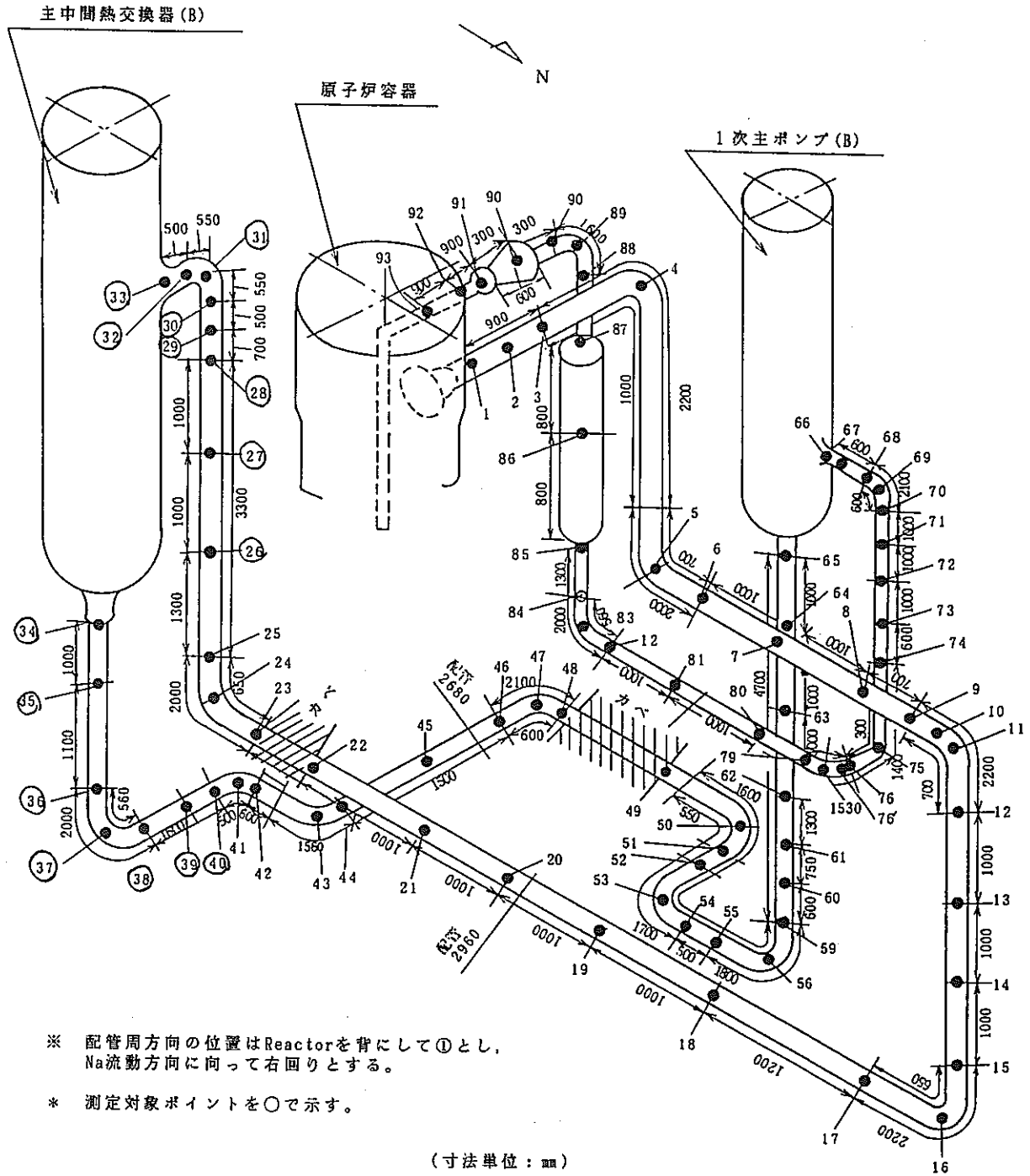


図4.3(5) 表面線量率の測定位置  
(Bループ主配管)

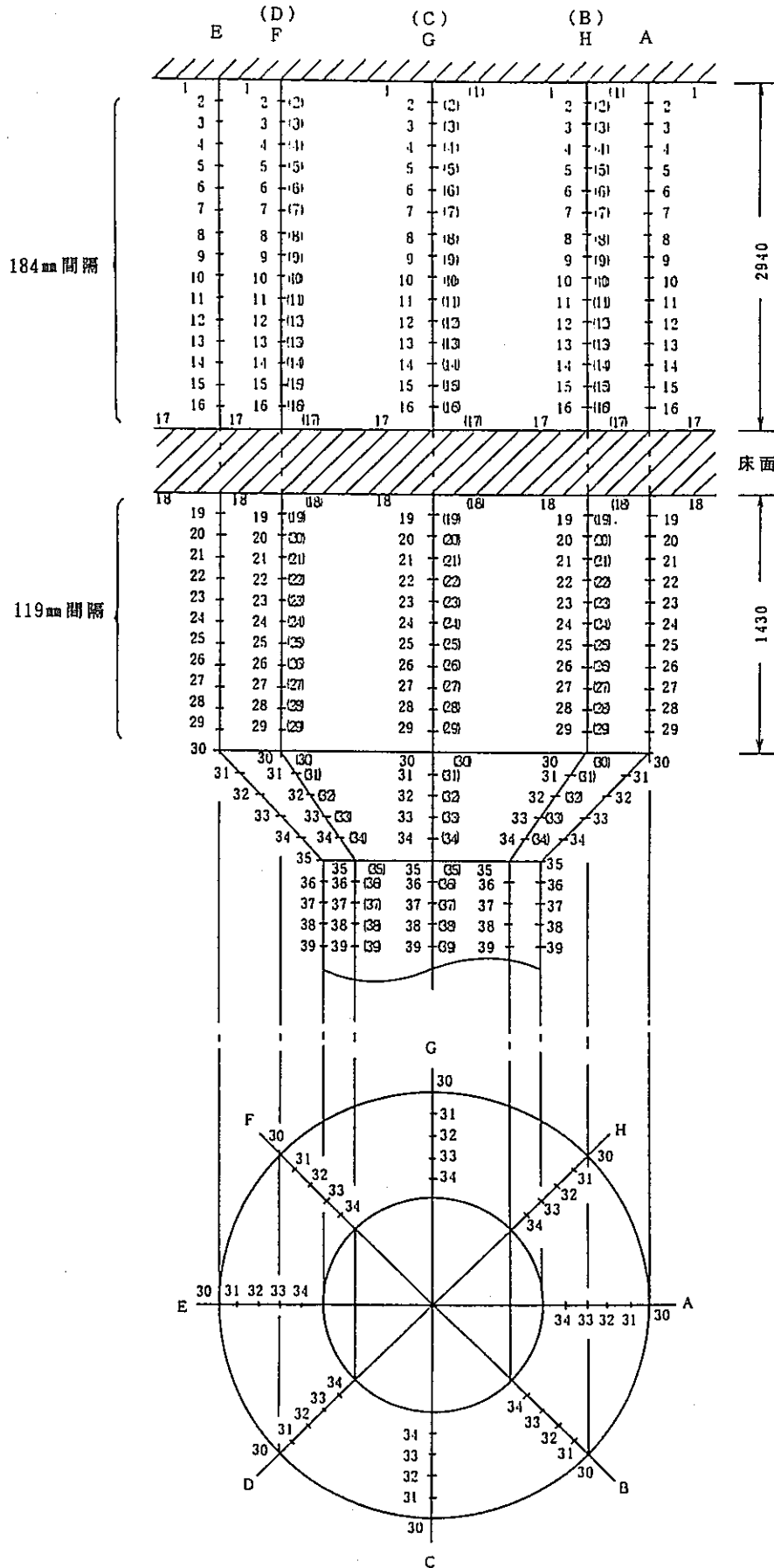


図 4.3 (6) 表面線量率の測定位置  
(B ループ主中間熱交換器)

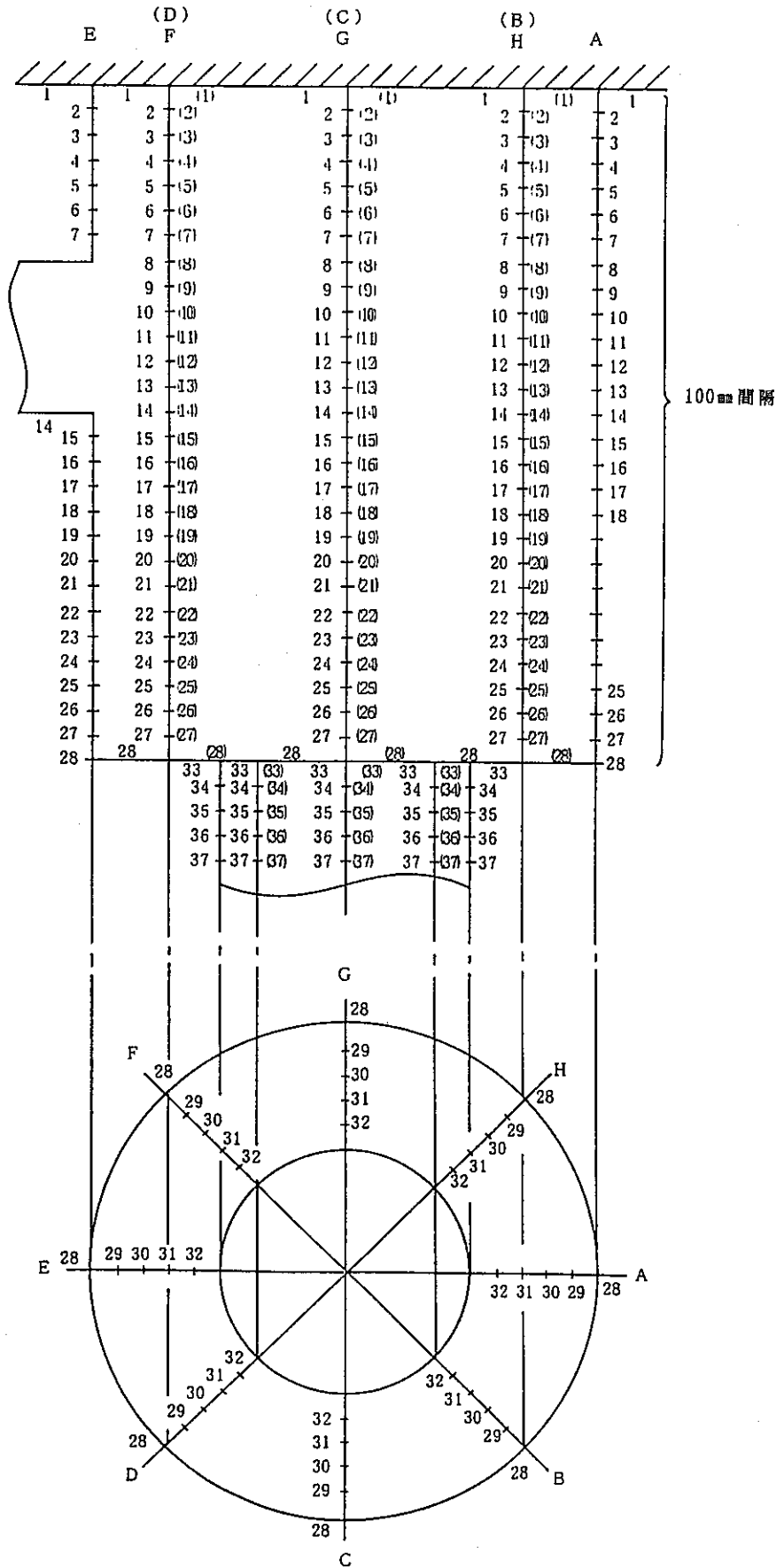
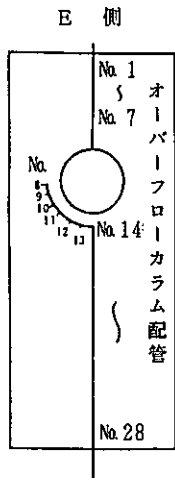


図 4.3 (7) 表面線量率の測定位置  
(B ループ主循環ポンプ)

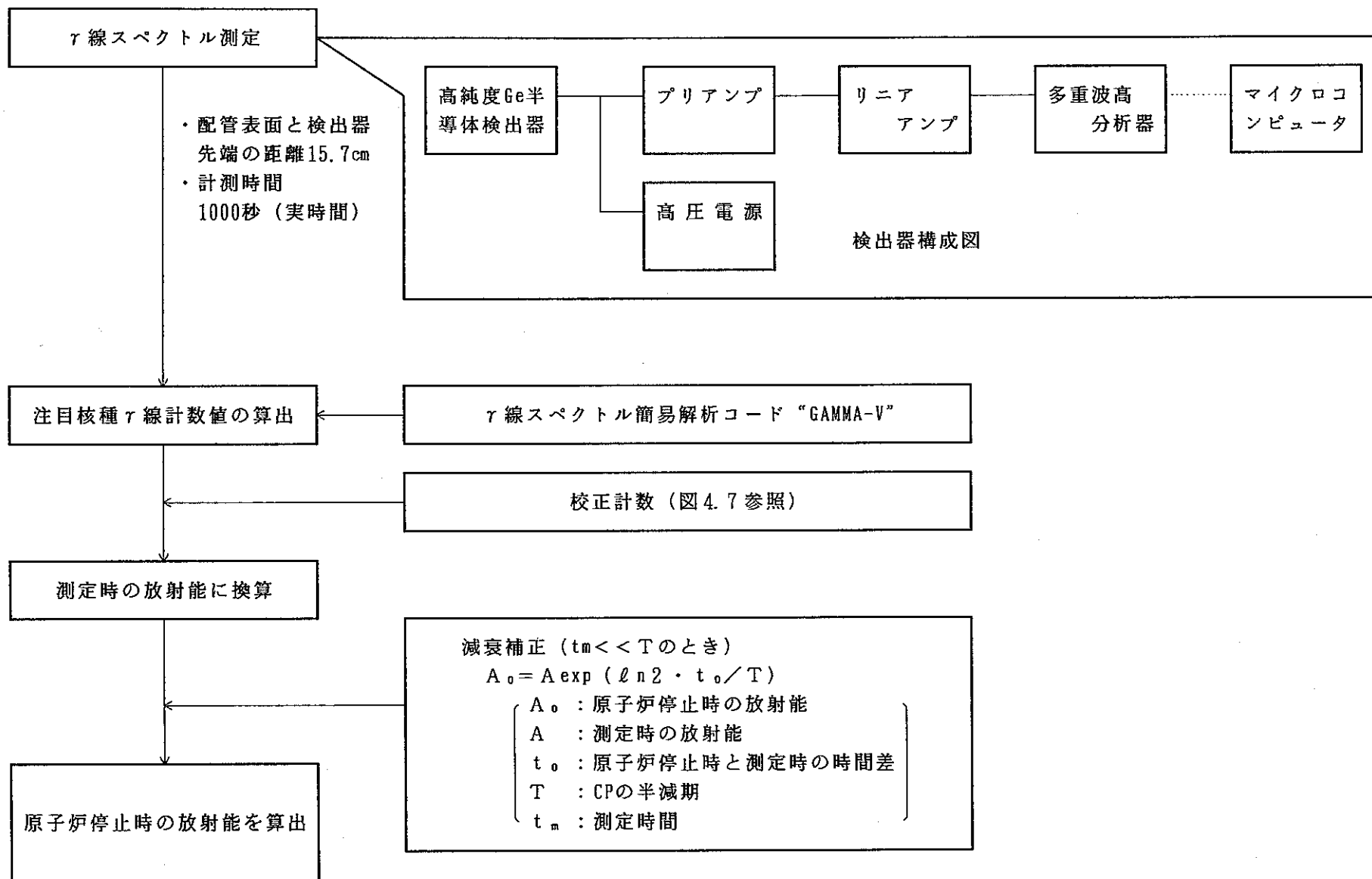


図 4.4 ガンマ線スペクトル測定値の減衰補正法のフロー

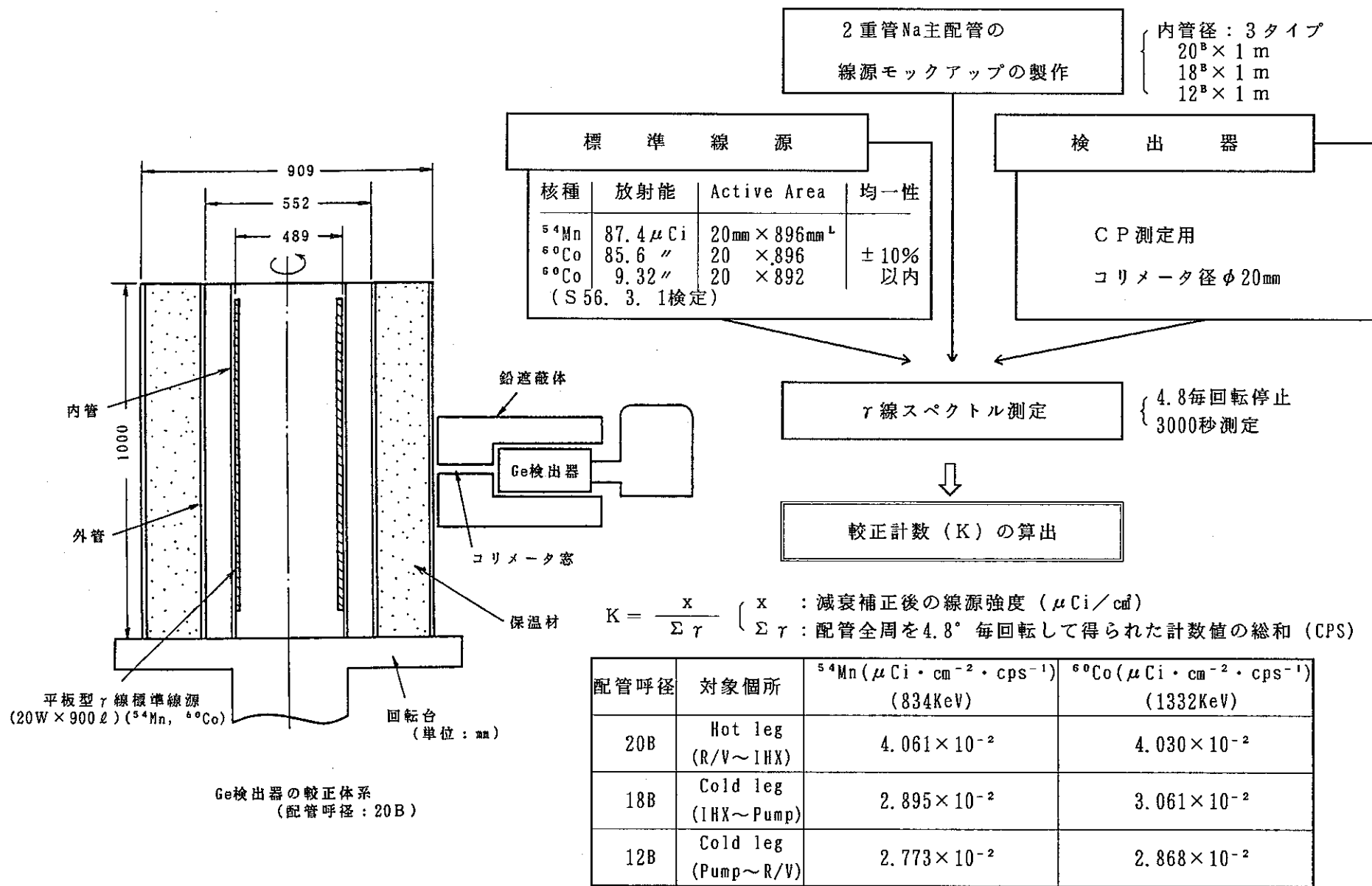
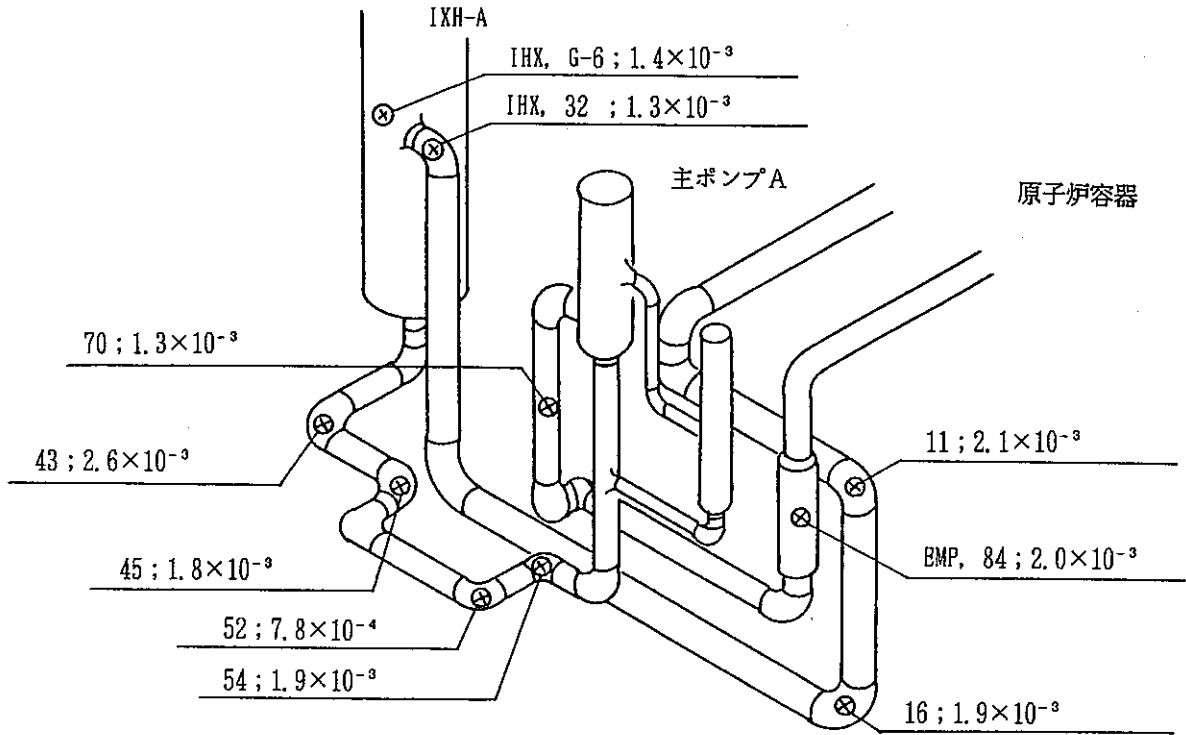
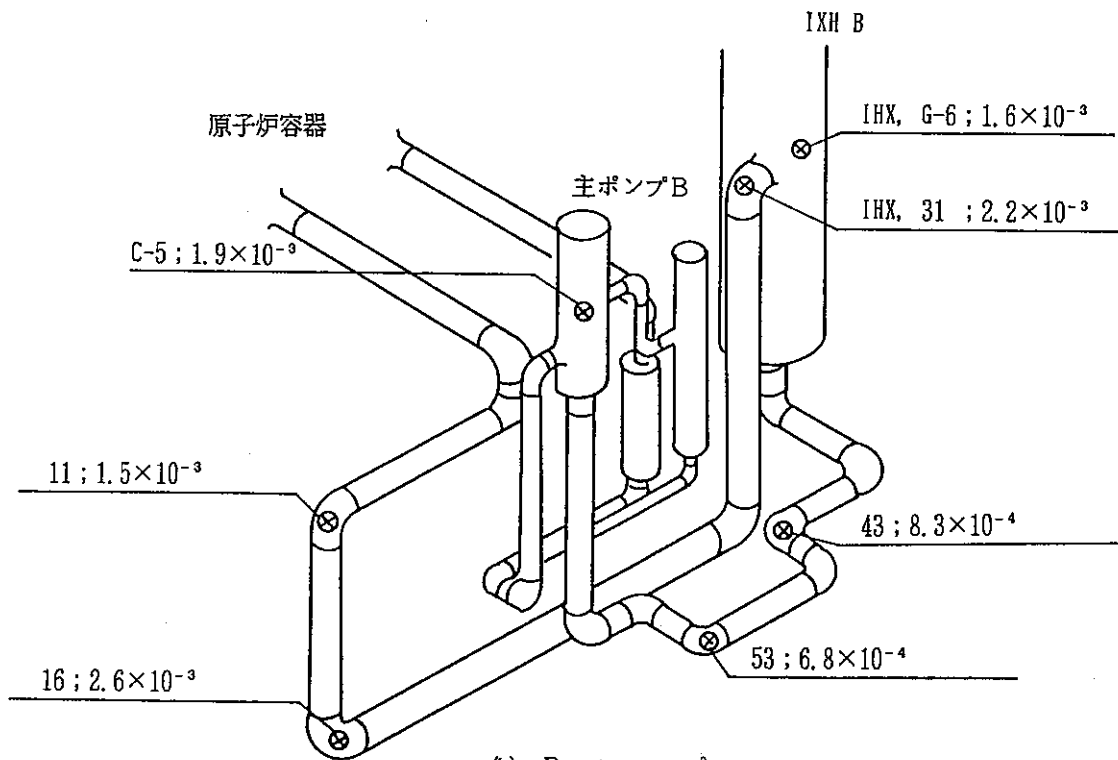


図4.5 Ge半導体検出器の校正体系，方法および校正係数の算出結果

測定ポイント：実効崩壊定数 ( $d^{-1}$ )



(a) A ループ



(b) B ループ

図 4.6 表面線量率の測定位置と実行崩壊定数



## 5. 測定結果

本章では、第9回定期検査期間中に測定した結果を報告する。

### 5.1 CP付着分布

#### (1) ガンマ線スペクトル

高純度Ge半導体検出器を用い、一次主冷却径AループおよびBループの測定対象部についてガンマ線スペクトルを測定し、放射性核種を定量分析した。定量分析した主要な核種は $^{54}\text{Mn}$ と $^{60}\text{Co}$ であり、いくつかの位置で微量の $^{58}\text{Co}$ が検出された。ガンマ線スペクトルの一例を図5.1に示す。いずれの測定位置でも主要な核種であった。

#### (2) 管壁CP付着密度

$^{54}\text{Mn}$ と $^{60}\text{Co}$ の計数率から管壁付着密度を求めた結果を表5.1と表5.2に示す。いずれも校正定数により測定時点の付着密度を求め、さらに減衰補正して原子炉停止直後の付着密度に換算したものである。この中から測定ポイント数の多いAループの配管各部について、測定位置とCPの付着密度の関係を図5.4に示す。図中、測定ポイントが周方向で2箇所あるCP-003およびCP-008については、その平均値で示した。また、 $^{58}\text{Co}$ については、配管のモックアップ装置で校正定数を求めているため、 $^{54}\text{Mn}$ と $^{60}\text{Co}$ の校正定数から一次の線形近似により $^{58}\text{Co}$ の校正定数を定め管壁付着密度に換算した。結果を表5.1から表5.3および図5.4に示す。

Aループの各測定ポイントにおけるCPの最大付着密度は、 $^{54}\text{Mn}$ がコールドレグ部で約173.8kBq/cm<sup>2</sup>、 $^{60}\text{Co}$ がホットレグ部で約11.8kBq/cm<sup>2</sup>および $^{58}\text{Co}$ がコールドレグ部で約1.1kBq/cm<sup>2</sup>であった。

#### (3) CP付着分布の特徴

Aループの主配管のうち、原子炉容器出口から主中間熱交換器入口までをホットレグ(HL)、中間熱交換器出口から主循環ポンプ入口までをコールドレグ(CL)(1)、主循環ポンプ出口から原子炉容器入口までをCL(2)として領域を区分し、それぞれの領域でのCPの付着分布をみると、次のような特徴が認められた。

- ①  $^{54}\text{Mn}$ の付着量はCL配管に多く、しかも高流速側(CL(2))ほど多い。

領域別付着密度の割合：

$$HL : CL(1) : CL(2) = 1.0 : 2.5 : 4.7$$

- ②  $^{60}\text{Co}$ の付着量はHL配管に最も多いが、CL(2)にも多い。

領域別付着密度の割合：

$$HL : CL(1) : CL(2) = 1.0 : 0.54 : 0.88$$

- ③ 各領域における $^{54}\text{Mn}$ の付着密度に対する $^{60}\text{Co}$ の付着密度はつぎのとおりであった。

$$HL : 0.28$$

$$CL(1) : 0.06$$

$$CL(2) : 0.05$$

## 5.2 1次主冷却系配管の表面線量率

TLD素子を用いて1次主冷却系配管各部の表面線量率を測定した。表5.4と図5.3にAループ側、表5.5にBループ側の測定結果を示す。以下に得られた結果をまとめて示す。

- ① 全体系を測定したAループについては、原子炉容器および主循環ポンプの出口配管部に局所的な高線量率ポイントがあった。
- ② 配管のポイント最大表面線量率はAループ側が主循環ポンプ入口配管部（ポイント65，方向1）で1.65mSv/hであった。

## 5.3 機器の表面線量率

### (1) 主中間熱交換器の表面線量率

主中間熱交換器A（IHX-(A)）およびB（IHX-(B)）の表面線量率測定結果を表5.6および表5.7に、胴体部分（IHX-(A)；ポイント1～29）を三次元的に表示したものを図5.4にそれぞれ示す。得られた結果は以下の通りである。

- ① IHX-(A)の胴体部分の表面線量率の分布は、過去の測定値と同じ傾向と示し周方向の分布はほぼ均一で、高さ方向で見るとシュラウドシールリング部（ポイント13前後）が平均表面線量率の約1.2倍、下部管板部（ポイント21前後）が約2.6倍となっていた。

一方、IHX-(B)でも、過去の測定値と同じ傾向を示し、周方向の分布は不均一である。高さ方向で見ると、1次系配管入口部（ポイント5～7，方向A）で平均表面線量率の約2.2倍，シュラウドシールリング部（ポイント13前後）で平均表面線量率の約1.8倍，下部管板部（ポイント19前後）で約1.5倍を示した。

② 最大表面線量率はIHX-(A)が下部プレナム部（ポイント22，方向G）で約2.42mSv/h，IHX-(B)が出口配管部（ポイント35，方向E）で約8.49mSv/hであった。

③ 平均表面線量率はIHX-(A)が約0.71mSv/h，IHX-(B)が約2.65mSv/hであった。

(2) 主循環ポンプおよびオーバフローカラムの表面線量率

主循環ポンプA（PUMP-(A)）およびB（PUMP-(B)）の表面線量率測定結果を表5.8および表5.9に示す。一例として、図5.9にPUMP-(A)の胴体部分（ポイント1～26）の表面線量率を三次元表示する。また、Aループのオーバフローカラムの表面線量率測定結果を表5.10に示す。

得られた結果は以下の通りである。

① ポンプ胴体の表面線量率分布はPUMP-(A)とPUMP-(B)のいずれも局所的なピークを除き周方向分布がほぼ均一で、高さ方向ではNa液位部（ポイント7）を境としてカバーガス部の表面線量率が低く、Na接液部が高い。局所的にはオーバフロー配管取付部と軸受台の位置が他よりもいくらか高めであった。

② 主循環ポンプの最大表面線量率はいずれもオーバフロー配管接続部（ポイント13，方向E）の直下でPUMP-(A)が3.45mSv/h，PUMP-(B)が3.27mSv/hであった。また、オーバフローカラムではボルテックスブレーカ部で(A)が4.73mSv/hであった。

③ 平均表面線量率は、

PUMP-(A) ポンプ本体 ; 1.28mSv/h

オーバフローカラム ; 1.59mSv/h

PUMP-(B) ポンプ本体 ; 1.37mSv/h

であった。

表 5.1 第 9 回定検時 <sup>54</sup>Mn 付着量測定結果

測定位置		測定日		計数率 (cps)	校正係数 (kBq/cm <sup>2</sup> /cps)	付着量 (kBq/cm <sup>2</sup> )		
						測定時	原子炉停止時 : 1991. 9. 11	
							実測値	平均値
A LOOP HOT LEG (R/V~IHX)	CP-001	1991. 12. 3	14:20	15.0	1.50	22.5	27.1	29.7
	CP-002	1991. 12. 3	9:24	17.6		26.5	31.9	
	CP-003-1	1991. 12. 5	13:34	3.95		5.93	* 7.17	
	CP-003-2	1991. 12. 4	9:44	8.90		13.4	*16.1	
	CP-004	1991. 12. 6	9:48	19.4		29.2	35.3	
	CP-005	1991. 12. 12	14:15	16.8		25.2	30.9	
	CP-006	1991. 12. 12	16:01	12.7		19.1	23.4	
A LOOP COLD LEG (IHX~PUMP)	CP-008-1	1991. 12. 11	10:10	51.2	1.07	54.8	67.1	75.4
	CP-008-2	1991. 12. 12	11:47	56.6		60.6	74.3	
	CP-009	1991. 12. 10	9:41	60.4		64.7	79.0	
	CP-010	1991. 12. 6	13:38	17.0		18.2	*22.0	
	CP-011	1991. 12. 5	9:40	62.8		67.3	81.2	
A LOOP COLD LEG (PUMP~R/V)	CP-013	1991. 12. 5	14:52	113	1.03	116	140	139
	CP-014	1991. 12. 4	13:37	141		144	174	
	CP-015	1991. 12. 3	10:12	85.2		87.4	105	
B LOOP HOT LEG (R/V~IHX)	CP-No.1	1991. 12. 17	10:44	4.14	1.50	6.22	7.72	19.8
	CP-No.2	1991. 12. 17	9:58	17.1		25.7	31.8	
B LOOP COLD LEG (IHX~PUMP)	CP-No.3	1991. 12. 13	11:09	56.2	1.07	60.2	74.0	74.0

注) \*印の付いたものは平均値から除く

表 5. 2 第 9 回定検時<sup>60</sup>Co付着量測定結果

測定位置		測定日		計数率 (cps)	校正係数 (kBq/cm <sup>2</sup> /cps)	付着量 (kBq/cm <sup>2</sup> )		
						測定時	原子炉停止時 : 1991. 9. 11	
							実測値	平均値
A LOOP HOT LEG (R/V~IHX)	CP-001	1991.12. 3	14:20	7.68	1.49	11.5	11.8	8.44
	CP-002	1991.12. 3	9:24	5.19		7.73	7.97	
	CP-003-1	1991.12. 5	13:34	5.38		8.02	8.27	
	CP-003-2	1991.12. 4	9:44	3.71		5.53	5.70	
	CP-004	1991.12. 6	9:48	7.38		11.0	11.4	
	CP-005	1991.12.12	14:15	7.02		10.5	10.8	
	CP-006	1991.12.12	16:01	2.05		3.06	3.16	
A LOOP COLD LEG (IHX~PUMP)	CP-008-1	1991.12.11	10:10	3.99	1.13	4.52	4.67	4.52
	CP-008-2	1991.12.12	11:47	3.98		4.51	4.66	
	CP-009	1991.12.10	9:41	2.80		3.17	*3.28	
	CP-010	1991.12. 6	13:38	2.53		2.87	*2.96	
	CP-011	1991.12. 5	9:40	3.62		4.10	4.23	
A LOOP COLD LEG (PUMP~R/V)	CP-013	1991.12. 5	14:52	4.14	1.06	4.39	4.53	7.40
	CP-014	1991.12. 4	13:37	7.97		8.46	8.72	
	CP-015	1991.12. 3	10:12	8.18		8.68	8.94	
B LOOP HOT LEG (R/V~IHX)	CP-No.1	1991.12.17	10:44	3.64	1.49	5.43	5.62	18.0
	CP-No.2	1991.12.17	9:58	19.7		29.4	30.4	
B LOOP COLD LEG (IHX~PUMP)	CP-No.3	1991.12.13	11:09	6.55	1.13	7.42	7.68	7.68

注) \*印の付いたものは平均値から除く

表 5.3 第 9 回定検時 <sup>5</sup>Co 付着量測定結果

測定位置		測定日		計数率 (cps)	校正係数 (kBq/cm <sup>2</sup> /cps)	付着量 (kBq/cm <sup>2</sup> )		
						測定時	原子炉停止時 : 1991. 9. 11	
							実測値	平均値
A LOOP HOT LEG (R/V~IHX)	CP-001	1991. 12. 3	14:20	—	1.54	—	—	(0.793)
	CP-002	1991. 12. 3	9:24	0.249		0.383	*0.862	
	CP-003-1	1991. 12. 5	13:34	0.252		0.388	*0.890	
	CP-003-2	1991. 12. 4	9:44	0.174		0.268	*0.609	
	CP-004	1991. 12. 6	9:48	0.129		0.199	*0.461	
	CP-005	1991. 12. 12	14:15	—		—	—	
	CP-006	1991. 12. 12	16:01	0.303		0.466	*0.145	
A LOOP COLD LEG (IHX~PUMP)	CP-008-1	1991. 12. 11	10:10	—	1.07	—	—	(1.04)
	CP-008-2	1991. 12. 12	11:47	0.359		0.383	*0.941	
	CP-009	1991. 12. 10	9:41	0.439		0.469	*1.13	
	CP-010	1991. 12. 6	13:38	—		—	—	
	CP-011	1991. 12. 5	9:40	—		—	—	
A LOOP COLD LEG (PUMP~R/V)	CP-013	1991. 12. 5	14:52	0.296	1.02	0.303	*0.695	(0.695)
	CP-014	1991. 12. 4	13:37	—		—	—	
	CP-015	1991. 12. 3	10:12	—		—	—	
B LOOP HOT LEG (R/V~IHX)	CP-No.1	1991. 12. 17	10:44	0.465	1.54	0.715	*1.85	(1.61)
	CP-No.2	1991. 12. 17	9:58	0.347		0.535	*1.38	
B LOOP COLD LEG (IHX~PUMP)	CP-No.3	1991. 12. 13	11:09	—	1.07	—	—	—

注) \*印の付いたものは平均値から除く

表 5.4 第 9 回定検時 1 次主冷却系配管 (A) 表面線量率測定結果

単位: mSv/h

NO.	TLD位置				平均	NO.	TLD位置				平均
	-- 1 --	-- 2 --	-- 3 --	-- 4 --			-- 1 --	-- 2 --	-- 3 --	-- 4 --	
1	2.80E+00	1.33E+00	1.07E+00	1.60E+00	1.70E+00	51	5.64E-01	6.32E-01	4.20E-01	5.17E-01	5.33E-01
2	1.19E+00	1.41E+00	1.48E+00	1.80E+00	1.47E+00	52	5.38E-01	4.41E-01	4.09E-01	5.18E-01	4.76E-01
3	7.58E-01	7.17E-01	8.42E-01	8.82E-01	8.00E-01	53	4.99E-01	4.48E-01	4.93E-01	4.51E-01	4.72E-01
4	6.81E-01	5.83E-01	7.32E-01	8.63E-01	7.15E-01	54	5.12E-01	6.07E-01	6.93E-01	6.27E-01	6.10E-01
5	1.01E+00	6.23E-01	8.68E-01	9.96E-01	8.75E-01	55	4.44E-01	4.21E-01	5.03E-01	5.78E-01	4.87E-01
6	5.66E-01	4.61E-01	5.75E-01	8.52E-01	6.13E-01	56	5.00E-01	4.25E-01	4.89E-01	6.33E-01	5.12E-01
7	4.95E-01	3.75E-01	5.15E-01	6.71E-01	5.14E-01	57	5.14E-01	3.72E-01	4.94E-01	5.59E-01	4.85E-01
8	5.60E-01	3.35E-01	4.21E-01	6.40E-01	4.89E-01	58	5.71E-01	8.94E-01	1.02E+00	5.30E-01	7.53E-01
9	5.69E-01	4.08E-01	3.75E-01	5.08E-01	4.65E-01	59	7.33E-01	7.15E-01	6.69E-01	8.66E-01	7.46E-01
10	4.38E-01	5.12E-01	3.36E-01	3.80E-01	4.16E-01	60	6.86E-01	6.17E-01	7.23E-01	6.98E-01	6.81E-01
11	3.86E-01	3.72E-01	2.79E-01	2.73E-01	3.27E-01	61	5.61E-01	5.31E-01	5.14E-01	6.12E-01	5.55E-01
12	3.87E-01	3.93E-01	2.13E-01	2.02E-01	2.99E-01	62	7.32E-01	6.61E-01	6.33E-01	7.00E-01	6.81E-01
13	2.39E-01	2.71E-01	1.17E-01	1.06E-01	1.83E-01	63	8.81E-01	8.91E-01	8.81E-01	9.01E-01	8.88E-01
14	1.17E-01	2.35E-01	2.55E-01	1.10E-01	1.79E-01	64	1.49E+00	2.08E+00	1.62E+00	1.38E+00	1.64E+00
15	1.40E-01	2.33E-01	1.73E-01	1.11E-01	1.64E-01	65	1.65E+00	1.44E+00	1.47E+00	1.64E+00	1.55E+00
16	2.38E-01	3.08E-01	2.67E-01	2.43E-01	2.64E-01	66	1.37E+00	1.37E+00	1.36E+00	1.32E+00	1.35E+00
17	2.05E-01	2.61E-01	3.35E-01	2.82E-01	2.71E-01	67	8.67E-01	1.35E+00	1.10E+00	7.50E-01	1.02E+00
18	---	---	---	---	---	68	6.87E-01	1.02E+00	6.98E-01	1.96E+00	1.09E+00
19	---	---	---	---	---	69	7.33E-01	7.19E-01	8.72E-01	8.43E-01	7.91E-01
20	---	---	---	---	---	70	6.97E-01	6.58E-01	7.76E-01	7.96E-01	7.32E-01
21	2.12E-01	1.74E-01	2.49E-01	2.73E-01	2.27E-01	71	5.99E-01	7.24E-01	7.56E-01	8.30E-01	7.28E-01
22	2.12E-01	1.47E-01	2.43E-01	2.97E-01	2.25E-01	72	6.57E-01	6.95E-01	8.53E-01	8.06E-01	7.53E-01
23	2.44E-01	1.86E-01	2.40E-01	3.39E-01	2.52E-01	73	9.58E-01	6.97E-01	5.52E-01	7.11E-01	7.29E-01
24	3.05E-01	2.73E-01	3.66E-01	3.47E-01	3.23E-01	74	9.89E-01	7.27E-01	9.87E-01	1.03E+00	9.33E-01
25	3.13E-01	3.44E-01	3.95E-01	3.51E-01	3.51E-01	75	6.23E-01	7.55E-01	8.85E-01	1.07E+00	8.34E-01
26	1.99E-01	2.37E-01	2.72E-01	2.39E-01	2.37E-01	76	5.29E-01	6.20E-01	7.16E-01	7.26E-01	6.48E-01
27	9.84E-02	1.74E-01	1.98E-01	1.22E-01	1.48E-01	77	7.07E-01	7.78E-01	9.15E-01	1.03E+00	8.57E-01
28	1.03E-01	2.15E-01	2.20E-01	1.40E-01	1.70E-01	78	8.77E-01	8.19E-01	9.42E-01	1.11E+00	9.37E-01
29	1.11E-01	2.84E-01	2.94E-01	1.22E-01	2.03E-01	79	7.05E-01	8.80E-01	1.26E+00	9.78E-01	9.55E-01
30	1.90E-01	2.53E-01	8.63E-02	7.14E-02	1.50E-01	80	7.07E-01	1.04E+00	8.25E-01	1.08E+00	9.13E-01
31	2.29E-01	3.25E-01	1.21E-01	1.22E-01	2.00E-01	81	6.30E-01	1.13E+00	1.17E+00	6.35E-01	8.90E-01
32	1.89E-01	3.61E-01	2.14E-01	1.78E-01	2.36E-01	82	6.60E-01	9.51E-01	9.59E-01	8.07E-01	8.44E-01
33	3.34E-01	3.84E-01	3.18E-01	2.74E-01	3.28E-01	83	7.07E-01	9.23E-01	8.86E-01	7.54E-01	8.17E-01
34	4.33E-01	6.62E-01	5.93E-01	6.32E-01	5.80E-01	84	4.63E-01	7.65E-01	6.36E-01	6.58E-01	6.31E-01
35	7.68E-01	7.43E-01	8.55E-01	8.87E-01	8.13E-01	85	8.35E-01	1.02E+00	1.36E+00	8.90E-01	1.03E+00
36	3.72E-01	3.45E-01	3.49E-01	3.58E-01	3.56E-01	86	1.01E+00	1.21E+00	1.43E+00	1.08E+00	1.18E+00
37	3.99E-01	3.66E-01	3.76E-01	4.25E-01	3.92E-01	87	1.35E+00	9.51E-01	1.11E+00	7.92E-01	1.05E+00
38	4.27E-01	3.55E-01	4.66E-01	4.53E-01	4.25E-01	88	1.13E+00	1.14E+00	1.14E+00	9.66E-01	1.09E+00
39	4.04E-01	3.28E-01	4.65E-01	6.46E-01	4.61E-01	89	1.10E+00	1.20E+00	1.17E+00	9.15E-01	1.09E+00
40	5.56E-01	8.08E-01	4.91E-01	6.66E-01	6.30E-01	90	8.37E-01	1.06E+00	1.31E+00	8.20E-01	1.00E+00
41	5.30E-01	7.26E-01	4.69E-01	4.56E-01	5.45E-01	91	1.01E+00	1.28E+00	1.13E+00	8.91E-01	1.08E+00
42	7.05E-01	5.60E-01	4.93E-01	6.02E-01	5.90E-01	92	1.08E+00	1.18E+00	1.20E+00	1.03E+00	1.12E+00
43	6.32E-01	4.77E-01	3.57E-01	4.63E-01	4.83E-01	93	1.59E+00	1.81E+00	1.26E+00	1.27E+00	1.48E+00
44	4.62E-01	4.83E-01	4.13E-01	5.10E-01	4.67E-01						
45	5.72E-01	4.83E-01	6.31E-01	6.13E-01	5.75E-01						
46	4.62E-01	5.46E-01	6.20E-01	5.78E-01	5.52E-01						
47	3.74E-01	3.55E-01	3.28E-01	4.77E-01	3.84E-01						
48	5.10E-01	4.36E-01	4.29E-01	4.66E-01	4.60E-01						
49	5.53E-01	4.07E-01	4.40E-01	4.08E-01	4.52E-01						
50	5.36E-01	5.01E-01	4.72E-01	4.05E-01	4.78E-01						

表 5.5 第 9 回定検時 1 次主冷却系配管 (B) 表面線量率測定結果

単位: mSv/h

NO.	TLD位置				平均
	-- 1 --	-- 2 --	-- 3 --	-- 4 --	
26	2.96 E-01	1.78 E-01	1.86 E-01	3.57 E-01	2.54 E-01
27	2.05 E-01	2.11 E-01	3.14 E-01	2.89 E-01	2.55 E-01
28	2.58 E-01	1.48 E-01	1.60 E-01	3.27 E-01	2.23 E-01
29	7.66 E-01	1.54 E-01	1.22 E-01	9.82 E-01	5.06 E-01
30	6.86 E-01	3.82 E-01	3.50 E-01	9.73 E-01	5.98 E-01
31	8.96 E-01	8.81 E-01	7.67 E-01	1.67 E+00	1.05 E+00
32	2.14 E+00	6.55 E+00	3.33 E+00	5.85 E+00	4.47 E+00
33	3.35 E+00	2.75 E+00	3.35 E+00	4.82 E+00	6.07 E+00
34	1.80 E+00	2.17 E+00	2.11 E+00	2.77 E+00	2.21 E+00
35	6.06 E-01	7.69 E-01	8.15 E-01	7.82 E-01	7.43 E-01
36	5.49 E-01	6.26 E-01	5.97 E-01	5.93 E-01	5.91 E-01
37	5.08 E-01	6.20 E-01	7.48 E-01	8.94 E-01	6.93 E-01
38	7.59 E-01	1.37 E+00	7.35 E-01	9.58 E-01	9.54 E-01
39	5.39 E-01	9.07 E-01	7.50 E-01	8.46 E-01	7.60 E-01
40	1.02 E+00	9.08 E-01	9.28 E-01	9.38 E-01	9.49 E-01



表 5.6 第 9 回定検時主中間熱交換器 (A) 表面線量率測定結果

単位: mSv/h

NO.	T L D 位置							
	-- A --	-- B --	-- C --	-- D --	-- E --	-- F --	-- G --	-- H --
1	5.33E-02	5.16E-02	5.71E-02	5.20E-02	7.18E-02	4.71E-02	4.48E-02	5.56E-02
2	8.16E-02	1.18E-01	9.75E-02	9.55E-02	9.66E-02	4.91E-02	7.27E-02	8.77E-02
3	1.25E-01	1.81E-01	1.49E-01	1.53E-01	1.67E-01	1.12E-01	1.42E-01	1.67E-01
4	2.23E-01	2.61E-01	2.33E-01	1.96E-01	2.29E-01	1.48E-01	2.29E-01	2.24E-01
5	3.33E-01	3.10E-01	2.60E-01	2.62E-01	2.98E-01	1.97E-01	2.57E-01	2.96E-01
6	3.62E-01	4.14E-01	4.10E-01	3.45E-01	3.42E-01	2.82E-01	3.76E-01	3.48E-01
7	4.40E-01	4.90E-01	4.51E-01	4.72E-01	4.67E-01	3.74E-01	5.04E-01	4.57E-01
8	- - - -	5.18E-01	4.89E-01	5.73E-01	4.94E-01	4.38E-01	6.24E-01	5.27E-01
9	- - - -	6.09E-01	6.13E-01	5.51E-01	4.95E-01	5.49E-01	6.79E-01	6.02E-01
10	- - - -	6.59E-01	6.30E-01	5.84E-01	5.91E-01	5.58E-01	7.44E-01	5.80E-01
11	- - - -	6.79E-01	6.32E-01	6.46E-01	8.26E-01	6.27E-01	8.64E-01	7.19E-01
12	- - - -	7.81E-01	7.12E-01	7.85E-01	1.11E+00	8.18E-01	8.80E-01	7.73E-01
13	9.24E-01	7.93E-01	8.14E-01	7.02E-01	1.22E+00	9.86E-01	9.28E-01	8.12E-01
14	8.50E-01	7.60E-01	6.94E-01	7.46E-01	1.11E+00	1.15E+00	9.57E-01	6.90E-01
15	7.45E-01	7.32E-01	7.22E-01	6.53E-01	9.70E-01	1.19E+00	8.53E-01	6.33E-01
16	8.41E-01	7.16E-01	7.41E-01	7.13E-01	8.26E-01	9.30E-01	9.13E-01	7.05E-01
17	8.76E-01	8.30E-01	9.01E-01	8.92E-01	8.07E-01	8.87E-01	9.40E-01	7.65E-01
18	1.07E+00	1.01E+00	1.03E+00	1.03E+00	9.45E-01	9.63E-01	1.04E+00	1.04E+00
19	1.41E+00	1.30E+00	1.30E+00	1.37E+00	1.30E+00	1.11E+00	1.41E+00	1.34E+00
20	1.74E+00	1.46E+00	1.80E+00	1.69E+00	1.76E+00	1.43E+00	1.83E+00	1.68E+00
21	2.42E+00	1.92E+00	2.30E+00	2.01E+00	2.26E+00	1.51E+00	2.07E+00	2.12E+00
22	1.05E+00	1.84E+00	1.99E+00	1.44E+00	2.13E+00	2.38E+00	2.42E+00	1.69E+00
23	7.04E-01	8.57E-01	9.57E-01	9.09E-01	1.14E+00	2.34E+00	1.14E+00	1.08E+00
24	6.07E-01	6.47E-01	6.01E-01	6.31E-01	6.58E-01	1.05E+00	7.99E-01	7.32E-01
25	5.46E-01	5.45E-01	5.27E-01	5.25E-01	4.95E-01	7.27E-01	6.94E-01	6.15E-01
26	4.95E-01	4.35E-01	3.92E-01	4.67E-01	4.97E-01	6.42E-01	5.70E-01	5.14E-01
27	3.87E-01	3.64E-01	3.07E-01	4.04E-01	3.76E-01	- - - -	4.64E-01	3.99E-01
28	3.42E-01	3.30E-01	3.39E-01	3.37E-01	2.90E-01	4.71E-01	3.85E-01	3.68E-01
29	3.81E-01	1.72E-01	3.94E-01	3.18E-01	3.09E-01	4.00E-01	3.94E-01	3.57E-01
30	3.17E-01	3.85E-01	6.50E-01	3.33E-01	3.22E-01	4.46E-01	4.02E-01	4.09E-01
31	4.69E-01	4.42E-01	8.72E-01	4.60E-01	3.97E-01	5.58E-01	4.63E-01	4.88E-01
32	6.10E-01	6.13E-01	1.07E+00	5.69E-01	5.82E-01	6.21E-01	6.34E-01	6.68E-01
33	8.55E-01	7.84E-01	1.10E+00	7.29E-01	6.66E-01	8.23E-01	3.87E-01	8.38E-01
34	9.95E-01	1.04E+00	7.26E-01	1.03E+00	1.04E+00	1.07E+00	1.00E+00	1.02E+00
35	9.76E-01	9.89E-01	7.10E-01	9.19E-01	1.01E+00	1.16E+00	1.17E+00	7.46E-01
36	8.56E-01	8.40E-01	7.04E-01	6.77E-01	7.43E-01	9.55E-01	8.72E-01	8.46E-01
37	6.75E-01	6.55E-01	6.18E-01	5.71E-01	6.29E-01	7.41E-01	7.20E-01	6.37E-01
38	4.54E-01	5.28E-01	4.65E-01	4.14E-01	5.20E-01	6.13E-01	5.34E-01	5.12E-01

表 5.7 第 9 回定検時主中間熱交換器 (B) 表面線量率測定結果

単位: mSv/h

NO.	T L D 位置			
	-- A --	-- C --	-- E --	-- G --
1	1.36E+00	4.02E-01	5.64E-01	5.41E-01
2	1.84E+00	4.67E-01	7.36E-01	8.35E-01
3	2.82E+00	8.27E-01	1.10E+00	1.33E+00
4	4.16E+00	1.39E+00	2.09E+00	2.15E+00
5	7.05E+00	2.44E+00	2.83E+00	3.14E+00
6	1.27E+01	3.12E+00	3.67E+00	3.74E+00
7	7.20E+00	1.89E+00	2.07E+00	1.86E+00
8	4.71E+00	1.74E+00	1.77E+00	1.85E+00
9	3.35E+00	1.56E+00	1.58E+00	1.56E+00
10	2.83E+00	1.36E+00	1.47E+00	1.25E+00
11	2.74E+00	1.16E+00	1.35E+00	1.23E+00
12	3.04E+00	1.10E+00	1.32E+00	1.27E+00
13	3.13E+00	1.19E+00	1.58E+00	1.63E+00
14	4.86E+00	1.57E+00	1.94E+00	2.34E+00
15	3.36E+00	1.67E+00	2.40E+00	2.96E+00
16	2.29E+00	1.42E+00	1.44E+00	1.44E+00
17	1.64E+00	1.16E+00	1.11E+00	9.80E-01
18	1.64E+00	3.31E+00	4.83E+00	2.43E+00
19	1.58E+00	3.46E+00	4.46E+00	2.31E+00
20	1.33E+00	2.47E+00	2.38E+00	1.87E+00
21	7.84E-01	1.40E+00	1.79E+00	1.24E+00
22	6.34E-01	1.02E+00	1.55E+00	1.03E+00
23	6.23E-01	1.01E+00	1.64E+00	1.13E+00
24	6.77E-01	1.27E+00	1.96E+00	1.65E+00
25	8.60E-01	1.91E+00	2.02E+00	2.11E+00
26	7.51E-01	1.59E+00	3.03E+00	1.72E+00
27	8.16E-01	2.24E+00	3.99E+00	2.23E+00
28	7.61E-01	2.60E+00	4.68E+00	2.63E+00
29	7.75E-01	2.76E+00	4.41E+00	2.46E+00
30	8.19E-01	2.18E+00	4.54E+00	2.29E+00
31	9.30E-01	2.70E+00	4.88E+00	2.74E+00
32	1.61E+00	3.34E+00	5.99E+00	3.13E+00
33	2.35E+00	4.49E+00	6.55E+00	3.57E+00
34	3.38E+00	5.52E+00	7.62E+00	4.51E+00
35	4.62E+00	6.50E+00	8.49E+00	4.99E+00
36	4.69E+00	6.02E+00	7.13E+00	4.75E+00
37	4.22E+00	4.96E+00	5.67E+00	3.95E+00
38	3.75E+00	4.22E+00	4.19E+00	3.12E+00
39	2.71E+00	2.85E+00	3.31E+00	2.42E+00

表 5.8 第 9 回定検時主循環ポンプ (A) 表面線量率測定結果

単位: mSv/h

NO.	T L D 位置							
	-- A --	-- B --	-- C --	-- D --	-- E --	-- F --	-- G --	-- H --
1	2.31E-01	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
2	2.61E-01	3.29E-01	- - -	- - -	- - -	6.25E-01	4.20E-01	3.61E-01
3	3.19E-01	3.94E-01	- - -	- - -	- - -	7.17E-01	4.89E-01	3.91E-01
4	3.45E-01	4.87E-01	- - -	- - -	- - -	8.14E-01	5.73E-01	4.60E-01
5	4.26E-01	6.09E-01	- - -	- - -	- - -	8.88E-01	6.52E-01	5.47E-01
6	5.39E-01	7.06E-01	- - -	- - -	- - -	1.08E+00	6.93E-01	6.23E-01
7	6.23E-01	9.68E-01	- - -	- - -	- - -	1.26E+00	7.96E-01	7.10E-01
8	7.40E-01	1.13E+00	- - -	- - -	- - -	1.39E+00	9.18E-01	8.75E-01
9	8.04E-01	1.53E+00	1.06E+00	- - -	- - -	1.62E+00	9.93E-01	1.17E+00
10	1.07E+00	1.88E+00	1.23E+00	1.52E+00	- - -	2.03E+00	1.21E+00	1.42E+00
11	1.26E+00	2.20E+00	1.19E+00	1.73E+00	- - -	2.27E+00	1.30E+00	1.49E+00
12	1.49E+00	2.60E+00	1.36E+00	1.71E+00	3.34E+00	2.39E+00	1.70E+00	1.76E+00
13	1.76E+00	3.19E+00	1.38E+00	1.93E+00	3.45E+00	2.32E+00	1.80E+00	1.45E+00
14	1.76E+00	3.01E+00	1.44E+00	1.85E+00	3.05E+00	2.15E+00	2.02E+00	2.81E+00
15	2.34E+00	2.64E+00	1.13E+00	1.79E+00	2.59E+00	2.19E+00	2.09E+00	3.03E+00
16	2.51E+00	2.24E+00	1.32E+00	1.99E+00	2.36E+00	2.21E+00	1.93E+00	2.71E+00
17	2.85E+00	2.03E+00	1.30E+00	2.00E+00	2.57E+00	2.25E+00	2.20E+00	2.46E+00
18	- - -	2.00E+00	1.51E+00	2.07E+00	2.32E+00	2.32E+00	1.99E+00	2.27E+00
19	- - -	1.98E+00	1.57E+00	1.33E+00	2.32E+00	2.15E+00	2.03E+00	2.37E+00
20	- - -	1.93E+00	1.60E+00	1.86E+00	2.06E+00	1.85E+00	1.83E+00	2.38E+00
21	- - -	1.53E+00	1.24E+00	1.64E+00	1.76E+00	1.85E+00	1.83E+00	2.35E+00
22	- - -	1.44E+00	1.05E+00	1.41E+00	1.62E+00	1.68E+00	1.56E+00	2.00E+00
23	- - -	1.33E+00	9.25E-01	1.18E+00	1.30E+00	1.37E+00	1.37E+00	1.62E+00
24	1.94E+00	1.18E+00	8.23E-01	1.08E+00	1.27E+00	1.28E+00	1.27E+00	1.46E+00
25	1.75E+00	1.11E+00	8.49E-01	9.74E-01	1.20E+00	1.16E+00	1.07E+00	1.27E+00
26	1.64E+00	1.07E+00	8.42E-01	9.95E-01	1.24E+00	1.20E+00	1.05E+00	1.20E+00
27	1.32E+00	1.04E+00	9.69E-01	1.01E+00	1.16E+00	1.29E+00	1.06E+00	1.09E+00
28	1.47E+00	1.27E+00	1.17E+00	1.35E+00	1.32E+00	1.45E+00	1.15E+00	1.32E+00
29	1.41E+00	1.51E+00	1.36E+00	1.48E+00	1.51E+00	1.57E+00	1.30E+00	1.62E+00
30	1.69E+00	1.36E+00	1.60E+00	1.67E+00	1.57E+00	1.75E+00	1.50E+00	1.72E+00
31	1.62E+00	1.41E+00	1.68E+00	1.70E+00	1.74E+00	1.50E+00	1.70E+00	1.69E+00
32	1.41E+00	1.21E+00	1.51E+00	1.41E+00	1.51E+00	1.46E+00	1.37E+00	1.57E+00
33	1.29E+00	1.20E+00	1.35E+00	1.34E+00	1.32E+00	1.46E+00	1.29E+00	1.30E+00
34	1.38E+00	1.04E+00	1.23E+00	1.26E+00	1.23E+00	1.22E+00	1.23E+00	1.27E+00
35	1.26E+00	9.81E-01	1.19E+00	1.26E+00	1.20E+00	1.17E+00	1.22E+00	1.12E+00

表 5.9 第 9 回定検時主循環ポンプ (B) 表面線量率測定結果

単位: mSv/h

NO.	T L D 位置			
	-- A --	-- C --	-- E --	-- G --
1	3.34E-01	3.63E-01	6.15E-01	5.59E-01
2	3.51E-01	3.34E-01	7.36E-01	6.12E-01
3	3.91E-01	2.82E-01	8.11E-01	6.70E-01
4	4.55E-01	2.28E-01	8.80E-01	7.18E-01
5	5.63E-01	2.46E-01	9.45E-01	8.43E-01
6	6.49E-01	2.93E-01	1.19E+00	9.96E-01
7	8.10E-01	3.73E-01	1.52E+00	1.14E+00
8	9.78E-01	4.47E-01	1.40E+00	1.21E+00
9	1.08E+00	5.83E-01	1.45E+00	1.44E+00
10	1.20E+00	6.29E-01	1.72E+00	1.57E+00
11	1.44E+00	8.59E-01	1.82E+00	1.77E+00
12	1.61E+00	9.27E-01	2.29E+00	1.82E+00
13	1.85E+00	1.04E+00	2.42E+00	1.95E+00
14	2.06E+00	9.97E-01	3.03E+00	1.95E+00
15	2.43E+00	1.11E+00	3.17E+00	1.88E+00
16	2.81E+00	1.11E+00	3.27E+00	1.88E+00
17	2.86E+00	1.21E+00	2.70E+00	2.10E+00
18	3.34E+00	1.24E+00	2.57E+00	2.15E+00
19	- - -	1.38E+00	2.25E+00	2.15E+00
20	- - -	1.53E+00	2.24E+00	2.23E+00
21	- - -	1.62E+00	2.18E+00	2.32E+00
22	- - -	1.54E+00	2.22E+00	2.18E+00
23	- - -	1.59E+00	2.21E+00	1.95E+00
24	- - -	1.99E+00	1.90E+00	1.62E+00
25	2.38E+00	2.02E+00	1.52E+00	1.42E+00
26	2.07E+00	1.92E+00	1.38E+00	1.22E+00
27	1.70E+00	1.47E+00	1.24E+00	1.07E+00
28	1.51E+00	1.33E+00	1.08E+00	1.04E+00
29	1.40E+00	9.45E-01	1.29E+00	1.09E+00
30	1.35E+00	9.47E-01	1.42E+00	1.17E+00
31	1.52E+00	1.14E+00	1.63E+00	1.32E+00
32	1.52E+00	1.31E+00	1.62E+00	1.38E+00
33	1.61E+00	1.53E+00	1.39E+00	1.39E+00
34	1.46E+00	1.63E+00	1.36E+00	1.26E+00
35	1.43E+00	1.39E+00	1.36E+00	1.27E+00
36	1.34E+00	1.29E+00	1.17E+00	1.16E+00
37	1.26E+00	1.19E+00	1.21E+00	1.16E+00

表 5.10 第 9 回定検時オーバーフローコラム (A) 表面線量率測定結果

単位: mSv/h

測定 位置	T L D 位置			
	… 1 …	… 2 …	… 3 …	… 4 …
A	---	---	---	---
B	---	---	---	---
C	1.34E+00	1.15E+00	1.19E+00	8.33E-01
D	1.96E+00	2.27E+00	1.60E+00	1.79E+00
E	1.01E+00	8.88E-01	6.41E-01	6.45E-01
F	6.40E-01	4.93E-01	3.94E-01	3.97E-01
G	2.17E+00	4.73E+00	1.79E+00	1.94E+00
H	9.90E-01	1.67E+00	7.17E-01	7.37E-01
I	1.62E+00	2.69E+00	1.30E+00	1.02E+00
J	1.56E+00	2.15E+00	2.27E+00	1.46E+00
K	1.77E+00	2.75E+00	1.44E+00	2.21E+00
L	1.49E+00	1.99E+00	1.18E+00	1.70E+00
N	1.85E+00	2.85E+00	1.52E+00	1.44E+00
P	1.89E+00	2.58E+00	1.89E+00	1.46E+00
M	1.76E+00	2.18E+00	1.61E+00	1.62E+00

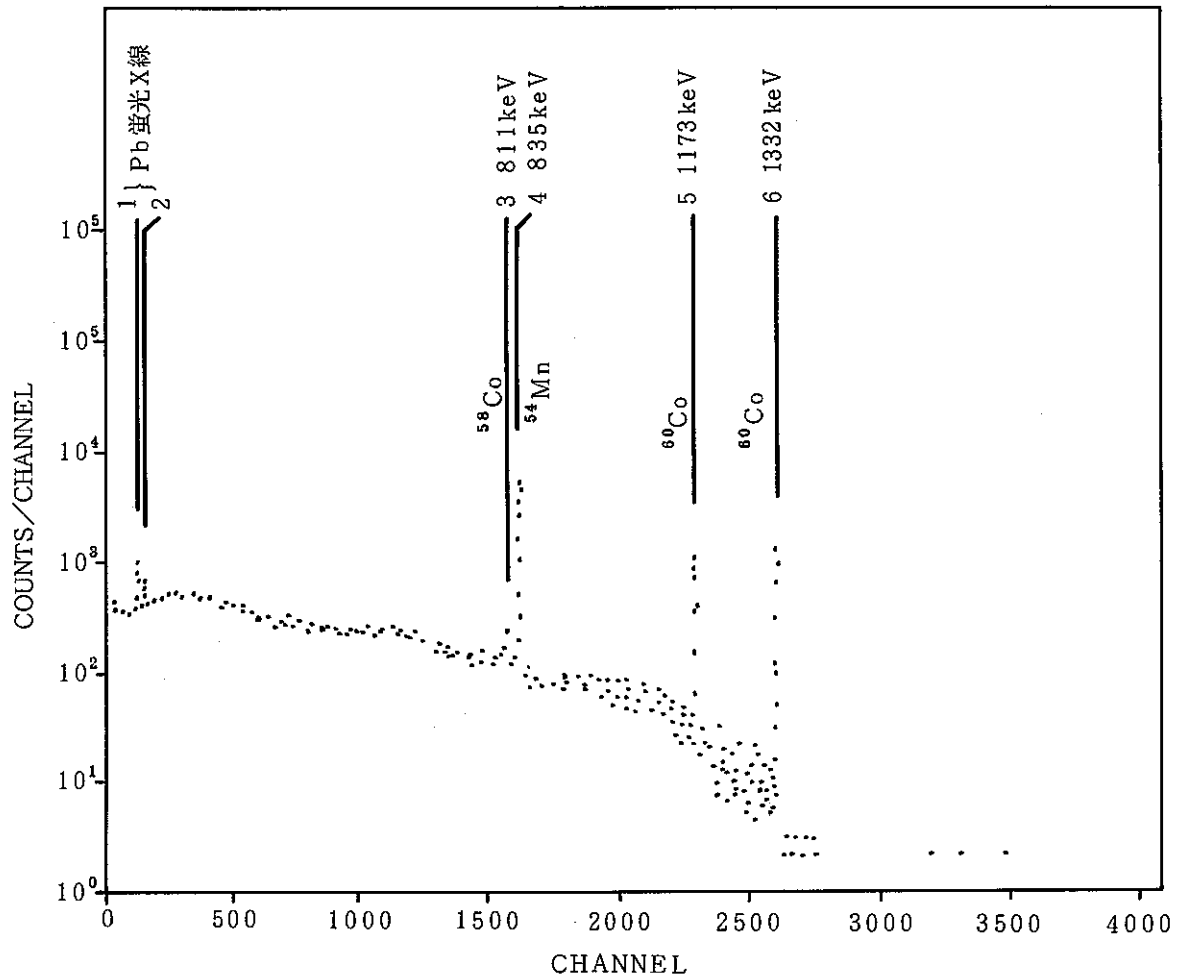


図 5.1 1次主冷却系配管表面のGe半導体検出器による  
ガンマ線スペクトル例 (ホットレグ部)

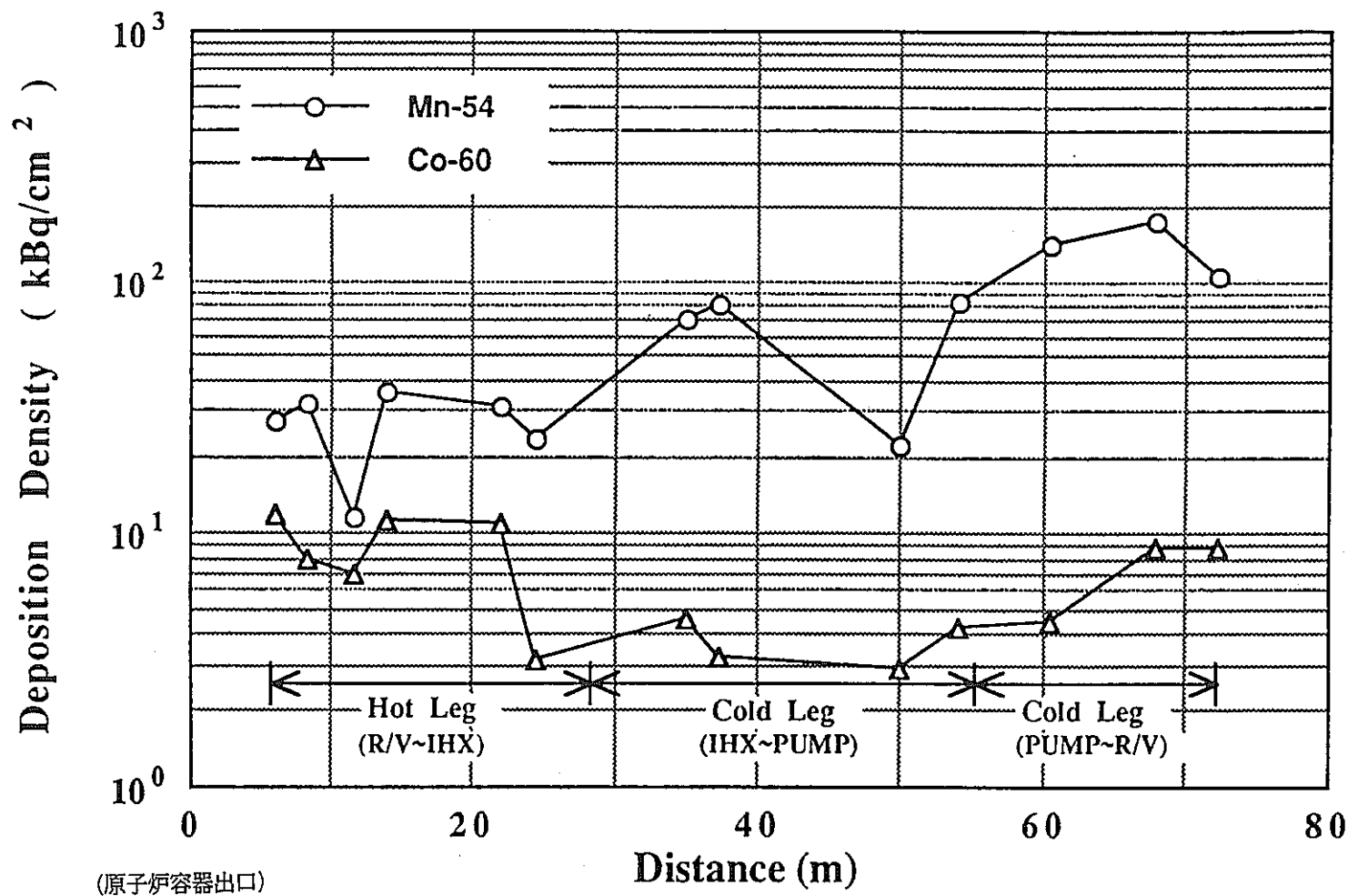


図 5.2 第 9 回定検時 CP 測定位置と付着量の関係

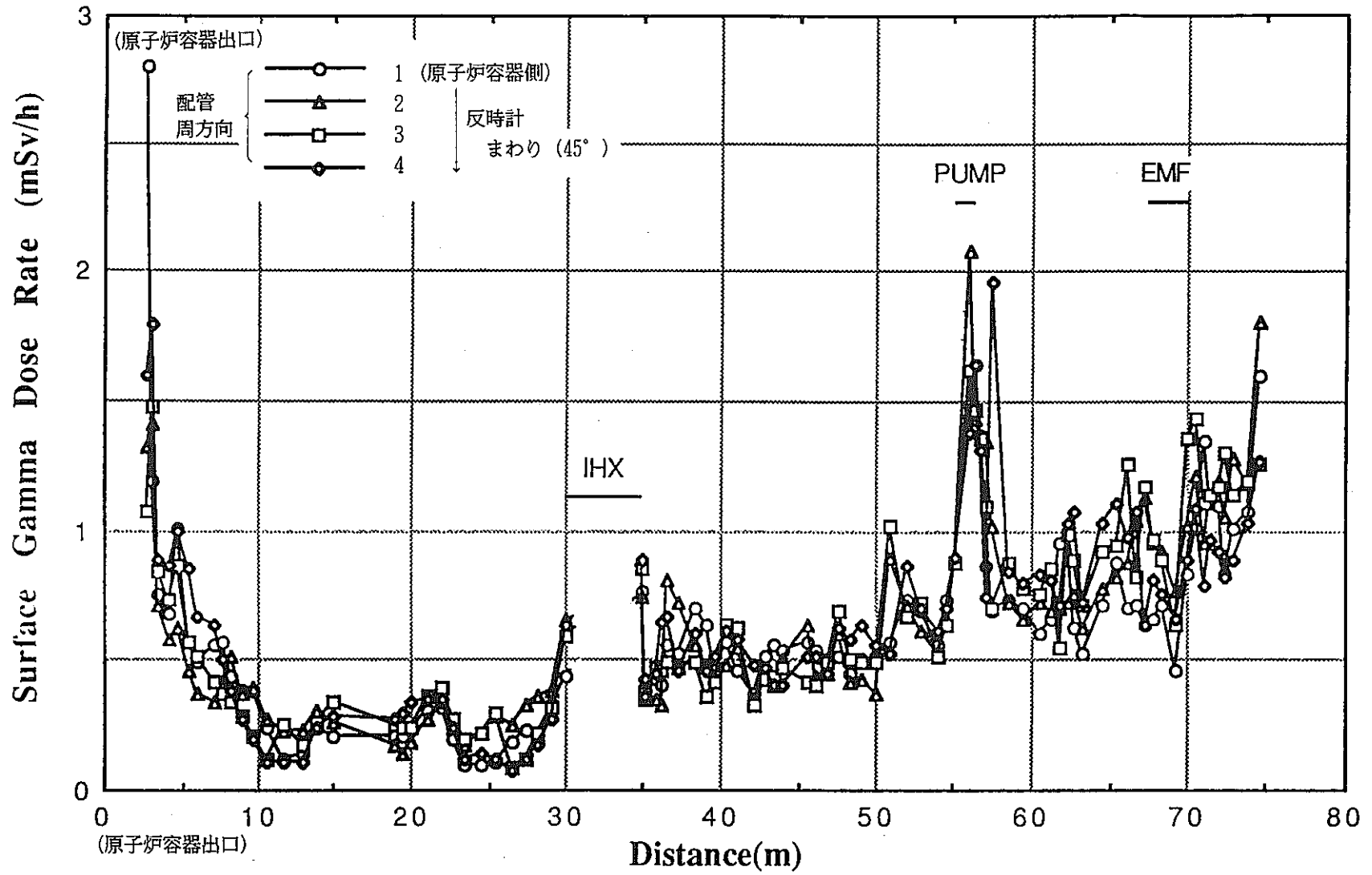


図 5.3 第 9 回定検時 1 次主冷却系配管 (A) の表面線量率分布



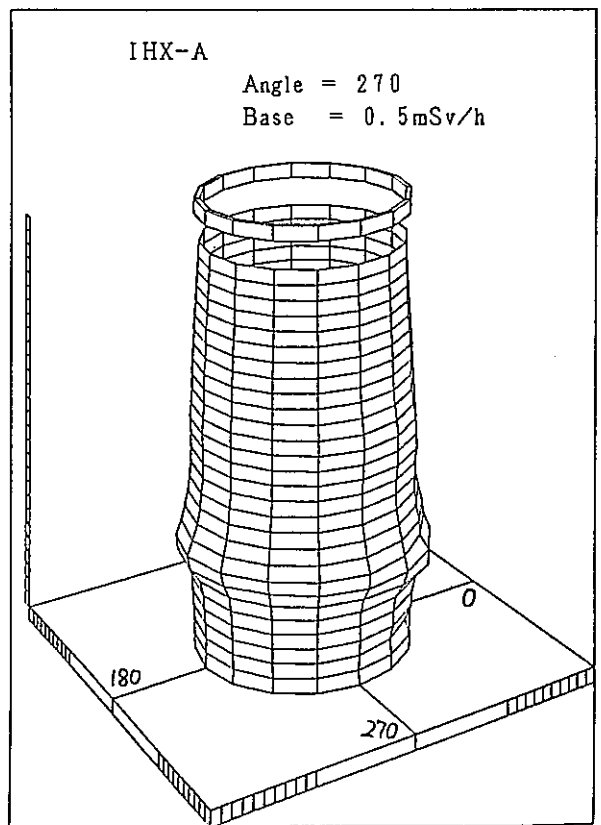
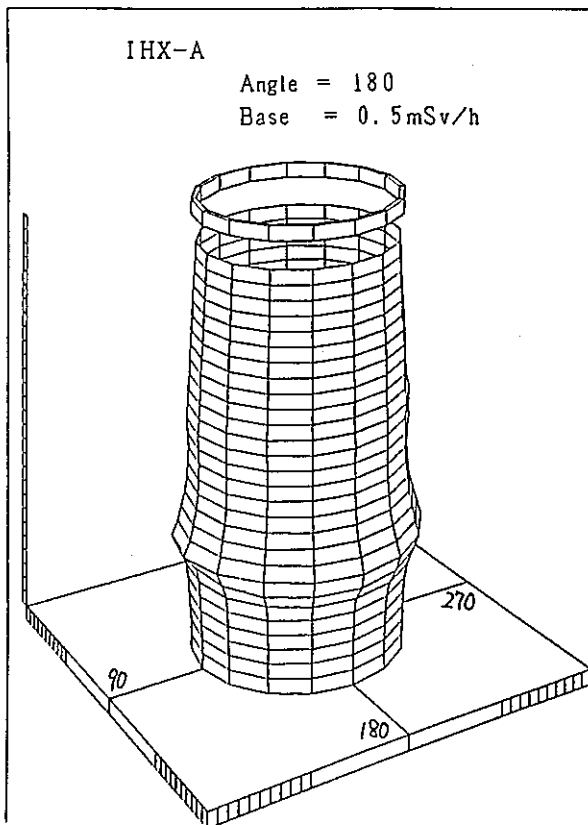
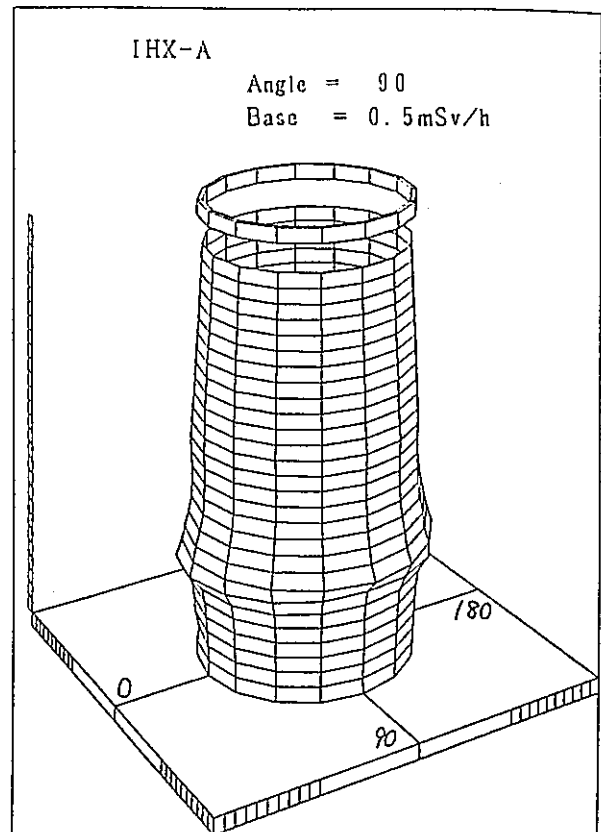
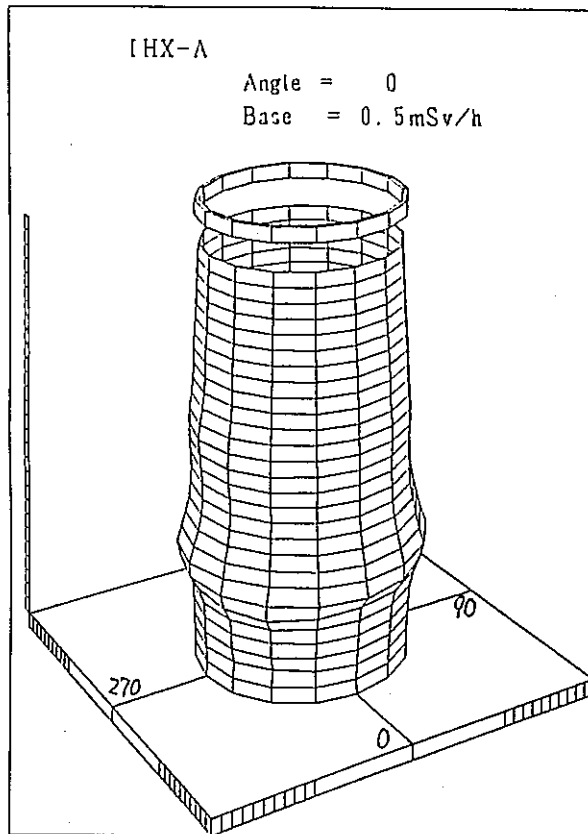


図5.4 第9回定検時主中間熱交換器(A)の表面線量率の分布

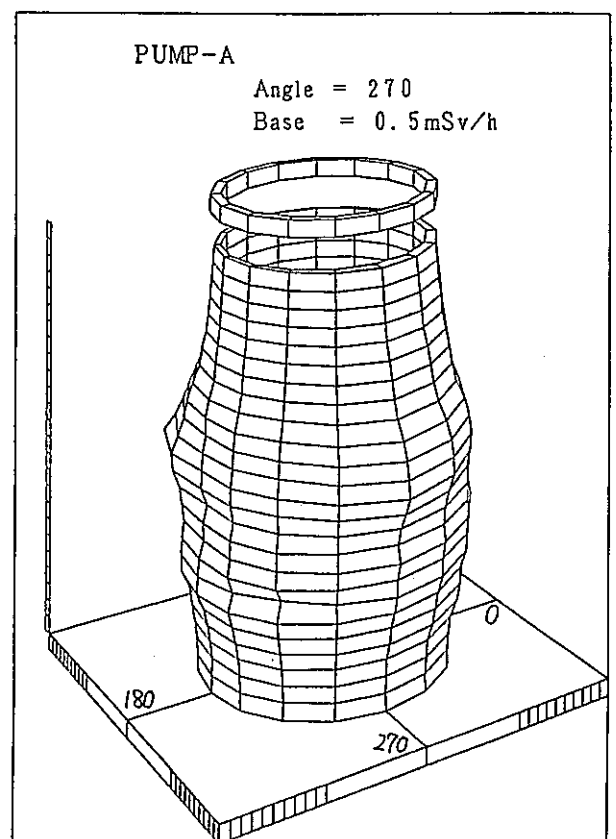
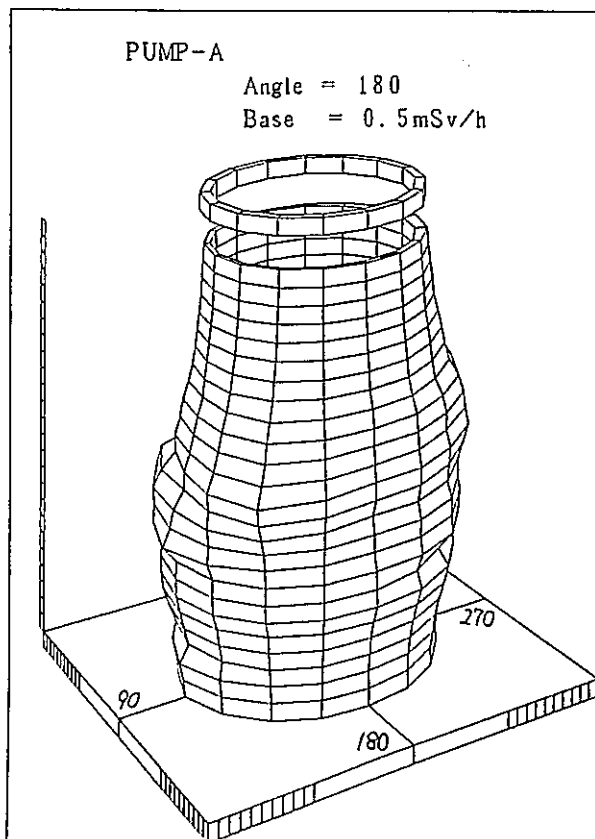
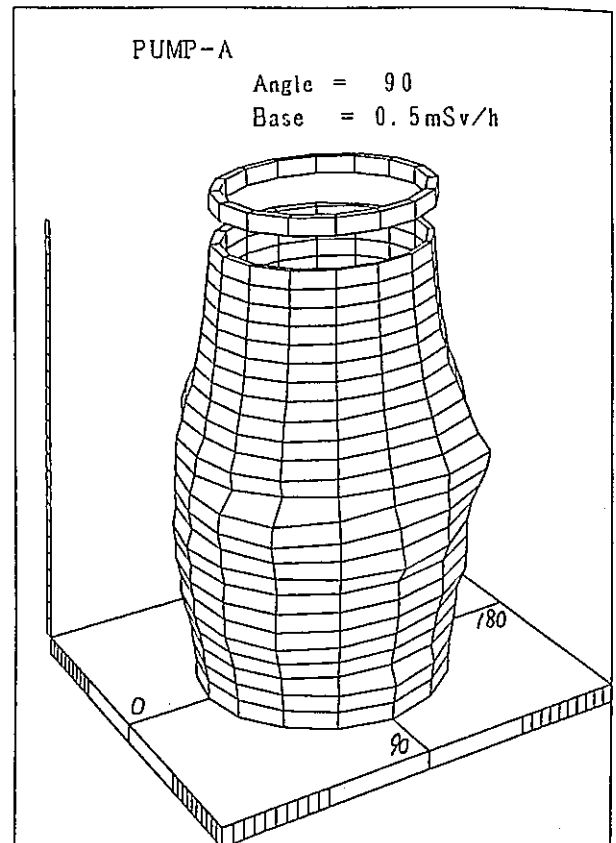
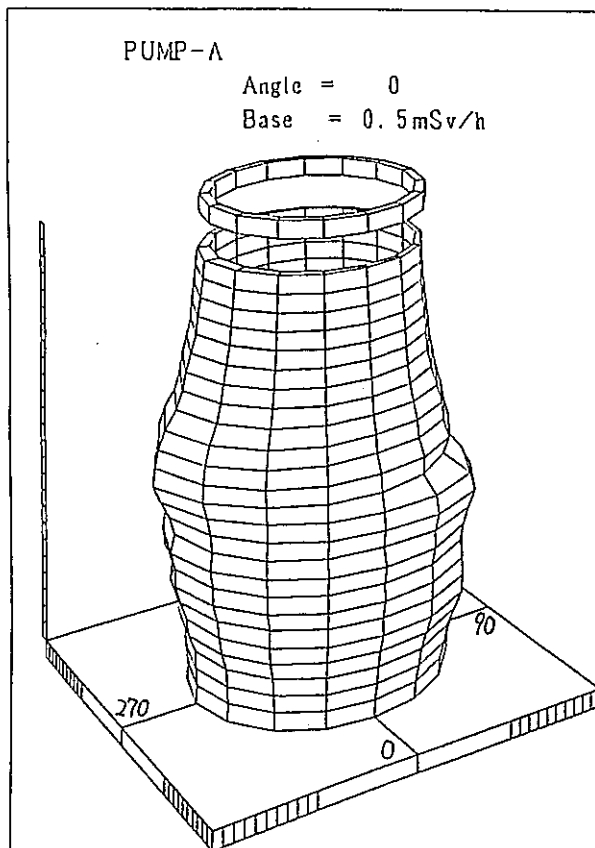


図 5.5 第 9 回定検時主循環ポンプ (A) の表面線量率の分布

## 6. 評 価

### 6.1 1次主冷却系内のCP核種

「常陽」1次主冷却系配管と機器のCP測定は今回で7回目である。いずれの測定でも主要な放射能は $^{54}\text{Mn}$ と $^{60}\text{Co}$ である。その他はCPである $^{58}\text{Co}$ とドレンしきれずに配管表面に付着し残留した $^{22}\text{Na}$ が、いくつかの測定点でごくわずかに見いだされるだけで、 $^{51}\text{Cr}$ は検出されていない。CP挙動解析コード“PSYCHE91”<sup>(4)</sup>による評価結果では、Mk-II炉心第23”サイクル原子炉運転停止直後（第9回定検期間中）における冷却系管壁に付着するCPは、 $^{54}\text{Mn}$  21.7Ci,  $^{60}\text{Co}$  1.03Ci,  $^{58}\text{Co}$  0.398Ciである。 $^{55}\text{Fe}$ は $^{54}\text{Mn}$ について多いが、これは特性X線のみ放出であるから配管・機器まわりの放射線場形成には寄与しない。また、 $^{51}\text{Cr}$ は $^{58}\text{Co}$ より少なく、放出 $\gamma$ 線エネルギーは0.32MeVと低く半減期も28日と比較的短いので、保守点検時の被ばくをもたらす線源としては無視出来る。今回の測定は原子炉停止から82日経過後に開始されたので、原子炉停止からナトリウムドレンまでの約2週間の間での極くわずかでしかないCP移行を無視すれば、その間の放射性崩壊により測定時点では原子炉停止直後に比べて、 $^{54}\text{Mn}$ は0.83倍、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{58}\text{Co}$ はそれぞれ0.97および0.45倍、 $^{51}\text{Cr}$ は0.13倍に減衰している。測定結果より配管壁でのCPビルドアップの核種割合は、HL領域で $^{54}\text{Mn}$ が $^{60}\text{Co}$ の約4倍、CL領域で約20倍となっている。この結果をよく再現した“PSYCHE91”を用いた計算評価により、線量率寄与は概ねHL領域では $^{54}\text{Mn}$ から65%、 $^{60}\text{Co}$ から35%、CL領域ではそれぞれ80%と20%となると推定される。IHXおよびポンプの管壁に付着したCP核種のGe半導体検出器による測定結果（CP-007, CP-012）については、変換係数が求められていないため付着密度を求めることは出来ないが、計数率の比によりビルドアップ核種の挙動を推定出来る。 $^{60}\text{Co}$ と $^{54}\text{Mn}$ の計数率比（ $^{60}\text{Co}/^{54}\text{Mn}$ ）を配管部と比較してみると、IHXはHLとCL(1)との間、ポプは前後配管領域に当たるCL(1)、(2)のいずれより高く、IHXよりは低い。即ち、IHXはCL(1)の2.6倍、HLの0.6倍であり、ポンプはCL(1)、(2)の各々1.4と1.7倍である。ポンプの場合は明らかに前後の配管部より $^{60}\text{Co}$ の組成割合が大きくなっている。IHXもCP-007の測定点は温度的にはむしろCL(1)に近いことを考慮すると、 $^{60}\text{Co}$ の組成割合が大きくなっている。これは、これらの機器内における特異な流動状況に関連し、1次系コールドトラップの下部管板

部において観察されている $^{60}\text{Co}$ の鋭い蓄積分布とも共通性のある現象かもしれない。

## 6.2 CP付着分布の推移

表6.1および図6.1(1), (2)にMk-I終了時点の第3回定検時から今回の第9回定検時までの $^{54}\text{Mn}$ と $^{60}\text{Co}$ の配管壁付着分布の推移<sup>(4), (5)</sup>を示す。図より明らかなように、両者の付着分布パターンには特徴的な差異が認められる。 $^{54}\text{Mn}$ の付着分布は、HLでは緩慢な上昇を示すだけで炉心における燃料材料や構造材料の放射化の放射能飽和期にもかなった挙動を示すが、CLでは鋭い上昇の持続があり、最近(4~4.5BPPY)ようやく飽和期と考えられる様相を示すに到った。分布のパターンも初期にはHLが優勢であったが、第5回定検以降ではCLが優勢となり、今ではHLを圧倒している。それに対して $^{60}\text{Co}$ の分布はHL, CLともほぼまんべんに偏りなく上昇して来ており、全般的に言ってまだ飽和の状況にあるようには見えない。分布パターンも初期から今日まではほぼ一貫し目立った変化はなく、その推移は $^{54}\text{Mn}$ のCLにおけるパターンと相似している。この付着分布の推移に見られる特質を“PSYCHE91”を用いて解析すると、 $^{54}\text{Mn}$ の管壁付着機構はHLとCLでは異なっている。これらは、HL部では管壁中拡散、CL部では管壁表面での析出(構造材料腐食生成物との共沈)による付着であると考えられる。このことから、 $^{54}\text{Mn}$ の炉心部の付着は高温領域で管壁中拡散、中温領域では表面析出であると推定される。一方、 $^{60}\text{Co}$ の場合はHLでもCLでも更には炉心部も含め全領域的に主として管壁表面析出により付着しており、炉心部やHLにおける高温部では管壁中拡散が加味された過程であると考えられる。 $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{60}\text{Co}$ の両方の場合とも、CL(2)における付着密度の方がCL(1)におけるそれより大きい。CLは(1), (2)とも温度は370℃で等温部であり、流速のみが2.3及び4.8 m/sと異なるので、これは流速効果であると考えられる。付着速度 $\propto (\text{Re})^x$ で表すと、 $^{54}\text{Mn}$ に対して $x = 1.6$ ,  $^{60}\text{Co}$ に対して $x = 1.1$ となる。

図6.2(1), (2)に、 $^{54}\text{Mn}$ と $^{60}\text{Co}$ のHL, CL(1), CL(2)の各領域におけるビルドアップの平均値の推移を原子炉積算出力対してプロットすることにより示した。 $^{54}\text{Mn}$ の付着密度のレンジは $^{60}\text{Co}$ の20倍に取られている。 $^{54}\text{Mn}$ の場合、付着密度の順位はCL(2) > CL(1) > HLであり、いずれの領域とも第8回定検時の原子炉積算出力130, 400Mwd(4 BPPY)で最大値を示し、150, 600Mwd(4.5 BPPY)の今回の第9回定検時の測定ではいずれも減少してお

り、その減少割合はそれぞれ24%、20%及び15%である。この結果から、「常陽」における主冷却系配管領域での $^{54}\text{Mn}$ のビルドアップは、4～4.5EFPY経過の時点で実際上の飽和性を示す時期に入ったと考えられる。“PSYCHE91”による解析では、過去において見られたビルドアップ上昇度における緩急の存在は、運転スケジュールとCL部での腐食生成物の管壁表面付着速度の変動によりもたらされたと考えられる。 $^{60}\text{Co}$ の場合、付着密度の順位はHL>CL(2)>CL(1)である。前回に比べると今回の測定結果は、それぞれの領域で2%減、15%増および21%増となった。1次系コールドトラップ温度あるいは酸素濃度との関連( $^{60}\text{Co}$ の溶出の方が $^{54}\text{Mn}$ より敏感といわれている<sup>(6)・(7)</sup>)について見るならば、以下のようなになる。1次系への広流入域型の新型コールドトラップの導入は第6回定検時(原子炉積算出力83,850Mwd達成後)に行われ、Mk-II第16サイクル(原子炉積算出力105,300Mwdの第7回定検以降)より本格的な130℃低温運転に入り、それ以降は冷却材中の酸素濃度は1.7ppmで運転されて来た。一方、第5回定検(原子炉積算出力61,670Mwd)と第6回定検の間は旧型コールドトラップで高温運転を余儀なくされた時期に当たり、酸素濃度は3.9ppmで運転された。また、第6回定検と第7回定検の間は、新型コールドトラップの機能試験期で温度は高めで運転され、酸素濃度は2.3ppmであった。更に、第3回定検と第4回定検の間はMk-II移行直後の時期で酸素濃度3ppm以上の運転サイクルを含んでいる。この酸素濃度と $^{60}\text{Co}$ の管壁付着密度の変動を重ね合わせてみると、第3回定検から第4回定検にかけての全領域での急上昇と第5回定検から第6回定検時にかけてのHL部での急上昇は、酸素濃度の変動と対応している。しかし、 $^{60}\text{Co}$ の場合は炉心材料中の不純物コバルトレベルの変動も影響するので試験ループで観察されているような酸素濃度低減による炉心材料からのCP溶出量抑制効果を、実プラントでの冷却系管壁でのCPビルドアップ抑制効果の観察を通じて確認するためには、これまでに得られた結果だけでは未だ充分とは言えないと考えられる。また、 $^{60}\text{Co}$ の場合は見かけ上も未だ飽和期に到ったとは見なせず、これは半減期(5.3y)の長さからの推定とも一致する。

### 6.3 表面線量率分布の推移

表6.2 HL, CL(1), CL(2)の各領域における配管表面線量率(各定検時における測定時点)

の平均値の推移<sup>(4)・(5)</sup>を示す。図 6.3 にはその推移を原子炉積算出力に対するプロットで示す。各定期検査における測定時点での原子炉停止後の冷却期間は、早いもので40日（第7回定検）、長いもので170日（第3回定検）であり、その他のものはその間に分布している。第8回定検と第9回定検時の測定までの冷却期間はほぼ同等で80～90日前後であった。線量率レベルの順位はCL(2) > CL(1) ≈ HLで、これは管壁に付着した<sup>54</sup>Mnの線量率支配性を示す。但し、HLではRHM値の大きな<sup>60</sup>Coの管壁付着割合が増加するため、その寄与のため線量率レベルは<sup>54</sup>Mn付着密度に比べて相対的に高まり、CL(1) ≈ HLとなる。線量率の最大レベルはいずれも第8回定検時の値であり、それぞれ0.65, 0.78, 1.28mSv/hである。第9回定検時の測定値は0.46, 0.55, 0.90mSv/hであり、前回に比べて各領域とも29%の減少を示した。今後は、概ね第8回定検～第9回定検時のレベルを相前後しながら推移するものと思われる。

機器まわりの線量率の推移については以下のとおりである。但し、この場合の比較に用いた結果は測定時点のものであり、異なる定検時における測定値は冷却期間は厳密には一致していないが、80日前後で概ね一致している。Aループにおいて機器線量率の推移をみると、IHXは上、中、下部（代表レベルGL-7000, -8000, -9400mm）と分けて、第8回定検時ではそれぞれ平均値で0.92, 1.02, 2.48mSv/hであり、今回の第9回定検時測定では0.60, 0.80, 1.84mSv/hである。減少割合はそれぞれ35%, 22%, 26%であり、配管部の場合とそれほど変わりはない。主ポンプの場合も上、中、下部（代表レベルGL-6463, -6863, -7463mm）において、第8回定検時でそれぞれ1.8, 2.6, 1.8mSv/hのレベルであり、第9回定検時では1.9, 2.4, 1.8mSv/hである。第8回定検時に比べてそれぞれ6%増、8%減及び増減なしであった。このように前回測定時に比べIHXでは線量率の減少が見られたが、ポンプでは目立った変化はなかった。

機器まわりの線量率分布で最も特筆すべきことは、表 5.6 と 5.7 に示すようにIHX-A と B において線量率分布に顕著な相違が観察される点である。即ち、IHX-B ではナトリウム入口ノズル近傍に線量率分布の鋭いピークが存在し、そのレベルは最大13mSv/hにも達する。また、中央部において機器内を高温部と低温部に分けるシールリング近傍のピークは、IHX-B で高く最大5mSv/hでありAの約2倍である。更に、下部管板部近傍のピークはIHX-A の場合とは異なり、周方向で非対称的な分布を示しそのレ

ベルも最大 5 mSv/h で A の約 5 倍の値である。この傾向は過去の毎回の測定で観察されて来たものである<sup>(4)</sup>。このような差異が生じたのは、両機器における構造上の相違によるものと思われる。主な構造上の相違が存在するのは、

- ① 1次ナトリウム入口ノズル溶接部に設けてある熱応力緩衝用カバー
- ② 外側シュラウドナトリウム流入窓
- ③ 外側シュラウドナトリウム流出部
- ④ シュラウドシールリング

の部分である。①の1次ナトリウム入口ノズル熱応力緩衝用カバーについては、IHX-AよりBの方がノズルに沿って約3倍の長さで設置されている（A：約270mm，B：約860mm）。この緩衝用カバーとノズル管壁の間の空間はナトリウムの停留部となると考えられ、この体積はBの方がAの約30倍程度となる。④のシュラウドシールリングについては、IHX-Aの場合、すり合わせタイプなのに対して、Bの場合はOリングでシールするタイプとなっている。このシール性は熱の交換効率に密接に関連し密閉性が高いほど効率は良くなるが、冷却材の停留部を形成する要因ともなる。上述したように①、④が冷却材停留部の形成と関連しているのに対して、②、③の外側シュラウド冷却材流入、流出部については、冷却材流動の激しい攪乱現象と関連している。

IHX-Aの場合は外側シュラウドが上部管板から下部管板までつながっており、上部に冷却材流入窓、下部に流出窓が周方向に等間隔、等面積で配置されている。これに対してIHX-Bの場合は外側シュラウドが上部管板に接続されているものの、下部は下部管板近傍で開放されたスカート構造となっている。また、シュラウド上部に開けてある流入窓の面積はノズル近傍を小さく反対側を大きくとることにより、周方向における冷却材流入量の均等化を意図した構造となっている。以上述べたところにより、IHX-A、Bの上、中、下部の線量率分布の差異は、上、中部が冷却材の停留度合いの差異、下部は冷却材流動攪乱の度合いの差異に関連しているものと考えられる。即ち、上、中部の冷却材停留部では冷却材中でCP粒子の形成が進み重力沈降が起こっているか、または放射性ナトリウム ( $^{22}\text{Na}$ ) がドレンしきれず測定時にも残留しているかのどちらかが考えられる。この部位に対する測定は今のところ線量率のみで核種分析を実施していないので、どちらが主体かを結論することは出来ない。下部についてはGe半導体検出器による

測定がある（CP-007）。測定は相対測定であり $^{22}\text{Na}$ も検出されているが、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{60}\text{Co}$ のCPが圧倒的である。IXH-Bで線量率分布がノズルの反対側にピークがありそのレベルも高いのは、冷却材流量が流入窓面積の大きい裏側に偏り、且つ流出窓のスカート構造に関連して下部管板部での流動攪乱の度合いがAの場合より大きいためと考えられる。このようなIXH下部管板部に見られるCPビルドアップの特性は、主配管部のCP付着のそれと共通であると考えられる。

#### 6.4 測定値と計算値の比較

第3回定検～第9回定検時の床下CP測定データに基づき整備した“PSYCHE91”によるAループ主配管壁CP付着密度の計算値と測定値を比較して表6.3に示した。第7回定検～第9回定検時に対し平均して、測定値に対する計算値の比（C/E値）は1.2である。表には次回の第10回定検時（第27サイクル原子炉停止直後）の予測結果も示しているが、今回の測定に比べて更に減少の傾向を示している。また、このCP付着分布の結果に基づく線量率分布の計算値と測定値を比較するとC/E値は1.5である。第9回定検時のIXHポンプの平均線量率のC/E値は、それぞれ1.9および0.7である。主冷却系配管に対する計算結果は満足すべきものであるが、機器に対しては今後更に改良を進める必要がある。図6.4(1)、(2)および(3)に配管壁CP付着密度の推移について、図6.5には今回の配管まわりの線量率分布について、測定と計算の結果を比較して示した。図6.4(1)の $^{54}\text{Mn}$ のビルドアップの推移において、第5回定検～第7回定検時にかけてCLでの計算値が測定値を上回っている。これはCL領域での管壁表面での析出速度は、Mk-IとIIで変化させているものの各炉心期では一定としているため、今回用いた第7回定検～第9回定検時ベースの値はMk-II初期では大きすぎることを意味する。即ち、管壁表面析出速度は徐々に増加を示したということである。こうした増加が今後もあるとすれば、これまでに述べた $^{54}\text{Mn}$ の飽和傾向に変動を生ずることもあり得る。従って、今後こうした増加があるかどうかを確認することが必要である。



表 6.1 1次主冷却系配管(A)のCP付着分布測定結果の推移

(単位: kBq/cm<sup>2</sup>)

測定領域	測定位置	第3回定検時 (MK-I) (1981 12/23)			第4回定検時 (MK-II) (1983 12/3)			第5回定検時 (MK-II) (1985 5/1)			第6回定検時 (MK-II) (1986 12/6)			第7回定検時 (MK-II) (1988 9/7)			第8回定検時 (MK-II) (1990 1/23)			第9回定検時 (MK-II) (1991 9/11)		
		<sup>54</sup> Mn	<sup>60</sup> Co	<sup>59</sup> Co	<sup>54</sup> Mn	<sup>60</sup> Co	<sup>59</sup> Co	<sup>54</sup> Mn	<sup>60</sup> Co	<sup>59</sup> Co	<sup>54</sup> Mn	<sup>60</sup> Co	<sup>59</sup> Co	<sup>54</sup> Mn	<sup>60</sup> Co	<sup>59</sup> Co	<sup>54</sup> Mn	<sup>60</sup> Co	<sup>59</sup> Co	<sup>54</sup> Mn	<sup>60</sup> Co	<sup>59</sup> Co
ホット レグ 配管	CP-001	19.573	1.746	—	—	—	—	27.306	5.476	—	31.265	10.175	—	27.75	11.285	0.892*	33.67	11.322	1.628*	27.084	11.804	—
	002	14.763	0.999	—	19.943	2.683	—	28.564	3.393	—	38.221	5.772	—	26.64	5.957	1.291*	40.367	7.252	2.516	31.861	7.969	0.862*
	003(1)	2.268*	2.253	—	3.774*	7.067	—	6.401*	5.735	—	9.731*	13.357	—	8.695*	10.36	2.246	10.064*	10.064	4.107	7.166*	8.266	0.809*
	003(2)	7.585*	1.103	—	10.804*	2.886	—	17.057*	2.871	—	23.791*	5.957	—	15.022*	5.439	1.713	23.865*	7.104	3.515	16.110*	5.701	0.609*
	004	19.684	1.746	—	22.792	4.218	—	34.04	4.144	—	41.884	10.323	—	30.562	8.695	—	44.363	10.434	1.258*	35.323	11.350	0.461*
	005	17.760	1.506	—	20.942	4.107	—	28.194	8.325	—	40.515	12.95	—	26.011	8.251	—	43.179	11.026	2.368	30.922	10.825	—
	006	13.172	0.477	—	16.539	1.806	—	25.308	2.416	—	30.673	3.349	—	27.417	3.356	1.672	35.298	3.811	2.664	23.396	3.159	0.145*
	領域平均 <sup>1)</sup>	16.990	1.404	—	20.054	3.795	—	28.682	4.623	—	36.512	8.840	—	27.676	7.620	1.877	39.375	8.716	3.034	29.717	8.439	—
IHX	CP-007 <sup>2)</sup>													18.22	3.023	—	30.73	3.056	—	23.27	1.231	—
コ ー ル ド レ 配 管 (1)	CP-008(1)	5.883	0.429	—	13.468	2.853	—	26.788	3.7	—	47.693	4.033	—	49.506	3.811	1.051*	88.837	3.811	1.665*	67.080	4.673	—
	008(2)	6.142	0.396	—	13.172	2.231	—	26.677	3.622	—	51.06	3.774	—	55.278	3.696	1.410*	97.458	3.959	2.035*	74.306	4.660	0.941*
	009	7.659	0.318	—	14.393	1.225	—	30.562	2.368	—	57.165	1.339*	—	44.178	1.236*	1.465*	98.383	1.998*	2.368	79.008	3.278*	1.130*
	010													8.473*	0.918*	—	25.937*	1.628*	0.259*	21.996*	2.960*	—
	011	7.363	0.352	—	15.059	1.188	—	36.963	1.328	—	55.463	4.144	—	59.496	3.400	0.607*	92.13	3.996	0.888*	81.248	4.229	—
	領域平均 <sup>1)</sup>	6.762	0.374	—	14.023	1.874	—	30.248	2.755	—	52.845	3.984	—	52.115	3.636	—	94.202	3.922	2.368	75.411	4.521	—
主ポンプ	CP-012 <sup>2)</sup>													53.04	4.498	—				81.29	7.680	—
コ ー ル ド レ 配 管 (2)	CP-013	9.805	0.255	—	22.977	13.172*	—	54.094	15.207*	—	85.914	3.382	—	95.571	3.045	1.284	149.998	3.33	1.813*	139.521	4.529	0.695*
	014	22.422	1.591	—	33.855	4.588	—	101.121	5.402	—	116.624	9.102	—	139.12	6.179	0.936*	225.33	6.993	2.331*	173.750	8.749	—
	015	9.916	1.188	—	16.132	2.982	—	55.093	5.291	—	68.228	5.772	—	74.555	6.549	0.673*	119.51	8.029	—	105.049	8.938	—
		領域平均 <sup>1)</sup>	14.048	1.011	—	24.321	3.785	—	70.103	5.347	—	90.255	6.085	—	103.082	5.258	1.284	164.946	6.117	—	139.44	7.395

1) \*印の測定値を除く平均値 2) 単位はcps

(注) 原子炉停止直後に補正。

表 6.2 1次主冷却系配管の平均表面線量率の推移

(単位: mSv/h)

測定年月 測定位置	第1回定検 1979年9月 (MK-I)	第2回定検 1980年12月 (MK-I)	第3回定検 1982年7月 (MK-I end)	1) 1983年7月 (MK-II)	第4回定検 1984年1月 (MK-II)	第5回定検 1985年9月 (MK-II)	第6回定検 1987年4月 (MK-II)	第7回定検 1988年10月 (MK-II)	第8回定検 1990年5月 (MK-II)	第9回定検 1991年12月 (MK-II)
A Loop Hot Leg (R/V~IHX)	0.0190 <sup>2)</sup>	0.0610 <sup>2)</sup>	0.0805	0.0918	0.2840	0.3040	0.4160	0.5470	0.6651	0.4313
A Loop Cold Leg#1 (IHX~Pump)	0.0210 <sup>2)</sup>	0.0500 <sup>2)</sup>	0.0696	0.0661	0.2490	0.3760	0.4190	0.6070	0.8160	0.5497
A Loop Cold Leg#2 (Pump~R/V)	0.0330 <sup>2)</sup>	0.0940 <sup>2)</sup>	0.1440	0.1380	0.4210	0.5900	0.8740	1.1940	1.2979	0.9924
B Loop Hot Leg (R/V~IHX)	—	—	0.1280	—	0.5350	0.6330	0.9140	1.0830	0.7997	—
B Loop Cold Leg#1 (IHX~Pump)	—	—	0.0870	—	0.3120	0.5440	0.5310	0.7890	0.7440	—
B Loop Cold Leg#2 (Pump~R/V)	—	—	0.1490	—	0.4250	0.6610	1.0100	1.3270	1.4562	—
積算炉出力 (Mwd)	8.887E+3	1.794E+4	2.806E+4	3.084E+4	3.978E+4	6.232E+4	8.464E+4	1.065E+5	1.318E+5	1.519E+5

1) After plant Characteristic test performed at 55 MW

$$2) \left[ \begin{array}{c} \text{第1回及び第2回定検時の} \\ \text{平均線量率} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} \text{第1回及び第2回定検時の} \\ \text{GMサバイメータによる平均線量率} \end{array} \right] \times \left[ \begin{array}{c} \text{第3回定検時のTLD素子による線量率と} \\ \text{GMサバイメータによる平均線量率の比} \end{array} \right]$$

表 6.3 1次主冷却系配管(A)のCP付着分布測定結果計算結果の比較(原子炉停止直後に補正)

(単位:  $\mu\text{Ci}/\text{cm}$ )

核種	領域	第3回定検時(MK-I) (1981 12/23 0:00)			第4回定検時(MK-II) (1983 12/3 0:00)			第5回定検時(MK-II) (1981 5/1 0:00)			第6回定検時(MK-II) (1986 12/6 0:00)			第7回定検時(MK-II) (1988 9/7 0:00)			第8回定検時(MK-II) (1990 1/23 0:00)			第9回定検時(MK-II) (1991 9/11 0:00)			第10回定検時(MK-II) (1993 3/26 0:00)		
		計算値	測定値	C/E	計算値	測定値	C/E	計算値	測定値	C/E	計算値	測定値	C/E	計算値	測定値	C/E	計算値	測定値	C/E	計算値	測定値	C/E	計算値	測定値	C/E
$^{54}\text{Mn}$	HL	0.474	0.459	1.03	0.457	0.542	0.84	1.02	0.775	1.32	0.979	0.987	0.99	0.966	0.748	1.29	1.34	1.064	1.26	1.02	0.809	1.26	0.837		
	CL(1)	0.189	0.183	1.03	0.712	0.379	1.88	2.04	0.818	2.49	2.32	1.428	1.62	2.15	1.409	1.53	2.84	2.546	1.11	2.13	2.039	1.04	1.750		
	CL(2)	0.326	0.380	0.86	1.26	0.657	1.92	3.60	1.895	1.90	4.10	2.44	1.68	3.79	2.786	1.36	5.01	4.458	1.12	3.77	3.77	1.00	3.090		
$^{60}\text{Co}$	HL	0.0432	0.0380	1.14	0.0491	0.103	0.48	0.139	0.125	1.11	0.222	0.239	0.93	0.229	0.206	1.11	0.246	0.236	1.04	0.232	0.231	1.00	0.219		
	CL(1)	0.0153	0.0101	1.51	0.0205	0.0507	0.40	0.0731	0.0745	0.98	0.115	0.108	1.06	0.121	0.0983	1.23	0.133	0.106	1.25	0.128	0.122	1.05	0.121		
	CL(2)	0.0249	0.0273	0.91	0.0342	0.102	0.34	0.126	0.145	0.87	0.201	0.164	1.23	0.212	0.142	1.49	0.232	0.165	1.41	0.222	0.200	1.11	0.211		
$^{59}\text{Co}$	HL	0.0007	—		0.294	—		0.0239	—		0.297	—		0.134	0.0507	2.64	0.148	0.0820	1.80	0.0866	—		0.0726	—	
	CL(1)	0.0003	—		0.168	—		0.0136	—		0.149	—		0.0753	—		0.0858	0.064	1.34	0.0504	—		0.0422	—	
	CL(2)	0.0004	—		0.291	—		0.0237	—		0.260	—		0.131	0.0347	3.78	0.149	—		0.0874	—		0.0732	—	
積算出力(GWd) MK-I+MK-II		27.90			39.50			61.67			83.85			105.3			130.4			150.6			169.2		

注) 第10回定検時の値は予測値である。

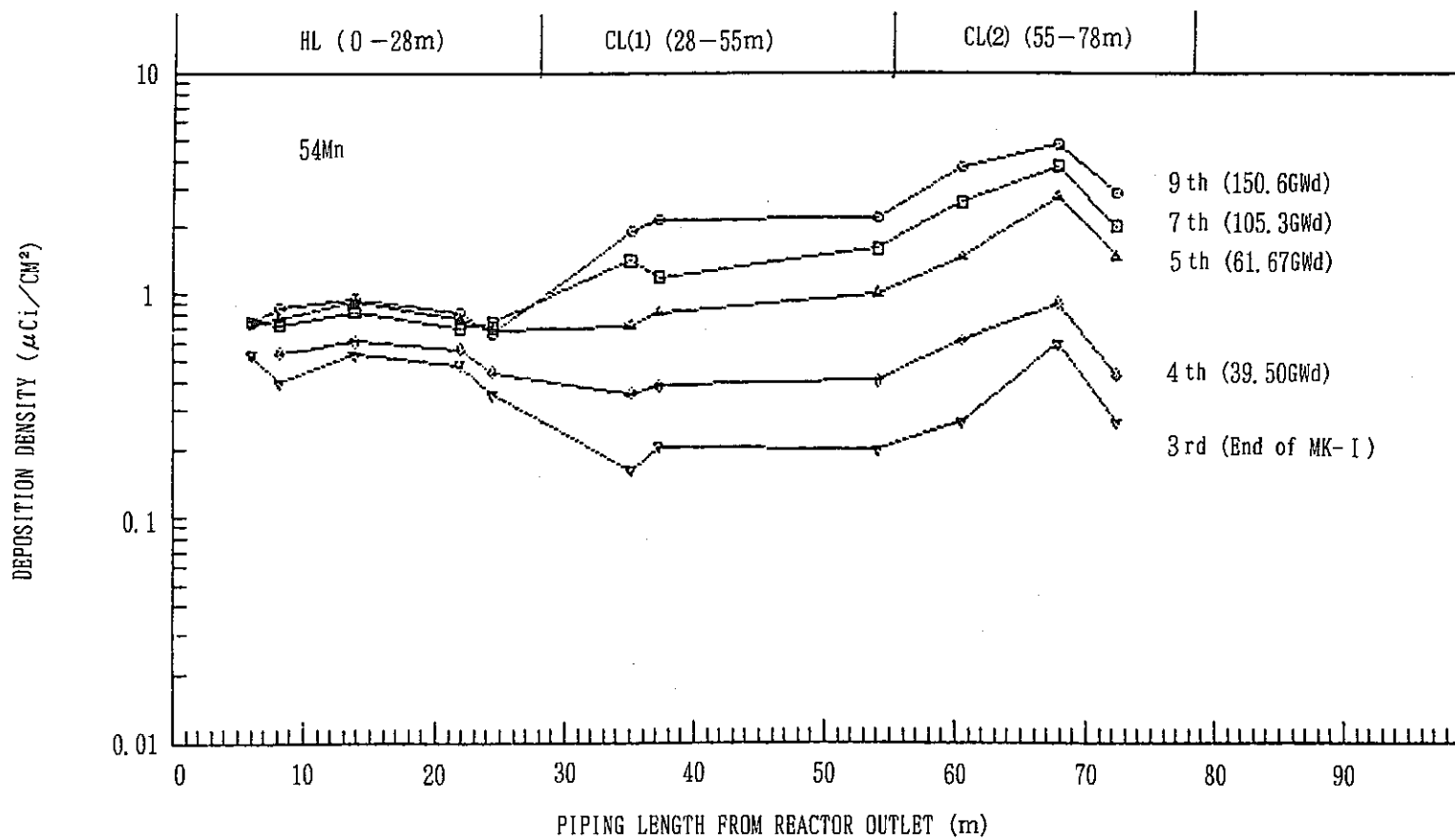


図6.1(i) 1次主冷却系配管(A)における<sup>54</sup>Mn付着密度

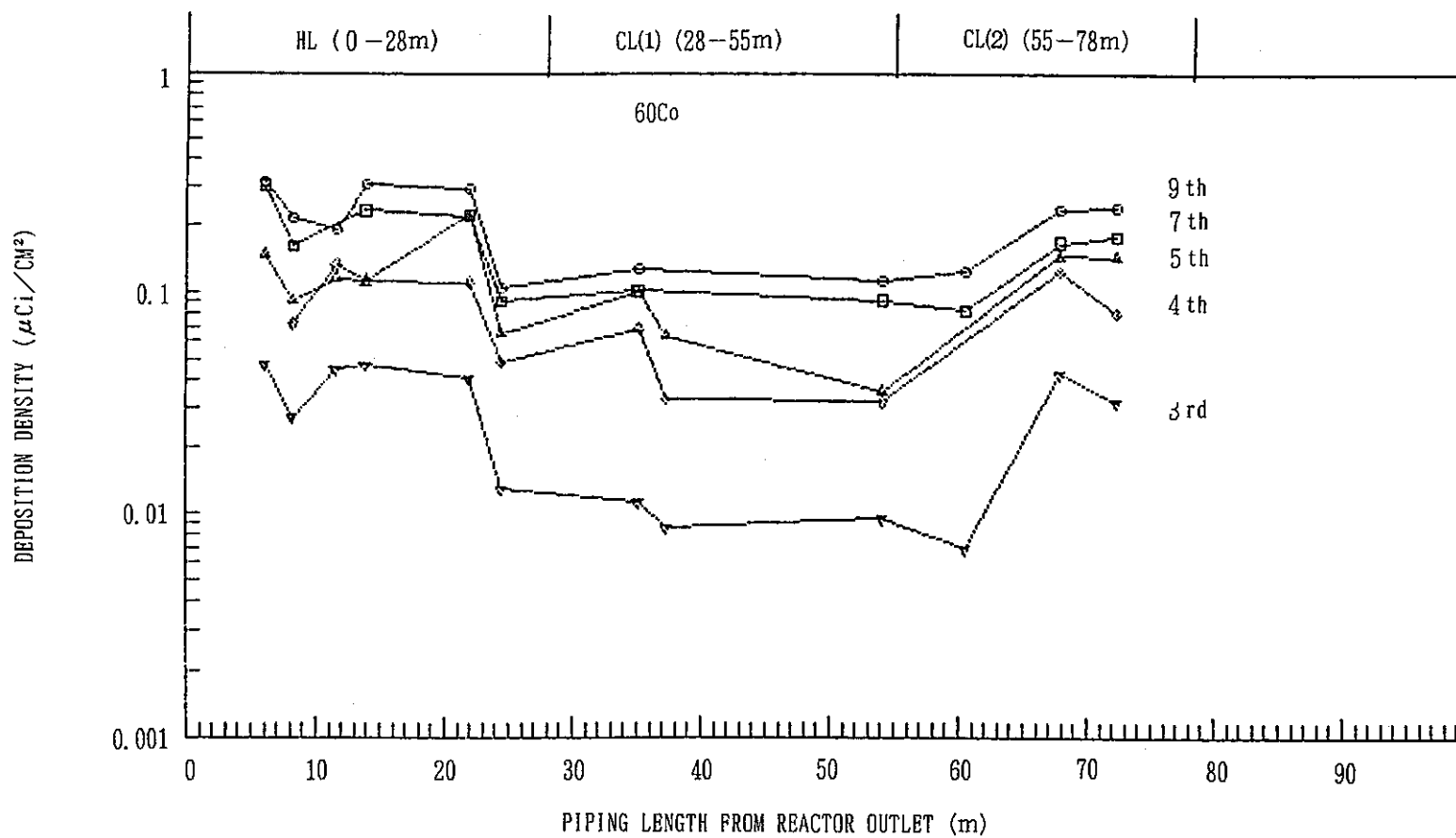


図 6.1 (2) 1次主冷却系配管 (A) における  $^{60}\text{Co}$  付着密度

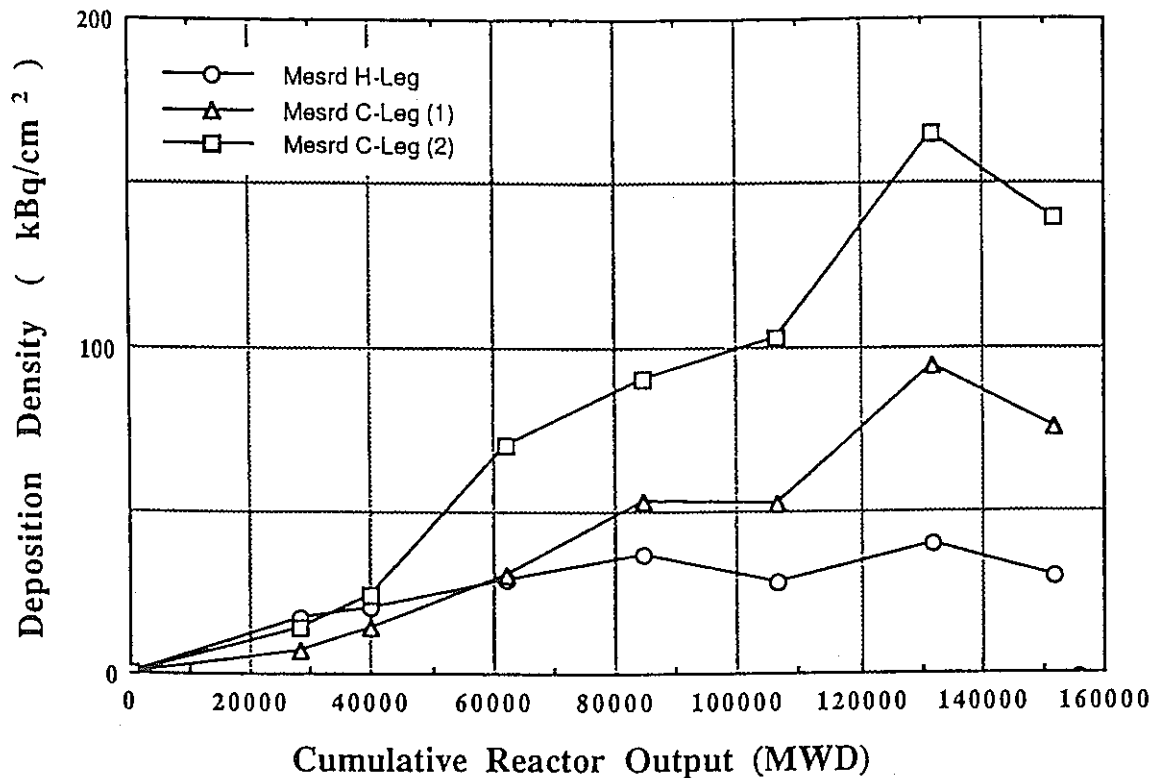


図 6. 2 (1) 1 次主冷却系配管 (A) における  $^{54}\text{Mn}$  付着密度の推移

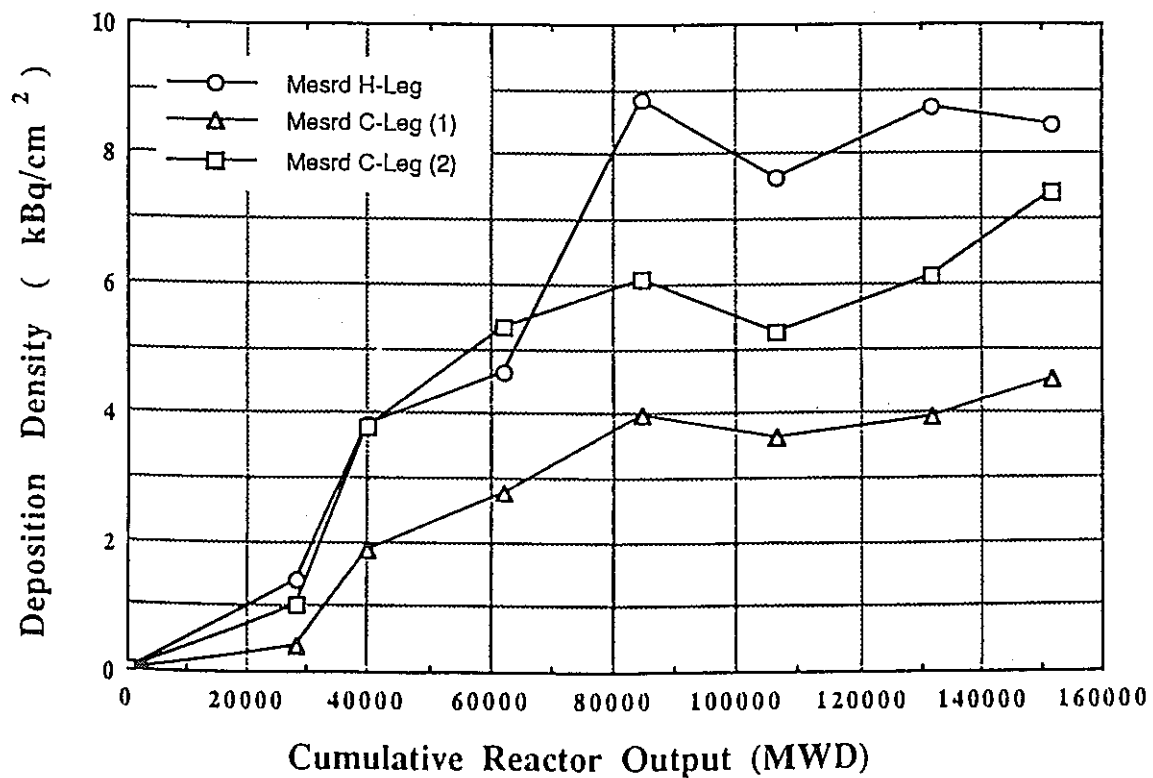


図 6. 2 (2) 1 次主冷却系配管 (A) における  $^{60}\text{Co}$  付着密度の推移

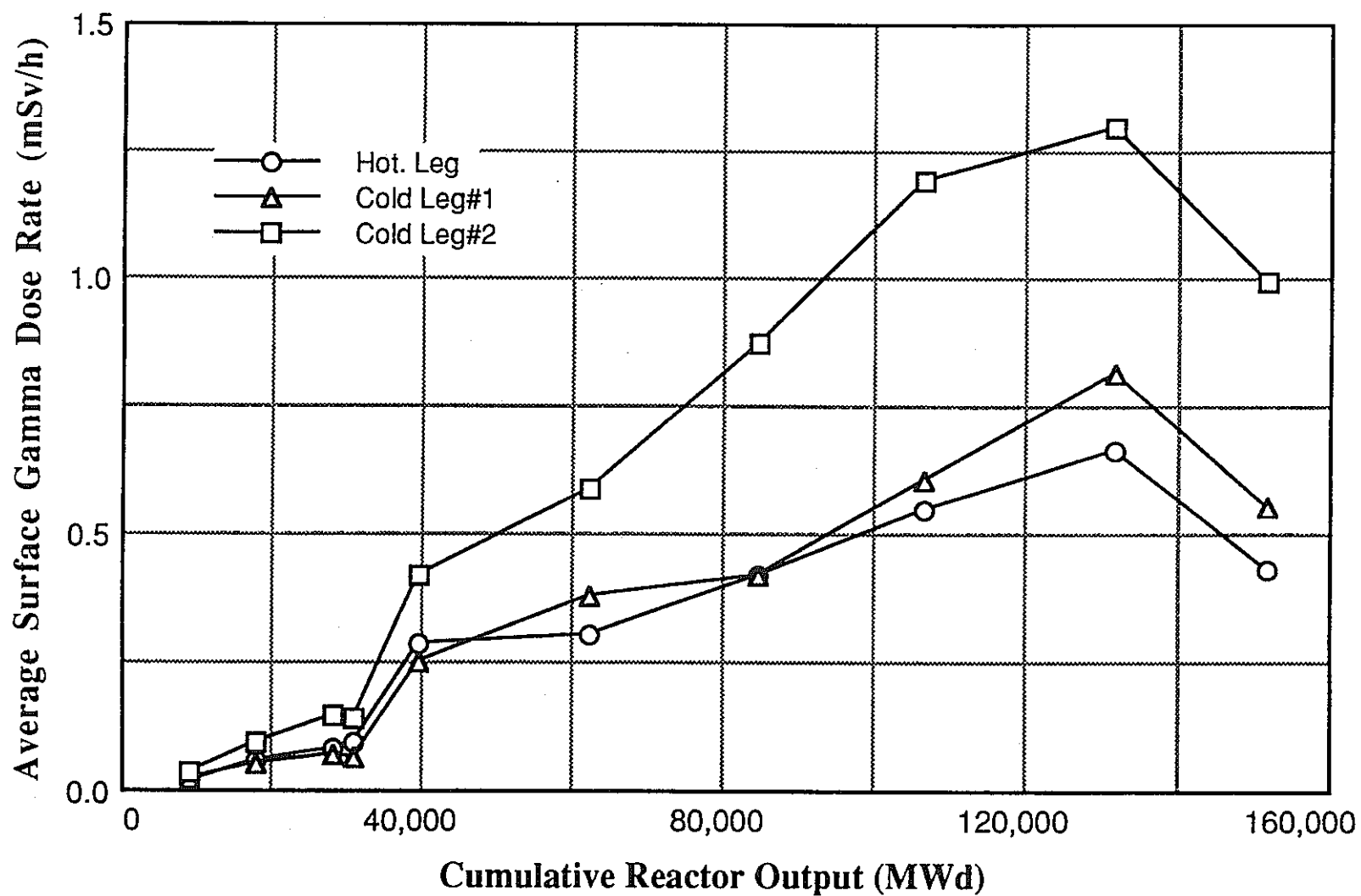


図 6.3 1次主冷却系配管 (A) の表面線量率の推移

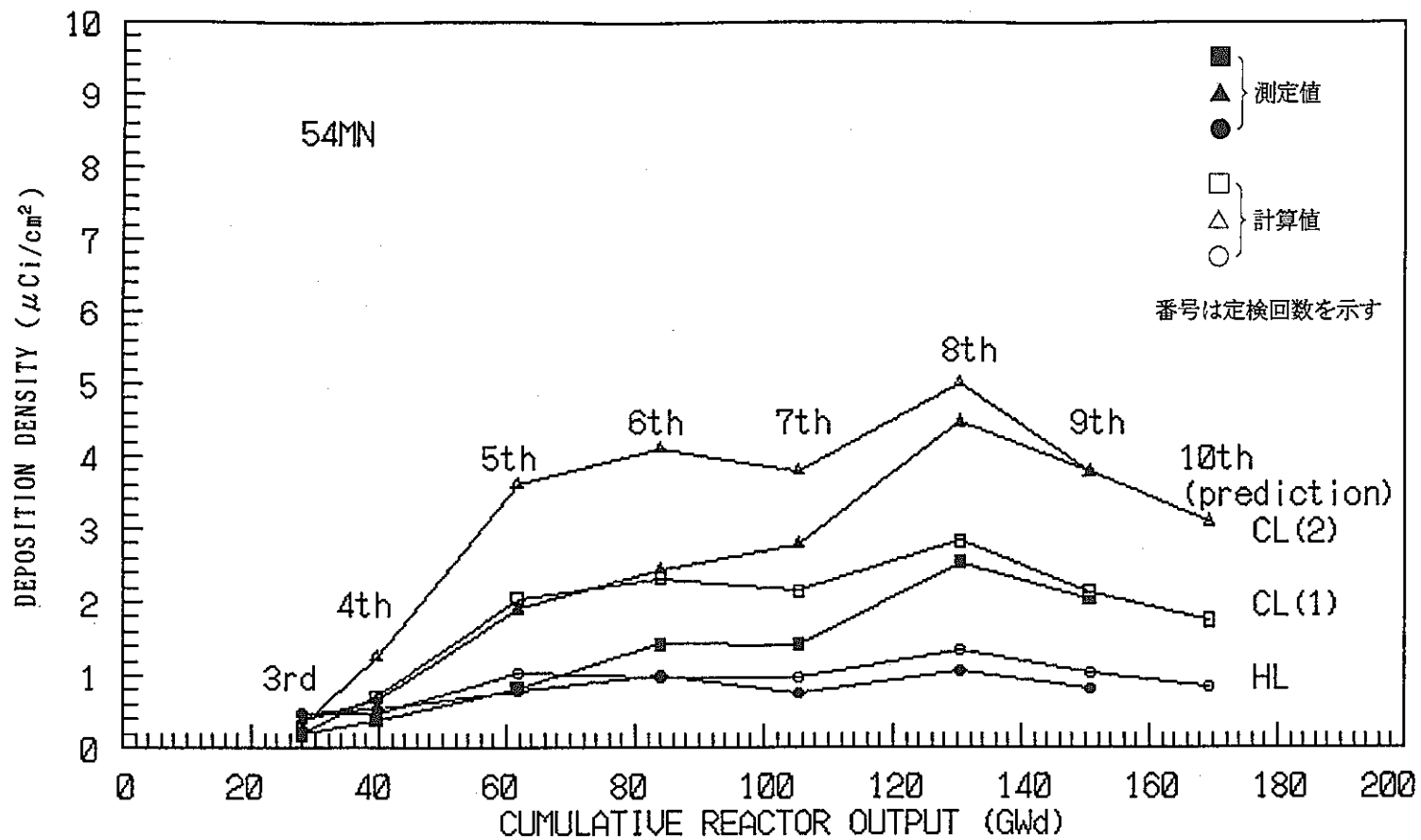


図 6.4 (1) 1次主冷却系配管 (A) における  $^{54}\text{Mn}$  の付着密度の計算値と測定値の比較



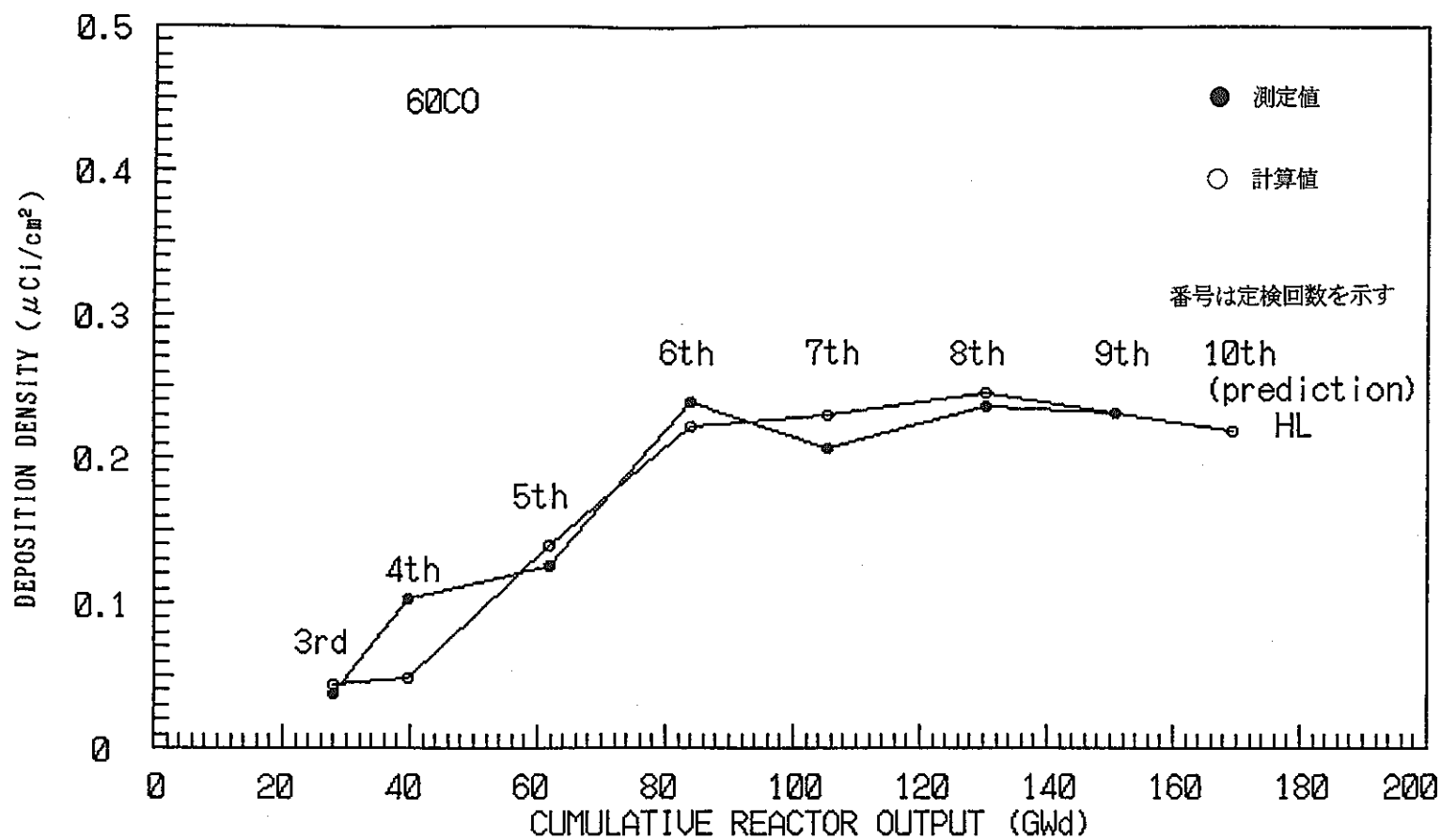


図 6.4 (2) 1次主冷却系配管 (A:ホットレグ) における $^{60}\text{Co}$ 付着密度の計算値と測定値の比較

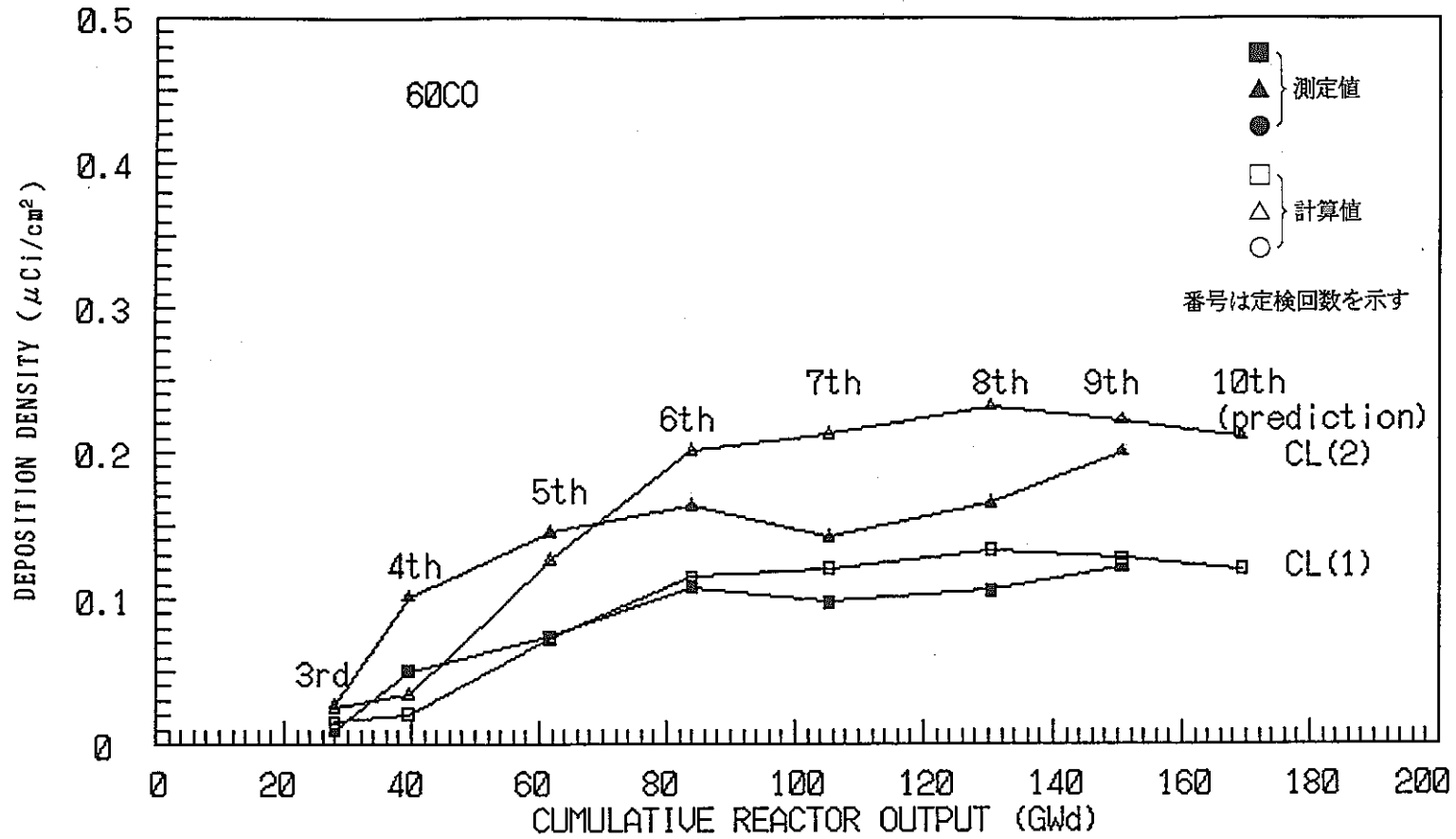


図 6.4 (3) 1次主冷却系配管 (A : コールドレグ) における  $^{60}\text{Co}$  付着密度の計算値と測定値の比較

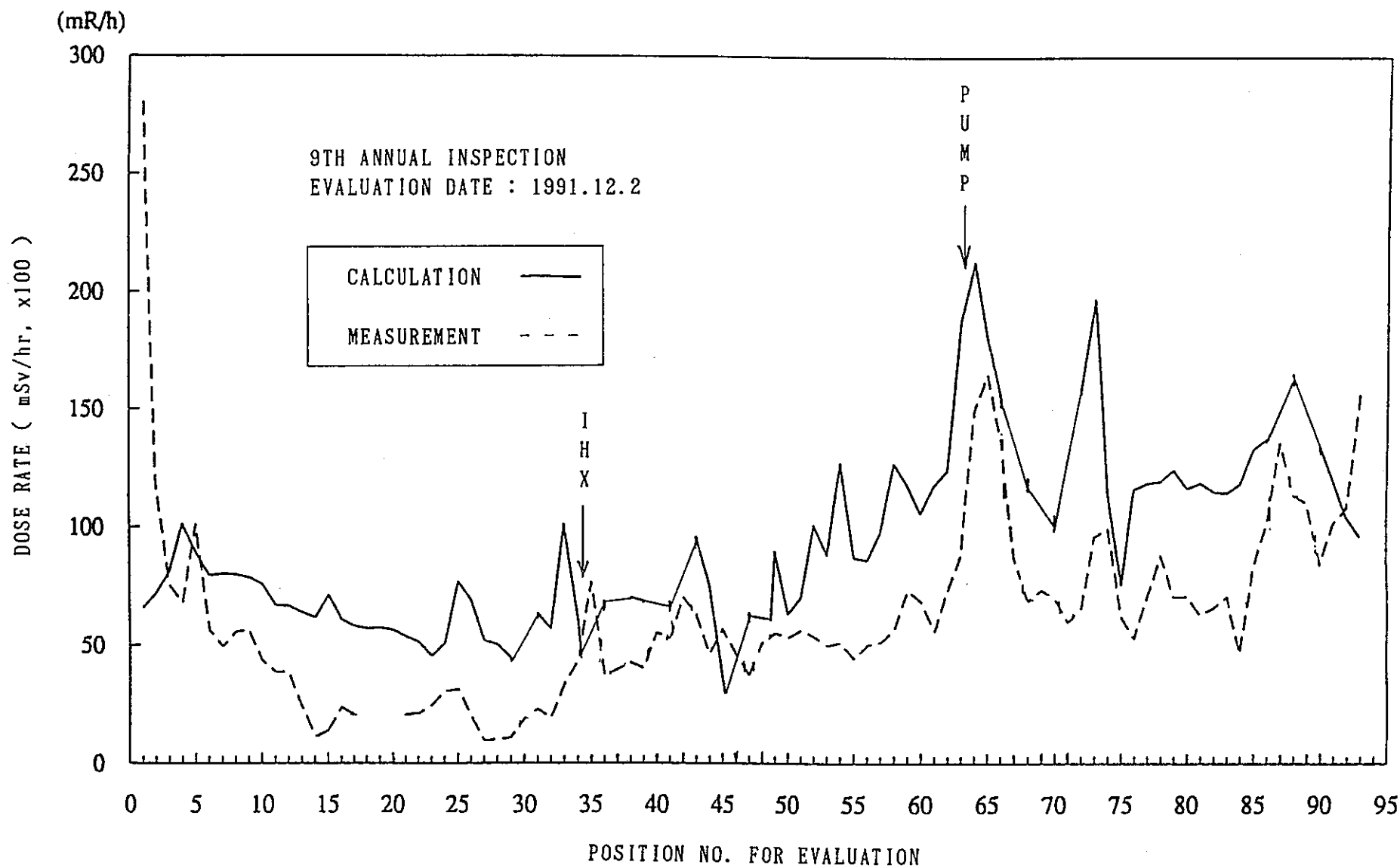


図6.5 1次主冷却系配管(A)の表面線量率の計算値と測定値の比較

## 7. 結 言

高速炉プラントでは、CPがプラント保守、点検時において作業員の被ばくをもたらす主要な放射線源である。これらの抑制と低減を推進するため、高速実験炉「常陽」のCP挙動データに基づき、1次系ナトリウム系内のCP挙動機構の解明と“PSYCHE”の改良整備を進めて来た。本報告書では、これ等を目的として「常陽」定期検査期間を利用して実施して来た1次主冷却系配管、機器のCP測定結果と評価について、今回の第9回定期検査時のものを中心にこれまでに蓄積された計7回のデータの主なものも含めて示した。本研究により得られた結論は以下のとおりである。

- (1) 高速炉プラント定期検査期間中の保守、点検時において被ばくをもたらすCPの主要核種は $^{54}\text{Mn}$ と $^{60}\text{Co}$ であり、1次ナトリウム冷却系においては $^{54}\text{Mn}$ が最優勢核種となる。  
「常陽」の主配管系では、 $^{54}\text{Mn}$ のビルドアップはHLで $^{60}\text{Co}$ の約4倍、CLで約20倍である。 $^{60}\text{Co}$ はごく僅かしか見い出されない。線量率への寄与は $^{54}\text{Mn}$ から65%~80%、 $^{60}\text{Co}$ から35%~20%程度と推定される。
- (2)  $^{54}\text{Mn}$ はIHXから原子炉容器入口までのCL領域管壁に移行し易く、 $^{60}\text{Co}$ は原子炉容器出口からIHXまでのHL領域に移行し易い傾向を示す。また、両核種とも高流速の主循環系回路内では流速が大きい程管壁付着が促進される傾向を示す。
- (3) CPの配管付着分布には、 $^{54}\text{Mn}$ と $^{60}\text{Co}$ のHLでの付着挙動の推移における顕著な相違、並びにCLでのそれ等の相似性という特徴が見られた。 $^{54}\text{Mn}$ の付着分布はHLでは緩慢に上昇するだけで比較的早い時期で飽和性を示したが、CLでは過去において顕著な上昇を続けた。 $^{60}\text{Co}$ の分布は、HL、CLともほぼまんべんなく偏りなく上昇して来ており、分布パターンもほぼ一貫して変わっていない。
- (4) “PSYCHE91”を用いた解析結果より、 $^{54}\text{Mn}$ の場合はHL、炉心部の高温域での付着機構はもっぱら管壁中への拡散であり、CLでは腐食生成物の管壁表面析出による付着（放射性同位体を含む合金粒子の形成）を主とし、これに拡散が加味された過程であると推定される。一方、 $^{60}\text{Co}$ の場合はHL、炉心部の高温域、CLや純化系の中、低温域ともプラント全領域で管壁表面析出が主体であり、高温域ではこれに拡散が加味される付着機構となっていると推定される。

- (5) 1次主冷却系内のCPビルドアップは、全般的に言って $^{54}\text{Mn}$ は4～4.5EFPYを経て実際上の飽和性を示す時期に入りつつあるものと判断される。 $^{60}\text{Co}$ は今回の測定でもまだ飽和期に入ったとはみなせず、徐々に増加を示している。
- (6) 1次主冷却系配管表面線量率分布は、炉容器出口側近傍を除けば $^{54}\text{Mn}$ の管壁付着分布に支配されておりCL側に高く、CL(2)の約 $1.5\text{mSv/h}$ を領域平均値（原子炉停止後50日冷却時点）の最大とする飽和期に到達したものと判断される。IHX、ポンプの表面線量率の平均値の到達レベルはそれぞれ約1.5および $2.1\text{mSv/h}$ である。機器内の冷却材停留部、流動攪乱部では線量率分布にピークが見られ、最大レベルは $13\text{mSv/h}$ にも達した。
- (7) 「常陽」CP測定データを用いて“PSYCHE91”の評価精度として、主配管壁CP付着密度分布に対してC/E値は1.2、線量率分布に対し1.5が得られた。

以上により、「常陽」プラント1次ナトリウム冷却系統配管、機器におけるCP挙動現象の特徴はほぼ明らかとなった。機器内CPについてその定量化と評価精度向上等努力すべき課題を残すものの、今後は燃料洗浄・廃液処理系のCP評価に関連して外側反射体等の炉心集合体におけるCP挙動の解明と評価、及び実プラントにおいて有効なCP抑制因子の明確化とナトリウム中CPトラップ等のアクティブな方法も含めたCP低減対策の実証について、推進をはかるべきものと考えられる。

## 参 考 文 献

- (1) 片倉, 他; 高速実験炉「常陽」原子炉格納容器床下線量率分布  
PNC SN941 79-52 (1979)
- (2) 瀬戸口, 他; 高速実験炉「常陽」一次冷却系配管表面の線量率分布 (II)  
- 75MW第3サイクル終了後の測定結果 -  
PNC SN941 81-53 (1981)
- (3) 石倉, 他; 高速炉CP線源評価システムに係わるプログラム整備作業  
PNC PJ9124 92-006 (1992)
- (4) 高橋, 他; 「常陽」におけるCP沈着分布の測定と評価  
PNC SN9410 90-006 (1989)
- (5) K. Takahashi; MEASUREMENT AND EVALUATION OF RADIOACTIVE CORROSION  
PRODUCT BEHAVIOR IN PRIMARY SODIUM CIRCUITS OF JOYO,  
PNC SN9410 90-114 (1990)
- (6) W. F. Brehm; Effect of Oxygen in Sodium upon Radioactive Release from  
Austenitic Stainless Steel, Proc. Specialists' Meeting on  
Fission and Corosion Product Behavior in Primary Circuits of  
LMFBR's, Dimitrovgrad (1975) p186
- (7) 飯沢; ナトリウム冷却材の不純物抑制と被ばく低減  
原子力工業 第33巻第11号 (1987) p 62

## 付 録

1 次主冷却系配管の表面線量率の推移  
(第 3 回～ 9 回定検時測定値)

表 A. 1 1 次主冷却系配管 (A) 表面線量率の推移

単位 :  $\mu\text{Sv/h}$

Position	原子炉容器出口 からの距離 (m)	第3回定検		第4回定検		第5回定検		第6回定検		第7回定検		第8回定検		第9回定検	
		1982 7/2	1983 7/26	1984 1/30	1985 9/3	1987 4/20	1988 10/11	1990 5/7	1991 12/2						
1	2.724	0.242	0.305	0.706	0.591	1.140	1.766	2.789	1.699						
2	3.089	0.157	0.214	0.557	0.630	0.838	1.143	2.104	1.471						
3	3.454	0.130	0.146	0.399	0.529	0.702	0.882	1.339	0.800						
4	4.104	0.126	0.149	0.413	0.489	0.603	1.024	1.111	0.715						
5	4.754	0.133	0.172	0.459	0.568	0.715	0.864	1.162	0.875						
6	5.404	0.101	0.122	0.350	0.458	0.595	0.831	0.910	0.613						
7	6.054	0.094	0.123	0.422	0.408	0.529	0.705	0.793	0.514						
8	7.121	0.069	0.065	0.327	0.352	0.439	0.630	0.674	0.489						
9	7.687	0.072	0.085	0.342	0.357	0.455	0.654	0.720	0.465						
10	8.253	0.083	0.101	0.383	0.412	0.478	0.602	0.572	0.416						
11	8.903	0.082	0.100	0.301	0.324	0.462	0.464	0.461	0.327						
12	9.553	0.059	0.074	0.190	0.227	0.331	0.348	0.373	0.299						
13	10.203	0.044	0.059	0.162	0.147	0.256	0.279	0.333	0.183						
14	11.553	0.046	0.075	0.170	0.133	0.291	0.255	0.355	0.179						
15	12.853	0.042	0.066	0.165	0.165	0.269	0.261	0.350	0.164						
16	13.928	0.074	0.109	0.205	0.251	0.411	0.486	0.520	0.264						
17	14.903	0.056	0.067	0.184	0.251	0.411	0.486	0.520	0.264						
18	15.903	0.047	0.041	0.164	0.188	0.298	0.435	0.478	0.271						
19	16.903	0.049	0.046	0.192				0.424							
20	17.903	0.050	0.044	0.199				0.359							
21	18.903	0.050	0.039	0.200	0.195	0.410	0.357	0.451	0.227						
22	19.533	0.055	0.045	0.201	0.200	0.202	0.360	0.411	0.225						
23	20.033	0.054	0.041	0.205	0.175	0.195	0.356	0.389	0.252						
24	21.116	0.084	0.065	0.328	0.282	0.311	0.538	0.517	0.323						
25	21.946	0.103	0.090	0.289	0.321	0.370	0.559	0.557	0.351						
26	22.776	0.055	0.044	0.134	0.199	0.192	0.330	0.395	0.237						
27	23.476	0.027	0.028	0.086	0.098	0.121	0.188	0.236	0.148						
28	24.476	0.031	0.093	0.093	0.114	0.145	0.221	0.259	0.170						
29	25.476	0.035	0.052	0.122	0.132	0.181	0.307	0.304	0.203						
30	26.476	0.040		0.117	0.117	0.155	0.207	0.884	0.150						
31	27.476	0.060	0.049	0.206	0.184	0.272	0.358	0.643	0.199						
32	28.251	0.080		0.226	0.252	0.347	0.453	0.427	0.236						
33	29.026	0.113	0.112	0.358	0.498	0.445	0.475	0.353	0.328						
34	29.926	0.175	0.159	0.544	0.510	0.728	0.607	0.290	0.580						
35	30.928	0.105		0.529	0.475	0.785	1.200	1.414	0.813						
36	35.128	0.035	0.035	0.264	0.198	0.293	0.436	0.527	0.356						
37	35.766	0.043	0.035	0.161	0.241	0.297	0.481	0.845	0.425						
38	35.766	0.043	0.037	0.171	0.284	0.323	0.491	0.666	0.461						
39	36.166	0.045		0.176	0.367	0.331	0.496	0.637	0.461						
40	36.586	0.050		0.226	0.747	0.361	0.627	0.724	0.630						
41	37.341	0.042	0.043	0.238	0.489	0.288	0.491	0.594	0.545						
42	38.316	0.047		0.214	0.467	0.339	0.655	0.662	0.590						
43	39.016	0.044	0.037	0.182	0.343	0.294	0.554	0.648	0.483						
44	39.716	0.036	0.039	0.148	0.285	0.253	0.446	0.520	0.467						
45	40.441	0.049	0.037	0.212	0.447	0.348	0.571	0.680	0.575						
46	41.166	0.046		0.189	0.626	0.331	0.564	0.709	0.552						
47	42.116	0.026	0.039	0.129	0.290	0.196	0.344	0.430	0.384						
48	42.866	0.036		0.161	0.251	0.229	0.395	0.560	0.460						
49	43.404	0.042	0.032	0.158	0.245	0.286	0.489	0.606	0.452						
50	43.942	0.055	0.035	0.180	0.288	0.323	0.552	0.687	0.478						
51	45.559	0.054	0.039	0.199	0.277	0.311	0.503	0.642	0.533						
52	46.197	0.064	0.045	0.181	0.284	0.389	0.545	0.672	0.472						
53	46.835	0.053	0.037	0.174	0.252	0.309	0.480	0.611	0.472						
54	47.583	0.067	0.049	0.249	0.348	0.401	0.582	0.677	0.609						
55	48.335	0.062	0.044	0.189	0.303	0.329	0.394	0.513	0.487						
56	49.135	0.105	0.057	0.404	0.315	0.404	0.536	0.684	0.512						
57	49.935	0.110		0.325	0.315	0.504	0.531	0.651	0.485						
58	50.985	0.175	0.222	0.633	0.441	0.931	0.870	1.059	0.755						
59	51.985	0.161	0.222	0.443	0.430	0.838	0.942	1.198	0.746						
60	52.985	0.091	0.107	0.316	0.348	0.635	0.774	1.042	0.681						
61	54.085	0.090		0.258	0.419	0.472	0.752	0.869	0.554						
62	54.535	0.100	0.094	0.322	0.491	0.618	0.843	1.090	0.681						
63	55.075	0.144	0.094	0.461	0.737	0.785	1.074	1.304	0.888						
64	56.075	0.180		0.540	0.985	1.430	2.184	2.729	1.642						
65	56.410	0.146		0.433	0.792	1.170	1.792	2.362	1.548						
66	56.745	0.121	0.166	0.374	0.693	0.995	1.445	1.916	1.353						
67	57.138	0.095	0.134	0.312	0.592	0.864	1.116	1.514	1.015						
68	57.531	0.094	0.091	0.276	0.528	0.741	1.123	1.429	1.091						
69	58.531	0.076		0.267	0.457	0.628	0.863	1.230	0.791						
70	59.531	0.071		0.218	0.383	0.493	0.798	1.097	0.732						
71	60.531	0.077	0.049	0.232	0.388	0.518	0.754	0.974	0.728						
72	61.231	0.086		0.256	0.444	0.597	0.864	1.029	0.753						
73	61.781	0.088		0.258	0.408	0.543	0.830	1.047	0.729						
74	62.331	0.112	0.067	0.335	0.547	0.675	1.088	1.231	0.933						
75	62.806	0.088	0.066	0.260	0.501	0.574	0.844	1.036	0.834						
76	63.281	0.086		0.239	0.398	0.536	0.745	0.883	0.648						
77	64.489	0.117	0.054	0.315	0.488	0.677	1.254	1.045	0.857						
78	65.469	0.167		0.361	0.518	0.821	1.210	1.110	0.937						
79	66.239	0.217		0.645	0.619	1.090	1.194	1.369	0.955						
80	66.789	0.266	0.026	0.648	0.536	1.230	1.467	1.263	0.913						
81	67.339	0.329		0.993	0.654	1.930	1.207	1.182	0.890						
82	67.889	0.219	0.114	0.628	0.489	1.320	0.965	1.593	0.844						
83	68.439	0.152		0.426	0.392	0.858	0.753	1.105	0.817						
84	69.239	0.100	0.080	0.347	0.402	0.538	0.718	0.824	0.630						
85	70.039	0.159		0.409	0.716	0.857	1.227	1.326	1.026						
86	70.589	0.181	0.118	0.499	0.804	1.010	1.384	1.359	1.184						
87	71.139	0.182		0.510	0.695	1.060	1.402	1.383	1.051						
88	71.532	0.164	0.193	0.432	0.652	0.967	1.374	1.328	1.093						
89	71.925	0.137		0.390	0.680	0.864	1.328	1.225	1.094						
90	72.325	0.096		0.334	0.648	0.849	1.066	1.416	1.004						
91	72.855	0.085	0.111	0.325	0.567	0.776	1.256	0.824	1.079						
92	73.855	0.139		0.367	0.575	0.795	1.361	1.372	1.120						
93	74.505	0.347	0.362	0.767	1.230	0.812	2.208	2.152	1.481						



表A.2 1次主冷却系配管(B)表面線量率の推移

単位: mSv/h

Position	原子炉容器出口 からの距離 (m)	第3回定検	第4回定検	第5回定検	第6回定検	第7回定検	第8回定検	第9回定検
		1982 7/9	1984 2/6	1985 9/9	1987 4/27	1988 10/28	1990 5/14	1991 12/7
1	2.724	0.329	0.871	1.290	1.400	2.330	2.299	
2	2.174	0.291	0.649	0.817	1.050	1.652	1.415	
3	3.624	0.178	0.599	0.697	0.878	1.398	1.190	
4	4.194	0.210	0.556	0.824	0.939	1.370	1.513	
5	4.754	0.136	0.421	0.355	0.859	1.149	0.888	
6	5.404	0.111	0.395	0.413	0.539	0.879	0.753	
7	6.404	0.080	0.267	0.226	0.427	0.749	0.559	
8	7.404	0.065	0.220	0.198	0.325	0.568	0.466	
9	8.104	0.059	0.233	0.182	0.296	0.454	0.370	
10	8.503	0.068	0.225	0.102	0.343	0.491	0.282	
11	8.903	0.075	0.219	0.212	0.351	0.519	0.261	
12	9.878	0.044	0.127	0.129	0.190	0.513	0.314	
13	10.878	0.033	0.170	0.099	0.179	0.271	0.263	
14	11.878	0.036	0.183	0.110	0.200	0.277	0.225	
15	12.878	0.056	0.234	0.161	0.252	0.335	0.300	
16	13.853	0.076	0.234	0.266	0.399	0.339	0.305	
17	14.833	0.090	0.277	0.385	0.382	0.375	0.468	
18	16.033	0.053	0.192	0.249	0.229	0.648	0.510	
19	17.033	0.056	0.218	0.223	0.259	0.420	0.396	
20	18.033	0.083	0.243	0.219	0.284	0.454	0.426	
21	19.033	0.085	0.280	0.305	0.322	0.487	0.456	
22	20.033	0.075	0.235	0.283	0.249	0.512	0.481	
23	21.116	0.097	0.293	0.407	0.328	0.421	0.397	
24	21.946	0.089	0.256	0.454	0.360	0.542	0.398	
25	22.776	0.055	0.182	0.268	0.349	0.514	0.466	
26	24.076	0.037	0.113	0.169	0.251	0.492	0.384	
27	25.076	0.034	0.106	0.131	0.229	0.397	0.293	0.254
28	26.076	0.040	0.137	0.143	0.264	0.251	0.261	0.255
29	26.776	0.087	0.426	0.369	0.803	0.295	0.274	0.223
30	27.476	0.107	0.428	0.486	0.715	4.873	0.547	0.598
31	28.251	0.184	0.846	0.919	1.250	4.896	0.628	1.054
32	29.026	0.565	3.630	3.600	6.470	1.700	1.363	4.470
33	29.926	0.734	4.420	5.940	8.810	5.246	7.483	6.067
34	34.926	0.229	0.963	1.450	2.200	2.936	2.501	2.212
35	35.926	0.061	0.233	0.411	0.600	0.998	0.912	0.743
36	37.806	0.058	0.186	0.399	0.421	0.714	0.711	0.591
37	38.246	0.053	0.142	0.531	0.393	0.559	0.502	0.693
38	38.886	0.059	0.244	1.770	0.492	0.712	0.696	0.854
39	39.702	0.040	0.162	1.070	0.328	0.584	0.485	0.760
40	40.518	0.054	0.191	1.040	0.387	0.627	0.636	0.949
41	41.153	0.052	0.172	0.731	0.370	0.590	0.535	
42	41.788	0.045	0.170	0.710	0.448	0.536	0.589	
43	42.388	0.046	0.144	0.456	0.324	0.511	0.534	
44	43.023	0.046	0.156	0.437	0.334	0.544	0.544	
45	43.658	0.037	0.148	0.282	0.343	0.482	0.504	
46	44.408	0.037	0.161	0.242	0.319	0.344	0.386	
47	45.158	0.045	0.127	0.291	0.285	0.344	0.418	
48	45.833	0.049	0.159	0.301	0.317	0.489	0.524	
49	46.508	0.049	0.167	0.281	0.328	0.265	0.259	
50	47.591	0.052	0.196	0.279	0.340	0.491	0.541	
51	47.951	0.078	0.300	0.346	0.411	0.566	0.585	
52	48.626	0.090	0.355	0.355	0.047	0.622	0.620	
53	49.301	0.106	0.396	0.363	0.492	0.728	0.658	
54	49.601	0.114	0.488	0.440	0.504	0.713	0.709	
55	50.276	0.114	0.281	0.387	0.476	0.601	0.711	
56	50.976	0.135	0.348	0.345	0.472	0.540	0.688	
57	51.399					0.779	0.681	
58	52.074					0.899	0.768	
59	52.749	0.134	0.390	0.331	0.653	1.189	1.085	
60	53.449	0.155	0.871	0.472	0.478	1.149	0.809	
61	53.949	0.219	0.868	0.536	0.766	1.078	0.900	
62	54.449	0.129	0.403	0.432	0.791	1.066	0.981	
63	55.149	0.094	0.301	0.385	0.629	0.816	0.813	
64	56.149	0.096	0.286	0.466	0.667	0.980	0.999	
65	57.149	0.139	0.398	0.695	0.931	1.456	1.425	
66	58.149	0.215	0.803	1.320	1.830	2.697	2.702	
67	58.784	0.151	0.492	0.882	1.510	2.125	2.445	
68	59.119	0.126	0.385	0.906	1.310	1.945	2.097	
69	59.512	0.160	0.315	0.748	0.974	1.324	1.828	
70	59.905	0.161	0.306	0.573	0.936	1.376	1.403	
71	60.905	0.078	0.247	0.508	0.663	1.086	1.242	
72	61.905	0.077	0.217	0.436	0.511	0.822	0.969	
73	62.905	0.084	0.209	0.380	0.516	0.769	0.954	
74	63.905	0.079	0.233	0.442	0.602	0.935	1.161	
75	64.055	0.081	0.355	0.493	0.585	1.001	1.167	
76	64.605		0.287	0.499	0.854	0.885	1.283	
77	65.080					0.969	1.120	
78	65.555					0.815	0.919	
79	66.255	0.079	0.226	0.343	0.529	0.713	0.806	
80	67.255	0.094	0.288	0.441	0.278	0.966	1.087	
81	68.255	0.144	0.473	0.519	0.803	1.042	1.231	
82	68.805	0.177	0.598	0.581	1.100	1.182	1.210	
83	69.355	0.173	0.530	0.508	1.020	1.080	1.127	
84	69.905	0.198	0.736	0.520	1.510	1.558	1.367	
85	70.705	0.140	0.397	0.440	0.851	1.039	1.195	
86	71.505	0.104	0.272	0.478	0.610	0.815	0.973	
87	72.055	0.180	0.500	0.666	0.120	1.299	1.268	
88	72.605	0.210	0.562	0.766	1.400	1.400	1.463	
89	72.998	0.182	0.537	0.847	1.290	1.384	1.641	
90	73.391	0.152	0.458	0.652	1.060	1.521	1.717	
91	74.321	0.171	0.408	0.800	1.100	2.063	1.696	
92	75.321	0.211	0.549	0.773	1.120	1.567	1.656	
93	75.971	0.487	0.975	1.680	2.280	2.388	3.075	