

本資料は 年 月 日付で登録区分、  
変更する。

2001. 11. 30

[技術情報室]

## ベント型制御棒の開発（Ⅱ）

—— ベント機構の試作および機能確認試験 ——

1974年3月

東京芝浦電気株式会社

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49  
核燃料サイクル開発機構  
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:  
Technical Cooperation Section,  
Technology Management Division,  
Japan Nuclear Cycle Development Institute  
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184  
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

に配布す  
お、この

資料の供覧，複製，転載，引用等については事前にご相談ください。



配布限定

J 2 0 1 7 4 - 1 3

1 9 7 4 年 3 月 2 0 日

## ペント型制御棒の開発(Ⅱ)\*

—— ペント機構の試作および機能確認試験 ——

三上隆夫\*\* 山中俊勝\*\*

有吉政成\*\* 小川新造\*\*

### 要 旨

高速炉に  $B_4C$  を使った制御棒を採用する際に発生する He ガス内圧上昇による寿命制限を解決するために、ペント型制御棒の開発の一環としてペント機構の試作を行い、ナトリウム中で機能試験を行なった。

試作に際してはもんじゅ 3 次設計の調整棒にペント機構を採用することを目標にして設計を行ない、試作に当っては製造上、品質管理上の問題点を摘出して実機製作の際の資料を作成した。

試験体はペント機構下部が開放した型のもの及びペント機構下部を密閉してその容積を実際のガススペースと等しくしたものの 2 種を製作し、前者はペント機構上下の差圧を、後者はペント機構の外の圧力を変化させて、もんじゅのすべての運転条件でナトリウムがペント機構内に浸入しないことをしらべる。

結果は今回試験の対象として除外した動的状態および耐久性を除き、すべての運転条件を通じてペント機構内にナトリウムの浸入しないことを確認した。

---

\* 本報告書は東京芝浦電気株式会社が動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

\*\* 東京芝浦電気株式会社



## Development of the Vent Control Rod (II)\*

— Trial Fabrication and Performance Test  
of the Vent Mechanism —Takao Mikami<sup>\*\*</sup>, Toshikatsu Yamanaka<sup>\*\*</sup>  
Masanari Ariyoshi<sup>\*\*</sup>, Shinzo Ogawa<sup>\*\*</sup>

## Abstract

In fast reactor, the control rod which uses  $B_4C$  as an absorber has the life limitation due to helium gas accumulation. To develop the vent control rod to overcome the defect, we manufactured the vent mechanisms for trial and tested its Performance in Sodium.

In trial fabrication, we designed the vent mechanisms after the dimensional limitation of the regulating rod of the third Monju conceptual design. During the fabrication the problems of the fabrication and the quality control were picked up and prepared for the actual fabrication.

We made two types of test pieces. The one was the one which opened at the bottom and the other was the one which had the closed gas space modified the actual volume. They were tested simulating the operating conditions by changing the differential pressure or the outer pressure of the vent mechanisms.

Except for dynamic and endurance conditions, it was verified that no sodium percolated into the vent mechanisms in all operational conditions.

---

\* Work performed under contracts between Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corp. and Tokyo Shibaura Electric Co.Ltd.  
\*\* Tokyo Shibaura Electric Co. Ltd.

# 目 次

	頁
1. ま え が き .....	1
2. ベント機構の設計・試作 .....	2
2.1 設 計 指 針 .....	2
2.2 ベント機構の設計 .....	3
2.2.1 もんじゅ調整棒運転条件 .....	3
2.2.2 ベント機構内最小ガス・スペースの算出 .....	4
2.2.3 ベント機構の構成および寸法 .....	6
2.3 ベント機構の試作 .....	9
2.3.1 製作および検査工程 .....	9
2.3.2 ベント機構の構成材料 .....	9
2.3.3 ベント機構の製作方法 .....	9
2.3.4 ベント機構の検査項目 .....	9
2.3.5 ベント機構試作後検査成績 .....	9
3. ベント機構の機能確認試験と試験装置 .....	12
3.1 試 験 方 法 .....	12
3.2 試 験 範 囲 .....	12
3.3 試 験 装 置 概 要 .....	12
3.4 試 験 内 容 .....	13
3.4.1 ベント管(A)試験手順 .....	13
3.4.2 ベント管(B)試験手順 .....	14
3.4.3 試験項目および理論値 .....	16
3.5 試 験 結 果 .....	17
3.5.1 ベント管(A)の試験経過および試験結果 .....	17
3.5.2 ベント管(B)の試験経過および試験結果 .....	18
3.5.3 試験結果のまとめ .....	20

4. 考察・評価・検討 .....	22
4.1 設計の評価・検討 .....	22
4.2 製作技術の評価・検討 .....	22
4.3 炉内装荷前のペント型制御棒の密封性保持の必要性とその方法 .....	23
4.4 構成部材の仕様検討 .....	25
4.5 検査方法および品質管理上の問題点 .....	25
4.6 今後の方針（試験範囲外での問題点） .....	26
5. あとがき .....	27

図 リ ス ト

	頁
図 1	調整棒のモデルダイアグラム・フロシート ..... 3
図 2	ベント機構の構成 (その1) ..... 7
図 3	ベント機構の構成 (その2) ..... 8
図 4	各運転状態における Na の浸入高さ ..... 29
図 5	調整棒のモデルダイアグラム (その1) ..... 30
	— 浸入 Na の高さ —
図 6	調整棒のモデルダイアグラム (その2) ..... 31
	— 冷却材温度 —
図 7	調整棒のモデルダイアグラム (その3) ..... 32
	— ガス・スペース体積 —
図 8	調整棒のモデルダイアグラム (その4) ..... 33
	— ガス圧力 —
図 9	ベント型もんじゅ調整棒モデル図 ..... 34
図 10	ベント管(A)設計図 ..... 35
図 11	ベント管(B)設計図 ..... 36
図 12	製作および検査フローシート ..... 37
図 13	ベント管(A)構成部材名 ..... 38
図 14	ベント管(B)構成部材名 ..... 38
図 15	ベント管曲り検査成績図 A-1 ..... 53
図 16	ベント管曲り検査成績図 A-2 ..... 53
図 17	ベント管曲り検査成績図 A-3 ..... 53
図 18	ベント管曲り検査成績図 A-5 ..... 54
図 19	ベント管曲り検査成績図 A-6 ..... 54
図 20	ベント管曲り検査成績図 A-7 ..... 54
図 21	ベント管曲り検査成績図 B-1 ..... 55
図 22	ベント管曲り検査成績図 B-2 ..... 55
図 23	ベント管曲り検査成績図 B-3 ..... 55

図 2 4	ベント管曲り検査成績図 B-5	.....	56
図 2 5	ベント管曲り検査成績図 B-6	.....	56
図 2 6	ベント管曲り検査成績図 B-7	.....	56
図 2 7	ベント機構 Na 中試験装置フローシート	.....	59



## 表 リ ス ト

		頁
表 1	ベント機構内最小ガス・スペース体積の算出 .....	4
表 2	試験項目および理論値 .....	16
表 3	試験結果測定値ベント管(A) .....	20
表 4	試験結果測定値ベント管(B) .....	20
表 5	構成材料表 .....	38
表 6	部品検査要領 (1) .....	39
表 7	部品検査要領 (2) .....	40
表 8	部品検査要領 (3) .....	41
表 9	部品検査要領 (4) .....	42
表 10	組立後検査要領 (1) .....	44
表 11	組立後検査要領 (2) .....	45
表 12	組立後検査要領 (3) .....	46
表 13	組立後検査要領 (4) .....	47
表 14	組立後検査要領 (4) .....	48
表 15	組立後検査要領 (5) .....	49
表 16	組立後検査要領 (5) .....	50
表 17	曲り検査成績ベント管(A) .....	51
表 18	曲り検査成績ベント管(B) .....	51
表 19	曲りの検査成績 .....	52
表 20	溶接部 X 線透過検査成績表ベント管(A) .....	57
表 21	溶接部 X 線透過検査成績表ベント管(B) .....	58

## 写 真 リ ス ト

### 部 品 写 真

		頁
写真 1	ベント内管支持リング .....	60
写真 2	ベント内管 .....	60
写真 3	ベント外管 #2 .....	60
写真 4	ベント外管 #1 .....	61
写真 5	ベント外管 #3 .....	61
写真 6	ベント外管 #4 .....	61
写真 7	上部端栓 .....	62
写真 8	下部端栓 .....	62
写真 9	体積保持端栓 .....	62
写真 10	ベント内管支持リング .....	63
写真 11	ベント内管とベント内管支持リング溶接後 .....	63
写真 12	ベント内管とベント内管支持リング及び下部端栓溶接後 .....	63
写真 13	ベント管(A) 構成部品及び溶接後 .....	64
写真 14	ベント管(B) 構成部品 .....	64
写真 15	ベント管(B) 構成部品及び溶接後 .....	64

写 真 リ ス ト

溶 接 部 X 線 写 真

				頁
写真 1	ベント管(A), (B)	1st	X 方向	65
写真 2	〃	1st	Y 〃	65
写真 3	ベント管(A)	1st	X 方向	66
写真 4	〃	1st	Y 〃	66
写真 5	ベント管(A)	2nd, 3rd	X 方向	67
写真 6	〃	2nd, 3rd	Y 〃	67
写真 7	ベント管(A)	2nd, 3rd	X 方向	68
写真 8	〃	2nd, 3rd	Y 〃	68
写真 9	ベント管(B)	1st	X 方向	69
写真 10	〃	1st	Y 〃	69
写真 11	ベント管(B)	1st	X 方向	70
写真 12	〃	1st	Y 〃	70
写真 13	ベント管(B)	2nd, 3rd	X 方向	71
写真 14	〃	2nd, 3rd	Y 〃	71
写真 15	ベント管(B)	2nd, 3rd	X 方向	72
写真 16	〃	2nd, 3rd	Y 〃	72
写真 17	ベント管(B)	4th, 5th	X 方向	73
写真 18	〃	4th, 5th	Y 〃	73
写真 19	ベント管(B)	4th, 5th	X 方向	74
写真 20	〃	4th, 5th	Y 〃	74
	ベント管(A) タイプ	全体透過写真		75
	ベント管(B) タイプ	〃		76
	試験ベント機構透過写真			77

## 1. ま え が き

高速炉に B4 C を使用した制御棒を採用する際に発生する He ガス内圧上昇による寿命制限を解決して原子炉の停止サイクルを制御棒の交換サイクルで制限されないために、ベント型制御棒の開発が計画されたが、この一環としてベント機構の試作を行ない、ナトリウム中で機能試験を行なった。

試作に際してはもんじゅ 3 次設計の調整棒にベント型制御棒を採用することを目標にして設計を行ない、試作に当っては製造上及び品質管理上の問題を摘出して実機製作の際の資料を作成した。

試験体はベント機構下部が開放した型のもの及びベント機構下部を密閉してその体積を実際のガス・スペースと等しくしたものの 2 種を製作し、前者はベント機構上下の差圧を、後者はベント機構の外の圧力を変化させてもんじゅのすべての運転条件でナトリウムがベント機構内に浸入しないことをしらべた。

以下ベント機構の試作および機能確認試験について報告する。

## 2. ベント機構の設計・試作

### 2.1 設計指針

ベント機構の設計にあたり以下の5項目を満足することを主眼とした。

- (1) ベント機構としてはダイビング・ベル型を採用する。
- (2) ベント機構長さは、原型炉もんじゅ三次設計における調整棒・上部ガス・プレナム長さ以内に納まるものとする。
- (3) 本ベント機構を実機の被覆管に採用した場合、被覆管の交換時期を1ヶ年に延長できること。
- (4) ベント機構が調整棒の運転条件より考えて必要と思われる所定の差圧下に於ても、必要十分なベント機能を有すること。
- (5) 中性子照射によるスウェリング現象による被覆管径の膨張に伴うガス体積の変化が起っても、(4)項の機能を十分に有すること。

## 2.2 ベント機構設計

### 2.2.1 もんじゅ・調整棒運転条件

調整棒の運転モデルダイアグラムをフローシートにすると以下のようになる。

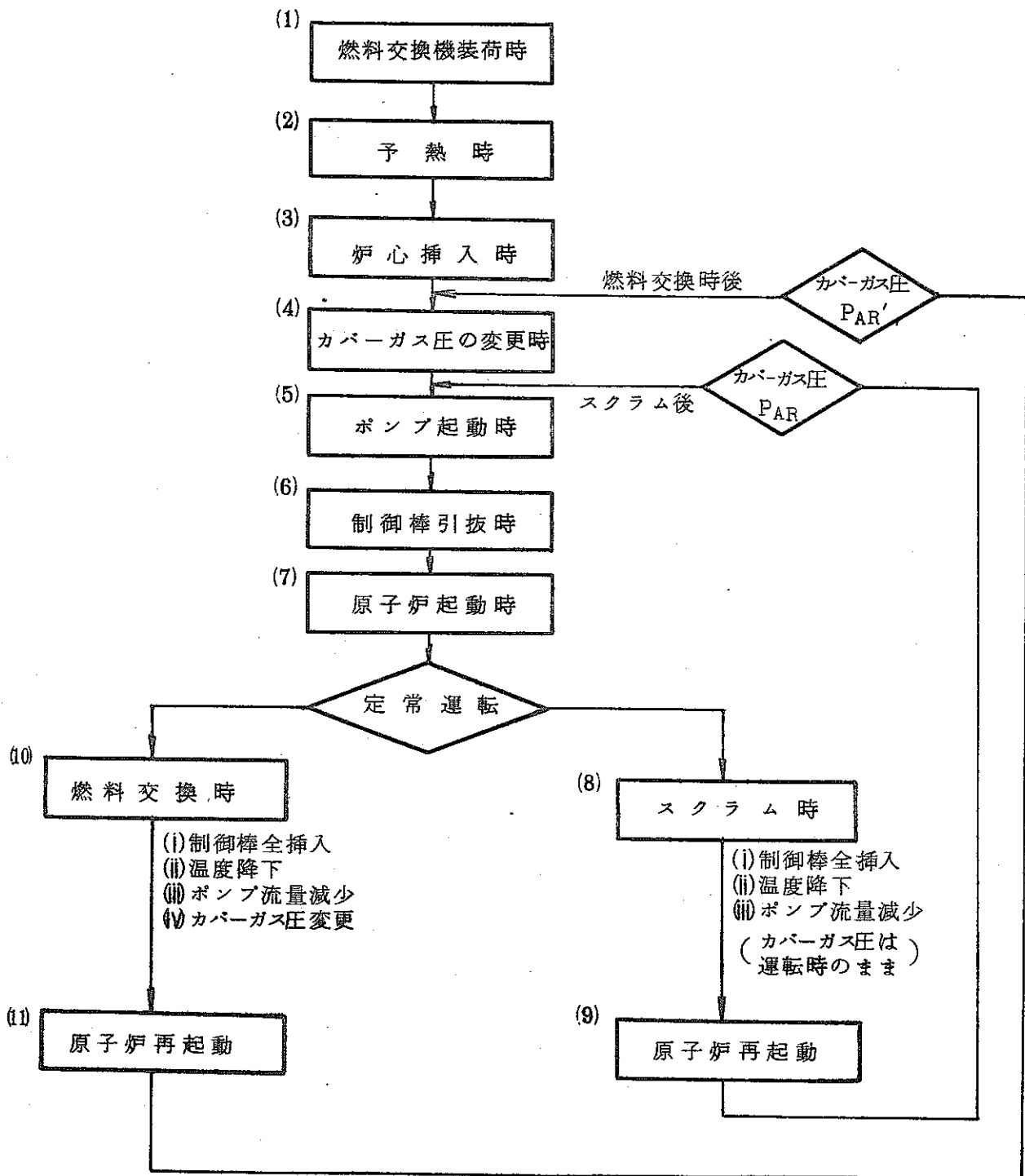


図1 調整棒の運転モデルダイアグラムフローシート

### 2.2.2 ベント機構内最小ガス・スペース体積の算出

被覆管の全ガス・スペースを  $V_T$  とし、ベント側ガス・スペースを  $V_V$ 、吸収材側ガス・スペースを  $V_{CR}$  とする。

$$V_T = V_V + V_{CR}$$

となる。運転条件に従い、 $Na$  が侵入しない為に必要なベント機構側ガス・スペースを求める為に各運転状態における  $V_T$  を求めた。この結果は以下の様になる。

(表1)

	運 転 項 目	全ガス・スペース
1	燃料交換機装荷時	$V_T$
2	予 熱 時	$V_T$
3	炉 心 挿 入 時	$0.566 V_T$
4	カバーガスの変更時	$0.489 V_T$
5	ポンプ起動時	$0.395 V_T$
6	制御棒引抜時	$0.410 V_T$
7	原子炉起動時	$V_T$
8	スクラム時	
	(i) 制御棒全挿入	$0.965 V_T$
	(ii) 温度降下	$0.777 V_T$
	(iii) ポンプ流量減少	$0.957 V_T$
9	スクラム後再起動時	
	(i) ポンプ起動	$0.777 V_T$
	(ii) 制御棒引抜	$0.805 V_T$
	(iii) 原子炉再起動	$V_T$

10	燃料交換時	
	(i) 制御棒全挿入	$0.965V_T$
	(ii) 温度降下	$0.642V_T$
	(iii) ポンプ流量減少	$0.789V_T$
	(iv) カバーガス圧変更	$0.913V_T$
11	燃料交換後 再起動	
	(i) カバーガス圧変更	$0.789V_T$
	(ii) ポンプ起動	$0.642V_T$
	(iii) 制御棒引抜	$0.667V_T$
	(iv) 原子炉再起動	$V_T$

上記のガス体積は理想気体の等温変化の式によって算出した。

調整棒のモデルダイヤグラムによる。

1. ベント機構内 Na 浸入高さ 図 4・5
2. 炉内 Na 温度変化 図 6
3. 被覆管内ガス・スペース体積変化 図 7
4. 被覆管内ガス圧変化 図 8

を各図に示す。



### 2.2.3 ベント機構の構成および寸法

前述の最小体積の算出より、被覆管内に初期流入の  $A_R$  カバーガス体積は  $V_T$  から  $0.395 V_T$  にまで圧縮されることが想定される。

この時の被覆管内のベント機構側ガス・スペース  $V_V$  と吸収材側ガス・スペース  $V_{CR}$  の比は

$$V_V : V_{CR} = 0.605 V_T : 0.395 V_T$$

が最低条件で、被覆管内へ初期流入の  $A_R$  カバーガス体積  $V_T$  が  $0.395 V_T$  にまで圧縮されることにより、ベント・ホールよりベント外管内部へ浸入したナトリウムが上昇しても、ナトリウム液面が、ベント内管の先端を上廻らない為には、

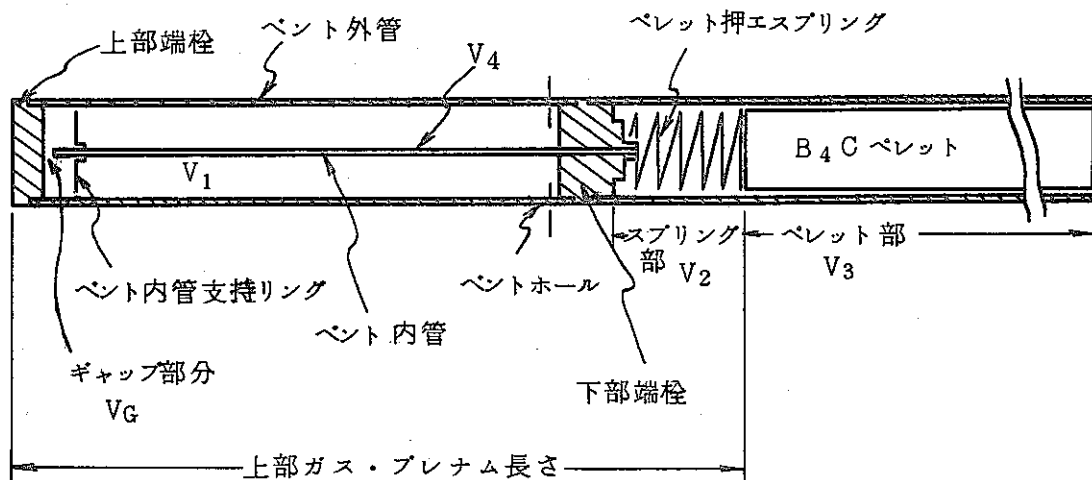
$$\begin{aligned} V_V &\geq 0.605 V_T \\ V_{CR} &\leq 0.395 V_T \end{aligned} \quad (V_V + V_{CR} = V_T)$$

であることが必要であり、以下余裕をもたせて

$$V_V : V_{CR} = 0.7 V_T : 0.3 V_T$$

になるよう設計し、かつまた調整棒の上部ガス・プレナム長さ以内にベント機構を納める為には、上部端栓上端と B4C ペレット上端との距離 ( $L_{up} = 270 \text{ mm}$ )<sup>注1</sup> 以内にベント機構およびスクラム開始時の加速度による B4C ペレットの浮き上りを防止するスプリング等が組込めねばならないので以下のようにする。

注1) もんじゅ3次設計調整棒上部  
ガスプレナム長さ。



( 図 2 )

設計するベント機構の概略を上図 2 の如く構成すると、下部端栓を境として  $V_V$  及び  $V_{CR}$  の体積の構成は以下の如くに表わせる。

$V_V$  ( ベント機構側ガス・スペース体積 )

$$V_V = V_1 - V_{cap} - V_{GR} - V_G - V_H$$

- $V_1$  : ベント外管内体積
- $V_{cap}$  : ベント内管外体積
- $V_{GR}$  : ベント内管支持リング外体積
- $V_G$  : ギャップ部分体積
- $V_H$  : ベントホール部分体積

$V_{CR}$  (吸収材側ガス・スペース体積)

$$V_{CR} = V_2 - V_{SP} + V_3 + V_4 + V_G$$

- $V_2$  : スプリング部体積
- $V_{SP}$  : スプリング体積
- $V_3$  : ペレット部空隙体積
- $V_4$  : ベント内管内体積
- $V_G$  : ギャップ部分体積

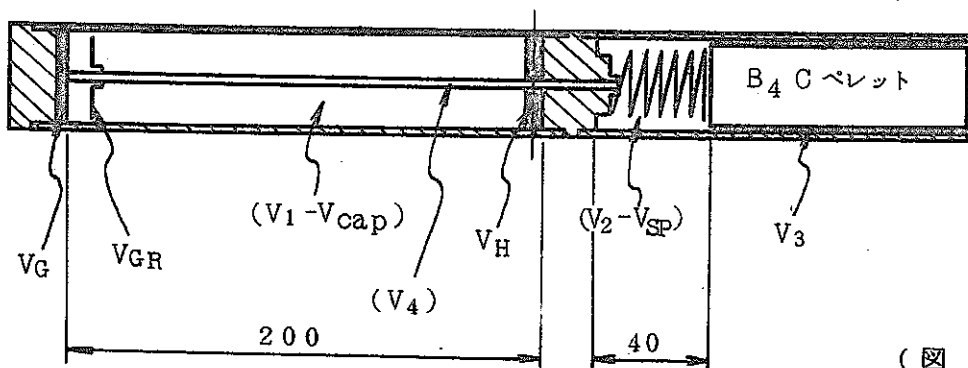
これらの  $V_V$  および  $V_{CR}$  の体積を決定する各要素のうち、ベント外管、内外径即ち被覆管内外径は、スクラム機能を持つ粗調整棒を採用するとして、

ベント外管  
 内径  $1.16 \phi_{mm}$   
 外径  $1.50 \phi_{mm}$

また、ベント内管は以下の径の毛細管を採用

ベント内管  
 内径  $0.8 \phi_{mm}$   
 外径  $1.25 \phi_{mm}$

する。



(図 3)

ここで、スプリング部長さ  $40_{mm}$

ベント内管長さ  $200_{mm} + \text{端栓長さ} = 219_{mm}$

とすると、上部ガス・プレナム内に納まりかつ

$$V_V > 0.7 V_T \quad V_{CR} < 0.3 V_T$$

の体積比にとることが出来る。

尚、実験用のベント管(B)では、体積比がこれと同様になるように設計した。

但し、B<sub>4</sub>C ペレットの製作密度は理論密度の100%とした。

図9にベント型もんじゅ調整棒のモデル図を、図10.1.1に試験のために試作したベント機構の図面を示す。

## 2.3 ベント機構の試作

### 2.3.1 製作および検査工程フローシート

ベント機構の製作および検査は p.p. 37 図12の様に行なわれた。

### 2.3.2 ベント機構の構成材料

ベント管の構成部材名および材料表を p.p. 38 (図13, 14), (表5) に示す。

### 2.3.3 ベント機構の製作方法

ベント機構は p.p. 10, p.p. 11 に記載された方法で製作した。

### 2.3.4 ベント機構の検査項目

ベント管の製作過程において行なわれた検査項目, 基準, 要領等を p.p. 39 表6～p.p.50, 表16 に示す。

### 2.3.5 ベント機構試作の検査成績

試作したベント管の曲りの測定成績を p.p. 51 表17～p.p.56 図26 に, また X線透過検査成績を p.p. 57 表20, p.p. 58 表21 に示し, X線写真を p.p. 65 (写真1)～(写真20) に示す。

### 2.3.3 ベント機構の製作方法

#### 2.3.3.1 部品製作

##### (1) ベント内管

旋盤を使用して両端を規定の寸法に切断した。

被加工管が細いので曲らないように注意を払った。

##### (2) ベント内管支持リング

外形は旋盤で、スリ割加工はフライス盤で、丸孔は1.3 $\phi$ のドリルによつた。

##### (3) ベント外管（#1～#4）

旋盤を使用して両端を規定の寸法に切断した。

ベント外管#1の丸孔は3 $\phi$ のドリルにより加工をした。この際ベント外管が変形しないように注意した。

##### (4) 端栓（下部端栓，上部端栓，体積保持端栓）

外形は旋盤で、スリ割加工はフライス盤で加工した。又、下部端栓の長孔は1.3 $\phi$ のドリルを用いて加工したが、削穴の深さが19mm必要であった為、加工に際しては充分な注意が必要とされた。

### 2.3.3.2 組立製作

組立は前述の各部品を組合せて、溶接により組立た。

#### (1) ベント内管とベント内管支持リングの溶接

Ar ガスの雰囲気中で手動によるプラズマ溶接を行なった。ベント内管支持リングはベント内管のふらつきを防止する為のものであるから断続溶接とし、支持リングがベント内管からはずれ落ちないことを最低条件として、ベント内管が溶接変形をおこさないように母材の溶け込み量の調節に注意を払った。

#### (2) ベント内管と下部端栓の溶接

He ガスの雰囲気中で手動による TIG 溶接を行なった。この部分はベント機構では特に重要な部分である為、母材の溶接の溶け込み量の調節に注意をはらった。

#### (3) 各端栓とベント外管の溶接

He ガスの雰囲気中で自動ヘリウムアーク溶接機を用いて、全周溶接を行なった。

母材の溶け込み量は管肉厚の 9 ~ 10 割程度とした。



(3) Na 系配管

配管径 :  $\frac{1}{2}$ B      材 質 : SUS 27

止 弁 : 2 台

(4) Ar ガス系

リザーバタンク : 4 l × 1 台, 1 l × 2 台

減圧弁 : 高圧用 1 台, 低圧用 3 台

圧力調整弁 : 2 台   止弁 : 6 台

圧力計 : 3 台   ベーパトラップ : 4 台

(5) 真 空 系

真空ポンプ : 1 台   真空計付

(6) マノメータ

Ar 系配管の一部より連結し, 差圧を計る 1 台増設。

### 3.4 試験内容

#### 3.4.1 ベント管(A)試験手順

ベント管(A)の試験は以下の手順で行ない処理した。

(1) Na を試験タンクへ移動する。

Na 温度は 150 °C 程度

(2) Na 液面を所定位置まで上げる。(120 mm 程度)

Na 温度, Na 液面とベント・ホールとの距離を測定する。カバーガス圧は Na の液面が所定位置まで上昇するまで, 常に試料の吸収材側ガス・スペース部のガス圧  $P_{CR}$  を試験タンク内カバーガス圧  $P_V$  より高く保持し, 試料のベント管内へ Na が浸入するのを防ぐ。

(3) 試験タンク内 Na の温度を 280 °C まで昇温する。

Na 温度, Na 液面とベント・ホールとの距離を測定する。温度変化に伴い Na 液面も変化する。

(4) 試料内外のガス圧を同圧にする。

(3)項で測定した液面とベント・ホールとの距離の分だけ, 試料内へ Na が浸入する。

(5) 試験タンク内カバーガス圧を一定にしておいて, 試料の吸収材側ガス圧力



を序々に減圧し、実機の各運転項目における  $N_a$  浸入高さを段階的に模擬する。

差圧の測定にはシリコン・オイル・マンメータを使用する。

- (6) 装置内のリーク検知器により、 $N_a$  が試料の吸収材側へ浸入したか否かを確かめる。
- (7) 試験終了後、試料を取りはずして、ベント機構部の X 線写真撮影及び切断し、 $N_a$  の付着状態を調べる。

### 3.4.2 ベント管(B)試験手順

ベント管(B)の試験は以下の手順で行ない処理した。

- (1)  $N_a$  を試験タンクへ移動する。  
 $N_a$  温度は  $150^{\circ}\text{C}$  程度
- (2)  $N_a$  液面を所定位置まで上げる。(  $150\text{ mm}$  程度 )  
 $N_a$  温度,  $N_a$  液面とベント・ホールとの距離を測定する。
- (3) 試験タンク内  $N_a$  の温度を各試験項目の所定温度まで昇温する。  
カバーガス圧  $1.13\text{ Kg/cm}^2(\text{abs})$  で保持 (  $0.1\text{ Kg/cm}^2$  ゲージ圧 )  
 $N_a$  温度, 所定温度 (  $280^{\circ}\text{C}$ ,  $390^{\circ}\text{C}$ ,  $540^{\circ}\text{C}$  )  
 $N_a$  温度,  $N_a$  液面とベント・ホールとの距離を測定する。温度変化に伴い  $N_a$  液面も変化する。
- (4) 試験タンク内カバーガス圧を  $1.13\text{ Kg/cm}^2(\text{abs})$  から  $0.516\text{ Kg/cm}^2(\text{abs})$  注1 に減圧する。  
この減圧操作により、試料の吸収材側ガススペース内のガスもベント機構を介して試験タンク内  $N_a$  中に放出され、試料の吸収材側ガス圧力は、試験タンク内カバーガス圧と試験タンク内の  $N_a$  の静圧を加えたものに等しい。
- (5) 試験タンク内カバーガス圧を序々に加圧し、試料内のガス・スペース体積を実機で想定される最小のガス・スペース体積まで段階的に圧縮し模擬する。
- (6) 試験終了後、試料を取りはずして切断し  $N_a$  未浸入を確認する。
- (7) 試料のベント機構部分を X 線写真撮影及び切断し、 $N_a$  の付着状態を調べる。

(注1) 4項における減圧操作は、最大加圧時でも、試験装置の安全運転圧力範囲内におさめる為、この方法を用いた。又、この値(0.513Kg/cm<sup>2</sup> abs)を選んだ理由は圧力計の負圧側目盛で-760mmHgの半分で読み易く、精度が出せる為である。

表2に試験項目および理論値を示す。

3.4.3 試験項目および理論値

(表 2)

試験項目 (運転項目)	模擬する ガス・スペース 体積 $V_T$	想定される $Na$ の浸入 高さ(注1) $L_H$ (mm)	試験タンク 内 $Na$ 温度 ( $^{\circ}C$ )	$Na$ 比重量 $\gamma$ ( $g/cm^3$ )	試験タンク 内 $Na$ 静圧 $\Delta h_{st}$ (%)	減圧操作時 の $P_V$ の設 定値 $P_V$ (%)	減圧操作時 の吸収材側 の圧力 $P_{CR}$ (%)	所定のガス スペースを 得る為の圧力 $P_V$ (%)
1 燃料交換機装荷時	$V_T$	—	—	—	—	—	—	—
2 予熱時	$V_T$	—	280 $^{\circ}C$	0.884	0.014	0.516	0.530	0.530
3 炉心挿入時	0.566 $V_T$	127	280 $^{\circ}C$	0.884	0.014	0.516	0.530	0.933
4 カバーガス変更時	0.489 $V_T$	149	280 $^{\circ}C$	0.884	0.014	0.516	0.530	1.090
5 ポンプ起動時	0.395 $V_T$	176	280 $^{\circ}C$	0.884	0.014	0.516	0.530	1.350
6 制御棒引抜時	0.410 $V_T$	172	280 $^{\circ}C$	0.884	0.014	0.516	0.530	1.300
7 原子炉起動時	$V_T$	3	540 $^{\circ}C$	0.822	0.014	0.516	0.530	0.530
8 スクラム時								
(i) 制御棒全挿入	0.965 $V_T$	13	540 $^{\circ}C$	0.822	0.014	0.516	0.530	0.550
(ii) 温度降下	0.777 $V_T$	67	390 $^{\circ}C$	0.858	0.014	0.516	0.530	0.683
(iii) ポンプ流量減少	0.955 $V_T$	16	390 $^{\circ}C$	0.858	0.014	0.516	0.530	0.555
9 スクラム後再起動								
(i) ポンプ起動	0.777 $V_T$	67	390 $^{\circ}C$	0.858	0.014	0.516	0.530	0.683
(ii) 制御棒引抜	0.805 $V_T$	59	390 $^{\circ}C$	0.858	0.014	0.516	0.530	0.660
(iii) 原子炉再起動	$V_T$	3	540 $^{\circ}C$	0.822	0.014	0.516	0.530	0.530
10 燃料交換時								
(i) 制御棒全挿入	0.965 $V_T$	13	540 $^{\circ}C$	0.822	0.014	0.516	0.530	0.550
(ii) 温度降下	0.642 $V_T$	105	280 $^{\circ}C$	0.884	0.014	0.516	0.530	0.827
(iii) ポンプ流量減少	0.789 $V_T$	65	280 $^{\circ}C$	0.884	0.014	0.516	0.530	0.673
(iv) カバーガス圧変更	0.913 $V_T$	28	280 $^{\circ}C$	0.884	0.014	0.516	0.530	0.581
11 燃料交換後 再起動								
(i) カバーガス圧変更	0.789 $V_T$	63	280 $^{\circ}C$	0.884	0.014	0.516	0.530	0.673
(ii) ポンプ起動	0.642 $V_T$	105	280 $^{\circ}C$	0.884	0.014	0.516	0.530	0.827
(iii) 制御棒引抜	0.667 $V_T$	98	280 $^{\circ}C$	0.884	0.014	0.516	0.530	0.795
(iv) 原子炉再起動	$V_T$	3	540 $^{\circ}C$	0.822	0.014	0.516	0.530	0.530

注1) ベント内管の全長は200mmある。 ○各圧力は abs である。

### 3.5 試験結果

#### 3.5.1 ベント管(A)の試験経過および試験結果

ベント管(A)の差圧試験は、Na 温度 280°Cで行ない、この時の Na 液面とベント・ホールとの距離  $\Delta h$  は、誘導式レベル計により  $\Delta h = 125\text{mm} (\pm 3\text{mm})$  であった。 $\Delta h$  を確認の後、ガス系バルブを操作して、試験タンク内カバーガス圧  $P_V$  と試料の吸収材側ガス圧  $P_{CR}$  を同圧にした。この操作により、試料内に  $\Delta h$  の高さの分だけ Na が浸入していることになる。

この後、同様にガス系バルブの操作により試験タンク内カバーガス圧  $P_V$  を一定にしておいて、試料の吸収材側ガス圧  $P_{CR}$  を序々に減圧して行くことにより、実機の各運転項目における Na 浸入高さを段階的に模擬して行き、Na の最大浸入高さを十分に模擬できる高さまで、 $P_V$ 、 $P_{CR}$  の差圧によりベント機構内の Na レベルを上げた。この差圧の確認にはシリコン・オイルの入ったマンメータにより測定をした。マンメータによる最大示差距離  $\Delta h_M$  は 60mm であった。また、ベント機構内への Na の浸入高さの算出には以下の式を用いた。

$$LH = \frac{\Delta h_M \times r_s}{\gamma} + \Delta h$$

LH : Na の浸入高さ

$\Delta h_M$  : シリコンマンメータによる最大示差距離 60mm

$r_s$  : シリコンオイル比重量 0.938 g/cm<sup>3</sup>

$\gamma$  : 280°C における Na 比重量 0.884 g/cm<sup>3</sup>

$\Delta h$  : 280°C における Na 液面とベント・ホールとの距離 (初期浸入 Na 高さ)

式より模擬した Na の最大浸入高さは

$$LH = 64\text{mm} + 125\text{mm} = 189\text{mm}$$

となる。

尚、実機の場合の想定される最大の Na の浸入高さは

$$LH' = 200 \times \frac{0.605}{0.7} = 173\text{mm} \quad (2.2.3 \text{ 参照})$$

また初期に 3 mm ( ベントホール径 ) だけ Na が浸入しているので

$$LH = 173 + 3 = 176 \text{ mm} \quad \text{である。}$$

試験の結果、リーク検知器による Na の浸入の検知は認められなかった。

また、ベント機構部の X 線写真およびベント機構部の切断の結果、Na の凝着は認められなかった。

これらの試験、経過をまとめて 3.5.3 の表に示す。

### 3.5.2 ベント管(B)の試験経過および試験結果

ベント管(B)の加圧試験は、Na 温度 280°C ~ 510°C で、同一の試料を用いて行った。以下 280°C, 510°C での測定結果を示す。

#### (i) Na 温度 280°C

この時の Na 液面とベントホールとの距離  $\Delta h$  は、誘道式レベル計により  $\Delta h = 155 \text{ mm} (\pm 3 \text{ mm})$  であった。この後、ガス系バルブを操作して減圧操作を行なった。

減圧操作時の試験タンク内カバーガス圧  $P_V'$  は 0.516 気 (abs) に設定した。従って、試料の吸収材側ガス圧  $P_{CR}$  は以下の式により

$$P_{CR} = P_V' + \Delta h \cdot \gamma$$

$$\gamma : 280^\circ\text{C} \text{ における Na 比重量 } 0.884 \text{ g/cm}^3$$

$$P_{CR} = 0.516 + 0.014 = 0.530 \text{ 気 (abs)} \quad \text{である。}$$

この後、試験タンク内カバーガス圧を序々に加圧して行き、最大圧力は  $P_V = 1.53 \text{ 気 (abs)}$  であった。

従って模擬した最小体積  $V_X$  は

$$\frac{P_{CR} \cdot V_T}{T_1} = \frac{P_V \cdot V_X}{T_2}$$

$$T_1 = T_2 = 280^\circ\text{C}$$

より、

$$V_X = \frac{P_{CR} \cdot V_T}{P_V} = 0.348 V_T$$

となる。

尚、実機の場合の想定される最小ガス・スペース体積は、 $0.395 V_T$  である。

試験の結果，試料の吸収材側模擬ガス・スペース部切断の結果，Na の浸入は認められなかった。

また，ベント機構部の X線写真およびベント機構部の切断の結果，Na の凝着は認められなかった。

これらの試験，経過をまとめて 3.5.3 の表 4 に示す。

(ii) Na 温度 510°C

この時の Na 液面とベント・ホールとの距離  $\Delta h$  は，誘導式レベル計により  $\Delta h = 165 \text{ mm} (\pm 3 \text{ mm})$  であった。その後，ガス系バルブを操作して減圧操作を行なった。

減圧操作時の試験タンク内カバーガス圧  $P_V'$  は  $0.775 \text{ 気}(\text{abs}) (-760 \text{ mmHg} \times \frac{3}{4})$  に設定した。

従って，試料の吸収材側ガス圧  $P_{CR}$  は以下の式により，

$$P_{CR} = P_V' + \Delta h \cdot \gamma$$

$$\gamma : 510^\circ\text{C} \text{ における Na 比重量 } 0.829 \text{ g/cm}^3$$

$$P_{CR} = 0.775 + 0.014 = 0.789 \text{ 気}(\text{abs}) \quad \text{である。}$$

この後，試験タンク内カバーガスを序々に加圧して行き，最大圧力は  $P_V = 1.53 \text{ 気}(\text{abs})$  であった。

従って，模擬した最小体積  $V_X$  は

$$\frac{P_{CR} \cdot V_T}{T_1} = \frac{P_V \cdot V_X}{T_2} \quad T_1 = T_2 = 510^\circ\text{C}$$

より

$$V_X = \frac{P_{CR} \cdot V_T}{P_V} = 0.506 V_T$$

となる。

尚，実機の 540°C の定常運転状態で想定される最小ガス・スペース体積は  $0.603 V_T$  である。

試験の結果，試料の吸収材側模擬ガス・スペース部切断の結果，Na の浸入は認められなかった。

また，ベント機構部の X線写真およびベント機構部の切断の結果，Na の凝着は認められなかった。

これらの試験，経過をまとめて3.5.3の表4に示す。

### 3.5.3 試験結果のまとめ

試験の条件および結果をまとめると以下のようになる。

#### (i) ベント管(A)

(表3)

測定項目	試験タンク内Na温度 (°C)	Na液面とベント・ホールとの距離 $\Delta h$ (mm)	マンメータ最大示差距離 $\Delta hM$ (mm)	シリコン・オイル比重量 $\gamma_s$ ( $\frac{g}{cm^3}$ )	シリコン・オイルの静圧 $\Delta hsts$ (%)	この時のNaの侵入高さ $\Delta hs$ (%)	模擬した最大侵入高さ $LH = \Delta h + \Delta hs$ (mm)	結果
								Naの浸入
1	280°C	125	60	0.938	0.0563	64	189	なし

#### (ii) ベント管(B)

(表4)

測定項目	試験タンク内Na温度 (°C)	Na液面とベント・ホールとの距離 $\Delta h$ (mm)	試験タンク内Na静圧 $\Delta hst$ (%)	減圧操作時の $P_V$ の設定値 $P_V'$ (%)	減圧操作時の吸収材側の圧力 $P_{CR}$ (%)	試験タンクカバーガス圧最大設定値 $P_V$ (%)	模擬したガス・スペース体積 $V_T$	結果
								Naの浸入
2	280°C	155	0.014	0.516	0.530	1.53	0.348 $V_T$	なし
3	510°C	165	0.014	0.775	0.789	1.53	0.506 $V_T$	なし

1では，調整棒のモデルダイヤグラム中の最小ガス・スペース体積（ポンプ起動時）にベント管内へ浸入すると想定されるNaの浸入高さ（ $LH=176$  mm）を十分に越える高さまで試験片内外の差圧を調節することにより模擬した。

2では，被覆管（ベント管）の全ガス・スペース体積（ $V_T$ ）が， $0.395 V_T$ （ポンプ起動時）（最小条件）以下になるまで，試験タンクのカバーガス圧を調節することにより模擬した。

3では，炉が起動し最初の定常運転に入る時のガス・スペース体積（ $0.603 V_T$ ）（注2）以下になるまで，試験タンクのカバーガス圧を調整す

ることにより模擬した。

注<sub>1</sub>) 初期侵入の Na 高さ (mm)

注<sub>2</sub>) He ガスの発生を考慮せずに温度上昇のみ考慮した値

◦ 各圧力は abs である。



## 4. 考察・評価・検討

### 4.1 設計の評価・検討

試作したベント機構の設計を評価・検討すれば下記のようになる。

- (1) 構造が簡単なため信頼性が大きい。
- (2) 試験の結果、動的条件、耐久性能を除いては、すべての運転条件でナトリウムは浸入しないことが実証でき、設計思想の正しいことを確認できた。
- (3) 動的な条件下の挙動については今後試験を行ない設計にフィードバックする必要がある。
- (4) 耐久性、特にベント内管の表面がぬれて表面張力によりナトリウムが内部に浸入する問題とベント機構内のガスがナトリウムに溶けて外部に逃げナトリウム液位が上昇して制御棒内部にナトリウムが浸入する問題については試験を行なって検討する必要がある。

### 4.2 製作技術の評価・検討

今回の試作を通して明らかになった図面上の問題点および加工技術上の問題点、今後改善すべき点を以下に記録する。

#### (1) ベント内管

両端を規定寸法に切断する際、端面の真円が楕円に変形してしまうと、下部端栓と溶接する際、下部端栓の長孔の内径との差即ちルート間隔の不均一をまねき、ひいてはリークの原因となる為、この端面の切断には特に注意を払って加工した為、特に問題はなかった。又、端面の開先加工は、今回のベント内管の管肉厚では特に必要ではないと言える。

#### (2) ベント内管支持リング

ベント内管を支持する為に断続のすみ肉溶接を行なうが、ベント内管の肉厚、

熱伝導を考慮して、溶接部の板厚を  $0.3\text{ mm}$  とした。加工上は特に問題はなかった。

### (3) ベント外管 (#1~#4)

ベント外管 #1 の丸孔をあけるに際して、ベント外管をチャックで固定するが、この時ベント外管を変形させないように注意を払うことが必要である。各端栓とのツキ合せ溶接部の開先加工は行なわず、またルート間隔も  $0\text{ mm}$  とし、曲りの防止を計った。端栓とのはめ合を良くする為の端面内側の面取は不必要である。

### (4) 端栓類 (下部端栓, 上部端栓, 体積保持端栓)

試料の製作後の曲りの検査結果から、ベント管(A)においてはE点即ち下部端栓が (溶接位置 2 nd, 3 rd) 又、ベント管(B)においてはD点又はE点即ち体積保持端栓又は下部端栓 (溶接位置 4 th, 5 th 又は 2 nd, 3 rd) が試料の最大の曲りとなっていることから明らかにベント外管をつなぎ合わせる各端栓部分で最大の曲りが発生しているが、これはベント外管とのはめ合を良くする為、挿入する長さ  $5\text{ mm}$  のうち、 $2.5\text{ mm}$  を  $2^\circ$  のテーパをとったが、この為実際の挿入長さが  $2.5\text{ mm}$  となってしまい、ベント外管との溶接時に曲りを招き易くなった。端栓のベント外管への挿入長さは  $5\text{ mm}$  以上とし、端面の面取りだけでも挿入は可能である。

## 4.3 炉内装荷前のベント制御棒の密封保持の必要性とその方法

本設計では炉内装荷前より特にベント・ホールを密封しなくとも、ベント機能が損うことなく、炉内運転期間中にナトリウムがベント機構を介して被覆管内の吸収材側へ直接浸入することがないような設計とし、今回の機能確認試験の範囲内においては、この機能が確認実証された。しかしながら密封型制御棒と異なり、ベント型制御棒の場合ベント・ホールをシールせずに炉内へ装荷するとベント・ホールを介して被覆管内へ炉内カバーガスである Ar ガスが浸入する。Ar ガスは He ガスに比べ熱伝導度が低いので、Ar ガスの浸入したベント型被覆管では B4C ペレットより He ガスの発生していない炉起動初期においては、密封型被覆管のようなギャップコンダクタンスは維持できなくなる可能性がある。一般に B4C ペレットの放熱は、B4C ペレットの熱伝導度、ギャップコンダクタンス、被覆管の熱伝導度、冷却材流量等による。これらの要素のうち被覆管の熱伝導度および冷却材流量の変化による放熱量の変化は少ないが、これに対し B4C ペレットの熱伝導度は照射

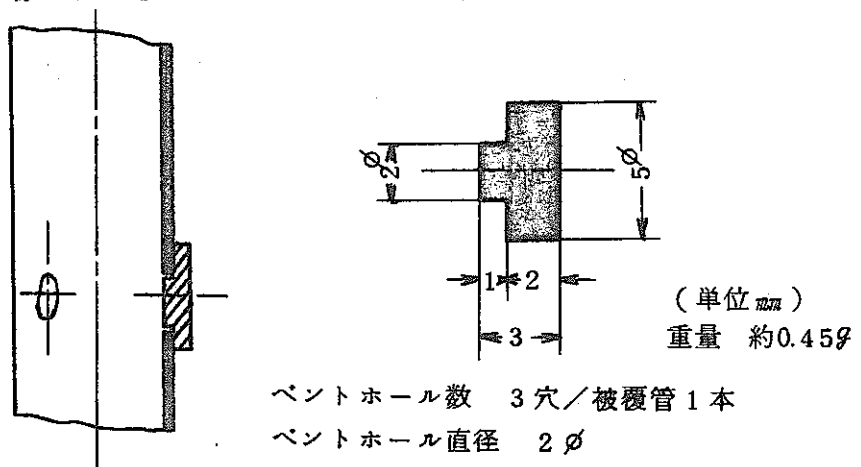
による (n, a) 反応でペレット内にボイドが生じ、熱伝導度は照射時間の経過とともに減少してくる傾向にあり、一方ギャップコンダクタンスは He ガスの発生に伴い Ar ガスが被覆管内へ浸入していた時よりも熱伝導度は良くなる傾向にある。これらの要素は原子炉の運転状態および He ガス発生率により異なり現状では定性的な判断しか出来ないが、炉内装荷時にベント・ホールをシールせず Ar ガスが浸入していても一概に B4C ペレットの許容温度を超えるほど温度が上昇するとは判断しきれない。

ここで参考として、ベント・ホールをシールする方法を考えるとつぎのようになる。

ベント・ホールは栓でシールするものとし、栓の一部を溶融させて被覆管に密着させる。制御棒の被覆管は予め He ガスを正圧で封入した状態でベント・ホールをシールして燃料交換機へ装荷し、炉心内に全挿入されてからシール部分が溶融するようなシステム・プロセスをとれば、Na 浸入高さに対する余裕量は増加し、ギャップコンダクタンスの問題は解決される。しかしながら、ベントホール栓はプラントの耐圧年数の間 Na 中での不純物としての総量および溶融後のこれらの挙動、放射化の影響等の問題が生じてくる。従って、ベント・ホール栓として必要な条件は 280°C~400°C 程度 (予熱時温度以上、出口温度以下) で溶融し、これらの物質の Na 中への浸入によるプラントへの影響が少ないことが必要である。

ベント・ホール栓の構成物質としては、低融点合金等の使用が考えられるが、その一つとして鉛-錫合金の使用を考えてみると以下のことが言える。

JIS H4341 20Sn A級 (Sn:Pb=20:80) の鉛-錫合金を使用し、栓の形状を以下の図の様にすると



プラント耐用年数30年，調整棒（1年毎に交換），安全棒，後備炉停止棒（各3年毎に交換）に全装備するものとして，Na中の不純物としての総量は約30ppm程度となり，これらはNa中で合金となりNaへの溶解許容量を十分に下廻る。また炉内での放射化の問題もNaの放射化の量に比べ十分に下廻ると考えられる。

#### 4.4 構成部材の仕様検討

ダイビング・ベル型ベント機構を採用した場合，構成部材の仕様について以下のことがいえる。

ベント内・外管および端栓類

- 炉心構成要素の燃料要素，ブランケット要素や制御棒に用いられている材料（ステンレス鋼）を用い，それ以外の特殊な材料は使用していない。
- ベント型制御棒の対象となる調整棒の炉内滞在期間は他の炉心構成要素のそれより短い。
- 燃料やブランケットに比較して被覆管等の肉厚を厚くとれる。（ポイズンピン）

以上の理由から，燃料やブランケットに使用している材料を用いれば，さらに特別の仕様をつけ加える必要はない。

但し，ベント内管の管径はその機能上からも毛細管程度のものを採用することになると考えられるが，この場合原子力級の材質が確保できるかどうか，またベント内管はベント外管（被覆管）に比べ管肉厚が薄くなるが，JIS材を使用した場合Naとの両立性，長時間にわたるぬれ等の検討をしていく必要がある。

#### 4.5 検査方法および品質管理上の問題点

実機の製作に当っては，多くの数量をこなさなければならないので，限界ゲージの採用等大量検査方法の導入が必要となる。

また品質管理上の問題点はベント内管と下部端栓との溶接部の品質管理およびベント部の真直度の管理が最も重要であり，この管理方法の確立である。

前者については，ダイビング・ベル型ベント機構の最も重要な部分であり，溶接部分の十分な信頼性が必要である。ベント内管および下部端栓の下端部分の溶接は両者共薄肉であるので，Naによる浸蝕も考慮して母材を十分に溶かし込み，かつHeガスの流通経路を塞がない考慮が必要であり，これらを満たし，多くの数量を

こなす為には、溶接の自動化と溶接見本、ぬき取りによる断面金相等溶接基準および検査工程の確立が必要である。

後者については、ベント部の真直度は下部端栓とパイプとのはめ合いで決まるがパイプの内径寸法は本質的にある程度の寸法のばらつきがあるので、製造にあたっては内径のばらつきを有する素材のパイプを Sorting によって分類し、これにもとずき最適のはめ合い寸法を有する端栓を加工して組合せ溶接を行うことが一案として考えられる。

また、ベント型被覆管の管理は、ベント型制御棒としての機能上の問題による炉内装荷以前からの密封性とは別に製作後の管理として保管・運搬時に不純物の侵入付着、吸着等を防ぐ為、防湿性のプラスチック等の密封容器内で保管することが必要である。

#### 4.6 今後の方針（試験範囲外での問題点）

今回の静的条件下での機能確認試験以外のものとしては、

##### (i) 動的条件下での機能確認試験

例えば、制御棒のスクラム動作等による冷却材圧力の急激な変動による Na の浸入等

##### (ii) 耐久性試験

例へば、長時間の Na 中での多熱サイクル等の使用によるぬれによって Na のベント内管側への浸入、又、発生 He ガスの Na 中への溶解によるベント機構内の Na レベルの上昇、毛細管部分の Na との両立性等

##### (iii) 照射試験

照射下のベント機構の特性、ヘリウム放出量、スウェリングの影響等を JMTR でおこなう。

##### (iv) 確性試験

制御棒としての総合機能試験

##### (v) 構成部品基礎試験

例へばベント・ホール栓の開発、低融点合金の接着、溶融等

##### (vi) 他の Na 浸入阻止システムとの組み合わせの検討

##### (vii) 炉内機器としてのシステムの検討 等の試験が必要である。

## 5. あとがき

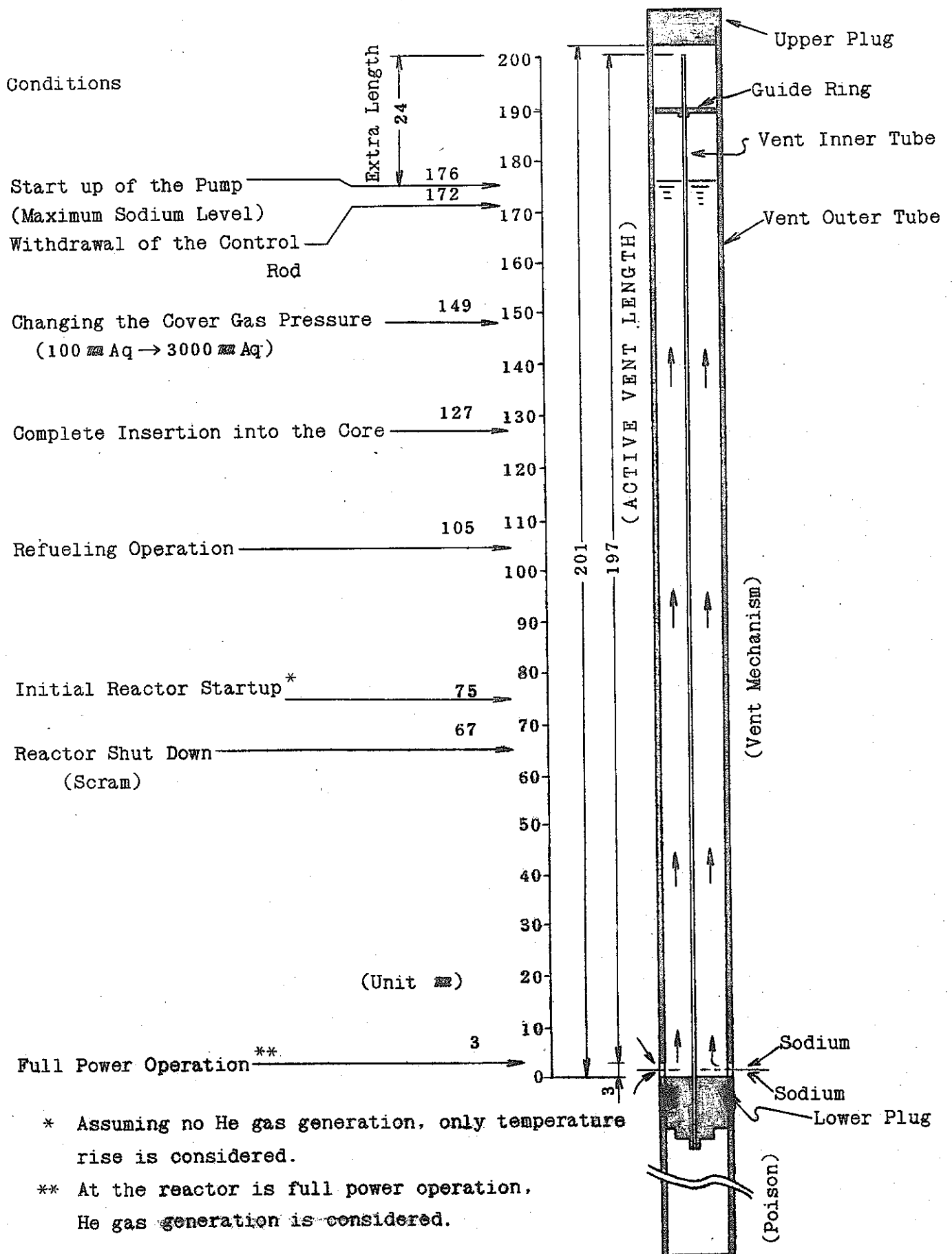
もんじゅ 3 次設計に基き，調整棒のすべての運転条件でナトリウムの浸入しないペン  
ト型制御棒を設計し，試作を行って，その機能をナトリウム中で調べた。

試験の結果，動的条件，耐久性を除き，すべての運転条件下で制御棒吸収ピン内部へ  
ナトリウムが浸入しないことを確認した。

また，試作を通じて実機製作の際の問題点を摘出，量産の場合の検査技術，Sorting  
の技術を導入すれば円滑に生産をすすめる見通しを得た。

## 参 考 文 献

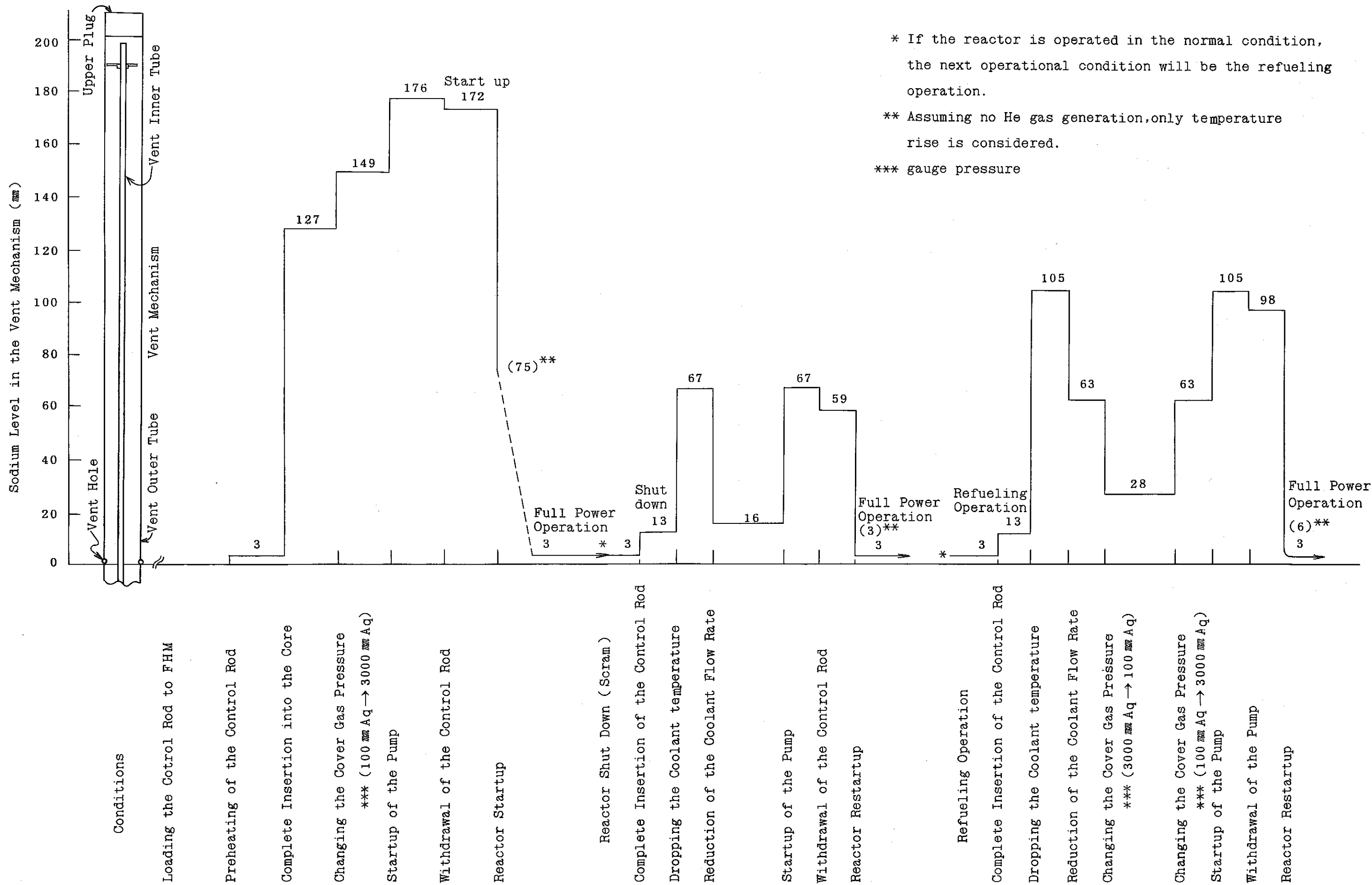
- 東京芝浦電気株式会社 もんじゅ三次設計 設計計算書  
第一分冊，第二分冊 1973年
- 東京芝浦電気株式会社 もんじゅ三次設計 設計説明書  
第一分冊，第二分冊 1973年



Operational Conditions and Sodium Level in the Vent Mechanism

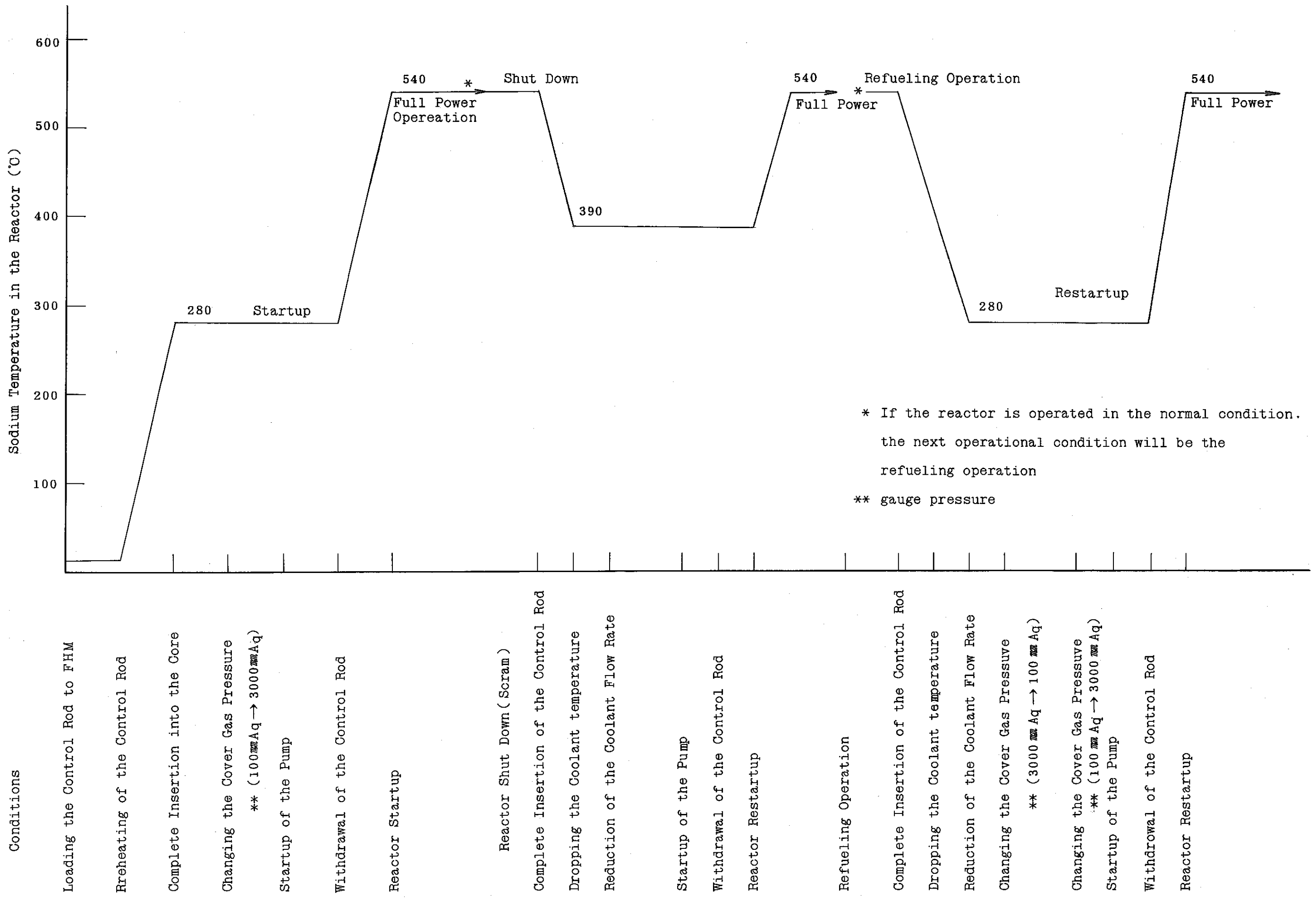
図 4. 各運転状態における Na の浸入高さ





Monju Regulating Rod Operating Model Diagram. — Operational Conditions and Sodium Level in the vent mechanism. —

図 5. もんじゅ調整棒運転モデルダイアグラム (各運転状態とベント機構内浸入ナトリウム高さ)

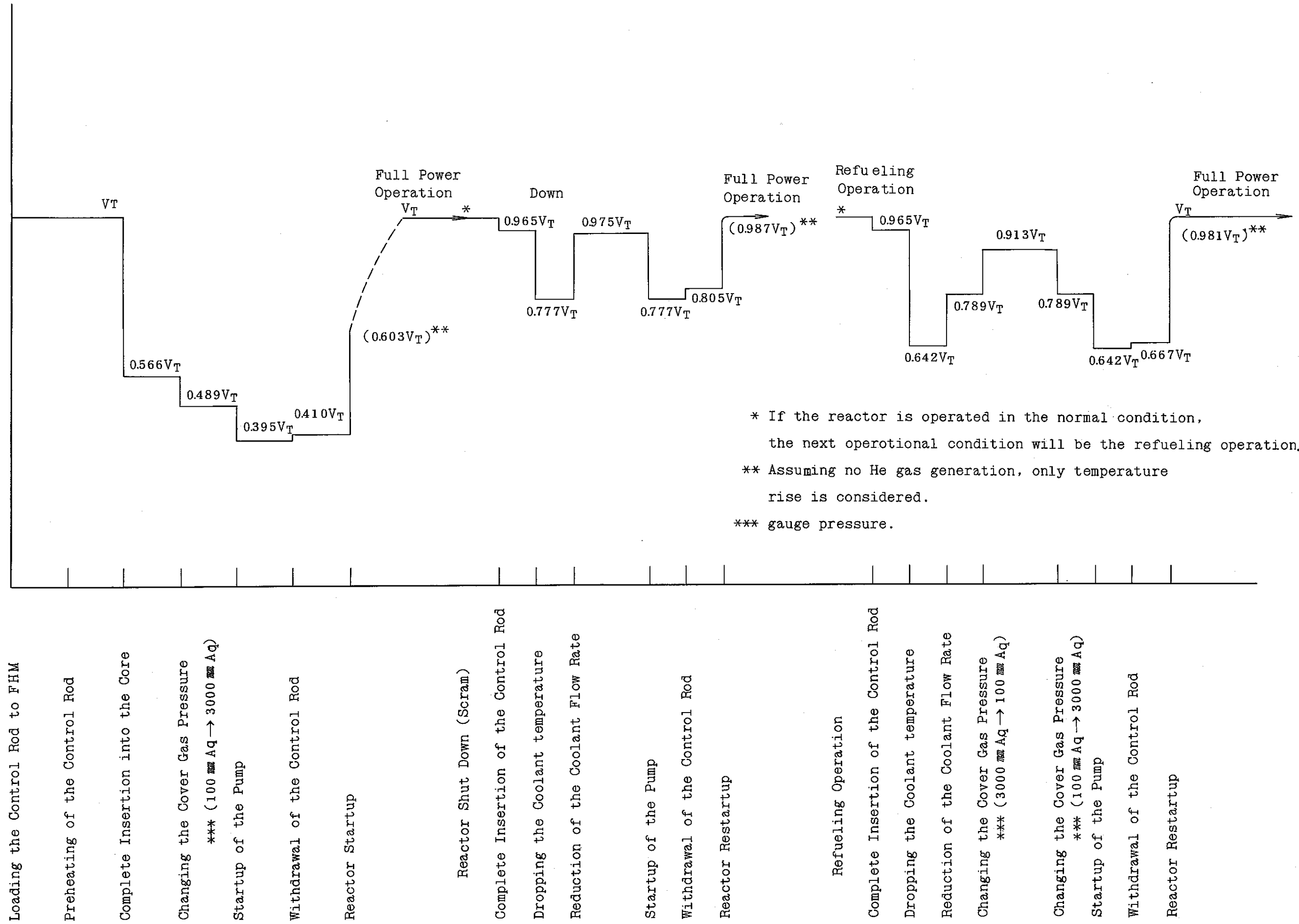


Monju Regulating Rod Operating Model Diagram. — Operational Conditions and Sodium Temperature in the Reactor. —

図 6. もんじゅ調整棒運転モデルダイアグラム (各運転状態と炉内ナトリウム温度)

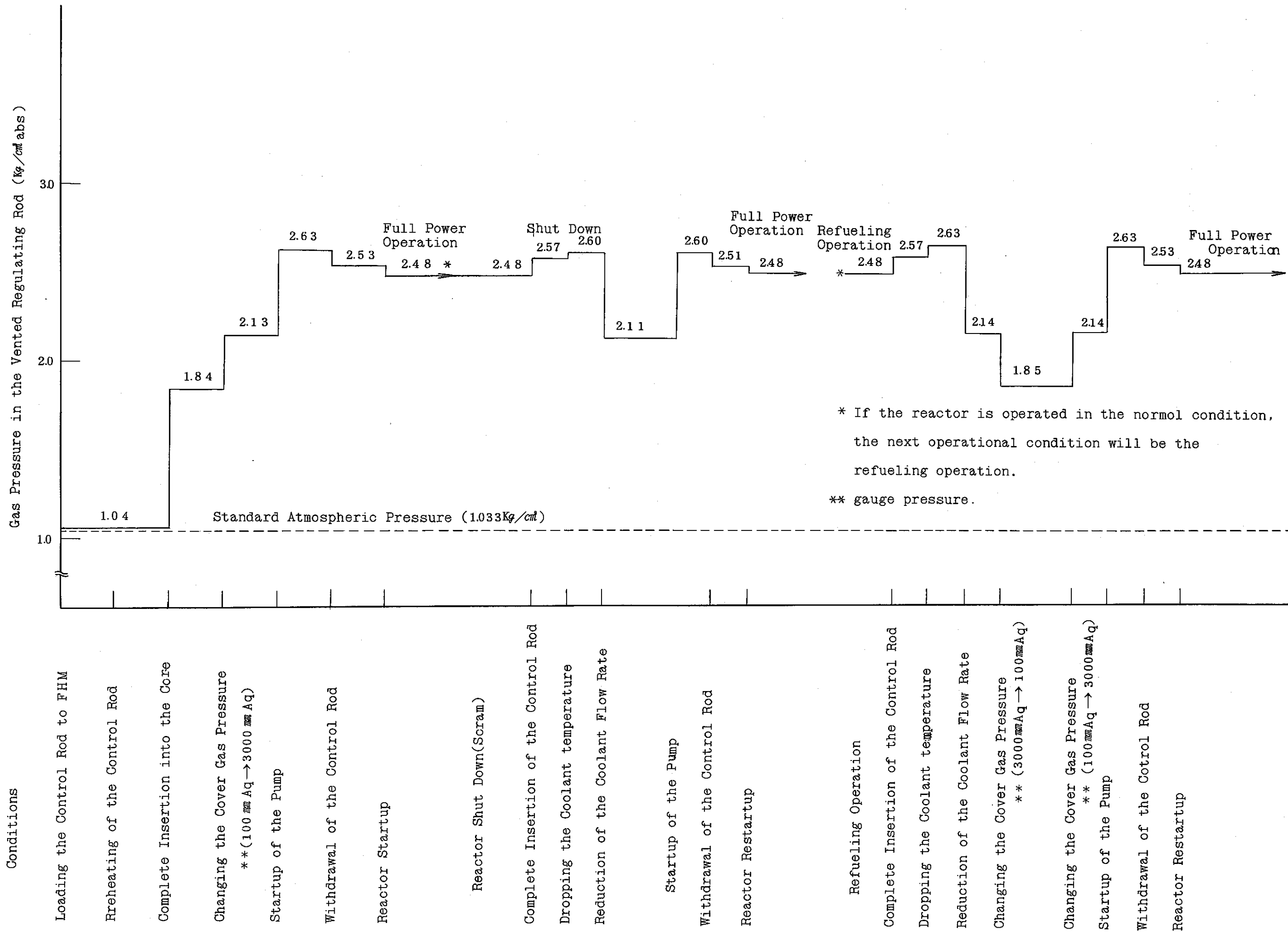
Conditions

Gas Space Volume in the Vented Regulating Rod ( $V_T$ )



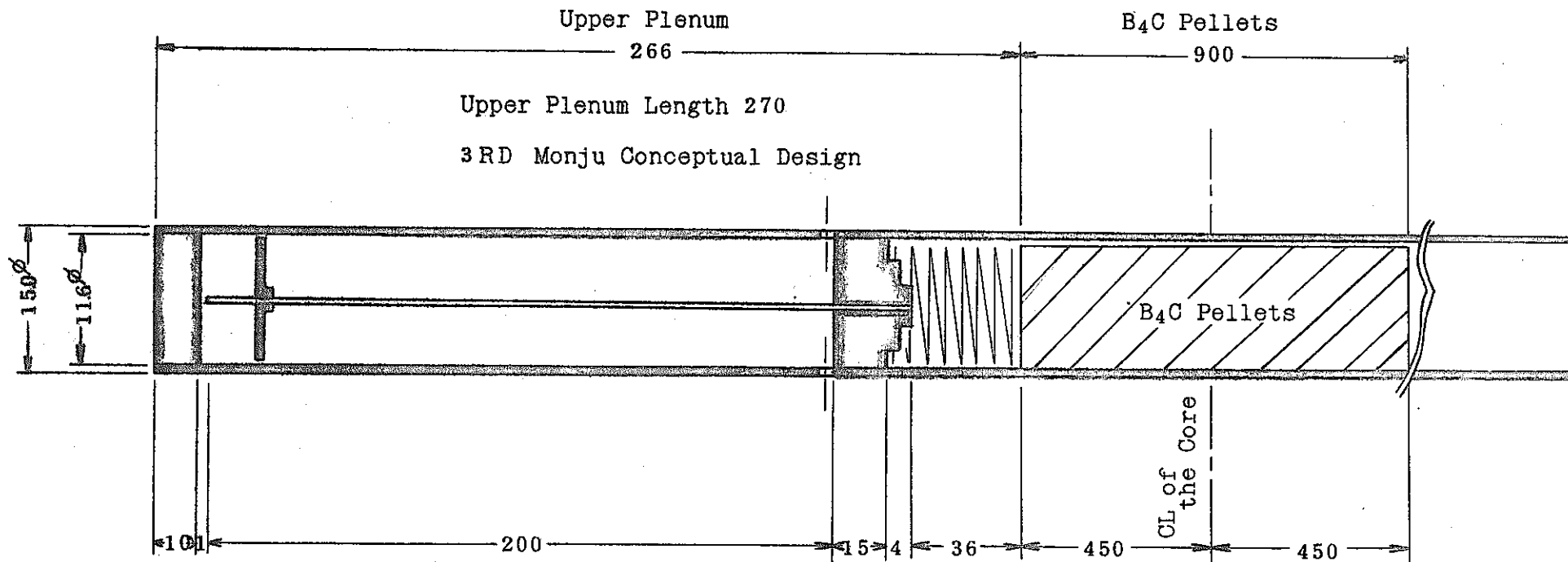
Monju Regulating Rod Operating Model Diagram. — Operational Conditions and Gas Space Volume in the Vented Regulating Rod —

図 7. もんじゅ調整棒運転モデルダイヤグラム (各運転状態と被覆管内ガス・スペース変化)



Monju Regulating Rod Operating Model Diagram —Operational Conditions and Gas Pressure in the Vented Regulating Rod—

図 8. もんじゅ調整棒運転モデルダイヤグラム (各運転状態と被覆管内ガス圧力変化)



Concept of the Monju Vented Type Regulating Rod (Unit mm)

図 9. ベント型もんじゅ調整棒モデル図

調査	検図	設計	材料	制作数	処理	名称	ベント管 (A)	図番
			研究番号	受付番号	出図月日			

ベント型 制御棒試作試験

部品名称	処理	型番	材料	個数	備考
1 組立					
2 ベント内管					
3 下部端栓					
4 上部端栓					
5 ベント外管					
6 "					
7 ベント内管支持リング					

- ①
1. ウェルド構成ノコト。  
\_\_\_\_\_
  2. 各部品ヲアセトンニテ洗浄ノコト。  
\_\_\_\_\_
  3. 添付，試片検査要領書ニ基キ検査ヲ  
\_\_\_\_\_
- 行ナウコト。

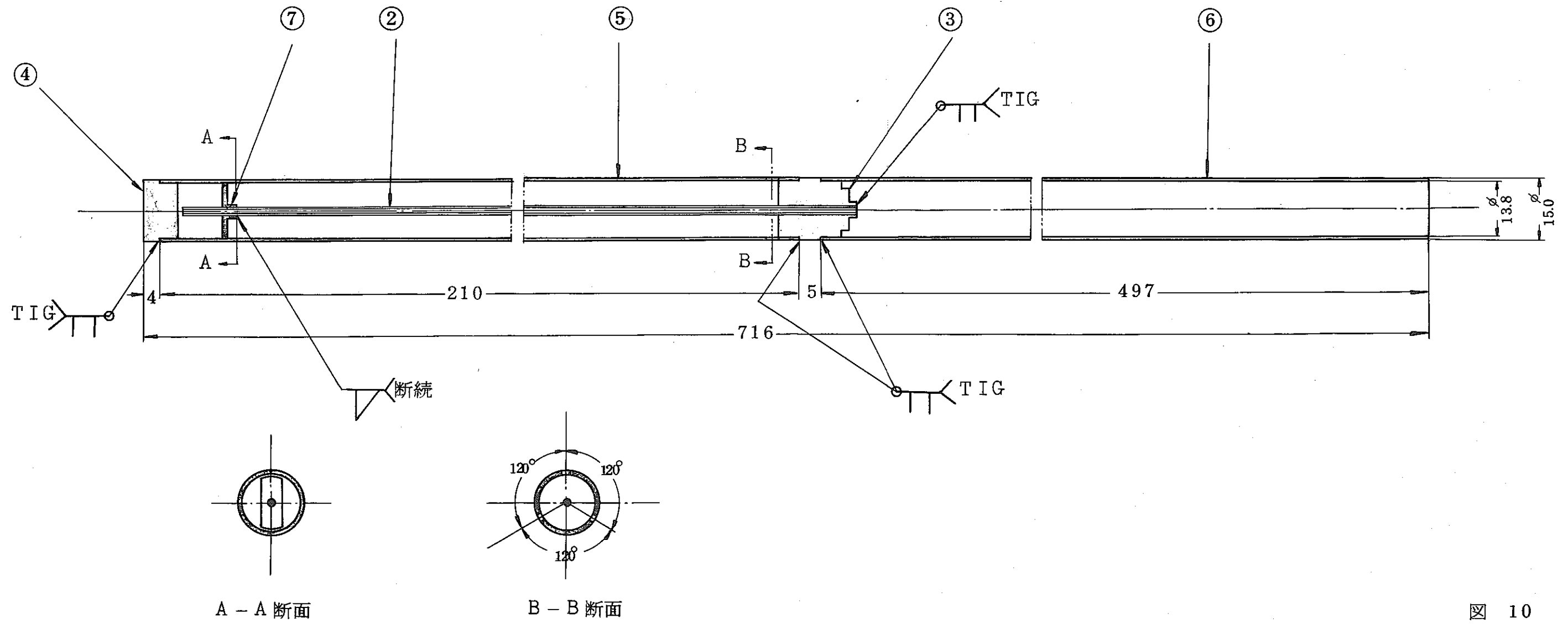


図 10

調査	検図	設計	材料	製作数	処理	名称	図番
			研究番号	受付番号	出図月日	ベント管 (B)	

ベント型 制御棒 試作 試験					
部品名称	処理	型番	材料	個数	
1 組立					
2 ベント内管					
3 下部端栓					
4 上部端栓					
5 ベント外管					
6 "					
7 "					
8 ベント内管支持リング					
9 体積保持端栓					

- ①
1. ウェルド構成ノコト。
  2. 各部品ヲ アセトン ニテ 洗浄ノコト。
  3. 添付 試験片 検査要領書ニ基キ 検査ヲ

行ナウコト。

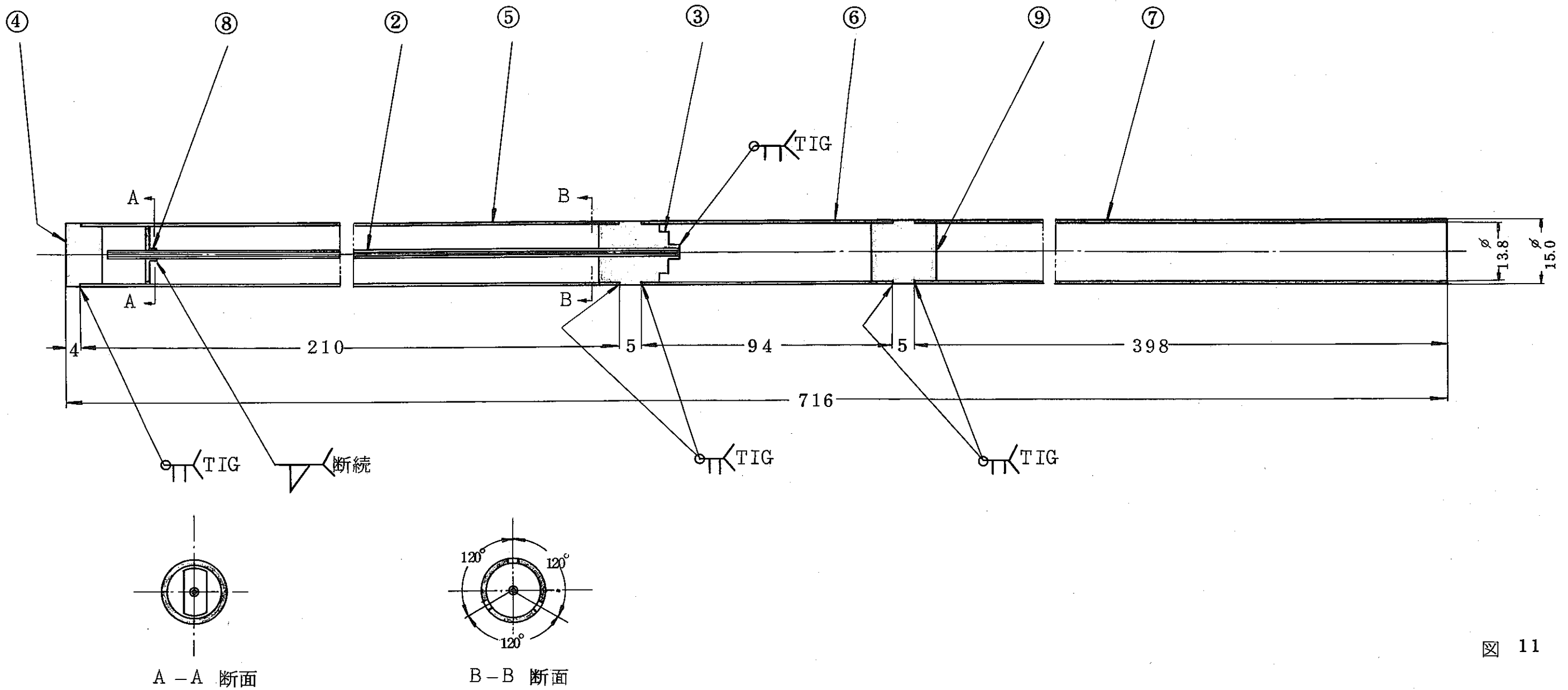


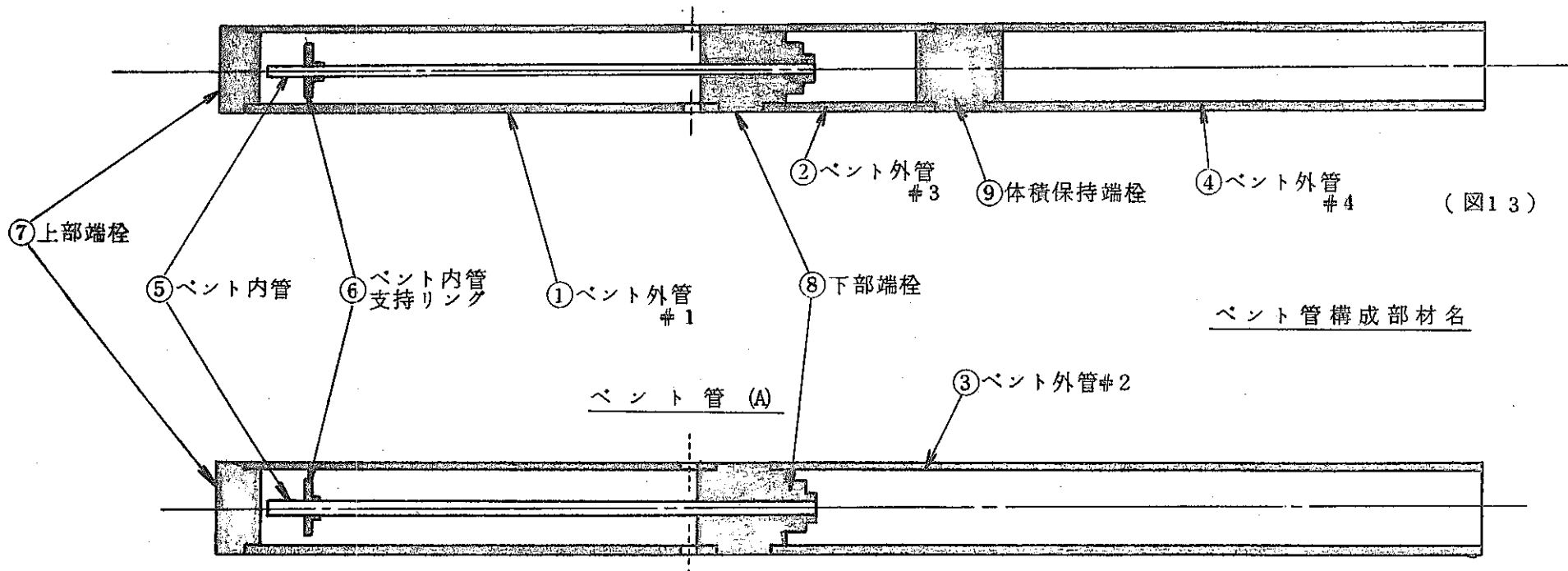
図 11

**この頁はPDF化されていません。**

**内容の閲覧が必要な場合は、技術資料管理  
担当箇所を参照して下さい。**



ベント管 (B)



(図13)

ベント管構成部材名

ベント管 (A)

(図14)

(表5)

番号	①～④	⑤	⑥	⑦ ⑨
名称	ベント外管 #1～#4	ベント内管	ベント内管 支持リング	端栓
構成部材	SUS 316	SUS 304	SUS 316	SUS 316

2.3.2 構成材料表

2.3.3.1 部品検査

(1) ベント内管検査

品名	検査項目	検査基準	検査要領	頻度	記録	備考
ベント 内管	外観	油、酸化物等有害な付着物及びカエリ等、又表面に有害なキズ、割れ等が認められないこと。	目視	全数	合・否	
	寸法	長さ、外径を測定  製作図記載許容寸法以内	ノギス ダイヤル・ゲージ マイクロメータ等 により測定	全数	測定値 及び合否	
	重量	0.1gまで秤量する	秤量計による。	全数	測定値	

(表6)

2.3.3.1 部品検査

(2) ベント内管支持リング検査

品名	検査項目	検査基準	検査要領	頻度	記録	備考
ベント内管 支持リング	外観	油，酸化物等有害な付着物 及びカエリ等，又表面に有害 なキズ，割れ等が認められな いこと。	目視	全数	合否	
	寸法	外径，内径，幅を測定  製作図記載許容寸法以内	ノギス ダイヤルゲージ マイクロメータ等 により測定	全数	測定値 及び合否	
	重量	0.1gまで秤量する。	秤量計による。	全数	測定値	

(表7)

2.3.3.1 部品検査

(3) ペント外管 #1～#4 検査

品名	検査項目	検査基準	検査要領	頻度	記録	備考
ペント外管 #1 #2 #3 #4	外観	油、酸化物等有害な付着物及びカエリ等、又表面に有害なキズ、割れ等が認められないこと。	目視	全数	合否	
	寸法	各長さを測定する 製作図記載許容寸法以内	ノギス ダイヤル・ゲージ マイクロメータ等 により測定	全数	測定値 及び合否	
	重量	0.1gまで秤量する。	秤量計により測定	全数	測定値	

(表8)

2.3.3.1 部 品 検 査

(4) 端 栓 類 検 査

品 名	検 査 項 目	検 査 基 準	検 査 要 領	頻 度	記 録	備 考
端 栓 上部端栓 下部端栓	外 観	油，酸化物等有害な付着物 及びカエリ等，又表面に有害 なきキズ，割れ等が認められ ないこと。	目 視	全 数	合 否	
体 積 保 持 端 栓	寸 法	長さ，外径，内径の測定 製作図記載許容寸法以内	ノギス ダイヤル・ゲージ マイクロメータ等 により測定	全 数	測定値 及び合否	
	重 量	0.1gまで秤量する。	秤量計により測定	全 数	測定値	

### 2.3.3.2 各溶接部表面の外観検査基準

次頁以下、各溶接部の外観検査については以下の準備及び方法を用いて検査を行なうこと。

#### 1. 検査前の準備

- (i) 検査が充分に行なえるように予め表面がきれいであることを確認する。
- (ii) 表面の汚れはアセトンで洗淨する。
- (iii) 被検査部の照度は350ルクス以上にする。

#### 2. 検査者及び検査方法

- 充分に溶接の知識のある人が肉眼検査上の判定を行なうこと。

##### (i) 直接法

肉眼と被検査部との距離を600 mm以下の位置で被検査部との角度を垂直に対して、30°以内の角度より検査を行なう。

尚、必要に応じて鏡を用いる。

##### (ii) 遠隔法

直接法では見えない場合にのみ行ない、間接的に被検査部を鏡、テレスコープ、ボアスコープ、ファイバースコープ、カメラ等を用いて直接法に匹敵するよう検査する。

2.3.3.3 組立後検査

(1) ベント内管支持リングとベント内管及び下部端栓との溶接終了後

構成部材名	検査項目	検査基準	検査要領	頻度	記録	備考
ベント内管 支持リング	外 観	溶接部及びその周辺に有害な傷等がないこと。	目 視	全 数	合 否	
ベント内管	ガス貫通検査	溶接による毛細管の内径の変化を調べる。 ガスが貫通すること。	組立後、試片の一方よりガスを注入し、他方への貫通状態を調べる。	全 数	合 否	
下部端栓	Heリーク 検査	リーク量 $1 \times 10^{-8} \text{ mm Hg l/sec}$ 以下	真空引きの後、Heガスを注入しHeのリーク量を調べる。	全 数	合 否	

(表10)

2.3.3.3 組立後検査

(2) ベント外管 #1 と下部端栓の溶接終了後

構成 部材名	検査項目	検査基準	検査要領	頻度	記録	備考
ベント内管 支持リング	外 観	溶接部及びその周辺に有害 な傷等がないこと。	目 視	全 数	合 否	
ベント内管 下部端栓	ビード高さ	ビード高さ、管外径で $15.0^{+0.3}_{-0}$ mm	目 視 ノギス・マイクロ メータによる	全 数	測定値 及び合否	
ベント外管 #1						

(表 11)



2.3.3.3 組立後検査

(3) ベント外管 #1 と上部端栓の溶接終了後

構成 部材名	検査項目	検査基準	検査要領	頻度	記録	備考
ベンド内管 支持リング	外 観	溶接部およびその周辺に有 害な傷等がないこと。	目 視	全 数	合 否	
ベンド内管	ビード高さ	管外径で $15.0\phi \begin{matrix} +0.3 \\ 0 \end{matrix}$	ノギス・マイクロ メータによる。	全 数	測定値 及び合否	
下部端栓  ベンド外管 #1  上部端栓						

(表 12)

2.3.3.3 組立後検査

(4) ベント外管#2又は#3と下部端栓の溶接終了後

構成 部材名	検査項目	検査基準	検査要領	頻度	記録	備考
ベント内管 支持リング	外 観	溶接部及びその周辺に有害な傷等がないこと。	目 視	全 数	合 否	
ベント内管	ビード幅	各ビード幅 最大で3 mm以内 ビード幅がほぼ均一であること	目視及びノギ ス、マイクロメー タにより測定	全 数	測定値 及び合否	
下部端栓	ビード高さ	ビード高さ、管外径で $15\phi_{mm}^{+0.3}$ 0				
ベント外管 #1	He リーク 検査	リーク量 $1 \times 10^{-8} \text{ mmHg} \cdot \text{l} / \text{sec}$ 以下	真空引きの後 Heガスを注入し、 Heのリーク量を 調べる。	全 数	合 否	
上部端栓 ベント外管 #2又は#3	X 線 透過検査	検出されるクラックのない こと。0.3 $\phi_{mm}$ 以下の黒点、 白点までを合格とする。 (但し、0.3 $\phi_{mm}$ は最大1個 まで)	ペネトラメー タをJISZ3104 によるF02を使用し、直角2方 向より撮影した フィルム上で判 定する。	全 数	合 否	

2.3.3.3 組立後検査

(4) ベント外管#2又は#3と下部端栓の溶接終了後

検査項目	検査基準	検査要領	頻度	記録	備考
重量	0.1gまでを秤量する	秤量計により測定	全数	測定値	
曲り	全長に対して±3mm以内	定盤上で直線との隙間をX.Yの2方向で測定	全数	測定値及び合否	
全長	$L = 716\text{mm}^{\pm 1.0}$	ノギスにより測定	全数	測定値及び合否	

上記、2.3.3.3(4)において、ベント管(B)に対しては、上記各項目のうち外観検査、ビード高さ、Heリーク検査を行なえばよい。

(表14)

2.3.3.3 組立後検査

(5) ベント外管#3と体積保持端栓およびベント外管#4との溶接終了後

品名	検査項目	検査基準	検査要領	頻度	記録	備考
ベント内管 支持リング	外 観	溶接部及びその周辺に有害な傷等がないこと。	目 視	全 数	合 否	
ベント内管	ビード幅	各ビード幅 最大で3 mm以内 ビード幅がほぼ均一であること	目視及びノギス、 マイクロメータに より測定	全 数	測定値 及び合否	
下部端栓	ビード高さ	ビード高さ 管外径で $15\phi_{\text{mm}}^{+0.3/0}$				
ベント外管 #1	He リーク 検査	リーク量 $1 \times 10^{-8} \text{ mmHg l/sec}$ 以下	真空引きの後 He ガスを注入し、 He のリーク量を 調べる。	全 数	合 否	
上部端栓	X 線 透過検査	検出されるクラックのないこと $0.3\phi_{\text{mm}}$ 以下の黒点、白点ま でを合格とする (但し、 $0.3\phi_{\text{mm}}$ は最大1個まで)	ペネトラメータ をJISZ3104によ るFO2を使用し、 直角2方向より撮 影したフィルム上 で判定する	全 数	合 否	
ベント外管 #3 体積保持 端栓 ベント外管 #4	重 量	0.1 gまでを秤量する	秤量計により測定	全 数	測定値	

2.3.3.3 組立後検査

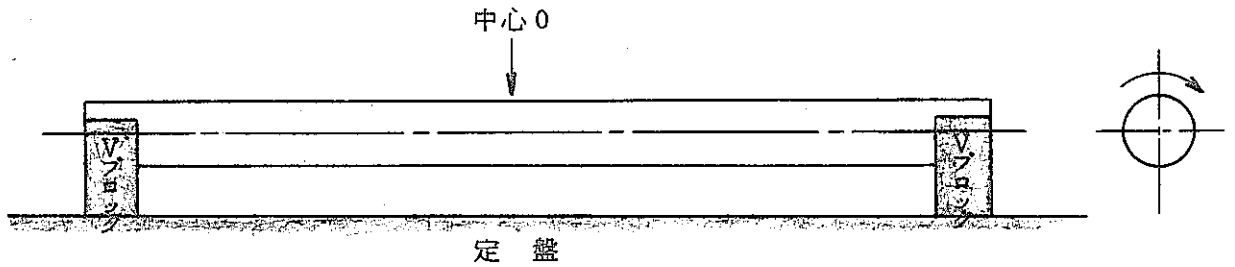
(5) ベント外管#3と体積保持端栓およびベント外管#4との溶接終了後

検査項目	検査基準	検査要領	頻度	記録	備考
曲り	全長に対して±3mm以内	定盤上で直線との隙間をX・Yの2方向で測定	全数	測定値及び合否	
全長	$L = 716 \text{ mm}^{\pm 1.0}$	ノギスにより測定	全数	測定値及び合否	

2.3.5 ベント機構試作後検査成績

2.3.5.1 組立後曲り検査成績表

両端を支点とし中心0の最大振れ量



(表 17)

項目 番号	振れ量 $\delta$ (mm)	合 否
A - 1	0.4	合 格
A - 2	0.58	合 格
A - 3	0.8	合 格
A - 5	0.6	合 格
A - 6	0.65	合 格
A - 7	0.6	合 格

(表 18)

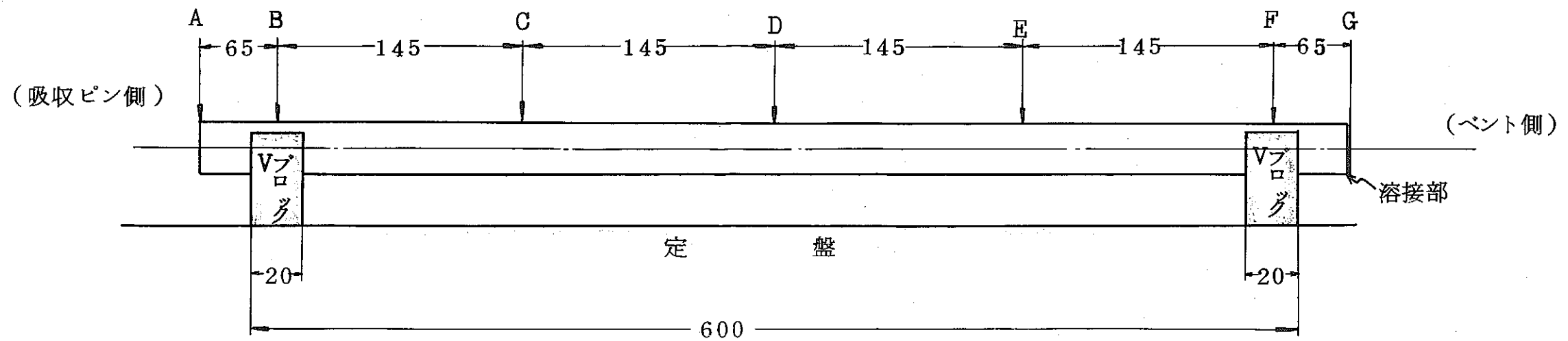
項目 番号	振れ量 $\delta$ (mm)	合 否
B - 1	0.5	合 格
B - 2	0.45	合 格
B - 3	1.05	合 格
B - 5	0.55	合 格
B - 6	0.7	合 格
B - 7	0.9	合 格

但し、ベント管A-4、B-4は予備試験使用の為未測定。

検査年月日 S 49. 2 . 13

検査者氏名

2.3.5.2 組立後 曲りの測定検査成績表



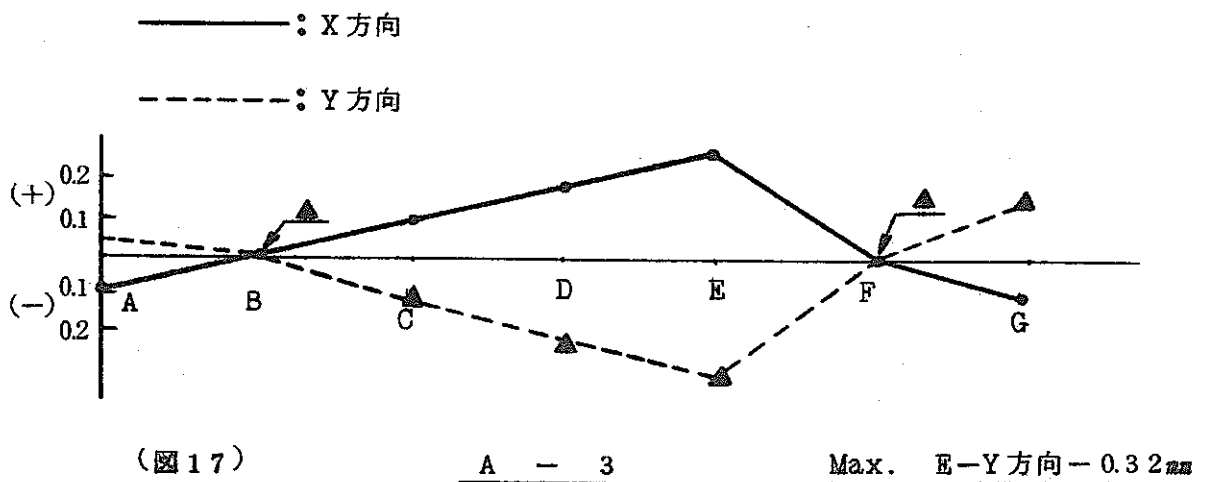
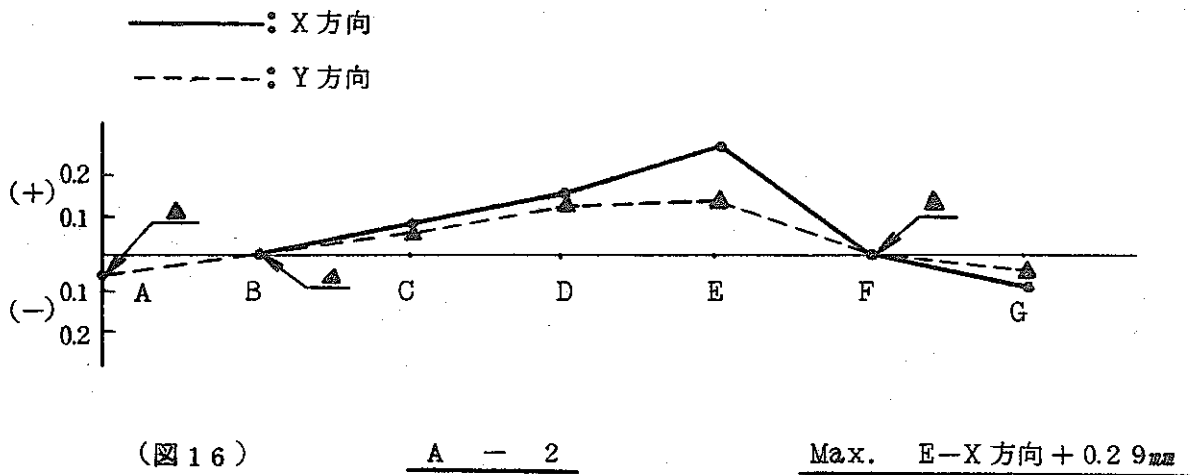
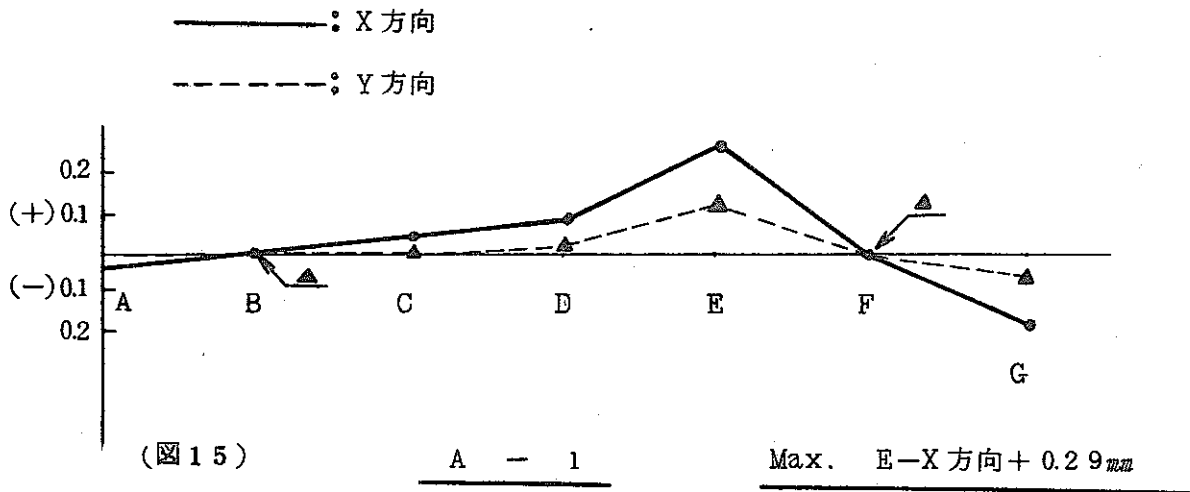
(表19)

	A 点 (mm)		B 点 (mm)		C 点 (mm)		D 点 (mm)		E 点 (mm)		F 点 (mm)		G 点 (mm)	
	X方向	Y方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向
A-1	-0.03	0.0	0.0	0.0	+0.05	0.0	+0.09	+0.02	+0.29	+0.13	0.0	0.0	-0.18	-0.06
A-2	-0.05	-0.05	0.0	0.0	+0.08	+0.06	+0.16	+0.13	+0.29	+0.14	0.0	0.0	-0.08	+0.14
A-3	-0.09	+0.04	0.0	0.0	+0.09	-0.12	+0.19	-0.22	+0.27	-0.32	0.0	0.0	-0.12	+0.14
A-4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A-5	+0.08	-0.04	0.0	0.0	-0.15	+0.06	-0.25	+0.11	-0.22	+0.23	0.0	0.0	+0.08	-0.14
A-6	-0.05	-0.01	0.0	0.0	+0.09	-0.06	+0.19	-0.12	+0.39	-0.14	0.0	0.0	-0.15	+0.02
A-7	+0.01	+0.02	0.0	0.0	-0.02	-0.08	+0.02	+0.20	-0.05	-0.32	0.0	0.0	-0.08	+0.12

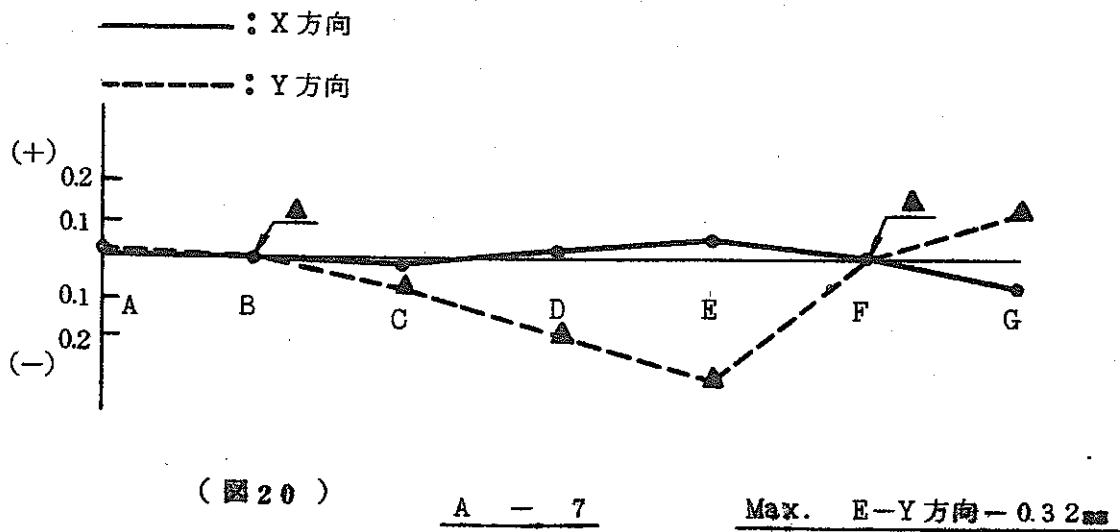
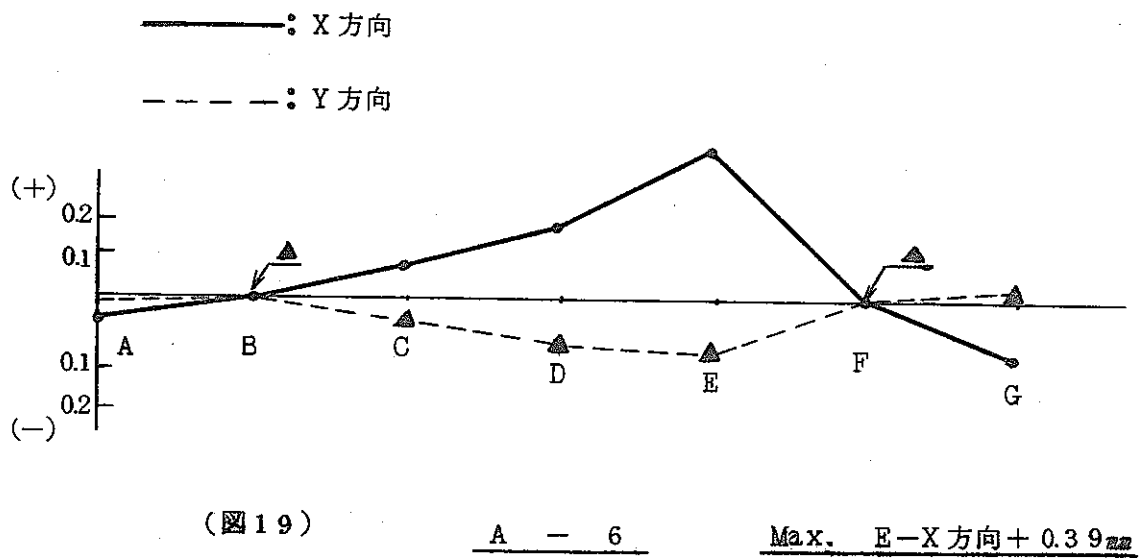
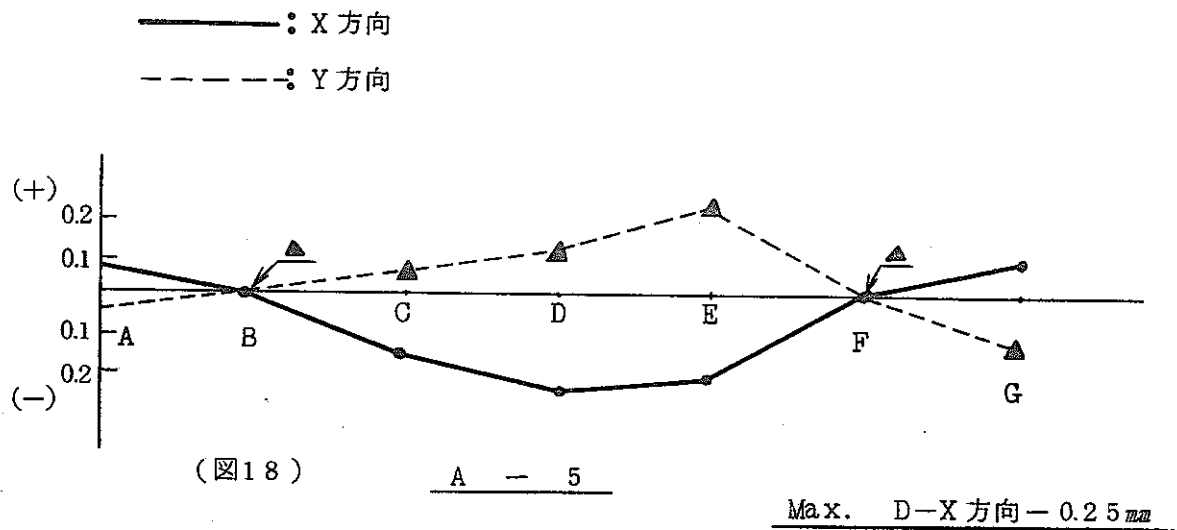
B-1	+0.09	-0.02	0.0	0.0	-0.13	+0.02	-0.26	+0.05	+0.05	-0.11	0.0	0.0	-0.11	+0.05
B-2	+0.09	+0.01	0.0	0.0	-0.15	-0.08	-0.25	-0.16	+0.11	-0.10	0.0	0.0	-0.04	+0.04
B-3	-0.14	-0.11	0.0	0.0	+0.22	+0.27	+0.36	+0.28	+0.33	+0.17	0.0	0.0	-0.10	-0.06
B-4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
B-5	+0.06	+0.06	0.0	0.0	-0.13	-0.12	-0.23	-0.20	-0.24	-0.10	0.0	0.0	+0.07	+0.08
B-6	+0.03	+0.02	0.0	0.0	-0.13	-0.11	-0.26	-0.24	-0.23	-0.10	0.0	0.0	+0.07	+0.06
B-7	+0.06	0.0	0.0	0.0	-0.23	0.0	-0.47	+0.01	-0.10	-0.13	0.0	0.0	+0.01	+0.04

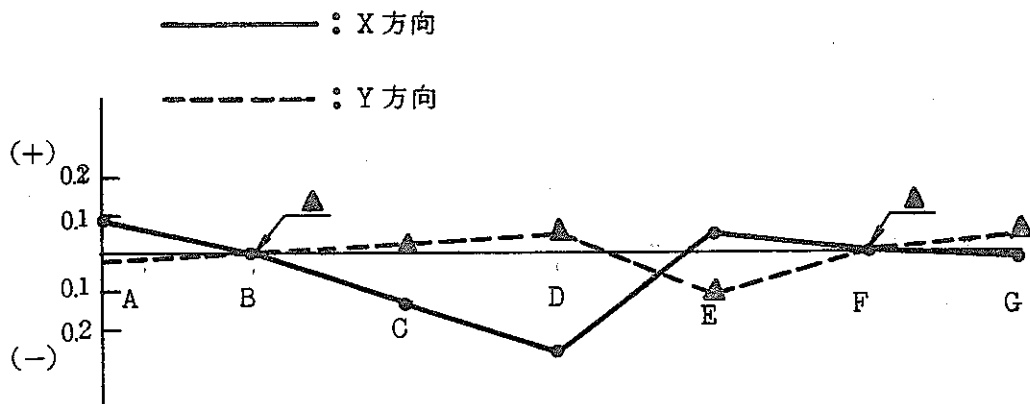
但し、A-4、B-4は予備試験に使用の為未測定

※ 前頁各ベント管の曲りの測定結果を以下の図に示す。





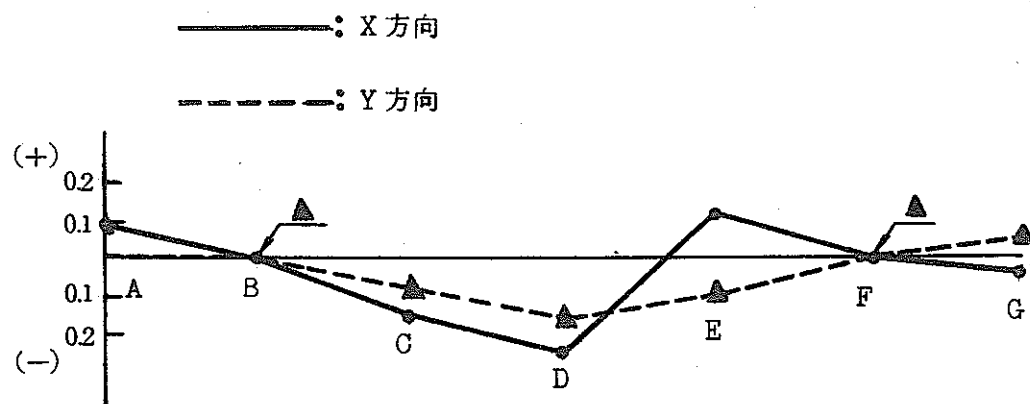




(图 21)

B - 1

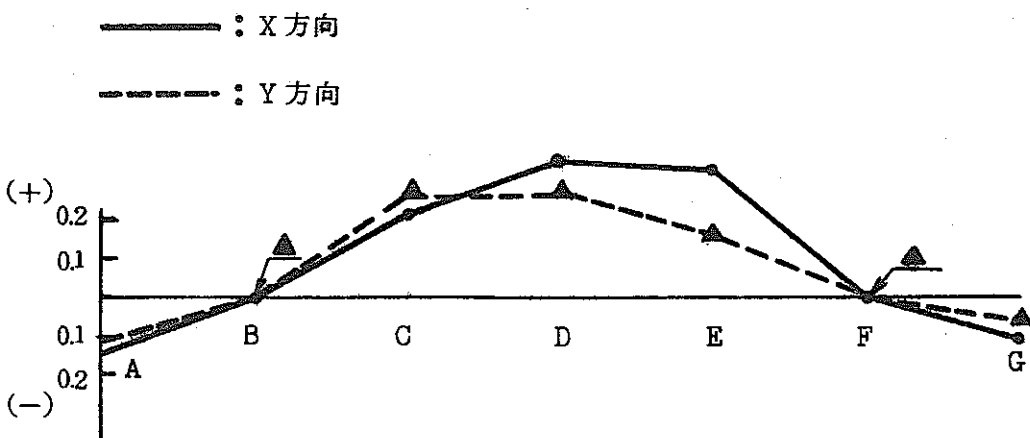
Max. D-X 方向 - 0.26 mm



(图 22)

B - 2

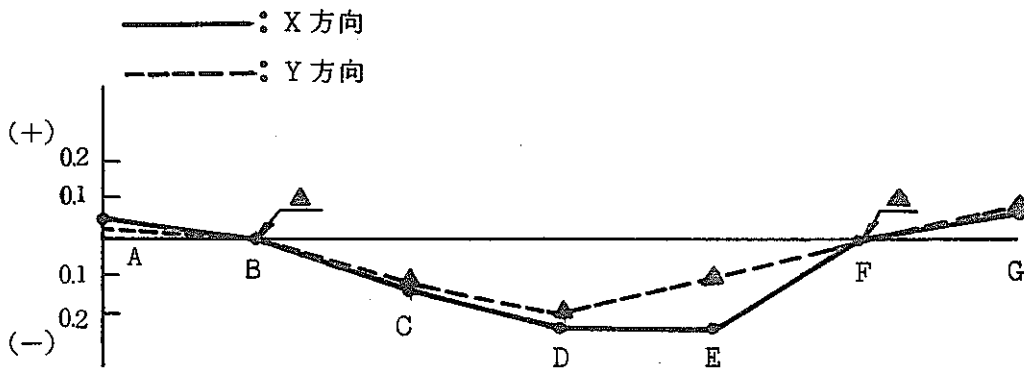
Max. D-X 方向 - 0.25 mm



(图 23)

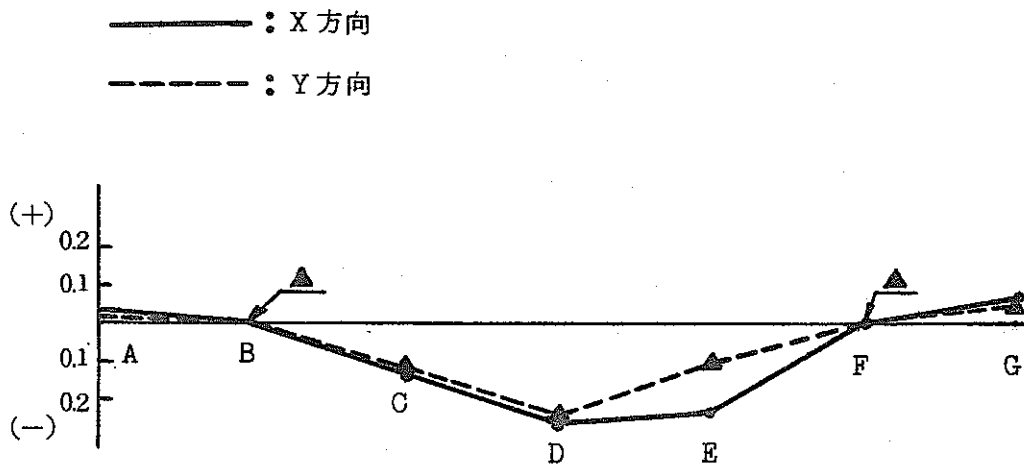
B - 3

Max. D-X 方向 + 0.36 mm



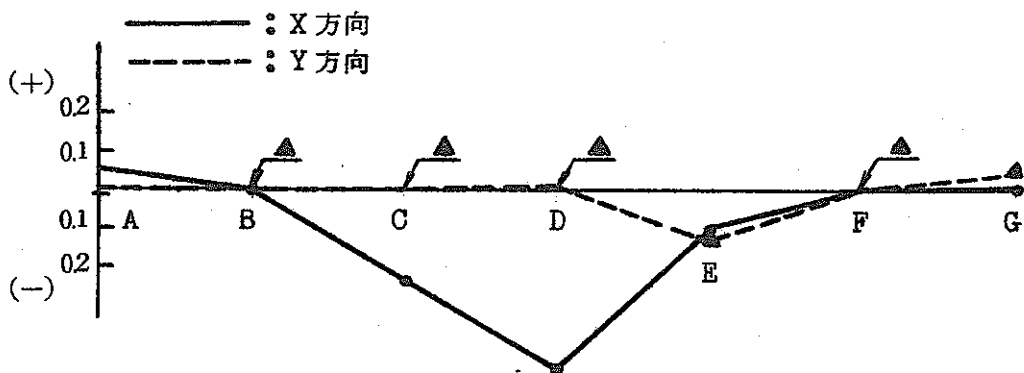
(图 24) B - 5

Max. E-X 方向 - 0.24 mm



(图 25) B - 6

Max. D-X 方向 - 0.26 mm

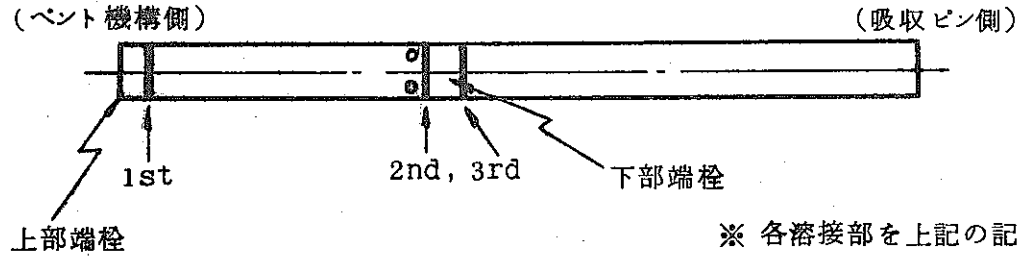


(图 26) B - 7

Max. D-X 方向 - 0.47 mm

但し、A-4, B-4 は予備試験に使用の為未測定

2.3.5.3 溶接部 X線透過検査成績表



検査年月日 S49.2.4.

検査者氏名 \_\_\_\_\_

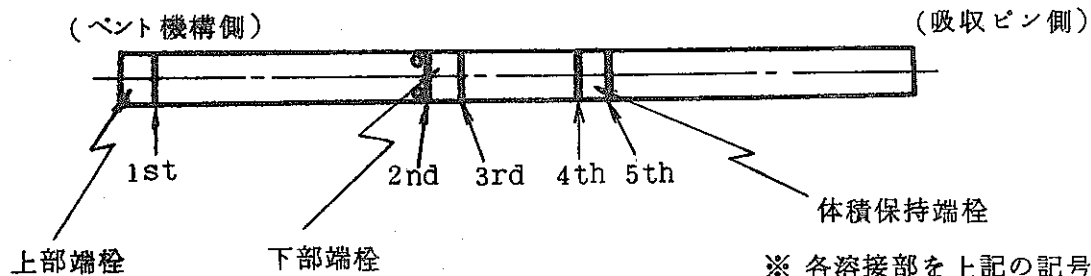
※ 各溶接部を上記の記号で示すものとする。

(表 20)

項目 番号	撮影番号	1 st		2 nd		3 rd	
		X方向	Y方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向
A-1	2-A	合格	合格	合格	合格	合格	合格
A-2	3-A	合格	合格	合格	合格	合格	合格
A-3	5-A	合格	合格	合格	合格	合格	合格
A-5	1-A	合格	合格	合格	合格	合格	合格
A-6	4-A	合格	合格	合格	合格	合格	合格
A-7	10-A	合格	合格	合格	合格	合格	合格

注1) ベント管 A-4 は予備試験  
に使用の為未撮影

2.3.5.3 溶接部X線透過検査成績表



検査年月日 S49.2.4.

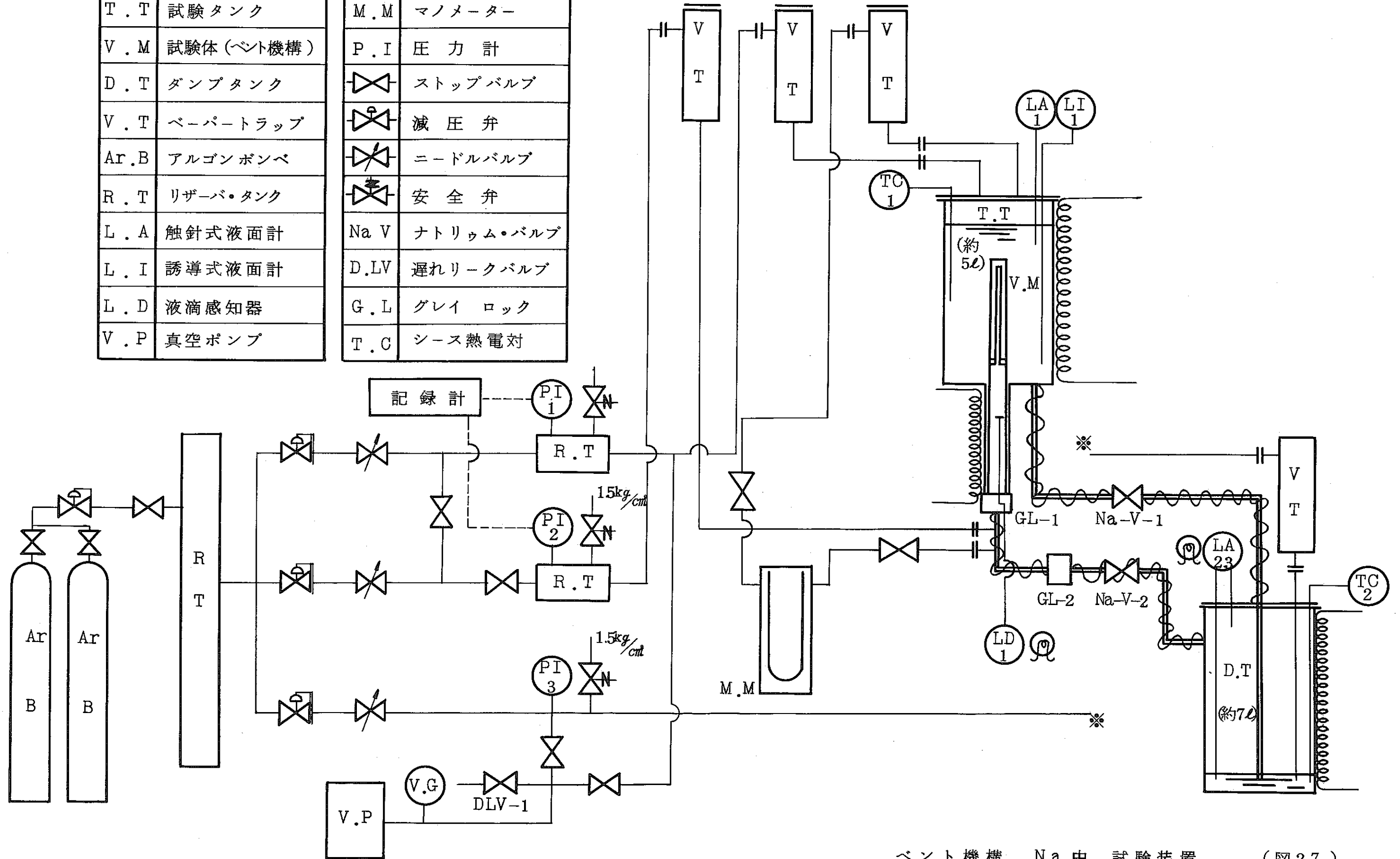
検査者氏名 \_\_\_\_\_

※ 各溶接部を上記の記号で示すものとする

(表 21)

項目 番号	撮影番号	1 st		2 nd		3 rd		4 th		5 th	
		X方向	Y方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向
B-1	13-B	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格
B-2	8-B	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格
B-3	6-B	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格
B-4	9-B	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格
B-5	11-B	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格
B-6	12-B	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格
B-7	1-B	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格

記号	名称	V.G	真空計
T.T	試験タンク	M.M	マンメーター
V.M	試験体(ベント機構)	P.I	圧力計
D.T	ダンプタンク	☒	ストップバルブ
V.T	ベーパートラップ	☒	減圧弁
Ar.B	アルゴンボンベ	☒	ニードルバルブ
R.T	リザーバ・タンク	☒	安全弁
L.A	触針式液面計	Na V	ナトリウム・バルブ
L.I	誘導式液面計	D.LV	遅れリークバルブ
L.D	液滴感知器	G.L	グレイロック
V.P	真空ポンプ	T.C	シース熱電対



ベント機構 Na 中 試験装置 (図 27)

部品写真

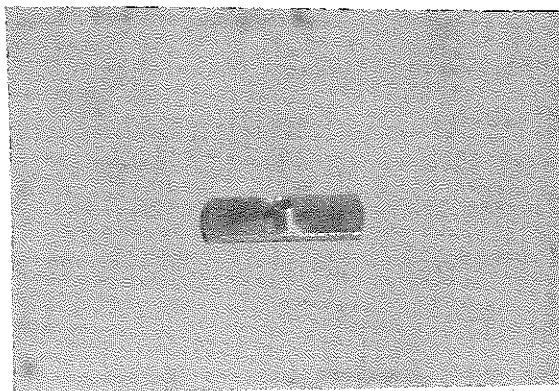


写真 - 1 ベント内管支持リング

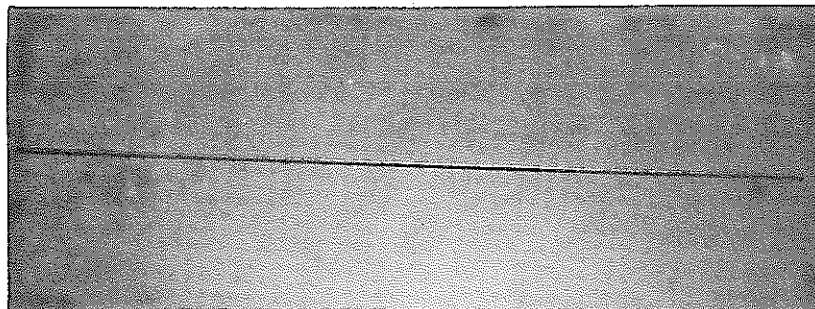


写真 - 2 ベント内管

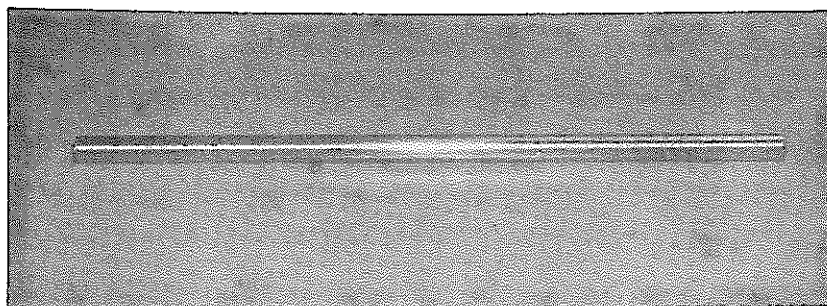


写真 - 3 ベント外管井 2

部品写真

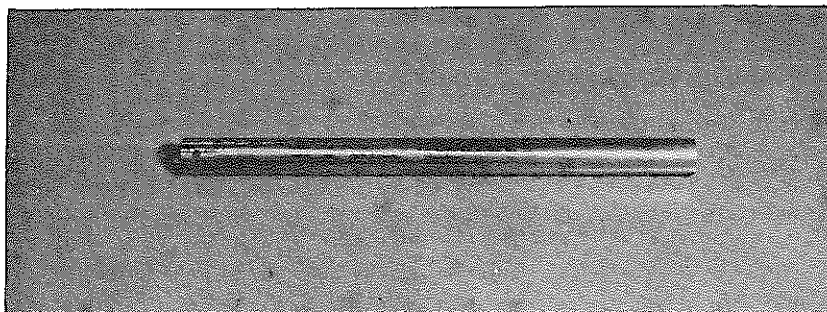


写真 - 4 ベント外管 # 1

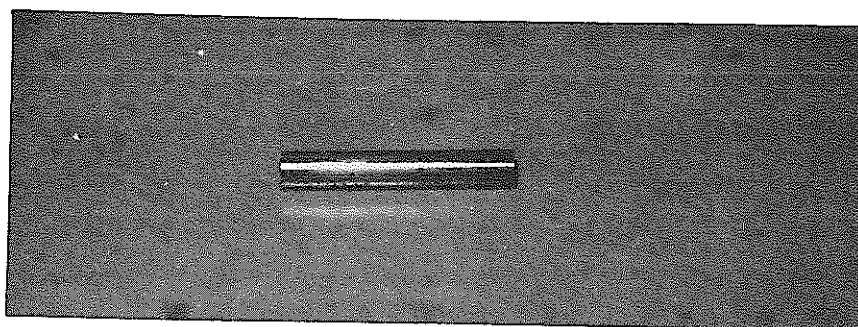


写真 - 5 ベント外管 # 3

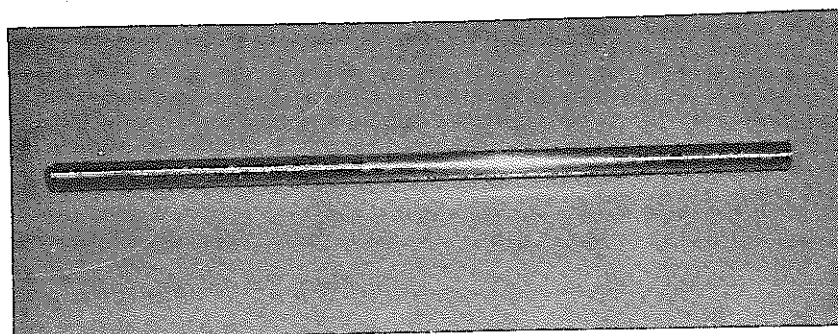


写真 - 6 ベント外管 # 4



部品写真

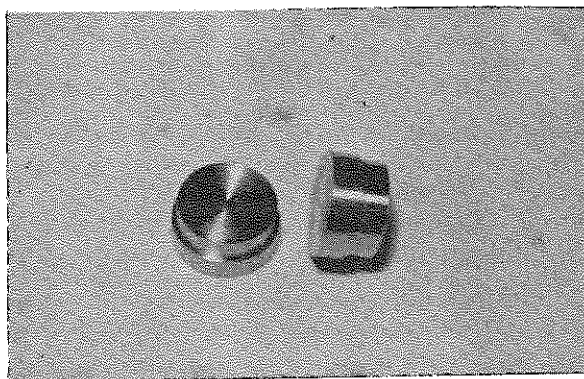


写真 - 7 上部端栓

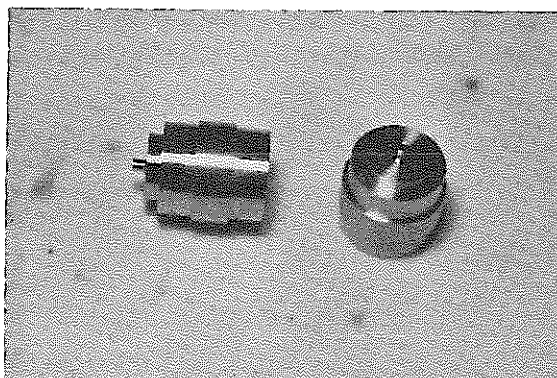


写真 - 8 下部端栓

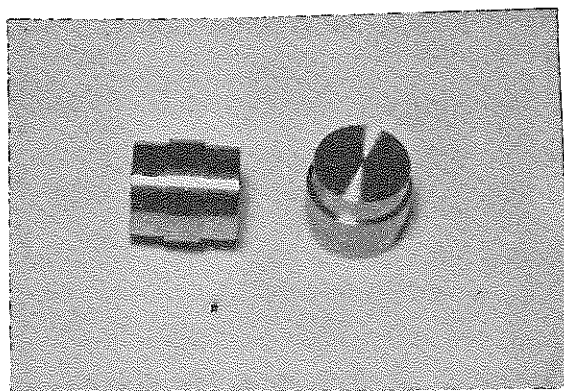


写真 - 9 体積保持端栓

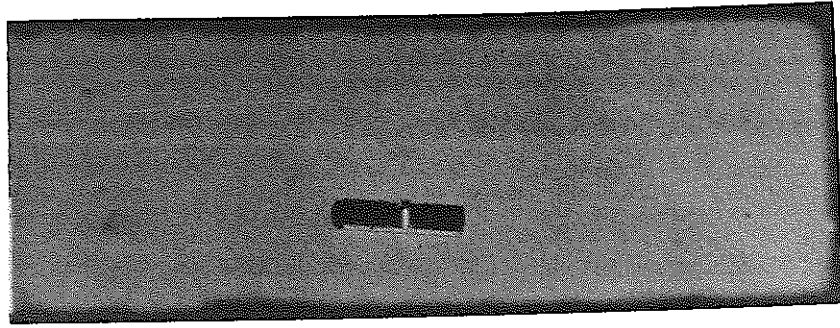


写真 - 1 0 ベント内管支持リング

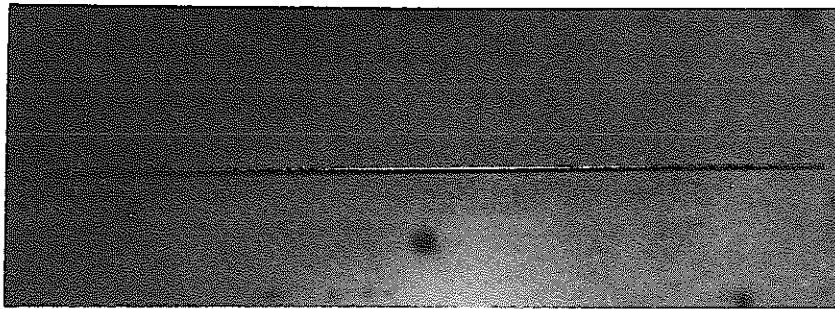


写真 - 1 1 ベント内管とベント内管支持リング溶接後

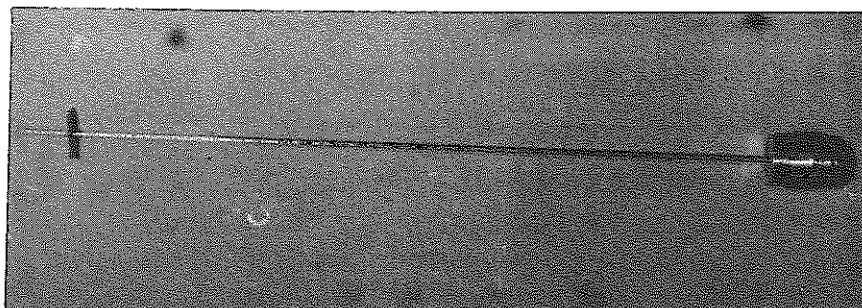


写真 - 1 2 ベント内管とベント内管支持リング及び下部端溶接後

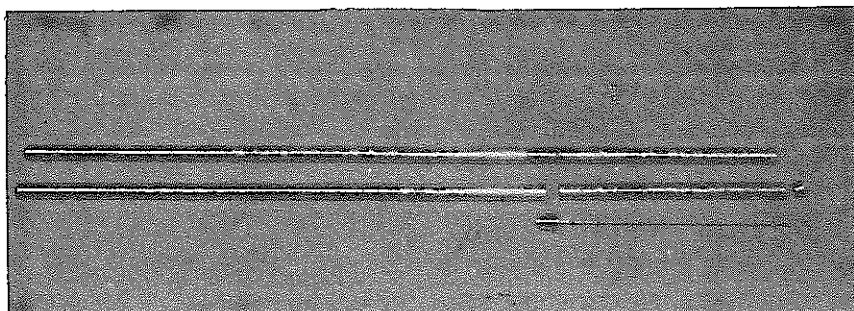


写真-13 ペント管(A)構成部品及び溶接後

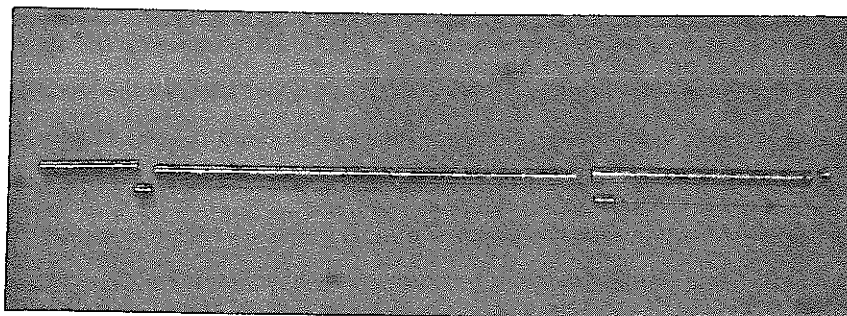


写真-14 ペント管(B)構成部品

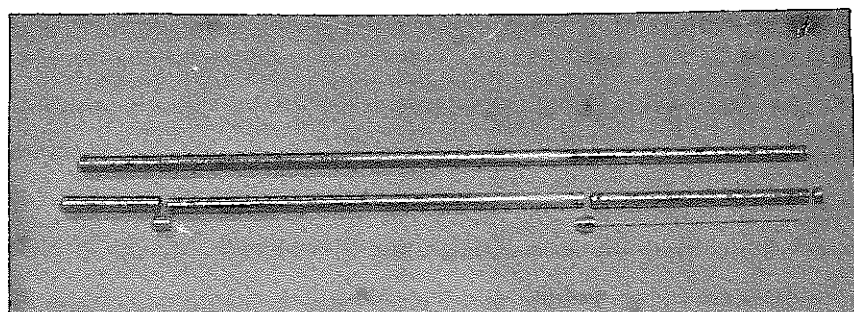


写真-15 ペント管(B)構成部品及び溶接後

溶接部 X 一線写真

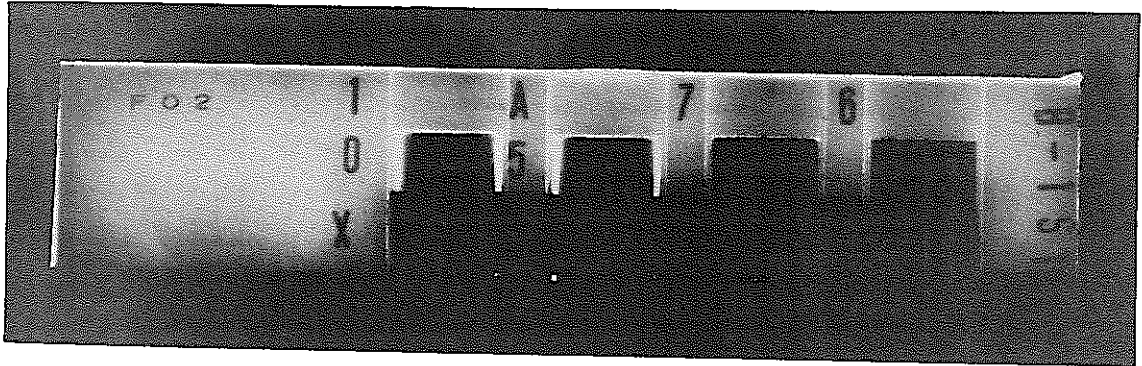


写真 1

X 方向

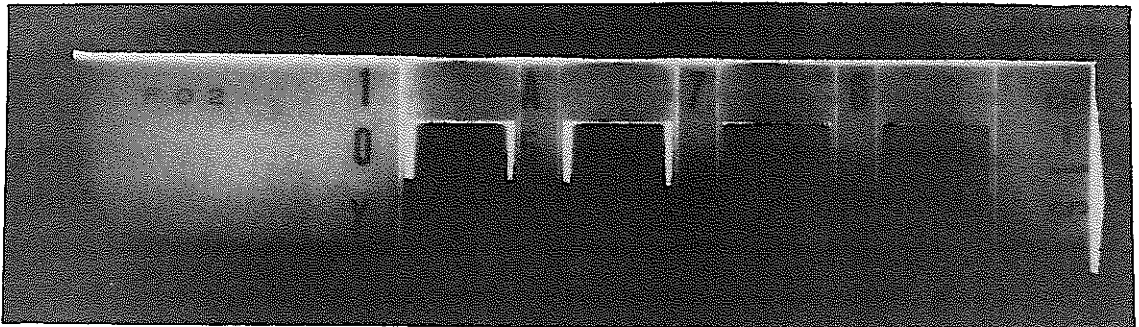


写真 2

Y 方向

撮影番号	10-A	5-A	7-B	6-B
ベント管番号	A-7	A-3	B-7	B-3
溶接位置	1st	1st	1st	1st

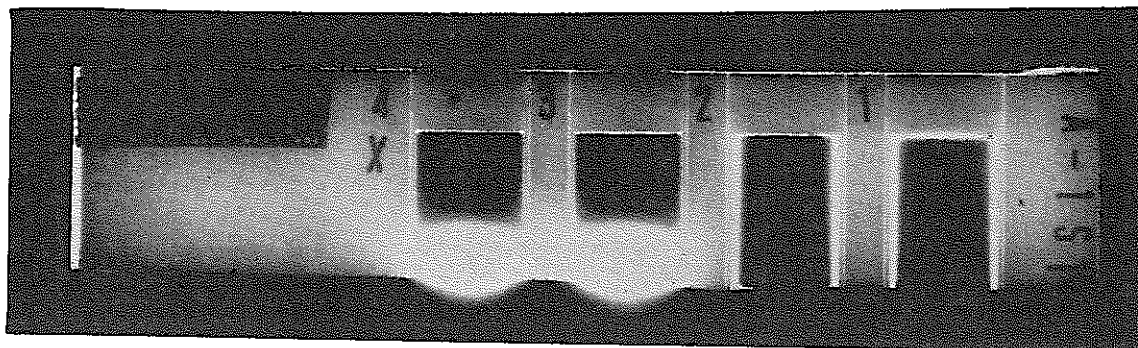


写真 3

X 方向

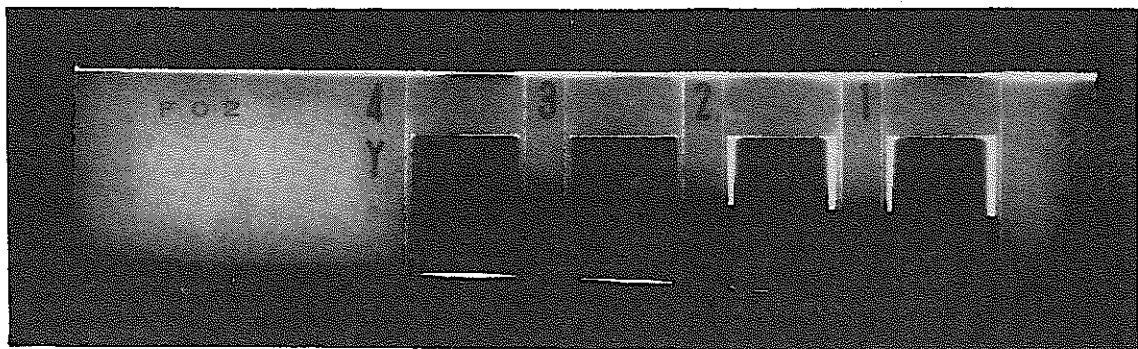


写真 4

Y 方向

撮影番号	4-A	3-A	2-A	1-A
ペント管番号	A-6	A-2	A-1	A-5
溶接位置	1st	1st	1st	1st



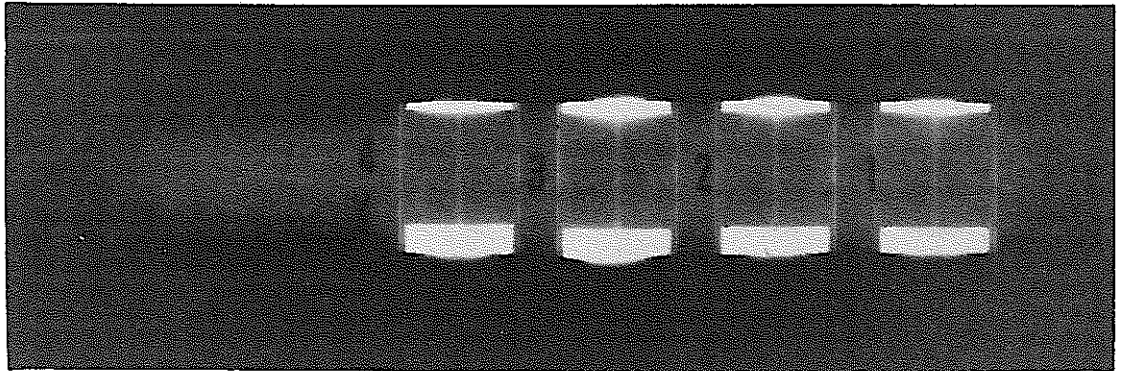


写真 5

X 方向

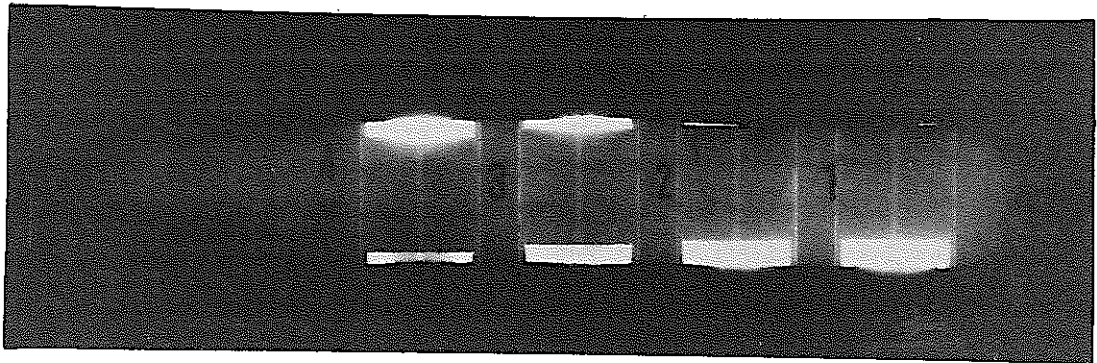


写真 6

Y 方向

撮影番号	4 - A	3 - A	2 - A	1 - A
ベント管番号	A - 6	A - 2	A - 1	A - 5
溶接位置	2nd 3rd	2nd 3rd	2nd 3rd	2nd 3rd

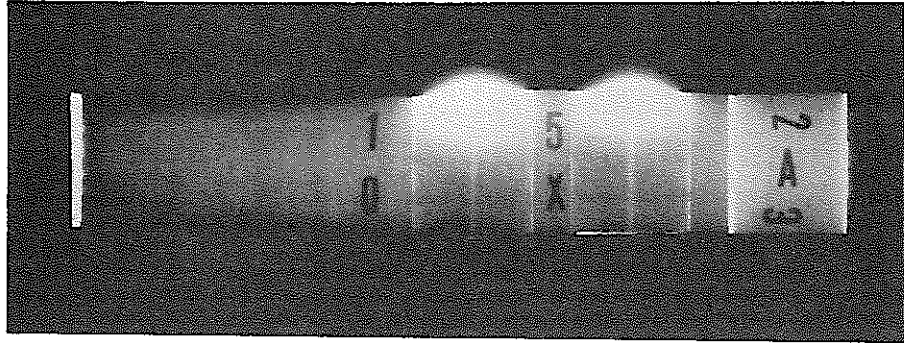


写真 7

X 方向

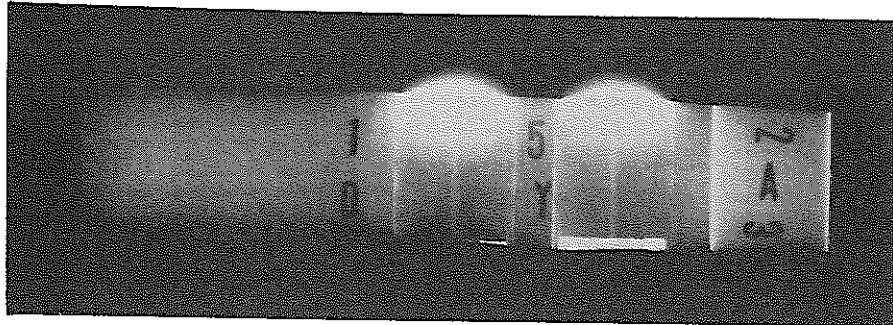


写真 8

Y 方向

撮影番号	10-A	5-A
ベント管番号	A-7	A-3
溶接位置	2nd 3rd	2nd 3rd

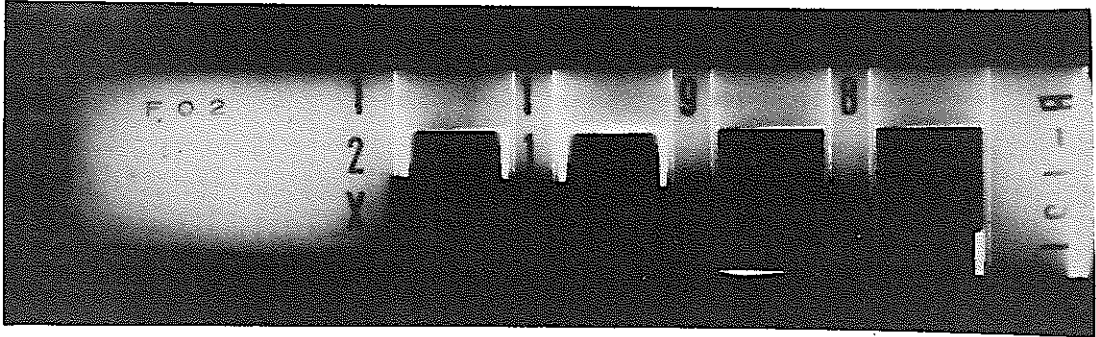


写真 9

X 方向

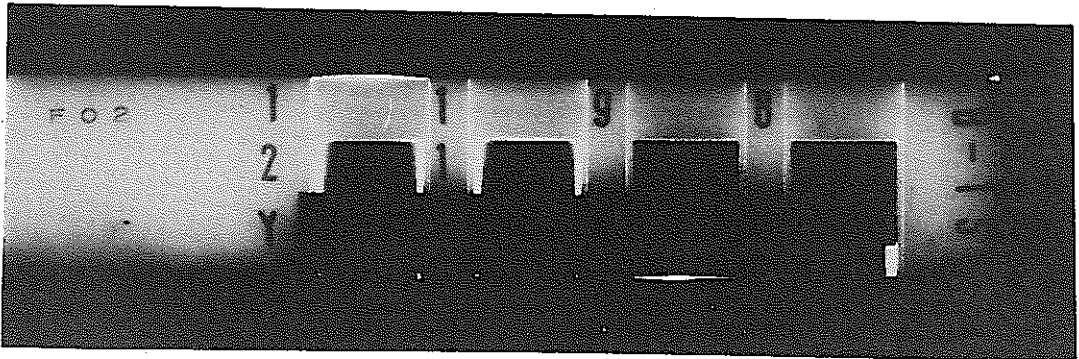


写真 10

Y 方向

撮影番号	12-B	11-B	9-B	8-B
ベント管番号	B-6	B-5	B-4	B-2
接続位置	1st	1st	1st	1st



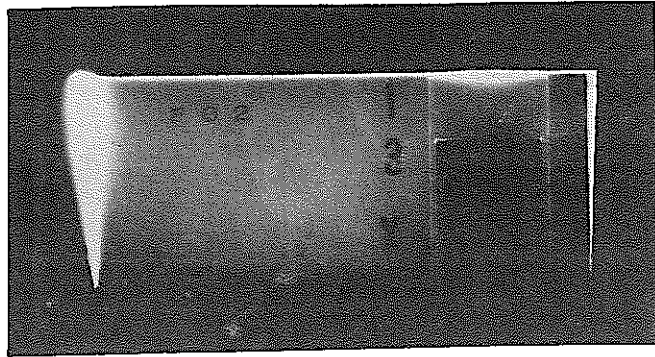


写真 11

X 方向

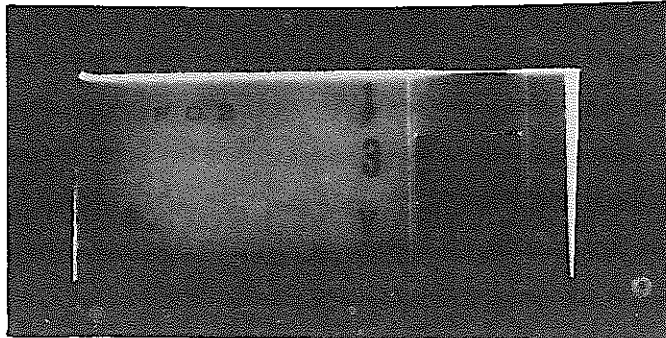


写真 12

Y 方向

撮影番号	13-B
ベント管番号	B-7
溶接位置	1st

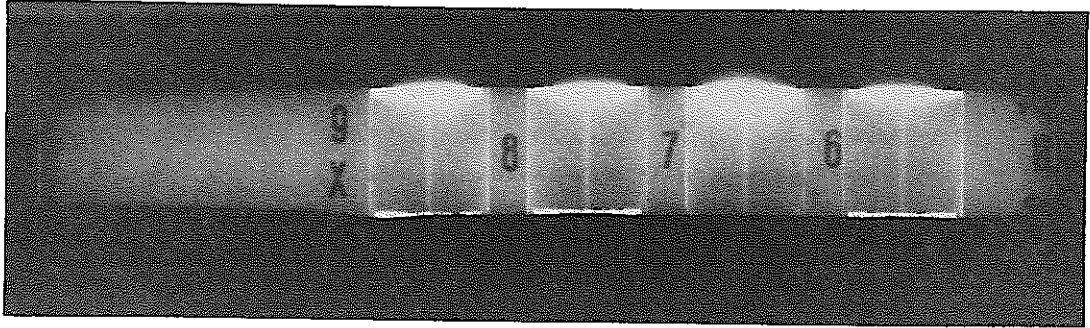


写真 13

X 方向

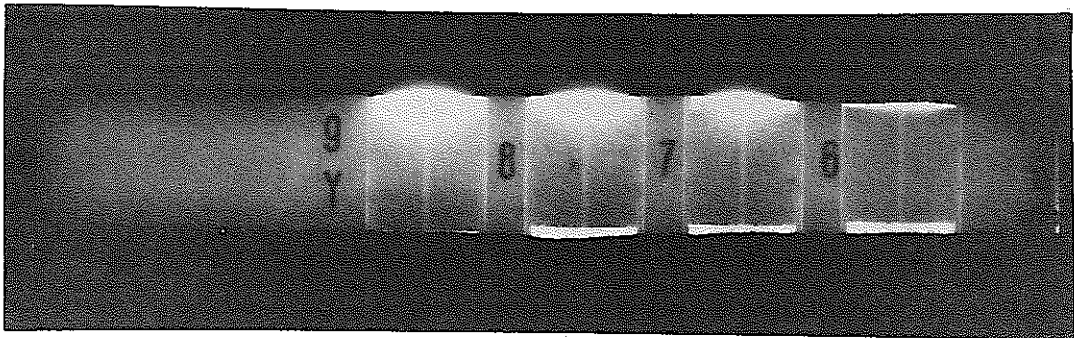


写真 14

Y 方向

撮影番号	9 - B	8 - B	7 - B	6 - B
ベント管番号	B - 4	B - 2	B - 1	B - 3
溶接位置	2nd 3rd	2nd 3rd	2nd 3rd	2nd 3rd

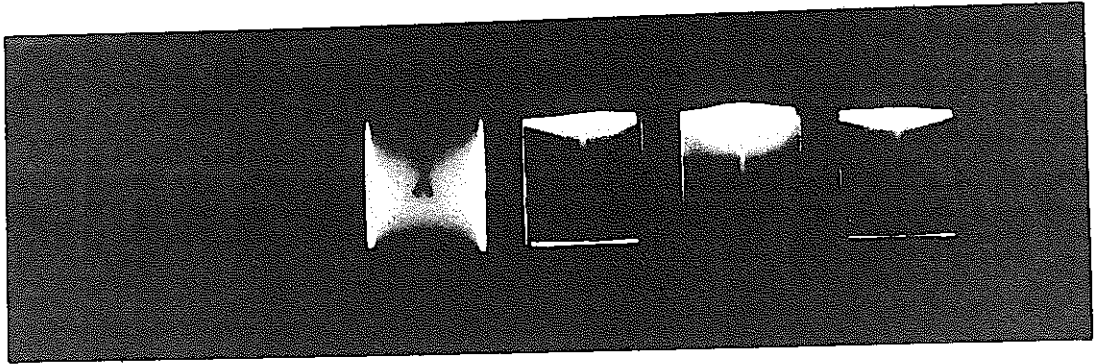


写真 15

X 方向

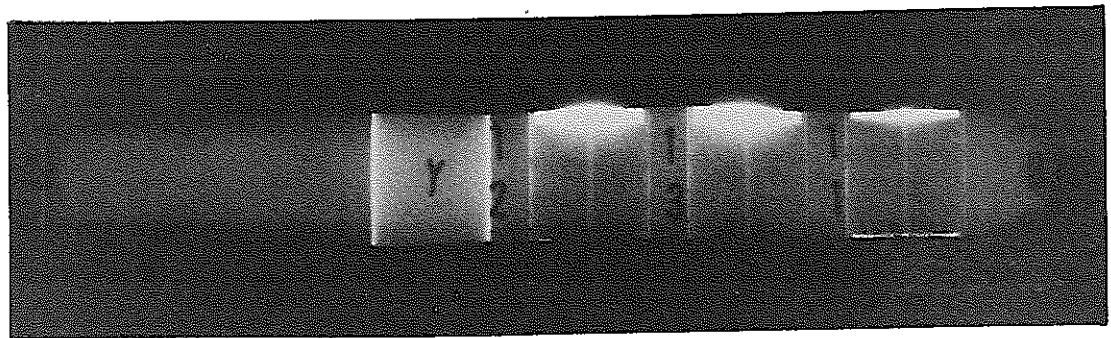


写真 16

Y 方向

撮影番号	13-B	12-B	11-B
ベント管番号	B-7	B-6	B-5
溶接位置	2nd 3rd	2nd 3rd	2nd 3rd

写真 20

Y 方向

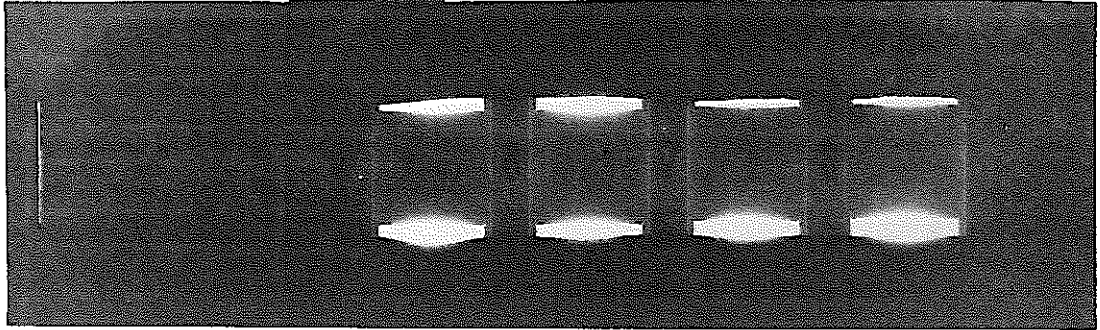


写真 17

X 方向

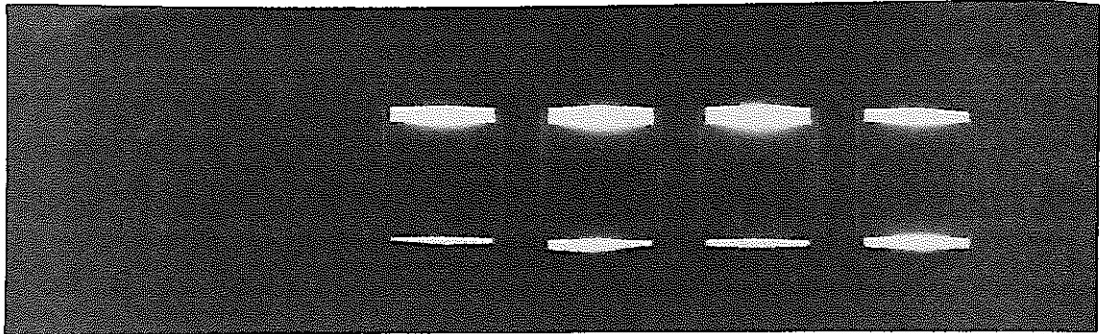


写真 18

Y 方向

撮影番号	9-B	8-B	7-B	6-B
ベント管番号	B-4	B-2	B-7	B-3
湾接位置	4th 5th	4th 5th	4th 5th	4th 5th

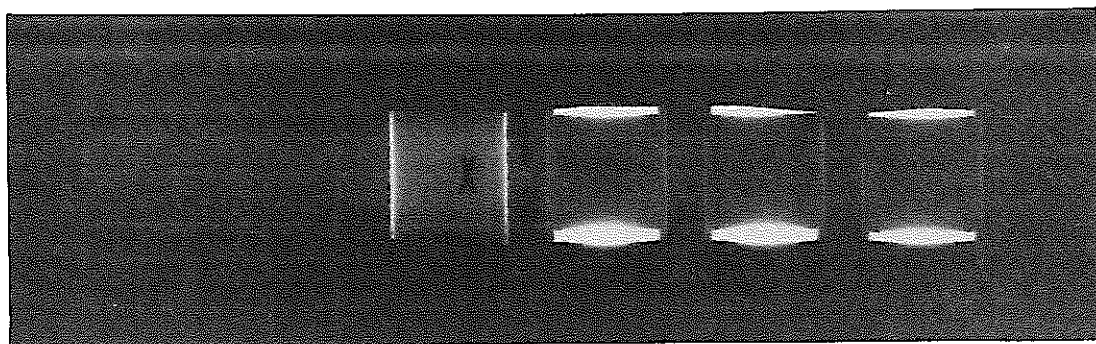


写真 19

X 方向

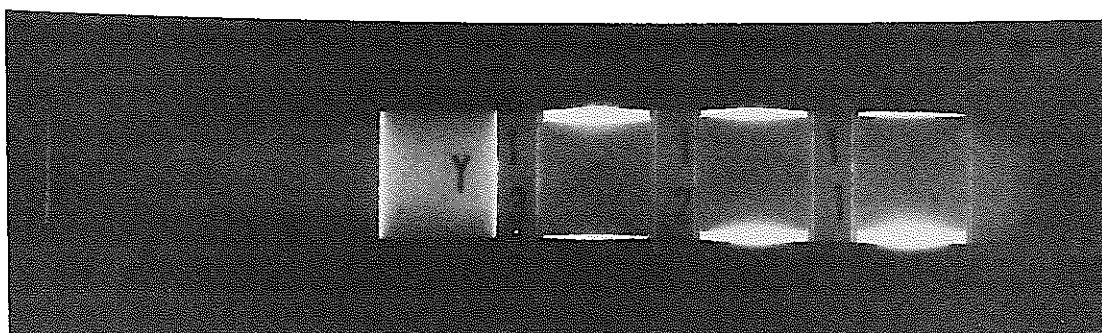


写真 20

Y 方向

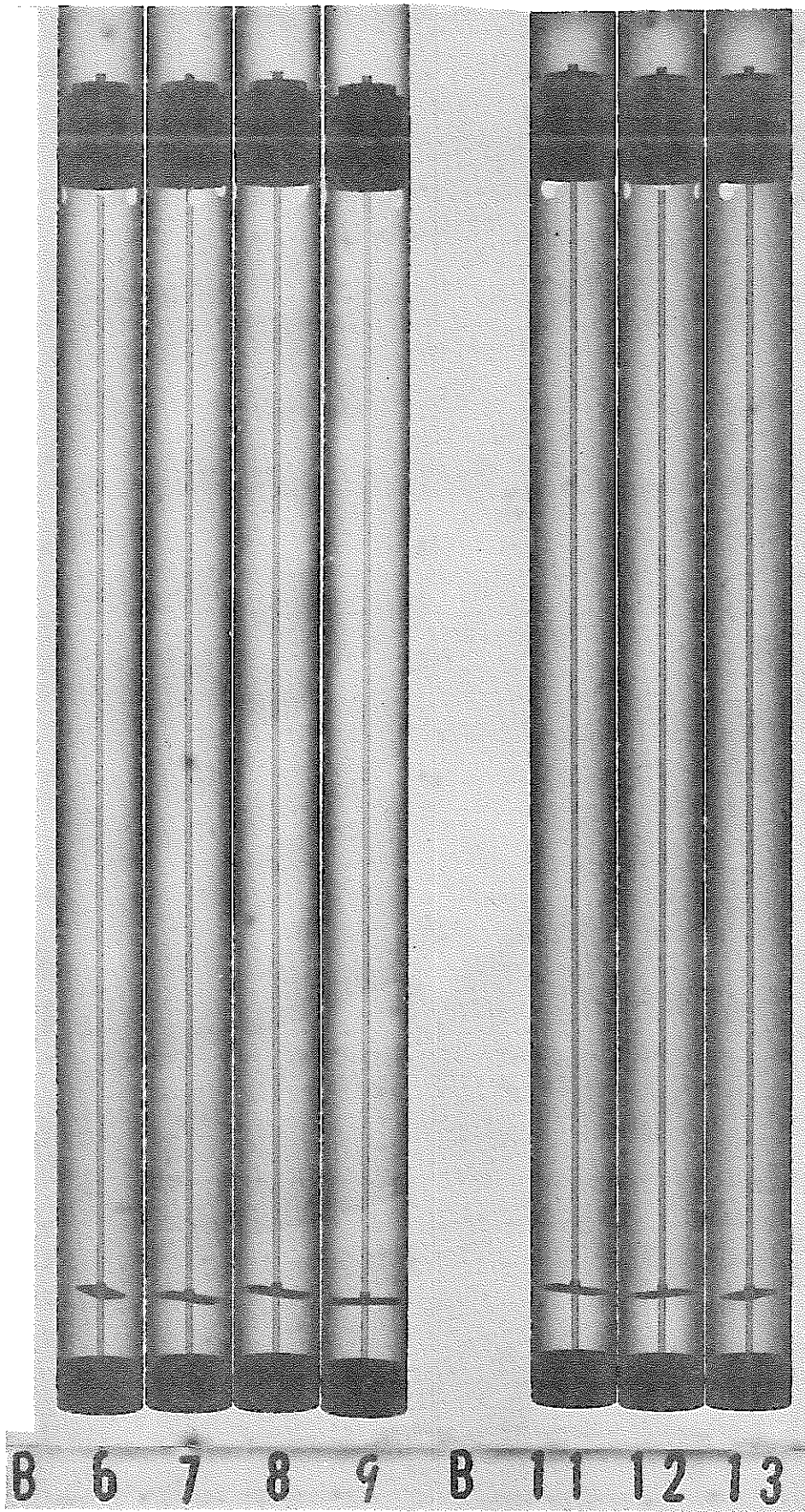
撮影番号	13-B	12-B	11-B
ペント番号	B-1	B-6	B-5
溶接位置	4th 5th	4th 5th	4th 5th



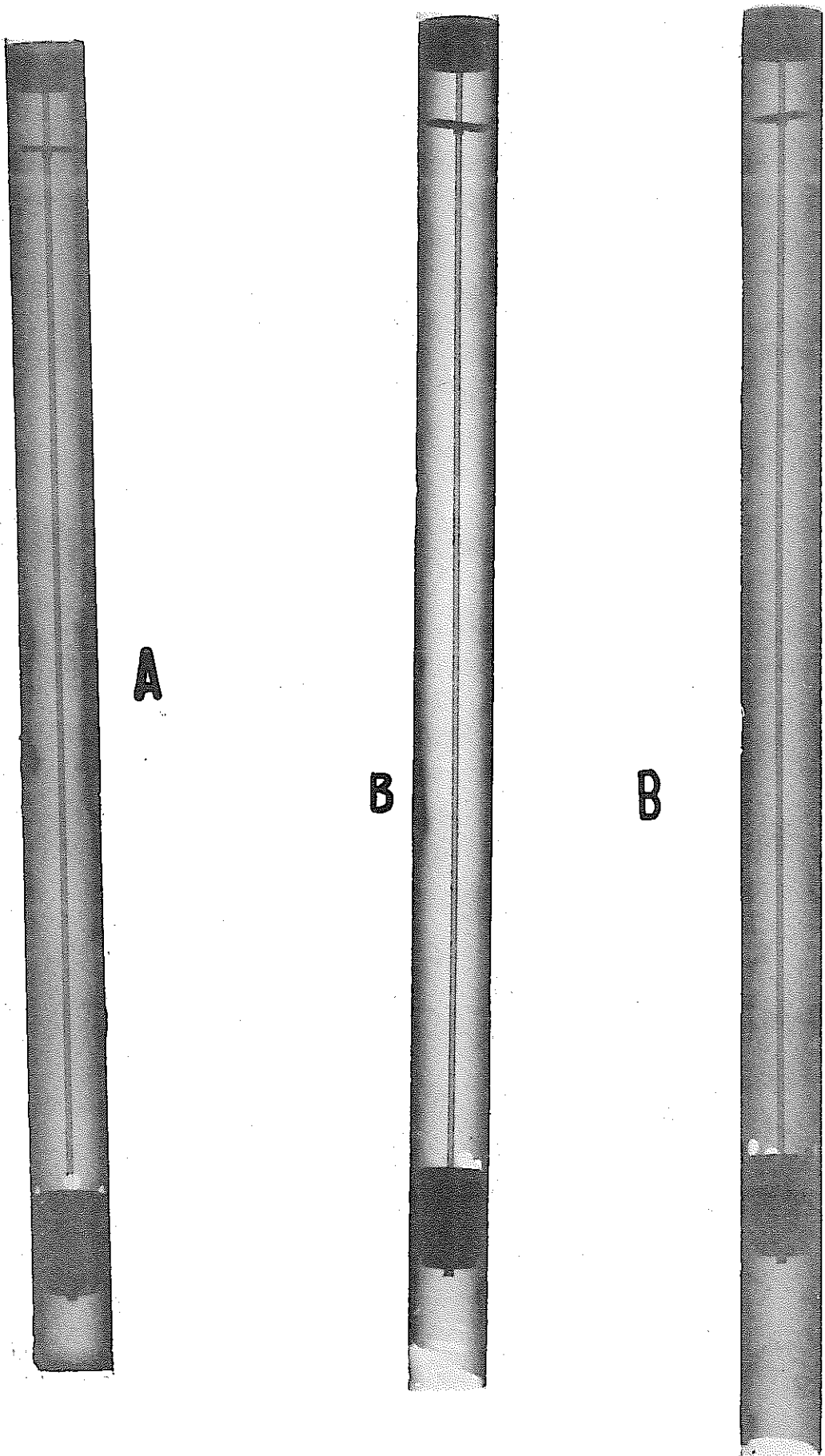


A 1 2 3 A 4 5 10

メント管(4)タイプ 全体透過写真



ペント管(同)タイプ 全体透過写真



試験ベント機構内透過写真