

JAERI-M

7105

NSRR大気圧カプセル及び実験計装の現状

1977年6月

山崎 利・菊池 隆・豊川 俊次
宇野 久男・谷内 茂康・菊地 孝行

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している
研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県
那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out
in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be
addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute,
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

NSRR大気圧カプセル及び実験計装の現状

日本原子力研究所 東海研究所 安全工学部

山崎 利・菊地^也隆・豊川俊次
宇野久男・谷内茂康・菊地孝行

(1977年5月9日受理)

NSRRにおける燃料破損実験のための実験計画作成の参考とするために、実験に使用している大気圧カプセル及び実験計装の概要、構造などについて述べたものである。これらのカプセル及び計装を用いて現在まで100回以上の燃料破損実験を実施し、有益な実験データの収録に成功している。実験計装のうち、温度、圧力、水塊速度などについては、ほぼ満足のゆく結果を得ている。今後さらに、水撃力計、ボイド計、燃料ミート温度等の改良、開発に努める予定である。

Standard Water Capsule and Instrumentation for NSRR Experiments

Toshi YAMAZAKI, Takashi KIKUCHI, Shunji TOYOKAWA,
Hisao UNO, Shigeyasu YACHI, Takayuki KIKUCHI

Division of Reactor Safety, Tokai, JAERI

(Received May 9, 1977)

The standard water capsule and the instrumentation, and instructions thereon, in NSRR experiments are described.

Over 100 in-pile experiments on the behavior of nuclear fuel under reactivity-initiated accident conditions have been performed in NSRR experiments. Much useful results were obtained with the capsules and instrumentations. Among the various kinds of instrumentations, the measuring systems of fuel surface temperature, water temperature, internal pressure of fuel cladding, pressure near to fuel cladding and water column motion operated satisfactorily. Efforts will continue in the future to improve or develop the measuring techniques for water hammer pressure, vapour phase in water and fuel meat temperature.

目 次

1. まえがき	1
2. 1型カプセル(ステンレス製, 標準水カプセル)	1
2.1 概要	1
2.2 構造	1
3. 支持具	1
3.1 概要	1
3.2 A型支持具	2
3.3 B型支持具	2
3.4 燃料棒の取付け上の注意	2
4. 計装	11
4.1 概要	11
4.2 信号伝送回路	11
4.3 カプセル内温度	11
4.3.1 目的	11
4.3.2 熱電対の仕様	11
4.3.3 取付け位置および方法	11
4.4 クラッド表面温度	12
4.4.1 目的	12
4.4.2 熱電対素線	12
4.4.3 取付け位置および方法	12
4.5 ミート温度	12
4.5.1 目的	12
4.5.2 熱電対取付方法	12
4.6 クラッド伸び計	13
4.6.1 目的	13
4.6.2 伸び検出器の仕様	13
4.6.3 伸び検出器の構造	13
4.6.4 取付け方法	13
4.7 ペレット伸び計	14
4.7.1 目的	14
4.7.2 伸び検出器の仕様	14
4.7.3 伸び検出器の構造	14
4.7.4 取付け方法	14
4.8 燃料棒内圧計	14
4.8.1 目的	14
4.8.2 圧力検出器の仕様	15

4.8.3	圧力検出器の構造	15
4.8.4	アダプター	15
4.8.5	圧力検出器取扱い上の注意	15
4.8.6	取付け方法	15
4.9	クラッド近傍圧力計	16
4.9.1	目的	16
4.9.2	取付け位置	16
4.10	水塊速度計	16
4.10.1	目的	16
4.10.2	水塊速度検出器の仕様	16
4.10.3	水塊速度検出器の構造	17
4.10.4	取付け方法	17
4.11	水撃力計	17
4.12	ボイド計	17
4.12.1	目的	17
4.12.2	概要	18
4.13	クラッド動ひずみ計	18
4.14	カプセル内圧計	18
4.14.1	目的	18
4.14.2	圧力検出器の仕様	18
4.14.3	圧力検出器の構造	19
4.14.4	アダプター	19
4.14.5	取付け方法	19
4.15	カプセル動ひずみ計	19
4.15.1	目的	19
4.15.2	概要	19
4.15.3	ひずみゲージの仕様	19
4.15.4	ブリッジ回路	19
4.15.5	ひずみゲージの取付け位置および方向	20
4.16	水中音測定器	20
4.17	中性子束測定	20
4.17.1	目的	20
4.17.2	照射試料	20
4.17.3	照射試料の取扱い	20
4.17.4	取付け位置	21
5.	実験計装盤	44
5.1	目的	44
5.2	データアンプの構成	44

5.3	伸び計増巾器	44
5.3.1	概要	44
5.3.2	伸び計増巾器の仕様	44
5.3.3	操作パネル	45
5.3.4	使用法	45
5.4	歪増巾器	45
5.4.1	概要	45
5.4.2	歪増巾器の仕様	45
5.4.3	ブリッジボックス	47
5.5	DC増巾器(ディファレンシアル型直流増巾器)	47
5.5.1	概要	47
5.5.2	DC増巾器の仕様	47
5.5.3	使用法	48
6.	信号ケーブル	60
6.1	目的	60
6.2	多芯ケーブル	60
6.3	接続部(ターミナル)	60
7.	あとがき	64
付録I	組立手順	66
付録II	試験燃料棒	66
付録III	熱電対の起電力	66
付録IV	シールコネクター	66
(1)	概要	66
(2)	シールコネクターの仕様	66
(3)	構造	66
(4)	問題点	67

序

NSRRは、世界最大の反応度を投入し得る単発パルス炉であると共に、我が国における最初の本格的なパルス炉として建設された。この炉を用いて昭和50年10月から軽水動力炉における反応度事故を模擬した燃料破損実験が開始され昭和52年2月迄に100回以上の実験を実施した。

実験回数の増加にともない、実験の精度並びに再現性の向上が要求され、そのためには、各種計装の開発と共に、人為的なバラツキを低減するために、カプセルの組立方法、各種計装の取付方法、校正等を標準化する必要が生じてきた。本報告書は、これらのカプセル及び計装の開発状況並びに、取付方法や校正などについて述べたものである。従ってカプセルの組立作業の際の要領書として十分役立つものと信ずる。

よって実験計画の作成に当っては本報告に述べるカプセル、支持具、計装類の開発の現状を参考にして進めると共に、組立要領書としても使用することを希望する。

安全工学部 NSRR 管理室長

1. まえがき

NSRRにおける燃料破損実験は、試験燃料をカプセルに封入し、これを実験孔に装荷し、パルス照射を行うものである。このためには、カプセルの他、試験燃料等の支持具や計装類を取付けなければならない。

カプセル組立方法の良否にかかわらず、人為的バラツキを低減化するために、組立てや計装の取付け方法、較正等を標準化しておく必要がある。実験の実施は、管理票（組立、照射、解体）によって進められており、カプセル組立てにあたっては、組立管理票（第1.1.1表参照）を作成し、実験管理係へ指示する。実験管理係では本資料に記す要領に従って組立てを実施する。また、本要領と異なる組立て方法を採用するときは、内容を明示した書類を組立管理票へ添付する必要がある。

2. I型大気圧水カプセル（ステンレス製標準水カプセル）

2.1 概要

本カプセルは、軽水炉型試験燃料棒を収納し、冷却材として軽水（純水）を注入し、常温常圧の条件下において、NSRR実験孔内で照射実験を行なうための容器であり、I型大気圧水カプセルという。

本容器は、収納した試験燃料の破損に伴って発生する破壊力に耐え、試験燃料片、核分裂生成物等を内部に閉じ込めるための耐圧密閉容器として設計、製作されている。

2.2 構造

外径 200mm ϕ 、全長約 1,200mm ℓ の円筒形で、内容積 120mm ϕ ×810mm ℓ の片側蓋付き容器である。

I型大気圧水カプセルの標準的な構造を第2.2.1図に示す。また、第2.2.1表に現在所有のカプセルの一覧を示す。カプセルNo.13～No.24までは当図面と同構造であるが、それ以前に製作したカプセルNo.5～No.12はキャップ部の寸法が図とは異なっているので使用時には注意すること。図面で指示してある許容漏洩量（He） 1×10^{-6} Acc/sec以下は、コナックシール部をメクラ栓したときの値であり、計装付きの状態では、 1×10^{-5} Acc/sec以下である。

3. 支持具

3.1 概要

試験燃料棒をカプセル内の一定場所へ固定するための治具であり、同時に伸び計、温度計、水塊速度計等の各種検出器の支持にも利用する。現在使用中のものは、A型支持具、B型支持具であり、今後、必要に応じて開発する。

1. まえがき

NSRRにおける燃料破損実験は、試験燃料をカプセルに封入し、これを実験孔に装荷し、パルス照射を行うものである。このためには、カプセルの他、試験燃料等の支持具や計装類を取付けなければならない。

カプセル組立方法の良否にかかわらず、人為的バラツキを低減化するために、組立てや計装の取付け方法、較正等を標準化しておく必要がある。実験の実施は、管理票（組立、照射、解体）によって進められており、カプセル組立てにあたっては、組立管理票（第 1.1.1 表参照）を作成し、実験管理係へ指示する。実験管理係では本資料に記す要領に従って組立てを実施する。また、本要領と異なる組立て方法を採用するときは、内容を明示した書類を組立管理票へ添付する必要がある。

2. I型大気圧水カプセル（ステンレス製標準水カプセル）

2.1 概要

本カプセルは、軽水炉型試験燃料棒を収納し、冷却材として軽水（純水）を注入し、常温常圧の条件下において、NSRR 実験孔内で照射実験を行なうための容器であり、I型大気圧水カプセルという。

本容器は、収納した試験燃料の破損に伴って発生する破壊力に耐え、試験燃料片、核分裂生成物等を内部に閉じ込めるための耐圧密閉容器として設計、製作されている。

2.2 構造

外径 200mm ϕ 、全長約 1,200mm ℓ の円筒形で、内容積 120mm ϕ ×810mm ℓ の片側蓋付き容器である。

I型大気圧水カプセルの標準的な構造を第 2.2.1 図に示す。また、第 2.2.1 表に現在所有のカプセルの一覧を示す。カプセルNo. 13～No. 24 までは当図面と同構造であるが、それ以前に製作したカプセルNo. 5～No. 12 はキャップ部の寸法が図とは異なっているので使用時には注意すること。図面で指示してある許容漏洩量（He） 1×10^{-6} Acc/sec 以下は、コナックシール部をメクラ栓したときの値であり、計装付きの状態では、 1×10^{-5} Acc/sec 以下である。

3. 支持具

3.1 概要

試験燃料棒をカプセル内の一定場所へ固定するための治具であり、同時に伸び計、温度計、水塊速度計等の各種検出器の支持にも利用する。現在使用中のものは、A型支持具、B型支持具であり、今後、必要に応じて開発する。

1. まえがき

NSRRにおける燃料破損実験は、試験燃料をカプセルに封入し、これを実験孔に装荷し、パルス照射を行うものである。このためには、カプセルの他、試験燃料等の支持具や計装類を取付けなければならない。

カプセル組立方法の良否にかかわらず、人為的バラツキを低減化するために、組立てや計装の取付け方法、較正等を標準化しておく必要がある。実験の実施は、管理票（組立、照射、解体）によって進められており、カプセル組立てにあたっては、組立管理票（第 1.1.1 表参照）を作成し、実験管理係へ指示する。実験管理係では本資料に記す要領に従って組立てを実施する。また、本要領と異なる組立て方法を採用するときは、内容を明示した書類を組立管理票へ添付する必要がある。

2. I型大気圧水カプセル（ステンレス製標準水カプセル）

2.1 概要

本カプセルは、軽水炉型試験燃料棒を収納し、冷却材として軽水（純水）を注入し、常温常圧の条件下において、NSRR実験孔内で照射実験を行なうための容器であり、I型大気圧水カプセルという。

本容器は、収納した試験燃料の破損に伴って発生する破壊力に耐え、試験燃料片、核分裂生成物等を内部に閉じ込めるための耐圧密閉容器として設計、製作されている。

2.2 構造

外径 200mm ϕ 、全長約 1,200mm l の円筒形で、内容積 120mm ϕ ×810mm l の片側蓋付き容器である。

I型大気圧水カプセルの標準的な構造を第 2.2.1 図に示す。また、第 2.2.1 表に現在所有のカプセルの一覧を示す。カプセルNo 13～No 24 までは当図面と同構造であるが、それ以前に製作したカプセルNo 5～No 12 はキャップ部の寸法が図とは異なっているので使用時には注意すること。図面で指示してある許容漏洩量（He） 1×10^{-6} Acc/sec 以下は、コナックシール部をメクラ栓したときの値であり、計装付きの状態では、 1×10^{-5} Acc/sec 以下である。

3. 支持具

3.1 概要

試験燃料棒をカプセル内の一定場所へ固定するための治具であり、同時に伸び計、温度計、水塊速度計等の各種検出器の支持にも利用する。現在使用中のものは、A型支持具、B型支持具であり、今後、必要に応じて開発する。

3.2 A型支持具

A型支持具は試験燃料を支持すると共に、燃料のクラッド伸び計、ペレット伸び計、および水塊速度計を取付けられるようにしたものである。構造を第3.2.1図に示す。

3.3 B型支持具

B型支持具はクラッド伸び計、およびペレット伸び計を使用しないときの支持具である。その構造を第3.3.1図に示す。

3.4 燃料棒の取付け上の注意

試験燃料棒へ最大の中性子束の位置になるように、原則として原子炉の軸方向の中心と試験燃料の中心（ミート部分の中心）を合わせること。

I型大気圧水カプセルにおいては、第3.4.1図および第3.4.2図で指定した寸法で組立てることにより、炉心と試験燃料の軸方向中心を合わせられる。

また、クラッド伸び計、およびペレット伸び計は、第3.4.1図に示すように、それぞれ鉄片の中心と検出器の中心（軸方向）を合わせること。

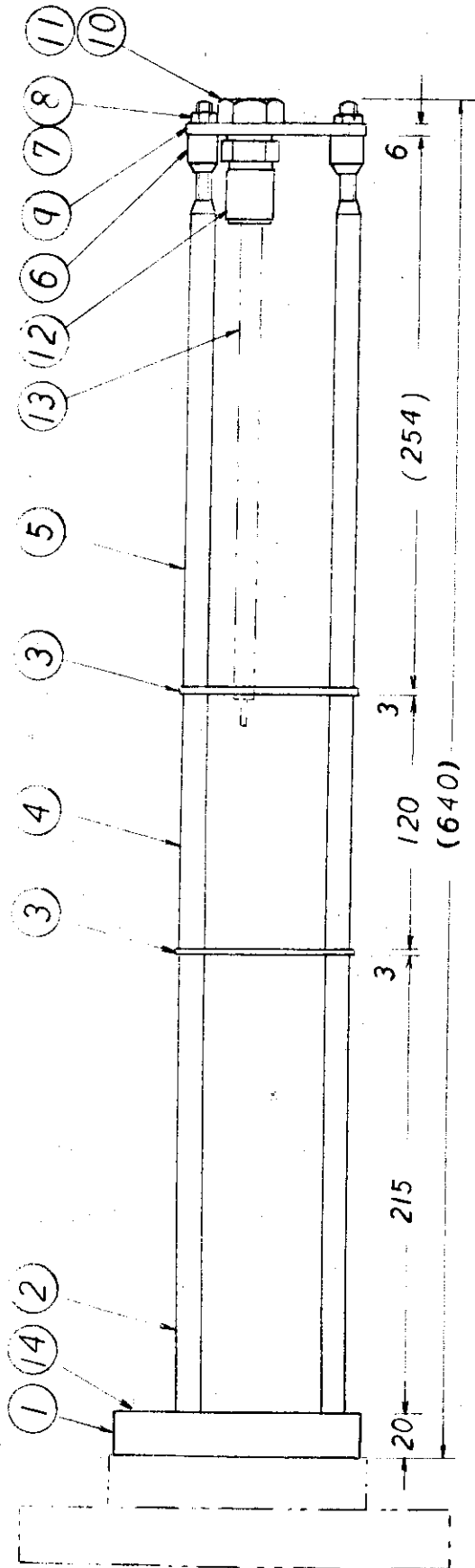
第 1. 1. 1 表 組立管理票の見本

Test No		NSRR 燃料破損実験 (組立管理票)					
Run No		Assembling No			整理 No		
実験目的							
照射条件	発熱量 [cal/g _{UO₂}]	燃 料		備 考			
		濃縮度 [%]	重 量 [g]				
燃料払出	型 式	燃料本数	試験燃料 No		燃料払出月日	確 認	実 験 技 管
					年 月 日		
組立条件	照射前検査		燃料計装		カプセル計装		備 考
	外 観 検 査		クラッド表面温度		水 温		
	寸 法 測 定		クラッド伸び計		カプセル内圧		
	重 量 測 定		ペレット伸び計		熱中性子束		
	X線ラジオグラフィ		燃料内圧		水塊速度計		
	中性子ラジオグラフィ		燃料ミート温度		カプセル歪		
	写 真 撮 影						
					注水水位: [cm]		
<input type="checkbox"/> 標準記録による		<input type="checkbox"/> 標準計装による		別 添			
<input type="checkbox"/> 別紙データシートによる		<input type="checkbox"/> 別紙図面による					
組立	組立前検査		組 立		完成検査		組立終了
	外 観	カプセル	支持具	開始	年 月 日		年 月 日
		耐 圧	[kg/cm ²]		番号確認	燃 料	外 観 導 通
	放 射 線	[mR/h]	[mR/h]	考	支持具	ヘリウムシーク	
		確 認 作業者		確 認 作業者	カプセル		[Acc/sec]
	承 認	主・技	管理室長	研究室長	技・管	作 成	確 認

* 太線内は作成者記入
* 記入はボールペンで

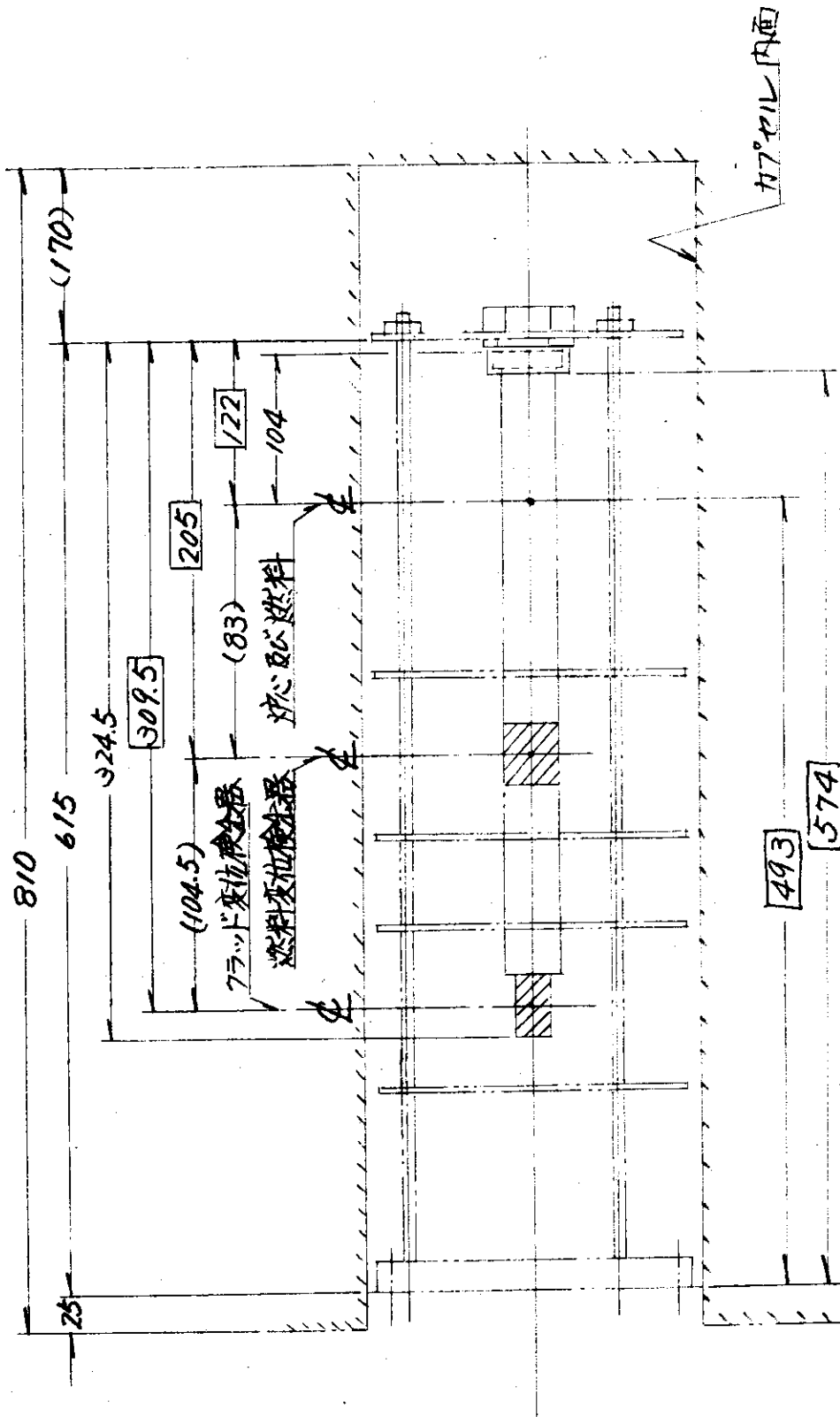
第2.2.1表 I型大気圧水カプセル

カプセル No.	目的および相違点	備 考	
1 2 3 4	カプセル内圧をクォーツ センサーで測定するた めのカプセルである。	} 特別の実験のみ使用し、一般には使用し ないこと。	
5 6 7 8 9 10 11 12	キャップとカラーの寸法 が小さい。		旧型 キャップとカラーを新型で製作中
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	第2.2.1 図と同じ形状で ある。		新型
25 26 27 28 29 30 31	第2.2.1 図と同じ形状で ある。		製作中

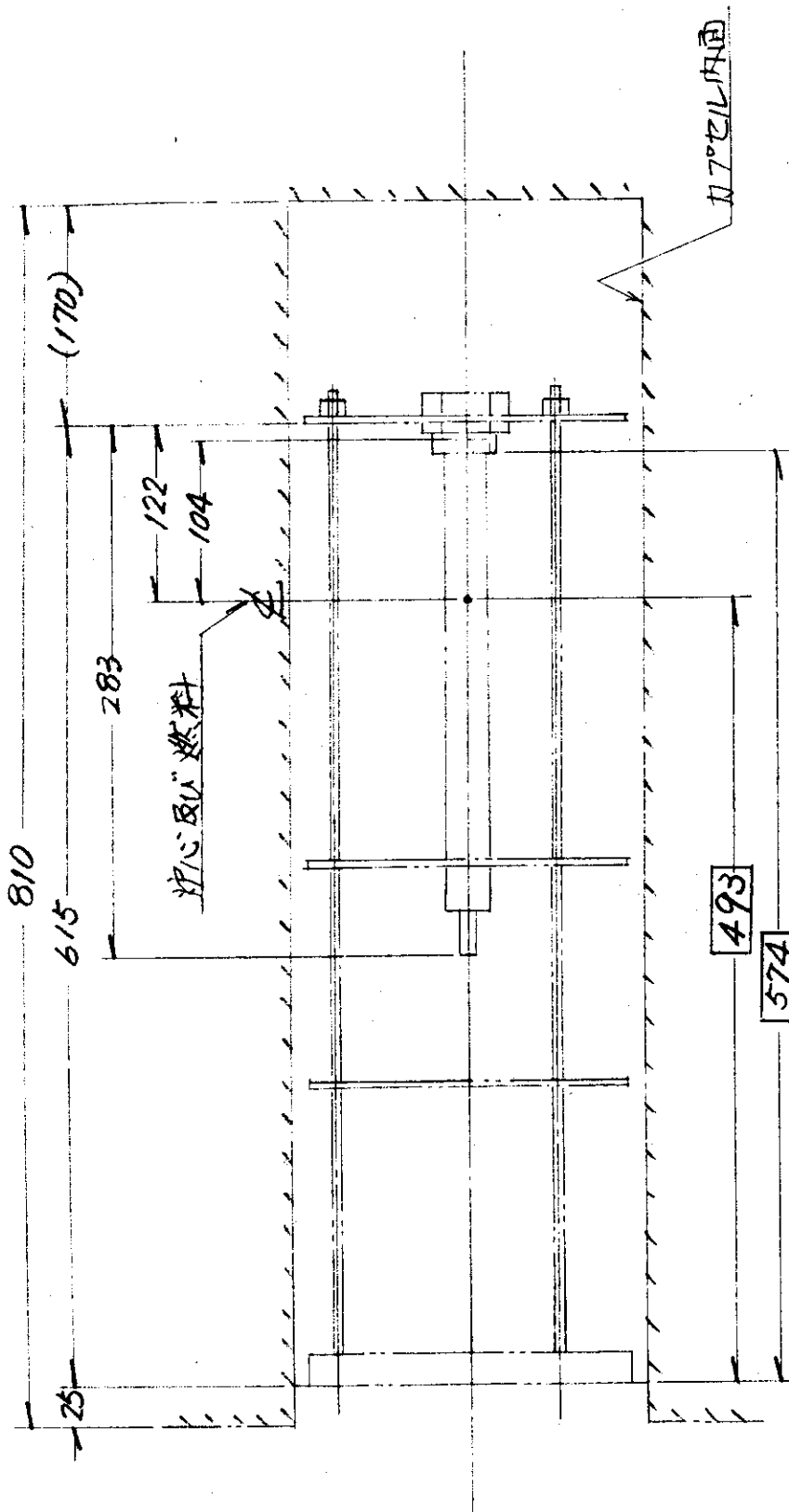


14	穴付ボルト	AL	3	M6 首T 28
13	燃料	UO ₂	1	
12	別架ボルト	AL	1	
11	ナット	.	1	
10	ワッシャー	.	1	
9	固定板	.	3	
8	ワッシャー	.	3	
7	固定ボルト	.	3	
6	調節ボルト	.	3	
5	支柱	.	3	
4	支柱	.	3	
3	保符板	.	1x2	
2	支柱	.	3	
1	支持基座	AL	1	
品名	部品名	材質	個数	備考

第 3.3.1 図 B 型支持具組立図



第 3.4.1 図 A 型支持具のカプセル内位置



第3.4.2図 B型支持具のカプセル内位置

4. 計 装

4.1 概 要

照射実験中の燃料、冷却材、カプセル等の過渡状態を把握するために取付ける計装で、主として温度、圧力、ひずみ、伸び、水塊速度、等を測定する。ここではカプセル内外面へ取付けられる検出器および信号伝送回路について述べる。

現在使用可能な検出器の種類を第 4.1.1 表に示す。

4.2 信号伝送回路

I型大気圧水カプセルに取付けた検出器からデータ収録系への信号伝送の回路は、現在、標準型と特別型の二通りある。第 4.2.1 図、第 4.2.2 図に信号伝送回路を示す。カプセル内の検出器からの信号は、コナックスシールを通してカプセル外に取り出されるが、標準型は、カプセル内信号回路数 8 ch、(多芯ケーブルは 11 ch)、特別型は、カプセル内信号回路数 16 ch、(多芯ケーブルは 21 ch) からなる。検出器の種類と数は、それぞれの回路数以内であれば実験目的に応じて任意に選定できる。

組立てに当っては、組立管理票に従って検出器を取付けた後、第 4.2.1 図又は第 4.2.2 図に従って、実験Noと使用検出器の名称とNo並びに検出器と結線されたコナックスシールNoおよびコナックスシールと結線する多芯ケーブルをこの図中に記入すること。組立管理票 1 枚につき、この図面 1 枚を添付する。

なお端子 J 43 (あるいは J 53) からプリアンプ出力側 (J 15, J 16, J 17, ……) の結線はプリアンプ盤内に組込まれている。アンプの選定は差し替え部の配線によって任意に使用できる。

4.3 カプセル内温度

4.3.1 目的

本計装はカプセル内に注入された冷却材 (軽水) の温度を測定するためのものである。特別に指示のないかぎりシース外径 1.0mm ϕ 、グラントタイプ、のクロメル/アルメル熱電対を 1 ch だけ使用する。

4.3.2 熱電対の仕様

熱電対：クロメル/アルメル

シース外径：1.0mm ϕ

型式：シングルエレメントグラントタイプ 0.75 級

シース全長：600mm 又は 1,000mm

測定範囲：500 $^{\circ}$ C まで

4.3.3 取付け位置および方法

取付け位置を第 4.3.2 図に示す。熱電対の先端 (感温部) は燃料棒中心に合わせ (± 10 mm 内)、燃料棒表面より 10mm 以上離れた位置とする。熱電対は支持具柱へ SKB バンド等でしっかりと

固定し、特に感温部は他の物へふれないように注意すること。

これ以外の取付け方法のときは、組立管理票に添付図付きで指示すること。

4.4 クラッド表面温度

4.4.1 目的

本計装は試験燃料棒の被覆管表面温度を測定するものであり、熱電対素線を直接被覆管表面へスポット溶接して温度を測定する。

4.4.2 熱電対素線

使用に当っては、実験目的に応じ、第4.4.1表の中から素線を選定し使用する。使用する素線は組立管理票で指示すること。第4.4.1表に記載する以外の素線を使用したいときは、事前に実験管理係へ連絡し、取付けの可能性の検討並びに在庫の確認を行うこと。

4.4.3 取付け位置および方法

組立管理票指示の取付け位置の寸法および番号を第4.4.1図に示す。

素線は直接クラッドへスポットウェルドする。素線の燃料棒に対する方向とスポットウェルドの大きさは、標準取付け「A」^(*1)のときは、第4.4.2図とし、標準取付け「B」^(*2)のときは、第4.4.3図とする。

なお標準取付けのときは、組立管理票および計装取付け要領書において、熱電対の種類、その太さ、番数（対数）、取付け方法、A、Bの区別を指示すること。

取付け位置または取付け方法が、標準取付けと異なる場合は、その内容の判るような書類（添付図等）を組立管理票に添付すること。

4.5 ミート温度

4.5.1 目的

本計装は試験燃料棒のミート部の温度を測定するためのものであり、現在試作中である。取付けは、燃料製作時に行うので、本目的のために使用する燃料の組立てに当っては、燃料ミート温度計付きの試験燃料を用いることになる。

4.5.2 熱電対取付け方法

試験燃料棒の端栓またはクラッド等の適当な位置からM・Iケーブルで取出し、M・Iケーブルの端末処理も含めて、燃料メーカーへ依頼する予定である。

注*1 取付け法「A」の場合には、燃料棒の周方向に対して感度が良くなり、長手方向に対して緩慢となる。

注*2 取付け法「B」の場合には、燃料棒の長手方向に対して感度が良くなり、周方向に対して緩慢となる。

4.6 クラッド伸び計

4.6.1 目的

本計装は照射時の被覆管伸びの過渡挙動を測定するものである。測定は、燃料棒上部端栓に鉄片を取り付け、その周囲に差動トランスを置き、鉄片の移動による差動トランス 2 次側の電圧変化から被覆管全体の伸びを測定するものである。

4.6.2 伸び検出器の仕様

差動トランスを利用し、燃料棒上部端栓に固定された鉄片の動きから燃料棒の伸びを電圧の変化として検出するものであり、その仕様の概要は次の通りである。

型 式	直線型
測 定 範 囲	± 8 mm まで
直 線 性	± 2.5% 以下
励磁周波数	30 K Hz 以下
使用条件	40 °C 以下, 防水性
導 線	1 m 長 (コネクター付き)
寸 法	全長 76 ± 1.0 mm 外径 30 $\begin{matrix} + 0.0 \\ - 0.5 \end{matrix}$ mm ϕ 内径 13 $\begin{matrix} + 0.5 \\ - 0.0 \end{matrix}$ mm ϕ
励磁電圧	約 5 V
出力電圧	10 V max.

4.6.3 伸び検出器の構造

差動トランスは、中空円筒形ボビンの中央部に 1 次コイルを巻き、両側へ 2 次コイルを巻いたものである。励磁電流による 2 次側の出力電圧が零になるように 2 側の 2 次コイルの巻き方向が逆になるように結線する。内部構造を第 4.6.1 図に、外径を第 4.6.2 図に示す。

4.6.4 取付け方法

取付け方法は以下の手順による。

- 1) 支持具は A 型を用意する。
- 2) 第 4.6.3 図に示すように、燃料棒へコネクターを介して鉄片を付ける。この時、ビスをゆるめればスムーズに取りはずしできる状態でなければならない。
- 3) 支持具へクラッド伸び検出器 (差動トランス) を取付ける。
リングナットは、締付けずゆるくしておく。
- 4) 検定用の燃料支持具を使って、燃料を取付ける。[第 4.6.4 図の (b) 参照]
- 5) マイクロメーターを 32.00 目盛に合せる。
- 6) 割袋ナットから支持具座まで 574 mm に合せる。
- 7) 較正のために、クラッド伸び検出器と増幅器を接続する。
- 8) 増幅器の利得最大で出力零 (バランス位置) になるように伸び検出器の位置を調節して、

リングナットを締付ける。

- 9) マイクロメーターを燃料の伸びる方向へ0.5mmずつ移動させ、増幅器の出力電圧を読みとる。

測定範囲は0～10mmとする。

- 10) 移動量に対する出力電圧は8mmのとき、8V近くになるよう増幅器の利得を調節する。ただし、8Vを越えてはいけない。また、利得目盛は1, 2, 3, ……のようにして、小数点以下を使わないこと。第4.6.5図にその例を示す。

- 11) 検定用の支持具をはずし、実験用に替える。

割袋ナットから支持具座まで574mmに合せる。〔第4.6.4図の(a)を参照〕

- 12) クラッド伸び検出器のリード線を適当な長さで切断して、コナックスシールからのリード線に接続する。接続したところは絶縁処理後、防水処理を必ず行うこと。

4.7 ペレット伸び計

4.7.1 目的

本計装は燃料棒内のペレット平均伸びを測定するためのものであり、測定原理は4.6で述べたクラッド伸び計と同じである。鉄片は燃料製作時にすでに附Ⅱ-1図に示すように試験燃料棒内に埋込んである。

4.7.2 伸び検出器の仕様

クラッド伸び検出器と同じ。

4.7.3 伸び検出器の構造

クラッド伸び検出器と同じ。

4.7.4 取付け方法

- 1) 支持具はA型を使用する。
- 2) 取付け位置は第3.4.1図および第4.6.4図(a)を参照のこと。
- 3) 鉄片は燃料製作時に燃料棒内に取付け済みであるので、取付けの必要はない。
- 4) 検定、グラフ作製、および導線接続はクラッド伸び計に同じ。

4.8 燃料棒内圧計

4.8.1 目的

本計装は、実験時の試験燃料棒内の圧力を測定するためのものである。

試験燃料棒内の圧力測定については、初期の燃料棒内の加圧条件によって組立方法が異なる。現在の実験では標準型燃料（破損燃料を模擬した浸水燃料の場合を含む）の常圧（大気圧）のものと、燃焼の進んだ燃料を模擬するために、あらかじめHeガスで30 kg/cm²、および50 kg/cm²に加圧したものがある。

取付け治具は、現在、常圧（大気圧）のものは、すでに開発済みであり、実験に供される迄に

到ったが、加圧燃料用のものについては試作開発中である。

なお、検出器自体はいずれの場合も同じものを使用する予定である。

4.8.2 圧力検出器の仕様

ひずみゲージ式圧力検出器

型 式	: 新興通信機 PR/C 型
固有振動数	: 150 kHz 以上
温度補償範囲	: -10~50°C
計測線引出し部	: 完全防水型 (30 cm 長)
抵抗値	: 120 Ω
入力電圧	: 約 3 V
絶縁抵抗	: 100 M Ω 以上
ゲージファクター	: 2.00
定格容量	: 500 kg/cm ² および 1,000 kg/cm ²

4.8.3 圧力検出器の構造

中空円筒パイプの端面をダイヤフラム型の感圧面とし、感圧面内側へブリッジに組んだひずみゲージをはり付けて、ダイヤフラムのひずみ量を測定することにより圧力を検出するものである。内部結線を第 4.8.1 図に、外形を第 4.8.2 図に示す。

4.8.4 アダプター

燃料内圧測定用の燃料は、下部端栓側に薄膜を設け密閉構造として保管している。燃料内圧の測定は、この薄膜を破り、圧力検出器を取付けることによって行うことができる。

しかしながら本試験燃料体の下部端栓は、そのまま圧力検出器を取付ける構造とはなっていないので、中間アダプターを必要とする。この中間アダプターを用いて下部端栓に圧力検出器を取付けると同時に下部端栓部の密閉用薄膜を破ることにより燃料内圧の測定が可能となる。第 4.8.3 図(a)にアダプター本体の構造を、(b)に薄膜を破るためのピンの構造を示す。

4.8.5 圧力検出器取扱い上の注意

- 1) 圧力測定範囲の選定は静的測定するとき、定格容量の 100%、動的のとき、60%までとすること。
- 2) 取付け前必ず導通および絶縁チェックを行うこと。
- 3) 絶縁チェックはバルボル等電圧の低いもので行い、絶対にメガーは使用しないこと。
- 4) 変換器のネジ部締付けは約 1 kg·m のトルクとする。
- 5) 感圧面へ直接手をふれないこと。

(もし、ふれたときはアルコールとガーゼでふきとる。)

4.8.6 取付け方法

- (1) 取付け法 (A) : 健全燃料の場合

- 1) 燃料棒下部端栓にアダプター用ピンを治具によって押し込む。〔第 4.8.4 図の(a)を参照〕
 - 2) アダプター本体と圧力変換器を締付ける。その時、金属パッキンのバリの出ている側を圧力変換器側としなければならない。締付けトルクは約 1 kg-m とする。
 - 3) ピンを押し込んだ燃料とアダプター付き圧力検出器を接続する。この時、Oリング、バックアップリング、Oリングを忘れずに入れること。
 - 4) 圧力検出器付き燃料は、支持具プレート、ナット、割袋ナットの順で締付ける。〔第 4.8.4 図の(b)を参照〕
 - 5) 圧力検出器からの導線とコナックシールからの導線の継ぎ目は必ず防水処理をすること。防水処理方法としては、各導線の接続を行い、各導線の電気絶縁を行った後、一括して接着剤、またはロウ(wax)等で固める。
- (2) 取付け法(B)：浸水燃料の場合
- 1) 燃料棒へアダプター用ピンを押し込む。(治具使用のこと。)
 - 2) 組立て管理票によって指定された純水量を燃料棒内へ注入する。(注入方法は真空法によること。)
 - 3) アダプター本体と圧力検出器取付け後、アダプター内空間へ純水を満す。
 - 4) 燃料棒下部端栓(ピンの入っている側)の空間へ純水を満し、圧力検出器側と接続する。
- 以下(A)の方法と同じ。

4.9 クラッド近傍圧力計

4.9.1 目的

本計装は、試験燃料被覆管付近における燃料破損時に発生する圧力を測定するためのものであり、現在開発中である。^{*1}

4.9.2 取付け位置

取付けの概念図を第 4.9.1 図に示す。(ディスク型圧力検出器の例) 現在は特別の事がないかぎり使用しないが、使用するときは、第 4.9.1 図に示す取付け位置の寸法は、組立管理票によって指定すること。

4.10 水塊速度計

4.10.1 目的

本計装は燃料破損時に発生するカプセル内上部空間の水塊の飛上り速度を測定し、燃料破損時に発生する機械的エネルギーを推定するためのものである。水塊速度はカプセル内上部に設置されたコイル棒によって、磁石をうめ込んだ浮子の飛上りを測定する。

4.10.2 水塊速度検出器の仕様

一定長さ毎に巻線方向を反転させた固定コイルに、浮子に埋込まれた永久磁石が移動すること

(*)1) 昭和 50 年にディスク型圧力検出器を用いて実験を行ったが良い結果が得られなかった。

によって正弦波状の電圧を発生し、その正弦波の周期から水塊速度を測定するものである。以下にその仕様の概要を示す。

- ・使用圧力 大気圧
- ・使用温度 100℃以下
- ・測定範囲 0～100 [m/sec]
- ・測定精度 10%以下
- ・測定方法 連続式 (1 Hz 当り 12mm)
- ・取付方法 ネジ込み式
- ・出力特性 出力インピーダンス 10 [kΩ] 以下
出力信号 10 [mV_{p-p}]
(浮子の速度 10m/sec のとき)

4.10.3 水塊速度検出器の構造

ベークライト製巻芯へ6mm毎に反転したコイルを巻き、外径10mmφ、肉厚0.5mmの保護管に入れて、コイル棒としたもので、コイル部の有効長は、180mmである。

浮子は円柱にコイル棒の入る大きさの穴を貫通させ、コイル棒に近い側へ永久磁力を埋込んである。現在浮子の本体は木製とプラスチックの2種類がある。

第4.10.1図にコイル棒、第4.10.2図に浮子の構造を示す。

4.10.4 取付け方法

コイル棒を取付ける時、コイルの導通と絶縁チェックを行うこと。導通はテスターで約40Ω、絶縁は100Vメガーで100MΩ以上なければならない。もし、断線又は絶縁が悪い場合は、新しい物に交換すること。浮子は目視により外観上欠陥がなければよい。

取付けは、コイル棒を支持具座にネジ込み固定する。コイル棒に浮子が落ちないようにコイル棒片端へテープ等を巻くこと。(第4.10.3図 参照)

4.11 水撃力計

本計装は、試験燃料破損時に生じる水塊の飛上りによりカプセル蓋に与えられる水撃力を測定するためのものである。

初期の実験において、クォーツ型センサー(圧電素子型 KISTLER製)を使用したのがパルス照射時の炉内の高放射線レベルにより、誘導電圧が発生し、これが測定すべき信号レベルよりも極めて大きいため、この型のセンサーは使用不可能であることが判明した。従って新型センサー(歪型式)を開発中である。

4.12 ボイド計

4.12.1 目的

本計装は実験時における試験燃料棒周辺のボイド率を測定するためのものである。試験燃料棒周辺の冷却状態は、燃料の発熱条件によって、サブクール沸騰または核沸騰、遷移沸騰、膜沸騰

が形成される。

本ボイド計とクラッド表面温度計によって過渡時の冷却材の挙動の評価ができるものと期待される。

4.12.2 概要

本検出器は、現在開発中で、試験を行うまでには到っていない。しかし、他に実験例があり、特に困難な問題はないものと思われる。

NSRRの実験で使用予定のボイド計の構造及び取付け方法の概要は以下の通りである。

ボイド計は、ニードル式の検出器で、第4.12.1図にそのブロックダイヤグラムを示す。ボイドの測定は、ニードル間をボイドが通過すると電気抵抗が変化するので、この抵抗変化を検出して(第4.12.2図の(a))、増巾して(第4.12.2図の(b))から波形(第4.12.2図の(c))し、ON-OFFの信号として検出する。

ニードルは、支持具の柱よりホルダーによって支持する。高さ方向の取付け位置については、他の検出器の邪魔にならない位置とするが、寸法的には特に大きいものではないので任意の位置に取付け可能であろう。針位置の取付けの概念を第4.12.3図に示す。ニードルはセラミックによりコーティングして、第4.12.4図の形状に仕上げ防錆に金メッキをする計画である。

4.13 クラッド動ひずみ計

本計装は実験中の試験燃料棒被覆管の動歪量を測定するものである。

クラッド表面温度は、発熱によって高温(500°C~1500°C)となるので、高温用ケージ本体の開発、取付け技術の開発、温度補償法の開発等を行わなければならない。現在はまだ測定できない。

4.14 カプセル内圧計

4.14.1 目的

本計装は燃料破損によって生じるカプセル内圧力を検出するためのものである。

4.14.2 圧力検出器の仕様

ひずみゲージ式圧力検出器を使用する。その仕様を以下に示す。

型 式	PR/C型
固有振動数	50 KHz 以上
温度補償範囲	-10 ~ 50 °C
計測線引出し部	完全防水型(120 cm長)
抵 抗 値	120 Ω
入 力 電 圧	約 3 V
絶 縁 抵 抗	100 M Ω 以上
ゲージファクター	2.00
定 格 容 量	50 kg/cm ² および 100 kg/cm ²

4.14.3 圧力検出器の構造

試験燃料棒内圧計と同一構造である。(4.8参照)

4.14.4 アダプター

カプセルと圧力検出器は直接取付けできない構造になっているため、取付けにはアダプターを必要とする。アダプターの構造を第4.14.1図に示す。

4.14.5 取付け方法

取付けに当っては、4.8.5「検出器取扱い上の注意」の他、以下の点に留意すること。

- 1) カプセル底部をウェス等できれいにする。
- 2) アダプターへ真空グリース付きのOリングを入れる。
- 3) カプセル底部へアダプターを付ける。(強く締付ける。)
- 4) 圧力変換器に金属パッキンを入れ、アダプターへ取付ける。締付けトルク約1 kg-m とする。
- 5) リード線を保護パイプに入れ、カプセル上部まで持ってくる。
- 6) 圧力変換器のカバープレートを取付ける。

このカバープレートは圧力変換器の有無にかかわらず、必ず取付けること。(第2.2.1図の⑤⑧参照)

4.15 カプセル動ひずみ計

4.15.1 目的

本計装は、照射時の試験燃料破損によって生じる圧力又は水撃力による、カプセル胴又は蓋のひずみ量を測定するためのものである。

4.15.2 概要

実験開始の初期には、1ゲージ法(3線式)により測定したが、パルス照射時の炉内の高放射線量によって擬似信号が生じ、測定できないことが判明した。ゲージをブリッジの2辺に組込み補償させることにより擬似信号の消去に成功したので、現在はこの方式により測定を実施している。

4.15.3 ひずみゲージの仕様

接着用歪ゲージ(1方向のみ)

型 式 : 新興通信機製 F104

ゲージ抵抗 : $120\Omega \pm 0.3\%$

ゲージファクター : 2.14

4.15.4 ブリッジ回路

第4.15.1図のようにブリッジの2片へ歪ゲージを組込む。 R_{x2} 側のゲージはカプセルの動歪

測定箇所へ接着し、 R_{x1} 側のゲージは同一個所で歪の無い所へ置く。

実験前の組込み完了時点では R_{x1} 、 R_{x2} とも R_c に等しい(導線抵抗を無視する)からブリッジはバランスして、出力電圧(e [V])は出ない。原子炉運転時には、ブリッジは放射線の影響を受けて R_{x1} と R_{x2} の2辺が変化する。ここで、2辺のゲージが同一場所にあり、動歪(R_s)が全然無いと仮定すると、

R_{x1} は $R_c + \Delta R_{a1}$ となり

$R_{x2} = R_c + \Delta R_{a2} + \Delta R_s$ は $R_c + \Delta R_{a1}$ となる。

\uparrow \uparrow
 ΔR_{a1} 零

したがって、b-d間は同電位となり、出力電圧は生じない。詳細は、5.4ひずみ測定器の項を参照のこと。

4.15.5 ゲージの取付け位置および方向

歪ゲージ(R_{x2})のハリ付ける位置は組立管理票の添付図で指示すること。指示の方向は第4.15.2図に示すように、カプセル上面からハリ付ける位置までの高さ(L寸法)、リード線小孔からの角度(右廻り)、カプセルの軸方向歪をY、カプセルの周方向歪をXとして行うものとする。

R_{x1} はカプセルに金属バンドをして、その舌片に接着する、(第4.15.3図の(c)この時、ゲージ R_{x1} とゲージ R_{x2} はできるだけ近くの位置とすること。

リード線はカプセル上部の多心ケーブルと接続するところまで各々取り出す(第4.15.3図の(b))。又各リード線は、抵抗値を合わせるために同一材料で同一の長さとしておくこと。

4.16 水中音測定

本計装は、カプセル内の冷却材の挙動や実験時のカプセル内沸騰音又は燃料破損音等を録音解析することによって、燃料の挙動を調べようとするものである。

現在、電磁型マイクロホンを使用する計画で検討を進めている。

4.17 中性子束測定

4.17.1 目的

カプセル内における熱中性子束の分布を測定する。

4.17.2 照射試料

現在使用している試料を第4.17.1表に示す。照射試料及び試料長さは組立管理票によって指示する。

4.17.3 照射試料の取扱い

指定された試料の重量を精密化学天秤によって1/10mg程度まで測定しておく。また試料を直接手などでふれないようにし測定後の試料はピンセットなどを用いて薬包紙で包む。

4.17.4 取付け位置

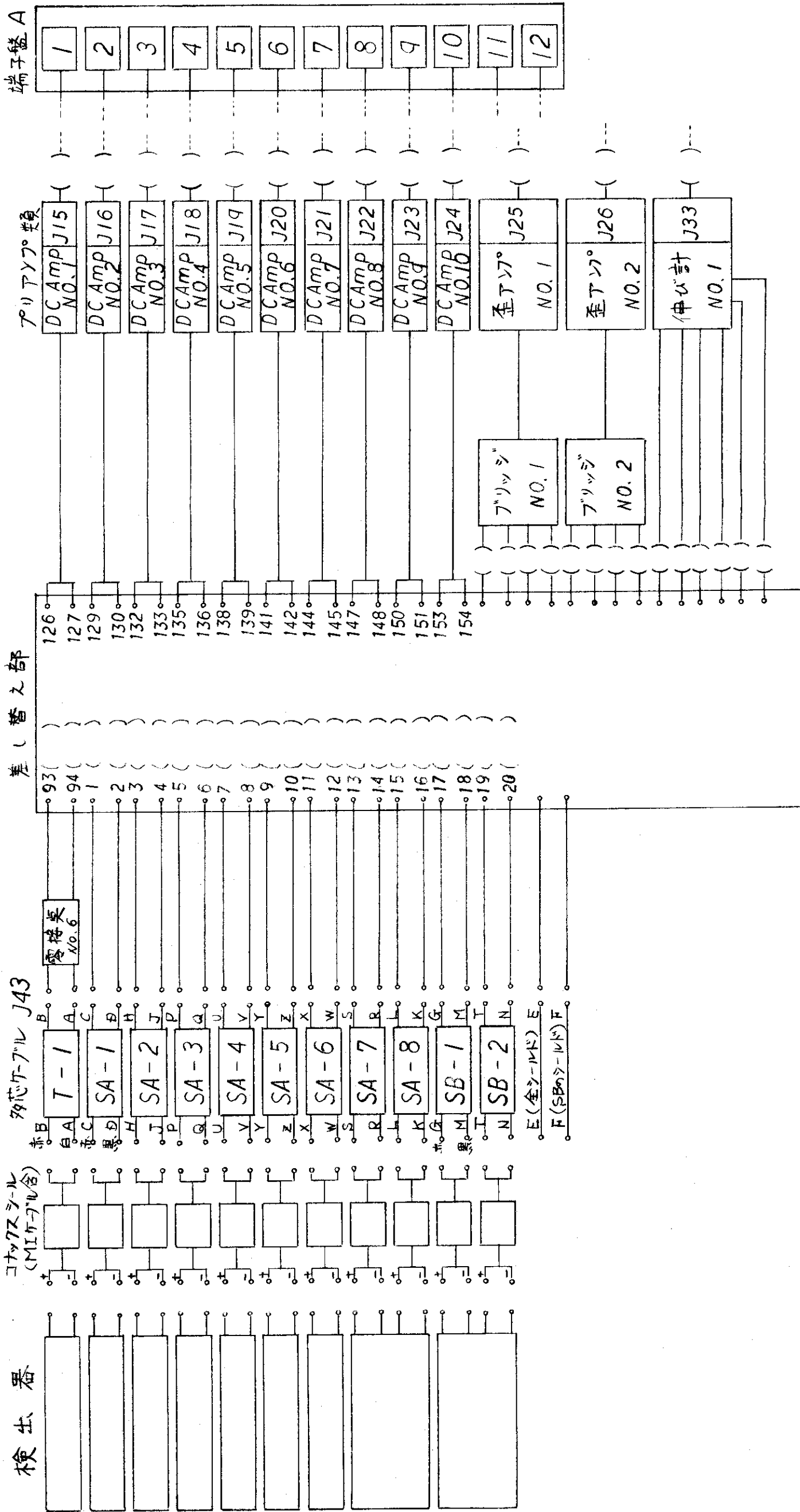
組立管理票によって指示するものとする。

指示の方向は、第4.17.1図のように支持具座から燃料の中心までの長さ (L_1)、燃料表面からの距離、及び個数。

第4.1.1表 検出器の種類

検出器名	方 法	測 定 範 囲	備 考
カプセル内温度	T/C, クロメル/アルメル 1.0mm ϕ シース 600mm ℓ , 1000mm ℓ	0° ~ 500°C カプセル内局部水温	グラウンドタイプ
クラッド表面温度	Pt-Rh, 20-40 Pt-Rh 13 W-Re 5-26 クロメル/アルメル	1,800°C 1,400°C 2,300°C 400°C	裸素線をクラッドへスポット溶接している。
ミ ー ト 温 度			計画中
クラッド伸び計	差動トランス式	-8 ~ +8mm	
ペレット伸び計	差動トランス式	-8 ~ +8mm	
燃 料 棒 内 圧	ひずみゲージ式	50kg/cm ² , 100kg/cm ² 500kg/cm ² , 1000kg/cm ² のうちの1ヶ	
クラッド近傍圧力	ひずみゲージ式		
水 塊 速 度	コイル棒式		
水 撃 力 計			計画中
ボ イ ド 計	ニードル式	燃料棒周辺の局部。 ON-OFF 出力。	準備中
クラッド動ひずみ	動ひずみゲージ		計画中
カ プ セ ル 内 圧	ひずみゲージ式	50kg/cm ² , 100kg/cm ² 500kg/cm ² , 1000kg/cm ² のうちの1ヶ	
カプセル動ひずみ	動ひずみゲージ	3000 μ ストレイン	
水 中 音	コイル型マイクロホン		計画中
中 性 子 束	放射化法		

Test NO.



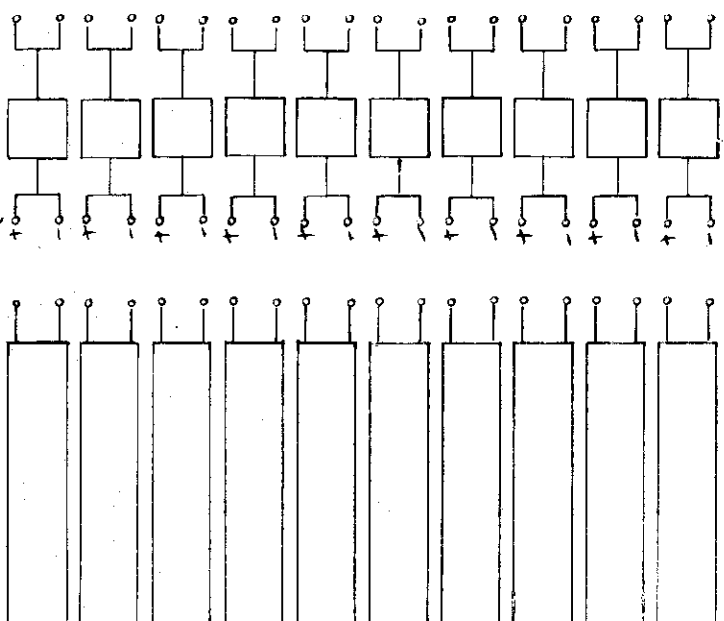
第 4.2.1 図 標準計装結線図

Test NO.

検出器

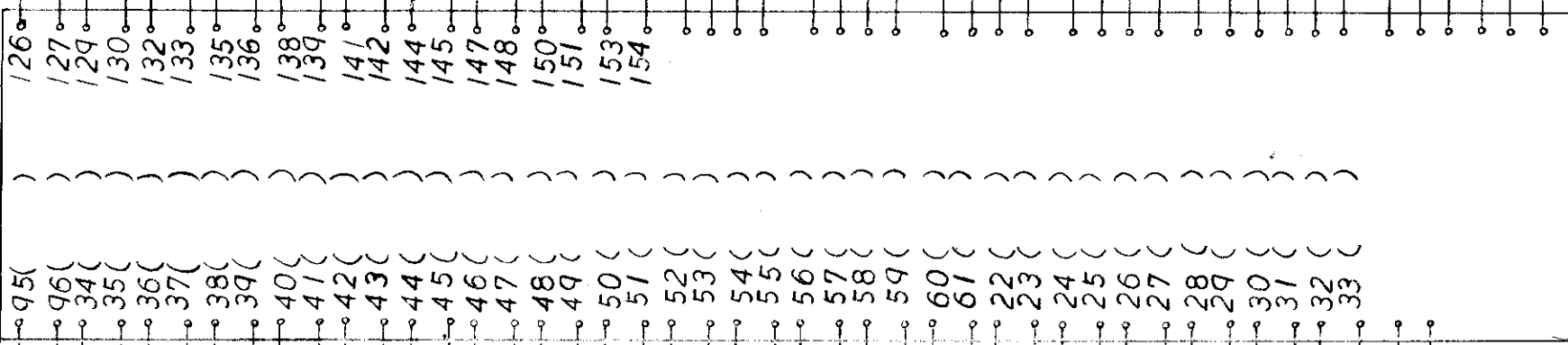
コネクタシール
(MIケ-ブル合)

多芯ケーブル J53

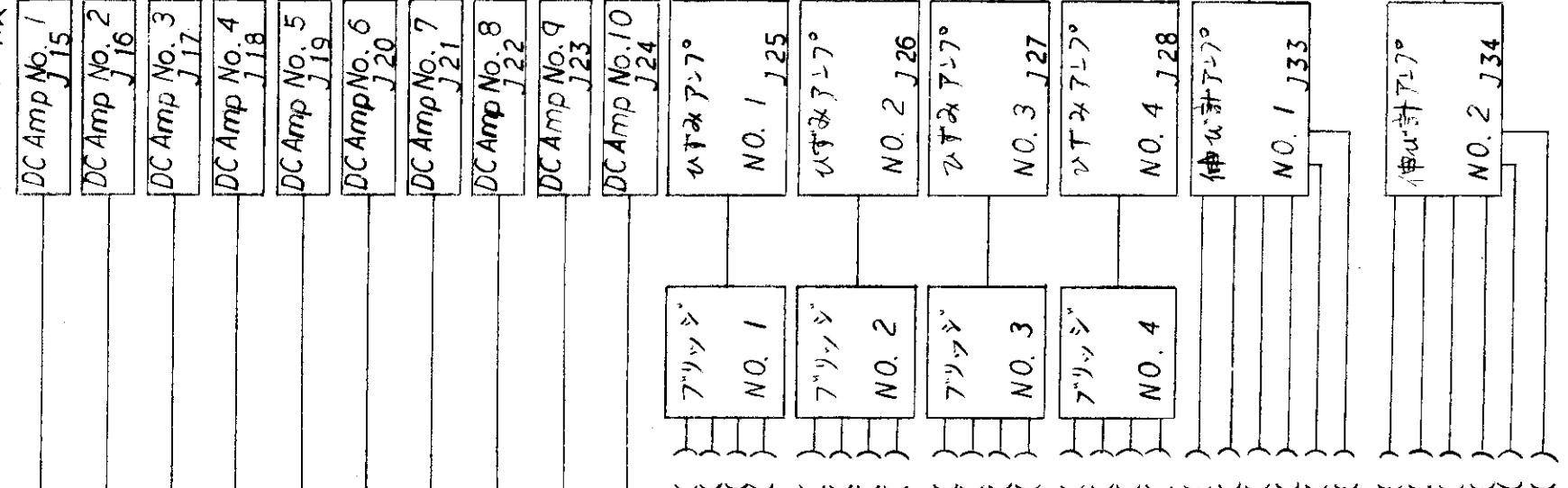


零接点
No. 7

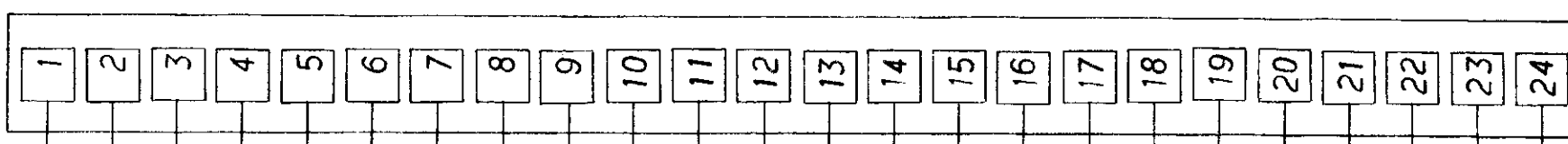
差し替え部



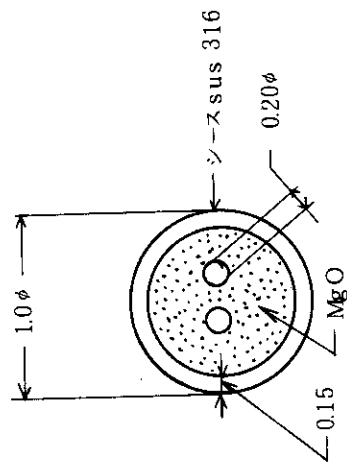
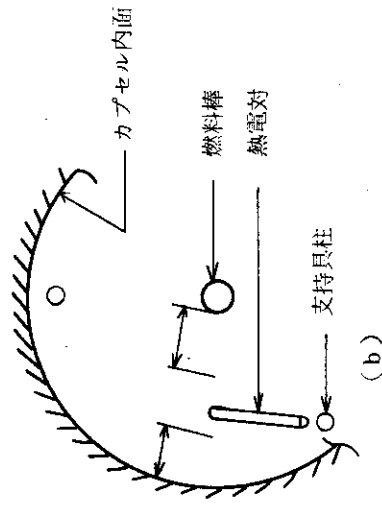
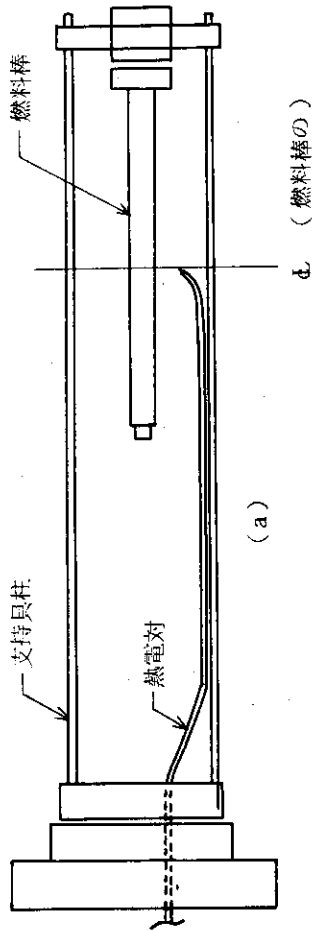
アンプノ. 類



端子盤A



第 4.2.2 図 特別計装結線図

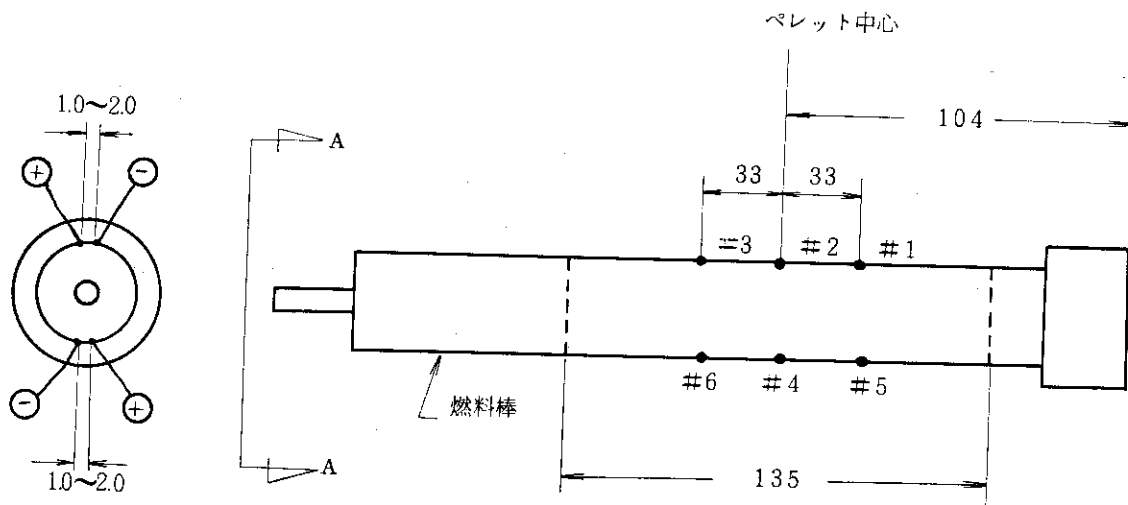


第 4.3.1 図 熱電対の断面

第 4.3.2 図 熱電対取付け位置

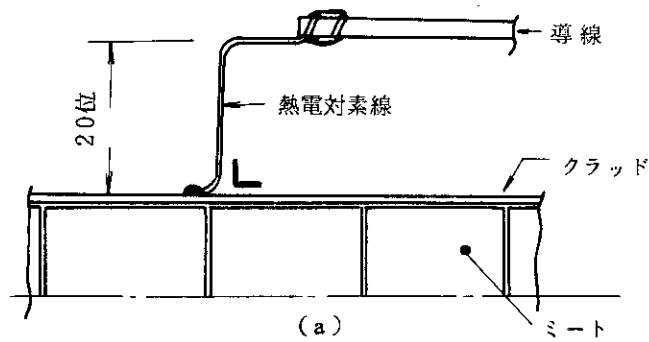
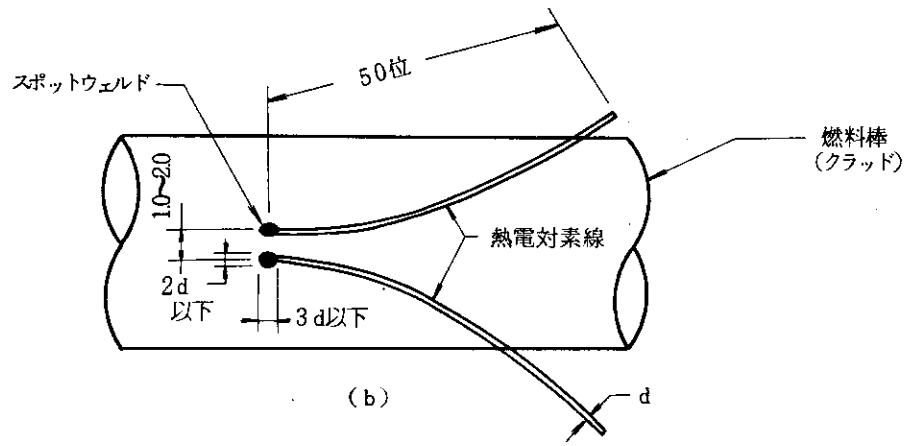
第 4.4.1 表 熱電対素線の種類

呼 称	素線の種類	使用最高温度	素 線 径	備 考
Pt-Rh 40-20	⊕ Pt-Rh 40% ⊖ Pt-Rh 20%	1,800 ℃	0.1 φ, 0.2 φ*	* 常時在庫有
Pt-Rh 13	⊕ Pt-Rh 13% ⊖ Pt	1,400 ℃	0.1 φ, 0.3 φ*, 0.5 φ	
W-Re 26-5	⊖ W-Re 26% ⊕ W-Re 5%	2,300 ℃	0.25 φ, #20 (0.95 φ)	
C/A	⊕ クロメル ⊖ アルメル	400 ℃	0.1 φ, #32 (0.25 φ), 0.5 φ	

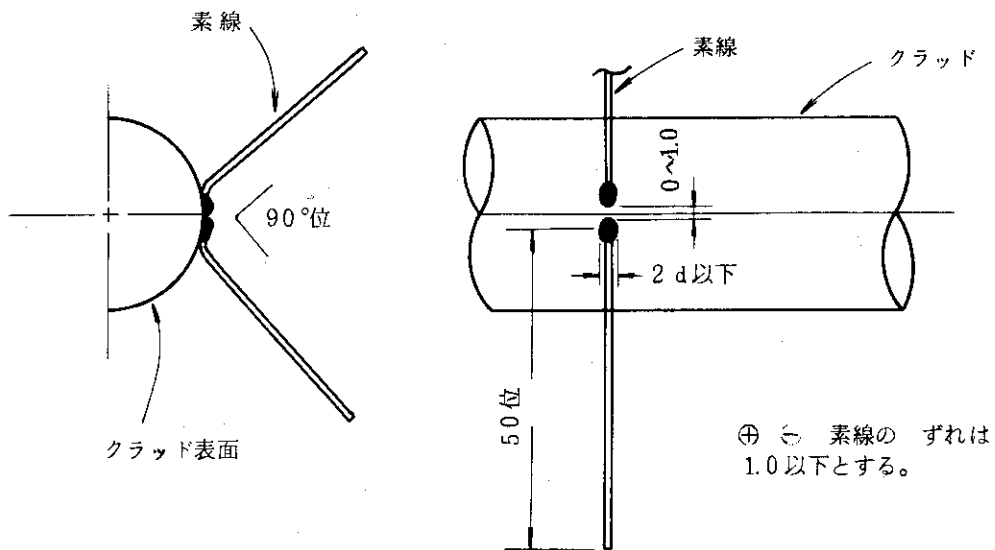


A - A 矢視図

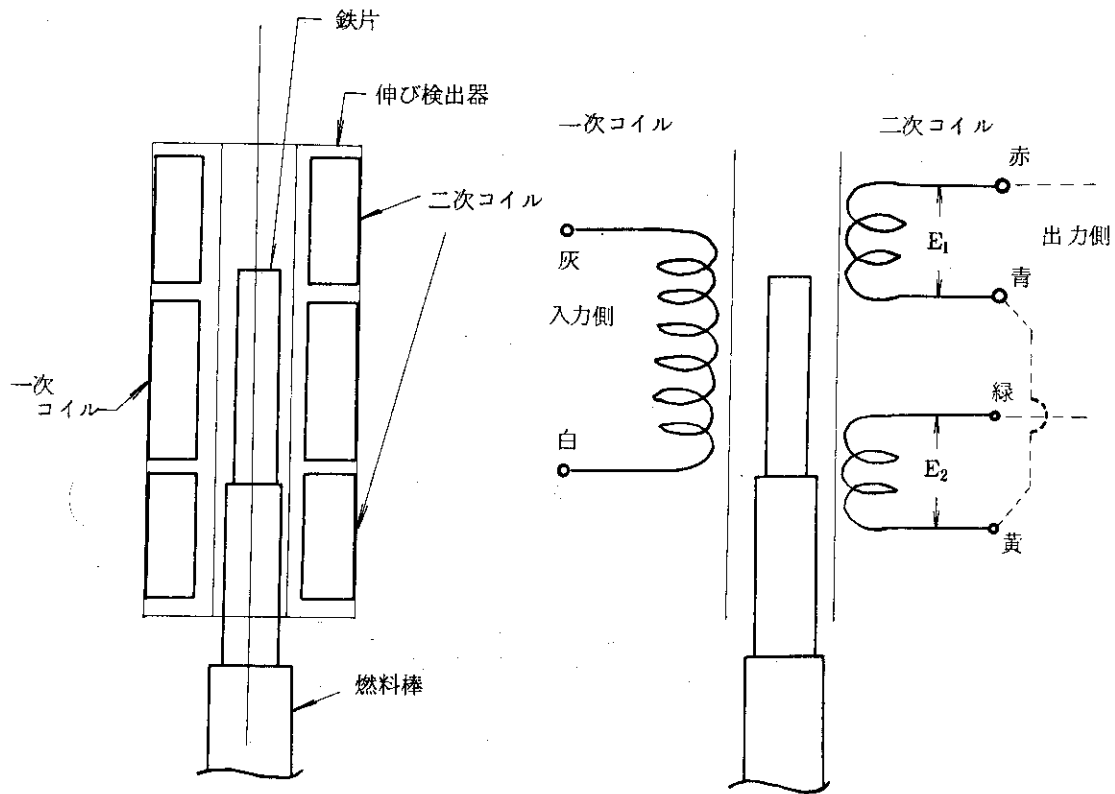
第 4.4.1 図 熱電対取付け位置図



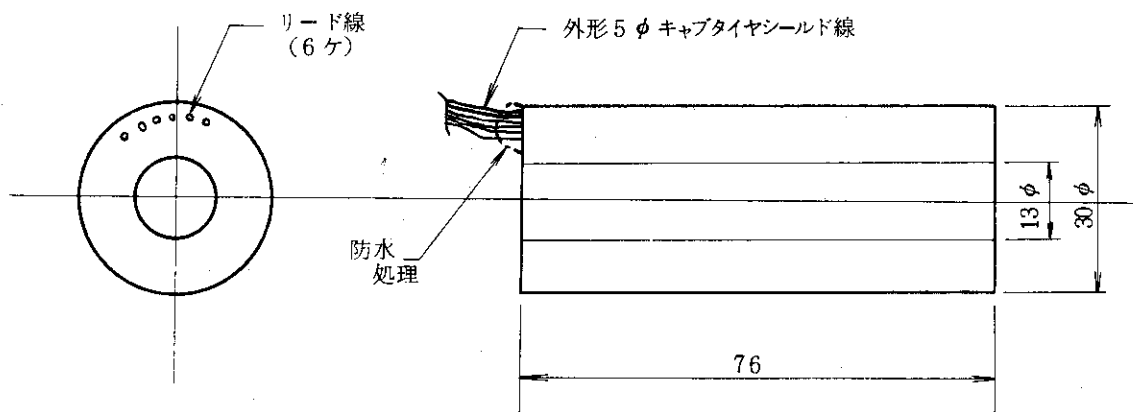
第 4.4.2 図 標準取付け [A]



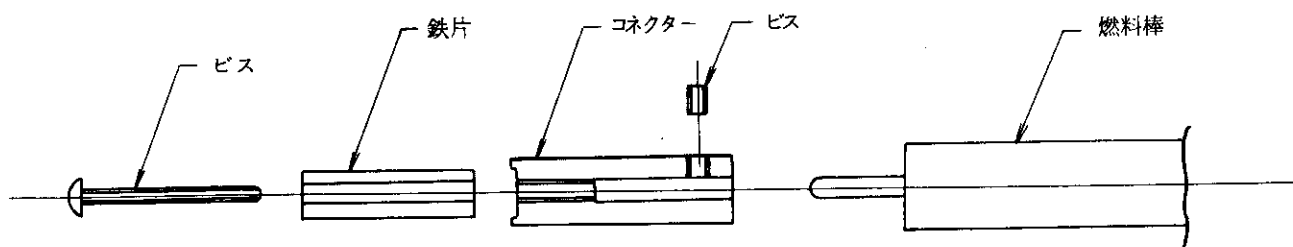
第 4.4.3 図 標準取付け [B]



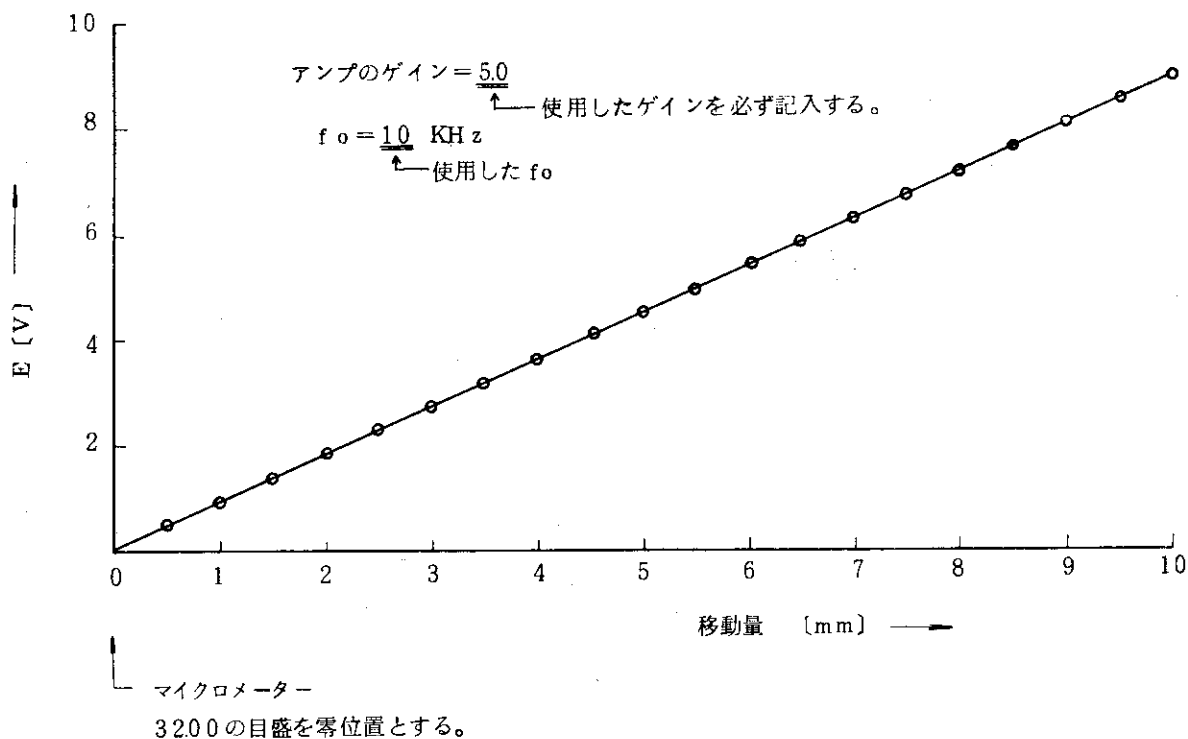
第 4.6.1 図 伸び検出器の内部構造



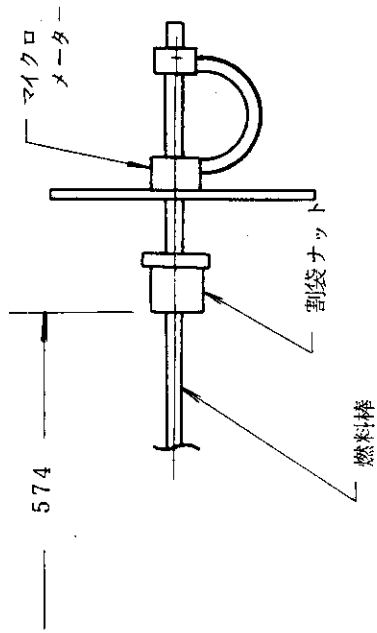
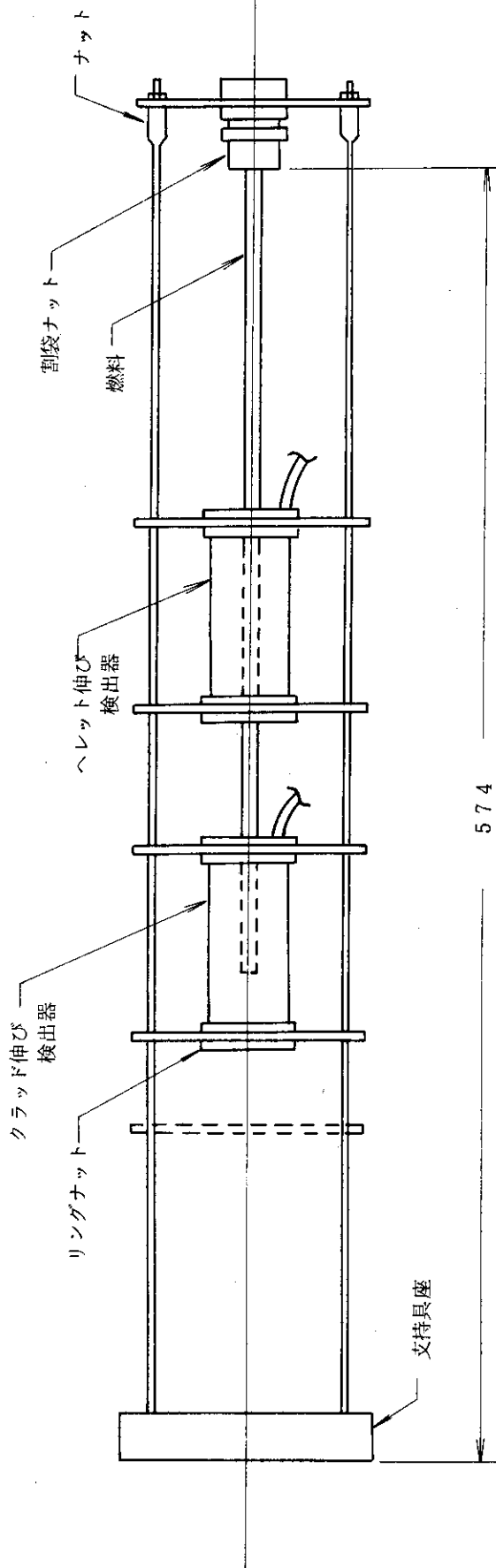
第 4.6.2 図 伸び検出器の外形



第 4.6.3 図 鉄片の取付け



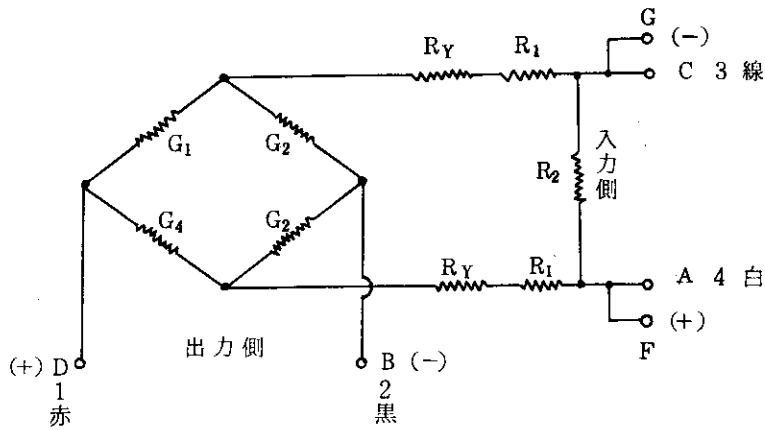
第 4.6.5 図 グラフの作製の例



(a) 本番用

(b) 検定用

第4.6.4図 検出器の取付け



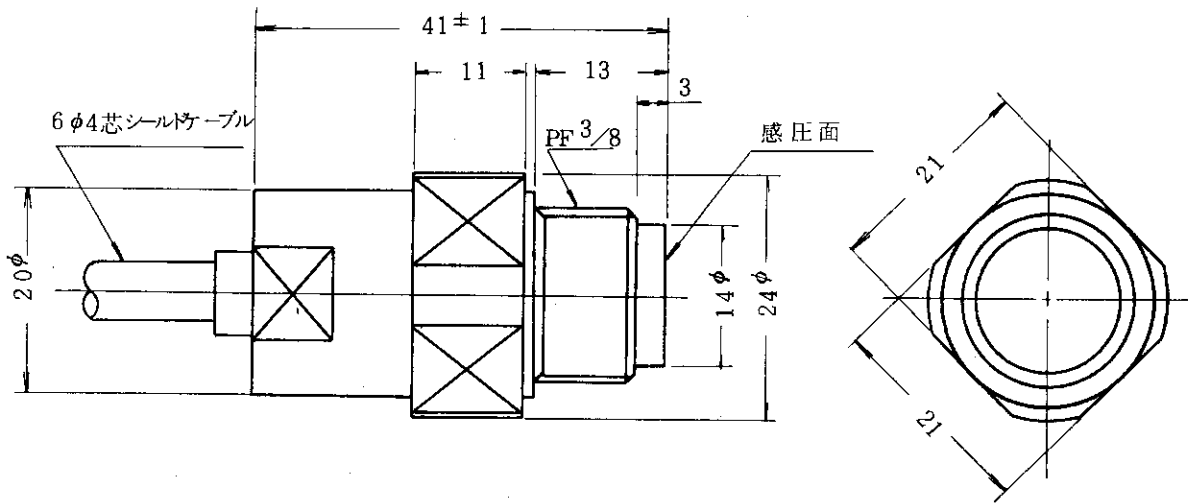
G₁, G₂ ゲージ ; テンション
 G₃, G₄ ゲージ ; コンプレッション
 R₁ ; 感度補正抵抗
 R₂ ; 入力抵抗補正抵抗
 R_Y ; 出力温度補償抵抗

出力側
 NDI-7Rコネクタ B, D
 20φ5Pコネクタ 1, 2
 芯線色分け 赤, 黒

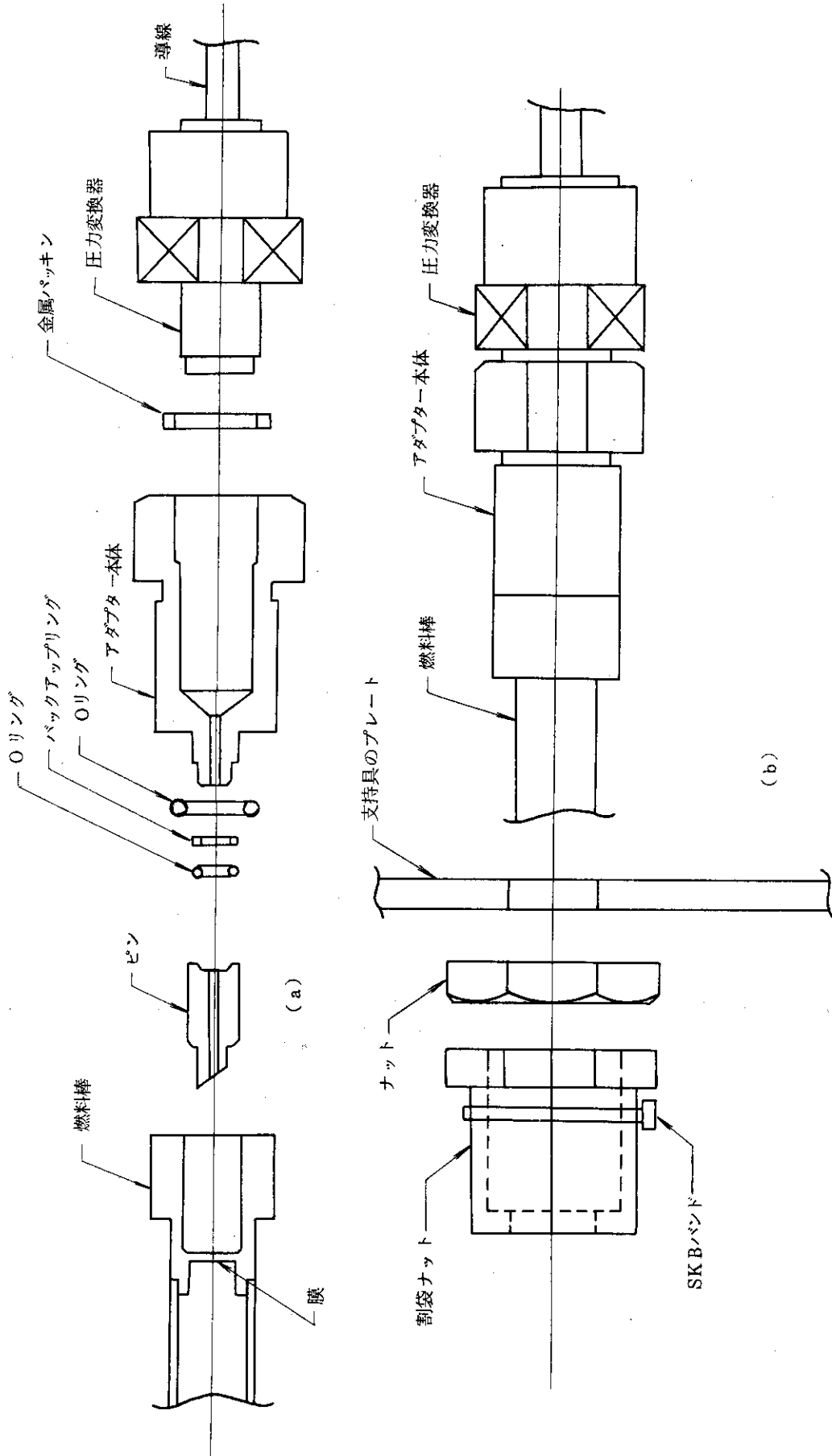
入力側
 NDI-7Rコネクタ A, C
 20φ5Pコネクタ 3, 4
 芯線色分け 緑, 白

(+) (-) は直流使用時の接続する極性

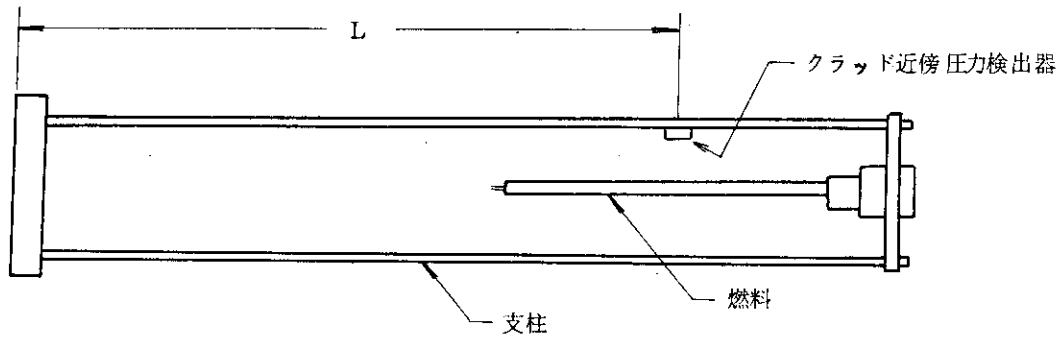
第 4.8.1 図 変換器内部結線図



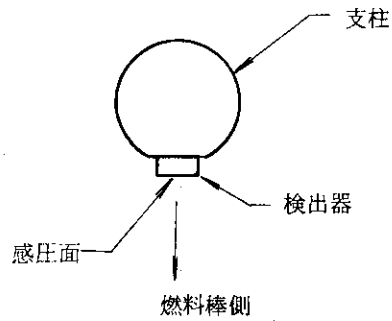
第 4.8.2 図 外形図



第4.8.4図 燃料内圧変換器の取付け法

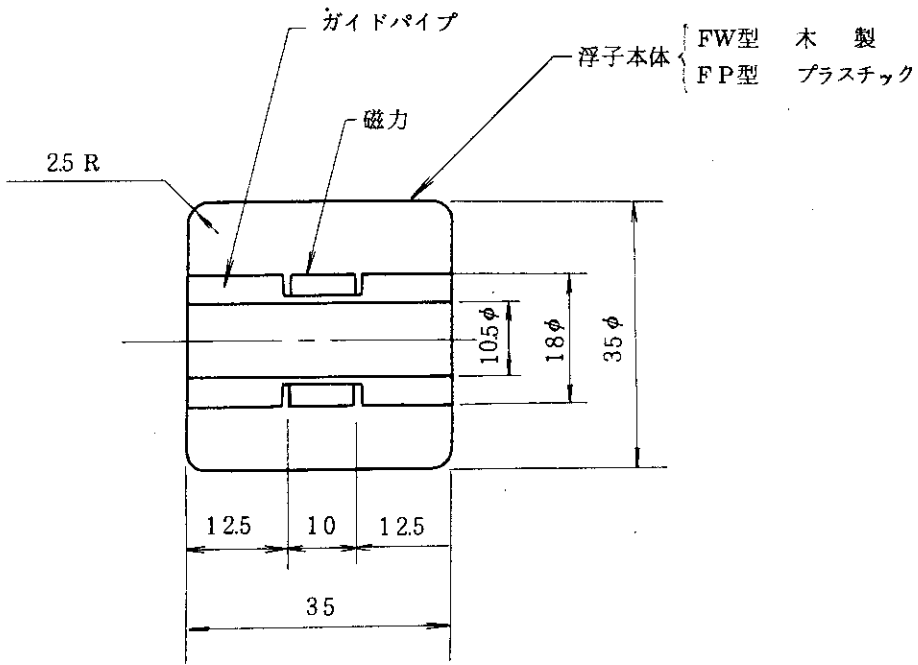


(a) 取付け位置

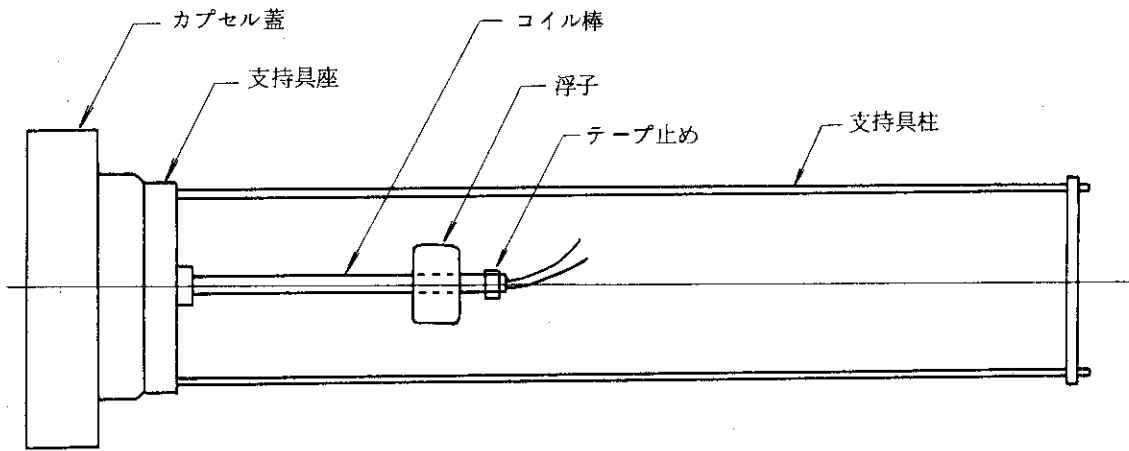


(b) 取付け方向

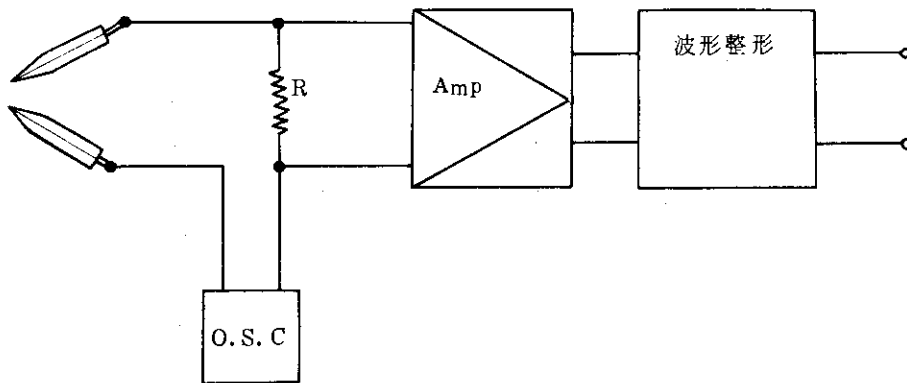
第 4.9.1 図 クラッド近傍圧力検出器の取付け位置



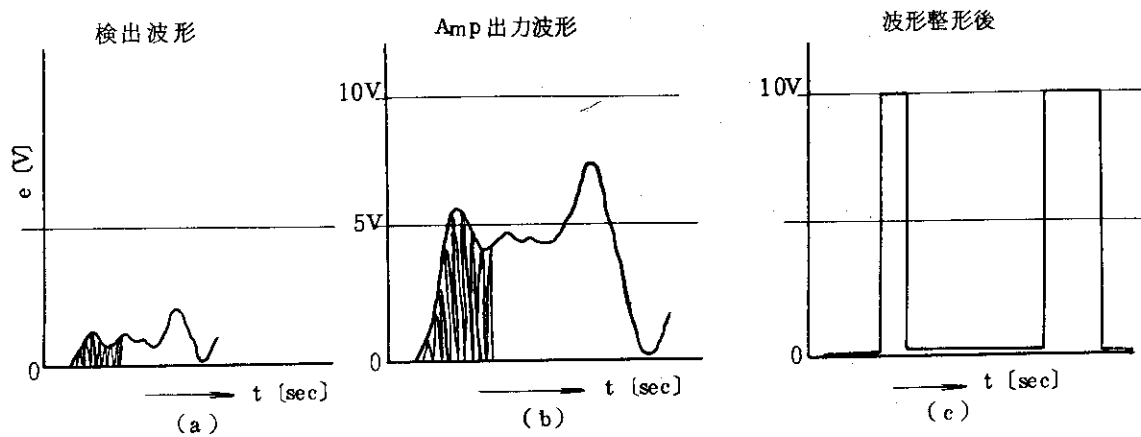
第 4.10.2 図 浮 子



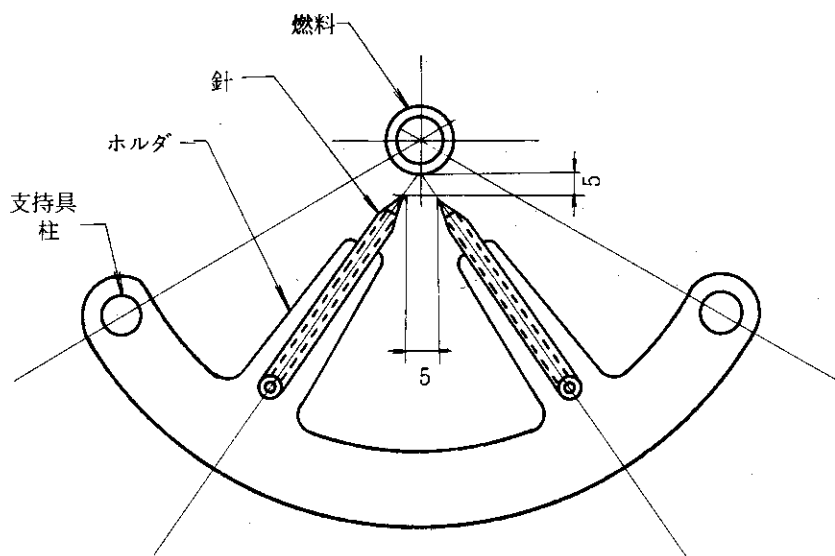
第 4.10.3 図 取 付 け 方



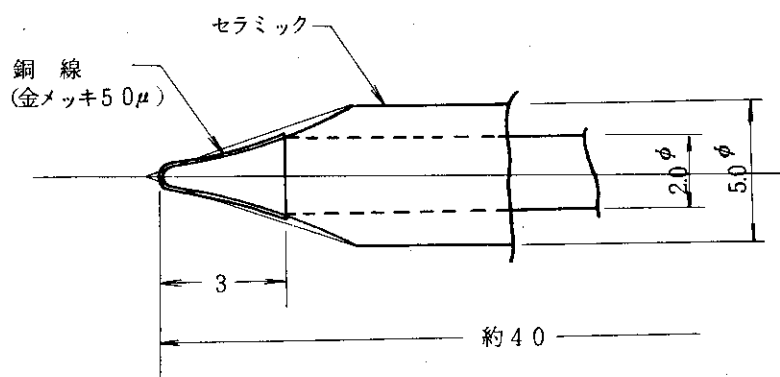
第 4.12.1 図 ブロックダイアグラム



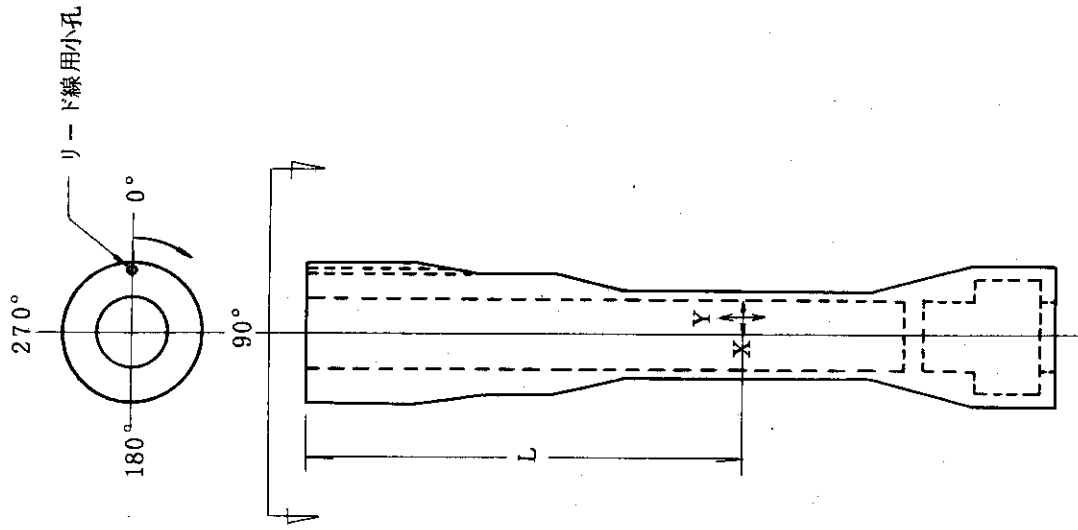
第 4.12.2 図 波 形



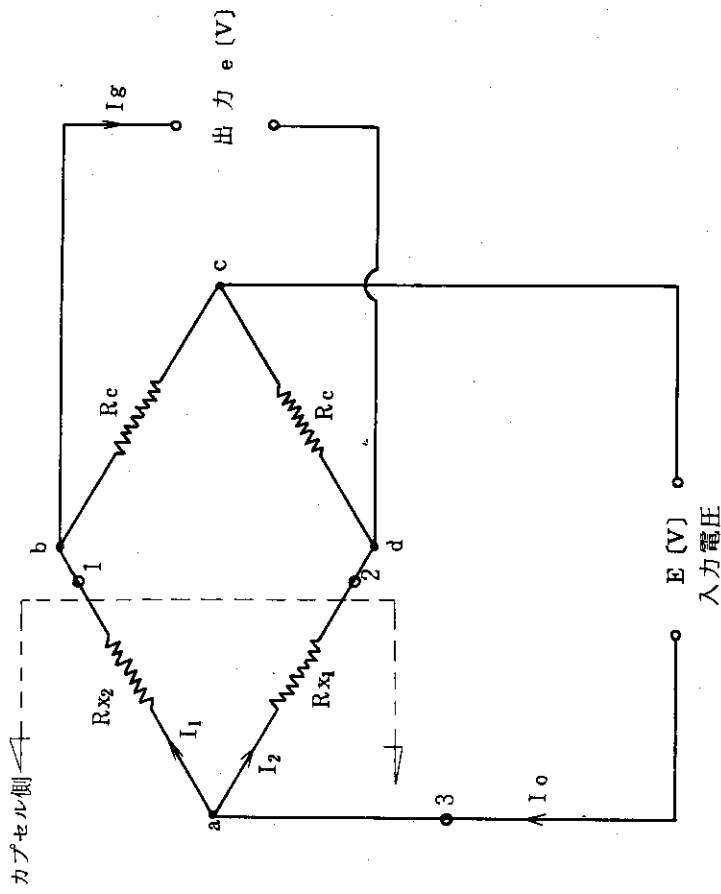
第 4.12.3 図 針 の 位 置



第 4.12.4 図 針 先 端



第 4.15.2 図 ゲージのハリ付け位置と方向



$$R_c = \text{一定} = 120 (\Omega)$$

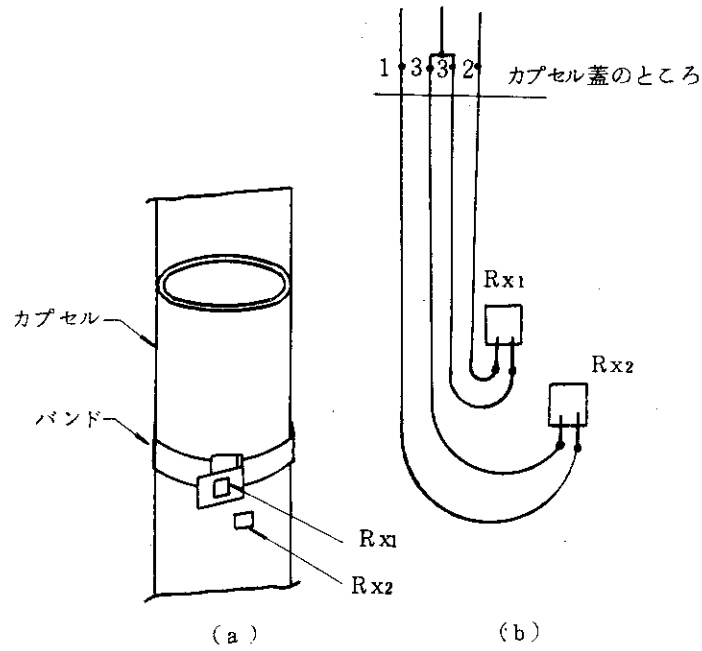
$$R_{x1} = R_c + \Delta R_{a1}$$

$$R_{x2} = R_c + \Delta R_{a2} + \Delta R_s$$

ΔR_{a1} , ΔR_{a2} ; 放射線による抵抗の変化

ΔR_s ; 伸びによる抵抗の変化

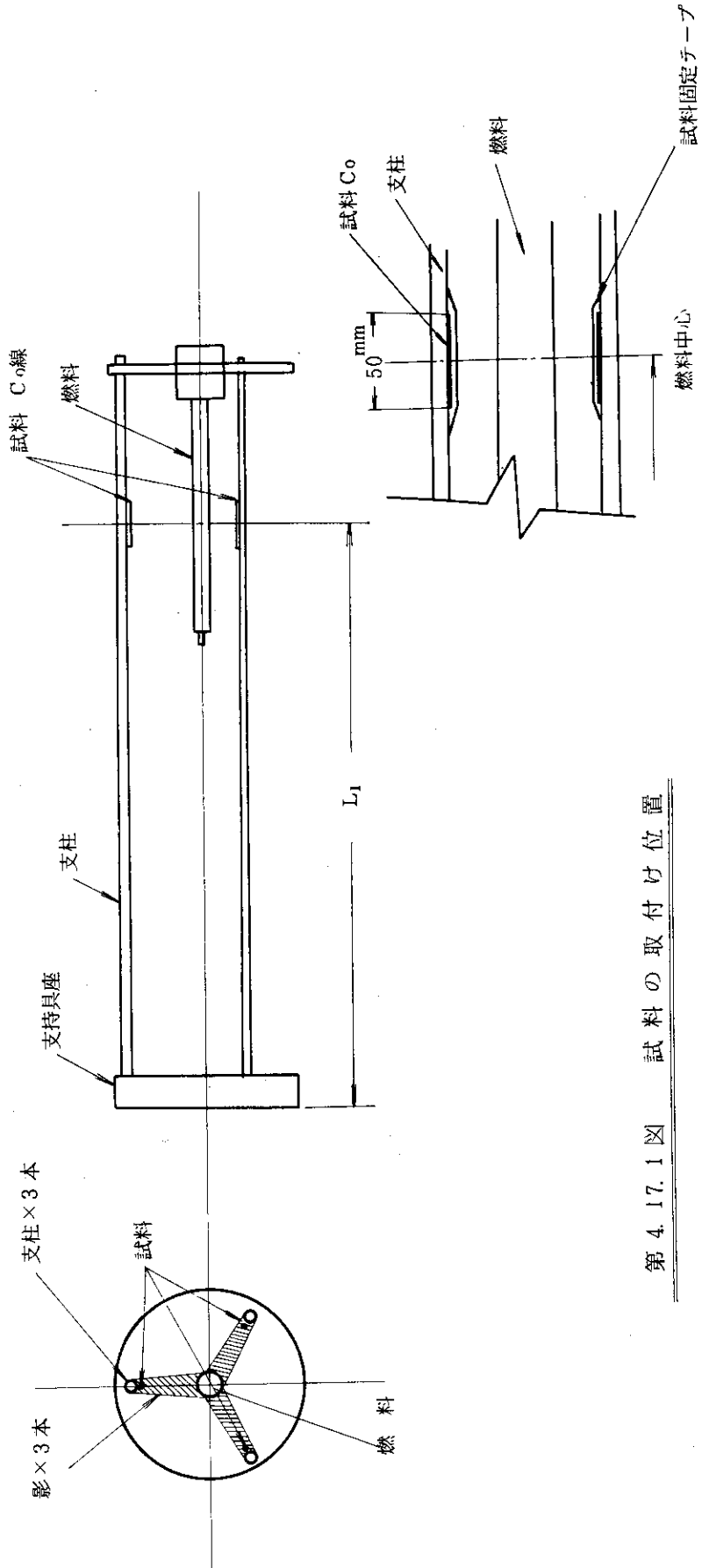
第 4.15.1 図 ブリッジの構成



第 4.15.3 図 ハリ付け位置詳細

第 4.17.1 表 照射試料

試料種類	寸法, 形状	半減期	吸収断面積 (barn)
箔	$D^{mm\phi} \times t^{mm}$		
Ni	12.7 × 0.0762	Ni ⁶⁴ 2.57 ^h , Ni ⁶⁵ 56 ^h	4.8 ± 0.2
Co	12.7 × 0.0508	Co ⁶⁰ 5.3 ^y	37 ± 1.5
Mg	12.7 × 0.127	Mg ²⁷ 21 ^h	63 ± 3m
Zn	12.7 × 0.254	Zn ⁶⁴ 250 ^d , Zn ⁶⁶ 80 ^y	1.1 ± 0.05
In	12.7 × 0.254	In ¹¹³ 49 ^d	196 ± 5
Sn	12.7 × 0.127	Sn ¹¹² 112 ^d , Sn ¹¹⁶ 14.5 ^d , Sn ¹¹⁸ 250 ^d	625 ± 15m
Rh	12.7 × 0.0508	Rh ¹⁰³ 4.4 ^m	156 ± 7
Dy	12.7 × 0.0254	Dy ¹⁶⁴ 1.3 ^m , Dy ¹⁶⁵ 82 ^h	950 ± 50
S	12.7 × 1.905	S ³³ 25.1 ^d , S ³⁴ 87 ^d	0.52 ± 0.02
4.65% Lu-Al	12.7 × 0.1016		
Fe	12.7 × 0.127	Fe ⁵⁴ 2.96 ^y , Fe ⁵⁸ 46 ^d	2.53 ± 0.06
Au	50 × 100 × 0.1	Au ¹⁹⁷ 2.7 ^d , Au ¹⁹⁸ 3.15 ^d , Au ¹⁹⁹ 48 ^m	98.8 ± 0.3
	" × 0.01	"	"
	" × 0.02	"	"
	" × 0.05	"	"
線			
Au	50 ^{μφ} × 5 ^m	Au ¹⁹⁷ 2.7 ^d , Au ¹⁹⁸ 3.15 ^d , Au ¹⁹⁹ 48 ^m	98.8 ± 0.3
	0.1 ^{mmφ} × 5 ^m	"	"
Co	0.1 ^{mmφ}	Co ⁶⁰ 5.3 ^y	37 ± 1.5



第 4.17.1 図 試料の取付け位置

5. 実験計装盤

5.1 目的

NSSRにおける実験計装は、カプセルを装荷する原子炉とデータを収録する計算機室が約50m離れているために、原子炉棟内で1度プリアンプ類を通して信号の増巾処理を行なった後データ収録系へ送る。

実験計装盤は、データアンプ盤と電源盤から構成されており、原子炉棟1階に設置されている。

5.2 データアンプの構成

データアンプ盤は、ラック〔I〕、〔II〕、〔III〕により構成されている（第5.2.1図～第5.2.4図参照）

ラック〔I〕は、シンクロスコープ、デジタルボルトメーター、標準電圧電流発生器、校正信号パネル、およびページング装置が備えられており、次に説明するラック〔II〕のプリアンプ類の調整および保守を行なうためのものである。

ラック〔II〕は、温度および水塊速度測定用に使われる、DC増巾器、圧力およびカプセル歪の測定用に使われる歪増巾器、並びにクラットおよびペレットの伸びの測定に使われる伸び計増巾器が備えられている。DC増巾器は10台、歪増巾器は8台組込まれている。

ラック〔III〕は、ターミナル部で、検出器側（カプセル側）と増巾器側にわかれており、ここで増巾器を選択する。また温度測定用のための零接点（20点）、および圧力、歪の測定のためのブリッジボックス（8台）も備えられている。

5.3 伸び計増巾器

5.3.1 概要

伸び計は、30 KHzの発振回路を備えており、測定中は常時差動トランスの一次側を励磁する。伸び測定は鉄片の動きにより磁界が変化し、鉄片の動きに比例した二次電圧を発生するので、それを位相検波し、増巾器により増巾して出力信号として取り出す。

5.3.2 伸び計増巾器の仕様

測定範囲	1. 0～±10mm
	2. 0～±3mm
測定精度	±2.5%以下
応答速度	300 μs以下
出力	1. 120型メーター
	2. BNC接栓 ±10V/FS
ゼロ点調整範囲	±1.5mm以下
感度調整範囲	±20%以下
構造、外観	第5.3.1図、第5.3.2図参照
電源	AC 100V±1.5%

50 Hz
電源ケーブル 3 m, キャップ付

5.3.3 操作パネル

各部の機器の機能を以下に示す。

感度切換スイッチ…… $\pm 10\text{mm} / \pm 10\text{V} / \text{FS}$ 及び, $\pm 3\text{mm} / \pm 10\text{V} / \text{FS}$, を選択するスイッチで, 変化量に応じて使用する。

感度調整器……………差動トランスを交換した場合, 差動トランスの出力感度に各々差があるので, それを補正するとき使用する。

ゼロ調整……………電氣的ゼロ点を変更する場合にだけ使用する。

メーター……………出力レベルの表示

5.3.4 使用法

1) 差動トランスの機械的零点の決め方

出力電圧を監視しながら, トランス本体と鉄心の位置関係を変化させ, 感度切換スイッチを切替えても, 出力電圧が変化しない点をさがす。この点が機械的零点であり, 組立時に調節する。

2) 電氣的零点の決め方

上記の方法で機械的零点が決定されたならば, 前面パネルの零調整器で出力電圧が 0 V になる点を決める。

5.4 歪増巾器

5.4.1 概要

歪増巾器は, 燃料内圧, カプセル内圧およびカプセル歪の測定に使用する。歪測定回路は, ブリッジ回路と増巾器から構成されている。検出器の歪ゲージはブリッジ回路に接続され, 増巾器から入力側に電圧を加え, 出力側を増巾器入力へ接続する。測定に当っては, 増巾器のバランス抵抗により, ブリッジ回路をバランスさせ, 出力信号を零とする。圧力あるいは歪が生じると, 歪ゲージの抵抗が変化し, ブリッジ回路のバランスがくずれて出力側に変位に比例した出力電圧を生ずる。(第 5.4.1 図, 第 5.4.2 図参照)

5.4.2 歪増巾器の仕様 (第 5.4.2 図参照)

・測定範囲

120 Ω ゲージ使用の時 $\pm 22,000 \times 10^{-6}$ 歪

350 Ω ゲージ使用の時 $\pm 10,000 \times 10^{-6}$ 歪

・測定方式 偏位法

・ブリッジ電源 直流定電流 25mA

印加電圧 120 Ω の時 3 V

350 Ω の時 8.75 V

- ・平衡調整範囲
 - 抵抗 使用ゲージの±1%
- ・自動平衡調整
 - 精度 ±0.5%FS 以内
 - 時間 約10秒
- ・ゲージ率 2.0
- ・最大感度 (1.000×10^{-6} ひずみ入力において)
 - 120Ωゲージ 30Ω負荷 7.5mA 以上
 - “ 1kΩ 以上 1.5V 以上
 - 350Ωゲージ 30Ω負荷 25mA 以上
 - “ 1kΩ 以上 5.0V 以上
- ・最大出力 (非直線性±0.5%において)
 - 30Ω負荷 ±50mA 以上
 - 1kΩ 以上 ±10V 以上
- ・負荷抵抗 5Ω 以上 (不平衡)
- ・校正ひずみ
 - ±100, 500, 1,000, 2,000, 3,000 $\times 10^{-6}$
 - 誤差 (各点) ±0.3% 以内
- ・感度調整器
 - ATT. 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$, 0
 - 誤差各点 ±0.3% 以内
 - GAIN. 0 から最大感度まで連続可変
- ・応答周波数範囲 DC ~ 10KHz ±1dB 以内
- ・SN比 (最大出力の時) 54dB 以上
- ・使用温度範囲 -10 ~ 50°C
- ・温度変化による影響
 - 零点移動 ±0.1%FS/°C 以内
- ・時間による変動 ±0.1%FS/°C 以内
 - 零点移動 ±0.5%FS/8hr 以内
 - 感度変化 ±0.5%FS/8hr 以内
- ・電源変化による影響 (電源電圧変動±10%の場合)
 - 零点移動 ±0.1%FS 以内
 - 感度変化 ±0.1%FS 以内
- ・電源 AC 100V
- ・大きさ・重量
 - 大きさ 高さ 176×幅 42×奥行 343
 - 重量 約 2 kg

・ローパスフィルタ部の性能

遮断周波数	30, 100, 1000Hz, 10KHz (5段)
減衰傾度	-12dB \pm 1dB/oct.

5.4.3 ブリッジボックス

ブリッジボックスは、第5.4.3図のように、超精密U抵抗(120)端子a, b, c, dと、ゲージ電源および出力端子A, B, C, Dにより構成されている。

第5.4.4図は1ゲージ法による取扱例で、A-B間に測定用ACTゲージを接続し、A-a間、B-b間、C-c間、D-d間をそれぞれ短絡し、A-B間にゲージ電源を接続し、B-D間より出力を取り出す。

第5.4.5図は2ゲージ法による取扱例で、2ゲージは一般的に、温度保償を行なう場合あるいは、感度を2倍にして使用する場合に用いられ、図のようにA-a間、C-c間、D-d間を短絡してブリッジ回路を構成する。

第5.4.6図は4ゲージ法で、1ゲージ法の4倍の感度を必要とする場合に用いられる。

5.5 DC増巾器 (ディフェレンシアル型直流増巾器)

5.5.1 概要

DIFF. AMP. 8875Aを使用しており、パルス実験における、クラッド温度、水温、水塊速度計の信号増巾として用いている。

5.5.2 DC増巾器の仕様

周波数測定帯域	DC~75KHz 3dB以内
ゲイン	1~1000連続可変
レンジ	1, 3, 10, 100, 300, 1000, および OFF
ゲイン精度	$\pm 0.1\%$
ゲイン安定度	$\pm 0.005\%/^{\circ}\text{C}$
入力インピーダンス	20M Ω
許容電圧	$\pm 20\text{V}$
非直線性	0.01%以内 F.S
ノイズ	
帯域	ノイズ
dc~10Hz	1 $\mu\text{V}_{\text{p-p}}$
dc~100Hz	3 $\mu\text{V}_{\text{p-p}}$
dc~1KHz	6 $\mu\text{V}_{\text{p-p}}$
dc~10KHz	3 μV_{rms}
dc~50KHz	4 μV_{rms}
dc~250KHz	5 μV_{rms}

5.5.3 使用法

DC 増巾器の表面は第 5.5.1 図に示す通りであり、10 台まとめて電源部（第 5.5.2 図）に組込まれている。各部の機能を以下に示す。

1) GAIN SELECTOR

与えられたゲインを決める。

2) LOW PASS FILTER

与えられた値にセットする。

3) ZERO ADJ

入力を 0V とし、出力が 0V となるように調節する。

4) VERNIER

最大入力相当の電圧を加え、出力を調整する。

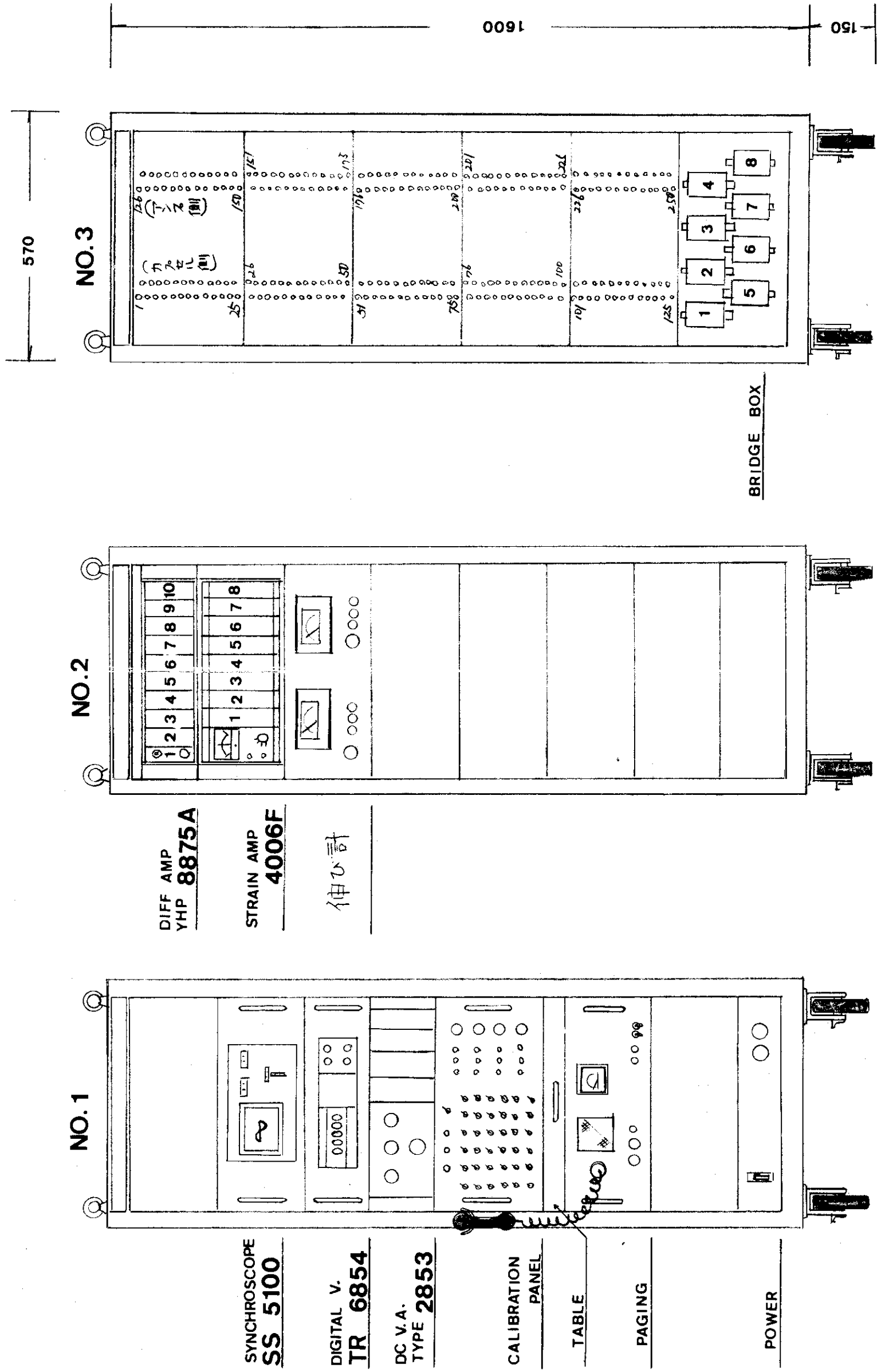
* GAIN TRIM および BAL

調整ずみにつき、原則として調整不要

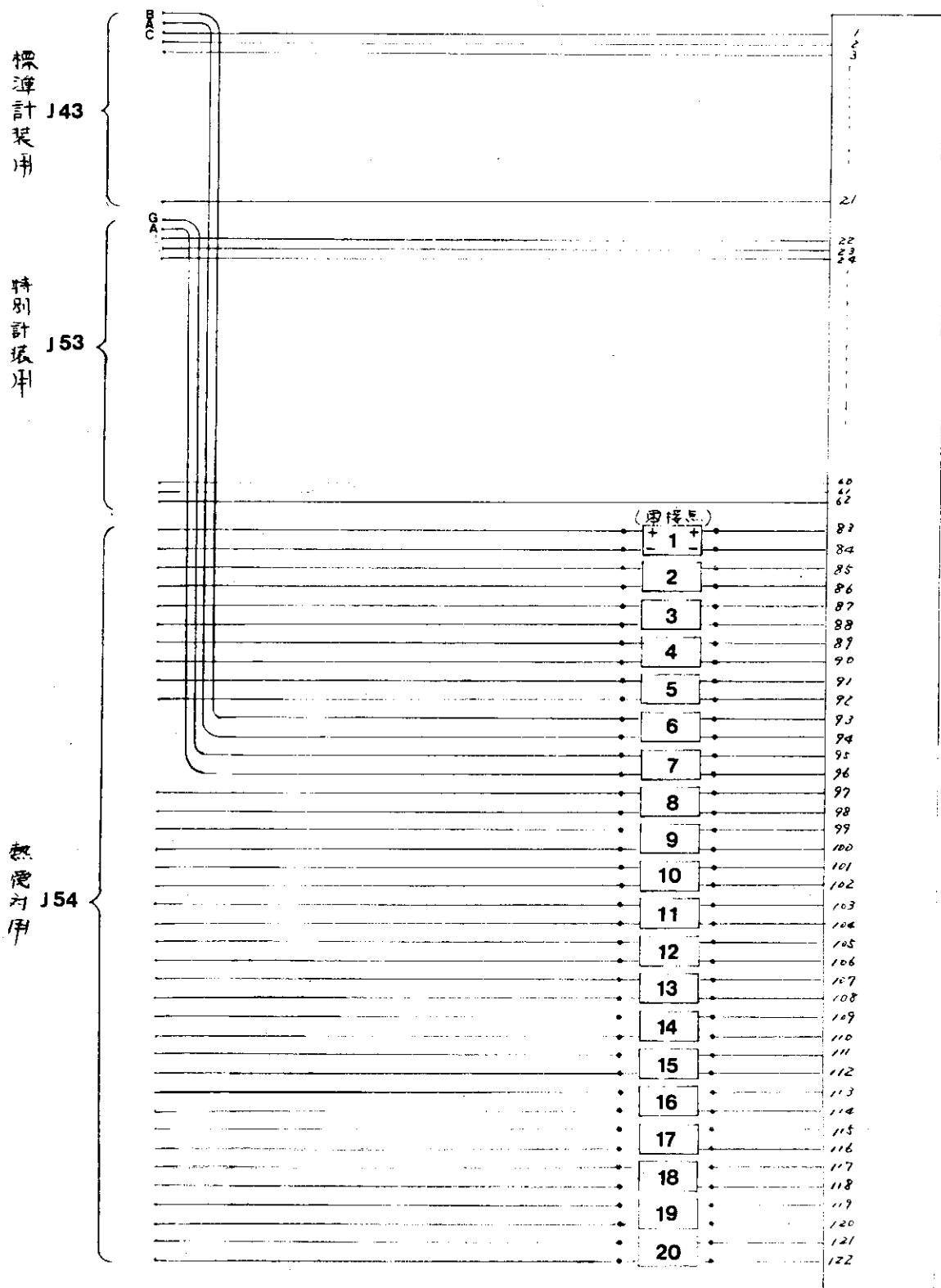
5) 入出力端子

増巾器の入出力端子は電源部の裏面にあって、結線ずみである。

DATA AMP

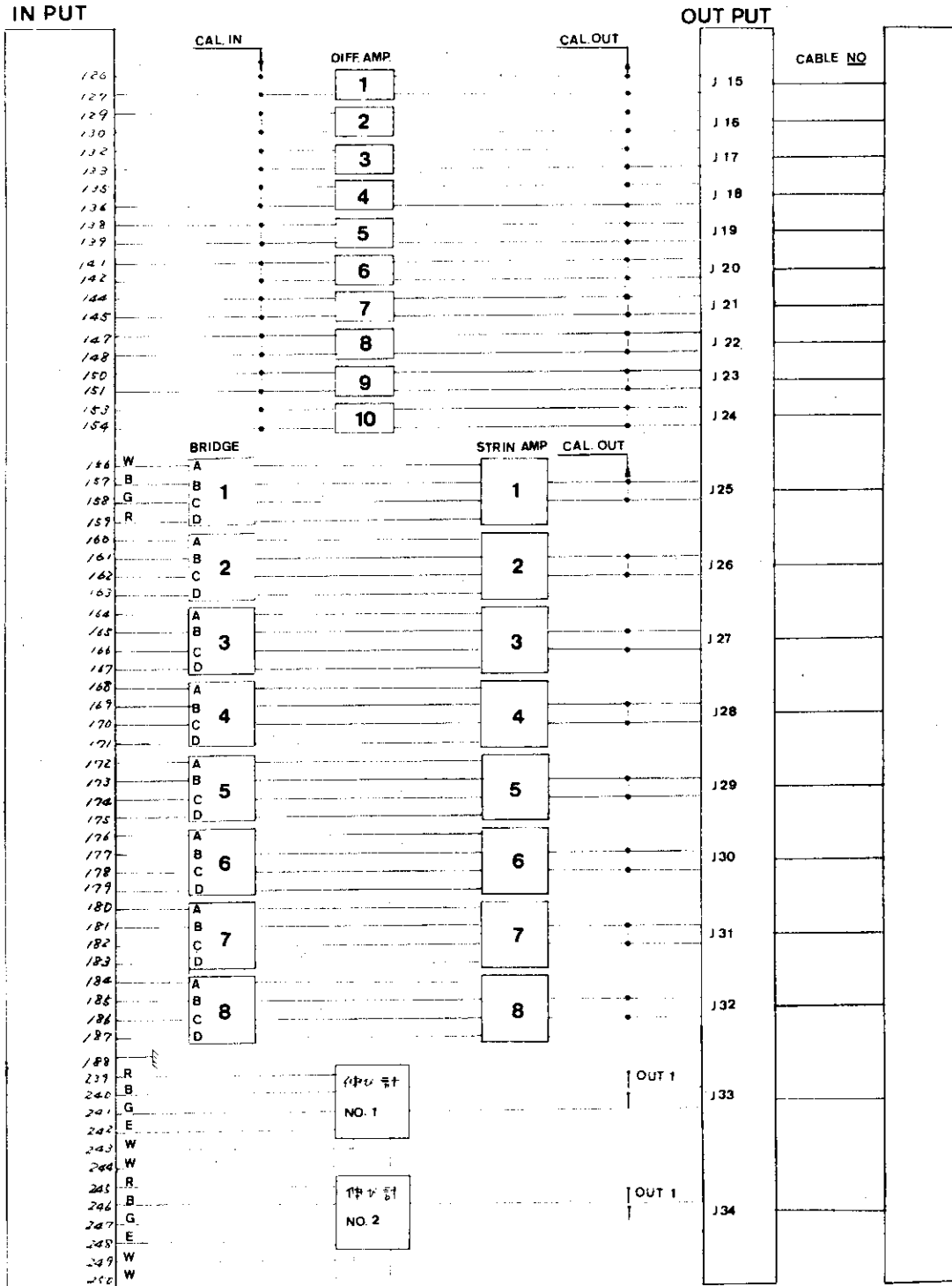


第 5.2.1 図 データアンプ正面図



第 5. 2. 2 図 アンプ入力結線図 (コネクタ部)

DATA AMP.

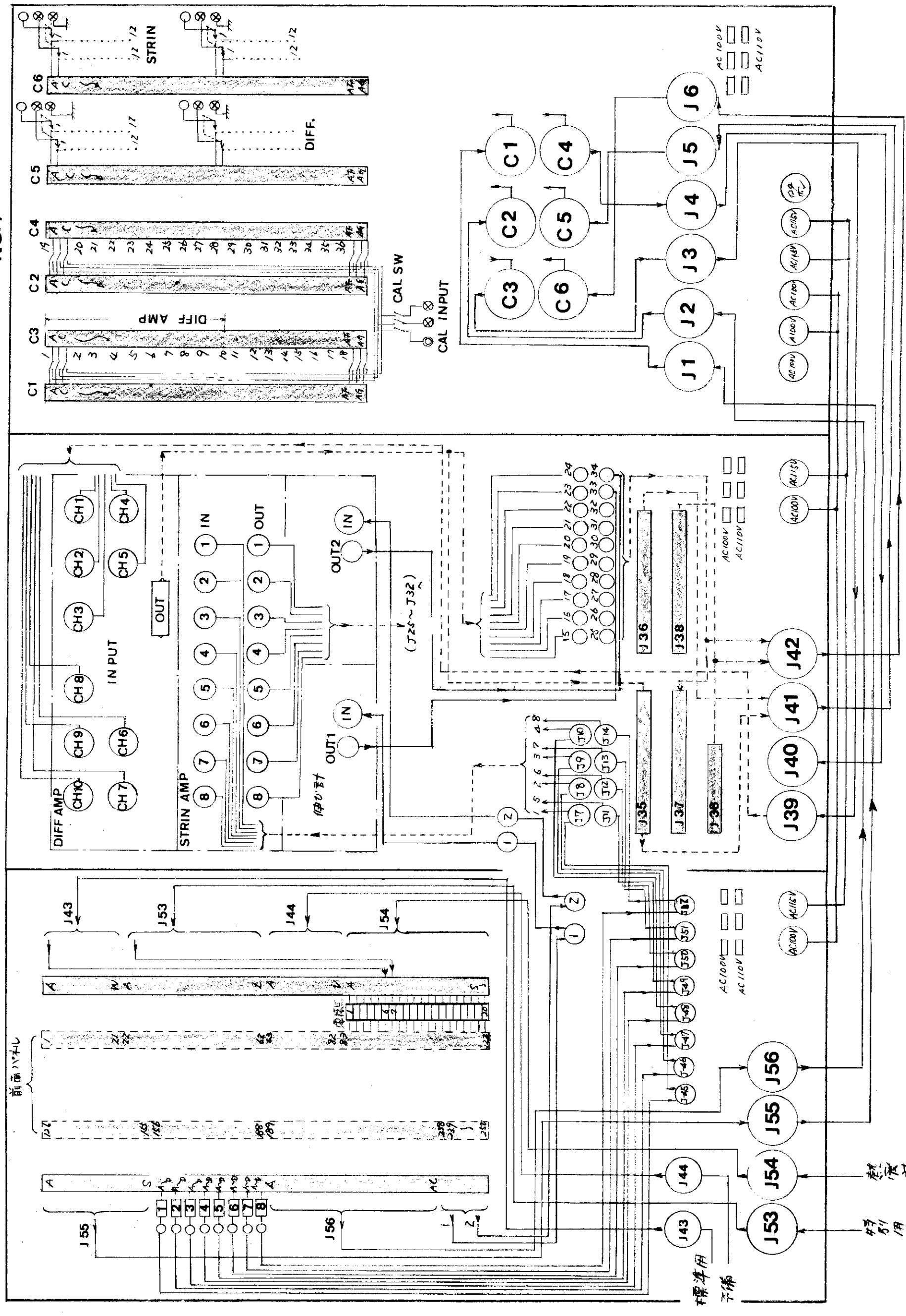


第 5. 2. 3 図 データアンプ (入力→アンプ→出力)

NO.3

NO.2

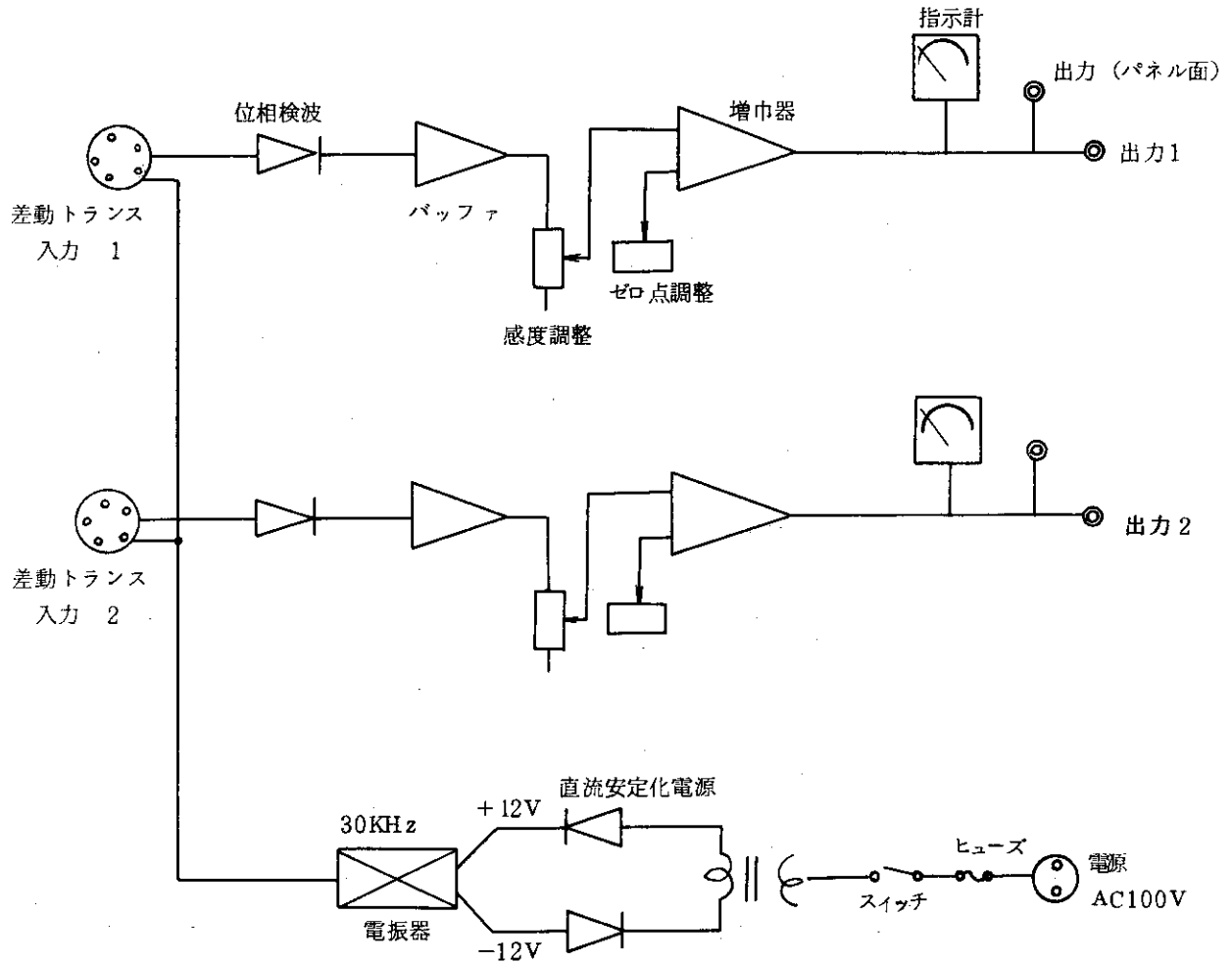
NO.1



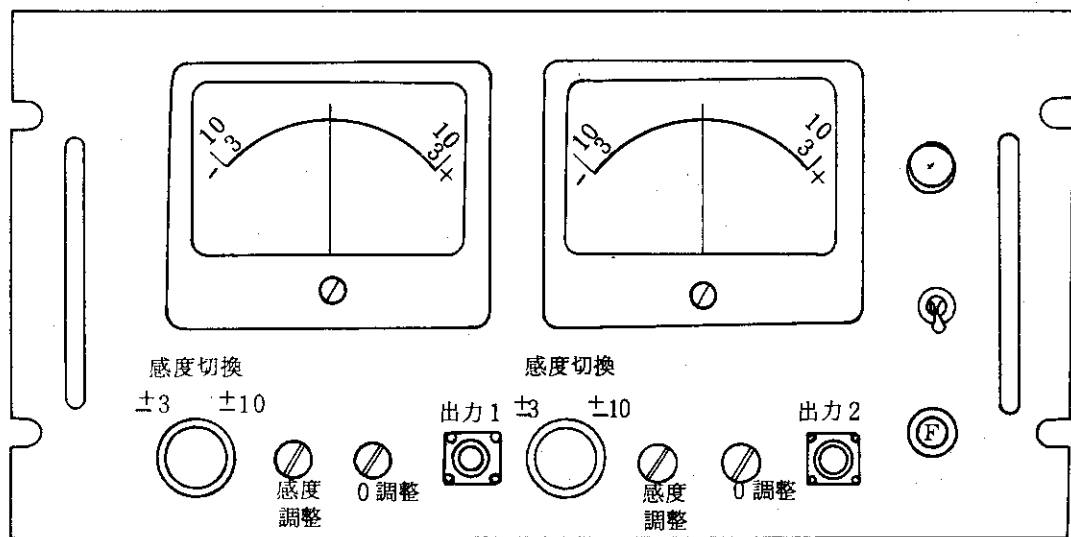
(裏面配線図)

DATA AMP

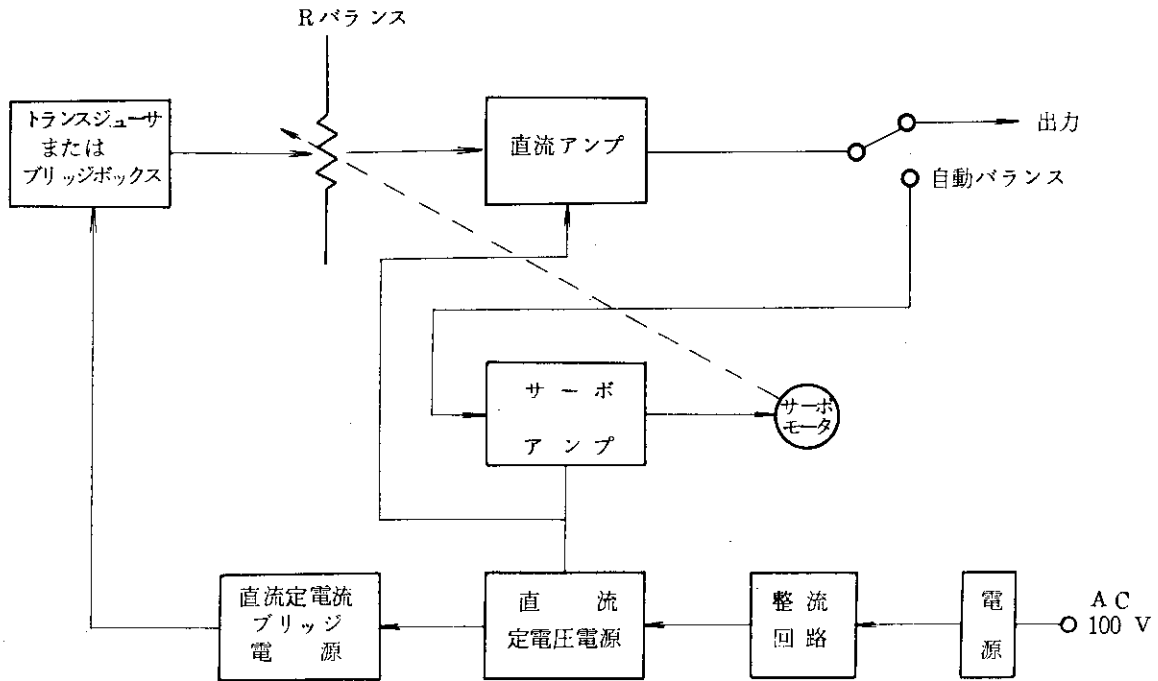
第 5. 2. 4 図



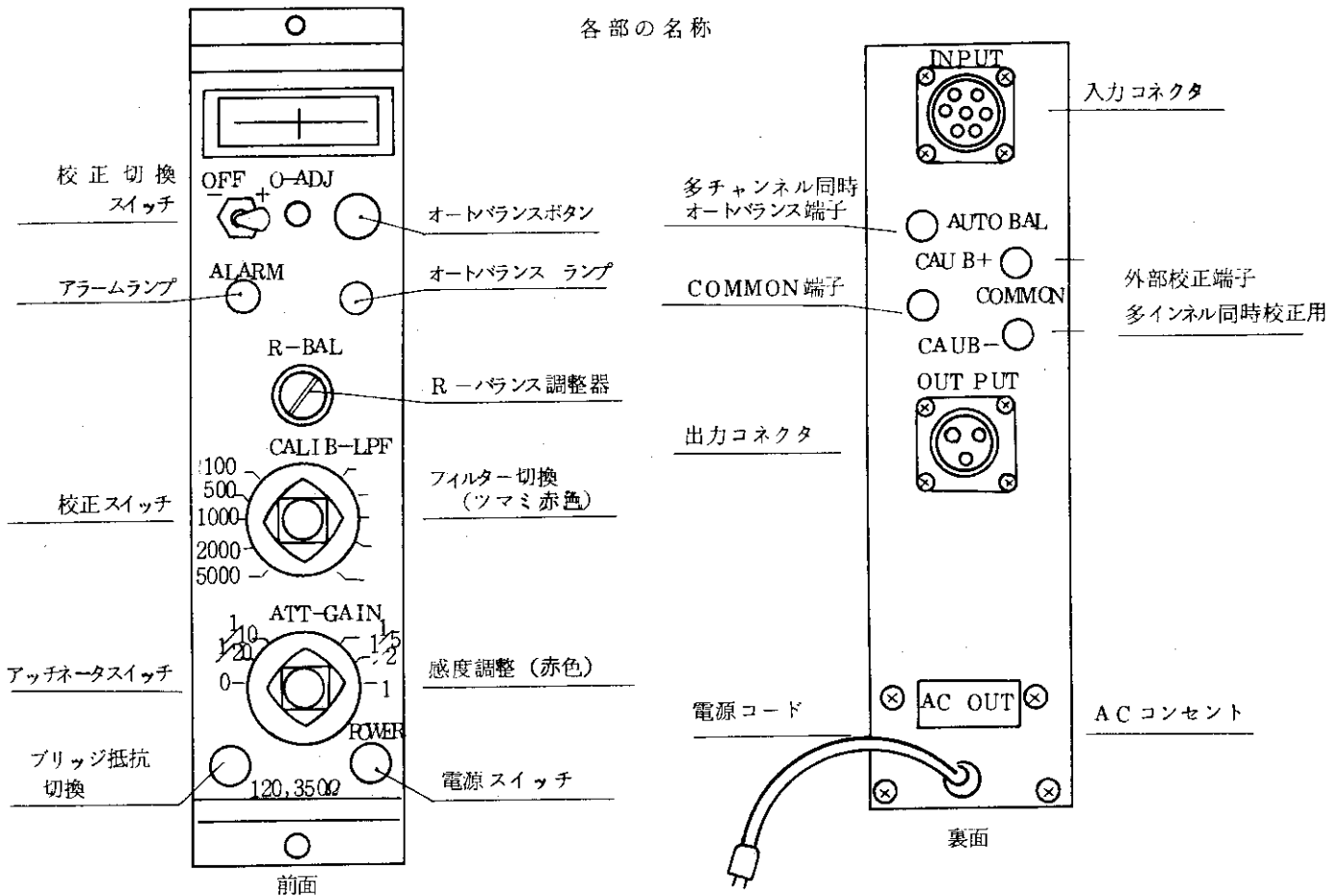
第 5.3.1 図 変位計増巾器のブロックダイアグラム



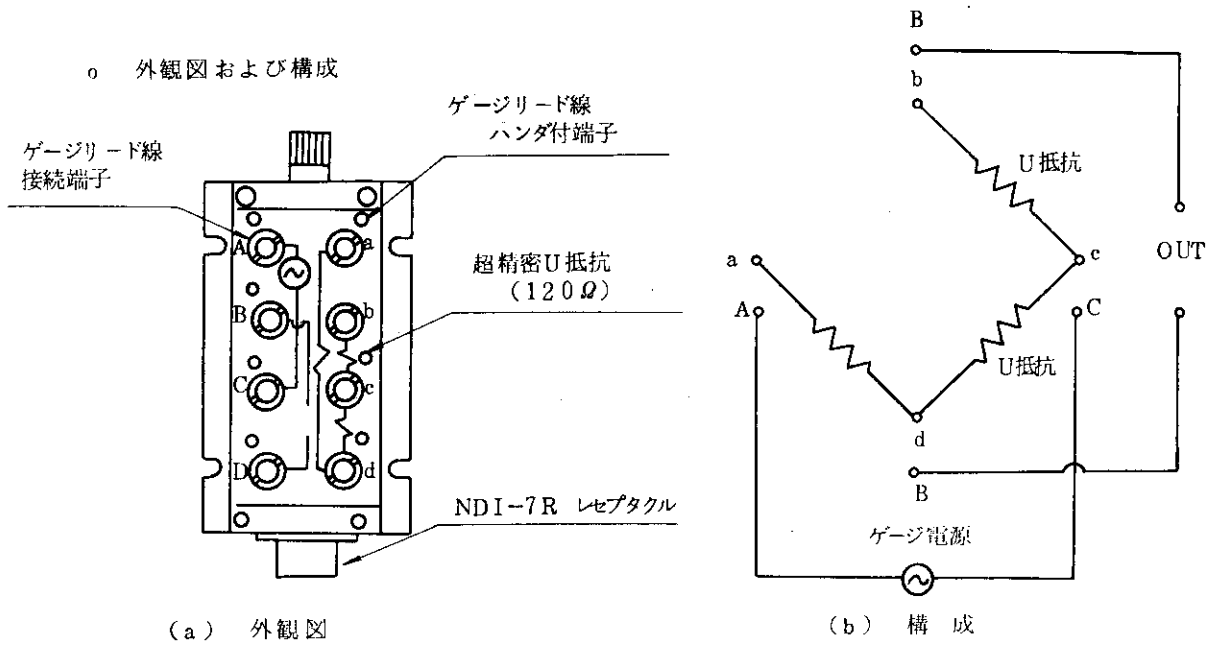
第 5.3.2 図 変位計増巾器の前面パネル



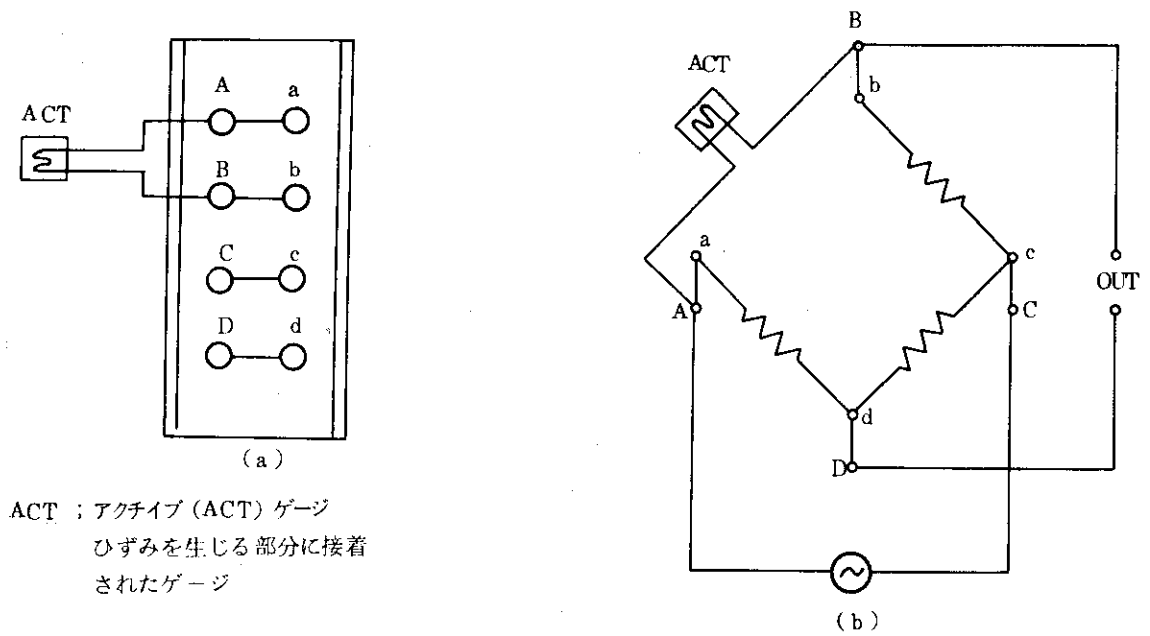
第 5.4.1 図 動はずみ増巾器のブロック図



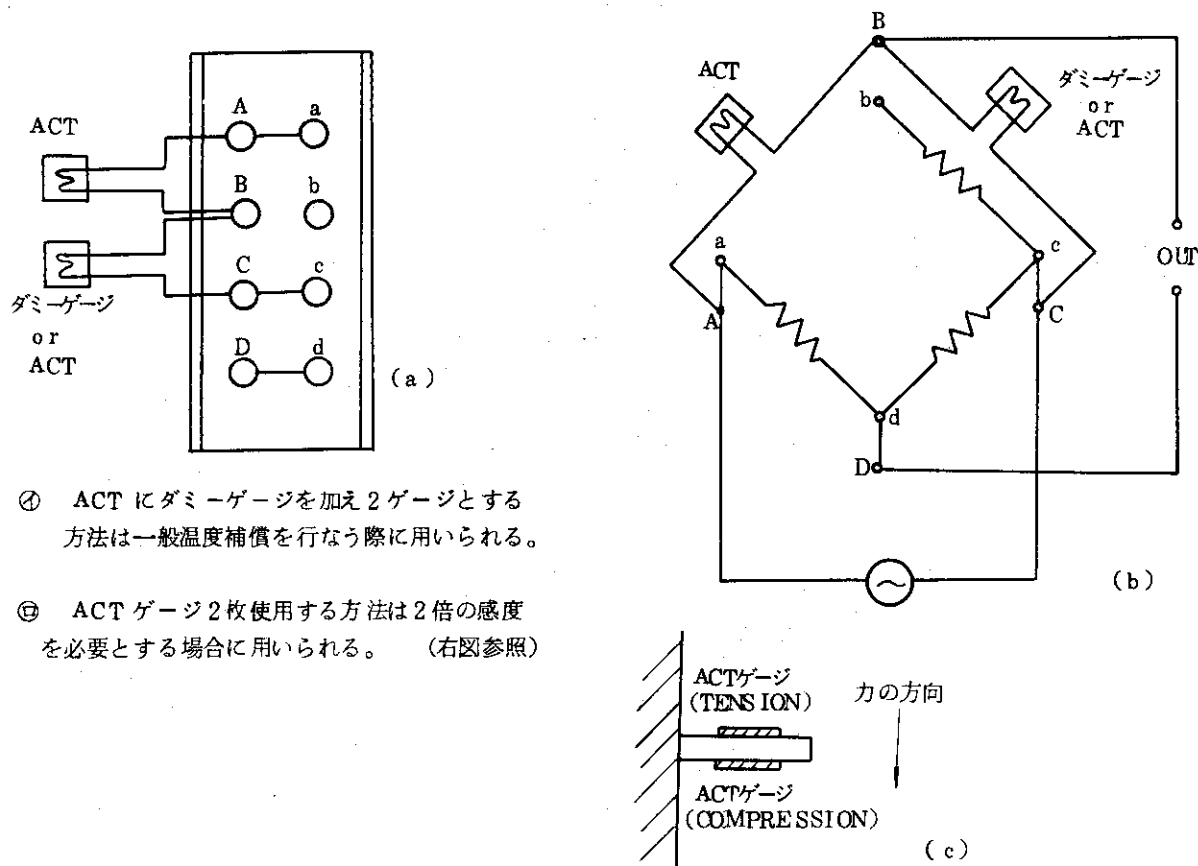
第 5.4.2 図 動はずみ増巾器の各部の名称



第 5.4.3 図 ブリッジボックス

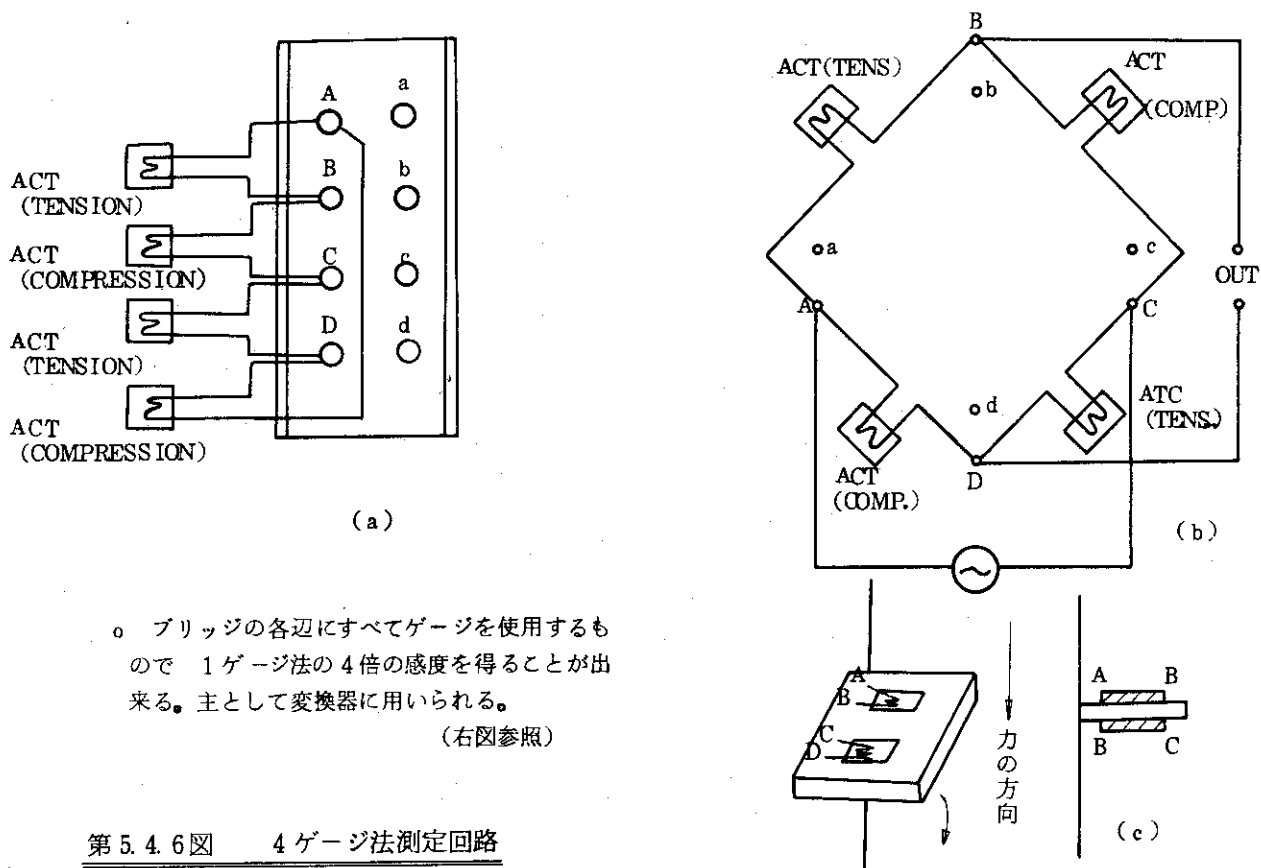


第 5.4.4 図 1ゲージ法 (120Ω) 測定回路



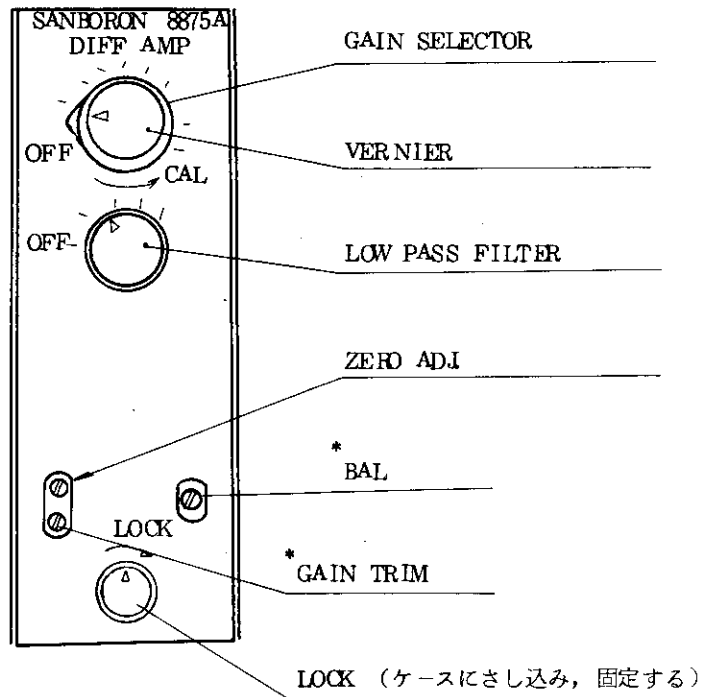
- ㊦ ACT にダミーゲージを加え2ゲージとする方法は一般温度補償を行なう際に用いられる。
- ㊧ ACT ゲージ2枚使用する方法は2倍の感度を必要とする場合に用いられる。(右図参照)

第 5. 4. 5 図 2 ゲージ法測定回路

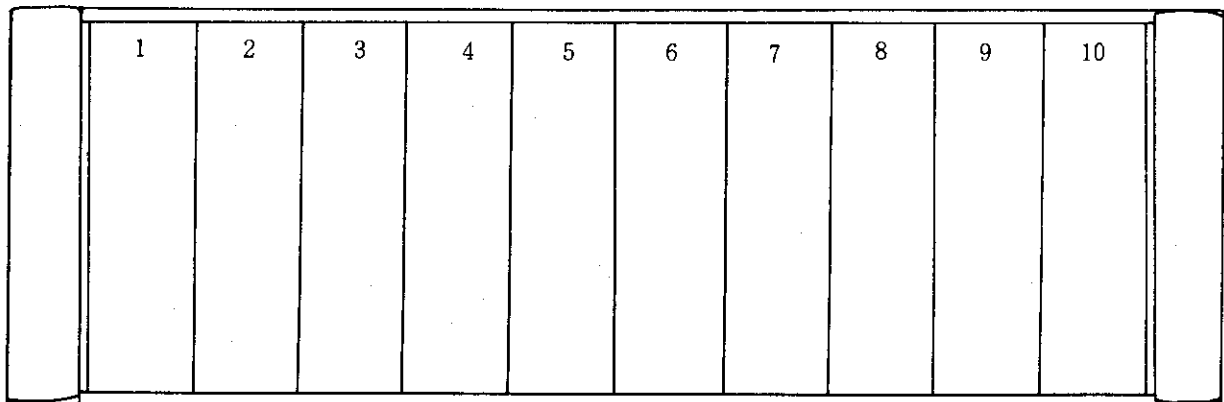


- ブリッジの各辺にすべてゲージを使用するもので 1ゲージ法の4倍の感度を得ることが出来る。主として変換器に用いられる。(右図参照)

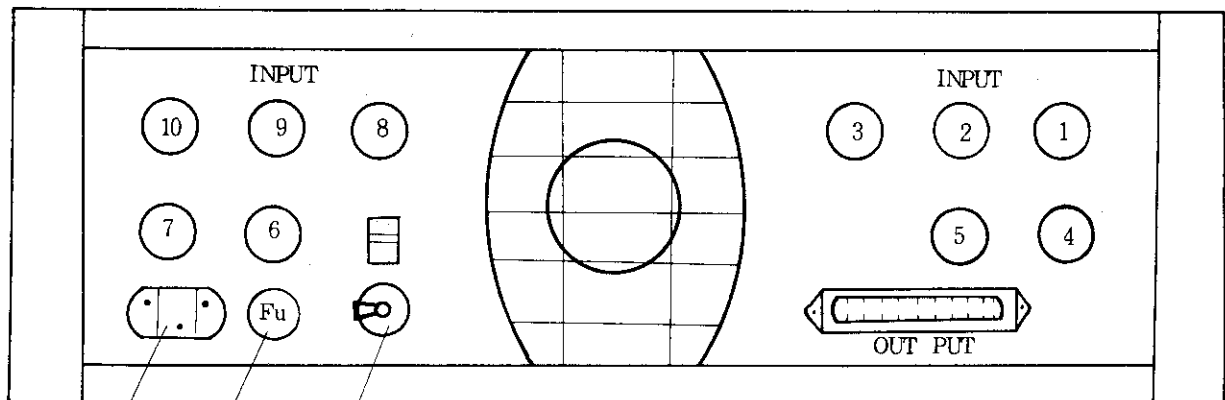
第 5. 4. 6 図 4 ゲージ法測定回路



第 5. 5. 1 図 外 観 図



(a)



(b)

POWER

FUSE

POWER SWITCH

第 5. 5. 2 図 電 源 部 (Amp 10台組み)

6. 信号ケーブル

6.1 目的

本ケーブルは、NSRRの実験において、カプセルからプリアンプ盤までの間を結続するための信号ケーブルである。

本ケーブルは、実験孔へカプセルを挿入、取出しする際にホールドダウン機構等へからみ付かないように、また信号ケーブルが切れないように、ビニール被覆の多芯ケーブルとしている。

6.2 多芯ケーブル

多芯ケーブルは特別型と標準型の2種類あり、計装回路数は、前者では11対、後者では21対である。実験計装の必要チャンネル数により適当なものを選択する。いずれの場合でも使い始めるときは、30mで切断する。

一度使用するとカプセル側はホットになるため、原則として約3m切断して廃棄する。放射線チェックを行い200dpm以下ならば再使用できる。再使用時の最短長さは16mである。16m以下になったときはケーブルを全部廃棄する。(ただし、ターミナルは回収すること。)

多芯ケーブルの規格値を第6.2.1表に、仕様を第6.2.2表に、断面図を第6.2.1図にそれぞれ示す。信号線の記号は用途により次の三つに分けている。

- 1) T-1線 C/Aの補償導線で水温用
- 2) SA線 一般の信号線用
- 3) SB線 シールド付信号線で、主にクラッド伸び計およびペレット伸び計に使用する。

6.3 接続部(ターミナル)

実験計装盤との接続にはキャノンプラグを使用する。標準用としては24芯型(MS 3101B-24-28S, & MS 3106B-24-28S)を、特別用としては54芯型(MS 3106A-32-2010-10P, & MS 3102A-32-2010-10S)を使用する。

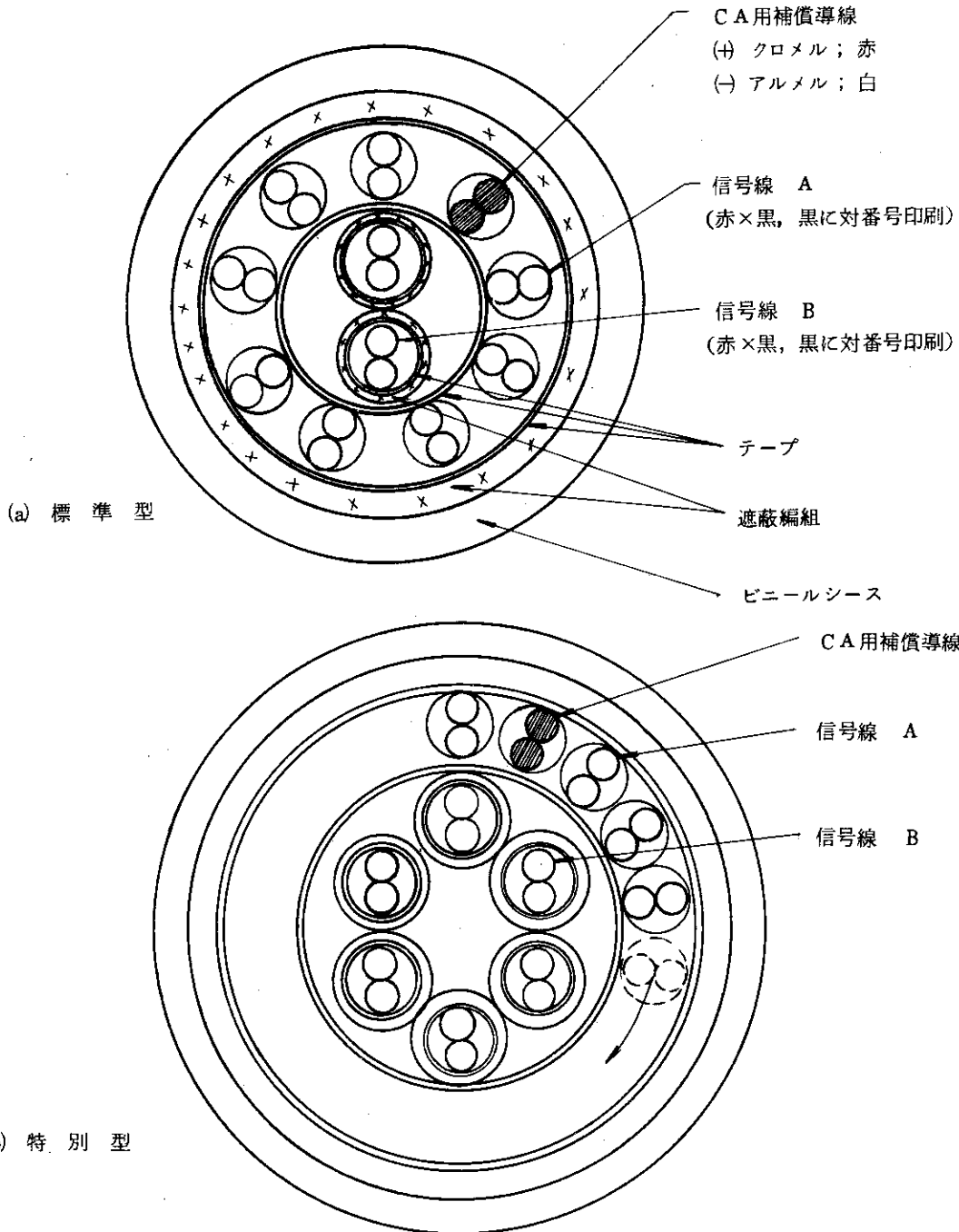
多芯ケーブルとキャノンプラグの結線を第6.3.1図に標準用を、第6.3.2図に特別用をそれぞれ示す。

第6.2.1表規格値

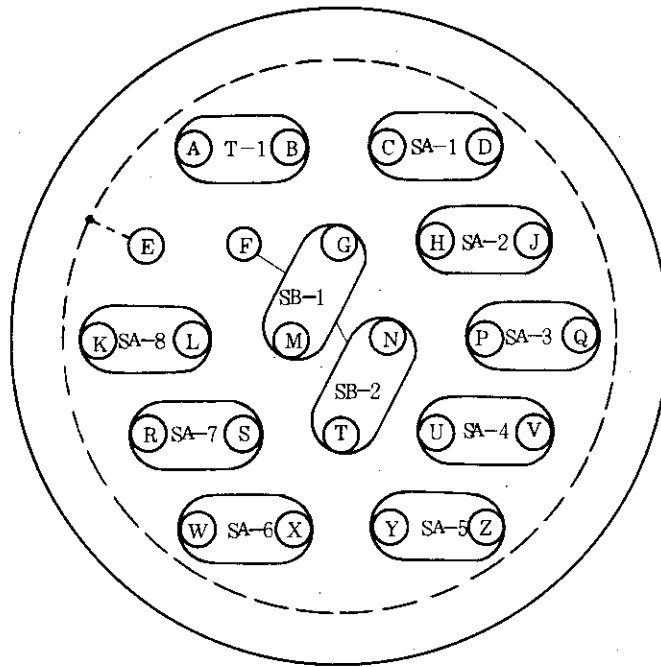
項目別	単位	規格				値		
		標準型	補償導線	信号線A	信号線B	信号線A	信号線B	特別型
用途	-	信号線A	信号線B	補償導線	信号線A	信号線B	補償導線	
対数	-	8p	2p	1p	14p	6p	1p	
材料	-	軟銅線	軟銅線	クロメル/アルメル	軟銅線	軟銅線	クロメル/アルメル	
導公称断面積	mm ²	0.18	0.18	-	0.18	0.18	-	
構成	本/mm	16/0.12	16/0.12	1/0.3	16/0.12	16/0.12	1/0.3	
外径	mmφ	0.55	0.55	0.3	0.55	0.55	0.3	
ビニール絶縁対厚さ	mm	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
対より外径	mmφ	3.1	3.1	2.6	3.1	3.1	2.6	
テープ巻厚	mm	-	0.05	-	-	0.05	-	
遮蔽編組厚(素線径)	mm	-	0.3(0.12)	-	-	0.3(0.12)	-	
集合外径(信号線B)	mmφ	-	7.6	-	-	11.4	-	
テープ巻厚	mm	-	0.05	-	-	0.05	-	
集合外径(全線心)	mmφ	-	13.0	-	-	16.8	-	
テープ巻厚	mm	-	0.05	-	-	0.05	-	
遮蔽編組厚(素線径)	mm	-	0.4(0.16)	-	-	0.4(0.16)	-	
ビニールシース厚	mm	-	1.5	-	-	1.5	-	
仕上げ外径(約)	mmφ	-	17.0	-	-	21.0	-	
その他	-	信号線Aは標準型, 特別型とも, 対毎にツイストとする。						

第 6.2.2 表 信号ケーブルの仕様

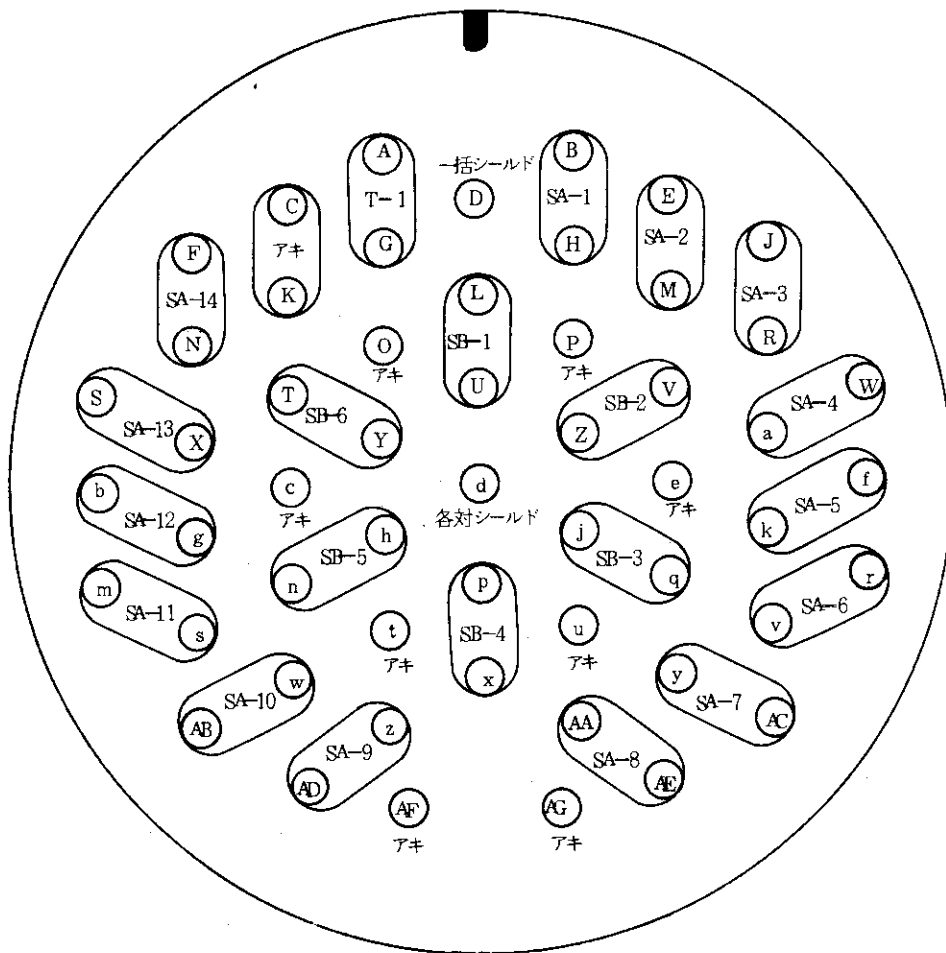
項 目	性 能
耐電圧	1,000V 1分間 (線間)
最小絶縁抵抗 (20℃)	30 MΩ - km (線間)
最大導体抵抗 (20℃) (信号線 A & B)	102 Ω / km
起電力公差 (補償導線)	± 2℃ (0 ~ 100℃間)



第 6.2.1 図 信号ケーブルの断面



第 6. 3. 1 図 多芯ケーブルとプラグの結線 (標準用)



第 6. 3. 2 図 多芯ケーブルとプラグの結線 (特別用)

7. あとがき

本資料に記載の内容は、NSRRの実験の進行に従って検出器や関連機器は改善されてゆくものである。従って随時変化している。今後は毎年1回位の割合で本資料の内容を修正していく予定である。

カプセルおよび計測器等の現在までの開発達成率は

I型カプセル	}	90 ~ 100 %
カプセル内温度		
水塊速度		
カプセル内圧		
カプセル動ひずみ		
実験計装盤		
多芯ケーブル	}	50 ~ 90 %
クラッド表面温度		
ペレット伸び計		
クラッド伸び計		
中性子束		
燃料棒内圧計		
ミート温度計	}	50 %以下
クラッド近傍圧力計		
水撃力計		
ボイド計		
クラッド動ひずみ計		
水中音		

位である。

今後90%のものは3カ月間位で100%へ、50%のものは6カ月間位で100%へ、50%以下のものは12カ月間から18カ月間位で100%へ使用可能な状態に達成させたい。

コナックシールに替る新しいシール部は、開発中であり、近いうちに完成する見通しである。

第4.1.1表に示す検出器の種類は、現在反応度安全研究室より要請されたものであり、NSRR管理室としてはそれらを完全に測定できる状態にすること、および精度を高めることに努めている。なお、新たな検出器は、実験の進捗により要請された段階で開発に着手したい。

初めに述べたように本資料は、実験計装類の組立に基づく測定上のバラツキをできるだけ減少する目的で作成したものである。従って本資料によりはじめて組立管理票を作成される方は、作成前に実験管理係に相談されたい。

なお、ここで述べてきた大気圧水カプセルと主要な計装については、NSRRの建設と並行し開発が進められてきた。すなわち、大気圧水カプセルについては、昭和47年炭素鋼管を使用したカプセルで耐爆実験に着手し、^(*)引きつづいて昭和48年には現在使用している大気圧水カプセル

(*) NSRR 試作カプセルの耐爆実験(1973年)

の試作カプセルを製作し、耐爆実験により安全性を確認を行ない今日に至ったものである。また、計装については、NSRRにおける実験が燃料破壊実験を行なう性格上、放射性物質による汚染や破壊力の発生による計測器の破損等の理由から使い捨てにすることを前提に、できる限り市販のかつ低価格のものを調査し確性試験を行ない今日使用するに至った。^(*1)

我国においては、JMTRやJPDRにおいて炉内計装の実績は多いが、NSRRにおいて行なうような燃料破壊実験に類する実績は皆無であり、開発に当っては執筆者外のNSRR管理室および反応度安全管理室各位の努力によるところが多大である。また、NSRR管理室石井徹雄氏および反応度安全研究室屋蔦雄氏には、本稿の執筆に際し多くの助言を載いた。本稿をまとめるに当り両氏ならびにNSRR管理室および反応度安全管理室の各位に深甚の謝意を表します。

(*2) JAERI-M 5861

附録Ⅰ 組立手順

一般的な実験カプセルへの試験燃料の組立手順を附Ⅰ-1図(a)~(c)までに示す。(実際の組立にあたっては必ず組立管理票に従い、この図は参考にとどめる。)

附録Ⅱ 試験燃料棒

現在使用している試験燃料(昭和51年9月から昭和52年6月頃まで実験に供する燃料棒)は、A型とB型の二種類がある。A型は、燃料内圧測定のもの、B型は一般用のものである。外形図を附Ⅱ-1図および附Ⅱ-2図に示す。

附録Ⅲ 熱電対の起電力

NSRR 実験において各種温度測定用に使用している熱電対の熱起電力を以下の図に示す。

附Ⅲ-1図 Pt Rh 40%/Pt Rh 20%の起電力

附Ⅲ-2図 Pt Rh 13%/Pt の起電力

附Ⅲ-3図 WRe 26%/WRe 50%の起電力

附Ⅲ-4図 C/Aの起電力

附録Ⅳ シールコネクタ

(1) 概要

現在、カプセル内から信号線を取り出すために、コナックシールを用いているが組立に手数がかかりすぎる欠点がある。

このため、新たなシールコネクタを試作開発した。しかし、実際にシールコネクタを使用してみるとこれにも欠点があることが判明した。

従って、更に取り扱い易いシールコネクタの開発が必要であるが、ここでは、今後の開発のために、このシールコネクタの構造ならびに問題点について述べる。

(2) シールコネクタの仕様

最高試験圧力	90 kg/cm ²
絶縁抵抗値	1 M Ω 以上 (at 500VDC)
最高使用温度	100 °C以下
水密性	有
回路数	16 ch
漏洩 (He)	1 \times 10 ⁻⁶ Acc/sec 以下

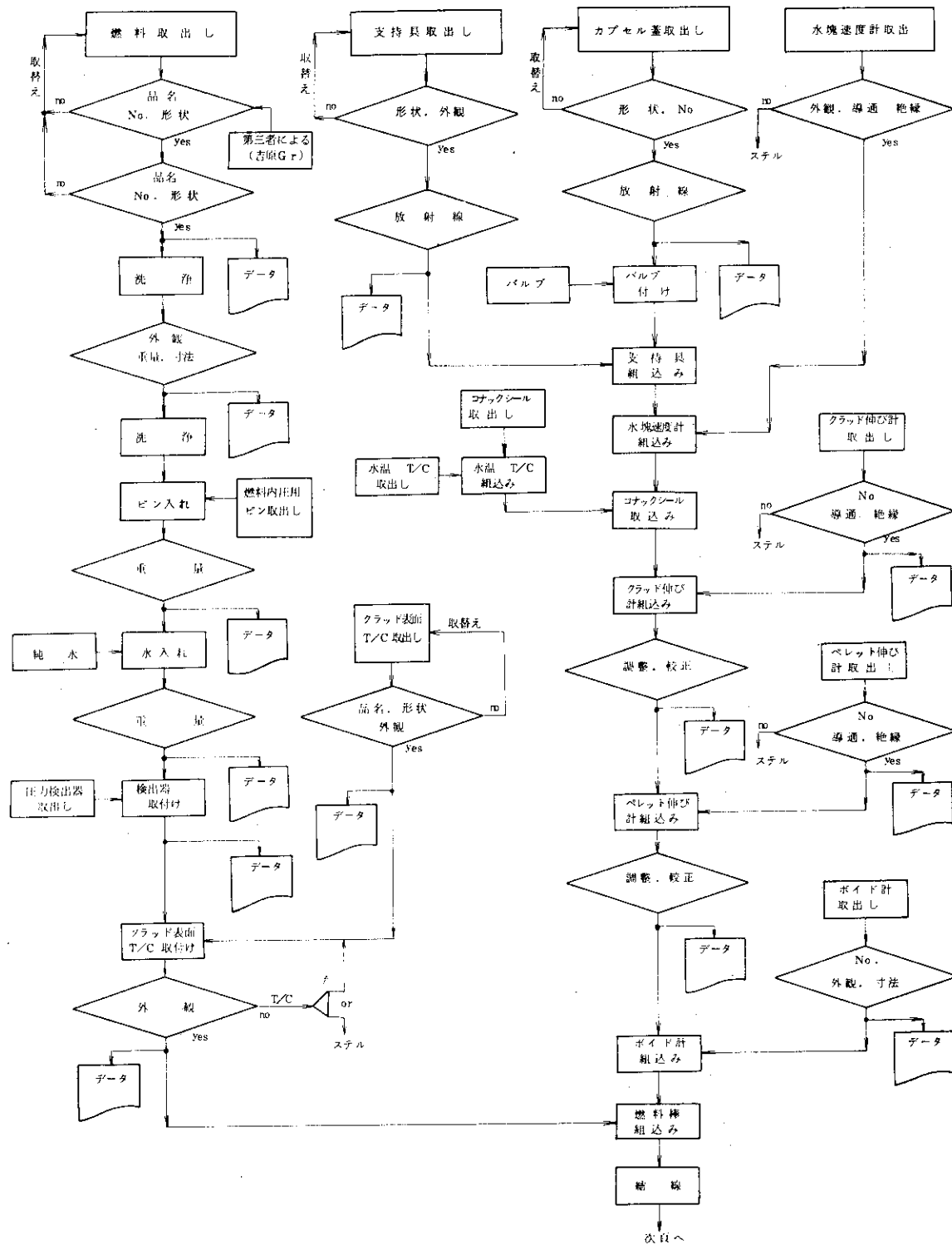
(3) 構造

外径 1.0mm ϕ のMI ケーブルを 16ch 通し、シール部分は銀ローで止めている。カプセルの外側は、キャノンプラグを使用して、多芯ケーブルとの接続を簡単にできるように工夫されている。一方内側は、ハモニカタイプのコネクタ (10 ch) を 2ヶ使用している。

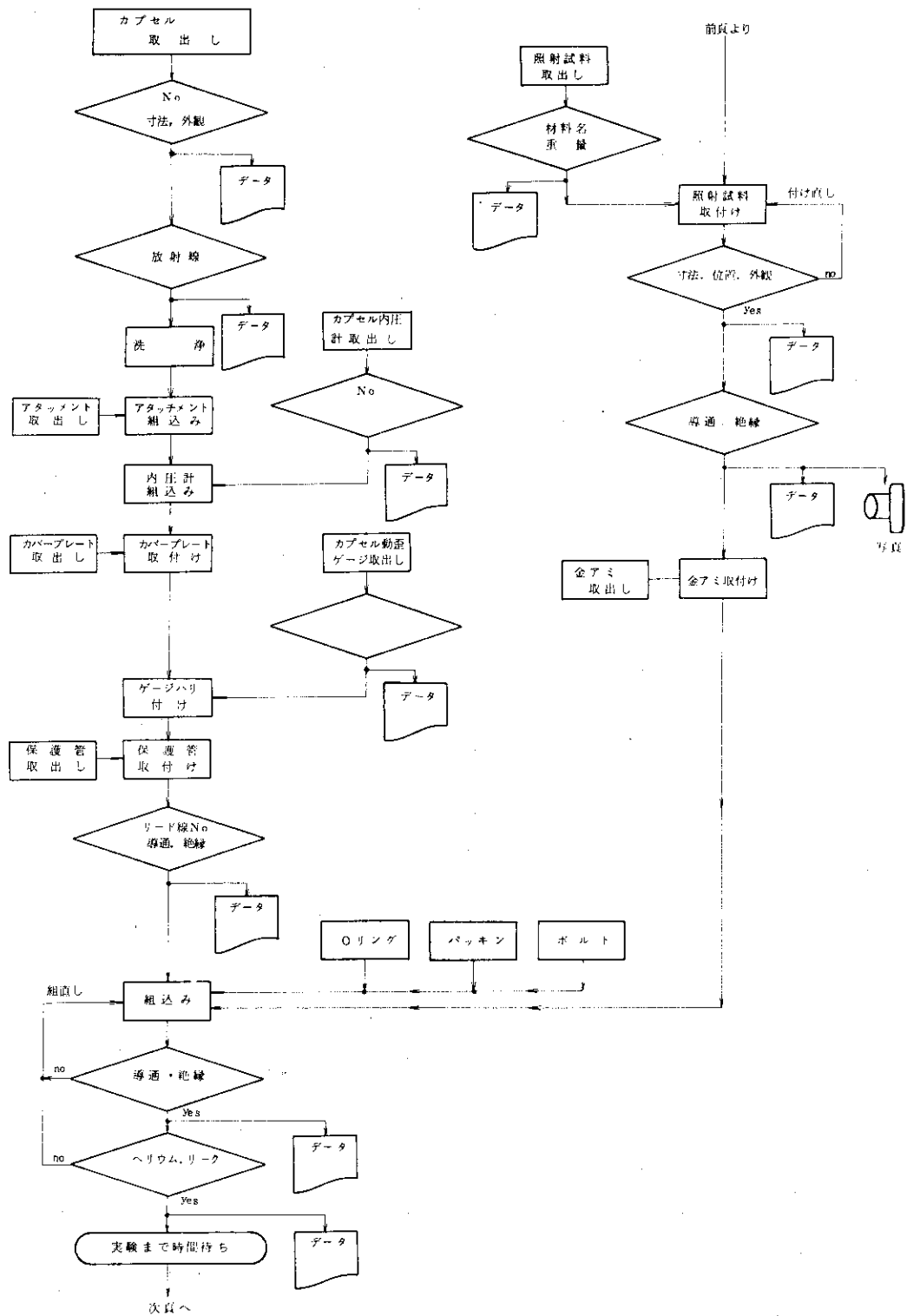
本コネクタの特徴は、コナックスシールに対してケーブルとの接続が簡単になるように考慮されている点にある。附Ⅳ-1図に内部結線を、附Ⅳ-2図に構造をそれぞれ示す。

(4) 問題点

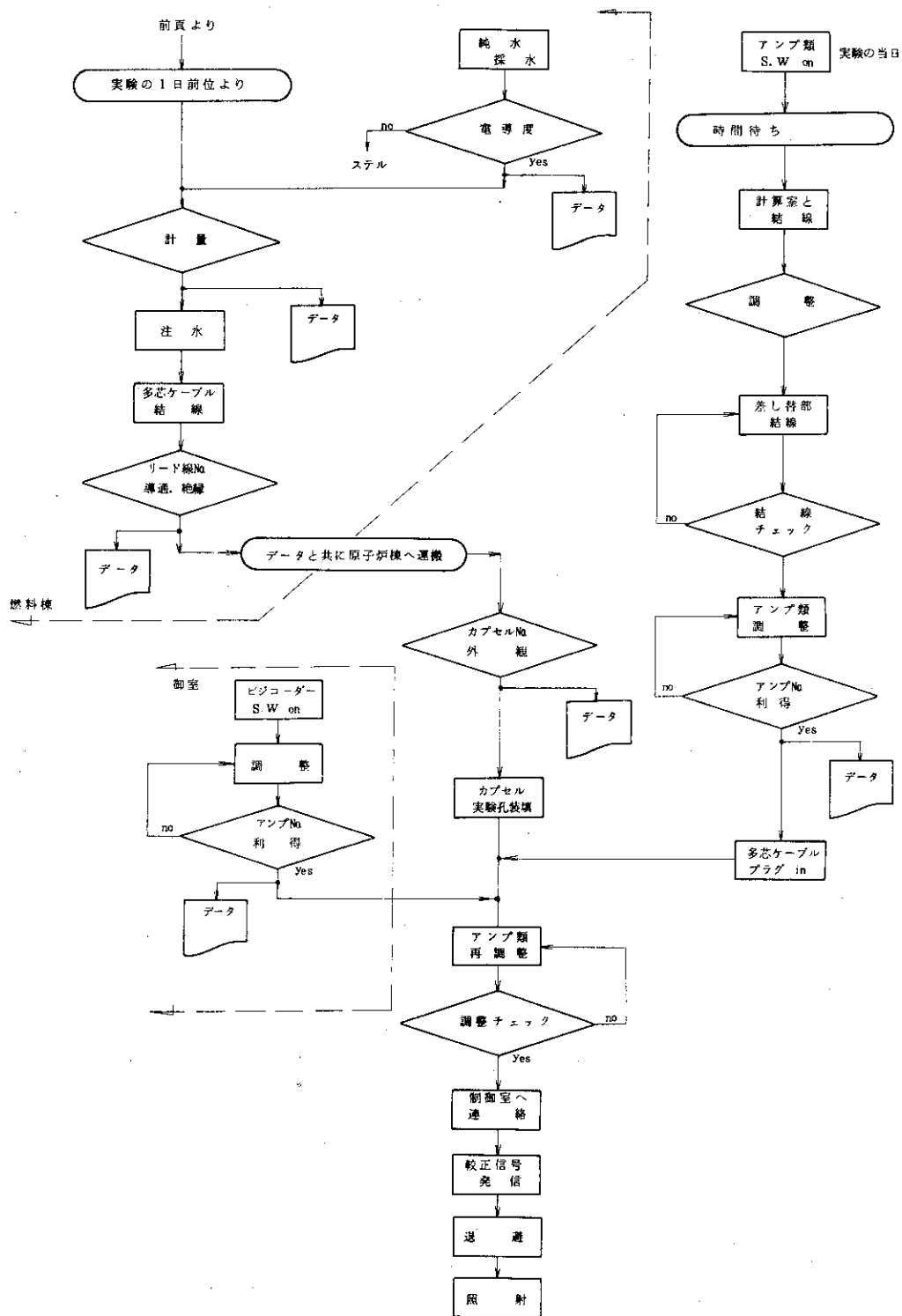
- 1) シールコネクタのカバーが大きく、水塊速度計の浮子が機械的に当る。もしカバーをはずして使用すれば水塊速度計は付けられるが、コネクタが水封できなくなる。カバー寸法の改善が必要である。
- 2) ハーモニカ端子に付くリード線とカバー間に、組立て後、シール材を注入しなければならないが、現在適当な材料が見付からない。KE 42 を使用してみたがシール性能が良くなく、別のシール材をさがす必要がある。
- 3) 信号リード線とコネクタのカバーの外側は燃料破損時汚染する。現状ではその洗浄に手数がかかりすぎる。
- 4) 洗浄により、シールコネクタの再使用を行なえば1実験当りの単価は安くなるが、1回使用とすると1ヶ当りの値段が高すぎる。



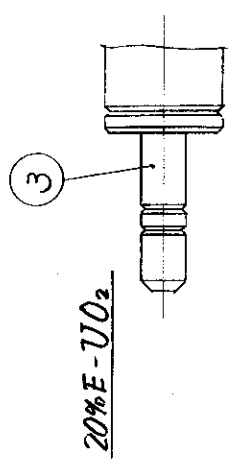
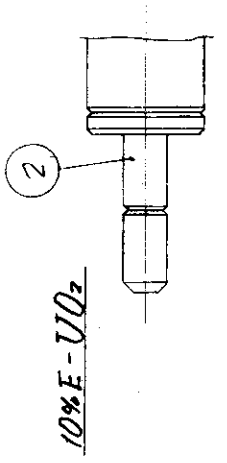
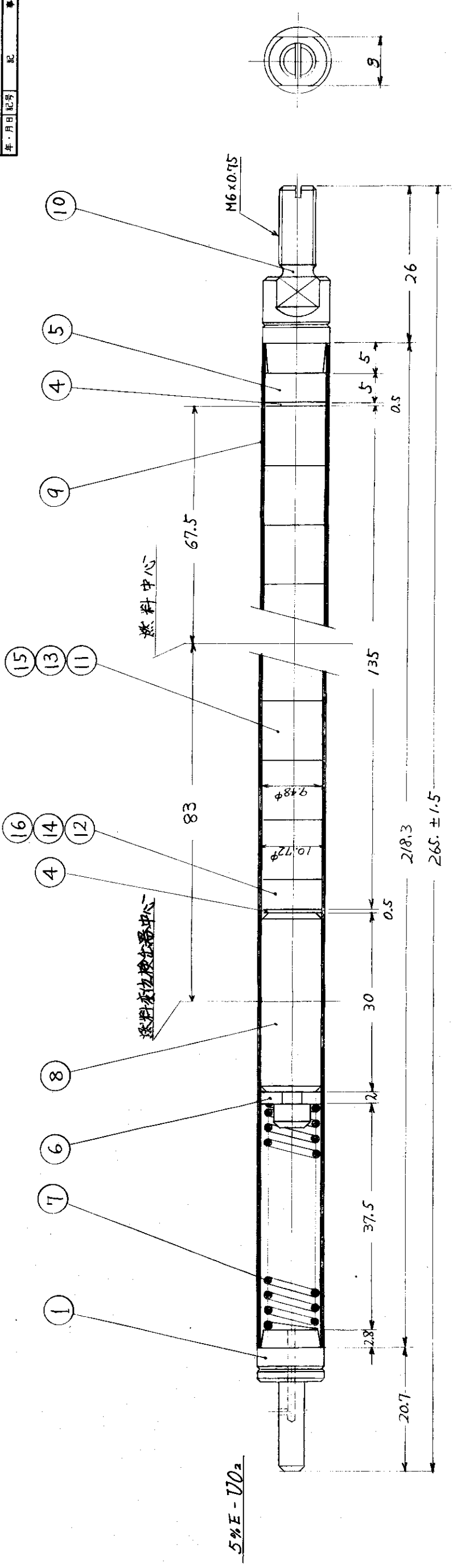
附 I - 1 図 組立手順 (a)



附 I-1 図 組立手順 (b)



附 I - 1 図 組立手順 (c)

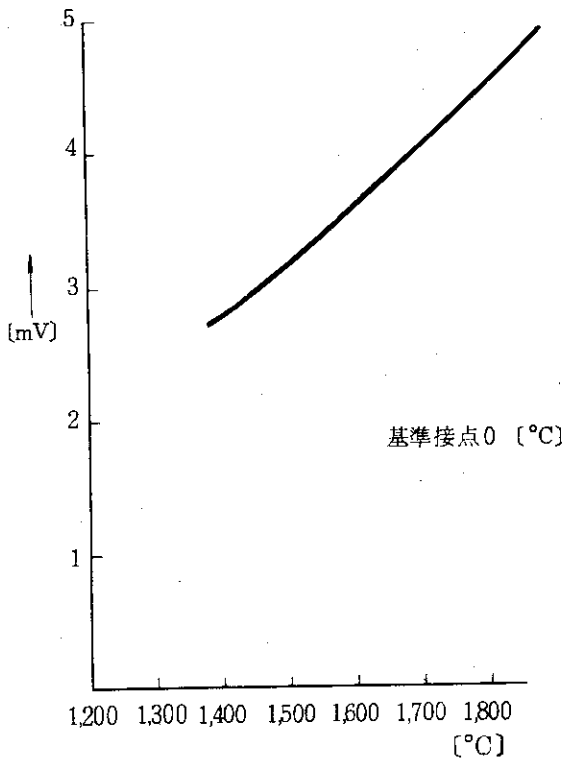


16	調整用ナット				
15	ナット				
14	調整用ナット				
13	ナット				
12	調整用ナット				
11	ナット				
10	下部端栓(B)	ZrY-2			
9	根覆管	ZrY-4			
8	変位用用子	電磁軟鉄			
7	スプリング	インコネル-X			70mm x 4
6	スプリング座	SUS-304			
5	スペーサ(2)	"			
4	フェスフ	SUS-304			
3	上部端栓(NH)	ZrY-2			
2	"	(NM)			
1	上部端栓(NL)	ZrY-2			
品番	部品名	材質	備考	画法	三 角
名				設計	()
称				製図	
				検図	

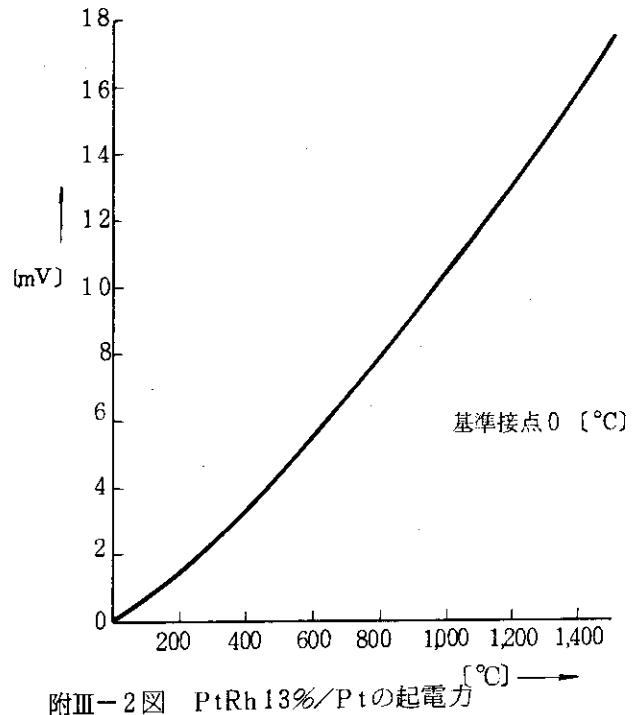
附II-2図 実験用燃料棒(B)

日本原子力研究所

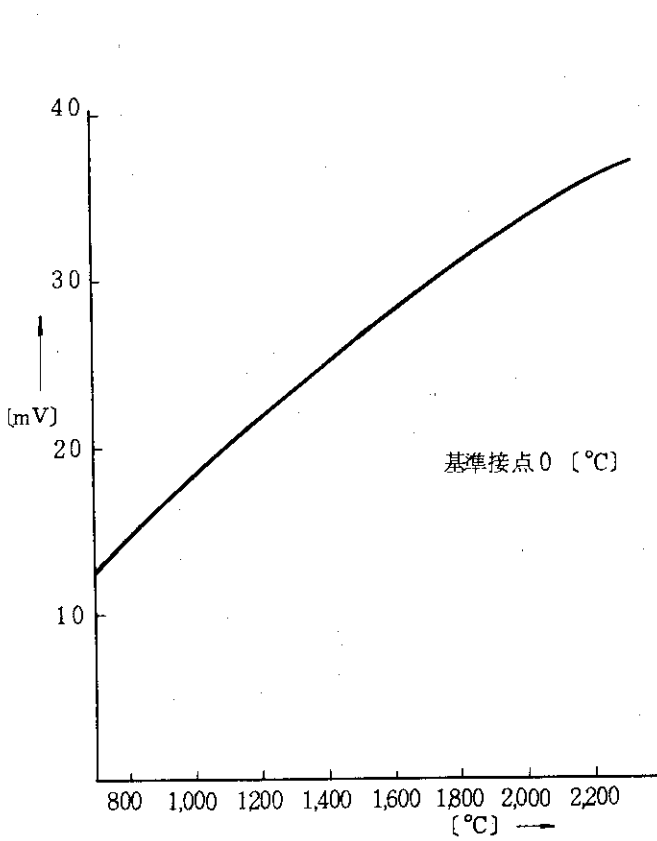
附II-2 図



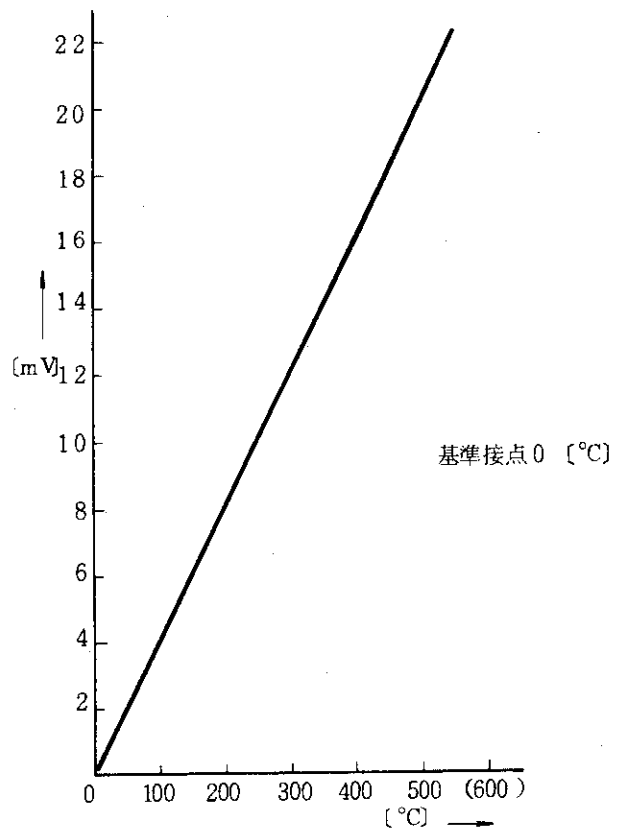
附Ⅲ-1図 PtRh 40%/PtRh 20%の起電力



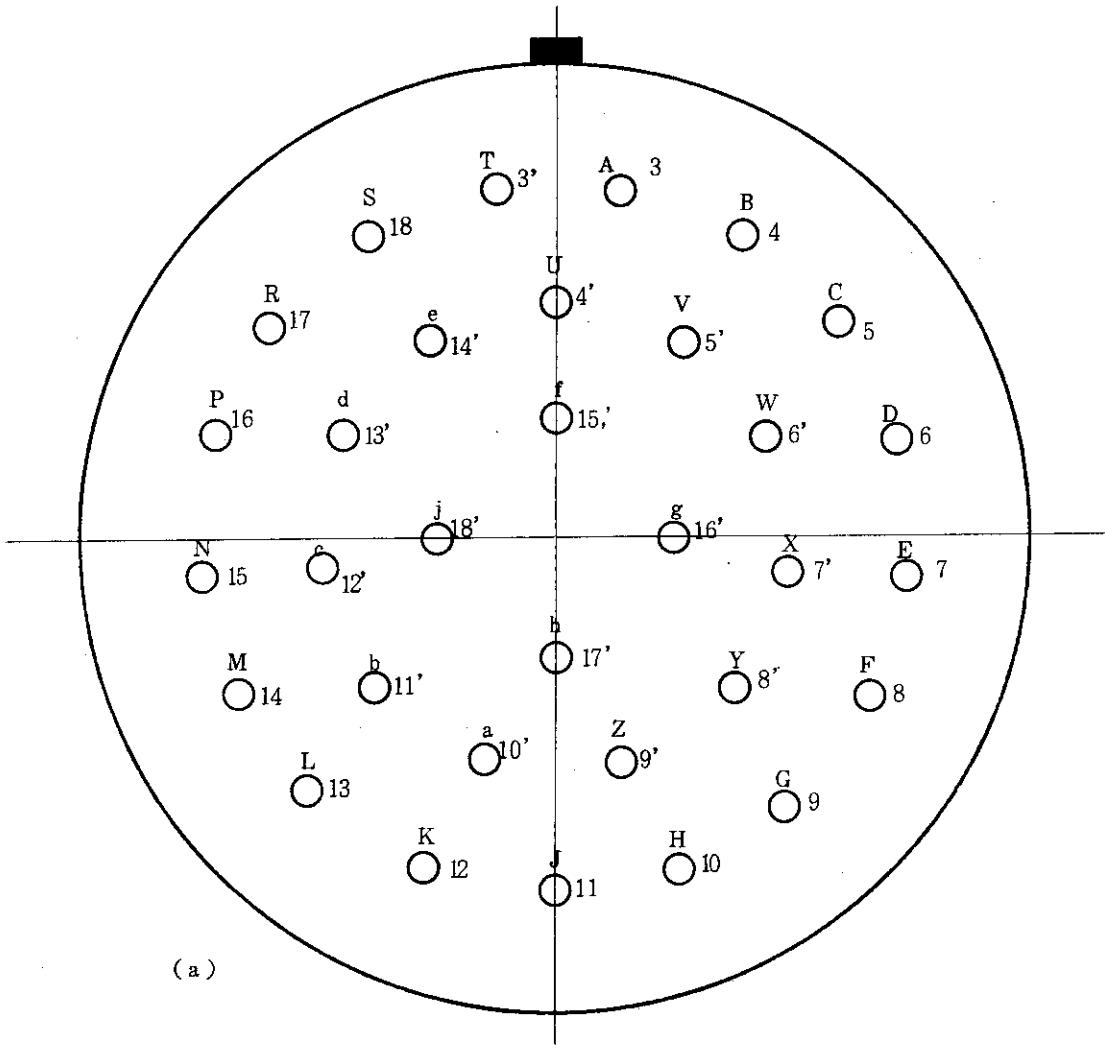
附Ⅲ-2図 PtRh 13%/Ptの起電力



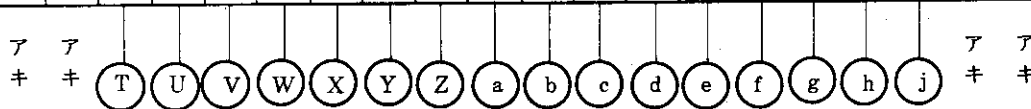
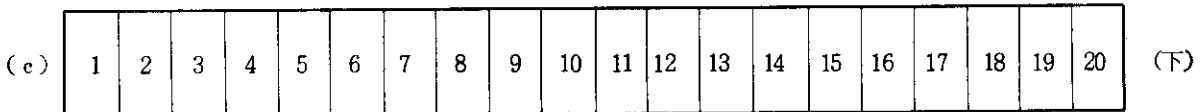
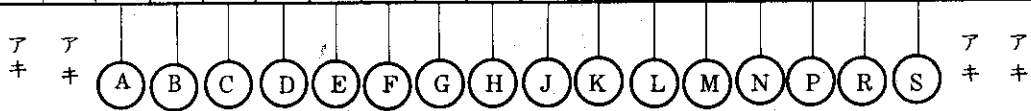
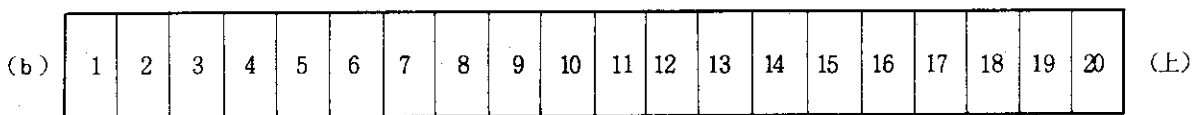
附Ⅲ-3図 WRe 26%/WRe 5%の起電力



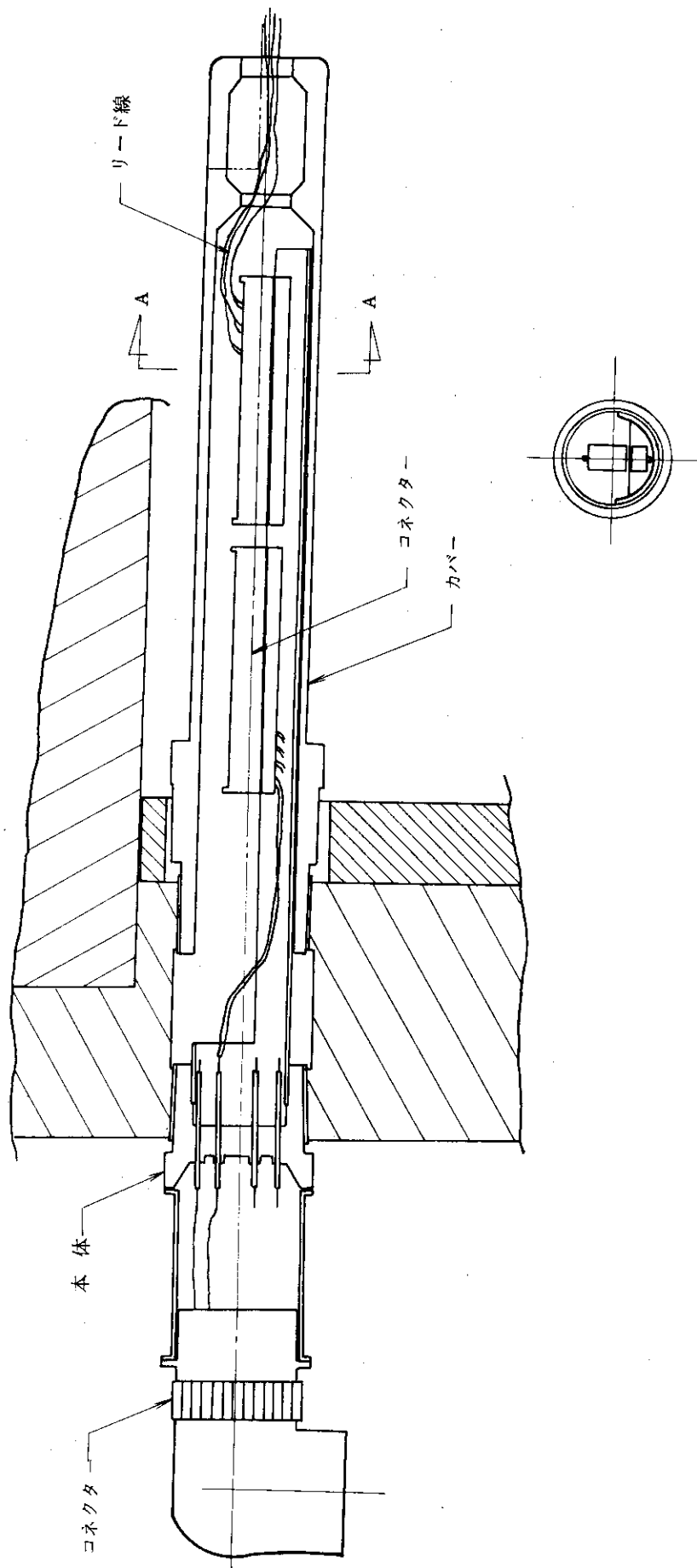
附Ⅲ-4図 C/Aの起電力



(a)



附 IV - 1 図 シールドコネクタの内部結線



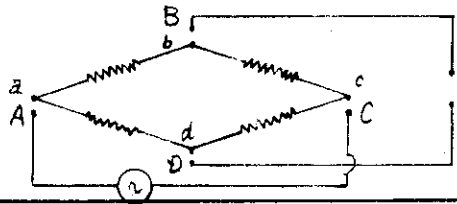
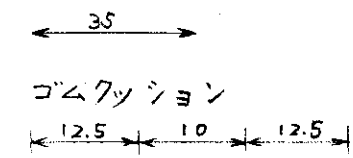
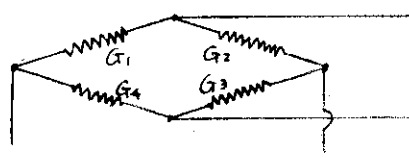
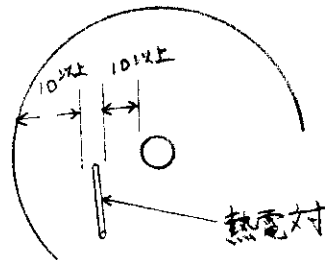
A-A 断面

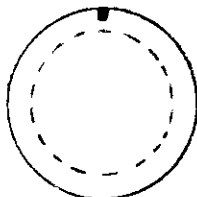
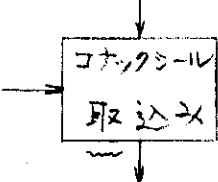
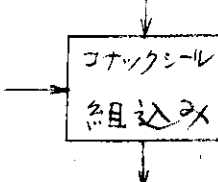
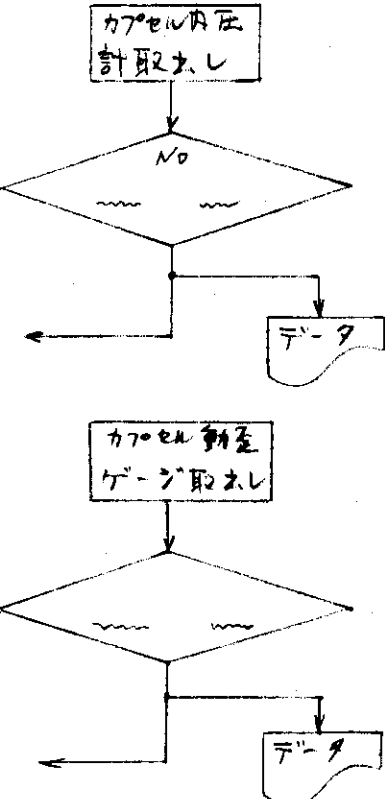
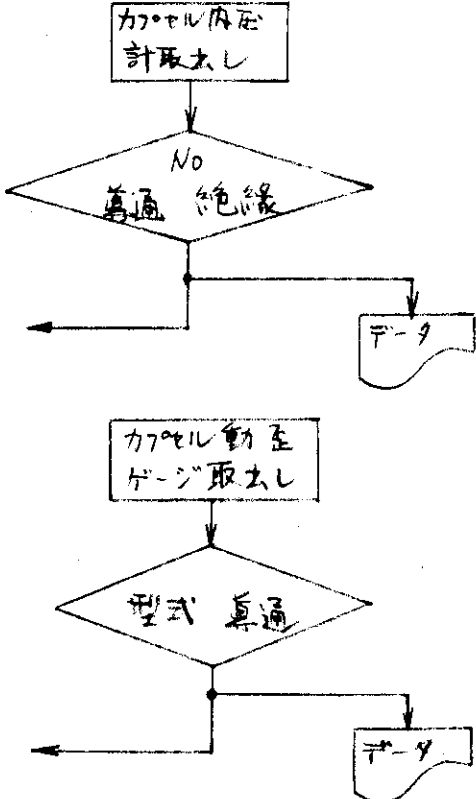
附IV-2図 シールコネクタ構造

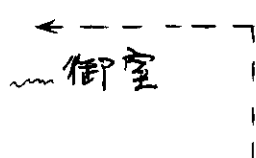
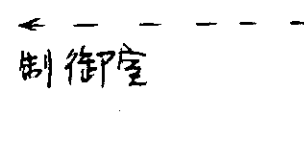

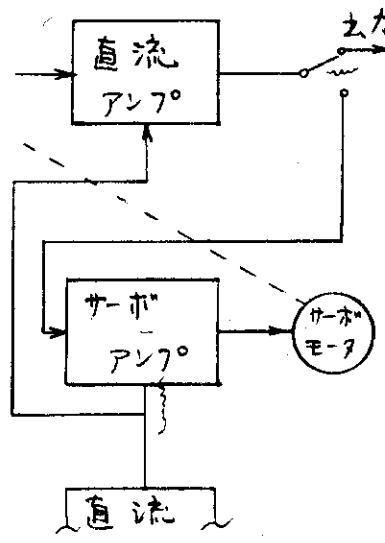
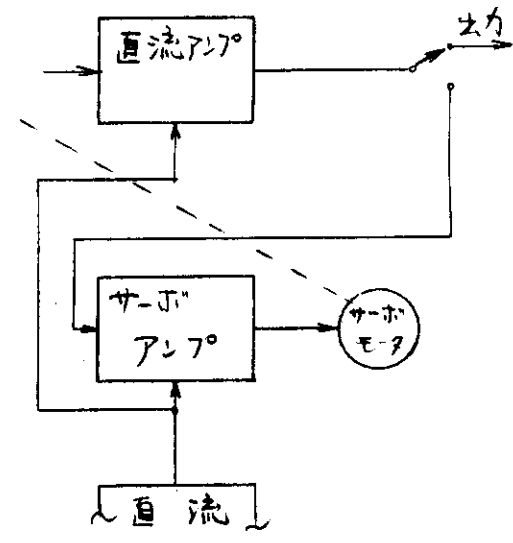
JAERI-M 7105 正誤表

72.7.5 Rev.1
NSAR 山崎
TEL 5278

頁	箇所	誤	正
目次 p16 p18 p20 p27	4.5.2 下が9行 上が10行 上が18行 オ4.3.2図(b)	熱電対取付方法 位置の寸法は、組立管理票 から波形 () し 上部の多心ケーブルと 寸法記入モレ	熱電対取付け方法 位置の寸法しを組立管理票 から波形整形 () し 上部の多心ケーブルと
p29 p32 p33	オ4.4.3図 オ4.6.4図(a) オ4.8.1図 "	⊕ ⊖ 素線の ずれは プレート伸び検出器 C3 線 $G_2 \rightarrow G_3$	⊕ ⊖ 素線の芯ずれは プレート伸び検出器 C3 線
p34 p37 p38 p43	オ4.8.3図(a) オ4.10.1図(a) オ4.10.2図 オ4.17.1図 " 表題	← 35 → ゴムフッシュン ← 12.5 10 12.5 → C_0 線	← 35 → ゴムクッション ← 12.5 10 12.5 → C_0 線 試料の取付け位置 (-例)
p44 p45	上が14行 下が13行, 10行, 9行, 3行	並びのクラッドおよび ブリッジ (4カ所)	並びのクラッドおよび ブリッジ
p56 p57	オ5.4.2図前面 オ5.4.3図(a) " (b)	アッテネータスイッチ $B \rightarrow D$	アッテネータスイッチ B-D間を線で接ぐ



頁	箇所	誤	正
P60 P61	F03 1~2行 第6.2.1表 材質の覽	それぞれ示れ示す。 軟 <u>鐵</u> 線	それぞれ示す。 軟 <u>銅</u> 線
P63	6.3.1圖	合マ-フ記入モレ	
P65	F03 3行	反応度安全管理室各位 石井 <u>徹</u> 雄氏	反応度安全研究室各位 石井 <u>敏</u> 雄氏
P66	上記1行 上記6~7行 上記12行	カ ^カ をトル 外形圖をモ附II-1圖 WRe 26% WRe <u>50</u> %	に示す。實際の組込に 外形圖を附II-1圖 WRe 26% WRe 5 %
P68	附I-1圖(a) 中央付近		
P69	附I-1圖(b)		

頁	個折	誤	正
P70	附I-1回(c) 中央左側		
P13	1ヶ所	 kHz	kHz
P18	"		
P31	"		
P44	"		
P46	"		
P47	6ヶ所		
P55	*5.3.1回		
P56	*5.4.1回		