

JAERI-M

5 1 7 1

連続測定型 Na 液面計の設計

1973年2月

迫 淳・浜 野 昇

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

連続測定型 Na 液面計の設計

日本原子力研究所東海研究所

原子炉工学部 迫 淳

技術部 浜野 昇

(1973年2月10日受理)

金属抵抗管に内面から1本の電流導入端子と多数の電圧測定端子を等間隔で設けた連続測定型のNa用液面計を試作，試験し，さらに原子炉用としての可能性を検討するための試設計を行ない次の結論を得た。

- 1) 温度変化や管表面のNa膜などに対する補正は不要である。
- 2) フルスケールの1%の精度を得ることは困難でない。
- 3) 系統のインピーダンスが低いので液面計の温度限界は管材料の特性のみで決まる。
- 4) 原子炉寿命中保守を不要としうる可能性がある。
- 5) 液体金属冷却型高速炉コンポーネントの液面モニターとして好適である。

JAERI-M 5171

Design of the continuous-measuring, sodium level-meter

Kiyoshi SAKO

Div. of Reactor Engineering, Tokai, JAERI

Noboru HAMANO

Div. of Engineering Service, Tokai, JAERI

(Received February 10, 1972)

The sodium level-meter of a continuous measuring type has been constructed in trial, which consists of the metallic resistance tube, one current terminal and equi-spaced voltage detecting terminals.

Feasibility study was also made for its reactor application.

- 1) Any correction is not necessary for the temperature, sodium film on the tube surface, etc.
- 2) Obtaining the measuring accuracy as high as 1 % of the full scale is no difficult.
- 3) Because of the low system impedance, temperature limitation of the level meter is only by the tube material.
- 4) Maintenance is not required over the life time of for a reactor.
- 5) It is suitable for use in the components of LMFBR.

目 次

I 概 要	1
II 従来の連続測定型液面計	1
III 液面計の原理	2
IV 試作した液面計と試験装置	4
V 試験結果と評価	8
VI 原子炉プラントへの応用	10
VII 測定誤差の評価	17
あ と が き	21
参 考 文 献	21

I 概 要

Na 液面の正確な連続測定は Na 装置とくに高速炉の各種容器において重要である。

従来、代表的なものとして電気抵抗管に生じる電圧変化を検出するものがあったが、その温度補正、Na 付着による抵抗変化等に関し難点があった。

これを解決するために 1 ケの電流導入端子と多数の電圧測定端子を抵抗管に設けた新方式の液面計を試作、試験し、評価した。

試作した液面計は抵抗管の長さ 720 mm、外径 11 ϕ mm、肉厚 0.5 mm のものであり、材質は SUS-27 であり、これに 1.6 mm ϕ の電流導入線と 8 本の 0.6 ϕ mm の電圧測定用導線（いずれも SUS-27）をとりつけたものである。

この液面計を Na ループの膨脹タンクに上部から装着した。

試験は、電源として 1.5 V の乾電池と摺動抵抗を組合せたものを用い、また、電圧ならびに流体温度記録には 12 打点式 mV 記録計を用いて行なった。

試験結果は良好であり、電圧測定端子が Na に浸ったか否かの判定は明確であり、液面が端子の中間に存在する場合も比例計算で位置が把握できることが実証された。

温度変化、電流変化に対する補正は不要であり、また、Na 付着に対しても大きな誤差は予想されず、測定精度は、正確に製作された場合には各スパンにつき 10% は充分期待でき、電圧タップを 10 ケ用いる場合を想定すれば全スパンに対して 1% 程度は期待できる。

本形式の液面計が小型の Na ループのタンクのみならず原子炉用の大型タンクへの応用の可能性の評価のために高速炉で想定される炉容器、ダンプタンク用として用いる場合の簡単な試験設計を行ない検討した。そして実用上特に問題のないことを確認した。

II 従来の連続測定型液面計

従来多くの測定方法が考えられ、また実用化されて来た。代表例は次のとおりである。

- 1) 電気抵抗管式
- 2) 差圧計式
- 3) 浮子式
- 4) バブラ式
- 5) 誘導コイル式
- 6) 放射線利用式
- 7) 超音波利用式

上記各形式の液面計に関する問題点は可成明確にされて来ている。

最も単純なのは電気抵抗管式であるが、抵抗の温度補正の必要性、Na の付着による抵抗変

I 概 要

Na 液面の正確な連続測定は Na 装置とくに高速炉の各種容器において重要である。

従来、代表的なものとして電気抵抗管に生じる電圧変化を検出するものがあったが、その温度補正、Na 付着による抵抗変化等に関し難点があった。

これを解決するために 1 ケの電流導入端子と多数の電圧測定端子を抵抗管に設けた新方式の液面計を試作、試験し、評価した。

試作した液面計は抵抗管の長さ 720 mm、外径 11 ϕ mm、肉厚 0.5 mm のものであり、材質は SUS-27 であり、これに 1.6 mm ϕ の電流導入線と 8 本の 0.6 ϕ mm の電圧測定用導線（いずれも SUS-27）をとりつけたものである。

この液面計を Na ループの膨脹タンクに上部から装着した。

試験は、電源として 1.5 V の乾電池と摺動抵抗を組合せたものを用い、また、電圧ならびに流体温度記録には 12 打点式 mV 記録計を用いて行なった。

試験結果は良好であり、電圧測定端子が Na に浸ったか否かの判定は明確であり、液面が端子の中間に存在する場合も比例計算で位置が把握できることが実証された。

温度変化、電流変化に対する補正は不要であり、また、Na 付着に対しても大きな誤差は予想されず、測定精度は、正確に製作された場合には各スパンにつき 10% は充分期待でき、電圧タップを 10 ケ用いる場合を想定すれば全スパンに対して 1% 程度は期待できる。

本形式の液面計が小型の Na ループのタンクのみならず原子炉用の大型タンクへの応用の可能性の評価のために高速炉で想定される炉容器、ダンプタンク用として用いる場合の簡単な試験設計を行ない検討した。そして実用上特に問題のないことを確認した。

II 従来の連続測定型液面計

従来多くの測定方法が考えられ、また実用化されて来た。代表例は次のとおりである。

- 1) 電気抵抗管式
- 2) 差圧計式
- 3) 浮子式
- 4) バブラ式
- 5) 誘導コイル式
- 6) 放射線利用式
- 7) 超音波利用式

上記各形式の液面計に関する問題点は可成明確にされて来ている。

最も単純なのは電気抵抗管式であるが、抵抗の温度補正の必要性、Na の付着による抵抗変

化の評価の困難さ、などの問題があり原子炉用として確実な測定のために用いるには無理がある。

これらのことについては文献1)、2)にその原理ならびに多くの経験例が記述されている。

Ⅲ 液面計の原理

Fig. Ⅲ. 1に測定時の結線図を示す。図は簡素化のため電圧測定端が5ヶ(スパン数4)の場合を示している。Fig. Ⅲ. 2にその等価回路を示す。

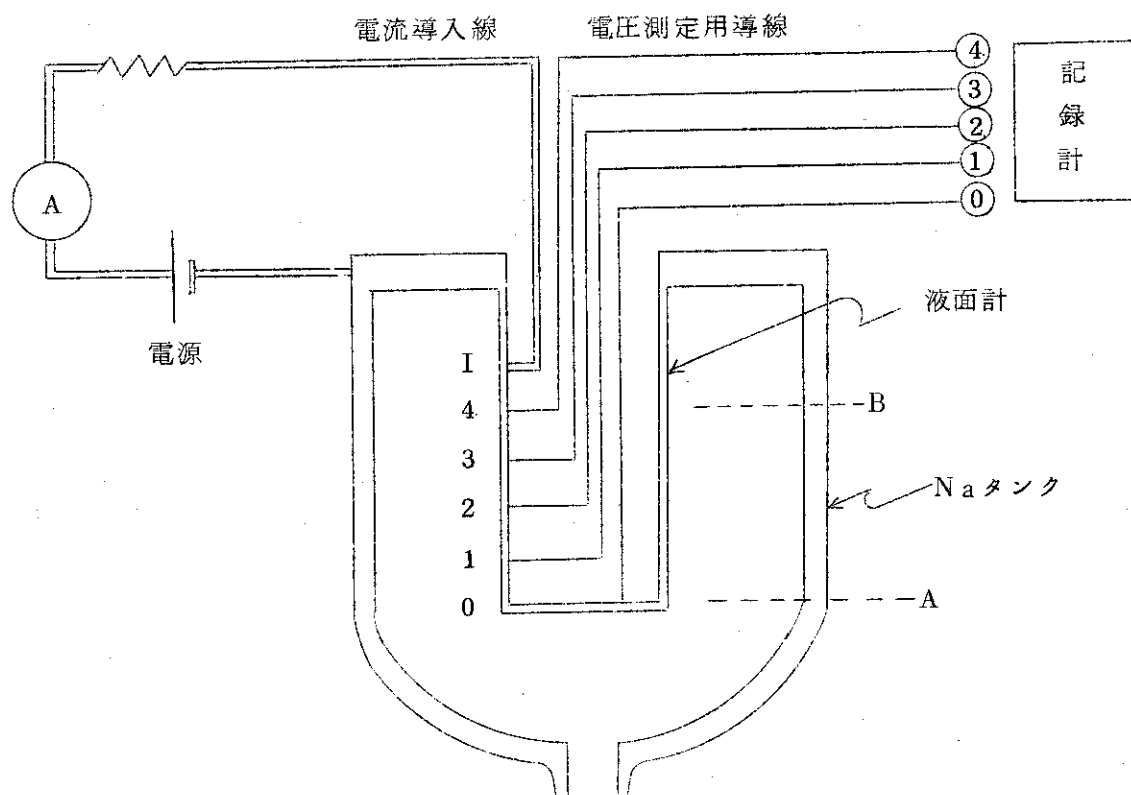


Fig. Ⅲ. 1 測定回路

化の評価の困難さ、などの問題があり原子炉用として確実な測定のために用いるには無理がある。

これらのことについては文献1)、2)にその原理ならびに多くの経験例が記述されている。

Ⅲ 液面計の原理

Fig. Ⅲ. 1に測定時の結線図を示す。図は簡素化のため電圧測定端が5ヶ(スパン数4)の場合を示している。Fig. Ⅲ. 2にその等価回路を示す。

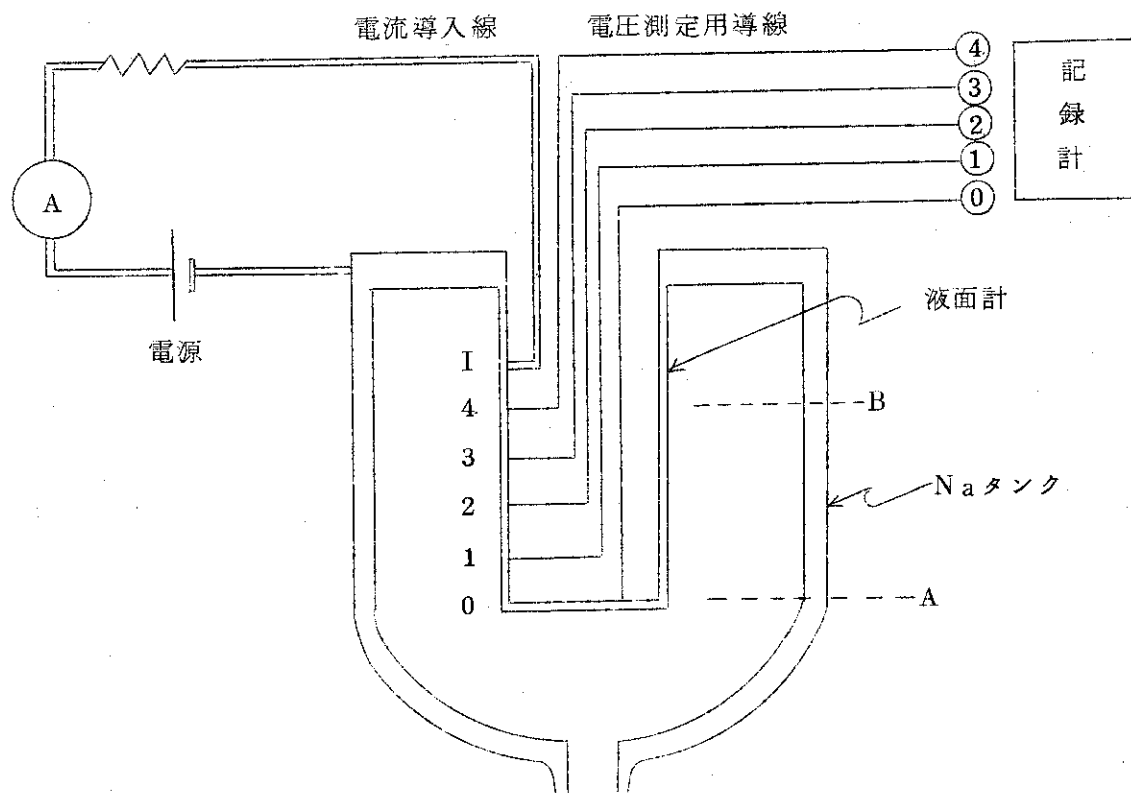


Fig. Ⅲ. 1 測定回路

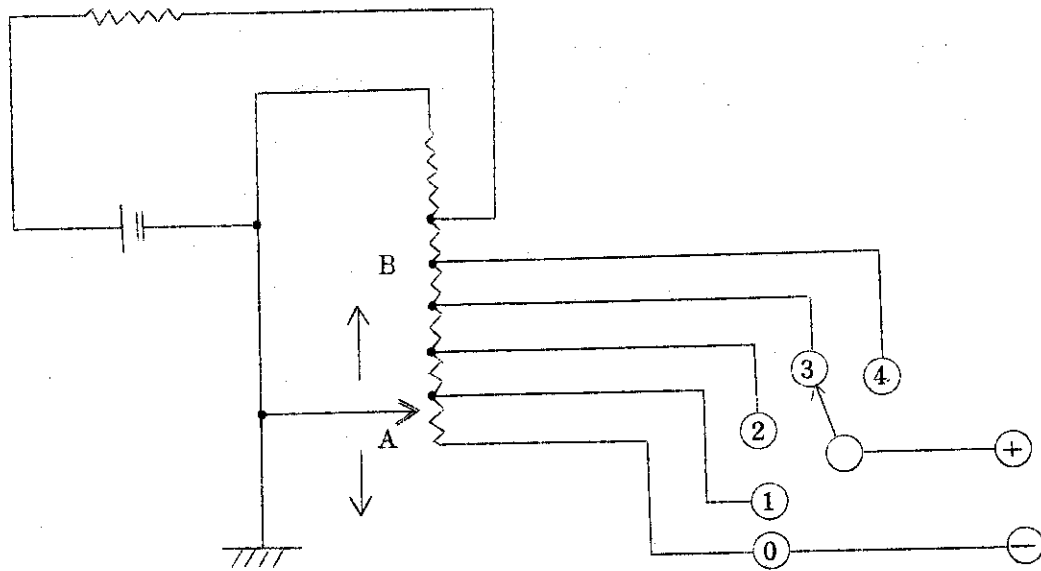


Fig. III. 2 等価回路

容器の上部フタから下向に挿入された液面計は、その上端で容器に固定、接地される。抵抗の中ほどには電流導入端子 I が設けられ、ここから直流電流が入る（交流でも可）。Na レベルが A（抵抗管下端）以下の場合には電流は上向に流れ、I 点以下には流れないので電圧も生じない。

然し Na レベルが A 点以上になると Na より上の部分で電圧が発生する。そして B 点に達するまで液面の測定が可能である。この場合、各電圧タップの中間に Na が来ている場合には、その上のスパン間電圧との比によって計算される。

液面上昇に伴い分流される電流が増加する。また、Na 温度変化により抵抗値が変化する。然し、Na に浸らない電圧タップは、明確に指示されるし、スパン間電圧は次式によって計算されるので上記のことに対しては特に補正を要しない。Na 付着に対しても同様である。

即ち、最下点を基準にした液面上昇分は次式で計算される。

$$L = S \left\{ N - N_D + \left(1 - \frac{E_{Na}}{E_{Na+1}} \right) \right\}$$

記号

L : 液位

S : 電圧タップ間隔

N : スパン数

N_D : 電圧の生じているスパン数

E_{Na} : Na に中ば浸ったスパンのタップ間電圧

E_{Na+1} : Na に中ば浸ったスパンのすぐ上のタップ間電圧

あるいは

$$L = S \left\{ N - N_D + \left(1 - \frac{E_{Na}}{E} \right) \right\}$$

\bar{E} : Naに浸らないスパンの平均タップ間電圧

本形式の液面計を用いての液面測定法としては次の3つが考えられる。

- 1) 容器を基準点として各電圧タップの電圧を測定する。
- 2) 最先端(下端)を基準にして各電圧タップの電圧を測定する。
- 3) 電圧タップ間の電圧を測定する。

1) の場合には通電しないときには全電圧タップが同一の電圧を示す。Naがふれて後は2)と同様であるが熱起電力の発生がある。(直流の場合に問題、交流なら問題にならない)。

2) の場合にはNaがふれていないときと、最上段の電圧タップ以上にNaが来たときに電圧がゼロになるので、その判別に難点があるが、ゼロ点を示したとき1)のような接続に切替えれば容易に判定できる。重要な場所には2種類の液面計を置くことが好ましいので、1点指示形の上下端指示計を並用するならば全く問題はない。

必要ならば常時容器と電圧タップNo.0の間を測定しておけばよい。

本測定方式は打点式mV計を接続して運転記録をとる場合に最適である。(試験結果参照)

3) の場合にはNaに浸らないスパンは等しい電圧を示し、Na中に浸ったスパンはその浸った深さに応じた電圧を発生する。デジタル表示のための入力データとするような場合に適当であろう。スキャン速度を早くすれば液面の急変にも対応できる筈である。必要ならば一旦デジタル化した情報をアナログ表示すればよい。

IV 試作した液面計と試験装置

Fig. IV. 1に試験タンクへの液面計取付状態図を示す。

Fig. IV. 2に液面計詳細図を示す。

Fig. IV. 3に液面計の写真を示す。

電圧測定用導線の抵抗管への取り付けは、次のようにして行なった。

当初管表面の軸方向一直線上に導線を配置し、電圧測定用導線の直径 $1\phi\text{mm}$ 、電流導入用導線の直径 $2\phi\text{mm}$ を使用し先端をL字形に曲げ管内面より導線を挿入し管の取り付け穴に突きとり先端の溶接を行ない最後に磁製絶縁管を各導線に挿入する方法を試みた。しかし、この方法では各端子が一面に集中し、磁製絶縁管が干渉し合って挿入が不可能であった。

次の試作については、電圧測定端子の位置を軸方向に対し1ヶ移動することに周方向に対して 90° ずらすことにし、電圧測定用導線直径を $0.6\phi\text{mm}$ 、抵抗管に $1\phi\text{mm}$ の穴明けを行ない外面より挿入する方法とした。

また電流導入端子用導線の直径を $1.6\phi\text{mm}$ 、抵抗管に $2\phi\text{mm}$ の孔を明け、組立は内部より挿入した。

この状態で先端部を溶接した。溶接後溶接部のカラーチェック、真空漏洩検査を完了し、磁製絶縁管の挿入を行なった。

全作業完了後電氣的性能試験として各電圧測定端子間の抵抗確認を行なった。なお本液面計のピッチ間隔の選定は、既設試験装置の液面計を較正出来るように上限と下限を設定し、その間を出来るだけ整数の等倍になるように考慮した。よって端部寸法の端数は特別な意味はない。

また液面測定のために電圧測定端子が一直線上にある必要はなく、このことは特に問題とはならない。

E: Naに浸らないスパンの平均タップ間電圧

本形式の液面計を用いての液面測定法としては次の3つが考えられる。

- 1) 容器を基準点として各電圧タップの電圧を測定する。
- 2) 最先端(下端)を基準にして各電圧タップの電圧を測定する。
- 3) 電圧タップ間の電圧を測定する。

1) の場合には通電しないときには全電圧タップが同一の電圧を示す。Naがふれて後は2)と同様であるが熱起電力の発生がある。(直流の場合に問題、交流なら問題にならない)。

2) の場合にはNaがふれていないときと、最上段の電圧タップ以上にNaが来たときに電圧がゼロになるので、その判別に難点があるが、ゼロ点を示したとき1)のような接続に切替えれば容易に判定できる。重要な場所には2種類の液面計を置くことが好ましいので、1点指示形の上下端指示計を並用するならば全く問題はない。

必要ならば常時容器と電圧タップNo.0の間を測定しておけばよい。

本測定方式は打点式mV計を接続して運転記録をとる場合に最適である。(試験結果参照)

3) の場合にはNaに浸らないスパンは等しい電圧を示し、Na中に浸ったスパンはその浸った深さに応じた電圧を発生する。デジタル表示のための入力データとするような場合に適当であろう。スキャン速度を早くすれば液面の急変にも対応できる筈である。必要ならば一旦デジタル化した情報をアナログ表示すればよい。

IV 試作した液面計と試験装置

Fig. IV. 1に試験タンクへの液面計取付状態図を示す。

Fig. IV. 2に液面計詳細図を示す。

Fig. IV. 3に液面計の写真を示す。

電圧測定用導線の抵抗管への取り付けは、次のようにして行なった。

当初管表面の軸方向一直線上に導線を配置し、電圧測定用導線の直径 $1\phi\text{mm}$ 、電流導入用導線の直径 $2\phi\text{mm}$ を使用し先端をL字形に曲げ管内面より導線を挿入し管の取り付け穴に突きとらし先端の溶接を行ない最後に磁製絶縁管を各導線に挿入する方法を試みた。しかし、この方法では各端子が一面に集中し、磁製絶縁管が干渉し合って挿入が不可能であった。

次の試作については、電圧測定端子の位置を軸方向に対し1ヶ移動することに周方向に対して 90° ずらすことにし、電圧測定用導線直径を $0.6\phi\text{mm}$ 、抵抗管に $1\phi\text{mm}$ の穴明けを行ない外面より挿入する方法とした。

また電流導入端子用導線の直径を $1.6\phi\text{mm}$ 、抵抗管に $2\phi\text{mm}$ の孔を明け、組立は内部より挿入した。

この状態で先端部を溶接した。溶接後溶接部のカラーチェック、真空漏洩検査を完了し、磁製絶縁管の挿入を行なった。

全作業完了後電氣的性能試験として各電圧測定端子間の抵抗確認を行なった。なお本液面計のピッチ間隔の選定は、既設試験装置の液面計を較正出来るように上限と下限を設定し、その間を出来るだけ整数の等倍になるように考慮した。よって端部寸法の端数は特別な意味はない。

また液面測定のために電圧測定端子が一直線上にある必要はなく、このことは特に問題とはならない。

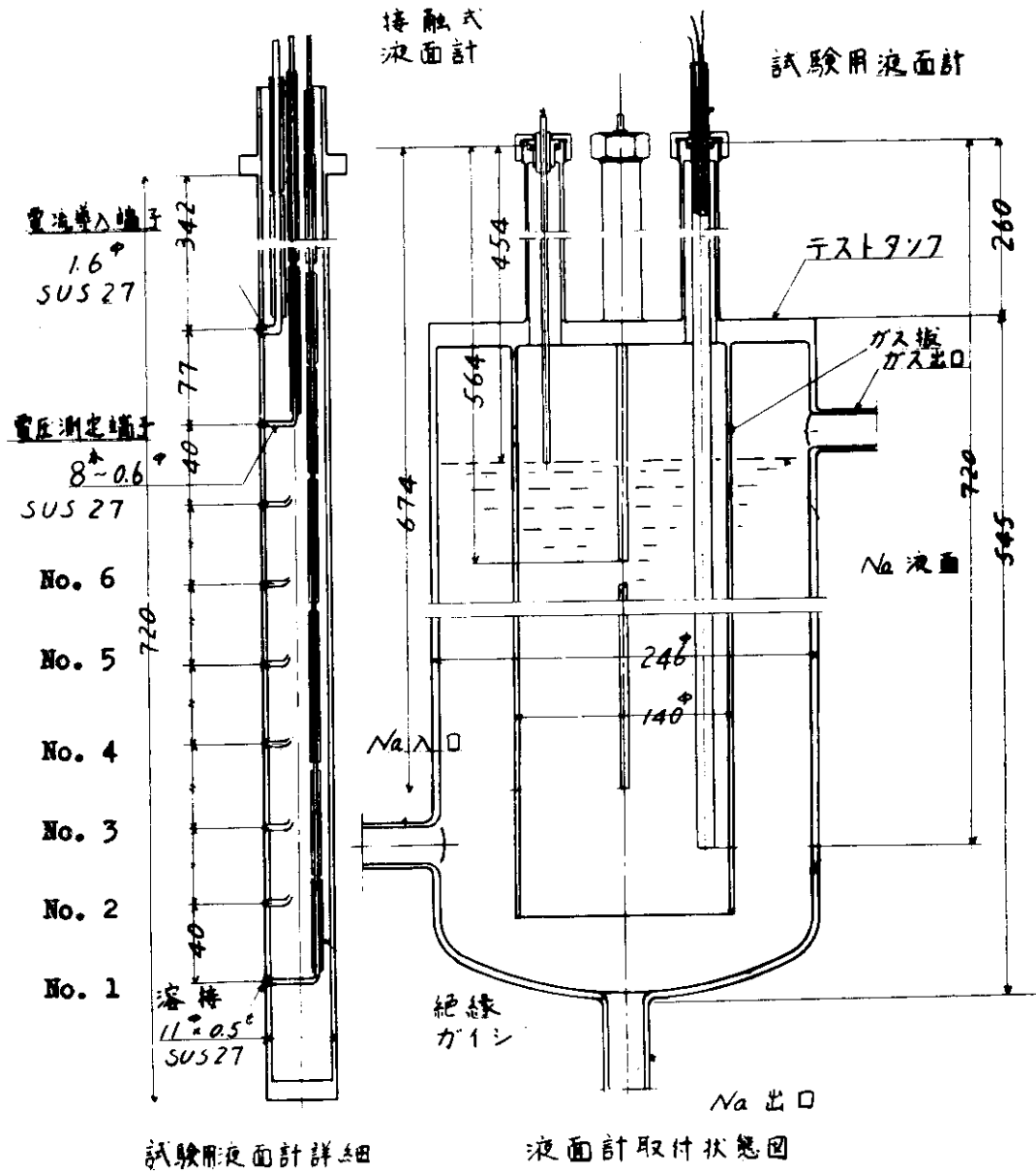


Fig. IV. 1

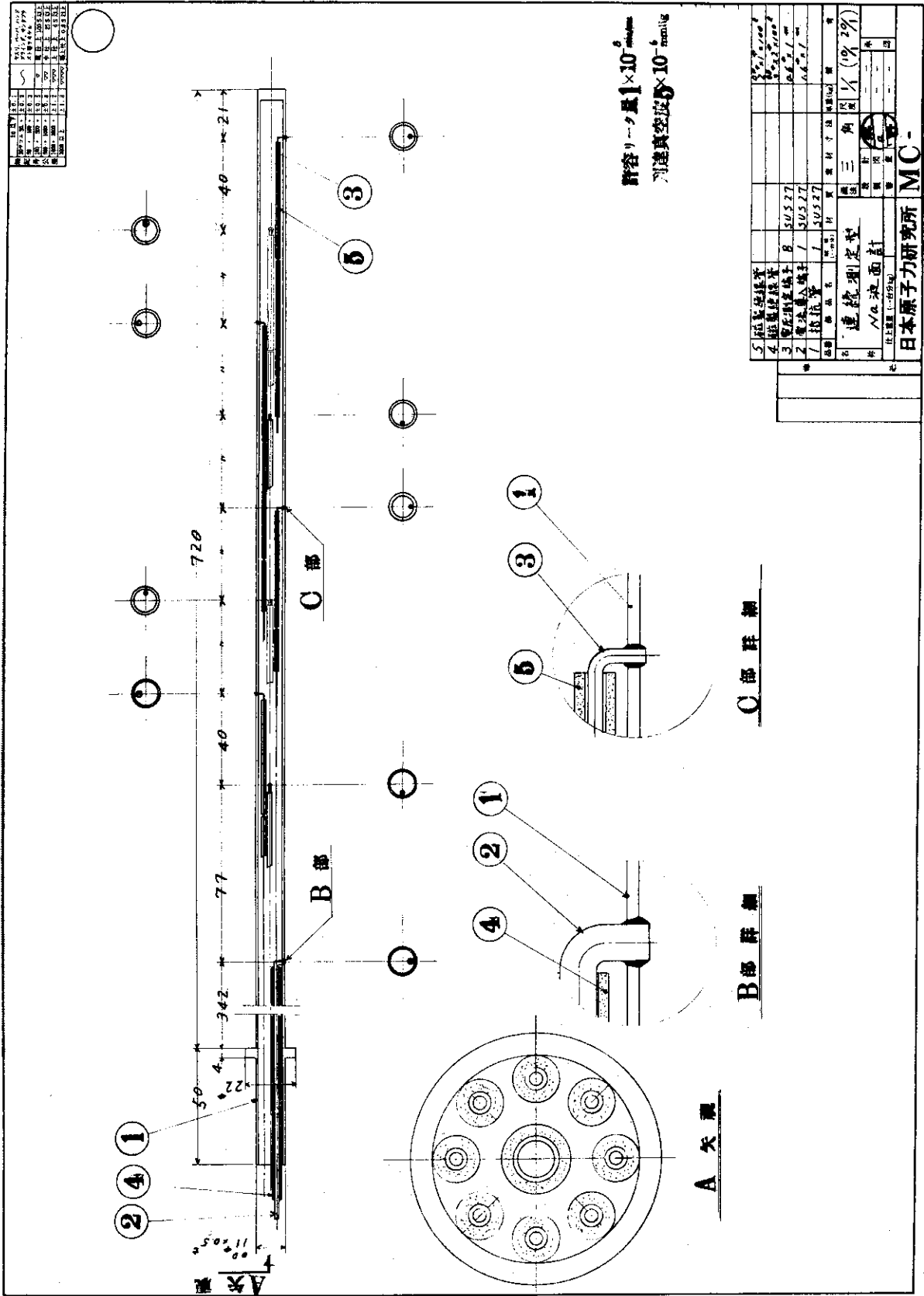
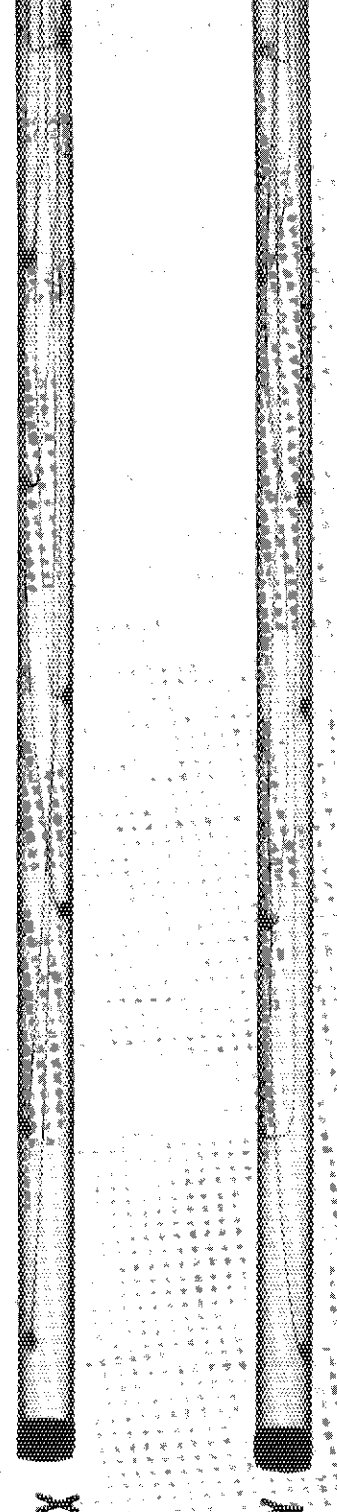
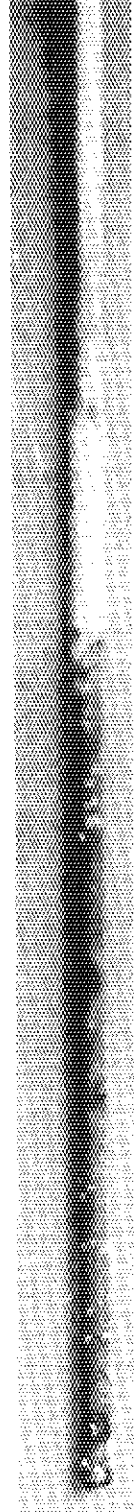
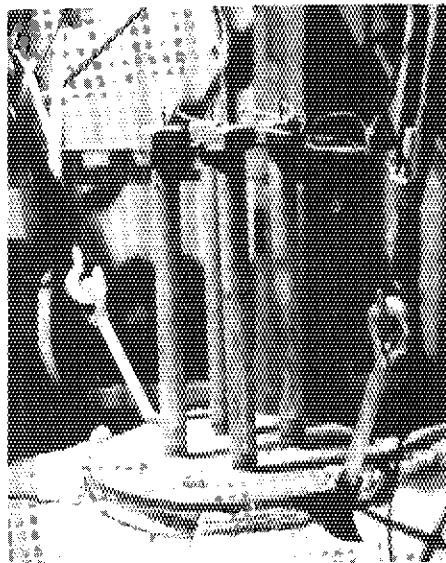


Fig. N.2 液面計詳細図



上2枚；タンク上部取付状態
中；試験後のNaの付着した
液面計（雨天であったた
めにNa付着部から泡が
出ている。）
右2枚；液面計下部X線写真

Fig. N. 3 液面計写真

V 試験結果と評価

Na流動状態で次の2方法で試験した。Fig.V.1に試験データを示す。

A) 液面を電圧測定端子No.7(下からNo.1~No.8)の位置にした状態から液面を低下させて抵抗管下端以下になるまでNo.1との差として電圧を記録した。電流は1A。

B) 容器のガス出入口管の延長部との差として電圧を記録した。この場合には液面は抵抗管の下端からNo.8に至るまで上昇させた。電流は0.5A。

なおA)の場合には測定上特に問題はなく、各電圧測定端子がNaに浸ったか否かの判定は明確であり、液面が端子の中間に存在する場合も比例計算で位置が把握できる。B)の場合は熱起電力のためゼロ点の変動した。

Test Aのデータについて検討してみる。

Naに浸らないスパンから3~6本残っている場合について、No.8の出力電圧の読み取り値E, 計算で求めた抵抗管への電流値I, スパン1ヶ当りの平均電気抵抗値R, これより求めた固有抵抗 ρ をTABLE V.1に示す。

この計算においては電流導入端子から上の部分の等価長さを300mmとした(実長は342mmであるが、低温部が260mmあり、この部分の抵抗は高温部の70%とした)。

固有抵抗値として $100 \mu\Omega\text{mm}$ という値は妥当であり、試験データが計算値と一致することを示している。また、この時点でのNaの付着量は無視できる程度と考えられる。なおNa装置から取出した状態でのNa付着量は微量であった。

TABLE V.1

Naに浸らないスパンの数	No.8の電圧 E (mV)	抵抗管を下向に流れる電流 I (A)	スパン1ヶ当りの抵抗 R (m Ω)	抵抗管の固有抵抗 ρ ($\mu\Omega\text{cm}$)
3	4.2	0.604	2.32	96
4	5.3	0.559	2.37	98
5	6.15	0.520	2.37	98
6	6.9	0.486	2.37	98

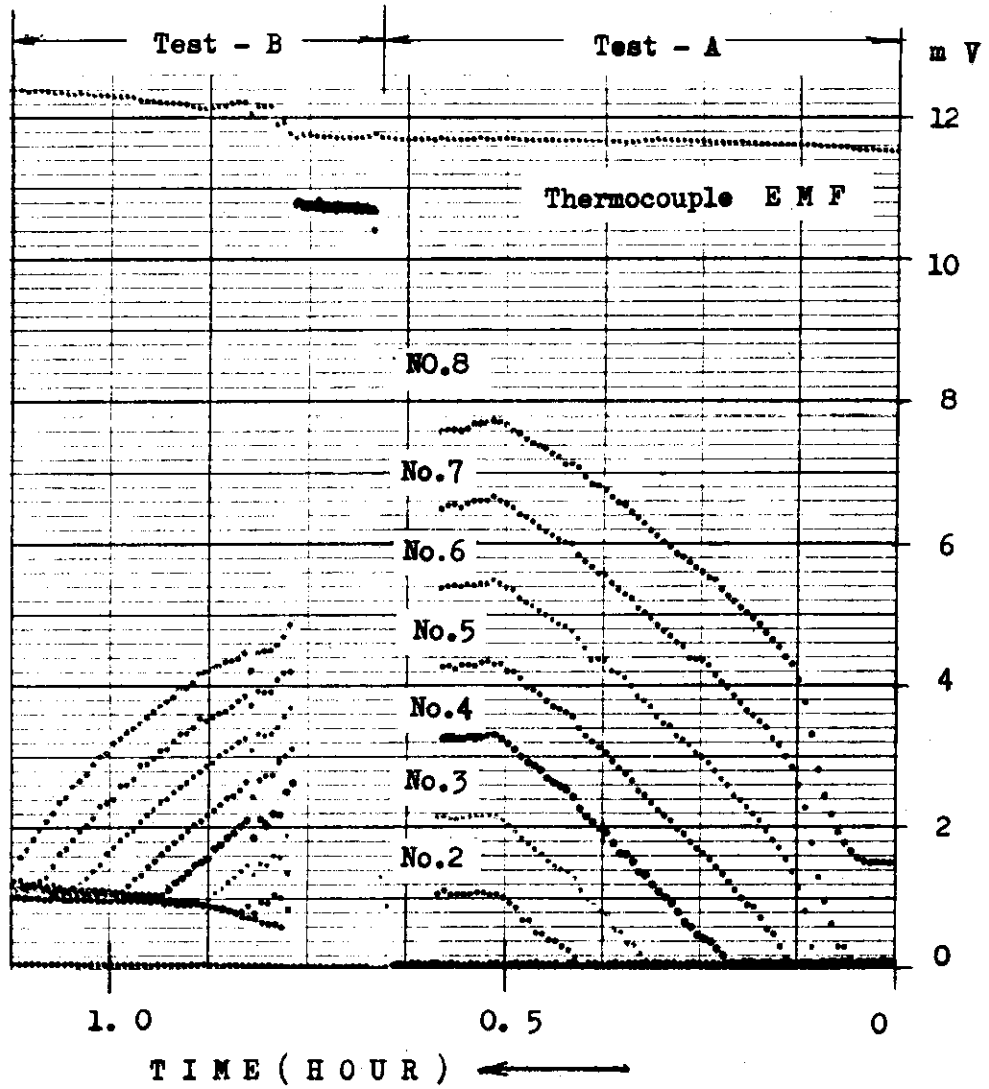


Fig V. 1 試験データ

VI 原子炉プラントへの応用

原子炉プラント^{*}への応用の可能性を検討する目的で液面監視用の液面計の試設計を行ない、使用条件を調べてみた。

Fig. VI. 1は遮蔽プラグの不要な場合の例として直径3.5 mのタンクに応用した場合の設計例を示し、Fig. VI. 2はそのターミナル部の案を示す。

Fig. VI. 3は遮蔽プラグの存在する場合の例として原子炉容器への応用例を示す。

Fig. VI. 1の設計例においてはI型^{**}の1点指示型上下限警報指示用各1ヶと並用した場合を示し、タンク中心から±1.5 mの範囲で測定するようにし、各スパン間隔を250 mmとし±25 mmの精度で測定することを期待している。

このタンクの場合にはスペース制限が厳しくないので太目のパイプを用い取付座も大きくしている。

液面計取付座のパイプにはNaペーパーの付着固化を防ぐために予熱保温が施される。すき間はあまりせまくするのは好ましくない。図では適当に大きな目を選んである。

このような構造であれば炉の寿命中に保守の必要はないものと思われる。

TABLE VI. 1にこの液面計に10 A流したときの計算例を示し、Fig. VI. 4にその特性を示す。このような大型液面計でも極く小電流で測定できるので電源は簡単であり、故障しそうな部分は皆無である。

Fig. VI. 5に電圧端子の取付方法を図示する。(A)は本試作品で採用した方法であるが、実際の炉に用いる場合は更に確実な(B)、(C)の方法が好ましい。(C)の場合には先端をスポット溶接などの方法で取付ければ抵抗管を傷けなくて済む。(D)は積重ね方式を示す。これは絶縁管の挿入が容易になるし、また、寸法精度を向上せしめるという意味がある。

Fig. VI. 3の設計例においては標準液面をプラグ下端から700 mmと想定し、±600 mmの範囲を±10 mmの精度で測定するように計画した。このためタップ間隔は100 mmとしている。

この場合は孔と抵抗管は余り太くできないと考え、図に示すようにした。7.5 A流した場合の計算値を、TABLE VI. 2に示す。

抵抗管は、プラグの中400 mm上ったところでターミナルボックスにつながり、その上は遮蔽した形でリード線がとり出される。

液面計は細いので保護のため保護管を設けているがこれは本質的なことではない。

* 原子炉プラントについては文献(6)参照のこと。

** 最近誘導コイル型の多点指示型のものが開発されている。その場合は1本の管で上下端指示が可能

TABLE V. 1

Na液面の位置 タップNo.	抵抗管電流端子 下部長さ(mm)	下流に分流する 電流 (A)	タップNo.1 2の出力 電圧* (mV)	タップ間電圧* (mV)
0	3,250	2.353	1412	1.18
1	3,000	2.500	1375	1.25
2	2,750	2.667	1333	1.33
3	2,500	2.857	1286	1.43
4	2,250	3.077	1231	1.50
5	2,000	3.333	1167	1.67
6	1,750	3.636	10.91	1.81
7	1,500	4.000	10.00	2.00
8	1,250	4.444	8.89	2.22
9	1,000	5.000	7.50	2.50
10	750	5.714	5.71	2.86
11	500	6.667	3.33	3.33
12	250	8.000	0	—

* 計算にあたり、管の固有抵抗は $100 \mu\Omega \text{cm}$ とした。タップ間の抵抗は $0.5 \text{ m}\Omega$

TABLE VI. 2

Na液面の位置 タップNo.	抵抗管電流端子 下部長さ(mm)	下流に分流する 電流 (A)	タップNo.1 2の出力 電圧* (mV)	タップ間電圧* (mV)
0	1,300	1.765	16.94	1.41
1	1,200	1.875	16.50	1.50
2	1,100	2.000	16.00	1.60
3	1,000	2.143	15.43	1.71
4	900	2.308	14.77	1.85
5	800	2.500	14.00	2.00
6	700	2.727	13.09	2.18
7	600	3.000	12.00	2.40
8	500	3.333	10.67	2.67
9	400	3.750	9.00	3.00
10	300	4.285	6.86	3.43
11	200	5.000	4.00	4.00
12	100	6.000	0	—

* 管の固有抵抗は $100 \mu\Omega \text{cm}$ とした。
タップ間の抵抗は $0.8 \text{ m}\Omega$

リード線の抵抗，発熱，電圧降下は次のとおりである。

(電流 10 A の場合， $\rho = 100 \mu\Omega \text{cm}$ として計算)

2mm ϕ	0.32 Ω/m	3.2w/m	3.2v/m
3mm ϕ	0.14 Ω/m	1.4w/m	1.4v/m
4mm ϕ	0.08 Ω/m	0.8w/m	0.8v/m

Fig. VI. 1 の場合 $4 \text{ mm}\phi$ のものを使えば，リード線で約 1 V の電圧降下が生じる。 $3 \text{ mm}\phi$ でも支障はない。

Fig. VI. 3 の場合 $3 \text{ mm}\phi$ を使いとすれば 0.8 V/m である。(7.5 A)

いづれにしても電源は小さなものでまかなえる。

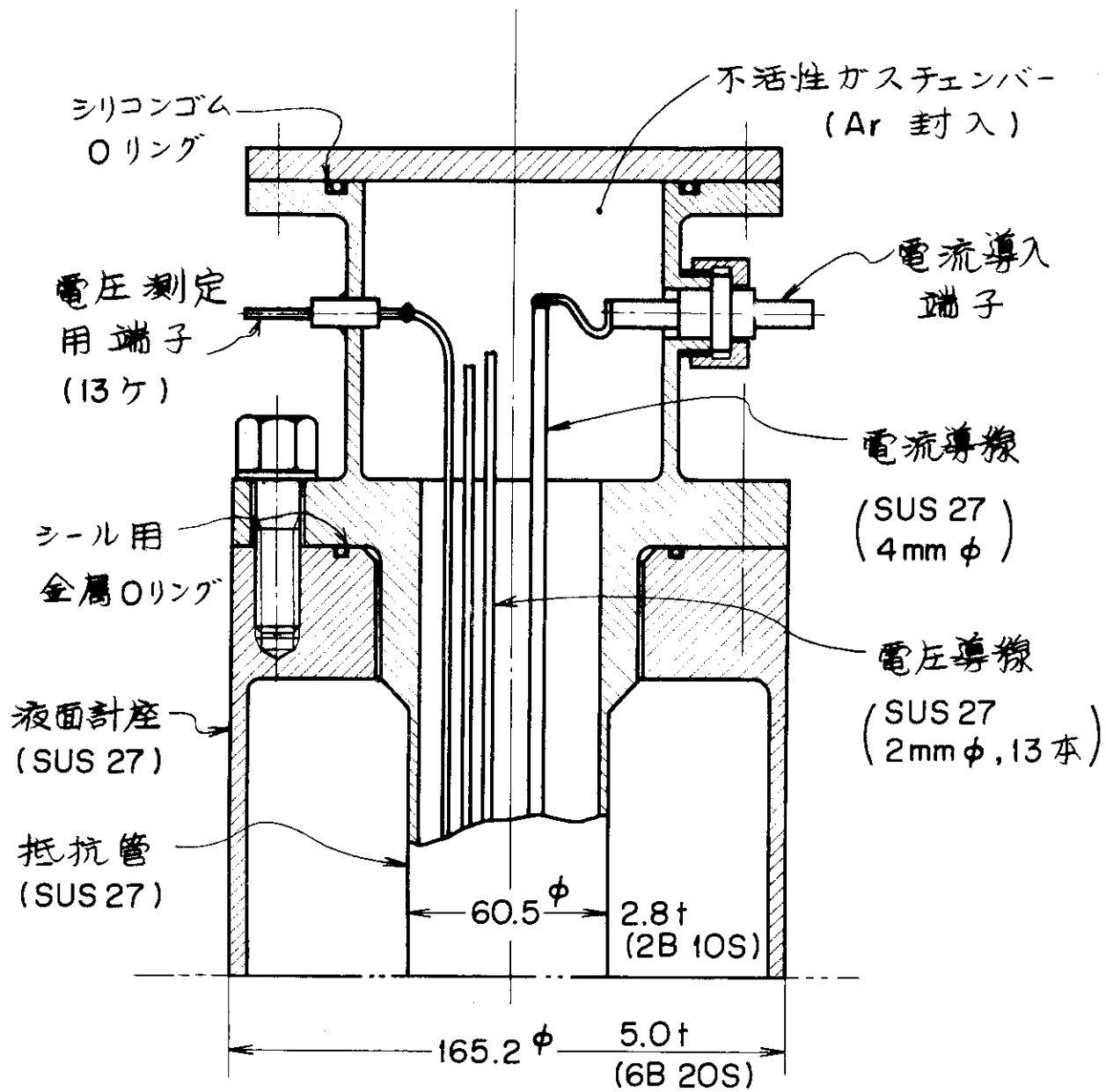


Fig. V1.2 液面計端子部計画図

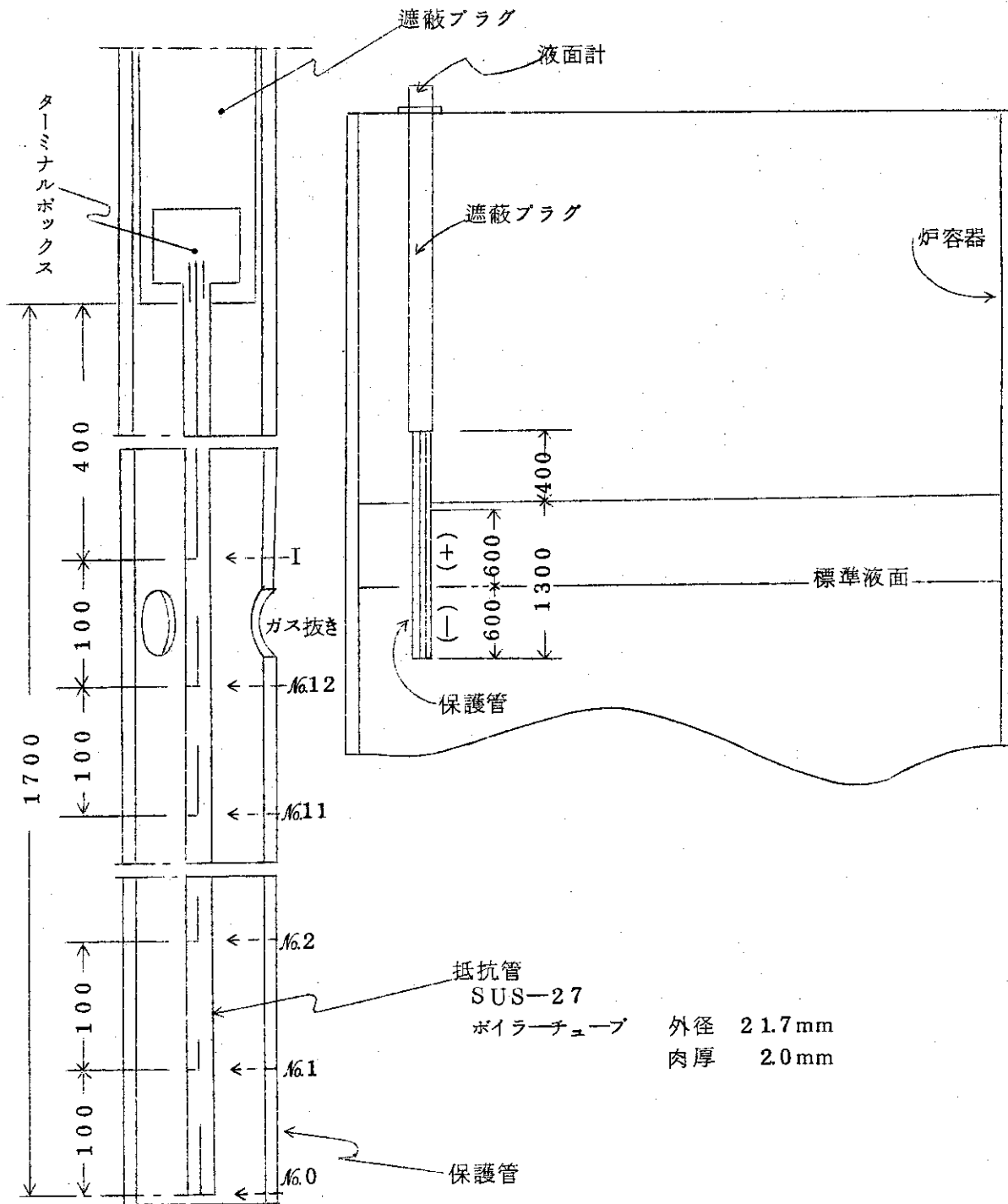


Fig. VI.3 原子炉容器への応用例

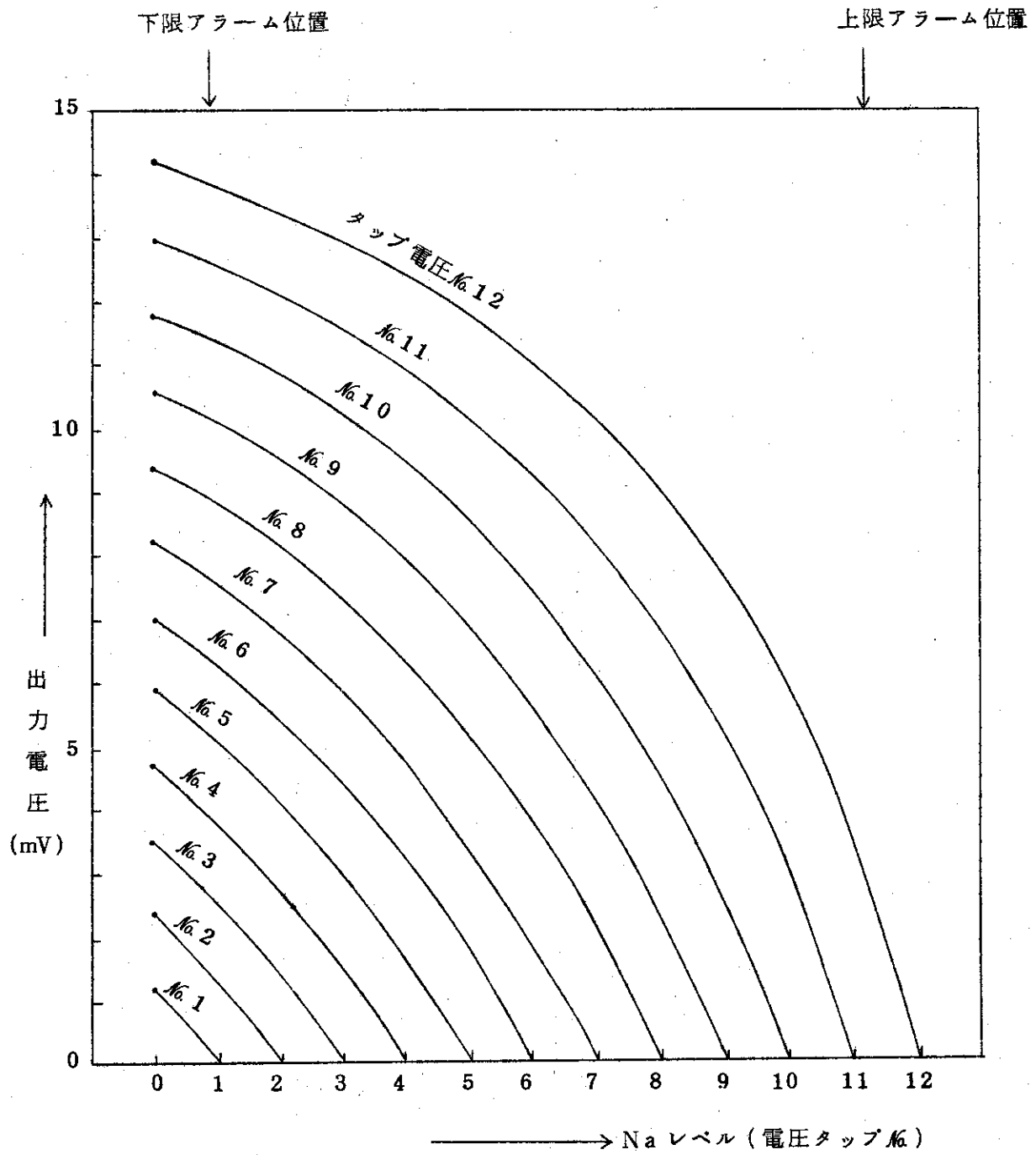


Fig. VI. 4 ダンプタンク用液面計の特性

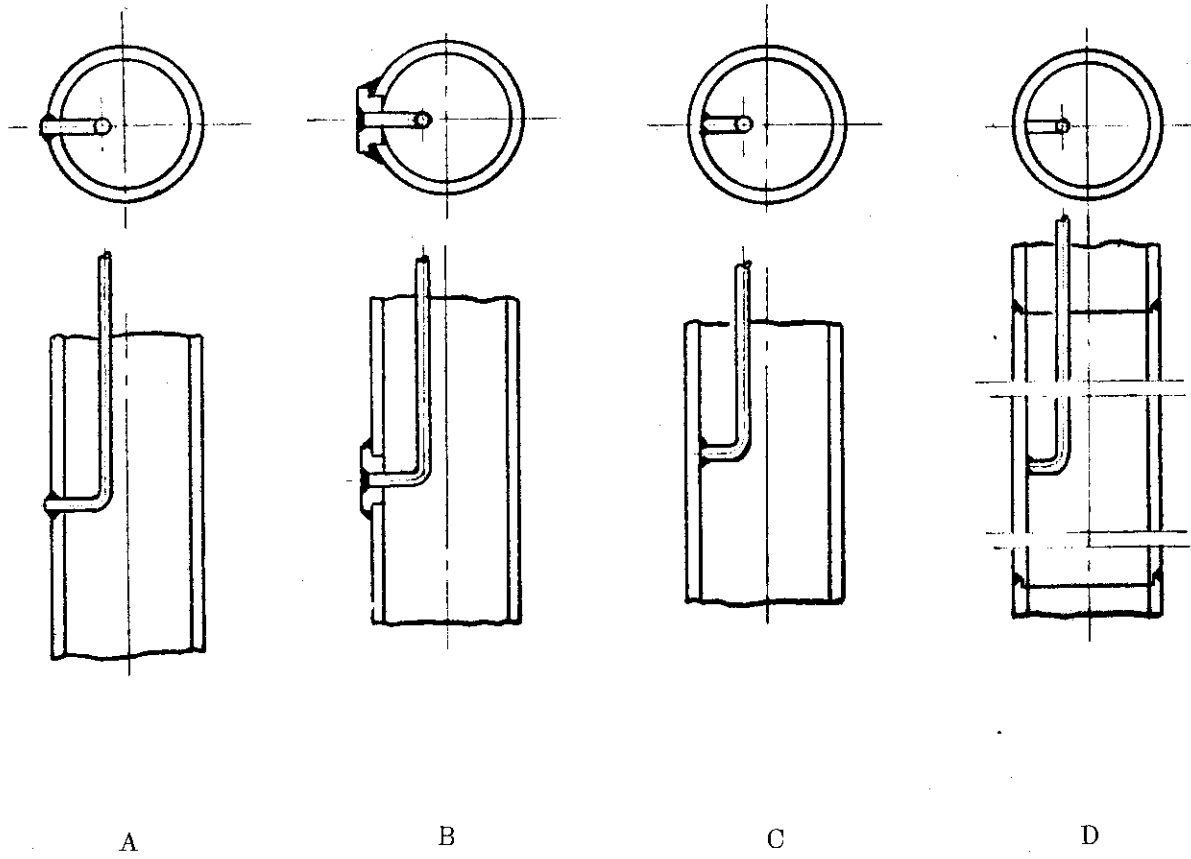


Fig. VI.5 電圧端子取付方法

VII 測定誤差の評価

Na膜が壁面に付着すると電気抵抗が下り、出力電圧が低下する。また、Na液面が下降するとき過渡的に壁面に残るNa膜は液面変化に対して時間遅れをもたらす。また、管表面のぬれが悪ければ実際の液面よりも低い指示を与える。

この測定誤差は抵抗管の材質、寸法と関係がある。ここではFig.VI.1,2に示した構造のものについて試算してみる。

(1) Na液膜厚さと合成抵抗

合成抵抗と管のみの抵抗との比 ϕ は次式で与えられる。

$$\phi = \frac{R(\text{合成})}{R(\text{管})} = \frac{R_{Na}}{R_{Na} + R_{SUS\text{管}}}$$

$$= \frac{\left(\frac{\rho_{Na}}{d_0 \delta}\right)}{\left(\frac{\rho_{Na}}{d_0 \delta}\right) + \left(\frac{4\rho_{SUS}}{d_0^2 - d_i^2}\right)} = \frac{1}{1 + \frac{\rho_{SUS}}{\rho_{Na}} \cdot \frac{4\delta/d_0}{1 - \left(\frac{d_i}{d_0}\right)^2}}$$

- 但し、 R_{Na} : Na膜の抵抗
 R_{SUS} : 抵抗管のみの抵抗
 ρ_{Na} : Naの固有抵抗
 ρ_{SUS} : SUS27の固有抵抗
 d_0 : 管の外径
 d_i : 管の内径
 δ : Na液膜厚

ρ_{Na} は300°Cで17 $\mu\Omega\text{cm}$ 、600°Cで32 $\mu\Omega\text{cm}$ 、 ρ_{SUS} は300°Cで100 $\mu\Omega\text{cm}$ 程度である。Na液膜厚さを10 μ 、100 μ とした場合のダンプタンク用液面計(Fig.VI.1,2参照)に対する値(300°C)は次のとおりである。

$$\delta = 10\mu \text{ に対して } \phi = 0.98$$

$$\delta = 100\mu \text{ " } \phi = 0.83$$

Naの付着で特に問題となるのは液面付近のガスが管表面につき、それにNaが入り、局部的に抵抗を変化させることであろうが、これはNaの純度、運転方法とも関連があり評価はむづかしい。

このことは従来の連続式抵抗型液面計では致命的な欠点であるが、本形式のものは付着したスパンを検出でき、補正できるので問題は小さい。

(2) 液面下降時のNa液膜厚さの変化

近似式は文献(3)に与えられている。

$$\delta(Z, t) = \sqrt{\frac{\mu Z}{\rho g t}}$$

但し、 Z ：初期の液面から下向の距離

t ：液面下降後の経過時間

μ ：Na 静粘性係数

ρ ：Na 比重量

g ：重力の加速度

300°Cにおける物性値を用いて計算したものをFig. VII. 1に示す。

(3) 液浸部の電圧降下に起因する測定誤差

電流が抵抗管からNa中に入り容器から外に取り出される場合に液面の電位はNa液面から可成り離れたところにある基準点より僅かに高い値となる。そして、この値は管表面に接触抵抗が存在すると変わってくるので検討してみた。

Fig. VII. 2に計算モデルと接触抵抗の存在しない場合の計算結果を示す。

Fig. VII. 3に接触抵抗が管の肉相当の値である場合の値を示す。

これで見ると、大きな誤差は生じそうもない。

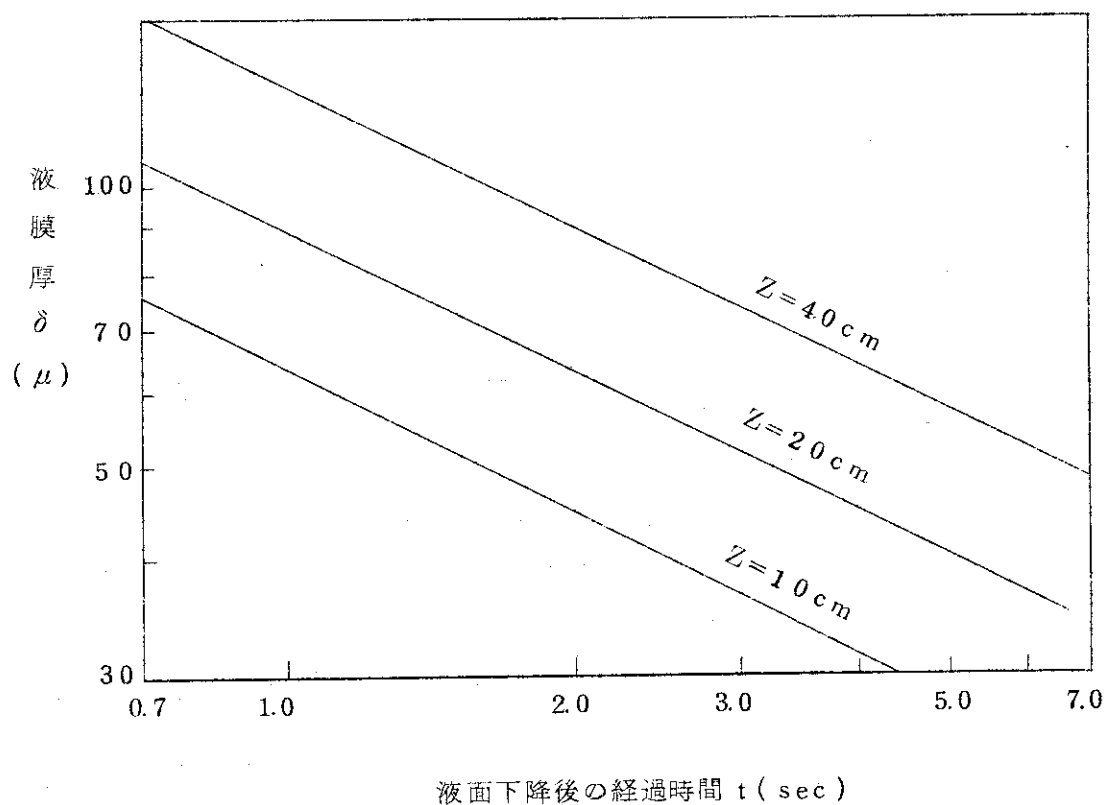


Fig. VII. 1 液膜厚の変化

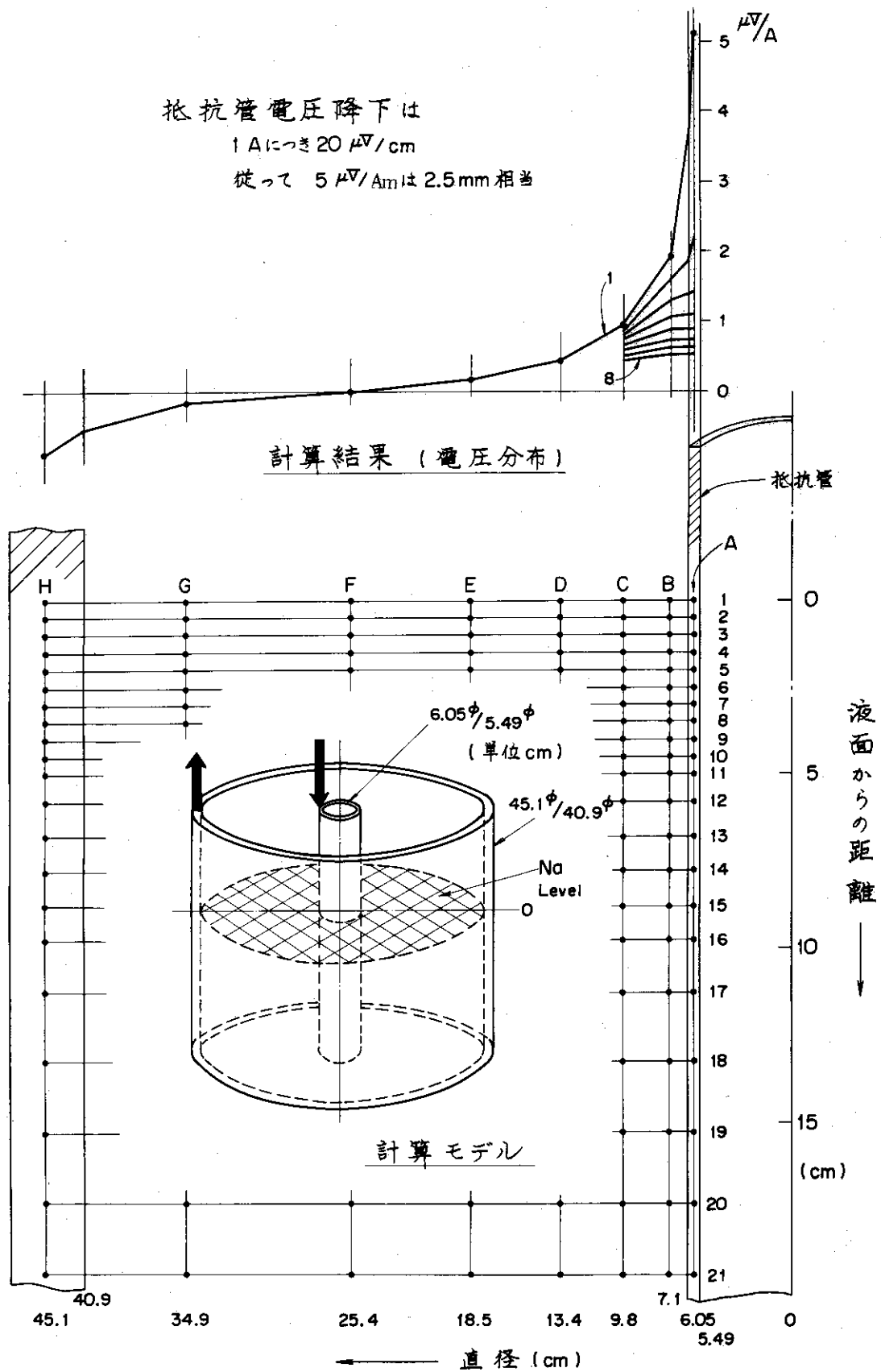


Fig. VI. 2 電圧分布の計算

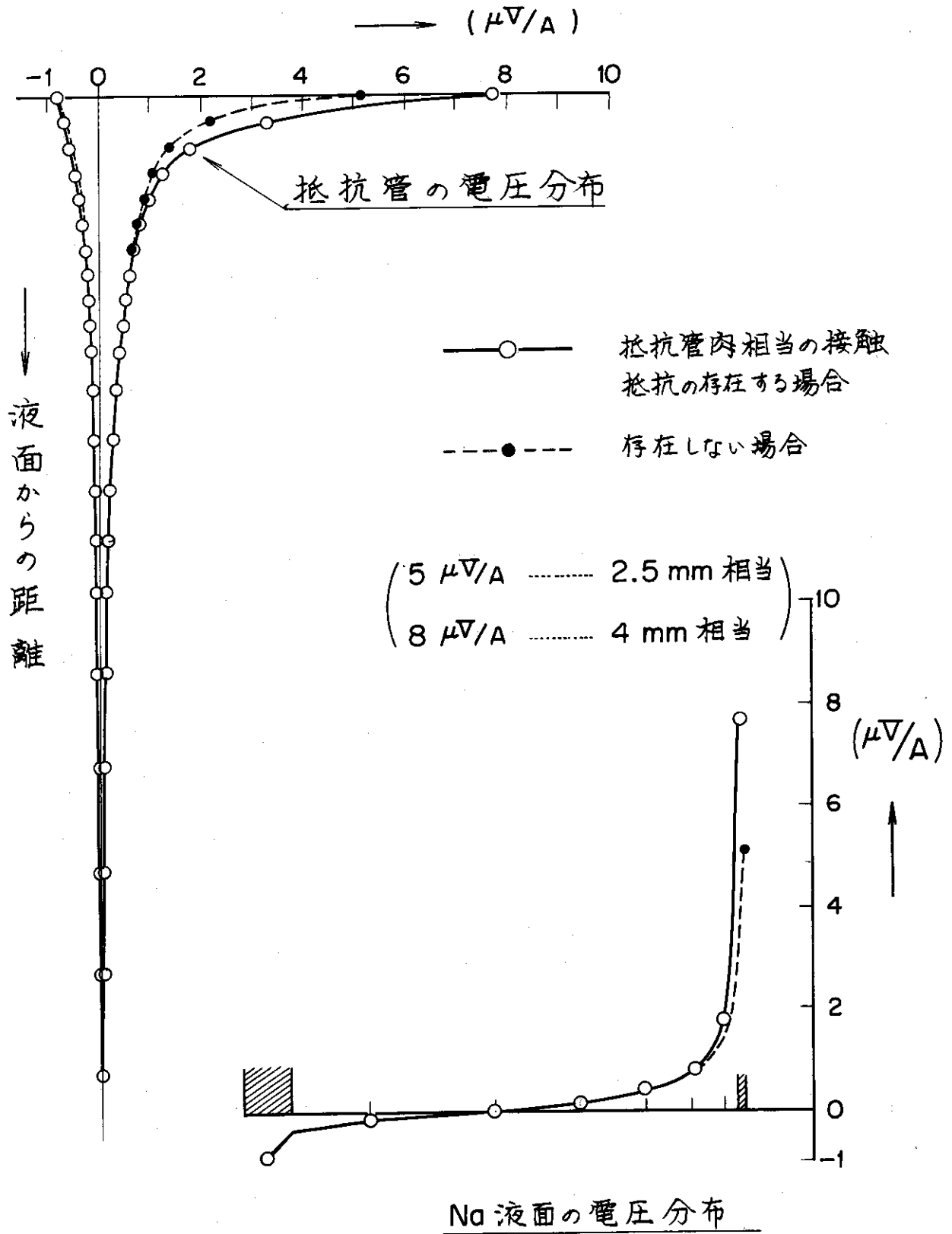


Fig. VI.3 接触抵抗の効果 (計算例)

あ と が き

この液面計は伝熱研究用ループの膨張タンクの液面の監視用に考案したものであった。原理は極く簡単で、極云すれば、オームの法則以外の考慮は不要である。

こういった意味もあって未公開の資料（文献4）を作成して検討してみることにした。これが1年前のことであり、御好意によりPNC、FBR計測専門委員会でも検討していただいた。然し乍ら、特に大きな欠点は見出されず、また、既発表の文献も見当らなかった。

そこでその報告書に僅かな検討を付加してここにM-Reportとして発表することとしたものである。

参 考 文 献

- 1) Liquid Metal Hand Book , Na-Nak Supplement , 1955 , USAEC
- 2) ANL-7380 Proceedings of the Symposium on Liquid Instrumentation and Control , IDAHO , Mar. 1967
- 3) Transport Phenomena , R. Byron Bird , W. E. Stewart & E. N. Lightfoot , 1960 , John Wiley & Sons , Inc.
- 4) JAERI-memo 4730 ; 連続測定型Na液面計の開発 , 1972年2月 ; 迫 , 浜野
- 5) 1972年原子力学学会年会 , F42Na用液面計の開発 , 1972年3月 ; 迫 , 浜野
- 6) JAERI-memo 3064 (公開) 100MW , 高速実験炉冷却系設計 (第2次) , 昭和43年2月 ; 迫 , 村尾 , 吉見 , 佐藤 , 山田

あ と が き

この液面計は伝熱研究用ループの膨張タンクの液面の監視用に考案したものであった。原理は極く簡単で、極云すれば、オームの法則以外の考慮は不要である。

こういった意味もあって未公開の資料(文献4)を作成して検討してみることにした。これが1年前のことであり、御好意によりPNC、FBR計測専門委員会でも検討していただいた。然し乍ら、特に大きな欠点は見出されず、また、既発表の文献も見当らなかった。

そこでその報告書に僅かな検討を付加してここにM-Reportとして発表することとしたものである。

参 考 文 献

- 1) Liquid Metal Hand Book , Na-Nak Supplement , 1955 , USAEC
- 2) ANL-7380 Proceedings of the Symposium on Liquid Instrumentation and Control , IDAHO , Mar. 1967
- 3) Transport Phenomena , R. Byron Bird , W. E. Stewart & E. N. Lightfoot , 1960 , John Wiley & Sons , Inc.
- 4) JAERI-memo 4730 ; 連続測定型Na液面計の開発 , 1972年2月 ; 迫 , 浜野
- 5) 1972年原子力学会年会 , F42Na用液面計の開発 , 1972年3月 ; 迫 , 浜野
- 6) JAERI-memo 3064 (公開) 100MW , 高速実験炉冷却系設計(第2次) , 昭和43年2月 ; 迫 , 村尾 , 吉見 , 佐藤 , 山田