

SWAT-3用放出系ラプチャ破裂検知器の改良

— 大リーク・ナトリウム — 水反応試験 (第8報) —

1978年6月

動力炉・核燃料開発事業団

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター

システム開発推進部 技術管理室

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technology Management Section, O-arai Engineering Center, Power Reactor
and Nuclear Fuel Development Corporation 4002, Narita O-arai-machi Higashi-
Ibaraki-gun, Ibaraki, 311-14, Japan

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

SWAT-3用放出系ラブチャ板破裂検知器の改良

— 大リーク・ナトリウム — 水反応試験(第8報) —

大高 仁護¹⁾, 山田 敏雄¹⁾, 佐々木和一¹⁾
高橋憲二郎¹⁾, 井上 設生¹⁾, 大内 義弘²⁾
佐藤 稔¹⁾

期 間

1975年6月～1978年6月

目 的

大型・大リークナトリウム-水反応試験装置SWAT-3の放出系ラブチャ板に設置した破裂検知器の改良経験をまとめ、「もんじゅ」蒸気発生器設計の参考とする。

要 旨

大型・大リークナトリウム-水反応試験装置SWAT-3の放出系ラブチャ板に、金属箔切断式破裂検知器を取り付けて、ナトリウム-水反応試験を実施したところ以下の不具合があった。

- (1) 取り付けられているリレー式信号検知回路の作動が遅く、破裂信号が出なかった。
- (2) 金属箔を取り付けるための管壁貫通電極部分にナトリウム漏洩が生じた。

この対策として、信号検知回路を簡単な論理判断回路を含む半導体回路とし、管壁貫通電極の構造変更を行なった。この結果、引き続き注水試験において、ラブチャ板破裂検知器として支障なく作動することが確認された。

1) 動燃大洗工学センター蒸気発生器安全性試験室

2) 現在、日本原子力研究所

June, 1978

The Improvement of Rupture Disk Bursting Detector in SWAT-3 Test Facility

Large Leak Sodium-Water Reaction Test (No.8)

Jingo Ohtaka¹⁾, Toshio Yamada¹⁾,
 Kazuichi Sasaki¹⁾, Kenjiro Takahashi¹⁾,
 Setsunari Inoue¹⁾, Yoshihiro Ouchi²⁾, and
 Minoru Sato¹⁾

Abstract

In the large leak sodium-water reaction experiment for safe design of LMFBR's steam generator, following two troubles were found with the burst detector (metal-ribbon cutting type) of rupture disk which was settled in the pressure relief-line of the large scale sodium-water reaction test facility SWAT-3.

1) Missing the signal detection of rupture disk bursted owing to slow action of the burst-detecting circuit with the electric relay.

2) Leaking of sodium through the electrodes of the metal-ribbon which penetrated the piping wall of pressure relief line.

In order to improve the troubled parts, the replacement of the semi-conductor circuit including simple logical circuit instead of the relay device of the detector and the change of the electrode's structure were performed. It was confirmed in the following experiment that improvements were accomplished.

- 1) Steam Generator Safety Section, Steam Generator Div., O-arai Engineering Center, Power Reactor & Nuclear Fuel Development Corporation.
- 2) Present address, Japan Atomic Energy Research Institute.

目 次

1. まえがき	1
2. 旧ラプチャ板破裂検知器とその問題点	2
2.1 旧ラプチャ板破裂検知器の構造	2
2.2 Run-1試験における問題点	3
2.2.1 信号増幅回路部の問題点	3
2.2.2 センサ箱リード線取出部の問題点	3
3. 問題点の改善について	5
3.1 信号検知回路の改良	5
3.1.1 追加した論理回路の機能	5
3.1.2 論理回路の動作原理	6
3.2 センサ箱取出部の改良	9
4. SWAT-3での使用結果	10
5. Run-6までの使用経験	11
6. あとがき	12

図表リスト

図 2-1	ラブチャャ板センサ取付図	14
図 2-2	センサ箱取出部及びセンサ箱	15
図 2-3	旧ラブチャャ板破裂検知器回路図	16
図 2-4	Run 1 試験時センサ箱取出部からの Na リーク	17
図 3-1	改良型ラブチャャ板破裂検知器	18
図 3-2	改良型ラブチャャ板取付図及び改良型センサ箱取出部	19
図 4-1	ラブチャャ板破裂検知器総合結線図	20
図 4-2	ラブチャャ板 (RD601, RD602, RD603) 取付位置	21
図 4-3	RD601/602/603 破裂信号 [Run 2 試験結果]	22
図 5-1	センサリード線取出部	23
表 3-1	論理回路の機能	12
表 4-1	SWAT-3 「Run-1」 「Run-2」 の試験条件とラブチャャ板取付データ	13

1. ま え が き

高速増殖炉「もんじゅ」の蒸気発生器には大リーク Na - 水反応事故検知用として、放出系ラブチャャ板に破裂検知器を取り付けることを予定している。ラブチャャ板破裂検知器にはセンサと信号増幅回路の組合わせにより、種々の形式が考えられる。

大型・大リークトリウム-水反応試験装置 SWAT-3 でのセンサ部は、金属箔切型型を選択した。この理由は、米国フェルミ炉で同型のリード線切型 (リード線が抜ける構造) について使用実績があること、及びこの型は作動原理・構造が簡単なことのためである。

信号増幅回路部は、給排水設備のシーケンス制御等に使用されているフロートレス液面リレーを使用し、リード線切型と同時にリード線に流れている電流が切れることを検知し、リレーが作動する構造とした。このリレーの接点より信号を取り出し、ラブチャャ板破裂の信号としている。

ところが、SWAT-3・Run-1 注水試験においてリレー-接点の応答速度が遅く瞬時的な信号ではラブチャャ板破裂を検知できなかつた。つまり、ラブチャャ板破裂と同時に Na が飛んで来て、センサ取出し部と容器が Na で接地されたり、ラブチャャ板破裂時に、その破片がラブチャャ板ホルダとセンサに接触したりして、電流が容器を介して常時流れている状態になってしまい、センサが破断状態でも信号増幅回路は作動しなかつた。また、センサリード線の管壁貫通部分の絶縁材が Na と反応し、Na が少量リークしたなどの欠点が見られるようになった。

以上の欠点を解消するため、信号検知回路は応答速度が早く、瞬時的な信号でも作動し、信号をホールドされる機能をもたせることにした。そのために、集積回路を用いて論理回路を試作し、旧回路に追加した。さらに、信号取出し部の絶縁材を改良計画したが、適当な絶縁材がないので、一時、自動車用の点火プラグを改良し代用していたが、その後セラミック絶縁材を用いたものに変更した。

改良後の SWAT-3 Run-2 注水試験以後には良好な結果が得られた。

2. 旧ラプチャ板破裂検知器とその問題点

2.1 旧ラプチャ板破裂検知器の構造

ラプチャ板センサ取付図を図2-1に示し、センサ箱取出口及びセンサ箱を

図2-2に示す(本部分は石川島播磨重工の特許となっている)。

センサ箱には SUS-304、厚さ0.2mmのものを用いている。センサ箱部分がラプチャ板破裂にもないガスやNaの流れにより破断され、この破断を電気的に検知するものである。そのため、ホルダー貫通部分でセンサ箱及びセンサ箱取出口間を電気的に絶縁しておき、センサ箱に常時電流を流しておき、破断にもなり電流遮断を、フロートレス液面リレー※1にてリレー増幅して、実験計測器や装置制御器(計算機制御を採用)にラプチャ板破裂信号を送っている。回路図を図2-3に示す。

以下にこのフロートレス液面リレーについて簡単に説明する。

センサ箱には変圧器により8Vに降圧した電流を常時供給している。また、トランススタやリレー用電源としては24V電圧回路となっている。

定常状態ではセンサ箱の端子①とは専通しており②の回路に電流が流れている。③の回路に電流が流れると整流器1の二次側である④の回路のトランジスタTr1のベースに負の電圧が印加されTr1はOFFとなる。Tr1がOFFになるとTr2のベースに電圧が印加されTr2はONとなり、リレー⑧に電流が流れ、リレー⑧はONとなる。リレー⑧がONすると主接点は⑨と⑩が専通になっても、リレー⑩は無励磁である。よって常時ラプチャ板破裂信号はOFFである。

ラプチャ板破裂にもないセンサ箱が切断されると、センサ箱端子①と②は専通がなくなり、③の回路に電流が流れない。③の回路に電流が流れないと、整流器1の2次側である④の回路のTr1ベースには整流器2から電圧が印加され、Tr1はONになる。Tr1がONになるとTr2はOFFで、リレー⑧は無励磁となり④の回路に電流は流れない。リレー⑧が無励磁となると主接点は⑨と⑩が専通となり、⑥の回路に電流が流れリレー⑩は励磁する。リレー⑩が励磁すると④の回路に電流が流れリレー⑩(RDX)を励磁するとともに、自己保持回路となる。その後リレー⑩(RD)が無励磁となっても、リセットスイッチを押すまで、励磁の状態を保持している。リレー⑩(RDX)の補助接点のON-OFFにより、実験計測器、装置制御用のラプチャ板破裂信号にする。

注：※1 フロートレス液面リレーは、OMRON製型61F-GPを使用。

2.2 Run-1試験における問題点

2.2.1 信号増幅回路の問題点

Run-1注水試験を行った際、RD601及びRD603のラプチャ板が破断した。しかし、ラプチャ板破断にもないセンサ箱が破断されても、RD601の破裂検知器に破断信号を出さなかつた。RD603は収納容器大気放弁の所に取り付けられているため、Naは収納容器で回収され、ArガスのみでRD603を破断させたため破断信号は出た。

RD601について、試験後解体し検討した結果、下記の原因が上げられた。

(1) Na-水反応時の圧力上昇により、反応容器放出系のラプチャ板が破断した場合、ラプチャ板破断と同時にNaが飛来し信号検知器の自己保持回路が作動する前に、センサ箱取出口にNaが付着すると、接地されて電氣的にセンサ箱破断部分が短絡状態となり再び電流が流れ、センサ箱が破断していても、信号増幅器は作動しないことになる。

(2) リレー接点を回路内に含む自己保持回路は、応答速度が遅く、瞬時的なパルス信号では作動しない。

2.2.2 センサ箱リード線取出口の問題点

リード線取出口部分は(図2-2参照)、電極が絶縁材(セラミック)により周囲の構造体にふれないような、支持構造となっている。しかし、絶縁材と電極、絶縁材とホルダダ壁との間はわずかな隙間があるので、絶縁材の中間にシール材(コナックス・シール)を敷いて、外部に対する気密を保持する構造を採用している。

Run-1注水試験後にRD601のラプチャ板を交換しようとして保温材を取外したら、センサ箱リード線取出口からNaがリークしていた(図2-4参照)。センサ箱取出口を解体したところ、絶縁材内部にNaが侵入していた。洗浄後部品を検査したところ、絶縁材にひび割れが生じ、シール材が溶けていた。

リークしたコナックス・シールのシール材は商品名をSOAPTONといい、主成分はMgOである。シール材とNaとの反応試験を行なったところ、シール材は300℃以上のNaとは激しく反応することが判った。したがって、Na-水反応時に放出系に噴出したNaが、リード線取出口に侵入し、シール材と反応し

て、シール材を消耗して外部にリークしたものであって、シール材の選択が不適切であったといえる。

絶縁材の「ひび割れ」は、取出部組立時に生じたか、予熱時に周辺材との熱膨張差により生じたか、Na-水反応時の熱衝撃・流体力によるものかは不明である。

この「ひび割れ」によりリード線が周辺部材壁に短絡接地するとういふ不具合は生じていないが、絶縁材内部に容易にNaの侵入を許し、リード線のNaによる短絡接地を引きおこし、シール材機能の喪失をまねくなど、不具合の間接原因となっている。したがって、さらに本原因を究明するとともに、絶縁材材質の再検討、リード線取出部構造の再検討が必要である。

3. 問題点の改善について

Run-1試験時の不具合点の検討結果より破裂検知器を下記のように改良する事にした。

(1) 信号増幅回路の機能追加

信号増幅回路は、センサ部が下記の状態となった時に、ラプチャ板破裂とみなし、また瞬時的な信号でも検知・状態ホールドするように論理回路を現機能に追加する。

- (a) センサ部のリード線間に導通がなくなった時(センサ管が切断)
- (b) センサ部リード線間で接地が生じた時(センサ管が切れなくても、飛来Naにより接地)

(2) センサ部リード線取出部補強

リード線取出部の絶縁材が、飛来したNaや熱膨張の影響で破損しないような構造にし、Na蒸気等で誤信号を出さないように絶縁材を補強する。

3.1 信号検知回路の改良

3.1.1 追加した論理回路の機能

従来使用して来たリレー式の信号増幅回路の欠点を解消するため、ICを利用した論理回路を信号増幅回路入力側に挿入した。

この論理回路の機能は表3-1に示すセンサ部の状態によりラプチャ板破裂か否かを判定し、破裂検知信号を自己保持するものである。この論理回路の出力端は、従来より使用中の信号増幅回路への出力(装置制御用)、実験計測用(データレコーダ)への出力、本回路パネル上への点燈表示の3出力とした。出力の状態は3端子とも全て同じである。改良型ラプチャ板破裂検知器を図3-1に示す。

3.1.2 論理回路の動作原理

(1) 定常状態

キック接続、電源投入、リセット完了後の定常状態での回路動作状況を各機能ごとに、図3-1に基づいて説明する。

(a) 電源回路

一次側AC100Vより、二次側AC8Vの独立2回路トランスを使用し、それぞれ全波整流の後、IO安定化電源(MC7805)を介して、独立したDC5Vの電源供給回路を2回路構成した。これは比較回路増幅器IC-1の供給電源として±5Vが必要なためである。±5V電源の作り方は種々あるが、ここではREG・IC-1で作った+5V電源の0電位側と、REG・IC-2で作った+5Vの+電位側を短絡し、その電位をアース電位としている。よって、REG・IC-1の+側電位は+5V、REG・IC-2の0電位側はアースに対して-5Vの電位を持つ事になる。

なお、既設回路接続のため、リレー(MK3P)を動作させるためのDC8Vリレー駆動用電源として、REG・IC-2の回路の入力側のコンデンサより平滑されただけのDC8Vを使用している。

また、テータスレコーダ用信号回路に破砕信号を送るため、フローチンクされた180mV信号発生回路の電源として、水銀電池1.3Vを1個使用している。

(b) 比較回路

IC-1(μA741c)には+5V、-5Vの二電源が供給されている。入力端としては、比較する為の基準電圧となる-側入力と、比較される信号が入れる+側入力を有している。-側入力端には、 R_3 、 R_4 の抵抗で分圧された2.5Vが基準電圧として印加されている。+側入力には、 R_1 ・RDセンサ箱・ R_2 の経路で電流が流れており定常状態で約4.9Vの電圧がかかっている。IC-1の動作として、-側基準電圧を E_0 とし、+側信号電圧を E_1 とすると $E_0 < E_1$ の時は出力信号として+5Vが表われ、 $E_0 > E_1$ の状態では出力は-5Vとなる。定常状態でのIC-1の出力は+5Vである。

後段のラッチ回路への接続には、コモンモードノイズを避けるため、フォトカプラーを用いてセンサ及び比較回路とラッチ回路以後のグラウンドレベル

を切離している。フォトカプラー-1の電源は④より常時+5Vになっており、IC-1の出力も+5Vのため、定常状態ではフォトカプラー-1に電流は流れずOFFの状態である。そのためラッチ回路入力も定常状態でHigh Level(+5V)になっている。

(c) ラッチ回路

ラッチ回路は、破砕信号の自己保持を目的としIC-2(SN7413)2クエプアップ回路を構成しており、回路入力端としてSet入力とReset入力をもっている。Resetスイッチが押された状態でSet入力に一度Low Level(0V)の信号が入ると、出力はHighになる。その状態で再度High-Lowと繰返しの信号がSet入力に入っても出力は変わらずHighのまま保持される。Resetスイッチを押して初めて出力がLowとなる。定常状態では、ラッチ回路のSet入力はHighになっているため出力はLowのままである。

(d) 各駆動回路

IC-3(SN7437)の回路の動作は、IC-2の出力信号の出力レベルだけでは、リレー、発光ダイオード、フォトカプラー-2、等、多くの素子を働かせる事は出来ないため、それらを駆動させるに充分な出力レベルまで上げていくための増幅回路である。

(1) リレー駆動回路は2段のNAND回路で波形成形にて極性変換をおこなう、スイッチングトランジスタを介してリレーを駆動する。定常状態では、IC3-1の入力はIC-2の出力がLowであるのでLowになり、IC3-1はNAND-Bufferであるので出力はHighとなる。IC3-2も同じ動作であるから出力はLowとなる。IC3-2の出力でトランジスタ(2SC549)をON、OFFさせ、さらにトランジスタで増幅されたON、OFF信号で、DC8Vリレーを駆動させ、このリレーの接点を利用してMK3Pのリレーを駆動し、既設回路のラプチャ破砕裂信号として用いている。定常状態ではトランジスタのベース電圧はLowであるためこのトランジスタはOFFの状態にあり、リレーには電流が流れずMK3Pは無励磁である。

(ii) 破砕表示回路ではIC3-3がNAND-Bufferで、定常状態では入力が

Low, 出力がHigh となる。出力がLow となる時、発光ダイオード (LED) が点灯する。定常状態では発光ダイオードはOFFである。

(H) データレコーダ用信号回路は、データレコーダにラプチャ破砕信号を送るため、その出力信号は他の回路からローディングする必要がある。このため水銀電池を電源として、フォトカプラー-2をスイッチング機構として使用し出力電圧として180mVのON-OFF信号をデータレコーダに供給する。定常状態ではIC-4もNAND-Bufferで入力Low, 出力Highとなり、フォトカプラー-2はOFFであり、データレコーダの出力は0Vである。

(2) 作動状態

ラプチャ破砕が破裂した時点で想定されるセンサ部の状態を述べ、それぞれの場合の回路動作を説明する。

(a) ラプチャ破砕時にセンサ部に接地点が生じた場合。

(b) 破裂時にセンサが切断了した場合。

(a) の場合

センサ部に接地点が生ずるとラプチャ破砕ホルダー及び反応容器はアース電位になり、比較回路のアースは導通状態となる。このため、接地点の原因となつたラプチャ破砕部・ナトリウムがセンサへ接触した時点で、抵抗 R_1 を通じて供給されている+5Vが直接アースに短絡されるため、IC-1の+側入力は0Vとなる。また、その後センサが切断了されても、IC-1の入力は0Vと短絡した時点の条件と変わらない。比較回路の動作原理により+側入力が0Vのため ΔE_1 となりIC-1の出力は-5Vとなる。

IC-1の出力が+5Vから-5Vに変わったことによりフォトカプラー-1の入力側に電位差1.0Vの電圧が加わりフォトカプラー-1はON状態となる。

フォトカプラー-1がONになるとラッチ回路Set入力がLowとなり出力はHighに保持される。

IC-2の出力がHighとなると、リレー駆動回路はIC-3-1入力側がHighであるから出力側がLowとなる。IC-3-2も同様に入力がLowで出力がHighとなる。そこでトランジスタ-2、SO549のベース電位もHigh

となるのでトランジスタ-1はONとなりDC8Vのリレーが駆動し、MK3Pのリレーも動作する。MK3Pのb接点がOFFとなり既設回路のラプチャ破砕信号が破砕の信号を出す。

破裂表示回路は、IC-3の出力がHighで出力がLowとなり、発光ダイオードに+5Vの電位差を生じ発光する。

データレコーダ用信号回路は、IC-3-4の入力がHighで出力がLowとなり、フォトカプラー-2がON状態となる。フローティング回路の水銀電池と抵抗(R_{14})により出力180mVが発生する。

センサが接地点再び離れても、ラッチ回路が作動した後であれば、破砕信号は出つづける。ラッチ回路のリセットボタンが押されることにより、破砕信号は復帰する。

(b) の場合

センサが破砕すると、比較アンプ入力電圧を供給している抵抗 R_1 からの回路が断たれるので、抵抗 R_2 の電位はアース電位(0V)になる。

比較アンプ以後の回路の作動状態は前項(b)と同様である。この場合、ラッチ回路作動後であれば、切断了したセンサがナトリウムなどで短絡され、再導通状態となっても破砕信号は出つづけることはいりまでもない。

3.2 センサ箱取出口の改良

旧型のセンサ箱取出口のシール材はNaと反応するため、これに替るシール材を調査したがその時点で良好なものが得られなかった。

センサ箱取出口として、良好な材料が入手できるまで、自動車用点火プラグを改良し、センサ箱取出口として使用する事にした。点火プラグの中心電極を加工して、電極部分を延長し、その表面を絶縁するため温度に強いガラス繊維のエンバイヤチュートをかぶせた。(第5章参照)

この方法はNaループにおいて、接点式液面計として一時的に使用した実績がある。改良型センサ箱取出口を図3-2に示す。

4. SWA T-3での使用結果

SWA T-3のRun-2 注水試験にて、改良型ラブリブチャ板破裂検知器を取付け、実際に作動、機能の確認を試みた。

改良型ラブリブチャ板破裂検知器をSWA T-3に取付けた場合の総合結線図を図4-1に示す。ラブリブチャ板 (RD601, RD602, RD603) 取付位置を図4-2に示す。Run-1

1, Run-2注水試験の試験条件とラブリブチャ板関係データを表4-1に示す。

Run-2試験ではRun-1試験よりも注水率を大きくしたため、RD601,

RD602, RD603のラブリブチャ板も破裂した。いずれの破裂検知器も破裂信号を出した。

センサ箱取出部からのNa漏れはなかった。RD601, RD602, RD603の各破裂信号の測定記録を図4-3に示す。各破裂信号はデータレコーダにより集録されたものである。

一般的にラブリブチャ板RD601は、設定圧力が3 kg/cm² (1であるため、P110[※]の圧力が3 kg/cm²近辺にて破裂するはずである。しかしRun-2試験ではP1101の上昇以前に破裂している。

この理由として、注水初期に生ずる初期スバイク圧によりNa液面近くで、液体スプラッシュが生じ、ラブリブチャ板にNa液塊が衝突して、ラブリブチャ板の一部破裂したものと推定している。この事は放出系配管中に設置してあるNa検知器の作動、及び解体後のラブリブチャ板破裂状況等より裏づけられており、破裂検知器の誤動作ではない。

RD602の破裂検知器は、P1201^{※3}がラブリブチャ板設定圧力(3 kg/cm²)近くまで上昇した時作動しており、正常に破裂していることが判る。

RD603の破裂検知器も、P6101^{※4}がラブリブチャ板設定圧力(1.5 kg/cm²)近くまで上昇した時に作動している。

以上の結果から、改良型の破裂検知器の機能は満足すべきものであり、従来の不具合個所はすべて改良されたものと考えられる。

注:※2 P1101は蒸発器カバーガス圧力をいう。

※3 P1201は加熱器カバーガス圧力をいう。

※4 P6101は収納容器ガス圧力をいう。

5. Run-6までの使用経緯

ラブリブチャ板破裂検知器改良後、Run-6までの試験により、次の欠点が新しく出た。

- (1) センサ箱取出部は自動車用火点ブラブラを代用していたが、この点火アブラは絶縁材(セラミック)内部で電極の外側と内側が、ソケット式で接続されていた。そのため、熱膨張の差等により電極の接続部が離れ、センサ箱切断の誤信号を出す可能性が出た(SWA T-3にてNa接点式液面計として使用した時、電極の導通が無くなった事があり、絶縁材を破壊し電極を調べたら、外側と内側に分かれ開放状態であった)。
- (2) 数回のNa-水反応試験により、放出系配管内部にはNaが多少付着していた。放出系配管を予熱する事により、Naが溶解し、垂直部分においては、Naが上方より落下し、垂直配管部に取り付けたラブリブチャ板破裂検出器にNaが付着し作動するという事が生じた。

(1)項については、代用品であったため、新しくセンサ箱取出部を試作し取り付けた。

その後、2回の試験で正常に機能した。新しいセンサ箱取出部を図5-1に示す。

(2)項については、垂直部分の付着しているNaを除去、洗浄し、予熱時溶解Naが落下しないように処置した。

6. あ と が き

大リークナトリウム-水反応検知器用として、蒸気発生器放出系配管に設置するラプチャ板破裂検知器について、SWAT-3 試験装置で生じた問題とその改良結果について述べた。

改良された検知器の機能は満足すべきものであり、SWAT-3 でのその後の実績はもとより、大リークナトリウム-水反応試験装置 (SWAT-1) においても使用され、良好な結果が得られている。本報告書の内容が検知システムの開発の一助となれば幸いである。終りにあたり、改良型破裂検知器の電子回路部分の設計製作は、東興機械工業 KK/日本フェニール社サビオの羽沢正氏を中心に行なわれたものであることを附記し、その協力に感謝の意を表します。

表 3 - 1 論理回路の機能

名 称	センサ部論理回路の状態				記号の読み方	
	L	L	H	H		
センサ部	A リード線間	L	L	H	H	L: 導通 H: 断線
論理回路出力	B リード線とホルダー間	L	H	L	H	L: 断線良好 H: 断線
	ラプチャ板破裂	L	H	H	H	L: 破裂せず H: 破裂

表 4 - 1 SWAT-3 「Run-1」 「Run-2」 の試験条件とラプチャ板関係データ

項目	試験系		Run-1	Run-2
	注 水 位	注 水 孔	内筒よりヘリカルコイルに注水 ヘリカルコイル下部より10mm以上	ヘリカル5層目ギロタン破断後継 ヘリカルコイル下部より200mm以上
注 水 条 件	注 入 水 温 度 34.3℃ 注 入 水 圧 力 1.53 kg/cm ² G	注 水 時 間 7.6秒	1.5φ / スズ型	1.9φ×4 円筒型
Na 系 条 件	全 注 水 重 6.1.2 kg	Na 温 度 37.8℃	静 止	静 止
カバ-ガス圧 加熱器	蒸 発 器 加 熱 器	0.5 kg/cm ² G 0.45 kg/cm ² G	0.5 kg/cm ² G 0.5 kg/cm ² G	0.5 kg/cm ² G 0.5 kg/cm ² G
ラ プ チ ャ 板 設 定 圧	RD601 口 径	1.2 B	1.2 B	1.2 B
	" 設定圧力/温度	3 kg/cm ² G/51.5℃	3 kg/cm ² G/51.5℃	3 kg/cm ² G/51.5℃
	" 破裂圧力/時間	3.3 kg/cm ² G/1.10 sec 破裂信号は出ない	3.3 kg/cm ² G/1.10 sec 破裂信号は出ない	不完全破裂によりデータは不明確
	RD602 口 径	6 B	6 B	6 B
	" 設定圧力/温度	3 kg/cm ² G/51.5℃	3 kg/cm ² G/51.5℃	3 kg/cm ² G/51.5℃
	" 破裂圧力/時間	不破裂	不破裂	3.2 kg/cm ² G/1.36 sec
	RD603 口 径	1.0 B	1.0 B	1.0 B
	" 設定圧力/温度	1.5 kg/cm ² G/15.0℃	1.5 kg/cm ² G/15.0℃	1.5 kg/cm ² G/15.0℃
	" 破裂圧力/時間	1.7.9 kg/cm ² G/4.4 sec	1.7.9 kg/cm ² G/4.4 sec	1.7 kg/cm ² G/3.8 sec
	放出系カバ-ガス圧	0.45 kg/cm ² G	0.45 kg/cm ² G	0.5 kg/cm ² G

※ ラプチャ板破裂時間は注水系流量計の信号 (F500.1) を基準とする。

※ ラプチャ板破裂時間、破裂圧力は圧力計の出力及び検知器の信号より求めた。

ラブリャー板% 口 径	RD601 1.2B	RD602 6B	RD603 1.0B
設定圧力	3kg/cm ²	3kg/cm ²	1.5kg/cm ²
設定温度	515℃	515℃	150℃
許容誤差	±6%	±6%	±10%
取付方向			

※ RD601, RD602, RD603は各々ラブリャー板の名称を要す。

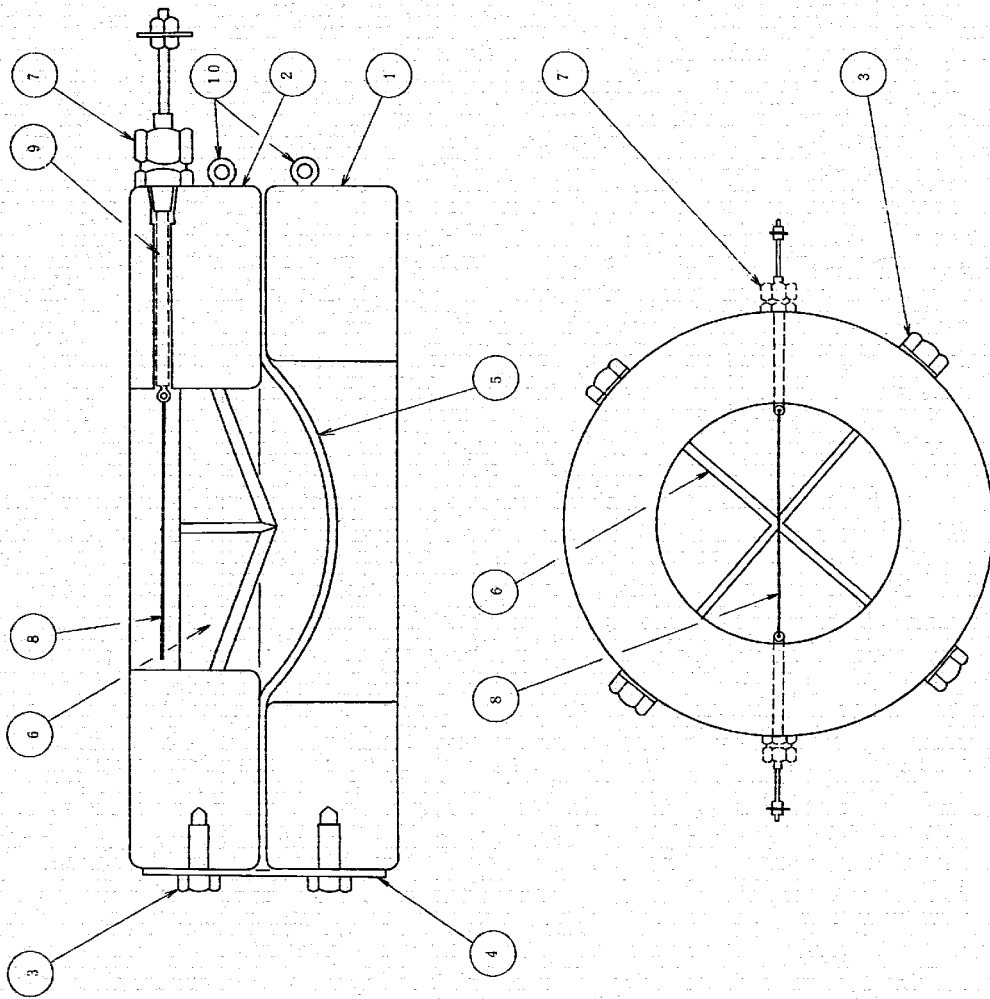
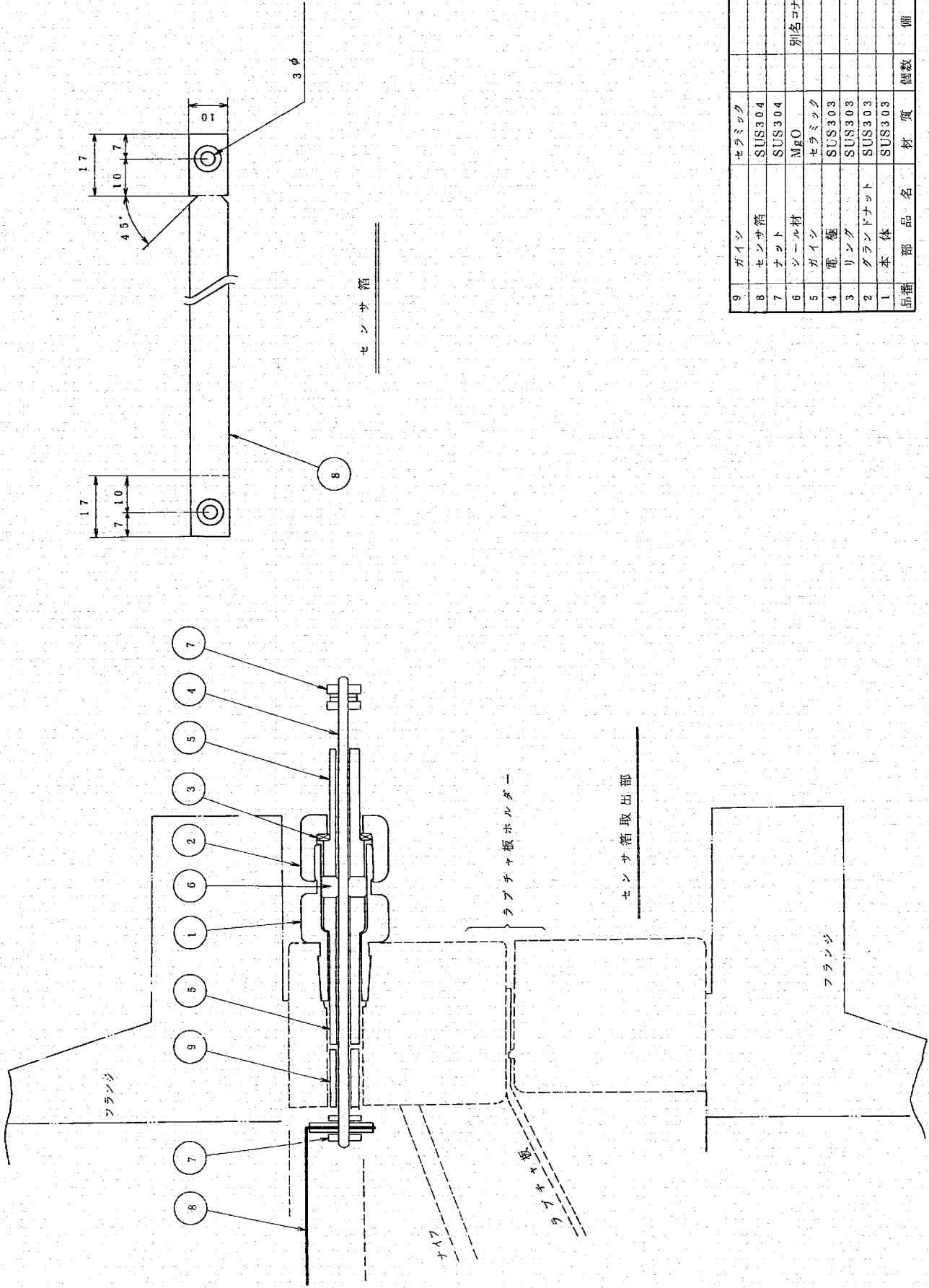


図 2-1-1 ラブリャー板 センサ 取付図

品番	部品名	材質	個数	備考
10	アイボルト	SS41	4	
9	総線管	セラミック	2	
8	センサ箱	SUS304	1	
7	センサ溶解出部		2	別図参照
6	パイプ	SUS631	1SET	
5	ラブリャー板	INCONEL750	1	RD601/RD602/RD603
4	ラグ	SUS304	4	
3	キャップネジ	SUS304	8	
2	出口側フランジ	SUS304	1	ラブリャー板ホルダー
1	入口側フランジ	SUS304	1	



品番	部品名	材質	個数	備考
9	ガイシ	セラミック		
8	センサ箱	SUS304		
7	ナット	SUS304		
6	シール材	MGO		別名コナックシール
5	ガイシ	セラミック		
4	電極	SUS303		
3	リング	SUS303		
2	グラインドナット	SUS303		
1	本体	SUS303		

図 2-2 センサ箱取出部及びセンサ箱

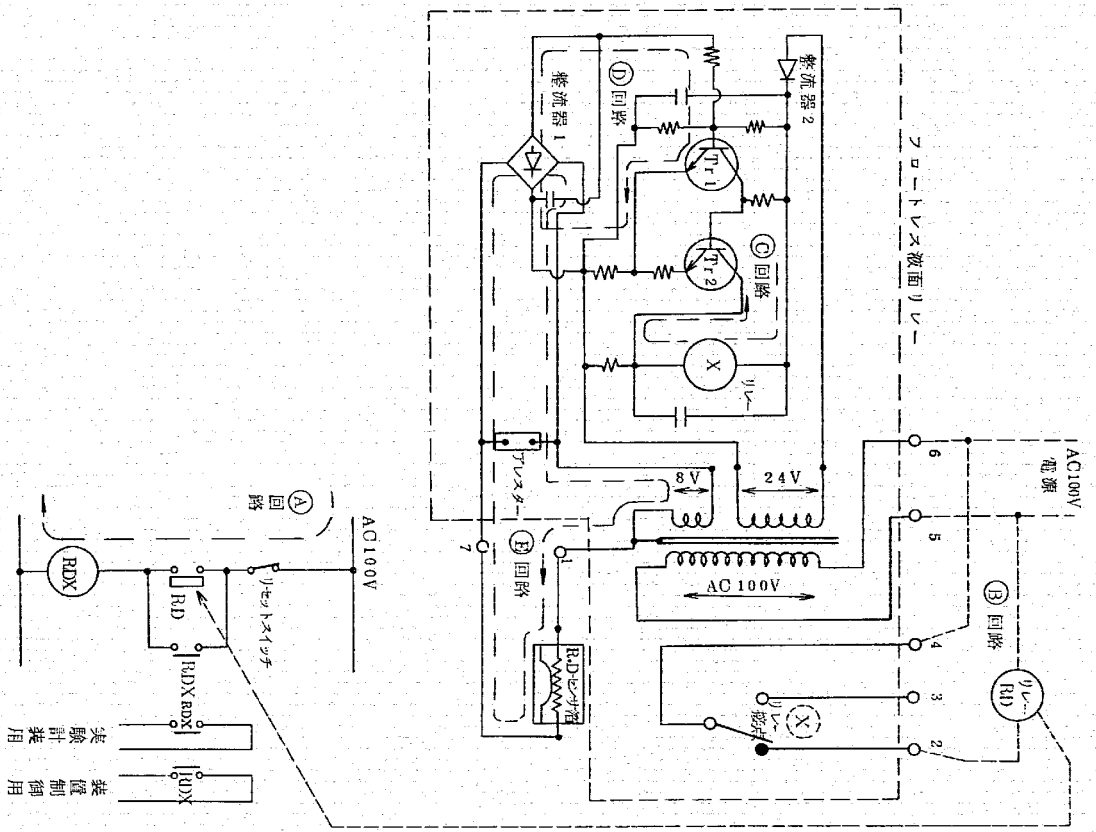


図 2-3 旧ラフチ+板液面検知器回路図

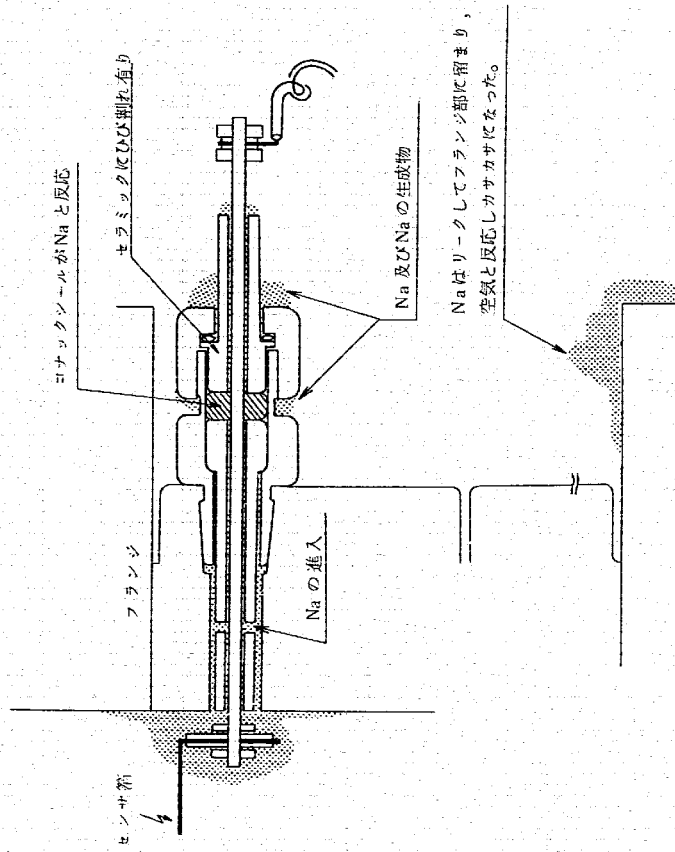


図 2-4 「Run 1」試験時センサー箱取出口からのNaリーク

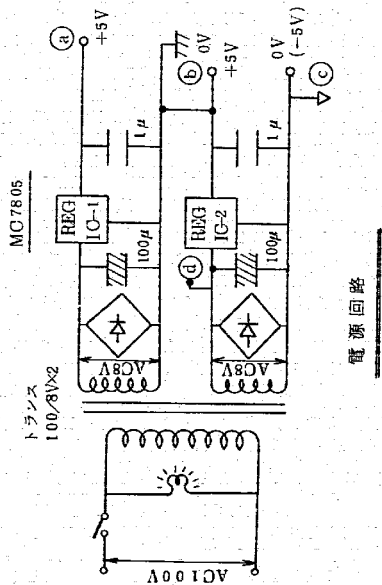
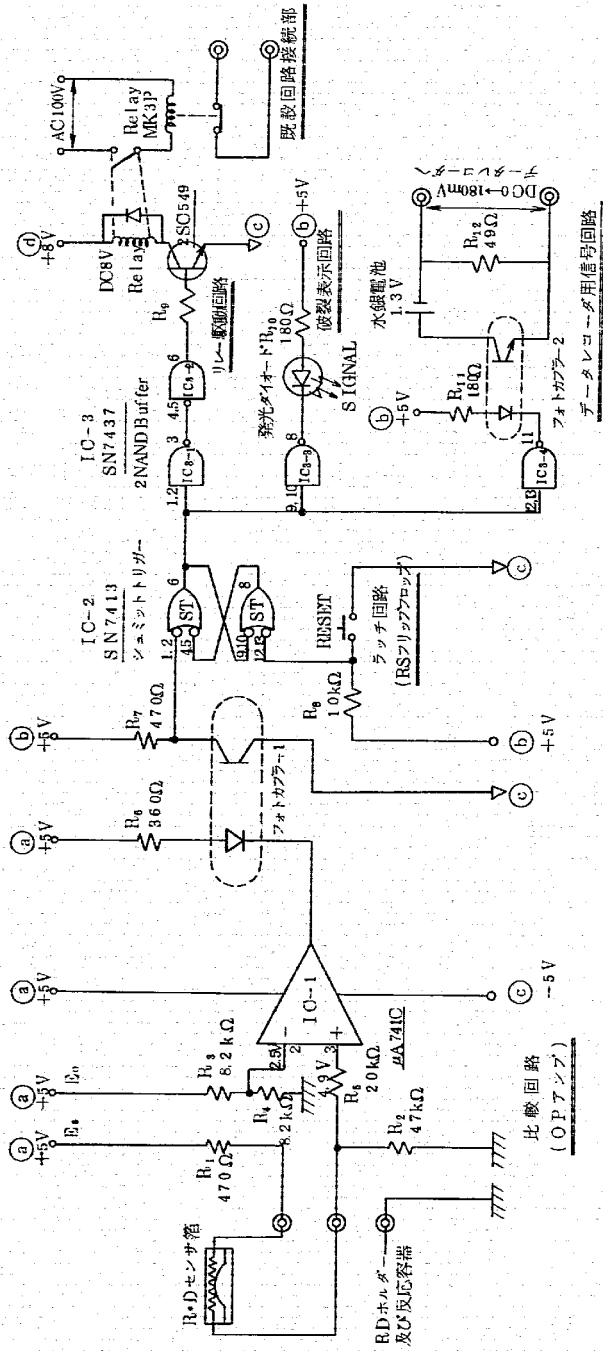
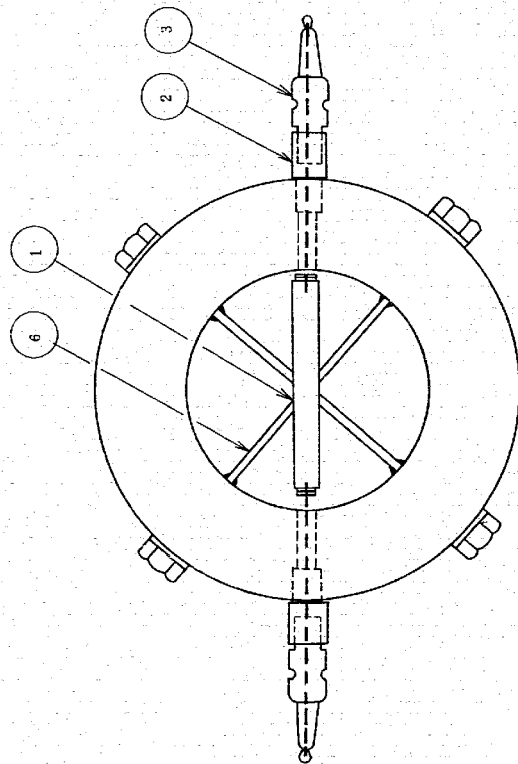
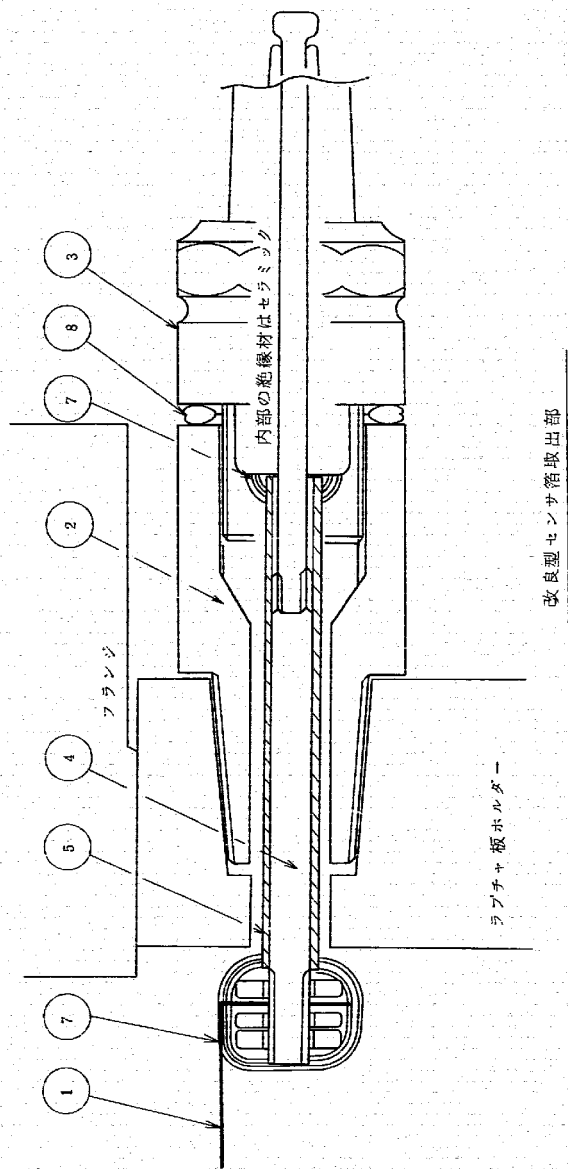


図3-1-1 改良型ラプチ+板破検知器



品番	部品名	材質	個数	備考
8	オリング			
7	シールテープ			
6	ナイフ			
5	ガラス被覆管			ガラス繊維 エンバイヤチューブ
4	電極			
3	センサ箱取出部			自動車用点火栓
2	アダプター			
1	センサ箱			

改良型ラプチャ板センサ取出部

図3-2 改良型ラプチャ板取出部及び改良型センサ箱取出部

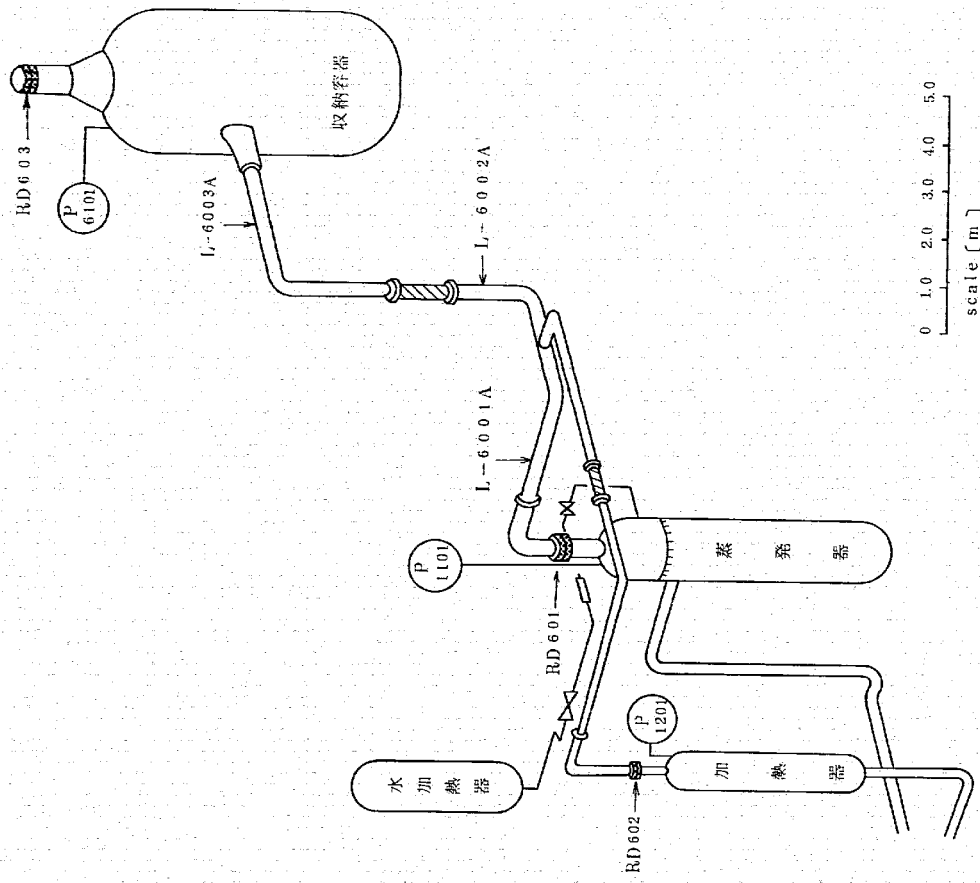


図4-2 ラブチ+板 (RD601, RD602, RD603) 取付位置

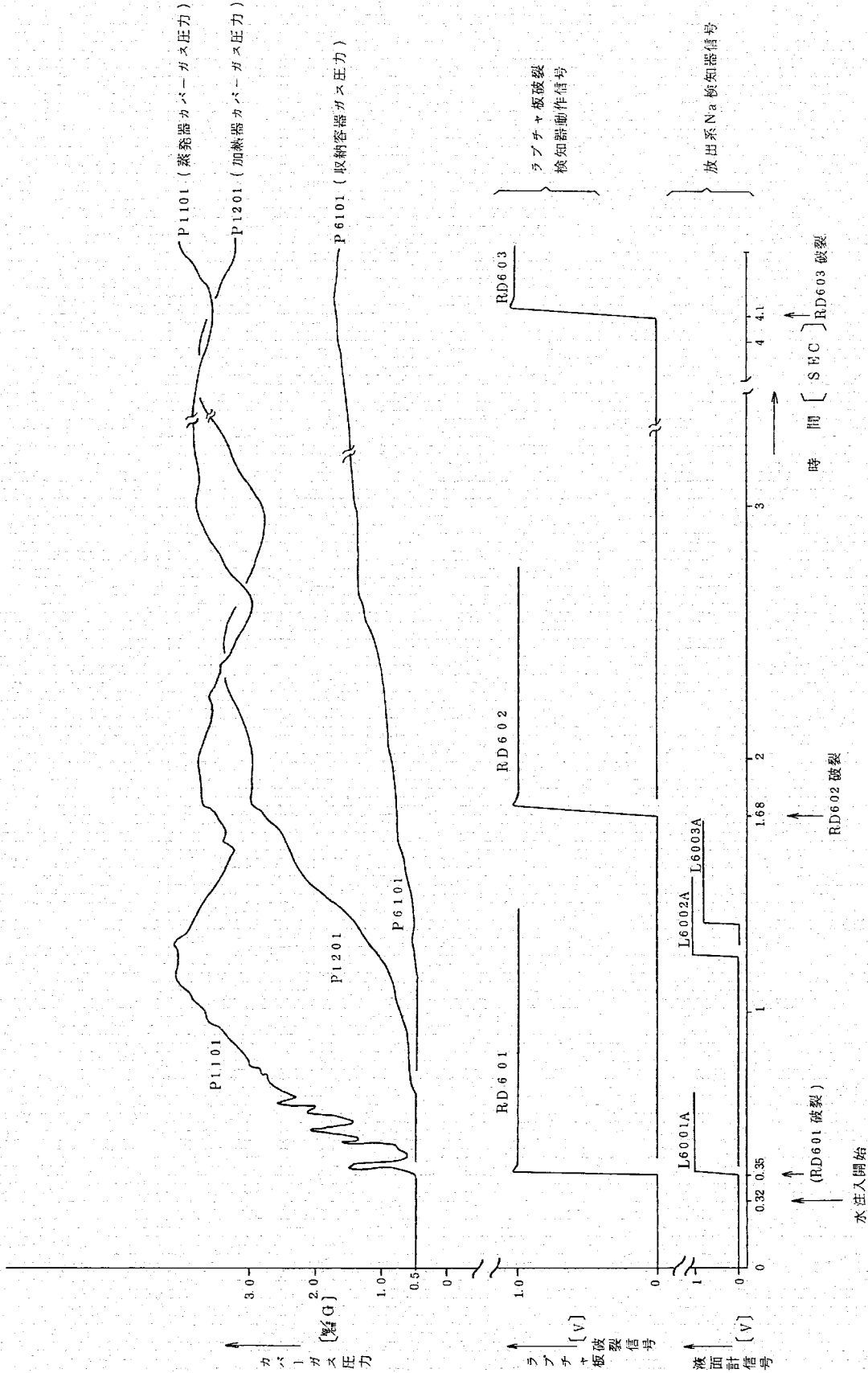
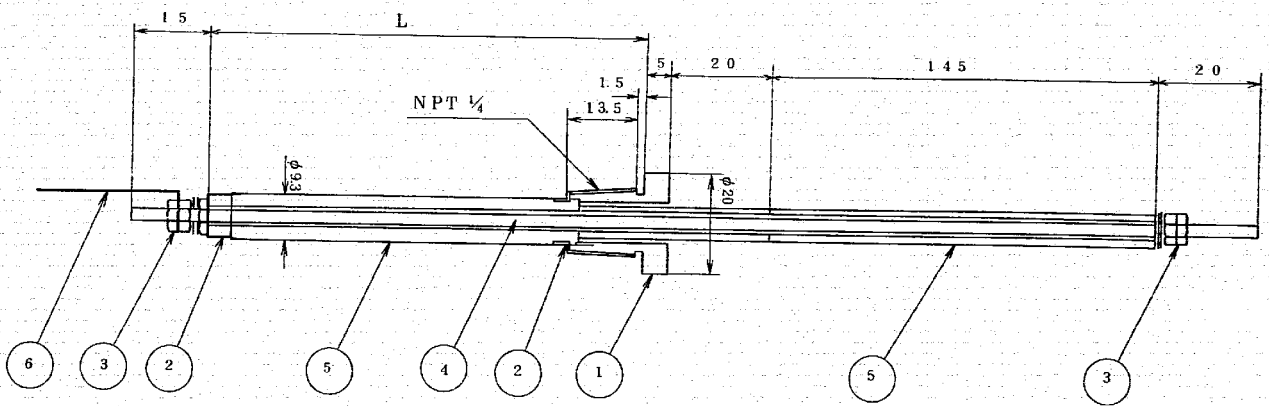


図4-3 RD601/602/603破裂信号 [Run 2 試験結果]



- 23 -

RD	L
RD601	85
RD602	74.5
RD603	79.5

名称	材料	個数
6 センサ箱	SUS304	1
5 ガイン	セラミック	-
4 電極	SUS304	1
3 ナット	SUS304	各2
2 溶接部	-	-
1 プラグ	SUS304	1

図 5-1 センサリード線取出部