

JAERI-Tech
94-025



JRR-3M重水冷却系統差圧伝送器の 校正方法の考案

1994年11月

竹内光男・大和田稔

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

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問合せは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越しください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division, Department of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokaimura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1994

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 日立高速印刷株式会社

JRR - 3M 重水冷却系統差圧伝送器の校正方法の考案

日本原子力研究所東海研究所研究炉部

竹内 光男・大和田 稔

(1994年10月6日受理)

重水冷却系統のプロセス計装設備の差圧伝送器は、JRR - 3M の定期検査期間中に点検を行っている。従来、差圧伝送器は、空気加圧器を用いて校正を行っていたが、トリチウムを含む重水蒸気を伴う困難な作業であった。そこで、新たに液体連続圧力調整器を用いた校正方法を開発した。この液体連続圧力調整器は、手動操作により液体を連続的に0~6kg/cm²加圧調整することが可能である。差圧伝送器の校正は、新校正方法の採用により作業中に重水蒸気を発生することなく、校正作業は簡略化された。新校正方法は、JRR - 3M 重水冷却系統プロセス計装設備の差圧伝送器の定期検査に適用し、良好な結果が得られた。

Development of Calibration Method for Differential Pressure
Transmitter in D₂O Cooling System of JRR-3M

Mitsuo TAKEUCHI and Minoru OHWADA

Department of Research Reactor
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received October 6, 1994)

Differential pressure transmitters of process instrumentation installed in the D₂O cooling system are inspected during the periodic inspection of JRR-3M. Differential pressure transmitter was calibrated by the air regulator until last inspection, but it was difficult to work with D₂O vapor including tritium.

A new calibration method using fluid regulator was developed. The fluid regulator permits continuous fluid pressure change by manual operation from 0 to 6kg/cm². There was no atmospheric D₂O vapor when the new method was adopted and the calibration work was carried out quite smoothly.

The new calibration method has been successfully applied to the periodic inspection of the differential pressure transmitter of process instrumentation in the D₂O cooling system of JRR-3M.

Keywords : Calibration Method, Fluid Regulator, Tritium, D₂O vapor, Differential Pressure Transmitter, Process Instrumentation, D₂O Cooling System, JRR-3M

目 次

1.	はじめに	1
2.	設備の概要	1
2.1	JRR - 3M 重水冷却系統施設	1
2.2	重水冷却系統施設のプロセス計装	1
3.	従来の差圧伝送器の校正方法	8
4.	液体連続圧力調整器の製作	12
5.	重水冷却系統の差圧伝送器への適用	16
5.1	事前確認	16
5.2	適用結果	16
6.	結言	20
	謝辞	21
	参考文献	21

Contents

1.	Introduction	1
2.	General Discription of Equipment	1
2.1	D ₂ O Cooling System of JRR-3M	1
2.2	Process Instrumentation	1
3.	Previous Calibration Method of Differential Pressure Transmitter	8
4.	Development of a New Regulator for Continuous Fluid Pressure Change	12
5.	The Applicaition of a New Calibration Method to D ₂ O Cooling System	16
5.1	Mock Up Test by H ₂ O	16
5.2	Results	16
6.	Conclusion	20
	Acknowlegment	21
	References	21

1. はじめに

JRR-3Mの計測制御系統施設プロセス計装設備の内、重水冷却系統の重水流量、重水溢流タンク水位の計装系は、安全保護系として設置され、原子炉の緊急停止信号を出力する機能を有している。この計装系は、年1回の点検校正を実施して、その健全性を確認し、科学技術庁の定期検査を受検することとしている。重水冷却系統に設置されている計装系機器の内、差圧伝送器の校正是、トリチウムを含んだ重水を直接取り扱う作業を必要とするため、トリチウムによる被曝防止、汚染の拡大防止が図れるような校正方法、手順等の改善が要望されていた。このため、液体連続圧力調整器を用いることにより、従来方法に比して作業安全性が大幅に改善可能である校正方法を考案し、実プラントにおいて適用して手順の省略、トリチウム放出の抑制が図れる等の良好な結果が得られたのでここに報告する。

2. 設備の概要

2.1 JRR-3M重水冷却系統施設

JRR-3Mの重水冷却系統施設は、図2.1に示すように、炉心部をドーナツ状に囲んだ重水タンク及び重水溢流タンク、重水ダンプ弁、循環ポンプ及びプロセス計装設備等により構成され、約7m³の重水を保有している。JRR-3M重水冷却系は、炉心部核発熱の一部除熱、炉心中性子の反射体効果及び重水ダンプ弁により炉心反応度を未臨界の状態に保持する原子炉後備停止系の各機能を有している。また、ここでは、約96%¹¹の重水純度を保つために、カバーガスとしてヘリウムガス系及びイオン交換樹脂を用いた重水浄化系を備えている。

重水では、 $^2\text{H}(n, \gamma)^3\text{H}(-\beta)$ 反応²⁾によりトリチウム（半減期12.3年）が生成され、原子炉の運転積算時間に比例してその濃度は増加する。平成4年4月2日（R3-03-08）現在の重水中のトリチウム濃度は、 $4.73 \times 10^7 \text{ Bq/cm}^3$ ¹¹である。排水中、空気中のトリチウム濃度は、排水中濃度限度 $6 \times 10^1 \text{ Bq/cm}^3$ 、空気中濃度限度 $7 \times 10^{-1} \text{ Bq/cm}^3$ の管理³⁾を行う必要があることから約 $10^8 \sim 10^9$ 倍と多量の希釈が必要である。したがって、点検、保守における重水の漏洩、蒸発は、作業手順に多大な影響を与えることとなる。

2.2 重水冷却系統施設のプロセス計装

(1) 系統

プロセス計装は、原子炉を緊急停止させる安全保護系と運転監視、制御に供する計測制御系に区分される。重水冷却系統のプロセス計装の安全保護系⁴⁾は、図2.1に示す重水流量

1. はじめに

JRR-3Mの計測制御系統施設プロセス計装設備の内、重水冷却系統の重水流量、重水溢流タンク水位の計装系は、安全保護系として設置され、原子炉の緊急停止信号を出力する機能を有している。この計装系は、年1回の点検校正を実施して、その健全性を確認し、科学技術庁の定期検査を受検することとしている。重水冷却系統に設置されている計装系機器の内、差圧伝送器の校正是、トリチウムを含んだ重水を直接取り扱う作業を必要とするため、トリチウムによる被曝防止、汚染の拡大防止が図れるような校正方法、手順等の改善が要望されていた。このため、液体連続圧力調整器を用いることにより、従来方法に比して作業安全性が大幅に改善可能である校正方法を考案し、実プラントにおいて適用して手順の省略、トリチウム放出の抑制が図れる等の良好な結果が得られたのでここに報告する。

2. 設備の概要

2.1 JRR-3M重水冷却系統施設

JRR-3Mの重水冷却系統施設は、図2.1に示すように、炉心部をドーナツ状に囲んだ重水タンク及び重水溢流タンク、重水ダンプ弁、循環ポンプ及びプロセス計装設備等により構成され、約7m³の重水を保有している。JRR-3M重水冷却系は、炉心部核発熱の一部除熱、炉心中性子の反射体効果及び重水ダンプ弁により炉心反応度を未臨界の状態に保持する原子炉後備停止系の各機能を有している。また、ここでは、約9.6^{mo1 %}¹⁾の重水純度を保つために、カバーガスとしてヘリウムガス系及びイオン交換樹脂を用いた重水浄化系を備えている。

重水では、 $^2\text{H}(n, \gamma)^3\text{H}(-\beta)$ 反応²⁾によりトリチウム（半減期12.3年）が生成され、原子炉の運転積算時間に比例してその濃度は増加する。平成4年4月2日（R3-03-08）現在の重水中のトリチウム濃度は、 $4.73 \times 10^7 \text{ Bq/cm}^3$ ¹⁾である。排水中、空気中のトリチウム濃度は、排水中濃度限度 $6 \times 10^1 \text{ Bq/cm}^3$ 、空気中濃度限度 $7 \times 10^{-1} \text{ Bq/cm}^3$ の管理³⁾を行う必要があることから約 $10^8 \sim 10^9$ 倍と多量の希釈が必要である。したがって、点検、保守における重水の漏洩、蒸発は、作業手順に多大な影響を与えることとなる。

2.2 重水冷却系統施設のプロセス計装

(1) 系統

プロセス計装は、原子炉を緊急停止させる安全保護系と運転監視、制御に供する計測制御系に区分される。重水冷却系統のプロセス計装の安全保護系⁴⁾は、図2.1に示す重水流量

(FI233A, FI233B) 及び重水溢流タンク水位 (LI232A, LI232B) の各 A 系、B 系で構成する。重水流量は、図2.2 に示すように、オリフィスの原理を用いて差圧を検出し、計装配管を介して差圧伝送器⁵⁾により、電気信号に変換して計測している。重水溢流タンク水位は、図2.3 に示すように、一定圧力に調整されたヘリウムのカバーガスと重水レベルの差圧を、キャピラリ⁵⁾を介して差圧伝送器により、電気信号に変換して計測している。又、各機器の設計誤差は、図2.2 及び図2.3 に示す値であり、重水流量系統の差圧伝送器の設計誤差は±0.2%FS、重水溢流タンク水位系統の差圧伝送器の設計誤差は±0.25%FS である。系統の設計誤差は、次のように求められる。

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad \text{重水流量系統誤差} &= \sqrt{(0.002)^2 + (0.001)^2 + (0.0025)^2 + (0.001)^2} \\ &= \pm 0.35\%FS \quad (\text{オリフィスは、校正対象外なので含めない。}) \\ \textcircled{2} \quad \text{重水溢流タンク水位系統誤差} &= \sqrt{(0.0025)^2 + (0.001)^2 + (0.001)^2} \\ &= \pm 0.29\%FS \end{aligned}$$

したがって、この系統誤差内に校正するためには、系統内の各機器単体の設計誤差を考慮すると±0.05%FS 以下の精度を有する校正機器が必要である。

(2) 差圧伝送器

差圧伝送器は、一般的にプロセス計装設備の機器として数多く使用され、プロセスの液体又は気体を、計装配管又はキャピラリを介して入力し、高圧側と低圧側の圧力差をプロセス量の変化に比例させた電流信号に変換する機能を有している。

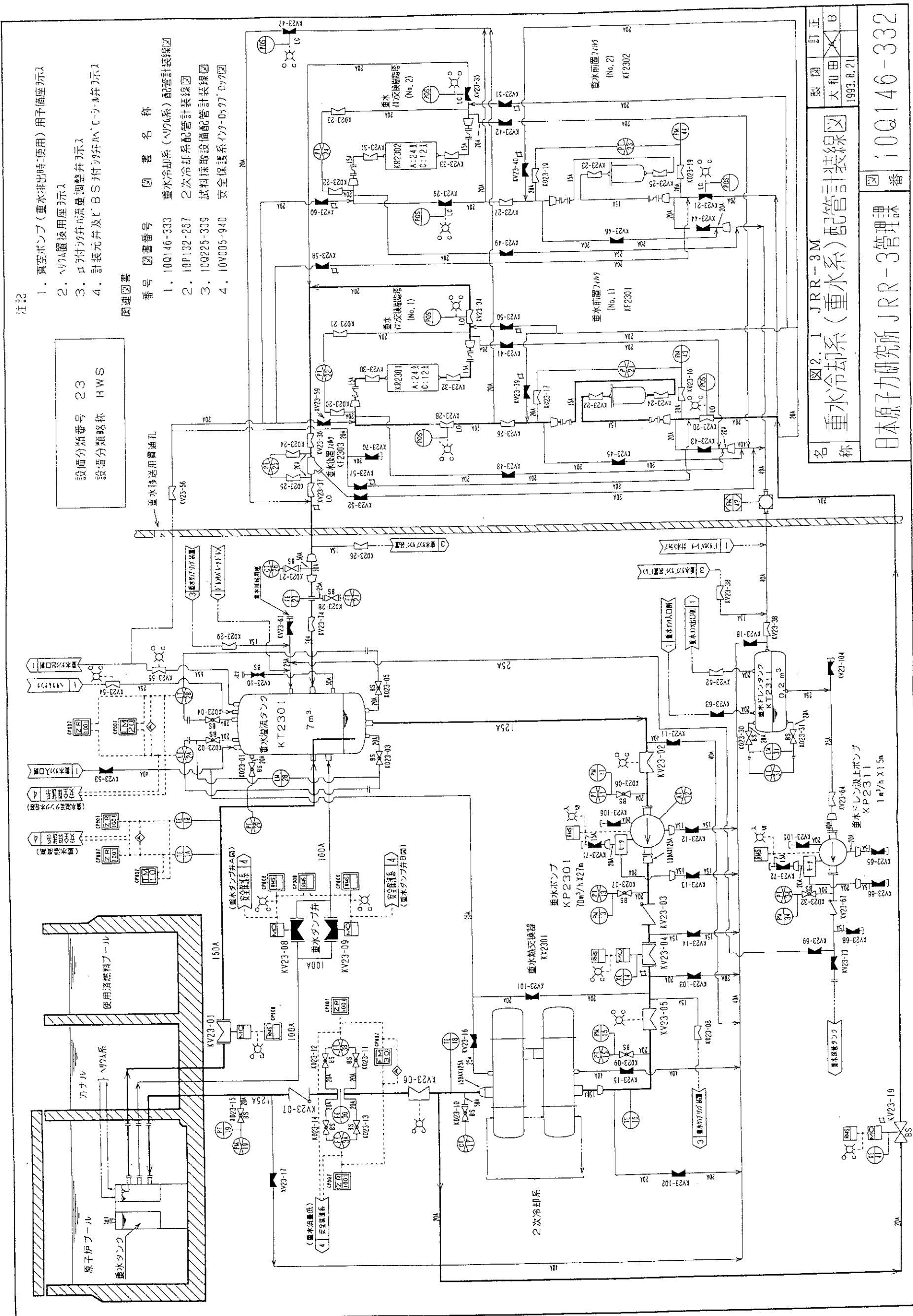
JRR-3M 重水冷却系統プロセス計装に用いている差圧伝送器は、原子炉建家地階重水冷却機器室内のオリフィス等の検出器近傍に設置し、重水冷却系統に属さない機器と区分されている。このため、計装配管等からの重水漏洩に対しては、機器室内に閉じ込めてことにより、他の機器室への汚染拡大防止の対策が講じられている。

重水流量、重水溢流タンク水位の差圧伝送器の仕様を表2.1 に示す。重水流量の計装配管回路は、オリフィスからの重水で満たされて差圧伝送器に圧力を直接伝達するが、重水溢流タンク水位の計装配管回路は、純水を充填したキャピラリを介して重水とヘリウムガスの圧力が差圧伝送器に伝達される異なった計装配管回路構成である。又、差圧レンジは、重水流量；1000 0mmH₂O、重水溢流タンク水位；3091mmH₂O (280.0mmD₂O) と約 3 倍の相違がある。

これらの差圧伝送器の校正は、増幅器等の電気回路の単体点検校正終了後に行われる。また、差圧伝送器の校正時には、増幅器等の電気回路を含む計測系統の特性、性能の確認、調整が行われる。したがって、系統内各機器単体の所定の校正精度が得られる校正方法と共に、同一のプロセス量を計測している独立した多重系統の A 系と B 系との指示に、差が生じないような校正結果が要求される。

表 2.1 差圧伝送器仕様

名 称	重 水 流 量	重水溢流タンク水位
方 式	静電容量式 ^{b)}	静電容量式
キャピラリ	—	5 m, 純水封入
レンジ	± 1 0' 0 0 mmH ₂ O	± 3 0 9 1 mmH ₂ O
耐 圧	1 4 0 kg /cm ²	1 4 0 kg /cm ²
出力信号	4 ~ 2 0 mA	4 ~ 2 0 mA
誤 差	± 0. 2 % F S	± 0. 2 5 % F S
ダイアフラム材質	S U S 3 1 6	S U S 3 1 6



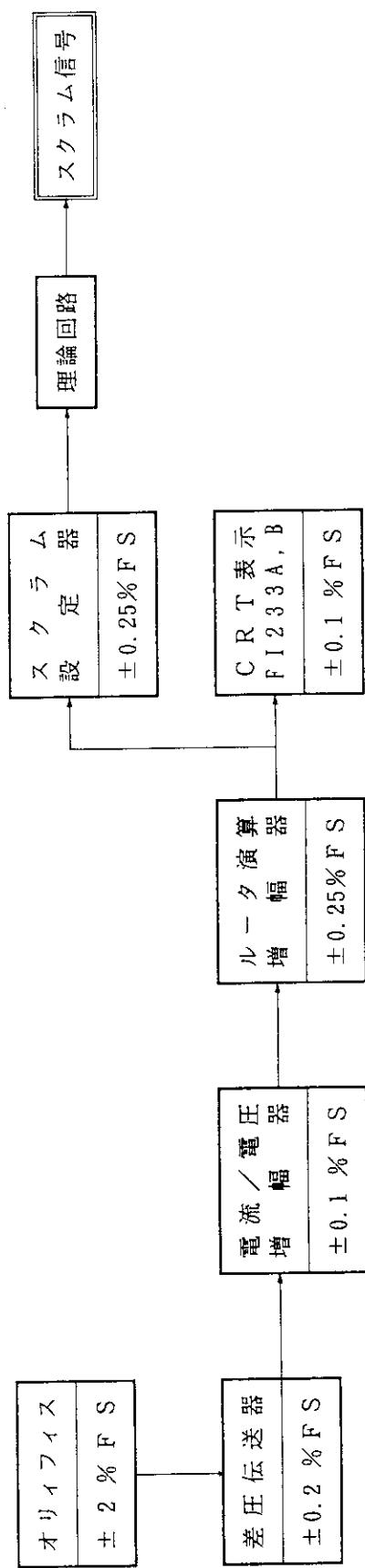


図 2.2 重水流量系統

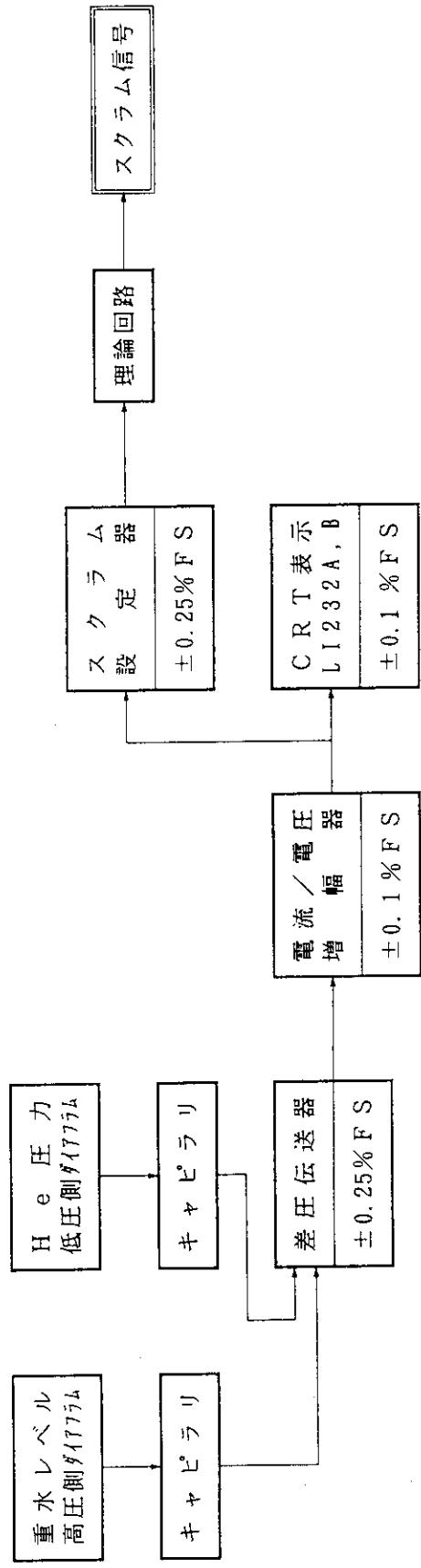


図 2.3 重水流量タンク水位系統

3. 従来の差圧伝送器の校正方法

一般的なプロセス計装の差圧伝送器の校正は、プロセスの液体又は、気体を排出し、空気、窒素ガス等の気体を加圧し、差圧圧力が正しく電流信号等に変換されていることを確認、調整することが目的である。又、プロセスが液体の場合は、正しい計測値を得るために、排液時の液滴及び復旧時の気泡が計装配管内、差圧伝送器内に残留しないような計装配管回路構成、作業手順等の工夫が必要である。

既設、重水流量、重水溢流タンク水位の計装配管は、図3.1 及び図3.2 に示すような回路構成であり、呼径3/8、1インチのステンレス鋼製（SUS304）の溶接接続配管で差圧伝送器及びキャピラリフランジ部に接続されている。校正の手順は、図3.3 に示す手順となる。

作業の主な内容を次に示す。

(1) 重水の排水

排水弁を開操作後、差圧伝送器上側の接続フランジ部に空気流入間隙を調整し、仮受容器に排水する。又、数時間放置すること等で残留水滴を排出することとしている。

(2) 試験回路

空気流入間隙を復旧し空気ポンプ及び基準圧力計を排水弁側にビニールホースを介して接続する。増幅器出力は、電流計、電圧計を接続する。

(3) 校正

空気ポンプを操作して基準圧力計の指示値（重水の比重1.104 (99.9 ‰)⁷⁾ に換算した値）を基準にした差圧を差圧伝送器に加えて出力電流の確認を行う単体校正、系統校正を実施する。ゼロ点の確認は、重水流量系統は均圧弁を全開操作し、重水溢流タンク水位系統はヘッド補正（タンクのゼロ位置と差圧伝送器の設置位置の差）512mmH₂Oで行う。

(4) 重水の水張り

①重水冷却系統の静圧を利用して重水を上方から下方へ流すことにより、計装配管、差圧型伝送器内（キャピラリフランジ内）の空気を排水弁より重水と共に排出する。

②重水流量は、排水弁閉操作後、均圧弁を開操作してゼロ点出力を確認する。ゼロ点出力の確認のため前記①の操作を数回行う。

③重水冷却系統を運転状態とした動圧を利用して、前記①、②の操作を数回行う。

④重水溢流タンク水位は、直読マノメータ指示値と比較して相違が生じないように前記①の操作を数回行う。

(5)被曝防止、汚染拡大防止

①トリチウムによる内部被曝防止のため、局所排気装置を用いると共にエアラインマスクを着用する。

②床汚染拡大防止のため、ビニールシートの養生を二重に行う。

③開放部、接続部は濡れウエスで除染を行い、濡れウエスは、ビニール袋内に密封する。

(6)作業日数

この方法では、排水、校正に5日、水張り、空気抜きに5日要している。

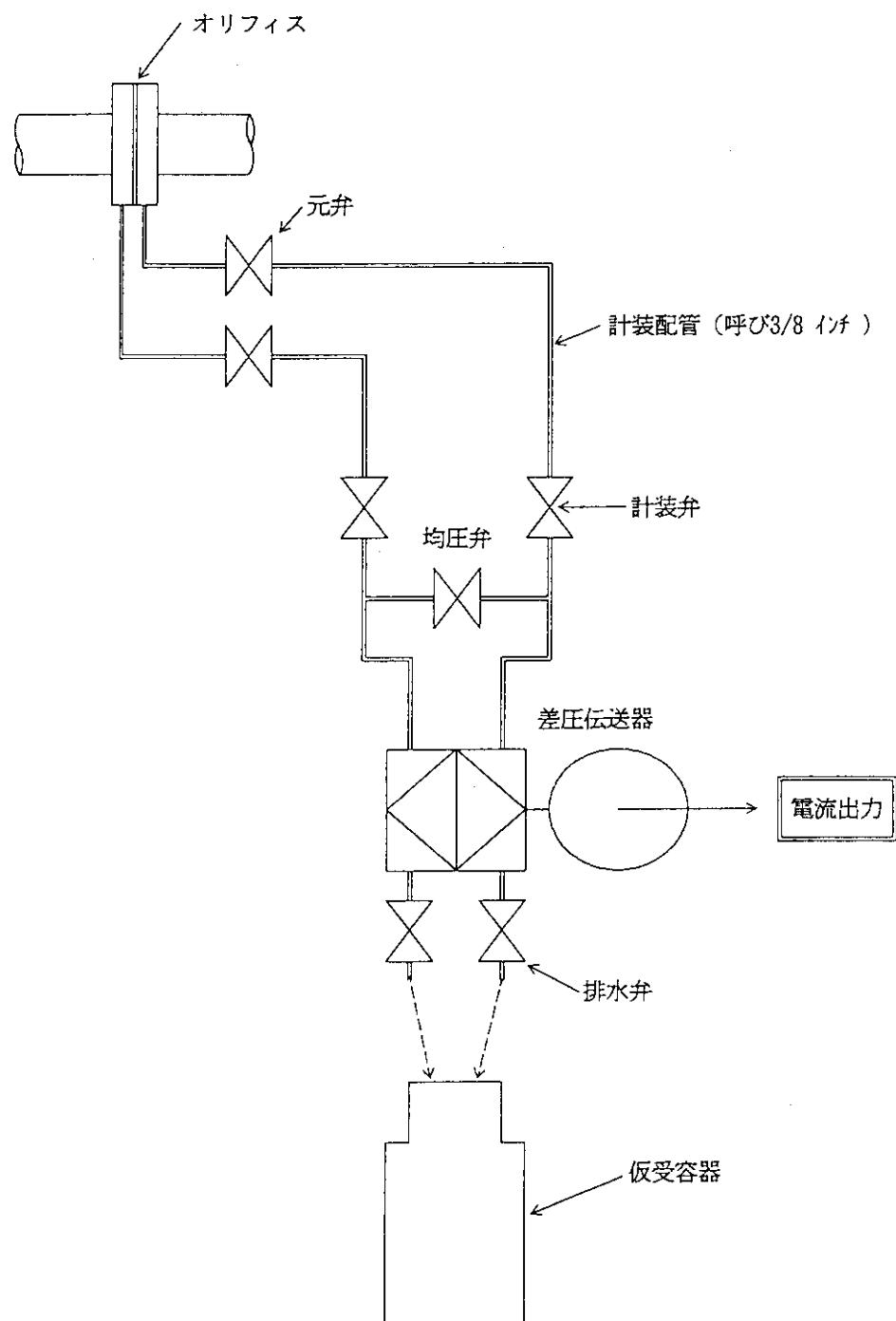


図 3.1 重水流量計装配管

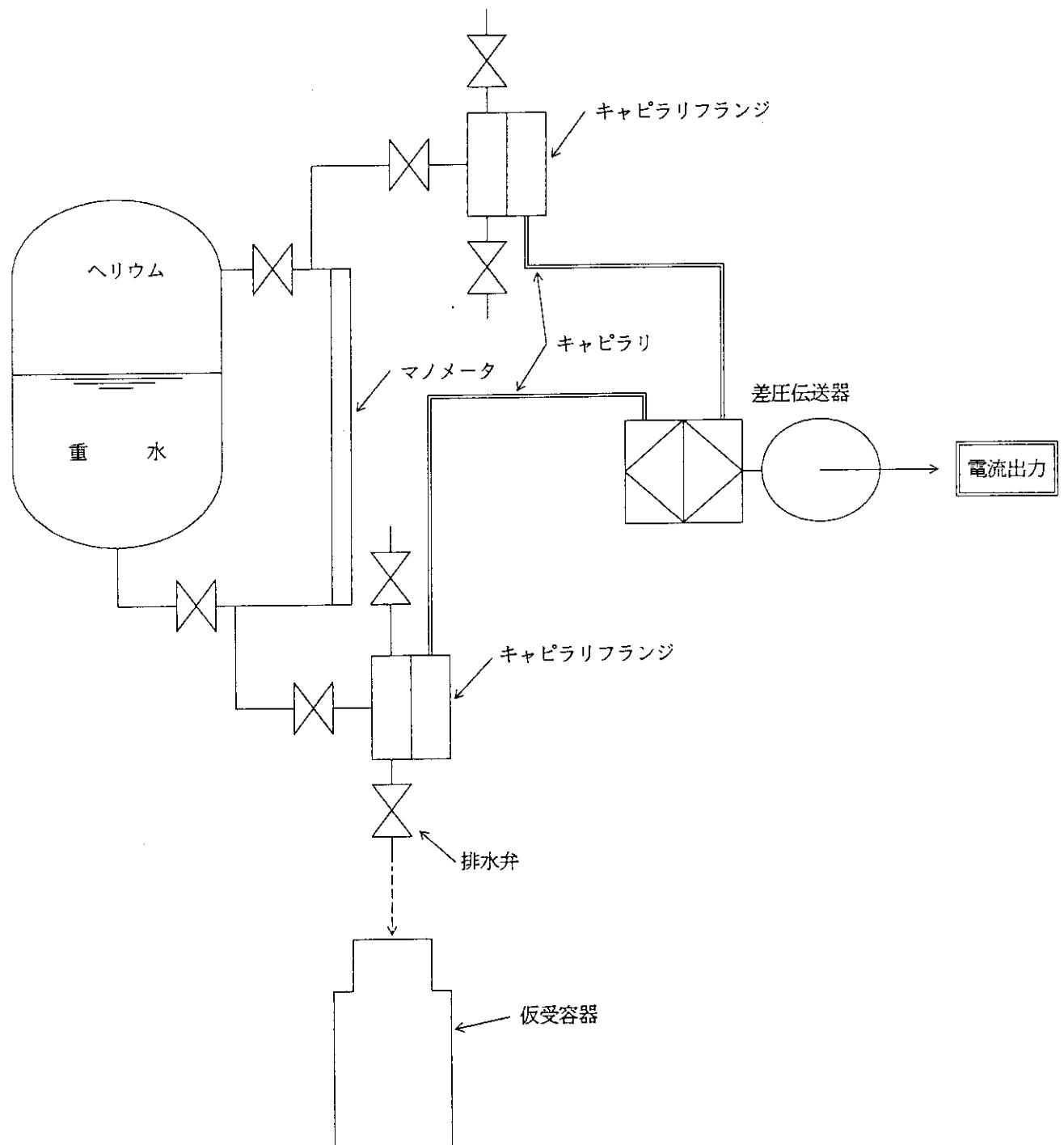


図3.2 重水溢流タンク水位計装配管

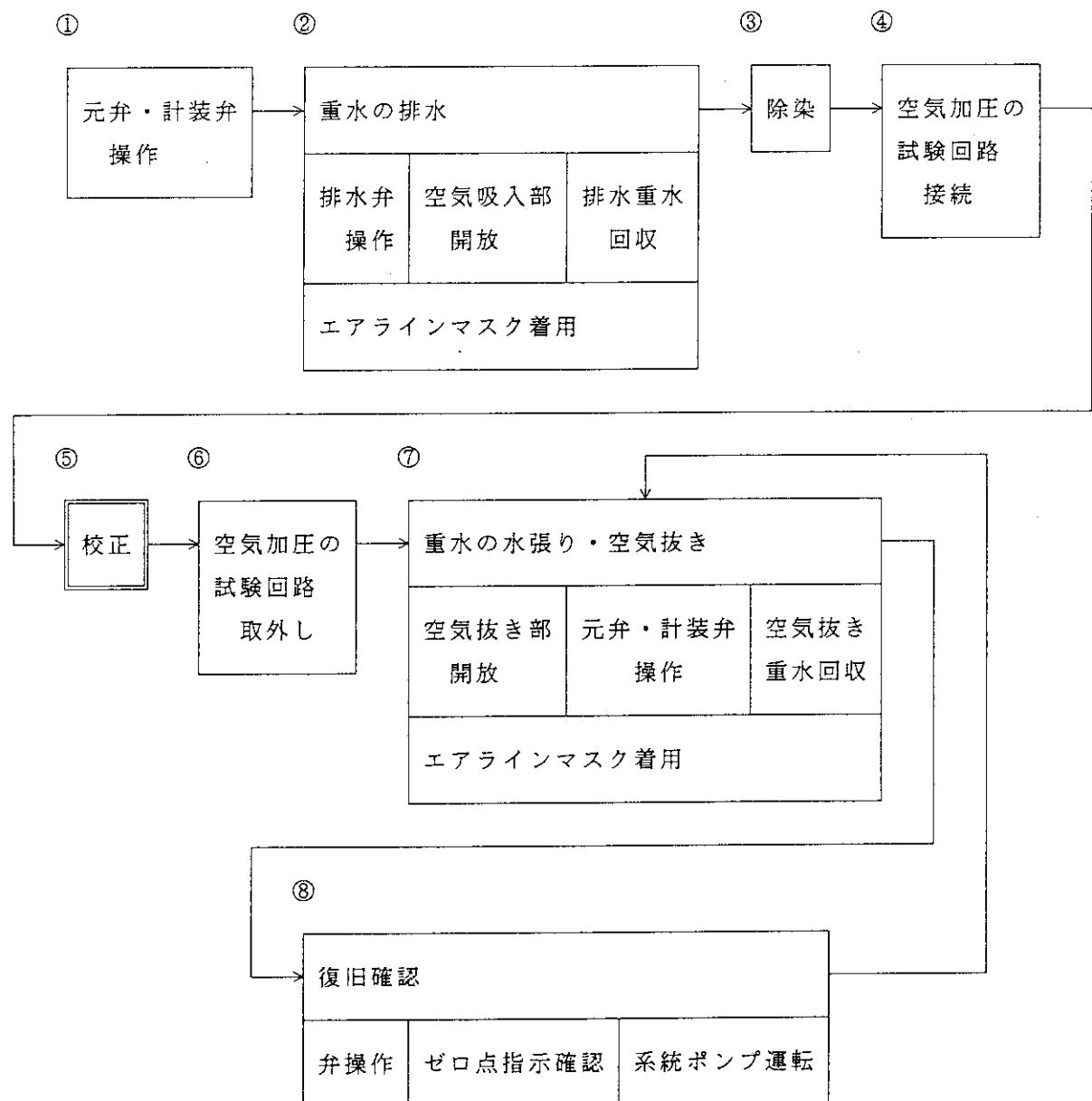


図 3.3 校正手順フロー

4. 液体連続圧力調整器の製作

重水冷却系統の差圧伝送器の校正は、空気を加圧して校正を行うため、必ず排水、水張り、空気抜きの作業が伴い、トリチウムによる内部被曝防護、汚染拡大防止の作業手順が必要である。液体を加圧して校正する方法であれば、重水を密封できるため特別な放射線防護策を考慮する必要がない。しかし、市販の液体圧力標準器⁸⁾は、重錐を用いた大型装置で高価なため現場作業への適用は難しい。本作業を考慮すると下記の性能を具備する必要がある。

- ①液体を直接加圧する。
- ②連続的に加圧可能とする。
- ③小型で現場作業に対応可能とする。
- ④微小圧力から高圧力の広い加圧範囲を可能とする。
- ⑤エアラインマスク着用を必要としない作業手順を可能とする。

そこで、以上の項目を実現するための液体連続圧力調整器（特許出願中；申請日H5.2.25）を考案し、設計、製作した。以下に原理と仕様を示す。

(1) 原理

液体は、非圧縮性の性質を有している。図4.1に示すようなピストンに力（F）を加えた場合の各 P_1 、 P_2 の圧力は等しく、ピストンの面積Aが一定であれば圧力と力（F）は、比例関係⁹⁾にあり次式で表される。

$$P_1 = P_2 = F / A$$

しかし、連続的に精度の良い圧力を得るために力（F）を加えることは難しい。そこで、図4.2 a 加圧前に示すような、ピストンにKのバネ力を有するバネを用いることとした。図4.2 b 加圧状態に示すような、力（F）を加えた場合の移動距離xとすると、力（F）は次式で表される。

$$F = K \cdot x$$

又、圧力は、次式で表される。

$$P_1 = P_2 = K \cdot x / A$$

即ち、バネ力Kが一定であれば、圧力はバネ・ピストンの移動量xの変化に比例することとなる。又、バネ・ピストンの移動量xが同じであってもバネ力Kを変化させることにより、圧力レンジの変更が可能であることを意味する。

(2) 仕様

液体連続圧力調整器の主な仕様を以下に示す。

- ①方式 : 連続手動加圧方式
- ②主要寸法 : 全長約 230 mm、外径約 $\Phi 80$ mm
- ③主要材料 : S U S 304
- ④加圧範囲 : 0 ~ 2 kg/cm²、0 ~ 6 kg/cm²
- ⑤加圧精度 : $\pm 0.5 \text{ mmH}_2\text{O}$
- ⑥重量 : 約 5 kg

又、液体連続圧力調整器の構造は、図4.3 に示すようにハンドル、ネジロット、ピストン、シリンダ及びフランジで構成される単純な構造である。

ハンドルは、床面等に横置きした状態でも操作可能な寸法形状を有し、回転力をネジロットに伝達する構造である。

ネジロットは、回転しながら往復する機能を有し、端部はピストンに接続する機構である。

ピストンは、バネを介してネジロットに接続されシリンダ内を往復運動し、液体を連続的に精度良く加圧、減圧する機能を有している。

シリンダは、片手で操作、持ち運び可能な大きさで、内面はピストンのシールが液漏れを生じないように、鏡面加工により必要な精度を得ている。

フランジは、シリンダの両端部に穴付六角ボルトで固定する構造である。一方のフランジは、シール付きで、伝送器、基準圧力計へ接続する接続管の接続口として、2個の1/2インチPTネジを設けた構造である。また、シリンダ内の気泡を排出するためのニードル弁を取り付けてある。

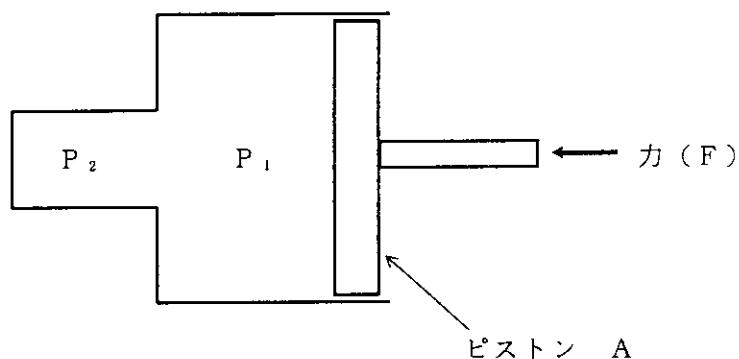
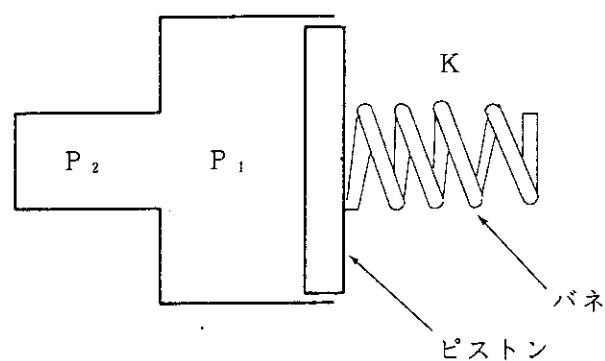


図4.1 力 (F) と圧力

a 加圧前



b 加圧状態

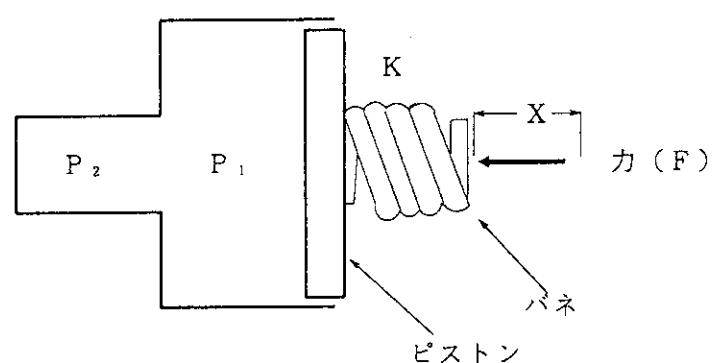


図4.2 原理

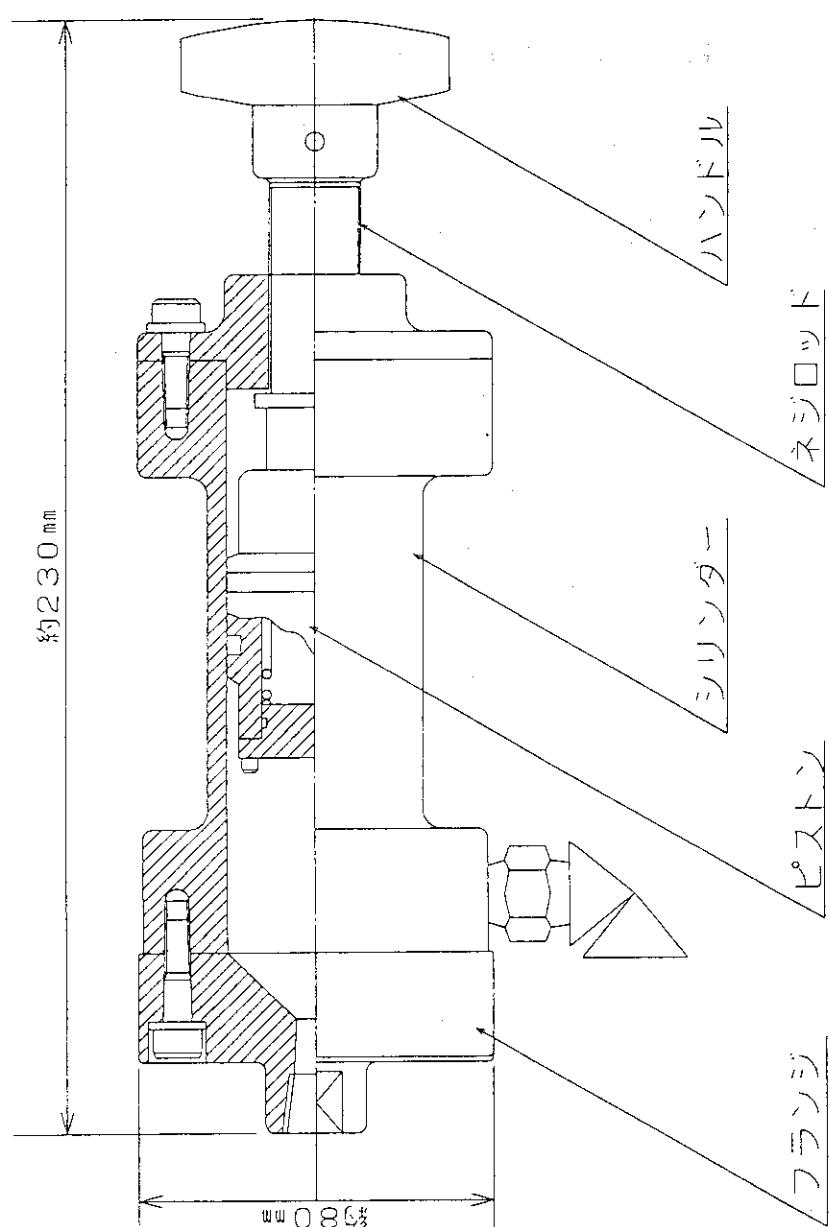
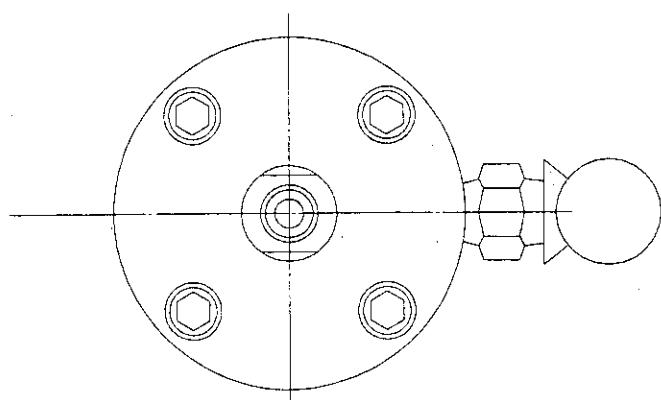


図4.3 液体連続圧力調整器の概要図



5. 重水冷却系統の差圧伝送器への適用

5.1 事前確認

重水冷却系統の差圧伝送器校正作業に当たって、加圧液体に純水を、基準圧力計に $0 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$ のデジタルマノメータ (TYPE 2654 横河電機製) と純水マノメータ $0 \sim 3000 \text{ mmH}_2\text{O}$ を用いて事前の確認を行った。その結果は、以下に示すように、液体連続圧力調整器を用いた液体加圧による校正方法が、重水冷却系統の差圧伝送器校正に対して対応可能であるとの良好な結果が得られた。

- (1) 加圧スパンは、重水流量スパン； $10000 \text{ mmH}_2\text{O}$ 、重水溢流タンク水位スパン； $3091 \text{ mmH}_2\text{O}$ に対し、加圧スパン $0 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$ と余裕のある加圧が可能である。
- (2) 接続管の気泡抜きは、カプラ接続後の接続管内の気泡約 0.008 cm^3 と気泡が少量で、気泡の排出が簡単にできる。
- (3) 加圧調整精度は、重水流量差圧伝送器； $\pm 20 \text{ mmH}_2\text{O}$ ($\pm 0.2\% \text{ F.S.}$) 、重水溢流タンク水位差圧伝送器； $\pm 7.7 \text{ mmH}_2\text{O}$ ($\pm 0.25\% \text{ F.S.}$) の各設計誤差に対して、連続的な加圧調整精度； $\pm 0.5 \text{ mmH}_2\text{O}$ の確認が得られた。

5.2 適用結果

液体連続圧力調整器を用いた液体加圧による差圧伝送器の校正方法を、重水冷却系統差圧伝送器に適用した。得られた主な結果は、以下のとおりである。

(1) 校正回路

- ① 加圧する液体は、重水冷却系統に混入しても問題が生じない、未使用重水（重水濃度約 99.7 mol\% ）約 200 cm^3 を用いた。
 - ② 校正回路は、図5.1 に示すように、A系、B系の差圧伝送器、基準圧力計及び液体連続圧力調整器を未使用重水で満たしたビニールホースで接続する構成である。
 - ③ 各接続部は、カプラによる接続を行い、接続後気泡の混入のないことを接続管空気抜き部にて確認した。
 - ④ 重水溢流タンク水位は、基準圧力計に代わる未使用重水柱マノメータを用いた。
 - ⑤ 増幅器出力への電流計、電圧計の接続は、従来と同様である。
- これらのことから、計装配管等からの排水、復旧時の水張り・空気抜きを要しないでA系、B系同時加圧の回路構成が可能となった。

(2)校正手順

- ①液体（未使用重水）による直接加圧のため、図5.2に示すように、従来方法（図3.2 校正手順フロー参照）に比し重水の排水、空気抜き等が不要の簡略化された手順が可能となった。
- ②トリチウム濃度が約 20 Bq cm^{-3} である未使用重水の取り扱いとなるため、トリチウムに対する特別な放射線防護対策を考慮する必要がない手順が可能となった。
- ③基準圧力計の設置高さを差圧伝送器と同等にすることでゼロ点補正を不要とした。
- ④スクラム等の警報設定点の確認は、連続的に加圧調整できるため、空気加圧による従来方法と同様にスクラム等の警報作動点での確認とした。

(3)校正結果

表5.1 及び表5.2に示す結果から、以下の知見が得られた。

- ①差圧伝送器単体は、重水流量 -0.04 %FS 以下、重水溢流タンク水位 -0.05 %FS 以下の高精度で調整可能となった。
- ②C R T 表示での系統は、重水流量 -0.1%FS 以下、重水溢流タンク水位 -0.07 %FS 以下の高精度で調整可能となった。
- ③比重補正を必要としない加圧調整が可能となった。
- ④A系、B系同時に加圧したことにより、A系、B系の測定値の比較が容易になり、差異の少ない調整が可能となった。

(4)作業日数

校正点検作業日数は、2日であった。

表5.1 重水流量校正結果

入力差圧 mmH ₂ O	差 壓 伝 送 器				C R T 表 示			
	F T 2 3 3 A *		F T 2 3 3 B *		F I 2 3 3 A *		F I 2 3 3 B *	
	出 力 mA	誤 差 %FS	出 力 mA	誤 差 %FS	指 示 m ³ /h	誤 差 %FS	指 示 m ³ /h	誤 差 %FS
0	3.998	-0.01	4.001	+0.01	0.0	0.00	0.0	0.00
2500	—	—	—	—	49.9	-0.10	50.0	0.00
5000	11.998	-0.01	11.994	-0.04	—	—	—	—
5620	—	—	—	—	74.9	-0.10	75.0	0.00
10000	19.995	-0.03	19.995	-0.03	99.9	-0.10	100.0	0.00

* 印は、図2.1 JRR-3M重水冷却系（重水系）配管計装線図参照

表5.2 重水溢流タンク水位校正結果

入力差圧 mmD ₂ O	差 壓 伝 送 器				C R T 表 示			
	L T 2 3 2 A *		L T 2 3 2 B *		L I 2 3 AA *		L I 2 3 AB *	
	出 力 mA	誤 差 %FS	出 力 mA	誤 差 %FS	指 示 cm	誤 差 %FS	指 示 cm	誤 差 %FS
0	3.997	-0.02	4.002	+0.01	0.0	0.00	0.0	0.00
700	—	—	—	—	69.9	-0.04	69.8	-0.07
1400	11.996	-0.03	11.992	-0.05	139.9	-0.04	139.8	-0.07
2100	—	—	—	—	209.9	-0.04	209.9	-0.04
2800	19.997	-0.02	20.001	+0.01	280.0	0.00	280.0	0.00

* 印は、図2.1 JRR-3M重水冷却系（重水系）配管計装線図参照

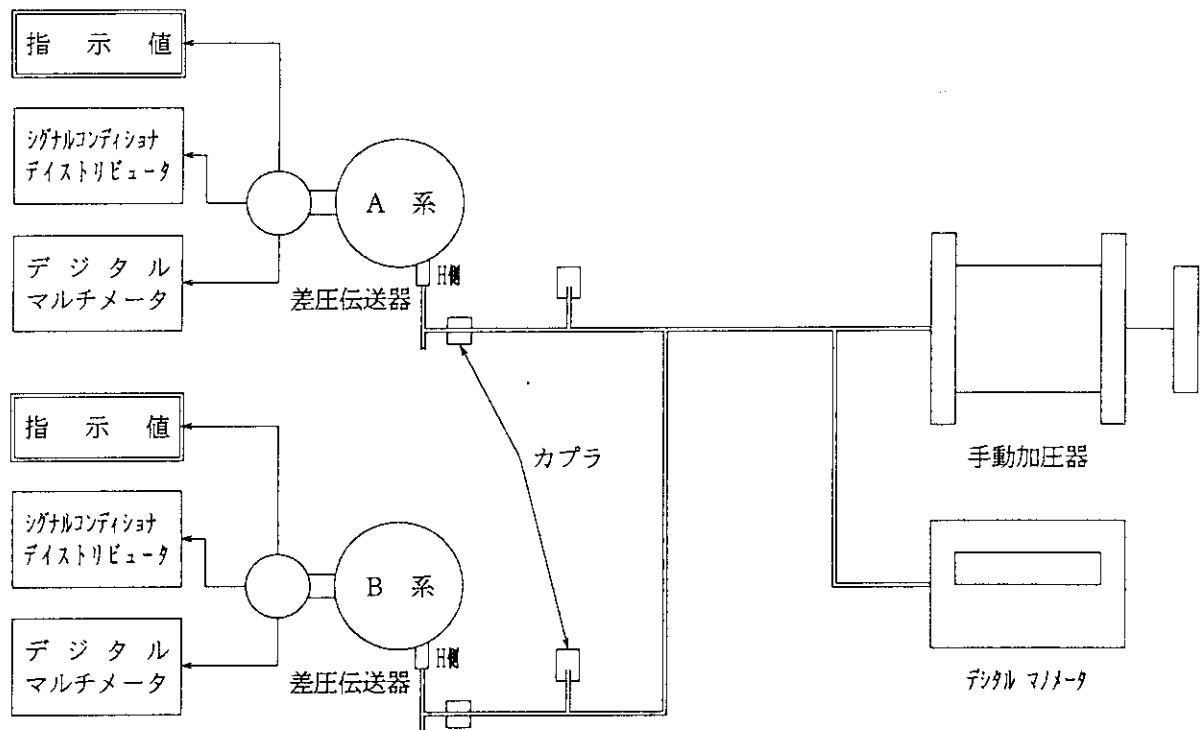


図 5.1 重水加圧による校正回路

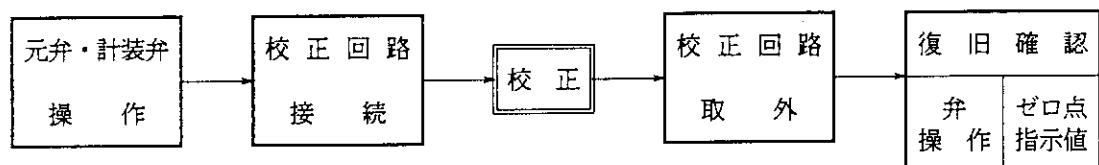


図 5.2 液体加圧校正手順フロー

6. 結 言

液体連続圧力調整器を用いた液体加圧による校正方法を重水冷却系統の差圧伝送器に適用した結果、従来の方法である気体加圧の校正方法に比して、次のような成果が得られた。

(1) 利点

- ①排水、水張り・空気抜きが不要であり作業手順が簡略化される。
前年度比約20%の作業日数であった。
- ②トリチウム等による被曝、汚染の拡大が大幅に抑制できるため、エアラインスーツ等の着用を必要としない。トリチウム濃度で約10⁶分の1である。
- ③入力差圧の比重の補正が不要であるため、校正の精度が向上した。
校正結果から誤差は、前年度比約1/2である。
- ④複数台同時校正が行えるため、系統毎の校正結果のバラツキが縮小すると共に作業能率が向上した。
- ⑤バネ力の原理を用いた構造であるため、手動操作による、液体の連続的な加圧が容易である。
- ⑥技術の習得は、従来方法と大差なく容易であるため他施設への適用が有効である。

(2) 今後の課題

- ①校正回路構成の接続金具等は、専用の物を整備し、接続箇所を減らす合理化が必要である。
- ②基準圧力計は、計測レンジが大きいと誤差が大きくなるため、液体使用可能な高精度の基準圧力計の整備が必要である。
- ③1次冷却材系統への適用は、重水冷却系統に比して系統の圧力が高く計測スパンも大となるため、伝送器計測範囲、許容誤差等が液体連続圧力調整器の性能の範囲内であるとの確認が必要である。

謝　　幸

本報告書を作成するにあたって、研究炉部長白井 英次氏、研究炉部次長大西 信秋氏、研究炉部研究炉技術開発室長吉平 恒夫氏、研究炉部JRR-3管理課長高柳 政二氏より助言、ご指導を頂いた。また、未使用重水の取り扱いについては研究炉部技術開発室、作業方法については保健物理部放射線第2課第2係の関係各位より技術指導を頂いた。ここに感謝の意を表します。従来方法と全く異なった液体加圧による方法で実施し予想以上の成果が得られたことは、液体連続圧力調整器の製作を担当された昭特製作所(株)殿、校正作業を担当された横河電機(株)殿のご協力に拠る。関係各位に感謝の意を表します。

参　考　文　献

- 1) 研究炉部：「平成4年度研究炉部年報」JAERI-M93-226、1993年12月
- 2) 村上 悠雄他：「放射線データブック」、地人書館、昭和57年4月
- 3) 科学技術庁：「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」告示第15号、昭和63年5月
- 4) 日本原子力研究所東海研究所：「原子炉設置変更許可申請書（JRR-3原子炉施設の変更）」、59原研05第17号、昭和59年4月
- 5) 横河電機(株)：「工業計器GS」、1989年10月
- 6) 横河電機(株)：「制御システム・機器要覧」、1994年5月
- 7) 国立天文台：「理科年表」第64冊、1990年11月
- 8) (株)双葉測器製作所資料：「圧力標準器」、平成4年5月
- 9) 豊島 陽二他：「工業計測技術大系4 圧力・真空・レベル測定」、日刊工業新聞社、昭和40年5月

謝　　辞

本報告書を作成するにあたって、研究炉部長白井 英次氏、研究炉部次長大西 信秋氏、研究炉部研究炉技術開発室長吉平 恒夫氏、研究炉部JRR-3管理課長高柳 政二氏より助言、ご指導を頂いた。また、未使用重水の取り扱いについては研究炉部技術開発室、作業方法については保健物理部放射線第2課第2係の関係各位より技術指導を頂いた。ここに感謝の意を表します。従来方法と全く異なった液体加圧による方法で実施し予想以上の成果が得られたことは、液体連続圧力調整器の製作を担当された昭特製作所(株)殿、校正作業を担当された横河電機(株)殿のご協力に拠る。関係各位に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1)研究炉部：「平成4年度研究炉部年報」JAERI-M93-226、1993年12月
- 2)村上 悠雄他：「放射線データブック」、地人書館、昭和57年4月
- 3)科学技術庁：「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」告示第15号、昭和63年5月
- 4)日本原子力研究所東海研究所：「原子炉設置変更許可申請書（JRR-3原子炉施設の変更）」、59原研05第17号、昭和59年4月
- 5)横河電機(株)：「工業計器GS」、1989年10月
- 6)横河電機(株)：「制御システム・機器要覧」、1994年5月
- 7)国立天文台：「理科年表」第64冊、1990年11月
- 8)双葉測器製作所資料：「圧力標準器」、平成4年5月
- 9)豊島 陽二他：「工業計測技術大系4 圧力・真空・レベル測定」、日刊工業新聞社、昭和40年5月