

もつとも、これらのデータ数値は、ある時点において各計装機器によって計測された値の集合体である。そうすると、各計装機器が正しい値を示さなくなっているにもかかわらず、その指示値を絶対的なものとして取り扱えば、当時の各号機の状態を見誤り、圧力容器や格納容器の健全性に関する正確な検証ができなくなるおそれがある。反対に、さしたる根拠もなく、その指示値を信用できないとして切り捨てることも、圧力容器や格納容器の健全性を検証する上で、数少ない重要な手がかりを自ら放棄するに等しい。

そこで、各計装機器の仕組みを知り、いかなる場合にどのような誤計測、誤表示が生じ得るのかについて理解することは、各プラント関連パラメータを正確に読み取り、圧力容器や格納容器の健全性に関する検証を実施する上での大前提となる。

それにとどまらず、この点についての理解を深めることにより、各プラント関連パラメータの推移からうかがわれる計装機器の誤計測、誤表示の原因を解明する手がかりが得られ、その原因が圧力容器や格納容器の状態に関わる場合には、その原因の解明こそが、圧力容器や格納容器の状態を推知せしめ、その健全性を検証する上で極めて重要な手がかりとなる。

ここに、主要計装機器の仕組みや誤計測、誤表示の原因を論じることの意義がある。

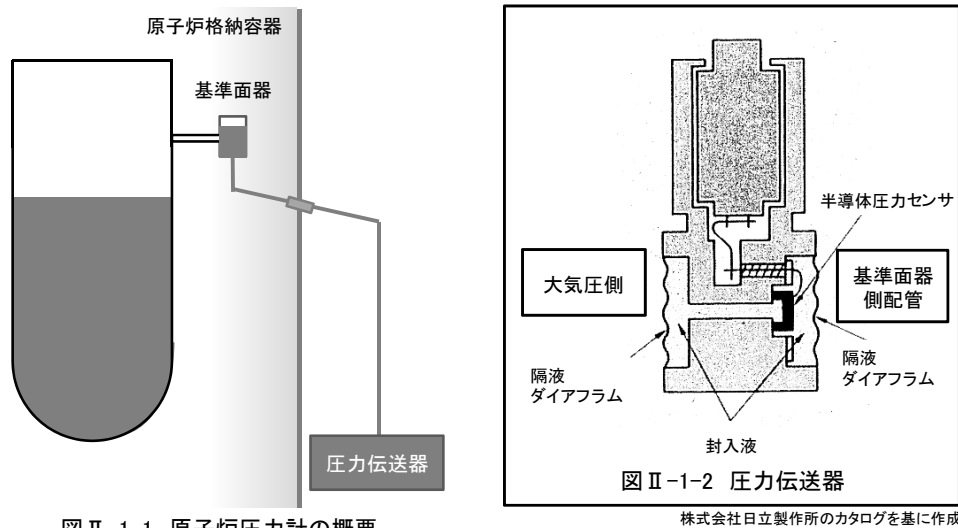
b 主要計装機器の仕組み

(a) 原子炉圧力計

- ① 原子炉圧力計は、圧力容器を貫通し、圧力容器外側（格納容器内側）に備え付けられた基準面器から計装用配管（以下「基準面器側配管」という。）を通じて、原子炉建屋（R/B）内にある計装ラック内に設置された圧力伝送器内の隔液ダイヤフラムにかかる水圧を測定し、基準面器水面（以下「基準面」という。）から圧力伝送器までの水頭圧¹を差し引いて原子炉圧力に換算するものである。

¹ 基準面から圧力伝送器までの水頭圧については、基準面器側配管及び圧力伝送器の設置状況によって異なっており、今回の事故対処に用いられた原子炉圧力計のうち、1号機及び3号機のものが90kPa abs、2号機のものが97kPa absとなっている。

この原子炉圧力計は、ゲージ圧（絶対圧と大気圧との差圧）を計測するものであるため、実際には、圧力伝送器内で測定した圧力は、基準面器側配管の圧力（絶対圧）から大気圧を差し引いた値として換算される（図Ⅱ-1-1及び2参照）。

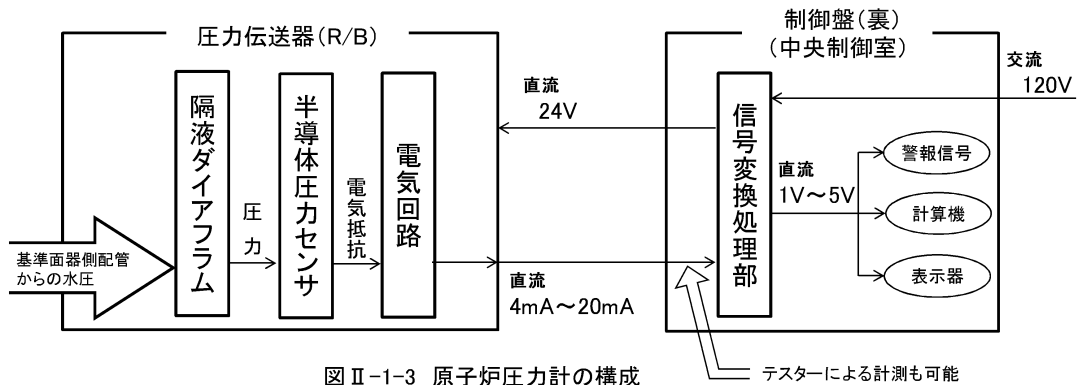


基準面器は、原子炉水位計と共通のものが用いられており、1号機から3号機まで、いずれも有効燃料頂部（TAF）+5,000mmよりやや上方に、圧力容器から基準面器に圧力容器内雰囲気を取り込む配管が設けられており、原子炉圧力の変化に応じて、圧力伝送器内にある隔液ダイアフラムにかかる水压に変化が生じることになる。

- ② そして、圧力伝送器内において、基準面から基準面器側配管を通じて隔液ダイアフラムにかかる水压から大気圧を差し引いた差圧に応じて、半導体圧力センサによって電気抵抗に変換され、電気回路において増幅された後、最小4mA、最大20mA直流の電流に変換・出力される。

この直流電流が、圧力伝送器から中央制御室制御盤裏にある信号変換処理部に電気回線を通じて送られて信号変換処理され、最小1V、最大5Vの電圧に変換される。そして、かかる電圧の大小変化に応じて、一定の電圧に達した場合に「原子炉圧力高」等の警報信号が発信されたり、原子炉圧力の数値に換算して計算機に記録されたり、表示器に原子炉圧力として表示されたり

することになる（図Ⅱ-1-3 参照）。



図Ⅱ-1-3 原子炉圧力計の構成

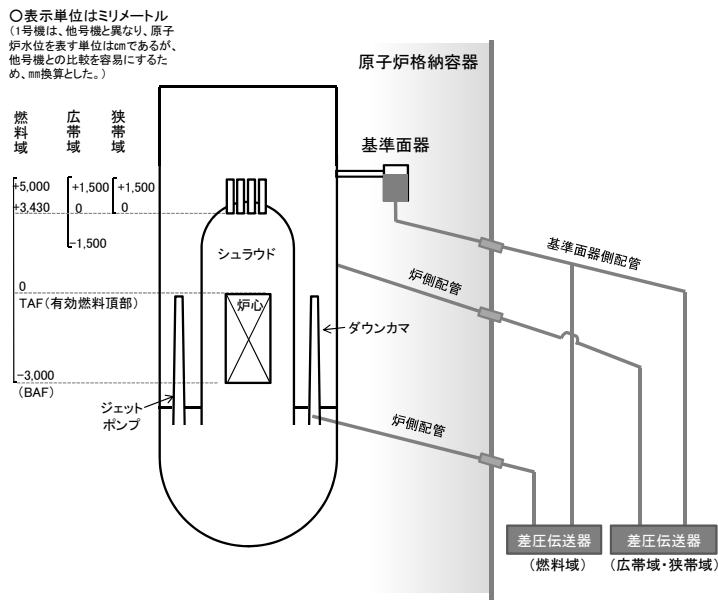
- ③ 圧力伝送器は、各号機 R/B 内の計装ラックに設置されているが²、同計装ラックには、直接読み取り可能な指示計も設けられている。直接読み取り可能な指示計は、圧力伝送器に接続される基準面器側配管から分岐した配管に指示計が直接接続され、同配管内の水が、指示計内部にあるブルドン管内に入り、その水圧に応じてブルドン管が伸縮し、その伸縮に応じて計測用の針が動く仕組みであり、電源を必要としない。

(b) 原子炉水位計

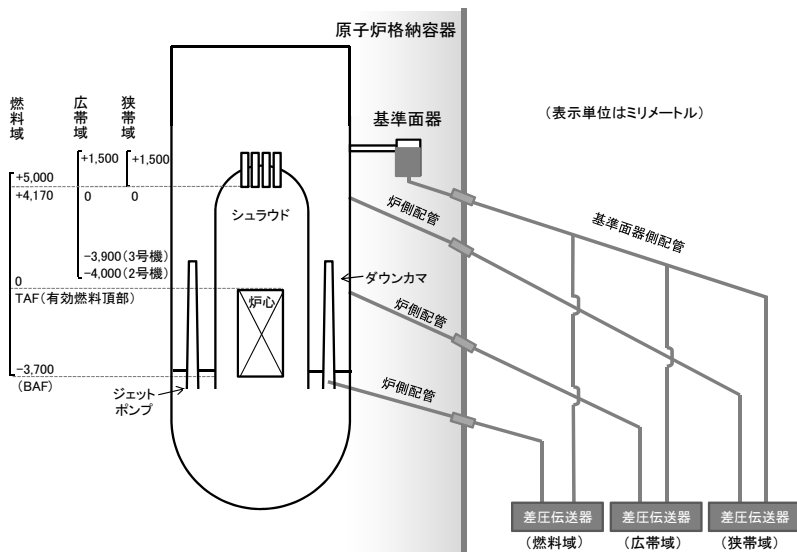
- ① 原子炉水位計は、圧力容器下部の炉側計装配管（以下「炉側配管」という。）を通じて送られる水の圧力（以下「炉側配管圧力」という。）から、基準面器から基準面器側配管を通じて差圧伝送器に送られる水の圧力（以下「基準面器側配管圧力」という。）を差し引いた値を計測し、その差圧の大小に応じて、原子炉水位に変換、表示するものである。原子炉水位計の主なものとしては、測定範囲によって、広帯域、狭帯域、燃料域及び停止域を計測するものがある。いずれの測定範囲の原子炉水位計も、基準面器については、1号機から3号機まで、TAF+5,000mm よりやや上方に、圧力容器から基準面器へ圧力容器内雰囲気を取り込む配管が設けられている。他方、炉側配管入口は、圧力容器内に直接設置され、それぞれ広帯域、狭帯域、燃料域及び停

² 例えば、1号機で用いられた原子炉圧力計（A系）の圧力伝送器であれば R/B2 階格納容器の北西脇に設置されている。

止域の測定範囲下限のやや下方に取り付けられている（図Ⅱ-1-4 及び 5 参照）。



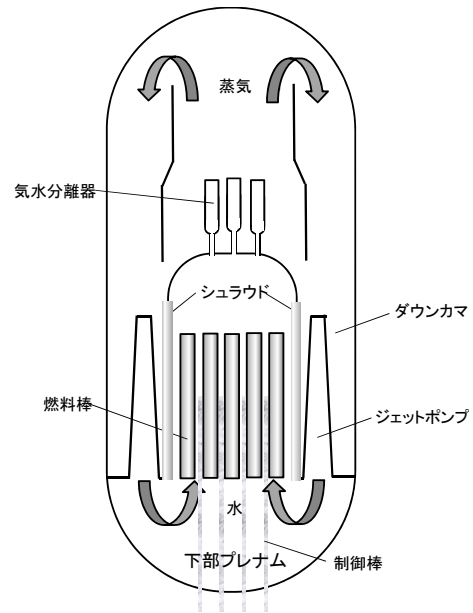
図Ⅱ-1-4 原子炉水位計の概要(1号機)



図Ⅱ-1-5 原子炉水位計の概要(2号機及び3号機)

これらの測定範囲の異なる原子炉水位計のうち、燃料域水位計は、比較的
 低レンジの原子炉水位を計測するところ、低レンジでは、圧力容器内の炉内
 構造物の影響を受け、燃料が蔵置されているシュラウド内と、シュラウド外
 側のダウンカマ部との間で水位が異なってくる。そこで、燃料域水位計は、

燃料の露出の有無、程度を可能な限り把握できるように、比較的シュラウド内水位の影響を受けやすく、かつ、シュラウド内の発泡による水位上昇分を差し引いた実際の水位に近いとされるジェットポンプ内に炉側配管入口を設けている³。また、この炉側配管入口の取付け位置は、有効燃料下端（BAF）よりやや下方とされている（前掲図Ⅱ-1-4 及び 5 並びに図Ⅱ-1-6 参照）。



図Ⅱ-1-6 原子炉圧力容器(シュラウド、ダウンカマ)

なお、BAFは、1号機がTAF-3,000mm、2号機及び3号機がTAF-3,700mmである。

- ② 原子炉水位計によって、炉側配管圧力から基準面器側配管圧力を差し引いた値の範囲は異なる。

通常、実際の原子炉水位は、基準面器水位よりも低いため、炉側配管圧力の方が基準面器側配管圧力よりも小さくなる。

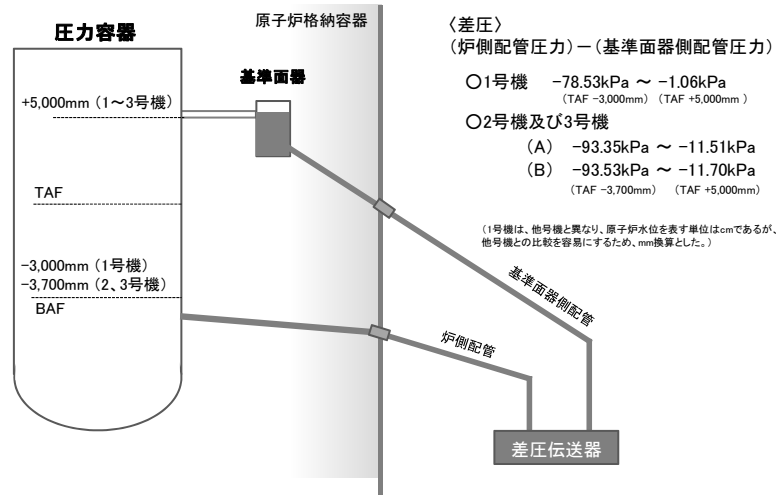
したがって、差圧伝送器で計測する炉側配管圧力から基準面器側配管圧力を差し引いた値は負の値となる。原子炉水位が低下すれば、炉側配管圧力は小さくなるので、炉側配管圧力と基準面器側配管の差圧は、より絶対値の大きな負の値で示される。

1号機の現場対処で実際に用いられた原子炉水位計（燃料域）について言えば、炉側配管圧力から基準面器側配管圧力を差し引いた値は-78.53kPa から-1.06kPa までとなり、この差圧を原子炉水位（燃料域）に換算すると、それぞれ TAF-3,000mm から+5,000mm までとなり⁴、これが、この原子炉水

³ これに対し、広帯域、狭帯域及び停止域の原子炉水位計の炉側配管は、圧力容器ダウンカマ部に炉側配管入口が設けられている。

⁴ 1号機は、他号機と異なり、原子炉水位を表す単位が cm であるが、他号機との比較を容易にするた

位計の測定範囲となる（図Ⅱ-1-7 参照）。



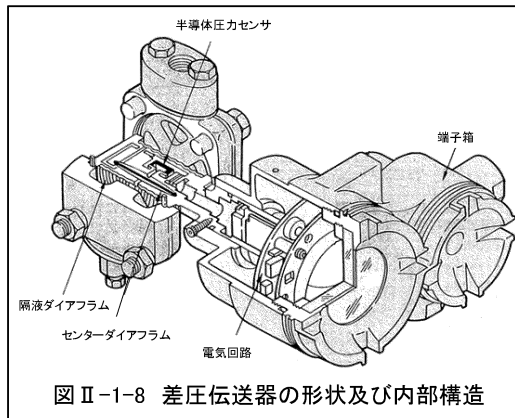
図Ⅱ-1-7 原子炉水位計(燃料域)の差圧

また、2号機の現場対処で実際に用いられた原子炉水位計(燃料域)には、差圧伝送器、基準面器側配管及び炉側配管の位置関係によって二つのタイプがある。その一つは、炉側配管圧力から基準面器側配管圧力を差し引いた値として-93.35kPa から-11.51kPa まで測定し、もう一つは、炉側配管圧力から基準面器側配管圧力を差し引いた値として-93.53kPa から-11.70kPa まで測定する。これらの測定値を原子炉水位(燃料域)に換算すると、それぞれ TAF-3,700mm から+5,000mm までとなり、これが、これらの原子炉水位計の測定範囲となる(前掲図Ⅱ-1-7 参照)。

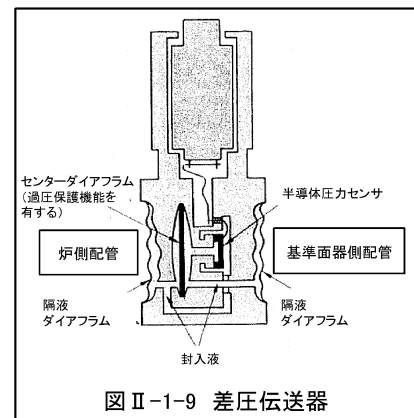
さらに、3号機の現場対処で実際に用いられた原子炉水位計(燃料域)についても、2号機と同様に、差圧伝送器、基準面器側配管及び炉側配管の位置関係によって二つのタイプがある。その一つは、炉側配管圧力から基準面器側配管圧力を差し引いた値として-93.35kPa から-11.51kPa まで測定し、もう一つは、炉側配管圧力から基準面器側配管圧力を差し引いた値として-93.53kPa から-11.70kPa まで測定する。これらの測定値を原子炉水位(燃料域)に換算すると、それぞれ TAF-3,700mm から+5,000mm までとなり、これが、これらの原子炉水位計の測定範囲となる(前掲図Ⅱ-1-7 参照)。

め、mm 換算とした。

- ③ 差圧伝送器は、各号機 R/B 内に設置され、基準面器側配管及び炉側配管を通じて、異なる隔液ダイヤフラムによって炉側配管圧力及び基準面器側配管圧力を計測し、炉側配管圧力から基準面器側配管圧力を差し引いた値が、半導体圧力センサによって電気抵抗に変換され、電気回路において増幅された後、最小 4mA、最大 20mA 直流の電流に変換・出力される（図 II-1-8 及び 9 参照）。



株式会社日立製作所のカタログを基に作成



株式会社日立製作所のカタログを基に作成

この直流電流が、圧力伝送器から中央制御室制御盤裏にある信号変換処理部に送られ、最小 1V、最大 5V の電圧に変換され、これが原子炉水位に換算、表示等されることになる（図 II-1-10 参照）。

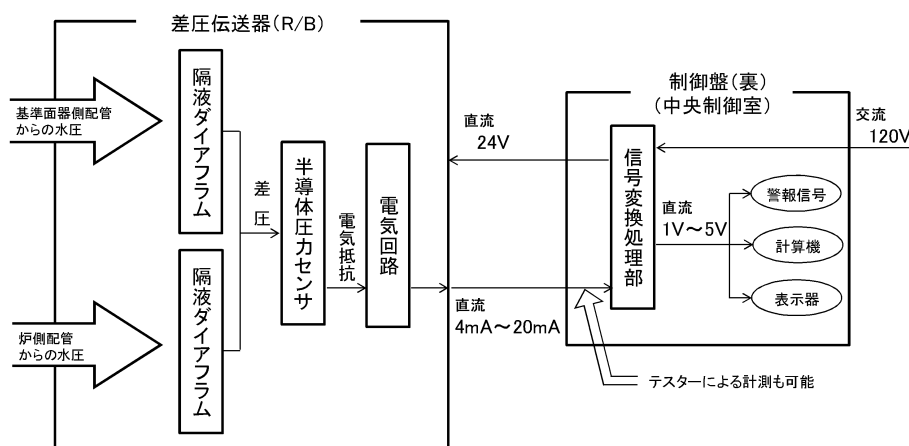


図 II-1-10 原子炉水位計の構成

5 例えば、1号機燃料域水位計の場合、R/B1 階格納容器の北北西脇に設置されている。

(c) D/W 圧力計

D/W 圧力計は、格納容器内側の検知地点から直接計装配管を通じて圧力伝送器⁶に送られた D/W 内雰囲気圧力を、圧力伝送器内の隔液ダイヤフラムで計測する（図 II-1-11 参照）。

そして、圧力伝送器内において、この計測された圧力が半導体圧力センサによって電気抵抗に変換・増幅された後、最小 4mA、最大 20mA 直流の電流に変換・出力され、圧力伝送器から中央制御室制御盤裏にある信号変換処理部に送られる。その後、これが信号

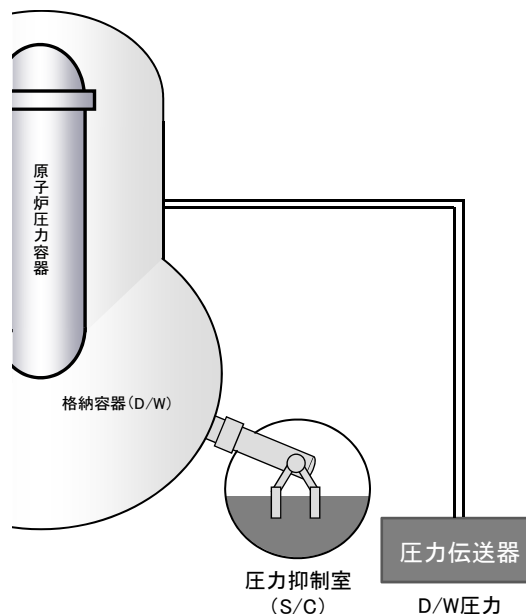


図 II-1-11 D/W 圧力計

変換処理され、最小 1V、最大 5V の電圧に変換され、D/W 圧力として換算後、「D/W 圧力高」等の警報信号等が発信されたり、計算機や表示器に表示されたりすることになる。

また、かかる電気系統を用いることなく、直接読み取り可能な D/W 圧力計も、各号機 R/B 内計装ラックに設けられている。これは、圧力伝送器に接続される計装配管から分岐して配管に指示計が直接接続され、D/W 内雰囲気が同配管内を通じて指示計内部にあるブルドン管内に入り、その圧力に応じてブルドン管が伸縮し、その伸縮に応じて計測用の針が動く仕組みであり、電源を必要としない。

(d) S/C 圧力計

S/C 圧力計には、電気系統を用いるものとして二つのタイプがある。その一つは、S/C 気相部に備え付けられた基準面器から基準面器側配管を通じて圧力伝送器に送られる水の圧力が原子炉圧力計と同様の方法で電気抵抗に変換さ

⁶ 各号機 R/B 内の計装ラックに設置されている。

れるなどして、中央制御室の計装指示器で読み取り可能となるものである。もう一つは、S/C 気相部に備え付けられた計装配管を通じて送られる S/C 気相部内雰囲気圧力を、D/W 圧力計と同様の方法で電気抵抗に変換するなどして、中央制御室の計装指示器で読み取り可能となるものである。両者の違いは、基準面器を用いて水圧を計測するか、又は基準面器を用いることなく直接 S/C 気相部内雰囲気圧力を計測するかという点にある (図 II-1-12 参照)。

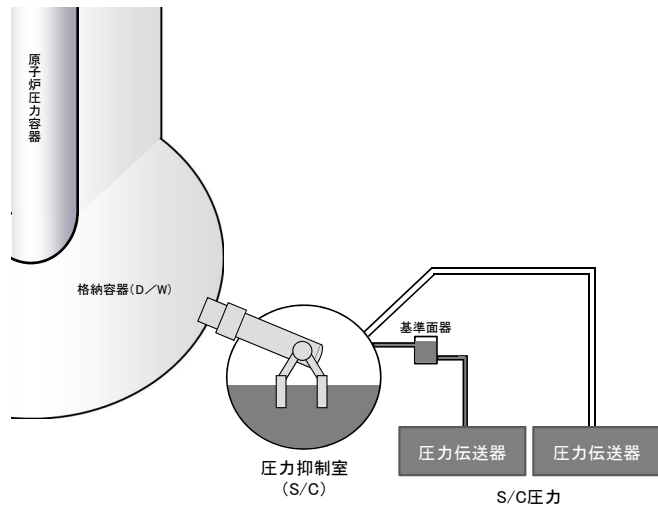


図 II-1-12 S/C 圧力計

c 各計装機器の電源

前記 b 記載の各計装機器の電源は、交流 120V 原子炉保護系分電盤等から交流を直流に変換して直流 24V 電源装置を用いることとしている。すなわち、直流 24V 電源装置から電源を供給できれば⁷、これを圧力伝送器や差圧伝送器まで電源供給し、この電源を用いて、圧力伝送器や差圧伝送器において計測した水圧や雰囲気圧力を電気抵抗へ変換・増幅して、中央制御室制御盤裏にある信号変換処理部等に送ることが可能となる。

ただし、読み取りのために必要な表示用計器の中には、かかる直流 24V の電源供給のみで表示可能なものもあれば、別途、交流 120V 電源による供給を要するものもある。後者の場合、交流 120V 電源が確保できなければ表示用計器による表示ができないが、それでも直流 24V の電源供給がなされている限り、圧力伝送器や差圧伝送器において計測がなされ、信号変換処理部までは計測された圧力に応じた電流が流れているので、テスターでその電流の大小やこれが変換された電圧の大小を計測して換算することによって計測可能となる。

⁷ 全ての交流電源が喪失していたため、今回の事故対処においては、通常と異なり、合計 24V となるよう複数のバッテリーを接続して電源供給をした。