

STACY設工認（第3回）申請書の補正対応方針について

資料ST-187-3

令和2年10月9日

日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所
臨界ホット試験技術部

番号	原子力規制庁コメント内容	対応方針	資料該当頁
1-1	通常排水弁を開とするための具体的な操作と操作に要する時間 (例えば開ボタンのようなものがあり、これを押すと時間遅れ〇〇秒で排水が開始される等)	添付資料Ⅲ-9-2「反応度制御についての説明書」の補足資料として「通常排水弁を開とするための具体的な操作と操作に要する時間について」を追加する。	13
1-2	通常給水時の手順を示すこと。	添付資料Ⅲ-9-2「反応度制御についての説明書」の補足資料として「STACYの通常給水時の手順等について」を追加する。	11
1-3	水位低下速度：約0.8mm/sの根拠（モックアップ試験結果の約1200/min等）	添付資料Ⅲ-9-2「反応度制御についての説明書」の補足資料として「通常排水弁の排水流量について」を追加する。	14
1-4	1. 給排水系による反応度制御について（資料 ST-186-2 改の内容） 「所定の運転状態」とは、実験計画にもよるとは思いますが、具体的にはどのような状態でしょうか。所定（所要）の運転状態について、制限値を満足するのは当然として、実験計画で定めた運転状態にピンポイントで維持するというのであれば、その旨も追記すること。	添付資料Ⅲ-9-2「反応度制御についての説明書」の補足資料として「STACYの「所要の運転状態」について」を追加する。	15
1-5	また、水位上昇時の操作についても、出力、ベリオド、水位等のパラメータを監視しつつ以下の機器をどのように操作して水位及び水位上昇速度を調整するのか具体的に説明してください。また、ポンプや弁の操作は直接はボタンやスイッチ等の操作盤上の仕組み、応答時間がどうなっているかも含めて、説明してください。 ・低速給水ポンプ（0-1500/minの範囲でどのように調整、調整弁との関係は？） ・低速給水吐出弁（on-offのみ？） ・低速流量調整弁（0-1500/minの範囲でどのように調整、ポンプとの関係は？）	添付資料Ⅲ-9-2「反応度制御についての説明書」の補足資料として「STACYの通常給水時の手順等について」を追加する。	12
2	2. 安全板装置の加振試験の入力地震動に係る説明の追加（荒川宛送付資料の内容）	添付資料Ⅲ-1-4「安全板装置の耐震性についての説明書」の補足資料として「加振試験で用いている模擬地震動の妥当性について」を追加する。	4
3-1	技術基準第32条の適合性の説明における「フェイルセーフ機構」について、具体的に説明してください。「安全保護系は、商用電源喪失時にもその安全保護機能を維持することができるよう無停電電源装置から給電するとともに、運転時励磁の回路とし、系の遮断があってもSTACYを停止させるフェイルセーフ設計とする。」とされていますが、スクラム遮断器は運転時は閉となっているものを、系の遮断により開となって、安全板装置や急速排水弁の電磁石が消磁してスクラムするというのでしょうか。	添付資料Ⅲ-11-2「安全保護回路についての説明書」の補足資料として「安全保護回路のフェイルセーフ機構について」を追加する。	26
3-2	第32条への適合性の説明における「最大給水制限スイッチの信号処理に電子計算機を使用する」について、具体的に説明してください。「最大給水制限スイッチの信号処理に電子計算機を使用するため、第6号に適合するよう、当該計算機を外部の電気通信回路に接続しない構成とする。また、点検等で外部機器（USBメモリ等）を用いる場合には、事前に内容及びコンピュータウィルスの有無等について確認したうえで使用する。外部業者が点検作業を行う場合には、常時監視する。」 ①どのような信号処理に、どのような電子計算機を使っているのか、 ②最大給水制限スイッチの位置の調整には、電子計算機は使用していないのか、（手で調整するのか） ③実際に、USB接続等で外部機器を使用することが想定されるのか	添付資料Ⅲ-11-2「安全保護回路についての説明書」の補足資料として「最大給水制限スイッチの位置制御に用いる電子計算機について」を追加する。	28
3-3	核計装等の検出器によってスクラム条件となっている異常を検知してからスクラム信号を発するまでの時間について、示してください。また、スクラム回路には電子計算機は使用していないとのことですが、具体的なハード構成について説明してください。	添付資料Ⅲ-11-2「安全保護回路についての説明書」の補足資料として「スクラム回路の構成について」を追加する。	23
3-4	第32条への適合性の説明における「絶縁回路」について、その機能とハード構成について具体的に説明してください。	添付資料Ⅲ-11-2「安全保護回路についての説明書」の補足資料として「計測制御系との共用に係る絶縁回路の使用について」を追加する。	29
3-5	核計装設備で熱出力を計測できるとされていますが、起動系、運転系、安全系それぞれについて以下を説明してください。 ①実際に測定する中性子束密度の範囲 ②熱出力の測定範囲（設置時設工認にありました） ③中性子束密度を熱出力にどのように換算しているか ④検出器の原理・型式（製品のカatalog等あればそれも） （設置時の設工認にも少し記載があるのですが、もう少し詳しい情報があれば）	添付資料Ⅲ-11-1「計測設備、警報装置についての説明書」の補足資料として「核計装設備（既設）の仕様等について」を追加する。	17

番号	原子力規制庁コメント内容		対応方針	資料該当頁
4	4. 10/5 付けメールでの質問（安全保護系ケーブルの新設/既設の明確化）	<p>安全保護系のケーブルについての事実確認です。 申請書の本-2-III-9から本-2-III-17までの図で、安全保護系既設ケーブル配線図や安全保護系新設ケーブル配線図とありますが、 ①既設ケーブル配線図にあるケーブルは全て既設を再利用するもの ②新設ケーブル配線図にあるケーブルは全て新設するもの と考えてよいでしょうか。 もし、既設と新設が混在する図がありましたら、図中で既設と新設の区別を明記してください。</p>	<p>新設ケーブル配線図（申請書の本-2-III-10）では、最大給水制限スイッチの検出器からP.BOXまでが新設、それ以降は既設のものを再利用するため、新設/既設の区別が分かるように明確化を図る。</p>	31
5	5. 10/1 付けメールでの質問（急速排水弁の圧縮空気、電磁弁等によるフェイルセーフ機構に係る説明）	<p>「スクラム遮断器」、「圧縮空気供給用の電磁弁」、「スプリング」、「急速排水弁」の関係がわかるような図面をお示しいただけますでしょうか。その上で、急速排水弁について、どのような機構で開閉動作が行われるのか、ご説明いただけますでしょうか。 以下の点が理解できていないための質問です。</p> <p>(1) 圧縮空気が急速排水弁を閉止する役割を担っているのでしょうか。</p> <p>(2) 圧縮空気供給用の電磁弁は、消磁により閉止して、急速排水弁に圧縮空気が供給されなくなるということでしょうか。</p> <p>(3) 圧縮空気は、電磁弁の閉止やその他の要因により供給されなくなった場合でも、しばらくは急速排水弁の内部（外部？）にとどまって、急速排水弁が開くことを妨げることはないでしょうか。</p>	<p>添付資料III-11-2「安全保護回路についての説明書」の補足資料として「安全保護回路のフェイルセーフ機構について」を追加する。</p>	26
6	6. 9/18 付けメールでの質問のうち6.（直接線及びスカイシャイン線の遮蔽として実験棟Aの天井の考慮の有無の明確化）	<p>敷地境界位置における直接線及びスカイシャイン線による線量率の評価にあたり、遮蔽として実験棟Aの天井は考慮されているでしょうか。（解析モデルの図には外壁と天井が遮蔽として記載されていますが、天井を考慮すると非保守的な結果となる旨の記載もあり、結局どちらか読み取れません。）</p>	<p>実験棟A天井の遮蔽効果は、過小評価になるおそれがあるG33-GP2コードでは上部遮蔽体としてモデル化せず、ガンマ線源強度に「（上部遮蔽ありの線量）／（上部遮蔽なしの線量）=3.7*10⁻⁵」を乗じて遮蔽体の効果を評価しているため、その旨を追加する。</p> <p>（以下の下線を追記） なお、G33-GP2コードの評価傾向として、上部遮蔽体ありの場合、線量を過小評価する可能性があることが報告されている。このため、スカイシャインガンマ線の計算にあたっては、<u>G33-GP2コードでは上部遮蔽体をモデル化せず、ガンマ線源強度にQAD-CGGP2コードで求めた（上部遮蔽ありの線量）／（上部遮蔽なしの線量）</u>を乗ずることにより<u>上部遮蔽体の効果を考慮して</u>評価した。</p>	—
7	7. モックアップ試験の概要について（詳細は公開文献を引用することで結構です）	7. モックアップ試験の概要について（詳細は公開文献を引用することで結構です）	<p>添付資料III-9-2「反応度制御についての説明書」の補足資料として「給排水系モックアップ試験の概要」を追加する。</p>	8
8	8. 原子炉停止系に漏電遮断器を設置していることの説明の追加	<p>安全保護回路や原子炉停止系について、「溢水により電源系統が短絡し、系の遮断が生じても」との記載がありますが、当該系統に漏電遮断器（？）等は設置されているでしょうか。 （溢水により電源系統が短絡した場合、必ず系の遮断が生じるのでしょうか）</p>	<p>安全保護系には、すべての電源系統に漏電遮断器を設置しているため、その旨を注記として記載する。</p> <p>（以下の下線を追記） 安全保護系（「安全保護系の核計装設備」、「最大給水制限スイッチ」及び「安全保護回路」）は、溢水により電源系統が短絡し、系の遮断が生じても、<u>（※）原子炉停止系を自動的に作動させるフェイルセーフ機構とする。</u></p> <p><u>※：安全保護系には、すべての電源系統に漏電遮断器を設置している。したがって、溢水により電源系統が短絡した場合は、確実に系の遮断が生じる設計となっている。</u></p>	—

添付書類

Ⅲ－１－４ 安全板装置の耐震性についての説明書

加振試験で用いている模擬地震動の妥当性について

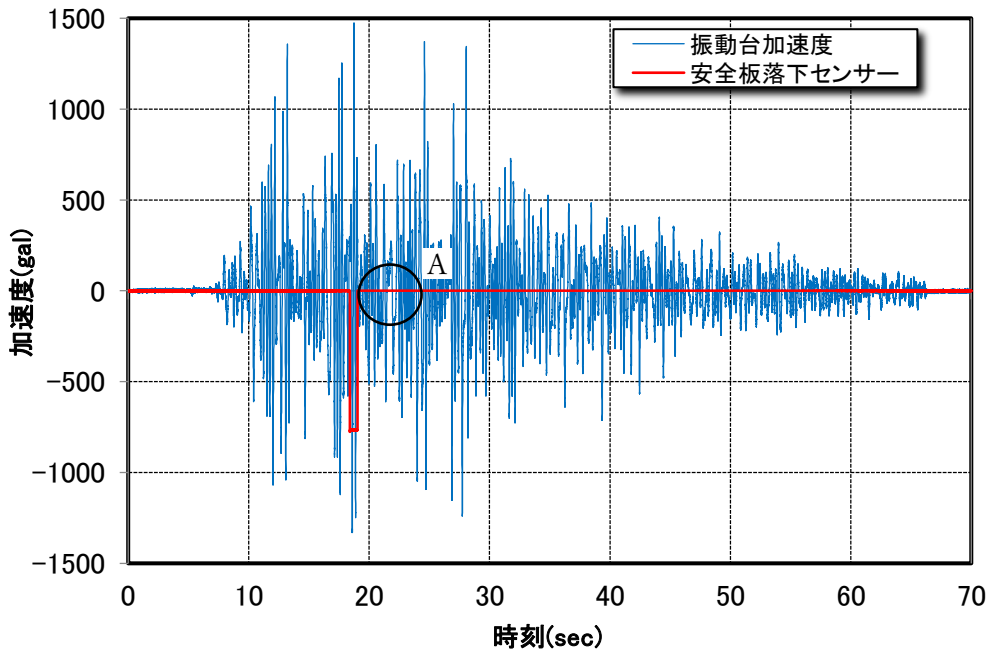
耐震バックチェックの地震動（時刻歴波）の拡大波（最大 562gal の地震波を最大 1473gal に拡大したもの）を振動台に入力し、振動台が大きな加速度となったときに安全板を落下させた場合の試験結果を図 1 に示す。試験においては、振動台床面が大きな加速度（約 1400gal）となった場合でも安全板落下時間制限（1.5 s）以内に落下が完了することを確認している。

安全板加振試験の入力地震波と JRR-3 の基準地震動 S_s の比較を図 2 に示す。

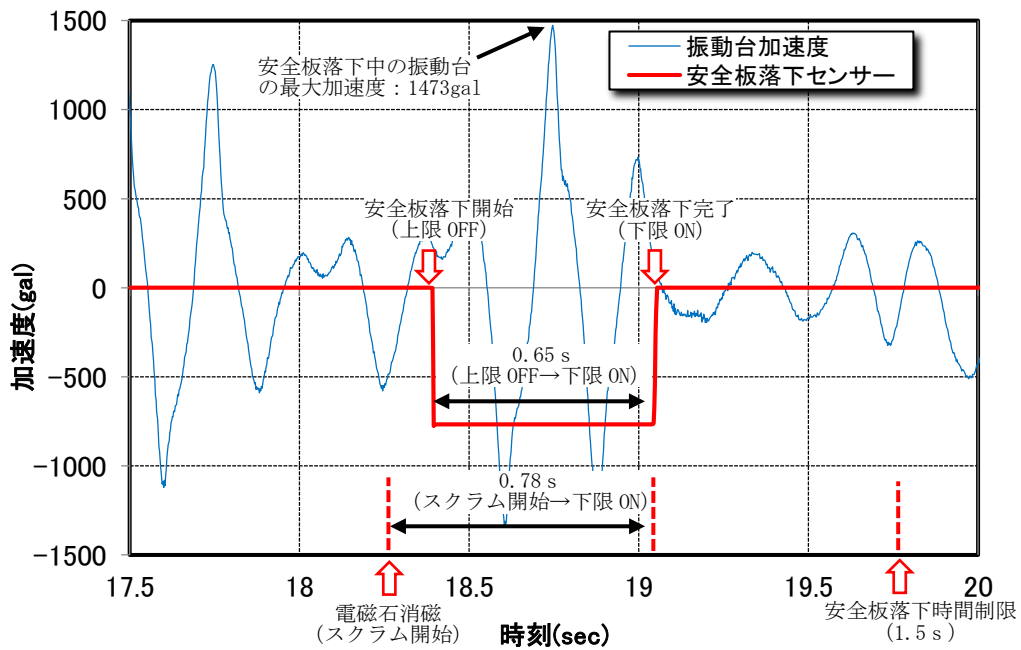
STACY 振動台床面に入力した模擬地震動（1 F 床+約 13m：STACY のスクラム前の安全板設置高さ付近を想定）の最大加速度は約 1400 gal であり、JRR-3 の基準地震動 S_s （1 F 床+約 14 m：STACY と同程度のレベル高さ）の最大加速度は約 1000 gal である。

また、JRR-3 と STACY の地盤面の高さは、JRR-3：T.P.+約 19 m、STACY：T.P.+約 8 m であり、原子力科学研究所の解放地盤面（T.P. -約 300 m）を考慮すると、JRR-3 の方が地震動が大きくなる傾向が考えられる。

以上から、STACY の模擬地震動は、加振試験に用いる地震動として適切な大きさを持っていると考えられる。



安全板装置加振試験の結果



A部詳細

(スクラム開始から安全板落下完了まで)

図1 安全板装置加振試験の結果

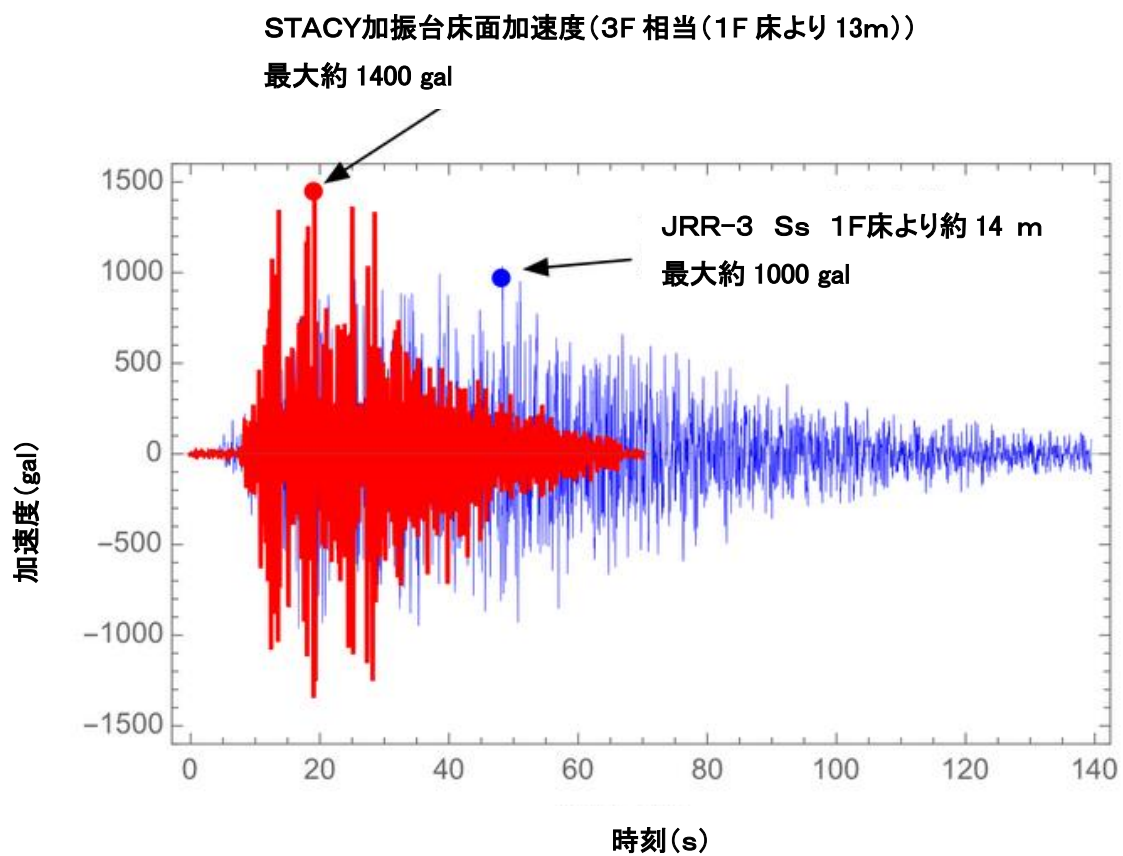


図2 安全板加振試験の入力地震波と J R R - 3 の基準地震動 Ss の比較

添付書類

Ⅲ－９－２ 反応度制御についての説明書

給排水系モックアップ試験の概要

原子力機構が進めている臨界実験装置 STACY の更新計画に関し、STACY における給排水系の設計仕様に係る成立性等を確認するため、給排水系モックアップ試験装置を製作し、給排水系モックアップ試験を実施した。給排水系モックアップ試験装置の製作においては、STACY の給排水システムと同等性能とするため、各機器及び配管系統は実機相当とした。また、炉心タンクと給水ポンプの設置位置（高低差）についても約 10 m（実機相当）とすることで、給排水システムが忠実に再現できるよう考慮した。

試験の結果、実機における給排水系の要求性能を満足できる見通しを得た。

以下に実施した試験項目及び結果概要を示す。詳細は「JAEA-Technology 2017-038 STACY（定常臨界実験装置）施設の更新に係るモックアップ試験（給排水システムの性能確認）」参照。

(1) 給水ポンプ性能試験

給水系に用いる給水ポンプ（遠心ポンプ）は、高速給水系及び低速給水系における炉心タンクへの給水流量（高速 380 l/min、低速 150 l/min）が確保できる見通しを得た。

(2) 最大流量の設定（初期設定）

高速給水系及び低速給水系のそれぞれの条件で設定した最大流量は、通常運転時及び単一故障時（バイパス弁の閉塞時）を含め、適切に制限できる見通しを得た。また、本試験で行った最大給水流量の設定方法を基に、実機の給排水システムにおける初期設定手順を決定した。

(3) 給水流量の調整

流量調整弁による給水流量の調整は、高速給水系及び低速給水系ともに十分可能であるという見通しを得た。

(4) 給水停止時間測定

高速給水系、低速給水系のそれぞれの給水吐出弁及び流量調整弁の閉止時間は、1 s 以内にできる見通しを得た。

(5) 排水性能試験

排水系は、給水系の配管より排水系の配管を太くすることにより排水能力が給水能力を上回る見通しを得た。

(6) 急速排水弁の開時間測定

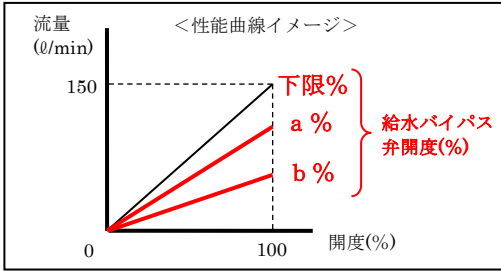
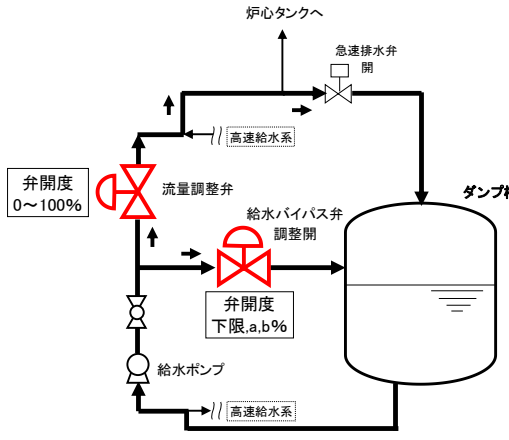
急速排水弁の作動時間（スクラム信号発生から開となるまで）は 1 s 以内にできる見通しを得た。

給水流量設定手順

STACY 炉心タンクへの給水流量の制限及び調整は、「①手動弁及び給水バイパス弁の初期設定」及び「②運転毎の流量調整弁の開度設定及び開度調整」により行う。

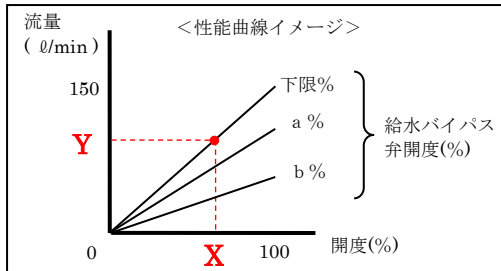
(1 / 2)

流量設定（調整）手順	概略系統説明図
<p>①- 1 初期設定（給水ポンプ最大吐出量の制限）</p> <ul style="list-style-type: none"> 給水バイパスラインを全閉（循環流量 0 l/min）、流量調整弁を全開の状態で給水ポンプの最大吐出量（175 l/min：水位上昇速度 1.17 mm/s）以下となるよう手動調整弁を調整。 手動調整弁は、調整完了後、開度変更できないようロックを施す。 	
<p>①- 2 初期設定（給水最大流量の制限）</p> <ul style="list-style-type: none"> 低速給水系の最大流量（150 l/min：水位上昇速度 1.0 mm/s）以下となるよう給水バイパス弁の開度を調整（給水バイパス弁を徐々に開）。 調整した際の給水バイパス弁の開度は下限設定し、それ以下に変更できないようにする。 	
<p>①- 3 初期設定（流量調整弁性能曲線の取得 I）</p> <ul style="list-style-type: none"> 流量調整弁の開度を変化（0～100%）させ、流量特性を把握する。 <div data-bbox="256 1615 675 1883" data-label="Figure"> </div>	

流量設定（調整）手順	概略系統説明図
<p>①- 4 初期設定（流量調整弁性能曲線の取得Ⅱ）</p> <ul style="list-style-type: none">給水バイパス弁の開度を2パターン程度設定し、それぞれの開度における流量調整弁の流量特性を把握する。  <p>流量 (l/min)</p> <p>150</p> <p>0</p> <p>0 100 開度(%)</p> <p>下限%</p> <p>a %</p> <p>b %</p> <p>給水バイパス弁開度(%)</p>	

②- 1 運転毎（給水前の流量調整弁開度上限設定）

- 3 ℃/s 相当流量が低速給水の最大流量（150 l/min：水位上昇速度 1.0 mm/s）以上の炉心の場合は、初期設定のままとする。
- 3 ℃/s 相当流量が 150 l/min 未満の炉心の場合は、3 ℃/s 相当流量（Y l/min）となる流量調整弁の開度（X %）を**上限設定**し、それ以上に変更できないようにする。



流量 (l/min)

150

0

0 100 開度(%)

下限%

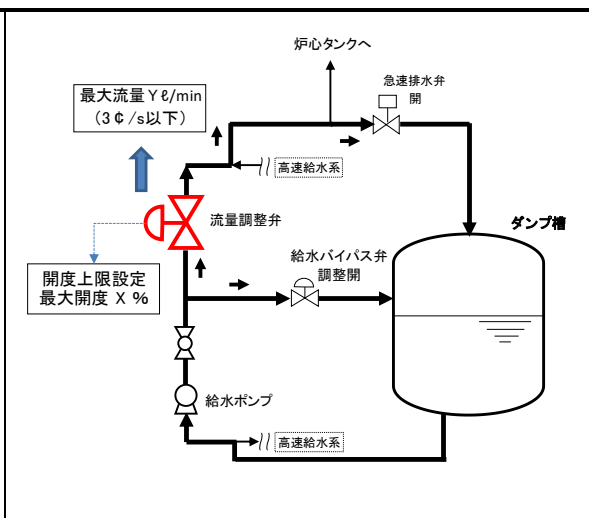
a %

b %

給水バイパス弁開度(%)

Y

X

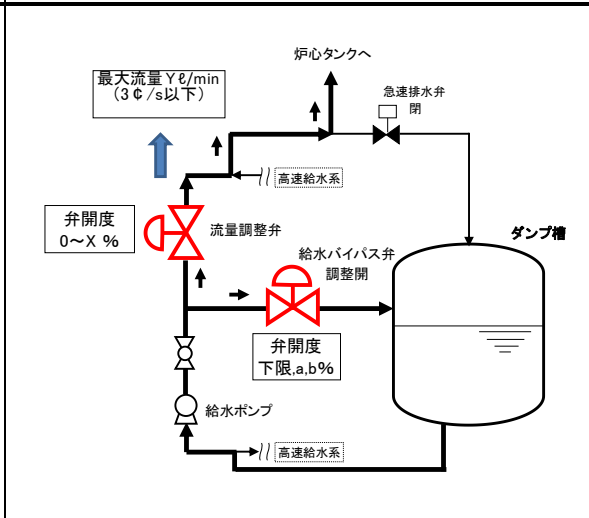


②- 2 運転毎（給水前の給水流量確認）

- 急速排水弁を開とした状態で給水流量が **150 l/min 以下かつ 3 ℃/s 相当流量（Y l/min）以下**であることを確認。

②- 3 運転毎（運転中の給水流量調整）

- STACY 運転中の**基本的な流量調整は、流量調整弁の開度調整**により行う。（150 l/min 以下かつ 3 ℃/s 相当流量以下）
- 給水バイパス弁の開度調整は、通常よりも繊細な流量調整が必要になったとき等に**必要に応じて**行う。（下限設定以上の範囲）

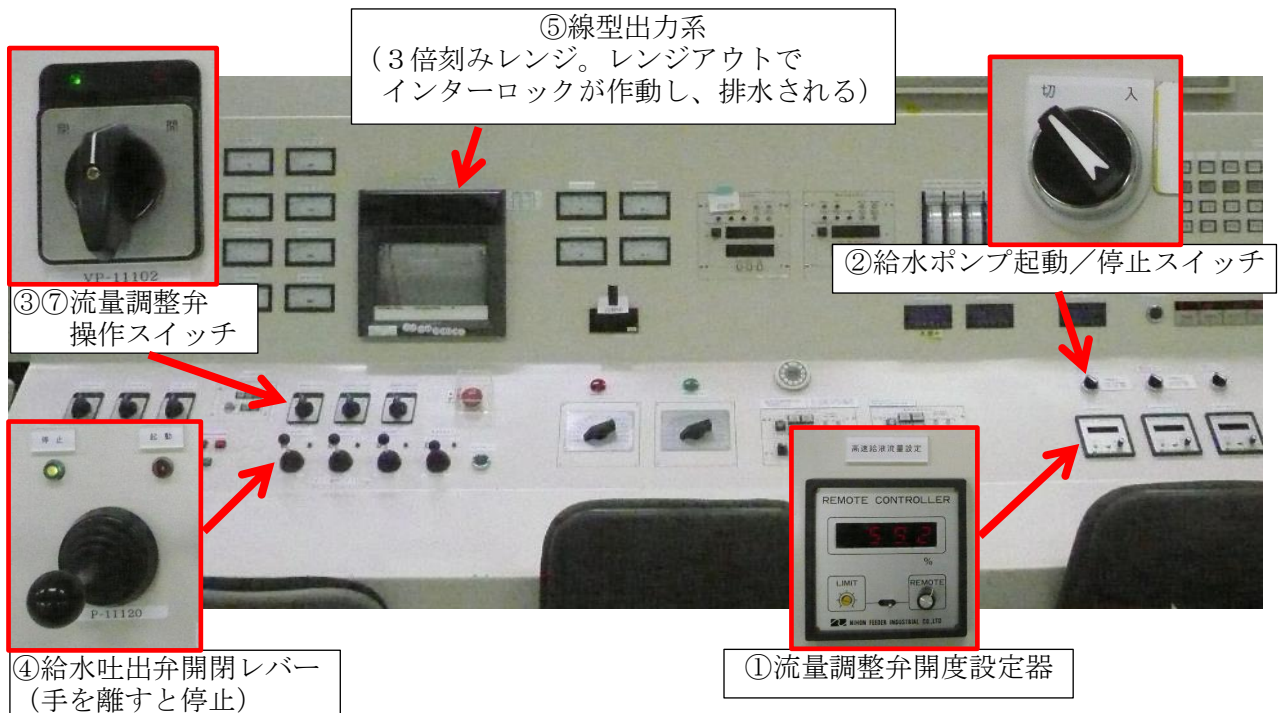


STACYの通常給水時の手順等について

(1) STACYの通常給水時の手順

STACYの通常給水時の手順を以下に示す。

- ①開度設定器にて流量調整弁の開度設定
- ②給水前に給水ポンプを起動
- ③流量調整弁開
- ④給水吐出弁開（ここで給水が開始される）
- ⑤線型出力系で出力を監視しつつ給水
- ⑥給水停止スイッチ作動、又は運転員が給水吐出弁のレバーから手を離すと給水停止
- ⑦流量調整弁閉



※1：写真は、溶液系STACYの監視操作盤である。改造後も同等のものを使用する。

※2：丸数字は、例として高速給水系の給水手順を示す。

監視操作盤（運転者席）の計器配置及び通常給水手順

(2) 低速給水系のポンプや弁の監視操作盤上の仕組み、応答時間

低速給水系のポンプや弁の監視操作盤上の仕組み、応答時間は、以下のとおりである。

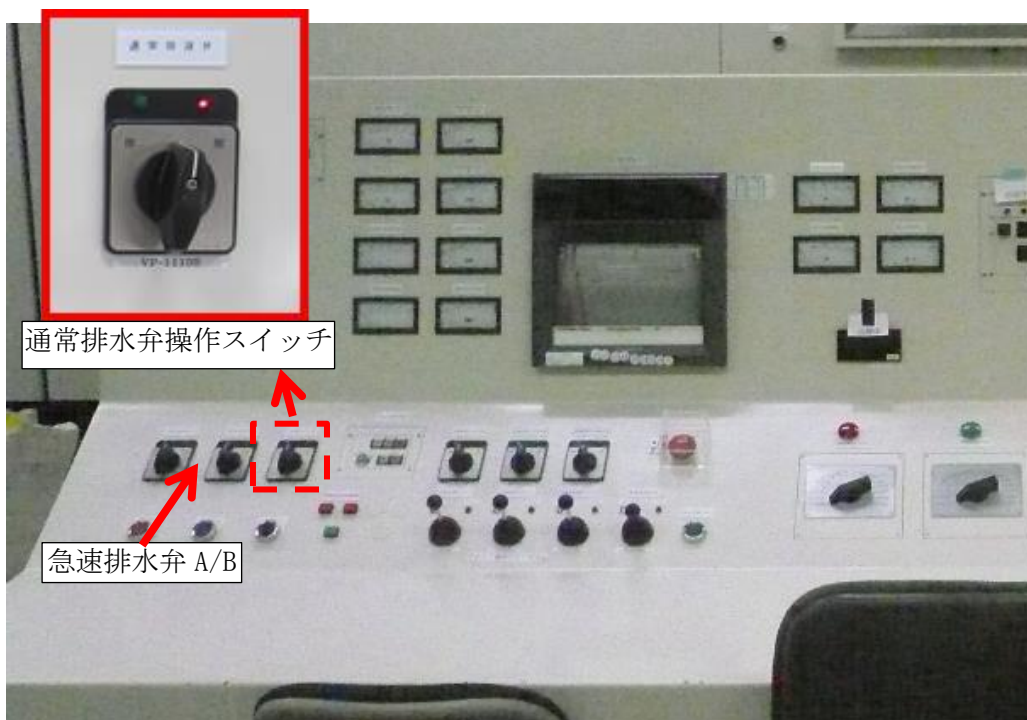
項 目		監視操作盤上の仕組み	応 答 時 間
低速給水ポンプ (起動/停止)		起動/停止切替えスイッチ	—*
低速給水吐出弁 (開/閉)		開/閉レバー方式	全閉時間： スクラム信号発生後 1 s 以内*
低速流量 調整弁	(開度調整)	ツマミ調整方式	—*
	(開/閉)	開/閉切替えスイッチ	全閉時間： スクラム信号発生後 1 s 以内*

*：給水ポンプの起動/停止、給水吐出弁の開、流量調整弁の開の応答時間について、安全機能上の要求がないため、性能要求なし（モックアップ試験等においても、応答時間を測定していない）。

通常排水弁を開とするための具体的な操作と操作に要する時間について

通常排水弁は、監視操作盤に設置されたスイッチを開方向へ操作することにより開とする。また、通常排水弁は、スイッチの操作後、約 0.5 秒で開となり排水が開始される。

以下に監視操作盤（運転者席）の計器配置（溶液系STACYのもの）及び通常排水弁の操作スイッチ（溶液系STACY拡大写真、STACY更新炉でも同等のものを使用）を示す。



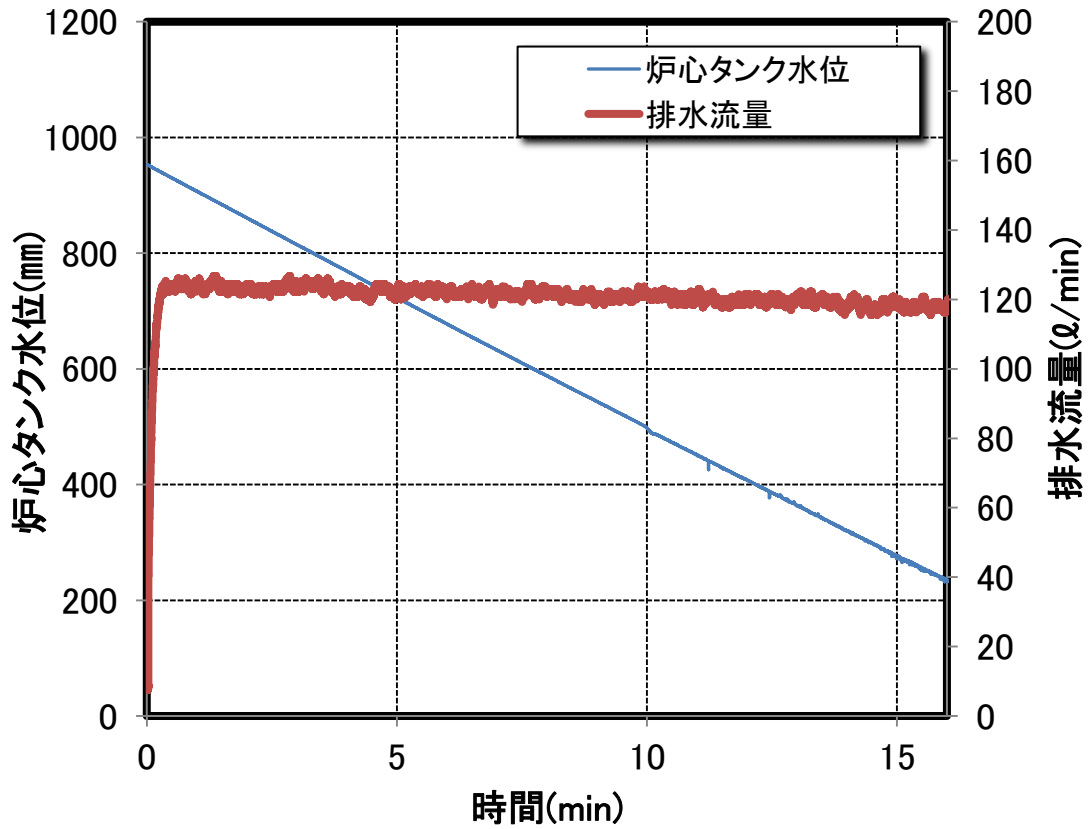
※1：写真は、溶液系STACYの監視操作盤である。改造後も同等のものを使用する。

監視操作盤（運転者席）の計器配置及び通常排水弁の操作スイッチ

通常排水弁の排水流量について

通常排水弁の排水流量はモックアップ試験で確認しており、その試験結果は、約120L/min（水位低下速度にして約0.8mm/s）である。

以下にモックアップ試験の排水流量測定結果を示す。



通常排水弁の排水流量測定結果
(モックアップ試験)

STACYの「所要の運転状態」について

STACYにおける「所要の運転状態」とは、以下の制限値を満足することはもとより、実験計画で定めた制限値（熱出力、臨界水位等）も満足して運転している状態をいう。

- ・熱出力：200W 以下
- ・臨界水位：40cm 以上 140cm 以下
- ・最大添加反応度：0.3 ドル以下
- ・反応度添加率：臨界近傍で3セント/s 以下
- ・炉心温度：70℃以下

なお、STACYの典型的な運転は、以下のようなプロセスで実施する。このとき、上記の制限値（実験計画で定めた制限値を含む。）を満足した状態で運転する。

- ①臨界近接（段階的給水）
- ②臨界水位推定（中性子逆増倍率測定法）
- ③臨界超過（添加反応度 10 セント程度による出力上昇）
- ④出力上昇中に反応度測定（例：出力増倍時間（1分程度）の測定×2回のため、低出力（1W程度）までの臨界超過状態を2分程度*1維持する。）
※測定した反応度と臨界水位から、水位反応度係数を算出
- ⑤臨界調整（臨界水位確定、必要な実験データの取得のため、低出力（1W程度）での臨界状態を10分程度維持する*2。）
- ⑥測定後、運転終了（原子炉停止）

*1：臨界超過のための給水時間を除く。

*2：実験計画により調整する出力及び臨界状態の維持時間は異なる。

添付書類

Ⅲ-11-1 計測設備、警報装置についての説明書

核計装設備（既設）の仕様等について

(1) 中性子束の測定範囲

検出器の種類	中性子束の測定範囲 [n/cm ² /s]
起動系	$2.5 \times 10^{-1} \sim 2.5 \times 10^4$
運転系線型出力系	$1.3 \times 10^2 \sim 5 \times 10^{10}$
運転系対数出力系	$1.3 \times 10^2 \sim 5 \times 10^{10}$
安全出力系	$1.3 \times 10^2 \sim 5 \times 10^{10}$

(2) 熱出力の測定範囲

名 称	熱出力の測定範囲 [W]
起動系	$1 \times 10^{-5} \sim 2 \times 10^0$
運転系線型出力系	$2 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^3$
運転系対数出力系	$2 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^3$
安全出力系	2 ~ 220

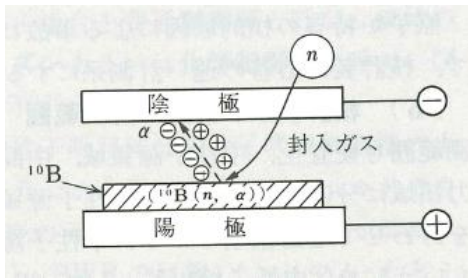
(3) 中性子束から熱出力への換算

使用前事業者検査に当たり、以下の手順で出力校正運転を行い、換算係数を得て核計装を校正する。

- ① 炉内に金箔を貼り、中性子束を絶対測定する
- ② 解析コードを用いて中性子束→核分裂数換算係数を求める
- ③ ②の係数を用いて核計装を校正する

(4) 検出器の原理・型式

① 起動系

検出器の種類		B-10 比例計数管
原理		電極に塗布した ^{10}B を用い、 $^{10}\text{B}(n, \alpha)$ 反応による電離パルス電流を測定する。 [1] 
型式		WL-22793
外径寸法		379.48 mm 長 × 25.4 mm φ
有感長		266.70 mm
材質	本体	Al
	電極	W
	中性子有感材	^{10}B
	封入ガス	Ar-CO ₂
外形図		図1に示す。

[1] 新版原子力ハンドブック、オーム社より引用

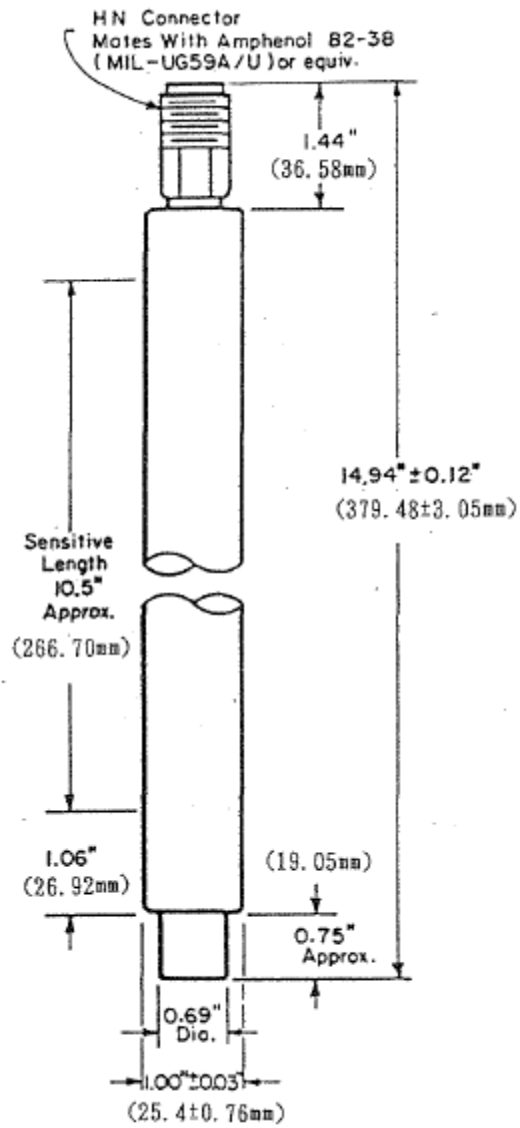
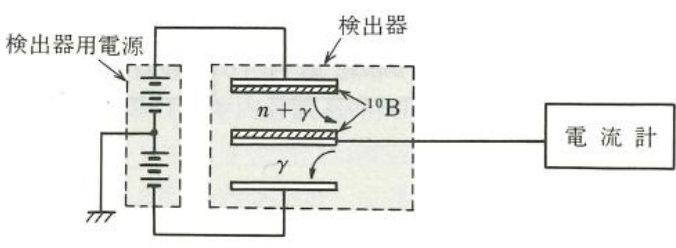


図1 起動系（B-10 比例計数管）の外形図

② 運転系線型出力系、運転系対数出力系、安全出力系

検出器の種類	γ 線補償型電離箱	
原理	<p>3個の電極をもち、二つの同一の空間で生じるγと$\gamma + n$の電離電流の差の電流を出力として取り出す。このようにしてγ線の影響を軽減する。 [1]</p> 	
型式	WL-23084	
外径寸法	485.65 mm 長 × 79.25 mm ϕ	
有感長	355.60 mm	
材質	本体	Al
	電極	W
	中性子有感材	^{10}B
	封入ガス	N_2
外形図	図2に示す。	

[1] 新版原子力ハンドブック、オーム社より引用

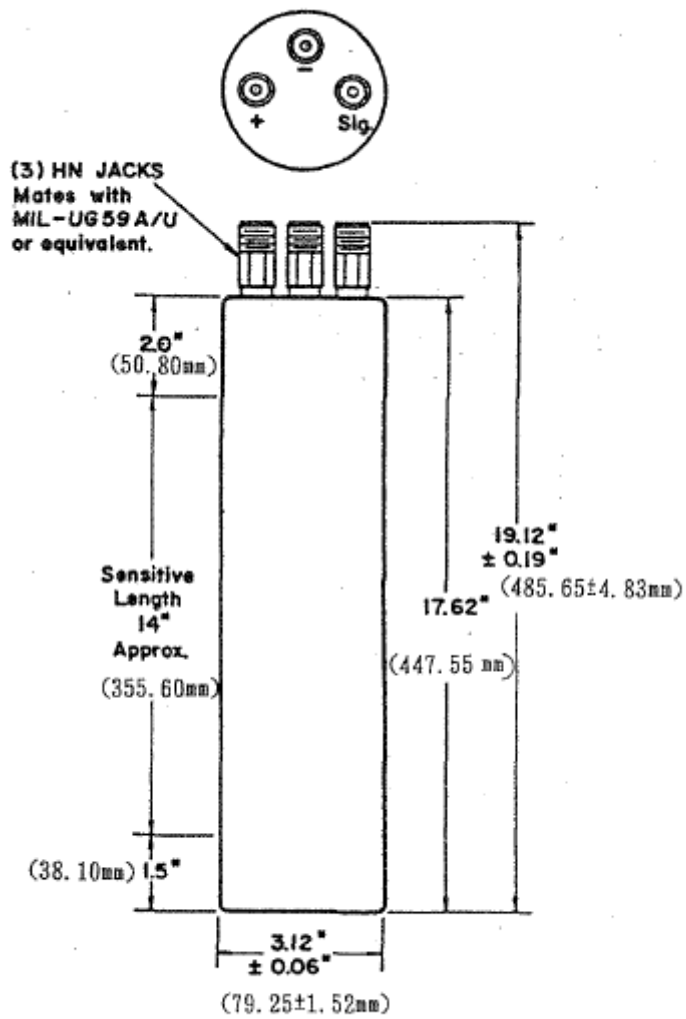


図2 運転系線型出力系、運転系対数出力系、安全出力系（ γ 線補償型電離箱）の外形図

添付書類

Ⅲ-11-2 安全保護回路についての説明書

異常な過渡変化を検知してからスクラム信号を発するまでの時間
及びスクラム回路の構成について

(1) 異常な過渡変化を検知してからスクラム信号を発するまでの時間

各スクラム項目について、異常な過渡変化を検知してからスクラム信号を発するまでの時間を表 1 に示す。異常な過渡変化を検知してからスクラム信号を発するまでの時間は、スクラム項目によって異なるが、概ね 0.2 秒程度である。

例えば、「炉心タンク水位高」の場合は、最大給水制限スイッチの検出器からスクラム回路出力リレーまでの間に、7 個のリレーを設置している。リレーの動作時間は、1 個当たり 20ms 以下であるため、 $7 \text{ 個} \times 20\text{ms}/\text{個} = 140\text{ms} \approx 0.2\text{s}$ となる。

(2) スクラム回路の構成について

安全保護系のスクラム回路は、電子計算機を用いないハードワイヤード方式（リレーや配線による回路）である。スクラム回路の説明図を図 1 に示す。

表1 異常を検知してからスクラム信号を発するまでの時間

スクラム項目	リレーの設置数 [個]			合 計	スクラム信号を 発するまでの時間
	安全保護系盤外	安全保護系盤内			
	検出端から 安全保護系盤の入口まで	安全保護系盤の入口から スクラム回路出力リレー入口 まで (Ry)	スクラム回路出力リレー (RA1 又は RB1)		
起動系炉周期短	1	5	1	7	140ms ≒0.2s
運転系対数出力炉周期短	1	5		7	140ms ≒0.2s
安全出力系出力高	1	5		7	140ms ≒0.2s
積分出力高	1	5		7	140ms ≒0.2s
炉心タンク水位高	1	5		7	140ms ≒0.2s
地震加速度 (水平) 大	1	5		7	140ms ≒0.2s
地震加速度 (垂直) 大	1	5		7	140ms ≒0.2s
電源電圧低	0	5		6	120ms ≒0.2s
高圧電源電圧低	1	5		7	140ms ≒0.2s
手動スクラム	0	4		5	100ms ≒0.1s
安全スイッチ	0	4		5	100ms ≒0.1s
炉室 (S) 遮蔽扉開	0	4		5	100ms ≒0.1s
炉下室 (S) 遮蔽扉開	0	4		5	100ms ≒0.1s

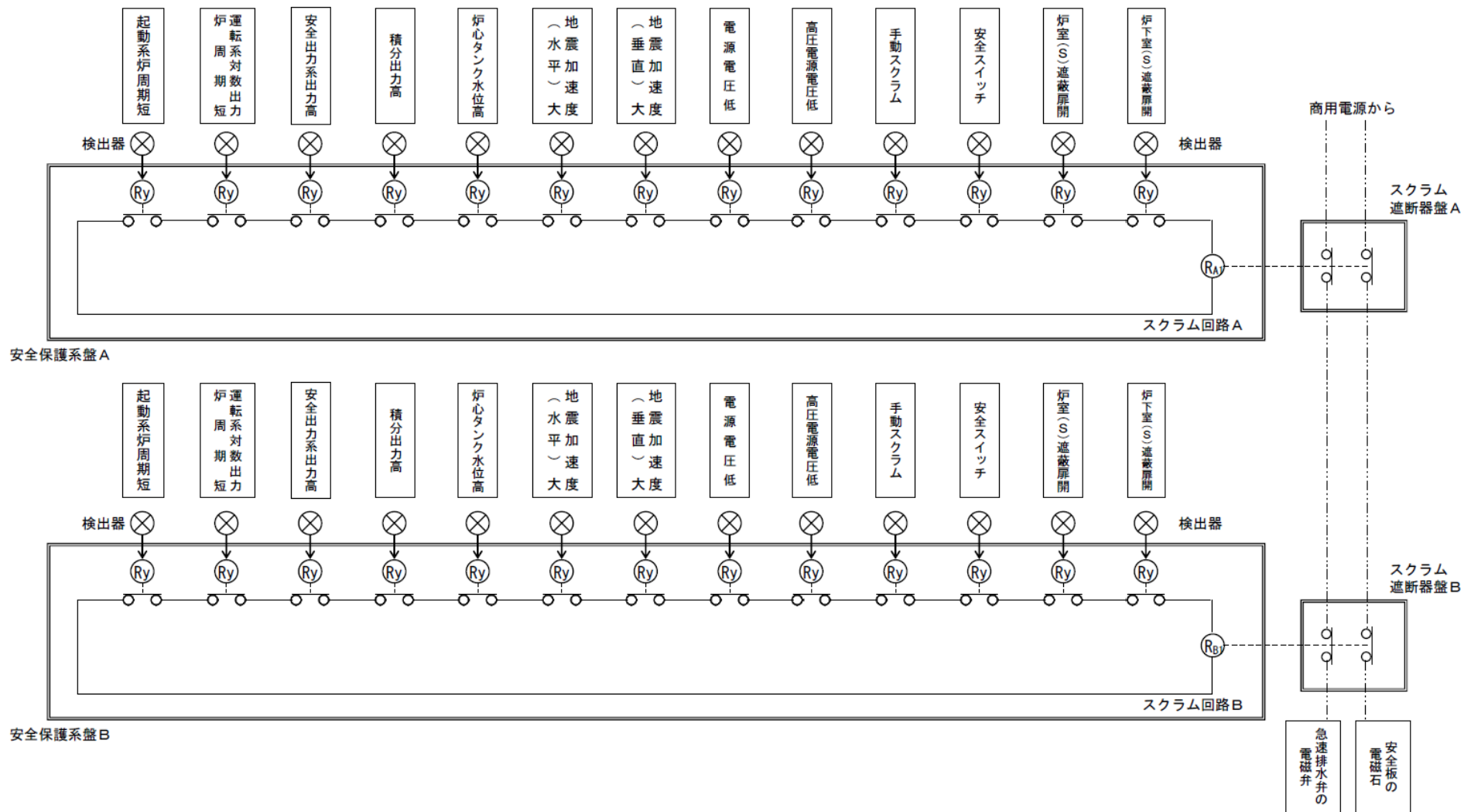


図1 スクラム回路の説明

安全保護回路のフェイルセーフ機構について

(1) 安全保護回路のフェイルセーフ機構について

安全保護系の核計装及びプロセス計装（最大給水制限スイッチ）により異常な過渡変化を検知し、その信号を受けて安全保護回路からスクラム信号を発することにより、スクラム遮断器を開放する。スクラム遮断器は、電磁接触器のことで、電磁接触器内の電磁石の動作によって電路の開閉を行うものであり、安全保護回路の全てのスクラム条件が解除されるまで、この電磁石に電源が供給されず、「安全板の電磁石」及び「圧縮空気供給用の電磁弁」への電源も供給されない構造となっている（図1参照）。また、電磁接触器の作動後（スクラム条件解除後）は、どれか一つでもスクラム条件が成立となると電磁接触器電磁石が消磁となり、電路が開となる。

安全板の電磁石は、電源が供給されるとその吸着力により安全板を炉心タンク上部に待機状態とする。安全板の電磁石への電源が遮断されると消磁となり、安全板は重力落下で炉心タンクへ挿入される。

また、圧縮空気供給用の電磁弁は、圧縮空気ラインに接続されており、電源が供給されるとその内部の電磁石が作動することで急速排水弁に圧縮空気が供給される（図2参照）。圧縮空気供給用の電磁弁への電源が遮断されると内部電磁石が消磁となり、電磁弁閉により圧縮空気の供給が停止となる。圧縮空気の供給が停止されると急速排水弁内のスプリング反力により、急速排水弁は開（排水開始）となる。

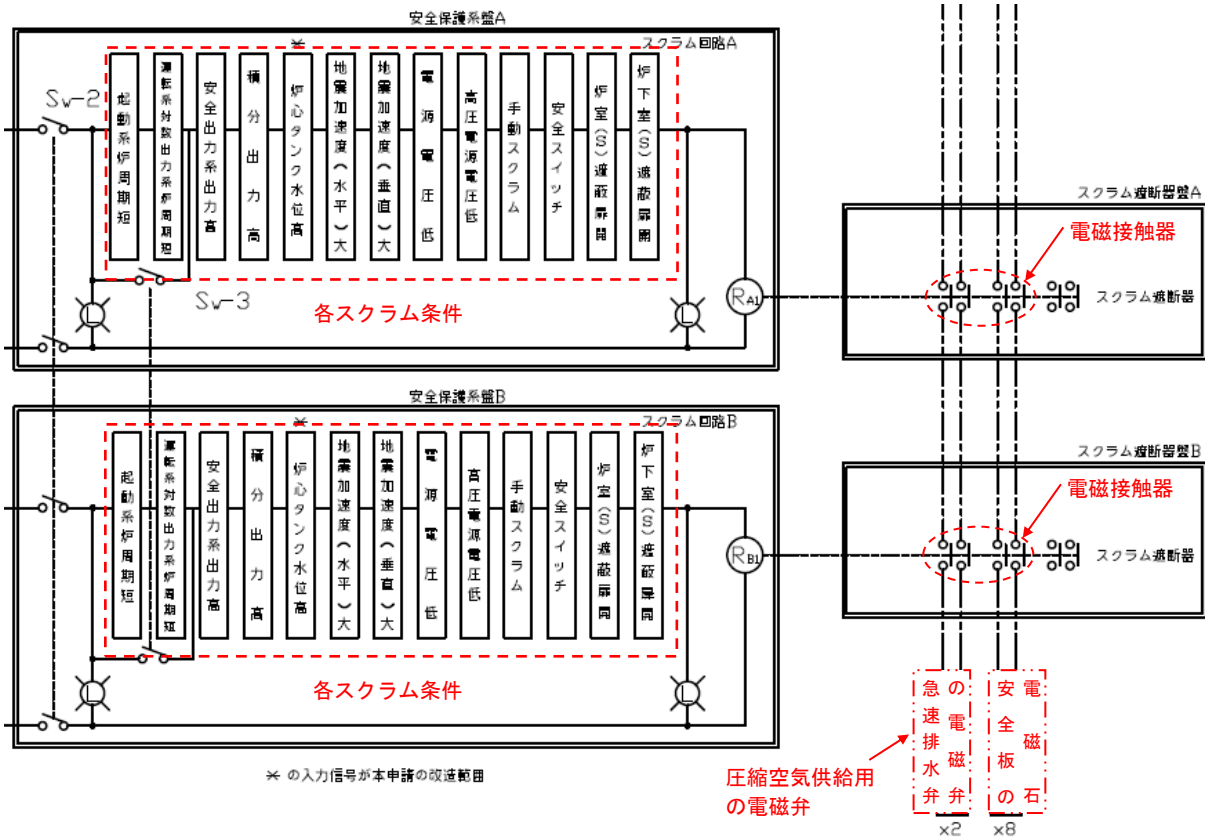


図1 安全保護回路系統説明図

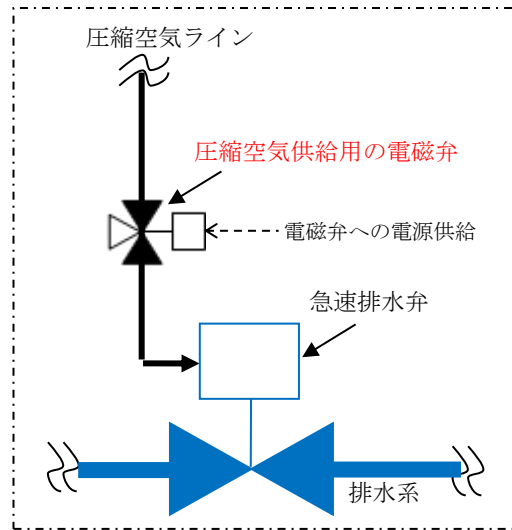


図2 急速排水弁とその電磁弁の関係図

・急速排水弁の開閉機構について

急速排水弁構造説明図を図3に示す。急速排水弁は、圧縮空気をシリンダ内に送りピストンを押し込むと、弁棒に連結されたボールが回転することで閉止となる。このとき、スプリングは圧縮空気により収縮された状態となっている。シリンダから圧縮空気が抜けると、スプリング反力により開状態（フェイルオープン）に戻る。

急速排水弁の開時間については、モックアップ試験において、スクラム信号発生から1 s以内に開となることを確認している。また、当該フェイルオープン機構は、溶液系STACYでも十分な実績がある。

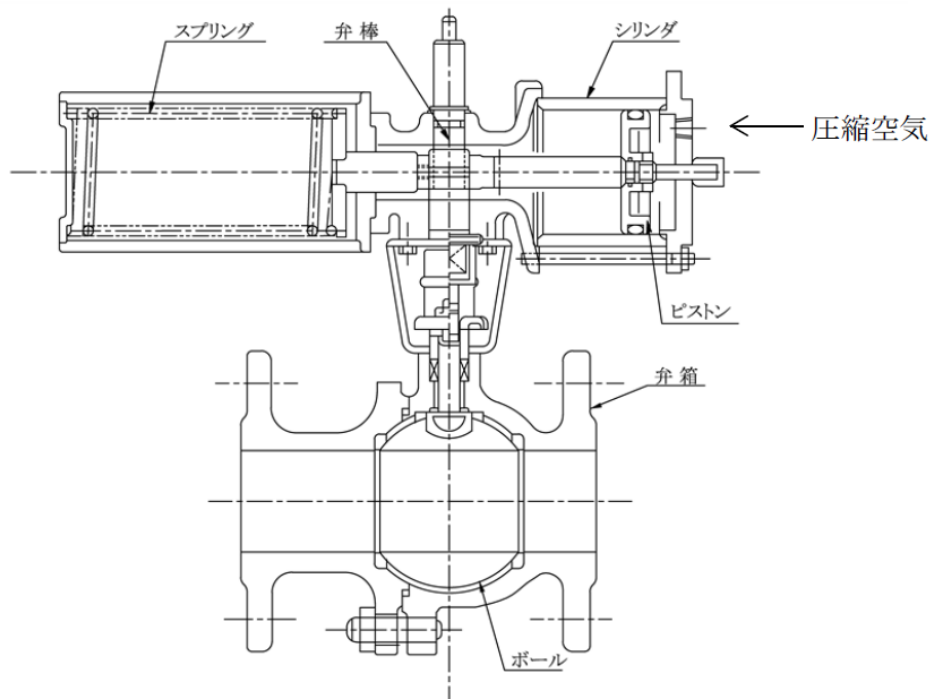


図3 急速排水弁構造説明図

最大給水制限スイッチの位置制御に用いる電子計算機について

最大給水制限スイッチの位置制御には、PLC (Programmable Logic Controller) を使用する。具体的には以下のとおりである。

- ・ 現在位置を、駆動装置に設けた 2 系統のアブソコーダにより検出し、監視操作盤に表示する。
- ・ 最大給水制限スイッチを運転員の手動で操作する場合は、監視操作盤からの上昇、下降操作を受け、電動機を動作させる。
- ・ 最大給水制限スイッチの位置を設定し操作する場合は、監視操作盤からの最大給水制限スイッチ位置設定操作を受け、電動機を動作させる。

最大給水制限スイッチの位置は、監視操作盤に手動で入力し設定する。なお、入力後、設定位置に移動させる際は、上記のとおり PLC を介して電動機が動作する。

当該電子計算機について、メーカーによるメンテナンスの際には、PLC 表面の USB ポート、Ethernet ポート、ローダー専用ポートのいずれかにパソコンを接続してソフト動作の確認や、変更を行う。

計測制御系との共用に係る絶縁回路の使用について

安全保護系の核計装設備の一部（高圧電源、対数計数率回路、炉周期回路、対数増幅回路、線型増幅回路、積分回路）から計測制御系の核計装設備へ信号を取り出す場合には、信号の分岐箇所絶縁増幅器等の絶縁回路を使用し、計測制御系の核計装設備の短絡、地絡又は断線によって安全保護系の核計装設備に影響を与えることのないように機能的に分離した設計とする。

当該説明における絶縁回路とは、信号を入力側と出力側で電氣的に絶縁した上で伝達する絶縁増幅器（アイソレーションアンプ）又はリレーについて述べる。絶縁増幅器はアナログ信号の伝達に使用し、リレーはON-OFF信号（トリップ信号等）の伝達に使用する。以下にそれぞれの概要を説明する。

(1) 絶縁増幅器（図1参照）

核計装で使用するアナログ信号は直流電圧信号であるため、高周波トランスが組み込まれた絶縁増幅器を用いる。この高周波トランスに、アナログ信号と変調信号（高周波）を加えることで、高周波トランス内の磁束が変化し、入力に見合う直流電圧のアナログ信号が出力される。

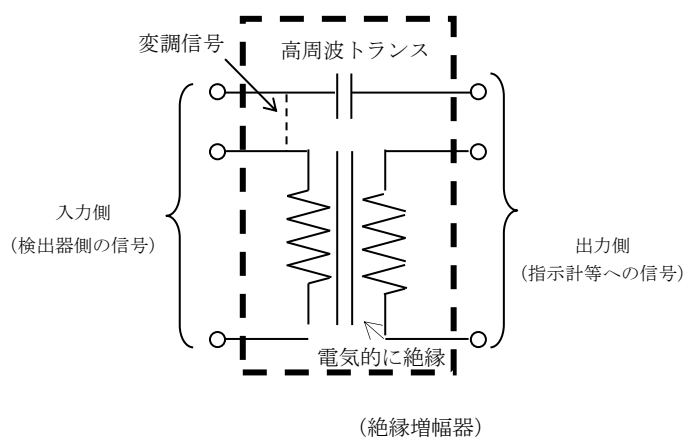


図1 絶縁増幅器 概要説明図

(2) リレー (図2 参照)

入力側のコイルに電流が流れると電磁石の働きで出力側のスイッチが入り信号が伝達される。

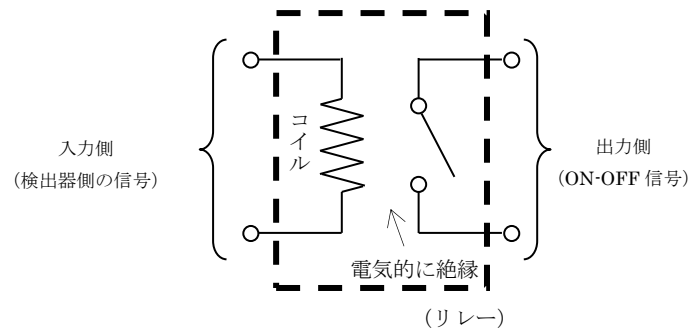
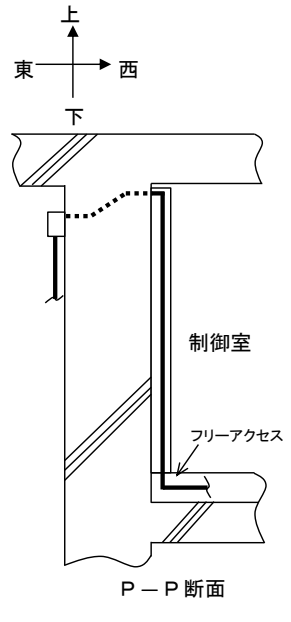
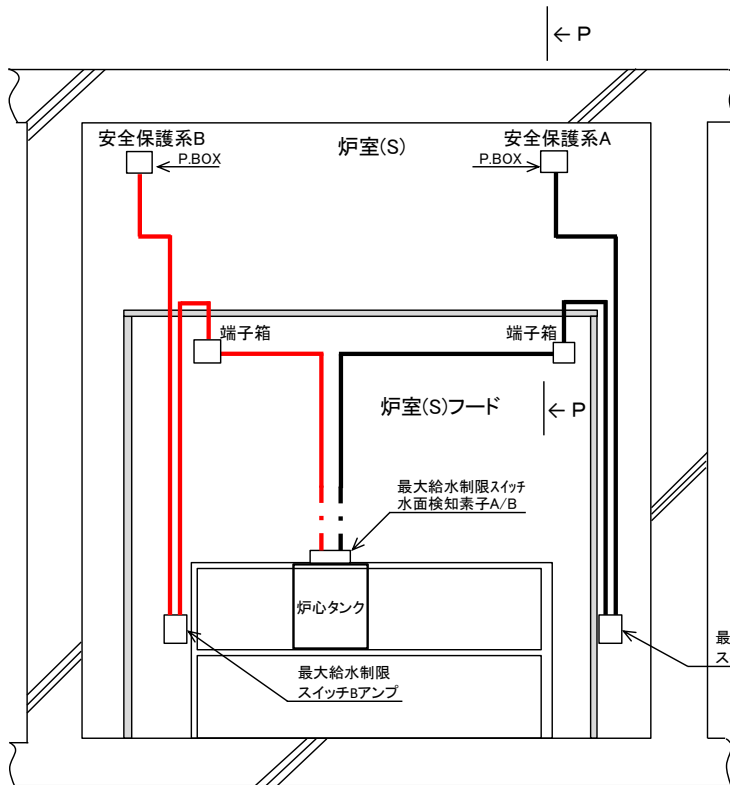
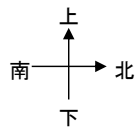
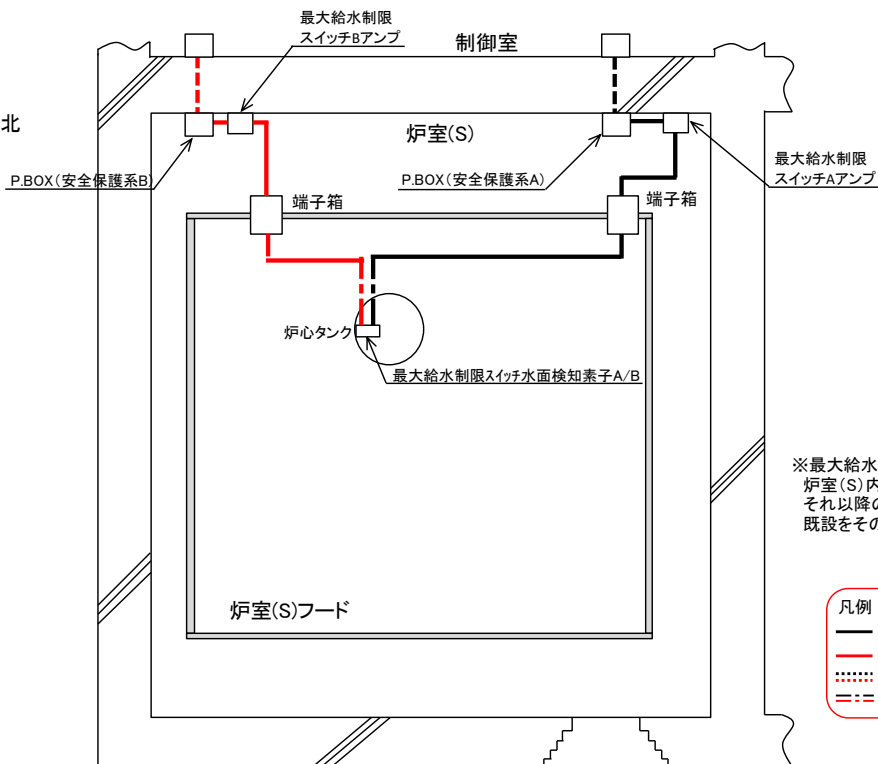
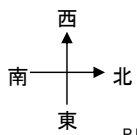


図2 リレー 概要説明図



断面図



※最大給水制限スイッチ水面検知素子から炉室(S)内のP.BOXまでのケーブルは新設し、それ以降の安全保護系盤までのケーブルは既設をそのまま使用する。

- 凡例
- : 鋼製電線管に収まる範囲 (A系)
 - (red) : 鋼製電線管に収まる範囲 (B系)
 - : コンクリートの床・壁に埋設
 - - - : 露出配線

平面図

安全保護系新設ケーブル配線図
(最大給水制限スイッチ系)