

「もんじゅ」のナトリウム漏えい検出器の点検計画 及び 瞬時電圧低下による2次主循環ポンプ ポニーモーターの停止について

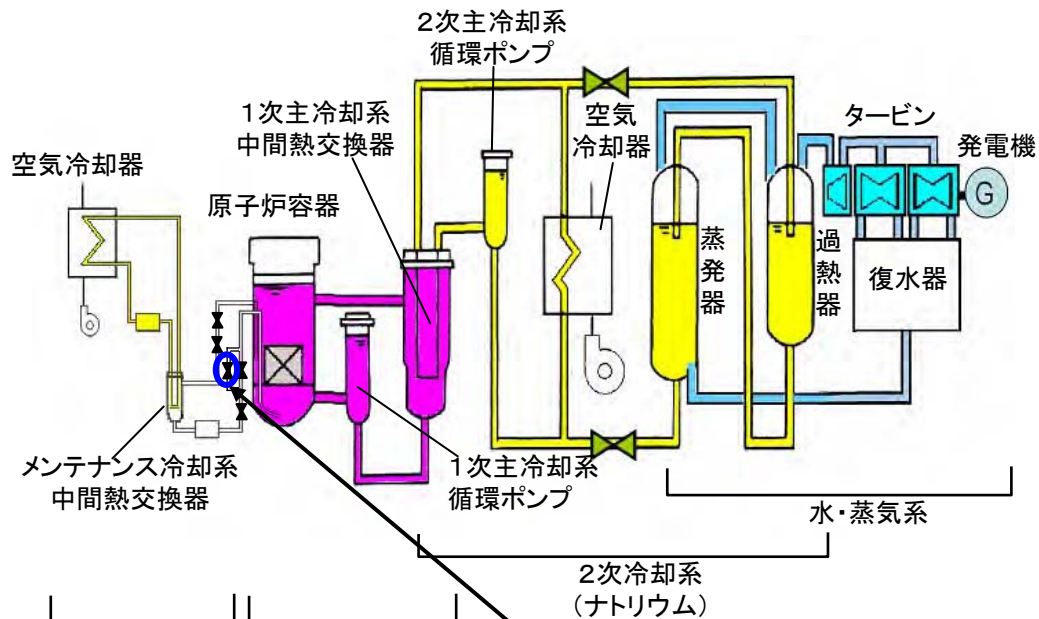
平成20年4月19日

独立行政法人 日本原子力研究開発機構 敦賀本部
高速増殖炉研究開発センター もんじゅ開発部

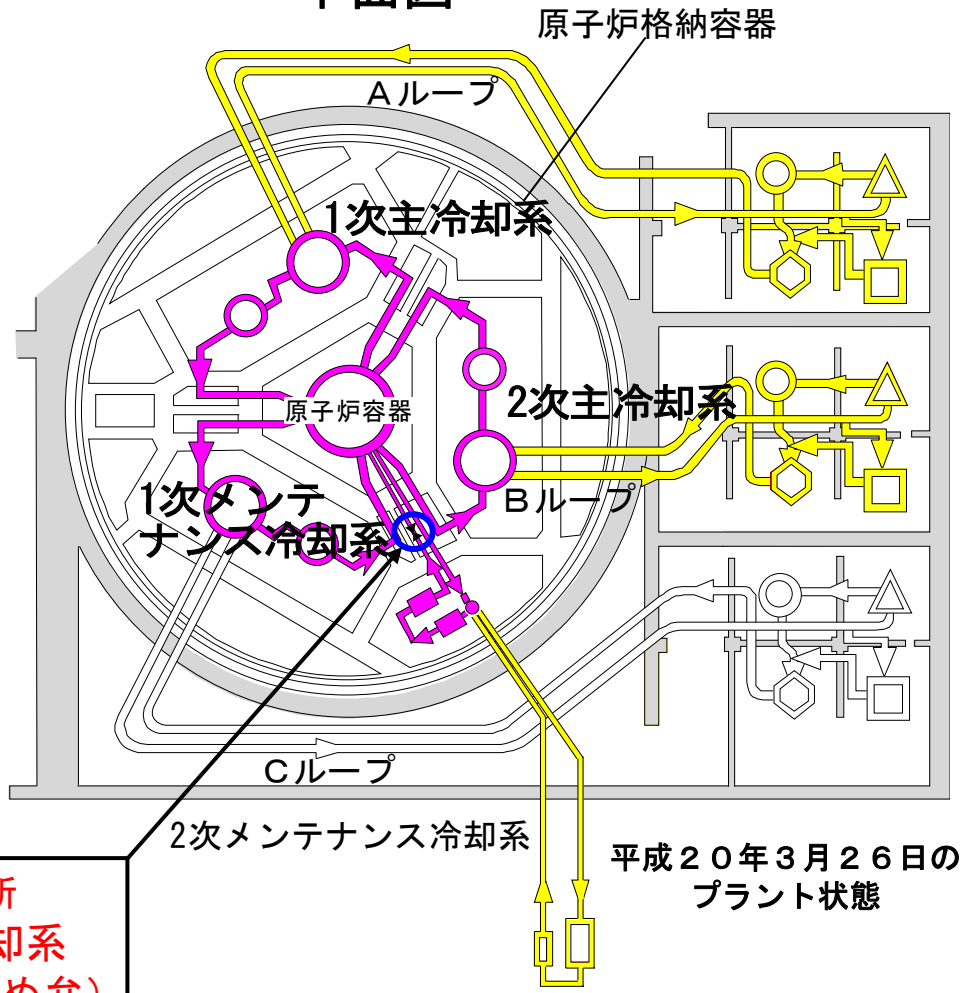
報告概要

- 平成20年3月26日及び28日に発生した1次メンテナンス冷却系ナトリウム漏えい警報(CLD)の誤警報及び点検計画について
- 平成20年1月12日に発生した2次系ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出器(RID)の室温変化による誤警報発報について
- 平成20年4月1日に発生した送電線落雷影響の波及に伴う瞬時電圧低下による2次主循環ポンプポニーモータの停止について

系統図



平面図



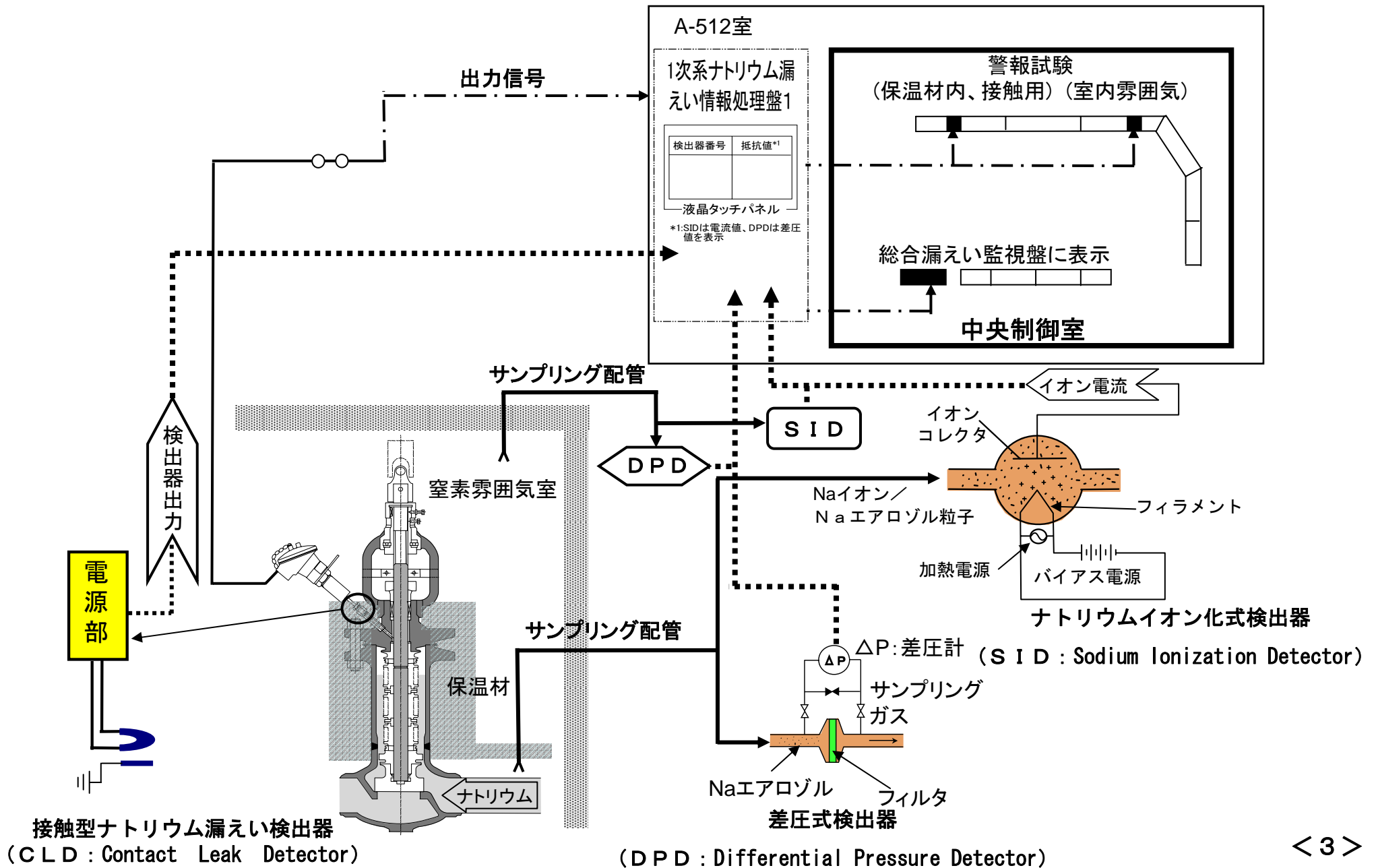
**CLD誤警報発報箇所
 (1次メンテナンス冷却系
 原子炉容器入口1次止め弁)**

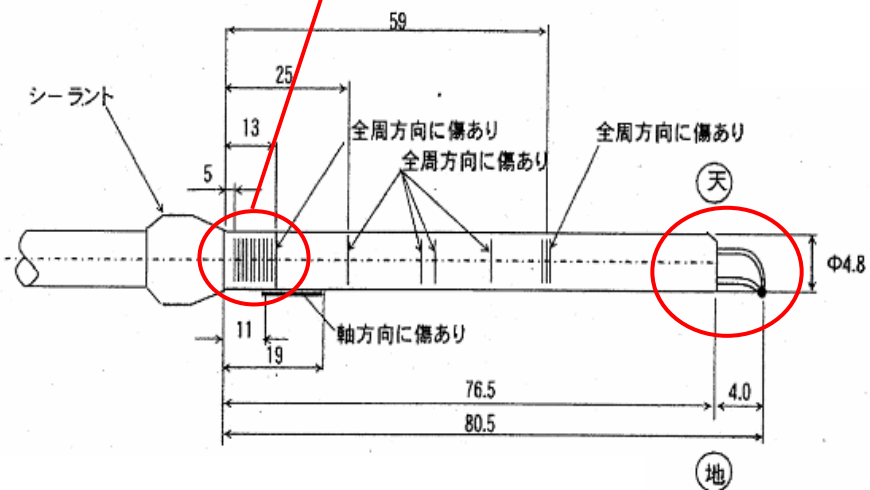
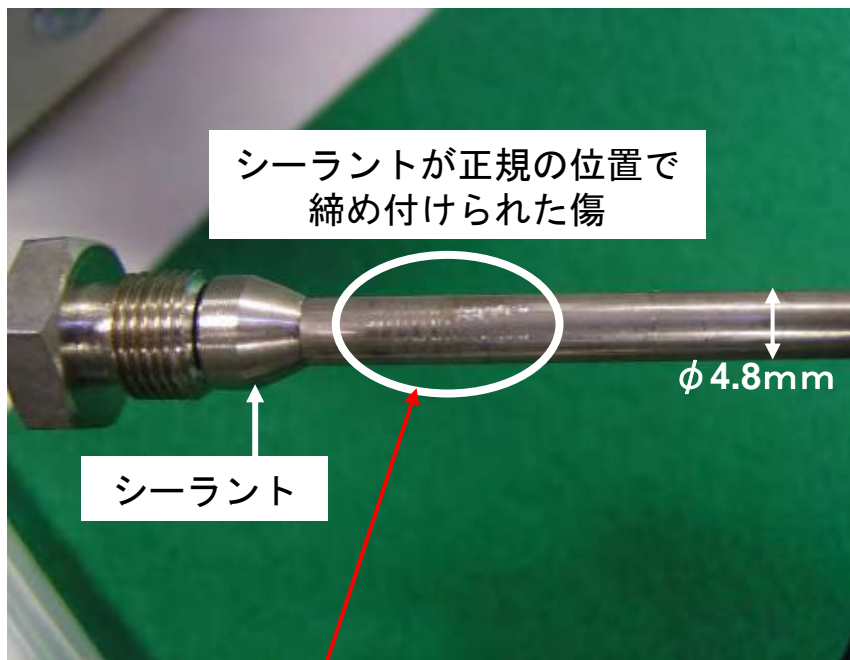
平成20年3月26日の
プラント状態

接触型ナトリウム漏えい検出器 (CLD) 警報発報箇所

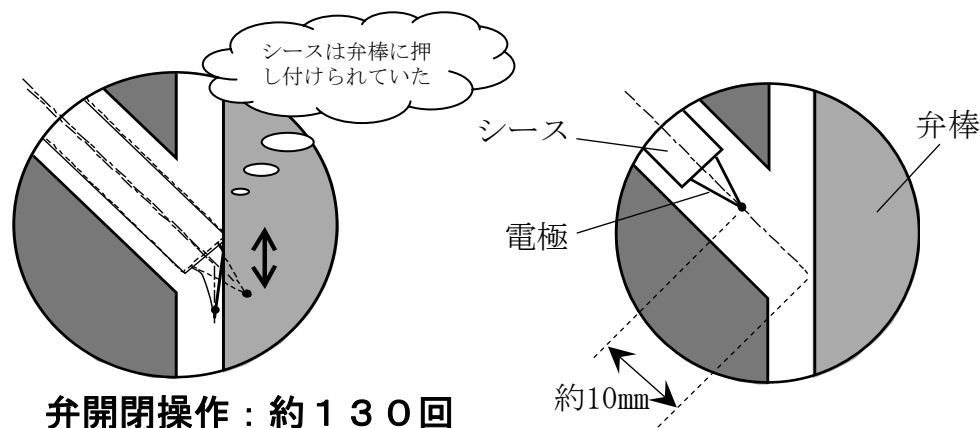


1次メンテナンス冷却系ナトリウム漏えい検出器の設置状況





CLD先端の状況

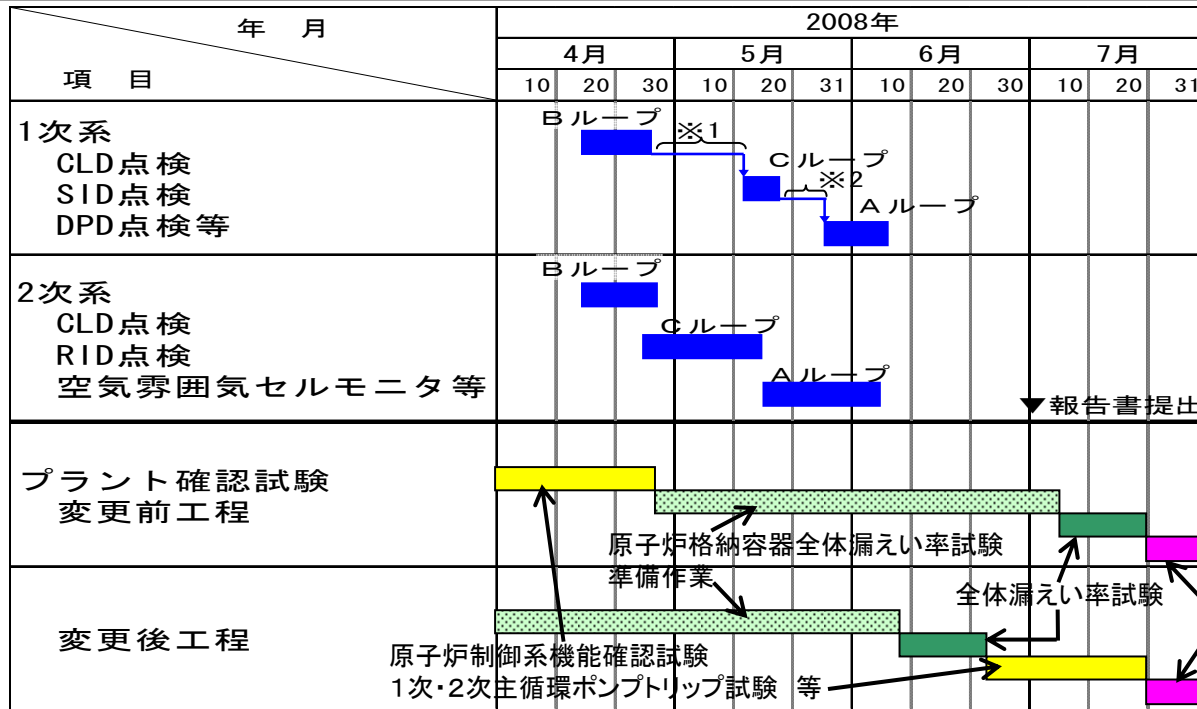


弁棒の摺動により当たっていたシース上端が磨耗したため、離れていた電極が接触した。

※計画上の電極～弁棒間

H3年3月頃～H20年3月26日

「もんじゅ」ナトリウム漏えい検出器の点検計画工程等



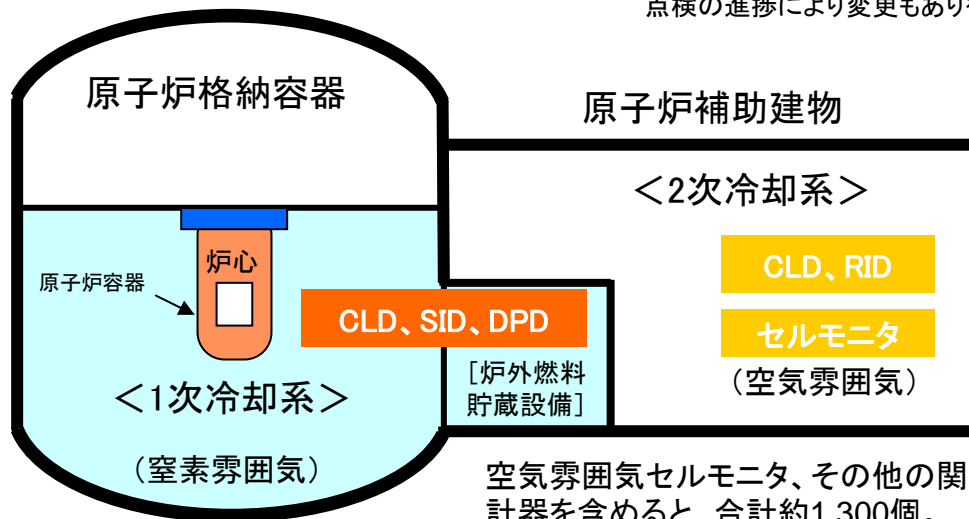
※1
Bループ窒素置換後、Na充填→CループNaドレン→
→AループNaドレン →Cループ空気置換

※2 Cループ窒素置換→Aループ空気置換

▼報告書提出

1次・2次冷却系
系統昇温純化試験
等

点検の進捗により変更もあり得る。



CLD: 接触式ナトリウム漏えい検出器
SID: ナトリウムイオン化式検出器
DPD: 差圧式検出器
RID: 放射線イオン化式検出器

計611個

「もんじゅ」ナトリウム漏えい検出器の点検内容

設置場所	検出器の種類	設置個数	検出器引き抜き	構造確認	機能確認							
					導通試験	絶縁抵抗測定	電圧測定	フィラメント温度	差圧伝送器点検	指示値確認	警報試験	
1次冷却系	CLD	179(9)	●	—	●	●	—	—	—	—	●	
	SID	22	—	○	●	●	—	●	—	—	●	
	DPD	22	—	○	—	—	—	—	●	—	●	
2次冷却系	CLD	92	●	—	●	●	—	—	—	—	●	
		132(24)	—	○	●	●	—	—	—	—	●	
	RID	32	—	○	●	—	—	—	—	—	●	
原子炉	SID	8	—	○	●	●	●	—	—	—	●	
	DPD	8	—	○	—	—	—	—	●	—	●	
貯蔵外燃備料	CLD	102(8)	—	○	●	●	—	—	—	—	●	
	DPD	14	—	○	—	—	—	—	●	—	●	
セルモニタ	熱感知器	208(208)	—	○	—	—	—	—	—	—	●	
	煙感知器	336(336)	—	○	—	—	—	—	—	—	●	
その他	液面計	連続式	63	—	○	—	—	—	—	—	●	—
		固定点式	39	—	○	●	●	—	—	—	—	●
	床下雰囲気等温度計	36	—	○	●	●	—	—	—	—	●	
	改良型温度計付漏えい確認用検出器	42(42)	—	○	●	●	—	—	—	—	—	

○: 全数について機能に影響し得る寸法、取付位置、取付方向、取付方法等の確認

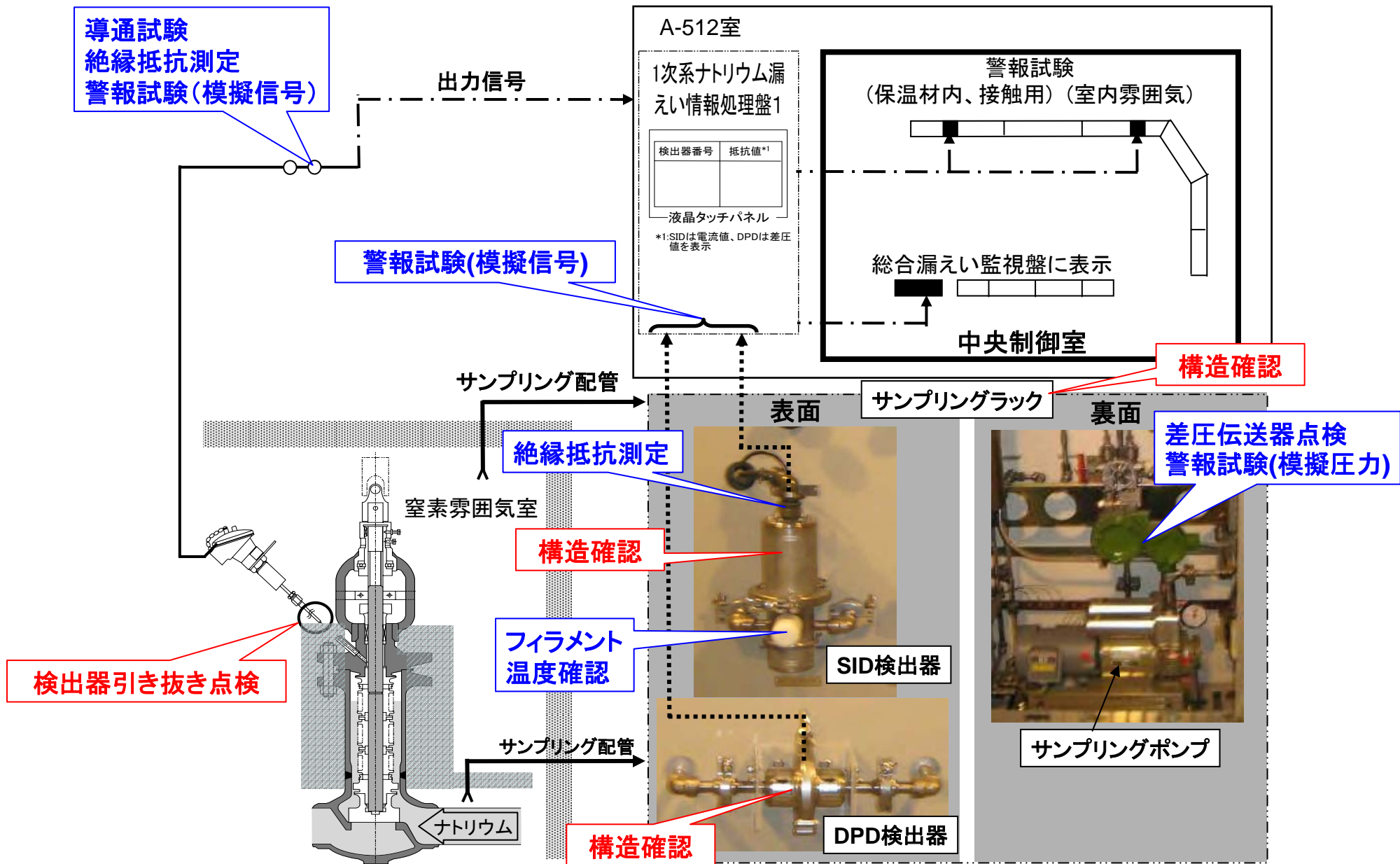
ただし、①構造上、施工が機能に及ぼす影響が十分小さいと考えられるものは、抜き取りで確認

②第三者による検査記録により確認できるものは、抜き取りで確認

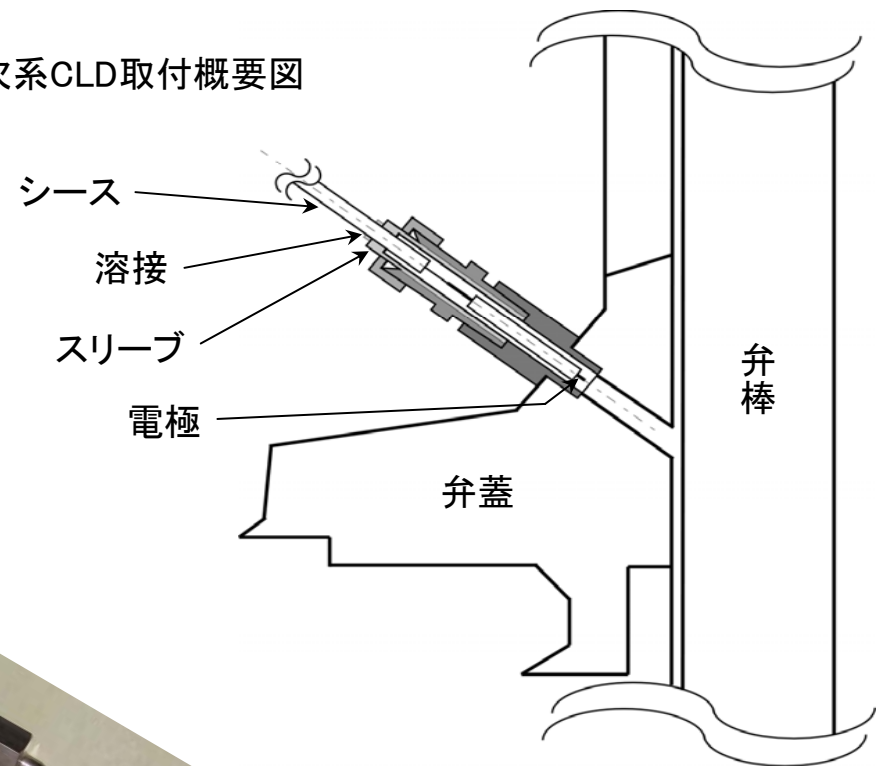
(注1) 設置個数の()は、今回のナトリウム漏えい対策工事で設置した個数(内数)。

(注2) 表中の検出器の他、差し込み構造の計装品及び今回施工不良があった同一の製作施工会社の計装品等について、水平展開として同様の点検を行う。

JAEA 1次メンテナンス冷却系ナトリウム漏えい検出器点検の代表例



2次系CLD取付概要図

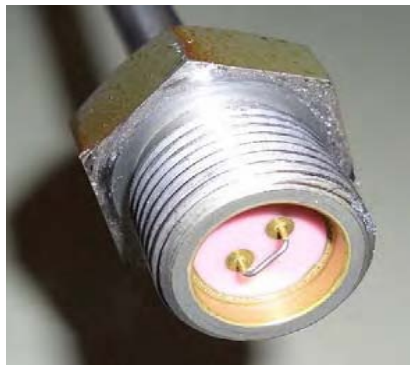
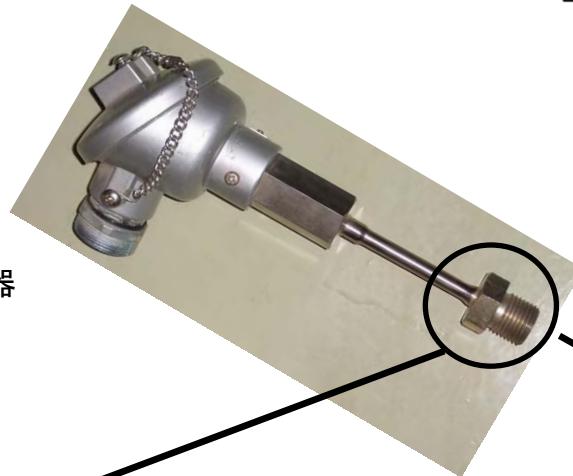


先端部
拡大

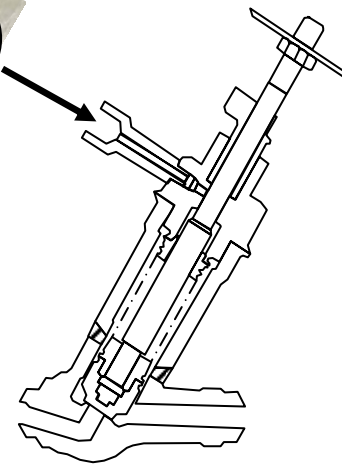


代表例：
炉外燃料貯蔵設備冷却系(533BV7)

ナトリウム漏えい検出器



ナトリウム漏えい検出器端部

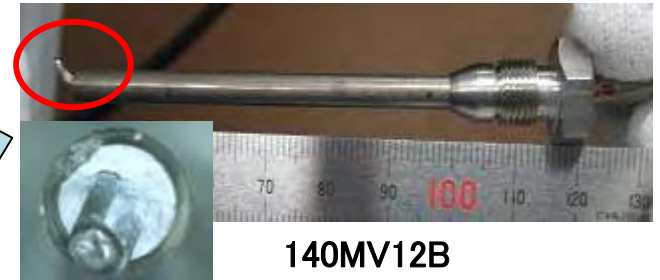


(平成20年4月18日現在)

CLD据付箇所	個数	点検個数	電極曲がり 個数
弁 (当該品と同角度) (430MV5B含む)	5	5	4
弁 (当該品と異なる角 度)	18	13	4
弁 (水平)	141	43	3
機器・配管	90	43	9
合計	254	104	20



430MV1



140MV12B



430MV9

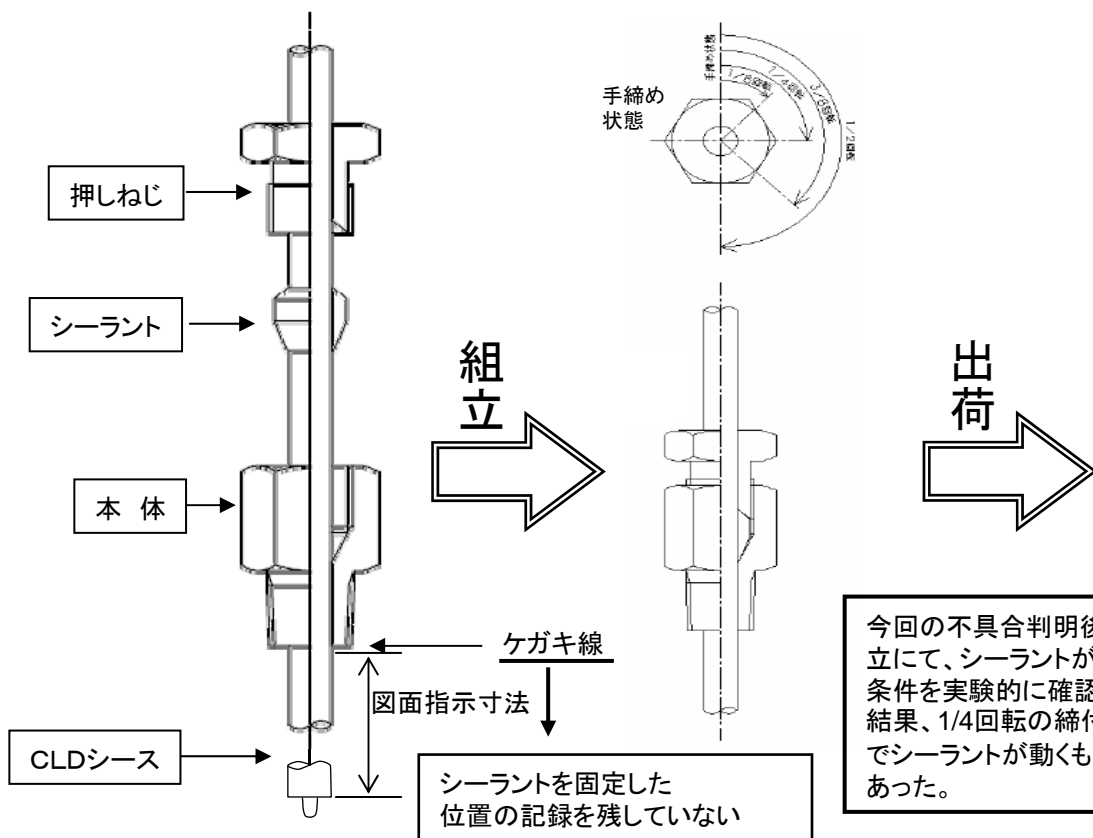


431XE314

工場

- ①CLDシースに図面指示寸法のケガキ線を入れる
- ②CLDシースにコンプレッションフィッティング(押しねじ, シーラント, 本体)を差し込む
- ③本体をケガキに合わせ, 押しねじで仮締めする
- ④シース先端～本体までの寸法確認

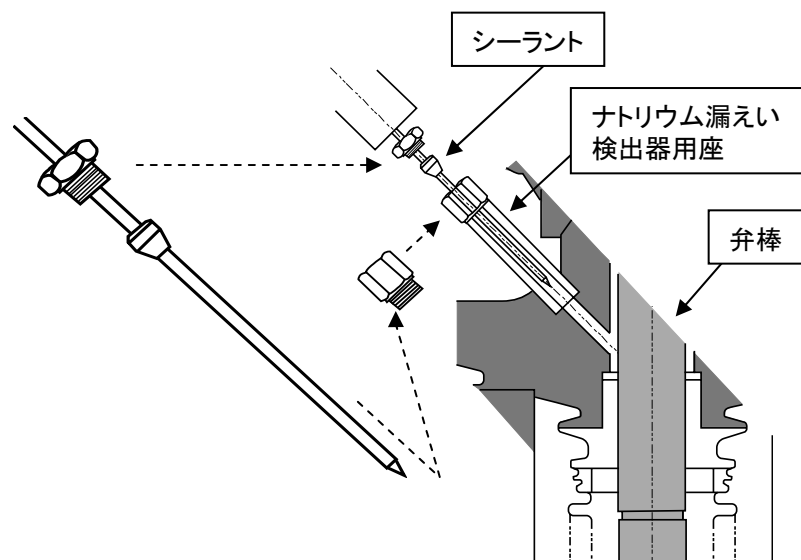
- ⑤押しねじをスパナにて1/4～1/2 回転締付ける(社内資料)
- ⑥シース先端～本体までの寸法確認
- ⑦ケガキ線を拭き取り洗浄する



今回の不具合判明後、日立にて、シーラントが動く条件を実験的に確認した結果、1/4回転の締付けでシーラントが動くものがあった。

サイト

- ①押しねじを緩めて本体と押しねじを分離する
- ②本体を弁側取付座にねじ込む
- ③CLDを先端から本体に当たるまで挿入する
- ④押しねじをスパナにて増し締めする



シーラントの固定位置がずれていないことを確認する管理をしていない。

今後の予定

- (1) 原因究明を引き続き行うとともに点検中に確認された不具合については、その都度、本計画書を見直し適切な点検を行い、必要により工程の見直しを行います。
 - ・再現性試験の継続実施
 - ・シーラント構造の使用実績調査
 - ・その他計測器の品質管理状況調査
- (2) 再発防止対策については、これまでの調査及び本点検計画書による点検結果を踏まえ実施するとともに、施工管理に係わる対策について適切な処置を行います。
 - ・警報発生メカニズムの解明につとめ、施工管理に反映
 - ・1次系CLDの施工方法の見直しと施工管理方法の改善
 - ・シーラント方式の適用の可否の検討
- (3) 根本的な原因分析と施工管理上の問題を検討し、これに基づき必要な水平展開を図ります。
 - ・安全性総点検で摘出出来なかった点の整理
 - ・根本的な原因分析に基づく水平展開
- (4) 品質保証活動及び安全文化の醸成に関する第3者によるピアレビューの実施を検討していきます。

分類	検出器の種類		個数
ナトリウム漏えい検出器	接触型漏えい検出器(CLD)	シーラント型CLD	254(*1)
		シーラント型以外CLD	251(*1)
	ガスサンプリング型漏えい検出器	SID	30
		DPD	44
		RID	32
小計		611	
その他ナトリウム漏えい確認が可能な設備	空気雰囲気セルモニタ		544
	誘導式液面計		84(*2)
	接触式液面計		18
	温度計		36(*3)
	改良型温度計付漏えい確認用検出器		42
	小計		724(*4)
合計			1335(*4)

- *1：調査した結果シーラント型CLD271個のうち17個がシーラント型以外であったことが確認されたため、訂正する。
- *2：再確認の結果、液面計を1個多く数えていたため、訂正する。(2次系ダンプタンク液面計は2個に対して3個としていた。)
- *3：ナトリウム漏えいが発生した場合、温度を検出して機器保護のため機器を停止させるのを目的に設置された温度計を加えたため、計画書記載の個数を18個追加する。
- *4：*2の液面計及び*3の温度計の個数の訂正により、小計及び合計を訂正する。(合計1318個から1335個に訂正)

ナトリウム漏えい警報発報時の 通報遅れについて



ナトリウム漏えい警報発報時の対応状況（時系列）

所長	当直長	P1課長	連絡責任者	技術課長	次長	P2課長	敦賀本部
3月26日（水） 23時07分 -1次メンテナンス冷却系ナトリウム弁ナトリウム漏えい警報発報							
	当直長は連絡責任者に漏えい警報発報を連絡						
	当直長はP1課長へ消防署へ通報する旨の連絡をした						
	P1課長は誤報の確認ができていないことから消防署への通報は待つよう指示						
	連絡責任者は技術課長に通報連絡対応について確認						
	技術課長は連絡責任者に誤報の通報連絡は不要との意見を述べた						
	P1課長は技術課長に発報状況を説明、「運転上の制限の逸脱」の可能性の検討を依頼						
	P1課長は所長に漏えい警報発報、雰囲気 を監視している検出器の異常なしを連絡						
	誤報か確認できなければ「運転上の制限の逸脱」を連絡						
3月27日（木）0時	所長は次長に保安規定上の扱いを確認し、 誤報と判断ができない場合1報を出す必要ありと判断						
	☆当直長は「運転上の制限の逸脱」を宣言 ☆当直長は敦賀消防署へ連絡						
	☆技術課長は保安検査官に連絡を開始						
3月27日（木） 1時13分 漏えい警報の停止（警報リセット）							
	☆所長が自治体等への情報連絡を指示						
	☆技術課長は保安検査官へ連絡						
	☆報道機関から広報課へ、 消防車がもんじゅ出動との 問合せあり						
3月27日（木） 2時08分 自治体等へ情報連絡							

通報遅れの問題点とその原因

- 通報連絡に約3時間を要した
- 初期対応が不適切であった

改善策

1. 迷った場合は、必ず連絡
2. 事実確認に時間がかかる場合、すぐ連絡
3. 徴候を確認した時点で、まず連絡

連絡三原則の設定・徹底

【体制強化】

- ・危機管理専門職を所長スタッフとして配置:速やかに配置予定
- ・連絡責任者に加え、連絡補助者1名をセンターに常駐、2名体制:4月14日から実施

【意識改革】

- ・通報連絡改善キャンペーン活動、幹部、管理職、一般職の混成グループ活動による「安全文化討議」の実施計画など

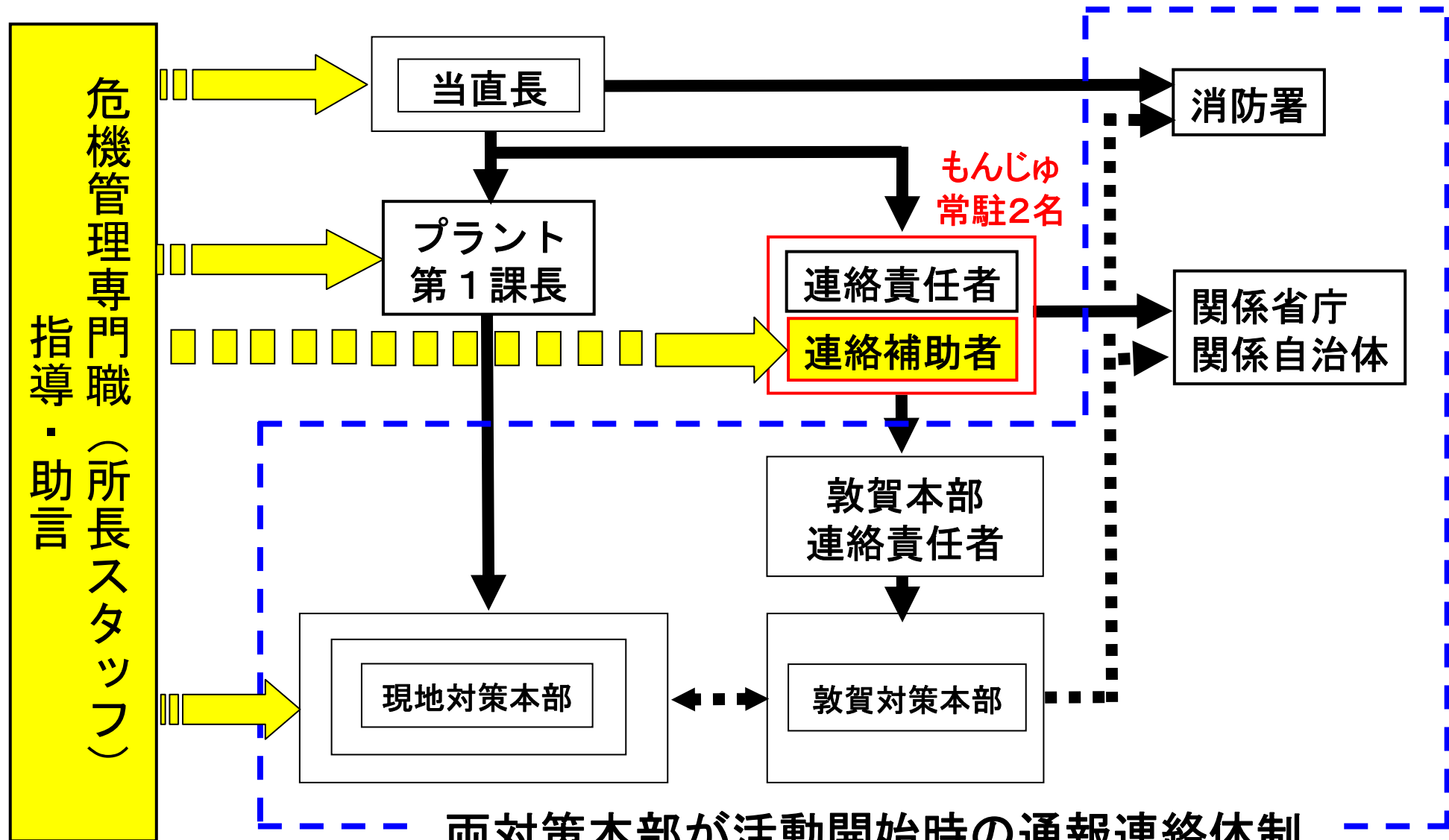
【再教育・訓練】

- ・所長を含む幹部並びに連絡責任者に対する教育や安全協定等の基本的考え方を職員へ再教育など

【マニュアル整備】

- ・ナトリウム漏えい警報発報時の対応や事故に直接係わる警報を明確にしたマニュアルの整備

以上の改善策が適切に行われていることを、原子力機構内で定期的にチェック&レビュー致します。また、3ヶ月を目途に中間的評価を行い、外部有識者からなる「もんじゅ安全委員会」の評価を戴き、継続的な改善に努めていきます。



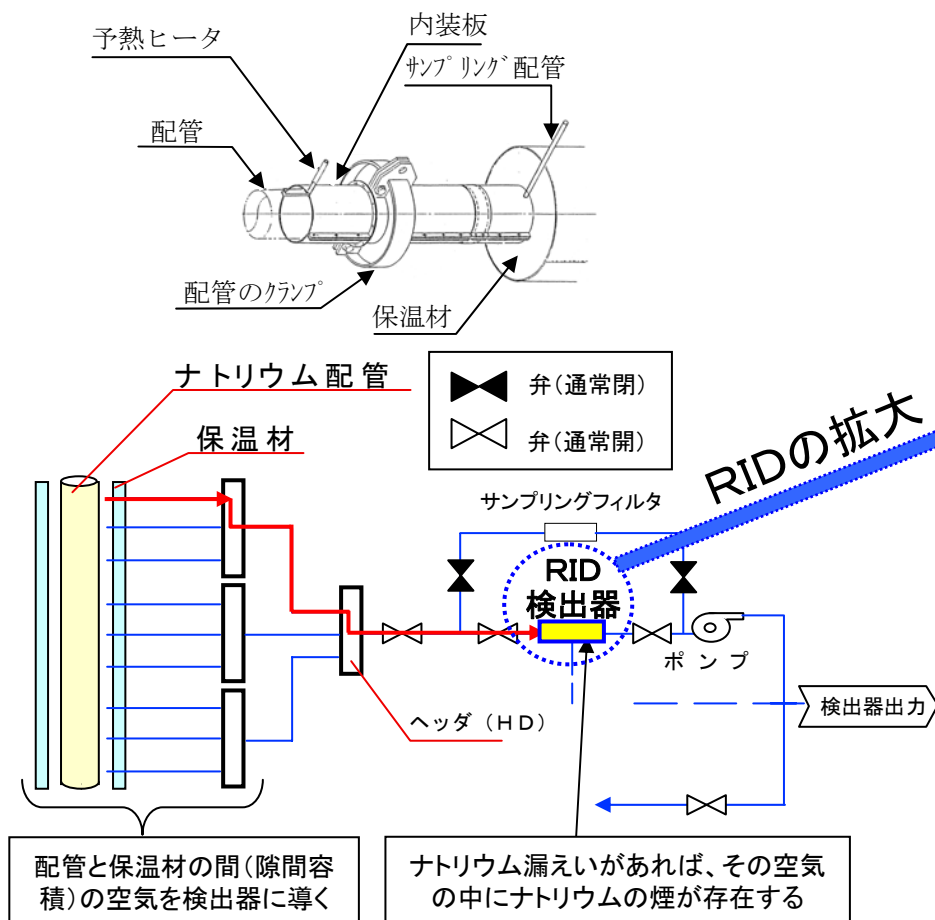
両対策本部が活動開始時の通報連絡体制

体制強化策

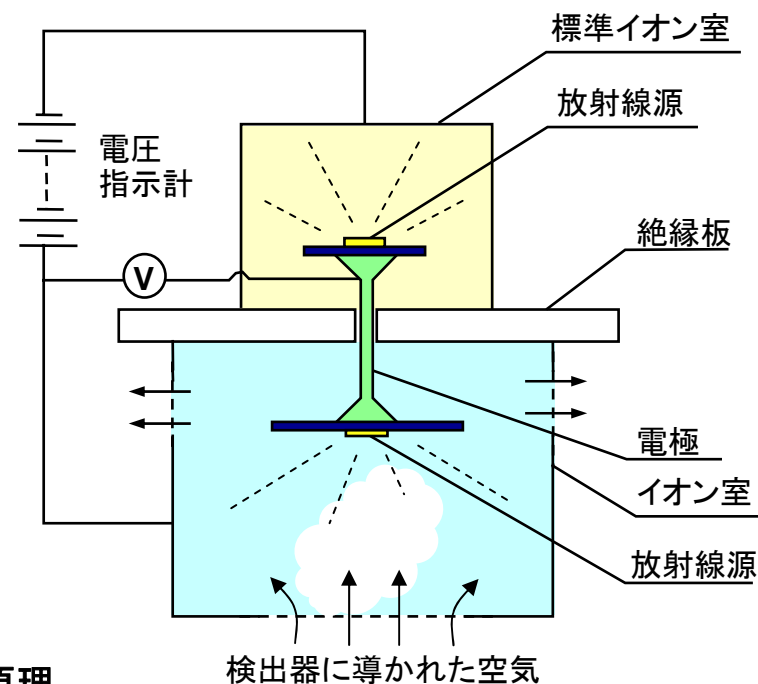
平成20年1月12日に発生した
2次系ガスサンプリング型漏えい検出器
(RID)の誤警報対応について

2次系ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出器（RID）の仕組みについて

－RIDの構成及び原理－



RID: 放射線イオン化式検出器
(Radiative Ionization Detector)



測定原理

- サンプルガスが導かれるイオン室と、密封された構造の標準イオン室がある。各々のイオン室には α 線源であるAm-241が設置されており、サンプルガスをイオン化することで、あらかじめ外部から電界を加えた電極間にイオンの流れ(電流)を発生させている。
- 検出器に導かれたサンプルガス中にナトリウムの煙(1m³の空気中にわずか1/10000g程度)が存在すると、イオンの流れ(電流)が阻害され、電流が減少する。
- この電流変化を標準イオン室側との電位差で検知することにより微小ナトリウム漏えいを検出する。
- RIDの感度は非常に高く、検出器に導かれる空気の温度の変化などの影響を受ける。



2次系ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出器 (RID) の 室温変動による誤警報発報について

発生当日の状況 (平成20年1月12日)

- ◇1日前の同時刻で外気温度が約10℃低下し、検出器に導かれる保温材内の空気温度も同様に变化した。
- ◇空気温度の低下に伴い検出器に導かれる空気密度が上昇し、RID出力信号の変化量(24時間前の同時刻との比較)が設定値(0.42V/℃)に達し、警報が発報した。
- ◇他の要因について長時間モニター・調査を実施した結果、検出器自体の故障、圧力の変動による影響はみられなかった。

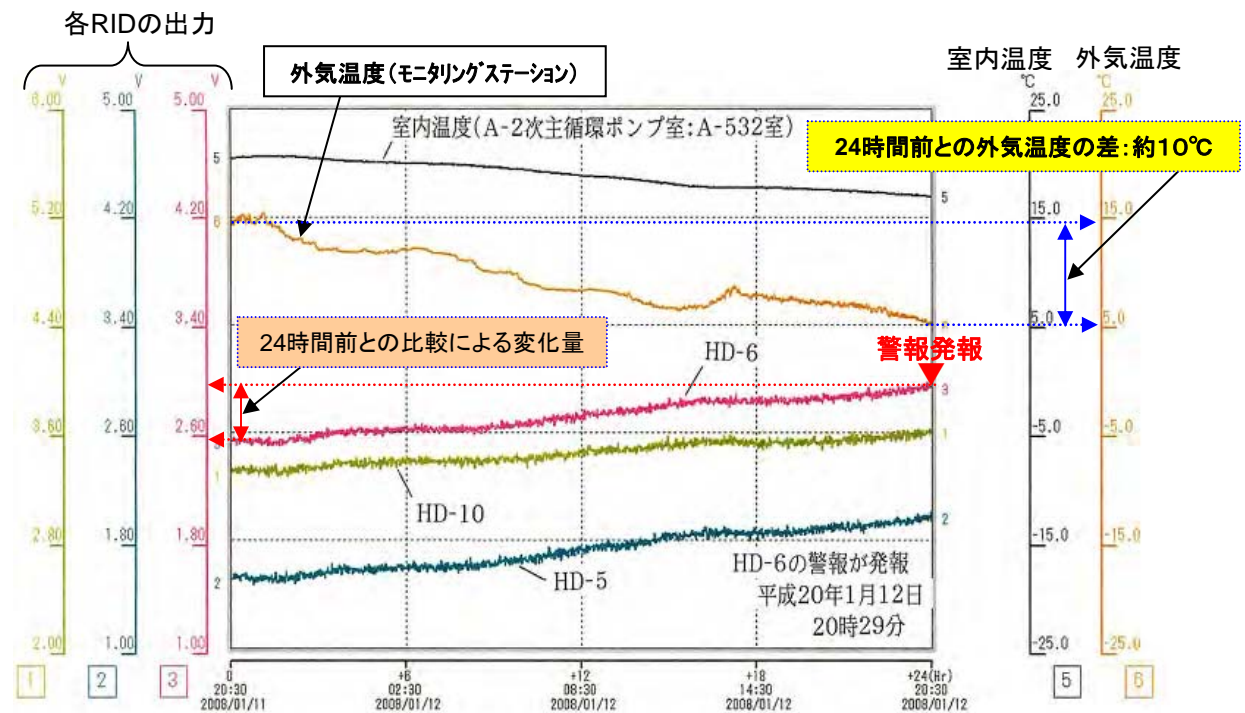
改善策

○比較時間の変更

外気温度の影響を小さくするため、24時間を1時間に変更した。

○フィルタ分析及びバックグラウンドのリセット

- ・運転員が定期的(3回/日)にRID出力の変動を確認し、外気温の変動によるものと考えられる有意な上昇がある場合は、フィルタ分析を行い漏えいの無い事を確認した後、バックグラウンドのリセットを徹底する。
- ・その後は、1時間経過するまで監視を強化する。



(平成20年1月12日の状況)

※ バックグラウンドのリセットとは、比較対象データをクリアし、再設定することをいう。< 19 >

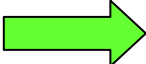


2次系ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出器（RID）の 室温変動による誤警報発報について

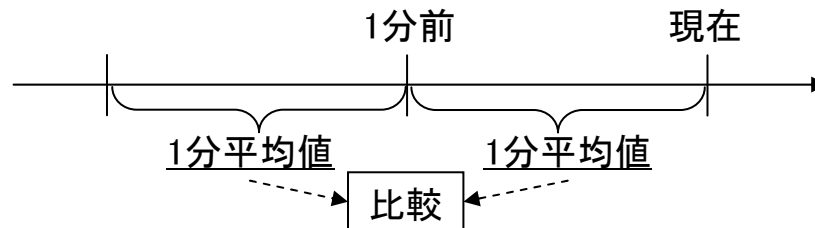
— 警報設定値の考え方(まとめ) —

◇RIDの出力変化の検知

- * RIDのトレンド(経時変化)監視
- * RIDの警報

1分比較:  **従来どおり**

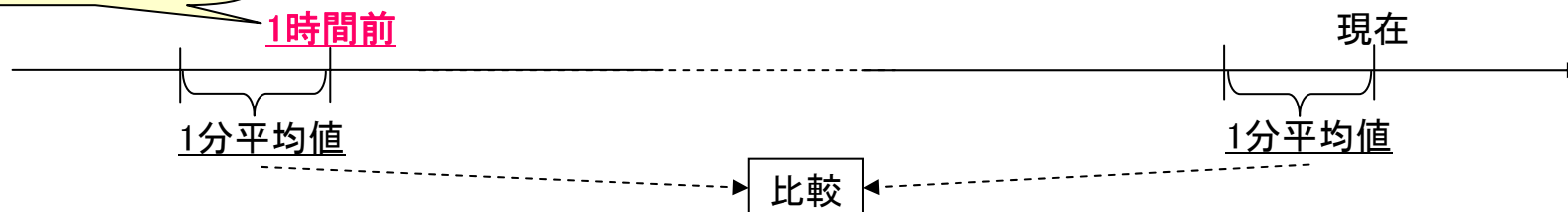
1秒毎に収集したサンプリングデータについて1分間の平均化処理を実施し、現在値と1分前の値と比較し、差が警報設定値以上となれば警報を発報する。(1秒おきにチェックされる)



24時間比較:  **1時間比較に変更**

1秒毎に収集したサンプリングデータについて1分間の平均化処理を実施し、現在値と1時間前の値と比較し、差が警報設定値以上となれば警報を発報する。(3分おきにチェックされる)

24時間前から変更





2次系ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出器（RID）の 警報設定値の考え方について

24時間比較を1時間比較とした理由

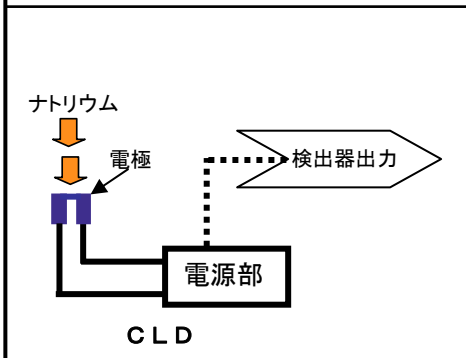
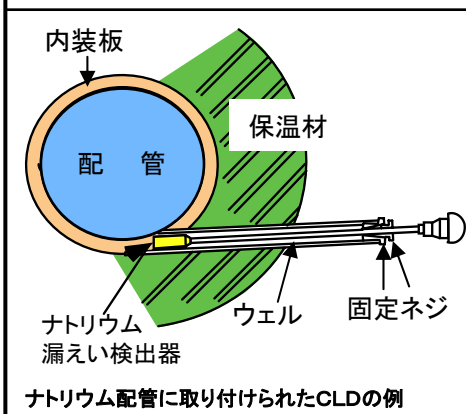
- 「24時間前偏差監視」は、長期スパンの漏えい監視用に温度影響を少なくする目的で設定していたが、外気温度が24時間連続して低下したため、誤警報が発報した。
- このため、温度変化を緩和するための方法を検討したが、一律に温度補正をした場合は、漏えい検知が遅れることになること、検出器に導かれるガスを一定温度に保つための機器（クーラーなど）を取り付けた場合は結露水が発生することとなるため、禁水区域での運用ができないことなどから、比較時間を変更する方向で検討することとした。
- 24時間継続して外気温度が下降した場合でも、その内の1時間の温度変化の影響しか受けられないため、影響が緩和される。
- RIDの開発試験において、検知目標値である100 g/hのナトリウム漏えいを検出するまでに要した時間を参考に、実機における配管長さを考慮した最も厳しい条件で検知時間を評価した結果、約46分であったため、この時間を包括する「1時間」とした。

1時間比較での妥当性

- 今回の誤警報時の1時間あたりのRIDの最大変化は0.03Vであり、現状の各RIDの警報設定値（約0.4Vから0.8V）より低いため、外気温度変化の影響による警報発報を防止できる。
- もんじゅの過去1年間の1時間あたりの最大外気温度低下である6.9°CにおけるRIDの最大変化は0.24Vであり、警報設定値に対して十分低い値であるため問題ない。

ナトリウム漏えい検出器の原理と用途及び特徴

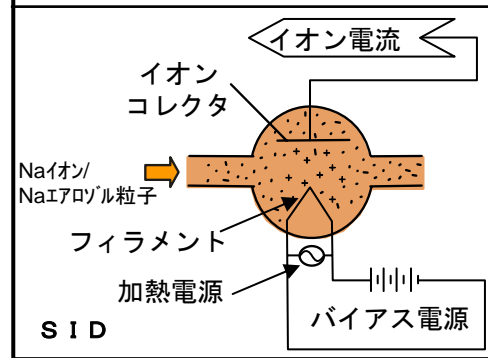
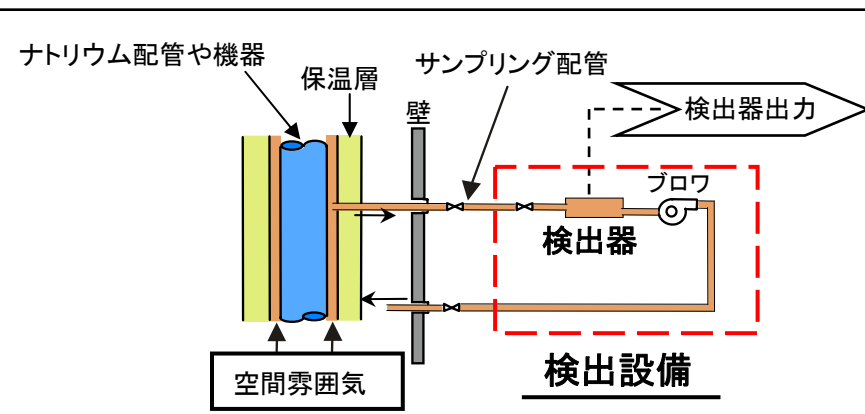
接触型ナトリウム漏えい検出器



接触型ナトリウム漏えい検出器 (CLD: Contact Leak Detector)

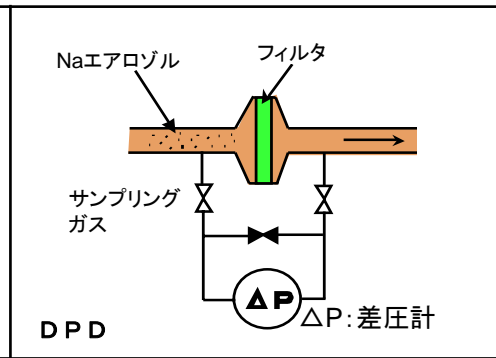
- ナトリウムが導電性であることを利用し、検出器先端の電極部にナトリウムが付着すると電気的短絡が生じることで検知する。
- 不活性雰囲気および空気雰囲気での機器(弁・タンク・配管)等で使用。

ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出器



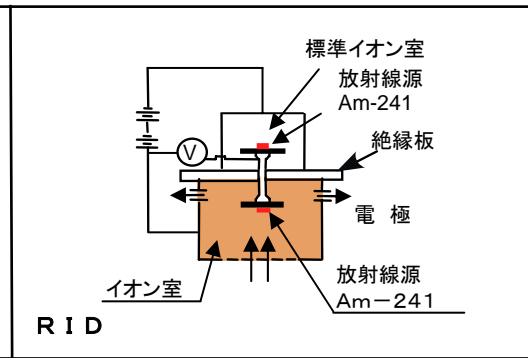
ナトリウムイオン化式検出器 (SID: Sodium Ionization Detector)

- サンプリングガスに含まれるナトリウムエアロゾルを高温で電離し、このイオン電流を検知する。
- 1次主冷却系などの不活性ガス雰囲気で使用。



差圧式検出器 (DPD: Differential Pressure Detector)

- サンプリングガスに含まれるナトリウムエアロゾルがフィルタ部に捕集され、この差圧の変化を検知する。
- 不活性ガス雰囲気、空気雰囲気のいずれでも使用。



放射線イオン化式検出器 (RID: Radiative Ionization Detector)

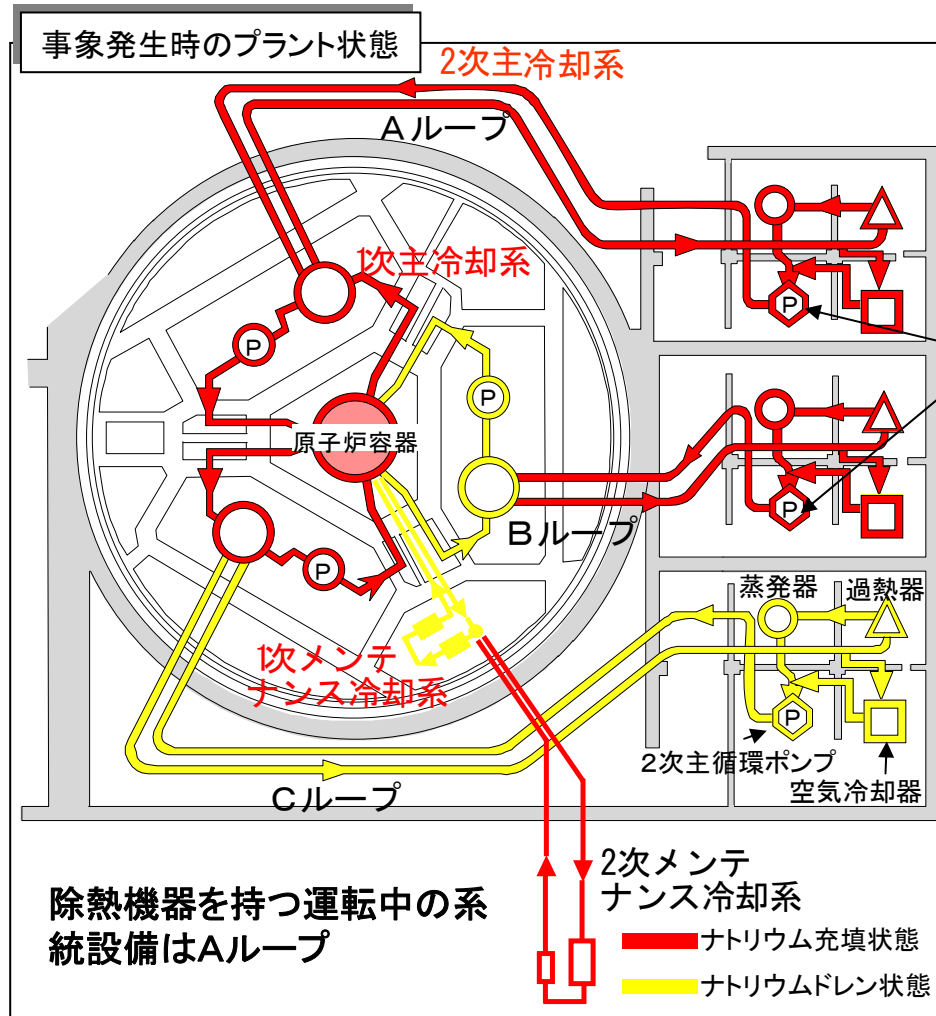
- Am241線源によりイオン化されている検出部に、サンプリングガスに含まれるナトリウムエアロゾルが入ると電流の流れが阻害されることを利用し、標準室と比較して検知する。
- 2次主冷却系などの空気雰囲気で使用

平成20年4月1日にもんじゅで発生した
瞬時電圧低下による2次主循環ポンプ
ポニーモーターの停止について

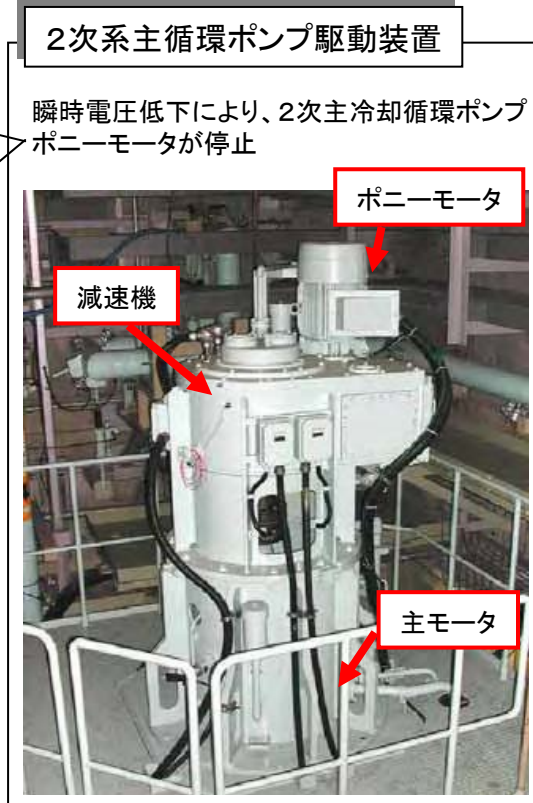
瞬時電圧低下による2次主循環ポンプポニーモータの停止について

運転状態にあった2次主循環ポンプポニーモータA, Bが自動停止し、Aループの冷却運転が停止状態となり、保安規定第41条第1項で定められている運転上の制限『原子炉の状態が低温停止かつ崩壊熱が原子炉の放散熱*1以下において、除熱機器を持つ系統設備を1系統以上が動作可能であること』を逸脱した。
 しかし、崩壊熱が放散熱以下であるため2次主循環ポンプポニーモータ停止による影響はなかった。

- 4月1日
 13:41 送電線の落雷による瞬時電圧低下発生
 2次主循環ポンプポニーモータA, B自動停止 (ポニーモータCは停止中)
 運転上の制限を逸脱
- 13:52 2次主循環ポンプポニーモータA手動起動
 運転上の制限内に復帰
- 13:55 ポニーモータB手動起動
- 4月2日
 8:09 補助冷却設備を運転状態に変更

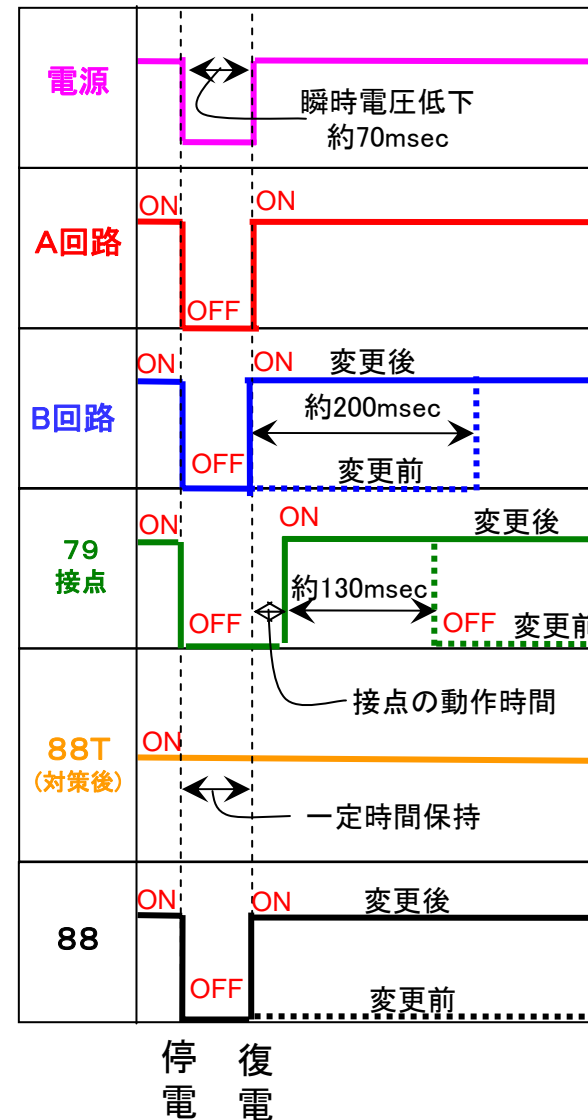
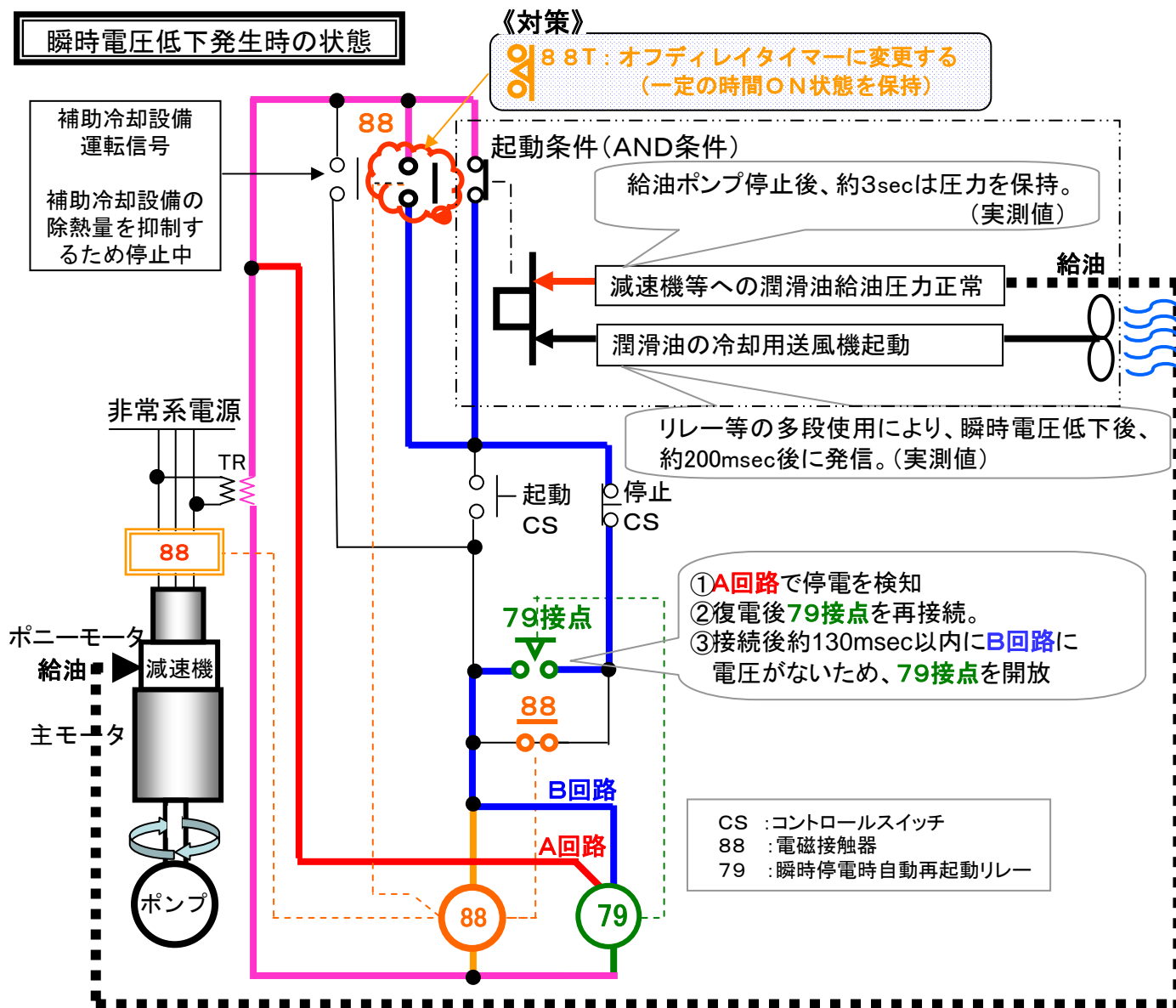


*1 崩壊熱 < 放散熱
 29.2kW < 59.3kW
 (平成20年4月1日時点)



2次主循環ポンプポニーモータの起動回路

瞬時電圧低下発生時の状態



- 2次主循環ポンプポニーモータ3台の起動回路について、瞬時電圧低下時の起動条件の成立遅延があっても、ポニーモータが自動的に再起動する回路へ変更する。
- 起動回路の変更を行うまでは、補助冷却設備を運転状態とする。
(瞬時電圧低下時に起動条件の影響を受けない補助冷却設備運転信号により、2次主循環ポンプポニーモータを運転する。)
- 2次主循環ポンプポニーモータ3台を除く、他の79リレー使用機器33台のうち、事象発生時に運転中の19台については、今回の瞬時電圧低下時に自動起動した。(14台は停止中) また、起動回路を図面上で評価し、リレー等の多段使用による起動条件の成立遅延時間が79リレーの停止指令判断時間(約130msec)の許容範囲内であることを確認した。
さらに、各回路の起動条件の成立遅延時間を実測し、問題ないことを確認する。
- 今後、79リレーを使用する場合には、起動条件の成立時間を考慮し、回路を設計する。