

[原因と対策の報告の公表文（様式2）]

伊方発電所から通報連絡のあった異常に係る原因と対策の報告について（平成14年4月分他）

14. 6. 10
環境政策課
(内線2443)

- 1 四国電力(株)から、伊方発電所で平成14年4月に発生した設備異常及び平成14年3月31日に発生した復水器細管洗浄装置ボール循環ポンプの自動停止について、原因と対策の報告がありましたので、お知らせします。

[報告書の概要]

県の公表区分	異常事項	発生年月日	推定原因等	対策
C	復水器細管洗浄装置ボール循環ポンプの自動停止 (3号機)	14. 3.31	ポンプの羽根組立時の嵌め合い部への異物混入等により、主軸外表面に傷が発生し、その傷を起点に、ポンプ運転による繰り返し応力により、疲労破壊したものと推定される。	○折損した主軸の新品への取替え等を行い、復旧済。 ○ポンプの羽根組立時には、嵌め合い部の異物確認を十分に行うこととし、点検要領書を改訂。 ○今回定期検査において、同型ポンプの分解点検を実施する。
C	復水脱塩装置の再生用水ポンプ出口配管からの漏えい (3号機)	14. 4.17	パッキン外周部のゴムの劣化により生じた割れが、運転に伴い内部へ進展、貫通したことにより、配管内の純水が漏えいしたものと推定される。	○当該フランジ部のパッキンを新品に取替え、復旧済。 ○当該系統配管については、今後とも定期パトロールによる目視点検を実施し、必要に応じて補修する。
B	1次冷却系水抜用配管弁からの漏出 (1号機)	14. 4.18	前回定期検査で取替えた1次冷却材主配管の水抜用配管の弁が、取替前より全長が長い為、温度上昇に伴う弁棒と弁箱の伸び差が大きくなり、増し締めを実施する前に微小な隙間が生じ、一次冷却水が水抜用配管内を漏出したことから、格納容器サンプ水位の上昇、原子炉フランジリークオフ温度の上昇、1次冷却材ポンプ軸振動の増加が発生したものと推定される。	○高温・高圧で熱影響の可能性があり、大きな締付力を必要とする弁について、締付力管理を実施するとともに、昇温・昇圧の途中段階でも増し締めを実施することとし、要領書及びチエックシートを作成。 ○漏えいした一次冷却水の影響を受けた機器について、点検を行い、異常のないことを確認。 ○上記対策後、昇温・昇圧を再開し、漏えいのないことを確認済。 ○今回の事象を紹介したワンポイントレッスンを作成し、関係箇所所周知。

- 2 県としては、伊方発電所に職員を派遣し、当該部の復旧状況の確認など、四国電力の対策が確実に実施されていることを確認しています。

原運発 第2955号

平成14年6月7日

愛媛県知事
加戸守行 殿

四国電力株式会社
取締役社長 大西 淳

伊方発電所第3号機復水脱塩装置再生用水ポンプ出口配管フランジ部からの漏えい他2件にかかる報告書の提出について

平成14年4月17日に発生しました伊方発電所第3号機復水脱塩装置再生用水ポンプ出口配管フランジ部からの漏えい他1件及び平成14年3月31日に発生しました伊方発電所第3号機復水器ボール洗浄装置ボール循環ポンプBの不具合につきまして、その後の調査結果がまとまりましたので、安全協定第11条第2項に基づき、別添のとおり報告いたします。

今後とも伊方発電所の安全・安定運転に取り組んでまいりますので、ご指導賜りますようお願い申し上げます。

以 上

伊方発電所第1号機

定期検査中の
原子炉格納容器サンプル水位上昇について

平成14年6月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第1号機
定期検査中の原子炉格納容器サンプ水位上昇について

2. 事象発生の日時

平成14年4月18日 17時21分（警報発信）

3. 事象発生の設備

原子炉冷却系統設備 1次冷却設備

4. 事象発生時の運転状況

第20回定期検査中

5. 事象の概要

伊方発電所第1号機は、第20回定期検査において原子炉起動前の1次冷却系統の昇温を実施していたところ、平成14年4月18日17時21分に「原子炉フランジリークオフ温度高」、17時23分に格納容器内での漏えい水が流入する格納容器サンプBの水位上昇を示す「RCPB（1次冷却材圧力バウダリー）漏えい量高」の警報が発信したことから、17時24分に1次冷却系統の昇温を停止し、各部の点検を開始した。

その後、17時33分「RCP（1次冷却材ポンプ）軸振動大」の警報が発信し、1次冷却材ポンプ1Aの振動が上昇していることを確認したため、直ちに当該ポンプを停止し、18時18分より降温・降圧を開始した。

各部の点検の結果、「ループA分岐弁(C/VCDTへ)」（1-8008）（以下「ループAドレンライン弁」という。）の下流配管の表面温度が高かったため、当該弁シート部からの漏えいと判断し、当該弁及び当該弁下流側の「ループA分岐ライン弁(C/VCDTへ)」（1-8009）（以下「ループAドレンライン弁」という。）について増し締めを実施した。

その結果、格納容器サンプ B の水位上昇が停止したこと、格納容器冷却材ドレンタンクの水位変化が通常状態に復帰したこと、並びに事象発生時に温度が上昇していた原子炉フランジリークオフ温度及びループ A ドレンライン温度などが低下したことから 20 時頃漏えいが停止したことを確認した。

なお、本事象による周辺環境への放射能の影響はなかった。

(添付資料-1, 2, 3, 4)

6. 事象の時系列

4月18日17時17分	1次冷却系統の昇温開始 (276℃→286℃)
17時21分	「原子炉フランジリークオフ温度高」警報発信
17時23分	「RCPB漏えい量高」警報発信
17時24分	1次冷却系統の昇温停止
17時33分	「RCP軸振動大」警報発信 1次冷却材ポンプ1A停止
17時37分	「格納容器サンプBポンプ1台起動」警報発信
18時06分頃	ループAドレンライン弁を増し締め
18時18分	1次冷却系統の降温、降圧開始
20時00分頃	漏えい停止を確認

7. 調査結果

(1) 格納容器サンプ B の水位上昇に係る調査

a. 格納容器サンプ B への流入経路の調査

格納容器サンプ B の水位上昇の要因となる流入経路について、以下の調査を実施した。

(a) 格納容器冷却材ドレンタンク

格納容器冷却材ドレンタンクの圧力・温度を調査した結果、事象発生時に圧力・温度とも上昇が認められ、圧力については同タンクの逃がし弁の設定圧力 (1.8 kg/cm²) を超過しており、事象発生時、当該逃がし弁が作動し、内包する水が逃がし弁を通じて格納容器サンプ B へ流出していたと推定される。

また、ループ A ドレンライン弁の増し締め後においては、同タンクの圧力・温度は低下した。

(添付資料-5, 6)

(b) 配管、目皿等

格納容器内の点検を実施した結果、配管、目皿等に異常は認められなかった。

以上のことから、格納容器サンプ B の水位上昇は、格納容器冷却材ドレンタンク圧力の上昇により、同タンクの逃がし弁が作動し、同タンク内の水が流入したためと考えられる。

なお、格納容器サンプ B の水位は、事象発生前の E L 1 3.6 7 m から、E L 1 3.9 2 m に上昇していたが、格納容器サンプ B の上端レベルである E L 1 6.0 5 m の床面には十分に余裕があった。

b. 格納容器冷却材ドレンタンクへの流入経路の調査

漏えい等により格納容器冷却材ドレンタンクの圧力・温度が上昇する可能性がある流体の流入経路について、以下のとおり調査を実施した。

なお、格納容器冷却材ドレンタンクへは、通常、1次冷却材ポンプNo.2 シールリークオフ水のみが流入している。

(a) 原子炉フランジリークオフライン

当該ラインの温度高警報が発信したことから、配管を触手により確認したところ、温度高警報発信のための検出用温度計付近の配管表面は高温であったが、当該温度計上流部の配管表面では有意な温度上昇は認められなかった。

(b) 1次冷却材ドレンライン

1次冷却材ドレンラインについて点検した結果、ループAドレンラインについては、ループAドレンライン弁(1-8008)の下流の配管表面温度が高かったため、18時06分頃に増し締めを実施したところ、18時20分にはループAドレンライン弁間(1-8008~8009)が21.5℃、下流側が10.3℃であったものが、19時17分にはループAドレンライン弁間が13.5℃、下流側が5.1℃に低下した。

ループBドレンライン及び加圧器サージラインドレンラインについては、有意な温度上昇は認められなかった。

(c) 1次冷却材ポンプシールリークオフライン

1次冷却材ポンプNo.2シールリークオフライン流量を確認した結果、流量の増加は見られず、異常は認められなかった。

(d) 余剰抽出ライン

当該ラインの配管を触手にて確認した結果、配管表面の有意な温度上昇は認められなかった。

(e) 弁グランドリークオフライン等

弁グランドリークオフラインのうち、高温水が漏えいする可能性のあるラインについて配管表面温度を測定した結果、各ラインとも有意な温度上昇は認められなかった。

(f) 内包する流体の温度が低いその他の機器

加圧器逃がしタンク、燃料取替用水タンク、パージ水ヘッドタンク及び燃料取替用キャナルに接続するラインについては、各々の水位、温度に変化はなく、異常は認められなかった。

以上のことから、格納容器冷却材ドレンタンクの圧力・温度上昇は、1次冷却材がループAドレンライン弁シート部から漏えいして同タンクに流入したことによるものと考えられる。

c. 漏えい停止の確認

ループAドレンライン弁の増し締め後、格納容器サンプルBの水位上昇が停止したことを目視にて確認したこと、格納容器冷却材ドレンタンクへの流入量が通常の1次冷却材ポンプNo.2シールリークオフ流量と一致したこと、ならびに事象発生時に温度が上昇していた原子炉フランジリークオフ温度及びループAドレンライン温度が低下したことから、漏えいの停止を確認した。

以上のことから、格納容器サンプBの水位上昇は、ループAドレンライン弁シート部から漏えいした1次冷却材が、格納容器冷却材ドレンタンクに流入したことにより、格納容器冷却材ドレンタンクの圧力が上昇し、逃がし弁が作動して格納容器サンプBに流入したためと考えられる。

なお、ループAドレンライン弁シート部からの漏えい量は 5.1 m^3 と推定される。

(添付資料-8)

(2) ループAドレンライン弁漏えいに係る調査

漏えいが発生したループAドレンライン弁について以下の調査を実施した。

(添付資料-9, 10)

a. 当該弁の増し締め管理及び操作実績調査

従来より1次冷却系統の昇温に伴う温度変化の影響を受ける可能性がある弁については、高温停止状態（1次冷却系統温度 286°C ）で増し締めを行う運用としている。

当該弁についても1次冷却系統水を常時抽出している配管の近傍に設置されていることから、高温停止状態で増し締めを実施する予定であった。

本事象発生までの当該弁2台の操作実績は以下のとおりである。

- ・4月14日に最終閉止操作実施
- ・4月15日に1次冷却系統耐圧試験のため昇圧を行っていたところ、当該弁に微少な漏えいが生じたため増し締めを実施

b. 分解点検前調査

(a) 外観調査

当該弁の外観目視点検を行った結果、外部への漏えい跡、錆、変形等の異常は認められなかった。

(b) 弁の閉止状態調査

当該弁の閉止状態をトルクレンチにて確認した結果、適正な締付けトルクで閉止されていることを確認した。

(c) 作動状態調査

当該弁について、全開から全閉までの操作を行った結果、作動状態に異常は認められなかった。

c. 分解点検調査

(a) 弁体、弁座部

①外観調査

弁体と弁座のシート面について外観目視点検を行った結果、付着物、腐食、割れ、エロージョン等の異常は認められなかった。

②シート面の当たり確認

弁体と弁座のシート面の当たりを確認した結果、良好であった。

③液体浸透探傷検査（PT検査）

弁体と弁座についてP T検査を行った結果、異常は認められなかった。

(b) 弁棒

弁棒の外観目視点検及び径変化部についてのP T検査を行った結果、異常は認められなかった。

(c) 弁箱

目視により内部点検を行った結果、異常は認められなかった。

d. 弁仕様の調査

漏えいが発生したループAドレンライン弁2台は、前回の定期検査時（平成13年2月終了）に配管取替工事に合わせ、金属ダイヤフラム弁（輸入品）から保守性に優れたY型ベローズ弁（国産品）に取り替えを実施している。

この弁の材質は、弁棒、弁箱とも同じステンレス鋼ではあるが、詳細には、弁棒はSUS630、弁箱はSUSF316であり、温度変化に伴う線膨張係数が若干異なるので、温度が上昇した場合、弁箱の方が弁棒よりも伸びやすく、弁の閉止力を緩和する方向（シート部に隙間を生じさせやすくする方向）に作用する。この温度上昇による影響は、取替前の弁においても同様であったが、構造上、ベローズ弁は温度上昇による影響を受ける部分が長いため、より影響を受けやすい傾向であることがわかった。

[\(添付資料-11\)](#)

(3) 1次冷却材ポンプ1A振動上昇に係る調査

振動が上昇したため手動停止した1次冷却材ポンプ1A軸封部について、以下の調査を実施した。

a. 分解点検前調査

(a) 外観調査

軸封部及びこれに接続する配管の外観目視点検を行った結果、異常は認められなかった。また、No.3シールリークオフから外部への漏えいは認められなかった。

(b) ターニングトルク測定

ポンプとモータを結合した状態でターニングトルク計測を実施し、異常な抵抗がないことを確認した。

b. 分解点検調査

(a) 軸シール（No.1,2,3）

①外観調査

シール部の外観目視点検を行った結果、付着物、割れ、変色等の異常は認められなかった。

②寸法計測

各シール構成部品の寸法測定を実施した結果、許容値内であり前回組立値と変化ないことを確認した。

(b) 主軸

①外観調査

外観目視点検を行った結果、変形や傷等の異常は認められなかった。

②液体浸透探傷検査（P T検査）

P T検査を行った結果、異常は認められなかった。

以上の調査結果から、1次冷却材ポンプ1 A軸封部について異常のないことを確認した。

また、モータ、振動計等についての調査結果、及びその後の漏えい検査および試運転結果からも1次冷却材ポンプ1 Aに異常は認められなかった。

(添付資料-1.2)

8. 推定原因

(1) ループAドレンライン弁漏えいの推定原因

ループAドレンライン弁は、一次冷却系統から常時高温水を抽出している配管の近傍に配置されており、一次冷却系の温度変化の影響をうけるため、従来より高温停止状態で増し締めを行う運用としており、今回の定期検査でも同じ運用としていた。

当該弁は、取替前の弁に比べて弁の全長が長く、温度上昇に伴う弁棒と弁箱の伸び差が大きいことから、取替前の弁より早めにシート部に微小な隙間が生じ、増し締め時期が遅れ、漏えいに至ったものと推定される。

(添付資料-1.3)

(2) 警報発信の推定原因

a. 「原子炉フランジリークオフ温度高」警報発信の推定原因

原子炉フランジリークオフライン及びループAドレンラインはともに格納容器冷却材ドレンタンクに接続されていることから、ループAドレンライン弁から漏えいした高温の1次冷却材の回り込みにより検出部の温度が上昇したものと推定される。

b. 「R C P軸振動大」警報発信の推定原因

1次冷却材ポンプ軸シールのリークオフラインおよびループAドレンラインはともに格納容器冷却材ドレンタンクに接続されていることから、ループAドレンライン弁から漏えいした高温の1次冷却材が、1次冷却材ポンプ1 AのNo.2シールリークオフラインに逆流し、シールハウジング部のリークオフライン接続部近傍の温度が上昇して、片ひずみが発生したことにより振動が増加したものと考えられる。

9. 対策

(1)

高温・高圧状態で熱影響を受ける可能性のある弁のうち、弁の下流側がフランジ等で閉止されておらず、かつ大きな閉止力を必要とする弁（当該弁2台及び当該弁と同型のループBドレンライン弁2台）について、昇温・昇圧の各段階においてトルクレンチによる増し締めを行うこととし、要領書及びチェックシートを作成した。

また、復旧後の再昇温・昇圧時において、本運用により増し締めを行い、異常の無いことを確認した。

(2)

「原子炉フランジリークオフ温度高」および「R C P軸振動大」の警報が発信する原因として、ループドレンライン弁シート部からの漏えいを運転手順書に追記した。

(3)

ループAドレンライン弁シート部から漏えいした高温流体の影響を受けた配管、機器について点検を行い、異常のないことを確認した。

また、これらのうち、1次冷却材ポンプ軸シールラインについては、シール部への異物混入防止の観点から脱塩水による洗浄を実施した。

(4)

今回の事象を紹介したワンポイントレッスンを作成し、全長が長く、弁棒と弁箱の伸び差が大きい弁は、温度上昇に伴いシート部に微小な隙間が生じやすく漏えいにいたる可能性があることを関係箇所所周知した。

以 上

添 付 資 料

[1. 全体系統図](#)

[2. 格納容器サンプB水位上昇記録](#)

[3. 原子炉フランジリークオフ温度記録](#)

[4. 1次冷却材ポンプ振動記録](#)

[5. 格納容器冷却材ドレンタンク等圧力・温度記録](#)

[6. 格納容器サンプB、格納容器冷却材ドレンタンク廻り概略系統図](#)

[7. 格納容器サンプB断面図](#)

[8. 格納容器冷却材ドレンタンクへの流入量の収支](#)

[9. ループAドレンライン弁構造図](#)

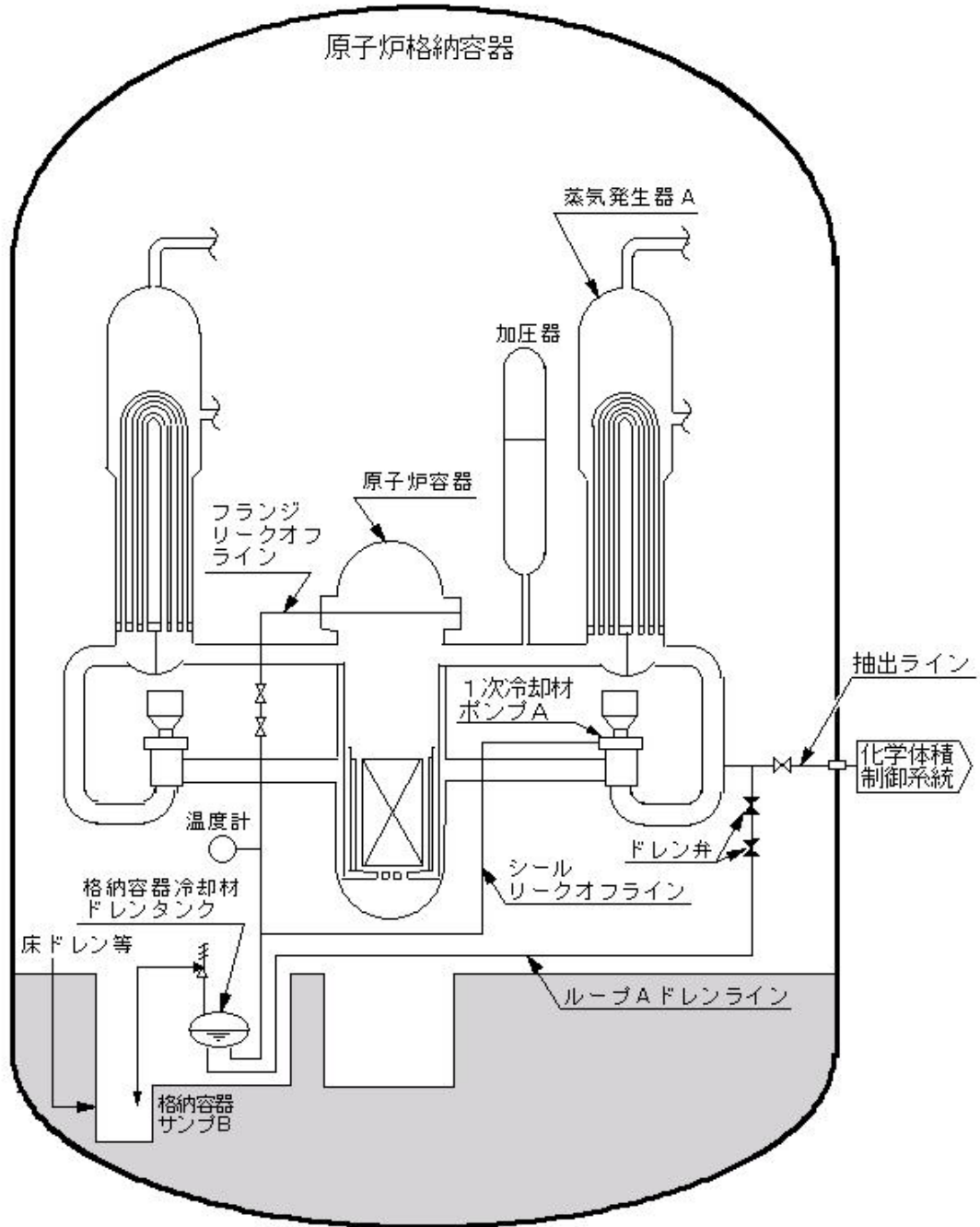
10. ループAドレンライン弁点検結果

[11. ループAドレンライン弁仕様変更前後比較図](#)

[12. 1次冷却材ポンプ1A点検結果](#)

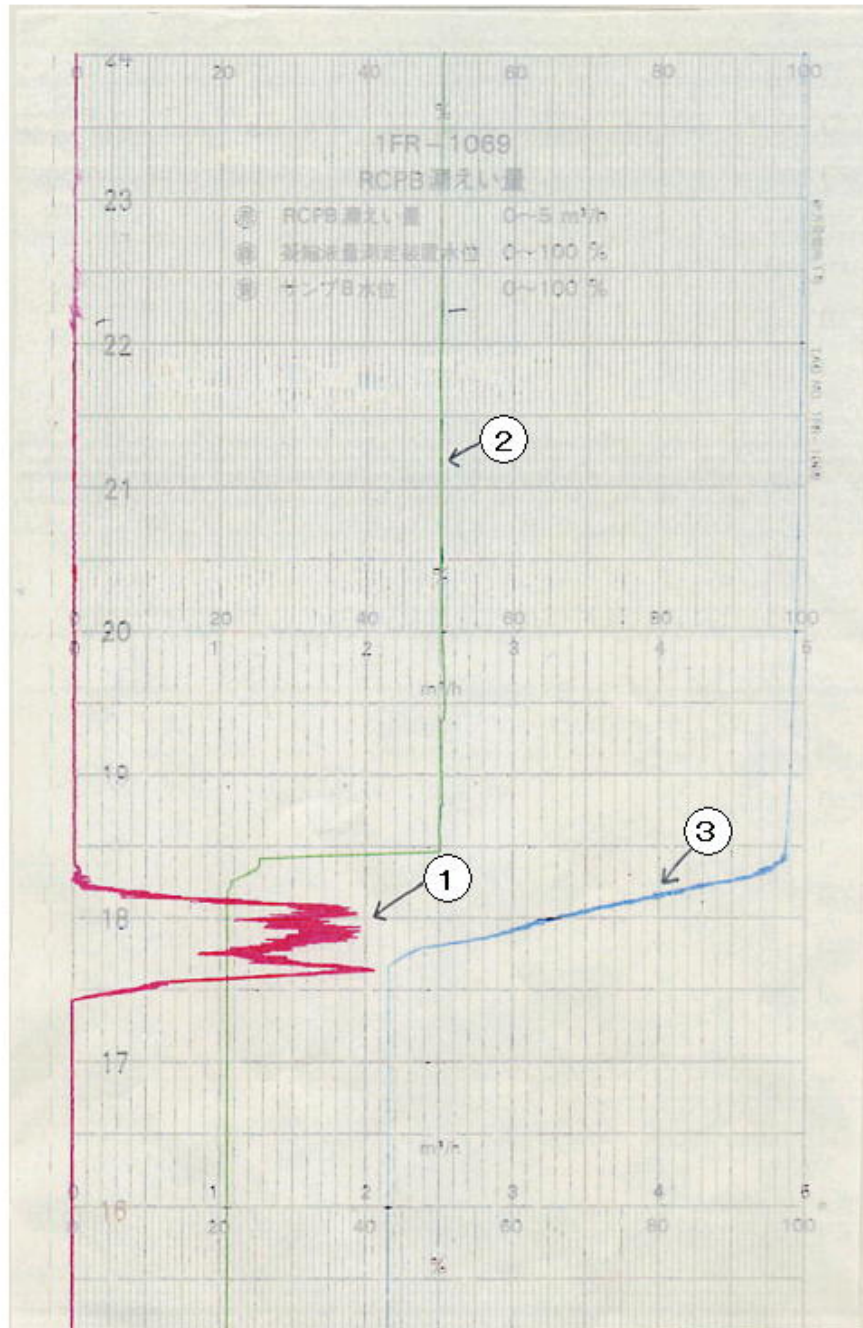
[13. ループAドレンライン弁漏えいに係る推定メカニズム](#)

全 体 系 統 図



格納容器サンプルB水位上昇記録

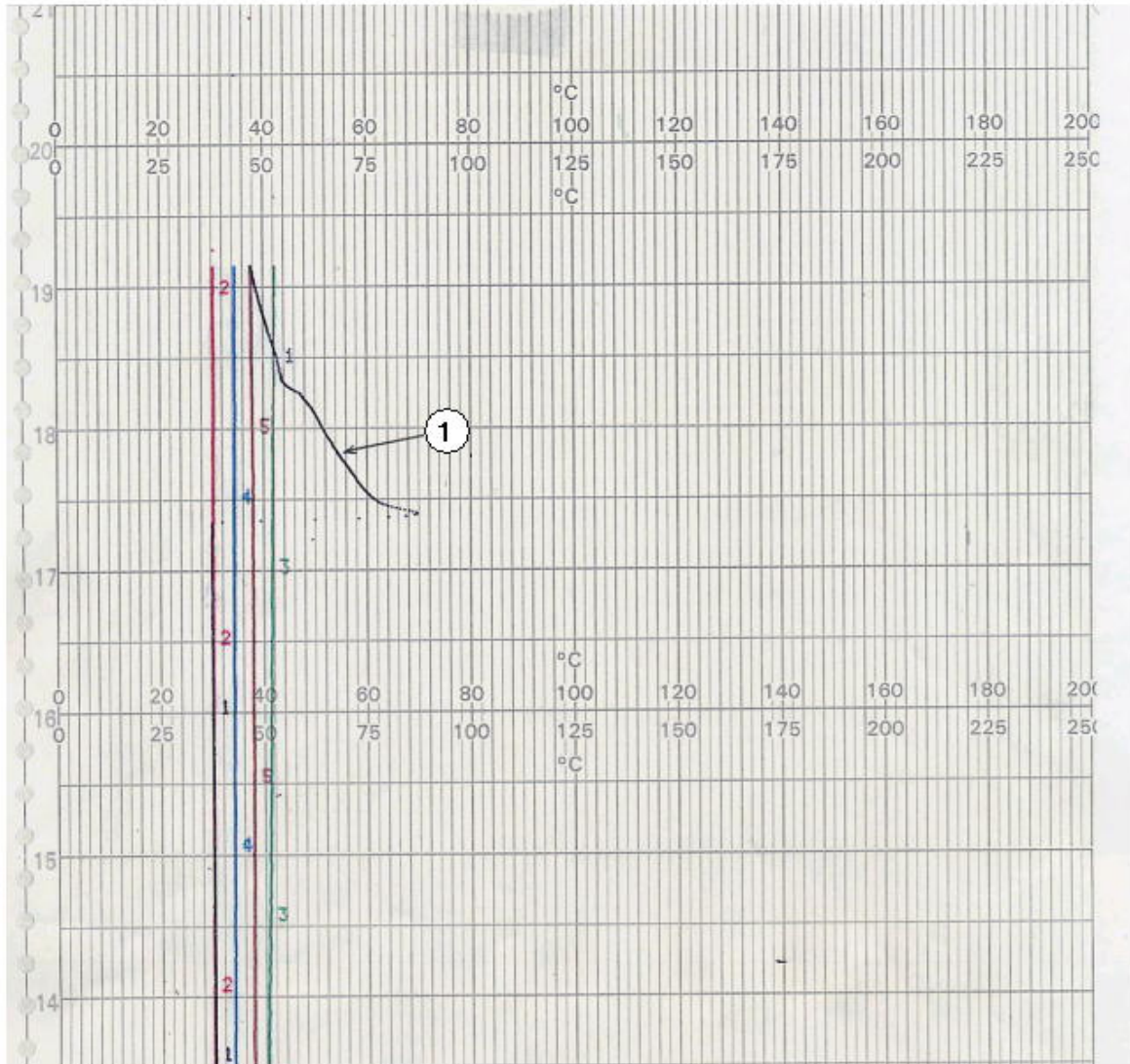
- ① RCPB漏えい量
- ② 凝縮液量測定装置
- ③ 格納容器サンプルB水位



漏洩量

原子炉フランジリークオフ温度記録

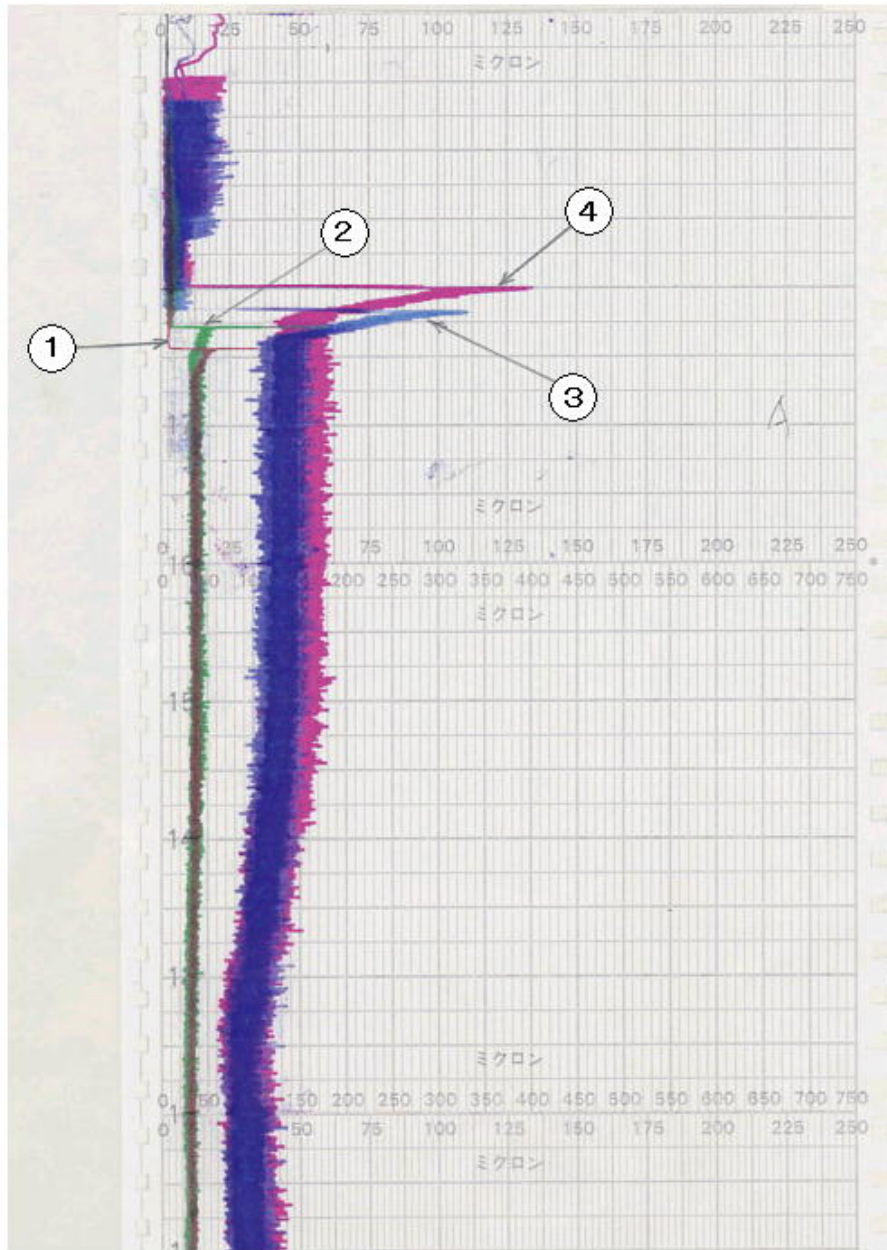
① 原子炉フランジリークオフ温度



温度 (°C)

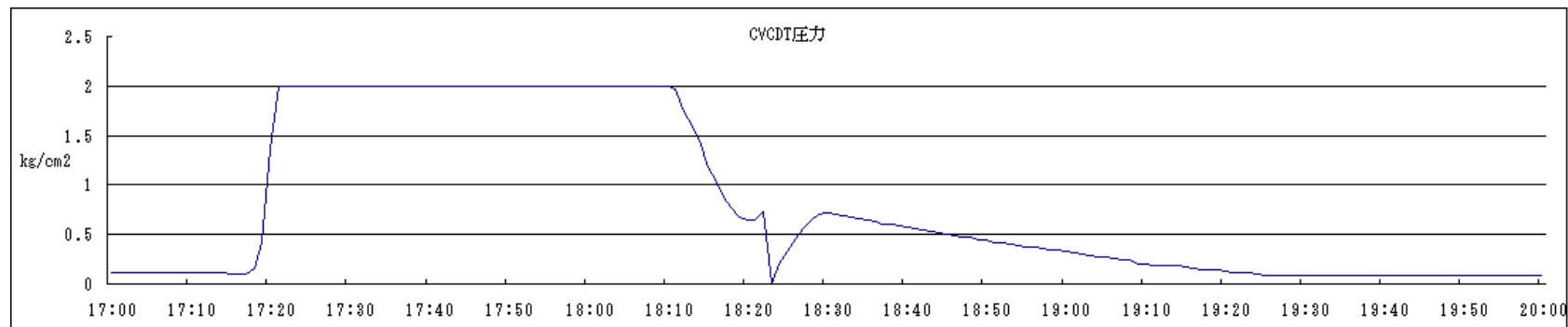
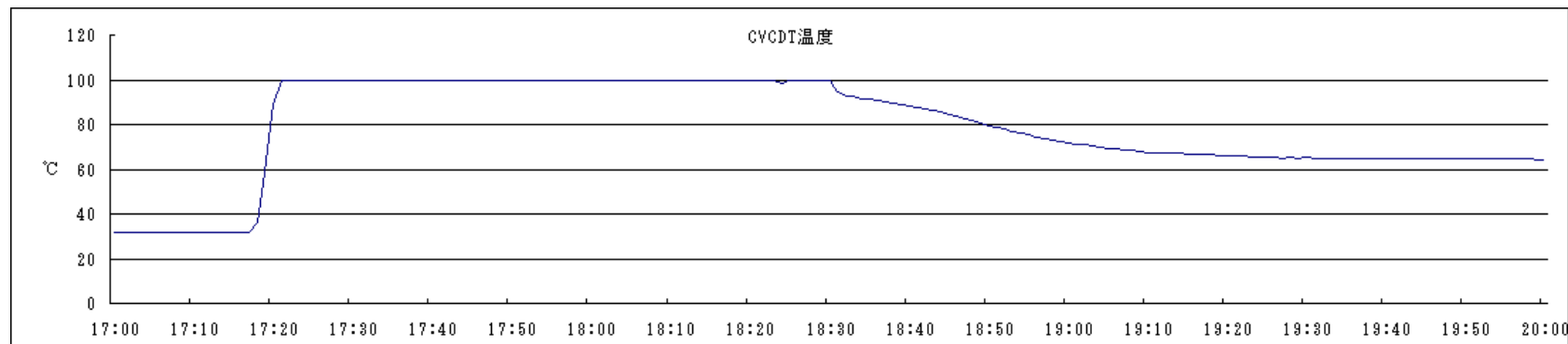
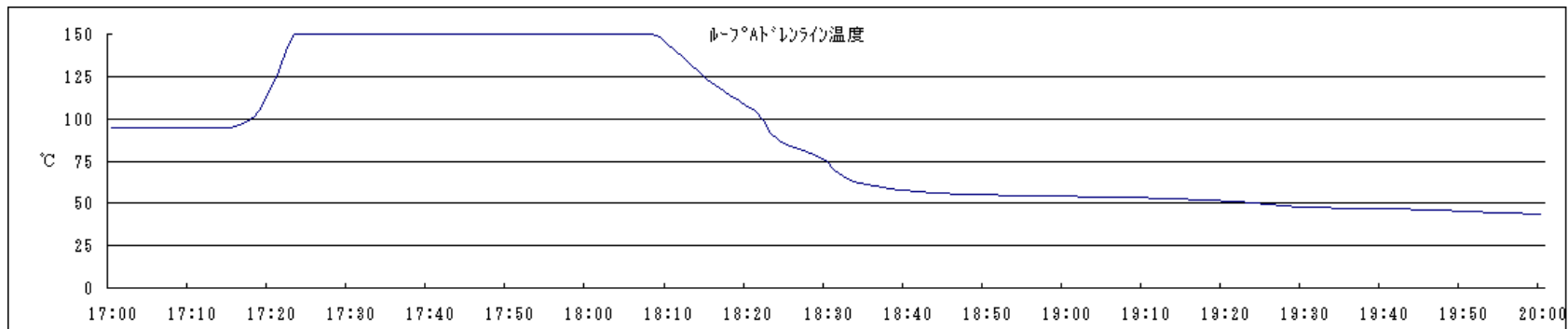
1 次冷却材ポンプ振動記録

- ① 1次冷却材ポンプ1 A フレーム振動 X軸
- ② 1次冷却材ポンプ1 A フレーム振動 Y軸
- ③ 1次冷却材ポンプ1 A 軸振動 X軸
- ④ 1次冷却材ポンプ1 A 軸振動 Y軸

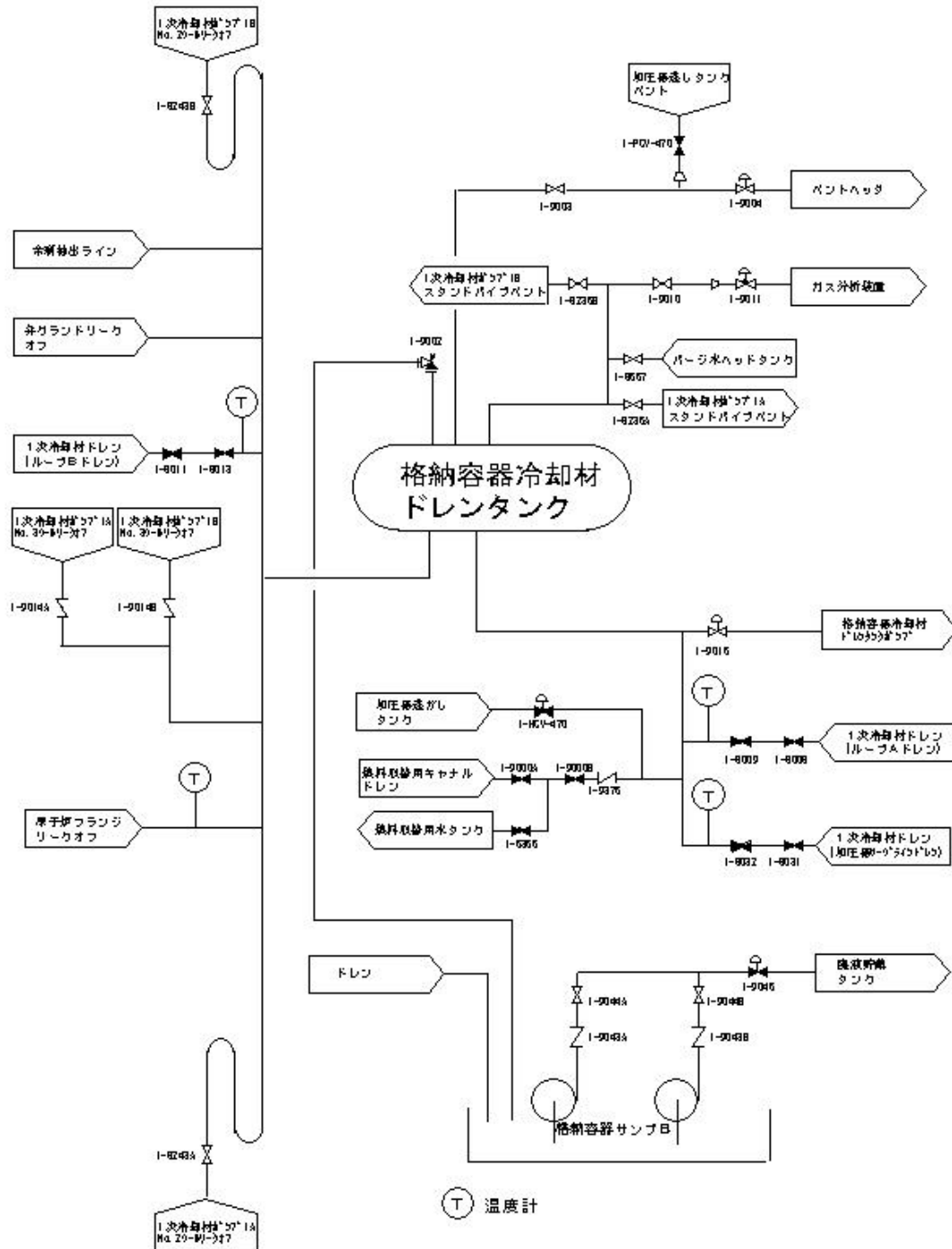


振動 (マイクロン)

格納容器冷却材ドレンタンク等圧力・温度記録

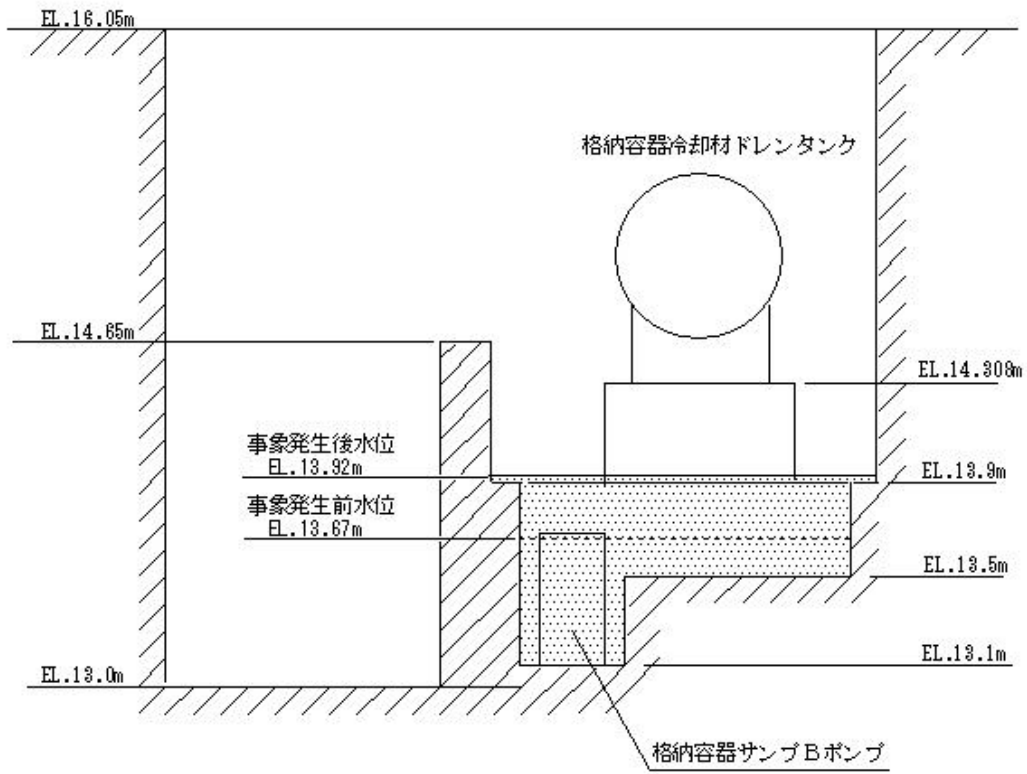


格納容器サンプルB、 格納容器冷却材ドレンタンク廻り概略系統図

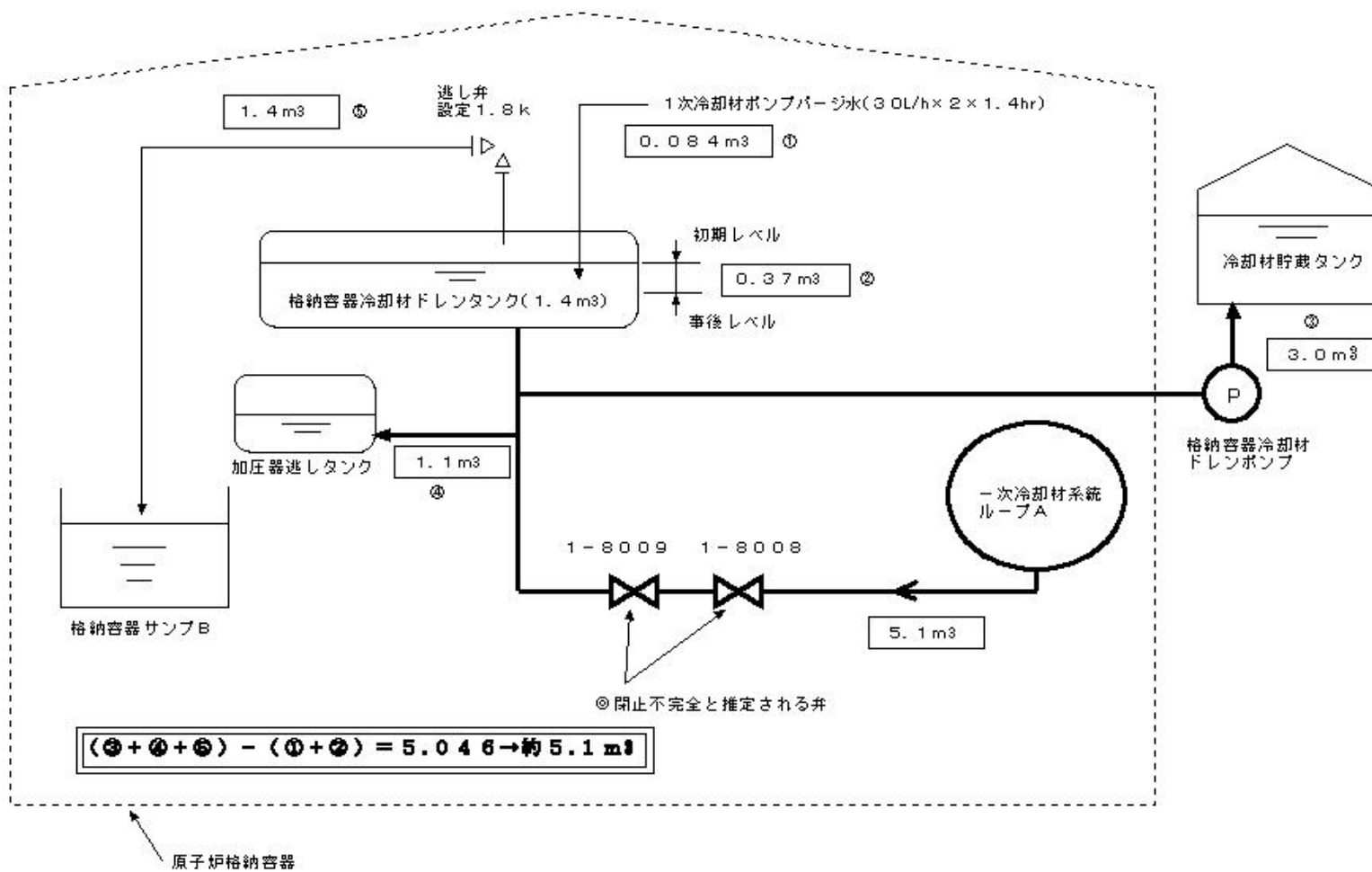


- 格納容器サンプルB：床ドレンの回収を目的として、建家最下層に設けられた槽
- 格納容器冷却材ドレンタンク：ポンプシール水ドレン等の回収を目的として、格納容器内に設けられたタンク

格納容器サンプルB断面図

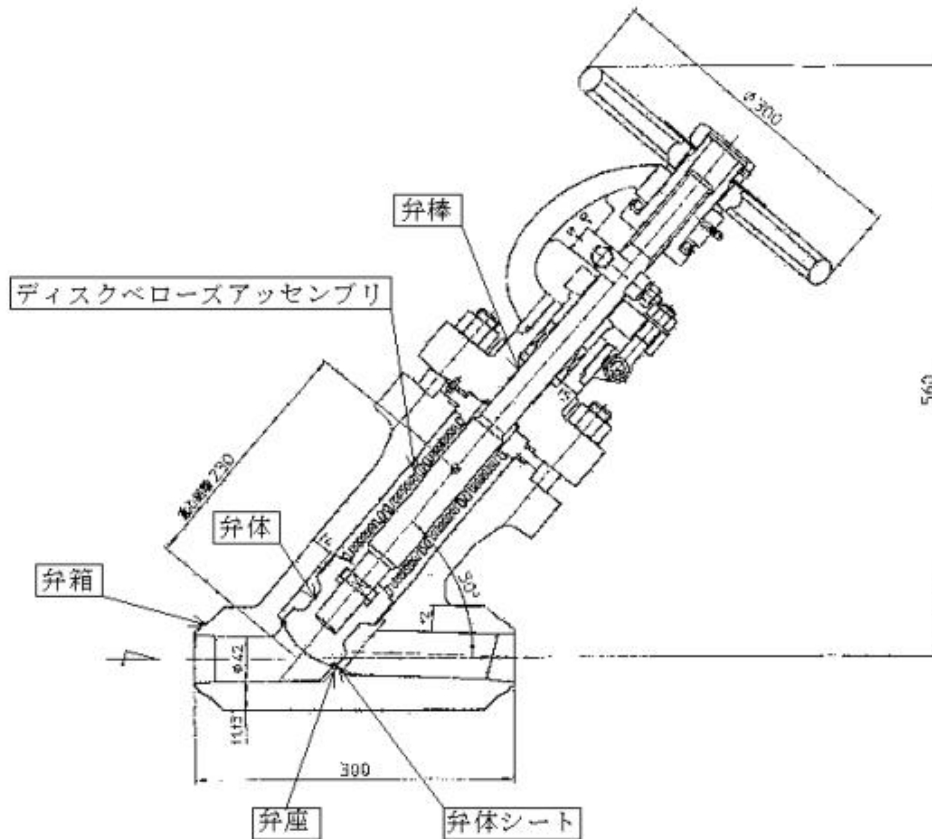


格納容器冷却材ドレンタンクへの流入量の収支

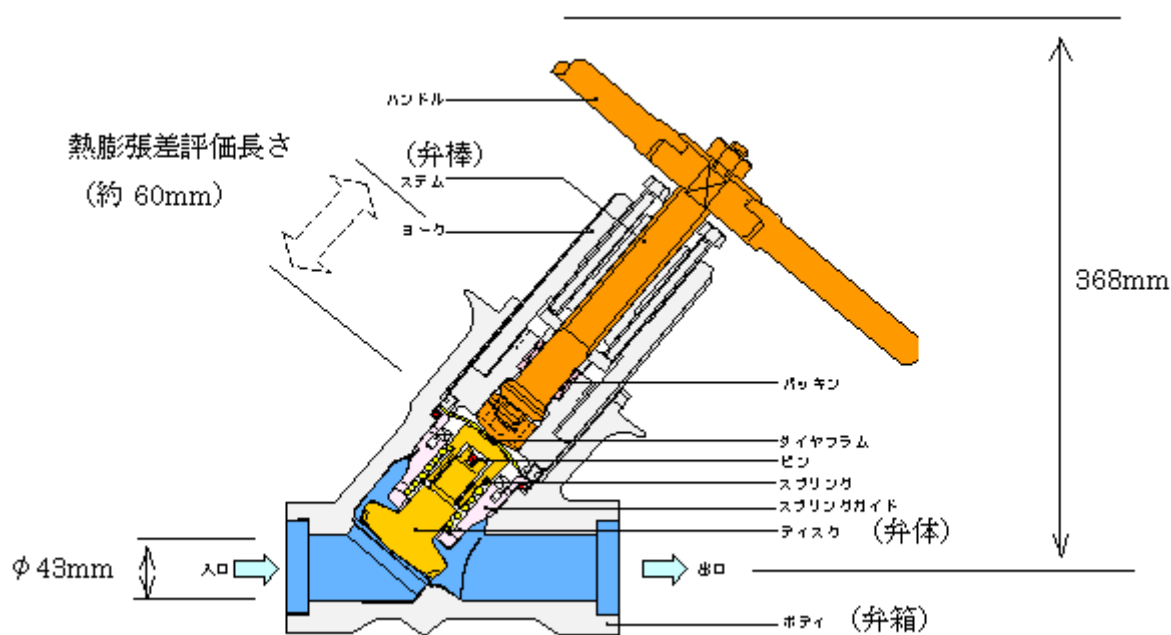


ループAドレンライン弁構造図

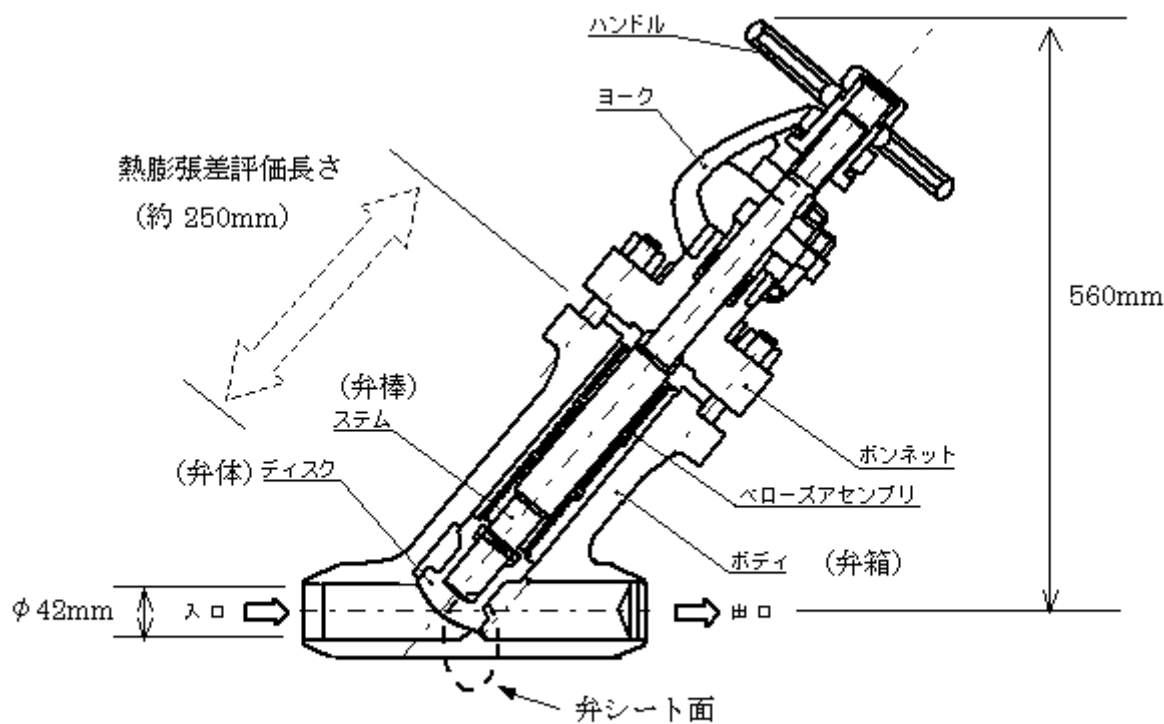
弁番号	1-8008, 1-8009	
弁口径	2B	
圧力 レーティング	1800Lb	
材 質	ディスクベローズ アッセンブリ	インコネル718
	弁棒	ステンレス鋼 (SUS630)
	弁体	ステンレス鋼 (SUS316-B)
	弁座	ステライト盛金
	弁体シート	ステライト盛金
	弁箱	ステンレス鋼 (SUSF316)



ループA ドレンライン弁仕様変更前後比較図



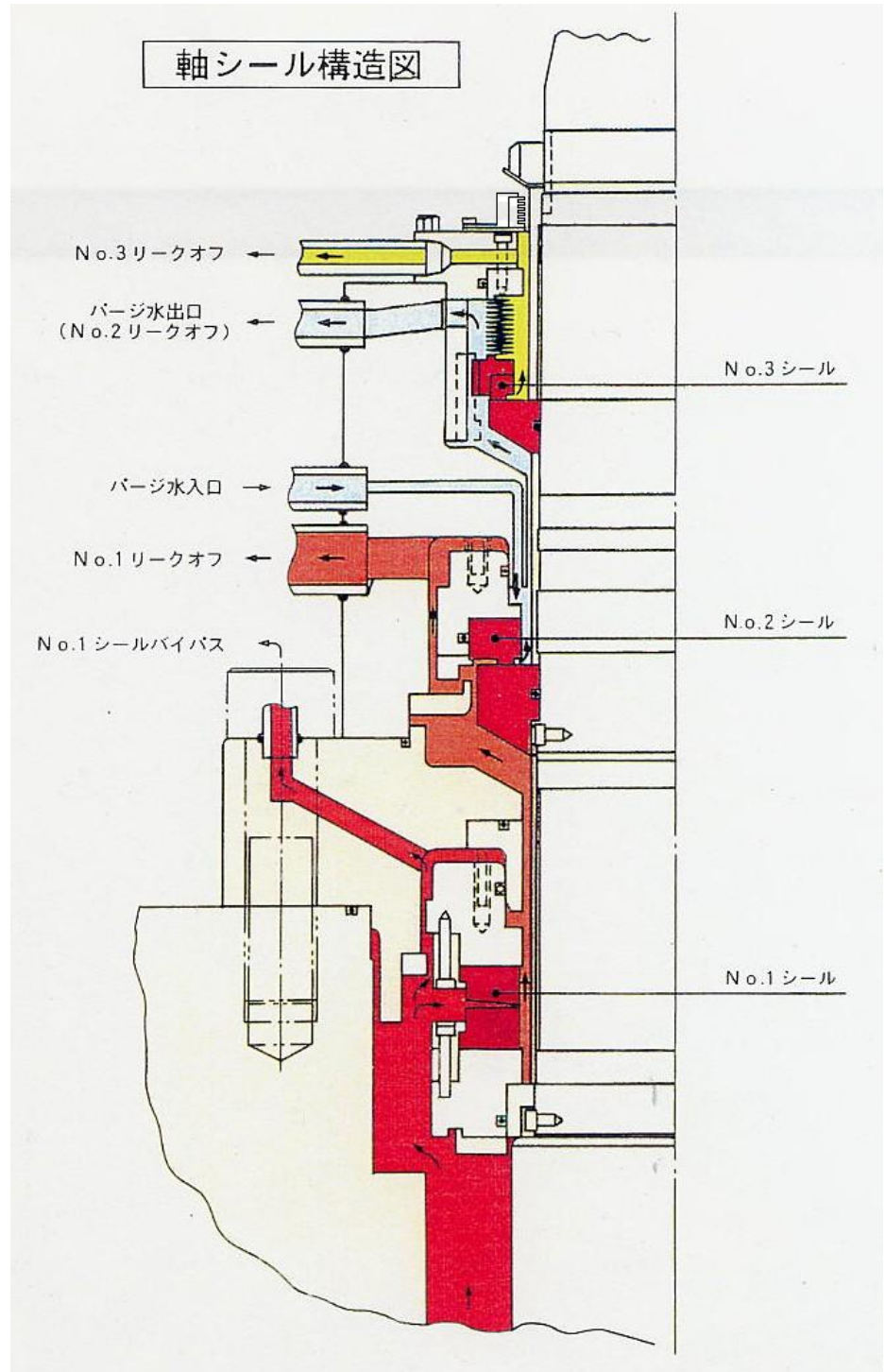
<仕様変更前>



<仕様変更後>

1次冷却材ポンプ1 A点検結果

1次冷却材ポンプ1 A軸封部の各シール（No. 1, 2, 3）についての外観目視点検及び寸法計測並びに主軸部の液体浸透探傷検査を行った結果、異常は認められなかった。



１次冷却材ポンプ１Ａ点検記録

点検項目		点 検 内 容	結果
ターニングトルク測定 (分解前及び分解後)		ポンプとモータを結合した状態にてターニングトルクを測定し、許容値(1020Nm)以下であることを確認した。	良
ポンプとモータ軸間寸法測定		ポンプとモータ軸間寸法を測定し、前回組立時と有意な差のないことを確認した。	良
軸封部各部点検	外観調査	分解点検前に軸封部及びこれに接続する配管等について目視で異常のないことを確認した。	良
	各部品の外観点検		良
	各軸シール構成部品のセット寸法測定	各軸シール構成部品の異常の有無を確認した。	良
	非破壊検査	各軸シール構成部品のセット寸法を測定し、前回組立時と有意な差のないことを確認した。	良

		主軸の可視範囲について、液体浸透探傷検査等で異常のないことを確認した。	
モータの絶縁抵抗測定		絶縁抵抗に異常のないことを確認した。	良
振動計の特性試験		振動計の特性に異常のないことを確認した。	良
漏えい検査		通常運転圧力で行う一次冷却系漏えい検査で、漏えいのないことを確認した。	良
運転状況のパラメータ測定		各種運転パラメータを測定し、前回運転時と有意な差のないことを確認した。	良

ループA ドレンライン弁漏えいに係る推定メカニズム

