

高速増殖原型炉もんじゅのナトリウム漏えい対策等に係る 工事計画について

当機構は、平成17年2月7日、高速増殖原型炉もんじゅのナトリウム漏えい対策等に係る工事計画について福井県及び敦賀市より改造工事着手の了解をいただきました。

このたび、今後の工事計画について、3月から準備工事を開始し、その後本体工事、工事確認試験、プラント確認試験と順次進めることとし、本日、福井県および敦賀市に対し「ナトリウム漏えい対策等に係る工事計画について」を提出しました。

1. 工事概要

(1) 準備工事

本体工事の準備工事として、照明器具の撤去、仮設電源の設置や床、壁の穴あけ工事、扉・ハッチ改造などを行います。

(2) 本体工事

① 2次冷却系温度計の交換・撤去工事

もんじゅナトリウム漏えい事故は、2次冷却系温度計さや管部で流力振動が発生し、高サイクル疲労により破損したことが原因であるため、2次冷却系温度計さや管部について、長さを短くし流力振動を防止するとともに、テーパ状とすることで応力が集中しない形状のものに交換します。

また、他の温度計により機能が代替可能な温度計については撤去します。

② ナトリウム漏えいに対する改善工事

2次系ナトリウム漏えい時において、ナトリウム燃焼等による施設への影響をより一層抑制するため、以下の対策を行います。

- ・ ナトリウム漏えいを早期・確実に検知するため、セルモニタを設置するとともに、ナトリウム抜き取り（ドレン）配管の追加などによりドレンに要する時間を短縮し、漏えいの早期終息を図ります。
- ・ ナトリウム漏えい時の施設への影響を抑制するため、窒素ガス注入設備の設置、壁・天井への断熱材の設置、換気空調設備の改造などの工事を行います。
- ・ ナトリウム漏えい時の運転員の状況判断を支援するため、2次系の各部屋に監視カメラを設置するとともに、中央制御室にナトリウム漏えいに係る情報を一括して表示する総合漏えい監視システムを設置します。

③ 蒸発器ブローダウン性能の改善工事

蒸発器伝熱管からの水漏えい時に、ナトリウム・水反応による周辺伝熱管への影響を一層緩和するため、水漏えいを確実に検出できるよう蒸発器カバーガス圧力計を増設するとともに、伝熱管の水・蒸気の排水（ブローダウン）が早期に完了できるよう蒸発器放出弁を増設します。

（３）工事確認試験

ナトリウム漏えい対策工事で改造した設備や新規に設置した設備などの性能・機能を確認します。

（４）プラント確認試験

プラントの運転に必要な系統の運転を行い、プラント全体としての健全性を確認します。

なお、この期間に燃料交換を実施する予定です。

２．工事工程

表－１参照。

３．その他

（１）設備点検

「もんじゅ」は、設備・機器の保安確保のため、年度で計画的に設備点検を実施しており、今年度は平成 16 年 7 月 5 日より約 9 ヶ月の予定で実施していますが、工事期間中においても引き続き設備点検を実施し、長期停止設備についても順次点検を実施する予定です。

（２）安全性総点検にて摘出した設備改善工事等（表－２参照）

平成 7 年のナトリウム漏えい事故後に実施した「もんじゅ」の安全性総点検の結果（平成 10 年 3 月）を踏まえ、設備や運転手順書、教育訓練等について計画的に改善を図っていますが、工事期間中においても、引き続き設備改善工事等を実施する予定です。

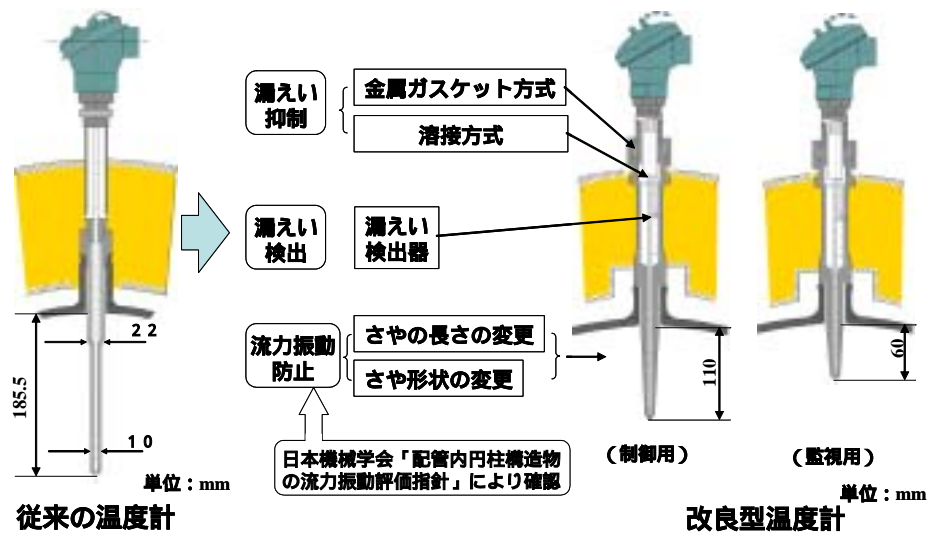
<安全性総点検について>

ナトリウム漏えい事故の原因究明調査で明らかとなった問題点等を踏まえ、旧科学技術庁は、平成 8 年 10 月に「もんじゅ安全性総点検チーム」を設置し、施設の設計の妥当性、運転や品質管理に係るマニュアル類の妥当性の検討等を行い、設備、品質保証、運転手順書等についての改善点を摘出し、その結果が平成 10 年 3 月に報告書としてまとめられました。

以 上

概要

2次冷却系温度計 48 本（16 本/ループ×3 ループ）のうち、42 本については改良型温度計に交換する。また、漏えい要因を排除する観点から温度計の信号用途を再整理し、温度計そのものの本数削減を検討した結果、空気冷却器の入口及び出口に設置している温度計のうち、6 本（2 本/ループ×3 ループ）については、他の温度計により運転監視機能が代替可能であることから撤去する。



改良型温度計の構造

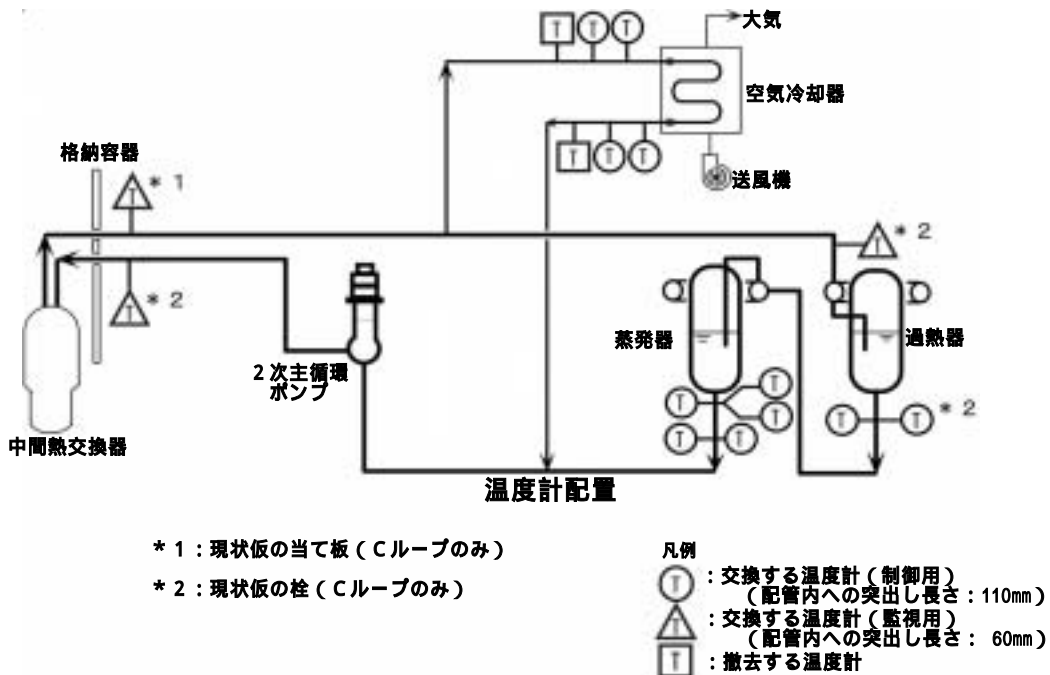


図 - 1 温度計の交換・撤去（改良型温度計の構造）

概要

- (1) ナトリウム漏えいを早期かつ確実に検知するため、セルモニタを設置するとともに、漏えいを早期に停止させるため、ナトリウム抜き取り(ドレン)配管の追加などによりドレンに要する時間を短縮する。
- (2) ナトリウム漏えい燃焼による施設への影響を抑制するため、換気空調設備の早期自動停止・窒素ガス注入機能の追加、壁・天井への断熱材の設置および、貯留室へのヒートシンク材の設置の工事を行う。
- (3) ナトリウム漏えい時の運転員の状況判断を支援するため、2次系の各部屋に監視カメラを設置するとともに、中央制御室にナトリウムに係る情報を一括して表示する総合漏えい監視システムを設置する。

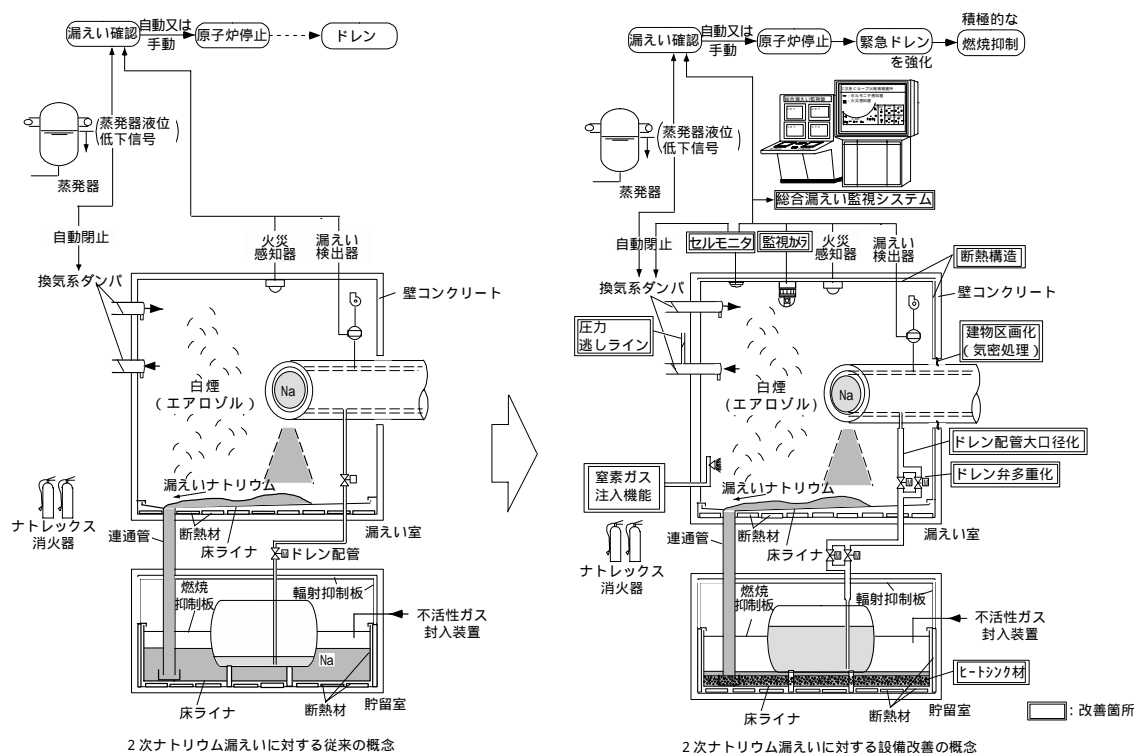


図 - 2 設備改造の概要 (従来設備と改造後設備の比較)

概要

2次系ナトリウム配管や機器から漏えいしたナトリウムやエアロゾルが保温構造から部屋（空気雰囲気）へ流れ出るようなナトリウム漏えいを早期かつ確実に検知するため、各部屋に小規模漏えいに対し感度が高い煙感知器と中規模漏えいで顕著な室温をとらえる熱感知器で構成される検知システム（セルモニタ）を設置する。

このセルモニタは、ナトリウム漏えい発見時には中央制御室に警報を表示するとともに、換気空調設備自動停止のインターロック信号を発信し、信頼性向上のため多重化を図っている。

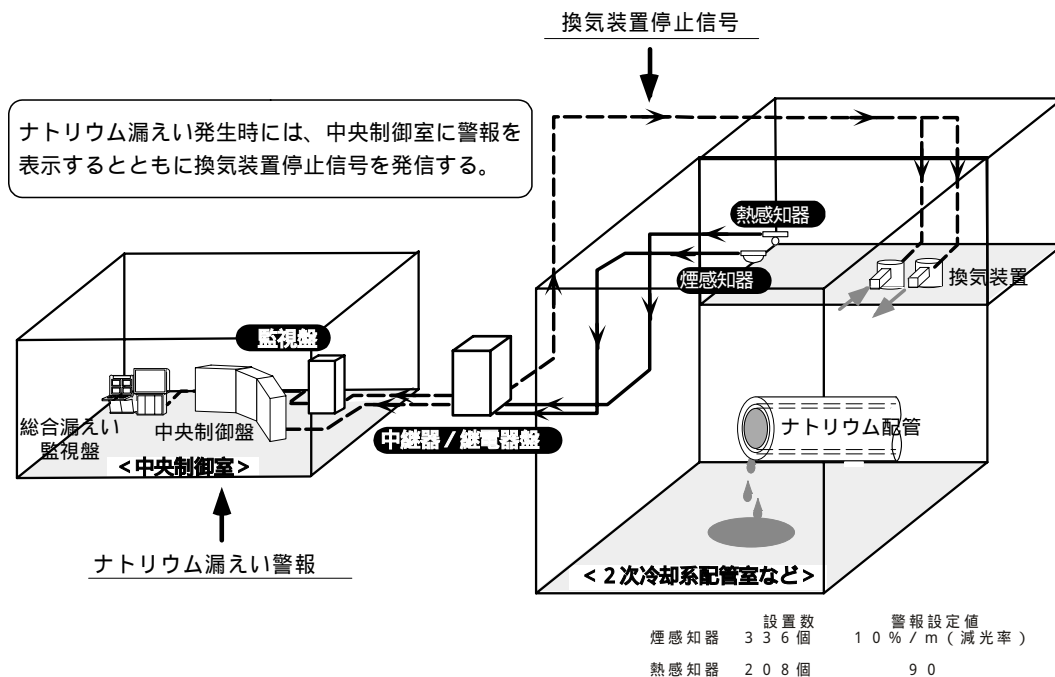


図 - 3 セルモニタの設置

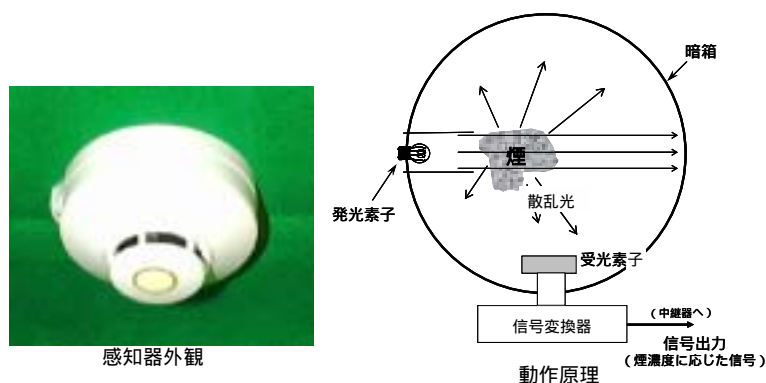


図 - 4 煙感知器（光電対向式球型感知器）の原理

概要

ナトリウム漏えいを早期に停止するため、ナトリウムを系統より早くドレンする（抜き取る）。このため、2次冷却系について、ナトリウムドレン配管の追加、既設ドレン配管の大口径化、ドレン弁の多重化のほか、ナトリウムドレンに係る一連の弁操作を一括して行えるようにするなどの操作系の改造を行う。

なお、その他ナトリウム系統のドレン弁についても、ナトリウム漏えい時の操作性を向上し、中央制御室からドレンが可能となるよう一部の弁について電動化などの改造を行う。

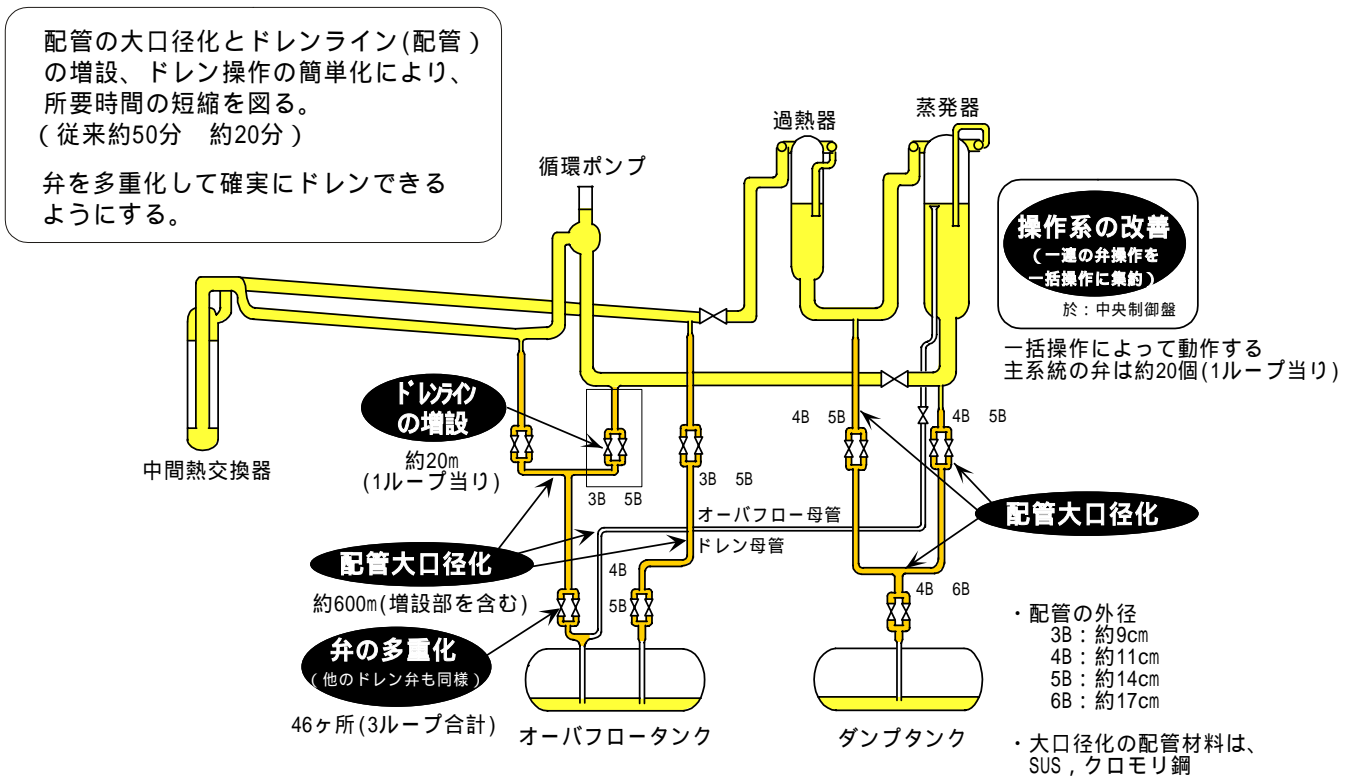


図 - 5 ドレン系統の改造（2次冷却系）

概要

ナトリウム燃焼抑制及びエアロゾル拡散抑制のため、ナトリウム配管や機器が設置された部屋（空気雰囲気）の換気空調設備について、セルモニタの信号により自動停止するようインタロック変更を行うほか、他区画との通気を抑制するための逆止ダンパなどを設置する。

従来の蒸発器液位低下信号に加え、セルモニタの信号でも換気空調設備のダンパ、ファンを自動停止させる。
他区画との通気を抑制するため、必要箇所には区画の境界に逆止ダンパを設置する。
窒素ガス注入による区画内の圧力上昇を抑制するため、逃がしライン等を設置する。

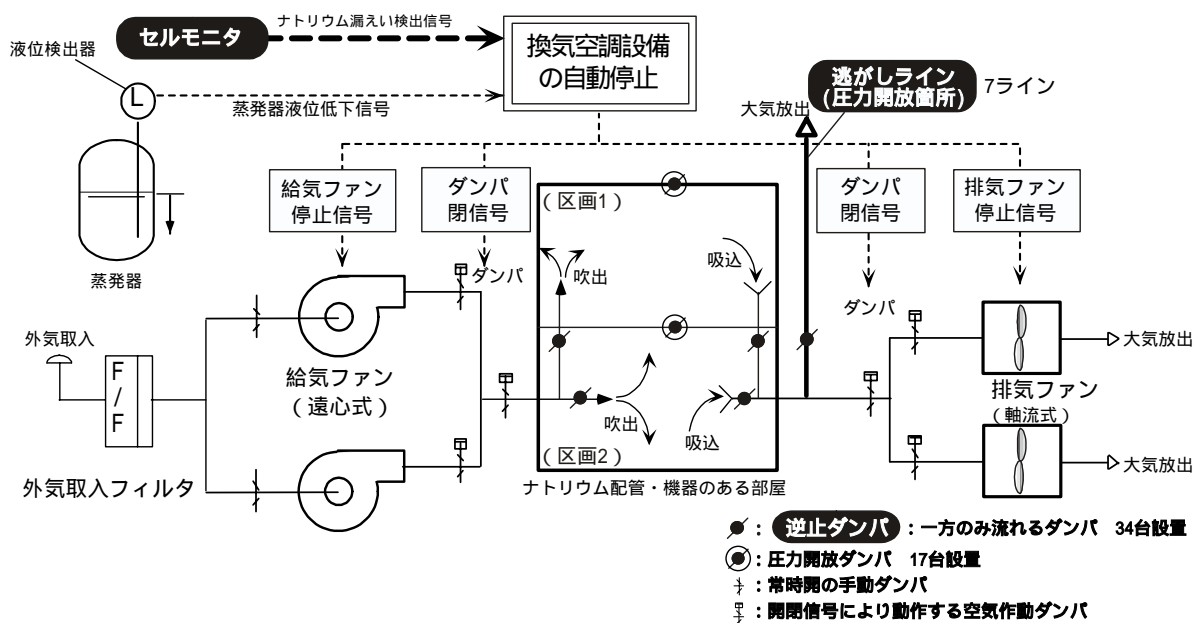


図 - 6 換気空調設備の改造（早期停止、逆止ダンパの設置）

概要

ナトリウム燃焼の抑制と再燃焼防止のため、2次冷却系、炉外燃料貯蔵槽冷却系、2次メンテナンス冷却系の部屋には窒素ガスを注入できるようにする。

また、窒素ガス注入による燃焼抑制を効果的に行うため、容積の大きい2次冷却系についてはループごとに建物内を区画化する。

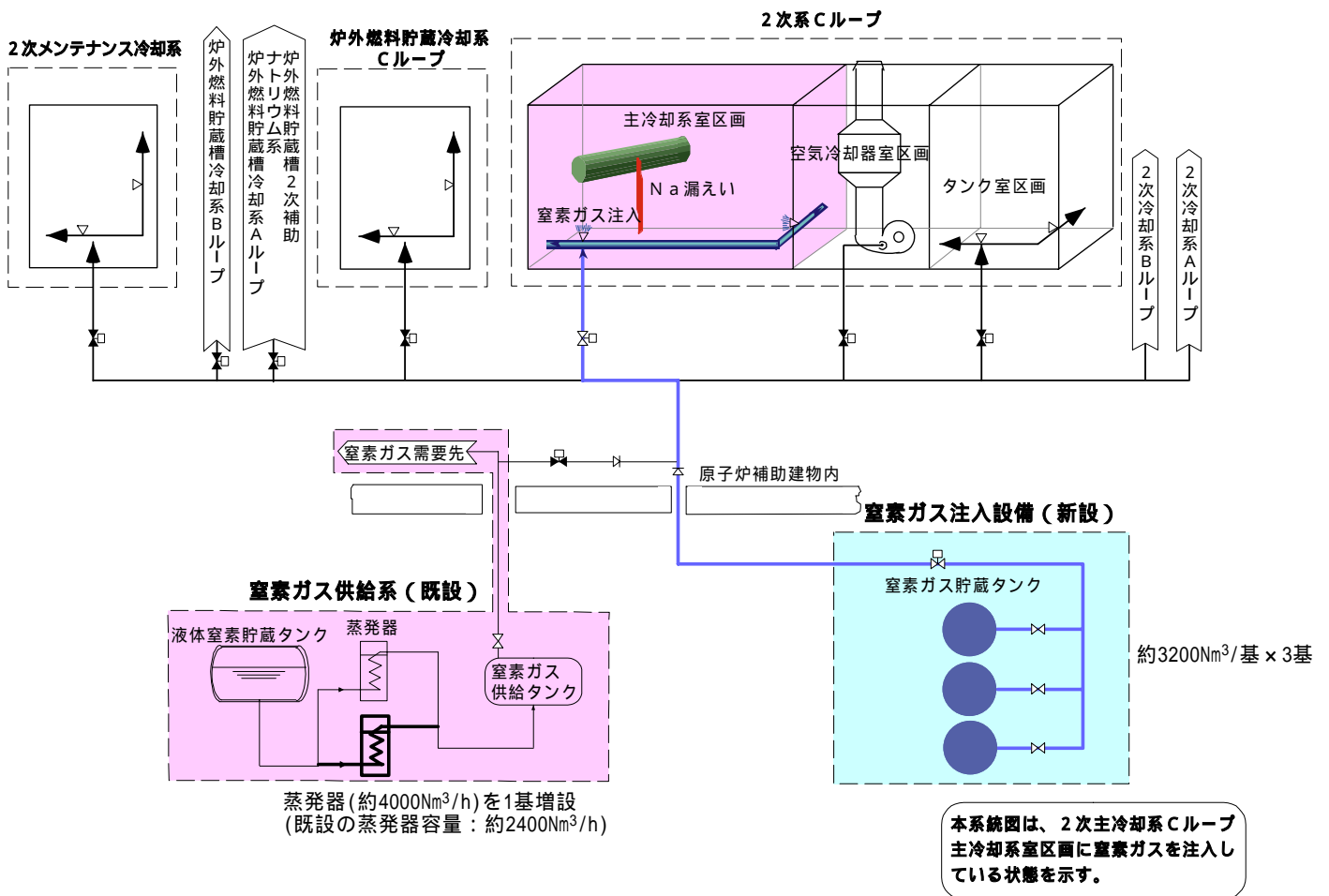


図 - 7 窒素ガス注入設備の設置

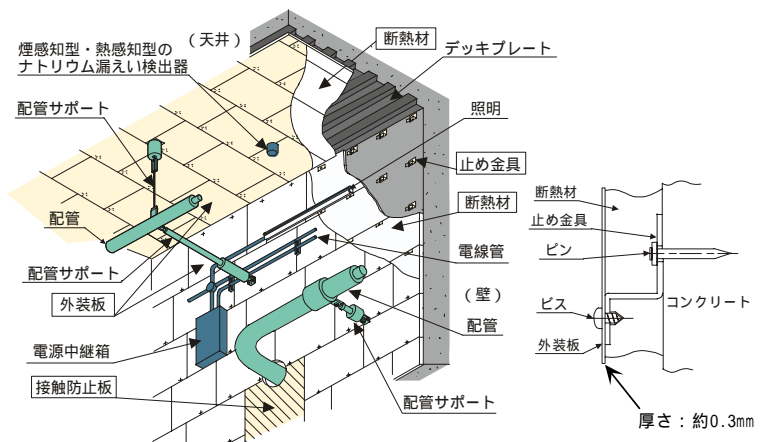
概要

ナトリウム漏えい時は、ナトリウム燃焼によって、部屋の雰囲気温度が上昇する。これに伴い、壁・天井のコンクリート温度も上昇する。一方、コンクリートは100℃を超えると、コンクリート自体が保有している水分が急激に放出されるようになる。このため、必要に応じてナトリウムを内包する配管・機器が設置された部屋の壁、天井に断熱構造を設け、コンクリートの温度上昇を抑制し、コンクリートからの水分放出を抑制する。

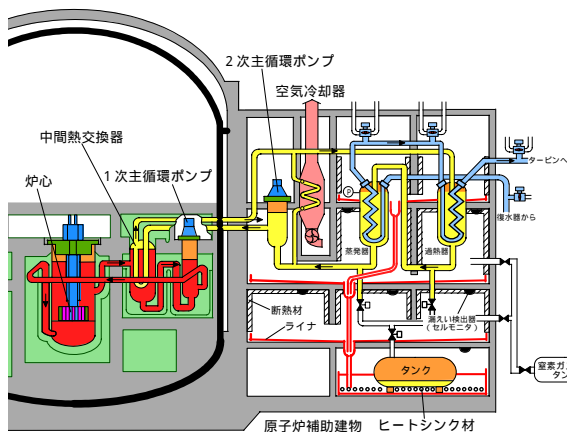
断熱材仕様

材質：セラミックファイバー
ブランケット

厚さ：12.5mm



断熱材の敷設図



「もんじゅ」概要図

断熱材の敷設範囲、敷設率

| 階 | 部屋名称：部屋番号 | 壁・天井 |
|----|---|--------|
| 5F | 蒸発器室(C)：A-538、過熱器室(C)：A-539 | 60%以上* |
| 4F | 蒸発器室(C)：A-438、過熱器室(C)：A-439 | 60%以上 |
| | 2次主冷却系配管室(C)：A-446、A-445 2次主循環ポンプ配管室(C)：A-440 | 94%以上 |
| 3F | 蒸発器配管室(C)：A-338、 過熱器配管室(C)：A-339 2次主循環ポンプ配管室(C)：A-340 | 60%以上 |

*：壁のみ

図 - 8 壁・天井への断熱材の設置

概要

建物最下階に位置する貯留室(ダンプタンク室、オーバーフロータンク室)においては、大規模なナトリウム漏えい時に、漏えいした部屋から連通管を(床ドレン)により、移送された高温のナトリウムが大量に流入してくるため、比較的長い時間、高温状態が続く。このため、貯留室に大漏えい時の漏えいナトリウムによる熱的影響を緩和するため、アルミナ製のヒートシンク材を設置する。

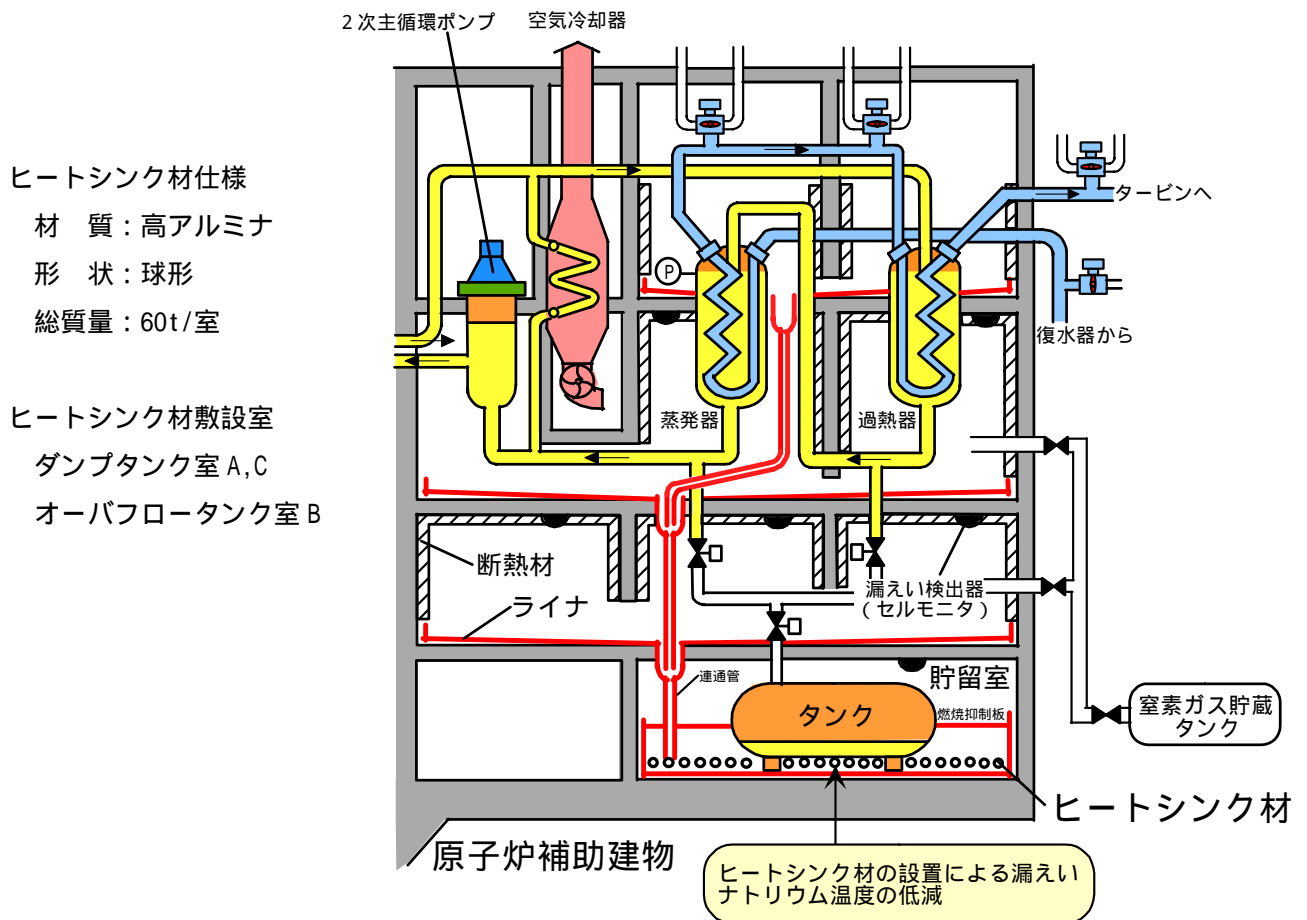


図 - 9 貯留室へのヒートシンク材の設置

概要

2次系ナトリウム漏えいが発生した時に、運転員が状況を把握することができるよう、中央制御室にナトリウム漏えいに関する情報(監視カメラ映像、セルモニタ、火災感知器、ナトリウム漏えい検出器の信号など)を一括表示及び監視できる総合漏えい監視盤を設置する。

監視カメラの設置概要

運転員が現場の状況を迅速に把握できるよう、ナトリウム配管や機器が設置されている空気雰囲気各部屋に監視カメラを設置する。

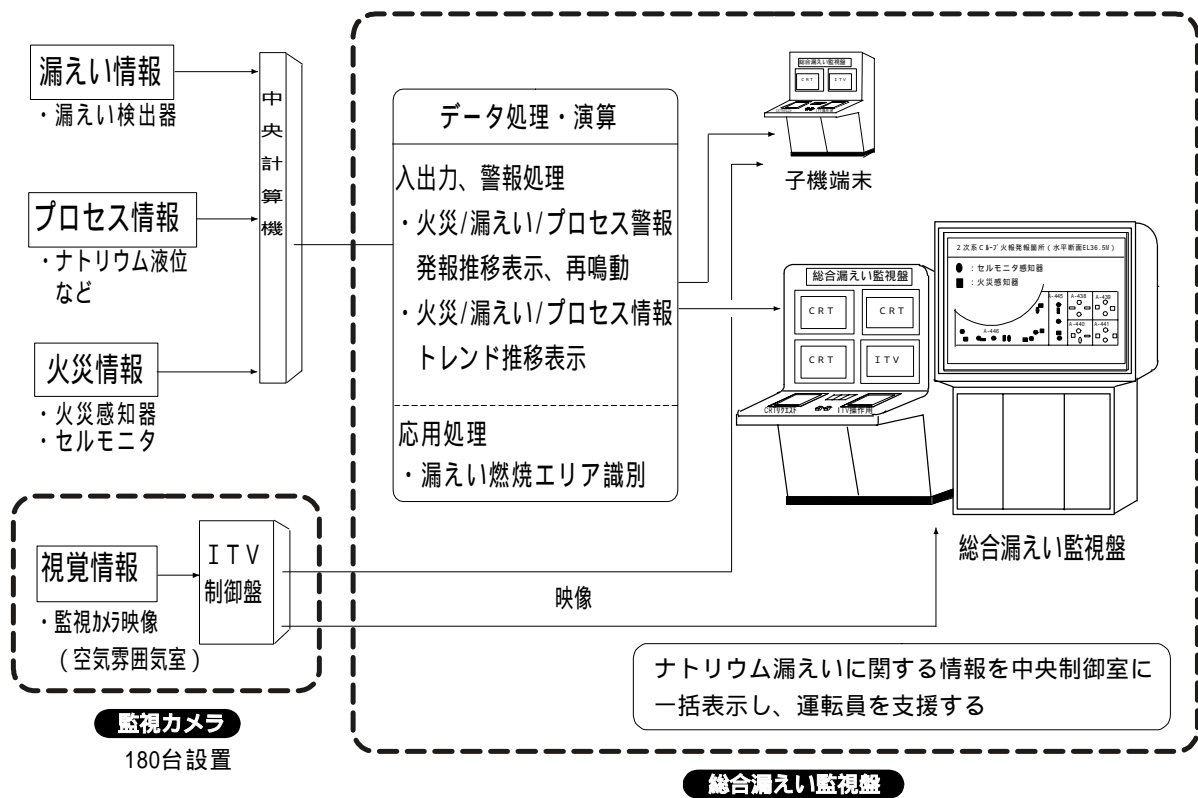


図 - 10 総合漏えい監視システムの設置

概要

万一の蒸気発生器伝熱管破損事故時にも、事故の拡大を防止するため、水漏えいを確実に検出し、伝熱管内のブローダウン（水・蒸気の放出）をより早期に完了するため、次の改善を図る。

カバーガス圧力計の追加設置工事概要（検出機能の強化）

水漏えいを確実に検知するため、カバーガス圧力計を2個/ループから3個/ループに増設し、警報・インターロックの動作条件を2out of 2から2 out of 3に変更する。

また、警報・インターロックの設定値を約170から150(kPa[gage])に変更する。

放出弁の追加工事概要（ブローダウン性能の強化）

水・蒸気ブローダウンをより早期に完了するため、蒸発器入口放出弁を1個/ループから2個/ループに、出口放出弁を2個/ループから3個/ループにそれぞれ増設する。

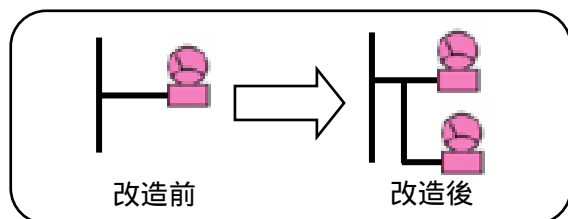
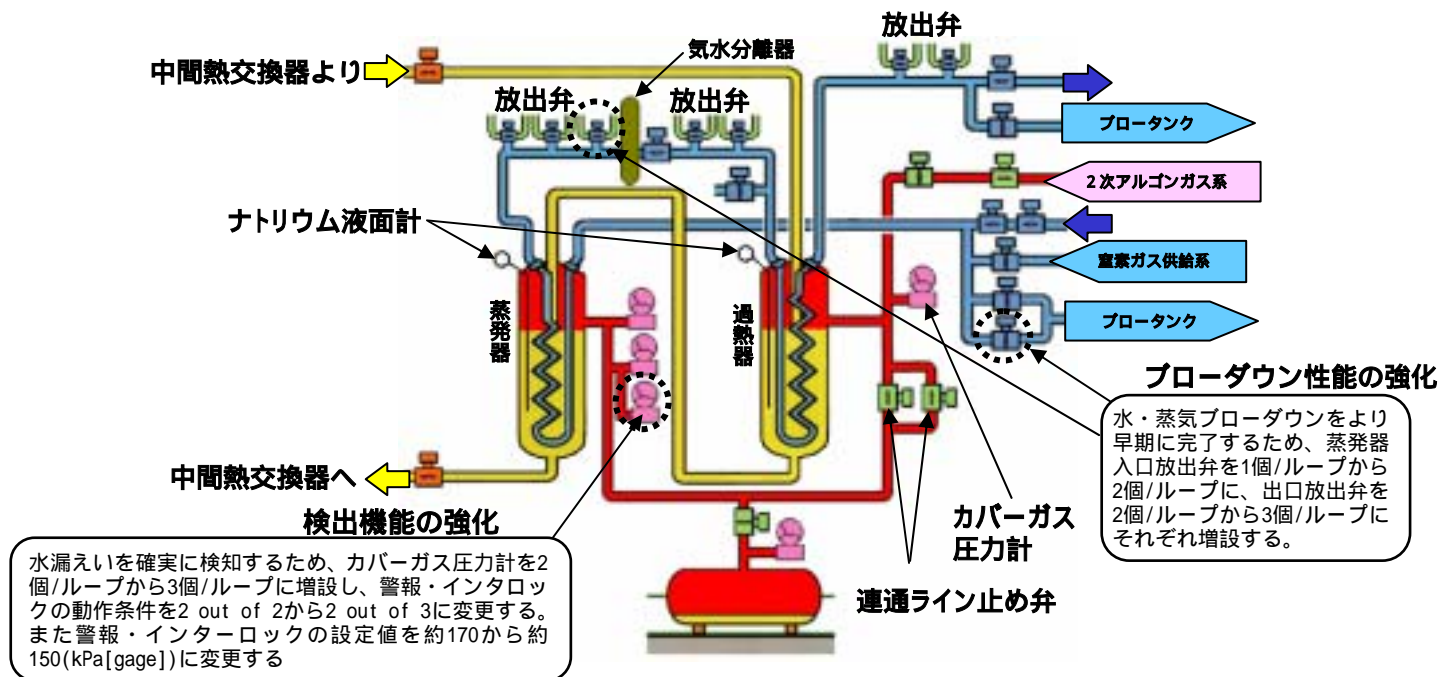


図 - 1 1 蒸発器ブローダウン性能の改善工事

表 - 1 「もんじゅ」 工事工程

| 平成16年度 | 平成17年度 | | | | 平成18年度 | | | | 平成19年度 | | | |
|---|--------|-------|---------|-------|--------|-------|---------|-------|--------|-------|---------|-------|
| 1 ~ 3 | 4 ~ 6 | 7 ~ 9 | 10 ~ 12 | 1 ~ 3 | 4 ~ 6 | 7 ~ 9 | 10 ~ 12 | 1 ~ 3 | 4 ~ 6 | 7 ~ 9 | 10 ~ 12 | 1 ~ 3 |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 20%; text-align: left;"> <p>準備工事</p> <div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> <p>照明器具の撤去、仮設電源の設置、 床、壁の穴あけ工事、扉・ハッチ改造など</p> </div> <div style="width: 60%; text-align: center;"> <p>本体工事</p> <div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> <p>2次冷却系温度計の交換・撤去工事、 ナトリウム漏えいに対する改善工事、 蒸発器ブローダウン性能の改善工事</p> </div> <div style="width: 15%; text-align: right;"> <p>臨界 → 性能試験</p> </div> </div> | | | | | | | | | | | | |
| <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <p>工事確認試験</p> <div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> <p>セルモニタ機能試験、ドレン系機能試験など</p> </div> <div style="width: 40%; text-align: center;"> <p>プラント確認試験</p> <div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> <p>1次主冷却系循環ポンプ運転試験、 制御棒駆動装置運転試験、燃料交換など</p> </div> </div> | | | | | | | | | | | | |
| <p>設備点検（適宜実施）</p> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> | | | | | | | | | | | | |

表 - 2 安全性総点検にて摘出した改善事項(実施予定又は検討中)
(1/2)

| No. | 項 目 | 概 要 |
|-----|--|--|
| 1 | 微調整棒駆動機構の荷重増加対応 | 制御棒は原子炉の出力を調整する装置で、もんじゅでは、3種類の制御棒を持っている。このうち、原子炉出力の微調整を行う制御棒の動作部には隙間の狭い部分があり、ここにナトリウム化合物が付着し動作の抵抗となった。この隙間の狭い部分へのナトリウム化合物付着防止を目的とした構造に変更する。 【設工認変更済み】 |
| 2 | 遅発中性子法破損燃料検出器の設定値変更 | 遅発中性子法破損燃料検出装置は、原子炉に装荷された燃料の破損を燃料から放出される遅発性中性子先行核種が1次ナトリウム中で放出する、中性子レベルの変動で検出する装置である。通常運転時の中性子レベルと比較してどの程度レベルが上昇するかを監視し、警報発報、原子炉トリップ信号を発信する。試運転の結果、通常運転時のレベルが低く、それに合わせた低めの警報等の設定を行っているため、誤警報発報、又は、原子炉誤トリップを引き起こす可能性がある。このため試運転結果を反映し、本来の設置目的を満足させること、誤警報の発報防止すること。 |
| 3 | 1次系ダンクタンク予熱ヒータシーケンス改造(常時入) | 1次系ダンクタンクは系統のナトリウムをドレンする際、ナトリウムを受け入れるタンクであり、プラント運転中には使用されない。このため、このタンクの予熱は、プラント起動停止時にヒータの入、プラント運転時にヒータの切の運用となっている。ヒータの入、切に伴いタンク内圧が変動し、運転員による圧力調整操作が必要となる。この運転員の操作を軽減するため、予熱ヒータが常時通電状態となるよう制御回路を変更する。 |
| 4 | 1次アルゴンガス系ベーパートラップ出口メッシュ温度制御の手動から自動への変更 | 1次アルゴンガス系ベーパートラップは原子炉から1次アルゴンガス系下流部へ流れるカバーガス中のナトリウム蒸気を捕獲するフィルタであり、空気を外面に吹き付け温度を低く保つことでナトリウム蒸気を捕獲している。空気風量の調整は、現場にてダンパー開度を手動調整して行っているが操作が煩雑である。この運転員の負担を軽減するため、ダンパー開度を自動制御出来るよう改善する。 |
| 5 | 純化系プラグギング計戻り合流部サーマルストライピング対策(ヒータ可変制御) | プラグギング計は、ナトリウム純度を測定する装置である。系統ナトリウムを主流路から分岐させてナトリウムを取り込み、測定後再び主流路にナトリウムを戻す。いったん主流路から分岐したナトリウムは温度が低下し、主流路に戻る際、高温の系統ナトリウムと合流する。この合流部位で温度が変化するため、配管に熱サイクルを加えダメージを与える可能性がある。この影響を緩和するため、主流路に戻る分岐配管をヒーターにより加温する。 |
| 6 | 2次系純化系他予熱ヒータソフトの改造 | 蒸発器のオーバーフロー配管内は、通常運転中、常時高温のナトリウムがオーバーフローしており、予熱ヒータを切としている。この状態でプラントがトリップすると、当該部の高温ナトリウムのオーバーフローがなくなり配管温度が低下して、ナトリウムを凍結させる可能性がある。このため、オーバーフロー配管温度により、自動でヒーターが入、切されるよう制御回路を変更する。 |
| 7 | 2次予熱温度警報を中央制御室へ追設 | 配管等の温度は、予熱ヒータを入、切し、一定の温度を保つよう自動制御されている。現在は中央制御室内のCRT画面への警報表示、及びタイプライターへの印字にて予熱温度の異常の有無を確認している。これらは、運転員が定期的に監視しなければ分からないため、予熱ヒータの異常を見逃す可能性がある。このため、中央制御室に予熱ヒータの異常を確実に監視できる一括警報(表示窓点滅、動作音)を追加する。 |

表 - 2 安全性総点検にて摘出した改善事項(実施予定又は検討中)
(2/2)

| No. | 項 目 | 概 要 |
|-----|--|---|
| 8 | 換気系制御回路改善 (2次主冷却系統通常ドレン時における換気系停止の防止) | ナトリウム漏えい事故時、蒸発器内のナトリウム液位が低下すると「蒸発器液位低低」の信号が発信される。このとき、漏えいしたナトリウムと空気との反応を抑制するため、空気を供給する換気系が自動停止する回路となっている。この信号は通常の運転操作でナトリウムをドレンした際も発生する。通常ドレン時は、換気系を停止させる理由はなく、室温上昇防止のため運転継続を要するが、現状は信号を受けて換気系が停止してしまう。これを防止するため、換気系停止回路にバイパススイッチを設置する。 |
| 9 | 給水加熱器加熱蒸気管のサポート方式変更 | 給水加熱器は、蒸気発生器に送る給水を蒸気により暖める設備である。給水加熱器へ蒸気を取り入れる配管は、サポートで支えられている。試運転時、配管とサポートを溶接した部分に割れが生じ、微量の蒸気漏れが発生した。割れの原因は、サポートが固定方式であることに起因するものであった。この対策としてサポートを可動方式に変更する。(割れの生じた部分は新しいものに交換する) |
| 10 | 主給水ポンプミニマムフロー弁への徐閉機能追加 | 主給水ポンプミニマムフロー弁は、主給水ポンプの保護として締め切り運転防止のため設けられた弁であり、ポンプ入口で測定している給水流量が増加し、設定値に達すると自動的に全閉となる。試運転時、給水流量増加に伴い弁が全閉となった際、ミニマムフロー流量の減少に伴い給水流量が大きく変動した。給水流量20%変動により原子炉トリップのインターロックがあり、これが働く可能性があるため、弁が徐々に閉まる機能を追加する。 |
| 11 | 過熱器蒸気出口水室凝縮水抑制(ヒータ設置) | 過熱器は、蒸発器で発生した蒸気に更に熱を加えてより条件の良い過熱蒸気とする設備である。プラント起動時は、蒸発器で発生した高温の蒸気を通す前に、補助蒸気を供給し過熱器入口配管を徐々に加熱する操作(ウォーミング)を行う。この際、過熱器内部に補助蒸気が流入し過熱器出口付近で凝縮することが判明した。蒸気凝縮の防止を図るため、当該部に電気ヒータを設置する。 |
| 12 | 主給水ポンプステーション速度ロック時の操作性改善 | 主給水ポンプステーションは給水流量の制御器であり、中央制御室に設置されている。プラントの状態等により適切な制御モードを選択する必要があるが、速度設定ロック解除操作の順序によっては、モード切替が不能となる。このため、モード切替回路を変更し、確実にモード切替が実施できるよう改善する。 |
| 13 | 取水口防塵ネットの設置 | 取水口は、タービンで使用した蒸気等を冷却するために使用する海水を汲み上げる場所である。プラントが通常運転状態になると、冷却する海水が取水口から大量に汲み上げられる。このため、流木等の浮遊物が取水口付近に集まって来ることが予想されている。循環水ポンプによる海水の取水に支障がないよう、既設の除塵設備に加え、取水口部に防塵ネットを設置する。 |
| 14 | コンデンサの計画的な交換 | コンデンサーは、機器の制御盤に数多く取り付けられている電気部品である。コンデンサーは、一定期間使用すると寿命となり、長期間使用した制御盤では、制御器の故障原因となる。コンデンサー不良が原因の故障を防止するため、一定期間使用したコンデンサーは交換することとした。プラント全体では膨大な数のコンデンサーが使用されていることから、安全上重要な機器から順次計画的に交換を行っている。 |