

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

このことについて、核燃料サイクル開発機構から下記のとおり連絡を受けた。
県としては、工事計画の実施状況や2月7日の事前了解の際に要請した「もんじゅ」の安全確保対策の強化等の事項に対する核燃料サイクル開発機構の対応について、県の原子力安全専門委員会等において適宜確認していく。

記

高速増殖原型炉もんじゅ（高速増殖原型炉；定格出力28.0万kW）は、平成7年12月8日に発生した2次冷却系ナトリウム漏えい事故のため停止しているが、ナトリウム漏えい対策等に係る工事を平成17年夏頃より約17ヶ月の予定で実施する。

工事としては、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が行われる予定である。

なお、これらの工事のための準備作業等を平成17年3月より実施する予定である。

1. 工事概要

(1) 2次冷却系温度計の交換・撤去工事 （図 - 1 参照）

2次冷却系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。

このため、2次冷却系温度計さや管部について、長さを短くし剛性を増すことで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集中がない形状のものに交換する。また、他で機能が代替可能な温度計については撤去する。

(2) ナトリウム漏えいに対する改善工事 （図 - 2 ~ 図 - 10 参照）

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、以下の対策を行う。

- ・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る。
- ・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う。

- ・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かか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。

- (3) 蒸発器ブローダウン性能の改善工事 **(図 - 11参照)**
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より一層緩和するため、水リークを確実に検出できるよう蒸発器カバーガス圧力計を追加設置するとともに、伝熱管内の水・蒸気のブローダウン（排水）が早期に完了できるよう蒸発器放出弁を追加設置する。

2. 工事工程 **(表 - 1 参照)**

工事については、平成17年夏頃より約17ヶ月の予定で実施する。その後、工事で改造した設備や新規に設置した設備等の性能・機能確認を行う工事確認試験を実施する予定である。（一部機器については、工事期間中に実施予定）

工事確認試験完了後は、プラント全体としての健全性確認を行う計画である。なお、この期間に燃料交換を実施する予定である。

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るが、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ある。
- (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、核燃料サイクル開発機構は、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るが、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ある。

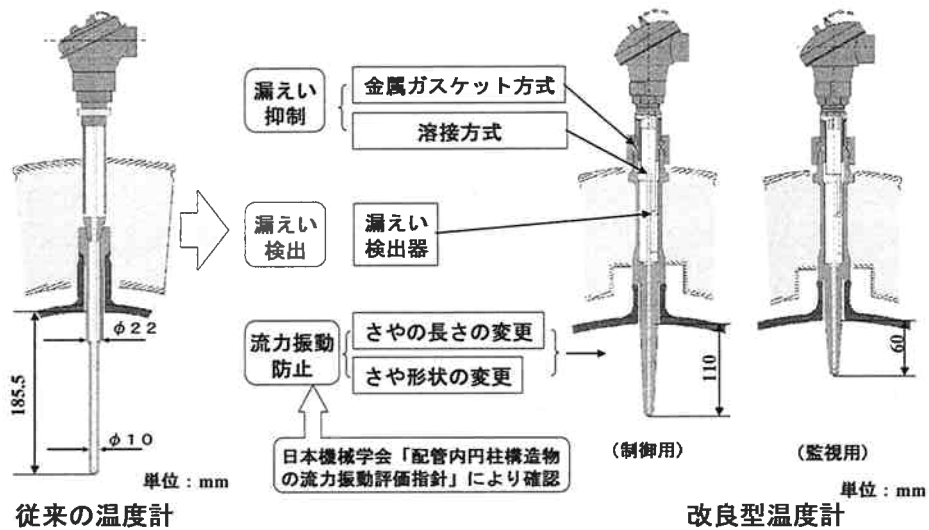
< 安全性総点検 >

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た。

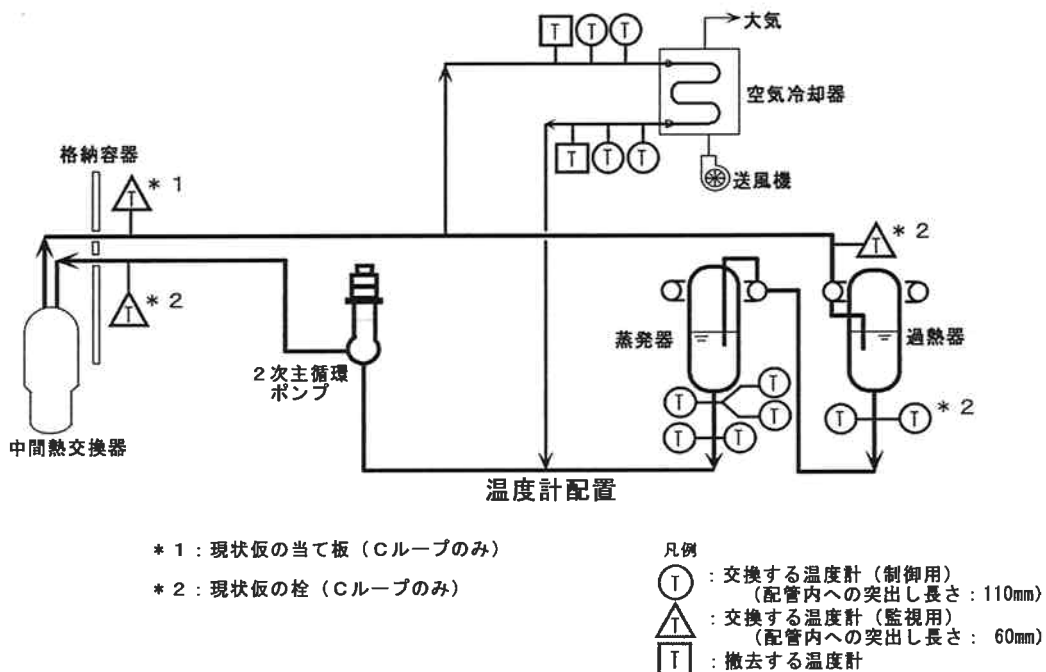
問い合わせ先(担当：山本)
内線2353・直通0776(20)0314

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。



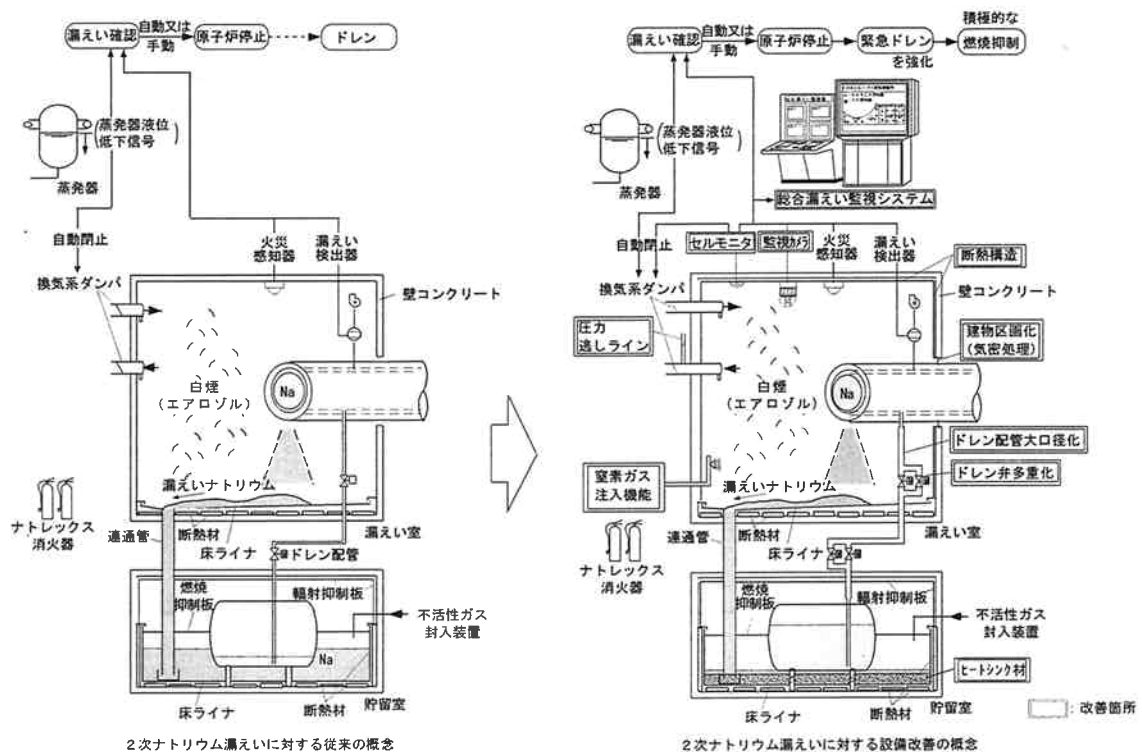
改良型温度計の構造



図一 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。



図一 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。

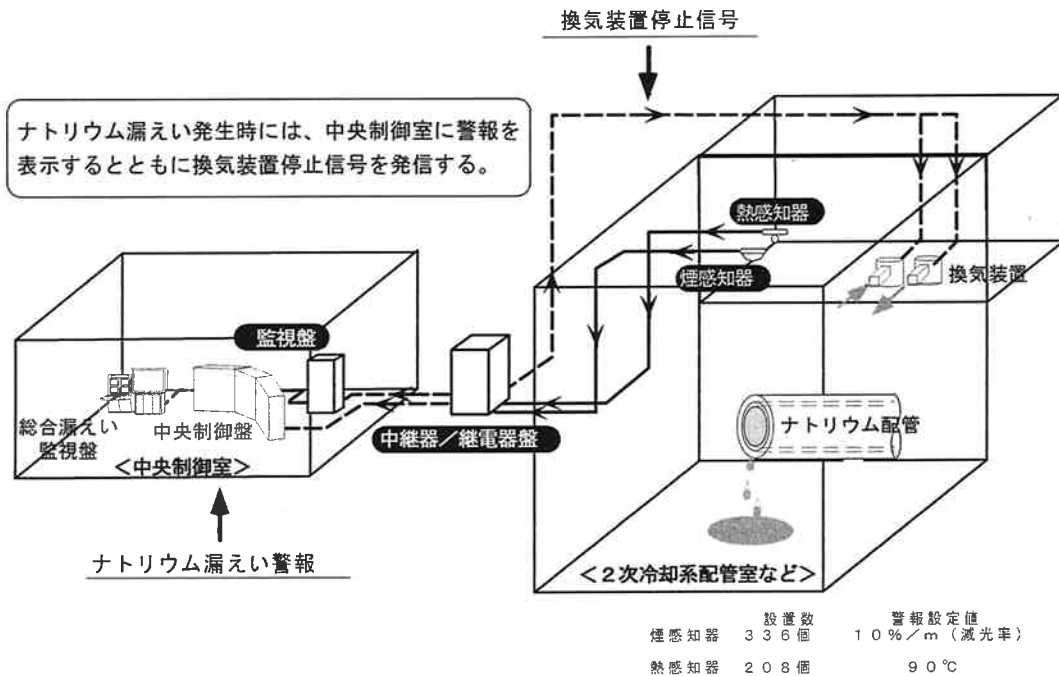


図-3 セルモニタの設置

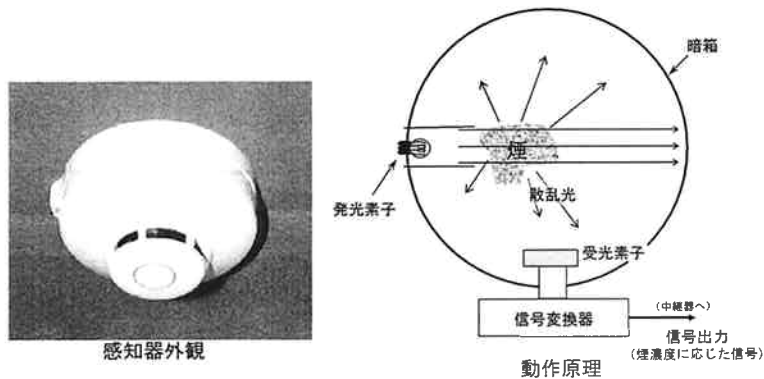


図-4 煙感知器（光電アナログ式スポット型感知器）の原理

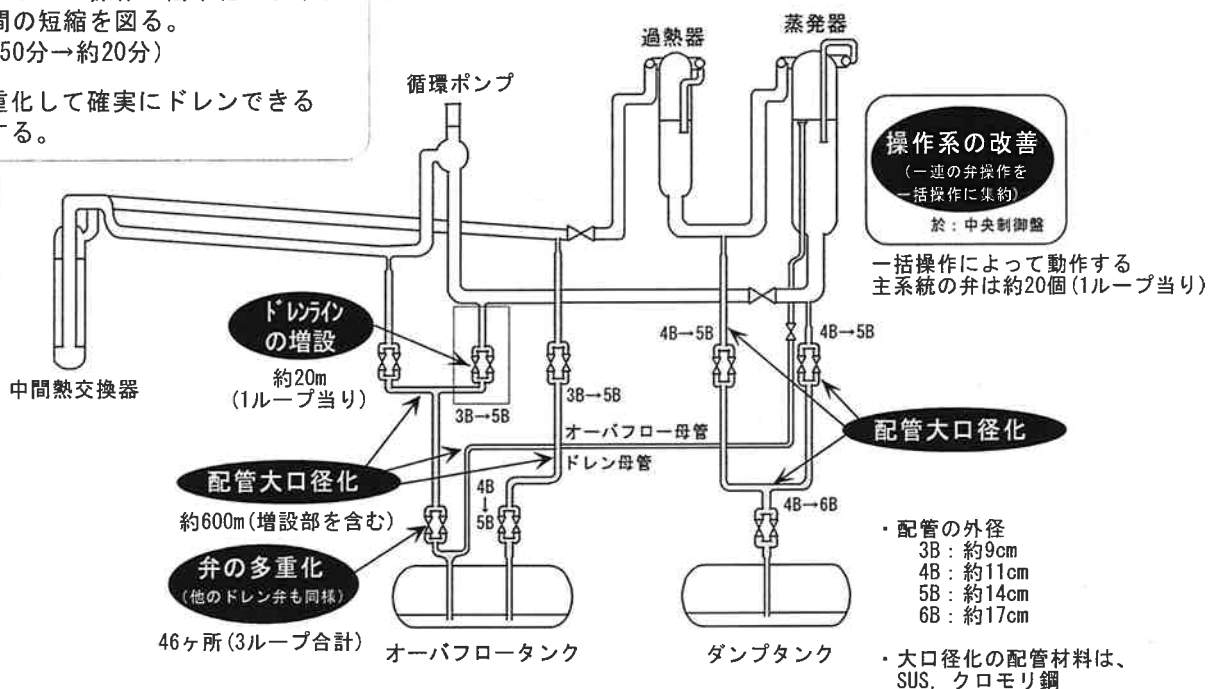
概要

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なるよう一部の弁について電動化などの改造を行う。

◎配管の大口径化とドレンライン（配管）の増設、ドレン操作の簡便化により、所要時間の短縮を図る。
（従来約50分→約20分）

◎弁を多重化して確実にドレンできるようにする。

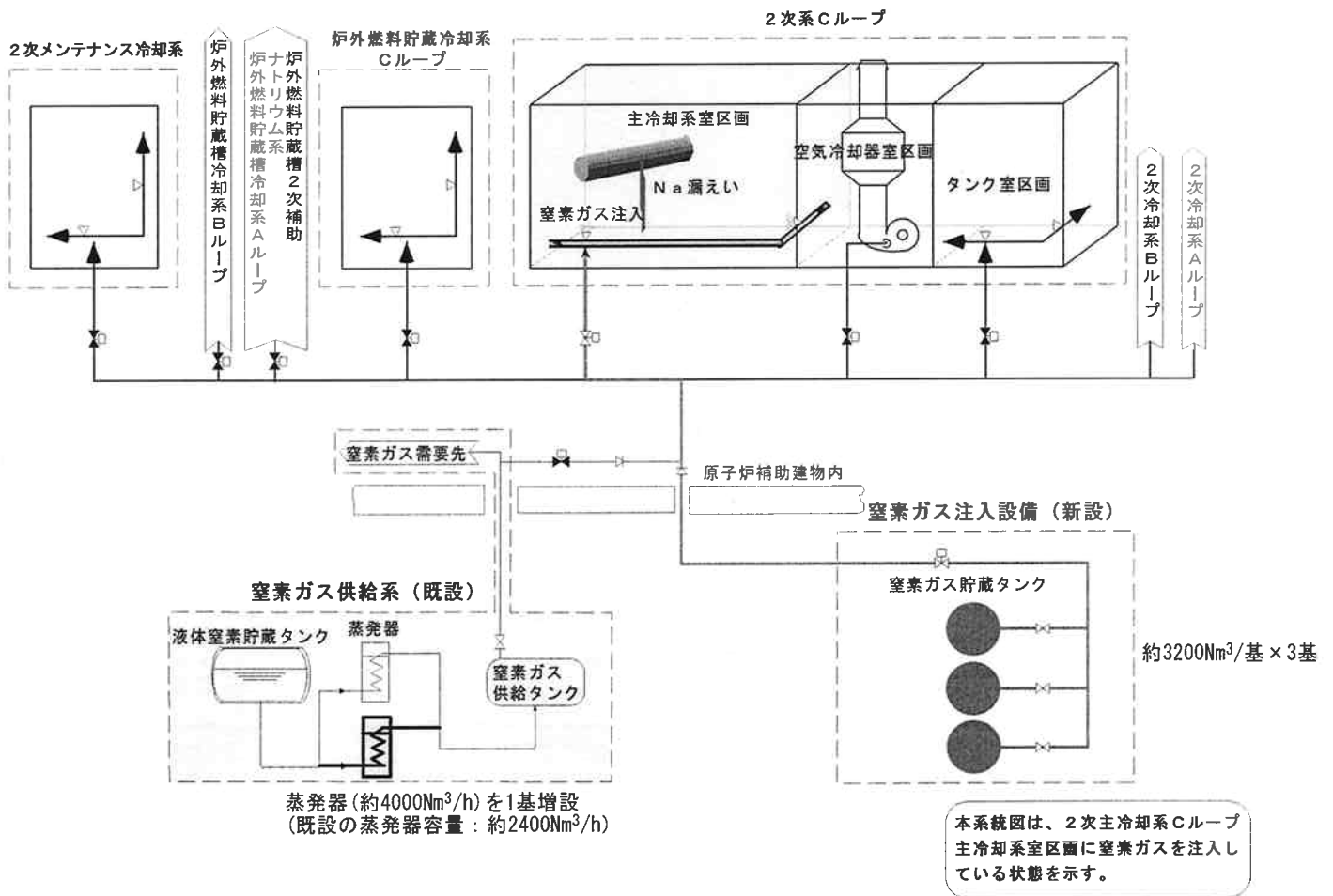


図－5 ドレン系統の改造（2次冷却系）

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。



図一七 窒素ガス注入設備の設置

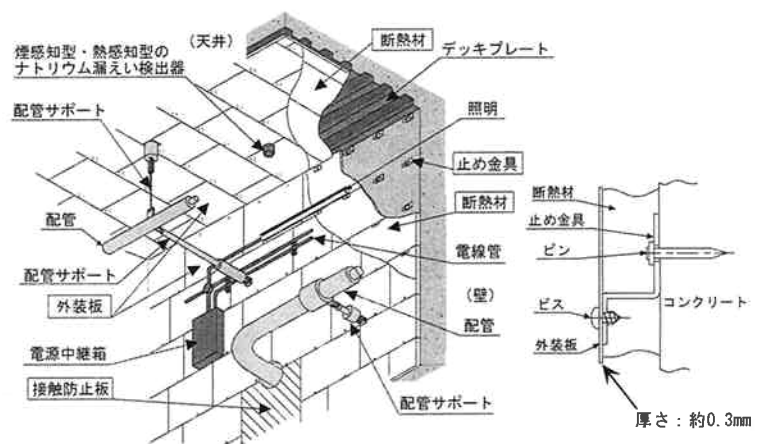
概要

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。

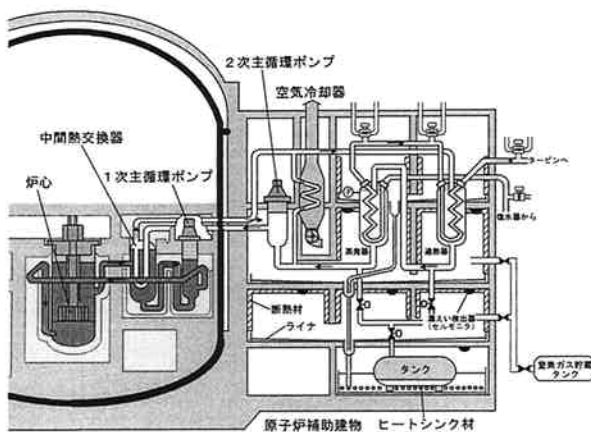
断熱材仕様

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。

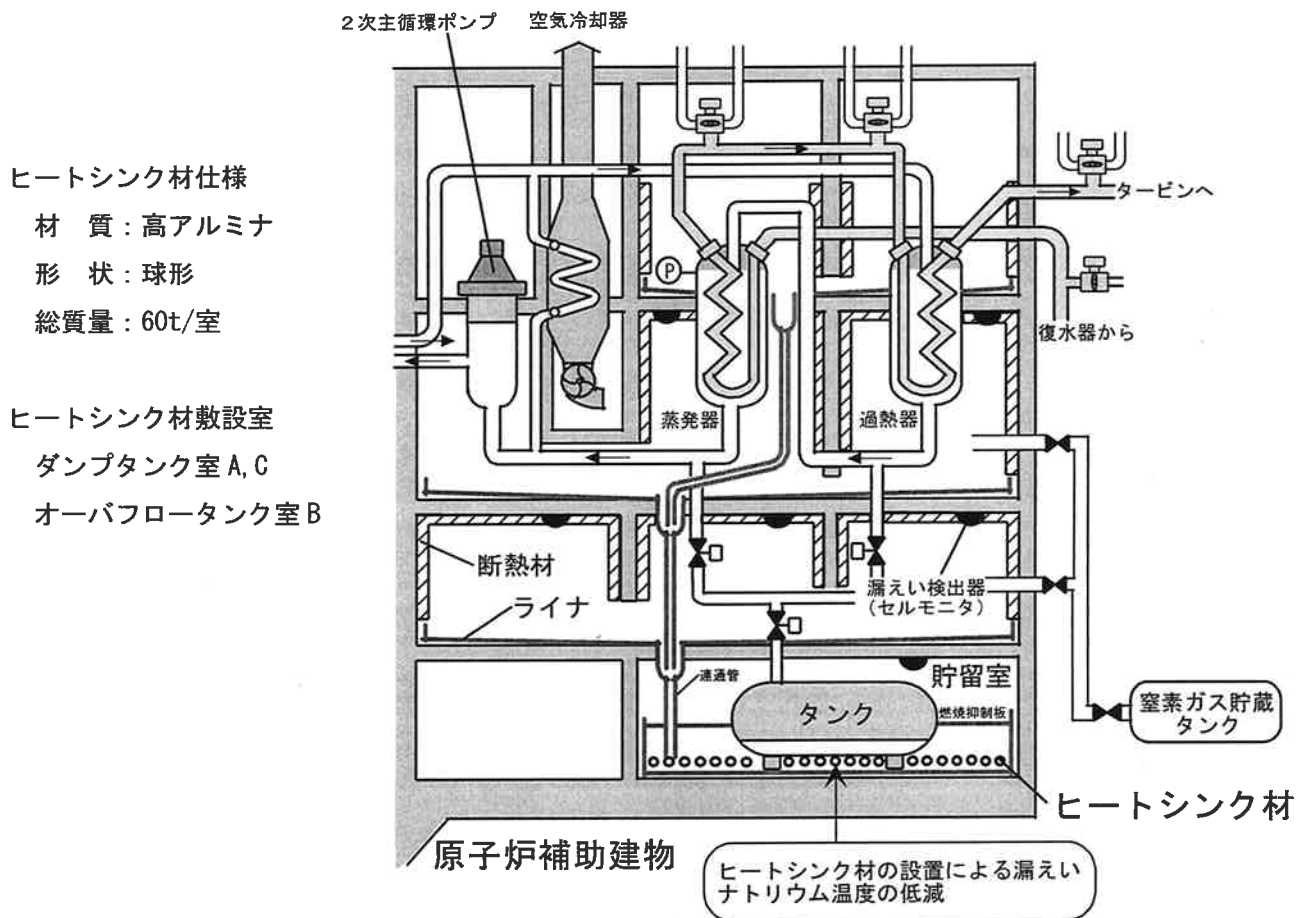


図-9 貯留室へのヒートシンク材の設置

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。

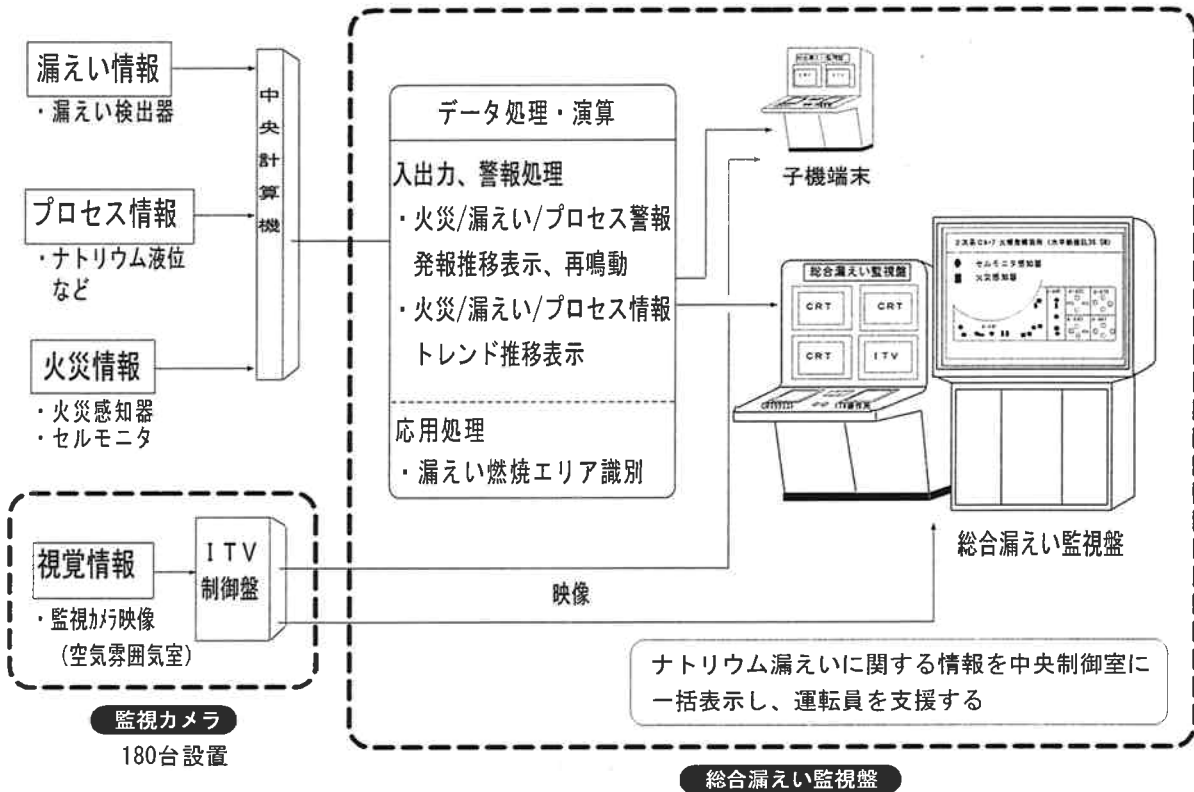


図-10 総合漏えい監視システムの設置

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。

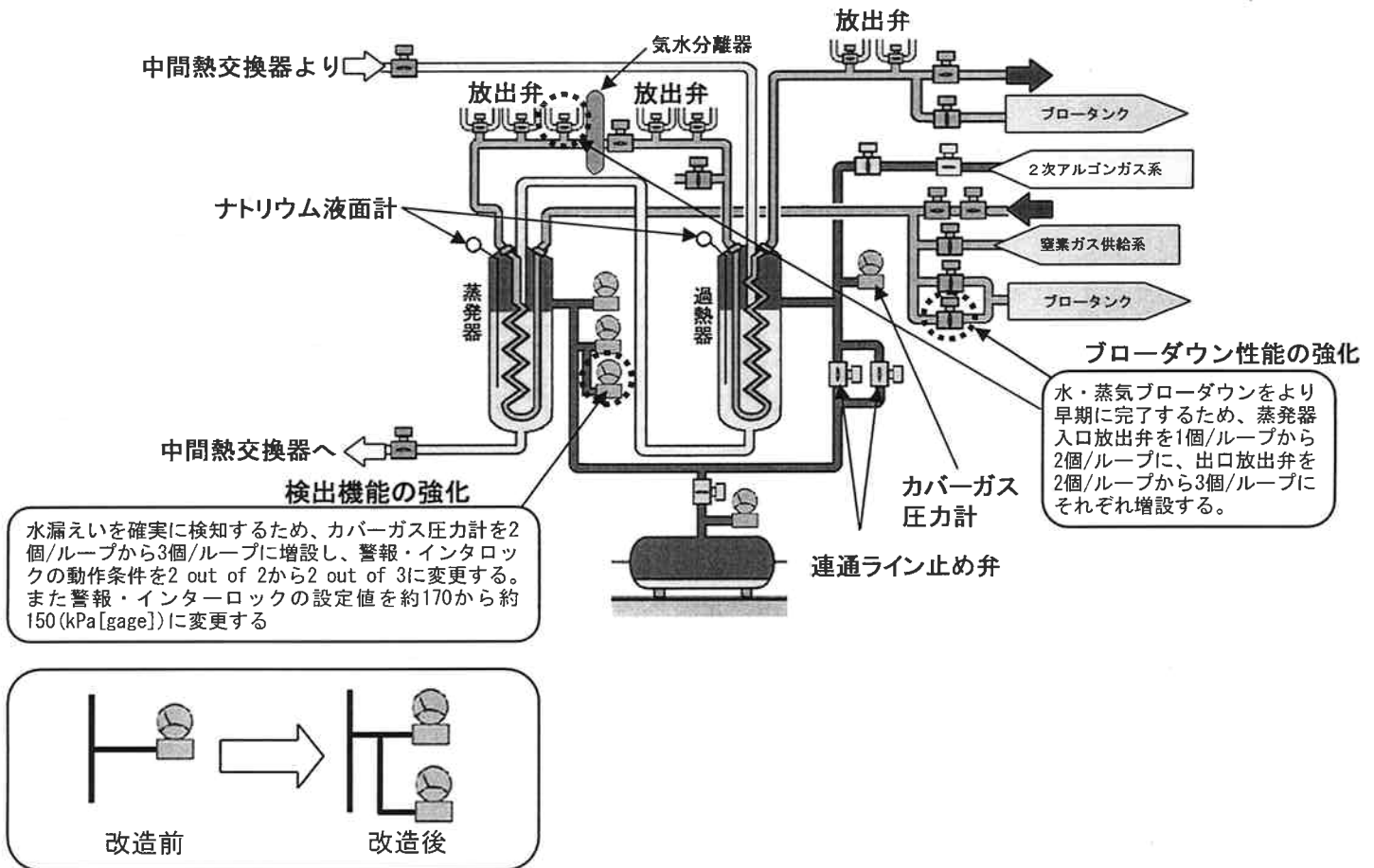


図-11 蒸発器ブローダウン性能の改善工事

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
<p>準備工事</p>  <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>				<p>本体工事</p>  <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>								<p>臨界</p>  <p>性能試験</p>
<p>工事確認試験</p>  <p>セルモニタ機能試験、ドレン系機能試験など</p>								<p>プラント確認試験</p>  <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>				
<p>設備点検（適宜実施）</p> 												

表-2 安全性総点検にて抽出した改善事項(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次系ダンプタンク予熱ヒータシーケンス改造(常時入)	1次系ダンプ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 安全性総点検にて抽出した改善事項(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にも発生する。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。

事前了解（平成17年2月7日）にあたりサイクル機構に要請した事項

1 「もんじゅ」の安全確保対策の強化について

- (1) 福井県もんじゅ安全性調査検討専門委員会が取りまとめた意見の着実な実施と、品質保証活動や保守点検体制の恒常的な充実強化に努めること
- (2) 改造工事等にあたっては、工事を行う企業の品質保証体制を確認するとともに、品質保証活動や安全管理活動等の実施状況を継続的に確認すること
- (3) 安全性総点検において指摘された設備改善工事や運転手順書の見直し等について、着実に実施すること
- (4) 関西電力株式会社美浜発電所3号機の2次系配管破損事故を踏まえ、「もんじゅ」の水・蒸気系配管の肉厚管理計画を策定するとともに、管理対象箇所測定を行い、初期データを取得すること
- (5) ナトリウム系配管・設備について、高速実験炉「常陽」の運転・保守実績を分析・評価し、的確な点検計画を策定すること
- (6) 原子力災害対策特別措置法に基づく国の原子力総合防災訓練を「もんじゅ」で実施すること

2 広報・理解活動について

県および関係市町に工事状況等を適宜報告するとともに、県民、国民への迅速かつ的確な情報提供等、積極的な情報公開にさらに努力すること

3 地域との共生について

- (1) 安全の確保には、その基礎となる研究開発が現場に近いところで実施されることが重要であるので、高経年化時代を迎える中、貴機構および本年10月に設立する「日本原子力研究開発機構」がその役割を積極的に果たすこと
- (2) 貴機構および日本原子力研究開発機構として、「もんじゅ」の安全確保はもとより、福井地域の研究開発拠点化を確実に進めるための体制を構築し、速やかにその実現を図るとともに、県のエネルギー研究開発拠点化計画に全面的に協力すること
- (3) 地域とのより一層の共生を図るため、県内企業の原子力技術者育成や技術指導、資格取得の支援、原子力技術の移転に努めるとともに県内企業の活用促進を図ること

高速増殖原型炉もんじゅのナトリウム漏えい対策等にかかる工事計画の経緯

- 平成12年12月8日 ... 「もんじゅ」のナトリウム漏えい対策等にかかる工事計画について、核燃料サイクル開発機構は、県および敦賀市に安全協定に基づく「事前了解願い」を提出。
- (工事計画) 2次冷却系温度計の交換・撤去、ナトリウム漏えいに対する改善
蒸発器ブローダウン性能の改善
- 平成13年6月5日 ... 県と敦賀市は原子炉設置変更許可申請について了承。
- 平成13年6月6日 ... サイクル機構は、経済産業省に原子炉設置変更許可を申請。
- 平成13年6月18日 ... 経済産業省原子力安全・保安院は、安全性総点検での指摘に対処し報告すること等を、サイクル機構に通達。
- 平成13年6月29日 ... サイクル機構は、温度計の設計及び工事方法の変更に係る認可申請と、安全性総点検への対応計画を原子力安全・保安院に提出。
- 平成13年7月27日 ... サイクル機構は、「安全性総点検に係る対処及び報告書(第1回報告)」について原子力安全・保安院に提出。
- 平成13年12月11日 ... 原子力安全・保安院は、蒸気発生器伝熱管の破損対策に係る事項に関して、サイクル機構に対して設置変更許可申請書に明記するよう通知。
- 平成13年12月13日 ... サイクル機構は、原子炉設置変更許可申請書を一部補正し原子力安全・保安院へ提出。
- 平成14年4月12日 ... サイクル機構は、原子炉設置変更許可申請書添付書類について一部補正し原子力安全・保安院へ提出。
- 平成14年5月8日 ... 原子力安全・保安院は設置許可申請について、原子力委員会、原子力安全委員会へ諮問。
- 平成14年5月31日 ... サイクル機構は、「安全性総点検に係る対処及び報告書(第1回報告の改訂)」と「2次系温度計の設計及び工事の方法の変更に係る認可申請書の補正」を原子力安全・保安院に提出。
- 平成14年6月19日 ... サイクル機構は、「安全性総点検に係る対処及び報告書(第2回報告)」について原子力安全・保安院に提出。
- 平成14年6月28日 ... 原子力安全・保安院は、2次冷却系温度計の設計及び工事の方法の変更の認可についてサイクル機構に通知。
- 平成14年11月1日 ... サイクル機構は、原子炉設置変更許可申請書の「工事計画」について一部補正し原子力安全・保安院へ提出。
- 平成14年11月22日 ... サイクル機構は、「安全性総点検に係る対処及び報告書(第2回報告の改訂)」について原子力安全・保安院に提出。
- 平成14年11月29日 ... 原子力安全・保安院は「安全性総点検に係る対処及び報告」の確認内容及び確認結果について公表。
- 平成14年12月12日 ... 原子力安全委員会より経済産業大臣に対して答申。
- 平成14年12月17日 ... 原子力委員会より経済産業大臣に対して答申。
(二次審査終了)
- 平成14年12月26日 ... 経済産業省は、サイクル機構に対し、原子炉設置変更許可。

- 平成14年12月27日 ... サイクル機構は、ナトリウム漏えい対策工事等にかかる「設計及び工事の方法の変更に係る認可申請」を原子力安全・保安院に提出。
- 平成16年 1月30日 ... 原子力安全・保安院は、ナトリウム漏えい対策工事等の設計及び工事の方法の変更認可についてサイクル機構に通知。
- 平成17年 2月 7日 ... 県および敦賀市は、「もんじゅ」のナトリウム漏えい対策等にかかる工事計画について、サイクル開発機構に対し、事前了解。