

## 高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検に係る報告書（第4回報告） の提出について

平成7年12月8日に発生したナトリウム漏えい事故後、「もんじゅ」の安全性を再確認するため科学技術庁（当時）によるもんじゅ安全性総点検が実施され、平成10年3月に報告書が取りまとめられました。

当機構は、安全性総点検報告書における指摘事項に対する改善を計画的に進め、平成13年6月18日に経済産業省原子力安全・保安院よりご指示頂いた「高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検に係る対処及び報告」に対し、同年6月29日に安全性総点検の指摘事項を整理し、当機構の対応計画を報告しました。その後、対応状況の報告として第1回報告書（ナトリウム漏えい対策設備の改善、蒸気発生器伝熱管破損対策及び品質保証に関する事項）を平成13年7月に、第2回報告書（改造工事に着手する前に報告すべき確認事項のうち品質保証に関連する事項を中心とした事項）を平成14年6月に提出し、平成17年9月よりナトリウム漏えい対策等に係る設備改善の本体工事に着手したことから、第3回報告書（第2回報告以降に改善した設備改善の対応状況及び品質保証の改善に係る実施状況を報告）を平成18年10月に原子力安全・保安院へ提出いたしました。

今回は、平成19年8月に設備改善に係る改造工事及び機能確認が終了したことから、対応計画に基づき、「ナトリウム漏えい対策等の設備改善」、「運転手順書、運転管理体制等の改善」及び「安全性研究等の反映」に関する事項について第4回報告書として原子力安全・保安院に提出を行いました。

また、高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検に係る対応計画以外の確認すべき保安活動項目については、別途報告することとし、その対応状況の現状を参考として報告しました。

（添付資料）

1. 「高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検に係る対処及び報告について（第4回報告）」の概要

（参考資料）

1. 高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検に係る経緯について
2. 安全性総点検に係る対応計画以外の確認すべき保安活動項目

以上

## 「高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検に係る対処及び報告について (第4回報告)」の概要

平成17年9月よりナトリウム漏えい対策等に係る設備改善の本体工事に着手し、平成19年8月に設備改善に係る改造工事及び機能確認が終了したことから、安全性総点検指摘の指摘事項を整理した当機構の対応計画(平成13年6月報告)に基づき、「ナトリウム漏えい対策等の設備改善」、「運転手順書、運転管理体制等の改善」及び「安全性研究等の反映」に関する事項について原子力安全・保安院に報告を行いました。

今回報告した概要は以下の通りです。(別表-1参照)

### 1. 設備改善

#### (1) ナトリウム漏えい対策の設備改善

ナトリウム漏えい対策工事については、平成17年9月から本体工事を開始し、平成19年5月に完了しました。また、工事が完了した設備から、機能確認試験(工事確認試験)を行い、設計仕様を満足していることを確認し、平成19年8月30日にすべての工事確認試験を終了しました。

これらの設備改善について以下のとおり報告しました。

##### ① ナトリウム漏えいの早期検知(図1参照)

ナトリウム漏えいの早期検知に係る改善策としては、空気雰囲気室における機器、配管の保温材の外へのナトリウム漏えいを早期かつ確実に検知するとともに、中央制御室内にナトリウム漏えい警報及びナトリウム漏えい関連情報(火災情報、漏えい情報、プロセス情報、視覚情報)を集約して表示できるように、空気雰囲気セルモニタや中央制御室内への総合漏えい監視システムの設置の設備改善を行い、漏えいの有無、規模、場所等をモニタに正しく表示することを確認しました。

##### ② ナトリウム漏えいの抑制(図2参照)

ナトリウム漏えいの抑制に係る改善策としては、ナトリウムが漏えいと判断した場合、配管・機器に保有しているナトリウムを早期に抜き取る(ドレン)ことが行えるように、2次ナトリウム充填ドレン系の配管の大口径化、弁の多重化等の設備改善を行いました。

2次系ナトリウム充填ドレン系の改造については、緊急ドレン模擬試験により、25分以内にドレンが完了することを確認しました。

##### ③ ナトリウム漏えいの影響緩和(図3参照)

ナトリウム漏えいの影響緩和に係る改善策としては、ナトリウムが空気雰囲気の建屋内に漏えいした場合にナトリウム燃焼で発生するエアロゾルの拡散防止、ナトリウムの燃焼抑制、ナトリウム燃焼熱によるコンクリートからの水分放出抑制等の観点からナトリウムが漏えいしたエリアへの窒素ガス注入設備の設置、原子炉補助建物2次主冷却系設備等エリアの区画化、壁・天

井への断熱材の設置等の設備改善を行いました。

窒素ガス注入設備の設置については、実際に窒素注入試験を行い、所定の量の窒素が注入され、注入区域の酸素濃度が目標値(約5%)まで低下することを確認しました。

④その他のナトリウム漏えい対策工事(図4参照)

「もんじゅ」におけるその他のナトリウム漏えい対策工事としては、1次ナトリウム充填ドレン系ドレン弁の電動化等の設備改善を行いました。

(2)信頼性向上等を目的とした設備改善(ナトリウム漏えい対策以外の設備の改善)

信頼性向上を目的とした設備改善(ナトリウム漏えい対策以外の設備改善)として、安全性総点検の結果58件の設備改善を計画し、第3回報告までに47件の改善を終え報告しました。今回、残り11件の設備改善が終了しましたので報告を行いました。

①プラント信頼性の向上のための設備改善(今回の報告件数7件)

プラント信頼性の向上のための設備改善として、微調整棒駆動機構の荷重増加対応(微調整棒駆動機構の荷重増加の原因となっていた可動部の改造)や遅発中性子法破損燃料検出器の設定変更等の設備改善を報告しました。

②プラント機能の向上のための設備改善(今回の報告件数2件)

プラント機能の向上のための設備改善として、1次系ダンプタンク予熱シーケンスの改造(原子炉運転中は予熱制御が停止となっていた制御を常時制御に改造)等を報告しました。

③運転操作性の向上のための設備改善(今回の報告件数2件)

運転操作性の向上のための設備改善として、過熱器蒸気出口水室凝縮水対策(補助蒸気による暖気運転時の凝縮水対策として電気ヒータを設置)等を報告しました。

2. 運転手順書、運転管理体制等の改善

(1)運転手順書記載方法、内容等の改善(図5参照)

運転手順書記載方法、内容等の改善については、異常時運転手順書の記載内容の充実、手順書間の記載の整合性、徴候ベースの運転手順書の導入計画について報告を行いました。

①異常時運転手順書記載内容の充実

ナトリウム漏えい事故時の運転操作に対して、「漏えい程度を正確に認識し、早期に原子炉を手動でトリップすべきであった」との問題点があり、安全性総点検においては、対応手順及び判断基準を明確にすること、当直長が行う通報、連絡先及びその内容を記載することなどの指摘を受けました。

このため、異常時運転手順書、故障時運転手順書に対して以下の改善方針にて運転手順書の見直しを行うとともに、シミュレータによる確認、運転直員からの意見を確認しつつ手順書の見直しを行ったことを報告しました。

- ・ ナトリウム漏えいと判断されれば即時に原子炉を手動トリップする。
- ・ ナトリウム漏えいの判断に関しては、警報等の情報に対してマトリックス表を用いて判断を容易にする。
- ・ ナトリウム漏えい対策に係る設備改善の対応も考慮した、ナトリウム漏えい対応手順を整備する。
- ・ 当直長が行う通報連絡に関する事項を記載する。
- ・ チェックシート方式を採用する。
- ・ 異常が発生した場合の現場確認方法、予測されるプラントデータの変化についても記載する。

## ②手順書間の記載の整合性

各運転手順書間の整合性については、関係するマニュアル間の整合性を配慮することが必要であり、異常が進展した場合などは、警報処置手順書に次に見るべき手順書を具体的に明記することなどの指摘を受けました。

このため、運転手順書の改正を行う場合は各運転手順書間の整合性、関係規定類との整合性等の確認を行うこと及び警報処置手順書において次に見るべき手順書を記載することなどを定め、各運転手順書の見直しを行ったことを報告しました。

## ③徴候ベースの運転手順書の導入計画

徴候ベース（設計基準事象を超える事象）の運転手順書は他の原子力発電所でも導入されており、「もんじゅ」においても徴候ベースの運転手順書の導入を計画的に進めることは妥当なものであるとの指摘を受けました。

「もんじゅ」においては、「軽水炉」の動向も踏まえた導入計画とし、炉心損傷防止マニュアルとして、徴候ベースの運転手順書（手順書体系上の名称は「異常時運転手順書Ⅱ」）を平成16年に制定しました。本手順書については本年12月に報告を予定している「アクシデントマネジメント整備報告」にて確認された後、保安規定の運転手順書として位置づける計画です。

## (2)運転員教育、運転体制等の充実強化

運転員の教育・訓練、運転体制については、運転員に対する教育訓練期間として短い部分があるとともに、試運転時に運転員を技術的に支援できる者の配置が必要であるとの指摘を受けました。

このため、運転員の教育・訓練については、事故後、「ナトリウム漏えいに係る教育」、「階層別に必要な机上訓練」及び「管理・監督者(当直長及び補佐)向け教育」などの教育・訓練項目の追加を行うとともに、「管理者立会い訓練報告書」等を用いて運転員の教育訓練の評価・反映を行うシステムを構築し、実施していることを報告しました。

また、運転体制については、事故後、日勤直、運転直内での教育訓練を計画的に行い教育訓練期間を確保してきました。さらに、平成19年7月から、直体制の一部見直しを図り、運転員への教育・訓練期間をより充実する改善を行う

とともに、ナトリウム漏えい対策工事後に実施した工事確認試験及びその後引き続き実施している「プラント確認試験」では、プラント第 1 課内に試験班を設け、運転員への技術的支援体制を強化していることを報告しました。

### (3) 事故時対応体制の改善

事故時対応体制については、「本社と事業所の役割分担が不明確となっており、事故時の基本的な対応が整理されていない」、「防災訓練、通報訓練は実施されていたが、対象者、実施期間、方法等について明文化したものが無い」等の指摘を受けました。

このため、動燃改革等を通じて全社的に事故時対応体制の見直しを図り、安全に関する権限と責任を事業所長へ集約した事業所主導體制とし、本部機能は支援組織として位置づけ、対応体制の改善を行いました。また、「もんじゅ」の事故時対応体制として基本的役割分担を整理し明確にするとともに、サイトに 24 時間体制で「連絡責任者」を常駐させ、異常が発生した場合の通報連絡に対して、連絡責任者の判断のもと外部への通報連絡を行うことなど、迅速な通報連絡が行えるよう改善したことを報告しました。

これらの「もんじゅ」における事故時対応体制及び防災訓練(1年に1回以上)、通報訓練(毎日実施)については、品質保証体系の文書に明文化したことを報告しました。

## 3. 安全性研究等の反映

### (1) 蒸気発生器伝熱管破損対策(図 6 参照)

蒸気発生器伝熱管破損対策(高温ラプチャに対する安全裕度向上対策)については、伝熱管の材料データが十分整備されていないこと、解析手法の信頼性の検証が十分でないことから研究を行い知見を蓄積していくことが必要と指摘を受けました。このため、必要な材料データの拡充、評価手法の検証等を行い、高温ラプチャに対する破損裕度の評価を行うとともに、安全裕度向上の観点から設備改善の基本仕様を定めてその効果を評価し、第 1 回報告で報告しました。

第 1 回報告で示した検討結果に基づき改善策について、「原子炉設置変更許可」及び「設計及び工事の方法の変更に係る認可」を受け、平成 17 年 2 月から検出機能の強化対策工事(蒸発器のカバーガス圧力計を 2 個から 3 個に増設、「圧力高」の論理回路の変更(2 out of 2 から 2 out of 3)による信頼性の向上)及びブローダウン性能の強化対策工事(放出弁の増設(入口側を 1 台から 2 台、出口側を 2 台から 3 台)を実施し、工事確認試験により作動確認したことを報告しました。

### (2) 燃料温度評価の高度化

燃料設計について、国内外の研究動向を踏まえ燃料物性データの蓄積と評価手法の高度化を進めることが重要であるとの指摘を受けました。長期保管状態にある燃料中にはアメリシウムが蓄積することから、その影響についても併せ

て評価するものとし、燃料融点に係る新知見や「常陽」で得られた燃料溶融照射試験データ等に基づく詳細な燃料ペレットと燃料被ふく菅の隙間の熱伝達率(ギャップコンダクタンス)の評価及び長期保管状態にある燃料中のアメリシウム蓄積(含有率約 3wt%以下)の影響評価を行い、従来の燃料最高温度の制限値と燃料最高温度評価の妥当性について確認したことを報告しました。

### (3) 制御棒の長寿命化

制御棒について、長寿命化の技術開発状況を踏まえ長寿命化の計画を進めることが重要であるとの指摘を受けました。このため、運転コストと放射性廃棄物発生量の低減を図る観点から制御棒の長寿命化の研究・開発を進め、ナトリウムボンド型長寿命制御棒の有効性を確認するとともに概念成立性が見通しが得られたことを報告しました。

以 上

高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検指摘事項への対応実績

項目 番号	安全性総点検指摘事項	平成10年度			平成11年度			平成12年度			平成13年度			平成14年度			平成15年度			平成16年度			平成17年度			平成18年度			平成19年度			
		4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10
	1) 設備改善																															
	(1) ナトリウム漏えい対策の設備改善																															
1	(i) ナトリウム漏えいの早期検知																															
2	(ii) ナトリウム漏えいの抑制																															
3	(iii) ナトリウム漏えいの影響緩和																															
	(2) 信頼性向上等を目的とした設備改善 (Na漏えい対策以外の設備の改善)																															
4	(i) プラント信頼性の向上																															
5	(ii) プラント機能の向上																															
6	(iii) 運転操作性の向上																															
7	(iv) 作業安全性の向上																															
8	(v) 保守性の向上																															
	2) 品質保証体系・活動の改善																															
	(1) 品質保証体制、体系の見直し																															
9	(i) 品質保証体制の強化																															
10	(ii) 品質保証体系の見直し、整備																															
	(2) 品質保証活動の改善																															
11	(i) 設計審査の充実																															
12	(ii) 最新技術情報の反映機能の強化																															
13	(iii) 品質保証関連事項等の教育の充実																															
14	(iv) 保修票発行基準の明確化																															
15	(v) 不適合管理の適正化																															
16	(vi) 内部監査等の充実																															
17	(vii) メーカー品質保証監査の実施																															
18	(viii) 確実な保守の実施																															
19	(ix) 文書合議基準等の見直し																															
	3) 運転手順書、運転管理体制等の改善																															
	(1) 運転手順書類の体系化、改正手続きの改善																															
20	(i) 運転手順書類の体系化																															
21	(ii) 運転手順書類改正手続きの改善																															
	(2) 運転手順書記載方法、内容等の改善																															
22	(i) 異常時運転手順書記載内容の充実																															
23	(ii) 手順書間の記載の整合性																															
24	(iii) 微候ベースの運転手順書の導入計画																															
	(3) 運転員教育、運転体制等の充実強化																															
25	(i) 運転員教育・訓練の改善																															
26	(ii) 運転体制の充実・強化																															
27	(4) 事故時対応体制の改善																															
	4) 安全性研究等の反映																															
	(1) 蒸気発生器伝熱管破損対策																															
28	(i) 評価手法検証																															
29	(ii) 設備改善（基本仕様の検討含む）																															
30	(2) 燃料温度評価の高度化 最新評価手法を用いた燃料温度評価																															
31	(3) 制御棒の長寿命化 制御棒の長寿命化研究開発																															

■：第1回報告（平成13年7月27日）、◆：第1回改訂報告（平成14年5月31日）、▲：第2回報告（平成14年6月19日）、▼：第2回改訂報告（平成14年11月22日）

▲\*：第3回報告（報告：平成18年10月5日、改訂報告：平成18年12月1日）

■\*：第4回報告（報告：平成19年10月12日）

<工事内容> 代表事例(総合漏えい監視システムの設置)

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)を設置した。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信号を発信し、信頼性向上のため多重化を図っている。

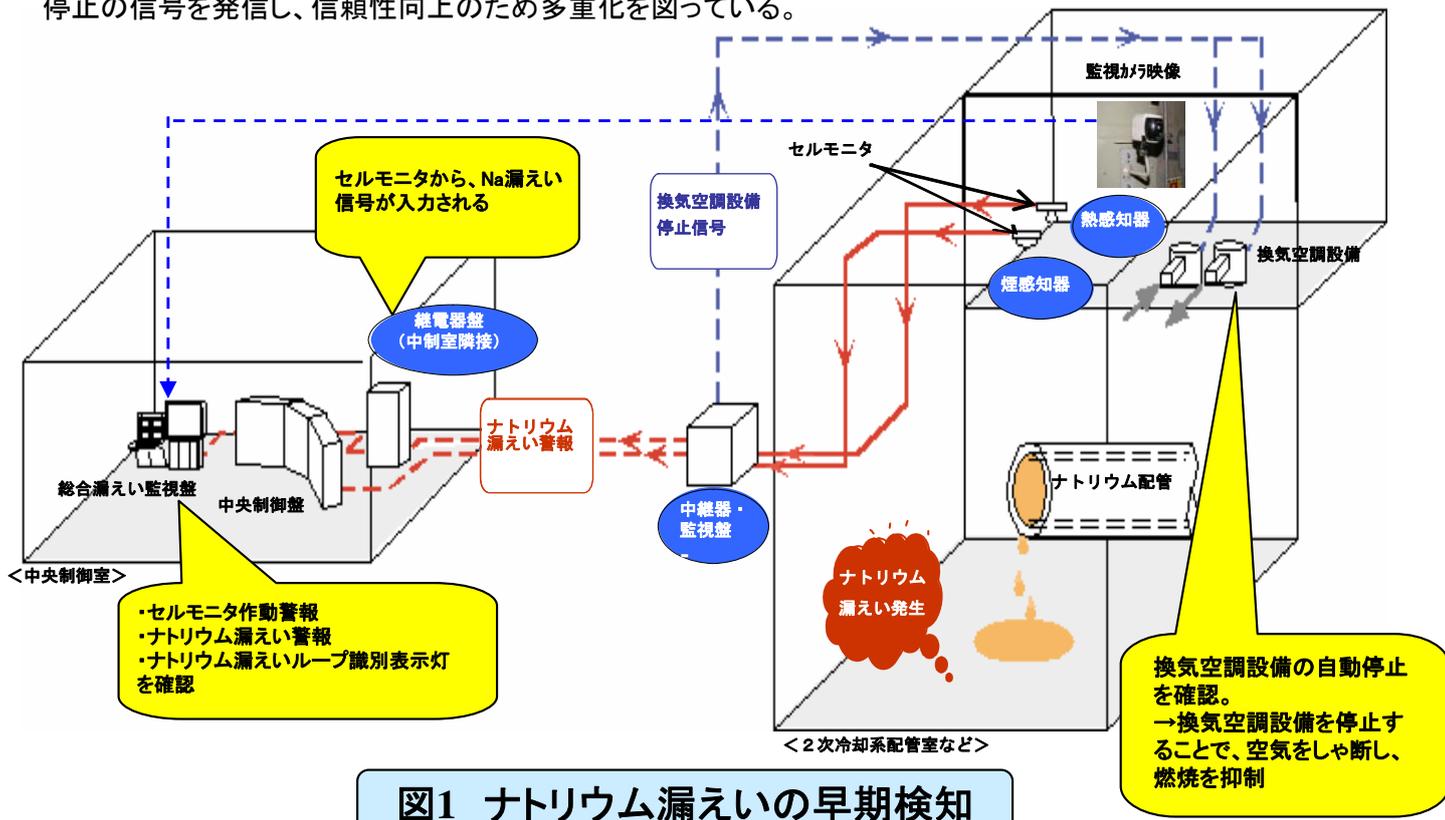


図1 ナトリウム漏えいの早期検知

<工事内容> 代表事例(2次冷却系のドレン機能強化)

ナトリウム漏えい時に、ナトリウムを系統より早くドレンする(抜き取る)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・電動化、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改造を行った。

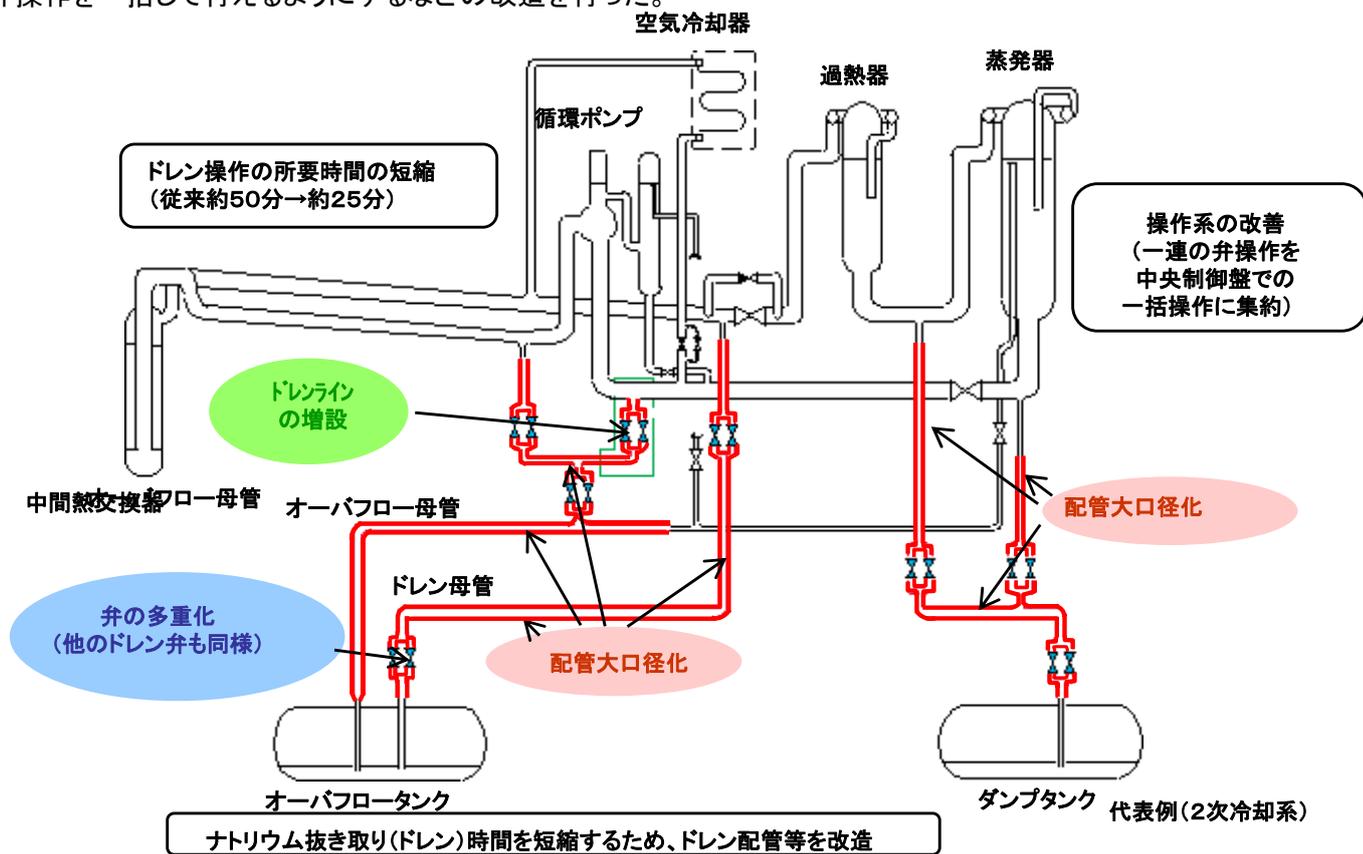


図2 ナトリウム漏えいの抑制



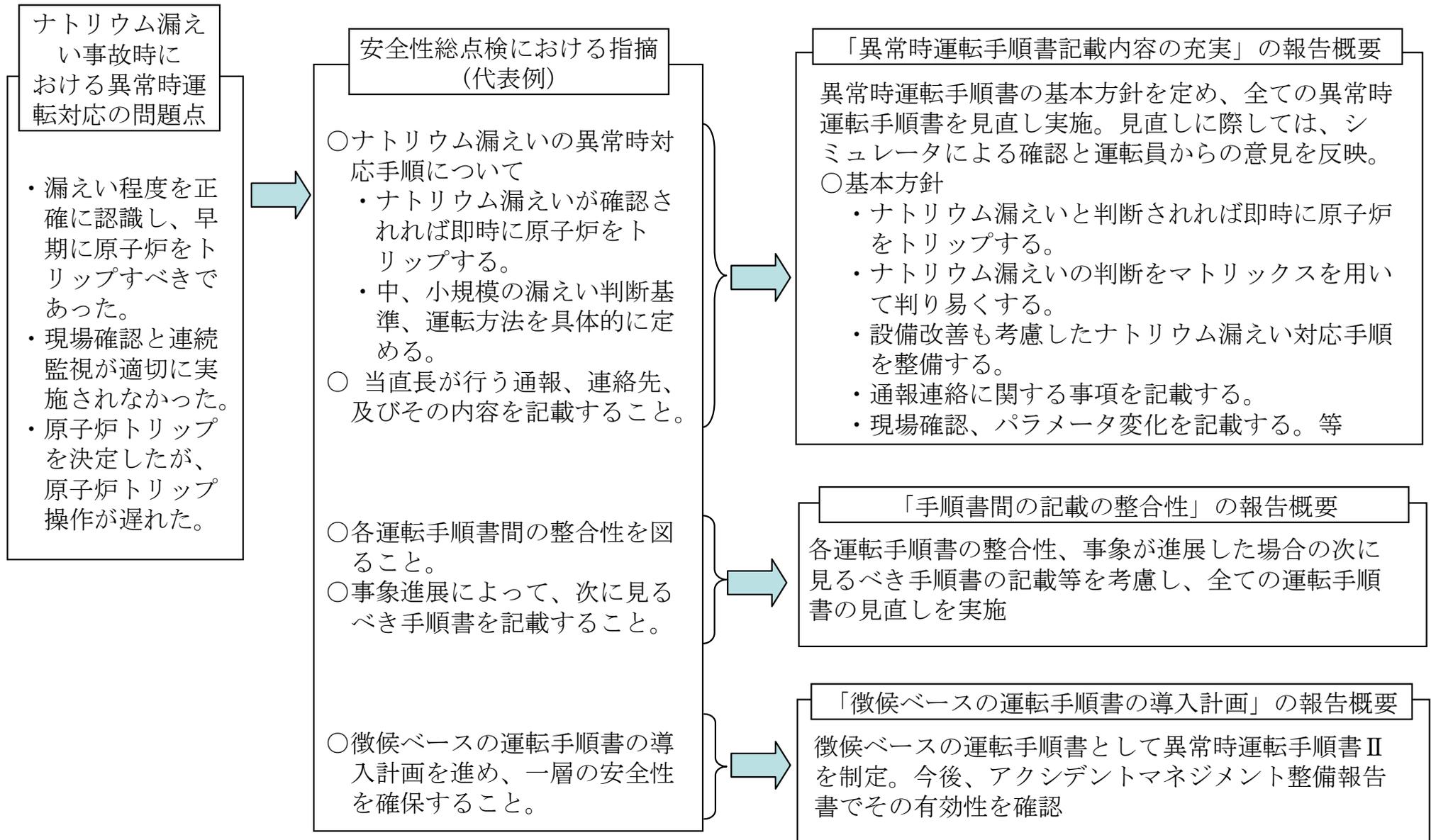
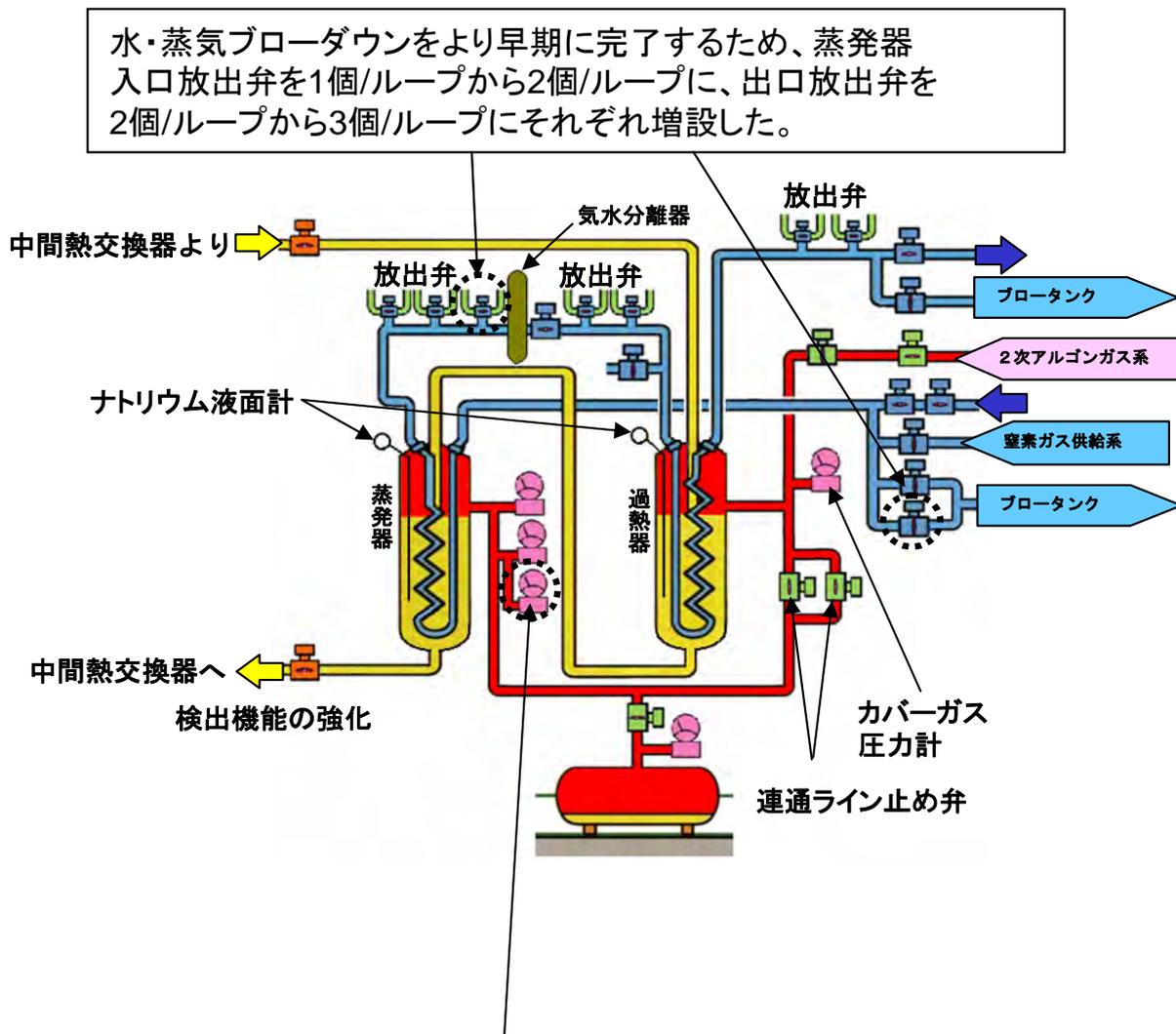


図5 運転手順書記載方法、内容等の改善

<工事内容>

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、カバーガス圧力計と放出弁を増設した。



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2 out of 2から2 out of 3に変更した。また警報・インターロックの設定値を約170から約150(kPa[gage])に変更した。

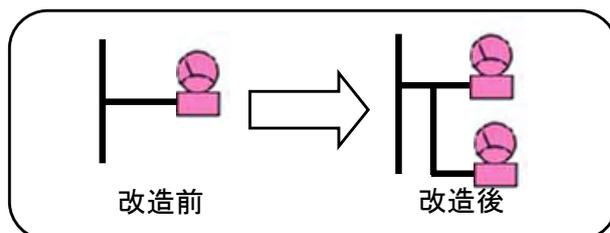


図6 蒸気発生器伝熱管破損対策

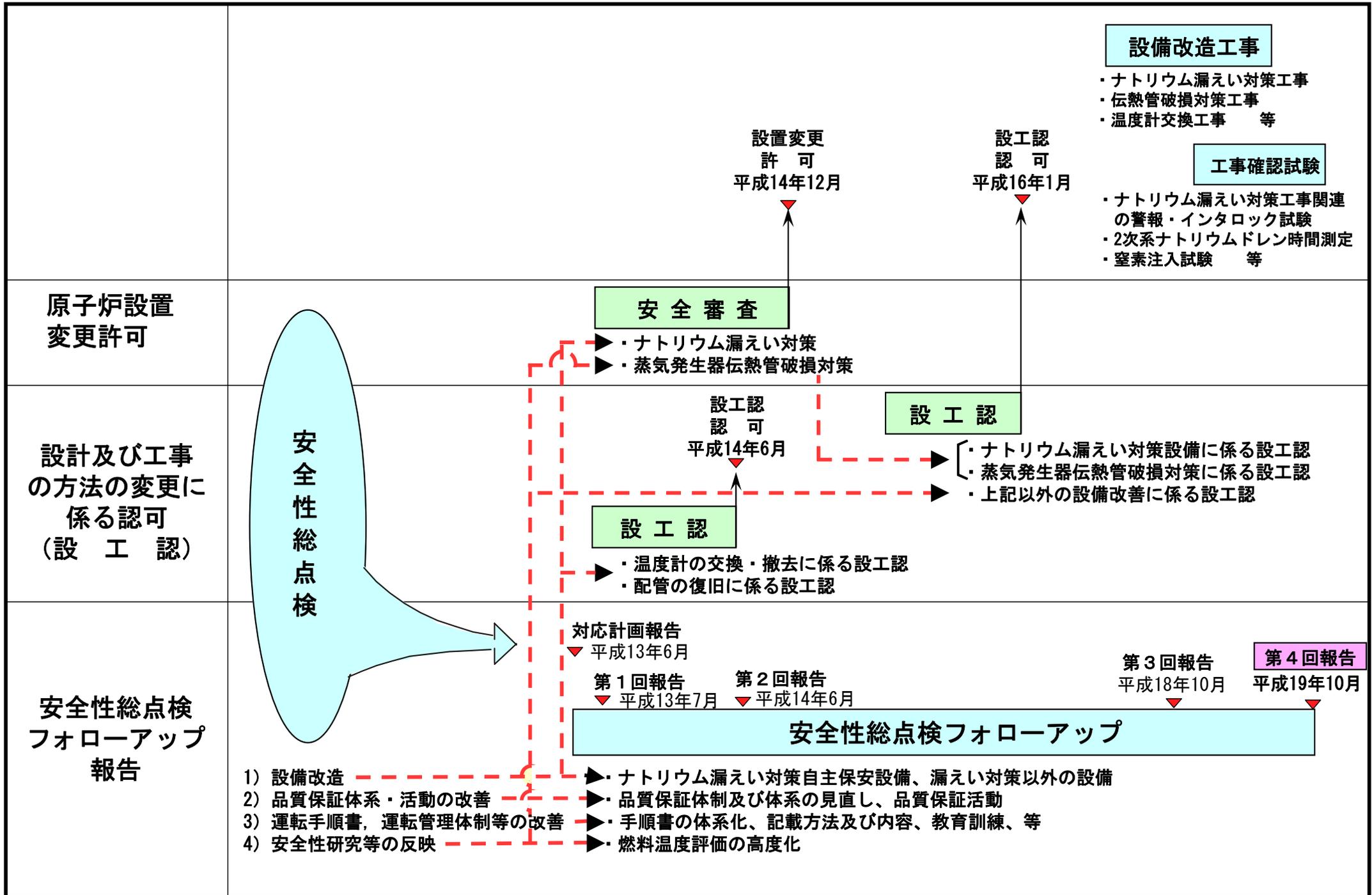
## 高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検に係る経緯について

- 平成7年12月8日：2次系ナトリウム漏えい事故発生
- 平成8年10月11日：科学技術庁（当時）が同庁原子力安全局（当時）にもんじゅ安全性総点検チームを設置
- 平成10年3月30日：科学技術庁原子力安全局（当時）もんじゅ安全性総点検チームが「動力炉・核燃料開発事業団高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検結果」を報告
- 平成13年6月18日：経済産業省原子力安全・保安院長より指示文書「高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検に係る対処及び報告について」を受領
  - ・「動力炉・核燃料開発事業団高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検結果について（平成10年3月30日）」（科学技術庁原子力安全局もんじゅ安全性総点検チーム）での指摘を踏まえた対応計画を定めて実施すること。
  - ・対応計画を策定したとき及び実施したときは遅滞なく報告すること。
- 平成13年6月29日：原子力機構(当時サイクル機構)より原子力安全・保安院長宛報告書「高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検に係る対処及び報告について」を提出
  - ・高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検指摘事項に対する対応計画（指摘事項を31項目に整理し、各項目に対する対応計画を明示）
  - ・同 対応状況
- 平成13年7月27日：原子力機構(当時サイクル機構)より原子力安全・保安院長宛報告書「高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検に係る対処及び報告について（第1回報告）」を提出
  - ・高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検指摘事項に対する改善実施報告（ナトリウム漏えい対策設備の改善、品質保証体系・活動の改善、蒸気発生器伝熱管破損対策）（31項目のうち8項目に対応）
- 平成14年5月31日：原子力機構(当時サイクル機構)より原子力安全・保安院長宛報告書「高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検に係る対処及び報告について（第1回報告改訂）」を提出
  - ・第1回報告に対して新たな研究開発成果、第1回報告以降の改善事項等を反映して内容を改訂

- 平成 14 年 6 月 19 日：原子力機構(当時サイクル機構)より原子力安全・保安院長宛報告書「高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検に係る対処及び報告について(第 2 回報告)」を提出
  - ・高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検指摘事項に対する改善実施報告(信頼性向上等を目的とした設備改善、品質保証体系・活動の改善、運転手順書・運転管理体制等の改善)(31 項目のうち 14 項目に対応)
- 平成 14 年 11 月 22 日：原子力機構(当時サイクル機構)より原子力安全・保安院長宛報告書「高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検に係る対処及び報告について(第 2 回報告改訂)」を提出
  - ・第 2 回報告に対して記載の追加、参考資料の添付等を反映して内容を改訂
- 平成 14 年 11 月 29 日：経済産業省原子力安全・保安院長より「高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検に係る第 1 回及び第 2 回報告内容の確認について」を受理
- 平成 18 年 10 月 5 日：原子力機構より原子力安全・保安院長宛報告書「高速増殖原型炉もんじゅ安全性確認報告について」を提出
  - ・高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検に係る対処及び報告について(第 3 回報告)
    - (信頼性向上等を目的とした設備改善、品質保証体系・活動の改善)(31 項目のうち 15 項目に対応)
  - ・高速増殖原型炉もんじゅ安全性総点検に係る対応計画以外の確認すべき保安活動項目の対応計画について
    - (設置変更許可後の段階に所管行政庁が確認すべき重要事項、長期停止プラントの設備健全性確認、軽水炉への要求事項等に対する水平展開についての対応計画)
- 平成 18 年 12 月 1 日：原子力機構より原子力安全・保安院長宛報告書「高速増殖原型炉もんじゅ安全性確認報告の改訂について」を提出
  - ・第 3 回報告に対して記載の追加等を反映して内容を改訂
- 平成 19 年 2 月 5 日：経済産業省原子力安全・保安院長より「高速増殖原型炉もんじゅ安全性確認報告に係る内容の確認について」を受理

# 「もんじゅ」の安全性総点検フォローアップの流れ

参考



2. 安全性総点検に係る対応計画以外の確認すべき保安活動項目

No.	項目	報告内容
1	原安委の確認すべき重要事項	1)2次系ナトリウムの抜き取り(ドレン)の所要時間測定(今回使用前検査で実施した旨報告) 2)蒸気発生器伝熱管内の水・蒸気ブロー性能の確認
2	長期停止プラントの設備健全性確認	1)機器・設備レベルの健全性確認 2)系統・プラントレベルの健全性確認 3)使用前検査状態の維持確認 4)長期保管燃料の健全性確認
3	軽水炉への要求事項の水平展開対応	1)アクシデントマネジメント方策の報告 2)配管肉厚管理計画(美浜3号対応)
4	「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の改訂に伴う対応について	「「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の改訂に伴う既設発電用原子炉施設の耐震安全性の評価等の実施について」、「平成19年新潟県中越沖地震を踏まえた対応について(指示)」の指示文書に従った耐震安全性評価