

「中間取りまとめ」に対する国および核燃料サイクル開発機構からの回答

もんじゅ安全性調査検討専門委員会事務局

1. 高速増殖原型炉もんじゅの安全性にかかる要請について（中間取りまとめ抜粋）

第7回委員会（平成14年4月16日）において、それまでの審議状況を踏まえ、「ナトリウム漏えい対策」や「蒸気発生器の安全性」を含めた検討課題に関して、委員会として要請すべき項目を下記の通り中間的に取りまとめ、4月26日、国および核燃料サイクル開発機構に対して要請を行っている。

（1）「もんじゅ」事故について

- 1) 品質管理の向上に向け、全員参加で安全を重視する体制を構築すること
- 2) 事故発生時の対応において、ヒューマンエラーを確実に防止するため手順書の整備と徹底した教育訓練を行うこと
- 3) 通報連絡の重要性と信頼性について教育を徹底すること
- 4) 事故時における対応強化を図るため、通報連絡責任者の職務やその活用方策を十分検討すること
- 5) 常陽で発生した火災や海外炉での改造工事における教訓を適切に反映すること

（2）ナトリウム漏えい対策について

- 1) ナトリウム漏えい燃焼に伴う床ライナーの腐食評価については事故後の知見を十分踏まえて厳しく評価すること（事故時と実験との関係、腐食量評価における温度・漏えい時間・漏えい率の関係やコンクリートからの水分放出の影響、窒素注入による効果、腐食形態の考え方等）
- 2) 設備改造を踏まえたナトリウム漏えい時の運転手順について、想定される漏えいが全てカバーされるかを確認すること
- 3) 緊急ドレンに伴うタンク等の健全性評価（熱衝撃）を確実に行うこと
- 4) 改造工事計画について、その改善効果を総合的に確認する方策を将来的な視点も含め検討すること

（3）温度計の破損と交換について

- 1) 新しく採用する温度計は流力振動評価を確実に行うこと
- 2) 新方式の温度計開発にも努力すること
- 3) 国の審査対象外の装置や機器について、品質保証とその健全性を十分確認すること

（4）蒸気発生器の安全性について

- 1) ナトリウム・水反応の研究成果を明確にし、伝熱管の高温ラプチャ発生の有無について十分確認すること（ナトリウム・水反応の最高温度、破損評価の考え方等）
- 2) 伝熱管漏えいの検知とその後のプラント対応について、信頼性確保の観点から十分確認すること（漏えい規模と検出までの時間、水素計など漏えい検出器の特性と位置付け、ブローダウンの時間的挙動他）

- 3) 50MWの蒸気発生器モデルでの実験結果や海外炉での事故原因等を詳細に検討して安全確認を行うこと
 - 4) 伝熱管漏えい後の対応措置（補修方法等）について、信頼性向上のため事前検討を十分行うこと
- (5) 蒸気発生器の検査装置について
- 1) 蒸気発生器製作時の品質管理や構造的特徴を十分配慮すること
 - 2) 伝熱管の耐圧漏えい検査や渦流探傷検査の位置付けを明確にすること
 - 3) 渦流探傷装置での信号検出性能等を十分検証すること
（信号の再現性、信号位置の同定方法、一般産業での実績等）
 - 4) 欠陥検出の精度向上に向け、今後とも開発に努めること
- (6) 放射線管理について
- 1) 放射化ナトリウムによる被ばく低減を図るため、ナトリウムの純度管理、ナトリウムの流れがよどむ所について十分配慮すること
 - 2) 常陽の放射線管理の実績を評価し、被ばく低減に努めること
 - 3) 放射性廃棄物の放出や放射線モニターの情報公開取り組むこと

2. 「中間取りまとめ」に対する国および核燃料サイクル開発機構からの回答

平成 14 年 10 月 22 日開催の第 12 回委員会では、「中間取りまとめ」について、核燃料サイクル開発機構より回答案の説明を受けるとともに、その内容について、特に、「もんじゅ」での運転管理や教育、放射線管理を中心に審議を行った。

また、平成 15 年 1 月 10 日の第 13 回委員会では、原子力安全委員会および経済産業省原子力安全・保安院より、「ナトリウム漏えい対策」、「温度計破損と交換」、「蒸気発生器の安全性」など、国がかかわった安全審査や安全総点検のフォローアップに関する項目を中心に、回答を受けた（添付 1）。

「中間取りまとめ」に対する国および核燃料サイクル開発機構からの回答

(1) 「もんじゅ」事故について

1) 品質管理の向上に向け、全員参加で安全を重視する体制を構築すること

サイ クル 機 構	＜委員会での審議を踏まえた説明＞ ・品質管理は重要との認識の下で、体制の整備・強化、個々の活動の改善に取り組んできている。 ・具体的には、専任者を配置するなど品質保証体制を整備し、上記の設計審査や最新技術情報の反映の仕組みの他、内部での品質保証の仕組みやその活動状況をチェックする内部監査の仕組み、品質保証活動を推進していく上で必要な種々の判断基準の明確化、諸手続きの確実な遂行等のための手順を明確化するなどの改善を行っている。 ・品質保証に係る改善を日常業務に反映させながら一層の改善に向けた取り組みを継続するとの観点から、業務品質活動としてPDCA(プラン-ドゥ-チェック-アクション)サイクルを取り入れ、トップの方針をもんじゅ建設所各職員個々の業務目標につなげている。 ・品質保証活動の向上の観点から「指導会」や「品質監査」に外部の専門家を入れ、問題解決に向けた指導や、品質保証活動の有効性の確認を受けている。 ・現場からの改善の提案は重視している。毎年 2 回、一人一件を目標に、業務改善提案を募集しており、順次具体化に向けた取り組みを展開している。 ・これらの品質保証体系・活動に係る諸改善については、具体的な対応を完了しており、現在、「安全性総点検指摘事項に係る対処及び報告」の中で、国による確認を受けている。た。 ＜今後の対応＞ ・改善された品質保証体系・活動の仕組みの下で、ナトリウム漏えい対策設備の工事等を行い、もんじゅの一層の安全性確保につなげていく。また、品質保証の体制、活動の改善には、常に心がけ、今後とも継続的な改善に努めていく。
原子 力 安 全 ・ 保 安 院	＜原子力安全・保安院としての対応・考え方＞ ・当院としては、旧科学技術庁が取りまとめた安全性総点検報告（平成 10 年 3 月 30 日）に対する核燃料サイクル開発機構（以下、「JNC」という。）の対応状況について確認を行っていくこととしている。 ・その中で JNC の品質保証体制及びその実施状況についても確認することとしており、平成 14 年 11 月 29 日までに品質保証体制の構築について妥当であると確認した。今後とも、その体制に基づき、品質保証活動が適切に行われることを確認していく方針である。

(1)「もんじゅ」事故について

- 2) 事故発生時の対応において、ヒューマンエラーを確実に防止するため手順書の整備と徹底した教育訓練を行うこと

サイクル機構	＜委員会での審議を踏まえた説明＞ ・安全総点検の時に、電力の方に入ってもらい、手順書のつくり方、中身について意見をいただいた。運転手順の外部でのチェックとしては WANO グループに入り、海外との運転経験情報の交換をしている。例えば、フランスについては、運転手順についても情報交換している。 ・ヒューマンエラーの防止のため、高速増殖炉もんじゅ建設所の教育委員会の下にヒューマンファクター分科会を設け、他プラントを含めた事例検討を行い、建設所全員の教育課程に取入れている。 ＜今後の対応＞ ・事故発生時の対応手順書の整備にあたっては、トラブル事例の検討や WANO（世界原子力発電事業者協会（World Association of Nuclear Operators））の情報交換を踏まえ、ヒューマンファクタを十分考慮するとともに整備した手順書に基づく徹底した教育訓練を実施して行き、運転再開前までに確実に完了させていく。 ① 運転手順書の改善は、現在のプラント状態で必要なものから、順次、実施している。設備・機器の改善を行うものについては、改善工事実施時期にあわせて改善効果を確認したうえで、それらを適切に反映させて整備していく。 ② 運転員教育については、各運転員の個人教育プログラムを作成して体系的に実施していく。 ③ 運転体制を充実させるため、また、教育・訓練の時間を十分確保するため、今後、現行の5班3交替制を6班3交替制に移行するよう計画している。
原子力安全・保安院	＜原子力安全・保安院としての対応・考え方＞ ・安全性総点検報告への対応状況の確認の中で、手順書の整備及び教育訓練についても確認することとしている。 ・このうち運転手順書の整備方法については、平成 14 年 11 月 29 日までに確認した。 ・今後、運転手順書の整備状況及び教育訓練の状況について確認していく方針である。

(1)「もんじゅ」事故について

3) 通報連絡の重要性と信頼性について教育を徹底すること

サイクル機構	＜委員会での審議を踏まえた説明＞ ・事故時の迅速な通報連絡の実施など、危機管理意識の高揚を図るため、危機管理教育・訓練を実施している。 ・安全管理体制の充実及び安全の確保、強化の観点から、外部より危機管理・緊急時対応等の専門家を招聘し、サイクル機構の風土にとらわれない視点での指導、助言を受けている。 ・更なる通報連絡改善の活動としては、電力会社での通報連絡改善取組事例の講演会開催、現場の第一線から敦賀本部役員まで意識を統一するための役員懇談会の開催及び問題点の摘出と検討のために実施したアンケートをベースにしたグループ討議等を実施し、協力会社従業員を含め一人一人が発生事象や外部情勢等への感受性を高め、通報連絡の重要性について改めて認識するための、意識喚起を図った。 ＜今後の対応＞ ・迅速かつ正確な通報連絡を行えるよう、危機管理教育、毎日の通報連絡訓練等を継続して行く。
原子力安全・保安院	＜原子力安全・保安院としての対応・考え方＞ ・通報連絡の重要性を認識し、信頼性を維持すること、通報連絡責任者の職務を明確にしその活用を図ることについては、日頃より、JNC に対して指導しているところである。

(1)「もんじゅ」事故について

- 4) 事故時における対応強化を図るため、通報連絡責任者の職務やその活用方策を十分検討すること

サイクル機構	＜委員会での審議を踏まえた説明＞ ・ 連絡責任者は技術系の課長クラスの者が当たる。 ・ 「もんじゅ」の試運転体制の強化の一環で、（技術系の課長クラスから）当直長への助言等を考えて行きたい。 ＜今後の対応＞ ・ 「もんじゅ」が試運転に入る段階までに、当直長への助言体制等を含めて試運転時の運転支援体制の検討を行う。
原子力安全・保安院	＜原子力安全・保安院としての対応・考え方＞ ・ 通報連絡の重要性を認識し、信頼性を維持すること、通報連絡責任者の職務を明確にしその活用を図ることについては、日頃より、JNC に対して指導しているところである。

(1)「もんじゅ」事故について

5) 常陽で発生した火災や海外炉での改造工事における教訓を適切に反映すること

サイクル機構	<委員会での審議を踏まえた説明> ・「常陽」では、作業で脱落したナトリウムが可燃性廃棄物のカートンボックス（紙製）に混入した。 ・「もんじゅ」では紙製の箱は使用しておらず、ナトリウム取扱作業での廃棄物は金属製バットにしばらく置き、危険性が無いことを確認後ドラム缶に詰めている。 ・ナトリウムを大気開放下で扱うときはナトリウムの「脱落を想定した対策」「散逸を想定した対策」「廃棄物への混入を想定した対策」などの安全対策を行うこととし、これらを事業所規則として徹底する。 ・ナトリウムバウンダリーの開放を伴う改造工事については、フェニックス（フランス）及び常陽の経験を参考にし、大気隔離治具を用いてナトリウム系統内への空気混入を防止する工法を採用する。 <今後の対応> ・規則に則り、工事着手までに教育・訓練を行い、安全管理の徹底を行う。
原子力安全・保安院	<原子力安全・保安院としての対応・考え方> ・改造工事のうち必要な部分については、事前に設計及び工事の方法の認可について審査を行うとともに、実際の工事にあたっての安全管理については、日頃の保安検査官による巡視・点検等を通じて、適切に管理が行われるよう JNC を指導することとしている。 ・なお、常陽で発生した火災の水平展開については、当院が平成 13 年度第 4 四半期に実施した保安検査において、重要事項として重点的に確認したところである。

(2) ナトリウム漏えい対策について

- 1) ナトリウム漏えい燃焼に伴う床ライナーの腐食評価については事故後の知見を十分踏まえて厳しく評価すること（事故時と実験との関係、腐食量評価における温度・漏えい時間・漏えい率の関係やコンクリートからの水分放出の影響、窒素注入による効果、腐食形態の考え方等）

サイクル機構	<委員会での審議を踏まえた説明> ・事故のときの床ライナは最大 1.5 mm薄くなっていたが、実験結果による評価方法では 6 mmを超えると評価されることから、非常に過大な評価をしていると言える。 ・原因究明の過程で選択腐食、孔食についても検討したが、今回の腐食は全面腐食という腐食形態をとることから、選択腐食、孔食までは考えなくてよいと考えている。 ・ナトリウム燃焼解析とライナの腐食の評価についてまとめた公開報告書を、ナトリウム漏えい対策の設置変更許可申請書の参考文献とした。
原子力安全・保安院	<原子力安全・保安院としての対応・考え方> ・今次の設置変更許可に係る安全審査においては、床ライナの設置により、ナトリウムの化学的因子による影響を考慮しても、ナトリウムとコンクリートの直接接触を防止できることを、実現可能性の観点から確認した。 ・なお、具体的に設置される床ライナの妥当性については、平成 14 年末、JNC より設計及び工事の方法の認可申請が提出されたので、その審査の中で確認をしていくこととしている。
原子力安全委員会	<原子力安全委員会としての対応・考え方> ・空気雰囲気へのナトリウム漏えい対策に対する設備変更に関しては、ナトリウムによる腐食に関する新知見を踏まえ、鋼製の床ライナ等によりナトリウムとコンクリートの直接接触が防止できるよう設計されることを確認した。 ・その際、既に鋼製の床ライナが設置されていることから、その床ライナの存在を前提に、それとの関連において設計の妥当性を評価しておくことが重要であり、そのため、腐食に関する新しい知見を含む参考文献（申請書記載）の評価に基づき、漏えい規模の違い及び化学反応の影響も考慮し検討した結果、適切にドレンすることにより、既設の床ライナにおいてもナトリウムとコンクリートの直接接触が防止されることを確認。 ・また床ライナの健全性に関連し、その評価とドレン所要時間等については、原子炉施設の安全確保及びナトリウム漏えいの影響緩和において重要であることから、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として原子力安全・保安院へ報告を求めた。

(2) ナトリウム漏えい対策について

- 2) 設備改造を踏まえたナトリウム漏えい時の運転手順について、想定される漏えいが全てカバーされるかを確認すること

サイクル機構	＜委員会での審議を踏まえた説明＞ ・漏えいの規模は、実際には、漏えいを検出する検出器の種類で分けている。配管と保温材のすき間にガス系のサンプリングを設けており、そこに（ナトリウムが）漏れてくるとガスサンプリング型の漏えい検出器がヒット（検出）する。 ・それから外側に漏れてくると火災検知器やセルモニタが作動するので、それが鳴動した場合にこうするという事で、できるだけ検出器（が鳴った場合こうするという事）で、明確に分けるようにしている。 ・漏えい場所についても、セルモニタがどこでヒットしたかでわかるようにする。 ・ナトリウム漏えい時の運転手順書については、今後実施するナトリウム漏えい対策設備の総合漏えい監視システムなどからの情報を基に、漏えい発生時の徴候、並びに漏えいの同定のための判断要素をマトリックス表にまとめ、漏えいの判断を容易にすると共に、漏えい場所の同定を行えるよう基本的な運用方法を定めた。 ・更に、漏えいの想定箇所を主たる系統だけでなく、ナトリウム補助系等からのナトリウム漏えいに対する対応手順についても、同様に基本的な運用方法を定めた。 ＜今後の対応＞ ・ナトリウム漏えい時の運転手順書については、漏えい規模、漏えい場所と漏えい検出の関係において、想定される漏えいが全てカバーするよう、整備する。 ・ナトリウム漏えい対策設備の改善に合せて、シミュレータ設備への反映を図るとともに、種々のナトリウム漏えいに対応したシミュレータ訓練を実施していく。
原子力安全・保安院	＜原子力安全・保安院としての対応・考え方＞ ・今次の設置変更許可に係る安全審査において、ナトリウム漏えいの判断・操作シーケンスについて検討を行い、その妥当性を確認した。 ・具体的な運転手順の妥当性については、必要に応じ、今後実施する安全性総点検への対応状況の確認の中で、確認していくこととしている。
原子力安全委員会	＜原子力安全委員会としての対応・考え方＞ ・設備改造を踏まえたナトリウム漏えい時の運転手順については、安全審査において、ナトリウム漏えいの判断・操作のシーケンスについて確認。

(2) ナトリウム漏えい対策について

3) 緊急ドレンに伴うタンク等の健全性評価（熱衝撃）を確実に行うこと

サイクル機構	＜委員会での審議を踏まえた説明＞ ・以前はなるべく熱衝撃を与えたくないという考え方であったが、その後解析評価して、熱衝撃に対する構造健全性に問題はないことを確認した。 ・緊急ドレン時の熱衝撃を低減する対策として、高温のホットレグ配管のナトリウムと低温のコールドレグ配管のナトリウムを別々の配管を用いてドレンして大きな温度変化が加わらないようにする等設計上の配慮を行い、配管やタンクノズル等への影響を低減した。その上で熱過渡条件を設定して構造健全性評価を行い、タンクノズル等の健全性に問題がないことを確認した。 ＜今後の対応＞ ・これらの評価結果を踏まえ、ナトリウム漏えい時のドレン運用に反映する。
原子力安全・保安院	＜原子力安全・保安院としての対応・考え方＞ ・今次の設置変更許可に係る安全審査において、緊急ドレンによる熱衝撃がタンク等の健全性に影響を与えないことを確認した。
原子力安全委員会	＜原子力安全委員会としての対応・考え方＞ ・緊急ドレンに伴うタンク等の健全性評価（熱衝撃）については、緊急ドレンに伴うタンク等の健全性（熱衝撃）について安全審査の中で確認。

(2) ナトリウム漏えい対策について

- 4) 改造工事計画について、その改善効果を総合的に確認する方策を将来的な視点も含め検討すること

サイクル機構	<委員会での審議を踏まえた説明> ・ナトリウム漏えい対策の改善方策の妥当性を調べるためには、総合的な実験ではなく、項目ごとに要素実験で確認してきた。 ・総合的な実験については、今後検討していく。 <今後の対応> ・ナトリウム漏えい対策設備の改善工事終了後に、工事確認試験の一環として対策設備の機能を確認することを検討中。
原子力安全・保安院	<原子力安全・保安院としての対応・考え方> ・改造工事のうち基本設計ないし基本的設計方針に係る部分については、その妥当性につき、その改善効果を含めて、今次の設置変更許可に係る安全審査において確認したところである。 ・基本設計ないし基本的設計方針に係らない改造工事の改善効果については、今後の詳細設計段階での規制ないし安全性総点検への対応状況の確認の中で、必要に応じ、確認していくこととしている。
原子力安全委員会	<原子力安全委員会としての対応・考え方> ・その他のナトリウム漏えい対策に関する事項についても、安全審査において所要の確認等を実施。

(3) 温度計の破損と交換について

1) 新しく採用する温度計は流力振動評価を確実に行うこと

サイクル機構	＜委員会での審議を踏まえた説明＞ ・水流動試験でも温度計は振動しないことを確認している。 ・改良温度計については、設計及び工事の方法の変更認可申請を行い、日本機会学会が定めた「配管内円柱状構造物の流力振動評価指針」に基づいて行った流力振動に対する健全性評価等について審査され、平成 14 年 6 月 28 日に経済産業大臣から認可を受領した。
原子力安全・保安院	＜原子力安全・保安院としての対応・考え方＞ ・平成 14 年 6 月に認可した二次系温度計に関する設計及び工事の方法の認可の審査の過程で流力振動評価についても検討を行い、JNC の評価が妥当であることを確認した。
原子力安全委員会	＜原子力安全委員会としての対応・考え方＞ ・温度計の改良等に関する設計及び工事の方法に係る認可について、温度計の健全性が適切に確保されていること等適切な安全確保対策が講じられていることを確認するため、規制調査として詳細な調査を実施。

(3) 温度計の破損と交換について

2) 新方式の温度計開発にも努力すること

サイクル機構	＜委員会での審議を踏まえた説明＞ ・（超音波温度計は）、従来使っている温度計との比較でみると、わずかな誤差で測れているという実験結果が得られている。 ・超音波温度計は、ナトリウム中の音速が温度により変化することを利用して温度計測を行うものであり、「もんじゅ」の2次主冷却系ナトリウム漏えい事故の議論を踏まえ配管内への挿入を必要としない温度計として開発を行った。 ・超音波温度計の有効性については、茨城県大洗工学センターにあるナトリウム試験ループを用いて試験を実施し、熱電対を用いた温度計と同等の計測精度と温度応答性を有することを確認した。 ＜今後の対応＞ ・「もんじゅ」の2次主冷却系配管に試験的に超音波温度計を設置し、実機への適用性を確認していく。
原子力安全・保安院	＜原子力安全・保安院としての対応・考え方＞ ・事業者が性能の向上等のため新しい温度計開発に努力することは、好ましいことであると認識している。

(3) 温度計の破損と交換について

3) 国の審査対象外の装置や機器について、品質保証とその健全性を十分確認すること

サイクル機構	<委員会での審議を踏まえた説明> ・安全総点検にて、中間熱交換器、過熱器・蒸発器、空気冷却器等の熱交換器伝熱管について、約 23350 箇所、原子炉容器、1 次冷却系設備、2 次冷却系設備、メンテナンス冷却系設備、炉外燃料貯蔵設備の内部構造物、約 5130 の部品について、健全性の確認を行った。 ・また、「もんじゅ」の設計から試運転に至るまでの品質保証体系とその具体的な活動状況を点検した。 ・以上のように国の審査対象外の設備・機器も含めて安全総点検でその健全性を確認したが、今後実施する改造工事においても、国の審査対象外の機器について、健全性確認をきちんと行うよう品質保証のあり方を改善した。 ・具体的には、「設計審査要領」を事業所規則として制定し、設計審査の着眼点、審査にあたっての視点を明確にした。 ・この中で、ナトリウム内包壁の健全性、対象部品が破損した場合の影響評価も含めて確実にチェックするようにした（2 次系温度計については実施済み）。 <今後の対応> ・ナトリウム漏えい対策工事に係る詳細設計、製作設計等をはじめ、もんじゅでの改造について、上記「設計審査要領」に基づき確実に設計審査を行っていく。
原子力安全・保安院	<原子力安全・保安院としての対応・考え方> ・安全性総点検報告への対応状況の確認の中で、品質保証についても確認することとしている。 ・なお、このうち今後行う品質保証の体制については、平成 14 年 11 月 29 日までに確認した。

(4) 蒸気発生器の安全性について

- 1) ナトリウム・水反応の研究成果を明確にし、伝熱管の高温ラプチャ発生の有無について十分確認すること（ナトリウム・水反応の最高温度、破損評価の考え方等）

サイクル機構	＜委員会での審議を踏まえた説明＞ ・大洗での実験結果に基づいてナトリウム・水反応による伝熱管外面の加熱条件を厳しく設定し、かつ、軽水炉の研究成果に基づいて伝熱管内面の水・蒸気による除熱条件を厳しく設定して解析した場合でも、周辺の伝熱管に高温ラプチャ型の破損伝播は生じないことを確認した。 ・前項で用いた解析手法の詳細、検証結果、もんじゅへの適用解析結果等をまとめた公開報告書を平成 13 年 6 月 6 日に提出した原子炉設置変更許可申請の設置変更許可申請書の参考文献とした。
原子力安全・保安院	＜原子力安全・保安院としての対応・考え方＞ ・今次の設置変更許可に係る安全審査の中で、最新の研究成果を踏まえ、高温ラプチャによる伝熱管破損伝播が防止されることを確認した。
原子力安全委員会	＜原子力安全委員会としての対応・考え方＞ ・伝熱管の高温ラプチャ発生の有無については、安全審査において、高温ラプチャ型の破損伝播が防止されるところとして、蒸気発生器伝熱管破損事故の解析が行われていることの妥当性を実験及び実験解析の結果が適切に取り入れられた定量的評価により確認。 ・なお、定量的評価の確認においては、行政庁が申請者とは別に行った解析も参考とした。

(4) 蒸気発生器の安全性について

- 2) 伝熱管漏えいの検知とその後のプラント対応について、信頼性確保の観点から十分確認すること（漏えい規模と検出までの時間、水素計など漏えい検出器の特性と位置付け、ブローダウンの時間的挙動他）

サイクル機構	<委員会での審議を踏まえた説明> ・伝熱管が破損した場合、漏えいした水・蒸気がナトリウムと反応して水素が発生、カバーガス圧力が上昇する。以下の方法を用いて、これを検出する。 (1) 水素計 ナトリウムまたはカバーガス中の水素濃度の異常な上昇を水素計により検出する。水素計により、0.02mm 程度の太さの孔（漏えい率で 5×10^{-5} kg/s）からの漏えいの場合でも 10 分程度以内で検出することが可能である。 (2) カバーガス圧力計 通常運転時の蒸気発生器カバーガス圧力は約 98kPa [gage] であるが、水素発生により約 150kPa [gage] まで上昇すると水漏えい信号が発信する。カバーガス圧力計により、高温ラプチャ評価上最も厳しい 1.5kg/s 程度の漏えい時において、約 15 秒以内で検出することが可能である。 (3) 圧力開放板（ラプチャディスク）及び開放検出器 カバーガス圧力がさらに上昇した場合に過度の圧力上昇を抑制するため、カバーガス部に圧力開放板を設置している。圧力開放板は、所定の圧力（約 300kPa [gage]）になると破裂し、この破裂を開放検出器により検出する。約 50kg/s の大漏えい時には、約 1 秒で開放する。 ・蒸気発生器伝熱管破損時は、漏えい発生信号により、原子炉を停止するとともに、当該ループでは以下の措置が講じられる。 (1) 2 次主冷却系 蒸気発生器出入口止め弁を閉め、蒸気発生器を隔離する。このことにより、中間熱交換器等他の機器の健全性に影響を及ぼすことを防止する。 (2) 水・蒸気系 水漏えいが継続すると、隣接する伝熱管に影響が及ぶ可能性がある。この影響を抑制するため、蒸気発生器前後の止め弁を閉め、放出弁を開き、蒸気発生器内の水・蒸気を急速に排出する。排出した後は伝熱管内に窒素ガスを充填し、ナトリウム・水反応を終息させる。水・蒸気の排出（ブローダウン）に必要な時間は約 100 秒以内である。 ・解析手法の詳細、検証結果、もんじゅへの適用解析結果等をまとめた公開報告書を平成 13 年 6 月 6 日に提出した原子炉設置変更許可申請の設置変更許可申請書の参考文献とした。安全審査（2 次審査）において、伝熱管破損時の蒸気発生器の安全性について審査されている。
原子力安全・保安院	<原子力安全・保安院としての対応・考え方> ・今次の設置変更許可に係る安全審査において、基本設計ないし基本的設計方針の観点から、伝熱管漏えいについても確認した。 ・また、今後、詳細設計段階以降の安全規制においても、ブローダウン時間等の必要とされる性能について確認を行っていくこととしている。
原子力安全委員会	<原子力安全委員会としての対応・考え方> ・ブローダウンの時間的挙動については、高温ラプチャ型の破損伝播の防止に対して重要であることから、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として原子力安全・保安院へ報告を求めた。 ・原子力安全・保安院が行うもんじゅ安全性総点検の対応状況の確認結果についても、報告を受け、その内容の確認を実施。

(4) 蒸気発生器の安全性について

- 3) 50MWの蒸気発生器モデルでの実験結果や海外炉での事故原因等を詳細に検討して安全確認を行うこと

サイクル機構	＜委員会での審議を踏まえた説明＞ ・ 50MW の蒸気発生器試験施設を作り、フレットングが起きないかなどについても実際に確認している。 ・ 50MW 蒸気発生器は「もんじゅ」のプロトタイプとして設計、製作及び運転試験を行い、製作技術の確立、構造健全性及び性能の実証等、各種の知見を蓄積してきた。 ・ 50MW 蒸気発生器は約 35000 時間の運転経験を積んでおり、その間、伝熱管の水漏えいは発生していない。 ・ 「もんじゅ」実機の蒸気発生器の設計、製作には、スケールアップ効果を考慮しつつ、上記の知見が十分に反映されている。
原子力安全・保安院	＜原子力安全・保安院としての対応・考え方＞ ・ 今次の設置変更許可に係る安全審査においては、過去の研究成果や海外での経験を踏まえて、基本設計ないし基本的設計方針の妥当性を確認したところである。 ・ 今後とも、新しい研究成果や海外炉の経験を迅速に安全規制に反映できるよう、努めていくこととしている。

(4) 蒸気発生器の安全性について

- 4) 伝熱管漏えい後の対応措置（補修方法等）について、信頼性向上のため事前検討を十分行うこと

サイクル機構	＜委員会での審議を踏まえた説明＞ ・伝熱管からの水漏えい後の対応方針は、下記のとおりである。 1) 伝熱管破損が発生した場合、プラント停止後に体積検査、漏えい試験等での伝熱管で破損が生じたのかを確認し、その後伝熱管に栓をする。 2) 周囲伝熱管への影響が大きい場合、管束部を引き抜いた後に管束部の部分補修又は交換する。 ・蒸気発生器伝熱管破損時の具体的な対応措置は、漏えい規模、破損箇所によって異なるため、原因究明、補修の詳細な方法、手順は、破損状況により定める。 ＜今後の対応＞ ・万一蒸気発生器伝熱管破損に備えて伝熱管の施栓や管束を引き抜くための装置の検討を行う。
原子力安全・保安院	＜原子力安全・保安院としての対応・考え方＞ ・伝熱管漏えいが発生した場合の対応処置については、漏えいの状況を踏まえた適切な補修方法が取られることが望ましいと考えている。

(5) 蒸気発生器の検査装置について

1) 蒸気発生器製作時の品質管理や構造的特徴を十分配慮すること

サイクル機構	<委員会での審議を踏まえた説明> ・「もんじゅ」の蒸気発生器伝熱管の検査装置は、以下に示すように製作時の品質管理や構造的特徴を考慮している。 1) 製作時の品質管理 ① 蒸気発生器伝熱管は、プローブ（検査装置）の挿入性を考慮し、製作時の放射線透過試験（RT）による溶接部の形状（裏なみ形状）の把握や玉通しによる内径管理を行っている。 ② 伝熱管のUベンドの扁平率を計測して設定値以下であることを管理することによりプローブ（検査装置）の挿入が可能であることを確認している。 2) 構造的特徴 ① 伝熱管に影響のない不活性ガス（窒素ガス）での圧送方式を採用した。 ② 蒸気発生器の特徴であるヘリカルコイル型長尺、細径（約 24mm）伝熱管の全長を検査できるようプローブ形状・センサを設定した。 ③ 軽水炉の蒸気発生器伝熱管検査に実績があり、検査時間等に優れている渦流探傷検査（ECT）を選定した。 <今後の対応> ・今後、検査性能の向上や運転を考慮して検査装置の開発を継続する。
原子力安全・保安院	<原子力安全・保安院としての対応・考え方> ・ JNC における蒸気発生器検査装置の研究開発において、蒸気発生器製作時の品質管理や構造的特徴を十分配慮されるものと認識している。

(5) 蒸気発生器の検査装置について

- 2) 伝熱管の耐圧漏えい検査や渦流探傷検査の位置付けを明確にすること

サイクル機構	＜委員会での審議を踏まえた説明＞ 1) 蒸気発生器の伝熱管は、製作据付段階で耐圧漏えい検査を行い健全であることを確認している。また、試運転段階では、渦電流探傷検査装置の実証と合わせて全数の伝熱管に異常のないことを確認している。 2) 蒸気発生器は、原子炉冷却材バウンダリを構成する機器ではなく、原子炉の崩壊熱除去機能を有する機器でもないが、伝熱管を隔てて水とナトリウムが存在する高速増殖炉特有の機器であり、運転実績が少ないことに鑑み、原子力発電所の信頼性向上を図る観点から伝熱管の供用期間中検査の体積検査として渦電流探傷検査を実施する。 ＜今後の対応＞ ・渦電流探傷検査は、供用期間中検査として定期検査期間中に実施する方向で、詳細な計画を詰めていく。
原子力安全・保安院	＜原子力安全・保安院としての対応・考え方＞ ・伝熱管の耐圧漏えい検査は、使用前検査の一環として実施している。 ・渦電流探傷検査は、供用中検査における一つの手法であるが、JNC がその検査装置につき研究開発を実施していると承知しており、供用中検査開始までに、その内容について確認することになると考えている。

(5) 蒸気発生器の検査装置について

3) 渦流探傷装置での信号検出性能等を十分検証すること

(信号の再現性、信号位置の同定方法、一般産業での実績等)

サイクル機構	＜委員会での審議を踏まえた説明＞ ・クロモリ鋼外面スリット状欠陥は、0.5mm 幅、10mm 長さのノッチ状欠陥では75%深さまで検出できる。内面の検出性能は高く 50%まで検出できる。 ・溶接部については、外面においても現状 20%減肉の検出が可能である。溶接部の欠陥検出性能の向上のため、溶接の影響を取り除き欠陥信号を取り出す手法の検討を行っている。 ・内面の検出性能向上とスリット状欠陥の検出も可能なように軽水炉用に開発された最新の ECT センサの導入を検討している。 ＜今後の対応＞ 1) 渦流探傷装置での信号検出性能等の検証 ・技術開発を進め、開発した検査装置について ISI 校正試験施設を用いて、組合せ試験、総合機能試験を実施し、信号の再現性能、欠陥位置の同定性能を確認していく計画である。
原子力安全・保安院	＜原子力安全・保安院としての対応・考え方＞ ・渦電流探傷装置については、その信号検出性能等を十分検討していきたいと考えている。

(5) 蒸気発生器の検査装置について

4) 欠陥検出の精度向上に向け、今後とも開発に努めること

サイクル機構	＜委員会での審議を踏まえた説明＞ (1) 割れ状欠陥の検出も含め従来より一層欠陥検出性に優れた検査装置を目指し、「欠陥検出性能の向上、ノイズレベルの低減、伝熱管への円滑挿入、検査データのリアルタイムでの判定」を中心に技術開発を進める。 (2) 開発はなるべく早くしたいと考えている。遅くとも「もんじゅ」の第1回定検に使用できるよう開発する。 ＜今後の対応＞ 1) 蒸気発生器伝熱管検査装置の開発 ・ ISI 校正試験施設を用いて、開発した検査装置の実機適用性を確認していく計画である。
原子力安全・保安院	＜原子力安全・保安院としての対応・考え方＞ ・ 事業者において、欠陥検出の精度向上へ向けた開発が行われることは、好ましいことであると考えている。

(6) 放射線管理について

- 1) 放射化ナトリウムによる被ばく低減を図るため、ナトリウムの純度管理、ナトリウムの流れがよどむ所について十分配慮すること

サイクル機構	<委員会での審議を踏まえた説明> ・高速炉の1次冷却系における主要な線源は、放射化ナトリウムと放射性腐食生成物（CP）である。 ・ナトリウムの純度は、1次ナトリウム純化系（不純物除去）のコールドトラップ（浄化装置）で浄化し、プラギング計（純度測定装置）で監視している。 ・実験炉「常陽」等の運転実績からは、よどむ箇所で腐食が進むようなことはない。 ・実際の定期点検に際しては、放射化ナトリウム（^{22}Na・^{24}Na）が最も強い線源となるが、被ばく低減を目的に、1次系のナトリウムは全て（よどむ箇所を含む）貯蔵タンクに排出し、作業現場雰囲気の線量率を下げてから実施するため、被ばくへの寄与はほとんど無い。 ・実験炉「常陽」の運転実績からは、放射化ナトリウムよりも機器配管に付着した放射性腐食生成物（^{54}Mn・^{60}Co）による被ばくへの寄与が大きい。 <今後の対応> ・「常陽」での運転実績、「もんじゅ」での知見を基に、運転開始以降にあっても常に被ばく低減に努め、改善策を進めていく。
原子力安全・保安院	<原子力安全・保安院としての対応・考え方> ・運転開始後は、日常的な安全規制の一環として、ナトリウムの特性や常陽での経験を踏まえ、従業員の被ばく低減に努めるよう、JNCを指導することとしている。

(6) 放射線管理について

2) 常陽の放射線管理の実績を評価し、被ばく低減に努めること

サイクル機構	<委員会での審議を踏まえた説明> ・一層の被ばく低減を目的として、被ばく予測評価手法の高度化（線源の生成、系統内分布、放射線量の予測評価）を進めている。 ・実験炉「常陽」での実測データ等を基に「もんじゅ」の1次冷却系の機器配管の線量率を解析評価した結果、「常陽」の実績と同じ程度（約 1mSv/h）であり、軽水炉と比べても同程度と予想できる。 ・将来的な被ばく低減化を目的とした追加遮へい体の設置、作業の遠隔化を目的とした監視カメラ（ITV）の設置等を進めている。 <今後の対応> ・「常陽」での運転実績、「もんじゅ」での知見を基に、運転開始以降にあっても常に被ばく低減に努め、改善策を進めていく。
原子力安全・保安院	<原子力安全・保安院としての対応・考え方> ・運転開始後は、日常的な安全規制の一環として、ナトリウム特性や常陽での経験を踏まえ、従業員の被ばく低減に努めるよう、JNCを指導することとしている。

(6) 放射線管理について

3) 放射性廃棄物の放出や放射線モニターの情報公開取り組むこと

サイクル機構	＜委員会での審議を踏まえた説明＞ ・従来から環境放射能測定結果については、「福井県環境放射能測定技術会議」に報告し、「福井県原子力環境安全管理協議会」等の場で公表している。 ・福井県のテレメータ（原子力環境情報ネットワークシステム）へデータ送信し、公表されている。 ＜今後の対応＞ ・上記の公表を継続して行っていく。
原子力安全・保安院	＜原子力安全・保安院としての対応・考え方＞ ・原子力施設の運転状況に係る透明性の確保は、規制当局としても重要なものであると認識しており、一層の情報公開に努めるよう JNC を指導していくこととしている。