

原子力発電施設に対する検査制度の改善について (案)

平成18年 月
原子力安全・保安院

目 次

．はじめに	1
．現行の検査制度の概要	2
．現行の検査制度の課題	4
1．プラント毎の保全活動の充実	4
2．保安活動における安全確保の一層の徹底	5
3．事業者による不適合是正の徹底	6
．今後の検査制度の改善の方向性	6
1．「保全プログラム」に基づく保全活動に対する検査制度の導入	6
2．安全確保上重要な行為に着目した検査制度の導入	9
3．根本原因分析のためのガイドラインの整備等	10
．今後の取組み	13

参考資料

．はじめに

原子力発電施設に対する検査の在り方に関して、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会「検査の在り方に関する検討会」は、平成14年6月に、検査制度の基本的な考え方として以下のように述べています。

- ・「あらかじめ決められた施設の健全性を、あらかじめ決められたとおりに確認することを中心とする検査」から、「施設の健全性だけでなく、施設の設置のプロセスや事業者の保安活動全般を、抜き打ち的手法も活用し確認する検査」に重点を置くこと。
- ・施設の設置のプロセスや事業者の保安活動全般に検査が入る可能性をもたせることで、もっとも身近に潜在的リスクを察知し、管理し得る立場にある事業者の改善努力を引き出し、全体としての安全確保の実効性を高めようとする。

この考え方に沿って、平成15年10月に現行の検査制度を導入し、その後、2年強の期間をかけてその定着を図ってきました。

一方、この間に、関西電力㈱美浜発電所3号機（以下「美浜3号機」といいます。）における二次系配管の破損により11名もの方が死傷する事故が発生し、二度とこのようなことを引き起こさないように対応していくことが求められています。また、原子力発電所について、今から3年後には、運転開始後30年を超えるプラントが20基に達する見込みであり、高経年化対策を充実する必要性が高まっています。

もとより、原子力の安全については、事業者による安全性の確保がより一層向上するようにするため、安全規制について、科学的・合理的判断の原則に立ち、その実効性、効率性について不断に検証を行い、常に改善・充実に努めていくことが重要です。

原子力安全・保安院（以下「保安院」といいます。）は、上記の状況を踏まえ、原子力安全規制の根幹である検査制度について、より充実・強化する必要があると認識しています。また、原子力政策大綱（平成17年10月閣議決定）、原子力安全条約に基づく締約国検討会合（平成17年4月）等において、検査制度の有効性について検証する必要があるとの指摘を受けているところでもあります。

こうしたことから、保安院は、平成17年11月に、「検査の在り方に関する検討会」を再開し、今後の検査制度の在り方についての検討を実施してきまし

た。

本報告書は、同検討会での検討を踏まえ、保安院として、原子力発電施設に対する検査制度の課題と今後の改善の方向性をとりまとめたものです。

なお、以下の本文において、「保全活動」、「保守管理活動」、「保安活動」という用語が出てきますが、これらの用語の意味は、次のとおりです。

- ・ 「保全活動」とは、「点検・試験、補修、取替・改造の対象範囲を定め、その計画を策定し、これを実施し、その結果を確認・評価し、必要に応じて是正処置を講じる活動」のことをいいます。
- ・ 「保守管理活動」とは、「保全及びこれを実施するために必要な体制・教育等の保守管理を行う活動」のことをいいます。
- ・ 「保安活動」とは、「保守管理を始め、運転管理、燃料管理、防災管理、放射性廃棄物管理、放射線管理などを含めた原子力発電施設の安全確保のために行うすべての活動」のことをいいます。

．現行の検査制度の概要（参考資料 p 3 ~ p 6 参照）

（１）平成 15 年 10 月の制度改正により、現行の検査制度の基本が構成されています。

この現行の検査制度の特徴は、保守管理を含めた事業者による保安活動を品質保証の実施として位置づけ、国等の規制当局が保安検査、定期検査及び定期安全管理審査により、その実施状況及び実施体制について検査するという体系にあります。

具体的には、次のとおりです。

保安検査

事業者の保安活動について、品質保証計画を策定し、実施し、継続的に評価と改善を行うことを求めるとともに、このような品質保証について保安規定に定めることを求めています。これにより、施設・設備の点検方法等を定める保守管理、運転中の制限事項等を定める運転管理を中心に、燃料管理、放射性廃棄物管理、放射線管理、緊急時の措置など、原子力発電施設の安全確保のために事業者が行う保安活動が網羅的に品質保証の実施として位置づけられることになりました。そして、国は、このような保安規定の遵守状

況を検査する保安検査の中で、品質保証計画の適切性、実施・評価・改善活動の実施状況等を確認しています。

定期検査、定期安全管理審査

事業者は、原子力発電施設及び設備の技術基準適合性を、定期事業者検査として定期的に確認することを求められています。独立行政法人原子力安全基盤機構（以下「JNES」といいます。）は、この定期事業者検査の実施体制について、定期安全管理審査として、実施組織、検査方法、工程管理、記録管理、協力会社の管理及び教育訓練の適切性の観点から、文書確認と立会いにより審査しています。審査に当たっては、「原子力発電所における安全のための品質保証規程（JEAC4111-2003）」（以下、「品質保証規格」といいます。）を審査基準に用いています。そして、国は、JNESの審査結果を踏まえて事業者の実施体制を評定し、公表することにより、事業者による保全活動の改善を促しています。

また、国は、定期検査として、原子力発電施設の安全確保上特に重要な施設及び設備を定期的に検査しています。具体的には、定期事業者検査に立ち会うか又はその記録を確認するかの方法により、定期事業者検査のプロセスに着目し、品質保証規格を活用しながら、検査要領、検査要員や結果判定の適切性などについて確認しています。

- (2) また、平成15年10月の制度改正では、保安活動の実施状況と保安活動への最新の技術的知見の反映状況を事業者が10年毎に評価するいわゆる定期安全レビューを事業者に義務づけました。同時に、高経年化対策として、運転開始後30年を経過する前に経年変化に関する技術的評価の実施と、この評価に基づく10年間の長期保全計画の策定等を義務づけています。

この定期安全レビューの結果を保安活動に適切に反映して実施しているかどうかについては、国は、保安検査により確認しています。また、長期保全計画の実施状況については、保安検査、定期検査及び定期安全管理審査により確認しています。

なお、高経年化対策については、従来、事業者による自主的な取組みとしてプラント毎の技術的評価及び長期保全計画の策定等を求めていました。平成15年10月の関係省令の改正により、これを事業者の法令上の義務とし、更に、平成18年1月からは、その結果の国への報告を義務づけ、国は、この評価の妥当性の確認を行うなどの制度を導入したところです。

．現行の検査制度の課題（参考資料 p 6、 p 7 参照）

上記 ．の検査制度については、これまでの2年強の経験の積重ねの結果、現在においてはかなりの定着をみています。しかし、検査制度の実施状況や、現行の検査制度の導入後に発生した美浜3号機の二次系配管破損事故の原因分析、更には長期間運転するプラントの増加が見込まれる中で高経年化対策を一層充実していくことの必要性の高まりなどを踏まえて現行の検査制度を検証したところ、次のような課題があり、これらの改善に早急に取り組んでいくことが必要であるとの認識に至りました。

1．プラント毎の保全活動の充実

長期間運転するプラントの運転を安全に継続することが可能となる前提は、適切な点検、補修、取替等の保守管理がなされることにあります。運転開始後30年を経過するときには本格的に行う高経年化対策を更に充実するためには、次のとおり、その時期に達するよりも前の段階から、高経年化対策に連動するものとして、日常的な保全活動を充実していくことが必要と考えられます。

まず、高経年化対策では、事業者に対し、プラント毎に評価することを義務づけ、国がその妥当性を確認していますが、定期事業者検査及び定期検査では、全てのプラントに対しほぼ一律に検査を行っているため、個々のプラント毎の特性に応じたきめ細かい検査を実施することが困難な状況にあります。運転年数、プラントの設計、事故・トラブル等の運転履歴、協力会社を含めた管理体制など、プラント毎に設備や運転の状況は異なっています。プラントの保全活動に万全を期すためには、高経年化対策を講じることを義務づける前の段階から、事業者に対しプラント毎の状況を適切に把握することを求めた上で、これを踏まえた保全活動を行うことを求めることがより望ましいと考えられます。

また、高経年化対策を充実するためには、高経年化に伴う劣化事象の管理を適切に行うことが必要です。機器・系統の使用中的状態を監視しながら、科学的知見を踏まえて劣化の進展状況を把握し、寿命の予測等を行い、適切な時期に点検、補修等を行ういわゆる状態監視保全を始めとして、運転中を含めた新しい監視・評価技術の導入が有効であると考えられます。このためには、プラント毎に、機器・系統の劣化状況を継続的又は一定の期間毎に監視し、劣化傾向の評価を行うことが必要となります。

このようなことから、事業者に対し、高経年化対策を講じることを義務づける前の段階から、日常的に、プラント毎の特性を踏まえた保全活動を充実する

ことを求めるための検査制度の導入が課題となっています。

2. 保安活動における安全確保の一層の徹底（参考資料 p 8、p 9 参照）

事業者に対しプラント毎の特性を踏まえた保全活動を充実するように求めることは、同時に、運転中と停止中を通し、より適切な時期に保全活動を実施することを求めることとなります。

プラントの保全活動は、定期事業者検査のために原子炉を停止している期間中にのみ実施されるものではありません。日常の巡視点検、機器の状態監視や安全上重要な機器の定例試験等は運転中に行われます。更には、異常が発見されたときに、一定の条件下で運転を継続したまま点検、補修等を行うなど、保全活動は、運転中か停止中かにかかわらず継続的に実施されているものです。

このように、定期事業者検査及び定期検査の期間とは別の期間において、事業者による安全確保上重要な保全に係る行為が行われている場合には、むしろ、これらの行為が行われている時点で国が検査を行い、保全活動の適切性を確認することが必要であると考えられます。

更に、同様のことは、保全以外の保安活動についても当てはまります。

現状、保安検査は年に4回、一回3週間程度の期間で行っているため、原子炉起動操作や非常用電源の定例試験、事故・トラブルが発生した場合の事業者の措置などは、保安検査の期間中に実施されるとは限りません。平成15年10月の制度改正以降の保安検査において、事業者の保安活動に重大な不適合（品質保証上の要求事項に適合しない状態をいいます。）があり、直ちに改善を指示した事項では、運転管理に係るものが全体の7割を占めていることから、運転管理は保守管理と並んで重要な保安活動であるということが出来ます。また、現在、保安検査官は、保安検査の期間でないときは、事業者の任意の協力を得て保安調査を実施していますが、この保安調査の際に確認された比較的軽微な不適合については、その後の保安検査において、対応を再確認をしている事例も少なからずあります。このようなことを考慮すれば、むしろ、これらの安全確保上重要な保安に係る行為が行われている時点での国の監視を強めることが必要です。具体的には、運転中であっても、立会い等により検査を行い、保安活動の適切性を確認することによって、早期に不適合を是正したり、事故・トラブル発生時の対応を強化することを求める必要があると考えられます。

このようなことから、運転中か停止中かを問わず、事業者における安全確保を一層徹底させるための検査制度の導入が課題となっています。

3 . 事業者による不適合是正の徹底 (参考資料 p 1 0 ~ p 1 2 参照)

我が国の原子力発電施設の安全水準は、臨界後7,000時間の運転時間当たりの自動スクラム率や安全系の利用不能率などについての諸外国との比較からみれば、比較的優れた水準で推移していることが示されています。また、我が国の原子力発電施設におけるトラブル件数を一プラント当たりでみると、この25年間で一貫して減少傾向にあります。しかし、人的過誤に起因する事故・トラブル件数の全件数に占める割合は、減少傾向にはありません。人的過誤の中には、組織要因あるいは安全文化・組織風土の劣化を背景としているものがみられます。

実際に、保安検査及び定期安全管理審査で指摘した結果をみると、マニュアル上の欠落、設備の故障、作業員の不注意といった表面的、すなわち、顕在化した事象の指摘にとどまり、事業者による組織要因を中心とする根本的な原因(以下「根本原因」といいます。)を分析する活動は十分には行われていませんでした。

また、1990年代後半以降、組織要因あるいは安全文化・組織風土の劣化により発生した事故・トラブルが顕在化してきています。美浜3号機二次系配管破損事故の背景には、事業者の安全文化の綻びがあったことが指摘されています。

原子力発電施設の安全確保水準を更に高めていくには、このような要因による不適合の是正を徹底していくことが課題となっています。

このほか、国際的に導入が進んでいるプラントの安全実績(パフォーマンス)を表す指標の活用等について検討を行うことも課題となっています。

．今後の検査制度の改善の方向性

前述したプラント毎の保全活動の充実、保安活動における安全確保の一層の徹底及び事業者による不適合の是正の徹底という3つの課題の解決に取り組んでいくためには、検査制度を以下のように改善することが必要であると考えられます。

1 . 「保全プログラム」に基づく保全活動に対する検査制度の導入

(1) 「保全プログラム」の充実 (参考資料 p 1 3 ~ p 1 6 参照)

上記 1. に述べたとおり、事業者に対しプラント毎の特性を踏まえた保全活動を充実することを求める検査制度の導入が課題となっています。

このためには、まず、品質保証計画の一環として位置づけられ、事業者の行う保全活動全体を対象として、保全活動の実施体制、保全の対象となる機器・構築物の範囲、保全活動の実施計画を具体的に記載したプログラム（以下「保全プログラム」といいます。）の的確な策定が重要な課題となります。

現行の保安規定に含まれる保守管理に関する規定は、保全活動を実施する事業者の組織や体制の記載にとどまっています。このため、事業者に対し、より充実した「保全プログラム」を策定することを求めることが必要となります。具体的には、「保全プログラム」の記載に当たっては、機器・系統毎に、設備の技術基準等を踏まえた適切な管理指標を定め、これを維持するための点検方法や点検頻度などについて、科学的な知見を基に選択することが求められます。更に、「保全プログラム」には、機器の劣化や故障パターンの分析に基づいて、機器、系統ごとにあらかじめ定められた時間計画に従って点検、補修等を行ういわゆる時間計画保全の考え方に基づく事業者による定期的な検査に加えて、状態監視保全や定例試験など運転中に行う保全活動も併せて記載する必要があります。

また、「保全プログラム」は、高経年化技術評価及び定期安全レビューと連動したものとすることが必要であり、「保全プログラム」の記載事項を含め、このために必要な検討をしていくことが求められます。

（２）技術的な指針等の整備（参考資料 p 17 ~ p 20 参照）

現段階では、機器・系統毎の点検方法、頻度等を選定することやこれらを変更することに対する技術的な指針等が整備されていないことから、上記（１）を実現するためには、今後、早急に、学協会を中心に、「保全プログラム」の充実に向けた規格・基準、技術的な指針の整備を進めることが求められます。

なお、このような整備に当たっては、軽微な劣化事象の発生・進展についても、その状況を十分に把握すること、とりわけ点検前の劣化に係るデータを十分に収集することによって、劣化傾向の分析・評価手法を向上させていくことが求められます。

また、状態監視保全については、欧米の事例なども検討し、振動診断、油分析等の状態監視技術を適用していくための技術的な指針を整備することが必要です。

（３）「保全プログラム」に対する事前確認（参考資料 p 21 ~ p 23 参照）

次に、より充実した「保全プログラム」は、それが現在の保安規定の記載事項と同等の重要性を持つものを含んでいることから、その妥当性を国があらかじめ確認する制度を導入することが必要になります。

「保全プログラム」は、重要な機器・構築物の管理指標など、保全活動の枠組みを示し、必ずしも頻繁に見直されることのない基本的事項と、点検周期毎に見直される点検計画や補修・取替・改造に係る計画といった具体的な活動の計画（以下では、これらを一括して「保全計画」といいます。）によって構成されます。このため、「保全プログラム」の事前確認は、こうした基本的事項と保全計画の区別に基づいて実施されることが適当です。

基本的事項の事前確認

基本的事項としては、対象機器の範囲、機器・系統毎の管理指標、点検方法・頻度等、点検結果の確認・評価方法、是正処置の方法、データ取得・評価の方法、記録保存の方法等が該当します。国としては、これらの事項を特定するとともに、その具体的な記載についての要求事項を明確にする必要があります。そして、事業者からの申請に基づき、国は、保安規定の認可と同様の方法により、このような基本的事項について審査し、確認することになります。

更に、高経年化対策を講じる時点及び定期安全レビューを行う時点においては、基本的事項が見直される機会となることから、国による確認がなされるように措置することが適当です。

なお、機器の分解点検など、点検の内容によっては、原子炉を停止することが必要となります。原子炉の起動から停止までの期間（以下「原子炉停止間隔」といいます。）については、事業者が策定する「保全プログラム」の基本的事項において定められることが適当です。すなわち、各プラントの機器・系統のそれぞれの点検方法や頻度は、従来 of 時間計画保全に加えて状態監視保全を考慮した上で、「保全プログラム」の中に定められることとなります。これを踏まえて、原子炉停止毎に点検を行う必要のある原子炉格納容器等の機器・系統の最短の点検間隔により原子炉停止間隔が定められ、「保全プログラム」の基本的事項の中に定められることとなります。

こうした機器・系統毎の点検間隔の見直しに際し、その妥当性を評価する基準の策定に当たっては、事業者に対し、点検前データの取得・評価の方法などを含めた厳格な技術評価を求めることが必要です。また、事業者が現行の原子炉停止間隔を変更しようとする場合には、間隔を段階的に変更していくなど、慎重な取組みを求めることが必要です。

「保全計画」の事前確認

次に、点検周期（原子炉を停止させて行う点検から、原子炉を起動し、次の原子炉停止時までの一サイクルをいいます。）毎に見直される「保全計画」については、事業者が次に原子炉を停止するまでに次期の点検周期に係る「保全計画」について申請し、これを受け、国は、その内容の妥当性について審査し、確認することになります。

なお、この「保全計画」の確認においては、事業者の保全活動の実施体制についても評価することが適当です。したがって、現行の定期安全管理審査は、今回の制度の改善において、「保全計画」の事前確認の中に整理統合することが適当であると考えられます。

（４）「保全プログラム」の実施状況を確認する検査

更に、上記（３）に示した「保全プログラム」を国が事前に確認する制度の導入と併せ、事業者が実際に「保全プログラム」に基づいて適切に保全活動を実施していることを確認する検査が必要です。

「保全プログラム」は、プラント停止中のみならず運転中の保全活動も含むものです。このため、上記の国が行う検査としても、プラント停止中の検査に加えて、運転中における検査が必要となります。また、事業者による「保全プログラム」の実施状況を検査した結果、不適切な行為等が認められた場合には、「保全プログラム」の変更や必要な改善を実施するよう国が事業者に求めることを可能とする制度が必要となります。

（５）「保全プログラム」に基づく保全活動により期待される効果

事業者が「保全プログラム」に基づく保全活動を実施することは、高経年化対策の充実のみならず、プラント毎の点検活動の信頼性を高めることにもつながるものと期待されます。例えば、美浜３号機二次系配管破損事故の際に指摘されたような管理すべき箇所が点検リストから欠落するような事態は、こうした「保全プログラム」を策定し、実際の点検活動をチェックすることにより防止することができるかと期待されます。

２．安全確保上重要な行為に着目した検査制度の導入

（参考資料 p 24 参照）

(1) 安全確保上重要な行為に着目した検査制度の導入

上記 2. に述べたとおり、事業者の保安活動における安全確保を徹底させるための検査制度の導入が課題となっています。

このような検査制度を導入するためには、運転中と停止中とを問わず、安全確保上の重要な行為を特定することが必要です。この作業には、リスク情報を活用することが有効と考えられます。今回の検討作業においては、過去の保安検査等の実績を踏まえて安全確保上の重要な保安活動の行為を抽出しましたが、これに対してリスク情報による検証をしたところ、この抽出結果は概ね妥当であると考えられます。

このようなことから、今後、リスク情報も活用しつつ、原子炉停止操作、原子炉起動操作、非常用電源の確保、重大な不適合発生時の処置などの安全確保上重要な行為を特定し、その行為が実施されるときに検査を行い、事業者による保安活動が適切に行われていることを確認するとともに、不適切な保安活動に対しては、是正等を求めることができる制度を導入することが必要です。

一方で、品質保証計画、教育訓練の実施、放射性廃棄物の保管、協力会社等に対する調達管理など、事業者により継続的に適切な取組みがなされているかどうかを確認する必要があると考えられる事項については、現在の定期の検査を行うことが適当と考えられます。

(2) 効率的・効果的な検査の実現

運転中と停止中とを問わず安全確保上重要な行為に着目した検査を導入することは、リスクに対応した安全確保の取組みを充実させる効果のみならず、これまで保安検査として定期に行われてきた検査を運転中にも着実に実施することにより、結果的に、定期検査と保安検査に係る期間の重複を是正することを可能とします。また、これら検査の機会に行うデータの収集等に基づき、プラントの起動試験への立会検査と停止中の点検結果を確認する検査を同時に行うことにより、運転中と停止中の切れ目のない検査を実現することにつながります。更には、規制当局の限られた資源をできるだけ有効に活用することにもつながります。また、プラントの安全確保状況をよりの確に評価するための安全実績指標の導入などが円滑に進むことも期待されます。

3. 根本原因分析のためのガイドラインの整備等

(1) 根本原因分析のためのガイドライン等の整備

(参考資料 p 25、p 26 参照)

上記 3. に述べたとおり、人的過誤等の直接要因、組織要因又は安全文化ないし組織風土の劣化による不適合の是正を徹底していくことが課題となっています。

平成15年10月の制度改正では、事業者における品質保証体制の構築を求めたところですが、事業者による不適合是正の取組みを確実なものとしていく観点からは、次の対策が必要です。

なお、事業者による不適合是正の取組みが不十分であり、安全確保の観点から国としての関与を行うことが適切であると判断される場合には、規制活動において、よりの確に対応することなどが求められます。

人的過誤等の直接要因に対する事業者の評価・改善状況を評価する指針の整備

人的過誤等の事故・トラブルの直接要因は、これを解消しない限り通常運転に復帰できないことから、事業者によるこれらの要因の評価・改善に係る取組みは、一定程度なされてきているといえます。この取組みのうち従業員に対する教育などは、事業者ごとに管理体制が異なることなどから、それぞれ独自に行われています。国としては、人的過誤等の直接要因に係る不適合を是正するための事業者の自律的取組みを評価し、更にこれを促すための視点を指針として明確化することが必要であると考えられます。

根本原因分析のためのガイドライン等の整備

事故・トラブルの誘因となる組織要因に対しては、人的過誤等の直接要因とは異なり、その性質上、事業者における不適合是正のための取組みは十分には行われにくい状況にあります。しかし、組織要因による不適合については、根本的な要因の分析を踏まえた是正を行わなければ、事故やトラブルの再発を防ぐことは困難です。また、根本的な要因分析の結果を他に水平展開することにより、同様のトラブルを未然に防止することが可能となります。こうした根本原因分析を促進する有力な手段が品質保証活動の充実です。このため、事業者による根本原因分析を実効的なものにする観点から、品質保証規格の体系の中で、根本原因分析の対象となる事象の抽出に係る考え方など事業者が活用できるガイドラインを整備していくことが必要です。

国としては、学協会等に対し、こうしたガイドラインの整備を求めるとともに、事業者の根本原因分析の実施内容を確認・評価するための指針を策定することが必要です。

安全文化・組織風土の劣化防止のためのガイドラインの整備

事業者による安全確保の取組みをより一層確実なものとするためには、現場からのボトムアップの取組みと同等以上の重要性をもって、トップ自らが組織全体の安全文化や組織風土の劣化を防止するために取り組むことが求められます。組織全体の安全文化や組織風土の劣化を防止するための取組みについては、高経年化対策の一環として、既に国が事業者の取組みを把握していくこととしたところです。今後は、事業者の日常的な保安活動においても、このようなトップによる取組みが適切に行われていくことを確保する必要があります。そのため、国として、こうした事業者の取組みを評価するための指針を整備することが必要です。

(2) プラント毎の総合評価の実施による安全確保の充実

(参考資料 p 27、p 28 参照)

上記(1)のほか、事業者の安全確保の水準を高めていくために、次のような改善に取り組んでいく必要があります。

まず、プラントの安全実績(パフォーマンス)を的確に表す指標を事業者が提示し、これを規制当局が評価した上で活用することです。これは、既に国際的には進んでいるものであり、直接原因の分析による不適合是正だけでは把握し難い安全確保上の潜在的な要因の推定などに有効であると考えられます。今後、諸外国の事例も参考としながら、我が国の原子力発電施設の実態を踏まえ、安全実績指標に係る科学的・合理的な項目の選択等について、リスク情報も活用しつつ検討することが必要です。

また、検査において指摘された事項について、安全上の重要度を決定する手法も検討されているところです。安全実績指標を検討する際には、相互の補完関係も検討する必要があると考えられます。

こうしたことにより、プラント毎の総合評価を行い、その結果を検査の効果的な実施のために具体的な形で活用していくことが必要です。

．今後の取組み（参考資料 p 29 参照）

上述したような検査制度の改善のための制度改正については、できるだけ速やかに行うことが求められます。他方、改善した制度を実施するに当たっては、一定の準備期間が必要であると考えられることから、平成20年度からの実施を目途とすることが考えられます。

また、改善した制度を実施するために必要となる「保全プログラム」の策定、安全確保上の重要な行為の特定、根本原因分析の実施などに必要な規格・基準、ガイドライン、指針などの技術的基盤の整備については、可能な限り速やかに行うことが必要です。

なお、リスク情報について、今後更なる活用を可能とするためのデータや手法の整備などを進めることが必要です。また、従業員の被ばく低減について、事業者及び国は「合理的に達成できる限り低く（ALARA）」の考え方に基づき継続的に取り組むとともに、国としても確認していく必要があります。

また、検査制度を実施する上で、国としても、検査を実施する組織としての十分な力量を維持し、向上させていくことが引き続き求められるところであり、検査官の育成の在り方について、併せて検討していくことが必要です。

以上の取組みは多くの関係機関の下で並行して進められるものであることから、関係者の理解を共通のものとするため、国の要求事項の提示、学協会規格の技術評価など、節目ごとに、引き続き、検査の在り方に関する検討会において確認されることが必要です。

原子力発電施設の検査制度の目的は、安全確保に一義的責任を有する事業者が実施する保安活動に対して、規制当局としてその妥当性・適切性を的確に評価し、安全確保が十分になされているかどうか確認することです。このため、このような検査制度の運営に当たっては、事業者による継続的な安全向上のための努力が促進されることが重要です。

また、国民にとってより理解しやすく透明性の高い制度としていくため、検査制度の改善の目的や検討経過とともに、国による検査の内容やその結果についても、地元の方々を始めとした国民の方々に対して分かりやすい形で伝えていく必要があります。

保安院としては、この報告書に示した検査制度の改善を着実に進めていくとともに、その実効性・有効性等について検査の在り方に関する検討会による評価なども含めた不断の検証を加えていくことによって、原子力発電施設の更なる安全の確保に万全を期してまいります。

原子力発電施設に対する検査制度の改善について(案)
参考資料

平成18年 月
原子力安全・保安院

- 「原子力発電所の保守管理規程」(JEAC4209-2003)における保守管理等の関係の整理 -

保守管理 (MR-3000以降全て): 保全及びそれを実施するために必要な体制や教育等を含めた活動全般

保全 (MR-3200以降全て):

点検及び試験、並びに補修、取替及び改造の対象範囲を定め、その計画を策定し、これを実施し、その結果を確認及び評価し、必要に応じて是正措置を講じる活動

保全プログラム (MR-3300、4000番台、5000番台、6000番台):

原子力発電施設について以下の事項について定める。

- ・保全計画 (点検計画、補修取替及び改造計画、特別な保全計画)
- ・点検・補修等の結果の確認・評価方法
- ・是正処置の方法
- ・記録の採取及び保存

保全計画 (MR-4000番台):

構築物、系統毎に以下のことを定める

- ・点検計画
- ・補修取替及び改造計画
- ・特別な保全計画

点検計画 (MR-4300～4500):

保全計画のうち、以下のもの

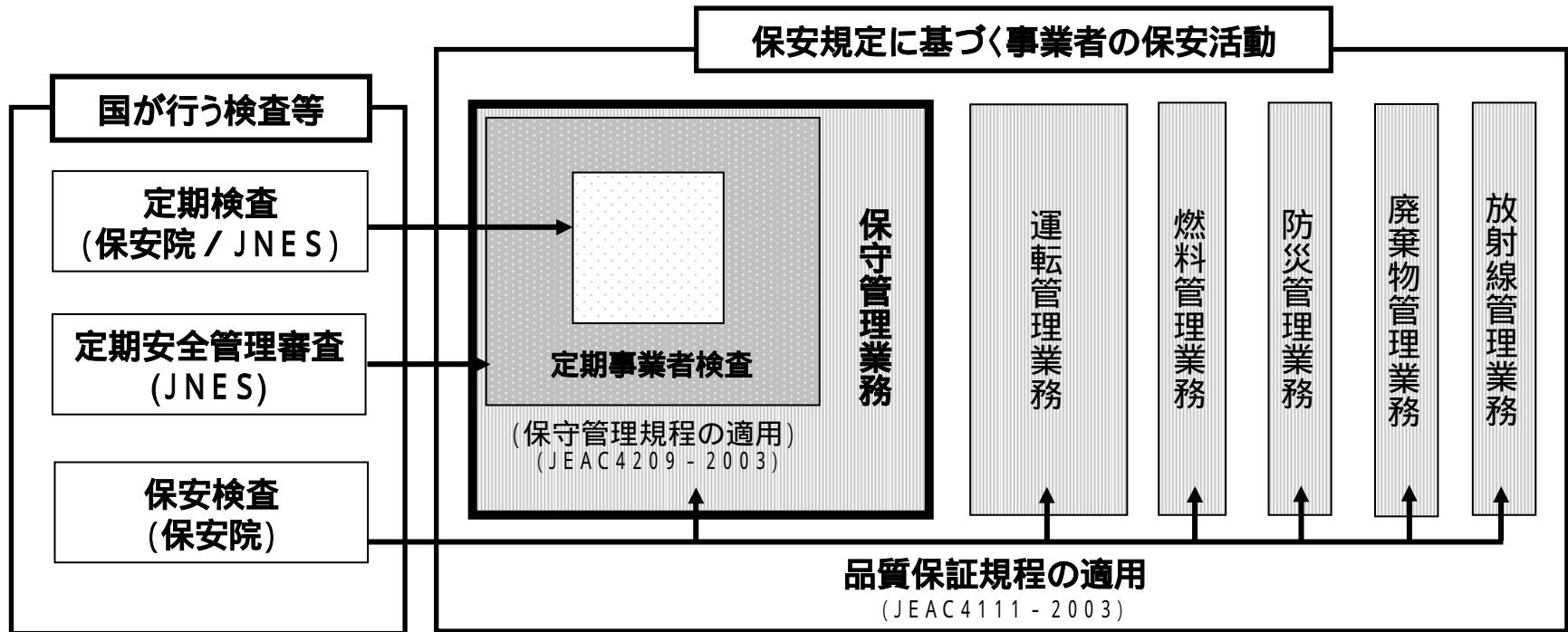
- ・定期検査等において実施する恒常的な点検及び試験の方法
- 保全方式には以下のようなものがある

- (1) 予防保全
 - ・時間計画保全
 - ・状態監視保全 (傾向監視保全、日常保全)
- (2) 事後保全

保全を除く保守管理

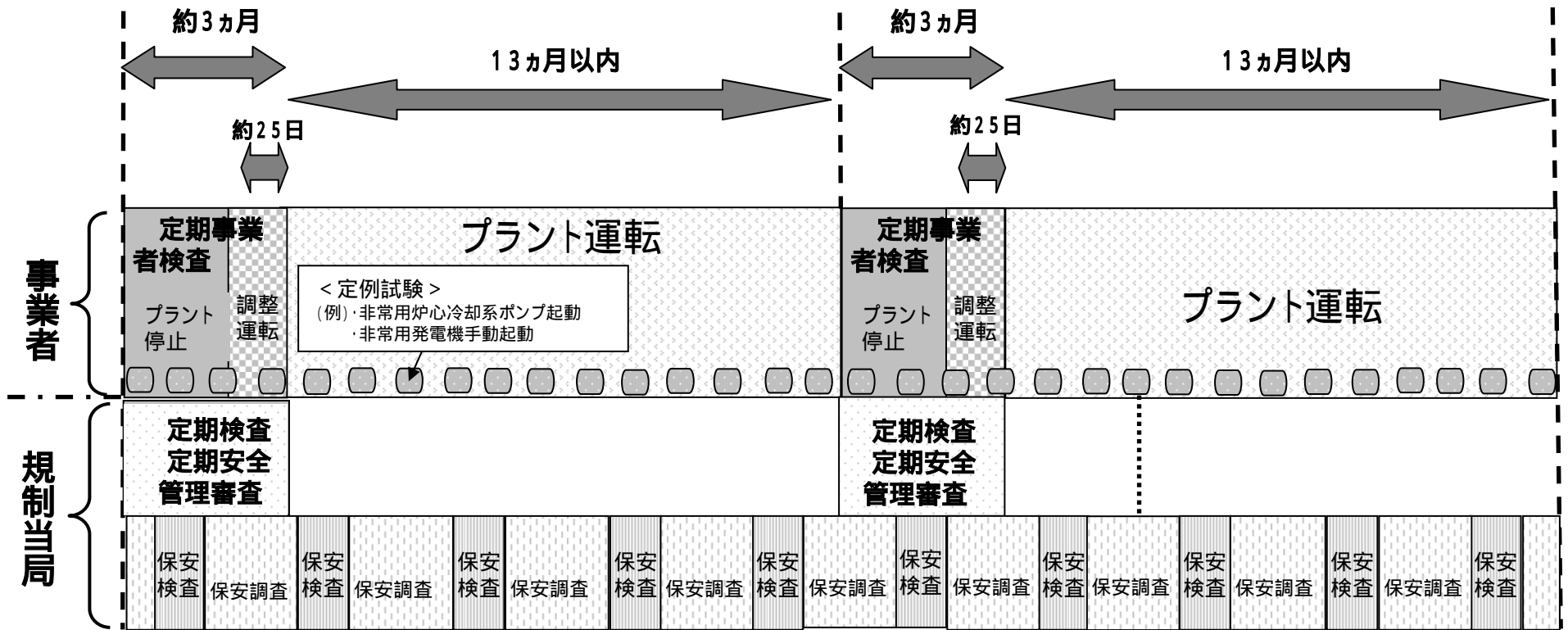
- ・保全実施に向けた体制・教育
- ・その他保全実施に係る活動

- 供用中検査の枠組み -



保安検査： 事業者の保安規定遵守状況を国が確認する検査
定期検査： 特に安全上の重要度が高い設備の技術基準適合性を確認するための国の検査
定期安全管理審査： 事業者の定期事業者検査の実施体制を国が確認する審査
(定期事業者検査： 設備の技術基準適合性を事業者が確認する検査)

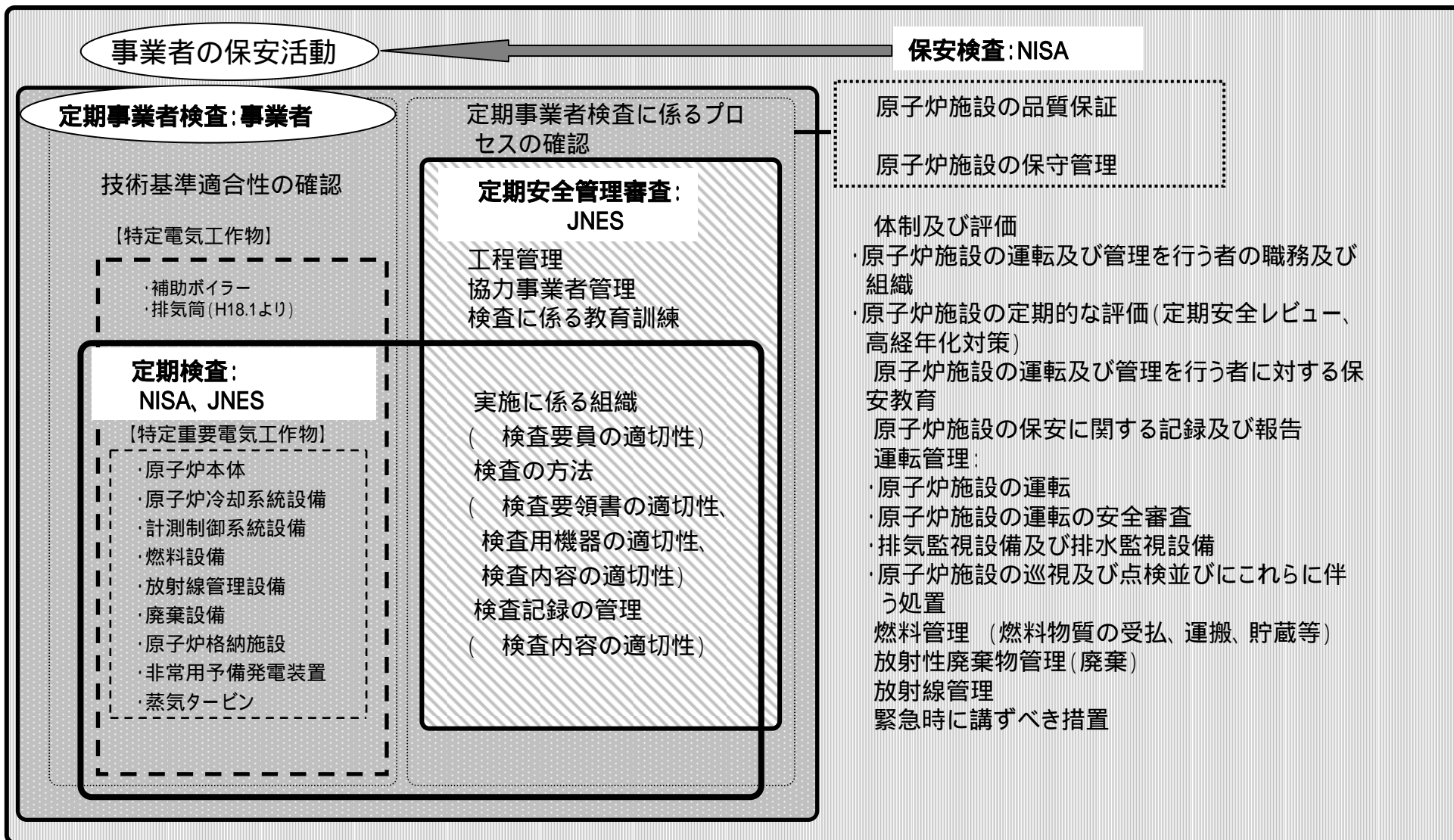
- 我が国の原子力発電所の運転状況と検査の関係 -



< 保守管理に係る保安検査項目(例) >
 ・保守管理計画の策定・実施状況
 ・配管の肉厚管理の実施方針及び実施状況
 ・定例試験への立会(非常用発電機手動起動等)

< 保安調査 >
 保安検査期間外においては、施設立入、書類等の検査、関係者への質問、試料の提出について法律上の権限を有していない。
 (ただし、実態上は、検査官の任意の要請に応じて事業者の協力を得て、現場の巡視パトロールや定例試験への立会いなどを行っている)

- 各検査制度における検査対象 -

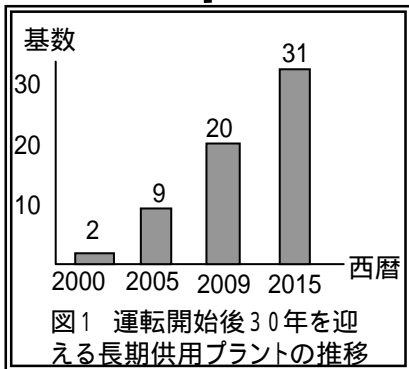


- 原子力発電所の高経年化対策の充実について -

原子力発電所の長期供用に対する漠然とした不安もともと30年、40年の寿命という説明？
プラント全体が老朽化し、安全性が低下するのではないか？

30年、40年は一部機器の評価上の仮定で、安全上重要な機器・構築物は、十分な余裕をもって設計
長期供用プラントであっても、適切な補修・取替など保守管理により安全に供用を継続することが可能(図2)

長期供用プラント増加への万全の対応を実施



2009年には運転開始後30年を迎えるプラントの累計は20基、2015年には30基を超える。

運転開始30年前後の9プラントを対象に、運転開始当初から現在まで、年度ごとに発生した1プラント当たりの計画外停止率(事故等により運転を停止した率)を見ると、供用期間の長期化に伴いこれが増加する傾向は認められない。

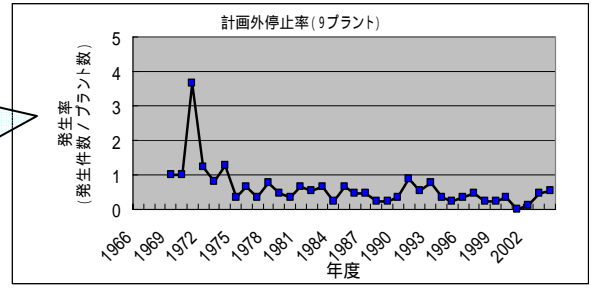


図2 計画外停止発生率

これまでの高経年化対策・・・平成8年から開始
11プラントで実施済み(敦賀1、福島第一1、美浜1等)

その後の状況の変化

1. 審査の実績、安全研究の成果、海外経験等データ・知見の蓄積。
2. 平成15年10月の制度改正により品質保証体制に対する安全規制の導入。
3. 組織風土の劣化に起因する事故の発生(美浜3号機二次系配管損傷)
4. 原子力従事者の減少に伴う技術伝承への懸念。
5. 長期供用プラント増加に伴う一般の関心の高まり。

これまでの対策の検証

これまでの高経年化対策は適切であると評価。その上で、長期供用プラントの安全確保を確実なものとするため、対策の更なる充実を図る。

高経年化対策の基本的考え方

着目すべき経年劣化事象 対し的確な**高経年化技術評価**(運転開始後30年に至る前に60年の供用を仮定した経年劣化予測と設備の健全性評価)を実施するとともに、**長期保全計画**(現状の保全活動に追加すべき保全策)を策定・実施することが重要。

着目すべき経年劣化事象の明確化

プラントの長期供用に伴い性能低下が想定していた傾向を上回る速度等予測から乖離して進展するなどの性状を示す経年劣化事象(図3参照)

一例

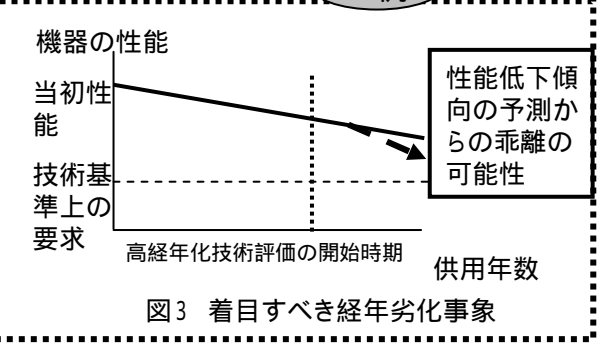


図3 着目すべき経年劣化事象

高経年化対策充実のための新たな施策

1. 透明性・実効性の確保(対策の要求事項を明確にしたガイドライン及び標準審査要領等の整備、事業者の高経年化対策に係る国の監視方法をプロセスを含めた方法に転換、長期保全計画に基づく事業者の追加的な保全活動への国の監視の充実、運転開始初期から着目すべき経年劣化事象への監視の充実)
2. 技術情報基盤の整備(情報ネットワークの構築、安全研究の推進、国際協力の積極的展開、産官学の有機的連携強化のための総合調整機能の整備)
3. 企業文化・組織風土の経年劣化防止及び技術力の維持・向上
4. 高経年化対策に関する説明責任の着実な実施

- 関西電力美浜発電所3号機二次系配管破損事故への対応について -
本事故から得られた教訓とその反映のまとめ

今回の事故が従来の科学的知見をもって予見・予防が可能であったにもかかわらず、これを回避できなかった原因は、関西電力、三菱重工業、日本アームによる原子力施設の不適切な管理にある。

各社の不適切な保守管理・品質保証活動の背景には、社内での「安全文化」の綻びがあったことが判明。

事業者の保守管理・品質保証体制は、原子力安全に関する企業文化及び組織風土に密接に関わるものであり、その確立には粘り強い努力が必要。

今回の事故は他の事業者にとっても原子力安全の確保に必要な保守管理・品質保証活動を推進する上で大きな教訓。保安院としても、事業者間の水平展開を徹底していく。

今回の事故は、我が国の原子力発電所で例を見ない重大な事故。この事実を忘れることなく、原子力安全規制のあり方を絶えず謙虚に省みて行くことが保安院に求められた責務と認識。

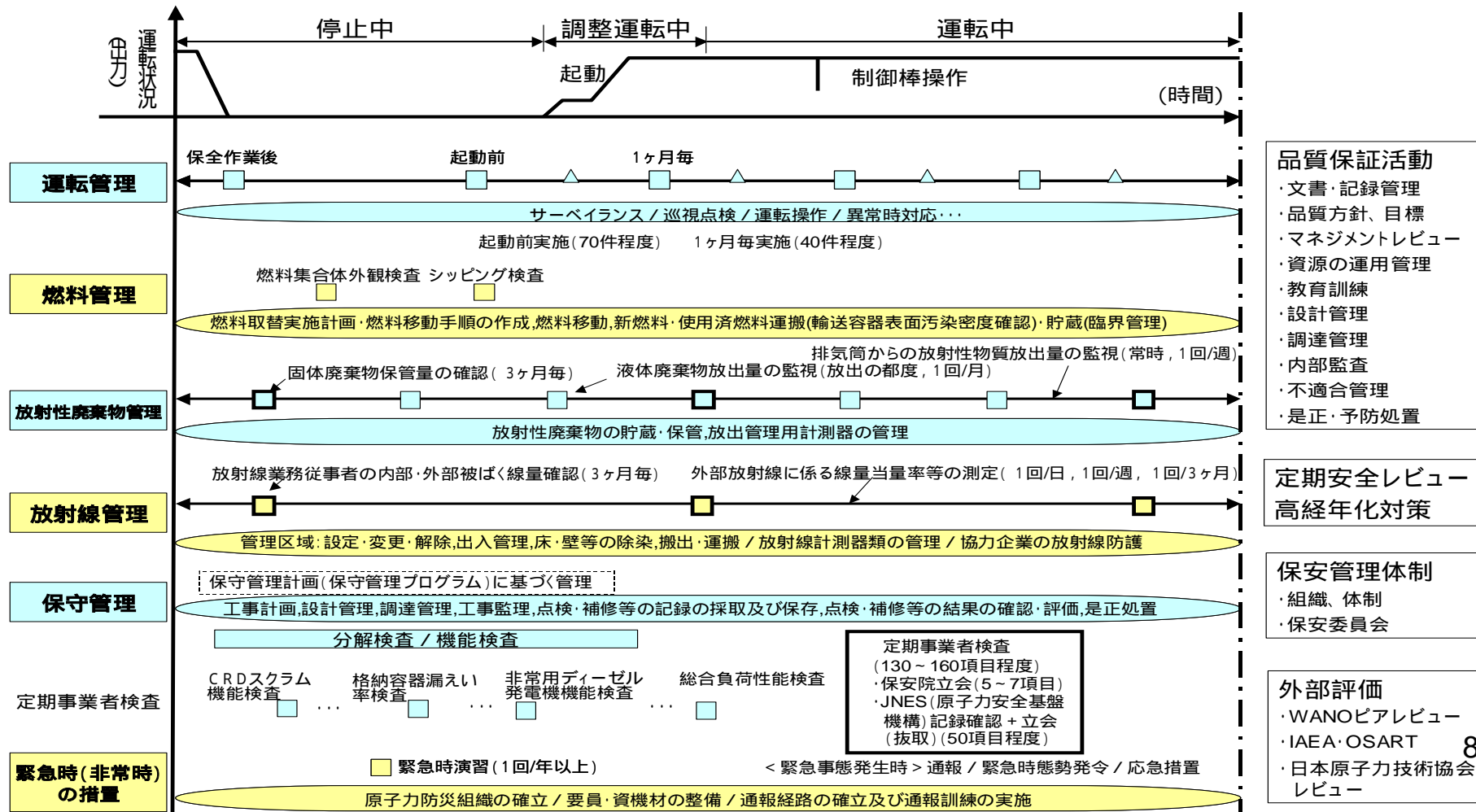
- 運転中・停止中を通じた事業者の保安活動 -

・事業者は、運転中・停止中を通じ多種多様な保安活動を実施。規制 当局の検査では事業者の保安活動を仕事の仕組み(計画)、実施状況、結果(事後)の各段階でバランス良く確認することが必要

・検査項目、検査頻度等については、重要度、リスク情報等を勘案して決定

運転中・停止中を通じた事業者の保安活動

事業者の保安活動



- 保安規定違反に係る指摘件数 及び保安検査期間外における保安検査官の指摘の限界 -

保安規定違反に係る指摘件数 (平成16年度第1回保安検査～平成17年度第4回保安検査)

	保安検査期間	保安調査期間
重大な保安規定違反 (院長又は課長名で原因究明と再発防止対策の実施を指示した事案)	2	8
軽微な保安検査違反 (検査官事務所長が改善を指示し、その状況を監視することとした事案)	491	0

重大な保安規定違反合計10件のうち、7件が運転管理関連

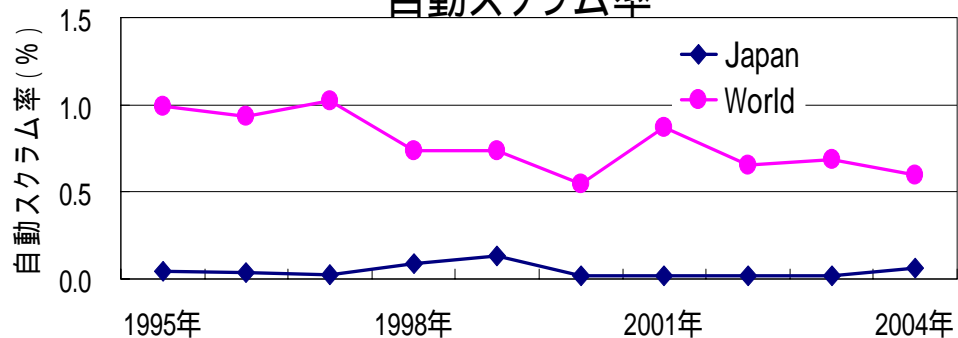
保安検査期間外における保安検査官の指摘の限界 (保安調査において確認した事象に関して保安検査を実施した事例)

保安調査において確認した事象	保安検査において指摘した内容
【件名】 原子炉建屋エアロック二重扉の両開事象 【発生日月】 平成17年8月2日 【事象の概要】 原子炉建屋1階の南西エアロック二重扉が同時に両方開いた。	【保安検査期間】 平成17年9月5日(月)～平成17年9月22日(木) 【保安活動の問題点】 二重扉は、原子炉建屋内の負圧を維持するための設備として、どちらか一方の扉は開かない機能を備えているが、この機能要求を満たしておらず、原子炉建屋が負圧にならないように管理された状況ではなかった。 【保安規定の該当条項等】 第3条7.5(業務管理) 【総合評価】 本件は、結果的には原子炉建屋の負圧に影響はなかったが、事業者においては工事追加仕様書にインターロック試験の具体的な試験方法を明記し調達管理について改善を図ることから、今後の保安活動状況を監視していく。
【件名】 トリチウムを含む2次系純水の放出 【発生日月】 平成17年8月23日 【事象の概要】 洗浄作業において、一次系純水が2次系純水に逆流し、トリチウムを含む2次系純水が放水口から環境へ放出された。	【保安検査期間】 平成17年8月29日(月)～平成17年9月16日(金) 【保安活動の問題点】 作業計画書の変更に当たって適切な手続きが実施されていなかった。 【保安規定の該当条項等】 第3条4.2(文書管理) 【総合評価】 事業者においては、今回の事例を教訓とし、今後の保安活動を改善していくこととしており、また、本件はトリチウムが環境に放出されたが、周辺環境への放射能の影響はなかったことから、今後の保安活動状況を監視していく。
【件名】 予備品使用前レビュー不十分 【発生日月】 平成18年2月10日 【事象の概要】 予備制御棒の使用前レビューが不十分であったため、過去の他プラントのトラブルである制御棒が引き抜けないという事象が発生した。	【保安検査期間】 平成18年2月27日(月)～平成18年3月17日(金) 【保安活動の問題点】 予備品における保管中の劣化や保管期間中におけるトラブル情報、発電施設の改造などの反映など、その予備品への要求事項の検証を行わず不適切な予備品を発電施設に組み込む可能性がある。 【保安規定の該当条項等】 第3条7.1(業務計画) 【総合評価】 安全重要度の高い予備品もあり、予備品を使用する際は十分な事前レビューが必要である。原子炉設置者は今回の事例を教訓として、予備品購入後の設計変更の有無について確認することを「予備品管理要領」に反映し、予備品の使用について改善を図ることから、今後の保安活動状況を監視していく。

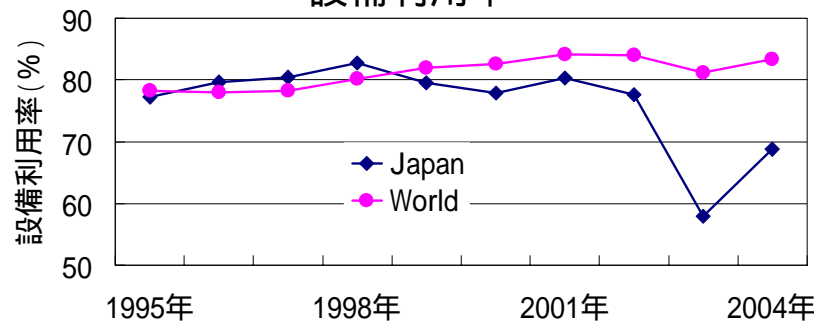
我が国のプラントの安全水準

海外に比べ、日本におけるプラントの安全は高水準で維持されている。

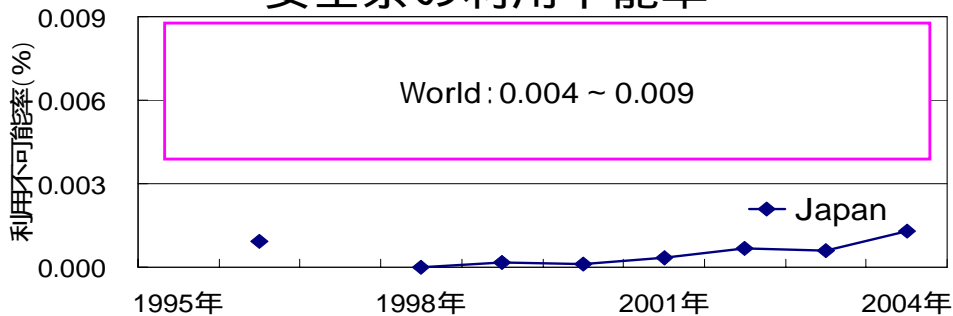
臨界7,000時間当たり
自動スクラム率



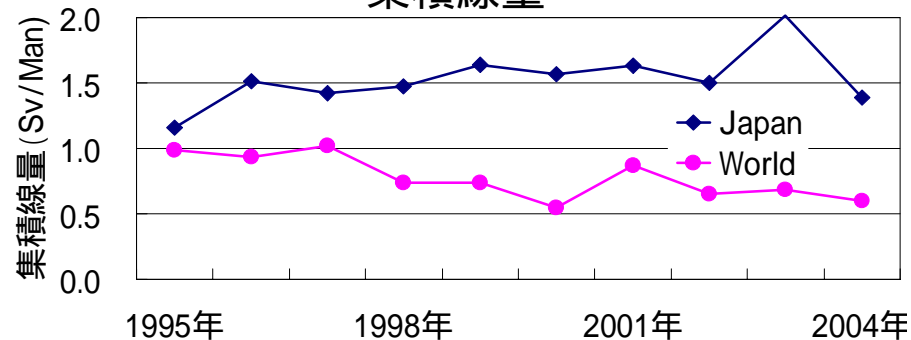
設備利用率



安全系の利用不能率

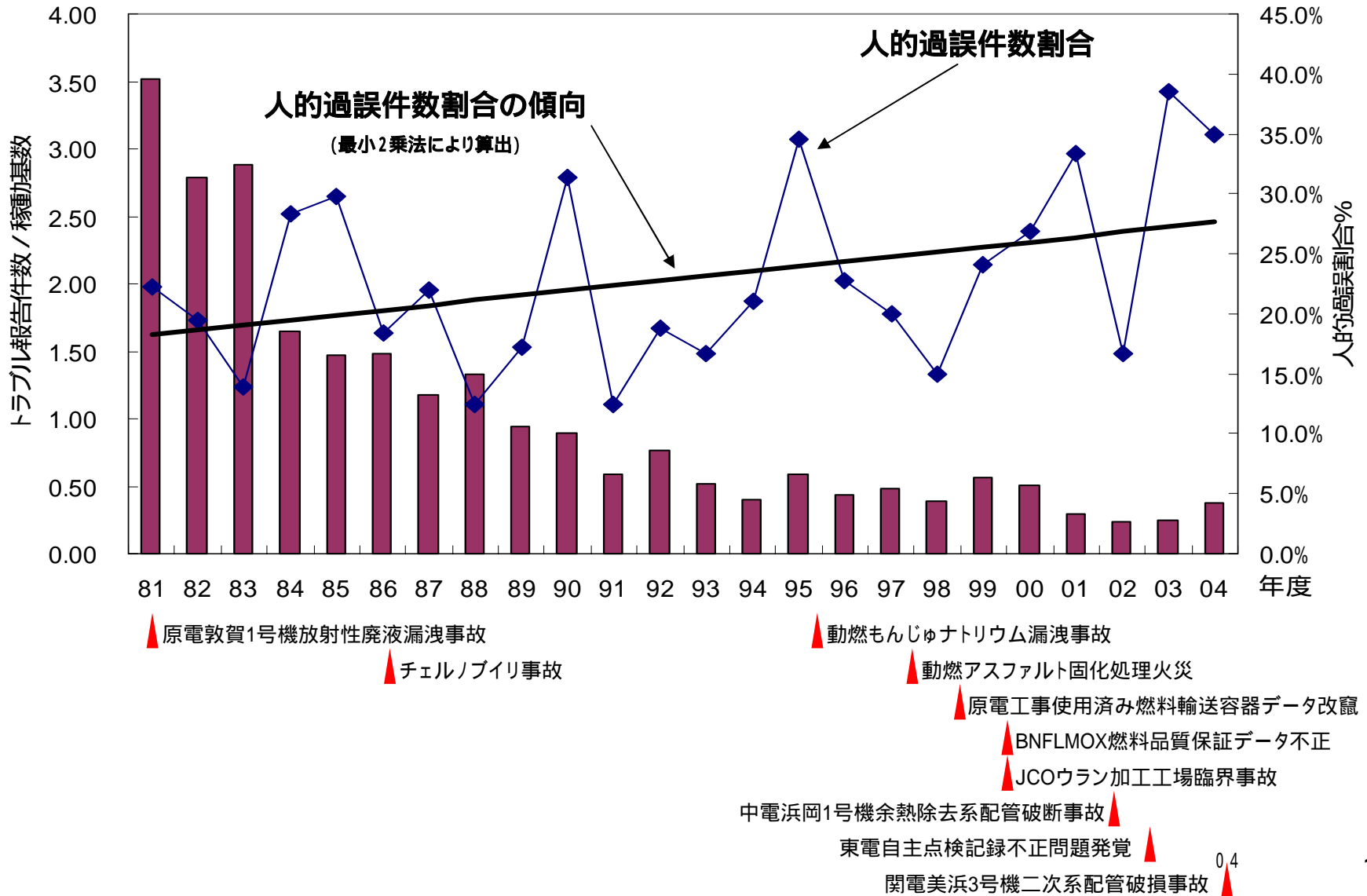


集積線量



- 国に報告されたトラブル事象と人的過誤発生の推移(1プラント当たり) -

1981年から2002年まで、1プラント当たりで発生するトラブル件数及び人的過誤件数は、一貫して減少傾向。一方、トラブル報告件数のうち人的過誤が占める割合は増加傾向。



- 保安検査・定期安全管理審査における指摘事項についての原因分析結果 -
(人的過誤に係るもの)

【保安検査】

【定期安全管理審査】

順位	割合(%) / 件数	特性	要因
1	53% / 364件	5. 管理特性要因	2. 規定・計画等
2	11% / 77件	4. 職場環境特性要因	1. チーム構成・組織
3	10% / 67件	4. 職場環境特性要因	2. 指示・監督等
4	7% / 45件	5. 管理特性要因	1. 教育・訓練
5	6% / 41件	4. 職場環境特性要因	3. 職場モラル
6	5% / 34件	1. 個人特性要因	4. 作業遂行能力
7	4% / 29件	1. 個人特性要因	3. 主観的要因
8	2% / 11件	3. 作業環境特性要因	1. HMIの不備
9	1% / 5件	3. 作業環境特性要因	2. 作業場所要因
	1% / 5件	3. 作業環境特性要因	3. 作業環境要因

順位	割合(%) / 件数	特性	要因
1	58% / 234件	5. 管理特性要因	2. 規定・計画等
2	16% / 63件	1. 個人特性要因	3. 主観的要因
3	7% / 29件	4. 職場環境特性要因	3. 職場モラル
4	7% / 27件	4. 職場環境特性要因	1. チーム構成・組織
5	4% / 17件	1. 個人特性要因	4. 作業遂行能力
6	4% / 14件	5. 管理特性要因	1. 教育・訓練
7	3% / 12件	4. 職場環境特性要因	2. 指示・監督等
8	1% / 3件	1. 個人特性要因	5. その他
		5. 管理特性要因	3. その他

- 保安規定における保守管理規程(1/2) -

第8章 保守管理

(保守管理計画)

第120条 保守管理を実施するにあたり、以下の保守管理計画を定める。

1. 定義
本保守管理計画における用語の定義は、「原子力発電所の保守管理規程(JEAC4209-2003)」に従うものとする。
2. 品質保証体系の構築
各課(室)長(以下、本計画においてはモニタリンググループC Mを含むものとする。)は、第3条で定める品質保証計画に基づき保守管理を実施する。
3. 重要度に応じた保守管理
各課(室)長は、原子炉施設を構成する構築物、系統および機器について、第3条4.1(3)に基づき、保守管理の重要度を定め、この重要度に応じて保守管理を行う。
なお、保守管理の重要度を定めるに当たっては、重要度分類指針、供給信頼性に係る重要度、リスク情報、運転経験等から、必要な事項を考慮する。
4. 保守管理の実施方針および目標
社長は、第3条5.1、5.3、5.4.1に基づき、品質方針の一部として、原子炉施設の性能を維持するために必要な、保守管理の実施方針を設定する。所長は保守管理の実施方針に基づき、保守管理目標を設定する。
5. 保全の対象範囲の策定
各課(室)長は、原子炉施設の性能を維持するために、保全が必要な対象構築物、系統および機器を定める。
6. 保全プログラムの策定
各課(室)長は、5. で定めた保全の対象範囲について、8. 保全計画9. 点検・補修等の結果の確認・評価(9.1)10. 是正処置12. 記録の採取および保存からなる保全プログラムを策定する。
7. 保全の実施
各課(室)長は、保全プログラムに従って以下のプロセスで保全を実施する。また、実施したプロセスの要求事項、要領および結果について文書にし、保存する。
 - (1) 工事計画
 - (2) 設計管理
 - (3) 調達管理
 - (4) 工事管理
 - (5) 点検・補修等の記録の採取および保存
 - (6) 点検・補修等の結果の確認・評価
 - (7) 是正処置
8. 保全計画
各課(室)長は、科学的知見や運転経験を踏まえ、次に定める事項に従い保全計画を策定する。なお、保全計画の策定に当たっては、原子炉の安全性に与える影響を考慮する。
 - 8.1 点検計画
各課(室)長は、構築物、系統および機器の適切な単位毎に、計画的に実施する保全の内容および実施時期をあらかじめ定めた点検計画を策定する。
なお、保全方式は以下に示す中から1つ以上選択する。

(1) 予防保全	(a) 時間計画保全	i) 傾向監視保全
	(b) 状態監視保全	ii) 日常保全
(2) 事後保全		

- 保安規定における保守管理規程(2 / 2) -

8.2 補修、取替えおよび改造計画

各課(室)長は、点検計画に定める以外の補修、取替えおよび改造を実施する場合は、あらかじめその方法および実施時期を定めた計画を策定する。

8.3 特別な保全計画

各課(室)長は、事故復旧および災害復旧等、計画外の保全を実施する場合は、必要に応じ、適宜、保全計画を定める。

9. 点検・補修等の結果の確認・評価

9.1 点検・補修等の結果の確認・評価の方法

(1) 各課(室)長は、保全プログラムに従い実施した点検・補修等の結果を基に、構築物、系統および機器が要求される機能を発揮しうることを確認・評価するため、確認・評価する事項、方法および基準を定め、その機能が要求される時期までに確認・評価する。

(2) 各課(室)長は、定めたプロセスに基づき点検・補修等が実施されたことを確認・評価するための方法を定め、確認・評価する。

9.2 点検・補修等の結果の確認・評価を実施する者およびこれを承認する者の力量

各課(室)長は、第3条6.2.2a)に基づき、点検・補修等の結果の確認・評価を実施する者の力量を定め、これを満たす者を従事させる。

所長は、第3条6.2.2a)に基づき、点検・補修等の結果の確認・評価を承認する者の力量を定め、これを満たす者を従事させる。

10. 是正処置

各課(室)長は、第3条8.3、8.5.2に基づき、以下を実施する。

(1) 保守管理の各段階において不適合の発生を認めた場合は、隔離する等の対応を行う。

(2) 不適合の原因を究明した上で、是正処置内容の計画を策定し、実施する。

11. 保守管理の定期的な評価

各課(室)長は、以下の時期および内容について保守管理の妥当性を評価し、評価結果に基づき、必要に応じこれを改善する。

(1) 定期検査時毎の評価

各課(室)長は定期検査時毎に保守管理の実施結果について妥当性を評価し、保守管理を改善する。

(2) 定期的な評価

各課(室)長は、定期的に、保守管理の妥当性を評価し、保守管理を改善する。

なお、評価に当たっては、運転経験、経年劣化傾向、リスク情報等の各種科学的知見から、必要な事項を考慮する。

12. 記録の採取および保存

12.1 点検・補修等の結果の記録

各課(室)長は、点検・補修等の結果の記録として以下の事項を定め、記録し保存する。(詳細略)

12.2 点検・補修等の結果の確認・評価の記録

各課(室)長は、点検・補修等の結果の確認・評価の記録として以下の事項を定め、記録し保存する。(詳細略)

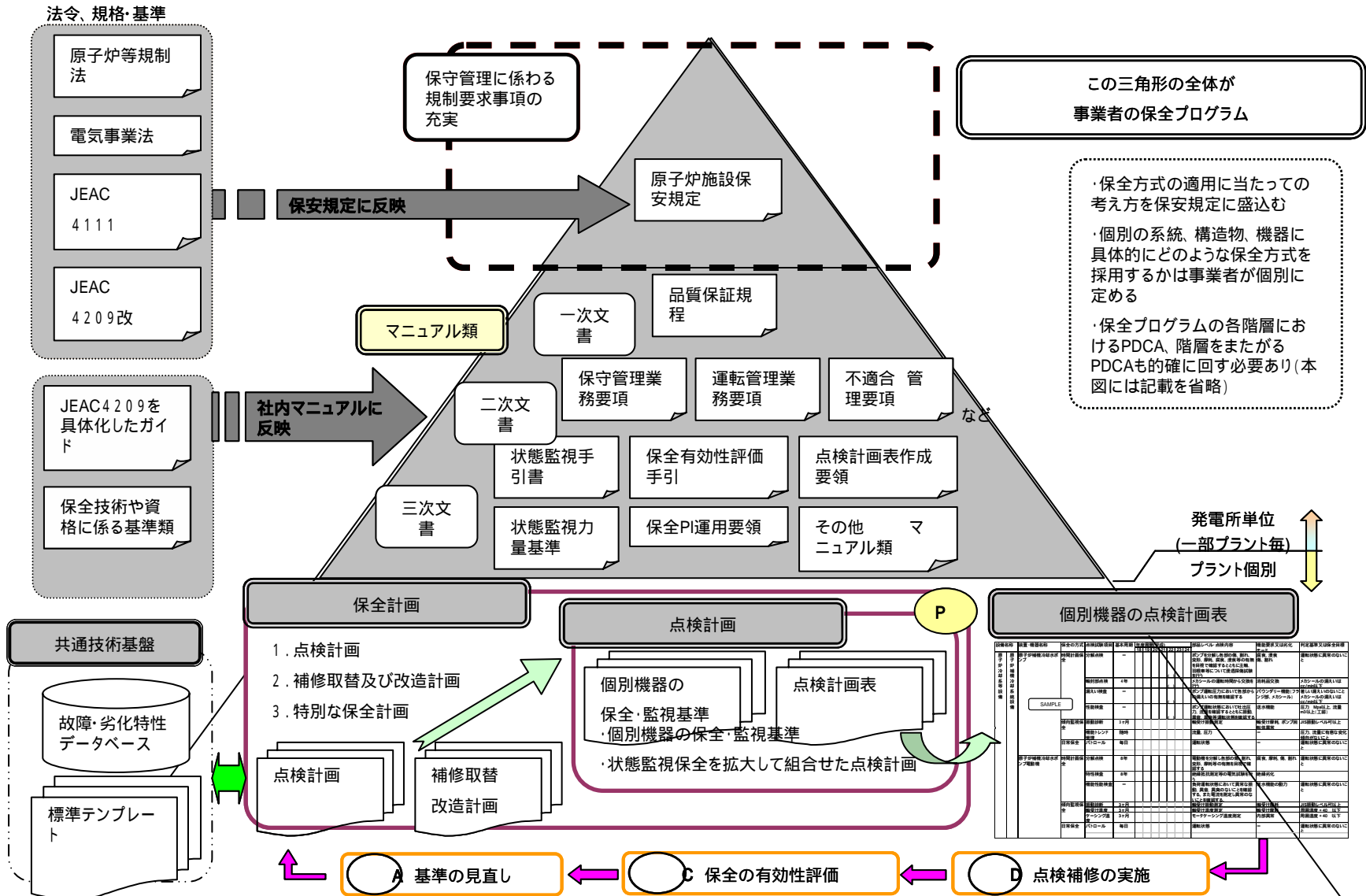
12.3 是正処置の記録

各課(室)長は、是正処置に関する記録として以下の事項を定め、記録し保存する。(詳細略)

12.4 保守管理の定期的な評価の記録

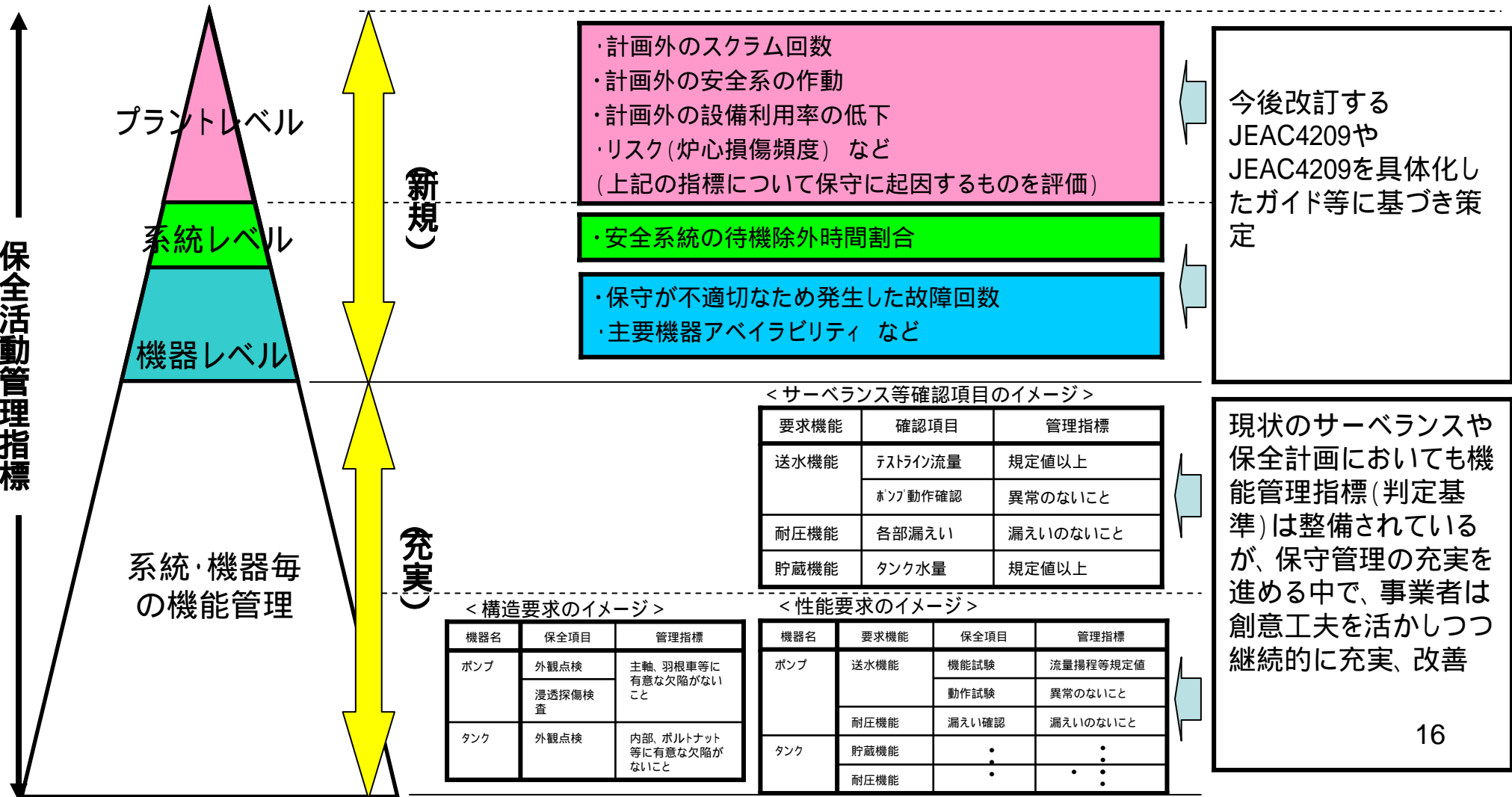
各課(室)長は、実施した評価について以下の事項を定め、記録し保存する。(詳細略)

- 事業者における保全プログラムの充実強化に向けた体制 -



- 事業者の保全プログラムの充実強化に向けた体制 -

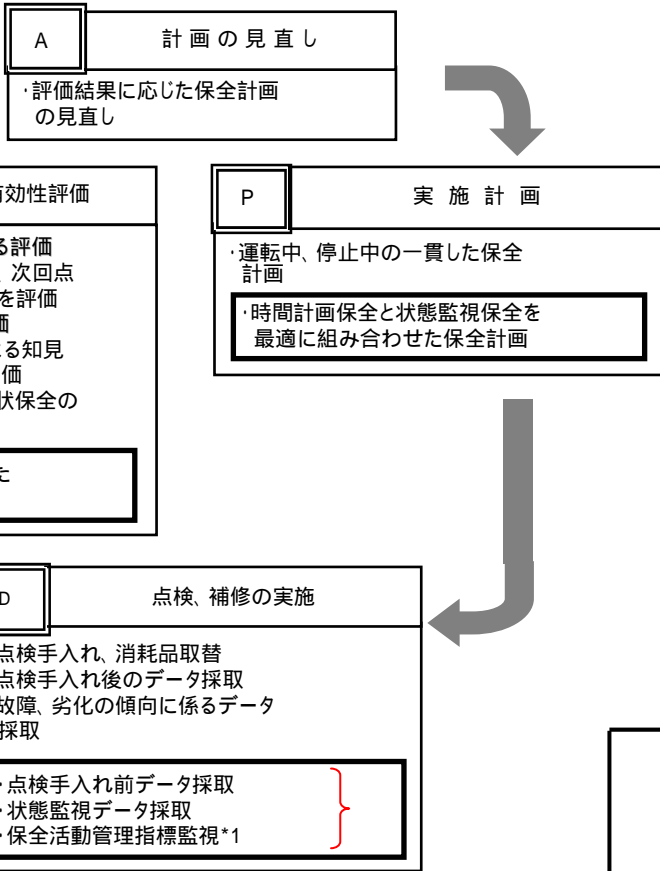
・保守管理の有効性は、計画だけで判断できるものではなく、実績を確認しつつ継続改善していくことが重要
 ・系統、機器毎の機能管理はもとより、保全活動に関する指標を体系的に整備



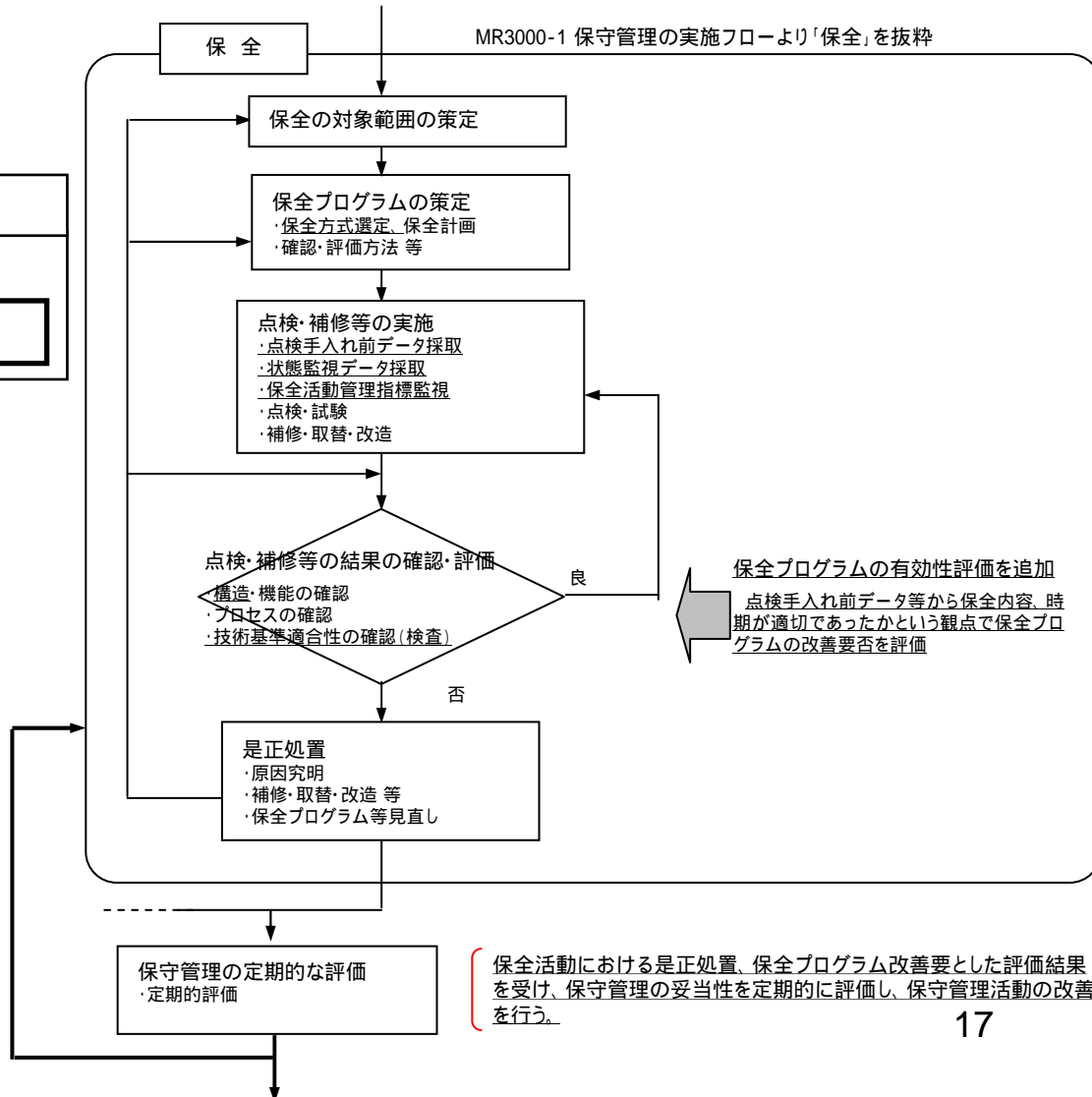
- 保全プログラムの基盤となる規格・基準の整備(1/2) -

事業者がめざすべき保全PDCAの基本要件を保守管理規程に展開

事業者のめざすべき保全PDCA



保守管理規程 JEAC4209の改訂



*1 保全活動管理指標(保全のPI)監視

安全設計審査指針や技術基準で要求される安全機能(構造上の要求事項は除く)の維持に関する指標として、安全系統の待機除外時間割合などを監視する。

保全活動における是正処置、保全プログラム改善要とした評価結果を受け、保守管理の妥当性を定期的に評価し、保守管理活動の改善を行う。

- 保全プログラムの基盤となる規格・基準の整備 (2/2) - (JEAC4209改訂・ガイドライン新規制定イメージ)

原子力発電所の保守管理規程(JEAC4209) 改訂

保守管理(MR-3000以降全て)
保全及びそれを実施するために必要な体制や教育等を含めた活動全般

保全(MR-3200以降全て)
点検及び試験、並びに補修、取替及び改造の対象範囲を定め、その計画を策定し、これを実施し、その結果を確認及び評価し、必要に応じて是正処置を講じる活動

保全プログラム(MR-3300、4000番台、5000番台、6000番台)
原子力発電施設について以下の事項について定める
・保全計画(点検計画、補修取替及び改造計画、特別な保全計画)
・点検・補修等の結果の確認・評価方法
・是正処置の方法
・記録の採取及び保存

保全計画(MR-4000番台)
構築物、系統毎に以下の事項について定める
・点検計画
・補修取替及び改造計画
・特別な保全計画

点検計画(MR-4300～4500)
(1) 予防保全
・時間計画保全
・状態監視保全(傾向監視保全、日常保全)
(2) 事後保全

定期事業者検査(MR-7000番台)

JEAC4209ガイドライン 新規制定

保全方式の選定の考え方

- (1) 機器要求機能の特定と故障影響の評価
- (2) 主要な故障・劣化モードの抽出とその発生可能性の評価
- (3) 故障・劣化モードに応じた保全・監視技術の有効性評価
- (4) 保全重要度評価
- (5) 使用環境・使用頻度等の要素を加味した保全方式の選定・保全テンプレートの利用等

保守管理の継続的改善

- 1 保全プログラムの有効性評価の考え方
 - (1) 点検手入前データ、状態監視データ、保全活動管理指標等からの評価
 - (2) 故障・劣化の傾向に係るデータからの評価
 - (3) トラブルなど運転経験からの評価
 - (4) 高経年化の観点からの評価
- 2 保全活動管理指標の設定
 - (1) プラントレベルの指標
 - (2) 系統レベルの指標
 - (3) 機器レベルの指標

事業者検査の要領

[MR-4000番台] 保全方式の選定の考え方を追加
・機器の重要度、保全の有効性、故障の発生可能性等から適切な保全方式を選定

[MR-5000番台] 保全プログラムの有効性評価の考え方を追加
・点検手入前データ、状態監視データ、保全活動管理指標等から保全内容、実施時期が適切であったかという観点で保全プログラムの改善要否を評価
・事業者検査を「点検・補修等の結果の確認・評価」に再定義

[MR-7000番台] 定期事業者検査は削除(添付資料の削除を含む)

[MR-2300、3000番台] 保守管理の継続的改善手法の追加
・保全の保全活動管理指標の設定および保全プログラムの有効性評価を具体的な改善手法として定義

< 改訂における留意点 >

・「原子力発電所における安全のための品質保証規程(JEAC4111)」との内容重複(品質保証体系の構築、記録の管理等)についても整理が必要

- 状態監視保全 (CBM) の活用 -

米国原子力発電所の取組み経緯

CBMの導入期：・CBM導入以前においては、安全系の過剰保全・二次系の過少保全、繰り返し故障や修理が多発
 ・こうした保全の実態に対して、設備の信頼性を上げるためCBMを追加

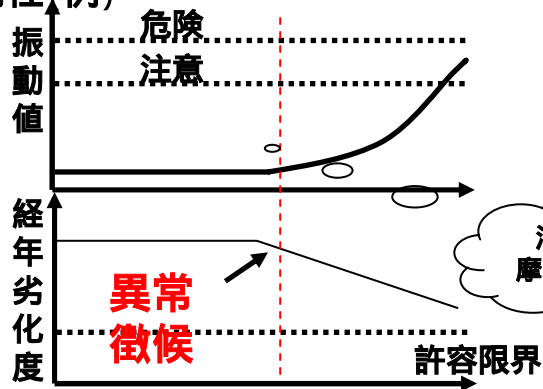
CBMの発展期：・EPRI(注)による技術支援(予知保全ハンドブックの発行、各種会議主催)

70年代	80年代	90年代
TBM主体 (トラブル多発) 安全系の過剰保全 二次系の過少保全	状態監視技術の限定的適用 効果の確認 CBMを追加導入 EPRI等による技術支援 (ドキュメント、共通基盤、トレーニング)	CBM主体へシフト

(注)EPRI：米国のElectric Power Research Institute(電力研究所)の略。電気事業の運営に必要な電力技術、電力経済に関する研究、調査、試験及びその総合調整を行っている。

状態監視技術の適用性(例)

例) ポンプ



機器
(例:ポンプ)

診断可能事象 計測診断

(例)軸受異常.....振動分析、油分析など
 回転体のき裂...振動分析

診断困難事象 時間管理による分解

(例)ケーシング内面腐食...分解点検
 パッキン劣化.....分解時取替又は事後保全

	監視データ	評価・分析による異常検知項目	検知可能な故障	検知できない故障
振動診断	速度、加速度、周波数	・回転体の異常 ・軸受異常 等	・軸・羽根車の摩耗・接触、亀裂、バランス不良 等 ・軸受の傷、潤滑油切れ 等	・ケーシングの内面腐食 ・シール異常
油分析	水分、全酸価、清浄度(NAS等級)	・油の性状、汚染度 ・摩耗粉形状分析 等	・潤滑油の劣化 ・軸受摺動部の異常	・パッキンの劣化
赤外線診断	表面温度	・軸受の温度異常 ・端子等の発熱部の位置、温度分布確認	(赤外線診断だけでは構造体内部の異常部位の特定はできない)	
モータ電流診断	位相、電流、電圧、劣化	モーターの異常	巻き線の清浄度、接地抵抗 等	ポンプ側の異常

JEAC4209の改訂及び関連ガイドラインを平成20年までに整備

JEAC4209のガイドラインと状態監視技術ガイドラインの整合を図る

JEAC4209の改訂

JEAC-4209ガイドライン

(1) 保全プログラム

保全方式の選定の考え方

保守管理の継続的改善

保全プログラム有効性評価の考え方

保全活動管理指標の設定

事業者検査の要領

(2) 保全活動管理指標に関する事項

保全活動管理指標

プラントレベル、系統レベル、機器レベル

機能管理指標

系統、機器毎の機能を代表する指標

(3) 状態監視技術利用に関する事項

状態監視技術(適切な技術)

活動プロセス(適切な計画、手順、評価)

従事者の力量(適切な体制、評価者力量)

状態監視技術ガイドライン

【現在既に利用可能なもの】

1. 振動診断

2. 油分析 (資格制度は整備中)

3. 赤外線診断 (資格制度は整備中)

【平成20年以降も継続的に整備】

動的機器

1. 電動機診断

2. 電動弁(トルク)診断 等

静的機器

1. AE診断

2. リスクベースISI 等

- 規制当局による事業者の保全プログラムに対する要求事項例 -

	規制当局の要求事項
<p align="center">保全プログラムに 規定すべき事項 (事前確認すべき事項)</p>	<p>(1)対象とする設備の選定 ・設備の重要度に応じ保全プログラムの対象とする設備を決定</p> <p>(2)管理指標の設定 ・保全プログラムの対象とする設備、系統、及び安全機能毎に着目し、当該設備・系統に要求される性能を維持するための管理指標を定める ・各指標は、安全目標、リスク評価等、原子力安全に係る指標との関係が明確であることが求められる ・当面、故障率等は、これまでの保全実績に基づくものを基礎とするが、今後、プラント相互間、炉型間の相違を考慮し、整合性のあるものとすべき</p> <p>(3)保全の方式・頻度等の選定 ・機器・系統の構造・要求機能に基づく管理指標に応じて、時間計画保全、状態監視保全毎に適切な保全方式及びその適用頻度等を決定。</p> <p>(4)保全データの採取及び保存 ・採取すべき保全データとその保存方法及び年限を定める</p> <p>(5)保全データの評価 ・保全データに基づく経年劣化の発生・進展の程度を評価する手法を定める ・可能な限り定量的な評価手法(含 確率・統計的手法)を活用</p> <p>(6)保全データの評価に基づく措置 ・保全データの評価に基づき、他プラントの経験、技術的知見等を考慮して、保全の方式、頻度等を見直しを定める</p> <p>(7)保全プログラムの中長期的な評価 ・経年劣化の傾向、最新の技術知見に基づき、保全方式を考慮し、保全プログラムの妥当性を評価し改善を図る</p>

(社)日本機械学会「保全の最適化検討WG」活動の全体像

(社)日本機械学会 動力エネルギーシステム部門に設置。原子力発電所の保全の最適化を図っていく上での技術的課題等の検討を行っている。多様な分野から構成される専門家により、中立・公正な議論を行える体制としている。

- 目的**
- ・ 運転中、停止中を通じた保全の充実を進めていくことで安全性、信頼性を維持・向上すること
 - ・ 保全プログラムを充実することで、時間計画保全(TBM)の点検間隔が変更(延長)できる見通しを得ること

見通しを得るための戦略

保全上、「要(かなめ)」となる機器を評価する
現状の保全(技術的知見)をベースとした事例を通して評価する
クリティカルな課題を抽出し、解決の方向性を示す

「要」となる機器を選定し、評価 (モデルプラント)

40機器について構造・機能要求をふまえて評価(5パターン評価)
(劣化モード分析, 状態監視技術の導入, 機能劣化傾向分析など)

4機器を詳細評価
(点検検査記録, 火力の実績, 実証試験成果など)
主蒸気逃がし安全弁(SRV)
主蒸気隔離弁(MSIV) / 安全保護系 / 原子炉格納容器

安全性、信頼性が向上する見通し
点検間隔が変更(延長)できる見通し

- ・ 保全から決まる停止間隔は2年以上とできる可能性確認
- ・ 抽出した課題も、技術的に克服できる見通しがある。
- ・ 毎定検直後の初期不調・過度の点検による劣化(いじり壊し)の低減が期待できる。
- ・ 点検前記録の収集分析, 新知見の反映, 状態監視保全(CBM)の適切な導入などが、より有効と考えられる。

工学的視点から以下を考慮して選定

- (1) 安全上、重要なもの(MS/PS-1,2,3)
- (2) 保安規定上、要求されるもの
下記の点も考慮、参考とする
 - ・ トラブル経験のあるもの
 - ・ 保全方式(機種, 機能など)が異なるもの
 - ・ 定期事業者検査で毎年点検・検査しているもの(点検間隔延長の成立性に係わるもの)
 - ・ 高経年化対策(PLM)
 - ・ 確率論的安全評価(PSA)

【今後の取組み】

- ・ 評価手法の整理, 精緻化
- ・ 課題解決の方向性検討

<抽出された主要課題例>

- ・ 安全保護系に関連する計装品のドリフト評価方法の標準化
- ・ 原子炉格納容器の許容漏えい率に見込まれる余裕係数の考え方

- 日本機械学会「保全の最適化検討WG」の検討結果をふまえた今後の検討課題 - (原子力安全・保安院による課題抽出結果)

日本機械学会「保全の最適化検討WG」では、主要な40機器について、実質的に14ヶ月以内で定められている原子炉停止間隔を24ヶ月に延長することを仮定して、それぞれの構造・機能要求を踏まえ、以下の5つのパターンに分類して評価を実施した。

現状耐久性有(十分な運転実績があり、劣化モードを考慮しても現状2年以上の構造耐久性を有するもの)

[検討結果] 2年以上の点検間隔であるものについては、2年以上の耐久性を有するとの評価を行っている。

定例試験代替(運転中の定例試験により停止時の機能検査の代替が可能と判断できるもの)

[検討結果] 停止時の機能検査項目が運転中の定例試験の検査項目と同等のものについては、運転中に要求される機能を確認可能。

運転中のモニタリング(運転中の状態監視により停止時の機能検査の代替が可能と判断できるもの)

[検討結果] 要求される機能を運転中のモニタリングで確認できるものについては、その妥当性を評価。分解検査対象機器は、状態監視保全により運転中に健全性確認が可能と評価。

類似機器の運転実績(火力プラント等の類似機器の運転・点検実績により、点検間隔の変更(延長)の可能性を有するもの)

[検討結果] 火力プラント・米国プラントの同種機器で2年以上の点検間隔のものについて、製造メーカ、構造、材料及び使用環境が同等以上であれば、点検間隔が2年以上でも健全性を確保可能。

データの収集・分析(運転保守データの分析・評価、実証試験成果から、点検間隔の変更(延長)可能性を有するもの)

[検討結果] 過去の点検記録、トラブル情報及び劣化モードの評価等から、2年程度の点検間隔の変更可能性を提示。特に主要4機器(原子炉格納容器、主蒸気逃がし安全弁、主蒸気隔離弁、安全保護系(BWRの場合))については、モデルプラントの実績データを用いて詳細に評価。



プラント全体の停止間隔の在り方を検討するための今後の更なる検討すべき課題:

上記5つのパターン毎に、より慎重に評価すべきである。また、これに加え、以下の3点が課題である。

機器の劣化状況を正確に把握するために点検手入れ前データの蓄積を充実すること。

保守管理における機器・系統ごとの管理目標を定めるとともに、経年劣化傾向と当該管理目標との関係を定量的に評価する手法を整備すること。更に、個々の経年劣化がプラント全体の安全性にどう影響するリスク評価を行う手法を整備すること。

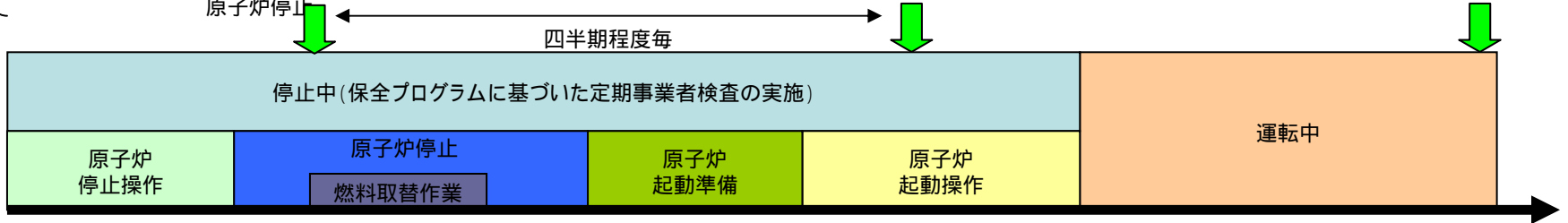
上記のデータ蓄積及び評価方法の整備を充実させ、共有できる体制を整備すること。

- 事業者の保安活動のリスク重要度等を踏まえた検査対象及び頻度の具体的検討 -

定期的に係る検査対象項目

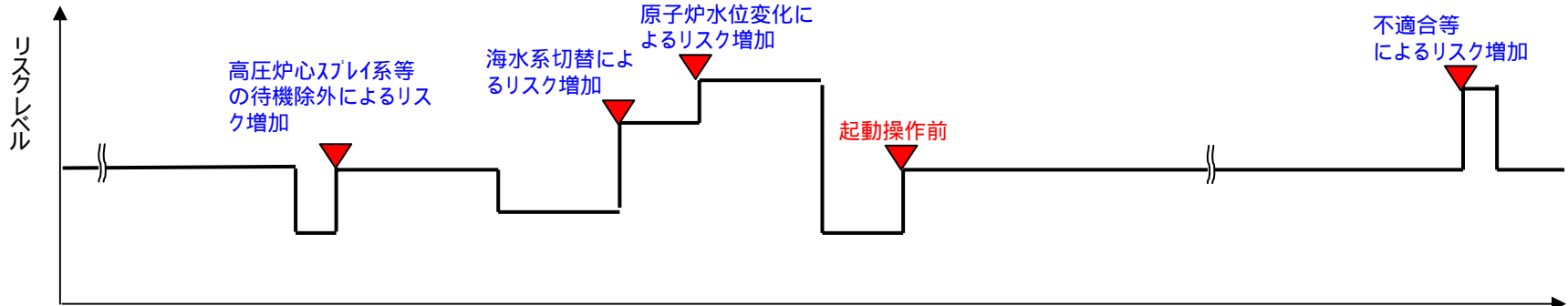
事業者の ~ の活動について保安検査・保安調査で定期的に確認

品質保証計画の策定、実行	燃料の貯蔵	保守管理計画 原子力防災計画及び訓練 所員及び請負会社従業員への保安教育
運転員の確保及び育成	放射性廃棄物放出管理用計測器の管理	
原子炉運転	放射線被ばく管理	
原子炉停止		



事業者の活動により増加する事故トラブルリスクやこれらの発生時の影響のうち重大なものに着目して行う検査対象項目

出力変化及び温度制御に係る機能確認 原子炉停止に係る設備 機器の機能確認 原子炉停止前の確認 運転手順書の作成 整備確認	燃料取替	海水系切替	原子炉停止時の設備 機器の健全性及び機能等の確認 [分解検査等停止時に確認する事項]	放射性物質の閉じ込め機能確認 運転手順書の作成 整備確認	原子炉起動前の確認 出力変化及び温度制御に係る機能確認 原子炉起動に係る設備の機能確認	事故時の放射性物質の閉じ込め機能確認 事故時の原子炉冷却に係る設備 機器の性能維持及び信頼性確保	非常用電源の確保	不適合発生時の処置(レギュラーに発生) 緊急時の作業確認(レギュラーに発生)
---	------	-------	---	---------------------------------	---	---	----------	---



- 根本原因分析の不備、及び根本原因分析に係るガイドライン等の作成の必要性 -

人的過誤等の直接要因の評価に係るガイドライン

規制当局は、事故・故障等発生時に、事業者が人的過誤の直接原因分析を実施し、人的過誤低減の取り組みを適確に実施していることを確認するため、分析・評価するためのガイドラインを整備する。

なお、人的過誤低減の取り組みは、これまで事業者が取り組んできた各種手法等を考慮し、事業者の選択する手法に柔軟に対応できるように考慮する。

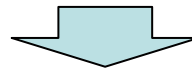
根本原因分析(組織要因)の調査対象の選定に係る考え方及び事業者の根本原因分析実施内容を規制当局が評価するガイドラインの整備

規制当局は、事故・故障等が発生した時に、直接原因分析で終結させるだけでなく、組織要因まで遡って根本原因を明らかにするために、調査対象を選定する考え方を整備し、事業者に体系的かつ恒久的処置を実施することを求める。規制当局は、事業者の取り組みを評価するため、事業者の根本原因を分析・評価するためのガイドラインを整備する。

事業者の安全文化・組織風土の劣化防止の取り組みを評価するガイドラインの整備

組織風土の劣化防止については、高経年化対策の一環として定期安全レビュー(PSR)において事業者の実施内容を保安検査で確認する取り組みが平成18年1月より開始された。

このような取り組みに加え、事業者の日常保安活動の基礎となる品質保証活動をより一層確実なものとする取り組みを求め、事業者の日常活動における安全文化・組織風土劣化防止の取り組みを規制当局が分析・評価するためのガイドラインを整備する。



産学官が連携して検討会を開催し、各ガイドラインの詳細を検討する。

- 事業者の不適合を確認し事業者による改善活動の是正を促すプロセス -

事故・トラブルに係る情報 (例: 東京電力)

発生頻度件数は、2005年4月～2006年1月までの実数を年間に換算
東京電力の17プラント事故・トラブル総数から、1プラントあたりの平均件数を算出

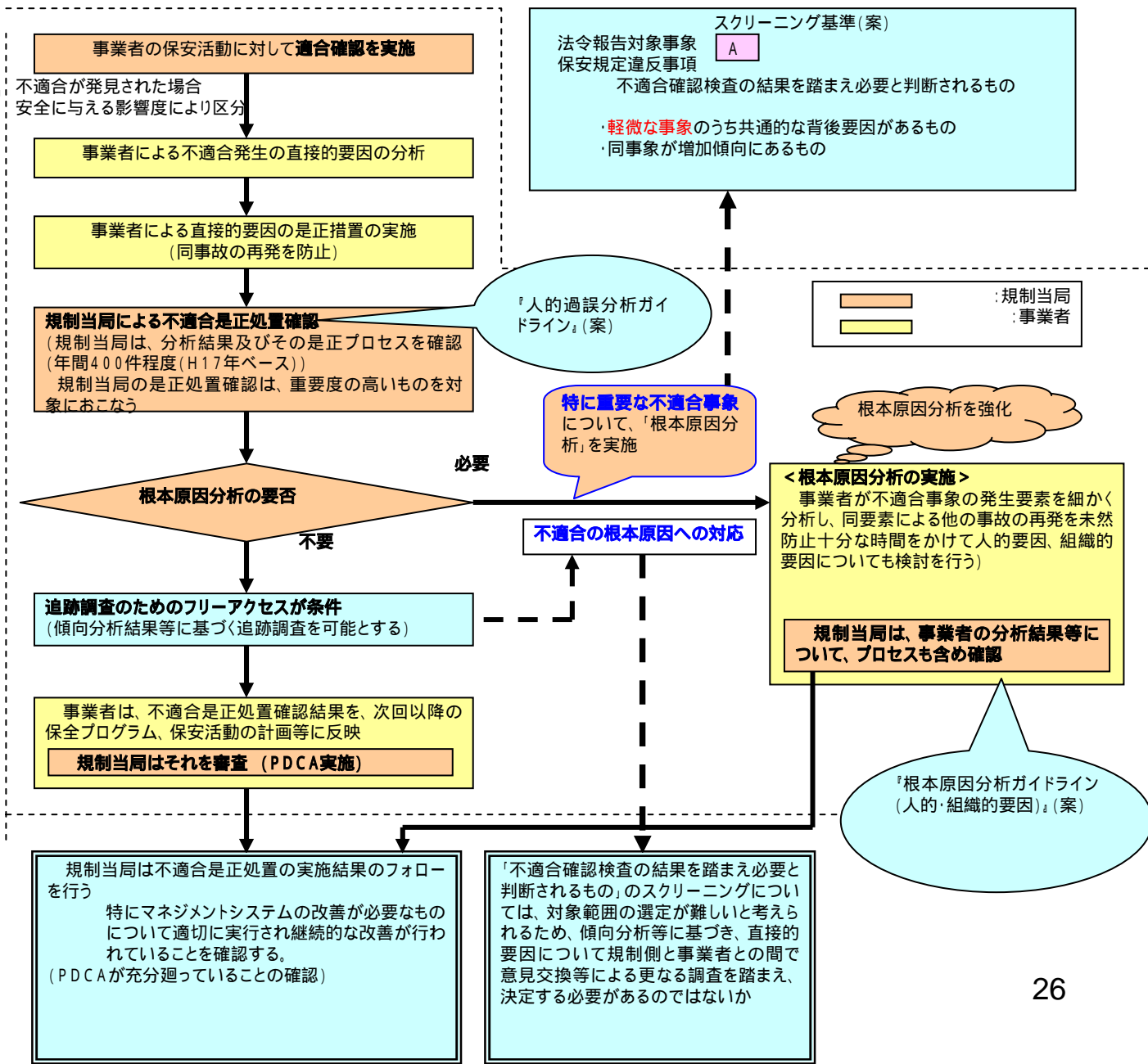
不適合事象の種類		発生頻度 件ノ(プラント・年)
NUCIA への登録 情報	法令に基づく国への報告対象	約1/3件
	国へ報告対象以外で、保安活動向上の観点から事業者間等にて共有すべき対象	約3件
	運営の透明性向上の観点から事業者がプレス発表等により公表している情報	約7件
NUCIA登録情報以外の不適合情報		約690件

約700件

事故・故障報告件数

	2003	2004	2005	計	計(SG 除く)
北海道	1	1(1)	0	2	1
東北	0	0	1	1	1
東京	1	4	5	10	10
中部	0	1	0	1	1
北陸	0	0	0	0	0
関西	4(1)	8(2)	3	15	12
中国	0	1	1	2	2
四国	0	2	1	3	3
九州	1(1)	2(2)	0	3	0
原電	3	1	2(1)	6	5
計	10(2)	20(5)	13(1)	43	35

()は蒸気発生器に係るもの



- プラント毎の総合評価の具体化に向けた考え方 -

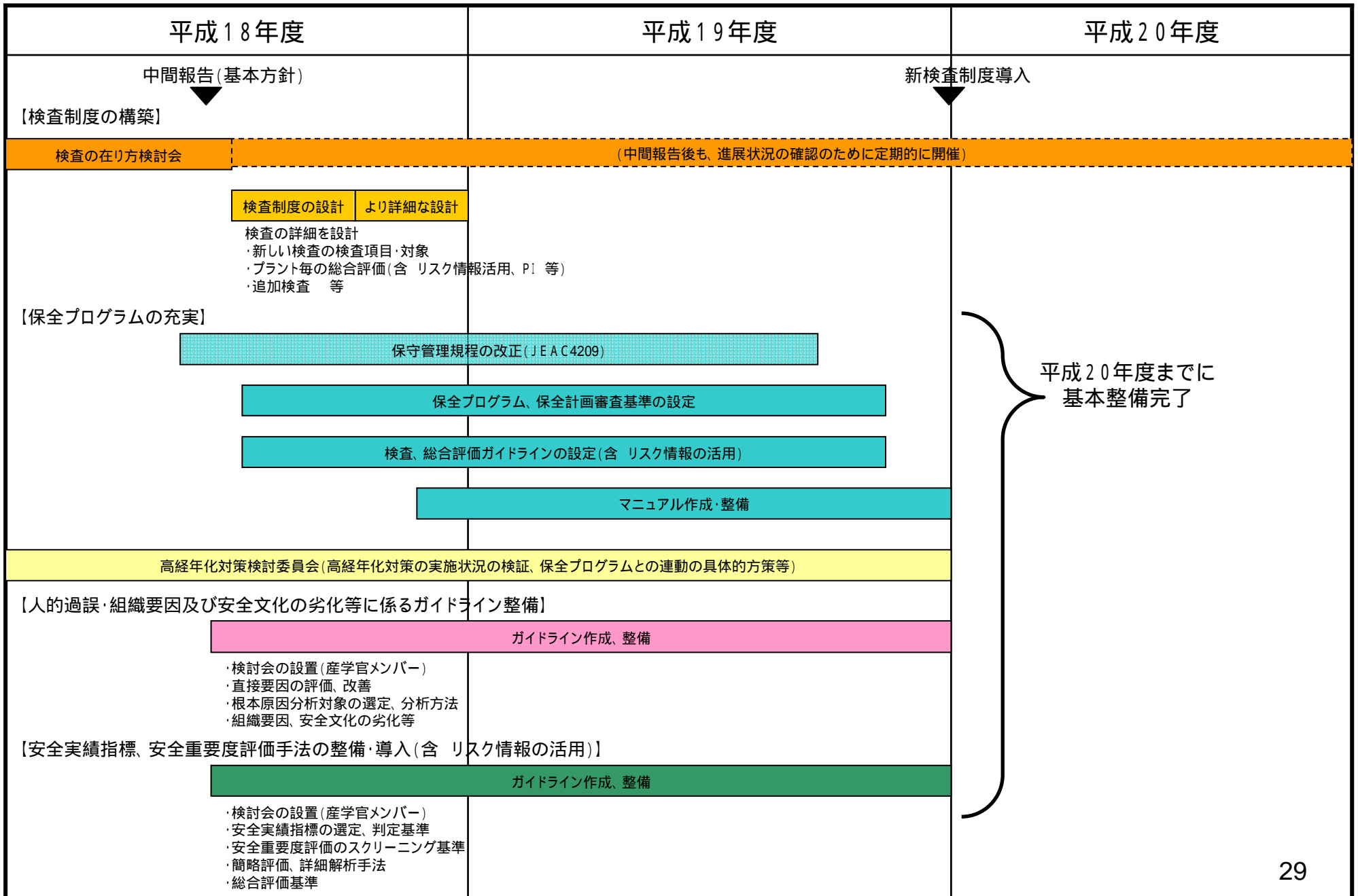
- 規制当局による検査結果及び安全実績指標(PI)を科学的・合理的に組み合わせ、プラント毎に評価を実施
- 規制当局による検査結果の重要度を分析する安全重要度決定手法(SDP)を導入
- プラント毎の評価結果に基づき、各プラントの弱点を補うべく、必要に応じて追加検査を実施
- 安全実績指標(PI)、安全重要度決定手法(SDP)の詳細については、(独)原子力安全基盤機構(JNES)を中心に今後検討を実施し、その後、試行的に評価を実施
- 追加検査の方向性については、試行結果を踏まえ今後検討

- 安全実績指標 (PI) 例及び諸外国における安全実績指標の活用状況 -

実績指標の分野		実績指標例	
事業者が使用する実績指標	企業経営(マネジメント) (経営)	安全文化指標	
		自己評価による改善	
		不適合件数	
		経費(運転・保守費用等)	
		工事費用	
		人材開発・育成	
	事業者共通(WANO等)の実績指標	発電所の運用管理	ユニット利用可能率
			計画外利用損失率
			強制損失率
		規制当局が使用する安全実績指標	計画外自動停止回数
			熱除去喪失を伴う計画外自動停止回数
			計画外出力変動回数
			冷却に必要な安全系の使用不能時間割合
			冷却に必要な安全系の故障事例件数
			原子炉冷却材中のよう素131濃度
			1次冷却材漏えい率
			気体放出放射線量
			液体放射性廃棄物放出放射線量
			報告事象発生件数
			従業者個人線量(最大値、サイト平均値)
			報告事象発生件数
			訓練回数
			訓練参加数
		通報・通信システム信頼性	
		水質管理	化学指標
		労務管理	人身事故率
	時間外時間数		
企業責任	企業倫理の浸透		
	透明性指標		

国名	安全実績指標の活用	安全実績指標の種類
アメリカ	<ul style="list-style-type: none"> 安全実績指標と基本検査の結果を踏まえ評価 評価に応じてプラント毎に規制を調整 	<ul style="list-style-type: none"> 指標の数: 18 (PWR)、19 (BWR) 7つの安全分野を対象
イギリス	<ul style="list-style-type: none"> 検査の所見と定性的な安全実績指標により事業者の活動を評価、但し公表していない。 許認可要件遵守の指標を開発中 	<ul style="list-style-type: none"> 指標の数: 6 WANOの指標をベース
スウェーデン	<ul style="list-style-type: none"> 決定論的アプローチによる指標(異常故障の防止、設計基準内事故の制御等)を開発中 確率論的アプローチによる指標も検討中 補助的に規制に活用、但し公表はしない方針 	<ul style="list-style-type: none"> 指標の数: 14 事故の防止と緩和、放射線影響の緩和、包括的な安全性について指標を選定
フィンランド	<ul style="list-style-type: none"> 施設の安全性と規制当局の活動に関する指標を併用 規制当局の審査と検査活動に反映 	<ul style="list-style-type: none"> 指標の数: 100以上 発電所の安全性と規制活動に分け、40以上の分野にわたり指標を選定
スペイン	<ul style="list-style-type: none"> パイロット評価中 米国と同様の活用、但し公表はしない方針 	<ul style="list-style-type: none"> 指標の数: 12 米国とほぼ同様の指標を選定
ベルギー	<ul style="list-style-type: none"> パイロット評価中 補助的に規制に活用、但し公表はしない方針 	<ul style="list-style-type: none"> 指標の数: 25 4つの安全分野(起因事象、安全系パフォーマンス、障壁、安全プロセス)にて選定

- 今後の進め方 -



用語の整理 (1 / 2)

用語	用語の定義
科学的・合理的判断の原則	原子力安全・保安院の行動規範のひとつ。安全確保を目標とする専門機関として現場を性格に把握し、十分な情報・データをもとに科学的知見に基づいた合理的な判断を行うこと。(原子力安全・保安院「業務運営の基本方針」(2002年6月)より)
保全活動	点検・試験、補修、取替・改造の対象を定め、その計画を策定し、これを実施し、その結果を確認・評価し、必要に応じて是正処置を講じる活動
保守管理活動	保全及びこれを実施するために必要な体制・教育の保守管理を行う活動
保安活動	保守管理を始め、運転管理、燃料管理、放射性廃棄物管理、放射性管理、緊急時の措置などを含めた原子力発電所の安全確保のために行う全ての活動
保安規定	核燃料物質等又は原子炉による災害の防止を図るために、事業者が発電所における保安のために必要な措置(保安活動)定め、原子炉等規制法に基づき国の認可を受けた規定
品質保証計画	品質保証の実施に係る組織や保安活動の計画・実施・評価・改善に関する事項を定めたもの
保安検査	原子力安全・保安院が、事業者の保安規定の遵守の状況について定期的に確認する検査
定期検査	規制当局(原子力安全・保安院、及び(独)原子力安全技術基盤機構)が、事業者の特定重要電気工作物について、定められた時期ごとに実施する検査
定期事業者検査	特定電気工作物について、事業者が定期的に技術基準に適合していることを確認する検査
定期安全管理審査	(独)原子力安全技術基盤機構が、事業者の行う定期事業者検査の実施体制を確認する審査
定期安全レビュー	10年毎に、事業者の保安活動の実施状況及び保安活動への最新技術的知見の反映状況を、事業者自身が評価すること
高経年化対策	長い間使用している原子力発電所に対し、起こりうる劣化などの特徴を最新知見に基づき把握した上で、通常の保全活動に加えて新たな保全策を行うなど、機能や性能を維持・回復するために必要な保守管理を実施すること
人的過誤	要求された基準から逸脱した設計、製作、施工、運転、保守・管理等に関する人の行為
人的要因	人的過誤の原因となる要素の集合体で、人間の特性に係る要素だけの問題ではなく、職場の環境、作業の環境、作業の特性、管理の特性に係る要素を含む人間を取り巻くすべての要素の集合体である
組織要因	直接要因を未然に防止することができなかったマネジメントの要素を含む組織活動のまずさに係る要素の集合体である。
組織風土・安全文化の劣化	組織風土、安全文化を形成する要素・特性が悪化し、事故、故障、又は不適合事象を誘発する要因となること
組織風土	これまでの組織の歴史や活動、組織体を取り巻く外部環境、トップマネジメントの指導内容等の総合的な結果として組織体の中に形づくられた思考形態、行動様式等であり、組織構成員が持つ共通の価値観となり、どのように行動すべきかを示す意識、認識、行動となって顕れるものである。「組織風土劣化防止の取り組みの考え方と把握の視点(JNES-SS-0514-00)」、実用発電用原子炉施設における高経年化対策技術資料集、独立行政法人原子力安全基盤機構

用語の整理 (2 / 2)

用語	用語の定義
安全文化	すべてに優先して原子力施設等の安全問題が取り扱われ、その重要性にふさわしい注意が確実に払われるようになっている組織および個人の備えるべき特性および態度が組み合わさったもの「IAEA INSAG-4の定義」
保全計画	原子力発電所を構築する機器・系統毎の点検、補修・取替及び改造計画等を定めたもの
保全プログラム	保全計画に加え、対象機期の範囲の定め方、機器・系統毎の管理指標、点検、補修・取替、改造方法、是正処置の方法、データ取得・評価、記録保存の方法について定めたもの
時間計画保全	機器の劣化、故障パターンの分析に基づいて、機器、系統に対し定められた時間計画に従って点検、補修を行う保全方法
状態監視保全	機器・系統の使用中の状態を監視し、科学的知見を踏まえて劣化の進展状況、寿命の予測等を行い、適切な時期に点検、補修等を行う保全方法
定例試験	原子力発電施設の系統・機器の機能確認のため、保安規定に基づき、又は電力自主として定期的を実施する試験。
安全確保上重要な行為に着目した検査	安全確保に重大な影響を与える事業者の安全確保上重要な行為について、発電所の運転中や停止中にかかわらず、事業者の実施段階で確認する検査
リスク情報	確率論的安全評価 (PSA) から得られる原子力施設のリスクの程度についての定量的な情報、系統・機器等のリスクへの寄与に関する情報、それらの不確実さに関する情報等、PSAの途中経過から得られる情報等の総称
確率論的安全評価 (PSA)	施設を構成する機器・系統等を対象として、発生する可能性がある事象 (事故・故障) を網羅的・系統的に分析・評価し、それぞれの事象の発生確率 (又は頻度) と、万一それらが発生した場合の被害の大きさを定量的に評価する方法
根本原因分析	直接要因の分析に加えて、組織要因を分析し、問題の系統的かつ最終的な解決策を見つけ出すこと
不適合是正	不適合に対する直接原因分析、及び根本原因分析結果、及びこれらの結果を踏まえ、事業者が行う是正処置のこと
直接要因	事故・故障、又は、不適合の発生に結びついた機器の破損、あるいは人的過誤や意図的な違反を引き起こす直接の原因となる要素。機器の欠陥、人の知識・能力の不足、不適切な作業手順・設備・職場慣習等が含まれる
安全実績指標	各保安活動分野における事業者の保安活動の結果を定量的に表す指標。検査結果とあわせて、事業者の保安活動の評価に向けた情報を提供する
プラント毎の総合評価	プラント毎の安全実績指標、保安検査等の結果、及び安全重要度決定手法による保安検査結果等の重要度整理に基づき、プラント毎の安全確保の水準を総合的に評価すること
安全重要度決定手法	検査指摘事項の安全重要度を決定するための手法。前項の安全実績指標とあわせて事業者の保安活動を評価する
ALARA	国際放射線防護委員会 (ICRP) が1977年勧告で示した放射線防護の基本的考え方を示す概念であり、“as low as reasonably achievable”の略語である。放射線防護の最適化として「すべての被ばくは社会的要因及び経済的要因を考慮に入れながら合理的に達成可能な限り低く抑えるべきである」という基本精神に則り被ばく線量を制限することを意味する。ここで「社会的要因を考慮する」とは、対策やリスクが社会から受容されるものであるかを考慮することである。 (「原子力発電所の安全規制における「リスク情報」活用の基本ガイドライン (試行版)」(平成18年4月)より)