

# 高経年化対策の充実にに向けた基本的考え方

- 高経年化対策の枠組みに係る主な論点整理 -

平成 17 年 4 月 6 日

原子力安全・保安院

## 目次

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 1. はじめに                    | 3  |
| 2. 原子力発電プラントの運転年数と基数       | 4  |
| 3. これまでの高経年化対策の基本的な考え方と枠組み |    |
| (1) これまでの高経年化に関する基本的な考え方   | 4  |
| (2) 高経年化対策の実施実績            | 6  |
| (3) 従来の高経年化対策の課題           | 7  |
| 4. 高経年化対策の基本的考え方           |    |
| (1) プラント供用期間の考え方           | 8  |
| (2) 経年劣化事象と技術基準の関係         | 9  |
| (3) 高経年化事象とは               | 10 |
| (4) 高経年化対策とは               | 11 |
| (5) 高経年化に係る一般の認識とその対応      | 12 |
| 5. 高経年化対策における規制の在り方        |    |
| (1) 国と事業者の役割               | 13 |
| (2) 高経年化対策における規制の基本的仕組み    | 14 |
| (3) 高経年化対策に係る規制上の課題        | 16 |
| (4) 定期安全レビューの充実            | 18 |
| (5) 定期検査等における確認            | 19 |
| 6. 技術情報基盤の側面からの高経年化対策の在り方  |    |
| (1) 高経年化対策における技術情報基盤の必要性   | 20 |
| (2) 高経年化対策における技術情報の整備      | 21 |
| (3) 高経年化対策における安全研究の充実      | 21 |
| (4) 技術情報基盤整備に当たっての産官学の役割   | 23 |
| (5) 技術情報基盤確立のための方策         | 24 |

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 7. 品質保証活動の側面からの高経年化対策の在り方  |    |
| (1) 企業文化及び組織風土の劣化の防止       | 26 |
| (2) 高経年化対策を見据えた保守管理要領等の構築  | 26 |
| (3) その他高経年化対策に共通的な品質保証上の課題 | 28 |
| 8. 配管減肉に関する高経年化対策の考え方      |    |
| (1) 高経年化プラントにおける配管減肉の特徴    | 29 |
| (2) 配管減肉に係る高経年化対策の考え方      | 30 |
| (3) 定期安全レビューにおける評価         | 31 |
| 9. これまでの検討のまとめと今後の検討の進め方   | 32 |
| 10. 高経年化対策検討委員会名簿          | 34 |

#### 添付資料

(添付 - 1) 高経年化事象の性状を踏まえた技術対策の流れ

(添付 - 2) 高経年化技術検討会の活動

(添付 - 3) 高経年化対策に係る保守管理・保全活動の充実・強化

## 1. はじめに

- (1) 我が国の営業運転中の原子力発電プラントは53基あり、平成22年には、運転開始後30年を超えるプラントが20基となる一方で、運転開始40年を迎えるプラントが現れてくる。このような状況下、原子力発電所の高経年化対策は、原子力発電所の安全確保を図る上で重要な課題である。従来の高経年化対策は、平成8年4月に当時の資源エネルギー庁がとりまとめた「高経年化に関する基本的な考え方」に従い、各事業者が自主的活動として経年変化事象の顕在化が懸念される機器等に対する現状の保全活動の評価や長期保全計画の策定等の対策を実施し、国はその妥当性の評価を行うという形で実施されてきた。平成15年10月の制度改正により、これら事業者の措置が法令上の義務となり、国がその実施状況を保安検査等により確認することとなった。
- (2) その後、昨年8月9日に発生した関西電力美浜発電所3号機二次系配管破損事故を契機に、地元自治体をはじめとして、原子力発電所の高経年化問題への関心が高まった。総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会のもとに設置された美浜3号機二次系配管破損事故調査委員会の審議を経て、本年3月30日に原子力安全・保安院がとりまとめた当該事故に係る最終報告書の中で、当院はこのような社会的関心が高まった背景を「運転履歴の影響は、運転年数が長くなるほど大きくなること」、すなわち、いわゆる高経年化した原子力発電所においては、経年劣化事象がより顕在化すると一般的に考えられていることがその理由であることを指摘したうえで、関西電力(株)をはじめとする各事業者に対し、プラントオーナーとしての自覚をもって、それぞれのプラントの運転履歴を踏まえた適切な保守管理を行うよう求めた。また、当該事故の原因となった配管減肉についても、「配管の減肉事象全般は重要な経年劣化事象のひとつであることから、今後、事業者には原子炉ごとの高経年化対策の中で配管減肉対策を適切に位置付け、必要な管理方針を策定し、それを実施することが求められる」と指摘した。
- (3) 以上の経緯を踏まえ、当院としては、改めて事業者のこれまでの高経年化対策が経年変化に適切に対応しているか検証するとともに、事業者による対策が実効性のあるものとして実施されるために国として何をなすべきかを検討する必要があると判断した。
- (4) このため、原子力安全・保安部会に高経年化対策検討委員会を設置し、内外の最新の知見を採り入れ、高経年化対策の拠り所となる基準、指針等の明確化や国による合理的な検査の在り方等について検討を行ってきた。本書は、この検討結果をもとに、今後の審議の方向を整理するため、高経年化対策の枠組みに係る主な論点を中間的にとりまとめたものである。

## 2. 原子力発電プラントの運転年数と基数

我が国の営業運転中の原子力発電プラントは合計53基であり、営業運転開始以降の運転年数(定期検査等による停止期間を含む)とプラント基数の関係を図-1に示す。これによると、平成22年には運転開始後30年を超えるプラントが20基となり、また、運転開始40年を迎えるプラントが現れてくる。

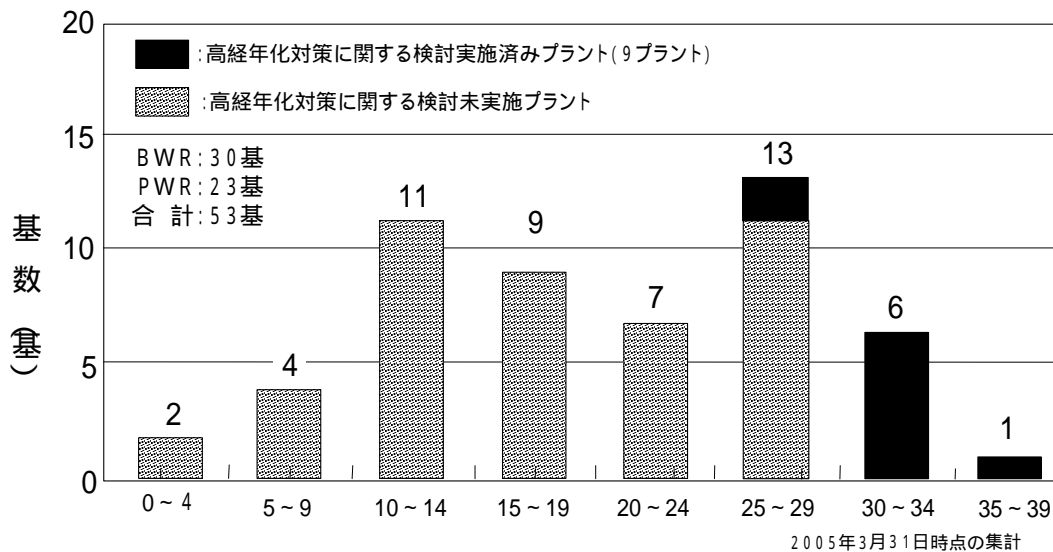


図-1 営業運転開始後経過年数とプラント基数

## 3. これまでの高経年化対策の基本的な考え方と枠組み

### (1) これまでの高経年化に関する基本的な考え方

平成8年4月に当時の資源エネルギー庁は「高経年化に関する基本的な考え方」をとりまとめた。そのポイントは次のとおり。

安全上重要な機器、構築物<sup>1</sup>で、補修・取替が容易でない機器、構築物で、かつ、長期的な経年変化を考慮すべきものについて、60年の使用を仮定して技術評価<sup>2</sup>を行った。(図-2) その結果、ほとんどの経年変化事象について評価上十分な余裕を有し、現状の設備保全の継続及び一部の点検・検査の充実により、

<sup>1</sup> 発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針(平成2年8月30日原子力安全委員会決定)におけるクラス2以上の構築物、系統及び機器。

<sup>2</sup> 工学的に想定される経年劣化事象のうち、原子力プラントが置かれた環境を考慮して、想定される劣化事象を抽出し、機器・構築物の設計、運転実績等を踏まえその健全性を評価すること。

高経年化した原子力発電所であっても安全に運転を継続することは可能である。

高経年化への具体的施策を展開する時期については、予防保全の観点も含め、慎重を期して運転開始後30年とする。

事業者は、炉毎に取替え容易なものも含めたプラント全体の主な機器について、健全性に関する技術評価を定期的実施するとともに、この評価結果に基づく適切な保全を行っていく必要があり、国はこれを評価していくことが重要である。

高経年化した原子力発電所の健全性は、現状の技術により確保可能であるが、より信頼性の高い管理を行うためには、今後も技術開発を継続することが重要であり、技術開発課題として、検査・モニタリング技術、予防保全・補修技術、経年変化評価技術の開発があげられ、今後も、国、事業者等において必要な技術開発を進めていく必要がある。また、発電所の健全性を評価していくためには、技術開発課題の解決と合わせ、発電所の経年的な材料データ、運転データの取得が重要である。

この基本的考え方について、原子力安全委員会は原子炉安全総合検討会において確認し、その内容は妥当であるとの結論を示した報告書「発電用軽水型原子炉施設の高経年化対策について」を平成10年11月に了承した。

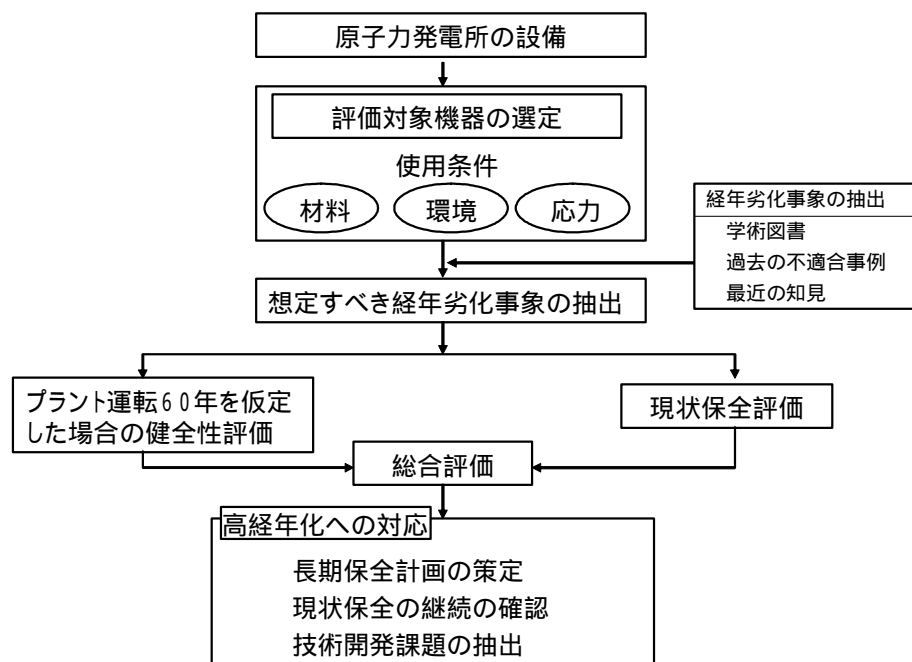


図 - 2 高経年化に関する技術評価の流れ

## (2)高経年化対策の実施実績

「高経年化に関する基本的な考え方」を受け、平成8年4月、当時の資源エネルギー庁は、各事業者あて、この考え方に基づき高経年化対策を実施するよう通知した。また、平成11年6月、同庁は、平成4年から実施していた定期安全レビュー<sup>3</sup>の一層の充実のために、「高経年化に関する技術評価及び長期保全計画<sup>4</sup>の策定」に関し下記を追加し、実施することを各事業者に通知した。

- ・ 事業者は、営業運転開始後の経過年数が30年を超える前に、経年変化事象に係る分析・評価を行うこと
- ・ 上記評価に基づき、10年程度の長期保全計画を策定すること
- ・ 当該技術評価及び長期保全計画は、定期安全レビューごとに定期的に再評価を行うとともに、さらなる10年程度の長期保全計画の策定を行うこと

これまでに各事業者は、9プラントについて「高経年化対策に関する報告書」を作成し、当省に提出した。その中で、各事業者は原子力発電所を構成する機器・構築物のうち安全機能を有するすべての機器・構築物に対して、経年変化事象に関する技術的な評価を実施するとともに、高経年化の観点から現状の保全計画を充実する新たな保全策を抽出し、それを長期保全計画として取りまとめている。

当省は、これらの検討結果について、経済産業大臣が委嘱する学識経験者の専門的意見を聴きつつ評価を行ってきた。

その結果、技術評価の方法に関しては、評価期間として営業運転開始後60年間を仮定した事業者の評価方法は、膨大な数に上る安全機能を有する機器、構築物を合理的に評価するために適切なものであると評価してきている。

また、事業者が実施した技術評価の結果は、評価時点までの最新の知見に基づき経年劣化事象の影響を評価しているとともに、その分析結果を踏まえた現状の保全活動の有効性の評価及び新たな保全策追加の必要性の評価などを実施しており、当省としては、この新たに抽出された保全策を取りまとめた長期保全計画

---

<sup>3</sup>事業者が原子力発電所の運転開始以来行ってきた保安活動に関して、運転開始以降10年を超えない期間ごとに安全に関わる諸特性の振舞いについて調査・分析し、また、内外の原子力発電所の運転経験や原子力安全に関わる最新の技術的知見に照らして、その反映状況を調査・分析し、さらに確率論的安全評価も併せて総括し、必要に応じて安全性向上のために有効な追加措置を抽出、実施する取組。

<sup>4</sup> 経年劣化に関する技術評価の結果、現状の保全に対して追加すべき保全項目とその実施時期を取りまとめたもの。

を適切に実施することで問題ないと判断してきている。

これら当省の判断結果については、「高経年化に関する報告書」としてとりまとめ、原子力安全委員会に報告するとともに、公表してきた。(表 - 1)

なお、事業者が実施するこれら技術評価及びこれに基づく今後10年間の長期保全計画の策定並びにこれらの10年毎の再評価については、平成15年10月に法令上明確に定められているところである。

| 当省の評価   | 対象プラント   | 運転開始  |
|---------|--|---|
| 平成11年2月 | 日本原子力発電株式会社 敦賀発電所1号<br>関西電力株式会社 美浜発電所1号<br>東京電力株式会社 福島第一原子力発電所1号                   | 昭和45年3月<br>昭和45年11月<br>昭和46年3月              |
| 平成13年6月 | 関西電力株式会社 美浜発電所2号<br>東京電力株式会社 福島第一原子力発電所2号  | 昭和47年7月<br>昭和49年7月                          |
| 平成16年3月 | 関西電力株式会社 高浜発電所1号<br>関西電力株式会社 高浜発電所2号<br>九州電力株式会社 玄海原子力発電所1号<br>中国電力株式会社 島根原子力発電所1号 | 昭和49年11月<br>昭和50年11月<br>昭和50年10月<br>昭和49年3月 |

表 - 1 当省が高経年化対策を評価したプラント

### (3) 従来の高経年化対策の課題

従来の高経年化対策を実施した際の主たる課題を以下に示す。

- ・ あらかじめ要求事項が標準化されておらず、また、経年劣化の技術評価に係る知見を集約化したものなどの整備が不十分なため、事業者は個別のプラントごとに独自の資料整備・分析をせざるを得ず、規制当局もプラントごとの個別審査を行うため、膨大な時間と労力の投入が求められた。
- ・ 事業者の実施した高経年化対策の適切性を客観的に評価する標準的な審査基準がないため、国が評価を行うに当たり、その一貫性・透明性を確保することが困難であった。
- ・ 事業者の提出した書面に対する審査が主体であり、現地での記録確認などプロセスに関する検査は行っていなかった。
- ・ プラント運転開始30年以前(高経年化対策上の技術評価実施以前)の経年劣化事象に対して、事業者が実施する傾向監視や保全活動が適切に行われているか規制当局として確認する仕組みが充実していなかった。

## 4. 高経年化対策の基本的考え方

### (1) プラント供用期間の考え方

我が国の原子力発電プラントについては、設計評価を30又は40年で行っており、これ以降の運転継続は安全性の根拠がないとの意見が一部にあるが、この期間は以下に示すとおりプラントの一部の機器に発生する劣化事象の発生量や進展量を評価するための想定期間であって、いわゆるプラント全体の寿命期間や認可期間とは異なるものである。

すなわち、原子力発電プラントの機器・構築物の設計に当たっては、使用条件及び環境条件に加え、これまでの知見、経験から供用期間中に発生すると考えられる経年劣化事象も想定し、これに耐えられるようにしている。機器・構築物の供用可能年数は様々であり、その年数はこれまでの経験からある程度の予想は可能であるが、予想より早く劣化が進展することなども考えられ、このようなケースによる異常の発生を防止するため、安全上重要なものについては、性能や強度に十分余裕を持たせるなどしている。

具体的には、我が国の原子力発電プラントは、設計当初に、原子炉压力容器など重要な機器について30年又は40年の中性子照射量及び起動・停止等の繰り返し回数を想定し、これに耐える設計を行ってきたが、プラントのすべての機器・構築物がこれら年数を想定したものとなっているのではない。制御棒のように短期間の使用を前提とする一方、コンクリート構造物のように長期間使用可能なものもある。また、30又は40年を想定したものについては、例えば原子炉压力容器の設計で、疲労による経年劣化の要因となるその間の起動・停止の繰り返し回数を実際より多く仮定するなど、十分余裕のある設計を行っている。すなわち、実際に発生する劣化は設計時の想定よりも少ない、あるいは、遅いことが一般的であるので、当該機器を評価期間である30又は40年よりも長く供用することが可能である。このように、劣化状況に応じた機器の交換など適切な保全活動を行う前提に立てば、プラント全体として30～40年以上の供用が安全上可能であるものの、その後どの程度までの供用が可能であるかは、それぞれの機器・構築物の性能低下の状況を正しく把握することにより求められる。

一方、事業者は、基軸電源である原子力発電プラントについて、安全確保を第一に考えつつ、経済性等の条件を踏まえながら、できるだけ長く運転していくとしている。これまでの高経年化対策上の技術評価では、運転開始後60年まで運転を仮定した場合に想定される経年劣化の影響を評価しているが、この結果、現状及び追加的な保全活動の実施により、高経年化プラントであっても安全に運転を継

続することは可能であると考えられる。しかしながら、事業者が個々のプラントを実際にどのくらいの年数を運転するかについては、エネルギーセキュリティ、地球温暖化に果たす原子力発電の役割、地元経済への影響等も考慮に入れて、総合的に判断していくべきとしている。

## (2) 経年劣化事象と技術基準<sup>5</sup>の関係

事業者は、電気事業法第39条の規定に基づき、原子力発電所を構成する機器・構築物を技術基準に適合するように維持しなければならない。ここでいう技術基準には、機器・構築物が確保しなければならない性能(機械的強度や絶縁性能など)が規定されており、供用期間中は、これら要求事項を満足しなければならない。

減肉やひび割れの発生など様々な経年劣化事象の発生により、この技術基準上で確保しなければならない機器・構築物の性能に経年的な低下が生じるが、その傾向の代表的なものを以下の3パターンに分類した。また、これらパターンのうち、ある時期から性能低下が急速に進展するか、あるいはその発現頻度が高まる傾向を示すものがあることも考えられる。これら各パターンと技術基準の関係を図-3に示す。

事業者は、これら様々な性能低下の傾向に応じて技術基準を常に満足するため、一定程度の余裕をもって、機器・構築物の設計・製作を行うとともに、供用開始後の点検、補修等を行っている。この余裕のとり方や点検、補修等を行う時期は、機器・構築物の種類、使用状況等に応じ、適切に決められるべきである。

具体的には、事業者は、これまで定期事業者検査等において機器・構築物の点検を行うとともに、蒸気発生器、炉心シュラウド等の大型機器の更新等必要に応じ適切な時期に補修・取替を行ってきたが、高経年化プラントにおいては、程度の差はあっても機器・構築物の性能低下が全体として進むので、より慎重な監視及び計画的な予防保全策が必要となる。

---

<sup>5</sup> 電気事業法第39条(事業用電気工作物の維持)では、発電用原子力設備の維持について、省令62号(発電用原子力設備の技術基準)と告示501号(発電用原子力設備の構造等の技術基準)等に適合するよう設備を維持することを規定している。

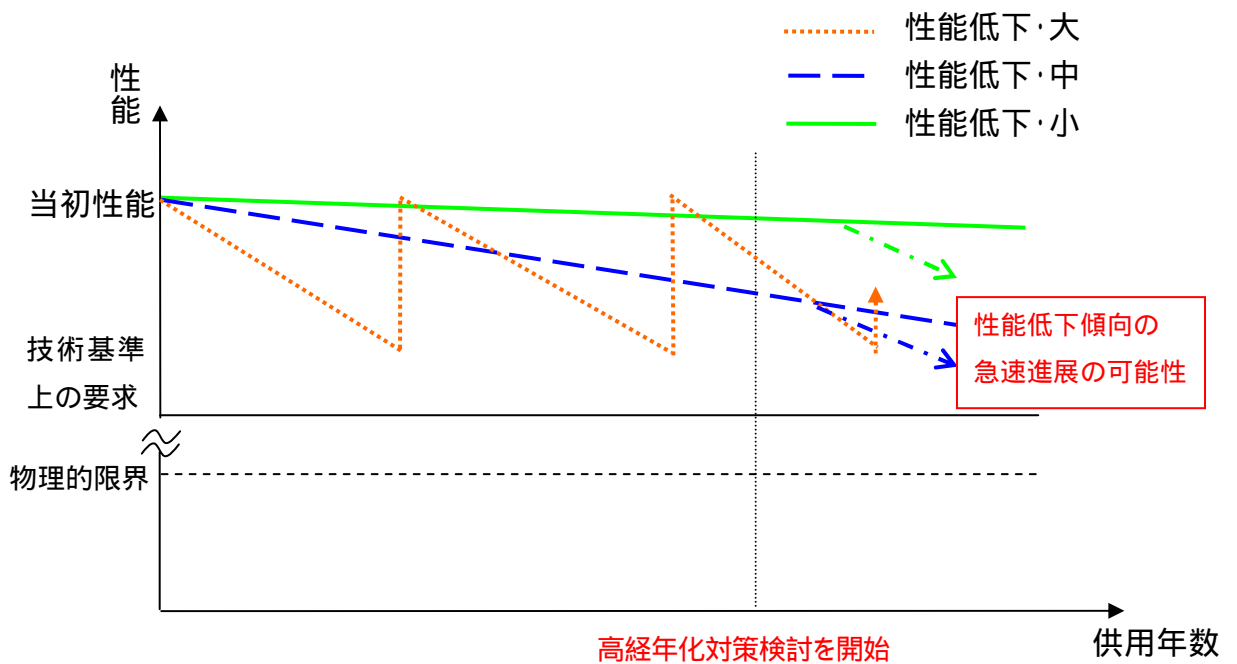


図 - 3 性能低下の進展傾向と技術基準

### (3)高経年化事象とは

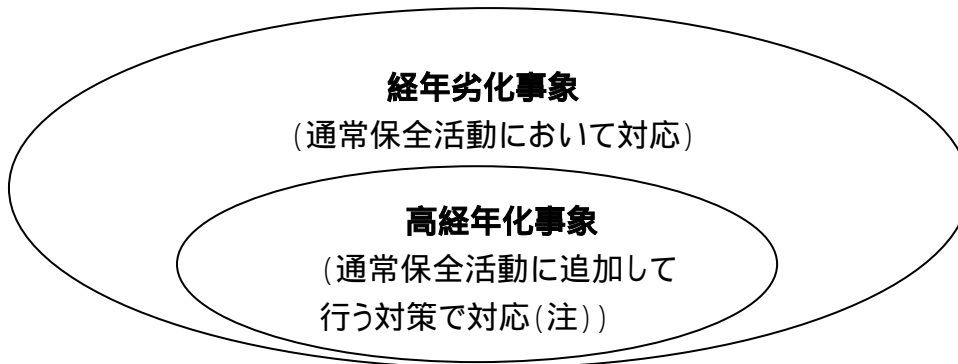
減肉、応力腐食割れ<sup>6</sup>、絶縁低下等の経年劣化事象が進展することにより、技術基準上確保しなければならない機器・構築物の性能に経年的な低下が生じる。この経年による性能低下は図 - 3に示すように、様々な低下パターンを示すものであるが、このうち、長期間の運転により、新たに顕在化したり<sup>7</sup>、より進展したり<sup>8</sup>する性状を示す経年劣化事象を、「高経年化事象」ということとする。(図 - 4)

なお、ここでいう「長期間の運転」とは、これまでの高経年化対策では運転開始から30年以降とされており、原子力安全委員会からもその方向性は妥当なものと評価されている。しかしながら、高経年化に伴い進展する性能低下の速度は、運転開始後の経過年数や実際の運転時間以外に、機器・構築物を使用される環境条件、例えば、応力、熱、放射線等の状況や使用材料等によって異なることに鑑み、これまで高経年化対策上の技術評価を実施した9プラントのデータを参考に、プラント全体を総合的に勘案しつつ、工学的判断に基づき30年が適切かどうか再確認することとする。

<sup>6</sup> 引張応力を受ける材料が腐食環境下で、通常の破壊応力より低い応力で割れを生じる現象を応力腐食割れという。材料、環境、応力の3因子の相乗により発生する現象をいう。

<sup>7</sup> 想定していなかった性能低下が発生し、技術基準適合維持の観点から留意すべきレベルに達すること。

<sup>8</sup> 性能低下が想定していた傾向を上回る速度で進展し、あるいは、性能低下の発現頻度が高まることにより、技術基準適合維持の観点から留意すべきレベルに達すること。



(注)平成8年にまとめられた「高経年化に関する基本的考え方」に基づき行われている現行の高経年化対策で事業者が策定が求められている長期保全計画は、このような追加的な対策に該当するものである。

図 - 4 高経年化事象のイメージ

#### (4)高経年化対策とは

高経年化対策とは、高経年化事象が発生すると想定される供用年数以降、原子力発電プラントを供用しようとする場合に、供用期間中に発生する可能性のある高経年化事象に対して、通常保全活動に加えて、追加的に講じられるべき監視、評価及び補修等の保全活動を行うとともに、必要に応じ関連する技術開発等各種研究・開発を行うことである。

すなわち、高経年化対策とは、経年劣化事象全般を対象として、高経年化事象が発生すると想定される供用年数以前から実施している定期事業者検査など通常の保全活動を今後も適切に継続的に実施することを前提としつつ、高経年化事象に対して追加的な対策を講ずることにより、原子力発電設備の安全性、信頼性を確保しようとする対策をいう。高経年化事象の性状等を踏まえた技術的対策の流れを添付 1 に示す。

高経年化対策を検討するに当たっては、過去の測定データを基に経年劣化に伴う性能低下の状況を正しく把握することが極めて重要である。このため、性能低下の状態に応じて適切にその測定を行うとともに、その対象となる高経年化事象の発生及び進展メカニズムを解明することが必要である。

なお、高経年化対策を実施する以前でも、高経年化事象と同様の傾向を示す事象、例えば、想定したよりも著しく早い性能低下事象などが発生することも考えられる。このため、運転開始以降10年毎に実施が義務付けられている定期安全レビュー

ーにおいて、これら事象の評価や保全計画への反映等の検討を行うことが適切である。

また、高経年化対策の一部として実施される技術評価は、これまでの運転経験を基に性能低下傾向を予測し、技術基準適合維持の観点から留意すべきレベルに達するかどうかの評価を行うものである。その評価条件としての評価対象期間（現状では運転開始後60年間）については、他プラント及び他産業での知見をも踏まえて、科学的・合理的な範囲で設定すべきである。

## (5)高経年化に係る一般の認識とその対応

原子力発電所は、複雑かつ膨大な機械設備及び電気計装設備から構成され、これらは強固なコンクリート・鉄骨構造物で支えられている。事故が発生すると、放射性物質の漏えいにより、公衆に被害を及ぼす可能性のあることから、設計上は多重の障壁や安全機能により安全が確保されている。さらに、運転開始後も、定期的に原子炉を停止し、安全確保機能が維持されているかどうか検査し、必要に応じ補修・取替えが行われている。

また、当該プラント及び諸外国のプラントを含めた他プラントで発生した、事故、故障等の運転経験を適切に反映することは、安全性の確保及び信頼性の向上の観点から極めて重要であり、国、事業者のそれぞれにおいて、このための努力が払われている。

このような措置の適切な実施を確保するため、必要な手続き、技術基準等を定めた法令等に則り、事業者はプラントの設計、建設、運転及び保守管理を行う一方、国は事業者が適切に安全の確保を図っているかどうか、設計の審査や設備の検査等を通じ確認している。

しかしながら、原子力発電所の設備・システムは、前述のように複雑かつ膨大であることから、事故、故障等が発生した場合、一般国民にとっては、これが安全上重要な設備や機能に係るものであるかどうかを直ちに判断することは困難である。また、例え安全上重要でないものであっても、これが多発する場合は、そのことが大きな事故につながるのではないかという不安を惹起させることもある。特に、原子力発電所が高経年化している場合には、プラント全体が「老朽化」しているのではないかという懸念から、他のプラントで問題視されていないような故障等であっても、当該高経年化プラントについては、何らかの安全上の問題があるのではないかという漠然とした不安につながる可能性があると考えられる。

このような不安を払拭するためには、国、事業者のそれぞれが原子力安全に関する考え方や高経年化対策を含む様々な保全活動や検査活動の内容及び結果について、わかり易く一般に周知することに加え、事故、故障等に関する情報についても、それらが原子力安全に及ぼす影響や高経年化による性能低下との関係に関する適切な説明をした上で、幅広く積極的に公表していくことが重要である。

## 5. 高経年化対策における規制の在り方

### (1) 国と事業者の役割

高経年化対策とは、事業者が長期運転を行う場合に、高経年化事象の発生を十分考慮し、安全性・信頼性の確保の観点から、通常の保全活動に加えて評価・予測、監視、補修等の各種の追加的な保全策を講じるものであり、一義的には、長期運転を行う事業者自らがこれら活動について責任を持ち展開していくものである。

一方、国はこれら事業者の追加的な保全活動が長期運転によって発生すると予想される高経年化事象を十分に考慮し、その分析評価に基づいた適切な対策となっているかどうかを審査し、その後、それら対策が的確に実施されているか否かを監視する役割を負う。国としては、このような審査や監視に当たり、国民にわかりやすい透明性を確保した仕組みとするとともに、事業者が行う高経年化対策としての評価・予測、監視、補修等の各段階において実効的な関与を行っていく必要がある。(図 - 5)

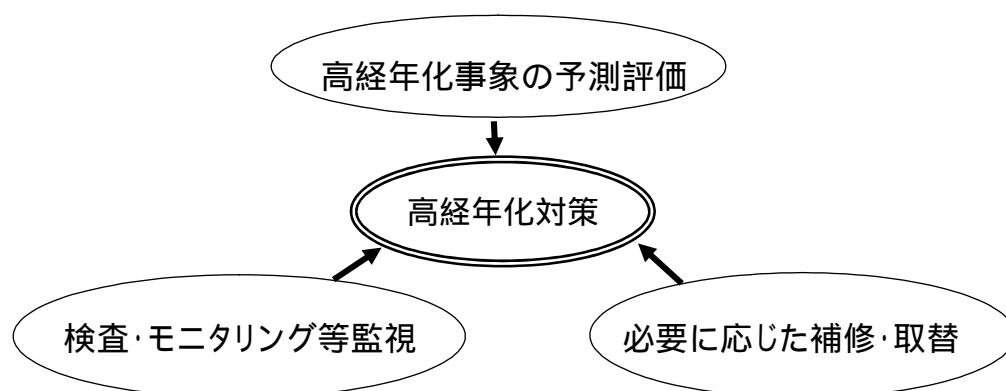


図 - 5 高経年化対策の要素

## (2) 高経年化対策における規制の基本的枠組み

我が国の原子力発電所の供用中における安全規制は、国又は独立行政法人原子力安全基盤機構(JNES)が法律に基づく定期検査<sup>9</sup>、定期安全管理審査<sup>10</sup>(定期事業者検査)及び保安検査等により行っている。(図-6) また、事業者は定期事業者検査や定期安全レビュー(高経年化に関する技術評価及び長期保全計画の策定を含む。)を行うことが義務付けられている。このような措置は、全体として原子力発電所の設備(ハードウェア)から保守管理体制(ソフトウェア)に至るまで、網羅的に短期的及び長期的な評価ができる仕組みとなっている。

原子力安全規制に関する諸外国の状況を見ると、米国及びドイツに法令上の運転期間の制限がある一方、その他ヨーロッパの主要国では運転期間の制限はないが、10年毎の定期安全レビューが実質的な運転継続の要求事項となっている。我が国の安全規制の仕組みは、13ヶ月毎の定期検査を義務付けており、更に10年毎の定期安全レビューが行われることになっていることから、諸外国の仕組みと比肩し得るものと考えられる。

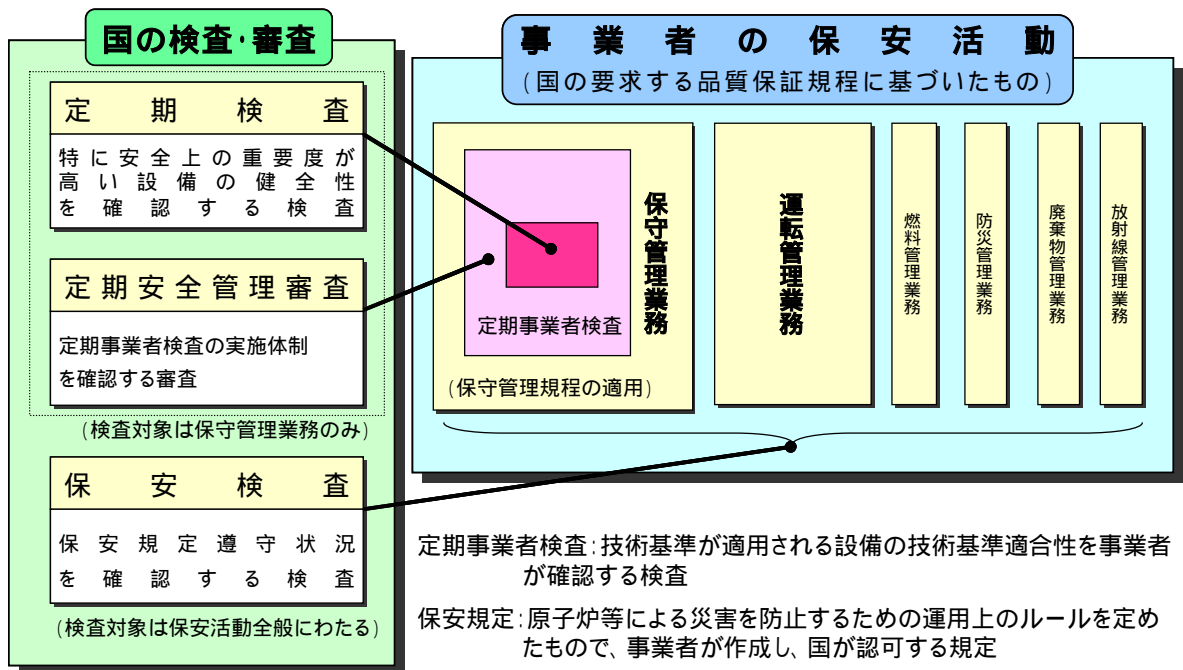


図 - 6 検査制度の概要

<sup>9</sup> 運転開始後、事業者は定期的に「定期事業者検査」を行い、原子力安全・保安院は、これらのうち、安全上特に重要な設備・機能について技術基準への適合性を確認する検査。

<sup>10</sup> 事業者による定期事業者検査の実施に係る体制について、JNES が文書審査及び抜き打ち的手法による実地審査を行い、審査結果については、経済産業大臣へ通知される。国は、機構から通知を受けた定期安全管理審査の結果に基づいて、評定を行う。

以上のことから、我が国の高経年化対策に係る安全規制の基本的枠組みについては、特段の問題はないものと考えられるものの、後述するような高経年化対策の課題を踏まえつつ、既存の仕組みが高経年化対策においても効果的に運用できるようにすることが重要である。

すなわち、国は、事業者が実施する高経年化対策の適切性・妥当性を評価するためのプロセスの明確化を図るとともに、このプロセス中での国や第三者機関の役割を明確にするなど実効的な制度を確立することが必要である。

また、高経年化対策の対象となる設備等は、多種多様、かつ、膨大な量になるので、様々な監視及び評価方法を用いる必要がある。このため、国がその妥当性の確認を適切に実施するに当たり、これに必要な手順や判断基準を明確に定めたマニュアル、指針類を整備し、既存の制度を実効的に運用するとともに、必要に応じその見直しを図る必要がある。(図 - 7)

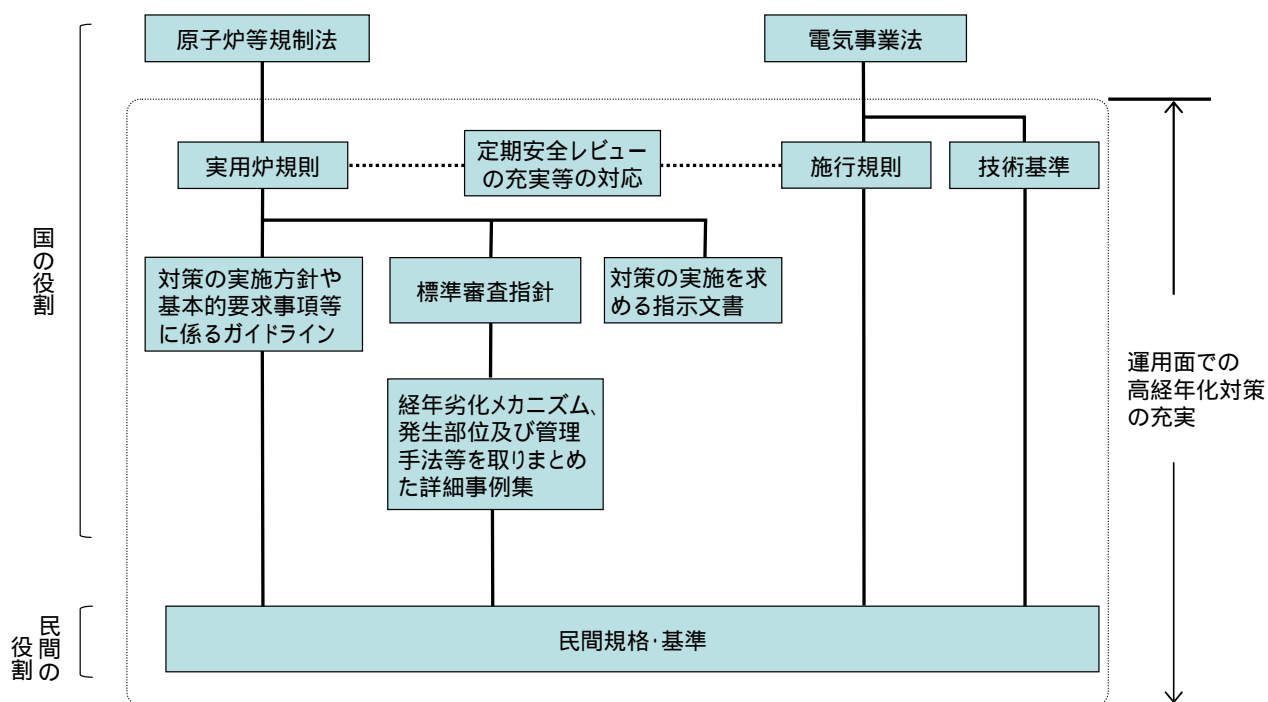


図 - 7 高経年化対策の制度面での充実

### (3)高経年化対策に係る規制上の課題

前項で述べたとおり、高経年化対策に係る安全規制の基本的枠組みについては、現状では特段の問題はないと考えられるものの、これを適切に実施するためには、以下のような課題があると考えられる。

#### **実効性・透明性を確保するためのガイドライン等の整備**

事業者が技術評価等高経年化対策を実施するに際して、あらかじめ国としての高経年化対策の実施方針や基本的要求事項(ガイドライン)(図 - 7)を、特に米国の規制ガイドラインの例を参考にしつつ示しておくことは実効性、透明性の観点から重要であると同時に、民間規格の促進を図るためにも有効である。

また、事業者が実施する技術評価等高経年化対策の適切性について、国として評価するための手順を定めた標準審査指針(図 - 7)を、マニュアル等の整備が進んでいる米国の例を参考にしつつ整備することは規制の一貫性、透明性の観点から重要である。

一方、民間においても国が示す規制上の基本的要求事項を満たすための各事業者の具体的な保守管理活動を展開する際の参考となるような民間規格・基準を学協会と協力して作成する必要がある。例えば、事業者の作成する長期保全計画について、高経年化対策に関する情報を包括した米国の経年劣化管理プログラムのような、対策の範囲、経年劣化事象の検知、監視・傾向分析、健全性評価及び確認プログラムなどを記載した「高経年化対策プログラム(仮称)」として整備することが重要である。

この際、国と同様に、米国産業界のガイドラインの例を参考にしつつ、これを我が国の民間規格・基準の整備に積極的に活用していくことが実効性の観点から適切である。

#### **機器・構築物の重要度に応じた高経年化対策の展開**

高経年化対策に係る安全規制を実効的に進めるため、対象とする設備の安全重要度や作業員等の安全確保上の重要性を考慮しつつ、予測される高経年化事象や性能低下の進展傾向などを分析・評価し、設備ごとにメリハリの利いた安全規制を講ずるべきである。

このため、原子力安全委員会が制定した「発電用軽水炉原子炉施設の安全機

能の重要度分類に関する指針」等を参考に、高経年化対策上国として規制すべき設備等の重要度を分類すべきである。

### **高経年化事象の性状を踏まえた技術的対策の重点化**

高経年化対策を重点的かつ実効的に実施するため、高経年化事象の性状を踏まえた技術的対策として、次に掲げる事項を重点的に実施することが必要と考えられる。具体的には、安全研究や今後作成するガイドライン等において、このような重点事項が反映されるようにするべきである。

#### **( ) 性能低下の急速な進展等異常傾向の予測**

高経年化事象による性能低下が、ある時期に急速に進展するかなどについて予測するための進展評価技術の開発などを行うとともに、必要に応じ、監視頻度の増加や予防保全的措置を講ずる。具体的には、ニッケル基合金に応力腐食割れが生じる PWSCC が予測を上回る速度で進展したことなどが挙げられる。

#### **( ) 高経年化事象を踏まえた追加的な監視対象部位の検討**

従来保守管理・保全活動では監視対象としていなかった部位について、長期運転を前提に、高経年化事象の進展傾向を予測し、その監視の必要性につき検討を行い、必要に応じ、監視範囲(部位)の見直しや拡大を行う。具体的には起動停止に伴う熱過渡による疲労の進展が緩やかであるとして監視対象としていなかった部位について、長期運転を前提として新たに監視対象にするなどが挙げられる。

#### **( ) 高経年化事象を踏まえた追加的な監視手段の検討**

従来保守管理・保全活動では十分であると考えられた特定部位における監視手段について、長期運転を前提に、高経年化事象による性能低下傾向の監視の精度を向上させるため、必要に応じ、監視方法の見直しや追加を行う。具体的にはコンクリート構造物の強度の監視に従前の目視点検に加えシュミットハンマー試験を追加することなどが挙げられる。

#### **( ) 高経年化事象の進展傾向からの対策の重点化**

高経年化事象による性能低下の進展傾向の特性などに応じ、設備(部位)ごとにメリハリの利いた適切な対策を講ずる。具体的には、経年による性能低下の進

展が極めて緩やかで、物理的な寿命がプラント設備と比較して相当長い(一般に耐用年数は100年程度といわれている。)コンクリート構造物である原子炉建屋等の構造体や部位と、複数の性能低下要因が複雑に作用する機械設備とは区別し、それぞれの性能低下傾向に則した適切な高経年化対策を講じていくことなどが挙げられる。

#### ( ) 潜在的事象への対応

運転経験や技術的知見が十分でないことなどに起因し、発生を予測していなかった経年劣化事象など、いわゆる「潜在的事象」に対して、原子力発電所の安全性・信頼性を確保するため、諸外国のプラントや他産業の経験等を踏まえ、先を見通したプロアクティブな検討が必要である。

#### 運転経験及び高経年化に関する知見の適切な反映

事業者は、従来から高経年化に係る技術評価を実施するに際し、過去のトラブル情報を幅広く収集し、高経年化事象として評価に反映させてきている。このような事業者の活動について、トラブル情報の反映が網羅的な情報に基づき適切に行われているか、また、高経年化事象の発生する可能性の高い部位や環境、適切な監視手段等の評価が適切に行われているかなどについて、国として確認することが重要であり、そのためのツールが必要である。

このため、JNESを活用し、トラブル情報等のデータベース化を図るとともに、技術情報基盤の整備が進んでいる米国の例を参考にしつつ、起こりうる経年劣化メカニズム、発生部位及び管理手法等を取りまとめた詳細事例集(図-7)などの整備を図ることが重要である。

また、事業者の技術評価は、その対象範囲が基本的にプラント全体であり、かつ多岐の専門分野(原子力工学、機械、電気、材料、化学、建築、土木等)に渡ることから、国が事業者の技術評価のプロセス及び結果の妥当性を確認するに当たっては、専門家集団であるJNESを有効に活用するべきである。

#### (4) 定期安全レビューの充実

高経年化対策上の技術評価結果に基づき策定された長期保全計画の適切性確認について、その後の機器・構築物の性能低下の状況等を踏まえ、定期安全レビューにおいて再評価し、必要に応じ見直しを行うなどにより、更なる10年間の長期保全計画に適切に反映させる必要がある。

また、高経年化対策を実施する以前であっても、高経年化事象と同様の傾向を示す事象が発生することも考えられる。このため、事業者は、経年劣化事象に対して適切な性状・進展傾向の把握を行い、これら結果を今後の保全活動に適切に反映させなければならない。これら事業者の活動の妥当性確認については、運転開始以降10年毎に実施する定期安全レビューを有効に活用することが適切である。

このため、定期安全レビューについて、事業者が課題の抽出から今後の保全活動への反映等その目的に照らして実効的な定期安全レビューが行えるよう実施目的、実施内容等に関する国としての基本的要求事項や審査・検査マニュアルの整理・充実を図るとともに、定期安全レビュー及びこの結果の保全活動への反映状況等の妥当性について国として確認することは重要である。

これら妥当性確認については、現状では保安検査においてその実施体制等の確認を行っているものの、レビューのプロセス及び結果等の適切性を確認するためには、多岐に渡る専門的知見が必要不可欠であり、これら専門的知見を幅広く有するJNESを有効に活用するべきである。

#### **(5)定期検査等における確認**

国は、事業者の通常の保安活動に加え、高経年化対策において策定された長期保全計画が適切に実施されているかどうか確認する必要がある。

具体的には、長期保全計画で定められた検査・モニタリングあるいは補修・取替が適切に実施されているか確認するとともに、高経年化事象の進展が予測の範囲内に収まっているかどうかを併せて確認し、異常な傾向が見られる場合は、事業者が適切な対応をとっているか確認する必要がある。また、事業者が国内外の最新知見などを保全計画に適切な時期に適切に反映させているかなどについても確認が必要である。

このため、国として、これら事業者の長期保全計画の実施状況について定期的に報告を求めるとともに、定期検査、定期安全管理審査及び保安検査等既存の規制の仕組みを効果的に組み合わせ、現地における事業者の保全活動プロセス等の確認を実効的に行うことが重要である。

## 6. 技術情報基盤の側面からの高経年化対策の在り方

### (1) 高経年化対策における技術情報基盤の必要性

高経年化対策を的確に実施するためには、様々な機器等についての経年劣化事象についてのデータ及び知見、これについての評価手法及び評価基準、評価結果に基づく性能低下の監視方法、補修・取替えの工法等の幅広い技術情報、データ等が必要である。また、このような技術情報等は当該プラントのみならず、諸外国を含む他プラントについても収集する必要がある。また、常に最新のものに更新されなければならない。更に、既存の知見で解決できないものについては、安全研究等を実施する必要がある。

このような高経年化対策を支える技術情報等の収集・整備は、事業者単独では困難であるので、産官学が協力して計画的かつ戦略的に実施することにより、効果的な高経年化対策に資する必要がある。高経年化対策に係る知見、データ等を収集・整備し、有効活用できる情報ネットワークを構築するとともに、これに高経年化対策に関連する安全研究を組み込んだ総合的な体系を技術情報基盤として位置付け、高経年化対策実施の基礎として活用することが必要不可欠である。

高経年化対策のための技術情報基盤の在り方の概念を図 - 8 に示す。

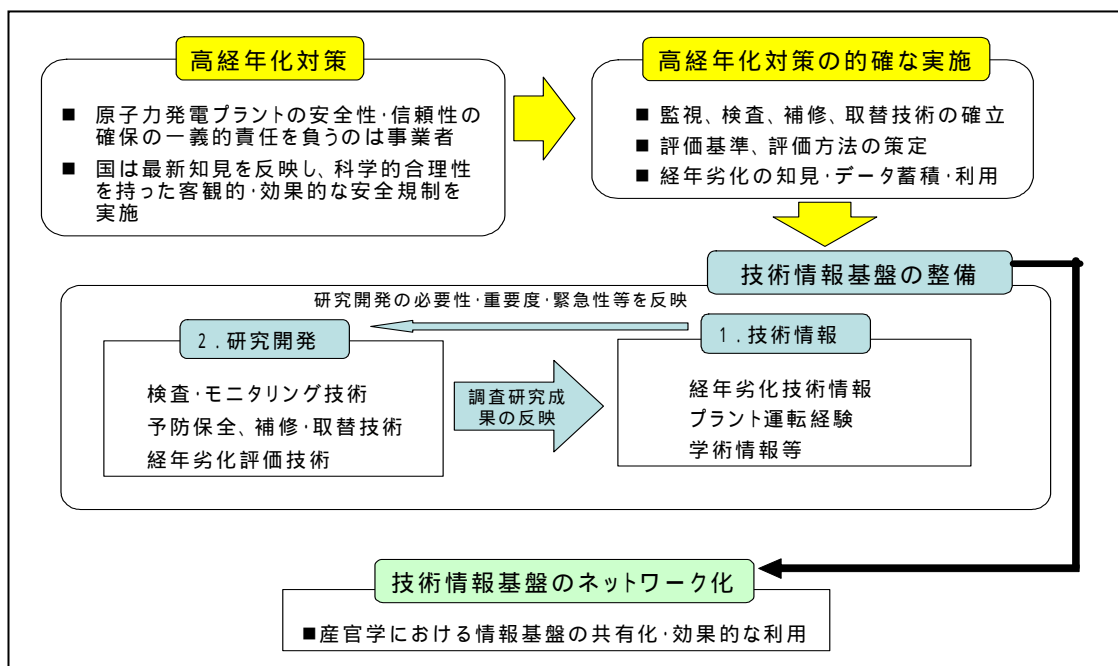


図 - 8 高経年化対策のための技術情報基盤の在り方の概念

## (2)高経年化対策における技術情報の整備

高経年化対策を一層確実なものとしていく上で、これらの技術情報をその種類、利用目的に応じ分類して継続的に収集・管理していくことが重要である。

### 経年劣化技術情報

経年劣化技術情報としては、国内外及び他産業での安全研究成果、関連規格・基準、規制情報等があり、これらを適切かつ継続的に収集・整備・評価し、高経年化対策上の技術評価への反映を図る必要がある。

### プラント運転経験情報

高経年化へ対応するためには、プラントの設計、保守、補修、運転等のデータ及び点検方法や点検実績等の情報についてデータベース化するだけでなく、事故・トラブル等の運転経験のデータベース化が必要である。特に事故・トラブル情報については国内情報に加えて海外および他産業の情報を体系的に収集し、適時適切にプラント運転・保守等への反映を図る必要がある。

### 学術情報等

高経年化対策上の技術評価は、経年劣化事象のメカニズムを理解し、経年劣化事象に係る研究結果やデータ等の学協会情報、学術情報等を基に科学的透明性を持った評価を行う必要がある。

## (3)高経年化対策における安全研究の充実

高経年化対策を確実なものとする上で、性能低下の正確な把握等のための監視手法、確実な補修工法、高経年化事象の発生・進展メカニズムの解明及びこれに基づく予測手法の確立等についての試験・研究は、引き続き推進する必要がある。安全研究の柱は、「検査・モニタリング技術」、「予防保全・補修取替技術」及び「経年劣化評価技術」の各分野であり、それぞれの考え方を以下に示す。

また、具体的なテーマの選定に当たっては、効果的な安全研究を進めるため、高経年化対策から抽出された課題について、安全上の重要性、高経年化対策上の重要性(関連技術としての広がり等)、緊急性等を考慮し、決定することが望ましい。また、安全研究の成果を実際の高経年化対策や安全規制に速やかに反映できる仕組

みを構築することも検討すべきである。

### **検査・モニタリング技術**

安全裕度を的確に把握する観点から、最新の知見を反映した検査手法により経年劣化の程度や進展等を把握するため、欠陥検出及びサイジング精度の向上等の試験・研究を推進していくことが必要である。

また、高経年化事象のメカニズム解明をもとにした予測評価に加えて、経年劣化の程度や進展等を連続的に把握するためのオンラインでの検査・モニタリング方法に関する試験・研究を行うことが必要である。

今後の検査手法に係る重点課題の例としては、SCC対応の検査・モニタリング技術が重要であり、結晶粒界に沿った微細な割れを高精度で検出できる超音波探傷技術やその進展をオンラインで捉える技術などがある。

### **予防保全・補修取替技術**

安全裕度を確保する観点から、経年劣化による性能低下を緩和させる技術、補修・取替えにより設備等を適切に更新する技術及び補修に係る安全評価技術などに係る安全研究が必要である。

高経年化事象について、その発生部位の補修に当たって従来適用してきた予防保全・補修取替技術に加えて、新たに必要となる技術的対応については、事業者等は補修方法等に関する技術開発を予め計画的に実施し、国としても、その適用性評価を効率的に行い、速やかな対応が出来るようにする必要がある。

今後の安全研究の重点課題の例としては、SCC等による損傷配管・容器に対する確実な補修工法の試験・研究があげられる。

### **経年劣化評価技術**

安全裕度を的確に把握する観点から、経年劣化の挙動を把握・予測するための研究・安全研究を推進し、成果の活用と迅速な規格・基準類等への整備を図る必要がある。また、経年変化事象の評価に当たって、評価技術の標準化を図る必要がある。

実際に発生している高経年化事象との関係では、これまでの高経年化に関する

技術評価でも多くの発生事例が取り上げられたニッケル基合金、ステンレス鋼製の配管・容器で発生している応力腐食割れ(SCC)の発生防止及び進展予測やエロージョン/コロージョン<sup>11</sup>による配管減肉についての進展予測についての試験・研究が今後重点に実施すべき課題の例であると考えられる。また、平成15年10月の制度改正で健全性評価制度が新たに導入され、BWRの再循環系配管等に発生したSCCについての評価手法が整備されたところであるが、高経年化対策において、様々な高経年化事象に対応する健全性評価手法の確立は極めて重要である。

更に、潜在的な事象についても、米国で検討が行われているような、高経年化により今後、顕在化する可能性のある事象、発生部位及び発生時期を明確にし、必要な対応を予め検討することは重要である。

#### (4) 技術情報基盤整備に当たっての産官学の役割

##### 規制当局(国)の役割

規制当局は、原子炉施設の安全性について科学的透明性のある専門的判断を国民に示す必要があることから、安全規制を効果的かつ効率的に実施するために必要な技術情報基盤の整備に主体的に関与すべきである。しかしながら、規制当局と事業者の双方に共通の技術情報基盤については、その効果的、効率的な整備について、産官学が協力し検討することが必要である。

##### 事業者の役割

高経年化した原子力発電プラントの安全性を確保し、安定した運転を行うための保守・保全活動を実施するために直接関係する技術情報基盤の整備は主としてメーカーを含む事業者で行われるべきである。

特に、プラント運転経験を通じ蓄積してきたノウハウ等を技術情報基盤として位置付ける場合は、技術継承を含めその整備について民間が主体で行うことが合理的と言える。また他社のプラントの運転経験についての技術情報基盤として幅広く共有し継承・発展させていくことが必要である。

---

<sup>11</sup> エロージョン/コロージョンとは、材料が、物理的作用による侵食(エロージョン)と化学的作用による腐食(コロージョン)の相乗効果により減肉する現象であり、減肉の進行程度は材料の種類とともに物理的因子である流速、キャビテーションの有無等また化学的因子である流体成分、温度等により影響される。

## 学界の役割

高経年化への対応のために、高経年化事象のメカニズム解明、予測、評価に当たって、理論的な分析・評価が重要となることから、学界の役割がより一層期待される。

このため、学術的知見とその研究等については、技術情報基盤の一部として組み入れ有効に活用することが必要である。この際、高経年化対策に係る課題が工学領域に限られたものではないことを念頭に自然科学、人文科学、社会科学も含めた広範な学術分野における研究を技術情報基盤に取り込むことが必要である。

### (5) 技術情報基盤確立のための方策

#### 総合調整機能の確保

高経年化対策に係る技術情報基盤整備は、規制当局、事業者及び学界がそれぞれの役割分担に基づき実施されるが、その内容は共通性が多く、また、それぞれの成果を規制面や実際の高経年化対策に生かして行くためには、産官学が有機的な連携を保ちつつ、技術情報基盤の整備・運営を行う必要がある。

このため、産官学が参加し、それぞれの技術情報基盤の整備・運営状況について調整し、内容に応じて適切な連携や情報交換を行う総合調整機能を構築する必要がある。

また、この総合調整機能には、関係機関の技術情報基盤の整備・運営状況を常にチェックし、有効な整備・運営がなされるよう必要に応じ助言を行うような機能をも含めることが望ましい。

なお、これらを検討するに当たっては、原子力発電プラントの高経年化への対応を円滑に進めるため、効果的な技術開発・規格・基準整備の推進、技術データの蓄積と技術開発成果の活用検討、国内外関係者・関連機関との技術交流・協調、情報提供等を行う機関として平成12年に(財)発電設備検査技術協会内に設置された「高経年化技術検討委員会」(添付 2)の機能を参考としつつ、高い機動性・実効性を有する総合調整機能とする必要である。

#### 情報ネットワークの整備

技術情報基盤のうち、高経年化対策に係る知見、データを収集・整備する情報

ネットワークについては、基本的には事業者が中心になって構築すべきものであるが、規制当局においても規制に関係する知見等を整備する必要があることから、JNES を活用してこれを行うとともに、事業者の情報ネットワークとも適切な連携を行うことが望ましい。

また、情報ネットワークには、高経年化に関して、様々な安全研究、規格基準類の整備等が実施されていることを踏まえ、国内外の関係者・関係機関との技術情報交流・協調に活用できるようにするとともに、国民に対する適切な情報提供等の受発信ができるような機能を有することが望ましい。

技術情報基盤における産官学の連携とその総合調整機能及び対外的な情報交換の概念を図 - 9 に示す。

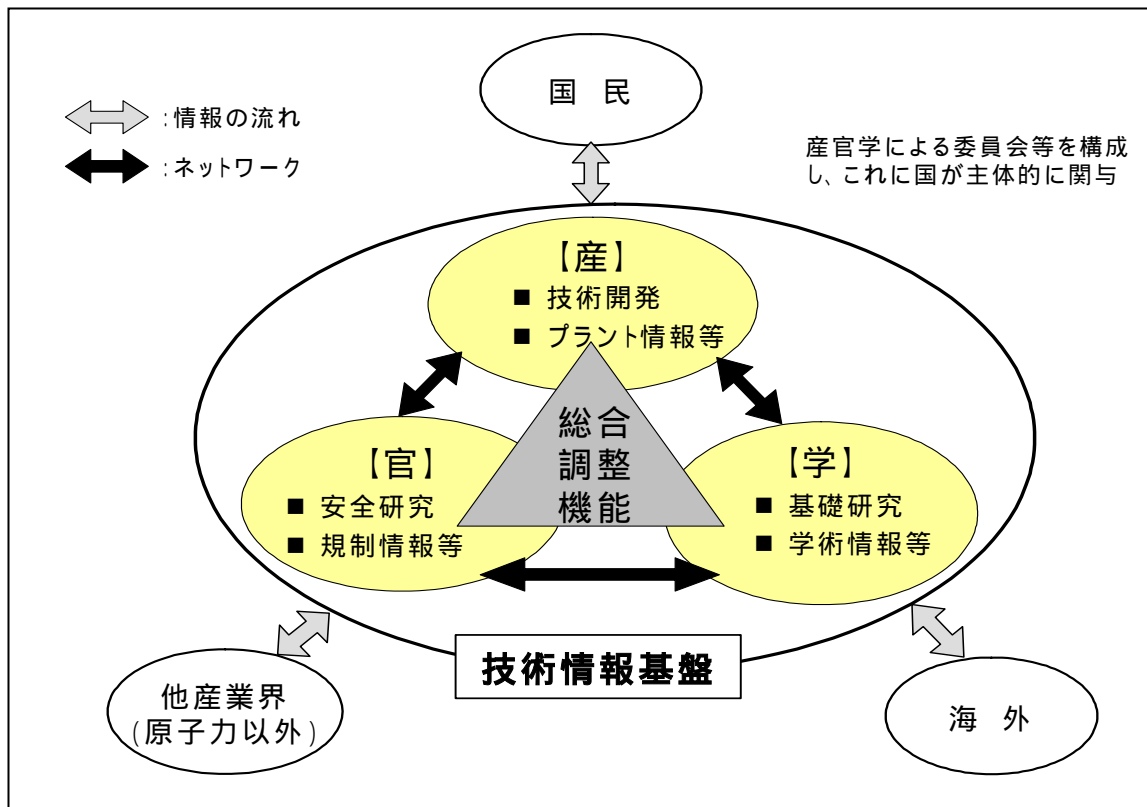


図 - 9 技術情報基盤とその総合調整機能及び対外的な情報交換の概念

### 安全研究の戦略的・効率的な実施

技術情報基盤の整備のうち、高経年化対策に係る安全研究の推進に当たっては、産官学が高経年化に係る課題及び役割分担等を十分に認識した上で、海外

研究機関等との協力も考慮しつつ、戦略的、効率的に実施する必要がある。

高経年化対策に係る安全研究の課題は、非常に広範囲にわたるので、重複を避けつつ、重点となるものを上述の総合調整機能を活用し、関係者が十分協議の上、選定する必要がある。また、その実施状況が適切であるかどうか、外部機関が適宜点検しなければならない。

なお、安全研究の実施に当たっては、全体に係る計画及び運営管理は限定された機関で行う必要があるが、個々の安全研究は、効率性・実効性の観点から、その内容に応じ柔軟な関係機関の構成、施設、地域において行うことが望ましい。また、安全研究は、実施状況や成果の活用方法等について地元住民をはじめ国民に理解される形で進められていくことが重要である。

## 7. 品質保証活動の側面からの高経年化対策の在り方

### (1) 企業文化及び組織風土の劣化の防止

原子力発電所を長期間運転しようとする場合、機器・構築物の経年劣化事象だけでなく、事業者の組織や人材あるいは運営管理活動の方法といった品質保証や保守管理活動の面での劣化事象が生ずることが懸念される。関西電力(株)美浜発電所3号機二次系配管破損事故の原因はまさしくこのような企業文化及び組織風土の劣化の問題である。

このような保守管理活動面での劣化を防止し、あるいは、その兆候を発見して適切な改善措置を講ずるなどの対策が高経年化対策の一貫性としても実施可能となるよう、高経年化対策に係る事業者の品質保証体制の確立が極めて重要である。

### (2) 高経年化対策を見据えた保守管理要領等の構築

現行の JEAC 4209-2003 においては傾向監視<sup>12</sup>等の規定はあるものの、高経年化対策を見据えた具体的な要領とはなっていない。プラント運転開始以降続けられる通常保全活動、定期安全レビュー、30年目の定期安全レビュー

---

<sup>12</sup> 使用若しくは使用中における監視パラメータを適切に採取及び評価でき、それらの傾向を監視することにより、劣化の進展状況や寿命の予測が可能であり、点検・補修等の保全計画が策定可能である場合をいう。(原子力発電所の保守管理規程(JEAC-4209)MR-4310)

の一環として実施される高経年化対策上の技術評価と長期保全計画の策定と実施及びその後10年ごとの再評価等全過程を通じた保守管理要領等の構築が重要である。この際、例えば以下のような課題に対する具体的な展開が盛り込まれるべきである。

### **各活動の役割分担の明確化**

通常の保守管理（事業者による自主検査、定期事業者検査等）における機器等の経年的な性能監視、定期安全レビューにおける包括的な運転経験の反映状況および最新の技術知見の反映状況の評価と高経年化対策（技術評価等）との相互の関連性が、品質保証要求のもとで必ずしも明確とはなっていない。

それぞれの活動の目的及び実施事項と高経年化対策上の技術評価結果等との関連性、重複性等を検討した上で、それぞれの品質保証活動の目的、役割分担及び実施項目等をより合理的で実効性のあるものに見直すとともにその実施プロセスを具体的に規定することが必要である。

### **傾向監視の充実**

現状では、一部（原子炉容器鋼材監視試験片の試験結果による評価等）を除いて特に高経年化を想定した経年劣化傾向の監視に関する事項（点検監視部位の考え方の明確化と部位の特定、データ取得方法等）は明確にはなっていない。

このため、将来の高経年化を見据えて、通常の保全活動において経年劣化の傾向監視を行うべき機器・構築物の部位、取得すべきデータ、その採取頻度及び評価手順等を含むプロセスを明確にし、標準化を図るべきである。

### **プラントの設計等に応じた運転管理・保守管理の充実**

多くの高経年化プラントは、設計、施工上の改良が加えられた新鋭プラントに比べ、設備構造面からみて保守管理や運転管理において、時間や手間がかかることは否定できない。このため、事業者は、高経年化プラントの供用継続に当たっては、そのための追加的資源投入やプラント状態に応じた、きめ細かい保守管理、運転管理対策を講ずべきである。

## 定期安全レビュー（PSR）に関する規定の充実

10年ごとに実施されるそれまでの保守管理活動の総合的な評価を行うPSRにおける運転経験の包括的評価においては、重要度の高い安全機能を有する機器・構築物に対する経年的な影響等の評価が実施されることになっているが、上記における課題と同様、高経年化対策を見据えた活動としての関連づけ、具体的なプロセスを明確にすべきである。

また、国内外の原子力発電所の運転経験から得られた教訓の反映状況及び最新知見の反映状況の評価についても、高経年化対策の観点で分析評価を行い、保全プログラムへの適切な反映を行うためのプロセスを明確にすることが重要である。

### （3）その他高経年化対策に共通的な品質保証上の課題

高経年化対策の品質向上には、個々のプロセスにおける改善に加えて、高経年化対策に共通となる事項の改善が重要である。以下に主な課題と対策の方向性を示す。

また、高経年化対策に係る保守管理・保全活動の充実・強化のためには高経年化対策に関連した技術・組織・制度等を全体的に俯瞰したうえで、時間的に蓄積される運転経験や時間的に変化する社会環境、要求事項ならびに人的資源等を加味した的確な対応が重要となる。高経年化対策に係る保守管理・保全活動の充実・強化の概要を添付 - 3 に示す。

### 人材の育成・確保

原子力発電所のような巨大な技術システムでは、実機の設計、建設、運用等の場でプラントの特長を把握し失敗も含めた経験を蓄積し伝承することが重要である。とりわけ高経年化プラントの保守管理においてはこのような総合的な技術力が不可欠である。

このため、プラント保全の重要性を再認識し、事業者のみならず関連するプラントメーカーや保全事業者等との密接な連携の下に、研究開発活動に加えて現場での地道な改善プログラムを確立させることが重要である。

また、これらの活動においては、永年にわたる設計、建設、運転・保守の経験を蓄積してきたベテランの活用が不可欠であり、社会状況に見合っ

た有効な活用方法に知恵を絞るべきである。

## **プラントメーカー等との協業の再構築**

原子力発電所の保守管理は事業者とプラントメーカー等との良好な協業関係なしには成り立たない。特に高経年化プラントの品質を維持・向上させるためには全国大での経験の融合が不可欠であり、これまでの協業をさらに発展させ、人材交流やデータベースの共通化を積極的に進めるとともに、PWR，BWRの枠を超えた協業についても検討すべきである。

## **最新知見の反映**

事業者はプラントメーカー等とともに必要な研究開発に取り組むとともに、常に国内外の最新知見を収集・評価し、通常の保守管理において適切に取り込む努力を行ってきており、これら活動については保守管理規定（JEAC 4209-2003）等において、具体的な実施プロセスとして規定していくことが重要である。

また、事業者が予測評価、監視及び補修・取替方法などに関する最新知見を保守管理に円滑かつ適切に反映可能となるよう、国は技術基準の性能規定化を進めるとともに、これら最新知見を適切に評価した上で安全規制に積極的に活用していくことなどが重要である。

## **8. 配管減肉に関する高経年化対策の考え方**

関西電力(株)美浜発電所3号機二次系配管破損事故を契機として、原子力発電所の高経年化問題への関心が高まった現状を鑑み、ここでは配管減肉に特化した高経年化対策についてその考え方を整理する。

### **(1)高経年化プラントにおける配管減肉の特徴**

事業者の配管減肉に係る取得データに基づき、高経年化プラントにおける配管減肉の特徴を分析した。これによれば、運転年数が長い方が全体の減肉傾向は小さくなる。これは、例えば、PWRでいう顕著な減肉が予想される「主要点検部位」で減肉率が0.5mm/年であるとする、減肉量は10年(運転年数)で5mmとなり、このような減肉率の配管は早い段階で技術基準で必要とされる肉厚を満足できなくなるため、その多くが高経年化に至るまでにエロージョン/コロージョンによる減肉が発生し

にくいステンレス鋼や低合金鋼の配管に取り替えられて行くためである。

一方、主要点検部位に比べサンプリングで点検を行う減肉傾向が比較的小さい「その他」の部位については、運開当初は減肉が目立っていなくても、高経年化の段階では減肉が進み、余寿命がなくなることで、取替えをしなければならない部位が増加する傾向にあると予想されている。また、高経年化の段階では、減肉による取替えが必要となる部位の数は、「その他」の部位の方が「主要点検部位」よりも多くなっている。これは、取替えが行われているものを除き、長期運転に伴い、配管全体として面的、量的に肉厚の低下の発現頻度が高まることを示している。

このため、高経年化プラントにおけるこのような配管減肉の特徴に着目して、減肉傾向が予測の範囲内であるかどうか確認し、これを踏まえて必要に応じ点検計画を強化するなどの高経年化対策を実施することが重要である。

## **(2) 配管減肉に係る高経年化対策の考え方**

配管減肉については、事業者は、定期事業者検査において、原子力安全・保安院の通達及び今後制定される(社)日本機械学会規格に従い管理を行い、国は、定期安全管理審査等で、その実施状況が適切であるかどうか確認することになっている。

高経年化プラントについては、事業者は、これに加えて次のような措置をとることが適切である。その結果、配管減肉に係る検査計画を見直す場合は、上記通達に従いつつ、中期的な検査計画にこれを反映しなければならない。国は、事業者の高経年化対策の評価を通じ、適切な対策が講じられていることを確認するとともに、保安検査等を通じ、その実施状況を確認する。

### **長期運転における減肉発生状況の正確な把握**

減肉部位の量的な拡大に備え、高経年化プラントにおけるその正確な発生及び進展状況の把握は重要である。しかしながら、その評価すべき対象は膨大である一方、多くの減肉が僅かにしか進展しないことを考慮すると、個々の限られた高経年化プラントで別々にデータを収集するよりも、事業者間での情報連携や役割分担を積極的に行い、計画的に知見を拡充するとともに、得られたデータ等を運転データ(温度、流速等)、配管データ(材料、構造等)、使用モード(常時使用、間欠使用等)等に分類してデータベース化し、これにより長期運転における減肉の発生・進展傾向を総合的に分析して、測定対象の重点化等管理の優先化、最適化に資することが望ましい。

このため、事業者においては、減肉に関し収集すべきデータの明確化及びその分担、データベース及び関連知見の整備及び管理、データベース等に基づく分析・評価等を組織的に行う体制を早急に整備することが望ましい。

### **長期運転における減肉点検、取替・補修計画の確立**

により重点とされた部位についての点検頻度、点検の範囲、点検の方法等を決定する際、減肉の進展が早いと判断された部位については、点検計画及び取替・補修計画を強化し、必要に応じ、点検時期の前倒し、減肉状況に応じた点検範囲の設定、予防保全の観点からの補修・取替等を行う必要がある。

### **減肉メカニズムの解明**

配管減肉の発生及び進展をできるだけ正確に把握し、効果的な点検・管理を行うためには、減肉データの蓄積に基づく分析・評価に加え減肉メカニズムに基づく評価管理手法を確立することが有用である。このため、事業者は、エロージョン/コロージョンによる減肉の進展と酸化皮膜の形成との関連、運転条件の変更に伴う流量の変化等の減肉への影響等の減肉メカニズムに関連するデータ及び知見を収集することが望ましい。また、エロージョン/コロージョンによる減肉以外の減肉についても、事業者は、発生箇所の特定化などにつながる発生メカニズムの解明のためのデータ収集及び分析・評価を強化することが望ましい。

### **(3) 定期安全レビューにおける評価**

配管減肉は、概ねプラント運転時間に比例して進展すると推定されているが、減肉が発生し易い偏流部位は多数あり、また、様々な系統に存在しているため、系統の運転状況等によっては、配管減肉の発生状況が想定と異なる場合も考えられる。

このため、事業者においては、これまで行われてきた高経年化に関する技術評価における配管減肉に係る評価に加え、配管減肉に関するデータ及び知見を充実し、点検・補修計画の見直しや場合によっては、点検指針の見直しを積極的に進めることが必要であり、その一環として、定期安全レビューにおいて、それまでの10年間のデータ及び知見を踏まえた配管減肉に係る評価を行い、保全計画の見直し、充実を図る必要がある。

この際、米国で作成されているような点検部位の選定及び傾向分析、経年劣化の影響検出等を定めた配管減肉に関するガイドラインを事業者主体に定め、評価を実施することが望ましい。

また、国においては、減肉メカニズムに関連する知見及びデータの収集などを通じ、定期安全レビュー及び高経年化対策としての技術評価を、適切な評価管理手法を定めつつ、実施することとする。

## 9. これまでの検討のまとめと今後の検討の進め方

本検討は、昨年8月9日に発生した関西電力美浜発電所3号機二次系配管破損事故を契機に、今後の我が国の原子力発電所の高経年化対策の在り方について、これまで実施してきた9プラントの高経年化評価等を踏まえ、透明性・明確性の確保を図りつつ、科学的・合理的判断に基づく実効性の高い対策を実施するため、その充実を図るべき点等について検討を行うものである。これまでの検討の結果、以下の点が明らかになった。これに基づき、今後の高経年化対策の具体策をWG等において検討し、本年8月を目途に最終報告として取りまとめることとする。

- (1)一部の機器については、設計評価において30又は40年の運転期間中に発生する経年劣化要因を実際より多く仮定するなど、十分に余裕のある設計を行っていることから、適切な保全活動を前提にプラント全体としてはそれ以上の供用が可能。
- (2)事業者は、これまで定期事業者検査等において機器・構築物の点検を行うとともに、蒸気発生器、炉心シュラウド等の大型機器の更新等必要に応じ適切な時期に補修・取替を行ってきたが、高経年化プラントにおいては、機器・構築物の性能低下が全体として進むので、より慎重な監視及び計画的な予防保全策が必要。
- (3)長期間の運転に伴い経年劣化事象による性能低下が、新たに顕在化したり、より進展したりする事象を高経年化事象とし、これへの対応を適切に行い、安全確保を図ることが高経年化対策。
- (4)プラントの高経年化＝全体の老朽化ではなく、適切な措置をとることにより、高経年化していても安全性が確保されていることを、保守管理の内容を公開することで一般の理解を得ることが重要。
- (5)国が事業者の高経年化対策を規制する基本的な仕組みは整備されており、欧米の制度と比肩するものである。したがって、この仕組みが透明性を確保しつつ効果的に運用できるよう、米国等の例を参考にした対策のガイドライン及び標準審査指針等の整備並びに専門機関(JNES)の活用が重要。

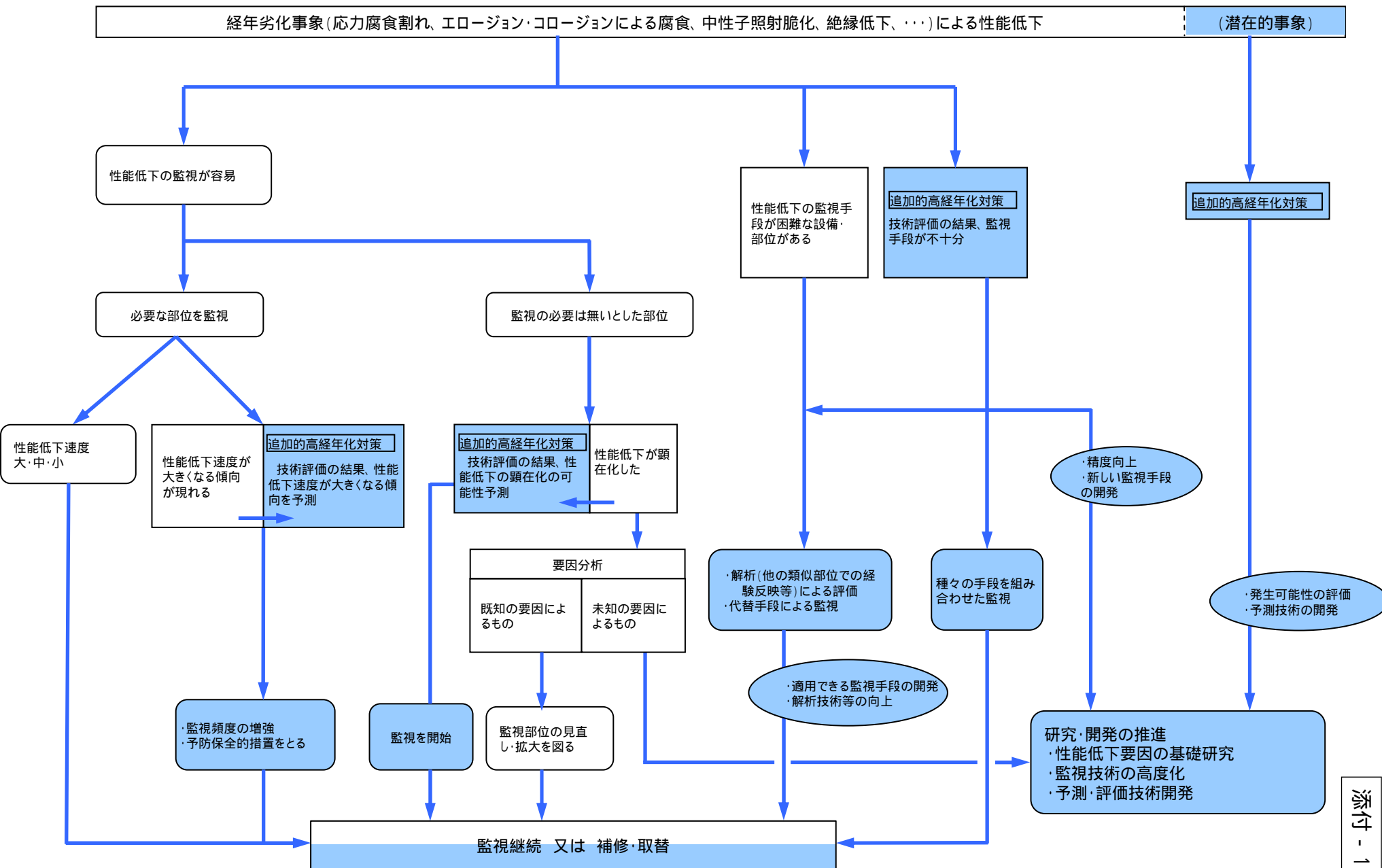
- (6) 高経年化事象と同様の傾向を示す事象が発生することが考えられ、これに適切に対処するため、定期安全レビューを有効に活用することが適切。
- (7) 高経年化対策に関する技術情報基盤の確立は、適切な高経年化対策を実施及び一般の理解促進のために不可欠であることから、産官学が参加し、その整備・運営について総合的な調整を行う機能を構築することが重要。
- (8) 事業者は、高経年化対策を適切に実施するための品質保証体制を整備すべきであり、その一環として人材の確保及び最新技術の導入に注力すべき。一方、国は、機器・構築物の経年劣化事象に係る高経年化対策に加えて、事業者の組織や人材あるいは運営管理活動の方法等の劣化を招かないよう、安全文化の劣化の兆候の発見等の保守管理体制に係る経年劣化に着目した適切な監視を行うべき。
- (9) 配管減肉については、比較的減肉率の大きい配管減肉は、高経年化に至るまでにステンレス鋼等への取替えが行われるため、高経年化プラントにおいては、数の多い比較的減肉率の小さい部位の面的及び量的な広がりに着目した減肉発生状況の正確な把握等が重要。

10. 高経年化対策検討委員会 名簿

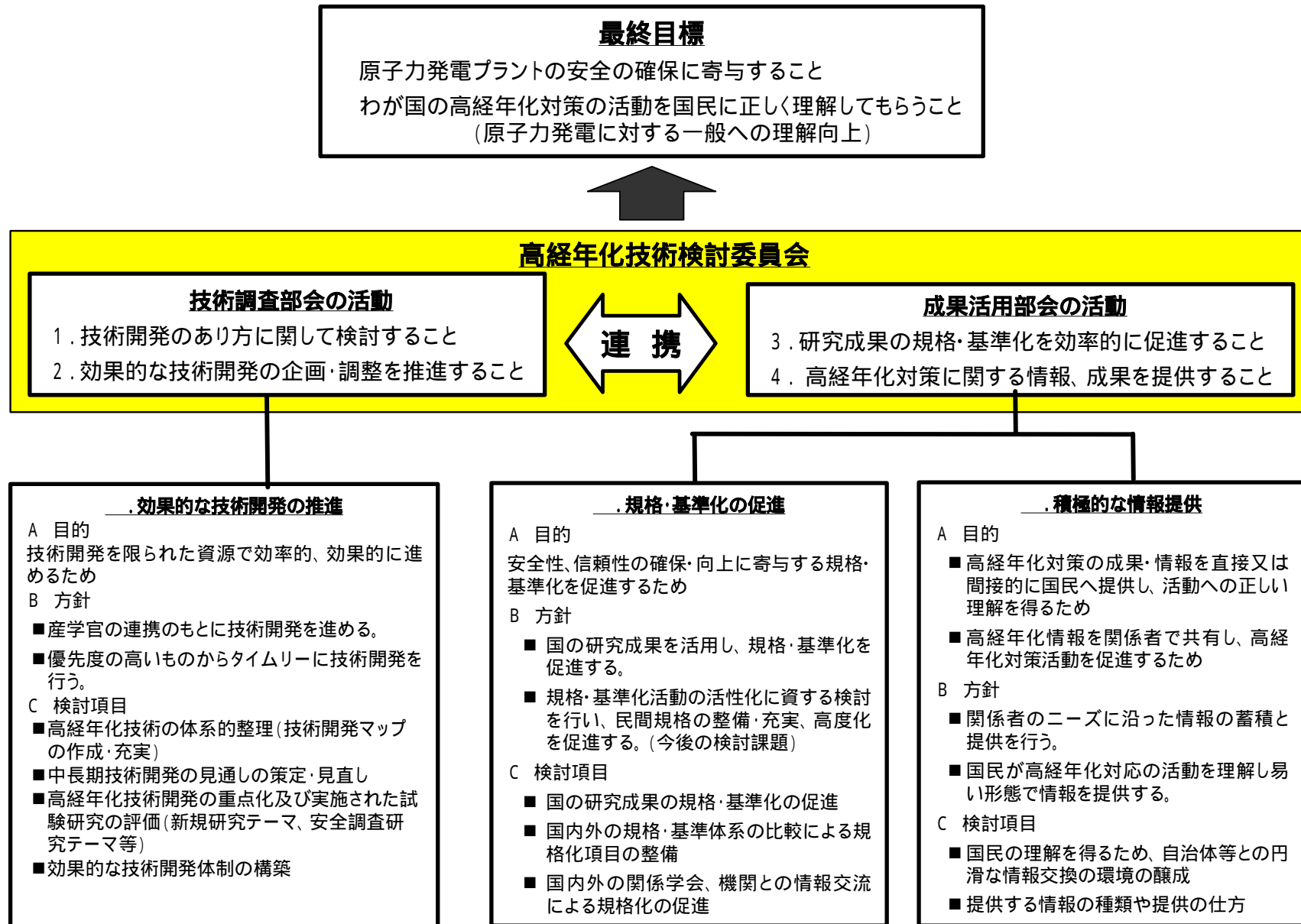
|     |        |             |  |
|-----|--------|-------------|--|
| 委員長 | 宮 健三   | (みや・けんぞう)   | 慶應義塾大学大学院理工学研究科教授                            |
| 委員  | 秋庭 悦子  | (あきば・えつこ)   | 社団法人日本消費生活アドバイザー・コンサルタント協会東日本支部支部長           |
|     | 朝田 泰英  | (あさだ・やすひで)  | 社団法人火力原子力発電技術協会技術顧問                          |
|     | 旭 信昭   | (あさひ・のぶあき)  | 福井県県民生活部長 (第3回まで)                            |
|     | 安藤 弘昭  | (あんどう・ひろあき) | 独立行政法人原子力安全基盤機構理事                            |
|     | 井川 陽次郎 | (いかわ・ようじろう) | 読売新聞東京本社論説委員                                 |
|     | 上杉 信夫  | (うえすぎ・のぶお)  | 財団法人発電設備技術検査協会<br>溶接・非破壊検査技術センター センター長       |
|     | 大出 厚   | (おおいで・あつし)  | 東京電力株式会社 原子力本部<br>原子力運営管理部長                  |
|     | 大木 義路  | (おおき・よしみち)  | 早稲田大学理工学術院教授                                 |
|     | 大橋 弘忠  | (おおはし・ひろただ) | 東京大学大学院工学系研究科教授                              |
|     | 小山田 修  | (おやまだ・おさむ)  | 株式会社日立製作所電力グループ技師長                           |
|     | 川瀬 清孝  | (かわせ・きよたか)  | 株式会社新潟建築確認検査機構<br>代表取締役社長                    |
|     | 庄子 哲雄  | (しょうじ・てつお)  | 東北大学大学院工学研究科教授                               |
|     | 須藤 亮   | (すどう・あきら)   | 株式会社東芝 電力・社会システム社<br>電力・社会システム技術開発センター センター長 |
|     | 関村 直人  | (せきむら・なおと)  | 東京大学大学院工学系研究科教授                              |
|     | 筑後 康雄  | (ちくご・やすお)   | 福井県安全環境部長 (第4回から)                            |
|     | 辻倉 米蔵  | (つじくら・よねぞう) | 関西電力株式会社取締役原子力事業本部<br>副事業本部長(原子力発電・原子力技術担当)  |
|     | 寺村 映   | (てらむら・あきら)  | 静岡県防災局技監                                     |
|     | 平野 雅司  | (ひらの・まさし)   | 日本原子力研究所東海研究所<br>安全性試験研究センター原子炉安全工学部長        |
|     | 飯井 俊行  | (めしい・としゆき)  | 福井大学大学院工学研究科教授                               |
|     | 山内 澄   | (やまうち・きよし)  | 三菱重工業株式会社原子力事業本部<br>原子力技術センター原子炉安全技術部部長      |

# < 高経年化事象の性状を踏まえた技術的対策の流れ >

(注) 網掛け部が追加的高経年化対策



# 高経年化技術検討委員会の活動



# 高経年化対策に係る保守管理・保全活動の充実・強化

