

高経年化対応ロードマップにおける保全高度化の役割

Role of Advanced Maintenance Activities in the Roadmap for Aging and Plant Life Management

東京大学大学院 関村 直人 Naoto SEKIMURA Member
(株)原子力エンジニアリング 西田 泰信 Yasunobu NISHIDA Member

A special committee for the “Development of Research & Development Roadmap regarding Power Reactor Safety” was formed in the Atomic Energy Society of Japan (AESJ) in 2004 under a contract with the Japan Nuclear Energy Safety Organization to examine the “Aging and Plant Life Management Roadmap”. The examination by the special committee was conducted based on a common understanding among the industrial, governmental and academic communities to figure out the future strategies for plant life management in order to take appropriate actions to deal with ageing phenomena at Japan’s nuclear power plants and to ensure safety and reliability of the nuclear power plants in a well-established manner.

Keywords: Roadmap, Aging, Plant Life Management, Maintenance, AESJ

1. 緒言

(独)原子力安全基盤機構の委託の下、平成16年度に(社)日本原子力学会において「発電炉の安全に関する研究開発ロードマップ作成」特別専門委員会が設置され、この中で「高経年化対応に関するロードマップ」の検討が行われた。

これは、我が国における原子力発電プラントの高経年化に対応し、原子力発電プラントの安全性の確保を更に揺るぎないものにしていくために、産官学共通認識の下、今後実施すべき施策の方向性について検討した結果をとりまとめたものである[1, 2]。

本稿では、高経年化対応ロードマップにおいて検討された内容について概説するとともに、保全高度化の役割・意義について述べる。

2. 高経年化対応ロードマップの概要

原子力発電プラントの高経年化に対応したロードマップの最終目標を明確にし、これを達成するための施策のあり方と具体化の方向性について、産官学による集中的な議論と検討が行われた。

ロードマップ検討の基本的な方針と方向性を検討した上で、以下のように時間軸と各要素への具体的な展開を行い、全体像のとりまとめを進めた。

連絡先：関村直人，〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1
東京大学大学院工学系研究科システム量子工学専攻
電話：03-5841-6986，e-mail：sekimura@q.t.u-tokyo.ac.jp

2.1 ロードマップ作成の基本方針と検討の方向性

ロードマップを作成するにあたっては、その目標とするところを「原子力発電プラントの高経年化に対する安全性・信頼性確保の達成」であると定めた。

ロードマップ検討の基本的な方向性として、「ハード面」とともに「ソフト面」の充実の必要性が示された。これまで高経年化に対応するために、技術データ等の取得のため多くのエネルギーが注がれ、主としてハード面の充実が図られてきた。今後は技術面のみならず、制度とその基盤整備等のソフト面の体系的な充実が必要である。

これらを踏まえ、高経年化に対応した課題を次の4大要素に着目して、今後の効果的な展開について具体的な検討を実施することとした。

- ① 技術情報基盤の整備
- ② 技術開発の推進
- ③ 規格基準類の整備
- ④ 保全高度化

2.2 ロードマップ要素への展開

ロードマップを構成する具体的な技術開発要素と施策を検討する上で、Fig. 1 に示す4大要素とそれらの階層的構造に関する議論を進めた。

1) 技術情報基盤の整備

原子力発電プラントの高経年化に係る運転保守経験や国内外の事故・故障等の情報、また電気事業者、プ

ラントメーカー、大学等の学術機関、国等のそれぞれにおいて実施されている技術開発成果、さらには海外における同様の情報や規格基準類の整備状況等を絶えず収集・整理・評価する必要がある。また、この活動を長期間にわたり維持する仕組みが重要である。更に高経年化に関する技術情報が受発信できる産官学のネットワークを整備する必要がある。

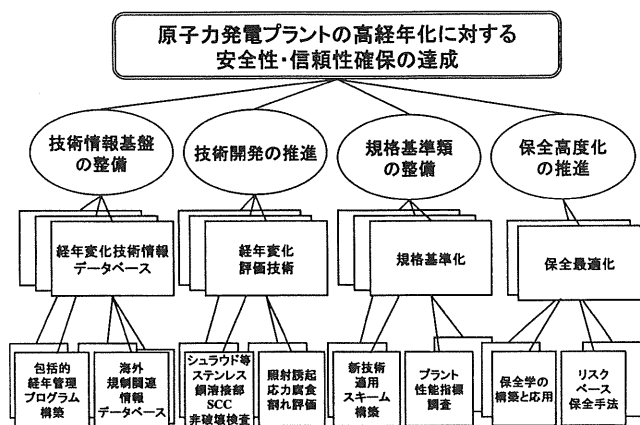


Fig. 1 Elements of the Roadmap

2) 技術開発の推進

原子力発電プラントの高経年化に係る機器と材料の経年変化の挙動を踏まえ、「検査・モニタリング技術」、「予防保全・補修取替技術」、「経年変化評価技術」の各分野において必要な技術開発を推進していく必要がある。また、推進にあたっては、高経年化を迎えるプラントに対し、点検方法や点検結果等の実機の実績に関する情報の有効性を踏まえ、技術情報基盤を基とし、技術開発状況を定期的に評価し、海外研究機関等との協力も考慮しつつ、重要性、緊急性等による優先度を確認しながら戦略的に実施する必要がある。

3) 規格基準類の整備

海外情報を含む技術情報基盤を活用し、透明性、客観性及び説明性の観点も踏まえ、原子力発電プラントの高経年化に関する技術開発成果の活用と迅速な規格基準類の整備が必要である。さらに、これらのための基本指針の確立と仕組み作りを行う必要がある。

4) 保全高度化

原子力発電や電気事業者を取り巻く環境の変化、人材基盤の確保の必要性等を踏まえると、1)～3)項

の成果に基づいて、現状の保全を体系的に整理するとともに、保全重要度の策定等やこれに基づく効果的かつ効率的な保全を検討、実施する必要がある。それには、リスクを考慮した保全・規制の検討や人材の確保・育成による技術力の維持向上等の最適化、高度化に資する取り組みを行うことが有効である。

2.3 ロードマップの全体概念

ロードマップ検討の方向性及び4大要素の具体的な展開の検討を踏まえ、ロードマップ全体構成の概念図を示せば、Fig. 2 のようになる。

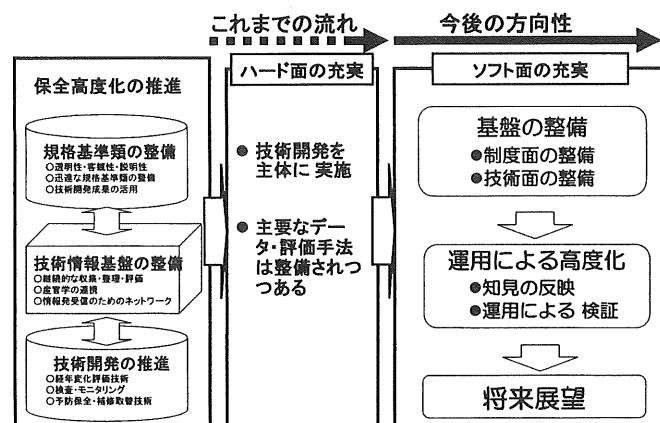


Fig. 2 Concept of the Roadmap

2.4 時間軸の検討

今後20年間程度を展望すると、以下のように3期に分けてロードマップを要素へ展開することが効果的であると考えられる。

1) I期 (基盤の整備：初期の原子力発電プラントが40年を迎える時点)

「技術開発の推進」に着実に取り組むとともに、第一に「基盤の整備」として、制度面の整備や技術面を整備するための「技術情報基盤の整備」「規格基準類の整備」について早急にかつ重点的に推進を図る。

2) II期 (運用による高度化：初期の原子力発電プラントが40年を超えて50年を迎える時点)

「技術開発の推進」に加え「技術情報基盤の整備」「規格基準類の整備」の運用を通じて得られた経験・知見を絶えずフィードバックすることにより高度化を図る。

3) Ⅲ期（将来展望：初期の原子力発電プラントが50年を超える時点）

「基盤の整備」「運用の高度化」を通じた高経年化プラントの将来展望，高経年化プラントを踏まえたエネルギー戦略等を発信していく。

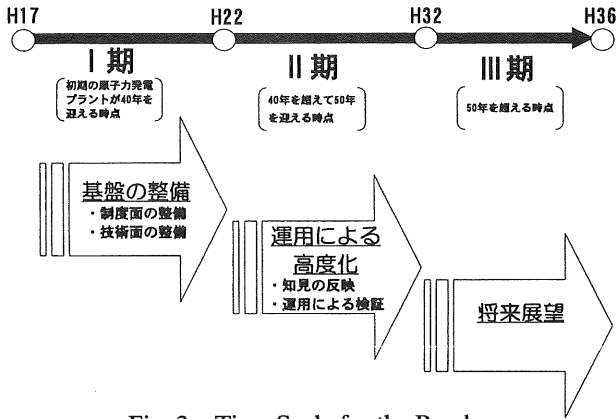


Fig. 3 Time Scale for the Roadmap

2.5 ロードマップ要素の具体化

ロードマップの要素となる研究開発課題として，72件が具体的に示された。さらに，この中から産官学のエキスパートによる評価により，「必要度」の観点から重点事項を抽出した結果，Table 1に示すような26件が抽出されている。これらについては，具体的なロードマップが前項の時間軸を踏まえて検討された。

Table 1 Important Subjects

No.	項目名
1	原子炉圧力容器鋼材の照射脆化予測手法の高度化
2	原子炉（圧力）容器の脆性監視技術の確立（PLM再生）
3	熱硬化した2相ステンレス鋼の健全性評価技術の確立
4	原子力用ステンレス鋼の耐応力腐食割れ実証試験
5	照射誘起応力腐食割れ評価技術
6	ニッケル合金の応力腐食割れき裂進展評価
7	ニッケル合金溶接部金属の破壊評価手法に関する実証
8	疲労評価(1)：炉水環境中疲労き裂の発生評価
9	疲労評価(2)：炉水環境中疲労き裂進展評価
10	ケーブル経年変化（絶縁劣化）評価手法の確立
11	コンクリート構造物の劣化モニタリング技術の実証
12	経年劣化を想定した炉内設備・配管の耐震安全評価手法の整備
13	原子炉カプランスラット材料安全補修溶接技術
14	シュラウド等ステンレス鋼溶接部のSCCに対する非破壊検査技術の実証
15	低炭素ステンレス鋼配管溶接部のSCCに対するUT技術の実証
16	圧力容器貫通部鉄腕部の非破壊検査技術（ECI, TOFD）の実証
17	リスクベース保全手法の確立
18	高経年化軽水炉機器の構造信頼性評価手法の確立
19	保全学の構築と応用
20	包括的経年変化管理ガイドラインの整備
21	産官学研究開発データベースの構築
22	高経年化に関する故障・トラブル情報データベースの構築
23	PLM点検データベース
24	高経年化対策に関する基本方針の策定
25	原子力発電プラントの性能指標に関する調査
26	高経年化プラントへ新技術適用のためのスキーム構築

2.6 産官学の役割の検討

ロードマップ要素に挙げられた研究開発課題を効果的，効率的に実現し，推進していくためには，Fig. 4に示すように，産官学の役割の検討を踏まえ，俯瞰・連携・調整の機能を持った中立性を持つ組織体が必要となる。

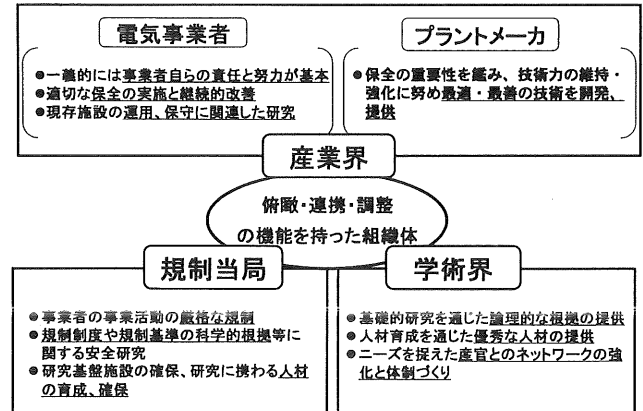


Fig. 4 Cooperation of Industrial, Governmental and Academic Communities

3. 保全高度化の意義と役割

3.1 4大要素間の関係における保全高度化

以上のように，高経年化対応ロードマップにおいては，最終目標に向けた階層的構造を有する各要素への展開，時間軸，産官学の役割等について検討された。

4大要素のうち「技術情報基盤の整備」や「技術開発の推進」の成果を踏まえ，「規格基準類の整備」により，合理性のある保全活動を進めるとともに，これらを支える人材の確保・育成が必要となる。さらに社会・経営環境等の外的要因とその変化を踏まえ，時間軸因子を加えたシステムを対象とした保全最適解を見出すことが重要である。

このような総合的な施策全体を「保全高度化の推進」として位置づけることができよう。また，それ故に保全高度化は，産官学が総合的に推進する課題となっている。

3.2 保全高度化の具体的な方向性

高経年化対応の具体的な課題の中での保全高度化の位置づけをふまえれば，リスク情報の活用が重点的な課題となる。

これまで原子力発電所の保全是，安全機能等による

決定論的考え方に基づく重要度や設計情報、運転経験等を基本として実施されている状況にある。一方で、機器区分、故障率等の保全関連情報の収集と集約を基に、経年変化する事象の発生確率の検討や確率論的破壊力学手法を用いた機器信頼性評価の精緻化等によるリスク情報の保全への活用法が開発されてきている。

このようなリスク情報の活用や、リスクの発見・定量化に関する研究開発、情報の海外の状況等も参考に、日本における実績、情勢等を踏まえ、保全高度化を推進していく必要がある。また、社会への保全高度化の効果を発信する役割についても、検討されるべきであろう。

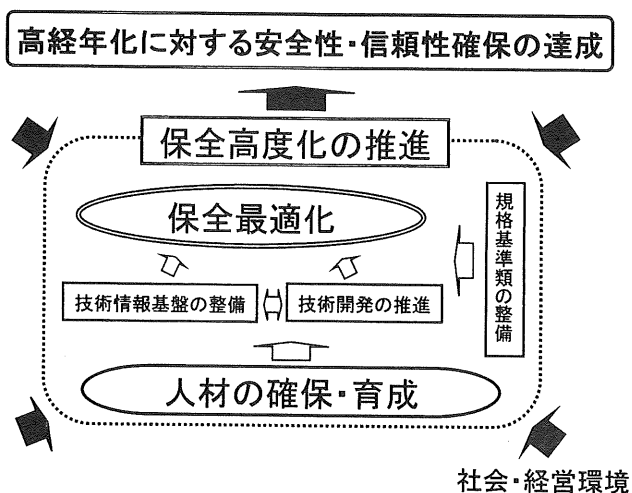


Fig. 5 Roles of Synthetic and Advanced Maintenance Activities

3.3 総合的な保全システム設計

高経年化に伴い蓄積される膨大な情報を構造的に整理し、活用されるようにするためには、データベースシステムとともに、異なる領域間の知識の翻訳・変換作業も重要となる。

また、技術開発分野内においても、検査・モニタリング、予防保全・補修技術開発並びに経年変化評価に関するバランスが要請される。

さらに、これらの知見の蓄積に基づいて、高経年化プラントの活用の仕組みの全体像が、規制や民間基準の一層の具体化とともに、社会制度設計として定着されることが必要である。

以上を長期間にわたり総合的に運用するシステム（Holistic System）の構築こそ、保全学の果たすべき重要な役割であろう。

4. 結言

原子力発電プラントにおける高経年化対応ロードマップの検討成果を踏まえて、保全高度化の役割・意義について述べた。

高経年化に対する原子力発電プラントの安全性・信頼性の確保を更に揺るぎないものにしていくために、技術情報基盤の整備や技術開発の推進、そして規格基準類の整備とともに、実効性のある保全最適化の推進を図る必要がある。また、これらをリードする人材基盤の確保・育成を根底に据えなければならない。さらに社会・経営環境の外的要因を踏まえ、時間軸を加えた保全高度化の推進が中心的課題となってくる。

高経年化システムの安全性・信頼性確保の達成のための保全高度化は、原子力発電システムのみならず、21世紀社会が直面する安全・安心社会の構築をめざした課題解決に応えるものであり、このための総合的なシステム造りが要請される。

参考文献

- [1] (社)日本原子力学会「2005春の年会」総合講演・報告, “高経年化対応ロードマップ” 平成17年3月
- [2] 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会第3回高経年化対策検討委員会資料, “(社)日本原子力学会における高経年化対策に関する取り組み状況について” 平成17年2月