

博士論文

原子力発電所の安全マネジメントシステムの
実効性向上に関する研究

山本 晃弘

目次

第1章 序論	1
1. 1 本研究の動機と目的	1
1. 2 本研究が対象とする課題の設定	7
(1) 安全文化	7
(2) 運転経験のフィードバック、分析	8
(3) 長期運転への対応	9
1. 3 本研究の主な分析の対象	11
(1) 原子力発電所のトラブル事例	11
(2) トラブルの報告基準とCAPとの関係	13
(3) 規制当局による保安検査（規制検査）結果の報告書	15
1. 4 本論文の構成	16
第2章 原子力発電所における安全文化醸成活動の実効性向上に関わる研究	17
2. 1 原子力発電所の安全マネジメントシステムにおける安全文化の位置づけ	18
2. 2 事業者の安全文化醸成活動	21
(1) 関西電力の安全文化醸成活動の実施状況	21
(2) 過去の事例から得られる安全文化醸成活動の課題	24
1) トラブル事例の人的および組織的事項に関わる情報収集	24
2) 現場からのボトムアップアプローチの必要性	26
3) 軽微なトラブルから得られる教訓の活用	31
2. 3 規制当局による事業者の安全文化醸成活動の評価	35
(1) 事業者の安全文化醸成活動に対する我が国の規制の変遷	35
(2) 原子力安全・保安院による事業者の安全文化醸成活動の評価	37
(3) 原子力規制庁による事業者の安全文化醸成活動の評価	41
2. 4 安全文化醸成活動の実効性向上のための方策	45
(1) 事業者の安全文化醸成活動の継続的改善のための方策	46
1) 軽微なトラブルに関わるデータの蓄積と外部への説明	46
2) 立地自治体の知見の活用	46
(2) 規制当局による安全文化評価のプロセス改善	47
2. 5 まとめ	49
第3章 原子力発電所の定期安全レビューの実効性向上に関わる研究	52
3. 1 我が国の定期安全レビューの実施に関わるこれまでの経緯	52
(1) 規制当局主導による定期安全レビューの導入	52
(2) 定期安全レビューの法制化	54
(3) 定期安全レビューの安全性向上評価制度への統合	56
3. 2 国際基準への対応および我が国における規制当局と事業者の議論	58
(1) IAEAの定期安全レビューガイドライン（SSG-25）への対応	59
(2) 規制基準適合性審査における議論を踏まえた対応	62
3. 3 事業者が実施した定期安全レビューの変遷	65
(1) 第1回目のレビュー（運転開始初期のトラブルへの対応）	67
1) 安全研究成果および技術開発成果	69
2) 国内外の原子力発電所の運転経験から得られた教訓	69
(2) 第2回目のレビュー（アクシデントマネジメントの整備）	70
1) 安全研究成果および技術開発成果	71
2) 国内外の原子力発電所の運転経験から得られた教訓	71

(3) 第3回目のレビュー（福島第一原子力発電所事故を踏まえた対応）	71
1) 安全研究成果および技術開発成果	72
2) 国内外の原子力発電所の運転経験から得られた教訓	73
3. 4 定期安全レビューの実効性向上のための課題と考察	74
(1) 規制当局の現場における技術情報基盤の構築	75
(2) 福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全対策に対するレビュー	77
(3) 過去のレビュープロセスの検証	78
3. 5 まとめ	79
第4章 原子力発電所の長期運転に向けた技術情報基盤の運用に関わる考察	81
4. 1 OECD/NEAにおける技術情報基盤整備に関わるプロジェクト	84
(1) プロジェクトの実施体制	86
(2) データベース等へのアクセス権限	87
(3) SCC ワーキンググループにおける知識ベース構築等に関わる活動	88
(4) ケーブルワーキンググループにおける知識ベース構築等に関わる活動	92
(5) プロジェクトの成果の反映	95
(6) 小括	96
4. 2 我が国における技術情報基盤の整備	98
(1) 技術情報基盤の整備に関わるこれまでの経緯と現状	98
(2) 事業者によるニューシアの運用と課題	103
1) トラブル情報の蓄積	105
2) 産学官による情報共有	109
3) 社会への情報発信	111
(3) 規制当局の技術情報基盤	115
(4) 小括	118
4. 3 長期運転に向けた技術情報基盤の整備・運用	119
(1) 技術情報基盤の整備体制	120
(2) データベースの運用	121
(3) 知識ベースの運用	123
第5章 結論	125
5. 1 まとめ	125
5. 2 結論	132
5. 3 今後の課題	134

目次

第1章 序論	
図1-1 意思決定プロセス (IAEA の提唱する Integrated RIDM プロセス)	3
図1-2 本研究における議論の展開	6
図1-3 本研究で取り上げるトラブル事例の範囲と CAP の関係	15
第2章 原子力発電所における安全文化醸成活動の実効性向上に関わる研究	
図2-1 マネジメントシステムと安全文化醸成活動の関係	20
図2-2 安全協定に基づく異常事象 (美浜、大飯、高浜発電所) の発生件数の推移	28
図2-3 軽微なトラブル (美浜、大飯、高浜発電所合計) の発生件数の推移	33
図2-4 規制当局による事業者の安全文化の劣化防止への取組みを評価するガイドライン等の位置づけ	40
図2-5 規制当局による安全文化の監視活動のプロセス (IAEA TECDOC-1707)	48
図2-6 安全文化の劣化兆候等の把握のためのトラブル情報の要因分析	50
第3章 原子力発電所の定期安全レビューの実効性向上に関わる研究	
図3-1 安全性向上評価と従来の定期安全レビューの関係	57
図3-2 現行規制基準における事業者と規制当局の議論の課題	65
図3-3 我が国の定期安全レビューの実績	66
図3-4 PRA、安全研究、運転経験の活用プロセス	67
図3-5 SSG-25 を踏まえた我が国の定期安全レビュー実施のフロー	80
第4章 原子力発電所の長期運転に向けた技術情報基盤の運用に関わる考察	
図4-1 経年劣化管理および長期運転に関わる IAEA の安全基準図書	83
図4-2 推奨実務の定義と抽出プロセス	86
図4-3 プロジェクトの実施体制	87
図4-4 データベースへのデータ登録のフロー	88
図4-5 SCC データベース、知識ベースおよび推奨実務の関係	90
図4-6 SCC 知識ベースの構成	91
図4-7 SCC の発生履歴例 (インコネル 600 母材と溶接部の構成機器での PWSCC)	92
図4-8 ケーブルデータベース、知識ベースの構成	94
図4-9 OECD/NEA プロジェクトにおける異なる経年劣化事象の知識基盤構築プロセス	97
図4-10 高経年化対策のための技術情報基盤	99
図4-11 関西電力の原子力保全総合システム	103
図4-12 事業者によるニューシアの運用	105
図4-13 ニューシア登録情報等の高経年化技術評価書への反映	110
図4-14 事業者によるトラブル情報の社会への発信	113
図4-15 規制当局における技術情報基盤の構築	118
図4-16 ニューシアを活用した産学官による情報共有	121
第5章 結論	
図5-1 軽微なトラブルから得られる情報基盤と社会への発信	130
図5-2 安全マネジメントシステムの実効性向上のためのプロセス	131

表目次

第1章 序論	
表1-1 法令対象トラブルと安全協定（福井県）に基づく異常事象報告の比較 （主な事項）	12
表1-2 トラブルの報告に関する安全協定の比較（福井県と各立地自治体の安全 協定の主な項目の比較）	13
第2章 原子力発電所における安全文化醸成活動の実効性向上に関わる研究	
表2-1 安全文化の評価の視点（関西電力）	22
表2-2 美浜発電所3号機の主蒸気管油圧防振器の損傷事例に関わる関西電力 の対応と問題点	25
表2-3 安全管理の徹底に関する福井県の要請に対する関西電力の対応	27
表2-4 安全管理等に関する福井県から関西電力への申し入れ（2005年以降）	30
表2-5 原子力安全・保安院が保安検査項目に安全文化の評価を取り上げた回数	38
表2-6 大飯発電所に対する「安全文化・組織風土劣化防止に関わる取り組みの 総合評価について（指導）」の「取り組み要請事項」の変遷	42
表2-7 高浜発電所に対する「安全文化・組織風土劣化防止に関わる取り組みの 総合評価について（指導）」の「取り組み要請事項」の変遷	42
第3章 原子力発電所の定期安全レビューの実効性向上に関わる研究	
表3-1 我が国の定期安全レビューの位置づけの変遷	58
表3-2 SSG-25の14項目の安全因子と安全性向上評価に関する運用ガイドとの 関係	59
表3-3 高浜発電所1、2号機 定期安全レビュー報告書の変遷	68
第4章 原子力発電所の長期運転に向けた技術情報基盤の運用に関わる考察	
表4-1 プロジェクトの対象とする事象の絞り込み	85
表4-2 技術情報基盤の整備に関する技術マップ	100
表4-3 技術情報基盤の整備に関わる個別の課題調査票（抜粋）	101
表4-4 ニューシアへの保全品質情報の登録件数	106
表4-5 福井県原子力安全専門委員会における関西電力のニューシアの活用策に ついての紹介	114
表4-6 OECD/NEAプロジェクトから抽出した技術情報基盤の整備事業の展開に 必要な要素とニューシアの現状の比較	119

第1章 序論

1. 1 本研究の動機と目的

2011年3月11日、福島第一原子力発電所は、東北地方太平洋沖で発生したマグニチュード9.0の地震に伴う巨大な津波により1号機から3号機が全電源を喪失し、原子炉冷却システムが十分に機能せず炉心燃料が溶融する過酷事故が発生した。

我が国の原子力発電所では、過去に美浜発電所1号機の燃料棒折損事故(1973)、敦賀発電所1号機一般排水路放射能漏えい事故(1981)、美浜発電所2号機蒸気発生器伝熱管破断事故(1991)、高速増殖原型炉もんじゅ2次主冷却系ナトリウム漏えい事故(1995)、東京電力の自主点検作業記録に係る不正や福島第一発電所1号機における格納容器漏えい率検査の偽装問題(2002)、美浜発電所3号機2次系配管破損事故(2004)、中国電力の水力発電設備のデータ改ざん(2006)をきっかけに発覚した志賀発電所1号機の臨界事故(1999)などの数々の事故、不祥事が発生し、国民の原子力に対する不安、不信感が増大し、事業者は、その都度、安全確保と信頼回復に努めると説明してきた。

しかし、福島第一原子力発電所事故により、敷地外部に大量の放射性物質が放出され、周辺環境に長期間かつ広範囲に甚大な被害をもたらす事態となり、それまでの事故、不祥事とは比較にならないほど、地域住民をはじめ国民の原子力発電所の安全性に対する信頼は失墜した。

このため、福島第一原子力発電所事故後、事業者、規制当局、政府の対応だけでは、原子力発電所の再稼働に対する地域住民、国民の理解を得ることが困難となり、法令上の要件ではないものの、再稼働に対する地元の同意が必要となり、その合意形成、意思決定に立地自治体が不可避的に関与せざるを得ない状況となった。

具体的な例としては、福島第一原子力発電所事故の影響で、2012年5月に全国のすべての原子力発電所が停止した後、原子力発電所の設置や運転等の可否を判断するための新たな規制基準(以下「現行規制基準」という。)や、原子力安全・保安院に代わる新たな規制組織が設置されていない中で、福井県が主導的な役割を担い¹⁾、関西電力は、2012年7月に大飯発電所3、4号機の再稼働を果たした。

また、再稼働にあたり、福井県の要請により、国や関西電力、プラントメーカーなどで構成される体制が整備され、その中に福井県も職員を投入し、大飯発電所3、4号機の監視、情報共有を行い、福島第一原子力発電所事故後、最初の再稼働となる原子力発電所に対する福井県民、国民の不安解消に努めており、これは、原子力の安全性に対する社会的受容性の変化への対応の一例と言える。

これらに関して、市村²⁾は、原子力発電所の利用のための制度の変化に関する考察の中で、再稼働の判断は政府によりなされるとした上で、「国民の理解が得られているかどうかは、実質的に立地自治体の首長に託されている。」と評している。

大飯発電所3、4号機の再稼働後、2012年9月に原子力規制委員会が発足し、2013年7月に現行の規制基準が施行された後も、川内発電所1、2号機、高浜発電所3、4号機をはじめ原子力規制委員会による審査に合格した原子力発電所は、立地自治体の同意の手続きを経て再稼働に至っている。

これらの経緯を踏まえると、福島第一原子力発電所事故を経験した我が国が、今後も原子力を活用していくためには、原子力発電所の安全確保はもとより、地域住民等の安全・安心を得るための立地目線の視点が重要であり、事業者、規制当局のみならず立地自治体も参画し、原子力安全の維持、向上のための活動を進めていくことが求められていると言える。

さらに、原子力に対する国民の信頼を再構築するためには、原子力発電所の良好な運転実績を積み重ねていくことが何よりも重要であり、福島第一原子力発電所事故の知見、教訓や国内外の運転経験、最新知見等を原子力発電所の安全対策に確実に反映していく必要がある。

福島第一原子力発電所事故の原因や事故から得られた教訓については、事故の当事者である東京電力や規制当局をはじめ、政府や民間組織などが報告書をまとめているが、国際原子力機関（IAEA）がとりまとめた事務局長報告書（2015）³⁾では、事故の教訓の一つとして、「福島第一原子力発電所の事故は、原子力安全に関する基本的想定が気付かれなままである可能性があるため、人間、組織及び技術の複雑な相互作用が関与するシステムの脆弱性を特定するのは難しいことを示した。このため、通常運転と事故状態の双方において、全体的システムの構成要素がどのように機能し、相互作用するかを理解するためには、人的、技術的及び組織的考慮を含む体系的アプローチが必要である。」として、設備だけでなく、人と組織を含めた総合的な安全マネジメントシステムを構築していくことの重要性を指摘している。さらに、同報告書では、

- ・ 原子力発電所の安全は、知見の進歩を考慮して定期的に再評価する必要がある、必要な是正措置又は補完措置が速やかに実施される必要がある。
- ・ 安全文化の定期的な評価は、基本的想定に関する考察と対話を促進することに役立ち得る。
- ・ 運転経験の利用は、定期的にかつ独立して評価される必要がある。

ことなど、安全文化や運転経験の定期的な評価の実施の必要性を指摘している。

また、我が国においても、日本原子力学会がIAEAの基本安全原則などの内容と位置付けを踏まえた上で、福島第一原子力発電所事故の教訓の反映や、原子力安全の基本的考え方をまとめる中で、2013年6月に「原子力安全の目的と基本原則」を定め、その中で、

- ・ マネジメントシステムは、組織文化に影響を及ぼし、かつそれによって影響を受ける。このため、マネジメントシステムと組織文化との関係が組織の全員に理解されることが重要である。
- ・ 安全文化は、関係する全ての組織と個人の安全に対する姿勢と振る舞いに影響を及ぼす組織文化の最も重要な要素であり、マネジメントシステムは、この安全文化を強固なものにし、浸透させ、それを促進するような方法や枠組みを組み込んだものでなければならない。

- ・ 常に安全の向上を意識し、教訓を学び、共有し、それに基づいて行動できるように、起回事象、事故の前兆、ヒヤリハット、事故及び許認可対象外行為等の全ての運転経験のフィードバックと分析とを計画的に行うためのプロセスをマネジメントシステムに組み込まなければならない。

など、原子力の安全マネジメントシステムを構成する要素として、安全文化や運転経験のフィードバック、分析等を挙げている。

これらの活動に関連して、2011年に発行されたIAEAの国際原子力安全諮問グループの報告書(INSAG-25)では、論理性、包括性、透明性、再現性、実証性を備えた「意思決定における統合的リスク情報の活用」を提唱している⁴⁾。

この中では、原子力安全に関わる様々な課題解決のための意思決定のプロセスとして、規制側と事業者側のそれぞれが持つ考えについて両者の間で議論を行い、運転経験や決定論的アプローチ、確率論的アプローチとともに組織のマネジメントシステムや経済性、安全研究成果等を考慮に入れ、総合的に評価、判断していくことを求めており、図1-1に示すように、「①事業者と規制当局による課題設定」、「②具体的材料による議論」、「③統合的評価および実行」のフェーズに分けることができると言える。

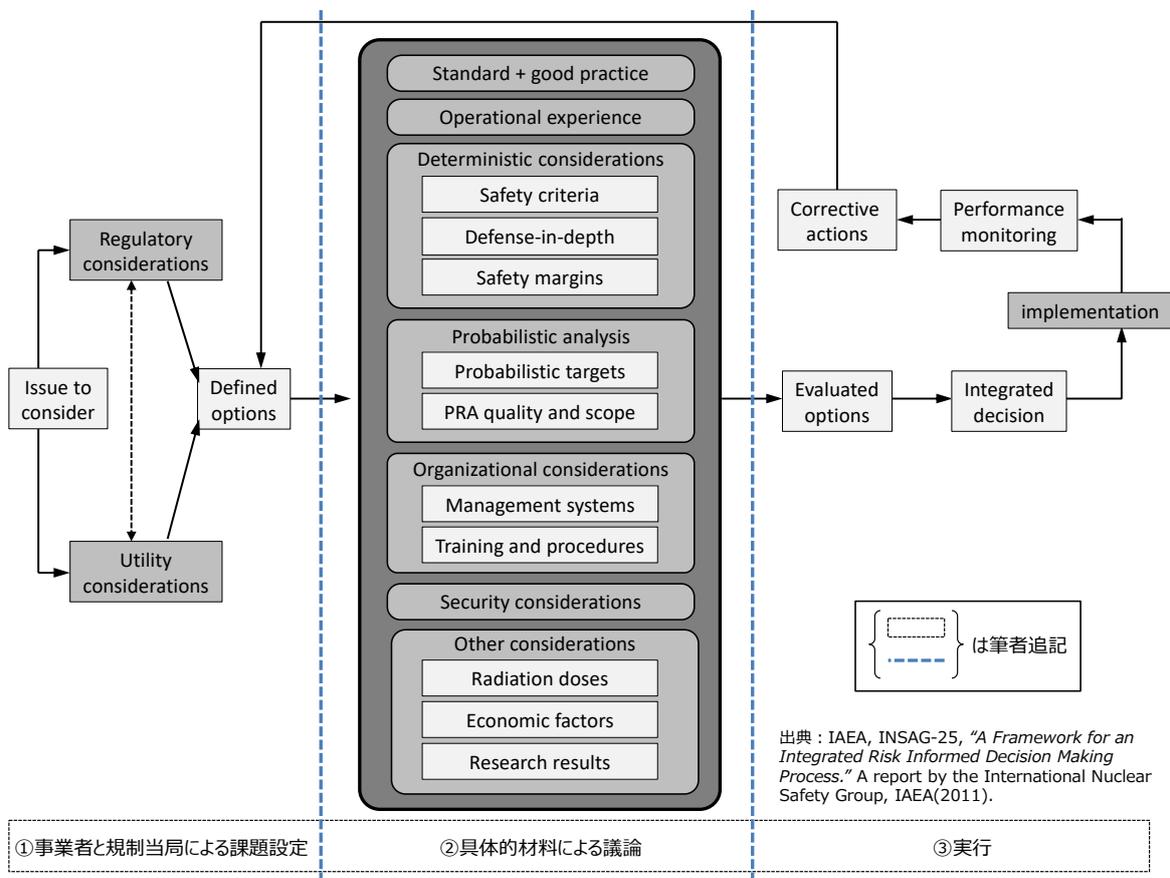


図1-1 意思決定プロセス (IAEAの提唱するIntegrated RIDMプロセス)

我が国では、電気事業連合会が2018年2月に「リスク情報活用の実現に向けた戦略プラン及びアクションプラン」⁵⁾をまとめており、その中で、

- ・ 組織が一丸となってリスク情報を活用した意思決定（RIDM）を実施するためのプロセスや技術基盤の整備に取り組みなくてはならない（リーダーシップと安全文化）
- ・ RIDMプロセス及び関連する社内規定類、手順書の整備と歩調を合わせて教育、訓練のプログラムを整備することは、RIDMプロセスの円滑な導入にとって重要（人材の育成）

などの課題を提示している。

また、事業者自らが、原子力発電所固有のリスクに対する認識をはじめ、そのリスクへの対応方針や目指す姿などについて社会に提示し、対話を行い、フィードバックを得る必要性を指摘している。このため、社会への提示の方法として、IAEAの提唱するIntegrated RIDM（IRIDM）プロセスをどのように活用できるのか検討を行うことが重要である。

一方、日本原子力学会は、福島第一原子力発電所事故の直接要因分析とそれに基づいた背後要因の評価を行い、2014年3月に報告書をまとめ⁶⁾、直接的原因として、不十分な津波対策、過酷事故対策、緊急時対策、事故後対策および種々の緩和・回復策を挙げ、その背後要因として、

- ・ 専門家の自らの役割に関する認識の不足
- ・ 事業者の安全意識と安全に関する取組みの不足
- ・ 規制当局の安全に対する意識の不足
- ・ 国際的な取り組みや共同作業から謙虚に学ぼうとする取り組みの不足
- ・ 社会や経済に深くかかわる巨大複雑系システムとしての特性を踏まえ、プラントの安全確保のための俯瞰的な視点を有する人材及び組織運営基盤が形成されていなかった

ことを挙げており、事故の教訓として深層防護による安全確保や原子力安全に係る多様な局面・場面に共通する個人や組織のコミュニケーションの課題等を指摘している。

これらの課題等を解決しながら、原子力発電所の継続的な安全性向上を図るためには、規制当局および事業者が、安全マネジメントシステムの要素に関わる課題を認識した上で、互いの活動を補完的に機能させながらシステム全体の実効性向上に努めることが重要である。さらに、原子力に対する社会的受容性を回復する視点から、それらの状況等について、立地自治体をはじめ国民に示し理解を得る活動を継続的に実施する必要がある。

また、2013年7月に施行された現行の規制基準への対応として、地震・津波などの自然災害や火災などへの対応の充実、多重性・多様性・独立性を備えた信頼性のある電源・冷却設備の機能強化の他、重大事故等対処設備の設置などが求められ、事業者は、福島第一原子力発電所事故後、定期検査のためにプラントを停止した状態を継続し、各発電所の設備増強工事等を行っている。

そのような中、我が国では、運転開始後の経過年数について、40年を超えるプラントが増加しており、いわゆる高経年化時代に突入している。2012年には、運転期間延長認可制度が導入され、40年を超える運転を行うプラントに対しては、運転期間延長の認可が必要となった。

この制度は、発電用原子炉の運転期間を運転開始時から40年とし、その満了までに認可を受けた場合には、1回に限り最大20年延長を可能とするものであるが、運転期間延長申請に当たっては、これまでと同様に、運転開始後30年目以降10年毎に高経年化技術評価を行い、長期保守管理方針を策定するとともに、新たに運転開始後35年を経過する日以降に、特別点検と称する原子炉容器炉心領域全体の非破壊試験や目視点検などの追加点検を実施することが求められた。

この制度導入後、関西電力は、2015年7月に国内で初めて高浜発電所1、2号機の運転期間延長の認可申請を行い、原子力規制委員会による審査を経て2016年6月に認可を受けており、許認可上は同発電所の60年運転が可能となっている。

一方で、安全対策工事の技術的および経済的成立性や今後の運転可能期間等を総合的に勘案し、敦賀発電所1号機、美浜発電所1、2号機、島根発電所1号機、玄海発電所1号機などの廃止が決定されている。

運転期間延長が認可された高浜発電所1、2号機に関する福井県議会の知事答弁等⁷⁾をみると、「40年を超える運転延長については、国民や県民に古い発電所だということから安全性に対して不安を持っている方もいることから、国が前面に立ち、その必要性や安全性について様々な機会を通して分かりやすく説明を積み重ねることにより、初めてこれは理解がなされるものであり、そのような努力を更に強く求めていく」、「事業者に対し、40年を超えて運転する必要性や安全性に関わる科学的な議論を県民に対し十分に示し分かりやすく説明するよう求める」など、依然として、国民の間には、原子力発電所の耐用年数を超えて運転するとの認識があることを示唆している。

また、同知事は、40年を超えたプラントの安全確保対策はもとより、国や事業者の国民に対する理解活動の実績等をもとに運転継続を認めるかどうかの判断を行うとしており、原子力発電所の長期運転に対する社会的受容性を高めることが求められていると言える。

原子力の安全と社会的受容性との関係について、佐藤⁸⁾は、「例えば、エネルギー資源に甚だ乏しいわが国にとっては、原子力の平和利用は必要であるが、それには安全確保が大前提であるということには、同意する人が多いだろう。そうすると、現存している、あるいは建設が予定されている原子力施設が、果たしてこの大前提を満足する程度に安全と考えることができるかどうかを、単に一人一人がどう思うかだけでなく、これを総合し集約して、国家あるいは社会として判断しなければならないことになる。この場合には、国家あるいは社会の判断を形成するための、何らかの共通の基盤、基準や尺度、更には判断に至るまでの手順のようなものが必要になる。(中略)つまり議論のための『共通の土俵』を作る必要がある」と述べている。

我が国が、今後も原子力発電所を活用していくためには、原子力安全の議論のための共通言語となりうる要素、基盤とは何かについて改めて整理を行い、社会的受容性の変化に対応していくことが求められていると言える。

そのためには、過去の経験で学んだこと(知見)を普遍化し、将来の問題への対処に適用する

など、時間軸を考慮に入れたプラント供用期間中の安全性を一つのシステムと捉え、課題に対応していくことが重要である。この概念を図1-2に示す。我が国では、これまで長年にわたるプラントの運転経験があり、トラブルについては数多くの事例を蓄積しており、そこから得られる知見を他の領域に展開することが可能である。

例えば、蒸気発生器のトラブルを挙げると、美浜発電所1号機など加圧水型軽水炉の初期のプラントでは、運転開始後に、施工方法や材料、環境条件に起因する伝熱管の損傷が多発し、その対策として二次系水質の改善や蒸気発生器の取替えなどが行われている。また、トラブルから得られた知見を、後続プラントの設計や検査技術の開発に反映し、海外の知見も取り込み、原子炉容器上蓋の取替えなどの他の設備の予防保全策などに展開している。

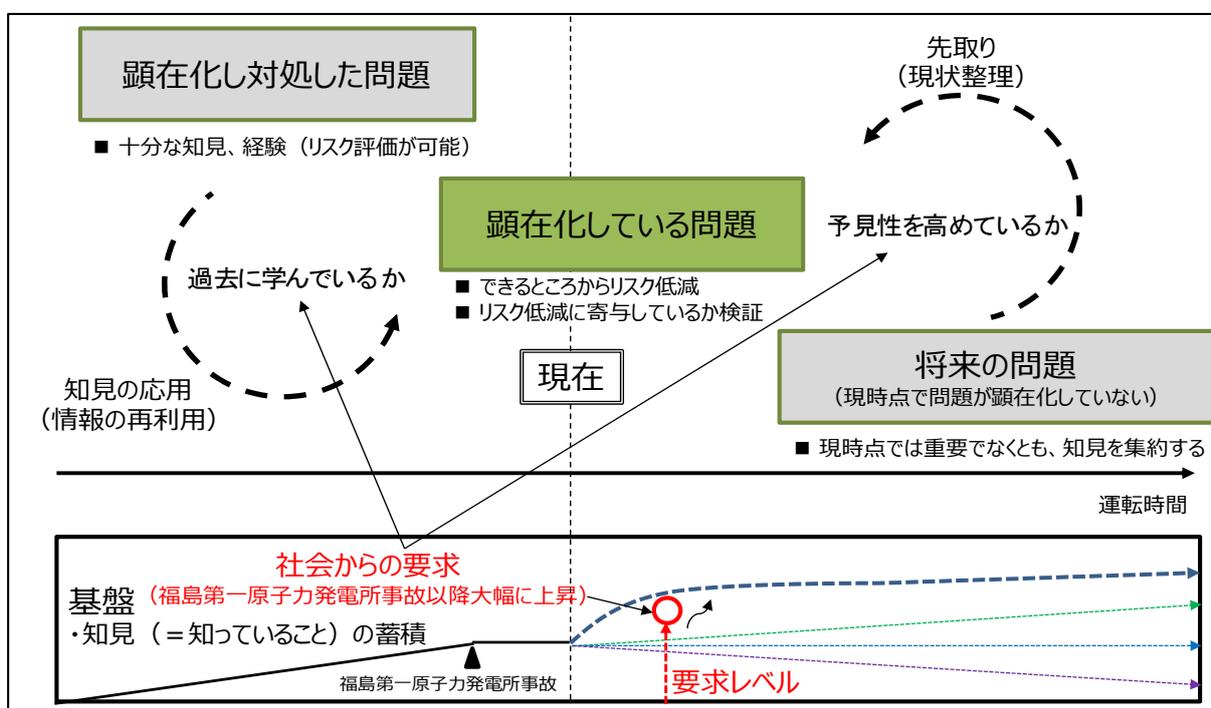


図1-2 本研究における議論の展開

本研究では、このように、時間軸をもとに将来の問題解決に向け予見性を高め、プラントの安全性向上を図るための基盤整備のあり方について、課題を設定した上で議論を展開する。

また、福島第一原子力発電所事故以降、原子力安全に対する社会からの要求レベルは大幅に増加していることから、この基盤整備を行う目的に社会的受容性向上の要素を加え、プラントのライフサイクル全体を俯瞰しながら課題解決のための方策について検討を行う。

具体的には、これらの問題意識をもとに、原子力発電所の安全マネジメントシステムの実効性向上のために我が国が取るべき方策を示すため、安全文化、運転経験のフィードバックおよび分析、長期運転への対応を対象として取り上げ、次節において課題を設定し調査、検討を進めていく。

1. 2 本研究が対象とする課題の設定

(1) 安全文化

安全文化については、INSAG が旧ソ連のチェルノブイリ原子力発電所事故を踏まえ、1986 年に取りまとめた報告書（INSAG-4）において、その概念が取りあげられ、その後、「原子力発電所の基本安全原則（1988 年）」⁹⁾、「安全文化（1991 年）」¹⁰⁾などの報告書において、その概念を原子力施設の安全確保のための基本原則の一つとして位置づけている。

チェルノブイリ原子力発電所事故発生から 30 年を迎えた 2016 年 2 月には、「Human and Organizational Aspects of Assuring Nuclear Safety – Exploring 30 Years of Safety Culture」と題した IAEA 主催の国際会議が開催され、これまでの各国の安全文化に係る活動等が報告されるとともに、福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえた安全文化の在り方などについての議論が行われた。この中では、今後は、「安全文化」から「安全とセキュリティのための文化」への概念に拡張して、安全確保に向けた取組みを進めていくことなどが提案されている。

また、OECD/NEA が 2016 年にまとめた「効果的な原子力規制機関の安全文化(The Safety Culture of an Effective Nuclear Regulatory Body)」の報告書¹¹⁾では、「組織内で働く個人の仕事のふるまいについては、例えば、価値観や社会的規範など、国民性のいくつかの特徴が表われたものである。」として、国民性(National culture)は安全文化の発展を促進するものであるとの指摘もみられる。

我が国では、福島第一原子力発電所事故以前より、事業者が、過去の事故やトラブル、不祥事の再発防止策等の一環として安全文化醸成活動を展開している。

2007 年 8 月には、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」等が一部改正され、事業者の安全文化に関わる活動が規制当局による規制の対象となり、事業者は、保安規定に「安全文化の醸成」を規定し、安全文化の醸成のための活動を実施し、評価を行うことを定めた。

このような経緯もあり、事業者は毎年度、安全文化醸成活動に関わる年度計画を策定し、その計画をもとに活動を行い実績等の評価を実施している。また、規制当局は、保安検査等を通じてこれらの活動状況を確認しており、福島第一原子力発電所事故後もこの仕組みは継続している。

そのような中、2015 年 6 月、中国電力島根発電所において、低レベル放射性廃棄物のモルタル充填に用いる添加水流量計の校正に関して、定められた期間内に校正を行わず記録を改ざんするなどの不正問題が発覚した。同社が外部有識者の参画も得て取りまとめた調査報告書¹²⁾では、要因として「報告する文化」が浸透していなかったことなどを挙げている。

この不祥事は、同社の水力発電設備のデータ改ざんなどをきっかけとした発電設備総点検問題(2007)および点検不備問題(2010)を受け、同社が安全文化の醸成などに取り組んでいる中で発生しており、これらの再発防止対策の妥当性に対しても疑問符がつく結果となった。

事業者は、原子力発電所に関わる不祥事等が起こるたびに、外部有識者を主体とした再発防止検討会等を立ち上げ、安全文化醸成活動の報告や有効性の検証を行っているが、その実効性向上

のための取組みは十分ではなく、課題があると考えられる。

また、規制当局は、上記の不正問題が発生する直前に、現地の規制事務所が島根発電所の安全文化・組織風土劣化防止に関わる取組みを評価しているが、「報告する文化及び常に問いかける姿勢に関する改善が見られ、計画に基づいた取組みが行われ改善傾向が見られると評価できる」としており、適切な評価が行われたとは言い難く、事業者の安全文化醸成活動に対する規制当局の評価の仕組みが有効に機能しているかについても課題があると考えられる。

このため、事業者の安全文化醸成活動および規制当局の監視活動を対象として原子力発電所における安全文化醸成活動の実効性向上に関する調査を行う。

なお、INSAG-4では、安全文化の定義を「Safety culture is that assembly of characteristics and attitudes in organizations and individuals which establishes that, as an overriding priority, nuclear plant safety issues receive the attention warranted by their significance.」としている。これについては、

- ・ 原子力の安全の問題には、その重要性にふさわしい注意が最優先で払われなければならない。安全文化とは、そうした組織や個人の特性と姿勢の総体である（原子力規制委員会）
- ・ 安全文化とは、「原子力施設の安全性の問題が、すべてに優先するものとして、その重要性にふさわしい注意が払われること」が実現されている組織・個人における姿勢・特性（ありよう）を集約したもの。（電気事業連合会）

などの和訳があるが、「Culture」に関しては、組織の特性と姿勢および個人の特性と姿勢が一体となったものと捉えることができる。本論文では、「Safety Culture」を示すものとして安全文化という用語を用いるが、その意味合いについては、INSAG-4の定義に留意した上で議論を進める。

（２）運転経験のフィードバック、分析

我が国の原子力発電所の運転経験のフィードバック、分析等については、これまで、事業者は、定期安全レビュー（PSR: Periodic Safety Review）を通じて実施している。

この定期安全レビューは、原子力発電所の運転経験の包括的な評価、最新の技術的知見の反映状況の把握等を行い、安全性の向上のために有効な追加措置を抽出することにより、当該プラントが最新のプラントと同等の高い水準を維持しつつ安全運転を継続できる見通しを得るための取組みであり¹³⁾、我が国では、1992年に通商産業省が事業者に対して、定期安全レビューの実施を要請したことを踏まえ、1994年に美浜発電所1号機、敦賀発電所1号機、福島第一発電所1号機の3基の定期安全レビューが実施された。その後、各プラントにおいて、おおよそ10年毎に同レビューが実施されている。

しかし、2015年10月に発行された日本原子力学会標準「原子力発電所の安全性向上のための定期的な評価に関する指針（PSR+）」の中では、これまで実施してきた定期安全レビューについて、まえがきで、「実施したことをレビューする傾向が強く、未だ実施していなかったことを見出すこ

とには至らず、安全性向上措置がほとんど抽出されていなかった」などの反省を挙げている。

原子力規制委員会は、2013年12月に原子力発電所の安全性の向上のための評価（安全性向上評価）制度を導入し、事業者に対して、施設の安全性について定期的に評価を行い、その結果をまとめ、同委員会に届出を行うことを義務付けた。これに伴い、従来の定期安全レビュー制度は廃止されたが、同委員会は、この新たな評価制度の中で、従来の定期安全レビューと同様の内容の評価が行われることから、定期安全レビュー自体の仕組みは維持されるとしている¹⁴⁾。

しかしながら、規制当局および事業者において、これまでの定期安全レビューの結果が原子力発電所の安全性向上のために有効に機能していたかなどについて、その実効性向上の観点からの検証は行われていない。

これらの状況を鑑み、規制当局および事業者それぞれの立場からこれまでの定期安全レビューの課題の抽出等を行い、定期安全レビューの実効性向上に関わる調査を行う。

（3）長期運転への対応

原子力発電所の長期運転について、根井¹⁵⁾は、運転期間延長認可制度導入以前より、『『実用発電用原子炉施設における高経年化対策の充実について（2005年8月）』報告書が60年の運転期間を仮定した評価であることを明確にしたことが事後的に関係者に伝わったこともあり、国と事業者が原子力発電所の耐用年数を60年に延長しようとしているという認識が広まっている。原子力発電所の耐用年数という概念は、法令上は想定されておらず、安全確保のために技術的な評価の考え方であることが理解されていない。』と指摘しており、長期運転の社会的受容性を高めるためには、高経年化対策についての正しい理解の醸成が必要であることを指摘している。

福島第一原子力発電所事故により、原子力の安全に対する社会の信頼が失墜した中で、60年運転に対する社会的受容性を高めるためには、規制基準を満足させるだけでなく、経年劣化管理などの高経年化対策をはじめ、長期運転に関わる課題解決に向けた議論のプロセスや知見等を国民に提示していくことが重要である。

高経年化対策については、前述した日本原子力学会の福島第一原子力発電所事故に係る報告書の中では、「高経年化対応においては原子力安全の確保という視点で、プラント全体を見なければならぬ。安全の考え方の適用が適切か、また、安全基準が最新の知見で適切に見直されているかなどをレビューする定期安全レビュー（PSR）を適切に運用することが有効である。原子力安全の定量化を何らかの形で行わなければ、安全の考え方の変化、新しい考え方を導入したり、安全の基準の変化を遡って適用したりすることは難しい。考え方の変化や基準の変化に目をやり、これらの評価の仕組みを導入することが、システムの陳腐化（obsolescence）を防ぎ、求められる安全を確保する機能を失うという「寿命」を回避することになる。」と指摘している。

また、経済協力開発機構原子力機関（OECD/NEA）が取りまとめた報告書¹⁶⁾では、原子力発電所の長期運転の安全性確保には、有効な経年劣化管理プログラムを策定し実施することが必要であ

ることや、経年劣化管理への積極的アプローチを成功させるためには、

- Insufficient understanding or predictability of ageing (経年劣化の理解、予測が不十分)
- Lack of data for ageing management (経年劣化管理用データの不足)
- Inadequate communication and coordination (コミュニケーションおよび調整が不適當)
- Inadequate safety culture (安全文化が不適當)
- Error induced ageing (過誤によって引き起こされる経年劣化)
- Inappropriate use of reactive ageing management (無効な経年劣化管理の不適切な使用)
- Insufficient capability for dealing with unforeseen ageing phenomena (意外な経年劣化現象に対処する能力が不十分)

など、これらの要因がないか確認しながら対応を図り、プラント運転の初期段階から、日常の保安活動や定期安全レビューの一部として包括的な経年劣化管理活動を実施することの重要性を指摘している。

さらに、規制当局および事業者の双方に有益な経年劣化管理を実施する観点から、運転経験および最近の知見に係るデータを分析し評価することにより、知識ベースを抽出し、経年劣化管理に係る「PLAN-DO-CHECK-ACT」の体系的アプローチを図ることを推奨している。

我が国の高経年化対策制度に対しては、IAEAが2016年に実施した総合規制評価サービス(IRRS)において、高経年化技術評価、安全性の向上のための評価(定期安全レビュー)、運転期間延長に係る制度の運用プロセスの改善等を求めており¹⁷⁾、これを踏まえ、原子力規制委員会は、事業者に対して、安全性向上評価の中において、経年劣化に係る評価を行うことを求め、その際、事業者が直近に実施した高経年化技術評価の結果を同評価に活用できるとした。

このため、規制の仕組みとしては、定期安全レビューの中に高経年化対策を取り込むという方針が示されていると言えるが、その評価等の実効性向上のためには、同レビューの評価対象である運転経験やトラブルなどの膨大なデータをもとに、事業者の保守管理活動および規制当局の安全規制の改善等に反映していく必要がある。

また、広範で複合的な経年劣化事象などに関する技術的知見の獲得と全体像を踏まえた実効性のある高経年化対策を同時に進めていくためには、産業界のみならず、国、研究機関、学協会等の有機的な連携を深め、運転経験などを技術情報基盤として整備し、それらを活用していくことが重要である。

以上を踏まえ、本研究では、我が国の安全文化および定期安全レビューに関わる事業者および規制当局のこれまでの活動や現状についての調査を行い、課題を抽出し、実効性向上のために必要な方策を提示する。また、安全文化醸成活動の評価および定期安全レビューの評価のもとになる技術情報基盤の整備、運用のあり方について考察を行う。

1. 3 本研究の主な分析の対象

本研究では、以下に説明するように、これまでの我が国の長年の運転経験の中でも、事故・故障などのトラブル事例や規制当局による事業者の保安活動の評価をまとめた保安検査結果を主な分析の対象とし、第2章、第3章において、具体的事例をもとに議論を進める。

(1) 原子力発電所のトラブル事例

原子力発電所においてトラブルが発生した場合、事業者は、その重要度に応じて規制当局に報告を行うことが義務付けられており、報告対象となるトラブルについては、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（実用炉規則）¹⁸⁾に定められている。

また、立地自治体は、原子力発電所の保守運営に伴う周辺環境および発電所従事者の安全確保等を目的として、事業者と「原子力発電所周辺環境の安全確保等に関する協定書（略称：安全協定）」を締結し、地域住民の安全と信頼を確保するための指標として運用している。具体的には、原子力発電所の運営に関わる平常時、異常時の情報連絡を求め、事業者の活動に対する監視・指導を行っている。また、原子力発電所の従事者も地域住民であるとの視点から、労働災害の発生防止や予防策、被ばく管理を確実にを行うことを求めている。

この協定の規定の一つにトラブル発生時の通報連絡基準が定められている¹⁹⁾。福井県を例に、規制当局および他の立地自治体との報告基準等の比較を行ったものを表1-1、表1-2に示す。

表1-1は、法令対象トラブルに関わる実用炉規則の主な項目と、安全協定におけるトラブル通報を定めた項目（異常時における連絡）を比較したものである。例えば、実用炉規則では、トラブル対象を「安全上重要な機器」の故障に限定しているのに対し、安全協定は、「保守運営に支障を及ぼす故障」として対象とするトラブルの範囲が広い。

また、実用炉規則では、「安全上重要な機器」でトラブルが発生した場合においても、消耗品の交換や機器の調整により復旧できる場合は報告対象外としている。具体的な事例を挙げると、2018年8月に、定期検査中の高浜発電所3号機において、タービン動補助給水ポンプの制御油ポンプから油が漏えいした事例および原子炉容器上蓋の温度計引出管接続部から蒸気が漏えいした2件の事例があるが、いずれも消耗品であるパッキンのシール性の問題であったことから、原子力規制委員会は法令報告対象外としている。

一方、福井県は、当該機器が機能を維持できるか等の観点から報告の有無を判断しており、前者は、タービン動補助給水ポンプの機能が維持できないことが明らかであり、後者は、放射性物質を内包する1次冷却材系統のバウンダリからの漏えいであるため、「保守運営に支障を及ぼす故障」と判断し、安全協定に基づく異常事象（トラブル）としている。

また、これらのトラブルについては、関西電力による原因調査の結果、ナットの締め付け管理や異物管理に問題があったことが判明しており、福井県としてもそれらの内容をまとめ、プレス公表等を行っている。

表1-1 法令対象トラブルと安全協定（福井県）に基づく異常事象報告の比較
(主な事項)

規制当局 (実用炉規則)	福井県 (安全協定)	主な相違点
発電用原子炉施設の故障により、運転が停止したとき若しくは停止することが必要となったとき又は五パーセントを超える発電用原子炉の出力変化が生じたとき若しくは発電用原子炉の出力変化が必要となったとき	計画外に原子炉もしくは発電を停止したとき、または不測の事態により出力が変動したとき	実用炉規則では、停電、地震、台風、海洋生物等の発電用原子炉施設以外の原因により施設に故障が発生せず運転が停止若しくは出力変化した場合は報告対象外
安全上重要な機器等が技術基準規則に定める基準に適合していないと認められたとき又は発電用原子炉施設の安全を確保するために必要な機能を有していないと認められたとき	発電所の保守運営に支障を及ぼす故障が発生したとき	実用炉規則では、消耗品の交換や機器の調整により復旧できる場合は報告対象外
発電用原子炉施設の故障により、運転上の制限を逸脱したとき、又は運転上の制限を逸脱した場合であって、当該逸脱に係る保安規定で定める措置が講じられなかったとき	原子炉施設保安規定に定める運転上の制限を満足していないとき	実用炉規則では、消耗品の交換や機器の調整により速やかに復旧できる場合は報告対象外
発電用原子炉施設の故障その他の不測の事態が生じたことにより、核燃料物質等が管理区域内で漏えいしたとき	放射性物質を内包する機器の故障または同機器からの漏えい	実用炉規則では、当該漏えいに係る設備の周辺部に設置された漏えいの拡大を防止するための堰の外に拡大しなかったときや放射エネルギーが $3.7 \times 10^6 \text{ Bq}$ を超えなかった場合等は対象外。一方、安全協定では、放射エネルギー、漏えい範囲、他機器等への影響、人的要因など作業管理に不備がなかったか等の観点から判断が行われている。

表1-2は、トラブル報告に関して、福井県の安全協定と各立地自治体の安全協定との比較を行ったものである。安全協定上の報告対象となるトラブルについては、各立地自治体で同じような項目を規定しているが、記載の表現は必ずしも一致せず、取り扱いが異なるケースも見られる。しかしながら、法令対象外のトラブルに範囲を広げて報告対象としているという共通点がある。

また、福井県の安全協定にない項目として、「その他必要な事項（新潟県）」、「その他異常事態が発生したとき（愛媛県）」、「その他緊急事態が発生したとき（佐賀県）」などがあるが、これらは、協定の細目を定めた覚書や要綱等により、その内容を確認することができる。

例えば、愛媛県では、安全協定の細目を定めた「確認書」の中で、「『その他異常事態が発生したとき』とは、通常運転時、施設定期検査時、核燃料の輸送中その他あらゆる場合において、正常状態以外のすべての事態が発生したとき」としている。

このように、我が国では、立地自治体が安全協定に基づき事業者よりトラブルの報告を受ける仕組みができており、トラブルへの対応については、事業者、規制当局、立地自治体が原子力安全のための議論を行う際の共通の要素として捉えることができる。

表 1-2 トラブルの報告に関する安全協定の比較
(福井県と各立地自治体の安全協定の主な項目の比較)

福井	北海道	青森	宮城	福島	茨城	新潟	石川	静岡	島根	愛媛	佐賀	鹿児島
非常事態が発生したとき	※	※	○	○	※	※	※	○	○	※	※	※
非常用炉心冷却設備その他の工学的安全施設が動作したとき	※	※	○	○	※	※	※	※	※	※	○	※
不測の事態により、放射性物質または放射性物質によって汚染されたものが漏洩したとき	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
計画外に原子炉もしくは発電を停止したとき、または不測の事態により出力が変動したとき	○	△	△	○	○	○	△	△	○	○	△	△
発電所に故障が発生したとき	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
発電所敷地内において火災が発生したとき	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
放射線業務従事者またはその他の者の被ばくが法令に定める線量当量限度を超えたとき	○	○	○	○	○	※	○	○	○	○	○	○
原子炉施設等において人に障害が発生したとき	△	△	△	△	△	△	△	△	※	△	※	※

(○：福井県とほぼ同等、△：記載の表現が福井県と多少異なるが規定されている、※：明確な規定はないが、他の規定や解釈等で連絡事項と読み取ることができる)

(2) トラブルの報告基準と CAP の関係

我が国では、今後、新たな検査制度が導入される予定であり、原子力規制委員会は、米国で運用されている原子炉監督プロセス (Reactor Oversight Process: ROP) の仕組みを取り入れるとしている。米国においては、この ROP に基づき、パフォーマンス指標 (PI) および検査の知見 (Inspection findings) から規制対応を判断する検査を実施しており、この仕組みの中で、事業者による日々の保安活動の気づき点などがデータベース化された CAP (Corrective Action Program) が活用されている。

一木^{*20}は、米国発電所における安全文化醸成活動の実態を調査する中で、CAP を取り上げ、「米国の発電所では、業務上重要な情報が確実に必要な職位に届けられるべきという考え方が重視されており、その理由として、規制対応の実務上においても、発電所の CAP が適切に運営されていることを説明できるということに大変重要な価値が置かれている点がある」と述べている。

我が国では、事業者が、自主保安活動の高度化の一環として是正処置プログラムを運用しており、これは、米国の CAP の一部を取り入れたものと言える。例えば、関西電力では、発電所で日常的に発生する不適合情報等を多くの管理職で迅速に共有化し、重要性について考える習慣を身

につけ、重大な問題を見逃さない感性の向上を図ることを目的として、

- ・ 不適合処置、是正処置票の発行
- ・ 保安検査官からの指摘事項
- ・ 社内外監査における不適合
- ・ 労働基準監督署、消防組合、警察等からの要望、指摘事項
- ・ 協力会社からの意見要望事項
- ・ 各課からの気づき事項
- ・ 自然環境の悪化を前提に想定されるリスク

などの情報を収集している。

また、同社は、今後、新たな検査制度が導入されることから、米国の CAP を参考に、安全に対する気づき（問題）を広く収集し、その重要性和安全性の潜在的影響を考慮したスクリーニングを行い、重要度に応じた是正処置を行い、人的資源などのリソースを安全上重要なものに集中させるとしている。

関西電力に問い合わせたところ、米国では、CAP の裾野を広げ、あらゆる情報を広く収集しており、事業者によりばらつきがあるものの、サイトによっては、個人や組織からの報告件数（Condition Report）が 1 基あたり年間約 6,000 件あるとのことであった。

一方で、Condition Report については、その件数の増加に伴い、対応する事業者の人的資源が増大するなどの課題があり、NEI（Nuclear Energy Institute：原子力エネルギー協会）の主導により、米国産業界の施策（Delivering Nuclear Promise）の一環として、最も重要な事象に焦点をあて、CAP の効率的、効果的な運用を図るためのスクリーニングプロセスの見直しが行われている²¹⁾。

ここで、本研究で取り上げるトラブル事例の範囲と CAP の関係を図 1-3 に示す。関西電力では、CAP の対象として、Condition Report を広範囲に収集したとしても、その後の処理が効率的に行われない限り、検討が追い付かず必要な是正が取られない事態を招く可能性があるとして、CAQ（Condition Adverse to Quality）の概念を導入し、品質に悪影響を及ぼす状態で安全関連の機能に影響するもの（CAQ）とそうでないもの（CAQ 未満）に分けて、事象の重要度にあわせて検討の内容に差をつけるとしている。また、その区分けの方法については、組織内のどの範囲で共有し解決を図るかの観点からも議論が行われているとのことであった。

本研究で取り上げるトラブルについては、この図の中で、主に、「Ⅰ」、「Ⅱ」の範囲となる。この中でも「国トラブル未満（法令対象外のトラブル）」から多くの課題や教訓が抽出されており、本研究では、これらを「軽微なトラブル」と定義し、そこに図 1-2 で説明した時間軸の視点を加え調査を進めていく。

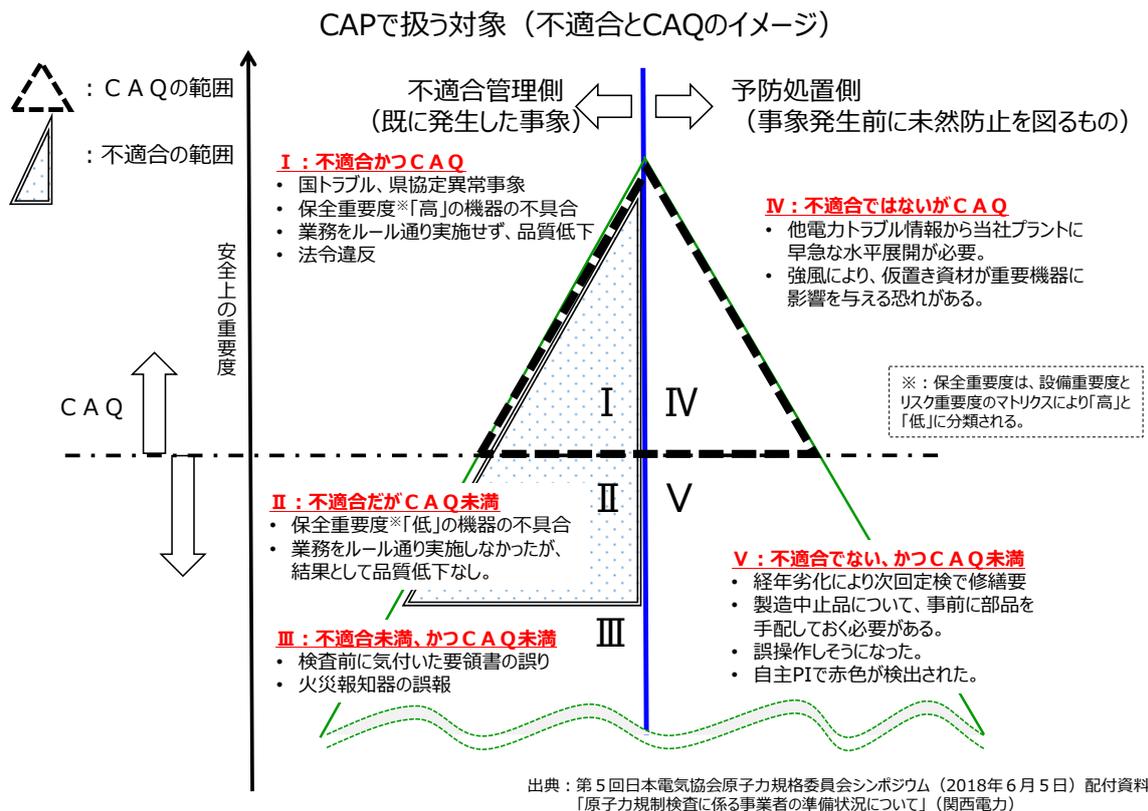


図1-3 本研究で取り上げるトラブル事例の範囲とCAPの関係

（3）規制当局による保安検査（規制検査）結果の報告書

我が国では、1999年9月に発生したJCO臨界事故を踏まえ、保安規定の遵守状況に関わる検査制度が導入され、規制当局は、原子力施設が所在する地域に新たに原子力保安検査官[※]を配置するとともに、事業者が保安規定に基づき行う運転管理業務等の実施状況を保安検査の対象とした。

さらに、2002年に発覚した東京電力の不祥事問題を踏まえ、2003年10月以降、事業者の保安活動が品質保証の実施として位置づけられ、規制当局が保安検査の中で確認することになった。

この保安検査には、これまで事業者、規制当局ともに多くの人員、時間を費やしており、その結果については、規制当局が四半期毎に保安検査結果報告書として公表している。この中には、事業者の保安活動に対する評価や事業者に対する指摘事項が取りまとめられていることから、その内容を分析し、事業者の安全文化醸成活動や定期安全レビューにどのように寄与しているのか等について調査を行う。

[※] 2017年7月の規則改正に伴い、「原子力保安検査官」の名称が「原子力運転検査官」に改められたが、本論文の記載は、「保安検査官」とする。

1. 4 本論文の構成

本論文は、第1章の序論、第5章の結論を含む5章で構成されており、原子力の安全マネジメントシステムの実効性向上のための方策を示すことを目的とし、第2章から第4章にかけて具体的事項をもとに議論を展開する。

第2章においては、安全文化の醸成活動が原子力安全のためのマネジメントシステムにどのように取り込まれたのかについて、IAEAの安全基準との関係やその変遷を明らかにした上で、事業者の安全文化醸成活動および規制当局の監視活動について、具体的事例をもとに課題を抽出し、安全文化醸成活動の実効性向上のための方策を提示する。

第3章においては、定期安全レビューの実効性向上に関わる研究を行い、規制当局および事業者それぞれの立場からこれまでの定期安全レビューの課題を抽出し、定期安全レビューの実効性向上を図るための方策を提示する。

第4章においては、第2章および第3章の議論を踏まえ、長期運転に必要な技術情報基盤に関わる調査を行い、データベース、知識ベース構築のために必要な要素についての議論を行い、我が国の技術情報基盤の整備に反映すべき事項等について考察を行う。

第5章においては、第2章から第4章で検討した内容を取りまとめ、本研究結果の総括を行う。

第2章 原子力発電所における安全文化醸成活動の実効性向上に関わる研究

第1章の冒頭で紹介した IAEA の事務局長報告書には、「(福島第一原子力発電所) 事故当時にあった規則、指針及び手順書は、幾つかの重要な分野、特に定期安全レビュー、ハザードの再評価、シビアアクシデントマネジメント及び安全文化に関して国際的慣行に完全に沿うものではなかった。」との指摘がある。

原子力発電所における安全文化醸成活動に関わる先行研究としては、谷口¹⁾の研究がある。この研究では、原子力発電所の安全運営管理システムを組織科学的、行動心理学的観点から分析を行うことにより、安全文化を醸成・確立していくために組織、構成員が考慮すべき事項を考察している。

また、安全文化の評価、測定の手法に関わる研究が多くあり、長谷川²⁾は、組織内コミュニケーションを安全文化醸成の基盤要素として捉え、既存研究の知見を整理し、どのような組織内コミュニケーションが安全文化の醸成に関連しているかを分析し、福井³⁾は、IAEA 等の安全文化の視点を参考に、原子力発電所において安全風土のアンケート調査を行い、よりよい安全風土を形成するための要因として、「人材育成」、「現場重視」などを抽出している。

安全文化に関わる規制当局の評価活動の分析については、第1章でも紹介した一木の研究がある。この研究では、米国の原子力発電所の事例を取り上げ、米国原子力規制委員会 (NRC) が ROP の中で実施している安全文化に関わる評価活動の分析を行い、我が国の原子力発電所における安全文化醸成の活動を検討する際の手掛かりを整理している。その中では、各発電所に対する ROP による指摘件数、指摘事項から各発電所の運営の状況を明確に捉えることの難しさなどが述べられている。

このように、安全文化を構築するための組織的学習のあり方や、安全文化の評価、測定手法等に関わる研究はあるものの、我が国のこれまでの運転経験等をもとに、規制当局および事業者の安全文化醸成活動の変遷やその分析を行っている研究は見当たらない。

原子力規制庁では、安全文化等に係るガイドの策定を行うため、2017年7月に「規制に係る人的組織的要因に関する検討チーム」を立ち上げたが、その議論の中で、電気事業連合会から、「安全文化に係るガイドの基本的な考え方に対する事業者意見」⁴⁾として、

- ・ (安全文化の) 評価の視点は QMS (品質マネジメントシステム) の適合性 (要求事項への適合/不適合) のような客観的な基準があるものではなく、安全文化はあいまいな概念であり、特にその本質は捉え難いものであるため、安全文化の評価は難しいと考える。よって、事業者は様々な方法で評価している。
- ・ (安全文化の自己評価、独立評価については) その手法、機会等は固定せず、原子力安全推進協会 (JANSI) 等の第三者機関による評価も含めて適切に運用する必要がある。

等の意見が提出されている。

また、東京電力では、安全文化醸成活動について、「自己評価を試みているものの、確立した評価手法がない。特に自分たちのレベル感の把握に難しさがある。」などの課題を挙げる一方で、運転経験情報に触れる機会を創出し、毎日の定例ミーティング等で教訓を共有する取組みを実施することで、「運転経験を活用するという意識が組織全体に広がり始めている」などの成果を述べている⁵⁾。

さらに、JANSIにおいては、福島第一原子力発電所事故の教訓として、「安全文化最優先の価値観」、「事業者責任の再認識」、「原子力の潜在リスクの見直しと問いかけ学ぶ姿勢の強化」の必要性を抽出し、自ら定めた安全文化7原則（安全最優先の価値観、トップのリーダーシップ、安全確保の仕組み、円滑なコミュニケーション、問いかけ・学ぶ姿勢、リスクの認識、活気のある職場環境）を強化し、安全文化を再構築する活動を実施するとしている。

この中では、「問いかけ・学ぶ姿勢」の主要素として、情報の共有、活用を挙げており、「レベルに応じた運転経験文書を発行することにより重要情報を周知し活用する」、「電力共通技術基盤のデータベースを拡充し情報の共有化を図る」ことなどが挙げられている⁶⁾。

第1章で述べたように、我が国が今後も原子力を活用していくためには、原子力安全の議論のための基盤整備が求められており、安全文化醸成活動についても、知見を蓄積し、社会の要求に応えていく必要がある。

これらの状況を踏まえ、本章では、まず、我が国の安全文化醸成活動が国際的な基準等を反映した仕組みの中で実施されているかの現状把握を行う。

その上で、事業者のこれまでの安全文化醸成活動の変遷を明らかにし、その活動の課題を抽出するとともに、社会に提示できる基盤とは何かについて議論を行う。また、事業者の活動と規制の関わりの変遷を明らかにし、規制当局が実施している事業者の安全文化醸成活動に対する評価の仕組み等の課題を抽出し、これらをもとに安全文化醸成活動の実効性向上のために必要な方策等を提案する。

2. 1 原子力発電所の安全マネジメントシステムにおける安全文化の位置づけ

本節では、安全文化に関わる国際的な基準等として、IAEAの安全基準類を取り上げ、我が国の原子力安全に関わる活動にどのように反映されてきたかを述べる。

IAEAの基本安全原則(SF-1)⁷⁾の原則3「安全に対するリーダーシップとマネジメント」には、原子力発電所におけるマネジメントシステムと安全文化について、

- ・ 関係する全ての組織と個人の安全に対する姿勢とふるまいを支配する安全文化は、マネジメントシステムに組み込まなければならない
- ・ マネジメントシステムにおいては、あらゆる階層において個人と技術、並びに個人と組織とのすべての相互作用を認識することが重要である

などの要求事項が提示されている。

原子力安全に関わる人的・組織的要因に関する IAEA の国際専門家会合などの場においては、安全文化の改善、強化のためには、これらの考え方をもとに、個人(Individuals)、技術(Technology)、組織(Organizations)の相互作用を考慮に入れる必要があることや、事故、トラブル時の対応について、これら(ITO)の観点から深掘分析を行うことが重要であるなどの指摘が出されている⁸⁾。

また、SF-1の原則3の要求事項を記載した安全要件「施設と活動のためのマネジメントシステム(GS-R-3)」⁹⁾は、2016年にGSR Part2として改訂されたが、その中では、安全文化と安全のためのリーダーシップを織り込み、安全のためのマネジメントシステムを構築することを要求している。

さらに、下部文書のガイドラインである安全指針「施設と活動のためのマネジメントシステムの適用(GS-G-3.1)」¹⁰⁾においては、マネジメントシステムの要求事項を適用する例示として、

- ・ マネジメントシステムは、高いレベルの安全実績の達成とともに強固な安全文化を認めかつ促進するような方法で、組織に対して枠組みを提示し、指示を与えるべきである
- ・ マネジメントシステムは、組織の全体にわたる文化に影響を及ぼし、かつそれによって影響を受けることになる。マネジメントシステムと組織の文化との間の関係は、組織のすべての要員によって理解されるべきである
- ・ すべての階層の管理者は、強固な安全文化の構築につながる行動様式、価値観および基本信念を促進すべきである。管理者は、強固な安全文化達成に必須なものとして特定される属性を監視・強化すべきであり、また、これらの属性が、ひいては安全文化が衰退する初期の兆候に注意を払うべきである

など安全文化の現状や劣化兆候などを把握し、安全文化醸成活動やプロセスの改善につなげていくことを求めている。

我が国では、2002年に発覚した東京電力の自主点検記録に関する不正問題など、一連の問題に対する調査により、同社内のトップマネジメントが機能せず、組織運営に支障をきたしていたことや原子力関係組織の閉鎖性が示され、それらを踏まえた再発防止対策の一環として、2003年に原子炉等規制法に基づく実用炉規則が改正され、事業者は品質保証計画書に基づき原子力施設の保安活動を行い、原子力安全を達成し、それを維持・向上することが求められている。

この要求事項を具現化するものとして、(一社)日本電気協会の原子力規格委員会は、ISO 9001を基本とし、その概念を踏まえ、同年、「原子力発電所における安全のための品質保証規程(JEAC 4111-2003)」を制定した。事業者は、この規程を品質保証計画書に取り込み、品質マネジメントシステムが適切かつ有効であることを確認している。

その後、JEAC4111は、2009年に改定が行われ、IAEAの「施設と活動のためのマネジメントシステム(GS-R-3)」の内容を踏まえ、品質マネジメントシステムの運用にあたって、安全文化が基礎であることなどが示された。

また、2013年の改定では、規制側の技術基準¹¹⁾を反映するため、従来の品質マネジメントシ

テムに安全文化を醸成するための活動を行う仕組みを組み込むとともに、IAEAにおいて、当時改訂作業中のGSR Part2(DS456)の要求する原子力安全のためのリーダーシップや安全文化の継続的改善などについて、新たに章を設け推奨事項として規定し、名称についても「原子力安全のためのマネジメントシステム規程（JEAC4111-2013）」¹²⁾とした。

マネジメントシステムと安全文化醸成活動の関係を図2-1に示す。安全文化については、原子力安全基盤機構が日常の保安活動における安全文化・組織風土の劣化防止に関わる取組みを評価する視点として、14項目の要素¹³⁾を示している。これらは、個人、組織の能力を高める安全文化醸成活動の目標と捉えることができる。

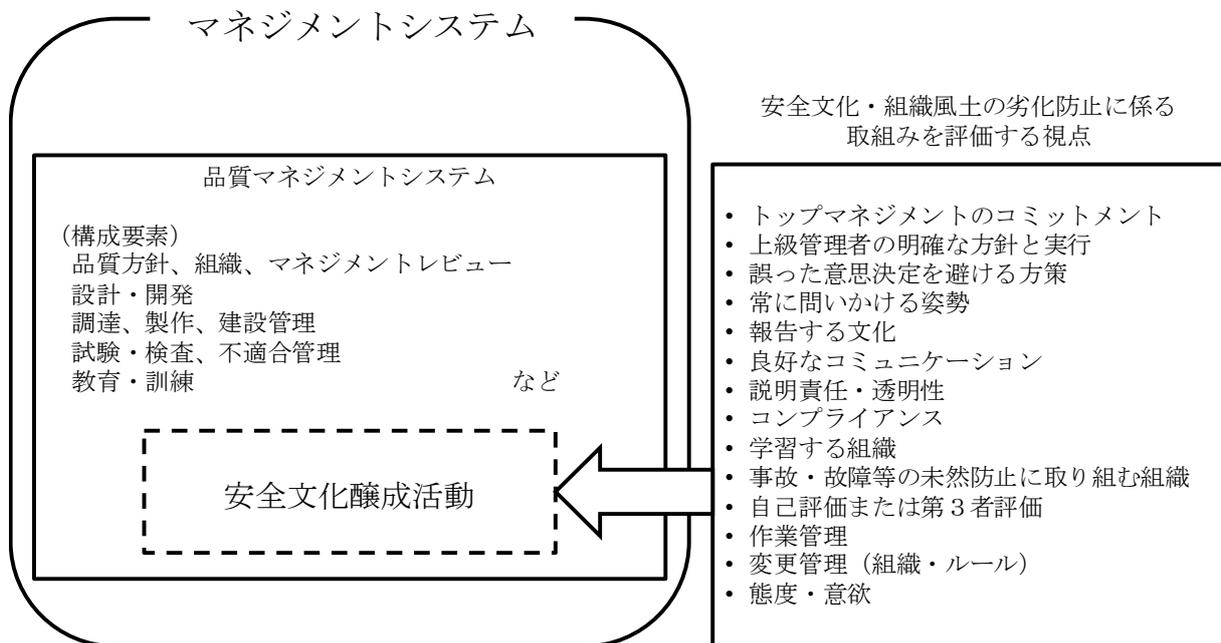


図2-1 マネジメントシステムと安全文化醸成活動の関係

品質マネジメントシステムは、マネジメントシステムの構成要素の一つであるとともに、安全文化醸成活動を含めて運用されており、原子力の安全を高い水準に保つための体系的活動と捉えることができる。

このように、安全文化は、マネジメントシステムの基礎となるものであり、マネジメントシステムのプロセスやパフォーマンスに影響するため、日々の業務として安全文化の醸成活動に取り組む、継続的に安全文化を醸成していくことがますます重要となっていると言える。

2. 2 事業者の安全文化醸成活動

前節では、安全文化の醸成活動が原子力安全のためのマネジメントシステムにどのように取り込まれたのかについて、IAEAの安全基準との関係とその変遷を明らかにし、我が国の安全文化醸成活動が国際的な基準等を反映した仕組みの中で実施されていることを確認した。

このような取組みが進められる中、事業者は、これまでの事故、不祥事等を踏まえ、安全文化の醸成に対する様々な取組みを行っている。

本節では、事業者のこれまでの安全文化醸成活動の変遷を明らかにし、問題点を抽出する。対象とする事業者として1970年に国内最初の加圧水型軽水炉である美浜発電所1号機の運転開始を開始し、その後3つのサイトに11基の原子力発電所を立地するとともに、40年以上にわたる運転・保守経験を積み上げてきた関西電力の安全文化醸成活動を取り上げる。

(1) 関西電力の安全文化醸成活動の実施状況

2004年8月に発生した美浜発電所3号機の二次系配管破損事故を踏まえ、原子力安全・保安院がまとめた報告書などでは、事故の背景要因として、関西電力の安全文化の綻びなどが指摘された。このため、関西電力は、2005年4月に社外の有識者等で構成される「原子力保全改革検証委員会」を設置し、事故の再発防止に関わる具体的方策に加え、安全文化の構築状況の報告を定期的に行っている。

また、2008年度より安全文化の醸成の仕組みを本格導入し、毎年度、社長が定めた安全文化醸成活動の方針、前年度の評価結果に基づく社長からの指示事項および前年度の評価から抽出された重点施策の方向性を踏まえ、年度計画を策定し、この計画に基づき安全文化醸成活動を実施するとともに、表2-1に示すように「組織・人の意識と行動の評価」、「安全の結果（プラント安全、労働安全、社会の信頼）の評価」、「外部の評価」の3つの切り口からプラントの安全や保安活動などを対象に評価を実施¹⁴⁾しており、その結果等については、「原子力保全改革検証委員会」において検証が行われている。

なお、関西電力は、福島第一原子力発電所事故を踏まえた原子力発電所の安全性向上対策等の実施状況についても助言等を受けるため、2012年7月に同委員会の名称を「原子力安全検証委員会」に変更した。

その後、2013年7月に社内の「原子力発電の安全に係る品質保証規程」に安全文化醸成活動に関する規定を追加し、「安全文化通達」の中で原子力部門の安全文化醸成活動等の基本事項を定めた。

表 2-1 安全文化の評価の視点（関西電力）

組織・人の意識、行動	トップのコミットメント	安全最優先のプライオリティ
		組織の権限と責任
		現場第一線の理解と実践
		資源投入、資源配分
	コミュニケーション	現場第一線の状況把握
		組織内、組織間の連携
		協力会社・外部関係機関との意思疎通
		外部への情報提供と傾聴
	学習する組織	必要な技術力の維持・向上
		ルール遵守、見直し
		主体な問題解決、改善活動
		外部意見の積極的聴取
		現状への問いかけ、リスク評価
		モチベーションの維持、向上
	安全の結果	プラント安全
労働安全		労働災害発生件数等
社会の信頼		法令、ルール違反件数等
外部の評価		地域の声、原子力安全検証委員会（外部有識者）の意見、幅広いステークホルダーから寄せられた意見

安全文化の醸成が組織全体に行きわたるためには、トップマネジメントとボトムアップの双方からの活動を行うことが重要である。

関西電力は、トップマネジメントに関して、社長が安全文化醸成の方針を定めるとともに、前述した「安全文化の評価の視点」についても、トップのコミットメントとして明記している。一方で、ボトムアップアプローチに関しては、「安全文化の評価の視点」の中で「現場第一線の状況把握」、「組織間の連携」、「協力会社・外部関係機関との意思疎通」などを掲げているが、その評価に当たっては、インプット情報として、社員に対する安全意識についてのアンケートや協力会社との定期的な対話活動に依存している傾向が見受けられる。

2015年6月に開催された第8回原子力安全検証委員会においては、関西電力より「協力会社・外部関係機関との意思疎通・連携が十分に図られているか」についてのアンケート結果が示され、委員より、評価結果について2013年度の「概ね良好」が2014年度に「改善余地あり」となった理由について質問があり、関西電力は、「安全文化評価に関するアンケート調査の分析方法を変えたことにより、これまでの見方と評価が変わっているものがある。」と説明している。

これは、協力会社の中でも分析対象を元請、棒芯（作業統率者）毎に分ける方法や、全体とする方法などがあったものと推察されるが、分析方法により評価結果が変わる可能性があることを

示していると言える。

本章の冒頭で紹介した東京電力の安全文化醸成活動の中でも、「アンケートは回答者の意識レベルの高さの相違により、回答レベルに大きなばらつきを含む可能性がある」などの課題を挙げており、「様々な取組みを有機的に結び付け、より体系的かつ効果的なものにしていく必要がある」などの指摘がみられる。

また、竹内¹⁵⁾は、安全文化の評価・測定に関連する研究論文を調査し、アンケート調査とその他の方法の組み合わせなどの手法や安全文化の評価・測定の際の着眼点に関わる研究の整理を行っている。この中では、「アンケート（質問紙）では、ある項目の点数が低いということは分かっているが、なぜ点数が低いのかについては分からない場合が多い」ことや、「安全文化の脆弱点の発生要因を特定するための面接調査を実施するという二段階調査を通じて、産業現場の実情に応じた安全対策の提案が可能かどうかを検討している」事例などを紹介している。

関西電力においても、アンケート調査以外の安全文化の評価の手法として、表2-1の「組織・人の意識、行動」では、発電所の各部署、協力会社の自己評価などをもとに、課題や気になり事項を抽出し年度毎の重点施策をまとめている。例えば、2018年度は、その施策として「働き方改革を推進してくための効果的・効率的な業務遂行の推進」、「プラント長期停止および要員の年齢構成を踏まえた技術力の向上に係る社員育成策の充実・強化」を挙げている。

しかしながら、これらの情報は、発電所の各部署の自己評価などの結果が中心であり、規制当局や立地自治体などの第三者が具体的な内容に踏み込み評価するのは困難であり、議論のための材料にはなりにくい。

一方で、「安全の結果」の項目に挙げている「トラブルの発生件数、労働災害発生件数、法令、ルール違反件数等」に関しては、トラブル発生時の外部への情報提供を含め、要因分析の過程で組織、人の意識、行動等の総合的な評価が可能である。また、トラブルについては、規制当局や立地自治体に対する報告が行われ、事業者のWEBサイトや新聞報道等を通じて社会に発信されるため、国民、県民に説明するための情報基盤となり得る。

関西電力における評価方法は、労働災害を含めトラブルの発生件数等から気になり事項や反省点、教訓等を抽出し、分析を行うことで、現場の視点から、より正確に安全文化の劣化兆候を把握することとしているが、現状では、対象とするトラブルに関わる情報収集のプロセスや分析の内容等が、原子力安全検証委員会の資料等からは必ずしも明確になっていない。

このため、次項以降において、過去の事例を取り上げ、その情報収集のプロセスや分析の内容等から、安全文化評価の問題点を明らかにする。

(2) 過去の事例から得られる安全文化醸成活動の課題

1) トラブル事例の人的および組織的事項に関わる情報収集

関西電力は、2004年に発生した美浜発電所3号機2次系配管破損事故をきっかけに安全文化醸成活動を始めているが、それ以前より、定期検査作業に関わる基本ルールの徹底や職場環境改善など安全管理活動の中で安全文化の構築に関わる活動を行っている。

特に、発電所をはじめ原子力部門全体として、立地自治体や社会に公表しながら、安全文化醸成活動を行うきっかけとなったのは、1999年5月に発生した美浜発電所3号機の主蒸気管油圧防振器損傷のトラブル¹⁶⁾と言える。

(美浜発電所3号機の主蒸気管油圧防振器損傷のトラブル)

美浜発電所3号機は、定期検査の作業として主蒸気管および蒸気発生器内の水抜き中に、主蒸気配管内で水撃（ウォーターハンマー）作用が発生し、A-主蒸気管系に設置されている油圧防振器9本に損傷等が認められた。この原因は、水抜きに伴う圧力低下に併せて行うべき配管内への窒素封入が、中央制御室と現場運転員との連絡・確認の不備により行われなかったためと判明した。

このトラブルは、発電所設備の故障として関西電力が福井県および地元市町と締結している安全協定の異常事象に該当するとともに、大臣通達^{a)}に基づく国への報告対象トラブルとなった。

当時の規制当局（通商産業省）は、主蒸気管の健全性は確保されていることから、我が国が1992年8月から導入しているINES（国際原子力・放射線事象評価尺度）の評価尺度としては、評価対象外と判断し、学識経験者により構成されるINES評価小委員会に報告した。しかし、同委員会では、主蒸気管に過大な荷重が加わり損傷の可能性もあったとして0-の事象となり、加えてヒューマンエラーや手順書に不備があるなど安全文化に改善の余地があったため、最終的に0+の事象^{b)}となった。

また、INES評価小委員会で指摘されたヒューマンエラーや手順書の不備以外にも安全文化の劣化兆候に関わる問題があることが、福井県が関西電力に対して要請した「原子力発電所の通報連絡と安全確保の徹底について」の文書¹⁷⁾から明らかになっている。

^{a)} 2003年の原子炉等規制法の規則改正に伴い、通達に基づく報告は廃止され、法律対象に一本化されている。

^{b)} 我が国では、独自の評価レベルとして、レベル0を0+（安全に影響を与える事象）、0-（安全に影響を与えない事象）に分けて評価していたが、2013年度以降に発生した事故・トラブルについては、レベル0の評価に統一している。

(福井県の要請書の概要)

- ・ 事象発生後、関西電力は直ちに事実を確認していたにもかかわらず、県への通報は行わなかった。
- ・ 事象発生翌日に、県から問い合わせをしたことで初めて事実が報告された。
- ・ 安全協定は施設設置者からの通報連絡が基本であり、これまでも機会がある毎に迅速で正確な通報連絡の徹底などについて申し入れてきたが徹底されていない。

このトラブルに対する関西電力の対応については、安全文化の劣化兆候を把握する視点の中の「報告する文化」、「説明責任、透明性」の観点からは表 2-2 に示すような問題がある。

表 2-2 美浜発電所 3 号機の主蒸気管油圧防振器の損傷事例に関わる
関西電力の対応と問題点

安全文化の要素	劣化兆候を評価する視点	関西電力の対応と問題点
報告する文化	個人的なエラーやヒヤリハット事例、組織にとって望ましくないと思われる情報等を懸念なく報告できる雰囲気が職場に醸成されている。また、上級管理者が率先してその模範的な役割を果たしている。	現場の協力会社社員から関西電力に情報が伝えられたものの、上級管理者である所長が、対外報告しないことを判断した。
説明責任・透明性	説明を要する事態が発生した場合には、地元住民や国民、規制当局にタイムリーで透明性の高い情報提供を行っている。また相互理解を促進するコミュニケーションの場づくりに努めている。	当時、発電所にいた作業員からの匿名の電話をきっかけに、福井県が関西電力に対して問い合わせたことでトラブル発生の実事が発覚した。 県民の信頼確保等のために締結している安全協定の基本である通報連絡が徹底されていない。

規制当局への報告対象となるトラブルについては、原子炉施設の設備や機器の損傷等により技術基準に適合していないと判断されるものなど、原子炉の運転や安全性に影響を与えるものが対象となっており、原因調査や再発防止策については、技術的観点を中心に取りまとめが行われている。

また、根本原因分析の過程で、ヒューマンエラーなど人的、組織要因に関わる問題点が抽出され、再発防止策の中で作業手順書に反映するなどの対応を記載するケースはあるが、通報連絡の迅速性など「報告する文化」に関わる情報をはじめ、安全文化の劣化兆候を把握するための情報を整理した項目がないのが現状である。

このため、安全文化の劣化兆候把握の観点からは、美浜発電所 3 号機の主蒸気管油圧防振器損傷のトラブル事例が示すように、原因調査の過程で、技術的観点のみならず、通報連絡の判断や提供される情報など、事業者の対応を評価することが重要である。そのためにも、事業者

は、発生したトラブルに対して、その都度、自ら定めた安全文化の評価の視点をもとにトラブル発生時の作業員の意識、行動や組織対応に関わる現場の意見などの情報を整理し、規制当局や立地自治体に提供することが重要である。

上述した福井県の要請書には、発生したトラブルに対して通報遅れなど人的、組織対応まで踏み込んで調査を行う必要があるとするなど関西電力に対して積極的な対応を求めている。

地方自治体と事業者との関係については、菅原ら¹⁸⁾が、安全協定の規定、改定などに関わる福井県の先進性ととも、「国の法令を遵守して原子炉の安全を確保することとは別に、事業者が地域に対する社会的責任をもっていることは自明の理であり、重要事案に関してはいち早く地元知らせることなどは社会的責任の範疇に含まれると考えられる。」と述べている。

安全文化の要素として、「説明責任・透明性」が挙げられており、その醸成活動を積極的に進めることで、原子力発電所の安全確保とともに、原子力に対する国民理解、信頼性の確保につながると言える。

また、福島第一原子力発電所事故により、原子力の安全に対する社会の信頼が失墜した中で、原子力発電所の再稼働など原子力事業を進めることに対する理解を得る上で、事業者が果たすべき社会的責任はますます重要となっており、トラブルの通報連絡や、その説明内容などが適切か、人的、組織対応に踏み込んだ評価が求められていると言える。

2) 現場からのボトムアップアプローチの必要性

前述した美浜発電所3号機の主蒸気管油圧防振器の損傷トラブル後も、以下に示すように定期検査等において、燃料取り出し作業時の確認不足による作業中断、異物管理の不徹底による蒸気発生器内への異物混入、重量物吊り上げ時の安全管理の不備による労働災害、作業手順書不遵守による蓄圧注入タンク水の漏えいなど基本動作の不徹底などによるトラブルが続いた。

○大飯発電所1号機「燃料取出作業の一時中断」(2000年8月)

- ・ 燃料取り出し作業時の確認不足により、燃料つかみ装置と燃料集合体の上部とが干渉し、燃料取出作業が一時中断

○美浜発電所3号機「蒸気発生器伝熱管の異物による損傷」(2000年8月)

- ・ 前回定期検査作業時の異物管理の不徹底により、蒸気発生器内に異物が混入し、伝熱管が摩耗減肉

○大飯発電所1号機「原子炉補助建屋内における作業員の負傷」(2000年9月)

- ・ 重量物(原子炉冷却材ポンプモータ搬出用架台)吊り上げ時の安全管理の不備により、管理区域内で作業員の労働災害が発生

○美浜発電所3号機「蓄圧注入タンク水の漏えい」(2000年9月)

- ・ 蓄圧注入タンクの漏えい試験の際、同タンクに設置していた仮設水位計から格納容器内に約400リットルの水が漏えい

- ・ 原因は、作業手順書では試験開始前には仮設水位計の元弁を閉止すると規定されていたが、この手順書を守らず、当該弁の閉止操作を実施しなかった

このため、福井県は、2000年9月、関西電力に対して、作業管理や運転管理等の基本を忠実に守り、作業に対する安全意識の向上に努めるとともに、過去の事例を貴重な教訓とし社員教育の再徹底を行うなどの要請¹⁹⁾を行った。

このような要請の背景としては、1999年7月の福井県議会において、福井県内の原子力発電所でトラブルが相次いでいることへの質問に対する福井県知事の答弁²⁰⁾として「原子力発電所に対する県民の理解を得るためには、安全で安定した運転が行われることが大事である。また、県民の安全・安心の確保のためには、運転管理、作業管理における基本の動作を徹底する必要がある、人的なミスをなくすことや機器の健全性確保が大事であり、そのような点について強く指導していく（要約）」とあるように、原子力発電所の安全確保とともに、県民の不安解消に努める必要があったことが挙げられる。

関西電力は、再発防止策の具体的な取組みとして、原子力に従事する全ての人に安全文化を定着させる観点から、現場作業の基本に立ち返り、個人やグループが過去の活動を踏まえ、何が不足していたのかを徹底的に考え、自発的に改善活動に取り組む方針を示し、それらを3つのステージ（表2-3）に分け、個人やグループの検討結果に基づく改善活動を各発電所独自に実施し、その成果を踏まえて他の発電所に展開していくとした。

表2-3 安全管理の徹底に関する福井県の要請に対する関西電力の対応

第1ステージ (2000年10月～12月)	安全管理強調月間として位置づけ、安全管理の徹底に対する各人の意識を呼び起こす。
第2ステージ (2001年1月～3月)	安全管理展開月間として位置づけ、安全管理の徹底に対する各人の意識を浸透させる。
第3ステージ (第2ステージ終了以降)	継続的活動期間と位置づけ、安全管理の徹底に関する各人の意識を定着させる

ここで特筆しておきたいのは、具体的な取組内容として、美浜、大飯、高浜の各発電所において、発電室は各直単位、保修課やその他の課は各職能単位、協力会社についても現場作業グループ毎に、過去のトラブル事例を検討し、問題点を再確認するとともに、自らのグループでとるべき対応等を議論し、課題を抽出していることである。

また、発電所長自らが記者会見に臨み、安全文化醸成活動に関わる発電所独自の活動方針を説明するなど、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の取組みについて説明を行い、現場からのボトムアップアプローチの取組みを実行に移している。

このような取組みを2000年9月から開始して以降、図2-2に示すように、安全協定に基づく異常事象に関して、安全管理に起因するトラブルの傾向としては、2000年に8件だったものが、2001年は0件、2002年、2003年は2件と大幅に減少していることから、これら安全管理の

徹底に関する取組みの成果があったものと言える。

関西電力に問い合わせた結果、当時、安全管理の徹底に関する取組み開始の約1年後の2001年12月に各発電所所員の意識調査を実施したところ、約81%が安全管理を意識して業務を行っているとの回答があり、活動の成果が得られたと評価していたとのことであった。

しかし、2002年以降、安全管理に起因するトラブルは増加傾向を示し、そのような中、2004年8月に美浜発電所3号機の二次系配管破損事故が発生した。

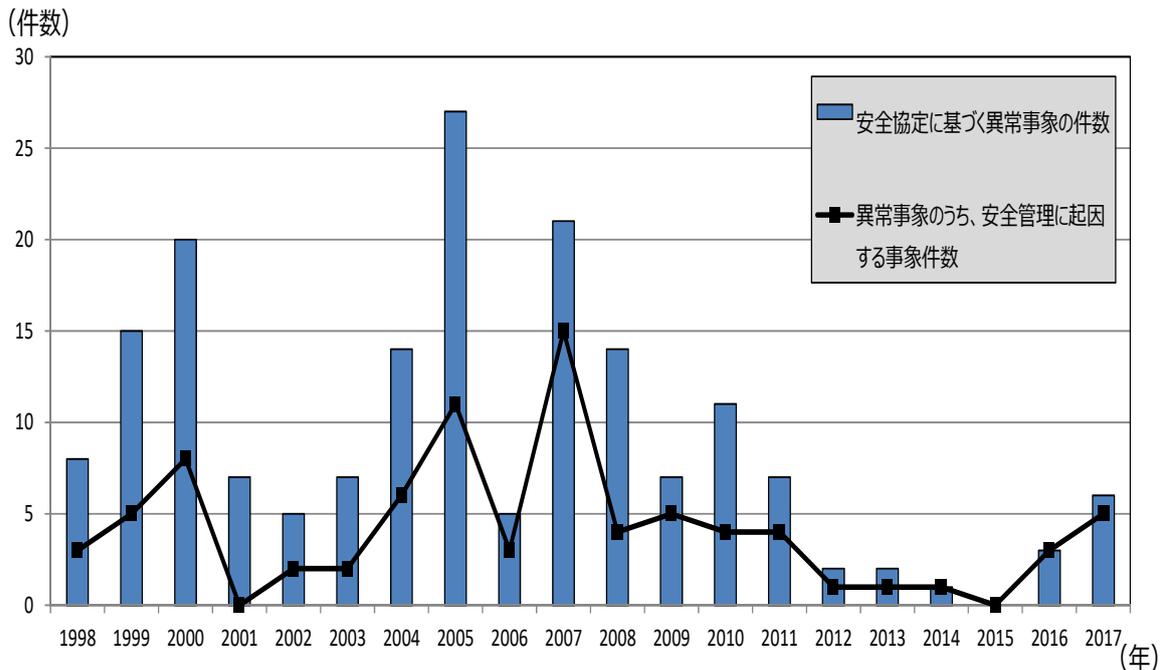


図2-2 安全協定に基づく異常事象（美浜、大飯、高浜発電所）の発生件数の推移

本節の冒頭で述べたように、この事故を踏まえ、原子力安全・保安院が2005年3月に取りまとめた最終報告書の中では、配管破損に関する評価に加え、関西電力の安全文化に関して、

- ・ 関西電力は、「安全第一」という方針を掲げていたが、この方針が名目上のものとして形骸化して機能しなかったこと、こうした状態が長年にわたり是正されずにいたことは、安全文化の劣化を具体的に示すものとして重大な問題と考える。
- ・ 関西電力、三菱重工業、日本アーム各社の不適切な保守管理・品質保証活動が事故の根本原因であり、その背景には、社内での「安全文化」の綻びがあったことが判明した。

と指摘し、関西電力の保守管理体制、品質保証体制が十分機能していなかったことを厳しく追求している。

しかしながら、安全文化が衰退した要因、事実関係などについては、具体的な分析は行われておらず、関西電力が同月にまとめた事故の再発防止策の報告書²¹⁾においても、

- ・ 定期検査期間の短縮の取組みの中にあっては、決められた工程を守る意識が過剰になっ

たことは否めない。とりわけ、配管については材料手配に数ヶ月かかる場合もあったことから、決められたルールに則らず、何らかの技術的根拠による判定評価を用いることによって余寿命が2年以上あると確認できれば配管の取替計画を立案しなくてよいという、「安全を最優先する」という経営方針の精神に沿わない判断を下した可能性がある。

- ・ 設備の機能維持や更新のために必要な投資を行なう一方で、作業安全に必要な予算を確保しながら効率化に努めてきたが、現場の安全をさらに高めていくための必要な投資をこれからも確実にこなっていくことが不可欠である。

として、事故の背景要因として「定期検査期間短縮」と「安全のための投資」などを挙げているものの、安全のために必要な投資がそれまで適切に行われていたのかなどの事実関係が明確になっていない。

例えば、2002年10月に発覚した福島第一発電所1号機における格納容器漏えい率検査の偽装問題に対して、国は、極めて悪質な事例と判断し、同発電所の1年間の原子炉運転停止という行政処分を行っているが、東京電力や東京電力社外調査団の報告書²²⁾によると、

- ・ 当時、夏期電力需要期が迫っており、定期検査期間延長による電力安定供給への対応を遅らせる事態は回避したいとの思いがあった。
- ・ 平成2年（1990年）以来、大型の改造工事、海水漏えいなどのトラブルが続いており、第一保修課の繁忙感が強く、慎重で根気強い対処を欠く要因が存在していた。
- ・ 冷却材喪失事故の発生例がなく発生確率は低いと考えていた上、多少漏えい率が悪くても現実には安全に影響を及ぼすことはないとの心理が存在した。
- ・ このような状況の中で、漏えいが国の立会検査間近になって確認されたが、その原因が特定できず、一方で検査を延期した場合にはその後のスケジュール等が立てられないと判断した。
- ・ 第16回漏えい率検査実施直前によく漏えい箇所が判明したが、これを修理・取替する時間的余裕がなかった。

など、不正行為の動機と背景事情が現場の観点でまとめられている。

このような事例を踏まえると、美浜3号機の二次系配管破損事故に対する関西電力の調査においても、安全文化に関わる分析の観点から、現場の意見をもとに背景要因を列挙し、例えば、安全のための投資については、現場からの提案や社内決定のプロセスにおいてどのような対応がなされたのかなど、さらに掘り下げた調査が必要であったと言える。関西電力は、この事故を踏まえ、

- ・ 各所員がいかに安全を意識して行動すべきか宣言する
- ・ 発電所の安全意識・行動に係る実践度についてアンケートを実施し分析結果を活用する活動を継続する

- ・ 原子力保全改革委員会を設置し対策が実施されていることを確認し、必要に応じ指導を行う
- ・ JEAC4111-2003に基づき、トップマネジメントの視点からレビューを行う

など、安全文化の醸成のための活動を実施しているが、いずれもトップダウンアプローチによる活動であり、前述した「安全管理の徹底に関する福井県から関西電力への申し入れ」の事例が示すように、現場から安全文化を改善していくプロセスが明確となっていなかった。

美浜発電所3号機の二次系配管破損事故以降の安全管理に起因するトラブル発生状況を調査すると、その件数は再び上昇しており、2007年には15件となっている。同事故に対する再発防止に取り組む中でトラブルが続発していたこともあり、福井県は、表2-4に示すように、2005年以降、安全の確保と県民の信頼回復を目的として、再び、関西電力に対して安全管理の徹底等に関する要請を行っている^{23)、24)、25)}。

表2-4 安全管理等に関する福井県から関西電力への申し入れ（2005年以降）

福井県の申し入れ	きっかけとなったトラブル	要請内容
2005年9月30日	2005年度の福井県内で発生した安全協定に基づく異常事象19件のうち、9月末時点で16件と多く、うち8月、9月の2カ月で10件発生	(口頭による嚴重注意：安全管理に万全を期すこと)
2007年2月23日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高浜発電所1号機における放射能を含む水の飛散 ・ 大飯発電所の放射線管理区域からの不適切な物品の持ち出し ・ 美浜発電所1号機で所要の法的手続きを取らずに配管の溶接作業を実施 など 	安全の確保や県民の信頼回復に向けて、美浜事故での再発防止策を、より一層、現場に浸透させ定着させるとともに、今後、ヒューマンエラーによるトラブルや不祥事等が再発しないよう最善を尽くして取り組むこと
2007年10月24日	大飯発電所3号機の放射性希ガスの放出事象(同年8月以降、2カ月の間に7件のトラブルが発生)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 安全管理を徹底するため、トラブルの特性・特徴を評価してプラント毎の安全管理体制の実績を評価する仕組みを構築すること ・ マイプラント意識のもとで全社一丸となってトラブル防止に最善を尽くし、県民に対しその成果を目に見える形で示すこと

これらの要請を踏まえ、関西電力は、2007年4月、要請に対する回答書を福井県に提出²⁶⁾し、安全協定に基づく異常事象の他、軽微な事象を抽出し、ヒューマンエラートラブルの分析を実施し、対策として、「全所員の基本となる対策」、「業務連携に重点をおいた対策」、「協力会社に対する対策」に分け、一人ひとりの意識向上対策など現場に密着したボトムアップアプローチによる改善策をまとめた。

また、2008年1月にはトラブル低減に向けた取組み計画²⁷⁾をまとめ、過去5年間の安全協定

に基づく異常事象および軽微なトラブルの深掘分析を行い、対策の立案を行うとともに、トラブル発生要因として挙げられる「作業不良」、「保守計画不良」の背景の問題点を把握するため、美浜、大飯発電所長から意見を聴取し、それらを評価結果等としてまとめるなど、ボトムアップアプローチによる安全文化醸成活動を展開している。

以上の経緯を踏まえると、これらの関西電力の安全文化醸成活動は、福井県からの要請がなければ徹底されていなかったと言える。事実、前述した関西電力の回答書の中では、「現場の一人ひとりまで安全最優先の意識を浸透・定着させる重要性をあらためて痛感した次第であります。」とあるように、事業者自らが問題意識を持ち続け、安全文化醸成活動の実効性向上のための継続的取組みを定着させる難しさが明らかになっている。

一方で、これらの事例からは、安全文化醸成活動の実効性向上のためには、原子力発電所の安全について、「国や事業者任せにせず、県自らが、昼夜を問わず厳しく監視し、安全と安心を実現してきた²⁸⁾」自治体の関わりが重要であることを示しているとも言える。

上述した関西電力の対応については、現場からのボトムアップアプローチをはじめとした改善策等の取組み開始から数年間は、安全管理などに関わるトラブルの発生防止に効果があるものの、その後、発生件数が増加していることから、継続的な取組みとして現場に定着するには至っていなかった。

安全文化醸成活動に関わる調査、評価については、年度単位で行われているが、安全文化醸成活動の実効性向上の観点からは、中長期的な視点に立ち、過去の傾向等をレビューすることも重要である。上述した事例からは、法律対象トラブルや安全協定に基づく異常事象の他、軽微なトラブルに対する深掘調査が行われており、実効性の評価の一つの指標となり得るため、次項で検討を行う。

また、上述した事例は、福井県への報告はもとより、関西電力自ら記者会見を行っており、さらに、福井県内の原子力発電所の安全性について工学的な論点を中心に、独立的、専門的な立場から技術的な評価・検討を行う福井県原子力安全専門委員会に対して説明が行われている。このため、事業者は、自ら設置した検証委員会にとどまらず、安全文化に関わる調査、評価を対外的に積極的に説明していくことが望まれる。

3) 軽微なトラブルから得られる教訓の活用

本項では、安全文化醸成活動に関わる定期的な調査、評価の重要性を指摘し、軽微なトラブルに対する調査が、その評価の一つの指標となりうることを指摘した。

このため、ここでは、軽微なトラブルに対して、どのような調査を行うことで、安全文化醸成活動の継続的改善につながるのかを調査する。

トラブルについては、原子炉施設の故障や基準を超える放射性物質の漏えいなど、法令に基づき国等への報告が必要となるものだけでなく、日々の保安活動の中で発生する設備保全、運

転・作業管理や労働安全等に関わる軽微なトラブルもある。

以下に紹介する事例は、国への報告対象トラブルや安全協定上の異常事象には該当しない軽微なものであるが、安全文化の劣化兆候把握等の観点から教訓が得られた事例である。

(高浜発電所2号機のA-非常用ディーゼル発電機室内における蒸気漏れ)

定期検査中の高浜発電所2号機において、2015年4月13日、原子炉補助建屋内のA-ディーゼル発電機室地下1階の火災報知器が発報し、現場確認の結果、A-ディーゼル発電機を暖機するための清水加熱器に蒸気を供給している補助蒸気配管の保温材の隙間から蒸気が漏れ出すトラブルが発生した。

蒸気漏れの原因は、当該配管にドレン水が滞留した状態で、B-ディーゼル発電機の補助蒸気配管に蒸気を通したことにより、当該配管ドレン滞留部に蒸気が流入し、急激に凝縮してウォーターハンマーが発生したため、その水圧により当該配管のフランジ部のガスケットが破損し、蒸気漏れに至ったものと推定された。

その背景としては、福島第一原子力発電所事故後のプラントの長期停止に伴い、それまで、ディーゼル発電機の暖機のため補助蒸気を連続通気としていたが、2013年8月に同発電機の起動前のみ間欠通気する運用を変更した以降、当該補助蒸気配管にドレン水が滞留している状態を確認していなかったことが挙げられている²⁹⁾。

ウォーターハンマーに関わるトラブルとしては、前述した1999年の美浜発電所3号機の事例に加え、2005年には美浜発電所3号機、大飯発電所1、2号機の補助蒸気配管で発生しており、関西電力は、それらの再発防止の一つとして、系統の隔離範囲の上流側配管内に溜まったドレン水も完全に排出するよう社内の運転関係マニュアルにも記載³⁰⁾した。

しかし、上記の背景や原因から、時間の経過とともに作業前の事前検討における注意喚起や運転員の感性が不足し、結果として、当該補助蒸気配管にドレン水が滞留している状態を放置することになったと考えられたため、福井県は、関西電力に対し、現場の運転員等に聞き取りを行うなど詳細な調査を行うよう指導している。

福井県の対応については、「福井県原子力安全対策課では、トラブル発生時や定期検査の開始・終了時など年間100件程度のプレス発表しており、県としての技術的解釈を加えた情報発信を行っている。」³¹⁾とあるように、立地自治体として報道関係者をはじめ、住民の信頼を得るため、トラブルに関わる事実関係などについて事業者から正確な情報を引き出し、発信することが求められている。このため、事業者に対する指導については、トラブルの原因究明などの過程で頻繁に行われている。

福井県の指導を受け、関西電力は、当直グループによる事例検討会を実施し、ウォーターハンマーに対する意識などについて議論を行った。

関西電力に問い合わせた結果、通気蒸気系統の上流と下流側に対する注意力やウォーターハンマー音に対する熟練者と経験の少ない若年者の間に反応の違いがあるなど、多くの教訓が得られたとの回答を得た。

また、蒸気漏れの原因究明を行うために要因分析図を作成したが、過去に配管のフランジ締め付け不良による同種不具合を経験しており、設備面の状況調査を主とした結果、運転操作に関する要因分析が不十分となったとのことであった。

これは、近年、原子力発電所の長期停止に伴い、トラブル件数自体も減少しており、原因調査項目の洗い出しの実経験不足が考えられ、安全文化の劣化兆候把握の観点からも重要な情報である。

さらに、原因調査の過程において、当事者間で議論し出される意見は、アンケート調査や自由記述による意見などと異なりテーマが明確であり、対策への展開はもとより、安全文化醸成活動の評価のために有益な意見が多く含まれている。これらをデータベースとしてまとめることで、プラントの運営管理の定期的なレビューの際に有益な材料となり得る。

図2-3に、美浜、大飯、高浜発電所で発生した軽微なトラブルの件数の変遷を示す。原子力発電所の長期停止等に伴い、トラブルの発生件数自体は減少しているものの、2015年は異常事象件数が0件に対して、異常事象未済の軽微なトラブルは4件発生している。

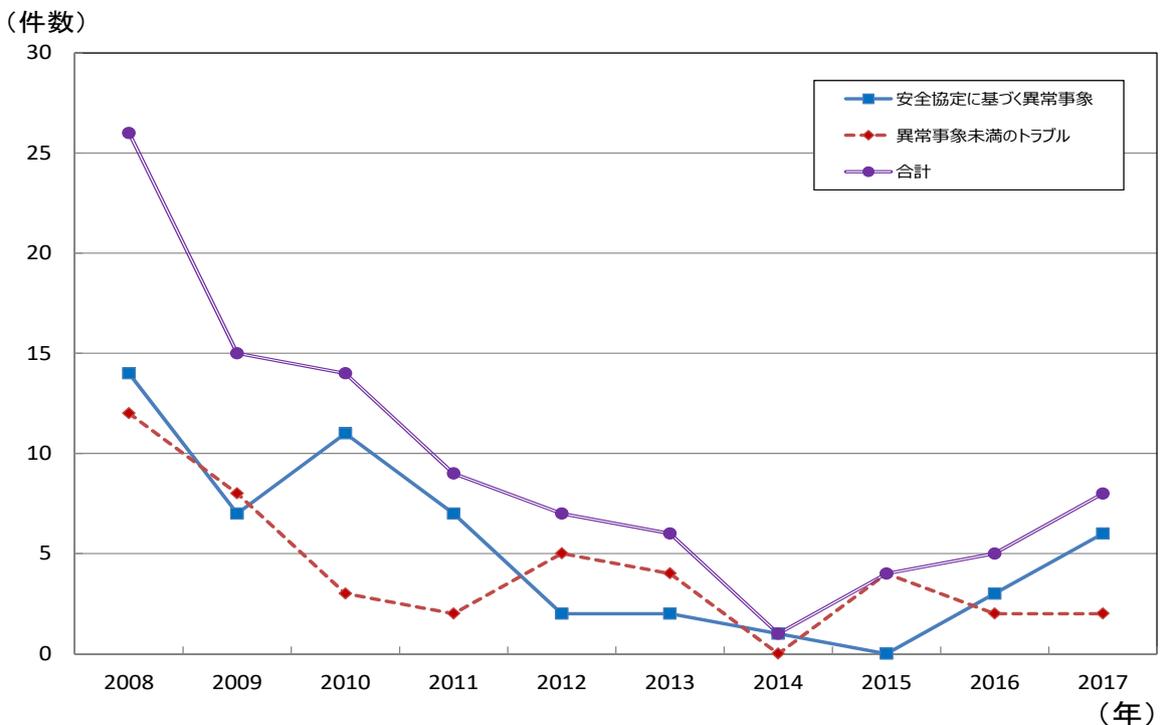


図2-3 軽微なトラブル（美浜、大飯、高浜発電所合計）の発生件数の推移

この4件には、上記事例の他、大飯発電所3、4号機の廃棄物建屋における発火³²⁾や大飯発電所3号機の原子炉補助建屋内の床ドレン配管からの水の逆流による通路床への溢水³³⁾などの事例があり、これらは、不適切な物品の使用、逆止弁の設計変更による排気の影響の検討不足など安全管理に起因したトラブルであることが判明している。

しかしながら、関西電力が2016年5月に開催した原子力安全検証委員会においては、2015年度の重大なトラブル、ヒューマンファクターに起因するトラブル等の発生状況に対する評価結果として、「これまで実施してきたトラブル未然防止活動の継続的な実施とともに、再稼働したプラントも考慮した安全性向上、またはリスクを除去・低減させる活動が実施されていくか注視していく」と評価するにとどまり、上記の軽微なトラブルの紹介や分析等は行われていない。

なお、2014年は、軽微なトラブルの発生件数は0件であるものの、2014年3月に高浜発電所3号機の原子炉補助建屋において作業用変圧器からの発火³⁴⁾があり、原因として、作業の計画が適切に行われていなかったことが判明している。

このように、法令対象外のトラブルであり、プラントの安全上も軽微なトラブルであっても、安全文化の醸成活動の観点からは、多くの教訓が得られることから、トラブルの発生状況のみならず、一つ一つの事例について、情報の質を高めるためにも、現場を中心に事実関係を整理し、情報を蓄積することが重要である。

前述した高浜発電所2号機のA-非常用ディーゼル発電機室内における蒸気漏れのトラブルに対して、福井県は、プラントの長期停止に伴い、現場の運用を変更したことにより生じた事象であり、福島第一原子力発電所事故以降、国内のプラントが長期停止している状況等を踏まえると、他プラントでも類似事象が生じる可能性があり、それらを未然に防止する観点から、水平展開を図ることが望ましいと判断し、軽微なトラブルとして取り扱った³⁵⁾ため、関西電力は、このトラブルをJANSIの原子力施設情報公開ライブラリー（ニューシア）に登録した。

本件は、福井県の指導がなければ、ニューシアには登録されなかった事例であり、関西電力として、ニューシアを積極的に活用し、保全活動の向上の観点から産学官で情報共有しようとする意識が低いことが伺える。

ニューシアに関しては、東京電力の自主点検作業記録に関わる不正や福島第一発電所1号機における格納容器漏えい率検査の偽装問題（2002）などの不祥事等を踏まえ、事業者間で情報を共有化し保安活動の向上に活用するとともに、発電所運営の透明化を図ることを目的として導入されたものであり、本来、安全文化醸成活動に関わる情報収集、分析への活用が期待されていたものである。

しかし、2003年10月に運用を開始して以来、公開基準の判断、入力情報など各事業者間で運用に大きな差があり、トラブルや安全文化に関わる傾向分析に必要な情報が掲載されているかなど、レビューや改善が行われておらず、多くの課題がある。前述した高浜発電所2号機のA-非常用ディーゼル発電機室内における蒸気漏れのトラブルについても、そこから得られた多くの教訓に

についての記載はない。

原子力安全・保安院は、2009年に敦賀発電所1号機の40年目の高経年化技術評価に関わる議論の中で、「ニューシアに登録されている保全品質情報について、軽微な事象をどこまで検討するかについては、今後実績を踏みながら評価審査マニュアル等への反映について検討していく」³⁶⁾との考えが示されたものの、その後、具体的な検討は行われていない。

宮崎³⁷⁾は、人的過誤対策の傾向、対策についてニューシアの情報をもとに分析を行った結果、人的過誤の根本原因分析が十分でないため、適切な対策が講じられていないことや、中長期的で根本的な対策が少ないことなどの問題点を指摘している。また、ニューシアの運用そのものについて西脇³⁸⁾は、「ニューシアの運用結果は、法の規制をかけず民間事業者の自主的な運営に委ねておいては、的確な情報の収集・公表は行われなかったことを示しているのではないだろうか。」と指摘している。

なお、関西電力に問い合わせたところ、軽微なトラブルに関わる情報のニューシアへの登録については、各発電所の責任で行われているとのことであった。このニューシアの運用に関する課題については、別途、第4章で議論を行う。

2. 3 規制当局による事業者の安全文化醸成活動の評価

(1) 事業者の安全文化醸成活動に対する我が国の規制の変遷

規制当局は、2004年8月に発生した美浜発電所3号機2次系配管破損事故を契機に、事業者の安全文化の劣化防止をはじめとした安全文化醸成活動に関与するようになった。

この事故を受け、福井県が国や規制当局に対して、高経年化対策の強化や実効性の高い安全規制体制の確立などを要請したことを踏まえ、経済産業省の総合資源エネルギー調査会のもとに高経年化対策検討委員会が設置された。同委員会における議論を踏まえ、原子力安全・保安院が2005年8月に取りまとめた「実用発電用原子炉施設における高経年化対策の充実について」の報告書の中では、

- ・ 規制機関は事業者の企業文化・組織風土への取り組みを強制するものではなく、これを評価し推奨するもの
- ・ 企業文化・組織風土の劣化防止への取り組みについては、10年毎に実施する定期安全レビューにおいて事業者が自らの品質保証活動の一部として確認し、国はこの事業者の取り組みを把握して、良好事例についてはこれを積極的に奨励するなどの事業者の取り組みを促進させるべき

との指摘があり、原子力安全・保安院および原子力基盤機構は、これらを踏まえ、「安全規制における原子力安全文化検討会」を立ち上げ、事業者の組織風土劣化防止の取組みを把握する視点を検討し、2005年12月に高経年化技術評価審査マニュアルとして「組織風土劣化防止の取組の考え方と把握の視点」を取りまとめ、保安検査で活用するとした。

この保安検査に関しては、美浜発電所3号機2次系配管破損事故当時、福井県から、その実施体制、実効性が不十分であったのではないかとの問題点が指摘³⁹⁾されており、国に対して「保安検査官を現地指導する特別検査指導官を常駐させるなど、国の保安検査業務の強化を図ること。」などの要請⁴⁰⁾が再三にわたり行われている。

これは、要請書の内容にもあるように、事業者の安全文化醸成活動の監視など安全規制を機能させるためには、現地即応型の体制の構築が重要であるとの意図があったためである。

これらの要請を踏まえ、原子力安全・保安院は、2005年7月、福井県内4サイトの保安検査官事務所を統括する地域原子力安全統括管理官（若狭地域担当）を配置するとともに、原子力安全基盤機構は、2005年10月、福井県内に安全確保の状況確認など検査業務を行うための事務所を設置し、現地の規制体制を強化した。

しかし、規制当局が実施する事業者の安全文化の醸成活動・定着の活動の評価については、高経年化対策の一環として10年毎に実施する定期安全レビューの中で傾向を把握するという仕組みづくりにとどまり、保安検査官の現場における日常的な監視活動から得られる気づき点等を活用するなど、現場のリソースを最大限活用するという方向性は示されなかった。

一方で、原子力安全・保安院は、東京電力の不正問題を契機に2003年に導入した検査制度について、美浜発電所3号機2次系配管破損事故等を踏まえ、充実・強化を図るため、2005年11月に「検査の在り方に関する検討会」を再開した。

この中で、検査制度の在り方の検討を行い、2006年9月に「原子力発電施設に対する検査制度の改善について」の報告書を取りまとめ、原子力安全・保安院は、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について、

- ・ 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ち、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る
- ・ 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としたところ
- ・ 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るとあり、国として、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

との方針を示した。

このような中、2006年10月に中国電力の水力発電設備のデータ改ざん問題が明らかになったことをきっかけに、水力、火力および原子力発電設備においても、データ改ざんや必要な手続きの不備等の問題が相次いで発覚した。このため、原子力安全・保安院は、全事業者に対して、発電設備に関わるデータ改ざんや必要な手続きの不備その他の同様な問題がないかについて、総点検を実施するよう指示し、その総点検の過程で、北陸電力が志賀発電所1号機で1999年6月に発

生した臨界事故を隠していたことなどが明らかになった。

その後、原子力安全・保安院は、2007年3月に各事業者から提出された総点検結果報告書、2007年4月に提出された再発防止対策報告書の内容および保安検査の結果を踏まえ、同月、「発電設備の総点検に関する評価と今後の対応」として報告書をまとめるとともに、2007年8月に「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」等の一部を改正し、全事業者に対し、保安規定の中に「安全文化を醸成するための体制（経営責任者の関与を含む。）に関すること。」を記載するよう求めた。

また、原子力安全・保安院および原子力基盤機構は、2007年11月に「規制当局が事業者の安全文化・組織風土の劣化防止に関わる取組を評価するガイドライン（安全文化ガイドライン）」を制定した。

以上の経緯をみると、規制当局が、美浜発電所3号機2次系配管破損事故等を踏まえ、事業者の安全文化醸成活動を評価するための規制の枠組みを構築する過程で、事業者の不祥事が次々に発覚したことから、その都度、課題の整理を行い、ガイドライン、マニュアルの整備を推進した状況を読み取ることができる。

その他、現場において実際にガイドライン、マニュアルを運用する保安検査官に対する教育の面に注目すると、原子力安全基盤機構は、保安検査官向けに安全文化・組織風土劣化防止に関わる取組の評価方法や根本原因部分析に関する教育資料等を作成⁴¹⁾、⁴²⁾し、2007年度より研修を行うとともに、原子力安全基盤機構職員に対しても研修を行っており、策定したガイドライン、マニュアルを早急に現場で運用しようとした姿勢が伺える。

（2）原子力安全・保安院による事業者の安全文化醸成活動の評価

前項で述べたように、原子力安全・保安院は、事業者の安全文化醸成活動を保安検査等により確認するため、2005年12月にマニュアルを作成し運用を開始した。

その運用については、原子力発電所が立地する現地の保安検査官事務所（現規制事務所）の保安検査官が、各年度の保安検査基本方針に基づき検査項目を設定し、四半期毎に保安検査を実施しており、その検査項目の中に「安全文化醸成活動の実施状況」の項目がある場合には、事業者の当該年度の安全文化醸成のための活動計画で示された施策に対する活動状況等を確認している。

また、定期安全レビューを実施したプラントについては、そのレビュー中で組織風土劣化防止の取り組みが行われているかを保安検査で把握する運用とし、検査結果については、四半期毎の保安検査結果として取りまとめられ、原子力安全委員会に報告が行われる仕組みであった。

このような中、発電設備等の総点検を踏まえ、2006年度の第4四半期においては、保安検査体制を強化し、発電所員の各階層に対するインタビューを行うなど不正防止の取組状況の検査を実施する中で、安全文化の醸成活動に関わる検査を行っている。

原子力安全・保安院は、この検査を踏まえ、過去の臨界事故隠しや2006年6月に発生した局部

出力領域モニターの誤接続、誤判断事象が発生した志賀発電所を除くすべてのプラントに対して、「安全文化を醸成するための活動が原子炉設置者のみならず協力会社も含めて実施されているなど、不正を許さない取り組みが行われていることを確認した。」⁴³⁾と評価した。

しかし、事業者毎の独自の活動や現場における具体的な取り組み事例を取り上げ評価するには至っておらず、全事業者に対して一律の評価結果となっている。

なお、翌年度は、各事業者が発電設備の総点検の実施結果を踏まえ、再発防止対策を策定したことを受け、原子力安全・保安院は、2007年5月、「発電設備の総点検に係る今後の対応30項目の具体化のための行動計画」を公表し、この行動計画に基づき、2007年度の保安検査を特別な保安検査として、事業者の再発防止対策の実施状況等の確認を行っており、安全文化醸成活動の実施状況に関わる保安検査は行われなかった。

2007年度第4四半期の報告においては、このような一連の不祥事への対応を終了したことから、「今回の保安検査をもって特別な保安検査は終了し、今後は、安全文化及びコンプライアンスなど社員の意識変化に係る傾向分析などを含めた有効性評価に着目しつつ、原子力安全に関する企業文化及び組織風土の定着状況について、引き続き、保安検査等を通じ、厳格にフォローアップしていくこととする。」⁴⁴⁾と報告している。

表2-5は、2006年度以降、原子力安全委員会に対する保安検査結果等の報告の中で、保安検査の重点項目として「安全文化を醸成するための活動状況」を取り上げたものを整理したもの⁴⁵⁾である。この表からも明らかであるが、安全文化醸成活動の実施状況に関わる本格的な保安検査は、2008年度より始まったと言える。

表2-5 原子力安全・保安院が保安検査項目に安全文化の評価を取り上げた回数
(表中の数字は、年4回実施する保安検査の中で取り上げられた回数)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012 (第1四半期のみ)
泊	1		1	2	2		1
東通	1		4	1	1		
女川	1			1		1	
福島第一	1		1				
福島第二	1						
柏先刈羽	1			1	1		
東海第二	1			2	2	1	
浜岡	1			1	1	1	1
志賀	1		2	2	2	2	1
敦賀	1			1	1		
美浜	1		4	3	2	3	1
大飯	1		3	2	2	2	1
高浜	1		4	1	3	3	1
島根	1			1			
伊方	1				1		
玄海	1		1			1	
川内	1		1		4	1	

(保安検査結果報告書より筆者が件数をカウントし作成)

2008年度以降、原子力安全・保安院が廃止される直前の2012年度第1四半期までの間、福島第二発電所のように、保安検査項目として安全文化醸成活動が取り上げられなかった発電所がある一方、安全文化に関わる規制活動を行うきっかけとなった美浜発電所3号機を有する関西電力のプラント（美浜、大飯、高浜）に対しては、頻繁に検査を行っており、発電所毎に対応が異なることが見て取れる。

また、事業者の安全文化の劣化防止に関わる取組みを評価した結果をまとめた保安検査結果について、2008年度の報告書の要点を抽出すると、

- ・ 「安全文化要綱」に基づき体制が構築されていること、活動計画が策定されていること等を確認した。（美浜発電所：2008年度第2四半期）⁴⁶⁾
- ・ 具体的な活動計画に基づき2008年度の重点実施項目が計画的に実施されていることを確認した。（大飯発電所：2008年度第3四半期）⁴⁷⁾
- ・ 品質目標に安全文化の醸成活動の重点施策を反映し、これらの安全文化の醸成活動は発電所においては、所長をトップとする発電所運営会議で審議・評価し、評価結果を原子力事業本部で審議・評価していることを確認した。（高浜発電所：2008年度第4四半期）⁴⁸⁾

など、事業者が取りまとめた活動計画、評価などの書類を確認した結果をまとめる傾向がみられる。

一方で、関西電力がまとめた2008年度の安全文化評価結果⁴⁹⁾の中では、組織・人の意識、行動の評価の結果、

- ・ 原子力での勤務経験が浅い協力会社作業員が増加している状況は変わらないが、今年度は幅広い層で労働災害が増加傾向にあり、協力会社作業員への安全意識の徹底が不十分である。
- ・ 発電所評価では、事業本部と発電所の連携を課題として挙げる意見が多い。
- ・ ハットヒヤリ事例の収集件数は増加しているが、活用方策の具体化については、今後検討が必要である。

などの重要課題が抽出されている。

これらを比較すると、保安検査における評価は、事業者の活動の事実関係の把握に留まっており、保安検査の結果が事業者の活動にフィードバックされず、事業者の改善活動にはつながりにくいと言える。

図2-4に規制当局による事業者の安全文化の劣化防止への取組みを評価するガイドライン等の位置づけを示す。安全文化ガイドラインは、安全文化の劣化防止への取組みを評価する対象として、日常の保安活動に着目しており、根本原因分析ガイドラインは、根本原因分析の対象となる事象を安全に関わる重大な事故や保安規定違反として事例を蓄積していくとした。

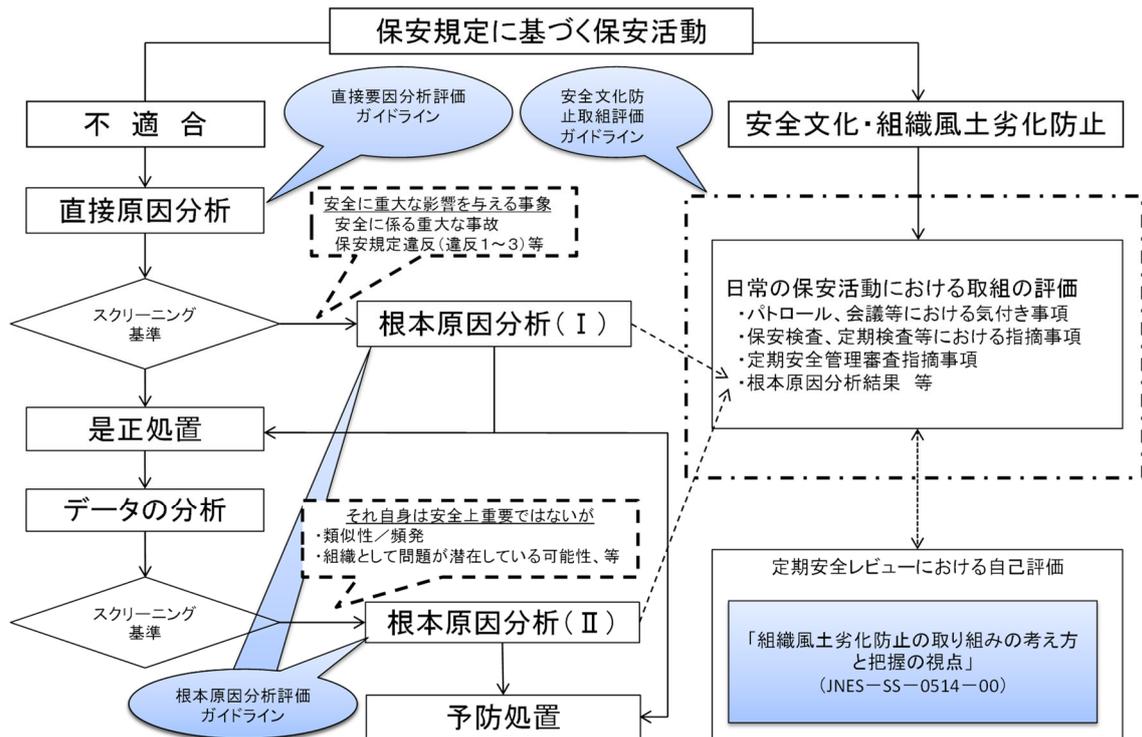


図 2-4 規制当局による事業者の安全文化の劣化防止への取組みを評価するガイドライン等の位置づけ

その後、原子力安全基盤機構は、保安検査以外において事業者の安全文化醸成活動を評価する方法として、2011年度に、国内の6発電所について、ニューシアのデータベースをもとに、トラブル事象と「安全文化ガイドライン」に記載されている安全文化の14要素の間の定性的な相関関係の評価を行っている⁵⁰⁾。

その結果、「重大な事象は、『上級管理者の明確な方針と実行』、『学習する組織』との相関があり、軽微な事象は『報告する文化』、『説明責任・透明性』との相関が強いという結果を得た」としているが、前節で指摘したように、事業者がニューシアなどで公開している情報量が少ないという課題もあり、具体的な例示はなく、現場の検査官の日常業務や、事業者の活動へのフィードバックは行われていない。

また、国内事例を中心とした人的過誤事象の分析評価を行い、その結果を「ヒューマンファクター事例の紹介システム」とするデータベースを作成したが、規制として安全文化の劣化兆候の把握のために活用するには至っていない。

これは、評価対象の事例を安全に重大な影響を与える事象や保安規定違反としており、これまでの運転経験の実績等からは、事例の蓄積がほとんどないためである。

一方で、前節において、最近発生した軽微なトラブルの事例等を紹介したが、評価対象範囲を安全に重大な影響を与える事象や保安規定違反などに限定せず、これら軽微なトラブルに拡大することで、規制当局自らが、事業者の安全文化の劣化兆候や実効性向上のための課題など多くの

気づき点が得られることを明らかにした。

原子力安全・保安院が開催した「第14回検査の在り方検討会（2006年1月）」においては、原子力発電所の保安活動管理の現状と課題の整理が行われ、「軽微なトラブルから得られる教訓を活用した事業者の活動をより適切に確認・評価する検査手法の高度化については、引き続き検討課題として残っている。」との指摘が行われており、規制当局が、事業者の安全文化醸成活動を確認する上で引き続き重要な検討課題であると言える。

（3）原子力規制庁による事業者の安全文化醸成活動の評価

2012年9月に発足した原子力規制庁は、原子力安全・保安院の業務を引き継ぎ、保安検査の中で、事業者の安全文化醸成活動に関わる活動計画や活動状況等について、計画書や会議録等の確認を通じて評価しており、その評価の方法やプロセスについては、原子力安全・保安院との違いはないが、原子力規制庁は、検査活動の一環として、年度毎に「安全文化・組織風土劣化防止に係る取り組みの総合評価について（指導）」⁵¹⁾の文書を現地の規制事務所長から評価対象の発電所の所長あてに発出している。

この総合評価は、安全文化ガイドラインに記載されている「安全文化・組織風土の劣化防止に係る取組を総合的に評価する方法」に基づき、事業者が実施する保安活動に関わる会議への参加や保安検査、不適合事象に対して事業者が実施した根本分析結果等を通じて得られた安全文化・組織風土の劣化に関わる気づき事項、指摘事項をまとめ、「取り組み要請事項」、「奨揚がふさわしい取組み」、「総合所見」の3つの項目に分類したもので構成されており、このうち、事業者に対して「取り組み要請事項」を実行するよう求めている。

この「取り組み要請事項」は、安全文化ガイドラインに記載されている安全文化の14要素の項目に分けた要請や総評としての要請など、現地の各規制事務所により、その記載の方法は異なり、同じ発電所においても年度により傾向が大きく変わるものがある。

例えば、大飯原子力規制事務所が発出した「取り組み要請事項」を例にとると、表2-6に示すように、2012年度に安全文化の14要素の項目である「コンプライアンス」と「良好なコミュニケーション」を取り上げ、2013年度も継続して事業者の対応を確認し改善等を要請していたが、2014年度には、同事務所の所長が交代したこともあり、それらの項目はなくなり記載内容が大きく変わっている。

原子力規制庁に問い合わせた結果、これらの要請文書のフォローアップは、保安検査の中で都度行っているとのことであったが、その後の保安検査結果報告書等の中では、それらの結果は示されていない。

また、高浜原子力規制事務所が発出した「取り組み要請事項」を表2-7に示す。前項の「軽微なトラブルから得られる教訓の活用」の中では、安全文化の劣化兆候把握等の観点から教訓が得られた事例として、2015年4月に発生した高浜発電所2号機の「A-非常用ディーゼル発電機

室内における蒸気漏れ」を挙げたが、要請文書には、これら軽微なトラブルなどに関する言及はなく、大型工事への体制強化の検討や、技術力の維持・向上など一般的な指導に留まっている。

安全文化醸成活動の実効性向上のためには、プラントの安全管理等に関わる長期的な傾向の監視、把握が重要であり、事業者への要請に当たっては、将来、定期的なレビューを行う上でも、傾向分析を行うことができるよう、毎年度の要請内容を踏まえるとともに、過去の同発電所におけるトラブルや、原子力安全・保安院による安全文化評価の実績なども含め、当該発電所の特徴を徹底的に把握した上で要請を行う必要がある。

表 2-6 大飯発電所に対する「安全文化・組織風土劣化防止に関わる取り組みの総合評価について（指導）」の「取り組み要請事項」の変遷

2013年5月 (2012年度の評価)	2014年5月 (2013年度の評価)	2015年6月 (2014年度の評価)	2016年5月 (2015年度の評価)
<p>(コンプライアンス)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 所員、協力会社の業務においてルール遵守が徹底されていない事象が散見されている。 ・ 引き続き、意識を向上させる活動を実施し、発電所全体でルール遵守を徹底すること <p>(学習する組織)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 過去トラブル事例から得た知見が、類似トラブルの発生防止に十分に生かされていない等、教育の成果が保安活動に十分に活用しきれない事象も散見されている。 ・ 教育内容の充実化を図るだけでなく、教育の成果が保安活動によりいっそう効果的に活用されるような取り組みも積極的に実施して頂きたい。 <p>(良好なコミュニケーション)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 業務プロセスにおいて必要なコミュニケーションの不足による不適合事象やハットヒヤリ事例が指摘されていることから、業務プロセスにおける所内連携の改善に努めること 	<p>(コンプライアンス)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ルール遵守が徹底されていないことに起因する不適合事象が減少傾向にあるものの、未だ確認されている。 ・ 引き続き、意識を向上させる活動を実施し、発電所全体でルール遵守を徹底すること。 ・ 基本ルールの遵守により、コンプライアンスのさらなる徹底に取り組むこと <p>(常に問いかける姿勢)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 長年問題なく遂行されてきた業務や過去の経験から問題ないと推定される保安活動に対しても、常に問いかける姿勢で業務に臨むよう意識改革に努めること ・ 新規制基準対応として、新規の設備・機器が設置されているが、既存の設備・機器との関係も踏まえた手順書の整備並びに設備・機器のあるべき状態について常に問いかける姿勢を定着化するよう取り組むこと <p>(良好なコミュニケーション)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 発電所幹部が職場懇談会等に出席し、現場の状況把握に努めていることは評価できるが、協力会社のアンケート結果では、肯定意見は5割に留まっており、意識のギャップが見受けられる。 ・ 事業者の評価結果と協力会社の受け止め方について、現状の課題を把握し、さらなる改善に努めること 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運転管理や作業等に際し、所管課内及び関係各課と良好なコミュニケーションをとりつつ、あらゆる状況を想定して常に問いかける姿勢を持ち、業務の改善に努めることで、確実に安全な作業管理が実施されること 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現場での工事実施にあたり、関係各課(室)及び協力会社と良好なコミュニケーションを図り、行動を起こす前に一旦立ち止まって手順の確認を行う等、常に問いかける姿勢を持ち、安全優先で確実な作業管理を実施すること <p>(学習する組織)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 4号機の並列操作時の原子炉トリップ事象に対する対策及び1、2号機の工事認可後に予定されている大型工事等を踏まえて、技員の設計・調達管理に関わる技術力の維持・向上を図ること

表 2-7 高浜発電所に対する「安全文化・組織風土劣化防止に関わる取り組みの総合評価について（指導）」の「取り組み要請事項」の変遷

2013年5月 (2012年度の評価)	2014年5月 (2013年度の評価)	2015年6月 (2014年度の評価)	2016年5月 (2015年度の評価)
<p>(コンプライアンス)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 社内ルールの確実な遵守は業務の基本であり、業務フローの確実な実行について再徹底するよう注意喚起を図ること ・ また、プロセスと業務実態との整合を確認すること <p>(作業管理)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 作業品質の向上及びリスクアセスの観点から、作業準備、作業実施及び作業後確認の各段階を通して管理を徹底すること 	<p>(良好なコミュニケーション)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 所員及び協力会社に広く周知する様な事象について案件が発生した際、保安検査官への情報提供が遅かったことに鑑み、正確かつ迅速で前広な情報提供を行うこと <p>(作業管理)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 現在、新規制基準に対応するための工事が輻輳する中、現場作業管理が疎かにならないよう常に協力会社とも連携し、基本動作を徹底すること 	<p>(作業管理)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 現在、新規制基準に対応するための工事が輻輳する中、現場作業管理が疎かにならないよう常に協力会社とも連携し、基本動作の徹底を励行すること 	<p>(上級管理者の明確な方針と実行)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 3、4号機の再稼働後の運転継続を維持するための対応を確実に行っていくとともに、1、2号機再稼働に向けた新規制基準対応の審査および工事認可後の大型工事等へ対応していくための体制強化の検討を行うこと <p>(学習する組織)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 4号機の並列操作時の原子炉トリップ事象に対する対策及び1、2号機の工事認可後に予定されている大型工事等を踏まえて、技員の設計・調達管理に関わる技術力の維持・向上を図ること

その他、総合評価における「奨揚がふさわしい取組み」についても、その抽出の視点が明確になっていないものが見受けられる。

例えば、2014年度の敦賀発電所における安全文化醸成活動の評価の中で、「奨揚がふさわしい取組み」として、2015年3月に発生した敦賀発電所の「雑固体減容処理設備建屋内のプラズマ溶融炉のプラズマトーチ電源ケーブル接続部からの火花発生」の事象⁵²⁾に対して、「迅速な通報及び躊躇することなく消火器を使用して初期消火に努めたことから、日常の火災防護訓練・教育が確実に行われ、『学習する組織』に係る取組成果の表れと判断され、引き続き奨揚がふさわしい取り組みと評価できる。」と評価している。

しかし、この事象については、背景要因に安全文化の劣化兆候に関わる課題があることが判明している。

日本原子力発電（以下「日本原電」という。）の調査の結果、当該電源ケーブル内に冷却水を供給するホースの曲がり防止用スプリングと電源ケーブルのクランプが近接しており、原因は、当該スプリングが、構造的に充電部となることから、プラズマ溶融炉の装置の稼働に伴う振動等によりケーブルのクランプと接触し、地絡が発生したものと推定された。

日本原電に問い合わせた結果、2000年に設備を建設した際に現場施工において、当該スプリングを取り外す運用に変更したが、製作図面や作業要領書に反映されず、その後、作業体制や作業員が変わった際に管理方法が引き継がれず、さらに設計部門等と現場施工部門の連携ができていないなどの背景要因があるとのことであった。

これらの経緯を踏まえると、安全文化の劣化防止の取組みを把握する重要課題の一つである「学習する組織」の観点からは、組織内で知見、経験を伝達する機会を逃していると言える。

また、原子力規制庁は、保安検査の中で、不適合管理及び是正処置実施状況の確認の一環として、これらの内容を確認した⁵³⁾としているものの、検査の気づき事項や事業者に対する指摘等の対象にはなっていない。

2015年に改正されたIS09001においては、品質マネジメントシステムに関する計画段階で各プロセスの課題、弱みを認識して「リスク及び機会」で特定することなどを新たに定めている。上述した事例についても、そのような視点を持ち形態管理などに対する分析を行うことで、現場の情報共有のあり方など組織内部の課題の抽出が可能となる。

なお、原子力規制庁が「奨揚がふさわしい取組み」として評価した初期消火活動に関しては、過去事例として、2010年12月に発生した固体廃棄物貯蔵庫A棟における火災や2011年2月に発生したベラー建屋における火災事例などがあり、初期消火における課題や改善策が抽出されている⁵⁴⁾。

事業者の活動を評価するにあたっては、発生した事例だけを捉えるのではなく、過去の経緯を踏まえた評価を行うことで、事業者に対する説得力のある指導が可能となる。

原子力規制委員会は、現地におけるこれらの規制活動のほか、各事業者のトップのインタビューを行うという視点から、原子力規制委員会自らが事業者と安全文化醸成を始めとした安全性向上に関する取組みについての意見交換を行う場を設けている。

これは、1999年9月のJCO臨界事故を踏まえ、原子力安全委員会が2001年7月より国内の原子力関連施設を訪問し、現場の担当者と安全文化について意見を交換した「安全文化意見交換会」をはじめ、2004年8月の美浜3号機2次系配管破損事故後を踏まえ実施した「原子力の安全文化に関する電力トップマネジマントとの意見交換」や「事業者の経営層や協力会社の責任者と意見を交換した「第2次安全文化意見交換会」とアプローチは同じである。

原子力安全委員会は、事業者の経営層をはじめ協力会社やメーカーの責任者と意見交換を行った結果を報告書⁵⁵⁾としてまとめ、「他領域における安全確保に関連する専門家の知見も活用する」などの方針を示したものの、その後、具体的なフォローアップ活動を定着させることができなかった。

これらを踏まえると、規制当局は、事業者の安全文化醸成活動を把握し、改善を促す立場として、意見交換会を踏まえた今後の安全文化醸成のための規制活動について明確な方向性を示していく必要がある。

原子力規制庁に問い合わせたところ、最近では、保安検査の中で、原子力部門の責任者や発電所長など各部門のトップに対して、安全文化醸成活動やマネジメントレビューなどに関わるインタビューを実施しているとのことであった。

このため、規制当局は、今後、現場の保安検査官が各発電所に発出している安全文化劣化防止に関わる取組みの総合評価の指導文書をはじめ、保安検査における事業者の原子力部門等へのトップインタビューの結果等を、事業者トップとの意見交換会に活用し、各発電所個別の評価結果等を示すことが望まれる。

規制当局自身の安全文化については、第1章で紹介したOECD/NEAの「The Safety Culture of an Effective Nuclear Regulatory Body」の報告書において、「組織内のすべてのレベルで、継続的な改善、学習、自己評価を行うこと」などの原則が示されている。

具体的には「健全な安全文化を構築するためのナレッジマネジメント」が取り上げられており、「規制機関の知識管理プログラムの一環として、新しい世代の職員に原子力プログラムの知識と歴史を伝承することに注意を払うべきである。過去の経験や意思決定に関する組織の知識（例えば、記録やデータベース）が取り込まれるべきであり、これらのツールは組織内の誰にでも使いやすいものとなっている必要がある。」と述べている。

原子力規制委員会は、2015年5月に「原子力安全文化に関する宣言」を策定し、その中で、「安全を支えるものは高度な科学的・技術的専門性であるとの認識のもと、最新の国内外の規制動向、事故・故障事例や安全に係る知見の収集・分析を行い、得られた知見を自らの活動に反映させなければならない」として、高度な専門性の保持と組織的な学習を目指している。

また、IRRSにおいて明らかになった課題として、「規制当局における安全文化の構築」を挙げており、安全文化の維持・向上のための研修や職員の意識調査等を実施している。

一方で、本項で指摘したように、同委員会は、事業者の安全文化醸成活動の評価のための事例の積み上げがない状況であり、規制当局の安全文化を構築するためには、知見の蓄積、伝承の観点からも、現場における情報基盤の整備を図る必要がある。

例えば、関西電力を例に挙げると、2004年7月に、定格熱出力一定運転中の高浜発電所2号機において、巡回点検中の運転員が、主変圧器に設けられている負荷時タップ切換器の中の絶縁油の温度が通常（約56℃）より高い温度（約74℃）であると確認したことをきっかけに、予防保全の観点からタップ切換器を取り替えた事例がある。巡回点検の項目の中には、温度確認はなかったものの、運転員が注意深く現場を見ていたことを示す事例であり、現場の安全意識を高めるための議論の材料となり得るものである。

規制当局においても、事業者の保安活動の監視を通じた情報基盤を整備することにより、保安検査官の模範となる判断や行動などを抽出することが可能であり、それらの情報を共有し、現場の変化に対応していく必要がある。

2.4 安全文化醸成活動の実効性向上のための方策

本章では、前節までの議論の中で、事業者の安全文化醸成活動として関西電力の活動を取り上げ、これまでの取組みを概観するとともに、過去のトラブルへの対応等から得られる課題を抽出した。また、規制当局による事業者の安全文化醸成活動の評価として、規制当局の保安検査活動を取り上げ、その課題を抽出した。これらの概要をまとめると以下の通りである。

- ・ 法令対象外であり、プラントの安全上も軽微なトラブルであっても、現場を中心に事実関係を整理することで、安全文化の劣化防止の観点から多くの教訓を得られるが、現状では、それらの情報の蓄積や過去の類似事例等との比較調査などが不十分である。
- ・ 安全管理等に関わるトラブルを踏まえた立地自治体の要請等により、事業者が対外的に安全文化醸成活動計画等を示しながら、職員の意識向上など現場に密着したボトムアップアプローチによる改善策の実施を行うなど、立地自治体の関わりが、事業者の安全文化醸成活動を促すきっかけとなっている事例がある。
- ・ 規制当局は、現地の保安検査官による検査等を通じて、事業者の安全文化の劣化防止の取組みを評価しているが、軽微なトラブルに関わるデータ収集や分析を行うには至っていない。

これらの課題を踏まえ、本節では、事業者の安全文化醸成活動およびその評価に関わる規制活動の実効性向上のための方策を提示する。

(1) 事業者の安全文化醸成活動の継続的改善のための方策

1) 軽微なトラブルに関わるデータの蓄積と外部への説明

本章では、法令対象トラブルのみならず、軽微なトラブルについても、安全文化の劣化兆候把握の観点から、その原因分析はもとより、事実関係等を詳細に調査するべきであると指摘した。

これについては、IAEAの技術指針である「原子力施設の安全文化の自己評価 (TECDOC-1321)」⁵⁶⁾や「原子力施設の安全文化 (TECDOC-1329)」⁵⁷⁾の中でも、

- ・ 安全文化の衰退は相乗的に相互作用を及ぼし、安全に比較的影響を与えない一つあるいは一連の軽微な事象により組織の脆弱性を示す不安定な状態を作り出す。
- ・ 安全文化衰退の進行と安全上重要な影響のある事象の発生との間には時間的なずれがある。

とあり、軽微なトラブルについても、実態の把握に努めることの重要性を示唆している。

法令対象トラブルや安全協定に基づく異常事象に関しては、事業者は、それぞれ規制当局や立地自治体への報告書の提出が義務付けられており、報道機関をはじめ、対外的に記者発表等を行う必要があることから、問い合わせ対応等のために詳細な事実関係の整理が行われる一方、軽微なトラブルについては、そのような報告書の提出の義務はなく、事実関係の整理をどこまで行うかについては、事業者の自主的な判断に委ねられていると言える。

本章では、その他、現場の個人やグループが、軽微なトラブルに対して過去の安全管理に関わる問題点等の検討を行い、改善活動を実施した事例や、トラブル発生要因の背景にある問題点を把握するため、各発電所長の意見がまとめられた事例など、現場からのボトムアップアプローチの事例を紹介した。

これらについては、事業者自らが、記者会見の実施や公開の委員会の場で説明を行うなど、対外的に情報提供しながら進めており、安全文化の評価の視点である「外部への情報提供」を実践していると言える。

このため、軽微なトラブルについても、対外的に報告を行う場を設けることが有益であり、それにより、事業者には、質疑対応などの説明責任が伴うため、一つ一つの事例について、現場において、トラブルに至るまでの背景の聞き取り調査の結果や、事実関係の整理などを行うことが期待できる。

2) 立地自治体の知見の活用

本章では、立地自治体の要請等が事業者の安全文化醸成活動を促すきっかけとなった事例を示した。

原子力安全基盤機構が取りまとめた「安全文化評価手法 (実施解説書)」の中では、「安全文化の持続的改善には、現在その組織の中核に在って、組織運営に中心的な役割を果たしている

層が『認知変容（現在の管理スタイルを変える）』を起こすことが必須の条件である。しかしながら、これらの層に変容への働きかけを施すスタッフは、当該組織の中にはいないというのが現実であろう。つまり、かかる層の構成員は、『自らが自らの変容を促す』という大変困難な課題に取り組まなければならないことになる。よほど、安全問題への熱意と自己洞察に優れた人々でなければこれは達せられない課題だとしておきたい。」と、事業者自ら安全文化醸成活動の継続的改善を実施していく困難さを指摘している。

その上で、組織内に安全文化をモニタリング管理する新たなセクションの設置を提案しているものの、各事業者とも導入するには至っていない。

福島第一原子力発電所事故により、原子力発電所の安全確保に対する社会的要求が高まり、例えば、原子力発電所の再稼働については、事業者、規制当局の対応だけでは地域住民、国民の理解を得ることが困難となり、その合意形成、意思決定については、立地自治体が不可避的に関与せざるを得ない状況であり、社会的意思決定のプロセスなどの情勢が大きく変化している。

このような状況を踏まえると、事業者の安全文化醸成活動の目的の一つとして、原子力発電所に対する地域住民、国民の信頼を回復するという視点を加えることが重要である。

安全協定は、「県が社会に提示する公共性で、県民の安全を守るバイブル」⁵⁸⁾とも言われており、原子力安全行政に関わる我が国独自の仕組みである。この協定をもとに、これまで長年にわたり事業者に指導を行ってきた立地自治体の関わりが、事業者の安全文化醸成活動の実効性向上のために有益である。

現状では、多くの事業者が、安全文化の評価、改善のために外部有識者で構成される第三者委員会を設置し、安全文化醸成活動に関わる報告を行い、そこで出された意見等をその後の活動にフィードバックする仕組みを構築しており、例えば、関西電力は「原子力安全検証委員会」を設置している。

このため、立地自治体が、このような第三者委員会の会合の場に参画し、安全協定をもとに事業者を監視してきた立場から、トラブル等に対する事業者の対応の評価等を示すことで、同会合において、安全文化の評価、改善に関わる気づき点等を得ることが期待できる。

（2）規制当局による安全文化評価のプロセス改善

前項で示したように、規制当局は、法令対象トラブルについて事業者から報告を受ける仕組みになっているが、それ以外の軽微なトラブルについては、報告対象ではないため、その情報収集に関しては、ニューシアなど第三者機関の情報に依存しているのが実情である。

IAEAの技術指針である「原子力施設の安全文化に対する規制当局の監視（TECDOC-1707）」⁵⁹⁾においては、**図2-5**に示すように、事業者の安全文化活動を監視するプロセスとして、規制当局が安全文化に関わるデータ収集や分析を繰り返し行い、安全文化の全体像を描き、事業者に示す

とともに事業者との議論を通じて次取るべきアクションについて共通認識を持った上で、事業者に対して継続的改善を促すとともに自らの活動をフォローアップする方法が提示されている。

この中では、データ収集、分析の方法として、「安全文化に起因するデータをできるだけ集め詳細な記録を残すこと」、「事実関係の中で取られた行為の実際の原因を理解すること」、「中長期の傾向を把握すること」などの方策が示されており、法令対象トラブルかどうかに関わらず、安全文化に関わるあらゆる情報を収集することを求めている。

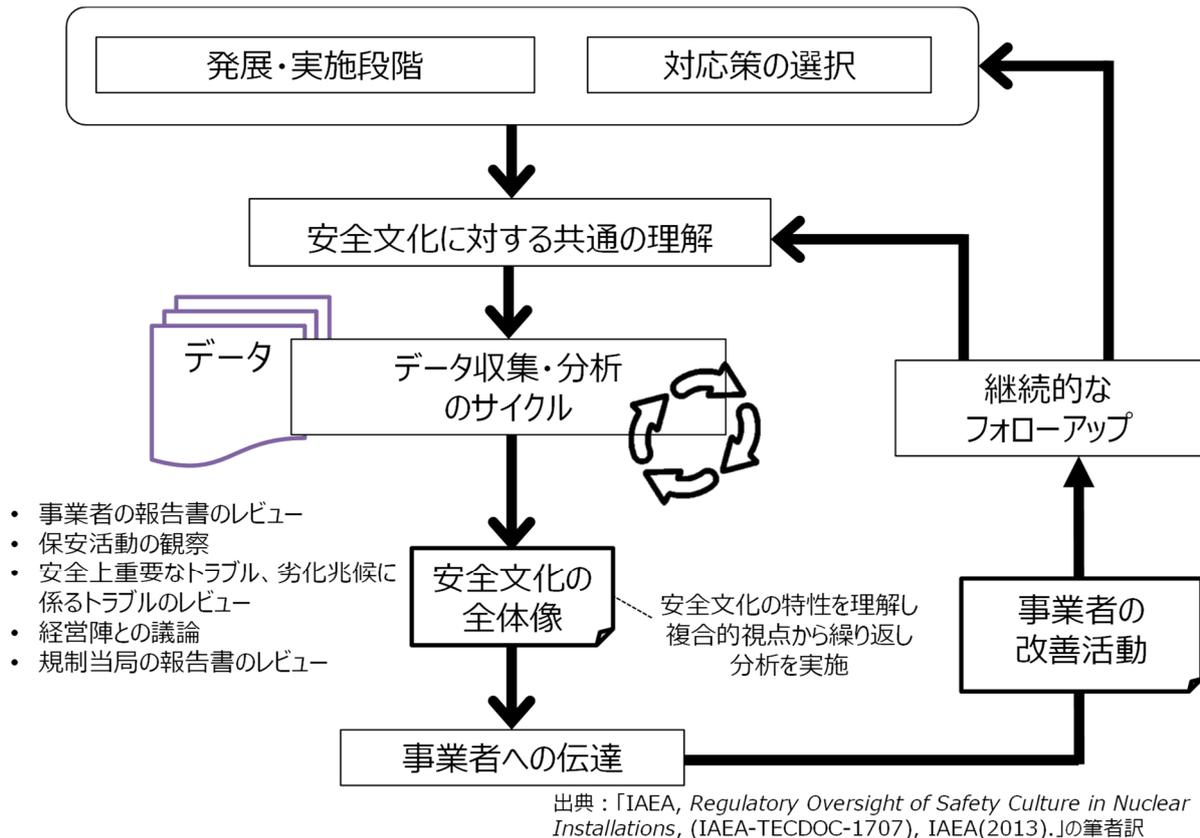


図 2-5 規制当局による安全文化の監視活動のプロセス (IAEA TECDOC-1707)

原子力安全・保安院は、事業者の安全文化の劣化防止の取組みを評価するために、安全文化ガイドラインとともに、2007年に根本原因分析ガイドラインを取りまとめたが、その中で、「現段階ではガイドライン適用の実績がないため、実施状況に関しては想定のみであり、今後事例を蓄積していくことになる。」とまとめている。

その後、2016年に実施された IRRS において、「人的及び組織的要因を設計基準段階で体系的に考慮することの要求」が課題として提示されたこと等を踏まえ、原子力規制委員会は、2016年11月に、新たに安全文化及び原因分析に関わるガイドを策定することを決定し、「規制に係る人的組織的要因に関する検討チーム」を立ち上げ、検討を開始した。

しかしながら、事例の蓄積がほとんど行われていない現況を鑑みると、これらのガイドの実効性を確保する観点からも、安全に重大な影響を与える事象や保安規定違反の事例に限定せず、軽

微なトラブルについても対象として取り上げることが重要である。

保安検査官は、日々、原子力発電所の現場において、保安規定の遵守状況の調査など事業者の日常の保安活動を監視しており、安全文化醸成の取組み状況についても、現場で確認し、速やかに事業者に指導することが可能である。

このため、保安検査官が日々の監視活動による気づき点や指摘事項の取りまとめを行うにあたり、各発電所の法令対象以外の軽微なトラブルについても、安全文化の劣化兆候把握の観点から詳細な事実関係等を把握するための情報基盤を整備するとともに、事業者に継続的改善を求めていくことが望まれる。また、規制当局としての説明責任を果たす観点から、規制活動の一環として、それらの取組み状況について保安検査結果の公表の機会等を通じて、立地自治体をはじめ対外的に説明していくことが重要である。

2.5 まとめ

前節では、軽微なトラブルに関わる情報収集や外部への情報提供など、安全文化醸成活動の実効性向上のために必要な方策について述べてきたが、これらを継続的に実施するためには、事業者は、軽微なトラブルについても、現場で何がうまくいかなかったのかなどを教訓シートなどにまとめていくことが重要である。

それらを、将来、類似のトラブルが発生した場合や、定期的なレビューを行う際に活用することで、安全文化の劣化の度合いの把握が可能となる。

軽微なトラブルの情報収集に関して、これまでの議論を整理したものが図2-6になる。従来のトラブル分析については、直接要因への対策・水平展開が中心であったが、2007年10月の安全管理の徹底に関する福井県からの要請に対し、関西電力は、保守管理や作業管理など、それまでの運用管理面に関するトラブルに対する背後要因への対応が十分ではなかったと評価し、軽微なトラブルを含めた過去5年間のトラブル全件（157件）を分析対象とした。

関西電力は、その中で、発電所・号機毎に人的背後要因を含めた深堀分析を行い、熟練技術者の確実な定着に向けた施策の実施などの全プラント共通の対策や、関西電力OB、メーカーによる作業の仕上がり状態等の確認の実施、定期検査用資機材の整理と削減など、発電所、号機固有の対策を実施したが、その後も類似のトラブルが発生している。

今後は、これまで蓄積したトラブル情報の属性分けや、過去に実施した要因分析の過程で得られた情報をもとに共通項の抽出を行うことが重要である。これにより、安全文化の劣化兆候を把握し、以前の対策の妥当性や何がうまくいかなかったのかなどの分析が可能となり、予見性向上につながることを期待できる。

特に、過去のトラブルは、遡って正確な聞き取り調査等の実施が困難であり、トラブル発生の都度、要因分析の過程で得られる作業員の行動の背景や作業条件、作業体制などに関する現場の意見を集約し、それらを将来再利用するために情報として蓄積しておくことが求められる。

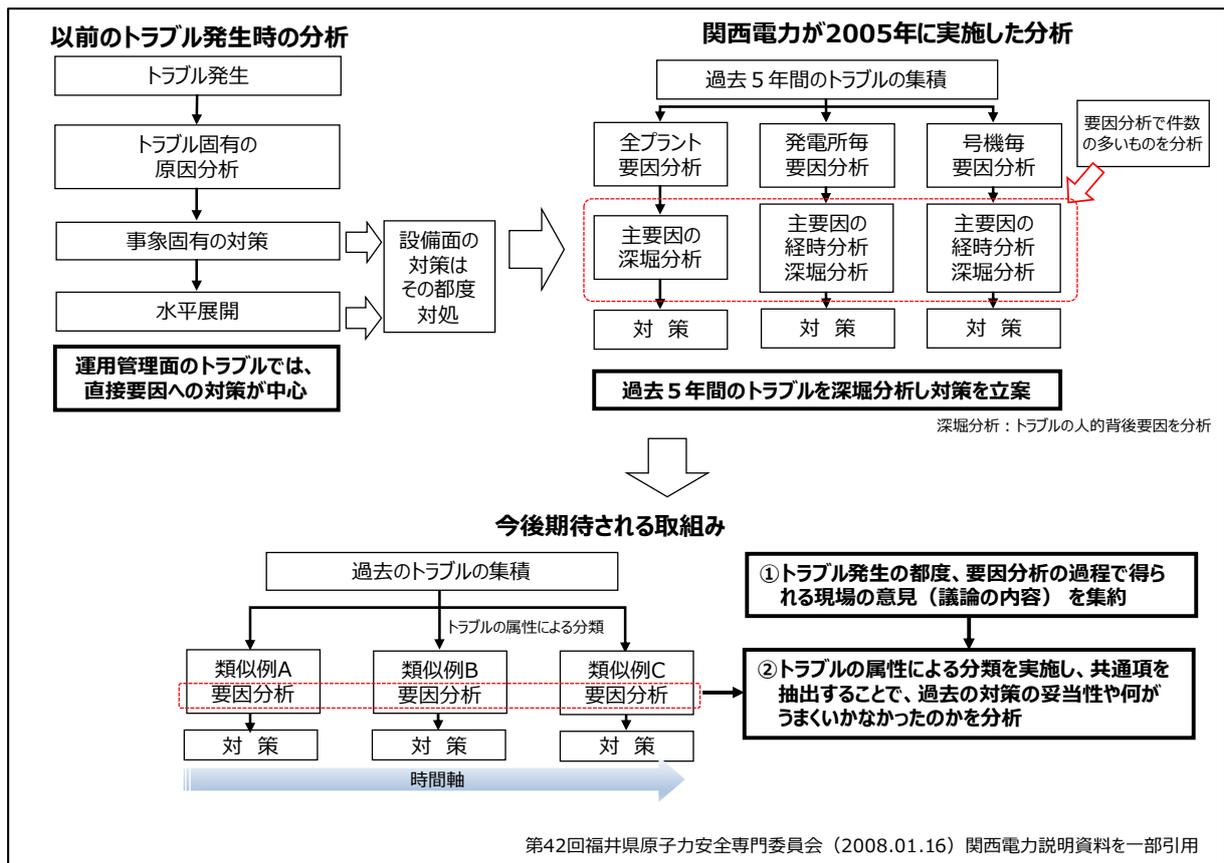


図 2 - 6 安全文化の劣化兆候等の把握のためのトラブル情報の要因分析

エリック・ホルナゲルは、安全について「Safety-I」と「Safety-II」の概念を導入⁶⁰⁾し、前者を「望ましくない状態が起こらないこと」、後者を「望ましい状態が継続、維持できること」とし、Safety-IとSafety-IIの考え方を組み合わせて安全を追求することを提案している。

Safety-Iでは、事故は、失敗や機能不全が原因で起こるとしており、事故が起きた段階で、悪くなってしまったのは何かその原因を探り、それを取り除くためのルールを決め、守らせることに力を注ぐ一方、Safety-IIでは、成功も失敗も同じ方法で起こるとし、「うまくいかなかったことは何か」をみつけ、潜在的に発生しうる事象を予見して対策を講じ、日々の業務を高い水準に保つことを目指すとしている。

このような考え方をもとに、Safety-IIの安全マネジメントは、「通常の作業がどのように行われ、成功しているのかを理解する必要性を生む。このような考え方により初めて、特定の事例に対して何がうまくいかなかったのかと理解することが可能になる。」としている。

安全文化の劣化兆候把握の観点からも、この考え方に基づくアプローチを取り入れることが重要であり、事業者自身の情報蓄積の取組みはもとより、規制当局は、現地の保安検査官が、担当する発電所に対して、他の事象者や発電所で既に成果を上げている改善策等の良好事例を示し、改善を促すなどの指導が望まれる。

また、我が国では、運転期間延長認可制度の導入により、今後、60年運転を目指したプラント

基数の増加が予想されることから、事業者および規制当局は、中長期的な視点からデータを収集、管理し、安全文化醸成に関わる対応の優先度や有効性について分析、判断できる人材を育成していく必要がある。

第3章 原子力発電所の定期安全レビューの実効性向上に関わる研究

我が国では、原子力発電所の安全確保のための活動として、事業者は、これまで、運転中および定期検査における点検・保守、10年毎の定期安全レビュー、運転開始30年以降の10年毎に高経年化技術評価を実施している。

定期安全レビューでは、運転経験の包括的評価や最新の技術知見の反映として、事故・故障等の経験反映状況や国内外の原子力発電所の運転経験から得られた教訓などの分析、評価が行われており、これまでの運転実績を踏まえると、40年以上にわたる知見が蓄積されており、適切にレビューを実施することで社会に提示できる基盤となり得る。

東京電力が福島第一原子力発電所事故の前年に実施した同発電所1号機のレビューの結果は「安全性・信頼性の維持・向上を適切に図っていると判断し、最新の原子力プラントにおける保安活動と同水準の保安活動を維持しつつ安全運転を継続できる見通しを得ることができた」とまとめられている。

しかし、事故が発生した現状を踏まえると、この評価の内容が妥当であったとは言えず、第1章で提示した「過去に学び、顕在化している問題に対処し、予見性を高めていく」仕組みの中で、定期安全レビューは機能していなかったと言える。

このため、本章では、まず、我が国の定期安全レビューを導入した経緯とともに、その位置づけの変遷を明らかにし、規制上の課題を抽出する。また、事業者がこれまで実施した定期安全レビューの内容を概況し、第1章で紹介した日本原子力学会標準（PSR+）の中で挙げられているこれまでの定期安全レビューの反省点に鑑み、具体的事例をもとに今後の課題を抽出する。その上で、これらの課題および福島第一原子力発電所事故後の我が国の原子力発電所の安全性向上対策の実施状況等を踏まえ、定期安全レビューの実効性向上のために必要な方策等を提案する。

なお、規制当局は、定期安全レビューを安全性向上評価の中の「安全性の向上のために自主的に講じた措置」等として評価するとしているが、本論文では、引き続き、「定期安全レビュー」の名称を使用することとする。

3.1 我が国の定期安全レビューの実施に関わるこれまでの経緯

本節では、我が国の定期安全レビューについて、規制上の位置づけ等に関わるこれまでの変遷を明らかにし、その内容を概況するとともに、内在する課題を抽出する。

(1) 規制当局主導による定期安全レビューの導入

我が国では、美浜2号機蒸気発生器伝熱管破断事故（1991）を踏まえ、原子力安全委員会が、1992年3月に事故の調査審議結果を取りまとめ、その中で、安全審査に関して直ちに変更を必要とする事項は見出されなかったとしつつ、今後の安全規制の在り方について「技術の進歩や経験

の蓄積を踏まえて、それが既存の炉に制度的に反映する方策を検討すること」を提言した。

また、原子力安全委員会のもとに設置されていた原子炉安全専門部会共通問題懇談会が、シビアアクシデントの考え方、確率論的安全評価手法、シビアアクシデントに対する格納容器の機能等についての検討結果として、1990年2月、1992年3月に報告書を取りまとめたことを受け、原子力安全委員会は、1992年5月、「原子炉施設の安全性の一層の向上を図るため、アクシデントマネジメントの促進、整備を継続して進めることが必要」との提言を行った。

これらの提言を受け、通商産業省は、1992年5月、原子力発電所の安全確保の高度化に向けた取組みとして、「総合的予防保全対策の推進について」をまとめ、具体的な対策として、シビアアクシデント対策の具体化の検討、定期的安全設計レビュー（定期安全レビュー）実施にあたっての技術的検討、経年化対策の体系化等の技術的検討を行う方針を示した。

さらに、これら3つの課題を横断的に扱うため、原子力発電所の許認可等に際して技術的意見を聞く「原子力発電技術顧問会」のもとに「総合予防保全顧問会」を新設するなど体制の大幅な改編を行った。

その後、通商産業省は、1992年6月、事業者に対して、約10年毎に最新の技術的知見に基づき原子力発電所の安全性等を総合的に再評価する定期安全レビューを事業者の品質保証活動の一環として実施するよう通知し、その実施結果に対する評価を総合予防保全顧問会の定期安全レビュー検討会の中で行うこととした。

これを踏まえ、美浜発電所1号機、敦賀発電所1号機、福島第一原子力発電所1号機の3基をはじめ、各発電所において、順次、定期安全レビューが実施された。その後、定期安全レビューが法令上義務化された2003年10月までに、34基のレビューが行われ、この間、福島第一原子力発電所2号機は2回のレビューが行われた。

その間、2001年の省庁再編に伴い、規制当局として原子力安全・保安院が発足して以降は、同院が、その評価結果に対する妥当性の確認を行い、原子力安全委員会に報告を行った。

このように、定期安全レビューを含む総合予防保全対策を規制当局が積極的に推進するに至った背景には、美浜2号機蒸気発生器伝熱管破断事故をはじめ、国内外で多くの事故、トラブルが発生したことなどにより、国民の原子力安全に対する不安が高まるなど社会的受容性が変化したことや、我が国が軽水炉を導入して20年以上が経過し、プラントの運転経験や技術開発成果等が積み上げられてきたことが挙げられる。

また、当時、IAEAにおいても定期安全レビューのガイドの整備が行われていた¹⁾こともあり、これらの背景を踏まえると、規制当局には、事業者の自主保安活動を促すための十分な説得材料があったと言える。

なお、定期安全レビューと高経年化対策の関係について、通商産業省は、「定期安全レビューを踏まえ、高経年の原子力発電所に対し必要な最新の技術的知見の反映を促すことにより、これらの原子力発電所の安全性等の一層の向上に資することができる²⁾」とその意義を示している。

国内の原子力発電所で定期安全レビューが開始された後、通商産業省は、1996年4月に総合予防保全顧問会高経年化対策検討会の議論をもとに、高経年化への具体的施策を展開する時期を運転開始後30年とするなど「高経年化に関する基本的な考え方」の報告書を取りまとめ、同年6月、事業者に対して、「高経年化に関する技術評価及び長期保全計画の策定」の活動を定期安全レビューにおいて実施することを要請した。

この要請を受け、事業者は、任意の評価事項として、定期安全レビューと高経年化技術評価を同時期に実施することになった。しかしながら、これらについては、各々独立した評価書として取りまとめられている。

前述した「高経年化に関する基本的な考え方」の報告書の中には、「将来的には、健全性に関する技術評価及びそれに基づく保全計画の内容を定期点検あるいは定期安全レビューに組み込み、プラント全運転期間を通じた効率的な運転・保守を行うための総合的な設備管理方策の仕組みの確立を図ることが重要である。」とあり、経年劣化管理を含めた高経年化対策を定期安全レビューの一部と捉えるべきとの指摘がみられる。

（2）定期安全レビューの法制化

2002年に東京電力の原子力発電所における自主点検作業記録に関わる不正問題や福島第一原子力発電所1号機における格納容器漏えい率検査の偽装問題等が発覚し、原子力安全・保安院は、原子炉等規制法に基づき福島第一原子力発電所1号機の1年間の運転停止処分を行った。これらの不祥事は、社会問題に発展し、原子力安全規制や原子力事業に対する国民の信頼を大きく損なうことになった。

また、原子力安全・保安院は、福島第一原子力発電所1～5号機、福島第二原子力発電所2～4号機、柏崎刈羽原子力発電所1号機の定期安全レビューを妥当とした評価を撤回した。

これに対し、福島県は、「国の安全に関する審査、評価体制そのものが適切に機能しているとは到底言えないのではないか。」と指摘³⁾するなど、立地自治体と規制当局の関係に大きな混乱が見られた。その後、評価を撤回したプラントに対する再評価は行われることはなく、定期安全レビューの制度の運用に対する懸念が残された状態であったと言える。

そのような中、原子力安全・保安院は、東京電力の不祥事に対する再発防止策として、事業者の品質保証活動をそれまでの自主保安活動との位置付けから、国の認可事項である「保安規定」で規定し、その活動の実施状況を保安検査において確認するものと位置付け、2003年10月に実用炉規則を改正し、定期安全レビューは、「保安規定」の要求事項となり、同レビューの実施が法令上義務化された。

この制度改正に伴い、事業者から規制当局への定期安全レビュー結果の報告は不要となり、現地の保安検査官が四半期毎に実施する保安検査の中で、保安規定に従い定期安全レビューが実施されているかを確認することになった。

その後、原子力安全・保安院は、2008年8月に「実用発電用原子炉施設における定期安全レビュー実施ガイドライン」を制定した。

これは、2007年に発覚した中国電力の発電設備総点検問題などの不祥事等があり、安全文化を醸成するための体制整備等を保安規定の記載要求事項とする省令改正が行われたことを踏まえたものであり、同ガイドラインの中では、参考として、「国は、安全文化の醸成活動について、良好事例について奨揚するなどにより事業者の取組を促進させる。」として、定期安全レビューに対する保安検査の中で安全文化の醸成活動を確認するとした。

事業者が実施した定期安全レビューに対して、保安検査官が検査を実施した結果をまとめた報告書の要点を抽出すると、

- ・ 関係者への質問や関連記録等のエビデンスを確認し、実施計画書が策定、整備され、その中に実施体制や評価要領、評価者に必要な力量等が定められており、必要な教育が実施されていることを確認した。（泊発電所1、2号機：2005年度第2四半期）⁴⁾
- ・ 実施手順は、社内標準として適切に文書化されており、それに基づき実施体制を含む実施計画書が適切に策定されていることを確認した。（伊方発電所3号機：2005年度第3四半期）⁵⁾
- ・ 社内標準に基づき、実施体制、評価対象期間、実施手順、実施工程、評価のプロセス等を定めた実施手順書が作成され、その実施手順書に沿って、評価が実施されていることを確認した。（高浜発電所1、2号機：2013年度第3四半期）⁶⁾

など、定期安全レビューの実施体制、手順のプロセス等の確認が行われ、保安規定の順守状況は良好との判断が行われている。

これは、原子力安全・保安院が廃止され、新たな規制機関として原子力規制委員会が発足した以降も同様の評価が行われている。また、保安検査官の事業者に対する主な指摘事項に関しては、

- ・ 本業務の対外的な透明性・説明責任の観点から、体制・責任分担・評価手順等に関する関連要領書の記述をさらに充実するようコメントした。（志賀発電所1号機：2004年度第4四半期）⁷⁾
- ・ 検証プロセスの十分な記載無しに、結論導出を急ぎすぎる傾向がみられたことから、今後の原子炉施設の定期的な評価において、事業者のマニュアル等の制度見直しも含め検討するよう指示した。（柏崎刈羽：2005年度第4四半期）⁸⁾

などの記載がみられる。

その他、美浜発電所の2006年度の第2回目の保安検査では、関西電力社内で定期安全レビュー（1号機）の実施体制の見直しがあったことに関して、それが実施手順書のみで反映され実施計画書には反映されていないとして「監視」と判定し、第3回目の保安検査において、「不整合は解消されているものの、起案作成上のミスが生じにくい記載方法を社内標準に反映することから、今後も改善状況を保安検査等で確認する」とした。

前述した柏刈羽原子力発電所の 2005 年度第 4 回保安検査においても、「定期安全レビューの記録として記載内容が不十分であること等の監視事項が認められた」として、改善措置状況を確認するとしているが、規制当局の指摘事項は、報告書の記述内容の充実や適正化など、書類の記載に関わる指摘に留まっている。

これらの経緯等を踏まえると、安全規制の見直しに伴い、定期安全レビュー報告書の提出義務はなくなり、取扱いは保安検査官に委ねられたものの、保安検査では、定期安全レビューの実施体制、手順のプロセス等の確認が中心となり、規制当局による確認の仕組みが形骸化したと言える。事実、保安検査結果の報告書からも、安全性向上のための有効な措置などについて、技術的観点から事業者と議論もしくは事業者に対して改善を求めた形跡は認められない。このため、保安規定の順守状況を確認するという対応では、事業者の改善活動につながりにくいと言える。

その他、原子力安全・保安院は、保安検査そのものについて「保安検査で定期安全レビューの実施状況を確認することとなるが、各検査官の教育訓練を充実させること等により、保安検査のばらつきを平準化させることが必要」⁹⁾と検査官の力量等にかかる課題を挙げている。これは、2007 年および 2016 年に実施された IRRS をはじめ、原子力発電所等に対する検査制度の見直しの議論¹⁰⁾の中でも、今後の課題とされている。

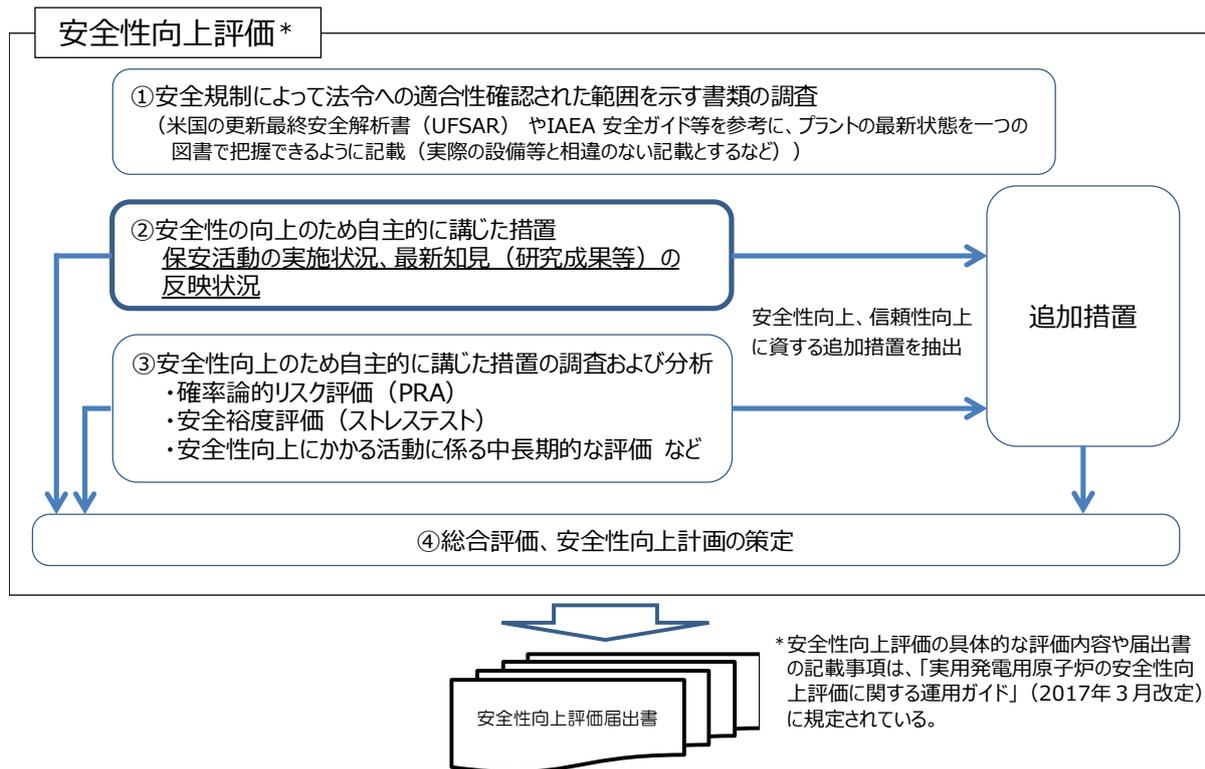
(3) 定期安全レビューの安全性向上評価制度への統合

我が国では、福島第一原子力発電所事故を踏まえた現行の規制基準の策定とともに、発電用原子炉施設に対する安全規制の制度が見直され、「発電用原子炉設置者は、発電用原子炉施設における安全性の向上を図るため、原子力規制委員会規則で定める時期毎に、当該発電用原子炉施設の安全性について、自ら評価しなければならない。」と規定された。

これを受け、原子力規制委員会は、「発電用原子炉施設の新安全規制の制度整備に関する検討チーム」を設置し、原子力規制委員会規則や運用方針の策定に関わる検討を行った。

その中で、I 章の冒頭で述べたように「定期安全レビューと安全性向上評価は、制度上の位置付け等は異なっているが、定期安全レビューと同様の内容の評価は、安全性向上評価により実施されることとなる。」との方向性が示された。

これらの議論を踏まえ、2013 年 12 月の安全性向上評価制度の施行にあわせ、定期安全レビューの制度は廃止され、定期安全レビューと同様の内容の評価については、この安全性向上評価の中で行われることになった。この安全性向上評価と定期安全レビューの関係を図 3-1 に示す。



第93回福井県原子力安全専門委員会(2018年3月8日)配付資料「高浜発電所3号機安全性向上評価届出書の概要」(関西電力)の「安全性向上評価届出書の構成」の図をもとに作成

図3-1 安全性向上評価と従来の定期安全レビューの関係

安全性向上評価をまとめた報告書は、「①安全規制によって法令への適合性が確認された範囲」、「②安全性の向上のため自主的に講じた措置」、「③安全性の向上のため自主的に講じた措置の調査及び分析」、「④総合的な評定」の4つの項目で構成されている。

このうち、「②安全性の向上のため自主的に講じた措置」については、保安活動の実施状況や最新知見の反映状況などがまとめられていることから、従来の定期安全レビューに相当していると言える。

以上のように、我が国におけるこれまでの定期安全レビューの位置づけを時系列的にまとめると、表3-1になる。

表3-1 我が国の定期安全レビューの位置づけの変遷

年	規制当局の動き	規制当局による評価
1992年	事業者の自主保安活動の一環として定期安全レビューを実施することを事業者に要請 (「定期安全レビューの実施について」通商産業省)	(通商産業省) 事業者から報告書の提出を受け、評価を実施し、その結果を原子力安全委員会に報告
1999年	高経年化技術評価および長期保全計画策定に関わる活動を定期安全レビューで実施することを事業者に要請 (「定期安全レビューの一層の充実について」通商産業省)	
2003年	「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」を改正し、定期安全レビューの実施の義務規定を整備するとともに、保安規定の要求事項とした (「軽水型原子力発電所の定期的な評価の実施について」原子力安全・保安院)	(原子力安全・保安院) 事業者が定期安全レビューを適切に実施したか等を検証する視点から、保安検査で確認
2005年	「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」の改正に基づき「実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイドライン」を制定し、その中で、定期安全レビューの評価項目に、「組織風土の劣化防止」、「経年劣化事象への保守管理における対応」を追加することを要求	事業者自身による定期安全レビューに関わる一連のプロセスが保安規定の関連部分を適切に遵守して実施されているかを確認することとなり、事業者から規制当局に対する定期安全レビュー報告書の提出は不要となった。
2008年	「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」を改正し、定期安全レビューを品質保証の一環として位置づけるとともに、高経年化技術評価に基づく長期保守管理方針を保安規定に反映することを要求 定期安全レビューにおける実施事項として「10年毎の経年劣化管理」、「有効な措置が追加された場合の対応」を追加(「実用発電用原子炉施設における定期安全レビューの実施について」原子力安全・保安院) (高経年化対策に関わる制度改正に伴い、定期安全レビューと高経年化技術評価の実施時期は分離独立することとなった。)	
2013年	事業者の自主的な安全性向上の取組みを促進するため安全性向上評価制度を導入し、「安全性の向上のため自主的に講じた措置の調査及び分析」として、定期安全レビューと同様の内容の評価を行うことを要求*	(原子力規制委員会) 事業者から安全性向上評価書の届出を受ける

*同制度に基づく評価を行うまでは、従来の定期安全レビューを実施することを要求

3.2 国際基準への対応および我が国における規制当局と事業者の議論

本節では、前節までに示した経緯を踏まえ、我が国の定期安全レビューが、国際的な基準等を反映した仕組みの中で実施されているのかについて概況するため、2013年に発行されたIAEAの定期安全レビューガイドライン(SSG-25)¹¹⁾への対応を取り上げ、課題を整理する。

また、現行規制基準の導入に伴い、各事業者は、その基準に適合させるための安全対策工事等を実施しているが、実際にプラントの運転や保守管理等を行う中で、その運用状況や現場の安全対策工事の有効性等の検証は、現場の安全を確保する観点からも重要であり、これらについて、定期安全レビューにおいて議論することが有益である。このため、現行規制基準を踏まえ実施された安全性向上対策に関わる規制当局と事業者の議論の実例を取り上げ、課題を抽出する。

(1) IAEA の定期安全レビューガイドライン (SSG-25) への対応

原子力規制委員会は、安全性向上評価における定期安全レビューの調査、評価及び分析の着眼点等として、SSG-25 との比較を行っている。

この SSG-25 では、定期安全レビューによる原子力発電所の包括的安全評価を行うための安全因子として、「プラント設計」、「経年劣化」、「他プラントの運転経験および研究成果の反映」など 14 項目が示されており、原子力規制委員会は、2013 年 11 月に定めた運用ガイドにある「安全評価」、「保安活動」、「国内外の最新知見の反映」の項目がこれらを網羅しているとした¹²⁾。

しかし、2016 年に実施された IRRS の報告書の中で「(安全性向上評価の運用ガイドは) SSG-25 を参照しているが、機器の性能検定などについて SSG-25 の一部の要素は明記されていない。」との指摘があったことから、原子力規制委員会は、表 3-2 に示すように、SSG-25 の安全因子 14 項目に対応する項目を列挙し、SSG-25 との整合性を明確化し運用ガイドの改正を行った。

表 3-2 SSG-25 の 14 項目の安全因子と安全性向上評価に関する運用ガイドとの関係

IAEA 安全基準 (SSG-25) における安全因子	安全性向上評価に関する運用ガイド (安全性の向上のため自主的に講じた措置の調査及び分析)
(5) 決定論的安全評価 (6) 確率論的安全評価 (7) 内部事象及び外部事象に対する安全評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「安全性向上に係る活動の実施状況の評価」として原則 5 年毎に改訂する ・ (6)、(7)を「内部事象及び外部事象に係る確率論的リスク評価 (PRA)」とするとともに、新たに「敷地特性に係る評価」の項目を設定し、評価の実施時点における最新の文献および調査等から得られた科学的知見等に基づき安全評価の前提となる敷地特性の評価を実施する
(1) プラント設計 (2) 構築物、系統及び機器の状態 (3) 機器の性能認定 (4) 経年劣化 (8) 安全実績 (9) 他プラントの運転経験及び研究成果の反映 (10) 組織、マネジメントシステム及び安全文化 (11) 手順書 (12) 人的要因 (13) 緊急時計画 (14) 放射線の環境影響評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「安全性向上に係る活動の実施状況に関する中長期的な評価」として、原則 10 年毎に改訂

その後、2017 年 7 月に川内原子力発電所 1 号機の安全性向上評価書の届出書が出されたが、規制当局は、同評価書の中の「安全性向上評価に係る活動の実施状況に関する中長期的な評価」において、定期安全レビューが従来の手法で実施されていることから、「SSG-25 や同等の規格に基づくものとした方がよい」との指摘¹³⁾を行っている。

これに対して、事業者は、現行規制基準への対応等により設備やその運用等に関わる手順が大

幅に見直されたことなどから、それらを起点として、今後、運転経験の蓄積等を行った上で SSG-25 あるいは日本原子力学会標準の PSR+ を踏まえた総合的な評価を実施するとしている¹⁴⁾。

この評価は、図 3-1 の「③安全性向上のため自主的に講じた措置の調査及び分析」に該当するものであるが、規制当局と事業者の議論を鑑みると、引き続き SSG-25 の主旨を踏まえた対応を図ることが課題となっていると言える。

SSG-25 は、事業者に対して個別因子に関わる評価をもとに、各因子間で重なり合う課題を浮かび上がらせ、それらの補完性や相乗効果など考慮した対応策を抽出するなどの総合評価の実施や、現在の知見・基準に照らして今後の運転継続が妥当であるか、さらに高経年化対策として高い安全性が維持できるかを判断することを求めている。また、規制当局に対しては、

- ・ 定期安全レビューの要求事項の明確化
- ・ 事業者が作成した工程のレビューと承認
- ・ 外部支援を含む規制当局の定期安全レビュー活動のコーディネート
- ・ 事業者とのコミュニケーションにおいて焦点となる課題の抽出

を行うなど、事業者の活動への積極的な関与を求めている。

例えば、フランスでは、1963 年に制定された原子力安全に関する政令 (Décret n 63-1228) の中に、「原子力施設の安全性について、いつでも再評価することができる」との規定があり、期間は定められていなかったものの、事業者は、運転開始後 10 年毎に安全要件への適合性評価をはじめ、定期安全レビューを実施していた。

2006 年には、「原子力の透明性と安全性に関する法律」が制定され、10 年毎の定期安全レビューの実施が義務化されるとともに、10 年毎の大規模定期検査 (VD : Vistes Décennale) の際に設備等の改善措置などにより規制当局の技術要求を満たすことが規定された¹⁵⁾。

具体的には、フランスの規制当局は、事業者から提出を受けた定期安全レビュー報告書に対して、フランス放射線防護原子力安全研究所 (IRSN) や外部の技術支援を受けて評価を行うが、その際、事業者に対して改善策等を要求することができる仕組みとなっており、トリカスタン 1 号機で実施された定期安全レビューを例に挙げると、規制当局は、2010 年 11 月、洪水から施設を守るための対策や原子炉容器上蓋の追加点検の実施などを求めている¹⁶⁾。

このように、フランスにおいては、事業者の実施した定期安全レビュー報告書を規制当局が分析し、事業者に対して新たな要件を課すなど、SSG-25 の主旨に沿った対応が行われていると言える。

一方で、我が国では、規制当局が、運用ガイドに基づき、定期安全レビューの報告書の内容を確認し、事業者との議論等を通じて今後の評価に反映させる¹⁷⁾としているものの、前節で指摘したように、依然として、規制当局が、技術的観点から安全性向上のための有効な措置などについて、事業者に指示、改善等を求める仕組みとはなっていない。

また、SSG-25 では、定期安全レビューを実施する前に、事業者と規制当局それぞれが、調査の

範囲や要件、期待する成果などをまとめた上で、両者間で議論することを求めている。

これに対して、規制当局は、安全性向上評価の中で「評価の範囲、時期等を規則、ガイドラインにより予め提示している」¹⁸⁾として、レビューの実施段階において両者が議論等を行う場は設けられていない。

一方で、検査制度の見直しに伴い、今後、規制当局は、事業者の全ての保安活動に対して、総合的に監視・評価を行う仕組みを導入し、検査における気付き事項等をもとに、改善の提言等や新知見反映等の取組状況の評価を行うとしている。

このように、我が国では、定期安全レビューを含む安全性向上評価制度とともに、新たな検査制度の導入により規制当局と事業者が協調して保安活動等の透明性を高めていくことが求められていると言える。

これらを鑑みると、規制当局は、定期安全レビューの実施段階において、検査等により蓄積した情報等をもとに、事業者と原子力安全の継続的改善のための議論を行い定期安全レビューの評価プロセスに反映していくことが有益である。

その他、SSG-25 においては、定期安全レビューの間隔について、「国際的な運転経験を反映するため、また、次の理由により 10 年間隔で実施することが有効である」として、

- ・ 国際および国内標準の変更、運転経験、規制基準の反映または分析
- ・ 安全図書の改良、変更によるプラントへの影響評価
- ・ 著しい経年変化の影響または傾向把握
- ・ 運転経験の蓄積
- ・ プラントの運転傾向または今後予想される運転変化
- ・ プラント敷地境界付近の自然、産業、人口等の環境変化
- ・ スタッフのレベル、経験の変化
- ・ 事業者（発電所）の組織構造、要領書の変化

を挙げている。

我が国では、「発電用原子炉施設の新安全規制の制度整備に関する検討チーム」における議論等を踏まえ、安全性向上評価のうち、安全性の向上のため自主的に講じた措置の調査及び分析については、原則 5 年毎の実施としていたが、上述したように改正された運用ガイドでは、「安全性向上に係る活動の実施状況の評価」については 5 年毎、「安全性向上に係る活動の実施状況に関する中長期的な評価」については、10 年毎に実施することとなった。

その理由として、規制当局は、前者について、「(14 項目の一つとして挙げられている) 確率論的リスク評価については、10 年も経つと人的、あるいは経験のつながりが持てないだろうといった議論も踏まえ改訂を 5 年とした経緯があること」、後者については、「保安活動に相当する部分であり、プラントの運転実績の蓄積等といった、いわゆる定期安全レビューの一般的な間隔である 10 年として中長期的な評価を行うことが適当」と説明¹⁹⁾している。

しかしながら、上記で示されている「スタッフのレベル、経験の変化」、「事業者（発電所）の組織構造、要領書の変化」などを挙げると、事業者により組織内の年齢構成や経験知の蓄積などの背景事情は異なる。

例えば、高浜発電所1号機および高浜発電所2号機の第2回定期安全レビュー報告書²⁰⁾では、その序文の中で「今回の定期安全レビューにおいては、多数の若い技術者が参加しており、これら技術者への技術継承の絶好の機会となりました。」と評しており、定期安全レビューは、次世代を担う人材の育成のためのツールとしても捉えることができる。

関西電力は、定期安全レビューが最初に実施された1994年以降、安全性向上評価制度が導入される2013年までに、11基のプラントを対象に計23回の定期安全レビューを実施している。一方で、プラント基数が少ない事業者は、定期安全レビューを実施する機会が少なく、技術継承など人材育成に関わる課題がある。

このため、今後、制度を運用する中で、事業者と規制当局の間で、これらの実施間隔について議論を行い、改善を図ることが望まれる。

（2）規制基準適合性審査における議論を踏まえた対応

2013年7月に現行の規制基準が施行され、原子力発電所の再稼働のためには、この基準に適合する必要があり、事業者は、規制当局に対し、原子炉設置変更許可申請等を行うとともに、審査対応や現場の安全対策工事等に多くの人的資源、経営資源を投入している。

現行規制基準では、それまで事業者が自主的に実施していたシビアアクシデント対策を規制対象とし、複数の機器の故障など設計基準を超える事象を想定した炉心損傷防止対策、格納容器破損防止対策を求めており、事業者は、電源確保、冷却機能確保などの設備強化や、初動対応体制の充実強化等を図っている。

これらについては、SSG-25の「プラント設計」や「構造物、系統および機器の状態」、「緊急時対応計画」などの安全因子に密接に関わるものであるが、規制基準適合性審査会合等におけるこれまでの事業者と規制当局の議論の経過を踏まえると、以下のように、今後のプラントの運用や保守管理等に課題が残されている事例がある。

（事例1）屋外タンクの健全性評価に関わる議論

四国電力の伊方発電所3号機の規制基準適合性審査の会合の中で、2013年12月、基礎ボルトを有しない屋外タンクの地震時における挙動等に関する議論があり、規制当局は、四国電力に対して「ロッキング現象も含めて詳細な説明を実施し、屋外タンク及びタンクに接続する配管等の健全性が確保されていることを立証すること」、「評価条件として設定している摩擦係数が保守的な設定であり妥当とする旨の根拠についても、タンク本体に対する評価と接続する配管に対する評価のそれぞれの観点から詳細に説明すること」を求めた²¹⁾。

基礎ボルトを有しないタンクに対しては、ロッキング現象の想定に対して、規制当局から具体的な意図は示されなかったものの、四国電力は、「すべりを考慮した耐震評価により、タンク本体については大きな損傷は発生しないと考えられるが、すべり量の算定にあたり摩擦係数等の不確定な要素も含まれることから、地震時の屋外タンクの溢水影響評価については、タンクに接続される全配管の完全全周破断を想定する」とし、規制当局の指摘を踏まえた評価を行った²²⁾。

また、屋外タンクの水が全部溢れ出たとして、同タンク設置エリアからの溢水経路等の評価し、経路上にある海水ピットポンプ室周りに浸水防護堰を設置することとした。

そのような中、伊方発電所3号機に続いて審査会合が進められていた関西電力の高浜発電所3、4号機、大飯発電所3、4号機においても、2次系純水タンクなど屋外タンクは、伊方発電所3号機と同様に基礎ボルトを有しておらず、関西電力は、当初、地震時の挙動としてすべりが生じるとし、タンクと接続配管との相対変位について、2007年の中越沖地震対応等で設置したフレキシブルチューブにより、一部の小口径の接続配管を除き破損せず、溢水によっても防護対象設備に影響を与えないとの評価を行っていた。

また、関西電力は、福井県原子力安全専門委員会の会合の中で、2011年10月、福島第一原子力発電所事故を踏まえた追加対策として、信頼性向上の観点からフレキシブル継ぎ手の適用拡大を検討するとともに、タンクの保有水量を確実に守るため、タンク出口への緊急遮断弁の設置について説明していた²³⁾。

しかし、これらの評価結果等について、規制基準適合性審査の会合の場において原子力規制庁と議論を行うことはなく、審査が先行する四国電力の対応を受け、すべりを考慮せず、フレキシブルチューブの設置も無視した状態を想定し、タンクに接続される全配管の完全全周破断を想定した評価を行い溢水が発生するとの結果を示した。

この対策により、内部溢水に対する規制要求を満足するものとしたが、タンクの保有水量を減らす等の対策により、電源喪失時や海水系による除熱機能喪失時に蒸気発生器等への淡水の給水供給時間が短くなることから、最終的な手段として海水注入を行う方策はあるものの、系統全体の機能や実際の保守管理などの運用を踏まえたマネジメントの観点からは、最適な対策であるかは疑問である。

福井県原子力安全専門委員会においても、「タンクが壊れて溢水するリスクを回避するためだけに、水源を減らす側に対策を押しつけており、客観的に見た場合にどちらのリスクが大きいのか説明できていない。」などの指摘が出されている²⁴⁾。なお、この指摘を踏まえ、関西電力は大飯発電所の淡水タンクの保有水量を12,000m³から16,000m³に変更するなどの見直しを図っている²⁵⁾。

(事例2) 竜巻防護対策に関わる議論

現行規制基準では、地震・津波などの自然災害や火災などへの対応をはじめ、多重性、多様性、独立性を備えた電源・冷却設備の機能強化などを求めており、現場では、様々な安全性向上対策工事が行われている。

竜巻については、竜巻検討地域で過去に発生した竜巻の規模や発生頻度、最大風速の年超過確率等を考慮し、最大風速と竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速を求め、その結果、大きい方を基準竜巻の最大風速として設定することになっている²⁶⁾。

しかし、竜巻検討地域で過去に発生した竜巻の最大風速は、現時点で十分な信頼性のあるデータ等に基づいて評価できるだけの知見を有していないとして、高浜発電所3・4号機などは、規制基準適合性審査において日本で過去に発生した竜巻の観測データを用いて設定している。

このため、地域性や地形の特性は考慮されず、狭隘な海水ポンプエリアに竜巻防護設備が設置されたため、海水ポンプに対する定期点検やトラブル時の調査など、保守運営の面からは現場に負担がかかり、工夫が求められている。

前述した福井県原子力安全専門委員会では、定期検査などにおけるポンプの分解点検やポンプが故障した場合に、現場の作業に支障をきたすことがないように、保守運営上の対策を検討すべきとの指摘が見られる。

これらの事例と現行規制基準との関係を図3-2に示す。ここで示すように、設備、機器などのハードはもとより要員や組織の力量、運用管理に関わるマネジメントなどを含めたプラントシステム全体の安全性向上の観点からは、事業者が現行規制基準を踏まえて実施した対策に関わる課題が残されており、今後の改善が必要である。

また、本項では、福井県原子力安全専門委員会の指摘内容を例として取り上げたが、定期安全レビューを実施するにあたり、このような外部専門組織の指摘等に対応していくことも重要である。

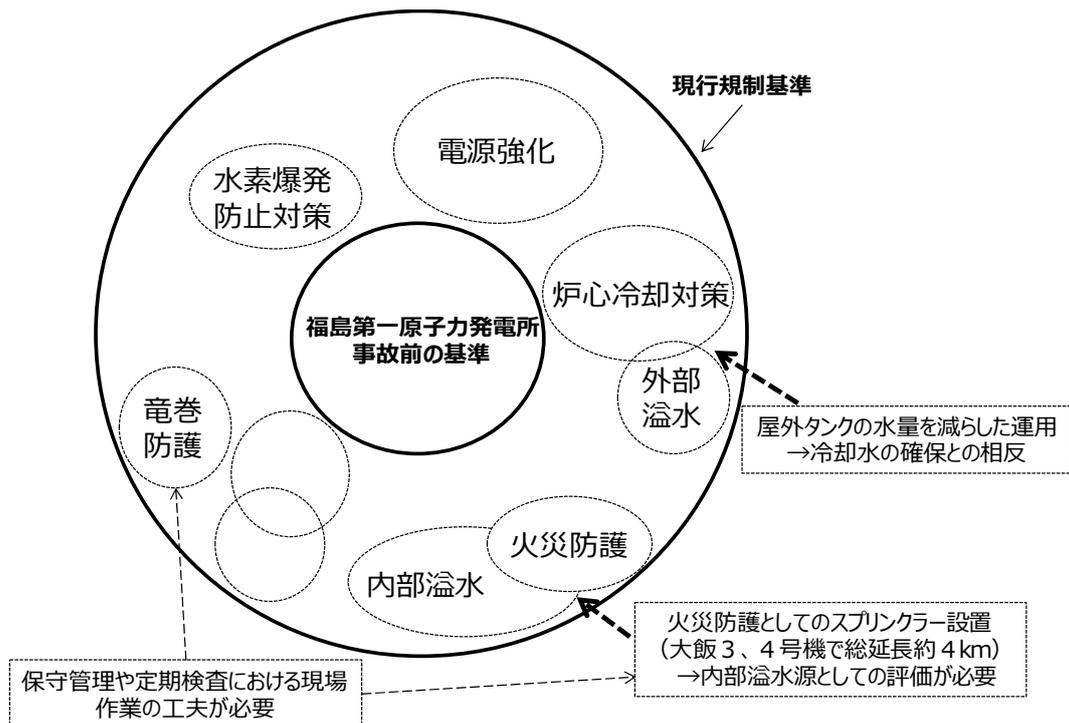


図3-2 現行規制基準における事業者と規制当局の議論の課題

以上のように、本章では、SSG-25に対する我が国の定期安全レビューの対応状況を明らかにするとともに、規制基準適合性審査における規制当局と事業者の議論を例として取り上げ、課題を抽出した。

その中で、我が国では、安全性向上評価制度の導入により定期安全レビューが同制度に取り込まれたものの、SSG-25の主旨を踏まえた対応が課題となっており、定期安全レビューの実施前に事業者と規制当局が適用範囲等について議論を行う必要性などを指摘した。また、現行規制基準への対応として実施した安全性向上対策の中に改善が必要な事例があり、今後の同レビューの議論の対象となり得ることを指摘した。

3.3 事業者が実施した定期安全レビューの変遷

我が国では、前節で述べたように、1992年の通商産業省の要請を踏まえ、事業者の自主保安活動の一環として定期安全レビューが行われることになった。

その後、2003年に定期安全レビューの実施が法的に位置づけられるなどの変遷がある中、2015年に安全性向上評価制度が導入されるまでにこれまで3回のレビューが行われているプラントもある(図3-3)。

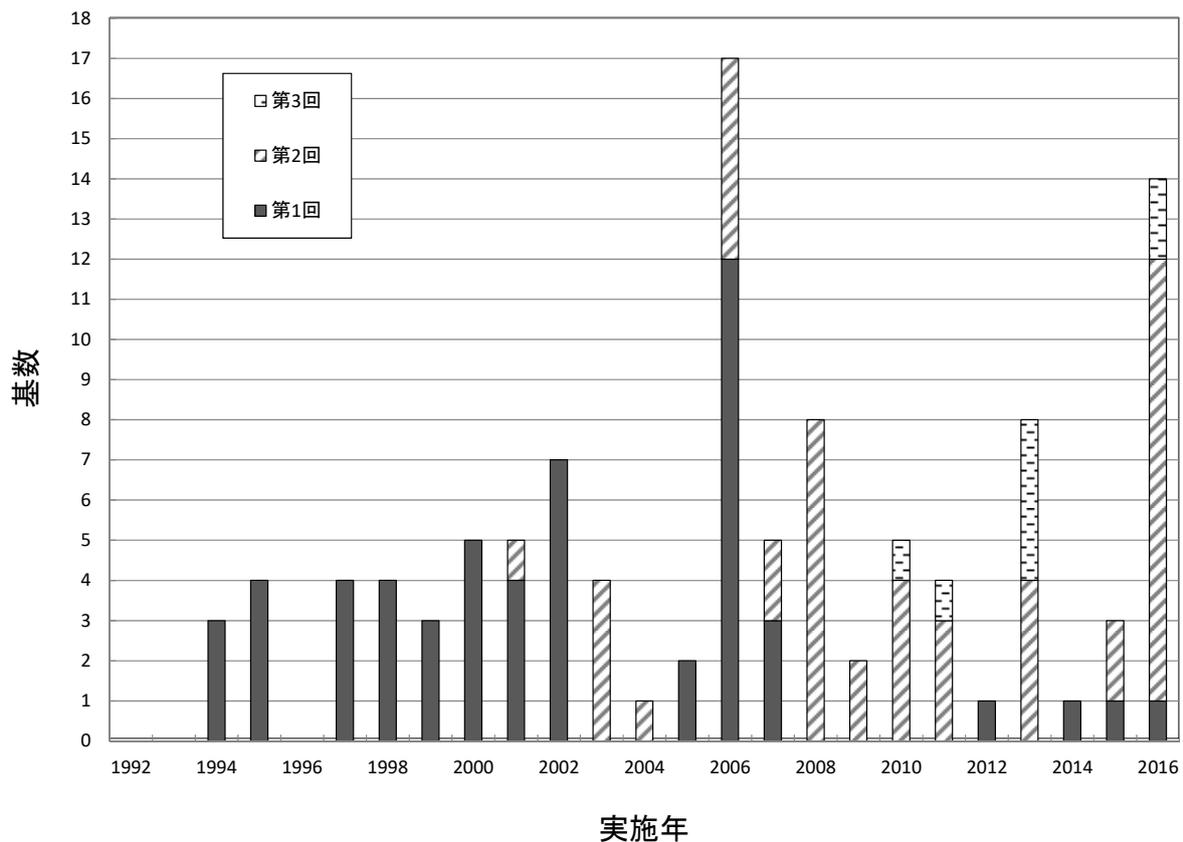


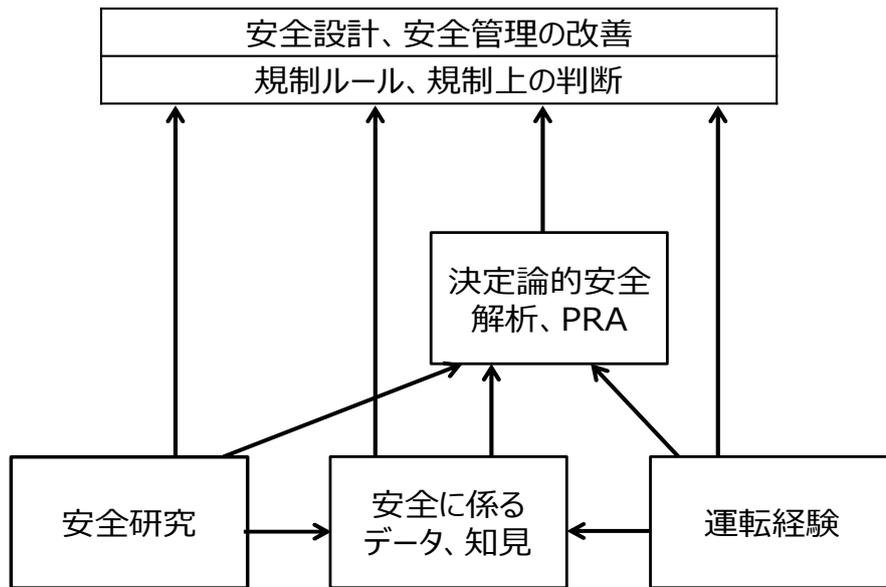
図3-3 我が国の定期安全レビューの実績

レビューの実施内容は、大きく分けると「運転経験の包括的評価」、「最新の技術的知見の反映評価」、「確率論的安全評価（確率論的リスク評価：PRA）」の3つに分類される。

- ・ 運転経験の包括的評価：運転管理（運転体制、運転マニュアル、運転員の教育訓練等）、保守管理（保守管理体制、保守管理活動、教育訓練等）、燃料管理、放射線管理など
- ・ 最新の技術的知見の反映評価：安全研究成果、技術開発成果、国内外の原子力発電所の運転経験から得られた教訓
- ・ PRA：炉心健全性の維持、格納容器健全性維持に関する評価など

このうち、PRAについては、定期安全レビューの実施を法令要求事項として義務付けた2003年以降も事業者が任意に行う事項とされている。

これらの評価項目の関係については、日本原子力学会原子力安全部会が2013年に取りまとめた「福島第一原子力発電所事故に関するセミナー報告書（何が悪かったのか、今後何をすべきか）」²⁷⁾において、原子力発電所の安全設計、安全管理の改善や規制上の判断のベースとして、運転経験データや安全研究があることが示されている（図3-4）。



出典：日本原子力学会原子力安全部会、「福島第一原子力発電所事故に関するセミナー」報告書（何が悪かったのか、今後何をすべきか）（2013）

図 3-4 PRA、安全研究、運転経験の活用プロセス

本節では、このような視点を踏まえ、定期安全レビューの中における「最新の技術的知見の反映評価」の項目に着目し、安全研究および運転経験に関わる評価結果を概況する。

対象とするプラントについては、これまで3回のレビューが行われ、2016年6月に国内で初めて運転期間延長認可を受けた高浜発電所1、2号機を取り上げ、報告書の内容をもとに問題点を抽出し、課題を整理する。

（1）第1回目のレビュー（運転開始初期のトラブルへの対応）

高浜発電所1、2号機の定期安全レビュー報告書の内容の変遷を整理すると表3-3のようになり、これまで、1997年、2003年、2013年にレビューが行われている。

第1回目の定期安全レビュー²⁸⁾は、運転開始（1号機：1974年11月、2号機：1975年11月）から1996年3月までの約20年間を評価対象期間としている。

高浜発電所1、2号機は、関西電力が、美浜発電所1、2号機に引き続き導入したプラントであるが、これら先行プラントと同様に運転開始初期から蒸気発生器伝熱管の損傷などのトラブルが相次ぎ、運転中の計画外停止をはじめ、定期検査時の補修工事を余儀なくされている。

2号機は1994年、1号機は1996年に蒸気発生器の取替えを行っているが、評価対象期間中に、定期検査日数（解列から営業運転再開までの期間）が100日を下回ることはなく、初期トラブルに対する再発防止策や予防保全対策に長期間を要している。

また、評価対象期間中に、1979年に発生した米国スリーマイルアイランド2号機事故をはじめ、運転管理、運転操作に起因した事故、トラブルが国内外で発生しており、運転マニュアル等の改善や教育訓練の拡充が頻繁に行われている。

表3-3 高浜発電所1、2号機 定期安全レビュー報告書の変遷

	第1回	第2回	第3回
公表時期	1997年11月	2003年12月	2013年12月
評価期間	運転開始(1号機:1974年11月、2号機:1975年11月)～1996年3月	1996年4月～2003年3月	2003年4月～2012年3月
規制当局による評価	レビュー結果の報告書の提出を受け、評価を実施し、その結果を原子力安全委員会に報告(通商産業省)	2003年10月の実用炉規則改正に伴い、レビュー結果の提出は不要となり、保安規定遵守の観点から現場の検査官がレビューの実施状況を確認(原子力安全・保安院、原子力規制委員会)	
安全研究および技術開発成果	<ul style="list-style-type: none"> 反応度投入事象などに関する模擬実験等から得られた成果を安全解析手法に取り入れ整備 TMI事故を踏まえた運転監視性の向上のためのマン・マシンインターフェースの改善 下部ノズル形状等を改善した改良型燃料の導入 	シビアアクシデント時の運転操作手順に関する研究等の成果を反映したアクシデントマネジメントガイドラインの整備	代替アミン処理の実機適用研究や伝送器の耐環境性評価研究など、電力共通研究や自社研究の成果
国内外の運転経験の反映(自プラントに水平展開を図った主な事故トラブルの例)	<ul style="list-style-type: none"> 大飯1号機主蒸気逃し弁誤動作によるECCS作動(1979) 美浜2号機蒸気発生器伝熱管破断事故(1991) 米国ブラウンズフェリー発電所のケーブル火災(1975) 米国スリーマイルアイランド(TMI)発電所2号機事故(1979) 米国サリー発電所給水配管の破断(1986) 	<ul style="list-style-type: none"> 敦賀2号機再生熱交換器連絡配管からの一次冷却材漏えい(1999) 仏国シボー1号機残留熱除去系漏えい(1998) 	<ul style="list-style-type: none"> 美浜3号機二次系配管破損事故(2004) 福島第一原子力発電所事故(2011)
評価結果	国内外原子力発電所の運転経験や最新の技術的知見を収集、評価し、発電所の管理や設備の改善・取替えなどに反映していく仕組みのもと、設備状況を勘案し、運転経験、技術的知見を反映する改善活動が適切に行われてきた。	国内外原子力発電所の運転経験や最新の技術的知見を収集、評価し、発電所の管理や設備の改善・取替えなどに反映していく仕組みのもと、設備状況を勘案し、運転経験、技術的知見を反映する改善活動が適切に行われてきた。	保安活動の管理面や設備面の改善が図られており、保安活動を行う仕組みが有効に機能していると評価した。最新の技術的知見について適切に反映されており、最新の原子力発電所と同等の高い水準を維持するための仕組みが機能していることを確認した。
抽出した追加措置	なし	なし	なし

1) 安全研究成果および技術開発成果

安全研究成果として、NSRR(Nuclear Safety Research Reactor)における反応度事故に関する研究や、ROSA(Rig-Of-Safety Assessment)における原子炉冷却材喪失事故に関する研究を抽出し、それらの研究成果をもとにプラント事故時における安全機能の有効性の確認が行われ、安全評価手法が整備されたことを挙げている。

技術開発成果に関しては、燃料破損防止のため燃料集合体の下部ノズル形状を改善した改良型燃料集合体の採用や、前述した蒸気発生器の取替え、また、国内外のプラントにおける原子炉容器上部蓋管台の損傷事例を踏まえ、予防保全の観点から管台材料等を改良した原子炉容器上部蓋の取替えなどを挙げている。

その他、運転監視性の向上の観点から計算機技術を活用したプラントパラメータを集約表示する装置の中央制御室への設置、線量低減の観点から導入した原子炉容器スタッドボルト自動位置決め装置等の点検作業の自動化などの技術開発成果を挙げている。

このように、技術開発成果の内容からも、原子力導入初期のトラブルをはじめ、プラントの運転に伴い続発する喫緊の技術的課題に対応し、現場に反映してきた様子が伺える。

2) 国内外の原子力発電所の運転経験から得られた教訓

「事故・故障等の経験反映状況」の中で、重要な事例に対する対策の実施状況として、ブラウズフェリー発電所のケーブル火災(1975)、スリーマイルアイランド発電所2号機の事故(1979)などを挙げている。その一つとして、1986年に発生した米国のサリー発電所2号機の2次系給水配管の破断事故から得られた教訓があり、「我が国では、減肉の予想される蒸気・水の二相流配管はもとより、給水・復水配管についても、曲管部、合流・分岐部を中心に1985年頃からPWR拡大点検計画として計画的な肉厚測定が行われており、当時、特に異常な減肉を示している部分は認められなかった」としている。

また、「我が国では徹底した水質管理が行われているため、サリー発電所2号機のような事象は発生しないと考えたが、念のため、当面の間は拡大点検計画を継続することとし、その後、数年間にわたり、各プラントで膨大な箇所の肉厚測定を実施し、各配管の減肉傾向が把握できたことから、現在は電力大(事業者全体)でより合理的な点検基準(管理指針)を策定し運用している」と述べている。

これらの結果を踏まえ、事故・故障等の経験がプラントの設備、管理に適切に反映され、再発防止が図られていると評価したが、その後、以下の事故トラブルが発生している。

- ・ 2004年7月に大飯発電所1号機において、2次系主給水隔離弁下流の配管曲がり部で、部分的な減肉により、法律に基づき国に報告する対象となる厚さに至っていることが確認された。当該部の点検記録等の調査の結果、過去の肉厚測定結果のデータから得られる知見が点検指針に反映されていなかったこと、また、1996年に点検調査を実施する協

力会社を変更した際に、記録データが引き継がれていなかったことが明らかとなった²⁹⁾。

- ・ 2004年8月に美浜発電所3号機において、2次系配管（復水配管）破損事故が発生し、調査の結果、当該箇所が点検対象箇所から漏れており、それが修正されないまま長年にわたり放置されたことが判明した。また、点検漏れが発見されたが、関係者への連絡が不十分であり、その後の点検計画に適切に反映されなかったことなどが明らかとなった³⁰⁾。
- ・ なお、管理指針は1990年に策定されたが、初回点検に適用した段階で、点検対象箇所が登録漏れとなっており、美浜発電所3号機では42箇所にも及ぶなど、運用開始時点においてすでに問題が生じていたことが分かっている。

このように、トラブルの原因としては、保守管理、品質保証活動が適切に機能していなかったことなどが判明しており、管理指針の策定とデータの蓄積により、事故・故障等の経験反映の仕組みが有効に機能していると評価するのは不十分であったと言える。

これらを踏まえると、定期安全レビューにおいては、プラントの系統、構造物、機器の状態や予防保全、事後保全情報などをもとに、設計で要求されたとおりに設備の機能等が維持されている状態を保証する観点（Configuration Management）から運用しているシステムが実際の構成を反映しているか評価を行うことが重要である。

（2）第2回目のレビュー（アクシデントマネジメントの整備）

第2回目の定期安全レビューは、2003年12月にまとめられており、1996年4月から2003年3月までの7年間を評価対象期間としている。

この間、プラントでは、運転開始初期のトラブル経験等の反映として、蒸気発生器や原子炉容器上蓋など主要機器の取替工事が行われている。また、設備利用率の向上を目指して、定期検査短縮に向けた取組みが進められており、定期検査日数は、第1回目レビューの評価対象期間中が平均188日であるのに対して、第2回目レビューの評価対象期間中は平均69日となっている。特に1号機は、2001年の第20回定期検査において、過去最短の43日間を達成している。

このように良好な運転実績を積み重ねつつある中で、原電工事による使用済燃料輸送容器データ改ざん問題（1998）、BNFL製MOX燃料データ改ざん問題（1999）、JCOウラン加工工場臨界事故（1999）、東京電力の原子力発電所における自主点検作業記録に関わる不正問題や格納容器漏えい率検査の偽装（2002）などの不祥事が相次いだ。

この東京電力の不祥事を踏まえ、総合資源エネルギー調査会のもとに設置された原子力安全規制法制検討小委員会が、中間報告の中で事業者の安全確保活動における品質保証体制の確立などの再発防止策をまとめ、これらを踏まえ、関係法令が改正され発電所における品質保証活動の強化などが求められることになった。

1) 安全研究成果および技術開発成果

安全研究成果および技術開発成果として、熔融物冷却性実験などのシビアアクシデント研究とともに、アクシデントマネジメントの整備を挙げている。

このアクシデントマネジメント策は、前述したように、定期安全レビュー、高経年化対策と合わせ、総合予防保全対策の3つの課題の一つであり、炉心冷却機能が喪失した場合のタービンバイパス系の活用や代替再循環などの整備を行い、「最新プラントの大飯発電所4号機と比較し遜色ない」と評価しているが、すでにアクシデントマネジメント整備報告書としてまとめた内容の再掲に留まっている。

2) 国内外の原子力発電所の運転経験から得られた教訓

国外で発生したトラブル事例として、以下の事例などが取り上げられている。

- ・ フランスのルブレイエ原子力発電所において、1999年12月に暴風雨により、近くの川が氾濫し、防波堤を乗り越え発電所敷地内に浸入し、配電盤や安全系機器の一部が機能喪失した。
- ・ 台湾第3発電所（馬鞍山）において、2001年3月、外部電源喪失とともに、2台の非常用ディーゼル発電機が正常に作動せず全交流電源喪失が発生した。

これらの事例などに対しては、既に対策済などとして水平展開は不要としているが、水平展開の要否が記載されているだけであり、その根拠や理由についての説明がない。

このため、報告書からは、事例の抽出のプロセスや水平展開の要否の判断が不明確となっている。

定期安全レビューは、ある一定期間毎に行うものであり、その間に事業者の組織構造やレビューチームのメンバーが代わりうるため、過去のレビューのプロセスを把握しておく必要がある。このため、トラブル事例を踏まえた水平展開の要否の判断に関わる具体的な理由、根拠を残しておく必要がある。

(3) 第3回目のレビュー（福島第一原子力発電所事故を踏まえた対応）

第3回目の定期安全レビュー³¹⁾は、2013年12月にまとめられており、2003年4月から2012年3月までの9年間を評価対象期間としている。

この期間中には、美浜発電所3号機二次系配管破損事故（2004）をはじめ、中国電力の水力発電設備のデータ改ざん（2006）およびこの問題をきっかけに発覚した他電力の過去の事故隠しなどの事故、不祥事が発生している。

また、福島第一原子力発電所事故（2011）が発生し、その後、高浜発電所1、2号機を含む国内の運転中のプラントは順次、定期検査のため停止したが、再稼働の見通しは得られない状況となった。

この間、原子力安全・保安院は、2011年9月から、地震や津波、高経年化の事故への影響等を技術的観点から検証するため意見聴取会を設置し、福島第一原子力発電所事故の事実解明や原因究明、技術的課題の検討を行い、2012年2月に中間取りまとめを公表したが、再稼働に関わる国の判断基準は示されない状況であった。

1) 安全研究成果および技術開発成果

第1回目、第2回目のレビューと異なり、安全研究成果として、原子力安全委員会の安全審査指針類や日本電気協会等の民間規格など、指針、規格への対応を取り上げている。

その中では、「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（2009年3月改訂）」、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（2006年9月改訂）」をはじめ、「原子力発電所における安全のための品質保証規程（JEAC4111-2009）」、「原子炉構造材の監視試験方法（JEAC4201-2007）」などを挙げており、これらの指針や規格をプラントの運転・保守管理に取り込んでおり、最新の技術的知見が反映されていると評価している。

また、技術開発成果については、新たに得られた成果として「原子炉容器出入口管台内面溶接補修における異種材テンパービート補修溶接技術に関する研究」や、「代替アミン処理の実機適用研究」などを取り上げ、高浜発電所1、2号機の設備や運用の安全性、信頼性の維持・向上につながったと評価している。

福島第一原子力発電所事故以降、シビアアクシデント対策を目的として様々な研究が行われており、例えば、プラント状態の監視機能の強化に関わる研究を例に挙げると、福島第一原子力発電所事故発生当時、原子炉や格納容器内の計装系が十分に機能せず、原子炉の水位など事故対応に必要な情報を的確に把握することが困難であったため、国は、「原子力安全に関するIAEA閣僚会議に対する日本国政府の報告書（2011年6月）」の中で、シビアアクシデント時にも十分機能する圧力容器および格納容器の計装系の開発および整備など、状態把握のための計装系の強化を事業者に求めていくとした経緯がある。

これらを踏まえ、関西電力をはじめとした事業者は、過酷事故条件下におけるプラントパラメータ監視機能の信頼性を向上させるため、国が出資するプロジェクトのもと、フェーズIとして、2012年1月よりプラントメーカーと共同で、格納容器水素濃度、圧力、水位の検出器の耐環境性向上を目的とした検出器の開発を開始した。

その後、2015年3月にフェーズIを完了し、今後、実機への適用を視野にいたした検証等を行う方針としているが、国が出資するプロジェクトではなくなり、事業者、メーカーにおいて、実機への適用を視野に入れた実証試験を進め、2019年度の製作開始を目指した準備を進めているとしている³²⁾。

しかし、このような長期にわたる研究開発は、時間の経過とともに、研究開発の進捗状況はもとより、実施主体や予算の変更に伴い、実機への適用時期等が見通せない場合が生じること

もあり得る。

このため、実施中の安全研究や技術開発の進捗状況を把握し、それらの研究の実施主体、関係機関の役割等を確認することは、成果反映をどのタイミングで行うかの見通しを得る上でも有益である。また、安全研究成果が得られるまでに一定の期間を要するため、その実施状況を定期安全レビューの中で確認することには意義があると言える。

2) 国内外の原子力発電所の運転経験から得られた教訓

2008年に策定された定期安全レビュー実施ガイドラインの中で、「原子力安全・保安院が文書で指示した調査・点検事項に関する措置状況を含む。」ことが示されたため、評価書の中では、新たに「原子力安全・保安院指示文書に基づく対応」の評価項目が追加されている。

原子力安全・保安院は、1次冷却水中応力腐食割れ(PWSCC)に関わる点検、検査の指示や新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価の指示はもとより、発電設備に関わる総点検指示など、トラブルや不祥事を踏まえた指示文書等の発出を行っている。このうち、高浜発電所1、2号機への反映として67件の要請文書等を取り上げ、これらに対する当時の対応策を改めて記載している。

評価対象期間における国内の原子力発電所で発生した事故・故障等に基づき得られた教訓を1349件抽出しており、そのうち予防処置が必要と判断した教訓を172件としており、第2回のレビュー（高浜発電所1号機）における調査対象数の149件、予防処置が必要と判断した教訓の47件と比較すると大幅に増加している。

これは、JANSIの原子力施設情報公開ライブラリー（ニューシア）に法令対象外のトラブルとして登録されている保全品質情報を追加していることによるものである。

その他、国内外の原子力発電所で発生した主な事故・故障等に対して、予防処置の必要性の有無に加えて予防処置の内容を記載しているなどの改善がみられる。

しかし、2004年のスマトラ沖で発生した地震に伴う津波によりインドのマドラス原子力発電所の海水ポンプが冠水し機能喪失したトラブルについては、外的事象への対応として多くの教訓を含む重要な事例であるが、その事例についての言及はない。

このことについて、関西電力に確認した結果、当該事象は、津波シミュレーションの結果として想定される津波の高さが敷地の地盤高さを上回らなかったとの結果を踏まえ、予防処置を検討する事象の対象外としており、報告書には記載していないとのことであった。このような判断のプロセス等については、前項でも指摘したように、将来、定期安全レビューを行うにあたり、過去の判断の根拠の妥当性等を確認する上で重要な情報であり、報告書に掲載する必要がある。

また、前述したフランスのルブレイエ原子力発電所、台湾第3発電所（馬鞍山）のトラブルなど、過去のレビューで水平展開を不要としたトラブルについては、福島第一原子力発電所事

故の教訓である電源、冷却機能の確保の観点から多くの知見を有しているにも係わらず、これらのトラブルの再抽出や評価などは行われていない。

海外プラントで発生した格納容器再循環サンプスクリーン閉塞に関わるトラブルを例に挙げると、第1回目のレビューでは、事故故障等の経験反映として、国外プラントで発生したトラブルへの対応として、「水平展開を実施済」、「再発なし」と位置づけており、第2回目のレビューでは、BWRにおけるECCS吸込ストレーナのデブリによる閉塞の可能性に対する米国NRCの指示文書を取り上げ、「管理面から水平展開を実施済」、「設備面での対策の実施は不要」、「発生の可能性なし」としていた。

一方、第3回目のレビューにおいては、米国NRCが2003年6月にPWRを有する事業者に対して、設計基準事故時に想定される異物による再循環サンプスクリーン閉塞の影響について評価を行い、必要な措置の実施を要求した通達文書を取り上げている。また、経済産業省が2004年6月に「格納容器再循環サンプスクリーン閉塞事象に関する報告徴収について」の指示文書を発出し、その後も、原子力安全・保安院が同事例に関わる指示文書を発出したことから、関西電力は、これらへの対応として、格納容器サンプスクリーンの有効性の評価を行った。その結果、設備上の対策が必要であるとの結果となり、高浜発電所2号機は、2010年9月、同1号機は2011年3月にサンプスクリーンの取替えを実施している。

このように、当初、対策を不要としていたものが、その後の知見等を踏まえ、その判断を見直しているケースがあり、水平展開が必要かなど、過去の判断の妥当性を改めて検証することが重要である。

以上のように、本節では、事業者がこれまで実施した定期安全レビューについて、関西電力の高浜発電所1、2号機を例として取り上げ、その評価のプロセス等に関わる課題を抽出した。

その中で、国内外で発生したトラブルの水平展開について、評価対象とするトラブルの絞り込みや水平展開の要否の判断などが不明確であり、定期安全レビューが一定期間毎に行われることに鑑みると、組織内における情報共有や知識伝承の観点からも、その要否の判断の理由や根拠を明確にし、今後の定期安全レビューの中で改めて検証することが重要であると指摘した。

3.4 定期安全レビューの実効性向上のための課題と考察

本研究では、我が国の定期安全レビューの位置づけや変遷を明らかにするとともに、SSG-25などのガイドをもとに規制当局の評価の仕組みやプロセスに関わる課題や、事業者の活動として、関西電力がこれまで実施したレビューの内容に対する課題の抽出を行った。これらの概要をまとめると以下の通りである。

- ・ SSG-25の中では、定期安全レビューの実施にあたり、事業者と規制当局の間でその適用範囲、要求事項、成果に関わる議論を行い同意することを求めているが、定期安全レビュー

の準備段階から規制当局が関与する仕組みにはなっていない。

- ・ 規制基準適合性審査会合等におけるこれまでの事業者と原子力規制委員会の議論の経過や現場における安全性向上対策を見ると、プラントシステム全体の安全確保の観点からは、今後、改善を図る必要がある事例がある。
- ・ 定期安全レビューの実施にあたり、過去のレビューで水平展開を不要としたトラブルなどに対して、その判断の妥当性の検証等が行われていない。

本節では、これらの課題を踏まえ、事業者の実施する定期安全レビューおよびその評価に関わる規制活動の実効性向上を図るための方策を提示する。

(1) 規制当局の現場における技術情報基盤の構築

前節では、我が国の現状の定期安全レビュー制度の仕組みや SSG-25 の主旨を踏まえると、定期安全レビューの準備段階から、事業者と規制当局が同レビューの適用範囲、要求事項、成果に関わる議論を行い同意することが重要であると指摘した。

これについては、第 1 章で紹介した INSAG-25 においても、安全性向上のための意思決定プロセスとして、課題の設定のため、規制当局と事業者がそれぞれの考えを示し、基準や良好事例、運転経験、組織上の考慮事項、マネジメントシステム等を分析し、総合的に評価、判断していくことの重要性が示されている。

福島第一原子力発電所事故を踏まえた現行の規制基準策定後も、原子力発電所で発生したトラブルへの対応をはじめ、IRRS の受け入れや検査制度の見直しなど、規制の改善が進められているが、以下に示すような現状を踏まえると、今後、現地の規制事務所を活用し、定期安全レビューに関わる課題の設定や事業者との議論に展開していくことが有益である。

(トラブル等に対する保安検査官の対応)

規制当局は、これまで法令対象に関わるトラブルの原因対策を踏まえた再発防止策の実施状況などに対して、保安検査等で確認するとしてきた。

例を挙げると、2016 年 2 月に高浜発電所 4 号機において、発電機の並列操作後、発電機が自動停止しタービンおよび原子炉が自動停止するトラブルが発生したが、原子力規制委員会は、関西電力の報告に対して、「今後、関西電力が行うこととしている対策及び根本原因分析について、適切に実施されていることを保安検査等において確認していく」³³⁾とし、現地の規制事務所が、保安検査の中で関西電力の対策の取組み状況を確認している。

このように、規制事務所は、事業者が実施する再発防止の実施状況等のフォローアップを行っているが、その他にも事業者の安全文化・組織風土劣防止に関わる取組みに対する総合評価や、保安活動に関わる軽微な指摘等を行うなど、定期安全レビューの対象となる事業者の保安活動全体を監視している。

また、2016年11月に発生した女川原子力発電所1号機の原子炉建屋地下への海水漏えいや敦賀発電所2号機の原子炉補助建屋の冷却材貯蔵タンク室における作業員の被水トラブルなどを踏まえ、原子力規制庁は、各規制事務所に対して、事業者に注意喚起³⁴⁾を行うよう指示するなど、法令対象外のトラブルに関わる水平展開等に関しても、保安検査官が対応することを求める傾向がみられる。

特に、2017年1月に発生した高浜発電所構内におけるクレーン倒壊事故に対して、原子力規制委員会は、法令対象外のトラブルであるものの、社会的関心があり教訓を含むとして、原子力規制庁から保安検査官の現場確認結果の報告等を受けるとともに、全原子力発電所に対して、注意喚起を行った³⁵⁾。さらに、高浜原子力規制事務所より、高浜発電所長に対して、「原因を詳細に調査し、規制庁の確認を受けること」を要請³⁶⁾している。

(IAEAの総合規制評価サービスの指摘を踏まえた原子力規制委員会の対応)

2007年および2016年に実施されたIRRSの中では、保安検査官の活動をはじめ検査制度の改善等に関わる指摘があり、我が国では、検査制度の見直し等の議論が行われており、今後、事業者による安全確保の取組みに対する監視・評価の仕組みを強化するとともに、事業者の自主的、継続的な安全性向上への取組みを促すための制度が導入される見通しである。この監視、評価のポイントとして、

- ・ 事業者の保安活動の実績に応じた監視
- ・ 安全上の重要度に応じた評価
- ・ 客観的な指標としてリスク情報、安全確保水準データを活用

が挙げられており³⁷⁾、事業者が主体的に保安活動の改善を行い、規制当局においても現場で日常的に実践的な規制活動を行うことが求められていると言える。

その他、事故トラブル等の情報収集の対象範囲や入手範囲や運転経験反映プロセスの再評価に関わる指摘を踏まえ、原子力規制委員会は、トラブル事象のスクリーニング対象を法令報告対象未満にまで拡大するなど運転経験反映プロセスの充実を図るとしている。

具体的な対応としては、事業者より自主的に報告されているニューシア情報のうち法令対象未満の情報の一部である「保全品質情報」をJANSIより入手し、スクリーニング対象とした。

このように、トラブルに関わる情報収集はもとより、トラブルの原因調査や再発防止対策の水平展開の実施状況の確認を行うなど、現地の規制事務所の役割が重要になっている。

各規制事務所は、前述したように、担当する原子力発電所における保安規定の順守状況など日常の保安活動を監視しており、法令対象未満のトラブルはもとより安全文化醸成活動の取組み状況などに対して、保安検査官が日々の監視活動による気づき点や指摘事項をまとめることが可能であり、JANSIを経由せずに各規制事務所が情報収集を行い、知見を蓄積し技術情報基盤を構築できる状況にある。

また、これまでも保安検査結果の報告書をはじめ、年度毎に「安全文化・組織風土劣化防止に関わる取組みの総合評価」などの指導文書を発出しており、事業者に対して課題を提示する仕組みはできていると言える。

このため、今後、各規制事務所が中心となり、上述した技術情報基盤をもとに傾向分析等を行い、事業者に課題を提示することが重要である。

(2) 福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全対策に対するレビュー

前節では、規制基準適合性審査における規制当局と事業者の議論の経緯を踏まえると、今後のプラントの運用や保守管理等に課題が残されていることを指摘した。

現行規制基準は、リスクが推定できるものについてはリスクの大きさを考慮し、リスクの推定が困難な場合は頻度あるいは事故の影響の大きさを考慮し、防護設計を要求するなど、グレーデッドアプローチを求めているが³⁸⁾、その中には、日々の保安活動の視点を加えたリスク評価が重要である。

SSG-25 の中では、是正措置、改善には時間が必要であることや、是正措置が取られた場合の具体的な利益（不確実性のリスク）を明確化するために考察が加えられるべきとの指摘がある。

現行規制基準への対応として、各発電所において設備の増設等が行われたが、それらの保守管理等については、今後、プラントの運転や定期検査を行うことで改善点を明確にすることが可能であり、事業者は、現行規制基準を踏まえて実施した安全対策が有効に機能しているかについてCAP 活動等を通じて検証を行い、規制当局も、事業者との議論を通じて実効性のある基準となっているか検証を行うことが重要である。

また、事業者および規制当局は、これまで規制基準適合性に関わる審査に多くの人的資源、時間を投入しており、高浜発電所3、4号機を例に挙げると、設置許可が出されるまでに審査会合が67回開催されている。

この審査会合の中では、事業者から設備の設計、許認可の根拠となる基準・規格や設計仕様、安全解析・評価などSSG-25の各安全因子に関する資料が提示されており、規制当局は、それらの内容を確認し、事業者に対して指摘等を行っている。これは、実質的に定期安全レビューの課題設定のための議論が行われていると言える。

規制当局は、審査の過程で事業者に指摘を行い確認した事項を設置許可に関わる審査書の中で「審査過程における主な論点」としてまとめ、規制当局の考えを示しているが、事業者においても、審査の過程で議論した技術的論点や現場の安全性向上対策を踏まえた保守管理や対応手順などの状況などを整理し、定期安全レビューにおける課題設定等に活用していくことが重要である。

特に、技術的論点に関しては、産業界や研究機関などにおける取組みを積極的に取り入れ、学協会規格を先取りした評価を行うなど、定期安全レビューを今後の許認可手続きにおいて議論となる材料を提示する場として活用することが望まれる。

その他、本章では、立地自治体の外部専門組織の指摘等への対応が重要であると指摘した。立地自治体の中には、原子力発電所の安全性向上対策などについて、事業者や規制当局から説明を受け、議論を行う専門委員会等を有しているところもある。

これは、我が国独自の仕組みとも言えるが、その中には、原子力安全に関わる技術的論点や継続的改善のために規制当局や事業者に対応を求める事項等をまとめている委員会等もあり、定期安全レビューの中で、このような外部の指摘に対応していくことも重要である。

(3) 過去のレビュープロセスの検証

前節では、定期安全レビューを実施するにあたり、過去のレビューの妥当性の検証等を行うことが重要であると指摘した。その対応として、事業者がこれまで実施した定期安全レビューの評価対象である「安全研究」、「運転経験の反映」の視点から改善策等を提示する。

(安全研究の進捗状況のレビュー)

安全研究については、成果等が得られるまでに一定の期間を要するため、定期安全レビューの中で、成果の評価のみならず、実施中の安全研究や技術開発の進捗状況を把握しておくことが重要であると指摘した。

また、対象とする目標技術等の導入シナリオ（ニーズ）を作成し、適切な達成目標を設定し、対応の具体的計画、成果の反映のイメージを社会に提示していくことが重要である。

経済産業省は、福島第一原子力発電所事故を踏まえ、2014年8月、総合資源エネルギー調査会のもとに「自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ」を設置し、その中で軽水炉の安全性向上研究の再構築とコーディネーション機能の強化等について議論を行い、国、事業者、メーカー、研究機関、学会等の関係者間の役割が明確化されたロードマップをとりまとめている。

さらに、同ワーキンググループと日本原子力学会が役割分担を図り、定期的に全体のローリングを実施しているが、事業者からは、ロードマップの精度向上や、事業者の取組みだけでは完結しない課題があり、産官学が一体となって解決に当たる必要があるなどの課題³⁹⁾も出されている。

このため、安全研究の実施状況や成果の見通し等についても、定期安全レビューの中で示し、将来のレビューにおいて、現状認識を図り、進捗管理を行うことが可能である。

(運転経験の反映のレビュー)

前節では、格納容器再循環サンプスクリーン閉塞に関わるトラブル事例をもとに、当初、対策を不要としていたものが、その後の知見等を踏まえ、判断を見直しているケースがあることを示し、定期安全レビューを実施するにあたっては、事故、トラブルに関わる技術情報などの

知見の収集はもとより、過去のレビューの内容を検証することが重要であると指摘した。

高経年化対策を例に挙げると、事業者は、運転開始後 30 年を経過する原子炉施設について、以降 10 年毎に機器・構造物の劣化評価（高経年化技術評価）および長期保守管理方針の策定を行っているが、40 年目の高経年化技術評価の際に、30 年目を実施した評価をレビューし、劣化傾向、保全実績の評価などの妥当性を改めて確認している⁴⁰⁾。

これらを踏まえると、定期安全レビューについても、過去の判断に誤りや抜けがないか等の観点から、改めて過去のレビューを振り返り、評価の前提条件に関わる各種データの更新や研究成果、新知見の収集状況を踏まえ、判断のプロセスの妥当性等を検証する必要がある。

また、前節でも述べた通り、設計図面や保全情報などを運用しているシステムが、実際の現場の設備状態等を反映しているかについて、定期安全レビューの中で改めて検証することが重要である。

IAEA の「軽水炉の高経年化対策に関する安全指針 (NS-G-2.12)」では、機器構造物の経年劣化管理のための運転経験、安全研究成果等を蓄積しながら、保全計画立案、運転、検査、メンテナンスの PDCA サイクルを推進し、経年劣化管理プログラムを最適化していく必要性を指摘しており、機器・構造物の劣化評価や運転・保守点検等に関するデータを収集することが有益であるとしている。

この NS-G-2.12 は、2018 年に SSG-48 として改訂されたが、新たに「関連図書と関連するプログラム」の章を設け、その中で、Configuration Management に関わるプログラムの構築等を求めている。

SSG-25 においては、安全因子の「プラント設計」の中で、経年劣化管理プログラムの策定や有効性の確認を求めていることから、定期安全レビューの中で Configuration Management の内容を確認していく必要がある。

さらに、安全因子「手順書」の中においても、「図書化を含む設計、容量、ハードウェアに関する改造管理」のレビューを求めており、これらの安全因子から得られる課題を総合的に評価していくことが重要である。

3.5 まとめ

以上のように、定期安全レビューの実効性向上のための方策を示したが、これらを SSG-25 の評価プロセスに反映したものを図 3-5 に示す。

我が国では、福島第一原子力発電所事故以降、現行規制基準の策定に伴う審査や現場の安全性向上対策が行われ、さらに、今後の新たな検査制度の導入を踏まえ、それらの実情に合わせた定期安全レビューを実施していくことが重要である。

また、SSG-25 の中では、定期安全レビューによる長期運転のための意思決定プロセス支援を

挙げているが、我が国では、これまで40年以上にわたるプラントの運転経験、トラブル等の知見の蓄積があり、今後の長期運転を見通しながら総合的な予防保全対策として定期安全レビューを実施し、プラントの安全性向上のための継続的な改善を図る必要がある。

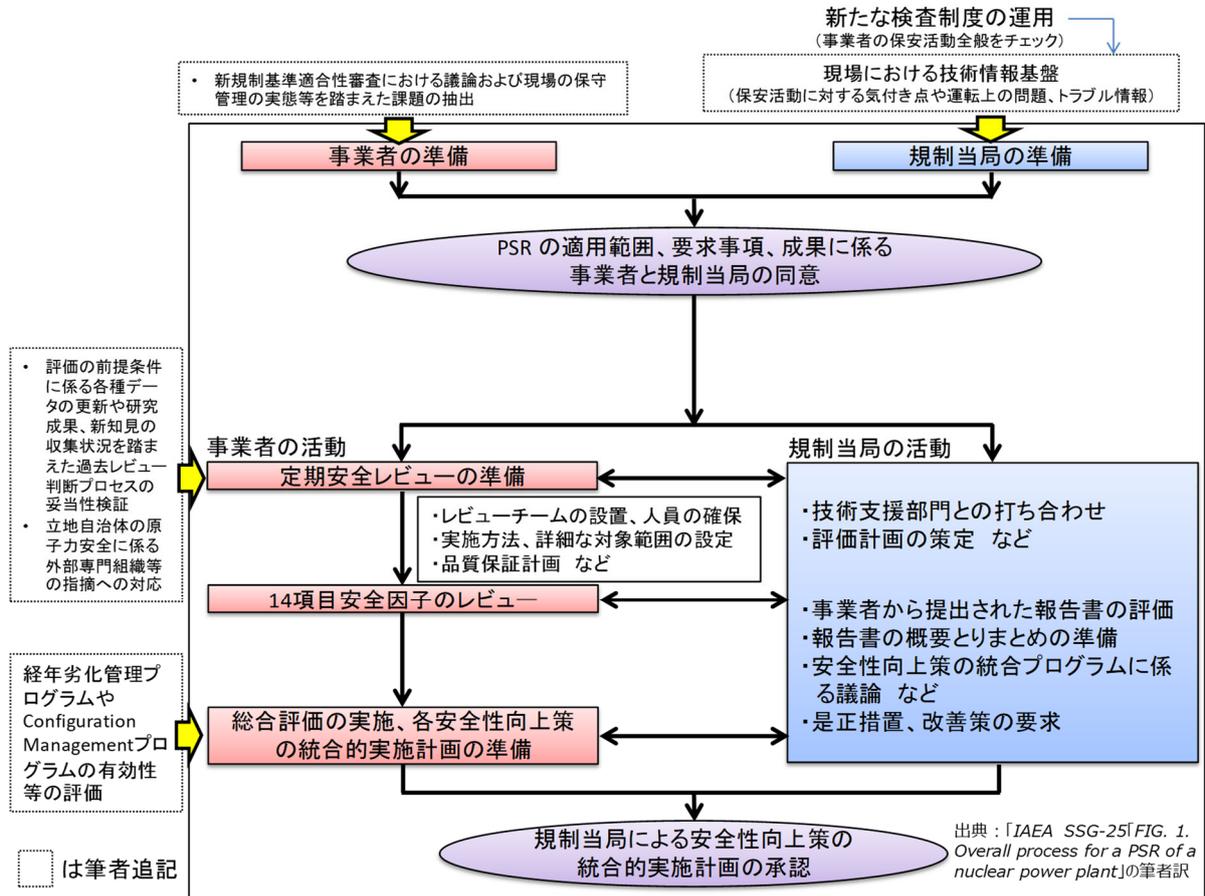


図3-5 SSG-25を踏まえた我が国の定期安全レビュー実施のフロー

第4章 原子力発電所の長期運転に向けた技術情報基盤の運用に関わる考察

第2章では、事業者の安全文化醸成活動およびその活動に対する規制当局の評価に関わる課題を抽出し、実効性向上のための方策を提示した。

その中で、事業者は、プラントの安全性への影響の大小に関わらず、軽微なトラブルについての情報収集やデータ蓄積が重要であることを指摘した。また、規制当局は、現場の保安検査官の日々の監視活動を通じて、自らも安全文化に関わる情報収集を行い、事業者を指導するための情報基盤の整備が必要であることを指摘した。

第3章においては、原子力発電所の運転経験の包括的な評価や追加措置等の抽出等を行う定期安全レビューを取り上げ、事業者がこれまで実施した評価の課題を明らかにした。その上で、事業者は、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はもとより、現行の規制基準を踏まえて実施した安全対策が有効に機能しているかの検証の実施が重要であることを指摘した。また、規制当局は、現場の保安検査結果等を知見として蓄積し、定期安全レビューの実施前に事業者に対して課題を提示することが重要であると指摘した。

いずれも、トラブルや保安活動、最新知見等に関するものであり、原子力発電所の運転に伴い膨大な量が蓄積されるため、それらを体系的に整理し、トラブル予測や未然防止活動等に活用するための知識ベースを構築するなど技術情報基盤の整備を図る必要がある。

国内外における運転中（供用期間中）の原子力発電所は、2019年2月時点で453基あり¹⁾、このうち99基は運転開始後40年以上を経過しており、今後も、長期供用プラントの増加が見込まれている。

このような中、40年を超える長期供用プラント（いわゆる高経年化プラント）の運転については、高経年化に伴い直ちに安全に問題は生じないものの、第1章でも言及したように、立地自治体は、高経年化プラントの安全性に関わる科学的な議論を国民や地元を示していく必要性を指摘している。また、全国知事会からは、原子力規制委員会に対して、高経年化対策に関する技術情報基盤の整備などを行い、プラントの安全確保に万全を期すことなどが提言されている²⁾。

これらを踏まえると、原子力発電所の長期運転の実現のためには、運転経験はもとより国内外の知見等を収集し、技術情報基盤の整備を行い、その内容を社会に提示していくことが重要である。

技術情報基盤の整備に関しては、2004年8月に発生した美浜発電所3号機の二次系配管破損事故を契機に、高経年化対策の先駆けとして、原子力安全・保安院がOECD/NEAに対して、「長期供用プラントにおける経年劣化管理に対する規制の高度化に関する推奨事例整備プロジェクト」を提案している。

このプロジェクト（以下「OECD/NEA プロジェクト」という。）は、我が国主導のもと、17か国の産学官の専門家が連携し、2006年6月から2010年6月にかけて応力腐食割れおよびケーブル

絶縁低下に関する国際的な劣化事象データベースを構築するとともに、収集したデータや情報を体系的に整理・評価した知識ベースを構築し、規制当局や事業者が経年劣化管理を充実させる上で有益な推奨実務を抽出するなど技術情報基盤の整備を図っている。

2010年5月に我が国で開催された OECD/NEA 主催の高経年化対策に関わる国際ワークショップにおいては、このプロジェクトの成果や国内の高経年化対策強化基盤整備事業の成果報告が行われ、データベースや知識ベース等の技術情報基盤の活用策などについて議論が行われた³⁾。この中では、

- ・ 知識基盤であるデータベース、知識ベース、推奨実務は、技術者の教育や研修にも活用できる。そのためには、データベース等へのアクセス性の容易さとともに最新情報へのアップデートが必要である。また、産官学・学協会の専門家によるネットワークの維持が必要である。
- ・ 各国が分析評価した運転経験・実績（教訓）は、安全文化や組織文化の教育にも反映できる貴重な情報・知識である。
- ・ OECD/NEA プロジェクトの成果は、高経年化技術評価に活用すべきものであり、日本原子力学会がまとめた高経年化対策技術戦略マップの第Ⅰ期（初期のプラントが40年目を迎える時期）から第Ⅱ期（同じく50年目を迎える時期）への展開の指針となるものである。

等の課題や指摘がまとめられている。

IAEAにおいても、国際的な経年劣化に関する知見を収集するため、米国の運転認可更新プロセスのガイダンスとして利用されている GALL (Generic Aging Lessons Learned) 報告書 (NUREG-1801) と同様の国際版の一般経年管理教訓書 (International GALL) が2015年に策定されている⁴⁾。

この中では、前述した IAEA の「軽水炉の高経年化対策に関する安全指針 (NS-G-2.12)」を支援する技術図書として、原子力発電所の機器毎、部位毎に想定される経年劣化事象の抽出とその対策（点検方法、点検頻度、予防保全、補修等）とともに、これらの技術情報の共有化を目的とした推奨経年劣化管理プログラムが作成されており（図4-1）、その作業にあたり、OECD/NEA プロジェクトのデータベース、知識ベース構築に向けた作業プロセスや産学官による支援などの経験が反映されている。

一方で、我が国では、技術情報基盤整備の推進を目的として、2005年12月に原子力安全基盤機構が「高経年化対策技術情報調整委員会」を設置し、情報基盤、安全研究、国際協力に関わるワーキンググループを立ち上げ、産学官それぞれの技術情報基盤の整備、運営状況に関する情報交換や OECD/NEA プロジェクトに対する協力を行った。

また、日本原子力学会においても、2004年8月に「高経年化対応ワーキンググループ」を設置し、産学官共通認識のもと、高経年化対応に関するロードマップの検討を行うとともに、今後実施すべき施策等を2005年3月に取りまとめ、その後、改訂作業は前述した高経年化対策技術情報調整

委員会に移管された。

しかし、我が国の現状としては、福島第一原子力発電所事故を受け、原子力規制に関する体制等の見直しにより、2014年3月に原子力安全基盤機構が解散し、原子力規制委員会に統合されたことに伴い、産学官の技術情報基盤整備の推進に関わる事務局機能が失われており、その課題等への対応が十分に行われていない。

これらの状況を踏まえ、本章においては、原子力発電所の長期運転を目的とした技術情報基盤の整備、運用に関わる調査を行うため、まず、OECD/NEA プロジェクトの報告書をもとにデータベースおよび知識ベース構築のプロセスやその成果を明らかにし、技術情報基盤の整備に必要な要素等を明らかにする。

次に、我が国の技術情報基盤の整備、運用状況について調査を行い、課題を抽出するとともに、OECD/NEA プロジェクトの成果等を踏まえた改善策等を提示する。

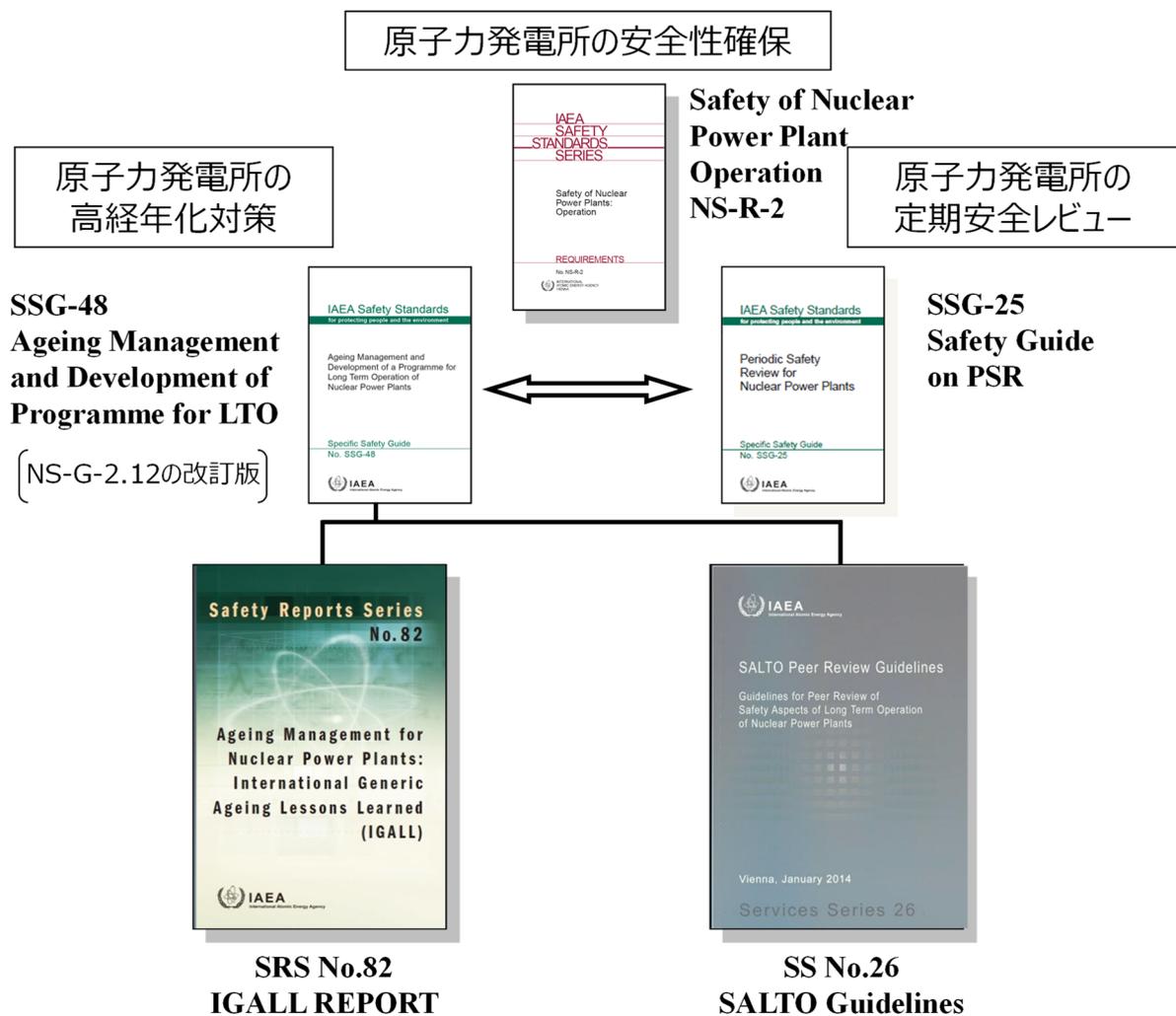


図4-1 経年劣化管理および長期運転に関わる IAEA の安全基準図書

4. 1 OECD/NEA における技術情報基盤整備に関わるプロジェクト

本章の冒頭で述べたように、2004年8月に発生した美浜発電所3号機の二次系配管破損事故を契機として、原子力安全・保安院が2005年8月に取りまとめた「実用発電用原子炉施設における高経年化対策の充実について」の報告書では、「国際的に必要とされる技術情報の集積化・共有化を図るため、原子力の安全研究及び安全規制に関する国際協力において実績がある OECD/NEA を活用することとし、OECD/NEA における高経年化対策に関わる協力事業について我が国を中核として積極的に展開していくことが重要である。」と指摘している。

OECD/NEA は、世界の原子力の先進国を一堂に集め、小規模なフォーラムにおいて先端的なテーマに焦点を絞り、技術的観点から検討を行う場を提供しており、IAEA との連携を図っていることから、原子力安全・保安院は、原子力安全基盤機構の支援のもと、OECD/NEA の「原子力発電プラントの機器、システム、構造物の健全性維持管理ワーキンググループ (IAGE Working Group)」や「原子力発電プラントの配管損傷データ交換プロジェクト (Pipe Failure Data Exchange (OPDE) Project)」などの経年劣化に関わる活動を補完するためのプロジェクトを提案した。

当時、OECD/NEA では、常設委員会の原子力施設安全委員会 (CSNI) および原子力規制活動委員会 (CNRA) が合同戦略報告書⁵⁾をまとめており、2005年から2009年までの主要な取組みの項目の一つとして、プラントライフサイクルにわたる安全確保を挙げ、「設備、技術等の経年劣化」、「運転経験からの教訓、技術伝承」等に対応していく必要性を指摘していた。

このような経緯を踏まえ、OECD/NEA は我が国の提案を取り入れ、2006年6月にプロジェクトを立ち上げ、参加国の代表者を集めて運営委員会 (Management Board) を開催した。同委員会は、プロジェクトの運営規約 (Terms of References)、作業工程、プログラム骨子の承認等を行うとともに、前述したように、応力腐食割れとケーブル劣化の2つの経年劣化事象をプロジェクトの対象とし、

- ・ 応力腐食割れとケーブル劣化に関するデータベースを構築する
- ・ 応力腐食割れとケーブル劣化に関して収集したデータを体系的に編集、評価し知識ベースを構築する
- ・ これらを評価し、規制当局と事業者が経年劣化管理を向上させる上で役立つ推奨事例を抽出する

ことを決定した。

また、プロジェクト期間を4年間と定め、最初の2年間をデータスコープの選定およびデータベースの構築に集中し、その後の2年をデータの拡充とともに知識ベースを構築し、推奨事例の抽出、プロジェクト成果報告書を取りまとめる方針が示された。

この経年劣化事象選定の経緯について、当時の関係者に聞き取りを行った結果、原子力安全・保安院および原子力安全基盤機構が OECD/NEA をはじめ、米国、フランスなど運転実績の豊富な国と事前協議を行い、各国の関心事項等の把握等を行ったとのことであった。

その協議を踏まえ、表 4-1 に示すように、運転初期から劣化傾向を分析評価する必要がある応力腐食割れと、ある積算線量に達すると急速な絶縁低下が起こる可能性が否定できないケーブル劣化の二つの経年劣化事象に絞り込んでいる。

表 4-1 プロジェクトの対象とする事象の絞り込み

経年劣化事象	対象事象の絞り込み	可否	考察
応力腐食割れ (SCC)	欧米を含めた原子力発電プラントで発生する共通問題の経年劣化事象である。各国の SCC に関する検査・モニタリング、評価、予防保全・補修に関する技術情報 (実データ等) を交換し、データベースを整備し、経年変化管理プログラムに活用する必要がある。	○	各国とも SCC が報告されており、種々の試験や実機調査を実施しており、規制に関わる技術情報を共有することは有効である。
圧力容器の中性子照射脆化	監視試験データとしては米国データ、仏国データ等が公開されている。また、OECD/NEA の機器構造健全性グループにおいて、圧力容器照射脆化の評価方法について継続的に情報交換を行っている。	×	-
疲労	大気中の疲労試験データは既に ASME に記載されている。一方、環境中疲労試験は各国での実施事例は少ないが、OECD/NEA 構造健全性ワーキンググループ (IAGE) において、熱疲労等に関わる情報交換を継続的にやっている。	×	-
配管減肉	配管減肉は部位の構造・環境条件により進展状況が大きく異なり、当面、各国の個別管理対応で十分と考えられる。また、OECD/NEA において、配管損傷データ交換プロジェクトがすでに進められている。	×	-
ケーブルの絶縁低下	ケーブルは、ある積算線量に達すると急速な絶縁低下が起こる可能性が否定できない。各国のケーブルの絶縁低下に関する技術情報 (含む LOCA 対策) を交換し、データベースを整備し、経年変化管理プログラムに活用する必要がある。	○	各国とも、ケーブルの絶縁低下に関する種々の調査を実施しており、その詳細な技術情報を共有することは有効である。
コンクリートの機能劣化	コンクリートの機能劣化は、経年化に従い進行するといわれているが、その進行は比較的緩やかであることから緊急な課題ではない。	×	OECD/NEA プロジェクトでの多数の調査結果を活用できる。

このように、各国共通の課題を想定した上で対象事象の絞り込みが行われるとともに、運営委員会を立ち上げ、プロジェクト開始と同時に各国の規制当局を中心に、事業者や大学、研究機関の代表者が参加し、プロジェクトの計画策定や実施体制、実施期間等に関する合意形成が行われた。

プロジェクトの成果物である技術情報基盤については、図 4-2 に示すように損傷事例等のデータベース構築、それらを体系的に整理した知識ベースの構築、各国事業者の保全プログラム等への適用を意図する推奨実務の三段階の構造としている。この中でも、知識ベース、推奨実務の位置づけとしては、

○知識ベース (Knowledge-base)

- ・ 運転経験、最新知見から得られた知識や管理方法について、安全性、合理性の観点から原子力発電所の安全の改善につながるものを整理したもの

○推奨実務 (Commendable Practice)

- ・ 知識ベースに整理されたもののうち、供用中および新設プラントの経年劣化管理に特に重要となるもの

としている。

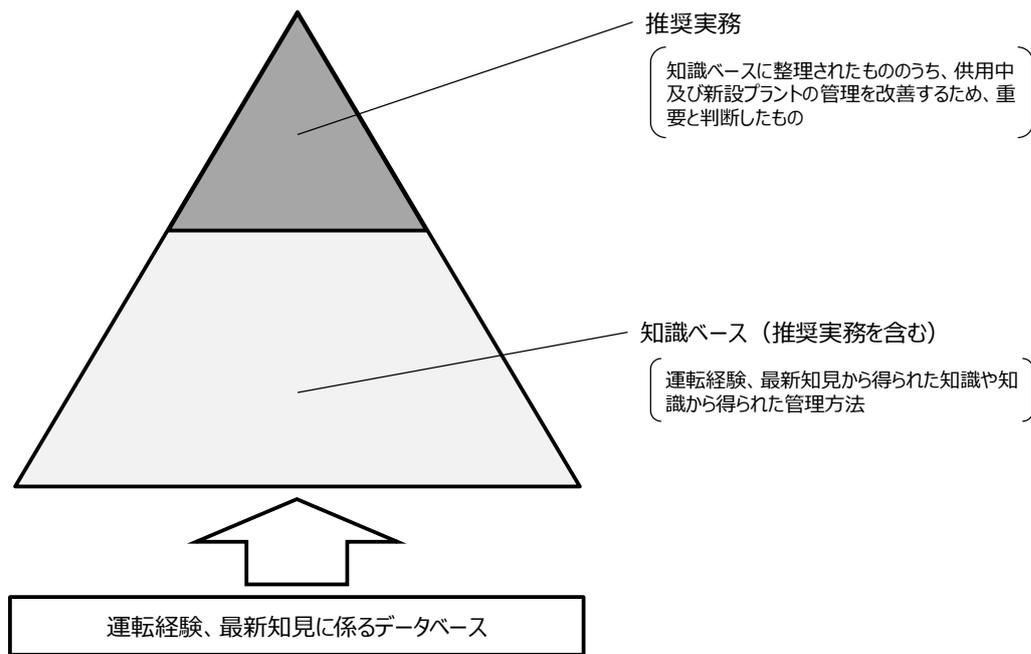


図 4-2 推奨実務の定義と抽出プロセス

(1) プロジェクトの実施体制

プロジェクトには、17 か国が参加し、IAEA、欧州委員会 (European Commission : EC) がオブザーバーとして参加した。

プロジェクトの実施体制を図 4-3 に示す。応力腐食割れ (SCC) については、これまでの運転経験から多くの損傷事例が蓄積される一方で、ケーブル劣化に関しては、損傷事例が少ないため、データの収集対象が異なることから、運営委員会のもとに、SCC およびケーブル劣化に関わるワーキンググループを設置した。

また、データベースや知識ベースの入力フォーマット構築をはじめ、データの品質を管理するため、クリアリングハウスと呼ばれる運営組織が参画し、ワーキンググループが策定したデータ入力指針 (Coding Guideline) およびデータベース品質保証プログラム (Database Quality Assurance Program) をもとに、各国がデータ入力等を適切に行っているか等のレビューやデータベースの維持管理等が行われた。

クリアリングハウスに関しては、SCC ワーキンググループには、リスク情報を活用した配管システムの信頼性解析の経験を有し、OPDE プロジェクトのデータベース整備にも関わった米国のコンサルタント会社が参加し、ケーブルワーキンググループには、ノルウェーにあるハルデン炉を所有する技術研究所が参加するなど、その分野の知見・経験を有する組織が選定されている。

さらに、コンサルタントとして、過去に規制当局の技術支援機関 (TSO: Technical Support Organization) や国際機関等において知識ベースの構築作業に関わった専門家を招聘し、データベースから知識ベースを構築するために必要な情報や知識の構造化に関わる提案、助言を受けながらプロジェクトが進められた。

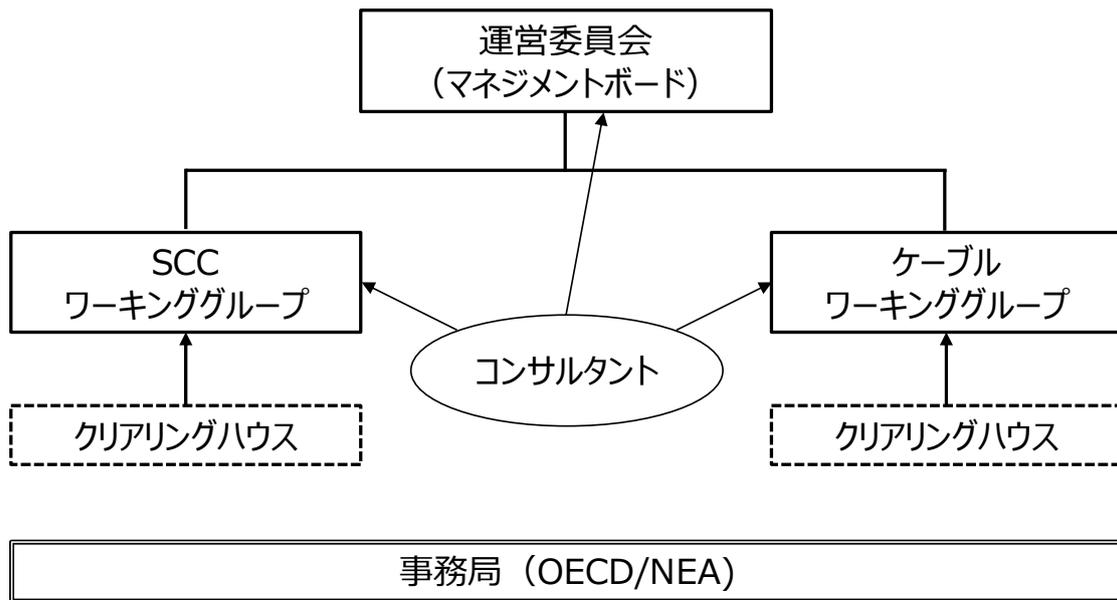


図4-3 プロジェクトの実施体制

(2) データベース等へのアクセス権限

プロジェクトでは、データベースや知識ベース作成等に関わる作業の品質保証と監視のために、プロジェクト参加者が遵守すべき事項、責務を明確にした品質保証プログラムがまとめられた。

SCC ワーキンググループを例にとると、各国の代表 (National Representative)、プロジェクト事務局 (Project Secretariat)、クリアリングハウスおよびコンサルタント等の責務や、機密保持、コーディング・ガイドライン、事象データベースの作成、収集したデータの品質管理などを定めている。

この中で、図4-4に示すように、各国の代表者は、メンバーが入力したデータを確認し登録するとともに、自らもデータを収集し、登録を行い、それらのデータを分析する責務があることを定めている。

また、クリアリングハウスは、コーディング・ガイドラインを作成し、参加国によるデータ収集プロセスを監督し、データの一貫性と適用性の評価を行い、同ガイドラインを遵守しているか等の確認を行う責務があることを定めており、データベースを構築し、記録管理を行い、それらを維持するためのプロセスが確立されている。

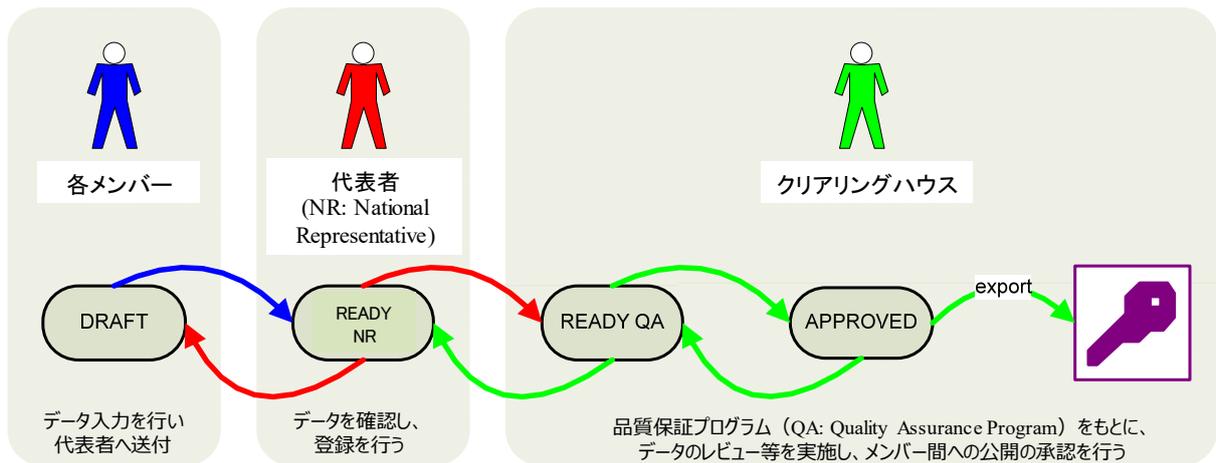


図 4-4 データベースへのデータ登録のフロー

データベース等の公開に関しては、運営委員会において、

- ・ 提供されたデータは、プロジェクトに寄与した参加国のみがアクセス可能である。しかし、そのデータの所有者によるデータを開示や配布を妨げるものではない。
- ・ 各国の代表者は、データの所有権を保護、維持する責任を有し、データ提供に貢献した組織に対してのみ開示、配布ができる。さらなるデータ配布は、運営委員会の合意を得なければならない。
- ・ 条件や過去の寄与度に関係なく、すべての参加者が知識ベースにアクセスできる。
- ・ プロジェクトの報告書は、一般にも開示される。

ことが提案され、データベースと知識ベースのアクセス権限を明確にするとともに、プロジェクトの成果物の一つとしてデータベース、知識ベースの概要や長期運転のための推奨実務をまとめた報告書を作成し、公開することを決定している。

次項では、各ワーキンググループにおけるデータベース、知識ベースの構築に関わる活動内容について調査を行う。

(3) SCC ワーキンググループにおける知識ベース構築等に関わる活動

SCC は、1970 年以來、原子力発電所の構造物、機器において多く発生しており、現在も顕在化している課題である。その原因については、材料の鋭敏化や局所的な残留応力、表面仕上げ等に関係しており、今後の発生防止のために検査、モニタリングとともに、補修、取替えなどの予防保全策が図られている。

SCC 劣化メカニズムを同定し、予防保全策に反映するためには、十分な根拠のある技術情報基盤が必要であり、研究開発からのフィードバックや規格基準を考慮に入れる必要があることから、SCC ワーキンググループは、原子炉容器や一次系冷却系統の配管などの静的機器をデータ収集の対象とするとともに、それらを劣化メカニズムの観点から、

- ・ ステンレス鋼の IGSCC (粒界型 SCC)
- ・ PWSCC (一次系水中 SCC) を含む Ni 合金の IGSCC
- ・ IASCC (照射誘起 SCC)
- ・ TGSCC (粒内型 SCC)
- ・ ECSCC (外部塩化物 SCC)
- ・ SISCC (ひずみ誘起腐食割れ) 腐食疲労/環境疲労

に分類した。

なお、蒸気発生器の伝熱管については、データ収集の対象から除かれている。これは、損傷事例数は膨大であるものの、運転初期から多くの部位で様々な形態の損傷が発生しており、検査技術の開発や伝熱管全数の検査を実施し、損傷が確認された伝熱管については、施栓など必要な措置が図られ、さらに、蒸気発生器取替えなどの抜本的対策が図られるなどの経緯があった。

また、IAEA 等の報告書⁶⁾において損傷メカニズムや予防保全策や、損傷発生防止のための水質管理方法がまとめられており、各国からは、限られた期間内に効率的に応力腐食割れに関するデータを収集するためにも、十分な知見や推奨実務が抽出されている同事例については除外すべきとの意見が出され、ワーキンググループで了承されている。

図 4-5 に示すように、SCC データベースは、事象データベースと一般情報から構成されており、事象データベースには、プラント名および事象発生時のプラント運転状態をはじめとして、材料や強度などの機械的性質に関わる情報や、是正措置の内容、供用期間中検査の履歴、根本原因に関わる情報が入力される。

さらに、経年劣化管理上必要であるが、事象データベースに含まれない情報を補足する目的で一般情報が設定されている。これは、データベースは損傷事例を対象としているため、予防保全活動などが含まれないことなども背景にあるためである。この中には、規則、規格基準、検査、監視 (モニタリング)、認定、予防保全、緩和、補修、取替、安全評価および研究開発に関わる情報が含まれており、知識ベースをまとめる際に、参加者や外部コンサルタントの要望等を受け、必要な情報を収集することなども想定している。

事象データベースには、1600 件以上の膨大なデータが蓄積されているが、知識ベース構築のためのデータ分析評価を効率的に行うための代表事例が選択されており、BWR 関連データ約 1100 件中約 20 件および PWR 関連データ約 500 件のうち 15 件が挙げられている。

これらの代表事例は、主に発生部位、劣化メカニズムなどにより選定されており、特にデータの完成度 (Completeness) を高めることが求められている。また、類似事象のデータを入力する際に「代表事例との関連が考えられる」との結びつけ (リンク) を行ない、データ入力の簡素化等が図られている。

知識ベースは、データベース全体の分析および評価の成果として確認された知識をとりまとめたものであり、SCC メカニズムの情報や規制の枠組みとアプローチ、事業者の経年劣化活動に適用

可能な戦略を提示するとともに、経年劣化プログラムを策定する上で有益な推奨実務を確認するための根拠を提示している。

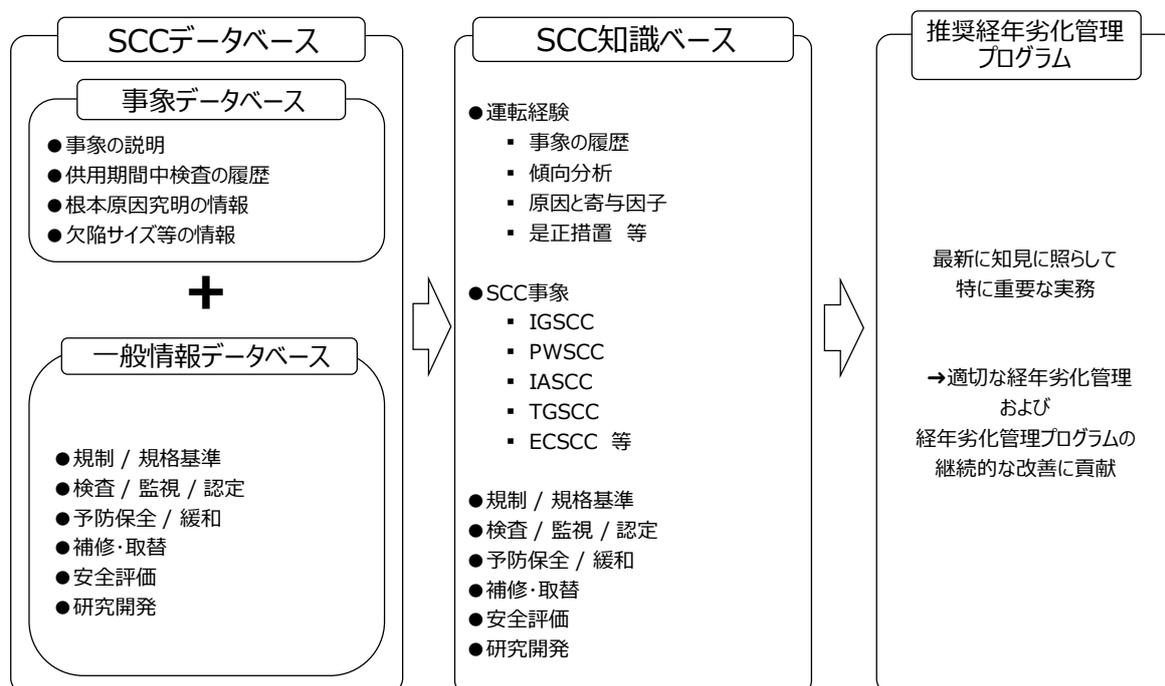


図 4-5 SCC データベース、知識ベースおよび推奨実務の関係

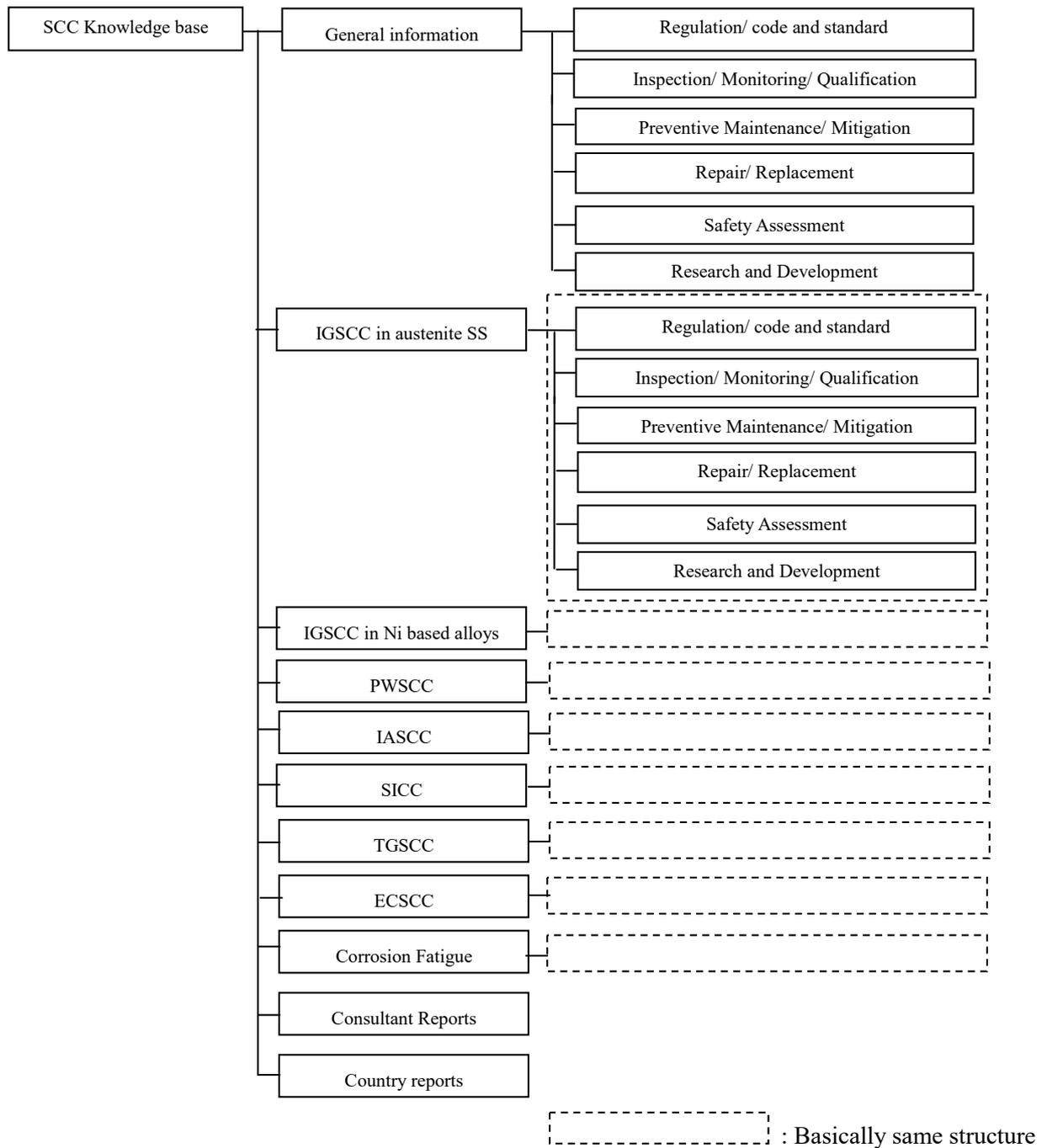
具体的には、劣化メカニズムと時系列の関係について、

- ・ IGSCC、ECSCC は、すでに発生メカニズムが理解され十分な対策が講じられており、長期運転を確実にするための維持管理が確立されている
- ・ PWSCC は、現在解決すべき課題であり、運転経験とともに検査対象範囲と頻度を評価する必要があり、対策については完全ではなく、研究開発の状況を注視することが重要である
- ・ IASCC は顕在化しつつある課題であり、研究開発のサポートが必要であり、長期運転や既存設備の出力増強等に影響を与えうる可能性がある

などの整理を行った上で、推奨実務等の抽出を行っている。

知識ベースの構成要素は、図 4-6 に示すように、SCC データベースの中の一般情報として取り上げている 6 項目（①規制・規格基準、②検査、監視、認定、③予防保全、緩和、④補修、取替え、⑤安全評価、⑥研究開発）としており、知識ベース構築のプロセスとして、これらの区分毎に各国の比較を行い、推奨事項を抽出している。

また、「Country Reports」として、SCC メカニズムの情報や規制の枠組みとアプローチ、事業者の経年劣化活動など、各国でこれまで取りまとめられた報告書などが整理されている。



出典 : OECD Nuclear Energy Agency, Technical Basis for Commendable Practices on Ageing Management SCC and Cable Ageing Project (SCAP) Final Report, NEA/CSNI/R(2010)15

図 4 - 6 SCC 知識ベースの構成

このように、データベースおよび知識ベースに関わる情報が収集された段階で、SCC の専門家が新たに外部コンサルタントとして参画し、データベースや知識ベースの分析を行い、SCC メカニズムに関する最新知見などを報告書としてまとめた。これは、図 4 - 7 に示すような PWSCC に関わるメカニズムの発生履歴等をまとめる際の一助となった。

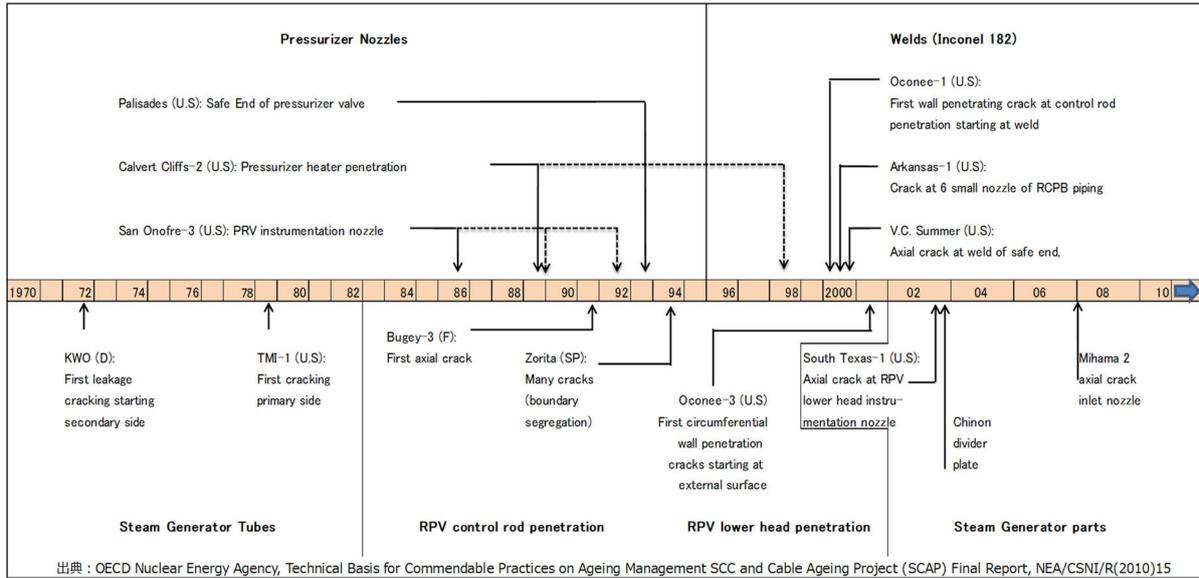


図 4-7 SCC の発生履歴例（インコネル 600 母材と溶接部の構成機器での PWSCC）

ワーキンググループでは、さらにデータベースや知識ベースをもとに推奨実務の抽出作業が行われ、その成果の一つとして推奨経年劣化管理プログラムが取りまとめられた。

プロジェクトの報告書では、例えば、予防保全・緩和策について、「SCC 発生の防止、(SCC が発生した場合) 亀裂進展の緩和、さらには、適切な検査、欠陥評価、予防保全、補修および取替えのために、保全プロセスの体系化が必要である。」とまとめている。

また、保全プログラムとして、「検査により、SCC が発生していないと確認された場合においても、予防保全策が必要と判断された場合、その機器の材料加工（表面処理など）、部分取替え、全取替えなどを行う。」ことが重要であるとして、その一例として、バップルフォーマボルトを取り上げ、「ボルト首下部への応力集中を低くするために、首下形状をなだらかな形状（パラボリック形状）としたものを導入することを勧める。シャンク部を長くすることも有効である。」ことなどが推奨されている。

プロジェクト報告書では、これらの推奨実務の総括として、「SCC に対する最適な予防保全を行なうために、事業者は長期保安全管理計画を策定するべきである。長期安全運転のためには、かなり根拠のある『技術情報基盤』が SCC メカニズムの各々に対して必要とされる。技術情報基盤を構築するために、研究開発、規格および基準の制定および保全活動の統合（PDCA）を含む包括的な活動が継続的にレビューされる必要がある。」とまとめている。

（4）ケーブルワーキンググループにおける知識ベース構築等に関わる活動

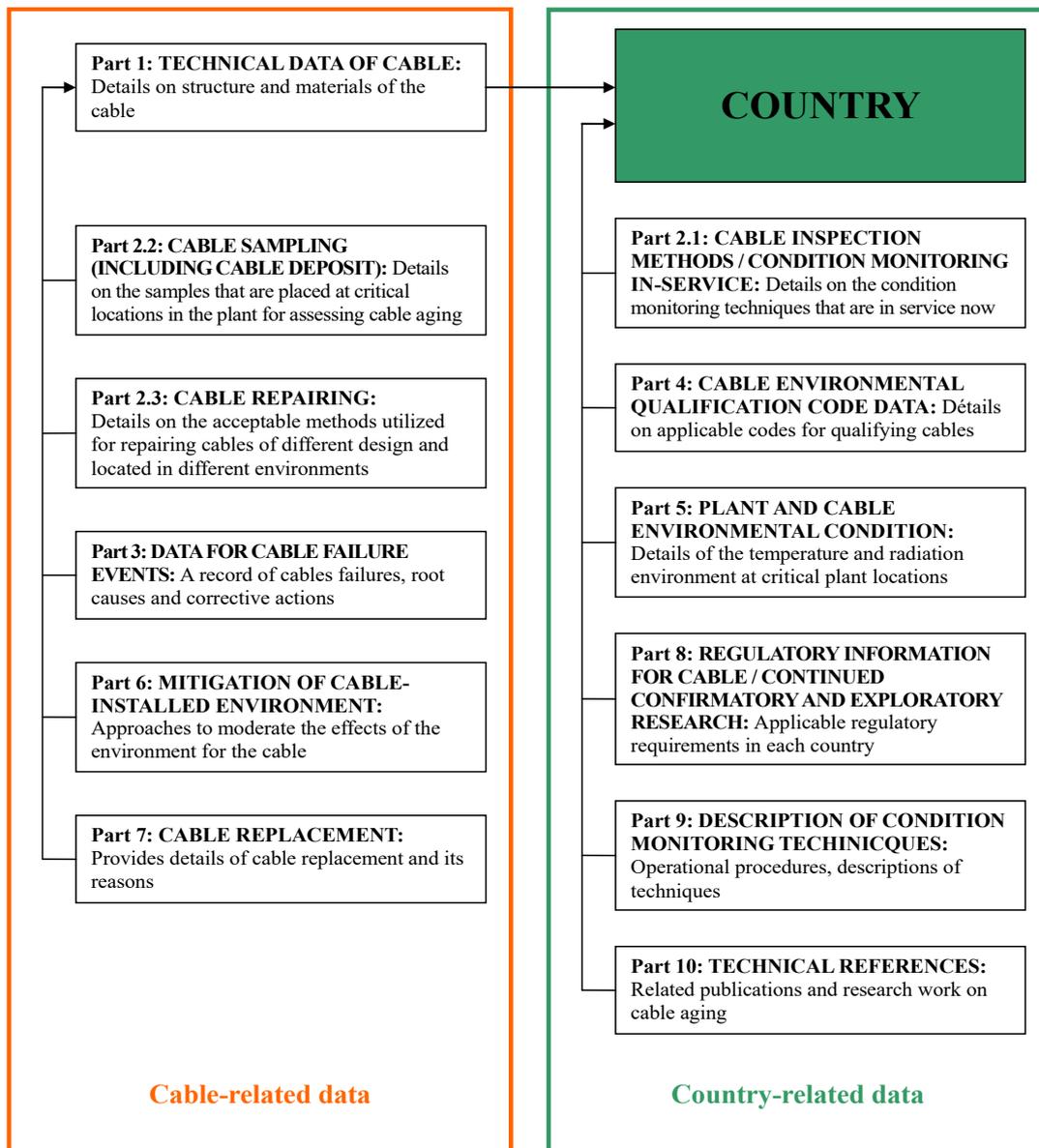
原子力発電所に敷設されているケーブルは、計測制御信号の送信や機器に電力を供給する機能を有しており、それらの中には、事故時環境下における機能を求められているものもある。

このため、ケーブルワーキンググループでは、非常用炉心冷却系に係わる安全系ケーブル、設計想定事象の発生防止系及び緩和系に係わる安全上重要なケーブル、プラント停止や出力低下の要因となる運転継続上重要なケーブルをデータ収集の対象とするとともに、絶縁体の種類(XLPE、SiR、PVC、EPR、CSPE、EPDM、EVA 他)、電圧(計装・制御用ケーブルについて15kVまで(直流)、500Vまで(交流))、導体材料(銅、錫メッキ銅、アルミニウム、ガラス他)毎に分類している。

また、ケーブルについては、その被覆材にポリエチレンやゴムなどの有機材料が使われており、SCCが発生する金属とは材料の面で大きな違いがあることや、ケーブルの損傷事例は世界的にも少なく、状態監視や環境認定(EQ: Environmental Qualification)がより重要であるため、ケーブルデータベースは、以下のように10項目に分類されている。

- ・ (Part1) ケーブル技術情報データ
- ・ (Part2) 現在行われているケーブル状態監視を含むケーブル保全データ
- ・ (Part3) ケーブル故障(トラブル)事例データ
- ・ (Part4) ケーブル環境認定規格データ
- ・ (Part5) プラント及びケーブル布設環境データ
- ・ (Part6) ケーブル布設環境の緩和に関するデータ
- ・ (Part7) ケーブル取替に関するデータ
- ・ (Part8) ケーブルの規制情報に関するデータ
- ・ (Part9) ケーブル状態監視手法に関するデータ
- ・ (Part10) ケーブル経年劣化研究に関する公開資料

これらについては、**図4-8**に示すように、ケーブルに関連するデータと規制情報や状態監視手法など各国独自の取組み事例など大きく2つのグループに分けられる。



出典 : OECD Nuclear Energy Agency, Technical Basis for Commendable Practices on Ageing Management SCC and Cable Ageing Project (SCAP) Final Report, NEA/CSNI/R(2010)15

図 4-8 ケーブルデータベース、知識ベースの構成

知識ベースは、データベースと同じ構造であり、これは、SCC データベースが損傷事例を中心としているのに対して、ケーブルの損傷事例は限られており、環境認定や状態監視などを中心としているためである。

しかし、データベースから知識ベースを構築するプロセスについては、SCC と同様のアプローチになっており、例えば、ケーブル環境認定に関しては、データベースとして、現在までに得た技術的な知見に関わる情報があり、知識ベースでは、この情報をもとに、どのような基準が最も一般的に適用されているのかについて評価が行われている。

これらの知識ベースをもとに、ケーブルに対する推奨経年劣化管理プログラムが抽出されており、ケーブル保全を例として挙げると、

- ・ 長期運転のためには、ケーブル絶縁体の劣化を計測する必要があり、現状では、破断時の伸びが高分子材料の劣化に対して非常によい状態指標であり、多くのデータが蓄積されている。特に、日本のACAプロジェクト（ケーブル経年変化評価技術調査研究）では、インデントで得られたデータと破断時の伸びが良い相関を示すことが判明している。
- ・ ケーブルの寿命を保証もしくは予測するため、ケーブル布設環境調査が不可欠であり、ケーブル布設エリアの温度及び線量率を定期的または継続して監視することにより、ケーブル（交換周期）の管理がよりやりやすくなる。
- ・ ホットスポット（局所高温箇所）を特定することが、事前のケーブル補修や取替に対処するために必要であり、環境調査やケーブルデポジット（ケーブルのサンプル設置）のほか、ノルウェーのハルデンで開発された電氣的な状態監視手法などもある。
- ・ 過去の事例を踏まえると、保全工事等で断熱材を（恒常的に）取り外した場合、ケーブルが高温下に晒され損傷に至る可能性が明らかになっており、断熱材を取り外す場合には、近傍に設置されたケーブルに対する影響評価が重要である。

などの推奨実務が抽出されている。

プロジェクトの報告書では、これらを総括して、「ケーブル劣化に関わるデータベースおよび知識ベースは、経年劣化メカニズム、ケーブルタイプおよびケーブルの寿命延長に関する技術根拠についての多くの知識がまとめられている。また、技術データや運転経験に加え、ケーブルの環境認定についての最新情報を提供しており、いわゆるケーブル劣化に関わる“百科事典”を作成した。ケーブル損傷事例に関しては、データは多くなく、それ自体が知見であるが、過去の製造や敷設作業に関係していたことが注目されており、補修や取り替えにより問題が解決されている。長期運転を想定し、ケーブルの健全性に対する信頼度を高めるためには、データ収集はもとより、継続的な研究開発が行われるべきである。」とまとめている。

（5）プロジェクトの成果の反映

前項までに述べてきたように、OECD/NEA プロジェクトでは、運転初期から劣化傾向を分析評価する必要がある応力腐食割れと、ある積算線量に達すると急速な絶縁低下が起こる可能性が否定できないケーブル劣化の二つの経年劣化事象に絞り込み、データベース、知識ベースなどの技術情報基盤の整備が行われるとともに、推奨経年劣化管理プログラムの抽出やプロジェクトの成果をとりまとめた報告書が公表された。

その後、我が国の動きとしては、原子力安全基盤機構が経年劣化事象別に作成していた技術評価審査マニュアルを統合し、2013年9月に高経年化技術評価審査マニュアルをまとめている⁷⁾が、その中で、IASCC の評価を例に取り上げると、同マニュアルでは、「国内外での IASCC 損傷事例、最新の技術的知見及び試験研究成果等を考慮して抽出されていることを確認する」としており、参考文献として、OECD/NEA プロジェクトの報告書を挙げている。

このマニュアルの規制上の扱いについて、原子力規制庁に問い合わせたところ、いわゆるエンドース（規制への取り込み）は行われていないものの、研究レポートとして位置づけており、実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイドの中では、「高経年化技術評価においては、機器・構造物の運転実績データに加えて、国内外の原子力発電プラントにおける事故・トラブルやプラント設計・点検・補修等のプラント運転経験に関わる情報、経年劣化に関わる安全基盤研究の成果、経年劣化事象やそのメカニズム解明等の学術情報、及び関連する規制・規格・基準等の最新の情報を適切に反映すること。」とあるため、実態としては、高経年化技術評価審査マニュアルを研究レポートとして最新の情報と解釈し、審査の中で活用しているとのことであった。

また、原子力安全基盤機構は、このプロジェクトに提供した原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究（ACA 研究）の成果をまとめ、原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド⁸⁾を作成した。この ACA ガイドでは、通常運転時の温度と放射線の同時劣化を考慮した試験データ等に基づく設計基準事故時評価手法が提示されており、事業者は、このガイドを最新知見として活用し、高経年化技術評価を行い⁹⁾、その内容については、運転期間延長認可申請等に関わる審査において規制当局による確認が行われている。

一方で、原子力安全基盤機構は、OECD/NEA のプロジェクトの成果を産学官で共有し、事業者等が最新の情報を利用できるようにするため、SCC、ケーブルデータベースおよび知識ベースから情報、データを移管したシステムを構築する方針を示していたが、同機構の解散等もあり、実現には至っていない。

OECD/NEA プロジェクトでは、データベース、知識ベースなどの技術情報基盤を産学官の共通言語（基盤）とすることで、高経年化対策に関わるガイドラインの整備や安全基盤研究等への展開が期待されたことから産学官の積極的な参加があったが、プロジェクト終了後の同データベースへの最新のデータ登録などの活動に対しては、産業界、学協会の参加がない状況である。

これらを踏まえると、産学官の連携のためには、共通課題の整理による審査、検査の効率化や安全基盤研究の推進など、活動への参加に伴う具体的な成果物、インセンティブ等を明確にする必要がある。

（6）小括

本節では、原子力発電所の長期運転を目的とした技術情報基盤の整備に関わる調査を行うため、OECD/NEA プロジェクトを対象として、データベースの対象事象の選定に関わる経緯をはじめ、プロジェクトの体制やデータの品質管理、知識ベース構築などの作業プロセスを明らかにした。

OECD/NEA プロジェクトでは、

- ・ 国際的に顕在化している共通問題であり、運転初期から劣化傾向を分析評価する必要がある応力腐食割れと、ある積算線量に達すると急速な絶縁低下が起こる可能性が否定できないケーブル劣化の二つの経年劣化事象に絞り込んだデータベースの構築

- ・ IAEA の「軽水炉の高経年化対策に関する安全指針（NS-G-2.12）」と連携した推奨経年劣化管理の立案
- ・ データベース、知識ベース、及び推奨経年劣化管理プログラム（AMP）策定による情報基盤の整備
- ・ OECD/NEA 加盟国の産官学・学協会連携及び専門家ネットワークによる国際経年劣化管理の適正化・標準化

などが行われている。

このプロジェクトにおける知識基盤構築のプロセスをまとめたものを図4-9に示す。

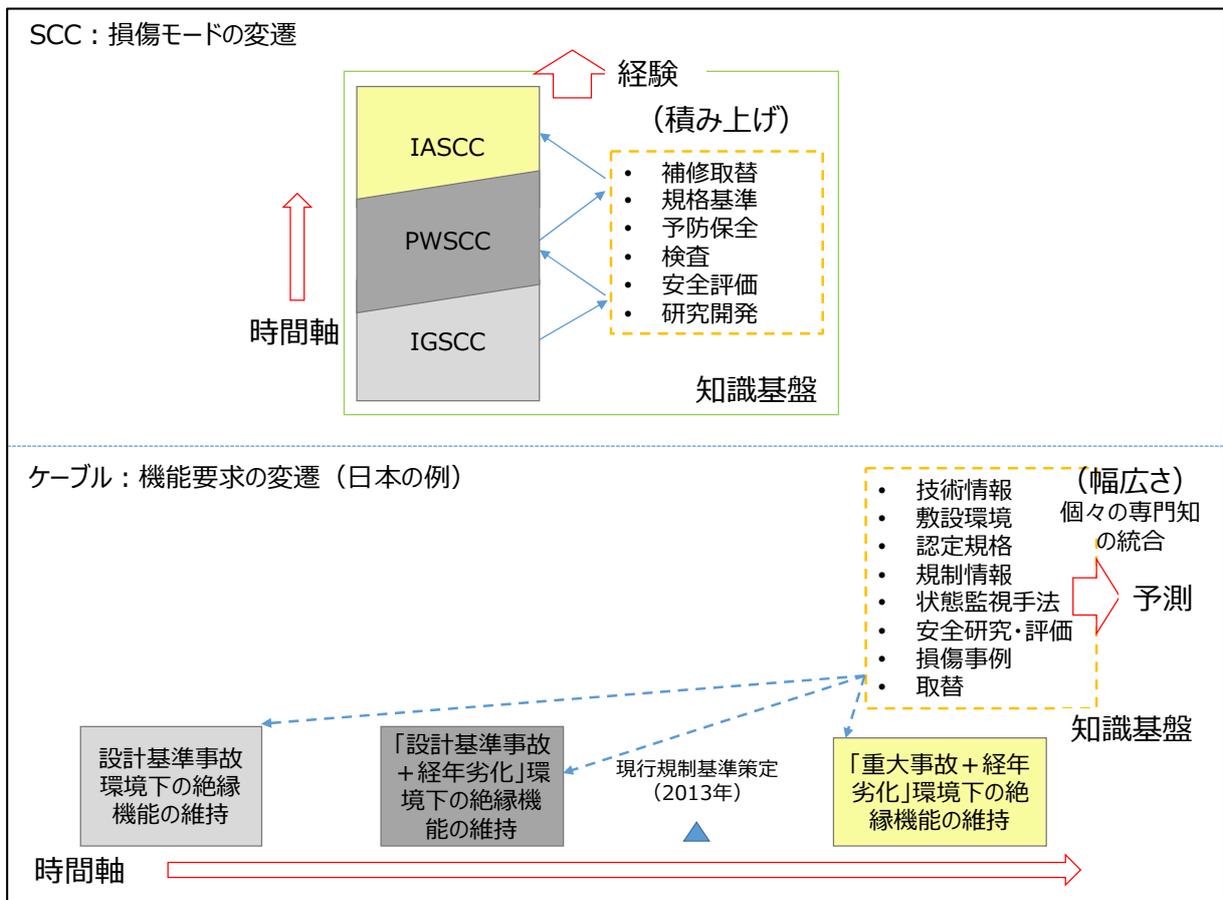


図4-9 OECD/NEA プロジェクトにおける異なる経年劣化事象の知識基盤構築プロセス

SCC に関しては、運転時間の経過に伴い、設計時には知られていなかった事象が顕在化し、これまでに多くのトラブル事例を蓄積しており、それらの知見をもとに、保全内容等の改善が行われてきた。また、補修取替、予防保全、検査、安全評価などの知見を積み重ねており、知識基盤を構築することで、様々な損傷モードへの展開が可能となっている。

一方で、ケーブル劣化に関しては、ケーブルに対する機能要求の変遷があり、我が国を例に挙げると、健全性評価のためには、「経年劣化」と「事故」の模擬が必要であるが、劣化メカニズム

解明につながるトラブル事例の蓄積が少ない状況である。このため、安全研究、状態監視手法などの様々な情報をもとに、個々の専門知を統合した知識基盤を構築することで、劣化予測・評価が可能となる。

また、本節では、OECD/NEA プロジェクトの成果等をもとに、技術情報基盤の整備のために必要な要素を抽出した。それらを整理すると、

- ・ 参加組織の共通の課題を想定した上で対象事象の絞り込みが行われるとともに、プロジェクト開始と同時に運営委員会を立ち上げ、産学官の代表者が参加する中、プロジェクトの計画策定や実施体制、実施期間等に関する合意形成が行われている。
- ・ 実施体制については、運営委員会の監督、助言のもとワーキンググループの作業が進められており、コンサルタント、クリアリングハウス、事務局が支援を行っている。
- ・ データベースの品質保証プログラムを定め、データ入力が適切に行われているかについてレビューを行う管理者を配置している。
- ・ 必要な知識ベースをまとめることを目的としてデータの対象を絞り込むとともに、コンサルタント等からデータ入力の代表者に対して必要なデータを指摘している。
- ・ データベースをメンバー以外には非公開とする一方で、データベースをもとに運転経験や新知見に関わる知識や推奨実務の概要等を報告書としてまとめている。

などが挙げられる。

4. 2 我が国における技術情報基盤の整備

前節では、国際機関における技術情報基盤の整備事業として、OECD/NEA プロジェクトを取り上げ、データベース、知識ベース構築のための組織体制やデータの品質管理プログラムなどの調査を行い、技術情報基盤の整備に必要な要素を抽出した。

本節では、我が国の技術情報基盤の整備・運用状況について調査を行い、その現状や課題を明らかにする。

(1) 技術情報基盤の整備に関わるこれまでの経緯と現状

我が国では、図4-10に示すように、原子力安全・保安院が2005年8月に取りまとめた「実用発電用原子炉施設における高経年化対策の充実について」の報告書の中で、高経年化対策を例として、これらに関わる技術情報を収集・整備し有効活用できる情報ネットワークを構築し、これに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ている。

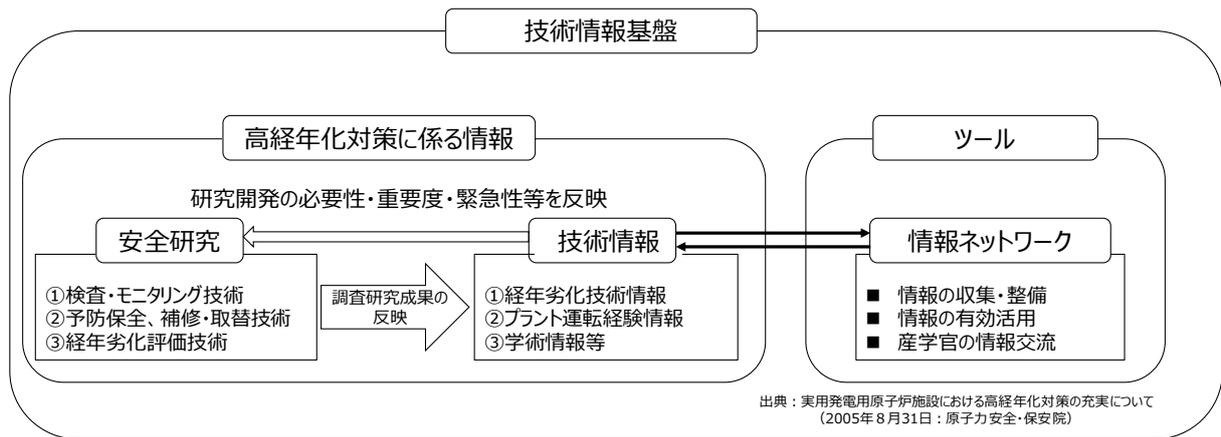


図 4-10 高経年化対策のための技術情報基盤

原子力安全基盤機構は、この方針を踏まえ、技術情報基盤の整備の推進を目的として、2005年12月に技術情報調整委員会を設置するとともに、その下に「情報基盤ワーキンググループ」、「安全研究ワーキンググループ」および「国際協力ワーキンググループ」を設けた。この中では、産学官の専門家が参加する中、各組織が有する技術情報や安全基盤研究の成果等を規制や高経年化対策に反映するための検討が行われた。

また、同機構の委託により、日本原子力学会が高経年化対策に必要な技術的課題や施策等をはじめ、それらの実施主体や事業期間を盛り込んだ「高経年化対応ロードマップ」報告書をまとめたことを踏まえ、技術情報調整委員会は、2007年7月に「高経年化対応戦略マップ」を策定し、その後も定期的に見直しを行っている。

この戦略マップは、運転年数が長期にわたるプラントの安全性を確保するために必要となる技術的知識基盤を対象として、表 4-2 に示すように、運転保守経験や国内外の事故・故障等の情報の収集、整理、評価とともに、それらの活動を維持する仕組み、産学官のネットワークの整備として、「経年劣化技術情報データベース」、「プラント運転経験データベース」、「技術情報ネットワーク」などの整備を挙げている。

この戦略マップの中では、初期に導入された敦賀発電所1号機を時間軸の指標として、運転開始から40年を迎える2009年までを第Ⅰ期、40年から50年を迎える2010年から2019年までを第Ⅱ期、50年を超える2020年以降を第Ⅲ期とした時間軸を設定している。

表 4-2 技術情報基盤の整備に関する技術マップ
(高経年化対応技術戦略マップ 2009 を引用)

対応方針	中項目	小項目	成果の活用
産学官による技術情報の収集・整備	経年変化技術情報データベースの整備	包括的経年変化管理ガイドラインの整備	実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイドライン、標準審査要領、技術資料集改訂等(最新知見の反映) (国・官界)
		海外規制関連情報データベースの構築	
		標準審査管理表の構築	
		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	
		長期保全計画オーバサイトシステム構築	
		産学官研究開発状況データベースの構築	
		電気設備データベースの構築	
プラント運転経験データベースの整備	故障・トラブル情報データベースの活用(ニューシア)	保守管理のための電力共通基盤整備	「保全プログラム」に基づく保守管理活動(産)
		設計、建設時試験、運転要領書等の設備情報整備	
		運転、保守等の運転記録整備	
技術情報基盤の活用	技術情報ネットワークの整備	高経年化対策に係る技術情報基盤ネットワーク構築	技術情報基盤の産学官による共有化(産学官)
		海外技術情報基盤ネットワーク構築	
	高経年化対応知識処理・活用システムの構築	高経年化対応知識の抽出手法の適用化研究	重要な経年劣化に係る情報・知識抽出(産学官)
		産学官知識・情報収集システムの構築	
		高経年化対応知識処理・活用システムの構築	知識基盤の活用(産学官)
		専門的知識(暗黙知)獲得技術の適用化研究	
国際会議情報の共有化ネットワーク構築			

2009年7月に取りまとめられた戦略マップの中では、第I期の評価を行い、産業界が、プラント運転経験データベースの整備として、「故障・トラブル情報データベースの活用(ニューシア)」、「保守管理のための電力共通技術基盤」、「設計、建設時試験、運転要領書等の設備情報整備、運転、保守等の運転記録整備」を掲げていることに対して、

- ・ それぞれ、保守管理の検討に必要なデータベースとしての仕様の明確化等の機能改善、各種情報の取扱い、共有化のための手法、蓄積された情報等の評価、活用方法の明確化、ニューシア等の各種データベースとの整理が必要である。
- ・ 第II期では、精力的にこれらの課題を取組む必要がある。

と指摘している。また、技術情報基盤に関わる現状分析等を行い、表4-3に示すような課題や期待される成果などをまとめるとともに、産学官の役割分担などを決めている。

表4-3 技術情報基盤の整備に関わる個別の課題調査票（抜粋）

課題名	現状分析(2009)	期待される成果	実施にあたっての課題
海外規制関連情報データベースの構築	これまでも国際協調は行われてきているが、各国共に建設時に仮定した設計期間を超える長期間運転期間を過ぎる時期にきており、より密接な情報交換が必要となっている。	国の高経年化対策ガイドライン、標準審査要領、原子力安全基盤機構の高経年化技術資料集等	ノウハウを含む場合の情報交換等
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	ニューシア情報は、プラントの保全管理全般を対象としたものであり、経年変化に関する情報以外にも大量に含まれているため、現在のところ、高経年化対策の検討に効率的に活用できる状態にはない。また、海外の運転情報も含まれているが、高経年化関連の情報は抽出されていない。	技術資料集に反映することにより、高経年化に関する故障・トラブル情報の共有化と洩れない効率的な高経年化対策への反映が可能となる。 OECD/NEA による推奨実務の提案と、それを受けた国内での高経年化技術評価への活用が可能となる。	<ul style="list-style-type: none"> 高経年化対策の検討に必要なデータベースとしての仕様の明確化 機器、材料、経年変化事象のスクリーニング機能 情報の分析評価レベルなど 既存データベースの高機能化
産官学研究開発状況データベースの構築	高経年化に係る研究や技術開発のために多くの研究者・技術者が従事しているが、産学官が共有した情報に基づく俯瞰的な研究を実施しているとは思えない。今後は、より一層、重複研究・類似研究を避けるため、産学官での情報伝達を的確に実施していく必要があり、技術戦略マップは貴重な情報源となるものである。	技術戦略マップ構築により、国内の研究者・技術者間の相互理解が深まり、産学官による俯瞰的な安全基盤研究の推進、技術情報基盤の整備、規格基準類の整備、及び保全高度化の推進が可能となる。また、重複研究・類似研究が避けられる。	産学官が共通認識を持つためのツールとなり得ることから適切な課題である。ただし、産学官がそれぞれどのような研究を実施しているか公開しなければならない
故障・トラブル情報データベースの活用（ニューシア）	ニューシアは運用基準を定めて、データの収集を実施している。今後の課題は、高経年化に係るものの抽出等分析評価であり、現在、情報基盤WGで議論されているところであり適切な課題と言える。 データベースの構築のみならず、それを基にした知識ベースの開発により、事業者・規制行政庁が高経年化対策に効果的・効率的に活用できるようにすることが必要である。	高経年化に関する故障・トラブル情報の共有化と洩れない効率的な高経年化対策への反映に資する。	<ul style="list-style-type: none"> 高経年化対策の検討に必要なデータベースとしての仕様の明確化 機器、材料、経年変化事象のスクリーニング機能 情報の分析評価レベルなど 既存データベースの高機能化 メーカーノウハウを含む開示範囲 アクセス制限などのルール化と明確化
保守管理のための電力共通基盤整備	電事連内に保全技術基盤チームを置き、設備の劣化メカニズムを整理したデータ集の作成や、保守管理のためのデータ整備を実施してきた。現在、これを受けた形で、電事連「電力共通技術基盤WG」において、具体的な運営方法等の策定を行っているところである。	各事業者がデータを共有することで、保全の最適化活動に資することが期待されるとともに、この活動を通して今後の高経年化対策における効率的な対策の実施が期待される。	<ul style="list-style-type: none"> 各社個別の運転ノウハウ、保全情報等に係る情報、メーカーによる設計・製造ノウハウの扱い 現場技術者ネットワークを通じた情報の共有化 蓄積された情報等の評価・活用方法の明確化 蓄積された情報へのアクセスのルール化

これらの課題に対応するため、技術情報調整委員会の活動が期待されたが、原子力安全基盤機構の解散に伴い同委員会も廃止されたため、産学官が参加し、課題解決のための各組織の活動状況を確認、議論する場が失われることになった。

その後、産学官による技術情報基盤の整備に関する動きとしては、2014年9月に経済産業省の総合資源エネルギー調査会のもとに「自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ」が設置されて、産業界による自主的安全性向上のための事業体制の確立や安全文化の醸成、原子力技術・人材の維持・発展や原子力技術の研究開発の推進を図ることを目的として、原子力安全技術・人材に関するロードマップ¹⁰⁾の作成が行われた。

このロードマップは、日本原子力学会が、安全研究、技術開発、マネジメント力の強化など軽水炉の安全に関わる課題を抽出し、時間軸とともに課題解決に向けた実施項目を書き出した「ロードマップ俯瞰図」をもとに作成しており、国、事業者、メーカー、研究機関、学会等関係者間の役割を明確にするなど、高経年化対応技術戦略マップにおいて示されたロードマップと同じアプローチが図られている。

この中で、技術情報基盤の整備の項目に関連するものとしては、「既存の軽水炉等のリスク情報の利活用的高度化」があり、

短期：リスク低減を加速するための制度や知識基盤の整備を進める

中期：最新のリスク情報に基づいたマネジメントや意思決定の改善によるリスク低減を図る

長期：リスクが極小化されるマネジメント策とそのための知識、制度を整備する

などの方向性が示されている。

しかしながら、高経年化対応技術戦略マップで示されている「経年変化技術情報データベース」、「プラント運転経験データベース」の整備などの項目との関係は不明確であり、表4-3にある「技術情報基盤の整備」に関わる個別の課題調査票で示されている現状分析への対応策も示されていない。

「経年変化技術情報データベース」の整備に関わる状況としては、日本原子力学会において高経年化対策実施基準が策定され、機器・部位毎に想定すべき経年劣化事象の抽出に関わる標準化（劣化メカニズムまとめ表）が図られるとともに、2016年3月に改訂された実施基準では、個別プラントの高経年化技術評価報告書やIAEAのIGALLから得られた知見などが反映されている。

また、「プラント運転経験データベース」の整備に関わる状況としては、事業者が、原子力発電所におけるトラブル等の運転経験に関わる技術情報を事業者間で共有するために、以下の組織体等を活用している^{11)、12)}。

○ 原子力安全推進協会（JANSI）

- ・ ニューシア：原子力発電所トラブル情報の共有および水平展開の実施

○ PWR 事業者連絡会（2005年10月設立）、BWR 事業者協議会（2006年4月設立）、（電力会社とプラントメーカーで構成）

- ・ 電力会社とプラントメーカーとの間で情報を共有し、水平展開方針の検討や安全性、信頼性を高める観点からの共通課題を検討

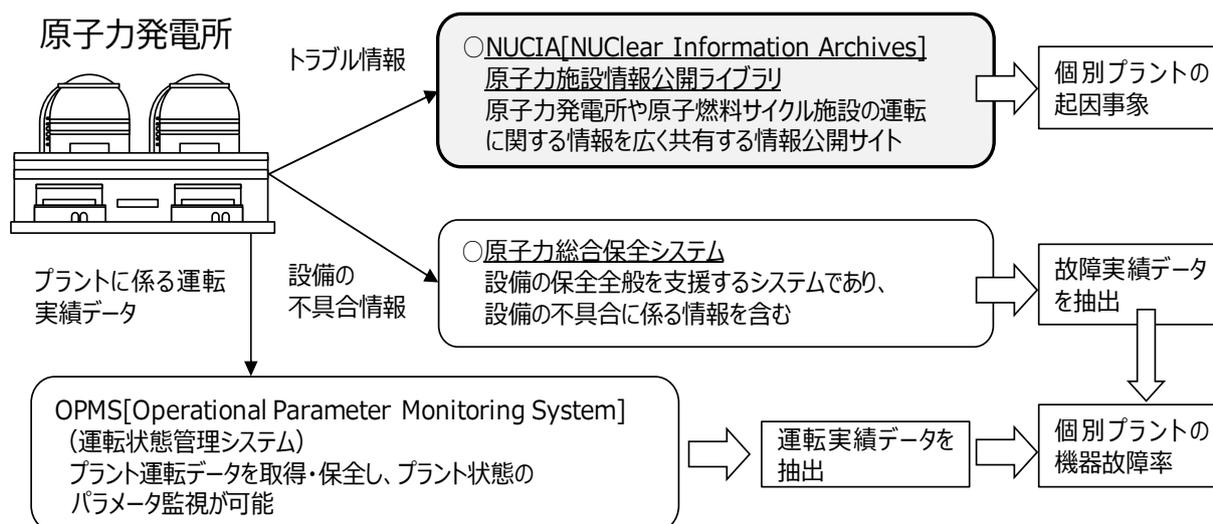
○ 電気事業連合会

- ・ 故障トラブル情報や運転情報を共有（故障トラブル情報検討会）

前述したように、技術情報基盤には、運転経験や技術的知見に関わる技術情報や安全に関する基礎基盤的研究などが含まれている。このうち、トラブル等の運転経験に関わる技術情報に関しては、事業者が情報の分析、評価を行い、トラブルの未然防止、再発防止に努めるために活用す

るものであるが、その中には、過去のトラブル隠しなどの不祥事等も踏まえて、公開しているものもある。上記の中では、ニューシアが公開されており、トラブル情報を検索しその内容を確認することが可能となっている。

関西電力は、図4-11に示すように、SSG-25の安全因子の一つであるPRAのために、原子力発電所の設備情報と保全業務を一元管理する「原子力保全総合システム」を運用するとしており¹³⁾、トラブル情報の収集元としてニューシアを活用する方針を示している。



出典：「原子力保全総合システム」の再構築の概要，2016年5月24日，関西電力(株)

図4-11 関西電力の原子力保全総合システム

その他のPWR事業者連絡会やBWR事業者協議会、電気事業連合会の故障トラブル情報検討会などについては、会議等が非公開であり、具体的な活動内容については明らかではないが、事業者に関い合わせた結果、電気事業連合会の故障トラブル情報検討会を例に挙げると、同検討会では、各発電所の故障・トラブル情報を交換するとともに、JANSIが紹介するニューシアのトラブル情報等をスクリーニングし、水平展開の必要性等について検討を行っているとの説明を受けた。

このように、トラブルなどの運転経験に関わる技術情報の収集等に関して、事業者はニューシアを活用していることから、その内容や運用状況について調査を行い、現状把握を行うとともに課題を抽出する。

(2) 事業者によるニューシアの運用と課題

我が国では、2002年8月に発生した東京電力の点検記録不正問題を受け、その再発防止策の検討を目的として、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会のもとに原子力安全規制法制検討小委員会が設置され、不正が行われた背景を検証し、自主点検の法的位置付けや事業者の品質保証の在り方などについての検討や、安全性に対する国民の信頼の確保の観点からの検討が行われた。

同委員会が2002年10月にまとめた中間報告¹⁴⁾では、具体的な再発防止策として、「軽微な事象に係る情報の公開と共有化」の項目を挙げ、

- ・ 軽微な事象に係る情報を事業者、原子炉等のメーカー等との間で共有し、活用していくことは、より大きなトラブルの予兆を察知し、未然に防止する上で重要
- ・ 安全確保の上から軽微な事象であったとしても、その事象を公開しないことは、社会の不信感を生じさせることにもつながる。このため、情報公開の徹底の一環として、事業者は、軽微な事象であったとしてもその情報を適切に公表すべき
- ・ 国は、軽微な事象の判断が的確になされるよう、報告基準上の位置付けを明確にするなど、関係基準等を的確に整備すべき。また、保安規定の中に軽微な事象に係る情報を含め、トラブル情報を収集・整理する体制を位置付けるなど、安全規制体系の中に明確に組み込むことが重要
- ・ 事業者がとりまとめた軽微な事象に係る情報の提供を受け、その処理・解析を行い、より大きなトラブルの防止に活用すべき

との指摘を行っている。

これらを踏まえ、事業者は、不正問題の再発防止と信頼回復への取組みの一環および原子力発電所におけるトラブルの未然防止、再発防止等を目的として、ニューシアを2003年10月から運用している。

ニューシアでは、法律に基づき国に報告するトラブルのほか、法令に基づく報告が不要な事象について、

- ・ 将来大きなトラブルに発展する前触れとして他社に注意喚起できる
- ・ 事象の発生状況を蓄積し、傾向分析することにより、他のプラントで適切な予防保全対策に繋げることができる
- ・ 確率論的安全評価に用いる故障率データの精度を高めることができる

等の観点から、**図4-12**に示すように情報共有化する意義の高いものを「保全品質情報」として登録し、保安活動の充実と強化を図り、それらの情報については、

- ・ 産業界と国、大学、研究機関など産官学で共有できるよう公開することにより、設計者、規制担当者、学識経験者、研究者など多くの専門家から保安活動に対する評価や助言を得て、保安活動の更なる向上に繋げる
- ・ 一般の方々も共有情報を閲覧できるようにすること等により、国内発電所の保安活動に対する一般の方々の理解促進に繋げる

としている¹⁵⁾。

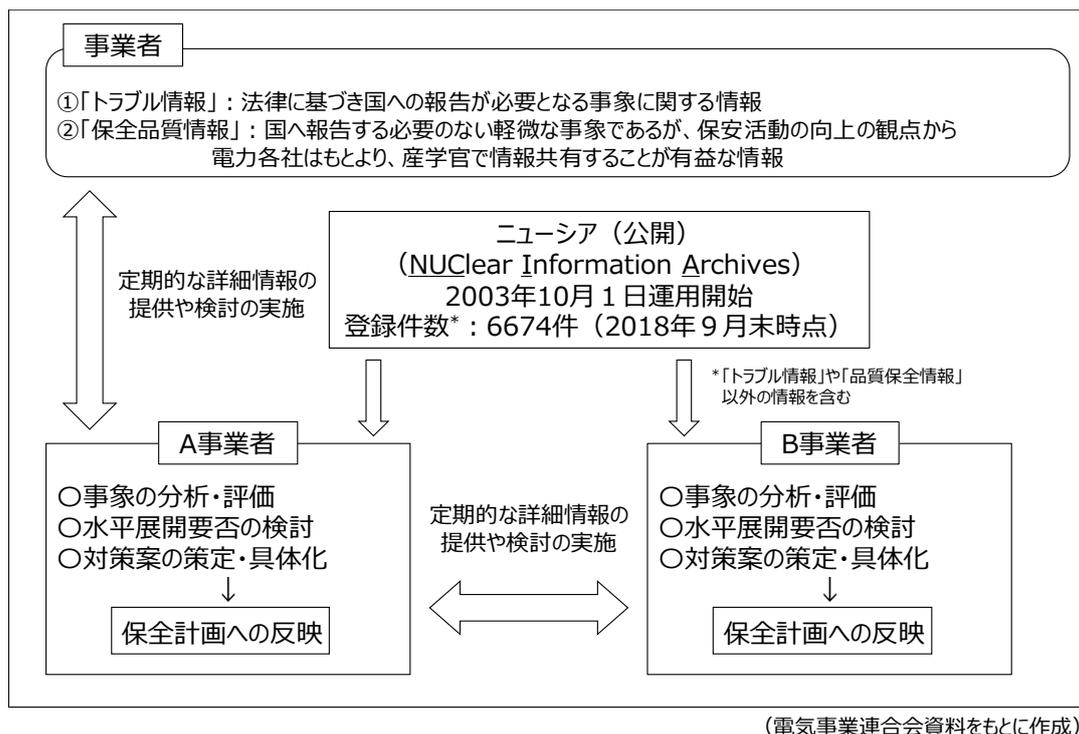


図4-12 事業者によるニューシアの運用

これらのことから、ニューシアの主な運用の目的には、「トラブル情報の蓄積」、「産学官による情報共有」、「社会への情報発信」の3つの要素があると言える。このため、これらの個々の要素に関わる現状を整理する。

1) トラブル情報の蓄積

第2章では、安全文化醸成活動の実効性向上の観点から軽微なトラブルの情報蓄積の重要性について議論したが、その際、ニューシアに掲載されるトラブル情報の基準が明確ではないことや、トラブルの傾向分析に必要な情報が不足していることを指摘した。ここでは、これらの議論の経緯を踏まえ、ニューシアにおけるトラブル情報の登録基準を明らかにするとともに、登録内容に関わる情報について、具体的事例をもとに分析を行う。

① 登録基準

ニューシアの運用開始翌年の2004年から2017年までの各事業者の保全品質情報の登録件数を表4-4に示す。各社の保有するプラント基数や運転年数等が異なるため、登録件数の単純な比較はできないが、福島第一原子力発電所事故が発生した2011年を境に、多くの事業者で登録件の減少傾向がみられる。

これは、同事故の影響で、2012年5月に国内の全プラントが停止し、2018年末時点においても規制基準に適合し再稼働を果たしたプラントが9基に留まっており、運転経験の蓄積が少な

いことが一因であると言える。ニューシアへの保全品質情報の登録については、その運用手引きの中に基準が定められており、

- ・ 安全上重要な機器等および常設重大事故等対処設備に、変形、欠陥、ひび割れ、減肉、摩耗、ピンホール等による損傷又はその徴候があったとき
- ・ 保安規定違反があったとき
- ・ 運転上の制限を逸脱したとき
- ・ 故障により、原子炉の運転が停止したとき又は 5 パーセントを超える原子炉の出力変化が生じたとき
- ・ 火災が発生したとき
- ・ 原子炉施設内で溢水が発生したとき
- ・ 作業、操作により設計、運用上考慮されないような重大な影響が発生する可能性があった時
- ・ トラブル発生の未然防止の観点から再発防止対策を図るとき

の項目が挙げられている。また、各項目には、これまで登録されたトラブル件名等が掲載されている。

関西電力の運用状況を確認したところ、ニューシアの運用開始以来、各事業者の入力状況にばらつきが見られたため、同社は、過去事例をもとに登録基準の明確化を図り、それを原子力事業本部の社内標準である「原子力発電業務要綱」に定めているが、ニューシアの運用手引きとほぼ同じ内容であるとのことであった。これは、日本原電においても同様であり、社内規定として登録管理要領が定められている。

表 4-4 ニューシアへの保全品質情報の登録件数

電力会社	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
北海道	2	0	2	11	6	7	12	5	2	0	2	0	0	0	
東北	9	7	11	11	12	14	8	9	4	1	2	4	4	1	
東京	福島第一	24	17	12	13	11	14	12	7	5	3	4	9	0	1
	福島第二	26	22	27	33	21	16	20	1	10	9	4	3	0	1
	柏崎刈羽	17	13	6	30	13	11	12	8	18	12	7	4	4	0
北陸	14	1	6	6	7	12	13	6	3	2	1	1	3	3	
中部	12	11	17	20	25	25	24	12	5	6	14	14	10	6	
関西	23	34	14	17	13	6	12	5	5	3	1	3	3	2	
中国	4	6	4	4	6	2	5	2	5	1	2	5	0	2	
四国	8	9	5	12	18	12	7	2	2	0	0	2	3	2	
九州	1	3	4	7	4	2	5	1	1	0	1	1	1	2	
日本原電	19	16	21	24	35	24	12	16	6	2	5	1	4	3	

(ニューシアの WEB サイトより筆者が件数をカウントし作成)

② 登録内容

ニューシアに登録されている保全品質情報の内容について、知識ベース構築の観点から必要な情報が蓄積されているかについて、具体的な事例をもとに調査を行う。

(事例1：敦賀発電所2号機 炉内温度計用引出管の折損について)

日本原電の敦賀発電所2号機は、第18回定期検査中の2014年2月7日、原子炉容器上蓋仮復旧の準備として、水中カメラにて原子炉キャビティ内に保管している上部炉心構造物上の異物確認を実施中、50本ある炉内温度計用引出管のうち1本が継手部から外れており、その後の調査で引出管サポート部も折損していたことが判明した。

このトラブルの原因と対策について、ニューシアでは、調査の結果、引出管の破面に疲労割れに特有な模様が確認されたことや疲労試験等の結果から、引出管はプラントの起動時や停止時など、一次冷却材の温度が低い状態で一次冷却材ポンプ全4台を運転した期間に冷却材の流れを受けて振動し、疲労割れが発生したものと推定され、対策として、当該引出管および炉内温度計は使用しない等の情報が登録されている¹⁶⁾。

しかし、ニューシアからは一次冷却材の温度が低い状態で一次冷却材ポンプ全4台を運転した場合に、当該引出管が振動する原因について、設計当初からの問題なのか保守管理に関わる問題なのかなどの要因を読み取ることはできない。

このため、敦賀発電所2号機の運転履歴について、これまでの定期検査の主要工事などに関わる公表資料を調べた結果、第8回定期検査(1997年4月～8月)において原子炉容器上蓋の応力腐食割れに対する信頼性向上として、原子炉容器内に流入した一次冷却材を頂部に導くスプレインゾルの内径を大きくした原子炉容器頂部温度低減対策が図られていた¹⁷⁾。

日本原電に問い合わせを行った結果、この対策により、原子炉容器頂部への一次冷却材の流入量が増加し、頂部温度の低減を図ることができたが、一方で当該引出管近傍の流速分布も変わったため、一次冷却材の温度が低い状態で一次冷却材ポンプ全4台を運転した場合、当該引出管近傍の流速が流体振動の影響を受ける共振領域に近くなり、当該引出管が振動をおこし、この状態における運転時間の累積により疲労割れが発生、進展し折損に至ったと推定しているとのことであった。

また、同社が保守管理に関する調査を行った結果、炉内温度計は、安全機能を有しない機器であり、点検対象とはなっていないものの、過去に原子炉キャビティ内に保管中の上部炉心構造物上の異物確認を実施した際の映像が記録されており、今回のトラブルを受け、改めて映像を詳細に確認したところ、2011年8月の点検時に当該引出管の継手部が既に外れていたことが確認されている。

これらの運転履歴、保守管理などに関する情報は、他事業者が水平展開の可否等を判断する際や、規制当局が安全規制に反映すべきかなどを判断するうえで重要な情報であるが、同社は、規制当局や立地自治体、報道関係者等からの問い合わせがあった場合に説明する情報としており、ニューシアには掲載されていない。

(事例2：泊発電所3号機 炉内熱電対(温度計)の引出管の損傷について)

2009年12月に運転を開始した北海道電力の泊発電所3号機において、運転中に炉内温度計1本の測定値の指示不良が認められたことから、第2回定期検査中の2012年6月に取替えを行った際に、当該温度計の点検を実施した結果、保護管に損傷が認められ、その後の調査で引出管も損傷していたことが判明した。

このトラブルの原因と対策について、ニューシアでは、原子炉容器内の頂部プレナムにおける一次冷却材の流れにより、当該引出管が共振し高サイクル疲労割れが発生したとの推定原因が記載されている。また、対策として、一次冷却材を頂部に導くフローノズルの内径を小さくし、流れ込む一次冷却材流量を減少させることで、引出管に作用する流体力の低減を図ったなどの情報が登録されている¹⁸⁾。しかし、ニューシアでは、「水平展開の検討」を「不要」としている。

泊発電所3号機のトラブルについては、前述した敦賀発電所2号機のトラブルと類似しており、日本原電に事実関係等を確認した結果、泊発電所3号機のトラブルを受け、他プラントの炉内温度計の振動評価が行われたものの、通常運転状態を想定した評価に限定しており、冷温停止状態における振動評価は行われなかったため、敦賀発電所2号機への展開は図られず、ニューシアにおいても、JANSIが、他発電所への水平展開の検討を「不要」としているとのことであった。

上述した2件のトラブルをまとめると、ニューシアからは直接読み取ることができないが、敦賀発電所2号機の炉内温度計用引出管の折損(事例1)に至った背景としては、

- ・ 過去に、応力腐食割れ予防策としてスプレイノズルの内径を大きくし原子炉容器頂部温度低減対策を実施したものの、炉内温度計に対しては共振の面から厳しい環境となったこと
- ・ 泊発電所3号機で類似のトラブル(事例2)があったものの、冷温停止状態における振動評価が行われず水平展開が図られなかったことや、炉内温度計は、原子炉施設に対する安全機能を有しない機器であり、点検対象外であったこと

が挙げられる。

また、日本原電は、泊発電所3号機のトラブルが発生するまでは、炉内温度計用引出管が冷却材の流れを受けて振動しやすくなるという知見はなかったとしているが、原子炉容器上蓋の保全策として実施した工事が、結果的にトラブルを発生させた要因となっており、対策工事の実施にあたっては、システム全体としての設計検証が必要であったことを示唆する事例とも言える。

定期検査における原子炉容器内の構造物の点検に関しては、制御棒クラスタ案内管、上部炉心支持板、上部炉心板などが点検対象となっているものの、原子炉容器内の構造物で、炉内温度計のみが点検対象外となっていた。

炉内温度計は、原子炉の制御には使用せず、安全上重要な設備ではないとはいえ、損傷によりルースパーツとなり、他の構造物に悪影響を及ぼす可能性がある。日本原電は、炉内温度計用引出管が折損したとしても、温度計が損傷しない限りルースパーツとはならないとしているが、非安全系機器が安全系に与える影響等を考慮し、炉内温度計を点検対象設備として位置づけるなど設計や規格基準等に関わる議論を行う必要があると言える。しかし、ニューシアに登録されている情報からは、原因の中に共通の切り口（要因）があることは読み取れず、教訓の導出が困難である。

また、前述したように、ニューシアでは、泊発電所3号機の事例は、他プラントへの水平展開は不要とする一方で、敦賀発電所2号機の事例については、他プラントへの水平展開が必要としている。

関西電力に問い合わせたところ、大飯発電所では、敦賀発電所2号機と同型プラントである3号機および4号機の対象設備の疲労評価を行い、その結果、冷態運転時の累積時間は敦賀発電所2号機の半分程度であるものの、予防保全の観点から、敦賀発電所2号機と同位置の引出管の撤去工事を行ったとのことであった。

ニューシアにおける水平展開の要否については、JANSI が判断し管理する一方で、各事業者は、予防処置のルールを社内標準等に定めており、JANSI の判断に係わらず、水平展開の要否を検討し、発電所に指示、通知を行っている。このため、水平展開の要否およびその内容については、ニューシアからは正確に読み取ることはできない。

これらを踏まえると、個々のトラブルには、設計や保全に反映するための知識資産が豊富にあるものの、ニューシアの登録数が膨大になる一方で、登録される情報は不十分であり、その中から共通要因を導き出し、トラブル（不具合発生）予測・未然防止に活用することが困難になっていると言える。

このため、登録するトラブル情報については、将来の設計の検証や予防保全のための再利用などを目的として、体系的に整理していくことが重要である。

2) 産学官による情報共有

本章の冒頭でも述べたように、産学官による経年劣化技術情報データベースの整備や保全の最適化の推進等を図るために、原子力安全基盤機構内に設置された技術情報調整委員会が、同機構の解散に伴い廃止となり、各組織の活動状況を確認、議論する場が失われることになった。

一方で、日本原子力学会の PLM 分科会においては、現在も産学官の専門家が参加する仕組みが維持されている。ここでは、**図4-13**に示すように、事業者は、ニューシアの情報などをもとに、事業者がスクリーニングを行い、同学会がまとめた劣化メカニズムまとめ表の知見に加えて高経年化対策上考慮すべき経年劣化事象を抽出し高経年化技術評価を行っている。

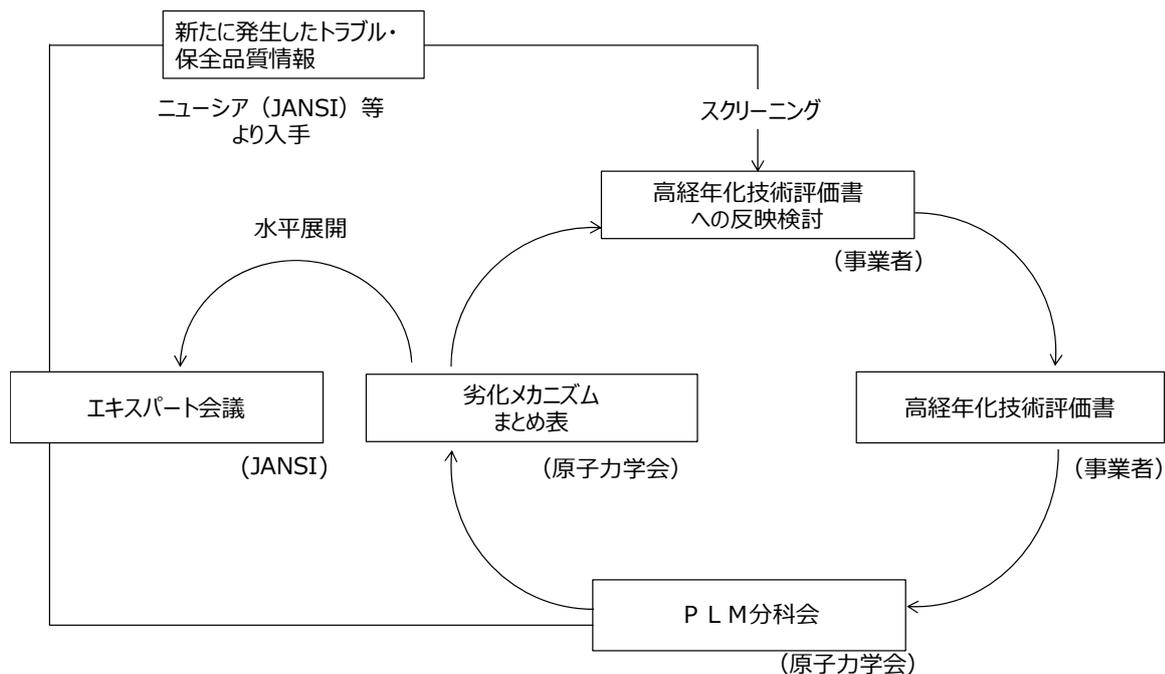


図4-13 ニューシア登録情報等の高経年化技術評価書への反映

また、JANSI および原子炉、タービン、電気、計装等などの保全を担当する各事業者の現場技術者が、不具合経験の共有や劣化事象を整理し、高経年化技術評価書等への反映を行うエキスパート会議がある。

PLM 分科会の役割としては、このエキスパート会議からの情報や事業者の高経年化技術評価書の知見を活用した高経年化対策実施基準の劣化メカニズムまとめ表の改訂等があり、この場には、事業者、メーカー、大学の専門家に加えて規制当局も参加している。

高経年化対策実施基準については、福島第一原子力発電所事故以前は、規制当局において技術評価を行った上で実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイドの中に読み込みエンドースをするという手続きがあったが、現在はそのような動きはない状況である。

PLM 分科会に参加している原子力規制庁の担当者に問い合わせたところ、実施基準の策定と規制へのエンドースが直接結びつかない状況であり、以前のように規制当局として組織的に対応を図るという側面よりも、高経年化対策の専門家の一人として参加している状況であるとのことであった。

これは、2018年6月に、原子力規制委員会において、民間規格の活用に関する見直し²⁰⁾についての議論が行われた際に、原子力規制庁職員の規格策定のための会合への参加のあり方として、「職員は、専門家として情報を提供する立場とし、規格策定を行う委員ではない。」との方針が示されたことへの対応と言える。

このように、民間規格の技術評価を円滑に行うことを目的として、原子力規制庁職員が規格策定のための会合に出席し、産学官で議論を行う例はあるものの、原子力安全基盤機構に設置

された技術情報調整委員会のように、産学官共通の技術情報基盤を整備し、課題解決のために議論を行うものとはなっていない。

この技術情報調整委員会が廃止された後、原子力規制庁では、原子力安全に関する情報を収集・評価し、適時に規制に反映させることを目的とし、2013年3月に技術情報検討会を設置し、その中で、国内外の事故・トラブルおよび海外における規制動向に関わる情報の収集・分析を実施している。

ここでは、安全規制に関連する可能性のある情報を「検討安全情報」として抽出し、さらに対応が必要な情報を「要対応技術情報」として、対応方針を検討、整理した上で、原子炉安全専門審査会および核燃料安全専門審査会に定期的に報告を行い、助言を求める仕組みになっている。

原子力規制庁は、当初、情報のスクリーニング対象として、米国 NRC や IAEA の事故情報とともに、同庁が把握している国内のトラブル情報等を入手するとしていたが、2016年に実施された IRRS の報告書の中で、「日本の法令対象事象件数は、東日本大震災前でも年間 10～30 件程度であって諸外国に比べて少なすぎるため、安全上重要な事象が見過ごされ運転経験の反映が十分になされない恐れがある」などの指摘があった²¹⁾。

これを踏まえ、同庁は、トラブル情報の収集範囲を拡大するため、第3章でも紹介したとおり、JANSI を通じてニューシアの保全品質情報を入手し、それらをスクリーニング対象とした。

原子力規制庁は、そこで得られた教訓を事業者に伝達し、その後のフォローを行う場については、従来通り、JANSI との定例連絡会を活用するとしており、技術情報基盤の構築について事業者や大学・研究機関と直接議論する仕組みにはなっていない。このため、産学官による議論のための共通の土台を構築することが重要である。

3) 社会への情報発信

(事業者の公表資料とニューシアの登録内容の比較)

ニューシアの運用開始にあたり、各事業者は、ニューシアに保全品質情報を登録するだけでなく、発電所運営の透明性を高めていくために、社会に対して保全品質情報等を公表することを決定し、例えば、関西電力および日本原電では、2003年12月より、「発電所の運営状況の公表」として、毎月、保全品質情報等の公表を行っている。

このように、事業者は、ニューシア運用開始後、記者発表や自社 WEB サイトを通じて保全品質情報等の公表を定期的に行っているが、それらの情報とニューシアに掲載されている情報を比較すると、情報量が同じであるものが多い。

例を挙げると、2016年7月の伊方発電所3号機における「1次冷却材ポンプの第3シール部のリークオフ流量増加」や2016年11月の美浜発電所1号機における「A-充てんポンプ復旧時における水溜りの発見」、敦賀発電所2号機における「原子炉補助建屋地下2階A冷却材貯蔵

タンク室での作業員の被水」などは、事業者がプレス公表時に配布した資料の情報が、そのままニューシアのフォーマットに入力されている。

また、2016年2月の高浜発電所4号機の「管理区域内での水漏れ」については、立地自治体との安全協定に基づく異常事象に該当するため、福井県等に報告書が提出されているが、ニューシアには、それらの情報は掲載されていない。

一方で、2017年11月の伊方発電所3号機の「非常用ディーゼル発電機3Bの起動試験中における手動停止」については、事業者がプレス公表で発信した以外の情報として原因調査の詳細な内容がニューシアにも掲載されているが、これは、原子力規制庁との面談の際に報告書²²⁾を提出しており、同庁がそれらを公表したためである。

これらのことから、発生したトラブルの情報については、ニューシアに登録される前に、各事業者がプレス発表や自社WEBサイト等を通じて既に公表しており、ニューシアはその情報を集積する役割に留まっていると言える。

(立地自治体の対応)

図4-14において、改めてニューシアの現状を整理する。2003年10月のニューシアの運用開始に合わせ、事業者は、法令対象未満のトラブルである保全品質情報等の公表を開始する一方で、立地自治体においては、それ以前より、安全協定に基づき事業者から通報連絡を受け、独自の公表基準に基づき、県民、国民に対する情報発信を行っている。

例えば、愛媛県は、発電所で発生した正常状態以外の全ての事態について四国電力から報告を受け公表しており、また、福井県においても、第1章および第2章で述べたように、発電所で発生した事象について技術的判断を行い、保全品質情報等の軽微なトラブルを公表している。

このように、これらの地域では、軽微なトラブルを積極的に公表する土壌ができあがっており、事業者は、そのアプローチを追従する形で情報公開を実施するようになったと言える。

立地自治体の対応については、ニューシアの運用開始後も変化はないものの、事業者が公表したトラブルに対する立地自治体の評価、見解を求められるケースが増えている。例を挙げると、定期検査中の高浜発電所3号機において、2018年9月に蒸気発生器の伝熱管外面からの減肉があり、原因は2次冷却システムからの異物混入によるものと推定され、その要因は異物管理の徹底不足であった。また、同月、定期検査作業において作業員の計画線量の超過があり、原因は、作業員がアラームイヤホン未装着であったことや、作業時間管理が不十分であったことが判明している。

いずれのトラブルも、過去に同様の事例が発生しており、事業者が実施したこれまでの対策の妥当性等に対する疑問が投げかけられることになり、筆者も報道関係者等にトラブルの内容の説明を行う中で、事業者の過去の対応が適切であったかなど立地自治体としての見解を求められる機会が増えている。

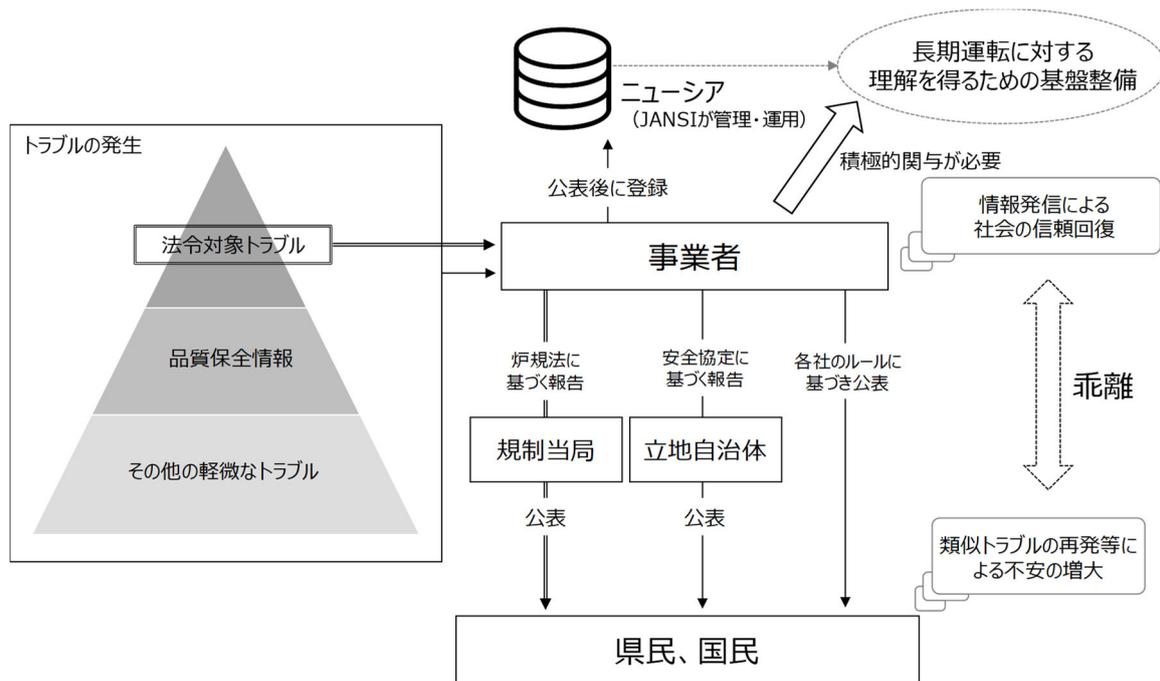


図 4-14 事業者によるトラブル情報の社会への発信

事業者は、ニューシアを運用することで、法令対象外のトラブルについても情報発信を行い、原子力発電所の運営の透明性を高め、社会からの信頼を回復するとしていたが、現状では、発生したトラブルの情報発信に留まっており、受け手側の県民、国民の不安を払拭するには至っていない。

ニューシアには、「国内発電所の保安活動に対する一般の方々の理解促進に繋げる」との目的もあることを鑑みると、過去の類似トラブルの発生の有無や再発防止策の有効性について説明するなど、発信する情報やその説明方法も含めて運用の見直しが必要である。

(事業者によるニューシアの活用)

前述したように、ニューシアに関しては、情報登録に一定の時間を要しており、トラブル発生時に事業者間で迅速に情報共有を行う仕組みにはなっていない。関西電力に確認したところ、他社の原子力発電所でトラブルが発生した場合、電気事業連合会等を通じて情報を入手することが可能であるとのことであった。

ニューシアの具体的な活用策に関しては、本章において、日本原子力学会がまとめた高経年化技術戦略マップや経済産業省の原子力安全・保安部会原子力安全基盤小委員会がまとめた報告書を紹介したが、事業者自らが具体的な活用策を提示した資料は、ほとんど見当たらない。

表 4-5 は、福井県原子力安全専門委員会において、関西電力がニューシアの活用策について説明を行った実績をまとめたものである。

表 4-5 福井県原子力安全専門委員会における関西電力の
ニューシアの活用策についての紹介

開催回	説明項目	説明内容
2003 年	(電気事業連合会がニューシアの運用を開始)	
2004 年 (第 12 回)	美浜 3 号機 2 次系配管破損事故を踏まえた高経年化対策の充実	類似トラブル発生 of 未然防止として、主配管など重要な部位、項目が点検リストから漏れていた場合は、ニューシアに登録する。
2005 年	ニューシアの運用、管理を日本原子力技術協会 (JANSI の前身) に移管	
2007 年 (第 35 回)	発電設備に係る総点検調査結果と再発防止策	更なる安全性確保のための対策の一つとして、ニューシアへの登録の推進を図る。
2008 年 (第 42 回)	トラブル低減に向けた取組み計画	(福井県からの要請を受け、過去 5 年間に発生したトラブルの発生要因の分析等を実施しているが、ニューシアは活用されていない)
2012 年 (第 71 回)	「タービン動補助給水ポンプのこれまでのトラブル状況と対応状況」についての委員からの質問への回答	(タービン動補助給水ポンプに関して過去 10 年間に発生した主なトラブルを紹介しているが、ニューシアは活用されていない)
2017 年 (第 90 回)	海外情報、知見等の収集から反映までの仕組み	(知見収集の情報源の一つとしてニューシアを記載)

(福井県原子力安全専門委員会の配布資料をもとに作成)

ニューシアの運用開始後、2004 年 8 月に美浜発電所 3 号機の二次系配管破損事故が発生し、関西電力は、その再発防止策を同委員会に説明する中で、事故の原因となった二次系配管の点検漏れを踏まえた水平展開を図る中で、点検リストから漏れていた場合は、その事例をニューシアに登録するとした。

また、2007 年の発電設備総点検問題を踏まえた原子力発電設備に係る総点検の結果、過去に美浜発電所 1 号機における溶接事業者検査の手続き漏れや、大飯発電所 2 号機における充てんポンプ出口弁からの水漏れ事象に関する不適切な対応等が発覚しており、その再発防止策の一環として、ニューシアへの登録の推進を図るとした。

しかし、これらの方針は、ニューシアに登録する情報の範囲の拡大や明確化に留まっており、ニューシアからのフィードバックを想定した活用策についての検討は行われていない。

第 2 章でも紹介したように、その後、2007 年 8 月以降にトラブル発生件数が増加したこと等を踏まえ、福井県から安全管理の徹底等の要請があり、関西電力は、2008 年に軽微なトラブルを含め過去 5 年間に発生した 157 件のトラブルの発生要因別および発生時期別の分析等を行っている。

また、2012 年には、同委員会からタービン動補助給水ポンプのトラブル事例について質問があったことを踏まえ、過去 10 年に同機器で発生した主なトラブルを紹介しているが、いずれもニューシアを活用した分析は行われていない。

2015年には、同委員会が、「高浜発電所3、4号機の安全性向上対策等に係るこれまでの審議の取りまとめ」を行っており、その報告書の中で、関西電力に対して「国内外の原子力発電所運転経験をはじめ、最新知見等に係る情報収集を継続的に行い、先進事例等を抽出し、発電所の安全対策に迅速に展開していくこと」を求めている。

この指摘を踏まえ、関西電力は、同報告書の指摘事項のフォローアップ状況として、2017年に海外情報、知見等の収集から反映までの仕組みについて同委員会に説明を行っているが、ニューシアについては、原子力部門における知見収集の情報源の一つとの位置づけに留まっている。

このように、事業者としては、

- ・ 他社のトラブル情報については、電気事業連合会等を通じて入手可能であること
- ・ 自社のデータベース等により過去のトラブル事例の分析評価が可能であること

などから、自らがニューシアを積極的に活用する状況には至っていない。

(3) 規制当局の技術情報基盤

前項では、事業者が運用している技術情報基盤として、ニューシアを取り上げ、その登録内容や産学官の情報共有、社会への情報発信に関わる課題等を明らかにした。

また、規制当局は、法令報告対象未満の「保全品質情報」を JANSI 経由で入手し、スクリーニング対象としていることを説明した。

一方で、規制当局における技術情報基盤については、第2章、第3章の中で、その必要性について議論を行い、今後、新たな検査制度の導入により、現地の規制事務所の役割、責任が重要になることから、現場における情報基盤の整備の必要性を指摘した。

各規制事務所では、担当する原子力発電所における保安規定の遵守状況など日常の保安活動を監視しており、保安検査官が日々の監視活動による気づき点や指摘事項をまとめ、それらを分析し知見を蓄積することで、規制当局としての技術情報基盤の構築が可能である。

しかしながら、以下の事例が示すように、保安検査に関する事例についても、事業者がニューシアに掲載する傾向がみられる。

(事例：玄海発電所 2017年度第3四半期の保安検査結果)

2018年2月の原子力規制委員会において、2017年度第3四半期の保安検査結果が報告され、その中で、玄海発電所保安規定に定める「重大事故等対処設備」に関して、定期試験手順書の記載が適切でないと判断し「保安規定違反（監視）」となることが報告された²³⁾。

具体的な内容については、以下の通りである。

- ・ 合否判定の誤りがあった手順書（直流電源用発電機動作確認試験手順書）

この定期試験は、3、4号共通で行うため、判定基準は、保安規定に定める所要数の

1基分（2台）の倍の4台以上が動作可能であることを認識はしていたものの、定期試験手順書における判定基準は、「保安規定に定めるとおり2台以上が動作可能であること」としており、手順書の記載として適切ではなかった。

- ・ 合否判定の記載が不十分であった手順書（予備ケーブル機能確認試験手順書）

この定期試験は、長さの違う予備ケーブルについて試験を行うが、手順書における判定基準は、「保安規定に定めるとおり所要数が使用可能であること」としており、ケーブル長の違いを考慮した判定基準（所要数）となっておらず、手順書の記載として適切ではなかった。

このように、内容については、プラントの安全に関わるものではなく、手順書の記載の不備に関わるものである。保安規定違反の判断基準の中には、品質保証の項目が挙げられており、

（違反1）品質マネジメントシステムが機能していないことにより原子力安全に影響を及ぼすと判断される場合

（違反2、3）品質マネジメントシステムの欠陥又は品質保証に係る保安規定の不履行により原子力安全に影響を及ぼすと判断される場合（原子力安全に及ぼす影響の程度に応じて違反区分を判定）

（監視）上記の判定基準に該当しない場合

と整理されている。

ニューシアでは、プラントの安全に影響を及ぼす可能性の観点から、2017年10月以前は、その運用手引きの中で「違反1～3」を保全品質情報として掲載対象としており、「保安規定違反（監視）」については、プラントの安全に影響を与えるものではないことなどから、ニューシアにおいては、登録対象外として扱われていた。

しかし、2017年10月に、運用手引きの改訂が行われており、「保安規定違反（監視）」についても対象となった。その経緯について、事業者に問い合わせたところ、保安検査における規制当局の意見等を踏まえて、各事業者間で対応策を検討し運用を変更する方向になったとの説明があった。このため、公開されている情報をもとに経緯を整理すると、原子力規制庁の川内原子力規制事務所が、2017年9月に川内発電所長に対して発出した「予防処置の管理について」の文書²⁴⁾がきっかけとなっている。

この文書では、

- ・ 保安検査において、「予防処置の実施状況」について確認したところ、保安規定第3条「予防処置」では他の施設から得られた知見（ニューシア登録情報を含む。）を活用することを規定しているが、ニューシアに未登録の保安規定違反（監視）に係る情報を予防処置の検討対象としていないことが確認された。

- ・ 保安活動の実効性をより確実なものとするべく、「原子力施設情報公開ライブラリー（ニューシア）」に未登録の保安規定違反（監視）情報について、原子力規制委員会ホームページ等から入手し、水平展開の要否を検討すること。

との指摘が見られる。

これを見ると、規制当局の見解としては、事業者が知見の活用としてニューシア登録情報を対象としているのであれば、「保安規定違反（違反1～3）」のみならず、「保安規定違反（監視）」についても対象とするべきと読み取ることができる。

このような経緯もあり、事業者は、「保安規定違反（監視）」の内容についても事業者間で共有するため、JANSIに依頼を行い、ニューシアの運用手引きが改訂されたものと推察される。

一方で、原子力規制委員会は、今後、新たな検査制度に移行することを踏まえ、保安規定違反の運用や報告のあり方等について議論を行っており、

- ・ 今後は、安全重要度、リスクインフォームド、パフォーマンスベースをもとにした検査制度を構築することになる。
- ・ 「保安規定違反（監視）」と「保安規定違反（違反1～3）」について同等に報告されるのが（原子力規制委員会として）正しい情報の受け取り方なのか疑問がある。
- ・ 「保安規定違反（監視）」をとらずに指導しているようなものもあり、報告について工夫が必要ではないか。
- ・ 「違反」と「監視」の情報の発信の仕方が、保安検査結果を正しく表しているかどうか議論の余地がある

などの意見が出されている²⁵⁾。

このような状況を踏まえると、保安検査官によるこれまでの判断や指摘事項が、プラントの安全性向上にどのように寄与するのか整理しておく必要がある。

第2章、第3章では、今後、新たな検査制度が導入されることで現地の規制事務所の役割、責任が重要になる一方で、現場における情報基盤の整備が行われていないことを指摘した。

保安規定違反などについては、本来であれば、保安検査の実施主体である規制当局が、各規制事務所が判断した違反や監視、指導などを取りまとめ、検査官の判断にばらつきがないかなどの視点から評価を行う必要がある。

このため、規制当局においては、**図4-15**に示すように、これまでの各規制事務所の指摘内容等をまとめ、技術情報基盤として整備し、新たな検査制度の中で、どのように活用することができるのか具体策を明確にすることが重要である。

また、事業者においても、規制当局による指摘内容が、プラントの安全性向上や保安活動にどのように寄与するのか規制当局と議論を行い、その結果、ニューシアの保全品質情報として必要な情報であると判断した場合は、事業者間で情報共有を図り、ニューシアの情報の質を高めていくことが望まれる。

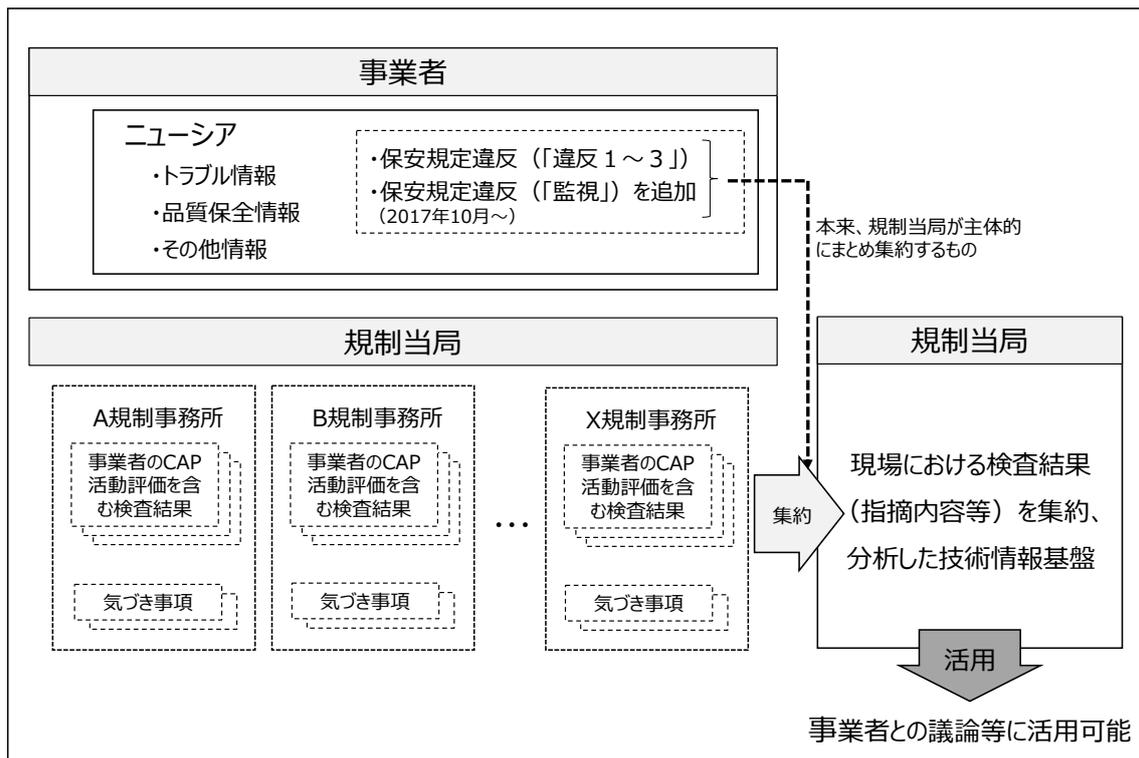


図4-15 規制当局における技術情報基盤の構築

(4) 小括

本節では、事業者および規制当局が今後も技術情報基盤として活用するとしているニューシアを取り上げ、その運用に関する課題を抽出した。具体的には、ニューシアに登録されている原子炉内温度計の引出管の損傷に関わるトラブルを例として取り上げ、その内容を分析した結果、過去の設計変更、プラントの運転履歴、他プラントへの水平展開に関わる情報が不足しており、設計や予防保全に反映するための知識ベースの構築が困難であることなどの課題を明らかにした。

また、産学官の情報共有に関しては、各組織が有する技術情報や安全基盤研究の成果等を規制や高経年化対策に反映するなどの明確な理念、目標等を設定し、組織的な対応を図る必要があることを指摘した。

さらに、社会への情報発信の観点からは、各事業者がプレス公表等の中で発信している情報がニューシアに再掲されている状況であり、ニューシアが果たすべき役割を再考する必要があることを指摘した。

経済産業省の原子力安全・保安部会原子力安全基盤小委員会が2007年10月にまとめた「原子力の安全基盤の強化について」の報告書²⁶⁾の中では、ニューシア等のデータベースについて、

- ・ データはあるが、なかなか使えないという状況を突破するとともに、整備された知識基盤が十分に活用されることが重要
- ・ 知識基盤に含まれる情報等はきわめて膨大で多岐にわたるため、整備された知識基盤を必要とときに、必要な情報をもれなく、必要な形で有効活用できるよう支援すること

など知識基盤（知識ベース）としての活用を求めている。さらに、

- ・ 知識基盤については、事業者と規制当局との関係で捉えられると同時に、地域住民、一般国民、メディア等との関係で捉えることが重要
- ・ 特に事業者が、その事業活動の理解を得ていくにあたり、その活用を考えることが重要

と指摘している。しかしながら、この報告書がまとめられて10年以上が経過した現在も、ニューシアをもとにした知識基盤の整備や、その有効活用策の検討は行われていない。

これらを踏まえると、ニューシアには、各事業者のトラブル情報を集積するだけでなく、情報の質を高め、知識ベースを構築するなど体系的に整理を行い、その成果物については社会的受容性を高めるためのツールとして活用していくことが望まれる。

このため、次節において、OECD/NEA プロジェクトから得られた技術情報基盤の整備に必要な要素をもとに、今後、ニューシアをもとに知識ベース構築などの技術情報基盤の整備を展開していくための考察を行う。

4. 3 長期運転に向けた技術情報基盤の整備・運用

前節までの議論を踏まえ、OECD/NEA プロジェクトから抽出した技術情報基盤の整備事業の展開に必要な要素と、ニューシアの現状との比較を表4-6に示す。

本節では、これを踏まえ、ニューシアを活用した知識ベースの構築など、我が国における原子力発電所の長期運転に向けた技術情報基盤の整備・運用に必要な方策について考察を行い、改善策等を提案する。

表4-6 OECD/NEA プロジェクトから抽出した技術情報基盤の整備事業の展開に必要な要素とニューシアの現状の比較

	OECD/NEA プロジェクト	ニューシアの現状
技術情報基盤の整備体制	運営委員会の監督、助言のもとワーキンググループでデータ収集、知識ベース構築等の作業を実施	JANSI がニューシアの情報をもとに分析評価を実施
	コンサルタント、クリアリングハウス、事務局の支援のもと産学官の専門家が参加	産学官の専門家が参加する場合は設定されていない。
データベースの運用	品質保証プログラムを定め、各組織の担当者が情報を入力し、その内容を管理者（各国単位）が確認し登録を実施。その後、クリアリングハウスがデータの一貫性と適用性の評価を実施	各事業者は、ニューシアの運用手引きをもとに社内要領等を定め、発電所の担当部署が情報を入力し、登録を実施
	データベースをメンバー以外には非公開としている。	データベースをすべて公開。内容については、各事業者のプレス配布資料等の公表資料を掲載
知識ベースの運用	参加組織の共通の課題を想定した上で対象事象の絞り込みを行い、知識ベースの構築、推奨実務の抽出が行われており、その内容を報告書としてまとめている。	知識ベースの構築は行われていない。（確率論的安全評価用の機器故障率の算出を除く）
	運営委員会やコンサルタント、クリアリングハウスの助言等を踏まえ、知識ベース構築、良好事例の抽出のために必要な情報が追加されている。	データベース公開により設計者、規制担当者、学識経験者、研究者など多くの専門家から保安活動に対する評価や助言を得て、保安活動の更なる向上に繋げるとしているが、具体的な活動はない。

(1) 技術情報基盤の整備体制

OECD/NEA プロジェクトでは、データ収集、知識ベース構築等の作業を行うワーキンググループに産学官の専門家が参加し、運営委員会や外部コンサルタント、クリアリングハウスのレビュー、助言等を受けながら、データベースの品質確保や知識ベースに必要な技術情報の収集作業が行われた。

ニューシアに関しては、各事業者が入力したデータをもとに、JANSI が分析、評価を行い、水平展開の要否の判断を行い、重要な事象に対する是正措置を検討し、その内容に応じて適切な対応を実施するよう事業者に対して重要度文書を発行する仕組みになっている。

しかし、2016年9月に北陸電力志賀発電所2号機の原子炉建屋内に雨水が流入したトラブルを例に挙げると、JANSI が、同年11月に各事業者に対して「類似事象の発生防止のため、必要な点検の計画とともに影響を確認し、適切な対応を実施すること」との重要度文書を発行²⁷⁾したものの、すでに、その1ヵ月前に原子力規制委員会において、他プラントへの水平展開の必要性や規制要求が十分であったかなどの議論²⁸⁾が行われており、原子力規制庁は各事業者に対し、原子炉建屋の壁貫通部の浸水防護対策等について確認するよう文書を発出し²⁹⁾、各事業者は調査を行い、それらの結果の報告を行っている。また、その後も原子力規制庁における評価や事業者による追加調査等が行われている³⁰⁾。

JANSI が事業者に対して発出した重要度文書については、公開されていないため、規制当局からの指摘内容との違いや事業者がどのような対応を図ったのかなどの具体的な内容は明らかになっていない。

これらを踏まえると、事業者自らが、トラブル情報のみならず、規制当局の指導文書などの情報や JANSI からの指導内容をまとめるなど、知識ベース構築のための材料を整理することが重要である。

また、現状では、ニューシアは、運用開始当初と変わらず、データベースとしての位置づけに留まっており、膨大な件数が登録されているにも関わらず、事業者自らが、それらの情報を積極的に活用する状況には至っていない。

本章における議論を踏まえると、事業者は、トラブル事例を蓄積するだけでなく、過去のトラブルを踏まえた対応の変遷などの分析・評価を行い、社会に発信していくことが重要であり、事業者として、ニューシアの具体的な活用策を明確にする必要がある。

そのためには、「ニューシアの活用策についての検討」、「ニューシアを活用した知識基盤の構築」を社内規定に定めるなど、ニューシアに対する事業者の関与を明確にする必要がある。このような実施事項の明確により、担当部門において具体的な検討が進められるとともに、品質マネジメントシステムのもとで、実施状況の確認、評価が行われることになる。

この品質マネジメントシステムについては、定期的に組織のトップのレビューを受けるとともに、規制当局による評価の対象にもなるため、事業者内でニューシアの活用策に関する意識の向

上を図ることが期待できる。

さらに、事業者がニューシアを活用することで知識ベースの構築が可能となるため、それらをもとに JANSI 等が総合調整機能を担い、図 4-16 に示すような産学官による情報共有の場を設定することが重要である。

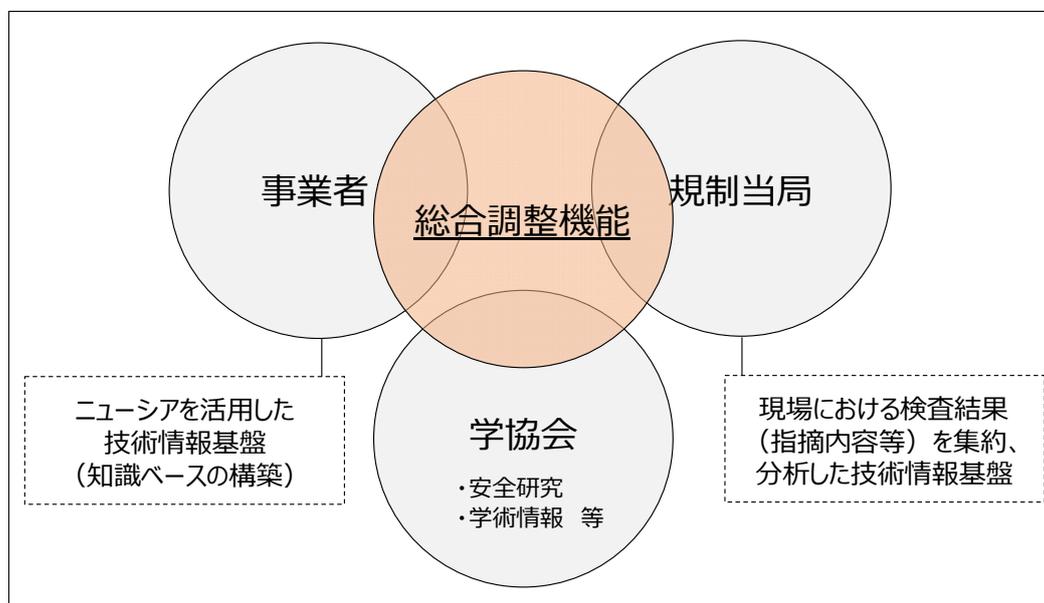


図 4-16 ニューシアを活用した産学官による情報共有

(2) データベースの運用

(情報管理者 (ゲートキーパー) の配置)

OECD/NEA プロジェクトでは、データベースへの情報登録のための品質保証プログラムが定められており、各組織の担当者が、これに基づき情報を入力している。また、データ入力や登録内容が適切であるか等のデータの品質確認を行う管理者を各国から選任するとともに、クリアリングハウスがデータの一貫性と適用性の評価を実施している。さらに、コンサルタントが、知識ベースの概念や構造化に関わる提案を行い、各ワーキンググループにおいて知識ベースの構築が図られた。

ニューシアに関しては、JANSI の運用手引きをもとに、各事業者がトラブル情報登録のための社内要領等を定めており、担当部署でデータの入力作業、確認が行われている。また、ニューシア利用者 (他事業者) から登録内容に対する質問、意見がある場合には、JANSI を通じて登録者に通知される仕組みとなっている。

しかし、前節で議論したように、個々のトラブルには、設計や保全に反映するための知識資産が豊富にあるものの、運転履歴や保守管理などニューシアに登録される情報が不十分であり、設計の検証や予防保全に繋げることが困難になっている。

このため、登録されている情報をレビューする情報管理者（ゲートキーパー）の配置が重要である。関西電力は、美浜発電所3号機の二次系配管破損事故の原因の一つとして、配管の肉厚管理に関して、点検リスト漏れを不適合として水平展開ができなかったことを挙げ、その対策として、トラブル情報に関する水平展開の要否を原子力部門が判断し、発電所の中で設備を所管する部署に対応を依頼する仕組みを構築しており、その実施状況等をフォローするために、2005年7月から各発電所に「情報管理専任者」を配置した。

このような独立した立場の専任者をゲートキーパーとして活用し、自らの発電所がニューシアに登録する情報について、過去の類似事例などの調査を行い、ニューシアにおいてその関連性を明確にすることが重要である。また、JANSIにおいても、登録された情報について、知識ベースの構築を想定したレビューを行い、事業者に対して助言を行うことが望まれる。

第3章では、定期安全レビューを人材育成のためのツールとして捉えるべきであると指摘したが、ゲートキーパーの育成・力量管理のためのプログラムの中に、これらの活動を組み入れることが重要である。特に、前述した原子力安全・保安部会の「原子力の安全基盤の強化について」の報告書の中では、知識基盤の高度化のために、原子力安全基盤機構内にトラブル情報などの安全情報を解析する専門家や個別事例の経験から本質知を抽出する専門家の必要性を指摘しているが、プラントの安全確保の第一義的責任を負う事業者においても、このような人材を確保していく必要がある。

(データベース等へのアクセス権限)

データベースの公開に関して、OECD/NEA プロジェクトでは、データベースはメンバー以外には非公開としている。これは、SCC ワーキンググループの活動を例に挙げると、欠陥部の構造評価や根本原因評価、供用期間中検査（ISI）に関わる技術などの情報を含み、その所有権の問題などがあるためである。筆者も OECD/NEA プロジェクトの事務局の立場から、各国の管理者とデータ公開に関わる議論を行ったが、参加者は、「データ提供については、組織全体としての判断が必要であり、公開の対象をメンバー限定とするかどうか重要な要素」との姿勢であった。

このため、すでに述べたように、運営委員会で議論を行い、アクセス権限を明確にし、データ提供に貢献した組織に対してのみデータの開示、配布を可能とし、知識ベースをまとめた報告書については一般に開示することとした。

米国の原子力発電運転協会（INPO）においても、トラブル情報の収集、分析、評価を行っているが、それらの情報については、基本的にメンバーである事業者間に限定されている。

ニューシアについては、前節で指摘したように、各事業者がプレス発表等を通じてすでに公表しているものをデータベースに掲載しており、各事業者のプレス公表資料等を集積したデータベースとしての意味合いはあるものの、知識ベース構築の観点からは、データの質を確保することが重要であり、OECD/NEA プロジェクトのアプローチを踏まえると、アクセス権限を設け

たデータベースの構築が有益である。

以上のように、ゲートキーパーの配置とデータベースのアクセス権限に関する提案を行ったが、データベースの運用を行う参加者については、OECD/NEA プロジェクトでは、運営委員会において、データ登録など「プロジェクトへの貢献を行う組織の参加は拒まない」との原則を決定し、その結果、NEA 加盟国以外の国も参加し、ケーブル劣化に関わる貴重な研究データ等が提供された。

本研究では、安全文化醸成活動および定期安全レビューの実効性向上のための方策として、立地自治体の知見や規制当局の現地規制事務所の技術情報基盤を活用することが重要であると指摘した。技術情報基盤の構築のためには、これらの知見等が有益であり、コンサルタントやクリアリングハウスなどの参加はもとより、現場の保安検査官や立地自治体など、知識ベース構築のために有益な情報を有するメンバーを想定し、参加を促すことが重要である。

(3) 知識ベースの運用

OECD/NEA プロジェクトでは、参加組織の共通の課題を想定した上で対象事象の絞り込みを行い、データベースを構築するとともに、知識ベース、推奨実務の抽出を行っている。

第3章で議論したように、今後の原子力発電所の長期運転に向けた安全性向上策の実効性を確保するためには、定期安全レビューの実施、評価に関わる継続的な改善を行う必要があり、SSG-25 に対応していくことが重要である。

SSG-25 の安全因子には、「プラント設計」、「経年劣化」、「安全実績」、「組織、マネジメントシステム、及び安全文化」などの14項目があり、事業者は、各安全因子に対して、プラント毎に再稼働から10年経過するまでの中長期的な傾向を把握しながら、実績の収集に努めるとしている³¹⁾。

ニューシアにおいては、知識ベースの構築は行われていないものの、SSG-25 の安全因子の一つであるPRAに関して、機器故障率の算出などが行われている。しかし、ニューシアの入力基準はPRA用途での故障事象の収集には必ずしも十分ではないことや、事業者の保全活動管理指標として用いる予防可能機能故障の判定過程で機能故障とされた事象の情報が十分に登録されていないなどの課題が示されている³²⁾。

このため、OECD/NEA プロジェクトにおける知識ベース構築のプロセスの例が示すように、対象項目の選定はもとより、必要な知識ベースをまとめることを目的としたデータの絞り込みが重要である。ニューシアのトラブル情報件数が膨大になる一方で、内容が不十分である現状を鑑みると、データベースの網羅性よりも知識ベースに必要な情報を選択するために、クリアリングハウスの機能を有する組織等を活用していくことが有益である。

以上のように、本章では、原子力発電所の長期運転に向けた技術情報基盤の整備に必要な方策について考察を行い、産学官の総合調整機能を有する体制を構築することや、データの質を確保するために各発電所に情報管理者を配置し、その育成・力量管理のためのプログラム構築などの

改善策を提案した。

我が国では、規制基準適合性審査に合格し、2014年9月に最初に原子炉設置変更許可を受けた川内発電所1、2号機をはじめ、続いて許可を受けた高浜発電所3、4号機は、運転開始後30年を経過している。

さらに、その後、許可を受けた高浜発電所1、2号機、美浜発電所3号機は、運転開始後40年を経過しており、この規制基準適合性審査に加え、運転期間延長に関わる審査に合格したことから、最長60年までの運転が可能となっている。

このように、既に高経年化時代に突入している我が国では、長期運転に対する安全確保のため、技術情報基盤の整備・運用を効果的なものとし、知識ベースなどの成果物を積極的に社会に提示していくことが望まれる。

第5章 結論

5.1 まとめ

福島第一原子力発電所事故により、我が国では、原子力に対する国民の不安、不信感が高まり、事業者、国に対する信頼が著しく低下した。これらを払拭し、国民の信頼回復を図るのは容易ではないが、原子力発電所の安全な運転により良好な運転実績を積み上げていくことが何よりも重要である。

そのためには、事業者、規制当局が、原子力の安全確保のためのマネジメントシステム（安全マネジメントシステム）の実効性を検証しながら改善を図り、その活動内容を社会に提示し理解を得る努力を継続する必要がある。

とりわけ、原子力安全に第一義的責任を有する事業者が、日常的に行う点検や定期検査などの保全活動を通じて設備の機能維持やトラブルの未然防止に努めるとともに、規制当局においても、発電所の現場で実践的な規制活動を行い、事業者の保安活動の継続的改善等を促すような安全規制を行う必要がある。

また、今後の原子力発電所の長期運転を想定した場合、トラブルなどの運転経験や保守管理の技術情報を世代間で確実に継承していくことが重要であり、安全対策や規制に必要な技術的能力を有する人材を計画的に確保、育成し、現場のマネジメント力を維持していく必要がある。

IAEAの基本安全原則の一つである「安全に対するリーダーシップとマネジメント」には、「安全は、効果的なマネジメントシステムの手段によって達成し維持しなければならない」ことや、「マネジメントシステムは、安全文化の向上、安全に関する機能の定期的評価及び経験から学ばれた教訓の適用を確実なものとしなければならない」ことなどが示されており、我が国においても、この基本原則をもとにした原子力安全の活動への展開が求められている。

さらに、福島第一原子力発電所事故後、IAEAや日本原子力学会等が事故の原因調査、教訓等をまとめているが、その中では、人的、技術的及び組織的考慮を含む体系的アプローチ、個人や組織に関わるコミュニケーションの課題、運転経験や最新知見の定期的な評価に関する課題等が指摘されている。

本研究では、このような状況を踏まえ、安全文化および定期安全レビューを安全マネジメントシステムの重要な要素として捉え、これらに関わる事業者、規制当局の活動について調査を行い、安全マネジメントシステムの実効性向上のための方策を提示した。また、原子力発電所の長期運転にあたっては、安全文化の評価や定期安全レビューのもとになるデータに関わる技術情報基盤の整備を行う必要があることを示し、これらに関する国際的な活動の事例を取り上げ、我が国に反映すべき方策を提示することができた。

第1章では、研究の動機と目的を明確にし、原子力安全マネジメントシステムの実効性向上のための課題を設定するとともに、主な分析の対象を明確にしている。

第2章では、事業者の安全文化醸成活動およびその活動に対する規制当局の評価を対象として、これまでの事故や不祥事等を踏まえた事業者の安全文化評価について、具体的事例をもとにその活動に関わる課題や規制当局の評価の仕組み等に対する課題の抽出を行い、安全文化醸成活動の実効性向上のための方策を提案することができた。

ここでは、まず、我が国の原子力安全のマネジメントシステムの安全文化醸成活動の位置づけについて、国際基準との関係を明らかにすることで、我が国のマネジメントシステムがIAEAの安全基準などを取り込んだ仕組みの中で実施されていることを確認できた。

また、安全文化は、マネジメントシステムの基礎となるものであり、そのプロセスやパフォーマンスに影響を与えるため、安全文化醸成活動を原子力の安全を高い水準に保つための体系的活動と捉え、議論を展開した。

その中では、事業者の安全文化醸成活動の内容等について調査するため、原子力発電所を11基保有し、運転・保守に関して40年以上の経験を有する関西電力の活動を取り上げ、これまでの安全文化醸成活動の変遷を明らかにし、課題を抽出している。

同社は、これまで組織・人の意識と行動やプラント安全、外部の評価などの項目で構成される指標等を独自に定め、安全文化に関わる評価を行っており、その中には、社員や協力会社に対するアンケート結果をもとに評価を行っているものがあるが、その分析にあたっては、対象を協力会社の元請け毎や全体とする場合などで評価結果が変わり得ることを指摘した。このため、アンケート調査と他の方法を組み合わせることが適切であり、過去のトラブル事例の教訓等の抽出が有益であることを示すために、それらの具体的事例を挙げ分析を行った。

その結果、法令対象外であり、プラントの安全上も軽微なトラブルに対して、現状では、情報の蓄積や過去の類似事例等との比較調査などが不十分であることなどを明らかにした。

また、これらの軽微なトラブルは、安全文化の分析、評価のための情報源となり得ることを示し、プラントの安全性への影響の大小に関わらず、現場関係者による事例検討会等を通じて、そのトラブルに対する個人の意識やグループの意見などの情報をまとめ、データとして蓄積する重要性を指摘することができた。

さらに、ここでは、我が国のこれまでの原子力安全に関わる事故、不祥事等の経緯を踏まえると、事業者自らが問題意識を持ち続け、安全文化醸成活動の実効性向上のための継続的取組みを定着させる難しさがあり、これまで長年の間、安全協定をもとに事業者に指導を行ってきた立地自治体の知見活用が有益であることを示している。

具体的には、安全管理等に関わるトラブルを踏まえた立地自治体の要請等により、事業者が対外的に安全文化醸成活動計画等を示しながら、職員の意識向上など現場に密着したボトムアップアプローチによる改善策の実施を行うなど、立地自治体の関わりが、事業者の安全文化醸成活動を促すきっかけとなっている事例を紹介し、今後、事業者が設置している安全文化の評価、改善のための第三者委員会に立地自治体が参画し、トラブルに対する事業者の対応の評価等を明らか

にするなどの具体策を示した。

事業者の安全文化醸成活動に対する規制当局の監視活動については、これまでの経緯等を明らかにするとともに、2004年8月に発生した美浜発電所3号機の2次系配管破損事故を契機に、原子力安全・保安院が、事業者の活動を評価する仕組みを構築し、現地の保安検査官による検査等を通じて、事業者の安全文化劣化防止の取組みを評価した内容を確認している。

この中では、規制当局が事業者の安全文化の劣化防止の取組みを評価するために2007年に安全文化ガイドラインなどを取りまとめた際に、事例の蓄積を課題としていたものの、その後も事例の蓄積がほとんど行われていない状況を明らかにした。その理由としては、事例の対象を安全に重大な影響を与える事象や保安規定違反の事例に限定したためであり、対象範囲を広げて軽微なトラブルを取り上げる重要性を指摘することができた。

また、規制当局は、各原子力発電所に保安検査官を配置し、保安規定の遵守状況の調査など事業者の保安活動を監視する役割を担っており、事業者の安全文化醸成の取組み状況を現場で確認し、速やかに事業者に指導することが可能である。このため、保安検査官が日々の監視活動による気づき点や指摘事項の取りまとめを行うにあたり、法令対象以外の軽微なトラブルについても、安全文化の劣化兆候把握の観点から詳細な事実関係等を把握するための情報基盤を整備し、事業者に継続的改善を求めていくことが有効であり、規制当局として説明責任を果たす観点から、保安検査結果の公表の機会等を通じて、それらの取組み状況を立地自治体など対外的に説明していく必要がある。

第3章では、我が国が定期安全レビューを導入した経緯や、事業者がこれまで実施した同レビューの内容を概況し、規制上の課題や今後の同レビューの実効性向上のための課題を抽出した。

この定期安全レビューは、規制当局の主導により1992年に導入され、当初は、事業者の報告書に対して規制当局が評価する仕組みであったが、安全規制の見直しに伴い、2003年以降、定期安全レビュー報告書の提出義務はなくなり、現地の検査官が保安検査の中で、同レビューに関わる一連のプロセスが保安規定の関連部分を適切に順守しているかを確認することになった。

この保安検査結果に関わる報告書の調査を行った結果、規制当局の指摘は、事業者のレビュー報告書の記述内容の充実や適正化などに留まっており、規制当局による確認の仕組みが形骸化していることがわかった。

また、2013年の安全性向上評価制度導入により、事業者は、定期安全レビューの結果をまとめ、規制当局に届出を行い、規制当局は、運用ガイドに基づきその内容の確認を行うことになった。本研究では、事業者および規制当局の活動が、国際的な基準等を反映した仕組みの中で実施されているのかを明らかにするため、IAEAの安全指針の一つとして2013年に発行された「原子力発電所の定期安全レビュー（SSG-25）」への対応状況について調査を行った。

その結果、規制当局が、「プラント設計」、「経年劣化」、「他プラントの運転経験および研究成果の反映」などSSG-25の安全因子14項目に対応する項目を列举し、SSG-25との整合性を明確化し

運用ガイドを定めている状況を確認できた。

一方で、SSG-25では、定期安全レビューを実施する前に、事業者と規制当局が、調査の範囲や要件、期待する成果などをまとめた上で、両者間で議論することを求めているものの、我が国では、レビューの実施段階に両者が議論等を行う場は設けられていない状況である。

我が国では、2020年に新たな検査制度の運用が開始されるが、規制当局は、その中で事業者の全ての保安活動に対して、総合的に監視・評価を行う仕組みを導入し、検査における気付き事項等をもとに、改善の提言等を行い、新知見反映等の取組状況を評価するとしている。このため、規制当局は、定期安全レビューの実施段階において、検査等により蓄積した情報等をもとに、事業者と原子力安全の継続的改善のための議論を行い、定期安全レビューの評価プロセスに反映していくことが有益であると指摘できる。

また、事業者がこれまで実施した定期安全レビューとして、関西電力の高浜発電所1、2号機の過去3回のレビューを取り上げ、安全研究および運転経験に関わる評価結果の調査を行い、その結果、国内外で発生したトラブルに関して、水平展開の要否の判断などが不明確であり、その妥当性の検証が行われていない状況等を明らかにした。

これらを踏まえると、過去の評価に誤りや抜けがないか等の観点から、改めて評価の前提条件に関わる各種データの更新や研究成果、新知見をもとに、判断のプロセスの妥当性等の検証や、安全研究の進捗状況、成果の見通し等を定期安全レビューの中で示すことが有益であると指摘することができる。

ここで、第1章で示したIAEAの提唱する意思決定(IRIDM)プロセスと本研究における議論との関係を改めて整理する。

IRIDMのプロセスについては、第1章において「①事業者と規制当局による課題設定」、「②具体的材料による議論」、「③統合的評価および実行」の3つのフェーズに分け議論を進めた。

第2章および第3章では、事業者が、時間軸を踏まえた過去トラブルの事例分析を通じて情報を蓄積し、その情報基盤等をもとに過去の定期安全レビューのプロセスの検証等を行い、規制当局においても、CAP活動に対する評価等の情報を蓄積し、事業者間の比較分析等を行うことで「①事業者と規制当局による課題設定」への展開が可能である。

また、「②具体的材料による議論」に関しては、IRIDMの中で、「組織上の考慮事項」、「運転経験」など安全文化や定期安全レビューに関わる要素が示されており、トラブル事例などの情報を体系的に整理し知識ベース化を図ることで、議論の材料として活用できる。

さらに、「③統合的評価および実行」にあたっては、事業者に対する立地自治体の指導、要請内容や立地自治体が有する外部専門組織の議論への対応が重要であると指摘し、これらは、社会的受容性の向上を図る上で我が国特有の要素である。

このように、IRIDMプロセスの導入に必要な機能について議論を進めた結果、IRIDMの中に、本研究で提示した技術情報基盤を実装することが有用であり、その基盤については、IRIDMに対する

社会の理解促進に活用できる。

一方で、IRIDMのプロセスを各フェーズに分けて議論するのではなく、IRIDM 自体を技術情報基盤の構築を目的とした知見の収集、分析、反映のための1つのサイクルと捉えることも可能であり、そのプロセスにおける各組織の役割や意思決定の最適化の方法などについては、さらなる検討が必要であることを明らかにした。

第4章では、第2章および第3章で議論した安全文化や定期安全レビューの評価の材料となるトラブルや保安活動、最新知見等をもとに、今後の原子力発電所の長期運転を想定した知識ベースの構築などを行う必要性を指摘するとともに、それらに関わる技術情報基盤の整備・運用について考察を行った。

ここでは、国際的な活動として、OECD/NEAにおける劣化事象データベースおよび知識ベース構築に関わるプロジェクトを例として取り上げ、組織体制やデータベースへのアクセス権限、知識ベース構築のためのプロセスなど、技術情報基盤の整備のために必要な要素を抽出できた。

次に、我が国の技術情報基盤の整備、運用状況について、これまでの経緯を概況し、事業者および規制当局が今後も運転経験データベースとして、ニューシアを活用していく方針を確認した。

しかし、ニューシアの整備・運用状況について調査を行った結果、データベースへの登録件数は膨大になる一方で、トラブルの未然防止への活用が困難となっており、情報の質や産学官による情報共有、社会への情報発信に課題があることを明らかにしている。

このような状況を踏まえ、産学官の総合調整機能を有する体制の構築や、各発電所への情報管理者の配置などを提案するとともに、社会的受容性向上のためのツールとして知識ベースなどの成果物の活用が重要であることが指摘できた。

以上をまとめると、**図5-1**になる。本研究では、調査対象として、主に福井県内の原子力発電所で発生したトラブルを取り上げたが、同県内では、商業用軽水炉が最初に運転を開始した1969年から2017年までの間に法令対象トラブルが303件発生しており、法令対象トラブル以外で安全協定に基づき報告された異常事象は285件発生している¹⁾。これらの発生頻度は、年平均にすると約10件程度であるが、その他、保守運営に支障を及ぼす故障や不具合、労働災害などが年平均で20件程度発生している。

事業者は、これらのトラブルの要因分析を行い、原因を特定し対策を打ち出している。しかしながら、それらは都度対応にとどまるケースが多く、運転経験を蓄積する中で、類似のトラブルが発生した場合、それまで積み上げてきた知見が足りなかったのか、または、陳腐化していたのかなどの傾向分析の実施が困難になっている。

また、規制当局は、現地の各規制事務所から得た各事業者のトラブルへの対応状況等の情報を集積し、比較分析できる強みがあるが、現状では、そのための情報基盤の整備・活用は行われていない。

今後、新たな検査制度の導入により、規制当局は、事業者の CAP 活動の監視、評価を行うことになるが、トラブルに関する CAP の処理が適切であるかの確認はもとより、事業者間でトラブル要因分析の対応にどのような差があるのかなどを比較することで、事業者に対して、より適切な指導を行うことが期待できる。

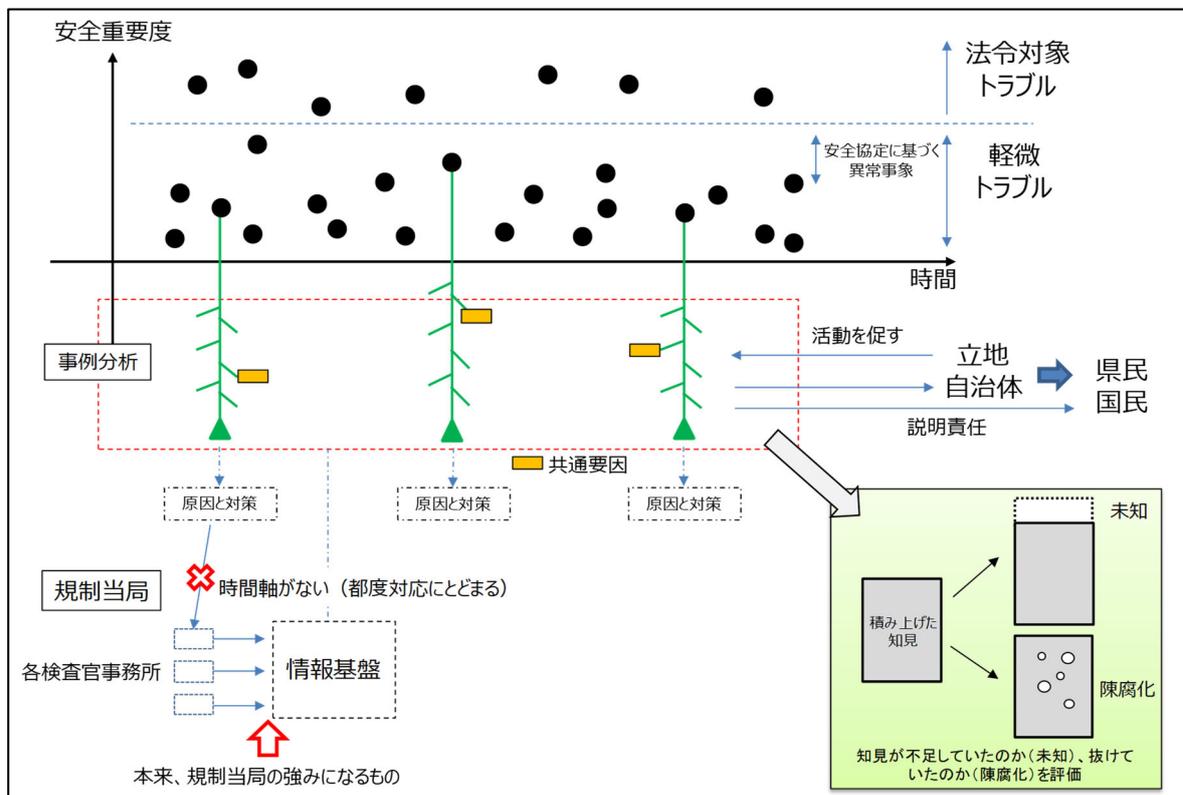


図 5-1 軽微なトラブルから得られる情報基盤と社会への発信

一方で、立地自治体は、トラブルが起きるたびに、事業者の過去の対応が適切であったかなどについて社会に説明する責任を負うことになり、トラブルが起きる中で、過去の知見が活かされているのか、また、プラントの安全性に問題はないかなどの疑問に答えていく必要が生じている。このため、事業者に対して、安全管理の徹底などの要請を行い、安全性向上のための活動を促すなどの対応を図っている。このような立地自治体の対応は、社会受容性を向上させるための我が国独自の仕組みと言える。

本研究では、この仕組みを有効に機能させるための方策等について検討を行い、その結果、軽微なトラブルについても、その背景事情や協力会社を含む現場の意見、過去事例との関連性などの情報を蓄積し、時間軸を考慮に入れた分析を行い、知識ベース化を図ることで、安全文化や定期安全レビューに係る知見の陳腐化等の状況把握が可能であり、社会的受容性を高めるためのツールとしての活用策を示すことができた。

また、本研究における議論の内容と「原子力安全のためのマネジメントシステム規程 (JEAC4111-2013)」との関係を図5-2に示す。

同規程の「安全のためのリーダーシップとマネジメント」の解説の中では、マネジメントについては、「安全文化に基づき、プロセスを経営し、結果を出すという機能」としてきた。

第2章でも議論したように、安全文化は、マネジメントシステムの基礎となるものであり、マネジメントシステムのプロセスを回し、パフォーマンスを上げるための原動力となるものである。

また、システムに必要なプロセスの確立、実施および維持を確実にするために、安全文化醸成活動、定期安全レビューを活用し、その有効性を確認するとともに課題等を抽出し、継続的改善を図ることが重要である。

これらのシステムを支えるためには、本研究で示したような技術情報基盤を整備し、そこから得られる知識ベース等をもとに、国民、県民の要求に応じていく必要がある。

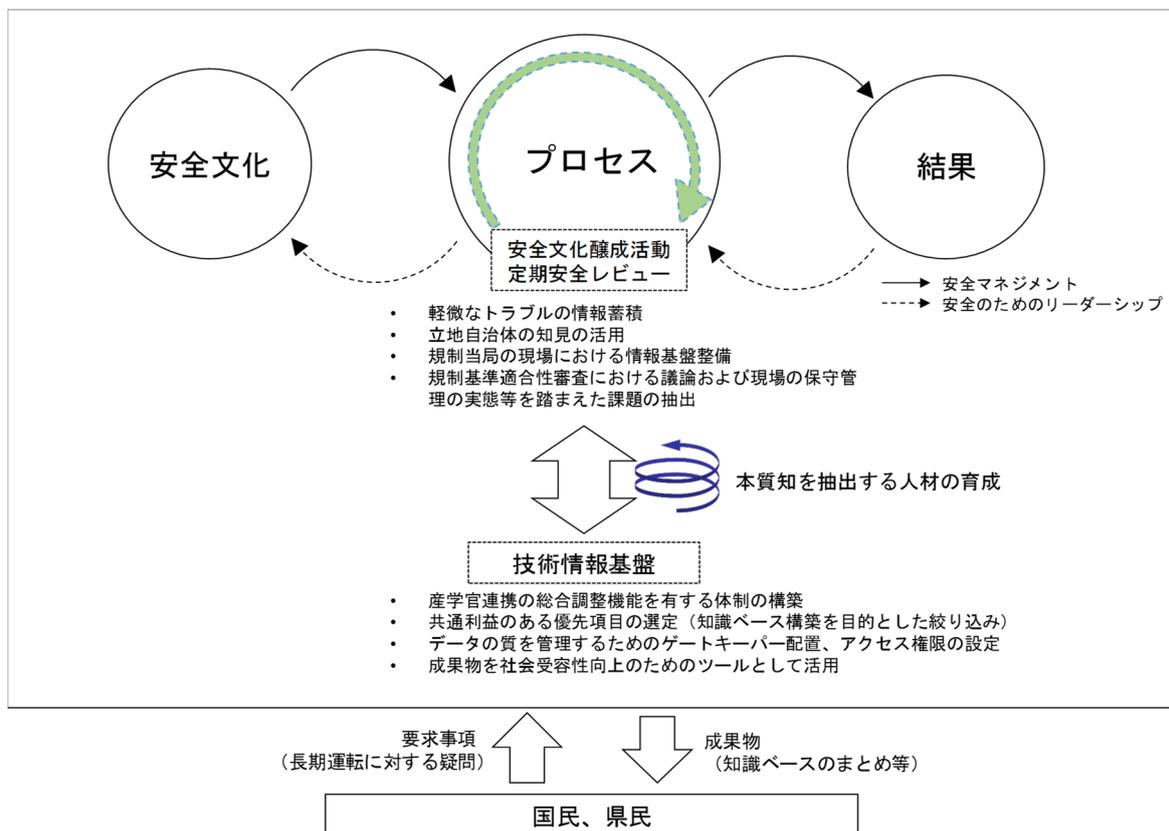


図5-2 安全マネジメントシステムの実効性向上のためのプロセス
(JEAC4111-2013の安全のためのリーダーシップとマネジメントの解説図に加筆)

5. 2 結論

福島第一原子力発電所事故により、原子力の安全に対する社会の信頼が失墜した中で、それを再構築していくためには、プラントの運転実績を積み上げるとともに、安全管理に関する日々の業務を高い水準に保つことが重要であり、事業者、規制当局は、現場の課題やニーズを明らかにしながら、原子力安全に関わる継続的改善に努めていく必要がある。

本研究では、安全文化醸成活動、定期安全レビューの実効性向上のために、事業者及び規制当局が実施すべき方策を示すとともに、

- ・ 原子力発電所で発生した軽微なトラブルについて、過去事例との関連性などの情報を蓄積し、時間軸を考慮に入れた分析を行い、知識ベース化を図ることで、安全文化や定期安全レビューに係る知見の陳腐化等の状況把握が可能であり、社会に対する説明のためのツールとなること
- ・ 我が国では、立地自治体が、原子力安全のための意思決定プロセスの実施主体として実質的に参画していることを明らかにし、その知見は、社会的受容性を高めるために活用できること

を提示することに成功した。

特に、軽微なトラブルから得られる知見を活用することの重要性を指摘したが、福島第一原子力発電所事故が発生した我が国において、今後、原子力発電所の長期運転の安全・安定運転を確保するためには、産学官が連携し、軽微なトラブルに対する分析等のプロセスを通じて、若手技術者等が運転経験に関わる知識ベース化を図る機会を創出し、本質知を抽出できる人材の育成につなげなければならない。

安全文化については、組織内の経営環境や体制、人的資源の状況はもとより、原子力発電所の運転経験などの技術成熟度、社会環境などの背景事情の変遷等により、定量的な評価は困難であるが、トラブル対応を一つの指標として関連する事例を時系列的に追うことで、劣化度合いの傾向の把握は可能であり、現場を中心に当事者間で徹底的に議論を行い、事実関係等を整理し、将来、それらに関わる情報を再利用できるように蓄積していく必要がある。

また、規制当局においても、現場の保安検査官の日々の監視活動を通じて、自らも軽微なトラブルをはじめ安全文化に関わる情報収集を行い、事業者を指導するための情報基盤の整備を行うべきである。

本研究で取り上げた米国の CAP 活動に対して、NEI の報告書では、安全上の影響の小さい事象への対応にリソースをとられた結果、より重要な事象への対応への十分なリソースを配分できず、安全性に悪影響が出た事例も紹介されている。

このため、事業者は、IRIDM 導入の目的の一つとして、プラントの安全に影響を与えない問題に対する資源投入を回避することを掲げているが、本研究では、プラントの安全上は重要とされない軽微なトラブルの中に、組織文化の改善に繋がる要素が含まれることを明らかにした。

IRIDMの機能としては、プラント安全上重要な機器、系統、構造物のみならず、要員の活動を含めたパフォーマンスの評価も求めていることから、それらの要素を総合的に捉え知識ベース化を図ることにより、人材育成への活用が可能となるのである。

福島第一原子力発電所事故を踏まえ、我が国では、安全性向上評価制度を導入し、この中で、定期安全レビューと同様の評価を行うとしているが、この制度を実効性のあるものとするためには、定期安全レビューのプロセスを通じて、プラントの安全確保のための追加措置を抽出し、保安活動等に反映していくことが重要であり、評価の計画の段階から、規制当局と事業者の間で、要求事項や課題を共有し議論を行わなければならない。

特に、新たな検査制度の導入に伴い、事業者の保安活動のすべてを監視の対象として現場の検査官が評価、判断を行う対応型検査が行われるため、現地の規制事務所における情報基盤の整備が重要であり、これらをもとに、安全性向上評価における課題等を抽出することが重要である。

本研究において抽出したこれらの指摘に関連して、関西電力は、2018年1月に取りまとめた高浜発電所3号機の安全性向上評価書の中で、今後の安全性向上計画として、保安活動から追加された措置として「軽微事象の検出・対応の仕組みの改善」を挙げており、「米国のCAPを参考に、軽微事象を積極的に検出し、かつ、原子力安全上重要な問題への対応に資源を集中する仕組みを改善する。」としている²⁾。

その理由については、「品質マネジメントシステムにおいて、不適合の検出を行い、継続的改善をおこなっているが、検査制度見直しに伴い、より軽微な事象も積極的に検出し、原子力安全上重要な問題を漏れなく把握することが必要である」としていることから、本研究で提示した方策を反映するべきである。

また、現場では、規制基準等に対応するための設備増強工事など様々な安全性向上対策が図られているが、事業者は、プラントの運転や保守管理等を行う中で、基準の運用や現場の安全対策工事の有効性等を検証するとともに、安全性評価の前提条件に関わる各種データの更新や研究成果、新知見の収集状況を踏まえ、過去のレビューの判断プロセスの妥当性を検証し、プラントシステム全体の最適化等を図らなければならない。

さらに、我が国では、原子力発電所の長期運転を想定して、産学官が協働し、ニューシアの運用改善を図り、トラブルや保安活動、最新知見等に関する情報の蓄積を行い、それらの分析等を通じて知識ベース化を図るなど技術情報基盤の整備が必要である。

そのためには、ニューシアの活用策の検討を事業者の社内規定に定めるなど、マネジメントレビューの対象とすることが重要である。また、得られる成果物については、現場の保安活動の改善や定期安全レビューはもとより、長期運転に対する住民、国民の理解を得るためのツールとして活用していくことが望まれる。

とりわけ、過去のトラブルに関わる情報を再利用し、体系的な整理を行うことで、福島第一原子力発電所事故後の長期停止による実務経験不足への対応はもとより、原子力安全を担う人材の

年齢構成等を踏まえた技術力の維持、知識伝承への展開が期待でき、そのようなプロセスを通じて、安全文化を評価する上での重要な視点でもある「学習する組織」が発展できる。

原子力委員会は、2017年7月に策定した「原子力利用に関する基本的考え方」を踏まえ、「我が国において、組織毎にばらばらに存在している科学的知見や知識を収集・体系化・共有することによる厚い知識基盤の構築が重要」として、2018年4月に、欧州における産学官連携による原子炉に関するプログラム（NUGENIA）などを参考に、産業界等に対して、軽水炉の長期利用のための基盤整備を求める動きもある。

この中では、原子力関係組織の連携・協働を目的として、「軽水炉長期利用・安全」に関わるプラットフォーム（情報交換、作業の場）の構築が提案されている³⁾ことから、本研究の議論を踏まえた技術情報基盤の整備が構築されるべきである。

以上のように、本研究では、安全文化および定期安全レビューを原子力の安全マネジメントシステムの重要な要素として捉え、それらの実効性向上のための方策やシステムを補完するための方策等を取りまとめるとともに、今後の原子力発電所の長期運転の安全確保のために必要となる技術情報基盤の整備、運用のあり方を提示することができた。

5.3 今後の課題

本研究では、第1章においてIAEAのINSAG-25を紹介し、原子力安全に関わる様々な課題解決のための意思決定のプロセスとして、規制側と事業者側の両者が議論を行い、運転経験や決定論的アプローチ、確率論的アプローチとともに組織のマネジメントシステムや経済性、安全研究成果等を考慮に入れ、総合的に評価、判断していくことが求められている状況を説明している。

そのための手段として、安全マネジメントシステムに着目し、事業者および規制当局が検討、実施すべき方策を提示したが、その議論の過程で、立地自治体および立地自治体が設置した専門家組織が同マネジメントシステムの要素である安全文化や定期安全レビューの実効性向上のために重要な役割を担っていることを明らかにした。

一般的には、事業者および規制当局が原子力安全に関する説明責任を負い、立地自治体はいわゆるステークホルダーの位置づけとして、両者から説明を受ける立場とされているが、本研究を踏まえれば、立地自治体は、意思決定プロセスの実施主体として実質的に参画しており、原子力発電所の再稼働やトラブルなどに対する住民、国民の不安解消に努めるとともに、事業者、規制当局の活動を監視し、改善策の提案等を行う役割を果たしている。

第3章で議論した2017年1月に発生した高浜発電所構内におけるクレーン倒壊事故や2018年3月に発生した玄海発電所3号機の脱気器空気抜き管からの蒸気漏えいのトラブルは、プラントの安全性に影響を与えるものではなかったものの、福島第一原子力発電所事故後の再稼働を間近に控えた発電所であった。これらのトラブルに対しては、社会の関心が極めて高く、立地自治体は、より慎重な対応を求められることになり、事業者に対して、安全管理の徹底を要請し安全を

最優先させる決意を引き出すことで、原子力の安全確保に対する説明責任を立地自治体が果たした。

一方、事業者は、再発防止策として、保守管理の強化のみならず、リスク感受性を高めるための教育や所内で情報共有を図るための活動の展開などを打ち出したが、プラント保全と組織の議論を同列に扱ったため、職員の能力向上など完了時期を明確にできない対策については、時間の経過に伴い、継続的活動として扱われる傾向がみられる。このため、事業者のフォローアップ活動をどの時点で、どのように社会に提示していくのかについては課題が残されている。

また、第2章では、プラントの安全性に影響を与えない軽微なトラブルに対しても、規制当局が、安全文化の劣化兆候把握の観点から詳細な事実関係等を把握し、情報基盤を整備することの重要性を指摘したが、原子力規制委員会は、2015年5月に定めた「原子力安全文化に関する宣言」の中で、「意思決定は、リスクの程度を考慮し、何ものにもとられない独立かつ公平なものでなければならない。また、自らの役割及び権限を明確にし、その判断について確かな根拠のもと論理的に説明する責任を負う。」との行動指針を定めている。

2018年6月に開催された福井県知事と原子力規制委員会委員長との意見交換⁴⁾においても、同委員長は、「規制基準への適合は100%の安全を保証するものではなく、規制当局、事業者、住民は、常にリスクが残ることを認識する必要がある」との考えを示している。

これに対して、福井県からは、「どのようなリスクがあり、それを防止するのか具体的な説明やその積み上げがないと国民の理解は進まない」として、規制当局が国民に対して情報を発信することを求めたものの、原子力規制委員会は、「確率抜きに安全を語ることは難しく、リスク論の詳細に入る必要がある」としており、福島第一原子力発電所事故から7年以上が経過した中、依然として原子力利用に対する社会的受容性を高めるための課題が残されていると言える。

これらを踏まえると、我が国では、原子力安全の達成はもとより、社会的受容性の向上を目的とした意思決定プロセスの議論が重要であり、意思決定に関わる組織を明確にした上でその役割と課題の設定を行い、評価、判断後のフォローアップ活動をどのように社会に提示していくのかについて議論を行う必要がある、本研究を踏まえると、今後解決すべき課題となる。

また、本研究では、技術情報基盤の整備に関連して、データベースへのアクセス権限について我が国が講じる方策について考察を行った際、米国のINPOでは、メンバー以外はデータベースを非公開としていることなどを議論することができた。INPOでは、このようなデータベース構築の他、個別プラントの安全性等の評価を行い、事業者に周知し継続的改善に対する意識を高めるとともに、この評価結果は、原子力発電共済保険の保険料算定の基準となるだけでなく、事業者の経営責任者のトップマネジメントに大きな影響を与えているのである。

我が国では、JANSIが、2017年度より、事業者の安全性向上活動を総合的に評価し、そのランク付けに基づいてJANSI会費への反映や表彰等を行う取組みを開始している。このような仕組みは、原子力安全の継続的改善を図る上でも重要である。また、事業者においても、原子力安全の

継続的改善により、供用期間中全体を見通した設備利用率の向上を図るなど、明確な目標を定める必要がある。

我が国では、機器の状態監視や点検時のデータ等の評価を科学的に行うなどの保全活動の結果をもとに、定期検査間隔を現状の13か月から最大24か月にする長期サイクル運転が認められているが、実現には至っておらず、サイト間や号機間の定期検査時期の重複による作業員確保などに課題がある。

例えば、高浜発電所4号機は、第20回定期検査後、2017年7月から13か月の運転が可能であったが、その場合、定期検査開始後に同号機の蒸気タービンやディーゼル発電機、海水系統等の点検作業のピーク時期と高浜発電所3号機の第23回定期検査開始時期が重複し、作業が輻輳するため、協力会社の負荷低減や労働安全の観点から、約11か月運転後の2018年5月に定期検査を開始した。

このような事例は、福島第一原子力発電所事故前にもみられたが、原子力発電所の安全確保のためには、年間を通して作業員の質を維持し、作業経験、知見を蓄積していくことも重要であって、長期サイクル運転の実現により、作業計画等に柔軟性をもたせることにもつながるのである。

事業者は、機器、設備の点検時におけるデータや状態監視データの収集、分析等を行い、保全活動の具体策の検討を進めており、今後、燃料集合体の信頼性、燃焼度などの技術的事項も考慮に入れ運転サイクル期間の最適化を図るものと想定されるが、その際、保全の改善に有用なデータを知識化し、事業者間で共有しなければならない。このため、本研究で提示した技術情報基盤をいかに長期サイクル運転に適用していくべきかについては、今後の研究課題である。

第1章でも述べたように、我が国では、現行の規制基準に適合するために、設備の増強や改造工事等に多額の投資を行い運転継続の方針が示されるプラントがある一方で、安全対策工事の技術的および経済的成立性や今後の運転可能期間等を総合的に勘案した結果、廃止措置に移行するプラントの二極化が進んでいる。

原子力発電所の安全確保のためには、建設から廃止措置に至るまでのライフサイクル全体を見通した保全、管理、技術の継承等が必要なのであって、廃止措置プラントから得られる知見の新設・運転プラントへの反映はもとより、トラブルの再発防止のために実施した対策が有効に機能しているのかなど、これまで蓄積した知見や組織体制などに関する陳腐化対策については、本研究を発展させるべき重要な研究課題となる。

謝 辞

本研究は、東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻の関村直人教授のもとで進められたものです。関村教授には、私が 2006 年から 2010 年まで在籍した経済協力開発機構原子力機関 (OECD/NEA) において、高経年化対策に関する国際プロジェクトの議長を務めていただきました。本研究の中核である技術情報基盤の構築等に係る研究は、このプロジェクトの知見や成果がもとになっております。

先生からは、本研究の全体の方向性や、各章の議論の進め方や内容について多くの有益なご示唆をいただくとともに、原子力の専門家として、物事の全体像を俯瞰的に捉え、国際的な視野を広げることの重要性を学ばせていただきました。ここに深甚なる感謝の意を表します。

また、東京大学大学院工学系研究科の上坂充教授、岡本孝司教授、越塚誠一教授、糸井達哉准教授ならびに名古屋大学大学院工学研究科の山本章夫教授には格別のご指導を賜るとともに、議論の場を与えていただき有益なご助言を賜りました。ここに深く感謝の意を表します。

本論文の執筆にあたっては、OECD/NEA 在籍時から交流があり、博士号取得者の先輩でもあるアイダホ国立研究所の Choi Yong-Joon 氏、東京電力の稲垣武之氏、経済産業省の八木雅浩氏より、博士取得までのプロセスや研究者としての心構えなどについて、節目節目にアドバイスをいただきました。

さらに、研究を進めていく中で、(株)原子力安全システム研究所の田中秀夫氏、元原子力安全基盤機構の菅野真紀氏には、多くの時間を割いていただき、研究内容に対して有益なご助言、コメントをいただきました。皆様に対して深く謝意を表する次第です。

本研究では、主な分析の対象として、原子力発電所で発生したトラブル事例を取り上げていますが、その調査には、福井工業大学の来馬克美教授、寺川和良元教授、(公財)若狭湾エネルギー研究センターの岩永幹夫専務理事を始め、福井県原子力安全対策課の技術系職員の先輩方が長年に渡り積み上げてきたデータ、知見を活用させていただきました。

また、研究の過程において、事業者をはじめ、規制当局、福井県原子力安全専門委員会委員の方々と技術的な議論ができたことは、私にとって大きな財産となりました。皆様に対して厚く御礼を申し上げます。

最後に、原子力行政に携わるものとして、引き続き、原子力安全に役に立つ実務、研究を進めていきたいと考えております。

2019 年 2 月

山本 晃弘

－ 参 考 文 献 －

(参考文献のタイトルの和暦については西暦に表記を変更)

(第1章)

- 1) 福島第一原発事故をふまえて - 本県の取組みと大飯3・4号機稼働13か月 -, 2013年9月, 福井県安全環境部.
- 2) 市村知也. 原発利用のための制度の変化に関する考察 -福島原発事故の影響に着目して-. 政策研究大学院大学, 2017, 博士論文.
- 3) IAEA, *The Fukushima Daiichi Accident -Report by the Director General-*, IAEA (2015).
- 4) IAEA, *INSAG-25 A Framework for an Integrated Risk Informed Decision Making Process*, IAEA(2011).
- 5) リスク情報活用の実現に向けた戦略プラン及びアクションプラン, 2018年2月8日, 電気事業連合会.
- 6) 福島第一原子力発電所事故 その全貌と明日に向けた提言 (学会事故調 最終報告書), 2014年3月, (一社)日本原子力学会 東京電力福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会.
- 7) 第393回福井県議会知事提案理由説明, 2016年9月12日, 福井県議会.
- 8) 佐藤一男, 「改訂 原子力安全の倫理」, 日刊工業新聞社(2006).
- 9) IAEA, *INSAG-3 Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants*, IAEA(1988).
- 10) IAEA, *INSAG-4 Safety Culture*, IAEA(1991).
- 11) OECD Nuclear Energy Agency, *The Safety Culture of an Effective Nuclear Regulatory Body*, OECD Nuclear Energy Agency(2016).
- 12) 島根原子力発電所低レベル放射性廃棄物のモルタル充填に用いる流量計問題に関する調査報告, 2015年9月11日, 中国電力(株).
- 13) 定期安全レビューに関する要求事項について, 第3回検査の在り方に関する検討会資料3, 2003年7月30日, 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会, 原子力安全・保安院.
- 14) 発電用原子炉施設の安全性向上評価の実施を踏まえた定期安全レビューの取扱いについて, 第11回発電用原子炉施設の新安全規制の制度整備に関する検討チーム会合資料11-1, 2013年8月26日, 原子力規制委員会.
- 15) 根井寿規, 高経年化対策と新たな検査制度の実施に向けて, エネルギー政策研究特別号(5) 軽水炉の高経年化対策に関する有識者の意見, 2008年4月, エネルギー政策研究所.
- 16) OECD Nuclear Energy Agency, *Technical Basis for Commendable Practices on Ageing Management SCC and Cable Ageing Project (SCAP) Final Report*, NEA/CSNI/R(2010)15, OECD Nuclear Energy Agency(2010).
- 17) IAEA, *Integrated Regulatory Review Service (IRRS) Mission to Japan*, Department of Nuclear Safety and Security, IAEA-NS-IRRS-2016 (2016).
- 18) 実用発電用原子炉の設置, 運転等に関する規則第134条及び研究開発段階にある発電の用に供する原子炉の設置, 運転等に関する規則第129条の運用について (訓令) の制定について, 2013年7月8日, 原子力規制委員会.
- 19) (財)福井原子力センター: 福井県の原子力 (別冊) 改訂第13版, pp.212-217, 福井県原子力安全対策課, 2009.
- 20) 一木邦康, “米国原子力発電所の安全文化改善を目指した諸活動についての考察”, *J. Inst. Nucl. Saf. Syst.*, **18**, 252-266, INSS(2011).
- 21) Nuclear Energy Institute, *Improving the Effectiveness of Issue Resolution to Enhance Safety and Efficiency*, NEI 16-07 [Revision A](2017).

(第2章)

- 1) 谷口武俊, 原子力施設における安全文化の醸成に関する考察, 電力経済研究 No. 38, 電力中央研究所(1997).
- 2) 長谷川尚子, 組織内コミュニケーションによる安全文化の醸成プロセスに関する一考察, 研究報告: Y08057, 電力中央研究所(2009).
- 3) 福井宏和, “安全風土調査の充実に関する検討—海外の安全文化の視点を参考として—”, *J. Inst. Nucl. Saf. Syst.*, **21** 2014 SR-1, INSS(2014).
- 4) 安全文化に係るガイドの基本的な考え方に対する事業者意見について(電気事業連合会), 第1回規制に係る人的組織的要因に関する検討チーム資料1-6, 2017年7月27日, 電気事業連合会.
- 5) 米山充, 東京電力の原子力安全文化醸成活動, 日本原子力学会安全部会「原子力安全文化」フォローアップセミナー, 2017年7月11日, 東京電力ホールディングス(株).
- 6) JANSI の活動と安全文化, 原子力規制委員会と原子力安全推進協会(JANSI)との意見交換会配布資料, 2014年4月22日, (一社)原子力安全推進協会.
- 7) IAEA, *Safety Standards Series No. SF-1*, IAEA(2006)
- 8) Chairpersons' Summary, “Human and Organizational Factors in Nuclear Safety in the Light of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant”, *Int. Experts Meeting* 21-24 May 2013 Vienna, IAEA.
- 9) IAEA, *The Management System for Facilities and Activities*, Series No. GS-R-3, IAEA(2006).
- 10) IAEA, *Application of the Management System for Facilities and Activities*, Series No. GS-G-3.1, IAEA(2006).
- 11) 原子力規制委員会規則 第八号, 「実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の設計及び工事に係る品質管理の方法及びその検査のための組織の技術基準に関する規則」.
- 12) (社)日本電気協会 原子力規格委員会, 原子力安全のためのマネジメントシステム規程(JEAC4111-2013), (社)日本電気協会(2013).
- 13) 安全文化の理解と評価のための手引き, JNES-SS-0615-1, (独)原子力安全基盤機構規格基準部(2008).
- 14) 2016年度原子力部門安全文化評価の実施結果について, 第14回原子力安全検証委員会配布資料, 2017年6月5日, 関西電力(株).
- 15) 竹内みちる, “組織の安全文化(安全風土)評価・測定の手法に関する試論”, *J. Inst. Nucl. Saf. Syst.*, **19**, 10-19, INSS(2012).
- 16) 発電所の運転および建設状況(第99号), pp. 93-96, 福井県原子力環境安全管理協議会技術部会(1999).
- 17) 「原子力発電所の通報連絡と安全確保の徹底について(要請書)」, 発電所の運転および建設状況(第99号), 217-222, 福井県原子力環境安全管理協議会技術部会(1999).
- 18) 菅原慎悦, 稲村智昌, 木村浩, 班目春樹, “安全協定にみる自治体と事業者との関係の変遷”, 日本原子力学会和文論文誌, **8**[2], 154-164(2009).
- 19) 発電所の運転および建設状況(第105号), pp. 90-102, 福井県原子力環境安全管理協議会技術部会(2001).
- 20) 福井県議会会議事録, 1999年7月9日, 6月議会予算特別委員会記録など.
- 21) 美浜発電所3号機 二次系配管破損事故について, 2005年3月, 関西電力(株).
- 22) 原子炉格納容器漏洩率検査に係る問題についての調査結果, 2002年12月, 東京電力社外調査団.
- 23) 発電所の運転および建設状況(2005年7月~9月(第124号)), P29, 福井県安全環境部原子力安全対策課(2005).
- 24) 発電所の運転および建設状況(2007年1月~2月(第130号)), pp. 105-106, 福井県安全環境部原子力安全対策課(2007).
- 25) 発電所の運転および建設状況((2007年)10月~12月(第133号)), P23, 福井県安全環境部原子力安全対策課(2008).

- 26) 発電所の運転および建設状況((2007年)3月～6月(第131号)), 452-459, 福井県安全環境部原子力安全対策課(2007).
- 27) トラブル低減に向けた取組み計画, 第42回福井県原子力安全専門委員会(2008年1月16日)配布資料No.2, 関西電力(株)(2008).
- 28) 福井県の原子力安全の軌跡, 福井県知事と経済産業大臣面談時の配布資料(2012年4月14日), 福井県.
- 29) 高浜発電所2号機 A非常用ディーゼル発電機室内における蒸気漏れについて(通番:12198, 報告書番号:2015-関西-M001 Rev.4), 原子力施設情報公開ライブラリー(ニューシア).
- 30) 発電所の運転・建設年報(2005年度), P147およびP156, 福井県安全環境部原子力安全対策課(2007).
- 31) 福島原発事故と複合リスク・ガバナンス, P99, 城山英明[編], (2015).
- 32) 発電所の運転および建設状況(2015年3月～6月(第163号)), P43, 福井県安全環境部原子力安全対策課(2015).
- 33) 発電所の運転および建設状況(2015年7月～9月(第164号)), P53, 福井県安全環境部原子力安全対策課(2015).
- 34) 発電所の運転・建設年報(2013年度), P159, 福井県安全環境部原子力安全対策課(2015).
- 35) 発電所の運転および建設状況(2015年3月～6月(第163号)), P44, 福井県安全環境部原子力安全対策課(2015).
- 36) 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会, 高経年化対策検討委員会 高経年化技術評価ワーキンググループ(第40回), 2009年7月30日.
- 37) 宮崎孝正, “原子力発電所における作業者過誤の対策検討の早見表とその応用”, 日本原子力学会和文論文誌, 7[4], 406 (2008).
- 38) 西脇由弘, “原子力発電施設の規制の課題と考察”, 日本原子力学会和文論文誌, 6[3], 251 (2007).
- 39) 福井県議会会議事録, 2004年9月28日, 9月議会一般質問記録など.
- 40) 美浜発電所3号機の二次系配管破損事故を踏まえた福井県から内閣総理大臣, 経済産業大臣等に対する要請書(2004年8月27日)など, 福井県.
- 41) 安全文化・組織風土劣化防止の評価ガイドライン作成と教育資料作成, 2007年度 人間・組織等安全解析調査等に関する報告書(2008年7月), (独)原子力安全基盤機構.
- 42) 根本原因分析ガイドライン作成と教育資料作成, 2007年度 人間・組織等安全解析調査等に関する報告書, 2008年7月, (独)原子力安全基盤機構.
- 43) 実用発電用原子炉に対する保安検査結果等について(2006年度第4四半期), 2007年5月10日, 原子力安全・保安院.
- 44) 実用発電用原子炉に対する保安検査結果等について(2007年度第4四半期), 2008年4月24日, 原子力安全・保安院.
- 45) 原子力安全・保安院 原子力発電検査課, 「実用発電用原子炉に対する保安検査結果等について」プレスリリースなど, 原子力安全・保安院.
- 46) 実用発電用原子炉に対する保安検査結果等について(2008年度第2四半期), 2008年10月31日, 原子力安全・保安院.
- 47) 実用発電用原子炉に対する保安検査結果等について(2008年度第3四半期), 2009年2月5日, 原子力安全・保安院.
- 48) 実用発電用原子炉に対する保安検査結果等について(2008年度第4半期), 2009年4月27日, 原子力安全・保安院.
- 49) 安全文化評価の実施結果(2008年度), 第12回原子力保全改革検証委員会配布資料, 2009年4月7日, 関西電力(株).
- 50) 「人間・組織等安全解析調査等に関する報告書」JNES-RE-2012-0025, (独)原子力安全基盤機構(2013).
- 51) 原子力規制事務所, 「安全文化・組織風土劣化防止に係る取り組みの総合評価について」プレスリリースなど, 原子力規制委員会.

- 52) 発電所の運転・建設年報(2014年度), P143, 福井県安全環境部原子力安全対策課(2015).
- 53) 2015年度第2回保安検査報告書, 2015年11月, 原子力規制委員会.
- 54) 当社において火災・発煙事象等が続いていることの原因及び再発防止対策について, 2012年7月6日, 日本原子力発電(株).
- 55) 原子力安全文化の醸成について - トップマネジメントとの話し合い, 2005年6月, 原子力安全委員会.
- 56) IAEA, *Self-assessment of Safety Culture in Nuclear Installations*, (IAEA-TECDOC-1321), IAEA(2002).
- 57) IAEA, *Safety Culture in Nuclear Installations -Guidance for use in the enhancement of Safety Culture-* (IAEA-TECDOC-1329), IAEA(2002).
- 58) 来馬克美, 「君は原子力を考えたことはあるかー福井県原子力行政40年私史」, 197-198, ナショナルレビュー(2010).
- 59) IAEA, *Regulatory Oversight of Safety Culture in Nuclear Installations*, (IAEA-TECDOC-1707), IAEA(2013).
- 60) E. Hollnagel, *Safety-I and Safety-II: The Past and Future of Safety Management*, ISBN-13 978-1472423085 (2014).

(第3章)

- 1) IAEA, *Periodic Safety Review of Operational Nuclear Power Plants: A Safety Guide*, Safety Series No. 50-SG-012, IAEA (1994).
- 2) 定期安全レビューの実施について, 1992年6月22日, 資源エネルギー庁.
- 3) 福島県エネルギー政策検討会「中間とりまとめ」, 福島県(2002).
- 4) 原子力安全・保安院, 北海道電力(株)泊発電所2005年度(第2回)保安検査報告書, 2005年9月.
- 5) 原子力安全・保安院, 四国電力(株)伊方発電所2005年度(第3回)保安検査報告書, 2005年12月.
- 6) 原子力規制委員会, 関西電力(株)高浜発電所2013年度(第3回)保安検査報告書, 2014年2月.
- 7) 原子力安全・保安院, 北陸電力(株)志賀発電所2004年度(第4回)保安検査報告書, 2005年3月.
- 8) 原子力安全・保安院, 東京電力(株)柏崎刈羽発電所2005年度(第4回)保安検査報告書, 2006年3月.
- 9) 原子力安全・保安院, 第22回総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会配布資料(2006年7月6日), 「原子力安全・保安院5年間の施策(原子力安全関係)」.
- 10) 日本への総合規制評価サービス(IRRS)ミッション報告書について, 第5回原子力規制委員会臨時会議配布資料, 2016年4月25日, 原子力規制庁.
- 11) IAEA, *Safety Standards Series Periodic Safety Review for Nuclear Power Plants No. SSG-25*, IAEA (2013).
- 12) 実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド(2017), 原子力規制委員会.
- 13) 九州電力(株)川内原子力発電所第1号機の第1回安全性向上評価届出書に係る主なコメント, 第2回実用発電用原子炉の安全性向上評価の継続的な改善に係る会合 資料1, 2017年8月28日, 原子力規制庁.
- 14) 安全性向上評価の継続的な改善に係る取組みの方向性について, 第2回実用発電用原子炉の安全性向上評価の継続的な改善に係る会合 資料3, 2017年8月28日, 電気事業連合会.
- 15) 諸外国における原子力発電所の安全規制に係る法制度(2010・2011年度原子力行政に係る法的問題研究班研究報告書) P145-P163, 日本エネルギー法研究所(2013).
- 16) EDF, *Preparation for Long Term Operation*, IAEA Workshop on Construction Technology for Nuclear Power Plants (2011).

- 17) 実用発電用原子炉の安全性向上評価届出に係る対応について，第21回原子力規制委員会資料5，2017年7月5日，原子力規制委員会。
- 18) 発電用原子炉施設の安全性向上評価の実施を踏まえた定期安全レビューの取扱いについて（案），第11回発電用原子炉施設の新安全規制の制度整備に関する検討チーム会合資料11-1，2013年8月26日，原子力規制庁。
- 19) 原子力規制委員会第59回会議議事録(2016年度)，2017年2月1日。
- 20) 高浜発電所1号機定期安全レビュー(第2回)報告書／高浜発電所2号機定期安全レビュー(第2回)報告書，2003年12月，関西電力(株)。
- 21) 第34回原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合(2013年10月17日)議事録など。
- 22) 第57回原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合資料3-3-1“伊方発電所3号炉内部溢水の影響評価について〔審査会合における指摘事項の回答〕”など，2013年12月12日，四国電力(株)。
- 23) 第4回安全対策検証委員会議事概要等，2011年10月14日，福井県。
- 24) 高浜発電所3，4号機の安全性向上対策等に係るこれまでの審議の取りまとめ，2015年12月，福井県原子力安全専門委員会。
- 25) 原子力発電所の竜巻影響評価ガイド，原子力規制委員会(2013)。
- 26) 大飯発電所3，4号機の安全性向上対策等に係るこれまでの審議の取りまとめ，2017年11月，福井県原子力安全専門委員会。
- 27) (一社)日本原子力学会原子力安全部会，「福島第一原子力発電所事故に関するセミナー」報告書(何が悪かったのか，今後何をすべきか) P137，(一社)日本原子力学会(2013)。
- 28) 高浜発電所1号機定期安全レビュー報告書／高浜発電所2号機定期安全レビュー報告書，1997年11月，関西電力(株)。
- 29) 発電所の運転および建設状況(2004年10月～12月(第121号))，pp. 58-60，福井県県民生活部原子力安全対策課(2004)。
- 30) 美浜発電所3号機二次系配管破損事故について，2005年3月，関西電力(株)。
- 31) 高浜発電所1，2号機定期安全レビュー(第3回)報告書，2013年12月，関西電力(株)。
- 32) 大飯発電所3，4号機の安全性向上対策等に係るこれまでの審議の取りまとめ 別添資料(これまでの委員会等において事業者から提出された資料) P94，2017年11月，福井県原子力安全専門委員会。
- 33) 高浜発電所4号機における発電機自動停止に伴う原子炉自動停止に係る関西電力からの報告に対する評価及び今後の対応について，第1回原子力規制委員会資料1，2016年4月6日，原子力規制委員会。
- 34) 第47回原子力規制委員会議事録，2016年12月7日，原子力規制委員会。
- 35) 高浜発電所構内におけるクレーン倒壊による燃料取扱建屋等の損傷について，第59回原子力規制委員会資料6，2017年2月1日，原子力規制庁。
- 36) 関西電力(株)高浜発電所所長との面談記録，2017年，高浜原子力規制事務所。
- 37) 検査制度の見直しに関する中間取りまとめ，第7回会合検査制度の見直しに関する検討チーム会合資料1-2，2016年11月18日，原子力規制庁。
- 38) 規制におけるリスク情報の活用，日本原子力学会「2015年春の年会」原子力安全部会企画セッション配布資料，2015年3月20日，原子力規制委員会。
- 39) 電気事業者における軽水炉安全技術・人材ロードマップの活用状況，総合資源エネルギー調査会自主的安全性向上・技術・人材WG第10回会合資料，2016年6月17日，電気事業連合会。
- 40) 高浜発電所1号炉高経年化技術評価書(40年目)，2013年11月／高浜発電所2号炉高経年化技術評価書(40年目)，2014年12月，関西電力(株)。

(第4章)

- 1) IAEA, The Power Reactor Information System (PRIS).
<https://www.iaea.org/resources/databases/power-reactor-information-system-pris>. (参照 2019-02-01).

- 2) 原子力発電所の安全対策及び防災対策に対する提言, 2017年7月, 全国知事会.
- 3) OECD/NEA SCAP について (高経年化対応経年劣化管理のための推奨経年劣化管理プログラムの整備事業), 総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 高経年化対策検討委員会高経年化技術評価ワーキンググループ (第48回) 配布資料, 2010年8月18日原子力安全・保安院 原子力安全基盤機構.
- 4) IAEA, *Safety Reports Series No. 82, Ageing Management for Nuclear Power Plants: International Generic Ageing Lessons Learned (IGALL)*, IAEA(2015).
- 5) OECD Nuclear Energy Agency, *Joint CSNI/CNRA Strategic Plan and Mandates (2005-2009)*, OECD Nuclear Energy Agency(2005).
- 6) IAEA, *Assessment and Management of Ageing of Major Nuclear Power Plant Components Important to Safety: Steam Generators (IAEA-TECDOC-981)*, IAEA (1997).
- 7) 高経年化技術評価審査マニュアル, JNES-RE-2013-9012, 2013年9月, (独)原子力安全基盤機構.
- 8) 原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド, JNES-RE-2013-2049, 2014年2月, (独)原子力安全基盤機構.
- 9) 美浜発電所3号機の運転期間延長認可申請の概要について(高経年化技術評価書(40年目)の概要), 第87回福井県原子力安全専門委員会配布資料, 2016年11月2日, 関西電力(株).
- 10) 軽水炉安全技術・人材ロードマップ, 2015年6月(2017年3月改訂), 自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループおよび日本原子力学会軽水炉安全技術・人材ロードマップ高度活用研究専門委員会.
- 11) 信頼回復・企業再生に向けた再発防止対策の実施状況について, 2007年度第2回企業倫理委員会, 2007年11月6日, 中国電力(株).
- 12) エネルギー利用(原子力発電) 電気事業者の取組状況について, 2008年10月8日, 電気事業連合会.
- 13) 「原子力保全総合システム」の再構築の概要, 2016年5月24日, 関西電力(株).
http://www.kepcoco.jp/corporate/pr/2016/0524_1j.html (参照 2018-04-01)
- 14) 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会 原子力安全規制法制検討小委員会 中間報告, 2002年10月31日, 経済産業省.
- 15) 原子力施設情報公開ライブラリー「ニューシア」運用手引き(最終改訂), 2017年10月25日, (一社)原子力安全推進協会.
- 16) 敦賀発電所2号機 炉内温度計用引出管の折損について(通番:11937, 報告書番号:2013-原電-M003 Rev. 3), 原子力施設情報公開ライブラリー(ニューシア).
- 17) 発電所の運転・建設年報(1997年度), P31, 福井県原子力環境安全管理協議会技術部会.
- 18) 泊発電所3号機 炉内熱電対の引出管の損傷について(通番:11544, 報告書番号:2012-北海道-M002 Rev. 3), 原子力施設情報公開ライブラリー(ニューシア).
- 19) 高浜発電所3号炉の高経年化技術評価(共通事項)補足説明資料, 第5回原子力発電所の高経年化技術評価等に係る審査会合, 2014年6月6日, 原子力規制委員会.
- 20) 原子力規制委員会における民間規格の活用に関する見直しについて, 第13回原子力規制委員会 資料4, 2018年6月6日, 原子力規制委員会.
- 21) IRRS 対応 現行の運転経験反映プロセスの再評価(軽微トラブルの自主的報告の活用等)について, 第20回技術情報検討会, 2016年7月11日, 原子力規制庁.
- 22) 伊方発電所3号機 運転上の制限の逸脱に係る報告について, 被規制者等との面談概要・資料, 2018年1月10日, 原子力規制庁.
- 23) 2017年度第3四半期の保安検査の実施状況について, 2018年2月14日, 原子力規制委員会.
- 24) 予防処置の管理について(指導), 2017年9月12日, 川内原子力規制事務所.
- 25) 第49回原子力規制委員会会議議事録, 2017年11月15日, 原子力規制委員会.
- 26) 原子力の安全基盤の強化について, 原子力安全・保安部会原子力安全基盤小委員会報告, 第45回原子力委員会 資料第1-2号, 2007年10月, 原子力委員会.

- 27) 建屋と屋外との配管貫通部の点検に関する対応，2016年11月7日，(一社)原子力安全推進協会.
- 28) 第37回原子力規制委員会会議議事録，2016年10月19日，原子力規制委員会.
- 29) 外部溢水に対する防護対策の実態調査，原子力規制庁安全規制管理官付，2016年10月24日，原子力規制庁.
- 30) 志賀原子力発電所における原子炉建屋内への雨水流入に係るこれまでの北陸電力からの報告に対する評価及び今後の対応について，第43回原子力規制委員会 資料2，2016年11月16日，原子力規制委員会.
- 31) 安全性向上評価の継続的な改善に係る今後の取組みについて(関西電力(株))，第6回実用発電用原子炉の安全性向上評価の継続的な改善に係る会合 資料2，2018年3月14日，原子力規制委員会.
- 32) 故障件数の不確かさを考慮した国内一般機器故障率の推定(1982年度～2007年度26ヵ年55基データ)，2014年1月，(一社)原子力安全推進協会.

(第5章)

- 1) 高浜3号機安全性向上評価(第1回)届出書の概要(関西電力(株))，第6回実用発電用原子炉の安全性向上評価の継続的な改善に係る会合 資料1，2018年3月14日，原子力規制庁.
- 2) 発電所の運転・建設年報(2017年度)，pp.184-187，福井県安全環境部原子力安全対策課(2018).
- 3) 「原子力利用の基本的考え方」のフォローアップ～原子力関係組織の連携・協働の立ち上げ～，第14回原子力委員会資料第2-1号，2018年4月11日，原子力委員会.
- 4) 更田豊志委員長によるもんじゅの地元関係者(西川福井県知事)との意見交換会(議事録)，2018年6月18日，原子力規制委員会.

－ 関連発表 －

○査読付論文（筆頭筆者）

- ・ 山本晃弘、関村直人、“原子力発電所における安全文化醸成活動の実効性向上に関わる研究”、日本原子力学会和文論文誌、16[3]、119-138（2017）
- ・
- ・ 山本晃弘、関村直人、“原子力発電所の定期安全レビューの実効性向上に関わる研究”、日本原子力学会和文論文誌、17[2]、67-85（2018）

○査読付プロシーディング（筆頭筆者）

- ・ A. Yamamoto, A. Huerta, K. Gott, T. Koshy, Improving regulatory practices through the OECD-NEA stress corrosion cracking and cable ageing project (SCAP), IAEA-CN-155-047, 2nd International Symposium on Nuclear Power Plant Life Management (PLiM) organized by the IAEA, 15-18 October 2007, Shanghai, China
- ・ A. Yamamoto, A. Huerta, K. Gott, T. Koshy, OECD-NEA stress corrosion cracking and cable ageing project (SCAP), THE EUROPEAN CORROSION CONGRESS “Managing Corrosion for Sustainability” organized by EUROCORR, 7 - 11 September 2008 Edinburgh, United Kingdom
- ・ A. Yamamoto, A. Huerta, K. Gott, T. Koshy, Improving regulatory practices through the OECD-NEA stress corrosion cracking and cable ageing project (SCAP), IAEA-CN-194-082, 3rd International Symposium on Nuclear Power Plant Life Management (PLiM) organized by the IAEA, 14-18 May 2012, Salt Lake City, UT, USA

○解説記事（筆頭著者）

- ・ A. Yamamoto, A. Huerta, K. Gott, T. Koshy, The NEA project on stress corrosion cracking and cable ageing (SCAP), NEA News, OECD Nuclear Energy Agency, Volume 25, 18-21, No.1(2007)

○解説記事（筆頭著者以外）

- ・ 関村直人、持丸康和、山本晃弘、滝沢真之、国谷治郎、鈴木雅秀、藤村公也、高木俊治、高経年化対策プロジェクト、保全学 7(2)、11-13（2008）、日本保全学会。
- ・ A. Blahoianu, K. Gott, A. Huerta, N. Sekimura and A. Yamamoto, “Ageing management”, NEA News, OECD Nuclear Energy Agency, Volume 27, 16-19, No.1(2009)

○学会発表（国内）

- 山本晃弘、「事業者および規制当局の安全文化醸成活動の現状の課題と実効性向上に向けた方策について」、日本原子力学会 2017 年春の年会企画セッション「原子力安全文化醸成への取組みの現状と課題」、2017 年 3 月 29 日、東海大学湘南キャンパス

○講演（国際）

- OECD-NEA Stress Corrosion Cracking and Cable Ageing Project (SCAP), International symposium on Research for Aging Management of Light Water Reactors organized by the INSS, 22-23 October 2007, Fukui, Japan
- Local government practice in Japan - Knowledge management to ensure safety -, Third International Conference on Nuclear Knowledge Management Challenges and Approaches organized by the IAEA, 7-11 November 2016, Vienna, Austria
- Stakeholder involvement, The 7th Vietnam - Japan Research & HRD Forum on Nuclear Technology (supported by VINATOM, HUST, JICC and JINED), 24-25 November 2016, Hanoi University of Science and Technology, Hanoi, Vietnam
- Local government practice (Strategies for improving Nuclear Safety with the aim of obtaining public understanding), New Maintenance Strategy at Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant for Safe Long-Term Operation and Ageing Management, 2017 International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP 2017), 24-28 April 2017, Fukui and Kyoto, Japan
- The nuclear energy policy and communication of Fukui prefecture, Fukui International Meeting on Human Resources Development for Nuclear Energy in Asia 2017, 7-9 February 2018, Tsuruga city, Fukui, Japan
- Local government practice (Strategies for improving Nuclear Safety with the aim of obtaining public understanding), JICC-EGAT-NST Nuclear Seminar: Lesson Learned from Japan, 22 March 2018, Bangkok, Thailand
- Nuclear energy policy in Fukui, Fukui International Meeting on Human Resources Development for Nuclear Energy in Asia 2019, 6-8 February 2019, Tsuruga city, Fukui, Japan

○講演（国内）

- ・ 国際機関(OECD/NEA)における高経年化対策プロジェクト、第4回東北原子力シンポジウム（日本原子力学会東北支部主催）、2010年10月19日、青森県上北郡六ヶ所村
- ・ 福井県の原子力（安全と信頼確保への取り組み）、第8回原子力発電所過酷事故防止検討会（(一社)技術同友会）、2015年5月25日、東京都内
- ・ 福井県の原子力（安全と信頼確保への取り組み）、日本原子力学会「社会と共存する魅力的な軽水炉の展望」調査専門委員会、2015年9月7日、東京都内
- ・ 地方自治体での危機管理の在り方および事故時の対応等について、東京工業大学グローバル原子力安全・セキュリティ・エージェント教育課程「原子力道場第四」科目（非常勤講師）、2016年度、2017年度、東京工業大学
- ・ Local government practice (Strategies for improving Nuclear Safety with the aim of obtaining public understanding)、(一財)原子力国際協力センター（JICC）基盤セミナー（経済産業省原子力発電導入基盤整備補助金事業）、2017年2月13日～17日、東京都内
- ・ 原子力発電所の再稼働後の地方自治体の課題、第5回「原子力安全夏期セミナー」（日本原子力学会原子力安全部会主催）、2017年8月21～23日、福島県いわき市
- ・ Local government practice (Strategies for improving Nuclear Safety with the aim of obtaining public understanding)、原子力安全のリーダーシップに関するアジア原子力安全ネットワーク（ANSN）講師育成研修（IAEA、福井県、(公財)若狭湾エネルギー研究センター主催）、2017年9月11日～15日、福井県敦賀市
- ・ Stakeholder involvement、IAEA原子力発電基盤訓練コース（IAEA、原子力人材育成ネットワーク、(一財)原子力国際協力センター、(公財)若狭湾エネルギー研究センター主催）、2017年11月6日～12月1日、福井県敦賀市
- ・ The History of Strategies for Improving Nuclear Safety in Fukui Prefecture (Crisis management)、アジアの原子力発電の安全に関わる講師人材の育成（IAEA、福井県、(公財)若狭湾エネルギー研究センター主催）、2018年4月16日～20日、福井県敦賀市
- ・ Stakeholder involvement、IAEA原子力発電基盤訓練コース（IAEA、原子力人材育成ネットワーク、(一財)原子力国際協力センター、(公財)若狭湾エネルギー研究センター主催）、2018年11月9日～12月14日、福井県敦賀市