

# IRRSの指摘を受けた我が国の検査制度の大改革と 新時代の統合保全検査システム

## Improvement of NRA's Inspection by IRRS recommendation and Innovative Integrated New Maintenance System for NPPs

北海道大学	奈良林 直	Tadashi NARABAYASHI	Member
東北大学	青木 孝行	Takayuki AOKI	Member
関西電力	文能 一成	Kazushige BUNO	Member
東京電力 HD	川村 慎一	Shinichi KAWAMURA	Member
中国電力	林 司	Tsukasa HAYASHI	Member
日立 GE	今野 隆博	Takahiro KONNO	Member
ニューファクト	森本 俊雄	Toshio MORIMOTO	

The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Pacific Earthquake and the Tsunami gave the serious damage to the Fukushima-Daiichi Nuclear Power Plants (NPPs). The lessons from the accidents, IAEA's Integrated Regulatory Review Service (IRRS) team conducted review for NRA. The mission provided recommendations and suggestions for improvements in most of the areas covered by the review. include:

- 1) The NRA should work to attract competent and experienced staff, and enhance staff skills relevant to nuclear and radiation safety through education, training, research and enhanced international cooperation.
- 2) Japanese authorities should amend relevant legislation to allow NRA to perform more effective inspections of nuclear and radiation facilities.
- 3) The NRA and all entities it regulates should continue to strengthen the promotion of safety culture, including by fostering a questioning attitude..

Based on the IRRS recommendations, NRA should improve the nuclear safety regulation through the innovation of regulatory rules and performance inspection will be introduced like NRC in USA. Innovative Integrated New Maintenance System for NPPs will be needed between licensees and regularly.

**Keywords:** NRA, Performance Inspection, IAEA, IRRS, Integrated Maintenance system

## 1. 緒言

東京電力福島第一原子力発電所の1号機から4号機においては、①外部電源および非常用電源が全て失われたこと、②炉心および使用済燃料貯蔵プール内の燃料の冷却および除熱ができなくなったことが大きな要因となり、燃料が損傷し、その結果として放射性物質が外部に放出され、周辺に甚大な影響を与える事態に至った。原子力発電所の事故のみならず、地元から首都圏の水瓶まで放射性物質で汚染するという深刻な原子力災害を引き起こした<sup>(1)(4)</sup>。商業用の原子力発電所で起こってはならない重大な事故であり、津波の被災に加えて強制退避が追い打ちを与える形で避難された方々、野菜や牛乳、漁業に与えた汚染と風評被害、さらには生き残った家畜の殺処分といった耐え難い状況が連日報道された。今回の事故で課題として上がっているのは、過酷事故対策が事業者の自主的取り組みになっていたり、非常用ディーゼル発電機が津波に対して無防備であったり、駆けつけた移動

電源車の電圧やプラグが仕様と異なっていて使えなかったり、1号機に備わっていた隔離時復水器(IC: Isolation Condenser)の機能を十分に活かせなかったり、全交流電源喪失のなかで制御盤が隔離信号を出してICを隔離し、原子炉の水位低下とそれに伴う炉心損傷・炉心溶融を発生していることである。

福島原子力発電所の過酷事故の貴重な教訓と提言をもとに、技術者の倫理、規制の倫理、報道の倫理について改めて考えてみたい。

## 2. 福島第一原子力発電所の事故の要因

ICの出口弁を運転員が55°C/hで原子炉の冷却を行う保安規定を順守しようとして、on/offを繰り返し、更に、全交流電源喪失のなかで制御盤がIC伝熱管の破損信号(誤信号)によりICの隔離信号を出して電動の隔離弁を自動閉止し、ICを隔離してしまった。この隔離動作は致命的で、1号機は冷却機能喪失に陥り、炉心損傷・炉心溶融(メルトダウン)といった過酷事故に進展した。

1号機の炉心損傷により、多量に発生した水素爆発による原子炉建屋の破壊とそれに伴う放射性物質を含む瓦礫の飛散が、隣接する2号機、3号機の事故対応（アクシデントマネジメント）の遂行を困難にした。2号機は3日間、3号機は2日間の炉心注水を確保していたにもかかわらず、その間に消防ポンプによる炉心注水が開始できなかったために、2号機、3号機に於いても炉心溶解を発生し、3号機は激しい水素爆発を起こし、隣接する4号機も3号機から排気塔に行く排気管を經由して水素が侵入し、水素爆発を発生したと判断された<sup>(1)</sup>。炉心への注水に必要な移動電源車の到着が遅れ、消火ポンプの枝管の弁の閉止忘れや中央制御室への給電が遅れたことも事故を拡大させた。これは非常時の政府や関連行政庁との連携や対応に関する緊急対応手順の不備や、緊急時対応訓練が不十分であったことに依るものと多くの事故調で指摘している<sup>(1)</sup>。また、水素爆発のすさまじさは、フィルタードベントにおいても適切な水素対策が必要であることを教訓として残した<sup>(1)(3)</sup>。原子力に携わる全ての技術者は、原子力施設が人体に有害で危険な放射能を取り扱う原子力施設であることをまず第1に認識し、深層防護の考え方にに基づき、環境への漏えい防止を最優先すべきである。

### 3. 安全規制の倫理と基準・規格類の適切な運用の重要性

過酷事故の拡大を防ぎ、事故の影響緩和に積極的に取り組むこと、それらのために必要な方策を準備することを過酷事故対応緩和措置（AM: Accident management）と呼ぶ。表1に示すようにTMI-2事故を契機とした基準等の見直しがなされたが、我が国では電気事業法<sup>(4)</sup>の精神、「物が健全であれば安全である」という構造強度偏重の考え方が根強く、機能評価やシビアアクシデントの解析には進まなかった。表2に示す。TMI-2事故やチェルノブイリ原発4号機の事故を契機にシビアアクシデント対策としてのアクシデントマネジメント（AM）や確率論的リスク評価(PRA)導入についての検討がなされたが、安全審査で安全とされた原子力発電所<sup>(4)</sup>にあっては、事業者の自主的取り組みにしかならなかった。その後、東電問題と呼ばれるシュラウドや配管のSCCによる亀裂進展などから新たな保全プログラムによる品質保証制度が取り入れられたが、品質保証の考え方による細部までの詳細な検査記録の作成が求められ、4階建てのビルの高さに相当するような書類の作成とそのチェックが求められるようになった。表3に示すように、科学技術の知見に基

づく合理的な検査を目的とする新検査制度により改善することになったが、品質保証制度による書類重視の制度はそのまま残り、本質的な安全のための抜本的な改善や新しい知見を速やかに安全規制に取り込むことができなかった。

Table 1 Revision of safety standers after TMI-2 accident<sup>(4)</sup>

我が国の安全確保対策に反映させるべき事項(指針関係)	反映	
安全設計審査指針及び関連技術基準	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. 安全上重要な系統及び機器の分類</li> <li>b. 原子炉計測制御系及びプロセス計測制御の信頼性</li> <li>c. 事故時に必要とされる系統及び機器</li> <li>d. 緊急時中央指令所</li> <li>e. 可燃性ガス濃度制御系</li> <li>f. 制御室</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>重要度分類指針策定('90)</li> <li>事故時の放射線計測指針策定(1981)</li> <li>安全設計指針改訂('90)</li> </ul>
安全評価審査指針	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. ヒューマン・クレジット及び単一故障</li> <li>b. 運転時の異常な過渡変化及び事故の解析条件</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全評価指針改訂('90)</li> </ul>
ECCS安全評価指針	小破断事象についても留意する必要がある	ECCS性能評価指針改訂(1981)

わが国では、電事法の精神、ものが健全であれば安全である、という構造強度偏重の考え方が根強く、機能評価、解析への転換までは進まなかった。

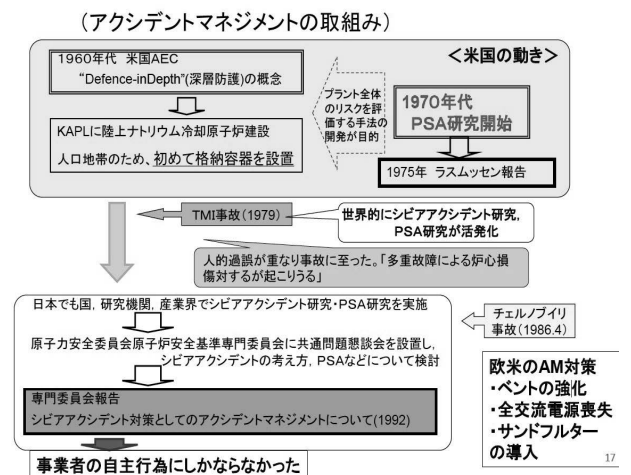


Fig.1 Revision of safety standers after Chernobyl accident

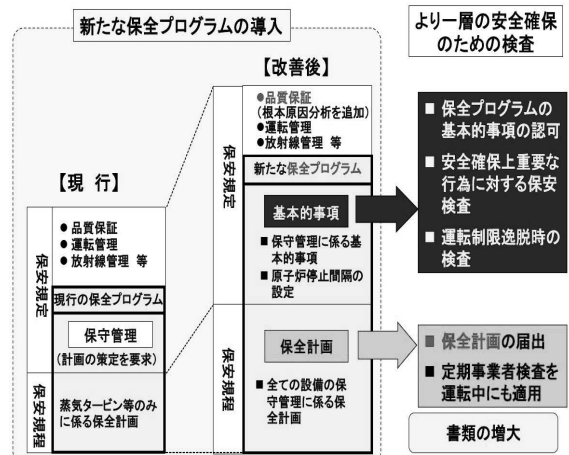


Fig.2 Increase of inspection document by QMS<sup>(4)</sup>

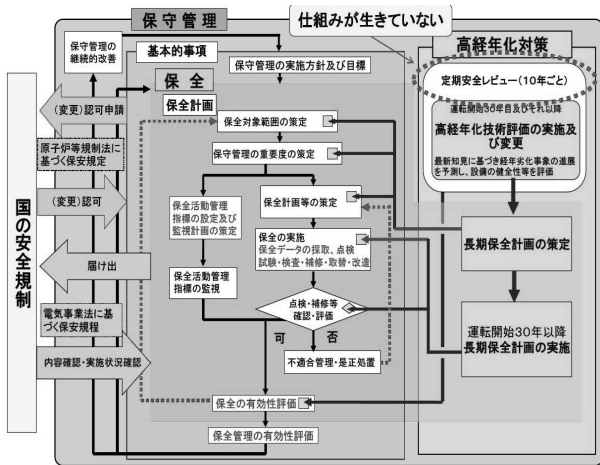


Fig. 3 Periodic safety review system for maintenance<sup>[4]</sup>

保守点検の手順書が、保安規定になり、それが達成できない場合は保安規定違反として扱われるようになると、最新の知見に基づくチャレンジや改善が、原子力発電所の品質保証制度のもとでは提案されなくなる。誰もが自分で自分の首を絞めるようなリスクになる提案をしなくなるのは当然である。書類の記載不備の制裁として原子力発電所が半年も停止せられるようになると、品質保証制度で原子力発電所の設備利用率（品質の指標の1つ）が低下するという本末転倒の状況となり、これだけが原因ではないが、我が国の原子力発電所の設備利用率は世界最低のレベルに低下した。世界最高の計画外停止率を誇る我が国の原子力発電所がである。

米国では、原子力規制委員会（NRC）が原子力発電所の安全性の確保・良好な運転の責任を共有しており、発電所の運営を指導している（ROP: Reactor Oversight Program）。多くの改善提案が従業員から提案され、重要度分類に従って振り分けられ、これが是正処置（CAP: Corrected Action Program）として速やかに実施される。NRCの検査官はLANを介して経営と人事情報を除く発電所の全ての情報に事由にアクセスできる。発電所の現場にもいつでも自由に立ち入り、発電所の点検整備が適切に行われていることを確認できる。CAPは是正処置と訳されているが本質的には日本でされているQC改善提案を組織として活かす仕組みである。かつて米国の原子力発電所の設備利用率は世界最低レベルであった。NRCは徹底的に規制を厳しくしたが、設備利用率は低下するばかりであった。1980年代、NRCは当時世界最高の運転成績を誇った日本に調査団を送り、改善提案や安全第一などの日本の原子力発電所で行われていた良いところを学び、自国の安全規制に取り込んだ。2000年代に入

り、日米の安全規制とその実績としての設備利用率は逆転した。米国の規制を取り込んだ韓国も米国同様の高い設備利用率を達成し、海外の受注活動で有利に展開している。

我が国の安全規制体系は、3.11以前は表5に示すように多くの省庁に分散していた。表6のように、誰が責任を持っているのか、主たる責任を負うべき検査官が継続的にいつでもサイトで検査を行う権限を確保すべき、検査の種類や頻度を変更できるより柔軟なプロセスを確立すべきとIAEAが指摘していた。重箱の隅をつつくような規制ではなく、包括的な安全解析書や安全文書の作成と更新について、IAEAの安全基準がきちんと考慮されるように求めている。

Table 2 Nuclear regulatory system in japan before 3.11

	安全規制(Safety)		核拡散防止		Security
	事業/物質の安全規制	放射線安全	輸出入管理	保障措置 (Safeguard)	核セキュリティ
原子力委員会	平和利用、計画的遂行等の審査		政策審議	政策審議 ダブルチェック	政策審議 ダブルチェック
原子力安全委員会	政策審議、規制調査指針、ダブルチェック等	政策審議指針			
文科省	研究炉 RI施設 等	放射線基準 (放射線審議会) モニタリング		保障措置	研究炉 RI施設 等
経産省	実用炉 サイクル施設 廃棄物施設 等		輸出入管理実務		実用炉 サイクル施設 廃棄物施設 等
外務省				国際交渉	国際交渉
厚労省	労働安全	健康影響			
国交省	輸送、船舶				
主な根拠法令	炉規法、電事法 労安法、RI法 等	放射線障害防止の技術的基準に関する法律	外為法 貿易管理令 輸出令	炉規法	炉規法 放射線免状法

Table 3 Recommendation for Japanese Nuclear safety regulation by IAEA<sup>[4]</sup>

IAEAのIRRSの報告(2008年3月)
<b>勧告9:</b> 保安院は、日本の規制機関として安全規制および指針の作成とエンドースに主たる責任を負うべきである。(誰が責任者なのか?)
<b>提言3:</b> 保安院は事業者の間、相互の理解と尊重に基づいて、率直で隠し立てがなくそれでいてフォーマルな関係を育成しなければならない。(責任を分担すること)
<b>提言5:</b> 保安院は、特に、包括的安全解析書又は許認可の総体的根拠を要約する包括的安全文書の作成と更新について、現行IAEA安全基準がきちんと考慮されるように配慮を払うべきである。
<b>提言6:</b> 保安院は、運転安全計画(Operational safety program)の承認と定常運転の開始の前に、安全上重要な全ての要素の総合的評価を行うためのホールドポイントを設けるべきである。
<b>提言7:</b> 保安院は、検査官が継続的にいつでもサイトで検査を行う権限を確保すべきである。これにより検査官は、法律で規定された検査回数だけでなく、いつでも人々にインタビューし文書を求めるため、自由にサイトに立ち入ることができるようになる。これは建設および運転検査プログラムの両方に適用する。
<b>提言14:</b> 保安院は、法改正を行わずに検査の種類および頻度を変更できる、より柔軟なプロセスを確立すべきである。

図4は平成19年度の原子力安全基盤機構（JNES）の報告書である。平成19年度の段階で、福島第一原発のような津波に起因する炉心損傷のリスクや早期の電源復旧の必要性を指摘している。なぜ、原子力安全保安院から速やかに安全規制として全国の発電所の津波耐対策の指示

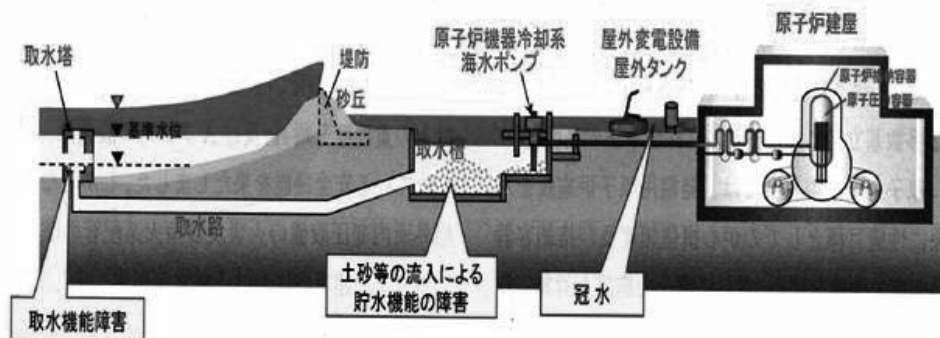
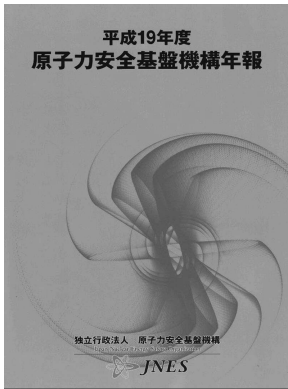


Fig.4 「地震 PSA の適用手順の整備と津波・地震起因火災 PSA 手法の高度化」(JNES 年報)<sup>[9]</sup>

が出なかったのか？ なぜ、電力事業者が自主的取り組みとして屋外の変電設備や海水冷却系の電気品や非常用ディーゼル発電機の浸水対策に取り組まなかったのか？ 事業者の反省とともに、規制側の及び腰も反省事項と思う。原子力関係者全てが反省し、今後の緊張感を持った原子力の安全性確保に邁進すべきと思う。反対派を気にして適切な規制を行えない「規制が反対派の虜」になっていた。

#### 4. IAEA による総合規制評価サービス (IRRS) による指摘

IAEA の 2015 年に実施された総合規制評価サービス (IRRS) では、要約すると以下の指摘がなされた。

- ①原子力規制委員会は、その人的資源、マネジメントシステム、及び特にその組織文化において、初期段階にある。この問題は、東京電力福島第一原子力発電所事故を受けた新しい規制の策定、及び新しい安全基準に従った原子力発電所の申請審査に伴う負担の大きい作業量と併せて、原子力規制委員会にとって大きい課題となっている。
- ②原子力規制委員会がその法定義務を効率的にかつ一貫性を持って履行し、また、その資源を安全の程度に相応して配分することを確実なものとするために、IRRS チームは、原子力規制委員会は分野横断的なコアプロセスを実施し、年間活動の立案に際して利害関係者からの情報収集を強化し、そのパフォーマンスを測定し、組織構造の有効性を評価するためのツールを開発すべきであると勧告した。
- ③マネジメントシステムの文書化には、220 の運用要領が含まれる。マネジメントシステムの説明、組織構造、職能的責任と説明責任、及び原子力規制委員会のプロ

セスの説明を記載した要領はまだ作成されていない。業務マニュアル作成要領には、マニュアル作成方法の詳細が含まれている。

- ④運用マニュアルの全体のうち約 40%はまだ作成中である。原子力規制委員会が実施する全活動を網羅するために必要とされる運用要領の分析が行われていないため、運用要領のリストがまだ完全に仕上がっていないと考えられる。IRRS チームは、原子力規制委員会の組織変更管理プロセス、安全文化を促進、醸成及び評価するための活動の実施に関するプロセス、記録管理に関するプロセス、マネジメントシステムのレビューを実施するプロセス、利害関係者からの期待事項の収集と対処に関するプロセスを含め、一部のプロセスが前述のリストから欠落している点を確認した。
- ⑤勧告：原子力規制委員会は、所掌業務を遂行するために必要なすべての規制及び支援プロセスに対する統合マネジメントシステムを構築し、文書化し、完全に実施すべきである。マネジメントシステムには等級別扱いを一貫して適用し、文書・製品・記録の管理、及び変更管理などの組織共通のプロセスを組織内すべてに展開すべきである。改善の機会を特定するために、包括的な方法で原子力規制委員会マネジメントシステムの有効性を監視及び測定するようにすべきである。
- ⑥所見：先に公表された原子力安全文化に関する宣言を維持するため、規制活動における高度な安全文化を推進及び持続するための具体的な対策が策定、実施されていない。
- ⑦提言：原子力規制委員会は、自らの活動の実施において高度な安全文化を促進かつ持続するために、意識啓発研修又は意識調査などの具体的な対策を導入することを検討すべきである。

⑧IRRS チームは、現時点で、次年度のマネジメントシステム関連活動について具体的な計画がない点（2016年3月開始）についても確認した。このような活動は、事業戦略計画に対するレビューを実施した後で明確化される。IRRS チームは、今後さらに実施を進めなければならないマネジメントシステム関連作業の範囲を考慮に入れた上で、包括的計画を策定し、その実施状況を監視するとともに、その結果を原子力規制委員会の幹部に報告すべきと考えている。

⑨マネジメントシステムには、利害関係者の期待事項を考慮に入れるメカニズムを含めるようにし、当該情報を収集及び分析するための特定プロセスの開発にこれを反映させるべきである。利害関係者から収集した情報は、マネジメントシステムの継続的改善を実現するための情報となる。原子力規制委員会は、利害関係者から収集した期待事項を収集し、これらに対処するための正式なプロセスを有しておらず、本件に関する調査も実施していなかった。

⑩原子力規制委員会は、マネジメントシステム文書の階層構造の明確化、マネジメントシステム運用要領、プロセス全体のマップ、マネジメントプロセスや主要プロセス及び下位プロセスのリストの整備、プロセスインターフェースの明確化、並びに全プロセスを対象とする関連文書の作成などを含め、自身のマネジメントシステムを最終的に完成するために数多くの問題に依然として対処しなければならない。

⑪原子力規制委員会における安全文化の醸成がマネジメントシステムによって適切に図られることを確実なものとするには、組織内で具体的に講じるべき措置を規定し、その実施状況を監視すべきである。

⑫統合マネジメントシステムの構築を完了させて、これを確実に実施するために、原子力規制委員会委員は、マネジメントシステム開発に特化した複数年計画の策定に着手し、その実施状況を定期的に審査することによってこのプロジェクトに対する各自のコミットメントを示しつつ、マネジメントシステムを実施するような戦略的アプローチを導入することを検討すべきである。

また、許認可プロセスについては、以下の指摘がある。

①原子力規制委員会の手法は原子力規制委員会の要求を満たすように申請者に対してその申請を補正させるものであるため、設置許可又は認可に条件を添

付することを原子力規制委員会は実施していない（原子力規制委員会の設立後以降に許認可条件は交付されてない）。そのため、許認可は一般的に非常に簡潔な（1 ページの）書簡の形式で交付される。

②原子力規制委員会が申請却下すると、申請者は新規の又は修正した申請の提出を余儀なくされるという結果になる可能性がある。これが原因で遅延が生じることがあり、認可に条件が含まれていれば、このような遅延は回避されることになる。

#### 定期安全レビュー及び安全性の向上のための評価

①許認可取得者はその改訂した安全解析書の代わりに定期安全評価報告書を提出することが要求されている。さらなる対策を施すべき自然災害やその他の重要な課題が確認された場合には、許認可取得者は必要に応じて設置許可を変更するための申請を提出することが義務付けられている（勧告 R11 を参照）。許認可取得者は、自身の調査の結果として、規制要件を遵守するために必要な最低限の対策以上の「自主的対策」と呼ばれる対策を明記しなければならない。

#### 40 年超運転

②30 年を超える運転の高経年化に関するもの及び 40 年超運転に関するものの審査は原子力規制委員会内の同じグループによって実施されるとしている。ただし、このグループは安全性の向上のための評価には関与していない。

③所見：許認可取得者は発電用原子炉施設の高経年化対策を講じる必要があり、これに対して原子力規制委員会は並行して行われる可能性のある 3 つの規制プロセス、つまり 30 年以上運転されているプラントの保安規定の変更、毎定期施設検査後に提出される安全性の向上のための評価、40 年超の運転期間延長の認可において、その対策を確認している。原子力規制委員会は認可プロセスに重複があることを認識している。それぞれの規制プロセスの目的にはいくつかの差異がある。

④S7 提言：原子力規制委員会は、発電用原子炉施設の高経年化対策に係る 3 つの既存規制プロセスのインターフェース及び全体としての一貫性を改善することを検討すべきである。

東京電力福島第一原子力発電所事故の後に停止した発電用原子炉施設の再稼働に先立つ新規制基準適合の許認可

⑤・現在進められている原子炉の新規制基準適合性申請の審査に関しては、原子力規制委員会の決定が、許可であれ不許可であれ、いつ行われるのかが明らかになるよう、多くの利害関係者が、スケジュールが明確になることを望んでいる。

### 5. 保全の重要度分類とオンラインメンテナンス

図5に保全の重要度分類を示す。故障が安全や運転継続に直接関係するシステムや機器かどうか、メンテナンスが経済的な合理性があるかどうかで、4つの優先度に分類されている。安全上重要なものは全体の15%しかなく、また故障がプラントの安全性に直接影響もしないし、運転継続にも影響しないものが、全体の67%を占める。新規規制基準で導入されたSA機器である、電源車や消防ポンプが故障してもプラントの安全性や運転継続には影響しない。事後保全として修理するか代替の機器を購入すれば良い。しかし、従来のような規制の元では、深層防護第4層の消防ポンプが故障するとLC0逸脱となり、プラント停止に追い込まれ兼ねない。事後保全で、安全上の影響が無く、もっと重要な優先度1または2の保全・検査に規制も事業者も人的なリソースを集中させる方がリスクは低減することを示す必要がある。

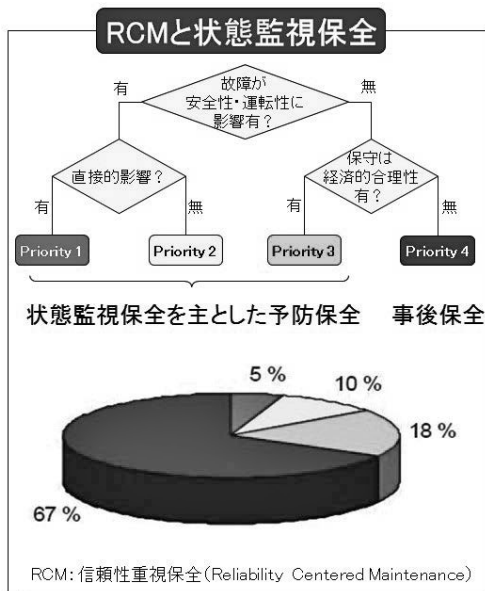


Fig.5 Priority of Proactive Maintenance

表4は、定期検査の期間と分解点検の周期に関する日米の比較を示す。我が国は、定期検査期間が長く、全体の約8割の機器のメンテナンスが分解点検で実施されている。一方、米国では、約8割の機器がオンラインメンテナンスに移行したために、運転停止期間中の点検は2割しか無い。入念な計画をたててスケ

ジュール通りに高品位な保全活動が実施されている。これらを可能とする、統合保全システムを導入し、随時立ち入りの検査官の要求に応じていつでも閲覧できるようにしておく必要がある。

Table 4 Comparison of Maintenance between USA and Japan

### 保全高度化 その3 (状態監視保全への移行)

定期検査期間、点検機器の物量等の日米比較(例)			
		日本の例	米国の例
定期検査期間	標準工程	約58日	約13日
	平均の定期検査期間	約140日	約38日
定期検査時の本格点検物量	ポンプ	64	9
	モータ	約100	1
	弁	約1,800	約100
大型工事の期間など	低圧タービン・ロータ・ケツグ 取替	約110日	25日
	シュラウド取替	約270日	実施せず
分解点検等の間隔	原子炉冷却材ポンプシール交換	1年	3年
	加圧器マンホール開放	1年	必要に応じ
	タービン開放点検	2年	7.5年
	格納容器漏えい率検査	1年	15年

電気事業連合会 The Federation of Electric Power Companies

## 5. 結言

IAEAのIRRSの指摘に基づき、原子力規制が米国NRCのようなパフォーマンス検査に移行する。原子炉等規制法も1年以内に改定される見込みで、検査制度の変革は急峻である。分解点検と書類作りを中心とした旧来の保全・検査から、状態監視保全や運転中保全を重視した保全・検査制度へと移行するにあたり、全ての保全活動を入力して分類し、プラントの保全状態をデータベース化して可視化する統合保全システムの導入が必要である。

## 参考文献

- [1] 日本原子力学会事故調査委員会編、「日本原子力学会事故調査最終報告書」(2014.3)。
- [2] 奈良林 直、杉山憲一郎、東日本大震災に伴う原子力発電所の事故と災害～福島第一原子力発電所の事故の要因分析と教訓～、原子力学会誌、Vol.53、No.6、(2011)。
- [3] 東京電力、「東北地方太平洋沖地震発生当時の福島第一原子力発電所運転記録及び事故記録の分析と影響評価について(概要)」(2011.5.23)。
- [4] 宮野 廣、「福島第一原子力発電所の津波による被災—今回の事故の遠因はどこにあるか?」日本保全学会・北海道大学シンポジウム」(2011.8.9)。
- [5] 地震PSAの適用手順の整備と津波・地震起因火災PSA手法の高度化、平成19年度原子力安全基盤機構年報、PP. 231-232 (2007)。