

米国における原子力規制と保全 — (1) 原子力規制体系と保守関連の規制 —

伊藤 邦雄 Kunio ITO

日本エヌ・ユー・エス株式会社 エネルギー技術ユニット

1. はじめに

近年、米国の原子力発電所の運転成績は、1980年代に比べて大幅に改善された。これは、安全性の確保に向けた規制側の努力と、規制緩和下で電力会社が実施してきた発電コスト低減のための様々な努力の結果であり、単一の要因で説明できるものではない。しかしながら、発電所保守の向上はその重要な要因と考えられる。

本稿ではまず、米国における原子力分野の規制要件と規制機関の全体像⁽¹⁾を簡単に紹介した後、原子力発電所の保守分野の規制要件とその変遷について概説する^注。

2. 米国原子力分野の規制要件の構造とその位置付け

米国における原子力分野の規制要件は、図-1の階層構造に示すことができる。米国の法規制要件として最高位に位置付けられるのは、米国議会で制定される「法律 (Act/Law)」である。それら法律類の下に位置するのが、「連邦規則 (Code of Federal Regulations)」と称されるものである。更に、連邦規則の下には、規制指針 (Regulatory Guide) や標準審査指針 (Standard Review Plan: SRP) などのいわゆるガイダンス類が用意されている。ガイダンスや連邦規則では、しばしば米国機械学会 (ASME)、電気電子学会 (IEEE) 及び米国原子力学会 (ANS) 等の外部機関が作成した各種の民間規格・基準類が引用されることがある。NRCはその他、情報の通知や対策の実施を目的とした一般通達文書も発行している。以下に、その各々について解説する。

注：本シリーズでは、米国における原子力規制と保全体系に関して、以下のようなテーマに分けた解説記事を予定している。

- (1) 原子力規制体系と保守関連の規制
- (2) 保守規則とその対応内容
- (3) 運転中プラントに関わる各種規制要件と事例集
- (4) 保守プログラムの最適化

2-1) 法律

原子力に関連した法律には、1954年原子力法、エネルギー再編成法、エネルギー省組織化法、放射性廃棄物政策法 (高レベル放射性廃棄物及び使用済み燃料が対象)、低レベル放射性廃棄物政策法等がある。その他、環境政策法及び情報公開法も、原子力規制を理解する上で重要な法律である。

1954年原子力法 (Atomic Energy Act of 1954) は、原子力規制文書の最上位に位置するもので、原子力利用の基本的な理念と行政の枠組みを規定したものである。1974年エネルギー再編成法 (Energy Reorganization Act of 1974) 及びエネルギー省組織化法 (Department of Energy Organization Act) はそれぞれ、原子力規制委員会 (NRC) とエネルギー省 (DOE) の諸業務の法的権限を規定している。

原子力法は、原子力の研究、開発、利用に関する国家の目的及び方針などの根本を定めたもので、1946年8月6日に制定され、1954年8月30日に改正された。1954年の改正では、軍事利用に加えて新たに平和利用のための基本的な理念と行政の枠組みが追加されている。

そして1954年原子力法のもとで、規制及び研究開発の実施機関として原子力委員会 (AEC) が、AECの諮問機関として原子炉安全諮問委員会 (ACRS) が、また公聴会の実施機関として原子力安全許認可会議 (ASLB) の役割が規定された。

このうち原子力委員会 (AEC) は、後述の通り1974年エネルギー再編成法及び1977年エネルギー省組織化法のもとで、規制と研究開発の分離のために分割され、現在の原子力規制委員会 (NRC) とエネルギー省 (DOE) が設立された。

1954年原子力法は、実際には1954年以後も何度か部分的に改正され、現在に至っている。全体は、タイトルⅠ「原子力」とタイトルⅡ「米国濃縮公社 (USEC)」の二部構成で、タイトルⅠは1章～21章、タイトルⅡは22～28章の構成である。例えば、第10章「原子力の認可」の103条では、NRCによる利用施設・生産施設への認可発給権限、認可期間 (最大40年) とその更新

について規定している。また、第14章「一般的権限」170条の免責及び責任範囲の限定は、原子力発電所で重大な事故が発生した場合の損害賠償措置について規定した条項である（プライス・アンダーソン法と呼ばれる）。

原子力法の下でAECは、原子力関連全般の規制と研究開発の両方を担う行政機関として発足したが、規制と研究開発を分離して各々の業務を効率化する必要性が認識されるようになった。そこで議会は、新たにエネルギー再編成法（1974年10月11日発効）を成立させ、AECを分割した。AECの業務のうち、各種エネルギー源に関する研究開発と軍事用核物質生産活動の監督はエネルギー研究開発局（ERDA）に引き継がれ、原子力民間利用に対する許認可及び規制は原子力規制委員会（NRC）に引き継がれた。ERDAとNRCは1975年1月19日をもって発足した。ERDAは後に、エネルギー省（DOE）組織化法（1977年8月4日発効）のもとで新たに設立されたDOEにその他の関連政府機関とともに吸収され、1977年10月1日に現在のDOEが発足した。

エネルギー再編成法の第2章「原子力規制委員会（NRC）」201条では、大統領直属の独立規制機関としてのNRC委員会の設立と構成員の選任が規定されており、NRC委員会は5人の委員制で、各委員の任期は5年間とされた。各委員は、大統領によって指名され、上院の承認を受けて就任する。そのうちの一名は、大統領によって委員長（Chairman）として指名される。

高レベル放射性廃棄物（HLW）及び使用済み燃料（SF）の貯蔵・処分事業に関する法的枠組みについては、1982年放射性廃棄物政策法（Nuclear Waste Policy Act : NWPA、1983年1月制定）に、また低レベル放射性廃棄物（LLW）の処分事業に関する法的枠組みについては、低レベル放射性廃棄物政策法（Low-Level Radioactive Waste Policy Act : LLRWPA、1980年制定、1985年改正）に規定されている。

環境政策法（National Environmental Policy Act : NEPA、1970年制定）は、環境及び生態系を保護するための法律で、全ての連邦政府機関に適用される。NEPAの第102条（2）（c）項は、環境に重大な影響を

及ぼしうる行為の実施に際して、規制機関が環境影響評価を行い、声明書を作成することを要求している。

その他、全ての政府機関に適用される法律として情報公開法（The Freedom of Information Act : FOIA、1966年制定）や会議公開法（Government in the Sunshine Act、1976年制定）がある。前者は、連邦政府機関が所有している記録の閲覧を希望する人に対し、一部の例外を除いて、自由に記録を閲覧する権利を保証する法律である。私企業から連邦政府に提出された報告書や情報については、企業機密を含むものは公開されていない。情報公開法は1996年に改正され、情報の電子化公開が新たに義務付けられた。この法改正に伴い、インターネットを媒体とした情報公開も推進されてきている。会議公開法は、連邦政府機関の会議を一部の例外を除いて公開することを義務付ける法律である。

2-2) 連邦規則（10CFR）

法律の下に位置するのが、いわゆる連邦規則である。NRCは、エネルギー再編成法のもとで、商用原子力施設の許認可及び関連した規制を実施するために、議会から準司法的かつ準立法的な権限・責任を与えられた独立行政機関であり、その権限のもとで、原子力施設の立地、設計、運転認可、放射線防護、その他様々な分野の要件を定めた一連の連邦規則（Code of Federal Regulation : CFR）を作成している。連邦規則はTitle 1からTitle 50まで分かれており、NRC及びDOE関係の規則は、Title 10（Energy）の中に示されている。そのうち、Part 0～199はNRC用、Part 200～1000はDOE用である。また、環境保護庁（EPA）関係の規則はTitle 40、運輸省（DOT）関係の規則はTitle 49に示されている。Title 10 Code of Federal Regulation Part 50は10CFR 50と表されるのが通例である。10CFRの主要なパートとしては、例えば以下のものが上げられる。

表-1 連邦規則（10CFR）の主要なパート

10CFR 20	放射線防護基準
10CFR 50	生産及び利用施設の許認可
10CFR 52	原子力発電所の早期サイト許可、標準設計証明、及びコンバインド・ライセンス
10CFR 54	原子力発電所の運転認可更新に関わる要件
10CFR 100	原子炉立地基準

10CFR 50は、原子力発電所の許認可申請時に提出

すべき情報、設計・運転に関する諸要件、廃止措置・認可終了に関する要件等を示している。また10CFR 50の附則として、AからSまで用意されており（欠番あり）、例えば、一般設計基準（附則A）、品質保証基準（附則B）、緊急時計画要件（附則E）、ECCS評価モデル（附則K）等がある。

10CFR 52は、原子力発電所の許認可プロセスを効率化・簡素化するために1989年に策定されたもので、原子力発電所の早期サイト許可、標準設計証明、及び建設許可と条件付き運転認可とを結合させたコンバインド・ライセンスに関する要件を規定したものである。10CFR 52の附則として、新型炉の設計証明規則（附則A～C）等がある。

10CFR 54は、原子力法で定められている40年という運転認可期間を、最長20年まで更新する場合に従うべき手順、更新認可の発給条件について規定したものである。

10CFR 100は、原子炉の立地評価時に考慮すべき地質・地震等の自然特性、非居住区域、低人口地帯及び人口密集地との距離等について、目安を規定したものである。

これらの連邦規則は当然ながら、規制上の強制力を有しており、我が国では原子炉等規制法、放射線障害防止法などがこれに相当する。

2-3) NRCのガイダンス及び一般通達文書

連邦規則に関する具体的なガイダンスを示した規制指針（Regulatory Guide）、NRCによる審査の枠組みを示した標準審査指針（Standard Review Plan：SRP）等がある。

Regulatory Guide（以下、Reg.Guide）は、連邦規則に基づいてNRCが規制を行う際の具体的な見解をまとめた指針である。申請者は必ずしもこれに従う必要はないが、その場合はNRCによる審査期間が長くなると考えられる。全部で10の分野（Division）に大別され、各分野ごとに連番が付けられている。原子力発電所に関係の深いのはDiv.1「動力炉」と、Div.4「環境・立地」、Div.8「従業員健康管理」などがある。

SRPは、NRCの各審査スタッフに対して審査の指針を与えることで、審査の質と一貫性を維持するために作成されており、申請者及び公衆が審査に対する理解を深めることを目的として公表されている。発電用軽水炉の建設許可や運転認可の申請時等に申請者が提出

する安全解析書（SAR）に対するSRPは、NUREG-0800として公表されている。

一般通達文書には、以下のものがある⁽²⁾。

表-2 NRCから出される一般通達文書

NRC Bulletin	安全上、環境上または保障措置上の重要な共通問題（または共通する可能性のある問題）について、関連情報の提出や対策の実施を要求する通達（緊急性の高い問題を扱う）。
Generic Letter	複数のタイプの原子力施設に共通する規制要求や指針を伝える通達。
Regulatory Issue Summary	様々な問題に関する産業界への連絡。1999年以降出されている。
NRC Information Notice	安全上、環境上、もしくは保障措置上の重要かもしれない問題について、早期に伝え注意を促す通知。

Regulatory Issue SummaryやNRC Information Noticeの場合は、情報の提出や対策の実施は要求されないが、NRC BulletinやGeneric Letterに対しては、一般に回答の提出が要求される。

NUREGシリーズの報告書は、NRC及びその委託機関によって発行される公式報告書で、NUREG、NUREG/CR、その他がある。NUREG報告書は、NRCスタッフが作成した公式報告書で、運転認可等に関する安全評価書、環境声明書、Technical Specifications（後述）等、あるいは、規制上の見解やその技術的根拠などに関する報告書がその代表的なものである。NUREG/CR報告書は、NRCの委託に基づき委託者が作成した公式報告書である。

2-4) 産業界の規格・基準

米国では、国家技術移転・促進法（National Technology Transfer and Advancement Act of 1995：Public Law 104-113）により、各連邦機関が民間規格（voluntary consensus standards）を優先的に利用すること、また、民間規格の開発作業に積極的に協力することを規定している。この法律に従い、NRCは民間規格の作成作業に積極的に参加し規制側としての意見を反映させるとともに、民間基準をできるかぎり規制要件の中で参照利用するよう努めている。原子力分野の主要な民間規格の作成機関を以下に示す⁽³⁾。

米国機械学会（American Society of Mechanical Engineers：ASME）は、1880年に創立された機械工学部門の世界的な学会で、規格制定をはじめとした幅広い活動を行っている。原子力に関連したASME規格（コード）として以下のものがあり、これらは

10CFR50.55aで参照されている。なお、ASMEコードは3年ごとに全面更新されている。

- ・BPV (ボイラ及び圧力容器) に関する規格 (Section III「原子力発電所機器の建設規則」、Section XI「原子力発電所機器の供用期間中検査 (ISI) 規則」)
- ・OM (運転及び保守) に関する規格 (OM規格)
- ・品質保証に関する規格 (NQA-1規格)

IEEE基準は、電気電子技術者協会 (Institute of Electrical and Electronics Engineers : IEEE) の基準局が作成している電気・電子技術に関する民間基準であり、原子力発電所の電気計装設備に関する基準も含まれている。

ASTM基準は、米国材料試験学会 (American Society for Testing and Materials : ASTM) によって作成される工業材料およびその試験法に関する規格基準で、原子力施設で使用される材料に関する基準も含まれている。

この他、米国原子力学会 (American Nuclear Society : ANS) や米国規格協会 (American National Standard Institute : ANSI) が規格や基準の策定を行っており、そのいくつかはNRCの規制指針やSRPにおいて引用されている。

上記の学協会による規格・基準の他、EPRIやNEIなどの産業界が個別の事項に関して自主的なガイドラインを作成し、それをNRCが規制指針で引用したり、あるいはガイダンス文書や安全評価報告書によって承認することで、規制に活用されているものもある。

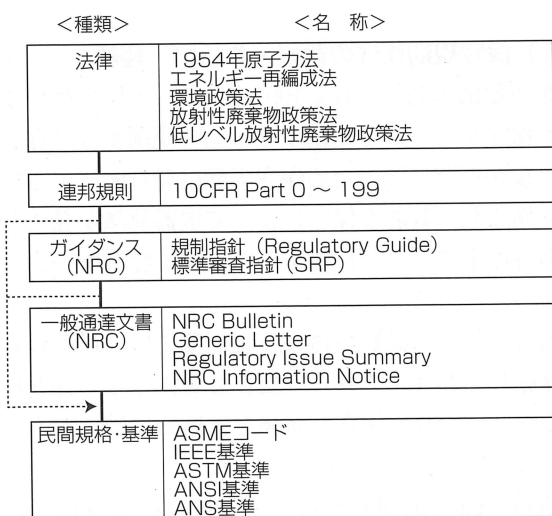


図-1 原子力分野の主要な規制文書の構造

3. 米国の原子力規制機関と産業界組織

3-1) 規制機関

米国の原子力発電所の規制に係わる政府機関として、以下のものがある。(1),(2)

- ・原子力規制委員会 (Nuclear Regulatory Commission : NRC)
- ・エネルギー省 (Department of Energy : DOE)
- ・環境保護庁 (Environmental Protection Agency : EPA)
- ・連邦緊急管理庁 (Federal Emergency Management Agency : FEMA)

NRCは、商業用原子力発電所及び原子燃料取扱施設の許認可及び規制を取り扱う独立行政機関である。DOEは、包括的でバランスの取れたエネルギー政策の枠組みを検討する行政組織であり、原子燃料サイクル、新型炉概念、軍事利用等、長期的でリスクの高い研究・開発の実施責任を有している。EPAは、連邦政府の環境保護政策に責任を有し、放射性核種の放出に関する一般基準等を定めている。FEMAは、天災、人災及び原子力災害等の緊急時に対処する責任を有し、原子力発電所の緊急時計画の評価基準を定めている。

NRCのミッションは、米国における核物質の民間利用を規制することで、公衆の健康と安全、環境及び国家の安全を保護することにある。主に以下の3つの機能を果たしている。

- ・許認可…商用原子力発電所、燃料サイクル施設などの建設及び運転に関する許認可を審査し発給するほか、医療、産業用、教育用などの核物質所有/利用の許認可を行う (32の州では、核物質の規制権限がNRCから州に移行されている)。
- ・検査と強制措置…原子力施設の操業が認可条件及び規制要件を遵守していることを確認するための検査を行い、必要に応じて強制措置を取る。法のもとでは、安全運転を確保する責任は事業者側にあり、NRCはそのパフォーマンスを監視する。
- ・規制研究…安全問題の解決、規制ガイダンスの作成などのためにタイムリーな規制上の判断が可能となるよう、専門的な知見を得るために必要な規制研究を行う。

NRC委員及び大部分のスタッフは、メリーランド州郊外のロックビルのNRC本部にいる。また、地方局がペンシルバニア州、ジョージア州、イリノイ州、テキサス州の4ヶ所にある。2002年現在の職員数の合計は約2,840名、年間予算約5億5,900万ドルである。

NRCにおいて主要な規制活動を受け持つ部局としては、以下の3つがある。

- ・原子炉規制局 (Office of Nuclear Reactor Regulation: NRR) …原子炉施設の設計、建設及び運転に関わる全ての許認可並びに検査活動を行なう。
- ・原子力規制研究局 (Office of Nuclear Regulatory Research: RES) …原子力施設の規制や安全問題に関して必要な研究プログラムを作成し実施する。
- ・核物質安全保障措置局 (Office of Nuclear Material Safety and Safeguards: NMSS) …原子炉以外の放射性物質取扱施設 (燃料製造施設、医療機関、研究機関、一般産業等) の認可、検査、環境審査を行なう。放射性物質の輸送及び貯蔵キャスク、放射性廃棄物の処分、管理、廃止措置等の規制も担当している。

その他、以下のような諮問委員会も設けられている。

- ・原子炉安全諮問委員会 (Advisory Committee on Reactor Safeguards: ACRS) …原子力施設の安全性や安全規制の妥当性に関してNRC委員会に勧告を行なうため、原子力法のもとで設立された独立の委員会
- ・放射性廃棄物諮問委員会 (Advisory Committee on Nuclear Waste: ACNW) …放射性廃棄物の管理についてNRC委員会に勧告を行なうため、1988年に設立された独立の委員会

3-2) 産業界組織

原子力産業界の主要な機関として、以下のものがある⁽¹⁾。

- ・原子力エネルギー協会 (Nuclear Energy Institute: NEI)
- ・原子力発電運転協会 (Institute of Nuclear Power Operations: INPO)
- ・電力研究所 (Electric Power Research Institute: EPRI)

NEIは、1994年の産業界組織再編成によって設立さ

れた機関で、原子力発電所の運転及び技術的な問題に関わる規制等に対する原子力産業界の統一見解をまとめて規制側と交渉を図り (規制及び技術支援)、情報を発信し (コミュニケーション、広報)、議会でロビー活動を行うといった重要な役割を担っている。INPOは、原子力発電所の運転管理能力の改善・強化を目的とした組織である。EPRIは、米国内の電気事業者の自主運営による研究・開発機関である。

NEIによって作成される産業界のガイダンスは、規制に関わる問題について自主的な対応措置を検討したもので、NRCの承認を得ることで規制強化を回避する役割を果たしている。例として、停止時の安全管理に関わるガイダンス (NUMARC 91-06) 等が挙げられる (NUMARCは1994年以前に存在した産業界組織でNEIの前身でもある)。

4. 保守に関する規制要件と産業界の対応

米国NRCは、1980年代に米国の原子力発電所の保守を向上するため規制強化の必要性を認識し、1991年に10CFR50.65「原子力発電所の保守の有効性監視に関する要件」(通称:保守規則)を公表した⁽⁴⁾。これに対し産業界は、保守最適化の自主的な検討を行うと共に、保守規則に対応するためのガイダンス作成等を実施し、各発電所で保守規則に適合する保守プログラムを策定し実行している。この保守規則対応によって予防保全の重要性の認識が増加し、結果的に最近の良好な運転パフォーマンスの達成につながっていると指摘できる。

4-1) 保守規則作成の背景/ねらい/経緯

保守規則が発行される1991年以前、米国ではいかにして保守を行うかを規定する単一の規制要件は存在していなかった。そのため保守実態は発電所によって大きく異なり、貧弱な保守によって機器故障が発生し、計画外停止に至り、稼働率が低下する発電所が少なくなかった。

当時、保守/試験に係わる規制要件には以下のものが存在しており、これらは現在も要件として課されているが、いずれも保守/試験を包括的に扱うものとは言えない⁽⁵⁾。

- ・ Technical Specifications (以下、Tech. Spec.)

10CFR50.36の規定に従って各発電所に発行される

許認可上の文書で、安全制限値/安全系の設定値、運転制限条件（許容待機除外時間（Allowable Outage Time：AOT）を含む）、サーベイランス要件、設計特徴、運営管理が規定されている。要件は運転中と停止中の両方にかかわるが、運転時の条件に影響するものが多い。わが国の保安規定がこれに相当する。

- ・ 供用期間中検査 (ISI) 及び供用期間中試験 (IST) 要件
民間規格の ASME コードに規定される ISI (In-service Inspection) 要件や IST (In-service Testing) 要件が、10CFR50.55a 項で引用されることで強制力を持っている。ISI は停止中に実施される配管、容器などの溶接部の供用期間中検査であり、IST はポンプや弁等の動的機器の定期的な作動試験である。

- ・ プラント別の誓約事項

NRC から出される種々のガイダンス類 (NRC Bulletin, Generic Letter など) に従って各発電所が実施を約束している事項があるが、その中には保守や試験にかかわる作業が含まれている。

その他、保険及び環境保護要件への対応があり、保険要件への対応としては、主要設備の損傷が発生しないことを確認するために実施される主要プラント設備の検査及び保守作業が、また、発電所からの放出物等が制限値以内に維持されることを確認する連邦政府及び州政府の環境保護要件への対応があるが、これらは、地域、保険会社等によりプラント毎に異なっている。

NRC では、1983 年頃から保守及びサーベイランス試験に係わる規制要件の見直し作業を開始し、産業界の保守実態の調査、海外及び他産業の保守アプローチの調査、日米の保守プログラムの比較、その他各種の調査検討を行った。そして、NUREG-1212 報告書では、1980 年代の米国の保守の状況について以下のように結論した⁽⁶⁾。

- ・ 産業界の保守実態は全体としては改善されつつあるが、保守の欠陥は依然としてプラントの信頼性低下の主要な要因となっている。例として、機器故障による原子炉計画外停止は 1980 年以降毎年全体の 59% 以上を占めている。また保守関連の異常事象報告 (Licensee Event Report : LER) は増加している (1984 年は全体の LER の 38%、1985 年は 48%)。
- ・ 諸外国 (例、日本) や他産業 (例、航空機業界) に比べると、予防保全プログラムの導入が十

分ではないプラントが多い。大多数 (70%) のプラントの保守職員が予防保全に費やしている時間は、全体の 4 分の 1 以下でしかない。

- ・ NRC と産業界とは、互いに協議し保守の問題について理解を深めてきた。しかしながら、NUMARC や INPO 等による産業界の自主的改善はまだ初期の段階にある。

その結果 NRC は、保守の分野で規制強化が必要であるという認識を持つに至り、1988 年 3 月 23 日付で「原子力発電所の保守に関する政策声明書」を公表し、各設置者に保守プログラムの作成・実施を求める規則を作成する方針を明らかにした。続いて NRC は、1988 年 11 月 28 日付で「原子力発電所の保守プログラムの有効性の保証に関する規則 (10CFR50.65) 案」を公表した。規則案に対し、産業界及び ACRS からは、保守プログラム実施に多大の費用 (産業界全体で 40 億ドルの支出) を要すること、また保守パフォーマンスの悪いプラントはごく限られた一部のプラントであり、大部分のプラントは自主的に保守パフォーマンスの改善努力をしており、産業界の改善努力を見守るべきであると、強い反対意見が出された。NRC は、これらの意見を受け入れ、保守規則作成の最終的な決定を 18ヶ月延期し、その間産業界の自主努力を見守るとともに、規則ではなくガイダンス文書 (Reg. Guide) を作成することも検討した。そして、産業界主導で改善努力を行うことを奨励する方針を盛り込んだ改訂政策声明書を 1989 年 12 月 8 日付で公表した。そこでは、産業界の自主的改善努力をさらに促すべきであり、規則作成の必要性は認められないと結論し、規則作成は見送られ政策声明書の再改訂にとどまるのではないかと見られた。しかし、大方の予想に反し、NRC 委員会は、「適切な保守は原子力発電所の安全維持に必要不可欠であり保守規則を公表すべきである」との判断を 1991 年 6 月 28 日に示した。

4-2) 保守規則の要件

NRC は、1991 年 7 月 10 日付で 10 CFR 50.65 「原子力発電所の保守の有効性監視に関する要件」を公表した (規則施行日は 5 年後の 1996 年 7 月 10 日とされた)。1991 年公表時点の規則の骨子を表-3 にまとめる⁽⁴⁾。

この保守規則公表後、NRC は事業者側の対応準備状

表-3 改訂前(1991年発行)の米国保守規則(10CFR50.65)の骨子

(a) (1)	所定の構築物、系統、機器(SSC)に対し、目標を設定し、そのパフォーマンスあるいは状態を監視する。目標を満足できない場合は適切な是正措置を講じる。
(2)	適切な予防保全の実施によって、SSCが所定の機能を果たせるようSSCのパフォーマンスや状態が効果的に管理されていることが実証される場合は、(a) (1)項の監視は要求されない。
(3)	パフォーマンス・状態監視活動、及び目標並びに予防保全活動を、少なくとも毎年評価する。監視及び予防保全活動を実施するにあたり、待機除外状態にされる全てのプラント設備を考慮し、安全機能パフォーマンスへの影響を評価する。
(b)	(a) (1)項の監視プログラムの対象となるSSCの範囲を規定(安全関連及び一部の非安全関連SSCとする)。

況を検査すると共に、産業界との協議を進めた。NRCは、保守規則の対象となるSSC (Structure, System, or Component) の選定やSSCのリスク上の重要度分類については、大部分の設置者が適切に実施できているが、以下のような問題点も認識した^{(7),(8)}。

- ・「監視及び予防保全活動を実施するにあたり、待機除外状態にされる全てのプラント設備を考慮し、安全機能パフォーマンスへの影響を評価する」という要件が適切に実施されていない例があった。
- ・電力業界の規制緩和により効率的な運転を追求し、燃料交換停止及び保守停止期間を短縮するため、出力運転中に行う保守(オンライン保守)の量と頻度が増加している。オンライン保守はTech. Spec.の許容待機除外期間(AOT)を利用して実施されているが、AOTは本来、ある一つの系統の機器がランダム単一故障した時の復旧のために設定されている期間であり、同時に複数の機器を供用外(待機除外)にすることは意図していない。機器を供用外にしたプラント・コンフィグレーションにおけるリスクの重要性をプラント職員(シフト職員、保守計画策定職員等)が十分に認識していない。

NRCスタッフは、上記の問題点に対処するため、また停止時においても保守規則が適用されることを明確化するため、1999年7月19日付で保守規則を改定し、

(a) (1) 項に、保守規則の適用範囲として通常の停止時が含まれることを明記するとともに、新たに (a) (4) 項を追加し、保守活動(サーベイランス試験、保守後試験、事後保全、パフォーマンス/状態監視、及び予防保全等)を実施する前に、計画している保守作業により生じるリスクの増加を評価し、管理す

ることを設置者に求めるものとした。現在の保守規則の骨子を表-4に示す⁽⁹⁾。

表-4 現在の米国保守規則(10CFR50.65)の骨子

(a) (1)	所定のSSCに対し、目標を設定し、そのパフォーマンスあるいは状態を監視する。目標を満足できない場合は適切な是正措置を講じる。
(2)	適切な予防保全の実施によって、SSCが所定の機能を果たせるようSSCのパフォーマンスや状態が効果的に管理されていることが実証される場合は、(a) (1)項の監視は要求されない。
(3)	パフォーマンス・状態監視活動、及び目標並びに予防保全活動を、24ヶ月を越えないサイクル毎に評価する。
(4)	保守作業の実施前に、保守作業を実施することにより増加するリスクを評価し、管理する。
(b)	(a) (1)項の監視プログラムの対象となるSSCの範囲を規定(安全関連及び一部の非安全関連SSCとする)。

この規則は、NRCが近年導入を進めつつある、いわゆる「パフォーマンス・ベースの規則」の代表的なものである⁽¹⁰⁾。規則では実施すべき保守内容及び対象機器が具体的には規定されていない。対象となるSSCは(b)項の規定に従い自らが決定し、各SSCに実施する保守作業の内容は事業者が自らの裁量で決定して構わない。保守プログラムの妥当性は、そのパフォーマンス(設備の操業の結果)だけで判断する。すなわち、保守が有効に行われているかどうかは、SSCまたは発電所全体のパフォーマンスを自らが定める目標値との比較によって判断する。また、このパフォーマンスの監視区分設定や目標の設定、及び(a) (4) 項で要求されるリスク増分の評価において、確率論的リスク解析(Probabilistic Risk Analysis: PRA)の知見が使用されている点で、リスクインフォームド規制の側面も含まれていると言える。

NRCは、電力会社が保守プログラムを通して行う目標設定、パフォーマンス確認及びその結果に基づく保守プログラムの評価が適切に体系的に実施されることを、検査を通して確認する。

4-3) 産業界の対応とNUMARCガイダンス文書

産業界では、1980年代から産業界の代表であるNUMARC(現NEI)が中心となって自主的に保守の改善努力を行うとともに、NRCに対し保守規則が過剰に厳しい規制とならないように働きかけてきた。また、保守規則公表直後の1991年夏から、NUMARCを中心に保守規則対応のガイドラインを作成する作業を開始した。その結果が、NUMARC 93-01「原子力発電所の保守の有効性監視に関する産業界のガイドライ

ン」(1993年5月付)として最終化された。

NRCは、保守規則実施のガイダンスであるReg. Guide 1.160「原子力発電所の保守の有効性監視」(1993年6月付)を発行し、NUMARC 93-01を容認可能なガイダンスとして位置付けた。その後、NUMARC 93-01及びReg. Guideは、保守規則の改定、施行の各段階を反映して改定された(それぞれ、Rev.3とRev.2が最新版である)^{(11),(12)}。また、1999年の保守規則改定に対応するガイダンスは、別途Reg. Guide 1.182「原子力発電所における保守作業実施前のリスク評価及び管理」(2000年5月付)として新設された⁽¹³⁾。Reg. Guide 1.182は、NUMARC 93-01, Rev. 3の11章を容認可能なものとして参照した。

4-4) 保守規則対応プロセス

NUMARC93-01に示す規則対応の全体のプロセスは、表-5の通りである。規則では直接要求されていないが、パフォーマンス基準の設定においてPRAで求められるリスク重要度指標などを利用することが示唆されている⁽¹¹⁾。

表-5 保守規則対応のプロセス

1. 規則のスコープに該当する構築物、系統、機器 (SSC) の決定 全ての安全関連SSC、及びプラント・トリップの原因となりうる非安全関連SSC、緊急時操作手順書 (EOP) に用いられる非安全関連SSCなど。
2. 「リスク上重要な」SSCのセットの決定 PRA (リスク重要度指標など) の使用、及びプラント職員による専門家パネルによる判断。
3. パフォーマンス基準の設定 リスク上重要なSSCについては、SSCレベルでのパフォーマンス基準を設定し、その他のSSCに対してはプラント全体のパフォーマンス基準を設定。パフォーマンス基準としては、プラント個別のPRAとリンクした信頼性及びアベイラビリティ基準が、繰り返し故障と共に、最も一般的に用いられている。
4. パフォーマンスの監視 設定した基準に対して、プラントのパフォーマンスを監視する。基準を満足しない場合には対策を実施する。
5. 保守作業前のリスクの評価と管理 プラント全体のリスクに対する保守作業の影響を定期的に評価する。
6. 定期的な保守の有効性評価 目標、SSCパフォーマンス、改善措置の効果、SSCのアベイラビリティと信頼性のレビューなど実施する。

初期の保守規則の実施によって、プラント職員のリスク及びPRAに対する認識が向上し、1999年の改訂規則によって更に、PRAと日常のプラント運転が、より密接に関連づけられた。運転時を含めた保守作業のスケジュール管理にコンピュータ・ツールを使用してオンラインのリスク管理を行うことまでは、規則では要

求されていないが、一部の発電所ではこのようなツール(いわゆるリスクモニター)が導入され、重要な役割を担っている⁽⁵⁾。

4-5) 米国の保守実態の進展

米国の原子力発電所では、保守規則の導入その他によって保守の実態がどのように進展してきたのだろうか。15年ほど前の米国の保守実態を見てみよう。

- ・多くのプラントが年1回燃料交換のため停止し、停止期間は通常60日以上だった。
- ・予防保全は、時間インターバルを決めて行う時間計画保全タスクが主で、多くは設備ベンダーの勧告に基づき実施されていた。
- ・設備のパフォーマンスの経時変化はあまり把握されていなかった。
- ・状態監視保全はわずかしか実施されず、通常、時間計画保全を補足するものと位置づけられていた。
- ・運転中の保守は、基本的に事後保全タスクに限られていた。
- ・Tech. Spec.で保守作業の制限が与えられていたが、保守作業のリスク影響の評価は明確ではなかった(全出力運転時、停止時ともに)。

次に、今日の典型的なプラントを見てみよう。

- ・燃料交換停止は18~24ヶ月毎であり、代表的な停止期間(目標値)は20~30日である。
- ・状態監視と予知保全を多用しており、ベンダーの勧告に基づく時間計画保全タスクへの依存度が減少した。
- ・停止時に実施していた予防保全タスクの多くを運転中に実施している。保守作業を運転中に実施できるように、部分的にTech. Spec.を変更している(例:非常用ディーゼル発電機の許容待機除外時間(AOT)の延長)。
- ・リスク情報に基づくISI及びIST導入により、ISI及びISTプログラムのスコープ/頻度は減少しつつある。
- ・計画される保守作業に対して、半定量的または定量的なリスク評価を実施している。
- ・設備のパフォーマンスの傾向把握が向上した(アベイラビリティ及び信頼性に関する保守規則のパフォーマンス基準の傾向監視、設備全体の「健全状態」の傾向監視)。

最近保守規則対応が一段落し、産業界はさらなる保守最適化の検討を実施している。米国の保守に対する今後の方向性は、以下のように考えられる⁶⁾。

- ・リスク情報に基づく自主改善の適用が継続される。それには、ISIやISTプログラムの見直し、許容待機除外時間（AOT）の延長などが含まれる。
- ・経験の蓄積に伴い、予知保全及び状態監視保全手法の適用が更に拡大されていく。
- ・自主的な予防保全最適化プロジェクトの継続。保守規則導入期間中は多くの自主プロジェクトが延期されていたが、コスト削減圧力及び設備のパフォーマンス向上ニーズは今後も継続する。

5. おわりに

米国原子力規制の特徴は、一言でいえば、公開性ならびに首尾一貫性であり、それが規制の透明性にも通じている。規制プロセスが体系的に比較的分かりやすく構成され、一般に公開されている。そのため、我が国を含め原子力を平和利用している米国以外の数多くの国が、米国の規制要件に常に注目し、必要に応じてこれらを参考にすることが可能となっている。民間規格などを適宜参照するなどして、最新の技術的知見が規制にタイムリーに反映されやすい形となっている点も、我が国の規制制度に比べると優れた点といえよう。

保守分野においては、近年NRCが導入を進めているパフォーマンス・ベースの規制が取り込まれている。プラント運転の結果として現れるSSCレベル及びプラントレベルのパフォーマンス（運転成績）が、自らが予め定めた基準を満たしている限り、具体的な保守方法・頻度などに関しては事業者の裁量が大幅に認められる形になっている。

なお、我が国においては、「原子力発電施設の技術基準の性能規定化と民間規格の活用に向けて」（平成14年7月22日、原子力安全・保安部会）³⁾や、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会の「検査の在り方に関する検討会」のなかで原子力規制のあり方についての検討が開始されている。本書で紹介した米国流のアプローチはその際の一つの参考になると考えられるが、その基礎にある規制体系やその他の相違を認識した上で慎重な導入の検討を行っていく必要があるだろう。

参考文献

1. 米国原子力規制体系セミナー（テキスト）、2002年、日本エヌ・ユー・エス株式会社
2. NUREG/BR-0099, Revision 10, The Nuclear Regulatory Commission, Fact Sheet, USNRC, October 10, 2002.
3. 原子力発電施設の技術基準の性能規定化と民間規格の活用に向けて、平成14年7月22日、原子力安全・保安部会（原子炉安全小委員会）
4. Federal Register (56FR31306), "10CFR Part50: Monitoring the Effectiveness of Maintenance at Nuclear Power Plants; Final Rule", July 10, 1991.
5. 米国原子力発電所の保守高度化に関するセミナー（配布資料）、2001年10月16,17日、日本エヌ・ユー・エス株式会社
6. NUREG-1212, Vol. 1&2, "Status of Maintenance in the U.S. Nuclear Power Industry, 1985", USNRC, June 1986.
7. NUREG-1526, "Lessons Learned from Early Implementation of The Maintenance Rule at Nine Nuclear Power Plants", USNRC, June 1995.
8. NUREG-1648, "Lessons Learned From Maintenance Rule Baseline Inspections", USNRC, October 1999.
9. Federal Register (64FR38551), "10CFR Part50: Monitoring the Effectiveness of Maintenance at Nuclear Power Plants; Final Rule", July 19, 1999.
10. SECY-97-055, "Maintenance Rule Status, Results, and Lessons Learned", USNRC, March 4, 1997.
11. NUMARC 93-01, Rev. 3, "Industry Guideline for Monitoring the Effectiveness of Maintenance at Nuclear Power Plants", NEI, July 2000.
12. Reg. Guide 1.160, Rev. 2, "Monitoring the Effectiveness of Maintenance at Nuclear Power Plants", USNRC, March 1997.
13. Reg. Guide 1.182, "Assessing and Managing Risk before Maintenance Activities at Nuclear Power Plants", USNRC, May 2000.

（平成15年5月12日）