



# 原子力プラントの安全対策 アセットマネジメントと保全業務革新

東京電力福島第一の原発事故が、海外を含めた今後のエネルギー政策に大きな影響を与えるのは必至だ。今後、原子力発電は「建設」から「運用」の時代に大きくシフトする。そのカギを握る原子力プラントの保全業務とアセットマネジメントの最新動向を紹介する。

(ファンデール 菊地徹・山田憲吉)

## マネジメントの枠組と規格化

今後の原子力安全対策には、プラント改造等のハード面の対策に加えて、保全やマネジメントのようなソフト面での対策が重要である。今日の保全技術に最も大きな影響を与えていると言われる Nowlan & Heap によれば、保全とは「設備固有の安全性および信頼性のレベルを維持する」ことである。保全が不適切であれば、その設備の安全性は当然ながら保証されない。

大規模かつ複雑な設備の保全を継続するためには第一線の保全グループを支援する体制が重要となる。資材・マニュアル供給支援、安全性や信頼性に係わるエンジニアリング技術支援、プランニング等の作業準備支援、統合化されたロジスティクス支援体制等を確立しなければならぬ。組織的な保全を確実に実施するためには、そのマネジメントシステムも高度化されなければならないのである。

くしくも福島事故と時を同じくして、アセットマネジメントの ISO 規格化の作業が本格的に開始された。設備を保有する企業がその物理的資産を今後どのように運用していくかの、意思決定を支援するマネジメントシステムの枠組を、既に発効されている英国規格 (BSI PAS 55) を母体に国際標準化しようとするものである。

本規格は、現場の保全を中心としたマネジメントシステムと、アセット

図1 アセットマネジメントの標準化の枠組

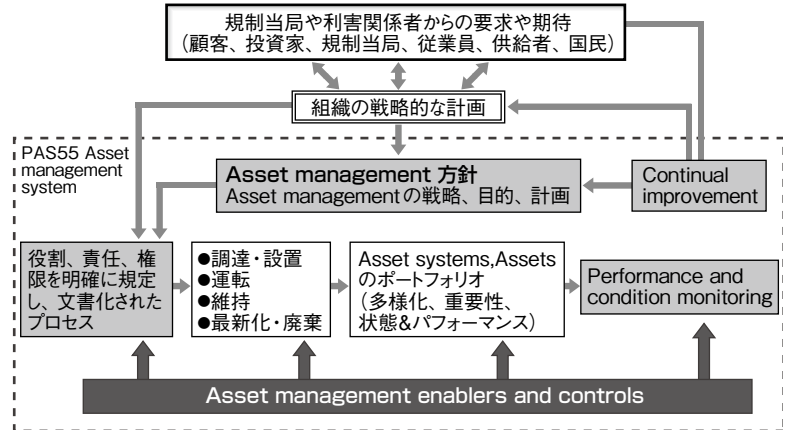
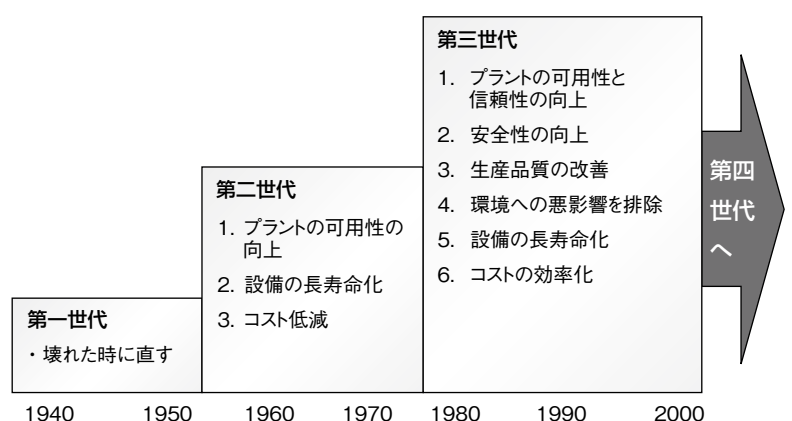


図2 保全の進化



運営事業者の本店・本部側の財務を中心としたマネジメントシステムを連結し、企業レベルのマネジメントシステム構築への最低限の要求事項を定義するものである(図1)。その背景には一九八八年に発生した北海道のガス爆発事故があり、安全対策の側面も持つ。

保全技術およびそのマネジメントシステムは、二〇世紀後半に高度に発展した。機械系中心の単純な製品から電気計装系を含む複雑な製品への高度化と、大量生産設備の大規模

化が、予防保全の技術や手法の発達を促した(図2)。

一方、欧米では、「民間航空機墜落事故」、「スリーマイル島(TMI)原発事故」、「北海油田事故」等の社会的に大きな影響を与えた重大事故を教訓にして、いわばピンチをチャンスに活かすかたちで保全のマネジメントシステムの高度化が進められてきた。

これらの事故を起こした業界で確立されたシステムが後に他の業界にも波及し、産業界のデファクトスタ

ンダードとして定着した。アセットマネジメント国際規格は、その集大成とも言える位置づけにある。

これらのマネジメントシステムの最大の特徴は、「パフォーマンス基準」にある。設備の状態や業務プロセスを高度に可視化し、パフォーマンスを定量的に測定し、指標化して監視する。設備の状態や実績のデータをフィードバックし、継続的改善を可能とする「学ぶシステム」が構築されつつある。

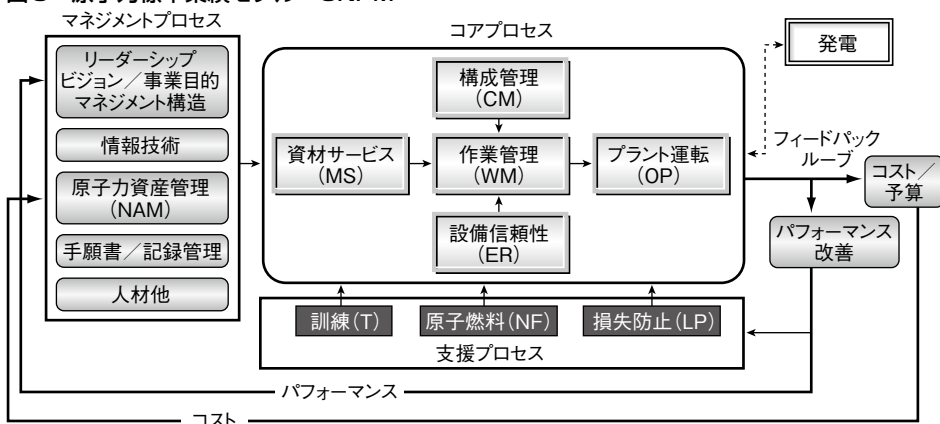
このシステムは、二一世紀の情報革命にも支えられて、データを情報に、情報を知識に変換し、高度情報基盤を形成しながら、繰返し性の高い保全業務の特性を活かし、確実に前進する、いわば時間を味方とする保全システムへと進化しようとしている。

### 米国の標準化動向と安全対策

一九七九年三月にTMI事故を経験した米国の原子力産業界は、その教訓を糧としてアセットマネジメント改革に着手した。その成果は、米国の原子力発電が今世紀に入り、規制側の改革とも相まって、九〇%を定定的に超える設備利用率を達成していることに顕著に現れている。

ここでは、米原子力標準業績モデル(SNPM)を、マネジメントシ

図3 原子力標準業績モデル SNPM



ステムの標準化という観点から捉える。SNPMは、原子力発電所業務運営の標準モデルであり、以下を特徴とする(図3)。

- プロセス・コスト・KPIの三つの軸を標準化して、プラント間のベンチマーキングを可能にする
- コアプロセス群は、製品である電気を直接に生産する「プラント運

転」と、それを支える「作業管理」を中心に「設備信頼性」「構成管理」「資材サービス」を合わせた保全プロセスからなる

- 支援プロセス群は、コアプロセス群を支援
- マネジメントプロセス群は、上位方針/共通プロセスを定める

SNPMのマネジメントプロセスのひとつに、原子力資産管理(NAM)がある。NAMは、設備運営事業者における本店/本部の固有の業務を支援するプロセスである。物理資産の管理よりはむしろ経済性評価に重点を置き、以下の三つの主要機能をはじめとする業務プロセスを規定している。

- プロジェクトの評価および順位づけ  
— 企業価値モデル等にもとづいて投資プロジェクトの優先度を定量的に評価し、実施優先度を決定
- 長期計画—投資プロジェクトを決定し、運転保全コスト・労務・燃料の長期計画を決定
- プラント/部門の評価額査定—シナリオにもとづいてリスク分析と資産査定を行う

SNPMにおいて、アセットマネジメント規格案が定める主要な要件の多くは、NAMだけでなく、発電所のコアプロセスや管理プロセス群を含むSNPMの全体によって実現さ

れる。例えば、以下の通りである。

- リスク管理は、次項の「安全対策」で述べるように、設備信頼性(ER)の一環として評価し、作業管理(WM)の中で保全作業との関連で実行する

- 施設構成にともなう文書や作業手順書等の管理手順は、マネジメントプロセスのひとつである情報管理が、具体的な管理要件を定める

原子力資産管理がカバーする業務は、本店/本部の所管業務に対応している。SNPMは、NAMだけでなく、コアプロセスや他の管理プロセスや支援プロセスと合わせて、全体として運用段階に限定したアセットマネジメント規格案の要件を満たしていると考えられる。

TMI事故の半年後に公表された「TMI事故に関する大統領委員会報告書」(通称ケメニー報告書)は、それまでの原子力安全に対する規制組織と産業界の姿勢を根本的に変革する必要性を指摘した。これを受けて原子力規制委員会(NRC)と産業界は、その後、真摯な努力を続けた。

TMI事故以来の米国におけるNRCと産業界の原子力安全への取り組みは、福島事故後の日本の原子力発電のあり方を考える上で示唆に富む。ここではそれをリスク情報の活

用と原子力発電業界における安全文化の追求の二つの点から概観する。

### プラント個別評価

NR Cは、代表的な設計タイプをカバーした五プラントを対象に、確率的リスク評価(P R A)の手法を用いて苛酷事故の発生頻度を評価し、その結果を九〇年に公表した。うち二プラントについては、内的事象だけでなく、地震をはじめとする外的事象の解析も実施し、地震発生↓外部電源喪失↓非常用ディーゼル発電機の起動失敗↓炉心溶融のシナリオの可能性を指摘しており、福島事故直後に日本でも注目を集めた報告書である。

この試行評価結果をふまえて、NR Cは全プラントを対象としたP R Aによるプラント個別評価(I P E)を産業界に要請した。図4は、I P Eが確立した九二年以降の、業界平均の炉心損傷頻度(C D F)と、安全上重大な事象件数・設備利用率の推移を示す。C D Fを指標としてプラントの脆弱性を評価して改善し、九〇%を超える安定した稼働率に象徴される経済性も同時に実現している。C D Fの低減は、プラントの改造よりもむしろ、適正な保全による機器故障率の低下や、後述する安全文化の徹底によるヒューマンエラーの低

減といった、保全マネジメントによって実現されていることに注意すべきである。

### リスク情報を活用した規制

九五年にNR Cは、「P R A手法の最新の技術動向およびデータが支援できる程度において、NR Cの決定論的アプローチを補完し、NR Cの従来の深層防護の考えを支援するよう、あらゆる規制事項においてP R A技術の適用を増す必要がある」とするP R A活用の政策声明を公表した。

これにもとづいて、リスク情報を規制に取り入れるための一般規制指針、供用期間中検査や技術仕様書等の一連の個別規制指針が制定された。米国の原子力規制は、パフォーマンスベースであるとともに、リスク情報を活用した合理性にも大きな特徴が認められるのである。

### 保全活動前のリスク評価

保全業務におけるリスク情報の活用は、連邦規則の一部である「保守規則」と、それを具体化した産業界のガイドライン文書にもとづいて実施される。保全の主体であるオンラインメンテナンスについては、P R Aモデルにもとづく定量的評価が、定検時の保全については、従来の深層防護

にもとづく半定量的評価が、それぞれ主流である。

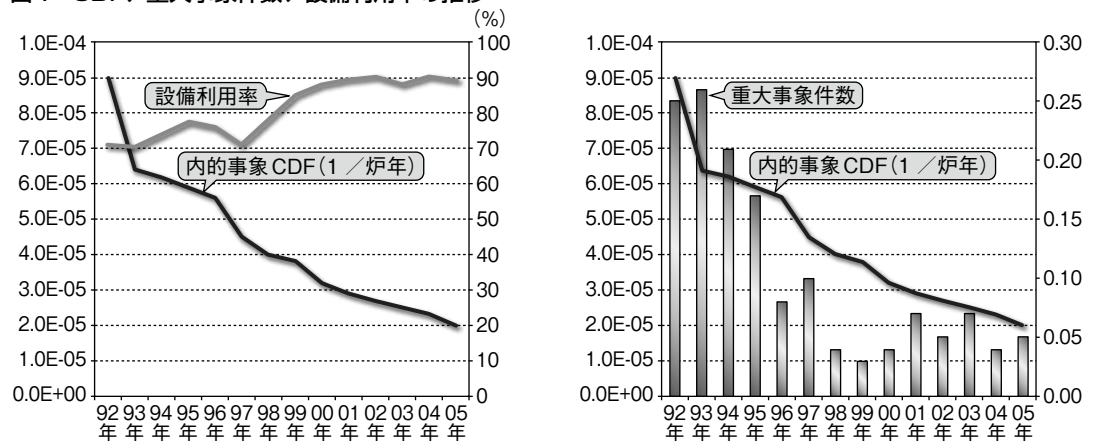
重要なことは、こうしたリスクの評価がP R Aの専門家による解析の範囲にとどまるのではなく、電力会社の業務マニュアルのレベルで具体化され、保全活動を実施する技能者が作業との関連で日々実行している点にある。

### 安全文化の追求

原子力発電運転協会(IN P O)は、産業界の自主規制組織である。IN P Oは、安全文化を次のように規定している。『リーダーによってモデル化され、構成員によって内面化される、原子力安全をすべてに優先させるために役立つ、組織の価値および振舞い』この規定は、次の八項目の安全文化の原則として具体化されている。

1. 誰もが個人として原子力安全に責任を負う
  2. リーダーは安全の確約を実証する
  3. 信頼が組織に浸透する
  4. 意思決定は安全をまず反映する
  5. 原子力技術は特殊かつ固有であると認識する
  6. 疑問に思う態度を育成する
  7. 組織的学習を歓迎する
  8. 原子力安全は、定常的な検査を受ける
- 運転部門のマネージャー向けに書か

図4 CDF、重大事象件数、設備利用率の推移



れた運転管理の基本文書には、上の安全文化の原則が反映され、「保守的な意思決定」「安全文化のメッセージ発信」を強調している。すなわち、経済性追求の圧力／誘惑に屈することなく、安全第一のプラント運転を

目指し、マネジメント自らがそれを実証する重要性を説いている。

安全文化は、もちろんマネジメントのレベルだけでなく、各層にも浸透し実践を徹底している。例えば、保全作業手順書の作成と運用について、次のようなヒューマンエラー対策を重視した業界ガイドラインを規定している。

### 手順書作成担当向け規定（例）

- コピーや穴あけによる情報喪失を防ぐために用紙余白を規定
- 一ステップ中に複数の措置を記述しない

### 手順書実行者向け運用規定（例）

- 手順の読み上げ役と、読み上げられた手順の実行役の二人一組で、相互に確認し合いながら作業を実施する

- 手順の脱落／重複実行を避けるために、チェックボックスを使用して現在のステップを確認する

- 予期しない状態が生じたら作業を停止し、設備と作業現場を安全な状態に置き、責任監督者に連絡して指示を仰ぐ

こうした安全文化を追求する基盤として、IT活用は重要である。ここでいうITとは、個別のPRA解析評価ツールなどだけでなく、前述

の保全作業手順書の作成管理ももちろん含み、作業指示書の作成から終結までの管理をはじめとして、保全作業全般の支援を対象とする。筆者らが本誌でこれまで数回取り上げてきた、SNPMを前提とした、EAMが支援する業務領域である。

### 原子力設備保全業務の革新を！

保全マネジメントシステムのようなソフト面の安全対策を外部から規制することには限界があり、電力会社の自主的取り組みが不可欠である。米国の原子力安全規制もパフォーマンス規制であり、結果は問うものの、目標をいかに達成するかについては、電力会社に裁量の余地を与えている。我国でもINPOの協力を得て同様な取組が始められつつあり、今後に期待したい。

最後に、今後の推進に向けて何点か提言させていただく。

- トップマネジメントの率先した理解と支援

ソフト面の安全対策は組織や業務の変革等、内部の痛みをとまなうため、改革リーダーは現場から大きな抵抗を受けることが多い。トップマネジメント自らが理解し、改革を支援し鼓舞することが重要である。

- ロジスティクス支援体制の強化  
現場の保全グループが、安全かつ

ミスなく作業に専念できる環境を整備することが重要である。それには、事前の綿密な作業計画（プランナー）、エンジニアリング支援（系統エンジニア、機器エンジニア）、緊急時対応（FIX・IT・NOWチーム）等の、保全作業を支援する統合的な支援体制を強化する必要がある。これらのロジスティクス支援を外部にアウトソーシングする場合、アウトソーシング先も含めてマネジメントシステムを確立し、各々の役割、責任、権限を明確に定義する必要がある。

- パフォーマンス情報共有

企業の経営層も含めて、社内の関係者の誰もが設備や業務のパフォーマンスを把握し、問題を共有できることが重要である。そのためには、パフォーマンス指標の制定と、実績データを漏れなく正確にフィードバックできる仕組み、および企業レベルの保全統合化の情報システム構築が必要である。

- 保全要員のインセンティブ向上

熟練の技能者や保全エンジニアの経験や知識の継承が重要である。米国では、熟練技能者をプランナーに登用したり、CMRP (Certified Maintenance and Reliability Professional) という新たな資格認定制度を設けて、処遇の向上や社会的地位向上に努めている。

● 保全業務革新のインセンティブ向上  
米国の原子力業界ではプラントの成績に応じた保険料率が適用されている。また英国の公益事業においてはアセットマネジメント規格の認証取得が保険査定に反映されている。ドイツでも、認定を受けた状態監視システムの導入を風力発電事業の保険査定に反映している等の事例がある。保険査定は保全業務革新を促す大きな原動力になる。

原子力発電の歴史は浅く、これまでは「建設の時代」が長く続いていた。しかし、今後は抜本的に「運用の時代」に転換していかなければならない。アセットマネジメント規格は、その大枠を規定する上で有効である。運用の時代の推進には保全業務の革新等が必要であるが、これらの内的取組みを外部から規制することは難しい。国や自治体は電力業界の自主的な取組みを促し、そしてアカデミーも運用の時代にふさわしいエンジニアを育成する等の支援を行っていく必要がある。

最後に、今回の福島の事故は二度と起こしてはならない極めて不幸な出来事であったが、欧米がそうしたように、我々も今回のピンチを保全革新のチャンスと捉え、積極的に取り組みが推進されるようになっていくことを期待したい。