

# 保守管理へのリスク情報活用に関する検討

## Study of Application of Risk Information to Maintenance Management

三菱重工業株式会社	佐藤 寿彦	Toshihiko Sato	Non-member
	坂田 薫	Kaoru Sakata	Non-member
関西電力株式会社	千種 直樹	Naoki Chigusa	Member
	成宮 祥介	Yoshiyuki Narumiya	Non-member

**Abstract:** This study tries to clarify the maintenance activities that can be applied risk information to, and determine priority of the application. For that purpose, first, we investigated the maintenance activities themselves, and broke them down into 75 “Maintenance Elements”. Second, we evaluated whether each “Maintenance Element” could be applied risk information to. Third, we determined the priority of the risk application on “application merit” and “possibility” aspects. This study has revealed that 47 “Maintenance Elements” is risk information applicable activities, and 6 “Maintenance Elements” have highest-priority.

**Keywords:** Maintenance management, Risk-informed maintenance, Nuclear power plant

## 1. 緒言

米国をはじめ、諸外国では原子力プラントの保守管理にリスク情報を積極的に活用しており、保守費の低減、プラント稼働率の向上などに大きく貢献している。

一方国内では諸外国に比べ遅れをとっており、原子力安全・保安院の審議会・研究会等でリスク情報の活用の推奨と、活用に向けての検討がされているものの、本格的な実用化には至っていない。

国内でのリスク情報活用の実用化に向けて、本研究ではリスク情報を活用可能な保守管理活動を網羅的に抽出し、国内適用の場合の導入メリット、実現性を考慮した上で優先的に取り組むべき活用項目を選択する体系的な評価手法を確立し、その評価を実施した。

尚、本研究での“リスク情報”の定義はPSAに限らず、“不確定性を含む利益と不利益を評価する指標”、つまり一般的にリスクと呼ばれる情報を全て含めるものとした。

## 2. 体系的な評価手法の検討

### 2.1 保守管理活動の精査と体系化（ステップ1）

保安全管理全体の大きな流れの中で一貫してリスク情報を活用するのが困難な場合においても、保全要素レベルまで分解することにより、たとえ一部であっても活用可能な断面があることが考えられる。また、そのような活用可能な部分を明らかにすることにより、全体的な応用につなげる一助となることも考えられる。この調査では、以上のような観点から、保守管理全体ではなく、個々の保守管理要素毎にリスク情報活用方法を検討する方法を採用した。そのための第1ステップとして、本節では保守管理そのものを詳細に精査し、個々の保守管理要素（保全要素）にブレイクダウンする作業を行う。

保守管理の分析は、まず、米国NEIが推奨する原子力発電所の業務プロセスのモデル Standard Nuclear Performance Model (SNPM) を参考に、個々の保守管理要素を下記の5つのカテゴリに分類することとした。尚、この5つのカテゴリは、SNPMの8つのプロセスから保守管理に特に関連のあるカテゴリを抽出したものである。Fig.4に本調査で導出した保守管理活動のプロセスモデルを示す。

次に、IAEA、NRC、NEI等から発行されている公開文献を参考に、保守管理に関する要素を網羅的に拾い集め、保守管理を75の保全要素にブレイクダウンし、上記で設定したカテゴリに分類した。

連絡先：佐藤寿彦、〒652-8585 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号、三菱重工業神戸造船所原子力保全技術部計画課、電話：070-6508-9421、e-mail：toshihiko\_sato@mhi.co.jp

**A：機器信頼性 (Equipment Reliability)**

広範囲に渡る機器信頼性の様々な活動に含まれる保全要素をまとめた項目。この項目には、機器の重要度の評価、長期的機器健全性計画の策定・実施、機器の性能と状態の監視等が含まれる。尚、項目名称で機器としているが、その集合である系統・プラント全体の信頼性に係わる要素も、当項目に含む。

**B：保全作業管理 (Work Management)**

発電所内の作業において、プラントの安全性・効率性を向上するために重要な要素をまとめた項目。この項目には、適切な作業の計画・実施、作業に係わるリスクの管理、作業のプラントへの影響の認識、作業員・資材の利用効率の最適化等が含まれる。

**C：設備運用管理 (構成変更管理) (Configuration Management)**

経営者・規制の要求を満たすように設備運用（運転構成、設計構成、基本設計）を管理するための保全要素をまとめた項目。この項目には、プラントの安全・効率性改善のための変更、変更のための効果的な実行方法などが含まれる。

**D：調達管理 (Materials & Services)**

プラントで使用する消耗品・予備品の調達、保管、及びプラント従事者を管理するための保全要素をまとめた項目。

**E：訓練管理 (Training)**

プラントの安全性、効率性向上を目的として、従事者に対する訓練の必要性の分析、訓練方法の策定、訓練の実施・評価を管理するための保全要素をまとめた項目。

**2.2 リスク情報活用可否の評価 (ステップ 2)**

ステップ2では、保守管理の分析でくまなく抽出した保全要素に対し、リスク情報の活用可能性を1要素ずつ検討した。検討作業は以下の手順で実施した。

- ① 「リスク情報の活用パターン」を整理・分類する。(分類結果は Table.1 参照)
- ② 保全要素毎に対し、①項の「リスク情報活用パターン」のいずれが適用可能であるか検討する。
- ③ 1つでも「リスク情報活用パターン」を適用可能と判断された保全要素を、リスク情報活用が可能な保全要素として選定する。

Table.1 リスク情報活用パターンの分類結果

記号	リスク情報活用パターン	記号	リスク情報活用対象の分類
a-1	CDF <sup>※</sup> や LERF <sup>※</sup> 値そのものの評価の活用。	◎	PSA評価の活用が可能な項目(その1) (CDF/LERF等米国で保守管理に活用されており、国内でもモデル化・実評価等が進められているPSA評価技術)
a-2	CDF や LERF の変化量を評価し、保全計画を見直す活用。		
a-3	保全を具体化する際に PSA モデルから評価される重要度分類を活用し、全体計画にリスク情報からの重み付けを取り入れる活用。		
b-1	自動トリップ確率等の値そのものの評価を活用。	○	PSA評価の活用が可能な項目(その2) (CDFやLERFへの感度の低い非安全系等に対して、別の指標(例えば自動トリップ確率のようなもの)で PSA 評価する技術)
b-2	自動トリップ確率等の変化量を評価し、保全計画を見直す活用。		
b-3	保全を具体化する際に PSA モデルから評価される重要度分類を活用し、全体計画にリスク情報からの重み付けを取り入れる活用。		
c-1	統計学的手法(故障確率や進展評価等)に基づき、保全計画を適正化させる活用。	△	PSA評価以外のリスク情報の活用が可能な項目
c-2	経済的に評価した「事故や故障の影響度」と、その「発生確率」から「経済性リスク」を評価し、その指標を基に保全計画を適正化させる活用。		
c-3	「事故や故障時に想定される労働災害や放射線被ばく」と、その「発生確率」から「ハザードリスク(災害発生リスク)」を評価し、その指標を基に保全計画を適正化させる活用。		
—	—	×	リスク情報を活用できない項目

※CDF(Core Damage Frequency)：炉心損傷頻度

※LERF(Large Early Relief Frequency)：早期大規模放出頻度

### 2.3 リスク情報活用の実用化優先度評価（ステップ3）

ステップ3では、約47項目のリスク情報活用可能な保全要素から実機への適用を優先的に検討すべき項目を絞り込むことを目的とし、実機適用への優先度評価を実施した。

本調査での優先度は、リスク情報活用による「メリット」並びにその「実現性」のそれぞれの大きさから、Fig.3 の評価マトリックスに基づき評価した。ここで、原子力産業特有の事情として、「メリット」では「保全適正化メリット」の他に「対外説明のメリット」を、「実現性」では「技術面」だけではなく「規制面」の考慮が不可欠であるため、「メリット」、「実現性」をそれぞれ Fig.1, Fig.2 のサブマトリックスで評価する2段階評価方式を採用した。

尚、優先度評価の方法としては、このようなマトリックス方式の他に、各要素の点数を加算する方法などもあるが、「メリット」、「実現性」とともに主観的な判断をする部分が多いため、ここでは、

- ・ 定性的に評価が可能
  - ・ 要素毎に評価に対して重み付けが比較的容易
- という理由から、このマトリックス方式が最適と判断して採用した。以下に優先度評価方法の詳細を纏める。

#### 2.3.1 メリット面での実用化優先度評価

保守管理へリスク情報を活用した際のメリットに応じて実機適用への優先度評価を実施した。実機適用メリットには、①保全適正化によるメリット、②対外説明性でのメリットの2項目を考慮した。これら2項目について、実機適用のメリットを大・中・小の3段階でそれぞれ評価し、この評価結果から Fig.1 の評価マトリックスに従って両項目を考慮したメリット面での優先度を a～d の4段階で評価した。

①保全適正化	大	b	b	a
	中	c	c	b
	小	d	c	b
		小	中	大
		②対外説明		

【保全適正化】  
 大：保全の適正化が期待できる  
 中：保全の適正化が期待できるが、現状の評価技術と比較して有意なメリットは小さい  
 小：保全適正化に有効でない

【対外説明】  
 大：対外説明時に必要  
 中：対外説明に利用可能  
 小：対外説明には関係無い

Fig.1 メリット面での優先度評価マトリックス

#### 2.3.2 実現性での実用化優先度評価

保守管理へのリスク情報活用の実機適用の実現性に依りて優先度評価を行った。実現性評価では、①規制面での実現性と、②技術面での実現性の2項目を考慮した。これら2項目について、実機適用の実現性を大・中・小の3段階でそれぞれ評価し、この評価結果から Fig.2 の評価マトリックスに従って両項目を考慮した実現性での優先度を a～d の4段階で評価した。

①規制面	大	d	b	a
	中	d	c	b
	小	d	d	d
		小	中	大
		②技術面		

【規制面】  
 大：現行の規制で対応可能、または実現化のための規制変更が容易  
 中：実現化のための規制変更は困難  
 小：実現化のための規制変更は現実的ではない

【技術面】  
 大：評価技術・ツールは既存である、または開発が容易である  
 中：評価技術・ツールの開発難度が高い  
 小：評価技術・ツールの開発は現実的でない

Fig.2 実現性での優先度評価マトリックス

#### 2.3.3 総合の実用化優先度評価

リスク情報活用のメリット面並びに実現性の評価結果（それぞれランク a～d の4段階評価）から総合優先度を評価した。

総合優先度は、適用のメリットと適用の実現性の組合せに応じて決定し、「ランクA」（メリット「ランクa」：実現性「ランクa」）から「ランクE」（メリット「ランクd」：実現性「ランクd」）までの5段階で評価した。メリット面、実現性の組合せと総合優先度の関係を示したマトリックスを Fig.3 に示す。

メリットが大きいリスク情報活用方法は、例えば実現性が低くても開発ニーズが高い。一方で、実現性が高くてもメリットが皆無であるリスク情報活用方法は開発ニーズが低い。そのため、総合優先度の評価マトリックスは対角線に対して非対称とし、実現性よりもメリット面を重視する評価とした。

①メリット面	a	D	C	B	A
	b	D	D	C	B
	c	E	E	D	C
	d	E	E	E	E
		d	c	b	a
		②実現性			

A：メリットが大きく、現状直ちに実現可能であるため、早期の試評価&実用化が望ましい。  
 B：早期の活用方法・評価技術の開発が望ましい。  
 C：活用方法・評価技術の開発が望ましい。  
 D：活用方法・評価技術を検討し、実現性を再評価する。  
 E：検討による成果の見込みは小さい。

Fig.3 総合面での優先度評価マトリックス

### 3. 評価結果

保守管理を体系的に分析・整理し、国内原子力発電所においてリスク情報を活用可能な保守管理活動を全て抽出し、リスク情報の活用メリット、活用の実現性を考慮して、実機導入を検討する優先度評価を実施した。

2.2 項のリスク情報活用可否の評価の結果、リスク情報活用可能な要素は47項目あり、とりわけ安全性、信頼性を管理する“**A** 機器信頼性”“**C** 設備運用管理”のカテゴリで多く挙げられた。一方、“**B** 保全作業管理”等では、リスク評価が不可能または困難であるもの、技術評価や経験による判断が支配的であるものを含むため、リスク活用対象項目は少なかった。また、具体的な活用項目に関しては、リスク情報活用項目の抽出のための網羅的かつ体系的な評価を行った結果、「機器の重要度分類」、「OLM」など従来から検討が進められている項目の他に、「パフォーマンス目標の設定」や「作業員安全管理」など、これまであまり検討が行われてこなかったリスク活用項目を挙げる事ができた。

2.3 項の優先度評価では、現状の保全負荷が多く保全適正化によるメリットが期待でき、技術面でも評価手法が整備されている点から、CDF・LERFの評価対象である安全関連系統・機器の保全適正化に係わる活用項目を優先度が高い項目として評価した。一方、非安全系統・機器（CDF・LERF対象外）については、新たに定量的なリスク指標の開発が必要であるため、技術面の実現性が低いと判断して優先度を低く評価した。また、保全項目の削減に関わる項目についても、規制面の課題が多く高く実現性が低いと判断して優先度を低く評価した。

優先度A及びBと評価したリスク情報活用対象を以下に示す。

#### 【優先度A】

- ・ プラントの安全性・信頼性目標の設定（CDF、LERF）
- ・ 系統のパフォーマンス目標の設定
- ・ 装置・機器のパフォーマンス目標の設定
- ・ 保全実績のフィードバック（目標達成の確認）
- ・ I S I の検査対象範囲・頻度の適正化
- ・ 設備・構成（Configuration）変更の妥当性評価

#### 【優先度B】

- ・ プラントの安全性・信頼性目標の設定（自動トリップ確率）
- ・ 保全対象系統の選定
- ・ 保全対象装置・機器の選定
- ・ 保全方式の選定
- ・ 運転中保守（OLM）の採用
- ・ サーバランス検査の適正化
- ・ 保全実績のフィードバック（故障率の更新）
- ・ トラブル重大度評価
- ・ 経済性を考慮した保全計画
- ・ 原子炉安全リスクを加味した定検スケジュール策定
- ・ 作業員の安全管理
- ・ 設定要求事項（AOT、STIなど）の変更
- ・ Backfitの要否判断

### 4. 結言

保管理活動を保全要素に分解し、PSAも活用パターンに分類し、それぞれを相互に組み合わせ得られるケースを検討し、さらに多面的に優先度評価を行うための体系的手法を構築できた。今後、国内原子力発電所の保守に対するリスク情報活用の本格運用に向けて、今後は活用優先度の高いリスク情報活用項目から実機適用へ向けた検討作業を行うこととなるが、とりわけ優先度Aの項目は、活用メリット並びに実現性が高い項目であるため、早期導入に向けた検討作業、試評価、並びに、必要であればツール開発を実施することが望まれる。また、優先度Bの項目は、活用メリットが高いものの、規制や技術面で比較的課題が多い項目であるため、近い将来の導入に向けて、現段階から規制対応や技術開発を着実に進めていくことが望まれる。

#### 参考文献

- [1] Nuclear Asset Management Overview, Marc Goettel (NEI), ANS Summer Meeting, 2003
- [2] IAEA-TECDOC-928 Good practices for cost effective maintenance of nuclear power plant, IAEA, 1997
- [3] IAEA-TECDOC-1138 Advance in safety related maintenance, IAEA, 2001
- [4] プラントシステム保全における信頼性と経済性の最適化に向けた技術的方策に関する研究, 千種直樹, 2004

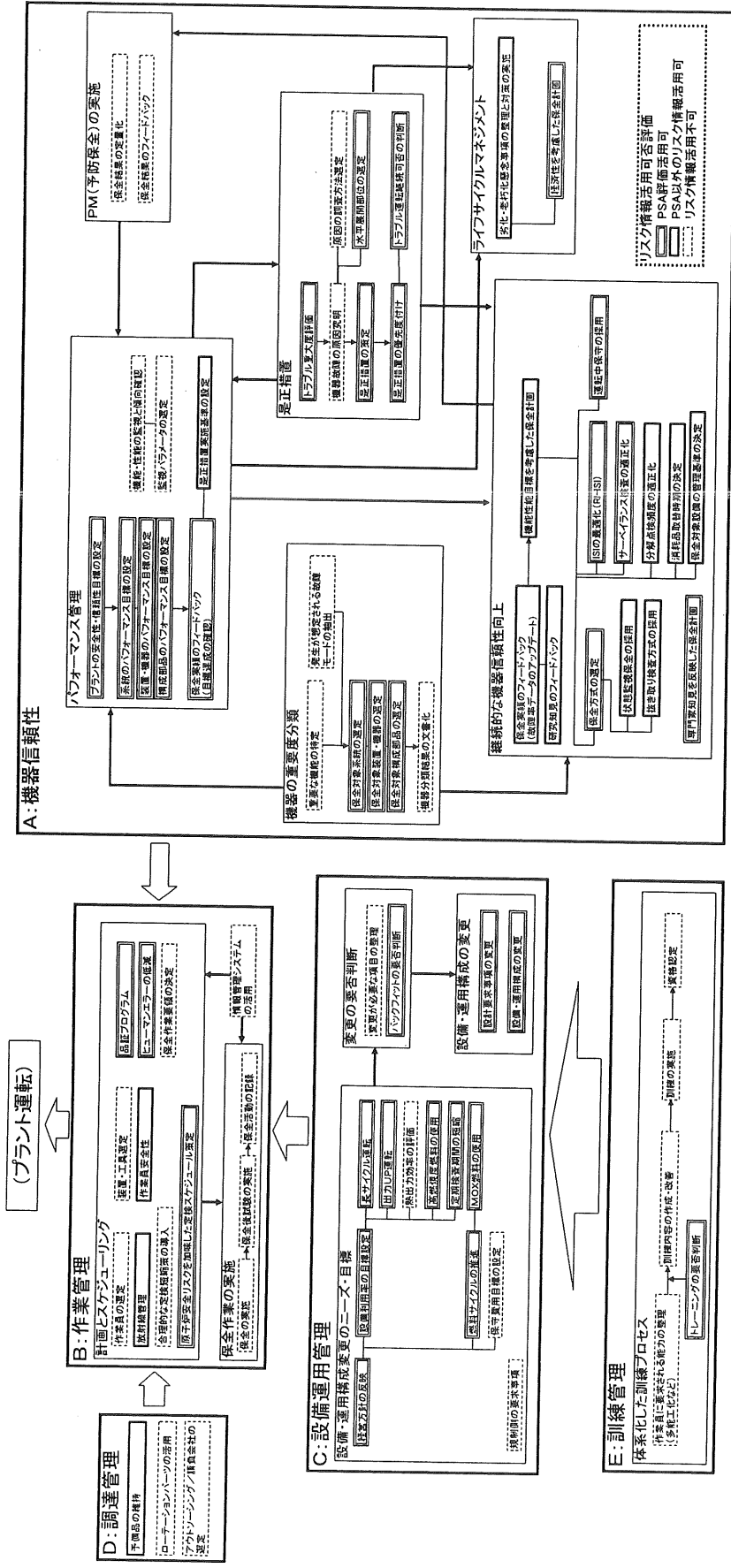


Fig4 保守管理活動のプロセスモデル (リスク情報活用可否評価結果含む)