

核燃料物質使用施設の安全評価の取組み

Activity of safety review for the facilities using nuclear material

独立行政法人日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター 燃料材料試験部

藤島雅継 Tadatsune FUJISHIMA 坂本直樹 Naoki SAKAMOTO

水越保貴 Yasutaka MIZUKOSHI 雨谷富男 Tomio AMAGAI

大森 雄 Tsuyoshi OHMORI

In the site of O-arai research and development center of Japan Atomic Energy Agency (JAEA), there are five facilities for post irradiation examination to develop fast reactor fuel and core structure material. The facilities were constructed during the period of 1960s and 1970s have been accumulating operating experience of the facilities more than 30 years. The safety review based on the experience has started at 2003 to confirm safety operation of the facilities.

In the review activity, we have prevented from defecting of equipment related safety operation by replacing the parts or whole of the equipment with effective risk reduction and reasonable maintenance cost.

The review method is possible to determine the priority of the equipment maintenance by using safety impact evaluations of each equipment and performance indicators which show the degradation of the equipment.

Keywords: safety review, PSR, Performance Indicator, hot laboratory

1. 緒言

大洗研究開発センター燃料材料試験部には、高速増殖炉の高性能燃料及び材料の開発を目的とした 5 つの核燃料物質使用施設（照射後試験施設）がある。

これらの施設は昭和 40 年代から 50 年代に建設されたもので、運転開始からいずれも 30 年以上経過している。そこで、施設の安全確保のため、平成 14 年度より独自の安全評価に取り組んでいる。

この取組みは、想定されるリスクを摘出し、未然に適切な処置を施すなどの対策によりトラブルを防止しようというものである。その精神は、発電用原子炉

等の高経年化対策に適用されている定期安全評価（Periodic Safety Review : PSR）に学んでいる。

評価手法の特徴は、安全に影響する様々な要因を数値化し、性能劣化監視指標（Performance Indicator : PI）により、適切な保全活動に反映していく点にある。

本報では、燃料材料試験部で行っている施設の安全評価への取組みについて、経緯、評価手法及び保全活動への展開の状況について報告する。

2. 取組みの目的と経緯

ウランやプルトニウムなどを扱う核燃料物質使用施設には、核燃料物質を閉じ込め、放射線障害を防止するための換気設備や廃液設備といった様々な設備が設置されている。これらの設備の中には、高い放射線量環境に設置されているものもあり、放射線による性能劣化の加速といった核燃料物質を取扱う施設の特徴に配慮しながら安全を確保していく必要がある。

連絡先：藤島雅継、〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町 4002 番、(独) 日本原子力研究開発機構
大洗研究開発センター 燃料材料試験部 燃料試験課
電話：029-267-4141、

e-mail : fujishima.tadatsune@jaea.go.jp

本取組みは、

- ・設備の継続的な安全性の確認
- ・より適切な保全活動の展開

を基軸とした、経年化に配慮した核燃料物質使用施設の安全評価と安全確保を目的としている。

平成14年に、PSRが研究用原子炉施設で試行されたのを契機として、燃料材料試験部における自主的な保安活動の一環として核燃料物質使用施設の安全評価手法の検討を開始した。

手法の検討にあたっては、FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) や FTA (Fault Tree Analysis) [1]、確率論的安全評価といった広く認知されている安全性解析手法のほか、厚生労働省「化学プラントにかかるセーフティ・アセスメントに関する指針」の平成12年度改訂版(通達基発149号)[2]などを参考にした。

約1年間に渡る種々の検討の結果、標記目的を満足し、燃料材料試験部の経営資源に見合った独自の手法を構築した。施設の安全評価と適切な保全活動による安全確保の概念を図1に示す。

平成15年度に試行運用を行い、平成19年度現在、燃料材料試験部内の全5施設について本手法を適用し、毎年度安全評価を実施している。

3. 安全評価手法の概要

独自に構築した、設備の継続的な安全性の確認を行う手法について述べる。

安全性の確認にあたっては、まず初めに、放射線による影響に配慮しつつ、設備が故障に至るリスク因子を抽出する。リスク因子は、すでに顕在化しているものに加え、経年化により予測される潜在化しているものも想定する。評価手法の中で、リスク因子は補修課題として扱う。

本手法では、①補修課題の危険度を支配的要因として、②PIの有効性(故障時期の見極めやすさ)と③法令等遵守への影響度(コンプライアンスの観点)の組み合わせにより、設備の継続的な安全性をAA、A、

B、B⁻、C、C⁻、Dの7ランクに格付けする。

以下に①から③の3つの評価要因の数値化についての概略を説明する。

①補修課題の危険度：0.5～100点

抽出した補修課題について、以下の1)から3)の尺度の積により、危険度を数値化する。

これまでの30数年の核燃料物質使用施設の運転保守の経験則をよりどころとして、1)から3)の各尺度の配点の定義は、その積により数値化した補修課題の危険度について、以下の3段階の意味合いを持つように考慮してある。

- A. 継続的な安全性良好。補修課題の危険度は極めて低い。：4点以下
- B. 継続的な安全性に問題なし。ただし補修課題に留意の必要あり。：4点超え40点未満
- C. 安全性は保たれているが、補修課題に十分注視して対処する必要あり。：40点以上

補修課題の危険度は、安全性ランクに直接反映される。

1) 補修課題により故障する可能性：1～10点

補修課題の拡大性、拡大したときに当該設備が故障に至るおそれの大小など、短期間に故障する可能性が大きいほど高配点とする。

2) 経年化の度合い：1～10点

設備の経過年数に応じて、長期間であるほど高配点とする。

3) 事後保全で対処可能か：0.5点又は1点

補修課題について、事後保全で対応可能な場合は0.5点、予防保全が必要な場合は1点とする。

②PIの有効性：1～10点

PIの有効性は、設備が故障する時期の見極めやすさを示す尺度となる。PIの概念が適用できるか否か、定量的か定性(感覚)的か、故障時期の見極めに必要な熟練度などに応じて有効性が高いほど高配点とする。

③法令等遵守への影響度：1～10点

顕在化している補修課題が、コンプライアンスに

抵触するおそれがあるか否かを確認する。

法令等や地域との協定類のほか、自ら定めている各種規定やマニュアル等も含めて確認の対象としている。

確認の対象に応じて、法令等に抵触するおそれのある場合を最も高配点とする。

上記の①から③の評価要因の組み合わせと、安全性ランクとの関係を表1に、安全性ランクの解釈の概要を表2に示す。

表1 評価要因と安全性ランクとの関係

安全性 ランク	①補修課題 の危険度	②PIの有効性	③法令等遵守 への影響度
AA	補修課題なし		抵触なし
A	4点以下	関連なし	
B	4点超え	適用可	
B ⁻	40点未満	適用不可	
C	40点以上	適用可	
C ⁻		適用不可	
D	関連なし		抵触有り

表2 安全性ランクの解釈の概要

安全性 ランク	解釈の概要
AA	保全が完了し、補修課題が解消
A	継続的な安全性良好。補修課題の危険度は極めて低い。
B	継続的な安全性に問題ないが、補修課題の危険度に留意し、PIに応じた保全を要する。
B ⁻	継続的な安全性に問題ないが、故障時期の見極めが困難なため、補修課題の危険度に留意し、適切な保全を要する。
C	安全性は保たれているが、補修課題の危険度に十分注視し、PIに応じた早めの保全を要する。

C ⁻	安全性は保たれているが、故障時期の見極めが困難なため、早急に保全を要する。
D	コンプライアンス上、速やかな保全及び必要な通報連絡を要する。

設備の継続的な安全性の確認に基づき、核燃料物質使用施設の安全評価は、安全性ランクがB⁻以上であることをもって問題なしと判断する。

C又はC⁻ランクの設備は、評価時点では健全に作動しているため、直ちに核燃料物質使用施設の安全に影響を及ぼすことはないものの、継続的な安全確保の観点から、基本的に当該年度の保全業務に反映して速やかな対応を図る。様式と評価例を図2に示す。

4. 保全活動への展開

4.1 より適切な保全活動への反映

保全活動は、安全確保を第一として、

- ・ 日常の保守や部分的な部品交換などにより、性能劣化を緩和し、機能維持を図るための経過措置的な予防保全
- ・ 設備更新など、経年化による補修課題を根本的に解消するための本格的な予防保全

を基本的な柱として展開している。

設備の安全性のランク付けとPIの設定により、経過措置的な予防保全の力点を置くべき設備とその性能劣化の監視項目の明確化が図られ、日常の保守や部分的な部品交換などの的確性が向上する効果が得られている。

また、従来の巡視点検のデータも加えて、PIにより性能劣化を見極めることで、補修課題を解消するための本格的な予防保全の適時性が向上している。

PIは、設備の設計要件や構成機器、不具合の出方などを熟知した者の意見を尊重し、関係者で良く議論して監視項目とその頻度を定めている。このPIの設定、監視及び傾向評価のプロセスにおいて、熟練者から次の世代を担う者への各設備固有の技術技能の伝承といった副次的効果も得ている。

4.2 保全計画への反映

安全の確保のためには、適切な保全活動の基礎となる保全計画の優先順位付けの信頼性向上も大切である。そこで、以下に示す当該設備が故障した際の影響度から、予め設備機器影響度を(ア+イ+ウ+エ)×オ×カ×キにより数値化する。

ア. 従業員障害影響度：1～5点

イ. 照射後試験影響度：1～3点

ウ. 施設保安影響度：1～5点

エ. 衛生環境影響度：1～5点

オ. 公衆環境影響度：1～10点

カ. 故障した際の法令等遵守への影響度：1～10点

キ. 代替えの有無：0.5点又は1点

オ. 公衆環境影響度及びカ. 故障した際の法令等遵守への影響度については、掛け算として重要視している。また、影響度の重み付けを考慮して最大点数に差を設けている。

さらに、設備機器影響度(最大1800点)、前項で示した①補修課題の危険度(最大100点)及び②PIの有効性(最大10点)の3要因に基づき、総合リスクポイントを、

$$\text{(設備機器影響度/1800+①補修課題の危険度/100+②PIの有効性の逆数)} \times 100$$

により算出する。

総合リスクポイントは、設備が重要で、補修課題の危険度が高く、PIの有効性が低いほど点数が高く、最大で300点となる。高点数ほど保全優先度が高いことを意味する。数値化した総合リスクポイントをよりどころとすることで、信頼性の高い保全計画が策定でき、より適切な保全活動を下支えしている。

5. 安全評価と保全活動の実績

平成15年度の試行運用を含め、これまでに計5回の安全評価を実施し、5施設合計で約230設備の安全性を毎年度確認してきた。Dランクに該当する設備は生じていない。

これまでの安全評価に基づいて、Cランクを主体に

5施設合計で72設備について適切に予防保全し、補修課題を解消してきた。

その他の安全性ランクの設備については、PI監視を継続し、的確な経過措置を施しながら設備を健全に維持している。

具体例としては、計装用空気圧縮機のリスク因子にモーターベアリングの磨耗固着を摘出し、そのPIに熟練者の聴音による回転音の変化の確認を設定して的確に部品交換を行えるようにした事があげられる。

ベアリングの磨耗進行は、一般にモーター負荷電流の増加に現れ難く、騒音の中で回転音の微かな変化として捉えることも困難であるが、熟練者による聴音というPIの設定により、性能劣化を見極めて適切に措置する仕組みが有効に働き、核燃料物質を閉じ込めるための施設内の負圧制御に不可欠な圧縮空気を安定供給してトラブルを防止し、安全を確保している。また、回転音の微かな変化を聞き分けるOJTにより、次の世代を担う者のスキルアップも図っている。

このように、人材の育成を考慮しながら、部品交換などの的確性や予防保全の適時性が向上した精度の高い保全活動を展開している。

6. 結言

本取組みにより、核燃料物質使用施設の特徴を踏まえた独自の安全評価手法の構築と毎年度の安全評価によって、より適切な保全活動が展開でき、施設の安全確保に役立っている。

今後も本取組みを継続するとともに、実績を積み重ねながら評価手法等を改善し、施設の安全確保に努めていく。

参考文献

- [1] (財)日本科学技術連盟：“信頼性技法実践講座 FMEA・FTA テキスト”，2000年度版。
- [2] 厚生労働省安全課編：“化学プラントのセーフティ・アセスメント—指針と解説”，200101。

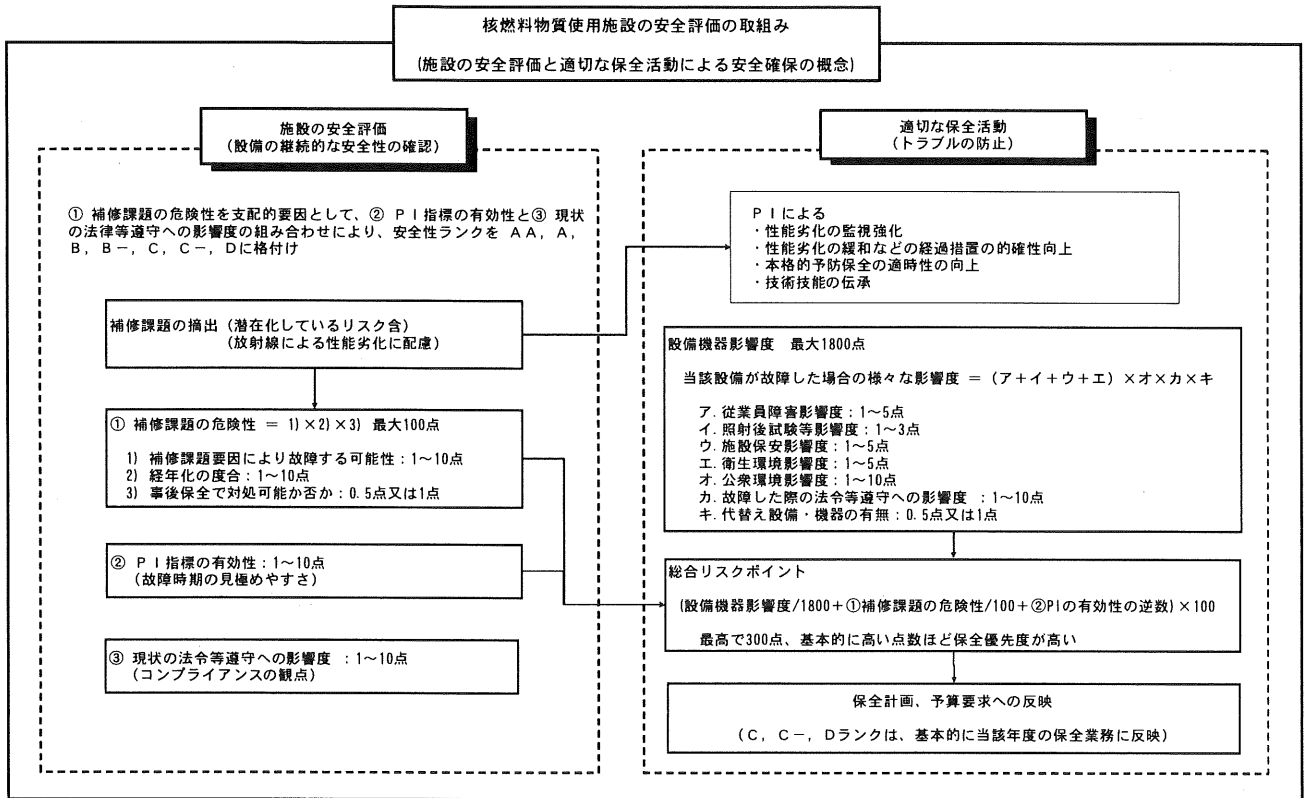


図1 施設の安全評価と適切な保全活動による安全確保の概念

設備名	設備・機器の影響度							補修課題の管理				設備の継続的な安全性の確認						総合リスクポイント	備 考				
	ア. 従業員障害影響度	イ. 照射後試験等影響度	ウ. 施設保安影響度	エ. 衛生環境影響度	オ. 公衆環境影響度	カ. 故障した際の法令等遵守への影響度	キ. 代替設備・機器の有無	設備・機器影響度ポイント	補修課題解消済	補修課題(リスク因子)	経過措置	故障時期の見極めやすさ		補修課題の危険性									
												PI指標	PI指標の有効性	① 補修課題の危険性	② 経年化の度合	③ 補修課題の危険性	安全性ランク			安全性の確認結果			
○○設備	3	3	5	1	4	7	1	336.0					PI指標						AA	補修課題等は解消され、保安は確保されている			
△△設備	3	3	3	1	4	7	1	280.0						7.0	1.0	1.0	2.0	1.0	2.0	A	継続的な安全性良好。補修課題の危険度は極めて低い	32	
□□設備	1	3	3	1	4	7	1	224.0	設備の特徴や補修課題に応じて、詳細におよぶため記載省略					4.0	1.0	1.0	6.0	2.0	12.0	B	継続的な安全性に問題ないが、補修課題の危険度(留意し、PIに応じた保全を要する)	49	
☆☆設備	1	3	5	1	1	7	1	70.0						1.0	1.0	1.0	8.0	2.0	16.0	B-	継続的な安全性に問題ないが、故障時期の見極めが困難なため、補修課題の危険度(留意し、適切な保全を要する)	120	
●●設備	1	2	1	3	1	1	1	7.0						4.0	1.0	1.0	10.0	4.0	40.0	C	安全性は保たれているが、補修課題の危険度(十分注視し、PIに応じた早めの保全を要する)	65	
▲▲設備	1	2	1	3	1	1	1	7.0						1.0	1.0	1.0	10.0	4.0	40.0	C-	安全性は保たれているが、故障時期の見極めが困難なため、早急に保全を要する	140	
■■設備	1	3	3	1	4	7	1	224.0						4.0	7.0	1.0	6.0	2.0	12.0	D	コンプライアンス上、速やかな保全及び必要な通報連絡を要する	49	

図2 様式と評価例