

# 海外におけるオンラインメンテナンスの現状

## Status of Online Maintenance in the world

原子力安全基盤機構 水町 渉 Wataru MIZUMACHI Non-member  
 原子力安全基盤機構 小林 正英 Masahide KOBAYASHI Non-member

In many countries, online maintenance has been already introduced. Especially in US, online maintenance has been introduced to many nuclear plants which has (N+1) redundant safety systems as Japanese plants. There experience will contribute us to discuss how to introduce online maintenance in Japan. In IAEA's nuclear safety criteria and guidance, it is recognized that the outage of one safety system for maintenance is usual operation. This is normal sense in the world. In US, the risk when online maintenance is done is controlled mainly by PRA. We have to discuss how to introduce online maintenance in JAPAN under these conditions in the world.

**Keywords:** online maintenance, (N+1) redundant safety system, PSA, PRA, risk control

### 1. 海外の実施状況

原子炉運転中に保守を実施する、いわゆるオンラインメンテナンス (OLM) の各国の実施状況を表1に示す。なお、本表では特に安全系のオンラインメンテナンスに注目してその実施状況をまとめた。

Table 1 Status of OLM in each country

国	安全系	実施状況
アメリカ	N+1	OLM のリスクの増分が小さい範囲で実施する等、リスクを管理した状態で、可能なものはほぼ実施。
ドイツ	N+2	OLM 期間 14 日間を目処に実施
フィンランド	N+2	単一故障基準が満足され、リスクの増分が少ない場合に実施。
	N+1	限定的
スペイン	N+1	米国同様、リスクを管理した状態で実施
スイス	N+2	リスクの増分に応じて 10 ~30 日間で実施
	N+1	実施せず

(N: 定格に必要な系統数 +1 or +2: 冗長系の数)

以上、N+2 のプラントでは、1 系統を保守のため待機除外としても単一故障基準が成立するため、リスクの増分が小さいことを確認して、OLM を実施していることが多い。

また、N+1 のプラントではリスクの増分を管理した上で OLM を実施しているか、OLM を実施をしていないかであった。特に米国ではリスクを管理し、運転中に実施可能なほぼ全ての系統で OLM を実施しており、我が国 (N+1) の OLM 実施の参考になると考えられる。

### 2. IAEA 安全基準における取り扱い

IAEA の安全基準で OLM がどのように扱われているかを調査するため、次の安全基準について調べた。

NS-R-2 安全運転要求

NS-G-2.2 運転上の制限と条件、及び運転手順のガイド  
 NS-G-2.6 保守、サーベランス及び ISI のガイド

上記の安全基準の調査の結果、OLM に関連するものとして次のものがあつた。

NS-G-2.6 保守、サーベランス及び ISI のガイド

5.12 いくつかの保守・サーベランス及び ISI では安全上重要な系統もしくは機器を供用外とする必要になるため、そのような系統や機器を供用外とする場合の前提条件、並びに確実かつ適切に供用に戻すための特別の指示を記載し、通常運転に対する制限及び条件を逸脱しないことを確実にすべきである。

また、待機所外時間を制限するガイドとして次のようなものがあつた。

NS-G-2.2 運転上の制限と条件、及び運転手順のガイド

6.6 安全系の機器を供用外とする必要がある場合は、安全系ロジックが設計上の規定に適合するような構成とすべきである。

6.7 安全関連システムに対する運転可能性要求については、

多重性、機器の信頼性、機器が運転できない場合のリスク増加が容認できる程度に小さい時間にすべきである。

6.8 容認可能な運転不能時間とその組み合わせた影響を評価し、リスク増加が容認できる水準に維持されていることを確認すべきである。この評価のために最も適切な方法として、確率論的安全評価（PSA）と信頼性解析の方法が使用されるべきである。既存の安全研究や運転経験に基づき、PSAから求められる時間より短い時間が運転制限条件として規定されるべきである。

以上、IAEAの安全基準の中では、保守等のため待機除外とすることは特に禁止されているものではなく、その際のリスクの増加を容認できる程度に小さい時間にすべきであること、リスクの増加の評価についてはPSAや信頼性解析を用いるべきであること等が言われている。これらが、世界のOLMに対する取り扱いであり、今後、我が国でも参考とすべきものとする。

### 3. 米国の実施状況

#### 3.1 経緯

米国では1980年代より、許容待機除外時間を利用したOLMが特に制限無く実施されていた。このため、複数の安全系機器を同時に保守を実施するなど、原子力安全に考慮を払わないこともあったとのことである。このため米国NRCは保守実施の際の安全機能遂行に対する影響評価を求めたが（should）（1991年の10CFR50.65 保守規則の公表）、その後の検査で保守前のリスク評価が適切に行われていないことがわかり、1999年に保守前のリスク評価を強制的要件（shall）とし、今日に至っている。

従って現在では、運転中、停止中を問わず保守前にリスク評価（=PSAによる炉心損傷頻度等の増分の評価）を実施することが義務付けられている。しかしながら、リスク評価結果がよければ、複数の安全系の同時OLMの実施等も認められ結果となっている。

また、リスク情報から許容待機所外時間を評価し、評価結果が現状より長ければ、その延長を図り、OLMの実施内容を充実する試みも多くなされている。

#### 3.2 実施状況

OLMを実施している機器設備の範囲の考え方を表2に示す。OLM実施する機器設備については、12週間前から計画作成を開始する。OLM対象機器設備は、事

故または発電上のリスクに大きな影響を与えないで待機除外できる特定の系統又はそのグループ（=機能別設備グループ（FEG: Functional Equipment Group））に分類し、FEG単位で隔離をして、そのグループに集中してOLMを実施する。このようなグループ化によって、個々の部品に関連する全ての作業を特定し、保守作業を同じ時期に計画できることになり、待機除外となる回数を最小化することができる。

Table 2. Idea of equipment that executes OLM in US

	格納容器内	OLM実施不可
Tech. Spec. (保安規定) 対象機器	格納容器外	運転上の制限内であり、リスク小、発電に影響が無ければ OLM実施
Tech. Spec. (保安規定) 非対象機器	発電をサポートする機器	出力低下・停止の必要無く、労働安全上許容可であれば OLM実施
	発電をサポートする機器以外	労働安全上許容可であり、その他の制限が無ければ OLM実施

安全関連設備のOLMでは、「許容待機除外時間（AOT）の半分以下の時間で作業を実施できるか」が具体的な保守内容を決定する際の一つの基準となっている。また、保守する系と反対側の系統については健全性を維持するため、特に配慮をして実施している。

### 4. まとめ

海外では、冗長系が我が国と同じ（N+1）の国の中で米国が積極的にオンラインメンテナンスを行っており、我が国の参考となる。

また、IAEAの安全基準等でも運転中の保守等を前提としており、これがグローバルな考え方である。

米国においては、安全の評価にPSAの結果を活用しており、リスクを管理しながらオンラインメンテナンスを実施している。これらを参考に我が国におけるオンラインメンテナンスを検討していく必要がある。