

日本機械学会

リスク低減のための最適な原子力安全規制に関する研究会

設計基準対象施設の運転中保全実施時における

補償措置検討ガイダンス

2022年3月

保守規則課題検討作業会

1. はじめに.....	1
2. DB 設備の OLM の考え方.....	2
3. DB 設備の OLM 実施時の補償措置として利用される設備の分類.....	5
3.1 DB 設備.....	5
3.2 常設 SA 設備.....	6
3.3 可搬型 SA 設備.....	6
3.4 多様性拡張設備（自主対策設備）.....	6
3.5 特定重大事故等対処施設.....	6
3.6 その他可搬設備.....	7
4. DB 設備の OLM 実施時の定性的リスク評価.....	8
4.1 初期有効性評価.....	10
4.1.1 シナリオ評価.....	10
4.1.2 機能適用性.....	10
4.1.3 設備性能.....	11
4.2 設備の利用可能性と信頼性.....	12
4.2.1 設備の利用可能性.....	12
4.2.2 信頼性、試験及び保守.....	12
4.2.3 配置と輸送能力.....	12
4.3 利用可能時間と時間的余裕.....	13
4.4 指揮統制.....	14
4.4.1 手順及び書面による指示.....	14
4.4.2 訓練.....	15
4.4.3 人員配置及び伝達.....	16
4.5 環境課題.....	16
5. まとめ.....	18

## 付録 DB 設備の OLM における定量的／定性的リスク評価 実施例\*

- A. DB 設備の OLM 適用に関する PRA 概略評価
- B. 補償措置例（ディーゼル発電機：BWR）
- C. 補償措置例（ディーゼル発電機：PWR）

※付録は動力エネルギーシステム部門ホームページを参照

<http://www.jsme.or.jp/pes/Research/index.html>

## 1. はじめに

2020年4月より米国の原子炉監視プロセス（ROP）を参考とした新検査制度が本格運用となった。この制度は日本の規制活動にリスク情報が活用されるものであり、事業者としても自主的な安全性向上の取り組みの中でリスク情報を活用することの重要性が増すこととなる。福島第一原子力発電所事故の反省として新規規制基準が制定され、再稼働に向けて多くの追加安全設備（重大事故等対処設備（以下、SA設備）・特定重大事故等対処施設等）が要求されるようになった。他方、プラントの確率論的リスク評価（PRA）技術は進展し、様々な事象に対するリスクを定量的に評価できるようになりつつある。設備増強による保守物量増大等の課題もあり、リスク情報を活用して安全性を確保しつつ、効果的な保守を実施することが重要である。

日本機械学会「リスク低減のための最適な原子力安全規制に関する研究会」（保守規則課題検討作業会）は、リスク情報を活用した検査制度の見直し（ROP導入）の基本的考えに則り、リスク情報を活用した効果的な設備の保全の在り方を提言するために、まずはSA設備の運転中保全（以下、OLM）適用に向けた基本的な考え方を具体的なリスク評価を交えて検討し<sup>[1-2]</sup>、OLM実施時に検討する補償措置の内容及びその定性的なリスク評価方法を、事例と共にまとめた<sup>[3]</sup>。

本ガイダンスは上記検討内容を基に、国内における設計基準対象施設（以下、DB設備）に対してOLMを実施するための基本的な考え方及び、DB設備のOLM実施時に検討する補償措置の内容及びその定性的なリスク評価方法を、事例と共にまとめたものである。

尚、特定重大事故等対処施設の保全に関しては、日本機械学会「原子力の安全規制の最適化に関する研究会」にて、海外事例の現地調査などを通じて、特定重大事故等対処施設の位置づけ及び保全の在り方を整理・検討した。特定重大事故等対処施設はセキュリティ機能を担うものとし、その性質を踏まえた保全の基本的な考え方を「特重施設の保全の在り方について」（平成30年3月、一般社団法人日本機械学会 動力エネルギーシステム部門 原子力の安全規制の最適化に関する研究会）にまとめた。

[1] 日本機械学会 リスク低減のための最適な原子力安全規制に関する研究会 保守規則課題検討作業会、SA設備のオンラインメンテナンスの考え方、2019年3月

[2] 日本機械学会 リスク低減のための最適な原子力安全規制に関する研究会 保守規則課題検討作業会、SA設備のオンラインメンテナンスの考え方、第5回原子力安全合同シンポジウム、2019年12月24日

[3] 日本機械学会 リスク低減のための最適な原子力安全規制に関する研究会 保守規則課題検討作業会、重大事故等対処設備の運転中保全実施時における補償措置検討ガイダンス、2020年3月

## 2. DB 設備の OLM の考え方

日本機械学会「リスク低減のための最適な原子力安全規制に関する研究会」では、原子力学会標準でのリスク指標による判定基準の考え方を参考に、SA 設備の OLM 適用に関する基本的な考え方を提言している。その中で①OLM の実施の可否と、②OLM を実施可能な期間と、2つの指標で OLM のリスクを管理するとしており、下記にその要旨を記載する。また、リスクの増加量に関わらず補償措置の検討を行い、リスクが管理された OLM を実現することとしている。この考え方は、プラントのリスクを管理する基本的な考え方であり、OLM の対象が DB 設備になっても変わらないものである。

なお、特定重大事故等対処施設のセーフティ機能に対する OLM についても、セキュリティに対する代替措置を実施した上で本ガイダンスを準用することができる。特定重大事故等対処施設のセキュリティに対する代替措置については、「特重施設の保全の在り方について」（平成30年3月、一般社団法人 日本機械学会 動力エネルギーシステム部門 原子力の安全規制の最適化に関する研究会）の2章が参考となる。

### ① OLM の実施の可否

OLM 実施時のシステム構成におけるプラント安全性の判断指標として、瞬間の炉心損傷頻度・格納容器機能喪失頻度を用いる。

OLM の実施可否は、OLM 実施時のシステム構成が安全目標に適合しているかを評価するため、 $CDF_{inst}^{(※1)}$ 、 $CFF_{inst}^{(※2)}$  の指標を用いて、性能目標を参考に判断する。

- ・ 性能目標は、「発電用軽水型原子炉施設の性能目標について（平成18年3月28日原子力安全委員会安全目標専門部会）」の性能目標案とする  
（日本原子力学会標準 「原子力発電所の継続的な安全性向上のためのリスク情報を活用した統合的意思決定に関する実施基準：2019」（AESJ-SC-S012:2019）解説16も併せて参照）。  
性能目標（全リスク） CDF: $10^{-4}$ /炉年、 CFF: $10^{-5}$ /炉年
- ・  $CDF_{inst} > 10^{-4}$ /炉年、 $CFF_{inst} > 10^{-5}$ /炉年のものは基本的に実施しない。
- ・ ただし、 $CDF_{inst}$ 、 $CFF_{inst}$  の判断基準を超えるが、OLM が非常に短時間であり且つ OLM の実施により運転サイクル期間全体のリスクを低減できる場合は、どのような事象がそのリスクレベルを引き起こすかを明確かつ具体的に理解にし、十分な補償措置をとった上で、実施可能とする。

※1  $CDF_{inst}$  :瞬間の炉心損傷頻度=ベースライン CDF +  $\Delta$ CDF

※2  $CFF_{inst}$  :瞬間の格納容器機能喪失頻度=ベースライン CFF +  $\Delta$ CFF  
（ベースラインとは、OLM 未実施のプラント状態のことを言う。）

## ② OLM を実施可能な期間

OLM 実施期間中に累積されるリスクの増加量の判断指標として、OLM 実施期間中のリスク増加分の時間積分値を用いる。OLM の実施期間は、OLM 実施期間中に累積されるリスクの増加量で評価するため、ICDP<sup>(※3)</sup>、ICFP<sup>(※4)</sup>の指標を用いる。また、OLM 実施可能期間は、リスク評価から適切に定める。

評価する代表的な外的事象としては地震、津波を考慮する。なお、これら外的事象のリスクを PRA で評価するほか、OLM によるリスク増加が限定的であることを定性的な検討又は定性的な検討と定量的な評価との組合せによって示してもよい。

※3 ICDP：炉心損傷確率の増分

※4 ICFP：格納容器破損確率の増分

- $ICDP > 10^{-5}$  or  $ICFP > 10^{-6}$  の場合  
自主的に、計画したそのシステム構成に移行するべきではないとして、OLM 対象範囲や実施期間を見直す必要あり
- $10^{-6} \leq ICDP \leq 10^{-5}$  or  $10^{-7} \leq ICFP \leq 10^{-6}$  の場合  
補償措置によるリスク低減を検討のうえ、定性的判断を含む統合的な判断の上、OLM を実施する
- $ICDP < 10^{-6}$  and  $ICFP < 10^{-7}$  の場合  
原則として補償措置によるリスク低減を検討のうえ、OLM を実施する

なお、補償措置に利用する設備の概要を 3 章に、DB 設備の OLM 実施時の補償措置を定性的にリスク評価する時の具体的な検討ガイダンスを 4 章に示す。

リスク低減策として検討した補償措置の効果は、専門家パネル等、公平な会議体にて評価され、 $ICDP < 10^{-6}$ 、 $ICFP < 10^{-7}$  と同等なレベルであることが望ましい。

## ③ 補償措置

補償措置は、計画された保守活動中にリスクの影響を軽減するためのリスク管理措置として設定される。補償措置には、計画された保守活動のために待機除外している設備と同様の機能を有する設備を待機状態とするハードウェアを利用した措置以外に、次に示すようなリスク管理を意識した原子力発電所の運営管理に関する幅広い対策<sup>[4]</sup>が考えられる。

また、想定される外部ハザードの特性を踏まえ、多様性及び位置的分散に配慮した補償措置を策定することが望ましい。

- ・運転員・補修員に対する、待機除外の発生及びこれに伴うリスクの状態の周知徹底
- ・運転員・補修員に対する、待機除外系統に対して機能的に多重性を担っている系統の周知徹底及び当該系統の機能確認の実施
- ・待機除外中に有効な操作及び代替手段の運転員に対する周知徹底、操作手順の整備、現場操作が有効な場合には事前の人員配備
- ・待機除外中のプラント運転に対する当直運転員への支援強化
- ・待機除外時間の短縮のためのシフト体制構築（24 時間体制など）、実際に待機除外する時間の制限（原則として許容待機除外時間の 50%までなど）
- ・多重性を担う系統及び関連する設備への作業の制限
- ・プラント・トリップに繋がる恐れのある作業の制限
- ・天候及び自然現象の予報確認、所内の作業制限などによる外部電源喪失の可能性排除

[4] 日本原子力学会標準 「原子力発電所の継続的な安全性向上のためのリスク情報を活用した統合的意思決定に関する実施基準：2019」（AESJ-SC-S012:2019）の附属書 W d) 「ALARA の概念の適用の考え方」注記より引用

### 3. DB 設備の OLM 実施時の補償措置として利用される設備の分類

本章は DB 設備の OLM 時の補償措置として利用される設備<sup>(※5)</sup>の概要について説明している。SA 設備等は、炉心損傷防止、格納容器破損防止の観点からリスク低減に寄与することができる。そのためリスク低減に高い効果が期待できることが確認された設備は、DB 設備の OLM 時の補償措置として利用することができる。これは特定重大事故等対処施設も同様で、その機能によっては補償措置として利用することが可能であり、例示の補償措置を参考に DB 設備の効果的<sup>(※6)</sup>な保全及び保全品質向上実現のために積極的な OLM の実施が望ましい。なお、特定重大事故等対処施設はセーフティ機能の補償措置に活用することができるが、併せて特定重大事故等対処施設のセキュリティ機能の維持についても検討が必要である。

補償措置として利用される設備の考え方、設備の分類を以下に示す。なお、DB 設備を OLM する場合に補償措置として利用される設備は以下の考え方を満足すること。

その設備を期待している他のシナリオへの対応能力が劣化せず<sup>(※7)</sup>に当該設備を補償措置として利用できるもの。

※5 OLM 時の補償措置として利用する場合、その利用の様態によっては保安規定に係る可能性もあるので注意すること。

※6 「効果的」、とは限られた保全リソースを最適・有効活用すること。

※7 補償措置として利用する設備が待機除外となった時に、その設備（補償措置として利用する設備）を期待しているシナリオで増加するリスクを許容範囲内に維持できる設備数（N）を確保のうえで、余剰分（+ $\alpha$ ）が補償措置として利用可能であることを意味する。

また、上記設備数（N）から補償措置として利用する場合も、当該シナリオの再評価によりリスクを許容範囲内に維持できるのであれば利用可能であることを意味する。

#### 3.1 DB 設備

運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の発生を防止し、又はこれらの拡大を防止するために必要となる設備。

失敗確率を低減するために、サーベイランス等により利用する DB 設備が動作可能であることを確認することで補償措置とすることができる。（現行保安規定の LCO 逸脱時の処置でも同様の確認を行っている。）

### 3.2 常設 SA 設備

重大事故に至るおそれがある事故（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故を除く）又は重大事故に対処するための機能を有する設備（SA 設備）のうち常設のもの。

補償措置として利用することで、その設備を期待できない条件でも、当該シナリオでのリスクが許容範囲内に維持される場合は補償措置手段として利用できる。

OLM 対象設備待機除外が影響する事故シナリオの有効性評価において、期待されていない常設設備は、その設備に期待する他のシナリオへの対応能力が劣化しない場合に補償措置手段として利用できる。

### 3.3 可搬型 SA 設備

SA 設備のうち可搬型のもの。SA 設備としての冗長性を損なうことなく効果的な補償措置の手段として期待できる場合、その設備を補償措置の 1 つとして利用できる。SA 設備としての冗長性が劣化する場合、その設備を期待できない条件でも、当該シナリオでのリスクが許容範囲内に維持される場合は補償措置手段として利用できる。

### 3.4 多様性拡張設備（自主対策設備）

技術基準上の全ての要求事項を満たすことや全てのプラント状況において利用することが困難であるが、プラント状況によっては事故対応に有効なもの。

多様性拡張設備（自主対策設備）を用いた有効性評価を実施した結果、補償措置として使用することが有益と判断される場合、補償措置の 1 つとして利用できる。

### 3.5 特定重大事故等対処施設

重大事故等対処施設のうち、故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムにより炉心の著しい損傷が発生するおそれがある場合又は炉心の著しい損傷が発生した場合において、原子炉格納容器の破損による工場等外への放射性物質の異常な水準の放出を抑制するためのもの。

特定重大事故等対処施設としてのセキュリティ機能を確保した上で重大事故等への対処に利用できる（セーフティ機能として利用できる）場合は、DB 設備の補償措置として利用することが可能である。

特定重大事故等対処施設でもセキュリティ機能を満足し、リスクが許容範囲内に維持される場合は、3.1, 3.2, 3.3 節と同様の考え方で DB 設備の補償措置として利用することが可能である。なお、特定重大事故等対処施設はセキュリティ施設であるため、補償措置として活用する場合はプラントのセキュリティを損なわないための運用手順等を別途整備する必要がある。

### 3.6 その他可搬設備

現行の規制基準として規定されていないものの、海外での運用形態も踏まえ以下のような可搬設備の活用も考えられる。

#### a. 常時配置された可搬設備

設置時間を短縮するために常時配置されている可搬設備であるが、補償措置として利用することで、その設備を期待できない条件でも、当該シナリオでリスクが許容範囲内に維持される場合は補償措置手段として利用できる。

#### b. サイト外可搬設備

他サイト等のサイト外から移送してくる設備であり、他サイトの事故シナリオでクレジットを取られていない場合は、補償措置として利用できる。

## 4. DB 設備の OLM 実施時の定性的リスク評価

本章では、可搬型 SA 設備を補償措置として利用する場合の検討事項ガイドを示す。これらの検討事項を活用し、事業者は定性的リスク評価に必要な情報を構築でき、又はより定量的評価手法を構築できる。(3.1, 3.2, 3.4 及び 3.5 節に記載の設備を補償措置として利用する場合は、以下可搬型 SA 設備をそれぞれの設備に読み替え、以下記載の検討事項ガイドを参考に検討できる。)

尚、多様性拡張設備等の事故対応に有効な自主設置設備についても、シナリオ中で補償措置として利用することが期待される場合、検討事項は設備に対する許認可上の要求事項以外、上記設備と同等とする。

以下の検討事項（下記、及び図 1）を適切に評価する定性的リスク評価は、DB 設備の機能を可搬型 SA 設備では完全に代替できないことを前提として、これら補償措置とそれに関連する可搬型 SA 設備が様々なシナリオにおける安全裕度が維持されていることを確認することを目的とする。

- ・ 特定されたシナリオにおける総合的有効性及び適用性評価
- ・ 設備の利用可能性
- ・ 設備の信頼性
- ・ 設備の配備能力
- ・ 時間裕度の妥当性
- ・ 手順の妥当性
- ・ トレーニングの妥当性
- ・ 人員配置と連携の妥当性
- ・ 潜在的環境影響

次項以降では、上述の各要素を評価するにあたり、どの情報を参照、評価及び検討すべきかについてガイダンスを提示する。ここで提示する事例は、有効な補償措置の確立に必要なこの種の情報の所在を示す。

補償措置の具体的な海外事例は「日本機械学会（編集） 原子力発電所の安全性向上を目指して - 海外原子力発電所安全カタログ -」を参照のこと。



図 1：DB 設備の OLM 実施時の定性的リスク評価における検討事項

## 4.1 初期有効性評価

有効性評価の目的は、定性的評価の実施に必要な情報の収集と補償措置の特定されたシナリオへの適用可否に関する初期判断を実施する事である。この初期評価は、

- ・ 想定シナリオの特定
- ・ 想定シナリオにおける成功定義を支援する補償措置の妥当性評価
- ・ 補償措置を成功裏に実施するために必要な設備の特定
- ・ 診断対象のシナリオに続き、運転員又は緊急安全対策員が設備の操作を指示されるか否かの決定。
- ・ 仕様容量と使用環境におけるシステム条件が明らかになっている可搬型 SA 設備の利用可能性の評価

事業者は、有効性評価により必要となる検討を高度に求め、更なる評価が必要かどうかを確認することができる。この評価の結論に基づき、事業者は順次設定される適切なレベルの決定事項よりも前に適用すべき重要な変更事項（例：可搬設備の事前配備（ホースやケーブル等の事前の敷設を含む）、指示書の改定）を特定できる。

### 4.1.1 シナリオ評価

有効性評価の最初のステップは、可搬型 SA 設備が利用可能な事故シナリオの特定である（例：SBO、ヒートシンク喪失、インベントリ喪失）。シナリオ評価の目的は、想定されたシナリオにおける可搬型 SA 設備の利用可否の決定である。この意思決定は以下を含む。

- ・ 想定シナリオの全体タイムラインにおける可搬型 SA 設備の配備、設置が成功条件を満足するか否か。
- ・ 補償措置の実施と想定シナリオにおける成功条件を満足させる為に必要な常設設備を含む全ての設備の特定。
- ・ 想定シナリオにおいて、運転員又は緊急安全対策要員が可搬型 SA 設備の使用方法を認識しているか否か。
- ・ 想定シナリオにおいて、可搬型 SA 設備の使用を指示する指示書があるか否か。
- ・ 可搬型 SA 設備の配備、設置のプロセスは、立証及び/又は有効性確認がされているか。

### 4.1.2 機能適用性

本ステップの目的は、定性的評価において、どの機能が検証される必要があるかを特定することである。例えば、以下の機能を伴うシナリオは、可搬型 SA 設備の使用により緩和される可能性がある。

- ・ 計装設備と DC 電源機能を復旧する為の DC 電源、計装用交流電源供給機能

- ・ 炉心冷却機能
- ・ 格納容器減圧機能
- ・ 使用済燃料プール冷却機能

可搬型 SA 設備を使用する際は、事業者は本評価の中で可搬型 SA 設備を用いた重大事故等対策が適切に使用出来る事を詳細に確認するべきである。

#### 4.1.3 設備性能

設備が必要な機能を担う事を確認する際、シナリオの成功条件に対する設備性能について評価する必要がある。最初のステップとして、設備がシナリオの成功条件を満たす性能を有するか否かを判断する。これを実施する為には、手配されるべく設備の特定とそれに関連する性能仕様が必要となる。以下に検討事項の例を示す。

- ・ ポンプ性能と容量（例：流量/圧力）
- ・ 配管ルート可能性と適用性（例：ホース/配管の容量と等級付け、適切配管長、配管接続、弁、環境条件）
- ・ 発電機性能（例：電圧）
- ・ 発電機ケーブル性能（例：等級付け、適切ケーブル長、ケーブル接続、接地、環境条件）
- ・ 電気ブレーカー性能
- ・ 空気圧縮機性能
- ・ 燃料供給設備の性能（タンクローリー等）

本評価の次のステップとして、以下の事項を検討する必要がある。

- ・ システム条件が使用される設備の性能にて満足されるものであるか否かを判断する為に、システム条件を評価する。
  - システム条件は、ホース、配管、又は弁接続といった構成機器の設計性能にて満足されるか。
  - システム条件が設計パラメータの範囲外である場合、それらのシステム条件の使用を許容する基準（例：設計裕度）があるか。
- ・ 設備をシステムへ組み込む為の配管接続箇所、配管ルートの特定。
- ・ システム検討事項の評価（例：弁配置、背圧）
- ・ 水源の評価（例：タンクのレベル/容量、水質、ストレーナー要否）
- ・ 設備機能の検証に必要な計測制御設備の評価

事業者は、施設管理における保全対象範囲として選定された、可搬型 SA 設備の設置及び設計要求を文書化した。本定性的評価において、特定の設備性能は図書化、又はサイトプログラム図書より引用可能とする必要がある。その他の設備については、設備の使用が妥当であるか更なる評価が必要な場合がある。

## 4.2 設備の利用可能性と信頼性

リスク情報に基づいた意思決定プロセスで評価されている該当するシナリオに対してクレジットを取得できるかどうかを判断するためには、機器の利用可能性と信頼性を考慮する必要がある。さらに、機器を配置展開する能力は、定性的評価の一部として考慮される必要がある。

### 4.2.1 設備の利用可能性

定性的な議論では、必要な機能とシナリオに対する機器の利用可能性を考慮する必要がある。また、兼用する機能を考慮する必要がある。例として、ある機能を満足するために機器を使用すると、兼用先の機能を満足できない場合がある。

この場合は、予備の設備を補償措置のために使用することが可能である。定性的評価では、既存の管理方法でクレジットを取るか、または、必要に応じて、必要な機能に適合するような追加の管理方法を制定することが出来る。機器を事前配置することで利用可能性を確実にすることができる。可搬型 SA 設備に対する接続口の規格の統一、複数の接続口設置が施されていることから、あるレベルの融通性と多様性を備えることになる。定性的評価には、可搬型 SA 設備によって得られる追加の深層防護について議論する際に、適切にこの多様性を含めることができる。定性的評価は、必要ときに機器と接続が利用可能であることを実証する必要がある。

### 4.2.2 信頼性、試験及び保守

機器の適切な信頼性情報は、定性的評価において評価および議論されるべきである。以下の項目について、妥当な情報として評価するか、追加/補足でパフォーマンステストが必要かどうかを判断する必要がある。

- ・ メーカーのテストおよび信頼性情報
- ・ 一般的な業界情報と運用経験
- ・ プラント固有の運用経験及び/又はテストおよびメンテナンスプログラム

可搬型 SA 設備は、保全計画を定めて管理しており、定期的なメンテナンスが実施されるため、信頼性が確保される。

### 4.2.3 配置と輸送能力

機器の配置展開の適性を含め、機器の位置と保管を考慮する必要がある。必要に応じて、事象発生の後にサポート機器（運搬やガレキの除去などのために）を使用することがある。シナリオに設定されたタイムラインを満足するために機器が適切な場所にあることを確実にするため、可搬型 SA 設備を定めた保管場所から移動させて事前配置する場合は、事前配置場所の評価が必要になる場合がある。

#### 4.3 利用可能時間と時間的余裕

補償措置の定性的リスク評価においては、必要なアクションが完了するまでの時間的余裕を考慮することが重要である。このため、必要なアクションのタイムラインを構築し、成功基準を満足する見通しが得られるよう適切な時間的余裕が確保されていることを実証する必要がある。複数のシナリオが評価されている場合、全シナリオを満足するタイムラインを用いる。

なお、各作業時間及び緩和措置開始までの制限時間は、現実的な時間とする必要がある。タイムラインを構成する個々の要素を図2に示し、以下で説明する。

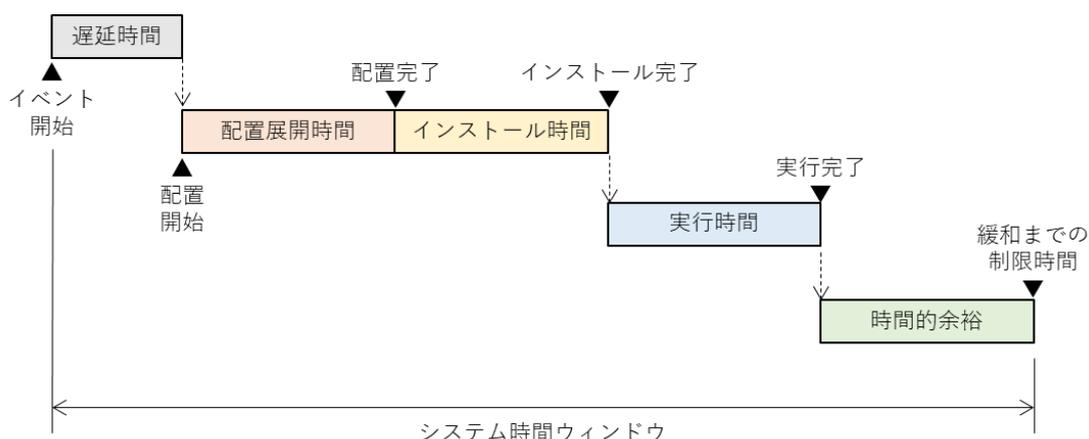


図2 緩和戦略を実行するためのタイムライン構造

- ・ イベント開始  
シナリオを開始するための事象が発生した時間。（例：原子炉トリップ、外部電源喪失、タービントリップ、給水喪失等）
- ・ 事象緩和までの制限時間  
成功基準を満足するための機能の回復または維持するために緩和機能が作動しなければならないタイムラインの限界点（要求される制限時間）。
- ・ システム時間ウィンドウ  
イベント開始から事象緩和にて要求される制限時間までの時間。これは、緩和戦略の実行内容を評価するための全体の時間枠である。
- ・ 遅延時間  
事象発生時から、状況を分析・評価して補償措置機器の配置展開を開始するまでにかかる時間。これには、操作者が指示を受け取り、把握し、機器の配置展開を開始するために必要な事項を実行する時間が含まれる。

- ・ 配置展開時間  
機器を完全に配置展開し設置できる状態にするために必要な時間。これには、保管エリアから機器を搬出し、適切な場所に機器を運搬する時間に加えて、運搬ルートからガレキ等を取り除くために要する時間も含まれる。必要に応じ、配置展開前の実施項目をタイムラインに考慮する。
- ・ インストール時間  
ホースや電源ケーブルなどを接続するために必要な時間。
- ・ 実行時間  
機器を起動し、緩和機能の回復または維持を開始するために必要な期間。
- ・ 時間的余裕  
事象緩和に必要な時間と実行完了までの時間の差。

補償措置として利用する設備の実装にあたっては、時間に影響を与える項目を検証する必要がある。事業者は、可搬型 SA 設備を補償措置として使用する場合は、実現可能で制限時間内に実行することができるタスク、作業員によるアクションおよび判断を合理的に実行するため、検証プロセスを構築する必要がある。

検証プロセスでは、パフォーマンスを形成する要因（特殊機器、複雑さ、合図と指示、特別な適合性に関する問題、環境要因とアクセス性、コミュニケーションと特別な考慮事項、手順、訓練、ストレス、人員配置、ヒューマンシステムインターフェイス）の定性的評価を実施する必要がある。

補償措置を適用する場合、サイト固有の検証用文書は、時間を検討するときに参照できるようにする必要がある。別の緩和戦略、又は過去に評価されていない新しいシナリオでは、適切な時間的余裕を決定するためにさらなる評価が必要になる場合がある。

#### 4.4 指揮統制

緩和戦略の利用に対する認定の判断は、与えられたシナリオにおいて可搬型機器がいつ、どのように使用されるかに関する知見によって変わってくる。このため、適切な緩和又は予防活動が成功するという確証を得るためには、関連する手順、文書化された指示、実施スタッフの訓練及び即応可能性がきわめて重要な意味を持つ。

##### 4.4.1 手順及び書面による指示

関係する手順を精査して、運転員又は緊急安全対策要員が機器を正しく使用するた

めの明確な命令及び指示が与えられるようになっているか確認する必要がある。同じ機器であっても、シナリオの種類によって手順が異なる場合があることに留意する必要がある。可搬型機器については、プラントの手順書に全ての指示が盛り込まれないことがあり得るが、同レベルの明瞭さを確保するために他の書面による指示を実施することも可能である。このような指示については、それが明示的に手順書と呼ばれるものでなくても、明瞭さや有効性に基づいて精査され、評価が行われ、認定される必要がある。

一般に指揮統制は事故時運転操作手順書に定められている。事故時運転操作手順書では、特定の条件と関連づけられた緩和機能に求められるステップを網羅するために、重大事故等対策のための手順の実行が命じられる。サイト固有の展開や手順構成を参照し、精査することによって、認定された戦略を実施するための十分な情報が、運転員又は緊急安全対策要員に与えられているか確認することが可能である。

また、可搬型機器の操作のための適切な指示が準備され、かつ評価において参照可能となることを担保するために、操作する際に参考とする掲示物が作成されることが期待される。

他の機器又は緩和戦略に関する書面での指示については、その妥当性を判断するためにさらなる評価が必要となる可能性がある。

#### 4.4.2 訓練

運転員又は緊急安全対策要員が、機器の性能、保管場所、配置及び作動させるために必要な措置についてどれだけ理解できているかを判断するため、訓練プログラムの評価を行う必要がある。

可搬型機器に関しては、全ての訓練が認定されたプログラムの一部ではないとことがあり得るが、同レベルの習熟度を達成するために他の訓練を実施することが可能である。訓練プログラム及び運転員又は緊急安全対策要員の訓練の質、有効性及び頻度を評価して、認定された緩和戦略を実施する人員の力量を把握する必要がある。

なお、事業者においては重大事故等発生時における成立性の確認訓練（SA シーケンス訓練）を年1回以上実施することを要求しており、可搬型機器を使用するための力量が維持されている。緩和戦略及びその実施ガイドラインに関する適切なサイト人員を対象として初期訓練が行われ、さらに継続的な訓練体制が確立されている。緩和戦略の実行を指揮する人員は、関連する業務、利用可能な作業支援、指示及び緩和戦略の時間的制約に習熟するために必要な訓練を受けている。他の緩和戦略に関する訓練は、妥当性について更に評価を必要とする場合もある。非常事態や、頻度の低いもの、又は複雑な進展についてはジャストインタイムの訓練が必要となる場合もある。

#### 4.4.3 人員配置及び伝達

緩和戦略に必要な人員を配置できるかについては、特定のシナリオの内容を考慮しながら検討する必要がある。複数の原子炉を備えるサイトでは、シナリオがその全ての原子炉に影響するか否かを考慮する必要がある。また、機器の事前配置又は人員追加（停止期間中の人員配置など）、緩和戦略の実施に必要となる伝達設備の利用可能性についても検討する必要がある。

可搬型機器使用の際には情報共有手段の検討が必要である。

#### 4.5 環境課題

機器の配備が環境条件によって妨げられないか評価する必要がある。この検討作業では、そうした条件に対処するための措置があればその特定も行う。一般に、こうした条件はシナリオの起因事象によってもたらされるものであり、ハザードに固有のものである。その評価では、特定のハザードについて潜在的な環境条件を特定する必要がある。そうした条件の中には、建屋や構造物の損壊、区域へのアクセスに障害となりうるガレキ等の発生が含まれる場合もある。機器の保管場所及び機器を収容する建屋は、それらの条件が機器の利用に影響する可能性があるか評価する必要がある。機器を所定の場所に配備するための経路も、その影響について評価する必要がある。代替経路、事前配備、ガレキ撤去など、潜在的な復旧方法について評価する必要がある。表1に、ハザードの例と、それが緩和戦略機器の利用にあたって、どのような課題となるかについて示す。

潜在的な課題が特定された場合、その課題を解決するために取りうる措置を評価する必要がある。この評価は、シナリオのもとでしかるべき確率で実施が成功することを立証し、それによって認定が得られるものである必要がある。こうした環境条件と関連する措置は、時間的余裕の評価、指揮統制、運搬能力など、この評価の他の要素への影響について検討する際に考慮する必要がある。

緩和戦略機器の収容、配備及び設置は多くの外部事象に対して評価することが求められている。評価の結果、緩和戦略機器及び戦略の導入を成功させる可能性が高い措置及び要件が特定されている。これらの要素は、評価の中で、適宜考慮され、参照される必要がある。他の緩和戦略機器の収容、配備及び設置について更に評価が必要となる場合もある。機器の事前配備又は事前設置に当たっては、その設置場所における潜在的な環境への影響について考慮する必要がある。

表 1 外部ハザードの潜在的な課題

ハザード	潜在的な課題
内部火災	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機材の直接的な故障</li> <li>・ 火災が機材の運搬経路の妨げとなり、区域へのアクセスが制限されるか、送れる可能性</li> </ul>
内部溢水	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機材の直接的な故障</li> <li>・ 浸水区域が機材の運搬経路の妨げとなり、区域へのアクセスが制限されるか、遅れる可能性</li> </ul>
地震	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機材の直接的な故障</li> <li>・ 機材を収容する建屋や構造物の損壊</li> <li>・ がれきが機材の運搬経路の妨げとなり、区域へのアクセスが制限されるか、遅れる可能性</li> </ul>
津波または外部溢水	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機材の直接的な故障</li> <li>・ 機材を収容する建屋や構造物の損壊</li> <li>・ アクセスルートの浸水により機材へのアクセスが妨げられる可能性</li> <li>・ がれきが機材の運搬経路の妨げとなり、区域へのアクセスが制限されるか、遅れる可能性</li> </ul>
強風及びそれに伴う飛来物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機材の直接的な故障</li> <li>・ 機材を収容する建屋や構造物の損壊</li> <li>・ がれきが機材の運搬経路の妨げとなり、区域へのアクセスが制限されるか、遅れる可能性</li> </ul>
極端な温度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機材の直接的な故障</li> <li>・ 運転員の作業のために必要とされる区域の環境および中央制御室の居住性</li> <li>・ 積雪や凍結によって機材の運搬経路が妨げられ、区域へのアクセスが制限されるか、遅れる可能性</li> </ul>

## 5. まとめ

本ガイドンスは、国内における DB 設備に対して OLM を実施するための基本的な考え方、DB 設備の OLM 実施時に検討する補償措置の内容及びその定性的なリスク評価方法を事例と共にまとめたものである。

2 章では、DB 設備の OLM を実施するための基本的な考え方として、PRA モデルによる定量的な評価に基づき、OLM 実施の可否判断及びリスクベースによる OLM 実施可能な期間の考え方をまとめた。

3 章では、DB 設備の OLM を実施するときに検討する補償措置について、補償措置に利用可能な設備及び運用時の基本的な考え方を整理した。

4 章では、DB 設備の OLM 実施時の補償措置内容を含めた具体的な検討方針をまとめるとして、定性的なリスク評価に基づいた具体的な検討方針をガイドンスとしてまとめた。本検討内容は、今後 OLM 実施時の定量的なリスク評価時の検討項目やリスクに基づいた意思決定の基本事項として活用可能である。

本ガイドンスは学術的な立場から発行するものであるが、関係者が相互に意見を出し合い、運転・保守・安全等保安活動のそれぞれの立場からより具体的に何をすればよいかを検討し作成したものである。本ガイドンスに取りまとめた内容を参考として、OLM の導入およびそのリスク低減活動を具体的に推進していくことを期待する。

以上