

多様な設備による安全性向上のための 保安規定改定ガイドライン

2022年7月

原子力エネルギー協議会

【はじめに】

我が国の発電用原子炉施設では安全な運転のため発電用原子炉施設保安規定（以下「保安規定」）を定めている。保安規定には発電用原子炉施設の重要な機能に関して、運転状態に対応した運転上の制限（Limiting Conditions for Operation。以下「LC0」という。）を設定し、LC0を逸脱していないことの確認（以下「サーベイランス」という。）の実施方法及び頻度、LC0を逸脱した場合に要求される措置（以下「LC0逸脱時の措置」という。）並びに要求される措置の完了時間（Allowed Outage Time。以下「AOT」という。）を記載している。（以下「LC0」、「サーベイランス」、「LC0逸脱時の措置」、「AOT」の総称として「LC0等」という。）

福島第一原子力発電所事故後に改正された規制基準（以下「新規制基準」という。）により、従来の安全設備（設計基準事故対処設備。以下「DB設備」という。）に加えて、重大事故等対処設備（以下「SA設備」という。）、特定重大事故等対処施設（以下「特重施設」という。）の設置が規制上求められ、これらのSA設備及び特重施設（以下「SA設備等」という。）に対してもLC0等を定めている。

これらの設備は順次設置され、都度保安規定を改定してきたが、現在これら全てのDB設備及びSA設備等が整備されたプラントの運用が開始されている。これまでは設備の設置の都度、その時点における設備の整備状況に応じて、必要なLC0等を設定してきたが、全てのSA設備等が整備されたプラントの運用が開始されている現時点において、更なる原子力安全の向上を目指し、これら多様な設備を活用した運用を明確化する必要がある。

また、事業者は、リスク情報活用のために確率論的リスク評価（以下「PRA」という。）モデルを高度化してきていることに加え、リスク上の重要度を考慮し、現場の保安活動全般に対して原子力安全上の重要な事項に注力した原子力規制検査を開始して実績を積み重ねており、リスク情報活用の準備が整えられてきている。

このような背景のもとATENAでは、「SA設備の重要度に応じた効率的、かつ効果的運用の推進」をテーマとして選定し（2018年9月）、LC0等の再整理を目的に2019年10月に「SA設備運用WG」を立ち上げ検討を開始した。

このWGにおいては、新規制基準に適合した原子力発電所の運用実績、現状の設備体系（DB設備、SA設備、特重施設）における相互の補完関係等を踏まえ、保安規定のLC0等に関する二つの改善点について、安全上果たす機能に応じた効果的な運用を目指した検討を行い、それぞれについて対応を検討した。

本ガイドラインでは、一つ目の改善点である「DB設備、SA設備のLC0等の充実」について第3章に、二つ目の改善点である「SA設備等に対するLC0等設定の見直し」について第4章にまとめた。

なお、本ガイドラインは、認可事項である保安規定の改正時に、各原子力発電事業者（以

下「事業者」という。)がそれぞれの原子力発電所毎に本ガイドラインを参照して保安規定改定案を策定し、規制手続きをとることを想定している。

本ガイドラインの情報等の取扱いについては、以下のとおりとする。

(免責)

ATENA, ATENA 従業員, 会員, 支援組織等本ガイドラインの作成に関わる関係者(以下「ATENA 関係者」という。)は、本ガイドラインの内容について、明示黙示を問わず、情報の完全性及び第三者の知的財産権の非侵害を含め、一切保証しない。ATENA 関係者は、本ガイドラインの使用により本ガイドラインの使用者その他の第三者に生じた一切の損失、損害及び費用についてその責任を負わない。本ガイドラインの使用者は、自己の責任において本ガイドラインを使用するものとする。

(権利帰属)

本ガイドラインの著作権その他の知的財産権(以下「本件知的財産権」という。)は ATENA に帰属する。本件知的財産権は、本ガイドラインの使用者に移転せず、また、ATENA の承諾がない限り、本ガイドラインの使用者には本件知的財産権に関する何らの権利も付与されない。

改定履歴

改定年月	版	改定内容	備考
2022年7月29日	Rev. 0	新規制定	

目次

1. 序文	1
1.1 目的	1
1.2 概要	1
1.3 適用範囲	2
1.4 用語の定義	2
2. 保安規定 LCO 等の改善点	5
2.1 保安規定 LCO 等に係る規制要求と運用	5
2.2 LCO 等の現状と改善点	5
3. DB 設備, SA 設備の LCO 等の充実	8
3.1 LCO 等の充実の取り組み方針	8
3.2 LCO 等の充実の手順 (図 3.2)	8
4. SA 設備等の LCO 設定の見直し	21
4.1 LCO 等設定の見直しの取り組み方針	21
4.2 SA 設備等の LCO 設定対象の選定手順	21
5. おわりに	27

1. 序文

1.1 目的

本ガイドラインの目的は、新規規制基準に適合した発電用原子炉施設において、保安規定の LCO 等に関する二つの改善点について、事業者の保安規定変更認可申請が効率良く進められるように、保安規定改定案を策定するための考え方及びその手順を提供することである。

1.2 概要

保安規定に定められている LCO は、規制プロセスの上流に位置づけられる設置許可申請書に記載されている条件などを踏まえ、安全上重要な機能に対して設定されるものである。LCO を設定することで設計基準事故の安全解析において考慮している設備を維持し、原子炉の運転状態を所定の範囲に制限している。さらに、LCO 逸脱時の措置と AOT をあらかじめ設定しておくことによって、LCO 逸脱時においてもプラント全体のリスクを容認できるレベルに抑制している。

福島第一原子力発電所事故後の規制基準改定に伴い、外的事象に対する頑健性を高めるとともに、SA 設備等を整備することによって各安全機能に厚みができ、プラント全体の安全性を一層向上させている。

新規規制基準に適合したプラントでは、SA 設備等が導入され、これらすべての設備に対して LCO 等が設定された。SA 設備は米国において Diverse and Flexible Coping Strategies (以下「FLEX」という。)のもとで配備された設備に類似したものであるが、米国 STS (Standard Technical Specification) では FLEX 設備に LCO 等が設定されておらず、SA 設備等に対する LCO 等は我が国特有のものである。(解説 1)。

新規規制基準に適合したプラントにおいては、SA 設備は再稼働当初から備えられているのに加え、特重施設も順次設置されており、これらに対する LCO 等が段階的に設定されてきた。

他方、リスクインフォームド・パフォーマンスベースの考え方に基づく安全上の重要な事項に注力した原子力規制検査が 2020 年度から始まっており、ベースとなる PRA の改善、PRA に基づくリスク情報の活用範囲の拡大がなされ、実績が積み重ねられている。

このように、外的要因によるものを含む過酷事故に対しても相応の頑健性を有する SA 設備等が整備されて運用が開始され、またリスク情報が活用され始めた現時点において、LCO 等に関し全体を俯瞰して改善すべき事項が無いかを検討した。

その結果、現行の保安規定の DB 設備、SA 設備等の LCO 等に関して以下の 2 点について改善することで、さらなる安全性向上につながると判断した。

1点目は、最後に整備された特重施設に対する LCO 等では LCO 逸脱時の措置として、(LCO 逸脱した特重施設に) 対応する DB 設備や同様の機能を有する SA 設備等の機能確認等が設定されているが、SA 設備の LCO 等では、対応する DB 設備及び同様の機能を有する SA 設備による措置のみが規定され、特重施設による措置は規定されていない。また、DB 設備の LCO 等では SA 設備や特重施設による措置が規定されていないことである。これら設備間の安全上果たす機能の類似性を踏まえ、措置を充実することが一つの改善点として認識された。

2点目は、LCO 設定対象に関し、事業者の連名で策定し、保安規定申請時に参照する文書である「保安規定変更に係る基本方針」(以下「保安規定基本方針」という。)では、安全上の重要度等を考慮することを基本的な考え方として示しているが、SA 設備等については、DB 設備と異なり全ての設備に対して LCO が設定されていることである。SA 設備等についても、DB 設備と同様に安全上果たす機能に着目した LCO 等を設定することがもう一つの改善点として認識された。

本ガイドラインではこれらの改善点に対する取り組みを示しており、リスク情報を活用し、原子力安全上の重要度に応じた LCO 等の設定を行い、全体として安全性が向上し、かつ整合のとれた保安活動につなげることを意図している。

1.3 適用範囲

SA 設備等を設置し保安規定が認可済みである原子力発電所の保安規定変更申請もしくは SA 設備等を設置したことに伴う保安規定変更申請に適用する。

1.4 用語の定義

運転モード：

発電用原子炉施設保安規定において定義されている運転状態のこと。

PWR では、原子炉出力、1次冷却材平均温度、原子炉容器への燃料装荷状態、および原子炉容器の閉止状態に対応して定義され、具体的には、「モード1」(出力運転(出力領域中性子束指示値5%超))～「モード6」(1次冷却材温度93℃以下、原子炉容器スタッドボルトが1本以上緩められている)と定義されている。

BWR では、原子炉モードスイッチの位置、原子炉圧力容器締付ボルトの状態、原子炉冷却材温度に対応して定義され、具体的には、「運転」(原子炉モードスイッチ運転、原子炉圧力容器全ボルト締め付け)～「燃料交換」(原子炉モードスイッチ燃料取替又は停止、原子炉圧力容器締付ボルトが1本以上緩められている)と定義されている。

外的事象：

起因事象を引き起こす原因となる原子力施設の外部で発生する地震，津波，洪水などの事象。又は，起因事象を引き起こす原因となる内部で発生する火災，溢水などの事象（機器のランダム故障及び人的過誤は含まれない）。

確率論的リスク評価：

施設を構成する機器・系統等を対象として，発生する可能性がある事象（事故・故障）を網羅的・系統的に分析・評価し，それぞれの事象の発生確率（又は頻度）と，万一それらが発生した場合の被害の大きさを定量的に評価する方法

過酷事故：

原子力発電所の設計基準事故を超える事象であって，炉心又は使用済燃料の適切な冷却，反応度の制御ができない状態であり，その結果，炉心又は使用済燃料の重大な損傷に至った状態。シビアアクシデントとも言う。

原子力規制検査：

核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律に基づき原子力規制委員会が行う検査

重大事故等対処設備：

重大事故等に対処するための機能を有する設備

設計基準事故対処設備：

設計基準事故に対処するための安全機能を有する設備

設置許可申請書：

核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律に基づき提出が求められている原子力発電所の安全設計の基本方針等を記した申請書

待機除外：

設備が所定の機能を発揮できる状態を待機状態というのに対し，機能しない状態となることを待機除外という。

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

内的事象：

起因事象を引き起こす原因となる原子力施設の内部で発生する機器のランダム故障、（運転・保守要員の）人的過誤などの事象

発電用原子炉施設保安規定：

核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律の規定に基づき定めることが求められている原子力発電所の運用を定める規定

品質マネジメントシステム：

品質に関して組織を指揮し、管理するためのマネジメントシステム

リスクインフォームド・パフォーマンスベース：

安全に係るプラントの状態を現物・現実に則して正しく把握し、リスク評価によって得られる重要度を自らの判断の物差しとすること

リスク情報：

リスク評価の結果及びその過程から得られる情報

レベル1 PRA：

原子力発電所において炉心損傷頻度の評価までを行う確率論的リスク評価

レベル1.5PRA：

原子力発電所において格納容器破損頻度の評価までを行う確率論的リスク評価

2. 保安規定 LCO 等の改善点

2.1 保安規定 LCO 等に係る規制要求と運用

原子力発電所の保安規定は、原子炉等規制法第四十三条の三の二十四第一項に基づき認可が求められているものであり、LCO 等の保安規定への記載は実用炉規則第九十二条第一項第八号により求められている。また、その具体的内容は、「実用発電用原子炉及びその附属施設における発電用原子炉施設保安規定の審査基準」（以下「保安規定審査基準」という。）に以下のように記載されている。

発電用原子炉施設の重要な機能に関して、安全機能を有する系統及び機器、重大事故等対処設備（特定重大事故等対処施設を構成する設備を含む。）等について、運転状態に対応した運転上の制限（Limiting Conditions for Operation。以下「LCO」という。）、LCO を逸脱していないことの確認（以下「サーベイランス」という。）の実施方法及び頻度、LCO を逸脱した場合に要求される措置（以下単に「要求される措置」という。）並びに要求される措置の完了時間（Allowed Outage Time。以下「AOT」という。）が定められていること。

なお、LCO 等は、許可を受けたところによる安全解析の前提条件又はその他の設計条件を満足するように定められていること。

これらの要求に従い LCO 等が設定された設備は、実際の運用として以下のような取り組みがなされている。

- ・ 定期的、日常的な設備状態の確認、記録
- ・ サーベイランスの実施、記録
- ・ LCO 逸脱時には、保安規定に定められた措置（定められた時間内での健全側設備の動作可能性確認や故障設備の復旧など）の実施、原子力規制委員会や関係自治体への報告、プレスリリース、ホームページ掲載による公開

これらの取り組みは運転員等の原子力発電所の安全を担務する要員の主たる業務となっている。また、LCO 逸脱を関連各所に報告することは、原子力発電所の安全上の状態を示す機会となっている。

2.2 LCO 等の現状と改善点

(1) LCO 逸脱時の措置に関する改善点

新規規制基準により SA 設備等の設置要求が追加される以前の保安規定で LCO 等が設定されていた設備は DB 設備のみであり、LCO 逸脱時の措置において動作確認等を実施する対象も健全側の同 DB 設備のみであった。

新規規制基準では SA 設備の設置が要求され、さらに経過措置期間内に特重施設を供用開始することが要求された。このため、SA 設備を整備した段階で保安規定 LCO 等の改定がなさ

れ、その際に、SA 設備の LCO 逸脱時の措置において同様の機能¹を有する SA 設備の動作確認等だけではなく、対応する DB 設備の確認も規定された。しかしながら、DB 設備の LCO 逸脱時の措置には、同様の機能を有する SA 設備の設置を考慮した LCO 等の変更がなされなかった。

次に特重施設が整備された段階で再度保安規定 LCO 等の改定がなされ、特重施設の LCO 逸脱時の措置において、対応する DB 設備及び SA 設備又は特重施設のうち同様の機能を有する設備の動作確認等が規定された。しかしながら、この段階においても、DB 設備や SA 設備の LCO 逸脱時の措置については、同様の機能を有する特重施設の設置を考慮した LCO 等の変更がなされなかった。

このような状況を示したのが表 2.1 であり、LCO 逸脱時の措置に、SA 設備等の設置が考慮されていない設備については、これを考慮し、いずれの設備の LCO 逸脱に対しても、同様の機能を有する DB 設備とともに、SA 設備等のうち有効な設備を措置に加えることで安全性を向上させる余地がある。

LCO 等の 設定設備	LCO 逸脱時の措置で、動作可能性等を確認する設備		
	第 1 段階	第 2 段階（以下の何れかの動作可能性を確認）	
	DB 設備	SA 設備	特重施設
DB 設備	健全側システムの動作可能性確認（起動）	なし	
SA 設備	対応する設備の動作可能性確認（起動及び記録確認）	同様の機能を有する設備の動作可能性確認（記録確認）	なし
特重施設	対応する設備の動作可能性確認（起動及び記録確認）	SA 設備又は特重施設のうち同様の機能を有する設備の動作可能性確認（記録確認）	

表 2.1 設備分類別の LCO 逸脱時に要求される措置（本ガイドライン適用前）

LCO は新規規制基準以前から規定され、DB 設備の AOT は、JCO 事故後の平成 12 年に日本の運転経験に基づき合理的と判断された値として設定したものであり、その後 20 年以上にわたる実績を有している。LCO 逸脱時には待機除外になる設備のリスクへの寄与度に応じリスクが上昇するが、LCO 逸脱時の措置をとり、その期間を AOT により限定することでリスクの増分を抑制している。

SA 設備等を整備したことに伴い、これらを DB 設備の LCO 逸脱時に要求される措置に組み入れることにより、LCO 逸脱時のリスク増分はさらに低減されることから、安全性を確保した上で AOT を変更（延長）することが可能である。

¹ 「同様の機能」とは、炉心損傷防止、格納容器破損防止等の観点からの機能の類似性をいう。

(2) LCO 設定対象に関する改善点

DB 設備の LCO 等は、2.1 にて引用した、保安規定審査基準の記載、“発電用原子炉施設の重要な機能に関して、安全機能を有する系統及び機器・・・(中略)・・・について・・・(中略)・・・運転状態に対応した運転上の制限・・・(中略)・・・が定められていること”に基づき、重要度の高い設備に設定している。

一方、SA 設備等に関しては、その導入の際、LCO の設定に関して DB 設備との整合性等の整理を十分に行えていなかったことから、全ての SA 設備等に対して LCO 等が設定されている。このような状況では、安全上の重要度に関係なく一様に、運用管理、保安が行われることになる。

よって、重要度に応じた運用管理、保安を行うことにより、安全性を向上させるため、SA 設備等の LCO 等の設定対象を見直す余地がある。

また、LCO 逸脱時は、安全上重要な事象として公表することとしており、重要度の低い事項が LCO 設定されていると、社会に対して不正確なメッセージを届けることとなるため、LCO 設定対象の見直しは、安全に関する適切な情報公開にも資することとなる。

3. DB 設備, SA 設備の LCO 等の充実

3.1 LCO 等の充実の取り組み方針

2.2 に記載したように, DB 設備, SA 設備の LCO 逸脱時の措置を充実することで安全性を向上させる余地があることから, それぞれの設備毎に措置を検討していく。

LCO 逸脱時の措置の充実にあたっては, 同様の機能を有する設備の選定のため, 設備毎の機能整理が必要である。SA 設備等 (DB 兼用設備を除く) は自動起動するものはほとんどなく, 原子炉運転中においては, DB 設備の機能を完全には代替しない場合がほとんどであるが, そのような場合でも炉心損傷防止, 格納容器破損防止の観点からリスクを低減することに寄与する。よって, 機能を完全に代替しない場合であっても同様の機能を発揮することで, 比較的高い効果が期待できる設備を選定し, LCO 逸脱時の措置に追加することとする。

原子炉停止時には運転時と異なり, 運転員が状況を認知し適切な設備を作動させることで安全を確保することができる設計となっており, 自動起動の必要がなく, SA 設備等により DB 設備の機能を代替可能 (機能充足) なものもある。そのような場合には, LCO 逸脱時の措置として追加するのではなく, LCO において待機させる設備として追加することとする。

また, LCO 逸脱時には, LCO 逸脱時の措置をとることによりリスク抑制を図り, その期間 (AOT) を限定することで, LCO 逸脱によるリスクの増分が容認できるレベルになるようにしている。これまで, AOT は信頼性解析や設備構成, LCO 逸脱時の措置の現実的な対応時間等を総合的に考慮して定めてきている。今般, SA 設備等を整備することで DB 設備の LCO 逸脱時のリスクを低減できることから, その低減の効果が大きい場合には, LCO 逸脱によるリスク増分を従来よりも増大させない範囲において, すなわち安全性を損なわない範囲で AOT を変更 (延長) することとする。

3.2 LCO 等の充実の手順 (図 3.2)

3.2.1 対象の抽出

保安規定にて DB 設備に対して LCO を規定している条文 (以下「DB 条文」という。) 及び SA 設備に対して LCO を規定している条文 (以下「SA 条文」という。) のうち, 設備の動作可能性確認を LCO として規定している条文を同定する。

次に, これらの設備と同様の機能を有する設備を抽出するため, 上記で同定した各 DB 設備/SA 設備の機能に対応する SA 設備等がある条文を抽出する。

抽出から外れた条文に関しては, LCO 等の改定対象から除外する。

具体例を表 3.2.1-1 に示す。

DB 設備, SA 設備の有する機能とそれに対応する SA 設備等の機能を比較整理する。具体的には, 設置許可申請書に記載されている系統概要, 容量, 作動条件, 外的事象の考慮などの設計仕様を比較整理する。

ここで, 例えば電源のように運転モード毎に要求が異なる場合は, 運転モードを分けて比較整理する。また, 複数の機能を有する設備の場合, 保安規定の規定に従い機能ごとに分割

する。例えば残留熱除去系は非常用炉心冷却系（以下「ECCS」という。）の機能と残留熱除去機能を有するが、保安規定ではそれぞれ別の機能として整理しているため、機能ごとに整理する。

具体例を表 3. 2. 1-2, 3 に示す。

3. 2. 2 LCO の充実（機能を完全に代替できる場合）

SA 設備等のうち、DB 設備の設計要求を全て満たすと判断できる場合には、DB 設備の冗長性を高めることができるため、当該 DB 設備の LCO に当該 SA 設備等を読み込む形で LCO の改定案を作成する。

同様に、特重施設についても、SA 設備の設計要求を全て満たすと判断できる場合には、当該 SA 設備の LCO に当該特重施設を読み込む形で LCO の改定案を作成する。

いずれの場合も、LCO 設定機器と同等の機能が適確に発揮できるように、LCO に読み込む設備の運用体制や手順をあらかじめ定めておくこととする。

また、本項が適用されると、当該 LCO 設定機器が使用不能となった場合にも LCO 逸脱とはならないことになるが、遅滞なく復旧することに関して保安規定の他の章や下位文書において規定することにより、品質マネジメントシステムに基づいた不適合管理を適切に行うこととする。

3. 2. 3 LCO 逸脱時の措置の充実（機能一部充足の場合）

DB 設備の設計要求を全て満たすものではなくとも、DB 設備と同様の機能を有し、リスクの低減に有効であると認められる²設備について SA 設備等の中から有効と考えられるものを選定し、当該 DB 設備の LCO 逸脱時の措置として追記する。

同様に、SA 設備の設計要求を全て満たすものではなくとも、SA 設備と同様の機能を有し、リスクの低減に有効であると認められる設備がある場合には SA 設備等の中から選定し、当該 SA 設備の LCO 逸脱時の措置として追記する（添付 1）。また、設備の待機除外によるリスクを更に低減させるため、LCO 逸脱時の措置の一環として、健全側の設備の動作確認に合わせ実施している現場確認を充実することとする。現場確認においては、健全側設備の状況のみならず、健全側設備へ影響を及ぼす可能性のある事項も含めた確認を行う（添付 2）。

² 有効性は、当該機能の喪失に係る事故シーケンスを抑制する程度を定性的・定量的に検討する他、外部事象への頑健性などを考慮し総合的に判断する。また、当該機能と直接的関わらない設備を対象に有効性を判断することもある。具体例としては、BWR の DB 設備である非常用 DG の LCO では、SBO 時のリスク低減の観点から、RCIC を逸脱時の措置の中に含めていることが参考になる。

3.2.4 AOT 変更の検討

(1) AOT 変更候補の選定

AOT はその期間が経過すると原子炉停止操作をする場合があり、この操作に伴うリスクがある。この AOT の変更を検討することから、原子炉運転時に適用される条文を対象とする。

PRA を使用した定量的な評価に基づき AOT を変更することから、当該 DB 設備や SA 設備等が運転時 PRA でモデル化されている設備(必要に応じて新たにモデル化する設備を含む)を、AOT 変更の対象とし、AOT の変更を検討する設備を選定する(表 3.2.4-1)。但し、原子炉の安全設計においては、異常時には原子炉を停止することを基本とし、原子炉を冷却し、放射性物質を閉じ込める設計は原子炉が停止されたことを前提としている。このような観点から、原子炉停止機能の AOT 変更はリスク論になじまないと考え、今回は検討の対象としないこととした。

(2) AOT 変更の検討

対象となる DB 設備毎に PRA を使用した定量的な観点から AOT 変更の可否を検討する。

PRA モデルは最新の内的事象の運転時レベル 1 PRA モデルを用いる。格納容器破損に関する計算が必要な場合にはレベル 1.5PRA モデルを活用する。

SA 設備等を活用することによるリスク低減効果を確認するため、各 DB 設備について、LCO 逸脱時の積算リスクの評価を実施し、SA 設備等が整備されたことによる効果を評価する(添付 3)。

SA 設備等の整備によるリスク低減効果が大きい場合は、AOT を延長する(表 3.2.4-2)。ただし、リスク評価の結果として極めて長期の AOT が許容される場合でも、現実的な復旧時間を考慮し、過度に長期の AOT を設定しないよう、30 日を上限とする(解説 2)。

リスク低減効果が小さい場合、LCO 逸脱時の措置として当該 SA 設備等の動作可能性確認等を追加するのみで、AOT は変更しない。

なお、一部の設備については、SA 設備等の整備により炉心損傷防止や格納容器破損防止の役割が増えることで、SA 設備等整備後の積算リスクが相対的に増加する場合がある。このような場合は、積算リスクだけでなく、リスクの絶対値の状況も考慮して総合的に AOT の変更を判断することとする。例えば、SA 設備等の整備前よりもリスクの絶対値が低減している場合には、AOT の変更はせず、現状通りとする。

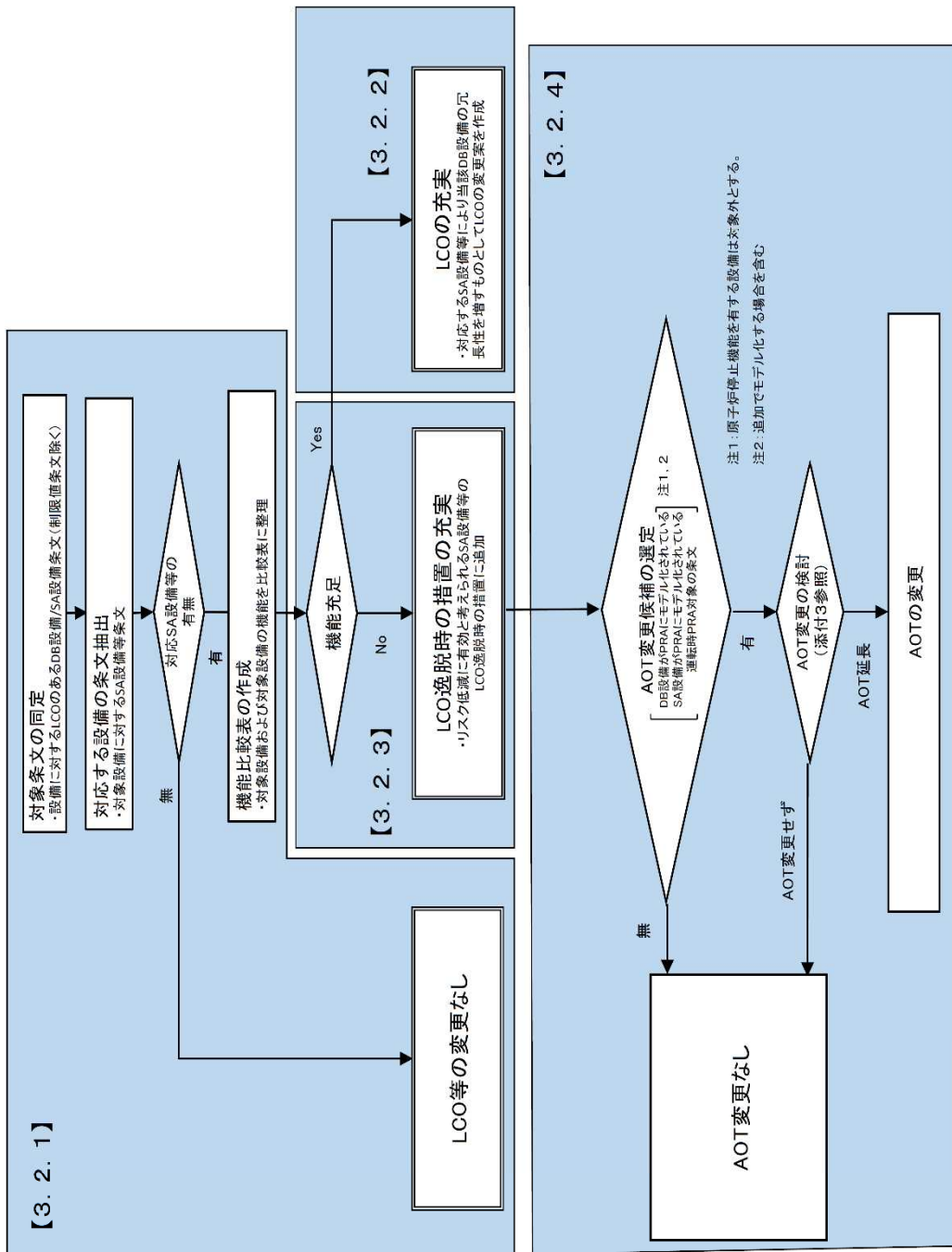


図 3.2 LCO 等の充実の手順

表 3.2.1-1 LCO 改定対象条文の抽出 (PWR の一例)

緑 設備に対する LCO 条文であるが、対応する重大事故等対処設備等がない
 青 設備に対する LCO 条文であり、対応する重大事故等対処設備等がある (対象条文)

条	項目	運転上の制限の概要	対応する重大事故等対処設備等
19	停止余裕	制限値を満足	なし
20	臨界ボロン濃度	制限値を満足	なし
21	減速材温度係数	制限値を満足	なし
22	制御棒動作機能	全ての制御棒が挿入不能でない、不整合ではない	[手動による原子炉緊急停止] [原子炉トリップスイッチ] [原子炉出力抑制 (自動)] [多様化自動作動盤 (ATMS 緩和装置)] [原子炉出力抑制 (自動・手動)] 主蒸気隔離弁, タービン動補助給水ポンプ, 電動補助給水ポンプ, 補助給水タンク, 補給給水タンク, 主蒸気逃がし弁・安全弁, 加圧器逃がし弁・安全弁, 蒸気発生器 [ほう酸水注入] ほう酸ポンプ, ほう酸タンク, 充電ポンプ, 燃料取替用水タンク [1次冷却系統のフィードアンドブリード] 高圧注入ポンプ, 加圧器逃がし弁, 燃料取替用水タンク, 余熱除去ポンプ, 余熱除去冷却器, 蓄圧タンク
23	制御棒の挿入限界	制限値を満足	なし
24	制御棒位置指示	制御棒位置指示装置, ステップカウンタが動作可能	なし
25	炉物理検査モード1	原子炉熱出力が制限値を満足	なし
26	炉物理検査モード2	停止余裕が制限値を満足	なし
27	化学体積制御系 (ほう酸濃縮機能)	化学体積制御系動作可能, ほう酸濃度等が制限値を満足	なし
28	原子炉熱出力	制限値を満足	なし
29	熱流束熱水路係数	制限値を満足	なし
30	核的エンタルピ上昇熱水路係数	制限値を満足	なし
31	軸方向中性子束出力偏差	制限値を満足	なし
32	1/4 炉心出力偏差	制限値を満足	なし
33	計測および制御設備	(1) 原子炉保護系計装 (2) 工学的安全施設等作動計装 (3) 事故時監視計装 (4) 非常用ディーゼル発電機起動計装 (5) 中央制御室換気系隔離計装 (6) 中央制御室外原子炉停止装置 (7) 燃料落下および燃料取扱建屋空気浄化系計装が動作可能	多様化自動作動盤 (ATMS 緩和装置)
34	DNBR	制限値を満足	なし
35	1次冷却材温度・圧力および1次冷却材温度変化率	制限値を満足	なし

条	項目	運転上の制限の概要	対応する重大事故等対処設備等
36	1次冷却系—モード3—	蒸気発生器による熱除去系が動作可能	[1次冷却系統のフィードアンドブリード] 加圧器逃がし弁、高圧注入ポンプ、燃料取替用水タンク [原子炉圧力バウンダリの減圧操作機能] [炉内の溶融炉心の冷却機能] (特重施設)
37	1次冷却系—モード4—	余熱除去系、蒸気発生器による熱除去系が動作可能	[1次冷却系統のフィードアンドブリード] 加圧器逃がし弁、高圧注入ポンプ、燃料取替用水タンク [炉心注水] 充てんポンプ、高圧注入ポンプ、燃料取替用水タンク [代替炉心注水] 格納容器スプレイポンプ (B, 代替再循環配管使用)、代替格納容器スプレイポンプ、燃料取替用水タンク、補助給水タンク、中型ポンプ車、加圧ポンプ車、軽油タンク、ミニローリー [2次系からの除熱 (注水)] 電動補助給水ポンプ、タービン動補給水ポンプ、補助給水タンク、蒸気発生器 主蒸気逃がし弁 [2次冷却系からの除熱 (フィードアンドブリード)] [2次冷却系からの除熱 (蒸気放出)] 電動補助給水ポンプ、補助給水タンク、蒸気発生器 [原子炉圧力バウンダリの減圧操作機能] (特重施設) [炉内の溶融炉心の冷却機能] (特重施設)
38	1次冷却系—モード5 (1次冷却系満)—	余熱除去系が動作可能、蒸気発生器水位が制限値を満足	(同上)
39	1次冷却系—モード5 (1次冷却系非満水)—	余熱除去系が動作可能	[炉心注水] 充てんポンプ、高圧注入ポンプ、燃料取替用水タンク [代替炉心注水] 格納容器スプレイポンプ (B, 代替再循環配管使用)、代替格納容器スプレイポンプ、燃料取替用水タンク、補助給水タンク、中型ポンプ車、加圧ポンプ車、軽油タンク、ミニローリー [2次系からの除熱 (リフラックス冷却)] 主蒸気逃がし弁、蒸気発生器、電動補助給水ポンプ [炉内の溶融炉心の冷却機能] (特重施設)
40	1次冷却系—モード6 (キヤビティ高水位)—	余熱除去系が動作可能、1次冷却材温度が制限値を満足	(同上)
41	1次冷却系—モード6 (キヤビティ低水位)—	余熱除去系が動作可能、1次冷却材温度が制限値を満足	(同上)
42	加圧器	加圧器水位が制限値を満足、加圧器ヒータが動作可能	なし
43	加圧器安全弁	加圧器安全弁が動作可能	なし
44	加圧器逃がし弁	加圧器逃がし弁および加圧器逃がし元弁が動作可能	[2次冷却系からの除熱 (注水)] タービン動補給水ポンプ、電動補助給水ポンプ、補助給水タンク、蒸気発生器 [2次冷却系からの除熱 (蒸気放出)] 主蒸気逃がし弁
45	低温過加圧防護	加圧器逃がし弁が動作可能または開状態、加圧器安全弁が取り外し、動作可能な高圧注入ポンプが1台以下、蓄圧タンクが隔離	なし
46	1次冷却材漏えい率	制限値を満足、原子炉格納容器サンプ水位計または凝縮液量測定装置が動作可能	なし
47	蒸気発生器細管漏えい監視	漏えいがない、復水器カスモニタ、蒸気発生器プロダクションモニタ、高感度型主蒸気管モニタが動作可能	なし
48	余熱除去系への漏えい監視	漏えいがない	なし

条	項目	運転上の制限の概要	対応する重大事故等対応設備等
49	1次冷却材中のヨウ素131濃度	制限値を満足	なし
50	蓄圧タンク	制限値を満足, 出口隔離弁が全開	なし
51	非常用炉心冷却系モード1, 2および3	高圧注入系(高圧注入ポンプ), 低圧注入系(余熱除去ポンプ)が動作可能	[炉心注水] 充てんポンプ, 燃料取替用水タンク [代替炉心注水] 格納容器スプレイポンプ(B, 代替再循環配管使用), 代替格納容器スプレイポンプ, 燃料取替用水タンク, 補助給水タンク, 中型ポンプ車, 加圧ポンプ車, 軽油タンク, ミニローリー
52	非常用炉心冷却系モード4	高圧注入系, 充てん系, 低圧注入系が動作可能	[炉心注水] 充てんポンプ, 燃料取替用水タンク, [代替炉心注水] 格納容器スプレイポンプ(B, 代替再循環配管使用), 代替格納容器スプレイポンプ, 燃料取替用水タンク, 補助給水タンク, 中型ポンプ車, 加圧ポンプ車, 軽油タンク, ミニローリー
53	燃料取替用水タンク	ほう素濃度およびほう酸水量が制限値を満足	[炉内の溶融炉心の冷却機能] (特重施設)
54	ほう酸注入タンク	ほう素濃度, ほう酸水量, ほう酸水温度が制限値を満足	なし
55	原子炉格納容器	原子炉格納容器圧力が制限値を満足, エアロック, 格納容器隔離弁が動作可能	なし
56	原子炉格納容器真空逃がし系	原子炉格納容器真空逃がし系が動作可能	なし
57	原子炉格納容器スプレイ系	原子炉格納容器スプレイ系(格納容器スプレイポンプ)が動作可能, よう素除去薬品タンクの薬品濃度および溶液量が制限値を満足	[格納容器スプレイ] 格納容器スプレイポンプ, 燃料取替用水タンク [格納容器内自然対流冷却] 格納容器再循環ユニット(A及びB), 原子炉補機冷却水ポンプ, 原子炉補機冷却水冷却器, 原子炉補機冷却水サージタンク, 窒素ポンベ(原子炉補機冷却水サージタンク用), 海水ポンプ, 可搬型温度計測装置(格納容器再循環ユニット/出口用) [代替格納容器スプレイ] 代替格納容器スプレイポンプ, 燃料取替用水タンク, 補助給水タンク [原子炉格納容器の冷却・減圧・放射性物質低減機能] [原子炉格納容器の過圧破損防止機能] (特重施設)
58	アニュラス空気浄化系	アニュラス空気浄化系が動作可能	なし
59	アニュラス	アニュラスの機能が健全	なし
60	主蒸気安全弁	主蒸気安全弁が動作可能	なし
61	主蒸気隔離弁	主蒸気隔離弁が閉止可能	なし
62	主給水隔離弁, 主給水制御弁および主給水パイパス弁	主給水隔離弁, 主給水制御弁および主給水パイパス弁が閉止可能	なし
63	主蒸気逃がし弁	主蒸気逃がし弁が手動開弁可能	[1次冷却システムのフィードアンドブリード] 加圧器逃がし弁, 高圧注入ポンプ, 燃料取替用水タンク, 余熱除去ポンプ, 余熱除去冷却器, 蓄圧タンク
64	補助給水系	補助給水系(電動補助給水ポンプ, タービン動補助給水ポンプ)が動作可能	[1次冷却システムのフィードアンドブリード] 加圧器逃がし弁, 高圧注入ポンプ, 燃料取替用水タンク, 余熱除去ポンプ, 余熱除去冷却器, 蓄圧タンク
65	補助給水タンク	補助給水タンクの水量が制限値を満足	なし

条	項目	運転上の制限の概要	対応する重大事故等対処設備等
66	原子炉補機冷却水系	原子炉補機冷却水系が動作可能	[2次系からの除熱(注水)] 電動補助給水ポンプ、タービン動補助給水ポンプ、補助給水タンク、蒸気発生器 [2次系からの除熱(蒸気放出)] 主蒸気透かし弁(人カ) [格納容器内自然対流冷却] 格納容器再循環ユニット(A及びB)、中型ポンプ車、軽油タンク、ミニローリー、可搬型温度計 測装置(格納容器再循環ユニット入口/出口用) [代替補機冷却] 中型ポンプ車、軽油タンク、ミニローリー
67	原子炉補機冷却海水系	原子炉補機冷却海水系が動作可能	(同上)
68	制御用空気系	制御用空気系の圧力が制限値を満足	[主蒸気透かし弁の機能回復] 主蒸気透かし弁(人カ) [加圧器透かし弁の機能回復] 窒素ポンプ(加圧器透かし弁用)、加圧器透かし弁用可搬型蓄電池 [原子炉圧カバウンダリの減圧操作機能]
69	中央制御室非常用循環系	中央制御室非常用循環系が動作可能	なし
70	安全補機室空気浄化系	安全補機室空気浄化系が動作可能	なし
71	燃料取扱建屋空気浄化系	燃料取扱建屋空気浄化系が動作可能	なし
72	外部電源	3回線以上が動作可能、1回線以上が独立	なし
73	ディーゼル発電機—モード1, 2, 3および4—	非常用ディーゼル発電機が動作可能、燃料油サービスタタンの貯油量が制限値を満足	[代替電源(交流)による給電] 非常用ガスタービン発電機(非常用ガスタービン発電機燃料貯油槽含む)、空冷式非常用発電装置(重油タンク、ミニローリー含む)、300kVA電源車(300kVA電源車用変圧器、軽油タンク、ミニローリー含む) [電源設備] (特重施設)
74	ディーゼル発電機—モード5, 6ほか—	非常用ディーゼル発電機が動作可能、燃料油サービスタタンの貯油量が制限値を満足	(同上)
75	ディーゼル発電機の燃料油、潤滑油および始動用空気	非常用ディーゼル発電機の燃料油貯油槽等の油量、潤滑油タンクの油量および起動用空気貯油圧が制限値を満足	(同上)
76	非常用直流電源—モード1, 2, 3および4—	非常用直流電源(蓄電池および充電器)が動作可能	[非常用電源(直流)による給電] 蓄電池(非常用) [代替電源(直流)による給電] 蓄電池(重大事故等対処用)、蓄電池(3系統目)、可搬型直流電源装置(75kVA電源車、可搬型整流器)、軽油タンク、ミニローリー
77	非常用直流電源—モード5, 6ほか—	所要の設備維持に必要な非常用直流母線に接続する系統(蓄電池および充電器)が動作可能	[非常用電源(直流)による給電] 蓄電池(非常用) [代替電源(直流)による給電] 蓄電池(重大事故等対処用)、蓄電池(3系統目)、可搬型直流電源装置(75kVA電源車、可搬型整流器)、軽油タンク、ミニローリー
78	所内非常用母線—モード1, 2, 3および4—	非常用高圧母線、非常用低圧母線、非常用直流母線、非常用計装用母線が受電	[代替所内電気設備による給電] 非常用ガスタービン発電機燃料貯油槽、空冷式非常用発電装置、重油タンク、ミニローリー、代替電気設備受電盤、代替動力変圧器 [電源設備] (特重施設)
79	所内非常用母線—モード5, 6ほか—	所要の設備維持に必要な非常用高圧母線、非常用低圧母線、非常用直流母線、非常用計装用母線が受電	(同上)
80	1次冷却材中のほう素濃度—モード6—	制限値を満足	なし
81	原子炉キャビティ水位—モード6—	制限値を満足	なし
82	原子炉格納容器貫通部—モード5および6—	機器ハッチが全ポート閉じられている、エアロックが閉止可能、隔離弁が閉止可能、隔離弁以外は閉	なし
83	使用済燃料ピットの水位および水温	水位および水温が制限値を満足	なし

表 3.2.1-2 DB 設備の機能に対する SA 設備等の機能の整理 (停止時電源 : PWR の一例)

停止時(モード5)		DB機能代替として考慮すべき事項		ディーゼル発電機(DB設備)		大容量空冷発電機(SA設備)		中容量空冷発電機(SA設備)	
設計要求	DB機能代替として考慮すべき事項	DB機能代替として考慮すべき事項	DB機能代替として考慮すべき事項	基本適合性	評価	基本適合性	評価	基本適合性	評価
外電喪失 外部電源が完全に喪失した場合に、 発電所の保安を確保し、安全に停止 させようとするための電源を供給する	要	代替設備が期待される性能要求とし て考慮が必要	要	○	モード5での必要負荷を 2545kWと想定した場合、問題 無し	×	モード5での必要負荷を 2545kWと想定した場合、心付 接続しても対応不能。	×	モード5での必要負荷を 2545kWと想定した場合、心付 接続しても対応不能。
設置許可済 何人より 工事 工学的安全施設作動のための電源 を供給する	要	代替設備が期待される性能要求とし て考慮が必要	要	○	モード5での必要負荷を 無し	×	モード5での必要負荷を 2545kWと想定した場合、心付 接続しても対応不能。	×	モード5での必要負荷を 2545kWと想定した場合、心付 接続しても対応不能。
自動起動	否	出力側のDBIに対する要求であり、停 止時は電源喪失が危ういから、自動 起動は考慮不要	否	△	手動起動であり、停止時とし ての動作は停止時を要する ため、事故によっては対応で きない可能性もある。※1	△	手動起動であり、停止時とし ての動作は停止時を要する ため、事故によっては対応で きない可能性もある。※1	△	手動起動であり、停止時とし ての動作は停止時を要する ため、事故によっては対応で きない可能性もある。※1
単一故障	否	DBIにおける設計要求であり、代替設 備の選定としては単一故障により満 足するため、考慮不要	否	○	単一故障は、DB設備の多重 性、多様性、独立性を確保す るためのものであることから、 考慮不要とする	△	単一故障は、DB設備の多重 性、多様性、独立性を確保す るためのものであることから、 考慮不要とする	△	単一故障は、DB設備の多重 性、多様性、独立性を確保す るためのものであることから、 考慮不要とする
物理的分離	要	ただし、DB区分割ではなく、DBと 代替設備との機能分離を考慮する	要	○	DB設備と分離された設計と なっている	○	DB設備と分離された設計と なっている	○	DB設備と分離された設計と なっている
構造強度及び機能維持 (荷重組合せ)	要	代替設備が期待される性能要求とし て考慮が必要	要	△	地盤中の機能維持について 加振試験での検証が必要	△	地盤中の機能維持について 加振試験での検証が必要	△	地盤中の機能維持について 加振試験での検証が必要
共用の排除	要	代替設備が期待される性能要求とし て考慮が必要(共用の共用、号 呼間の共用)	要	○	共用する設計となっていない	○	共用する設計となっていない	○	共用する設計となっていない
試験可能性	否	代替設備の性能要求として関係ない ため考慮不要(結果的にSA設備に 対しても考慮されている)	否	○	定期的な試験が期待されるため 定期的な試験ができる設計と なっている	○	定期的な試験が期待されるため 定期的な試験ができる設計と なっている	○	定期的な試験が期待されるため 定期的な試験ができる設計と なっている
必要容量	要	代替設備が期待される性能要求とし て考慮が必要	要	○	モード5での必要負荷を 2545kWと想定した場合、問題 無し	×	モード5での必要負荷を 2545kWと想定した場合、心付 接続しても対応不能。	×	モード5での必要負荷を 2545kWと想定した場合、心付 接続しても対応不能。
運転運転期間(燃料容量)	要	代替設備が期待される性能要求とし て考慮が必要	要	○	燃料容量の確保が期待される ため、燃料容量の確保が期待 される設計となっている	○	燃料容量の確保が期待される ため、燃料容量の確保が期待 される設計となっている	○	燃料容量の確保が期待される ため、燃料容量の確保が期待 される設計となっている
耐震	要	代替設備が期待される性能要求とし て考慮が必要	要	○	基準地震動に対して、必要な 機能が損なわれる恐れがない ような設計となっている	○	基準地震動に対して、必要な 機能が損なわれる恐れがない ような設計となっている	○	基準地震動に対して、必要な 機能が損なわれる恐れがない ような設計となっている
耐津波	要	代替設備が期待される性能要求とし て考慮が必要	要	○	基準津波に対して、必要な 機能が損なわれる恐れがない ような設計となっている	○	基準津波に対して、必要な 機能が損なわれる恐れがない ような設計となっている	○	基準津波に対して、必要な 機能が損なわれる恐れがない ような設計となっている
外的事象	要	代替設備が期待される性能要求とし て考慮が必要	要	○	その他の事象に対して、必 要な機能が損なわれる恐れ がないような設計となっている	○	その他の事象に対して、必 要な機能が損なわれる恐れ がないような設計となっている	○	その他の事象に対して、必 要な機能が損なわれる恐れ がないような設計となっている
耐その他の外的事象	要	代替設備が期待される性能要求とし て考慮が必要	要	○	モード5による必要負荷を本 容量発電機の容量以下に制 限することにより、代替は可 能	代替不可	モード5による必要負荷を本 容量発電機の容量以下に制 限することにより、代替は可 能	代替不可	モード5による必要負荷を本 容量発電機の容量以下に制 限することにより、代替は可 能
総合評価					代替可能(非常用発電機とし てのみ)				

特重施設のためマスキング

※1. ミッドトルーパー運転時等の減速の早いプラント状態時は、ディーゼル発電機は150動作可能状態であり、1トレンの安全系機器は使用可能であること、及び中容量空冷発電機の事前系設備等をを行うことにより対応可能と考える。

○: 基準を満たす
△: 基準を満たさないもの、影響はなし
×: 基準を満たさない

表 3.2.1-3 DB 設備の機能に対する SA 設備等の機能の整理 (運転時電源 : PWR の一例)

機能項目	DB機能代替として考慮すべき事項	ディーゼル発電機(DB設備)		大容量変圧器連動(SA設備)		中容量発電機連動(SA設備)	
		基準適合性	評価	基準適合性	評価	基準適合性	評価
外部電源が完全に喪失した場合に、外部電源の保安を確保し、安全に停止するまでの電源を供給する	要 代替設備が期待される性能要求として考慮が必要	○	項目が不足、及び起動に時間要するのため、基準を満たさない	×	項目が不足、及び起動に時間要するのため、基準を満たさない		
事故工学的安全機能動作のための電源を供給する	要 代替設備が期待される性能要求として考慮が必要	○	容量が不足、及び起動に時間要するのため、基準を満たさない	×	容量が不足、及び起動に時間要するのため、基準を満たさない		
自動起動	要 代替設備が期待される性能要求として考慮が必要	○	自動起動であり、基準を満たさないが、運転員により速やかに手動起動する手順を確保し、訓練を実施することから問題なし	△	自動起動であり、基準を満たさない		
単一故障	否 DBにおける設計要求であり、代替設備の機能としては単一系統により満足するため、考慮不要	○	単一故障は、DB設備の多重性、多様性、独立性を確保するためのものであることから、考慮不要とする	△	単一故障は、DB設備の多重性、多様性、独立性を確保するためのものであることから、考慮不要とする		
物理的分離	要 ただし、DB区分分界ではなく、DBと代替設備との機能分離を考慮する	○	DB設備と分離された設計となっている	○	DB設備と分離された設計となっている		
ディーゼル発電機設計方針(設計方針)設計方針(設計方針)設計方針(設計方針)	要 代替設備が期待される性能要求として考慮が必要	○	地盤中の機能維持について加蓋試験での検証が必要	×	地盤中の機能維持について加蓋試験での検証が必要		
共用の排気	要 代替設備が期待される性能要求として考慮が必要	○	共用する設計となっていない	○	共用する設計となっていない		
試験可能性	否 代替設備の性能要求として関係ないため考慮不要(結果的にSA設備に対しては考慮されている)	○	運転可能性を確認するため定期的な試験ができる設計となっている	○	運転可能性を確認するため定期的な試験ができる設計となっている		
必要容量	要 代替設備が期待される性能要求として考慮が必要	○	容量が不足するため、基準を満たさないが、必要容量のみを手動起動する運用であれば問題なし	△	容量が不足するため、基準を満たさないが、必要容量のみを手動起動する運用であれば問題なし		
運転運転期間(燃料容量)	要 代替設備が期待される性能要求として考慮が必要	○	発電所内の燃料貯蔵設備に定積出力で7日間以上連続運転できる容量を確保する設計となっている	○	発電所内の燃料貯蔵設備に定積出力で7日間以上連続運転できる容量を確保する設計となっている		
耐震	要 代替設備が期待される性能要求として考慮が必要	○	基準地震動に対して、必要な機能が損なわれる恐れがない	○	基準地震動に対して、必要な機能が損なわれる恐れがない		
耐津波	要 代替設備が期待される性能要求として考慮が必要	○	基準津波に対して、必要な機能が損なわれる恐れがない	○	基準津波に対して、必要な機能が損なわれる恐れがない		
耐その他の外的事象	要 代替設備が期待される性能要求として考慮が必要	○	その他の外的事象に対して、必要な機能が損なわれる恐れがない	○	その他の外的事象に対して、必要な機能が損なわれる恐れがない		
総合評価			・必要機能を自動起動に達成可能であれば、代替可能な全設備の稼働時間(シフト)による距離)は代替不可		電源容量及び電源供給までに時間を要することから代替は困難である。		

特重施設のためマスキング

○: 基準を満たす
△: 基準を満たさないものの、影響はなし
×: 基準を満たさない

表 3.2.4-1 DB 設備等の PRA モデル化有無による AOT 検討対象絞り込み (PWR の一例)

条	項目	運転上の制限の概要	DB 設備 PRA モデル	対応する重大事故等対処設備等	SA 設備等 PRA モデル
36	1 次冷却系－モード 3－	蒸気発生器による熱除去系が動作可能	○ (停止時 PRA)	[1 次冷却システムのフィードアンドブリード] 加圧器逃がし弁, 高圧注入ポンプ, 燃料取替用水タンク	○ (停止時 PRA)
				[原子炉圧力バウンダリの減圧操作機能] (特重施設) [炉内の熔融炉心の冷却機能] (特重施設)	×
37	1 次冷却系－モード 4－	余熱除去系, 蒸気発生器による熱除去系が動作可能	○ (停止時 PRA)	[1 次冷却システムのフィードアンドブリード] 加圧器逃がし弁, 高圧注入ポンプ, 燃料取替用水タンク [炉心注水] 充てんポンプ, 高圧注入ポンプ, 燃料取替用水タンク [代替炉心注水] 格納容器スプレイポンプ (B, 代替再循環配管使用), 代替格納容器スプレイポンプ, 燃料取替用水タンク, 補助給水タンク, 中型ポンプ車, 加圧ポンプ車, 軽油タンク, ミニローリー	○ (停止時 PRA)
				[2 次系からの除熱 (注水)] 電動補助給水ポンプ, タービン動補助給水ポンプ, 補助給水タンク, 蒸気発生器 [2 次系からの除熱 (蒸気放出)] 主蒸気逃がし弁 [2 次冷却系からの除熱 (フィードアンドブリード)] 電動補助給水ポンプ, 補助給水タンク, 蒸気発生器 [原子炉圧力バウンダリの減圧操作機能] (特重施設) [炉内の熔融炉心の冷却機能] (特重施設)	
38	1 次冷却系－モード 5 (1 次冷却系満水)－	余熱除去系が動作可能, 蒸気発生器水位が制限値を満足	○ (停止時 PRA)	(同上)	○ (停止時 PRA)
39	1 次冷却系－モード 5 (1 次冷却系非満水)－	余熱除去系が動作可能	○ (停止時 PRA)	[炉心注水] 充てんポンプ, 高圧注入ポンプ, 燃料取替用水タンク [代替炉心注水] 格納容器スプレイポンプ (B, 代替再循環配管使用), 代替格納容器スプレイポンプ, 燃料取替用水タンク, 補助給水タンク, 中型ポンプ車, 加圧ポンプ車, 軽油タンク, ミニローリー	○ (停止時 PRA)
				[2 次系からの除熱 (リフラックス冷却)] 主蒸気逃がし弁, 蒸気発生器, 電動補助給水ポンプ [炉内の熔融炉心の冷却機能] (特重施設)	
40	1 次冷却系－モード 6 (キャピティ高水位)－	余熱除去系が動作可能, 1 次冷却材温度が制限値を満足	×	(同上)	×
41	1 次冷却系－モード 6 (キャピティ低水位)－	余熱除去系が動作可能, 1 次冷却材温度が制限値を満足	×	(同上)	×
44	加圧器逃がし弁	加圧器逃がし弁および加圧器逃がし元弁が動作可能	○	[2 次冷却系からの除熱 (注水)] タービン動補助給水ポンプ, 電動補助給水ポンプ, 補助給水タンク, 蒸気発生器 [2 次冷却系からの除熱 (蒸気放出)] 主蒸気逃がし弁	○
51	非常用炉心冷却系－モード 1, 2 および 3－	高圧注入系 (高圧注入ポンプ), 低圧注入系 (余熱除去ポンプ) が動作可能	○ (モード 3 は停止時 PRA)	[炉心注水] 充てんポンプ, 燃料取替用水タンク, [代替炉心注水] 格納容器スプレイポンプ (B, 代替再循環配管使用), 代替格納容器スプレイポンプ, 燃料取替用水タンク, 補助給水タンク, 中型ポンプ車, 加圧ポンプ車, 軽油タンク, ミニローリー	○
				[炉内の熔融炉心の冷却機能] (特重施設)	
52	非常用炉心冷却系－モード 4－	高圧注入系, 充てん系, 低圧注入系が動作可能	○ (停止時 PRA)	[炉心注水] 充てんポンプ, 燃料取替用水タンク, [代替炉心注水] 格納容器スプレイポンプ (B, 代替再循環配管使用), 代替格納容器スプレイポンプ, 燃料取替用水タンク, 補助給水タンク, 中型ポンプ車, 加圧ポンプ車, 軽油タンク, ミニローリー	○ (停止時 PRA)
				[炉内の熔融炉心の冷却機能] (特重施設)	

条	項目	運転上の制限の概要	DB 設備 PRA モデル	対応する重大事故等対処設備等	SA 設備等 PRA モデル
63	主蒸気逃がし弁	主蒸気逃がし弁が手動開弁可能	○	[1次冷却系統のフィードアンドブリード] 加圧器逃がし弁, 高圧注入ポンプ, 燃料取替用水タンク, 余熱除去ポンプ, 余熱除去冷却器, 蓄圧タンク	○
64	補助給水系	補助給水系(電動補助給水ポンプ, タービン動補助給水ポンプ)が動作可能	○	[1次冷却系統のフィードアンドブリード] 加圧器逃がし弁, 高圧注入ポンプ, 燃料取替用水タンク, 余熱除去ポンプ, 余熱除去冷却器, 蓄圧タンク	○
66	原子炉補機冷却水系	原子炉補機冷却水系が動作可能	○	[2次系からの除熱(注水)] 電動補助給水ポンプ, タービン動補助給水ポンプ, 補助給水タンク, 蒸気発生器 [2次系からの除熱(蒸気放出)]主蒸気逃がし弁(人力) [格納容器内自然対流冷却] 格納容器再循環ユニット(A及びB), 中型ポンプ車, 軽油タンク, ミニローリー, 可搬型温度計測装置(格納容器再循環ユニット入口/出口用) [代替補機冷却] 中型ポンプ車, 軽油タンク, ミニローリー	○
67	原子炉補機冷却海水系	原子炉補機冷却海水系が動作可能	○	(同上)	○
68	制御用空気系	制御用空気系統の圧力が制限値を満足	○	なし [主蒸気逃がし弁の機能回復]主蒸気逃がし弁(手動) [加圧器逃がし弁の機能回復] 窒素ポンプ(加圧器逃がし弁用), 加圧器逃がし弁用可搬型蓄電池	×
				[原子炉圧力パウンダリの減圧操作機能] (特重施設)	×
73	ディーゼル発電機 —モード1, 2, 3および4—	非常用ディーゼル発電機が動作可能, 燃料油サービスタンクの貯油量が制限値を満足	○ (モード3及び4は停止時PRA)	[代替電源(交流)による給電] 非常用ガスタービン発電機(非常用ガスタービン発電機燃料貯槽含む), 空冷式非常用発電装置(重油タンク, ミニローリー含む), 300kVA電源車(300kVA電源車用変圧器, 軽油タンク, ミニローリー含む)	○ (モード3及び4は停止時PRA)
				[電源設備] (特重施設)	×
74	ディーゼル発電機 —モード5, 6 ほか—	非常用ディーゼル発電機が動作可能, 燃料油サービスタンクの貯油量が制限値を満足	○ (停止時PRA)	(同上)	○ (停止時PRA)
75	ディーゼル発電機の燃料油, 潤滑油および始動用空気	非常用ディーゼル発電機の燃料油貯油槽等の油量, 潤滑油タンクの油量および起動用空気貯槽圧が制限値を満足	○	(同上)	×
76	非常用直流電源 —モード1, 2, 3および4—	非常用直流電源(蓄電池および充電器)が動作可能	○ (モード3及び4は停止時PRA)	[非常用電源(直流)による給電]蓄電池(非常用) [代替電源(直流)による給電] 蓄電池(重大事故等対処用), 蓄電池(3系統目), 可搬型直流電源装置(75kVA電源車, 可搬型整流器), 軽油タンク, ミニローリー	○ (モード3及び4は停止時PRA)
77	非常用直流電源 —モード5, 6 ほか—	所要の設備維持に必要な非常用直流母線に接続する系統(蓄電池および充電器)が動作可能	○ (停止時PRA)	[非常用電源(直流)による給電]蓄電池(非常用) [代替電源(直流)による給電] 蓄電池(重大事故等対処用), 蓄電池(3系統目), 可搬型直流電源装置(75kVA電源車, 可搬型整流器), 軽油タンク, ミニローリー	○ (停止時PRA)
78	所内非常用母線 —モード1, 2, 3および4—	非常用高圧母線, 非常用低圧母線, 非常用直流母線, 非常用計装用母線が受電	○ (モード3及び4は停止時PRA)	[代替所内電気設備による給電] 非常用ガスタービン発電機, 非常用ガスタービン発電機燃料貯槽, 空冷式非常用発電装置, 重油タンク, ミニローリー, 代替電気設備受電盤, 代替動力変圧器	×
				[電源設備] (特重施設)	?
79	所内非常用母線 —モード5, 6 ほか—	所要の設備維持に必要な非常用高圧母線, 非常用低圧母線, 非常用直流母線, 非常用計装用母線が受電	○ (停止時PRA)	(同上)	×

表 3.2.4-2 PRA による AOT 検討対象条文のスクリーニング (PWR の一例)

条	項目	要求事項	完了時間 (AOT)	Before(DB+AM)			After(DB+AM+SA)		
				CDF1	ΔCDF1	ICCDP①	CDF2	ΔCDF2	ICCDP②
44	加圧器逃がし弁および加圧器逃がし元弁	すべてが動作可能	0.0417		3.6E-06	4.1E-10		3.3E-06	3.7E-10
51	非常用炉心冷却系 -モード1、2及び3 - ・高圧注入系 ・低圧注入系	2系統が動作可能	10		2.1E-06	5.7E-08		2.4E-06	6.4E-08
		2系統が動作可能	10		2.6E-06	7.2E-08		2.9E-06	8.0E-08
63	主蒸気逃がし弁	手動で開弁可能	7		2.2E-06	4.3E-08		2.9E-06	5.6E-08
64	補助給水系	モード1～3 電動補助給水ポンプによる2系統およびタービン動補助給水ポンプによる1系統動作可能	10	7.70E-06	1.2E-05	3.4E-07	2.94E-06	1.2E-05	3.4E-07
		モード4 (蒸気発生器が熟除去のために使用されている場合) 電動補助給水ポンプ1系統以上動作可能							
66	原子炉補機冷却水系	2系統動作可能	10		4.6E-06	1.3E-07		4.6E-06	1.2E-07
67	原子炉補機冷却海水系	2系統動作可能	10		1.7E-05	4.7E-07		7.5E-06	2.1E-07
		・非常用ディーゼル発電機2基動作可能 ・燃料油サージスタック貯油量870L以上	10		7.9E-06	2.2E-07		1.8E-06	5.0E-08
75	非常用直流電源 -モード1、2、3および4 -	2系統 (蓄電池および充電器) 動作可能	10		1.3E-05	3.6E-07		3.7E-06	1.0E-07

4. SA 設備等の LCO 設定の見直し

4.1 LCO 等設定の見直しの取り組み方針

2.2 に記載したように、現在全ての SA 設備等に対して LCO 等が設定されているところ、重要度に応じ、より重要な設備に重点を置いた運用管理・保全を行うことにより、合理的に安全性を向上させる必要があると考えることから、LCO 設定の見直しを検討する。

今回の検討にあたっては、保安規定審査基準に則り、また DB 設備の LCO 設定の考え方と整合の取れたものとする。

保安規定審査基準（実用炉規則第 92 条第 1 項 第 8 号イからハまで）7.によると、DB 設備、SA 設備いずれに対しても「重要な機能」に関して LCO 等を定めることとしている。また、DB 設備では、「重要な機能」を有する設備のうち、「当該系」、「直接関連系」³に対して LCO 等を設定している。DB 設備の重要な機能は SA 設備でも重要と考えられるため（解説 3 参照）、SA 設備等のうち、DB 設備と同様の機能を持つものについては、DB 設備と同様の考え方で LCO 等を設定することとする。また、SA 設備等のうち、DB 設備にない重要な機能を有するものについては、DB 設備でいう「当該系」、「直接関連系」に該当するものを LCO 対象とする。

なお、今回の検討により、LCO 対象とならなかった設備についても、引き続き適切に管理を行う必要があることから、保安規定の他の章や社内標準（保安規定で定める品質マネジメントシステムの文書）に、満たすべき設備状態（以下「スペック」という。）、スペックを満たしていることの確認方法及び頻度、スペックを満たしていない場合に要求される措置等を定めることとし、これまで保安規定で規定してきた内容と同様の管理を行う。

4.2 SA 設備等の LCO 設定対象の選定手順

(1) DB 設備の設定状況を基にした LCO 設定対象の選定

まず、SA 設備等が「重要な機能」を有しているかを判断するため、SA 設備等の各系統の有する機能と同様の機能を持つ DB 設備を特定し、その DB 設備（系統）が LCO 設定されているか否かを確認する。

LCO 設定されている場合は、当該 SA 設備等の各機器レベルで「当該系」、「直接関連系」、「間接関連系」の分類を行い、「当該系」又は「直接関連系」に該当するものを LCO 設定対象として選定する。

³ 当該系：所要の安全機能を直接果たす構造物、系統及び機器であって、その機能を果たす範囲をいう。例えば、原子炉冷却材喪失（LOCA）に際して、冷却水を注入して炉心を冷却する機能を果たすのは ECCS であるが、ECCS は、LOCA 時の炉心冷却という機能に対する当該系となる。

直接関連系：それなくして当該系の機能遂行又は機能維持ができないような、不可欠の構造物、系統及び機器であって、その機能を果たす範囲をいう。例えば起動・運転制御を行う計装、駆動系、機器冷却系、機器燃料系等を意味する。

間接関連系：当該系の機能遂行に直接必要はないが、その信頼性を維持し、又は担保するために必要な機能を有する構造物、系統及び機器であって、その機能を果たす範囲をいう。

<LC0 設定対象選定ステップ>

1. SA 設備等が重要な機能を有しているか
 - 1-1. SA 設備等の各系統に対して同様の機能を持つ DB 設備を抽出（無ければステップ 3-1. へ）
 - 1-2. 抽出した DB 設備の LC0 設定の有無を確認（無ければ LC0 設定をせず，保安規定の他の章や下位文書で管理する）

2. 「当該系」あるいは「直接関連系」に該当するか
 - 2-1. SA 設備等の各機器レベルで「当該系」あるいは「直接関連系」に該当するかどうかを確認（該当しなければ LC0 設定をせず，保安規定の他の章や下位文書で管理する）
 - 2-2. 該当する場合は LC0 設定

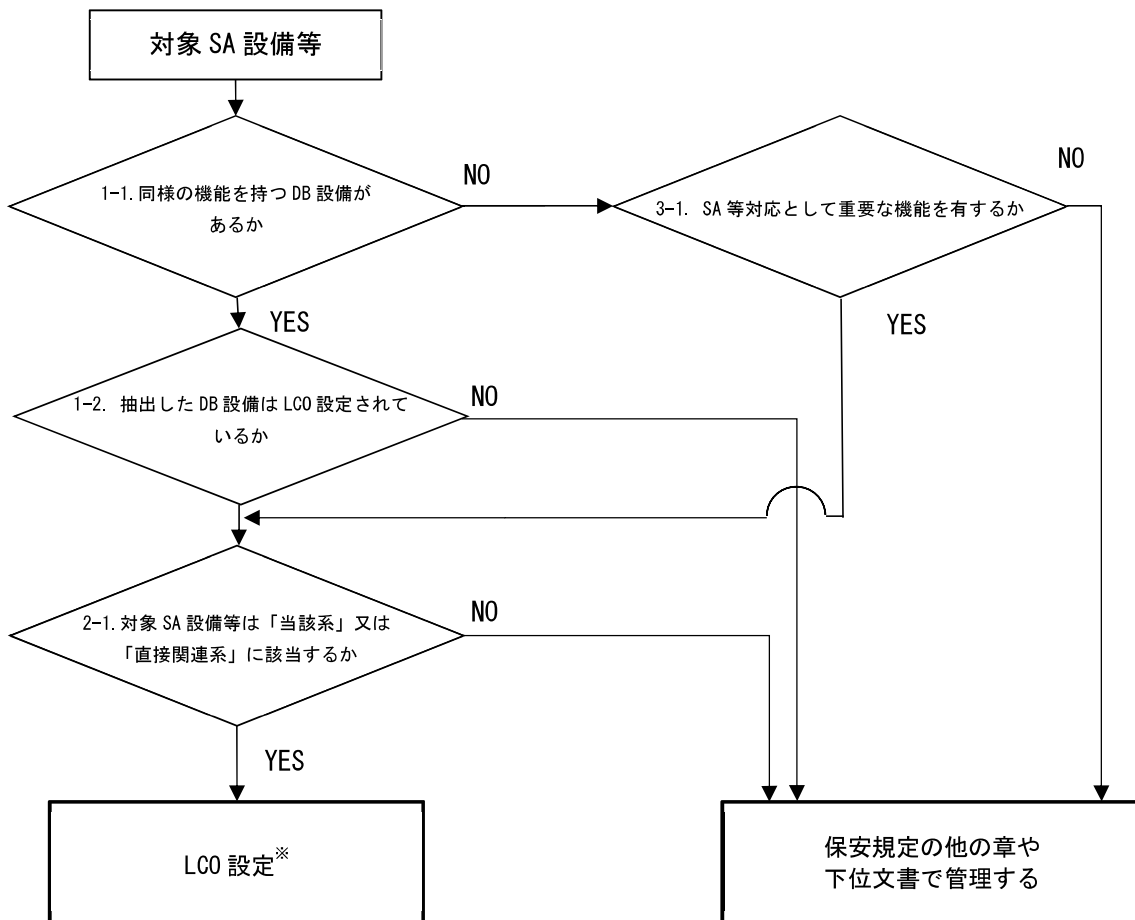
(2)DB 設備にない重要な機能を有する SA 等設備の LC0 設定対象の選定

上記のステップ 1-1. で LC0 設定と判断されなかった SA 設備等に対して，SA 設備等が SA 等対応として重要な機能を有するかどうかを検討し，有する場合は LC0 設定の候補とし，(1)と同様に，そのうち「当該系」又は「直接関連系」に該当するものを LC0 設定対象として選定する。

<LC0 設定対象選定ステップ（続き）>

3. SA 等対応として重要な機能を有する設備か
 - 3-1. (1-1. で該当なしと判断した)SA 設備等の機能が重要な機能を有するものに該当するかどうかを検討（該当しなければ LC0 設定をせず，保安規定の他の章や下位文書で管理する）
 - 3-2. 該当する場合は 2-1. へ

上記の手順を図 4.3 に，本手順で分類した例を表 4.3-1 に示す。（添付 4,5 参照）



※：一つの機能に対して同等の重大事故等対処設備が複数あるものについては、そのグループのうち所要数以上の設備が健全であれば LCO 逸脱とはみなさないとする“グルーピング”を検討する。

図 4.3 LCO 設定対象選定フロー

表 4.3-1 : SA 設備 LCO 設定整理表 (川内原子力発電所の例)

機能	DB設備		LCO設定	機能	系統	SA設備		備考			
	重要区分	系統				機器	当体系/当体系		LCO設定後)		
原子炉の緊急停止機能	MS-1	反応制御系統	0	原子炉の緊急停止機能	原子炉出力制限	機器	ATM保護装置	当体系	0	0	0
				注水1	1号スライダードライブ	加圧給水ポンプ	当体系	0	0	0	
				注水2	炉心注水	加圧給水ポンプ	当体系	0	0	0	
				注水3	炉心注水	加圧給水ポンプ	当体系	0	0	0	
				注水4	炉心注水	加圧給水ポンプ	当体系	0	0	0	
				注水5	炉心注水	加圧給水ポンプ	当体系	0	0	0	
				減圧1	炉心注水	加圧給水ポンプ	当体系	0	0	0	
				減圧2	炉心注水	加圧給水ポンプ	当体系	0	0	0	
				水調	炉心注水	加圧給水ポンプ	当体系	0	0	0	
				0	炉心注水	加圧給水ポンプ	当体系	0	0	0	
炉心冷却機能	MS-1	非常用炉心冷却系統(保注注入系)	0	炉心冷却機能	非常用炉心冷却系統(保注注入系)	機器	加圧給水ポンプ	当体系	0	0	0
				注水1	非常用炉心冷却系統(保注注入系)	加圧給水ポンプ	当体系	0	0	0	
				注水2	非常用炉心冷却系統(保注注入系)	加圧給水ポンプ	当体系	0	0	0	
				注水3	非常用炉心冷却系統(保注注入系)	加圧給水ポンプ	当体系	0	0	0	
				注水4	非常用炉心冷却系統(保注注入系)	加圧給水ポンプ	当体系	0	0	0	
				注水5	非常用炉心冷却系統(保注注入系)	加圧給水ポンプ	当体系	0	0	0	
				減圧1	非常用炉心冷却系統(保注注入系)	加圧給水ポンプ	当体系	0	0	0	
				減圧2	非常用炉心冷却系統(保注注入系)	加圧給水ポンプ	当体系	0	0	0	
				水調	非常用炉心冷却系統(保注注入系)	加圧給水ポンプ	当体系	0	0	0	
				0	非常用炉心冷却系統(保注注入系)	加圧給水ポンプ	当体系	0	0	0	
放射性物質の閉じ込め機能、放射線のしゃへ及び放射能監視機能	MS-1	格納容器スプレイ系統	0	格納容器スプレイ系統	格納容器スプレイ系統	機器	格納容器スプレイポンプ	当体系	0	0	0
				注水1	格納容器スプレイ系統	格納容器スプレイポンプ	当体系	0	0	0	
				注水2	格納容器スプレイ系統	格納容器スプレイポンプ	当体系	0	0	0	
				注水3	格納容器スプレイ系統	格納容器スプレイポンプ	当体系	0	0	0	
				注水4	格納容器スプレイ系統	格納容器スプレイポンプ	当体系	0	0	0	
				注水5	格納容器スプレイ系統	格納容器スプレイポンプ	当体系	0	0	0	
				減圧1	格納容器スプレイ系統	格納容器スプレイポンプ	当体系	0	0	0	
				減圧2	格納容器スプレイ系統	格納容器スプレイポンプ	当体系	0	0	0	
				水調	格納容器スプレイ系統	格納容器スプレイポンプ	当体系	0	0	0	
				0	格納容器スプレイ系統	格納容器スプレイポンプ	当体系	0	0	0	
排気制御機能	-	排気制御系統	-	排気制御機能	排気制御系統	機器	排気制御系統	当体系	0	0	0
				注水1	排気制御系統	排気制御系統	当体系	0	0	0	
				注水2	排気制御系統	排気制御系統	当体系	0	0	0	
				注水3	排気制御系統	排気制御系統	当体系	0	0	0	
				注水4	排気制御系統	排気制御系統	当体系	0	0	0	
				注水5	排気制御系統	排気制御系統	当体系	0	0	0	
				減圧1	排気制御系統	排気制御系統	当体系	0	0	0	
				減圧2	排気制御系統	排気制御系統	当体系	0	0	0	
				水調	排気制御系統	排気制御系統	当体系	0	0	0	
				0	排気制御系統	排気制御系統	当体系	0	0	0	

表 4.3-1 : SA 設備 LCO 設定整理表 (川内原子力発電所の例)

機能	DB設備		機能	系統	SA設備		備考		
	重要度分類	系統			LCO設定	機器		LCO設定(案)	
制御室及びそのしゃべ、燃焼調整機 (安全上特に重要な機能)	MS-1	中央制御室非停閉保護系	中央制御室	居住性の確保及び汚染の付与防止	中央制御室非停閉保護系	-	-		
		中央制御室停閉保護系			中央制御室非停閉保護系				
	制御室及びそのしゃべ、燃焼調整機 (安全上特に重要な機能)	中央制御室停閉保護系	中央制御室停閉保護系	居住性の確保	中央制御室停閉保護系	中央制御室停閉保護系	中央制御室停閉保護系	中央制御室停閉保護系	中央制御室停閉保護系
		中央制御室停閉保護系	中央制御室停閉保護系	居住性の確保	中央制御室停閉保護系	中央制御室停閉保護系	中央制御室停閉保護系	中央制御室停閉保護系	中央制御室停閉保護系
緊急時対策上重要なしゃべ及び操作員席の保護機能	MS-3	通信連絡設備	緊急時対策上重要なしゃべ及び操作員席の保護機能	通信連絡設備	通信連絡設備	通信連絡設備	通信連絡設備	通信連絡設備	
		放射線監視設備	放射線監視設備	放射線監視設備	放射線監視設備	放射線監視設備	放射線監視設備	放射線監視設備	放射線監視設備
		放射線監視設備	放射線監視設備	放射線監視設備	放射線監視設備	放射線監視設備	放射線監視設備	放射線監視設備	放射線監視設備
-	-	SA対策の支援機能	アクセスルート	アクセスルート	アクセスルート	アクセスルート	アクセスルート	アクセスルート	

※1:燃料プール水の清浄設備に関して、設計書の範囲では使用系が燃料プールのウィングが確保されておらず、炉内上昇、炉内下の事故進展は速く、使用系燃料プール補給系に対してLCOを設定していません。このため、使用系燃料プール補給系に対してLCOを設定していません。

5. おわりに

新規規制基準により、DB 設備に加えて SA 設備が整備され、さらに経過期間の中で特重施設が整備され、これら設備の整備状況に応じ段階的に保安規定の改定がなされ、LC0 等が追加されてきた。現在、全ての SA 設備等が整備され、プラントの運用が開始されていることから、更なる原子力安全の向上を目指し、これら多様な設備を活用した運用を整理し改善することとした。

また、原子力規制検査において、リスク情報が活用され始めていることから、このような技術動向を踏まえ保安規定 LC0 等の改訂手順を検討した。

具体的には、二つの改善点である「DB 設備、SA 設備の LC0 等の充実」と「SA 設備等に対する LC0 等設定の見直し」について検討し、ガイドラインとしてとりまとめた。

本ガイドラインは、認可事項である保安規定の改定時に、事業者がそれぞれの原子力発電所毎に保安規定改定案を策定する際に活用するものである。今後も、リスク情報の更なる活用の状況や、審査の実績を踏まえ、必要に応じ本ガイドラインを改定していく。

LC0 逸脱時の措置の充実に係る保安規定記載例

LC0 逸脱時の措置の充実として、DB 設備の LC0 逸脱時に SA 設備等の動作可能性確認等を行う場合の保安規定記載例を下表に示す。

現行保安規定では、DB 設備の LC0 逸脱時の措置 A.2 により健全側システムの起動により動作可能であることを確認することを規定している。SA 設備等については、下線のとおり措置 A.3 として、「同様の機能を有する重大事故等対処設備等」が動作可能であることを確認することを追加する。

また、動作可能確認の対象設備は、必要に応じ準備時間短縮等に係る補完措置を実施することも含め、現行保安規定の SA 条文や特重施設に関する条文と同様に注釈として記載する。

DB 条文 (現状)			DB 条文 (変更後)		
第 7 4 条 ディーゼル発電機 -モード 1, 2, 3 および 4-			第 7 4 条 ディーゼル発電機 -モード 1, 2, 3 および 4-		
表 74-3			表 74-3		
条 件	要求される措置	完了時間	条 件	要求される措置	完了時間
A. ディーゼル発電機 1 基が動作不能 ^{※4} である場合	A.1 当直課長は、当該ディーゼル発電機を動作可能な状態に復旧する。 および A.2 当直課長は、残りのディーゼル発電機を起動（無負荷運転）し、動作可能であることを確認する。	10日 4時間 その後の1日に1回	A. ディーゼル発電機 1 基が動作不能 ^{※4} である場合	A.1 当直課長は、当該ディーゼル発電機を動作可能な状態に復旧する。 および A.2 当直課長は、残りのディーゼル発電機を起動（無負荷運転）し、動作可能であることを確認する。 および A.3 当直課長は、当該系統と同等な機能を持つ重大事故等対処設備等 ^{※5} が動作可能であることを確認する ^{※6} 。	30日 4時間 その後の1日に1回 4時間
B. 条件 A の措置を完了時間内に達成できない場合	B.1 当直課長は、残りのディーゼル発電機を運転状態（負荷運転）にする。 および B.2 当直課長は、当該ディーゼル発電機を動作可能な状態に復旧する。	速やかに 30日	B. ディーゼル発電機 1 基が動作不能である場合 および 動作可能な外部電源が 1 回線である場合	B.1 当直課長は、動作不能となっているディーゼル発電機 1 基または外部電源 1 回線を復旧する。 および B.2 当直課長は、当該系統と同等な機能を持つ重大事故等対処設備等 ^{※5} が動作可能であることを確認する ^{※6} 。	12時間 4時間
C. ディーゼル発電機 1 基が動作不能である場合 および 動作可能な外部電源が 1 回線である場合	C.1 当直課長は、動作不能となっているディーゼル発電機 1 基または外部電源 1 回線を復旧する。	12時間	C. 条件 A または B の措置を完了時間内に達成できない場合	C.1 当直課長は、モード 3 にする。 および C.2 当直課長は、モード 5 にする。	12時間 56時間
D. 条件 B または C の措置を完了時間内に達成できない場合	D.1 当直課長は、モード 3 にする。 および D.2 当直課長は、モード 5 にする。	12時間 56時間			
^{※4} ：燃料油サービスタンクの貯油量（保有油量）が制限値を満足していない場合を含む（以下、本条において同じ）。			^{※4} ：燃料油サービスタンクの貯油量（保有油量）が制限値を満足していない場合を含む（以下、本条において同じ）。 ^{※5} ：「表 8 5 - 1 5 電源設備」、または「特重施設」をいう。 ^{※6} ：「動作可能であること」の確認は、対象設備の至近の記録等により行う。		

DB 条文（現状）			DB 条文（変更後）		
第 5 2 条 非常用炉心冷却系－モード 1, 2 および 3－			第 5 2 条 非常用炉心冷却系－モード 1, 2 および 3－		
表 5 2－3			表 5 2－3		
条 件	要求される措置	完了時間	条 件	要求される措置	完了時間
A. 高圧注入系 1 系統が動作不能である場合	A. 1 当直課長は、当該系統を動作可能な状態に復旧する。	1 0 日	A. 高圧注入系 1 系統が動作不能である場合	A. 1 当直課長は、当該系統を動作可能な状態に復旧する。	1 0 日
	および A. 2 当直課長は、残りの系統のポンプを起動し、動作可能であることを確認する。	4 時間 その後の 8 時間に 1 回		および A. 2 当直課長は、残りの系統のポンプを起動し、動作可能であることを確認する。	4 時間 その後の 8 時間に 1 回
	(低圧注入系 記載略)			A. 3 当直課長は、当該系統と同様の機能を有する重大事故等対処設備等 ^{※4} が動作可能であることを確認する ^{※5} 。	7 2 時間
	(低圧注入系 記載略)			(低圧注入系 記載略)	
C. 条件 A または B の措置を完了時間内に達成できない場合	C. 1 当直課長は、モード 3 にする。	1 2 時間	C. 条件 A または B の措置を完了時間内に達成できない場合	C. 1 当直課長は、モード 3 にする。	1 2 時間
	および C. 2 当直課長は、モード 4 にする。	3 6 時間		および C. 2 当直課長は、モード 4 にする。	3 6 時間
			<p>※ 4 : 「表 8 5－4 炉心注水をするための設備」または「特重施設」をいう。</p> <p>※ 5 : 「動作可能であること」の確認は、対象設備の至近の記録等により行う。また、「動作可能であること」とは、当該系統に要求される準備時間を満足させるために、当該系統と同様な機能を持つ重大事故等対処設備を設置し、接続口付近までのホースを敷設する補完措置が完了していることを含む。</p>		

LC0 逸脱時の措置に伴う現場確認の充実について

1. LC0 逸脱時における取り組みの考え方

これまで、LC0 逸脱時には健全側設備の動作確認を実施し、その際、現場においても異音、異臭、振動、漏えい等のないことを確認している。

安全機能を有する設備が待機除外となった場合、プラントのリスクが増加する。動作確認は設備のランダム故障の可能性が小さいことを確認する行為であり、主として内的事象リスクの上昇を抑制することに寄与する。外的事象リスクの増加に対しては現場の状態確認が有効であり、これまで実施してきたことに加え、充実すべき事項を抽出した。外的事象の観点から現場での状況を確認すべき事項を網羅的に抽出するため、PRA において実施されるプラントウォークダウンチェックシートを参考とした。

LC0 逸脱時に健全側設備の動作可能性を確認する際の現場確認において健全側設備の設置される区画に着目し、外的事象の発生時において機能発揮を阻害する状態になっていないことを可能な範囲で目視により確認する。

PRA のウォークダウンでは、設計図書との整合性を確認するような項目や設備の運用に関わる手順の確認や訓練の確認や、設計により担保され日常的に確認がなされている設備状態（タンクの健全性など）の確認等があり、これらは LC0 逸脱時の確認事項とはせず、健全性を維持すべき対象設備において通常の現場状態からの逸脱（仮設備など）があるかを確認する観点から項目を抽出した。

2. LC0 逸脱時の外的事象に対する追加措置

LC0 逸脱時に、代替設備の機能確認（動作確認）に加え、外的事象に対する考慮が確保されていることを補完的に確認する。

現状の保安規定（第 17 条体制の整備及び添付 2）では、要員の確保、教育訓練、資機材管理、手順書の整備、定期的な評価などについて、これら外的事象に対する設備管理や運用が日常的に維持され、PDCA を回すプロセスとなっている。

これを踏まえ、LC0 逸脱時においては、健全側設備が設置された区画に注目し、外的事象の発生時において機能発揮を阻害する状態になっていないことを可能な範囲（高所への移動や保温材の取り外しなし）で目視により確認する。

地震、火災、溢水に関するウォークダウンチェックシートから抽出した、LC0 逸脱時に健全側設備とその設置区画内において確認すべき事項を以下に示す。

プラントにより、現場設備やその状況、日常のパトロール等での確認事項が異なることから、保安規定変更認可申請時にこれらを踏まえプラント毎にチェックシートとして作成することとする。

OLCO 逸脱時の外的事象に対する追加措置のまとめ

ハザード	LC0 逸脱時の確認事項
地震	1. 支持構造物との接合部に外見上の異常（腐食・亀裂・変形・損傷・欠落等）がない
	2. 配管接合部に外見上の異常（腐食・亀裂等）がない
	3. 周辺のコンクリート部を含めて外見上の異常（腐食・亀裂等）がない
	4. アンカーボルトが緩んでいない
	5. 仮設足場, 仮設機器, 天井タイル, 照明, ブロック壁等を含め, 耐震クラスが低い SSC 等に緩みが無く, 倒壊・落下により被害を受けない
	6. 水・油を保有する仮設設備がない
	7. 周辺に仮置き火災源がない（火災 7 と同じ）
	8. 接続されている配管・ケーブルの柔軟性を阻害する仮設設備等が無い
	9. チェーンのような可動性の機器等が他の機器と干渉しないか
	10. ケーブルや電線管, HVAC のダクトのサポートの状態は適切か
	11. ケーブルトレイに過度な積載物がないか
火災	1. 壁（火災障壁, 隔壁）に亀裂・穴が無いか
	2. ドア（防火ドア, シャッターを含む）が閉止しているか（溢水 1 と同じ）
	3. 機器搬入ハッチがある場合, 閉止しているか（溢水 2 と同じ）
	4. 貫通部に亀裂・穴が無いか（溢水 3 と同じ）
	5. 空調用ダクトに亀裂・穴が無いか
	6. 防火ダンパの作動を妨げるような異物がなく, 動作可能か
	7. 仮置き可燃物や油脂の漏えいが無いか
溢水	1. ドア（シャッター, 引き戸を含む）が閉止しているか
	2. 機器搬入ハッチがある場合, 閉止しているか
	3. 貫通部に亀裂・穴が無いか
	4. ドレン機能を阻害する異物などが無いか
	5. 床面近傍の空調用ダクトに亀裂・穴が無いか（火災 5 に含まれる）
	6. 溢水検知器は動作可能か
	7. 溢水対応のアクセス性に障害となるものがないか
	8. （水位ゲージがある場合）水位を確認できるか

以上

リスク評価の手法

1. はじめに

SA 設備等を整備することで DB 設備の LCO 逸脱時のリスクも低減することから、この低減の効果が大きい場合には、LCO 逸脱に伴うリスクを SA 設備等の整備前よりも増大させない範囲において、すなわち安全性を損なわない範囲で AOT を変更（延長）することが可能となる。

以下に、リスク低減の効果を測る指標及びリスク低減に伴う AOT の変更の考え方について検討した。

2. 使用するリスク指標及び判断基準

使用するリスク指標として、AOT 評価を規定した米国 NRC の R. G. 1.177¹ で用いられている条件付き炉心損傷確率増分（Incremental Conditional Core Damage Probability。以下「ICCDP」という。）がある。

右図では、縦軸が炉心損傷頻度（以下「CDF」という）で、LCO 逸脱時の CDF と、基準状態（LCO 逸脱のない状態）の CDF との差が ΔCDF である。ICCDP は ΔCDF と AOT の積で定義される。

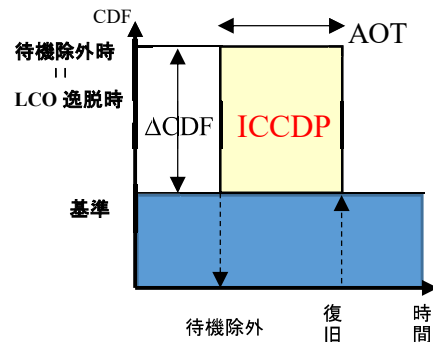


図 1 リスク指標の概念図
(CDF の例)

本検討においても、LCO 逸脱に伴うリスク増分及び AOT が直接反映される ICCDP をリスク指標として用いることとする。（リスクの増分でなく絶対値を使用することも検討したが、基準の CDF が加算されることで LCO 逸脱に伴うリスクが薄まってしまうことから採用しなかった。）

次にリスク指標に対する判断基準として、以下の 2 通りについて考察した。

手法 1：(R. G. 1.177 で採用されている手法を準用) 当該 DB 設備 LCO 逸脱時の ICCDP に上限値 (1.0×10^{-6}) を設定し、上限値以下となる範囲で AOT 変更の可否を判断。

手法 2：SA 設備等の整備による当該 DB 設備 LCO 逸脱時の ICCDP の低減効果が期待できる範囲で AOT 変更の可否を判断。

手法 1 は、米国での AOT 評価と同じ手法ではあるが、定量的なリスク評価手法が定着している米国で採用されている基準値である 1.0×10^{-6} が、国内でも採用できるかどうか、議論の余地がある。

¹ AN APPROACH FOR PLANT-SPECIFIC, RISK-INFORMED DECISIONMAKING: TECHNICAL SPECIFICATIONS

一方、手法2は設備のLC0逸脱時のリスク増分をSA設備等の整備前より小さく抑える、すなわち安全性が向上する範囲でのAOTの変更であることから、手法2を採用することとする。

上記では、炉心損傷防止の機能を有するDB設備を念頭に、CDFを基に検討を行った。一方、格納容器スプレイ設備のような格納容器破損防止を主たる機能とするDB設備については、格納容器機能喪失頻度（以下「CFF」という）を基に、上記と同様に考える（図1の縦軸をCFFに変更して考える）²。すなわち、CFFの条件付き格納容器損傷確率増分（Incremental Conditional Containment Failure Probability。以下「ICCFP」という。）を用い、SA設備等の整備による“当該DB設備LC0逸脱時のICCFP”の低減効果が期待できる範囲でAOT変更の可否を判断する。

3. 使用するPRAモデル

現在、SDP評価用のPRAモデルがNRAにより品質確認がなされてきており、ICCDP等の計算に使用するPRAモデルはこの動向を踏まえた最新の内の事象の運転時レベル1PRAモデルを用いる。ICCFP等の計算には内の事象レベル1.5PRAモデルを活用する。

4. 評価手順

ベースとなるLC0逸脱時のリスクレベルを確認する観点から、SA設備等の整備前の状態（DB設備及びAMをモデル化）でのLC0逸脱の有無に応じたCDFを計算し、ICCDP等を算出する（図2の積算リスク [1]；ICCDP₁）

SA設備等の整備によるリスクレベルを確認する観点から、SA設備等が整備された状態（DB設備、AM+SA設備等を考慮）でのLC0逸脱の有無に応じたCDFを計算し、ICCDP等を算出する。（図2の積算リスク [2]；ICCDP₂）

² R. G. 1.177では、早期大規模放出頻度（LERF：Large Early Release Frequency）の条件付き早期大規模放出確率増分（ICLERP：Incremental Conditional Large Early Release Probability）もリスク指標とし、基準は 1×10^{-7} とされている。

【SA設備等の整備前】

- ・DB設備+AMの基準CDF(待機除外なし): CDF_{1BASE}
- ・LCO逸脱時の措置状態のCDF: $CDF_{1ACTION}$
- ・復旧までの時間(AOT): AOT_1
- ⇒積算リスク[1]

【SA設備等の整備後】

- ・DB設備+SA設備の基準CDF(待機除外なし): CDF_{2BASE}
- ・LCO逸脱時の措置状態のCDF: $CDF_{2ACTION}$
- ・復旧までの時間(AOT): AOT_2
- ⇒積算リスク[2]

- ・SA設備等の整備により、以下が成り立つ場合
積算リスク[2] < 積算リスク[1]



【今回提案】

- ・運用上の余裕を確保する観点からAOTの延長を検討する($AOT_{EXTENTION}$)

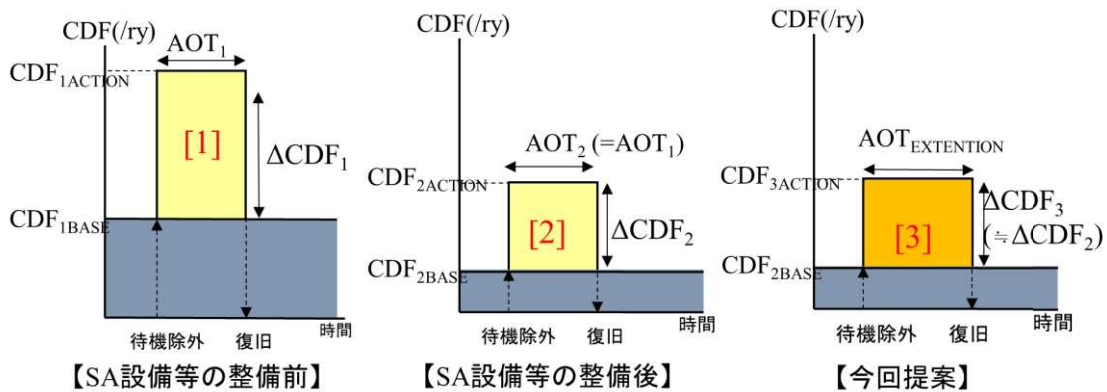


図2 PRAモデルとリスク評価手法 (CDFの例)

(参考: ICCDP等の計算方法)

対象となる一つのDB設備が故障等によりLCO逸脱となった場合の炉心損傷頻度 (CDF_{ACTION}) は、ベースとなる炉心損傷頻度 (全てのDB設備が健全時の炉心損傷頻度, CDF_{BASE}) と当該DB設備のリスク増加価値 (以下「RAW」という。) を用いて簡易的に以下のとおり算出できる。

$$CDF_{ACTION} = RAW \times CDF_{BASE}$$

$$ICCDP = \Delta CDF \text{ [/ 炉年]} \times AOT \text{ [日]} / 365 \text{ [日]}$$

$$= (RAW - 1) \times CDF_{BASE} \times AOT \text{ [日]} / 365 \text{ [日]}$$

$$\Delta CDF = CDF_{ACTION} - CDF_{BASE} = RAW \times CDF_{BASE} - CDF_{BASE} = (RAW - 1) \times CDF_{BASE}$$

※各パラメータについてSA設備等の整備前は添字として「1」を、後は「2」を記載。

4.1 炉心損傷防止の機能を有するDB設備の評価手順

SA設備等の整備前後の積算リスクを比較し、 $ICCDP_1$ に対して $ICCDP_2$ が十分に小さいと判断した場合は、SA設備等の整備前の積算リスクと等しくなる時間 ($AOT_{EXTENTION} = ICCDP_1 / \Delta CDF_2$) を算出し、新しいAOTを $AOT_{EXTENTION}$ を超えない範囲で設定する。なお、リスク評価の結果として極めて長期のAOTが許容される場合でも現実的な復旧時間を考慮し、過度に長期のAOTとならないよう現在のAOTの最大である30日³を超えないように設定する。

³ 米国RMTS(Risk-Managed Technical Specifications)の取組で最長のAOTとして設定されているBack Stopが30日となっている。

なお、 $ICCDP_1$ に対して $ICCDP_2$ が増加する場合もありうる。これは、SA 設備等の導入で、CDF は低減されるものの、個別の事故シーケンスごとに見た場合、SA 設備等の導入で成功パスが増えることで $ICCDP$ (ΔCDF) が相対的に上昇するためである (SA 設備の導入に伴い高圧注水系が寄与する新たな事故シーケンスが加わった等)。

このような場合は、 $ICCDP$ だけでなく、CDF の状況も考慮して総合的に判断することとする。例えば、全 CDF が低減し SA 設備等の整備前よりも全般的にリスクが低減している場合には、AOT の短縮はせず、現状通りとする。

4.2 格納容器破損防止の機能を有する DB 設備の評価手順

4.1 の CDF を CFF に、 $ICCDP$ を $ICCFP$ にそれぞれ読み替え、同様の手順で AOT を検討する。

以 上

「号機間電力融通ケーブルによる給電」の LCO 設定について

現状では、複数号機を有する発電所においては、号機間の融通ケーブルに LCO が設定されている。標記ケーブルによる給電については、「設置許可基準規則」第五十七条の解釈 1. d) に、「複数号機設置されている工場等では」と条件付きで設置するように記載されている。よって、本要求は全ての発電所に対して要求されているものではなく、「(隣接号機があり) 可能であれば」設置するものである。このように、シングルユニットの場合には設置が求められていない設備であり、更なる安全性向上のための設置要求であると考えられることから、設置が必須となる設備に比べて、重要度は低いと考えられる。

非常用ディーゼル発電機に加え、多種多様の代替電源設備（常設、可搬）等の設置によって電源の信頼性を確保していると考えられ、号機間融通については、複数号機を有するサイトにのみ要求されていることを考慮すると、更なるバックアップの位置付けと考えられることから、LCO 設定は不要と考えられる。

第五十七条

解釈 1.

- d) 複数号機設置されている工場等では、号機間の電力融通を行えるようにあらかじめケーブル等を敷設し、手動で接続できること。

実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則	実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈
<p data-bbox="284 344 384 371">(電源設備)</p> <p data-bbox="240 378 874 573">第五十七条 発電用原子炉施設には、設計基準事故対処設備の電源が喪失したことにより重大事故等が発生した場合において炉心の著しい損傷、原子炉格納容器の破損、貯蔵槽内燃料体等の著しい損傷及び運転停止中原子炉内燃料体の著しい損傷を防止するために必要な電力を確保するために必要な設備を設けなければならない。</p>	<p data-bbox="879 344 1075 371">第57条 (電源設備)</p> <p data-bbox="879 378 1513 1077">1 第1項に規定する「必要な電力を確保するために必要な設備」とは、以下に掲げる措置又はこれらと同等以上の効果を有する措置を行うための設備をいう。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="911 479 1198 506">a) 代替電源設備を設けること。 <li data-bbox="911 517 1513 573">i) 可搬型代替電源設備（電源車及びバッテリー等）を配備すること。 <li data-bbox="911 584 1442 611">ii) 常設代替電源設備として交流電源設備を設置すること。 <li data-bbox="911 622 1513 678">iii) 設計基準事故対処設備に対して、独立性を有し、位置的分散を図ること。 <li data-bbox="911 689 1513 884">b) 所内常設蓄電式直流電源設備は、負荷切り離しを行わずに8時間、電気の供給が可能であること。ただし、「負荷切り離しを行わずに」には、原子炉制御室又は隣接する電気室等において簡易な操作で負荷の切り離しを行う場合を含まない。その後、必要な負荷以外を切り離して残り16時間の合計24時間にわたり、電気の供給を行うことが可能であること。 <li data-bbox="911 896 1513 981">c) 24時間にわたり、重大事故等の対応に必要な設備に電気（直流）の供給を行うことが可能である可搬型直流電源設備を整備すること。 <li data-bbox="911 992 1513 1077">d) 複数号機設置されている工場等では、号機間の電力融通を行えるようにあらかじめケーブル等を敷設し、手動で接続できること。

使用済燃料貯蔵槽の監視設備の LCO 設定について

1. はじめに

使用済燃料貯蔵槽の監視については、以下の設置許可基準規則第五十四条の解釈において要求されている監視機能を特定し、「水位計」、「水温計」、「放射線エリアモニタ」、「監視カメラ」に対して LCO を設定している。

第五十四条（使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備）

解釈

4 第 1 項及び第 2 項の設備として、使用済燃料貯蔵槽の監視は、以下によること。

- a) 使用済燃料貯蔵槽の水位、水温及び上部の空間線量率について、燃料貯蔵設備に係る重大事故等により変動する可能性のある範囲にわたり測定可能であること。
- b) これらの計測設備は、交流又は直流電源が必要な場合には、代替電源設備からの給電を可能とすること。
- c) 使用済燃料貯蔵槽の状態をカメラにより監視できること

今回、SA 設備等の LCO 設定については、以下の LCO 設定方針に基づくこととしたことから、上記監視設備について、同条の本文にて要求されている機能との関係で整理を行った。

<SA 設備等の LCO 設定方針>

- SA 設備等と同様の機能を持つ DB 設備に LCO 設定されている場合、その SA 設備等は「重要な機能」を有していると考え LCO 設定候補とする。
- 上記で、LCO 設定と判断されなかった SA 設備等に対して、SA 設備等が DB 設備にない重要な機能を有するかどうかを検討し、SA 設備等に DB 設備にない重要な機能がある場合は LCO 設定候補とする。
- 上記 2 項目で候補とされた SA 設備等のうち、「当該系」又は「直接関連系」に該当する設備を LCO 設定対象とする。

2. 設置許可基準規則が要求する機能による分類

これらの監視設備は、設置許可基準規則第五十四条本文の規定に基づくものである。この規定が要求しているのは、“水位が低下した場合”に、“冷却し、遮蔽し、臨界を防止するための設備”，であり、SA 設備として注水設備を設けている。

第五十四条（使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備）

発電用原子炉施設には、使用済燃料貯蔵槽の冷却機能又は注水機能が喪失し、又は使用済燃料貯蔵槽からの水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料貯蔵槽の水位が低下した場合において貯蔵槽内燃料体等を冷却し、放射線を遮蔽し、及び臨界を防止するために必要な設備を設けなければならない。

2 発電用原子炉施設には、使用済燃料貯蔵槽からの大量の水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料貯蔵槽の水位が異常に低下した場合において貯蔵槽内燃料体等の著しい損傷の進行を緩和し、及び臨界を防止するために必要な設備を設けなければならない。

監視設備のうち、注水設備が機能を果たすためには、“水位が低下した場合”を検知し、注水手順に着手する必要がある。よって、“水位低下”の判断に使用することとしている設備、すなわち「水位」及び「温度」を測定する設備は、直接必要な関連設備（すなわち、直接関連系）と分類する。

一方、「放射線エリアモニタ」「監視カメラ」については、水位低下の判断には直接用いておらず、使用済燃料貯蔵槽の状態を監視するものであることから、直接必要な関連設備でなく、「間接関連系」と整理する。

3. まとめ

以上より、設置許可基準規則第五十四条の解釈の記載においては、使用済燃料貯蔵槽の監視設備として、「水位計」、「温度計」以外にも「監視カメラ」、「放射線エリアモニタ」も求められているが、本文要求事項に基づき、直接必要な機能との関連で整理すると、これらは間接関連系と整理することができる。

以 上

(参考 1 : 設置許可基準規則)

実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則	実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈
<p>(使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備)</p> <p>第五十四条 発電用原子炉施設には、使用済燃料貯蔵槽の冷却機能又は注水機能が喪失し、又は使用済燃料貯蔵槽からの水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料貯蔵槽の水位が低下した場合において貯蔵槽内燃料体等を冷却し、放射線を遮蔽し、及び臨界を防止するために必要な設備を設けなければならない。</p> <p>2 発電用原子炉施設には、使用済燃料貯蔵槽からの大量の水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料貯蔵槽の水位が異常に低下した場合において貯蔵槽内燃料体等の著しい損傷の進行を緩和し、及び臨界を防止するために必要な設備を設けなければならない。</p>	<p>第 5 4 条 (使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備)</p> <p>1 第 1 項に規定する「使用済燃料貯蔵槽の冷却機能又は注水機能が喪失し、又は使用済燃料貯蔵槽からの水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料貯蔵槽の水位が低下した場合」とは、本規程第 3 7 条 3 - 1 (a) 及び (b) で定義する想定事故 1 及び想定事故 2 において想定する使用済燃料貯蔵槽の水位の低下をいう。</p> <p>2 第 1 項に規定する「貯蔵槽内燃料体等を冷却し、放射線を遮蔽し、及び臨界を防止するために必要な設備」とは、以下に掲げる措置又はこれらと同等以上の効果を有する措置を行うための設備をいう。</p> <p>a) 代替注水設備として、可搬型代替注水設備（注水ライン及びポンプ車等）を配備すること。</p> <p>b) 代替注水設備は、設計基準対象施設の冷却設備及び注水設備が機能喪失し、又は小規模な漏えいがあった場合でも、使用済燃料貯蔵槽の水位を維持できるものであること。</p> <p>3 第 2 項に規定する「貯蔵槽内燃料体等の著しい損傷の進行を緩和し、及び臨界を防止するために必要な設備」とは、以下に掲げる措置又はこれらと同等以上の効果を有する措置を行うための設備をいう。</p>
	<p>a) スプレイ設備として、可搬型スプレイ設備（スプレイヘッド、スプレイライン及びポンプ車等）を配備すること。</p> <p>b) スプレイ設備は、代替注水設備によって使用済燃料貯蔵槽の水位が維持できない場合でも、燃料損傷を緩和できるものであること。</p> <p>c) 燃料損傷時に、できる限り環境への放射性物質の放出を低減するための設備を整備すること。</p> <p>4 第 1 項及び第 2 項の設備として、使用済燃料貯蔵槽の監視は、以下によること。</p> <p>a) 使用済燃料貯蔵槽の水位、水温及び上部の空間線量率について、燃料貯蔵設備に係る重大事故等により変動する可能性のある範囲にわたり測定可能であること。</p> <p>b) これらの計測設備は、交流又は直流電源が必要な場合には、代替電源設備からの給電を可能とすること。</p> <p>c) 使用済燃料貯蔵槽の状態をカメラにより監視できること。</p>

アクセスルート確保におけるホイールローダ等の LCO 設定について

1. はじめに

アクセスルート確保については、以下の設置許可基準規則に基づき、「工場等内の道路及び通路」が求められ、かつこれを「確保できるよう適切な措置を講じたものであること」が求められている。

第四十三条（重大事故等対処設備）第 3 項第五号

本文

想定される重大事故等が発生した場合において、可搬型重大事故等対処設備を運搬し、又は他の設備の被害状況を把握するため、工場等内の道路及び通路が確保できるよう、適切な措置を講じたものであること。

2. アクセスルート確保の実態

アクセスルートは、重大事故等に対処するための設備の運搬、人の移動に供するものであり、炉心冷却や放射性物質の閉じ込めといった重大事故等への対処は、アクセスルートを通して運搬される可搬注水設備や可搬型電源設備によりなされる。

また、アクセスルートは、自然現象によるアクセスルートの機能阻害を考慮し、複数設けることでさらなる信頼性を確保している。

しかしながら、極めて稀ではあると考えられるが、厳しい自然現象の結果として複数のアクセスルートが同時に機能阻害を受ける可能性は否定できず、その場合にはホイールローダ等により、機能復旧を図ることとしている。

3. ホイールローダ等の位置づけ

上述の通り、炉心冷却や放射性物質の閉じ込めといった重要な機能に対して、可搬型注水設備や可搬型電源設備が当該系に相当し、アクセスルートはその直接関連系に相当する。

ホイールローダ等は、直接関連系であるアクセスルートに対する低頻度で生ずる機能阻害を回復する手段であり、重大事故等対処に対する間接関連系に相当する。

以 上

欧米における LCO 設定

1. 米国

(1) LCO の要件

米国では、10CFR50.36 Technical specifications.にて LCO の設定要件 4 つが記されている。

(A) Criterion 1. Installed instrumentation that is used to detect, and indicate in the control room, a significant abnormal degradation of the reactor coolant pressure boundary.

(B) Criterion 2. A process variable, design feature, or operating restriction that is an initial condition of a design basis accident or transient analysis that either assumes the failure of or presents a challenge to the integrity of a fission product barrier.

(C) Criterion 3. A structure, system, or component that is part of the primary success path and which functions or actuates to mitigate a design basis accident or transient that either assumes the failure of or presents a challenge to the integrity of a fission product barrier.

(D) Criterion 4. A structure, system, or component which operating experience or probabilistic risk assessment has shown to be significant to public health and safety.

Criterion 3 で記載されているように、設計基準事故・過渡において緩和措置として機能する設備に対し LCO 設定が求められており、米国の Standard Technical Specification の多くの LCO はこの要件に対応するものとなっている。

(2) FLEX 設備の要件

米国では SA 設備等に類似の設備として FLEX に使用される設備がある。FLEX 設備は設計基準を超えた状態で使用される設備であり、米国テックスペックで LCO の対象になっておらず、NRC がエンドースした NEI のガイドライン (NEI 12-06) ^[1] に従い、各発電所のマニュアルにて管理されている (添付)。

NEI 12-06 では、FLEX 設備の状態ですらプラント運転を制限する要求はなく、11.5 MAINTENANCE AND TESTING の 4. において機能性 (functionality) に関する記述がある。まず、FLEX 設備は発電所単位で N の能力が要求されており (発電所全体で 1 プラントの安全機能の 100%能力に相当)、この能力を満たさない場合、24 時間以内に復旧活動を開始し、7 日以内若しくは外的事象が予想される前に補償措置をとることが要求されている。

2. 欧州

欧州に関しては公開情報が限られていることから、LCO 設定の例として、WENRA (Western European Nuclear Regulators' Association) の要件(WENRA Safety Reference Level for Existing Reactors 2020)を示す。

(1) LCO の要件

Issue H として Operational Limits and Conditions (OLCs) の要件等が記載されている。なお、WENRA の示す OLCs は米国や我が国の LCO より広い範囲を扱っている。

H1.1 OLCs shall be developed to ensure that plants are operated in accordance with design assumptions and intentions as documented in the Safety Analysis Report (SAR).

H1.2 The OLCs shall define the conditions that must be met to prevent situations that might lead to accidents or to mitigate the consequences of accidents should they occur.

H2.1 Each established OLC shall be justified based on plant design, safety analysis and commissioning tests.

H1.1 では、安全解析書 (SAR) に記載の設計上の仮定や意図に従って運転されるように OLCs が規定されねばならないとされている。

(2) SAR の記載内容

Issue N: Contents and Updating of Safety Analysis Report (SAR) において、SAR に記載する内容が示されている。

N2.7 The SAR shall include justification that it adequately demonstrates that the plant fulfils relevant safety requirements. The SAR shall describe the safety analyses performed to assess the safety of the plant in response to anticipated operational occurrences, design basis accidents and design extension conditions against safety criteria and radiological release limits. Safety margins shall be described.

我が国の SA 設備等と類似の設備は、Design Extension Condition (DEC) に対応する設備で、Issue F: Design Extension of Existing Reactors に規定されており、SAR においても記載されるようになっている。

すなわち、欧州においては我が国の SA 設備に相当する設備 (DEC 設備) に対しても LCO を設定する要求がある。

参考文献

[1] NEI 12-06 rev.4, " DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE" , December 2016

以上

FLEX 設備の管理要求 (Indian Point-2 の例)

Tech. Spec. の下位文書として, Technical Requirements Manual (TRM) があり, この中の「3. 10 BEYOND DESIGN BASIS COMPONENTS」において FLEX 設備に対する管理要求が記述されている。

LCO に相当するのが TECHNICAL REQUIREMENTS FOR OPERATION (TRO) で, FLEX 設備毎に機能達成に必要な数とスペア要求に基づく数が規定されている (TABLE 3. 10. A-1)。適用は常時であるが, 燃料が原子炉から取り出された場合には除外される規定となっている。なお, サーベイランスに関しては TRO で管理するものではないとしている。

TRM 3.10 BEYOND DESIGN BASES COMPONENTS

TRM 3.10.A Diverse and Flexible Coping Strategies (FLEX) Equipment

TRO 3.10.A The FLEX equipment specified in TRM Table 3.10.A-1 shall be FUNCTIONAL:

APPLICABILITY: At all times.

TRM Table 3.10.A-1

FLEX EQUIPMENT THAT DIRECTLY PERFORMS A FLEX MITIGATION STRATEGY FOR THE KEY SAFETY FUNCTIONS

COMPONENT	NUMBER REQUIRED TO SUPPORT FLEX STRATEGIES (Column 1)	NUMBER TO MEET FLEX SPARE REQUIREMENTS (Column 2)
600KW FLEX Diesel Generator ⁽¹⁾ (FLEX-PDG-1C / FLEX-PDG-1B)	1	2
RCS Inventory Makeup Pump ⁽¹⁾ (FLEX-P-1C / FLEX-P-1B)	1	2
SFP Makeup Pump (FLEX-P-2C / FLEX-P-2B)	1	2
Steam Generator Makeup Pump ⁽¹⁾ (FLEX-P-3C / FLEX-P-3B)	1	2
CST Makeup Pump ⁽¹⁾ with spool piece (FLEX-P-4C / FLEX-P-4B)	1	2

(1) Component FUNCTIONALITY is NOT required if reactor pressure vessel is defueled.

ACTION (TRO 逸脱時の措置) としては, スペア要求数と機能達成数のそれぞれについて記述されている。

スペア要求数を満たさない場合 (ACTION-A), 90 日以内に設備を復旧すること, 15 日以内に復旧できない場合には OSRC¹に 14 日以内に報告することとされている。ACTION-A を満足しない場合 (90 日以内に復旧しない場合), 代替設備をすみやかに準備することとされている (ACTION-B)。

機能達成数を満たさない場合 (ACTION-C), 24 時間以内に FLEX 機能を復旧することとされている。ACTION-C を満たさない場合, 補償措置をすみやかに準備することとされている (ACTION-D)。

ACTIONS

CONDITION	REQUIRED ACTION	COMPLETION TIME
A. One or more FLEX components specified in TRM Table 3.10.A-1 does not meet the Column 2 FUNCTIONAL requirements.	A.1 Restore the FLEX component to Column 2 FUNCTIONAL status. AND A.2 If not restored within 15 days, present a report to OSRC giving why out of service and plan to repair	90 days 14 days
B. Action A.1 completion time not met. <u>OR</u> One or more FLEX components specified in TRM Table 3.10.A-1 does not meet the Column 2 FUNCTIONAL requirements during a forecast site specific external event.	B.1 Initiate actions to supplement the FLEX component with alternate suitable equipment	Immediately
C. One or more FLEX components specified in TRM Table 3.10.A-1 does not meet the Column 1 FUNCTIONAL requirements.	C.1 Restore site FLEX capability to Column 1 FUNCTIONAL status.	24 hours.
D. Required Action and associated Completion Time of Condition C not met.	D.1 Initiate actions to implement compensatory measures	Immediately

以上

¹ OSRC (On-Site Safety Review Committee) はプラントが規制要件を満たして運転されることを保証するための追加的な独立組織でマネージャークラスで構成され, GMPO にレポートする。GMPO (General Manager, Plant Operations) は Tech. Spec.に規定されるプラントマネージャーで, SVP-IPEC にレポートする。

SVP-IPEC (Site Vice President - Indian Point Energy Center) は, 発電所長

AOT の上限について

AOT は当該プラント状態のリスクを抑制するものであり、設備の信頼性評価や実際の設備の復旧時間等を考慮して設定されてきたものである。

リスク情報活用の進展によりプラント状態に応じたリスク評価が可能となり、AOT も定量的リスク評価を活用して設定することができるようになった。米国ではリスク情報を活用したテックスペックの改善に関する規制ガイドが R. G. 1. 177^[1]として 1998 年に発行され、2011 年には改訂がなされている。

米国ではオンラインメンテナンスが日常的になされており、近年では、プラントの設備状態に応じて AOT を動的に割り付ける RMTS (Risk-Managed Technical Specifications) の取組が NEI06-09^[2]としてまとめられ、NRC にエンドースされている。

この取組でのひとつの特徴として、リスク上昇 (Δ CDF) が小さい設備のメンテナンスでは評価上、100 日を超えるような AOT が許容されるが、決定論的な上限として 30 日を設定している (Back Stop と呼ばれる)。これは、待機除外が 90 日を超えると 10CFR50.59 に基づく評価が必要となること¹、既存の AOT の最大が 30 日であること、30 日あれば故障機器の復旧ができることを考慮して定められたものである。

我が国の保安規定 LCO における AOT についても同様に考え、30 日を上限とする。

参考文献

[1] Regulatory Guide 1.177 rev.1, “AN APPROACH FOR PLANT-SPECIFIC, RISK-INFORMED DECISIONMAKING: TECHNICAL SPECIFICATIONS”, US-NRC, May 2011

[2] NEI 06-09, “Risk-Informed Technical Specifications Initiative 4b, Risk-Managed Technical Specifications (RMTS) Guidelines”, NEI, May 17, 2007

NEI 96-07 “Guidelines for 10 CFR 50.59 Implementation”

以上

¹ 10CFR50.59 Changes, tests and experiments. に対する運用が NEI96-07 (エンドース済み) に示されており、一時的な設備変更も原則として 10CFR50.59 の要求に従うこととなるが、10CFR50.65 Maintenance rule (a) (4) 項に基づきリスクが評価された場合は、90 日を超えない限り 10CFR50.59 の要求から除外されるとしている。

SA 設備等の LCO 設定の考え方

1. 保安規定審査基準における LCO 設定要求について

以下に示す保安規定審査基準（実用炉規則第 92 条第 1 項 第 8 号イからハまで）7. によると、DB 設備の LCO 設定に関する記載は以下とおりである。

“発電用原子炉施設の重要な機能に関して、安全機能（注）を有する系統及び機器・・・について・・・（LCO 等）・・・が定められていること”

この記載より、DB 設備の LCO の設定対象は、「重要な機能」を同定した上で、その機能に関する“安全機能を有する系統及び機器”が対象となっていることが読み取れる。

実際、DB 設備の LCO 設定対象は、安全機能を有する系統及び機器全てではなく、次節に示す通り安全機能の重要度分類に基づき選定されている。

SA 設備等の LCO 設定対象については、同様に“発電用原子炉施設の重要な機能に関して、重大事故等対処設備（特定重大事故等対処施設を構成する設備を含む。）・・・について・・・（LCO 等）・・・が定められていること”とされており、上述の DB 設備と同様、全ての SA 設備等を指すものでなく、「重要な機能」に関する SA 設備等が対象であると読み取れる。

よって、SA 設備等に関する「重要な機能」即ち、LCO 設定対象について、DB 設備の考え方と整合の取れた考え方で検討する。

（実用発電用原子炉及びその附属施設における発電用原子炉施設保安規定の審査基準）

実用炉規則第92条第1項第8号イからハまで

7. 発電用原子炉施設の重要な機能に関して、安全機能を有する系統及び機器、重大事故等対処設備（特定重大事故等対処施設を構成する設備を含む。）等について、運転状態に対応した運転上の制限（Limiting Conditions for Operation。以下「LCO」という。）、LCO を逸脱していないことの確認（以下「サーベイランス」という。）の実施方法及び頻度、LCO を逸脱した場合に要求される措置（以下単に「要求される措置」という。）並びに要求される措置の完了時間（Allowed Outage Time。以下「AOT」という。）が定められていること。

なお、LCO等は、原子炉等規制法第43条の3の5による発電用原子炉施設設置許可及び同法第43条の3の8による発電用原子炉施設設置変更許可において行った安全解析の前提条件又はその他の設計条件を満足するように定められていること。

（注）（実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第二条の五）

「安全機能」とは、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な機能であって、次に掲げるものをいう。

- イ その機能の喪失により発電用原子炉施設に運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生し、これにより公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれがある機能
- ロ 発電用原子炉施設の運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の拡大を防止し、又は速やかにその事故を収束させることにより、公衆又は従事者に及ぼすおそれがある放

射線障害を防止し、及び放射性物質が発電用原子炉を設置する工場又は事業所（以下「工場等」という。）外へ放出されることを抑制し、又は防止する機能

2. DB 設備の LCO 設定の考え方と SA 設備等への適用について

DB 設備においては、保安規定基本方針に以下のとおり示し、安全機能の重要度分類に基づき、LCO 設定している。

- ・ PS-1、MS-1 の「当該系」設備及びその「直接関連系」設備
 - ・ MS-2 のうち「重要度の特に高い安全機能を有する設備等」にあたる設備
- のいずれかに該当する場合は、保安規定において LCO 等を設定し運用管理する必要がある。

（第 4.1-1 表）

第 4.1-1 表 分類の適用について

分類	分類の適用の考え方	系統及び機器の例
当該系	所要の安全機能を直接果たす構築物、系統及び機器	非常用炉心冷却系
関連系	当該系が機能を果たすのに直接、間接に必要な構築物、系統及び機器	
直接関連系	当該系の機能遂行に直接必要となる関連系	起動・運転制御を行う計装、駆動系、機器冷却系、機器燃料系
間接関連系	当該系の信頼性を維持し、又は担保するために必要な関連系	監視するための計装、試験用設備

SA 設備等への適用にあたって、重要度分類は「機能」に対する分類であるため、同様の機能を持つ SA 設備等と DB 設備は、同じ重要度と考えられる。よって、SA 設備等と同様の機能を持つ DB 設備に LCO 設定されている場合、その SA 設備等は「重要な機能」を有していると考えられる。

なお、SA 設備等が、SA 等対応として DB 設備にない機能を有する場合については、上記では抽出されない可能性がある。よって、SA 設備等と同様の機能を持つ DB 設備がない場合は、当該 SA 設備等に SA 等対応として重要な機能の有無を確認し、ある場合は LCO 設定候補とする必要がある。

DB 設備の LCO 設定においては、「機能」の重要度に基づいた設備の「当該系」および「直接関連系」を対象とすることとしている。よって、上記で選定された SA 設備等のうち、「当該系」「直接関連系」に該当する設備を LCO 設定対象とする。

ここで、「当該系」「直接関連系」「間接関連系」は、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針（平成 2 年 8 月 30 日原子力安全委員会決定）」、「安全機能を有する電気・機械装置の重要度分類指針（JEAG 4612-2010）」より以下のとおり。

当該系：所要の安全機能を直接果たす構築物、系統及び機器であって、その機能を果たす範囲をいう。例えば、原子炉冷却材喪失（LOCA）に際して、冷却水を注入して炉心を冷却する機能を果たすのは ECCS であるが、ECCS は、

LOCA 時の炉心冷却という機能に対する当該系となる。

直接関連系：それなくして当該系の機能遂行又は機能維持ができないような、不可欠の構築物、系統及び機器であって、その機能を果たす範囲をいう。例えば起動・運転制御を行う計装、駆動系、機器冷却系、機器燃料系等を意味する。

間接関連系：当該系の機能遂行に直接必要はないが、その信頼性を維持し、又は担保するために必要な機能を有する構築物、系統及び機器であって、その機能を果たす範囲をいう。

以上

発行者：原子力エネルギー協議会
問合せ先：contact@atena-j.jp