

原子力安全に係る重要度評価に関するガイド

附属書 7

バリア健全性に関する重要度評価ガイド

(GI0007_附属書 7_r2)

原子力規制庁
原子力規制部
検査監督総括課

目 次

1 適用範囲.....	1
2 略語と定義.....	2
3 重要度評価の手順.....	2
4 タイプAに分類される検査指摘事項に対する手順.....	6
5 タイプBに分類される検査指摘事項に対する手順.....	8

1 適用範囲

本附属書においては、原子力規制検査（以下「検査」という。）において特定された以下のいずれかに該当する検査指摘事項に関する重要度の評価に適用し、格納容器機能喪失頻度(CFF)の観点から安全上重要となる可能性があるかを明らかにする。

- 性能劣化した設備・機器の機能、すなわち、附属書1又は附属書6に記載されている重要度評価プロセスにより評価を行い、起因事象、緩和系統の利用可能性又は信頼性及びRCSバリアの健全性（潜在的にCDFを高める可能性のある項目）に影響し得る検査指摘事項
- (CDFに影響せずにCFFを高める可能性のある)格納容器バリアの健全性に影響する性能劣化状態に関連する検査指摘事項

実用発電用原子炉施設の炉心の著しい損傷を引き起こす事故は、格納容器機能喪失に係る対策が成功しなければ環境への放射性物質の放出に至る可能性があり、このような結果となる全ての事象の発生頻度を格納容器機能喪失頻度（CFF）という。このような事象としては、原子炉容器破損時又はその直後に生じる早期格納容器破損、格納容器バイパス事象及び格納容器隔離機能喪失も含む。

CFF及び炉心損傷頻度（CDF）に基づくリスク重要度の判断は、以下の表1. 1に示すそれぞれの頻度のしきい値に基づき行われ、CFFのしきい値はCDFのそれよりも一桁分厳しく設定される。したがって、場合によってはCFFを使った検査指摘事項の重要度評価を行わなければならない。本附属書は、格納容器バリアに係る検査での検査指摘事項の重要度を評価する指針を示すものである。

表1. 1 Δ CDF及び Δ CFFに基づくリスク重要度

定量的基準	Δ CDFに基づく判断	Δ CFFに基づく判断
$\geq 10^{-4}$	赤	赤
$10^{-4} < 10^{-5}$	黄	赤
$10^{-5} < 10^{-6}$	白	黄
$10^{-6} < 10^{-7}$	緑	白
$< 10^{-7}$	緑	緑

本附属書での重要度評価プロセスは、CFFに関する検討事項に基づき検査指摘事項にリスクの特徴を割り付ける。そのような検査指摘事項には、3. 1節に規定されるとおりタイプAに分類されるものと、タイプBに分類されるものがある。

タイプAの検査指摘事項は、出力運転時の評価ガイド（附属書1）及びプラント停止時の評価ガイド（附属書6）を用いた評価によりCDFに影響があると判断され、その結果CFFにも影響を与えると判断されたものである。タイプBの検査指摘事項は、CDFの決定に影響しない構築物、系統、機器（SSC）に関する検査指摘事項であり、格納容器の機能に影響し得るものをいう。

2 略語と定義

2.1 略語

CDF	炉心損傷頻度
CFF	格納容器機能喪失頻度
LERF	早期大規模放出頻度
MCCI	溶融炉心-コンクリート相互作用
PRA	確率論的リスク評価
RCS	原子炉冷却系
SDP	重要度決定プロセス
SSC	構築物・系統・機器

2.2 定義

格納容器機能喪失頻度 (CFF)

格納容器バイパス事象と物理的な格納容器機能喪失事象の双方を含んでおり、原子炉施設の放射性物質の閉じ込め機能喪失の頻度をいう。

重要度評価の各フェーズ：

フェーズ1～検査指摘事項の特性評価と初期スクリーニング：

検査又は事業者が実施する是正措置プログラムによる検査指摘事項の正確な特性評価及び重要度の十分に低い検査指摘事項(緑)を特定するための初期スクリーニング

フェーズ2～重要度の評価と基準：

フェーズ1の選別でスクリーニングされていない検査指摘事項についての重要度の評価

フェーズ3～重要度の詳細評価：

フェーズ2の重要度評価の結果に対するレビュー及び必要に応じ、より精緻化した評価を行うもの。また本附属書以外の手法による何らかのリスク解析の実施(フェーズ1又はフェーズ2について本附属書又は附属書6に示す本指針からの逸脱はフェーズ3解析の対象)。

3 重要度評価の手順

本章においては、CFFの考慮事項に基づき検査指摘事項に対する重要度(色)を決定する手順の概要を示す。出力運転時だけでなく停止時における検査指摘事項を検討する。3.1項では、CFFに対して潜在的に影響し得る検査による指摘事項を2つの異なるタイプに分類して定義する。3.2項では、その重要度の評価に対する総合的な手順の詳細を示す。

3.1 検査指摘事項のタイプ

出力運転時又は停止時における事業者のパフォーマンス劣化に関連する検査指摘事項は、SSCへ及ぼす潜在的な影響、その劣化が生じていた期間の推定、及び事故の可能性又はバリアの安全性の基本事項への影響評価に必要なその他の情報により特徴付けられる。以下、2つのタイプの検査指摘事項が生じる。

タイプAに分類される検査指摘事項：

タイプAに分類される検査指摘事項は、CFFの影響因子の特定にもつながる炉心損傷を引き起こす可能性に影響するものである。このような検査指摘事項は、出力時の検査指摘事項にあつては附属書1、停止時の検査指摘事項にあつては附属書6を用いて、 Δ CDFへの重要度の評価を行う。

タイプBに分類される検査指摘事項：

タイプBに分類される検査指摘事項は、炉心損傷の可能性に影響を与えないが、格納容器の健全性に大きな影響を与える可能性がある劣化状態に関連するものである。表3.1は、(種々の格納容器型に対して健全性を維持するために関係する)SSCの一覧である。このようなSSCのCFFに対する重要性についてもこの表に示す。

3.2 CFFに基づく重要度評価手順

図3.1は、代表的な検査による検査指摘事項の評価手順を示すものである。CDFで評価された検査指摘事項は全て、タイプAに分類される検査指摘事項としてCFFの変化量に寄与する可能性があるかどうかを評価される。炉心損傷に影響せず、格納容器の機能喪失のみに影響する検査指摘事項はタイプBに分類される検査指摘事項として評価する。

タイプAに分類される検査指摘事項：

タイプAに分類される検査指摘事項では、CDF基準の重要度評価プロセスにより Δ CDFに基づく重要度を求める。この全 Δ CDFが炉年当たり 10^{-7} 未満である場合、重要度を「緑」と評価する。

炉年当たりの全 Δ CDFが 10^{-7} 以上の場合、その検査指摘事項が炉心損傷に至る事故シーケンスのいずれにも潜在的に影響を及ぼしCFFの一因となると判断して、より詳細なフェーズ2の評価を行う。この場合、4章に規定するCFFの検討事項に基づく Δ CFFを評価して重要度を判断する。

タイプBに分類される検査指摘事項：

タイプBに分類される検査指摘事項はCDFの変化に影響を及ぼさないものであり、CDFを用いた評価は行わない。ただし、タイプBに分類される検査指摘事項は Δ CFFに大きく寄与する可能性があるため、CFFの検討事項に基づき適切なリスクカテゴリーに割り付ける。図3.1に示すとおり、CFFに影響を与える格納容器のSSC(表3.1を参照すること)又は格納容器の状況に関係するかどうかを判断するために、初期選別が行われる。その結果が「いいえ」であれば、その検査指摘事項の重要度は「緑」と評価する。その結果が「はい」であれば、5節の指針に基づいて重要度評価を行う。

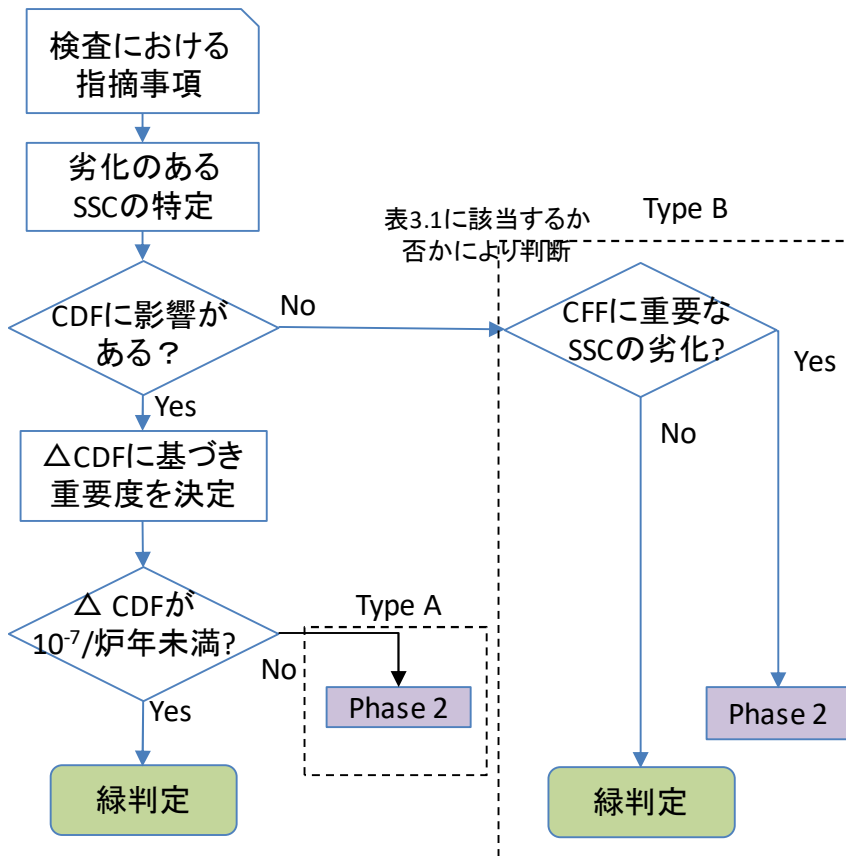


図3. 1 重要度評価プロセスのフロー図

原子力安全に係る重要度評価に関するガイド
 附属書 7 バリア健全性に関する重要度評価ガイド

表 3. 1 CFF に影響を及ぼす SSC 一覧

SSC	CFF に対する重要度
格納容器貫通部シール ・格納容器及び配管貫通部	格納容器から環境へのバリアを構成する貫通部シールの破損は、CFF に重要な影響を及ぼす。
格納容器隔離弁 ・BWR の格納容器又は PWR の格納容器から環境に接続する系統 ・圧力バウンダリから環境又は格納容器外の開放部に接続する系統 ・格納容器の内外の閉ループを構成するシステムに接続する系統	ベントやプラグなどの格納容器の空間部に接続する大口径の系統は CFF への寄与が考えられる。 1-2 インチ直径程度の小口径配管及び閉ループを構成する系統は、一般的に CFF への寄与はないと考えられる。 圧力バウンダリに接続する隔離弁はインターフェイスシステム LOCA への寄与がある。
主蒸気隔離弁	BWR の主蒸気隔離弁からの大規模な漏えいは CFF に寄与する。
BWR 格納容器スプレイ BWR 格納容器の除熱に係る設備 BWR 格納容器減圧設備 ・フィルタベント ・耐圧強化ベント	格納容器スプレイ及び格納容器の除熱に係る設備は、格納容器の過圧破損、過温破損、MCCI によるベースマツト貫通、圧力容器支持機能の喪失、ライナーのメルトスルー等に影響がある。格納容器減圧設備は、格納容器の過圧破損に影響がある。
BWR における格納容器への水張設備	格納容器の過圧破損、過温破損、MCCI によるベースマツト貫通、圧力容器支持機能の喪失及びライナーのメルトスルーの防止に影響がある。
PWR 格納容器スプレイ・自然対流冷却系	格納容器の過圧破損及び過温破損に影響がある。格納容器スプレイは、MCCI によるベースマツト貫通、ライナーのメルトスルー等に影響がある。
水素対策設備 ・イグナイタ、静的触媒式水素再結合装置 ・循環ファン、水素混合系	水素対策設備は、水素燃焼及び爆発による格納容器の破損に影響がある。
圧力抑制設備 ・圧力抑制プールの健全性に係る設備（真空破壊弁等） ・圧力抑制設備の除熱に係る設備	圧力抑制設備は、格納容器の過圧破損、圧力抑制プールにおけるスクラビング効果による放射性物質の低減効果等に影響がある。
フィルター設備 ・フィルタベント系 ・スタンバイガス処理系 ・中央制御室換気空調系	フィルタベント及びアニュラス空調系は格納容器の過圧破損に影響がある。また、中央制御室非常用給気系は中央制御室の居住性に影響がある。
原子炉減圧系 ・BWR の主蒸気逃がし安全弁 ・PWR の加圧器逃がし弁	原子炉減圧系は、格納容器雰囲気直接加熱に影響がある。
上記の項目に関連するサポート設備及び監視系設備	上記の項目に関連するサポート設備及び監視系設備は CFF に重要な影響を及ぼす。

※使用済燃料に関する設備については、格納容器がないことから CFF に関する SSC ではなく、重大事故時にはソースタームの放出が懸念されるが、1 体当たりのインベントリが少なく、燃料が破損した場合には、水中でのスクラビング効果が期待されることから LERF 及び CFF に関しても重要ではない。指摘事項が使用済燃料に関する重大な劣化と考えられる場合には、フェーズ 3 又は附属書 9 での評価を行う。

4 タイプAに分類される検査指摘事項に対する手順

重要度評価に関するガイドの附属書1と附属書6は、CDFに基づく重要度決定プロセスを定めており、CDFに影響を与える検査指摘事項の重要度を評価するための指針が示されている。これらの指針では、CDFの増加量 Δ CDFを評価し、重要度を決定する。

このようなCDFに影響を与える検査指摘事項は、タイプAに分類される。タイプAに関しては、CDFに基づいて重要度の評価を行う。4.2節は出力運転時のタイプAに分類される検査指摘事項に対する重要度の評価手順を示す。

【出力運転時のタイプAに分類される検査指摘事項を評価するアプローチ】

ここでは、出力運転時のタイプAに分類される検査指摘事項に対するCDFの重要度を評価する段階的プロセスを示す(図4.1)。

ステップ1：検査指摘事項の特性評価

全 Δ CDFを求め、CDFに影響を与える検査指摘事項のうち、CDFにも寄与する可能性のある検査指摘事項を同定する。

ステップ2：炉心損傷頻度の変化量によるスクリーニング

全 Δ CDF(全ての炉心損傷事故シーケンスの変化量の総和)が年間 10^{-7} /炉年未満である場合、CDFに対する重要度は緑となり、それ以上のCDFに関する評価は不要である。そうでない場合、ステップ3へ進む。

ステップ3：リスクの重要度評価

PRAから得られた情報又はPRAモデルを用いて以下を求める。

- a) 検査指摘事項に対するリスクの増加量の絶対値(Δ CDF及び Δ CFF)
- b) 検査指摘事項に対するリスクの変化割合(Δ CDF/CDF及び Δ CFF/CFF)
- c) 検査指摘事項に対する主要な事故のシナリオ

得られたリスクの増加量、リスクの変化割合及び主要な事故シナリオから、重要度を評価する。

より詳細な評価が必要と判断された場合にはフェーズ3の詳細評価、評価が困難な場合には附属書9に進むこと。

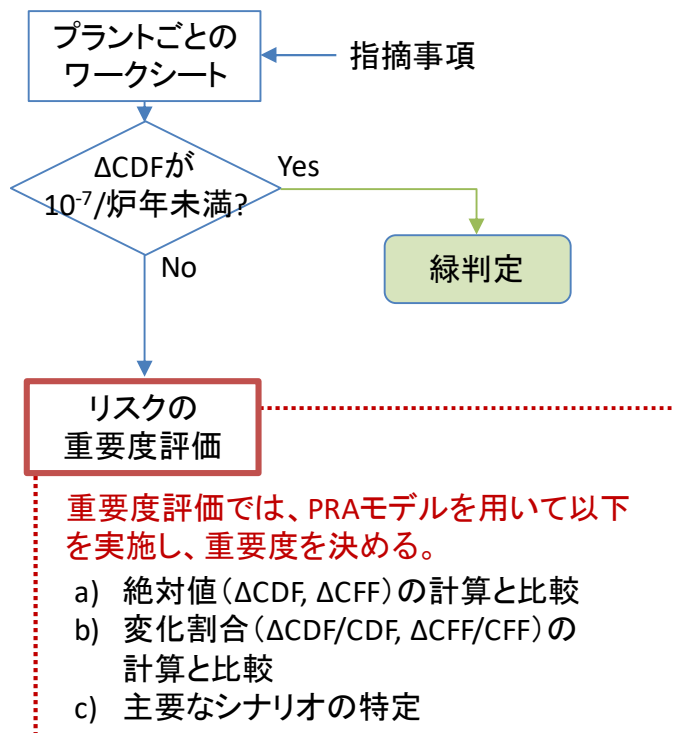


図4. 1 タイプAに分類される検査指摘事項に対する CFF を用いた重要度決定の流れ

5 タイプBに分類される検査指摘事項に対する手順

タイプBに分類される検査指摘事項は、炉心損傷の可能性に直接影響しないが、格納容器の健全性に対して大きな影響を与える可能性があるものをいう。ここでは、タイプBに分類される検査指摘事項に対する CFF の重要度評価の手順を示す。

【出力運転時のタイプBに分類される指摘事項を評価するアプローチ】

ここでは、タイプAと同様、出力運転時のタイプBに分類される検査指摘事項の重要度評価の段階的なプロセスを示す（図5.1）。

ステップ1：検査指摘事項の特性の整理

格納容器のバリア機能に対する検査指摘事項の関係の観点で特性を整理する。重要度決定に必要な次の情報を収集する。

- ・影響を受ける SSC と劣化の性質
- ・劣化状態の期間
- ・漏えい規模や作動不能状態の水素イグナイタの数と位置などの情報

ステップ2：検査指摘事項のスクリーニングと定性評価

検査指摘事項が CFF に重要な影響を及ぼす SSC に伴うものかを表5.1に従って判断する。CFF に重大な影響を及ぼす場合、ステップ3へ進む。CFF に重大な影響を及ぼさないと選別された場合は、検査指摘事項の重要度は「緑」と判定され、それ以上の評価は不要である。

ステップ3：検査指摘事項に対する重要度の決定

検査指摘事項が CFF に重大な影響を及ぼすと判断された場合には、表5.2を用いた簡易評価を行い、検査指摘事項に関する重要度の評価を行う。

より詳細な評価が必要と判断された場合にはフェーズ3の詳細評価、評価が困難な場合には附属書9に進むこと。

原子力安全に係る重要度評価に関するガイド
 附属書7 バリア健全性に関する重要度評価ガイド

表5. 1 タイプBの指摘事項に関するスクリーニング

原子炉型式	格納容器型式	格納容器隔離に関する設備	格納容器の除熱及び減圧に関する設備	圧力抑制室に関する設備	主蒸気隔離弁	水素対策設備	原子炉減圧系に関する設備
BWR	Mark I	実施する	実施する	実施する	実施する	実施しない	実施する
BWR	Mark II	実施する	実施する	実施する	実施する	実施しない	実施する
BWR	Mark II 改	実施する	実施する	実施する	実施する	実施しない	実施する
BWR	ABWR/RCCV	実施する	実施する	実施する	実施する	実施しない	実施する
PWR	ドライ型	実施する	実施する	実施しない	実施しない	実施する	実施する

「実施する」の記載がある項目は、表5. 2における重要度の評価を実施する。

表5. 2 タイプBの指摘事項に関するCFFに対する重要度

対象	指摘事項	リスク重要度		
		>30日	30-3日	<3日
格納容器隔離に関する設備	格納容器貫通部シール、隔離弁、ベント又はパージシステムを介して、格納容器体積に対して100%/日を超える格納容器から環境への漏えい	赤	黄	白
格納容器の除熱及び減圧に関する設備	格納容器の除熱及び減圧に関する設備等の不作動	黄	白	緑
圧力抑制室に関する設備	圧力抑制プールの健全性又はスクラビングに重要なシステム/要素の故障(真空破壊弁又はその他の圧力抑制室バイパスに関連する設備)	黄	白	緑
主蒸気隔離弁	主蒸気隔離弁の漏えいが、いずれかの蒸気配管のうち最もシール性の良い密閉弁から2.10/min (10,000scfh)以上である場合	黄	白	緑
水素対策設備	イグナイタの不作動	白	緑	緑
原子炉減圧系	原子炉減圧設備の不作動	白	緑	緑

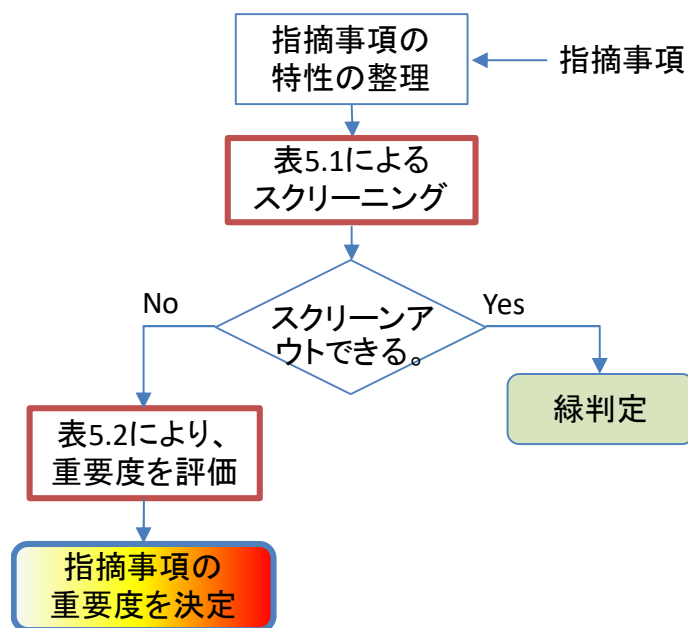


図5. 1 タイプBに分類される検査指摘事項に対するCFFを用いた重要度決定の流れ

原子力安全に係る重要度評価に関するガイド
附属書7 バリア健全性に関する重要度評価ガイド

○改正履歴

改正	改正日	改正の概要	備考
0	2020/04/01	施行	
1	2021/07/21	○附属書ごとに改正できるようにガイドの構成に見直し（附属書1～9） ○記載の適正化	
2	2022/06/16	○記載の適正化	