

原子力安全に係る重要度評価に関するガイド

附属書 8

メンテナンスの際のリスク評価に関する重要度評価ガイド

(GI0007_附属書 8_r3)

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 重要度評価の手順..... | 1 |
| 添付 用語の定義..... | 8 |

原子力安全に係る重要度評価に関するガイド
附属書 8 メンテナンスの際のリスク評価に関する重要度評価ガイド

1 適用範囲

本附属書は、原子力規制検査において、事業者による施設のメンテナンス活動を実施する際のリスク評価及び管理に関する検査指摘事項の重要度を評価するために用いられる。

この重要度評価は、以下に関連する検査指摘事項で、軽微よりも重要度が高いと判断されたものに適用される。

- (1) 進行中又は完了したメンテナンス活動に対する事業者のプラントリスクの過小評価又はリスク評価の欠如
- (2) 事業者のメンテナンス活動に関連するリスク評価及び管理に係る手順の確立及びそれに基づく一連の活動（以下「リスク管理活動（RMA）」という。）の不適切な実施

個々の検査指摘事項を「緑」、「白」、「黄」、「赤」のいずれかの重要度に分類するために図 1 又は図 2 を用いる。図 1 は、不十分なリスク評価や RMA に関する検査指摘事項の重要度の決定に用いる。図 2 は、メンテナンス活動のリスクが十分に評価された時に RMA の実施に失敗した場合の重要度を決定する際に用いる。なお、この重要度評価において用いられる想定及び用語の定義については添付に記載している。

2 重要度評価の手順

注：メンテナンス活動に際して定性的な分析を活用している場合、又は定量的なリスク評価を実施している場合でも、原子力規制庁により事業者 PRA モデルの確認が終了していない等の場合には、検査指摘事項の重要度評価は附属書 9 の定性的な判断基準又はその他の評価ガイドを用いて実施する。

手順 2.1：実際のリスクの決定

本附属書を用いた重要度評価では、その他の評価ガイドによる重要度評価で用いられる Δ CDF（年換算による炉心損傷頻度の増加分）ではなく、炉心損傷確率の増加分（ICDP）の尺度を用いる。ICDP はプラントの系統構成の変更が継続した時間での炉心損傷確率の増加量を説明するものである。添付に、この尺度のための数式を規定する。

パフォーマンス劣化に係るリスク欠損は、事業者によるメンテナンスに係る不十分なリスク評価又は RMA の欠如によるリスク増加の量を踏まえ決定される。具体的には、炉心損傷確率の増加分の欠損（ICDPD）及び格納容器機能喪失確率の増加分の欠損（ICFPD）は、事業者がメンテナンス活動又は系統構成による一時的なリスクの増加について、不十分なリスク評価を行ったことによる劣化の大きさを評価するのに用いられる。

手順 2.1.1：事業者によるリスク評価

事業者が不十分なリスク評価を実施した、又は全くリスク評価を実施しなかったと原子力検査官が特定した場合には、実際のメンテナンスリスクの評価のため、CDF が十分か

原子力安全に係る重要度評価に関するガイド
附属書 8 メンテナンスの際のリスク評価に関する重要度評価ガイド

つ正確に評価されなければならない。

原子力検査官は、事業者が実施したリスク評価について事業者と議論を行い、メンテナンスのリスク評価について改めて評価を求める。これらについては、例えば①除外したメンテナンスのリスク評価を実施させる、②当初のリスク評価を不十分にしたその過誤及び除外を是正して評価を再度実施させる等の複数の方法により得られると考えられる。

手順 2.1.2：原子力検査官によるリスク評価

手順 2.1.1 が不十分な場合、例えば以下のような事例が確認される等、事業者によるリスク評価の適切性に関して特定の懸念がある場合、原子力検査官は、必要に応じて検査評価室に対しリスク評価の実施を求める。

- (1)事業者のメンテナンスに係る系統構成の変更が複数のシステムを除外した場合
- (2)事業者のリスク評価の手法に顕著な問題等が確認される場合（例：起因事象の発生頻度の潜在的な変化に対処しない等）。
- (3)事業者のリスク評価の手法に品質上の問題が存在する場合（例：プラントの PRA に一致しない）。
- (4)定量的なリスク評価が不適切な想定及び除外を含んでいた場合。

このリスク評価を行うため、原子力検査官は例えば以下のデータ等、検査評価室に対し必要な情報を提供する。

- (1)懸念となる構築物、系統及び機器（SSC）の系統構成及び当該 SSC が供用外とされてから再び供用開始されるまでの間の実時間
- (2)起因事象の発生可能性を潜在的に増加させた検査又は他のメンテナンス活動の詳細
- (3)実施された実際の補償行動の詳細
- (4)事業者によるリスク評価

手順 2.2：リスク欠損の決定

事業者がリスク評価を行わなかった場合、実際のリスク増加 ($ICDP_{actual}$) は、実際の CDF の増加分と当該系統構成の期間の年換算の部分との積となる [すなわち、 $ICDP_{actual} = ICDF_{actual} \times (\text{継続時間}) \div (8760 \text{ 時間/炉年})$]。ここで $ICDF_{actual} = CDF_{actual} - CDF_{zero-maintenance}$ である。

リスク欠損 $ICDPD$ は、事業者がリスク評価の実施に係るパフォーマンス劣化によりリスク評価を行わないことを含む場合、 $ICDP$ と等しい。瑕疵のあるリスク評価の場合、 $ICDP_{actual} > ICDP_{flawed}$ と仮定すると、リスク欠損 $ICDPD = ICDP_{actual} - ICDP_{flawed}$ である。

原子力安全に係る重要度評価に関するガイド
附属書 8 メンテナンスの際のリスク評価に関する重要度評価ガイド

実際に正しく評価された ICDP が 10^{-6} よりも大幅に大きい場合（すなわち 1 桁又はそれ以上）、正味のリスク欠損は SDP の色を決定する前に、上記で決定したリスク欠損(ICDPD) から 10^{-6} を引くことによって決定される。

事業者のリスクの過小評価（又は評価の不実施）の重要度（ICDPD）は、図 1 を使って決定する。ICFPD の重要度は、適用が可能であれば、同様の方法で決定する。

手順 2.3：リスク管理活動（RMA）の評価

適切な RMA における以下のような活動は、メンテナンス活動に関するリスク管理のために用いることができる。

- (1) リスクの認識及びコントロールの向上
- (2) メンテナンス活動時間の削減
- (3) リスクの増加分の最小化
- (4) リスク上重大な系統構成に普段から勝手にならないような活動基準の確立

これらの RMA の利点は一般的に定量化できないため、リスク管理の失敗の重要度を定量的に決定する手法として、評価された系統管理におけるリスクのインパクトを低減するこれらの行動へのクレジットの付与がある。

そのため、この重要度評価において用いられる単純なスクリーニングでは、もし事業者がリスク管理のために、1 つまたは 2 つの RMA を効果的に行った場合は、正しく算出されたリスクに対して、半分のリスク削減のクレジットを与える。リスク削減のクレジットが取れる RMA とは、リスク計算においてまだクレジットを取っていない RMA だけである。

もし、事業者が 3 つ以上の RMA を有効に実施した場合、実際の保全活動のリスクに対して 1 桁の削減のクレジットを与える。この手法によって、リスク管理の失敗の重要度を多くのリソースを必要とする定量的な手法を用いることなく、迅速に決定できる。（図 1， 2 参照）

リスク評価が不十分な場合、又は全く実施されない場合、パフォーマンス劣化の重要度は、本附属書を用いて評価される。その結果、リスク認識の欠如により RMA ができていないことは、リスクの軽減を何らもたらさない。

リスクが十分に評価された場合、事業者は通常、手順書によって評価済みリスクとして規定された RMA を有効に実施する。一定の状況下では、適用可能な特定の補償手段についても保安規定等で規定される。

上述した一連の要件のいずれかによって規定されたとおり、図 2 は、事業者が RMA を実施できなかったことの重要度を決定するために用いられる。事業者の RMA の妥当性は、

原子力安全に係る重要度評価に関するガイド
附属書 8 メンテナンスの際のリスク評価に関する重要度評価ガイド

事業者が適用可能な手順書を用いて評価されるべきであり、原子力規制検査によりその状況について確認されることになる。

原子力安全に係る重要度評価に関するガイド
 附属書 8 メンテナンスの際のリスク評価に関する重要度評価ガイド

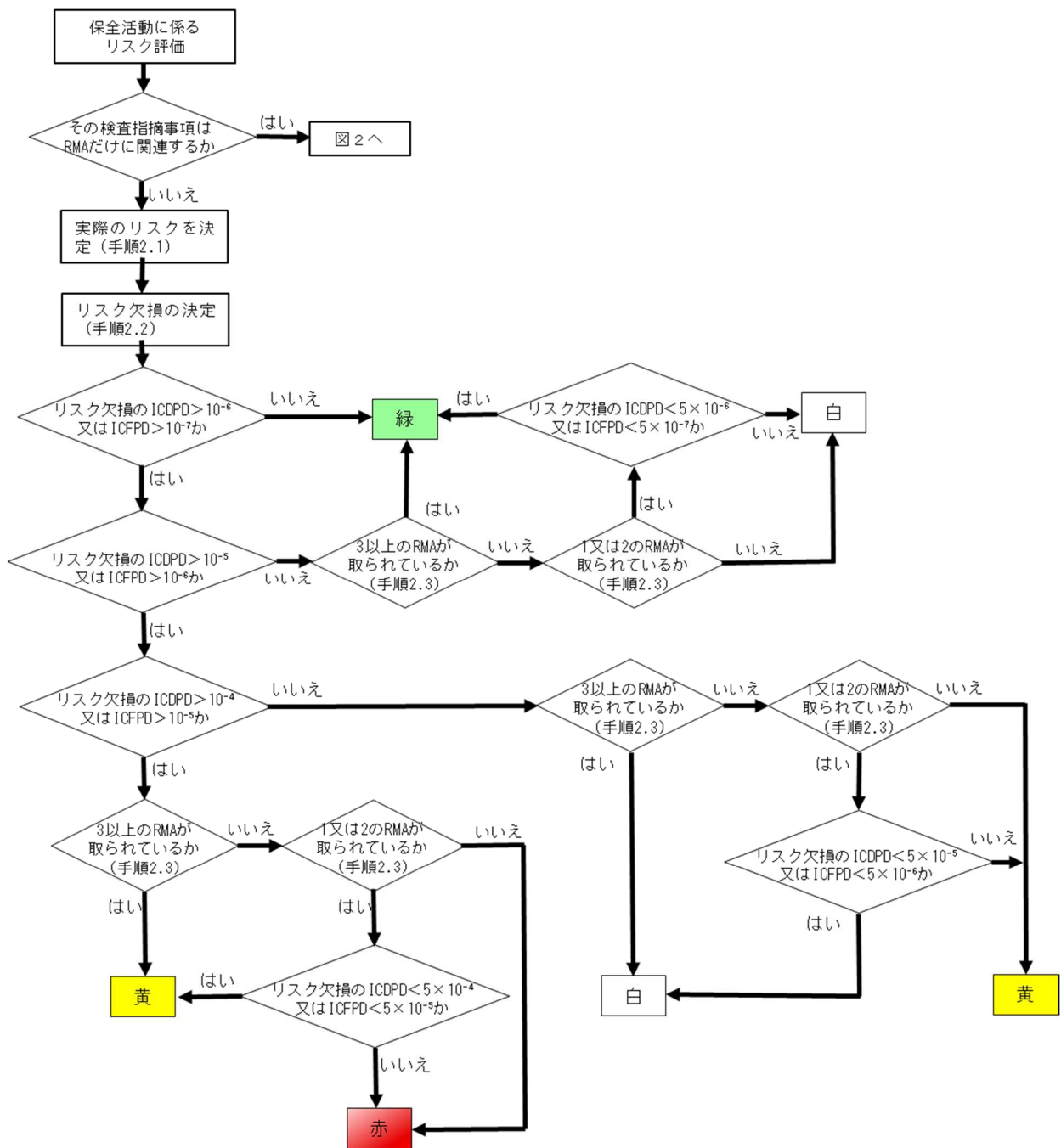


図1 不十分なリスク評価やRMAに関する検査指摘事項の重要度の決定フロー

原子力安全に係る重要度評価に関するガイド
 附属書8 メンテナンスの際のリスク評価に関する重要度評価ガイド

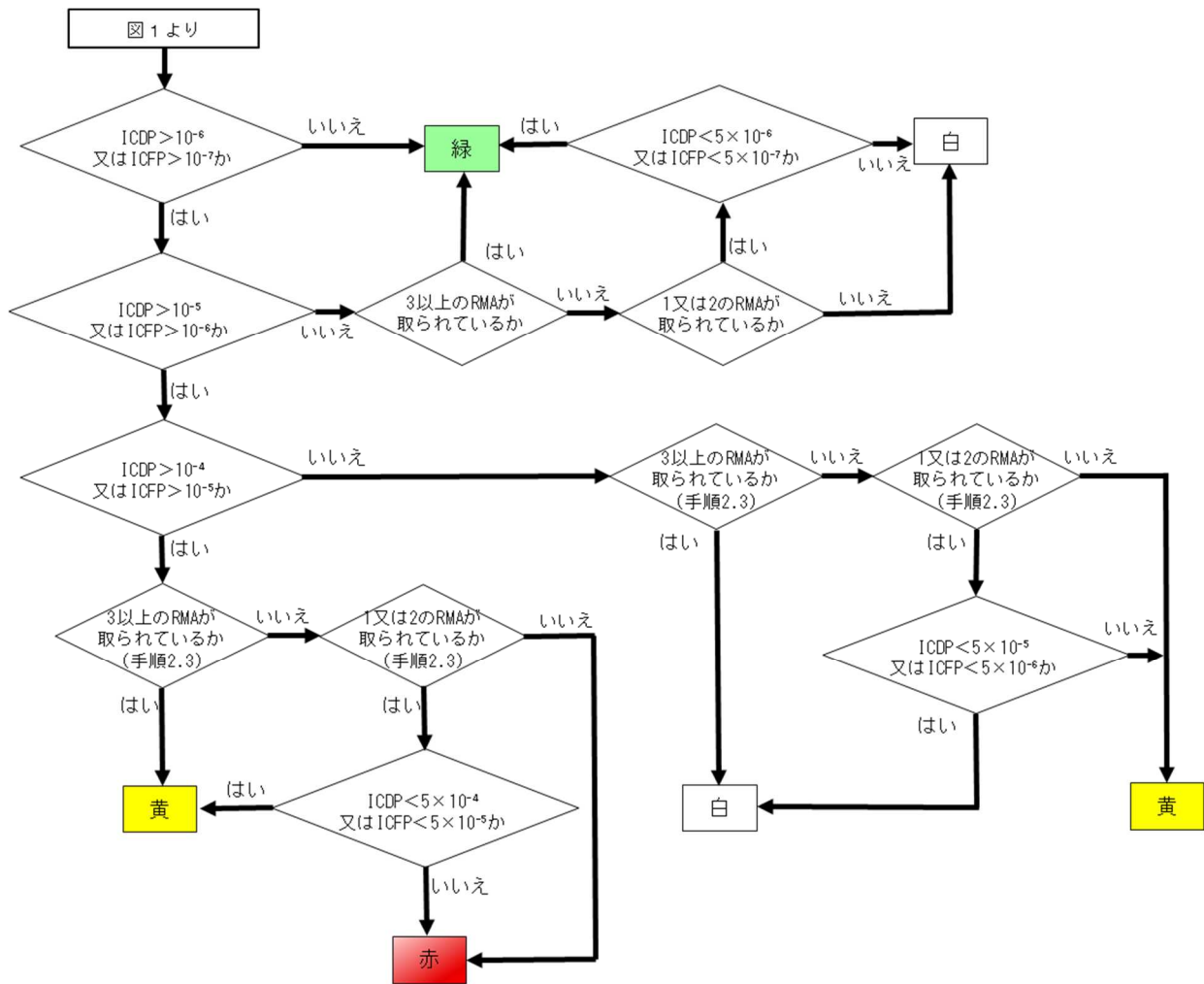


図2 RMAの実施に関する重要度の決定フロー

原子力安全に係る重要度評価に関するガイド
 附属書 8 メンテナンスの際のリスク評価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 | |
| 3 | 2023/06/09 | ○英語資料の和訳（2 重要度評価の手順、添付） ○最新のNRCガイド（IMC0609 Appendix K）に合わせ記載の追加（1 適用範囲、2 重要度評価の手順） ○記載の適正化 | |

添付 用語の定義

事業者は、メンテナンスを行う前に、メンテナンスにより生ずる可能性があるリスクの増大を評価し管理することが求められる。このリスク評価及び RMA に係る想定及び定義を以下に示す。

1 リスク評価及び RMA

メンテナンス活動のリスク評価の目的は、事業者がメンテナンス活動のリスク、例えば以下の影響を適切に評価することである。

- (1)直接又は不注意で機器、設備が供用外となる影響。
- (2)SSC の稼働又は性能に影響を及ぼしうる一時的変更又は修正による影響。
- (3)その他のメンテナンス活動、プラントの状態又は進展による影響。
- (4)外部事象、内部溢水又は格納容器の健全性による影響。

メンテナンス活動のリスク評価では、評価から得られた知見を用いて、リスクを管理することが必要である。そのため、事業者によるリスク評価は、メンテナンス活動が実際に実施される際に潜在的なリスク増加を制限し、RMA の有効な実施を可能にするため、計画されたメンテナンス活動によるリスクを十分に評価すべきである。この評価における複雑さの程度はプラントごとに異なると考えられており、特定のプラント内の系統構成によっても異なるが、これらのリスク評価は、リスク上意味のある活動を特定し、その継続期間を最小化するための知見を提供すると考えられている。通常、事業者のメンテナンス活動のリスク評価に関して、以下の 2 種類のパフォーマンス劣化を定義することができる。

A. 適切なリスク評価の実施の失敗

メンテナンス活動の実施に先立つ、適切なリスク評価の実施の失敗には、例えば以下のような事項が含まれており、その結果リスクの過小評価を生ずる。

- (1)メンテナンス活動での系統構成の変更に対するリスク評価の実施の失敗。
- (2)評価されたプラント状態の変更に対するリスク評価の更新の失敗。しかしながら、評価又は再評価の実施は、運転員及びメンテナンス要員が設備の運転復旧又は補償行動をとるために時宜を得た行動をとることを妨げ、又は遅延させるべきではない。プラント状態が、リスク評価又は再評価の実施に先立って復旧された場合、その評価は既に実施済みであれば評価又は再評価される必要はない。
- (3)メンテナンス活動のリスク評価に必要とされる SSC の範囲内に、影響を受ける（又は関与する）全ての SSC を含め、全てのプラント状態又は進展、外部事象（火災・地震を除く）、内部溢水及び格納容器の健全性を考慮する（又は適切に考慮する）等のリスク評価の実施の失敗。

原子力安全に係る重要度評価に関するガイド
附属書 8 メンテナンスの際のリスク評価に関する重要度評価ガイド

- (4) リスク評価上重要な起因事象につながる過渡事象を引き起こす可能性が高いメンテナンス活動の考慮の失敗。
- (5) リスク評価ツールやプロセスの不十分さによる失敗（例えば、機能、制限を超えた場合や設計や手順書に合致していないプラント状態での利用）。
- (6) 原子力規制検査により特定されたメンテナンス活動のリスク評価の不備。
- (7) 原子力規制検査により特定された瑕疵のあるリスク評価ツール又はプロセス。

メンテナンス活動のリスクを過小評価する、又は評価しないことは、炉心損傷頻度 (CDF) 又は格納容器機能喪失頻度 (CFF) の観点から言えば、想定されるプラント全体のリスクを大幅に増加させることはない。しかしながら、リスクを過小評価することは、RMA を排除し、高いリスクの系統構成を認識・補償しないままにするようなリスク認識の欠如を生む可能性がある。評価されていない CDF の増加と高いリスクの系統構成を必要又は望ましい以上に長く維持することは、暴露時間を増加させ、それによって以下に定義したとおり、炉心損傷確率の増加分 (ICDP) 及び格納容器機能喪失確率の増加分 (ICFP) を増加させる。評価されていない、又は十分に評価されていないリスクを認識しないことは、直接にリスクを増加させる、又は事故若しくは過渡からの回復を妨げる行動又は事象が生ずることにつながる可能性がある。

B. リスク管理の失敗

提案されたメンテナンス活動のリスク影響の管理に失敗することは、事業者のリスク管理プログラムの重要な要素の全部又は一部の実施の失敗を意味する。しかしながら、このパフォーマンス劣化は結果として、CDF 又は CFF の観点から言えば、メンテナンスに係る系統構成の評価済みのリスクに対して新たなリスク増加を生むものではない。メンテナンス活動又は系統構成にまつわるリスクの継続時間を最小化するための措置が、主要な RMA である。しかしながら、可能かつ実用的でありながらそのような措置の実施に失敗することは、高められたリスク状態が残ったまま、ICDP 及び ICFP が更に増加することを可能にしてしまう。十分かつ適切な RMA は特定の系統構成の変更から生ずるリスクを低減することができる。

2 定義

以下は、本附属書において用いられる用語の定義である。

炉心損傷頻度の増加分 (ICDF)

ICDF は、実際に適切に評価されたメンテナンスリスク（系統構成特有の CDF）と、ゼロメンテナンス CDF との差である。系統構成特有の CDF 又は ICDF は、供用外又は供用不可となった SSC についての年換算のリスクの推定である。炉心損傷頻度の増加分という用語は、 Δ CDF 又は CDF 内の変化と同じ意味でも用いられる。

炉心損傷確率の増加分 (ICDP)

ICDP は、CDF の増加分と、系統構成の継続時間の年換算との積である [すなわち、 $ICDP = ICDF \times (\text{継続時間}) \div (8760 \text{ 時間/炉年})$]。ICDP は時折、積分された ICDP 又は積分 ICDP と表されることに注意しなければならない。(すなわち、 ΔCDF 又は ICDF が高いリスクの系統構成が継続する時間で積分された ICDF) 図 1 は、この概念を図で表したものである。

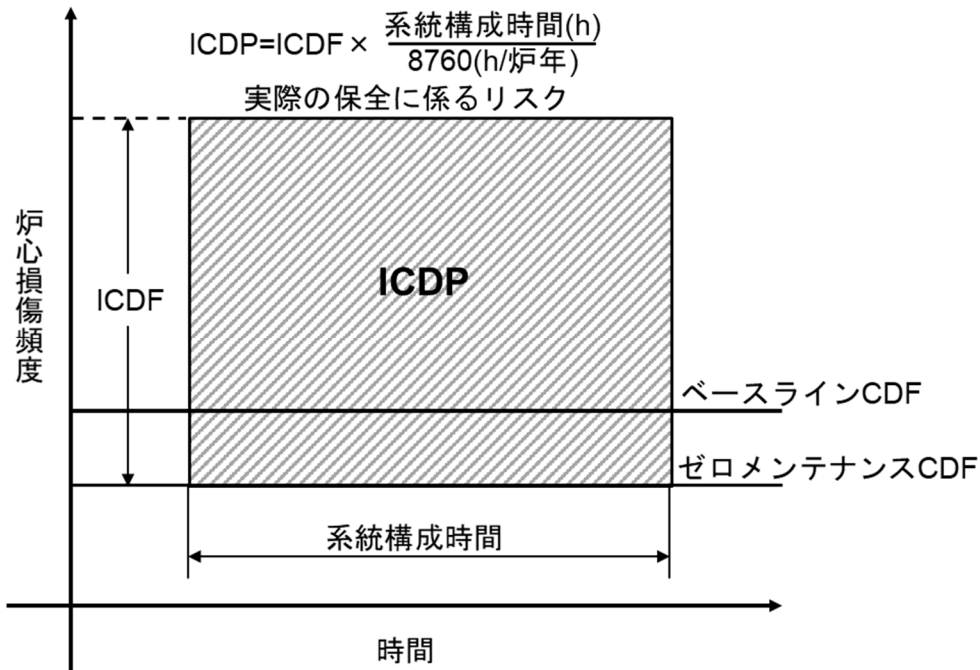


図 1 ICDP と ICDF の関係

炉心損傷頻度の増加分の欠損 (ICDFD)

ICDFD は、実際のメンテナンスの系統構成特有の CDF ($ICDF_{\text{actual}}$ と呼ばれる) と、事業者によって当初、不十分に評価された (瑕疵のある) メンテナンス関連の ICDF ($ICDF_{\text{flawed}}$) との差として定義される。すなわち、 $ICDFD = ICDF_{\text{actual}} - ICDF_{\text{flawed}}$ と定義される。事業者が必要に応じてメンテナンスリスクを評価するのに完全に失敗した場合 (すなわち、事業者によるリスク評価が存在しない場合)、ICDFD は ICDF の全体値と等しいことに注意しなければならない。

炉心損傷確率の増加分の欠損 (ICDPD)

ICDPD は、ICDFD と暴露時間 (すなわち、評価されていない、若しくは不十分に評価された系統構成の継続時間の年換算の部分) との積である。すなわち、 $ICDPD = ICDFD \times (\text{暴露時間}) \div (8760 \text{ 時間/炉年})$ と定義される。ICDFD と同様に、瑕疵のあるリスク評価ではなく、むしろリスク評価が存在しない場合、ICDPD は ICDP と等しいことに注意しな

ればならない。また、系統構成の継続時間全体において、リスクが評価されていない、又は不十分に評価されたままである場合、暴露時間が系統構成の継続時間と等しいことにも注意しなければならない。図 2 はこの概念を図で表したものである。

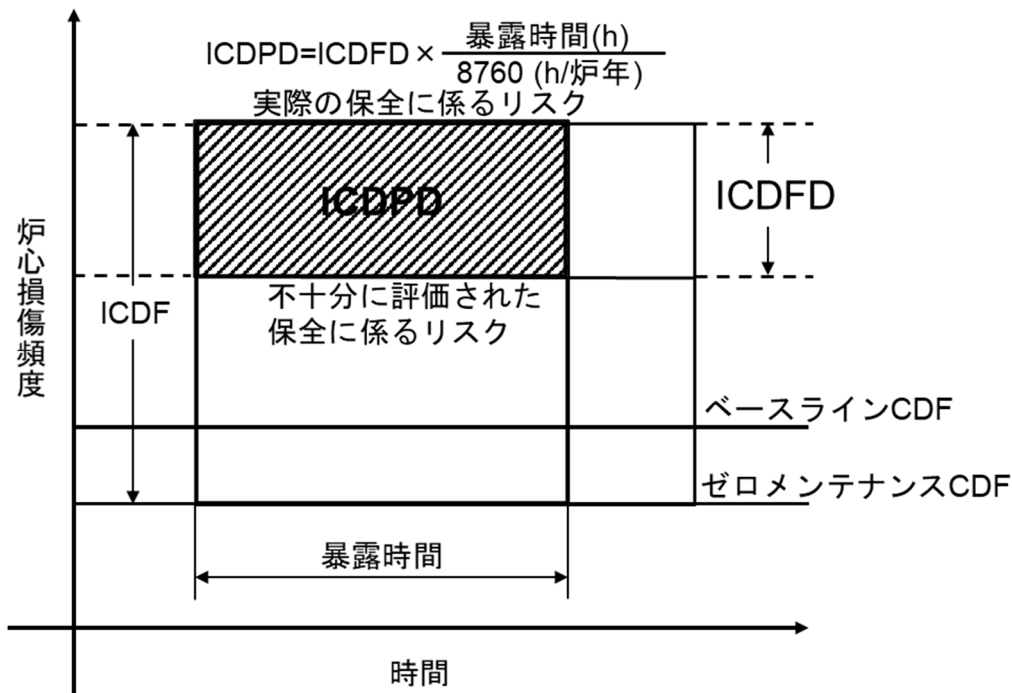


図 2 ICDFD と ICDPD との関係

格納容器機能喪失頻度の増加分 (ICFF)

ICFF は、実際に十分に決定されたメンテナンス活動又は系統構成特有の CFF とゼロメンテナンスモデルの結果との差である（決定できる場合）。CFF 及び ICFF は、レベル 1.5 の PRA 及びリスクツール又はプロセスを所有している場合にのみ、決定可能であることに注意しなければならない。算出できる場合、ICFF は ΔCFF 又は CFF の差とも表すことができる。

格納容器機能喪失確率の増加分 (ICFP)

ICFP は、格納容器機能喪失頻度の増加分 (ICFF) と、系統構成の継続時間の年換算との積である。ICFP = (ICFF × 継続時間) ÷ (8760 時間/炉年) である。

格納容器機能喪失頻度の増加分の欠損 (ICFFD)

ICFFD は、格納容器の健全性に影響を与えるメンテナンス活動であり、その影響が定性的には評価されず、定量的に不十分な評価であった場合の検査指摘事項の重要度評価に使われる。このような状況では、ICFFD は有意義であり、実際のメンテナンスに係る系統構成特有の CFF（この定義の目的では $ICFF_{\text{actual}}$ と呼ばれる）と、事業者によって当初、不十

原子力安全に係る重要度評価に関するガイド 附属書 8 メンテナンスの際のリスク評価に関する重要度評価ガイド

分に評価されたメンテナンス関連の ICFF ($ICFF_{flawed}$) との差として定義される。すなわち、 $ICFFD = ICFF_{actual} - ICFF_{flawed}$ と定義される。事業者が必要な時にメンテナンスリスクを全く評価できず（すなわち、事業者によるリスク評価が存在しない場合）、メンテナンス活動により又はメンテナンス活動と同時に発生する格納容器の健全性に対する影響が存在する場合、この影響は質的にも量的にも評価できないことに注意しなければならない。この場合、ICFFD は ICFF の全体値と等しくなる。

格納容器機能喪失確率の増加分の欠損 (ICFPD)

ICFPD は、評価されていない若しくは不十分に評価された系統構成の継続時間の年換算、又はそのリスクが (ICFF 又は ICFP の観点から) 評価されていない、若しくは不十分に評価されたままであるメンテナンスに係る系統構成の継続時間の年換算と ICFFD との積である。

ゼロメンテナンス CDF (リスク)

PRA でモデル化された全ての SSC が供用可能と考えられる場合のプラントの CDF の推定値。

ベースライン CDF (リスク)

年平均のメンテナンス（発生防止及び再発防止に係るメンテナンス）による供用外データ及びプラント特有の信頼性データ（失敗率）を考慮する PRA モデルから生ずる CDF の推定値。

なお、まだ開始されていない作業に対する不十分なリスク評価又はリスク管理は、事業者によるパフォーマンス劣化であり、これまでのリスク評価や RMA における不備を示すものであることに注意しなければならない。本附属書は、この種類のパフォーマンス劣化の重要度を決定するのには適していない。この種類の問題は通常原子力安全に関する評価ガイドのフェーズ 1 スクリーニングに従って、緑と判断されると考えられる。