

令和4年度 レベル2PRAに関する評価手法の高度化 調達仕様書

1. 件名

令和4年度 レベル2PRAに関する評価手法の高度化

2. 適用

この仕様書は、原子力規制委員会原子力規制庁（以下「規制庁」という。）が契約する上記の契約に関する仕様を規定するものである。

3. 契約期間

自：契約締結日

至：令和5年1月31日

4. 業務内容

本作業では、標準的な3ループ加圧水型軽水炉に対する確率論的リスク評価（以下「PRA」という。）モデルを用いて、環境に放射性物質が放出される頻度の定量化評価を行うための、レベル2PRAを実施する。解析には、規制庁が整備しているPRA定量化ツール（以下「S1」という。）を用いる。また、PRAモデルにより生成されるミニマルカットセット（以下「MCS」という。）データは、PRAコードSAPHIREにより出力する。なお、レベル2PRAについては、一般的には放出カテゴリごとの頻度評価及びソースターム評価の組み合わせを考慮するものであるが、本仕様では、放出カテゴリごとの頻度評価を主に扱うものとする。なお、規制庁の貸与するPRAモデルの概要を表1及び別紙1に示す。

実施項目は以下の〔1〕～〔4〕の4項目とし、仕様の詳細内容を以降の各項において記載する。

- | | |
|------------------------|--------|
| 〔1〕 S1コードの改良及びマニュアルの作成 | (4.1項) |
| 〔2〕 解析機能拡張に関する調査及び手法整備 | (4.2項) |
| 〔3〕 PRAモデルの改良及び感度解析 | (4.3項) |
| 〔4〕 技術資料の作成 | (4.4項) |

4.1. S1コードの改良及びマニュアルの作成

規制庁が提供するPRAモデルを用いた解析を行うための定量化ツールS1の改良及びマニュアル作成を行う。なお、S1コードは、基事象設定ツール（以下「S1PR」という。）、カットセット最適化ツール（以下「S1NM」という。）及びカットセット定量化ツール（以下「S1CD」という。）から構成されている。

4.1.1. シーケンス分析のための改良

レベル 2PRA におけるシーケンスの詳細解析を行うため、起因事象、レベル 1PRA、レベル 1.5PRA、レベル 2PRA のシーケンスの情報を任意に組み合わせ、放出カテゴリを定義し、処理が行えるよう S1CD の結果出力機能を拡張する。詳細な設定は規制庁と協議の上で決定する。終状態処理の機能拡張の例を別紙 2 に示す。

4.1.2. 重要度評価機能に係る改良

基事象及び機器に対する重要度に加えて、系統ごとの重要度の算出の手順を改良する。重要度評価においては、Fussel-Vesley (以下「FV」という。) 重要度、Risk Achieve Worth (以下「RAW」という。) に関する手順のうち主に RAW の導出に関する改良を行う。重要度評価の改良例を別紙 3 に示す。

4.1.3. 地震損傷確率の平均値の計算機能の追加

S1CD の事故シーケンスの点推定解析機能における基事象発生確率の平均値を、S1PR の解析結果ファイルから設定する方法から、S1CD で出力可能とする方法に変更する。S1CD に基事象発生確率の平均値算出機能を追加し、S1CD の点推定解析において S1PR の結果ファイルが不要となるように S1CD を改良する。改良後の S1CD については、点推定解析結果が改良前の解析結果と一致することを確認する。

4.1.4. マニュアルの作成

S1 コードのマニュアル類を整備する。なお、整備する対象は、実装された機能の取扱い説明書であるユーザズマニュアル、プログラムの構成、処理フロー、入出力、変数等の詳細情報を記載したプログラムマニュアル及び一般的な解析手順を記載した例題解析手順の 3 種類とする。

4.2. 解析機能拡張に関する調査及び手法整備

解析機能の拡張のため、以下の三つの項目の調査、手法整備等を行う。なお、PRA モデルを用いた評価を行う場合は、小規模体系での解析モデルを用いて、理論式、手計算との比較を行うこと。

4.2.1. 設定点における条件付確率の評価手法の整備

格納容器機能喪失頻度の定量化に用いる格納容器イベントツリーにおいて、終状態の頻度を定量化する場合に加えて、イベントツリーの途中で定めるある設定点における頻度を定量化し、そのうち格納容器機能喪失に至る割合を導出する。評価に用いる計算コードは規制庁が指定する。解析を行う設定点は 10 点程度とする。なお、計算の理論は文書にまとめるとともに、理論に沿った結果となることを検証して示すこと。評価手法の例を別紙 4 に示す。

4.2.2. 成功分岐確率の取扱いに係る改良

SINM において、シーケンスの成功分岐確率の定量化方法を改良する。これまで成功分岐確率の積でシーケンスの成功確率を定めているが、これを成功分岐において MCS のブール代数処理を行うことで定量化の精度を向上させる。なお、計算の理論は文書にまとめるとともに、理論に沿った結果となることを検証して示すこと。改良の例を別紙 5 に示す。

4.2.3. 他の PRA コードでの解析実施方法の調査

SAPHIRE に加えて、PRA コード RiskSpectrum、CAFTA 等の他コードでの解析方法の検討を行う。カットセットジェネレータとして SAPHIRE 以外のコードを使用する場合を想定して、現行の解析手法の適応性を調査する。

4.3. PRA モデルの改良及び感度解析

規制庁から貸与する PRA モデルに対して、以下に示す項目の改良を実施する。

PRA モデルは三つのイベントツリー（以下「ET」という。）から構成されており、レベル 1 PRA に関するイベントツリー（以下「L1-ET」という。）、レベル 2PRA の対策に関するイベントツリー(以下「S-CET」という。) 及びレベル 2PRA の現象に関するイベントツリー(以下「P-CET」という。) の 3 種類の ET から構成される。

4.3.1. 感度解析モデルの作成及び解析

PRA モデルに対して、以下に定めるモデルの作成を行い、解析を行う。

(1) シーケンスの終状態に関する感度解析

レベル 2PRA の実施に向けた放出カテゴリの発生頻度の定量化手法の高度化を行う。具体的には、レベル 1 PRA、レベル 2PRA の対策及びレベル 2PRA の現象に関する 3 種のイベントツリーにおける、起因事象、終状態及びシーケンスの組み合わせを放出カテゴリとして定義する。放出カテゴリの定義が異なる条件を用いて、感度解析を実施する。解析ケースは、3 ケースとする。なお、放出カテゴリの定義の違いに関する感度解析における解析ケースの例を表 2 に示す。

(2) シビアアクシデント現象の再設定

レベル 2PRA の現象に関するイベントツリー（P-CET）で用いられる分岐確率に対して、規制庁の指定する感度解析を実施する。解析ケースは、2 ケースとする。なお、計算の対象となりうるレベル 2PRA で考慮されているシビアアクシデント現象一覧を表 3 に示す。

4.3.2. 解析結果の分析

解析結果の比較分析及び詳細分析を行う。

(1) 解析結果の比較分析

解析結果の比較分析を行う。比較分析する項目を表 4 に示す。

(2)解析結果の詳細分析

既往のモデルに加えて、規制庁の指定する2ケース程度の詳細分析を行う。詳細分析する項目の例を表5に示す。なお、重要度評価の結果から規制庁の指定する20項目に対して、MCS、フォールトツリー、基事象等の計算条件に遡って分析を行う。

4.4. 技術資料の作成

上記の4.1から4.3項の作業内容を取りまとめ技術資料を作成する。令和5年1月11日までに、作成した技術資料(案)を用いて最終報告を行う。また、技術資料の作成の際は下記に留意すること。

- ・ 用語、略号は統一し、一般的でない部分は初出のところで説明する。特殊な用語に対しては用語集をつける。
- ・ SI単位を原則とする。
- ・ 基礎式、相関式を正確に記述し、必要な場合は引用文献を示し説明をつける。
- ・ オリジナリティ、著作権に関わる部分は引用文献を明記し補足があれば注記する。
- ・ 作業内容の根拠となる各種図表を掲載し、上記実施項目で要求している説明、記録などを含めること。

表 1 PRA モデルの仕様の概要¹

No.	モデルの項目	数
1	基事象数	約 7,800
2	フォールトツリー数	約 1,600
3	起因事象	16
4	プラント損傷状態 (L1PRA のイベントツリーの終状態)	約 20
5	プラント損傷状態 (L2PRA の対策に関するイベントツリーの終状態)	約 124
6	格納容器機能喪失モード (L2PRA の現象に関するイベントツリーの終状態)	13
7	シーケンス数 ・ レベル 1PRA のイベントツリー(L1-ET) ・ レベル 2PRA の対策に関するイベントツリー(S-CET) ・ レベル 2PRA の現象に関するイベントツリー(P-CET)	約 1,700 約 250 約 4,500
8	カットオフ値	10 ⁻¹⁷

表 2 解析ケースの例²

No.	ケース条件	起因事象	プラント損傷状態 (PDS-L1) ³	プラント損傷状態 (PDS-L1.5) ⁴	格納容器機能喪失モード ⁵	放出カテゴリ
Base	規制庁貸与版	1 6	2 0	1 2 4	1 3	8
1	起因事象分割	1 8	2 2	1 2 8	1 3	1 0
2	L1 PRA の分割	1 6	2 4	1 3 2	1 3	1 2
3	1 及び 2 の重畳	1 8	2 4	1 3 4	1 3	1 2

¹ 規制庁の提供する PRA モデルの大まかな仕様を示す。

² 計算例を表しており、数値は概ねの値である。計算の詳細は規制庁と協議の上決定する。

³ レベル 1PRA に関するイベントツリー (L1-ET) の終状態を表す。

⁴ レベル 2PRA の対策に関するイベントツリー (S-CET) の終状態を表す。

⁵ レベル 2PRA の現象に関するイベントツリー (P-CET) の終状態を表す。

表 3 レベル 2PRA で考慮されているシビアアクシデント現象

No.	ヘディング ⁶
1	温度誘因 LOCA
2	温度誘因 SGTR
3	圧力容器破損前水素燃焼
4	炉外デブリの放出形態
5	炉内水蒸気爆発
6	圧力容器破損時水素燃焼
7	MCCI
8	後期水素燃焼
9	過圧破損
10	過温破損

表 4 PRA 結果の比較項目

No.	分析項目
1	点推定値
2	全シーケンス数
3	上位 10 位のシーケンス
4	全 MCS 数
5	上位 20 位の MCS
6	起因事象ごとの頻度
7	L1-ET の終状態ごとの頻度
8	S-CET の終状態ごとの頻度
9	格納容器機能喪失モード(P-CST の終状態)ごとの頻度
10	起因事象発生条件付確率
11	炉心損傷発生条件付確率
12	FV 重要度
13	RAW 重要度
14	不確かさ解析結果

⁶ レベル 2PRA の現象に関するイベントツリー (P-CET) で考慮する分岐をヘディングと呼ぶ。

表 5 PRA 結果の詳細比較項目

No.	分析項目
1	上位 10 シーケンス
1-1	シーケンスの分析
1-2	シーケンスの成功失敗パスの整理
1-3	上位 10 位となる MCS の寄与割合
1-4	上位 10 位となる MCS の起因事象の条件付確率
1.5	上位 10 位となる MCS の炉心損傷の条件付確率
2	上位 20 位の MCS
2-1	シーケンスの分析
2-2	シーケンスの成功失敗パスの整理
2-3	起因事象の条件付確率
2-4	炉心損傷の条件付確率
x	以下 3~7 については、x-1 から x-6 までの項目とする。 3. 起因事象 5 種 4. レベル 1PRA に関するイベントツリー (L1-ET) の終状態 5 種 5. レベル 2PRA の対策に関するイベントツリー (S-CET) の終状態 10 種 6. 格納容器機能喪失モード 3 種 7. 放出カテゴリ 3 種
x-1	上位 10 位または累積頻度が 95% までのシーケンスの分析
x-2	上位 10 位または累積頻度が 95% までのシーケンスの成功失敗パスの整理
x-3	上位 10 位または累積頻度が 95% までの MCS
x-4	上位 10 位または累積頻度が 95% までの MCS の寄与割合
x-5	上位 10 位または累積頻度が 95% までの MCS の起因事象の条件付確率
x-6	上位 10 位または累積頻度が 95% までの MCS の炉心損傷の条件付確率

なお、分析が著しく煩雑になる場合及び定義が不可能な場合等の不合理な事由が発生した場合については、分析を行う代わりに、これらの不合理な事由が発生した理由について説明を行う。

8. 納入品目、数量、納入場所及び納入時期

(1) 提出図書

受注者が規制庁の承認を受けるため、または規制庁に報告するために提出する図書、書類の提出時期及び部数は、次のとおりとする。

提出図書一覧

	提出書類	提出部数 ^{*1}	提出期日	承認	備考
1	実施体制図	1	受注時及び変更時	要	
2	情報セキュリティに関する書面	1	受注時		*2
3	実施計画書	1	受注後1週間以内及び変更時	要	*3
4	品質保証活動計画書	1	受注後1週間以内	要	*4
5	品質保証活動確認書	1	納入時	要	*5
6	技術資料	1	納入時	要	*6
7	納品書	1	納入時		
8	完了届	1	納入時		

*1：承認返却分を含まない。

*2：11. (1)参照

*3：工程表を含む。

*4：9.品質保証活動を参照

*5：品質保証活動計画書に基づいて行う品質保証の活動記録を示したもの。

*6：納入媒体について、紙を1部提出すること。

電子媒体については、規制庁が指定した方法で提出すること。

(2) 納入時期及び納入場所

a.納入時期：令和5年1月31日

b.納入場所：原子力規制委員会原子力規制庁
長官官房技術基盤グループ シビアアクシデント研究部門
東京都港区六本木一丁目9番9号
六本木ファーストビル15階

9. 品質保証活動

品質保証活動計画書には次の事項を記載すること。

品質保証活動計画書には次の事項を記載すること。

(1) 品質管理体制

- ・ 受注業務に対する品質を確保するための、十分な体制が構築されていること。
- ・ 品質管理部署は作業実施部署と独立していること。
- ・ 実施責任体制が明確となっていること（実施責任者と品質管理責任者は兼務しないこと）。

(2) 品質管理の具体的な方策

受注業務に対して品質を確保するための、当該業務に対応した具体的な作業に関する方法（チェック時期及びチェック内容）が明確にされていること。

(3) 担当者の技術能力

業務に従事する者の技術能力を明確にすること。

受注者は品質保証活動計画書に基づいて品質保証活動を行い、成果物の納入時に品質保証活動確認書を提出すること。また、原子力規制庁担当者が必要に応じて行う品質管理作業に関する監査を受け入れること。

10. 検収条件

本仕様書に記載の内容を満足し、8.に記載の提出書類が全て提出されていることが確認できることをもって検収とする。

11. 情報セキュリティの確保

受注者は、以下の点に留意して情報セキュリティを確保するものとする。

- (1) 受注者は、請負業務の開始時に、請負業務に係わる情報セキュリティ対策とその実施方法及び管理体制について規制庁担当者に書面で提供すること。
- (2) 受注者は、規制庁担当者から要機密情報を提供された場合には、当該情報の機密性を格付けに応じて適切に取り扱うための処置を講じること。
- (3) 受注者は、原子力規制委員会情報セキュリティポリシーに準拠した情報セキュリティ対策の履行が不十分とみなされたときまたは受注者において請負業務に係わる情報セキュリティ事故が発生したときは、必要に応じて規制庁担当者の行う情報セキュリティ対策に関する監査を受け入れること。
- (4) 受注者は、規制庁担当者から提供された要機密情報が業務終了等により不要になった場合には、確実に返却しまたは廃棄すること。
また、請負業務において受注者が作成した情報については、規制庁担当からの指示に応じて適切に廃棄すること。
- (5) 受注者が、規制庁の SE 室において作業を実施する場合には、別紙に示す「SE 室利用に当たっての遵守事項」に従うこと。

(参考) 原子力規制委員会情報セキュリティポリシー

<https://www.nsr.go.jp/data/000129977.pdf>

12. その他

- (1) 受注者は、本仕様書に疑義が生じたとき、本仕様書により難しい事項が生じたとき、あるいは本仕様書に記載のない細部については、規制庁担当者と速やかに協議をし、その指示に従うこと。また、規制庁担当者との協議後、決定した事項については議事録を作成すること。

- (2) 作業責任者は、規制庁担当者と日本語で円滑なコミュニケーションが可能で、かつ業務において良好な信頼関係が保てること。
- (3) 業務上不明な事項が生じた場合は、規制庁担当者に確認の上、その指示に従うこと。
- (4) 常に、規制庁担当者との緊密な連絡・協力関係の保持及び十分な支援を提供すること。
- (5) 業務管理責任者は、提出した実施体制を常に確保するとともに、当該作業の進捗状況等について確認し、規制庁担当者に定期的に報告すること。また、実施工程に変更があった場合は、速やかに規制庁担当者に提出すること。
- (6) SE室で作業を行う場合は、規制庁が指定した方法で作業報告を行うこと。
- (7) 本調達において納品される成果物の著作権は、検収合格が完了した時点で、規制庁に移転する。受注者は、成果物の作成に当たり、第三者の工業著作権またはノウハウを実施・使用にすることは、その実施・使用に対する一切の責任を負う。
- (8) 成果物納入後に受注者の責めによる不備が発見された場合には、受注者は無償で速やかに必要な事項を講ずること。
- (9) 規制庁担当者が抜き打ち的手法等による検査または監督を行う場合があるので、受注者は協力すること。

別紙1 PRAモデルの一般事項

1. モデルの全体像

(1) イベントツリー／フォールトツリー

レベル1PRA及びレベル2PRAのモデルは、SAPHIREで作成されている。これらのイベントツリーは、レベル1PRAのイベントツリー(L1-ET)、レベル2PRAの対策に関するイベントツリー(S-CET)及びレベル2PRAの現象に関するイベントツリー(P-CET)から構成されている。L1-ET及びS-CETは、設計基準事故対処設備に加えて、重大事故等対処設備をモデル化している。

L1-ETは、起回事象によって構成が異なるが、S-CET及びP-CETは、プラント損傷状態によらず、概ね同じ構成である。

(2) レベル1PRAとレベル2PRAのインターフェイス

レベル1PRAのイベントツリー(L1-ET)、レベル2PRAの対策に関するイベントツリー(S-CET)及びレベル2PRAの現象に関するイベントツリー(P-CET)を接続(リンキング)する。イベントツリーの接続の際、接続のための設定条件(リンキングルール)を、起回事象、プラント損傷状態等の条件の違いを考慮している。

終状態については、L1-ETの終状態はプラント損傷状態(PDS-L1)、S-CETの終状態はプラント損傷状態(PDS-L1.5)及びP-CETの終状態は一般的なL1.5 PRAの格納容器機能喪失モードが定められる。

(3) 信頼性データ、確率データ、不確実さデータ等

故障率及び機器故障の確率分布は、原子力施設情報公開ライブラリー(NUCIA)の国内一般機器故障率⁷、既往文献^{8,9}等に従って設定する。P-CETの物理化学現象の発生確率等の確率分布は、既往文献⁹に記載のROAM法で評価した結果などを設定している。

2. 解析の流れ

規制庁の提供するPRAモデルは、以下の(1)から(3)までの手順に沿って実施されている。

(1) SAPHIREでのカットセット生成

SAPHIREコードを用いて、L1-ETからS-CETまで一貫したシーケンスのミニマルカットセットを作成し、シーケンスに対応するP-CETの結果を乗ずることでカットセットとする。MCSデータは、SAPHIREのMARD機能で出力される。SAPHIREコードはVer 8.2を使用している。

⁷ 原子力発電所信頼性データシステム (<https://nrrc.denken.or.jp/kisnrr/>)

⁸ 原子力安全基盤機構、内的事象レベル2PSA手法における不確実さ解析及びソースタームの検討(PWR)、05解部報-0050、平成17年2月

⁹ USNRC, “An Assessment of Accident Risks in U.S. Commercial Nuclear Power Plants, Appendix III”, WASH-1400(NUREG-75/1400), 1975

(2) S1 コードでの定量化

SAPHIRE で出力された MCS を S1 コードで定量化する。S1 コードでは、シーケンスの成功分岐を考慮しシーケンス固有の成功確率を計算した後、MCS を上限近似によって定量化する。各基事象の値は、基事象データファイルである InEquip ファイルを用いる。

(3) その他の評価

上記の(1)及び(2)の計算に加えて、不確実さ解析、重要度評価等の評価を行う。

別紙2 シーケンス分析のための改良の例

シーケンスにおける分析では、シーケンスごとに取得される「シーケンスデータ」から「終状態データ」を作成する。なお、シーケンスデータ、終状態データの参考例をそれぞれ別表1-1及び別表1-2に示す。

シーケンス分析の流れを以下の(1)から(5)に示す。

- (1) シーケンスデータから終状態データを作成する。
- (2) 終状態データの放出カテゴリを作成する。
- (3) シーケンスデータのシーケンスパス（分岐の成功失敗の情報）を取得する。
- (4) シーケンスパスの情報から終状態データを更新する。

例えば、シーケンスデータのうち L1-ET の終状態 (L1-CET の終状態) = G(伝熱管破損のシナリオ) & (分岐に「2次系注水」を含む)場合、終状態データのうちプラント損傷状態(PDS-L1) = G' とする。

- (5) 終状態データの放出カテゴリに沿って、定量化を行う。
カットセットの作成やシーケンスの定量化結果は計算済の値を集計するものとし、再解析は行う必要はない。

別表 1-1 シーケンスデータ

シーケ ンス No	起因 事象	L1 シーケ ンス	L1-ET の 終状態	S-CET シーケ ンス	S-CET の 終状態	P-CET シーケ ンス	P-CET の 終状態
Snnnn1	X	S-nn	XYY	S-Snn	XYYZZZ	S-Pnn	Mn1
Snnnn2	X	S-nn	XYY	S-Snn	XYYZZZ	S-Pnn	Mn2
・	・						・
Smnnn1	X	S-mn	XVV	S-Smn	XVVWW	S-Pmn	Mn1
・	・						・
・	・						・

別表 1-2 終状態データ

シーケ ンス No	起因 事象	L1-ET の 終状態	S-CET の 終状態	P-CET の 終状態	放出 カテゴリ
Snnnn1	X	XYY	XYYZZZ	Mn1	RC1
Snnnn2	X	XYY	XYYZZZ	Mn2	RC2
・	・			・	
Smnnn1	X	XVV	XVVWW	Mn1	RC1
・	・			・	
・	・			・	

別紙3 重要度評価の詳細と改良の例

1. 重要度評価の計算

重要度の計算では、FV 重要度及び RAW 重要度が用いられており、FV 重要度は炉心損傷や格納容器機能喪失の頻度に対する「ある対象の寄与割合」、RAW 重要度はこれらの頻度に対する「ある対象が失われたときの頻度の増加割合」を示している。なお、S1 コードでは、FV 重要度は対象の基事象の発生確率を 0.0、RAW 重要度では対象の基事象の発生確率を 1.0 として再計算する処理を行う。

2. 各重要度の計算

2.1. 基事象の重要度

基事象別の重要度は、単一の基事象を対象とする。基事象はミニマルカットセットに一度のみ含まれる。定義に沿った重要度計算であるため、改良点はない。

2.2. 機器の重要度

(1)重要度の詳細

機器別の重要度を評価する場合においては、複数の基事象に対する重要度を扱う必要がある。機器別の重要度では、ある機器の複数の故障モードである全ての基事象を対象とするが、同一のミニマルカットセットに同一機器の複数の基事象が含まれることはない。これは、同一の機器で故障モードが異なる基事象はフォールトツリーにおいては原則として OR の関係となるためである。

(2)改良例

RAW 重要度において、同一機器の異なる故障モードに 1.0 を付与することは、これらの故障モードが同時に発生した場合を描写している。RAW 重要度では、ある対象が失われたときの頻度の増加割合を表すため、機器の重要度では、対象の機器のすべての故障モードが発生した場合ではなく、対象の機器の故障のうち最も影響の大きかったものを選定して示す方法がある。すなわち機器に含まれる基事象の RAW の最大値をその機器の RAW 重要度とする。

2.3. 系統の重要度

(1)重要度の詳細

系統別の重要度では同一のミニマルカットセットに同一系統の複数の基事象が含まれる場合がある。これは、機器別の場合と異なり、系統が同一の基事象はフォールトツリーにおいて、AND の関係となる場合があるため、同一のカットセットに同一系統の基事象が複数含まれる場合がある。

(2)改良例

機器の RAW と同様、RAW 重要度では、ある対象が失われたときの頻度の増加割合を表すため、系統の重要度では、対象の系統のすべての故障モードが発生した場合ではなく、対象の系統に含まれる機器の故障のうち最も影響の大きかったものを選定して示す方法がある。すなわち系統に含まれる基事象の RAW の最大値をその系統の RAW 重要度とする。

3. まとめ

機器及び系統の RAW 重要度において、基事象別 RAW 重要度の最大値をとる。

別紙4 設定点における条件付確率の評価手法の例

イベントツリーのある任意の点において、その任意の点に至った場合、その後、炉心損傷、格納容器機能損傷等に至る確率を導出する手法の例を以下に示す。なお、この任意の点を設定点又は **Set Point** と呼ぶこととし、導出する確率を設定点における条件付き確率 P^{SP} と呼ぶこととする。

1. 計算手順の例

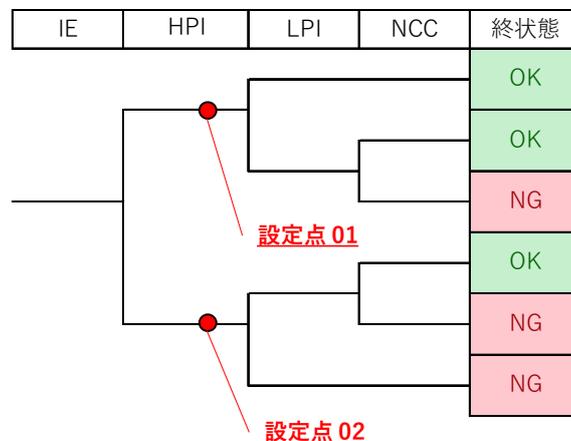
- (1) 評価を行うための簡易モデルを別図 4-1 に示す。図中に示すようにイベントツリーの任意の点に設定点 (**Set Point**) を定める。
- (2) 設定点 (**Set Point ; SP**) に至る頻度を設定点頻度 F^{SP} を導出する。
- (3) 設定点以降に分岐するシーケンスのうち終状態 (**End State ; ES**) において **NG** となる頻度 F^{ES} を導出する。
- (4) 終状態の失敗頻度 F^{ES} と設定点頻度 F^{SP} の比を設定点における条件付確率 P^{SP} として整理する。

2. 計算条件の例

- (1) 評価を行う体系は、3～5 程度のヘディングを有するものとする。
- (2) 以下のような特徴をもつ設定点の計算が行えるよう工夫する。
 - ✓ 各ヘディングには従属性を有するサポート系が含まれるようモデル化し F^{SP} と F^{ES} に類似のカットセットが含まれる条件とする。
 - ✓ 設定点以降と設定点以前でなるべく従属性を持たないようにモデル化に、 F^{SP} と F^{ES} に類似のカットセットが含まれない条件とする。
 - ✓ 終状態が **NG** となるシーケンスを複数持つ設定点を定める。
- (3) 近似式が明確で理論式として示せる手法を用いて計算を行う。

3. 確認すべき事項の例

- (1) P^{SP} の定量値が理論どおりの計算結果であること。
- (2) 各ヘディングの従属性が整理されていること。
- (3) F^{SP} と F^{ES} に含まれる **MCS** に関する分析がなされていること。



別図 4-1. 設定点における条件付確率の評価

別紙5 成功分岐確率の定量化精度向上の例

カットセット最適化ツール SINM において、シーケンスの成功分岐確率の定量化方法を改良する例を以下に示す。

1. これまでの成功分岐確率の計算

これまでの成功分岐確率の計算は、以下のとおりである。

- (1) あるシーケンス s で成功分岐となるヘディング n について、ヘディング n の失敗確率 Q_{fail}^n を式 1 に沿って定量化する。
- (2) 式 2 を用いて、ヘディング n の成功確率 $Q^n(\text{success})$ を求める。
- (3) あるシーケンス s に含まれる複数の成功分岐確率の積を式 3 に沿って求める。
- (4) 失敗に至る MCS の定量化結果 $Q_s(\text{failed})$ との積を計算し、シーケンス s の定量化結果を求める。

2. 修正方法の例

上記(3)で実施した $Q(\text{success})$ の計算を成功分岐確率の積の計算から、成功分岐における MCS のブール代数処理を行うことで定量化の精度を向上させる。計算式を式 5 で表す。修正においては計算理論を文書にまとめるとともに、理論に沿った結果となることを検証して示すこと。

$$Q_{fail}^n = 1 - \prod_{i=1}^k (1 - Q_i) \quad \dots\dots\dots \text{(式 1)}$$

$$Q^n(\text{success}) = 1 - Q_{fail}^n \quad \dots\dots\dots \text{(式 2)}$$

$$Q_s(\text{success}) = \prod_{n=1}^m Q^n(\text{success}) \quad \dots\dots\dots \text{(式 3)}$$

$$Q_s = Q_s(\text{failed}) * Q_s(\text{success}) \quad \dots\dots\dots \text{(式 4)}$$

$$Q_s(\text{success}) = \bigcap_{n=1}^m Q^n(\text{success}) \quad \dots\dots\dots \text{(式 5)}$$

ここで、 \cap はブール代数演算処理を示しており、その他の記号は以下のとおり。

- Q_i : カットセット i の定量化結果
- Q_{fail}^n : ヘディング n の失敗確率
- $Q^n(\text{success})$: ヘディング n の成功確率
- $Q_s(\text{success})$: シーケンス s の成功分岐の累積
- $Q_s(\text{failed})$: シーケンス s の失敗確率
- k : ヘディング n のカットセット数
- m : シーケンス s の成功ヘディング数

SE室利用に当たっての遵守事項

SE室の利用に当たっては下記の事項を遵守すること。

1. 利用事項

- (1) SE室の利用時間は、原則、平日午前9時30分から午後6時00分までとする。
- (2) 上記(1)以外に利用する者は、別に定める原子力規制庁担当職員等（以下「担当職員」という。）に確認をする。
- (3) なお、当日SE室を利用する場合、事前に担当職員に連絡し確認する。

2. 注意事項

- (1) SEがSE室を利用するに当たり、次に掲げる行為をしてはならない。
 - 一 かばん類、記憶機器等（携帯電話を含む）の持込み（ただし、原子力規制庁の許可を得た場合は除く。）
 - 二 危険物等の持込み
 - 三 無許可者の入室
 - 四 飲食可能エリア以外での飲食
 - 五 喫煙
 - 六 SE室備付品の移動
 - 七 作業目的以外のSE室の利用
- (2) SE室に入室する際は、あらかじめ、担当職員より配付した「SE室使用許可登録証」を携行すること。
- (3) SE室で知り得たデータ・情報等は外部に漏らしてはならない。
- (4) SE室に入室するために貸与したカード等は、担当職員に当日返却しなければならない。

3. 備え付けロッカーの利用

かばん類、記憶機器等を収納するために備え付けのロッカーを利用することができる。利用に当たっては以下の事項に留意すること。

- (1) 貴重品、危険物、ロッカーを汚染・き損するおそれのあるもの又はその他保管に適さないものをロッカーに収納することは禁ずる。
- (2) ロッカーの収容品に滅失又はき損等の損害が生じた場合、原子力規制委員会はその賠償の責任を負いかねる。
- (3) ロッカーを破損した場合又は他のロッカーの収容品に損害を与えた場合、使用者が原子力規制委員会又は第三者に与えた損害は使用者が賠償の責を負う。
- (4) 退室時、使用したロッカー内に忘れ物等がない事を確認し、ロッカーの鍵は開けた状態で退室する。