

標準委員会セッション 1(リスク専門部会)

「地震 PRA 実施基準の改訂について」

2014 年 3 月 27 日(木)10:30~12:00, A 会場

座 長

東京都市大学 平野 光將

* * *

(1) 実施基準改訂のポイント

東京都市大学 平野 光將

* * *

(2) 地震ハザード評価

(独)原子力安全基盤機構 蛭沢 勝三

* * *

(3) 建屋・機器フラジリティ評価

大阪大学 山口彰

* * *

(3) 事故シーケンス評価

東京都市大学 松村 健

日本原子力学会「2014 年春の年会」

2014 年 3 月 26 日(水)~28 日(金)

東京都市大学

「地震PRA実施基準の改訂について」 実施基準改訂のポイント

2014年3月27日

リスク専門部会 地震PRA分科会

主査 平野光將(東京都市大学)

まえがき

- n 2007年の発行以来の最新知見を踏まえた地震PRA技術の向上を反映させるとともに、地震PRAの品質確保や透明性確保がより適切に行われるよう、要求事項の見直しを行った。
- n 改訂に当たっては、地震PRA改定に必要な課題を実施基準の規定として短期に可能なものと、中長期に技術開発なども伴い、進めていくものとの仕分けし、前者の短期的なものは本実施基準の規定に記載することとし、中長期的な課題についても、関連する研究、技術開発の動向などを附属書参考に記載することで、利用者との情報共有を図った。
- n 特に、福島第一原子力発電所の事故からの、教訓や知見を極力取り入れている。地震起因事象の扱い、地震と津波の重畳、緊急対策設備を含むSA対策設備の考慮、使用済燃料プール、複数基立地の影響、余震の考慮、斜面の考慮等の課題を新規に取り入れた。

地震PRA実施基準の構成

- 1.適用範囲
- 2.引用規格
- 3.用語及び定義, 略語
- 4.評価手順
- 5.サイト・プラント情報の収集・分析と事故シナリオの概括的分析
- 6.地震ハザード評価
- 7.建屋・機器フラジリティ評価
- 8.事故シーケンス評価

9.文書化

附属書(規定)

附属書(参考)

解説

附属書、解説には新知見から得られた評価手法の考え方や適用事例等を新たに追加し、充実を図っている。

事故シナリオ分析:約120ページ

地震ハザード評価:約200ページ

建屋・機器フラジリティ評価:約410ページ

事故シーケンス評価:約110ページ

本企画セッションでの発表内容

- n 地震PRA分科会は、その傘下に3つの作業会を設けて改訂を検討した。本セッションの発表も、その分担に沿って行う。
 - (1)実施基準改訂のポイント
地震PRA分科会主査 平野光将(東京都市大学)
 - (2)地震ハザード評価
地震ハザード作業会主査 蛭沢勝三(電力中央研究所)
 - (3)建屋・機器フラジリティ評価
建屋・機器フラジリティ作業会主査 山口彰(大阪大学)
 - (4)事故シーケンス評価
事故シーケンス作業会主査 村松健(東京都市大学)
- n 「実施基準改訂のポイント」での発表内容
 - q 改訂の目的、経緯、検討した課題
 - q 「箇条1 適用範囲」、「箇条2 引用規格」、「箇条3 用語及び定義、略語」
 - q 「箇条4 評価手順」
 - q 「箇条5 サイト・プラント情報の収集・分析と事故シナリオの概括的分析」
 - q 「箇条9 文書化」

1.適用範囲

- n 地震を起因とした炉心損傷を対象としたレベル1PRA
- n 使用済燃料プール内の燃料の重大な損傷に至る事故シーケンスの同定
- n 格納容器機能喪失に至る事故シーケンスの同定
- n 地震により誘起される事象は火災、内部溢水、そして津波との重畳と、多岐多様な事故様態を示すが、地震起因事象の幅広いPRAが可能なように、本実施基準が担うべき点を規定した。
 - q ハザード評価は本実施基準を用いるよう規定。
 - q フラジリティ評価については、対象となる機器・構造物のフラジリティ評価の方法を提供できるように規定。

箇条1の記載内容

この標準は、出力運転状態にある軽水型原子力発電所を対象とする確率論的リスク評価(Probabilistic Risk Assessment:PRA)のうち、地震に起因して炉心の重大な損傷に至る事故シーケンスに着目し、それらの発生頻度を求めるレベル1PRA、使用済燃料プール内の燃料の重大な損傷に至る事故シーケンスの発生頻度並びに地震に起因して格納容器機能喪失に至る事故シーケンスを同定する方法の有すべき要件及びそれを満たす具体的方法を、実施手順を踏まえて実施基準として規定する。加えて、この標準は、地震により発生する火災、溢水及び津波に起因する事象のPRAを実施する際に必要な地震ハザード評価は本標準の方法を用いるよう規定し、また、それらのPRAで対象とする建屋・機器フラジリティ評価に係わる規定も含んでいる。

2.引用規格

n AESJ-SC-RK003

原子力発電所の確率論的リスク評価標準で共通に使用される用語の定義

n AESJ-SC-RK001

原子力発電所の確率論的安全評価用のパラメータ推定に関する実施基準

n AESJ-SC-P008

原子力発電所の出力運転状態を対象とした確率論的安全評価に関する実施基準
(レベル 1PSA 編)

3.用語及び定義, 略語

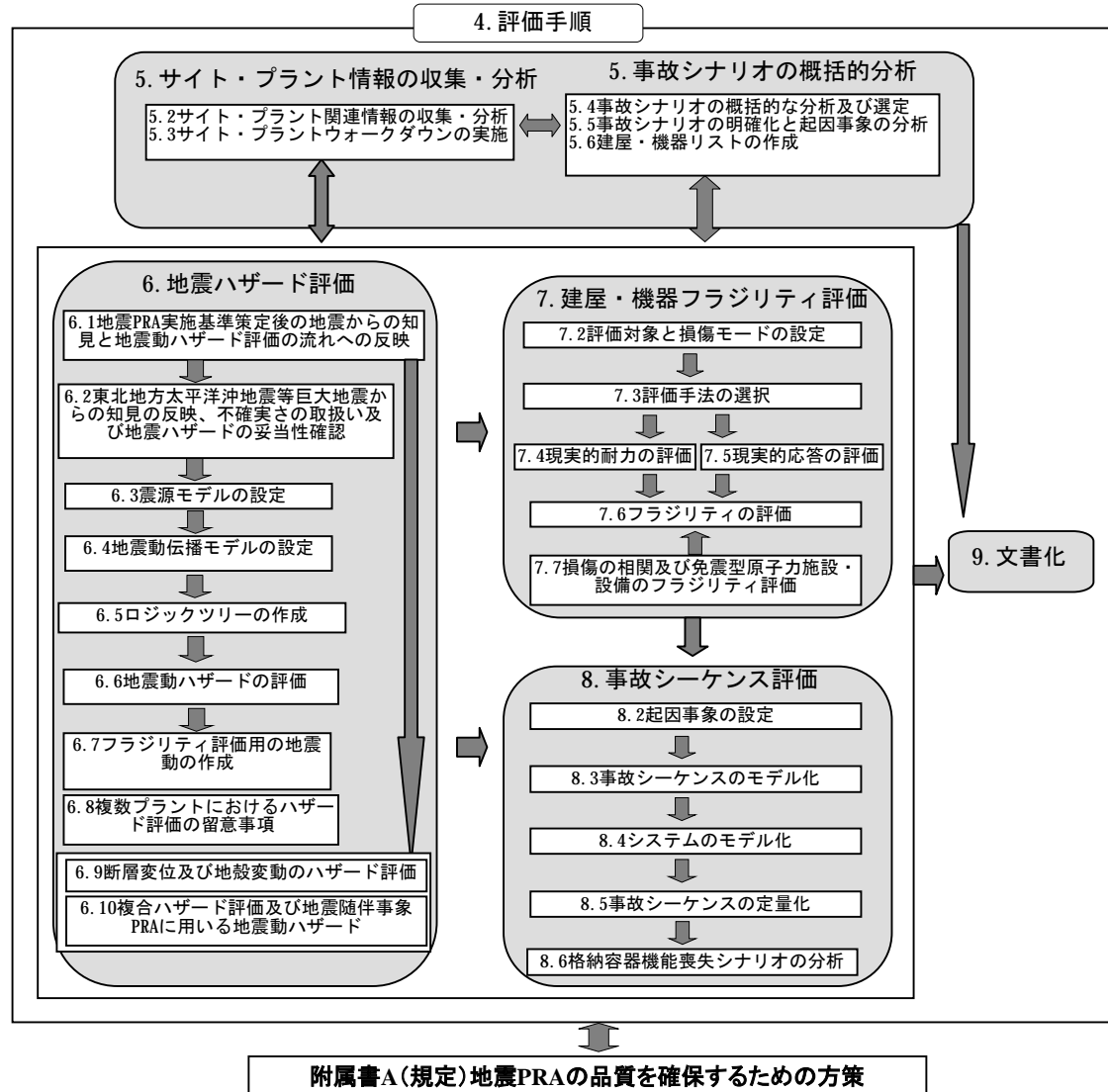
- n 全てのPRA標準に共通する用語・略語は、「AESJ-SC-RK003 原子力発電所の確率論的リスク評価標準で共通に使用される用語の定義」(共通用語集)にまとめている。
- n 共通用語集を引用するとともに、地震PRA特有の用語(断層モデル、応答係数、建屋・機器リストなど)は残すこととした。

4.評価手順

4.1 評価手順

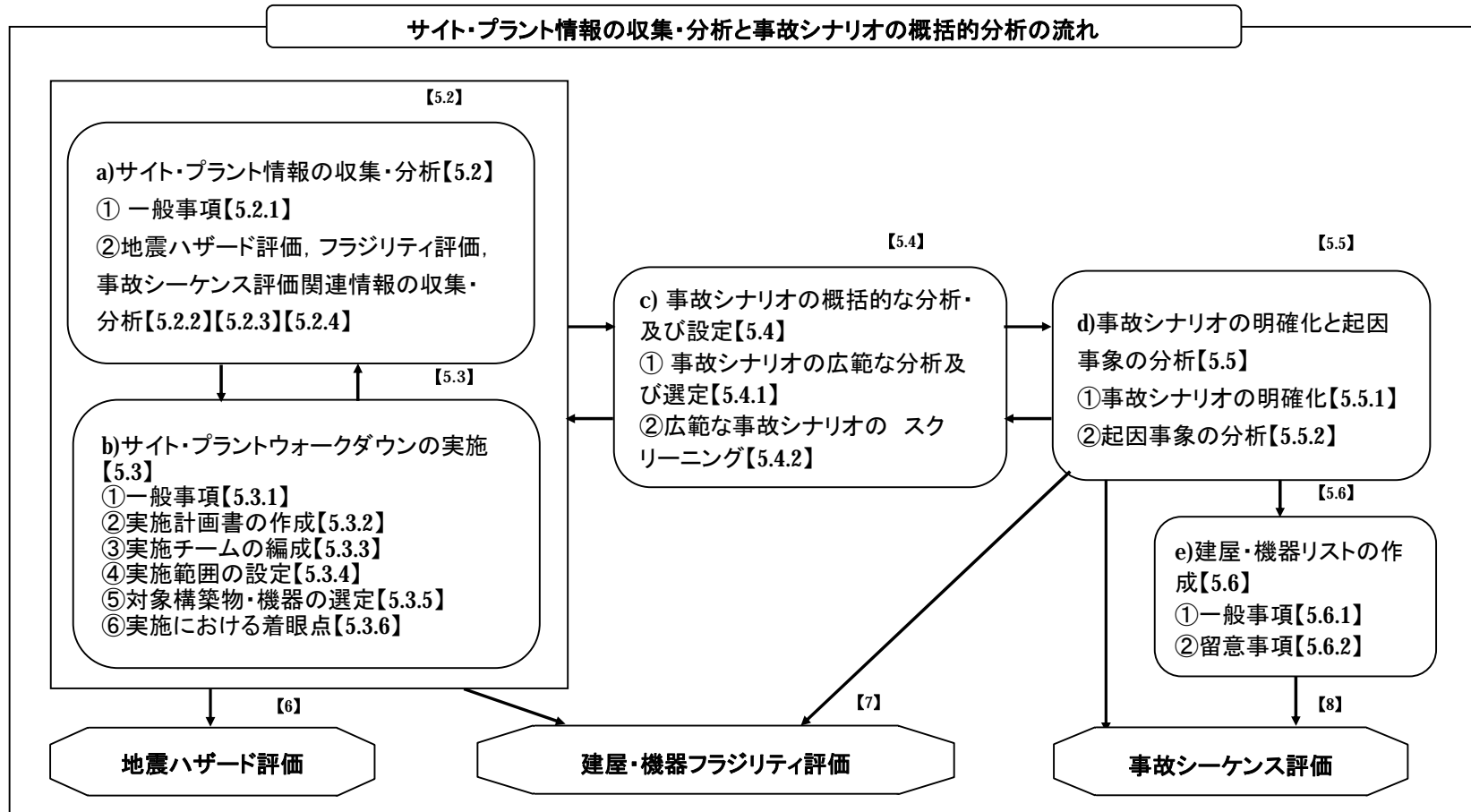
4.2 地震PRAの品質の確保

- n 専門家判断、ピアレビュー、品質保証活動については、「PRA品質確保実施規準」がまだ制定されていないため、現行ベースの記載とした。
- n 実施内容については、「附属書(規定)地震PRAの品質を確保するための方策」に規定し、留意事項については、「附属書(参考)地震PRAの品質を確保するための具体的な方策に関する留意事項」に記載している。



5. サイト・プラント情報の収集・分析と 事故シナリオの概括的分析(1/3)

5.1 サイト・プラント情報の収集・分析と事故シナリオの概括的分析の流れ



5. サイト・プラント情報の収集・分析と 事故シナリオの概括的分析(2/3)

5.2 サイト・プラント情報の収集・分析

- q サイトの最新の状況, 設計, 運転管理などプラント及びサイト関連の固有の情報を幅広く収集する。
- q 東北太平洋沖地震をはじめとする最近の震害事例などの情報を充実
- q 情報の再収集の一環として, 各種調査を実施し最新情報を入手すること

5.3 サイト・プラントウォークダウンの実施

- q プラントウォークダウンの対象範囲として、原子炉建屋から離して整備される移動式AM設備を含むSA対策などを、並びに防潮堤等の津波PRAに関与する設備を追加
- q EPRIのウォークダウンガイド (Seismic Walkdown Guidance) 等を参考にウォークダウン実施時の具体的な着眼点を充実
- q プラントウォークダウン実施事例やアクセス性の成立性に関する現場確認の例を附属書(参考)として追加

箇条5の記載サンプル

5.3 サイト・プラントウォークダウンの実施

- q 5.3.2 実施計画書の作成:実施計画書には、実施チームの編成、実施範囲、対象構築物・機器、具体的な実施手順、実施における着眼点を定める。
- q 5.3.3 実施チームの編成:専門的知識及び技術を有する者からなるサイト・プラントウォークダウンチームを編成する。
- q 5.3.4 実施範囲の設定:
 - n 5.2で収集した対象プラント固有情報(地震ハザード, 機器の耐力及びプラントシステムの配置など)では十分ではないと判断した構築物・機器を対象範囲に含める。
 - n シビアアクシデント対策として整備した設備(東北地方太平洋沖地震の経験を踏まえ配備した設備を含む), 耐震BCクラス設備等を地震PRAで考慮する場合は, 当該設備を対象範囲に含める。
 - n 同一サイト内の複数のプラントで共用, 融通する設備を対象に含める。
 - n 津波PRA・・・を実施する場合は, 津波影響に関与する設備(津波防護施設・設備等, 津波により漂流物となる可能性のある設備等)を対象に含める。
- q 5.3.6 実施における着眼点
 - n 具体的には、次の視点で確認する。
 - q 対象設備及びアンカーボルトの形状が図面と外見上の相違がないか
 - q 対象設備、配管接合部、アンカーボルト、そして対象設備と支持構造物との接合部、これらに外見上の異常(腐食、亀裂等)はないか
 - q クレーン、燃料交換機他の落下や部材のコンクリート剥落等、建屋の付帯物(照明等)の落下により安全上重要な機器あるいは燃料に影響を及ぼすことがないか

5. サイト・プラント情報の収集・分析と 事故シナリオの概括的分析(3/3)

5.4 事故シナリオの概括的な分析・設定

- q 「複数基立地」「緊急時対策所における緊急時の復旧対応」「シビアアクシデント対策の考慮」「地盤変状の影響」といった新たな課題について、事故シナリオの分析・選定として新たに特出した。
- q 燃料プール内燃料のシナリオ分析・選定を新たに規定し、燃料プール内燃料の損傷に対する事故シナリオのスクリーニングの考え方の例として、新たに附属書(参考)に取りまとめた。

5.5 事故シナリオの明確化と起因事象の分析

- q 原子炉容器などの「大型静的SSCsの損傷」(緩和系で抑制不可)、「計装/電源系などの広範囲な影響を及ぼすSSCsの損傷」、「二次的な影響」、を考慮した事故シナリオから地震起因としての起因事象を分析することを規定した。

5.6 建屋・機器リストの作成

- q 地震随伴事象(火災、溢水、津波)を評価する場合は、それらのPRAに必要な機器などをリストに追加することを規定した。

箇条5の記載サンプル

5.4.1.1 炉心損傷シナリオの広範な分析及び選定

- 2.3) 運転員の操作を阻害する地震時の要因による波及的な機能喪失 地震後の運転員による操作において、地震による高ストレスを受けた条件下で引き起こされる操作失敗、又は作業環境にかかる設備の支障に伴う運転員の回復操作の遅延によって、炉心損傷に間接的に繋がる可能性のあるような事故シナリオを分析及び選定する。
- 5) 複数基が立地するサイトにかかわる事故シナリオの分析及び選定 複数基が立地するサイトにおいては、ユニット間の相互依存関係を考慮し、炉心損傷に繋がる可能性のある事故シナリオを分析及び選定する。

5.4.1.2 燃料プール内燃料の損傷シナリオの広範な分析及び選定

- 少なくとも次の事故シナリオを考慮する。
 - － 燃料プールが燃料プール内の燃料の冷却形状を維持できなくなる事故シナリオ
 - － 燃料プールの冷却機能が喪失し燃料損傷となる事故シナリオ
 - － 燃料プール内の大量の燃料が機械的に損傷する事故シナリオ

5.4.2.1 炉心損傷に対する広範な事故シナリオのスクリーニング

- 選定した事故シナリオを対象として、スクリーニングを行う。炉心損傷に至るまでの事象進展が不明確、又は評価技術が十分でないと判断される事故シナリオについては、定性的なスクリーニングに比重をおいて判断せざるを得ないことに留意する。スクリーニングで除外されない事故シナリオについては、箇条8 事故シーケンス評価の対象とするか、留意事項として報告書に記載するなど、評価技術の成熟度を考慮して取扱う。
- 附属書にスクリーニングの仕方: 定量的手法(対象設備の損傷確率を他のそれと比較)、定性的手法(影響を及ぼしうるSSCsとの分離性、運用面対策の効果、サイト・プラントワークダウン情報)

9.文書化

- n 従来の「報告書の作成」を要求する記載ではなく、PRA結果の説得性、説明性があるように、実施基準の要件に相応した内容が明確に文書(報告書や途中の情報をもとめたものも含む)にされていることを求める記載とした。
- n 「9.2 報告書の記載項目」として、詳細な項目を規定した。附属書(参考)には、各項目に記載すべき事項を例示した。

日本原子力学会 2014 春の年会
標準委員会セッション1
「地震PRA実施基準の改定について」

地震ハザード評価

2014年3月27日

東京都市大学世田谷キャンパス 1号館A会場

東京都市大学
蛭沢 勝三

I. 地震ハザード評価高度化の基本方針と追加項目

基本方針

- (1) 2006年実施基準以降に発生した国内外の地震からの知見を分析・検討し、重要項目を委員合意の上で整理し、基準に全て取り入れる。
- (2) 特に、中越沖地震、東北地方太平洋沖地震（東北地震）、伊国ラクイラ地震等からの知見については、詳細な分析・検討を行う。
- (3) 東北地震を踏まえた原子力規制からのニーズも考慮する。
- (4) 2006年実施基準が実運用された事例については、詳細に記述する。
- (5) 津波ハザード評価における技術的整合を図る。

基本方針に基づく地震ハザード作業会での分析・検討の概要

(1) 2006年実施基準以降の国内外地震からの知見の把握

- ・ 国内：中越沖地震（2007）、岩手・宮城内陸地震（2008）、駿河湾の地震（2009）、東北地震（2011）
- ・ 国外：四川地震（2008, 中国）、ラクイラ地震（2009, イタリア）、クライストチャーチ地震（2011, ニュージーランド）

(2-1) 中越沖地震

- ・ 深部地下不規則構造による地震動増幅
- ・ ひずみ集中帯
- ・ 複数基立地の取扱い

(2-2) 東北地方太平洋沖地震

- ・ M9級巨大地震とそれに伴う余震・誘発地震・地殻変動
- ・ 地震動と津波の重畳
- ・ マルチハザードに対するマルチユニットのリスク評価

(2-3) イタリア地震

- ・ 地震専門家の行政上の責任

(3) 東北地震を踏まえた原子力規制からのニーズ

- ・ 震源極近傍地震動評価
- ・ 断層変位と構造物への影響

(4) 2006年実施基準が実運用された例

- ・ 柏崎刈羽NPP基準地震動バックチェックにおけるロジックツリーを用いた地震ハザード評価

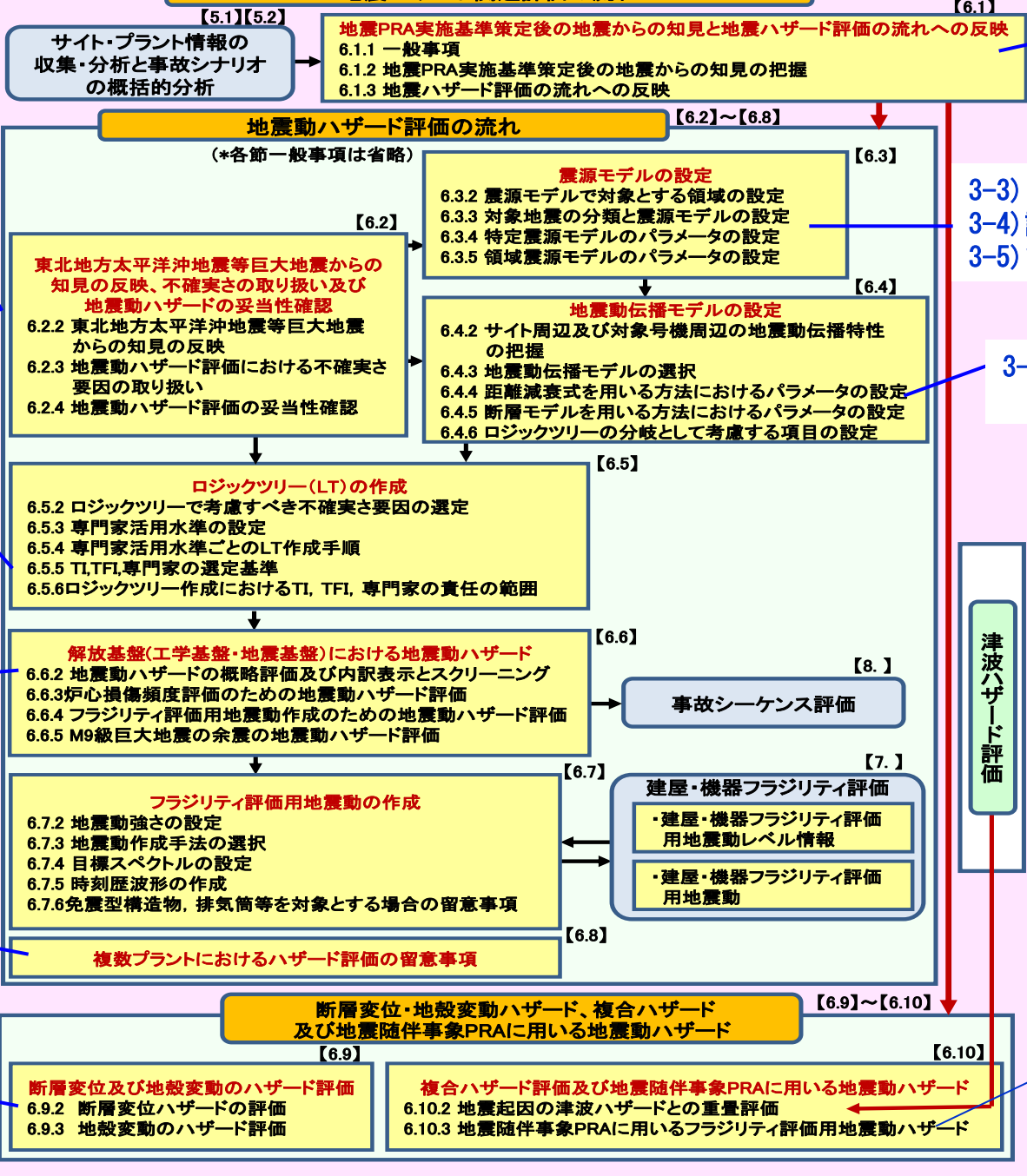
(5) 津波ハザード評価における技術的整合

- ・ 震源モデルと波源モデルの整合

具体的な追加項目

- 1) 2007年実施基準以降の**国内外地震からの知見の把握** (6.1.2)
- 2) 地震ハザードを**地震動ハザードと断層変位・地殻変動・複合ハザード**に大別 (6.1.3)
- 3) **地震動ハザード評価での主な追加項目は、次の通り。**
 - 3-1) 東北太平洋沖地震等巨大地震からの知見の把握 (6.2.2)
 - 3-2) 地震動ハザード評価の妥当性確認 (6.2.4)
 - 3-3) 特定震源モデルにおける巨大地震のパラメータ設定 (6.3.4.3)
 - 3-4) サイト周辺の誘発地震の取り扱い (6.3.4.4)
 - 3-5) 領域震源モデルにおけるひずみ集中帯の取り扱い (6.3.5)
 - 3-6) 断層モデルにおける極近傍震源の地震動評価 (6.4.5)
 - 3-7) 専門家活用水準3でのロジックツリー実運用例 (6.5.4)
 - 3-8) ロジックツリー作成におけるTI, TFI, 専門家の責任の範囲 (6.5.6)
 - 3-9) 地震動ハザード概略評価及び内訳表示とスクリーニング (6.6.2)
 - 3-10) M9級巨大地震の余震の地震動ハザード (6.6.5)
 - 3-11) 免震型構造物、排気塔を対象とした場合の留意事項 (6.7.6)
 - 3-12) 複数プラントにおけるハザード評価の留意事項 (6.8)
- 4) **断層変位・地殻変動及び複合ハザード評価での主な追加項目は次の通り。**
 - 4-1) 断層変位ハザードの評価 (6.9.2)
 - 4-2) 地殻変動のハザード評価 (6.9.3)
 - 4-3) 地震起因の津波ハザードとの重畳評価 (6.10.2)
 - 4-4) 地震随件事象PRAフラジリティ評価用地震動ハザード (6.10.3)

地震ハザード関連評価の流れ



- 1) 国内外地震からの知見の把握
- 2) 地震動と断層変位等ハザードの大別

- 3-1) 東北地震等巨大地震からの知見反映、
- 3-2) 地震動ハザードの妥当性確認

- 3-7) 専門家活用水準3でのロジックツリー実運用例
- 3-8) ロジックツリー作成でのTI/TFI/専門家の責任範囲

- 3-9) 地震動ハザード概略評価・内訳表示とスクリーニング
- 3-10) M9級巨大地震の余震の地震動ハザード

- 3-11) 免震型構造物、排気塔等の留意事項

- 3-12) 複数プラントにおけるハザード評価の留意事項

- 4-1) 断層変位ハザード評価
- 4-2) 地殻変動ハザード評価

- 3-3) 巨大地震パラメータ設定
- 3-4) 誘発地震取り扱い
- 3-5) ひずみ集中帯取り扱い

- 3-6) 極近傍震源地震動評価

津波ハザード評価

- 4-3) 地震起因の津波ハザードとの重畳
- 4-4) 地震随件事象(斜面/火災/溢水)PRAフラジリティ評価用地震ハザード

Ⅱ. 主な追加内容

6.2 東北地方太平洋沖地震等巨大地震からの知見の反映、不確実さの取扱い及び地震動ハザードの妥当性確認

6.2.1 一般事項 次の項目について、手順に従い実施する。

- ① 東北地方太平洋沖地震等巨大地震からの知見の反映 (6.2.2に記述)
- ② 地震動ハザード評価における不確実さ要因の取扱い (6.2.3に記述)
- ③ 地震動ハザード評価の妥当性確認 (6.2.4に記述)

6.2.2 東北地方太平洋沖地震等巨大地震からの知見の反映

- 1) M9級巨大地震による強震動評価のための震源モデル
 - ・ 後述 6.3.4 「特定震源モデルのパラメータの設定手順」で記述
- 2) M9級巨大地震による余震の取扱い 【附属書AC (参考) 参照】
 - ・ 後述 6.6.5 「M9級巨大地震の余震の地震動ハザード評価」で記述
- 3) M9級巨大地震による誘発地震の取扱い 【附属書AE (参考) 参照】
 - ・ 後述 6.3.4.4 「特定震源モデルの設定における留意事項」で記述
- 4) 地殻変動
 - ・ 後述 6.9.3 「地殻変動のハザード評価」で記述
- 5) 震源モデルと波源モデルの整合性
 - ・ 震源モデルと波源モデルにおける破壊領域、連動、破壊開始位置の取扱い等のパラメータの整合性を考慮する

6.2.4 地震動ハザード評価の妥当性確認

- ・現状では、観測期間は長くても30年から40年程度である。
- ・そのため、評価結果の妥当性確認の仕方としては、**時間軸を過去に遡って評価した地震動ハザードを、対応する期間内に実際に発生した地震による地震動と対比して確認する手法を用いる等、確認方法に留意する。**
- ・**確認例と問題点も挙げられているので参考とする。【附属書AH（参考）参照】**

a) 地震動ハザード評価の妥当性の評価【附属書AH（参考）参照】

- ・石川・他（2011）：**時間軸原点を過去に遡って作成した確率論的地震動予測地図と、対応する期間内に実際に発生した地震による揺れとを対比し、以下の結果を示した。**
- 1) 全国の地震動ハザードの総量（論文では、震度6弱以上に見舞われた面積割合）は、予測と実績で概ね整合
 - 2) 沈み込むプレートでの地震（固有地震、震源不特定併せて）の影響が支配的な地域では、事前の超過確率が高い地点ほど震度6弱以上を経験した割合が多く、確率論手法の有用性を支持
 - 3) 陸側プレートの地殻内地震（活断層、震源不特定併せて）の影響が支配的な地域は、そもそも事前の超過確率が低い地点が多く、震度6弱以上を受ける具体的な地域を事前の超過確率の高低から予測することは困難

6.3 震源モデルの設定

6.3.1 一般事項 次の項目について、手順に従い実施する。

- ① 震源モデルで対象とする領域の設定 (6.3.2に記述)
- ② 対象地震の分類と震源モデルの設定 (6.3.3に記述)
- ③ 特定震源モデルのパラメータの設定 (6.3.4に記述)
- ④ 領域震源モデルのパラメータの設定 (6.3.5に記述)

6.3.4 特定震源モデルのパラメータの設定

6.3.4.3 特定震源モデルのパラメータの設定手順

1.1) 巨大地震の発生領域：

- ・ 既往最大に囚われず、物理現象や物理探査等に基づき科学的想像力を働かせる。
- ・ 地震本部の知見等を参考とし、日本列島のプレート構造や形状等を考慮して、単独で発生する震源域と、連動して発生する震源域の範囲を設定する。

1.2) 巨大地震の地震規模

- ・ 断層面積及び平均応力降下量に基づき地震モーメントを設定する。
- ・ 東北地震の平均応力降下量は3MP程度であり、M8クラス以下の地震とほぼ同程度であったことに留意する。

6.3.4.4 特定震源モデルの設定における留意事項

- ・ 対象サイト周辺の誘発地震は、サイト周辺の領域震源の活動度を高く設定することや、サイト周辺の活断層（特定震源）がクーロン破壊応力等で動き易くなると想定される場合には、発生確率を高め設定する等により対応する。

6.3.5 領域震源モデルのパラメータの設定

b) 地震PRA実施基準(2007年版)策定後の地震関連情報

1) ひずみ集中帯に関する知見

- ・ ひずみ集中帯に対しては、GPSによる地表変位の分布からその領域を示した文献や、領域震源モデルとして地震動ハザード評価に取り込んだ例が示されているので、参考としても良い。

2) M9級巨大地震による余震

- ・ 東北地震に伴う余震の規模は、過去の歴史地震の記録や観測記録にもない。
- ・ そこで、**後述6.6.5**に示すが、このような余震の炉心損傷頻度への影響を見るため、独立に地震動ハザードを評価する。

3) M9級巨大地震による誘発地震

- ・ 対象サイト周辺の領域震源で、M9級巨大地震の誘発地震活動として活動度が高まると想定される場合には、活動度を高めに設定することが望ましい。

4) 対象サイト極近傍の地震動の断層モデルによる評価

- ・ 対象サイト極近傍の領域震源モデルに対して、震源モデルによる**短周期地震動****長周期地震動及び永久変位を説明**できていることを確認する。

6.4 地震動伝播モデルの設定

6.4.1 一般事項 次の項目について、手順に従い実施する。

- ① サイト周辺及びサイト内号機周辺の地震動伝播特性の把握 (6.4.2に記述)
- ② 地震動伝播モデルの選択 (6.4.3に記述)
- ③ 距離減衰式を用いる方法におけるパラメータの設定 (6.4.4に記述)
- ④ **断層モデルを用いる方法におけるパラメータの設定** (6.4.5に記述)
- ⑤ 地震動伝播モデルにおいてロジックツリーの分岐として考慮する項目の設定 (6.4.6に記述)

6.4.5 断層モデルを用いる方法におけるパラメータの設定

c) サイト極近傍震源の地震動評価への適用

- 1) 評価地点近傍に存在する強震動生成領域における応力降下量などの特性に係る最新の科学的・技術的知見を踏まえる。
- 2) 特に、生成強度に関するパラメータ、**強震動生成領域内の破壊開始時間のずれ、破壊進行パターン**の設定等、**破壊シナリオの不確かさを考慮**する。
- 3) 地表に変位を伴う**断層全体**（地表地震断層から震源断層までの断層全体）を考慮した上で、震源モデルの形状及び位置の妥当性、敷地及び評価サイトとの位置関係、並びに震源特性パラメータの設定の妥当性について詳細に検討する。
- 4) **地下構造モデサイト近傍の3次元深部ル**を用いて評価する。

6.5 ロジックツリーの作成

6.5.1 一般事項 次の項目について、手順に従い実施する。

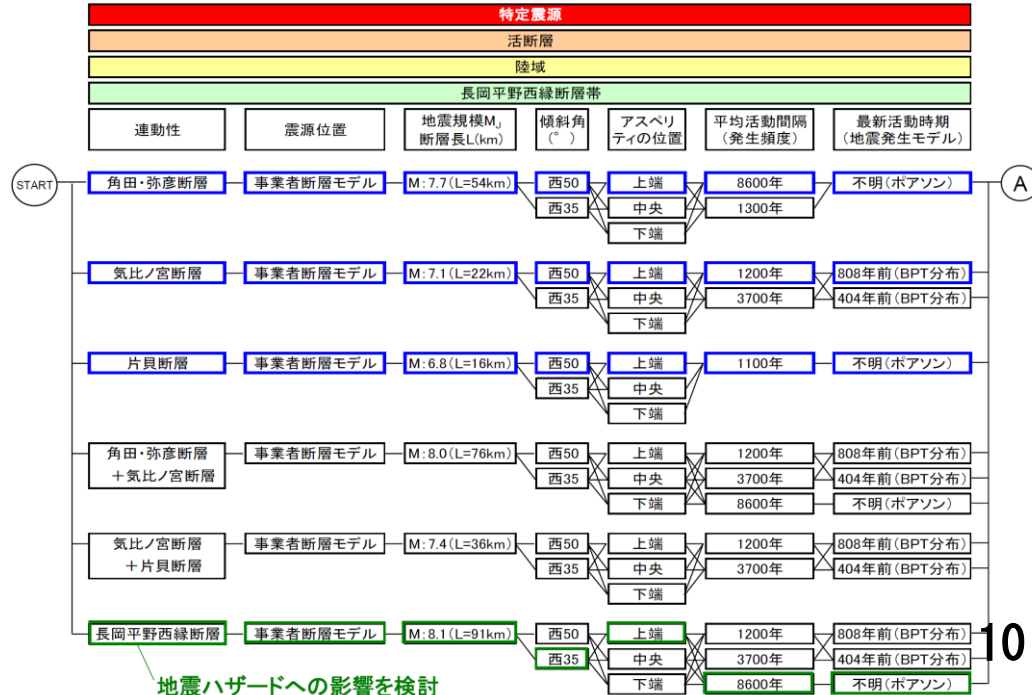
- ① ロジックツリーで考慮すべき不確実さ要因の選定 (6.5.2に記述)
- ② 専門家活用水準の設定 (6.5.3に記述)
- ③ 専門家活用水準ごとのロジックツリー作成手順 (6.5.4に記述)
- ④ TI, TFI, 専門家の選定基準 (6.5.5に記述)
- ⑤ TI, TFI, 専門家の責任の範囲 (6.5.6に記述)

6.5.4 専門家活用水準毎のロジックツリー作成手順

■ 専門家活用水準 2 でのロジックツリー作成手順の実運用例 (柏崎刈羽NPP 基準地震動審査)

■ 特定震源(1)

[長岡平野西縁断層帯]



6.5.6 ロジックツリー作成におけるTI, TFI, 専門家の責任の範囲

- ・ ロジックツリー作成におけるTI, TFI, 専門家は、提案した技術的内容については責任を負うが、
- ・ その結果作成された地震動ハザード評価結果及びその結果に基づく原子力発電所の安全性、並びにリスク評価結果の活用に関する責任は負わせないものとする。

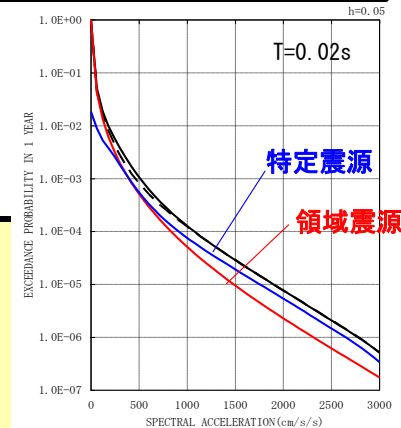
6.6 地震動ハザードの評価

6.6.1 一般事項 次の項目について、手順に従い実施する。

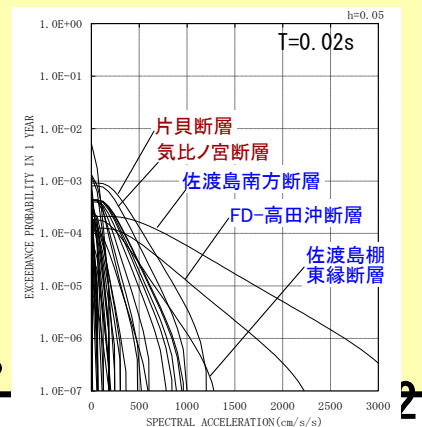
- ① 地震動ハザードの概略評価及び内訳表示とスクリーニング (6.6.2)
- ② 炉心損傷頻度評価のための地震動ハザード評価 (6.6.3)
- ③ フラジリティ評価用地震動作成のための地震動ハザード評価 (6.6.4)
- ④ M9級巨大地震の余震の地震動ハザード評価 (6.6.5)

6.6.5 地震動ハザードの概略評価及び内訳表示とスクリーニング

- 地震動ハザード評価に当っては、震源モデルの設定に多くの時間をかけることを避け、効率よくハザード評価を行うことに留意する。
- ・まず、概略のハザード評価を行い、ハザードを特定及び領域の震源に大別した上で、更に、それぞれに含まれる震源の内訳を明示する。
- ・次いで、これらの内訳から全震源のハザードに寄与する震源としない震源に大別し、スクリーニングを行う。
- ・そして、ハザードに寄与する震源を対象として、震源モデル及び地震動伝播モデルの設定を詳細化する。
- ・また、理学的観点から震源モデルの設定を検討している段階において、工学的観点から地震動ハザードの概略を明示し、ハザードに寄与する震源について、理学の知見を積極的に活用する。



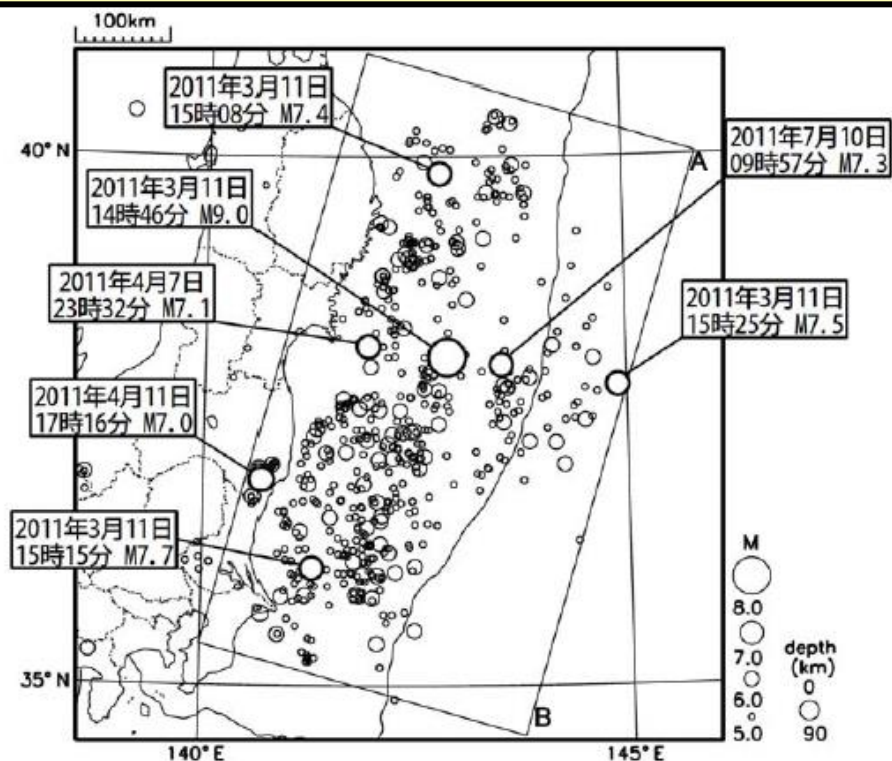
■ 各特定震源の地震ハザード



6.6.5 M9級巨大地震の余震の地震動ハザード評価

c) M9級巨大地震の余震の地震動ハザードの取り扱いの留意事項

- ・ 2007年実施基準では、M8.6程度以下の本震による余震のCDFへの影響は小さいとして、地震動ハザード評価では余震を取り除いていた。
- ・ 東北地震では、M7.7の最大余震が観測された。
- ・ M9級巨大地震による余震地震動ハザードを評価し、CDFへの影響を定量評価する
- ・ 上記余震地震動ハザード評価は、本震の地震動ハザード評価と独立に評価する



6.7 フラジリティ評価用地震動の作成

6.7.1 一般事項 次の項目について、手順に従い実施する。

- ① 地震動強さの設定 (6.7.2に記述)
- ② 地震動作成手法の選択 (6.7.3に記述)
- ③ 目標スペクトルの設定 (6.7.4に記述)
- ④ 時刻歴波形の作成 (6.7.5に記述)
- ⑤ 免震型原子力発電施設を対象とする場合の留意事 (6.7.6に記述)

6.7.6 免震型構造物，排気筒等を対象とする場合の留意事項

1) 機器免震

- ・ 機器免震としては、水平，上下，両用免震が想定される。
- ・ 上下免震は、設定周期が約1秒前後と周期設定の範囲が限られている。
- ・ 約1秒以下では加速度低減効果が少なく，それ以上では自重支持が維持できない。
- ・ 上下動免震においては，入力動の周期特性の免震効果への影響が特に大きい。

2) 排気筒

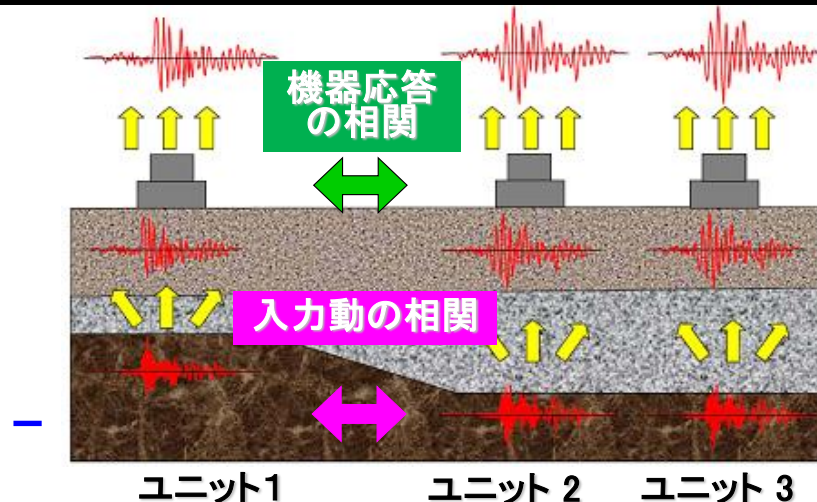
- ・ 排気筒は、やや長周期地震動の影響構造を受けやすい物であるが、
- ・ 制振ダンパー等を設置し，応答を低減させている場合も多い。

3) スロッシング

- ・ スロッシングは長周期地震動により発生し易い。
- ・ 長周期のスロッシングが発生しないよう間仕切りを設ける等が行われる。

6.8 複数プラントにおけるハザード評価の留意事項

- 全ての対象建物・構築物に対して同一の距離減衰式を適用する場合、**観測記録から対象建物・構築物地点の地震動が同程度であることを確認する。**
- 観測記録が不十分等の理由から確認できない場合や地点により揺れが異なる場合は、**認識論的不確実さとして考慮する。**
- 観測記録により対象建物・構築物地点の地震動に明確な違いが認められる場合には、**違いが認められる地点ごとに異なる距離減衰式を適用してもよい。**
- fragility 評価で複数の対象建物・構築物を評価する場合は、**観測記録から地震に対する揺れの相関性を確認することが望ましい。**
- 地震動強度の相関は、震源特性、伝播特性、サイト特性のそれぞれにおける不確実性の分離、地点間の距離による相関の定量化など適切に評価する。



6.9 断層変位及び地殻変動のハザード評価

6.9.1 一般事項 次の項目について、手順に従い実施する。

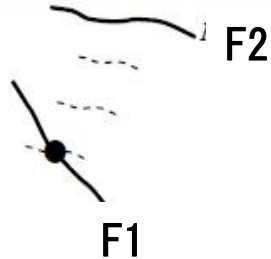
- ① 断層変位ハザードの評価 (6.9.2に記述)
- ② 地殻変動ハザードの評価 (6.9.3に記述)

6.9.2 断層変位ハザードの評価

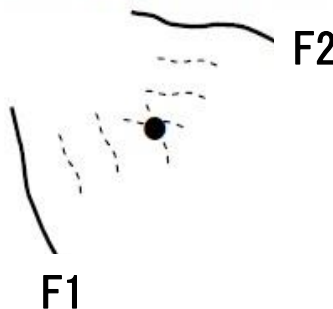
b) 評価手順

- 1) 断層変位の年超過頻度は、図6.20に示すように地表面での主断層及び副断層の2種類の断層による断層変位の頻度の和として評価する。
- 2) 主断層による断層変位の年超過頻度の評価
- 3) 副断層による断層変位の年超過頻度の評価

主断層が評価点を通る場合

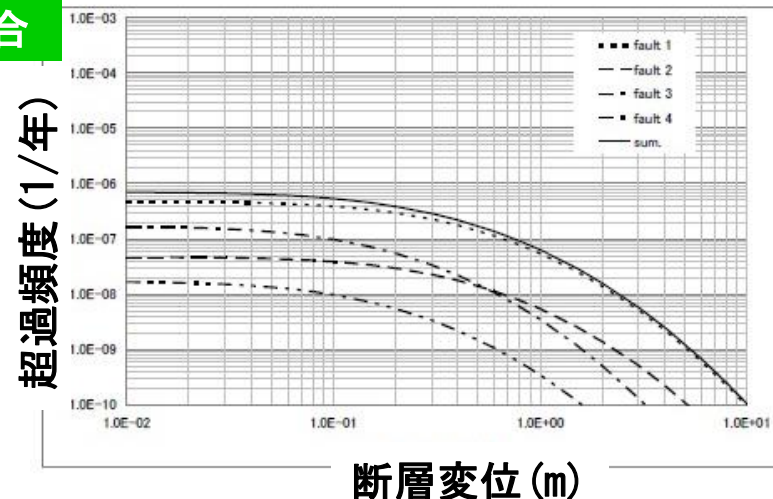


主断層が評価点を通る場合



● : 評価点
F1, F2: 活断層

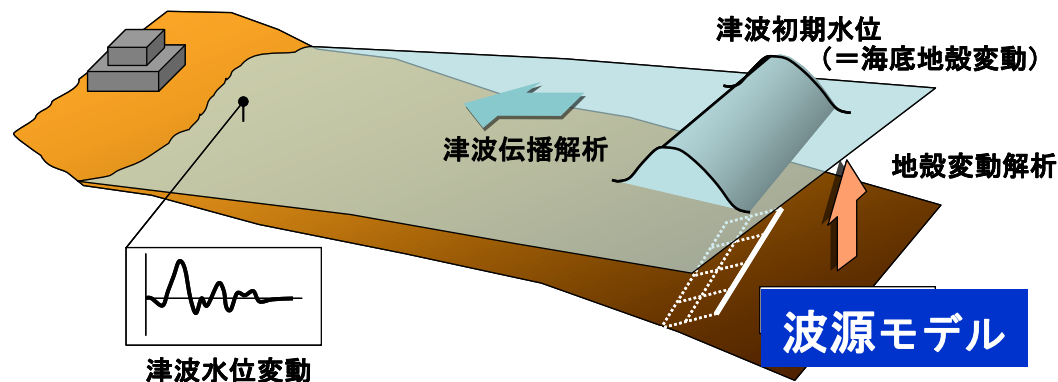
—— : 活断層の活動による主断層
----- : 同 副断層



6.9.3 地殻変動のハザード評価

a) 基本方針

- 1) 地殻変動のハザードの評価方法は、現状で提案されていない。
- 2) 個々の地震動・津波モデルに対して隆起・沈降，傾斜等を評価することが望ましい。
- 3) 地殻変動のハザード評価は，基本として，津波ハザード評価の波源モデルを参照として評価する。
 - 3.1) 海域の震源断層による海底地形面の隆起・沈降に伴う海面の変形が、初期水位分布となるから，断層モデルの設定が望ましい。
 - 3.2) 巨大地震による地震動評価と津波評価においては，広域な震源の地殻変動や断層変位は整合性を確保することが望ましい。
 - 3.3) その全貌を捉えるためには，地殻変動量等が直接的に影響する津波の情報を活用することが望ましい。



6.10 複合ハザード評価及び地震随件事象PRAに用いる地震動ハザード

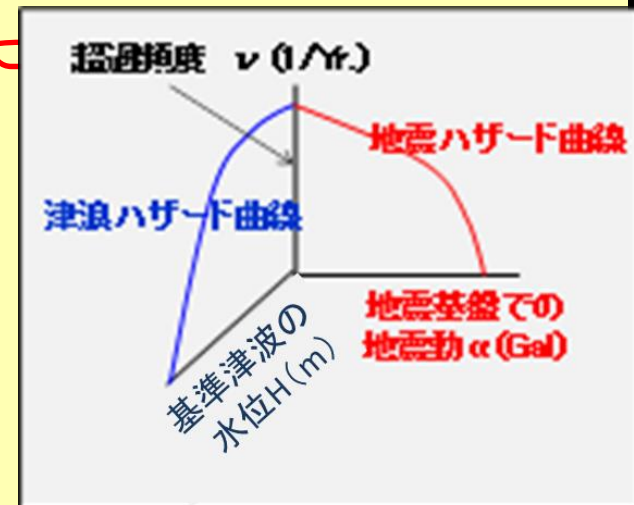
6.10.1 一般事項 複合ハザード評価及び地震随件事象PRAで用いる地震動ハザードについては、次の項目について、手順に従い実施する。

- ① 地震起因の津波ハザードとの重畳評価 (6.10.2)
- ② 地震随件事象PRAでフラジリティ評価に用いる地震動ハザード (6.10.3)

6.10.2 地震起因の津波ハザードとの重畳評価

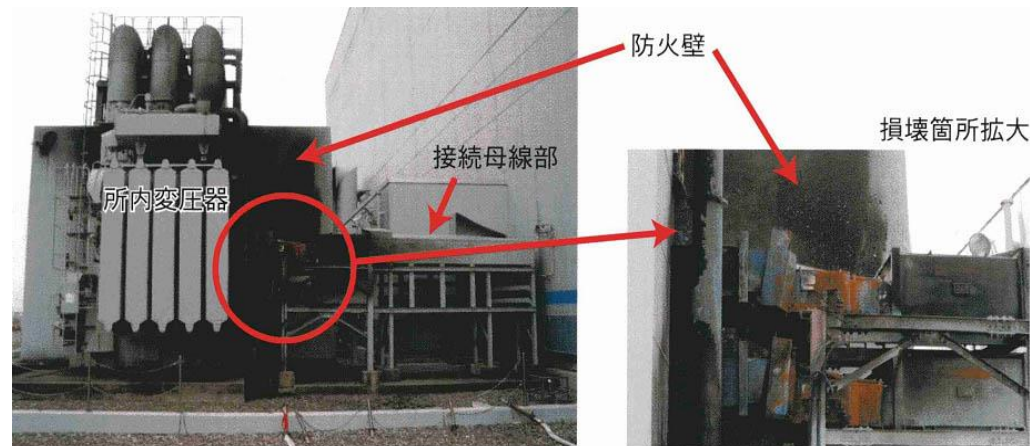
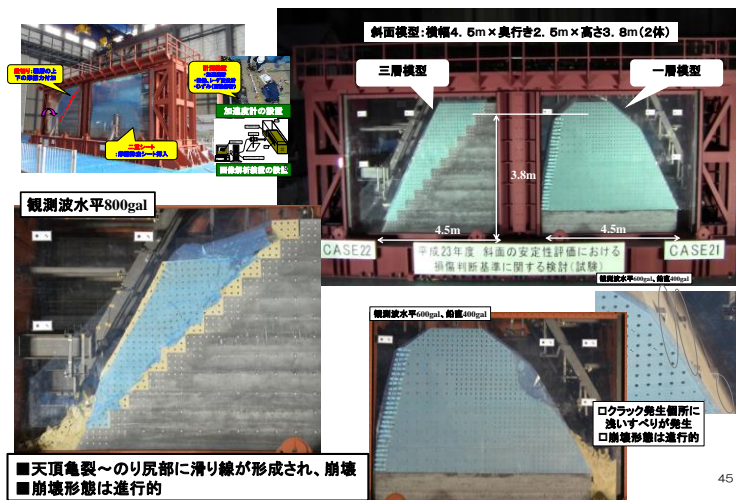
b) 地震と津波ハザードとの重畳評価の手順

- 1) 地震動ハザードは、解放基盤での地震動の大きさとその超過頻度の関係（図6.22）。
- 2) 津波ハザードは、海岸地形の影響を受けない地点での津波水位とその超過頻度との関係（図6.22）。
- 3) 両ハザードを評価する地震は全て共通とし、地震毎に地震動と津波高さの中央値とばらつきを評価する。
- 4) 地震動と津波のばらつきに相関がないと仮定すれば、地震毎に特定の地震動の大きさが生じる場合の津波高さの分布が得られる。
- 5) 全頻度を考慮して地震に対して足し合わせれば、全体として特定の地震動の大きさが生じる場合の津波高さの分布が得られる。



6.10.3 地震随件事象PRAに用いるフラジリティ評価用地震動ハザード

- a) 地震起因の周辺斜面崩壊による建屋・構造物・機器のフラジリティ評価用地震動ハザード
- ・サイト周辺斜面は地震動によって崩壊し、屋外構造物・機器や建屋の損傷に影響を及ぼす。これらのフラジリティ評価では、6.6での地震動ハザードを用いる。
- b) 地震起因の火災源のフラジリティ評価用地震動ハザード
- ・建屋内外の構造物・機器（電気機器、変圧器内絶縁油、ケーブル等）は、地震動下において火災源となる。火災源の発火確率は、地震動で損傷する確率と、損傷した場合に発火するかどうかの条件付き確率を求め、両者を掛け合わせて求める。地震動による火災源のフラジリティ評価では、上記a)と同様とする。
- c) 地震起因の内部溢水による構造物・機器のフラジリティ評価用地震動ハザード
- ・地震起因の内部溢水源のフラジリティ評価では、地震動ハザードの加速度・速度レベル毎に対応して評価されるので、上記a)と同様とする。



2014年3月27日 於 東京都市大学

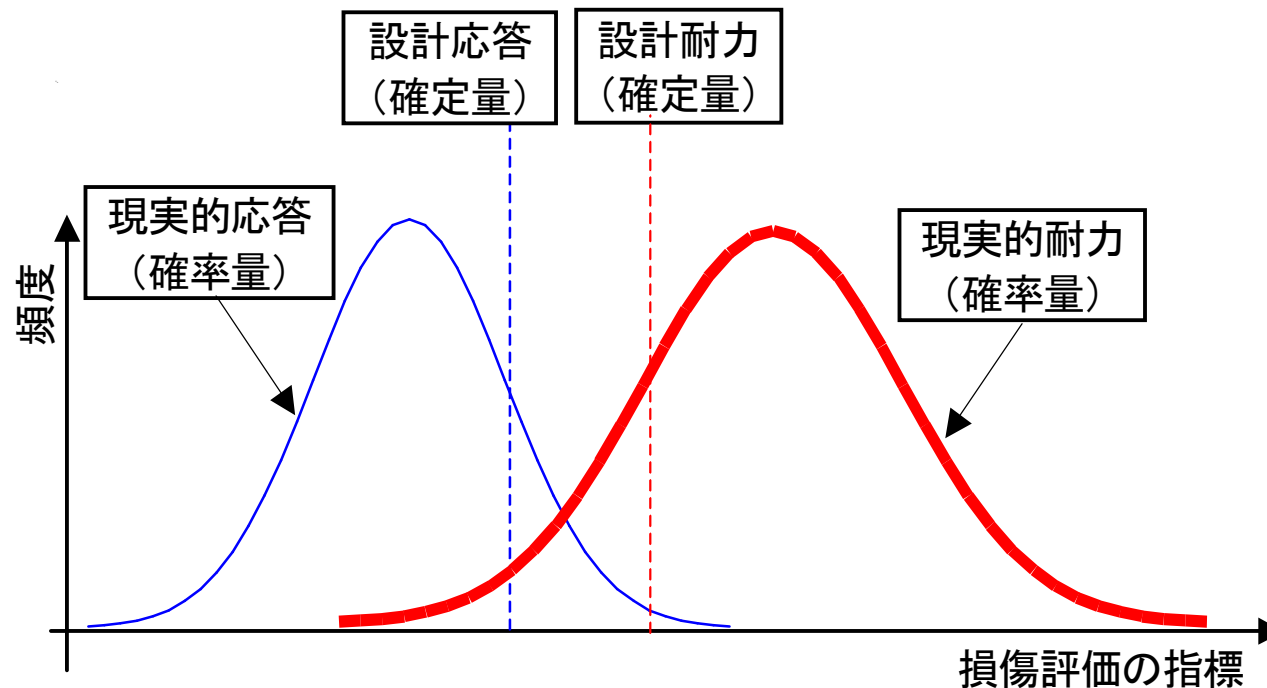
地震 PRA 実施基準の改訂について 機器・建屋フラジリティ評価

標準委員会セッション リスク専門部会
フラジリティ作業会主査

大阪大学 山口 彰

フラジリティ評価とは

- 発電用原子炉施設において地震リスクの観点で影響を及ぼしうるものとして選定された機器、建物・構築物等を対象とする
- 地震時の現実的な応答と現実的な耐力を評価する
- 両者の関係をもとに任意の地震動強さに対する機器、建物・構築物等の条件付損傷確率を算定する

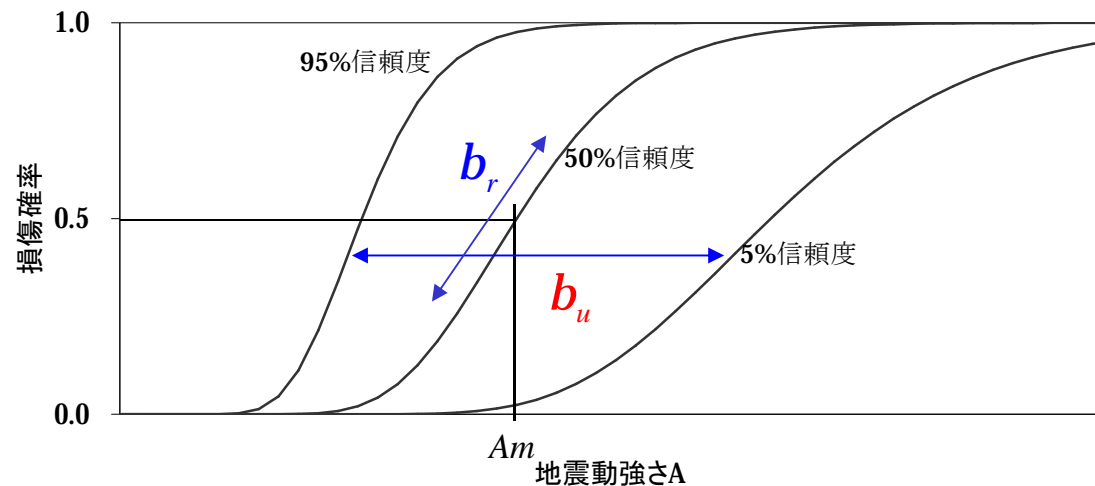


fragility parameters (evaluation items)

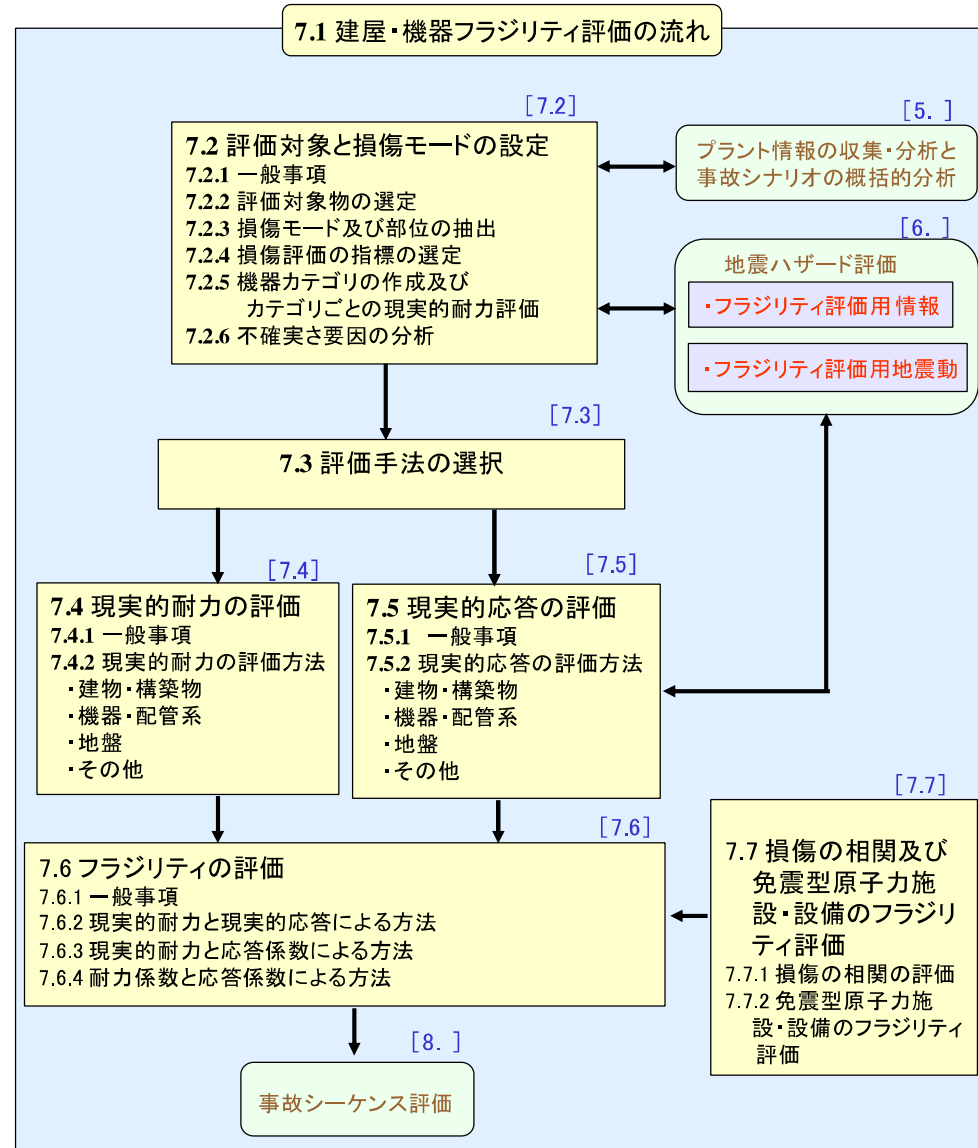
- 3 parameters

- A_m : fragility mean value
- β_u : epistemic uncertainty
- β_r : aleatory uncertainty

$$F(A) = \Phi\left(\frac{\ln(A / A_m) + b_u \cdot \Phi^{-1}(p)}{b_r}\right)$$

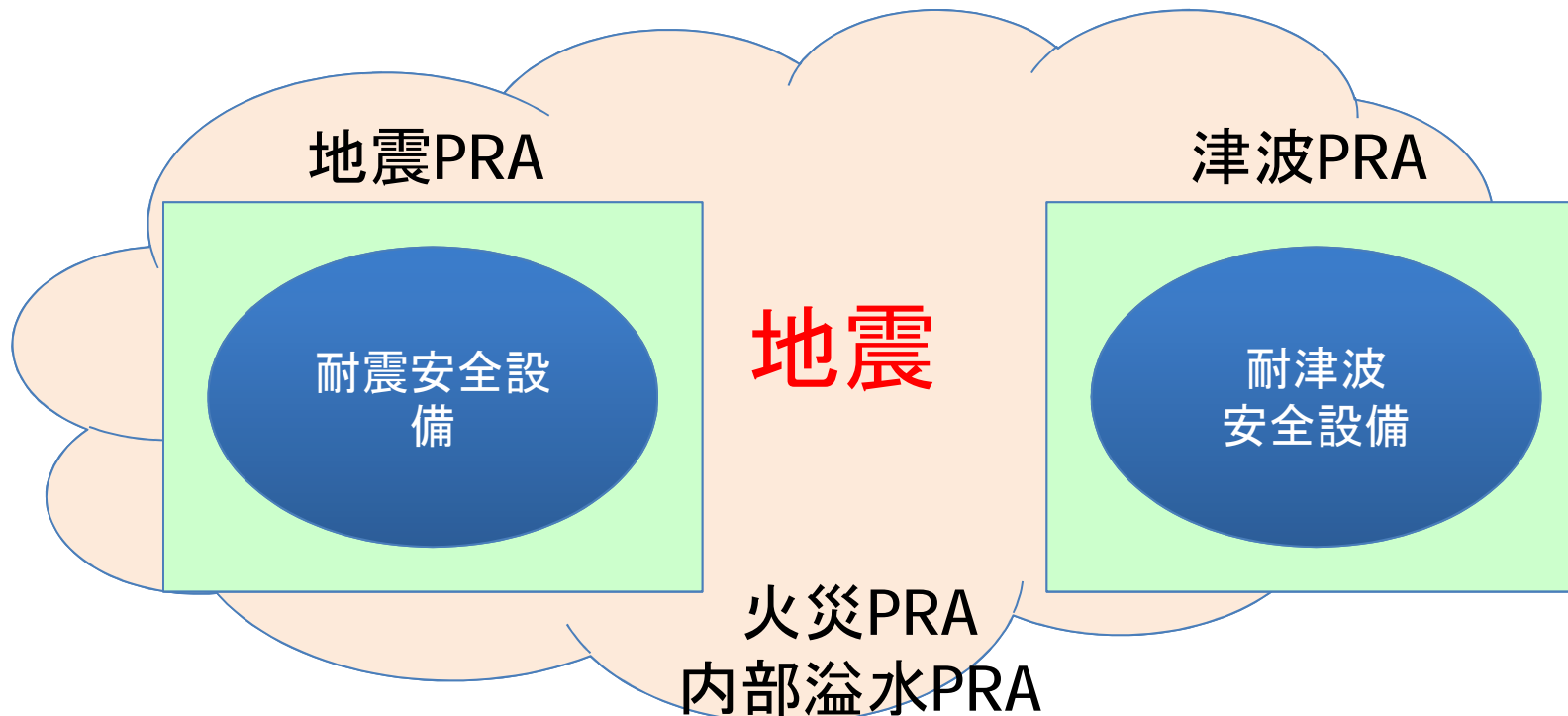


fragility evaluation flow



建屋・機器フラジリティ評価の改訂のポイント

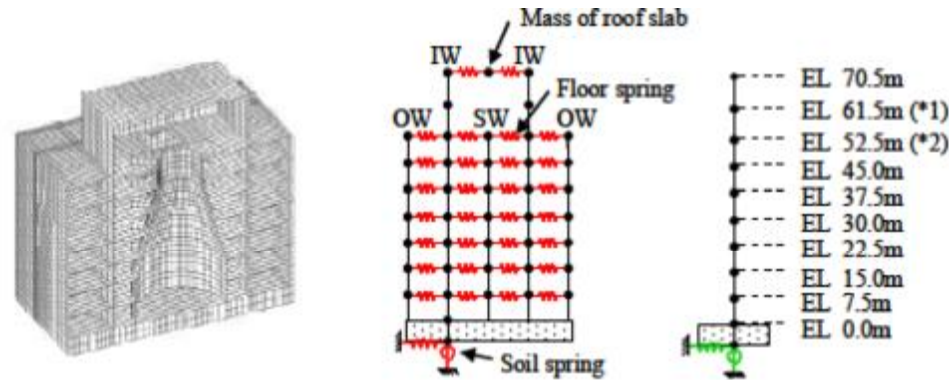
- 地震起因の他のリスク評価(津波等)に関連する要求事項を明確化
 - 7.5.1現実的応答評価における基本事項において『さらに、6.7で記載される本震経験後の津波による現実的応答評価に資するために、本震による構造的損傷後の影響を必要に応じて評価する。』と要求事項として明確化



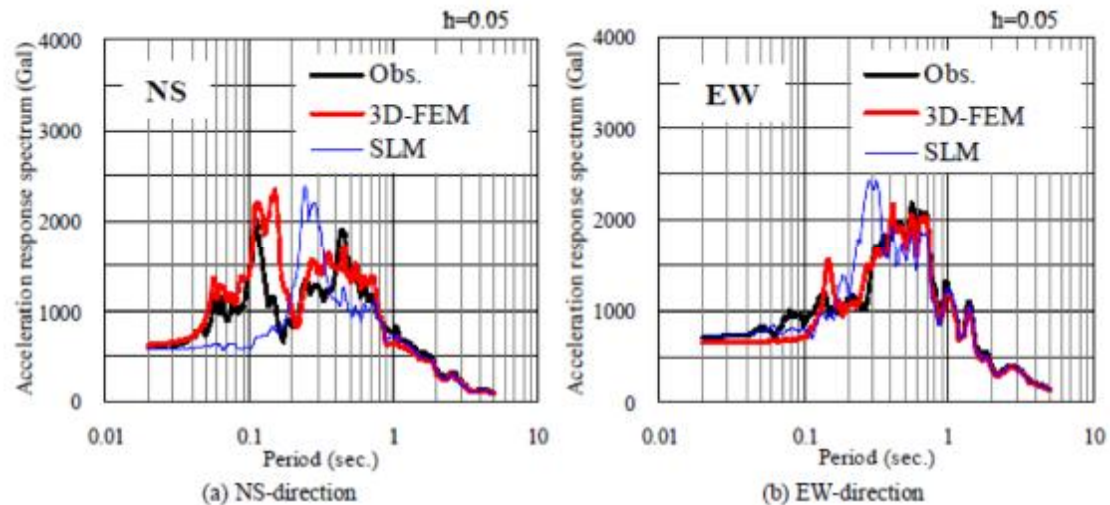
建屋・機器フラジリティ評価の改訂のポイント

- 2007年以降に得られた基準地震動を超える地震動による被害及びシミュレーション解析等を踏まえた新たな知見を追加
 - 『応答解析に基づく方法及び応答係数に基づく方法による現実的応答の評価において、地震応答解析に用いる解析モデルは、地震観測記録のシミュレーション解析など及び使用実績に基づき、建物・構築物の三次元応答及びそれが安全上重要な機器・配管系に及ぼす影響に留意し、損傷限界までの現実的応答の評価に適したものとする。三次元応答による影響として、床の変形、ねじれ及びロッキングなどに配慮する。』として新知見を要求事項として明確化

附属書BY 建物・構築物の現実的 応答評価にかかる参考資料



(a) 3D-FEM model (Case-A) (b) MLM (Case-B) (c) SLM (Case-C)
(*1) Ceiling crane level (*2) Operating floor level



福島事故等の知見

- 福島事故等の知見を踏まえて、シビアアクシデント対策設備及びそれらの搬入路、使用済燃料プール、免震重要棟、のフラジリティ評価を要求事項として明確化。
 - 7.2 評価対象と損傷モードの設定～7.5 現実的応答の評価に至って、「使用済燃料プール」「シビアアクシデント対策設備」に関する記載を追記。

中越沖地震以降の地震経験の考慮

- 社団法人 日本機械学会 動力エネルギーシステム部門 中越沖地震の柏崎刈羽原子力発電所への影響評価研究分科会, “平成19年度, 平成20年度 中越沖地震の柏崎刈羽原子力発電所への影響評価研究分科会 活動報告書”, 2008.6
- 一般社団法人 日本原子力技術協会 中越沖地震後の原子炉機器の健全性評価委員会, “中越沖地震後の原子炉機器の健全性評価 平成22～23年度報告”, 2012.3
- 東京電力株式会社, “柏崎刈羽原子力発電所3号機所内変圧器3Bの火災について(中間報告)”, 東京電力プレスリリース, 2008.8
- 藤田, 中村, 古屋他, “日本機械学会による機械設備などの地震被害調査活動”, 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2012, 2012.8
- 藤田, 皆川, 中村, “東日本大震災における工場の被害”, 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2012, 2012.8
- 藤田, 下秋, 宮田, “東日本大震災における昇降機の被害と提言”, 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2012, 2012.8
- 渡邊, 小林, 河田, 原田, “東日本大震災におけるクレーン設備の被害状況”, 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2012, 2012.8
- 藤田, 皆川, “東日本大震災における半導体製造工場の被害と復旧”, 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2012, 2012.8
- 船橋, 田村, 原田他, “東日本大震災における火力発電施設の被害と復旧”, 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2012, 2012.8
- 原子力安全・保安院, “原子力発電所の外部電源にかかる状況について”, 東京電力株式会社 福島第一原子力発電所事故の技術的知見に関する意見聴取会(第1回)－配付資料, 2011.10

シビアアクシデントマネジメント対処設備

- “関西電力大飯3号機ストレステスト、保安院,(独)原子力安全基盤機構から事業者への質問事項に対する事業者からの回答資料”,平成24年1月17日(その1)
- “東北電力東通1号機ストレステスト、保安院,(独)原子力安全基盤機構から事業者への質問事項に対する事業者からの回答資料”,平成24年9月13日(暫定版)

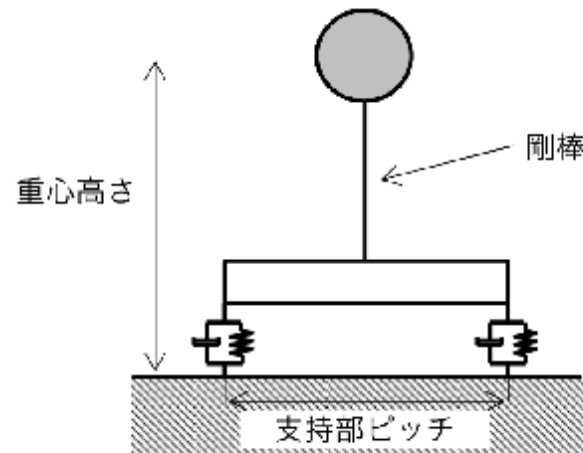


図 BL.1 解析モデル例

最新の耐力試験に関するデータの更新 36文献を引用

- (独)原子力安全基盤機構, “08耐部報-0012 平成19年度原子力施設などの耐震性評価技術に関する試験及び調査機器耐力その4(タンク)にかかる報告書”, 2008年10月
- (独)原子力安全基盤機構, “08耐部報-0017 平成19年度原子力施設などの耐震性評価技術に関する試験及び調査機器耐力その4(弁)にかかる報告書”, 2009年3月
- (独)原子力安全基盤機構, “09耐部報-0007 平成20年度原子力施設などの耐震性評価技術に関する試験及び調査地震履歴を受けた機器アンカー部の耐力試験にかかる報告書”, 2009年11月
- (独)原子力安全基盤機構, “09耐部報-0008 平成20年度原子力施設などの耐震性評価技術に関する試験及び調査動的上下動耐震試験(クレーン類)にかかる報告書”, 2009年12月
- (独)原子力安全基盤機構, “10耐部報-0002 平成20~21年度原子力施設などの耐震性評価技術に関する試験及び調査耐震機能限界試験(ファン)にかかる報告書”, 2011年3月
- (独)原子力安全基盤機構, “JNES-SS-1102 平成22年度耐震機能限界試験(非常用ディーゼル発電機)ガバナ振動台加振試験”, 2011年7月
- (独)原子力安全基盤機構, “11耐部報-0005 平成21~22年度耐震機能限界試験(スナバ)にかかる報告書”, 2011年3月
- (独)原子力安全基盤機構, “耐震性の実証及び耐震限界の把握ー大型振動台などによる耐震裕度関連の試験概要ー”, 2009年12月
- (22) JNES, “Verification of Seismic Safety and Assessment of Seismic Capacity -Overview of tests relating to seismic safety margins using a large shaking table, etc.-”, December 2009

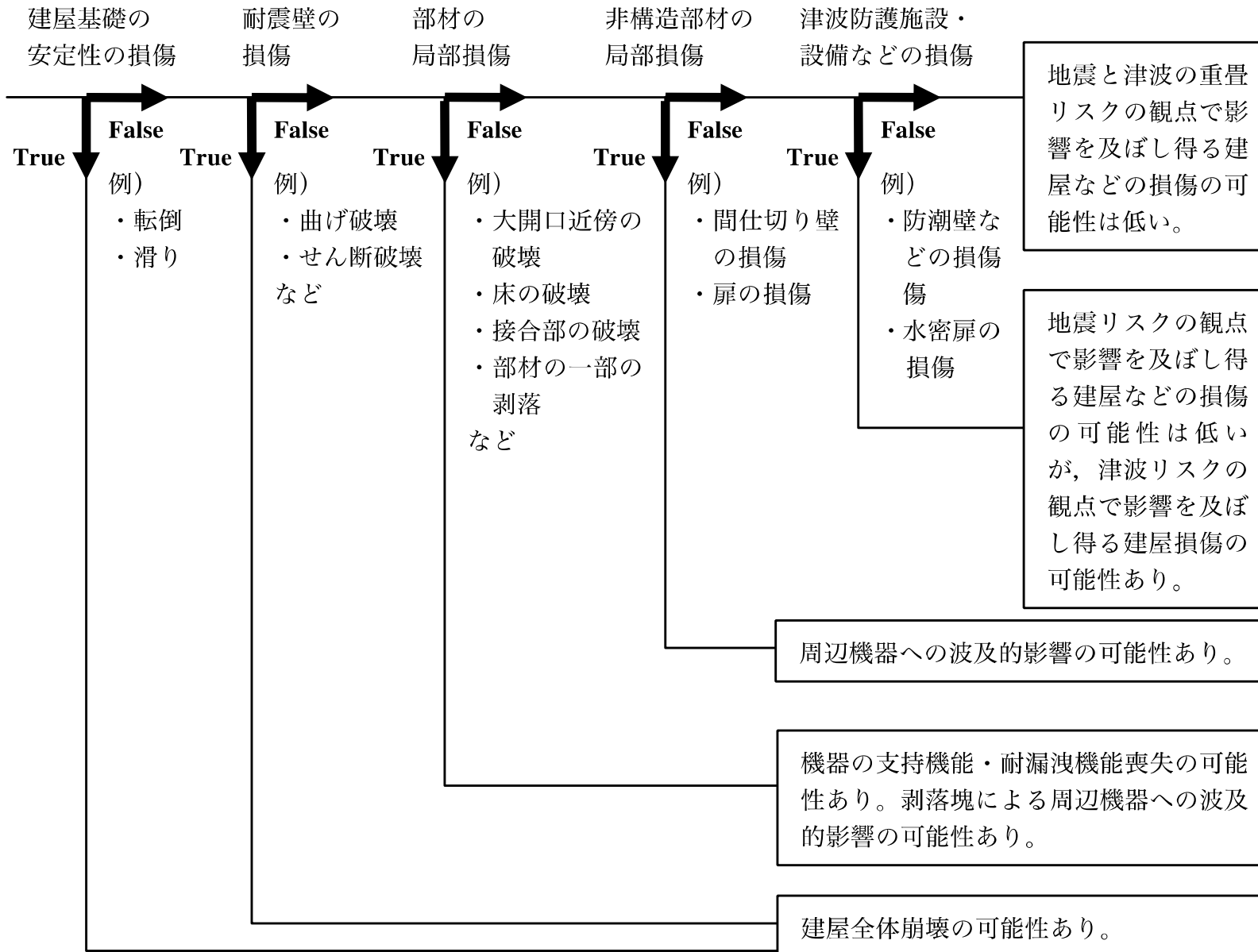
斜面や地盤に関する評価範囲を拡大

- 地震起因の斜面崩壊による建屋や施設への影響を斜面の安定性による間接評価のみならず、崩壊後の土塊の移動や構造物への衝突による衝撃力などを考慮した直接評価についても要求事項として明確化。
- 本震以外の余震、地殻変動及び断層変位に起因した地盤変状によるフラジリティ評価を要求事項として明確化。

炉心損傷直結モードの詳細化

- 建屋崩壊，格納容器崩壊，原子炉圧力容器の損傷など，炉心損傷に直結すると見なす起因事象とその他の機器・配管系の局部損傷の起因事象に区分けする場合には，炉心損傷に直結する損傷モードとそれ以外の損傷モードに区分けしてフラジリティ曲線を求める
 - 建屋の要求機能喪失に繋がる構造的損傷モードとしては，安定性にかかる損傷モード，層崩壊にかかる損傷モード，局部破壊にかかる損傷モード，間仕切り壁及び扉などの非構造部材の破壊にかかる損傷モードなどが想定され，それらの中から支配的な構造的損傷モード及び部位を選定する。

建屋などの崩壊シーケンスを構成する損傷モード



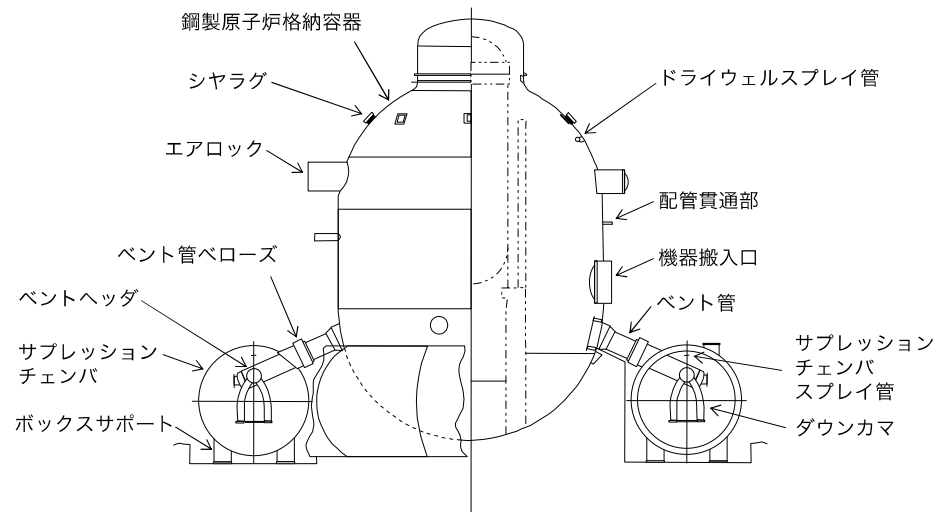
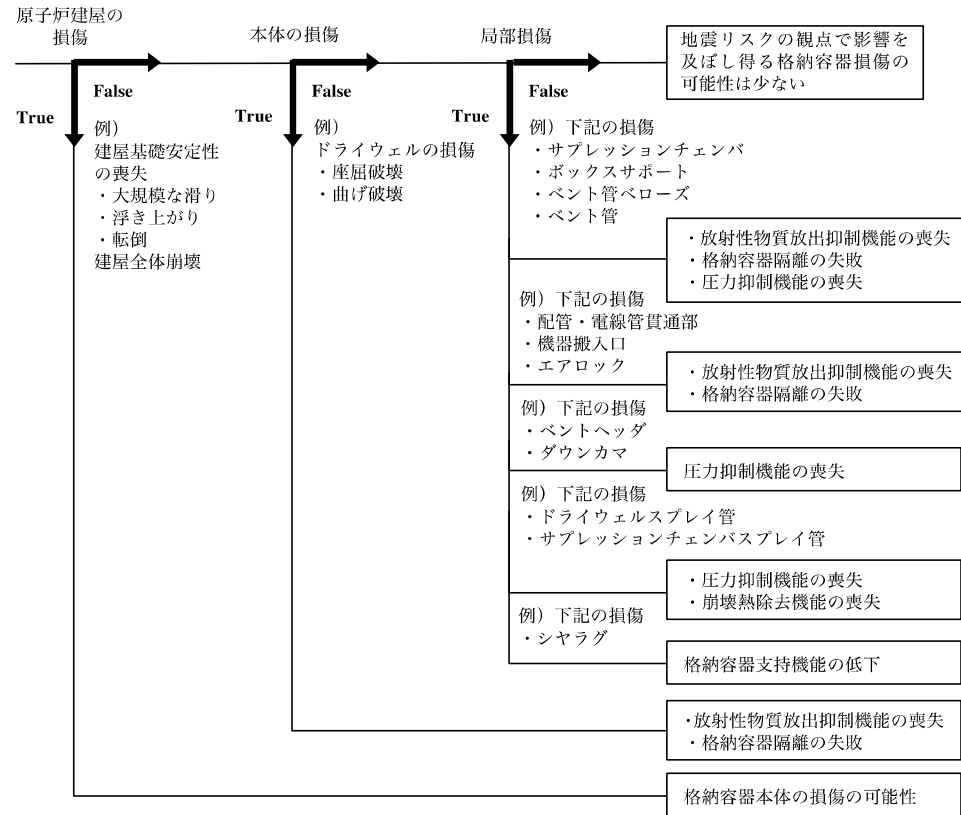
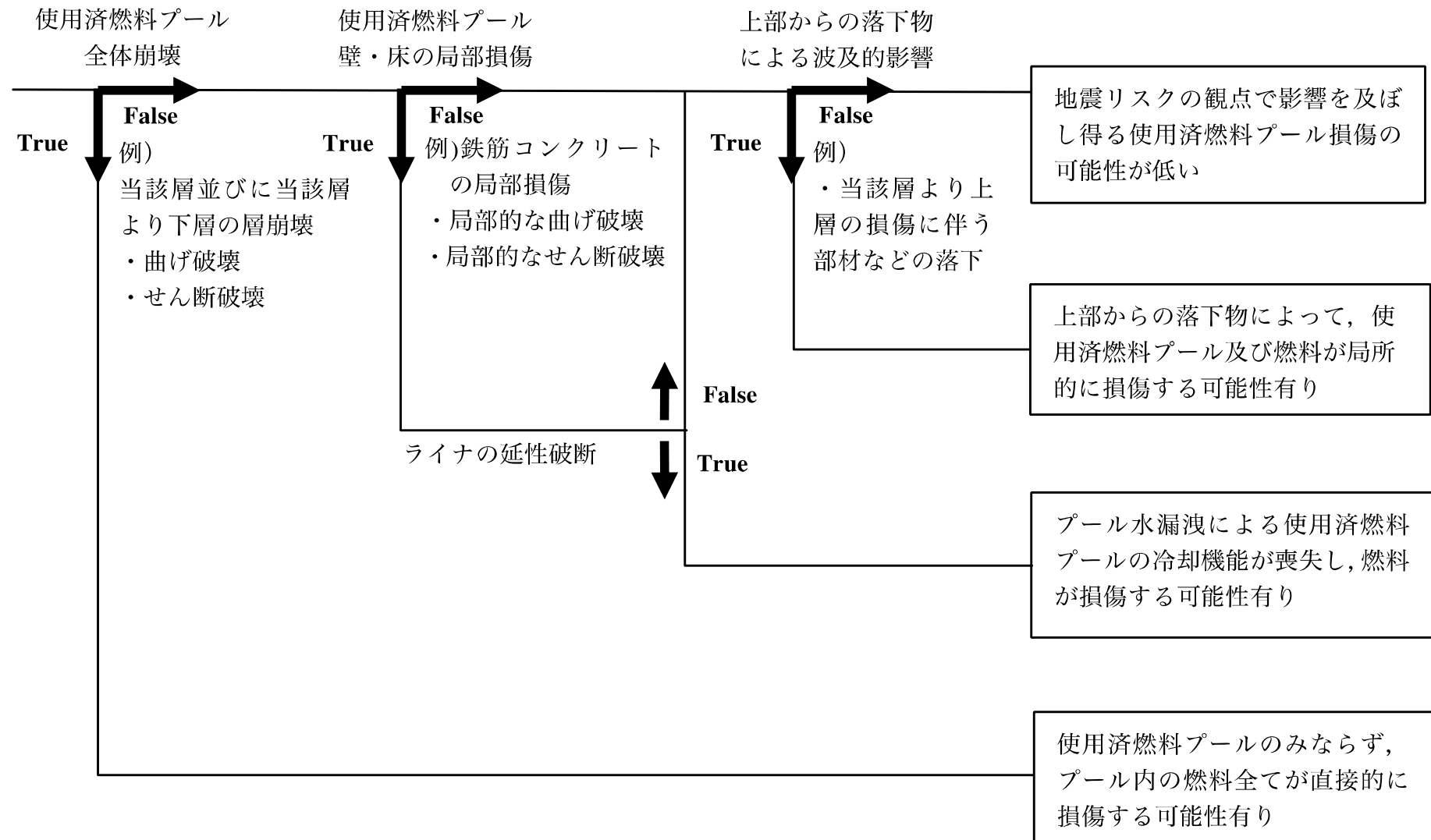


図 BK.6 BWR の鋼製原子炉格納容器の損傷モードの例



断層変位に起因する損傷事例を調査

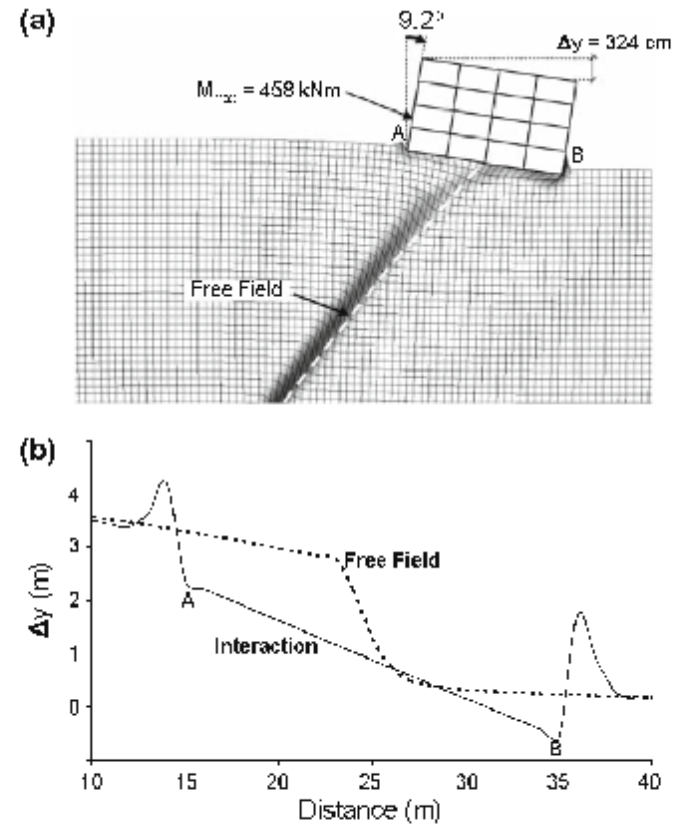
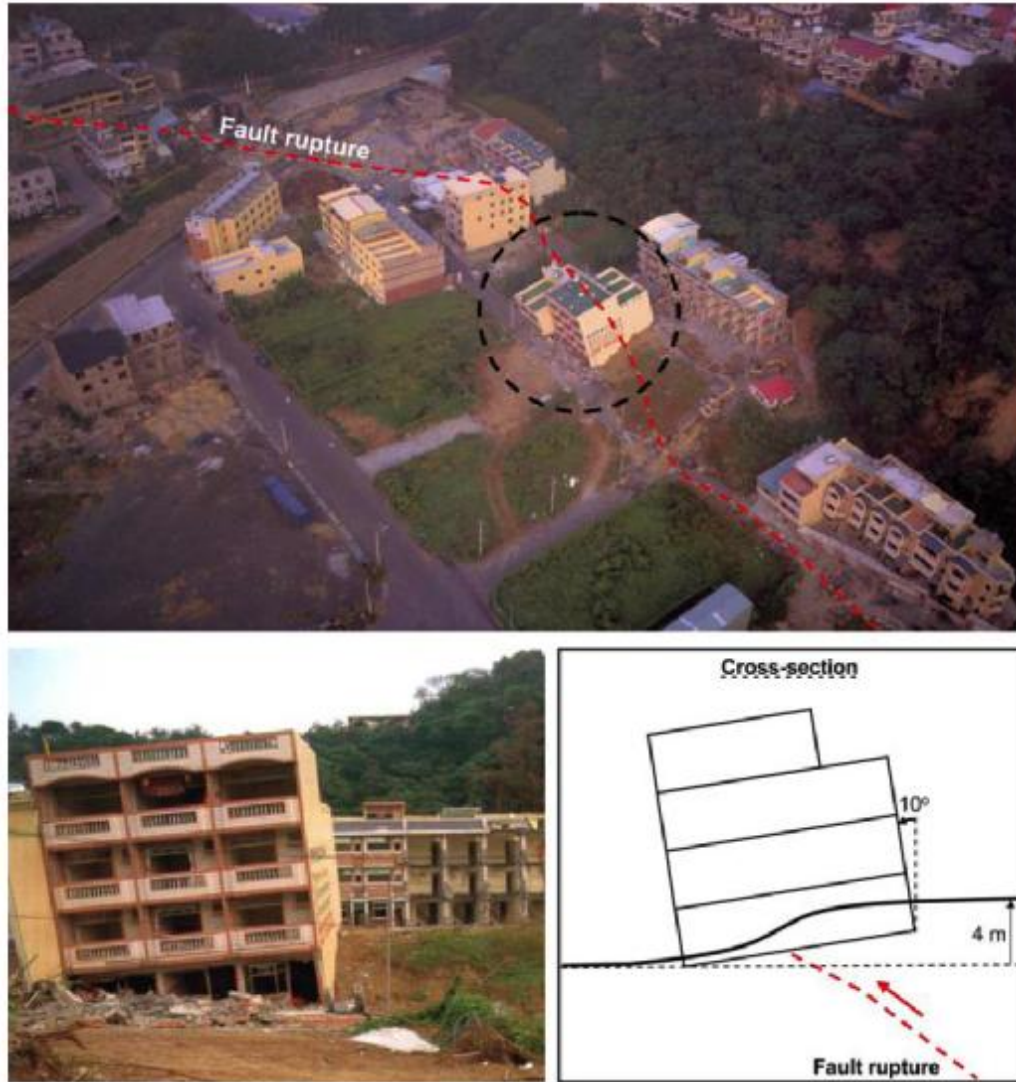


Fig. 7 Chelungpu thrust fault, Chi-Chi, Taiwan 1999 earthquake—Chung-Cheng Park, Fung-Yan City: 4-story building resting on a continuous and rigid foundation (photos adapted from Hwang 2000). The building survived 4 m of upthrust without substantial structural damage, but subjected to approximately 10° of rigid-body rotation

gpn thrust fault, Chi-Chi, Taiwan 1999 earthquake—Chung-Cheng Park, Fung-Yan City—cent analysis of the 4-story building of Fig. 6 (a) — 4 m): a Deformed mesh and plastic strain, accretion Δy at the ground surface. The structure is subjected to rigid-body rotation, without sing. Analysis results can be seen to be in qualitative agreement with field observations

まとめ

CDFのみでなく影響・結果の分析を視野に

- 起因事象間の相互作用
- シビアアクシデントマネジメント設備
- 新しい知見、経験を含め、更新
- 地震応答評価に最近の研究成果を考慮
- 特に建物等の大型機器・設備の損傷モードを詳細化
- 地盤・斜面の耐力評価を詳細化

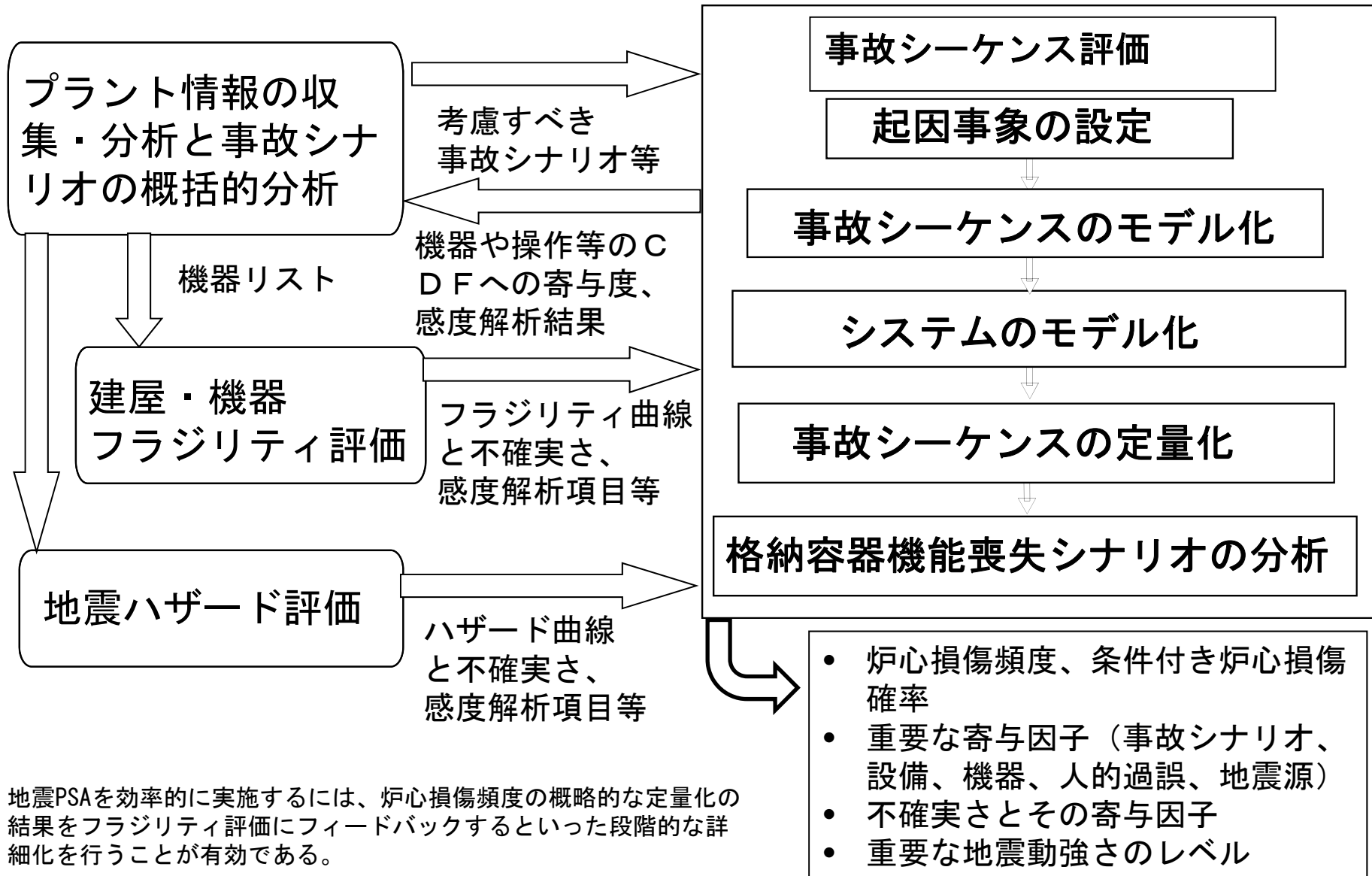
原子力学会2014年春の年会(3/26-28) 標準委員会セッション
「地震PRA実施基準の改定について」

事故シーケンス評価

地震リスク評価分科会
事故シーケンス評価作業会主査
村松 健 (東京都市大学)

平成26年3月26日 日本原子力学会
(於)東京都市大学世田谷キャンパス

地震PSAの全体の流れにおける位置



地震PSAを効率的に実施するには、炉心損傷頻度の概略的な定量化の結果をフラジリティ評価にフィードバックするといった段階的な詳細化を行うことが有効である。

事故シーケンス評価の構成要素

起因事象の設定

- 起因事象の設定
- 対応機器の設定
- 階層化

事故シーケンスのモデル化

- 安全機能の設定
- 成功基準の設定
- イベントツリーの作成

システムのモデル化

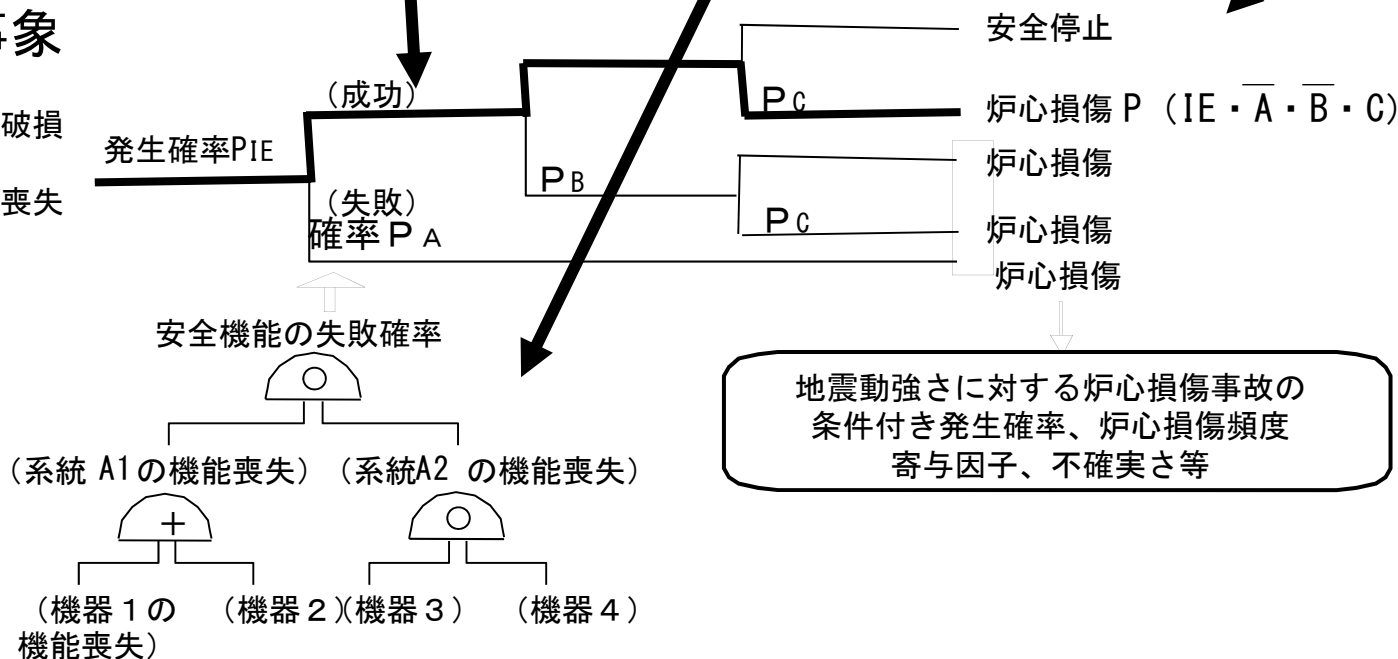
- 前提条件の設定
- 基事象のスクリーニング
- フォールトツリーの作成(ランダム故障と地震影響、人的過誤等を考慮)

事故シーケンスの定量化

- 事故シーケンス発生確率、頻度の評価
- 感度解析、不確かさ解析
- 重要度解析

起因事象

建家崩壊
圧力容器破損
LOCA
外部電源喪失
など



格納容器機能喪失シナリオの分析

- 機能喪失シナリオの分析
- 格納容器事故シーケンスの分析

改訂で重視した事項

- 福島事故の教訓、2008年版以後の手法開発進展を踏まえて重大事故対処手段の計画及び評価に有用な知見、手法をできる限り盛り込む
 - 原子力発電所での地震・津波被害の知見（ハザード、フラジリティ、事故シーケンスに共通の「参考」）
 - 使用済み燃料プールに関する評価
 - 複数基立地サイトでの事故シーケンス評価
 - 代替注水、代替電源等による事故対応の評価
 - 余震の影響、断層変位の影響など
 - 地震PRAのシナリオ分析能力の向上（複数起因事象の同時発生）
- 適用実績のある定量化手法がない課題であっても、感度解析等により影響を検討し、大きい影響を持ちうるシナリオを認識することが重要と考えて、手法を「参考」として提示した^{4p}

主な改訂事項(1)

8章事故シーケンスの全体を通じて

炉心損傷だけでなく使用済み燃料プールの燃料の損傷を考慮することを明示的に示した。

ただし、プールの耐力が大きいことなどから冷却水保持機能の信頼性が十分に高ければ事故シーケンスの詳細な定量的評価は不要とする。

8.2 起因事象の設定

- 地震動大きさによっては、単一の異常発生防止系(PS)が機能喪失して単一故障起因事象が発生する場合と、複数のPSが機能喪失して多重故障起因事象が発生する場合を附属書(参考)に記述した。
- また、地震動大きさによっては、起因事象発生と同時に複数の異常影響緩和系(MS)が機能喪失し炉心損傷につながることに留意することも記述することとした。

主な改訂事項(2)

8.3.2 安全機能の設定

- 燃料の重大な損傷(炉心損傷と燃料プールの燃料損傷)に直結する事象の扱いについては、保守的に直結事象として設定できることに加えて、最適評価などにより現実的にモデルを構築することも可能であることを規定した。
- シビアアクシデント対策の扱いについては、各事業者で整備された内容(設備、運転員操作)がモデルに反映できることを規定した。

8.3.3 成功基準の設定

- シビアアクシデント対策を考慮する場合の成功基準の例を附属書(参考)へ反映した。
- シビアアクシデント対策の利用を有効とする時間設定の考え方を規定した。

8.3.4 イベントツリーの作成及び8.4.5 フォールトツリーの作成

- シビアアクシデント対策を考慮する場合のイベントツリー及びフォールトツリーの例を附属書(参考)へ反映した。

8.5.3 事故シーケンスの条件付き発生確率の評価

- 地震による起因事象発生確率算出手法の格納容器バイパスの例として、附属書(参考)に反映した。

定量化のための「参考」情報の例(1)

CT.1 SA対策の利用を有効とする時間設定のための情報の例

(前略) SA対策の利用を有効とする時間設定に当たって、利用可能な支援策の例を次に示す。これらを適切に組み合わせて利用することによって、SA対策の利用を有効とする時間設定が可能となる。

- 地震による広範で従属的な影響を考慮して、離隔などの対応がなされた可搬式設備などを利用した対策の整備計画，訓練状況
- 対応が必要な場所へのアクセス(道路など)が地震による瓦礫の影響で阻害された場合を想定した，瓦礫の撤去のための資機材の整備計画，訓練状況
- プラントの安全性を安定的に維持するために必要な燃料，水源などのサイト内，サイト外からの供給手段の整備計画，訓練状況
- 重要な設備の機能喪失を想定した，予備品，修復支援体制の整備計画，訓練状況

その他の参考情報として、米国NRCが作成している耐震裕度評価(SMA)のスタッフガイド案【参考文献(1) 参照】では、“使命時間は72時間以上とすべき”という記述がある。

定量化のための「参考」情報の例(2)

統計的データがない場合は、利用しうる情報に基づき解析者又は専門家の判断により確率を設定する必要がある。設定法の例を確率ランクテーブルによる手法を「参考」として提示している

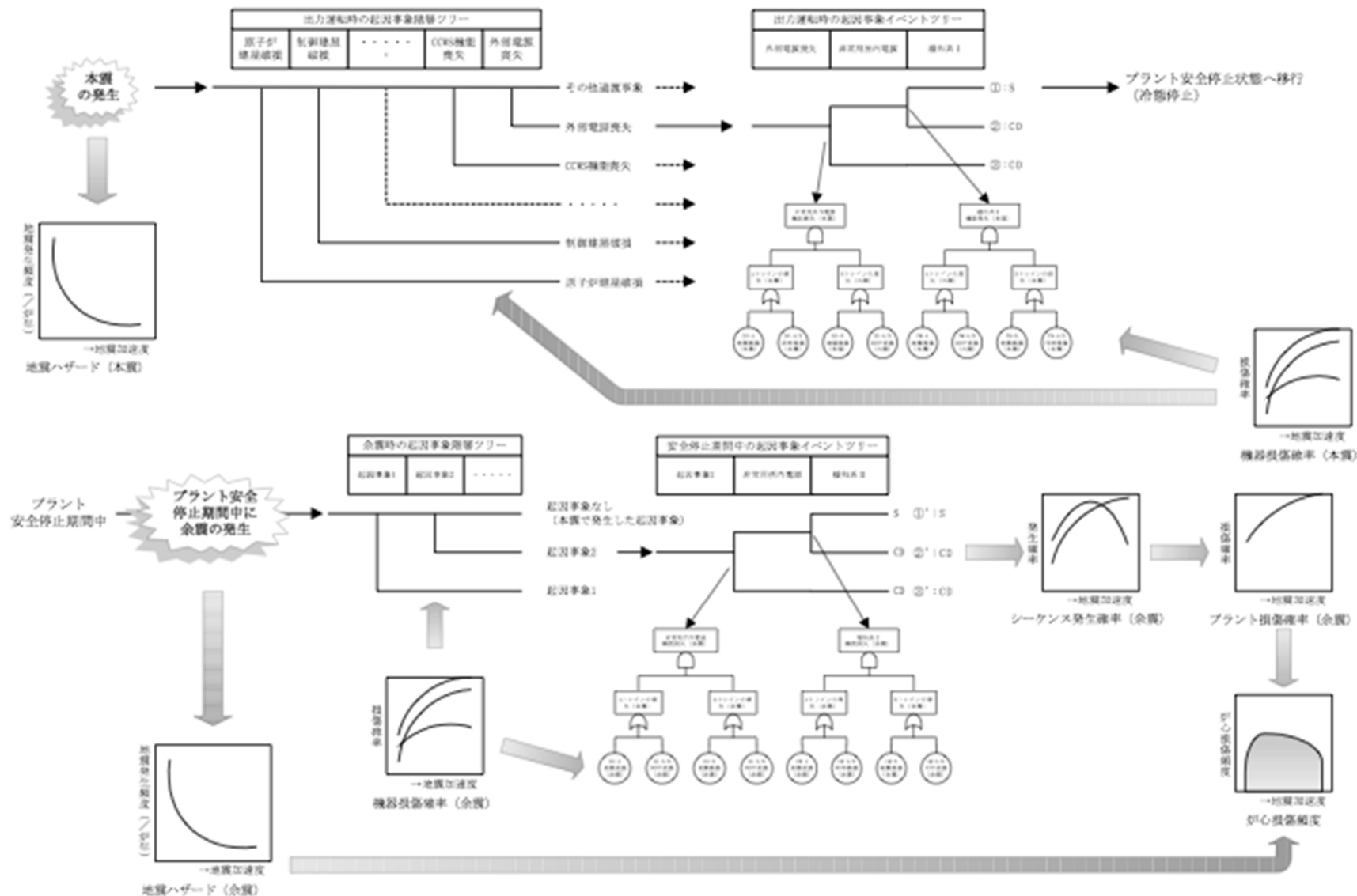
| Qualitative Representation | Representative Value | Range of Application | 備考 |
|----------------------------|----------------------|----------------------|--|
| Indeterminate | 0.5 | 0.7~0.3 | 発生・非発生ともに同程度又はそれに近い有意な確率を有すると考えられる。 |
| Unlikely | 0.2 | 0.3~0.1 | 工学的に発生の可能性が残ると判断される。 |
| Likely | 0.8 | 0.7~0.9 | 工学的に発生の可能性が高いと判断される。 |
| Highly Unlikely | 0.05 | 0.1~0.01 | 工学的に完全には発生を否定できない。 |
| Highly Likely | 0.95 | 0.9~0.99 | 工学的にほぼ完全に発生すると考えられる。 |
| Extremely Unlikely | <0.01 | <0.01 | 工学的には発生の可能性が無いと考えられる領域ではあるが、その重要性からあえて設定する分岐である。 |
| Extremely Likely | >0.99 | >0.99 | 上記に対する補事象であって、発生しない可能性が工学的には無いと考えられる。 |
| Impossible | ε | ε | 発生の可能性が無視できる。 |
| Certain | 1- ε | 1- ε | 必ず発生するか、又は必ず発生すると事実上みなして良い。 |

主な改訂事項(3)

8.5.4感度解析

- 感度解析項目の例として、余震の影響、リレーチャタリングの影響、地盤変状の影響を新たに附属書(参考)へ反映した。
- 「参考」では例として次を提示
 - 重要度評価の結果、事故シーケンスの発生頻度に大きな影響を与え得る機器損傷、故障などのパラメータ(特に耐力データ、応答データ)
 - 構築物、機器の耐力及び応答の相関の度合い(完全相関、相関の程度を定量化する部分相関、完全独立の想定)
 - 地震後の運転員の操作失敗確率とそのときに考慮する地震による運転員へのストレスレベル
 - サイト・プラントウォークダウンで得られた結果で機器耐力などの形で定量的に反映することが困難で、かつリスクへの影響が大きいと判断される事項
 - 損傷又は故障した機器の復旧を評価する場合の復旧の条件又は確率
 - 低耐力のリレー及び類似品のチャタリング
 - 余震を考慮することによる影響
 - 地殻変動及び断層変位に起因する地盤変状の影響

感度解析に関する「参考」の例 (余震)



JNESにおける余震の影響の評価例

感度解析に関する「参考」の例(断層変位)

DK.2 地盤変状の影響に関する感度解析の方法

(前略) 地盤変状の炉心損傷への寄与は、次のようなシナリオによって生じると考えられる。

- ① 当該活断層又は付随する副断層が活動する。
- ② ①の活動により、当該原子炉建屋、熱交換器建屋などの重要建屋及び重要な屋外施設のある領域で地盤変状が発生する。
- ③ ②の地盤変状の発生により、安全機能の一部が喪失する。
安全機能喪失のメカニズムとしては、次が想定される。
 - ・建屋直下の地盤変状により建屋が損傷又は崩壊する
 - ・建屋の傾きにより建屋内のSSCsが損傷する
 - ・建屋間の変位により渡り配管、ケーブル、タンクなどが損傷する
 - ・屋外に設置された配管、ケーブル、機器が損傷する
- ④ ①の活動により、地震動が重畳する。
- ⑤ ④の地震動により、安全機能の一部が喪失する。
- ⑥ ③及び⑤の結果、炉心損傷に至る。

以上のシナリオによる炉心損傷頻度を感度解析する手順を次に示す。

ただし、この手順は、現在の知見での評価するために、過大評価と思われる仮定をあえて用いている。従って、よりよい精度を得る方法があればモデルを詳細化することは望ましいことである。(後略)

主な改訂事項(4)

8.5.7 損傷の相関の取扱い

- 複数基立地の解析を実施する場合の例として、新たに附属書(参考)に反映した。(電源融通を考慮する場合と相関係数(応答及び耐力の相関係数)の感度を見た場合の複数基の解析例)