

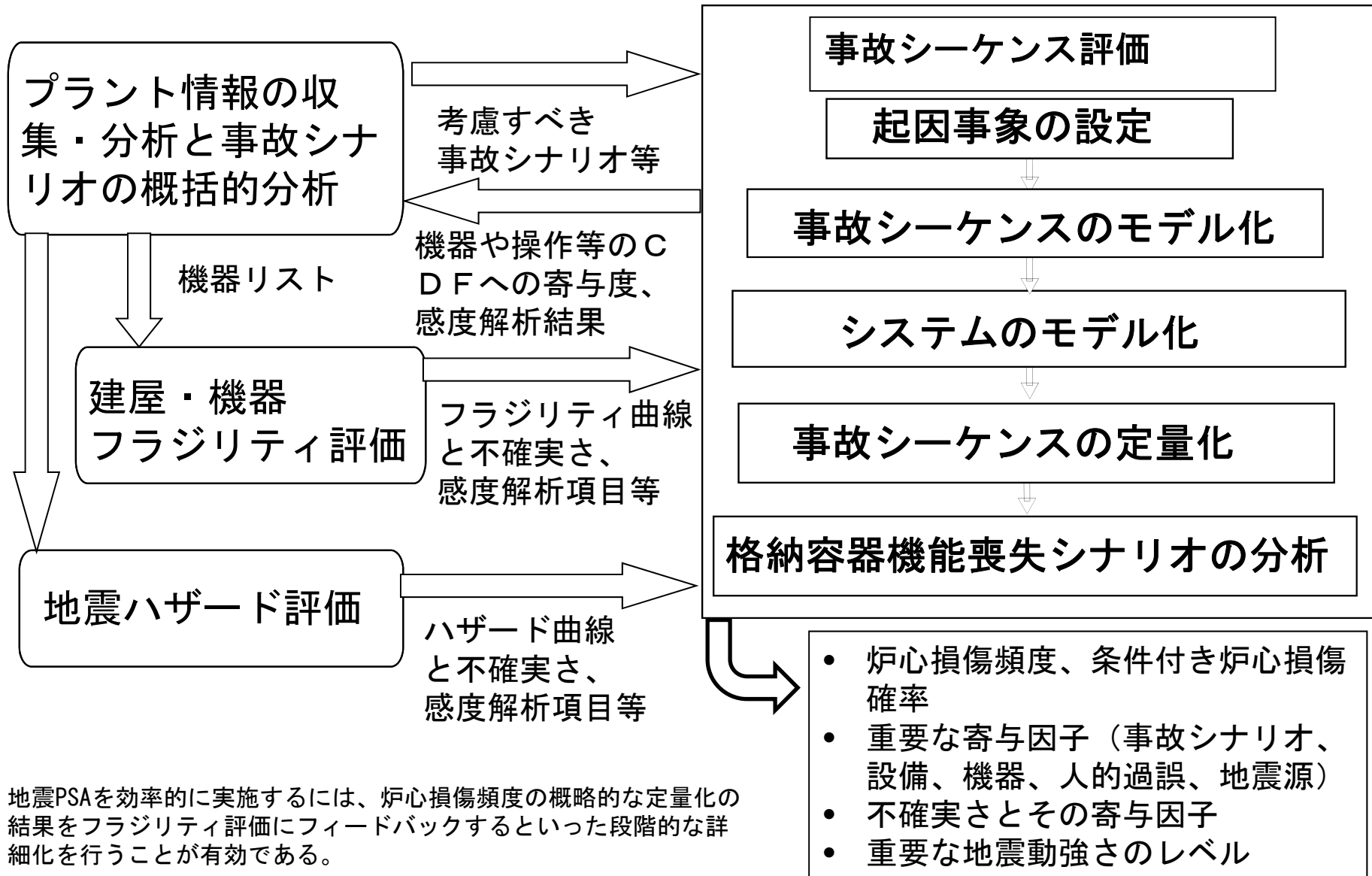
原子力学会2014年春の年会(3/26-28) 標準委員会セッション
「地震PRA実施基準の改定について」

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)

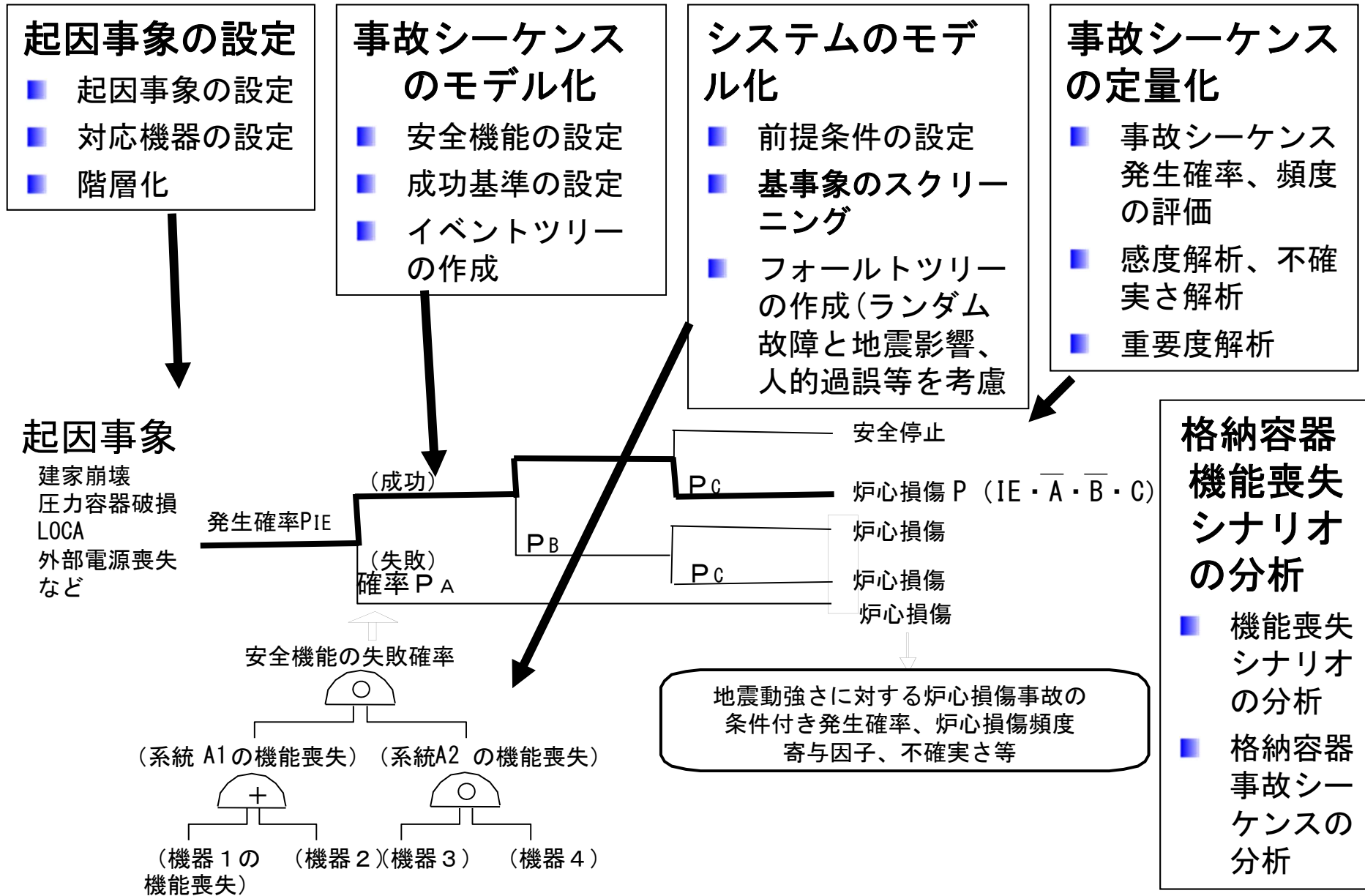
平成26年3月26日 日本原子力学会
(於)東京都市大学世田谷キャンパス

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



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

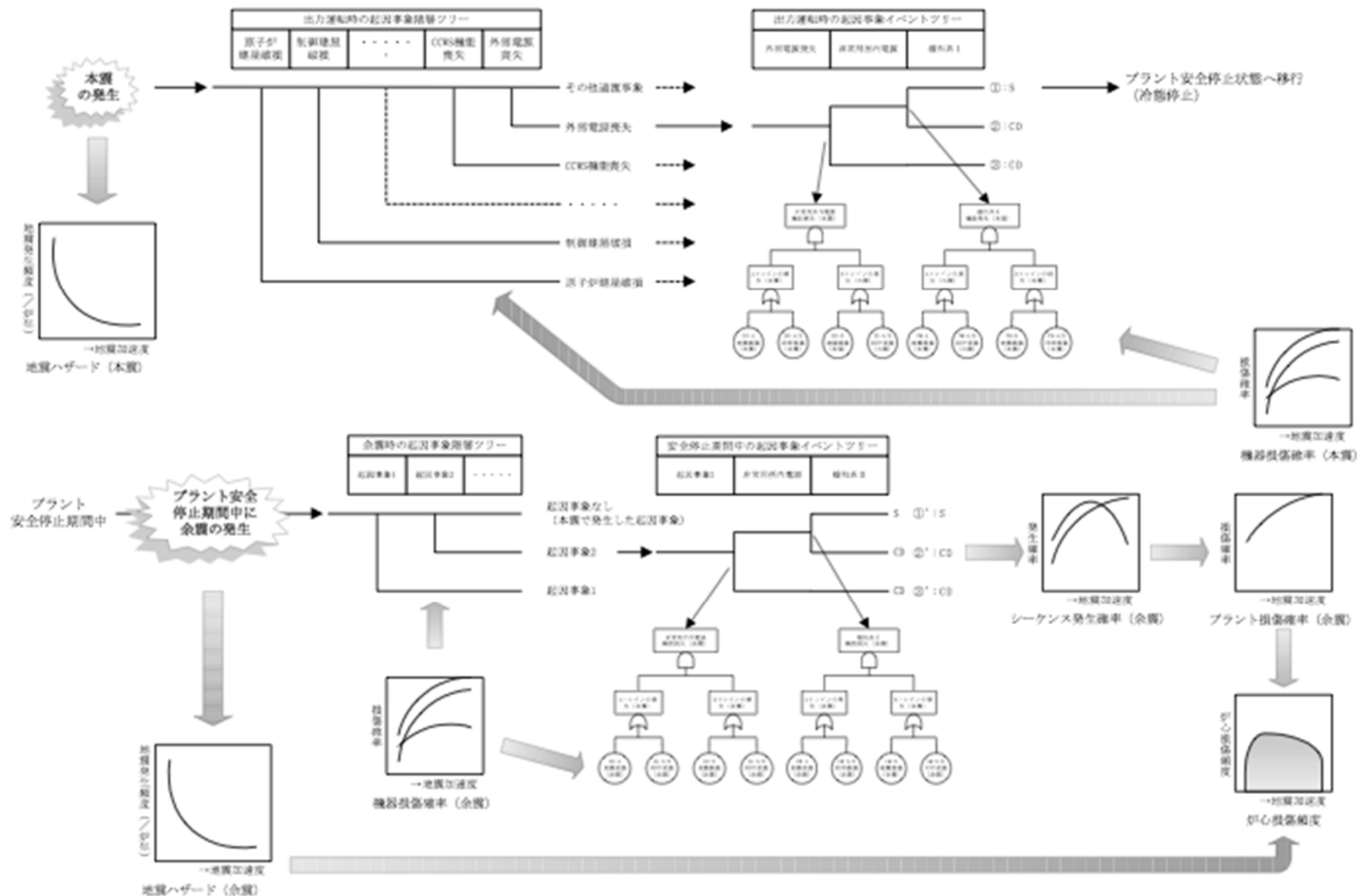
Qualitative Representation	Representative Value	Range of Application	備考
Indeterminate	0.5	0.7~0.3	発生・非発生ともに同程度又はそれに近い有意な確率を有すると考えられる。
Unlikely	0.2	0.3~0.1	工学的に発生の可能性が残ると判断される。
Likely	0.8	0.7~0.9	工学的に発生の可能性が高いと判断される。
Highly Unlikely	0.05	0.1~0.01	工学的に完全には発生を否定できない。
Highly Likely	0.95	0.9~0.99	工学的にほぼ完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)