

外的事象に対する包括的な安全確保の体系の現状と課題
Comprehensive Framework for Safety against External Events
-Current Situation and Challenges-

**(3) 外的事象にかかるリスク活用の意義と
標準化の必要性**

**(3) Significance of Risk-Informed Approach to Ensure
Safety of NPP against External Events and Necessity of
Standards**

成宮祥介

標準委員会（原子力安全推進協会）

目次

- はじめに
- 外的事象の分類：*多種多様な外的事象を俯瞰*
- 外的事象の特性：*発生・伝播・作用・影響*
- 外的事象にかかるIRIDMプロセス
- 外的事象にかかる規格基準の体系
- まとめ

はじめに

- ◆ 以下のような自然の特質のために、日本ではほとんどすべての気象災害および地震・火山災害が激しく起こっています。**自然災害は日本列島の宿命**です。
- 強い熱帯低気圧（台風、ハリケーン、サイクロン）が発生し衰えずに北上（南半球では南下）するのは、太平洋・大西洋の西部海域です。日本列島はこのような大洋西部域（大陸東岸域）に位置するので、**台風の襲来を頻繁に受けます**。冬に大陸から吹き出す北西季節風は、黒潮の枝分かれが流れる日本海の海水から多量の水分を取り込み、日本列島の日本海側に**多量の降雪をもたらします**。このようにして、台風・前線・低気圧による雨および雪として日本列島に注がれる**年間の降水量は、同じ緯度にある他地域に比べ2倍以上にもなります**。
- 日本列島は、太平洋を取り巻いて連なる環太平洋の変動帯の中にあります。変動帯とは地殻変動が激しいため高い山が作られ、また**地震や火山活動が活発なところ**です。このような変動はプレートのぶつかり合いと沈み込みによって引き起こされます。
- 豊富な降水は、急峻な山地を侵食して谷を刻み、河は急流となり高い山から一気に海へ流れ込んでいます。河川は短く急勾配であるため、**洪水は降雨の後1~2日以内には河口にまで到達します**。**洪水時には平常時の数十倍の流量**を流す必要があります。
- 河川によって運び出された多量の土砂は、山地の周りを埋め立てて、モザイクのように小さく分かれた平野を作っています。平野部では土砂の堆積により、河の位置が頻繁に変わり、**洪水の流れる方向もまた変化します**。

外的事象の分類

自然事象	地震	地震動
		地盤変動（地盤沈下、地割れ、地滑り、土石流、地震による洪水 他）
	津波	津波（地震による津波、火山による津波、他）
	風水害	潮位変化（静振、高潮、海流異変、他）
		強風（台風、竜巻、他）
		気圧変化（高圧、急激な圧力変化、他）
		豪雨（豪雨による洪水、豪雨による土石流、他）
		雷（落雷、落雷による火災）
		温度変化（高温、氷結、霧、他）
		降雹
	火山	火山噴火（火山弾、溶岩流、土石流、爆風、降灰、他）
	雪害	豪雪（積雪、豪雪による雪崩）
		融雪（融雪による雪崩、融雪による洪水、他）
	その他	生物学的事象（海生物、海藻、他）
塩害		
隕石		
人為事象	海上災害	船舶事故による油流出、船舶の爆発、他
	航空災害	航空機落下
	鉄道災害	鉄道事故による爆発、他
	林野火災災害	森林、原野及び牧野における火災
	その他	人工衛星の落下、治水構造物の破損による洪水、他

外的事象の特性

ステップ1：発生

伝搬

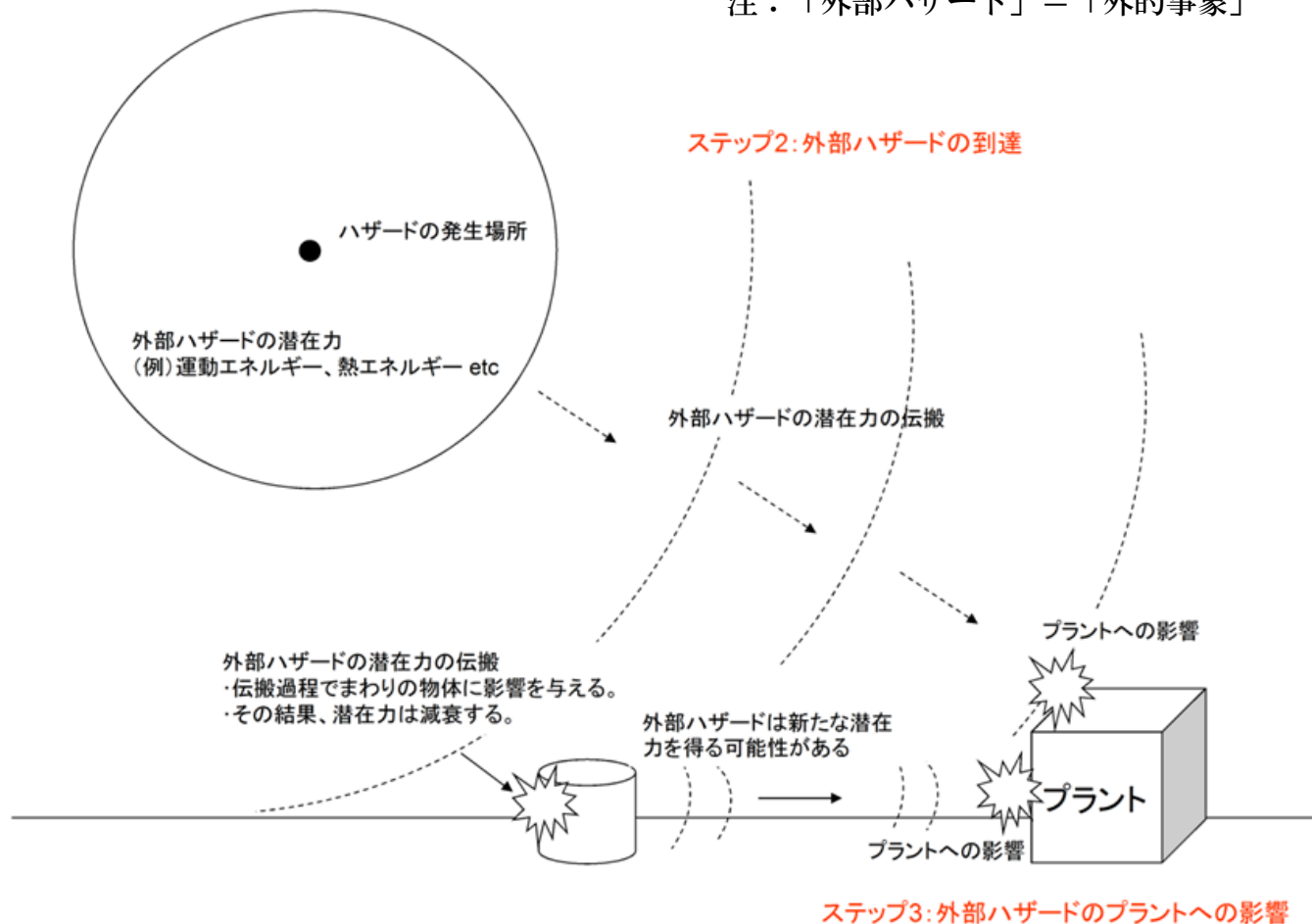
ステップ2：到達

作用

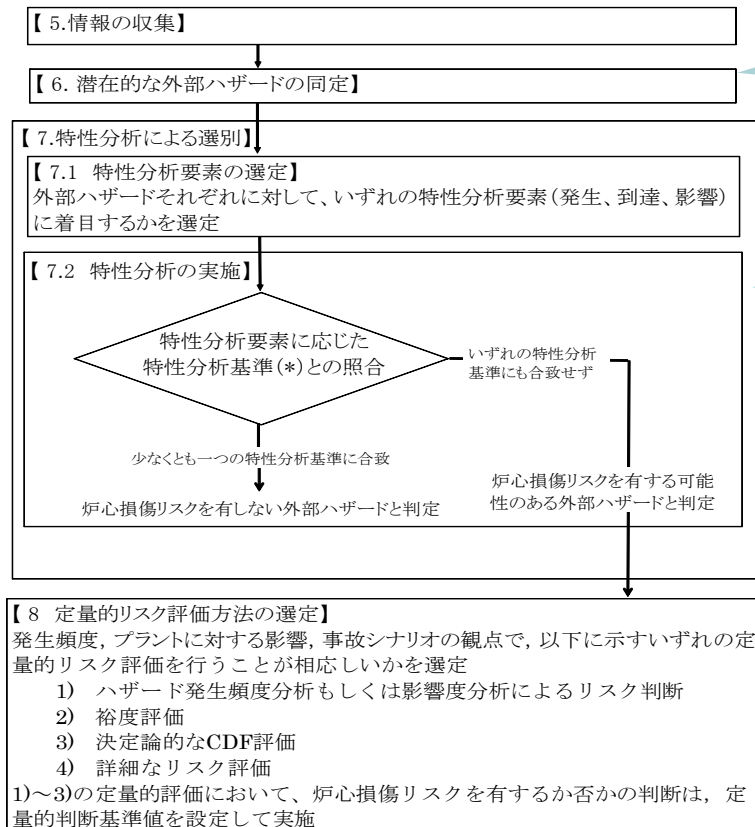
ステップ3：影響

ステップ1: 外部ハザードの発生

注：「外部ハザード」＝「外的事象」



特性に応じたリスク評価法の選定



*.特性分析基準

- 【基準1】ハザードの発生頻度が極めて小さいことが明確である
- 【基準2】ハザードがプラントに影響を与えるほど近傍で発生しない
- 【基準3】ハザードが進展するタイムスケールがプラントでの対処時間に比べて十分に長い
- 【基準4】ハザードがプラントに到達したと仮定しても、炉心損傷につながる起因事象を引き起こさないことが明らかである

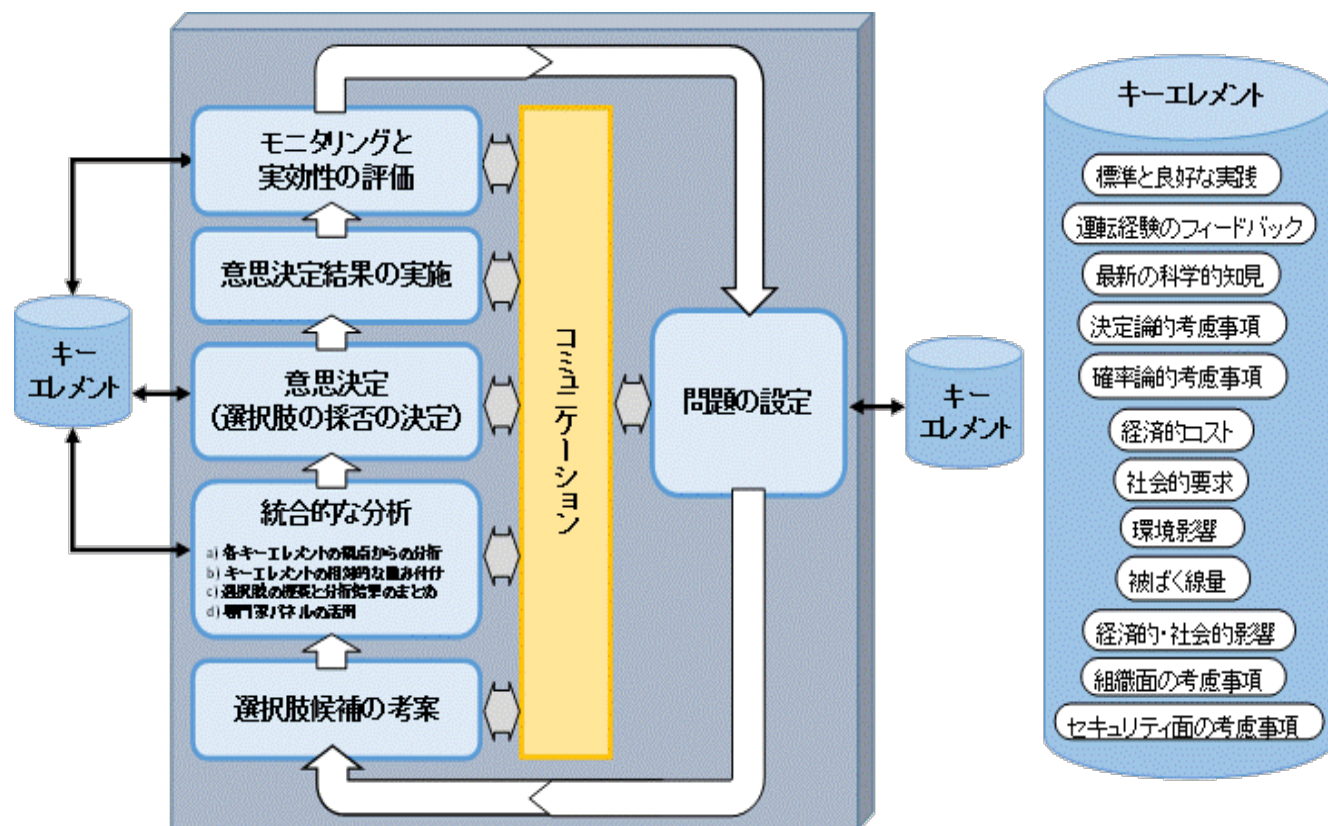
自然,人為,複合事象をすべてリストアップする。日本の災害事例,米国,IAEAなどを広く調査。

外的事象の対処はその特性に応じたものであるべき。そこで一つ一つの事象の特性(発生頻度,発生離隔距離,伝播時間,影響)を分析し,炉心損傷につながる事象か否かを判定する。

プラントのSSCに影響を及ぼすものにはPRAは有効。しかし,発生頻度分析などで判断できるものもある。

外的事象にかかるとIRIDMプロセス

統合的リスク情報活用意思決定（IRIDM）プロセス



原子力施設の安全性向上を担う組織（事業者、規制機関、メーカー、研究機関、等）の意思決定の責務を持つ人が、このIRIDMプロセスのユーザー。

時間軸も、分野も、技術的難易度も様々で、大きい不確実さが付された外的事象には、IRIDMは有効。

外部ハザードリスク評価選定標準で選んだリスク評価は、このプロセスの「統合的な分析」にて主に用いる。

外的事象にかかるIRIDMプロセス（例）

◆ 外的事象に対するIRIDMプロセスの適用説明（架空の例による）

問題の設定：我が国のA原子力発電所では、基本設計時に、津波ハザード解析を行い、8mの発生頻度 10^{-5} 、15mが 10^{-7} を得た。この結果から津波対策として高さ10mの防潮堤を作っていた。しかし、先月インドネシアで20mの津波が発生し、沿岸の火力発電所が防潮堤10mを超えた津波により被災した。それに基づき、国際的に信頼のある研究機関から最新の方法論、データが提示され、A発電所モデルケース結果が、発生頻度 10^{-5} の高さが15mになる報告書が発行された。問題として「津波対策を見直すか？見直す場合にどう見直すか？」とした。この問題を設定する際、サイトの保全担当、安全評価担当に加え津波ハザードの専門家、周辺自治体の防災担当など、関係する人とコミュニケーションできる体制をもうけた。

選択制候補の提案：制約条件（技術的、制度的、リソース面、社会面）にかかわらず、まず考えうる候補を挙げる。これには「津波ハザード解析は行わず防潮堤を20mに建て替える」から「現状のまま」まで様々なことを考え出した。制約条件を調査し、選択肢候補を絞る。この際、実行によりデメリットが大きくなることが予想される場合はその旨を追記しておく。結果、「①防潮堤のかさ上げする」「②防潮堤は高くせず水密扉の設置をする」「③防潮堤はそのまま、水密扉設置もせず、予備の電源設備を高台に置く」の3つに絞った。

外的事象にかかるIRIDMプロセス（例）

◆ 外的事象に対するIRIDMプロセスの適用説明（架空の例による）

統合的な分析：「① 防潮堤のかさ上げする」「② 防潮堤は高くせず水密扉の設置をする」「③ 防潮堤はそのまま、水密扉設置もせず、予備の電源設備を高台に置く」のそれぞれについて、PRAによるケーススタディ結果、防潮堤かさ上げ工事の期間、費用、耐震性評価、強度評価の結果、周辺自治体からの意見、防潮堤、水密扉、予備電源の信頼性、などの調査・分析を実施。とくにPRA結果は、CDFだけでなく、支配的な事故シナリオの時間余裕、関わる対策の信頼性（一つだけの高信頼性対策、複数の中程度の信頼性対策）にも注目した。キーエレメントに適切な指標をあて、3つの選択肢の優先順位をつける。重みづけをその理由とともに、付した。これらをまとめて意思決定者に提案した。

意思決定：意思決定者は、提案された分析結果をコミュニケーションにより検討した。結果、PRAのシナリオ分析が不足していたので、追加分析を指示し、対策を②に決定した。これは防潮堤だけの対策に依存しないこと、今後の保全管理において水密扉の安全重要度に応じたメンテナンスを行うことにより、グレーデッドアプローチによる合理化が図れることを期待したこと、①に比べ費用は安いが工事期間が短いこと、を理由とした。

外的事象にかかるIRIDMプロセス（例）

◆ 外的事象に対するIRIDMプロセスの適用説明（架空の例による）

意思決定結果の実施：実行組織としては、建築、保全、安全の担当から成るプロジェクトチームを結成し、扉の強度、運用性、などを分析する体制をしいた。検討の概要は、適宜、HPにて公開した。

モニタリング：津波災害の情報収集の強化体制として、研究機関の選任チームを利用し、迅速な情報が入手できるようにし、それをモニタすることで、本対策の有効性の継続性をみた。適当な間隔で原子力以外の専門家を交えた津波対策の取り組みにかかる意見交換会を開催し、将来の改善をより手厚いものとする仕組みを作った。プラント内で水密扉の運用にかかる意見・感想を集め、マネジメントの改善に資することとした。

外的事象にかかるIRIDMプロセス

◆ 外的事象の場合にIRIDMプロセスでの留意点（提案）

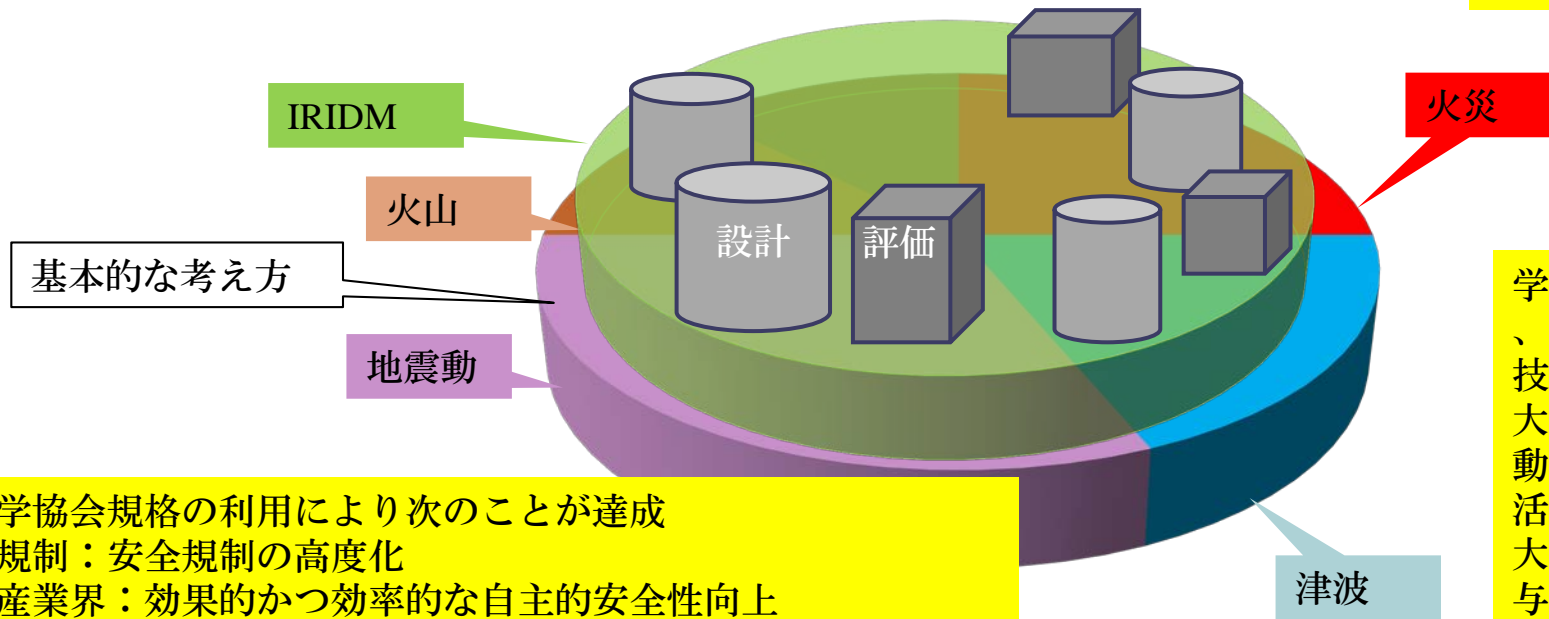
1. 立地や設計の段階での対策を考えるだけでなく**外的事象に対する安全性能を維持するためのマネジメントにおける対策**も重要。外的事象にかかる科学技術的な**新知見**、国内外他原子力施設での外的事象にかかる**運転経験**、災害に対する**社会環境変化**などに応じて、**予見性を持って対策を実施**すべき。
2. 外的事象は、発生頻度の**不確かさが大きい**こと、**同時に複数箇所**（の設備、系統、建屋、サイト）に作用すること、**広範囲の影響**を及ぼすこと、**更なる事象を発生**させること、の特徴がある。対策を検討する際、これらの特徴を十分考慮すべき。それには対策の品質だけを過剰に上げることだけでは継続的な安全確保にいずれ支障が出るおそれがある。リスク情報を他の多様な要素からの考慮も合わせて検討すべき。
3. 外的事象の対策は、規模や費用、工期が大きくなる場合があり、また社会とのコミュニケーションも慎重に行うことも必要。十分な議論は重要であり必要だが、その間にも当座の対策を行うべき。**短期に出来る対策**を行い、さらに**信頼性の高い対策は十分な検討**を行い、実施する、という二段階の取り組みが必要。

外的事象にかかる規格類の体系

外的事象に共通する安全確保の基本的な考え方を確立し、それをベースにして、各外的事象にかかる、各活動段階における規格類の構築が必要。

学協会規格類は、基本的共通的に行うべき内容を公正、公平、公開の原則に基づくプロセスで審議し規定し、ユーザーに提供することにより、唯一の方法に縛ることではなく、説明性、信頼性の高い安全性向上の取り組みを可能とするものである。

外的事象の規格は、わが国から世界に発信し意見交換により改良していくことが必要。



学協会規格の利用により次のことが達成
 規制：安全規制の高度化
 産業界：効果的かつ効率的な自主的安全性向上

学協会規格は、最新の科学技術知見の集大成。研究活動、技術開発活動からの多大な貢献・寄与が期待される。

各外的事象の特徴を踏まえた規格が必要であるが、策定においては他分野とのコミュニケーションにより孤立した規格にならないよう注意が必要。

まとめ

- ◆ リスク情報を活用したプロセス（IRIDM）は、**外的事象に対する安全確保の検討に重要な役割**。
- ◆ 外的事象は地震動、断層変位、津波、火災、など特性が多種多様。地域性もある。**特性を考慮してリスク評価**を行う。
- ◆ 外的事象の学協会規格類は、広い範囲の多様な分野の最新の科学技術知見を集大成したものである。**産業界、研究機関、規制機関との意見交換**が重要。さらに、海外の規格基準策定機関との連携がさらに活発化することも必要。
- ◆ 外的事象には今後、新たな発見、新しい事象、社会意識の変化などが起こりうる。**予見性をもった対策の検討**を行う必要がある。
- ◆ 「安全性向上」の軸は一つではなく、一つだけの性能を上げることだけに専念しては、ほかの側面を見逃さないように**リスク指標を複数持つ**こと。取り組みの目的を明確にし、視野を広く遠くもち、安全性向上を達成し続けられるよう、継続的な取り組みが重要。
- ◆ 自然事象に対するリスク情報活用意思決定は、大きい不確かさのため、即決が難しい。**当座の対策と恒久的な対策の二段構え**も一考の価値あり。