

標準委員会セッション1(原子力安全検討会, 分科会)  
「原子力安全の基本的考え方」

「深層防護の考え方, 活用」の検討状況

大阪大学 山口 彰  
(原子力安全分科会 主査)

# 目次

1. まえがき
2. 各機関の深層防護の考え方
3. 深層防護の検討
4. 深層防護の考え方
5. 今後の展開

# 1. まえがき

- 深層防護は、原子力施設の設計の考え方として活用されてきた
  - 福島第一原子力発電所の事故の分析からその重要性を指摘
- 「原子力安全の基本的考え方について 第1編 原子力安全の目的と基本原則」でも深層防護をひとつのカテゴリとして、重点をおいて議論。
- 原子力安全分科会では、「原子力安全確保のための基本的な技術要件」に関する検討に関して、深層防護の考え方を議論中。

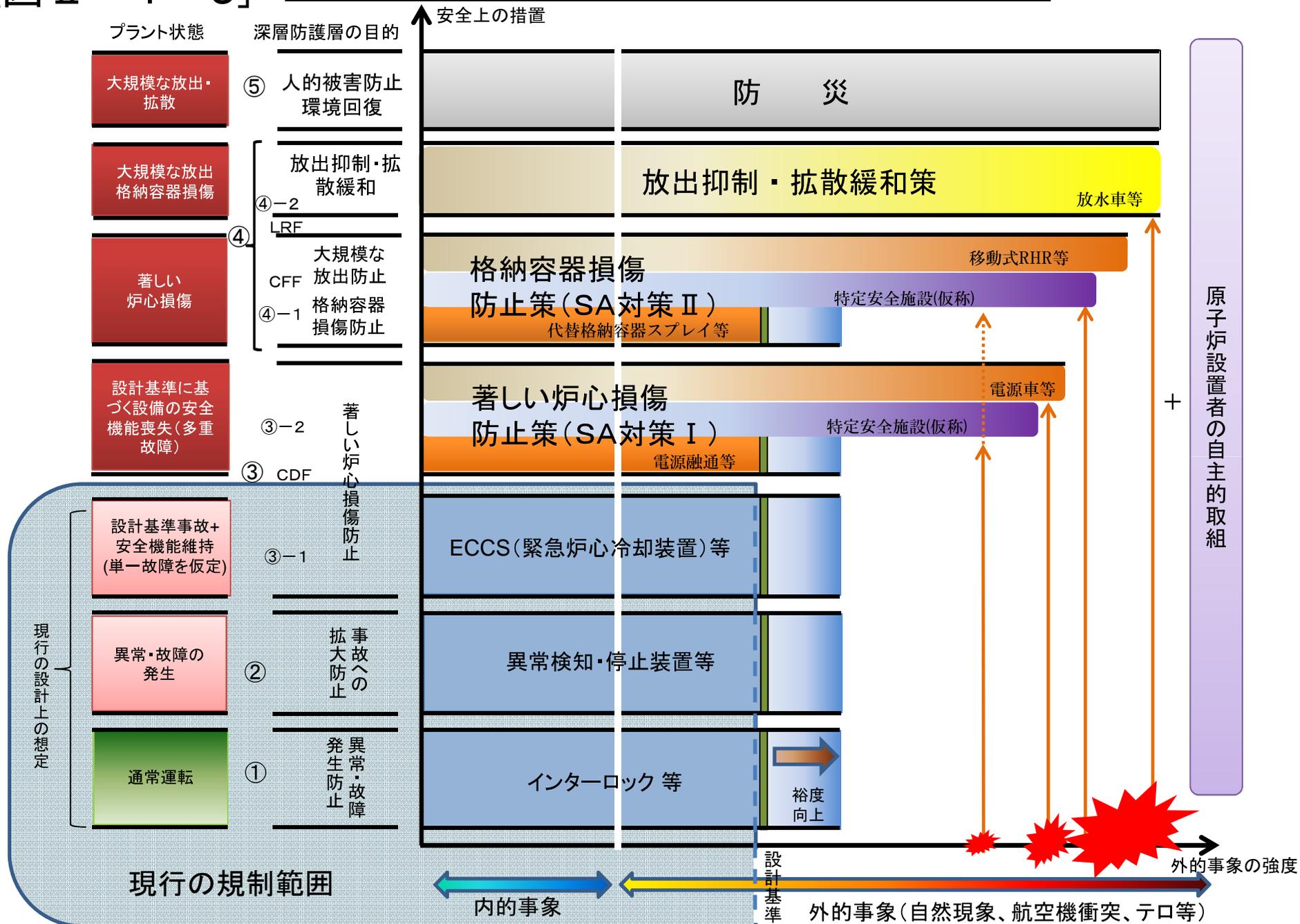
## 2. 各機関の深層防護の考え方

- わが国の検討状況IAEA, WENRA(欧州原子力規制協会), 米国NRCの考え方を紹介。
- 次頁以降では, 各機関の主な考え方を紹介。

## 2.1(1) 原子力安全・保安院の考え方

- 福島第一原子力発電所事故の教訓, IAEA等の海外の動向も踏まえ, 規制としての深層防護の考え方をこれまでの3つの層(異常発生防止, 異常拡大防止, 事故影響緩和)から, シビアアクシデントを含めた5つの層に整理することが適切と考えられる。
  - 異常・故障の発生防止
  - 事故への拡大防止
  - 著しい炉心損傷防止
  - 格納容器破損防止, 大規模な放出防止
  - 放出抑制・拡散緩和,
  - 人的被害防止, 環境回復

# [図 II - 1 - 5] 新たなシビアアクシデント対策規制の枠組みのイメージ



## 2.1(2) 原子力安全委員会の考え方

- 多重防護の第3層までにおいては、設計の保守性を重視し、設計上の想定条件に対して大きな裕度を持つ頑健なシステムを構築することによってリスクを抑制するという考え方、いわば古典的な多重防護の考え方が基本となっている。
- これに対して、第4層では、第一にPSAを中心とする方法によってリスク要因の所在を追及し、これに基づいて効果的にリスクを低減するという方法をとる。
- しかし、この方法においては、ごく低頻度の事象に関しては知識の不完全性による限界があることから、第二の方法として、多様な状況に柔軟に対処できる能力(可搬設備の準備, 復旧能力当)を重視する。...

## 2.2 IAEAの考え方

- レベル1: 異常運転や故障の防止
- レベル2: 異常運転の制御及び故障の検知
- レベル3: 設計基準内への事故の制御
- レベル4: 事故の進展防止及びシビアアクシデントの影響緩和を含む、苛酷なプラント状態の制御
- レベル5: 放射性物質の大規模な放出による放射線影響の緩和

## 2.3 WENRAの考え方

- 第3層で対処すべき状態として従来の第3層相当(3a)に加えて多重故障状態(3b)を含めることとし、一方、炉心溶融を伴う事故は炉心溶融以前とは本質的に異なる減少を伴うため、第4層で取り扱う。
  - レベル1: 異常な運転や故障の予防
  - レベル2: 異常な運転と故障の制御
  - レベル3a: 放射能の放出を制限し、炉心損傷状態への拡大を予防するための事故の制御
  - レベル3b: 放射能の放出を制限し、炉心溶融状態への拡大を予防するための事故の制御
  - レベル4: 放射性物質の早期または大量の放出を招く可能性がある状況の実質的排除、所外放出を抑えるための炉心溶融を伴う事故の制御
  - レベル5: 放射性物質の重大な放出の放射線影響の緩和

## 2.4 米国NRCの考え方

- 上位概念として、原子力施設での事象による影響に対しては3つの防護層がある。
  - (1)事故の発生を防止する防護
  - (2)万一事故が起こった場合の緩和
  - (3)万一放射性物質が放出された場合に公衆の健康影響を最小化するための緊急時計画

### 3. 「深層防護」の検討

- 各機関の考え方を基に論点となる項目を抽出し、分科会で議論・考察。
  - － 論点1: 深層防護の層の分け方について
  - － 論点2: 最適評価手法について
  - － 論点3: レベル5(防災)の扱い
  - － 論点4: プラント状態と深層防護
  - － 論点5: 外部事象と深層防護
  - － 論点6: リスクの扱い
  - － 論点7: 炉心の状態の呼び方
  - － 論点8: 深層防護にて設定したレベルの独立性とは
  - － 論点9: 多重防護と深層防護
- 上記議論を基に「深層防護」の考え方を整理中。

## 4. 深層防護の考え方

- 9つの論点について議論し，考察をまとめるとともに，重要な議論については深層防護の考え方として整理中。
  - 防護レベルと分け方
  - 設計手法について
  - 有効性の評価と効果

## 4. 深層防護の考え方

### (1) 防護レベルと分け方 [1/2]

- 深層防護の防護レベルは、これまでに種々変化しておきており、いくつかの分け方があるものの、その目的により分け方が異なると考えられる。
- レベルの分類の考え方の例
  - リスクおよび被ばくの影響度のしきい値の観点による分類
  - 保守的な設計の領域と保守的設計によるマージンを活用した設計の領域での分類
  - 設計基準とそれ以上の領域での分類
- 上記を考慮した統合的な分類例を次頁に示す。

## 4. 深層防護の考え方

### (1) 防護レベルと分け方 [2/2]

- 第一のレベル:シビアアクシデントの発生防止
  - － 第1層:プラントに対する外乱を起こさないように備えること。
  - － 第2層:プラントに対する外乱が起こっても設備に対する影響を小さい範囲とするように備えること。
  - － 第3層:設備に対する影響が大きい事故が発生しても炉心損傷を起こさないように備えること。
- 第二のレベル:シビアアクシデントの緩和
  - － 第4層:炉心損傷のおそれのある事象もしくは炉心損傷が起こっても放射性物質を環境へ放出しないように備えること
- 第三のレベル:サイト外の公衆被ばくの抑制
  - － 第5層:放射性物質が放出したとしても、公衆被ばくを抑制するように備えること。

## 4. 深層防護の考え方

### (2) 防護レベルにおける設計手法について[1/2]

- 第一の防護レベルの第1層から第3層
  - 安全設計において必要な安全要求を設定(設計基準)
  - 保守的手法を採用して、施設が持つべき安全性確保
- 種々の保守性を付与しているため、総合的に安全確保の達成度を評価し、固有の脆弱性を見出す
- この脆弱性に対処することで、プラントの安全性を継続的に改善することができる

## 4. 深層防護の考え方

### (2) 防護レベルにおける設計手法について[2/2]

- 第二の防護レベルでは、既に種々の保守性にも拘わらず進展した事象
  - 想定される事故状態は不確実さが大きいものとなる
- このような状態に設備設計で対処する場合には、さらに保守的な(荷重)条件による強度等の向上を図るよりも、現実的な条件により相対的な脆弱性へ対処することで効果的に改善を図ることができる
- このような活動のために設定するプラント状態を「設計拡張状態」としている

## 4. 深層防護の考え方

### (3) 深層防護の有効性の評価と強化

- 深層防護の有効性の評価は、安全評価による。(IAEA INSAG-10)
- この安全評価では、保守的条件による決定論的解析により準備された安全対策の妥当性を確認し、確率論的解析により全体のリスクレベルの確認と脆弱部を分析する
- プラントの運転段階においては、運転経験の分析とフィードバックにより深層防護の強化が図られる

## 5. 今後の展開

- 現在も原子力安全分科会にて深層防護を題材に議論中。
- 特に、設計に適用する場合の「設計拡張状態」、「外的事象」の対応。
- 今後は、上記の議論をまとめるとともに、深層防護の活用について検討する予定。最終的には、第 I 編「原子力安全の目的と基本原則」の別冊としてまとめることを計画中。