

2013年秋の大会

標準委員会セッション2(原子力安全検討会、分科会)
「原子力安全確保のための深層防護の考え方」

(2) 深層防護レベルとは何か

平成25年9月4日
大阪大学 高田 孝
(原子力安全分科会)

発表内容

- 深層防護と各レベルとの関係
- 各国(各機関)の深層防護レベル
 - 米国(U.S. NRC)
 - IAEA
 - WENRA
 - 我が国の検討状況
- 深層防護の各レベルで求められるもの
- 深層防護レベルの考え方(安全分科会からの提案)
- まとめ

深層防護と各レベルとの関係

- 深層防護概念で「護る」もの

- 事象の発生防止 (Prevention)
- 事象発生後の影響緩和 (Mitigation)

【□ 敷地外における人や環境への放射線リスクの影響緩和(防災)】



- 施設の状態と「護る」ものの対応関係が説明性が高い(合理性)

多くの国や機関で施設の状態を基にした深層防護レベル*が提唱されている

- 必ずしも「深層防護の各レベル」=「施設の状態」ではなく、より説明性の高い対応関係が構築できるならよい
- 結果的に同じレベル分けになるとは限らない(レベル分けに国際的なルールはない)

*我が国では深層防護の層(第1層等)と使われる例もあるが、国際的な表記に基づきここでは「レベル」で統一する

各国(各機関)の深層防護レベル

■ 米国(U.S. NRC*)

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
3つの防護レベルがある

- レベル1:事故の発生を防止する防護
- レベル2:万一事故が起こった場合の緩和
- レベル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

*U.S. Nuclear Regulatory Commission
米国原子力規制委員会

各国(各機関)の深層防護レベル(つづき)

■ IAEA*

- 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

*International Atomic Energy Agency
国際原子力機関

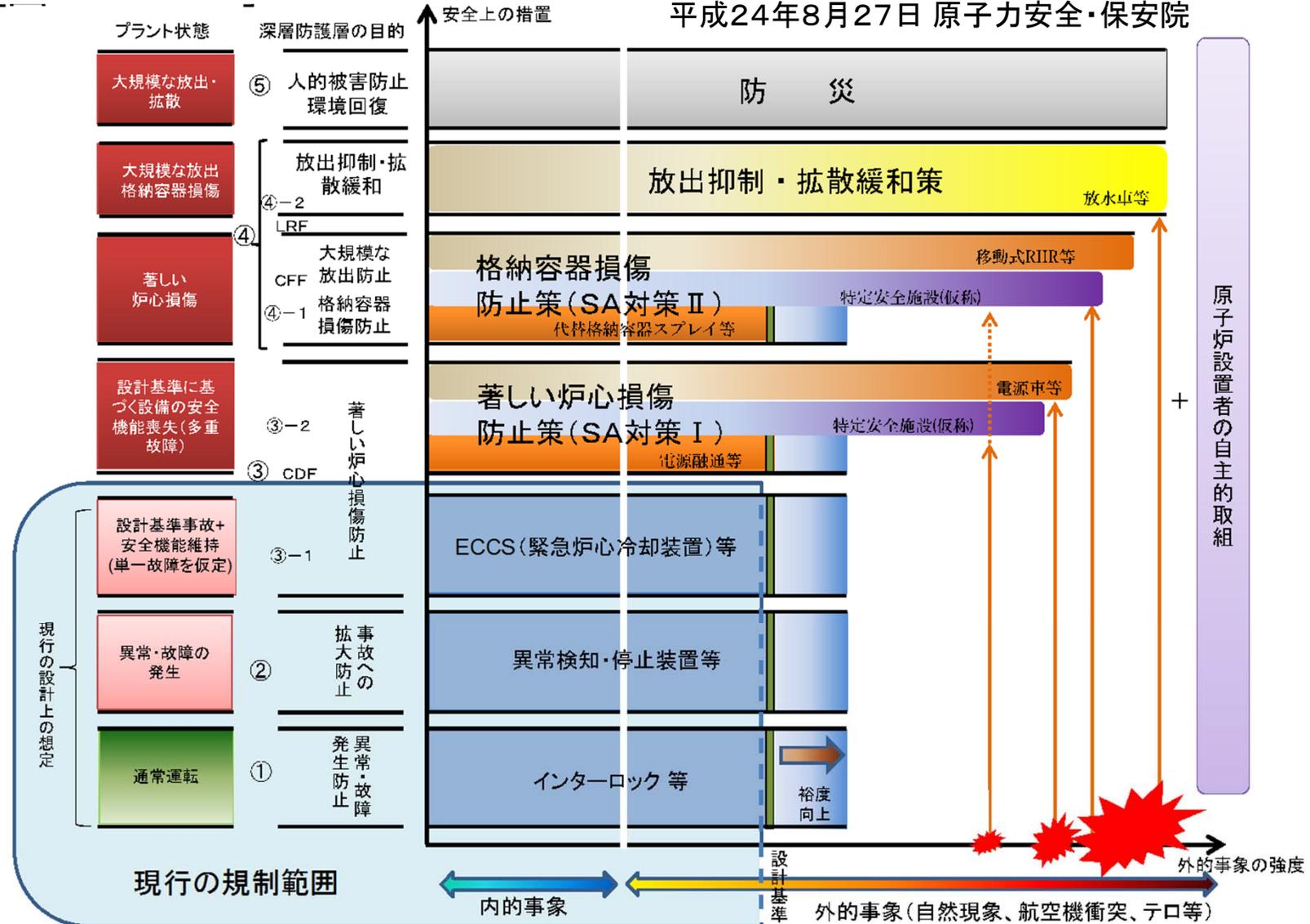
各国(各機関)の深層防護レベル(つづき)

- WENRA*
 - *Western European Nuclear Regulators' Association
西欧原子力規制者協会
 - 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

レベル3で対処すべき状態として従来のレベル3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現象を伴うため, レベル4で取り扱う。

我が国の検討状況*

*発電用軽水型原子炉施設におけるシビアアクシデント
対策規制の基本的考え方について(現時点での検討状況)
平成24年8月27日 原子力安全・保安院



深層防護の各レベルで求められるもの

自立した有効性 (Independent effectiveness)

海外における防護層間の独立性に関する考え方*

	IAEA※1	NRC※2 (米国原子力規制委員会)	WENRA※3 (西欧原子力規制者協会)
原文	<p>➢ The independent effectiveness of each of the different levels of defence is an essential element of defence in depth at the plant and this is achieved by incorporating measures to avoid the failure of one level of defence causing the failure of other levels.</p>	<p>➢ these recommendations are intended to make each level of defense-in-depth complete and effective.</p>	<p>➢ Enhancing the effectiveness of the independence between all levels of defence-in-depth, in particular through diversity provisions.</p>
和訳	<p>➢ 異なる防護レベルの各々が独立して効力を発揮することが全てのプラントにおける深層防護の基本的な要素であり、これは一つの防護レベルの故障が他のレベルの故障をもたらすことがないような措置を講じることによって達成される。</p>	<p>➢ 深層防護が各レベルにおいて完全に効果的なものであること。</p>	<p>➢ 特に、多様性の提供により、深層防護のすべてのレベル間の独立性の有効性を高める。</p>

*発電用軽水型原子炉施設におけるシビアアクシデント対策規制の基本的考え方について(現時点での検討状況)
平成24年8月27日 原子力安全・保安院

※1: IAEAの安全要件「原子力発電所の安全: 設計(SSR-2/1)」

※2: RECOMMENDATION FOR ENHANCING REACTOR SAFETY IN THE 21ST CENTURY THE NEAR-TERM TASK FORCE REVIEW OF INSIGHTS FROM THE FUKUSHIMA DAI-ICHI ACCIDENT, 2011.7, NRC

※3: Safety Objectives for New Power Reactors Study by WENRA Reactor Harmonization Working Group, December 2009, RHWG, WENRA

深層防護レベルの考え方(分科会からの提案)

- それぞれのレベルで最善を尽くすことで、初めて全体としての効果が期待される。各レベルの十分な対策を前提にして、あえてその効果が十分でなかった場合に備えて*安全対策を多層にする。
 - あるレベルの対策が十分だから次のレベルは甘くてもよいと言った考え方をとってはならない。また他のレベルに依存して対策を考えるものではない。

*本来この意味で「前段否定」という言葉が用いられた。
なお国際的に「前段否定」に相当する語句はない。

深層防護レベルの考え方(分科会からの提案、つづき)

- 異なる防護レベルが、各々自立して有効に機能すること。
 - ある防護レベルが他の防護レベルの機能喪失によって従属的に機能失敗することがないことを含め、各防護レベルが自立した有効性(効果)を発揮するように設計を行うこと、あるいは、このように各防護レベルを設定する。
 - 各防護レベルの自立した有効性については、全く異なる取り組み(例えば、設備や機器などのハードウェアだけに頼った対策だけではなく、マネジメントによる対策など)をとることが重要である。

深層防護レベルの考え方(分科会からの提案、つづき)

- 各防護レベルが各々自立して有効に機能することが必要であるが、これは各防護レベルが相互に無関係に考えられるべきということを意味するものではない。
 - 防護策全体の性能を高めるためには、各レベルが適切な「厚み」(信頼性)を持ち、各レベルの防護策がバランスよく講じられ、あるレベルの防護策に負担が集中しないことが重要である。

深層防護レベルの考え方(分科会からの提案、つづき)

- 「深層防護の考え方」に基づく安全対策が全体として有効に機能するためには、「効果が自立した防護レベルの数」と「それぞれの防護レベルの信頼性」が必要な要素である。
 - 各防護レベルの安全対策の信頼性を高めることは、高い安全性を実現するためには不可欠な取り組みである。(適切な「厚み」は異なる)
 - 防護レベルの信頼性について、安全確保のための想定や具体的方法にはいずれも不確かさが含まれており、このため結果として、**人と環境への放射線影響のリスクを完全にゼロとすることはできず、さらに、リスクを完全に把握して厳密に定量化することも不可能**である。
 - 想定する条件に対して裕度を確保することによって、想定を超える条件に対しても一定の頑健性が期待できるようにし、リスク並びにその不確かさに対処する。

深層防護レベルの考え方(分科会からの提案、つづき)

- 脅威となる事象やハザードは、その原子力施設への影響がそれぞれ異なるので、リスクの内容並びにリスクの不確かさに応じて、安全確保のために必要な防護レベルや個々の防護策は異なるものになりうる。この想定については、**知見の蓄積並びに施設の変化・変更を踏まえた継続的な見直しを行う必要がある。**
 - リスクの内容並びにリスクの不確かさについての認識は、知見の蓄積とともに変化し、予測の不確かさも変化していく。
 - リスクへの寄与が小さいことが明らかでない限り放置してはならず、リスクの定量化のための努力を継続するとともに、定量化が不完全な段階であっても合理的に実行可能な対策を検討する。
 - 合理的に実行可能な範囲は、技術の進展及び評価手法の進歩によって変化するものであって、このような変化を適切に取り込むことを含めて、継続的な改善が図られるべきである。*

*同様な考え方が米国においてもNUREG-2150で提唱されている

まとめ

深層防護の各レベルの分け方, 考え方に関する分科会での議論をとりまとめた。

- 深層防護概念で「護る」ものとの対応関係を明確にしたレベル設定
 - 施設の状態に応じたレベル設定は合理性の高い構築方法の一つ
- 各レベルの考え方
 - 安全対策の多層化について(あえてその効果が十分でなかった場合の備え)
 - 自立した有効性(自立して有効に機能すること)
 - リスク低減のための合理的(に実行可能)な努力と継続的改善