

深層防護のあり方に関する課題

名古屋大学 山本 章夫



深層防護と多重性・多様性・独立性

深層防護を構成する二つの要素

各深層防護レベルの
信頼性

各深層防護レベルの
独立性

どのような
関係？

多重性

多様性

独立性

安全機能を有する機器に求められる条件



深層防護と多重性・多様性・独立性

- 多重性・多様性・独立性は、特に重要な安全機能を有する機器に対して要求されている。
- これは、単一故障の仮定も含め、安全機能を有する機器の**信頼性を確保**するための考え方
- すなわち、多重性・多様性・独立性は、**ある深層防護レベルの信頼性を向上**させるための方策である。



独立性(Independent? Isolation?)

- 多重性・多様性・独立性は、突き詰めると”isolation”つまり(時間的・論理的・物理的)離隔と考えることはできないか。
- 深層防護レベル間の独立性は”independent”。
- では、深層防護レベル間で何が”independent”なのか？
- 深層防護レベルが突破されるのを防止する手段の有効性が”independent”であること。
- 数学っぽく言えば、手段の「次元が違い」「直交」していることだと理解。



深層防護レベルの次元数は? (Independent effectivenessか?)

- 第1層: 異常状態の防止
 - 安全文化、保守的設計・建設・運転・保守の高い品質
- 第2層: 異常運転の検知と制御
 - 計装系、制御系、保護系
- 第3層: DBAの緩和、BDBAの防止
 - 工学的安全性施設、主として恒設機器による自動対応
- 第4層: BDBAの緩和
 - SA対応機器(恒設および可搬)、SAマネジメント
- 第5層: 周辺における放射線影響緩和
 - オフサイト緊急時対応



第3層と第4層の違い

- 第3層の主たる特徴
 - 工学的安全性施設
 - 恒設・自動 (一部 可搬・手動あり)
- 新規制基準の第3-2, 4-1, 4-2層
 - 重大事故防止設備
 - 重大事故緩和設備
 - 特定重大事故等対処施設

Independentなのか? Isolationなのか?



新規制基準の第3-2, 4-1, 4-2層と 深層防護

- 深層防護の第3層が「恒設・自動」での対応で特徴付けられるならば、これと「次元が異なる」「直交する」第4層の対策は「可搬・手動」すなわち人間系を含めたマネジメントで特徴付けることができるのではないか。
- 新規制基準の第3-2, 4-1, 4-2層の要求には、深層防護の観点から、以下の二種類が混在していると考えられるのでは？
 - 「恒設・自動」を特徴とする機器類。「設備による対応」の信頼性向上に貢献。
 - 「可搬・手動」を特徴とする機器類。「マネジメントによる対応」として第3層の防護と「有効性が独立」である。



新規制基準の第3-2, 4-1, 4-2層と 深層防護

- 一般的には、第3層は炉心損傷防止、第4層は炉心損傷影響緩和・格納容器機能喪失防止を対象とする。これらへの対応が第3層「恒設・自動」、第4層「可搬・手動」の特徴と**一対一対応していない**ことが話を難しくしている。
- 仮に、設計基準対応機器(第3層)と独立性を有する格納容器機能喪失防止設備(例えば独立電源を有した恒設の空冷格納容器冷却設備)があったとする。**この設備を第4層と考えた場合、第3層と第4層の防護は「独立である」と考えて良いのか?**
 - Isolationの意味合いではOK
 - Independenceの意味合いではNG?



深層防護コンセプトは変遷する

- 深層防護は、「ある防護レベルを防護する」ことを複数組み合わせる考え方。
- 「有効性が独立な」防護レベルをできるだけ多く見つけ出す努力に伴い、深層防護のコンセプトが変わってきたとみることができる。
- 現在主流の「5層の深層防護」も、技術や状況が変われば、変遷していくと考えられる。



防護レベルはバランスが重要

- 各深層防護レベルの有効性が独立に機能することが必要
- 深層防護全体の性能を高めるためには、以下のポイントが重要
 - 各防護レベルが適切な厚み(信頼性)
 - 各防護レベルのバランスが良いこと
 - 特定の防護レベルに負担が集中しないこと



定量評価の重要性

- 深層防護は、プラントの安全性を確保するための科学的な考え方
- 優劣を判断するためには、その性能の定量評価手法が極めて重要
- 定量性のない議論は、単なる「哲学論争」になる可能性がある。



最後に、(現場と)事実の重要性

- NRCの委員だったマクガフィガン氏は以下の点を強調¹⁾

- 1) 事実に即すこと
- 2) 事実を措いての理論的・教条的な思考を避けること
- 3) 絶えずベストを尽くすこと
- 4) 絶えず学習すること
- 5) 原子力法の「適切な防護の確保」の要求に忠実であること(絶対的な防護の確保を求めることは技術を窒息させる)
- 6) 問題を徹底的に議論すること
- 7) 利害関係者とオープンかつ正直に対話すること。

1) 近藤駿介、「絶えず卓越した仕事を」、技術士会原子力・放射線部会 10 周年記念誌(部会報 第 14 号), (2014).

