

主催:公益社団法人日本地震工学会、協賛:一般社団法人日本原子力学会、公益社団法人土木学会
@ 東京大学 弥生講堂 一条ホール
原子力安全のための耐津波工学の体系化に関する調査委員会報告会

津波安全の基本原則

地震・津波工学に求められる原子力安全の基本事項

2015年4月15日

「原子力安全のための耐津波工学の体系化に関する調査委員会」報告

宮野 廣 (法政大学)

亀田弘行 (京大・電中研)

高田毅士 (東京大学)

成宮祥介 (関西電力)

糸井達哉 (東京大学)

報告書の構成

- 2 地震・津波工学に求められる原子力安全の基本事項
 - 2.1 はじめに
 - 2.2 原子力安全の考え方の共有
 - 2.3 原子力安全の基本
 - 2.4 原子力確保の考え方と深層防護
 - 2.5 福島第一事故における問題点
 - 2.6 安全設計と深層防護
 - 2.7 外的事象への取り組み
 - 2.8 耐津波設計における深層防護の適用
 - 2.9 原子力安全の定量化
 - 2.10 2章のまとめ

報告内容

1. 取り組みの背景
2. 原子力安全の基本と深層防護
3. プラント設計
4. 耐津波設計における深層防護
5. 原子力安全の定量化
6. 2章のまとめ

1. 取組の背景

巨大津波が太平洋沿岸の5ヶ所の原子力発電所を襲い、東京電力福島第一原子力発電所では、大量の放射性物質を放出する未曾有の重大事故(過酷事故)を引き起こす事態となった。

社会は“原子力が持つリスクがどのように顕在化するのか”を経験することとなった。

この新たな経験は、自然災害によるリスクへの取り組みを考えさせるものであった。

地震や津波の科学者や技術者と原子力発電所を建設、運用する原子力分野の専門家は、お互いに協力して、どのように原子力安全を確保に取り組むべきかを、もっと注意深く考えなければならない。

原子力の利用のリスクとはなにか を示し、

リスクを顕在化させるものの一つが、津波による原子力事故への進展である。

津波により原子力事故にまで進展することを如何に防ぐか。

更に様々な自然現象による原子力事故への進展を如何に防ぐか。

→ 耐津波工学の構築である。

耐津波工学など自然災害に対処するためには、

原子力安全への取組みの基本的考え方に基づき考えることが重要である。

2. 原子力安全の基本と深層防護 (1/6)

(1) 原子力安全の基本

- 原子力の利用はリスク, すなわち放射性物質の放出リスク, その影響のリスクなど人の生命や生活に支障を与えるリスクを伴うものである。
- 地震や津波等, 様々な自然の脅威があるが, それらの現象に対しても, 原子力事故に進展することは防がなければならない。
- リスクは低減できてもゼロになるものではない。原子力の利用においても, 必ず リスクは伴うものであり, そのリスクは低減されてもゼロにはならない。
- どの程度のリスクであれば社会に受け入れられるか, “How safe is safe enough?” に対しては, リスクにおいて定量性を持った目標を示し, 社会とのコンセンサスとして形成する必要がある。

2. 原子力安全の基本と深層防護 (2/6)

(2) 原子力安全確保の考え方と深層防護

- ・ 原子力発電所の安全確保の目標は、放射能(放射性物質)の影響を顕在化させないことである。
- ・ 原子力における安全確保の基本には、「**深層防護**」という考え方がある。
3つの段階で考えるのが分かり易い。
 - 第一段階・・・トラブルや異常を発生させないことである。優れた設計で良い品質の設備をつくり、その機能を高く維持すること（発生防止）
 - 第二段階・・・仮に何か重大な異常事象が生じたとしても、それが拡大して炉心溶融や格納容器破損などの重大な事故に至ることがないように、マネジメントにより、できる限りの対策を施すこと（拡大防止）
 - 第三段階・・・最後の段階は、それでも万一、燃料や炉心の著しい損傷や溶融により燃料から放射能がプラント外に放出される事態の発生を想定し、この環境への影響を小さくして、重大な被害をもたらすことのないように手立てを講じること（影響緩和）
- ・ 深層防護とは、このように、仮に万一という想定を繰り返し、多重、**多様に備えた*** 懐の深い安全を確保する考え方である。

*異なる思考による対応

2. 原子力安全の基本と深層防護 (3/6)

(3) 福島第一事故における問題点

1) 事故以前の対応と問題点

- ・ 内的事象とその延長としての設備の異常, 故障を中心とした, 設備における原子力安全を確保する対策がなされてきた。
- ・ 安全系のシステムやそれを補助する設備のほぼ全ての機能を喪失するような外部事象により, 過酷事故が発生するような事態への対応についてはほとんど考えられておらず, 万一, 放射性物質を放出するような事態になった場合への対応についての十分な検討がなされていなかった。

深層防護が適切に適用されていなかった。

2. 原子力安全の基本と深層防護 (4/6)

(3) 福島第一事故における問題点

2) 事故からの教訓

(a) 外的事象, 特に自然現象に対する防護

直接要因として, 外的事象, 自然現象に対する防護が十分でなかった。

特に, 津波については十分な想定がなされていなかった。

設備設計のための地震の規模や津波の大きさをどの程度に見込むか, 設計基準を適切に定めることが重要なポイントとなる。

(b) アクシデントマネジメント策の充実

事故に至った要因としては, シビアアクシデント対策として用意される「アクシデントマネジメント(AM)」策が十分ではなかった。

設計基準を超えて事故に至るような事態が発生した場合に対する考え方や手順や仕組みの具体策が十分ではなかった。

想定外の個々の自然災害が発生した後のAM策では, 自然災害が招く特有の障害についても配慮した対策を考えることが重要となる。

(c) 「想定を超える事象」に対する「柔軟な対応策」

「想定を超える事象」への「柔軟な対応策」が欠如していたことは重要な論点である。

大きな被害を招く事態に対して備える柔軟なAM策が求められる。

2. 原子力安全の基本と深層防護 (5/6)

(4) 深層防護による安全確保

- ・ 基盤となる考え方であり、「原子力安全」を確保する思想であり、「深層防護」はその確保の方法を示す。
- ・ 安全確保策としての深層防護の考え方を認識して、原子力に関わる規制、推進省庁、事業者、メーカー、ベンダー、大学や学識経験者、学会などの各組織はそれぞれの役割を果たさなければならない。

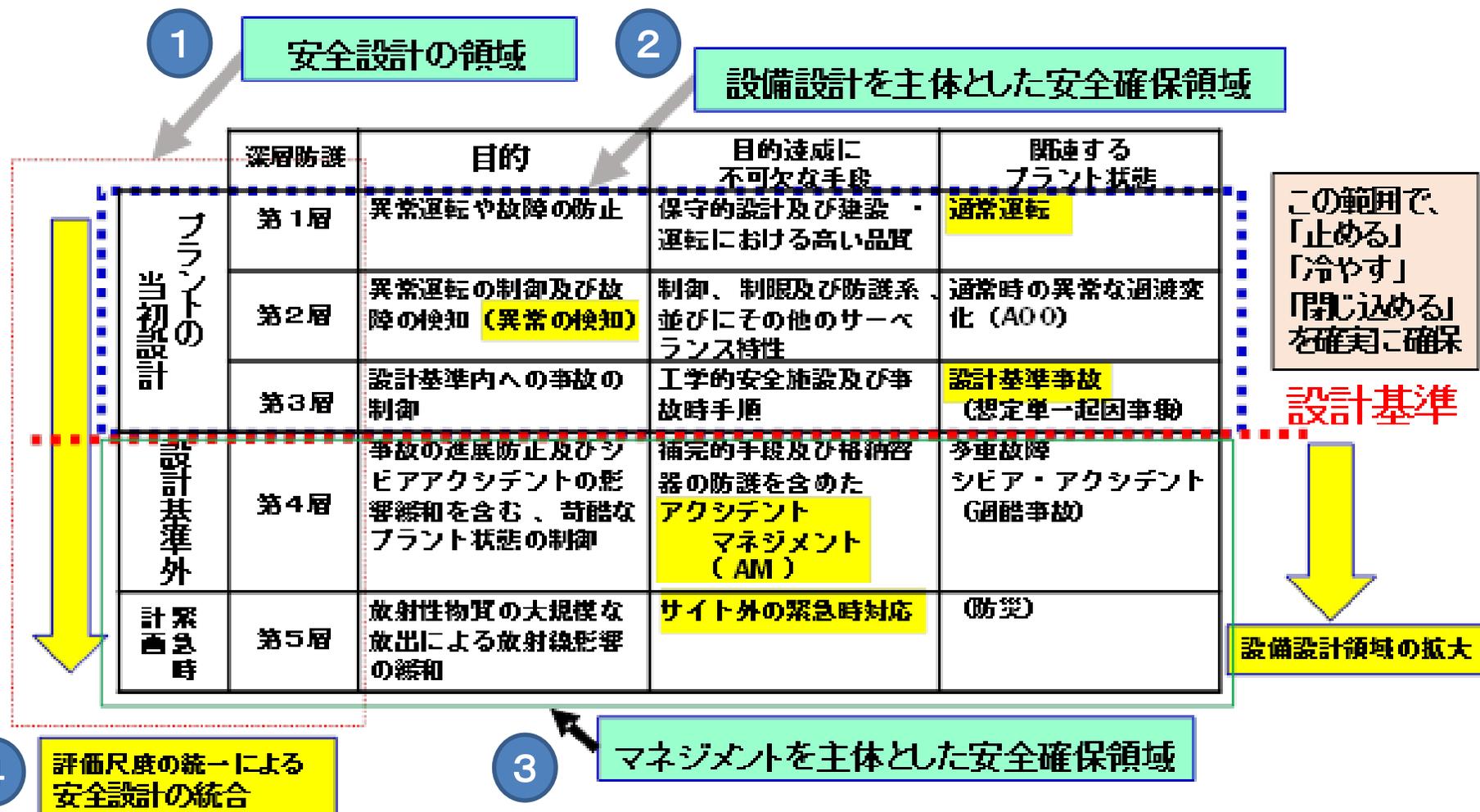
IAEAの深層防護の考え方とその適用の概要を示す(注)。

- ・ 設備としての原子力発電システムの設計においては、安全設計はシステム設計の一環として炉心設計と合わせて行われる。
- ・ 「深層防護」の考え方を適用し、深層防護レベル1(第1層)からレベル5(第5層)までの防護レベル全体を通して原子力安全の確保を図り、設計としての取り組み全体を整合させて考えるのが「安全設計」である。それを受けて設備を論理的に構築するのが設備設計である。

(注) 詳細は日本原子力学会標準委員会発行(HPからダウンロードが可能)の「原子力安全の基本的考え方について 第I編 原子力安全の目的と基本原則:2012」および別冊「深層防護の考え方」(AESJ-SC-TR005)に記載しており、参照願いたい。

2. 原子力安全の基本と深層防護 (6/6)

(4) 深層防護による安全確保



3. プラント設計 (1/3)

(1) 工学としての深層防護

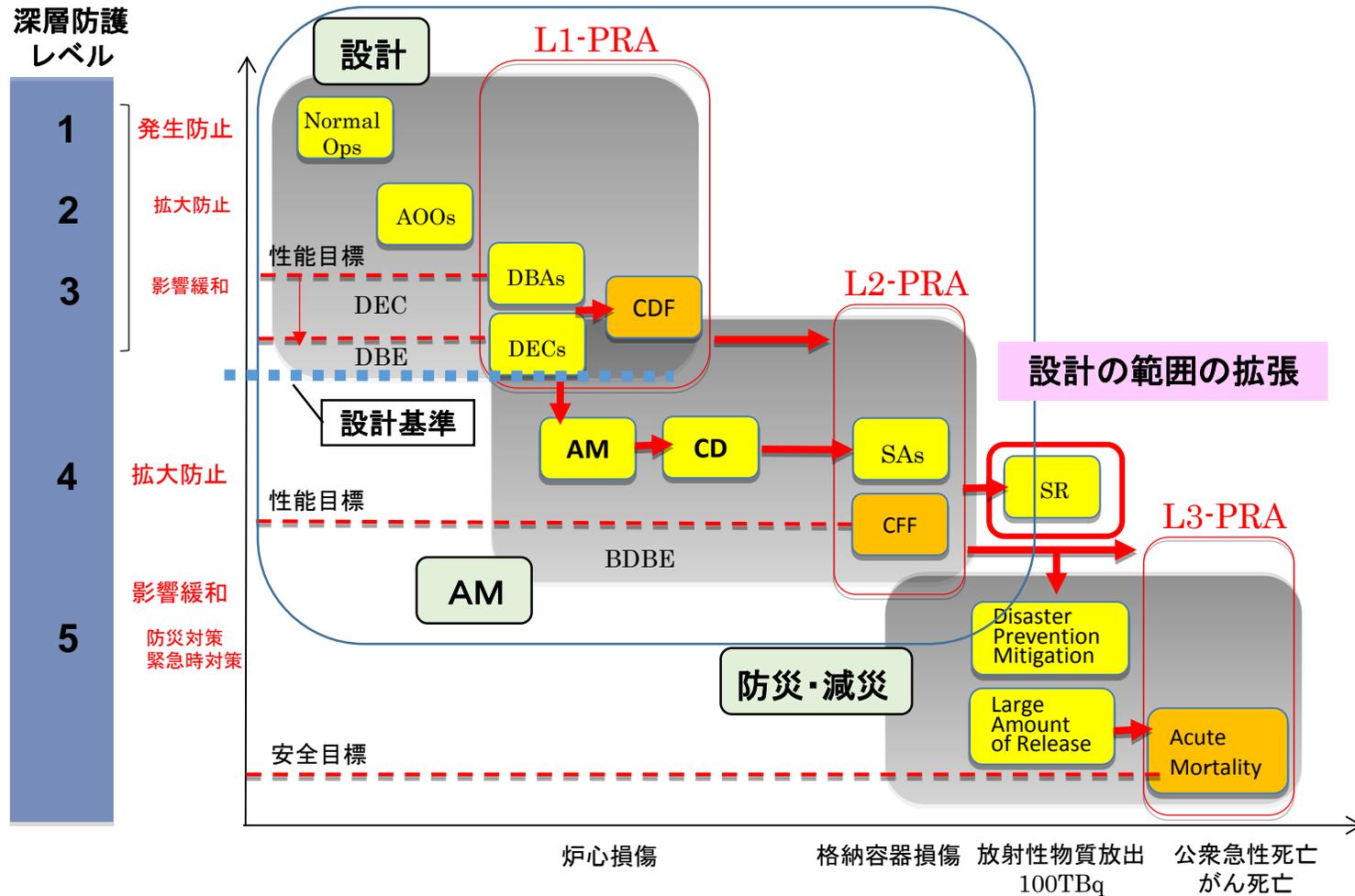
- 福島第一事故からの教訓として得たことは、重要な原子力安全への取り組みは、安全設計においては深層防護レベル1から5まで、すべての範囲で整合させて安全を確保する役割を持たせることとすることである。

深層防護レベル1から3までの「設備設計」において、
深層防護レベル4の「AM対策」において、
深層防護レベル5の「防災・減災」において、
「原子力安全」を確保するための要求を明確にして、それぞれの範囲で原子力安全を確保する役割を持たせることが安全設計の役割である。

- 設計基準は、基本的に深層防護レベル3までの考え方にに基づき、まず 要求機能、要求性能を満足させることであり、加えて想定した異常事象、事故事象に対しても原子炉を安全に停止させる機能を持つことで設計するものである。
これはシステムとして求められるものであり、特に安全系への要求事項として重要な役割を持っている。

3. プラント設計 (2/3)

原子力安全に関する事態の進展シナリオと深層防護レベル



3. プラント設計 (3/3)

(2) 設備設計のための設計基準

- ・ **設備設計のための設計用基準**は、深層防護レベル1に与える基準であり、異常運転や故障の発生を未然に防止することを担保するため、求める機能や性能が十分に確保されるものとする。
この基準を超える事態を想定し、設備の設計では、余裕を持たせた設計を行う。
 - ・ **異常が検知されると余裕の中で通常の状態まで復帰されるようシステムを設計する。**
(深層防護レベル2)
 - ・ 深層防護レベル3として、**想定する事故状態となる場合には、安全系が働き適切に原子炉は安全に停止される設計とされる。**
関連する設備は**異常状態として設計基準を設定して設計される。**
-
- ・ 設計基準は通常的设计のための基準と異常を想定した場合の基準がある。
個々の機器の設計は、通常状態を想定した基準を用いこれが設計基準と称する場合が多い。
 - ・ また個々の機器でも必要な場合や必要な設備、安全系やその設備に対しては事故状態を想定した基準を設定し、それを「設計基準」と称する場合が多い。

深層防護では、深層防護レベル3までに対応するこの基準を「設計基準」とし、これを超す場合を深層防護レベル4(「AM」)の領域としている。

4. 耐津波設計における深層防護 (1/4)

(1) 外的事象への取組

(a) 外的事象への対応

支配的なリスク要因となり得る外的事象に対し、PRAなどを用いて影響評価を実施した上で、プラントの脆弱性を特定し、これらに対応していく継続的改善により、プラントの安全性を向上する取り組みが重要である。

(b) 複合事象への対応

同時に発生する様々な事態の複合事象への対応も考えておかなければならない重要な視点である。今回、地震と津波がそうであったように、自然現象は重畳して発生する可能性がある。種々の自然現象に対して、Coincidental(偶然であるか)、Consequential(従属事象か)、Correlated(相関性の有無)などの要因を考慮したうえで、重畳について検討する必要がある。

(c) 複数機器の機能喪失の影響の考慮

①全電源の喪失、②全冷却システムの喪失、③全ヒートシンクの喪失が同時に発生したことが重要な要因であることがわかってきた。一方、事故・故障の発生への対応、AM対策としては①代替電源の不備、②代替ポンプ(消防車など)の能力不足、③想定外事象(水素爆発など)の多発への準備不足、などが問題点としてあげられている。全ての安全上重要なシステム・機器が損傷を受けたり、機能喪失となるようなシナリオも考えなければならない。

(d) 包括的な外的事象やその重畳の影響の考慮

地震、津波に限らず、地震、火災、強風(台風、竜巻)、洪水、雪崩、火山、氷結、高温、低温、近隣の輸送・工場、航空機落下等に対して、包括的にそれらによるリスクおよび原子力発電所としての脆弱性が検討し、包絡的な評価としてPRA以外の評価とも合わせて定量的なリスク評価を実施する必要がある。

(e) クリフエッジの考慮と設計基準を超える事態への対応

外的事象がクリフエッジを超えた場合のプラント挙動、ひいてはその対応についても十分に検討しなければならない。外的事象としての自然災害などにおいては、地震動や津波などのみならず他の災害に対しても、設計基準を超えた事態に対して、いつ、どのように対応すべきか、ということを確認しておく必要がある。

4. 耐津波設計における深層防護 (2/4)

(2) 耐津波設計における深層防護の適用

- ・ 重要な点は、深層防護レベル3(第3層)の防護レベルまでの設計基準事象を超える事態は起き得ることを前提に、十分にその対応を考える、すなわち深層防護レベル4, 5の防護レベルの手立てを考えておくこと。
- ・ 外的事象の評価は、内的事象の評価に比べて不可避に不確かさが大きくなる。この不確かさについては、設計における安全余裕と深層防護の考え方により対処する必要がある。
この安全余裕はストレステスト等の手法により確認する。
これに加えて、設計基準を超える外的事象も考慮する形で深層防護に則った安全設計・対策を行う。
- ・ 放射性物質の放出がなされる事態には、その量の制限や住民の避難の時間を与えるなどの原子力発電所側での対応により、影響のリスクを極力小さく抑える対応が求められる。
津波が、周辺地域へ大きな被害をもたらすことから、それらの被害も想定した上での対応策を考えておく必要がある。

4. 耐津波設計における深層防護 (3/4)

(2) 耐津波設計における深層防護の適用

- ・ 耐津波設計においては、深層防護レベル1の防護レベルでは、脅威を想定し未然に防護することとして、まず、設計のための津波高さ、「**設計水準津波**」を設定し、敷地内への浸水を防ぐことから敷地レベルを高くすることや防潮壁の設置があげられる（コラムM「**ドライサイト**」を参照）。
- ・ 深層防護レベル2の防護レベルでは、津波高さを検知し、重要機器室への浸水を防ぐなどの機能維持のための防護策を講じること。
- ・ 深層防護レベル3の防護レベルでは、これまでと同様に設計基準事故事象を考えた対応をとる。
例えば「設計水準津波」を超える津波高さ、「**事故水準津波**」を設定することも一つの方法である。
- ・ 深層防護レベル4の検討のための「**想定事故津波**」を設定して事故対応の設備の設計に用いる。
深層防護レベル3の防護レベルまでの安全機能を実現するために用いられる恒設機器とは異なった可搬型機器による対応など、安全上の効果(effectiveness)が独立(independent)な対処が有効である。
- ・ 深層防護レベル5の防護レベルとして津波の来襲では地域との連携をどのように考えるべきか、という課題もある。

<コラムM> ドライサイト

原子力発電所が河川の氾濫や津波・高潮により浸水を受けることは、原子炉の安全を確保するための機能に重大な脅威となる。そのため、敷地内への浸水防止、すなわち「ドライサイト(dry site)」を保持するという概念が定着している。

津波対策の基本は、津波が襲来しても原子炉の冷却機能を保持することにある。ドライサイトはそのための基本戦略であるが、現実の対策は、種々の方法を柔軟に組み合わせたものとすべきである。このとき、サイトおよびサイト近傍における津波の影響は、浸水(高さ・深さと時間変化)、波力、津波に伴う現象(漂流物の移動、堆積や浸食などの地形変化)などの多様な現象を含むことを考慮しなければならない。

IAEAにおける浸水対策の考え方は、ドライサイトの概念として「安全に係わる重要な設備を設計浸水レベルより上になるように設置すべきである。これは、十分な高さにプラントを配置すること、または、敷地のレベルを高くするように建設することにより達成できる。」また、他の方法として、堤防、防潮堤、隔壁のような常設の外部障壁によりサイトを浸水から守ることも許容している。

我が国の原子力規制庁におけるドライサイトの考え方は、基準津波に対し、これより高い敷地に立地すること、または防潮堤等により敷地内への浸水を防止もしくは抑制することを基本としている。さらに、基準津波を上回る津波が施設に及ぶリスクを認識し、敷地が浸水しても炉心及び使用済燃料プールの燃料の重大な損傷を防止できる対策を求めている。具体的には、防潮壁、水密扉等による原子炉建屋等への浸水防止、浸水時の屋外活動の一部制限、漂流物が施設に与える影響の考慮、浸水後の排水機能、などである。

米国NRCは、プラントは設計基準浸水高さより高い位置に設置する。これにより、安全に係わる構築物、系統および設備は浸水の影響を受けないようにする、としている。また、これ以外の手段として、プラント敷地の外側に設置する工学的施設による浸水等から保護、構築物等の止水措置による防護、のいずれかにより対策を行うこととしている。

4. 耐津波設計における深層防護 (4/4)

IAEAの深層防護と外的事象の一つとしての津波対策の関係の例

	深層防護レベル	目的・プラント状態	目的達成に不可欠な手段	津波評価への適用 (例)
プラントの設計	レベル1 第1層	異常運転や故障の防止 (通常運転)	保守的な設計及び建設運転における高い品質	通常運転状態が維持可能 津波の浸入防止 (設計水準津波)
	レベル2 第2層	異常運転の制御及び故障の検知 (異常の検知) (運転の制御)	制御, 制限及び防護系並びにその他のサーベランス特性	緊急の措置 (運転制限, 自動停止等) 津波の検知 (@判断に用いる位置) 安全上必要な水位の検知
	レベル3 第3層	設計基準内への事故の制御 (設計基準事故制御)	工学的安全施設及び事故時手順	非常時安全系の措置による事故収束 津波の浸入防止 (事故水準津波)
設計基準外	レベル4 第4層	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, 過酷なプラント状態の制御	補完的手段及び格納容器の防護を含めたアクシデント (過酷事故) マネジメント (AM/SAM)	設計基準事象(事故)を超える事態 安全停止状態への移行が困難 (想定事故津波) アクシデントマネジメントの措置 (進展防止, 影響緩和, 等)
緊急時計画	レベル5 第5層	放射性物質の大規模な放出による放射線影響の緩和	サイト外の緊急時対応 (防災・減災)	地域共生 地域への津波影響の評価と緩和策 発生時の最適対応

〈コラムL〉 各種津波対策において設定する津波について

本報告書では深層防護との関連で、原子力発電所を対象に、以下の呼称を提案している。

[設計水準津波 (Design Tsunami)]

異常発生防止用SSC設計のための設計津波(深層防護レベル1に対応)

[事故水準津波 (Accident-Control Tsunami)]

異常検知用または設計基準内への事故の制御用のSSC設計のための設計津波
(深層防護レベル2, 3に対応)

[想定事故津波 (Severe-Accident Tsunami)]

アクシデントマネジメント策および原子力防災の有効性評価のような設計基準を超える
想定津波(深層防護レベル4, 5に対応)

ここで、設計津波(SSC設計用の想定津波)は、「設計水準津波」と「事故水準津波」2種類から構成されるべきとするものである。

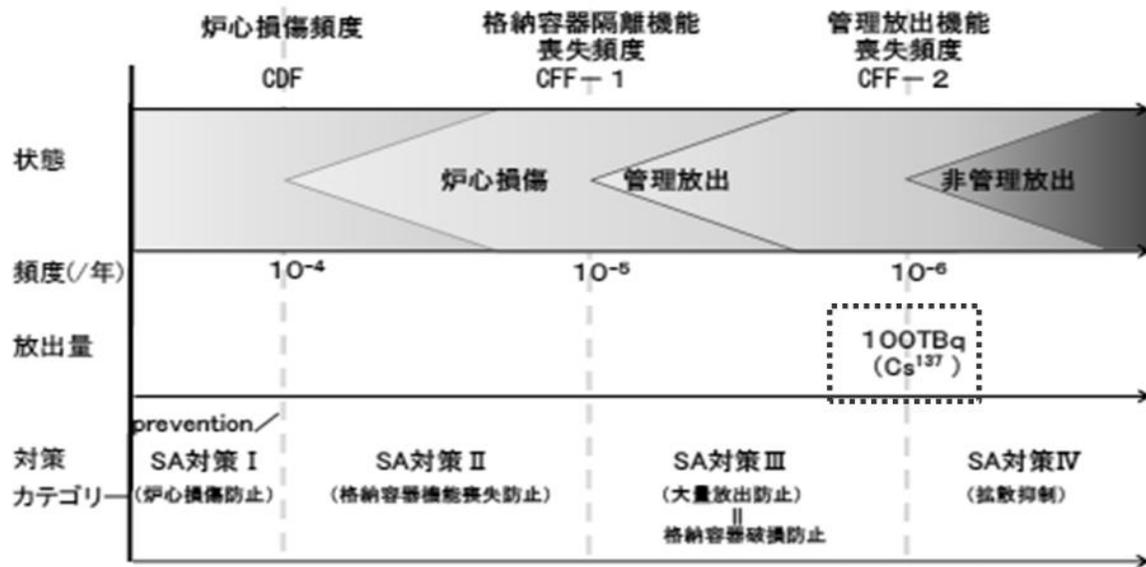
5. 原子力安全の定量化 (1/3)

深層防護の各層、各防護レベルは、安全目標であるリスクをバランスよく分担し、トータルとしての原子力安全の定量的なリスク目標を達成することが望ましい。

- ・ 第一段階の設計で対応している領域は、深層防護レベル1からレベル3の防護レベルで対応している領域で、想定する事故の発生程度の可能性を許すが、過酷事故への進展を未然に防ぐ領域である。
- ・ 第二段階に対しては、炉心損傷への進展のリスクは想定するが、放射性物質の大量放出事故への進展を未然に防ぐ。深層防護レベル4の防護レベルの領域である。
- ・ 第三段階は、社会が許容できる程度の放射性物質の放出事故の可能性を想定し、放出される放射性物質への対応、「防災・減災」の手立てをとることにより、リスクを「安全目標」以下とする。深層防護レベル5の防護レベルの領域である。

このようにして、深層防護は各層、各防護レベルで事故の影響度を定めて、その進展リスクを抑える手立てを施し、全体として放射性物質の放出事故による社会が受ける放射能事故のリスクを低く抑えようとする。

5. 原子力安全の定量化 (2/3)

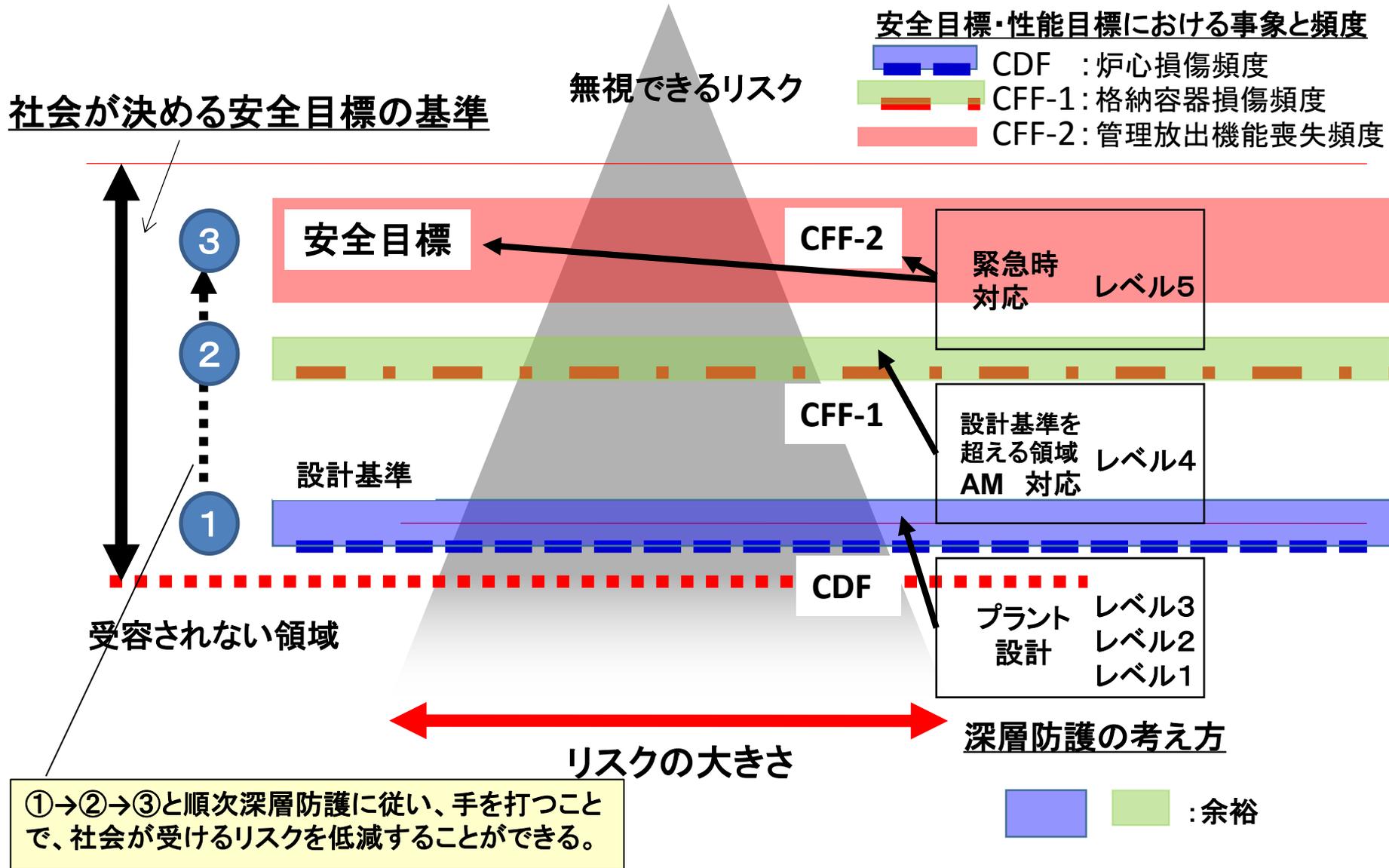


付表2.2-2 原子力規制委員会でまとめられた性能目標 (2013年4月3日) 付2-2.3)

指標	参照値
炉心損傷頻度 (CDF)	10^{-4} /年
格納容器隔離機能喪失 (管理放出) 頻度 (CFF-1)	10^{-5} /年
格納容器隔離機能喪失 (非管理放出) 頻度 (CFF-2)	10^{-6} /年

* 管理放出の際の放射性物質放出量制限値は100TBq (^{137}Cs)
 (100TBq (^{137}Cs) は福島第一事故の際に、環境に放出された放射性物質のおおよそ100分の1)

5. 原子力安全の定量化 (3/3)



6. 第2章のまとめ

耐津波設計として、

- ・ 深層防護レベル1(第1層)としては、プラントを設計水準津波に対する基準水面からの高さに設置するか、また防潮壁を設置して津波の敷地内への侵入を防ぐことに始まり、
- ・ 深層防護レベル3として深層防護レベル1の基準を超える事故水準津波を設定し、この津波に対する建屋内への水の浸入を防ぐ防水扉を設置するなどの津波防御としての事象に対する対応を設計として取り入れる。
- ・ これを超える事態、深層防護レベル4の「AM」の領域に対しては、安全策の実施に必要な電源や冷却水ポンプなどを高台に代替機器を準備するなどの対応策を準備する。
この場合も、必要に応じて想定事故津波を用いた設備設計やリスク評価を行う。

このように多層の安全策の具体的方策を考えるにあたり、深層防護との関係において、どのように考えるかの具体策の例を示した。

多層の安全策は対策の物理量がそれぞれ異なるものであることが多く、原子力安全に対する効果を一元的に標記、評価するために、原子力安全に求められる安全目標に対するリスク値で定量化することを提言した。この値を社会として受け入れられるリスクレベルを目指して、深層防護の各層にこのリスクをバランスよく分担するように、様々な考えられる具体策を選定に適用することが重要である。特に、耐津波設計では、原子力発電所の安全な運用はもちろんであるが、早いうちに事故を想定した防災の始動に取り掛かることが必要であり、いつ、なにを、どのように考えればいいのか、耐津波設計で明確に示さなければならない。

<コラムA> 技術ガバナンス

原子力安全を確立するためには、政策的、経営的、および技術的基盤を体系的に結びつけた取り組みが重要である。その基盤となるのが技術であることは言うまでもない。技術に真摯に向き合い、技術に基づいた適切な判断を行うことこそ最も優先させなければならない。それが技術ガバナンスである。そのためには、科学者、技術者は適切に判断のための情報を示さなければならない。それが科学者、技術者の原子力安全を確保するための重要な責務である。その上で、原子力安全は技術的な判断だけでは成り立たないことを自覚し、他の要素を有機的に結びつけ、それらを有効に機能させる枠組として、リスクガバナンスの確立が不可欠となる。リスクガバナンスとは、「様々な脅威(リスク)に対する問題解決の行為における能動的参加者と責務、規則と約束事、意思決定の構造、情報の蓄積・解析・開示・運用、のすべてを有機的に包含し有効に機能する仕組みの総体」と規定される。そこでは、リスクマネジメントやリスクアナリシスなどの手順に加え、能動的参加者(ステークホルダー)の役割が活動的に位置づけられていることが必須とされる。すなわち、原子力安全においては、それはトータルな運営体制の問題であり、特に自然ハザードに対する安全において不備があったことが福島第一事故の重要な要因として指摘されている。技術ガバナンスは、リスクガバナンスを支える不可欠の柱である。

原子力安全を具体的実現する手段として、工学技術はその中核をなす。これまでに実現された個別要素技術および総合化技術は膨大であり、その集積のうえに原子力発電所が存在している。しかし、リスクガバナンスが重要課題とされる中で、工学の役割は「正しい技術」を持つだけでは果たされない。それ以上に、「技術を正しく適用する」ことが必須である。リスクガバナンスの包括的な枠組の中で、技術的真価を発揮させねばならない。この点で、技術ガバナンスを担うべき工学の責任は大きい。

〈コラムL〉 各種津波対策において設定する津波について

行政や事業者は、住民や施設の津波対策において想定する津波を設定する。ある想定に沿って波源を想定し対象地点での津波による作用(水位, 浸水域, 流体力等)を推計する方法が一般的であり, これらの推計結果は津波対策の資料として活用される。分野によって以下の用語が用いられる。

[計画津波]: ハードとソフトを含めた総合津波対策を計画するための津波であり, 東日本大震災では, 国土交通省などが「津波防災まちづくりの計画や避難計画の策定のための津波」(参考:津波防災まちづくりの計画策定に係る指針¹⁾などに明記)とされている。

[設計津波]: 「海岸保全施設である海岸堤防等の設計に必要となる津波」となり, ハード中心とした津波対策を検討する際の津波である。同様に, 東日本大震災では, レベル1・2などを対象として, 国土交通省「設計津波の水位の設定方法等^{2), 3)}」を提案している。

[基準津波]: 原子力規制委員会が東日本大震災以降, 平成25年に制定した新規制基準⁴⁾の用語であり, 「設計基準対象施設の供用中に当該施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波」とされる。基準津波は, 施設からの反射波の影響が微少となるよう, 施設から離れた沿岸域で定義され, 設計基準対象施設位置で定義される津波(同規制基準では, これを入力津波と呼び, 上述の設計津波とほぼ同義である。)とは明確に区別されている。

[想定津波]: 対策, 計画, 設計など実施をする際に想定すべき(検討すべき)津波であり, 定義の範囲が広い。

本報告書では深層防護との関連で, 原子力発電所を対象に, 以下の呼称を提案している。

[設計水準津波 (Design Tsunami)]: 異常発生防止用SSC設計のための設計津波(深層防護レベル1に対応)

[事故水準津波 (Accident-Control Tsunami)]: 異常検知用または設計基準内への事故の制御用のSSC設計のための設計津波(深層防護レベル2, 3に対応)

[想定事故津波 (Severe-Accident Tsunami)]: アクシデントマネジメント策および原子力防災の有効性評価のような設計基準を超える 想定津波(深層防護レベル4, 5に対応)

ここで, 設計津波(SSC設計用の想定津波)は, 「設計水準津波」と「事故水準津波」2種類から構成されるべきとするものである。

<コラムM> ドライサイト

原子力発電所が河川の氾濫や津波・高潮により浸水を受けることは、原子炉の安全を確保するための機能に重大な脅威となる。そのため、敷地内への浸水防止、すなわち「ドライサイト(dry site)」を保持するという概念が定着している。欧米の原子力発電所は河岸立地が多く、河川の氾濫は日常的な脅威であることから、低頻度の津波が問題となる海岸立地の日本の場合と比べて、この概念は広く定着してきた。河川の氾濫と津波ではその規模や物理特性が異なるので、当然それぞれ独自の対策が構築されるべきである。

津波対策の基本は、津波が襲来しても原子炉の冷却機能を保持することにある。ドライサイトはそのための基本戦略であるが、現実の対策は、種々の方法を柔軟に組み合わせたものとすべきである。このとき、サイトおよびサイト近傍における津波の影響は、浸水(高さ・深さと時間変化)、波力、津波に伴う現象(漂流物の移動、堆積や浸食などの地形変化)などの多様な現象を含むことを考慮しなければならない。

基準、規制基準におけるドライサイト関連の諸規定は、共通点が多いが、細部は必ずしも一律ではない。以下に、IAEAの基準、および日本と米国の規制基準の概要を示す。

IAEAにおける浸水対策の考え方は、ドライサイトの概念として「安全に係わる重要な設備を設計浸水レベルより上になるように設置すべきである。これは、十分な高さにプラントを配置すること、または、敷地のレベルを高くするように建設することにより達成できる。」また、他の方法として、堤防、防潮堤、隔壁のような常設の外部障壁によりサイトを浸水から守ることも許容している。

一方、我が国の原子力規制庁におけるドライサイトの考え方は、基準津波に対し、これより高い敷地に立地すること、または防潮堤等により敷地内への浸水を防止もしくは抑制することを基本としている。さらに、基準津波を上回る津波が施設に及ぶリスクを認識し、敷地が浸水しても炉心及び使用済燃料プールの燃料の重大な損傷を防止できる対策を求めている。具体的には、防潮壁、水密扉等による原子炉建屋等への浸水防止、浸水時の屋外活動の一部制限、漂流物が施設に与える影響の考慮、浸水後の排水機能、などである。

さらに、米国NRCは、プラントは設計基準浸水高さより高い位置に設置する。これにより、安全に係わる構築物、系統および設備は浸水の影響を受けないようにする、としている。また、これ以外の手段として、プラント敷地の外側に設置する工学的施設による浸水等から保護、構築物等の止水措置による防護、のいずれかにより対策を行うこととしている。