

安全目標・性能目標の役割

平成23年3月16日

東京都市大学
平野光將

1

説明内容

1. 安全目標策定の背景
 - 定量的安全目標策定の動き
 2. 我が国の安全目標・性能目標の策定、活用に関する取り組み
 - (1)安全目標に関する調査審議の中間とりまとめ(平成15年12月)
 - 安全目標の目的
 - 安全目標案
 - 今後の取り組み
 - (2)性能目標案(平成18年3月)
 - (3)耐震設計指針改定(平成18年9月)
 - (4)リスク情報を活用した安全規制の導入に関する関係機関の取り組み
と今後の方向性 (リスク情報を活用した安全規制の導入に関するTF報告書 (平成19年9月))
 3. 安全目標・性能目標の位置付け
 - 各国の補助的数値目標値
 - IAEA安全基準(設計)及び格納容器設計(指針)
 - 新原子力発電プラントの安全目標に関するWENRA声明(2010年11月)
- まとめ

2

1. 安全目標策定の背景

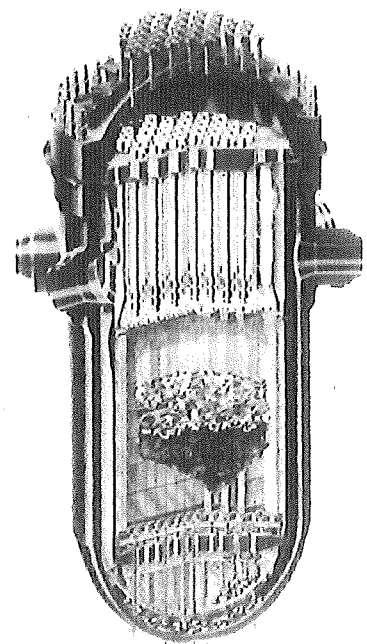
- ・社会における様々な事業活動には、非常に有益な成果をもたらすが、他方で周囲の人々の健康や社会・環境に影響を及ぼす潜在的危険性(リスク)を伴うものがあり、効果的にリスクを抑制することが求められる。
- ・この責任は第一義的にはその事業者にあるが、特に大きな影響をもたらす可能性のある活動に対しては、国は国民の安全を確保する責任から、その事業者に対して国民のリスクを十分小さい水準に抑制するよう適切なリスク管理活動を求めるなど、リスクの性状・大きさに応じて安全規制活動を行っている。
- ・このようなリスクを抑制するために、原子力施設に対する事業者の安全確保及び国の安全規制は、
 - 「異常発生防止」
 - 「異常の拡大防止と事故への発展防止」
 - 「放射性物質の異常な放出防止」という多重防護の考え方を基本としている。
- ・立地、設計、建設、運転の各段階で指針、基準等で到達目標が示されており、これらの指針、基準等も広い意味で安全目標といえる。

3

○定量的安全目標策定の動き

- * Chalk River研究炉の重大な事故(1952年)
- * ウィンズケールの環境汚染事故(1957年)
- * TMI-2事故(1979年)
- * チェルノブイリ事故(1986年)
- * オランダスキポール空港事故(1992年)
- * JCO事故(1999年)

- ・これらの事故の教訓を踏まえて、原子力施設の支配的なリスク要因である炉心が重大な損傷に至る事故(シビアアクシデント:SA)への対策を実施し、その発生防止とその影響緩和により、リスクの抑制を検討してきた。
- ・さらに、リスクを抑制する水準の指標として安全目標の検討を進めきた。
 - どこまでの安全を求めて規制を強化するのか？
 - どこまで安全なら十分安全なのか？
 - 原子力発電所の安全はどこまで期待できるのか？



1979年3月27日、TMI-2事故

- ・原子力安全委員会は、JCO臨界事故を踏まえた平成11年版原子力安全白書の「決意と今後の活動」において、リスク情報の概念に基づく安全確保を目指し、安全目標の策定に向けた体制や内容の検討を進めることを表明。

2. 我が国の安全目標・性能目標の策定、活用に関する取り組み

- ・「原子力安全委員会の当面の施策の基本方針について」(平成12年1月)において、定量的予測に基づくリスク管理が重要として、安全目標の検討を開始することを表明
- ・平成15年11月に「リスク情報を活用した原子力安全規制の導入の基本方針について」を決定

(1)安全目標に関する調査審議の中間とりまとめ(平成15年12月)

○安全目標の目的

- ・安全目標は、国の安全規制活動が事業者に対してどの程度発生確率の低いリスクまで管理を求めるとかという、原子力利用活動に対して求めるリスクの抑制の程度を定量的に明らかにするものである。

- ・安全目標を策定することには、次のような利益があると考えられる。

- ①リスクを十分小さく抑制するため、合理的に実行可能な安全確保活動の実施を事業者に求め、その実施状況を確認してきているが、「安全目標」は、こうした規制活動に一層の透明性、予見性を与え、より効果的で効率的なものにする。また、様々な原子力利用活動分野に対する規制活動を横断的に評価し、相互に整合性のあるものとするに寄与する。
- ②規制活動等における意思決定に国民の意見を反映することが求められるが、「安全目標」の存在は、指針や基準の策定など国の規制活動のあり方に関しての国と国民の意見交換を、より効果的かつ効率的に行うことを可能とする。
- ③事業者が「安全目標」を参照してリスク管理活動を計画・評価することにより、より効果的かつ効率的に実施することができる。

○安全目標案

1)定性的目標案

原子力利用活動に伴って放射線の放射や放射性物質の放散により公衆の健康被害が発生する可能性は、公衆の日常生活に伴う健康リスクを有意には増加させない水準に抑制されるべきである。

2)定量的目標案

- ・原子力施設の事故に起因する放射線被ばくによる、施設の敷地境界付近の公衆の個人の平均急性死亡リスクは、年あたり百万分の1程度を超えないように抑制されるべきである。
- ・原子力施設の事故に起因する放射線被ばくによる、施設からある範囲の距離にある公衆の個人の平均がん死亡リスクは、年あたり百万分の1程度を超えないように抑制されるべきである。

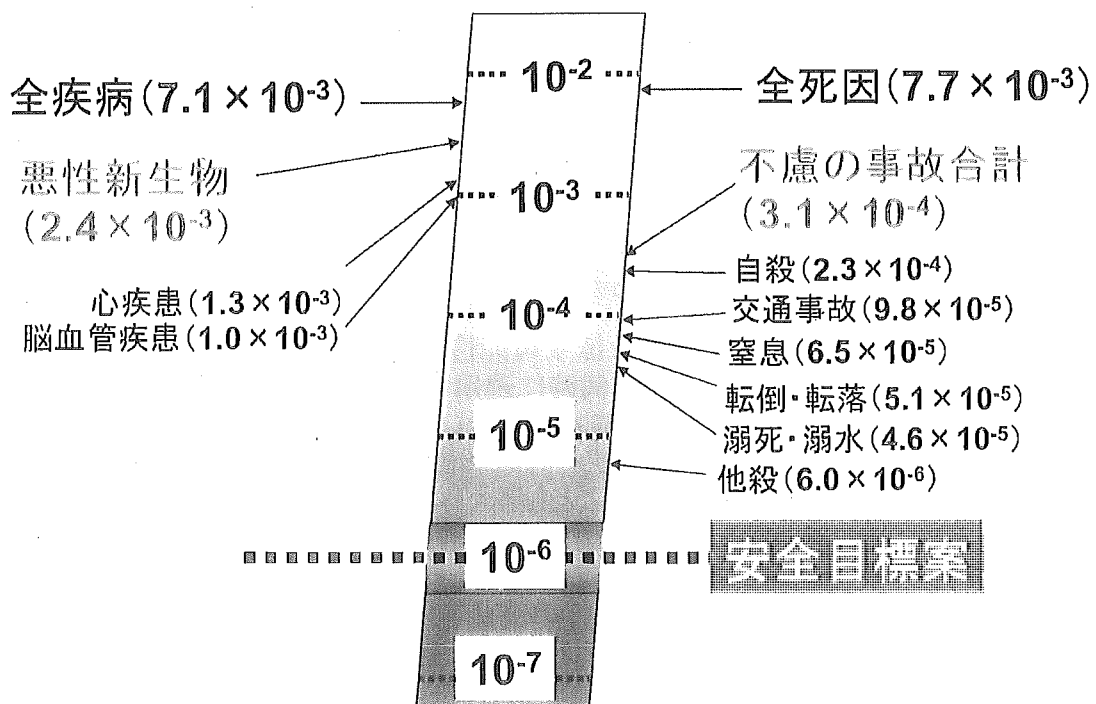
- ①公衆に放射線被ばくによる悪影響を及ぼす可能性のある原子力利用活動を広く対象とする。しかし、あらゆる原子力利用活動に同時に適用することを当然とはしない。
- ②安全目標の指標としては、リスクの抑制水準について比較的議論が進んでおり、リスク評価技術が進展している公衆の個人に対する健康影響に関連したリスクとする。
- ③集団の健康リスクの抑制水準を定めることも考えられるが、ある範囲の平均個人リスクを抑制することにより、広範囲に被害をもたらす事故の発生確率を抑制する効果がある。
- ④様々な社会的リスクを規制の意思決定に反映するべきかは、さらなる研究が必要である。
- ⑤防災対策についてもその有効性や信頼性の評価を踏まえて適切に考慮する。
- ⑥個別施設について、合理的に実行可能なリスク低減策が計画・実行されていれば、リスク評価結果が年あたり百万分の1を超えても安全目標に適合していないとはしない。

○今後の取り組み

- ①多重防護を踏まえて、安全目標に適合していることの判断のめやすとなるプラント性能目標を示すことが合理的である。
- ②これまで安全目標を活用した経験がない我が国としては、許認可に係る審査指針、技術基準類の整備・改訂検討など、各種規制活動の合理性・整合性の判断の参考とする。ことから適用するのが適当である。
- ③個別の施設に対する規制等より踏み込んだ適用を行うのは、事業者側、規制側ともに経験を積んだ段階で着手するのが適切である。
→新耐震設計審査指針、タスクホース報告書等における検討(後出)
- ④安全目標は、原子力利用活動の規模や社会の安全水準の動向を踏まえて適宜見直しを行っていくべきである。
- ⑤原子力安全規制活動において、安全目標やその下位に位置する性能目標を効果的に利用できるようにするためには、
 - ・適切な品質管理の下で実施された原子力利用活動のリスク評価結果や、
 - ・この評価結果に付随する不確かさを考慮に入れて、安全目標等に対する適合性を判断したり、その知見を活用するための仕組み
 が合意され、利用可能とならなければならない。
不確かさが明示されたリスク評価結果は、不確かさが明示されていない結果に比べて何をどこまで信頼して良い結果であるかが分かり易い。
- ⑥策定される安全目標が社会に広く受け入れられるためにも、安全目標の目的や内容、適用法、リスク評価の根拠や考え方等について、十分に国民に説明し、理解を得ていく努力が必要である。

安全目標(案)のイメージ

出典:「人口動態統計」(厚生労働省) 2001年データより



(2) 性能目標案(平成18年3月)

- ・原子力施設では多重防護の考え方が安全確保の基本的考え方であることから施設が安全目標に適合しているかを判断するめやすとなる水準を性能目標として検討しておくことは合理的である。

性能目標案: 次の指標1及び指標2を同時に満たすこと

指標1 炉心損傷頻度(CDF) : 10^{-4} /年程度

指標2 格納容器機能喪失頻度(CDF) : 10^{-5} /年程度

(将来炉におけるより高い安全水準の追求)

将来設計される発電炉については、今後も最新の技術を採用し、より一層安全性の高い発電炉の開発に努めることを期待する。

(性能目標を用いる際に考慮すべき事項)

- ・複数基の発電炉が立地するサイトにおいては、性能目標を用いる際は基数の影響を適切に考慮すべきある。
- ・地震等の自然現象に起因する事象のPSAでは、ハザード評価、フラジリティ評価等に必要な知識の不足等のためより大きい不確かさが伴うとされており、また適用の経験が限られている。性能目標を実際に活用するには、こうした要因も考慮する必要がある。

(性能目標を用いる利点)

実際の設計において安全機能又は系統、機器の必要な信頼性を定める基礎として利用できる。また、日々の安全運転管理により密接に関わりリスク情報の活用につながっている。

(3) 耐震設計指針改定(平成18年9月)

- ・改定指針では、
 - ①適切な S_s を想定し、 S_s に対して重要な系統・機器・構造物が安全機能を維持するように設計することで、原子炉等規制法にある災害を起こさないことを求めている。
 - ②しかし、基準地震動 S_s を上回る強さの地震動が生起す可能性は否定できないとし、 S_s を上回る地震動によるリスクを「残余のリスク」とし、「残余のリスク」を合理的に実行可能な限り小さくするための努力が払われるべきことが求められている。
- ・原子力安全基準・指針専門部会報告書には、
 - ①「客観性・信頼性を備えたリスクの定量的評価手法の確立、
 - ②リスクに対する明確な定量的目標値(安全目標又は安全目標から導出される定量的性能目標等)の設定が不可欠であり、関連する技術開発、総合的な検討の促進、決定論的手法と確率論的手法の融合等について、一層の精力的な取り組みが必要である。残余のリスクに対する定量的な評価の試行的実施を進め、設計段階以降における活用を図ることが有効である。今後共、評価手法の精度向上、リスク情報活用のための一層の取り組みが積極的に実施されることを期待する。との見解が明記されている。

(4) リスク情報を活用した安全規制の導入に関する関係機関の取り組みと今後の方向性 (リスク情報を活用した安全規制の導入に関するTF報告書 (平成19年9月))

リスク情報の活用に関する取組の進捗状況を評価するとともに、全体に整合の取れた進捗が得られるように、今後の課題と方向性を提言した。

(1) 進捗状況の評価

- ① 改定耐震設計指針に「残余のリスク」が明記され、その評価が実施されるのは、リスク情報活用の本格的導入の検討に資する予備的試行として評価できる。
- ② 検査制度見直しで、当初は決定論的安全評価とPSAから得られる機器重要度のうちより厳しい方をとって保全プログラムが作成され、経験を積みつつ、期待される安全水準を効果的・効率的に達成するための資源適正配分にも重点をおいたリスク活用が行なわれるとのことであるが、着実な進展が望まれる。

(2) 今後の課題と方向性

- ① 安全目標や性能目標の確立と安全規制における位置づけの明確化
- ② 重要度分類指針を始めリスク概念を含めた安全審査指針類の体系的見直し
- ③ 安全目標/リスク情報の包括的活用と個別施設への活用の両面からの推進
- ④ リスク情報を活用した規制の意思決定プロセスの検討、確立
- ⑤ 耐震安全性等に係るリスク評価の推進
- ⑥ 原子力のリスクコミュニケーションの推進

11

3. 安全目標・性能目標の位置付け

各国の安全目標・性能の位置づけ、利用法は、次のようなものが挙げられる。

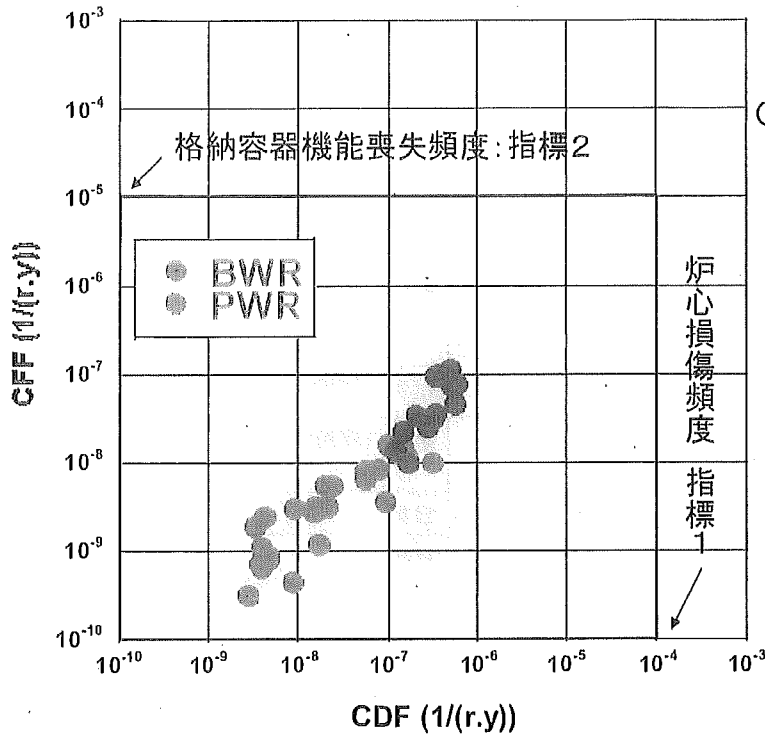
- ① 「十分な安全」のレベルを具体的に示す。
- ② 許認可政策・許認可体系に関する意志決定(新しい規制の検討、既存の規制の再検討等)の判断根拠とする。
- ③ 個別プラントの規制・認可の判断根拠(の一部)とする。
- ④ 設計や運転管理の目標として活用する。

各国の位置付けをまとめると次のようになる。

- ① 多くの国で、公衆安全レベル(個人リスク、社会リスク)の安全目標を規制値そのものではなくても、規制等を補足する目標として活用している。
- ② 個別原子力施設に直接的に規制に活用されている国は、オランダ、フィンランド、イギリス、アメリカ等に限られていたが、最近様々な形で拡大しつつある。
なお、オランダ、フィンランドでは安全目標が許可条件であるが、イギリスでは少数の原則が満たされなくとも、リスク低減に十分な配慮が払われていれば許可される。
- ③ 多くの国に格納容器破損(大規模な放射性物質の放出)、炉心溶融、重要な安全機能を持つシステムの信頼度に対する補助的数値目標があり、個別原子力施設に対してシビアアクシデント対策を含めた設計改良、運転手順書整備などに役立てており、また近年は、安全目標と直接リンクしないが、安全目標との整合性を考慮してリスク許容増加量を定めて、技術仕様書、供用期間中試験・検査などの運転管理の許認可にも活用されている。

12

我が国のリスク評価結果と性能目標案との関係



○既設52基の「出力運転時の内的事象」のPSAの結果(2004年)は、性能目標の値を十分に満足している。
地震リスク(残余のリスク)については耐震バックチェック(Phase1)に引き続いてPhase2として検討される。

原子力安全・保安院、「軽水型原子力発電所における「アクシデントマネジメント整備後確率論的安全評価」に関する評価報告書」(平成16年10月)

13

各国の補助的数値目標値(1/2)

ref. OECD/NEA "Use and Development of Probabilistic Safety Assessment CSNI,"
NEA/CSNI/R(2009)16, (Dec., 2009)

国	指標	値 (1/年)	規制上の位置づけ
米国	CDF	10^{-4}	目標
	LERF	10^{-5} 10^{-6}	目標 (既設炉) 目標 (新設炉)
	CCFR	10^{-1}	目標 (新設炉)
イギリス	CDF	10^{-4} 10^{-5}	限度 (法的限度ではない) 目標
	LRF $^{137}\text{Cs} > 200\text{TBq}$	10^{-5} 10^{-7}	限度 (法的限度ではない) 目標 (線量/頻度の段階的)
フランス/ ドイツ	CDF	10^{-5} 10^{-6}	限度 (法的限度ではない) (新設炉) 目標
	LRF/LERF	無視可能なレベル ($10^{-6} \sim 10^{-7}$)	目標
スイス	CDF	10^{-5}	限度(新設炉)、目標(既存炉)
スウェーデン	CDF	10^{-5}	目標
	LRF 炉心内蔵量の0.1% 以上の放出	10^{-7}	目標

14

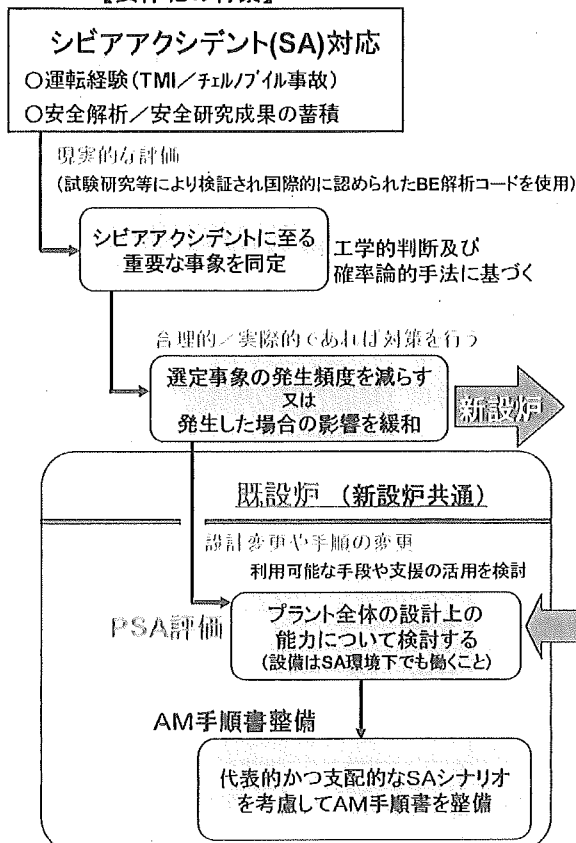
各国の補助的数値目標値(2/2)

国	指標	値 (1/年)	規制上の位置づけ
カナダ	CDF	10^{-4}	目標 (既存炉)
		10^{-5}	目標 (新設炉)
	LRF $^{137}\text{Cs} > 100\text{TBq}$	10^{-5}	目標 (既存炉)
		10^{-6}	目標 (新設炉)
ロシア	CDF	10^{-5}	目標 (既設炉)
	LERF	10^{-7}	目標 (既設炉)
韓国	CDF	10^{-4}	目標 (既設炉)
		10^{-5}	目標 (新設炉)
	LERF	10^{-5}	目標 (既設炉)
		10^{-6}	目標 (新設炉)
フィンランド	CDF	10^{-5}	限度 (新設炉)
	LRF $^{137}\text{Cs} > 100\text{TBq}$	5×10^{-7}	限度 (新設炉)
日本	CDF	10^{-4}	目標
	CFF	10^{-5}	目標

- (1) 多くの国で新設炉は既設炉より一桁小さい補助的数値目標値を定めている。
 (2) 多くの国で安全目標を個人死亡リスク(10^{-6} /炉年)としているが、新設炉に対しても安全目標は変更せず、大量な放射性物質の放出頻度(格納容器機能喪失頻度(CFF)等)は 10^{-6} /炉年以下としている。これは社会的リスクの抑制の重要視と考えられる。

IAEA安全基準(設計)及び格納容器設計(指針)

【要件化の背景】



※ 欧米における新設炉に対するシビアアクシデント対策は、IAEAの安全基準にほぼ準拠している。

新設炉のSA設計要求

目標: 格納容器破損に至っても放射性物質放出を緩和し、緊急避難を要しないこと(影響は最小限に抑える)

以下を設計で対応する

- 早期の格納容器破損防止策
DCH/水素爆発/水蒸気爆発
- 晩期の格納容器破損防止策
溶融デブリ冷却設備/過圧破損防止設備
- 格納容器開放時(停止時等)のSA対策
- 格納容器バイパス対策(SGTR及びインターフェイスシステムLOCA)
- 漏えいを抑制するための格納容器雰囲気中の放射性物質除去
- 二重格納容器(格納容器ベントは不可)

※ 格納容器緩和系を使用する場合には高温/高圧/放射性物質等の格納容器内SA条件を考慮

※ 水素制御設備の設置に際しては、SA時の水素発生、移行、混合挙動を評価

○ 設計段階においてPSAを実施
 (概念設計段階で概略評価、その後詳細情報を得て繰り返し実施)
 安全系における多重性及び多様性を含めて設計オプションの選択の支援に用い既設炉と比較して安全レベルが向上していることを確認する。

○新原子力発電プラントの安全目標に関するWENRA声明(2010年11月)

WENRA(西欧原子力規制者協会)は、チェルノブイリ事故を体験した原子力関係者の共通認識として、新原子力発電プラントの安全目標に関する次の立場を表明している。

- ①今後数年間において欧州で認可される新原子力発電プラントは、特に設計改良を通して、既存のプラントよりも安全なものとする。
- ②規制者は同じ方向で安全の向上を求め、これらの新プラントが高く(各国間で)同等の安全レベルを有することを確かなものとする。
- ③申請者は、規制当局への提出物を策定する際にこの共通した立場を考慮する。

○新原子力発電プラントに対するWENRAの7つの安全目標

01. 通常運転、異常事象、及び事故の防止

- ・通常運転の範囲内にとどまる能力を強化し、異常事象の発生頻度を低減する。
- ・異常事象を制御する能力を強化し、事故状態に拡大する可能性を低減する。

02. 炉心溶融を伴わない事故

- ・炉心溶融を伴わない事故は、サイト外への放射能学的影響を及ぼさないか、又は僅かな影響しか及ぼさない(特に、よう素錠剤、屋内外の退避が不要である)ことを確実にする。
- ・合理的に達成可能な限り、以下を低減する。

○すべてのタイプの想定されるハザード及び故障、並びに想定される事象の組合せを考慮した炉心損傷頻度

○すべての放射性物質源からの放射性物質の放出

17

03. 炉心溶融を伴う事故

- ・以下の定性的基準に従い、事故後長期を含めて、炉心溶融を伴う事故による環境への潜在的な放射性物質の放出を低減する。

○早期放出又は大規模放出に至る可能性がある炉心溶融を伴う事故が実質的に排除されていなければならない。

○実質的に排除されていない炉心溶融を伴う事故については、公衆に対して、面積及び時間の点で、限定的な防護措置しか必要とせず(永久移住が不要、プラントごく近傍以外での緊急時退避が不要、屋内退避が限定的、長期の食物摂取制限がない)、かつこれらの措置の実施に十分な時間を利用できるように設計対応をしなければならない。

04. 深層防護における各レベル間の独立性

- ・合理的に達成可能な限り深層防護を包括的に強化するために、深層防護のすべてのレベルについて、特に多様性のある対応を通して、各レベル間の独立性の有効性を強化する。

05. 安全とセキュリティのインターフェース 06. 放射線防護及び廃棄物管理

07. 安全に対するリーダーシップ及びマネジメント

※多重故障等によりSAに進展しそうな事象を、当初設計では期待しなかった設備、機器の安全機能を用いて、SAへの拡大を防止し、SAが生じた場合の影響緩和を行うAM対策から、

多重故障等によってもSAに進展しないように、当初設計における安全上重要な系統、機器の多重性、多様性の強化により、SAの発生、影響を緩和するSA対策に重点が移っている。

まとめ

- (1)立地、設計、建設、運転の各段階で指針、基準等で到達目標が示されており、これらの指針、基準等も広い意味で安全目標といえる。
- (2)各国は大事故の教訓を踏まえて、支配的なリスク要因であるSAへの対策を実施し、その発生防止とその影響緩和により、リスクの抑制に努めるとともに、これまで安全なら十分安全なのかの指標として安全目標の検討を進めてきた。
- (3)安全目標案(平成15年12月)、性能目標案(平成18年3月)を策定され、安全目標は、各種原子力規制活動の合理性、整合性の判断の参考とすることから適用するのが適当であり、個別の施設に対する規制等への活用は経験を積んだ段階で着手するのが適切である、とされた。
- (4)耐震設計指針(平成18年9月)において個別施設「残余のリスク」の低減、リスク情報を活用した安全規制の導入に関するTF報告書(平成19年9月)において安全目標の包括的活用と個別施設への活用の両面からの推進が提言された。
- (5)各国は安全目標・性能目標により、「十分な安全」のレベルを具体的に示し、設計や運転管理の目標として活用するとともに、許認可政策・許認可体系に関する意志決定、個別プラントの規制・認可の判断根拠(の一部)などに活用している。
- (6)多くの国でSA規制要件は定性的性能目標であり、その要件を達成しているかの判断の一つの根拠として定量的安全目標/性能目標を活用している。
- (7)新設炉に対する性能目標値は既設炉に対する値より小さく設定している国が多い。社会的リスク低減の考慮もなされている。
- (8)SAの発生・拡大防止、影響緩和は、既設炉は当初設計では期待しなかった設備、機器の安全機能を用いるAM対策、新設炉は設計で安全上重要なシステム、機器を強化するSA対策が重点となっている。

(付録)

個別原子力施設に対する安全目標・性能目標の位置づけ

OECD/NEA Working Group on Risk Assessment (WGRISK)の報告書NEA/CSNI/R(2009)16 (2009)

<カテゴリー区分>

1. 法的に満たすべき厳密な値

基準に合致しないなら設計は変更しなければならない。

- ・スイス:新規炉はCDF基準を満足しなければ建設・運転が許可されない。
- ・フィンランド:新規炉はCDF, LRF基準を満たさなければ設計改良を要求する。

2. 法的な強制力を伴わないが厳格な (strict)値

通常この値は超えてはならない。

- ・フィンランド:既設炉は、特別の状況においてはSTUK-所長の判断により基準の適用除外がある(Safety As High As Reasonably Achievedを考慮)。

3. 目標値(Target value)、指導値(Orientation value)、期待値(Expectation value) 又は安全指標値(Safety indicator)

この目標に合致しないなら、費用vs便益あるいはALARP原則に配慮しつつ、設計改良を考慮すべきである。この基準値を超過すれば、規制当局の「監視」が増す。

- ・スイス:既設炉ではALARA原則の範囲で基準値を満足すべきである。系統的な調査とリスク評価の実施、及びリスク削減のためのcost effectiveな対応が要求される(Orientation valuesである)。
- ・英国:ALARP原則に基づきリスク削減努力をしているか否か、及び追加方策の必要性を判断する時に用いるガイドである。
- ・米国:基準は規制プロセスにおける一片の情報として用いられる(Risk-informed not risk-based)。
- ・その他多くの国(フランス、日本、ハンガリー、スロヴァキア)はこれに相当

