

# 日本における 安全目標の現状と 今後への期待



2024年11月13日

日本原子力学会リスク部会長 成宮祥介

# 目次

- ◆ 安全目標検討の歴史
- ◆ 原安委の検討結果
- ◆ 原子力規制委員会（炉安審・燃安審からの意見も含む）の議論
- ◆ 原子力学会弥生研究会論文
- ◆ 安全目標の構造 IAEA TECDOC-1874
- ◆ リスク水準
- ◆ 今後の安全目標の議論に必要なこと

# 安全目標検討の歴史

原安委、規制委員会の動き		学会等の動き	
2003年12月	原子力安全委員会 安全目標専門部会「安全目標に関する調査審議状況の中間とりまとめ」		
2006年3月	原子力安全委員会 安全目標専門部会「発電用軽水型原子炉施設の性能目標について -安全目標案に対応する性能目標について-		
2013年4月	原子力規制委員会「安全目標に関し前回委員会(平成25年4月3日)までに議論された主な事項」	2014年9月	日本学術会議総合工学委員会工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会報告「工学システムに対する社会の安全目標」
2016年8月	原子力規制委員会「実用発電用原子炉に係る新規制基準の考え方について」	2016年8月	日本原子力学会 原子力安全部会夏期セミナー「リスク情報の活用と継続的改善に関する論点」
		2016年9月	日本原子力学会秋の大会 原子力安全部会企画セッション「安全目標の活用にかかる現状と課題」
2017年8月	原子力規制委員会「安全目標と新規制基準について(議論用メモ)」	2016年	電力中央研究所報告「我が国の原子力分野における安全目標の活用-2003年安全目標案の背景とその実際から学ぶ-
2018年4月	原子炉安全専門審査会・核燃料安全専門審査会「原子力規制委員会が目指す安全の目標と、新規制基準への適合によって達成される安全の水準との比較評価(国民に対するわかりやすい説明方法等)について」	2018年3月	弥生研究会 安全目標に関する研究会「「安全目標」再考-なぜ安全目標を必要とするのか?-」
2018年5月	原子力規制委員会平成30年第8回臨時会 炉安審・燃安審からの回答報告	2018年8月	原子力学会リスク部会シンポジウム「「安全目標」再考-なぜ安全目標を必要とするのか?-」
2021年7月	継続的な安全性向上に関する検討チーム 議論の振り返り	2019年11月	原子力学会リスク部会・東大・NRRCシンポジウム「安全目標再考-なぜ安全目標を必要とするのか?-Part2」

# 原安委安全目標専門部会「安全目標に関する調査審議状況の中間とりまとめ」の概要

## 1. 目的

- ◆ 安全目標は、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。

## 2. 位置づけ

- ◆ 規制活動の全体にわたる判断の参考にまず適用し、個別施設への適用は経験を積んだ段階で行う。
- ◆ 安全目標を満足していない施設は不安全と直ちに結論付けることはせず、なぜそのような違いが生じたか、規制の同処に不相当なところがあったかという見直しが行われることになる。個別の施設が安全か否かの判断は、こうして見直された規制体系に基づいてなされる。

## 3. 対象範囲

- ◆ 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安全目標の対象とする。

# 原安委安全目標専門部会「安全目標に関する調査審議状況の中間とりまとめ」の概要

## 4. 具体的内容

### 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。

### 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。

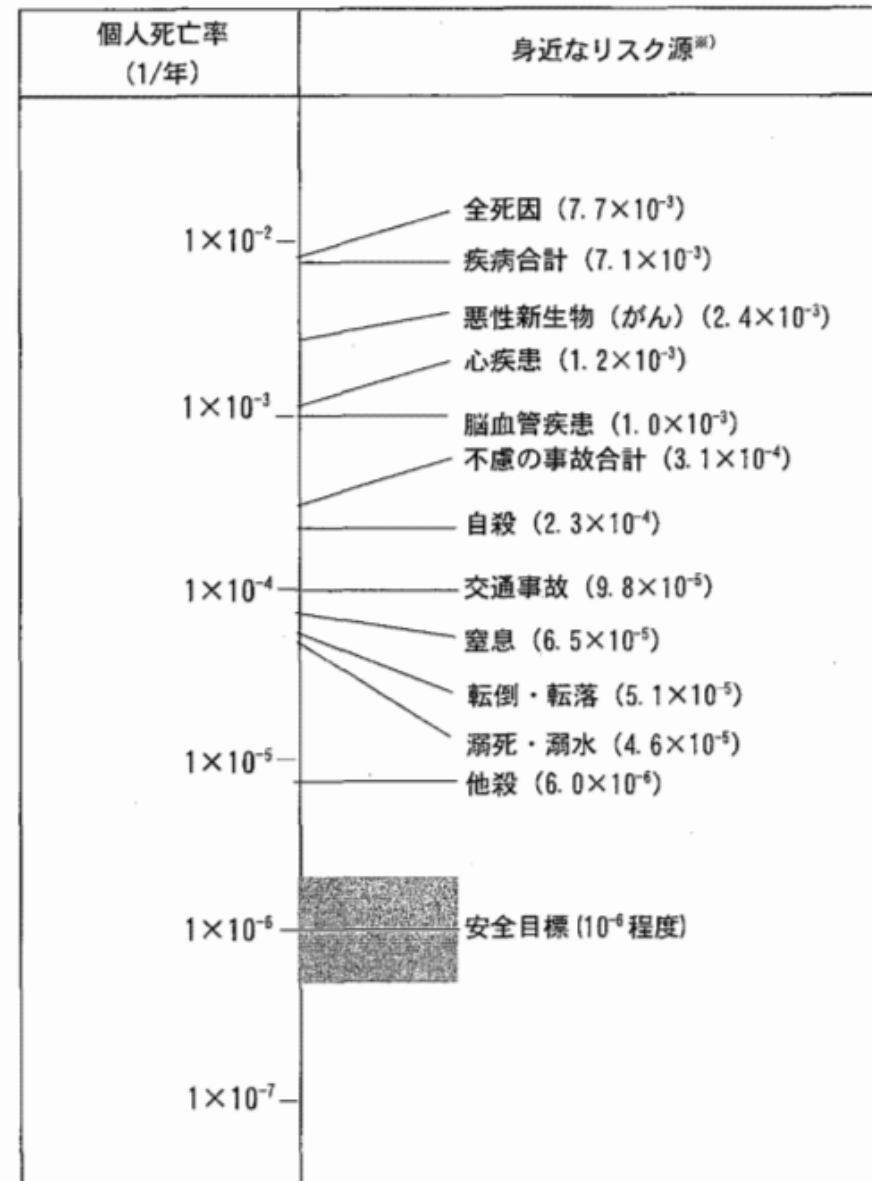
原子力施設の事故に起因する放射線被ばくによって生じ得るがんによる、施設からある範囲の距離にある公衆の個人の平均死亡リスクは、年あたり百万分の1程度を超えないように抑制されるべきである。

説明；「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」というのは、「原子力施設の設計・建設・運転においては、当該リスクが年あたり百万分の1を超えないように合理的に実行可能な限りのリスク低減策が計画・実施されている」ことを求める。必要な対策が計画・実行されている場合、リスク評価結果が年あたり百万分の1を超えているからといって直ちにこの目標に適合していないとするものではないことを意味している。



# 原安委安全目標専門部会「安全目標に関する調査審議状況の中間とりまとめ」の概要

- ◆我が国における 2001年の人口動態統計の死亡率データを用いた個人の年間死亡率と定量的目標案に示されるリスク水準を比較すると、定量的目標案に示されるリスク水準は、公衆の個人の死亡リスク（全ての死因による死亡率）の 8000分の 1程度。
- ◆急性死亡リスクは、不慮の事故による死亡率の 300分の 1(0.3%) 程度に、がん死亡リスクについてはがんによる死亡率の 2000分の 1(0.05%) 程度
- ◆定量的目標値の案は、いずれも日常生活に伴うリスクに比べ十分に低いレベル。



※ ) 出典：「人口動態統計」(厚生労働省) 2001年データより

# 原安委安全目標専門部会 性能目標の概要（その1）

発電用軽水型原子炉施設の性能目標について  
—安全目標案に対応する性能目標について— 2006年

- ◆性能目標は安全目標への適合性を判断するための補助的な目標と定義し、性能目標の指標としては、発電炉の特性に着目した指標を選定する。
- ◆次の2つを併用する。
  - ◆指標1. 炉心損傷頻度（CDF）：リスクの源となる炉心に内蔵される放射性物質の放出をもたらす炉心損傷の発生確率（CDF）とすることは合理的
  - ◆指標2. 格納容器機能喪失頻度（CFF）：CV等の発電炉の最外層の防護機能が確保されていれば、環境への放射性物質の放出を極めて低いレベルに抑制することが可能であることからCFFとすることは合理的

# 原安委安全目標専門部会 性能目標の概要（その2）

- ◆ 指標値として、次の両方が同時に満足されることを発電炉に関する性能目標の適用の条件とする。
  - ◆ 指標値1．CDF  $10^{-4}$ 程度
  - ◆ 指標値2．CFR  $10^{-5}$ 程度
- ◆ 性能目標とリスク評価結果の比較には、原則として、この不確かさの大きさを評価したうえで得られる平均値を使用することとする。
- ◆ CFRを指標にするとCV内での沈着などのソースタームの低減効果が反映されないことから、保守性の大きく厳しい指標になる。またLERF、LRFなどを包含するので分かり易い指標。



# 原安委安全目標専門部会 性能目標の概要（その2）

## ◆導出：

- 発生した場合には、周辺公衆に急性あるいはがん死亡をもたらすような格納容器機能喪失を伴う大規模な事故のソースタームを仮定した。さらに仮想サイトの気象、人口分布データを用い、防災対策については、控えめな仮定を設けてその効果を評価し、上限に相当するような保守的な条件付死亡確率をまず推定した。
- 既に得られている我が国における代表的プラントのL3PRA結果(JNES)から推定される条件付死亡確率からその保守性を確認。得られた条件付死亡確率(約 $2\sim 3\times 10^{-2}$ )を基に、さらに余裕をみて( $10^{-1}$ )としてCFFの指標値案 $10^{-5}$ /年程度を導出。
- $CFF=CDF\times CCFP$ （条件付格納容器機能喪失確率、Conditional Containment Failure Probability）で表される。公衆へのリスクが同じであれば、炉心損傷に至る事故の発生頻度は低い方が望ましいため、CVに過大な期待を置かないようにするとの考えから、CDFの指標値は $10^{-4}$ /年程度とする。

# 原子力規制委員会での議論

## 【2013年 原子力規制委員会】

- ◆旧原安委安全目標専門部会の詳細な検討結果は原子力規制委員会が**安全目標を議論する上で十分に議論の基礎**となる。
- ◆安全目標は、原子力規制委員会が原子力施設の規制を進めていく上で達成を目指す目標である。
- ◆原子力安全委員会安全目標専門部会において詳細な検討が行われていた「CDF 10-4/年程度」「CFF 10-5/年程度」といった検討結果は原子力規制委員会が安全目標を議論する上で十分に議論の基礎となる。
- ◆ただし、東電1F事故を踏まえ、**放射性物質による環境への汚染の視点も安全目標の中に取り込み**、万一の事故の場合でも環境への影響をできるだけ小さくとどめる必要がある。具体的には、世界各国の例も参考に、発電用原子炉については、**事故時のCs137の放出量が100TBqを超えるような事故の発生頻度は、テロ等によるものを除き100万炉年に1回程度を超えないように抑制されるべきであることを追加するべきである。**

注：Cs137（半減期約30年）の1F事故の総放出量評価値は約10,000TBq。

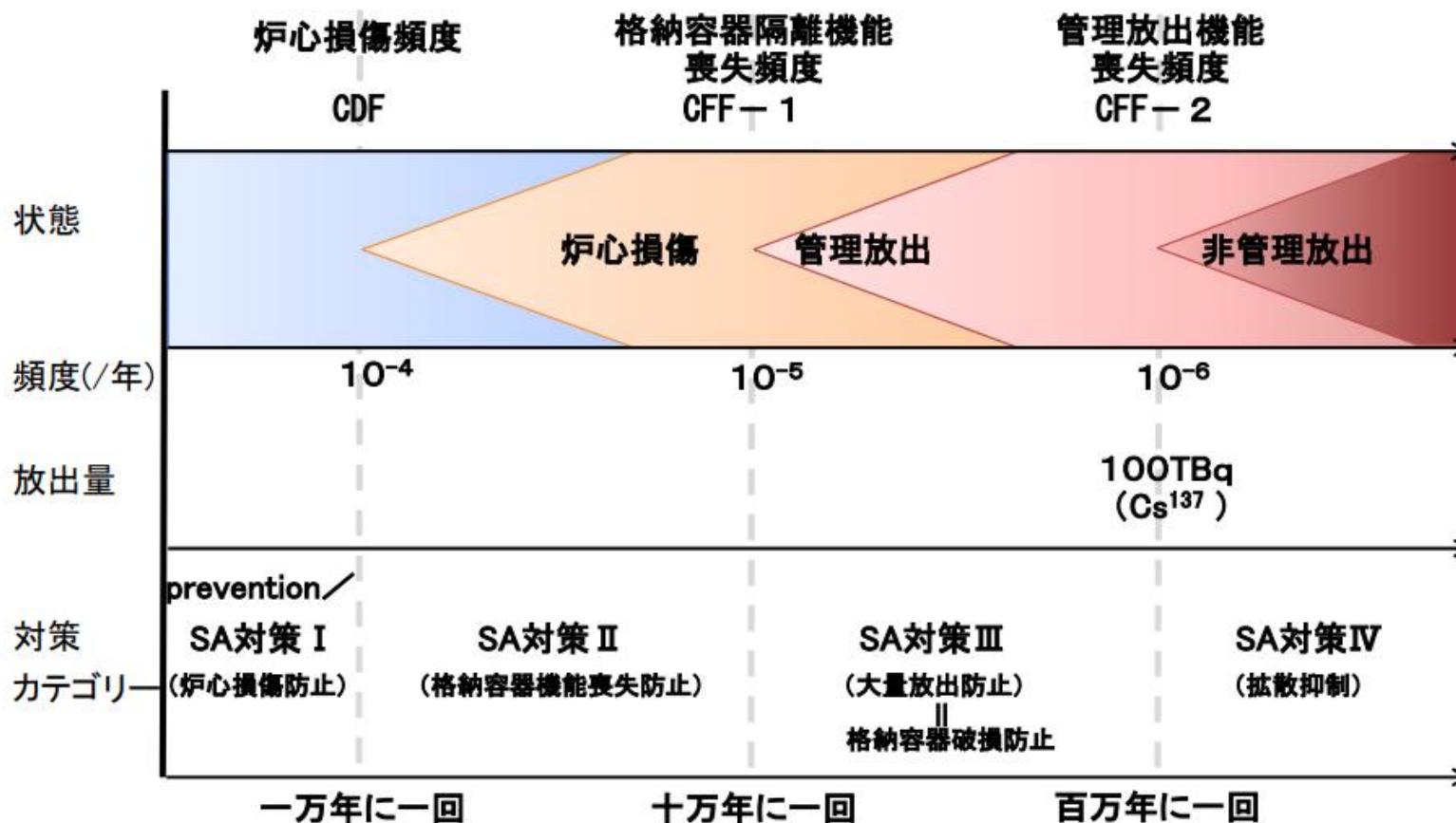
# 原子力規制委員会での議論

## 【2018年 原子炉安全専門審査会・核燃料安全専門審査会における議論】

- 安全の目標は、原子力規制委員会が規制基準の策定などに当たり参照すべきものであり、社会情勢に応じて変わり得るもの。
- 安全の目標と安全の水準の関係は、確率論的リスク評価の結果に加え、安全余裕、決定論的手法による深層防護の有効性評価の結果、運転経験、組織的要因など、安全に関連する多面的な尺度を用いて議論する必要がある。
- リスクとの整合の取れたグレーデッドアプローチに基づく規制体系の構築に向けて努力を続けるべき。
- バックフィット規制の導入の趣旨に鑑み、現状では安全目標は全ての発電用原子炉に区別無く適用するべきもの。
- 安全の目標については、原子炉だけでなく、核燃料サイクル施設なども含めて議論することが必要である。

# 原子力安全委員会及び原子力規制委員会 における安全目標

## 放射性物質放出量と発生頻度との関係（概念図）



出典：原子力規制委員会，“平成25年度 第1回規制委員会資料6-2，放射性物質放出量と発生頻度との関係（概念図）”，平成25年4月3日，2013

# 我が国における安全目標の規制上の位置づけ

- ◆安全目標は、中間取りまとめ報告のまま。
- ◆性能目標は原子力安全委員会に報告され、審議において、性能目標については、リスク情報活用に向けた活動を具体化する上で重要との認識が示された。
- ◆原子力規制委員会は、次の内容を合意している。
  - 安全目標は、原子力規制委員会が原子力施設の規制を進めていく上で達成を目指す目標である。
  - 原安委安全目標専門部会における検討結果は規制委員会が安全目標を議論する基礎となる。
  - Cs100TBqを超える事故発生頻度は百万年に1回程度を超えないよう抑制、は追加する。→安全性向上評価届出
  - すべての発電用原子炉に区別なく適用すべき。
  - 他の論点（新設と既設の区別）は今後の引き続き検討する。

# 我が国で安全目標が正式制定されていない背景・障害

いままでの国内での意見や文書などを見たことからの個人的な見解も反映した今後の議論に必要な事項。

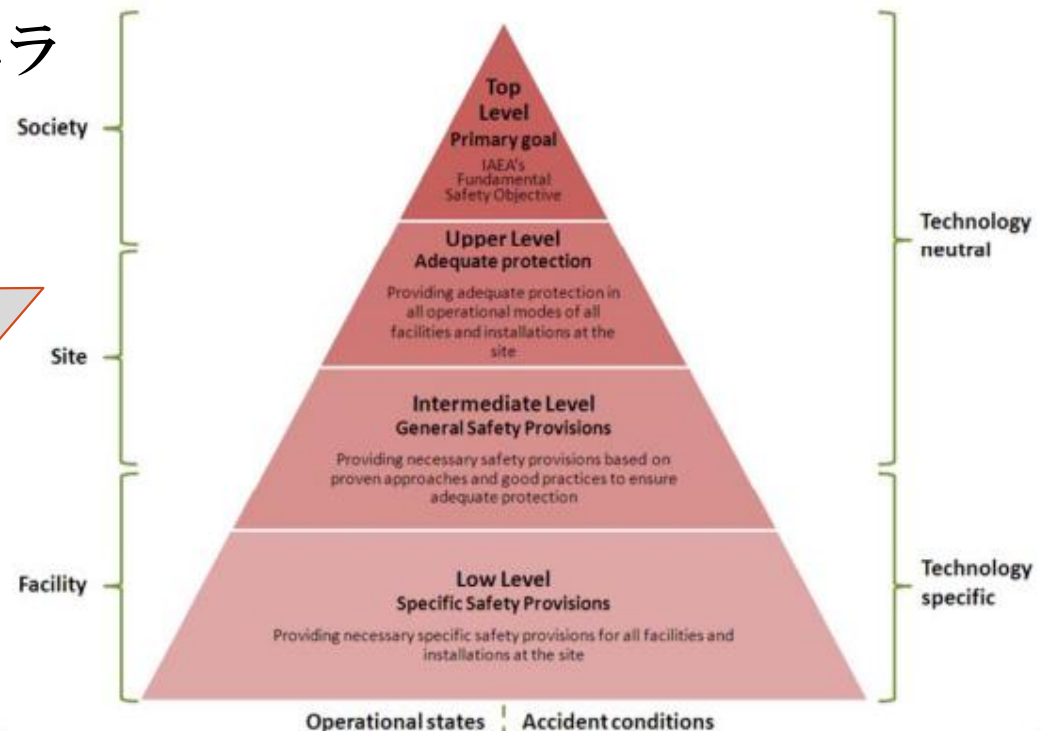
- 死亡リスクなど人体への影響を評価する際に集団線量評価が難しいと20年前はされていたがそのままよいのか。
- 目標を死亡とするのは社会に対して誤解を招く。
- 米英のように明確な安全目標の提示とその活用を決めている国もあればフランスのように決めずPRA結果を活用する国もある。
- 法的に決定されていない安全目標は裁判で使えない。
- 安全目標・性能目標をプラントの合格判定基準と誤解しているのなら正常な安全への活動にはならない。
- L3PRAや外的事象PRAの実適用の難しさは本当か。
- 安全目標の議論は目標値の妥当性、評価の可否などに集中しがちだがそうではなく、安全とは何か、原子力を利用するための適切な姿を考えることではないか。



# 原子力学会弥生研究会論文の概要

- ◆ 「どれくらい安全なら十分安全といえるのか？」（” **How safe is safe enough?**”）という問いかけに対して**技術と社会の両面から答えるためのよりどころ**。
- ◆ IAEA SF-1には「放射線被ばくのリスクをもたらず施設の**運転や活動を不当に制限することなく安全を確保**する」ことが求められている。
- ◆ IAEA TECDOC-1874のヒエラルキー構造。

- 原子力安全の目的から実務指標に至る安全行動の目標を、階層構造で考えることは妥当。
- 各階層に充てた目標間の関係性を定性的にでも明確にすること。



# IAEA 安全目標階層構造

関係する範囲	レベル	目的	解説	技術との関係性
社会	Top Level 頂上目標  一義的な安全目標	人と環境を電離放射線の有害な影響から防護すること	IAEAのSF-1に示された基本的な安全の目的。 国あるいは規制機関が設定するもの。 社会規模のものであり技術には拠らないもの。	技術に依らない
	Upper Level 上層目標  適切な防護	発電所の全ての設備の全ての状態における適切な防護を確保すること	下層の「中間目標」「下層の目標」へのつなぎとなるもの。 通常、技術に依らず、発電所を対象とする。プラントの運転状態と事故状態の両方をカバーする。 例：社会一般におけるリスク、例えば他のエネルギー源の死亡リスク、との比較で表現するもの。	
発電所	Intermediate Level 中間目標  一般的な安全対策	実証されたアプローチや良好事例に基づいた技術的対策と組織的対策を含む、適切な防護を確保するための一般的な安全対策を示すこと	より高い安全レベルを達成するために実証アプローチや良好事例の形成。 技術には拠らないが発電所全体に関するもの。 例： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 発電所全体のLERF(Large early release frequency)</li> <li>• 外部ハザードに対する発電所レベルでの能力</li> </ul>	個別技術に依る
	Low Level 下層の目標  個別の安全対策	発電所の個々の設備に対する、適切な防護を確保するための個別の安全対策を示すこと	発電所の個々の設備が上位の安全目標に合致するように貢献することを保障するために、技術的な個別設備の安全目標を制定すること。 例： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 確定論的安全目標：DBAでの被覆管最高温度制限値など</li> <li>• CDF、LRF(Large release frequency)</li> <li>• SSC(Structure, System, Component)の信頼性</li> </ul>	

# リスク水準

## 英国 Health and Safety Executive (HSE)が提示する枠組み

① Unacceptable region

② Tolerable region

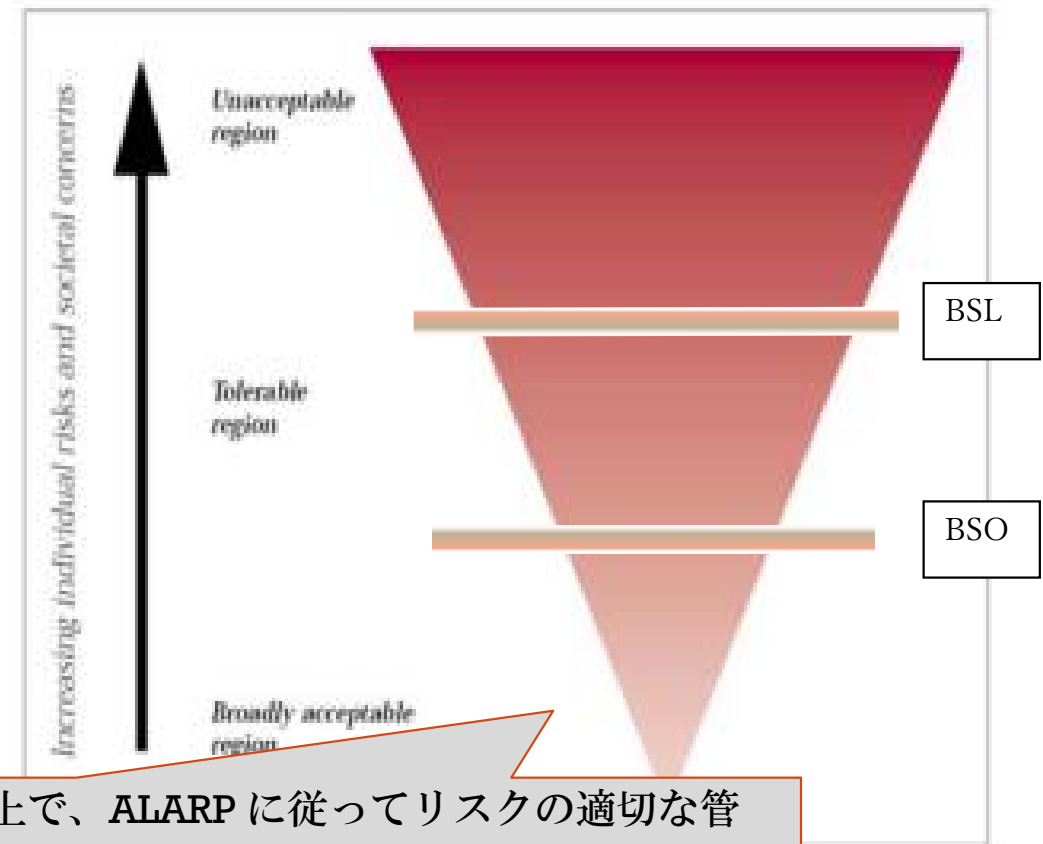
③ Broadly acceptable region

の3つの領域がある。

◆ いかなる事情があってもそれ以上のリスクは受容できないとする上限(①と②の境界) **Basic Safety Level (BSL)**

◆ それ以下のレベルであれば広く受容される下限(②と③の境界) **Basic Safety Objective (BSO)**

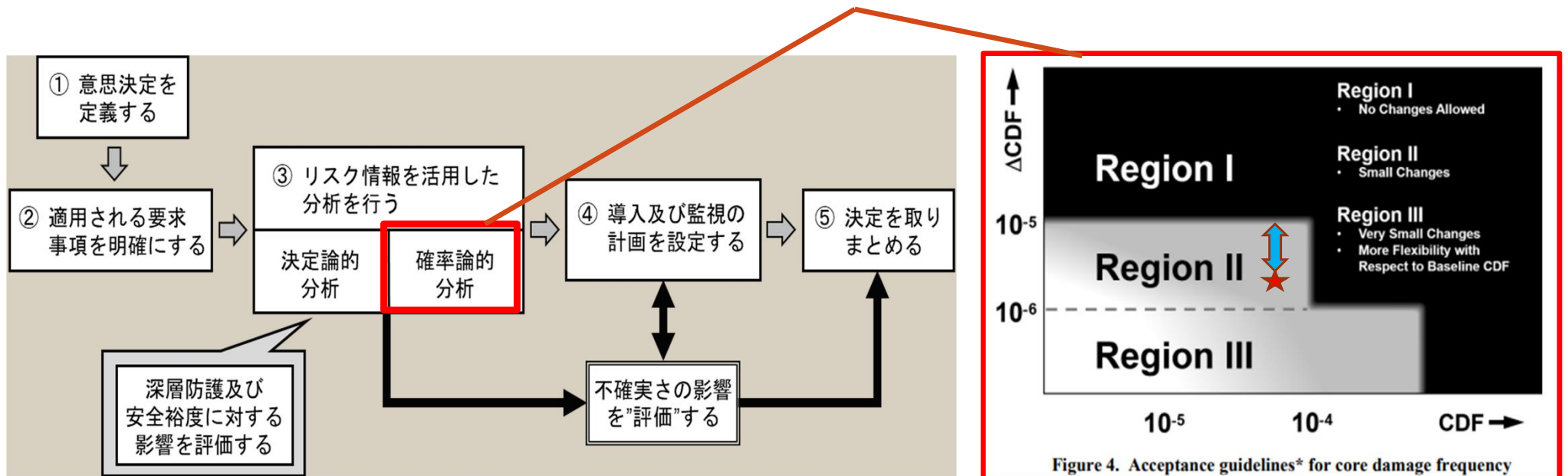
◆ その間は **“As low as reasonably practicable (ALARP)”** の考え方によって受容レベルが決まる。



- 適切な安全の姿とは、BSLが着実に達成された上で、ALARPに従ってリスクの適切な管理がなされている状態。
- 3領域のキャロットダイアグラムは、BSOを下回っているにも関わらず過剰投資の対策を行うことを再考できる。
- 公衆個人死亡リスク BSL  $10^{-4}$ /年、BSO  $10^{-6}$ /年
- BSL、BSOは原子力安全の閾値ではない。

# リスク情報の活用による意思決定

- ◆ PRAの結果だけを性能目標と比較して判断することがRIDMではない。
- ◆ IAEA INSAG25、原子力学会IRIDM標準で示しているように、規制基準、経験、確定論的知見、確率論的知見、経済的要素など多面的に考慮して意思決定することがRIDM/IRIDM。



リスク情報活用はPRA結果だけから判断されていない。

R.G.1.174 Rev3

# 今後の安全目標の議論に必要なこと

## 考えるべき論点

- 安全目標は必要か？
- 必要であるなら目的は？
- 誰がどのような形で「制定する」のがよいのか？いまの状態からどう変えるのか？
- 規制、事業者の安全確保活動、裁判などでの活用はできないのか？
- 現時点の状況（原安委の中間取りまとめ報告書、原子力規制委員会での議論と結果）では何が問題か？
- 安全目標（性能目標も含む）とリスク情報活用の実施との関係は？

- 安全目標を議論することは、死亡リスクの値やリスク評価の方法などを議論することだけではなく、原子力安全の合理的な達成を如何なる形を目指して進めるのか、そのための尺度、基準は如何に設定するのか、を考えること。
- 原子力の安全目標の議論には社会との健全なコミュニケーションが必要。社会に理解してもらうということではなく、社会からの批判、意見を受け、反論も含めた説明を発信する。

ご清聴ありがとうございました。