

付録 4：原子力規制委員会での議論概要

1 原子力規制委員会における議論

1.1 関連資料

- 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、原子力規制庁、平成 25 年 4 月 10 日
- 安全目標と新規制基準について（議論用メモ）、原子力規制庁、平成 29 年 8 月 7 日
- 実用発電用原子炉に係る新規制基準の考え方について、原子力規制委員会、令和 4 年 12 月 14 日改訂

1.2 議論の要約（見出し・下線・【】は筆者による）

1.2.1 旧原子力安全委員会の安全目標及び性能目標の案に対する見解

- 平成 18 年までに旧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おこなわれており（※）、この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ものと考えられること。

※安全目標に関する調査審議状況の中間とりまとめ（平成 15 年 12 月） 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・（平成 18 年 3 月 28 日）

1.2.2 放射性物質による環境への汚染に関するリスクの取扱い

- ただし、東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえ、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 Cs-137 の放出量が 100TBq を超えるような事故の発生頻度は、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（テロ等によるものを除く）ことを、追加するべきであること。
- 福島第一原子力発電所事故で放出された放射性物質の総量を 100 分の 1 に減じることができたら、大体 100 テラベクレル。長期的に対処が必要となるエリアは、敷地境界あるいはやや上回る程度であって、非常に小さな区域に閉じ込めることができる。
- 100 テラベクレルは、各国が放出量の総量を定めている値と合致する。各国ともに長期的な影響が残るのは敷地境界内にとどめようという意識。

1.2.3 新設炉と既設炉とで目標値を分けるべきか否か

- 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べきものであること。

1.2.4 安全目標の位置づけ

- 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こと。

1.2.5 その他論点

- 平成 25 年 3 月 6 日の原子力規制委員会に提出された論点【下記参照】のうちの残された論点に関する議論を含め、安全目標に関する議論は、継続的な安全性向上を目指す原子力規制委員会として、今後とも引き続き検討を進めていくものとする。

- (1) 安全目標の位置づけ（「基準」ではなく「目標」）
- (2) 放射性物質による環境への汚染に関するリスクの取扱い
- (3) 複数基の発電炉が立地するサイトの取扱い
- (4) 新設炉と既設炉で目標値を分けるべきか否か
- (5) 核燃料サイクル施設等の取扱い

1.3 環境への汚染に関する指標（100TBq（Cs-137）、 10^{-6} /炉年）の補足資料

東京電力福島第一原子力発電所事故における 環境への放射性物質放出量の試算等について

平成25年3月27日

星 陽崇、梶本 光廣
原子力安全基盤機構
原子力システム安全部

3

1. 各機関による評価結果の比較

機関	放出量 (PBq)			評価期間
	I-131	Cs-134	Cs-137	
JNES	250-340	8.3-15	7.3-13	Mar. 11-Mar. 17
東京電力	500	10	10	陸側における 放射性物質 測定結果に 基づく評価
JAEA	120	-	9	
海洋研究 開発機構			9.7 5.5-5.7	Mar.12-May 6 Mar.21-May 6
電力中央 研究所	11	3.5	3.6	Mar. 26-Sep. 30

事故進展解析に基づく評価(1号炉~3号炉の合算)

(1 PBq = 10¹⁵ Bq)

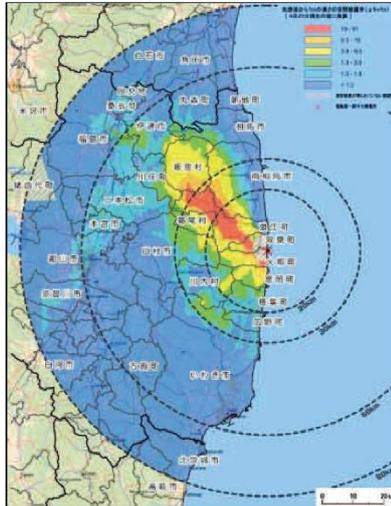
放射性物質測定結果に基づく評価

2

4

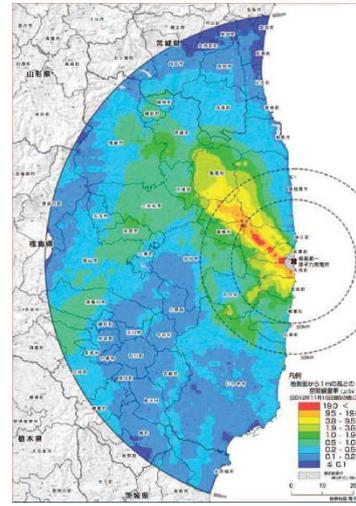
2. 放射性物質の放出による環境への影響について

平成23年4月29日換算のモニタリング結果



「文部科学省及び米国エネルギー省航空機による航空機モニタリングの測定結果(平成23年5月6日)」より抜粋

平成24年11月16日換算のモニタリング結果



「①第6次航空機モニタリング結果、及び②福島第一原子力発電所から80km圏外の航空機モニタリングの測定結果について(平成25年3月1日)」により抜粋

3

5

参考資料

H. Hoshi, "Accident Sequence Analysis of Unit 1 to 3 Using MELCOR Code," Technical Workshop on TEPCO's Fukushima Dai-ichi NPS Accident, July 23-24, 2012

H. Hoshi, "Source Term Analysis Using MELCOR Code," Technical Workshop on TEPCO's Fukushima Dai-ichi NPS Accident, July 23-24, 2012

H. SHIRAKI, "Estimation of radioactive release resulting from Fukushima Dai-ichi NPS accident," Technical Workshop on TEPCO's Fukushima Dai-ichi NPS Accident, July 23-24, 2012

M. CHINO, "Estimation of Time Trend of Atmospheric Releases on ¹³¹I and ¹³⁷Cs," Technical Workshop on TEPCO's Fukushima Dai-ichi NPS Accident, July 23-24, 2012

Miyazawa, et al., "Estimation of the total amount of ¹³⁷Cs direct release associated with the Fukushima accident," Technical Workshop on TEPCO's Fukushima Dai-ichi NPS Accident, July 23-24, 2012

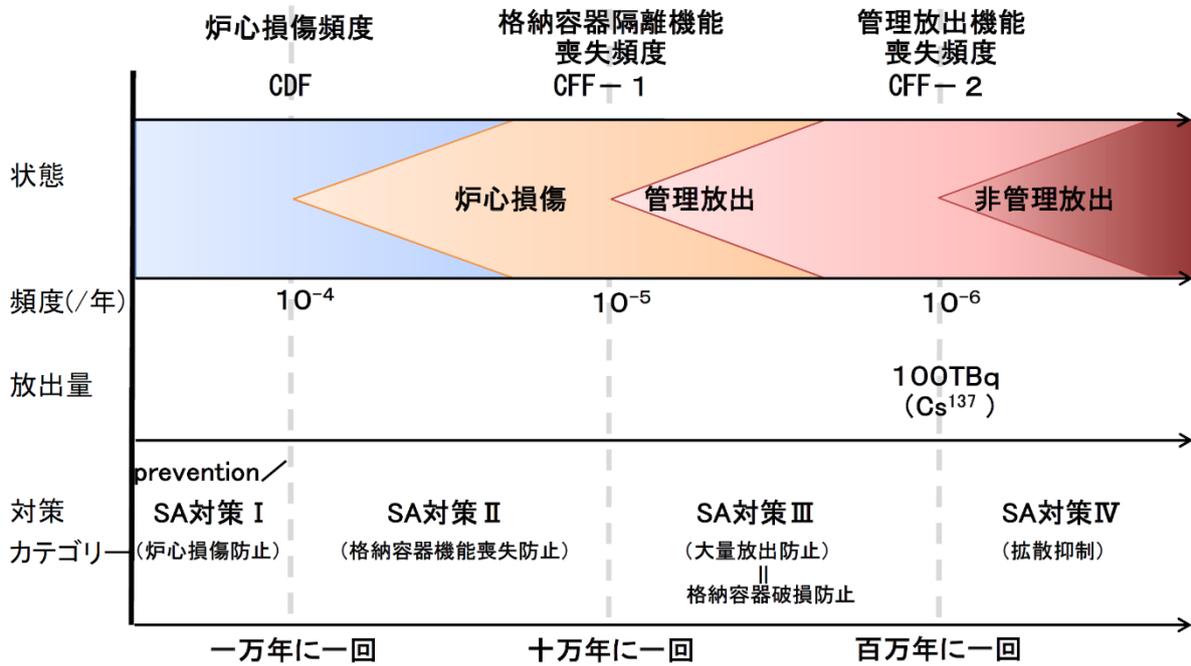
D. Tsumune, "Direct release rate of radionuclides to the ocean from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant estimated numerically by a regional ocean model," Technical Workshop on TEPCO's Fukushima Dai-ichi NPS Accident, July 23-24, 2012

4

6

(安全目標と新規規制基準について (議論用メモ)、原子力規制庁、平成29年8月7日)

放射性物質放出量と発生頻度との関係（概念図）



(安全目標と新規制基準について（議論用メモ）、原子力規制庁、平成 29 年 8 月 7 日)

2 審査ガイドにおいて、セシウム137^{*1}の総放出量が100テラベクレルを下回ることを確認するとした理由

放射性物質の総放出量については、放射性物質による環境への汚染の視点も含め、環境への影響をできるだけ小さくとどめるものであることを求められているところ（同規則37条2項の解釈2-3（c））、有効性評価ガイドでは、想定する格納容器破損モードに対して、セシウム137の放出量が100テラベクレルを下回っていることを確認するとされている（同ガイド3.2.1（6））。

格納容器破損時において放出されると想定される放射性物質は、希ガス、ヨウ素131^{*2}、セシウム137、セシウム134^{*3}などがある。

原子力発電所のサイトの近隣に住む住民が長期避難を余儀なくされる可能性がある放射性物質を基準とする観点から、半減期が短い希ガス、ヨウ素などではなく、想定される放出量が多く、半減期が長いセシウム137の放出量を元に評価をすることを求めている。

長期避難を防ぐという観点からすれば、重大事故発生時におけるセシウム137の総放出量が100テラベクレルを下回れば、セシウム137以外の放射性物質を考慮しても、長期避難を余儀なくされる事態となる見込みは少ないと考えられる。

福島第一原子力発電所の事故では、解析結果等から、福島第一原子力発電所から環境へのセシウム137の総放出量は約1万テラベクレルであったと評価されている。このため、仮にセシウム137の総放出量が約100テラベクレルであったとすれば、環境への放射性物質による汚染の影響を抑えることができたと考えられ、100テラベクレルという値は、現に発生した事故を踏まえても妥当である。

*1 セシウム137の半減期は約30年

*2 ヨウ素131の半減期は約8日

*3 セシウム134の半減期は約2年

加えて、諸外国においても、重大事故発生時の放射性物質の放出量を指標にしている国がある。イギリス、スウェーデンなどは、放出量を指標にしているものの、安全目標に止めており、フィンランドでは、日本と同様のセシウム137放出量100テラベクレルを規制値として設定している。

163

(実用発電用原子炉に係る新規制基準の考え方について、原子力規制委員会、令和4年12月14日改訂)

2 継続的な安全性向上に関する検討チームにおける議論

2.1 関連資料

- 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、令和3年7月30日

2.2 議論の要約（下線は筆者による）

2.2.1 何が重要な欠けか

- 発見された種々の欠けのうち、何が重要であるかという問題は、安全目標の議論と親和性が高い。安全目標は、定性的安全目標と性能目標のいずれについても、それを定めることは、ある種の Tolerability（受忍限度又は容認限度）を定めようとする営みということができる。そのような受忍限度、容認限度を定めるための議論をすることは、結果として欠けのうち何が重要であるかを論ずることにもつながり、この問いに対して有益な示唆を与えるものと考えられる。
- ただし、安全目標を論ずるに当たっては、安全目標を定めたとしても、リスク情報と単純に比較することは不適切ということに留意する必要がある。我が国を取り巻く地震・津波・火山などの自然現象の不確実さは大きく定量的なリスク評価は不完全であること、リスク評価の前提にないことは捨象されてしまうことなどのためである。また、費用便益分析により複数の欠けや対処法を相対的に比較したとしても、安全性（死亡リスク）と経済性という別種の価値をどう比較すべきかについて結論を得ることは難しい。
- なお、複数の知見が同等のリスク（頻度×結果）を示すとき¹は、重大な結果に繋がりうる低頻度・高影響な知見を、重要な欠けとしてより重視すべきと考えられる。それを前提に、リスクが同等でない場合や、不確実性に差があるなど知見の持つ性質に違いがある場合には、それらの要素も踏まえて知見の持つ重要性が検討されることとなろう。
- また、地震、津波等の自然現象に起因する外的事象に対する安全性については、①基準となる事象を適切に設定してもそれを超える事象の発生を否定できない、②火災、斜面崩壊などの重畳・複合事象を考慮する必要がある、③被災が空間的に同時に発生する、などの理由から不確実さが大きく、特に我が国において重要な部分であると言える。そのような外的事象による低頻度・高影響事象に対する継続的な安全性向上の在り方について、検討を継続していくべきである。

2.2.2 安全目標に関する議論

¹ より正確には、等リスク曲線上かつ頻度・結果以外の条件を揃えた仮想的な知見A、Bがあるとき。

- 世の中にゼロリスクは存在せず、規制機関が基準適合性を認定してもリスクは残る。また、規制機関の知見にも欠けはあり、判断に誤りは生じ得る。規制機関が100%の安全を保証するかのような無謬性神話は否定すべきである。しかし、無謬性神話の否定が、新たな神話を生みかねないことにも留意すべきである。
- 架空の例であるが、ある種の感染症への有効な対策としてはワクチン接種以外にないが、ワクチンを接種すれば一定の確率で副反応が起きるという場合に、副反応の心配はないとって接種を推奨するのは一種の無謬性神話であり、否定すべきであるが、だからといって、副反応のリスクをゼロにするためワクチンを無条件に接種しないというのも、感染リスクに目をつぶる「メタ無謬性神話」とでも言うべきものである。我が国の安全をめぐる議論は、ときにこのような陥穽にはまりこむようにも見える。
- 社会的に又は個人として、受容可能なリスクとはどのようなものか。神話の世界で眠るのをやめた人々は、新たな神話にとらわれることなく、リスクについて、覚めた議論を始める必要がある。
- 具体的には、何が重要な欠けであるか、特にリスク評価と欠けの重要性との関係を論じるために、安全目標の議論を進めていくことが必要であろう。また、安全目標は、どの程度の危険性であれば原子力施設の設置を許容するかという、いわゆる原子力利用の正当化と関連する問題でもあることから²、国民や事業者における自由な議論を促す観点で規制機関が継続的に議論していくことに意義があるものと考えられる（なお、議論を継続することに意義があるのであって、必ずしも安全目標を定めることに価値があるわけではないことに留意する必要がある。）。

² なお、原子力規制委員会は原子力利用の正当化には関与してはならないことから、議論の際には注意する必要がある。

3 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

3.1 関連資料

- 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（平成29年2月1日付の指示に対する回答）

3.2 議論の要約（下線は筆者による）

3.2.1 安全目標と新規制基準への適合により達成される安全の水準との比較評価

- 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）について調査審議を行い、その結果を以下の通りまとめた。
 - (1) 原子力規制委員会が示す安全の目標は、福島第一原子力発電所事故のような重大な事故を再び起こさないとの決意の下、安全神話に陥ることなく、不断に安全性向上を図るとの姿勢に基づくものである。また安全の目標は、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る。
 - (2) 原子力規制委員会が示す安全の目標と、規制基準への適合によって達成される安全の水準を、確率という尺度のみを用いて直接に比較評価し、説明することは現状できないし、行うべきものではない。
 - (3) 安全の目標については、以上のような点こそ、国民に説明するべきものである。

3.2.2 安全の目標と規制基準との関係について

- 原子力規制委員会は、安全の目標を示し、現行の規制により達成される安全の水準と比較し、乖離を把握しつつ、規制の継続的改善に努める必要がある。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である。
- 原子力規制委員会が示した安全の目標は、現在は、確率を用いて表現されている（例：Cs137の放出量が100TBqを超えるような事故の発生頻度は、100万炉年に1回程度を超えないように抑制）。これに対し、規制基準の要求事項は、陽には確率を用いたものとはなっておらず（例：既往最大を上回るレベルの津波を想定し、それが起こることを前提に、敷地内に浸水させない対策を求める）、また規制基準に適合した施設における事故の発生確率そのものは審査で確認していない。

- したがって、確率という尺度を用いて安全の目標と規制基準の要求事項により達成される安全の水準を単純に比較し、両者の乖離を議論することはできない。両者の関係は、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。

3.2.3 情報発信や説明方法について

- 規制基準は、個別の対策について、1(適合)か0(不適合)かで判断するものである。一方で、そのような対策が行われた施設にも必ずリスクが残る。残ったリスクはどの程度なのか、どの程度低減できたのか(言い換えると、施設全体としてどの程度信頼度が向上したのか)を陽に示すために、確率論的リスク評価に基づく確率的な指標を活用することができる。そうすることで、安全神話に陥ることなく、更なる安全性向上のための議論を継続できる。
- 原子力規制委員会が示す安全の目標は、安全性に満足するための目安ではなく、福島第一原子力発電所事故のような重大な事故を再び起こさないとの信念の下、安全神話に陥ることなく不断に安全性向上を図るとの姿勢に基づくものであり、国民を守ることにつながるものとの説明が必要である。
- 他方、規制基準の積み上げのみでプラントの安全を説明することは難しい。規制基準に基づく個別の対策の積み上げに加え、リスクが隠されたままに出来ないようにするための審査、検査の仕組みや100TBqを越える事故への対処についても、規制プロセスの透明性を確保しつつ説明がなされることが重要である。また、残されたリスクが小さいと評価される場合でも、深層防護の考え方にに基づき、防災対策を講じていることも説明が必要である。
- 安全の目標について、公開の場で議論することが透明性を高め、また、国民への説明性向上につながる。

3.2.4 安全の目標と規制体系の継続的改善の関係について

- 原子力規制委員会は、安全の目標やリスク情報を活用し、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である。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。

3.2.5 確率論的リスク評価の有効性について

- 安全を考える場合、リスクはゼロにならないことを前提にした確率論的リスク評価を用いることで合理的な議論が可能となる。しかしながら、確率論的リスク評価には不完全性(例:全てのリスクを網羅した評価となっていない)や不確実性(例1:自然現象についてその発生確率の不確かさが大きい、例2:事故時の運転員による操作の信頼性の確率は不確かさが大きい)

がある。今後も自然現象を含め評価手法の改善を続けることは当然としても、確率論的リスク評価結果の絶対値（点推定値）のみを算出し、これを直接的に用いて、安全の目標など一対一に大小を照らし合わせることで施設の安全性を判断することは適切ではない。

- 他方、確率論的リスク評価は、どのような事象がどのような頻度で起きるのかを評価する過程を通じて、原子力施設の弱点を提示するなど安全性向上に関する様々な有益な情報を含んでいる。米国や英国の実績を見ても、確率論的リスク評価により、個々の機器や操作の相対的な重要度(例：炉心損傷確率の変化量 ΔCDF 、早期大規模放出確率の変化量 $\Delta LERF$ 等にもとづき評価)や備えるべき事故の進展に関する予見を得て、決定論による評価結果や運転経験その他の情報と合わせて用いることで、事業者による安全性向上の取組や、新たな検査制度における規制をより効果的に進めることに活用できる。

3.2.6 安全の目標の根拠について

- 原子力規制委員会が示した安全の目標の定義とそれが導き出された根拠となる考え方やロジックについて整理・説明する必要がある。その際には旧原子力安全委員会の報告書の取扱いや他の死亡リスクとの比較による説明の是非、土地汚染に関する根拠（100TBqの根拠など）についても含める必要がある。定性的で、ある程度の価値判断を含んだ安全の目標の上位概念を示すことを考えても良い。

4 論点の整理

第1回安全目標検討合同WGにおける各委員の意見に基づく論点と今回調査した規制委における議論並びに炉安審・燃安審での意見の対応関係を下表に示す。

論点	炉安審・燃安審・規制委における議論
1. 必要性和目的	<ul style="list-style-type: none"> • 安全目標は、定性的安全目標と性能目標のいずれについても、それを定めることは、ある種の Tolerability（受忍限度又は容認限度）を定めようとする営みとすることができる。そのような受忍限度、容認限度を定めるための議論をすることは、結果として欠けのうち何が重要であるかを論ずることにもつながり、この問いに対して有益な示唆を与える。 • 何が重要な欠けであるか、特にリスク評価と欠けの重要性との関係を論じるために、安全目標の議論を進めていくことが必要。 • 安全目標は、どの程度の危険性であれば原子力施設の設置を許容するかという、いわゆる原子力利用の正当化と関連する問題でもあることから、国民や事業者における自由な議論を促す観点で規制機関が継続的に議論していくことに意義があるものと考えられる。
2. 位置づけ・活用方法とその効用	<ul style="list-style-type: none"> • 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こと。 • 安全の目標は、福島第一原子力発電所事故のような重大な事故を再び起こさないとの決意の下、安全神話に陥ることなく、不断に安全性向上を図るとの姿勢に基づくもの。 • 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、規制基準への適合によって達成される安全の水準を、確率という尺度のみを用いて直接に比較評価し、説明することは現状できないし、行うべきものではない。両者の関係は、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。 • 安全の目標やリスク情報を活用し、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。
3. 全体検討プロセス	<ul style="list-style-type: none"> • 安全の目標の定義とそれが導き出された根拠となる考え方やロジックについて整理・説明する必要がある。 • その際には旧原子力安全委員会の報告書の取扱いや他の死亡リス

	クとの比較による説明の是非、土地汚染に関する根拠（100TBqの根拠など）についても含める必要がある。
4. 対象範囲	<ul style="list-style-type: none"> 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。【新たに追加すべき観点】 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。 複数基の発電炉が立地するサイトの取扱い
5. 目標・指標の種類と論理構造	<ul style="list-style-type: none"> 定性的で、ある程度の価値判断を含んだ安全の目標の上位概念を示すことを考えても良い。 平成18年までに旧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おこなわれており、この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。 東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえ、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、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（テロ等によるものを除く）ことを、追加するべき。
6. 指標の判断基準と妥当性確認方法	<ul style="list-style-type: none"> 確率論的リスク評価結果の絶対値（点推定値）のみを算出し、これを直接的に用いて、安全の目標などと一対一に大小を照らし合わせることで施設の安全性を判断することは適切ではない。他方、確率論的リスク評価は、原子力施設の弱点を提示するなど安全性向上に関する様々な有益な情報を含んでいる。決定論による評価結果や運転経験その他の情報と合わせて用いることで、事業者による安全性向上の取組や、新たな検査制度における規制をより効果的に進めることに活用できる。 安全目標を定めたとしても、リスク情報と単純に比較することは不適切ということに留意する必要がある。我が国を取り巻く地震・津波・火山などの自然現象の不確かさは大きく定量的なリスク評価は不完全であること、リスク評価の前提にないことは捨象されてしまうことなどのためである。また、費用便益分析により複数の欠けや対処法を相対的に比較したとしても、安全性（死亡リスク）と経済性という別種の価値をどう比較すべきかについて結論を得ることは難しい。 複数の知見が同等のリスク（頻度×結果）を示すときは、重大な結果に繋がりうる低頻度・高影響な知見を、重要な欠けとしてよ

	<p>り重視すべきと考えられる。それを前提に、リスクが同等でない場合や、不確実性に差があるなど知見の持つ性質に違いがある場合には、それらの要素も踏まえて知見の持つ重要性が検討されることとなろう。</p>
<p>7. 社会受容・合意形成及び実装に向けた課題</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 安全の目標について、公開の場で議論することが透明性を高め、また、国民への説明性向上につながる。

以上