

福島事故と 今後のエネルギー・原子力政策

科学技術と社会安全の関係を考える市民講座

2011年12月10日

鈴木達治郎
原子力委員会 委員長代理

本発表は筆者の個人的見解に基づくものであり、必ずしも原子力委員会や政府の見解を代表するものではない



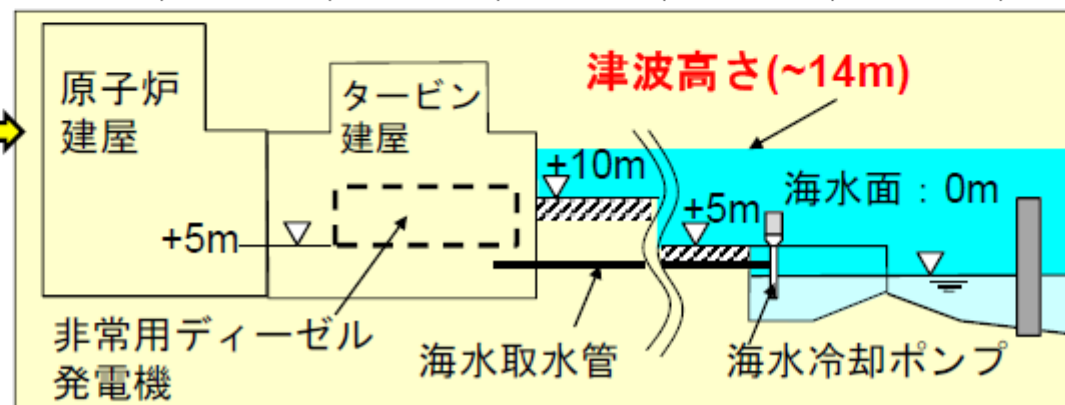
まとめ

- 福島第一原子力発電所事故は、想定を大きく超えた地震・津波と過酷事故対応の遅れにより、歴史上最悪の原子力事故の一つとなった。しかもまだ完全に収束していない。
- 最大の課題は安全への取り組みに対する国民の信頼失墜である。その信頼回復には安全規制の改革が不可欠である。
- 事故の収束、汚染除去、避難住民の安全確保と環境修復が最優先課題。最終的な廃止措置までには10年以上の年月と多大な費用がかかる。
- この事故は日本だけではなく、世界の事故として認識すべき。すでに世界に大きな影響を与えている。事故究明、情報共有・発信は日本の責務。
- 今後のエネルギー政策は、「脱原子力依存社会」を目指して、現実的な選択肢を議論していく事になるが、検証可能なデータに基づく透明性の高い国民的議論が必要



1-2 福島第一原子力発電所の概要

	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機
原子炉型式	BWR-3	BWR-4	BWR-4	BWR-4	BWR-4	BWR-5
格納容器形状	Mark- I	Mark- I	Mark- I	Mark- I	Mark- I	Mark- II
電気出力 (MWe)	460	784	784	784	784	1100
商業運転開始 時期	1971,3	1974,7	1976,3	1978,10	1978,4	1979,10
3/11時点での プラント状況	運転中	運転中	運転中	定期検査中	定期検査中	定期検査中



(出典：原子力安全に関するIAEA関係会議に対する日本国政府の報告書)

3



<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/sakutei/siryo/sakutei6/siryo4.pdf>

2

倒壊した鉄塔

- 福島第一及び第二原子力発電所の外部電源供給システムの損壊



(出所: 東京電力)



福島第一 津波の襲来（１）

5号機の近傍（南側）から東側を撮影



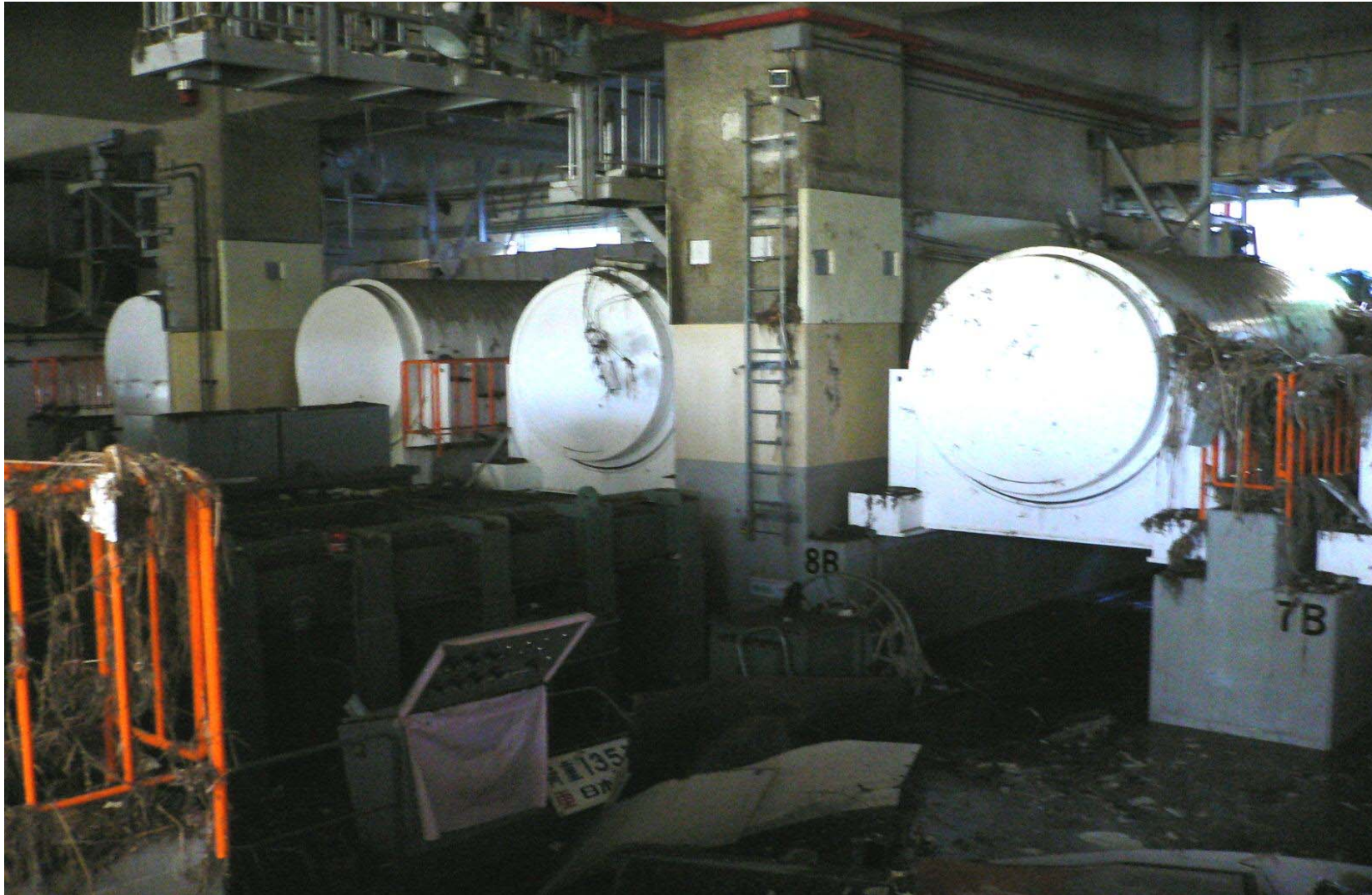
廃棄物処理建屋4階から北側を撮影

タンク

高さ約5.5m（敷地高O.P.+10m）

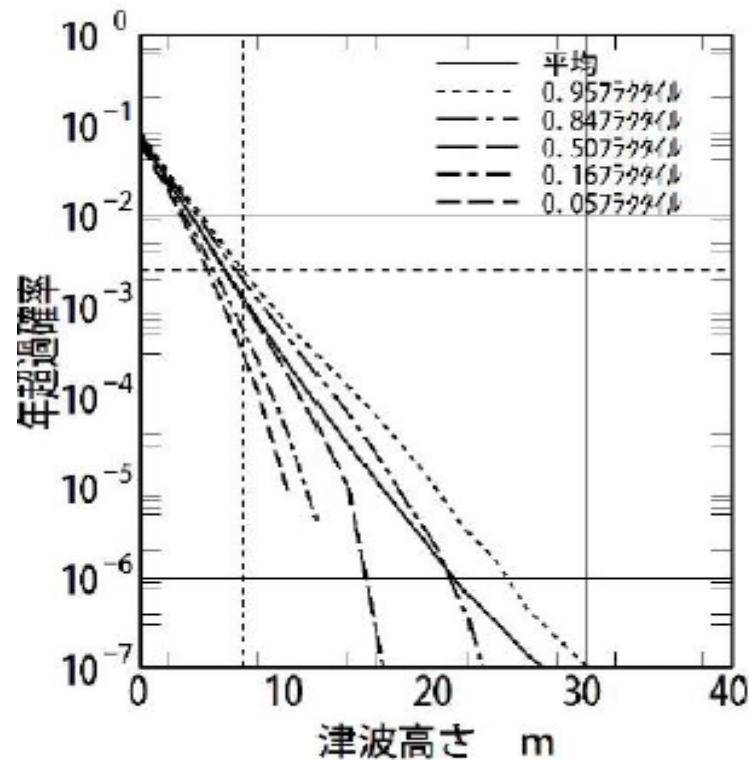


福島第一共用乾式貯蔵施設(津波後)



東電津波高さ試算:>10mは試算されていた

設計津波水位試算(2010)

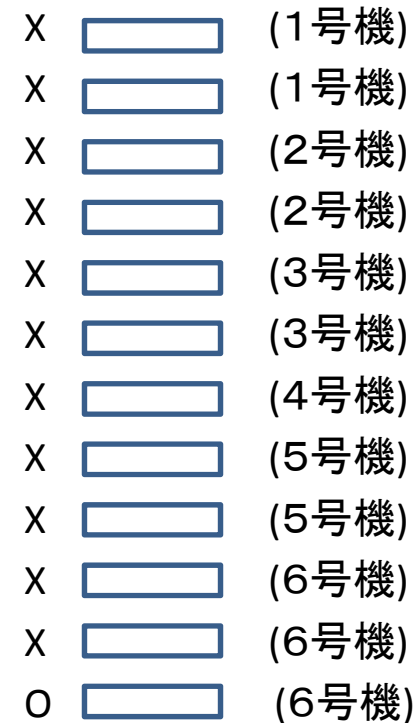
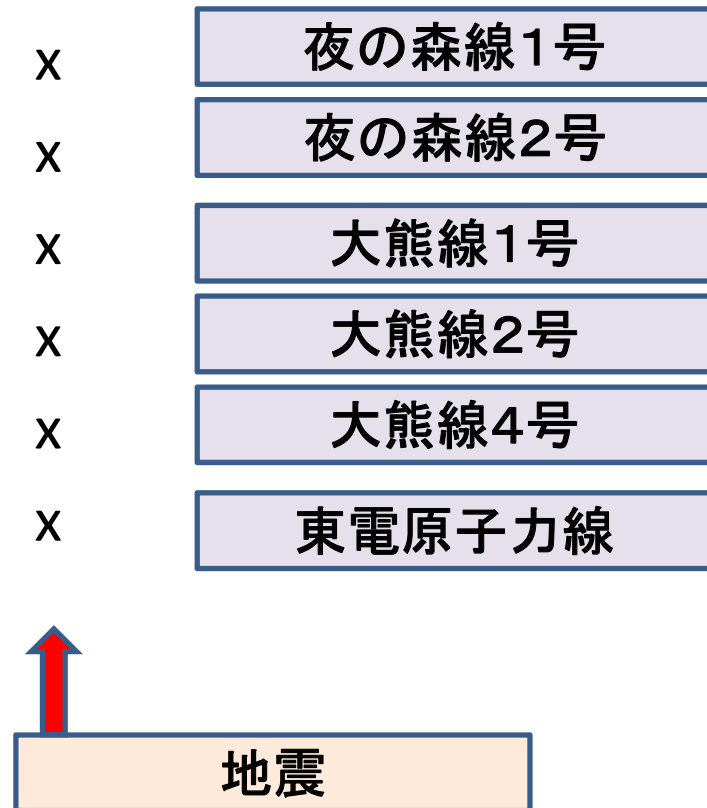


津波高さの試算経緯

- 2008年、東電貞観津波に関する論文に基づく津波高さ試算実施。
- 2009年6月、東電は土木学会に試算結果の審議を依頼。
- 2009年9月、保安院は試算結果の説明を受けた。
- 2011年3月7日、保安院はさらに「高さ10m以上の津波となる算定結果」の説明を受けていた。

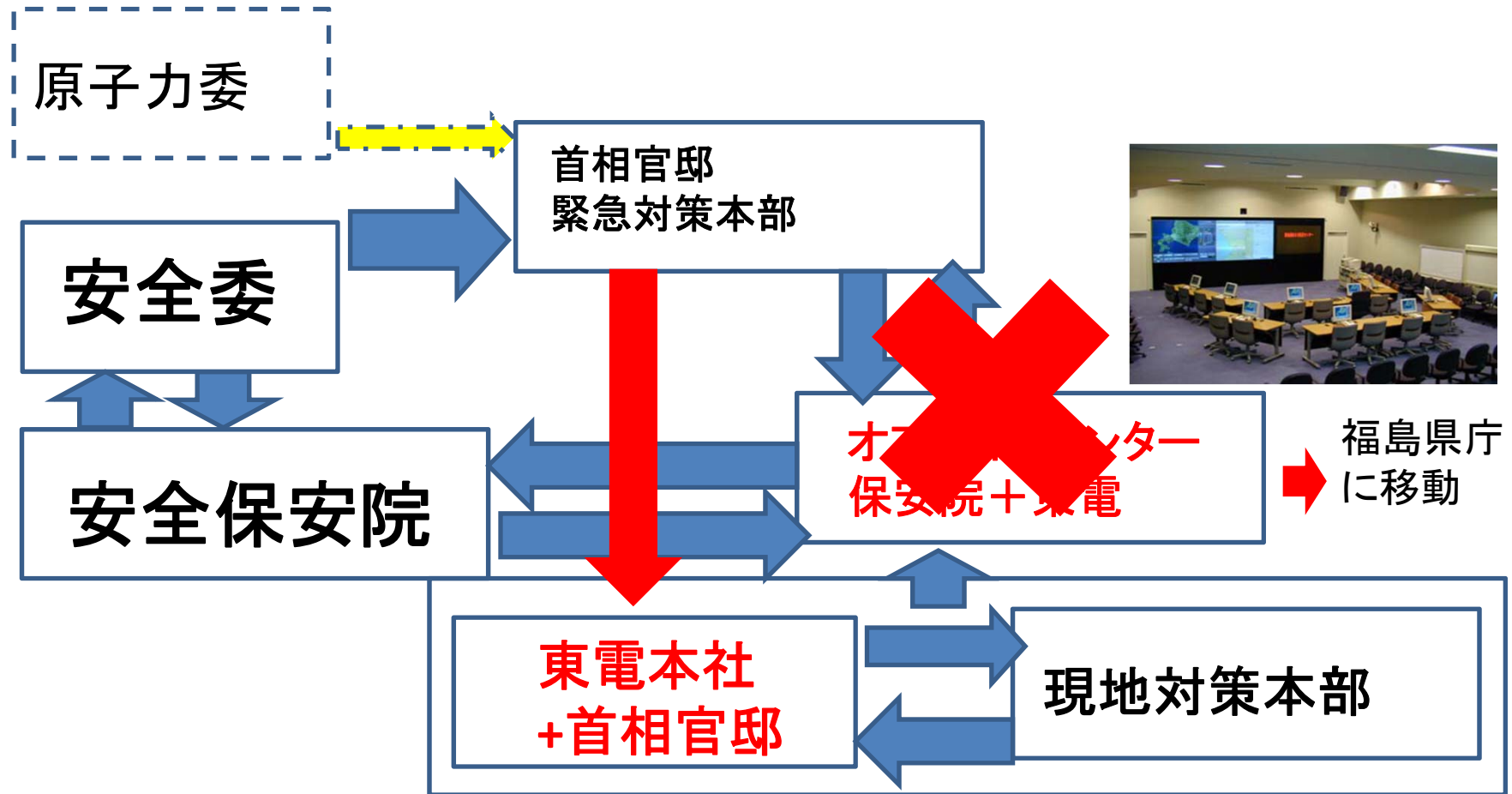
福島第一原子力発電所: 空冷発電機が生き残った

[外部電源]  [非常用ディーゼル発電機] (交流電源)

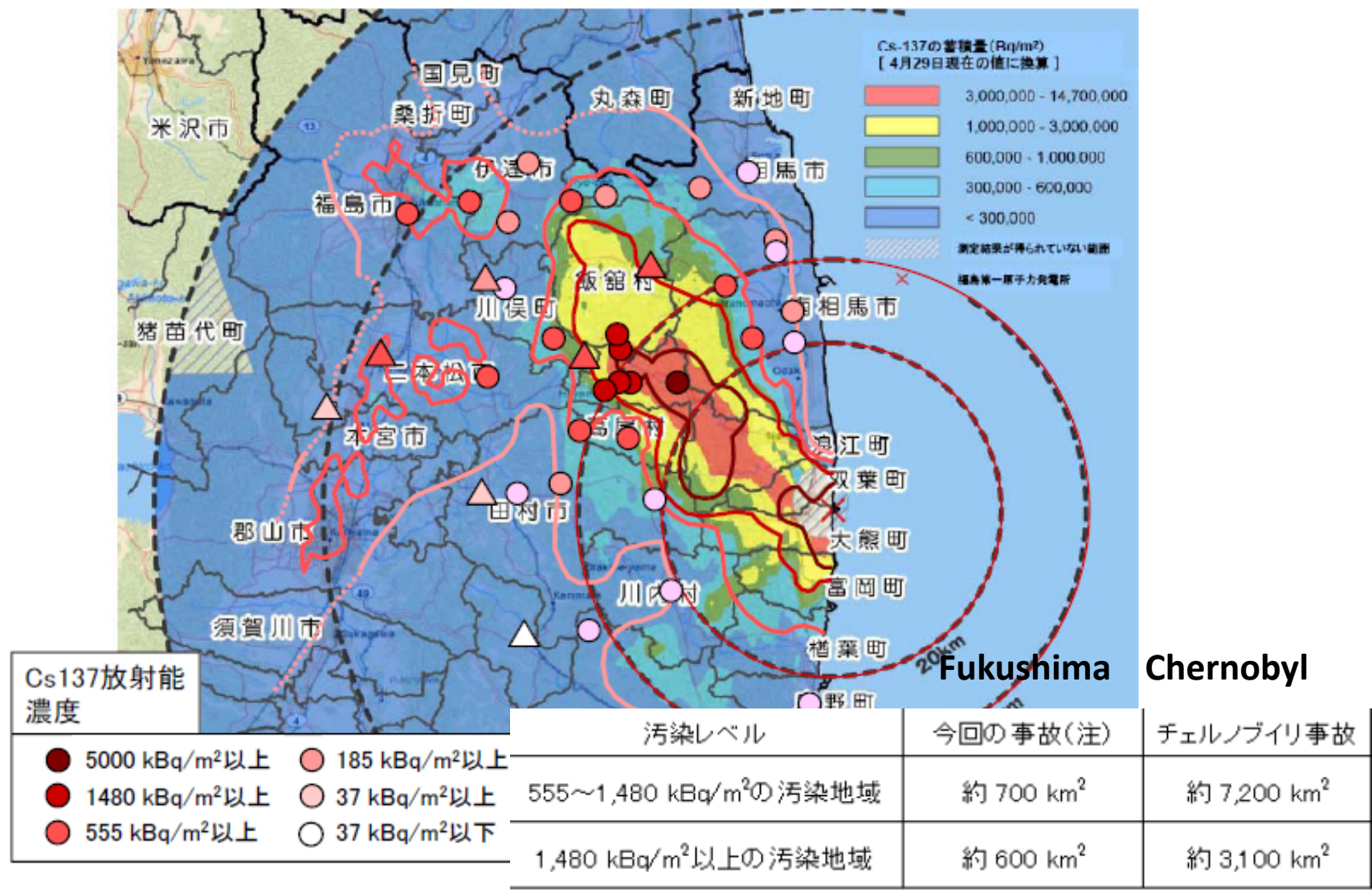


原子力災害特別措置法に基づく緊急対応体制*

ー オフサイトセンターが機能しなかった



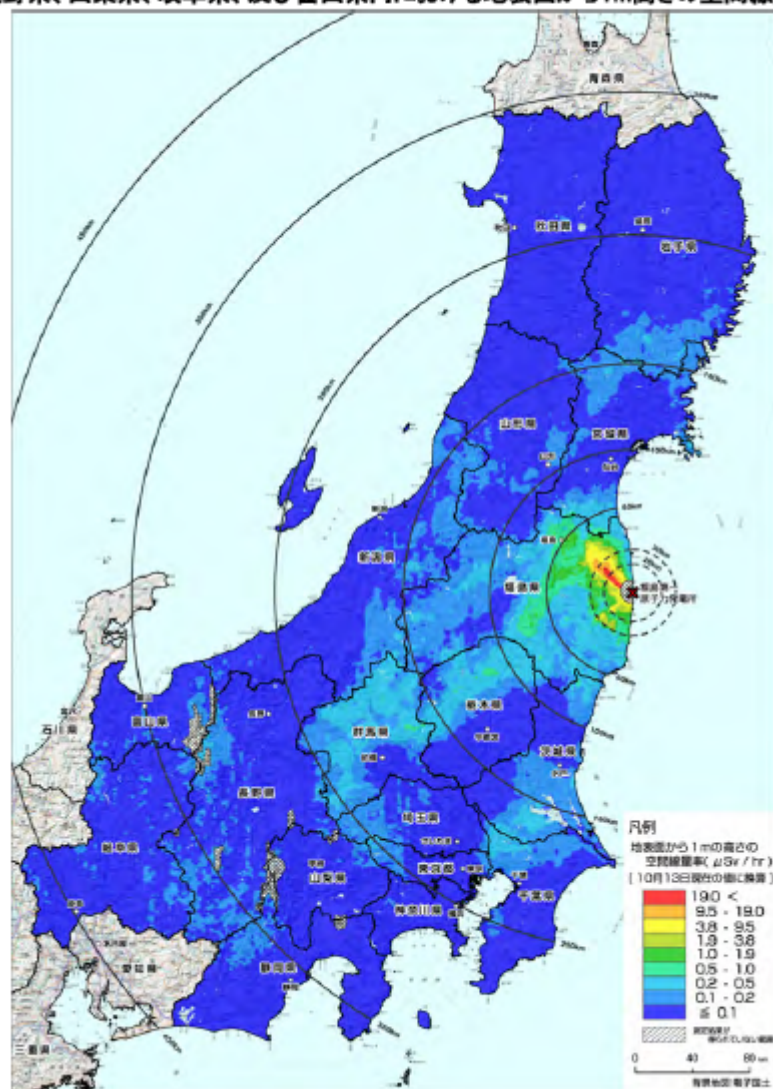
5月6日公表文科省・米国DOE航空機モニタリング結果との重ね合わせ



Source: T. Kawada, "Current Status of Soil Contamination and how to respond,"
Presentation at Japan Atomic Energy Commission Meeting, May 24, 2011
<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2011/siryo16/siryo2.pdf>

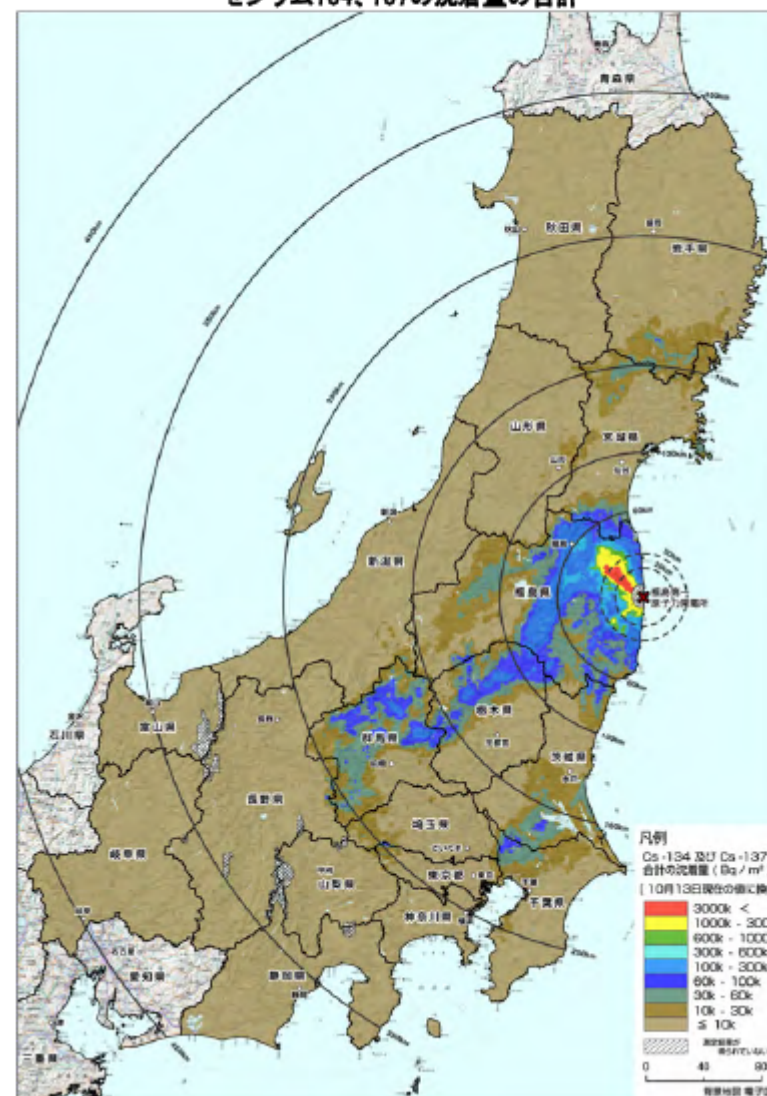


文部科学省がこれまでに測定してきた範囲及び岩手県、静岡県
長野県、山梨県、岐阜県、及び富山県内における地表面から1m高さの空間線量率

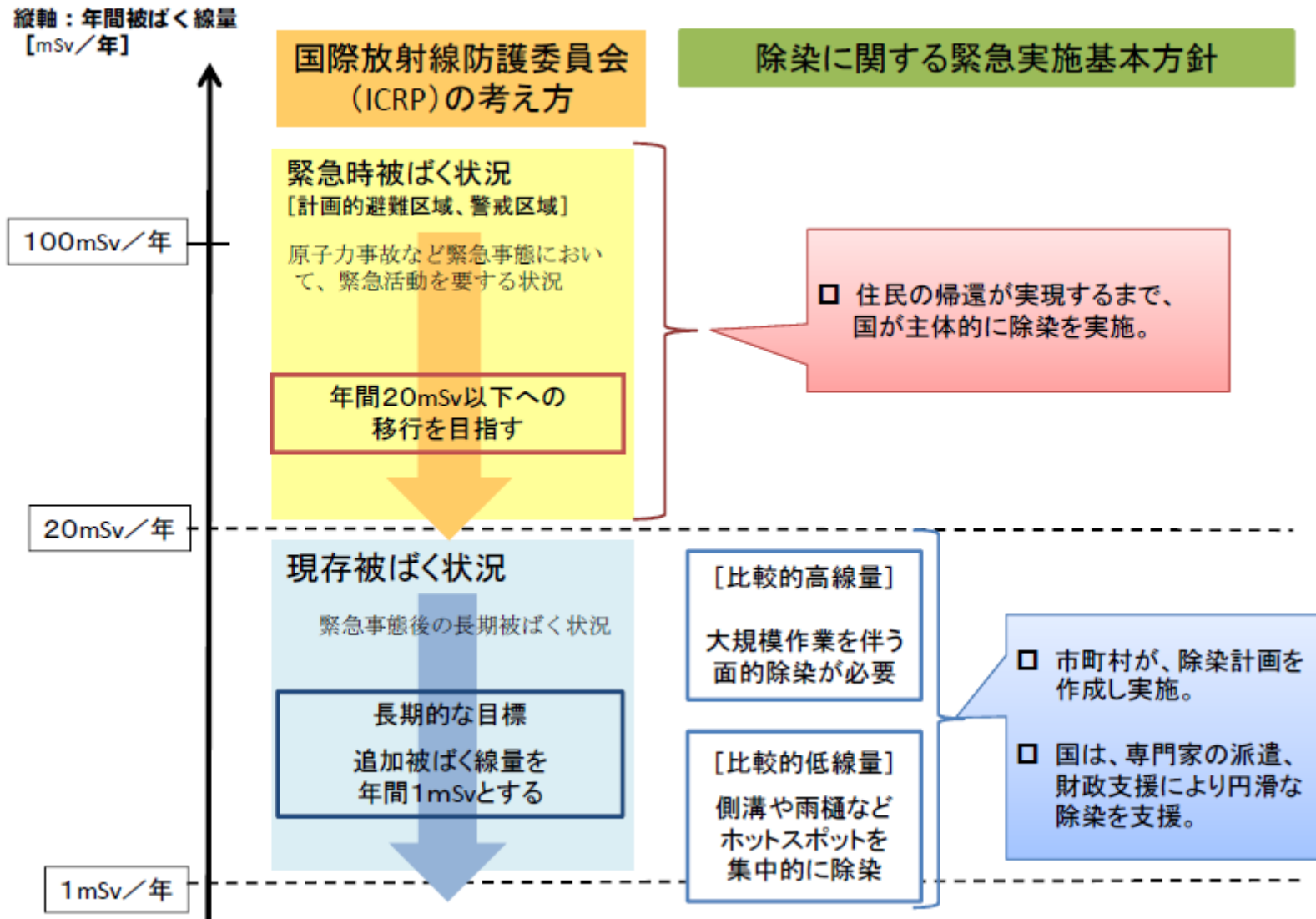


※本マップには天然核種による空間線量率が含まれています。

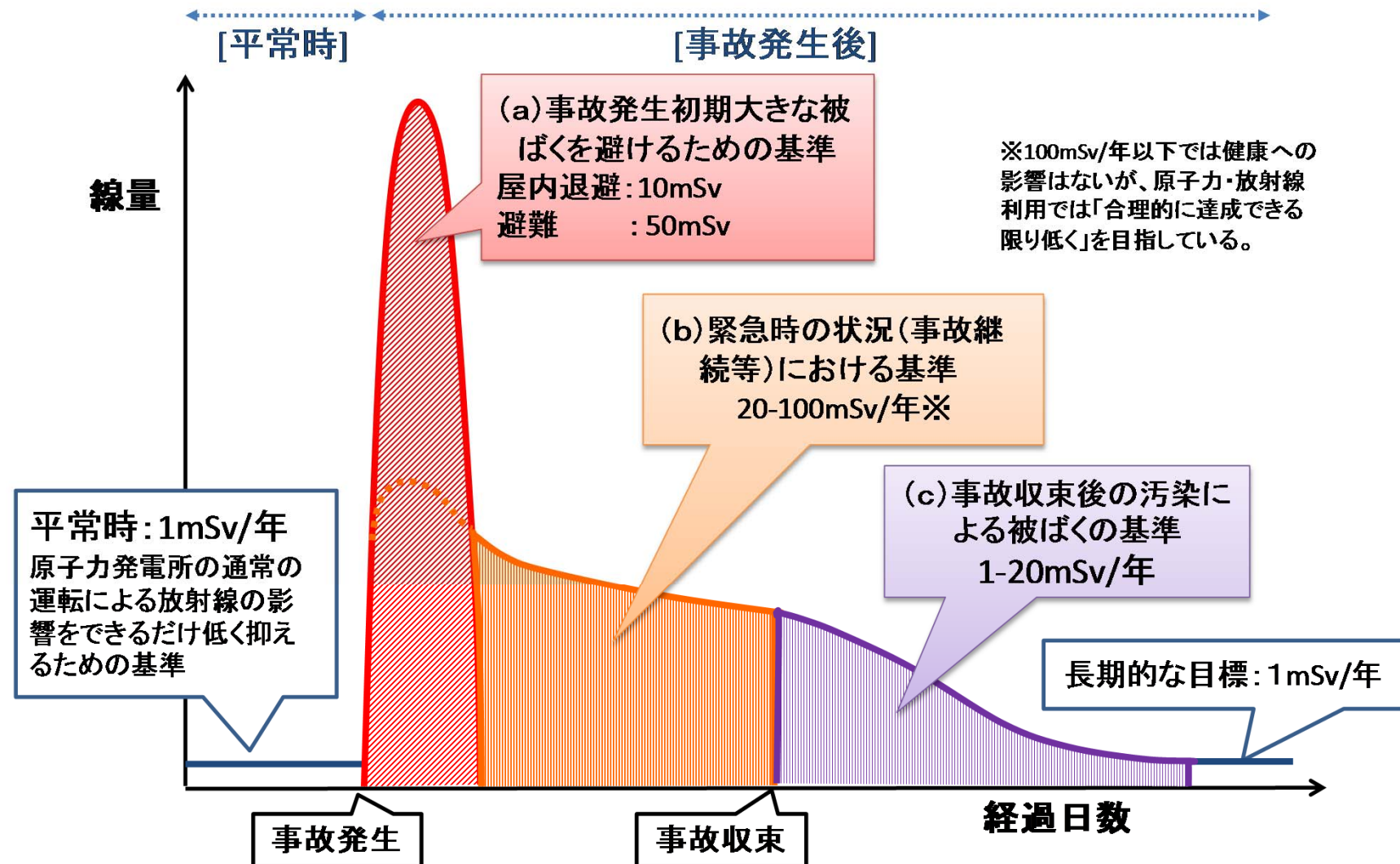
(参考2)
文部科学省がこれまでに測定してきた範囲(改訂版)及び岩手県、静岡県
長野県、山梨県、岐阜県、及び富山県内の地表面への
セシウム134、137の沈着量の合計



除染実施に関する基本的考え方



放射線防護の線量の基準の考え方



低レベル放射線被曝リスクの不確実性

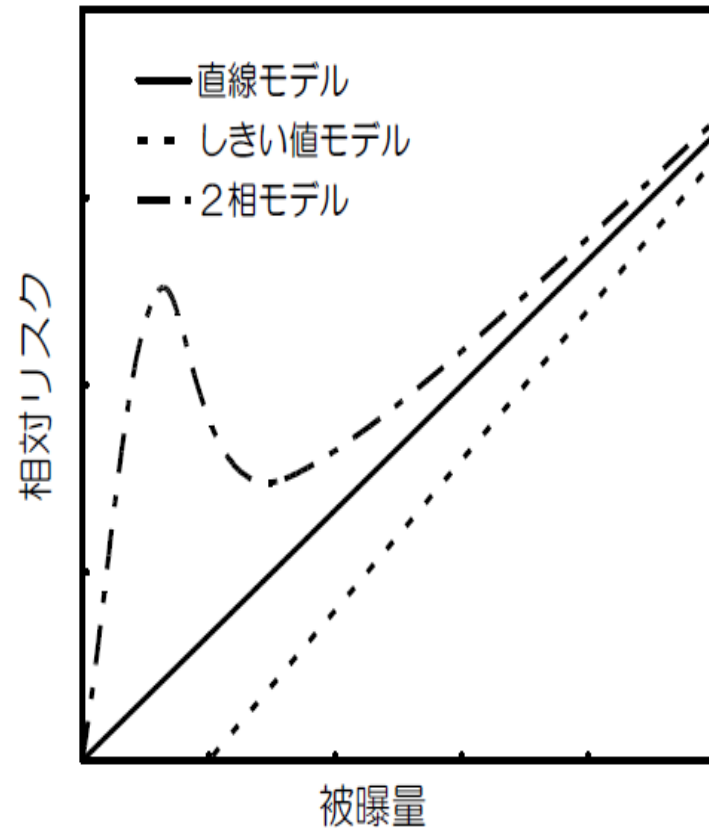
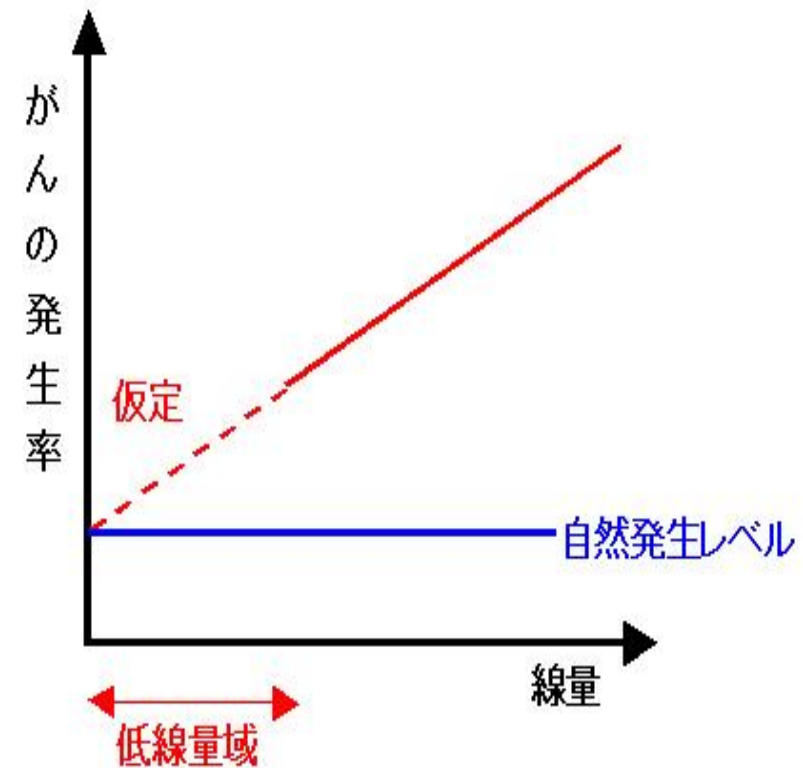


図2 被曝量・反応関係の模式図



しきい値なし直線仮説の模式図

出所: 今中哲司、「低線量放射線被曝とその発ガンリスク」、岩波「科学フォーラム」、2005年
<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/seminar/No110/kagaku050711.pdf>

出所: 電力中央研究所、放射線安全研究センター
<http://www.denken.or.jp/jp/ldrc/study/topics/Int.html>

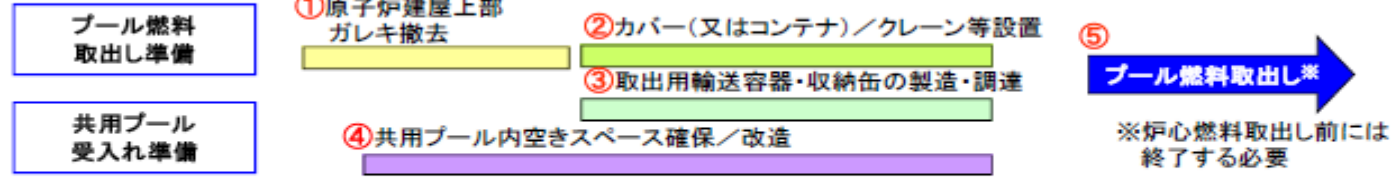
中・長期廃止措置に向けて (1)

プール内燃料取出しまでの作業イメージ(1/2)

(技術開発計画検討用)

別紙1

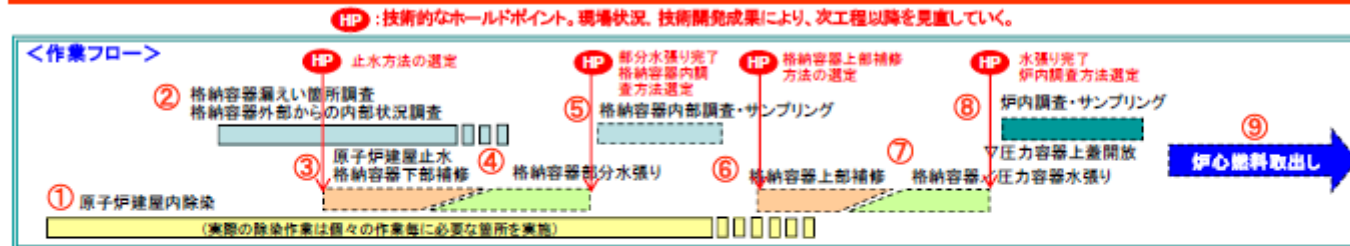
<作業フロー>



作業	① 原子炉建屋上部ガレキ撤去	② カバー(又はコンテナ)/クレーン等の設置	③ 取出用輸送容器・収納缶の製造・調達
イメージ	<p>大型クレーン、ガレキ、原子炉ウエル、GFP、作業用橋台、原子炉建屋</p>	<p>カバー(又はコンテナ)、天井クレーン、燃料交換機、DSピット、原子炉ウエル、使用済燃料プール</p>	<p><輸送容器の例: NH-25></p>
内容	大型クレーンや重機を用いて原子炉建屋上部のガレキを撤去。	原子炉建屋を覆うカバー(又はコンテナ)を設置し、プール燃料取り出しに必要な天井クレーン、燃料交換機を設置。	プールから取り出した燃料を共用プールに移送するため、既存のキャスク技術を用い、キャスク・収納缶等を設計・製造。
技術開発における留意点と課題	—	—	—

中・長期廃止措置に向けて (2)

炉心燃料取出しまでの作業イメージ(3/3) (技術開発計画検討用)



※ 技術開発計画検討のため、TMIと同様に水中での燃料取り出しを想定した場合の一連の作業を記載。今後現場の状況や技術開発成果によって内容を見直していく。

作業	⑦ 格納容器/圧力容器水張り ⇒ 圧力容器上蓋開放	⑧ 炉内調査・サンプリング	⑨ 炉心燃料取出し
イメージ			
内容	十分遠へいが担保できる水位まで格納容器/圧力容器を水張り後、圧力容器上蓋を取り外し。	炉内を調査し、損傷燃料や炉内構造物の状態把握、サンプリング等を実施。	圧力容器/格納容器内の損傷燃料の取り出しを実施。
技術開発における留意点と課題	(⑤により格納容器バウンダリ構築が大前提)	◆高線量によるアクセス性の制約、圧力容器内部遠達(内部水の濁り、損傷燃料の所在等)が不明 ・上記を踏まえた遠隔調査方法及びサンプリング方法の開発	◆損傷燃料の分布状況によっては技術開発範囲が拡大(特に格納容器内の燃料取出しはTMIでも経験なし) ・TMIに比べ、より高度な取り出し技術・工法の開発

4-1. 1号機の損傷燃料の状態に関するまとめ①

- 燃料は、地震前にあった位置から溶融して下方に全て移動。

【MAAPによる解析】

- さらに、圧力容器の破損も発生している可能性が高く、格納容器の底部に相当量滴下していったと推定。

【水位計指示値による推定】

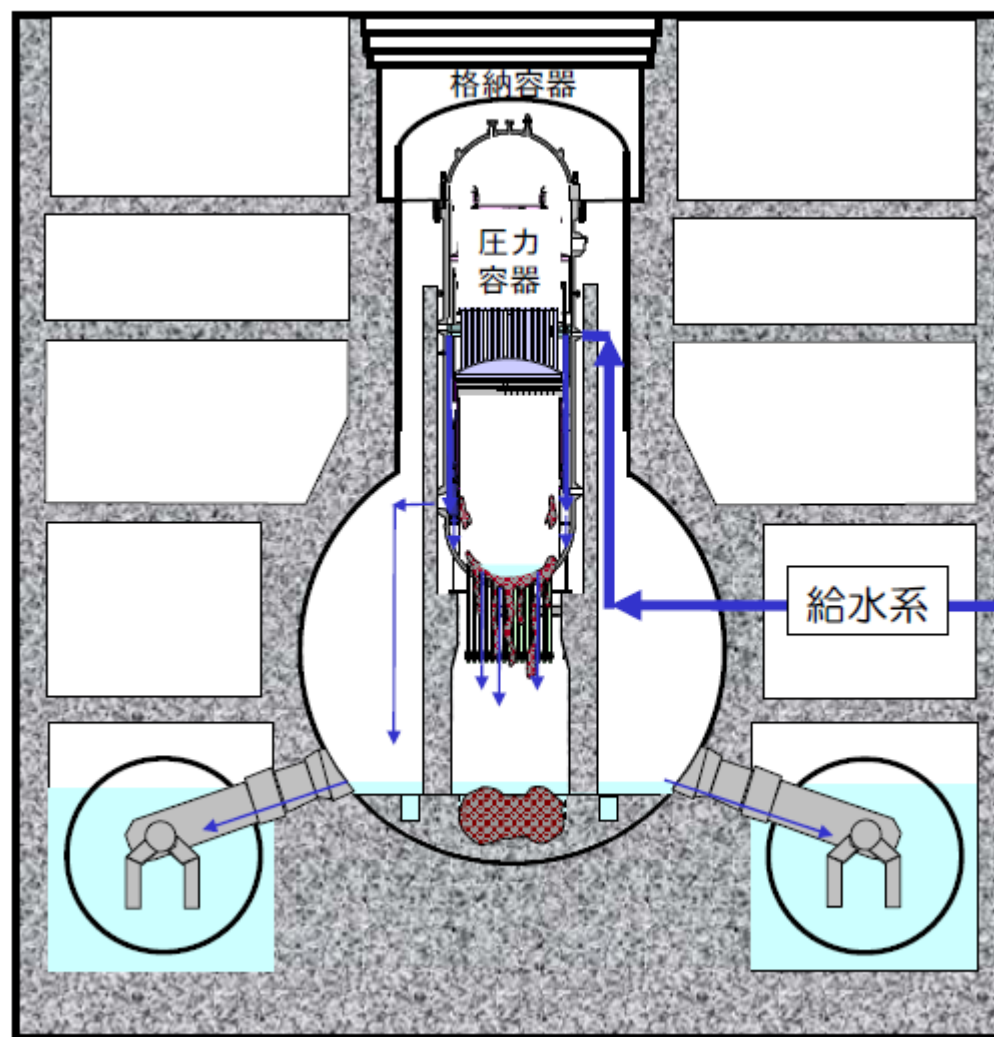
【注水実績に基づく熱バランスによる推定】

【格納容器内ガス濃度による推定】

【原子炉補機冷却系による推定】

【温度計指示値による評価】 等

- 現在、注水は給水系配管より実施中であり、圧力容器底部及び格納容器内の温度は100℃以下で安定。
- よって、格納容器に落下した燃料も注水により概ね水に接する状態で冷却されているものと評価。



その他の原子力発電所における対応

1. 緊急安全対策

- 原子力安全・保安院は全ての電気事業者に対し、緊急安全対策を実施するよう指示。(3月30日)
- 各電気事業者からの報告に基づき、原子力安全・保安院は緊急安全対策が適切に実施されたことを確認。(5月6日)

2. 追加の緊急安全対策

- 原子力安全・保安院と関係省庁は、この報告で述べられている事故から得られた教訓に基づき、緊急安全対策を実施し、強化する。(6月7日)

3. 浜岡原子力発電所の停止

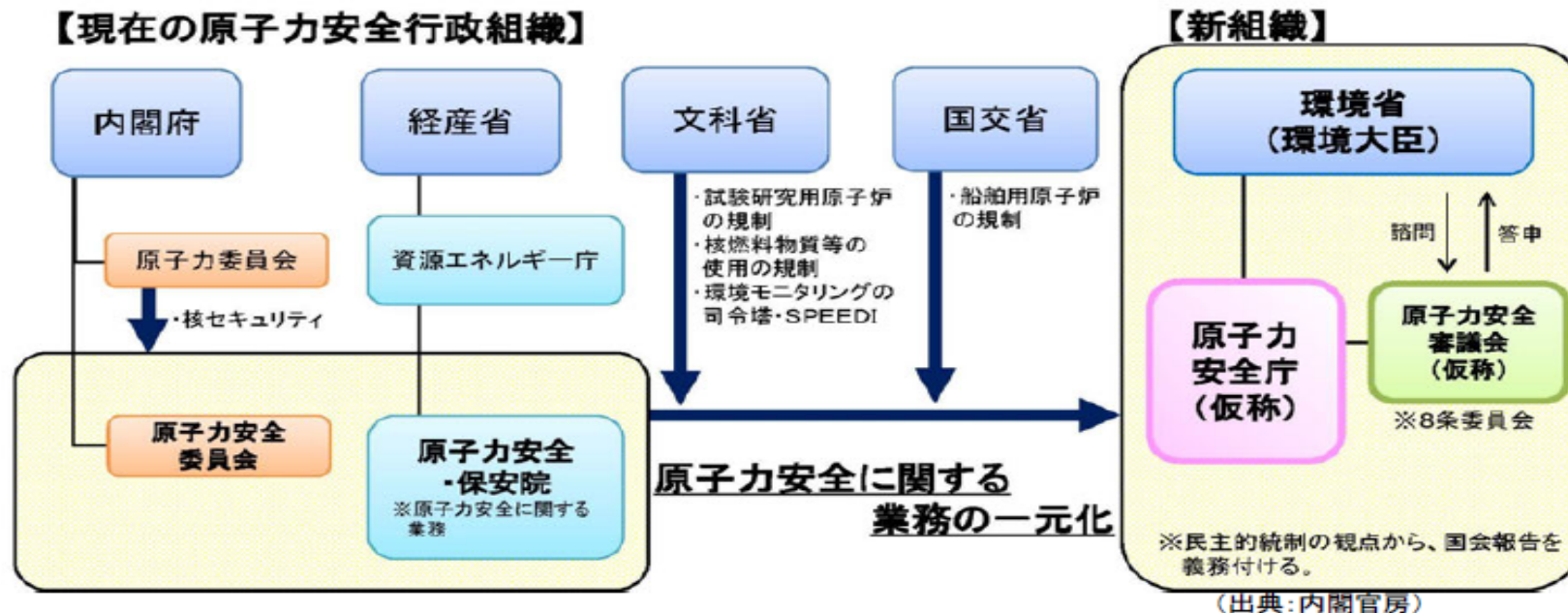
- 政府は中部電力株式会社に対し、予想される地震により引き起こされる大規模な津波の可能性が高いことから、浜岡原子力発電所の全ての号機の運転を中長期的対策が完了するまでの間、停止するよう要請した。(5月6日)



原子力安全・保安院分離案

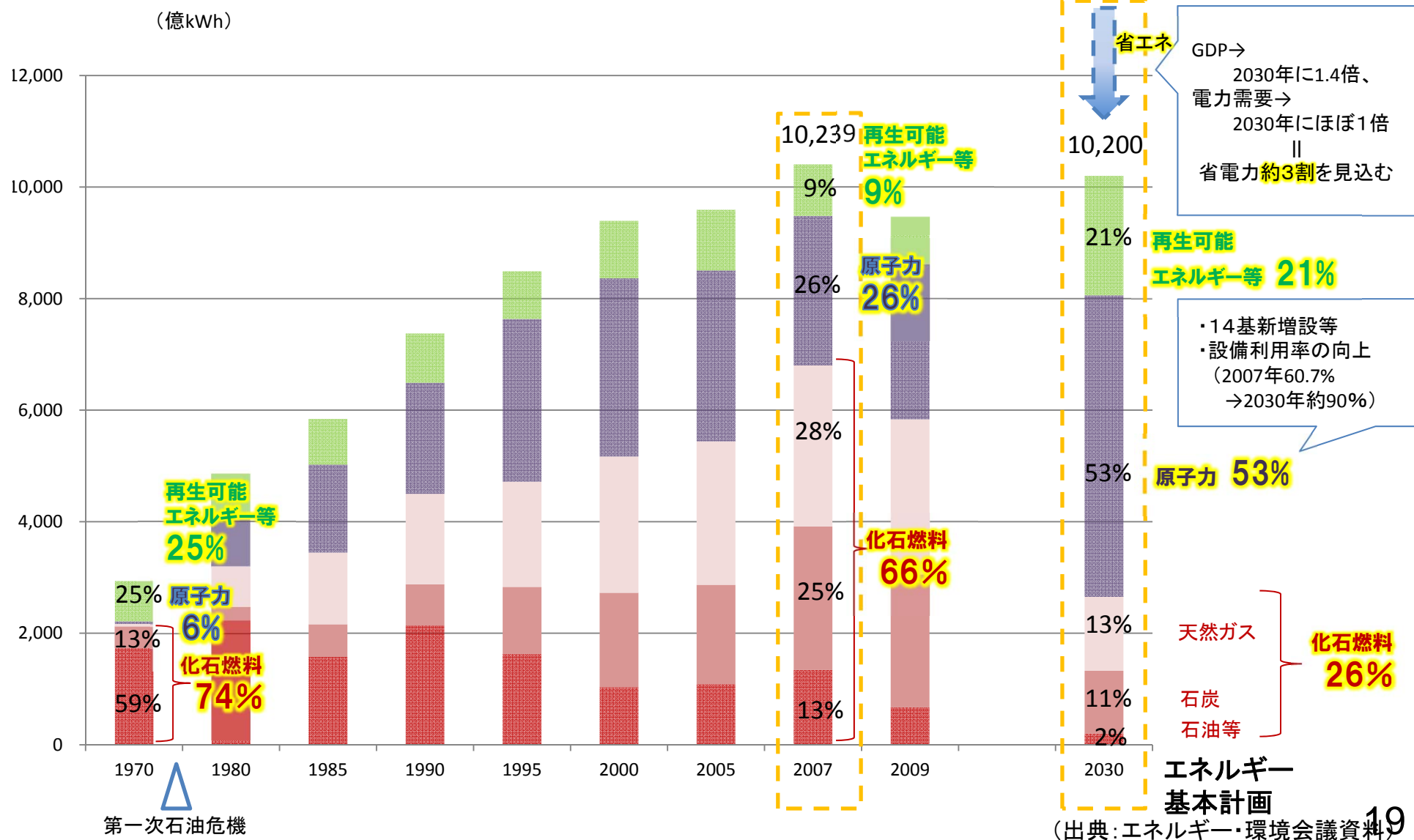
7-2 原子力安全規制に関する新組織のイメージ案

- 原子力安全・保安院の原子力安全規制部門を経済産業省から分離し、環境省にその外局として、原子力安全庁(仮称)を設置する。
- 原子力安全委員会については、規制と利用の分離により、中核的機能であるダブルチェック機能の意義が薄れることから、その位置づけ・役割を見直し、専門的知見を活かした助言・諮問機関として、新組織の下に、原子力安全審議会(仮称)を置く。



白紙からの戦略の構築

○昨年6月に決定した現行のエネルギー基本計画では、
2030年に電力供給の過半を原子力に依存する内容。これを白紙から見直す。



野田首相 原子力安全及び核セキュリティに関する国連ハイレベル会合 演説(2011/09/23)

エネルギーは、経済の「血液」であり、日常生活の基盤です。広くは、人類の平和と繁栄を左右します。我々の世代だけでなく、子々孫々の幸福の礎石です。次なる行動について長く迷い続ける余裕はありません。科学技術を最大限に動員し、合理性に立脚し、そして、早急に次なる行動を定めなければなりません。

- 日本は、**原子力発電の安全性を世界最高水準に高めます。**
- 日本は、原子力利用を模索する国々の関心に応えます。
- 日本は、再生可能エネルギーの開発・利用の拡大も主導します。
- 日本は、核セキュリティ確保にも積極的に参画します。

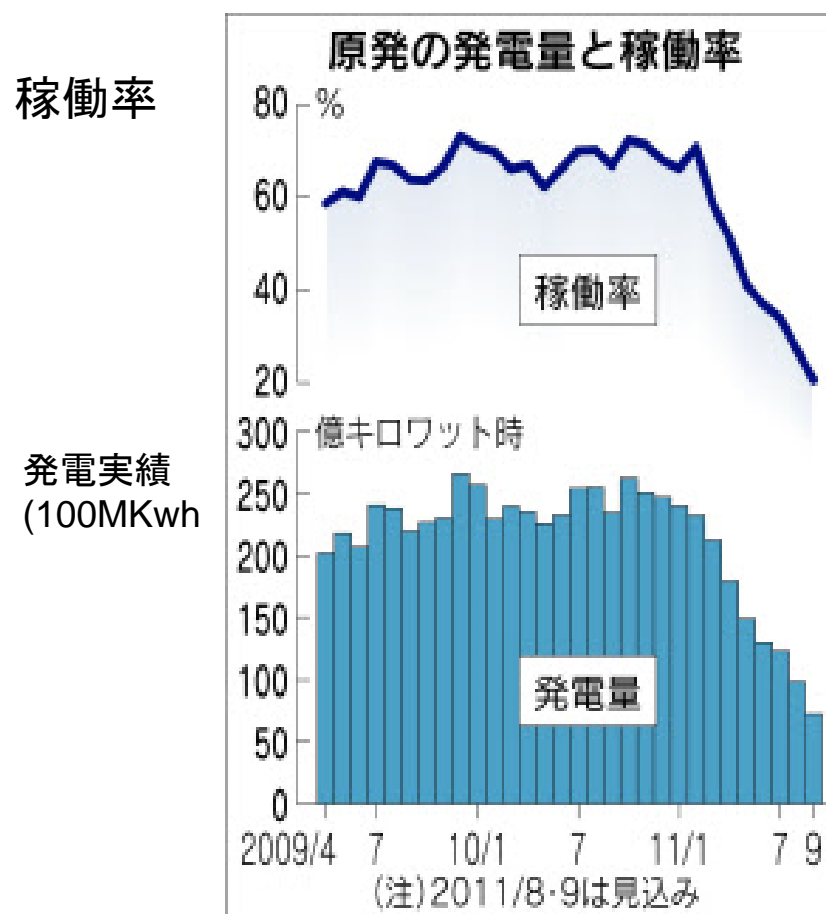
<http://www.kantei.go.jp/jp/noda/statement/201109/22speech.html>

全ての原子力発電所が停止する可能性も

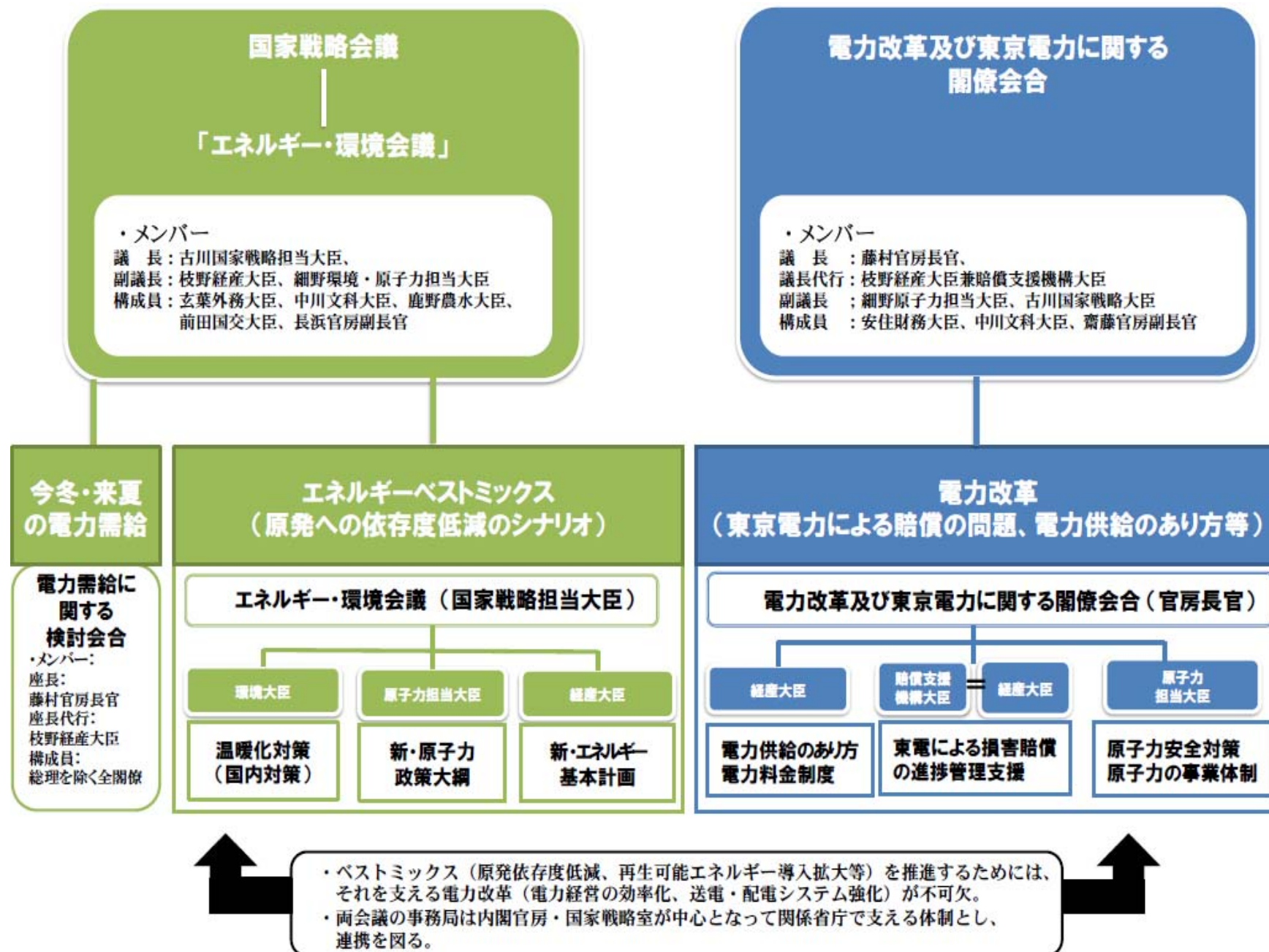
既存発電所の再稼働問題

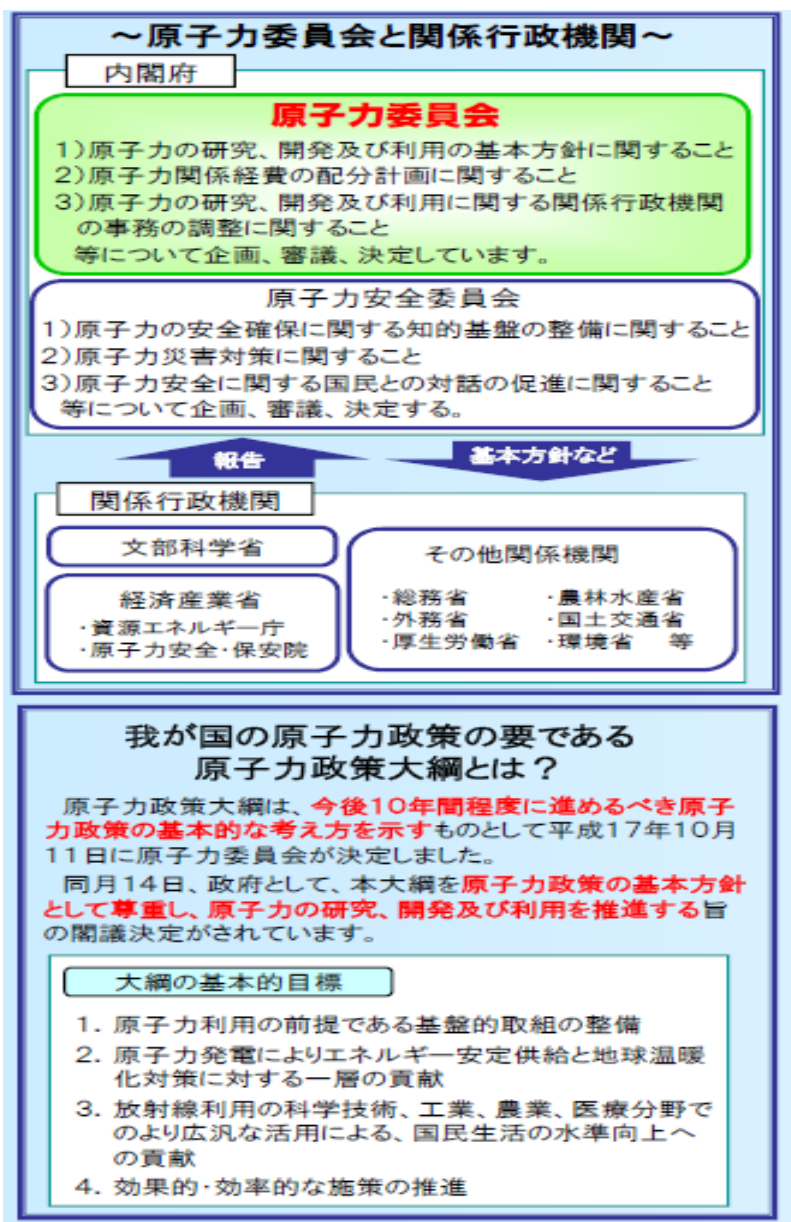
- 全54基中: (2011年11月20日現在)
 - 震災により14基が停止
 - 30基が定期点検などで停止中
 - 運転稼働中は10基のみ
 - 2012年5月にはすべての原子力発電所が定期点検に入り停止。
- 福井県知事「新しい安全基準が確立されないうちは再稼働は認めない」(2011年5月20日、朝日新聞)
- 九州玄海発電所、北海道泊発電所で、「やらせ問題」が発覚

原子力発電所の稼働実績



エネルギー政策の新たな検討体制





～原子力委員会とは～

【原子力基本法と原子力委員会】

・昭和30年12月19日に制定された原子力基本法では、原子力研究開発利用を平和の目的に限るとともに、安全の確保を旨として、民主、自主、公開の原則の下で行うことが定められています。

・原子力委員会は、原子力行政の民主的な運営を図る組織として、原子力基本法に基づいて昭和31年1月1日に設置されました。

～原子力委員会委員～



原子力委員会委員長
近藤 駿介



原子力委員会委員長代理
鈴木 達治郎



原子力委員会委員
秋庭 悦子

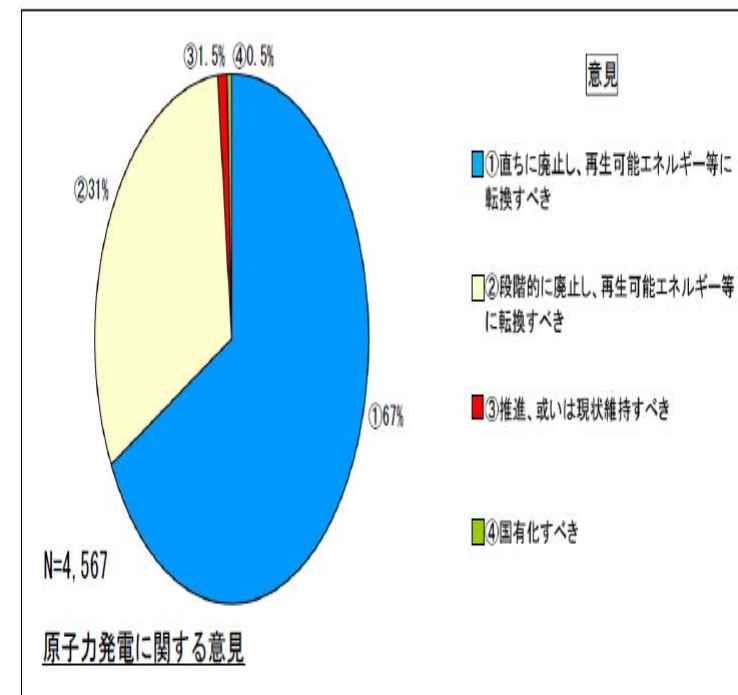
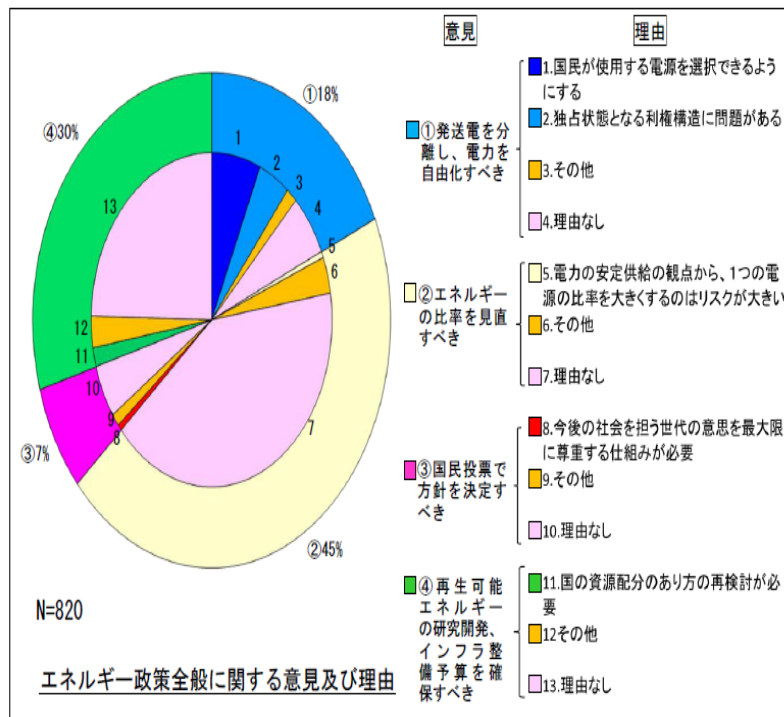


原子力委員会委員
大庭 三枝



原子力委員会委員
尾本 彰

大綱策定会議に寄せられた国民の意見



原子力発電・核燃料サイクル検討小委

目的及び整理内容

- 原子力発電・核燃料サイクルの総合評価に資するデータの整理を行う
 - ① 使用済燃料の直接処分方法等の概念
 - ② 原子力発電・核燃料サイクルの経済性試算
 - ③ 原子力発電・核燃料サイクルオプション
 - ④ その他の専門技術的な事項
- 小委として提言や統一見解をまとめることはしない
 - 報告書はまとめず、適宜、原子力委員会・新大綱策定会議等へ報告する

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/hatukaku/siryo/siryo1/siryo1.pdf>

核燃料サイクルコストの比較(再処理モデルと現状モデルと直接処分モデル)

再処理モデル

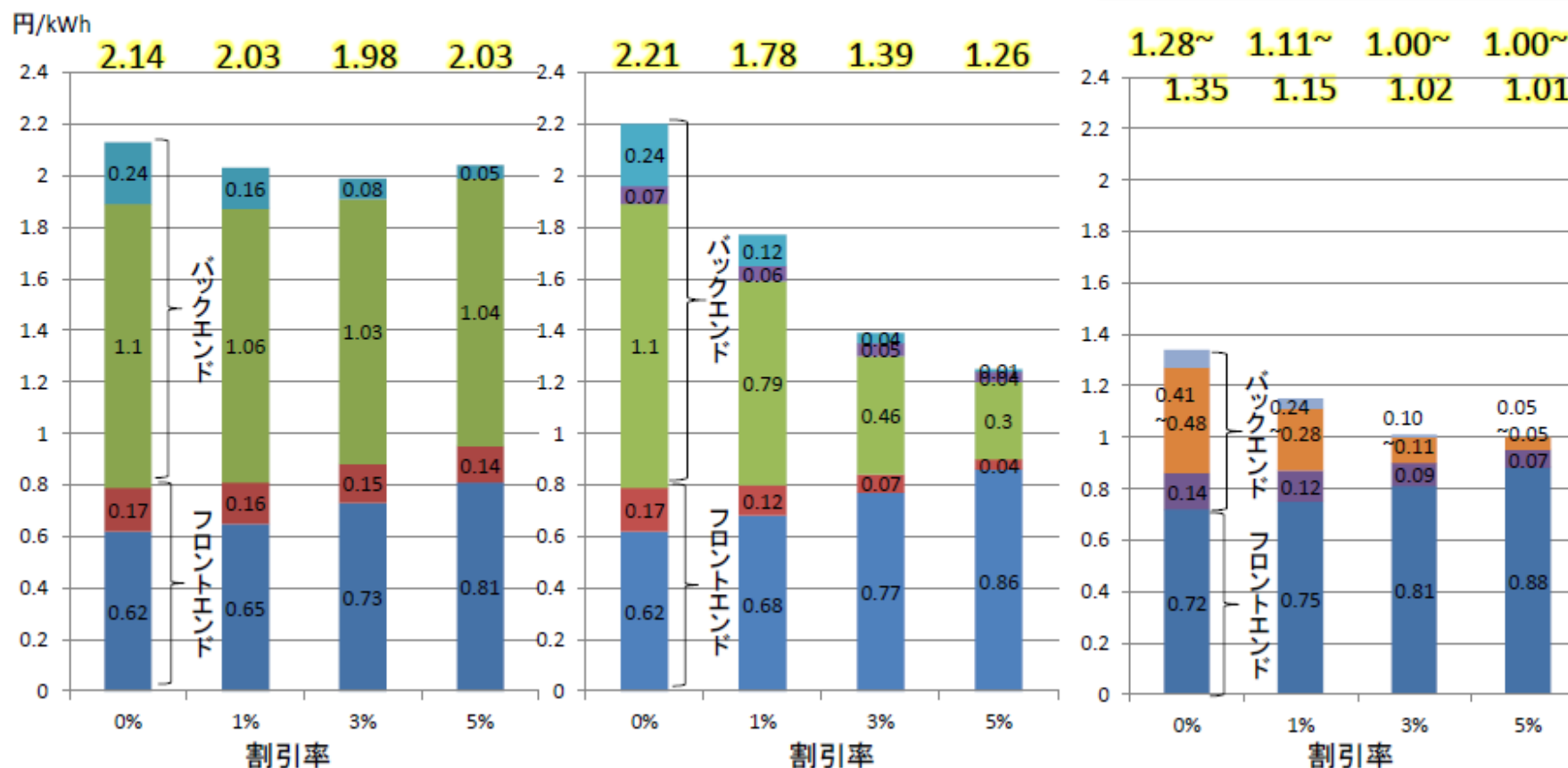
使用済燃料全量を再処理して
リサイクルするモデル

現状モデル

使用済燃料全量を適切な期間貯蔵
しつつ再処理していく現状を考慮

直接処分モデル

使用済燃料全量を中間貯蔵後に
直接処分するモデル

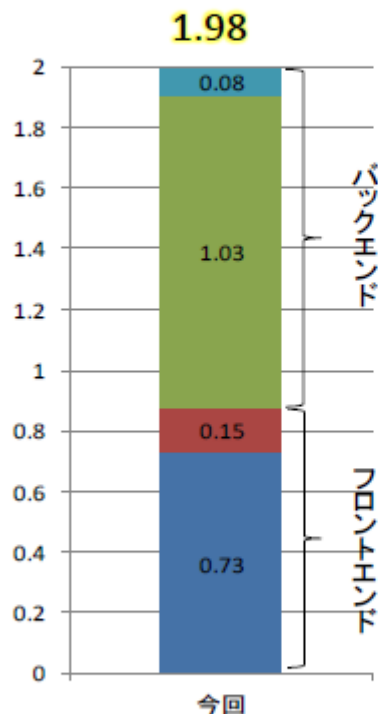


出所: エネルギー環境会議、コスト等検証委員会資料、2011年11月15日。

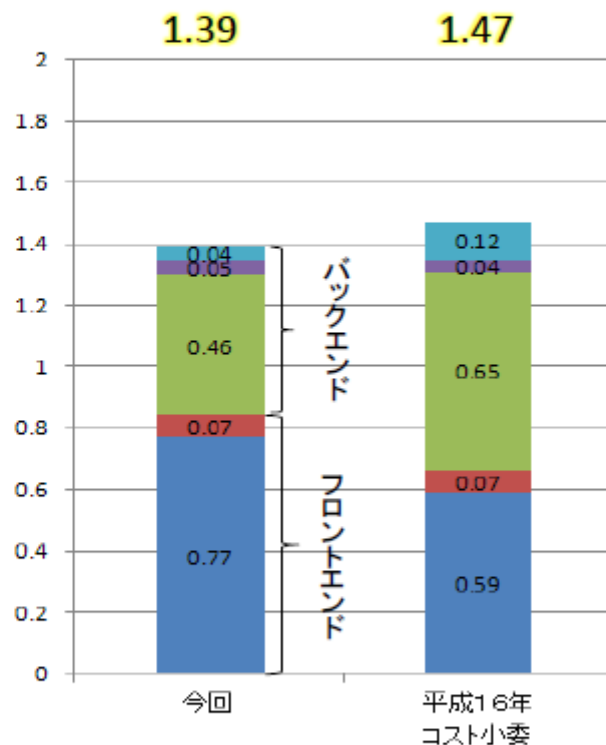
<http://www.npu.go.jp/policy/policy09/pdf/20111114/siryo3-2.pdf>

今回と平成16年試算時の核燃料サイクルコストの比較(割引率3%)

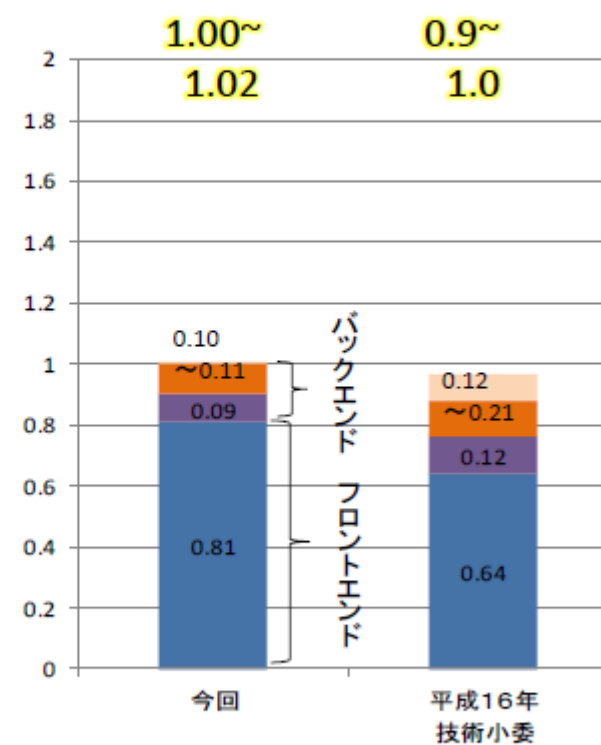
再処理モデル
使用済燃料全量を再処理して
リサイクルするモデル



現状モデル
使用済燃料全量を適切な期間貯蔵
しつつ再処理していく現状を考慮



直接処分モデル
使用済燃料全量を中間貯蔵後に
直接処分するモデル



■ ウラン燃料 ■ MOX燃料 ■ 再処理等 ■ 中間貯蔵 ■ 高レベル廃棄物処分 ■ 直接処分(下限) ■ 直接処分(上限)

※ 平成16年の試算と今回の試算では、それぞれのモデルにおいて、一部の前提条件(再処理までの期間など)が変更されている。

※ 技術小委 : 原子力委員会 新計画策定会議技術検討小委員会

※ コスト小委 : 総合資源エネルギー調査会電気事業分科会コスト等検討小委員会

出所: エネルギー環境会議、コスト等検証委員会資料、2011年11月15日。

<http://www.npu.go.jp/policy/policy09/pdf/20111114/siryo3-2.pdf>

表3 損害の発生頻度に基づく事故リスクコストの試算について

モデルプラントでの事故リスクコスト

モデルプラントによる事故損害額を5兆円として想定した場合のコスト

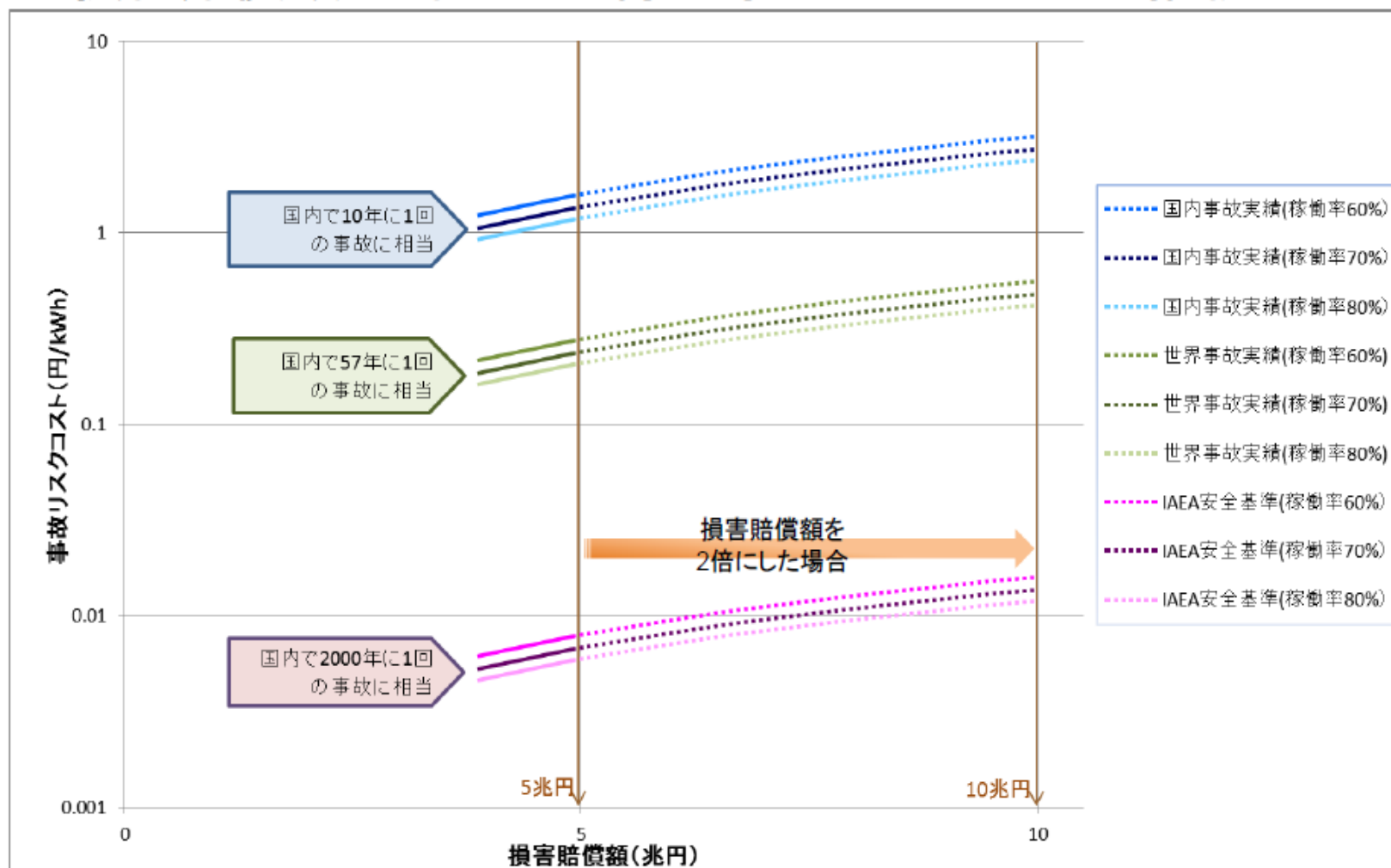
発生頻度 (/炉年)	モデルプラント稼働率毎の 事故リスクコスト(円/kWh)			損害額が一兆円増加した際に 追加されるコスト(円/kWh)		
	設備利用率 60%	設備利用率 70%	設備利用率 80%	設備利用率 60%	設備利用率 70%	設備利用率 80%
1.0×10^{-5} (既設炉の早期大規模放出 に対するIAEAの安全目標)	0.008	0.007	0.006	0.002	0.001	0.001
3.5×10^{-4} (世界での商業炉シビア アクシデント頻度, 57年に1回の頻度に相当 ^[1])	0.28	0.24	0.21	0.06	0.05	0.04
2.0×10^{-3} (国内での商業炉シビア アクシデント頻度, 10年に1回の頻度に相当 ^[1])	1.6	1.4	1.2	0.32	0.27	0.24

[1] 発電用原子炉が50基稼働していた際の事故発生頻度

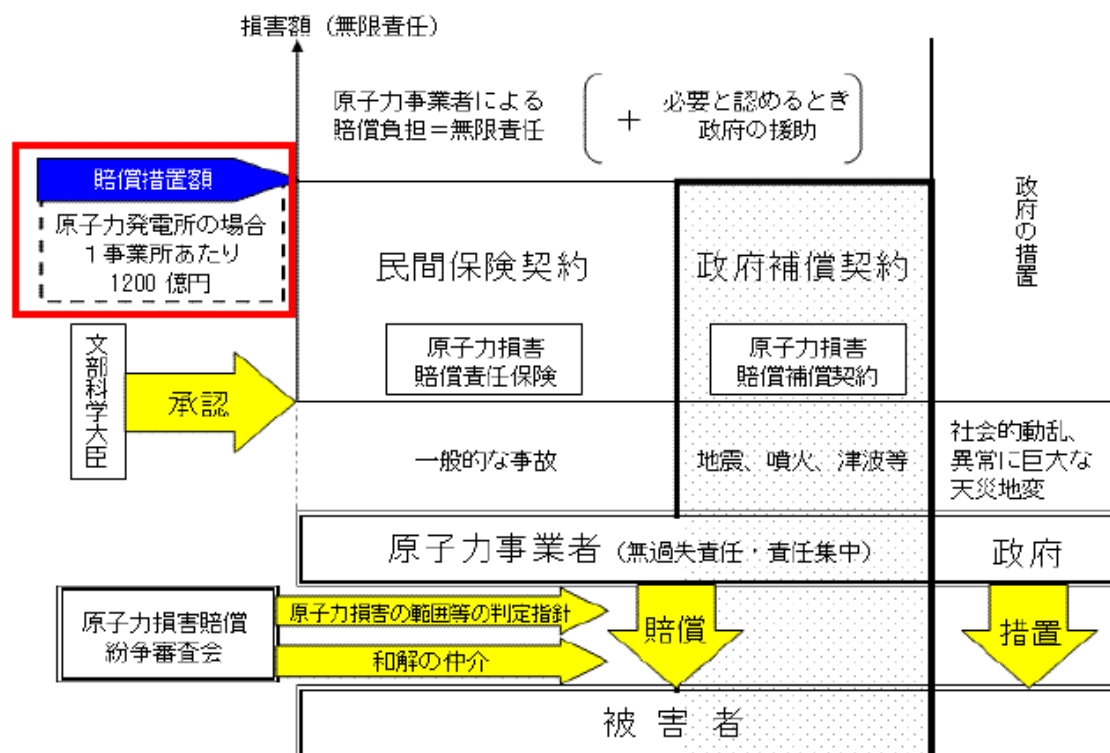
事故発生頻度に基づく事故リスクコスト(2)

事故リスクコストの感度解析

■ 損害賠償額が2倍となる際の事故リスクコストの推移



原子力損害賠償制度の概要



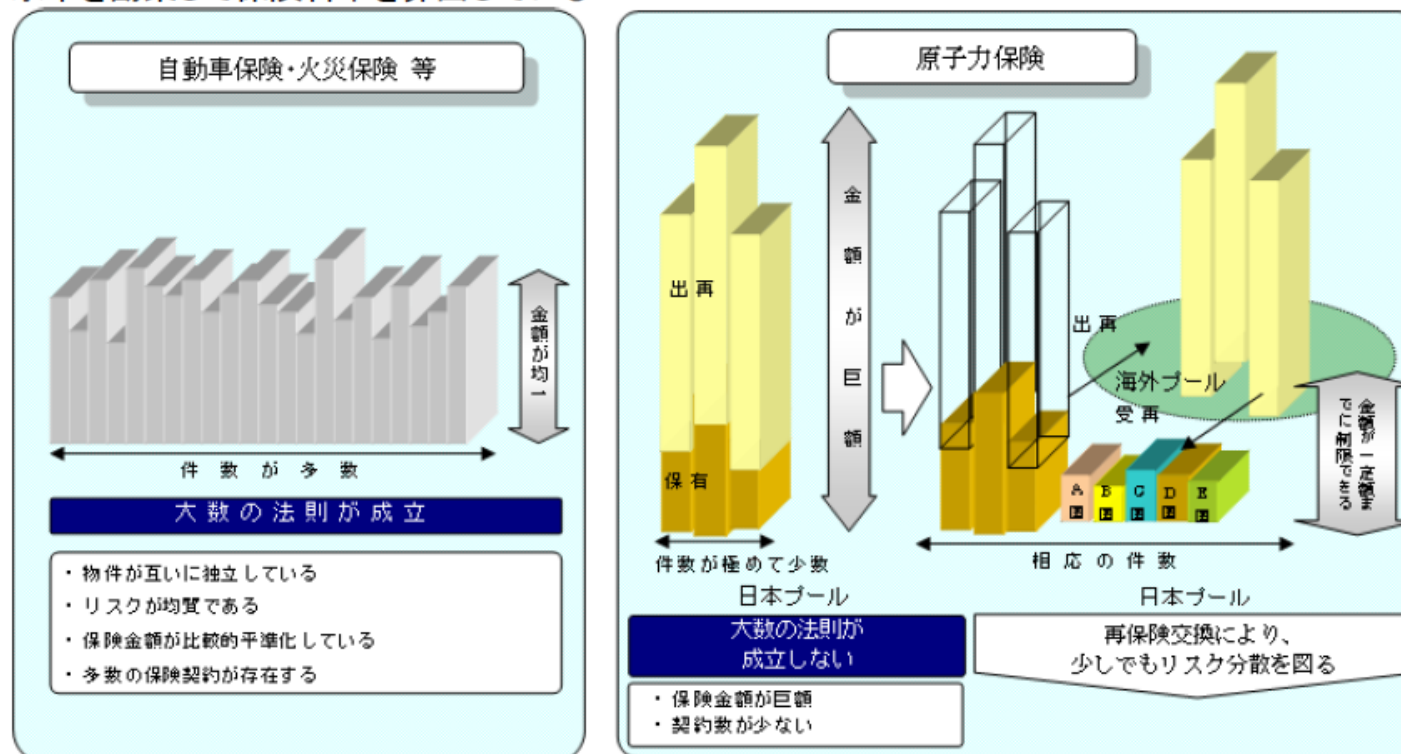
- 原子力損害賠償制度は、原子炉の運転等により原子力損害が発生した場合の損害賠償に関する制度であり、原子力損害を被った被害者の保護を図るとともに原子力事業の健全な発達に資することを目的としている
- 政府補償契約の補償料は、原子力発電所の場合、1事業所あたり3,600万円/年
- 今回の事故では、賠償措置額（1事業所あたり1,200億円）を大きく上回る損害が発生

出典:文科省HP等をもとに内閣府作成

日本原子力保険プールについて(1)

■ 一般の保険と原子力保険(賠償/財産)の相違

- 原子力保険の対象施設は限定的であり、巨大損害の具体的事例もないことから、「大数の法則」が機能しない
- 原子力施設での事故事例は限られており、財産保険を含め海外を含めた事故事例を参考に、国際水準を勘案して保険料率を算出している



保険制度を参考にした事故リスクコストの試算

米国の共済制度を例とした事故リスクコストの試算

- モデルプラントにおける当技術等検討小委員会の廃炉費用を含む損害賠償額試算は、4兆9,936億円
- あくまで試算の観点から、プライスアンダーソン法を参考に事業者間相互扶助制度があることを仮定して5兆円、また、感度解析として損害額の約2倍の10兆円での損害額を算出

損害額	支払期間	原子力による 総発電電力量 ^[1]	事故リスクコスト
5兆円	40年	2,800億kWh	0.45 円/kWh
10兆円			0.89 円/kWh

[1] 平成22年度実績・エネルギー環境会議資料より

- なお、世界の原子力発電所所有者で分担すれば、さらに低減することも可能

參考資料

原子力委員会の見解(2011/04/05)

- 原子力委員会は、この事故を我が国のみならず諸外国においても原子力の安全確保の取組に対する信頼を根本的に揺るがすものとして、極めて重く深刻に受け止めております
- この事故に関する国民への迅速かつ正確でわかりやすい情報提供及び国外に対する情報発信も重要な課題です
- 原子力委員会では、昨年来新しい原子力政策大綱の策定に向けた検討を進めてまいりましたが、この事態を受け、当面の間、検討を中断することとします
- 今後の原子力政策の在り方に関する検討については、事態収束後に行われる福島第一、第二原子力発電所事故の原因究明作業を踏まえた原子力発電所の安全確保への取組についての総括、エネルギー政策全体にかかる国民的な議論等を踏まえて、適切に対応いたします

原子力委員会の見解(2011/5/10)

- この事故の調査結果と得られた教訓を国際社会に対して提供することは我が国の責務でもあります。
- 今回の事故の発生によって、このリスク管理活動の妥当性に対する国民の信頼が失われました。
- 安全規制機関は決意を新たにして...このリスク管理活動の目標を改めて明確にし...取組が不十分と判断された場合には、法令に基づき運転停止を含め厳格な対応をとることが必要です。
 - その際、今回の事故を踏まえた諸外国におけるストレステスト(自然災害、全電源喪失等への対処能力評価)など国際的な取組についても、十分参考にすることが重要です。
- こうした取組の推進には人材が必須ですが、現在の状況において、このような研究開発等を含む原子力の研究、開発、利用の取組に参加することを志す若い人材を確保するためには相当の努力が必要であると考えられます。
- 今後の原子力政策に関する決定を行うに当たって考慮すべき重要課題の整理を開始します。
 - その一環として、エネルギー源としての原子力発電の特性(リスク、コスト等含む)とそれを踏まえた今日及び今後20年から30年を考えた原子力発電の役割について再検討等を行います

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/seimei/110510.pdf>

原子力委員会平成24年度予算基本方針(決定) (2011/07/19)

- 平成24年度原子力関係経費に係る取組は、事故からの復旧及び原子力発電の安全対策の強化に係るものを中心とする。
- 核燃料サイクル、放射性廃棄物、放射線利用、人材育成、保障措置及び国際の取組については、継続しないと国益を損ねると考えられるものに限って継続する。
 - － 原子力研究開発については、福島支援に高い優先順位を置くべきである。
 - － 高速増殖炉とその核燃料サイクルについては、将来の原子力政策におけるその位置づけが定まるまでの間は、技術基盤の維持や国際標準化への貢献のために必要な取組に限って実施するべきである。
 - － このような研究開発等を含む原子力の研究、開発、利用の取組に参加することを志す若い人材を確保するためには相当の努力が必要である。したがって、関係機関は創意工夫を凝らしてこうした人材の育成・確保に努めるべきである。

原子力委員会の見解(安全規制について)

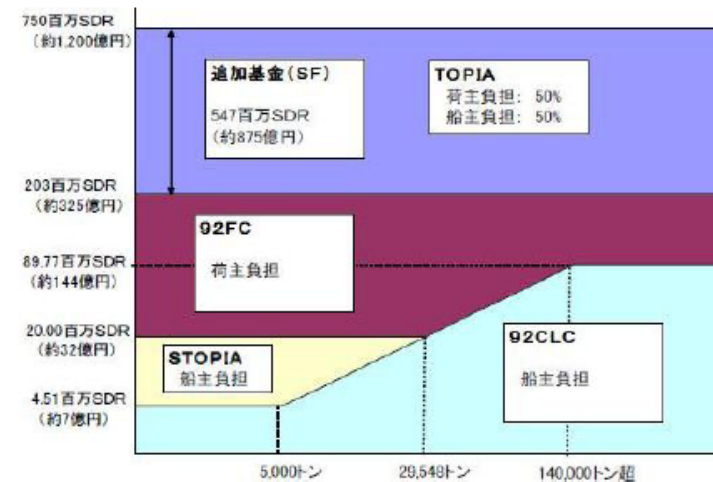
(2011/08/30)

- (独立性)新しい規制組織は、諸決定をいつも原子力安全に係る考慮を最優先して行うべきであり、そのことが可能であるよう、法的、経理的、技術的能力の面、情報開示の面において他の政府機関から独立していること。
- (専門性)この機関は科学技術に関して高い専門的能力を有する人材を確保するのみならず、自らそうした人材を育成する仕組みを整備すること。
- (国民の信頼)新しい規制組織は、失われた原子力安全に対する国民の信頼を回復し、国民の負託に応え、その役割を果たしていくために独立の機関として活動していることやその取組を適時に国民に伝え、規制活動に対する意味のある参加の機会を国民に保証すること。
- (国際基準)新しい規制組織は、国際機関や諸外国との緊密な情報交換、国際機関の基準制定やレビューミッションへの積極的な参加を進めるとともに、事故等で得た教訓と安全確保上の改善策を積極的に開示し、自ら制定する基準と国際的な基準との整合性を確保することに努めること。

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/seimei/110830.pdf>

船舶油濁損害賠償保障法の概要

- 1967年3月、当時最大級のタンカー「トリニティ・キャニオン号」が、英国南西沖で座礁し、原油約8万トンを流出させて、英仏両国の海域に甚大な被害をもたらしたことにより、タンカーからの流出油による損害に対する責任と補償問題を世界が認識
- 我が国は、条約の批准に伴い1975年に油濁損害賠償保障法（現在の船舶油濁損害賠償保障法）を制定し、油タンカーからの油流出等による損害の賠償を保障
- これまでに20数件の事故が発生し、数回にわたる条約改正で現補償額を設定
- 船舶油濁損害賠償制度の概要
 - 船舶所有者は、原則として無過失責任を負う。船舶の大きさ等により、賠償責任は一定金額を限度として制限できるが、責任限度額をカバーする補償契約の締結を義務づけられている（CLC条約）。
 - 一方、積荷の所有者も被害者救済を担うべきとの認識からCLC条約の限度を超える場合の補償制度も策定（FC条約）。2003年には追加基金を設立。
 - 追加基金設立後、荷主と船主の負担バランスを調整するため、STOPIA、TOPIAが合意された
 - 主な補償範囲は、油の防除、清掃費用（人件費、資機材の費用等）、調査・研究費（油流出対応策、損害の調査等）、漁業被害、旅館等の損害、請求の提出のための顧問料・弁護士費用ほか



出典:国土交通省HP, JX日鉱日石エネルギーHP

留意事項(検討小委、2011/11/08)

- 核燃料サイクルについては、将来のシナリオ(オプション)分析で、さらに現実的な前提のもとで改めて政治・経済情勢への影響も含め、総合的観点から検討する。
- 原子力事故のように「極めて低確率で巨大損害を起こす」リスクを考えるうえでは、単なる期待値の数値だけで評価できない可能性があることを留意すべき。
- 事故対応リスク費用については、電気料金への組み入れが損害賠償制度の在り方と関連するので、他の類似産業や国際的な動向も考慮した制度の議論が必要。
- 原子力発電の事故リスクコストを発電コストに含めるのであれば、同様に他の電源にも事故リスクコストを試算して、同じ条件で比較することが必要である。

留意事項(原子力委員会、2011/11/10)

- 試算結果のみならず、前提条件、計算手法などすべて公開し、透明性の高い検証可能な議論とすること。特に試算された将来リスク対応費用は、短期間の検討結果であるから、不確実性の高いものであることを明記すること。なお、計算手法も合わせて提示しているので、前提条件を変えての再試算も可能である。
- 事故リスクコストの算定に当たっては期待値の考え方が基本であると考え。これに使う事故発生頻度については、表3のように日本が最低限達成すべきであるIAEAの安全目標に基づくものと、世界及び日本の原子力発電所の運転経験に基づくものがありうるが、その利用に当たってはその数値の持つ意味を勘案し、慎重を期すべきと考える。
- 一方、原子力損害の補完的補償に関する条約(CSC)などの国際的な動向を考えると、相互扶助の考え方による損害賠償制度に基づく事故リスクコストの考え方にも一定の合理性があると考えられる。その際、民間と国の負担の考え方については検討が必要になる。

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/seimei/111110.pdf>