

3.11原発事故後の原子力政策の在り方 ～核燃料サイクルを中心に～

2017年12月5日

京都大学再生可能エネルギー経済学研究会

鈴木達治郎

長崎大学核兵器廃絶研究センター 長・教授

suzukitatsu@nagasaki-u.ac.jp

要旨

- 福島事故の最大の教訓は「**想定外を想定すること**」である。また国民の信頼回復が最大の課題であり、**科学者の社会的責任**は大きい。
- **福島事故はまだ終わっていない**。原子力政策の最優先課題は、何よりも福島第一原発の廃炉措置、避難住民の生活回復である。
- エネルギー基本計画自体も、説明責任がなされておらず、その後も透明性の欠ける議論が続く。**政策決定プロセスの見直し**が不可欠である。
- **脱原発か否かの二極対立を超えて**、本来解決すべき重要な課題に取り組まなければならない。
 - (1) **核燃料サイクルと使用済み燃料・廃棄物処分**
 - (2) **プルトニウム問題**
 - (3) **研究開発・人材確保**

我が国のエネルギー政策

福島原発事故の教訓とは？

- 原子力に携わってきた人間の一人として、深い責任。福島県民は勿論のこと、影響を受けた皆様に心より謝罪。
- 事故の最大の教訓は「想定できないことを想定する事」(think unthinkable)
 - 「万が一への対応」が原子力関係者に欠けていた。対策としての、「resilience（対応力+回復力）」が必要。
- 原子力技術の持つリスクに対する考え方を根本的に考え直すこととなった。
 - 工学的リスク評価だけでは社会・経済影響を図ることはできない
 - リスクにかかわる社会意思決定は専門家だけでは決められない
- 国民との信頼醸成が政策の円滑な推進には不可欠。
- 信頼される独立した情報提供の仕組みが必要。行政や科学技術を独立した立場で評価する第三者機関が不可欠。

我々は福島原発事故から学んだか？

- はじめに： 政府及び原子力事業者は、いわゆる「安全神話」に陥り、十分な過酷事故への対応ができず、**このような悲惨な事態を防ぐことができなかったことへの深い反省を一時たりとも放念してはならない。** エネルギー基本計画（2014/04/11）

しかし・・・

- 「5年が経過して、福島第一原発事故は徐々に風化してきはいないだろうか・・・**事故の反省をすべて消し去ろうとしているように見える**」 黒川清、「規制の虜：グループシンクが日本を滅ぼす」、講談社、2016年3月。
- 「**事故を考え直したり、反省をしたりしたかといえば、完全にノーだ。**」 畑村洋太郎、日本経済新聞「この国は何も学んでいない」（2016/03/02）
- 「**だいたい、提言が実行されているかいないかをちゃんと見る組織も動いていないように見える。**その後の検証だって不十分に決まっている。もうほとんど何も行われていない。」 畑村洋太郎、朝日新聞「福島事故。畑村洋太郎・元政府事故調委員長に聞く」、（2015/03/27）

エネルギー基本計画(14/04/11)

はじめに：政府及び原子力事業者は、いわゆる「安全神話」に陥り、十分な過酷事故への対応ができず、このよ
うな悲惨な事態を防ぐことができなかったことへの深い
反省を一時たりとも放念してはならない。

原子力政策

- 原発依存度については、省エネルギー・再生可能エネルギーの導入や火力発電所の効率化などにより可能な限り低減させる。
- 原子力発電は、安全性の確保を大前提に、エネルギー需給構造の安定性に寄与するベースロード電源である。
- その方針の下で、我が国のエネルギー制約を考慮し、安定供給、コスト低減、温暖化対策、安全確保のために必要な技術・人材の維持の観点から、確保していく規模を見極める。

http://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/140411.pdf

エネルギー政策の議論はビジョンと透明性に欠ける

- 福島事故の教訓、反省をどう活かすのか、根本的な改革についての議論が行われていない
 - エネルギーミックスという数字の議論だけではなく、望ましい社会についての国民的議論が必要（「3E+S」だけでよいのか？）
- 2030年で区切ることの問題
 - 2030年ではエネルギー政策の構造改革は議論しにくい。
 - 2030年以降のエネルギーと社会の関係についての議論が必要
- エネルギー環境政策に必要な情報、データが不足。信頼性のある客観的な情報提供がなされていない。
 - 国民の不信感は解消されていない
- 政策決定プロセスの見直しも議論されていない



国民への説明責任が不足、意思決定プロセスも不透明

エネルギー政策の構造改革：原子力依存度低減、脱炭素、信頼の3本柱

•原子力依存度低減

- 交付金制度の廃止か見直しー「低炭素電源交付金制度」への転換

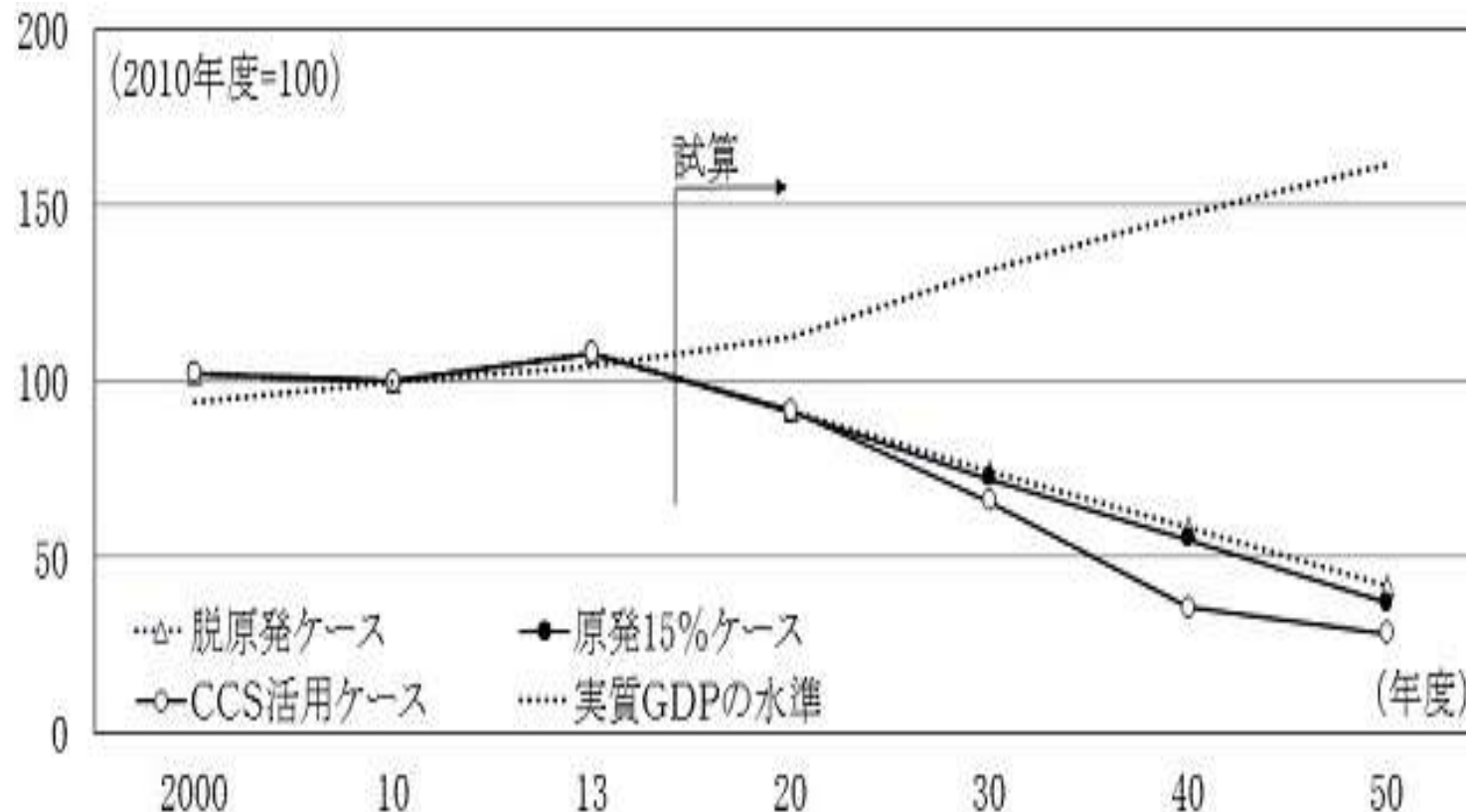
•脱炭素化

- 炭素価格（炭素税、排出権制度）の導入

•国民の信頼醸成

- 第三者機関による総合評価
- 意思決定プロセスの改革（市民参加、首相直轄の諮問会議）

2050年に70%削減可能：温暖化ガス削減と経済成長は両立可能。



注) CCS活用ケースは脱原発でも原発維持でも、両者の差で発生する火力発電所のCO₂はすべてCCSで吸収するので、排出削減量は同じ。脱原発は30年度以降、徐々に原発を廃炉にし、2050年度にゼロ。原発維持は30年度以降、発電量の15%を維持。

(資料) 日本エネルギー経済研究所データベース、内閣府『国民経済計算』より予測。実質GDPは17年度以降、年平均で1.4%成長とする「グローバル長期予測と日本の3つの未来」(日本経済研究センター)の成長シナリオ予測に足元修正したもの。

出所：日本経済研究センター、「温暖化ガス、8割削減への道:環境税導入でCO₂、2050年に7割削減は可能～経済構造の変革により環境と経済の両立は可能～1ト当たり3万7000円で、税収は12兆円に

2017年10月13日、<https://www.icer.or.jp/policy/policy-proposal/detail5265.html>

国民の信頼回復に向けて何をすればよいか

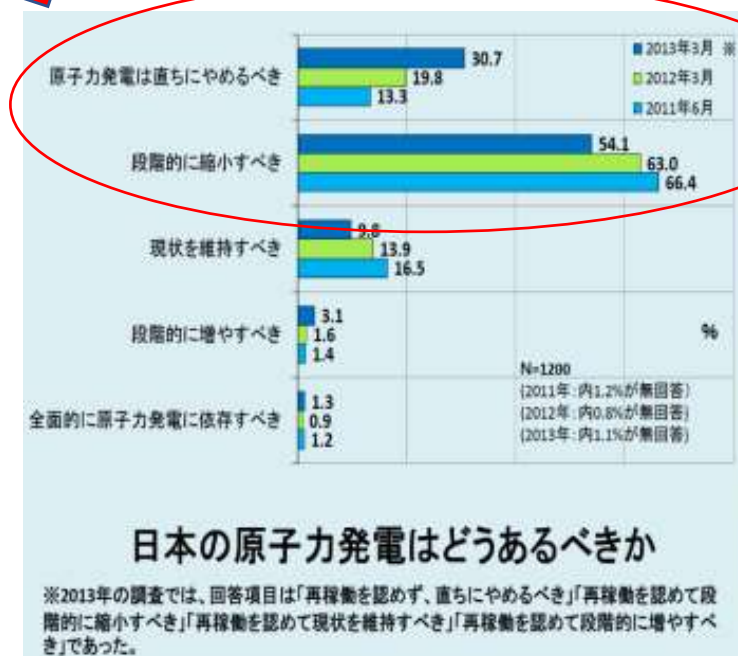
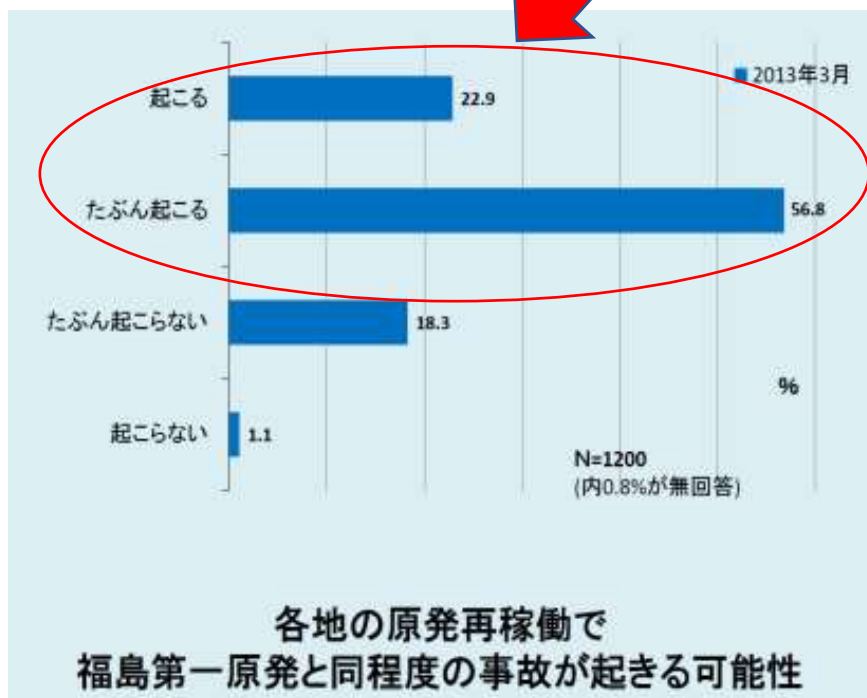
- 福島事故による最も大きな社会的影響は国民の信頼喪失
- 安全性のみならず原子力行政全般、ひいては政府や科学技術専門家への信頼も失墜した
- 回復に向けては地道な努力を積み重ねるしかないが、これまでの科学技術に係る社会意思決定プロセスの構造改革が必要。



- 1.行政における意思決定の透明性、公正性
- 2.意思決定過程への国民の参加、双方向コミュニケーション
- 3.科学技術に関して、国民が信頼できる情報提供機関

国民の信頼喪失が最大の課題

80~90%



出所: 広瀬弘忠、「原子力発電を巡る世論の変化」、原子力委員会定例会発表資料。平成25年7月17日。
<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2013/siryo27/siryo2.pdf>

国や事業者への信頼が低い（～7％）

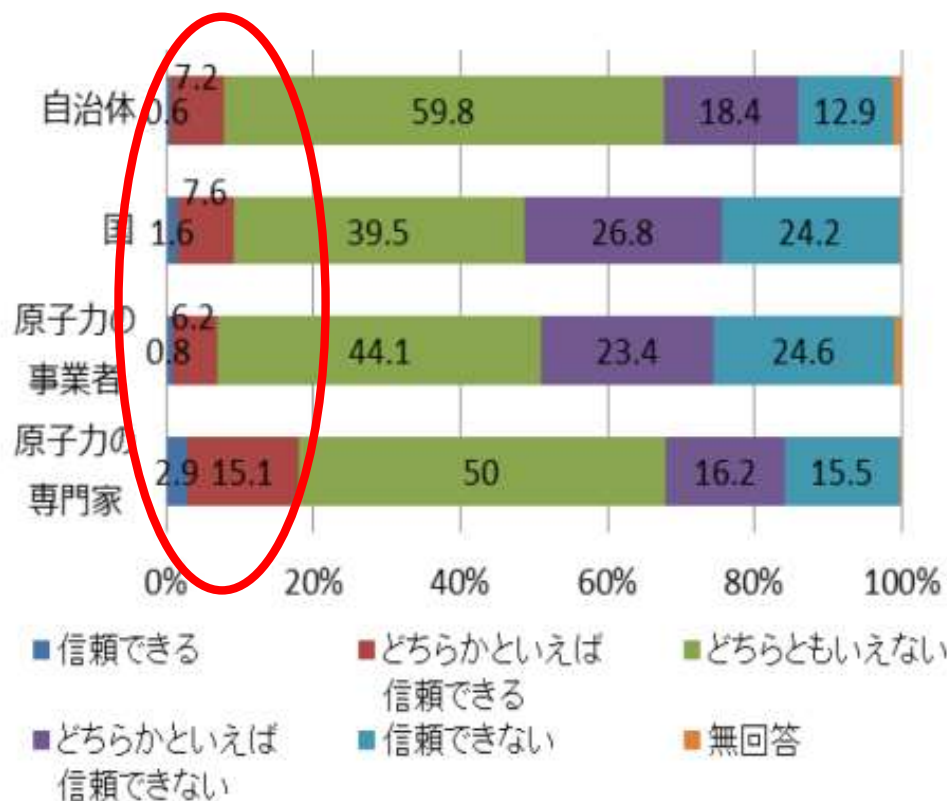


図9「自治体／国／事業者／専門家の信頼の比較」

●管理体制や安全対策が不足しているから

→原子力の事業者62.7%

= 国62.7%

> 原子力の専門家48.7%

> 自治体56.1%

●情報公開が不足しているから

→国70.3%

> 原子力の専門家59.5%

> 原子力の事業者69.4%

> 自治体56.6%

●正直に話していないから

→国65.2%

> 原子力の事業者61.6%

> 原子力の専門家51.6%

> 自治体45.5%

原子力文化振興財団、「原子力利用に関する世論調査」、2016年2月

http://www.jaero.or.jp/data/01jigyou/pdf/tyousakenkyu27/r2015_youyaku.pdf

事故処理費用は50～70兆円になる恐れ (日本経済研究センター, 2017/03/07)

(兆円)	当初	2016年12月(政府)	当センター試算(1)	(2)
廃炉・汚染水処理	2	8	32	11
賠償	5	8	8	8.3
除染	4	6	30	30
合計	11	22	70	49.3

- 廃炉・汚染水処理費用
 試算(1) 汚染水処理費用：20兆円*
 試算(2) 汚染水を放出、賠償金：0.3兆円**
 *トリチウム処理費用2000万円/トン x 100万トン = 20兆円
 **1500人 x 1000万/人、40年でゼロにする賠償金 = 3000億円
 廃炉費用：1～3号炉がすべて放射性廃棄物になるとすれば、通常の廃炉の50～100倍～11兆円
- 除染
 政府の推定値には放射性廃棄物の最終処分コストが含まれていない
 除染廃棄物(～2200万m³)をすべて最終処分するコスト～六ヶ所低レベル放射性廃棄物コスト(80～190億円/万トン)～30兆円

原発コスト競争力低下の可能性

- 福島事故損害費用の更なる上昇
- 1兆円上昇～0.04円/kWh
- 核燃料サイクルコストの上昇
 - 再処理コスト（0.5円/kWh）は六ヶ所のみ、全量再処理にすると2倍に膨れる
 - 廃棄物処分コストの上昇
- 化石燃料価格、為替レート

エネルギー基本計画（14/04/11） 国民各層とのコミュニケーションの深化

- 客観的な情報・データのアクセス向上による**第三者機関によるエネルギー情報の発信**の促進
 - 第三者が独自の視点に基づいて情報を整理し、国民に対してエネルギーに関する情報を様々な形で提供することで、国全体としてエネルギーに関する広報が広く行われるような環境を実現していく。
- **双方向コミュニケーション**の充実
 - 全国の自治体を中心に地域のエネルギー協議会を作り、多様な主体がエネルギーに関わる様々な課題を議論し、学び合い、理解を深めて政策を前進させていくような取組について、今後、検討を行うこととする。

国民の信頼確保：地域の住民との対話の場

原子力規制委員会設置法案に対する付帯決議（平成24年6月20日、参議院環境委員会）

http://www.sangiin.go.jp/japanese/gianjoho/ketsugi/180/f073_062001.pdf

2 6

- 従来からの地方公共団体と事業者との間の原子力安全協定を踏まえ、また、原子力の安全規制及び災害対策における地方公共団体の役割の重要性に鑑み、**本法施行後一年以内に地方公共団体と国、事業者との緊密な連携協力体制を整備するとともに、本法施行後三年以内に諸外国の例を参考に望ましい法体系の在り方を含め検討し、必要な措置を講ずること**

地方自治体における信頼醸成の場（例）

【海外事例】フランスにおける地域情報委員会(CLI)について

フランスでは、原発維持政策に対する地域住民の不安を解消するため、各原発立地地域に地域情報委員会(Commission Locale d'Information、以下CLI)を設置。

1981年より立地地域ではCLIを設置し、住民と事業者を対象に情報発信と意見収集を行ってきており、2006年には法律によって設置が義務化されている。

ただし、CLIには原子力施設の立地・増設やトラブル後の運転再開にあたっては、諮問はされるが同意権限は付与されていない。

CLIの目的・活動

- 事業者や住民との交流
 - －事業者との定例会議や事業者、住民、CLIの意見交換会の実施
- 情報発信
 - －定期刊行物を地域住民に発行、インターネットによる情報公開の取組
- 事業者の監督
 - －事業者主催の原子力防災訓練の実施状況の監督や周辺地域の環境モニタリング

CLIのメンバー構成

公平性・独立性を担保するため、委員会は多様性のあるメンバーより構成され、地方議員等をメンバーにすることで、過度に専門的になることを防止。

■地方議員50%以上 ■労働組合10%以上 ■環境保護団体10%以上 ■専門家・有識者10%以上

CLIのメンバー構成

財源は、国(原子力安全機関)と関係自治体(県)が半分ずつ負担。

※事業者からの出資は禁止

64

- http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denkijigyoku/genshiryoku/pdf/001_s01_00.pdf

原子力政策の課題

脱原発か否かを超えて

将来の政策に関わらず重要な政策課題

- 核燃料サイクルと廃棄物処分問題
- プルトニウム問題
- 「もんじゅ」と研究開発・人材問題

核燃料サイクルと廃棄物問題

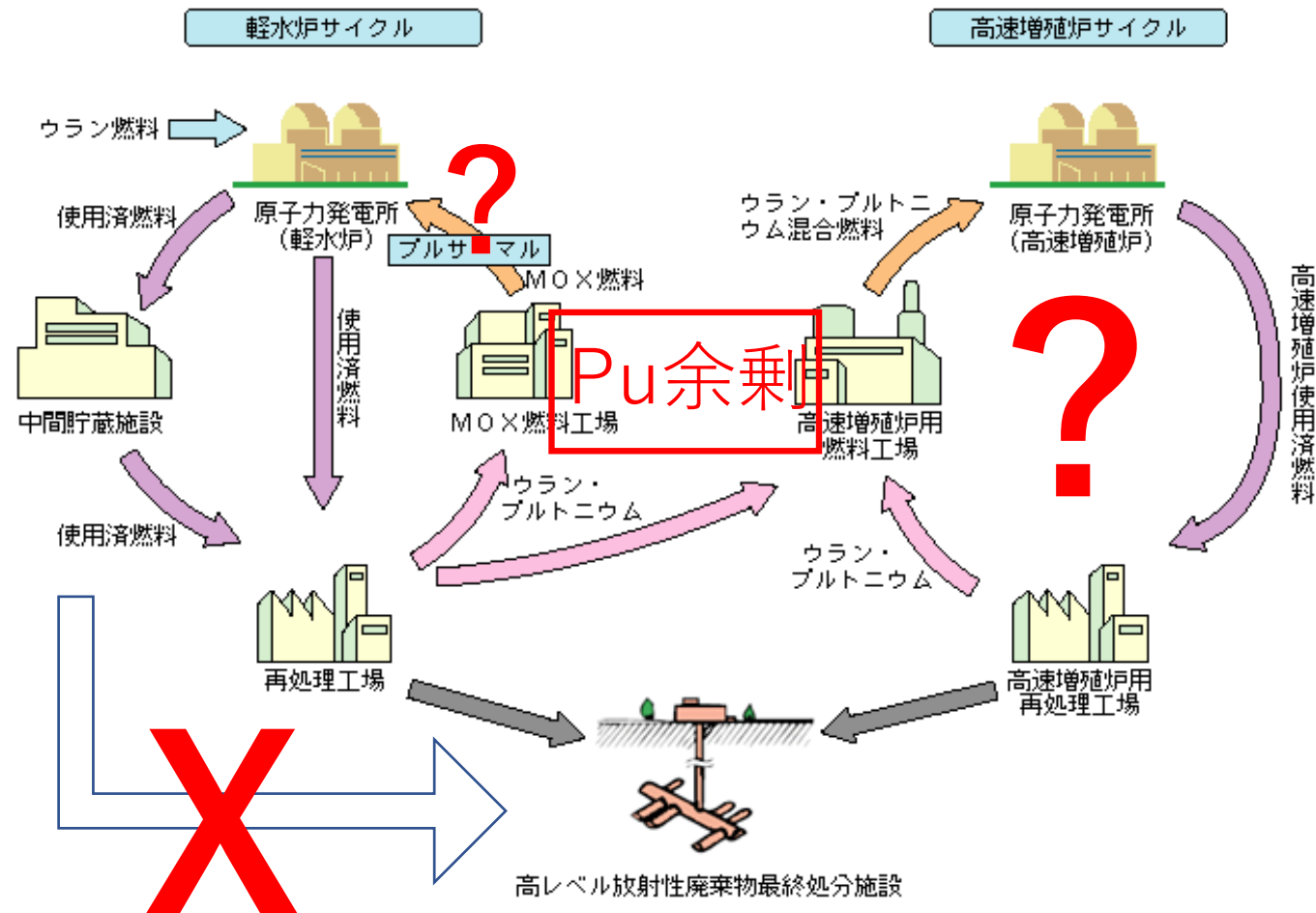
原子力長期計画・政策大綱の変遷

- **1956年**：主として原子燃料資源の有効利用の面から見て増殖型動力炉がわが国の国情に最も適合すると考えられるので、その国産に目標を置くものとする。
- **1967年**：核燃料の加工、使用済燃料の再処理、プルトニウムの利用等を国内で行なうことにより、わが国に適した核燃料サイクルの確立につとめるものとする。
- **2005年**：核燃料資源を合理的に達成できる限りにおいて有効に利用することを目指して・・・経済性にも留意しつつ、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム、ウラン等を有効利用することを基本的方針とする。・・・使用済燃料は、当面は、利用可能になる再処理能力の範囲で再処理を行うこととし、これを超えて発生するものは中間貯蔵することとする。・・・状況の変化に応じた政策選択に関する柔軟な検討を可能にするために使用済燃料の直接処分技術等に関する調査研究を、適宜に進めることが期待される。

原則、全量再処理路線の継承。使用済み燃料は「リサイクル資源」として貯蔵する方針。使用済み燃料は法律上、特定廃棄物の最終処分法には含まれていない。

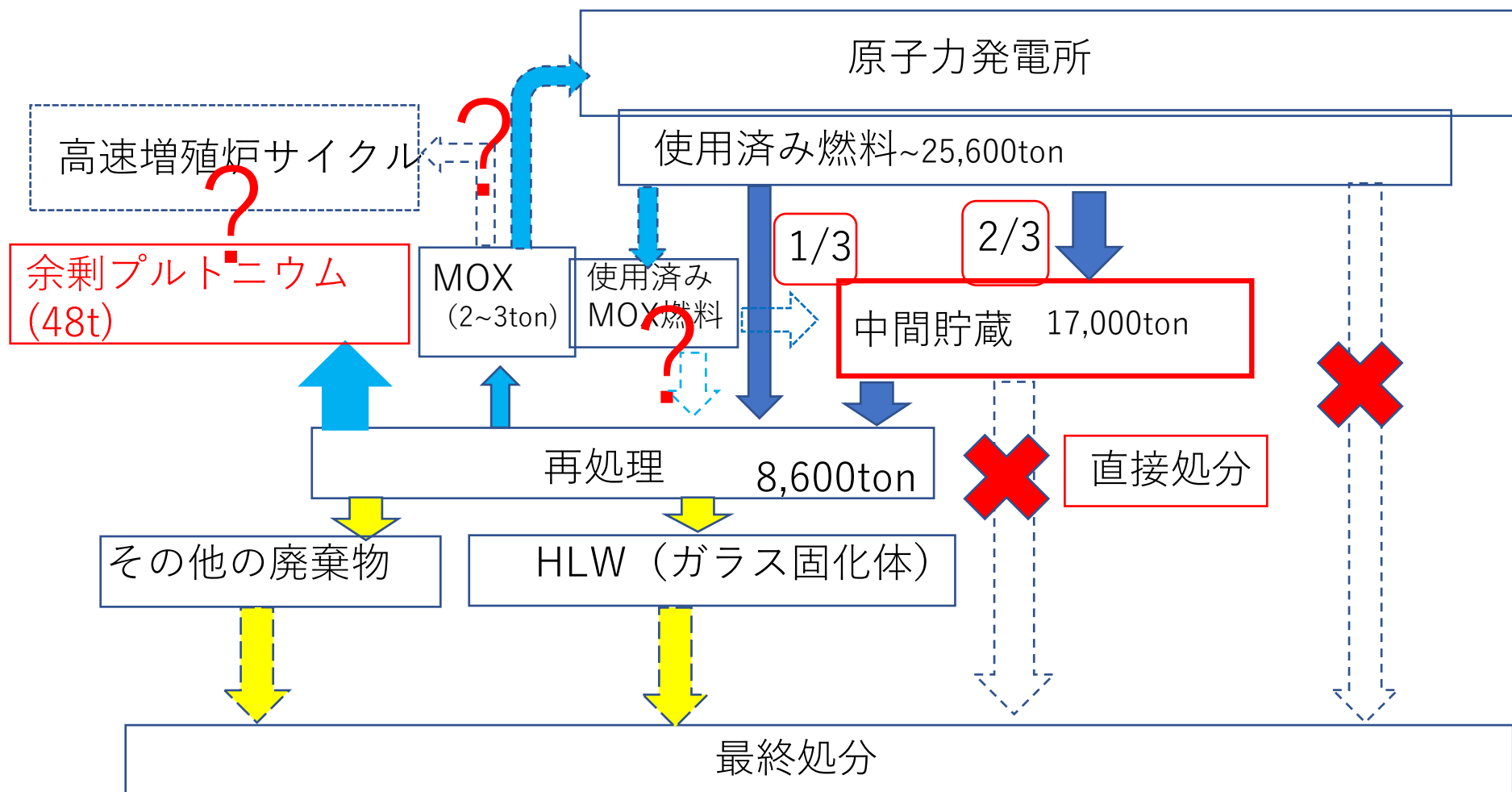
➡ 2011年福島原発事故後、「全面的見直し」、国民的議論を行う。

核燃料サイクル概念図



http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2005html/intro1_5.html

核燃料サイクルの現実： 再処理は1/3のみ、プルトニウムは余剰



核燃料サイクルの意義：経産省の説明

核燃料サイクルの意義

- 我が国は、資源の有効利用、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減等の観点から、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム等を有効利用する核燃料サイクルの推進を基本の方針としている。

エネルギー基本計画（平成26年4月閣議決定）

	ワンスルー (直接処分)	軽水炉サイクル (再処理)	高速炉サイクル (再処理) (※4)
資源の有効利用	×	新たに1～2割の 燃料ができる	軽水炉サイクルより 節約効果大
高レベル放射性 廃棄物の体積	1 ＜使用済燃料＞	1/4 ＜ガラス固化体＞	1/4～1/7 (※5) ＜ガラス固化体＞
高レベル放射性 廃棄物の有害度 の低下 (※1)	約10万年 ＜使用済燃料＞	約8千年 ＜ガラス固化体＞	約300年 ＜ガラス固化体＞
コスト	(※2) 1.0 (円/kWh) ～	(※3) 1.5 (円/kWh) ～	研究開発段階 のため、試算なし

※1 廃棄物の有害度が、発電に要した天然ウラン総量の有害度レベルまで低下するのに要する期間

※2 原子力委員会試算（2011年11月）（割引率3%のケース）

※3 総合エネ調 発電コスト検証WG 検証結果（2015年5月）

※4 軽水炉と高速炉の双方の活用を想定。高速炉では、軽水炉の使用済燃料から抽出したプルトニウム等を活用。

※5 全体に占める高速炉の割合によって改善



原子力委員会小委員会の核燃料サイクル 評価（12/06/05）

- 今後 20 ～ 30 年を見通した場合、MOXリサイクルとワンススルーのみが実用化しうる技術選択肢である。
- 資源効率でリサイクル、経済性・核拡散・セキュリティリスクでワンススルーが優位。
- 安全面、廃棄物両面では決定的な差異はない。

出所：原子力委員会、原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会、座長報告、2012年 6 月 5 日。

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2012/siryo22/siryo1-1.pdf>

経済性：核燃料サイクルコスト(2/2)



出典：エネルギー・環境会議コスト等検証委員会報告書(2011)

2012/3/1

原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会(第9回)

30

核燃料サイクルの意義：経産省の説明の変化

核燃料サイクルの意義② 廃棄物の減容・無害化

○高レベル放射性廃棄物の体積を1/4～1/7に低減可能。

○さらに、高速増殖炉サイクルが実用化すれば、高レベル放射性廃棄物中に長期に残留する放射能量を少なくし、発生エネルギーあたりの環境負荷を大幅に低減できる可能性も生まれる。

※ 直接処分では、ウラン、プルトニウム、核分裂生成物等を全て含んだまま廃棄物となるが、再処理後のガラス固化体からは、ウラン、プルトニウムが除かれるため、放射能による有害度が低減される。

※ また、高速炉では、半減期の極めて長い核種を燃料として使用できるため、さらに有害度の低減が可能となる。

○他方、プルサーマルに伴い発生する使用済MOX燃料に関し、以下の点に留意が必要。

①使用済ウラン燃料と比較してマイナーアクチノイド(MA)の含有量が多いこと等から、その発熱量が高く、再処理した場合、発電電力量あたりのガラス固化体発生量が2倍近くになるとの試算があること(注)

②使用済MOX燃料の処理の方策は現時点では六ヶ所再処理工場の運転実績等を踏まえて検討する課題とされていること
(注)2008年9月「JAEA「高レベル放射性廃棄物処分への分離変換技術の導入意義」(原子力委員会研究開発専門部会第一回分離変換技術検討会資料)

比較項目	技術オプション	再処理	
		軽水炉	高速炉
処分時の廃棄体イメージ			
発生体積比※1	1	約0.22 約4分の1に減容化 約7分の1に減容化	約0.15
潜在的有害度	天然ウラン並になるまでの期間※2	約10万年	約8千年
1000年後の有害度※2	1	約0.12 約8分の1に低減 約240分の1に低減	約0.004
コスト※3	核燃料サイクル全体 (フロントエンド・バックエンド計)	1.00～1.02 円 / kWh	1.39～1.98 円 / kWh
	処分費用	0.10～0.11 円 / kWh	0.04～0.08 円 / kWh

※1 数字は原子力機構試算。直接処分時のキャニスターを1としたときの相対値を示す。

※2 出典：原子力政策大綱。上欄は10Wを発電するために必要な天然ウラン量の潜在的有害度と等しくなる期間を示す。下欄は直接処分時を1としたときの相対値を示す。

※3 原子力委員会試算(2011年11月)(割引率3%のケース)。軽水炉再処理については、使用済燃料を貯蔵しつつ再処理していく現状を考慮したモデルと、次々と再処理していくモデルで計算。

9

核燃料サイクルの意義① 廃棄物の減容・有害度の低減

(1)軽水炉再処理により、高レベル放射性廃棄物の体積を約1/4に低減可能。また、放射能の有害度が天然ウラン並になるまでの期間を1/10以下にすることができる。

(2)高速炉/高速増殖炉サイクルが実用化すれば、高レベル放射性廃棄物中に長期に残留する放射能量を更に少なくし、発生エネルギーあたりの環境負荷を大幅に低減できる可能性。

※ 直接処分では、ウラン、プルトニウム、核分裂生成物等を全て含んだまま廃棄物となる。一方、再処理後のガラス固化体からは、ウラン、プルトニウムが除かれるため、放射能による有害度が低減される。

※ また、高速炉/高速増殖炉では、半減期の極めて長い核種を燃料として使用できるため、更に有害度の低減が可能となる。

比較項目	技術オプション	再処理	
		軽水炉	高速炉
処分時の廃棄体イメージ			
発生体積比※1	1	約0.22 約4分の1に減容化 約7分の1に減容化	約0.15
潜在的有害度	天然ウラン並になるまでの期間※2	約10万年	約8千年
1000年後の有害度※2	1	約0.12 約12分の1に低減 約330分の1に低減	約0.004
コスト※3	核燃料サイクル全体 (フロントエンド・バックエンド計)	1.00～1.02 円 / kWh	1.39～1.98 円 / kWh
	処分費用	0.10～0.11 円 / kWh	0.04～0.08 円 / kWh

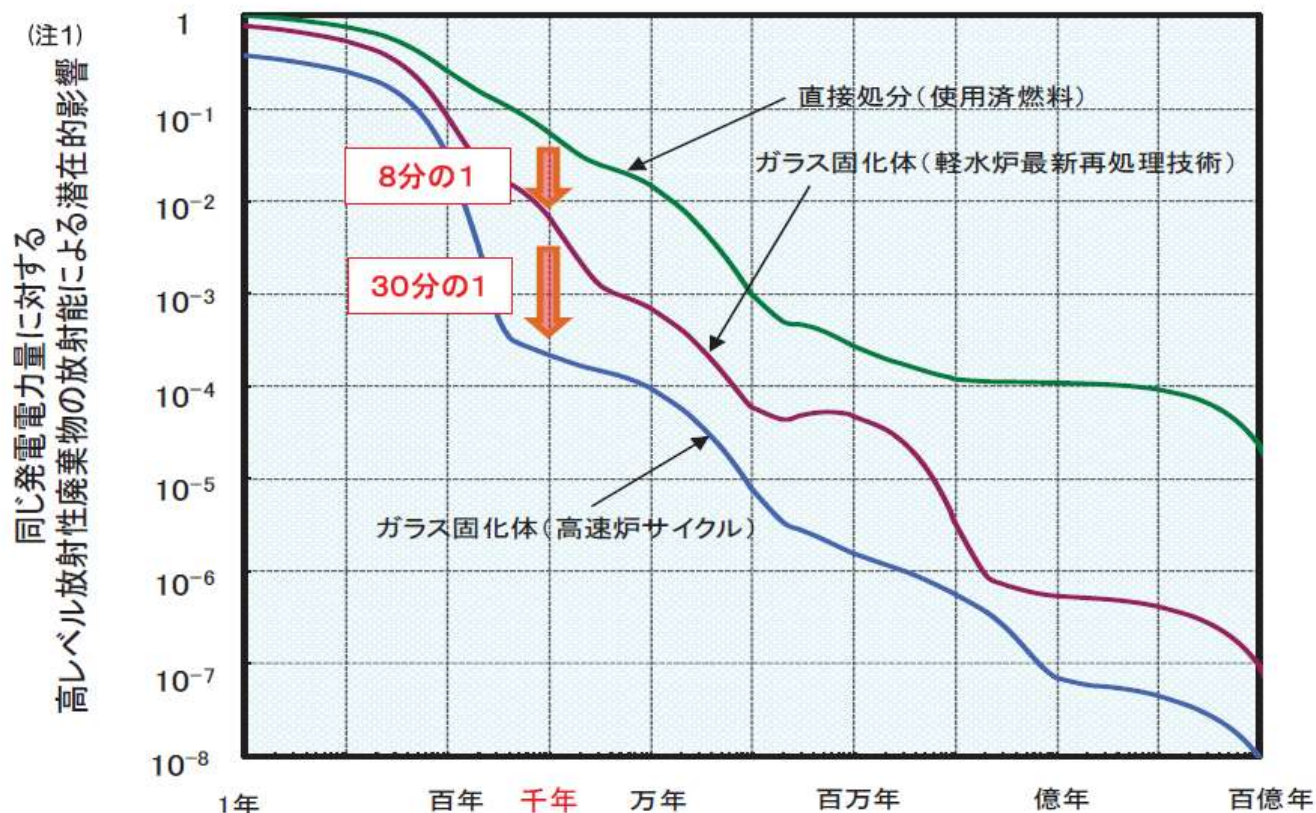
※1 数字は原子力機構試算。直接処分時のキャニスターを1としたときの相対値を示す。

※2 出典：原子力政策大綱。上欄は10Wを発電するために必要な天然ウラン量の潜在的有害度と等しくなる期間を示す。下欄は直接処分時を1としたときの相対値を示す。

※3 原子力委員会試算(2011年11月)(割引率3%のケース)。軽水炉再処理については、使用済燃料を貯蔵しつつ再処理していく現状を考慮したモデルと、次々と再処理していくモデルで計算。

0

廃棄物：高レベル放射性廃棄物の潜在的有害度(毒性)(2/2)



(注1) 高レベル放射性廃棄物と人間との間の障壁は考慮されておらず、高レベル放射性廃棄物の実際の危険性ではなく、潜在的な有害度(経口摂取による年摂取限度で規格化)を示している。使用済燃料取り出し直後の潜在的影響を1とした相対値。

出典：原子力委員会 原子力政策大綱(平成17年)を基に編集

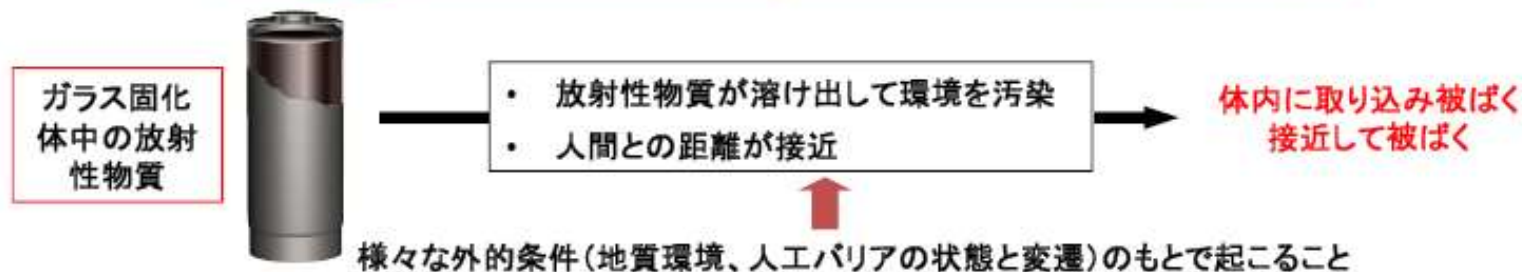
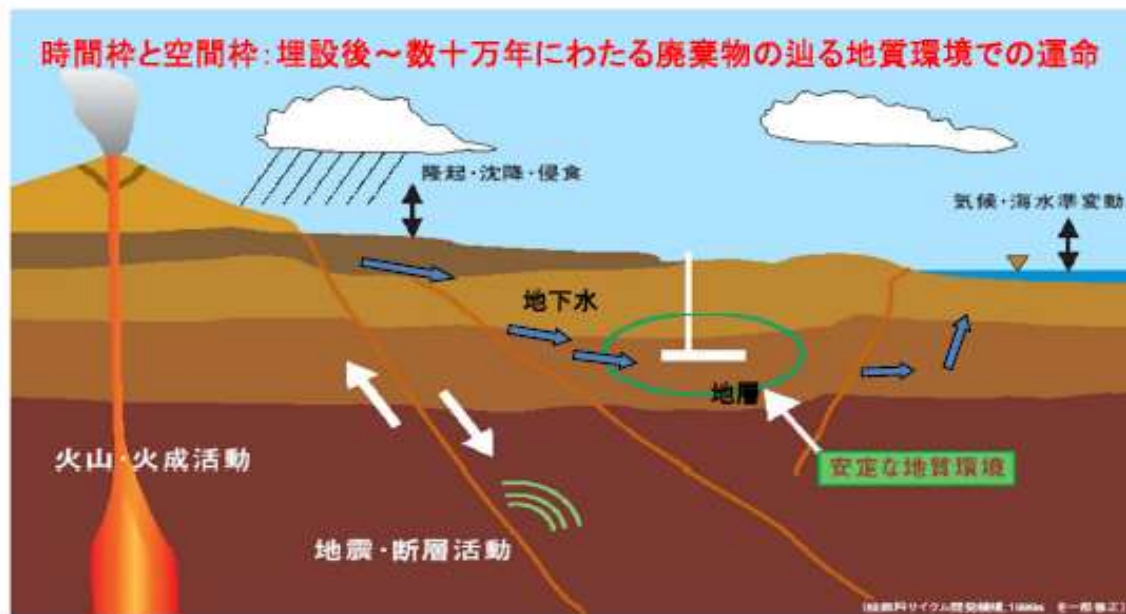
2012/3/1

原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会(第9回)

42

放射性廃棄物の処分システムの安全評価の考え方

放射性物質が生活環境に出て行くところに人がいて被ばくすると仮定して、問題になるほど放射性物質が生活環境にもたらされない(隔離・閉じ込めされている)ことを確認する



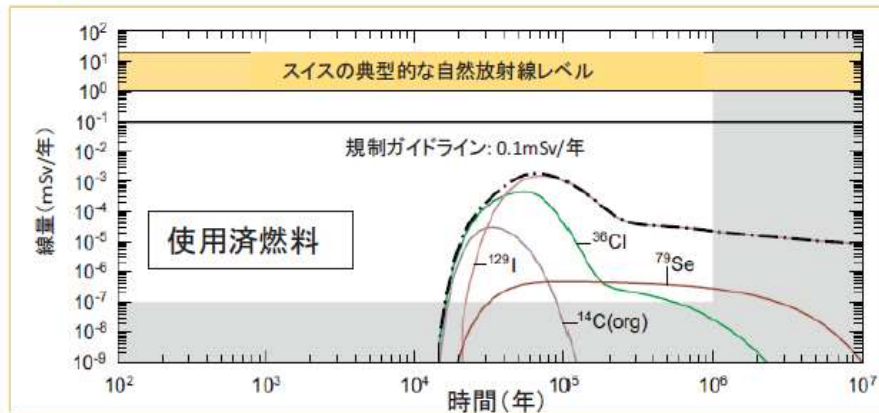
出所：朽山修、「高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）の処分について」、2012年1月26日、原子力委員会、新大綱策定会議（第12回）資料。

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/sakutei/siryo/sakutei12/siryo1-1.pdf>

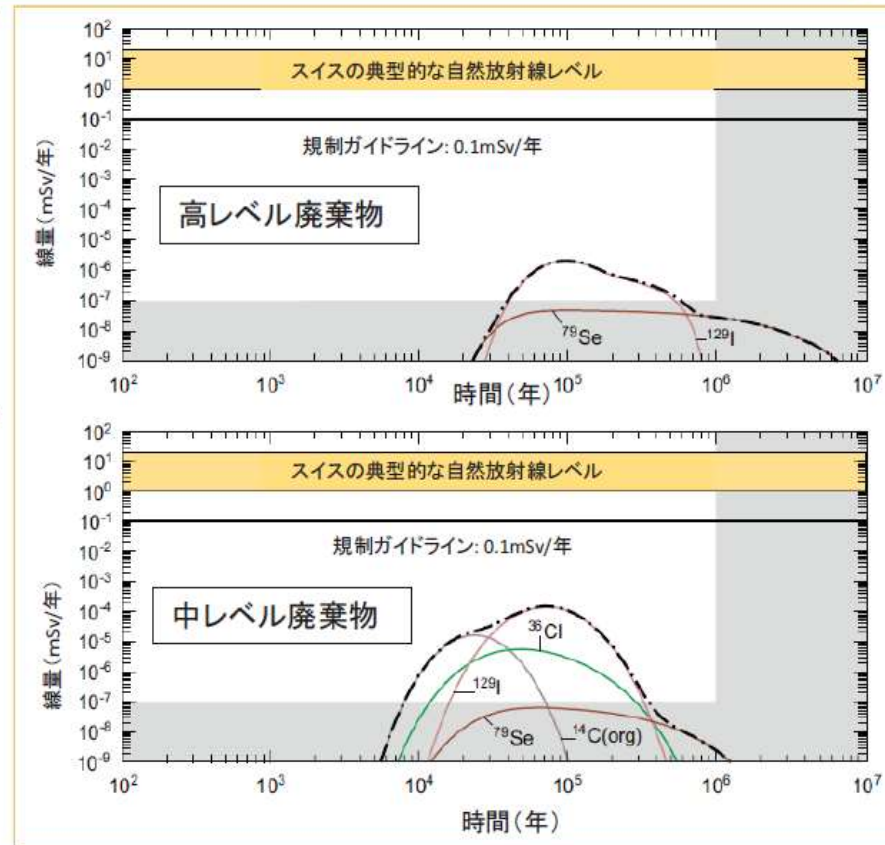
廃棄物：高レベル放射性廃棄物の被ばくリスク(2/2)

スイスの解析例

“what if”ケースとして、地下水の流量をリファレンスケースの100倍と仮定した場合の放射線量



直接処分の場合(左上図)及び再処理を行った場合(右上+右下図)のいずれも、廃棄物からの被ばく線量は、諸外国で提案されている安全基準(0.1~0.3mSv/年)に比べて十分低い



出典：Nagra Technical Report NTB 02-05(2002)より事務局作成

2012/3/1

原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会(第9回)

48

安全性：ライフサイクルでの被ばくリスク(2/3)

核燃料サイクルの主要工程毎の被ばく量概算値について

核燃料サイクル 工程	操業後500年間にわたるヨーロッパの 一般公衆の集団被ばく線量 解析値 (manSv/GWe-year)		作業従事者の集団被ばく線量 (manSv/GWe-year)	
	Once-through	Recycle	Once-through	Recycle
採掘、精錬	1	0.79 (1)	0.7	0.55 (1)
転換、濃縮	0 (2)	0 (2)	0.02	0.016
燃料成形加工	0.0009 (4)	0.0007 (3)	0.00657 (5)	0.0941 (3)
発電	0.65 (6)	0.65 (6)	2.7 (7)	2.7 (7)
再処理、ガラス固 化、中間貯蔵	0	1.534 (8)	0	0.012 (9)
合計	1.65	2.97	3.43	3.37

注釈

(1) 天然ウラン必要量に基づいて算出、作業従事者の線量はUNSCEAR88による

(2) 燃料成形加工による影響に合算した

(3) UO_2 とMOX燃料の重量(21.1t、5.5t)で重み付けして算出

(4) 一般公衆：解析結果：Romans 3.21×10^{-4} 、Melox 2.51×10^{-3}

(5) 作業従事者：Romans 6.57×10^{-3} 、Melox 4.3×10^{-1} 出典：

(6) 一般公衆：海岸 0.54、内陸 0.65

(7) 作業従事者：フランス 900MW(e)プラントの平均

(8) 一般公衆：サイトを特定しない一般的な評価

(9) 作業従事者：La Hagueにおけるデータ

・OECD/NEA, "Trends in the Nuclear Fuel Cycle: Economic, Environmental and Social Aspects" (2001).

参考文献：

・UNSCEAR88, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation(UNSCEAR): "Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, 1988, Report to the General Assembly, with annexes", United Nations, New York, 1988.

2012/3/1

原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会(第9回)

27

廃棄物：放射性廃棄物の発生量(2/3)

- ・放射性廃棄物の発生量(体積)には、低レベル放射性廃棄物が大きな影響を及ぼす。
- ・再処理の実施により、低レベル放射性廃棄物の発生量が増加する一方、高レベル放射性廃棄物の発生量は低減する。
- ・LWR-FR/FBRサイクルでは、発電所の熱効率の向上や燃料の高燃焼度化を図ることにより、高レベル、低レベル共に放射性廃棄物の発生量を低減できる。

単位発電量あたりのHLW(使用済燃料及びガラス固化体)並びにLLW(地層処分)発生体積

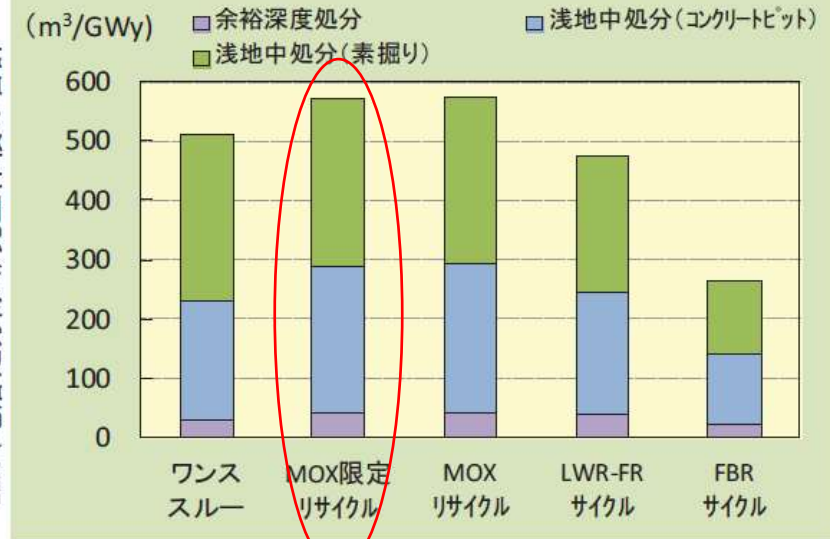


ガラス固化体製造条件

- － 発熱量制限: 2.3kW
- － FP酸化物含有量制限: 10%

FRケースでは、FRとLWRの比率が1基対2.7基の割合で存在すると想定した。

単位発電量あたりのLLW(地層処分除く)発生体積の合計



低レベル放射性廃棄物(LLW)は以下を含む。

(地層処分(ガラス固化体等と同様、地下300mより深い地層中への埋設処分: グラフではHLWに合算して左図に示す))

余裕深度処分(一般的な地下利用に対して、十分余裕を持った深度(例: 地下50～100m)への埋設処分)

浅地中処分(コンクリートピット)(コンクリートピットを設けた埋設処分(例: 深さ数m))

浅地中処分(素掘り)(人工構築物を設けない浅地中への埋設処分)

2012/3/1

原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会(第9回)

44

再処理は処分にとって有用ではない

◇埋めるよりよい方法ないー朽山修・経済産業省地層処分技術ワーキンググループ委員長

再処理は使用済み核燃料の中に残ったウランやプルトニウムに取り出す価値があるから行うのであり、処分のためではない。使う価値がないなら再処理せずにそのまま埋める「直接処分」の方がいい。核燃料を溶かして一度危険な状態にする上、捨てにくく技術的課題が多い超ウラン元素（TRU）廃棄物が出るなど、再処理は不利なものだ。

一毎日新聞、「論点、核のゴミ、最終処分への提言」、2014年5月23日朝刊

再処理等拠出金法の成立（2016/5）

- 第1条 この法律は・・・使用済燃料の再処理等の着実な実施のために必要な措置を講ずることにより、発電に関する原子力に係る環境の整備を図り、もって国民経済の健全な発展と国民生活の安定に寄与することを目的
 - 第4条 発電事業者が各年度「使用済燃料再処理機構」（特別認可法人[第41条]）に前年度に生じた使用済燃料再処理費用を拠出すること
 - 第45条 機構は中期的計画を定め、経済産業大臣の認可を受けなければならない。
- 再処理は民間事業から国家管理事業（経済産業大臣の認可事業）に移行し、電気事業者の経営方針にかかわらず、再処理が義務付けられた。

再処理等拠出金法への附帯決議 (2016/05, 第190回国会閣法第17号)

1. 柔軟性を確保すること：将来的に状況が変化し、政策の見直しが必要となる場合には政府は責任をもって見直しを検討し、必要な措置を講じること。
2. 核燃料サイクル政策の将来における幅広い選択肢を確保する観点、さらに、すでに発生している研究炉の使用済燃料や福島第一原子力発電所の使用済燃料対策の観点から、使用済燃料の直接処分や暫定保管を可能とするための技術開発や必要な措置など、多様なオプションの検討を進めること
3. プルトニウムの需給バランスに関して、「利用目的のないプルトニウムは持たない」との原則を堅持するとともに、政府は原子力事業者に対して、この原則を認識したうえで再処理事業を実施するよう指導し、仮にこの方針に反する再処理等事業の実施中期計画を認可法人が策定した場合には、経済産業大臣はこれを認可しないものとする。
4. プルトニウムバランスについては原子力委員会の意見を聴くこと
5. 再処理事業が及ぼす影響は、地域振興から国際安全保障に至るまで幅広いため、事業の推進に際しては、事業を総合的・大局的な観点から評価する仕組みを構築すること
6. 使用済燃料の貯蔵能力の強化や高レベル放射性廃棄物の最終処分地の選定を巡る課題の解決に向け、国がその責任と役割をより一層明確にしながら的確に対応すること。
7. 使用済燃料の再処理等を進めるに当たっては、青森県、六ヶ所村など立地自治体等関係者の理解と協力が不可欠であることに鑑み、今後とも再処理事業について、これら立地自治体等関係者との信頼関係の下で、円滑かつ連携して進められるよう留意すること。

http://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_rchome.nsf/html/rchome/Futai/keizaiA434A071B3E18FCE49257F9C00271C6D.htm

膨らむ再処理費用

・東海再処理施設廃止に 1 兆円 70 年計画を申請

(朝日新聞、2017/07/01)

<http://digital.asahi.com/articles/ASK6Z5FPBK6ZULBJ00B.html>

- ・日本原子力研究開発機構が東海再処理施設の廃止計画を原子力規制委員会に提出。総費用1兆円、70年計画であることがわかった。
- ・約7万1千トンの放射性廃棄物と高レベル放射性廃液が存在。
- ・当初10年間 除染、ガラス固化等 2,170億円
- ・その後60年間 汚染状況調査、廃棄物処理 2,500億円
- 廃棄物処分 3,800
- 施設解体 1,400

・六ヶ所再処理工場、建設費 2.9 兆円に 当初想定 の 4 倍

(朝日新聞、2017/07/04)

<http://digital.asahi.com/articles/ASK735KJVK73ULBJ00L.html>

- ・新規基準対応で約7,500億円増えて2.9兆円になることがわかった。
- ・完成後40年間の総事業費は1.3兆円増の13.9兆円に上る。
- ・こうした費用は結果的に電気料金として利用者が負担することになる。

原子力委員会決定 「核燃料サイクル政策の選択肢について」 (2012/06/21)

- 技術小委の提言にもあるように、現時点でどの選択肢を選ぶにせよ、将来の政策変更に対応できるような備えを進めることが重要
 - 使用済み燃料の貯蔵容量（乾式貯蔵）拡大
 - 直接処分を可能とすること



「全量再処理路線からの脱却が必要」

http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/kettei120621_2.pdf

使用済み燃料貯蔵法に3つの方法

原子力発電所内プール貯蔵

貯蔵容量: 20,730 tU/17 サイト (約70%(14.830t) 貯蔵済、2016/9)

サイト内乾式貯蔵は一部を除き地元了解が得られていない(福島一号と東海2号が例外).



六ヶ所が中止になると...

六ヶ所再処理工場

貯蔵容量: 3,000 tU
(既に2,945 tU 貯蔵 2013.9現在)

建設費: 2.8兆円

むつ 中間貯蔵施設

乾式キャスク貯蔵

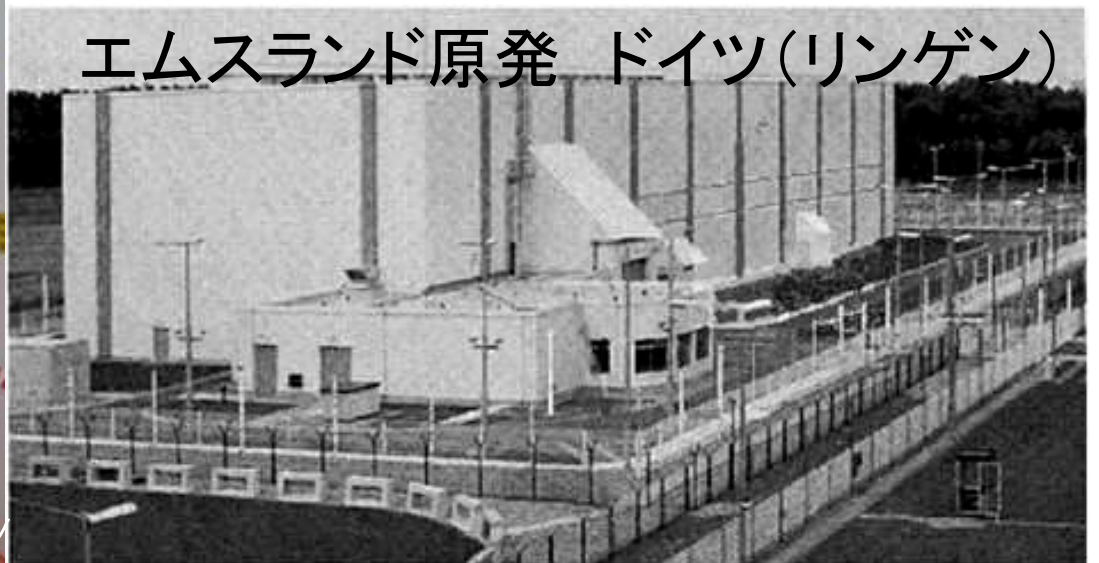
貯蔵容量: 5,000 tU

第1段階3,000 tU, 後に 2,000tU 追加
操業開始: 2017年(建設中)

建設費: 0.1兆円(キャスク費用も含む)



乾式貯蔵が最も安全で経済的選択肢



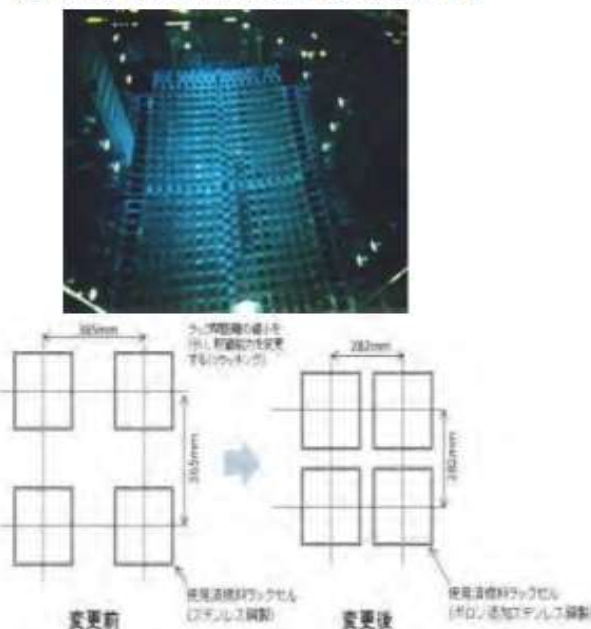
政策・対応の柔軟性の確保

1. 核燃料サイクルについては、中長期の視点に加えて、技術の動向、エネルギー需給、国際情勢等の様々な不確実性に対応するため、政策・対応の柔軟性を高めることが重要。
2. 例えば、使用済燃料の貯蔵については、中間貯蔵施設の建設に加えて、使用済燃料プールの貯蔵能力の増強、乾式貯蔵施設の建設・活用などにより、発電所の敷地内外を問わず、より柔軟な対応が可能となる。
3. このように、将来にわたり多様な選択肢を検討・準備することは、政策・対応の柔軟性を高め、中長期的なエネルギー安全保障に資することとなる。

※ 2005年10月策定の原子力政策大綱において、使用済燃料は、当面は、利用可能になる再処理能力の範囲で再処理を行うこととし、これを超えて発生するものは中間貯蔵するとされている。

※ また、同大綱において、使用済燃料の中間貯蔵は、使用済燃料が再処理されるまでの間の時間的な調整を行うことを可能にするので、核燃料サイクル全体の運営に柔軟性を付与する手段として重要であるとされている。

貯蔵設備の貯蔵能力変更の例



乾式貯蔵方式の例



日本原子力発電(株)東海第二発電所での乾式貯蔵
発電所敷地内に貯蔵施設を新設した例

出典: 電気事業連合会

47

高レベル廃棄物処分 政府基本方針と学術会議提言の比較

	政府基本方針（2015/05/22）	日本学術会議提言（2015/04/24）
世代間責任	将来世代に負担をかけないよう処分を進める。将来世代が選択できるような「可逆性」を担保	廃棄物産出という現世代の責任を反省。暫定保管の引き伸ばしは避ける。再稼働問題は廃棄物問題の見通しが必要。
基本的進め方	再処理 －ガラス固化体貯蔵（50年）－最終処分（地層処分）。直接処分の調査研究。核分離変換の技術開発	使用済み燃料も含め乾式貯蔵で50年地上暫定保管。30年で合意形成、20年で処分場建設。
候補地の選定	国が科学的有望地の指定。 国から自治体へ申し入れ。地域への支援。情報公開と透明性。	全国の適地リスト化。国のみならず地方自治体の自発的受け入れ。リスク評価とリスク低減策の検討。
合意形成	住民の意見を聞く機会とその反映。情報公開と意思疎通。原子力委員会が評価、提言。	「高レベル廃棄物問題総合政策委員会」が「核のゴミ問題国民会議」と「科学技術的問題検討専門調査委員会」を統括。
http://www.meti.go.jp/press/2015/05/20150522003/20150522003-1.pdf http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t212-1.pdf		

科学的特性マップ



	要件	基準
火山・火成活動	火山の周囲（マグマが処分場を貫くことを防止）	火山の中心から半径15km以内等
断層活動	活断層の影響が大きいところ（断層のずれによる処分場の破壊等を防止）	主な活断層（断層長10km以上）の両側一定距離（断層長×0.01）以内
隆起・侵食	隆起と海水面の低下により将来大きな侵食量が想定されるところ（処分場が地表に接近することを防止）	10万年間に300mを超える隆起の可能性があり、過去の隆起量が大きな沿岸部
地熱活動	地熱の大きいところ（人工バリアの機能低下を防止）	15℃/100mより大きな地温勾配
火山性熱水・深部流体	高い酸性の地下水等があるところ（人工バリアの機能低下を防止）	pH4、8未満等
軟弱な地盤	処分場の地層が軟弱なところ（建設・操業時の地下施設の崩落事故を防止）	約78万年前以降の地層が300m以深に分布
火砕流等の影響	火砕流などが及ぶところ（建設・操業時の地上施設の破壊を防止）	約1万年前以降の火砕流等が分布
鉱物資源	鉱物資源が分布するところ（資源の採掘に伴う人間侵入を防止）	石炭・石油・天然ガス・金属鉱物が賦存

	要件	基準
輸送	海岸からの陸上輸送が容易な場所	海岸からの距離が 20km以内目安

第三者機関の重要性

- 「・・・国や当事者に適宜に適切な助言を行う **独立の第三者組織**を、きちんと機能させる強い決意を持って自ら整備すべきである。」
 - 原子力委員会見解、「今後の高レベル廃棄物の地層処分に係る取り組みについて」、平成24年12月25日。
<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/121218.pdf>
- 「・・・情報公開の徹底と情報の客観性を確保するために、**処分推進主体とは異なる中立的な立場の機関が間に立って、処分地選定の過程や立地の適正について“行司役”として監視していくと同時に、国民・地域に対して中立的な説明を行っていくことが必要である。**したがって、国は、このような“行司役”的視点に立った**第三者評価を実施する仕組みを整備すべきである。**・・・」
 - 経済産業省資源エネルギー庁高レベル廃棄物処分ワーキンググループ、中間とりまとめ（案）、
http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denryoku_gas/genshiryoku/houshasei_haikibutsu_wg/pdf/011_02_01.pdf

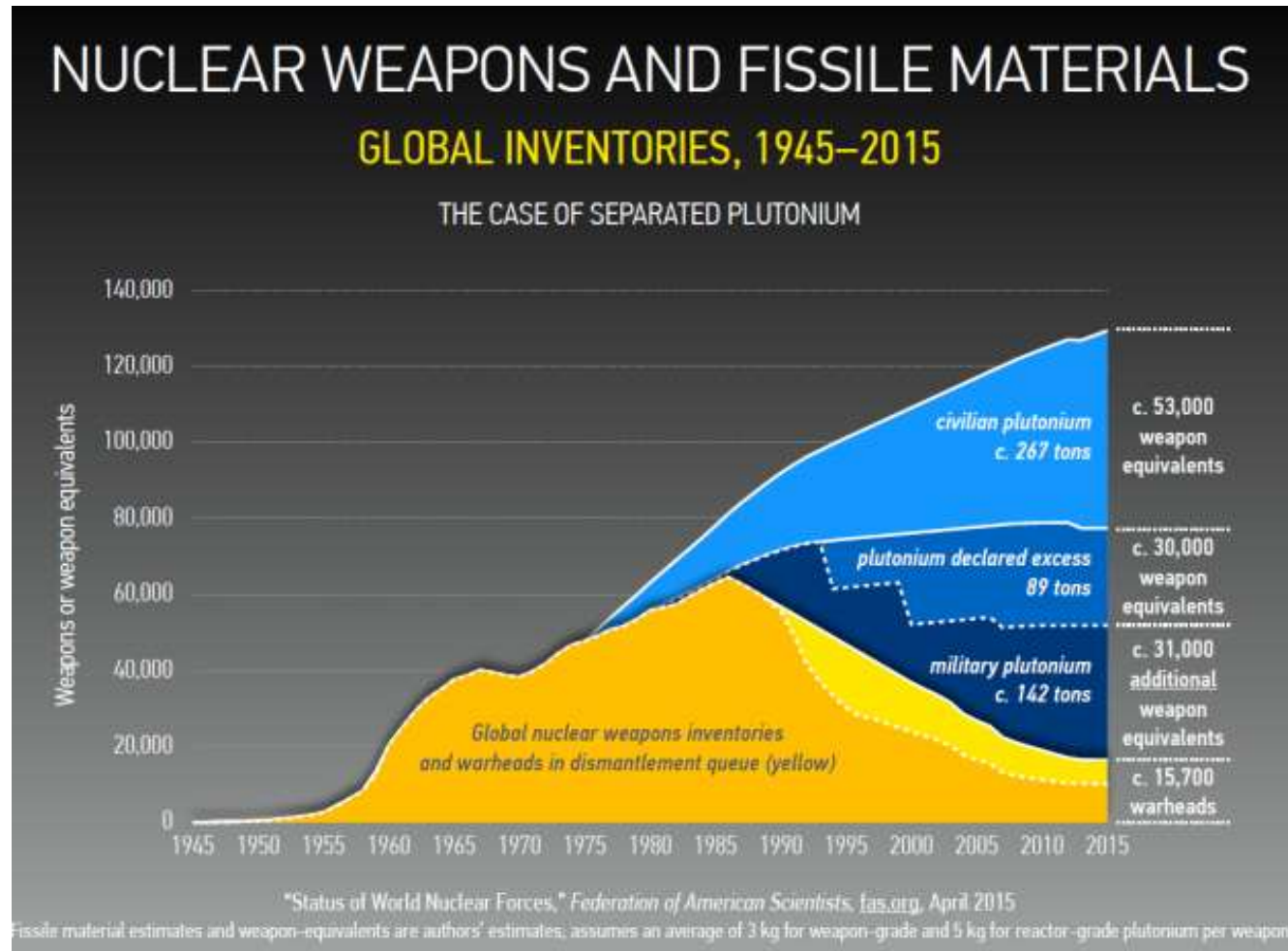
プルトニウム問題

世界の軍事転用可能核物質在庫量 (2017.6)



- HEU: 1,338.6 トン
 - ~20,916 発 広島型原爆(64kg/発)
- Pu: 511.4 トン
 - ~85,241 発 長崎型原爆(6kg/bomb)
- 合計; 106,157 発分 (+655 発分増)
- 高濃縮ウランはほとんどが軍事利用で、在庫量は減少中。
- プルトニウムは 60% 以上が民生用で、現在も増加中。

世界の分離プルトニウム在庫量推移：民生用が増加中



民生用

軍事用余剰

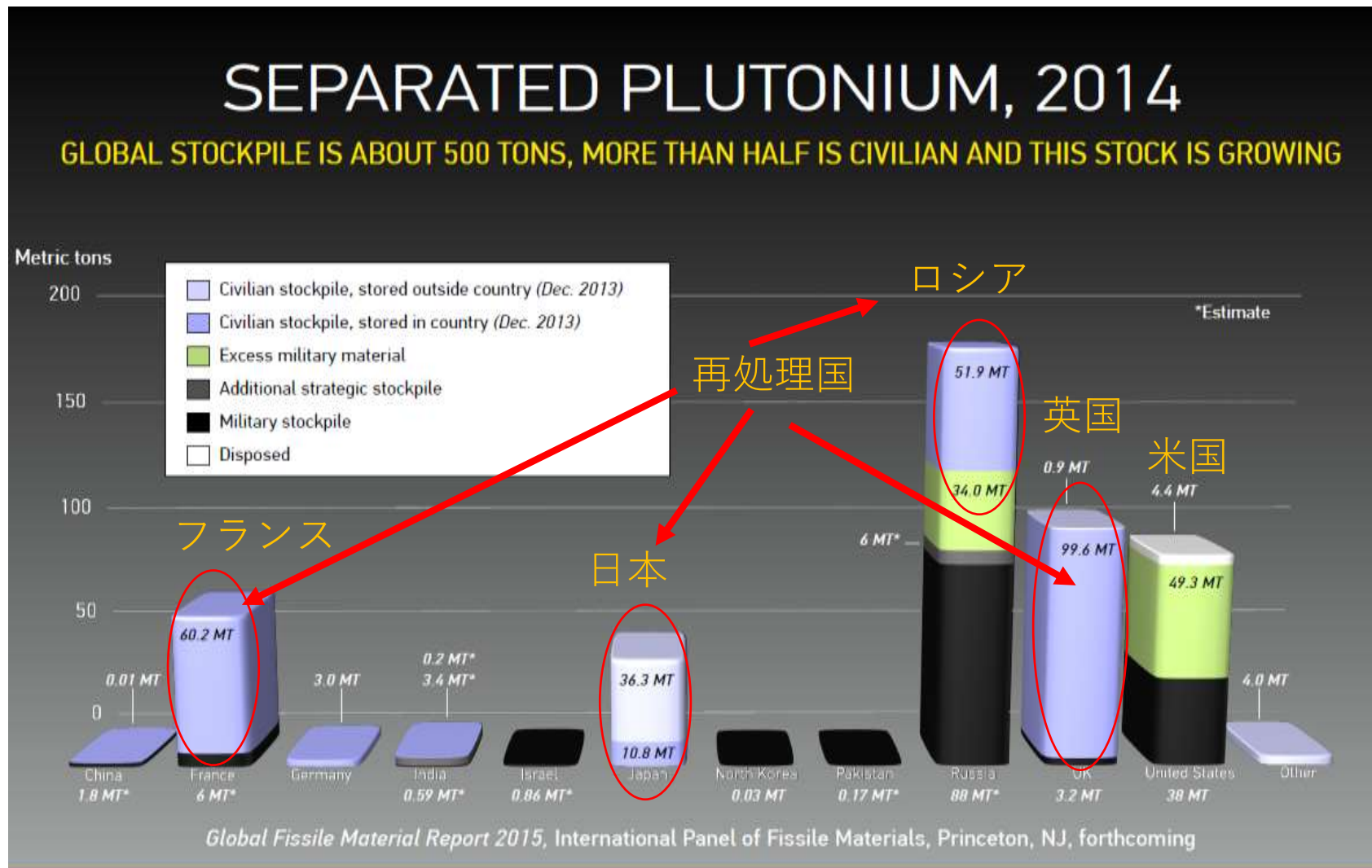
軍事用（核弾頭外）

核弾頭内

Source; Zia Mian, Alex Glazer, "Global Fissile Material Report 2015: Nuclear Weapon and Fissile Material Production," presented at NPT Review Conference, May 8, 2015.

<http://fissilematerials.org/library/ipfm15.pdf>

日本は4大核保有国に次ぐ在庫量



プルサーマル計画の現状

1. 電気事業者は、MOX燃料(ウラン・プルトニウム混合酸化物)を軽水炉で利用する「プルサーマル」の実施を計画。プルサーマルの運転実績は、これまで4基(玄海3号機、伊方3号機、福島第一3号機、高浜3号機)。
2. 震災後、福島第一3号機は廃炉。

営業運転開始済※1

立地自治体了解済※2

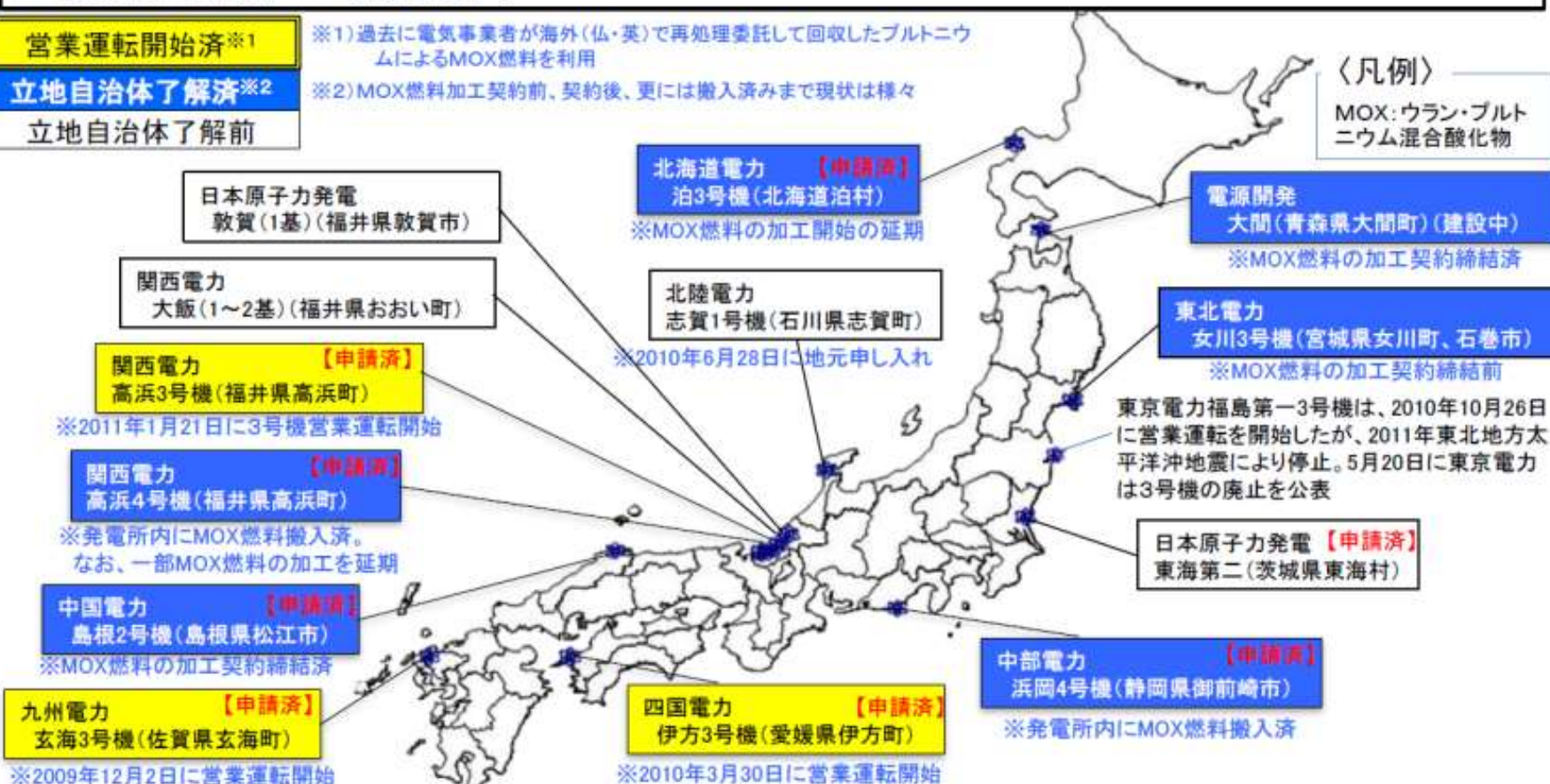
立地自治体了解前

※1)過去に電気事業者が海外(仏・英)で再処理委託して回収したプルトニウムによるMOX燃料を利用

※2)MOX燃料加工契約前、契約後、更には搬入済みまで現状は様々

〈凡例〉

MOX:ウラン・プルトニウム混合酸化物



【申請済】:事業者が原子力規制委員会に新規制基準への適合性確認を申請済(2014年5月末現在)

112

核セキュリティサミット(2014/3)

・世界的な核物質の最小化への貢献に関する日米首脳による共同声明

- ・日本はFCAの特殊な核物質を全量撤去することを決断したことにより、その指導力を示した。これは、核物質の保有量を最小化するというこれまでの全てのサミットのコミュニケの精神に則ったものである。日米両国は、更なるHEUとプルトニウムの最小化のために何ができるかを各国に検討するよう奨励する。

http://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/n_s_ne/page18_000244.html

・ハーグサミット共同コミュニケ

- ・我々は、国家がそれぞれの国内的要請と一致する形で、HEUの保有量を最小化し、また分離プルトニウムの保有量を最小限のレベルに維持することを奨励する。

http://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/n_s_ne/page22_001001.html

エネルギー基本計画

核燃料サイクルについて-「戦略的柔軟性」の記述 (14/04/11)

- これまでの経緯等も十分に考慮し、関係自治体や国際社会の理解を得つつ、引き続き推進する。
 - プルサーマルの推進、六ヶ所再処理工場の竣工、MOX燃料加工工場の建設、むつ中間貯蔵施設の竣工等を着実に進める。また、**利用目的のないプルトニウムは持たないとの原則を引き続き堅持する。これを実効性あるものとするため、**プルトニウムの回収と利用のバランスを十分に考慮しつつ、プルサーマルの推進等によりプルトニウムの適切な管理と利用を行うとともに、米国や仏国等と国際協力を進めつつ、高速炉等の研究開発に取り組む
- 技術の動向、エネルギー需給、国際情勢等の様々な不確実性に対応する必要があることから、今後の原子力発電所の稼働量とその見通し、これを踏まえた核燃料の需要量や使用済燃料の発生量等と密接に関係していることから、**こうした要素を総合的に勘案し、状況の進展に応じて戦略的柔軟性を持たせながら対応を進める。**

<http://www.meti.go.jp/press/2014/04/20140411001/20140411001-1.pdf>

日米原子力協定 2018年問題

- 1988年日米原子力協定で、日本は「事前包括同意」方式の導入により、30年間再処理・プルトニウム利用を自由に行うことができるようになった。
- 福島事故以降、プルトニウム需要の見通しがないまま、再処理を継続することに米国専門家・政府高官が懸念。
- 懸念の理由；
 1. プルトニウム在庫量の増加
 2. 他国の再処理を奨励（例：韓国、中国）
 3. 経済合理性のない再処理政策を米国の承認が継続することにより、他国への再処理抑制が困難になる。（例：韓国、北朝鮮、イラン）

PuPro 2017の提案：日米、日韓中で協力して検討を（１）（2017/02/24）

日米両政府への提言：日米原子力協定の枠組みの中で；

- 六ヶ所再処理工場問題を特に地域並びに国際安全保障の観点から再検討する日米委員会を設立すること
- 日本のプルトニウムが安全に防護・管理されるよう、また地域及び国際的懸念を緩和する方法（IAEAの管理権を移管する案も含め）を分析すること
- プルトニウム処分に関する情報や分析を共有すること

出所：原子力資料情報室、「日米原子力協定と日本のプルトニウム政策国際会議」
2017年2月24日。<http://www.cnrc.jp/7348#a1>

PuPro 2017の提案：日米、日韓中で協力して検討を（2）（2017/02/24）

・日中韓政府への提言

1. 北東アジアにおける分離プルトニウムのこれ以上の蓄積を阻止することにコミットすること。日本政府は既に48トンもの在庫量を抱えていることから、指導的役割を果たすべく、六ヶ所再処理施設の運転開始を無期延期すること。地域における他の政府もこの例に従い、再処理によるプルトニウムの分離に関する活動及びすべての計画を一時停止すること。
2. この「一時凍結（モラトリアム）」時期を利用して、核燃料サイクルのすべての面における課題、使用済み燃料管理と処分の代替案を包括的に再評価すること。この再評価には独立の第三者機関、並びにすべてのステークホルダーの参加を確保すること。メデアイアや他ことへの開かれた場での徹底した議論が必要である。すべての政府は、この評価の結果と提言を尊重し、プルトニウム政策の変更を行うこと。

出所：原子力資料情報室、「日米原子力協定と日本のプルトニウム政策国際会議」
2017年2月24日。 <http://www.cnica.jp/7348#a1>

研究開発・人材確保

「エネルギー基本計画」 (2014) における高速炉、もんじゅの記述

「増殖」「実用化」という記述は一切なし。

- ③放射性廃棄物の減容化・有害度低減のための技術開発
 - ・その安全性、信頼性、効率性等を高める技術を開発することは、将来、使用済燃料の対策の柱の一つとなり得る可能性があり、その推進は、**幅広い選択肢を確保する観点から、重要な意義を有する。**
- もんじゅについては、廃棄物の減容・有害度の低減や核不拡散関連技術等の向上のための国際的な研究拠点と位置付け、これまでの取組の反省や検証を踏まえ、あらゆる面において**徹底的な改革を行い、もんじゅ研究計画に示された研究の成果を取りまとめる**ことを目指し、そのため実施体制の再整備や新規制基準への対応など克服しなければならない課題について、国の責任の下、十分な対応を進める。

http://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/140411.pdf

「高速炉開発の方針」 「もんじゅの取り扱いに関する政府方針」 -原子力関係閣僚会議(16/12/21)

高速炉開発の方針

- 今後の我が国の高速炉開発は、世界最高レベルの技術基盤の維持・発展を図りつつ、高い安全性と経済性を同時に達成する高速炉を開発し、**将来的な実用化を図り**、もって国際標準化に向けたリーダーシップを最大限に発揮することを目標に掲げる
- 既に相応の知的資産が蓄積されており、これらの知見を活用することによって、**実証炉の設計段階に向けた開発作業に改めて着手することは十分に可能**である。「もんじゅ」の再開によって得られる知見については、「もんじゅ」再開によらない新たな方策によって獲得を図ることとし、それでも入手できないと見込まれるものについては、実証炉の設計裕度の確保等の方策で対応する。

もんじゅ取り扱いに関する政府方針

- 「もんじゅ」については様々な不確実性の伴う原子炉としての運転再開はせず、**今後、廃止措置に移行する**が、あわせて「もんじゅ」の持つ機能を出来る限り活用し、今後の高速炉研究開発における新たな役割を担うよう位置付けることとする

「もんじゅ」と研究開発

- **国策との相互依存**：国策が継続する限り、研究開発も継続され、国策を維持するために研究開発も継続させることに固執する。これが研究開発の性格をゆがめてしまった。
- 原型炉「もんじゅ」なしに実証炉・実用化計画の実現は極めて困難。
- この勧告を契機に、原子力全体の研究開発の見直しを行い、議論を徹底して行うことが必要
- そのためには開発に利害を持つ組織ではなく、国会事故調や日本学術会議のように、**政府とは独立した立場で、総合的な視点で評価できる委員会を立ち上げるべきだ。**

出所：鈴木達治郎、「原子力研究体制の矛盾が噴き出た『もんじゅ』：厳しい勧告を生かすため、独立した第三者機関の設置を」、Web Ronza, 2015年12月14日

<http://webronza.asahi.com/science/articles/2015120800002.html>

「今後の原子力研究開発の在り方について」 (原子力委員会見解、2012/12/25)

(3) 社会ニーズを反映し、多様性を確保した原型技術の研究開発

- 原型技術段階の研究開発は、実用化開発の候補として現在「ダーウィンの海」(基礎・基盤研究から多くの技術選択肢が生まれてくるが、この段階で淘汰されて限られた技術が実用化に至る)にある技術システム概念は多数存在する。

(7) 総合的な評価

- 理学、工学の広い分野のみならず社会科学の学会や市民団体からも推薦を受けて、いわゆる E L S I (倫理、法、社会的側面) と呼ばれるような幅広い視点から、自律性を持った包括的な評価組織を構成し、作業を付託することが重要である。

http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/121225_2.pdf

「今後の原子力研究開発の在り方について」 (原子力委員会見解、2012/12/25)

- 原子力に関する人文社会科学的分野の研究推進への支援
- 東京電力（株）福島第一原子力発電所事故以降、原子力の研究開発及びその利用が、社会、そしてそれを支える様々な政治的、経済的仕組みの在り方や一般国民の個々の生活や信条に関わっていることが以前よりも一層国民に強く意識されるようになってきている
- そうした中では、原子力に対する評価を国民が行うためには、原子力及び工学分野を超えた分野からの知見が一層求められるようになってきている。
- 原子力利用の展開の在り方や原子力のもたらす社会的影響についての法学、政治学、経済学、哲学、倫理学、心理学、社会学の観点からの分析等、人文社会科学分野の見地からの研究がより一層拡充して行われるべきであり、国はこうした人文社会科学分野における原子力に関する研究が活発に行われる環境を整備していくべきである。