

# 核燃料サイクル総合評価 実績

## ND政策提言発表シンポジウム

### 「六カ所再処理工場の妥当性を問い直す」

2026年4月15日

鈴木達治郎

NPO法人「ピースデポ」代表・長崎大学客員教授

[suzukitatsu@nifty.com](mailto:suzukitatsu@nifty.com)

# 要 旨

- 核燃料サイクルの検証は、原子力委員会において、2004～5年、2011～12年の2回実施された。
- 2004～5年、六ヶ所再処理工場の運転開始を前に、核燃サイクルの選択肢総合評価が行われた。経済性でメリットがないとされたが、「政策変更コスト」を付加することで現状路線が正当化された。
- 2011～12年、福島原発事故後の「ゼロからの見直し」で、再び核燃サイクル選択肢の総合評価が行われた。その結果、経済性、核不拡散・核セキュリティの面で直接処分が有利、環境や廃棄物処分の面でも、再処理のメリットはなく、将来の不確実性を考えて、「全量再処理」よりも「直接処分」も可能とする「併存」政策が新たに提案された。
- しかし、2012年「原発ゼロ」政策を採用したにもかかわらず、「全量再処理路線」が継続された。その最大の障壁が「六ヶ所再処理プロジェクト」であった。
- 「六ヶ所再処理プロジェクト」が変更できない理由は、大規模プロジェクトの「制度的・社会的」障壁と慣性（経路依存性）が大きい。

# 2004～5年の核燃サイクル評価

# 「基本シナリオの核燃料サイクルコスト比較」 (原子力委員会 技術検討小委員会、2004) (1)

<https://www.aec.go.jp/kettei/kettei/20041124.pdf>

- 初めて4つの「シナリオ」 (政策選択肢) 評価をおこなった。

シナリオ1 : 使用済燃料は、適切な期間貯蔵された後、再処理する。

シナリオ2 : 使用済燃料は、再処理するが、再処理能力を超えるものは直接処分する。

シナリオ3 : 使用済燃料は、直接処分する。

シナリオ4 : 使用済燃料は、当面貯蔵し、その後再処理するか、直接処分するかのいずれかを選択する。

- 2002~2060年度の核燃サイクルコストを比較

# 「基本シナリオの核燃料サイクルコスト比較」 (原子力委員会 技術検討小委員会、2004) (2)

<https://www.aec.go.jp/kettei/kettei/20041124.pdf>

表 7-5-1 算定結果のまとめ

項目	単位：円/kWh			
	①全量再処理	②部分再処理	③全量直接処分	④当面貯蔵
発電コスト ※1	約 5.2	約 5.0~5.1	約 4.5~4.7	約 4.7~4.8
核燃料サイクルコスト	約 1.6 ※2	約 1.4~1.5 ※2	約 0.9~1.1 ※2	約 1.1~1.2 ※2
うち ①フロントエンド	0.63	0.63	0.61	0.61
うち ②バックエンド	0.93	0.77~0.85	0.32~0.46	0.49~0.55
政策変更に伴う費用(六ヶ所再処理施設関連) ※3	-	-	約 0.2	

※1 発電コストと核燃料サイクルコスト(前頁)の差分は、総合エネ調電気事業分科会コスト等検討小委員会の試算(H16.1)を活用。設備利用率80%、割引2%の場合で、発電コスト5.1円/kWh、核燃料サイクルコスト1.53円/kWhとなっており、その差分(5.1-1.53=)3.6円/kWhをシナリオ①~④の核燃料サイクルコストに加算して発電コストを算定。

※2 今回の使用済燃料の直接処分コストの算定ではいくつかの不確実性については取り扱っていない。このため、現時点のコストの不確定幅は今回の算定結果よりも大きいと考えるのが妥当である。劣化ウラン及び回収ウランはシナリオにより処分又は貯蔵していずれ使用されることとなるが、これら物質の経済的価値及び費用(注)は算定していない。プルトニウムの経済的価値はゼロとする。

(注) 再処理工場における回収ウランの貯蔵費用は、再処理費用の中に含まれている。

※3 政策変更に伴う課題としては、立地地域との信頼関係を損なう可能性など様々な項目が存在するが、技術検討小委員会では、一定の仮定の基に定量化が可能なものとして六ヶ所再処理施設関連コストについて算定結果を求めた。また、一定の仮定の基に定量化が可能なものとして、政策変更により原子力発電所が停止した場合の代替火力発電関連コストがあり、そのコストについては策定会議において算定結果を求めている。

- 算定結果は、**全量直接処分が最もコストが低く、政策変更コストを加えても、全量直接処分の優位性は変わらなかった。**
- 検討小委では、過去原子力委員会や通産省で行った経済性評価も初めて公表された。
  - 1985年の科学技術庁試算でも、**直接処分が2.95円/kWh、再処理が3.03円/kWhだった。**

# 原子力政策大綱（2005）で全量再処理路線を維持

<https://www.aec.go.jp/kettei/taikou/20051011.pdf>

## ⑧政策変更に伴う課題 及び ⑨社会的受容性

現時点においては、直接処分する場合についての我が国の自然条件に対応した技術的知見の蓄積が欠如していることもあり、プルトニウムを含んだ使用済燃料の最終処分場を受け入れる地域を見出すことはガラス固化体の最終処分場の場合よりも一層困難であると予想される。核燃料サイクル政策を直接処分を行う政策に変更する場合には、これまで再処理政策を前提に築いてきた原子力施設立地地域との信頼関係を直接処分に向けて必要な措置を受け入れてもらうことを含めて改めて構築することが必要となるが、これには時間を要するから、この間に使用済燃料の搬出が滞って原子力発電所が順次停止する可能性が高い。



原子力発電所停止に伴う火力発電所建設コストを加えると、現状路線が優位。

- 我が国においては、核燃料資源を合理的に達成し、安全性、核不拡散性、環境適合性を確保するとともに、経済性に留意しつつ、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。
  - (6)不確実性への対応 国、研究開発機関、事業者等は、長期的には、技術の動向、国際情勢等に不確実要素が多々あることから、それぞれに、あるいは協力して、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。
- 全量再処理路線堅持も、直接処分の研究に初めて言及

# 2011～12年の核燃料サイクル評価

# 核燃料サイクル技術選択肢評価（原子力委員会 原子力発電・核燃料サイクル技術等小委員会）（2012）（1）

[https://www.aec.go.jp/kaigi/senmon/hatukaku/kentou\\_2.pdf](https://www.aec.go.jp/kaigi/senmon/hatukaku/kentou_2.pdf)

## 評価対象とした技術選択肢

軽水炉	再処理	高速炉		選択肢
		アクチノイド燃焼	燃料増殖	
○				LWRワンスルー
○	○ (ウラン燃料のみ)			LWR-MOX限定リサイクル
○	○ (全量)			LWR-MOX多重リサイクル
○	○	○		LWR-FR(アクチノイド専焼)
○	○	○	○	FBR

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)

4

## まとめ(8)

- 今後20～30年を見通した場合、MOXリサイクルとワンスルーのみが実用化する技術選択肢である。両者の相違点は、資源効率、経済性・核拡散・セキュリティリスクである。
  - 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ルーが優位。安全面、廃棄物面では決定的差異はない。
- 長期的(30年後以降)な選択肢としては、資源効率や廃棄物面でFBRが最も優れた特徴を有する。一方で、核拡散リスク・セキュリティ面で課題がある。
  - 他の革新的技術については不確実性が極めて高いが、ウラン資源制約の緩和案を含め、代替案となりうる可能性がある。

2012/3/1

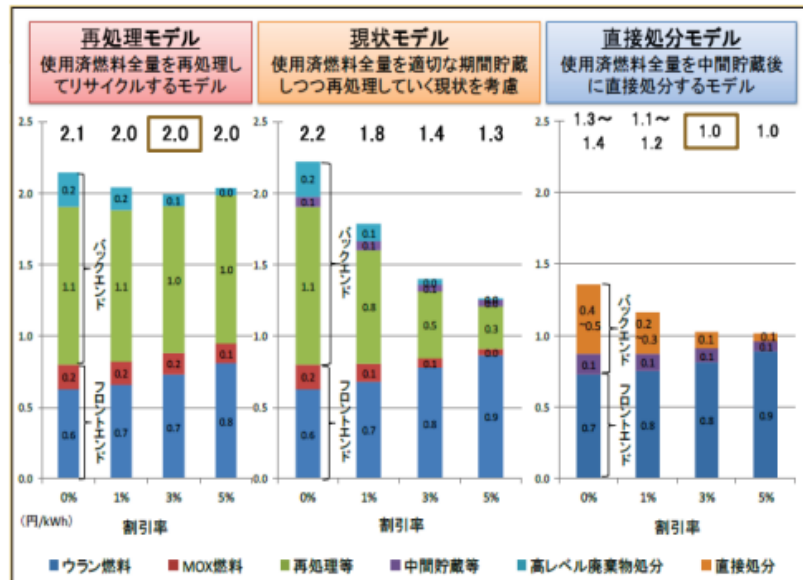
原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会(第9回)

12

# 核燃料サイクル技術選択肢評価（原子力委員会 原子力発電・核燃料サイクル技術等小委員会）（2012）(2)-経済性評価

[https://www.aec.go.jp/kaigi/senmon/hatukaku/kentou\\_2.pdf](https://www.aec.go.jp/kaigi/senmon/hatukaku/kentou_2.pdf)

## 経済性：核燃料サイクルコスト(2/2)

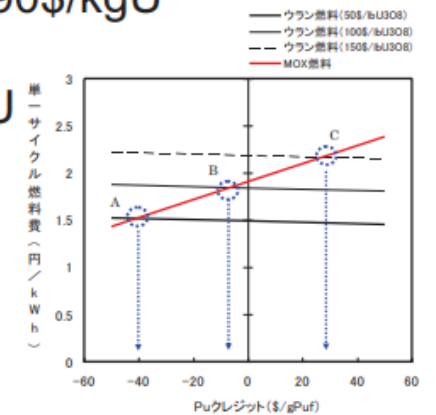


出典：エネルギー・環境会議コスト等検証委員会報告書(2011)

## 参考：再処理が優位となるウラン価格について

- 日本原燃の試算[1] 260~390\$/kgU (再処理価格含まず)
- カナダの試算[2] 393\$/kgU (再処理価格：300\$/kgU)

Cost of Reprocessing $C_R$ (\$/kg)	Discharge Burnup with Recycle Fuel $B_{rec}$ (MWd/kg)	Breakeven Price of Uranium $C_U$ (\$/kg)
200	40	88
200	30	137
300	40	393
300	30	544
400	40	699
400	30	951



現在のウランスポット価格：~100\$/kgU

[1] 原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会(第4回)資料第2号(2011)

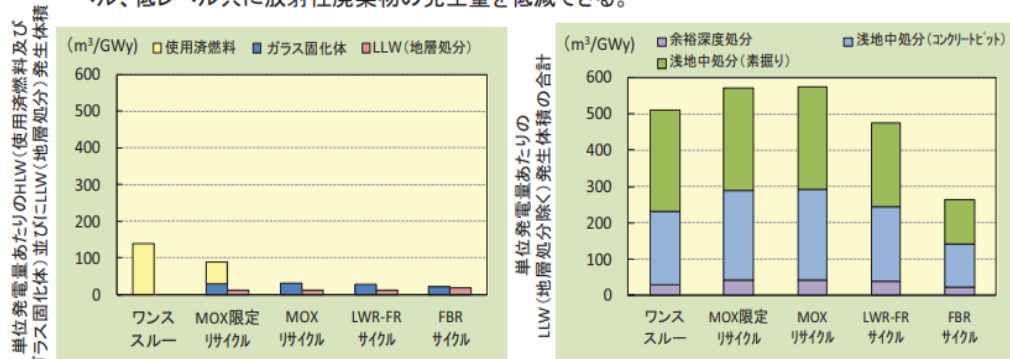
[2] D.Rozan & D.Lister, "Reprocessing versus Direct Disposal of Spent CANDU Nuclear Fuel: A Possible Application of Fluoride Volatility" (2008)

# 核燃料サイクル技術選択肢評価（原子力委員会 原子力 発電・核燃料サイクル技術等小委員会）（2012）（3） 一 廃棄物発生量

[https://www.aec.go.jp/kaigi/senmon/hatukaku/kentou\\_2.pdf](https://www.aec.go.jp/kaigi/senmon/hatukaku/kentou_2.pdf)

## 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。



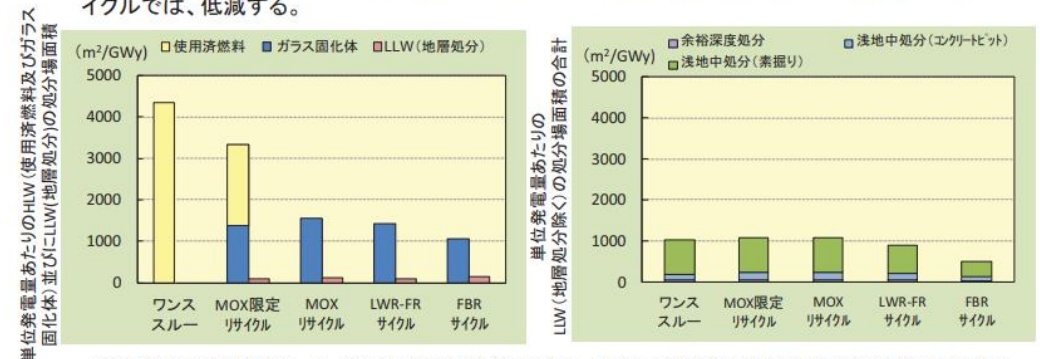
ガラス固化体製造条件  
 - 発熱量制限: 2.3kW  
 - FP酸化物含有量制限: 10%

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。

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: グラスではHLWI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)

## 廃棄物：放射性廃棄物の発生量(3/3)

- ・廃棄物処分場の面積には、放射能や発熱のレベルが高い高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、高レベル放射性廃棄物が減少するため処分場の面積は低減する。高速炉サイクルでは、さらに低減する。
- ・再処理の実施により、低レベル放射性廃棄物の処分場面積はわずかに増加するが、高速炉サイクルでは、低減する。

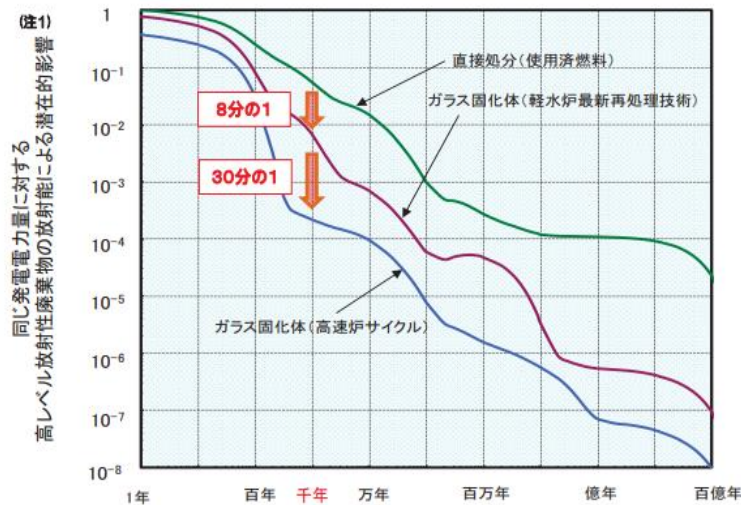


(注) 上記は硬岩縦置きの場合。前回の政策大綱の試算と同様に、使用済MOX燃料の直接処分に要する面積は、使用済ウラン燃料を直接処分する場合の4倍程度と想定。ガラス固化体の専有面積についても前回政策大綱と同様に想定。

# 核燃料サイクル技術選択肢評価 (原子力委員会 原子力発電・核燃料サイクル技術等小委員会) (2012)(4) 一 廃棄物有毒性と被曝リスク

[https://www.aec.go.jp/kaigi/senmon/hatukaku/kentou\\_2.pdf](https://www.aec.go.jp/kaigi/senmon/hatukaku/kentou_2.pdf)

## 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

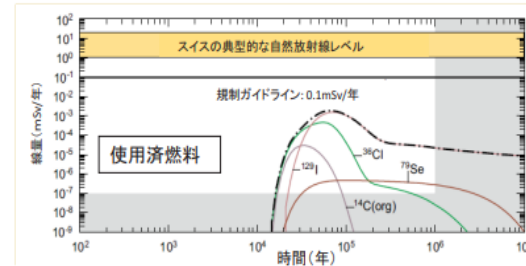
原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会(第9回)

42

## 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



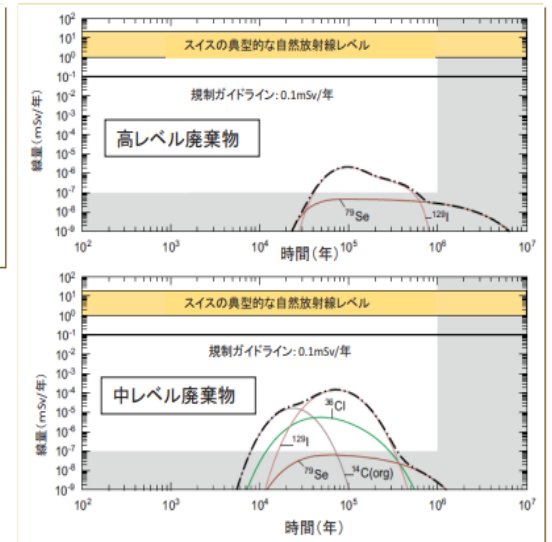
直接処分の場合(左上図)及び再処理を行った場合(右上+右下図)のいずれも、廃棄物からの被ばく線量は、諸外国で提案されている安全基準(0.1~0.3mSv/年)に比べて十分低い

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

2012/3/1

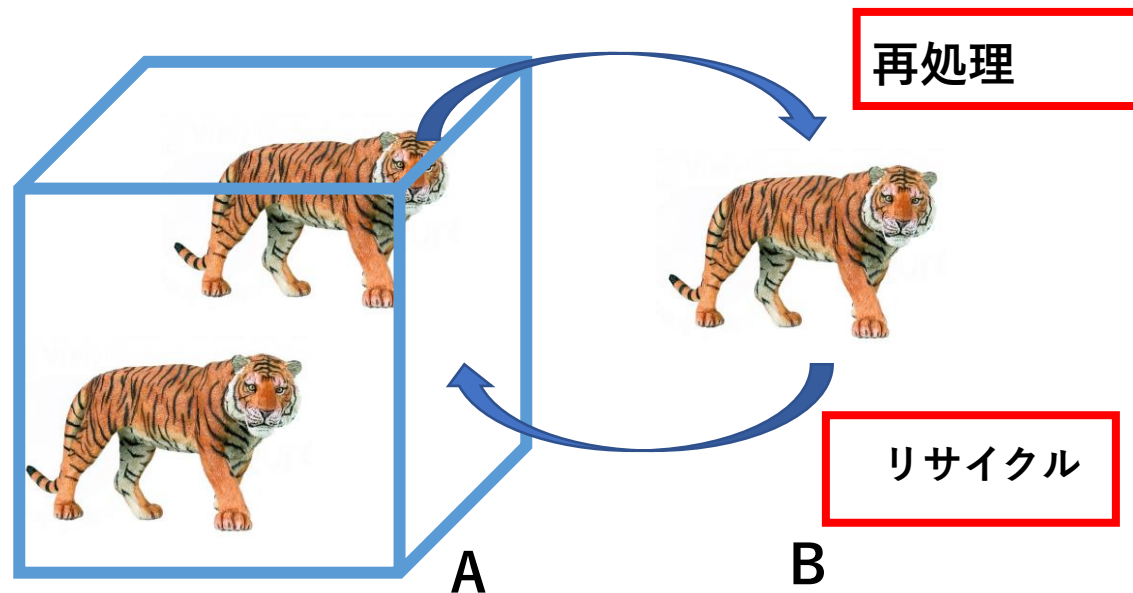
原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会(第9回)

48



# 毒性（潜在的危険度） （危険度）

# vs. リスク



毒性 Toxicity  $A > B$

リスク Risk  $A < B$

# 被ばく線量（リスク）の比較：地層処分以外ではリサイクルの方がリスクが高い

## 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)	
	ワンスルー	リサイクル	ワンスルー	リサイクル
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<sub>2</sub>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<sup>-4</sup>、Melox 2.51 × 10<sup>-3</sup>

(5) 作業従事者：Romans 6.57 × 10<sup>-3</sup>、Melox 4.3 × 10<sup>-1</sup>

(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

出典：

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

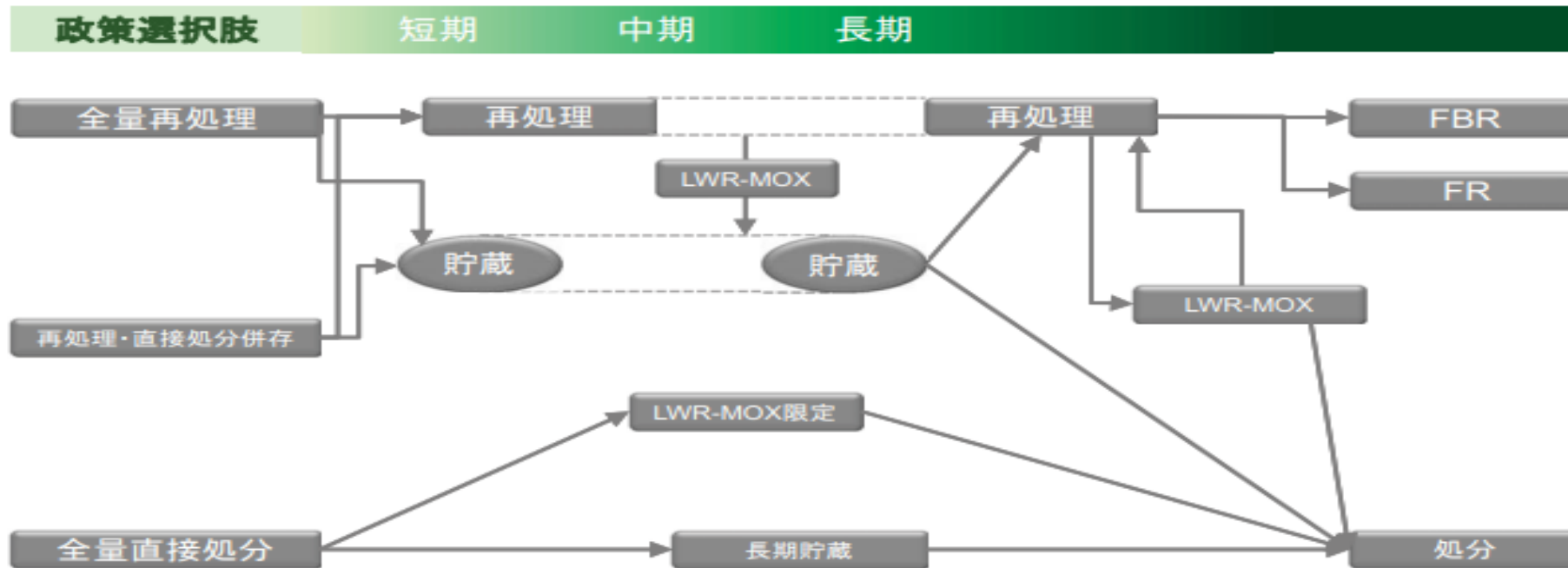
参考文献：

・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.

# 核燃料サイクル政策選択肢評価 (2012)

[https://www.aec.go.jp/kaigi/senmon/hatukaku/kentou\\_1.pdf](https://www.aec.go.jp/kaigi/senmon/hatukaku/kentou_1.pdf)

## 様々な政策の流れ



2012/5/23

新大綱策定会議(第19回)

6

# 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で包括的評価 (2012)ー再処理路線は直接処分の2倍、2030年までに3～4兆円、～2,000億円/年の追加コスト

## 経済性(1)：将来を見通して発生する費用ベースの核燃料サイクルの総費用

使用済燃料を再処理し、最終処分するとともに、再処理施設の廃止措置等に必要な費用から、2011年以前に支出した費用、六ヶ所再処理工場の初期建設費の減価償却費を引いて算出(第13回技術等小委員会、資料第1-5号参照)。なお、割引率は0%とした。単位:兆円

兆円、割引率0%	シナリオ1 (全量再処理)	シナリオ2 (再処理/処分併存)		シナリオ3 (全量直接処分)
		中間貯蔵分を再処理	中間貯蔵分を直接処分	
ウラン燃料 MOX燃料 (フロントエンド計)	4.56 0.75 (5.31)	4.56 0.75 (5.31)	4.56 0.75 (5.31)	4.94 0.16 (5.10)
再処理等 中間貯蔵 高レベル廃棄物処分 直接処分 (バックエンド計)	9.94 0.18 2.97 (13.1)	9.94 0.18 2.97 (13.1)	8.58 0.18 2.68 0.52~0.61 (12.0~12.0)	1.78 1.82 0.04 5.19~6.07 (8.63~9.71)
合計	18.4	18.4	17.3~17.4	13.9~14.8

上記の他に立地自治体との条件の変更に伴い追加の費用\*が発生する可能性がある。

※: 詳細は30ページ参照。

2012/5/23

[http://www.aec.go.jp/fnst/NG/tyoti/tyoti\\_hatsukaku.htm](http://www.aec.go.jp/fnst/NG/tyoti/tyoti_hatsukaku.htm)

24

# 核燃料サイクル政策の選択肢について（原子力委員会決定、2012）（原子力0%、15%、20～25%に応じて）

[https://www.aec.go.jp/kettei/kettei/20120621\\_2.pdf](https://www.aec.go.jp/kettei/kettei/20120621_2.pdf)

## 核燃料サイクル政策の選択肢について【概要】

別表

原子力発電依存度に関する選択肢※1	核燃料サイクル政策の選択肢		
	使用済燃料の取扱いの基本方針	当面の政策の進め方	高速増殖炉／高速炉※2
<b>選択肢①</b> 新增設を行わずできるだけ早く原子力発電比率をゼロ（2030年時点で原子力発電比率を0%等）	全量直接処分が適切	六ヶ所再処理工場等を廃止使用済燃料は長期貯蔵 直接処分の実施に向けた取組を開始	もんじゅにおける研究開発を中止した上で、その成果を取りまとめ、基礎基盤研究のみを推進
<b>選択肢②</b> 原子力依存度低減を基本とし2030年時点で原子力発電の比率を概ね15%程度まで下げる	再処理／直接処分併存が適切	六ヶ所再処理工場等を稼働その能力を超える使用済燃料は貯蔵 貯蔵された使用済燃料の再処理に取組むとともに直接処分実施に向けた取組を開始	実証炉実現のフェーズに進まず、実用化を判断するために必要な研究開発を実施。 もんじゅは性能試験と定格運転を実施し技術成立性を確認（5年程度）
<b>選択肢③</b> 震災前よりも低減させるが一定程度維持し、2030年時点での原子力発電比率を概ね20～25%程度とする	再処理／直接処分併存が有力（不確実性をより重視した場合）	六ヶ所再処理工場等を稼働その能力を超える使用済燃料は貯蔵 貯蔵された使用済燃料の再処理に取組むとともに直接処分実施に向けた取組を開始	実証炉実現のフェーズに進まず、実用化を判断するために必要な研究開発を実施。 もんじゅは性能試験と定格運転を実施し技術成立性を確認（5年程度）
	全量再処理が有力（全量再処理のメリットは選択肢②より大きい）	六ヶ所再処理工場等を稼働その能力を超える使用済燃料は貯蔵 次の再処理施設に向けた取組を開始する	実用化を前提に研究開発を推進し、実証炉実現のフェーズに移行。 もんじゅは10年程度以内の運転によって所期の目的達成を目指す

## 推進に当たっての重要課題

- 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
- 政策変更決定の責任はすべて国が負うべきものであり、全国の原子力発電所所在自治体、特に国の核燃料サイクル政策に長年にわたり協力し、関連施設を受け入れてきた立地自治体との信頼関係を崩すことのないよう、万全の対策をとることが必要
- 現在の政策を変更して別の政策を選択し、推進していく場合には、様々な調整が必要になり、そのための投資も必要
- このほか、技術小委報告での指摘等を踏まえ、下記の課題に取り組むことが必要
  1. 発電所数地内外に係わらず乾式貯蔵を含めた使用済燃料の貯蔵容量を増強する取組及び高レベル放射性廃棄物の処分場の選定の強力な推進、直接処分を可能とするための技術開発や所要の制度措置の検討に早急に着手
  2. 六ヶ所再処理事業に係る工場の稼働状況、プルトニウム利用の進展状況、国際的視点などを踏まえ、核燃料サイクルに関する事業運営のあり方について総合的な評価の実施（数年以内）
  3. 高速増殖炉の研究開発に対し有効に機能するチェック・アンド・レビュー体制構築、革新的で競争力のある新型炉を生み出せる開発体制の整備、我が国内で完結する考え方にとらわれることなく国際協力を活用し効果的・効率的に研究開発を進める取組の検討。また、直接処分政策を採用した場合でも、高度再処理・高速炉技術等の基礎・基盤研究を継続することが重要。
  4. 世界の原子力発電の安全性向上、核不拡散、核セキュリティのリスク低減に十分配慮した国際的視点に立脚した核燃料サイクル政策の構築
  5. 国が責任を持って政策を決定し、その実施における国と民間の責任分担の明確化、国民との真摯な対話・透明性確保を通じた信頼の維持・向上

※1：エネルギー・環境会議「選択肢に関する中間的整理」  
 ※2：文部科学省「高速増殖炉/高速炉の研究開発オプションについて」

# 革新的エネルギー・環境戦略（2012）：

原発に依存しない社会の一日も早い実現

<https://www.kantei.go.jp/jp/topics/2012/pdf/20120914senryaku.pdf>

## 核燃料サイクル政策

- これまで 使用済核燃料等の受け入れに当たっては、**核燃料サイクルは中長期的に ぶれずに着実に推進すること**、青森県を地層処分相当の放射性廃棄物の 最終処分地にしないこと、再処理事業の確実な実施が著しく困難となった場合には、日本原燃は使用済核燃料の施設外への搬出を含め、速やかに必要かつ適切な措置を講ずることといった約束をしてきた。**この約束は尊重する必要がある**
  - 直接処分の研究に着手する
  - 廃棄物の減容および有害度の低減などを目的とした使用済み燃料の処理技術、専焼炉等の研究開発を推進する

→**六ヶ所再処理プロジェクトと全量再処理路線の維持**につながる

# なぜ六ヶ所再処理プロジェクトを止められないのか？ — 構造的問題の解決が必要

1. 巨大な債務とその負担問題
2. 柔軟性を排除する法・制度
3. 立地自治体との約束
4. 巨大プロジェクトを運営する組織の惰性
5. 狭い意思決定プロセス
6. 「核ナショナリズム」の維持（潜在的核抑止）



**合理性や社会受容性は軽視され、犠牲者は国民  
と国際社会**