

# ステップ3の評価：2030年まで (原子力比率 I のケース) (改訂版)

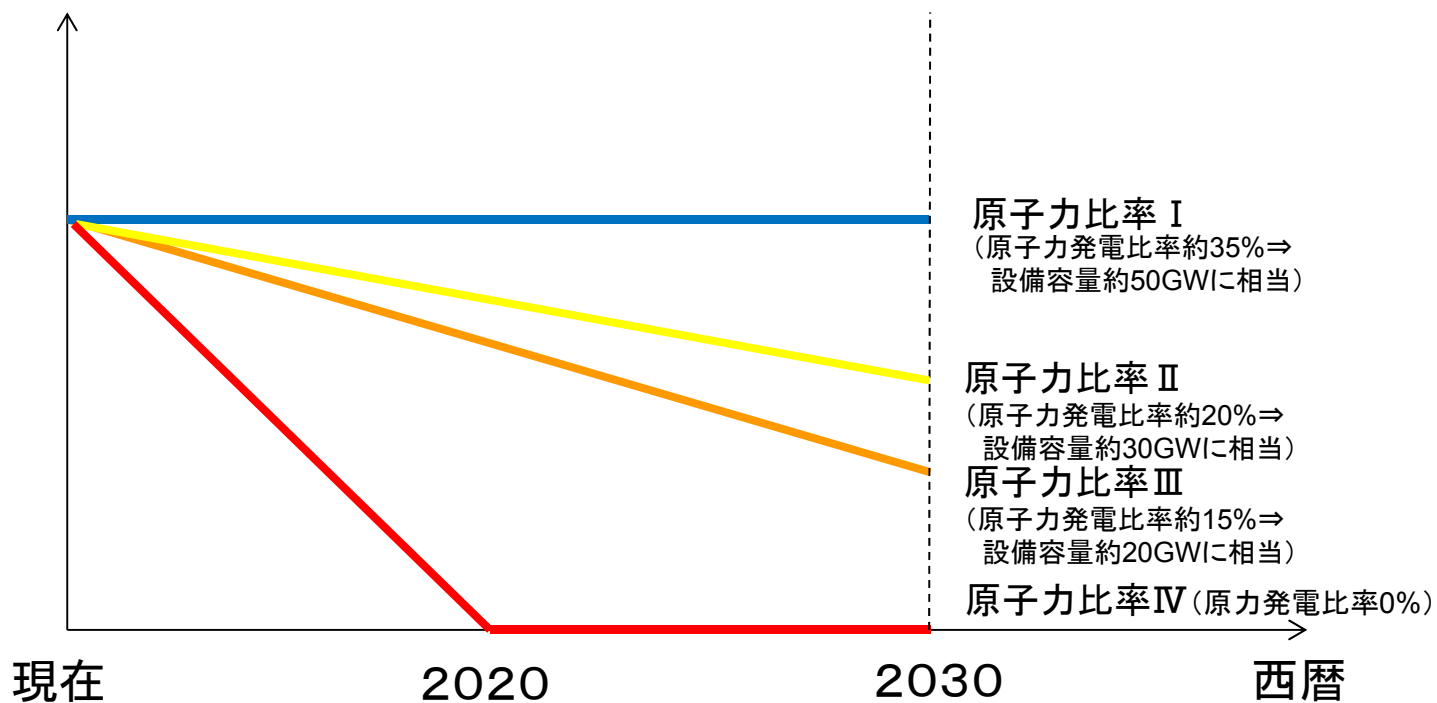
原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会

平成24年5月16日

内閣府 原子力政策担当室

# 各原子力発電比率の設定

総合資源エネルギー調査会基本問題委員会で検討されているエネルギーベストミックスにおける原子力発電比率のうちから、代表的な4つを選定した。



# 各原子力比率における設備容量

## 原子力比率Ⅰ

総需要 : 約 1 兆kWh  
原子力比率 : 35%  
設備利用率 : 約 80%  
(1 兆kWh × 35%) / (365日 × 24時間 × 80%) = 約 50 GW

## 原子力比率Ⅱ

総需要 : 約 1 兆kWh  
原子力比率 : 20%  
設備利用率 : 約 80%  
(1 兆kWh × 20%) / (365日 × 24時間 × 80%) = 約 30 GW

## 原子力比率Ⅲ

総需要 : 約 1 兆kWh  
原子力比率 : 15%  
設備利用率 : 約 80%  
(1 兆kWh × 15%) / (365日 × 24時間 × 80%) = 約 20 GW

## 原子力比率Ⅳ

総需要 : 約 1 兆kWh  
原子力比率 : 0%

# シナリオ評価における評価項目について

## ◆短期的に重要な課題

- 使用済燃料管理・貯蔵
  - 使用済燃料貯蔵量、貯蔵容量
- 核燃料サイクルを巡る国際的視点
  - Pu利用(在庫量)、国際貢献
  - 核不拡散、核セキュリティリスクへの影響
  - 日米原子力協定への影響
- 政策変更または政策を実現するための課題(立地困難性を含む)
  - 使用済燃料貯蔵への影響、立地自治体との信頼関係への影響、雇用への影響、技術力への影響(人材、技術基盤・インフラストラクチャの影響)、海外委託再処理に伴う返還廃棄物への影響、政策変更に伴う費用負担のあり方

## ◆中・長期的に重要な課題

- 経済性
  - シナリオに基づく核燃料サイクルの総費用 など
- エネルギー安全保障、ウラン供給確保
  - 資源節約、燃料危機への抵抗力
- 放射性廃棄物発生量
- 選択肢の確保(柔軟性)
  - 開発の柔軟性、政策変更への柔軟性

---

# 短期的に重要な課題

# 使用済燃料管理・貯蔵：使用済燃料貯蔵量、貯蔵容量

## 共通事項

- 2010年末時点の使用済燃料の総量は約1.7万tUである。2030年までに追加で発生する使用済燃料の発生量は、約1.9万tUであり、合計で約3.6万tUとなる。
- サイト内の使用済燃料プールの貯蔵容量は約2万tU(2010年時点)である。
- 六ヶ所再処理施設の貯蔵容量は0.3万tU、現在建設中のむつりサイクル燃料貯蔵施設(以下「むつRFS」という。)は0.5万tUの貯蔵容量※がある。※東京電力㈱と日本原子力発電㈱の使用済燃料が対象
- 今後は敷地内、敷地外にかかわらず、貯蔵容量の確保が課題。

## シナリオ1(全量再処理)

- 再処理を2030年まで運転した場合、使用済燃料の総量は約2.2万tUとなる。
- 再処理工場の稼働状況によっては、使用済燃料貯蔵容量が逼迫する可能性があるため、貯蔵容量の増強は必要である。

## シナリオ2(再処理/処分併存)

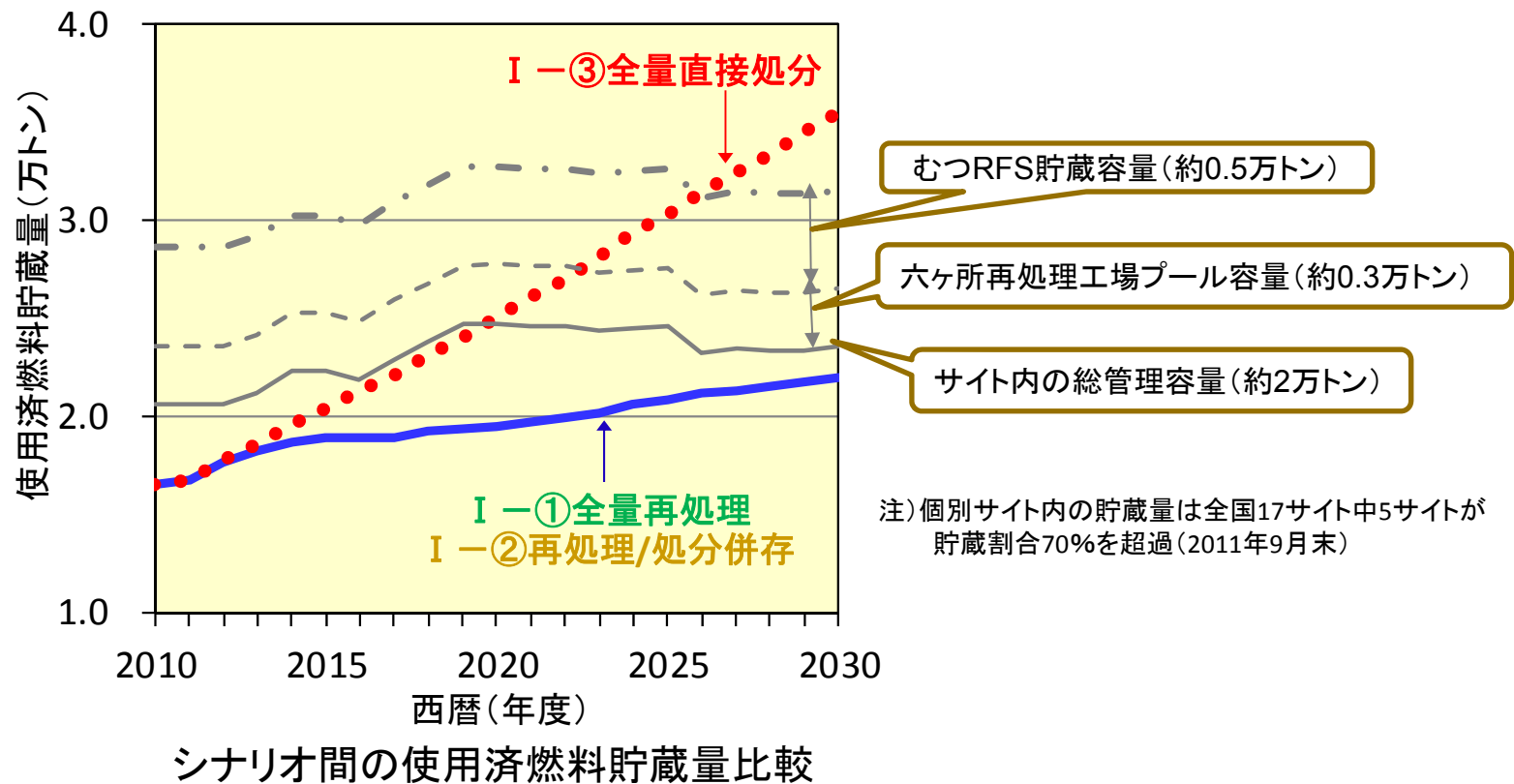
- 貯蔵容量と使用済燃料発生総量はシナリオ1と同じ。
- むつRFSは再処理を前提とした貯蔵施設であるため、再処理を前提とした使用済燃料を貯蔵する。
- 再処理工場の稼働状況によっては、使用済燃料貯蔵容量が逼迫する可能性があるため、貯蔵容量の増強は必要である。

## シナリオ3(全量直接処分)

- 2030年まで廃棄物としての使用済燃料は約3.6万tU発生し、現在の貯蔵容量を超えることから、貯蔵容量の増強が喫緊の課題となる。
- むつRFSは再処理を前提とした貯蔵施設であるため、直接処分を前提とした利用に課題がある。また、六ヶ所再処理施設での貯蔵継続に課題がある。

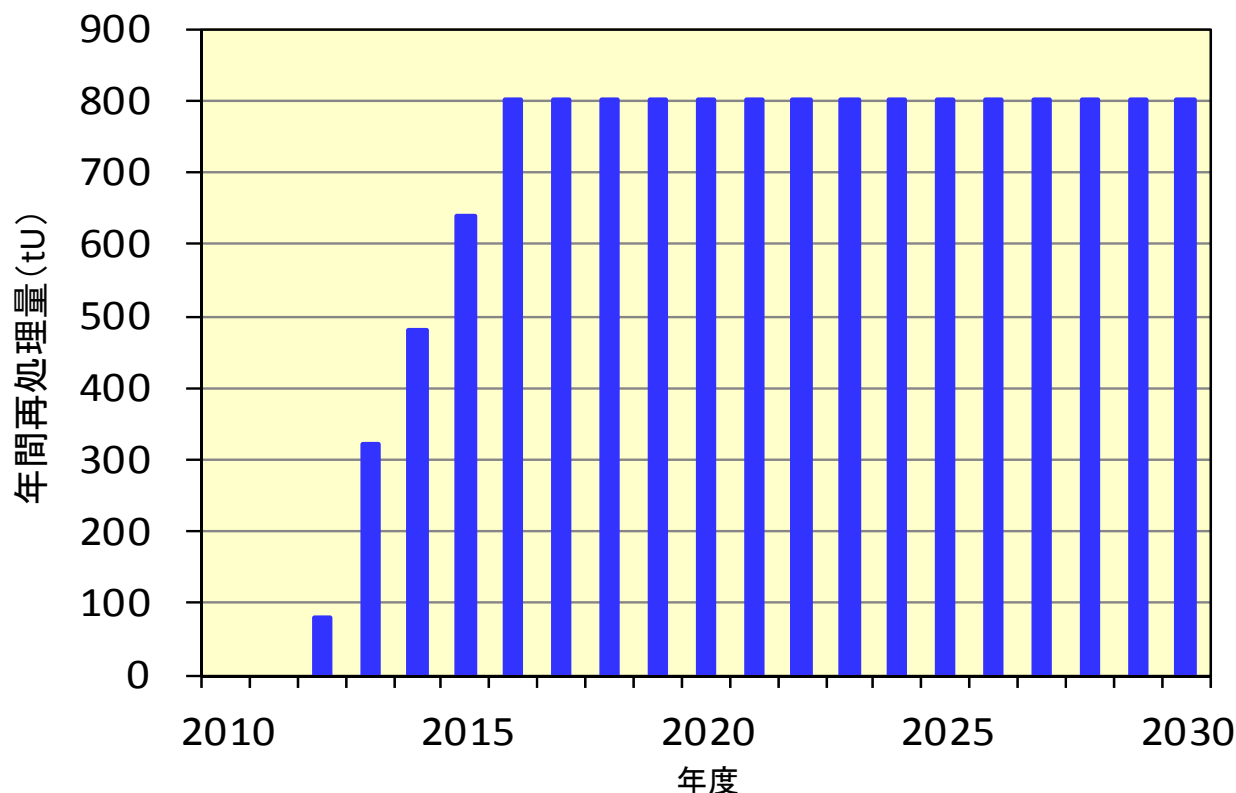
# 解析結果(使用済燃料貯蔵量)

- 全量直接処分 I-③の場合、使用済燃料貯蔵量は直線的に増加し続けるが、六ヶ所再処理工場を運転する I-①および I-②の場合、使用済燃料はリサイクルするため、その貯蔵量の増加を抑えることができる。



# 解析結果(六ヶ所再処理工場運転状況)

- プルサーマルで消費されるPu量に応じて、海外のPu利用も考慮しつつ六ヶ所再処理工場で使用済燃料の再処理を行う。
- 六ヶ所再処理工場は800トン/年の処理能力到達以降、一定の処理量となり、2012年から2030年までに約1.4万トンの使用済燃料を処理する。



六ヶ所再処理工場の運転状況(全量再処理、再処理/処分併存の場合)

前提条件:

- プルサーマルを実施する原子炉(以下「プルサーマル炉」という。)で消費されるPu量に応じて再処理を実施
- 全国の16~18基のプルサーマル炉を用い17GW程度で運転するとし、海外のPu及び六ヶ所再処理工場から回収したPuを利用すると想定(福島第一原子力発電所3号機は除く)



# 核燃料サイクルを巡る国際的視点：Pu利用（在庫量）

## 共通事項

- 2010年末時点で、海外からの未返還分（約23tPuf）、国内発電所保管分（約1tPuf）及び抽出済み分（約2.3tPuf）が存在するため※、これらを減らすことが必要。
- 海外未返還分と国内発電所保管分は約1700万kW相当の原子炉によるプルサーマル約10年で利用可能。ただし、プルサーマル受け入れに関する地元の理解が必要。
- 再処理に伴い回収される回収Uが現在国内に約1,900tU存在し、その取扱いが課題。

## シナリオ1（全量再処理）

- 今後、再処理によってPuが発生（800t/年の場合、4tPuf/年強）するが、プルサーマルを実施する原子炉の規模を約1700万kWと仮定すると、現有Puを削減しつつ、現有Puがなくなった後もPuを増やさずバランスしながらプルサーマルの実施が可能。

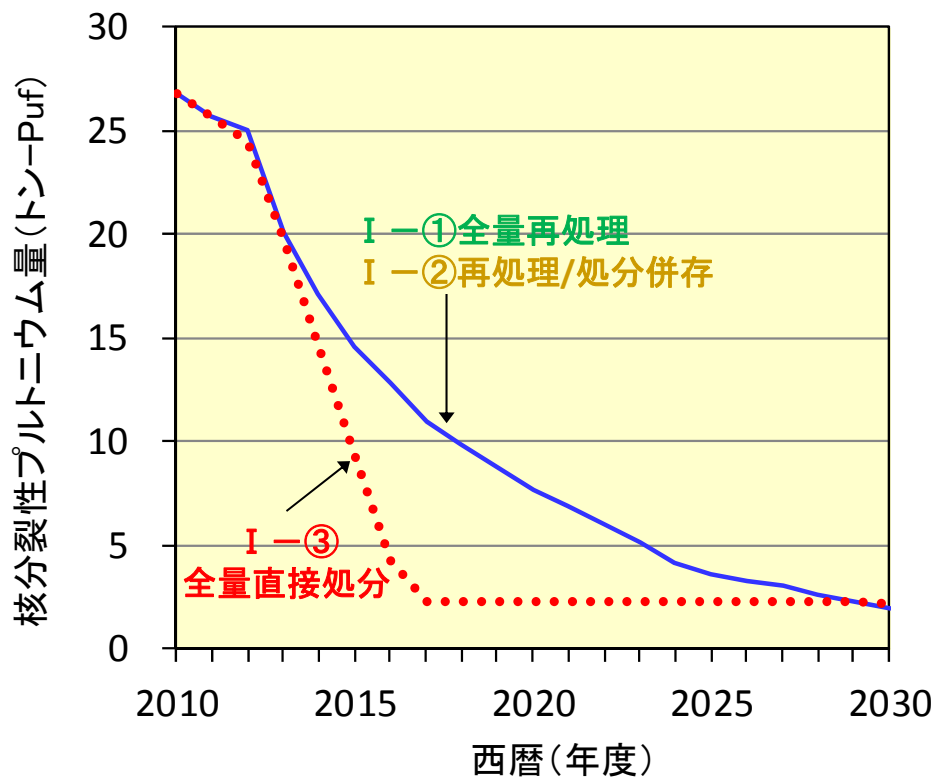
## シナリオ2（再処理/処分併存）

- 今後、再処理によってPuが発生（800t/年の場合、4tPuf/年強）するが、プルサーマルを実施する原子炉の規模を約1700万kWと仮定すると、現有Puを削減しつつ、現有Puがなくなった後もPuを増やさずバランスしながらプルサーマルの実施が可能。
- シナリオ2においては、使用済MOX燃料の処理処分の方針が不透明となるため、プルサーマル受け入れに関する地元の理解に対し、より一層の努力が必要となる。

## シナリオ3（全量直接処分）

- 国内MOX燃料加工工場の建設は中止されるため、国内で抽出済みのPu約2.3tPufをMOX燃料に加工する能力の確保が必要である。  
※我が国には、その他研究用として約3.3tPuf存在する。

# 解析結果 (Pu貯蔵量)



核分裂性プルトニウム貯蔵量の推移

シナリオ	2030年時点で貯蔵されている使用済燃料中に含まれるPuf(トン)
I-① 全量再処理	約180
I-② 再処理/処分併存	
I-③ 全量直接処分	約220

# 核燃料サイクルを巡る国際的視点： 国際貢献

## 共通事項

- アジア、中東等における原子力発電所の利用が拡大していく中で、核不拡散、特に使用済燃料の的確な管理等が避けられない課題。我が国は原子力発電に関する主要な技術保有国・輸出国であり、また、非核兵器保有国でありながら核燃料サイクル能力を有する独特の位置づけにある。

## シナリオ1(全量再処理)

## シナリオ2(再処理/処分併存)

- 高速炉サイクル技術を含む核燃料サイクル施設で培った安全、保障措置、核セキュリティに関する基盤技術を他の国に技術支援することにより、国際貢献できる。
- 我が国の設備規模、運転状況に依存するが、多国間枠組みに我が国が積極的に関わることができる。

## シナリオ3(全量直接処分)

- 核燃料サイクル分野において国際貢献できる範囲はシナリオ1、シナリオ2と比べて狭まる。但し、その範囲において積極的にかかわることができる。

# 核燃料サイクルを巡る国際的視点：核不拡散、核セキュリティにおけるリスクへの影響

## 共通事項

- IAEA保障措置や核セキュリティの要求項目を満足させる必要がある。
- 世界の核拡散、核セキュリティにおけるリスク<sup>△</sup>の低減に貢献することが重要である。

## シナリオ1(全量再処理)

- 平和利用に限定することについて国際理解の増進が必要。
- 核拡散や核テロの発生に対する国際社会の懸念を招かないよう、Pu取扱量や輸送量が増えることに対して国際社会で合意された厳格な保障措置、核セキュリティ対策を講じることが求められる。
- 我が国の再処理施設の保障措置のため、現状、査察に毎年約1,000人日<sup>※</sup>の人工数を要している(2010年実績で、原子炉等規制法で規制される全ての施設を対象とした査察に毎年約2,500人日を要する)。
- ガラス固化体はIAEAの検認を経て包括的保障措置の適用を終了させ得<sup>△</sup>となるが、核セキュリティ<sup>上</sup>への対応は必要。

## シナリオ2(再処理/処分併存)

- 基本的にはシナリオ1と同様。
- 使用済燃料の直接処分にはPuが含まれるため、処分後の保障措置についての国際的な検討が必要。

## シナリオ3(全量直接処分)

- Pu取扱量や輸送量が減るものの、現有再処理施設等にPu等の核物質が存在する限り、核不拡散、核セキュリティの取り組みの維持が必要。
- 使用済燃料の直接処分にはPuが含まれるため、処分後の保障措置についての国際的な検討が必要。

※ 平成23年第29回定例会資料4号『我が国における保障措置活動状況等について』参照

# 核燃料サイクルを巡る国際的視点：日米原子力協定への影響

## 共通事項

- 1974年のインドの核実験を契機としたカーター米大統領による核不拡散政策の強化により、旧動力炉・核燃料開発事業団（現日本原子力研究開発機構）の東海再処理施設（1971年建設開始）における米国から輸入された核物質の再処理について、~~の運転にかかる~~日米原子力協定（旧協定）に基づく米国の同意取り付けが難航した。核不拡散強化方針を打ち出していた米国との間で10年にわたる交渉の結果、再処理にかかる包括同意等を取り付けた（1988年）。

## シナリオ1（全量再処理）

- 再処理を継続する場合でも、福島事故を踏まえ、核セキュリティの強化など、より厳格な不拡散に関する措置が求められる可能性がある。

## シナリオ2（再処理/処分併存）

- 再処理を実施する場合はシナリオ1と同じ。
- 再処理能力を超えた使用済燃料の扱いが不明確のままであるため、その取扱いを米国と協議することが必要となる可能性がある。
- 将来再処理するかどうか不明確な場合、~~米側から改定交渉が難航し、再処理についての包括同意の見直しを求められるをとりつけられない~~可能性がある。

## シナリオ3（全量直接処分）

- 再処理を中止するため、日米協定にその内容を反映することが必要。
- 一旦再処理政策を取りやめ、再び再処理政策を選択しようとする場合、改定交渉が難航し、長期に亘って再処理ができない可能性がある。

## 社会受容性：立地困難性（使用済燃料貯蔵施設）

### 共通事項

- 政策選択肢の柔軟性の確保のため、使用済燃料の貯蔵容量の増強が必要である。
- 使用済燃料貯蔵容量の増強に関して、地元の理解、同意に時間を要する。（敷地内：使用済燃料プールの増強、貯蔵施設の追設、敷地外：貯蔵施設の建設）
- 敷地外の使用済燃料貯蔵施設に関しては地元の了解を得ているのはむつRFS一箇所のみである。むつRFSは、使用済燃料を再処理するまで50年間貯蔵することで地元了解と国からの事業許可を得ている。
- いずれのシナリオでも、地元からは使用済燃料を搬出すること（特に時期）を求められる。

### シナリオ1（全量再処理）

- 貯蔵する使用済燃料の量は、他のシナリオと比較して相対的に少ない。
- 地元に対し、使用済燃料は再処理するまで貯蔵することで申し入れる。

### シナリオ2（再処理/処分併存）

- 2030年まででは、貯蔵する使用済燃料の量はシナリオ1と同じ。
- 地元に対して、従来説明し理解を得ている内容に修正を加え、使用済燃料は再処理するまで貯蔵するか廃棄物として貯蔵するか、不明確な位置付けで申し入れることになる。
- 申し入れに当たり、使用済燃料の扱いの将来像が不明確な場合には、搬出先についても求められる可能性がある。

### シナリオ3（全量直接処分）

- 貯蔵する使用済燃料の量は、他のシナリオと比較して相対的に多い。
- 地元に対して、従来説明し理解を得ている内容に修正を加え、使用済燃料は廃棄物として貯蔵することで申し入れる。
- 申し入れに当たり、搬出先についても求められる可能性がある。



## 社会受容性：立地困難性（最終処分施設）

### 共通事項

- 現時点で、貯蔵されている使用済燃料が約1.7万tU、ガラス固化体が約2,600本ある。放射性廃棄物の処分対策は将来世代に先送りすべきでない。
- 最終処分施設の立地はいずれのシナリオでも容易ではない。

### シナリオ1（全量再処理）

- 最終処分施設の面積は他のシナリオと比較して小さくなる。
- ガラス固化体を前提とした地層処分については、ガラス固化の安定性等の知見が得られており、それを踏まえた立地活動が行われてきている。

### シナリオ2（再処理/処分併存）

- 直接処分も行う場合には、最終処分施設の面積はシナリオ1と3の中間となる。（直接処分を行う使用済燃料の量に応じて変化する。）
- 直接処分も行う場合には、直接処分に関する十分な知見が得られるまで本格的な立地活動開始が困難なため、選定作業が遅れる可能性がある。また、プルトニウム等の核物質を埋設することに住民の理解の獲得が必要である。

### シナリオ3（全量直接処分）

- 最終処分施設の面積は他のシナリオと比較して大きくなる。
- 直接処分に関する十分な知見が得られるまで本格的な立地活動開始が困難なため、選定作業が遅れる可能性がある。
- プルトニウム等の核物質を埋設することに住民の理解の獲得が必要である。

# 雇用への影響

## シナリオ3(全量直接処分)

- 再処理事業を中止した場合には、今後のサイクル事業全体(40年分の再処理工場の運転と廃止措置)のうち、40年分の再処理工場の運転にかかる雇用が失われることとなる。(サイクル事業に関連して働く人数は約5,000人(県内出身約7割)の多くを占める事業の雇用へ影響を及ぼす可能性がある。一方、再処理施設の廃止措置に当たっては、年間約1300人の雇用が約30年間分残ると見込まれる。\*)

会社名	社員数	県内雇用数	備考
日本原燃(株)	2,442	1,374	昭和61年度以降の新規採用者数は1,718人で、うち地元採用は1,345人
(株)ジェイテック	295	259	
原燃輸送(株)六ヶ所輸送事業所	31	25	
むつ小川原原燃興産(株)	203	201	
六ヶ所原燃警備(株)	165	165	
関連会社※	1,902	1,594	
合計	5,038	3,618	

H23.4.1現在

\* 総合資源エネルギー調査会 電気事業分科会 第8回コスト等検討小委員会資料 第1-2「再処理施設の廃止措置費用について」に基づいて算出

※ サイクル施設及び付帯施設の関連業務(メンテナンス等)を行う会社 合計51社

出典:「豊かで活力ある地域づくりをめざして～原子燃料サイクル施設等の立地に伴う地域振興」より抜粋



## 経済面、技術基盤面への影響

- 我が国が培ってきた核燃料サイクルの技術力への影響（人材、技術基盤、インフラストラクチャーへの影響）

### シナリオ1(全量再処理)

- 軽水炉サイクル及びFBRサイクル技術は現計画のままであり、今後開発を進めることで更なる発展が期待される。

### シナリオ2(再処理/処分併存)

- 軽水炉サイクル技術については、現計画のままであり、今後開発を進めることで更なる発展が期待される。
- 直接処分技術について実用化に向けた研究開発を行うため、直接処分に関する人材、技術基盤、インフラが蓄積される。但し、ガラス固化体処分と技術的に重なる部分が多く、その研究開発成果を流用できる。
- FBRサイクル技術については、実用化に向けた研究開発から、その実施の判断に必要な研究レベルに変わることによって、FBRに対する民間の投資意欲が減退する可能性がある。

政策変更または政策を実現するための課題

## 経済面、技術基盤面への影響

- 我が国が培ってきた核燃料サイクルの技術力への影響(人材、技術基盤、インフラストラクチャーへの影響)

### シナリオ3(全量直接処分)

- 直接処分技術について実用化に向けた研究開発を行うため、直接処分に関する人材、技術基盤、インフラが蓄積される。但し、ガラス固化体処分と技術的に重なる部分が多く、その研究開発成果を流用できる。
- 発電炉に比べて建設機会が非常に少ない再処理事業は、現在の施設の運転や改良工事を通じて知見の蓄積と改良を図りながら独自に技術力を維持・向上させる必要があり、事業が中止されれば、現時点で民間に蓄積されている建設・運転・保守の知見や人材は失われるため、再び再処理政策を選択したとしても、失われた技術を取り戻すために、長い期間や多大な費用が必要となる。
- FBRサイクルの実用化に向けた研究開発を中止した場合、関連の研究開発については、基本的に規模の縮小／中止(予算減、人員減、関連研究施設の廃止)となり、これまで培ってきた技術を長期間維持することは困難になる。また、これまで、常陽、もんじゅ等の建設・運転や、FBR実用化に向けて進めてきた研究開発によって民間に蓄積された技術・人材は失われることとなり、再びFBR実用化を目指したとしても、失われた技術を取り戻すために、長い期間や多大な費用が必要となる。

(参考)○高速増殖炉サイクル開発に関わる人材規模

【JAEA】

(核燃料サイクル工学研究所:約730名、高速増殖炉研究開発センター(もんじゅ):約210名、大洗研究開発センター(常陽など):約530名、次世代原子力システム研究開発部門:約180名)

【メーカー】約900人(FBRサイクル開発業務に従事するエンジニア数)

○再処理事業に関わる人材規模

【日本原燃】約 2400人

# 海外再処理に伴う返還放射性廃棄物

## 共通事項

- 仏国からの低レベル廃棄物、英国からの高レベル廃棄物が返還される予定。
- 返還放射性廃棄物は、青森県の協力のもとに、ガラス固化体に関する廃棄物管理施設へ一時的に受け入れ、管理期間終了後に搬出することとなっている。

## シナリオ1(全量再処理)

- ガラス固化体に関する廃棄物管理施設の位置付けは変わらず、返還放射性廃棄物を現行の廃棄物管理施設に受け入れる現計画に変更なし。

## シナリオ2(再処理/処分併存)

- ガラス固化体に関する廃棄物管理施設の位置付けは変わらず、返還放射性廃棄物を現行の廃棄物管理施設に受け入れる現計画に変更なし。

## シナリオ3(全量直接処分)

- 再処理を中止するため、六ヶ所再処理工場のガラス固化体に関する廃棄物管理施設への返還放射性廃棄物を受け入れることができなくなる可能性がある。
- 上記の場合、返還放射性廃棄物を受け入れるための施設を準備する必要があるが、受け入れ先の選定や建設等に時間を要する場合、仏国で「放射性廃棄物管理の研究に関する法律※」に抵触する等、国際問題となる可能性がある。

※放射性廃棄物管理の研究に関する法律 第3条—外国からの放射性廃棄物は、仮にその廃棄物が再処理委託によって発生した場合でも、再処理上、技術的に必要とされる期間を越えて貯蔵してはならない。

---

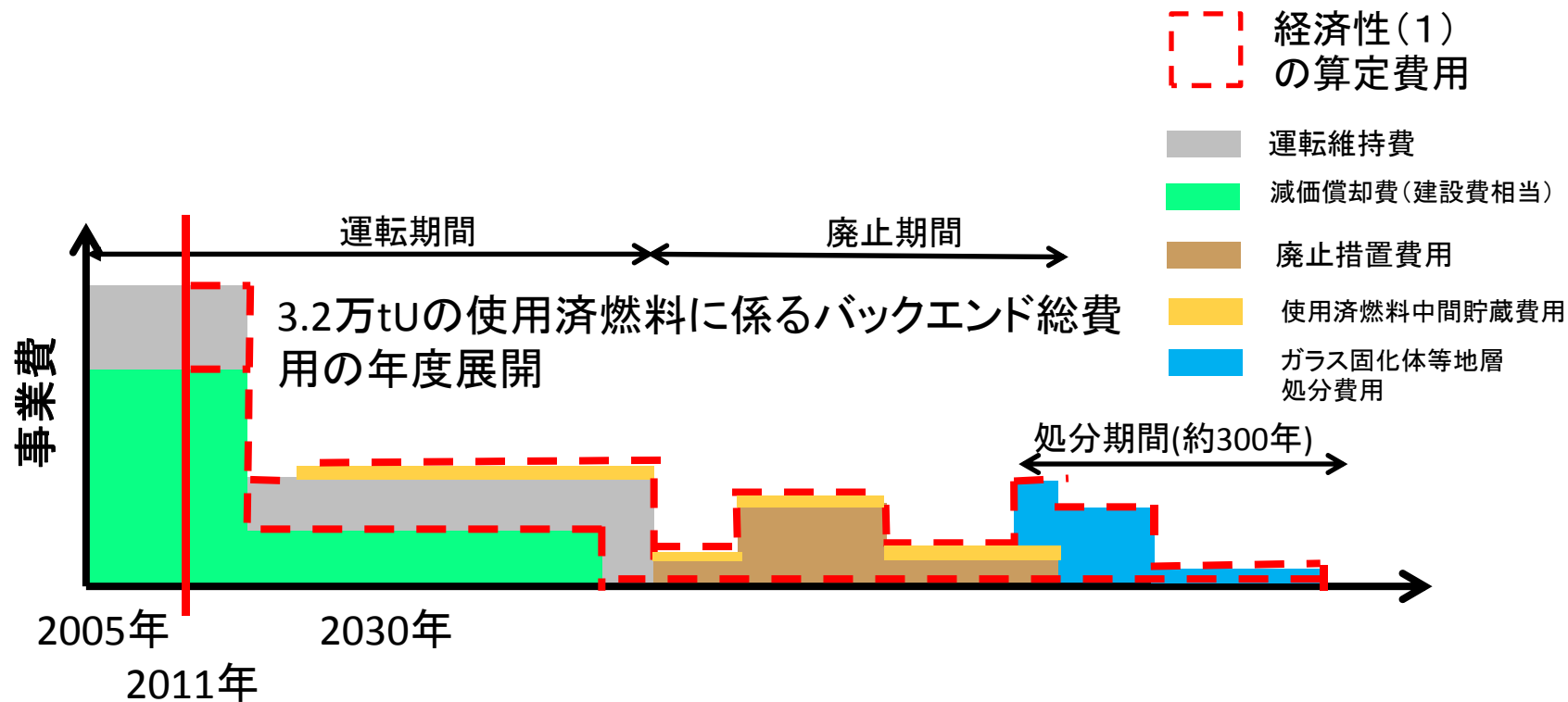
# 中・長期的に重要な課題

# 経済性(1)の評価方法

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た総額を算出

# 経済性(1)の評価方法

—算定のイメージ(全量再処理)—

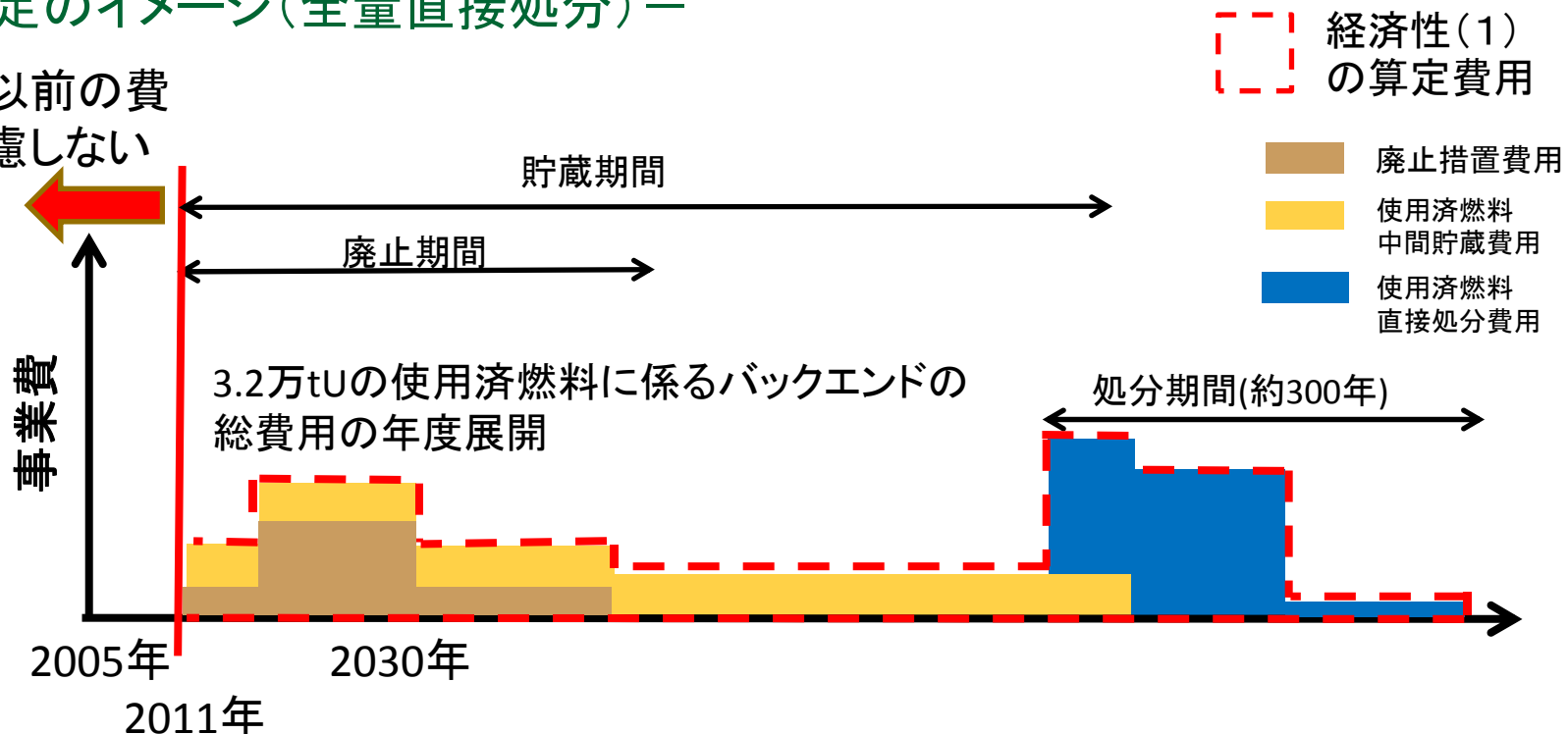


※なお、六ヶ所再処理工場の容量(3.2万tU)を超える使用済燃料分のバックエンド費用が生じる場合は、経済性(2)の評価と同じ方法とする。

# 経済性(1)の評価方法

—算定のイメージ(全量直接処分)—

2011年以前の費用は考慮しない



- 2030年までに発生する使用済燃料を直接処分する場合に発生する費用に加え、六ヶ所再処理工場の廃止措置を2012年より開始するとして費用を加える。

# 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

	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)
兆円, 割引率0%		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 <del>2.67</del> 2.68 0.52~0.61 ( <del>11.7</del> 12.0~ <del>11.8</del> 12.0)	1.78 1.82 0.04 5.19~ <del>6.06</del> 6.07 (8.83~ <del>9.70</del> 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下記費用が発生する可能性がある。\*

	—	—	0.03兆円	0.39兆円
--	---	---	--------	--------

\*: 詳細については324ページ参照



## ~~経済性(2)：発電時点で発生し得る費用ベースの核燃料サイクルの総費用 —算定の考え方—~~

### 共通事項

- ~~各シナリオ毎の総費用(2010～2030年)は下記の考え方で算出~~

~~シナリオに基づく核燃料サイクルの総費用~~

~~＝ ーベース値＋シナリオを実現するために今後追加となる費用~~

- ~~ーベース値~~

~~ーサイクルコスト\*(円/kWh)×2010～2030年の総発電電力量(kWh)~~

~~ー\*:本小委員会にて実施した試算を元に各シナリオ毎のサイクルコストを試算。~~

- ~~ーなお、立地自治体との条件の変更に伴い追加の可能性のある費用も算定~~

# 経済性(2)の評価方法

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のうち、2010年から2030年までの間に積立しておくべき費用を算出

## ○ 費用算出の考え方

2010年から2030年で発生する使用済燃料の再処理や最終処分は主に2030年以降に行われる。このため、1kWh当たりのサイクルコスト<sup>注1</sup>を用い、これに2010年から2030年で発生する原子力発電による電力量を乗じて総費用を算出(次頁参照)

シナリオに基づく核燃料サイクルの総費用  
= サイクルコスト<sup>注1</sup>(円/kWh) × 2010～2030年の総発電電力量(kWh)

注1: 本小委員会にて実施した試算を元に、各シナリオ毎のサイクルコストを試算。(単位: 円/kWh)

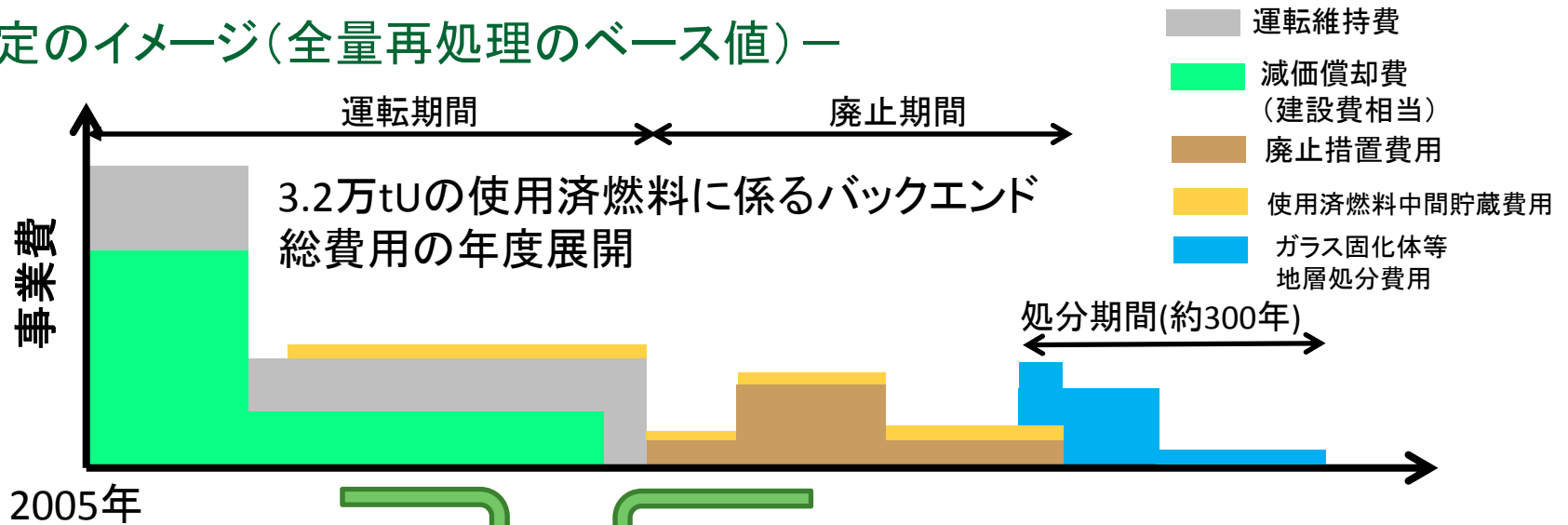
## ○ シナリオ3については下記の費用を追加で算出

- ✓ 六ヶ所再処理工場の埋没費用<sup>注2</sup>(未償却資産に見合う費用)
- ✓ 廃止措置費用、既に存在するガラス固化体等の処分費用等
- ✓ 過去に発生した使用済燃料1.7万tUを直接処分に変更する場合に不足となる費用

注2: 埋没費用とは、投資評価を行う時点ですでに支出されてしまっている費用のこと。いずれの案を選択しても同様に発生する費用。会計上の簿価(帳簿価値)などが該当する。

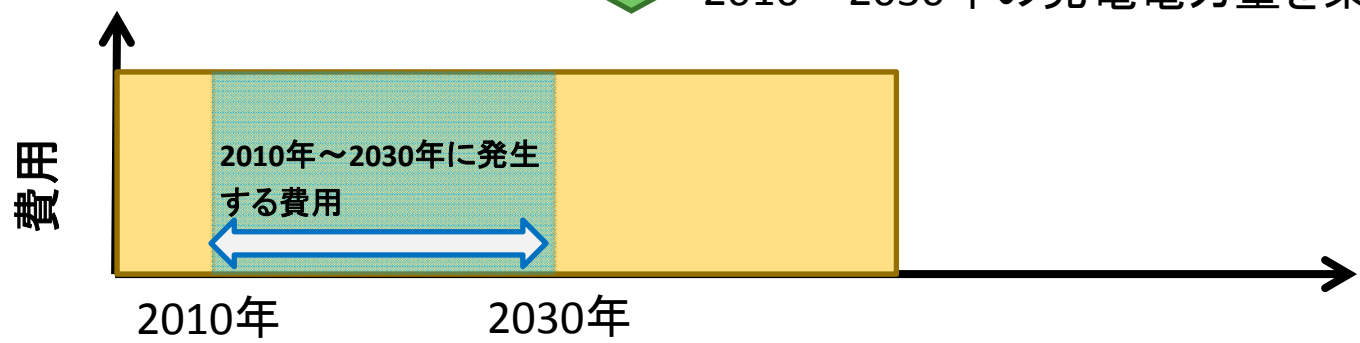
# 経済性(2)の評価方法

—算定のイメージ(全量再処理のベース値)—



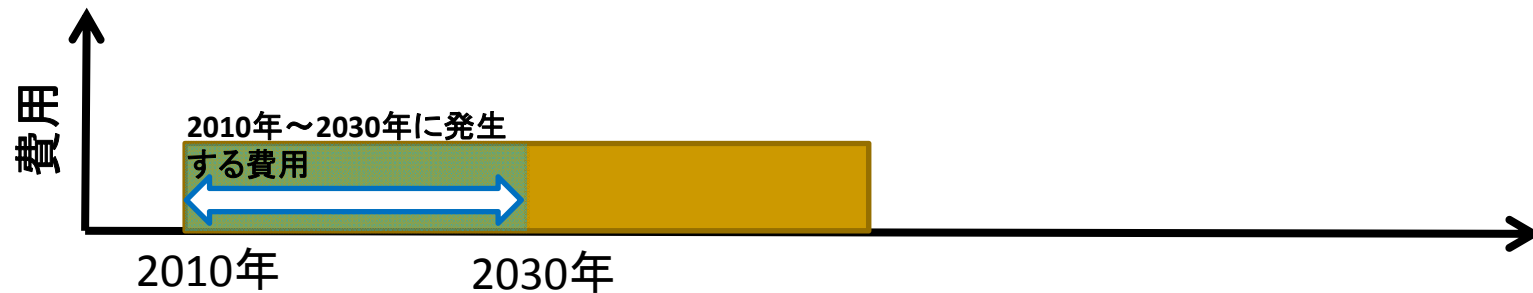
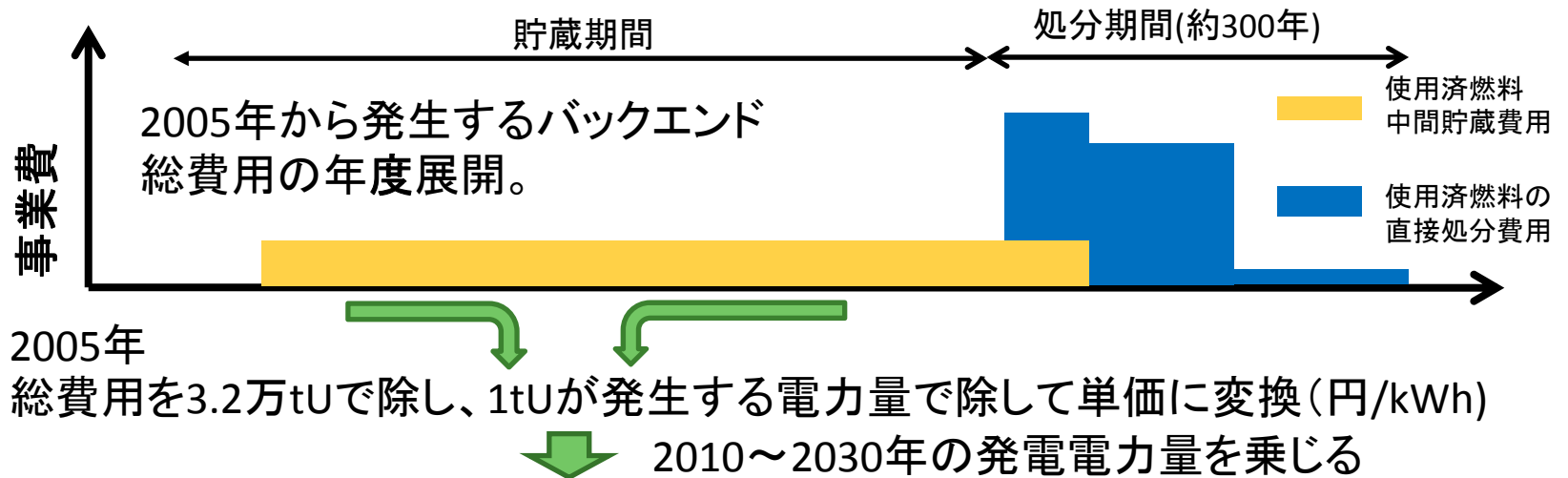
総費用を3.2万tUで除し、1tUが発生する電力量で除して単価に変換(円/kWh)

↓ 2010~2030年の発電電力量を乗じる



# 経済性(2)の評価方法

—算定のイメージ(全量直接処分のベース値)—



上記以外に、以下の費用も算出

- ① 六ヶ所再処理工場の埋没費用注2(未償却資産に見合う費用)
- ② 廃止措置費用、既に存在するガラス固化体等の処分費用等
- ③ 過去に発生した使用済燃料1.7万tUを直接処分に変更する場合に不足となる費用

# 経済性(2) : 発電時点で発生し得る費用ベースの核燃料サイクルの総費用

## ベース値

	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)
単位:円/kWh, 割引率3%		中間貯蔵分を再処理	中間貯蔵分を直接処分	
ウラン燃料	0.77	0.77	0.78	0.81
MOX燃料※ (フロントエンド計)	0.07 (0.85)	0.07 (0.85)	0.06 (0.84)	--- (0.81)
再処理等	0.51	0.51	0.39	---
中間貯蔵	0.04	0.04	0.04	0.09
高レベル廃棄物処分	0.04	0.04	0.03	---
直接処分 (バックエンド計)	--- (0.58)	--- (0.58)	0.04 (0.50)	0.10~0.11 (0.19~0.21)
合計	1.43	1.43	1.34	1.00~1.02

× 6.8兆kWh (2010~2030年の総発電電力量)

シナリオに基づく総費用 ベース値	9.7兆円	9.7兆円	9.1兆円	6.8~6.9兆円
---------------------	-------	-------	-------	-----------

上記の費用の他、シナリオによって追加の費用が発生する<sup>注1</sup>。  
 上記の他に立地自治体との条件の変更に伴い下記費用が発生する可能性がある。<sup>注2</sup>

	—	—	0.03兆円	0.39兆円
--	---	---	--------	--------

※ 海外からの返還Puの利用費用及び返還放射性廃棄物処分費用は全シナリオとも含めていない。  
 ただし、海外Pu利用は全てのシナリオで同等に扱っているため、各シナリオで費用の差は無い。

注1: 詳細については30ページ参照  
 注2: 詳細については32ページ参照

# ~~経済性(2)：発電時点で発生し得る費用ベースの核燃料サイクルの総費用 —比率 I (総発電電力量6.8兆kWh)まとめ—~~

		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		
1	<del>ベース値</del>	<del>9.7兆円</del>	<del>9.7兆円</del>	<del>9.7兆円</del>	<del>9.1兆円</del>	<del>6.8~6.9兆円</del>	<del>6.8~6.9兆円</del>
* 2	<del>未償却資産の 見合い費用</del>	<del>—</del>	<del>—</del>	<del>—</del>	<del>—</del>	<del>1.78兆円</del>	<del>1.78兆円</del>
	<del>廃止に必要な設備・ 廃止措置費用等</del>	<del>ベース値に含む</del>	<del>ベース値に含む</del>	<del>ベース値に含む</del>	<del>ベース値に含む</del>	<del>1.82兆円</del>	<del>1.82兆円</del>
	<del>既発生分の使用済燃料の 直接処分とガラス固化体の 処分費用差</del>	<del>—</del>	<del>—</del>	<del>—</del>	<del>—</del>	<del>1.02兆円</del>	<del>1.02兆円</del>

~~上記の他に立地自治体との条件の変更に伴い下記費用が発生する可能性がある。\*~~

* 3		<del>—</del>	<del>—</del>	<del>0.03兆円</del>	<del>0.39兆円</del>
--------	--	--------------	--------------	-------------------	-------------------

~~\*: 詳細については21ページ参照~~

# 経済性：シナリオ毎に考慮する必要がある費用

## 記号の説明

○：経済性(1)(2)の総費用に含まれておらず、考慮する必要がある費用

△：経済性(2)の総費用に一部含まれている費用

×：経済性(1)の費用に既に含まれている費用

－：考慮する必要がない費用

I. いずれのシナリオにおいても将来発生することが決まっている費用			経済性(1)		経済性(2)	
			シナリオ1,2	シナリオ3	シナリオ1,2	シナリオ3
六ヶ所再処理事業に伴う費用	①再処理工場及び既着工済MOX工場の建物・設備の未償却資産見合いの費用	1.78 兆円	評価対象外		△	○
	②廃止に必要な廃棄物処理設備等*の建設費及び既存施設も含めた工場全体の廃止までの操業費 *：現在未建設だが操業中と廃止中に使用する設備	0.27 兆円	×	×	△	○
	③上記①及び②の建物・設備の廃止措置費用	1.51 兆円	×	×	△	○
	④発生済廃棄物(ガラス固化体及びTRU廃棄物)の輸送・処分費	0.04 兆円	×	×	△	○
	⑤回収済Pu(2.3tPu <sub>f</sub> )の貯蔵管理・処分関係費	α	×	○	△	○
II. シナリオ3で発生する固有の費用						
既発生分の使用済燃料の直接処分とガラス固化体の費用差(1.7万トン×(14,500万円/tU－8,500万円/tU))		1.02 兆円	－	－	－	○

~~経済性(2)：発電時点で発生し得る費用ベースの核燃料サイクルの総費用  
—シナリオを実現するために今後追加となる費用—~~

		<del>シナリオ1,2</del>	<del>シナリオ3</del>
六ヶ所再処理事業中止に伴う費用	①再処理工場及び既着工済MOX工場の建物・設備の未償却資産見合いの費用	—	1.78兆円
	②廃止に必要な廃棄物処理設備等*の建設費及び既存施設も含めた工場全体の廃止までの操業費 *：現在未建設だが操業中と廃止中に使用する設備	ベース値に含む	0.27兆円
	③上記①及び②の建物・設備の廃止措置費用	同上	1.51兆円
	④発生済廃棄物(ガラス固化体及びTRU廃棄物)の輸送・処分費	同上	0.04兆円
	⑤回収済Puの貯蔵管理・処分関係費用	同上	0
既発生分の使用済燃料の直接処分とガラス固化体の費用差 (1.7万トン×(14,500万円/tU-8,500万円/tU))		—	1.02兆円

出典：~~日本原燃からの提供等に基づ~~



## 経済性(2)：その他考慮すべき費用

~~発電時点で発生し得る費用ベースの核燃料サイクルの総費用~~

### 一立地自治体との条件の変更に伴い追加の可能性のある費用一

1. 六ヶ所再処理工場から国内各発電所に返送する可能性\* 0.05兆円
  - ◆ 上記に伴う使用済燃料輸送費用
    - \* その他、使用済燃料の返送に伴い、原子力発電所停止とそれを代替電源でカバーする時の費用発生(約22~32兆円)のリスクもある。(第15回資料第1-54号参照)
  
2. 海外からの返還廃棄物の受入れが滞って行き場を失う可能性 0.25兆円
  - ◆ 既存の海外返還廃棄物貯蔵施設(高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター)の未償却資産見合いの費用
  - ◆ 海外返還廃棄物の移送費用
  - ◆ 新規海外返還廃棄物貯蔵施設と将来の廃止費用
    - ※上記に加え、今後予定される海外返還予定廃棄物の返還時期延期による貯蔵費用の追加も発生し得る
  
3. 六ヶ所低レベル放射性廃棄物処分施設の受入れが延滞する可能性 0.06兆円
  - ◆ 新規低レベル放射性廃棄物処分施設のうち港湾、敷地費用
  
4. むつRFS建設計画中止の可能性(搬入予定の燃料が再処理されない場合) 0.03兆円
  - ◆ 現在までの建設投資額(キャスク除く)

# エネルギー安全保障：資源節約、燃料危機への抵抗力

## 共通事項

- シナリオ1～3の如何にかかわらず、原子力発電の特徴である燃料危機（価格高騰化、供給途絶）に対する抵抗性を確保できるので、エネルギーの安定供給に貢献する。
- FBRが実用化される迄の間は、天然ウラン・濃縮ウラン市場の逼迫への対応が必要。

## シナリオ1（全量再処理）

- 六ヶ所再処理工場で再処理されたPuをプルサーマルで利用することで、我が国のウラン消費量は年間約10%節約される。
- FBRが実用化された場合、ウラン資源制約から開放され、ウランの輸入なしに原子力発電が可能となる選択肢が確保される。

## シナリオ2（再処理/処分併存）

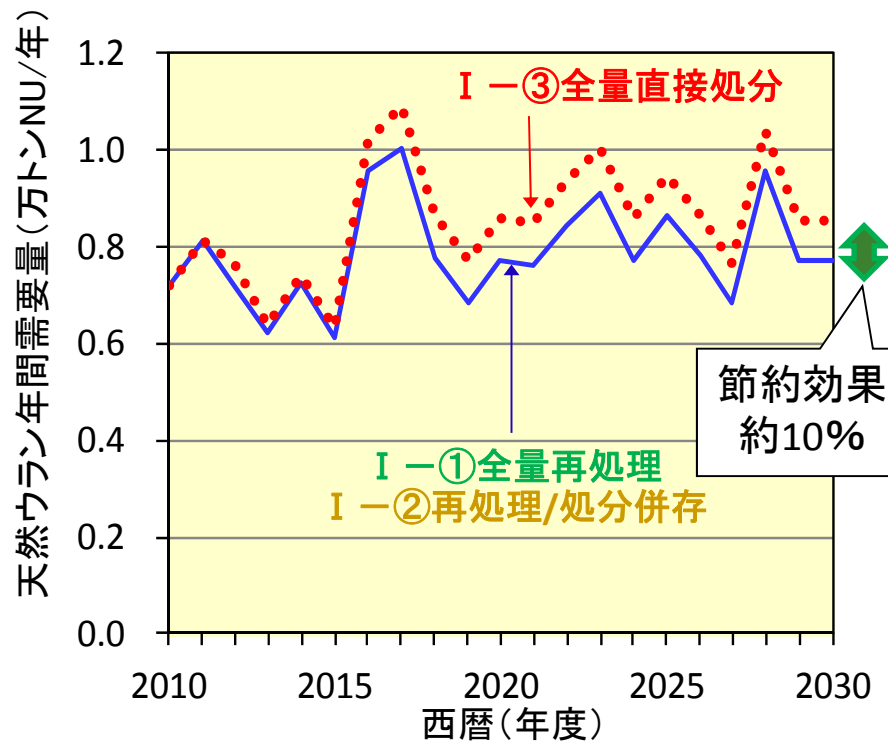
- 六ヶ所再処理工場で再処理されたPuをプルサーマルで利用することで、我が国のウラン消費量は年間約10%節約される。
- FBRの実用化を目指す政策判断を先送りするため、燃料確保に関する将来の確実性が高まらない。

## シナリオ3（全量直接処分）

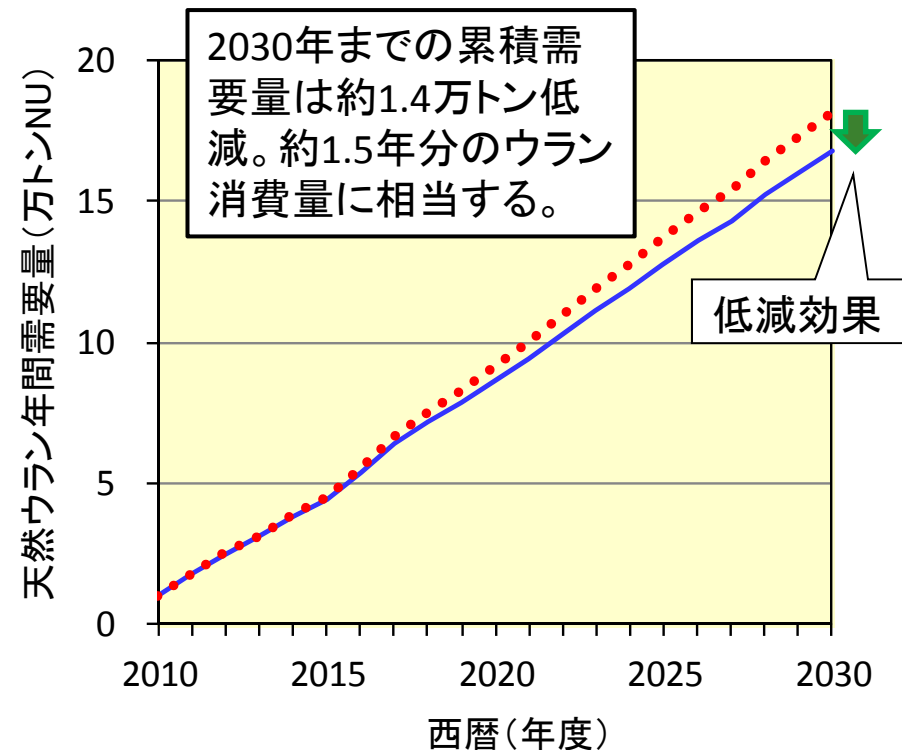
- 直接処分にはエネルギー安全保障上の追加的な価値がなく、共通事項と同じ。

# 解析結果(天然ウラン需要量)

- 六ヶ所再処理工場で回収されるPuをプルサーマルで利用することにより、六ヶ所再処理が現行計画通りに運用を開始した場合(I-①、I-②)、直接処分シナリオ(I-③)に比べ、天然ウラン、濃縮ウランの年間需要の最大10%程度が節約される。さらに累積需要量は2030年時点で約1.4万トン少なくなることが見込まれる。



シナリオ間の天然ウラン年間需要量



シナリオ間の天然ウラン累積需要量

# 放射性廃棄物発生量：放射性廃棄物発生量（地層処分）

## 共通事項

- どのシナリオにおいても、最終処分施設の立地・建設が不可欠。

シナリオ	2030年までの発生量			埋設する場合の廃棄物としての合計体積(換算)	廃棄物処分施設の合計面積(換算)
	高レベル放射性廃棄物ガラス固化体※8	低レベル放射性廃棄物(地層処分)	使用済燃料		
シナリオ1(全量再処理)	0.3万m <sup>3</sup>	0.7万m <sup>3</sup>	2.2万tU※1	6万m <sup>3</sup> ※2	236万m <sup>2</sup>
シナリオ2(再処理/処分併存)	0.3万m <sup>3</sup>	0.7万m <sup>3</sup>	2.2万tU※3	6万m <sup>3</sup> ※4	236万m <sup>2</sup>
				16.6万m <sup>3</sup> ※5	546万m <sup>2</sup>
シナリオ3(全量直接処分)	0.04万m <sup>3</sup>	0.2万m <sup>3</sup>	3.6万tU※6	20万m <sup>3</sup> ※7	621万m <sup>2</sup>

※1, 3, 6 2030年時点で貯蔵されている使用済燃料。

※2 2030年時点で発生しているガラス固化体と低レベル放射性廃棄物(地層処分)及び※1を再処理した場合に発生する放射性廃棄物の合計体積

※4 2030年時点で発生しているガラス固化体と低レベル放射性廃棄物(地層処分)及び※3を再処理した場合に発生する放射性廃棄物の合計体積

※5 2030年時点で発生しているガラス固化体と低レベル放射性廃棄物(地層処分)及び※3を直接処分した場合に発生する放射性廃棄物の合計体積

※7 2030年時点で発生しているガラス固化体と低レベル放射性廃棄物(地層処分)及び※6を直接処分した場合に発生する放射性廃棄物の合計体積

※8 キャニスター体積(埋設する場合の体積はオーバーバック込みで計算)

# 放射性廃棄物発生量：低レベル放射性廃棄物（地層処分以外）

## 共通事項

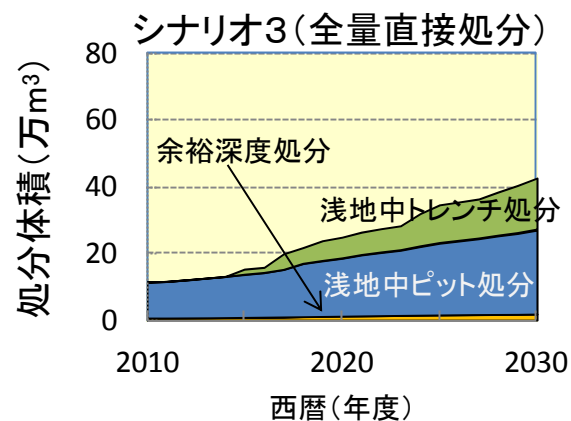
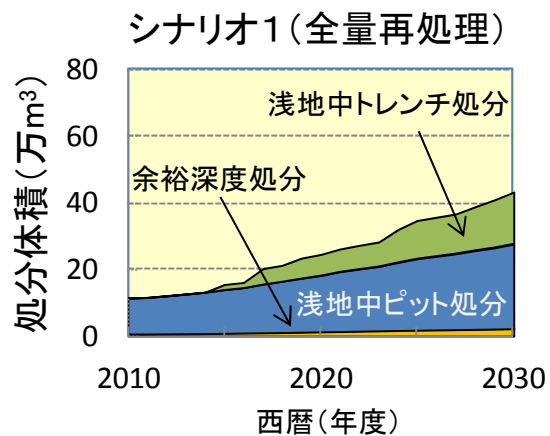
- 低レベル放射性廃棄物は、原子力発電所の通常運転時及び廃止措置時に生じるものが大部分を占めており、シナリオによる廃棄物発生量の差は大きい。

シナリオ	2030年までの発生量 余裕深度処分、浅地中ピット処分及び浅地中トレンチ処分廃棄物の合計			埋設する場合の 廃棄物量の 合計体積 (換算)	廃棄物処分 施設の合計 面積 (換算)
	原子炉からの 廃棄物	再処理施設からの 廃棄物	その他の廃棄物		
シナリオ1(全量再処理)	39万 m <sup>3</sup>	1.9万 m <sup>3</sup>	1.4万 m <sup>3</sup>	47万 m <sup>3</sup> ※1	69万 m <sup>2</sup> ※1
シナリオ2(再処理/処分併存)					
シナリオ3(全量直接処分)	39万 m <sup>3</sup>	4.7万 m <sup>3</sup>	1.4万 m <sup>3</sup>	45万 m <sup>3</sup>	68万 m <sup>2</sup>

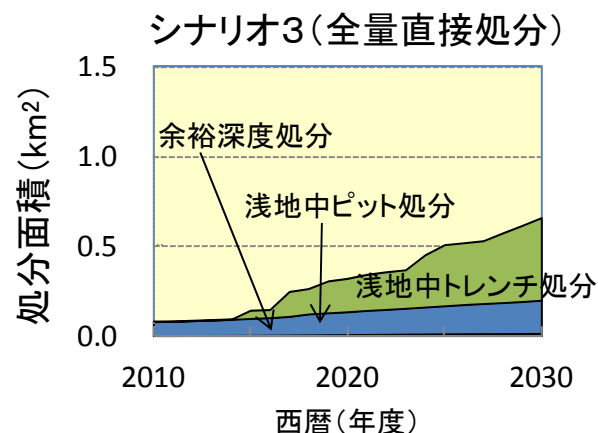
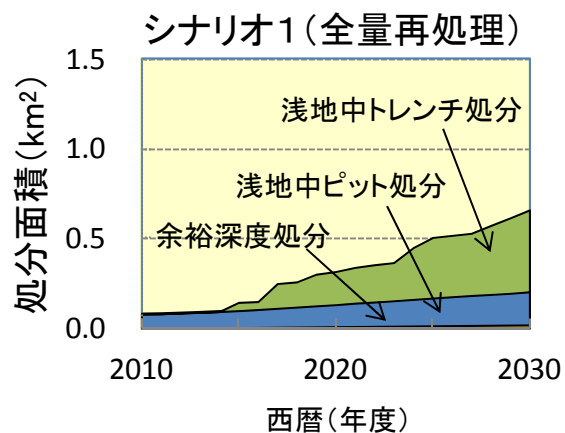
※1 将来発生する再処理施設及びMOX燃料加工施設の廃止措置に伴う廃棄物を含めた値。

# 解析結果（低レベル放射性廃棄物（地層処分以外））

低レベル放射性廃棄物（地層処分以外）の処分体積



低レベル放射性廃棄物（地層処分以外）の処分場面積



# 選択肢の確保：開発の柔軟性、政策変更への柔軟性

## シナリオ1(全量再処理)

- 政策選択肢が全量再処理に固定されているため、政策変更の柔軟性は限定される(政策課題が大きくなる)。
- 使用済燃料は**全て再処理すると資源として取扱われる**と固定される。
- 長期に用いる再処理技術、高速炉技術の実用化を目指すため、投資を集中できる。ただし、実用化の成否について不確かさがある。

## シナリオ2(再処理/処分併存)

- 再処理もしくは直接処分のいずれかを選択できるので、他シナリオより柔軟性がある。
- 使用済燃料は**再処理されるのか、直接処分されるのか資源または廃棄物として取扱われることにより**扱いが不明瞭となり、現行政策からの一貫性に懸念を生じさせる。
- 再処理技術、高速炉技術、直接処分技術の実用化を全て目指す。特定の技術に集中投資せず、進捗を確認しながら各技術の開発を進めるため、柔軟性がある。

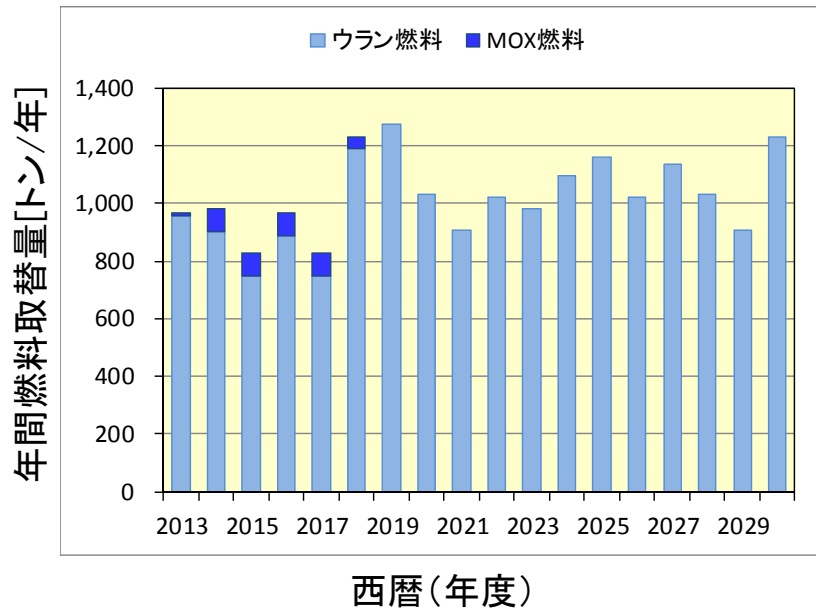
## シナリオ3(全量直接処分)

- 政策選択肢が全量直接処分に固定されているため、政策変更の柔軟性は限定される(政策課題が大きくなる)。
- 使用済燃料は**全て直接処分すると廃棄物として取扱われる**と固定される。
- 直接処分技術のみ実用化を目指すこととなるため、投資を集中できる。将来再処理が必要となった場合、技術基盤の再構築が必要となり、新たな投資と時間が必要である。

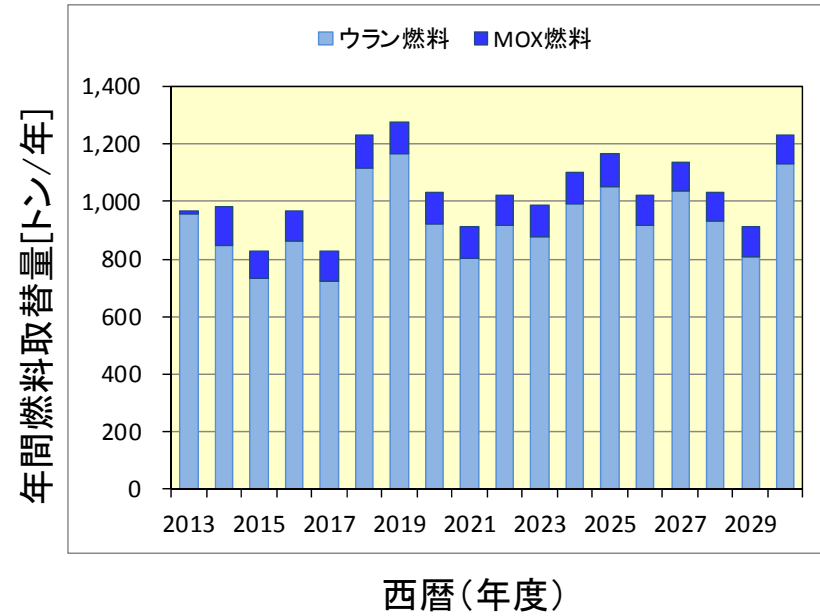


# 参考：天然ウランの節約効果の推移

全量直接処分③



全量再処理①



注)ウラン燃料には初装荷分を含む



# 参考：直接処分とMOXリサイクルの比較

## 直接処分方式

単位：トン

UOX	50年	使用済燃料(t)	ガラス固化体*	プルトニウム累積量(t)	天然ウラン必要量(t)**	50年後放射能 (PBq)***	100年後放射能 (PBq)***
19	→	19	0	0.18	110	50	19

## 1回限定MOXリサイクル方式

UOX	14年	MOX	36年	使用済燃料(t)	ガラス固化体*	プルトニウム累積量(t)	天然ウラン必要量(t)**	50年後放射能 (PBq)***	100年後放射能 (PBq)***
17	→	2	→	2	21	0.11	100	74	21

## 3回限定MOXリサイクル方式

UOX	14年	MOX	14年	MOX	14年	MOX	14年	MOX	14年	MOX	50年後放射能 (PBq)***	100年後放射能 (PBq)***
8	→	1	↓	1	↓	1	↓	1	↓	1	79	23
4	→	1	↓	1	↓	1	↓	1	↓	1	79	23
4	→	1	↓	1	↓	1	↓	1	↓	1	79	23

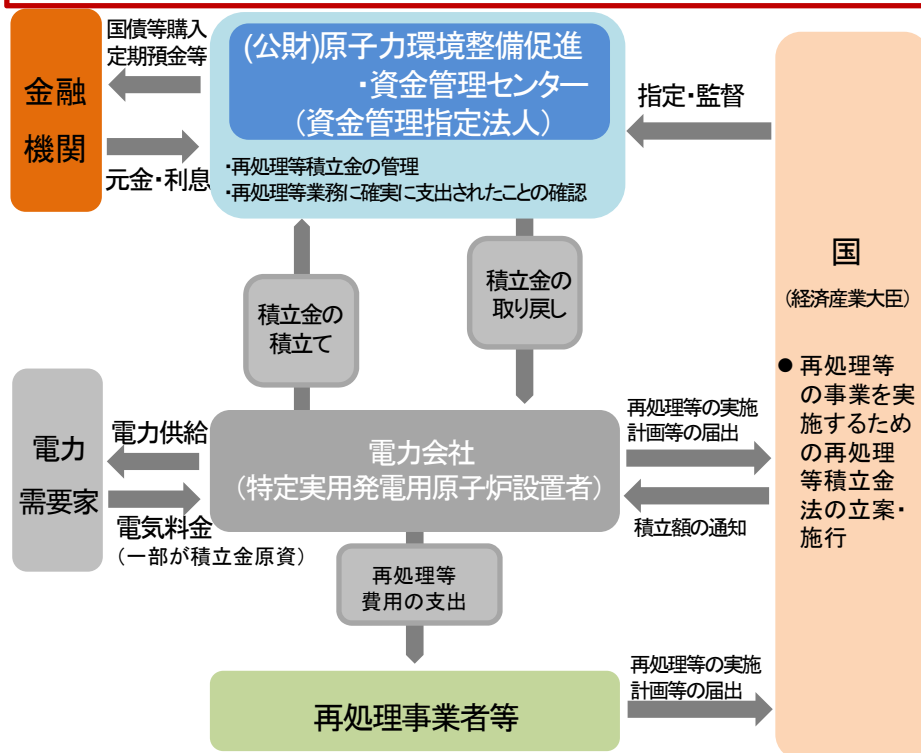
\*: 1t 燃料あたり1.25体と想定  
 \*\*: 低燃焼度燃料を想定し、少なめに評価  
 \*\*\*: 冷却時間の差+  $\alpha$  及び  $\beta$  放射能の差

出典：第11回新大綱策定会議（平成24年3月29日）、資料第5号、山名委員からの提出意見より

# 参考：再処理等積立金

- 原子力発電所の使用済燃料を再処理する事業は、その費用が巨額であり、事業が長期にわたるため、世代間の公平性の観点から、必要な資金を透明性・安全性が担保された形で確保する必要がある。
- このため、法※に基づき、各電力会社は再処理等に必要な費用を積み立てることが定められており、その用途は再処理の実施に限られている。
- 再処理等積立金は、再処理事業者や各電力会社の内部積立とはせず、透明性・安全性の観点から、法※に基づき、外部の資金管理法人に積み立て、管理・運用することとなっている。

※原子力発電における使用済燃料の再処理等のための積立金の積立て及び管理に関する法律



## 再処理等積立金の基本的スキーム

出典：(公財)原子力環境整備促進・資金管理センターHP

## 再処理等積立金の積立て状況

(単位：億円)

	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度
総見積額	126,850	126,873	127,038	118,958	121,308	122,516	122,237
積立金残高	10,384	12,479	15,682	18,389	21,443	24,416	26,572

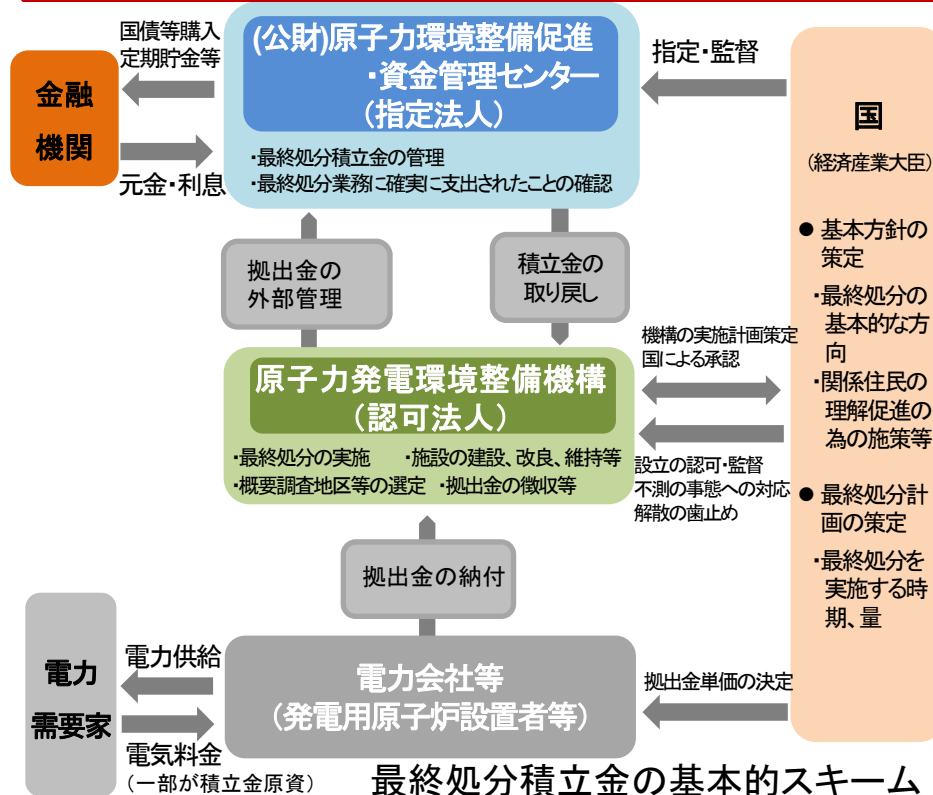
※総見積額は法に基づき算定

- 総見積額は六ヶ所再処理工場で再処理される使用済燃料(32,000tU)に係る再処理等の金額。

# 参考：最終処分積立金

- 原子力発電所の使用済燃料から生じる高レベル放射性廃棄物等の最終処分事業は、その費用が巨額であり、事業が長期間にわたるため、世代間の公平性の観点から、必要な資金を透明性・安全性が担保された形で確保する必要がある。
- このため、法※に基づき、各電力会社等は最終処分に必要な費用を、毎年度、高レベル放射性廃棄物等の発生量に応じて、実施主体である原子力発電環境整備機構（NUMO）に拠出することが定められており、その用途はNUMOが実施する最終処分事業に限られている。
- 最終処分拠出金は、NUMOの内部積立とせず、透明性・安全性の観点から、法※に基づき、外部の資金管理法人に積み立て、管理・運用することとなっている。

※特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律



## 最終処分積立金の積立て状況

最終処分業務に必要な最終処分費（総見積額）（単位：億円）

	平成17年算定	平成18年算定	平成19年算定	平成20年算定	平成21年算定	平成22年算定	平成23年算定
高レベル放射性廃棄物分（ガラス固化体分）	27,652	27,728	27,879	27,582	27,922	27,769	27,183
T R U 廃棄物分	—	—	7,439	7,506	7,637	7,548	7,404
合計	27,652	27,728	35,318	35,088	35,559	35,317	34,587

※総見積額は法に基づき算定

※TRU廃棄物分については、平成19年の特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律の改正により制度化され、平成20年度から拠出を開始。

最終処分積立金運用残高（単位：億円）

	平成17年度末	平成18年度末	平成19年度末	平成20年度末	平成21年度末	平成22年度末	平成23年度末
高レベル放射性廃棄物分（ガラス固化体分）	4,236	4,999	5,763	6,498	7,394	8,201	8,798
T R U 廃棄物分	—	—	—	95	137	175	216
合計	4,236	4,999	5,763	6,592	7,530	8,375	9,014

出典：(公財)原子力環境整備促進・資金管理センターHP

## 参考；サイクルコスト試算条件（変更点）

項目	2011年10月技術小委		今回
ウラン燃料濃縮度	再処理モデル	BWR 3.7%	←
	現状モデル	PWR 4.6%	
	直接処分モデル	PWR 4.5%	←
平均取出燃焼度	UO <sub>2</sub> 燃料：45,000 MWd/t MOX燃料：40,000 MWd/t		←
炉内滞在時間	5年		←
熱効率	34.5%		←
為替レート	85.74 円/\$		←
割引率	0, 1, 3, 5 %		3%
再処理：中間貯蔵比率	50:50		62:38 (使用済燃料発生量の減少に伴う)
次世代生成率	15%		←
所内率	3.5%		4.0% (コスト等検証委員会に併せる)

※ 上表以外は変更なし。

**参考：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3%とした。単位：兆円

	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)
兆円, 割引率3%		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)	3.57 0.57 (4.14)	3.57 0.57 (4.14)	3.57 0.57 (4.14)	3.85 0.14 (3.99)
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)	4.45 0.08 0.88 (5.41)	4.45 0.08 0.88 (5.41)	4.22 0.07 0.86 0.08~0.09 (5.23~5.24)	1.19 1.40 0.02 1.16~1.33 (3.78~3.94)
合計	9.5	9.5	9.4	7.8~7.9

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

	—	—	0.03兆円	0.39兆円
--	---	---	--------	--------

\*: 詳細については32ページ参照。割引率0%の数字である。