

核燃料サイクルの政策選択肢の 評価について:まとめ(案)(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8日

内閣府 原子力政策担当室

経緯

- エネルギー・環境会議は、昨年3月11日に発生した福島第一原子力発電所の事故への深い反省に立って、革新的エネルギー・環境戦略を策定するため、原子力政策の徹底検証を行うことを決定した。
- 原子力委員会は、上記の検証を行うために、平成23年9月、原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会を設置し、下記の事項に関して、総合評価に資するデータの整理を実施。
 - ① 使用済燃料の直接処分方法等の概念(報告済み)
 - ② 原子力発電・核燃料サイクルの経済性試算(報告済み)
 - 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
- 検討小委としては提言や統一見解をまとめるのではなく、「データ(根拠)に基づく」議論を進め、合意する点、できない点を整理して提示することとする。透明性を重視して、議論の経過やデータをすべて公開とする。
- 今年1月より、原子力発電・核燃料サイクルオプションの検討を開始。

核燃料サイクルオプションの検討経緯

- ステップ1においては、政策選択肢を議論する上で、必要と思われる「技術の特性」について、検討を行った。
- ステップ2においては、政策選択肢の定義を「使用済燃料の処理に関する基本的な方針」とした。また、「全量再処理」に加え、「直接処分」、「再処理と直接処分の併存」の3つの方針を政策選択肢として選定した。
- ステップ3においては、3つの政策選択肢について、定性的、定量的な評価を行った。

政策選択肢の定義

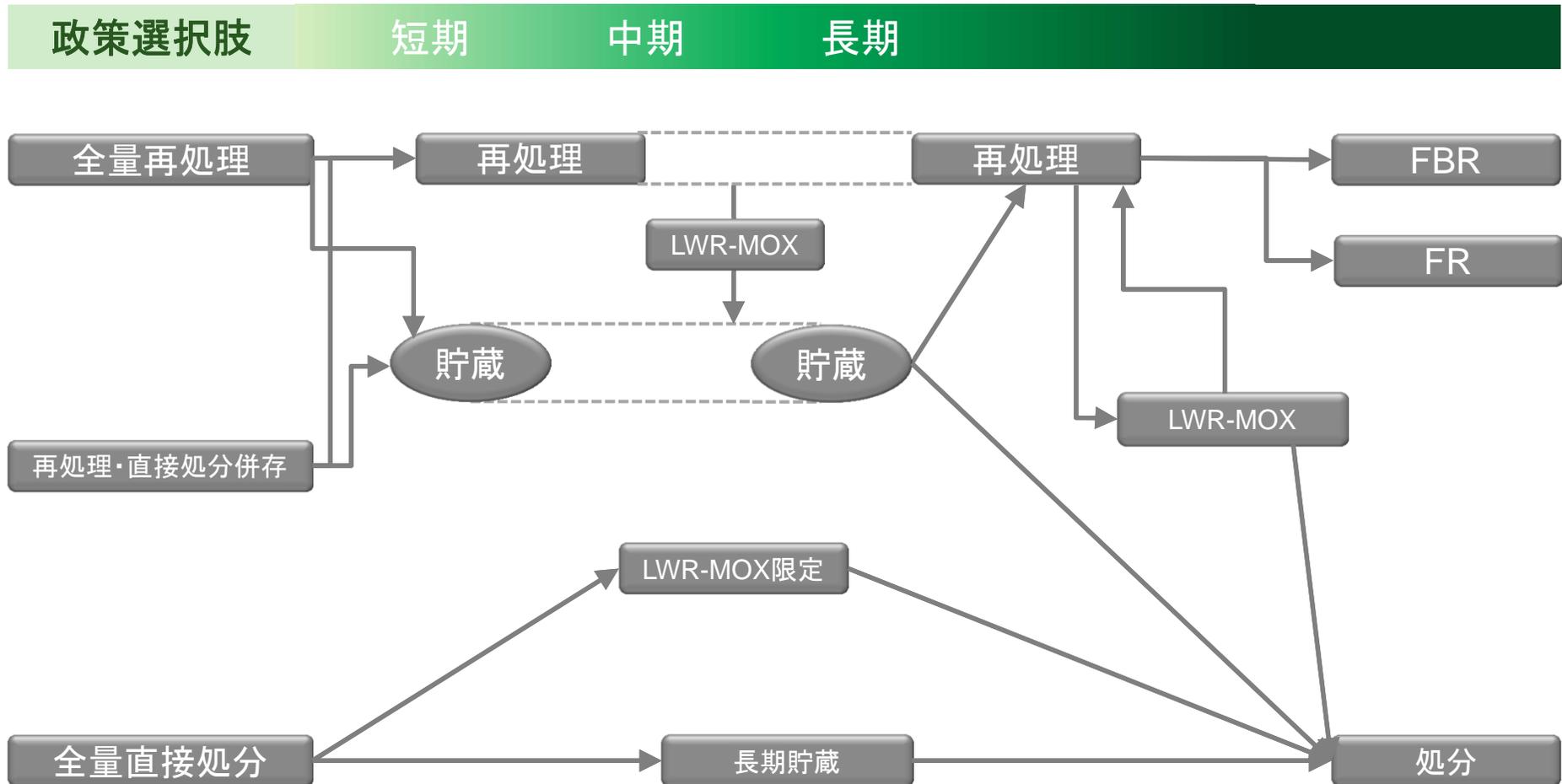
- 全量再処理政策：
使用済燃料はすべて再処理し、~~を前提に資源として取扱う。~~回収したウラン・プルトニウムを再利用する。~~し、将来は高速増殖炉/高速炉（FBR/FR）をが将来実用化されることを前提に核燃料サイクルを確立する。~~
- 再処理・直接処分併存政策：
使用済燃料の~~は資源としてプルトニウム利用計画に応じて再処理とし、それ以外は~~直接処分のいずれも可能とする。~~将来はFBR/FRは~~将来の不確実性に対する有力な選択肢として位置付ける。~~の実用化の成否により、再処理・直接処分のいずれも選択できるように研究開発を進める。~~
- 全量直接処分政策：
使用済燃料は~~すべて資源として活用せず、廃棄物として~~一定期間貯蔵後、~~全て~~直接処分する。~~FBR/FRの選択肢は存在しない。~~

代表シナリオの総合評価

シナリオの定義

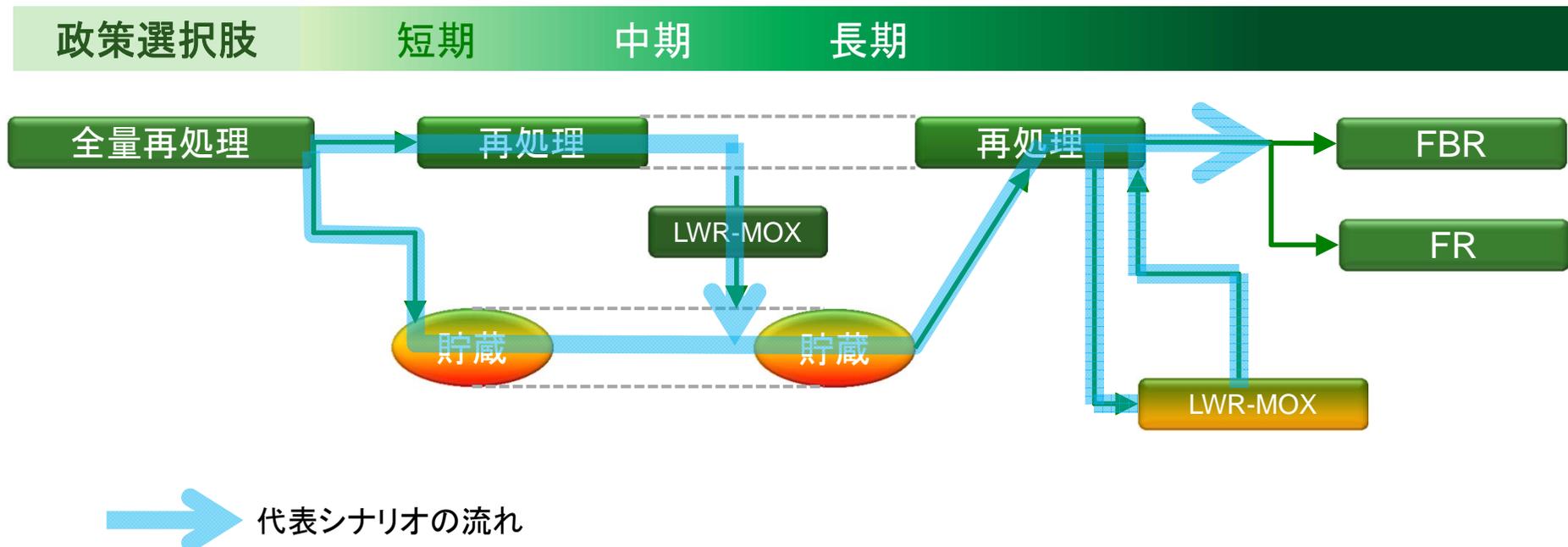
- これらの~~上記~~政策選択肢の特徴や得失を定量的、定性的に評価するために、~~それぞれ個々の~~政策選択肢における、代表的なシナリオを想定。
- シナリオに~~則って~~使用済燃料の取扱いを時系列に想定し、各選択肢ごとに現実的なデータを前提に定量評価を実施することにした。

様々な政策の流れ



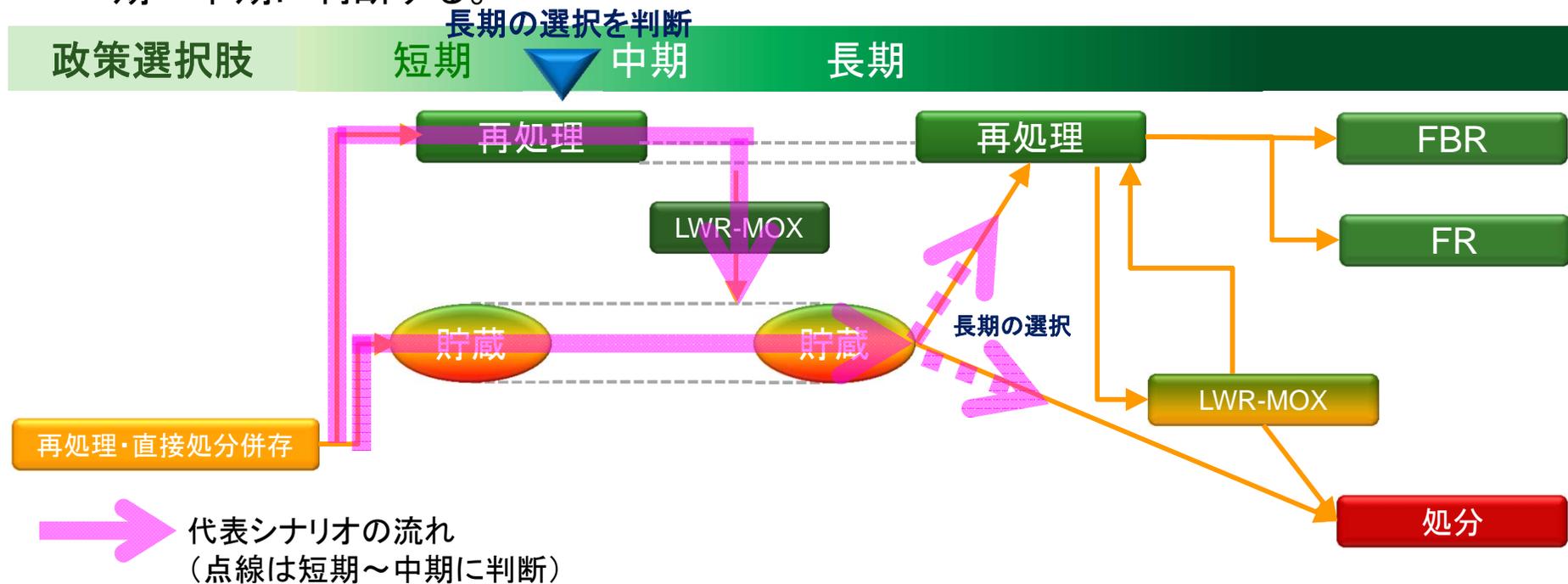
① 全量再処理の代表シナリオ

- 使用済ウラン燃料を現有施設で再処理し、回収したプルトニウムを当面プルサーマルで使用する。
- 使用済MOX燃料と現有施設の能力を超える使用済燃料を中期的に貯蔵する。
- 長期的に全ての使用済燃料を再処理し、国産のFBR/FRの実用化まではプルサーマルで、実用化後はFBR/FRで回収したプルトニウムを使用する。



②再処理・直接処分併存の代表シナリオ

- 使用済ウラン燃料を現有施設で再処理し、回収したプルトニウムを当面プルサーマルで使用する。
- 使用済MOX燃料と現有施設の能力を超える使用済燃料を中期的に貯蔵する。
- 国産のFBR/FRの実用化を判断するために必要な研究開発を実施するとともに、直接処分の実用化に向けた研究開発に着手。長期の進め方はその成果等を踏まえて短期～中期に判断する。



③全量直接処分の代表シナリオ

- 再処理は中止する。現在所有しているプルトニウムはプルサーマルで使用する。
- ~~最終処分ができるまで~~使用済燃料や使用済MOX燃料は**最終処分ができるまで**貯蔵する。
- 国産のFBR/FR実用化に向けた研究開発は中止し、直接処分の実用化に向けた研究開発を実施する。

政策選択肢

短期

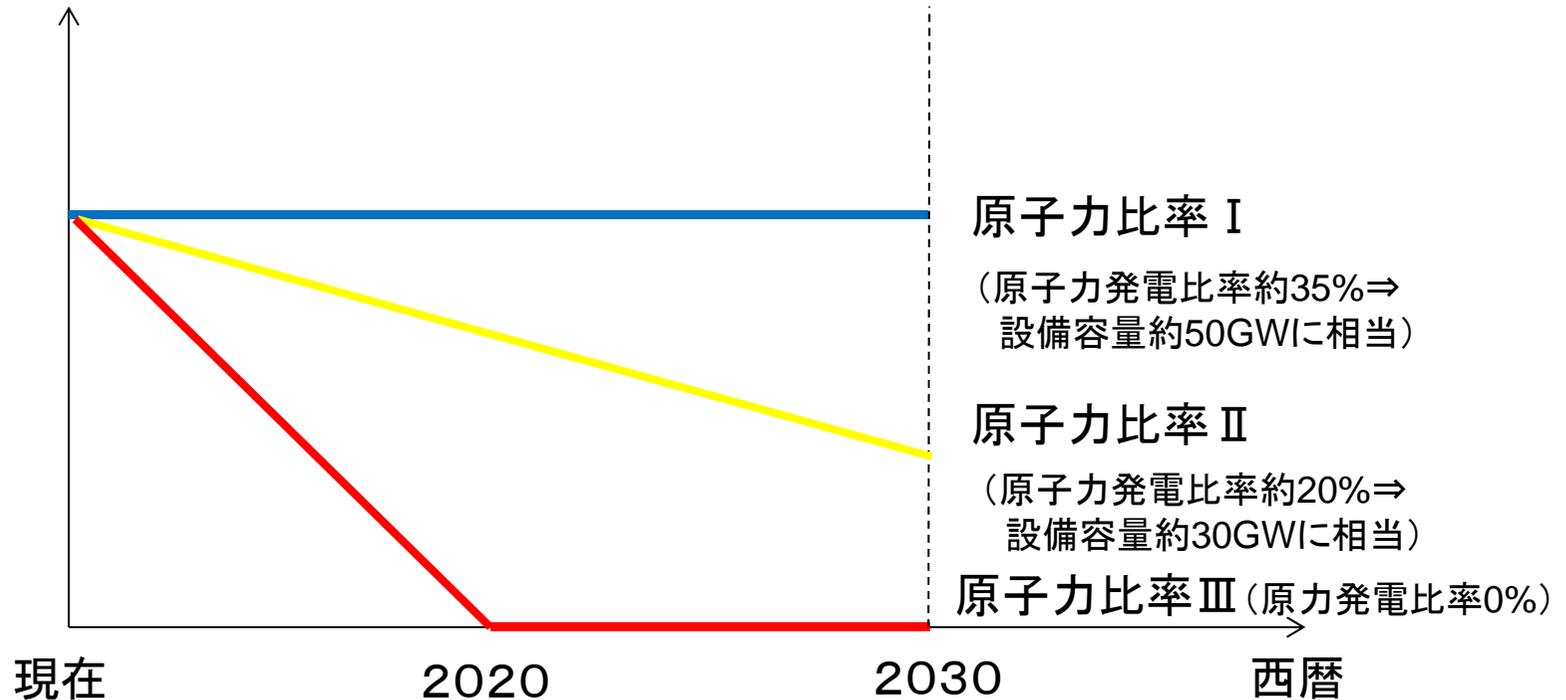
中期

長期



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~~の検討中のものから~~、~~代表的な~~原子力発電比率のうちから、~~代表的な~~3つを選定した。



原子力発電比率と代表シナリオの組合せ

	①全量再処理 代表シナリオ	②併存 代表シナリオ	③全量直接処分 代表シナリオ
原子力比率Ⅰ (2030年50GW)	Ⅰ－①	Ⅰ－②	Ⅰ－③
原子力比率Ⅱ (2030年30GW)	Ⅱ－①	Ⅱ－②	Ⅱ－③
原子力比率Ⅲ (2020年0GW)	—	—	Ⅲ－③

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(1/2)

原子力比率Ⅰ

原子力比率Ⅱ

原子力比率Ⅲ

- いずれのシナリオにおいても、~~使用済燃料貯蔵容量の確保は緊急の課題である。~~原子力発電所の敷地内、~~敷地外を問わずにかかわらず、使用済燃料の貯蔵施設は~~使用済燃料の貯蔵能力増強は管理の柔軟性を高めることができるので重要である。
- シナリオ1, 2においては、使用済燃料を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。~~貯蔵能力の増強の余地が少ない発電所が複数存在するので、使用済燃料の貯蔵能力の増強が進まず、六ヶ所再処理工場を稼働を考慮しないときには、想定をすると、貯蔵割合が高い発電所が複数存在するので、一部の発電所では残存貯蔵容量がなくなる。一杯になる可能性がある。~~
- シナリオ2, 3においては、使用済燃料が「廃棄物」として取り扱われるので~~可能性があり~~、使用済燃料の貯蔵施設の社会受容性に課題が出る可能性がある。具体的には、むつRFSは再処理を前提として建設されていること、直接処分を前提とする場合には六ヶ所再処理施設での貯蔵継続に課題があること、各原子力発電所の敷地内での貯蔵についても再処理までの一時的な保管という前提で地元の理解を得ていることから~~など~~である。

使用済燃料管理・貯蔵(2/2)

原子力比率Ⅰ

原子力比率Ⅱ

~~原子力比率Ⅲ~~

- シナリオ3においては、六ヶ所再処理工場のプール及びむつRFSに使用済燃料を貯蔵できない場合には2010年代中ごろに、貯蔵できる場合でも2030年までには全ての発電所の残存貯蔵容量がなくなる。~~を上回る。~~また、使用済燃料の貯蔵能力の増強が進まない場合は、残存貯蔵割合が小さい高い発電所の一部では数年で発電所の残存貯蔵容量がなくなる。~~が逼迫する可能性もある。~~

原子力比率Ⅲ

- 原子力比率Ⅲでは直接処分への変更となるので、六ヶ所再処理工場の使用済燃料貯蔵プールからの搬出が求められる。また、むつRFSの貯蔵も困難となる可能性がある。
- 2020年までに原子力比率がゼロとなるため、速やかに~~全ての~~原子力発電所の廃止措置を行う必要性が生じる。~~が必要となり、その廃止措置のためには~~、サイト内の使用済燃料プールから使用済燃料を搬出する~~必要がある。~~ための新たな貯蔵施設の建設が必須となる。

核燃料サイクルを巡る国際的視点：Pu 利用（在庫量）

原子力比率Ⅰ

原子力比率Ⅱ

原子力比率Ⅲ

- いずれのシナリオにおいても、2010年末時点で海外からの未返還分約23トンPuf、国内発電所保管分約1トンPuf、抽出済み分約2.3トンPufの在庫量※があり、これを減少させていくことが必要である。
- いずれのシナリオにおいてもプルサーマルを実施することに対する地元の理解が重要な課題である。また、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、地元の理解を得るためにより一層の努力が必要となる。
- シナリオ1、2においては、六ヶ所再処理工場が稼働すれば、年約4トンPuf強のPuが発生するが、Puを増やさずバランスしながらプルサーマルを実施可能である。また、過去を含め再処理に伴う回収Uが現在国内に約1,900tU存在し、その取扱いが課題。

原子力比率Ⅰ

原子力比率Ⅱ

- シナリオ3において ~~はも、原子力比率Ⅰ、Ⅱでは~~ 最大限のプルサーマル利用を進めることができれば、海外のプルトニウムを消費可能である。 ~~だが~~

原子力比率Ⅲ

- ~~原子力比率Ⅲでは~~ 海外におけるMOX燃料製造スケジュールによっては、2020年までに燃焼しきれない可能性がある。国内に在庫しているPuを消費するためにはMOX燃料の加工能力の確保や他の代替案が必要である。

※ 研究用のPuを除く

核燃料サイクルを巡る国際的視点：国際貢献

原子力比率Ⅰ

原子力比率Ⅱ

原子力比率Ⅲ

- いずれのシナリオにおいても、世界の原子力発電の利用拡大が進む中、原子力発電技術を保有し、**平和利用に限定した核燃料サイクル能力を有する独特の位置づけを持つ国として国際貢献が期待される。**
 - **ただし、従来の「一国主義」という考え方を改めるべき、との意見もある。**
- シナリオ1, 2においては、**平和利用に限定した核燃料サイクル技術を持つため、安全、保障措置、核セキュリティ(3S)に関する技術的知見を通じて~~基盤技術の分野で~~世界に貢献できる。**
- シナリオ3においては、核燃料サイクル分野での貢献は比較的**限定される狭まるが、その範囲において積極的に~~かかわることができる。~~なお、再処理をやめることにより~~る~~核拡散防止に貢献できるとの意見もある。**

核燃料サイクルを巡る国際的視点：核不拡散・核セキュリティへの影響

原子力比率Ⅰ

原子力比率Ⅱ

原子力比率Ⅲ

- シナリオ1、2においては、Pu取扱量や輸送量が増えることへの対策が必要である。また、国際社会で合意された厳格な保障措置や核物質防護措置が求められ、シナリオ3に比べ多くの対応が必要となる。
- シナリオ3においては、Pu取扱量、輸送量が減るが、Puの在庫量がゼロになるまでは対策が必要である。
- シナリオ2(直接処分を採用する場合)、シナリオ3においては、直接処分する使用済燃料にPuが含まれるため、直接処分されるまでの長期貯蔵の間、核セキュリティに加えて保障措置について国際的な規範に則る検討が必要である。
- いずれのシナリオにおいても、ガラス固化体は保障措置の適用外となるが、核セキュリティへの対応は必要である。

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

原子力比率Ⅰ

原子力比率Ⅱ

原子力比率Ⅲ

- 再処理等、プルトニウム利用に関する包括的事前同意が含まれている日米原子力協定は2018年に現協定の期限を迎える（協定上、規定されている自動延長のオプションもあり）。改定する場合には以下の点に留意が必要。
 - 東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえ、核セキュリティの強化など、より厳格な核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1、2においては、再処理、プルトニウム関連施設を引き続き包括的事前同意の対象にし続ける必要がある。ただし、シナリオ2においては、**使用済燃料を再処理し、回収したプルトニウムを有効利用するという政策の一貫性がないため**、再処理の包括的事前同意が得られない可能性がある。
 - シナリオ3においては、協定改定交渉の中で、再処理中止を協定に反映させるよう米国から求められる可能性がある。**リ、一旦、米国が再処理の包括的事前同意を撤回してしまった**これに応じた場合は、**将来においての政策変更により再び再処理を実施しようとしても、包括的事前同意を得るのがは容易ではなく、実施できない可能性再処理の選択が喪失するリスク**がある。

政策変更に関わる課題(1)

原子力比率Ⅰ

原子力比率Ⅱ

原子力比率Ⅲ

- シナリオ3においては、六ヶ所再処理工場が中止されるので~~た場合~~、以下のような課題が考えられる。
 - 長年蓄積してきた社会的財産(核燃料サイクル技術基盤、国際的合意等)が失われるリスク。地域との信頼関係を再構築する必要がある。
 - 事業に伴う費用で現制度では未回収となる可能性~~がある~~、埋没費用や廃止措置に必要な費用等の発生(約3.6兆円)
(未回収費用の回収を将来の原子力発電のみに依存する場合、原子力比率Ⅲにおいては発電コストがかなり高くなる可能性がある。)
 - 青森県の原子燃料サイクル施設からの使用済燃料返送リスク
 - 使用済燃料の返送による発電所の停止により、エネルギー政策として必要な原子力規模を維持できないリスク
(これを電気事業者が代替電源でカバーする場合、大きな費用が発生する。)
 - 使用済燃料が再処理のため搬出されることを前提とするむつRFSが利用できないリスク
 - 使用済燃料が「廃棄物」として取り扱われることにより、各原子力発電所の敷地内での貯蔵も含め、使用済燃料の貯蔵施設の社会受容性に課題が出るリスク
 - 地元雇用や経済に与える影響
 - 海外再処理に伴う返還廃棄物の受け入れが困難になり、国際問題となるリスク
 - 現存する高レベル廃液はガラス固化する必要があるので、この技術を完成することが必要である。

政策変更に関わる課題(2)

原子力比率Ⅰ

原子力比率Ⅱ

原子力比率Ⅲ

- ~~■ シナリオ3においては、使用済燃料の返送による発電所の停止により、最悪の場合はエネルギー政策として必要な原子力規模を維持できないリスクもある。~~
- シナリオ2においては、使用済燃料の資源としての取扱いが不明瞭であるため、むつRFSに搬入する使用済燃料が再処理されない場合は、再処理するまで50年間貯蔵することで地元了解と国の事業許可を得ていることから、使用済燃料を受け入れられないリスクがある。また、新たな中間貯蔵施設も同様に使用済燃料の取扱いが不明瞭であるため、立地のために更なる努力が必要となる。

中・長期的に重要な課題

経済性：総費用

原子力比率Ⅰ

原子力比率Ⅱ

原子力比率Ⅲ

- ~~■ いずれのシナリオにおいても、埋没費用、廃止措置費用等として約3.6兆円が存在する。これは六ヶ所事業を開始すると決定したことによる共通の費用である。~~
- ~~■ シナリオ1、2では現在の積立金制度で回収可能だが、シナリオ3では新たな回収制度が必要。~~
- ~~■ いずれのシナリオにおいても、同じ原子力規模間では、シナリオ1、2、3の順に費用が減少するが、埋没費用以外の費用の差はそれほど大きくない。~~
- 将来を見通して発生する費用で比較した場合、現在のウラン価格が持続する前提や現状の技術的知見の下では、シナリオ3は政策変更により発生する可能性がある費用(使用済燃料返送費用など)を考慮しても核燃料サイクル費用は最も低い。(シナリオ1、2に比べ、3～4兆円(割引率0%の場合))
 - ~~□ ただし、シナリオ3において、短中期的に亘って政策変更に伴う費用が発生する可能性があるが、シナリオ間の差を逆転するほどのものにはならない。使用済燃料の貯蔵場所が確保できないと、最悪の場合、原子力発電所が運転できなくなり、これを電気事業者が代替電源でカバーする場合、大きな費用が発生する。できないことによる費用が発生するリスクもある。~~
- いずれのシナリオにおいても、六ヶ所再処理施設の建設費償却残高の埋没費用や、廃止措置費用などを併せて、約3.6兆円が存在することに留意が必要である。

エネルギー安全保障：資源節約、燃料危機への抵抗力

原子力比率Ⅰ

原子力比率Ⅱ

原子力比率Ⅲ

- いずれのシナリオにおいても、原子力発電の短中期的な燃料危機への抵抗性を確保できる。
- いずれのシナリオにおいても、プルサーマルを実施することにより、一定の資源の節約効果がある。
- ただし、これらの効果は、原子力比率が低くなるにつれて小さくなる。
(シナリオ3において、原子力発電規模がゼロになって以降は、エネルギー安全保障上の価値はない。)

エネルギー安全保障：資源節約、燃料危機への抵抗力（参考）

~~（参考）~~2030年以降については、下記の特徴が考えられる。

原子力比率Ⅰ

原子力比率Ⅱ

- シナリオ1、2においては、長期的には、FBRが実用化されれば、資源制約を大きく緩和できる。原子力発電規模が減少しても、一定規模を維持する範囲で、FBR導入の価値は存在する。

原子力比率Ⅱ

原子力比率Ⅲ

- シナリオ2においては、原子力発電をゼロにする場合、エネルギー資源確保のみを目的としたFBR導入の必要性はなくなる。

~~原子力比率Ⅰ~~

~~原子力比率Ⅱ~~

~~原子力比率Ⅲ~~

- ~~■ 高レベル放射性廃棄物処理技術としてのFR利用の価値は原子力比率に関係なく存在する。~~

放射性廃棄物発生量

原子力比率Ⅰ

原子力比率Ⅱ

原子力比率Ⅲ

- いずれのシナリオにおいても、最終処分施設の立地・建設が不可欠である。
- シナリオ2、3においては、最終処分施設の面積は、直接処分が導入されると増加する。**全量直接処分する場合は、全量再処理に比べ約2.6倍の面積となる。**
- ~~いずれのシナリオにおいても、~~低レベル放射性廃棄物(地層処分以外)は、原子力発電施設の廃炉に伴う廃棄物量が80%以上を占めるため、シナリオ間の差は少ない。
- シナリオ2、3においては、使用済燃料の直接処分を行おうとする際には、**廃棄物にはPuが含まれることを勘案し、諸外国における評価では、公衆被ばくのリスクは諸外国で提案されている安全基準より十分低く、ガラス固化体と大差ないこと等の説明*により、直接処分について住民の理解を獲得する努力が必要である。**~~の獲得が必要となる可能性がある。~~

* ただし、今後の研究開発により、我が国での直接処分の安全評価を行う必要がある。

原子力比率Ⅰ

原子力比率Ⅱ

- シナリオ1、2においては、高レベル放射性廃棄物処理技術としてのFBR/FRが実用化されれば、導入する価値が存在する。
- シナリオ3においては、発電電力量に比例して地層処分の放射性廃棄物の処分面積が増大することから、立地点選定の困難さが増す可能性がある。

原子力比率Ⅲ

- 発電所の廃止措置の必要性が、短期間で発生するため、低レベル放射性廃棄物の処分対策がより重要となる。

選択肢の確保(柔軟性)

原子力比率Ⅰ

原子力比率Ⅱ

原子力比率Ⅲ

- シナリオ1、3においては、ともに使用済燃料の取扱いが固定されているため、**政策としての一貫性は高い**が政策変更の柔軟性は限定される。
- シナリオ1においては、再処理・**FBR/FR高速炉**の実用化を目指すため、投資を集中できる。一方で、実用化の成否に不確実さがある。
- シナリオ2においては、判断までの間、再処理・直接処分のいずれかを選択できるので柔軟性が他のシナリオより高い。使用済燃料の取扱いが再処理を目的とした資源または廃棄物の取り扱いとなる**が**。**各技術開発(高速炉サイクル技術、直接処分技術)の進捗を確認しながら進めるため**、投資が分散する**が全て損失になることはない**。~~ことで、投資が全て損失するリスクが低い。~~
- シナリオ3においては、**直接処分技術の実用化に投資を集中することとなる**。~~のみ実用化を目指すこととなるため、投資を集中できる。~~一方で、将来再処理が必要となった場合には、**基盤の再構築から始めるためにが必要となり**、多大な投資と時間が必要である。