



基本シナリオの核燃料サイクル諸量の分析

平成16年8月24日

分析の内容

策定会議で提示された4つのシナリオに関して、使用済燃料の貯蔵量、処分量、廃棄物発生量等の核燃料サイクル諸量を以下の2通りの期間について定量的に分析する。

4つの基本シナリオ:

- (1) 全量再処理
- (2) 部分再処理
- (3) 全量直接処分
- (4) 当面貯蔵

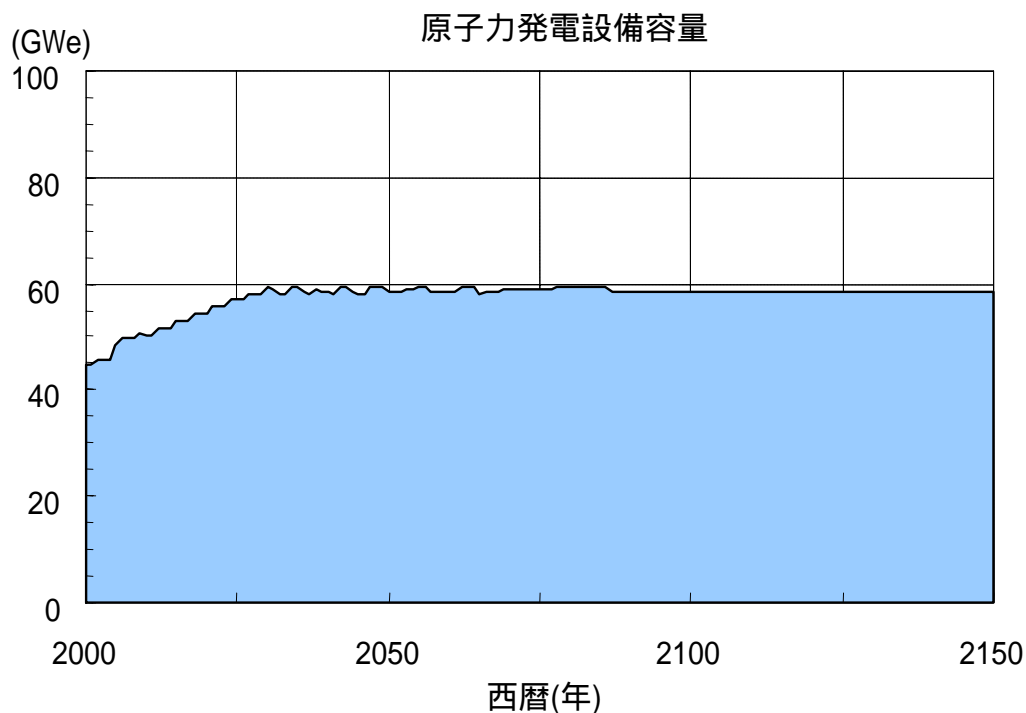
2050年まで: 当面のシナリオを検討するために現在の軽水炉再処理施設の稼働期間を分析する。

2150年まで: リサイクルするシナリオを含めて検討するために軽水炉からFBRへの移行の影響が現れる時期まで分析する。

本分析は、4つの基本シナリオの核燃料サイクル諸量を比較するために、ある仮定をおいて実施したものである。基本シナリオは今後の核燃料サイクルの選択肢ではなく、コスト評価を含めた様々な観点から政策評価を行うためのツールとしての仮想的なシナリオであり、将来の予測を意図したものではない。

分析の前提条件

将来の原子力発電設備容量は、2030年まで58GWeまで伸び、その後は一定で推移するものと仮定した。¹



「2030年のエネルギー需給展望(中間取りまとめ)」(案)²のレファレンスケースを基に想定したが、この需給展望ではレファレンスケース以外に幅を持っているため、この試算結果すべては、幅を持って見るべきである。その他の詳細な前提条件は(参考)に示す。

1 リプレースにともなって新設される炉は一基あたり150万kWeに規格化していることから、合計は第一期の更新を終える2090年まで幾分変動する。

2 「2003年のエネルギー需給の展望」(案)(平成16年6月総合資源エネルギー調査会需給部会上にて公表)は、パブリックコメント中であり、同部会としての最終的な数値ではない。

各基本シナリオの分析ケース

| | |
|---------------------------|--|
| (1) 全量再処理 | 全ての使用済燃料を再処理する。 |
| <u>(1)-a プルサーマル継続</u> | 軽水炉プルサーマルを継続する。 |
| <u>(1)-b 高速増殖炉(FBR)移行</u> | 2050年以降、軽水炉のリプレイスによりFBRを導入する。 |
| (2) 部分再処理 | 現在の再処理施設の処理能力超過分及び同施設閉鎖後(2047年以降)の使用済燃料は、中間貯蔵後に直接処分する。 |
| (3) 全量直接処分 | 国内再処理を凍結し、全ての使用済燃料は直接処分する。 |
| (4) 当面貯蔵 | 2050年までに発生する使用済燃料は中間貯蔵する。その後、以下のいずれかを選択する。 |
| <u>(4)-a 当面貯蔵後直接処分</u> | 2050年以降、全ての使用済燃料を直接処分する。(基本的には(3)に類似) |
| <u>(4)-b 当面貯蔵後FBR移行</u> | 2050年以降、全ての使用済燃料を再処理する。軽水炉のリプレイスによりFBRを導入する。 |
| <u>(4)-c 当面貯蔵後貯蔵延長</u> | 全ての使用済燃料について、2050年以降も中間貯蔵を継続する。(基本的には(3)に類似) |

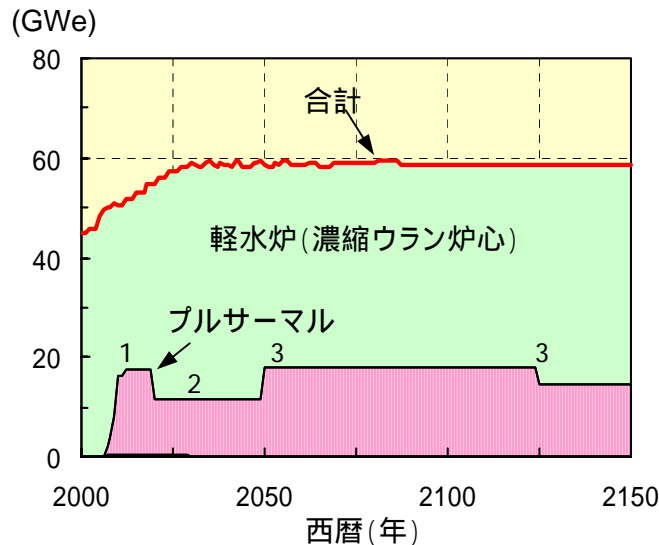
下線は主に分析を行うシナリオである。

シナリオ (1) -a 全量再処理(プルサーマル継続)

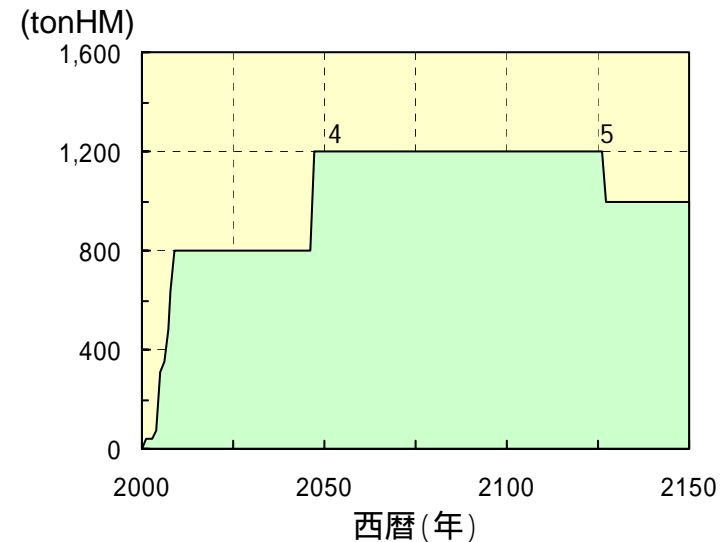
2150年までの原子力発電設備構成と再処理計画

全ての使用済燃料を再処理する。2150年まで軽水炉プルサーマルを利用する。使用済軽水炉MOX燃料については貯蔵する。

原子力発電設備構成



軽水炉使用済燃料の再処理



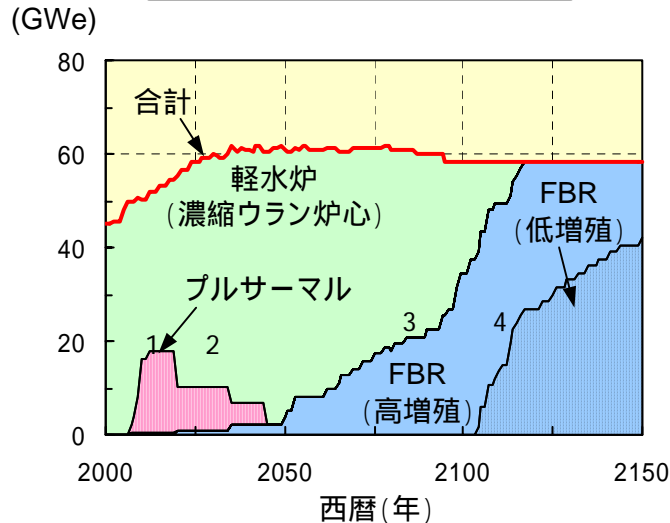
- 1) 海外加工MOX燃料 + 国内加工MOX燃料使用
- 2) 以後国内加工MOX燃料のみ
- 3) 再処理量に合わせてプルサーマルを実施
- 4) 使用済燃料貯蔵量を踏まえて処理能力増
- 5) 使用済燃料発生量を踏まえて適正規模に処理量減

シナリオ(1)-b 全量再処理(FBR移行)

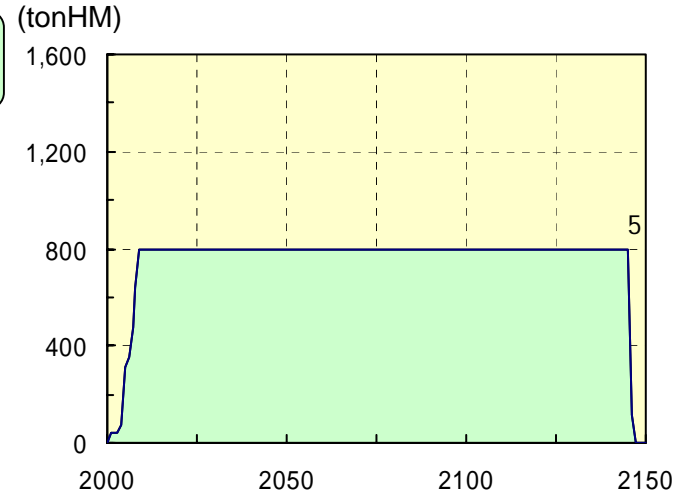
2150年までの原子力発電設備構成と再処理計画

全ての使用済燃料を再処理する。2050年以降、軽水炉のリプレイスによりFBRを本格的に導入する。使用済軽水炉MOX燃料については再処理し、回収プルトニウムはFBRで利用する。

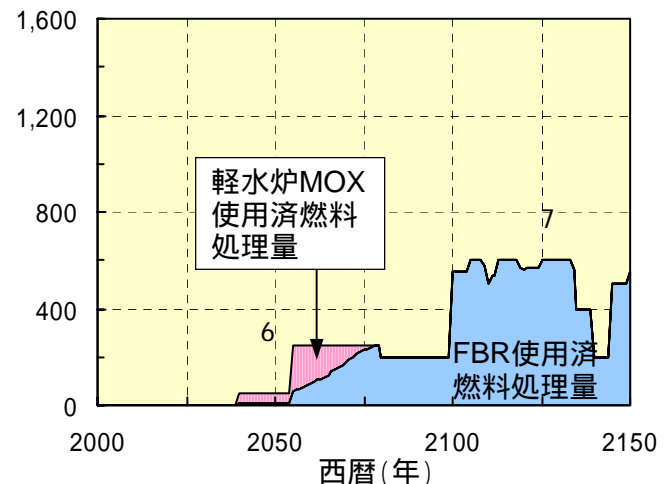
原子力発電設備構成



軽水炉使用済燃料の再処理



FBR使用済燃料の再処理



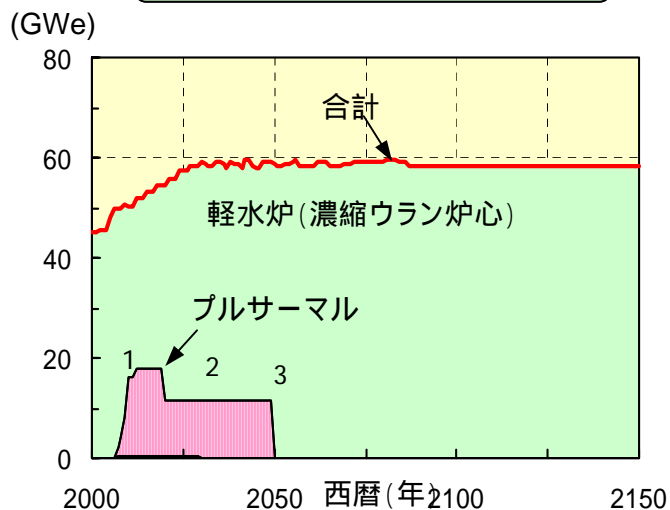
- 1) 海外加工MOX燃料 + 国内加工MOX燃料使用
- 2) 以後国内加工MOX燃料のみ
- 3) 軽水炉のリプレイスのタイミング及びプルトニウムの供給量に合わせてFBR導入
- 4) FBRへのリプレイスの進捗を踏まえてFBR(低増殖)導入
- 5) 貯蔵された軽水炉使用済燃料が無くなるまで処理
- 6) FBR使用済燃料の再処理は、50トン/年または200トン/年の処理量の施設を、プルトニウムの需給動向を踏まえて導入
- 7) 必ずしも年間使用済燃料発生量と年間処理能力は一致しないので、必要に応じて再処理施設の設置時期等を調整する。

シナリオ(2) 部分再処理

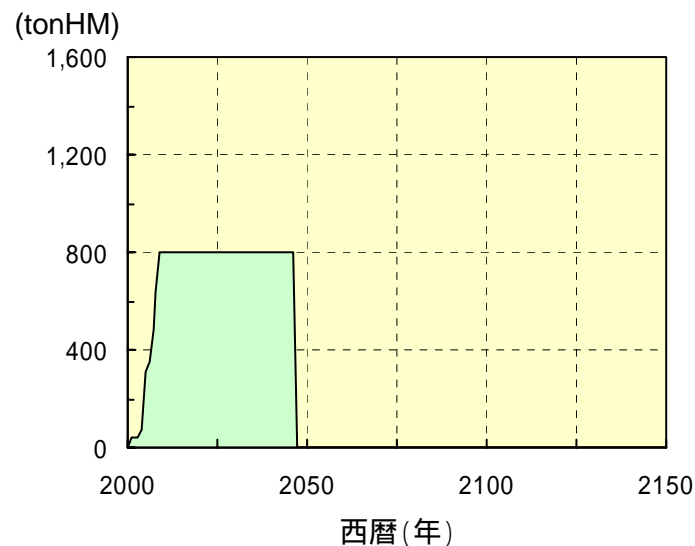
2150年までの原子力発電設備構成と再処理計画

現在の再処理施設の処理能力(800t/年)超過分及び同施設閉鎖後(2047年以降)の使用済燃料は、中間貯蔵後に直接処分する。使用済MOX燃料も直接処分する。

原子力発電設備構成



軽水炉使用済燃料の再処理

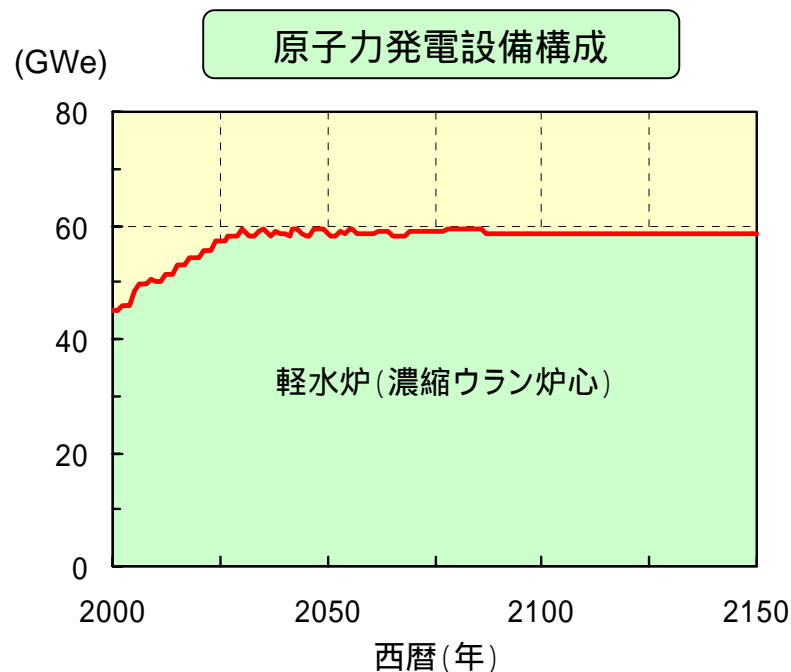


- 1) 海外加工MOX燃料 + 国内加工MOX燃料使用
- 2) 以後国内加工MOX燃料のみ
- 3) 再処理からの供給終了にあわせて終了

シナリオ(3) 全量直接処分

2150年までの原子力発電設備構成と再処理計画

国内再処理を凍結し、全ての使用済燃料は直接処分する。

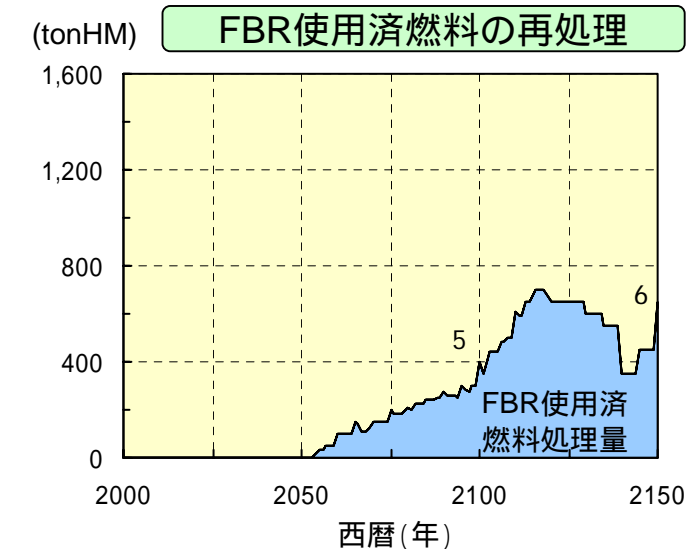
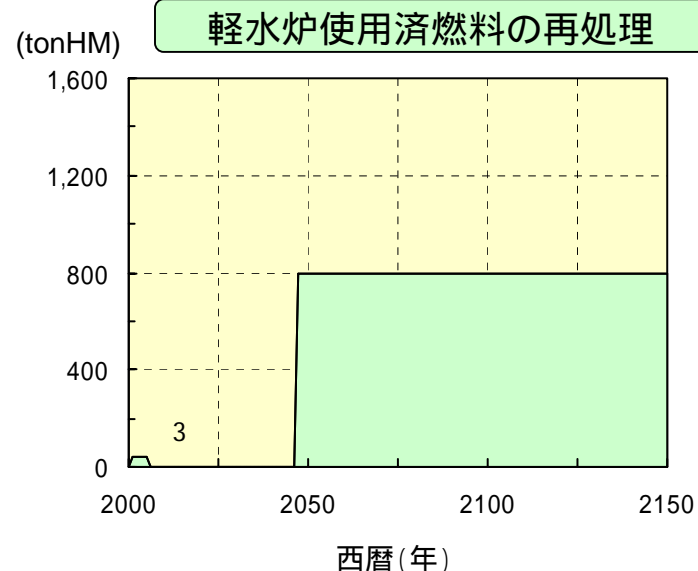


シナリオ(4) 当面貯蔵

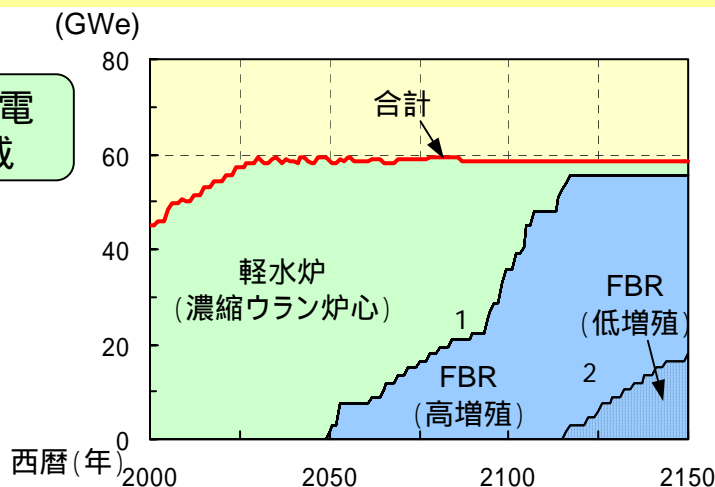
2150年までの原子力発電設備構成と再処理計画

2050年までに発生する使用済燃料は中間貯蔵する。その後については(4)-a 直接処分、(4)-b 再処理(FBR移行)、(4)-c 貯蔵延長を選択する。

(4)-a は、全量直接処分(3)と類似のシナリオとなる。諸量もほぼ同じ傾向を示す。
 (4)-b については、2050年時点からFBRを導入することを想定する(そのための技術維持方策が必要となる)。このシナリオの設備構成、再処理量を示した。
 (4)-c については、使用済燃料の貯蔵量を分析する。



原子力発電設備構成



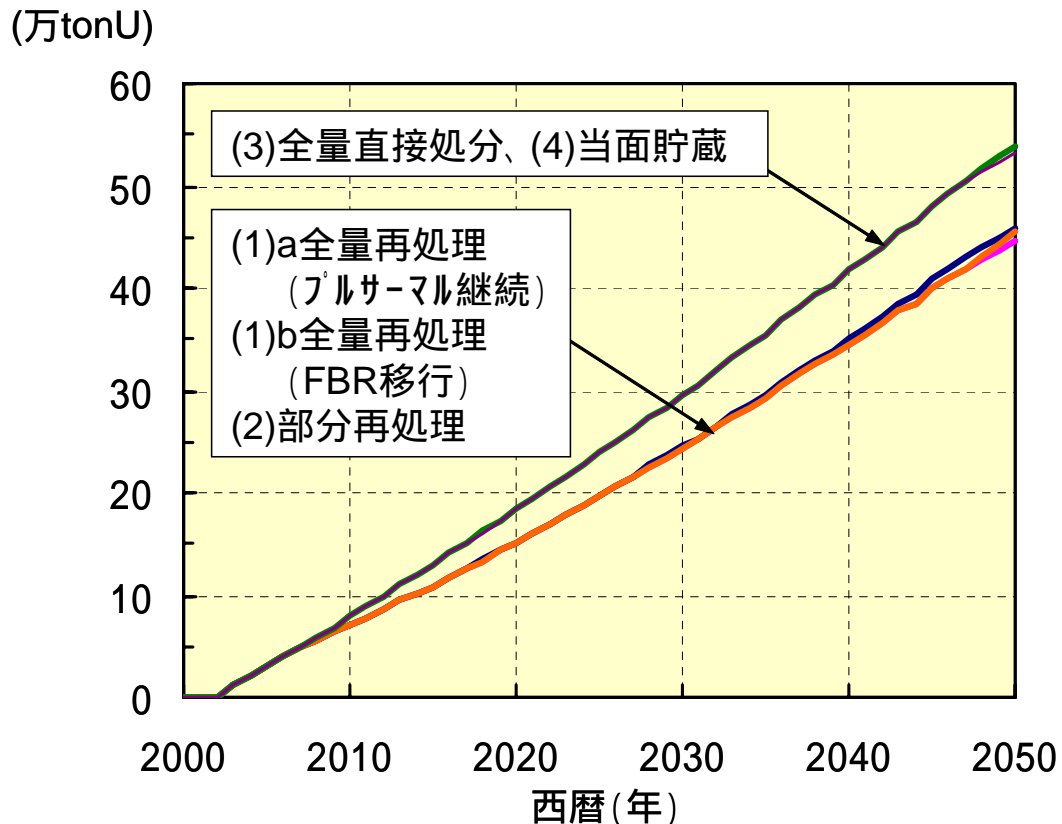
- 1) 軽水炉のリプレースのタイミング及びプルトニウムの供給量に合わせてFBR導入
- 2) FBRへのリプレースの進捗を踏まえてFBR(低増殖)導入
- 3) 東海再処理工場
- 4) FBR使用済燃料の再処理は、50トン/年または200トン/年の処理量の施設を、プルトニウムの需給動向を踏まえて導入
- 5) 必ずしも年間使用済燃料発生量と年間処理能力は一致しないので、必要に応じて再処理施設の設置時期等を調整する。



2050年までの分析

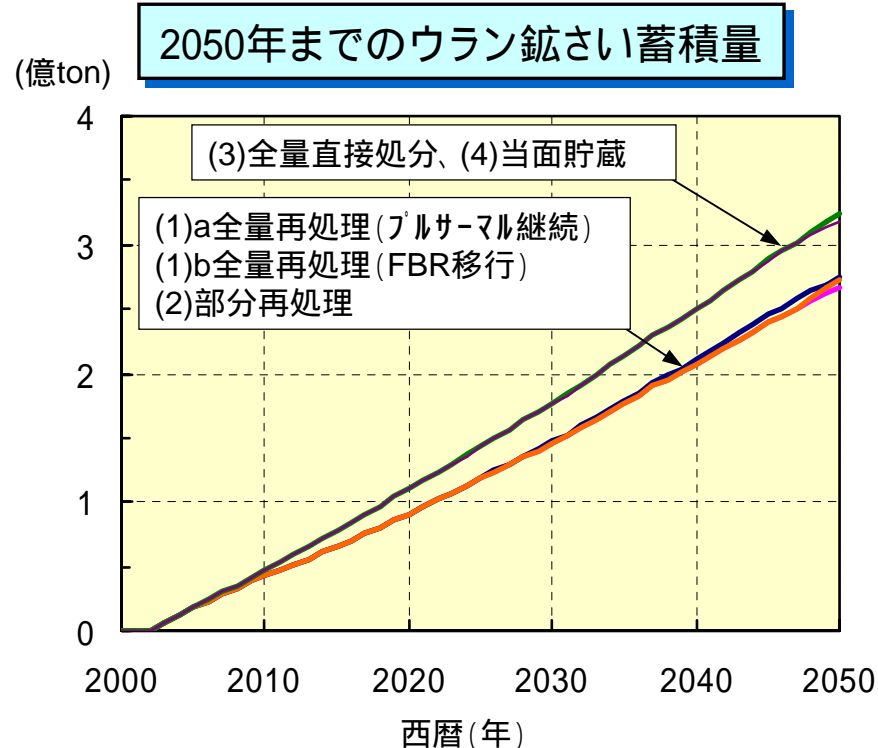
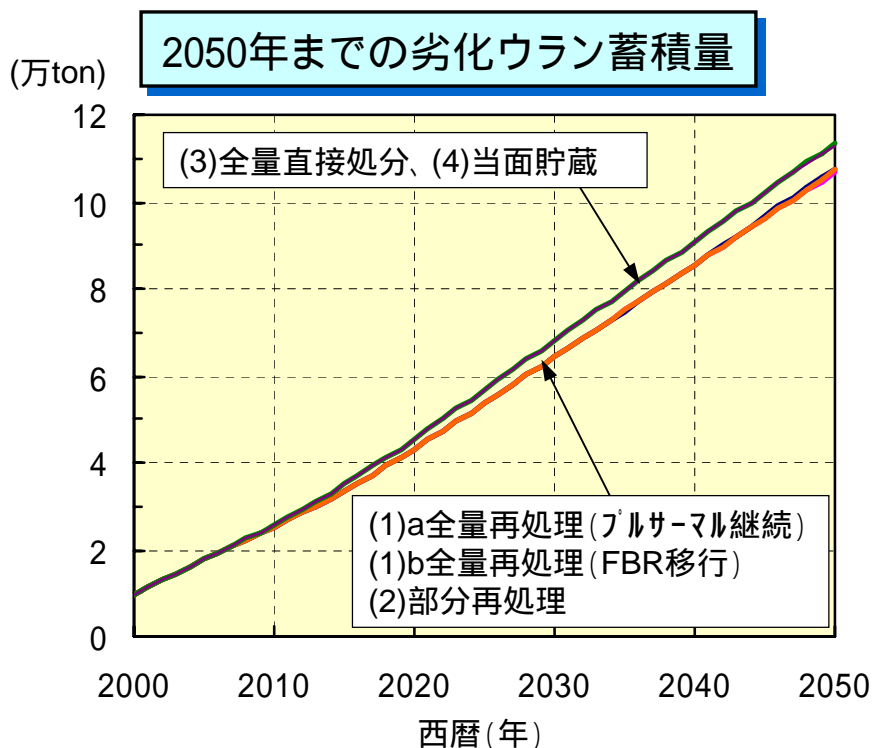
2050年までの天然ウラン累積需要量

再処理する場合(シナリオ(1)、(2))は、再処理しない場合(シナリオ(3)、(4))
に比べ、天然ウランの需要量が1-2割小さい。



2050年までの劣化ウラン蓄積量、ウラン鉱さい蓄積量

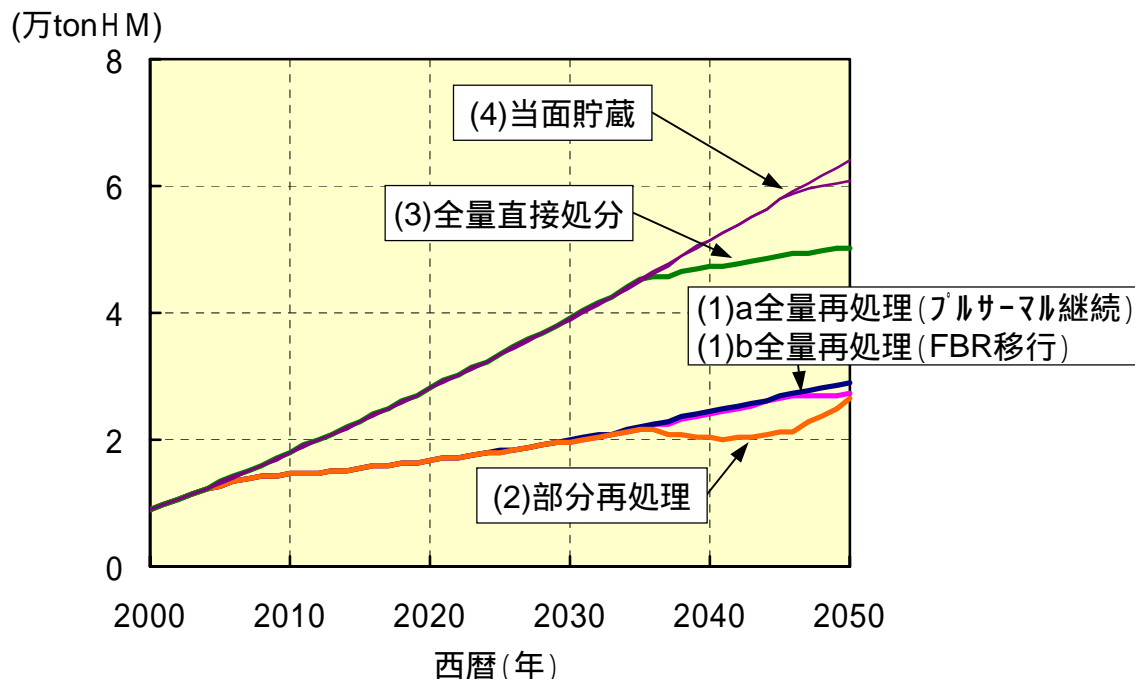
再処理する場合(シナリオ(1)、(2))は、再処理しない場合(シナリオ(3)、(4))に比べ、劣化ウランの発生量が5%程度小さい。また、国内の問題ではないが、ウラン鉱さいの発生量も1-2割小さい。



2050年までの使用済燃料貯蔵量

全量直接処分(シナリオ(3))と当面貯蔵(シナリオ(4))、すなわちこれから再処理を止めると決める場合は、仮に中間貯蔵施設の容量を5,000トンとすると、約5年ごとに1箇所中間貯蔵施設が必要となる(2050年で6~11箇所必要となる)。

全量再処理(シナリオ(1))及び部分再処理(シナリオ(2))では、使用済燃料貯蔵量は(3)、(4)よりも少なく、2~5箇所程度の中間貯蔵施設により2050年まで対応が可能である。

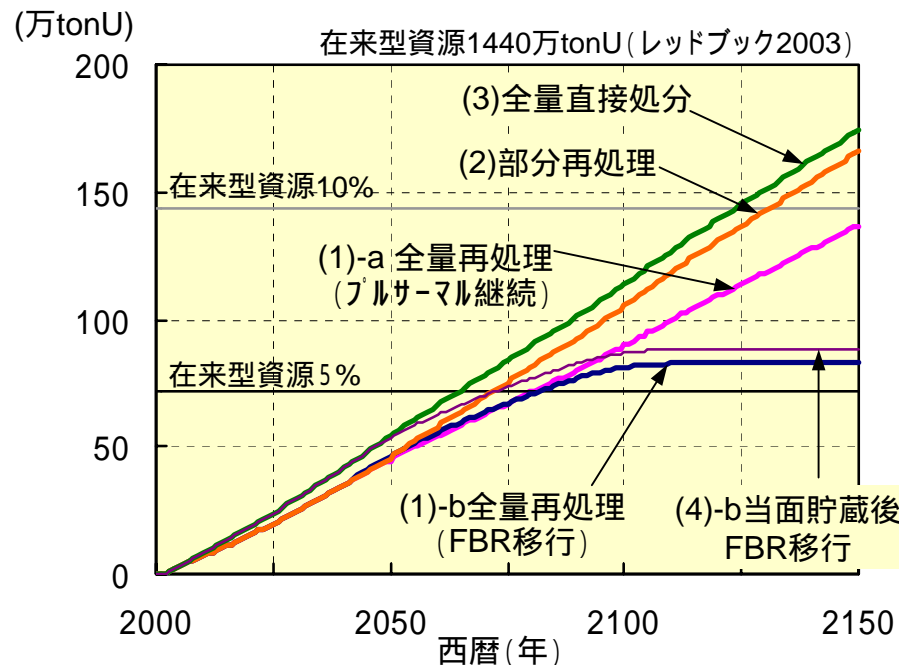




2150年までの分析

2150年までの天然ウラン累積需要量

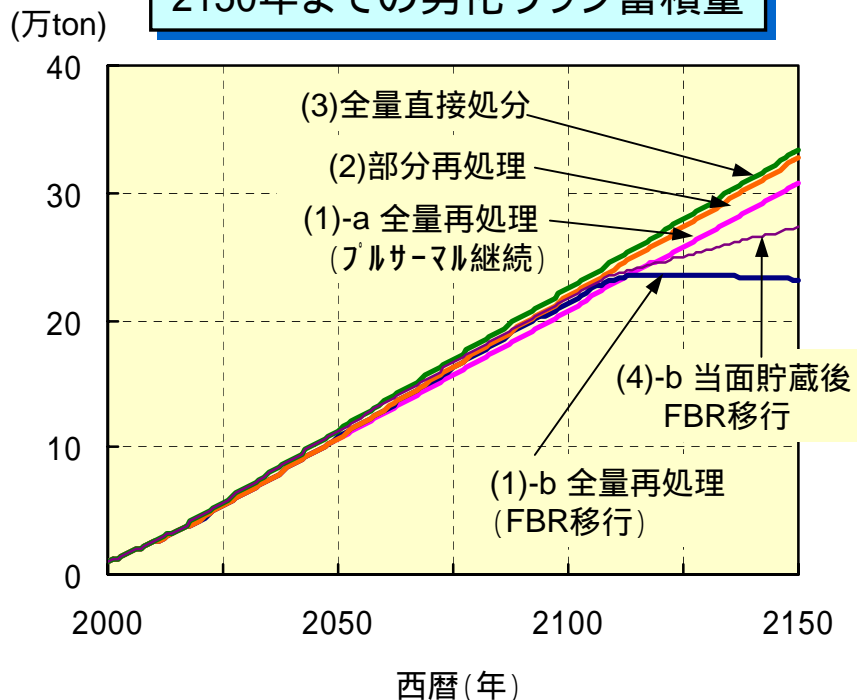
FBRに移行する場合(シナリオ(1)-b, (4)-b)は、天然ウランの累積需要量は飽和し、その後は海外から調達しなくてよくなる。
全量直接処分(シナリオ(3))、部分再処理(シナリオ(2))では、累積需要量は直線的に増加し続ける。
全量再処理(プルサーマル継続)(シナリオ(1)-a)においても累積需要量は直線的に増加するが、(2)(3)より1~2割少ない。



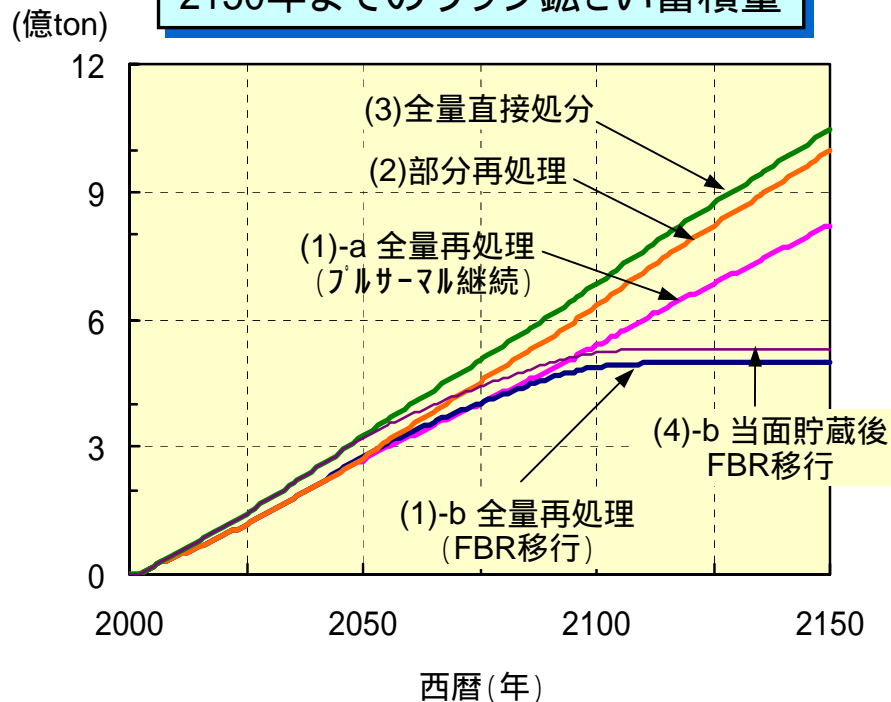
2150年までの劣化ウラン蓄積量とウラン鉱さい蓄積量

全量再処理 (FBR移行) (シナリオ (1) -b) では、22世紀に入ると劣化ウラン、ウラン鉱さいを発生させずにすむことになる。
 部分再処理 (シナリオ (2))、全量直接処分 (シナリオ (3)) は、劣化ウラン、ウラン鉱さいの発生量は増加し続ける。

2150年までの劣化ウラン蓄積量



2150年までのウラン鉱さい蓄積量



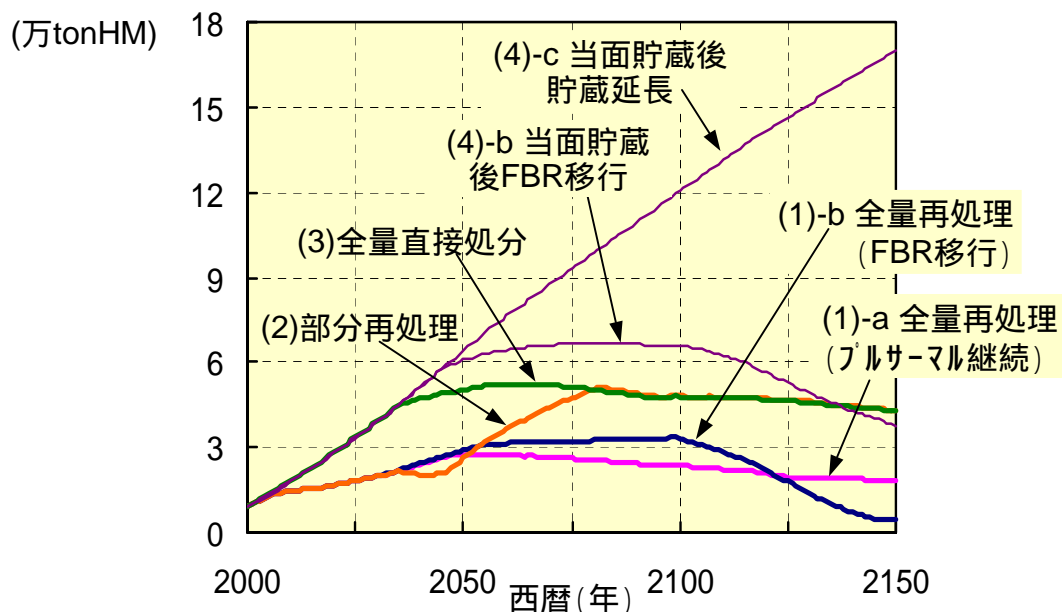
2150年までの使用済燃料貯蔵量

仮に中間貯蔵施設の容量を5,000トンと仮定すると、

- ・ 当面貯蔵後貯蔵延長(シナリオ(4)-c)では、定期的(約5年に1箇所)に中間貯蔵施設を増設していくことが必要となる。

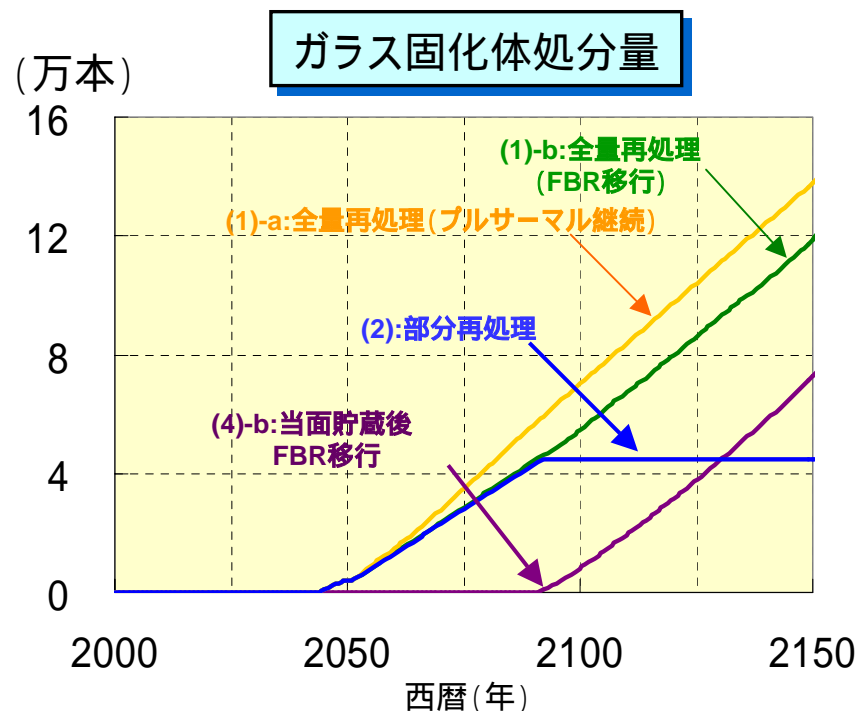
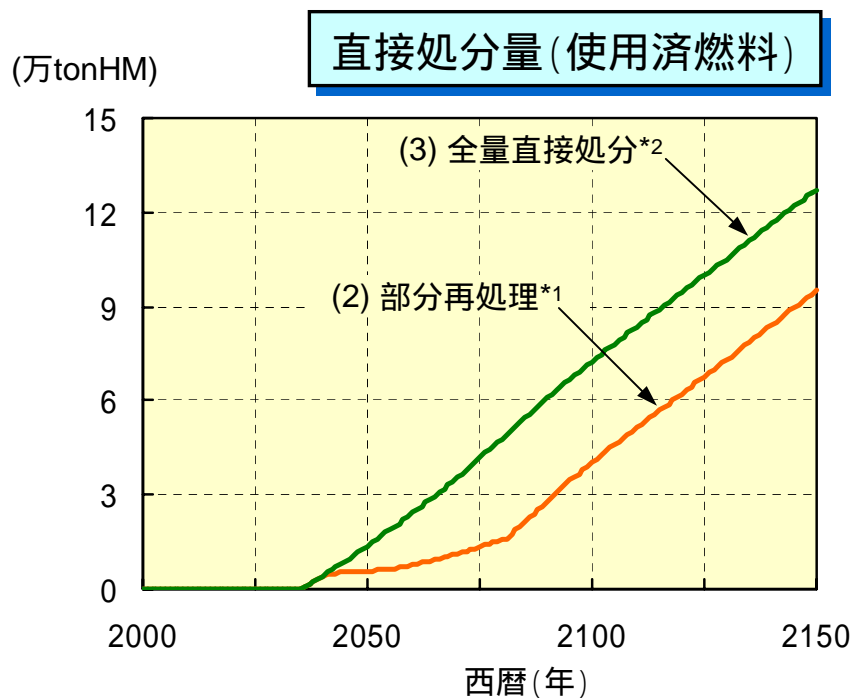
それ以外では、貯蔵量はある量以上には上昇しないが、貯蔵量の多い時点で

- ・ 全量再処理(シナリオ(1))では、3~6箇所の中間貯蔵施設が必要となる。
- ・ 部分再処理(シナリオ(2))、全量直接処分(シナリオ(3))では、7~10箇所の中間貯蔵施設が必要となる。
- ・ 当面貯蔵後FBR移行(シナリオ(4)-b)では、10~13箇所の中間貯蔵施設が必要となる。



2150年までの使用済燃料及びガラス固化体処分量

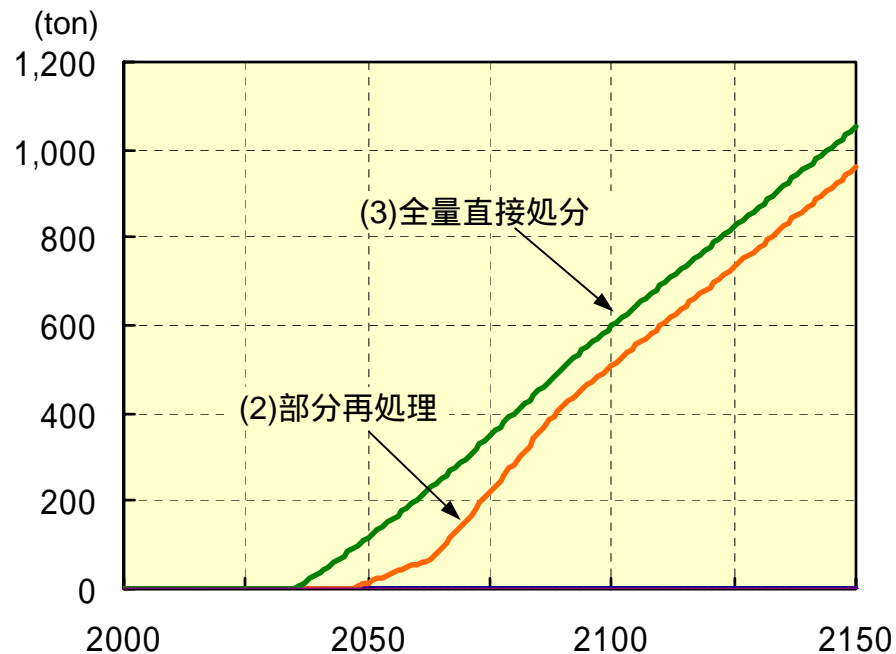
高レベル放射性廃棄物（使用済燃料及びガラス固化体）処分にかかる分析については、技術検討小委員会の検討内容を踏まえて行うこととする。



直接処分燃料の内訳 *1) 部分再処理の場合は、使用済ウラン燃料と使用済MOX燃料
 *2) 全量直接処分および当面貯蔵(直接処分)の場合は、使用済ウラン燃料のみ

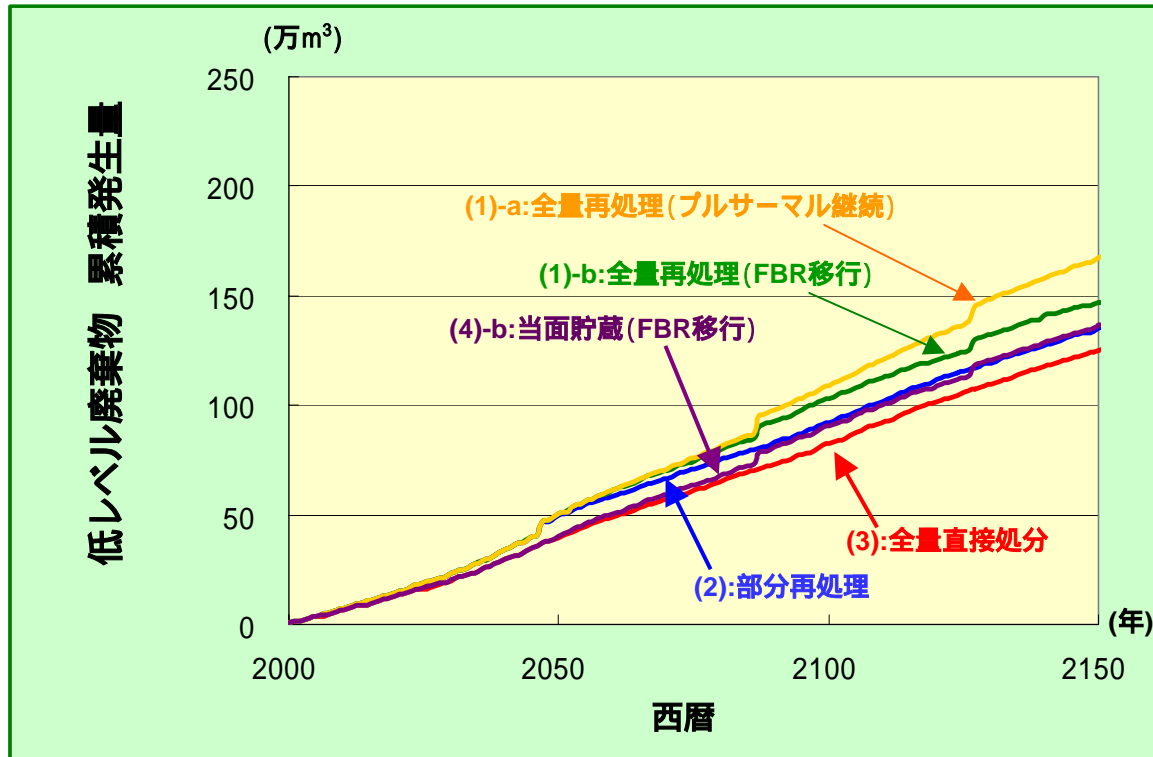
2150年までに地層処分される 高レベル放射性廃棄物中のPu量

部分再処理(シナリオ(2))及び全量直接処分(シナリオ(3))では、2150年時点で、1000トンオーダーのプルトニウムが地層処分される。

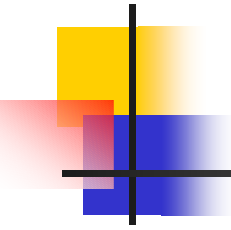


低レベル廃棄物の累積発生量(体積)

低レベル廃棄物発生量は、再処理する場合の方が、関係施設から発生する分多いが、総量としては発電所からの廃棄物が支配的である。



低レベル廃棄物(地層処分、余裕深度処分、浅地中処分)の合計



分析のまとめ(～2050年)

全量再処理(シナリオ(1))および部分再処理(シナリオ(2))では、全量直接処分(シナリオ(3))及び当面貯蔵(シナリオ(4))より天然ウランの需要量が1-2割小さい。

全量再処理(シナリオ(1))および部分再処理(シナリオ(2))では、全量直接処分(シナリオ(3))及び当面貯蔵(シナリオ(4))より劣化ウランの発生量が5%程度小さい。

中間貯蔵施設に関しては、1施設の容量を5,000トンと仮定すると：

- ・ 全量直接処分(シナリオ(3))と当面貯蔵(シナリオ(4))、すなわちこれから再処理を止めると決める場合は、4～5年ごとに1箇所中間貯蔵施設が必要となる(2050年で6～11箇所必要となる)。
- ・ 全量再処理(シナリオ(1))及び部分再処理(シナリオ(2))では、使用済燃料貯蔵量は(3)、(4)よりも少なく、2～5箇所程度で2050年まで対応が可能である。



分析のまとめ(~ 2150年)

FBRに移行する場合(シナリオ(1)-b、(4)-b)は、天然ウランの累積需要量は飽和し、その後は海外から調達しなくてよくなる。

全量再処理(シナリオ(1))では、2050年までに高レベル放射性廃棄物処分場を1箇所開設する必要がある。部分再処理(シナリオ(2))では、高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)処分場と併せて第1の直接処分場を同時に開設することになり、直ちにその準備が必要となる。全量直接処分(シナリオ(3))では、直ちに直接処分場を開設するための準備が必要となる。

高レベル放射性廃棄物の処分面積等に関しては、今後の技術検討小委員会の検討内容を踏まえて分析を行った上で、改めて報告する。



分析のまとめ(~ 2150年)

中間貯蔵施設に関しては、1施設の容量を5,000トンと仮定すると：

- ・ 全量再処理(シナリオ(1))では、3～6箇所の中間貯蔵施設が必要となる。
- ・ 部分再処理(シナリオ(2))、全量直接処分(シナリオ(3))では、7～10箇所の中間貯蔵施設が必要となる。
- ・ 当面貯蔵後FBR移行(シナリオ(4)-b)では、10～13箇所の中間貯蔵施設が必要となる。
- ・ 当面貯蔵後貯蔵延長(シナリオ(4)-c)では、定期的に(約5年に1箇所)中間貯蔵施設を増設していくことが必要となる。

(参考) 前提条件の詳細

| 項目 | | 想定条件 |
|---------|--------|--|
| 原子炉システム | 軽水炉 | BWR, PWR : 燃焼度4万MWd/t台:2029年までの新設炉対象、稼働率85% ABWR, APWR : 燃焼度6万MWd/t台:2030年以降の新設炉対象、稼働率90% |
| | プルサーマル | 六ヶ所回収プルトニウムにより約16GWe導入 |
| | FBR | Na冷却MOX炉: 燃焼度15万MWd/t、増殖比1.16(高増殖炉)、1.04(低増殖炉) 稼働率90%(設計上は93%)、MA 添加率の上限5% |
| | 炉稼働期間 | 軽水炉ならびに高速炉とも60年 |
| 炉外時間 | 軽水炉 | 4年(炉外冷却3年、再処理0.5年、加工・装荷0.5年)、(炉内滞在4.5年程度) |
| | FBR | 5年(炉外冷却4年、再処理0.5年、加工・装荷0.5年) |
| 工程ロス率 | 軽水炉 | 転換0.5%、燃料加工0.1%、再処理0.1%、HLWからのMA 回収ロス1% |
| | FBR | 燃料加工0.1%、再処理0.1% |
| 再処理施設 | 軽水炉 | 東海 : 2001年~2005年40t/y、2006年廃止 六ヶ所: 処理量は2005年~2008年の計画値を模擬、2009年以降800t/y、2047年廃止 第2再処理: 800t/y~1200t/y、MA 回収を想定(回収MA はFBR燃料に添加して燃焼) |
| | FBR | FBRの導入規模に応じて年間処理量50トン、200トン規模のユニットで増強を図る。 |
| | 施設稼働期間 | 軽水炉再処理ならびにFBR再処理とも40年 |
| その他 | | 軽水炉使用済燃料回収テイルウランの再濃縮利用を想定 |