

核燃料サイクルコストの試算

原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会(第3回)

平成23年10月25日

内閣府 原子力政策担当室

目次

- コスト等検証委員会からの依頼事項

- コスト算定条件
 - 試算モデルの考え方・試算モデル
 - 試算条件、単価設定

- 核燃料サイクルコスト
 - 事業要素あたりの単価
 - 各ケースのコスト
 - 感度解析、プルトニウム,回収ウランクレジットについて

コスト等検証委員会の依頼事項

■ 原子力発電の核燃料サイクル費用

- 原子力発電から生じる使用済核燃料の処理方法については、様々な方策が考えられるが、それらについて、最新動向などを踏まえ、その費用を算出する必要があります。

■ 2010年モデルプラントの主な諸元や試算の条件

| | |
|--------|-----------------------|
| プラント規模 | 120万kW |
| 諸元ベース | 最近7年間に稼働した発電所のデータ |
| 設備利用率 | 80%, 70%, 60% |
| 稼働年数 | 40年, 30年, 16年(法定耐用年数) |
| 為替レート | 85.74 円/\$ |
| 割引率 | 0%, 1%, 3%, 5% |

試算モデルの考え方①

- 本試算では、今後、各電源別の発電コスト比較の際に活用されることから、「**モデルプラント方式**」を前提に、原子力発電の燃料費部分に相当するコスト(核燃料サイクルコスト)を求める
- 試算対象は以下の2モデル
 - 核燃料リサイクルを行う  **再処理モデル**
 - 核燃料リサイクルを行わない  **直接処分モデル**
- このほか、参考として日本の現状を考慮し、コストを算出  **現状モデル**

試算モデルの考え方②

- 燃料の取得、原子炉への装荷から派生する将来コストと発生エネルギーを現在価値換算し、均等化発電単価(円/kWh)を算出



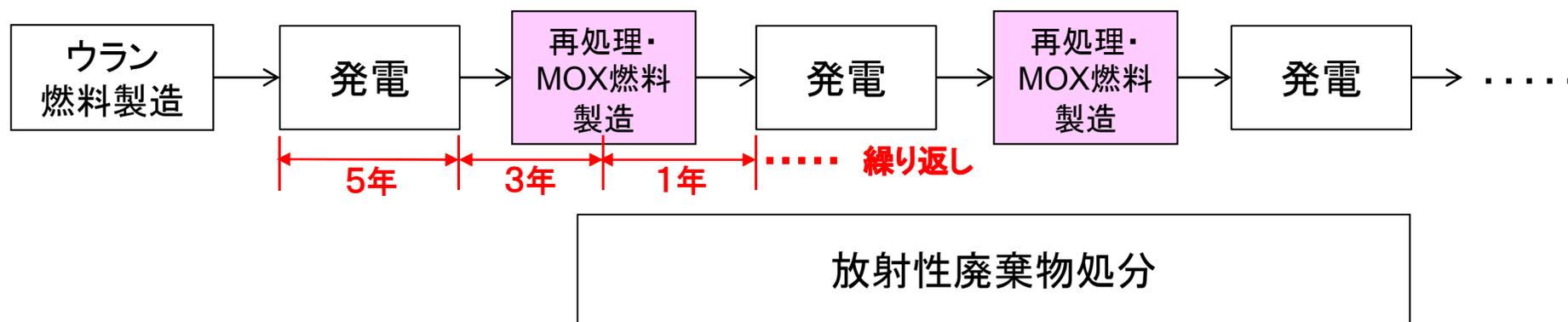
コスト小委^[1]の試算と同手法を採用

- 平成16年から現在までの情勢変化を反映した現時点での核燃料サイクルコストを評価
 - ウラン資源価格の高騰
 - 為替レートの高基調
 - 再処理等積立金法の施行 など

[1] 総合資源エネルギー調査会 電気事業分科会 コスト等検証小委員会(平成16年)
http://www.meti.go.jp/policy/electricpower_partialliberalization/contentscost.html

「再処理モデル」

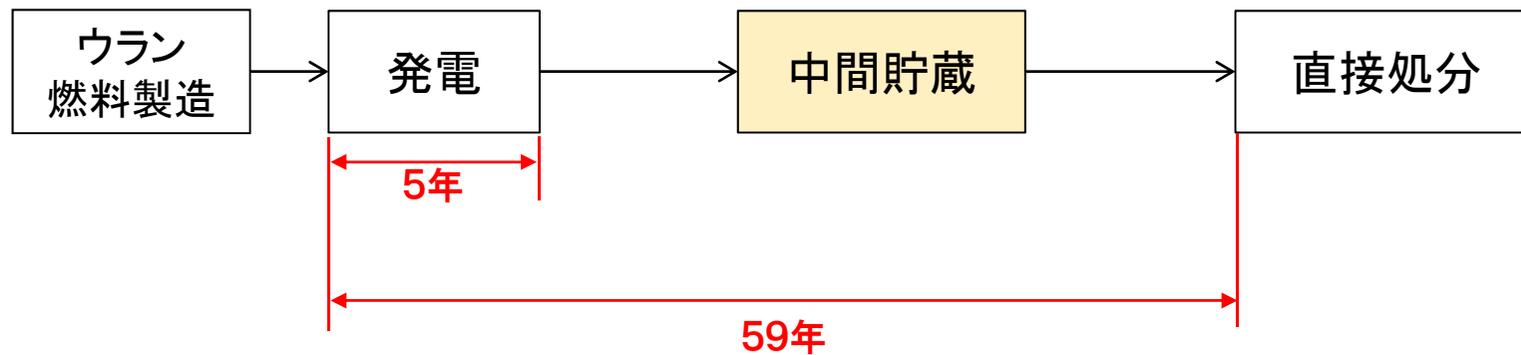
■ 使用済燃料を再処理してリサイクル



- 使用済燃料は全て再処理
- 再処理して取り出されたプルトニウムはMOX燃料としてリサイクル

「直接処分モデル」

- 使用済燃料全量を中間貯蔵後に直接処分



コスト算定条件

サイクルコスト試算条件(共通事項)

| 項目 | | コスト小委(平成16年) | 今回 | |
|----------|-------|---|--------------|----------|
| ウラン燃料濃縮度 | | BWR 3.8% PWR 4.1% | 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 ₂ 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 | | 121.98 円/\$ | 85.74 円/\$ | |
| 割引率 | | 0, 1, 2, 3, 4 % | 0, 1, 3, 5 % | |
| 再処理モデル | 現状モデル | 再処理:中間貯蔵比率 | 64:36 | 50:50 |
| | | 次世代生成率 | 15% | ← |

コスト試算条件

前回検討における単価内訳と今回提示の内訳との関係

| 今回の単価項目 | 前回の単価項目 | 今回用いた諸元 |
|------------------|--|--|
| ウラン燃料 | - | 電力各社の至近(2008~2010年度)の調達実績 |
| MOX燃料 | MOX燃料加工 | 平成16年コスト小委で用いた算定に対し、最新の建設費の動向(1,200→1,900億円に増)に合わせ、総事業費を増額 |
| 再処理等 | 再処理 HLW貯蔵 HLW輸送 TRU廃棄物処理貯蔵 TRU廃棄物処分 再処理工場廃止措置 | 直近の電気事業者及び日本原燃からの届け出を基礎として、法に基づき、国(経済産業省)において算定している再処理等費を基に算定している。 さらに、日本原燃より聴取した緊急安全対策費を織り込んだ。 また、コスト小委時との想定と比べ、実際の施設の区分が異なることや、日本原燃が株式会社として効率化を進めながら、累積損失の解消・利益の創出を目指していくために、操業費総額での管理を主眼としていることから、電気事業者及び日本原燃における区分管理は前回とは異なっている。 |
| SF輸送(発電所→再処理) | 再処理工場へのSF輸送 | 平成16年コスト小委で用いた算定に対し、最新の輸送数量、契約料金を考慮 |
| SF輸送(発電所→中間貯蔵) | 中間貯蔵施設へのSF輸送 | 平成16年コスト小委で用いた算定に対し、最新の輸送数量、契約料金を考慮 |
| 中間貯蔵 | 中間貯蔵 | 平成16年コスト小委で用いた算定に対し、最新の建設費(むつ)の動向(1,300→1,000億円)を考慮 |
| 高レベル放射性廃棄物処分 | HLW処分 | 法に基づき、直近で国(経済産業省)にて算定している処分費を基に算定 |
| SF輸送(中間貯蔵→直接処分場) | - | 中間貯蔵への輸送単価を流用 |
| 直接処分 | - | 平成16年技術小委 ^[1] で用いた算定に対し、最新の知見・積算単価を考慮 |

[1] 原子力委員会 新計画策定会議技術検討小委員会(平成16年)
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/tyoki_gijyutu.htm

核燃料サイクルコスト

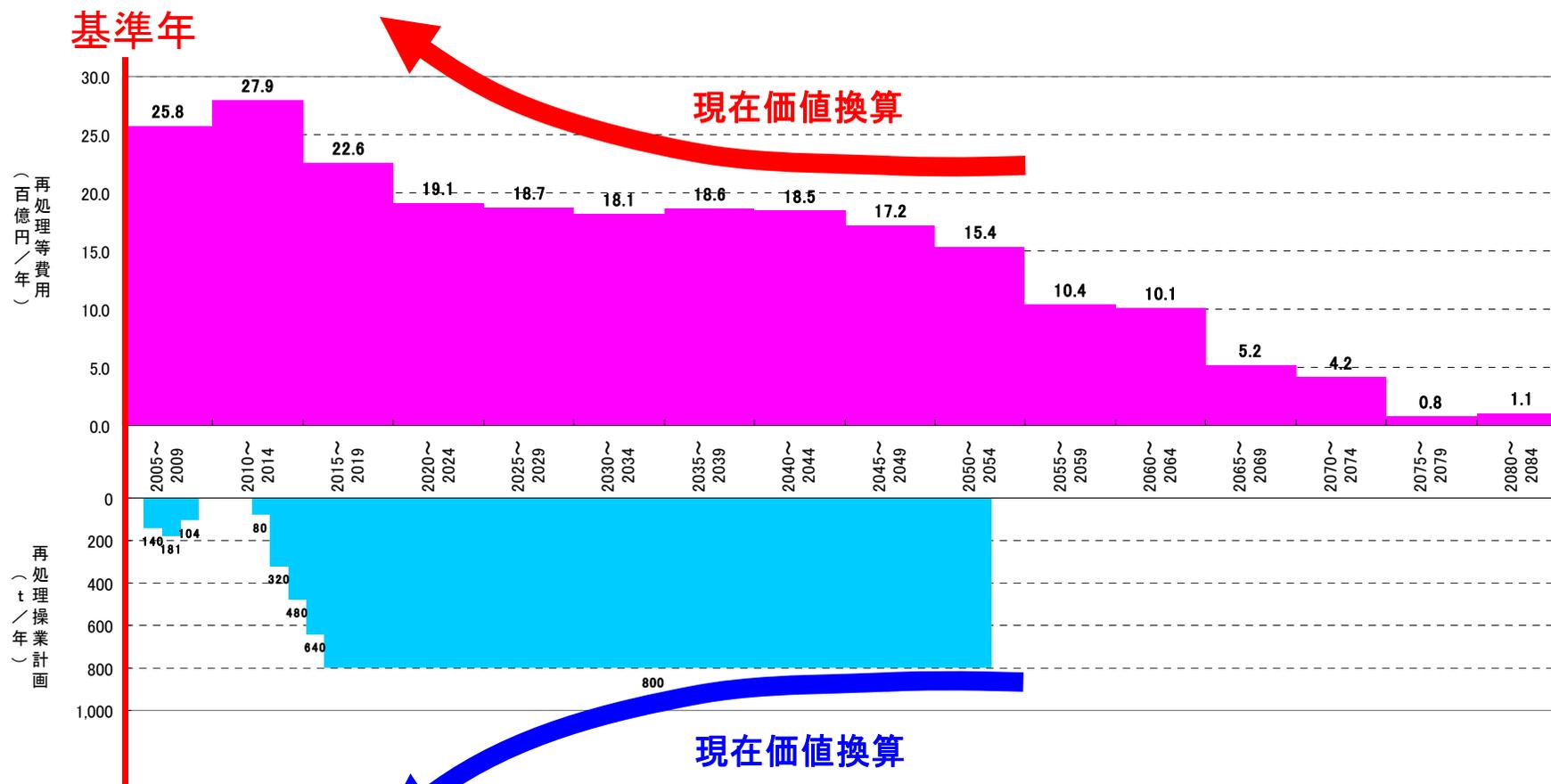
各事業要素の単価

| 割引率 | | 0% | 1% | 3% | 5% |
|----------------------|----------|--------|--------|--------|--------|
| ウラン燃料 | (万円/tU) | 25,900 | 26,200 | 27,100 | 28,200 |
| MOX燃料 | (万円/tHM) | 40,600 | 40,700 | 41,500 | 42,700 |
| 再処理等 | (万円/tU) | 37,200 | 37,800 | 41,100 | 46,400 |
| SF輸送 (発電所→再処理) | (万円/tU) | 1,700 | 1,700 | 1,700 | 1,700 |
| SF輸送 (発電所→中間貯蔵) | (万円/tU) | 1,600 | 1,600 | 1,600 | 1,600 |
| 中間貯蔵 | (万円/tU) | 3,600 | 4,000 | 5,200 | 6,900 |
| 高レベル放射性 廃棄物処分 | (万円/tU) | 8,500 | 8,700 | 11,000 | 15,700 |
| SF輸送 (中間貯蔵→直接処分場) | (万円/tU) | 1,600 | 1,600 | 1,600 | 1,600 |
| 直接処分(最小値) | (万円/tU) | 13,200 | 13,700 | 17,400 | 24,900 |
| 直接処分(最大値) | (万円/tU) | 15,700 | 16,300 | 20,100 | 27,600 |

出典：電気事業者、日本原子力研究開発機構及び資源エネルギー庁提示資料より内閣府作成

核燃料サイクルコスト

単価算定方法の例(再処理等費用単価)



$$\text{トン当たり単価} = \frac{\text{再処理等費用[基準年価値への換算値]}}{\text{再処理量[基準年価値への換算値]}}$$

各モデルのコスト(1) –割引率0%, 1%–

(円/kWh)

| 項目 | 割引率0% | | | 割引率1% | | |
|------------|------------|-------------|-----------|------------|-------------|-----------|
| | 再処理 モデル | 直接処分 モデル | 現状 モデル | 再処理 モデル | 直接処分 モデル | 現状 モデル |
| ウラン燃料 | 0.62 | 0.72 | 0.62 | 0.65 | 0.75 | 0.68 |
| MOX燃料 | 0.17 | - | 0.17 | 0.16 | - | 0.12 |
| (フロントエンド計) | 0.79 | 0.72 | 0.79 | 0.82 | 0.75 | 0.80 |
| 再処理等 | 1.10 | - | 1.10 | 1.06 | - | 0.79 |
| 中間貯蔵 | - | 0.14 | 0.07 | - | 0.12 | 0.06 |
| 高レベル廃棄物処分 | 0.24 | - | 0.24 | 0.16 | - | 0.12 |
| 直接処分 | - | 0.41~0.48 | - | - | 0.24~0.28 | - |
| (バックエンド計) | 1.34 | 0.56~0.63 | 1.41 | 1.21 | 0.37~0.41 | 0.98 |
| 計 | 2.14 | 1.28~1.35 | 2.21 | 2.03 | 1.11~1.15 | 1.78 |

註)各項目ごとの四捨五入の関係で合計があわない場合がある。

(送電端)

各モデルのコスト(2) –割引率3%, 5%–

(円/kWh)

| 項目 | 割引率3% | | | 割引率5% | | |
|------------|------------|-------------|-----------|------------|-------------|-----------|
| | 再処理 モデル | 直接処分 モデル | 現状 モデル | 再処理 モデル | 直接処分 モデル | 現状 モデル |
| ウラン燃料 | 0.73 | 0.81 | 0.77 | 0.81 | 0.88 | 0.86 |
| MOX燃料 | 0.15 | - | 0.07 | 0.14 | - | 0.04 |
| (フロントエンド計) | 0.88 | 0.81 | 0.84 | 0.94 | 0.88 | 0.90 |
| 再処理等 | 1.03 | - | 0.46 | 1.04 | - | 0.30 |
| 中間貯蔵 | - | 0.09 | 0.05 | - | 0.07 | 0.04 |
| 高レベル廃棄物処分 | 0.08 | - | 0.04 | 0.05 | - | 0.01 |
| 直接処分 | - | 0.10~0.11 | - | - | 0.05~0.05 | - |
| (バックエンド計) | 1.11 | 0.19~0.21 | 0.55 | 1.08 | 0.12~0.12 | 0.36 |
| 計 | 1.98 | 1.00~1.02 | 1.39 | 2.03 | 1.00~1.01 | 1.26 |

註)各項目ごとの四捨五入の関係で合計があわない場合がある。

(送電端)

過去の試算との比較(1)－割引率3%－

割引率3%

(円/kWh)

| 項目 | 再処理モデル | 現状モデル | | 直接処分モデル | |
|------------|--------|-------|-------|-----------|-----------|
| | | 今回 | 平成16年 | 今回 | 平成16年 |
| ウラン燃料 | 0.73 | 0.77 | 0.59 | 0.81 | 0.64 |
| MOX燃料 | 0.15 | 0.07 | 0.07 | - | - |
| (フロントエンド計) | 0.88 | 0.84 | 0.66 | 0.81 | 0.64 |
| 再処理等 | 1.03 | 0.46 | 0.65 | - | - |
| 中間貯蔵 | - | 0.05 | 0.04 | 0.09 | 0.12 |
| HLW処分 | 0.08 | 0.04 | 0.12 | - | - |
| 直接処分 | - | - | - | 0.10～0.11 | 0.12～0.21 |
| (バックエンド計) | 1.11 | 0.55 | 0.81 | 0.19～0.21 | 0.24～0.33 |
| 計 | 1.98 | 1.39 | 1.47 | 1.00～1.02 | 0.9～1.0 |

注1) 各項目ごとの四捨五入の関係で合計が合わない場合がある

注2) 平成16年の検討では、HLW処分は拠出金単価(割引率2%)を一律に適用していたが、今回は割引率ごとに試算

過去の試算との比較(2) —割引率0%—

割引率0% (円/kWh)

| 項目 | 再処理 モデル | 現状モデル | |
|------------|------------|-------|-------|
| | | 今回 | 平成16年 |
| ウラン燃料 | 0.62 | 0.62 | 0.49 |
| MOX燃料 | 0.17 | 0.17 | 0.11 |
| (フロントエンド計) | 0.79 | 0.79 | 0.60 |
| 再処理等 | 1.10 | 1.10 | 1.05 |
| 中間貯蔵 | - | 0.07 | 0.06 |
| HLW処分 | 0.24 | 0.24 | 0.12 |
| 直接処分 | - | - | - |
| (バックエンド計) | 1.34 | 1.41 | 1.23 |
| 計 | 2.14 | 2.21 | 1.83 |

注1) 各項目ごとの四捨五入の関係で合計が合わない場合がある

注2) 平成16年の検討では、HLW処分は拠出金単価(割引率2%)を一律に適用していたが、今回は割引率ごとに試算

注3) 平成16年の検討では直接処分ケースの割引率0%は試算されていない

算定結果について

■ フロントエンド

- 為替レートは円高となっているものの、特にウランの精鉱の取得価格が大幅に上昇しており、直接処分モデルのコストにも影響
- MOX燃料費については、原子炉への装荷割合が小さく、フロントエンドコストへの影響は小さい

■ 再処理等

- 再処理モデルと直接処分モデルとの差は約1円/kWh(割引率3%)であり、再処理等の工程の有無に起因
- 核燃料リサイクルを行う場合について、再処理モデルと現状モデルとの差は約0.6円/kWh(割引率3%)であり、貯蔵期間の設定に起因

今後、さまざまな核燃料サイクルオプションについて、引き続き、経済性以外の評価軸も含め、総合的に評価を実施

感度解析(1)再処理・MOX単価

- 現状モデル(基本ケース)に対し、再処理等及びMOX燃料単価の1.5倍の感度解析(感度解析ケース)を実施する
- 【再処理等】
 - 定格再処理量(800tU/年)到達時期の遅延等による再処理数量減(稼働率低下)、あるいは、今後計画されている増設施設の建設費上昇、及び稼働率維持のための追加投資の可能性を完全に否定することは困難
- 【MOX燃料】
 - 建設費は、建設用資材等の価格上昇、耐震対応等により1,200億円から1,900億円に上昇。今後2016年3月の竣工までに、同様の理由による、さらなる建設費上昇の可能性を完全に否定することは困難

感度解析結果(1)再処理・MOX単価

(割引率3%)

(円/kWh)

| 項目 | 現状モデル | | |
|-------|-------|---------|------|
| | 基本ケース | 感度解析ケース | コスト比 |
| ウラン燃料 | 0.77 | ← | — |
| MOX燃料 | 0.07 | 0.10 | 1.5 |
| 再処理等 | 0.46 | 0.68 | 1.5 |
| 中間貯蔵 | 0.05 | ← | — |
| HLW処分 | 0.04 | ← | — |
| 計 | 1.39 | 1.64 | 1.2 |

感度解析(2)フロントエンド単価

- 再処理、直接処分、現状の各モデル(基本ケース)に対し、ウラン燃料単価におけるウラン精鉱要素について2.0倍の感度解析(感度解析ケース)を実施する
 - ウランスポット価格は、現在約140\$/kgUであり、過去3年間ではおよそ100～180 \$/kgU
 - 将来の価格見通しについて公的機関が公表しているものは無いが、参考にOECD/NEAとIAEAの報告を参照した
 - OECD/NEAとIAEAが発表したUranium2009(2010年7月)では、ウラン生産コストの上昇とウラン市場の基調を反映し、新たに260\$/kgUまでの生産コストによる資源量を分析(以前は130\$/kgU以下)
 - 過去、ウランスポット価格が、一時260\$/kgUを超えて急騰したこともあり、将来的にウラン価格が2倍程度に上昇する可能性を考慮

感度解析結果(2)フロントエンド単価

(円/kWh)

| 項目 | 再処理モデル | | | 直接処分モデル | | | 現行モデル | | |
|-------|-----------|-------------|-----|---------------|---------------|---------|-----------|-------------|-----|
| | 基本 ケース | 感度解析 ケース | 価格比 | 基本 ケース | 感度解析 ケース | 価格比 | 基本 ケース | 感度解析 ケース | 価格比 |
| ウラン燃料 | 0.73 | 1.04 | 1.4 | 0.81 | 1.16 | 1.4 | 0.77 | 1.10 | 1.4 |
| MOX燃料 | 0.15 | ← | — | — | — | — | 0.07 | ← | — |
| 再処理等 | 1.03 | ← | — | — | — | — | 0.46 | ← | — |
| 中間貯蔵 | — | — | — | 0.09 | ← | — | 0.05 | ← | — |
| HLW処分 | 0.08 | ← | — | — | — | — | 0.04 | ← | — |
| 直接処分 | — | — | — | 0.10~ 0.11 | ← | — | — | — | — |
| 計 | 1.98 | 2.29 | 1.2 | 1.00~ 1.02 | 1.35~ 1.36 | 1.3~1.4 | 1.39 | 1.72 | 1.2 |

プルトニウムクレジットについて

- ウラン燃料のサイクルコストは、ウラン燃料の1サイクル(初装荷～炉外取り出し)に要する費用【フロントエンド費用(精鉱、転換、濃縮、加工等の燃料取得費)及びバックエンド費用(再処理、廃棄物処分)の合計値】に対し、プルトニウムクレジットを減ずることで試算が可能
- MOX燃料単独のサイクルコストは、MOX燃料の加工費に、プルトニウムを購入したと想定してプルトニウムクレジットを加えることで試算が可能
- 実際には、プルトニウムを取引する国際的な市場は存在せず、わが国の原子炉で平和利用することが基本原則
- ウラン資源価格の変動が激しく、MOX燃料加工費の不確実性も否定できない中では、プルトニウムクレジットを確定することが難しく、仮定の置き方によって、プルトニウムクレジットは正にも負にもなり得る
- 今回の燃料サイクルコストの試算では、プルトニウムクレジットを用いた手法ではなく、発生したプルトニウムを自ら使うサイクルを無限に繰り返す手法を採用している

回収ウランクレジットの取り扱い

- 回収ウランを再転換、濃縮、加工すれば、ウラン精鉱の購入費用が節約できメリットの可能性がある(回収ウランクレジット)
- 回収ウランの濃縮度は、近年の燃料の高燃焼度化で天然ウランと比べ有為に高いとは言えなくなりつつある
- 回収ウランに含まれる ^{236}U は、比較的中性子を吸収しやすく反応度損失が発生することから、濃縮役務量を増やす必要がある
- 回収ウランに含まれる ^{232}U (^{232}U の崩壊に伴う核種のガンマ線が強い)や、 ^{234}U (アルファ線を放出する)の影響により、転換、濃縮、燃料加工などの工程で放射線しゃへい等が必要となる(これらの対策に伴う費用が増加)
- ただし、六ヶ所再処理工場からの回収ウランの利用は、具体的な設計がなく、費用を算定できる状況にはないが、今後、ウラン価格が上昇すれば回収ウランを利用するメリットが現れ、燃料サイクルコストは下がることになる
- 従って、今回の燃料サイクルコスト試算では、回収ウランの貯蔵費用のみを算入し、回収ウランの利用(クレジットによる減算等)は考慮していない

プルトニウム，回収ウランクレジットの計算例

| 評価機関 | プルトニウム クレジット | 回収ウラン クレジット |
|----------------------------------|-----------------|----------------|
| ボストン・コンサルティング・グループ ^{*1} | 160\$/kg・SF | 30\$/kg・SF |
| マサチューセッツ 工科大学 ^{*2} | -15,743\$/kg・Pu | 108.3\$/kg・回収U |

*1: 出典 "Economic Assessment of Used Nuclear Fuel Management in the United States",
(2006 Boston Consulting Group)

*2: 出典 "The Future of the Nuclear Fuel Cycle", (2011 Massachusetts Institute of Technology)

参考資料

核燃料サイクルコストの計算手法

【ウラン燃料】

初装荷時点単価に換算して使用

【その他工程別単価】

$$F_a = F_{a0} \times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{r^{k-1}}{(1+q)^{y+m(k-1)}}$$

【発電電力量】

$$P = H \times 24 \times \eta \times (1-L) \times 1000 \times \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{1}{1+q} \right)^x dx \times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{r^{k-1}}{(1+q)^{m(k-1)}}$$

【核燃料サイクルコスト】

$$C = \frac{F_a + F_b + \dots}{P}$$

F_a : 工程aの初装荷時点単価

F_{a0} : 工程aの実施時点単価

q : 割引率

r : 使用済燃料の再処理によって新たに得られる次世代の燃料の生成率

m : 再処理ケースは9、中間貯蔵ケースは51

η : 熱効率(0.345)

y : 各工程のラグタイム

P : 発電電力量(初装荷時点換算:kWh)

H : 平均取出燃焼度(MWd/t)

L : 所内率(0.035)

T : 炉内滞在期間(5年)

C : 核燃料サイクルコスト

参考資料

核燃料サイクルコスト計算シートの例(再処理モデル)

| 単価 | | 0% | 1% | 3% | 5% |
|-----------|----------|--------|--------|--------|--------|
| U燃料 | 万円/tU | 25,900 | 26,200 | 27,100 | 28,200 |
| MOX燃料 | (万円/tHM) | 40,600 | 40,700 | 41,500 | 42,700 |
| 再処理等 | (万円/tU) | 37,000 | 37,600 | 40,800 | 46,200 |
| 再処理への輸送 | (万円/tU) | 1,700 | 1,700 | 1,700 | 1,700 |
| 高レベル廃棄物処分 | (万円/tU) | 8,500 | 8,700 | 11,000 | 15,700 |

| | |
|--------------|-----------|
| 割引率 | 3% |
| 発電電力量(kWh/t) | 3.9E+08 |

| | ラグタイム | コスト(円/kWh) |
|-----------|----------|-------------|
| U燃料 | | 7.3E-01 |
| MOX燃料 | 8 | 1.5E-01 |
| 再処理等 | 8 | 9.8E-01 |
| 再処理への輸送 | 6 | 4.3E-02 |
| 高レベル廃棄物処分 | 48 | 8.1E-02 |
| | 計 | 1.98 |

シナリオの時間軸設定

(年)

| 工程 | 再処理モデル | 直接処分モデル | 現状モデル | |
|------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | | 再処理 | 中間貯蔵 |
| MOX燃料 | 8 ^{*1} | — | 25 ^{*2} | 50 ^{*1} |
| 再処理等 | 8 ^{*1} | — | 25 ^{*2} | 50 ^{*1} |
| SF輸送(発電所→再処理) | 6 ^{*1} | — | 6 ^{*1} | 50 ^{*1} |
| SF輸送(発電所→中間貯蔵) | — | 10 ^{*1} | — | 10 ^{*1} |
| SF輸送(中間貯蔵→直接処分場) | — | 58 ^{*1} | — | — |
| 中間貯蔵 | — | 34 ^{*1,3} | — | 30 ^{*1} |
| HLW処分 | 48 ^{*1} | — | 65 ^{*1,4} | 90 ^{*1,4} |
| 直接処分 | — | 59 ^{*1} | — | — |

* 1 前回技術小委を参考に設定

* 2 現在の国内サイクルの実態を反映

* 3 施設へ輸送されてくる10年目から処分場へ輸送される58年目の中間点

* 4 再処理後40年目

参考資料

再処理等総事業費の状況

最新届出額1, 222百億円のうち、国内での再処理に伴い生じる費用は1, 168百億円

| 第1回原子力発電・核燃料サイクル技術等 検討小委員会資料抜粋 | | | 国内再処理に 伴い生じる費用 | 左記以外 (返還廃棄物関係費用) | 備考 |
|-----------------------------------|----------------|-------|-------------------|---------------------|---|
| 単位: 百億円 | | | | | |
| 六ヶ所再処理 | 操業 | 927 | 927 | — | 六ヶ所再処理工場の費用 ⇒ 全て国内再処理関係費用 |
| | 廃止措置 | 154 | 154 | — | |
| 返還高レベル放射性廃棄物管理 | 廃棄物貯蔵 | 29 | — | 29 | 海外への再処理委託に伴い返還される廃棄物の国内での管理費用 ⇒ 全て返還廃棄物関係費用 |
| | 廃止措置 | 1 | — | 1 | |
| 返還低レベル放射性廃棄物管理 | 廃棄物貯蔵 | 18 | — | 18 | ⇒ 全て返還廃棄物関係費用 |
| | 廃止措置 | 1 | — | 1 | |
| 処分場への廃棄物輸送 | 高レベル | 10 | 9.7 | 0.6 | 六ヶ所での再処理で生じる廃棄物の輸送費用と、海外への再処理委託に伴い返還される廃棄物の輸送費用の合算値 ⇒ 「単価×国内再処理分廃棄物量」が国内再処理関係費用 |
| | 低レベル | 21 | 20.0 | 0.5 | |
| 廃棄物処分 | 高レベル | 0.3 | — | 0.3 | 海外への再処理委託に伴い返還される代替取得分廃棄物の国内での処分費用 ⇒ 全て返還廃棄物関係費用 |
| | 低レベル [地層処分] | 37 | 34 | 2 | 六ヶ所での再処理で生じる廃棄物の処分費用と、海外への再処理委託に伴い返還される廃棄物の処分費用の合算値 ⇒ 「単価×国内再処理分廃棄物量」が国内再処理関係費用 |
| | 低レベル [その他] | 23 | 23 | — | 全て六ヶ所での再処理で生じる廃棄物の処分費用 ⇒ 「単価×国内再処理分廃棄物量」が国内再処理関係費用 |
| 合計 | | 1,222 | 1,168 | 54 | |

出典: 資源エネルギー庁提示資料より内閣府作成

参考資料

廃棄物処分費(ガラス固化体処理)の状況

単位: 億円

| | 平成23年度 | | | 平成12年度 | | | 平均差 | 平成12年度からの 主な状況変化 | 算定における考え方 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------------------------------------|--|
| | 軟岩系 | 硬岩系 | 平均 | 軟岩系 | 硬岩系 | 平均 | | | |
| 技術開発費 | 1,031 | 1,031 | 1,031 | 1,118 | 1,118 | 1,118 | ▲ 87 | 人件費単価の減 | <p><積算の方法></p> <ul style="list-style-type: none"> ・人件費、材料費、機械経費等の直接費及び現場管理費、一般管理費等間接費を積算。 ・積算方法及び人件費単価、材料費単価については、一般的な土木工事や地質調査、一般公共工事に用いられている価額・手法を採用。 <p><算定のケースの設定></p> <ul style="list-style-type: none"> ・岩種、深度の設定によって最終処分費用が変化するため、軟岩系(堆積岩)500m、硬岩系(結晶質岩)1000mのそれぞれのケースで算定し、それらの平均値を採用。 <p><施設の規模></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ガラス固化体4万本を処分する施設と設定 <p><費用算定上の各段階におけるサイト数></p> <ul style="list-style-type: none"> ・TRU廃棄物と合わせて、文献調査10地区、概要調査5地区、精密調査2地区、最終処分施設建設地2地区と仮定して費用を算定。 <p><処分スケジュール></p> <ul style="list-style-type: none"> ・2000年に実施主体を設立 ・2036年から操業を開始 ・2086年に処分施設の解体・閉鎖開始 ・2096年に坑道を閉鎖 ・その後300年間モニタリング等の措置を実施 |
| 調査費及び用地取得費 | 1,591 | 1,782 | 1,687 | 2,252 | 2,501 | 2,376 | ▲ 689 | 人件費単価の減 TRU導入に伴う按分による減 土地単価の減 | |
| 設計及び建設費 | 9,750 | 8,110 | 8,930 | 10,476 | 8,725 | 9,600 | ▲ 670 | 人件費単価の減 設備関係指標の下落 | |
| 操業費 | 7,041 | 7,674 | 7,358 | 6,805 | 7,736 | 7,271 | 87 | 資材関係指標の上昇 | |
| 解体及び閉鎖費 | 861 | 909 | 885 | 801 | 884 | 842 | 43 | 資材関係指標の上昇 | |
| モニタリング費 | 1,187 | 1,187 | 1,187 | 1,236 | 1,236 | 1,236 | ▲ 49 | 設備関係指標の下落 | |
| プロジェクト管理費 | 5,407 | 4,722 | 5,065 | 6,132 | 5,396 | 5,764 | ▲ 699 | 人件費単価の減 TRU導入に伴う按分による減 固定資産税の減 | |
| 消費税 | 1,055 | 1,020 | 1,037 | 1,107 | 1,087 | 1,097 | ▲ 60 | | |
| 合計 | 27,927 | 26,438 | 27,183 | 29,927 | 28,683 | 29,305 | ▲ 2,122 | | |

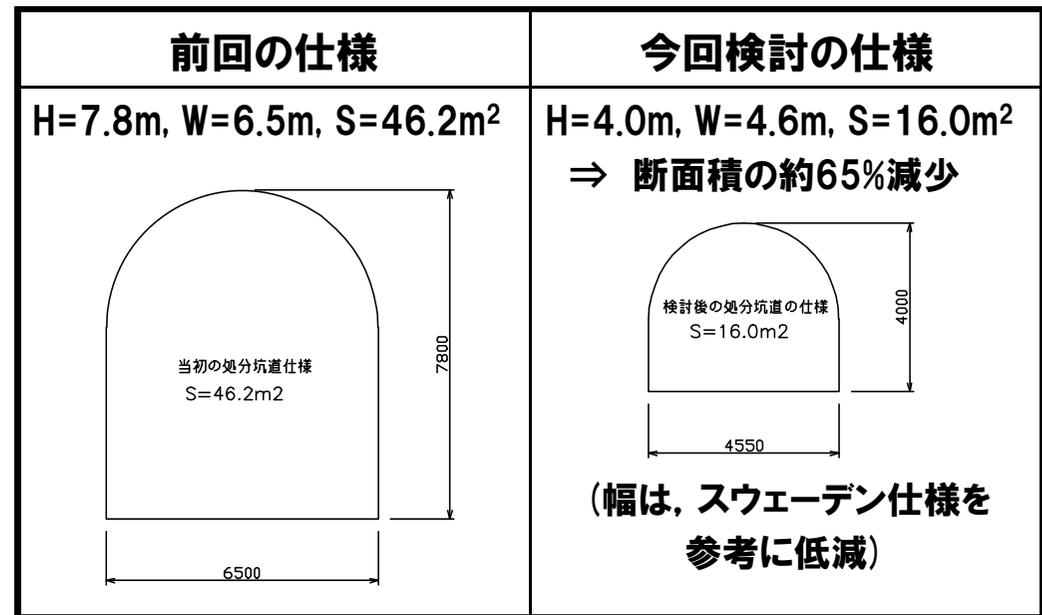
出典: 資源エネルギー庁提示資料より内閣府作成

参考資料

直接処分コスト試算モデル

- モデルプラントとして、国外で主流の縦置き定置で1サイト建設するケースを採用
- フィンランド(POSIVA)やスウェーデン(SKB)の定置方法(使用済燃料を横置きにて搬送)を参考に検討し、硬岩系における処分坑道断面積は前回の検討に比べて約65%減少する仕様を採用

| 岩種 | 2004年時 試算ケース | 定置 方法 | 収納 本数 | サイト 数 | 今回試算 対象ケース |
|----|-----------------|----------|----------|----------|---------------|
| 軟岩 | 1 | 縦 | 2体 | 1 | ○ |
| | 2 | | 4体 | 1 | ○ |
| | 3 | | 2体 | 2 | |
| | 補足1 | 横 | 2体 | 1 | |
| | 補足2 | | 4体 | 1 | |
| 硬岩 | 1 | 縦 | 2体 | 1 | ○ |
| | 2 | 縦 | 2体 | 2 | |
| | 補足 | 横 | 2体 | 1 | |



※ 硬岩縦置き定置での集合体4体収納ケースは、熱的制限値を満たさないため、検討除外している

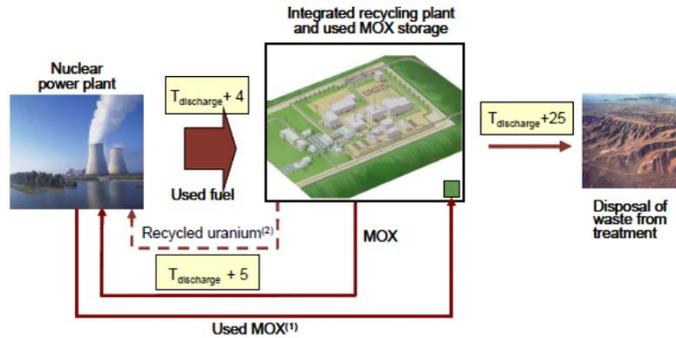
直接処分モデルの総事業費

| 岩種 | 試算 ケース | 定置 方法 | 収納 本数 | サイト 数 | 前回 総費用 (兆円) | 今回総費用(億円) | | | |
|----|-----------|----------|----------|----------|-------------------|-----------|--------|--------|--------|
| | | | | | | 0% | 1% | 3% | 5% |
| 軟岩 | 1 | 縦 | 2体 | 1 | 7.80 | 50,114 | 43,139 | 38,258 | 39,789 |
| | 2 | | 4体 | 1 | 6.03 | 42,222 | 36,355 | 33,191 | 35,847 |
| 硬岩 | 1 | 縦 | 2体 | 1 | 5.33 | 46,518 | 40,021 | 35,755 | 37,877 |

(注) 基準年を事業開始年度(35年目)で計算

参考資料: 海外でのサイクルコスト試算例(1)

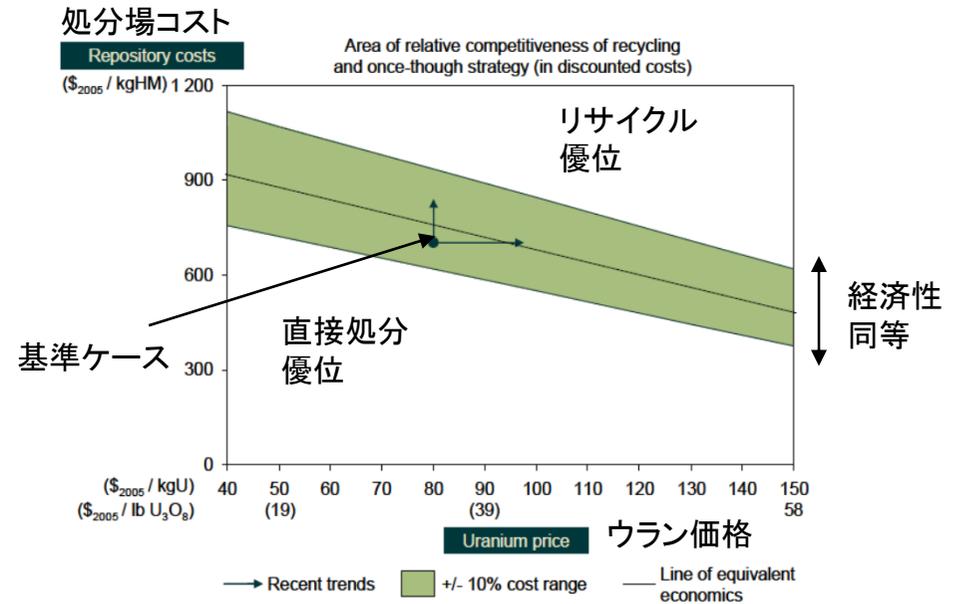
BCG報告書(2006年)



統合リサイクル施設(再処理+MOX加工施設)による再処理路線

| 直接処分路線 | | | 再処理路線 | | |
|--------|-----|-----|-------------|------|------|
| 項目 | 割引前 | 割引後 | 項目 | 割引前 | 割引後 |
| 中間貯蔵 | 150 | 125 | 統合リサイクル施設 | 630 | 525 |
| 最終処分 | 700 | 320 | 最終処分 | 175 | 80 |
| 輸送(SF) | 70 | 55 | 輸送(SF, HLW) | 95 | 75 |
| | | | Pu, Uクレジット | -190 | -160 |
| 合計 | 920 | 500 | | 710 | 520 |

(\$/kg, 割引率3%)



出典: Boston Consulting Group (BCG) "Economic Assessment of Used Nuclear Fuel Management in the United States", 2006

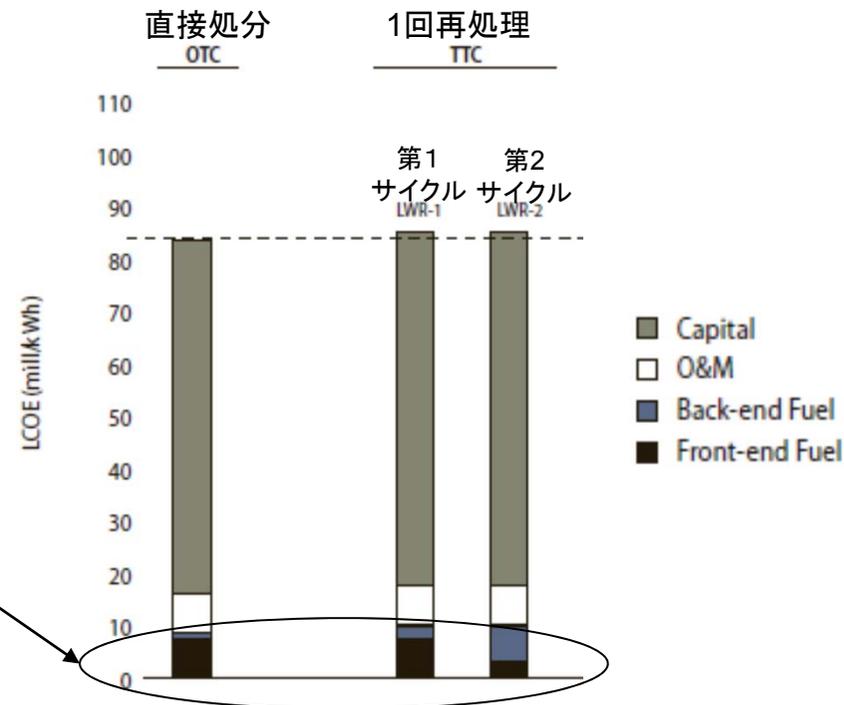
参考資料: 海外でのサイクルコスト試算例(2)

MIT報告書(2011年)

| 直接処分 | | 再処理 第1サイクル: U燃料 | | 再処理 第2サイクル: MOX燃料 | |
|--------------|-------------|--------------------|-------------|----------------------|-------------|
| ウラン | 2.76 | ウラン | 2.76 | 劣化ウラン | 0.03 |
| | | | | Pu | -4.39 |
| 燃料製造 | 4.35 | 燃料製造 | 4.35 | 燃料製造 | 7.38 |
| バックエンド | 1.30 | 再処理 | 2.36 | バックエンド | 6.96 |
| | | 高レベル処分 | 0.4 | | |
| | | 回収U価値 | -0.14 | | |
| | | 回収Pu価値 | 0.25 | | |
| 燃料費合計 | 8.41 | 燃料費合計 | 9.98 | 燃料費合計 | 9.98 |

(ミル/kWh)

※ 再処理シナリオでは、第1サイクルはウラン燃料を装荷し再処理、第2サイクルはMOX燃料を装荷し直接処分



出典: Massachusetts Institute of Technology (MIT), "The Future of Nuclear Fuel Cycle", 2010

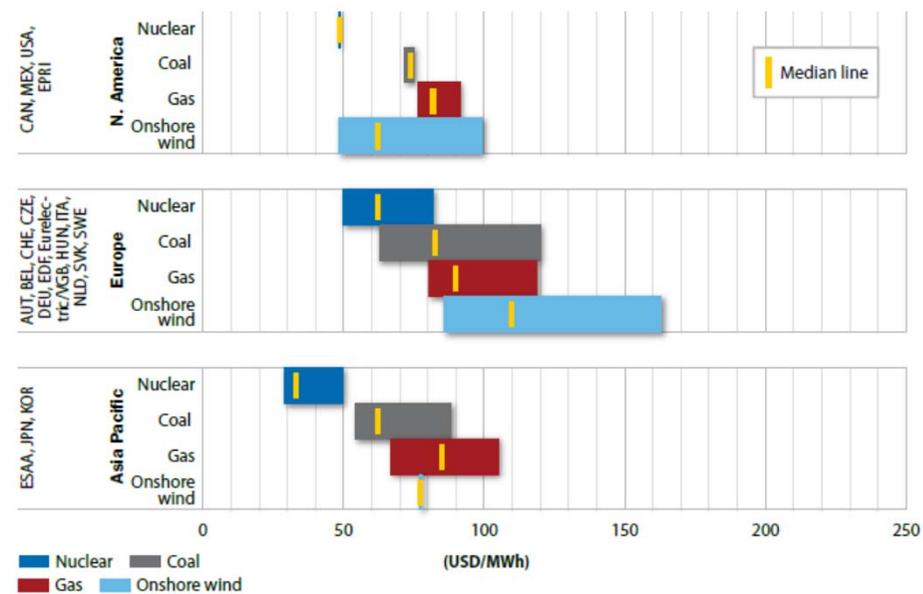
参考資料:海外でのサイクルコスト試算例(3)

OECD/NEA報告書(2010)

核燃料サイクルに関する詳細な分析はなく、
全ての評価に下記の前提を使用している

フロントエンド : \$7 /MWh

バックエンド : \$2.33 /MWh



原子力、石炭、ガス、風力の発電単価比較
(割引率5%)

出典: OECD/NEA, "Projected Costs of Generating Electricity", 2010 edition