

OECD/NEAにおけるコスト検討の現状

平成20年11月13日

日本原子力研究開発機構

検討の概要

- 出典: OECD/NEA「Advanced Nuclear Fuel Cycles and Radioactive Waste Management」(先進的核燃料サイクルと放射性廃棄物管理) (2006年).
- 13カ国(ベルギー、フィンランド、フランス、ドイツ、イタリア、日本、韓国、ロシア、スペイン、スウェーデン、スイス、イギリス、米国、)と3機関(IAEA、EC、OECD/NEA)の専門家が参加し、様々な核燃料サイクルオプションを設定し、それぞれで生じる放射性廃棄物のための処分場性能等を評価
- 検討対象とした核燃料サイクルオプションは、ワンスルー、階層型、高速増殖炉サイクル等、13種類(次ページ)。
- 主な評価項目:
 - ウラン消費量
 - TRUロス率
 - 廃棄物中の放射能(1000年後)
 - 廃棄物の崩壊熱(50年後と200年後)
 - 高レベル廃棄物の体積
 - 各岩種への処分後の被ばく線量(花崗岩、粘土層、凝灰岩)
 - 燃料サイクルコストと発電コスト

検討対象とした核燃料サイクルオプション(1)

1. 現在実用化されているもの及びその延長

- 1a. ワンススルー(参照ケース)
- 1b. PWRでのPuの1回りサイクル(使用済MOX燃料は直接処分)
- 1c. PWRでのPuとNpの1回りサイクル
- 1d. DUPICサイクル(PWR使用済燃料をCANDU型炉で再使用する)

2. 部分的閉サイクル

- 2a. PWRでのPuの多重リサイクル^(注1)(濃縮ウランを使ったMOX燃料が必要)
- 2b. PWRでのPuとAmの多重リサイクル
- 2c. PWRで生じたPuとAmを高速炉で多重リサイクル(Amはターゲット燃料^(注2)として単一照射)
- 2cV. PWRで生じたPuを高速炉で多重リサイクル

3. 完全閉サイクル

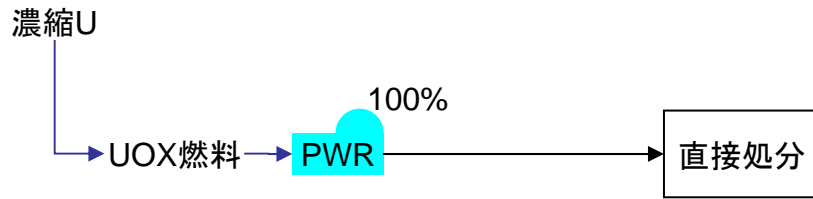
- 3a. PWRで生じたTRUの高速炉での多重リサイクル
- 3b. 階層型(PWRと高速炉でPuを多重リサイクル、ADSでMAを多重リサイクル)
- 3bV. 階層型の変則(高速炉を導入せずにADSでPuも核変換)
- 3cV1. 高速炉のみのTRU多重リサイクル1(炭化物燃料ガス冷却高速炉+乾式処理)
- 3cV2. 高速炉のみのTRU多重リサイクル2(MOX燃料Na冷却高速炉+湿式処理)

(注1) 多重リサイクル: 使用済燃料を再処理して回収した元素を再び炉に装荷(リサイクル)して照射することを2回以上繰り返すこと

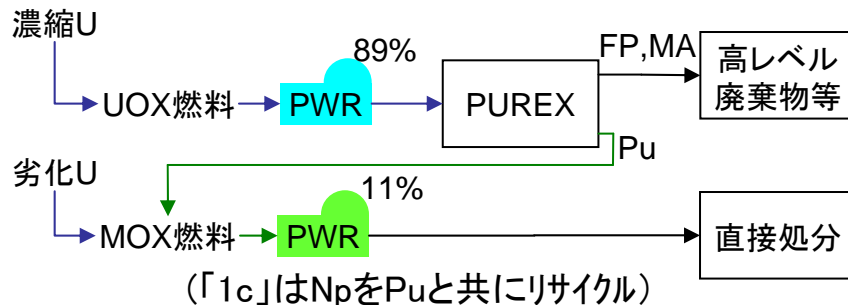
(注2) ターゲット燃料: 減速材を含んだ集合体にAmを装荷して、照射後に直接処分する概念

検討対象とした核燃料サイクルオプション(2)

1a. ワンスルー(参照ケース)



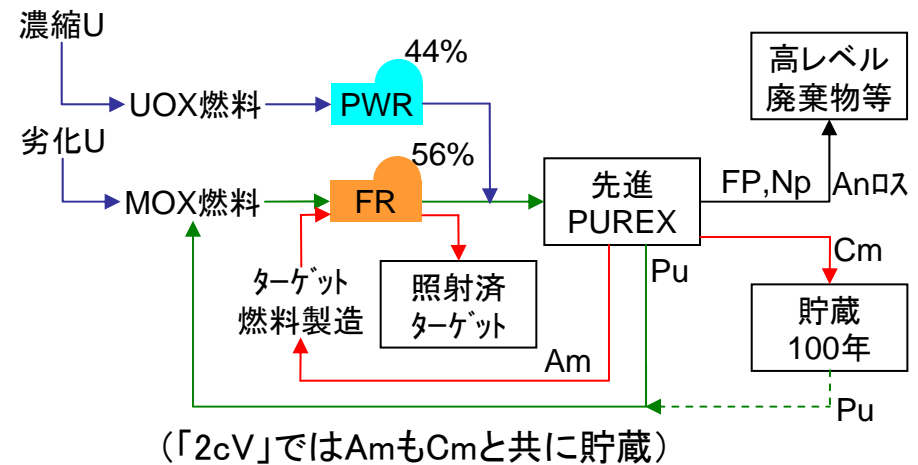
1b. PWRでのPuの1回リサイクル(使用済MOX燃料は直接処分)



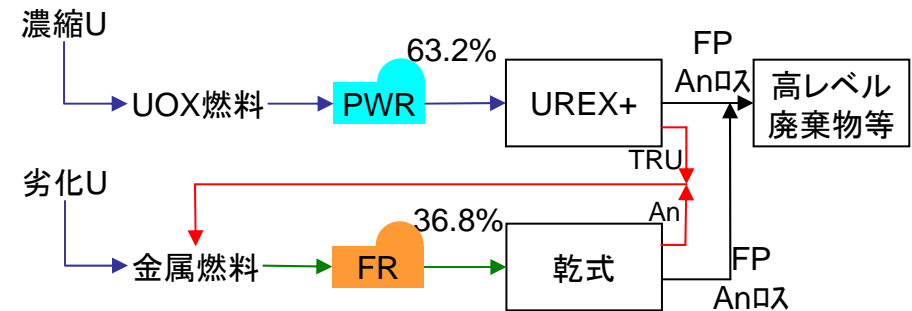
U:ウラン
MOX:ウラン・プルトニウム混合酸化物
An:アクチノイド元素

UOX:ウラン酸化物
FP:核分裂生成物
MA:マイナーアクチノイド

2c. PWRで生じたPuとAmを高速炉で多重リサイクル(Amはターゲット燃料として単一照射)

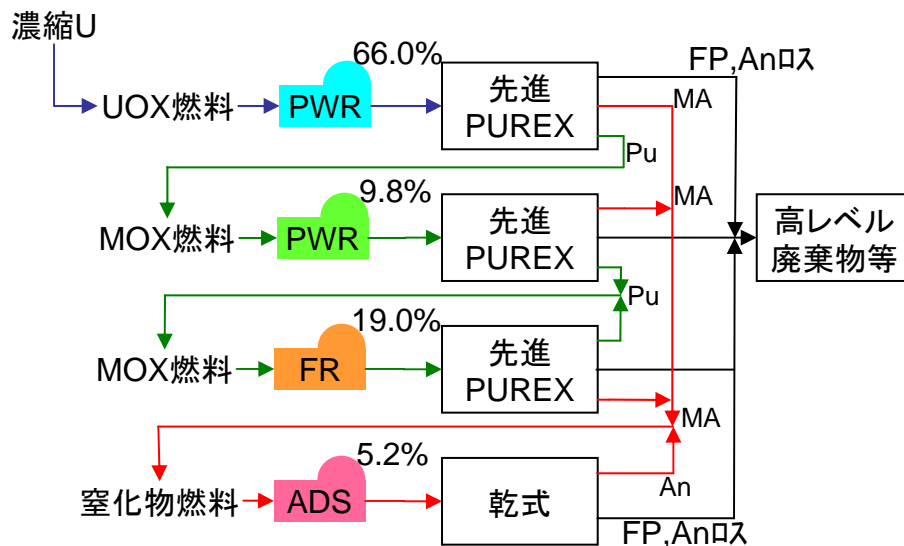


3a. PWRで生じたTRUの高速炉での多重リサイクル



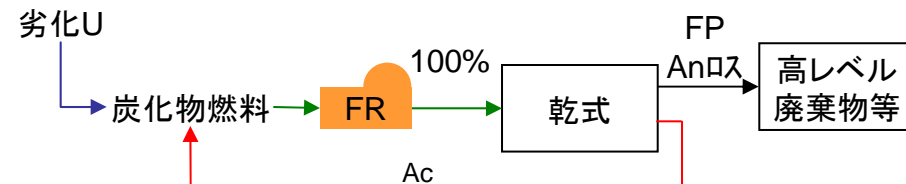
検討対象とした核燃料サイクルオプション(3)

3b. 階層型 (PWRと高速炉でPuを多重リサイクル、ADSでMAを多重リサイクル)



(「3bV」ではMOX-PWRからのPuを直接ADSへ)

3cV1. 高速炉のみのTRU多重リサイクル (炭化物燃料ガス冷却高速炉+乾式処理)



(「3cV2」はMOX燃料とUREX+法再処理の組み合わせ)

U: ウラン
MOX: ウラン・プルトニウム混合酸化物
An: アクチノイド元素
TRU: 超ウラン元素

UOX: ウラン酸化物
FP: 核分裂生成物
MA: マイナーアクチノイド

コスト評価での仮定

□ コスト評価の範囲:

- フロントエンド(天然ウラン、転換、濃縮、加工)
- 炉の建設・運転・維持
- 使用済燃料の輸送と貯蔵
- 再処理
- 乾式貯蔵・パッケージ化、長期貯蔵
- 廃棄物処分

□ コスト評価の仮定:

- 定常状態(平衡状態)における物質収支に基づく。
- 全てのコストは物質収支に関わる諸量(質量、体積、発電量、崩壊熱)に比例する。

主な単位コストの設定

□ 燃料製造:

炉型	単位	下限	最確値	上限
UOX	\$/kgHM	200	250	300
MOX	\$/kgHM	1000	1250	1500
Am target	\$/kgHM	1000	1875	3000
FR-MOX	\$/kgHM	1000	1500	2000
FR-metal	\$/kgHM	1400	2600	5000
ADS	\$/kgHM	5000	11000	15000
LMFR	\$/kgHM	1100	1650	2200
GCFR	\$/kgHM	1100	1650	2200

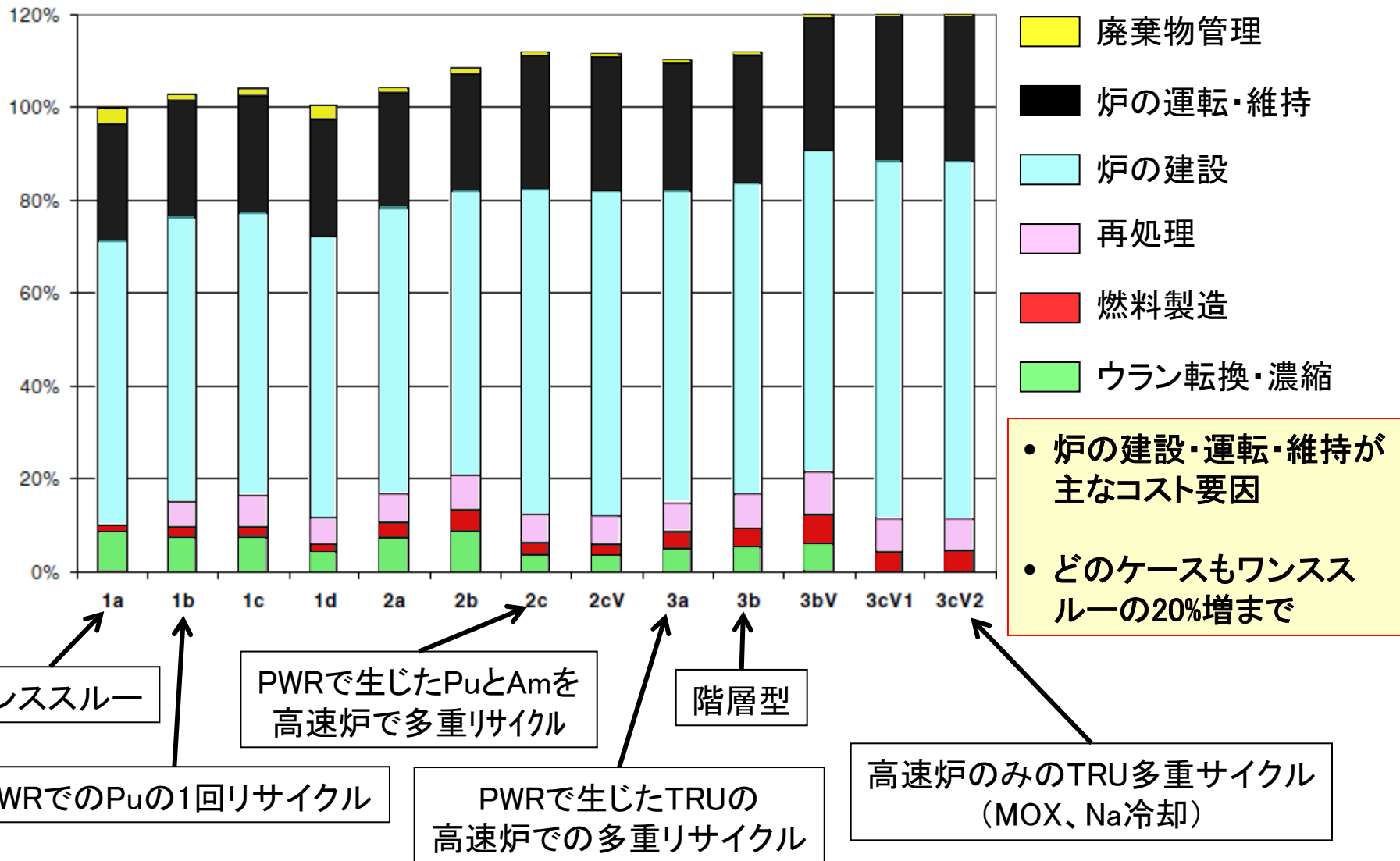
□ 炉の建設コスト:

炉型	単位	下限	最確値	上限
PWR	\$/kWe	1200	1600	1900
FR	\$/kWe	1200	1900	2300
ADS 炉	\$/kWe	1200	1900	2300
ADS 加速器	\$/Wbeam	5	15	20
GCFR	\$/kWe	1200	1900	2300
LMFR	\$/kWe	1200	1900	2300

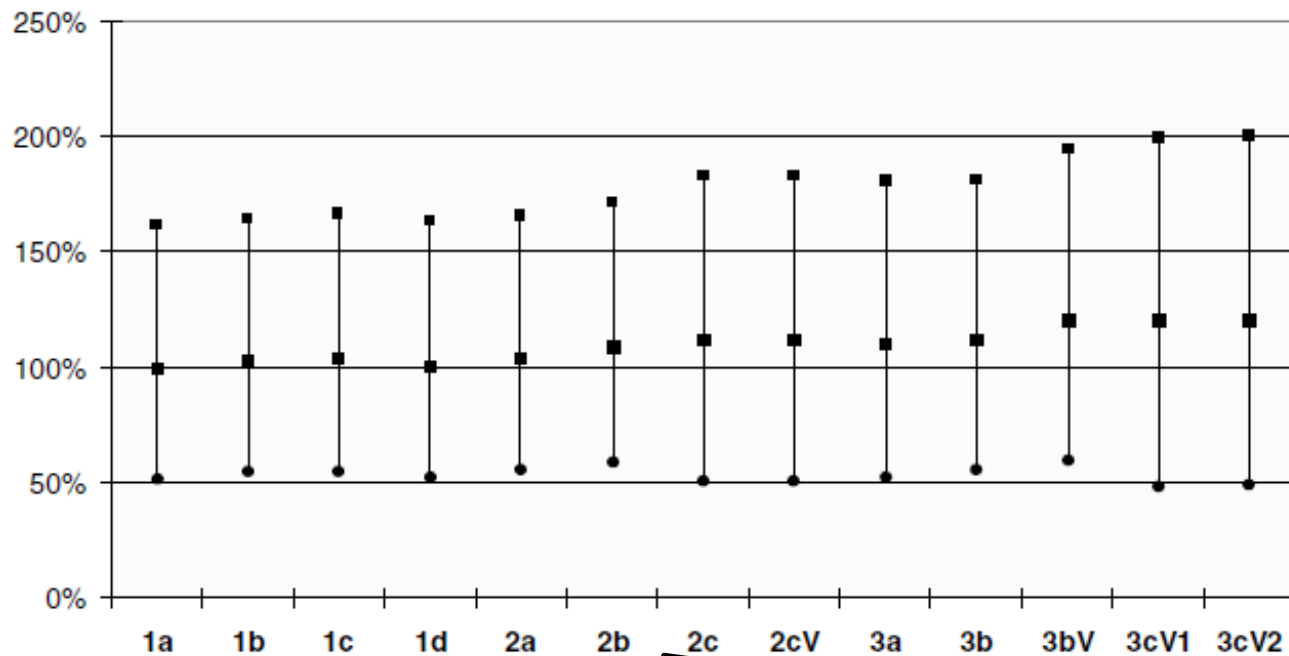
□ 再処理:

再処理種類	単位	下限	最確値	上限
UOX PUREX	\$/kgHM	700	800	900
MOX PUREX	\$/kgHM	700	800	1000
FR-MOX PUREX	\$/kgHM	1000	2000	2500
UOX UREX	\$/kgHM	600	800	1200
UOX 先進PUREX	\$/kgHM	700	1000	1300
MOX 先進PUREX	\$/kgHM	700	1000	1500
FR-MOX 先進PUREX	\$/kgHM	1000	2200	3000
FR金属燃料の乾式処理	\$/kgHM	1000	2000	2500
ADS燃料の乾式処理	\$/kgHM	5000	7000	12000
GCFR燃料の乾式処理	\$/kgHM	1000	2400	3000
LMFR燃料の先進PUREX	\$/kgHM	1000	2200	3000

コスト評価結果(相対値)



コスト評価の信頼性の幅(上限と下限)



- コスト評価に使った単価の上限値と下限値を用いた場合の幅を表示。
- 各ケースのコストの差(20%程度)に比べて、評価の信頼性には大きな幅がある。

ワンスルー

PWRで生じたPuとAmを
高速炉で多重リサイクル

階層型

PWRでのPuの1回リサイクル

PWRで生じたTRUの
高速炉での多重リサイクル

高速炉のみのTRU多重サイクル
(MOX、Na冷却)

主な結論

コスト評価

- 本解析は、コスト要因とそれらの不確かさの影響を、感度解析を通して示すことを目指したもので、結果は「指標的」なものである。
- 多様な核燃料サイクルのコストへの影響は、ワンスルーの120%以内。コストの大部分は原子炉のコストが占める。
- 評価に用いた単価の上限と下限を考慮すると、上記のコスト上昇は信頼性幅の範囲内。

その他の指標

- ウランの消費量は高速炉のみの閉サイクルが2桁小さい。
- TRUの漏えいは閉サイクル(PuとMAの回収)で大幅削減が可能。
- HLWの崩壊熱もTRUのリサイクルで大幅削減可能。これにより、処分坑道の長さを短縮できる。Sr-Csの除去でさらなる処分坑道の短縮が可能。
- HLWの容積は、1回の再処理で数分の1にでき、多重リサイクルでさらに数分の1にできる。
- 処分後の被ばく線量は、どの場合でも基準よりも低い。使用済燃料の直接処分に比べて再処理後の高レベル廃棄物による被ばく線量が低くなるのは、I-129の影響である。