

高速増殖炉サイクルへの移行期の 燃料サイクル技術



—軽水炉再処理の回収ウラン取扱い—

(独) 日本原子力研究開発機構

2006年6月14日

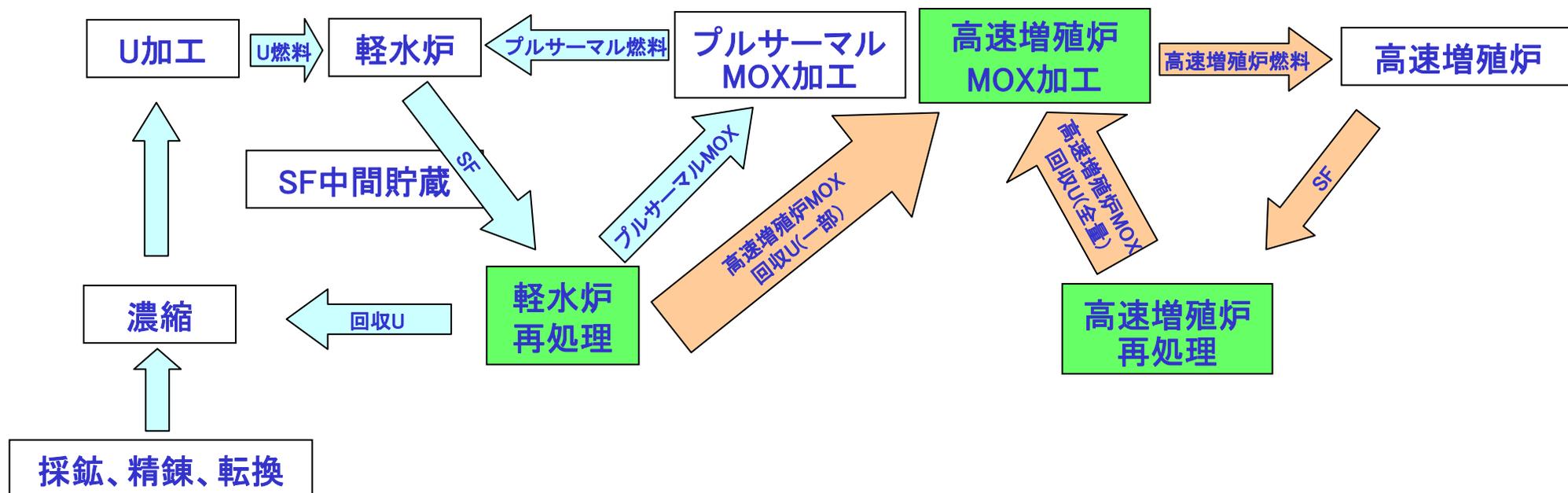


1. 高速増殖炉サイクルへの移行期の燃料サイクルに関する検討

高速増殖炉サイクルへの移行に際しては、高速増殖炉へのプルトニウムの供給源として燃料サイクルが重要な要因となる。

〈移行期に必要な燃料サイクル技術〉

- 軽水炉燃料再処理
- 高速増殖炉燃料再処理
- 高速増殖炉燃料製造





2. 先進湿式再処理法の軽水炉再処理への適用に関する検討

軽水炉再処理技術としてフェーズⅡの評価結果を参考に、先進湿式法を軽水炉再処理に適用。

(プロセス仕様)

- 経済性、環境負荷低減性、核拡散抵抗性などの開発目標を達成
 - せん断、溶解及び溶媒抽出技術をベースに晶析(2段)、U-Pu-Np共除染・逆抽出、MA回収工程を採用
- 低除染TRU製品を高速増殖炉に供給
 - MOX製品の精製工程不要
- 再処理工程から回収されるUの再利用方策によって技術の選択が可能
 - 全量高速増殖炉の燃料とする場合
 - 上記プロセスで対応
 - 再濃縮して軽水炉燃料とする場合：複数のオプションがある
 - 上記再処理プロセスで低除染Uを回収し、濃縮の再転換工程で除染
 - 上記再処理プロセスにU精製工程を付加して高除染Uを回収
 - 上記プロセスの晶析工程の代わりにUREX法のような高除染のU粗分離技術を導入



回収ウランを再濃縮又は中間貯蔵する場合の留意点 (1)

● 回収ウランの除染

- 精製工程を持つ従来のPUREX法の除染係数は $\geq 10^8$
 - 東海工場 第一サイクルでの Cs や Ce の除染係数は $\geq 10^7$ [1]
- 晶析法の除染係数は $\sim 10^3$
 - 発汗作用による方法で精製する場合の期待値として
- 濃縮前のフッ化転換工程における除染係数は
 - 人形峠における試験での Am の除染係数は $> 10^2 \sim > 10^4$ [2]
 - 回収ウランの精製度が高く、正確な値は求められていない

東海再処理工場の回収ウランを用いた 人形峠での転換試験で得られた除染係数

元素	除染係数
Np	$10^0 - 10^4$
Am	$> 10^2 - > 10^4$
Ru	$10^1 - > 10^2$

1) “東海再処理工場における主要核種の抽出挙動”, 山名 他, 動燃技報, No. 67, 98-100 (1988)

2) “回収ウラン転換技術開発-8, 不純物挙動”, 大林, 他, 日本原子力学会「2000年春の年会」, G8 (2000)



回収ウランを再濃縮又は中間貯蔵する場合の留意点 (2)

- 回収ウランの放射能（転換後の線量率の上昇）
 - － 回収 U に含まれる ^{232}U の娘核種には高エネルギーの γ 線を放出する核種がある
 - ^{208}Tl による 2.6 MeV、 ^{212}Bi による 0.7-1.8 MeV
 - ^{232}U 娘核種はフッ化転換の過程で除去されるが、転換後、線量率は上昇していく [1]
 - － 東海工場の製品の場合、FPやTRUの寄与は小さい [2]

UF_6 シリンダ表面の γ 線量率の計算例 [1]

経過時間, 年	表面線量率, mR/h
1	2.6
2	3.9
10	6.5

NU の場合には 0.67 mR/h(1年足らずで平衡に達する)

- 1) “回収ウランの再利用に伴うU232の影響評価”, 原子力工業, 28(12), 60-64 (1982)
- 2) “回収ウラン転換技術開発, 安全評価”, 高信, 他, 日本原子力学会「2000年秋の大会」, M19 (2000)



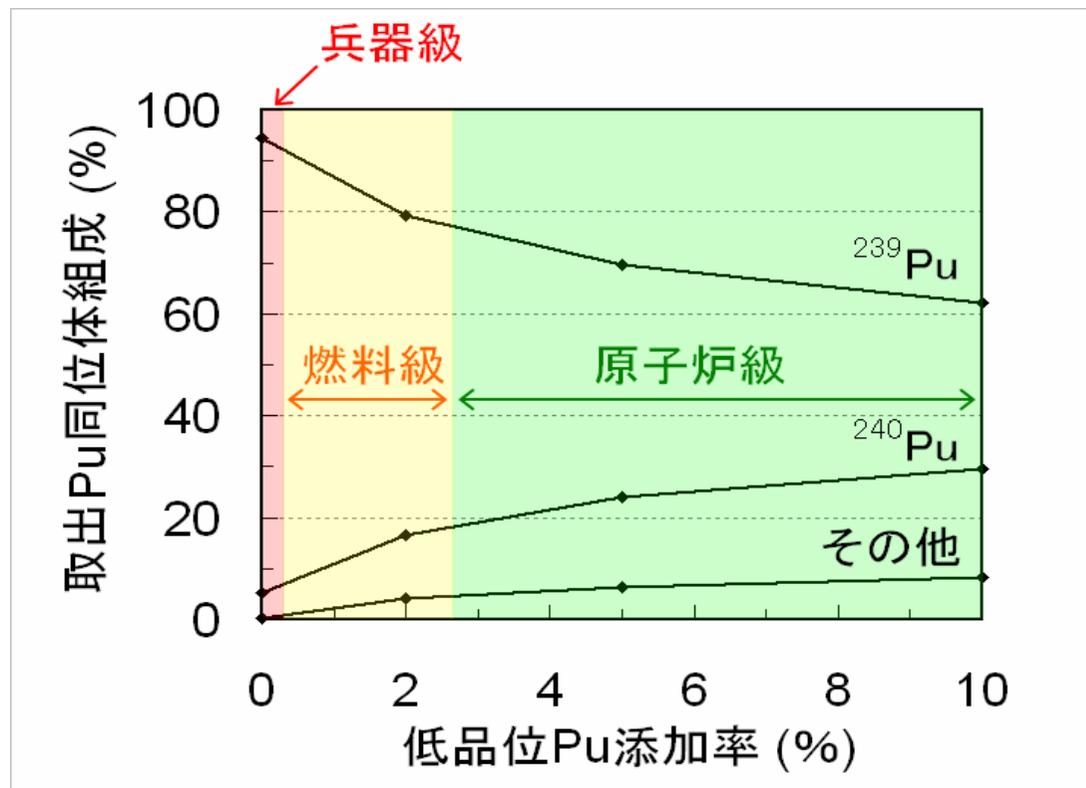
回収ウランを再濃縮又は中間貯蔵する場合の留意点 (3)

■ 回収ウランのブランケットとしての利用

- 晶析法により回収するUには微量のPuやFPが含まれ、核拡散抵抗性の強化に寄与する

(参考)ブランケットへの低品位Pu添加 [1]

- ブランケットへの低品位Pu添加は、取出Puの品位の低下に有効。
- 3%以上の低品位Pu添加で、ブランケットのPuは原子炉級になる
- 増殖比は低下するが、設計対応が可能な範囲と考えられる



[1] “高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究における核拡散抵抗性について”, 佐賀山, The 1st International Nuclear Nonproliferation Science and Technology Forum, 2006年5月19日

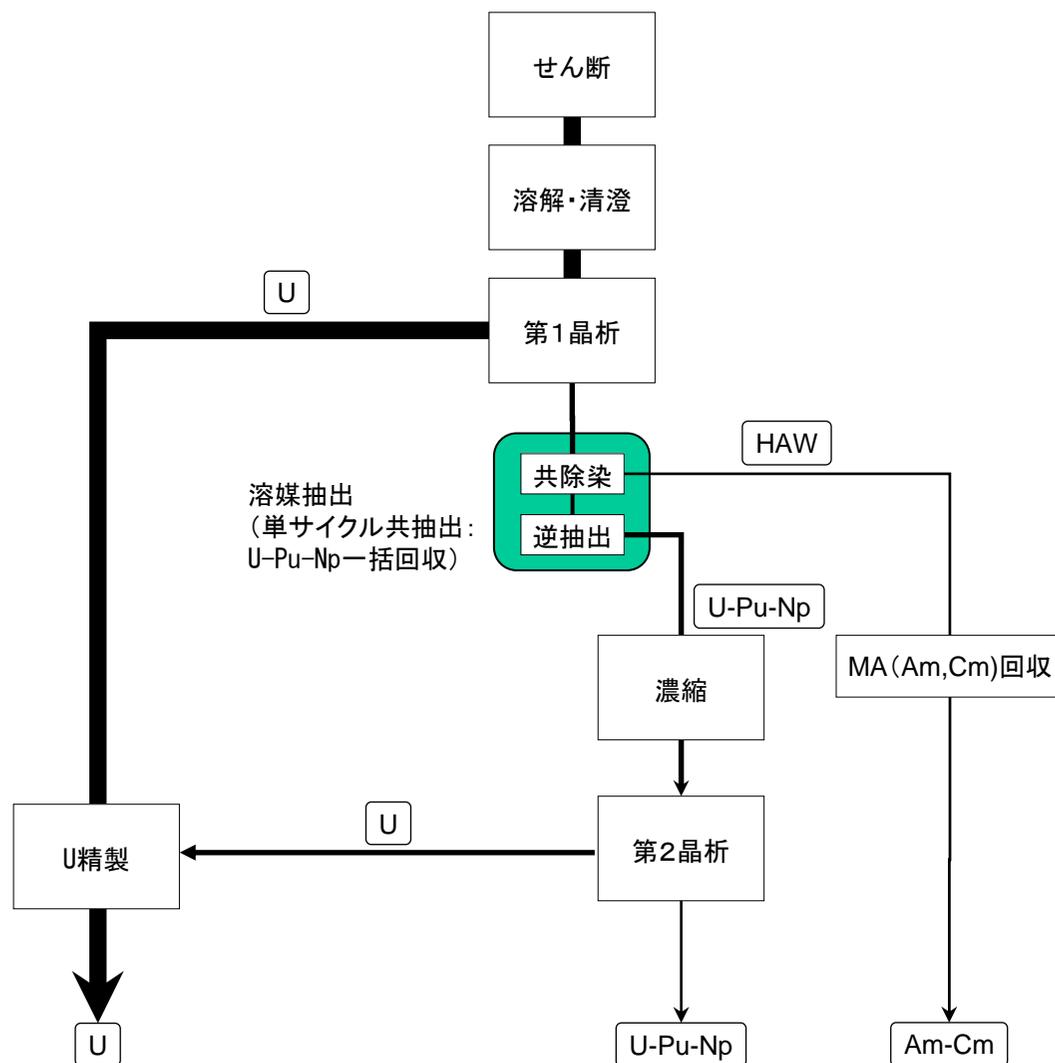


回収ウランを再濃縮又は中間貯蔵する場合の留意点 (4)

- 回収ウランの貯蔵
 - ^{232}U の娘核種の寄与は、精製してからの時間の経過とともに増大する
 - 低除染の回収ウランを貯蔵する場合に、FP の娘核種の寄与を考慮した上で設備面での負担の増加を考慮する必要がある
 - 遮蔽
 - 閉じ込め(換気系)
 - 発熱



先進湿式再処理法を軽水炉再処理への適用した工程フロー図



【工程の特徴】

- ・第1晶析で8割程度のUを粗回収
- ・第2晶析で残りのUの8割程度を回収
- ・逆抽出後にU-Pu-Np製品を濃縮

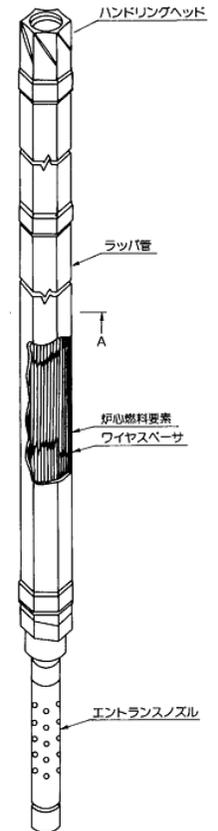
先進湿式再処理法を適用した将来の軽水炉再処理



〔参考－１〕 軽水炉使用済燃料と高速増殖炉使用済燃料の主たる相違点

- 高速増殖炉特有の燃料集合体形状(ラッパ管、エントランスノズル、ワイヤスペーサ)
- Pu富化度（高速増殖炉の約10%(炉心及びブランケット燃料の平均) に対して軽水炉約1%、プルサーマル約3~5%)
- 燃焼度の違いによる核分裂生成物、マイナーアクチニドの量の違い（軽水炉<高速増殖炉）

高速増殖炉燃料
集合体形状



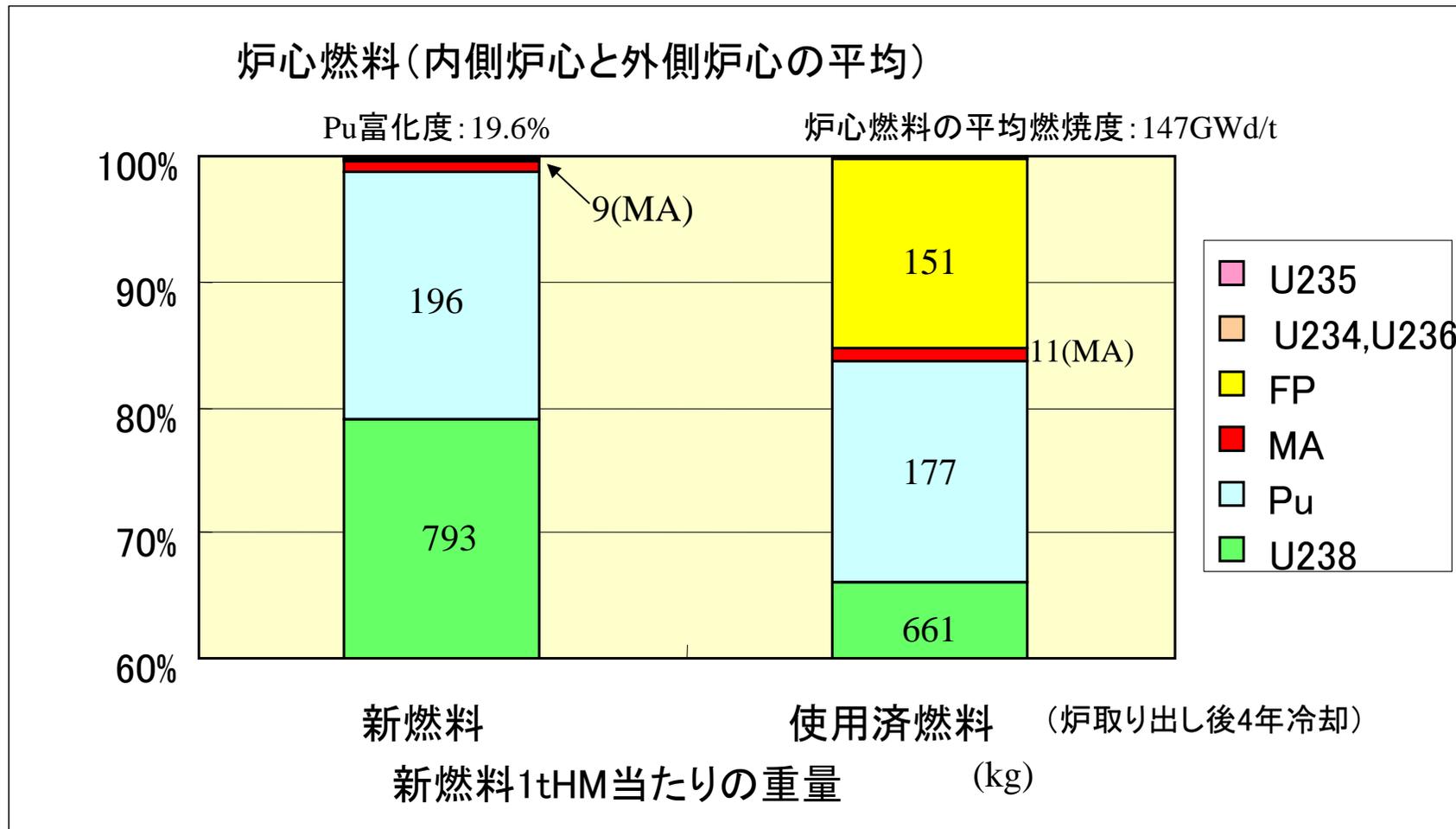
使用済燃料の組成(例)(酸化物燃料; 炉取り出し後、4年冷却; 新燃料1tHM当たりの重量)

	軽水炉		プルサーマル		高速増殖炉(増殖比1.1)	
	BWR	PWR	BWR	PWR	炉心平均	全体平均(含ブランケット)
燃焼度 (GWd/t)	45	49	45	49	147	90
核分裂生成物 (kg)	46	50	46	49	151	91
マイナーアクチニド (kg)	1	1	5	5	11	6
全アクチニド (kg) (内、Pu重量)	954 (9)	950 (11)	954 (45)	951 (35)	849 (177)	911 (119)



[参考-2] 高速増殖炉燃料の組成(炉心)

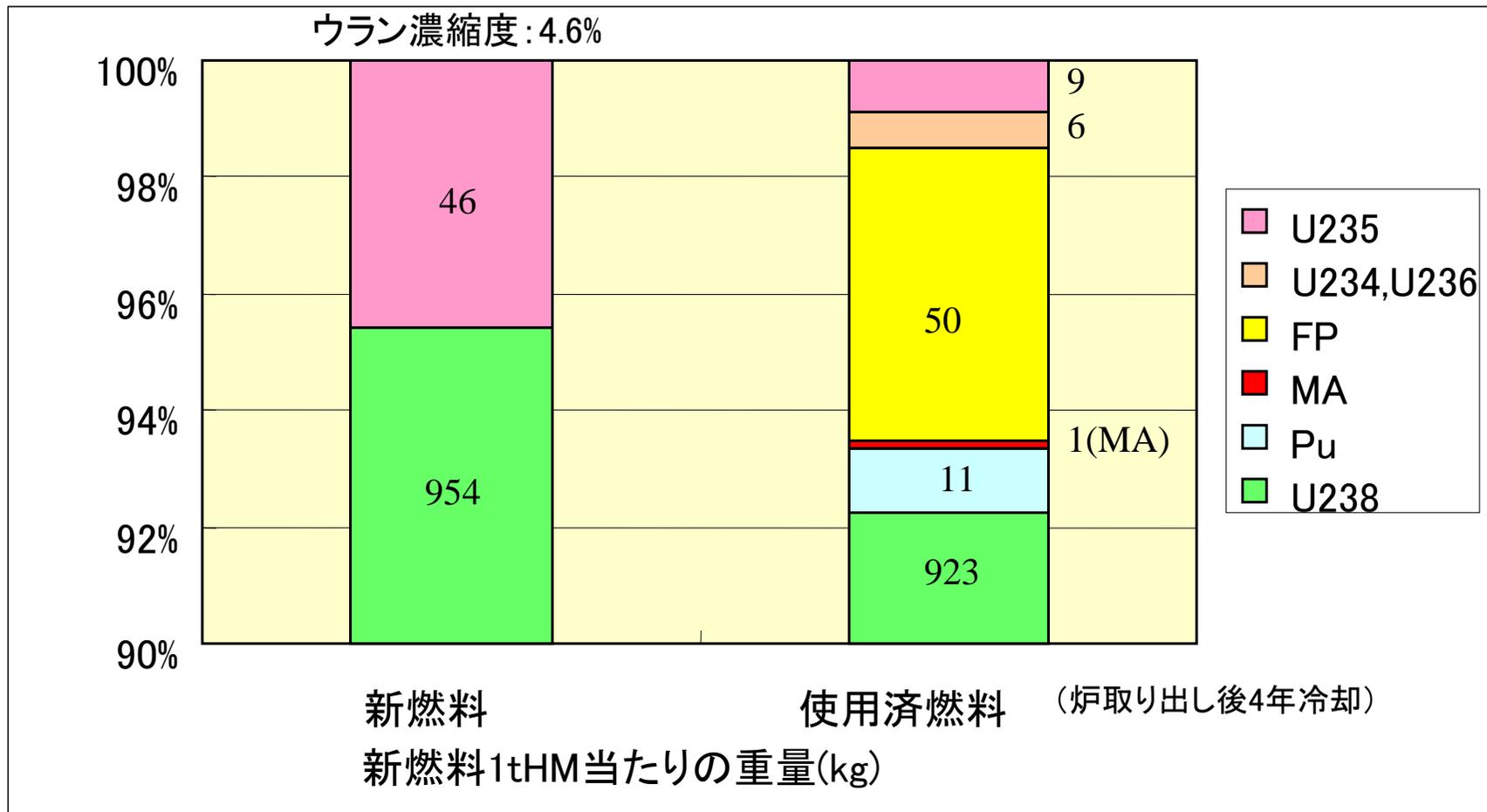
[電気出力: 1.5GWe、ナトリウム冷却、増殖比1.1]





[参考-3]
軽水炉燃料の組成 (PWR)

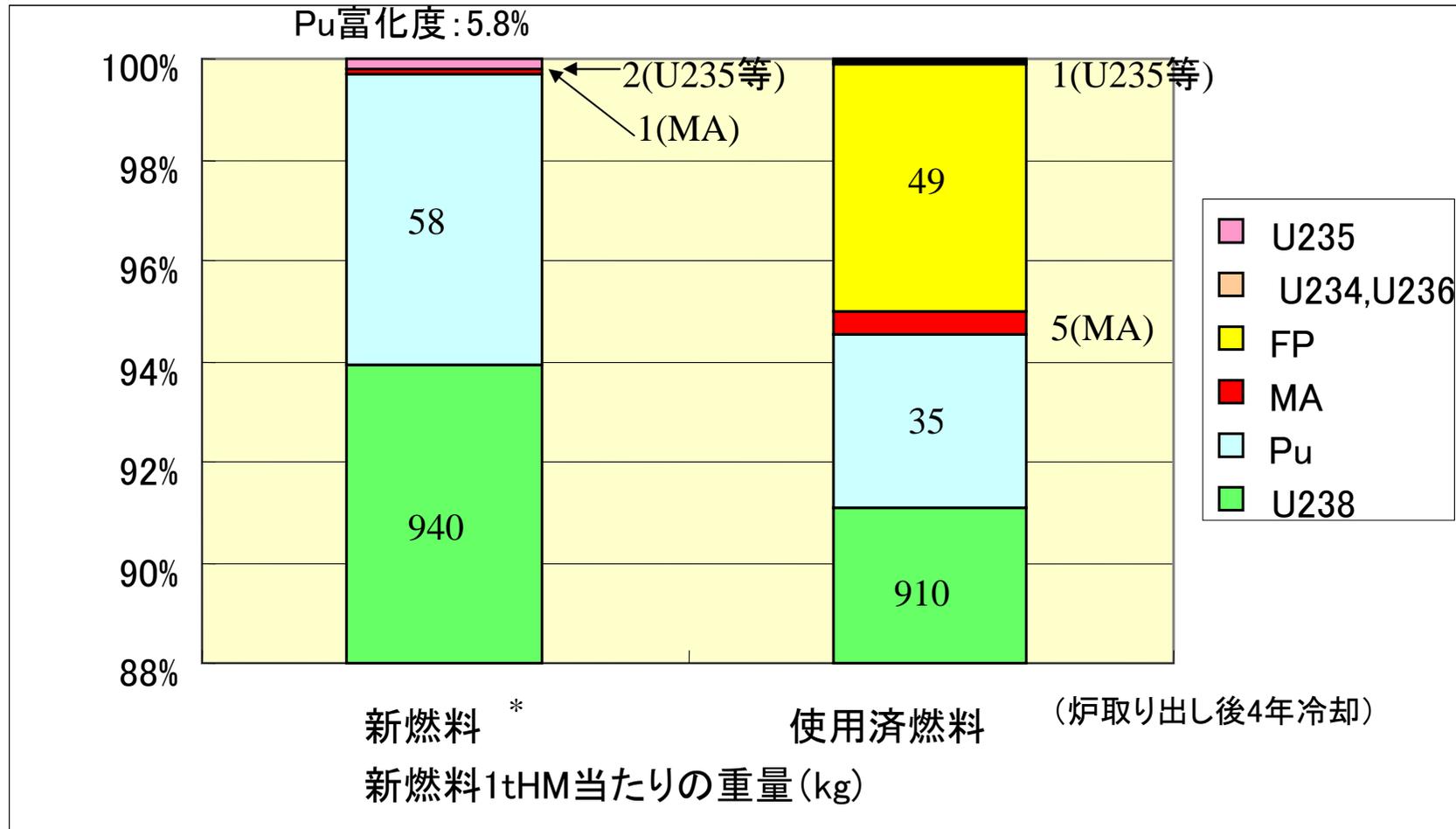
[電気出力:1GWe、PWR、平均燃焼度:49GWd/t]





〔参考－４〕
軽水炉プルサーマル燃料の組成（PWR）

〔電気出力：1GWe、PWR、平均燃焼度：49GWd/t〕



*再処理後3年経過した新燃料のためAm241が混入