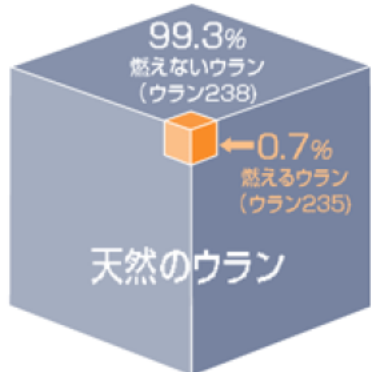


高速炉のもつポテンシャル

現在の商用炉（第1～2世代）

	燃料	冷却材	状況
ガス炉	天然ウラン	炭酸ガス	世界初の商用炉だが経済的な理由でシェア低下中
重水炉	天然ウラン	重水	ウラン濃縮が不要な原子炉
軽水炉	濃縮ウラン	軽水	商用炉の主流



(課題1) ウラン資源のうち利用可能な部分は0.7%

(課題2) 廃棄物の中に毒性の強い超ウラン元素が存在

第3～3+世代

第2世代をベースに経済性、安全性向上を指向
(課題はそのまま)

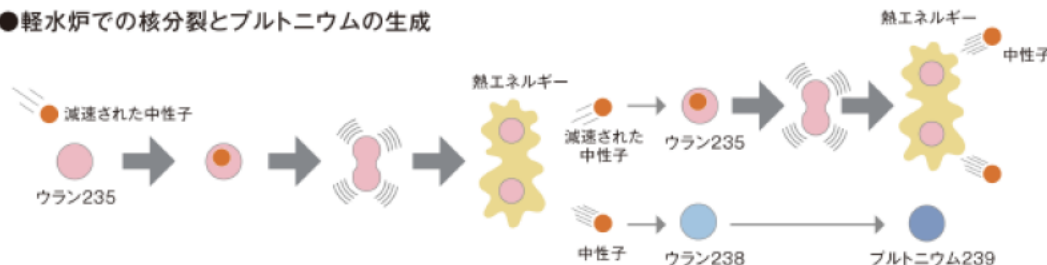
第4世代 (高速炉)

第1～3+が課題としていた資源の持続可能性、廃棄物の毒性低減の
核エネルギー利用が先延ばしにしてきた課題解決が目標

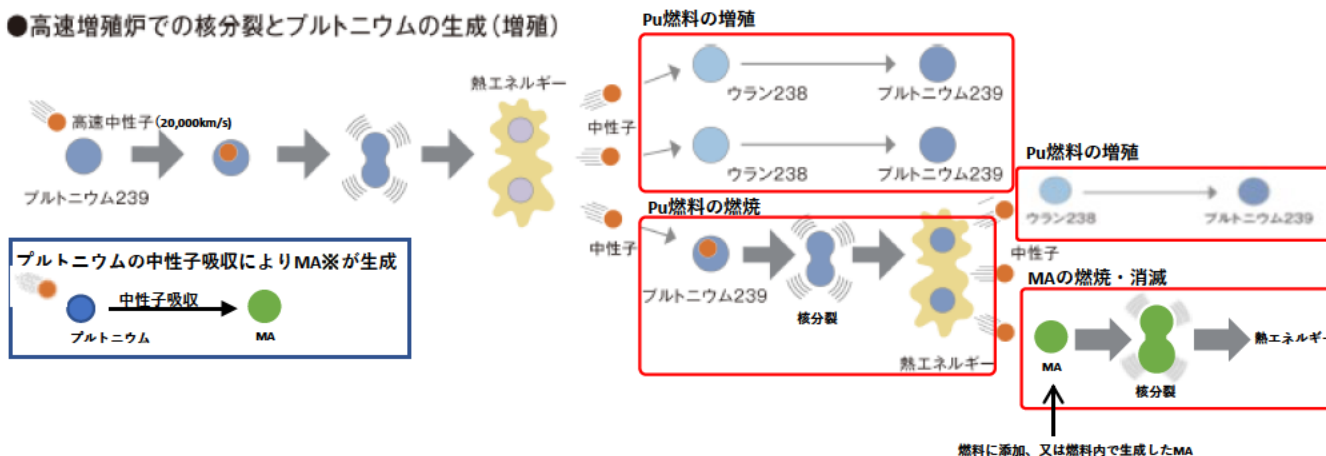
高速炉の炉心における反応 (MA消滅・Pu燃焼)

- 高速中性子は、長期にわたって高レベル放射性廃棄物の有害度を高めるマイナーアクチノイド(MA)元素、Puを効率的に核分裂(燃焼・消滅)させることが可能

●軽水炉での核分裂とプルトニウムの生成



●高速増殖炉での核分裂とプルトニウムの生成(増殖)



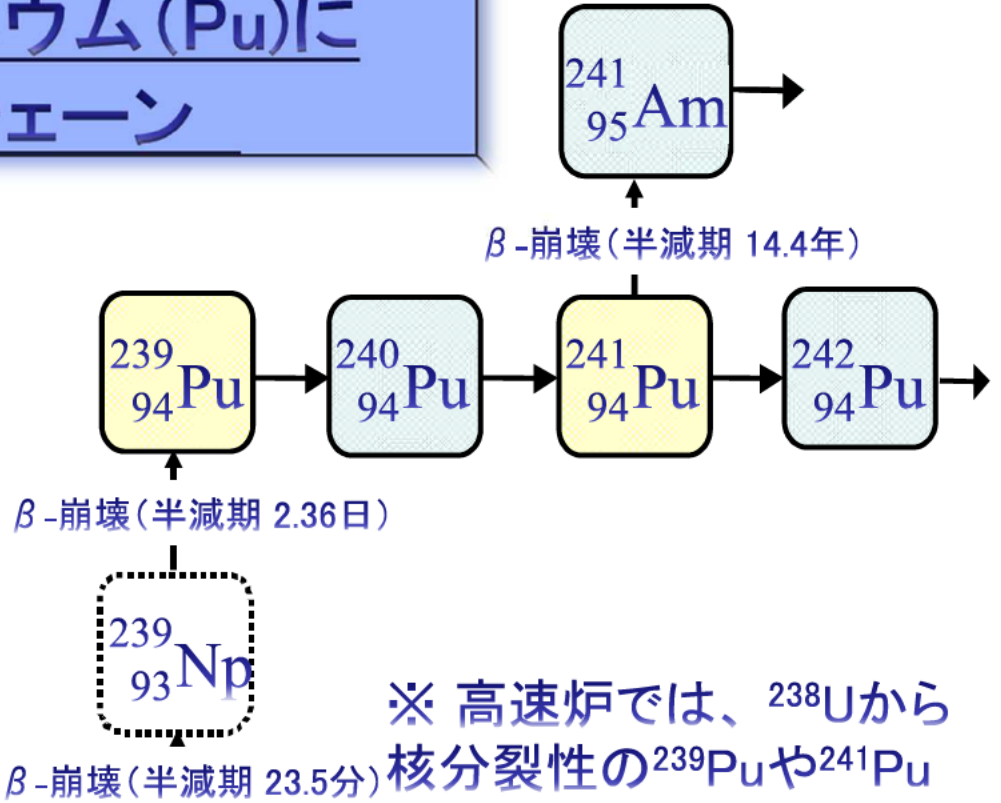
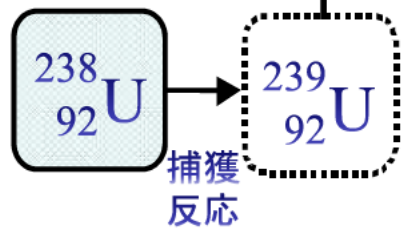
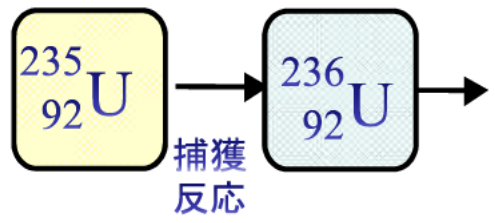
出典：原子力・エネルギー図面集を元に原子力機構作成

※マイナーアクチノイド (MA)：超ウラン元素(ウランより重い元素)の中で、Puを除く元素(Np, Am, Cm等がある)

ウラン(U)からプルトニウム(Pu)にかけての核変換チェーン

※ 天然ウランを資源とする場合、
 主な核分裂性核種 は
 ^{235}U 、 ^{239}Pu 、 ^{241}Pu の三つ。
 (トリウムを資源とする場合、 ^{233}U が核分裂性核種となる。)

※ 中性子捕獲によって核分裂性核種に変換する核種を親物質 という。



※ 高速炉では、 ^{238}U から核分裂性の ^{239}Pu や ^{241}Pu を生成
 (高速炉導入のためのPuは軽水炉使用済燃料から得る)

※ 天然ウランの同位体組成は、 $^{235}\text{U}/^{238}\text{U} = 0.7/99.3$ (atom %)
 軽水炉では ^{235}U を濃縮して使用



なぜ、MAを核分裂しやすいのか？

それは、**MA各種の σ_f/σ_c** が大きいから
(σ_f ：核分裂のし易さ σ_c ：捕獲のされ易さ)

MA核種の σ_f/σ_c の比較（軽水炉 vs 高速炉）

MA核種	軽水炉（PWR）	高速炉
ネプツニウム-237	0.02	0.19
アメリシウム-241	0.01	0.14
アメリシウム-243	0.01	0.12
キュリウム-244	0.03	0.70

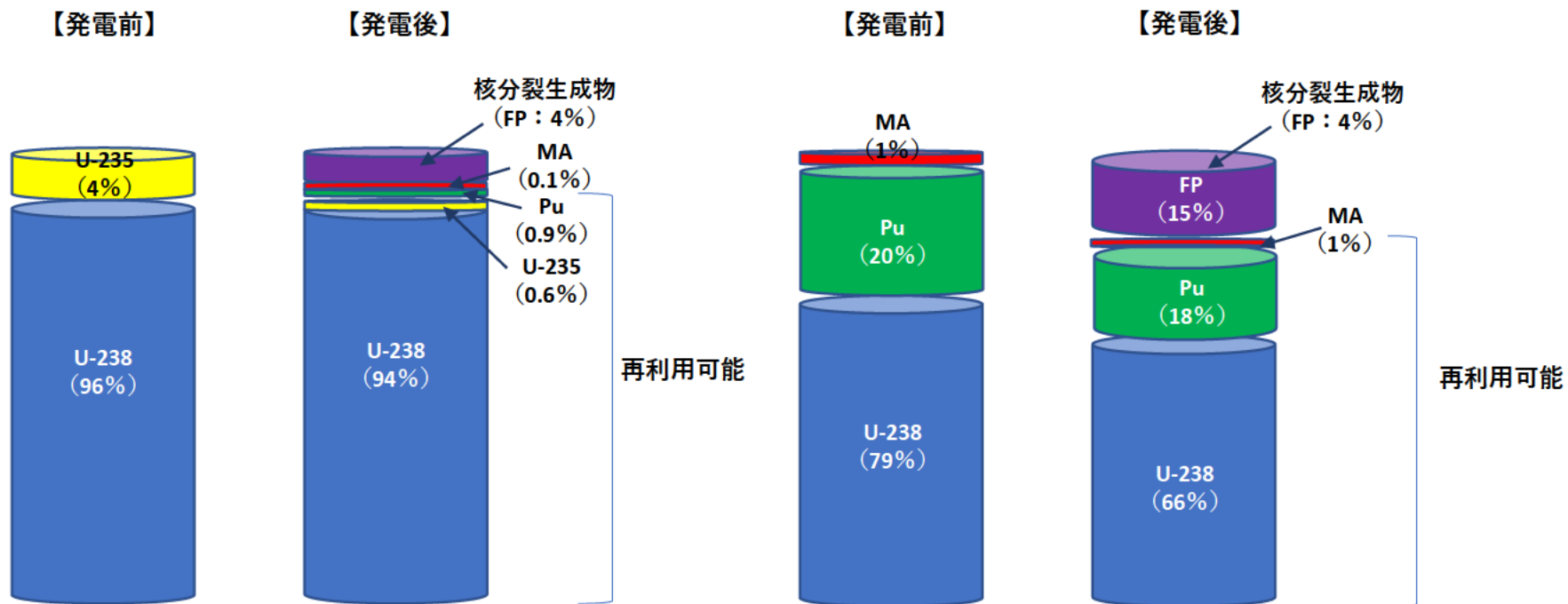
出典：Actinide and Fission Product Partitioning and Transmutation---Status and Assessment report, OECD/NEA, 1999

MA核種の σ_f/σ_c がより大きい高速中性子を
主役とする高速炉は、**MAを燃焼しやすい**

使用済燃料のリサイクル

軽水炉の燃料例
(BWR)

高速炉の燃料
(設計研究例)



※MA (マイナーアクチノイド) : 超ウラン元素 (ウランより重い元素) の中で、Puを除く元素(Np, Am, Cm等がある)

高速増殖炉サイクルによるウラン資源の有効利用

● 軽水炉(現行商用原子炉) + 使用済燃料直接処分:

- U-235(燃えるウラン)を燃焼
- 燃え残りのU-235や生成したPuはそのまま地層処分
- ウランの利用効率は高々0.5%程度

● 軽水炉 + 燃料再処理 (Puサーマル):

- U-235(燃えるウラン)を燃焼
- 燃え残りのU-235や生成Puを燃料再処理でリサイクル利用
- ウランの利用効率は高々0.7~1.5%程度

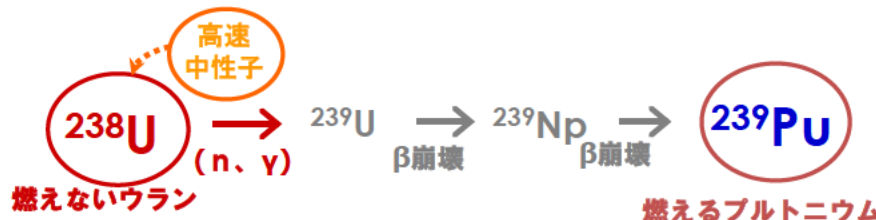
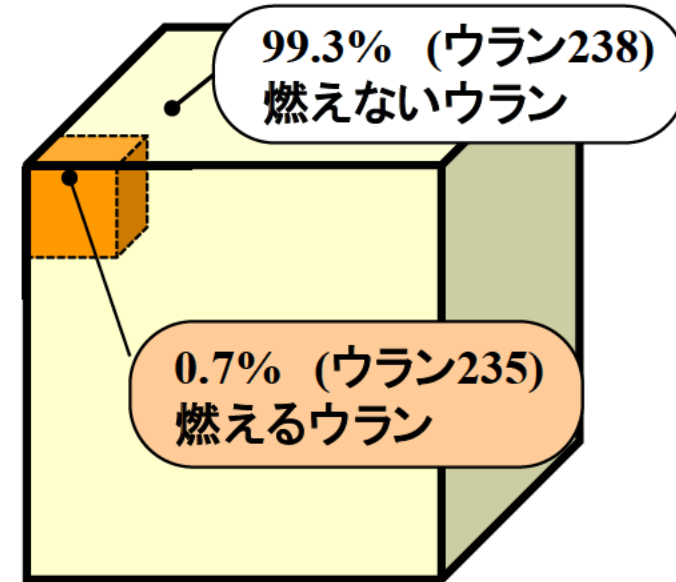


Uの利用効率を飛躍的に改善

● 高速増殖炉(Fast Breeder Reactor) + 燃料再処理 (FBRサイクル):

- Puを燃焼しながら、“燃えないU(U-238)”を“燃えるPu”に変換
- 燃料再処理でPuをリサイクル利用
- ウランの利用効率を数10%に高めることができる。

天然ウランの構成





発生エネルギーからみたウラン資源の価値の概算例

資源	確認埋蔵量 *1) *2)	エネルギー密度 *3)	確認埋蔵資源の有する総エネルギー
石炭	8,609億ton	7kcal/g	6×10^{18} kcal
石油	1兆6,526億 barrel	10kcal/g	2.5×10^{18} kcal
天然ガス	208兆m ³	13kcal/g	2×10^{18} kcal
天然U	533万ton	14万 kcal/g	軽水炉(使用済燃料直接処分)のモデルケース U利用効率0.5% 1×10^{18} kcal
			軽水炉+燃料再処理(Puサーマル)のモデルケース U利用効率1.5% 2×10^{18} kcal
			高速増殖炉+再処理(FBRサイクル)のモデルケース U利用効率60% 60×10^{18} kcal

6分の1

3分の1

10倍

*1) BP統計2012 2) OECD・IAEA「Uranium 2011」 *3)事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン(試案ver1.6) 平成15年7月 環境省地球環境局

