

超ウラン元素とは何か

原子炉で使い終わった燃料（使用済燃料）には、核分裂をしないで残ったウランと核分裂生成物の他に、ウランより原子番号の大きい元素であるネプツニウム (Np)、プルトニウム (Pu)、アメリシウム (Am)、キュリウム (Cm) などが含まれています。これらを超ウラン元素と呼び、プルトニウム以外の超ウラン元素は、量が少ないため、マイナーアクチニドと呼ばれています。超ウラン元素は全て放射性物質です。

再処理工場では、使用済燃料からウランと超ウラン元素の中で燃料として使用できるプルトニウムを分離し、残りを高レベル放射性廃棄物にします。高レベル放射性廃棄物中には、分離し残したプルトニウムを含む超ウラン元素と核分裂生成物が含まれています。

ここでは、超ウラン元素の性質などについて解説します。

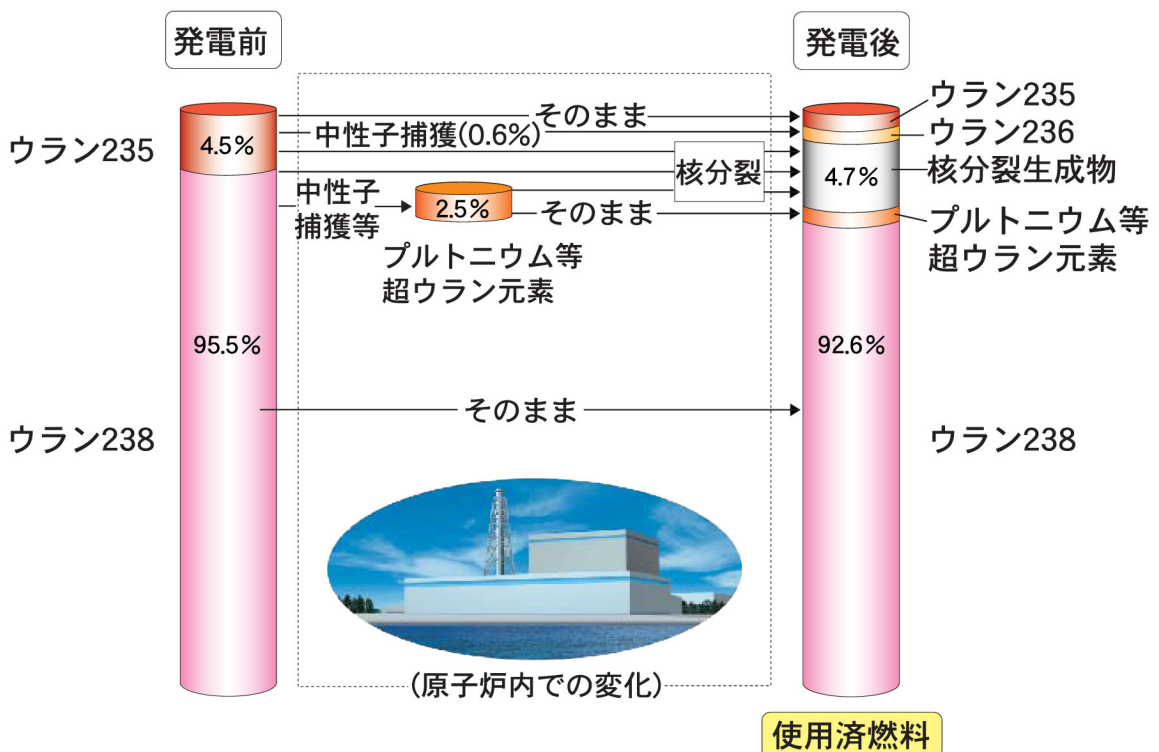
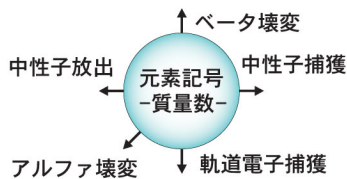


図 1 燃料の組成変化と超ウラン元素の生成

1. 超ウラン元素の生成

原子炉内において、中性子が衝突したウランは、核分裂する以外に、中性子捕獲などの反応を起こし重さが増えます。重さが増えたウランはベータ線を放出してネプツニウムに変化します。同様の反応が原子炉で繰り返されることによって、プルトニウム、アメリシウム、キュリウムなども生成するため、燃料中にこれらの超ウラン元素が蓄積します。

超ウラン元素の多くは、アルファ線を放出します。



横向きの矢印が中性子衝突時の反応、縦・斜め向きの矢印は放射性壊変を表す。

アルファ壊変した元素は、原子番号が2つ、質量数が4つ少ない元素に変化します。例えば、 ^{241}Am はアルファ壊変して ^{237}Np に変化します。

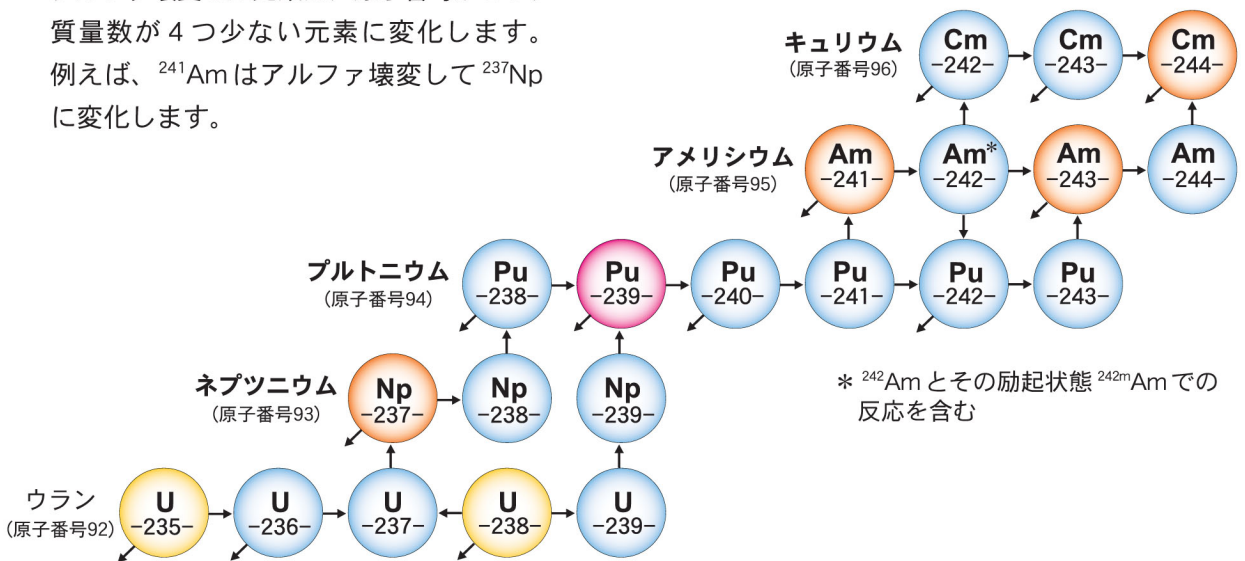


図2 超ウラン元素の生成と変化

2. 超ウラン元素の放射能

高レベル放射性廃棄物に含まれる放射性物質の合計は、壊変によって時間とともに減少していきます（図中の赤線）。廃棄物中に含まれる個別の核種を見ると、全核分裂生成物（図中の青線）は、 ^{90}Sr と ^{137}Cs が数100年で急激に減少するため急激に減少しますが、その後は半減期の長い ^{99}Tc や ^{129}I などが残っているため徐々に減少していきます。

全超ウラン元素（図中橙色）は、半減期の長いもの（ ^{241}Am 、 ^{243}Am 、 ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 、 ^{237}Np ）を多く含むことから、核分裂生成物が急激に減少する数100年以降では、高レベル放射性廃棄物の合計のほとんどを占めています。

超ウラン元素は半減期が長いこと、生体への作用の強いアルファ線を放出することなどから、高レベル放射性廃棄物は地下300m以深の地層に処分することになっています。

また、再処理工場やMOX燃料加工工場からは、燃料集合体の切断片や使用済フィルターなどの廃棄物が出ますが、それらには超ウラン元素が含まれています。このように、高レベル廃棄物以外の廃棄物で、超ウラン元素を含んでいるものをTRU廃棄物と呼びます。処分方法としては地層処分の方針になっています。

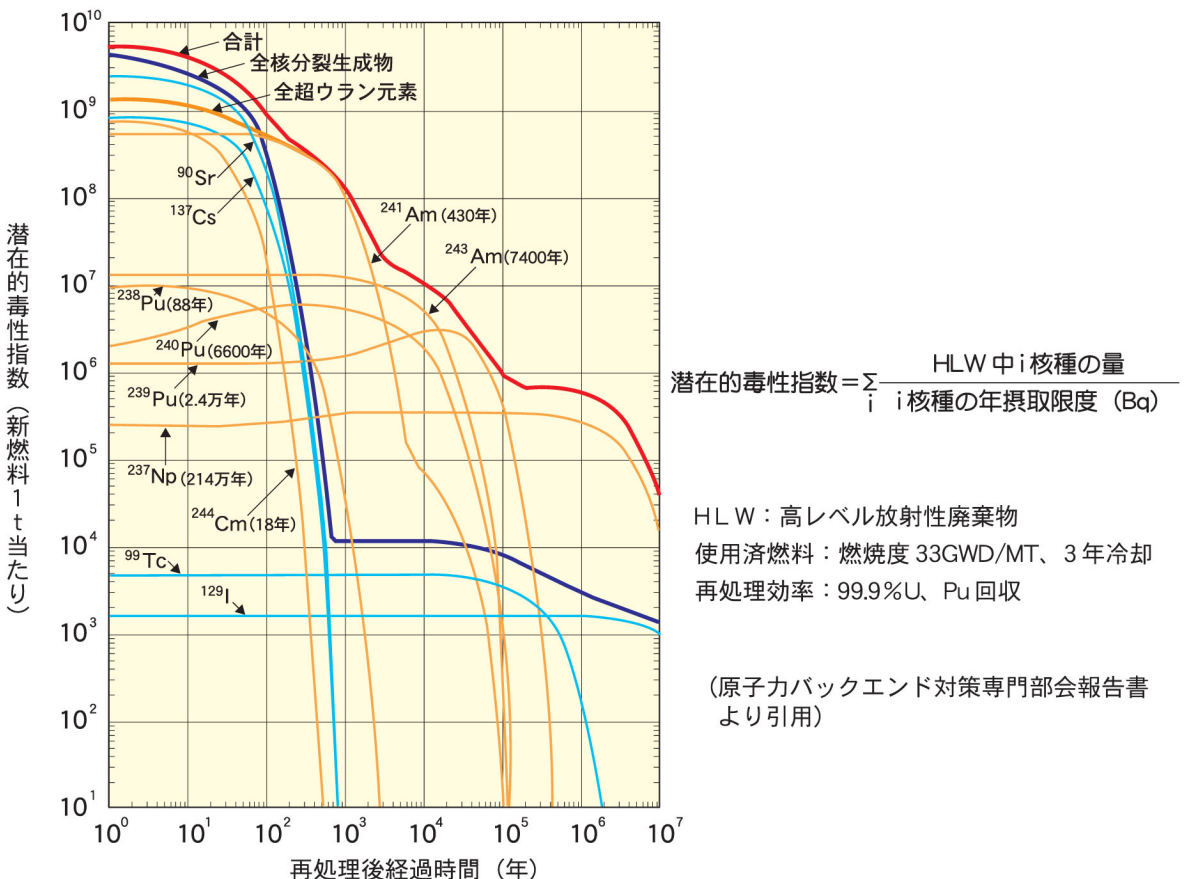


図3 軽水炉使用済燃料からの高レベル放射性廃棄物の潜在的毒性指数の経年変化

3. 超ウラン元素の核分裂性

超ウラン元素は、高速中性子の衝突によって核分裂を起こし易くなる性質を有しています。そのため、超ウラン元素を使用済燃料から回収して燃料に混入し、高速炉で核分裂させることにより、半減期の短い核分裂生成物に変換する研究が進められています。

超ウラン元素の中性子捕獲に対する核分裂の起こり易さの比

元 素 名	核分裂断面積／中性子捕獲断面積	
	軽水炉（熱中性子炉）	高 速 炉
ウラン 235	4.5	3.5
ネプツニウム 237	0.02	0.19
プルトニウム 239	1.7	3.3
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	0.06	0.7

このアトミックサイエンスノートは、文部科学省の委託を受けて環境科学技術研究所が発行しているものです。

財団法人 環境科学技術研究所 広報・研究情報室

〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駸字家ノ前1番7
電話 0175-71-1200（代表）

平成18年度 発行