

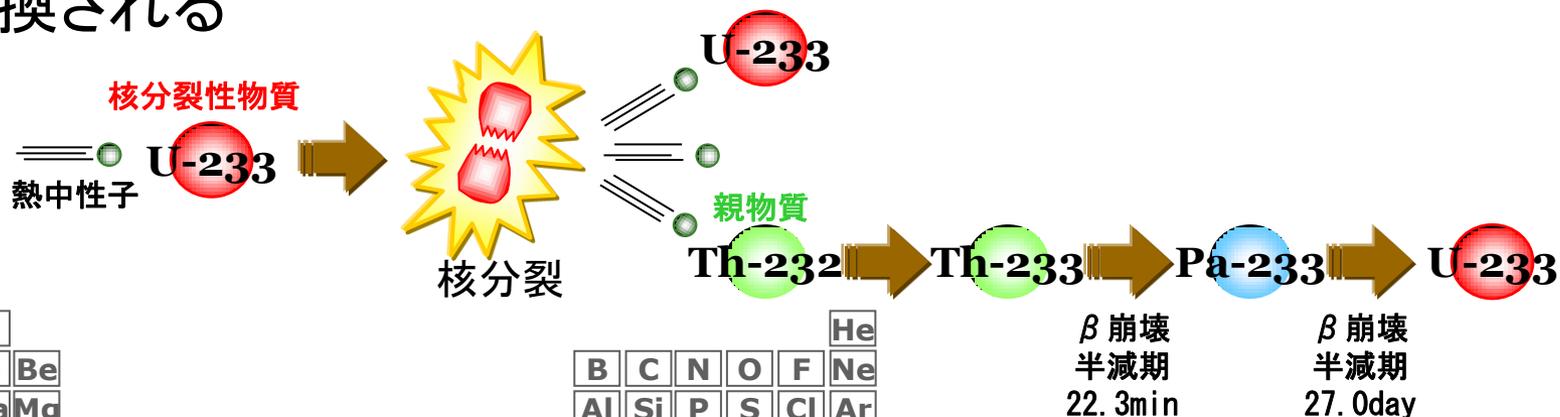
トリウム利用技術と その研究開発について

平成25年5月9日

内閣府 原子力政策担当室

トリウムとは

- 元素番号90番、元素記号Th
- 天然Thのほぼ100%がTh-232(半減期140億年)
- Th-232自体は熱中性子を照射しても核分裂せずにTh-233となり、Th-233はPa-233を経て2回ベータ崩壊して、核分裂し易いU-233に変換される



H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Ln	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	An	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	110	111	112						

アクチノイド15元素

Ac Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No Lr

トリウムの利用について①

<核拡散抵抗性>

- Th-Uサイクル中でのPu発生量はU-Puサイクルよりも少ない
- 核不拡散性が高いとの意見がある一方、米国では兵器転用の実績があり、国際燃料サイクル評価(1977～1980年)では核不拡散性はPuサイクルと同等とされ、U-233の保障措置上の位置づけもPuと同等

<資源>

- レアアース資源であるモザナイト等の鉱石からとれる
- U資源と異なる資源分布を持ち、米国では近年賦存量増加が発表されたほか、ノルウェイも自国資源として利用を検討OECD/NEAの報告(2011年)では未発見のものを含め約600万トンと報告されている(ウランは未発見を含め約1,750万トン)
- 日本には資源的価値のある鉱床はない
- 熱中性子を利用した原子炉ではU-233の増殖が可能
- 他方、加速器等で発生した中性子を照射しU-233を生産する案もある

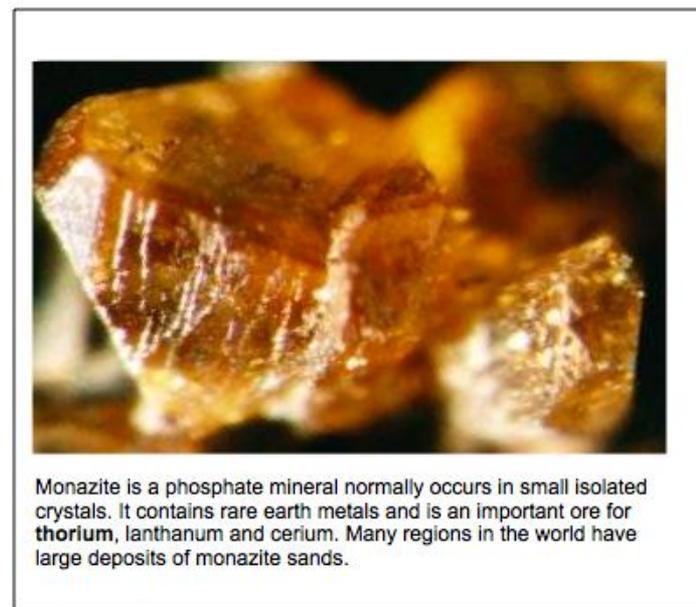
トリウムについて②

<利用技術の検討>

- 第四世代の6つの原子炉システムの一つとしてThを用いた溶融塩炉が対象の一つに採用されている。しかし、具体的な開発協力の検討を行うシステム枠組みの取決めには至っていない。
- 日本原子力学会核燃料部会では、軽水炉・高速炉におけるトリウム燃料の利用を検討(2011年) 核燃料部会「軽水炉・高速炉におけるトリウム燃料の利用ワーキンググループ活動報告書」(2011年2月)
http://www.aesj.or.jp/~fuel/Th%20WG%20report_20110228.html
- インドは、古くから利用技術を検討しており、現在は、天然U利用からU-Puサイクルを経て、最終的にTh-Uサイクルを目指す3段階開発を構想

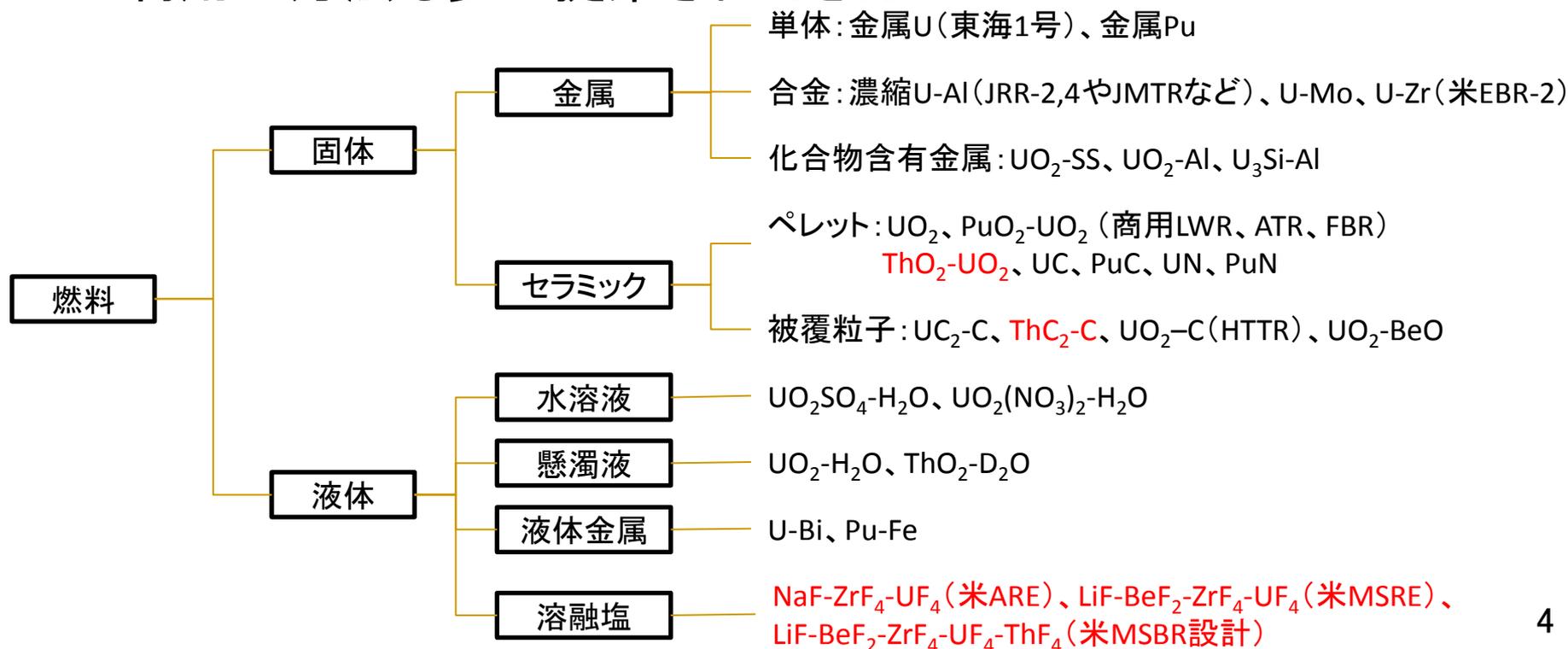
システム	燃料				リサイクル	
	酸化物	金属	窒化物	炭化物	先進湿式	乾式
超高温ガス炉 (VHTR)	P					
超臨界水炉 (SCWR)	P				P	
ガス冷却炉 (GFR)			S	P	P	P
鉛冷却炉 (LFR)		S	P		P	P
Na冷却炉 (SFR)	P	P			P	P
溶融塩炉 (MSR)	—	—	—	—	—	—

P:第一候補 S:第二候補



核燃料と炉型

- 核燃料は、核分裂させる物質 (U-235、Pu-239、U-233) と母材となる物質 (U-238, Th-232) を組み合わせるのが一般的
- 原子力開発の黎明期は、研究や実験用の様々な型の原子炉で固体や液体の様々な化学形態の燃料を試行
- Th利用の方法も多々提案されてきた



世界の検討状況①

- 主として自国内にThを持つ国が、設計研究や物性研究等の基礎研究を実施中

国	背景	研究開発の現状
インド	自国内にTh資源が豊富 (国内のU資源量は少なく、 品質が良くない)	PHWR,BWR,FBTRでTh燃料を照射。KAMINI炉でU-233の燃焼 について基礎研究を実施中。先進重水炉(AHWR)等を開発中
カナダ	固体Th燃料の利用に適し たCANDU炉の開発国	既存炉燃料をUからThに換える設計研究、Th燃料の基礎研究を 実施中(CANDU炉利用国である韓国も興味)
中国	レアアース生産に伴いTh を含む残渣を大量に持つ	カナダとの協力のもとCANDU炉でTh燃料の照射実験を実施中。 Th溶融塩炉の建設を計画
ロシア	資源大国	国はU-Pu利用。一部の研究所でTh利用に関する基礎研究を 実施中(下記、米ラインとブリッジ社からの委託を含む)
ノルウェー	自国内にTh資源あり	原子力利用の世界展開を図るフランスAREVA社や各国企業と ともに固体トリウム燃料の基礎研究をハルデン炉※にて実施 (Th/PuO ₂ 燃料の照射実験を実施中)
アメリカ	近年、高品質のTh鉱脈を 発見	政府の原子力イニシアチブプログラムのもと国立研究所、 大学でトリウム燃料の研究を実施 核燃料会社であるライトブリッジ社が軽水炉燃料へのトリウムの 適用性を研究。Th/PuO ₂ 燃料の照射実験をロシアに委託

※ 経済協力開発機構原子力機関のもと国際コンソーシアムによる共同作業として原子力基礎研究開発を行っている試験研究用の原子炉

世界の検討状況②

- 欧州では、戦略的エネルギー技術計画(SET-Plan)の枠組みの中で、短期(2015)、中期(2020)及び長期(2040~2050)の目標を達成するための研究・開発・実証のロードマップが検討され、意思決定者と科学者コミュニティに提示された
- この戦略的研究及びイノベーションアジェンダ(SRIA)の付録として、トリウム利用の研究開発の考え方を整理
 - U-Puサイクルに代替しえる資源利用としてTh-Uサイクルの魅力を取り上げ、その利用方法として軽水炉、重水炉、高温ガス炉、高速炉、熔融塩炉、加速器駆動炉の実績と長所・短所を分析
 - 歴史的には熱中性子増殖炉としての利用が研究開発のインセンティブであったが、近年ではU資源の節約、ワンスルー利用による核物質防護性、Pu燃焼といった点も魅力に挙げている
 - 長期的な原子力利用のオプションとし、高温ガス炉(固体燃料)と熔融塩炉(液体燃料)の研究開発を相互に協力させながら、Th-Uサイクルの利用技術について研究することを提案
 - 軽水炉でのTh利用を行いながら、技術変換を行っていくことは、将来の評価と選択に資するもの

今後の原子力研究開発について

- 原子力委員会は、2012年12月25日に「今後の原子力研究開発の在り方について(見解)」を提示

7. 原子力の研究開発に取り組む上での特記事項

(3) 社会ニーズを反映し、多様性を確保した原型技術の研究開発

原子力に関する基礎・基盤的な研究の取組から生まれた優れた機能を生む要素技術とその機能を実現するためのシステムに統合する取組を行なっている段階、すなわち**原型技術段階の研究開発**は、実用化開発の候補として現在「ダーウインの海」(基礎・基盤研究から多くの技術選択肢が生まれてくるが、この段階で淘汰されて限られた技術が実用化に至る)にある技術システム概念は多数存在する。

それらのうち、**革新的に安全性を高めた小型炉、高温ガス炉を用いた革新的水素製造技術、トリウム利用、高出力レーザー応用技術、海水等からのウラン回収技術**などのいくつかについて、国は、その将来性を総合的に評価して、実用性を見定めるための取組として全面的にあるいは枢要部分に限定して技術開発を前進させている。**研究開発機関等は、これらを実用技術にまで開発する取組を行なう機会を内外において広く探索し、その機会を逃さないようにするとともに、新しい着想に基づいて創造的破壊を繰り返すこの原型技術の開発の取組を中長期的に継続して進めていくべきである。**こうした取組が知的創造活動を担える人材と技術水準を維持し、新しい知識や技術概念を獲得・創出していくコアとなる取組であるからである。