

クローズド燃料サイクル

概要 / 目的:

軽水炉原子力燃料サイクル及び代替燃料サイクルのオプションを紹介します。燃料サイクルを閉じるために使用済燃料内に残されたウラン及びプルトニウムを回収し再利用する2つの手法「湿式PUREX」及び「乾式Pyroprocessing」について紹介し、また、持続可能性及び核不拡散を理解するために、燃料サイクルを閉じるために考慮すべき課題についても紹介します。

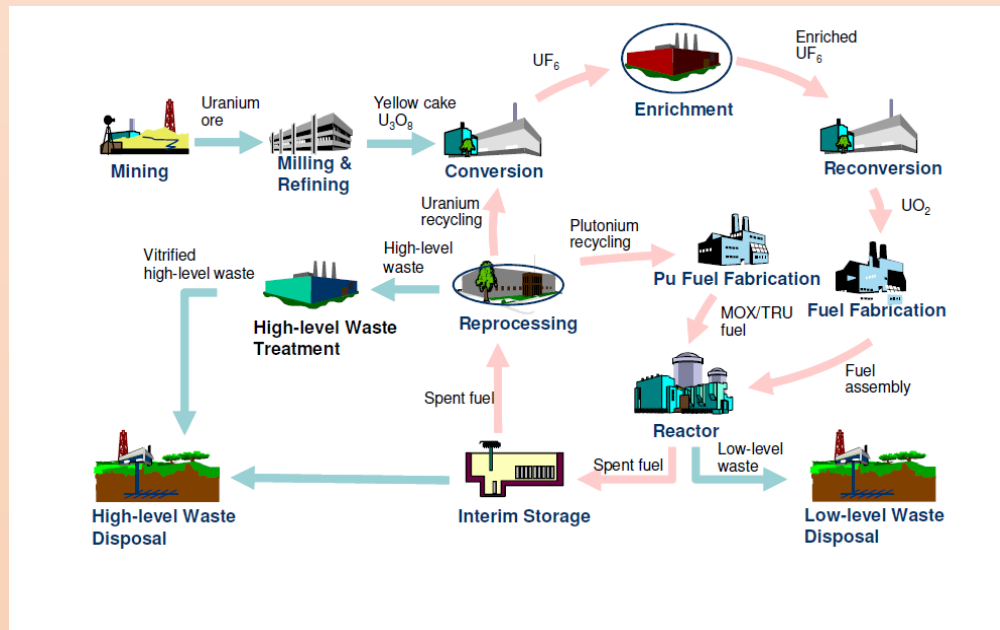
講演者紹介:

Myung Seung Yang教授は KAERI(韓国原子力研究所)でPWRとCANDU炉の燃料製造、燃料の品質管理、DUPIC(PWR使用済燃料のCANDU炉での直接使用)サイクル、およびパイロプロセスに関する研究開発に30年間携わってきた。GIF PRPPとINPROの活動への参加を通じて核不拡散に関する経験を得た。韓国国家工学アカデミーのメンバーであり、2007年から2010年にかけてKAERIの理事長、2015年からYongsan 大学の教授を務める。2011年に韓国政府からWoong-Bee Order章を授与され、WNA(世界原子力協会, ロンドン)から原子力の平和利用への貢献により受賞。



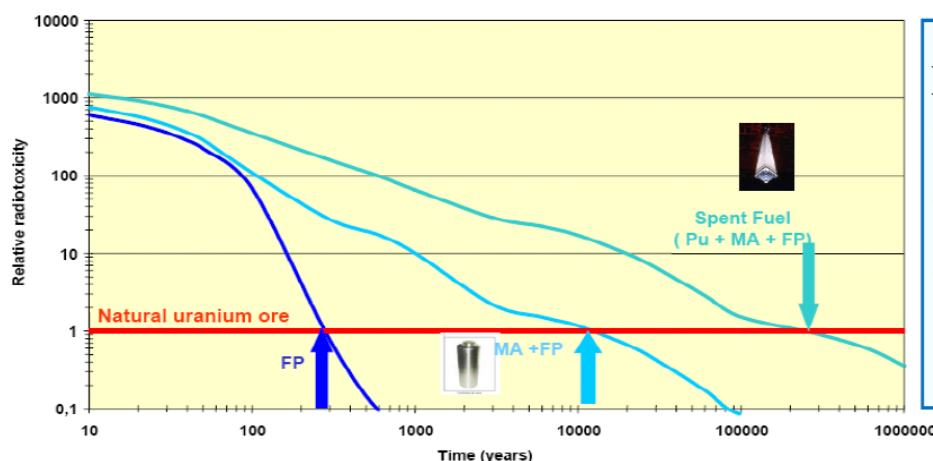
閉じた燃料サイクルの概念

- 原子炉は中性子のエネルギー、減速材、冷却材、および燃料によって分類される。
- 使用済燃料は再処理して再利用されるか、あるいは直接処分される（ワンスルー）。



使用済燃料の管理

- 使用済燃料には超ウラン元素、核分裂生成物、及び燃え残りのウランが含まれる。
- 数百年後のほとんどの崩壊熱は超ウラン元素に由来している。
- 超ウラン元素を分離すれば、300年経過すると放射性毒性は天然ウラン鉱石レベルまで低下する。
- 使用済燃料は乾式あるいは湿式で貯蔵され、固化され、地下施設に処分される。
- 処分場については、キャニスターの腐食速度等、5つの点について考慮する必要がある。

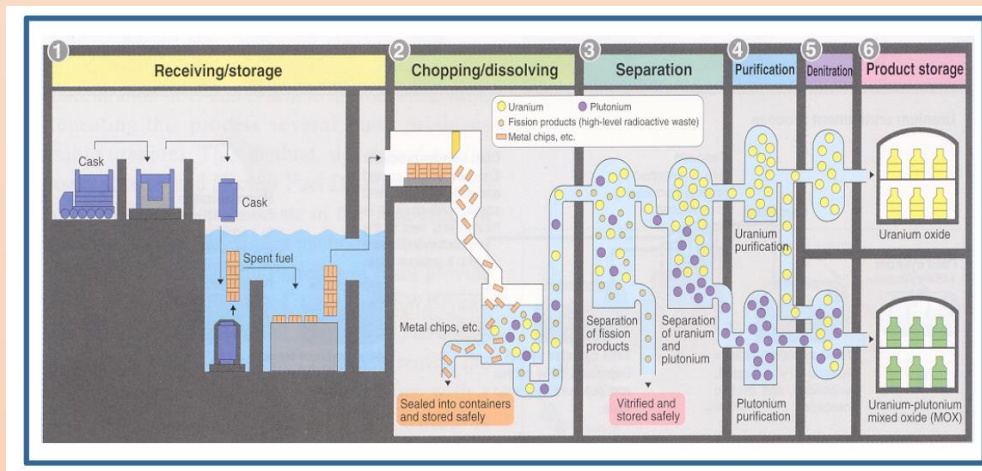


Radiotoxicity with SNF management
(= Disposal site management period)

- Direct disposal :
Over 300,000 yrs
- Pu separation from SNF:
Below 15,000 yrs
- TRU(Pu + MA) separation:
About 300 yrs

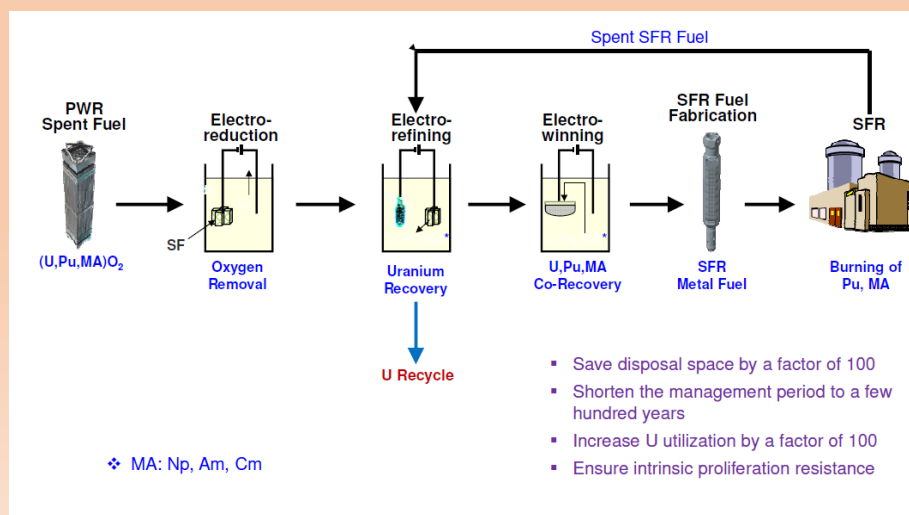
核燃料サイクル技術

- 革新的な原子力システムは核拡散抵抗性、持続性、廃棄物管理、環境効果、経済性を有する。
- ピューレックスは湿式であり、パイロプロセスとDUPICは乾式である。ピューレックスは受入／貯蔵、解体／溶解、分離、精製、脱硝、および製品貯蔵から成る。
- 先進湿式プロセスとして、CoDCon、ALSEP、NEXT、およびCOEXが開発されている。



核燃料サイクル技術

- CANDU、PWR、及び第4世代高速炉(SFR)用の閉じたサイクルとしてパイロプロセスとDUPICの使用が考えられる。
- DUPICは集合体解体、ピン切断、脱被覆、酸化／還元、成型／焼結、溶接、および集合体組み立て工程から成る。
- 乾式プロセスには何種類もあり、パイロ金属法、パイロ化学法、フッ化物気揮発法等がある。
- パイロプロセスのフローシートは、脱被覆、熱処理、電解還元、電解精製、電解析出、及び高速炉燃料製造からなる。



核燃料サイクル技術

- パイロプロセスには、構成機器数が少ない、冷却期間が短い、臨界事故の危険性が低い、高純度のPuの精製が無い等の長所がある。
- Puの分離能力が限られていることから、パイロプロセスは核拡散のポテンシャルが低い、保障措置の経験が少ないことから課題もある。
- パイロプロセスについては、保障措置に関するR&Dや経済性評価が継続されている。
- いくつかの国の使用済核燃料管理方針について整理した。

	Korea	USA	Japan	France	Russia	China	India
Fuel Cycle Policy	Wait & See	Direct disposal/ Wait & see (P&T)	Recycle (P&T)	Recycle (P&T)	Recycle (P&T)	Recycle (P&T)	Recycle (P&T)
Target Yr for INS	2020's	2040s	2040s	2020 ~ 2040	2020s	2020s	2020s
Recycle Method	Pyro	Wet (Advanced Aqueous) Pyro	Wet (NEXT) Pyro	Wet (COEX /GANEX)	Wet (Advanced Aqueous) Pyro	Wet (PUREX) Pyro	Wet (PUREX) Pyro
Reactor (Fuel)	SFR (Metal)	SFR (Metal, Oxide)	SFR (Oxide)	SFR (Oxide) GFR (Carbide, Nitride)	SFR (Oxide, Nitride)	SFR (Mixed oxide)	SFR (Mixed carbide, Oxide, Metal)

まとめ

- 閉じた核燃料サイクルの利点は持続性、高レベル廃棄物の管理、環境負荷低減、永久処分のための貯蔵管理、核拡散抵抗性の促進にある。
- 先進湿式、乾式燃料サイクルプロセス、および保障措置技術は開発途上である。
- 国家の使用済み燃料管理方針が決定される予定である。