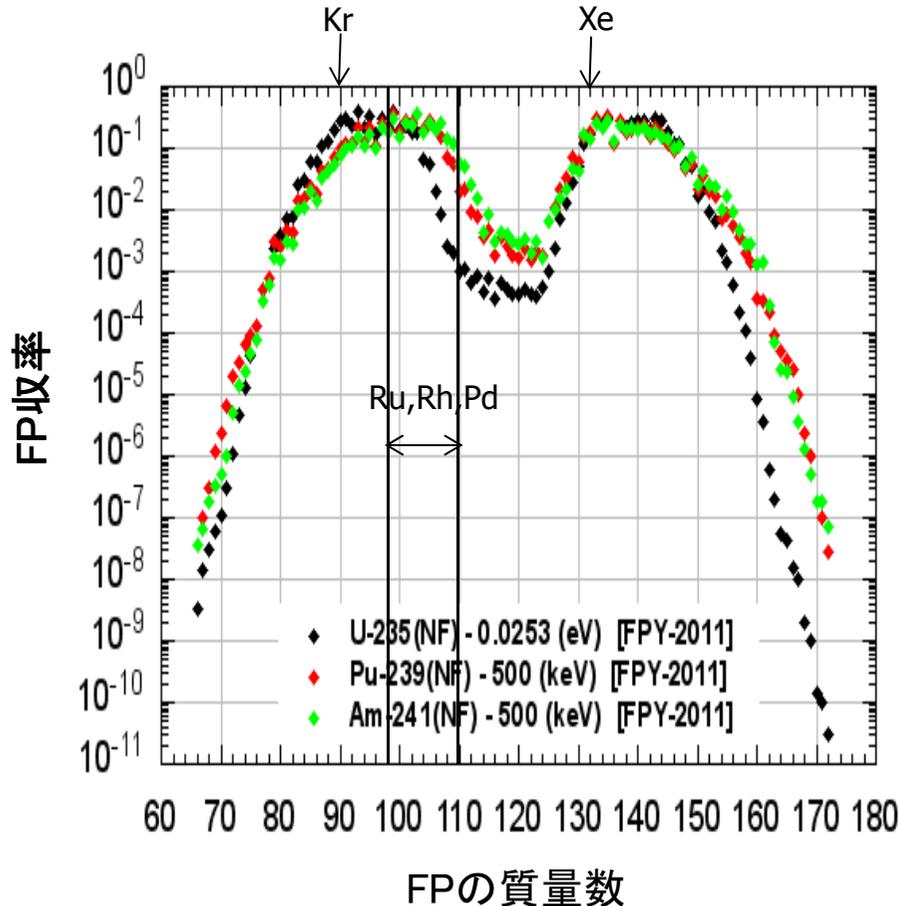


① 核分裂収率の違いによる影響

第2回作業部会
黒崎委員指摘事項

○燃料の種類に応じた生成FPの特徴と酸素ポテンシャルへの影響



U,Pu,Am同位体のFP収率曲線

(核分裂反応によって生成する核分裂生成物(FP)の分布)

Pu、MAの場合:

- ・酸素と結合しにくい貴金属類(Ru,Rh,Pdなど)が多く含まれる質量数99~110の領域の収率が増加。
- ・酸素と結合しやすいZr, Mo, 希土類元素,Yの収率が減少。



照射に伴う酸素ポテンシャル増加

$UO_2 < MOX, MOX(MA含有、高Pu富化度)$



初期組成に対応した燃料の酸素ポテンシャル
& 照射に伴う酸素ポテンシャルの増加

$UO_2 < MOX < MOX(MA含有、高Pu富化度)$



FCCIへの影響について「もんじゅ」「常陽」で確認

② FPの照射挙動(燃料温度の影響)

- ・軽水炉燃料: FPの大部分は燃料ペレット(UO₂)内部に蓄積し, FPガス(Xe+Kr)一部が燃料ペレット外部に放出。また、若干の揮発性FP(Cs, I等)がペレット-被覆管ギャップへ移行。
- ・高速炉燃料: 高速炉燃料ペレットの温度が軽水炉燃料に比較して高いため, 高いFPガス放出率。また、燃焼が進むと揮発性FPの一部が燃料ペレット外部へ放出。

●FP挙動の例(Cs)

照射中のCsの移動挙動(燃料の温度, 酸素ポテンシャルなどに依存)

- ・軽水炉燃料: ペレット径方向の移動(外周部へ移行は限定的)
- ・高速炉燃料: ペレット径方向の移動(ペレット-被覆管ギャップ部で複合酸化物を形成)

: 燃料ピン軸方向の移動(低温部での蓄積)

Cs移動の傾向 UO₂ < MOX, MOX(MA含有、高Pu富化度)

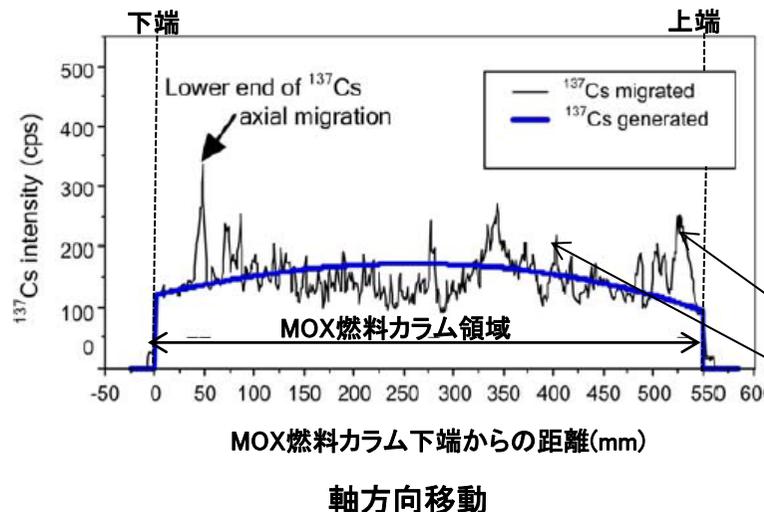
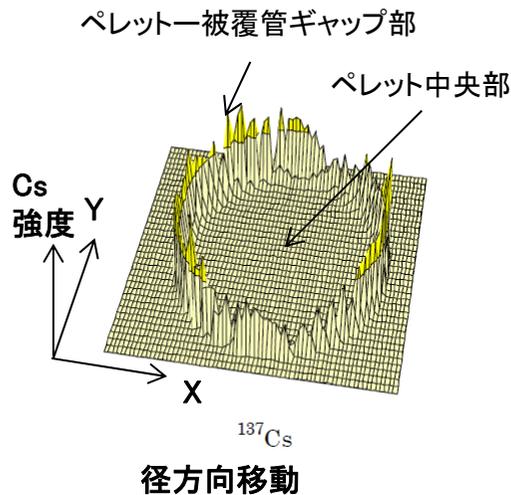


高速炉燃料ペレットの
体積増加に影響する。



・FPの移動挙動によるFCMI*等への影響は長尺燃料カラムの「もんじゅ」燃焼で評価(燃料組成の影響について「常陽」で確認)

*FCMI: 被覆管と燃料の機械的相互作用

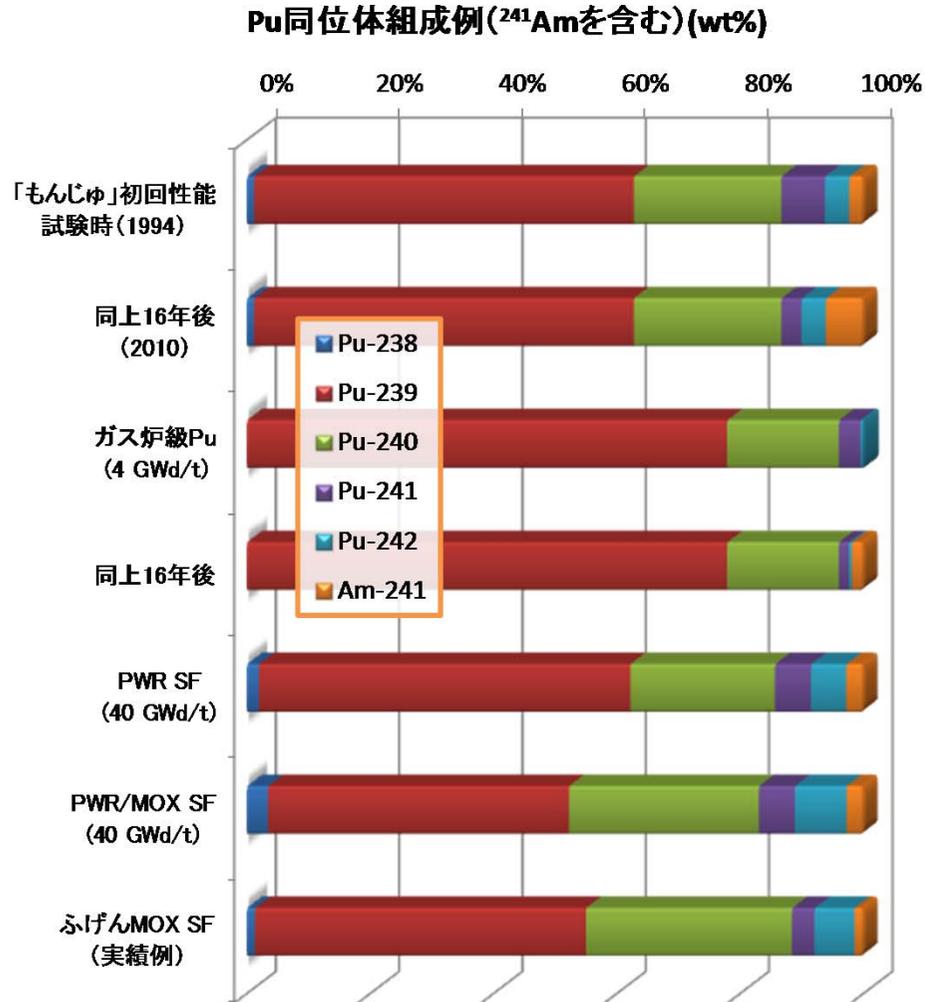


Csの軸方向移動挙動(低温部での蓄積)

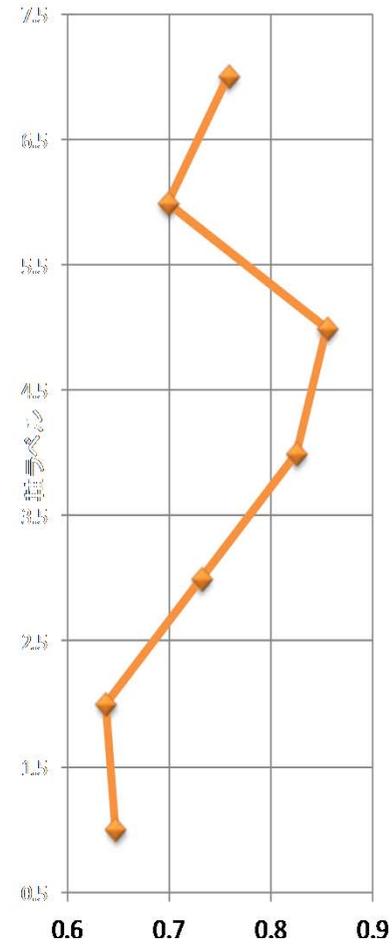
・燃料カラム両端部領域での蓄積

・ペレットとペレットの境界での蓄積

高速炉MOX燃料におけるCsの移動挙動(「常陽」照射短尺燃料カラム高燃焼度照射ピン: ~130GWd/t)

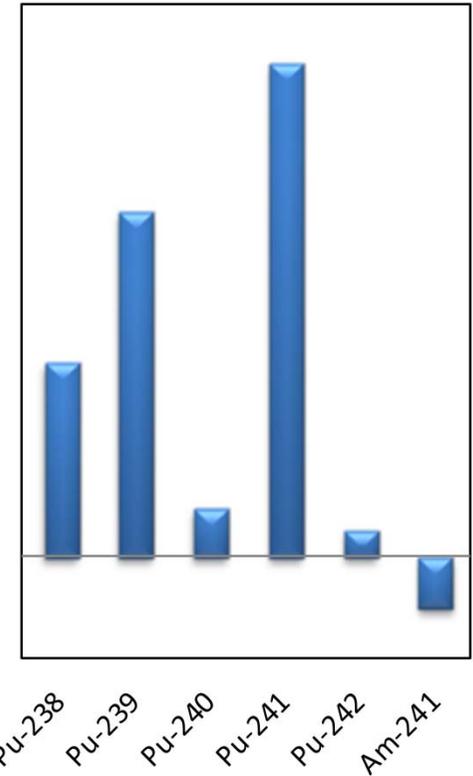


反応度価値*



*²³⁹Pu: 100%を1に規格化した場合

各核種の相対的な反応度価値(例)



① 地層処分される高レベル廃棄物等の比較

第2回作業部会
北田委員指摘事項

技術オプション 比較項目	直接処分	再処理	
		軽水炉	高速炉
処分時の 廃棄体イメージ	<p>キャニスタ中の燃料ペレット (PWRの例) (0.103m³)</p> <p>使用済燃料キャニスタ (3.98m³)</p> <p>出典: 原子力委員会新計画策定会議技術検討小委員会, 基本シナリオの核燃料サイクルコスト比較に関する報告書より作成</p>	<p>ガラス固化体 (0.15m³)</p> <p>オーバーパック (0.91m³)</p> <p>出典: 原子力発電環境整備機構, 高レベル放射性廃棄物地層処分の技術と安全性 - 「処分場の概要」の説明資料より作成</p>	
発生体積比 ^{※1}	1	約0.22	約0.15
高レベル放射性廃棄物全体に対する 燃料ペレット等の占める体積割合 ^{※2}	約2~3% 出典: 原子炉安全専門審査会等	約15~20%	
潜在的有害度の低減 ^{※3} (天然ウラン並)	約10万年 出典: 原子力政策大綱	約8千年 出典: 原子力政策大綱	約300年 出典: 原子力政策大綱
処分面積比 ^{※1}	1	約0.36	約0.25

※1 数字は原子力機構概算例。直接処分時のキャニスタを1としたときの相対値を示す。
 ※2 数字は原子力機構概算例。直接処分ではキャニスタ及び構造材等(95%以上)が、再処理ではオーバーパック及びキャニスタ(計80%以上)が、その他の部分を占める。
 ※3 1GW年を発電するために必要な天然ウラン量の潜在的有害度と等しくなる期間を示す。



参考資料-5 廃棄物減容、有害度低減の効果

② 高レベル廃棄物発生量等が低減する理由

- 1GW年の発電量で発生する高レベル廃棄物について、軽水炉使用済燃料の直接処分と比べ、高速炉サイクルでは、その体積が約1/7、処分面積が約1/4に減少する理由は以下の通り。
 - 燃焼度と発電効率の向上等により、1GW年の発電に必要な燃料の量が半分程度に減少
 - 燃料1トンから発生する高レベル廃棄物の体積が1/3程度に減少
 - 一方、同じ体積の高レベル廃棄物の処分に必要な処分面積が5/3程度に増加

比較項目	技術オプション	直接処分	再処理	
			軽水炉	高速炉※1
発電量1GW年で必要となる燃料の量(重金属量)		BWR: 28 tHM/GW年 PWR: 25 tHM/GW年	BWR: 28 tHM/GW年 PWR: 25 tHM/GW年	13 tHM/GW年
燃料1t(重金属量)当たりの高レベル廃棄物の発生体数		BWR: 1.5 体/tHM (4集合体) PWR: 1.1体/tHM(2集合体)	1.25※2 体/tHM	1.8 体/tHM
高レベル廃棄物1体当たりの体積(キャニスタ・オーバーパックを含む)		4.0 m ³ /体 (LWR共通の値)	0.91 m ³ /体	0.91 m ³ /体
発電量1GW年当たりの高レベル廃棄物の発生量		140 m³/GW年※3	30 m³/GW年※3	21 m³/GW年
発生する高レベル廃棄物1m ³ で必要となる高レベル廃棄物の処分面積		32 m ² /m ³	51 m ² /m ³	51 m ² /m ³
発電量1GW年で必要となる高レベル廃棄物の処分面積		4,400 m²/GW年	1,600 m²/GW年	1,100 m²/GW年

基本的に技術等検討小委員会ステップ1の評価における想定に基づいて記載。四捨五入の影響で数値が合わない場合がある。

※1 数字は原子力機構試算例(FaCTの結果等に基づく)。

※2 六ヶ所再処理施設で3.2wtHMあたり4万本のガラス固化体が発生すると想定した。

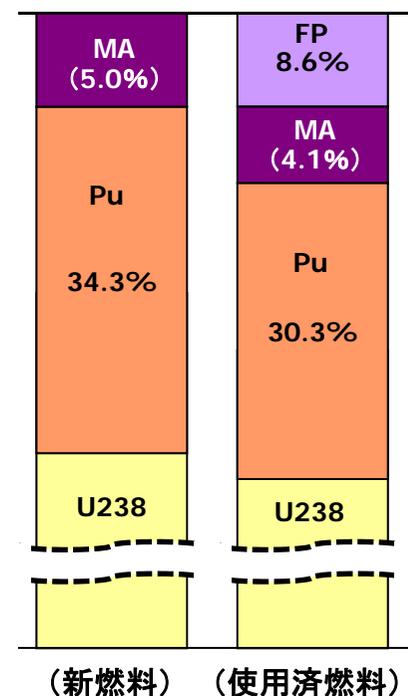
※3 LWRの平均値(現状の存在比を考慮して、BWR55%、PWR45%と想定)。

③ Pu及びMAの燃焼に適した高速炉炉心検討例

- 高速炉炉心において、Pu及びMA含有率の増加により、Pu及びMA量の減少率は増加
- Pu及びMA含有率の増加には、燃料の照射特性、再処理特性の確認の他、炉心特性等への影響についての詳細検討、影響の低減方策等が必要
- 30万kW級のPu+MA含有率約40%の炉心の燃焼計算例では、年間約160kg(年間装荷量の約13%、全炉心装荷量の約6%)のPu+MAが減少

Pu+MA含有率約40%の高速炉炉心の燃焼計算例

項目	仕様、評価値
原子炉電気出力	30万kW
内部転換比	0.5
燃料炉内滞在期間	740日
燃料取出平均燃料度	約84 GWd/t
年間燃料取替量	3.3トンHM/年
年間Pu装荷量	1.14トンHM/年
年間Pu取出量	1.01トンHM/年
年間MA装荷量	0.17トンHM/年
年間MA取出量	0.14トンHM/年



炉内使用前後の燃料組成の変化