

補足資料4：核分裂と生成核種

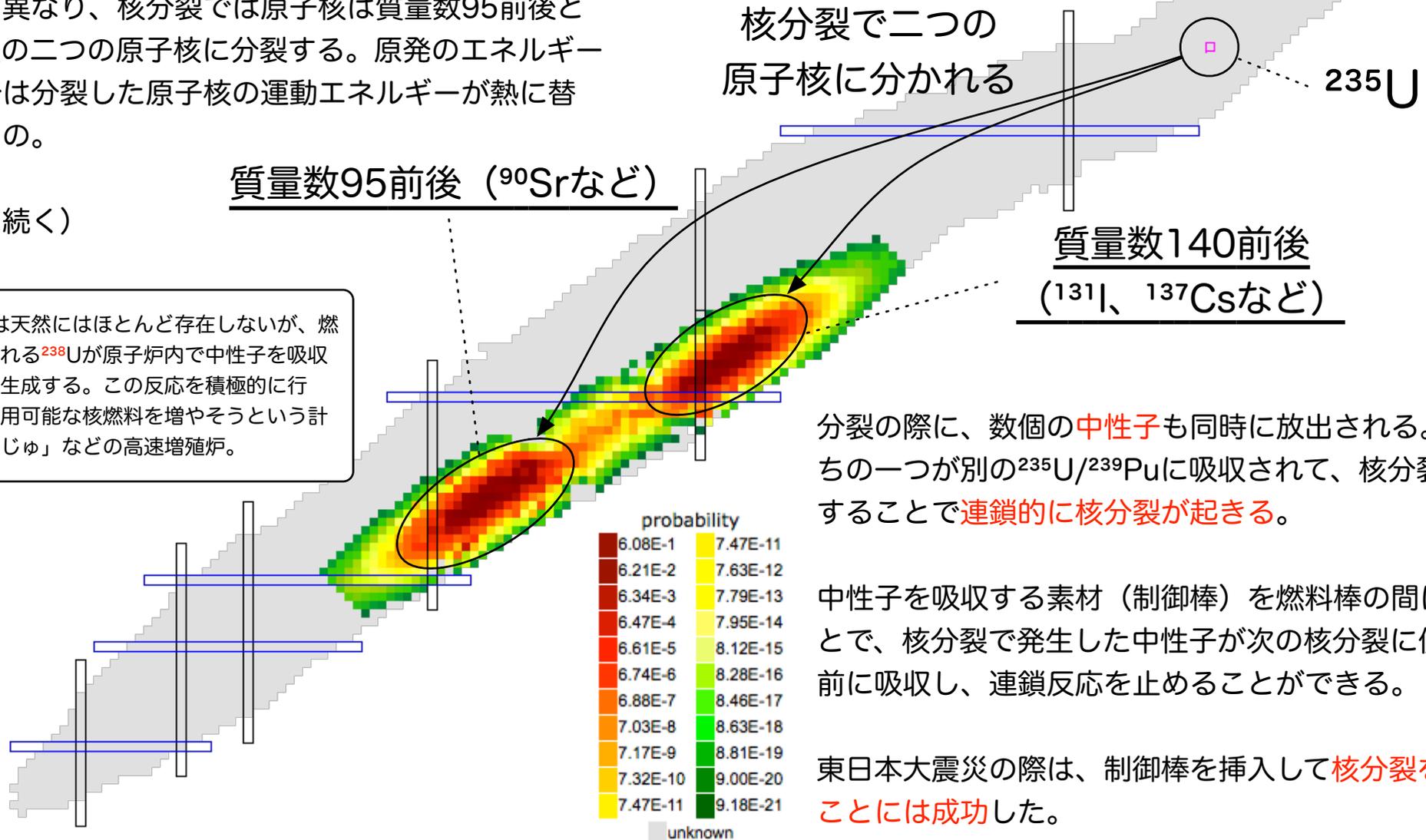
核分裂は不安定な大きな核に中性子が吸収されると起こる。代表的な核分裂核種は ^{235}U と ^{239}Pu (※)。

質量数（陽子数と中性子数の和）が常に4ずつ減少する α 壊変と異なり、核分裂では原子核は質量数95前後と140前後の二つの原子核に分裂する。原発のエネルギーの大部分は分裂した原子核の運動エネルギーが熱に替わったもの。

(右下に続く)

※： ^{239}Pu は天然にはほとんど存在しないが、燃料棒に含まれる ^{238}U が原子炉内で中性子を吸収することで生成する。この反応を積極的に行なって、利用可能な核燃料を増やそうという計画が「もんじゅ」などの高速増殖炉。

この図はブルックヘブンの核図表を ^{235}U の核分裂生成物モードにした状態を引用した。赤系の色の部分は生成確率が高い核種を意味する。

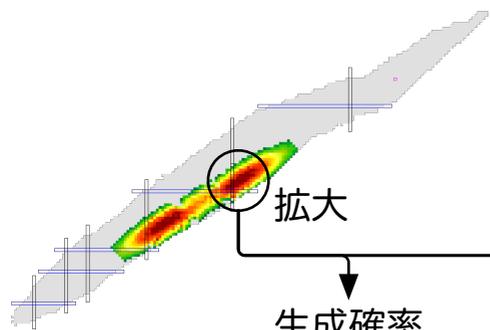


分裂の際に、数個の中性子も同時に放出される。このうちの 하나가別の $^{235}\text{U}/^{239}\text{Pu}$ に吸収されて、核分裂を誘発することで連鎖的に核分裂が起きる。

中性子を吸収する素材（制御棒）を燃料棒の間に挟むことで、核分裂で発生した中性子が次の核分裂に使われる前に吸収し、連鎖反応を止めることができる。

東日本大震災の際は、制御棒を挿入して核分裂を止めることには成功した。

核分裂ではβ壊変核種が多量に生成する



生成確率

壊変モード

半減期



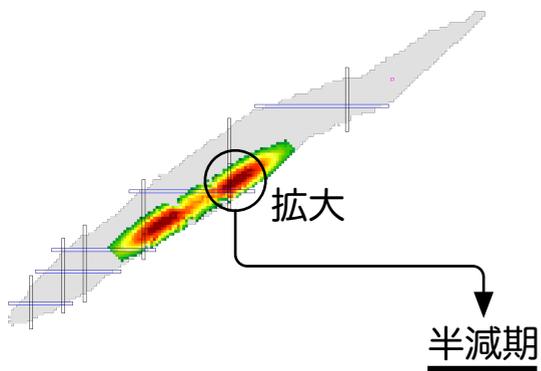
^{235}U や ^{239}Pu の陽子：中性子比は約1:1.6なので、核分裂で生成した二つの原子核も陽子：中性子比は約1:1.6である。

しかし質量数95~140程度の原子核にとって、安定な陽子：中性子比は1:1.3~1:1.4程度である。したがって、分裂で生じた核種は**中性子過剰な不安定**な状態であり、安定な陽子：中性子比を目指してβ壊変を繰り返す。この壊変で発生するエネルギーは原発全体のエネルギーからすると小さいものの、無視できない量の熱に変換される。

中性子の量を制御して停止できる核分裂と異なり、壊変は**人為的には止められない**ため、燃料棒の過熱を防ぐには壊変が落ち着くまで冷やし続ける必要がある。東日本大震災では燃料棒の冷却機能が失われたため、**壊変による熱 (崩壊熱)** でメルトダウンが起きたと考えられている。

原子炉内には最終的に ^{90}Sr や ^{137}Cs のような比較的半減期の長い核種 (または安定核種) が蓄積する。長半減期核種は核廃棄物処理における障害となっている。

福島第1原発事故で放出された核種



^{135}La	^{136}La	^{137}La	^{138}La	^{139}La	^{140}La	^{141}La	^{142}La	^{143}La
^{134}Ba	^{135}Ba	^{136}Ba	^{137}Ba	^{138}Ba	^{139}Ba	^{140}Ba	^{141}Ba	^{142}Ba
^{133}Cs	^{134}Cs	^{135}Cs	^{136}Cs	^{137}Cs	^{138}Cs	^{139}Cs	^{140}Cs	^{141}Cs
^{132}Xe	^{133}Xe	^{134}Xe	^{135}Xe	^{136}Xe	^{137}Xe	^{138}Xe	^{139}Xe	^{140}Xe
^{131}I	^{132}I	^{133}I	^{134}I	^{135}I	^{136}I	^{137}I	^{138}I	^{139}I
^{130}Te	^{131}Te	^{132}Te	^{133}Te	^{134}Te	^{135}Te	^{136}Te	^{137}Te	^{138}Te
^{129}Sb	^{130}Sb	^{131}Sb	^{132}Sb	^{133}Sb	^{134}Sb	^{135}Sb	^{136}Sb	^{137}Sb

今回の事故では、

- 1) 核分裂による生成率が高く、
 - 2) 炉内に蓄積する程度に半減期が長く、
 - 3) 比較的低温で揮発し、
 - 4) 地表降下後に残留する
- という条件を満たす核種が問題となった。

現時点で最も影響が大きい核種は、上記の条件に適合し、しかも半減期が30年と長い ^{137}Cs である。

事故直後は複数の核種が問題となったが、短半減期核種の影響は小さくなってきている。 ^{137}Cs と同程度の半減期を持つ核種に ^{90}Sr があるが、こちらはアルカリ土類金属であるため大気中への放出量がCsと比較して少なく、陸域の汚染への寄与は小さい。