

核分裂と原子力発電所

()組()番氏名()

原子核同士を反応させて核エネルギーを取り出す仕組みはいろいろあるが、実用としてそのエネルギーを取り出すには、反応を連鎖させる仕組みが必要だ。(連鎖反応による核反応の継続)

ウラン235は、遅い中性子を吸収して二つの原子核に分裂する。この核分裂のとき、複数の高速中性子を放出する。この高速中性子を減速して他のウラン235に吸収させてやると、次の核分裂が生じる。

原子力発電のためのキーワード

原子力発電所を運営する必須技術

- 0.7%の核分裂するウランである「ウラン235」の濃度を数%以上に高める必要有(99%はウラン238だ)
→ 「濃縮の理由」 []

→ 「濃縮の技術」 []
- そのウランを核分裂が継続できる最小限の量がある「臨界量」以上を炉心に集める(容易)
→ 「臨界管理」
→ 「核燃料集合体(小さなベレットにし、パイプに封入したものを集合体)」にする理由とは []
- 核分裂反応で生じた高速中性子を減速する仕組みを設ける(水、炭素など減速材に衝突させ減速)
→ 中性子の減速材として、軽い元素である水素、炭素などを含む、「軽水」、「重水」、「炭素」など
- 余剰中性子をコントロールして、核分裂反応が一定に保たれるように調節する(制御棒の出し入れ)
→ 中性子量 []
- 核分裂反応で生じたエネルギー(熱エネルギー)を効率良く取り出す(冷却水の循環・管理)
→ []
- 反応後にできる「放射性廃棄物(核分裂でできた物質)」の管理をする(周辺環境に漏れないように管理)
→ 核燃料再処理技術 []

→ 放射性廃棄物の保管 []

→ 「プルトニウム」の問題 []
- 耐用年数を過ぎた原子炉の「廃棄・管理」に関する技術
→ 停止後の保存・管理 []

→ 長期間に渡る放射性物質の保存・管理 []

初級 水や炭素が減速材に適する理由を示しなさい。ただし、静止している質量数を M の原子を減速材としたとき、この原子に速度が v [m/s]、質量を m [kg] の中性子が正面衝突する場合を考える。

初級 プルトニウムの問題とはなにか。また、その処理方法を考えなさい。

初級 原子炉燃料をウラン235だけにすればプルトニウムは生み出されないことになる。現在の原子炉では、ウラン235が数パーセントだ。なぜ、ウラン235の含有率が低い燃料(ウラン238を多く含む)を使っているのか。

原子核同士を反応させて核エネルギーを取り出す仕組みはいろいろあるが、実用としてそのエネルギーを取り出すには、反応を連鎖させる仕組みが必要だ。（連鎖反応による核反応の継続）

ウラン235は、遅い中性子を吸収して二つの原子核に分裂する。この核分裂のとき、複数の高速中性子を放出する。この高速中性子を減速して他のウラン235に吸収させてやると、次の核分裂が生じる。

原子力発電所のキーワード

原子力発電所を運営する技術

- 1 0.7%とわずかの核分裂するウランである「ウラン235」の濃度を数%以上に高める必要（濃縮技術）
 - 原子の重さの違いで分離する「ガス拡散法（気体分子速度の違いを利用）」、「遠心分離法」など
- 2 そのウランを核分裂が継続できる最小限の量である「一定量（臨界量）」以上炉心に集める（容易）
 - 「核燃料集合体（小さなペレットにし、パイプに封入したものを集合させ、運転中に位置を入れ替えて核分裂の進み具合を揃える）」
- 3 核分裂反応で生じた高速中性子を減速する仕組みを設ける（水、炭素など減速材に衝突させ減速）
 - 「軽水」、「重水」、「炭素」などを利用（中性子を吸収しにくく、かつ軽い原子が必要）
- 4 余剰中性子をコントロールして、核分裂反応が一定に保たれるように調節する（制御棒の出し入れ）
 - 反応で出る複数の中性子のうち「ちょうど1個」が次の核分裂反応へ（連鎖反応を継続するため）
- 5 核分裂反応で生じたエネルギー（熱エネルギー）を効率良く取り出す（冷却水の循環・管理）
 - 1次冷却水と2次冷却水の循環系統に分離、冷却水パイプの耐久性などの問題（放射能漏れ）
- 6 反応後にできる「高レベル放射性廃棄物（核分裂でできた物質）」の管理する（周辺環境に漏れないように）
 - 放射能を帯びた冷却水、核分裂廃棄物、原子炉補修、廃炉時の放射能を帯びた機材の処理・保管（放射能の強弱、半減期の長さにより異なる。半減期が長い場合は数百年以上の完全管理が必要）
 - 核分裂に付随した「プルトニウム」生成の問題（核兵器への転用の問題） → MOX 燃料によるプルスーマル
- 7 耐用年数を過ぎた原子炉の「廃棄（廃炉）の問題」
 - 停止後の保存・管理（廃炉後の管理、停止直後の炉心は非常に強い放射能を持つため、作業は不可能！）
 - 長期に渡る放射性物質の保存・管理（数百年に渡る放射性物質の安全管理システム）

初級 静止していた質量数を M の原子に速度が v の中性子が正面衝突する場合、中性子の質量を m [kg] とすると、運動量保存の法則より、 $mv = mv' + Mv'$ …①、弾性衝突（はねかえり係数 = 1）だから、

$$1 = -\frac{v' - V'}{v - 0} \dots \textcircled{2} \quad \text{だから、これを解いて、} \quad v' = \frac{(1-M)mv}{(1+M)m}, \quad V' = \frac{2mv}{(1+M)m} \quad \text{になり、}$$

$\frac{1}{2}mv'^2 = \frac{1}{2}mv^2 \times \frac{(1-M)^2}{(1+M)^2}$ になる。したがって、衝突する相手原子の質量数 M が大きい場合、運動エネルギー

はほとんど失わない（減速しない）ことになる。

初級 ウラン235の核分裂を利用する原子炉を運転中に、ウラン燃料中のウラン238が中性子を吸収してプルトニウムになる。このプルトニウムは化学的に分離できるので、濃縮が容易になる。核兵器（原子爆弾）が簡単に作り出せる。このため、プルトニウムは国際的に厳しく保有状況を監視している。プルトニウムも核分裂するのだが、制御がウラン235より難しく原子炉の主原料としては使われていない。しかし、日本でも原子力発電所運転によって、多量のプルトニウムを保有しており、その処理問題に直面している。このプルトニウムを消費するため、原子力発電所の原子炉の燃料として、ウラン燃料に混ぜてプルトニウムを利用しようとしている。

初級 原子炉燃料をウラン235だけにすればプルトニウムは生み出されないことになるのだが、このような高濃縮されたウラン235は原子爆弾そのものに相当する。核分裂速度の制御の問題から高濃縮ウランは安全性の確保から利用されていない。また、核燃料を核兵器に転用することも容易になるため、核拡散防止（核兵器拡散防止）の面からも問題が残る。また、ウラン235を高濃度に濃縮する作業量が膨大になること、原子炉の制御のためなどから使用目的に合った濃度以上にウラン235を濃縮することは無駄である。