

核燃料資源

Resources of nuclear fuel

内山 洋司 (うちやま ようじ) 一般社団法人 日本エレクトロヒートセンター会長 (筑波大学名誉教授)

原子力の特徴は、少量のウランの核分裂によって膨大なエネルギーを発生することである。ウランの可採年数は、既知資源だけで120年と推定されているが、高速増殖炉の核燃料サイクル技術が確立されれば120倍にまで増加することができる。原子力は、日本のように資源に乏しい国にとってエネルギー安全保障を確保する上で重要な技術となる。ここでは、核分裂反応を起こす天然資源であるウランやトリウム、それに核融合反応に必要なリチウムの資源量について解説する。

1. はじめに

太陽エネルギーは太陽の核融合反応によって発生する核エネルギーである。石油、天然ガス、石炭など化石燃料は、長い年月をかけて動物、海洋生物、植物等によって蓄積されたエネルギーであって、その源は太陽エネルギーである。そのことから化石燃料も遡れば核エネルギーが起源となっている。地熱は地球深部のマグマ活動による熱エネルギーであるが、その熱はウランやトリウムの核分裂反応によって発生している。社会で利用されているエネルギーは遡ればすべてが核エネルギーに行きついてしまう。原子力発電や核融合発電は、核反応を地上で行なう技術で、その燃料となるウラン資源や水素資源は膨大である。

2. ウランとトリウム

核分裂に利用できる天然の鉱石にはウランとトリウムがある。それらは化石資源のような燃料ではないが、何故か核燃料 (nuclear fuels) と呼ばれている。ウランは天然に存在する最も重い元素で、元素番号は92、原子量は238.03である。ウラン金属は銀白色で、比重は19.0、融点は1,130℃である。ウランは天然において4価または6価 (まれに5価) の状態で存在している。酸素と結合しやすく、特に6価のウラニル基 (UO_2)²⁺ は水に溶けやすい性質をもっている。

天然には酸素やほかの元素と結びついて酸化物、水酸化物、ニオブ・タンタル・チタン複酸化物、炭酸塩、リン酸塩、ヒ酸塩、バナジン酸塩、ケイ酸塩、硫酸塩、モリブデン酸塩などの形で産している。鉱石鉱物としては、ケイ酸分に富む火成岩に多く、一次鉱物では閃ウラン鉱 (ピッチブレンド)、コフィン石、ブランネ

ル石、人形石などであり二次鉱物ではウラン雲母族鉱物である。

ウランは地殻を構成する岩石、沈殿物、また海水中にも広く分布している。地殻全体での量としては、銅やニッケル、亜鉛よりは少ないが、金、銀、水銀などよりも多く、スズと同じくらいで、クラーク数では 4×10^{-4} で53番目になっている。海水中のウランは三炭酸ウラニルイオン [$UO_2(CO_3)_3^{4-}$] の形態で溶存している。海水中のウラン濃度は3mg/t程度で、炭酸ガスの溶解度に依存した平衡濃度となり、世界のどこの海でもほぼ均一に保たれている。その濃度は地殻の平均濃度の約1000分の1であるが、量としては約46億トンにもなる。四方を海で囲まれた日本にとっては、海水中に溶存する膨大なウラン資源を効率的かつ安価に捕集する技術開発が望まれる。

クラーク数：地球表層部におけるそれぞれの元素の存在度を重量%によって示した数字。アメリカの地球化学者 F.W. Clarke が地下表面10マイル (約16km) までの化学組成を、93.06%の火成岩、6.91%の海水、0.03%の大気によって近似し、各元素の平均含有量を推定した。

天然ウランの同位体成分は、²³⁸Uが99.274%とほとんどを占めており、それ以外に²³⁵Uが0.7205%、²³⁴Uが0.0054%含まれている。軽水炉では発電用燃料として核分裂性の²³⁵Uを3~4%にまで高めた、いわゆる濃縮ウランを使用している。商用原子炉の核燃料としてはこのほかに、天然ウラン、プルトニウム (²³⁹Pu、²⁴¹Pu) や²³³Uなどの核分裂性物質が使われている。

ウランと同じアクチニドに属しているトリウム (Th) は、原子番号90、原子量232.05で、1828年スウェーデンの化学者ベルツェリウス (Jons Jacob Berzelius) によりトール石から元素として始めて発見された。比重11.7、融点1,750℃、沸点4,800℃以上の金属で、1898年G. シュミットとM. キュリーによっ