

原子力^{シニアと学生} 老若問答

第9回

日本原子力学会シニアネットワーク連絡会(SNW)協力会員
松岡 強(まつおか つよし)

十二話

高速増殖炉と燃料サイクル

学生 ウラン資源も天然ガスと同程度の60年から70年ぐらいしか持たないと聞いたのですが…。

シニア 現在確認されている埋蔵量を現在の生産量で割ったいわゆる可採年数はその程度で、石油の40～50年と大差ない。

学生 ウランもそのうち枯渇するようになるということですか。

シニア ウランは鉱物資源なので、石油や天然ガスのような特殊条件でのみ生成される化石燃料とは違って、だいたい世界中に分布しているので、急激になくなることはない。でも、この15年ほど米国とロシアの核爆弾を解体したウランを原子力発電に利用してきたのでウランが余り、通常20年近くかかる資源開発を怠ってきた。その解体利用も2013年ごろ終了予定で、さらに最近の原子力建設ムードに押されてウラン価格がこの2、3年暴騰しているのが現状だ。

学生 原子力発電は資源のない日本で、準国産エネルギーといわれていると聞いたのですが、ウランの確保は大丈夫ですか。

シニア 現状の原子力発電所、いわゆる軽水炉はいったん燃料を入れると、1年ぐらい運転継続でき、燃料備蓄も特別なことをせずに燃料製造過程の燃料だけで3～4年は持つので、すぐに途絶えるということはない。でも、長期的には高速増殖炉を建設して、燃料サイクルを確立しないと安心はできない。

学生 高速増殖炉と燃料サイクルの確立とはどういうことですか。

シニア ウラン鉱山から採掘されたウランは核分裂しやすいウラン(U-235)が0.7%、核分裂しにくいウラン(U-238)が99.3%含まれている。そのU-235を3～5%に濃縮して原子炉で燃やしているのが今の軽水炉だ。

学生 わずか3～5%のU-235で約1年燃えるのですか。

シニア いや、原子炉は約1年で開放するが、燃料は3分の1ずつしか交換しないので、燃料自身は約3年燃えることになる。

学生 すごい。わずか3～5%のU-235で約3年も燃え続けるのですか。

シニア それだけではない。燃え残った燃料はほとんどがU-238だが、U-235が約1%、U-238に中性子が当たって変身したプルトニウム(Pu)が約1%、核分裂生成物が3～4%含まれている。これを再処理して核分裂生成物を除くと、他はまた燃料として再利用できる。この中のPuを軽水炉に再利用するのがプルサーマルというのだよ。

学生 それが軽水炉の燃料サイクルですね。

シニア 核分裂しにくいU-238に中性子を当てると核分裂しやすいPuになるといったが、このことが非常に重要なのだ。この原理を使って、U-238をPuに効率よく変えようというのが高速増殖炉だ。

学生 どういうことですか。

シニア 高速増殖炉というのは、原子炉の中心部の炉心にプルトニウム燃料(約20% Pu+約80% U-238)を置いて核分裂を起こさせ、その周りにブランケットと呼ばれる天然ウランまたは劣化ウラン(U-238主体)燃料を置き、炉心から漏れてきた中性子をこのU-238

に効率よく当てて、Pu に変えようと言うものだ。Pu の原子核 1 個に、核分裂をして出てきたばかりの高速の中性子を当てると、核分裂をして 3 個ほどの中性子を出すので、それを効率よく次の Pu ないしは U-238 に当てていく。そうすると、発電した後に、はじめの燃料の 1.2 倍ほどの Pu が生成できるのだ。

学生 えっ！ 発電した上に燃料が増えるのですか。

シニア 高速中性子を使って核分裂を継続し、しかも燃料が増殖するので高速増殖炉という。

学生 ウラン資源の 99.3 % の核分裂しにくい U-238 が Pu になり核分裂するので、資源が数十倍になるということですね。なぜ、どんどん建設しないのですか。

シニア 今の軽水炉に比べ、高度な技術を必要とするので、徐々に問題を解決しながら実用化しようとしている。特に技術的に高度なことは、一つは核分裂した熱を冷却する冷却材にナトリウムを使っているが、軽水炉の水に比べその取り扱いが非常に難しいこと、もう一つは軽水炉が高速中性子を一度水で減速させて熱中性子として核分裂を継続させているのに対し、高速増殖炉では高速中性子のまま核分裂を継続しているので、水による負の減速材温度係数を利用できないことだ。研究炉としての「常陽」で炉心特性等の運転実績を得て、現在実験炉としての「もんじゅ」が運転再開を待っているところだ。もんじゅのナトリウム漏れで 10 年以上の運転中断になったことは国家の損失ではあったが、やっと運転再開の目途が立ちこれからいろいろと運転データを得ることになるだろう。その上で、実証炉を 2025 年までに、商業炉を 2050 年より前に運転開始しようと踏み出したところだ。

学生 それではこれから順調に行くのですね。

シニア 国際的な流れとして、日本の高速増殖炉が見直され、脚光を浴びているのは良いが、核拡散防止の流れの中で、問題が出てきそうなので注意する必要がある。軽水炉でできる Pu は炉心の中で生じ、Pu-239 だけでなく、核分裂しにくい Pu-240 や、すぐに他の物質に変化する Pu-241 などが含まれるので原爆には不向きなのだ。一方、U-238 のブランケットに中性子が当たってできる Pu は非常に質のよい Pu-239 ばかりなので、米国はテロなどによる原爆利用を危惧している。

学生 ブランケットを止めれば良いのですか。

シニア ブランケットを止めると増殖ができなくな

り、開発する意義がなくなる。フランスはブランケットなしの高速炉を開発し、増殖が必要になったらブランケットを追加するといっている。フランスは核保有国だから必要な時にブランケットを付ければよいが、日本の場合、核拡散防止のために一度高速増殖炉をやめて、高速炉にしてしまうと、次にブランケットをつけようと思っても米国は決して許可をしないだろう。

学生 どうして増殖が必要になったりしなかったりするのですか。

シニア 高速増殖炉を作る時には、最初の炉心用に大量の Pu を必要とするが、それ以降は自分の交換燃料以上の燃料を作るので、継続して高速増殖炉を建設しない場合には、Pu が余ることになる。そこで、ブランケットのない高速炉を作り、次の高速増殖炉を建設する時を見計らってブランケットを付ければよいという一見分かり易いストーリーができることになる。

学生 ではどうすれば良いのですか。

シニア 先ず原子燃料サイクルを良く考えることだ。今の軽水炉(PWR、BWR)は良くできていて、ウラン燃料だけを燃やせるのではなく、ウラン燃料とプルトニウム燃料を混在させても燃やせるし、フルモックス炉といってすべてプルトニウム燃料にしても燃やせるようにできる。しかしながら、一度使ったプルトニウム燃料を再処理して、二度、三度と軽水炉に使うことは難しい。でも、その燃料を高速増殖炉に使うとまた質の良いプルトニウムができるので、再び軽水炉に利用できるようになる。

学生 ということは、軽水炉と高速増殖炉を組み合わせると良いということですか。

シニア そう。もともと高速増殖炉と軽水炉は共存共栄の関係にある。ウラン資源は確実に減少していくが、なくなるものではないものの、価格高騰は前述のように現実化している。高速増殖炉で、プルトニウムを増殖して、その分を次の高速増殖炉の初装荷炉心分にするか、プルスーマル利用をして軽水炉に利用するかはその時点のウラン価格や需要予測で決めればよい。したがって、高速増殖炉を建設しても増殖分が余ることではなく、フルモックスと組み合わせるとウラン燃料の消費はゼロにすることもできる。

学生 軽水炉燃料サイクルと高速増殖炉燃料サイクルを確立して、共存共栄を図るということですね。