

総論

General Remarks

東 邦 夫*

Kunio Higashi

1. はじめに

現在、我国では40基の発電用原子炉が稼動しており、電力の約四分の一は、これら原子力発電所から供給されている。

したがって、原子力は我国の重要なエネルギー源として社会に根つき、電気を通して国民生活のすみずみまで既に浸透していると云える。

しかし、この膨大な電力を安定に供給しつづけていくためには、その燃料となるウランの採鉱・精錬から放射性廃棄物の処理処分に至る、いわば原子力発電体系とも言うべきものも同時に、原子炉の周辺に展開されていなければならない。本特集は、その原子力発電体系を構成する要素技術の内、特に重要と思われる次の4つをとりあげ、「核燃料サイクル技術の開発動向と将来」という視点から紹介しようとするものである。

- (i) 原子燃料の設計
- (ii) 使用済み燃料の再処理
- (iii) ウラン濃縮
- (iv) 放射性廃棄物の処理処分

2. 核燃料サイクル

図-1は、100万 KWの原子力発電所を1年間運転する場合に必要な核燃料の動きや、発生する放射性廃棄物などを1例として示したものである。この図に見られるように、精錬、ウラン濃縮、燃料の成形加工、発電、再処理、廃棄物処理処分、などは互いに連なり、関係し合って1つのシステムを構成している。このようなものを核燃料サイクルと呼んでいる。

ここでは、以下の章を読んでいただくために（厳密さを期すための細かい記述や但し書きなどはやめて）、まず全体の概要を大急ぎで紹介することによって、よ

り詳細な各論への導入口としたい。

さて、ウランを含有する鉱石を精錬して得られる天然ウランは、実は重さ（質量数；後に出てくる238とか235といった数であり、水素原子の何倍ほど重いかを示す数値と考えてよい。）の異なる2種類のウラン原子の混合物である。その内の重い方のU-238が99%以上を占め、軽い方のU-235はわずか0.7%ほどしか含まれていない。

この2種類のウラン原子は共に、ウランとしての同じ化学的性質を持っているので、たとえば試薬を添加して片方だけを沈澱させるといった分析化学的な手法では、ほとんど分離濃縮することはできない。化学的性質がほとんど同じ両者も、核的性質は全く異っており、U-235はU-238に比べて、桁がいに核分裂を起しやすくエネルギーを発生し易い。そこで、0.7%しか含まれていないU-235の濃度を3%程度まで高めて原子炉（軽水炉）の燃料とするためには、重さだけが異なる2種類のウラン原子を互いに分離濃縮するという、極めて困難であり、それ故にチャレンジ的な作業を必要とし、この作業をウラン濃縮と呼んでいる。本特集では、現在の我国にとって最も重要と思われるウラン濃縮法、すなわち遠心分離法、レーザー法および化学法が解説されている。

図-1に見られる如く、上記の濃縮ウランが原子炉1基当たり、1年間に約30ton必要である。燃料として使われるウランの化学形は二酸化ウラン（ UO_2 ）で、小指の太さぐらいの金属製の管（披覆管）の内部にペレット状に加工されて詰っている。こうしてつくられた燃料ピン内部で核分裂が起り、発熱して非常に大きな温度勾配が、燃料ピンの中心部と、冷却水で冷やされている周辺部との間に形成される。

そして、そこで発生する核反応の結果生ずる多くの放射性核種を、1mmに満たない厚さの燃料披覆管内にとじ込めておく必要がある。この燃料ピンや、それを束ねた燃料集合体の設計は、原子炉技術の基本であり、

* 京都大学工学部原子核工学科教授
〒606 京都市左京区吉田本町

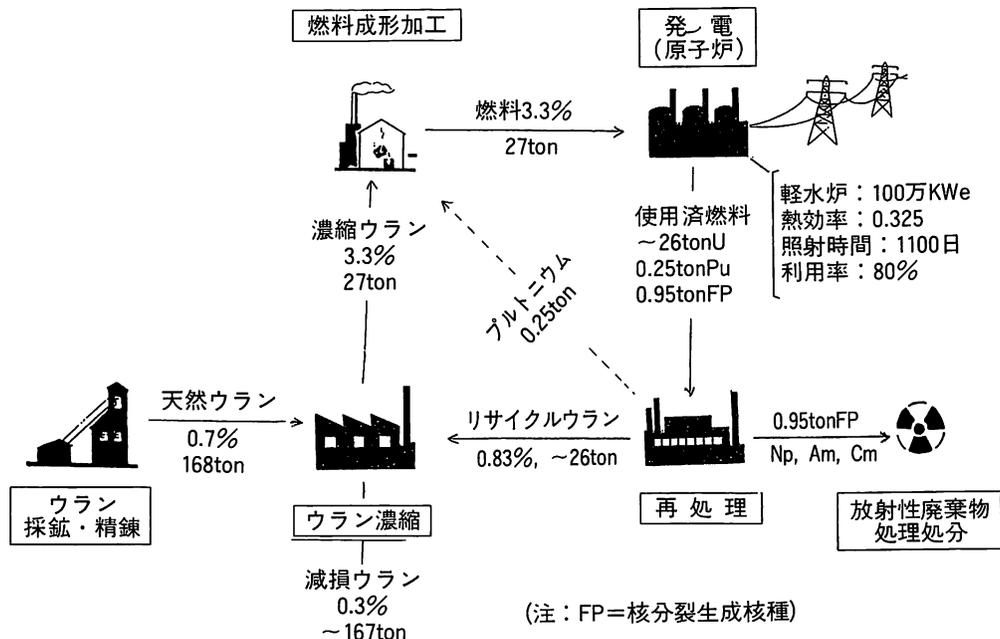


図-1 100万kwの原子炉(加圧水型軽水炉)の燃料サイクル例(1年間当りの流れ)

現在なお発展途上にある。

原子炉の中で3年とか4年とか使用された後に取り出される上記の核燃料中には、核分裂を起さずに残ったウランのほかに、核分裂の破片として生じた軽いさまざまな元素や、天然には存在せずに原子炉の中で創り出されたネプツニウム(Np)、プルトニウム(Pu)、アメリシウム(Am)など超ウラン元素と呼ばれる元素が含まれている。この内、燃え残りのウランのほか、プルトニウムも核分裂を起すので燃料として再利用することができる。そこで使用済み燃料を化学的に処理して、そこからプルトニウムとウランを回収することを再処理(reprocessing)と称している。

なお、現在開発が急がれている高速増殖炉と呼ばれるタイプの原子炉では、再処理して回収されたプルトニウムをウランに混合したものが燃料として用いられ、その使用済み燃料中には、使用前の燃料よりも多くのプルトニウムを含むようにすることができると期待されている。いわば、使うほど核燃料がふえるわけである。このような利点を有する高速増殖炉用の燃料の設計や、その使用済み燃料の再処理技術についても、以下の章で解説される。

原子力は人類にエネルギーを供給してはいるがそれと同時に放射性廃棄物という負の遺産を子孫に残しつつある事も事実である。その放射能は、通常の工学では問題としないような何千年、何万年の長期にわたっ

て、完全には消えることなく存在しつづけるはずである。このような廃棄物をどのように処理し、処分するかは原子力の将来や、我国のエネルギー源の選択にも大きくかかわってくる問題である。

そこで、ガラス状の安定な固化体中に放射性核種を閉じ込めるための技術や、その固化体を地中深くに埋設する技術、その安全性の評価、あるいは用済みとなった原子炉のあと始末の問題などについても解説されている。

3. むすび

冒頭にも記したように、我国の原子力は、人々の日常生活の中にすでに深く溶け込んでおり、欠くべからざる役割を担っている。それにもかかわらず、原子力については、特にここにとりあげられている核燃料サイクル技術については、他分野の技術者になじみが薄く、関心も薄いのが実情のようにおもわれる。核反応とかウランの同位体分離(ウラン濃縮)など、少々、異質でとっつき難い点があるかも知れないが、異質なものの故の新しさも発見していただけるかも知れないので、以下の各章の優れた解説を是非ご一読いただき、不明なる点がある場合には、直接、その筆者に問い合わせて下さるなりして、原子力への興味を一層深めて下さる事を切に希望するものである。