

トピック

破綻している核燃料サイクル

三澤 友子 (CASA 理事)

日本の核エネルギー政策は核燃料サイクルと言われるものです。この核燃料サイクルには、高速増殖炉の稼働が必要です。しかし、高速増殖炉の原型炉のもんじゅは、1991年からの22年間で、3か月余りの発電実績しかなく、ほとんど止まったままです。また今年になって12000件以上に及ぶ点検漏れが指摘され、その組織体制にも大きな批判が集まっています。今回のトピックでは、高速増殖炉もんじゅと核燃料サイクルの問題点について考えてみたいと思います。

【高速増殖炉もんじゅ】

増殖炉は消費した以上の核燃料を作り出すため、ウラン燃料の有効利用として考えられた原子炉です。増殖炉の中でも高速中性子を使ったものを特に高速増殖炉といいます。原発の使用済み燃料を再処理してプルトニウムを取り出し、このプルトニウムからMOX燃料*1が作られますが、これが高速増殖炉の燃料になります。

高速増殖炉の原型炉*2であるもんじゅは、1991年に試運転、1995年8月29日に発電を開始しますが、わずか3か月余りの12月8日にナトリウム漏洩事故*3を起こし運転が止まりました。そして15年後の2010年5月6日に運転を再開しましたが、8月26日には原子炉容器内の全長12m重量3トンにも及ぶ燃料交換用の装置が落下し、3か月ほどで再び止まってしまいます。

そして2012～13年にかけて、安全上重要な機器55件を含む、1万2000件を超える点検漏れが明らかになり、原子力規制委員会は2013年5月29日にもんじゅに対し、運転再開準備の停止命令を出しました。

結局、もんじゅは、1991年の試運転開始から22年間で、稼働したのは5年余り、発電したのはわずか3か月余りに過ぎません。加えて、事業主体である日本原子力研究開発機構(旧動燃)には、ナトリウム漏洩事故におけるビデオ隠しなどの組織的な隠ぺい体質や、今回の点検管理の杜撰さに対して、大きな批判が出ています。

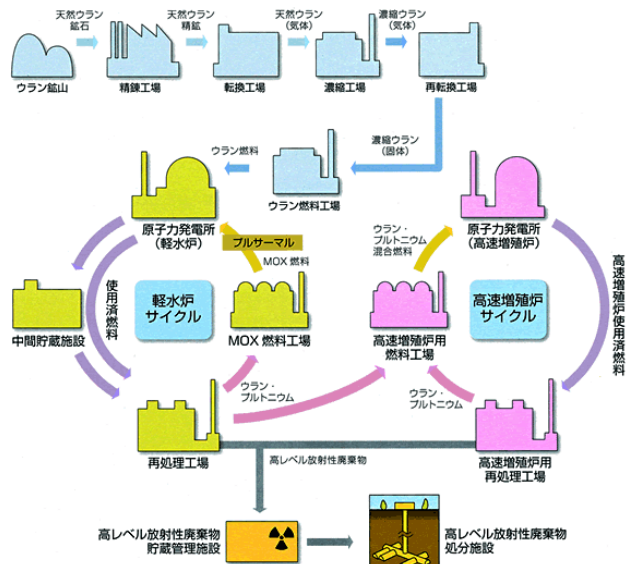


図1 核燃料サイクル

出所：資源エネルギー庁 原発立地対策・広報室 HP より
<http://www.enecho.meti.go.jp/genshiaz/index.html>

- *1 MOX(混合酸化物：Mixed Oxide)燃料とは、軽水炉原発の発電後にそれぞれ1%程度残る、核分裂しやすいウラン(U235)と発電の際の核分裂反応で生成したプルトニウム(Pu)を取り出し、それらを酸化物の形にして混合し、最終的にプルトニウム濃度を4～9%に高めた燃料のことです。
- *2 実験炉、原型炉、実証炉、実用炉と開発されていく段階の第2段階で、実験炉から発電用に大型化することで技術的に可能かどうかや性能を確認するためのものになっています。
- *3 二次冷却系の配管破損によって金属ナトリウム650kg余りが漏洩し、空気中あるいは床のコンクリート中の水と激しく反応し爆発的な火災を起こした事故で、事故対応の遅れや動燃(当時)の事故隠いなど大きな問題となりました。

高速増殖炉の運転には技術的な問題が多くあります。中でも冷却材として金属ナトリウムが使われている場合、その取り扱いの難しさが大きな問題です。ナトリウムは非常に反応性が高く、特に水との反応で水素が発生し激しく燃える性質があることから管理が難しいと言われています。もんじゅの場合、発電に水蒸気タービンが使われており、蒸気発生器の薄い壁を挟んでナトリウムからの熱を伝える構造になっており、もしピンホールのような穴が生じた場合には大きな爆発事故につながる可能性があります。また核分裂速度が軽水炉の約250倍もあることから制御が難しく、炉心部分は高密度でエネルギーが集中しているため、ちょっとしたトラブルで核反応の暴走事故を起こしやすい点も指摘されています。

そしてこの懸念されているナトリウム漏れ事故や細管損傷によるナトリウムと水の反応事故は、表1にあるように開発が始まって以来、世界の高速増殖炉で何度も繰り返し起こっており、高速増殖炉の実用化の目処がたたないことから、開発に取り組んできた国々は、次々に撤

退しています。1994年にアメリカが高速増殖炉を含む核燃料サイクルの研究・開発の中止を決めました。同年イギリスもナトリウム漏れ火災事故を繰り返した実験炉PFRを閉鎖し、91年にはドイツでも85年にできた原型炉SNR-300が一度も運転されることなく廃止が決まっています。もっとも熱心だったフランスも、初の実証炉スーパーフェニックスを建設したものの、後を絶たないナトリウム事故などにより97年に炉を廃止し、翌年閉鎖に追い込まれています。一方現在積極的に開発を進めているといわれるロシア、インド、中国でも実用化の目処は立っていません。

そんな中、日本はまだ高速増殖炉の開発をあきらめていません。しかもこの間に使われた費用は1兆円を超え、停止している間の管理維持費も1日におよそ5500万円、年間200億円にも及んでいます。このようにもんじゅの22年間の歴史は、高速増殖炉開発そのものの限界を示すものであり、そのことは核燃料サイクル自体の破綻を意味していると言えます。

表1 世界の高速増殖炉事故

| 国 | 炉 | 事故の種類 |
|-----|------------|--|
| 米 | EBR-1 | 炉心溶融(1955) 出力異常(1995) |
| 旧ソ連 | BR-5 | 燃料破損(1960) 細管大破損(1960) |
| 英 | DFR | 燃料破損(1960) 水蒸気発生器ナトリウム漏れ(1963、1966) ナトリウム漏れ火災(1967) |
| 米 | フェルミ | 細管損傷Na水反応(1962) 炉心溶融(1966) |
| 仏 | ラブソディ | ナトリウム漏れ火災(1966) |
| 旧ソ連 | BN-350 | 細管損傷Na水反応(1973×2回、1975) |
| 英 | PFR | 細管損傷Na水反応(1974) ナトリウム漏れ火災(1984×2回) 細管大破損(1987) 潤滑油混入(1991) |
| 仏 | フェニックス | ナトリウム漏れ火災(1976×2回) 細管損傷Na水反応(1982×2回、1983) 出力異常(1988×2回、1990) 蒸気発生器ナトリウム漏れ(1998) |
| 独 | SNR-300 | ナトリウム漏れ火災(1984) |
| 仏 | スーパーフェニックス | 貯蔵槽からナトリウム漏れ(1987×2回) ナトリウム漏れ火災(1990) ナトリウムに空気混入(1990) |
| 旧ソ連 | BN-600 | ナトリウム純化系から漏れ・火災(1993) |
| 日 | もんじゅ | ナトリウム漏れ火災(1995) |

(表は炉の運転開始順になっています。)

出所 さよなら原発神戸ネットワーク 「世界の高速増殖炉開発の現状」より作成。

<http://www.geocities.jp/tobosaku/kouza/fbr3.html>

【核燃料サイクル】

原発で使用した使用済み核燃料は、そのまま貯蔵、保管する方法と、この使用済み核燃料からプルトニウムを取り出して再利用する方法の2つがあります。一般に前者を「直接処分」、後者を「再処理」と言っています。

図1は、使用済み核燃料を再処理する核燃料サイクルを示しています。日本の場合、MOX燃料を増殖炉で燃やす「高速増殖炉サイクル」と軽水炉でウラン燃料に混ぜて燃やす「軽水炉サイクル」(プルサーマル*)の2通りの利用になっています。プルサーマルについては高速増殖炉もんじゅの運転の見通しが立たないことで、再処理で取り出されたプルトニウムがたまり続けることを解消するために始められたものです。

この使用済み燃料の再処理を行うのが、六ヶ所村再処理工場です。また、日本では使用済み核燃料は全量再処理するとし、さらに使用済みのMOX燃料についても「第二再処理工場」を作り再度処理を行うとしています。

核燃料サイクルの利点とされるもの

核燃料サイクルでは、使用済み核燃料をMOX燃料に加工することで、再度燃料にすることができ、廃棄物の減量にもなるとしています。さらに高速増殖炉で燃焼させた場合は、使われるプルトニウムよりも多くのプルトニウムが生じることから、再処理の繰り返しによって、もともとあるウラン資源を何倍も有効に使えるとされています。

核燃料サイクルの問題点

・「再処理」は「直接処分」よりもコストがかかる

これまで再処理にかかる費用は、1993年の着工当時、再処理工場の建設費だけで7600億円と公表されていました。しかし電気事業連合会の2003年の試算では六ヶ所村再処理事業は

バックエンド費用も含めると2006年からの40年間運転で19兆円かかるとしました。これに対して作られるMOX燃料は、ウラン燃料に換算して9000億円程度にしかならないとされています。

そしてこの再処理コストは、私たちの電気料金に反映されます。つまり40年しか稼働が予定されていない再処理工場の費用を、何十年にもわたって徴収されることになり、何世代もが大きな負担のみを背負わされることとなります。

・廃棄物の減量化対策にはならない

使用済み核燃料は、取り出すプルトニウムと核分裂しやすいウラン(U235)はそれぞれわずか1%程度で、約95%が核分裂しにくいウラン、残る約3%が核分裂生成物質になっています。

直接処分の場合は使用済み燃料をそのまま高レベル放射性廃棄物としてガラスと混ぜて固化体とし、地中に保管します。電気事業連合会は、再処理の場合は核分裂生成物質のみをガラス固化体として廃棄することで、60%の減量化になるとしています。しかし、再処理工場におけるウランとプルトニウムの分離やこのガラス固化体に至るまでの過程で、新たに大量の放射性廃棄物が生成され、放射性廃棄物全体の量(体積)は増えてしまいます。実際その量は、フランスのラ・アーグ再処理工場では、再処理した核燃料の15倍、東海再処理工場では約40倍にも上っています。

さらに核分裂生成物質のみのガラス固化体は直接処分の固化体よりも質量あたりの放射線量が大きく致死レベルの放射能を持っているため、施設はより厳重な放射線管理が求められ、大事故のリスクも大きくなります。またこのガラス固化体は、表面温度が200℃以上にもなっ

*4 プルトニウムと熱中性子炉(サーマルニュートロンリアクター)のそれぞれの頭文字を取って作られた和製英語(plutonium thermal use)。

ており、直接処分のようにそのまま地層処分できず、さらに30～50年間、冷却のための貯蔵管理施設が必要になります。

・増え続ける使用済み核燃料

原発の運転で生じた使用済み核燃料は再処理まで、まずは中間貯蔵施設で保管されますが、現在はそのほとんどが各原発内で保管されています。というのも、本来各原発の使用済み燃料プールで冷やされた後は、青森県の六ヶ所村の中間貯蔵施設に送られることになっていますが、2010年時点で六ヶ所村の貯蔵量はすでに94.5%と満杯状態になっているため、そのほとんどが冷却後も原発施設内に置かれたままになっています。

原発の稼働が始まって40年あまり、使用済み燃料の全貯蔵量は約1万6000トンに上り、さらに毎年約1000トンの使用済み燃料が発生しているため、原発によってはその燃料プールの残余年数がわずかになっているところもあります。(図2)。

そこで2010年青森県むつ市で、原発以外の中間貯蔵施設の建設工事が始められましたが、2011年の東日本大震災で工事が止まり、2012年3月に建屋本体工事が再開されました。計画では貯蔵量は5000トン、全体の貯蔵期間は65年となっていますが、その搬出先については40年目から検討を行うとしているため、「一時貯蔵」が「永久貯蔵」になるのではないかという懸念が出ています。

・再処理の問題

核燃料サイクルにおいて、使用済み核燃料の再処理は、増殖炉と並んで重要な位置を占めています。しかし青森県六ヶ所村の再処理工場は、高レベル廃液の漏洩、構造上の不備などで事故やトラブルが続発し、稼働予定が19回も延期

ウラン換算トン、()内はあと何年で満杯になるか。
使用済み核燃料は数年間冷やされたあと、再処理工場(六ヶ所村や海外)へ送られる。

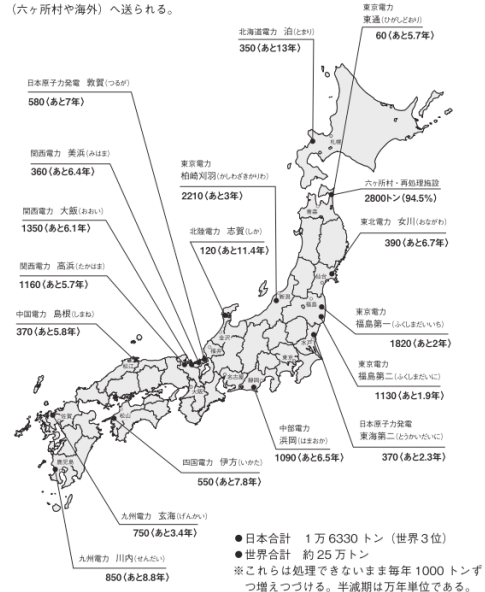


図2 使用済み核燃料の保管状況

出所：大月書店 DARA5-3

<http://www.otsukishoten.com.jp/files/genpatsu70-73.pdf>

されています。中でも高レベル廃棄物のガラス固化については、技術的にもまだ確立されていない状況で、その製造試験は失敗の連続です。六ヶ所村再処理工場も、もんじゅ同様、稼働の目処は全く立っていません*5。

そこで現在日本の再処理の大部分*6とMOX燃料製造のすべては英仏の再処理工場に委託して行っています。その結果、日本がその再処理によって保有しているプルトニウムの量は2011年時点で、海外保管分(約35トン)と国内保管分(約9トン)を合わせて、約44トンにも上っています。これはアメリカ、フランスに次ぐ量で、長崎型のプルトニウム原発に換算すると約5500発分の量に相当します。

つまり再処理やMOX燃料加工が自国でできない状況で、海外に再処理を委託し、さらにはそれを使う高速増殖炉も動いていないという状況で、核兵器転用が可能なプルトニウムのみが

*5 再処理工場が動いたとしても、その処理能力(800トン)は年間排出量(1000トン)に届かないとされており、稼働してもその余剰分はさらに中間貯蔵に回るとされています。

*6 日本では、茨城県東海村にある実験的な再処理工場だけが稼働していますが、処理能力は年間200トン程度しかありません。

増え続けていることとなります。そしてこのことは国際社会からも大きな懸念や批判を生んでいます*7。

また英仏の再処理工場から日本に返還されてくるのはプルトニウムだけでなくガラス固化体もあり、2010年末現在、すでに六ヶ所村の高レベル放射性廃棄物貯蔵センターに1702本が貯蔵されています*8。つまり六ヶ所村再処理工場での再処理が可能になる前に、この貯蔵センターの貯蔵容量(2880本)を、海外からのガラス固化体だけで占めるという事態になりかねません。

このように使用済み核燃料を再処理する際にまず必要な、中間貯蔵施設の確保、再処理技術の確立、高レベル放射性廃棄物貯蔵施設や最終処分場の決定などが全くなされていない中で、さらにその先にある高速増殖炉や再処理工場稼

働のめどが全く立たない状況で、なおも核燃料サイクルを進めることは、今ある問題をさらに逼迫させることにしかありません。

世界的に見ても、再処理ではなく直接処分が行われています。現在、原発を有する国は31カ国(台湾も含めて)ですが、商業規模で再処理を行っているのは、フランス、イギリス、ロシア、日本の4カ国だけです。アメリカ、ドイツ、ベルギーにも再処理工場がありましたが、いずれもすでに閉鎖されています。

さらに、もんじゅや六ヶ所村再処理工場では、活断層の問題も指摘されています*9。

核燃料サイクルは、技術面からも、コスト面からも、また放射性廃棄物の処理からも、すでに破綻していると言わざるを得ません。福島原発事故が起きた現在、核燃料サイクルからの撤退が、真剣に議論されるべきだと思います。

プルサーマル

もんじゅが動かないことで、プルトニウムはたまる一方となっており、そのもんじゅに代わる余剰プルトニウム消費対策として、軽水炉でウラン燃料とMOX燃料を混ぜて運転を行うプルサーマルが考えられました。2011年までに4基の原発で運転が始まりました*10。

しかし現行の炉でMOX燃料を使う発電については、制御棒の効きが悪くなる、燃焼にムラが生じ、燃料棒の加熱や破損が起りやすい、また出力変化が急激になるなど安全上多くの問題を抱えています。世界的に見ても、

イギリスはプルサーマルを行っておらず、ドイツやスイスでも、今あるプルトニウムの在庫を消費した段階で終了するとしています。また現在プルサーマルを続けているフランスでも、運転に際しては、原子炉の制御棒を増やす、MOX燃料のプルトニウムの富化度(含有率)を下げるなどの対策を行っています。

しかし日本では、安全性に対するこのような対策は全く取られていません。安全性を無視し、コスト削減と余剰プルトニウム消費だけしか考えていないともとれる日本でのプルサーマルは、直ちに中止すべきだと思います。

- *7 ボスニア・ヘルツェゴビナやイラク戦争で使われた劣化ウラン弾からプルトニウムが検出されたことから、再処理工場の劣化ウランが使われたことが明らかになり大きな問題となりました。
- *8 出力100万kWの原子力発電所を1年間運転した際に排出される使用済み核燃料を再処理した際に発生するガラス固化体は約30本とされています。
- *9 活断層についてはLetter80号トピック「原子力発電所と活断層」を参照ください。
- *10 玄海原発、福島第一原発、伊方原発、高浜原発のいずれも3号機で、このうち玄海、浜岡の2基が7月の原発の新規制基準施行後、再稼働申請を行っています。
- *11 MOX燃料価格はウラン燃料の7～8倍になっており、2010年に高浜原発に搬入されたMOX燃料は1本あたり8.8億円とされています。