

TWO SCENE

発行：認定特定非営利活動法人 原子力資料情報室
〒162-0065 東京都新宿区住吉町 8-5 曙橋コーポ2階B
TEL：03-3357-3800 FAX：03-3357-3801
URL：http://cnic.jp E-mail：cnic@nifty.com
twitterID：CNICJapan
Facebook：facebook.com/CNICJapan



会員募集

当室は皆様からの会費や寄付で支えられています。会員の皆様には原子力資料情報室通信、別冊 TWO SCENEや CNICからの情報をお届けします。

Fast Breeder Reactor 高速増殖炉 もんじゅ



「もんじゅ」の歴史

高速増殖炉の実用化の目標が、国の計画に初めてのつたのは1967年でした。20年後の1987年ごろの実用化を目標とし、将来は普通の原発をすべて高速増殖炉で置き換えることを夢見ていました。

しかし、開発はうまくいかず、目標は延期に延期を重ねて、今では2050年ごろを実用炉の完成目標としています。

「もんじゅ」の設計が着手されたのは1968年のことです。福井県敦賀市に電気出力28万キロワットの「もんじゅ」を建設することを決め、原子炉設置許可が交付されたのは1983年でした。1994年に初めて臨界（核分裂反応が連鎖して、核燃料が「燃える」こと）に達しましたが、その翌年、40%出力試験運転中にナトリウム漏れ事故を起こしてしまいました。ナトリウムは、「もんじゅ」の冷却材として使われているもので、水に触れると激しく燃える危険な物質です（詳しくは裏面）。事故による14年にもわたる運転停止を経て、2010年5月ようやく試験運転が始まりましたが、なんと、その年の8月には、燃料交換で使用する炉内中継装置（重さ3.3トン）を、原子炉内に落下させてしまう事故を起こしました。回収作業は難航し、引き抜くまでに10か月もかかりました。この間、福島原発事故が発生し、原発が次々に運転停止する中、「もんじゅ」も止まったままです。

2012年には機器の点検漏れが多数発覚。翌年5月には、組織の在り方に問題があると、原子力規制委員会が運転準備の禁止、および組織改革の命令を出しました。

このように、ほとんど動いていない「もんじゅ」に費やした予算は、1980年から2014年度の合計で1兆円を超えます。このうち維持費は約4,000億円です。運転停止しているにもかかわらず、毎日5,000万円を超える維持費がかけられています。

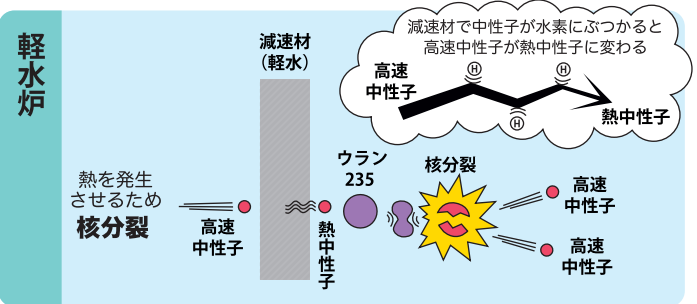
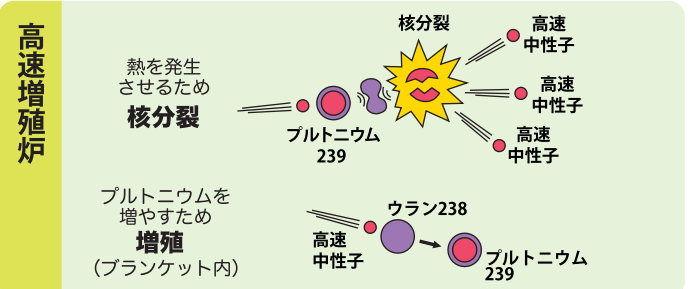
「もんじゅ」の仕組み 高速増殖炉の仕組みを、ふつうの原発（軽水炉）と比較して見ていきましょう。

高速増殖炉の意義は、燃料を増殖させること

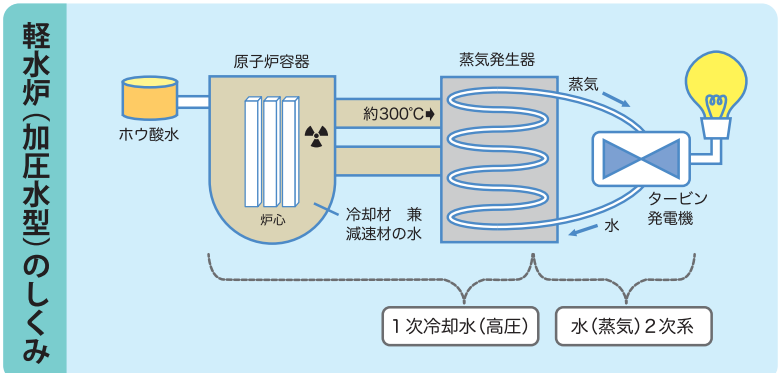
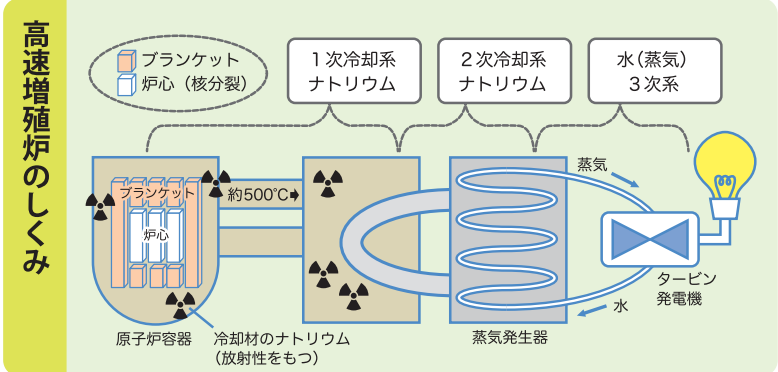
“燃料を増殖させる”という意味は、燃えにくいウランから燃えやすいプルトニウムをつくるということです。ウランには主に2種類あり、自然にたくさんあるのは燃えにくいウラン(U238)で、少ししかないのが燃えやすいウラン(U235)です。

普通の原発（軽水炉）では、天然のウランを加工して燃えやすいウランを濃縮して燃料にし、核分裂させてエネルギーを取り出します。核分裂で生れた中性子はスピードが速く、次の核分裂を起こしにくいので、普通の原発では減速材をつかって中性子の速度を落としています。速いスピードの中性子を高速中性子、遅いスピードの中性子を熱中性子といいます。

高速増殖炉の燃料は、プルトニウム239です。これに高速中性子を当てて核分裂させエネルギーを取り出します。高速中性子は核分裂をさせにくいのですが、核分裂するとき発生する中性子の数が多くなります。核分裂で消費される数より多い中性子をつくりだし、それを燃えにくいウラン238に当ててプルトニウム239をつくるのです。原子炉の炉心に、燃料を燃やす（核分裂させる）部分と、燃料を増殖させる部分の二つがあり、増殖部分をブランケットと呼びます。高速中性子を使っているので「高速増殖炉」という名前がつけました。



項目	高速増殖炉	軽水炉(加圧水型)
燃料	プルトニウム 239 (自然界にない)	ウラン 235 (自然界にある)
燃料の濃縮度	15-20%	約4%
中性子エネルギー	高速中性子(高エネルギー)	熱中性子(低エネルギー)
冷却材	ナトリウム：1次系および2次系 水：3次系	水(高温高圧)：1次系 水：2次系
冷却材の温度	約500°C(1次冷却材)	約300°C
減速材	なし	水(軽水)
プルトニウム増殖	する	しない



増殖を優先した危険な設計

高速増殖炉では増殖のために高速中性子を使うのですが、高速中性子は燃料のプルトニウム239を核分裂させる効率は低いのです。それを補うために、高速増殖炉用の燃料に含まれるプルトニウムの濃度は15～20%にも高められています。一方、軽水炉の燃料に含まれるウラン235の濃度は4%くらいです。

冷却材は原子炉の熱をタービン発電機に伝えるためのものです。冷たそうな名前ですが、いわゆる熱媒体のことで、運転中は高温です。普通の原発では減速材と冷却材を兼ねて水を使っています。高速増殖炉では、中性子速度を落とさず、かつ、入手しやすいものを選ばなければいけません。「もんじゅ」では、温めて液体にしたナトリウムを冷却材に使っています。ナトリウムは中性子をうけて放射性をおびるので、放射性物質を含む1次冷却系と、含まない2次冷却系の、ふたつの系統に分けられています。

入れっぱなしではダメ

“夢のエネルギー”と聞けば、外部からエネルギーを受け取ることなく、一度動き出したらずっと動き続ける『永久機関』かのようにもイメージするかもしれませんが、実際的高速増殖炉はそうではありません。炉心で使い終わった燃料は新しいものと交換しなければいけませんし、ブランケットで増やしたプルトニウム239も、取り出して化学処理をしなければ燃料として利用できません。高速増殖炉はそれ自身では完結せず、専用の「再処理工場」がないと本来の意義を達成できないシステムなのです。

プルトニウムの倍増時間

高速増殖炉の意義は、燃えにくいウランからプルトニウムをつくらせて、それを原料とした燃料で発電することでした。増やした燃料は、取り出し・処理・加工をしなければ発電に使えません。もしも、実際に耐える高速増殖炉1基目ができたとしても、もう一基立ち上げるため必要な量のプルトニウムが貯まるまでの年数(倍増時間)は、50年から90年にのぼると計算されます。これでは、いつまでも2基目の高速増殖炉用の燃料ができず、高速増殖炉だけの社会がやってくるわけがありません。

高速増殖炉はこんなに危険

高速増殖炉は暴走しやすい

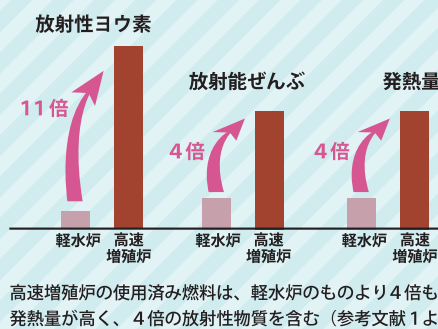
高速増殖炉の中では、プルトニウムをつくる増殖と発電のために熱をつくる核分裂が同時におこなわれます。増殖と核分裂では反応が起こりやすい条件が違います。高速増殖炉は増殖を目的としていますから、増殖が起こりやすいように設計がされています。裏を返せば、通常は核分裂が起こりにくい条件になっていますが、なにかのトラブルで燃料が壊れたり折れて重なったりして通常の条件からズレると核分裂反応がより起こりやすくなります。そうすると、発熱量が増加し、やがてナトリウムが沸騰して泡が発生します。泡は核分裂反応をさらに加速させます。このように、高速増殖炉はトラブルが起きると核分裂反応が加速する仕組みになっているので、原子炉が制御できなくなり暴走事故をまねく危険が高いのです。

軽水炉より危険な核燃料

高速増殖炉の燃料には、原発事故の初期にもっとも気を付けなければならない放射性ヨウ素の量が軽水炉の11倍もあります。暴走事故になると、プルトニウムなど炉内のあらゆる放射能が飛び出すことになります。プルトニウムは最高の毒性を持つ物質といわれています。ガンマ線の20倍も体を傷つけるアルファ線を出し、また、体内に入ると長く留まるので、毒性が非常に強く表れます。プルトニウム239の1グラムあたりの放射能は、ウラン235の数万倍もあります。特に吸引摂取が危険です。高速増殖炉で暴走事故が起きて、原子炉から放射能漏れが起こった場合、人体への被ばく影響は軽水炉よりはるかに大きくなります。

停止機能は制御棒だけ

さらに、軽水炉では原子炉の暴走を止めるために、ホウ酸水を注入する仕組みが備えられていますが、高速増殖炉にはそれがなく、原子炉を停止するには制御棒を挿入するしかありません。ナトリウムが水と激しく反応するため、炉内に水を注入できないのです。福島原発事故の時のような非常時でも水を注入することはできません。



ナトリウムはあぶないよ

ナトリウムは身近な金属元素です。塩(NaCl)にはナトリウムが含まれていますし、水酸化ナトリウム(NaOH:カセイソーダ)は石鹼をつくるときに使われます。炭酸水素ナトリウム(NaHCO3:重曹)は、最近では環境に優しい洗剤として知られ、台所掃除などに使われたりもします。しかし、ナトリウムは危険性の高い物質です。消防法により定められた危険物第3類(自然発火性物質及び禁水性物質)に属し、灯油中に保管されます。常温では固体で、98℃で液体に、883℃で気体になります。また人体にも有害で、皮ふを傷つけます。吸い込まないための防護も必要です。

「もんじゅ」では、ナトリウムを温めて液体にして冷却材に使用していますが、ナトリウムの特性が、高速増殖炉の運転をより難しくしています。

水と爆発的に反応する

通常は高速増殖炉の配管の中におさまられているナトリウムですが、水に触れると爆発的に反応し、水素と熱を発生させます。激しい反応によって配管や機器が破壊され、発生した水素ガスに引火すると水素爆発を起こします。ナトリウム火災は水で鎮火させることができません。蒸気発生器の中では、高温のナトリウムと水が、細い管を隔てて隣り合っています。配管の小さな損傷からナトリウムと水が反応し、重大な事故に発展する可能性もあります。

高温のとき空気中で燃える

ナトリウムは、高温で空気に触れると火災が発生します。空気中の自然発火温度は120℃ですが、もんじゅの配管の中のナトリウムの温度は500℃くらいです。

コンクリートを破壊する

コンクリートには水が含まれているので、建屋を支えるコンクリートにナトリウムが触れても爆発的に反応し、コンクリートを破壊する恐れがあります。このときも、水素が発生するので危険です。

反応生成物が金属を錆びさせる

ナトリウムは反応性が高く、水や酸素との反応生成物である水酸化ナトリウムや酸化ナトリウムは、配管などの金属を腐食させます。炉心の燃料はナトリウムに浸かっていますが、燃料交換の時も燃料を不活性ガスで守らなければならず、大気開放できず作業が困難です。

中性子を取り込んで放射性をおびる

ナトリウムが中性子を取り込むと、一部は放射性のナトリウム22(半減期2.6年)とナトリウム24(半減期15時間)に変わります。このため冷却材は、原子炉の中をとる1次(放射性物質を含む)と、とらない2次(含まない)のふたつの系統に分けられています。1次冷却系のナトリウムは強い放射能をもちます。1次系でナトリウム漏れが発生すると、放射性のナトリウムが建屋を汚染し、反応生成物も放射性をもって広がるので、対応が厄介です。事故が起きなくても、点検作業などで作業者にたくさん被ばくをさせます。



不透明で中が見えない

ナトリウムは不透明です。原子炉内を見ようとしても、ナトリウムの液面より下は見えません。軽水炉では目視しながら燃料交換などの作業ができますが、高速増殖炉の作業は手探りです。2010年に起きた炉内中継装置の落下事故で、装置の引き揚げ作業が長引いた原因の一つは、ナトリウムが不透明で中が見えない事でした。



ナトリウム漏れ事故とは？

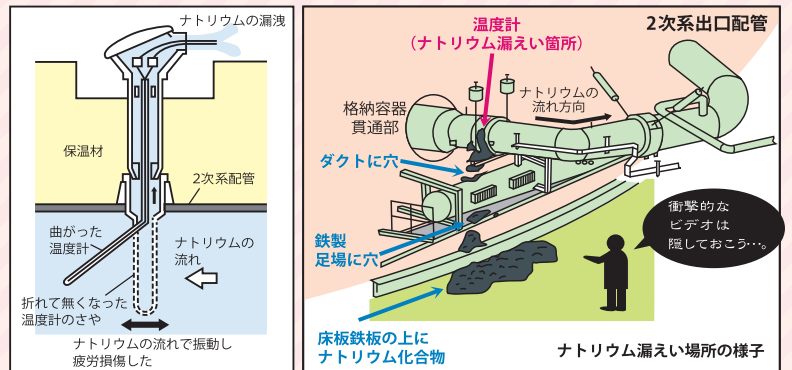
1995年12月、「もんじゅ」の2次冷却系配管からナトリウムが漏れいする事故が起きました。漏れたナトリウムの量は640キロと推計されました。ナトリウムは空気中で燃焼し、その煙が施設内の多くの部屋に広がり、一部は換気系から屋外まで拡散しました。建屋内のコンクリートにはナトリウムとの接触を防止するための鉄板が敷いてありましたが、ナトリウムが落ちた場所の鉄板は腐食してえぐれていました。

漏れの原因は、配管に取り付けられた温度計のさやが、ナトリウムの流れによる振動で、疲労損傷したことでした。これは設計上の単純なミスだったにもかかわらず、何重ものチェックで見逃されていました。

事業主体の動力炉・核燃料開発事業団(動燃、いまの日本原子力研究開発機構)は生々しい事故の様子をビデオに記録していました。ところが、そのビデオから衝撃的な部分を削除し、短く編集したものだけを公表したのです。

これは「動燃ビデオ隠し」として、社会的にも大きな事件となりました。のちに、大石博理理事長は「ナトリウム漏れが想像を超えて大きいために、そのまま出すのをためらい、意図的にカットした」と隠そうとしたことを認めています。自分たちに都合の悪い事実は隠ぺいする組織の体質がよくあらわれています。

毎年12月にはもんじゅの廃炉をもとめる全国集会が開催されています。



「もんじゅ」の夢から目覚めよう

エネルギー政策の見直しを見直す?!

福島原発事故が起きた後、民主党政権はエネルギー政策の見直しをおこないました。2012年9月に策定された「革新的エネルギー・環境戦略」では「もんじゅ」は「年限を区切った研究計画を策定、実行し、成果を確認の上、研究を終了する」とされ、日本は長い夢からようやく醒めようとしていました。しかし、その後には発足した自民政権では、エネルギー政策の見直しを見直すとして、「もんじゅ」の研究がつつげられようとしています。

放射性廃棄物は減らせるの？

「もんじゅ」の研究の華は「放射性廃棄物の減容化・有害度の低減」となっています。これさえできれば、放射性廃棄物の問題が解決するかのようになっています。しかし、本当にそんなことが可能なのでしょうか。

この研究は、長寿命の放射性物質を核分裂させ、短寿命のものに変えるのが目的です。放射性物質の総量が減るわけではありません。もし、実験室レベルで可能になっても、実際に役に立つ規模にするまでに大きな隔たりがあり、実用化が可能なかは疑問です。

また、いま身の回りで問題となっている、セシウムやストロンチウムの毒性を減らす研究ではありません。寿命の長い超ウラン元素、特にアメリシウムを核分裂で壊そうというものです。アメリシウムは、年月の経過に伴いプルトニウムから自然に発生する元素です。「もんじゅ」がずっと運転できない間に、「もんじゅ」用の燃料の中にアメリシウムが貯まってしまいました。その燃料を使うしかないことを「放射性廃棄物の減容化・有害度の低減」と言っているのでしょうか。

開発を成功させる自信もないのに…

多数の点検漏れの発覚によって、日本原子力研究開発機構の体質に問題があることが浮き彫りになりましたが、内部アンケートによると、多くの職員が「もんじゅをうまくすすめる自信がない」と回答しています。長い期間もんじゅが止まっている間に職員が退職して、技術の継承が困難になっています。さらに最近、国は「もんじゅ」を「高速増殖炉」から増殖を目的としない「高速炉」へとこっそり呼び換えはじめています。推進してきた国でさえ、もう増殖には期待できないのでしょうか。

長い期間をかけ、莫大な税金を投資しても実現できない高速増殖炉「もんじゅ」。高速増殖炉の叶わぬ夢の世界にいる人たちをたたき起こし、今こそ「もんじゅ」を眠らせてあげましょう。



参考文献
 1. 小林圭二『高速増殖炉もんじゅ 巨大核技術の夢と現実』七つ森書館(1994)
 2. 小林圭二 著、原子力資料情報室 編『動かない、動かせない「もんじゅ」—高速増殖炉は実用化できない—』七つ森書館(2010)
 3. 西尾漢『破綻する核燃料サイクル 終焉に向かう原子力政策』原水爆禁止日本国民会議(2014)
 4. 馬淵久夫 編集『元素の事典』朝倉書店(1994)
 5. 井上佐知子『高速増殖炉「もんじゅ」をめぐる経緯』国立国会図書館 調査と情報 No.781(2013.4.4)