

MOX燃料を使う

地球温暖化にどのように対応するかが、世界の重大な課題になっています。地球温暖化の主な原因である二酸化炭素の放出量を減らすため、化石燃料に替わるエネルギー供給源として、発電時に二酸化炭素を出さない原子力が見直されています。原子力発電を導入した後にその利用を止める政策を採った国や発電所の増設が止まっていた国で近年利用促進の機運が見られるほか、新たに原子力発電を導入しようとする国が現れるなど、その利用の傾向が世界的に高まっています。

将来原子力発電が増えると、その燃料のウラン資源の確保が問題となります。ウラン鉱石中には核分裂しやすいウラン 235 が約 0.7% しか含まれず、ウランの大部分（約 99.3%）は核分裂しにくいウラン 238 です。したがって、ウラン 235 だけを使い続ければ、ウラン資源もいつかはなくなることになります。

世界で最も多く使われている原子炉は軽水炉というので、その燃料はウラン 235 を 3～5% 含みその他はウラン 238 から成るウラン燃料です。原子炉の中で燃料を使う間に、ウラン 238 の一部がプルトニウムに変化します。プルトニウムは核分裂しやすい性質を持っています。そのプルトニウムの酸化物とウランの酸化物を混ぜて燃料にしたもの、MOX燃料^{*}と言います。

MOX燃料を軽水炉で利用することが計画されています。海外では、フランスやドイツなどで既に利用されています。

MOX燃料を利用する別の原子炉に、高速増殖炉があります。この原子炉では、核分裂したプルトニウムより多くのプルトニウムをウラン 238 から生成することができます。このようなMOX燃料の利用によってウラン資源を有効に利用でき、ウラン資源確保の面からも大いに意義があると考えられています。

原子炉内での燃料の変化

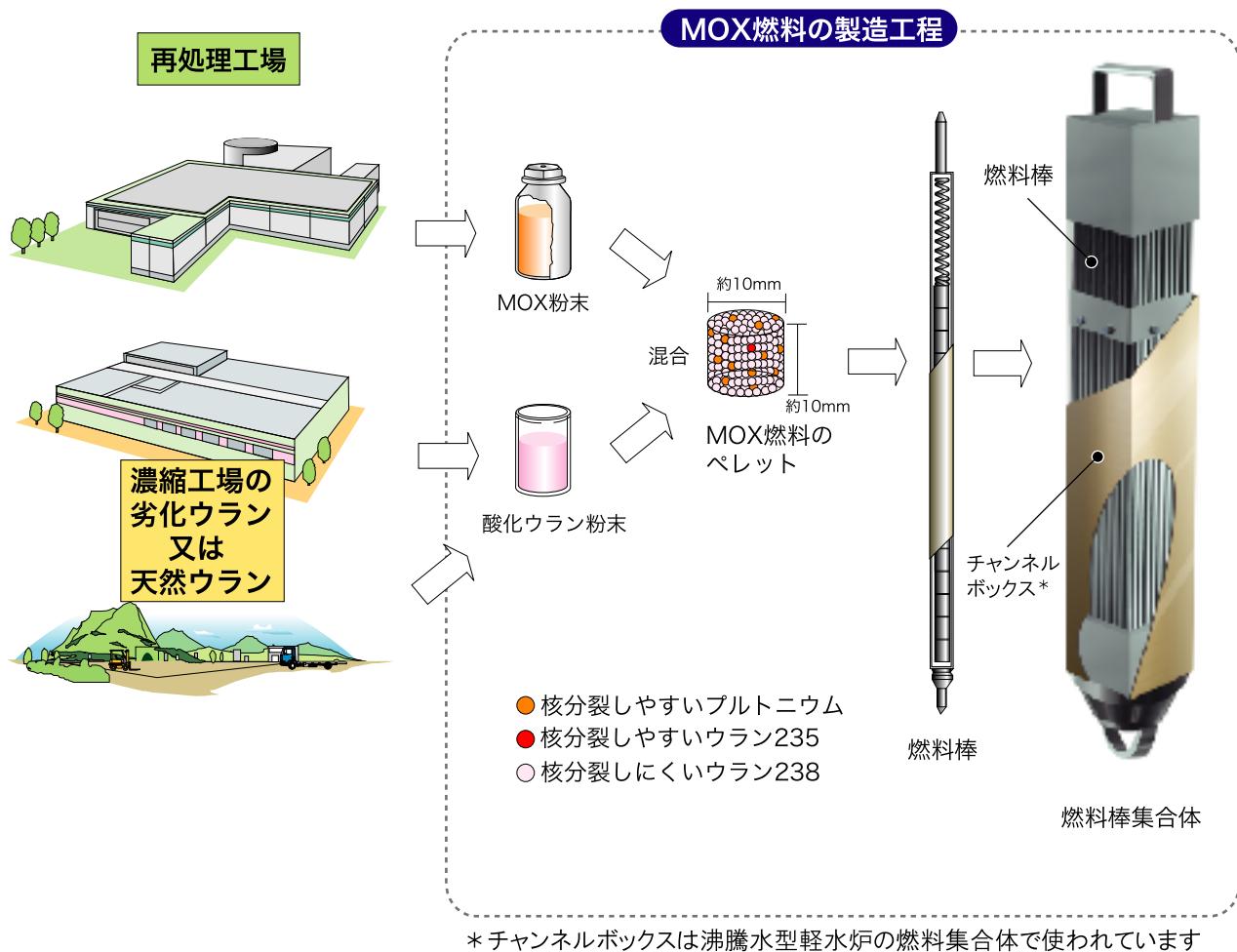


(* MOX : Mixed Oxide (混合酸化物) の略。「モックス」と読む。)

MOX燃料の製造

MOX燃料を使うプルトニウムは、原子炉で使い終わった使用済燃料を再処理工場で切斷し硝酸で溶解して核分裂生成物を除去した溶液から、硝酸プルトニウムと硝酸ウランに分離して、取り出します。プルトニウムの核兵器への転用を防ぐため、硝酸プルトニウムと硝酸ウランを1対1の比で混合した後に脱硝し、酸化物の粉末を得ます。これをMOX粉末といいます。

MOX粉末を燃料加工工場において酸化ウラン粉末と混合し、円柱形のペレットに成形します。ペレットを被覆管に挿入して燃料棒に加工し、その燃料棒を束ねて燃料集合体に組み立てます。これがMOX燃料であり、軽水炉で使うMOX燃料のプルトニウム含有率は最大で約13%です。MOX燃料の形や大きさは、現在使われているウラン燃料と同じです。

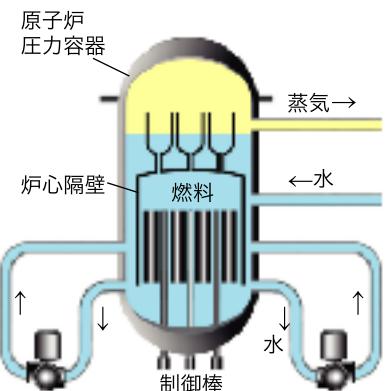


軽水炉でのMOX燃料の利用（プルサーマル*）

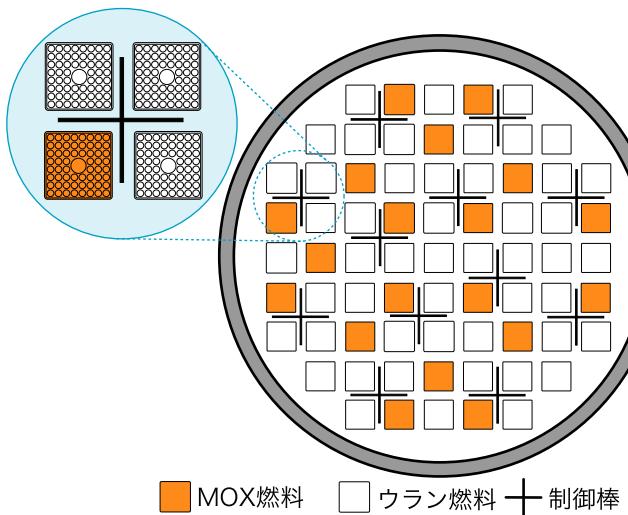
MOX燃料を現在の軽水炉で使う場合の燃料集合体の配置例を見ると、約3分の1がMOX燃料になっています。これは、ウラン燃料を使うように設計された軽水炉で、安全性を担保してMOX燃料を使うことを評価した結果によるものです。原子炉の出力を制御する制御棒は、原子炉停止能力に十分な余裕を見込んで設計されていますが、プルトニウムはウランより中性子を吸収しやすいため制御棒の効きがわずかに悪くなります。MOX燃料を原子炉に装荷する燃料の3分の1以下に止め、残り3分の2以上をウラン燃料とすれば、余裕を持った原子炉停止能力の確保が可能になるということです。

MOX燃料だけを使って発電することができるよう設計された軽水炉の建設が、青森県大間町に計画されています。

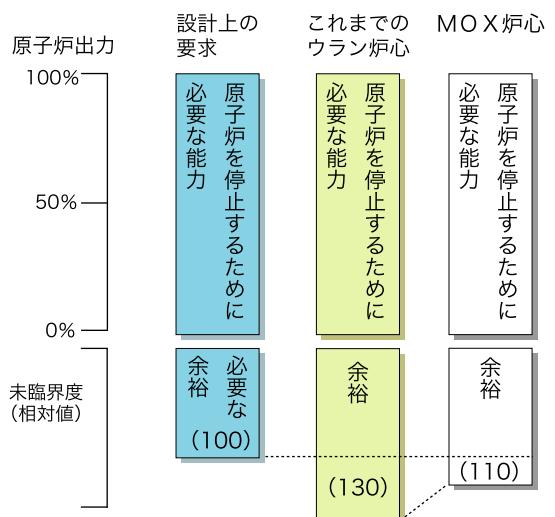
軽水炉（沸騰水型）



プルサーマルの原子炉での燃料集合体の配置例



制御棒の効き



* プルサーマル：プルトニウムの「プル」と、軽水炉の英語名サーマル・ニュートロン・リアクターの「サーマル」を採って、軽水炉でのプルトニウム利用のことをプルサーマルと呼んでいます。

高速増殖炉でのMOX燃料の利用

高速増殖炉は、燃料にMOX燃料を、その周囲にウラン238からなるブランケットを配置した原子炉です。高速増殖炉では高速の中性子を使っています。それはなぜでしょうか。

軽水炉で使われているウラン235は低速の中性子で核分裂しやすい性質があることから、軽水炉では核分裂で発生した高速の中性子を水と衝突させることにより減速しています。一方、ウラン238は中性子を吸収してプルトニウムに変化しますが、低速よりは高速の中性子を多く吸収します。このことが、高速中性子が使われる理由の一つです。

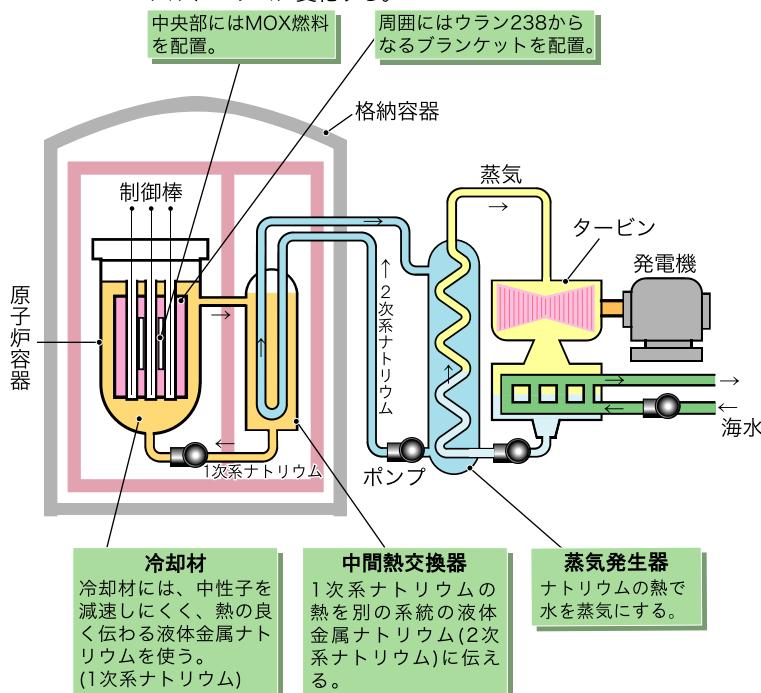
高速増殖炉は、冷却材として水の替わりに液体金属ナトリウムを用います。その理由は、核分裂から発生した高速中性子の速度を落としにくい性質をナトリウムが持っているからです。その高速中性子がMOX燃料とブランケット中のウラン238に吸収されて生成するプルトニウムは、MOX燃料に最初に入っていたプルトニウムが核分裂した量より多くなります。このことを増殖といいます。

この結果、高速増殖炉は天然ウランの99.3%を占めるウラン238を有効に利用できることから、ウラン資源を長期間にわたって利用できると考えられています。

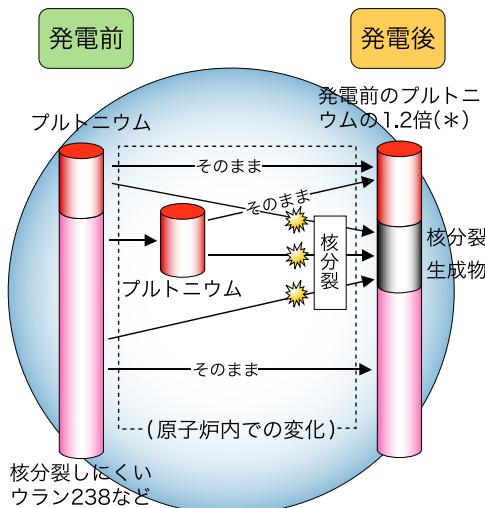
日本では福井県敦賀市に高速増殖炉の原型炉「もんじゅ」があります。

高速増殖炉「もんじゅ」のしくみ

MOX燃料とブランケットに含まれるウラン238が
プルトニウムに変化する。



核分裂による燃料の変化



*高速増殖炉「もんじゅ」でのブランケットを含めた燃料全体での増殖比(目標値)

アトミックサイエンスノート

平成19年度 発行

財団法人 環境科学技術研究所 広報・研究情報室

〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駒字家ノ前1番7
TEL 0175-71-1200(代表) FAX 0175-72-3690

■このパンフレットは、文部科学省の委託により、財団法人環境科学技術研究所が作成したものです。