参 考

REFERENCE

参考 1 原子力発電のしくみ

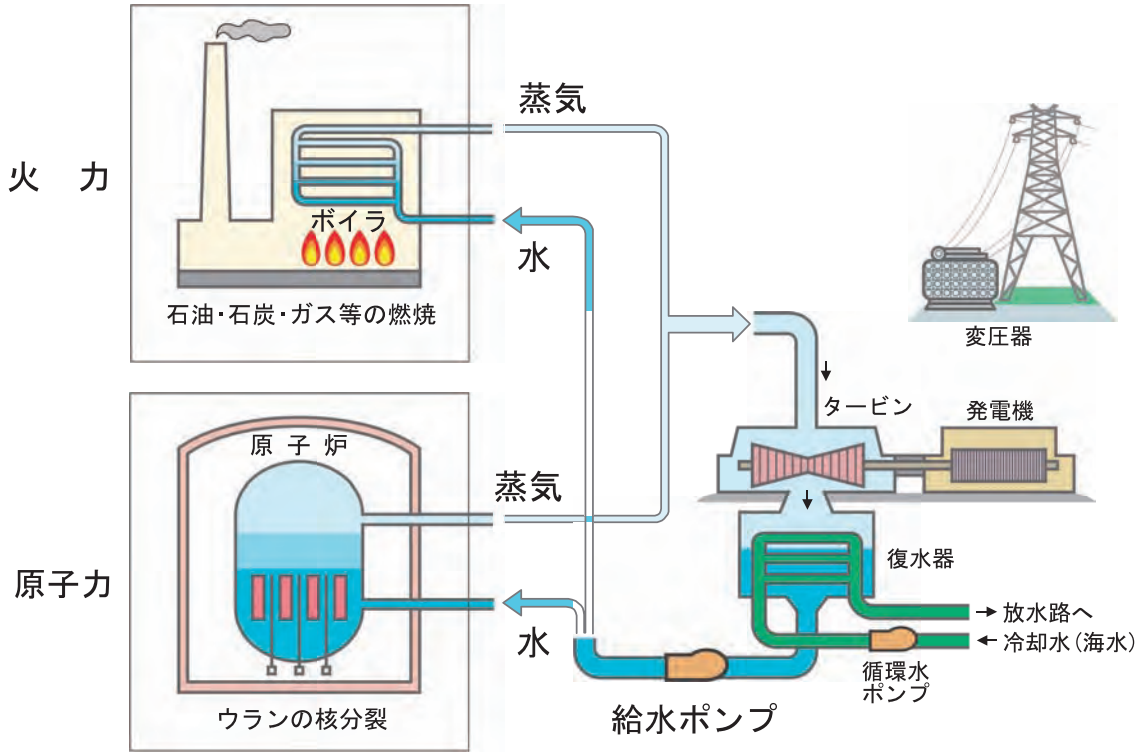
1-1 原子力発電と火力発電

原子力発電所は、一体どんな仕組みで電気を作っているのでしょうか。原子力発電所といっても、水をわかして蒸気にかえ蒸気の力でタービンをまわして発電する点では、石炭や石油を使う火力発電所と少しも違ってはいません。違っているのは、火力発電のボイラーが原子炉に置きかえられているということです。

原子力発電の場合は、原子炉の中で核分裂を起こさせ、発生する熱エネルギーで蒸気を作り、タービンを回して電気を起こします。

■発電のしくみ

原子力発電と火力発電



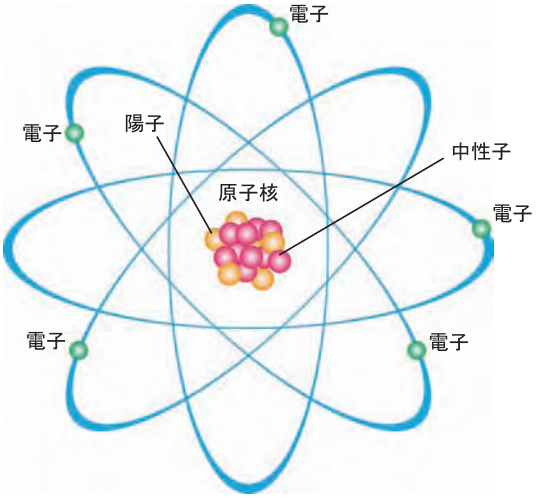
（出典：「原子力・エネルギー」図面集）

1-2 核分裂と連鎖反応

全ての物質は、たくさんの原子から成り立っており、その原子は、原子核と電子から成り立っています。

これをたとえれば、原子核が太陽ならば電子はそのまわりを回っている地球や、火星などの惑星に相当することになります。

■原子の構造



	陽子の数	中性子の数	陽子と中性子の数の和	自然界に存在する割合
ウラン234	92	142	234	0.0055%
ウラン235	92	143	235	0.7200%
ウラン238	92	146	238	99.2745%

（出典：「原子力・エネルギー」図面集）

ところで、原子核はどのようなものでしょうか。

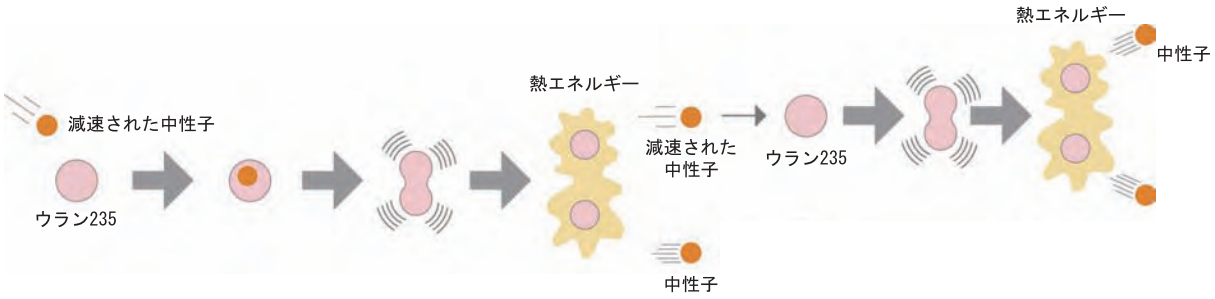
これは陽子と中性子という粒子のかたまりであると思えばよいのです。

多数の中性子を持つ原子核の中には、外から中性子があたるとこわれやすい性質をもっているものがあります。例えば、ウランのようなものですが、この原子核がこわれることを核分裂といい、核分裂の時に大きなエネルギーが発生します。

ウランの原子核に中性子があたるとウランは核分裂を起こしますが、このとき新しい中性子が出てきます。この中性子がうまく別のウランの原子核に当たるともう一度核分裂が起こります。

これがくり返されると、次々と連続して核分裂が起こります。これを核分裂の連鎖反応といいます。

■核分裂の連鎖反応



（出典：「原子力・エネルギー」図面集）

〈臨界〉

核分裂の連鎖反応が一定の割合で維持されることを臨界といい、玄海原子力発電所では、1号機が昭和50年1月28日に初めて臨界に達し、また、2号機は昭和55年5月21日、3号機は平成5年5月28日、そして4号機は平成8年10月23日に初めて臨界に達しました。

1-3 原子炉の構造と働き

原子炉の中にはウランの入った燃料棒のほかに、減速材、冷却材や制御材などが入っています。

●燃　料

原子炉で用いられる核燃料は、ウランが最も広く用いられています。

鉱山で採掘されるウラン（天然ウラン）の組成は原子の重さが235のもの（ウラン235）が0.7%、238のもの（ウラン238）が99.3%ですが、ウラン235は核分裂しやすく、ウラン238は核分裂しにくいという性質があります。原子炉で燃料として用いる場合には、原子炉の型に合わせ、天然ウランを用いる場合と、ウラン235の割合を2～4%程度に高めて用いる場合があります。玄海原子力発電所は後者にあたります。

●減速材

核分裂の連鎖反応がうまくいくためには核分裂によって出てくる中性子の速度をおとしてやる必要があります。

この中性子の速度をおとす役割をするのが減速材です。

発電用の減速材としては、軽水（普通の水）、重水（天然の水の中に0.015%程度含まれている少し重い水）、黒鉛などがありますが、我が国の原子力発電所のほとんどは軽水を用いています。

●冷却材

核分裂によって発生した熱をとり出す役目をするのが、冷却材です。

冷却材は熱を運びやすい物質であるとともに、核分裂をさまたげないよう、なるべく中性子を吸収しない物質である必要があります。

そこで普通は、重水を減速材としている原子炉では重水を、また軽水を減速材としている原子炉では軽水をそのまま冷却材に用いています。黒鉛が減速材になっている原子炉では、炭酸ガスやヘリウムなどの気体や軽水を冷却材に用いています。

●制御材

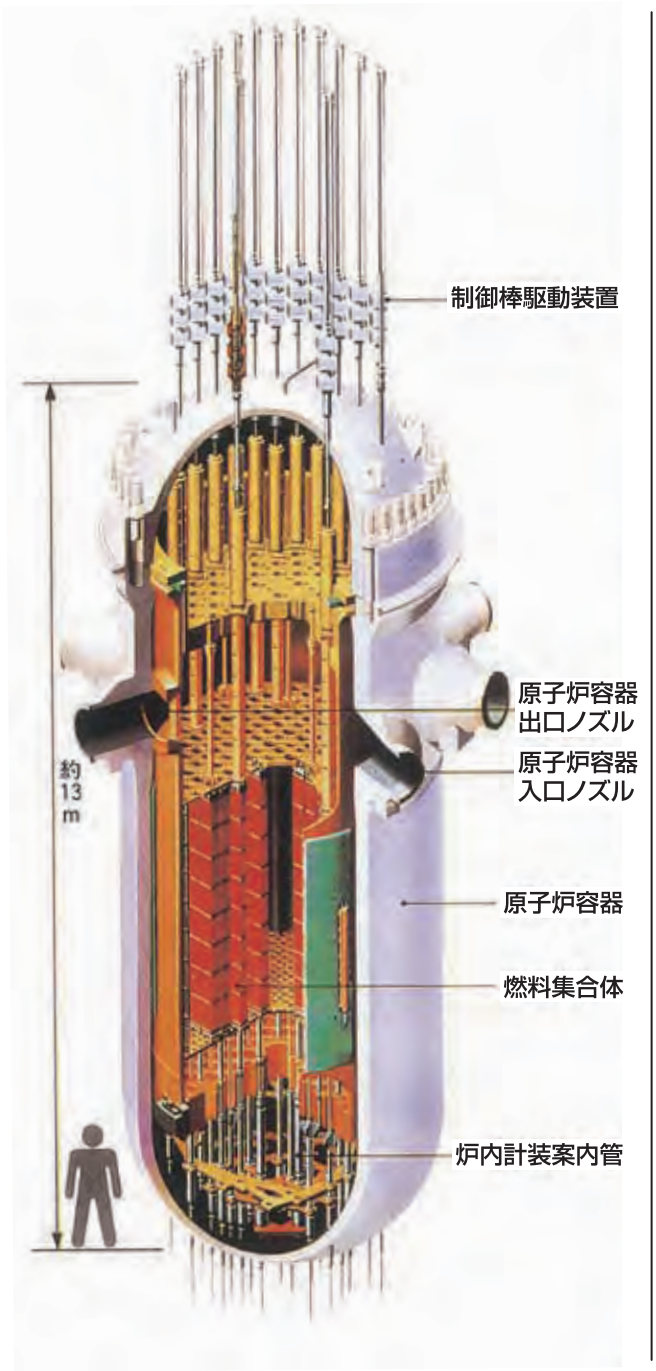
原子力発電の場合は、長期間使用する燃料を原子炉の中に入れてあるので火力発電のようにボイラーへの石炭や石油の供給量を加減して炉の出力を増減することが出来ません。そこで、核分裂のカギとなっている中性子の量を調節することによって燃料の燃え方を制御します。

制御材としては、カドミウム、ホウ素など中性子を吸収する物質が用いられます。

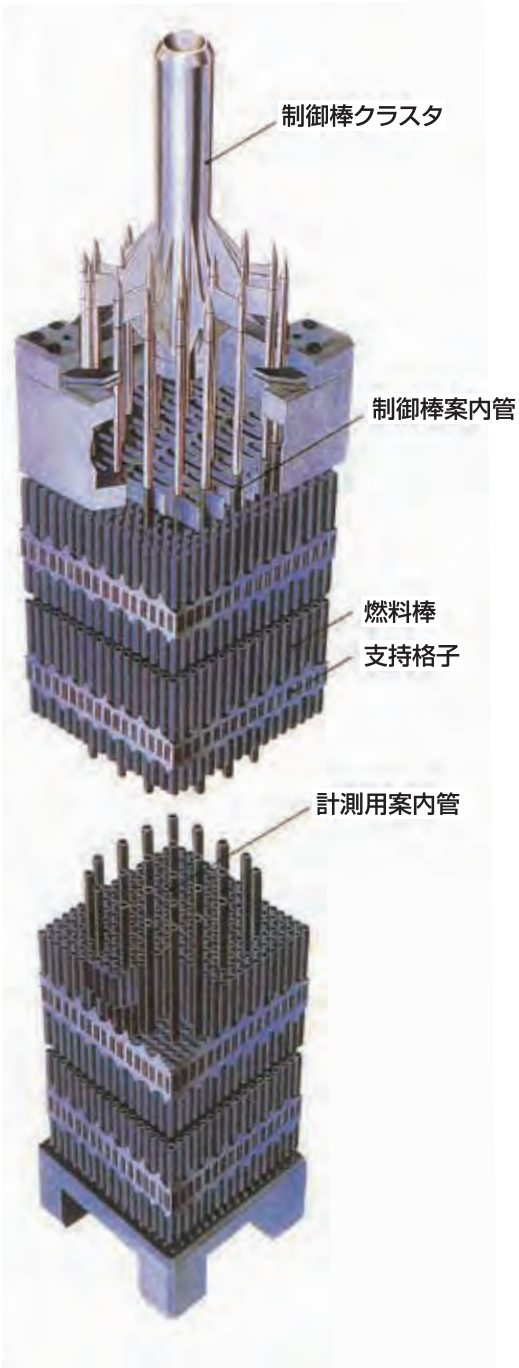
制御棒は、これらの物質を合金や化合物の形で棒状に成形したものです。

また、玄海原子力発電所のような加圧水型の炉では、制御材としても制御棒とともに、冷却材中に溶かしたホウ酸が用いられています。

■加圧水型原子炉（PWR）の構造



■加圧水型（PWR）の燃料集合体



1-4 原子炉のしくみ

原子炉には、いままで述べてきたような構成材料のちがいによって、表のようにいろいろな種類がありますが、ここでは軽水炉について述べます。

原子炉の種類

		燃　料	減速材	冷却材	備　考
軽水炉	加圧水型（PWR）	濃縮ウラン	軽水	軽　水	泊発電所、敦賀発電所2号炉、美浜発電所、高浜発電所、大飯発電所、伊方発電所、玄海原子力発電所、川内原子力発電所で採用 世界的に採用
	沸騰水型（BWR）	濃縮ウラン	軽水	軽　水	東海第二発電所、敦賀発電所１号炉（運転終了）、東通原子力発電所、女川原子力発電所、福島第一原子力発電所（運転終了）、福島第二原子力発電所（運転終了）、柏崎刈羽原子力発電所、浜岡原子力発電所、志賀原子力発電所、島根原子力発電所で採用 世界的に採用
ガス炉	ガス冷却炉（GCR）	天然ウラン	黒鉛	炭酸ガス	日本で最初の実用原子炉 東海発電所（運転終了）で採用 イギリスを中心に採用
	高温ガス炉（HTGR）	濃縮ウラン トリウム	黒鉛	ヘリウム	発電の他にも化学工業など多目的に利用可能、日本原子力研究開発機構で研究開発中、海外ではアメリカなどで開発中
重水炉	軽水冷却型	濃縮ウラン 天然ウラン プルトニウム	重水	軽　水	動力炉・核燃料開発事業団（現日本原子力研究開発機構）が新型転換炉原型「ふげん」（運転終了）を開発
	重水冷却型	天然ウラン	重水	重　水	カナダを中心に採用（CANDU）
高速増殖炉（FBR）		プルトニウム	なし	ナトリウム、ナトリウム・カリウム合金	入れた燃料より新たにつくり出される燃料の方が多い理想の原子炉といわれる

●軽水炉

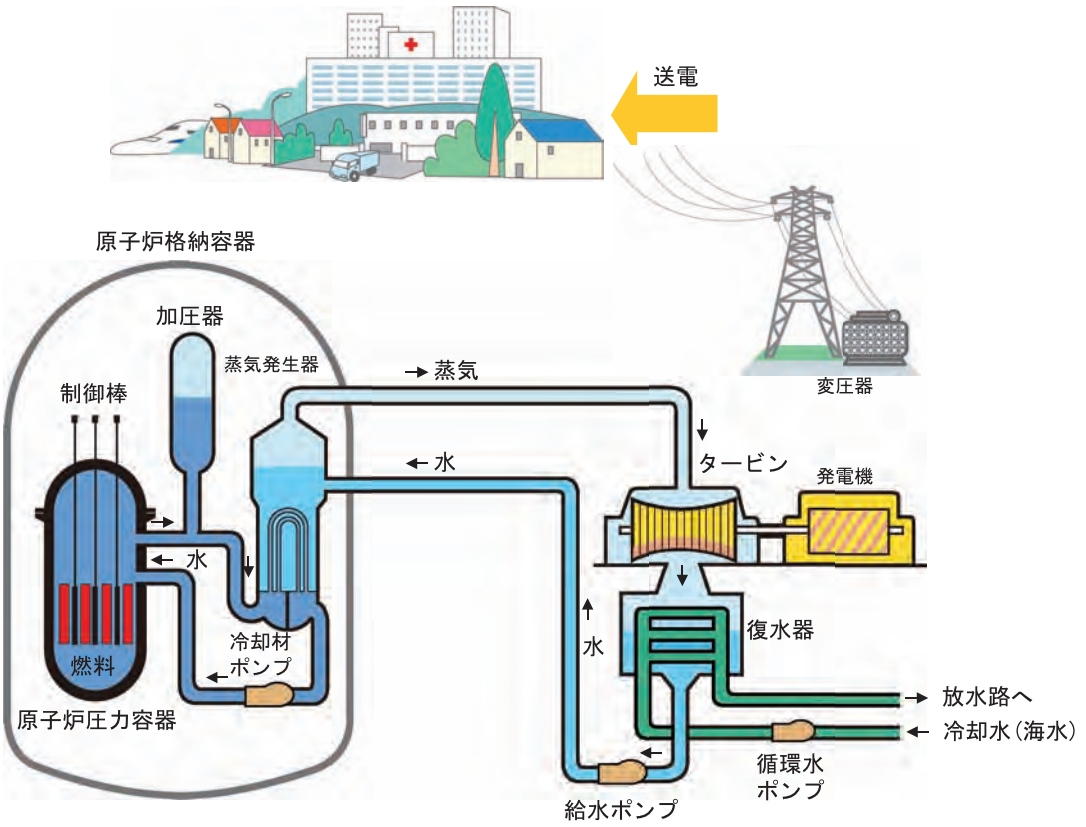
わが国で主に建設されているのはこの型の炉ですが、軽水炉には加圧水型（PWR）と沸騰水型（BWR）があります。

●加圧水型（PWR）のしくみ

加圧水型は、原子炉を通った水を循環させる系統とタービンへ蒸気を供給する系統を分離しているのが特徴で、原子炉を通ってきた高温高圧の水が蒸気発生器にはいり、そこでタービン側の給水に熱を与えて、蒸気を発生させるしくみになっています。

我が国では、九州電力㈱、関西電力㈱、四国電力㈱及び北海道電力㈱等がこの型の炉を採用しています。

■加圧水型（PWR）原子力発電の略図



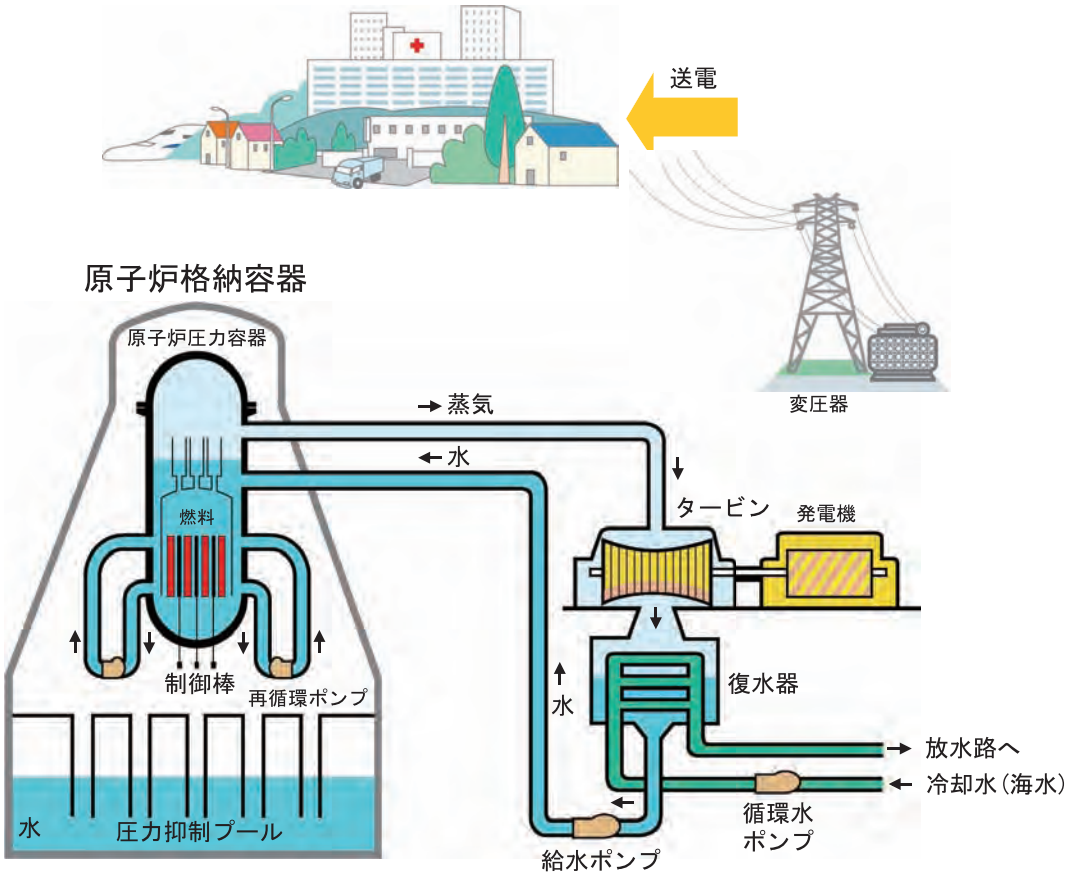
（出典：「原子力・エネルギー」図面集）

●沸騰水型（BWR）のしくみ

沸騰水型(BWR)は、原子炉内で直接蒸気を発生させるしくみになっています。

我が国では、東京電力㈱、中部電力㈱、中国電力㈱及び東北電力㈱等がこの型の炉を採用しています。

■沸騰水型（BWR）原子力発電の略図



（出典：「原子力・エネルギー」図面集）

参考 2 原子力発電の安全性

2-1 安全確保に対する基本的考え方

原子力発電所の運転に伴って、放射線を出す能力（放射能）を持つ放射性物質が発生します。したがって、放射性物質を確実に管理し、住民の健康と安全を守ることが安全確保の基本になります。

原子力発電所では、平常運転時に放出される放射性物質の低減、多重防護による事故防止、適切な立地条件の確保という基本的な考え方に基づいて安全の確保が図られています。

2-2 平常時の放出放射性物質の低減

運転中の原子力発電所からは、ごく微量の放射性物質が周辺環境に放出されます。この放射性物質によって周辺住民が受ける線量については、法令で定められている線量をこえないようにするほか、すべての線量を合理的に達成できる限り低く保つべきであるという考え方に基づき、法令で定められた値にくらべ十分低い値（線量目標値）を超えないよう、原子力発電所からの放出が管理されています。その結果、周辺の住民が受ける放射線の量は、自然放射線の量よりもはるかに低くなっています。

区　　分	実 効 線 量
原子炉等規制法に定める一般公衆に対する限度	1ミリシーベルト/年
一般公衆に対する線量目標値	0.05ミリシーベルト/年

（実効線量とは、放射線を体の一部に受けた場合でも、その組織の感受性などを考慮し、体全体に対してどの程度影響があるかを換算したものです。）