

# Atomic Energy

## 原子力発電所の豆知識

埼玉県立高校の教材より転載しました。

ご意見、苦情等ございましたらメールを お送り下さい。

## 1 原子炉のタイプ

### 1. 核分裂炉

核分裂炉は、燃料に  $^{235}\text{U}$  (ウラン 235) を用い、これの核分裂を利用したものです。ただし、天然ウランでは、99.3%が  $^{238}\text{U}$  燃えないウラン 238 で、残り 0.7%が  $^{235}\text{U}$  (燃えるウラン) なので、燃料として用いるためには  $^{235}\text{U}$  (ウラン 235) の濃度を高めなくてはなりません。この濃度を高めたものを濃縮ウランといいます。

\* 燃えるウランと燃えないウラン  $^{238}\text{U}$  と  $^{235}\text{U}$  は原子番号が同じですが、一方は 238 もう一方は 235 で、質量数が違います。このような元素を同位体といいます。 $^{235}\text{U}$  (ウラン 235) は不安定で、放射線を出しながら他の元素に変化していきます。原子力発電では、こちらほうを燃料 燃えるウラン として使います。  $^{235}\text{U}$  に中性子をあてると核分裂が起こり、そこからあらたに中性子が何個か飛び出してほかの  $^{235}\text{U}$  にあたります。それが核分裂をおこしそこからまた中性子が飛び出し……と、核分裂が次々と連鎖反応的に起こっていきます。そのときでる熱エネルギーを利用したのが原子力発電です。

また核分裂の連鎖反応を確実に、しかも安全に行うために、中性子のスピードを減速させます。この時用いる物質を減速材といい、 $^1\text{H}$ 、 $^2\text{H}$ 、 $^9\text{Be}$ 、 $^{12}\text{C}$  などの軽い原子が減速材として効果的です。中性子が遅いほうが確実にウラン原子に吸収される。減速材に何を用いるかで、核分裂炉のタイプが決まります。(1)軽水炉型 減速材  $\text{H}_2\text{O}$

(2)重水炉型  $\text{D}_2\text{O}$ (Dは $^2\text{H}$ のことで $^1\text{H}$ の同位体) (3)コールダーホール型 減速材  $\text{C}$  どのタイプも、核分裂により発生した

熱で、水を蒸気にしてタービンを回して発電します。2. 高速増殖

炉 この原子炉は核分裂炉の改良型です。すでに述べたように、天然ウランのうち 99.3%は燃えないウラン ( $^{238}\text{U}$ ) で、原子力発電には使えません。この燃えないウランに中性子を吸収させると、他の元素を経て  $^{239}\text{Pu}$ (プルトニウム)に変わる性質があります。このプルトニウムは燃えるウランと同様に核分裂を起こします。そこで、核分裂で飛び出した中性子のひとつを連鎖反応に使い、もうひとつを燃えないウラン  $^{238}\text{U}$  に吸収させるようにすると、核分裂反応と同時に新たに核分裂物質(プルトニウム)を作り出せるのです。つまり、高速増殖炉はプルトニウムを増やすことができる原子炉です。

プルトニウムをつくるには、中性子は高速のままのほうが効率が良いので、減速材は用いません。また、水は中性子のスピードを落とす(減速する)性質があるので、冷却材には使えません。そこで、中性子を減速させず熱を伝えやすい性質の Na ナトリウムを冷却材に用います。しかし、はじめてつくられた高速増殖炉もんじゅの事故や技術的な問題などで、現在のところ高速増殖炉の実用化のメドはたっていません。

## .核燃料サイクル

### 1.再処理工場

原子力発電所の燃料としているウランは、日本国内ではほとんど採れないため、外国から輸入しなければなりません。また使い終わるとゴミが出ます。ゴミには、放射性含んだゴミ、まだ使えるウラン、それにウランから変化したプルトニウムが混じっています。そこで、これを分別して原子力発電所の燃料として再利用しようというのが、核燃料サイクルと呼ばれるものです。つまり、原子力発電所で使い終わった燃料(使用済み核燃料)を再処理工場に運び、使えるものを取り出して新しいウラン燃料にするという計画です。

2. プルサーマルと MOX 燃料 普通、原子力発電所では燃料にウランを使っていますが、これにゴミとして出てきたプルトニウムを混ぜて燃料として使うことをプルサーマルといいこのウランとプルトニウムの混合燃料のことを、MOX 燃料(ウラン・プルトニウム混合燃料)といいます。いろいろな電力会社で、この燃料を原子力発電所で利用する計画進められていますが、安全性に疑問をもつ住民の反対で計画がストップしているところもあります。また、再処理にかかるコストは高く MOX 燃料の価格は、輸入した天然ウランをそのまま使うよりはるかに高価になると試算する研究者もいます、つまり、現段階では原子力発電所で作られた使用済み核燃料は、再処理するよりも、何もせずに埋設処分(地中にうずめる)したほうがコストが安いのです。

**.原発の問題点 1.放射性廃棄物の危険性**原子力発電所からは、放射性廃棄物(使用済み核燃料)がだされます。これは放射性物質を含んだ核のゴミです。(1)高レベル(放射線を強く出す)廃棄物の処理高レベルの廃棄物は、燃料の燃え残りなど特に強い放射能を持った廃棄物です。これらの半減期(現在の放射能の強さが半分になる時間)は数万年以上でしかも強い放射能をもっているため。生物圏から完全に隔離しなくてはなりません。

その方法として、宇宙投棄、南極での氷づけ、プレート法などがあがっていますが、どの方法も現在のところ問題があります。宇宙投棄は、万一事故でも起きたら地球規模で放射性物質をまき散らすこととなります。南極の氷づけも、南極条約で禁止していて、氷の長期的な動きには不明な点が多いためむずかしくなっています。プレート法は廃棄物を海溝から地殻の中に引き込ませる方法ですが、プレートの動きで引き込まれるまでに時間がかかり、そのため海水が汚染される恐れがあります。結局現在では、ホウ珪酸ガラスで固めたものをステンレスの容器に入れ、地中に埋めて保管しています。この中には半減期が数万年以上ある物質も含まれていて、いつまで管理し続けなければならないのか予想もたっていません。このような長い時間生物に無害になるまで保管する容器などが無いのが現状です。また持って行き場が決まらないので、青森県の六ヶ所村に 30～50年間一時的に保管することになっています。

(2) 低レベル(比較的低い放射線を出す)廃棄物の処理 原子力発電所では、運転や点検の時に床を拭いた紙や作業着や手袋などが出ますが、微量の放射性物質が付着しています。このような低レベル放射性物質には、コバルト60 ( $^{60}\text{Co}$ )のような半減期の比較的短いものから、ヨウ素129 ( $^{129}\text{I}$ )などの半減期の長いものも含まれています。

この廃棄物についても海洋投棄などが考えられましたが、南太平洋諸国の反対にあって現在ではドラム缶につめて原子力発電所内に大量に積み上げられらまになっています。数は'99年3月現在で200リットルドラム缶にして50万本になりました。六ヶ所村の低レベル放射性廃棄物埋設センターに埋める計画になっています。低レベル廃棄物でも量が多ければ、放射線の量も当然増えます。六ヶ所村は青森県の下北半島に位置し漁業と酪農の村でした。風が強い所で風力発電の基地もあり白鳥が飛来するところです。この村に再処理工場を建てる話が正式に申し込まれたのは1984年でした。その後ウラン濃縮工場、低レベル放射性廃棄物センター、高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターができ現在は再処理工場の建設が進められています。六ヶ所村は、全国の原子力発電所から出された放射性廃棄物が集中的に集まる場所になりつつあります。

(3) 食物連鎖 もう一つ見逃せないのが事故などで核関連の施設や埋設場所から大気中や海水中にそのまま放射性物質が放出された場合です。濃度が低いから大丈夫だと言う人もいますが食物連鎖を考えるとそれではすみません。プランクトンや海草などがまず放射能汚染されます。それらを小さい魚やエビが食べる事により放射性物質はだんだん溜まっていきます。つまり食物連鎖で放射能は濃縮されていくのです。

(4)放射線とは 原子核の中には安定なものと不安定なものがあります。不安定なものは自ら崩壊してアルファ線(ヘリウムの原子核の流れ)ガンマ線 電子の流れ ベータ線(電磁波)、X線等を出します。これらを放射線といい大きなエネルギーを持っています。放射線の種類により帯びている電気の量やエネルギーが異なります。放射線の種類に対応した身の守り方があります。核分裂の時には中性子線(中性子の流れ)も出ますが、これは最も透過力があり恐ろしいといわれています。放射線は医療用、非破壊検査、物性研究などに利用され、X線はレントゲン撮影で使われ最も知られています。放射線は自然界にあり宇宙から地球に降り注ぐもの(宇宙線)もあります。人体の影響の心配はいりません。しかし放射線は大量に浴びると有害で死に至ることがあります。その力を最大限に使ったのが核兵器です。原子力発電所はウラン( $^{235}\text{U}$ )等の不安定な物を使って核分裂を起こしているので放射線が大量にでます。原子力発電所や原子力関連施設で事故があるたびに大きく取りあげられ安全性が叫ばれるのはこのよな理由のためです。

## 5 プルトニューームと原爆

原子力発電開発は本来原爆の材料であるプルトニューームを作るための軍事的なものでした。そのコストを下げる為にその時発生する熱を発電に利用いったものが現在の原発なのです。このような歴史があるものの原発が稼動すれば原爆の材料となるプルトニューームが増え続ける事は事実です。長崎に落とされた原爆はプルトニューームが使われました。現在日本には約40トンのプルトニューームがあります。(1)メルtdown 原発で起こりうる最悪な事故は冷却材の喪失等により炉心が過熱して核燃料が溶融する事故(メルtdown)だといわれ、こうなるとドロドロに溶けた膨大な放射性物質がなにもかも溶かしながら地中を突き進んでいく。これをチャイナ・シンドロームという。この「チャイナ・シンドローム」という言葉は原発事故を扱った映画のタイトルにもなり世の中に広がったがその名前の由来は溶融した核燃料がすべてを溶かしながら地球の反対側(アメリカの裏側は中国=チャイナになる)まで突き抜けてしまうであろうというアメリカ人のブラックユーモアである。もちろん実際にそのようなことはなく途中地下水脈に突き当たり大爆発を起こすことになる。