

## 第2章

# 原子力の 基礎



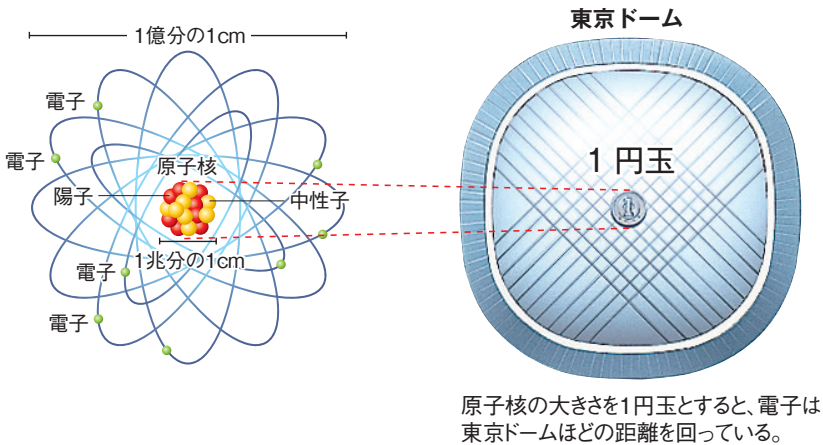
# 原子とその「中身」について

この世界のすべての物(私たちも、空気も、花も)は、原子が集まってできています。

原子は大ざっぱに言ってしまうと、目にはまったく見えない小さな「粒」です(※1)。ですから私たちには物が“粒の集まり”だとはなかなか信じられないのですが、実はこの世界には100種類くらいの原子(※2)があります。

この世の物質のおおもとである原子にもさらに「中身」があり、**原子核**と呼ばれる中心のかたまりとそのまわりを回る何個かの電子からできています(※3)。また、原子核にも「中身」があって、**陽子**、**中性子**(※4)という粒が強い力(※5)で結びつけられてきた小さなかたまりなのです。

## 原子の仕組み



原子核の大きさを1円玉とすると、電子は東京ドームほどの距離を回っている。

- ※1 1cmの1億分の1の大きさである。
- ※2 よく使われる「元素」は「原子」とほぼ同じ意味である。
- ※3 イギリスの科学者ラザフォード(1871-1937)らにより解明された。
- ※4 陽子と中性子の個数の合計を質量数と呼び、陽子の個数が原子番号である。
- ※5 核力と呼ばれる。

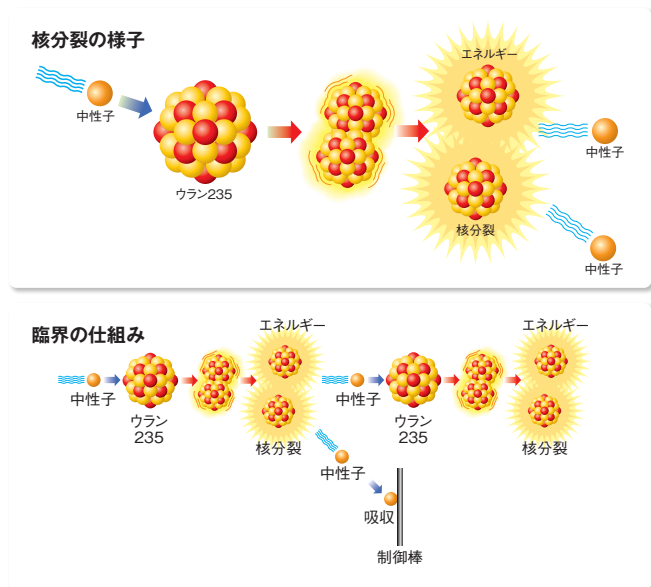
# 核分裂と臨界について

(壊れやすい性質を持った)原子核に中性子が当たると2つ以上に分裂します。「核分裂」は、この〈原子核が壊れること〉であり、その連鎖反応が一定の割合で続く状態が「臨界」です。

原子核が壊れるときは大きなエネルギーと放射線が発生しますが、原子力の基本となるのはウラン(▶P.23)の核分裂です。ウランには核分裂しやすいウラン235と核分裂しにくいウラン238があり、ウラン235は原子核に中性子がぶつかって吸収されると、すぐに2つ以上の原子核に分裂してしまいます。ここで飛び出した中性子が次の核分裂を起こし、連続的に核分裂が続いていくことを〈核分裂の連鎖反応〉といい、連鎖反応が同じ割合で持続する状態を〈臨界〉と呼びます。

原子力発電(▶P.25)は、ウラン235を燃料にして人工的にこの臨界状態<sup>※6</sup>をつくり出し、熱エネルギーを電気に変える仕組みで発電しています。

## 核分裂と臨界の仕組み



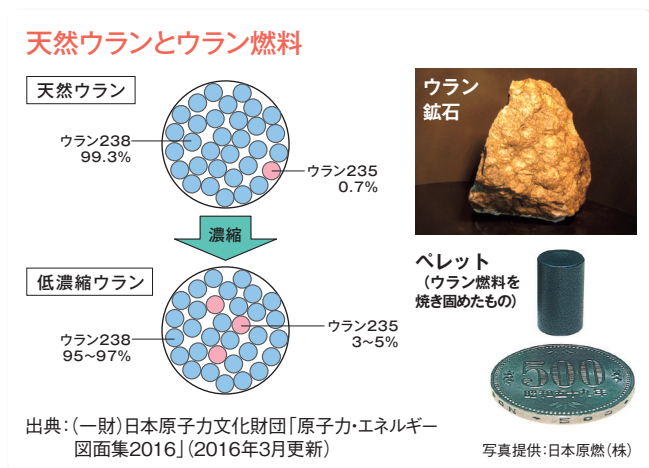
※6 原子炉内での臨界状態を、中性子を吸収することで調節するのが「制御棒」である。

# 原子力の燃料「ウラン」

ウランは天然に存在する中でもっとも重い元素ですが、核分裂しやすいウラン235はウラン鉱石に約0.7%しか含まれていません。

ウランの原子番号は92。次の原子番号93のネプツニウム<sup>(※7)</sup>以降は、天然の元素ではありません。

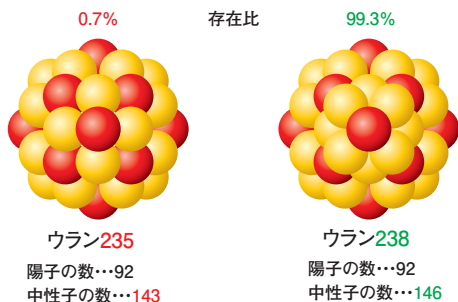
天然に存在するウラン鉱石にはウラン235が約0.7%しか含まれていないため、一般的な原子力発電ではウラン235を3~5%に濃縮したものを燃料<sup>(※8)</sup>として使用します。この燃料は、核分裂しにくいウラン238が95~97%を占めています。



## 同位体(アイソトープ)

ウラン235(92個の陽子+143個の中性子)とウラン238(92個の陽子+146個の中性子)のように、原子番号が等しく質量数が異なるものを同位体といいます。

### ウランの同位体



※7 1940年、ウラン238に中性子を当てて人工的につくられた最初の超ウラン元素。

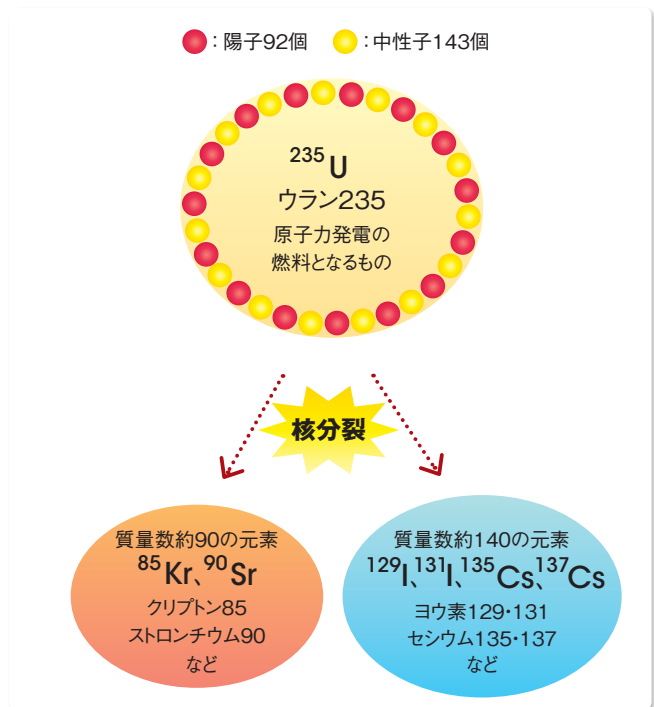
※8 核燃料または原子燃料と呼んでいる。

# ウランから生まれる放射性物質

ウラン235が核分裂した後、さまざまな種類の原子核が出てきます。ヨウ素、セシウム、ストロンチウムはよく耳にする名前でしょう。

ウラン235が核分裂した後の原子核の組み合わせは一定ではなく、さまざまな種類の原子核が出てきます。なかでも質量数が約90と約140に近い元素がつくられやすく、その代表的なものが放射性のストロンチウム、ヨウ素、セシウムなどです。

これら元素のうちストロンチウム90、ヨウ素131、セシウム137などがウランの核分裂で生まれる代表的な放射性物質ですが、時間とともに各種の放射線(▶P.6)を出して他の元素に変わり、量はしだいに減っていきます(※9)。



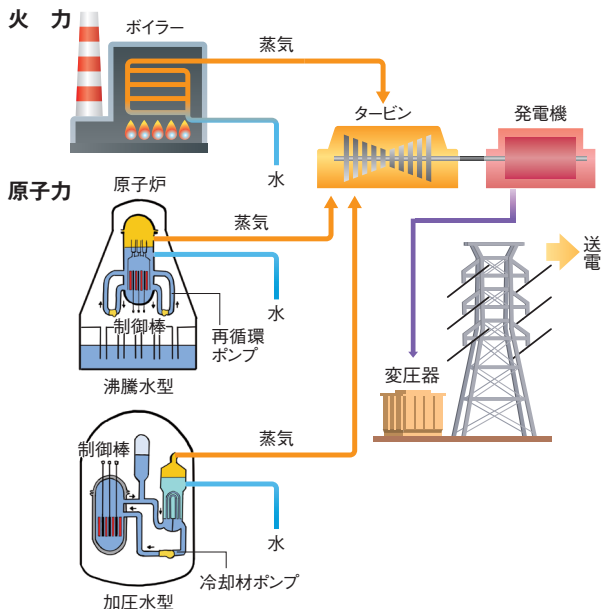
※9 物理学的半減期。P.7を参照のこと。

# 原子力発電の仕組み

核分裂が生ま出す熱エネルギーでつくった蒸気を利用してタービンを回転させ、電気を起こすのが原子力発電です。

原子力発電は、基本的には火力発電と同じ仕組みです。火力発電はボイラーの中で石油や天然ガスなどを燃やし、その熱でつくった蒸気でタービンを回して発電します。一方、原子力発電は、石油などを燃やすボイラーの代わりに原子炉の中で、核分裂が生ま出す熱エネルギーを利用して蒸気をつくり、タービンを回して発電します。

## 原子力発電と火力発電の仕組み

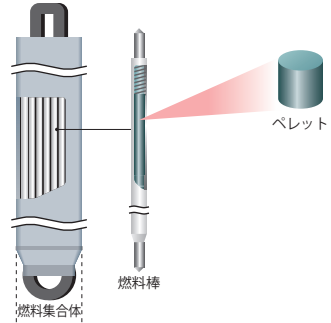


世界の原子炉の約80%を占めているのは軽水炉です。軽水炉には、蒸気を発生させる仕組みの違いにより、沸騰水型(BWR)と加圧水型(PWR)の2種類があります。

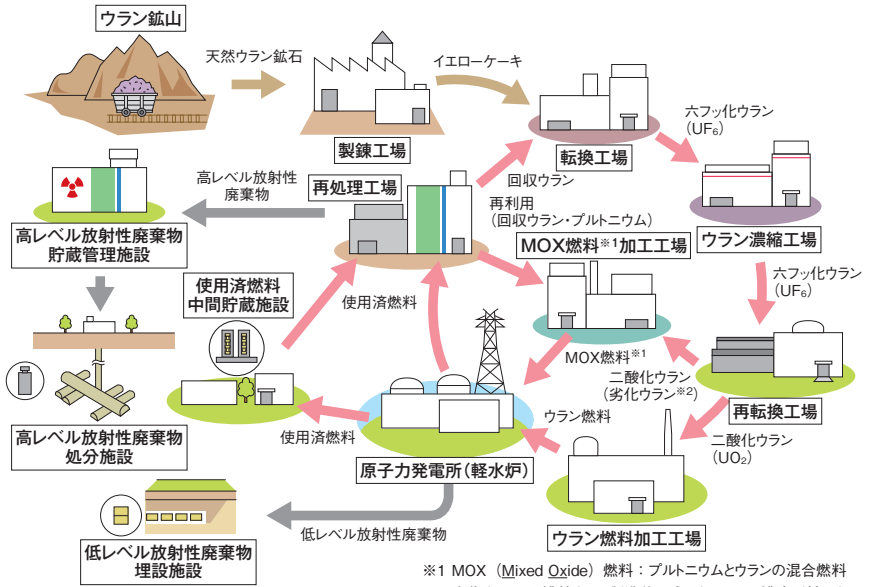
## 燃料集合体と燃料棒

### 「燃料集合体」

ウラン燃料を焼き固めたもの（ペレット）を合金の被覆管に詰め（燃料棒）、束にしたものの。



## 核燃料サイクル（燃料の流れ）



日本では、使用済燃料中のウランやプルトニウムを取り出し（再処理）、この取り出した物質を混ぜ合わせて「MOX燃料」と呼ばれる燃料に加工して、もう一度発電に利用するという取り組みを行っています。この燃料をリサイクルして利用する一連の流れを「核燃料サイクル」といいます。

出典：（一財）日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」（2016年3月更新）をもとに作成

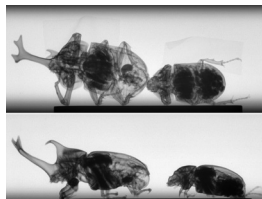
# 県内で進む さまざまな放射線や原子力の利用

茨城県は、放射線や原子力を医療・農業・工業など幅広い分野で利用するための重要な研究・開発拠点になっています。

## 原子力エネルギー分野



研究炉JRR-3の外観



カプトムシの中性子ラジオグラフィ画像

### 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所(東海村)

原子力エネルギーを支える基盤技術や安全に関する研究開発とともに、研究炉や加速器からの量子ビーム利用による素粒子、物質・材料など応用分野での研究開発を行っています。



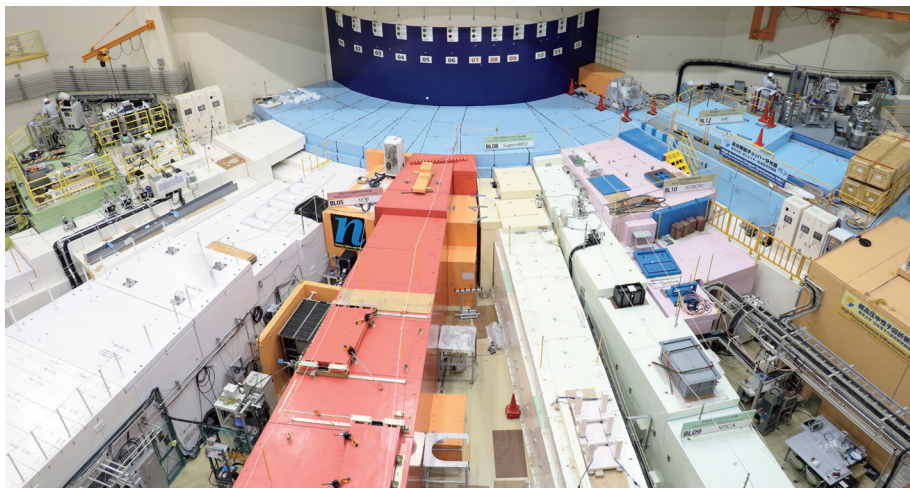
HTTR(高温工学試験研究炉)外観

### 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 大洗研究所(大洗町)

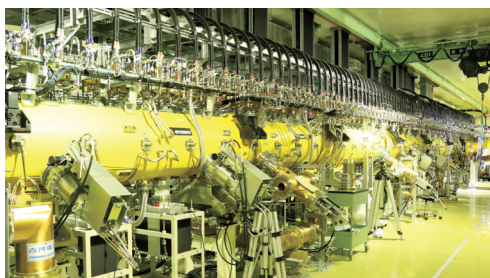
新型炉開発に関する長年の経験と技術を基に、炉型の異なる試験研究用原子炉と関連する研究施設群を活用して、高温ガス炉とこれによる熱利用技術、高速炉サイクル技術、軽水炉の安全性向上に関する研究開発を行っています。







物質・生命科学実験施設



線形加速器

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
／大学共同利用機関法人  
高エネルギー加速器研究機構  
**大強度陽子加速器施設 (J-PARC)  
(東海村)**

世界最高レベルのビーム強度の陽子加速器によりさまざまな分野の最先端の研究をする国際的な施設です。



大学共同利用機関法人  
**高エネルギー加速器研究機構  
(KEK) (つくば市)**

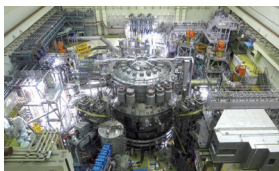
電子やX線などを利用して、宇宙の起源、物質や生命の根源を探索する研究を行っている施設です。



## 核融合分野



JT-60実験棟の外観



トカマク型超伝導  
プラズマ実験装置  
「JT-60SA」

### 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 那珂研究所(那珂市)

核融合(※10)から発生するエネルギーの実用化をめざし、核融合に関する研究開発を総合的にを行っています。(画像提供:QST)



## 医療分野



陽子線治療室



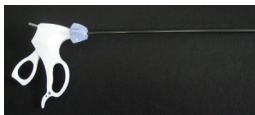
陽子線加速器

### 国立大学法人筑波大学附属病院 陽子線治療センター (つくば市)

陽子線治療は“がん”に用いる新しい放射線治療。国内でも数少ない大学病院に併設された陽子線治療施設です。また、次世代のがん治療法であるホウ素中性子捕捉療法の装置整備も完了し、臨床研究を開始しています。



日本放射サービス(株)東海センターの外観



手術用かん子



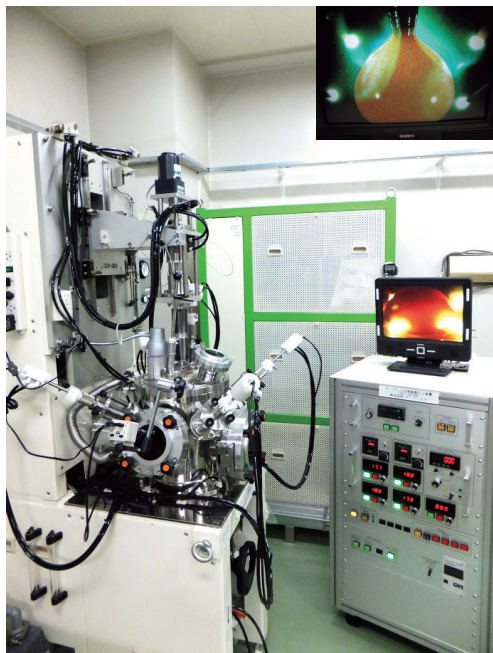
真空採血管

### 日本放射サービス株式会社 東海センター(東海村)

未使用の医療機器や医薬品容器等の滅菌処理などを、放射線照射によって行っています。



※10 水素や重水素、トリチウム(三重水素)などの質量の小さい元素の原子核が衝突して、ヘリウムなどの原子核に変わり、その際膨大なエネルギーが放出される。これが核融合で、太陽のエネルギーの源。



テトラアーク炉



先端材料分析装置群

国立大学法人東北大学金属材料研究所附属  
量子エネルギー材料科学  
国際研究センター（大洗町）

先端原子力材料研究、アクチノイド元素等を用いた新物質の創製等、全国共同利用機関として、共同研究者の受入れや人材育成を行っています。



農業分野

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構作物研究部門  
放射線育種場（常陸大宮市）

放射線を種子などに照射して突然変異を自然界より高い確率で起こし、新品種の育成などの研究を行っていましたが、2022年度で照射業務は終了しました。



# 放射線や原子力などを家族で学べる施設

県内には放射線と原子力などを含む科学について、誰もが楽しく学べる施設があります。  
気軽に出かけてみませんか？

## 原子力科学館(東海村)

公益社団法人茨城原子力協議会

ガイダンスシアター「アミットラベル」や放射線の飛跡が見える世界最大級の「霧箱」に加えて、2023年度に「テックストリートー人と放射線・原子力の利用ー」が完成しました。体験しながら放射線と原子力についての正しい知識が学べます。

☎ 029-282-3111  
ホームページ  
<http://www.ibagen.or.jp/>



## 東海原子力館 別館(東海村)

日本原子力発電株式会社

バーチャルリアリティーによる発電所案内ツアー体験の他、パネル展示等でエネルギーや原子力についてわかりやすく紹介しています。

☎ 029-287-0486  
ホームページ  
<https://www.japc.co.jp/gendenkan/tokai/index.html>



## 大洗わくわく科学館(大洗町)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

海をテーマに、風や光、水の不思議な現象をわかりやすく体験できます。海の底に眠る鉱物資源の採取をイメージした遊具などがあります。

☎ 029-267-8989  
ホームページ  
<http://www.jaea.go.jp/09/wakuwaku/>



## つくばエキスポセンター(つくば市)

公益財団法人つくば科学万博記念財団

世界最大級のプラネタリウムと体験型展示で、宇宙・海洋・エネルギー・ナノテクノロジーなど科学技術を見て、触れて楽しめる科学館です。

☎ 029-858-1100  
ホームページ  
<https://www.expo-center.or.jp>



写真提供:(公財)つくば科学万博記念財団

## 茨城県内にある 主な原子力研究・利用・ 学習施設 MAP

※この他の県内の主な原子力関係施設については、P.38をご覧ください。



### 研究・利用施設

- ① 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所
- ② 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 大洗研究所
- ③ 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 / 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 大強度陽子加速器施設(J-PARC)
- ④ 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構(KEK)
- ⑤ 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 那珂研究所
- ⑥ 国立大学法人筑波大学附属病院 陽子線治療センター
- ⑦ 日本照射サービス株式会社 東海センター
- ⑧ 国立大学法人東北大学金属材料研究所附属 量子エネルギー・材料科学国際研究センター
- ⑨ 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 作物研究部門 放射線育種場(※照射業務は2022年度で終了)

### 学習施設

- ⑩ 公益社団法人茨城原子力協議会 原子力科学館
- ⑪ 日本原子力発電株式会社 東海原子力館 別館
- ⑫ 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 大洗わくわく科学館
- ⑬ 公益財団法人つくば科学万博記念財団 つくばエキスポセンター