

ウラン鉱

1. ウラン鉱の種類

ウラン鉱の主要な鉱石は次のものである。^[1]

- (a) りん灰ウラン鉱 (autunite, $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) (ウラン及びカルシウムの含水りん酸塩)
- (b) ブランネル石 (brannerite, $(\text{U}, \text{Ca}, \text{Ce})(\text{Ti}, \text{Fe})_2\text{O}_6$) (チタン酸ウラン)
- (c) カルノー石 (carnotite, $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) (ウラン及びカリウムの含水バナジウム酸塩)
- (d) コフィン石 (coffinite, $\text{U}(\text{SiO}_4)_{1-x}(\text{OH})_{4x}$) (けい酸ウラン)
- (e) ダビド石 (davidite) (チタン酸鉄ウラン)
- (f) パーソンス石 (parsonsite, $\text{Pb}_2(\text{UO}_2)(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (ウラン及び鉛の含水りん酸塩)
- (g) 歴青ウラン鉱 (pitchblende) 及び閃ウラン鉱 (uraninite, UO_2) (四酸化三ウラン)
- (h) 銅ウラン鉱 (torbernite 又は chalcocite, $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (ウラン及び銅の含水りん酸塩)
- (i) チューヤムニン石 (tyuyamunite, $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) (ウラン及びカルシウムの含水バナジウム酸塩)
- (j) ヒカイウラン鉱 (uranophane, $\text{Ca}(\text{UO}_2)\text{SiO}_3(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) (けい酸カルシウムウラン)
- (k) ウラノトリアナイト (uranothorianite) (ウラン及びトリウムの酸化物)

ウランを含有する鉱物は約 200 種あるが、その中でウラン原料として主要なものは、閃ウラン鉱、歴青ウラン鉱、コフィン石、ダビド石、りん灰ウラン鉱、カルノー石などである。

これらの鉱石に含まれるウランの量により「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づき、これらの鉱石を使用する場合には規制を受け
る事があり、規制対象となる場合は文部科学省に届け出が必要となる。

ウラン鉱石に含有されるウラン量は、一般には 0.3～0.7%程度と少量である。ウラン鉱石には、ウラン以外の金属元素を含有している。モリブデン、コバルト、ニッケル、銅、砒素などは主として硫化物鉱として、バナジウム、ラジウムは主としてウラン鉱物と共に、そしてトリウム、ジルコニウムはそれらの鉱物またはウラン鉱物と共に鉱石中に存在する。^[2]

2. ウラン (U : uranium) の特性値と概要

- ・陽子数 : 92
- ・価電子数 : -
- ・原子量 : 238.02891
- ・融点 : 1132.3℃
- ・沸点 : 3745℃
- ・密度 : 18.95

・存在度(地球) : 0.91ppm ^[3]

ウランには同位体が存在し、全て放射性である。ウランの原子核に中性子を当てると、核分裂を起こし、エネルギーが発生する。この核分裂連鎖反応を持続させる事により、莫大なエネルギーを得る事ができる。原子力発電所ではウランを燃料としている。

3. 産地

ウランの世界の推定埋蔵量は2003年においては約459万トンと推定されている。埋蔵量はオーストラリア(23%)、カザフスタン(18%)、カナダ(10%)、南アフリカ(9%)、アメリカ(8%)、ナミビア(6%)、ロシア(6%)、ニジェール(5%)、ウズベキスタン(3%)、ウクライナ(2%)、中国(1%)である。^[4]

日本においては、岡山県・鳥取県の人形峠鉱床や岐阜県の東濃鉱床などが発見されたが、ウラン埋蔵量は約6600トンと推定され、資源量過小により開発されなかった。

4. 輸入先国

財務省の貿易統計2005によれば、ウラン鉱石の輸入はない。日本におけるウラン原料は天然ウラン及び濃縮ウランの形態で輸入している。2005年における天然ウランの国別輸入量を表-1に、濃縮ウランの国別輸入量を表-2に示す。^[5]

表-1に示す通り、ウラン鉱石を製錬し、六フッ化ウランに転換した天然ウラン(ウラン235の含有量が0.7%)の輸入量は490トンである。この天然ウランは日本国内のウラン濃縮工場にてウラン235の含有量を3%まで上げて、原子力発電の核燃料として使用される。国別の天然ウラン輸入比率はカナダ(97%)が圧倒的に多い。また表-2に示す通り、濃縮ウラン(ウラン235の含有量が3%)の輸入量は899トンであり、国別ではアメリカ(65.7%)、フランス(26.3%)、英国(4.1%)、ロシア(2.8%)である。^[5]

表-1 天然ウラン国別輸入量

品目名	2005.1~12 輸入実績				
	単位	合計	輸入国	輸入量	比率
天然ウラン及びその化合物並びに天然ウラン又はその化合物を含有する合金、ディスプレイ(サーメット)、陶磁製品及び混合物	トン	490	カナダ	477	97.3
			フランス	9	1.8
			アメリカ合衆国	4	0.8

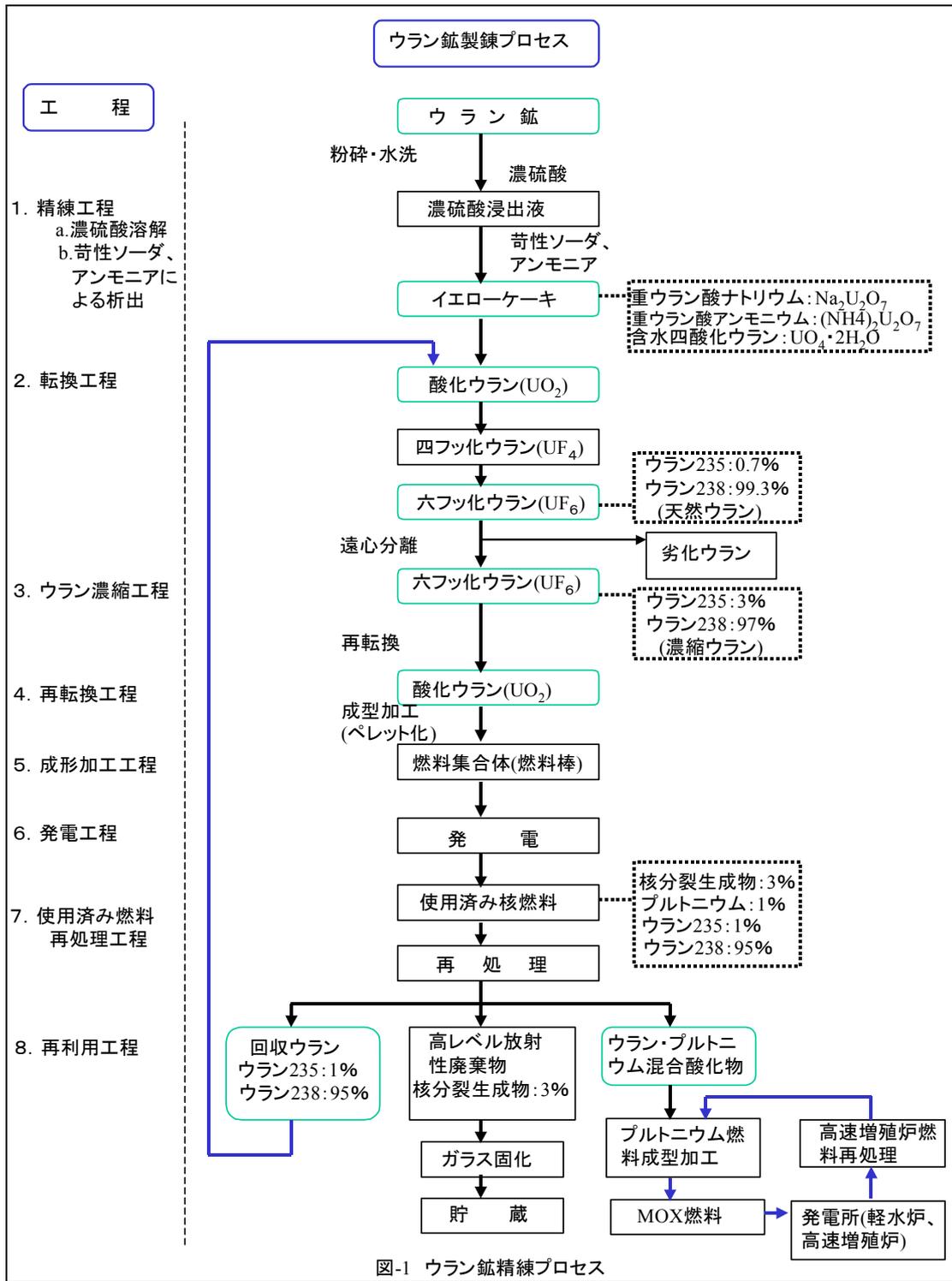
表-2 濃縮ウラン国別輸入量

品目名	2005.1～12 輸入実績				
	単位	合計	輸入国	輸入量	比率
ウラン 235 を濃縮したウラン及びプルトニウム並びにこれらの化合物並びにウラン 235 を濃縮したウラン、プルトニウム又はこれらの化合物を含有する合金、デイスパージョン(サーメットを含む。)、陶磁製品及び混合物(核分裂性同位元素を除く。)	トン	899	アメリカ合衆国	591	65.7
			フランス	246	27.4
			英国	36	4.1
			ロシア	25	2.8
			イスラエル	0	0.0
			ベルギー	0	0.0

5. ウラン鉱石の精製法及び誘導品の製造法^[6]

ウラン鉱石はその大部分が原子力発電用原料として利用されている。核燃料サイクルは、ウラン鉱山から採掘して原子力発電で燃やすまでの上流（アップストリーム）と、燃やした後の使用済み核燃料の再処理、高レベル放射性廃棄物の処分までの下流（ダウンストリーム）に分けられる。図-1 に原子力発電に使用されるウラン鉱石から使用済み核燃料の再処理までの工程を示す。

- ① 精錬工程：採掘された鉱石は精錬工場に運ばれ、細かく砕かれて水洗する。その後濃硫酸にて溶解し、次いで苛性ソーダ或いはアンモニアでウラン化合物として沈降させて、段階的にウランを他の混ざりものから精製する。精製されたウランはイエローケーキと呼ばれている。イエローケーキは重ウラン酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$)、重ウラン酸アンモニウム ($(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$)、含水四酸化ウラン ($\text{UO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) など、精錬工程の違いにより成分が異なる。世界の製錬工場のほとんどは鉱山に併設されており、日本国内には工場がない。
- ② 転換工程：イエローケーキから六フッ化ウラン (UF_6) を製造する工程を転換と言う。イエローケーキから二酸化ウラン (UO_2)、四フッ化ウラン (UF_4) を経て六フッ化ウランを製造する。ウランをフッ化させる理由は、単体のウランを気化させ続けるには約 3800°C の高温が必要だが、六フッ化ウランは沸点が低く、気体の状態を維持するのが容易なためである。純度を高めた六フッ化ウランガスは輸送容器に封入されて出荷される。この六フッ化ウランのウラン 235 の含有量は 0.7% であり、天然ウランとして輸入されている。
- ③ ウラン濃縮工程：六フッ化ウラン中のウラン 235 の割合を 0.7% から 3～5% 程度にまで高める工程が濃縮工程である。濃縮の方法としては、遠心分離法、ガス拡散法、レーザー法等があるが、現在、日本では遠心分離法が採用されている



- ④再転換工程：濃縮された六フッ化ウランは、再転換工程で二酸化ウランにする。
- ⑤成型加工工程：粉末状のウラン化合物（二酸化ウラン）を高温で焼き固めてペレットを作る。このペレットを被覆管という金属の管に詰め、それをさらに束にし燃料集合体に組み立てる。
- ⑥発電工程：燃料集合体を原子炉の炉心に装荷し発電を行う。原子力発電所の原子炉の中でウランは核分裂を起こし、その莫大なエネルギーにより、水蒸気を発生させ、発電機のタービンを回し、発電する。

⑦使用済み核燃料の再処理工程：使用済みの核燃料は、核分裂生成物、プルトニウム、ウラン 235、ウラン 238 を含んでいる。使用済み燃料貯蔵プールで2～数年冷却された後に再処理工場へ搬出される。再処理工場では、使用済み燃料を強力な酸で溶かし、燃え残ったウランやウラン 238 が中性子を吸収してできたプルトニウム 239 を分離する。分離されたウランやプルトニウムは再び燃料に加工される。日本国内における再処理工場としては茨城県東海村（独立行政法人 日本原子力研究開発機構）で昭和 56 年から本格稼働している。また英国、フランス両国と再処理委託契約を締結している。

⑧再利用工程：使用済み燃料からウランやプルトニウムを取り出した後のものを高レベル放射性廃棄物という。高レベル放射能廃棄物はガラス固化され貯蔵する。現在、日本においてはこの高放射性廃棄物の処理・保管方法については決まっていないが、原子力発電環境整備機構において最終処分地の選定、処分場の設計などを行い、2030 年後半から最終処分を開始する予定である。

6. ウラン鉱石の最終用途

ウランの多くは核燃料として原子力発電に利用されるが、核兵器への転用が可能であるため国際原子力機関によって流通等が制限されている。

極微量のウランを着色材として加えたガラスをウランガラスと呼び、美しい蛍光緑色を呈する。現在では民間でウランを扱うことが難しいため、新たなウランガラスは、アメリカ及びチェコで、わずかな量のウランガラス製品が収集家向けに製造されているに過ぎない。日本においては、ウランガラスの食器・ガラス工芸品が、大正から昭和にかけて大量に生産された。しかしウランガラスの製造は第二次世界大戦で終わった。

7. 参考資料

- [1] 財務省貿易統計 関税率表解説
- [2] 原子力百科事典：(財) 日本原子力文化振興財団
- [3] Newton 別冊：完全図解 周期表，株式会社ニュートンプレス
- [4] 原子力ポケットブック 2005 年版
- [5] 財務省：貿易統計，2005
- [6] 日本原燃株式会社ホームページ <http://www.jnfl.co.jp/> 2007 年 5 月