%, スクラップとして回収したものが1.2%, ロスは0.7%であった。ロスの内訳は、汙液または洗液に混入した分、分析試料、取扱い損失等で、大規模操業になればこの数値は幾分低下させることができる。

5. 安全対策

ウラン製錬の場合はウランが放射性物質であると同時に重金属としての毒性も有るので、取扱いに当っては特に細心な安全対策が必要である。

5.1 放射線防護

ウランの放射能は他のR Iに較べると弱いので、人体内にウランを極力摂取しないようにすることに主眼が置かれる。作業場の空気は常に換気されており、フード等による局所排気も必要に応じて行なわれる。排気ガスはフィルタをとった後、室外に排出する以前にモニターによつて連続的に放射能をチェックしている。作業場からの廃水は1カ所に集め、汙温等の処理の後ウラン濃度をチェックしてから廃棄している。またウランを含む廃棄物は一定の容器に集め、専門の処理場に処理を依頼している。

作業員は常に新しい白衣とゴム手袋を着用し、必要に応じて防塵マスクを着用する。また作業場の出入りにはモニターによつて手足等の放射能を計り、汚染の有無を確認している。

また作業員は定期的に血液検査、尿中のウラン検査を受け、作業場内の表面汚染検査も定期的に行なわれている。

5.2 臨界管理

ウランの臨界量は、濃縮度、均一性、形態、減速材との比率等によつて変るので、原料や処理方法の相異によ

つて臨界管理量も変ってくる。最も確実な方法は質量管理 (Mass Control) で、取扱いウランのバッチ量をその濃縮度における最少臨界量の以下に抑えるものである。ただしこの方法では作業能率は著しく低下するので大規模処理の場合は、装置の形状や、間隔を規制する Geometrical control によることになる。中性子毒物質 (B, Cd等) を用いて処理量を上げる方法もあるが、この場合は正確な臨界計算による裏付けが必要である。なお通常ウランは水溶液となつた場合が最も危険であるので水溶液になる可能性のある場合は常に水溶液の臨界量を取り、また装置の設計に当つては装置が冠水するような事故をも想定し、万々が一にも臨界事故を起こさぬよう配慮されている。

6. 結 言

以上鉍石、ウラン精鉍および六弗化ウランを原料としたウラン製錬の概略について紹介した。いずれも開発途上のものであり、工業化までにはさらに多くの検討が必要である。ウラン製錬の場合は、放射線防護、臨界管理等の安全対策が基本的重要性を持つているが、これらに関する法規、規準、指針等がまだ十分確立されているとはいえず、今後国際的視野に立つた早急なる検討が望まれている。

参 考 文 献

- 1) Chantry W. et. al. : I. E. C. **47**, 1153 (1955)
- 2) Edwards R. B. et. al. : A. I. Ch. E. Journal **2**, 148 (1956)
- 3) F. J. Hurst et. al. : ORNL **2**, 952
- 4) M. Brodsky et. al. : A/conf/P/1260 (1958)
- 5) H. A. Bernhardt. et. al. : K-410

e) Minimum critical mass; 一定の濃縮度において臨界に達するウランの最低必要量

住友金属鉍山におけるウラン製錬および転換

Uranium Refining and UF₆ Conversion to UO₂ at Sumitomo Metal Mining Company

中 村 文 男*

Fumio NAKAMURA

1. 緒 言

住友原子力グループは、住友原子力委員会を昭和31年4月創設して以来各種核燃料の研究開発を最重点課題として推進してきた。

昭和34年末住友原子力委員会は発展的解消を行ない、住友原子力工業株式会社として新発足するにおよび核燃料の重点的開発はさらに強化された。

住友金属鉍山株式会社は住友グループにおけるあらゆる核燃料物質の自給を満了するための研究および製造部門を担当している。

昭和34年から昭和41年まで東京研究所 (武蔵野市八幡町2丁目409番地)、昭和41年より中央研究所 (千葉県市川市中国分町282番地) においてウラン およびトリウム燃料の精製および転換に関する研究を続けてきたが、ウランの精製については昭和34年西独 DEGUSSA社 (現 NUKEM) よりイエローケーキから二酸化ウラン (UO₂)

* 住友金属鉍山株式会社中央研究所第四研究室長

および金属ウランの製造に関する技術を導入し、独自の研究結果にこれを適用して将来の工業化を目的とした応用研究を行なうとともに工業化試験を行ない、外国製品に比べて極めて高純度の金属ウラン、合金ウラン (Nb 含有 U メタル) ならびに焼結体用二酸化ウラン粉末をコンパクトな設備でしかも高収率、低コストで生産し得る技術を確認した。なおこの工業化試験設備を生産体制に改変すれば直ちにウラン量で 15kg/h 以上、連続運転を行なえば約 50~75t/年の生産設備として稼動できるものである。

濃縮六弗化ウラン (UF₆) から UO₂ または金属ウランの転換については昭和 35 年から基礎研究を開始し、昭和 37 年には原子力平和利用研究補助金の交付を受けて溶媒抽出法による濃縮 UF₆ から UO₂ への転換技術を開発し、さらに工業化試験も完了した。

本転換方法は低濃縮ウランに対しては特に有効であり天然ウランの精製設備がそのまま使用できること、濃縮ウランのコールドスクラップの回収精製も同一設備で行なうことができるなどの利点がある。

この工業化試験設備は生産体制に改変すれば U²³⁵ 2.5 %濃縮ウランで約 40~50t/年の生産設備とすることができる。

なお昭和 39 年には United Nuclear Corporation (UNC) より濃縮 UF₆ から UO₂ 粉末への転換技術を導入し、当社独自の研究成果にこれを適用して高濃縮 UF₆ から金属ウランおよび UO₂ 粉末への転換技術を確認した。現在 U²³⁵ 20%濃縮ウラン 2~3t/年の転換設備を整備中である。

以上のほかに振動充填法、分散型燃料体のための球形高密度、高充填度 UO₂ 粉末の製造技術を開発し、いずれも実需に応じうる体制に整備し、また、わが国における燃料サイクルを有効に実施する上に必要な技術であるブレンディングの基礎技術の開発を完了した。次にこれまでの製造実績を示せば第 1 表のとおりである。

写真 1 に当社の核燃料工業化試験室の外観を示す。装置は約 496m² の工業化試験室に収容されている。

写真 1 核燃料工業化試験室の外観

第 1 表 主なる製造実績

品 名	数 量	納入年	納 入 先
1. 天然 UO ₂ 粉末	約 3 t 約 3 t 約 1 t	昭和 36 年 昭和 37 年 昭和 36 ~ 42 年	住友電気工業 (京大未臨界実験装置用) 住友電気工業 (東北大未臨界実験装置用) 住友電気工業、日立製作所、東京芝浦電気、原子力研究所、古河電気工業、原子燃料公社 (試験研究用)
2. 天然金属ウラン	150 kg 約 1 t	昭和 36 年 昭和 37 年	住友金属工業 (京大未臨界実験装置用) 住友金属工業 (原子力研究所)
3. 天然 UF ₆	10 kg	昭和 36 年	ダイキン工業 UF ₆ 製造試験用
4. U ²³⁵ 2.6% UO ₂ 粉末	54 kg	昭和 39 年	住友電気工業、古河電気工業 (JPDR 用)
5. U ²³⁵ 2.7% UO ₂ 粉末	632 kg	昭和 40 年	住友電気工業、日立製作所 (原子力船臨界実験装置用)
6. U ²³⁵ 5.9% UO ₂ 粉末	65 kg	昭和 41 年	住友電気工業 (JPDR 用)
7. U ²³⁵ 5.2% UO ₂ 粉末	61 kg	昭和 42 年	日立製作所 (照射試験用)
8. U ²³⁵ 5.9% UO ₂ 粉末	25 kg	昭和 42 年	住友電気工業 (JPDR 用)
9. U ²³⁵ 2.6% UO ₂ 粉末	44 kg 10 kg	昭和 42 年 昭和 42 年	住友電気工業、東京芝浦電気 (JPDR 用)
10. U ²³⁵ 10% UO ₂ 粉末	30 kg 15 kg	昭和 42 年 昭和 42 年	住友電気工業、古河電気工業 (ハーデン炉照射試験用)

2. 天然ウランの精製

研究を始めた当初 (昭和 32 年) わが国では核燃料製造の黎明期であつて、精製方式の選定に苦慮し種々調査した結果、金属燃料、二酸化ウラン燃料、濃縮ウラン燃料の精製に共通し、またトリウム燃料や他の新金属の精製にも広く適用できることで極めてインテグラルなプロセスであること、さらにエンジニアリングとして連続方式であり、他のプロセスよりも簡潔であること等が把握できたので、さらに DEGUSSA 社からの技術情報をこれに適用し、世界的にオーソドックスな溶媒抽出、乾式による還元、弗化、テルミット還元法からなる一連のプロセスを選定した。

その後新しい型式の燃料体が逐次発表されたが、いずれもこのプロセスが適用できると考えられる。第 1 図にその精製系統図を示す。

このプロセスの特徴はつぎのとおりである。

(1) TBP 抽出法で、溶媒比、塩析剤の種類の選定等の基礎研究の成果を適用し、さらに化学工学的な改良と相まって、トリウムの分離係数を 2,400 以上に上げることができる。

(2) 溶媒抽出の工程で最も大きな原価要素となる塩析剤を、熱源その他のエネルギーを使用することなく実用的に回収することができる。このプロセスは硝酸の分配係数を支配する要因と、不純物イオンを錯化する反応とを研究した基礎研究の成果を化学工学的に組み合わせ

第1図 二酸化ウラン、金属ウラン精製系統図

たものである。

(3) アンモニアガスを使用するAPU法 (Ammonium Poly Uranate Process と称している。) によって球形、高密度、高焼結性の特殊な UO_2 粉末を製造できる。

2.1 硝酸ウラニール液の調整

原料精鉱 (イエローケーキ) および酸化ウランを硝酸に溶解する際、通常亜硝酸ガス(NO_2)を発生し、これは硝酸の損失であり、また環境障害の原因となるのでこれを $150mm\phi \times 2mH$ のラシリング充填塔で酸化吸収法によって回収している。

また原料精鉱中の珪酸は通常の溶解法を行なうとゲル状に重合して極めて難溶性の溶解液となり汙過に膨大な経費がかかる。

アメリカ、カナダ、イギリスのようにこれを汙過せず抽出を行なうと、抽出の能力が減少し溶媒の損失が増大して不純物の除去も充分行なうことができない。当社は、原料精鉱に対して硝酸をIntermittentに添加していく特殊な溶解法を案出して、分子内重合を主として行なわせることによってこの問題を解決した。この溶解法をIntermittent Reverse Leaching と称している。汙滓は圧縮性であり平均比抵抗は約 $0.2 \times 10^{12}m/kg$ である。

2.2 溶媒抽出による精製

抽出装置は連続向流式の「オッシレーティングカラム」を採用した。カラムの材質にはパイレックスガラスと18-8不銹鋼を使用し塔内のパフォーマンスを直接監視でき

らになっている。溶媒抽出の操業条件はつぎのとおりである。

(1) Starting Solution

- a) U濃度 $300g/l$
- b) Free- HNO_3 (塩析剤) 3 N
- c) $NaNO_3$ (塩析剤) 1 N

(2) TBP in Kerosene

- a) 希釈度 30%(Vol.)
- b) TBP/U モル比 2.4

(3) Oscillating

- a) 振幅 80mm
- b) 振動数 100rpm

以上の条件で塔のHTUは $0.5 \sim 0.7$ であり、処理能力は $100mm\phi$ のカラムでウラン量で $15kg/h$ 以上である。この場合の抽出損失 (廃液に残留するウラン) は 0.03% 以下に過ぎない。また精製の副原料として最大のコストを占める塩析剤は系内をリサイクルするTBPにより抽出廃液から回収され系内にリサイクルされる。すなわち抽出廃液中に硫酸等を添加することにより不純物をCompleしTBPに対する分配係数を低下させる。また $NaNO_3$ 等の塩析剤は複分解され、硝酸根が HNO_3 としてTBP中に抽出される。 HNO_3 の回収率は 90% 以上、Thの分離係数は約34である。溶媒抽出装置を写真2に示す。

2.3 APU沈殿

この工程は二酸化ウラン型燃料体の特性を大きく支配する重要な工程である。二酸化ウラン型燃料体に適する UO_2 粉末の製造法は広く研究されているが、一般には核純度のウラニール塩からアンモニア水(NH_4OH)を使用して、ADU (重ウラン酸アンモン $[(NH_4)_2U_2O_7]$)に変成し仮焼 (熱分解)、還元 (水素ガス) の工程を経て UO_2 粉末とする。この方法によるADUは難溶性で形状が不安定であり、これから変換した U_3O_8 、 UO_2 は充填密度が低く、改善しようとすると焼結性が低下するので

写真2 溶媒抽出装置

粉碎等によつて活性化を計らなければならない。粉碎工程等が入ると純度の低下の要因となる。

当社ではガス状アンモニア(NH_3)を使用して、硝酸ウラニール液からAPUに変換するいわゆるAPU法を採用している。この方法によるAPUは、 UO_2 の脱水性に富み、煅焼、還元工程を経て球形の形態を継承しており、 20μ 以下の粒径の偏差の少ない UO_2 粉末にすることができる。

APUの化学組成は $(\text{NH}_4)_2\text{O} \cdot x\text{UO}_3$ で表わされ、当社の生成条件では $x=6$ で表現できるものが生成する。沈殿はBatch Systemで行なわれ、沈殿槽は $1,240\text{mm}\phi \times 1,550\text{mmH}$ ($1,500\text{L}$)でSus-28で製作されている。また UO_2 の脱水は遠心脱水機($750 \sim 1,500\text{rpm}$)で行なっている。

2.4 還元、弗化

還元弗化装置は連続向流式の回転炉を採用し、炉管の材質は還元炉には20Ni-25Cr鋼、弗化炉には20Ni-25Cr鋼およびマグネシウムチューブを用いている。

構造、材質については、特に回転部に幾多の改良を加え、ガスの漏洩、腐蝕による汚染の防止、ガス(還元： NH_3 分解ガス、弗化：無水弗化水素)過剰率の低減を行ない、現在まで還元炉はウラン量で約10t、弗化炉は約1.5tの操業を行なったが、炉管の損耗やその他の大きなトラブルは発生していない。

還元および弗化の能力は $150\text{mm}\phi$ の回転炉で15kg/h以上である。還元弗化炉を写真3に示す。

2.5 テルミット還元(金属ウラン製造)

密閉真空容器中で四弗化ウラン(UF_4)をカルシウムメタルで還元することにより1回50kgの単位で金属ウランダービーを取得する。採集率は99.5%以上である。

また昭和35年には住友金属工業株式会社の要請によりわが国で最初の合金元素の同時還元に成功した。添加元素の分布率は極めて良好で、ダービーの状態でも偏差0.

01%以下である。金属ウランダービーを写真4に示す。

2.6 製品の純度および特性

2.6.1 不純物

製品、原料、中間製品の不純物をJRR-3用インゴット規格および他社の物と比較して第2表に例示する。

第2表 化学的純度 U-base (単位 ppm)

	原料精鉱	硝酸ウラニール	金属ウランダービー	焼結用二酸化ウラン粉末	JRR-3用インゴット仕様	UNC二酸化ウラン粉末
Ag	—	<5	<0.2	<0.2	—	0.1
Al	7,800	<2	<25	<25	30	—
B	20	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	5
C	—	—	120	—	600	100
Ca	12,200	—	<5	—	—	50
Cd	<0.3	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	—
Cl	300	—	<5	—	15	—
Cr	39	<2	<6	<2	20	50
Cu	69	<1	4~6	<5	—	40
Fe	6,000	2100~120	<10	<10	150	100
H	—	—	6	—	10	—
Li	<2	<0.2	<0.2	<0.2	—	—
Mg	1,400	—	<5	—	30	—
Mn	235	<5	<10	<5	10	—
Mo	11	<2	<2	<2	—	3
N	—	—	<20	—	60	—
Ni	40	<2	2~3	<2	80	100
Si	2,850	<2	15~20	<10	50	100
V	20	<5	<5	<5	30	—
Th	8,500	<50	<5	—	—	—
Total R.E.	270	—	<10	—	—	—

2.6.2 特性

(1) 金属ウランダービー 住友金属工業株式会社において γ 押出しによる燃料棒の加工試験が行なわれその試験結果を要点のみ総括すればつぎのとおりである。

造塊したビレットについては γ 押出しに対する加工性、ビレットおよび押出棒の切削加工性等に関して特に問題となる点は見出されなかった。押出したままの棒の組織がすでに微細化しており、熱処理によつてあまり変化しないことは他の地金と異なっているが何に起因するかさらに検討の要がある。また γ 押出しによる燃料棒への加工に関しては十分満足すべきものと考えられる。

(2) 焼結体用二酸化ウラン粉末 不純物については前表に例示したとおりであるが、他社の製品に比べてFe, SiO_2 の少ないことがいえる。これはAPU法を採用

写真4 金属ウランダービー

← 写真3 還元弗化炉

して粉碎，ふるい分け等の工程を省くことが出来たためと考えられる。粉末の物理的性状を第3表に例示する。

Fill Volume, Tap Volume が特に小さく、すなわち充填密度が高く、平均粒径が大であることは粉末冶金の原料として極めて好適であり、密度の偏差を小さくし、焼結体の変形を防止する。

第3表 物理性質

会 社 名	O/U	F	V	TV	平均 粒径	比表 面積	グリー ン密度	焼結 密度	条 件	
									Press	Sintering
U. N. C.	2.09	83	41	1.2	μ	m ² /g	g/cc	g/cc	g/cm ³	°C
DEGUSSA	2.05	-	40	1.0	2.44	-	5.8	10.1	3.0	1,650
他 社 当 社	2.06	-	35	-	6.94	-	6.2	10.7	5.3	1,750
	2.05	48	32	2.5	5.03	-	6.4	10.5	3.0	1,700
	2.05	48	32	2.5	5.03	-	5.9	10.7	3.0	1,600

ただし F. V.: Fill-Volume, T. V.: Tap-Volume とともに cc/100 g
平均粒径: Sub-Sieve Sizer での測定値
比表面積: B. E. T. 法により測定した値

一般にこのような粉末では焼結密度は低いことが通念となっていたが、当社の粉末は逆に従来の例がないほど高い焼結密度をもっている。このことは APU 法の本質によるもので、結晶子、一次粒子の粒径が小であつてこれらの構成粒子が二次粒子、三次粒子に球形にしかも極めて高密度に集合していると考えられる。

3. ウランの転換

3.1 低濃縮UF₆からUO₂粉末への転換

一般に行なわれている低濃縮UF₆からUO₂粉末への転換の方法は、UF₆を気化させてアンモニア水と反応させて直ちにADUを沈殿させるか、またはUF₆を気化加水分解させてUO₂F₂溶液にし、これにアンモニア水を加えてADUを沈殿させた後、カ焼、還元工程を経てUO₂粉末を製造している。これを反応式で表わすとつぎのようになる。

この方法は製品 UO_2 中の弗素等の不純物の含有率が高く、また濃縮ウランのコールドスクラップの再生を行なうためには別個のフローシートによる設備が必要となる等の難点がある。

当社は昭和35年から低濃縮UF₆からUO₂への転換技術の研究を始め、UF₆から極めて高純度、かつ高焼結性のUO₂粉末が容易に得られる画期的なUF₆→UO₂転換工程を開発した。この転換工程図を第2図に示す。転換工程の要点はUF₆ガスを硝酸アルミ〔Al(NO₃)₃〕溶液中に吹き込んだ後、TBP抽出することである。

第2図
UF₆ 転換工程図

の反応により $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ が生成する。

(1)式は UF_6 の加水分解反応であり、(2)式はFイオンのAlイオンによる錯化反応である。この反応における $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ の存在はつぎのような効果がある。

(1) ステンレス等に対して特に腐蝕性の高い弗酸が硝酸に変換されること

(2) 溶媒抽出工程で TBP に対して分配係数の小さい UO_2F_2 が分配係数の大きい $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ に変換されること

(3) 硝酸アルミの量は実際問題として(2)式から計算される理論量の1.5~2.0倍量を添加する必要がある、この過剰の $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ は $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ のTBP抽出に対して、塩析剤として極めて効果的に作用しウランの抽出効率を高める。

加水分解でたん $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ 溶液にしたならば、天然ウランの場合と全く同様に TBP による溶媒抽出工程を経て核純度の硝酸ウラニールに変換することができ、これから APU 沈殿、カ焼、還元すれば高純度かつ高焼結性の UO_2 粉末を容易に製造することができる。

当社方式を総括するとつぎのような利点を持っている
ことがいえる。

(1) UF_6 から UO_2 に転換する間に精製工程があるので、弗素等の不純物を少なくすることができる。

(2) 加水分解で生ずるHFはHNO₃に変換される前、装置の材質の点ではHFよりはるかに楽であり18-8不銹鋼で充分である。

(3) APU 沈殿から UO₂ 粉末に変換するので Ball Milling 等の微粉碎を行なわなくとも高純度、かつ高焼結性の UO₂ 粉末を容易に得ることができる。

(4) Cold Scrap の再生を同一プロセスで行なうことが出来るので経済的である。

昭和38年から本転換方法により、JPDR用 U²³⁵ 2.6% 濃縮ウラン、原子力船臨界実験装置用 U²³⁵ 2.7% 濃縮ウラン等、第1表に示したようにUF₆→UO₂転換を開始した。製品UO₂の純度、粉末特性は天然UO₂の場合と全く同様で高純度、高焼結性であり、いずれも納入先より好評を得ている。第4表に製品UO₂粉末の純度を原子力船臨界実験装置用 U²³⁵ 2.7%濃縮 UO₂ 粉末の規格と比較して例示する。

なお濃縮ウランを取扱う場合には濃縮ウランが臨界状態とならぬよう、濃縮ウランの取扱重量、容器寸法、水溶液のウラン濃度等を制限する必要がある。臨界管理についてはたとえば USAEC リポート TID-7016(Nuclear Safety Guide-1961) にその詳細が示されているので今回はふれない。

3.2 高濃縮ウランの転換

高濃縮ウラン(通常U²³⁵20%以上である)の一般的な転換方法は水素ガスまたは有機還元材を使つてUF₆をUF₄

に還元し、さらに UO₂ に転換する場合は水蒸気により Pyrohydrolysis を行なう。一方金属ウランへ転換する場合には Ca によりテルミット還元を行なう。当社では昭和39年にUNCより高濃縮 UF₆ から二酸化ウラン粉末への転換に関する技術を導入した。この転換技術は UF₆ を有機還元剤を用いて気(UF₆)—液(有機還元剤)反応管で UF₄ に還元し、さらに水素気圏でスチームにより Pyrohydrolysis を行ない UO₂ 粉末へ変成するものである。

この技術に当社の研究結果を適用して高濃縮UF₆から金属ウランへの転換技術を開発した。

4. 結 言

以上簡単ながら当社の核燃料の精製および転換の概要を説明した。当社としては一応現在までに燃料サイクルからみた、天然、濃縮ウランの精製および転換の研究を行ない、すでに工業化試験を完了し高純度、高収率、低コストの製品を得る生産技術を確立した。

さてわが国の原子力発電に要する燃料所要量は原子力委員会の原子力開発利用長期計画によれば低濃縮ウラン量で昭和50年に約500t、55年に約1,000t、60年には約2,000tになる推定がなされているが、各電力会社の原子力発電計画は具体化とともに順次繰上げられ、さらに発電用原子炉の容量が増大する傾向がみられるので初期における燃料所要量は計画の推定量を著しく上廻るものと考えられる。わが国においてはこの所要核燃料の早期国産化は国策としても大いに期待されているが、当社のUO₂粉末は純度、物性ともに海外製品に劣るものではなく、むしろ勝るといつて決して過言ではない。本格的な原子力発電の時代を迎え核燃料メーカーの一員として、時宜に適した規模の核燃料物質加工事業の許可を申請中であり、核燃料の国産化に大いに寄与したい所存である。

末筆ながら当社の核燃料物質の転換あるいは精製に関して常に当局をはじめとし、日本原子力研究所ならびに動力炉・核燃料開発事業団の御指導と御援助に対して紙面を拝借し衷心より厚く御礼申し上げる次第である。

第4表 化学的性質および物理的性質

(1) 不純物 (単位 ppm U-base)

成分	含有率	規格	成分	含有率	規格
Ag	<0.2	<0.5	F	<10	<50
Al	<5	<9	Fe	<5	<43
B	<0.1	<0.3	Pb	<5	<5
C	<10	<80	Mo	<2	<3
Cd	<0.1	<0.3	Ni	<2	<4
Ca	<10	<25	N	<10	<36
Cl	<10	<20	Si	<10	<50
Cr	<2	<4	Sn	<1	<1
Cu	<2	<3	Ti	-	<40
T. RER	<0.2	<0.5	熱中性子全吸収断面積	43.4×10 ⁻⁵ cm ⁻¹	80×10 ⁻⁵ cm ⁻¹

(2) その他の性質

	O/U	FV/g/cc	平均粒径(μ)	比表面積(m ² /g)	ウラン分(%)	水分(%)
測定値	2.04	2.3	4.0	3.4	87.85	0.09
規格	2.02~2.07	1.8~3.8	1~3	2~5	>87.7	<0.1