

## <概要>

ウランが鉱石から原子炉の燃料として利用されるまでに、採鉱、製錬、転換、濃縮、燃料成型加工の各過程を経る必要がある。最終プロセスの燃料成型加工において、各種の原子炉で使用可能なように構造・材質を適合させた燃料要素または燃料集合体が製作される。世界の主要な核燃料製造会社とその工場所在地、生産規模を一覧表に示した。

## <更新年月>

2005年08月

## <本文>

核燃料リサイクルでは、一般に原子炉で使用するまでを核燃料リサイクルの上流部（アップストリーム）、原子炉から取り出された後を核燃料リサイクルの下流部（ダウンストリーム）と言う。核燃料製造会社は、この上流部の最終段階においてウランやプルトニウムを各種原子炉で使用する構造・材質の燃料要素（主に研究炉でいう）または燃料集合体を製造する、いわゆる燃料成型加工を行う。

天然に存在するウラン鉱石は、採鉱、製錬、転換、濃縮等の過程を経た後、核燃料製造会社に輸送されて成型加工され、原子炉で使用可能な燃料集合体となる。また、再処理で回収された二酸化プルトニウム（PuO<sub>2</sub>）またはウラン・プルトニウム混合酸化物（MOX）は、直接核燃料製造会社に輸送されて成型加工される。図1に核燃料リサイクル概念図を示す。

### 1. ウラン燃料加工工場

主要なウラン燃料加工工場では、原子力発電に多数用いられている軽水炉、カナダ型重水炉およびガス冷却炉用核燃料を生産している。軽水炉（BWR、PWR）用燃料の加工工場では、濃縮された六フッ化ウラン（UF<sub>6</sub>）を原料として、これから二酸化ウラン（UO<sub>2</sub>）粉末を製造し、この粉末を直径・高さともに約1cmの円柱形に押し固め、高温で焼き固めてペレットとする。このペレットをジルコニウム合金の管中に一列に並べて装填し、両端に金属栓を溶接して密封した燃料棒に加工し、これを燃料集合体に組み立てる。カナダ型重水炉（CANDU）用燃料の加工工場では、転換で得られた天然UO<sub>2</sub>粉末から、ペレット、燃料棒を経由して燃料集合体を組み立てる。ガス冷却炉（マグノックス炉）用燃料の加工工場では、転換で得られる四フッ化ウラン（UF<sub>4</sub>）を原料として、これをマグネシウムまたはカルシウムで還元して天然金属ウランとし、これを棒状に加工後、外面をマグネシウム合金で被覆し燃料集合体とする。

表1に世界の主要な商業ウラン燃料加工工場とその設備能力を示す。

日本の燃料加工工場には三菱原子燃料（株）、（株）グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパンおよび原子燃料工業（株）の3社がある。表2に日本のウラン燃料加工施設を示す。

なお、UF<sub>6</sub>からUO<sub>2</sub>を製造する過程を「再転換」という。三菱原子燃料（株）は、再転換も兼ねており450tU/年の処理能力を有する。この再転換工場は、燃料加工工場の一部として設置されていることが多く、再転換単独の施設は例が少ないが、日本では1999年9月30日に臨界事故を起した（株）ジェーシーオー（旧：日本核燃料コンバージョン（株））東海工場（生産規模：715tU/年；PWR、BWR、3tU/年；FBR（常陽））がそれである。2000年2月3日に事業許可が取り消しとなった。表3に日本の核燃料再転換施設を示す。

### 2. MOX燃料加工工場

MOX燃料加工工場では、再処理で回収されるPuO<sub>2</sub>またはMOX（U、Pu混合酸化物）を原料として、FBR、ATR、軽水炉（BWR、PWR）等に用いるMOX燃料を成型加工する。世界の主要なMOX燃料加工工場とその生産能力を表4-1、表4-2に示す。現在の日本における設備能力は、

新型転換炉原型炉「ふげん」用燃料製造施設の10トンMOX／年（核燃料サイクル開発機構（現日本原子力研究開発機構）・プルトリウム燃料第2開発室）および高速増殖炉燃料製造施設の5トンMOX／年（核燃料サイクル開発機構（現日本原子力研究開発機構）・プルトリウム燃料第3開発室）である。

---

#### <関連タイトル>

[世界のウラン製錬施設 \(04-04-01-05\)](#)

[原子炉型別ウラン燃料 \(04-06-01-03\)](#)

[PWR用ウラン燃料 \(04-06-03-02\)](#)

[BWR用ウラン燃料 \(04-06-03-01\)](#)

[日本のプルトリウム燃料製造施設と生産量 \(04-09-01-05\)](#)

[海外のプルトリウム燃料製造施設 \(04-09-01-06\)](#)

---

#### <参考文献>

- (1) Nuclear Engineering International: World Nuclear Industry Handbook, p.131-132 (1994)
  - (2) (社) 日本原子力産業会議：原子力ポケットブック 2005年版（2004年7月）、p.176-183
  - (3) (社) 日本原子力産業会議：原子力年鑑 2001/2002年版（2001年11月）、p.194
  - (4) 原子力委員会（編）：原子力白書 平成16年版（2005年3月）、p.243
-

表1 世界の主要ウラン燃料加工施設

国名	運営会社名等	所在地(または名称)	対象炉	規模(tU/y)
アメリカ	GE	ウィルミントン	LWR	1,200
	WH	コロンビア	LWR	1,350
	FC Fuels	リンチバーグ	LWR	400
	フラマトムANP	リッチランド	LWR	700
イギリス	BNFL	スプリングフィールド	Magnox	1,000tHM/年
	BNFL	スプリングフィールド	AGR	290tHM/年
	BNFL	スプリングフィールド	LWR	200tHM/年
フランス	SICN	Annecy	GCR	1,000
	SICN	Veurey-voroise	FBR	150
	フラマトムANP	ピエールラット	LWR	500
	フラマトムANP	FBFCロマンス	LWR	820
ベルギー	フラマトムANP	デッセル	LWR	500tHM/年
ドイツ	フラマトムANP	リンゲン	LWR	650tHM/年
イタリア	Fabbricazioni Nucleasri SpA	Bosco-Marengo	LWR	100tHM/年
スペイン	Enusa	ジュズバド	LWR	400tHM/年
スウェーデン	WH	ベステロス	LWR	500
中国	CNNC	四川省宜賓核燃料工場	発電用燃料	
	包頭	CANDU用燃料製造施設	CANDU	200
カナダ	GE Canada	ピーターボロー	CANDU	1200
	Zircotec Precision Industries	ポートホープ	CANDU	1,200tHM/年
南アフリカ	AEC	Pelindaba	LWR	100tHM/年
ロシア	TVEL	エレクトロスタリ工場	ペレット	800tHM/年
	TVEL	エレクトロスタリ工場	VVER-440	500tHM/年
	TVEL	エレクトロスタリ工場	VVER-1000	120tHM/年
	TVEL	エレクトロスタリ工場	RBMK	900tHM/年
	TVEL	エレクトロスタリ工場	BN-600	50tHM/年
	TVEL	ノボシビルスク工場	VVER-1000ペレット	100tHM/年
	TVEL	ノボシビルスク工場	VVER-1000	1,000tHM/年
カザフスタン	ウルバ冶金会社	ウスチカメノゴルスク	ペレット	2,000tHM/年

1996.7閉鎖

[出典]Nuclear Engineering International(編):World Nuclear Industry Handbook, p.268-269(1999)

日本原子力産業会議(編):原子力ポケットブック2005年版(2004年7月)、p.176-183

# 表2 日本のウラン燃料加工施設

(2004年3月現在)

事業者名	技術提携	事業所名	炉型別	加工能力			事業許可 年月	事業開始 年月
三菱原子燃料(株)	WH社	三菱原子燃料(株)	加圧水型	計440tU/年	100tU/年		1972.1	1972.1
					280tU/年	(180tU/年 増)	1972.1	1973.1
					420tU/年	(140tU/年 増)	1972.10	1973.6
					440tU/年	(20tU/年 増)	1987.7	1988.5
(株)グローバル・ ニュークリア・フュ エル・ジャパン	GE社	(株)グローバル・ ニュークリア・フュ エル・ジャパン	沸騰水型	計750tU/年 (棒状)	140tU/年		1968.8	1970.8
					210tU/年	(70tU/年 増)	1970.5	1971.12
					490tU/年	(280tU/年 増)	1972.1	1974.9
					640tU/年	(150tU/年 増)	1985.2	1985.4
原子燃料工業(株)	フラマトム社	熊取事業所	研究炉	加工事業廃止 (注)	750tU/年	(110tU/年 増)	1993.4	1994.10
					500体/年		1972.9	1972.9
					950体/年	(450体/年 増)	1972.12	1973.3
					475kgU/年	(濃縮度90%以上)	1975.8	1975.8
		東海事業所	加圧水型	計284tU/年 (棒状)	加工事業廃止		2001.2	
					40tU/年		1975.8	1976.2
					85tU/年	(45tU/年 増)	1978.9	1979.4
					265tU/年	(180tU/年 増)	1982.7	1984.1
					324tU/年	(59tU/年 増)	1992.11	1993.9
					284tU/年	(40tU/年 減)	1998.10	1999.9
			沸騰水型	計220tU/年 (棒状)	40tU/年		1978.9	1980.1
					100tU/年	(60U/年 増)	1982.7	1983.5
					200tU/年	(100tU/年 増)	1985.11	1986.9
					250tU/年	(50tU/年 増)	2003.12	

(注)処理能力の表示の変更

[出典]原子力委員会(編):原子力白書 平成16年版(2005年3月), p.244

# 表3 日本の核燃料再転換施設

(2004年3月現在)

事業者名	事業所名	炉型別	加工能力	事業許可 年月	事業開始 年月
三菱原子 燃料(株)	三菱原子 燃料(株)	加圧水型	1.0tUO <sub>2</sub> /日	1972.1	1972.12
			計450tU/年 1.5tUO <sub>2</sub> /日 (0.5tUO <sub>2</sub> /日 増)	1972.10	1973.5
			2.0tUO <sub>2</sub> /日 (0.5tUO <sub>2</sub> /日 増)	1977.8	1978.4
			450tU/年	1982.3	1982.3

(注)処理能力の表示の変更

[出典]原子力委員会(編):原子力白書 平成16年版(2005年3月), p.243

表4-1 世界の主要MOX燃料加工施設(1/2)

国名 所在地 プラント名	所有者	運転開始年	設備能力 (トン/年)	プロセス	加工実績・現状
フランス COGEMAカダラッシュ CFCa (運転中)	コジェマ <sup>1)</sup> COGEMA	・1970年FBR 開始 ・1991年PWR 開始	35tHM (40tMOX) (PWR,FBR)	COCA <sup>2)</sup> MIMAS <sup>3)</sup>	・FBR燃料研究開発で23tHM製造。FBR用約10tHM/年規模 ・2006年まで全容量ドイツ電力会社の燃料製造のための予約 ・1996年ISO9002、99年ISO14001認定 ・新耐震基準適合なく、MELOXへの集約検討中
フランスマルクール MELOX (運転中)	COGEMA50% フラマトム50%	・1994年8月 CFCa製造の MOX組立開始 ・1995年1月 MOX粉取扱 開始	100tHM (115tMOX) (PWR,BWR)	Advanced- MIMAS	・1989年1月建設開始 ・1996年4月ペレット/燃料棒製造認可取得 ・1999年末まで約400tHM製造 ・1999年BWR-MOX製造開始、250tHM/年生産可能 ・1997年ISO9002、99年ISO14001認定 ・1998年8月BWR-MOX燃料約30tHM/年対応取得
ベルギー モルデッセルPO (運転中)	ベルゴ ニュークリア (BN)	・1973年 ・1986年～工業 規模 LWR-MOX生産	40tHM (PWR,BWR)	MIMAS	・1986～2000年で約441tHM(PWR860体、BWR336体) ・1995～2000年大規模改修実施 ・1995年ISO9002認定、2000年ISO14001認定
ドイツ ハナウ 旧プラント (閉鎖)	シーメンス	1972年	25tHM (PWR,BWR, FBR)	AUPuC <sup>4)</sup> OCOM <sup>5)</sup>	・1991年プラント停止 ・1993年末までFBR6tHM、ピン2.6万本 LWR158tHM、ピン7.7万本 ・1994年4月閉鎖決定、残留核物質処理のための加工運転
ドイツ ハナウ 新プラント (建設中止)	シーメンス	-	120tHM	OCOM	・工場95%完成し1993年運転開始予定が訴訟によりめど立たず、 1995年6月電力側支援打ち切り ・1995年ロシア解体核プルトニウム利用でMOX加工提案した が中止
イギリス セラフィールド MDF <sup>6)</sup> (運転中)	BNFL <sup>7)</sup>	1993年	8tHM (PWR,BWR)	SBR	・1990年建設計画申請を提出 ・スイスベツナウ、ドイツ、日本へ供給 ・1999年末まで約17tHM製造 ・MOXデータねつ造問題で、1999年より操業一時停止
イギリス セラフィールド SMP <sup>8)</sup> (調整中)	BNFL	2001年以降	128tHM (PWR,BWR)	SBR	・1994年4月建設開始 ・1995年7月建屋完成、設備据付開始 ・1998年10月環境庁第一段許可 ・1999年6月ウラン装荷部分操業許可、ウラン試験開始 ・プルトニウム試験政府許可発給待ち

tHM:プルトニウムとウランの金属成分の重量トン、tMOX:プルトニウムとウランの酸化物としての重量トン

1)1991年1月以前はCEA/COGEAM、2)Cobroyage Cadarache法、3)Micronized Masterblend法、4)Ammonium-Uranyl-Plutonyl-Carbonate法、5)Optimized Co-Milling、6)MOX Demonstration Facility、7)1994年4月以前はBNFL/UKAEA、8)Sellafield MOX Plant、9)Microwave Heating、10)Research Institute of Atomic Reactor、11)Advanced Fuel Fabrication Facility

表4-2 世界の主要MOX燃料加工施設(2/2)

国名 所在地 プラント名	所有者	運転開始年	設備能力 (トン/年)	プロセス	加工実績・現状
日本 プルニウム第2開発室 (運転中)	サイクル機構	1972年	10tMOX (ATR)	MH粉 <sup>9)</sup> 、 単体粉剤利用	・1988年までFBR常陽燃料製造 ・1972-2000年末150tMOX製造
日本 プルトリウム第3開発室 (運転中)	サイクル機構	1987年	5tMOX (FBR)	MH粉、 単体粉利用	・1987年ウラン試験、1990～96年「もんじゅ」燃料約10tMOX製造 ・2001年3月までプルトリウム施設全体で約169tMOX製造 ・2001年3月ISO9001認定
日本 JMOX (設計中)	日本原燃	2008～ 2009年頃	130tHM (BWR,PWR)	MH粉末 利用	・1999年3月日本原燃が技術調査開始 ・2000年11月MOX燃料加工事業主体の要請受託
ロシア チェリアピンスク マヤク・パケット (運転中)	MINATOM	1980年年代	1tMOX (FBR)	U/Pu共沈法 機械混合 (GRANAT)	・1996年まで0.3tMOX/年(10～12体)規模でBR5、BN-350、 BN-600ピンを約7,100本(2tMOX)製造 ・1997年以降 1tMOX/年(30～40体) ・実験室規模の解体核MOX燃料製造
ロシア デミトログラード PIAR <sup>10)</sup> (運転中)	MINATOM	1985年	1tMOX (FBR)	振動充填	・BOR60,BN-600燃料製造可能 ・2000年末までにBOR60用459体、BN-600用13体、BN-350用 2体、ピン約18,900本製造
ロシア チェリアピンスク マヤク 複合施設300 (建設中断)	MINATOM		60tMOX (VVER1000、 FBR)	U/Pu共沈法 機械混合	・加工施設300は約80%完成、貯蔵施設281は約20%完成 ・資金不足のため中断
インド タラパール AFFF <sup>11)</sup> (運転中)		1994年	5tHM (BWR)	機械混合	・1994年5月最初のBWR(TAPS-1)用MOX2体搬出 ・1999年までにBWR(TAPS-1、-2)用MOX14体搬出

tHM:プルトリウムとウランの金属成分の重量トン、tMOX:プルトリウムとウランの酸化物としての重量トン

1)1991年1月以前はCEA/COGEAM、2)Cobroyage Cadarache法、3)Micronized Masterblend法、4)Ammonium-Uranyl-Plutonyl-Carbonate法、5)Optimized Co-Milling、6)MOX Demonstration Facility、7)1994年4月以前はBNFL/UKAEA、8)Sellafield MOX Plant、9)Microwave Heating、10)Research Institute of Atomic Reactor、11)Advanced Fuel Fabrication Facility

[出典]日本原子力産業会議:原子力年鑑 2001/2002年版(2001年11月)、p.194

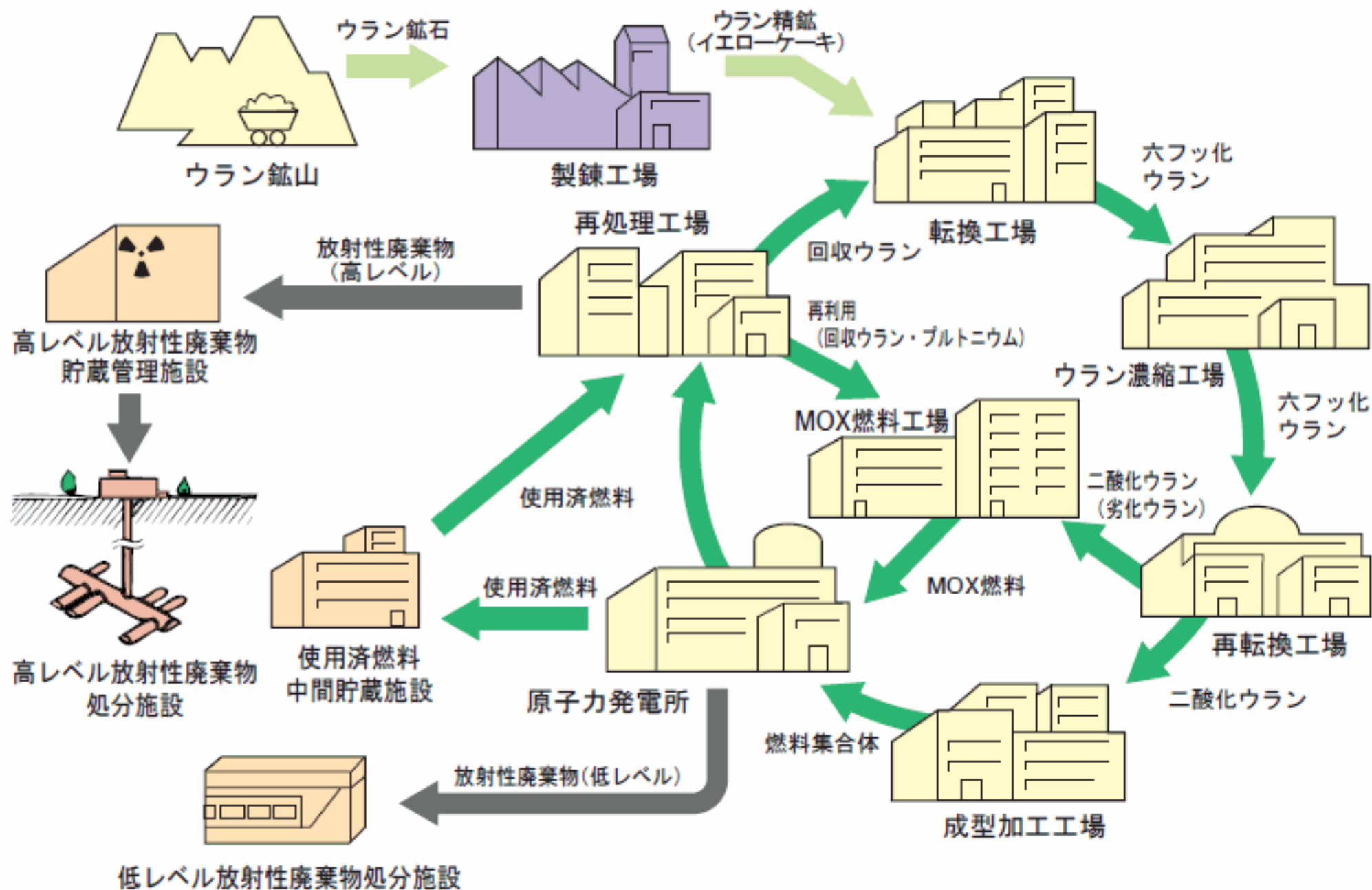


図1 核燃料リサイクル概念図

[出典] 電気事業連合会：「原子力・エネルギー」図面集 2004-2005、7-4(2004年12月)