



海外ウラン濃縮企業動向

目 次

1. 世界の4大ウラン濃縮企業	
1) 経緯	3
2) 最近の動向概要	4
2. 海外ウラン濃縮企業の動向	
1) USEC Inc.	6
(1) 会社概要	6
(2) 濃縮施設	6
(3) ACP(American Centrifuge Plant)計画	10
(4) ロシアからの低濃縮ウラン輸入	15
(5) 経営状況	17
(6) USECの劣化UF ₆ 対策	19
(7) DOEの劣化UF ₆ 処理プロジェクト	20
2) AREVA SA	22
(1) 会社概要	22
(2) 濃縮施設	23
(3) イーグル・ロック濃縮工場 (EREF: Eagle Rock Enrichment Facility) 計画	25
(4) 経営状況	26
(5) 劣化UF ₆ 対策	27

3) URENCO	27
(1) 会社概要	27
(2) 濃縮施設	28
(3) 遠心機技術開発	32
(4) 経営状況	32
(5) ウレンコ株の売却問題	33
(6) 劣化 UF ₆ 対策	34
4) ROSATOM	35
(1) 会社概要	35
(2) 濃縮施設	36
(3) 遠心機技術開発	37
(4) 経営状況	38
(5) 劣化 UF ₆ 対策	39
(6) 劣化 UF ₆ の再濃縮	40
(7) 中国への濃縮技術輸出	40
5) GE-Hitachi	41
(1) SILEX 法レーザーウラン濃縮工場建設計画	41
引用参考資料	43

1. 世界の4大ウラン濃縮企業

1) 経緯

1960年代に入り、原子力の平和利用による商業用原子力発電の利用の開始にともない、それまで核兵器用の高濃縮ウラン製造に使用されていた米国政府所有の3つのガス拡散法による濃縮工場（パデューカ濃縮工場、ポーツマス濃縮工場、オークリッジ濃縮工場）で合計の濃縮役務能力は1970年代初めで約17,000tSWU/y）は軽水炉用燃料の低濃縮ウラン生産にも利用されるようになった。米国は、1979年にフランスのガス拡散法による商業用のジョルジュ・ベスI濃縮工場（濃縮役務能力10,800tSWU/y）が運開するまで西側のウラン濃縮役務需要の全てを賄っていた。1990年代になると1970年代からイギリス・オランダ・ドイツ3国の国際共同企業体として設立された商業用ウラン濃縮会社URENCOが開発した遠心機分離法による濃縮工場が徐々に生産を拡大し、2000年には4,800tSWU/yに達した。遠心分離法は、ガス拡散法に比べて分離段当たりの分離係数が非常に大きく、設備規模が小規模でも商業化が可能であり、需要に応じた濃縮役務容量の拡大が可能で設備投資が機動的にできる。さらには、消費電力がガス拡散法の約1/50と大幅に少ないことから、2度の石油ショックによる化石燃料の高騰による電力価格の上昇にも対応できたことでURENCOは2000年代に大きな発展を遂げ2008年には濃縮役務容量は11,000tSWU/yに達し、米国のUSECの8,000tSWU/y、AREVAの10,800tSWU/yを抑え西側では第一位となった。2012年9月の時点では15,900tSWU/yに達している。（表1参照）

表1 世界の主要ウラン濃縮企業の濃縮役務容量の遷移（tSWU/y）

	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
USEC	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
ROSATOM ¹⁾	22,500	22,500	27,000	27,500	28,600	(28,600)
AREVA	10,800	10,800	10,800	10,800	10,800	2,500
URENCO ²⁾	9,600	11,000	12,200	13,000	14,600	15,900*
CNNC(中国)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	1,500
JNFL(日本) ³⁾	300	150	150	0	0	37.5
小計	52,200	53,450	59,150	60,300	63,500	56,537.5**
ロシア HEU	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500
合計	57,700	58,950	64,650	65,800	69,000	62,037.5

*：2012年9月時点⁴⁾

**：ROSATOMの2012年末の濃縮役務能力を2011年末と同じと仮定した場合

共産圏では、米国同様に旧ソ連が核兵器用の高濃縮ウラン製造のためのガス

拡散法の濃縮施設を所有していたが、1960年代に入り、ドイツの遠心分離機技術をもとに開発した遠心機を用いた濃縮施設建設計画がスタートし、1980年代の終わり頃から1990年代にかけて全て遠心分離法の濃縮施設に更新された。濃縮役務容量は1980年代の終わり頃までに20,000tSWU/yに達している。冷戦時代は、旧ソ連国内と東欧などの共産圏諸国に濃縮ウランを供給していたが、冷戦終了後では、原子力国営企業 ROSATOM の基に、EU 諸国をはじめとして世界各国に濃縮役務の輸出を行っていて、2011年の濃縮役務容量は28,600tSWU/yと世界最大であり、かつ、西側の企業に比べて濃縮役務コストが安く米国とEUは国内企業の保護のために、ロシアからの濃縮役務輸入量に一定の制限を設けている。

2) 最近の動向概要

ガス拡散法から遠心分離法への転換に後れをとっている AREVA と USEC は、電力価格の上昇で濃縮役務コストが上昇し事業の採算性が悪化し、かつ老朽化したガス拡散法濃縮工場を停止し、遠心分離法による新しい濃縮工場建設計画を進めている。

AREVA は、2003年10月に URENCO の遠心機の開発、製造及びプラントエンジニアリングを担当する ETC ((Enrichment Technology Company Limited)に50%の資本参加する協定を URENCO と締結した。2006年7月1日より ETC の共同経営者となり ETC より遠心機の供給を受けて、ジョルジュ・ベス I 濃縮工場のサイト内に遠心分離法による濃縮役務容量 7,500tSWU/y の ジョルジュ・ベス II (GB II) 濃縮工場を建設中であり、2012年末で濃縮役務容量は2,500tSWU/yに達し2016年に完成する予定である。ジョルジュ・ベス I 濃縮工場は2011年5月14日より停止のための運転に入り、2012年6月7日、33年間にわたる運転を終了している。また、AREVA は、米国のアイダホ州イーグル・ロック (Eagle Rock) に遠心分離法の濃縮工場建設計画(濃縮役務容量は最大6,600tSWU/y)を進めていて、ヨーロッパの金融危機と福島第一原子力発電所の事故の影響で建設着工が遅れているが2014年には建設を開始する予定である。

USEC は、1999年より DOE と共同研究開発協定を結びガス拡散法に代わる次世代濃縮技術として遠心分離法技術開発プロジェクト ACP (American Centrifuge Plant) 計画を開始した。その技術開発は、1960年から1985年まで米国政府が約34億ドルの資金を投資して開発した GCEP 計画の大型遠心機の技術を基に、新材料の利用、遠心機制御技術の改良等により低コストで高効率の新型遠心分離機 (American Centrifuge) を開発するもので、GCEP の研究開発が行われたオークリッジの研究施設で2006年12月までに遠心機単機の分離性能として350kgSWU/yを達成した。遠心分離法の新濃縮工場としては、ポーツマス濃縮工

場サイト内の GCEP 実証施設を再利用して遠心機 11,500 台（96 カスケード）で濃縮役務容量 3,500tSWU/y を目指し、2007 年 5 月 31 日より建設を開始するとともに 2007 年 8 月から商業用遠心機の先行機によるカスケード運転試験（遠心機 38 台）を開始した。2008 年 12 月には、建設資金確保のため政府の債務保証制度（保証金額 20 億ドル）に応募したが、2009 年 7 月 28 日、DOE は突然 USEC に対して債務保証申請の取り下げを勧告した。その理由として、「ACP は次世代のウラン濃縮技術を用いているが、商業化規模の運転に移行できる準備はできていない。よって、連邦政府の債務保証を受ける基準を満たしていない。」と言うもので、債務保証の申請は保留状態にある。USEC は DOE の資金援助を受けながら技術実証と資金確保に努力を傾けているが、いまだに債務保証の許可は下りていない。現在、DOE の資金援助を受けて、最後のチャンスとなるであろう研究・開発・実証（RD&D：research, development and demonstration）プログラム（DOE が資金の 80%、2.8 億ドルを、USEC が 20%、0.7 億ドルを負担し、遠心機 11,500 台、96 カスケードから成る ACP の 1 カスケード分（商業用遠心機 AC100 を 120 台）を用いて商業運転条件で濃縮試験を行い分離性能、遠心機の信頼性を確認するもの）を 2012 年 6 月から 2013 年末までの 19 か月間の予定で実施中である。

2011 年の世界市場の占有率は、ROSATOM (TENEX/TVEL) が 28%、URENCO が 29%、AREVA が 12%、USEC が 21%、その他が 10%である。（表 2 参照）世界のウラン濃縮役務需要は年間約 50,000tSWU であるが、世界のウラン濃縮工場のウラン濃縮役務容量は 2012 年末で約 56,500tSWU/y 以上と推定され、また、これ以外にも 2013 年までは 1995 年 5 月 31 日から供給が開始されたロシアと米国の 2 国間協定に基づくロシアの核兵器の解体によって発生した高濃縮ウランを希釈した低濃縮ウラン供給が濃縮役務量では年間約 5,500tSWU に相当し、これを加えた濃縮役務量は合計では 62,000tSWU/y で、このような供給過剰状態が長らく続いている。（表 1 参照）

このため、ウラン濃縮企業間の競争は厳しく、低コスト遠心機を用いたロシアのウラン濃縮役務コストは西側の企業に比べて大幅に安く、米国と EU はロシアからの濃縮役務輸入量に一定の制限を設けている。また、かつて核兵器用高濃縮ウランの製造のために開発された電力多消費型のガス拡散法を用いたウラン濃縮施設は、老朽化と化石燃料の価格上昇にともなう電力価格の上昇で濃縮役務コストが増加して採算が厳しくなり、電力消費量がガス拡散法の約 1/50 である遠心分離法に置き換わりつつあり、2012 年 6 月 3 日には AREVA のガス拡散法のジョルジュ・ベス I 濃縮工場（濃縮役務能力 10,800tSWU/y）が停止し、現在唯一の大規模ガス拡散法濃縮工場である USEC のパデューカ濃縮工場も 2013 年 5 月 31 日で運転を終了する予定である。

表2 世界の4大ウラン濃縮企業の市場占有率の遷移

	2007年 ⁵⁾	2008年 ⁶⁾	2009年 ⁷⁾	2010年 ⁸⁾	2011年 ⁹⁾
USEC	29%	22%	25%	24%	21%
ROSATOM	20%	26%	27%	28%	28%
AREVA	24%	25%	17%	14%	12%
URENCO	23%	25%	25%	27%	29%
その他	4%	4%	6%	7%	10%

2.海外ウラン濃縮企業の動向

1)USEC Inc.

(1)会社概要¹⁰⁾

USEC Inc.は、1992年10月に米国政府会社として発足し、それまでエネルギー省(DOE: Department of Energy)が実施していたウラン濃縮事業を引き継いだ。

1998年7月28日までに、株式を公開し完全民営化された。

USEC Inc.は、2つの子会社(United States Enrichment CorporationとNAC International Inc.(NAC))を持ち、低濃縮ウランの役務生産及び販売(DOE所有のパデューカ濃縮工場をリース契約によって借りている)、ロシアの核兵器解体高濃縮ウランの希釈低濃縮ウランの買取り及び米国内電力会社への販売(米国政府とロシアとの政府との協定の米国側の実施代表機関)等を行っている。

民営化したとはいえ、米国政府所有の施設のリース、委託業務の受注等、米国政府からの便宜供与を受けている。

(2) 濃縮施設

①ポーツマス濃縮工場(図1及び写真1参照)¹¹⁾

1952年、オハイオ州パイクトン(Piketon)で軍事用のガス拡散法による高濃縮ウラン生産工場として運転を開始した。

1960年代からは、商業用軽水炉燃料のための低濃縮ウラン生産工場となり、1993年7月より、DOEからUSECに運転が移管された。

フル操業時の濃縮役務能力は7,400tSWU/yで、分離段数は1,400段、ピーク消費電力は2,100MWであった。

2001年5月、濃縮ウランの生産を終了し、2002年には製品ウランの搬出を完了して運転を終了した。その後は、濃縮工場の運転の必要性が生じた場合、18か月から24か月以内に3,000tSWU/yの運転に復帰できる状態(cold standby)に維持¹⁾する契約をDOEから委託され、USECが維持管理をしていたが、2006年



写真1 ポーツマス濃縮工場



図1 米国の濃縮工場の位置

初めに、施設の廃止措置に備えた施設の維持管理（cold shutdown）契約に変更となり、2011年3月28日まで契約が継続した。^{10),12)}

ポーツマス濃縮工場の廃止措置については、2010年8月に、Fluor Corp. と Babcock & Wilcox Company の合弁企業“Fluor-B&W Portsmouth LLC”が委託企業として DOE によって選定され、ポーツマス濃縮工場の管理も 2011年9月30日を持って Fluor-B&W Portsmouth LLC に移管されて、DOE の管理下の施設として NRC の規制対象施設から除外された。濃縮設備の除染・解体など契約期間は 10年間（最初の5年間の作業の完成度と DOE の必要性に応じて5年間延長）で契約額は 21億ドルである。^{13),14)}

また、ポーツマス濃縮工場サイト内にある 1960年から1985年まで開発が行われた遠心分離法（GCEP）の実証施設を再利用して、USEC は遠心分離法開発計画（ACP（American Centrifuge Plant）計画）を進めていて、遠心分離法濃縮工場建設と先行カスケードによる実証試験が各々2007年5月と2007年8月から開始されたが開発資金の確保のめどが立たず、当初の計画より大幅に遅れている。

②パデューカ濃縮工場(図1及び写真2参照)¹⁵⁾

1952年、ケンタッキー州パデューカ(Paducah)で軍事用のガス拡散法による濃縮工場として運転を開始した。パデューカ濃縮工場は、低濃縮専用の工場として建設され、ポーツマス濃縮工場及びオークリッジの濃縮工場（K-25）へ低濃縮ウランを供給していた。

1960年代からは、ポーツマス濃縮工場と同様に商業用軽水炉燃料のための低濃縮ウラン生産工場となり、1993年7月より、DOE から USEC に運転が移管された。³⁾フル操業時の濃縮役務能力は 11,300tSWU/y で、分離段数は 1760 段、ピーク消費電力は 3,040MW であった。

現在は、USEC が DOE より工場をリースして商業運転を行っていて、最大濃縮役務能力は 8,000tSWU/y だが生産実績は約 5,000tSWU/y～6,500tSWU/y である。

また、DOE との協定により、USEC は現在開発中の遠心分離法による商業濃縮工場（3,800tSWU/y）の完成6か月前までは、最低 3,500tSWU/y の生産を行うことが義務付けられている。¹⁰⁾

ガス拡散法は、²³⁵UF₆分子と²³⁸UF₆分子の細孔を持つ多孔質膜の通過割合の微小な差を利用して²³⁵UF₆を濃縮する方法で、1回の膜の通過では最大でも 1.0043 倍までしか濃縮することができず、そのため、大型の圧縮機で昇圧を繰り返しながら千数百回多孔質膜が納められた拡散筒を通過させる必要があり、圧縮機等の使用電力は莫大な量で、パデューカ濃縮工場の平均使用電力は近年で最大の濃縮役務生産を行った 2008 年では 1,680MW であった。濃縮役務コストに占める電力費の割合は 70%～75%と非常に多く、電力価格の上昇は利益の減少に



写真2 パデューカ濃縮工場

つながり経営を圧迫している。パデューカ濃縮工場は国営電力会社の TVA (Tennessee Valley Authority:テネシー川流域開発公社) と電力供給契約を結んでいるが、化石燃料価格の上昇により電力価格は上昇を続けていて、2007年に8%、2008年に15%、2009年に6%、2010年に10%、2011年に15%上昇し、濃縮役務生産の採算が成立しない状況になりつつあった。^{13),16)}

2011年12月、USECはDOEに対してTVAとの電力供給契約の期限である2012年5月31日までにパデューカ濃縮工場のリース契約を終了しDOEへ返却する旨の手紙を出し、1200人従業員に対しても同様の内容の手紙を送った。DOEはこれに対して、ACPの資金確保とパデューカ濃縮工場の雇用確保を支援するオハイオ州(ポーツマス遠心分離法濃縮工場立地州)とケンタッキー州(パデューカ濃縮工場立地州)選出の上院及び下院議員の突き上げもあり、議会で要求されていたDOE所有の高濃度の劣化UF₆の再濃縮役務をUSECに委託する調整を行った。

2012年5月15日、DOEはワシントン州の公営電力会社(小規模な28社の公営電力会社から構成されている)Energy Northwest(ENW)とDOE所有の劣化UF₆、9,075tU(パデューカ濃縮工場に貯蔵されている)を売却する契約を結んだ。この契約には、ENWがこの劣化UF₆の再濃縮契約(約5,000tSWU)をUSECと

結び、低濃縮ウラン 482tU を生産すること、そして、482tU の内 435tU は TVA に売却（2015 年から供給開始予定）し、TVA は所有する原子力発電所で燃料として使用し、その際に NNSA（National Nuclear Security Administration：国家核安全保障局）との核兵器用のトリチウム生産契約（15 年間）に利用することが含まれている。また、TVA は USEC と 2012 年 6 月からの電力供給契約を結ぶことも合意に達した。¹⁷⁾

残りの 47tU は ENW 所有のコロンビア原子力発電所の燃料として使用される。この契約によって、ENW は 2014 年から 2017 年の間で 80 百万ドルの節約を生み出すと発表している。¹⁸⁾

なお、濃縮役務で発生した劣化ウランは DOE に返還され、DOE が処分することになっている。¹⁷⁾

USEC はこの契約によって、1 年間のパデューカ濃縮工場での濃縮役務収入が保証され（恐らく好条件の利益率と思われる）、ACP の遂行資金に充てることができる。DOE は、15 年間にわたって、NNSA のトリチウム生産のために米国起源の他国に縛られない低濃縮ウランの供給を確保でき、また、パデューカ濃縮工場の廃止措置計画策定のため 1 年間の余裕期間を確保できる利点を挙げているが、¹⁹⁾USEC への資金支援が主目的であることは明白である。

2013 年 5 月以降のパデューカ濃縮工場の運転については、2012 年 11 月 1 日の USEC の発表²⁰⁾では運転の継続は望まないようである。濃縮役務の供給契約については、開発中の遠心分離法濃縮工場 ACP の運転が始まるまでは、2011 年 3 月 24 日に TENEX と契約した 2013 年から 2022 年までの 10 年にわたる濃縮役務購入契約（2015 年まで現在のロシアの核兵器解体で発生する高濃縮ウランの希釈低濃縮ウランの年間購入量約 5,500tSWU の半分まで段階的に購入量を増やし、その後は 5,500tSWU までさらに増やすことができるオプション契約）²¹⁾と現在の在庫（2011 年末において 10.486 億ドル分¹³⁾で、濃縮役務価格を 120 ドル/kgSWU とする在庫量は約 8,740tSWU）で対応するとしている。

(3) ACP(American Centrifuge Plant)計画

1999 年より、DOE との共同研究開発協定下において Battelle LLC と共同（現在のパートナーは B&W）でガス拡散法に代わる次世代濃縮技術として遠心分離法の技術開発を開始した。技術開発は、1960 年から 1985 年まで米国政府が約 34 億ドルの資金を投資して開発した GCEP 計画の大型遠心機(写真 3,4,5 参照)の技術を基に、新材料の利用、遠心機制御技術の改良等により低コストで高効率の新型遠心分離機（American Centrifuge）を開発するもので、2002 年 6 月 17 日に DOE と締結した米国内のウラン濃縮事業についての長期的な包括協定のなかで、American Centrifuge の商業プラントへの導入計画である ACP 計画の詳細ス

ケジュール等が定められた。なお、この協定には、USEC の責任による開発スケジュールの遅れにより商業工場の運転開始時期に影響を与えるようなことがあれば、DOE は、協定の終了等、種々の USEC への便宜供与を取りやめることを要求できることが明記されている。¹³⁾

技術開発は、GCEP の技術開発が行われたオークリッジの K-1600 施設(写真 6 参照)で行われており、2005 年 1 月から実証遠心分離機による試験を開始し、2006 年 12 月までに遠心機の単機性能として約 350kgSWU/y の性能(目標性能は 320kgSWU/y)を達成^{1), 4)}した。2007 年 4 月には、ポーツマス濃縮工場サイト内の GCEP の実証施設建屋を再利用した商業濃縮工場の建設・運転許可を NRC が発行し、2007 年 5 月 31 日から建設工事が開始された。また、同じ建屋内に商業機の原型機である遠心分離 38 台から成る先行カスケード試験が 2007 年 8 月から開始され、2007 年 10 月には製品として十分な濃度のウラン濃縮に成功した。^{22), 23)}

ACP プロジェクトの予算は、当初 17 億ドルと予想されていたが、2007 年 2 月の評価では 23 億ドルと増加した。USEC は ACP 建設費として 2007 年下期に優先権付利付転換社債 5.75 億ドルと株式の発行により 7.75 億ドルを調達したが、2008 年 2 月の評価では必要予算は 35 億ドルとさらに増加しさらなる資金確保が必要となった。しかしながら、2008 年 9 月 15 日に発生した米国の投資銀行リーマン・ブラザーズの経営破綻に端を発した世界的金融危機の影響もあり USEC の会社信用度に基づく資金の市場からの借り入れができなくなった。このため、Energy Policy Act of 2005 で設定された先進的フロント・エンド核燃料サイクル施設建設資金への連邦政府の債務保証(2008 年度予算枠は 20 億ドル)を受けるべく 2008 年 8 月 29 日までに保証額 20 億ドルの申請を行ったが、2009 年 7 月 28 日、DOE は突然 USEC に対して債務保証申請の取り下げを勧告した。その理由として、「ACP は次世代のウラン濃縮技術を用いているが、商業化規模の運転に移行できる準備はできていない。よって、連邦政府の債務保証を受ける基準を満たしていない。」と言うもので、申請を取り下げれば、12~18 か月の研究開発の期間と開発資金 45 百万ドルを与え、その間に技術と資金の障害を乗り越えられれば再申請の機会を与えるとの条件を提示した。²⁵⁾

これに対して USEC は納得せず、DOE と USEC の間で調整が行われた結果、2009 年 8 月 4 日、両者は技術的課題と追加の資金確保策の問題が解決されるまで債務保証の最終審査を延期すると発表した。延期の期間については、これらの課題を解決するには 6 か月もしくはそれ以上かかるとの認識で一致し、DOE は 45 百万ドルの資金提供を約束した。

USEC は、先行カスケード試験や遠心機製造による技術的課題の克服と実証データの蓄積、そして、資金提供者の獲得に資金及び努力を集中し、ACP の設

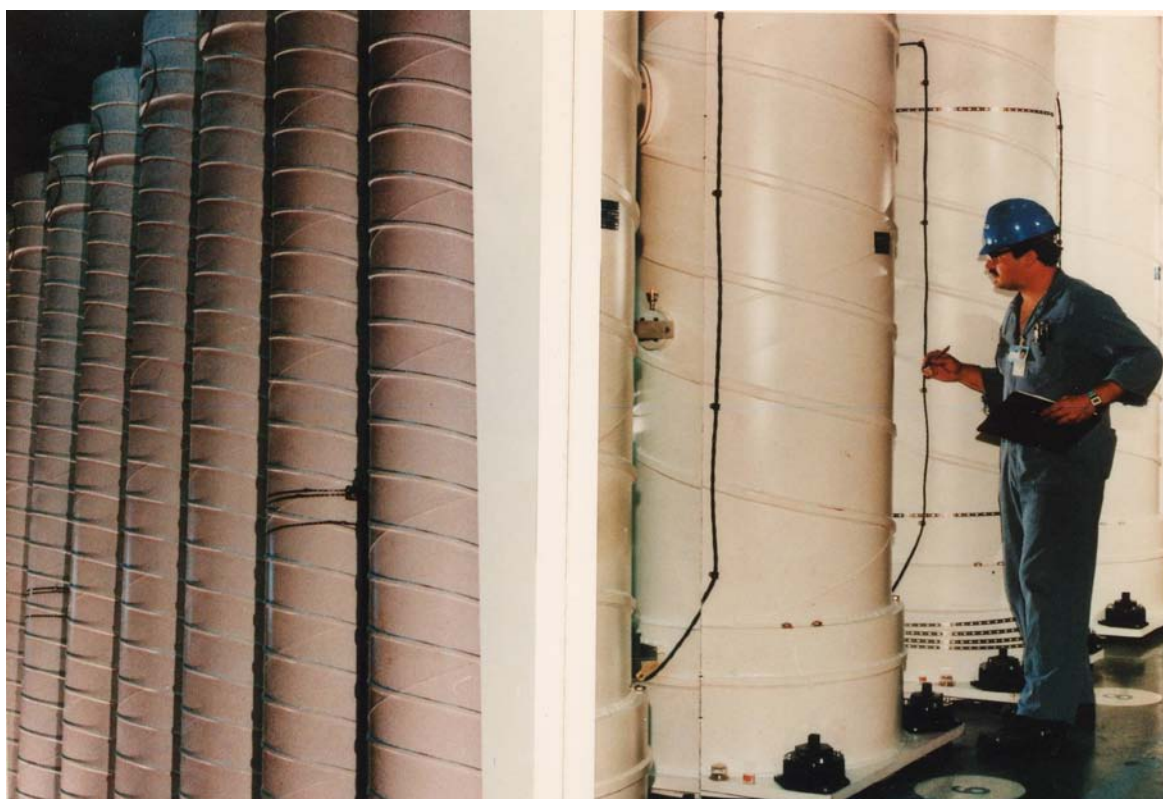


写真3 DOE の GCEP 計画の大型遠心機



写真4 DOE の GCEP 計画の大型遠心機



写真5 DOEのポーツマス施設内のGCEP計画商業実証設備

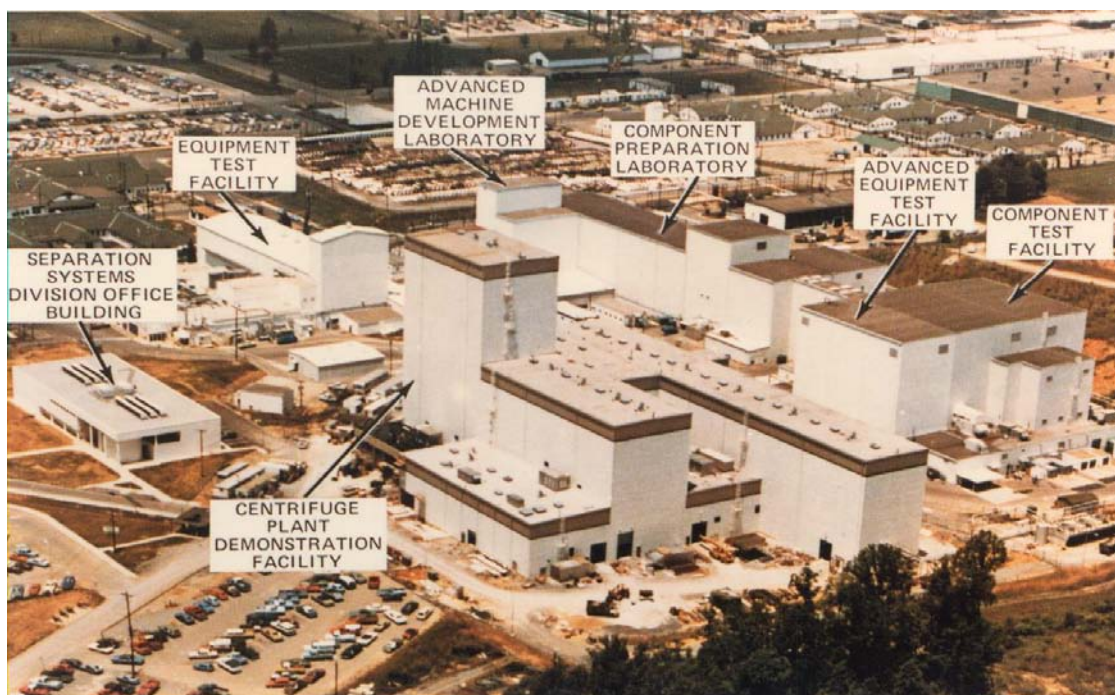


写真6 オークリッジのGCEP試験施設 (K-1600)

計・建設作業は2009年8月で停止した。これによって、建設関係の企業への違約金や関係企業の人員解雇が発生している。

原型機による先行カスケード試験は2010年4月に終了し、2010年3月からはACPで使用予定のAC100機による先行カスケード試験が開始された。また、2010年5月25日には、東芝とB&Wが総額で2億ドル（各々1億ドルずつ）の投資をすることが発表され、2010年9月2日に最初の0.75億ドル（投資は、3回に分けて協定の条件に応じて0.75億ドル、0.5億ドル、0.75億ドルの額が払い込まれる）の投資の手続きが完了した。次の0.5億ドルはDOEの20億ドルの債務保証の仮約束をDOEから受けた時で、最後の0.75億ドルはDOEからの債務保証の手続きが完了した時と定められていて、USECは2011年中には全ての投資を受けられるとの予想で、第2段の投資の期限は2011年6月30日に設定されていた。¹²⁾しかしながら、2009年9月にDOEの債務保証制度から5.35億ドルの債務保証を受けた太陽電池メーカーのSolyndraが2011年8月3日に倒産した影響が大きく、議会の反対の声（ACPの立地州や建設関係企業の地元州の議員は債務保証の承認をDOEに求めている）もありUSECの債務保証に対してDOEは慎重になっておりいまだにDOEの判断は下されていない。

2011年末までのACP計画に対する累積投資額は約22億ドルで、2007年～2011年の5年間で約7.4億ドルを投資していて、パデューカ濃縮工場の利益率の低下とロシアからの解体核兵器の高濃縮ウランの希釈低濃縮ウランの輸入原価の上昇で、販売収入に占める生産・販売コストの割合は2007年の85.0%から2011年には95.1%に上昇し、ACPへの投資の継続もあり2011年の純利益は-5.4億ドルの赤字に陥り、USECは2012年5月31日以降、政府の資金支援がなければACP計画は続けられない状況に陥った。¹³⁾

これに対してDOEは、2012年6月13日、USECとの間で総額3.5億ドルのACP計画の研究・開発・実証（RD&D：research, development and demonstration）プログラムの実施協定を締結し、DOEが資金の80%、2.8億ドルを提供し、USECが20%、0.7億ドルを負担することとなった。遠心機11,500台、96カスケードから成るACPの1カスケード分（AC100機を120台）を用いて商業運転条件で濃縮試験を行い分離性能、遠心機の信頼性を確認するもので、期間は2013年末までの19か月間、目標は6か月のリサイクル運転（製品と廃品を混合して原料として供給する閉ループ濃縮試験）で、AC100の性能は平均340kgSWU/yである。^{26),27)}既に2012年11月までの運営資金として0.877億ドル分の資金援助（USECの所有する劣化UF₆の一部をDOEが引き取り、USECが法律に基づいて劣化UF₆の処分のために用意している積立金（2011年度末で1.452億ドル）を使用できるようにした）が行われ、²⁸⁾2012年12月からは2013年度政府予算から0.457億ドルが拠出された。²⁷⁾USECも資金捻出のために、子会社のNAC

International Inc. (使用済み燃料の乾式貯蔵設備の販売、放射性物質の輸送、政府のコンサルティングサービス等を業務としていて、2013年には100の乾式貯蔵設備の供給を予定している。)を日立造船の米国子会社 Hitz Holdings U.S.A. Inc., に0.45億ドルで売却することを2013年1月25日に発表²⁹⁾している。

なお、DOEは納税者保護のためにRD&Dプログラムで使用する設備(既存設備も含む)の所有権を確保し、USECはDOEから設備をリースし、商業化された場合は所有権をUSECに移管することになっている。USECが商業化できない場合はDOEがRD&Dプログラムを引き取る権利も明記されている。³⁰⁾

上記に記したようにACP計画は大幅に遅れていて、2002年にDOEと定めた協定ではACPの運転開始は2010年3月、2010年3月に1,000tSWU/y、完成は2011年9月に3,500tSWU/yであったが2011年2月の改定では運転開始が2014年5月、2015年8月に1,000tSWU/y、2017年9月に3,500tSWU/yとなっている。
10),13)

ACPは、許認可上は最大濃縮度10%で、7,000tSWU/yまで拡張できる環境評価を行っている。3,800tSWU/y (USECの目標は3,500tSWU/yではない)分(遠心機11,500台)の遠心機設備等は、GCEP計画で建設された既存の建屋に設置され、7,000tSWU/yへの拡張のための遠心機設置建屋2つが新設される予定である。遠心機設置建屋は、幅127m、長さ223mで、遠心機室の高さは26.5mであり、遠心機のケーシング寸法は直径76.2cm、長さ13.7mである。製品の回収はコールドトラップで、廃品の回収は圧縮機によるシリンダーへの直接回収を採用している。^{31),32)}

商業工場として使用するポーツマスの施設については、2009年6月より年間約190万ドルのリース契約をするとともに、GCEP技術のロイヤルティーは販売収入の1~2%で最大年間1億ドルとする旨の協定を2006年12月にDOEと結んでいる。¹³⁾

(4) ロシアからの低濃縮ウラン輸入

① ロシア核兵器解体高濃縮ウランの商業用軽水炉燃料としてのリサイクル

1993年2月18日、米国政府とロシア政府の間で、ロシアの核兵器解体によって発生する高濃縮ウラン500t(核弾頭20,000発)を、1993年から2013年までの20年間で商業用軽水炉燃料の低濃縮ウランにロシアが希釈し、米国がそれを購入販売する政府間協定(HEU-LEU協定)を締結した。1994年1月、両国の実施代表機関であるUSECとTENEX(Techsnabexport)との間で、総額約120億ドルの契約が締結された。(濃縮役務に関する契約は約80億ドル)³³⁾

解体された核弾頭の高濃縮金属ウランは、SChE(JSC Siberian Group of Chemical Enterprise, Seversk(前Tomsk-7))とMPA(The Mayak Production Association, Ozersk)

の施設で酸化物にされた後、PA ECP(JSC Production Association Electrochemical Plant,Krasnoyarsk)の施設で UF₆ に転換される。高濃縮 UF₆ は、SChE,PA ECP,UEIP(JSC Urals Electrochemical Integrated Plant,Ekaterinburg)のどこかの施設に送られ希釈されて 5%以下の低濃縮の UF₆ となり、米国へ輸送され、現在はパデューカ濃縮工場で濃縮度調整が行われ、その後、Global Nuclear Fuels,Framatom,Westinghouse のいずれかの施設で再転換され燃料に加工される。¹⁴⁾高濃縮 UF₆ の希釈は、米国における燃料加工時の ²³⁴U の濃度基準を満足するために、濃縮工場で発生する劣化ウランを 1.5%まで再濃縮した UF₆ を使用している。³⁴⁾

1995 年から低濃縮ウランの引き渡しが始まり、2012 年末で高濃縮ウランにして 472.5t (低濃縮ウランで 13,603tU、天然ウラン換算で 188,992tU) が USEC に引き渡された。当初は、低濃縮ウランの購入契約であったが、1996 年の契約改定で濃縮役務のみの購入となり、引き渡される低濃縮ウランに相当する天然ウランを USEC が TENEX に供給することとなった。³³⁾

濃縮役務費は当初は固定価格で約 90 ドル/kgSWU であったが、2002 年の契約改定により市場価格と連動して価格を設定することとなった。³⁵⁾

500t の高濃縮ウランは、天然ウラン量及び転換量に換算して約 15 万トン (2001 年からの供給量は年間約 9,000tU)、濃縮役務量にして約 92,000tSWU (2001 年からの供給量は年間約 5,500tSWU) であり、米国の 2001 年から 2011 年までの天然ウラン及び濃縮役務の購入量³⁶⁾の年間平均値と比較すると天然ウランについては約 42%、濃縮役務についても 42%を占め、米国市場に大きな影響を与えていて、引いては世界市場にも少なからず影響を与えている。特に、需要が生産量を上回っている天然ウラン市場では、2010 年の世界需要 63,875tU に対してウランの生産量は 54,670tU³⁷⁾で、不足分 9,205tU に匹敵する天然ウラン供給量に相当し、世界の天然ウラン供給 2 次市場に大きな割合を占めている。

②ロシアからの低濃縮ウラン直接輸入協定

ロシアからの低濃縮ウラン及びその他のウラン製品については国内企業の保護のためにアンチ・ダンピング法により 1992 年に米国への輸入が禁止され、政府間協定での解体核兵器の高濃縮ウランの希釈低濃縮ウラン以外はロシアからの輸入は認められていなかったが、2008 年 9 月に輸入を認める法律が制定された。これによって、ロシアの TENEX は米国の電力会社と直接低濃縮ウランの売買契約を結ぶことができるようになった。しかし輸入量については制限されていて、2008 年～2011 年では米国に保管されている僅かなロシアの濃縮ウラン (400tSWU を含む) だけで、2012 年、2013 年と輸入割当量は増加し、2014 年から 2020 年までは米国の予想年間低濃縮ウラン需要の 20% (低濃縮ウランに限

定されていて、2014年からも解体核兵器の高濃縮ウランの希釈による低濃縮ウラン製造を継続する場合はさらに5%の割り当てを追加できることになっている。¹³⁾ また、新規原子炉の初装荷燃料についてはこの輸入制限枠が除外されている。ロシアは1993年締結の協定を延長することは考えていない。)である。既に、2013年1月22日の報道では、TENEXは米国の電力会社と14の低濃縮ウラン供給契約を結んでいて、米国市場におけるUSECの状況は厳しいものになっている。

USECはこのような厳しい状況に加えて、現在のロシアからの濃縮役務供給が途絶える2014年以降についてACP計画の遅れとパデューカ濃縮工場が2013年5月末で停止した場合、濃縮役務供給能力はゼロ(現在の在庫分を除いて)となってしまう。USECは、このような状況に対処するために2011年3月23日にTENEXと2013年から始まる10年間にわたる低濃縮ウランの供給契約に調印した。供給量は、2015年に現在の供給量の約半分に達するように段階的に増加し、10年間での濃縮役務供給量は21,000tSWU、契約額は28億ドル³⁸⁾(TENEX年報では30億ドル)ある。また、現在の濃縮役務供給量まで増やすことができるオプション条項が付いている。今回の契約では、解体核兵器の高濃縮ウランの希釈低濃縮ウランではなくロシアの濃縮工場で生産された低濃縮ウランが供給されることになっていて、USECは原料となる天然ウランをTENEXに渡し、TVEL(ROSATOMの転換・濃縮担当子会社)傘下の濃縮工場で濃縮されることになる。濃縮役務価格については、市場の関連価格とその他の要因を考慮して決定される。²¹⁾

また、USECは、TENEXとロシアの遠心機を利用した米国における濃縮工場の展開の可能性を検討するためのフェージビリティ研究を行うつもりであることを同時に発表している。ただし、そのようなプロジェクトを進めるためのいかなる決定もフェージビリティ研究の結果に依存し、そして各企業間及び2国間の政府の更なる協定に従うもので、いずれにしても、ACPの完了後まではプロジェクトは展開しないとUSECは述べている。²¹⁾

USECとTENEXのこの濃縮役務供給契約は、2011年12月20日に米国政府とロシア政府が1993年に締結したHEU-LEU協定に代わるものとして調印が行われ正式に決定した。

(5) 経営状況 (表3参照) ^{12),13),16),23),26)}

2011年の売上収入は、16.718億ドルで、内訳は、濃縮役務販売が13.309億ドル(80%)、ウラン販売が1.318億ドル(8%)、政府関係の委託業務が2.091億ドル(12%)である。過去5年間の売上収入は年間約17億ドル~20億ドルで、濃縮役務販売(約12億ドル~16億ドル、販売量は約9,000tSWU~13,000tSWU)の占

める割合 72%~81%で売上のほとんどを占めている。濃縮役務供給とウラン供給に関する長期供給契約額は、2007 年が 65 億ドル、2008 年が 69 億ドル、2009 年が 80 億ドル、2010 年が 67 億ドルであったが、2011 年は 58 億ドルと 60 億ドルを割り込んでいる。58 億ドルの内、2012 年の供給契約額が 15 億ドルで、2015 年までは 35 億ドルと 2013 年から 3 年間の年間供給契約平均額は 6.7 億ドルでこれまでの販売実績（約 12 億ドル~16 億ドル）の約半分程度となっている。

濃縮役務の世界市場占有率は、2003 年は 30%、2004 年は 28%、2005 年は 27%と減少し 2011 年では 21%まで低下していて、遠心分離法による濃縮企業の URENCO（イギリス、オランダ、ドイツの国際共同企業）と TENEX/TVEL（ロシアの原子力統括国営企業 ROSATOM の子会社）に市場を奪われている。

自前のガス拡散法のパデューカ濃縮工場は、濃縮役務コストに占める電力費の割合は 70%~75%と非常に高く、電力価格の上昇は利益の減少につながり経営を圧迫している。パデューカ濃縮工場は国営電力会社の TVA（Tennessee Valley Authority:テネシー川流域開発公社）と電力供給契約を結んでいるが、化石燃料価格の上昇により電力価格は上昇を続けていて、2007 年に 8%、2008 年に 15%、2009 年に 6%、2010 年に 10%、2011 年に 15%上昇し、濃縮役務生産の採算が成立しない状況になりつつあり、また、ロシアの解体核兵器の高濃縮ウランの希釈低濃縮ウランの供給については TENEX からの購入価格は年々上昇し（2011 年は前年度比で 3%、2012 年は 2%増）販売利益率は低下している。濃縮役務とウラン販売における売上に対する販売コストの割合は年々増加していて、2007 年の 85%から 2011 年には 95%に増加し、粗利益は年々減少（2007 年の 2.875 億ドルから 2011 年では 0.842 億ドルに減少）している。そのような状況の中でも ACP 計画への投資は、2007 年から 2010 年までは毎年 1.1~1.2 億ドル、2011 年は 2.7 億ドルで、このため純利益も年々減少し（2007 年の約 1 億ドルから 2010 年には 7.5 百万ドルに）、2011 年で 5.407 億ドルの赤字になっている。

今後の経営状況についても、厳しい状況が続きそうで、パデューカ濃縮工場は 2013 年 5 月末で停止する予定で、自前の濃縮役務能力はゼロになる。また、ロシアの解体核兵器の高濃縮ウランの希釈低濃縮ウランの供給が 2013 年で終了するのに対処するために、2013 年から新たな契約を結びロシアから濃縮役務を購入する（2020 年までで購入量は 21,000tSWU で年間供給量は現在の約半分。ただし現在の供給量 5,500tSWU まで増やすことができるオプション条項がある）が現在の契約と同様、市場価格等をもとに購入することになり利益率は低いと思われる。2015 年までは、在庫の濃縮役務（2011 年で 10.486 億相当）と天然ウラン（6.9 億ドル相当）とロシアからの濃縮役務の購入で既存の供給契約に対応するとのことであるが、現在の ACP 計画の進捗状況から見て、予定通り 2015 年 8 月までに ACP が 1,000tSWU/y に達するか疑問であり、長期供給契約の獲得

は益々困難になると思われる。またこのような経営状況の中で、2013 年末に RD&D が終了し DOE から債務保証が認められたとしても建設費 28 億ドルを金融市場から調達ができるかどうか疑問が残る。USEC のニューヨーク証券取引所の上場株価は、2011 年 2 月の約 5 ドルから 2012 年 5 月には 1 ドル以下まで値下がりし 2012 年 7 月には一時 1 ドル以上に値を上げたが直ぐに 1 ドル以下に値を下げ 2012 年 10 月からは約 70 セントから約 50 セントで推移している。

表 3 USEC の経営状況

	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
総売上収入 (億ドル)	19.28	16.146	20.368	20.354	16.718
濃縮役務収入(億ドル)	15.705	11.757	16.47	15.24	13.309
ACP 計画への投資額 (億ドル)	1.273	1.102	1.184	1.102	2.732
純利益 (億ドル)	0.966	0.487	0.585	0.075	-5.407
長期契約額 (億ドル)	65	69	80	67	58
パデューカ濃縮工場の 生産量 (tSWU)	5,000	6,500	6,000	6,000	5,000
世界市場占有率(%)	29	22	25	24	21

(6) USEC の劣化 UF₆ 対策

1998 年 7 月 28 日の完全民営化前に発生した劣化 UF₆ は、DOE の所有物である。また、2002 年には、民営化以前に DOE より移管された天然ウランの内、テクネシウムによって汚染された ASTM の規格外のウラン 9,550tU の除染処理を USEC が行う代わりに USEC が所有する劣化 UF₆、23,000tU (パデューカ濃縮工場が発生した 4 年分の劣化 UF₆) を DOE が引き取る協定を締結し、2008 年 9 月に処理を終了している。^{24),35)}

当面は、劣化 UF₆ は UF₆ でシリンダーに保管する予定で、酸化物への転換、処分の計画は未定である。また、DOE は、USEC が劣化 UF₆ の処理処分を要求した場合、受入れなければならないことになっている。¹⁰⁾

USEC は法律により劣化 UF₆ の処分費を積み立てることが義務付けられていて、2011 年度末での積み立て資金は 2.331 億ドルである。¹³⁾

なお、完全民営化以前に発生した廃棄物等も DOE の所有であり、パデューカ濃縮工場及びポーツマス濃縮工場の廃止措置も DOE の責任で実施することになっていて、USEC は米国政府の手厚い保護を受けている。¹⁰⁾

(7) DOE の劣化 UF₆ 処理プロジェクト

①経緯^{39),40)}

DOE は、1950 年代から運転を開始した 3 か所の濃縮工場から発生した劣化 UF₆ (²³⁵U 濃度 0.2~0.4%) を主に鉄製シリンダー (48Y シリンダー等、最大充填量 12.5tUF₆) で、UF₆ 量で約 70 万トンを保管している。

保管は、建屋外で雨ざらしの状態で行われており (写真 7, 8 参照)、シリンダーの腐食等によって UF₆ の漏洩が起こり外部環境汚染が発生する恐れがあることが Defense Nuclear Facilities Safety Board によって、1995 年に指摘され、シリンダーの保管及び補修方法の改善勧告が出された。

議会は、劣化 UF₆ の最終的な処分の必要性を感じ、1998 年法律を制定し、DOE に対して劣化 UF₆ の安定化処理のための施設をパデューカ濃縮工場サイトとポーツマス濃縮工場サイトに建設し運転する計画を準備することを求めた。

劣化 UF₆ は、パデューカ濃縮工場サイト、ポーツマス濃縮工場サイト及び東テネシーテクノロジーパーク (The East Tennessee Technology Park(ETTP)、旧オークリッジの K-25 濃縮工場サイト) に保管されていたが、ETTP で保管されていたものは処理のためポーツマス濃縮工場サイトへの輸送が実施され、2006 年 12 月で移動が完了した。⁴²⁾



写真 7 パデューカ濃縮工場の劣化 UF₆ シリンダーの保管状況⁴¹⁾



写真 8 DOE 所有劣化 UF₆ シリンダーの保管状況⁴¹⁾

表 4 1999 年当時の DOE 所有劣化 UF₆ シリンダー本数及び劣化 UF₆ 量⁴³⁾

Table 2 Inventory of Standard 48-Inch DUF ₆ Cylinders				
Location	Original DOE Cylinders	Cylinders from USEC	Total Cylinders	Total DUF ₆ (metric tons)
Paducah, Kentucky	28,351	8,559	36,910	450,000
Portsmouth, Ohio	13,388	2,653	16,041	198,000
Oak Ridge, Tennessee	4,683	0	4,683	56,000
TOTAL	46,422	11,212	57,634	704,000

1999 年 7 月に議会に提出された転換工場の最終計画報告書では、処理対象の劣化 UF₆ は 704,000tUF₆ (表 4 参照) であった。⁴³⁾ 現在は、2002 年の DOE との協定に従い USEC からの DOE へ移管された劣化 UF₆、23,000tU (約 34,000tUF₆)⁴⁴⁾ を加えて約 738,000tUF₆ と推定される。2011 年の DOE の発表では、保管量は 740,000tUF₆、約 63,000 本である。⁴⁵⁾

②劣化 UF₆ 転換施設

1999 年 7 月、DOE が劣化 UF₆ を酸化物に転換する最終計画を発表、2002 年 8 月 29 日、2002 年 8 月 2 日に定められた法律に従い、二つの転換施設の建設に関する 5.58 億ドルの契約を Uranium Disposition Services(UDS)と結んだ。UDS は、Duratek Federal Services Inc. (Duratek)、Burns and Roe Enterprises Inc.(BREI)及び

AREVA Framatome ANP Inc.(Framatom) とで設立した有限責任会社である。

2004年7月末からパデューカ濃縮工場サイトとポーツマス濃縮工場サイトで工事が開始され、ポーツマス転換工場は2008年5月20日、パデューカ転換工場は2008年12月19日に完成した。それぞれホット試運転が2010年5月と9月に認められ、UDSにより試運転が行われた。⁴⁶⁾

転換方法は、現在ワシントン州リッチランドで稼働中の転換工場で採用された乾式法が採用された。流動床中でUF₆と水蒸気及び水素とを反応させて主にU₃O₈に還元する方法で、副産物としてフッ酸(HF)が生成する。フッ酸は一般市場に売却する計画である。

パデューカ転換工場は、4系列の処理設備を持ち、年間の処理量は18,000tUF₆(シリンダーで約1,500本)で、全てを転換するのに約25年かかると推定されている。ポーツマス転換工場は、3系列の処理設備を持ち、年間の処理量は13,500tUF₆(シリンダーで約1,125本)で、全てを転換するのに約18年かかると推定されている。⁴⁶⁾

両工場の処理運転委託契約については入札が行われ、2010年12月9日、Babcock & Wilcox Conversion Services, LLC (BWCS : B&Wの子会社 Babcock & Wilcox Technical Services Group, Inc.と URS Energy & Construction が両転換工場の運転委託のために設立した会社)がDOEから、パデューカとポーツマスの両転換工場の5年間の運転委託契約4.28億ドルを認められたとことをB&Wが発表した。2011年3月29日にはUDSからの引き継ぎを完了し、2011年9月30日までに、7系列全ての運転に成功している。^{45),46)}

2) AREVA SA

(1) 会社概要

AREVA SAは、フランスの国家原子力エネルギー研究機関であるフランス原子力・代替エネルギー庁(CEA : Commissariat a l'energie atomique et aux energies alternatives)が73.0%、フランス政府が10.2%、公的金融機関の預金供託金庫(CDC : Caisse des dépôts et consignations)が3.3%を出資する国営原子力総合企業で原子炉建設から核燃料サイクル全てのサービスを展開している。ウラン濃縮事業については、AREVA SAの100%子会社のAREVA NC SAが担当している。

フランスにおける商業用ウラン濃縮は、1973年、フランスが自国で開発したガス拡散法により、商業用軽水炉燃料用の低濃縮ウランを生産するためにフランス、ベルギー、スペイン及びスウェーデンと共同で商業ウラン濃縮会社のEURODIF (European Gaseous Diffusion Uranium Enrichment Consortium) を設立したことに始まる。設立後、何度かの出資機関の変更を経て、現在の出資比率は、

AREVA NC が 59.66%で、残りの 40.34%は、イランの OEAI (Atomic Energy Organization of Iran)、スペインの ENUSA (商業用軽水炉燃料の供給公社)、ベルギーの Synatom (石油及び天然ガスの生産、ウラン等の採掘を行うベルギー最大企業の一つ)、イタリアの ENEA (National Agency for New Technologies, Energy and the Environment) が出資している。⁴⁷⁾

EURODIF のジョルジュ・ベス I (GB I) 濃縮工場は 1979 年に稼働し、1982 年にはフル稼働の 10,800tSWU/y に達し、2012 年 6 月 7 日に停止するまで 33 年間稼働した。⁴⁸⁾

フランスは、次世代のウラン濃縮法として原子レーザー法ウラン濃縮の研究技術開発に力を注いだが 2003 年に実用化を断念し、URENCO の遠心機を導入して遠心分離法による新しい濃縮工場、ジョルジュ・ベス II (GB II) 濃縮工場 (濃縮役務能力 7,500tSWU/y) を GB I 濃縮工場サイト内に建設中で、2012 年末で 2,500tSWU/y に達している。⁴⁹⁾

(2) 濃縮施設(図 2 参照)

①ジョルジュ・ベス (GB : Georges Besse) I 濃縮工場⁵⁰⁾

ガス拡散法を用いたジョルジュ・ベス I (GB I) 濃縮工場は、フランスの”Rhone valley”のトリカスタン (Tricastin) にあり、商業用軽水炉燃料の低濃ウラン生産工場として、1979 年に運転を開始した。1982 年、定格濃縮役務容量 10,800tSWU/y を達成し、20 年以上に亘る運転で、150,000tSWU 以上の濃縮役務生産量を達成した。

カスケードは 1,400 段で 70 のグループに分かれており、各グループを閉鎖しても生産に影響がないようにモジュラータイプとなっている。生産量を 40~100%の間で運転でき、需要に応じて生産量を調整している。

消費電力費が運転コストの 60%を占め、電力費の上昇によってコスト競争力が低下している。また、設計寿命は 20 年であり、2002 年にプラントの寿命延長対策を行い運転を継続してきたが、近年の運転実績は年間 6,000tSWU~8,000tSWU で、2011 年 5 月 14 日から運転停止のための運転に入り、2012 年 6 月 7 日、33 年間の運転に終止符を打った。

②ジョルジュ・ベス II (GB II) 濃縮工場⁴⁷⁾

ガス拡散法の次のウラン濃縮法として、電力消費量がガス拡散法の約 1/50 以下の URENCO の遠心分離法を導入することを決定し、2003 年 10 月、AREVA は、URENCO の子会社 ETC (Enrichment Technology Company, 遠心機の開発、製造、据付等を実施している。) に 50%の資本参加する協定を URENCO と結び、2006 年 7 月 1 日より、ETC は URENCO と AREVA の共同運営会社となった。また、

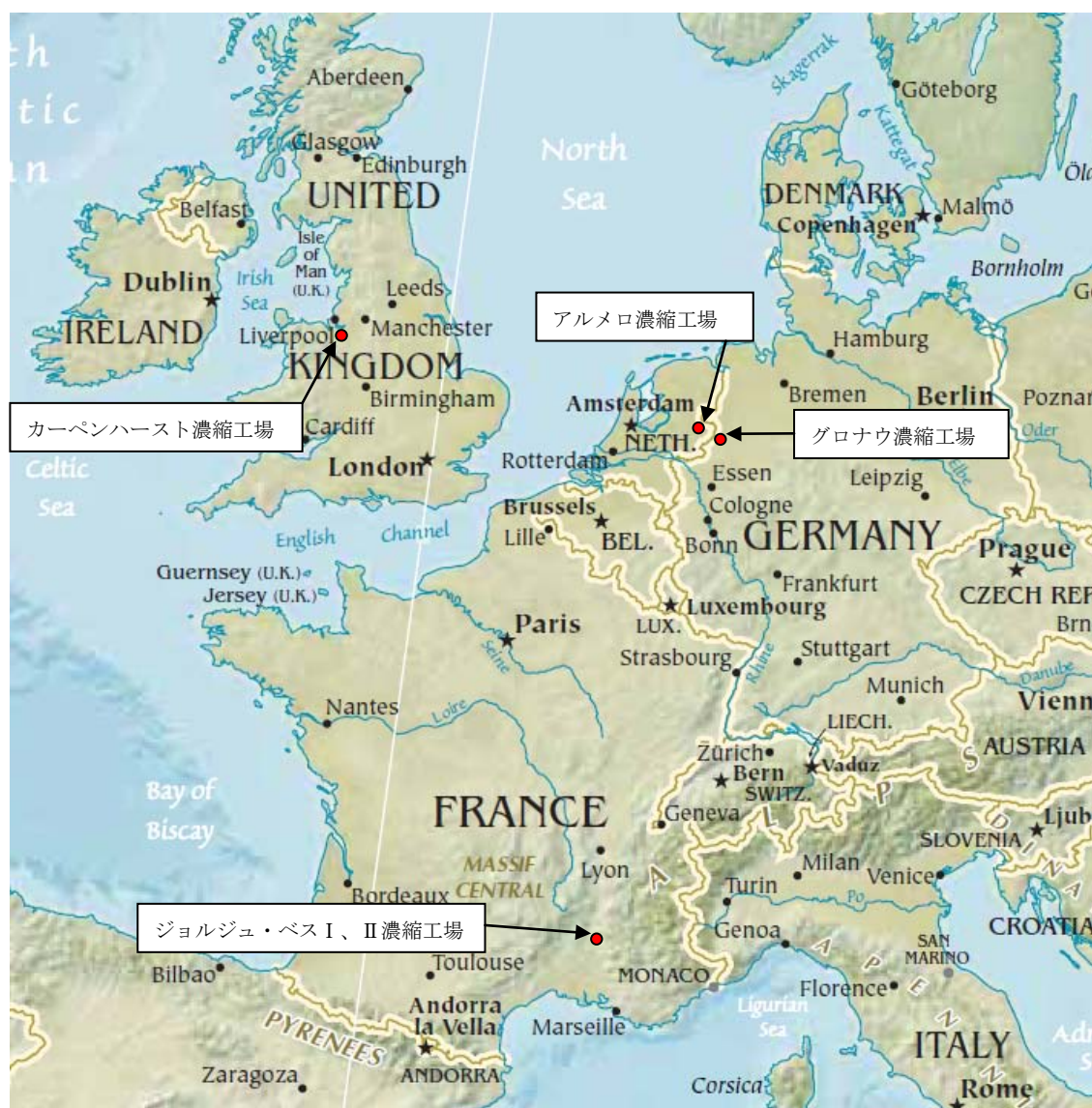


図2 EUの濃縮工場の位置

GB II 濃縮工場の運転・濃縮役務販売を行う子会社 Societe d'Enrichissement du Tricastin (SET) を設立し、2006年2月に GB I 濃縮工場サイト内に併設して GB II 濃縮工場の建設許可申請を国へ提出した。2006年3月には、一般施設の建設許可を得て、遠心機組立て施設の土木工事を2006年夏から開始した。

GB II 濃縮工場は、2つの施設に分かれていて第一施設は濃縮役務容量4,000tSWU/yでGB I 濃縮工場の南側に、第二施設は濃縮役務容量3,500tSWU/yでGB濃縮工場の北側に建設されていて、合計7,500tSWU/yの予定である。許認可上は最大濃縮役務容量は8,200tSWU/yで、最大濃縮度は6%、第二施設では回収ウランの再濃縮も可能である。導入されている遠心機は、現在のURENCOの濃縮工場の主力機であるTC12で、第一施設は、8カスケードホールから成り1

カスケードホール当たり約 500tSWU/y である。⁵¹⁾

第一施設は、2011 年 4 月 12 日から生産を開始し、2011 年末で 1,000tSWU/y、2012 年末で 2,500tSWU/y 以上に達している。第二施設は、2013 年の第一四半期に運転を開始する予定で、2016 年には両施設合わせて 7,500tSWU/y に達する予定である。建設費は 30 億ユーロ (ETC への出資金 5 億ユーロを含む、建設単価：400 千ユーロ/tSWU/y) と予想している。

なお、SET へは海外の電力会社等が出資をしていて、出資比率は AREVA NC SA が 88%、GDF-Suez が 5%、関西電力と双日が 2.5%、韓国水力・原子力発電(KHNP) が 2.5%、東北電力が 1%、九州電力が 1%である。⁴⁷⁾

(3) イーグル・ロック濃縮工場 (EREF : Eagle Rock Enrichment Facility) 計画

AREVA は、米国の原子カルネサンスによる濃縮役務需要の増加を見越して国内に濃縮工場建設を計画し、2008 年 5 月 6 日、建設場所をアイダホ(Idaho)州のボンビル郡 (Bonneville County) のイーグル・ロック (Eagle Rock : Idaho Falls) の西北西 32km、図 1 参照) に定めた。

AREVA の米国における子会社 AREVA Enrichment Services, LLC (AES) は EREF の建設・運転許可申請書を 2008 年 12 月 30 日に NRC へ提出した。当初の申請書では、設計濃縮役務容量は 3,300tSWU/y であったが、2009 年 4 月に変更申請が行われ、2 倍の 6,600tSWU/y (通常運転時は 6,000tSWU/y) に修正された。申請書によれば、4 棟の分離建屋 (SBM : Separation Building Module) から成り、SBM には 2 つのカスケードホールがあり、1 カスケードホールには 12 カスケードが設置される予定である。⁵²⁾濃縮役務容量の増大は、米国における将来需要見通しによるとしている。

EREF の建設費は約 33 億ドルと予想されていて、AES は建設資金確保のため USEC の ACP 建設と同様に、DOE の債務保証プログラムに保証額 20 億ドルの申請を行い、2010 年 5 月 20 日、DOE は NRC の許可を条件に債務保証を認める発表を行った。

2011 年 2 月 11 日には、EREF の建設企業として URS (40 か国以上に事務所を持つエンジニアリング、建設、技術サービス提供会社) を指名し、2011 年 10 月 12 日に NRC より建設・運転許可を受理したが、2011 年 12 月 13 日に、EREF 建設プロジェクトを一時停止することを発表した。予定では 2012 年の春に着工予定であったが、ヨーロッパの金融危機と福島第一原子力発電所の事故の影響で建設資金の準備が困難なため、投資相手を探し、2013 年中に見つからない場合は、2014 年初めには単独で建設を開始するとしている。当初の予定では EREF は 2014 年に運開し、2022 年に完成の予定であった。

(4) 経営状況(表 5 参照)^{47),53),54),55)56)}

2010 年から過去 4 年間の濃縮役務収入は、2007 年が 10.59 億ユーロ、2008 年が 10.93 億ユーロ、2009 年が 11.97 億ユーロ、2010 年が 11.81 億ユーロで安定しているが、濃縮役務価格が 4 年間で約 20%上がっていることと為替がドルに対してユーロ安になっていることを考慮すると、濃縮役務販売量は減少していると思われる。2011 年はフランス国営電力会社の EDF と契約が終了（2011 年と 2012 年は供給契約はない）した影響で 8.82 億ユーロと約 25%減少した。2005 年の販売実績は 10,400tSWU であったが、過去数年間は 10,000tSWU を下回っていると思われる。米国における販売実績を見ると、2003 年から 2006 年までの 4 年間の平均販売量は 2,249tSWU であったが、2007 年から 2009 年の 3 年間の平均販売量は 711tSWU と大幅に減少している。2010 年における GB I 濃縮工場の実際の濃縮役務能力は 8,500tSWU/y と推定されている。

表 5 AREVA の濃縮部門の経営状況

	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
濃縮役務収入 (億ユーロ)	10.59	10.93	11.97	11.81	8.82
米国への濃縮役務供給量 (tSWU)	613	556	895	非公表	非公表
世界市場の占有率(%)	24	25	17	14	12

2011 年末での長期契約先はヨーロッパ、米国、アジアの 35 の電力会社である。長期契約額は公表されていないが、主な契約としては、EDF との 2013 年～2025 年の期間で 50 億ユーロ、2007 年 6 月に韓国水力・原子力発電と契約した 10 億ユーロ、米国の複数の電力会社と契約した数十億ドル（2008 年 12 月 15 日報道）で、2011 年の AREVA の年報でも米国及び日本の電力会社と大口契約を結んだとある。

AREVA の当面の戦略は、GB II 濃縮工場の順調な立ち上げである。GB II 濃縮工場がフル稼働する 2016 年までは、在庫の濃縮ウランで不足分を賄いながらの経営となり、GB II 濃縮工場の建設遅れは濃縮部門の経営を揺るがしかねない。ロシアへの劣化ウラン及び回収ウランの再濃縮委託（2005 年～2008 年で劣化ウランは年間 5,000tU～6,000tU、回収ウランは年間 500tU～850tU）も 2010 年末で終了しており、米国の EREF 建設も遅れているため世界市場でのさらなるシェアの低下は免れないだろう。

(5) 劣化 UF₆ 対策⁵⁷⁾

フランスの国家安全当局は、劣化 UF₆ の保管について、含有フッ素の化学的危険性の観点から、長期保管は認められないとの判断で、AREVA NC の前身の COGEMA に対して劣化 UF₆ をフッ素含まない安定な化合物に転換して保管するよう要求した。

COGEMA は、CEA が開発した UF₆ を水蒸気及び水素と反応させて U₃O₈ に転換する乾式法による転換施設 W1 をピエールラットに建設し 1984 年に運転を開始した。1993 年には転換施設 W2 を増設し運転を開始した。転換施設全体は W 施設と呼ばれていて、4 系列の処理設備を持ち各々の系列は約 5,000tUF₆/y の処理能力で、合計の処理能力は約 20,000tUF₆/y である。20,000t の UF₆ は、処理後 17,000t の U₃O₈ となり、副産物として濃度 70% のフッ酸が 10,000t 発生する。2005 年までの累積処理量は約 300,000tUF₆ であり、GB I 濃縮工場で発生した劣化 UF₆ の大部分は U₃O₈ に転換されていると推定される。なお、副産物のフッ酸は、ヨーロッパ内の化学会社へ売却しており、供給量はフッ酸のヨーロッパ市場の 30% を占めている。

フランス安全当局は、劣化ウランについて、廃棄物ではなく将来利用できる有価物との考えをとっており、転換された U₃O₈ は DV70 と呼ばれる充填容量 10t の容器に封入され、ほとんどは、フランス国内のウラン鉱山サイト内（Bessines-sur-Gartempe(Hatte Vienne), Limoges の近く）に運ばれ保管されている。

³⁴⁾

再利用としては、少量ではあるが MOX 燃料の原料に使用されている。また、ピエールラットの回収ウラン貯蔵庫の周囲に U₃O₈ を充填した DV70 が U₃O₈ で 50,000t 分配置され遮蔽体として利用されている。

U₃O₈ への転換以外の劣化 UF₆ 対策としては、1996 年から 2010 年までロシア（TENEX）と再濃縮委託契約を結び、年間約 5,000tU～7,000tU の劣化 UF₆ をロシアへ輸送し、天然ウラン濃度相当または低濃縮ウランまで濃縮された UF₆ を受け取り、発生した劣化 UF₆ はロシアに引き取らせることで劣化 UF₆ を減らしている。³⁴⁾

3) URENCO

(1) 会社概要²⁾

1970 年 3 月、それまで別々に遠心分離法の研究開発を実施していたイギリス、オランダ、ドイツの 3 国は、共同でウラン濃縮事業を立ち上げる目的でアルメロ条約に調印し、1971 年に国際共同企業体の URENCO を設立した。

URENCO への出資会社は、イギリスが Enrichment Holdings Limited（イギリス

政府所有会社)、ドイツが Uranit UK Limited(Uranit) (ドイツの電気及びガス供給民間企業の RWE と E.ON.が各々50%出資)、オランダが Ultra-Centrifuge Nederland Limited(UCN) (オランダ政府 98.9%出資、Shell,DSM Philips,VMF-STORK の3社で 1.1%出資) で各々が三分の一ずつ出資している。

URENCO は 2003 年に組織改革を行い、主な業務を、濃縮ウランの役務生産、販売等を担当する UEC (Urenco Enrichment Company Limited) と遠心分離機の開発、製造、プラントエンジニアリング等を担当する ETC(Enrichment Technology Company Limited)の二つの会社で実施するようになった。ETC については、フランスの AREVA が新濃縮工場の GB II 濃縮工場に URENCO が開発した遠心分離法を導入するのにともない、2006 年 7 月 1 日より、AREVA が 50%の資本参加をしている。

遠心分離法による濃縮工場は、イギリスのカーペンハースト、オランダのアルメロ、ドイツのグロナウ、米国ニューメキシコ州ユーニスにあり、総濃縮役務能力は 2012 年 9 月時点で 15,900tSWU/y⁴⁾で西側では最大である。現在も、濃縮役務能力の拡大を図っていて、2015 年までに 18,000tSWU/y を目指している。

(2) 濃縮施設 (図 1、図 2 及び表 6 参照)

①カーペンハースト濃縮工場^{2),58),59),60)}

イギリスの北西部チェシャー州 (Cheshire) のカーペンハースト (Capenhurst) に立地している。

1950 年代に、核兵器用高濃縮ウランの製造のためのガス拡散法による濃縮工場として運転を開始し、1962 年に核兵器用高濃縮ウランの生産を止め、1982 年まで生産を継続した後、廃止措置が行われた。

1970 年代の初めに、URENCO による最初の遠心分離法によるパイロット濃縮施設 K Bay が設置された後、最初の遠心分離法による商業用濃縮施設 E21 が 1976 年に運転を開始し、1991 年まで運転を継続した後、廃止措置が行われた。

現在は、E22 (1982 年運開)、A3、E23 (1997 年運開) の 3 施設が運転を行っていて E23 (8 カスケードホールを持ちカスケード総数は 84 と推定される) には現在主力の TC12 型遠心機が導入され、カーペンハースト濃縮工場の濃縮役務能力の 80%以上を占めている。工場全体の濃縮役務能力は 2008 年に 5,000tSWU/y に達しその能力を継続している。E23 の拡張計画もあり、2011 年 9 月 22 日に、拡張のための設計会社としてイギリスの国際的な設計エンジニアリング・プロジェクト管理企業の Atkins を指名している。

なお、回収ウランの再濃縮の許可も得ている。

②アルメロ濃縮工場^{2),58),61)}

オランダの東部オーバーライセル州(Overijssel)のアルメロ(Almelo)に立地している。

1970年代の初めにパイロット濃縮施設 SP1 と SP2 が設置された後、最初の商業用濃縮施設 SP3 が設置され、1980年までに、カーペンハーストの E21 とあわせて濃縮役務能力は 460tSWU/y に達した。

既に SP1、SP2、SP3 は運転を停止し、廃止措置が完了していて、現在は、SP4 (1980年代運開、2010年では 800tSWU/y でフル稼働時の半分)、SP5 (1990年代遅くに運開、導入遠心機は TC12) が運転中で、濃縮役務容量は 2011年末で 5,000tSWU/y である。回収ウランの再濃縮も行っている。

2011年10月28日には、濃縮役務容量の拡張の許可をオランダ安全当局から受け、最大濃縮役務容量は 4,950tSWU/y から 6,200tSWU/y に引き上げられた。

2010年12月15日に提出された濃縮役務容量の増加申請書⁶¹⁾によれば、SP4 は、設置遠心機の寿命と SP5 の拡張スピードを見て 2012年から 2015年の間に廃止措置を開始し、廃止措置期間は 5年～10年を想定している。

表 6 ウレンコ濃縮工場の濃縮役務容量の遷移(tSWU/y)^{2),63)}

	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
カーペンハースト濃縮工場	3,400	3,700	4,200	5,000	5,050	5,000	5,000
アルメロ濃縮工場	2,900	3,500	3,600	3,800	4,400	4,600	5,000
グローナウ濃縮工場	1,800	1,800	1,800	2,200	2,750	3,200	4,200
ウレンコ米国濃縮工場	—	—	—	—	—	200	400
合計	8,100	9,000	9,600	11,000	12,200	13,000	14,600

*各年末における濃縮役務容量

SP5 は、カスケードホールの増設を継続的に進めてきて、2012年6月7日にカスケードホール7の開所式が行われ、2012年においても濃縮役務容量は増加した模様である。濃縮役務容量の増加申請では、カスケードホール8と9の増設を申請しており、今後も濃縮役務容量の増加は継続的に行われると予想される。

なお、SP5 は GB II 濃縮工場のカスケード設計の基になっている。

③ グロナウ濃縮工場^{2),59),62)}

ドイツのノルトライン・ヴェストファーレン州(Nordrhein-Westfalen)のオランダ国境近くのグロナウ(Gronau)に立地していて、アルメロ濃縮工場から約40kmの位置にある。

1985年8月にUTA-1施設が運転を開始し、1998年に1,000tSWU/y、2005年に1,800tSWU/y⁴⁶⁾に達した。2005年には、4,500tSWU/yへの濃縮役務容量の増加の許可を得て、2006年にUTA-2施設(新型遠心機TC21を導入)の建設を開始し、2008年6月に、UTA-2施設のカスケードホール1の第1カスケードが運転を開始した。2008年末で2,200tSWU/yであったものが2011年末では4,200tSWU/yと着実に濃縮役務容量の増加を図っている。TC21遠心機による本格的な濃縮施設は初めてで、このような濃縮役務容量の増加はTC21が順調に稼働していることの表れである。UTA-2の実績を反映して、ウレンコ米国濃縮工場にも2012年にTC21が導入されている。なお、UTA-2では回収ウランの再濃縮の許可も受けている。

④ ウレンコ米国濃縮工場 (URENCO USA Facility : UUSA Facility)

○経緯

1989年、米国内に民間のウラン濃縮工場を建設、運転するためにURENCOは、米国の電力会社3社(Duke Power, Entergy, Exelon)と共同でLouisiana Energy Services, LLC.(LES)を設立した。出資比率はURENCOが90%、電力会社3社で10%であった。⁶⁴⁾

1989年設立時は、ルイジアナ州のホームーに立地を計画したが、地元の反対に会い、1998年に立地の許可申請を取り下げた。

2002年になり、いくつかの立地候補地を検討した後、ニューメキシコ州(New Mexico)のリー郡(Lea)、ユーンニス市(Eunice)の東5マイル(約8km)の場所(図1参照)に建設することを決定した。⁶⁵⁾

2003年12月にNRCへ建設及び運転の許可申請を行い、2006年6月23日に許可を受けた。現在では、米国の電力会社はLESから撤退し、LESはURENCO USA Inc.を通してURENCOの100%子会社になっている。

濃縮工場の名称は、National Enrichment Facility(NEF)で許可を受けたが、LESの商取引上の名称をURENCO USAに登録したのにもない、濃縮工場の名前をURENCO USA Facility (UUSA Facility)に変更する変更申請を2012年4月18日に行いNRCより許可を受けている。

○濃縮施設

NRC への建設・運転許可申請書では、濃縮役務容量は約 3,000tSWU/y で、分離建屋 (SBM : Separation Building Module) は、SBM-1001、SBM-1003、SBM-1005 の 3 棟で、各 SBM は中央の廊下を挟んで 2 つのカスケードホール (広さは 110m × 28m で室内の高さは 13m) を持ち、1 つのカスケードホールの最大濃縮役務容量は 545tSWU/y (8 カスケードを持ち、カスケード当たりの能力は約 68tSWU/y、遠心機は TC12 (第 4 世代機) で、アルメロ濃縮工場の SP5 の設計に基づいている) としていたが⁶⁴⁾、第 1 棟目の分離建屋 SBM-1001 に 2 つのカスケードミニホール (各々 2 つのカスケードを持つ) を追加し、24 カスケードでの濃縮役務能力を約 1,600tSWU/y (最大 1,635tSWU/y と推定) とすることを、2008 年 6 月 19 日の NRC との打ち合わせ⁶⁶⁾で説明した。また、第 2 棟目の SBM-1003 も同様に約 1,600tSWU/y とし、2 棟の分離建屋で約 3,000tSWU/y となること、SBM-1005 と SBM-1007 を建設する拡張計画を検討していることも説明した。その後、SBM-1003 には、TC21 を導入することになり、2 棟の SBM で 3,700tSWU/y になり、SBM-1005 も含めると 5,700tSWU/y になる拡張計画が明らかになった。グロナウ濃縮工場の UTA-2 での設計を基に TC21 を導入し、SBM-1003 は濃縮役務容量は約 2,000tSWU/y とのこと。UTA-2 の情報では、5 カスケードで 424tSWU/y⁵⁹⁾ で 1 カスケード当たり 84.8tSWU/y であり、SBM-1003 のカスケード数は SBM-1001 と同じ 24 カスケードであることから濃縮役務能力 2,035tSWU/y と推定される。海外の専門家の推定では、TC12 は 42kgswu/y、TC21 は約 80kgswu/y である。

建設は 2006 年 8 月に始まり、SBM-1001 は 2010 年 6 月 11 日に稼働した。2012 年 8 月 15 日の URENCO USA の発表では 21 カスケードが運転中で、さらに、SBM-1003 の落成式も行われ TC21 に UF₆ が供給されたとのことである。2012 年 11 月で濃縮役務能力は 2,000tSWU/y⁶⁷⁾に達していて、2014 年秋までには SBM-1003 の 24 カスケード全てが立ち上がり、濃縮役務能力は 3,700tSWU/y に達するとのことで、投資額は 31.5 億ドルと報道されている。⁶⁸⁾

LES は、SBM-1003 の完成で許可上の最大濃縮役務容量を越えてしまうことと、将来の濃縮役務容量の拡大も視野に入れ、2012 年 11 月 9 日、NRC に対して変更申請を行った。変更内容は、SBM-1007、SBM-1009 の増設 (UF₆ シリンダーの搬入・搬出建屋も増設) で、濃縮役務容量を 10,000tSWU/y に拡大するもので、SBM-1005 も含めて SBM-1003 と同様に TC21 を導入するとしている。また、濃縮役務容量の増加にともない、劣化 UF₆ シリンダー (48Y シリンダーで最大充填量は 12.5tUF₆) の保管場所を 2.6 エーカー (10,522m²) から 23 エーカー (105,219m²) に拡大し、保管シリンダーの本数を 15,727 本から 25,000 本に増やすとしている。⁶⁷⁾

SBM-1005 については設計がほぼ固まっています、投資額は 10 億ドルで 2015 年までに完成の予定で、5,700tSWU/y（建設単価：728 千ドル/tSWU/y）に達する予定である。⁶⁸⁾また、SBM-1005 には劣化 UF₆ の再濃縮試験のためのカスケードを設置する予定である。⁶⁷⁾なお、URENCO の経営会議は SBM-1005 への建設投資計画の承認を 2012 年 12 月 13 日に発表している。

(3) 遠心機技術開発

URENCO の技術開発方針は、一貫して、回転胴は直径約 150mm 以下で、周速を上げるとともに回転胴を長くして分離性能を向上させるものである。

技術開発は 3 段階に分かれており、第一段階は、2~3 年かけて、理論研究、設計研究、材料試験、回転試験等を行い、使用する遠心機は 10~20 機、第二段階は、2~3 年かけて、遠心機製造方法の確立、100~200 台の遠心機製造、プラント設計条件下での長期運転試験、第三段階は、年間数千台規模による 2 年間の製造実証、リードカスケードによる 6 か月の運転で、第三段階終了後に商業生産に導入するか判断を行ってきた。⁶⁹⁾

第一世代及び第二世代機は回転胴の材料は金属であったが、第三世代機から複合材料を用いており、1985 年にグロナウ濃縮工場に、1986 年にカーペンハースト濃縮工場に導入された。⁷⁰⁾

1991 年からは、現在主力機となっている TC12 型機（約 40SWU/y）が導入され、2001 年時点で濃縮役務生産の 50%以上を生産しており、2005 年では少なくとも約 70%は TC12 で生産しているものと思われる。TC12 の年間故障率は 0.5% である。⁷⁰⁾

TC12 の後継機である第六世代機 TC21（TC12 の約 2 倍の性能、第一世代機の約 50 倍の性能、約 80SWU/y）は、2001 年での報告では既にリードカスケード（遠心機数千台規模）で 15 か月運転実績を積んでいて、経済性が確認された時点で 18 か月以内に TC21 型機の導入の可否を判断するとされていたが、⁵⁵⁾少し遅れて、2005 年に TC21 の連続製造が始まった。⁷¹⁾

本格的な商業運転に導入されたのは、2006 年に建設が始まったグロナウ濃縮工場の UTA-2 施設で、最初のカスケードは 2008 年 6 月に運転を開始した。また、グロナウ濃縮工場に次いで、ウレンコ米国濃縮工場の SBM-1003 にも導入され 2012 年 8 月 15 日に最初のカスケードが運転を開始している。今後は、現在主力の TC12 に代わって TC21 が導入されていくものと思われる。

なお、遠心機の寿命は少なくとも 15 年としている。⁶¹⁾

(4) 経営状況（表 7 参照）²⁾

2011 年度の総売上収入は 13.024 億ユーロで、10 年前（2001 年で 5.484 億ユー

ロ) の約 2.4 倍、5 年前 (2007 年で 10.204 億ユーロ) の約 1.3 倍でほぼ毎年増加を続けている。2011 年の世界市場の占有率は 29% で、10 年前の 14% から着実に増加し 4 大濃縮企業の中でトップに立った。

濃縮役務の長期契約額は 2011 年末で、2025 年までの期間で 200 億ユーロで、10 年前の 30 億ユーロに比べて 6.7 倍に増えている。濃縮役務供給先は、北アメリカが 38%、EU27 とスイスが 39%、東アジアが 21%、その他が 2% である。

濃縮役務能力は、2001 年に 5,250tSWU/y、2007 年に 9,600tSWU/y、2010 年には 13,000tSWU/y と毎年数百 tSWU/y の増加を続けてきたが、2011 年はグロナウ濃縮工場の UTA-2 施設の拡張による効果で 14,600tSWU/y と大幅に増加した。2012 年においてもウレンコ米国濃縮工場の拡張で 9 月の段階で 15,900tSWU と大幅に増加している。2012 年末で 16,000tSWU/y を越えたものと思われる。戦略目標は 2015 年までに 18,000tSWU/y を目指していて、今後も成長を続けて行くものと思われる。

表 7 URENCO の経営状況

	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
総売上収入 (億ユーロ)	10.204	11.246	11.176	12.594	13.024
長期契約額 (億ユーロ)	180	185	195	210	200
投資額 (億ユーロ)	5.74	7.823	9.966	7.985	7.52
世界市場占有率 (%)	23	25	25	27	29
濃縮役務容量 (tSWU/y)	9,600	11,000	12,200	13,000	14,600

(5) ウレンコ株の売却問題

イギリス政府は、原子力産業の民営化政策に沿って原子力国営企業の民営化を進めてきたが、その政策に沿って URENCO の株売却についても 2009 年から検討してきた。しかしながら、株の売却については、アルメロ条約に基づき、オランダ政府とドイツ政府の同意が必要であり、また、遠心機技術は核兵器用の高濃縮ウランの製造につながる機微技術であり、売却企業については限定されることから具体的な動きは見られなかった。しかしながら、2011 年 3 月 11 日の福島第一原子力発電所の事故の影響によりドイツが脱原子力政策を決定したことで、ドイツ電力会社は原子力発電所の停止対策と再生可能エネルギーや天

然ガス火力発電などの代替エネルギーへの投資のための資金確保のために経費の削減と資産の売却を迫られ、URENCO のドイツ側の株主 E.ON と RWE (Uranit UK Limited を通して URENCO の 1/3 の株を所有)は URENCO の株の売却の検討を始め、イギリス政府も 2012 年に入りクリーンエネルギー推進のためのグリーン投資銀行への資金確保策として URENCO 株の売却に向けた具体的行動を開始した。2012 年 9 月には株売却に係る金融アドバイザーとして Morgan Stanley を指名した。E.ON と RWE は Bank of American Merrill Lynch を、オランダ政府は Credit Suisse をアドバイザーとして株売却に関する調整が始まっている。ただし、イギリス政府とドイツ政府が売却を望んでいるのに対してオランダ政府は現状維持を望んでいると伝えられていてアドバイザーの金融機関は 2013 年中の売却は予想していない。株価の総額は 100 億ユーロと評価されていて、Westinghouse、AREVA が株取得に熱心であると報道されている。買取り企業としてこの 2 社以外に、カナダのウラン鉱山会社 CAMECO などが挙げられているが、ワイルドカードとして前 ETC の CEO の Patrick Upson が率いる投資集団 (66%の株を買取る準備ができていると報道されている)や中国の接近も挙げられている。⁷²⁾

この問題は、核拡散につながる機微情報管理の問題を抱えており売却先企業については多くの制約と関係国間の新たな条約が必要となり、今後、紆余曲折が予想される。

(6) 劣化 UF₆ 対策

①ヨーロッパの濃縮工場での対策

URENCO のヨーロッパの濃縮工場では、許可保管量内での 48Y シリンダーによる屋外保管、1996 年から開始した劣化 UF₆ のロシアでの再濃縮委託 (天然ウランまたは低濃縮ウランまで濃縮)³⁴⁾による保管量の低減 (再濃縮により発生した劣化 UF₆ はロシアの所有物になる契約で、1998 年から始まり 2009 年で終了した。劣化ウラン 100,000tU 以上を輸送したと推定される。EU の電力会社に供給された天然ウラン濃度まで濃縮されたものは約 9,000tU。)、COGEMA へ U₃O₈ への転換を委託し転換された U₃O₈ をオランダの放射性廃棄物長期集中保管場 (COVRA (The Central Organization for Radioactive Waste) サイト) で保管する三つの対策を基本としてきたが⁷¹⁾、追加策として、グロナウ濃縮工場サイト内に 50,000tU₃O₈ の保管の許可を 2005 年に取得し、また、カーペンハースト濃縮工場内に COGEMA の転換施設 W の技術を導入した劣化 UF₆ の処理管理施設 TMF (Tails Management Facility : U₃O₈ への処理能力 7,000tUF₆/y、U₃O₈ の貯蔵能力は 10t コンテナ (DV70) 5,000 個分)⁵⁹⁾の建設を 2012 年上期に開始しており、2015 年末までにフル稼働の予定である。⁴⁾

②米国濃縮工場での対策

ウレンコ米国濃縮工場では、2012年11月9日に濃縮役務能力の10,000tSWU/yへの拡張の変更申請書をNRCに提出⁶⁷⁾したが、その中で劣化UF₆保管限度を48Yシリンダーで15,727本から25,000本に引き上げていて、設計上では18年分(年間の劣化UF₆の発生量は17,270tUF₆、48Yシリンダーで1,382本分)である。

NRCは、劣化ウランを低レベル放射性廃棄物と定めていて、将来的には、劣化UF₆を化学的に安定なウラン酸化物に転換し処分しなければならないため、LESは劣化UF₆の転換について計画を進めている。2010年4月19日、劣化UF₆のウラン酸化物への転換施設建設計画を進めているInternational Isotopes Inc. (INIS)がLESとの間で劣化UF₆の転換サービスを提供することで合意したことを発表している。期間は、再転換施設の運転開始から5年間で、INISが2013年末までに施設の運転を開始することを条件にしている。建設サイトはウレンコ米国濃縮工場から約20マイル(約32km)離れたニューメキシコ州のHobbsの西で、2012年10月2日、33か月の審査を経てNRCより建設・運転の許可を受けた。⁷³⁾転換方法は、UF₆を水素でUF₄に還元した後、SiO₂またはB₂O₃と混合しロータリーキルンで仮焼しUO₂またはU₃O₈のウラン酸化物にするものである。処理能力は8,100,000lbUF₆/y(3,674tUF₆/y、48Yシリンダー294本)である。⁷⁴⁾

なお、ウレンコとしては、劣化ウランの処分費用として毎年約1億ユーロを積み立てている。

4) ROSATOM (Russian Federal Atomic Energy Agency)

(1) 会社概要⁷⁵⁾

ロシアのウラン濃縮産業は旧ソ連時代にさかのぼり、現在の原子力統括国営企業ROSATOM(原子力商業企業から核兵器関連企業及び関係研究開発機関全てを統括している)傘下のJSC Urals Electrochemical Integrated Plant (UEIP)、JSC Production Association Electrochemical Plant(PA ECP)、JSC Siberian Group of Chemical Enterprise(SGChE)、JSC Angarsk Electrolsis Chemical Complex(AECC)の4企業が1953年から1963年にかけて設立され、遠心分離法によるウラン濃縮を世界で一番早く開始し、1990年代にはガス拡散法の濃縮工場は全て遠心分離法に置き換わった。2011年末での4企業合計の濃縮役務容量は28,600tSWU/yで世界第1位である。

ロシアの原子力産業体制は、ROSATOMの100%子会社の総括管理企業の

Atomenergoprom（持ち株会社）の下に、分野別にウラン鉱山企業管理会社の ARMZ、ウラン転換・濃縮・燃料加工企業管理会社の TVEL、ウラン濃縮役務及びウラン製品販売企業の Techsnabexport(TENEX)、原子炉製造企業管理会社の Rosenergoatom の 4 つの持ち株会社があり、⁷⁶⁾ウラン濃縮産業は、TVEL の傘下の TVEL FC（Fuel Company of Rosatom State Atomic Energy Corporation）に 4 つのウラン濃縮企業その他、遠心分離機等の技術開発企業を束ねている。（TVEL FC はこの他ウラン転換、燃料加工企業を運営している。）⁷⁷⁾

(2) 濃縮施設(図 3 参照)⁷⁸⁾

① UEIP 濃縮工場（Novouralsk 濃縮工場）

エカテリンバーグ(Yekaterinburg)の北西 47km の Novouralsk(前 Severdlovsk-44)に立地し、濃縮役務能力は 13,000tSWU/y 前後と推定され、世界最大の濃縮工場である。

1949 年、旧ソ連の最初の軍事用高濃縮ウラン製造のためのガス拡散濃縮施設が建設され運転を開始した場所である。

② ECP 濃縮工場（Zelenogorsk 濃縮工場）

クラスノヤルスク(Krasnoyarsk)の東 120km の Zelenogorsk（前 Krasnoyarsk-45）に立地し、濃縮役務容量は 9,000tSWU/y 前後と推定される。ウラン濃縮以外に、19 元素の 95 の安定もしくは放射性同位体の分離生産を行っていて、世界最大の同位体分離施設がある。その他、2009 年 12 月より、ロシアで初めての劣化 UF₆ の U₃O₈ への転換施設が稼働中で、米国 DOE 及び URENCO のカーペンハースト濃縮工場と同様に AREVA の W 施設の技術を導入したもので 5,000UF₆/y で運転を開始し 2011 年には定格の 10,000UF₆/y に到達したものである。

③ SGChE 濃縮工場（Seversk 濃縮工場）

トムスク(Tomsk)の北西 15km の Seversk（前 Tomsk-7）に立地し、濃縮役務容量は 4,000tSWU/y 前後と推定される。回収ウランの再濃縮も行われている。また、転換施設もあり、2016 年以降の運転を目指して大型の新工場の建設も行われている。

④ AECC 濃縮工場（Angarsk 濃縮工場）

イルクーツク (Irkutsk) の北西 40km の Angarsk に立地し、濃縮役務容量は 3,000tSWU/y 前後と推定される。転換施設もある。また、2007 年に設立された国際ウラン濃縮センター (OJSC International Uranium Enrichment Center (IUEC)) : 濃縮技術にはアクセスできないが国際的な資本参加を受入れる。現在は、ロシ

アが 80%、カザフスタンが 10%、ウクライナが 10%を出資している。)が置かれ、濃縮工場の建設を計画している。なお、2011 年 11 月 30 日に、IAEA との協定のもとに国際核燃料バンクとして 120t の低濃縮ウランが IUEC 内に備蓄された。



図 3 ロシアの濃縮工場の位置

(3) 遠心機技術開発⁷⁸⁾

遠心機の技術開発は、ヒトラーから避難したドイツ人科学者の Friz Lange によって 1930 年代中頃から始まった。

1952 年 10 月に遠心機研究においてブレイクスルーがあり、1955 年、Novouralsk 濃縮工場に 2,345 台の第 1 世代遠心機を用いたパイロットプラントを建設することを決定した。

1960 年 8 月には、Novouralsk 濃縮工場に大規模な遠心分離法による濃縮工場を建設することを決定し、第 2 世代及び第 3 世代遠心機を導入し、1962 年～1964 年にかけて増設しながら運転を開始した。現在のプラントで見られる回転胴の短い（回転胴にペローズ等がない短胴の遠心機）遠心機を多段積みする据付構造を初めて採用し、遠心機は回転胴の振動共鳴周波数以下で運転するサブクリティカル遠心機で、現在運転中の設備も同様の設計思想で建設されている。

1970 年代、第 5 世代機を用いて、ガス拡散法から遠心分離法への更新を開始し、1980 年代の終わり頃から 1990 年代にかけてガス拡散法は全て遠心分離法に置き換えられた。1980 年代終わりまでに濃縮役務能力は 20,000tSWU/y を達成した。

1970年代の初めから半ばにかけて導入した第5世代機（約2SWU/y）は1990年代の終わり頃寿命がきて、設計寿命12.5年に対して25年間使用できた。

第6世代機の導入は、1984年から始まり、設計寿命は15年であるが30年間運転する予定である。1990年代の終わり頃には第5世代機と第6世代機の設置台数が同じになった。

第5世代機は2010年までには更新しなければならず、Minatom(当時のロシア原子力省)は新たな遠心機の更新計画を開始し、1997年、Novouralsk濃縮工場の第5世代機の第7世代機（約4SWU/y）への更新を開始し、次いで、1998年、Zelenogorsk濃縮工場での遠心機更新を開始した。

2005年から第5世代機の第8世代機による更新を開始し、2011年も継続された。（2011年の更新は8ブロック、8,054台）2012年の更新の目標は8ブロックで、第9世代機の導入も掲げている。⁷⁷⁾なお、既に第5世代機は35年の寿命を達成している。

第9世代機については、2010年、2011年にUEIPでパイロット試験が行われ、2012年の目標として、第9世代機の連続生産と第5世代機の更新のための導入が掲げられている。^{77),79)}

また、第10世代機の研究開発プロジェクトも行われている。⁷⁷⁾

第9世代機は、これまでのサブクリティカル遠心機ではなく、初めてのスーパークリティカル遠心機と推定されている。

なお、2010年の遠心機の研究開発費は7.85億ルーブル（1ルーブルが2.96円として23.2億円）⁷⁹⁾

(4) 経営状況(表8参照)^{76),80),81)}

濃縮役務、低濃縮ウラン等の販売を担当するTENEXの2011年の年報によればウラン製品関係の2011年の販売収入は33.39億ドル（米国とのHEU-LEU協定によるUSECの低濃縮ウラン供給による収入は10.09億ドル）で、今後10年間の長期契約額は180億ドル、2015年までの長期契約額は250億ドルである。これ等の契約の中には、2008年に米国のアンチ・ダンピング協定の停止で米国の電力会社と2020年までの低濃縮ウランの直接供給が解禁になった分の13契約（2013年1月時点では14契約）、55億ドル、そして、2011年3月23日にUSECと契約した2022年までの21,000tSWUの濃縮役務供給契約30億ドル（販売単価：143ドル/kgSWU）が含まれている。報道によれば、2012年では今後10年間の長期契約額は40%増加したとのことで濃縮役務生産コストの安さを武器に、2009年から2011年で米国、EU、メキシコ、南アフリカ、日本、中国、UEAなどの電力会社と新規契約または契約期間の延長契約などを結んでいて、2030年までに世界の濃縮役務市場の40%を占めることを目指している。

表 8 ROSATOM の濃縮部門の経営状況

	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
ウラン製品輸出額(億ドル)	23.7	30.59	28.97	32.52	33.39
HEU 協定の濃縮ウラン輸出額(億ドル)	7.59	8.18	8.86	9.39	10.09
米国への濃縮役務供給量(tSWU) ³⁶⁾	6,176 (43%)	4,793 (38%)	5,478 (32%)	5,055 (37%)	5,308 (36%)
EU への濃縮役務供給量(tSWU) ¹⁾	4,528 (31%)	3,856 (28%)	3,619 (30%)	4,896 (33%)	5,057 (40%)
世界市場占有率(%)	20	26	27	28	28
濃縮役務容量(tSWU/y) ¹⁾	22,500	22,500	27,000	27,500	28,600

URENCO によれば、ROSATOM の世界濃縮役務市場でのシェアは 28%であるが、米国との HEU-LEU 協定による USEC への約 5,500tSWU/y 分を含めれば 40% 近くに達する。ちなみに 2011 年のロシア起源の濃縮役務の米国への供給量は 5,308tSWU (供給割合は 36%)、³⁶⁾EU への供給量は 5,057tSWU (供給割合は 40%)¹⁾で大きなシェアを占めている。

濃縮役務容量は、第 5 世代遠心機を第 8 世代遠心機に更新することで継続して増加していて、2008 年に 22,500tSWU/y、2009 年に 27,000tSWU/y、2010 年に 27,500tSWU/y、2011 年には 28,600tSWU/y と推定されていて、2012 年は第 9 世代の遠心機導入でさらに増加していることと思われる。

(5) 劣化 UF₆ 対策

ロシアにおいても、劣化 UF₆ は鉄製のシリンダーに封入されて屋外で保管されており、容器の腐食等の問題が発生しているものと予想される。

これまでは、U₃O₈ 等の酸化物への安定化処理は行われていなかったが、環境保護団体などの運動が活発になったせいもあり、TENEX は AREVA NC と劣化 UF₆ を U₃O₈ に転換する施設 W の技術移転契約 (約 50 百万ユーロ) を 2005 年 5 月に結んだ。契約内容は、ECP に建設する転換工場の設計、設備供給、試運転、運転教育、メンテナンスで、転換工場は 2009 年 12 月 18 日に 5,000tUF₆/y で運転

を開始し 2011 年には定格の 10,000UF₆/y に到達したものと思われる。⁸²⁾

(6) 劣化 UF₆ の再濃縮³⁴⁾

TENEX は、1996 年から URENCO 及び AREVA の濃縮工場で発生した劣化 UF₆ を天然ウラン相当の濃度等（一部は商業用軽水炉燃料用濃度まで濃縮）まで再濃縮する濃縮役務契約を結び、ロシア国内の濃縮工場で実施していたが、再濃縮によって発生した劣化 UF₆ がロシアの所有物になることから、廃棄物の輸出との環境保護団体の批判が近年高まり、ヨーロッパ内で、実力行使による輸送阻止事件が起き、2010 年で契約は終了している。再濃縮によって天然ウラン濃度まで濃縮されたウランは、1999 年から本格的に EU への供給が開始され、2009 年までに約 9,000tU¹⁾が供給された。ロシアへ輸送された劣化 UF₆ はウラン量で十数万トンと推定されている。

ロシアにとってこの契約は、再濃縮して発生した劣化 UF₆ が、米国との HEU-LEU 協定において、ロシアの核兵器解体高濃縮ウラン(500t)を商業用軽水炉燃料の低濃縮ウラン（総計 92,000tSWU 相当）に希釈する際に使用するの希釈用低濃縮ウラン（濃度約 1.5%）の供給原料となること及び余剰濃縮設備を稼動させることができることから大きなメリットがあった。

核兵器解体高濃縮ウランは、²³⁴U の濃度が高く、天然ウランから濃縮した低濃縮ウランを用いて希釈した場合、米国の ASTM 規格の ²³⁴U の濃度制限値を超えてしまう。このため、²³⁴U の濃度が低くなった劣化 UF₆ を再濃縮して発生したさらに ²³⁴U の濃度が低くなった劣化 UF₆ (²³⁴U は製品側へ濃縮されるため廃品の劣化ウラン中の ²³⁴U 濃度は低くなる) を供給原料として 1.5%程度まで濃縮した低濃縮ウランを用いて高濃縮ウランを希釈している。ロシアは、0.3%～0.35% の劣化 UF₆ を天然ウラン相当の濃度(0.711%)まで濃縮して発生した濃度 0.2%～0.25%の劣化 UF₆ を 1.5%前後まで濃縮していると推測される。

ロシアは、ロシアの濃縮工場で発生した劣化 UF₆ についても余剰濃縮設備を利用して再濃縮を行っていると言われている。

(7) 中国への濃縮技術輸出⁷⁸⁾

1992 年 12 月 18 日、ロシアと中国は濃縮工場の建設に関する政府間協定に調印した。Shaanxi Province（陝西省）の Hanzhun（漢中市）に、第一期分として 1996 年に 200tSWU/y、第二期分として 1998 年に 300tSWU/y の施設が完成し運転を開始した。

第三期分としては、2001 年に Gansu Province(甘肅省)の Lanzhou（蘭州市）に 500tSWU/y の施設が完成し運転を開始した。供給された遠心機は第 5 世代機と推定されている。

2008年8月27日、TENEXと中国の国営原子力統括企業のCNNC(China National Nuclear Corporation：中国核工業集团公司)の子会社のCNEIC(China Nuclear Energy Industry Corporation)との間でGansu Province(甘肅省)のLanzhou(蘭州市)に第四期分の500tSWU/yの濃縮工場建を建設する契約が締結され、2011年7月5日に完成している。導入遠心機は第6世代機である。⁷⁶⁾

5) GE-Hitachi

(1) SILEX 法レーザーウラン濃縮工場建設計画

GE-Hitachiは、2006年5月、オーストラリアのSilex Systems Limited (Silex)が開発したレーザーウラン濃縮技術(詳細は“SILEX 法—第三世代の濃縮技術”(<http://www.jaea.go.jp/03/senryaku/seminar/08-3.pdf>) を参照)の独占的使用権を取得して、商業化を目指した技術開発を進めている。開発会社はGE-Hitachi Global Laser Enrichment LLC (GLE:出資比率はGEが51%、日立が25%、Camecoが24%)で、Camecoは2008年6月より参加している。

技術開発の進捗状況は、2007年よりSilexの技術者を中心に実用化の判断をするためのTest Loopプロジェクトを進めていて、実規模に近い試験設備Test Loop(ノースカロライナ州ウィルミントンのGE本部に隣接したGEの子会社のGlobal Nuclear Fuel-Americaの燃料加工工場内に設置)を建設中であつたが、2009年7月30日よりTest Loopによる試験を開始し、現在も継続中である。⁸³⁾

Test Loopプロジェクトと並行して商業プラント建設計画を進めていて、2009年1月30日には商業プラントの建設・運転許可申請の内、環境影響評価書を提出し、2009年6月26日には安全解析評価書を提出した。NRCの審査の結果、2009年8月17日許可申請書は受理され、約3年の審査を経て2012年9月25日に許可期間40年間の許可をNRCより受けた。⁸⁴⁾

GLEが提出した許可申請書⁸⁵⁾によれば、建設場所はGE本部サイト内で広さは約100エーカー(約40万m²)、分離設備の入る運転建屋の広さは56,000m²、濃縮役務能力は6,000tSWU/yで、最大濃縮度は8%である。建設計画は、許可申請書の評価の中では、まず第1期では1,000tSWU/yを建設し、次に2,000tSWU/yを増設する。第2期は、3,000tSWU/yで第1期と同様なスケジュールで建設し、全体としては、許可後約6年で6,000tSWU/yを達成するとしている。建設期間は、2011年～2017年で、運転開始は2013年としている。

商業プラントの建設については、Test Loopの試験結果をもとに判断するとしていて、2010年4月12日には、初期段階の試験が成功裏に終了したことを発表した。しかし、Test Loopを改造して、プロセスの最適化、設備寿命データ等商業プラントの設計データを取得するために試験を継続中で、当初は2010年末まで

に商業プラント建設の是非を判断するとしていたが、まだ決定は下されていない。

その一方で GE-Hitachi は、2010 年 9 月に TVA と 10 年間の枠で TVA が将来必要な濃縮役務の約 12% を供給する 4 億ドルの契約を結んでいる。

また最近では、GLE が 2012 年 7 月に開催された 'Paducah Gaseous Diffusion Plant Industry Workshop' に出席した際に、DOE が所有している濃度の高い劣化 UF₆ の再濃縮のためのレーザー濃縮プラント建設についての意見交換が行われ、DOE との初期段階の議論も含めて、パデューカ濃縮工場に追加のレーザー濃縮工場を建設する可能性についての予備評価が行われていることを 2012 年 11 月 20 日に Silex が認めた。⁸⁶⁾そして、2013 年 2 月 24 日、GE-Hitachi はレーザー濃縮プラント建設の提案書を DOE に提出している。⁸⁷⁾

引用参考資料

- 1a) “Annual Report 2007”, EURATOM Supply Agency, 2008
<http://ec.europa.eu/euratom/ar.html>
- 1b) “Annual Report 2008”, EURATOM Supply Agency, 2009
<http://ec.europa.eu/euratom/ar.html>
- 1c) “Annual Report 2009”, EURATOM Supply Agency, 2010
<http://ec.europa.eu/euratom/ar.html>
- 1d) “Annual Report 2010”, EURATOM Supply Agency, 2011
<http://ec.europa.eu/euratom/ar.html>
- 1e) “Annual Report 2011”, EURATOM Supply Agency, 2012
<http://ec.europa.eu/euratom/ar.html>
- 1f) “Annual Report 2004”, EURATOM Supply Agency, 2005
<http://ec.europa.eu/euratom/ar.html>
- 2) “Annual report and accounts 2011”, URENCO
<http://www.urenc.com/page/402/Group-Reports.aspx>
- 3) 日本原燃ホームページ “六ヶ所ウラン濃縮工場”、日本原燃
http://www.jnfl.co.jp/business-cycle/1_nousyuku/nousyuku_03/nousyuku_03_02.html
- 4) “URENCO Group – Half-Year 2012 Unaudited Financial Results”, URENCO, September 6, 2012
<http://www.urenc.com/page/475/URENCO-Group--HalfYear-2012-Unaudited-Financial-Results.aspx>
- 5) “URENCO Year-end results 2007”, URENCO, April 23, 2008
<http://www.urenc.com/Uploads/ResultsMedia/presentation-slides.html>
- 6) “URENCO Investor Update 2009”, URENCO, April 2, 2009
<http://www.urenc.com/Uploads/ResultsMedia/Investor%20Update%202009%20FIN>

AL%20for%20web.pdf

- 7) “URENCO Investor Update on 2009 Results”, April 8, 2010
<http://www.urencocom/Uploads/ResultsMedia/Investor%20presentation%202009.pdf>
- 8) “URENCO Investor Update on 2010 Results”, April 7, 2011
<http://www.urencocom/Uploads/ResultsMedia/Investor%20update%202010%20results.pdf>
- 9) “URENCO Investor Presentation: 2011 Results”, URENCO, April 5, 2012
<http://www.urencocom/Uploads/ResultsMedia/2011%20URENCO%20FY%20Results%20presentation%20FINAL.pdf>
- 10) “2005 Form 10-K”, USEC, January 24, 2006
<http://library.corporate-ir.net/library/93/936/93662/items/185465/200510K.pdf>
- 11) “Portsmouth Gaseous Diffusion Plant History”, USEC
<http://www.usec.com/gaseous-diffusion/portsmouth-gdp/portsmouth-history>
- 12) “2010 Form 10-K”, USEC, January 24, 2011
<http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=93662&p=irol-reportsAnnual>
- 13) “2011 Form 10-K”, USEC, March 14, 2012
<http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=93662&p=irol-reportsAnnual>
- 14) “U.S. Department of Energy Awards Fluor-Led Team 10-Year, \$2.1 Billion Contract for Portsmouth Cleanup”, Fluor Corporation, August 16, 2010
<http://investor.fluor.com/phoenix.zhtml?c=124955&p=newsarticle&id=1460323>
- 15) “Paducah Plant History”, USEC
<http://www.usec.com/gaseous-diffusion/paducah-gdp/paducah-history>
- 16) “2009 Form 10-K”, USEC, March 1, 2010
<http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=93662&p=irol-reportsAnnual>
- 17) “Background Fact Sheet Transfer of Depleted Uranium and Subsequent

Transactions”, DOE, May 15, 2012

http://energy.gov/sites/prod/files/Paducah%20Background%20Factsheet_0.pdf

18) “Energy Northwest press release on its agreement with USEC, the Tennessee Valley Authority and the DOE”, Energy Northwest, May 15, 2012

<http://www.energy-northwest.com/news/2012/documents/NR%202012-06%20EN%20BPA%20Save%20Ratepayers%20Millions%20Through%20Nuclear%20Fuel%20Purchase.pdf>

19) “DOE Announces Transfer of Depleted Uranium to Advance the U.S. National Security Interests, Extend Operations at Paducah Gaseous Diffusion Plant”, DOE, May 15, 2012

<http://energy.gov/articles/doe-announces-transfer-depleted-uranium-advance-us-national-security-interests-extend>

20) “USEC to likely shutter Paducah uranium enrichment plant in 2013”, USEC, November 1, 2012

<http://www.platts.com/RSSFeedDetailedNews/RSSFeed/ElectricPower/8873688>

21) “USEC Signs Multi-Year Contract with Russia’s TENEX for Low Enriched Uranium Supply”, USEC, March 24, 2011

<http://www.usec.com/NewsRoom/NewsReleases/USECInc/2011/2011-03-23-USEC-Signs-Multi-Year.htm>

22) “2006 Form 10-K”, USEC, February 27, 2007

<http://library.corporate-ir.net/library/93/936/93662/items/233313/10KQ406.pdf>

23) “2007 Form 10-K”, USEC, February 29, 2008

<http://library.corporate-ir.net/library/93/936/93662/items/281395/10KAFINALDEC2007.pdf>

24) “2008 Form 10-K”, USEC, February 27, 2009

http://library.corporate-ir.net/library/93/936/93662/items/326354/18A50E6C-F0FB-47D5-A355-EC5AA44A010C_10-K2008.pdf

25) “800 to 1000 New Jobs Coming to Piketon Department of Energy to Accelerate

- Cleanup Work While USEC Further Develops ACP Technology”, DOE, July 28, 2009
<http://www.energy.gov/news2009/7702.htm>
- 26) “Program will demonstrate commercial readiness and national security capability”, USEC, June 13, 2012
<http://www.usec.com/news/usec-and-doe-sign-350-million-cooperative-agreement-american-centrifuge-research-development-an>
- 27) “Research, Development & Demonstration Program”, USEC, January, 2013
<http://www.usec.com/american-centrifuge/what-american-centrifuge/rdd-program>
- 28) “Turning point for American Centrifuge”, WNA, June 14, 2012
http://www.world-nuclear-news.org/NN-Turning_point_for_American_Centrifuge-1406125.html
- 29) “USEC to Sell NAC International to Hitachi Zosen”, USEC, January 25, 2013
<http://www.usec.com/news/usec-sell-nac-international-hitachi-zosen>
- 30) “Obama Administration Announces Major Step Forward for the American Centrifuge Plant”, DOE, June 13, 2012
<http://energy.gov/articles/obama-administration-announces-major-step-forward-american-centrifuge-plant>
- 31) “License Application for the American Centrifuge Plant in Piketon, Ohio Rev14”, USEC, March 17, 2006
<http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML0608/ML060880370.pdf>
- 32) “Environmental Report for the American Centrifuge Plant, Revision 7”, USEC, February 17, 2006
<http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML0605/ML060590634.pdf>
- 33) “Megatons to Megawatts”, USEC
<http://www.usec.com/russian-contracts/megatons-megawatts>
- 34) “Re-enrichment of West European Depleted Uranium Tails in Russia”, Ecodefence Russia, November 25, 2004

- 35) "2003 Form 10-K", USEC, March 12, 2004
http://media.corporate-ir.net/media_files/NYS/USU/reports/2003USU10K.pdf
- 36) "2011 Uranium Marketing Annual Report", EIA, May, 2012
<http://www.eia.gov/uranium/marketing/pdf/2011umar.pdf>
- 37) "Uranium 2011: Resources, production and Demand", OECD NEA and IAEA, 2012
- 38) "Russia, U.S. ink uranium enrichment pact for 2013-2022", RIA Novosti, December 21, 2011
<http://en.ria.ru/russia/20111221/170411168.html>
- 39) "Record of Decision for Construction and Operation of a Depleted Uranium Hexafluoride Conversion Facility at the Paducah, Kentucky, Site", DOE, July 20, 2004
- 40) "Record of Decision for Construction and Operation of a Depleted Uranium Hexafluoride Conversion Facility at the Portsmouth, Ohio, Site", DOE, July 20, 2004
- 41) "Depleted Uranium Hexafluoride (DUF6) Storage, Conversion, and Management in the U.S.", Oak Ridge Operations U.S. DOE, September 24, 2003
<http://www.ornl.gov/~webworks/cppr/y2001/pres/118450.pdf>
- 42) "URANIUM HEXAFLUORIDE CYLINDERS REMOVED FROM EAST TENNESSEE TECHNOLOGY PARK THREE YEARS AHEAD OF SCHEDULE", DOE, December 19, 2006
- 43) "Final Plan for the Conversion of Depleted Uranium Hexafluoride (As Required by Public Law 105-204)", DOE, July, 1999
- 44) "2004 Form 10-K", USEC, August 3, 2005
<http://library.corporate-ir.net/library/93/936/93662/items/142580/10KAFINALDEC04.pdf>

- 45) “Depleted Uranium Hexafluoride(UF₆)Fully Operational at the Portsmouth and Paducah Gaseous Diffusion Sites”, DOE, October 20, 2011
http://www.pppo.energy.gov/pdf/pppo_news/EM%20Update%20fully%20operational%2010-20-11.pdf
- 46) “B&W Conversion Services takes over US DUF₆”, Nuclear Engineering International, March 29, 2011
<http://www.neimagazine.com/story.asp?storyCode=2059254>
- 47) “2011 Reference Document”, AREVA, 2012
http://www.avea.com/finance/liblocal/docs/doc-ref-2011/DDR%202011%20AREVA_uk.pdf
- 48) “EURODIF’s uranium enrichment plant ceases production permanently”, AREVA, June 7, 2012
<http://www.avea.com/EN/news-9364/eurodif-s-uranium-enrichment-plant-ceases-production-permanently.html>
- 49) “Enrichment: ramp-up of the Georges Besse II on schedule”, AREVA, January 16, 2013
<http://www.avea.com/EN/news-9675/enrichment-rampup-of-the-georges-besse-ii-on-schedule.html>
- 50) “AREVA Annual Report 2005”, AREVA, 2006
<http://www.avea.com/mediatheque/liblocal/docs/pdf/groupe/pdf-doc-ref-05-va.pdf>
- 51) “Expanding the U.S. Nuclear Infrastructure by Building a New Uranium Enrichment Facility”, AREVA, May 21, 2007
<http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML0716/ML071650116.pdf>
- 52) “AREVA Enrichment Services Eagle Rock Enrichment Facility License Application-Final Safety Analysis Report, Rev. 1-”, AREVA Enrichment Services, LLC, April 24, 2009
http://adamswebsearch2.nrc.gov/idmws/doccontent.dll?library=PU_ADAMS^PBNTA D01&ID=091240266

- 53) “2007 Reference Document”, AREVA, 2008
http://www.aveva.com/mediatheque/liblocal/docs/pdf/finances/hors-mediacenter/rappo-rts-annuels/aveva-pdf_Document_reference_2007_en.pdf
- 54) “2008 Reference Document”, AREVA, 2009
<http://www.aveva.com/mediatheque/liblocal/docs/pdf/groupe/pdf-doc-ref-08-va.pdf>
- 55) “2009 Reference Document”, AREVA, 2010
<http://www.aveva.com/mediatheque/liblocal/docs/pdf/groupe/pdf-doc-ref-09-va.pdf>
- 56) “2010 Reference Document”, AREVA, 2011
<http://www.aveva.com/mediatheque/liblocal/docs/pdf/groupe/pdf-doc-ref-10-va.pdf>
- 57) B.Duperrt ,A.Maillard ,B.Le Motails, “AREVA/COGEMA MANAGEMENT OF DEPLETED UF6 300000t dUF6 DEFLUORINATED LESSON LEARNED (ARAVA/COGEMA Pierrelatte France)”, WM’05 Conference, February27-March 3,2005,Tucson,ZA
- 58) “Foreign Trip Meeting Summary:Louisiana Energy Services Technical Meeting And Site Visits”, NRC, July 26, 2002
- 59) “URENCO : newsletter 2007,2008”, URENCO
<http://www.urengo.com/content/69/Publications.aspx>
- 60) “URENCO UK”, URENCO
<http://www.urengo.com/page/41/URENCO-UK.aspx>
- 61) “Uitbreiding capaciteit naar 6.200 tSW/jaar”, URENCO Nederland B.V., December 15, 2010
<http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/kernenergie/documenten-en-publicaties/rapp-orten/2010/12/15/mer-urengo.html>
- 62) “URENCO Deutschland”, URENCO
<http://www.urengo.com/page/45/URENCO-Deutschland.aspx>
- 63) “Sustainability Report 2010”, URENCO, 2011

<http://www.urenco.com/page/401/Sustainability-report-archive.aspx>

64) "Safety Analysis Report Revision 17", LES

http://adamswebsearch2.nrc.gov/idmws/doccontent.dll?library=PU_ADAMS^PBNTA D01&ID=090020132

65) "LOUISIANA ENERGY SERVICES AND URANIUM ENRICHMENT", Nuclear Information and Resource Service

<http://www.nirs.org/factsheets/lesanduraniumenrichment.htm>

66) "NRC Management Meeting", LES, June 19, 2008

http://adamswebsearch2.nrc.gov/idmws/doccontent.dll?library=PU_ADAMS^PBNTA D01&ID=081920044

67) "License Amendment Request for Capacity Expansion of URENCO USA Facility", LES, November 9, 2012

<http://adamswebsearch2.nrc.gov/webSearch2/doccontent.jsp?doc={AC60A1A8-BBC2-49E7-B74A-40BB0E4073A2}>

68) "Urenco spins uranium into fuel at high-tech desert facility", New Mexico Business Weekly, June 8, 2012

<http://www.bizjournals.com/albuquerque/news/2012/06/08/urenco-spins-uranium-into-fuel-at.html>

69) "CENTRIFUGE TECHNOLOGY THE FUTURE FOR ENRICHMENT", P C Upson, URENCO, World Nuclear Association Inaugural Annual Symposium, September 5-7, 2001

70) "Uranium Enrichment by Gaseous Centrifuge", Maurice Lenders, URENCO, Annual Meeting on Nuclear Technology 2001, May 16, 2001, Dresden

71) "Annual Report And Accounts 2005", URENCO, 2006

<http://www.urenco.com/page/411/Annual-report-archive.aspx>

72) "REFILE-Urenco sale plan divides secretive nuclear fuel club", Reuters, February 6, 2013

<http://uk.reuters.com/article/2013/02/06/urengo-sale-nuclear-idUKL5N0B58MY20130206>

73) “Licence to deconvert uranium”, WNA, October 3, 2012

http://www.world-nuclear-news.org/WR_Licence_to_deconvert_uranium_0310121.html

74) “Fluorine Extraction Process & Depleted Uranium De-conversion(FEP/DUP) Plant”, IIFP, December 29, 2011

<http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1212/ML12123A674.pdf>

75) “Uranium Enrichment”, ROSATOM

http://www.rosatom.ru/en/about/activities/power_complex/uraniumenrichment/

76) “JSC Techsnabexport Annual Report 2011”, TENEX, 2012

<http://www.tenex.ru/wps/wcm/connect/tenex/site.eng/resources/8d2250004d0127c581d3edb60f1aecb4/TENEXAR2011EngWeb.pdf>

77) “The annual Statement of TVEL JSC for the year 2011”, TVEL, 2012

<http://www.tvel.ru/wps/wcm/connect/tvel/tvelsite.eng/presscenter/massmedia/995eaf804942b4afac69be4a0cf08595>

78) “Understanding Russia’s Uranium enrichment Complex”, Oleg Bukharin , Science and Global Security, Princeton University, January 12, 2004

79) “Annual Report of JSC TVEL for 2010”, TVEL, 2011

<http://www.tvel.ru/wps/wcm/connect/tvel/tvelsite.eng/presscenter/massmedia/995eaf804942b4afac69be4a0cf08595>

80) “JSC Techsnabexport Annual Report 2009”, TENEX, 2010

<http://www.tenex.ru/wps/wcm/connect/tenex/site.eng/resources/20b22f004566cad1b172f3665745c1aa/TENEX2009AnnualReportEn.pdf>

81) “JSC Techsnabexport Annual Report 2010”, TENEX, 2011

<http://www.tenex.ru/wps/wcm/connect/tenex/site.eng/resources/9c78038048ed1999aa>

76fa44d49284f5/tenex_ar10_eng_web.pdf

- 82) “Capacity hike planned at Russian enrichment plant”, WNA, June 7, 2011
http://www.world-nuclear-news.org/ENF-Capacity_hike_planned_at_Russian_enrichment_plant-0706114.html
- 83) “Global Laser Enrichment Announces Start of Test Loop to Guide Evaluation of Next-Generation Technology for U.S. Laser Enrichment Plant”, GE, July 30, 2009
http://www.gepower.com/about/press/en/2009_press/073009.htm
- 84) “NRC Accepts GE-HITACHI Application for Uranium Enrichment Facility in North Carolina”, NRC, August 17, 2009
<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/news/2009/09-136.html>
- 85) “GE-Hitachi Global Laser Enrichment LLC Commercial Facility License Application Revision 0”, GE-Hitachi Global Laser Enrichment LLC, April 30, 2009
http://adamswebsearch2.nrc.gov/idmws/doccontent.dll?library=PU_ADAMS^PBNTAD01&ID=092240159
- 86) “Preliminary Evaluation of an Opportunity for Additional Enrichment Plant in Paducah, Kentucky Using SILEX Technology”, Silex, November 20, 2012
<http://silex.com.au/downloads/asxannouncements/preliminary-evaluation-of-opportunity-for-addition>
- 87) “GE-Hitachi could take over Paducah uranium plant”, Associated Press, February 24, 2013
<http://www.sfgate.com/business/energy/article/GE-Hitachi-could-take-over-Paducah-uranium-plant-4304334.php>