



目次

1. 米国 USEC の遠心分離法濃縮工場プロジェクトの動向
2. イタリアの原子力カルネサンス始動
3. トリウム燃料サイクル研究開発の最近の動向

1. 米国 USEC の遠心分離法濃縮工場 (ACP: American Centrifuge Plant) プロジェクトの動向

(1) ACP プロジェクト¹⁾

USECは、米国政府のウラン濃縮事業民営化方針のもと、1992年10月に米国政府会社として設立され、1998年7月28日までに株式を全て公開し完全民営化された。民営化されたとはいえ、米国政府の手厚い保護の元に事業を展開してきている。

濃縮役務生産は米国政府からリースしたガス拡散法のパデューカ濃縮工場で年間約6000tSWU/yの生産を行うとともに、米国政府とロシア政府の間で1993年に結ばれたロシア核兵器解体に関する協定のもとで、解体した核兵器の高濃縮ウラン500tの希釈低濃縮ウランの米国側の輸入販売実施機関として年間5500tSWU相当の低濃縮ウランを取り扱っていて、年間の濃縮役務販売量は世界の約30%、10000tSWU～13000tSWUである。しかし、パデューカ濃縮工場は老朽化していてもなお且つ生産コストの約60%を電力費が占めるため収益率が下がってきており、さらにはロシアからの低濃縮ウランの供給は2013年までに終了することになっている。

このため、USECは、1960年から1985年にかけて米国政府によって開発され実用化寸前まで開発が進んでいた大型遠心機技術(GCEP計画)を改良して高性能遠

心機を開発し、新たな遠心分離法濃縮工場(ACP)を建設するプロジェクトを1999年より開始した。DOEとは共同研究開発協定を締結し大型遠心機技術の提供を受けるとともに、2002年6月にDOEと締結したウラン濃縮事業に関する長期的な包括協定の中でACPの開発スケジュールが定められた。

(2) 開発状況^{1),2)}

ACPプロジェクトの進行状況としては、技術改良を重ねた商業機の原型機(遠心機外径76.2cm、高さ13.7m³⁾、分離性能350SWU/y)38機⁴⁾を用いて、2007年8月より先行カスケード試験を開始し、現在までに235000機・時間⁴⁾の運転実績を上げている。この間、遠心機製造コストの低減等のためさらなる遠心機の改良を進め、商業機用のAC100シリーズと命名された2機種(AC100とAC100Mod1)の設計を完了し、AC100は40機~50機を先行カスケードの第2カスケード(段数は5段)として今年の第3四半期初めから試験を開始する予定である。最初の商業プラントにはAC100Mod1が導入される予定で、来年から大量生産に入る計画である。また、ACPの建設については、2007年5月より開始された。ACPの濃縮役務生産能力は3800tSWU/yの予定で、建設サイトは廃止措置待ちのポーツマス濃縮工場サイト内(オハイオ州)であり、建物のほとんどはGCEP計画で建設されたものを改装して再利用し、すでに遠心機の据え付け基礎工事がほぼ終了している。DOEとは施設の長期リース(年間1.6百万ドル)に関する協定を締結している。

ACPのUSECの建設計画は以下のとおり。⁵⁾

2010年第二4半期末 ACP 運転開始

2011年第一4半期 ACP 1000tSWU/y

2012年末 ACP 3800tSWU/y

(3) 開発資金

① 資金不足¹⁾

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、昨年の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20億ドルの申請を完了した。申請の受け付けは2008年12月2日で締め切れ、他の申請としては、AREVAがアイダホ州に建設を予定しているイーグル・ロック濃縮工場

(2008年12月30日、建設・運転許可をNRCへ申請、2011年建設開始、2014年運開、2022年完成。濃縮役務容能力は6600tSWU/y⁶⁾)の建設費への債務保証として20億ドルを申請した。

USECへの債務保証については、地元オハイオ州、関係議員の強力な後押しもあり、昨年の大統領選中に当時のオバマ、マケイン両候補とも支援を約束(オバマ大統領は、2008年9月2日のオハイオ州知事への手紙で債務保証が受けられるよう支援することを約束している。)しており、USECは、2008年は予定どおりACPプロジェクトを進め、2007年の投資額2.67億ドルに対して5.71億ドルと投資を加速した。このため、2007年末の保有現金8.861億ドルは2008年末(ACPプロジェクトへの累積投資額は約12億ドル)には2.485億ドルに減少した。2009年2月に入り、保有現金が減少してきたため、USECはDOEに対して早期に債務保証の審査を行うよう要請する声明を出し、審査が遅れた場合、ACPの建設スケジュールを遅らせると発表した。⁷⁾2009年5月には、債務保証への期待と、施設の建設と遠心機製造のスケジュールの減速を開始したと発表²⁾したがDOEの反応はなく、2009年7月6日には、8月の初めまでに債務保証に関する何らかの約束が決定されなければACP建設プロジェクトの解除の準備を始めると発表、⁸⁾2009年7月16日には、民主党のオハイオ州知事とオハイオ州選出の上院議員はチューDOE長官に対してUSECへの債務保証を認めるよう書簡で要請した。⁹⁾

② DOEのUSECへの債務保証申請取り下げ勧告騒動

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。

DOEの発表の主な点は以下の通り。¹⁰⁾

- ・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。
- ・申請を取り下げれば、12～18か月の研究開発の期間を与え、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。
- ・18か月の研究開発活動に対して45百万ドルの支援を行う。
- ・ACP計画の遅延による雇用対策として、ポーツマス濃縮工場の廃止措置の促進予算として4年間にわたり、年間1.5～2.0億ドルを投資する。この投資は、2月に成立した米国再生・再投資法による予算1.18億ドルに追加して投資する。
- ・投資資金は、USECが行う廃止措置作業と見合うDOE所有のウラン在庫の現物支給で賄う。

・これによって、800人～1000人の雇用が創出でき、これは、ACP関係に現在従事する750人以上の雇用確保になる。

この突然の発表は、あまりにも予想外であったため、USECはもとより、関係産業界、ACP建設の地元オハイオ州、連邦議会等へ大きな衝撃を与えた。USECの2009年6月末の時点での保有現金は77.7百万ドルまで減少しており、ACPプロジェクトへの今年の上期における投資額は3.199億ドル¹¹⁾で、USECは資金が枯渇する前に債務保証を間違いなく受けられるとの想定のもとにACPプロジェクトを進めてきたことは間違いない。

USECは、ACP建設体制の解除、DOE提案の拒否を即座に発表^{12),13)}するとともに、2009年7月29日、USECのCEOジョン・ウェルチは直接オバマ大統領に書簡を送り、¹⁴⁾国内経済の刺激、国の安全保障、エネルギー安全保障等を考慮して再検討するよう要請した。また、関係議員等は、オバマ大統領へ再検討を要請した。

その後、DOEとUSECの間で調整が行われ、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。¹⁵⁾延期の期間については、これらの課題を解決するには6カ月もしくはそれ以上かかるとの認識で一致しているとのことであった。

今回の騒動におけるオバマ政権の主な発言を以下に示す。⁴⁾

・DOE チュー長官の特別補佐官で補助金と債務保証を監督する Matt Rogers の発言

「計画を完了するための資金がなければ債務保証をすることはできない。これはUSECに技術的そして財政的な障害を克服する時間を与えるものである。USECは3か月前にプラントへ導入する遠心機の設計を固めた。プラントでは11000台の運転が必要なのにたった38台でしか試験をしていない。このプロジェクトは、大きなコスト超過または遠心機の信頼性の問題あるいはその両方についてのリスクを冒すことになる。彼らが持っている運転時間に関する問題を考慮して、我々は、生産に移る前にもっと時間が必要と決断した。」

・ホワイトハウスの Benjamin Labolt 報道官の発表

「大統領は米国が国産のウラン濃縮技術と我々の原子力発電の必要量及び国の安全保障優先事項を満たすだけの濃縮役務容量を維持することを確保する全責任がある。しかし、独立した工学的レビューによれば、現在は、USECの技術は商業的に実行可能なものではない。その結果、今は、債務保証プログラムには適さない。政府は、技術的には見込みがあると考えている。」

今回のオバマ政権の判断は、原子力については、米国の経済的及び軍事的安全保障政策より、科学的判断を優先する研究者的政策判断が色濃く出ていると思われる

る。また、USEC について特別扱いしないとの意思表示ともとれる。

③ 今後の動向

今回の騒動によって益々USEC が ACP プロジェクトを完遂することができるか不透明になってきた。6 ヶ月後、債務保証が受けられることになったとしても、ACP の建設は6カ月以上遅れることになり、ロシア、URENCO、AREVA との濃縮役務委託契約獲得競争で後れをとることになり、今後の USEC の経営に少なからず影響を与えることになるだろう。

2009 年 5 月 6 日の USEC の発表²⁾では、ACP の運転を見越して、国内外の企業から 33 億ドルの濃縮役務委託を受けたとしているが、当面さらに契約を伸ばすことは困難になるだろう。また、ACP の建設がさらに遅れれば、契約を果たせなくなる恐れもある。

2013 年以降、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取り扱い(年間約 5500tSWU)が終了し、仮に ACP(3800tSWU/y)が 2013 年内に完成したとしても 1700tSWU/y の濃縮役務供給能力の低下となり、販売収入は減少する。USEC の評価では、ACP プロジェクトの完成にはあと 20 億ドル(総費用は 35 億ドルで既に 15 億ドルを投資している。¹⁾)が必要であり、連邦政府の債務保証のもとに市場から調達した資金(既に 5.75 億ドルの借金ある)で賄うことになる。さらには、パデューカ濃縮工場の停止に備えて、ACP を 7000tSWU/y そして 11000tSWU/y と拡張していく計画であるが、販売収入が減少するなか借金を返済しながら、工場拡張のための資金をさらに借金することは非常に困難である。ACP の拡張はスローペースにならざるをえないであろう。もしも、その間にパデューカ濃縮工場が停止して年間約 6000tSWU の生産が止まるようなことになれば、借金返済ができず倒産する恐れさえある。今回の騒動で明らかになったように、政府の支援に頼る経営では USEC の将来は危ないだろう。ACP プロジェクトが成功したとしても、USEC が生き残るためには大企業による資本注入(買収)が必要かもしれない。

参考資料

- 1) “FORM 10-K for the year ended December 31, 2008”, USEC Inc., February 25, 2009
http://library.corporate-ir.net/library/93/936/93662/items/326354/18A50E6C-F0FB-47D5-A355-EC5AA44A010C_10-K2008.pdf
- 2) “American Centrifuge Project Update “, USEC Inc., May 6, 2009
<http://www.usec.com/NewsRoom/NewsReleases/USECInc/2009/2009-05-06-American-Centrifuge-Project-Update.htm>

- 3) “ License Application for the American Centrifuge Plant in Piketon, Ohio” Rev14, USEC Inc., March, 2006
<http://adamswebsearch.nrc.gov/idmws/ViewDocByAccession.asp?AccessionNumber=ML060880370>
- 4) “USEC Denied Loan Guarantees”, Washington Post, July 28, 2009
<http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2009/07/28/AR2009072802617.html>
- 5) “USEC Updates American Centrifuge Progress”, USEC Inc., November 4, 2008
<http://www.usec.com/NewsRoom/NewsReleases/USECInc/2008/2008-11-04-USEC-Updates-American-Centrifuge.htm>
- 6) “Areva maps out Eagle Rock expansion “, WNA, April 22, 2009
http://www.world-nuclear-news.org/NN-Areva_maps_out_Eagle_Rock_expansion-2204097.html?jmid=15935&j=232456597&utm_source=JangoMail&utm_medium=Email&utm_campaign=WNN+Daily+22+April+2009+%28232456597%29&utm_content=suto%2Eosamu%40jaea%2Eego%2Ejp
- 7) “USEC Provides Update on American Centrifuge”, USEC Inc., February 6, 2009
<http://www.usec.com/NewsRoom/NewsReleases/USECInc/2009/2009-02-05-USEC-Provides-Update-On.htm>
- 8) “USEC Anticipates Loan Guarantee Decision by Early August”, USEC Inc., July 6, 2009
<http://www.usec.com/NewsRoom/NewsReleases/USECInc/2009/2009-07-06-USEC-Anticipates-Loan-Guarantee.htm>
- 9) <http://www.chillicothegazette.com/article/20090720/NEWS01/907200302>
- 10) “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>

- 11) “USEC Reports Second Quarter 2009 Results”, USEC Inc., July 31, 2009
<http://www.usec.com/NewsRoom/NewsReleases/USECInc/2009/USEC2Q2009Earnings.pdf>
- 12) <http://www.newarkadvocate.com/article/20090729/NEWS01/907290320/1002/NEWS01/Loan-guarantee-denied-for-Ohio-nuclear-project--company-shocked>
- 13) “USEC to Pursue Discussions on Loan Guarantee -Demobilization Will Proceed-“, USEC Inc., July 29, 2009
<http://www.usec.com/NewsRoom/NewsReleases/USECInc/2009/2009-07-29-USEC-To-Pursue-Discussions.htm>
- 14) “Letter to President Obama from CEO Jack Welch”, USEC Inc., July 30, 2009
<http://www.usec.com/Downloads/AmericanCentrifuge/WelchToObama.pdf>
- 15) “Department of Energy and USEC Announce Decision to Delay USEC Loan Guarantee Application Final Review“, USEC Inc., August 4, 2009
<http://www.usec.com/NewsRoom/NewsReleases/USECInc/2009/2009-08-04-DOE-And-USEC-Announce.pdf>

2. イタリアの原子力再評価開始

(1) 経緯

イタリアでは、1986年4月26日のチェルノブイリ原子力発電所4号機の事故後、原子力開発の是非を問う国民投票が1987年11月に行われ、原子力開発の推進に関する法律の廃止が決定した。これによって、当時運転中の3基の原子炉が停止し、ほとんど完成しかけていた2基の1000MWのBWRは建設中止となった。また、再処理、ウラン濃縮、燃料加工等の燃料サイクル施設も廃止となった。¹⁾

原子力の廃止から20年以上がたち、地球の気候変動対策の一環及びエネルギー安全保障の向上のため原子力発電を復活させて、電力の輸入化石燃料への依存度を引き下げることを選挙公約としたベルルスコーニ率いる中道右派が2008年4月の選挙で勝利し、G8の中で唯一原子力発電を行っていないイタリアにおいて原子力

の復興に向けた活動が開始された。

2008年11月、原子力復興のための議論が上院で始まり、2009年5月14日に原子力復興のための法案が上院で可決²⁾され、続いて、2009年7月9日、下院で、254対205で可決³⁾され正式にイタリアの原子力カルネサンスが始まった。

(2) 現状と今後の計画

2007年の国内の発電量は3140億kWh(グロス)で、天然ガス火力が53.5%、石油火力が12%、石炭火力が16%、水力が12%を占め、輸入発電量は450億kWh(ネット)で電力需要の約14%を輸入に頼っていて(世界第1位の電力輸入国)、ほとんどはフランスの原子力発電所で発電されたものである。¹⁾イタリアの電力料金は、世界の主要国の中でも非常に高く、2007年の比較では、家庭用は日本の約1.6倍、産業用では約2倍となっている。⁴⁾

計画では、2013年までに最初の原子炉を建設し、2030年までには8~10基の原子炉を建設して電力供給量の25%を原子力発電で賄う計画である。¹⁾

必要エネルギーの80%を輸入の天然ガスと石油に依存しているが、原子力の導入に加えて再生可能エネルギーの促進も計画されており、これによって、エネルギー安全保障を向上させるとともにCO₂の排出も削減し、さらにはヨーロッパで一番高い電気料金を引き下げられるだろうとエネルギーの専門家は述べている。²⁾

成立した法律は、原子炉の安全基準、放射性廃棄物の貯蔵に関する規則、建設サイトの選定、建設立地自治体への補償に関する規則など、原子力発電所の建設に関連する規則等を6カ月以内に構築することを定めており、また、現在、原子力施設の廃止に関する規制を担当している環境保護庁とは別に原子炉の安全規制を担当する原子炉規制庁を新たに設置することになっている。²⁾

(3) 今後の課題

世界的な共通の問題である、建設資金の確保と建設サイトの確保の問題がベルルスコーニ政権の前に立ちはだかっている。

2009年8月3日、イタリア最大のエネルギー会社Enelとフランスの国営電力会社EDF(フランス政府が84.66%の株所有)は予定どおりイタリアでの原子力発電所建設のためのジョイントベンチャー(イタリア原子力開発: Italy Nuclear Development、出資比率は半々)を立ち上げ、少なくとも4基のEPR(1650MW)の建設を目指してフィージビリティ研究を行う予定で、原子炉の建設運転は各々の会社が行うことになっている。⁵⁾Enelは、スロバキアの原子力発電会社への出資、スペインの原子力発電会社の買収、EDFが建設中のフラマンビル3号機(EPR)への12.5%の出資等行ってきており、原子力利用への準備はできているとEnelの経営者は述べているが、¹⁾ある専門家は、ヨーロッパで最も重い借金を背負っているEnelが

資金を調達できるか疑問を呈している。²⁾また、他の専門家は、投資家へ投資額の80%を政府が保証することを提案している。²⁾EDFについても、英国のBNFLの買収(135億ユーロ)、米国 Constellation Energy の原子力発電施設の50%の買収(45億ドル)と多額の投資を行うとともに、今後もフランス、英国、米国での原子炉建設と多額の投資を控えており、Enel,EDF とともに単独での建設ではなく、フランスのパンリーに建設予定のフランスで2基目となるEPR建設のようにEU内のエネルギー企業(ドイツのE.ONはすでに興味を示している³⁾)との共同建設になる可能性が高いと考える。

最も困難な問題は、建設サイトの確保と言われている。イタリアでは、地方自治体が工業計画の承認について最終判断を下すことになっているが、住民は総じて原子力の誘致に反対であり、来年の地方選挙では政治家は原子力に反対させられやすいとの分析もある。すでに事前の4つサイト候補地から断られている。³⁾地質物理・火山学国立研究所の専門家は、NIMBY(Not in my back yard)だけではなくNUMBY(Not under my back yard)の態度もあると述べている。²⁾

2007年の世論調査では原子力の復興に反対が82%⁶⁾だったのに対して、ベルルスコーニが政権に就いた2008年5月7日以降では、2008年5月22日の調査で反対が36%、賛成が54%、⁷⁾2008年7月25日～7月30日の調査でも反対が36%、賛成が54%^{6),8)}と賛成が過半数を占めているがNIMBYは世界共通の現象であり、エネルギーの専門家は人口密度が高いイタリアで新規原子炉と放射性廃棄物の建設サイトを見つけることは極めて困難と述べている。

2009年7月に、日本はイタリアと原子力開発に関する覚書を締結したが、イタリアは国土面積では日本の約80%、人口では45%と類似していて、さらに日本と同様に火山と地震の国であり、日本のサイト立地の経験や耐震技術の分野で協力できる可能性が大いにあると思われる。

参考資料

- 1) “Nuclear Power in Italy”, WNA, August 2009
<http://www.world-nuclear.org/info/inf101.html>
- 2) “Italy moves closer to nuclear energy relaunch”, Reuters, May 14, 2009
<http://www.guardian.co.uk/business/feedarticle/8506882>
- 3) “Italy rejoins the nuclear family”, WNA, July 10, 2009
http://www.world-nuclear-news.org/NP_Italy_rejoins_the_nuclear_family_1007091.html

- 4) “エネルギー白書 2009”, p157, 経済産業省資源エネルギー庁, 平成 21 年 5 月 22 日
<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2009/2.pdf>
- 5) “Enel and EdF create joint venture to develop nuclear energy in Italy”, La Times, August 3, 2009
<http://www.latimes.com/business/nationworld/wire/sns-ap-eu-italy-enel-edf,0,3038113.story>
- 6) “Majority of Italians favor return to nuclear power”, China View, August 7, 2009
http://news.xinhuanet.com/english/2008-08/07/content_9004339.htm
- 7) “Italians Favour Nuclear Energy”, Angus Reid Global Monitor, June 6, 2008
[http://www.angus-reid.com/polls/view/30858/italians_favour_nuclear_ener
gy1](http://www.angus-reid.com/polls/view/30858/italians_favour_nuclear_energy1)
- 8) “Positive thinking in Italy, Canada and Poland”, WNA, August 7, 2009
http://www.world-nuclear-news.org/NP-Positive_thinking_in_Italy_Canada_and_Poland-0708087.html

3. トリウム燃料サイクル開発の最近の動向

(1) 中国における商業用重水炉を用いたトリウム燃料利用計画

2009年7月14日、AECL(Atomic Energy of Canada Ltd)、秦山第3核電有限公司(TQNPC:Third Qinshan Nuclear Power Company)、中国核動力研究設計院(Nuclear Power Institute of China)、中国北方核燃料元件有限公司(China North Fuel Corporation)の四者間で、トリウム燃料利用の共同での開発と実証及び秦山第3発電所(浙江省にあり、上海市の東南に位置する。)の重水炉2基(秦山4号機、5号機:AECL加圧型重水炉 CANDU6で出力は各々728MWe)を利用したフルスケールでのトリウム燃料商業利用のフィージビリティ研究についての協定を締結した。共同研究の第一段階は、トリウム燃料の経済的実現可能性を検討するための共同フィージビリティ研究で、10月末までに完了する予定とのこと。AECLは、プロトタイプの CANDU 動力炉での試験を含めて50年にわたってトリウム燃料の利用の研究を行ってきた。¹⁾

中国のウラン資源埋蔵量は、Uranium2007²⁾によれば発見資源量は 67900tU (未発見資源量は 7700tU)で、2020 年までに 86GWe まで原子力を拡大³⁾する中国にとって海外からウランの輸入に頼らざるを得ない状況にある。中国のトリウム資源埋蔵量については公表されていないが、かなりの埋蔵量があると言われており、また、トリウムがレアースメタルの副産物として産出することから、世界のレアースメタルのほとんどを生産している中国には既にかかなりのトリウムが貯蔵されていると予想されていて、⁴⁾将来、輸入ウラン燃料への依存度を低減することを目的としてトリウム燃料サイクル研究開発に取り組んでいる。

おりしも、2009 年 9 月 2 日から 5 日間、中国で核不拡散トリウム燃料サイクルの商業炉における利用に関する国際ワークショップが開催される予定である。⁴⁾

天然に産出するトリウムは Th232 がほぼ 100%で、Th232 は原子炉内で中性子を 1 個吸収して Th233 になり 22.3 分の半減期で β 崩壊して Pa233 になり、さらに 27 日の半減期で β 崩壊し核分裂性物質の U233 になる。U233 は、熱中性子エネルギー領域での中性子吸収による核分裂中性子の発生個数が U235 や Pu239 よりも多く中性子経済が優れている重水炉等で U233 を燃料として発電しながら同時にトリウムから消費した以上の U233 を生産できる可能性がある。また、U233 には Th232 の原子炉内での中性子照射過程で U232 が生成し、U232 の子孫核種に高エネルギーの γ 線放出核種がある等で取り扱いが困難で核兵器への転用が難しく核拡散抵抗性が高いことなどから各国でトリウムサイクルに関する研究が行われた。しかし、ウラン資源が十分であることなどからトリウムの商業利用は行われていない。トリウムの資源埋蔵量は、Uranium2007²⁾によれば、発見資源量と未発見資源量を合わせても約 440 万トンでウランの発見資源量約 550 万トンにも及ばないが、市場での需要がないことからウランのような資源探査は行われておらず、実際はウラン資源量より多いと言われている。⁵⁾

なお、上記の協定に先立ち、2008 年 11 月 2 日、上記と同じ四者間で回収ウランの利用技術開発に関する協力協定(中国の軽水炉の使用済み燃料から再処理によって回収したウランを秦山 4 号機、5 号機で燃料として利用する計画。)が結ばれている。¹⁾

中国には、2006 年に 50t/y の処理能力で運開、2009 年に 100t/y に処理能力を増強したピューレックス法を用いた再処理プラントがある。また、2008 年 6 月、CNNC (China National Nuclear Corporation: 中国核工業集团公司)の高官は、2020 年～2025 年の間までに甘粛省の蘭州付近に 800t/y の再処理工場を建設する予定と発言していて、AREVA と再処理工場建設のためのジョイントベンチャー設立につ

いて話し合いを行っている。⁶⁾

(2) AREVA と Thorium Power, Ltd. の EPR におけるトリウム燃料サイクルの検討
2009 年 7 月 23 日、米国の Thorium Power, Ltd. はフランスの AREVA と AREVA が設計製作している PWR へのトリウム燃料サイクルの適用についての最初の調査検討に関するコンサルティング協定を締結した。このコンサルティング協定において、Thorium Power, Ltd. は、AREVA 社の PWR、特に EPR においてトリウム燃料を利用するための革新的手法に関しての最初の総論的結果の提供に焦点を当てた調査検討を行う。コンサルティング協定の第一段階は 12 カ月で、この結果次第では、第二段階として EPR の 18 か月の平衡サイクルのために選択された概念に対して熱流動特性と燃料挙動についての初期の検討を行うため 14 ヶ月間を追加することになっている。Thorium Power, Ltd. は、2009 年 8 月 3 日、AREVA のコンサルティング業務を開始している。第一段階の AREVA の支払総額は 55 万ドルと少額ではあるが、AREVA が EPR でのトリウム燃料の利用に興味を示したことには注意しておく必要があるだろう。^{7),8)}

なお、Thorium Power, Ltd. は、1992 年、米国において Alvin Radkowsky 博士が創立した会社で、兵器用のプルトニウムが生産されないような核燃料の開発と実用展開を目的にしている。Radkowsky 博士は、1950 年代は海軍の原子力プログラムの立ち上げに参加したのち、1960 年代と 1970 年代には商業用原子力産業に重要な貢献をした。その後彼の師である Edward Teller 博士の勧めで原子力利用における核兵器の脅威を低減する方法に関する研究に従事し、トリウム燃料サイクルにたどり着いた。Radkowsky 博士が考え出した炉心構成は、ウランを燃料とするシード燃料集合体の周りをトリウムとウランを少し加えた混合燃料のブランケットで取り囲む燃料構成要素を炉心内に均一に配置したものであって、従来の軽水炉にほとんど手を加えずに実現できるとしている。シード燃料は濃縮度 20% で、核分裂による中性子発生密度を増やし、周りのブランケット燃料の Th232 を効率よく U233 に変換し、後に再処理してウランを抽出し新しい燃料として使用する。ブランケット燃料にウラン(天然ウランで約 99.3% が U238)を加えることで、再処理して抽出した U233 を核兵器に転用しようとしても U238 を同位体分離して U233 を高濃縮しなければならず、核拡散抵抗性が非常に高い。また、Radkowsky 博士達の評価では、従来の軽水炉に比べてプルトニウムの生成量は 80% 少なく、シード燃料中に生成するプルトニウムは Pu239 以外の同位体が比較的多く生成するため核兵器への転用にはむかないことが分かっている。Radkowsky の考えは、DOE の支援と BNL(ブルックヘブン国立研究所: Brookhaven National Laboratory) の技術的支援を受け、1994 年には、ロシアのクルチャトフ研究所と共同での研究開発が開始された。現在も、ロシアの研究

炉を用いた工学規模での開発が行われている。現在の燃料構成は、シード燃料にはウランとジルコニウムの合金燃料が用いられ、トリウムとウランの混合酸化物のブランケット燃料の炉心配置についても燃料のシャフリングの容易さを考慮した燃料要素構成に改良されている。⁹⁾

参考資料

- 1) “Thorium use in Candu units to be assessed”, WNA, July 15, 2009
http://www.world-nuclear-news.org/ENF-Thorium_use_in_Candu_units_to_be_assessed-1507095.html
- 2) “Uranium 2007: Resources, Production and Demand”, OECD NEA, 2008
- 3) “Nuclear power to rise 10-fold by 2020”, China Daily, July 2, 2009
http://www.chinadaily.com.cn/china/2009-07/02/content_8346480.htm
- 4) “The Thorium Renaissance: Will China Leap Ahead of The USA And The West On The Green Road to Thorium Fuel Cycle Using Nuclear Reactors?”, June 2, 2009
<http://seekingalpha.com/instablog/65370-jack-lifton/6780-the-thorium-renaissance-will-china-leap-ahead-of-the-usa-and-the-west-on-the-green-road-to-thorium-fuel-cycle-using-nuclear-reactors>
- 5) “Thorium”, WNA, February, 2009
<http://www.world-nuclear.org/info/inf62.html>
- 6) “Nuclear Power in China”, WNA, August 21, 2009
<http://www.world-nuclear.org/info/inf63.html>
- 7) “Thorium for EPR ?”, WNA, July 24, 2009
<http://www.world-nuclear-news.org/newsarticle.aspx?id=25688>
- 8) “Thorium Power Ltd - Recent Material Event”, hotstocked.com, August 3, 2009
<http://www.hotstocked.com/8-k/thorium-power-ltd-THPW-242428.html>
- 9) “Thorium Fuel for Nuclear Energy”, American Scientist, Volume 91, No. 5,

September-October 2003

[http://www.thoriumpower.com/files/Thorium Fuel for Nuclear Energy by
Kazimi.pdf](http://www.thoriumpower.com/files/Thorium_Fuel_for_Nuclear_Energy_by_Kazimi.pdf)