

世界のウラン濃縮需要の見通しについて

2006.12.20

日本原子力研究開発機構

戦略調査室 小林孝男

今月の初め（12/4-7）、"Global Nuclear Renaissance"と題するサミットがワシントンで開催され、米国 DOE を中心に各国の政府機関や原子力業界の専門家により、主に原子力事業の発展および GNEP の推進をテーマに議論が交わされた。わが国からは経済産業省の柳瀬原子力政策課長が出席し、わが国の原子力発電の達成目標やウラン濃縮技術開発の必要性と目標などについて報告された。

会議の中で特に注目を集めたのは、GNEP と核不拡散の議論における核燃料供給保障についてであった。現在の市場において天然ウランおよびウラン濃縮の供給能力は絶対的に不足しているというマサチューセッツ工科大学の Neff 教授の指摘に対し、DOE の政策専門家はウラン市場のダイナミクスを十分に理解していないことが露呈された。そして、「核燃料供給保障の概念は商業市場が機能していることを前提にしてのみ成り立つ」ということが改めて会場で認識された（Ux Weekly, 2006/12/11）。

絶対的に不足しているというウランおよび濃縮の供給能力のダイナミクスと今後の見通しについて検証してみた。

1. ウランと濃縮のダイナミクス

今年はじめのレポート（FERep 06-2）で紹介したように、天然ウランと濃縮の供給はそれぞれが補完しあう関係にある。Neff 教授は、核燃料コストを最も安くする濃縮の最適テール濃度はウラン価格と濃縮価格によって決まることを示している（図 1）。

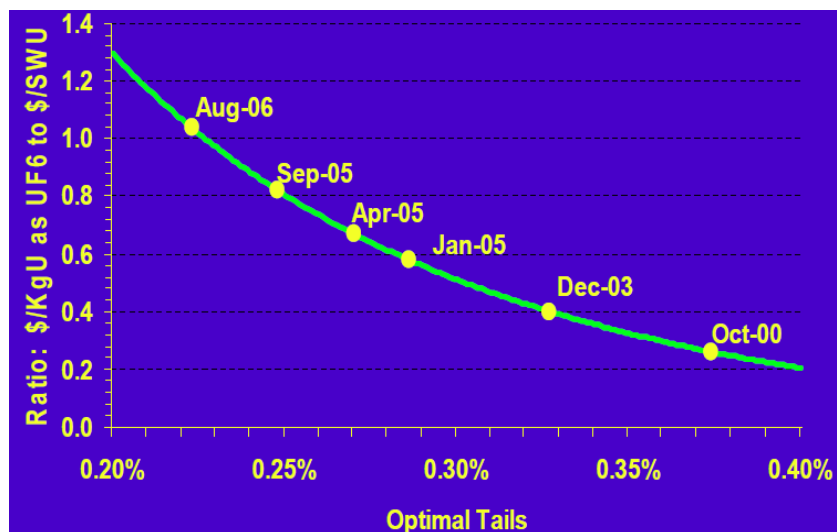


図 1 ウランと濃縮の価格費と最適テール濃度の関係

出展：Neff, NEI Uranium Seminar 2006/10¹⁾

この関係は、ウラン価格が極端に安く供給過剰であった過去においては重要性を持たず、濃縮のテール濃度は独自に高い範囲（概ね 0.3~0.35%）で決定されてきたが、ウラン価格が高騰し供給が十分でない状況においては、ウランと濃縮は密接に補完しあうことが理想的である（Neff, NEI Uranium Seminar 2006/10¹⁾）。

11 月末のウラン価格（\$176/kgU as F₆）と濃縮価格（\$135/kSWU）の比（1.3）を Neff 教授のグラフに落とすと、最適テール濃度は約 0.2%となる。しかし、長期間にわたって西側のテール濃度は高く設定されてきたため、西側の濃縮設備容量は最適テール濃度で運転する余裕がなく、ウラン不足の現在でも 0.3%をやや下回る程度にとどまっているのが実情である（電力コストの安い遠心分離機プラントと電力コストの高いガス拡散プラントでは差があるが）。

Neff 教授は 2015 年の西側のウラン濃縮容量を、現状の計画では 31,800tSWU、また可能な容量増を見込んだ場合の容量を約 5 万 tSWU と予想している（表 1）。これらの見通しは、アレバのジョルジュ・ベッセ II、米国で LES（ウレンコ）が進める NEF（National Enrichment Facility）、USEC の ACP（American Centrifuge Plant）、わが国日本原燃の新型遠心機プラントなど現状の遠心機プラントの開発計画がすべて順調に進むことを前提としている。そして、WNA 2005²⁾による 2015 年の西側世界の高シナリオのウラン需要に対するこれら濃縮容量とウラン供給容量（二次供給含む）の関係図（図 2）を示し、以下のように結論づけている。

- ・ 現状の計画の濃縮容量、ウラン供給容量では 2015 年の西側のウラン・濃縮需要にははるかに及ばない。
- ・ ウラン供給容量の拡張が高シナリオの場合（この場合のテール濃度は 0.27%）、西側の濃縮容量は現状設備計画よりも約 15,000tSWU/年の増加が必要である。
- ・ ウラン供給容量が現状計画の場合、テール濃度は 0.1%で濃縮容量は現状の設備計画よりも 45,000tSWU/年以上の増加が必要となる（これは現実的ではない）。

表 1 西側の 2015 年のウラン濃縮容量予測

Facility	Planned Capacity	Potential Additional	Total
Urenco	11	4	15
GBII (Areva)	7.5	-	7.5
NEF	3.0	3.0	6.0
USEC	3.5	3.5	7.0
Other	2.8	-	2.8
MOX	1.0	1.0	2.0
Russia - Export	3.0	7.0	10.0
TOTALS	31.8	18.5	50.3

出展：Neff, NEI Uranium Seminar 2006/10

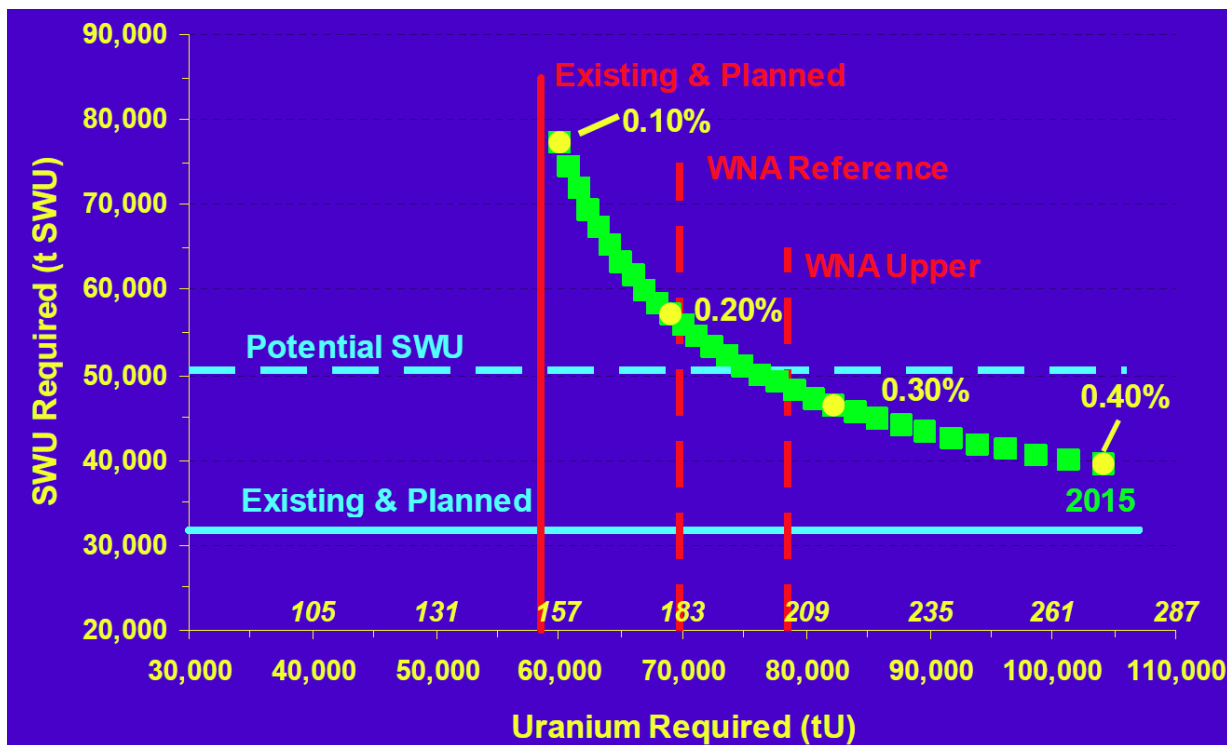


図2 西側の2015年のウラン・濃縮需要量とウラン供給容量・濃縮容量の関係

出展：Neff, NEI Uranium Seminar 2006/10

Neff 教授は、WNA 2005 による 2015 年の西側の燃料需要見通しを切り出して考察しているが、世界全体の需給見通しが不明である。そこで、OECD/NEA-IAEA のレッドブック 2005³⁾ による 2025 年までの世界のウラン需要見通しを基に、同様の考察を行うことにした。

2. 2025 年までのウラン濃縮需要の見通し

レッドブックではウラン需要の見通しは行っているが、ウラン濃縮については触れていない。ブラウンブック（OECD/NEA Nuclear Energy Data, 2005）には 2010 年までの OECD 諸国の濃縮容量と需要が報告されているが、このデータは OECD 諸国に限定されるので今回の考察に使えるものではない。そこで、レッドブック 2005 のウラン需要見通しを基に、一定の仮定の下にウラン濃縮需要を検討することにする。

レッドブックのウラン需要見通しは各国からの報告に基づくものである。各国の原子炉型も多様であり、必ずしも燃料の正確な濃縮度やテール濃度が報告されているわけではない。ここでは、世界の代表的な炉型の比較データ（レッドブック 2005）を参考に、世界の現在の燃料平均濃縮度を 4.0%（燃料の濃縮度は 0.5%程度変化しても、濃縮需要に対する感度は 5%以下と小さいことを確認している）、平均テール濃度を 0.3%と仮定し、また、レッドブックのウラン需要見通しは予測期間（2005～2025 年）を通じて、同じ濃縮度・テール濃度で計算されているものと仮定する。

レッドブック 2005 の、2005 年、2015 年、2025 年の高ケースの年間ウラン需要見通しは、それぞれ 67,000tU、83,000tU および 100,000tU である。これらの燃料需要に対して、テール

濃度が変化した場合の濃縮需要量とウラン供給量の関係を図3に示す（作成グラフの計算根拠は別添参照）。

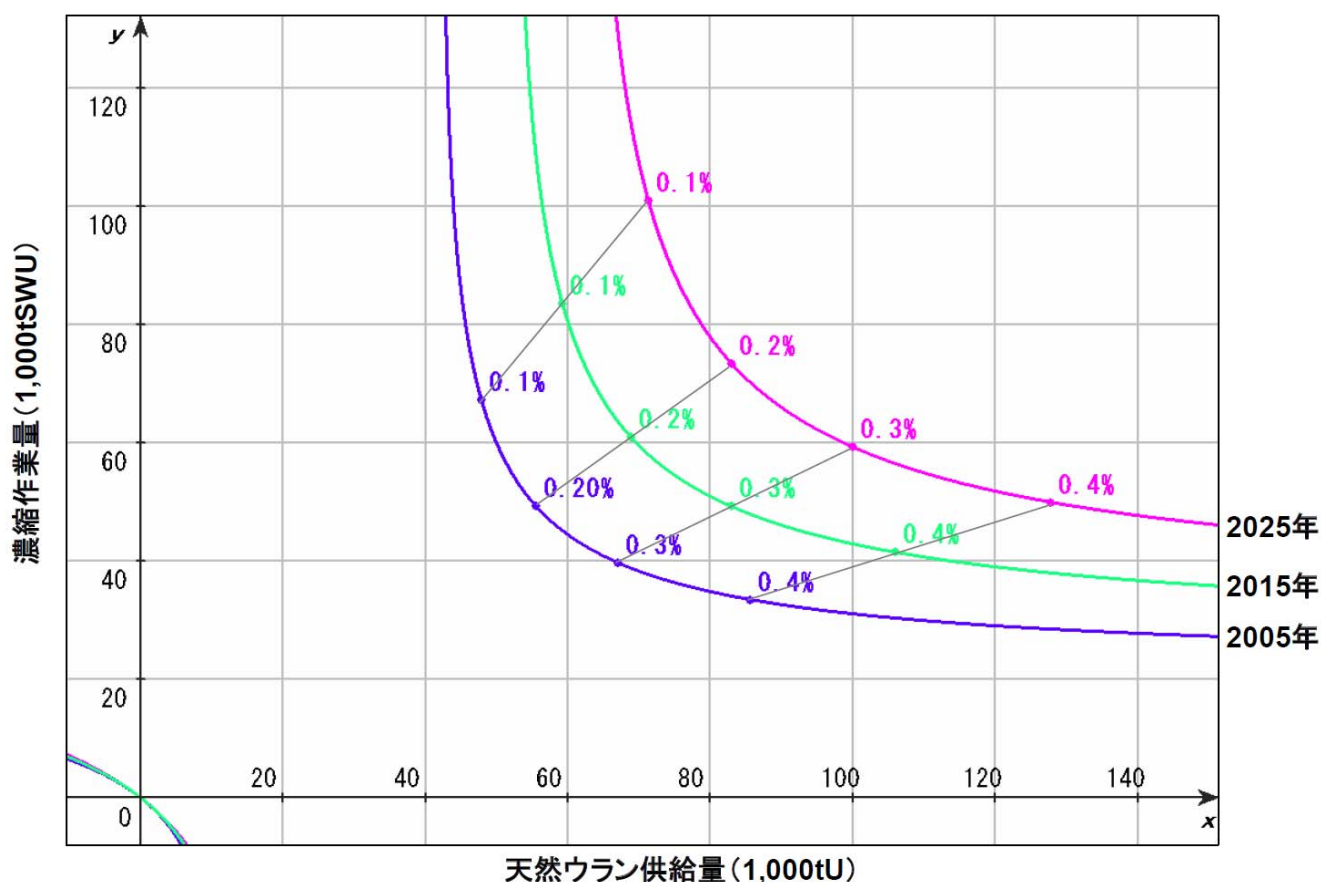


図3 核燃料需要見通しに対するウラン供給量と濃縮作業量の関係

図3から導かれる2005年、2015年および2025年の濃縮需要量をテール濃度別に表2に示す。

表2 需要見通しに対するウラン濃縮需要量

	2005年 (tSWU)	2015年 (tSWU)	2025年 (tSWU)
テール濃度 0.3%	39,600	49,200	59,300
テール濃度 0.2%	49,300	60,800	73,300

現在計画中の世界の濃縮設備容量は、Neff教授の西側の設備容量（表1；中国も含めた28,800tSWU/年）にロシアの設備容量を加えた値になる。ロシアの設備容量の伸びは米国市場への参加の見通し、GNEP構想の一環としての国際濃縮センター計画の動向などにかかっているが、とりあえず現状の設備容量2万tSWU/年（WNA 2005）を加えると、2015年の世界の濃縮設備容量は約5万tSWU/年である。したがって、ロシアの濃縮容量がすべて利用される場合、現状のテール濃度0.3%で2015年の世界の濃縮容量はかろうじて需要を満たすことになる。しかし、最適テール濃度が0.2%程度とすると、さらに1万tSWU/年の設備拡大が必要となる。2025年までにはさらに1万tSWU/年以上の拡大が必要となる。

仮に米・欧によるロシアへの輸入制限が現状どおり継続される場合、西側世界の濃縮供給量は絶対的に不足するため、ウレンコ等によるさらなる設備容量増を見込んだとしても、日本、韓国、中国、インドなどアジア諸国はロシアへの大きな依存を余儀なくされることが予想される（表3）。

表3 需要見通しに対する地域別ウラン濃縮需要量（テール濃度 0.3%）

	2005年 (tSWU/y)	2015年 (tSWU/y)	2025年 (tSWU/y)
米国・カナダ	14,560 (36.8%)	14,460 (29.4%)	17,280 (29.1%)
EU全体	11,400 (28.8%)	11,060 (22.5%)	10,630 (17.9%)
アジア全体	8,550 (21.6%)	16,570 (33.7%)	22,450 (37.9%)
(内日本)	5,140 (13.0%)	6,950 (14.1%)	9,820 (16.6%)
ロシアと旧 CIS	4,190 (10.6%)	5,810 (11.8%)	6,540 (11.0%)
その他	900 (2.3%)	1,290 (2.6%)	2,400 (4.0%)
世界全体	39,600	49,200	59,300

データ：レッドブック 2005 のウラン需要見通しから計算

3. まとめ

世界の濃縮需要は今後ますます高まり、現在の需要は4万 SWU/年から核解体利用分5,500tSWU/年を差し引いた実質約35,000tSWU/年程度であるのに比べると、2025年には2倍以上（最適テール濃度をめざすならば）に拡大すると見込まれる。しかし、設備容量の拡大は需要に追いつかず、実際には現状に近いテール濃度での運転が継続されるものと予想される。

テール濃度 0.3%程度で運転されるとしても、西側の濃縮設備拡大計画は遅れているので、遅かれ早かれロシアの濃縮に多くを依存することは必須と考えられる。大きな濃縮企業の存在しないアジアでは、特にロシアへの依存が大きくなるものと予想される。

現在商業規模で競争しうる遠心分離濃縮技術は、ウレンコとロシアのたった2つしかない。第3、第4の商業技術を、今日本（日本原燃）と米国（USEC）が独自に開発中である。両者とも2007年からカスケードを組んだ本格的な運転試験に入る計画であり、まさに両者並んで第4コーナーに差し掛かったところといえる。

固唾を呑んで応援する次第である。

以上

参考文献・引用資料（News Release や Website 情報は本文中に記してあるので省略）

- 1) Neff, NEI Uranium Seminar 2006/10, Dynamic Relationships Between Uranium & SWU Prices : A New Equilibrium
- 2) WNA, 2005, The Global Nuclear Fuel Market
- 3) OECD/NEA-IAEA, 2006/6, Uranium 2005