

2022 年 12 月 13 日

濃縮ウラン供給におけるロシアリスク

一般財団法人 日本エネルギー経済研究所
 戦略研究ユニット 原子力グループ 主任研究員
 横田 恵美理

ウラン濃縮とは

自然界に存在する天然ウランには、核分裂して膨大な熱エネルギーを放出するウラン 235 と核分裂しにくいウラン 238 が存在する。既存の原子力発電所で燃料として利用できるウラン 235 は天然ウランに 0.7%程度しか含まれていない。そのため、ウラン 235 を原子力発電所での利用に適した約 3~5%まで濃度を高める作業が必要となる。この作業をウラン濃縮という。現在商業的に実施されているウラン濃縮方法としては、ガス拡散法と遠心分離法がある。従来はガス拡散法が主流であったが、現在では遠心分離法へと主軸が移っている。

世界の濃縮ウラン生産能力の推移

近年の世界における濃縮ウラン生産能力の推移を見ると、40%超をロシアが占めていることがわかる。さらに、生産能力の増強が目覚ましい中国とロシアを合わせると 60%を超える。ウラン濃縮の分野において特定国への依存度がいかに大きく、また増え続けているかということがわかるだろう。

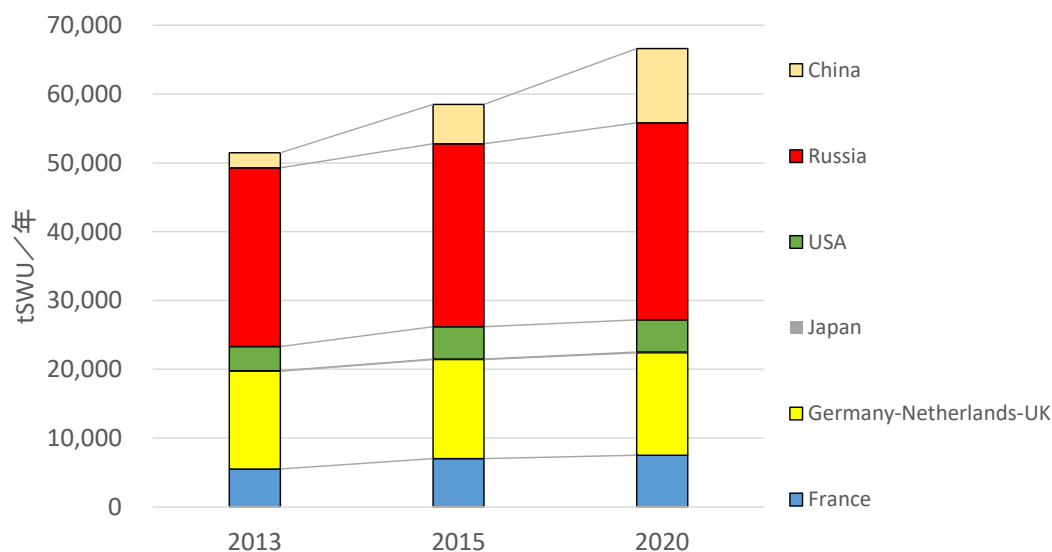


図1 世界のウラン濃縮能力の推移

(出所) Uranium Enrichment, WNA (2022 年 9 月)より作成

次に、将来のウラン濃縮需給バランスを見ると（図2）、需要が急速に増加しない限り、足元において世界全体の需要を満たすことは可能だ。しかし、上述のとおり、濃縮ウラン供給の40%超はロシアに依存していることを考慮すると、米国などがロシア産ウランの輸入を禁止した場合、またはロシアがウランの輸出を禁止した場合、濃縮ウランの供給量が大幅に減少し、需要を満たすことができない可能性があるともいえる。

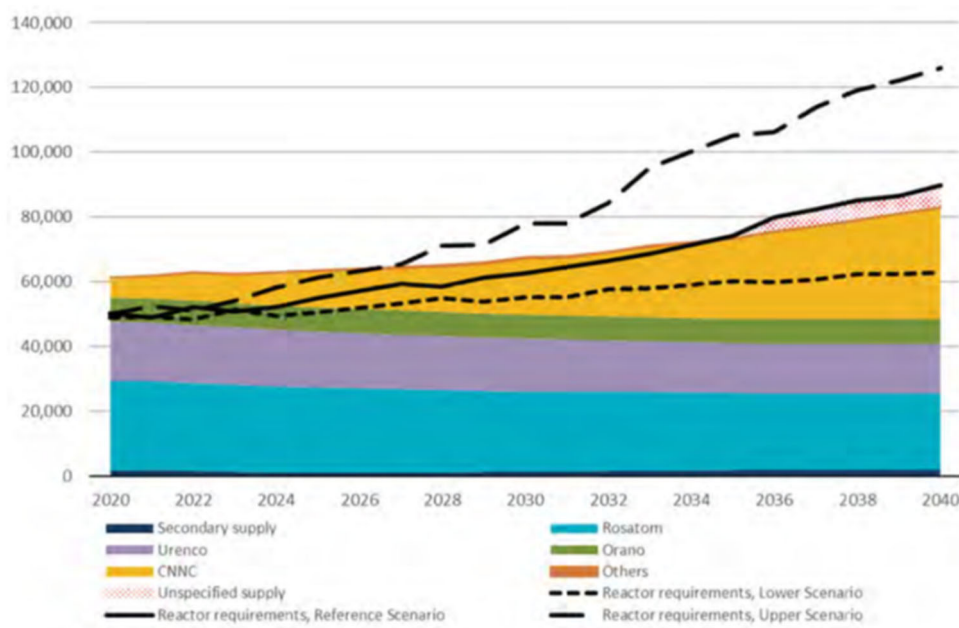


図2 世界のウラン濃縮需給予測

出所 The Nuclear Fuel Report: Expanded Summary Global Scenarios for Demand and Supply Availability 2021-2040、World Nuclear Association（2022年4月）

特にこの問題が顕著なのが米国だ。2021年におけるウラン製品全体の輸入量のうちロシアの占める率は14%であるが、ウラン濃縮単体で見ると、ロシアへの依存度は30%を超えている（図3、約4,000tSWU）。

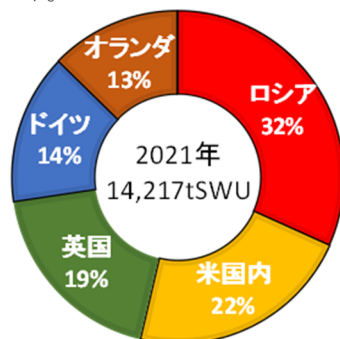


図3 米国の濃縮ウラン供給構造

（出所）2021 Uranium Marketing Annual Report（2022年5月）より作成

現在、米国内で稼働している濃縮ウラン生産工場は、英独蘭の多国籍企業 URENCO 社の子会社 Louisiana Energy Services (LES) による工場 1 つのみだ (生産能力 4,700tSWU)¹。米国エネルギー省 (DOE) の傘下であった USEC 社 (現 Centrus 社) で遠心分離プラント (ACP) を開発中であるが、稼働時期がたびたび延期されており本格的な稼働時期は不透明だ。

現在、米国内に稼働中の濃縮ウラン生産工場が 1 つのみとなった背景には、1993 年に米露政府間で締結された解体核兵器高濃縮ウラン (HEU) 輸出協定²があると考えられる。

米露間解体核兵器高濃縮ウラン (HEU) 輸出協定が米国に残した影響

旧ソ連崩壊後、核兵器軍縮によって不要になったロシアの核兵器を安全に管理・処分していくことが国際社会にとって差し迫った課題となっていた。この課題に対応するため、米露は解体核兵器高濃縮ウラン輸出協定 (1993 年 2 月 17 日付) を締結した³。この協定に基づき、核兵器に使用されていたウランを平和利用へと転換するために「メガトンからメガワットへ」プログラムが創設された⁴。このプログラムは、1993 年から 2013 年の 20 年間に渡り、解体されたロシアの核兵器から回収した高濃縮ウラン (HEU) 500 トンを希釈して、米国の商業用原子炉で用いるための低濃縮ウラン (LEU) として米国に輸出するものである。旧ソ連は 1986 年時点で最大 40,000 個超の核弾頭を保有していたが、このプログラムにより約 20,000 個の核弾頭が処分されたと言われており、旧ソ連が保有していた核弾頭の約半量が同プログラムによって希釈され平和利用に寄与したことになる。

同プログラム成立の背景を濃縮ウラン市場の観点から見てみる。1970 年代半ばまで濃縮ウラン市場を支配していたのは米国である。しかし、1973 年の第一次オイル・ショックを契機として原子力開発が促進されたことに加え、当時濃縮ウラン市場の主流を占めていたガス拡散法による濃縮工場だけでは増え続ける需要に供給が追いつかなかった。そのため、旧西ドイツ、オランダ、英国などはガス拡散法よりも電力消費量の少ない遠心分離法によるウラン濃縮技術を開発し市場に参入した。また、これら欧州諸国は冷戦中ではあったものの、ウラン濃縮事業の一部を旧ソ連に委託していた。

米国においては、当時旧ソ連からごく少量の濃縮ウランを輸入していた。一方で、旧ソ連の安価な濃縮ウランが流入したことによって欧州の濃縮ウラン価格が下落し、米国内の電力会社も安価なロシアの濃縮ウランを欧州経由で購入するようになっていった。その結果、1970 年代後半には 40USD/lbU3O8 を付けていた天然ウランのスポット価格が、1980

¹ <https://www.urengo.com/global-operations/uusa>

² <https://fissilematerials.org/library/heu93.pdf>

³ <https://fissilematerials.org/library/heu93.pdf>

⁴ <https://americancenterjapan.com/aboutusa/translations/2734/>

年代に入ると下落し始め 1990 年には 10USD/lbU3O8 前後まで大幅に下落することになった。

こうした状況に対処するため、1991 年 11 月、米国のウラン国内生産者暫定委員会は DOE 等に対して、旧ソ連が濃縮ウランの輸出でダンピング（不当廉売）を行っていると訴え、1992 年にダンピング停止協定が締結された。その結果、米国に輸入される旧ソ連産ウランには全て 115%の関税が課されることになった。

当時の旧ソ連では、旧ソ連崩壊後の社会的混乱の中で核物質が非合法に持ち出されるなどの危険性が増していたが、核物質を安全に管理するための資金が不足していた。そのため、反ダンピング課税によって米国市場から実質的に占め出されていた旧ソ連にとって、HEU を売却して現金を得ることは必須であった。

また、米国においても、DOE が安価なロシア産 HEU を活用することによって米国内でウランを濃縮するコストを節減できることや米国内の電力会社に対して供給を約束する一助になると期待していた。

このような背景から、米国商務省（DOC）は、更なる反ダンピング課税調査を中止する代わりに、旧ソ連から米国へ輸出されるウランの量に制限を課すことを決定した。最終的に 2008 年に米露間で新たな合意が締結され、2014 年以降、年間で米国の商業炉に必要な LEU の最大 20%をロシアから米国へ輸出できることになった。ウクライナ侵攻前の 2020 年には、この協定が 2040 年まで延長されることが決定していた⁵。

一方で、米国内ではロシア産濃縮ウランへの依存度の高さが従前から問題視されていた。その対策として、今後 20 年間かけて徐々に依存度を下げていき、2028 年以降は 15% 以下にすることが決定されていた。

このように、ウクライナ侵攻前から、米国内ではロシア産ウランへの依存度の高さが課題となっており、その低減策について検討が行われていたものの、具体的な解決策は示されていなかった。

ウクライナ侵攻後の 2022 年 3 月に、複数の米国議員により米国議会へロシア産ウランの輸入禁止法案が提出されたがいまだに結論が出ないことから、米国の年間需要量の 30%超（約 4,000tSWU）に相当するロシア産濃縮ウランの代替を確保することの困難さがうかがえる。

米国をはじめとした各国の今後の課題

米国議会へロシア産ウランの輸入禁止法案が出された後、2022 年 6 月には、米国内のウラン濃縮工場から直接ウランを購入するために 43 億ドル規模の計画が立案され議会に

⁵ <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/4888.html>

提出されたと報じられた⁶。米国内に稼働中の濃縮ウラン生産工場は 1 つしか存在しないため、LES の濃縮工場を対象としたものと推測される。これに対して、LES の親会社である URENCO 社は 2022 年 10 月、Bank of America で演説を行い、長期的な顧客が確保できる見通しが立てば URENCO 社が世界に有する 4 つすべての工場で生産能力を拡張することを検討する準備があると述べた⁷。しかし、実際に生産能力を拡張するまでには一定のリードタイムが必要であることを考えると、米国がロシア産ウランの輸入禁止に踏み切った場合、足元の需要量をどのように確保するかという課題は残る。

もう一つの課題として、現在各国で研究開発が進んでいる小型モジュール炉（SMR）と呼ばれる次世代原子炉向けの HALEU 燃料（最大濃縮度 20%の低濃縮ウラン）の供給が挙げられる。

SMR は主要国にとって脱炭素化を目指す上で重要な役割を果たすことが期待されている。DOE の「先進的原子炉設計の実証プログラム（ARDP）」で支援対象に選定された先進的原子炉設計のうち多くが HALEU 燃料を使用する計画であることからわかるように、次世代炉の導入にあたっては HALEU 燃料の供給を確保することが必要である。

米国では 2021 年に、米国規制委員会（NRC）より Centrus 社の ACP が HALEU 燃料の製造を承認された⁸。また、2022 年 11 月には、DOE と Centrus 社との間で HALEU 燃料の生産を開始する契約を締結したと発表された⁹。

しかし、上述のとおり、ACP の操業開始時期はたびたび延期が続いており、計画通りに生産が進むか否かについて不透明な部分が多い。

現在、HALEU 燃料の商業用原子炉向けの製造および販売を行っているのは、ロシアの TENEX 社 1 社のみだ。ロシアと日・米・欧の対立構造を前提とすれば、既存の原子力発電所向けの濃縮ウラン供給だけでなく、次世代原子炉向けの HALEU 燃料供給を含む将来的な濃縮ウランのサプライチェーンを日・米・欧がどのように構築していくかが、既存原子炉の安定的な運転だけではなく、次世代炉実用化の時期をも左右する重要な鍵となるであろう。

お問い合わせ：report@tky.ieej.or.jp

⁶ <https://www.bloomberg.co.jp/news/articles/2022-06-07/RD4GVQDWX2PU01>

⁷ <https://www.urengo.com/news/global/2022/urengo-presents-to-the-bank-of-america>

⁸ <https://www.centrusenergy.com/news/nrc-approves-centrus-energy-license-amendment-for-haleu-production/>

⁹ <https://www.energy.gov/articles/doe-announces-cost-shared-award-first-ever-domestic-production-haleu-advanced-nuclear>