

## 「ウラン2014 - 資源、生産、需要」

経済協力開発機構・原子力機関( OECD・ NEA )と国際原子力機関( IAEA )は2014 年 9 月10 日、報告書「ウラン2014 : 資源、生産、需要」( 通称レッドブック、Uranium 2014: Resources, Production and Demand ) を発表しました。報告書の要約の仮訳と主なデータ( 図表 ) を紹介します。

### 要 約 (仮訳)

『ウラン 2014—資源、生産、需要』は、最新の資源量データのほか、世界のウラン市場のファンダメンタルズに関する最新分析の結果と 2013 年 1 月 1 日現在における世界のウラン産業の統計データを示したものである。本書には、ウラン探鉱、資源量、生産量、原子炉関連必要量について 36 カ国が提供した公式データ、および NEA/IAEA の共同事務局が作成した 9 カ国の国別報告が含まれている。原子力発電設備容量および原子炉関連のウラン必要量について、2035 年までの予測と長期的なウラン需給問題の考察も示している。

#### 資源量

既知資源の合計は、2011 年から 7%以上増加。現在の世界の原子炉のウラン必要量の水準で、およそ 10 年分に相当。しかし、増加の大半は高コストカテゴリーの資源。

2013 年 1 月 1 日時点の既知資源( 確認資源と推定資源 ) の合計は、 $<USD130/kgU$  ( $<USD50/lbU308$ ) カテゴリーで 5,902,900tU で、2011 年 1 月 1 日時点と比較して、10.8%増加した。2009 年に再導入された最高コストカテゴリー ( $<USD260/kgU$  または  $<USD100/lbU308$ ) では、既知資源の合計は 7,635,200tU で、2011 年の報告値と比べて 7.6%増加した。

既知資源の総量が全般的に増加している一方で、2011 年以来、主に採掘コストの増大のため、 $<USD80/kgU$  (または  $<USD30/lbU308$ ) のコストカテゴリーの資源量は著しく減少している。最低コストカテゴリー ( $<USD40/kgU$  または  $<USD15/lbU308$ ) の資源量は、主にカザフスタンの探鉱が好調なため、殆ど変わっていない。総量増加の大半は、既知資源の再評価と、特にオーストラリア、カナダ、中国、チェコ、グリーンランド、カザフスタン、南アフリカにおける既知鉱床の追加による。2012 年のウラン必要量の水準であれば、既知資源量は全世界の原子力発電所群への供給を 120 年以上賄うことができる。さらに、各国の資源量の合計には含まれていないが、企業による報告として、追加的に 119,000tU のウランが資源として存在することを事務局が確認している。

2013 年 1 月 1 日時点の未発見資源( 予測資源と期待資源 ) は 7,697,700tU で、2011 年の報告値 10,429,100tU から大幅に減少した。減少の主な理由として、米国が 1980 年に実施した評価データの正確性を期すべく、再評価する必要があるとして、今回の本書改訂に際し、データ

を報告しなかったことによる。

ウラン既知資源が豊富で主要なウラン生産国（例：オーストラリア、カナダ）を含めて、幾つかの国が、ここ数年間、未発見資源の評価を報告していないか、評価値の更新をしていない点を注視する必要がある。

本書に示したウラン資源に関する数値は、2013年1月1日時点の状況を示すスナップショットである。資源に関する数値は動的であり、商品価格に関係する。市場条件が必ずしも良好とは言えない中、（高コスト資源含む）既知資源が2011年から2013年にかけて全般的に増加したことは、2012年の世界のウラン需要ベースで8年余りの供給量をさらに追加したことになる。過去に探鉱活動の強化した時のように、高水準の継続的投資と関連する探鉱活動は、経済的関心のある追加的な資源の発見に繋がる。

## 探鉱

上述の資源ベースの増加は、2010～2012年間のウラン探鉱および鉱山開発の支出が23%増加したことにより、確認されたものである。

2012年における世界の探鉱および鉱山開発のための支出は合計で19億2,000万米ドルであり、更新した2010年の支出額（20億米ドル超から15億6,000万米ドルに減少）に比べ22%増加した。ここ数年、市場価格は下落しているが、2003年以降ウラン価格はそれ以前の20年間に比べ全般的に上昇してきたため、過去の探鉱作業で高いポテンシャルを有することが判明している地域や新しい地域での草の根的な探鉱が増加した。資源ベースの拡大や予想される将来の供給必要量を満たす鉱床を開発するため、協調的な努力も継続されている。2012年における探鉱および開発のための支出の95%以上は、国内活動に向けられたものであった。

2011年から2013年の間に、ウラン価格の下落により、幾つかの国では国内探鉱や鉱山開発の支出が減少した。多くの探鉱や鉱山開発プロジェクトがスローダウンし、特に小規模のウラン開発部門への影響は大きかった。カナダでは、全体の支出額が減少したが、探鉱支出は2011年から2012年にかけて3.5%増加した。一方、オーストラリアは、2011年から2012年にかけて探鉱支出は大幅に減少したと報告している。この減少は、ブラジル、中国、エチオピア、イラン、カザフスタン、ポーランド、スペイン、タンザニア、トルコ、ウクライナ、米国、ザンビアなどの多くの国々において、2011年から2012年に全体支出額が増加したことにより相殺された。2013年における世界全体の支出額については、中国、ポーランド、タンザニアで支出が減少すると見られるが、現状と同じ水準、あるいは若干の増加が見込まれている。

国外での探鉱開発支出は、中国、フランス、日本、ロシアのみの報告ではあるが、2009年の3億7,100万米ドルから2010～2012年は2億米ドル以下に減少した。とは言え、2004年の報告値7,000万米ドルをはるかに上回る水準である。2013年の中国の国外探鉱開発支出は、主にナミビアのHusab鉱山への投資により、5億6,000万米ドルを超えると見込まれている。これにより、2013年における国外での探鉱開発支出の総額は、6億5,000万米ドルを超えると予想される。

## 生産

2010～2012年の世界のウラン生産量は、7.6%増加。前回報告に比べて、低い伸び率ではあるものの、昨今の世界最大生産国であるカザフスタンの生産量増大が主に増加を牽引。

概して、2011年の世界のウラン生産量は54,740tUであり、2010年の生産量54,653tUからは僅か0.2%の増加であった。しかし、2012年の生産量は、2011年から7.4%増加の58,816tUとなり、さらに2013年の生産量は59,500tU超が予想されている。昨今の生産量増加は、主にカザフスタンの生産量増加による。またオーストラリア、ブラジル、中国、マラウィ、ナミビア、ニジェール、ウクライナ、米国が僅かな増加を記録した。OECD諸国内での生産量は、2011年が16,982tU、2012年が17,956tUと僅かながら増加し、2013年も比較的安定した水準を維持するものと見られる。

2011～2013年にかけてのウラン生産国は21カ国である：2010年より1カ国減少した（ブルガリアは今回の本書改訂に際し、鉱山修復作業に関する報告をしていない。またフランス、ドイツ、ハンガリーは、修復作業の結果として少量のウランを継続生産するのみである）。

2012年のカザフスタンの生産量は、21,240tUと依然増大し続けている（2013年は22,500tUと予想）。近年の増加率は減少しているものの、世界最大の生産国であり、2位以下に大差をつけている。2012年のカザフスタンの生産量は、世界2位のカナダと3位のオーストラリアの同年の生産量の合計を上回っている。

2012年の世界の生産量において、インシチュリーチング採鉱法（ISL法：原位置抽出法）が45%を占めている。主にカザフスタンでの生産量増加や、オーストラリア、中国、ロシア、米国、ウズベキスタンでのISL法によるものである。ISL法による世界のウラン生産量は、2013年には全体の47.5%を占めると予想されている。2012年は、地下採掘が26%、露天掘が20%、銅や金の採掘における共産物および副産物が6%、ヒープリーチングが2%、そしてその他方法が1%だった。

## ウラン生産の環境および社会的側面

ウラン生産が拡大する態勢の中で、初めてウラン採掘に取り組む国では、しっかり確立されたウラン生産国における優れた操業実績に倣うための取組がなされている。これらの取組は、地域社会に十分な情報提供を行うとともに、環境影響を最小化しつつ、安全な操業実績を積み重ねることを目指している。

レッドブックの主題はウラン資源、生産、需要であるが、ウラン生産サイクルにおける環境的側面についても重要性が高まり、ここ最近のレッドブックと同様に、今回も国別報告の中にこの分野の活動の最新情報が含まれている。ウラン生産が拡大する方向にある中で、初めてウラン生産に取り組む国々の場合、環境影響を最小化する透明で安全で十分に規制された形での操業の継続的な開発は肝要である。

2013年1月、Ranger Project Areaを対象にした多くの協定が、豪州政府やNorthern Land Council、the Mirarr traditional owners、そして操業者のEnergy Resources Australia社

によって締結された。このようなイニシアチブは、このケースの場合、Kakadu West Arnhem 社会基金の設立を通じてだが、世代間を含む元来の所有者へより多くの恩恵をもたらしている。その他の重要な特徴は、地元のアボリジニーがビジネスの開発や訓練、雇用への参画機会が増えるという合意されたアプローチを含んでいる。

豪州のウラン採掘セクターの持続的発展を確保できるように、2009年に政府が設立したウラン協議会（以前のウラン産業の枠組）は、人間以外の生物相の放射線防護に関する豪州放射線防護原子力安全庁主導のプロジェクトを開始し、ウラン鉱山や製錬工場の労働者の放射線量登録の集積・長期保存の集中データベースである国家放射線量登録システムの開発・実施に参加した。

ボツワナでは、A-Cap Resources 社が、定期的な会合を通じ地元コミュニティへの情報提供や教育、コミュニティの関与を目的とした「安全・健康・放射線・環境・コミュニティグループ」を設立した。Letlhakane プロジェクトの環境・社会影響評価研究が2011年にボツワナ政府に提出され、同プロジェクトに必要な水資源を確認するための詳細な探査プログラムが実施された。

チェコでは、主要な採掘活動の閉鎖に起因する社会的問題を解決するための環境活動や行動が2009年に正式に終了したが、国やEUは、広範な環境修復プロジェクトや関連する社会的問題に焦点を当てたプロジェクトに対して、資金面で継続的にバックアップしている。これらのプロジェクトは、ウラン採掘関連の雇用減に起因する社会的問題に取り組むための代替措置（主に、環境面）の展開を目指している。これは、プロジェクトおよび関連する環境影響評価の開発、廃止措置活動、廃棄岩管理、サイト修復・メンテナンス、水処理、長期モニタリングを含む。

フランスでは2001年に全てのウラン鉱山が廃坑となり、全施設が閉鎖、解体され、サイトは環境修復された。80,000tU以上のウラン生産の結果として、探査キャンプから様々な規模の鉱山、8つの製錬所そして17のウラン鉱残渣（計52Mtのウラン鉱残渣を含む）にわたる全てのサイト（200以上）は、修復されている。モニタリングは最も影響のあるサイトでのみ継続され、14の水処理プラントが坑廃水処理のために設置されている。

カザフスタンでは、Uvanas 鉱床の西部および中央サイトの環境修復が完了し、環境修復の第二段階が計画中である。またKanzhugan 鉱床の環境修復もまた、開始が予定されている。

マラウィでは、鉱山の所有者で操業者であるPaladin Energy 社が、Kayelekera 鉱山開発の協定に基づき、社会的な開発義務の履行を継続している。地域の関与や経済成長、コミュニティにおけるキャパシティ・ビルディングを促進するプログラムが進行中であり、Kayelekera の熟練労働力の地元ビジネスへのスキル移転の機会が模索されている。追加的なプロジェクトには、Karonga 地区病院の改修や医療機器の供与、健康増進プログラムの実施、毎週の外来患者の継続的な診療を含む。

ナミビアは、1978年にRössing 基金を設立し、多くの環境・社会的問題を継続的に前進させている。基金の活動は、ウラン産業における教育やヘルスケア、環境管理、放射線安全に焦点を当てている。Langer Heinrich 生産センターの所有者兼操業者であるPaladin Energy 社は、鉱山開発に関する利害関係者をアップデートし、同社の社会開発プログラムが的を射たも

のとなるよう、2011年と2012年に数多くの地域会合を開催した。サイト活動の一つの焦点は、水の再利用とリサイクルである。Husab 鉱山の開発に伴い、Swakop Uranium 社はまた、現地調達や就職斡旋・雇用、訓練、教育、責任ある環境管理の慣行にコミットする社会責任プログラムに携わっている。この結果、地下水のモニタリングを含む同社の環境管理計画において、特定した研究ニーズに的を絞り、プロジェクトが開始された。ナミビアの地質調査局は2013年1月、ウラン鉱山開発の累積的影響に関する戦略的環境評価を受け作成された戦略的環境管理計画（SEMP）の基づき、初の年次報告を取り纏め発表した。SEMPの主な関心事の一つは水である。2010年以来、アレバ社が建設した沿岸の脱塩プラントにより、Erongo 地域に水が供給されている。

ニジェールでは、Somaïr 社と Cominak 社が、環境管理の ISO14001 の認証を保持しており、またアレバ社が水に焦点を当てた環境問題に取り組み続けている。水の消費を抑え、減らす方法が功を奏し、生産の増加にもかかわらず、水の使用量を減らすことに成功している。鉱山会社が Arlit と Akokan で、2つの病院および技術サポートセンターを運営している。当初は、鉱山労働者およびその家族のための医療ケアを提供するため設立されたが、現在は広く一般公衆に無料で開放されている。また Imouraren では、地元住民を無料で治療する医療センターが最近開設された。

ウラン生産施設を閉鎖したその他の国々（ブラジル、ハンガリー、ポーランド、ポルトガル、スロバキア、スロベニア、スペイン、ウクライナ）については、修復およびモニタリングの最新の活動が、国別報告の中に掲載されている。

ウラン生産の環境面に関する情報については、NEA/IAEA 合同ウラングループの刊行物「ウラン生産施設の環境再生」（OECD、2002年）と「ウラン採掘および製錬の環境活動」（OECD、1999年）でさらなる情報を得ることができる。OECD/NEA はまた最近、「ウラン採掘の環境および健康影響」（OECD、2014年）を刊行し、ウラン採掘の初期の戦略段階から現在に至るまでのこれら分野における多くの改善を概説している。

## ウラン需要

ウランの需要は、予見可能な将来において伸び続けると予想。

2012年末時点で合計437基の商業用原子炉が運転中であり、ネット設備容量は372GWe、ウラン必要量はウラン購入量から判断して約61,980tUであった。福島第一原子力発電所の事故を受け、ベルギー、フランス、ドイツ、イタリア、スイスで発表された政策変更を考慮し、2035年までに世界の原子力発電設備容量は、低需要ケースの場合で約400GWe、高需要ケースの場合で680GWeに達すると予測され、夫々7%と82%の伸びとなる。従って、世界の原子炉関連のウランの年間必要量は、2035年までに72,000tU～122,000tUに増加すると予想される。原子力発電設備容量の見通しの低下に加えて、ウラン濃縮工場でのテイル濃度が平均0.30%から0.25%に低下したことを想定すると、ウランの必要量は、2011年から減少している。

原子力発電設備容量の予測は、地域によって大きく異なる。東アジア地域は2035年までに最も増加すると見られており、低ケースでは57GWe、高ケースでは125GWeの新規建設が見込

まれている。これは、2013年比でそれぞれ65%超～150%超の増加に相当する。欧州の非EU諸国も2035年までに20～45GWe程度の新規建設が予測されている(夫々約50～110%の増加)。その他増加が予想される注目すべき地域は、中東や中央アジア、南アジア、東南アジアである。そしてより緩やかな伸びが予測されているのは、アフリカや中南米である。北米の2035年の原子力発電設備容量は、低ケースでは30%近い減少、高ケースでは15%以上の増加と予測されている。EUも同様で、2035年の原子力発電設備容量は、低ケースでは45%の減少、高ケースでは20%の増加と予測されている。

これらの予測は、福島第一原子力発電所事故によってこれまで以上に不確実になっている。日本は将来のエネルギーミックスにおける原子力発電の役割を未だ明確にしておらず、また中国は今般の本書改定において、2020年以降の原子力発電設備容量の正式な目標値を報告していない。将来の原子力発電設備容量に影響を及ぼす主な要因として、ベースロード電力需要の予測、原子力発電所の経済競争力、原子力発電所という資本集約型プロジェクトの資金調達、他電源と比較した燃料コスト、核不拡散に関する懸念、廃棄物管理に係る戦略案、そして福島第一原子力発電所後にいくつかの国でとりわけ重要となっているPA問題が挙げられる。化石燃料の長期的な供給確保に関する懸念や、温室効果ガス排出削減とエネルギー・セキュリティの強化に対する原子力発電のメリットがどの程度認められるかが、予想されるウラン需要の伸びがさらに大幅になるか否かを左右する。

#### 需給関係

現在のウラン資源は、高ケース需要の場合でも、2035年までのウラン需要を十分に供給して余りある。しかし、それにはウラン資源を核燃料製造に必要なウラン製品にするまでの長いリードタイムを考慮すれば、投資が適切に行われるかどうかにかかっている。鉱山開発におけるその他の懸念には、地政学的要素や技術的困難、ウラン採掘を行う政府の期待感の高まり、そして個々のケースで生産者が直面するその他諸問題がある。

2012年は、世界の原子炉のウラン必要量(61,980tU)の約95%を世界のウラン生産量(58,816tU)が供給し、残りを政府や企業の在庫、核弾頭の解体で生じた高濃縮ウラン(HEU)の希釈による低濃縮ウラン(LEU)、劣化ウランテイル(DU)や使用済燃料の再処理ウランの再濃縮など、採掘済ウラン(いわゆる二次供給源)が供給した。

ウラン鉱山の開発は、福島第一原子力発電所事故以前は、価格高騰と需要増加予測というマーケットシグナルに強く反応していた。しかし、事故後の市場価格の継続的な下落やいくつかの国における原子力発電開発の不確実性によって、ウラン必要量は少なくとも一時的に減少し、さらには価格の下落や探鉱開発のスピードをスローダウンさせた。ウラン採掘会社は、他のいかなる核燃料サイクル部門よりも福島第一原子力発電所事故の影響を大きく受けた。ウラン市場は昨今十分な供給量があり、開発が計画通りに進むならば、現状の予測では、既存、確定、計画中、見込みの生産センターを含む一次ウラン生産能力は、高需要ケースでは2032年まで、低需要ケースでは2035年までの、世界の予測ウラン必要量を満たすことが可能である。2035年までの高需要ケースのウラン必要量を満たすことは、全既知資源の40%弱を消費することに

なる。それにもかかわらず、大規模な投資や技術的調査がこれらの資源を市場にもたすためには必要であり、生産者は、時勢に応じ新たな生産施設の建設において数々の重要な、時には予測できない諸問題を克服しなければならないであろう。その諸問題とは、地政学的な要素や技術的困難、いくつかの施設におけるリスク、さらに厳格な規制要件に見合うための潜在的な開発、ウラン探鉱をホストする政府の期待感の高まりなどである。とりわけ、生産コストの上昇を考慮すれば、これら活動をサポートするためには、ウランの市場価格が十分にロバストであることが求められる。

二次供給源に関する情報は不十分であるが、高濃縮ウランを核燃料に最適な低濃縮ウランに転換する米ロ協定が終了する 2013 年以降については、少なくとも一時的に減少するものと見られる。限られた情報だが、かつて採掘したウランが相当量残っており（軍が保有する原料を含む）、その一部を今後数年、適切な形で市場に出すことは可能と思われる。現在、ガス拡散法から遠心分離法への移行を成功裏に終え、福島第一原子力発電所事故後、少なくとも一時的に濃縮能力が需要を上回っているため、濃縮事業者は、契約上の必要量以下にテイルズ・アッセイを下げることができる良い状況下におり、このことは追加的なウラン供給を生み出している。さらに、劣化ウランの再濃縮に対する関心が高まっており、商業的に見合う手段が開発されれば、かなりの二次供給源が利用可能となるであろう。レーザー濃縮の実用化には、かなりの技術的進歩が必要であるが、劣化ウランからの二次供給を加速させるポテンシャルを有する。長期的に見れば、代替燃料サイクル（例：トリウム）の開発が成功し導入されれば、ウラン市場に相当な影響を及ぼすであろうが、これらの燃料サイクル構想がどれほど費用対効果に優れ、どこまで広く導入されるかについて言及することは時期尚早である。

市場価格の下落がいくつかの鉱山開発プロジェクトの遅延につながっているものの、その他のプロジェクトは、規制を通じて開発のさらなる段階に進展している。しかし、鉱山開発の全体のタイムフレームは、市場状況が新たな開発活動を担保するならば、短縮されるべきである。昨今の世界的なウラン鉱山施設のネットワークは比較的粗いと同時に、仮に主要施設が操業中止となれば、潜在的な供給脆弱性が生まれる。電力会社はここ数年、低価格で相当数のインベントリーを蓄積しており、ウランの供給不足を回避する一助となる。

## 結 論

先進国における世界的な経済危機に起因する昨今の電力需要の低下にもかかわらず、全般的な需要は、特に発展途上国における人口増加に伴い、今後数十年間は増加し続けるものと見込まれる。原子力発電は、本質的に温室効果ガスを排出しない比較的安価なベースロード電源であり、かつ原子力発電の導入は、エネルギー供給セキュリティを高めることから、エネルギー供給の重要な要素であり続けると予想されている。しかし、福島第一原子力発電所事故により、公衆の信頼が損なわれている国もあるなか、原子力発電設備容量の伸び予測は減少しつつあり、これまで以上に不確実性が大きくなっている。運転中の全原子力施設の点検後に要求された追加の安全対策もまた、コストを引き上げている。これは、北米の低廉な天然ガスの豊富な存在や世界的な経済危機に起因する投資リスク回避の傾向と相まって、自由化された電力市場における原子力発電の競争力を低下させている。各国政府や市場関係者が、低炭素で、エネルギー

供給セキュリティにおいて原子力発電のメリットを認識する政策を打ち出せば、上述の競争圧力の軽減に寄与することになるが、そのような措置がいつ、どれだけ広範囲に採択されるかは未だ明確ではない。それにもかかわらず、原子力発電は、増加する電力需要とクリーンな電力に対するニーズの増大する中で、規制された電力市場において、今後もかなり伸長すると予想されている。

原子力発電が究極的に将来の電力需要を担う役割を果たすかどうかにかかわらず、本書で述べられているウラン資源のベースは、予見できる将来の必要量以上にある。問題は、市場へウランをタイムリーに必要な量を供給するため、安全かつ環境に配慮した形で責任ある採掘開発を継続することである。

以上