

世界原子力協会（World Nuclear Association, WNA）核燃料報告書
— 2021~40年までの需給可用性に関する世界のシナリオ —
エグゼクティブ・サマリー（仮訳）

2021年11月4日
（一社）日本原子力産業協会
情報・コミュニケーション部

原子力発電は現在、世界の発電量の約10%を占めている。下記を含むいくつかの理由から将来の電力およびエネルギー供給において、ますます重要な役割を果たすことが期待されている。

- ✓ 原子力発電に関連するCO₂およびその他の汚染物質の排出量はほぼゼロ。
- ✓ 開発途上国や固有のエネルギー資源が不足している国、および送電網の安定性を維持しながら再生可能エネルギーの高いシェアを導入しようとする先進国にとって魅力的な、オンデマンドの信頼性と安全性の高い原子力発電の性質。
- ✓ 長期的なコスト競争力。
- ✓ その開発と利用に関連する産業および人的資本の利益。
- ✓ 電気に加えて、ほぼゼロカーボンの熱を生産する能力があり、これは経済の多くの削減対策が難しい部門の脱炭素化に役立つ可能性がある。

これらの利点にもかかわらず、原子力は継続的な規制・政治的なハードルとともに、とりわけ現在運用されている自由化市場において、他の電力源からいくつかの競争面での課題に直面している。さらに、電力需要の伸びが、特に原子力発電が活用されている国々で鈍化している。同時に、原子力部門は、多くの開発途上国で引き続き堅調であり、原子力発電設備容量の成長の大部分がそれらの国々で見込まれている。中国とインドだけで予想される新規炉の半分以上を占める。（第1、2章）

2年前の前版の核燃料報告書の発刊以来、中国や日本、韓国、英国、米国、そしてEUの国々を含む多くの国々が野心的な脱炭素化目標にコミットしていることにより、原子力発電の見通しは改善している。世界の2大排出国である中国と米国による脱炭素化目標の導入により、脱炭素化に向けたソリューションに注目が集まっている。（第2章）

今回の2021年版では、前版（2019年）より開始した原子力発電設備容量予測でポジティブな傾向が継続している。ベラルーシとUAEといった2つの新規導入国の初号機が2020年に送電を開始した。さらに、中国やインド、パキスタン、ロシアで原子炉が運転開始となり、新規建設は中国やイラン、トルコで始まった。そして多くの他の国々は、既存の原子力プログラムの拡張（例：ブルガリア、オランダ、ルーマニア、南アフリカ）、あるいは初号機の建設（エジプト、ポーランド、ウズベキスタン）を検討している。既存炉の運転期間延長は、カナダやフランス、ロシア、ウクライナ、そして米国のような大型原子炉群を保有する多くの国々で増加傾向となっている。（第2章）

2040年までの世界の原子力発電設備容量の3つのシナリオを作成した。すなわち、標準シナリオ（Reference Scenario）、上方シナリオ（Upper Scenario）、そして下方シナリオ（Lower Scenario）である。公表されている国の原子力政策や計画から展開の異なる見込

みを考慮し、現在の状況から将来の原子力発電設備容量を予測するものである。それらは、脱炭素化目標達成に必要とされる原子力発電設備容量を評価する規範的なネットゼロシナリオではない。2021年半ば時点、世界の運転可能な原子力発電設備容量は約3億9,400万kWe（442基）、約6,000万kWe（57基）が建設中である。標準シナリオでは、原子力発電設備容量は2030年までに4億3,900万kWe、2040年には6億1,500万kWeまで拡大すると予想されている。上方シナリオでは、2030年に5億2,100万kWe、2040年には8億3,900万kWeとなる。下方シナリオは、わずかな増加を示しており、米国とEUでの原子炉閉鎖を補いながら、中国やインド、いくつかの新規導入国における新規運転により、2030年以降により増加が顕著になる。（第2章）

この2021年の核燃料報告書では、Covid-19パンデミックやいくつかの国々（韓国、日本、ロシア、米国）における原子力プログラムの再考による様々な遅延によって、標準シナリオ、上方シナリオともに2025～35年の世界の原子力発電量予測がいくらか低下している。しかし、新規プロジェクトはキャンセルされていない。対照的に、多くの国々で原子力に対する公衆の認識の改善により、パンデミックによって生じた短・中期的な悪影響が克服され、3つのシナリオ全てにおいて、予想期間の終わりに向かい力強い成長が見られる。（第2章）

WNAの原子炉要件モデルは、今版のために完全に改訂され、熱効率パラメーターや濃縮レベル、燃料燃焼など、核燃料の需要に影響を与える様々な要因が再評価された。初めて小型モジュール炉（SMRs）がこのモデルに含まれた。世界の原子力発電所に送付したアンケートは、このモデルの情報提供と補足の両方に役立った。加えて、IAEA・PRIS（国際原子力機関・発電炉情報システム）データベースとWNAの原子炉データベースは、原子炉のパラメーターを更新するために使用された。現在と将来の原子炉の設備利用率の仮定は、最新データを使用して改訂、更新された。（第3章）

2021年の世界の原子炉ウラン所要量は、約62,500tUと推定されている。標準シナリオでは、これらは2030年に79,400tUとなり、2040年には112,300tUに上昇すると予想されている。上方シナリオでは、ウラン所要量は2030年に約99,000tU、2040年には156,500tUになると予想されている。下方シナリオでは、所要量は、2030年に70,000tU近くに、2040年には79,400tUになると見込まれている。3つのシナリオ全てにおいて、2040年の世界の原子炉ウラン所要量は、2019年版報告書に比べておよそ12%高い。（第5章）

世界のウラン生産量は、2016年の63,207tUから2020年には47,731tUと大きく落ち込んだ。現在のウラン市場の低迷は、ウラン探査活動の大幅な減少を引き起こしているだけでなく（OECD/NEAとIAEA刊行の「ウラン2020—資源、生産、需要」によると、2014年の21億2,000万ドルから2018年には4億8,300万ドル近くと77%減）、既存鉱山でのウラン生産が抑制され、年間生産量の20,500トン以上が休眠状態になっている。（第5章）

2040年までのウラン生産の3つのシナリオは、現在と将来の鉱山生産能力を評価することにより作成されている。このレポートの方法論に基づくと、既存鉱山の生産量は、3つのシナリオ全てにおいて、2020年代後半までかなり安定している状態が続くと予想され、その後2030～40年にかけて半分以上が急激に減少する。前版の核燃料報告書以降、いく

つかの鉱山での生産は資源の枯渇により停止し、今後 10 年間でより多くの鉱山が閉鎖されると見込まれている。特定のシナリオ（標準、上方あるいは下方）に関係なく、長期的には、産業界は 2040 年までに新規プロジェクトの開発を少なくとも 2 倍にする必要がある。このニーズを達成するためには、適切なプロジェクトの拡張やウラン資源プロジェクトなどがあるが、これらの開発を開始するためには、市場が必要なシグナルを送ることが不可欠である。（第 5 章）

標準ケースでは、世界の一次ウラン生産量は 2030 年に約 70,100tU で、2040 年には 50,600tU に減少すると予想されている。上方ケースでは、2030 年に 76,100tU、2040 年には 53,200tU とそれぞれ予想されている。休止中の鉱山の部分的な生産再開が、上方シナリオと標準シナリオではそれぞれ 2023 年と 2024 年に、下方ケースでは 2025 年に開始される予定と見込まれている。（第 5 章）

ウランの二次供給源は、世界市場で徐々に減少し、ウランの原子炉所要量の 14~18% を供給する現在のレベルから、2040 年には 5~8% に減少すると予想されている（シナリオによって）。しかし、短期的には、二次供給源の主要な要素の一つである、商用インベントリーは、需給ギャップを埋めるうえで不可欠な役割を果たし続ける。（第 4 章）

全ての推定された一次および二次供給源の組み合わせは、ウラン市場の供給が不足していることを示しており、既知供給源と所要量とのギャップは、商業的感度や政治的または戦略的な不確実性、市場の変動性、またはその他の要因により定量化するのが難しい供給によって埋められる。この不特定な供給には、次のようなものが含まれる：商用インベントリー、既存鉱山の生産レベルの増加（現在、定格生産能力以下で操業）、休止中鉱山における生産再開、新規プロジェクトの開発。最初の資源の発見から生産に至るまでに 8~15 年かかる可能性があり、潜在的な供給の混乱を回避するために、現在の 10 年間に新規プロジェクトの集中的な開発が必要になる。開発が非常に進んだ段階にある多くのプロジェクトは、ウラン生産を開始するために需給の市況改善を待っている。（第 5 章）

ウラン転換部門は、天然ウランを燃料とする原子炉用の UO_2 の製造、および濃縮ウランを使用する原子炉用に UF_6 を少数の企業が製造することが特徴である。2011 年初めから 2018 年まで、 UF_6 の市場は供給過剰であったのが特徴であったが、それ以降、状況は劇的に変化している。過剰生産能力の結果、製造の削減や休止、さらには閉鎖となった。現在、 UF_6 の年間生産量は、年間転換所要量よりもはるかに下回っており、過去数年間に蓄積されたインベントリーが吸収されている。中期的には、主要な転換企業は、生産能力を高める必要があり、長期的には市場は既存施設での生産能力拡張、あるいは新たな転換プラントの建設が必要となってくる。（第 6 章）

世界の余剰濃縮能力は、アンダーフィーディング（濃縮ウランを製造する際に使用する天然ウラン量を減少させるために、濃縮業務量を増加させること）とテイル（劣化ウラン）再濃縮のために既存の能力を利用することになった。短期的には、濃縮企業は、操業の終わりに達している遠心分離機をリプレースせずに、既存の生産能力を減らし続ける可能性

がある。中国の CNNC は、自給自足を達成するという目標のために予測期間にわたって、生産能力を拡張し続ける可能性がある唯一の濃縮業者である。標準シナリオでは、次の 10 年の後半に追加の生産能力が必要となってくるかもしれないが、上方シナリオでは、現在の 10 年間でより多くの濃縮能力が既に必要である。遠心分離機のモジュール式の性質および原子炉の建設期間を考慮すると、濃縮能力の拡張はタイムリーに行われる可能性があり、供給の問題は見込まれない。(第 7 章)

燃料製造市場は、製品の特異性により核燃料サイクルの他の段階と異なる。すなわち、燃料集合体は、特定の炉心で使用するために設計された高度に設計された技術製品である。さらに、市場自体がグローバルというよりも地域的な性格を有する。このレポートは、地域別、技術別の世界の燃料製造市場の詳細な分析を提供している。現在、既存の燃料製造能力は、初装荷および再装荷ともに予想される需要をカバーするのに十分である。しかし、状況によっては、供給のボトルネックが特定の設計で起きる可能性が依然ある。(第 8 章)

現在のレポートの標準シナリオは、原子力発電設備容量が今後 20 年間にわたり増加することを示しているが、WNA は、原子力がクリーンで信頼性のある、そして手頃な電力とエネルギーを供給する点でより重要な役割を果たす可能性を信じている。“ハーモニー”イニシアチブ——原子力の成長に向けた障壁を取り除くことを支援するための原子力コミュニティ全体のための行動の枠組——によれば、原子力は 2050 年までに世界の電力の少なくとも 25% を提供することが必要とされている。水素製造や地域暖房、産業用途のプロセス熱に原子力による熱を利用するという可能性も大きく、これら他の部門の脱炭素化に役立つ。これは、上方シナリオで必要とされている現在の予測よりも、より多くの原子力発電設備容量が必要になることを示している。これにより、ウランや転換、濃縮、燃料製造、輸送、そして使用済燃料サービスの所要量が増加する。燃料サイクルのサービスの能力は、適切な政策と市場シグナルの提供次第で、ハーモニーゴールに関連する需要の増加に見合うために十分に拡大することができる。(第 9 章)

報告書は、多くの国々で、とりわけ中国での急速なウラン需要の伸びにより、シナリオの対象期間内に追加のウラン鉱山が必要になることを示している。2020 年は、ウラン供給量がその年の原子炉群の所要量よりも 30% 近く少なくなった。さらに、市場は投資の急激な減少に直面し、新規鉱山プロジェクトの開発を妨げた。ウラン供給シナリオに関係なく、全ての現在知られている全ての鉱山プロジェクトの生産能力は、予想期間の終わりまでに少なくとも 2 倍にする必要がある。将来のニーズを満たすために、十分なウラン資源が存在することは疑う余地はない。しかし、生産者は新規生産能力への再投資を開始し、休止中あるいは撤回されたプロジェクトを再開するために、市場がリバランスすることを待っている。追加の転換能力もまた必要となる可能性があるが、一方、濃縮および燃料製造能力は、需要に対処するために十分であるように思われる。(第 10 章)

以上