

研究者・実務者のためのエネルギー・資源講座



<連載：世界各機関のエネルギーアウトLOOK⑥>

IAEAによる原子力将来見通しの概要と分析

Nuclear Energy Estimates by the IAEA

木 村 謙 仁*

Kenji Kimura

1. はじめに

国際原子力機関 (International Atomic Energy Agency, IAEA) は原子力の平和利用に関する国際協力を促進するとともに、核兵器の拡散を抑止することを主な目的とする国際組織である。その活動の一環として、IAEAは毎年多数のデータや報告書を公開しており、そのなかには『エネルギー・電力・原子力発電の見通し (Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates)』(以下、「IAEA見通し」)と題されたシリーズが含まれている。この報告書は1981年から毎年刊行されてきたもので、その名の通り世界全体あるいは地域別のエネルギー・電力需要や、原子力発電の設備容量および発電量の将来的な見通しを示している。本稿では同報告書のうち、2050年を分析の射程¹⁾とした2010年版以降¹⁾を取り上げ、その原子力発電に関する見通しの変遷やその背景を概観するとともに、他機関による予測との比較を行う。

2. IAEA見通しの概要

IAEAによる原子力発電設備容量の見通しは「低位(Low)ケース」と「高位(High)ケース」に分かれているが、両者とも現状をベースとして、各国における各プラントの運転期間や新設および廃炉計画などの情報を個別に判断し、将来の姿を描いていく「ボトムアップ(積み上げ)」型アプローチを採用している点で共通している。低位ケースでは現在の市場、技術、資源をめぐる傾向が継続され、原子力に関係する法律、政策、規制にはほとんど変更がないという想定の下で数値を積み上げていくのに対し、高位ケースでは妥当性や技術的な実現性を確保しつつも、より野心的な見通しが立てられている。そのなかでは各国の気候変動政策も考慮に入れられているが、あくまでも「積み上げ」による見通しであり、温室効果ガス排出量ネットゼロなどの目標達成を前提とはしていない。こうして作成された各

ケースの発電設備容量の見通しをもとに、各プラントの運転状況を想定することで発電量の見通しが作成されていると考えられる。したがって、以下では原子力の導入量を示す指標として発電設備容量を取り上げることとする。

3. 経年変化とその要因

IAEAによる原子力導入量の見通しは、低位・高位ケースを問わず足元からの積み上げに基づいていることから、その見通しを作成した時点での各国における原子力利用に関する計画の策定や投資動向などが反映されたものとなっている。そのため、各年版の見通しに示された値を比較することにより、世界的な原子力利用に対する姿勢をある程度定量的に把握することができる。2010年版から2022年版にかけての将来見通しを集計し、その推移を簡易的にまとめたものを図1に示す。図としての可視性を確保するため、ここでは2011-2019年版および2021年版を省略したが、本稿で対象としたIAEA見通しのなかでは2010年版が最

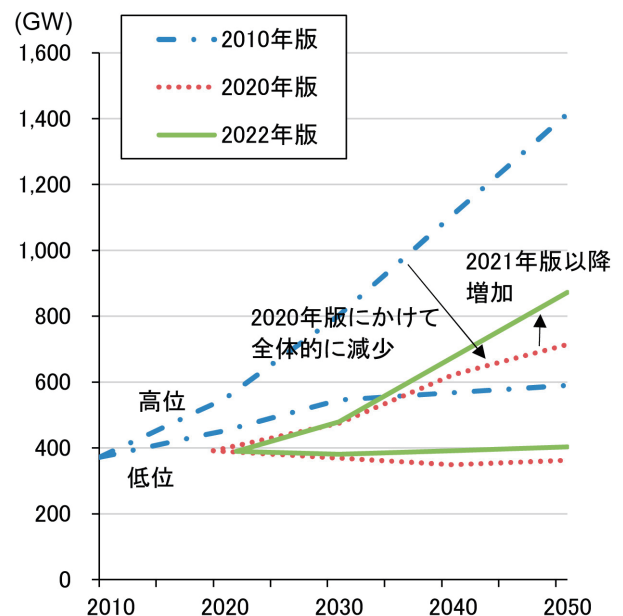


図1 IAEAによる原子力発電設備容量見通しの推移

(注) 足元の数値のほか、2010年版では2020年、2030年、2050年のみ、2020年版および2022年版では2030年、2040年、2050年のみが数値として明示されている。そのため、上図では各年の数値を直線でつないで表示している。

出典：IAEA見通し(各年版)より作成

*一般財団法人日本エネルギー経済研究所 電力ユニット
原子力グループ兼 研究戦略ユニット研究戦略グループ 主任研究員
〒104-0054 東京都中央区勝どき1-13-1 イヌイビル・カチドキ
E-mail: kenji.kimura@tky.ieej.or.jp

も高い導入量を示しており、これは2020年版にかけて、(例外はあるものの全体的な傾向として) どちらのケースでも大部分の年次で減少を続けているといえる。

各年版における2050年予測値に着目し、その推移をまとめると、図2(低位ケース)および図3(高位ケース)の通りとなる。IAEA見通しでは大まかな地域別の予測値も公開されているため、これらの図ではその内訳も示している。ただし、2016年版以前と2017年版以降では地域区分が一致しておらず、2017年版以降では各地域区分に属する国の内訳も明らかにされていない(2016年版以前は

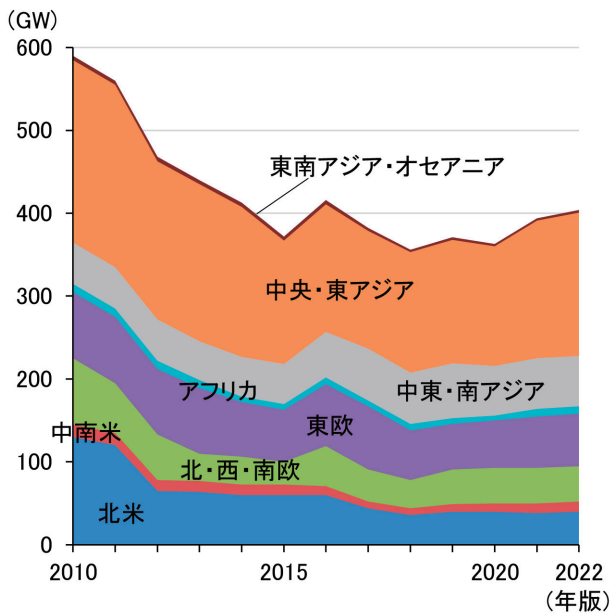


図2 IAEAによる原子力発電設備容量見通しの推移
(2050年・低位ケース)
出典：IAEA見通し(各年版)より作成

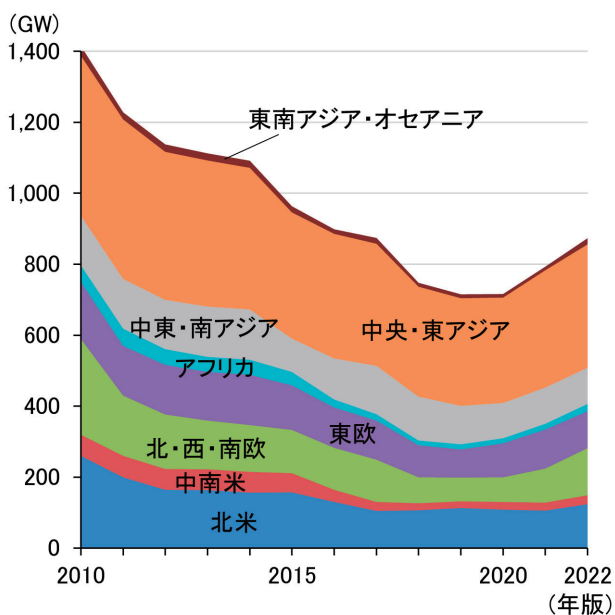


図3 IAEAによる原子力発電設備容量見通しの推移
(2050年・高位ケース)
出典：IAEA見通し(各年版)より作成

表1 地域区分対応表

2016年版以前	2017年版以降	本稿における表記
北米	北米	北米
ラテンアメリカ	ラテンアメリカ・カリブ海地域	中南米
西欧	北・西・南欧	北・西・南欧
東欧	東欧	東欧
アフリカ	アフリカ	アフリカ
中東・南アジア	西アジア 南アジア	中東・南アジア
極東	中央・東アジア	中央・東アジア
東南アジア・太平洋地域	東南アジア オセアニア	東南アジア・オセアニア

既設炉保有国のみ明示されている) ため、推測を含めつつ表1の通り地域区分を一本化した。

こういった区分の変更には経年比較を困難にするという問題点もあるが、その変更内容を見ると興味深い点も見えてくる。2016年版以前の「西欧」にはスペインやフィンランドが含まれているため、2017年版以降の「北・西・南欧」は単に名称を変更したものと考えられる。他方で2016年版以前には「中東・南アジア」と一括りにされていた区分が、2017年以降は「西アジア」「南アジア」に分割されている(一般的に、西アジアは中東とほぼ同じ領域を指す)。こうした変更の背景としては、当初は原子力の導入があまり見込まれていなかった中東が一定程度以上の比重を持つようになり、独立した地域区分として扱うことが必要になった可能性が考えられる。実際、2012年から2015年にかけてはアラブ首長国連邦(UAE)でバラカ1-4号機が毎年1基ずつ建設を開始しており、中東地域における原子力利用の拡大を予見させる時期だったといえる。また、2016年版以前の「極東」には2017年版以降、中央アジアが加えられ「中央・東アジア」と表記されるようになった。これもまた、カザフスタンやウズベキスタンといった国々に、少量ながら導入見通しの数値が積まれるようになったことを示していると考えられよう。

原子力利用国の将来的な拡大こそ見込まれていたものの、世界全体での将来見通しは図1で示した通り、2010年代を通して減少傾向にあった。2050年の値にのみ着目した図2および図3を見ても、低位ケースでは2016年版で45 GW程度上方修正されたものの、基本的に両ケースとも2010年代を通して減少傾向にあったといえる。IAEAはその要因について、報告書内で詳細に説明してはいない。しかし、現状からの「積み上げ」に立脚するIAEA見通しには、世界全体の傾向として、2010年代を通して原子力の導入量拡大に向けた政策動向や投資動向が低調になって

いったことが如実に反映されている。以下にそういった世界的な動向の例をいくつか取り上げる。

日本においては2011年3月の東京電力福島第一原子力発電所事故の後、原子力発電は事業としての予見可能性が大幅に低下した。既設炉全基が停止を余儀なくされ、その再稼働には長期間にわたる審査や、追加的な安全対策のための多額の投資が必要となった。事故から10年以上が経過しても多数のプラントが再稼働に至っておらず、閉鎖を選択した炉も（福島第一の6基を除いて）15基に上った。再稼働したプラントも訴訟によって運転を差し止められるケースがあり、事業者はさらなるリスクを負うこととなった。

要因や程度は異なるものの、原子力を取り巻く環境が2010年代（特に前半）を通して厳しくなったことは、多くの国に共通する動向といえる。最大の原子力利用国であるアメリカにおいては、天然ガス火力発電や再生可能エネルギーが急速に安価になったことにより、特に電力市場の自由化州において原子力発電所の経済的競争力が低下した。これによって、認可された運転期間を満了することなく早期閉鎖を選択するプラントも複数現れた。世界第2位の原子力発電設備容量を有するフランスは発電量の70%以上を原子力でまかなってきたが、再生可能エネルギーの普及などを受けて、2015年にはその比率を2025年まで（後に2035年に延期）に50%以下に引き下げる目標が法制化された。

また、図4の通り米仏を含む欧米諸国では1970-80年代に多くの原子力発電所が建設された一方で、2000年以降は新設がほとんど行われてこなかった。これにより、欧米諸国の原子力メーカーからはプロジェクト進行のノウハウが失われてしまった。実際、近年に建設が進められたアメリカのボーグル3、4号機、フランスのフラマンビル3号機、フィンランドのオルキルオト3号機は当初予定された建設期間を大幅に超過している。期間の超過は同時に費用の超過を意味しており、原子力事業に対する投資を鈍化させる方向に作用したものと考えられる。イギリスでは日立製作所がウィルヴァ・ニューウィッドでの新設プロジェクトを手掛けようとしていたが、資金調達モデルや発電所の建設・運営に関する諸条件についてイギリス政府と合意に至ることができず計画を凍結し、最終的には撤退を選択することとなった。本件は原子力発電所建設にかかる資金調達の困難さを象徴する事例であったといえる。急速に原子力開発を進め、2018年に日本を抜いて世界第3位の原子力利用国となった中国ですら、福島事故後には内陸部で予定されていた新設プロジェクトが、少なくとも一時的に延期されている²⁾。こうした動向は将来的な原子力利用の見通しを縮小させる要因として、IAEA見通しに反映されたものと考えられる。

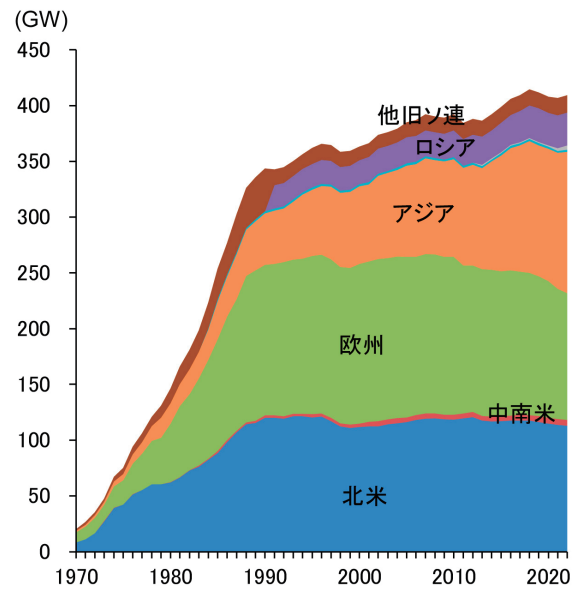


図4 世界の原子力発電設備容量の推移
出典：日本原子力産業協会『世界の原子力発電開発の動向』（各年版）などより作成

IAEA見通しが2010年版から2020年版にかけて下方修正されていたことは前述の通りだが、その後は様相が異なる。2021年版および2022年版では低位ケースが微増し、高位ケースについては2050年の設備容量にして約160 GWの上方修正となっている。これは直近における原子力をめぐる状況の変化が影響しているものと考えられる。その一つが世界的な脱炭素化の動向で、2015年のパリ協定採択以降、欧米諸国を中心に低炭素化の取り組みが年々加速しており、各国が野心的な温室効果ガス排出削減目標を掲げようになっている。それを実現するための取り組みは大部分が太陽光や風力をはじめとする再生可能エネルギーに集中しているが、ゼロエミッションのベースロード電源である原子力の役割も改めて指摘されるようになった。国際エネルギー機関（International Energy Agency, IEA）も2019年の報告書³⁾において、原子力への投資が大幅に縮小した場合に想定される影響を示すことで、持続可能なエネルギーシステムを目指すうえでの原子力の役割を逆説的に示している。加えて2021年以降、世界的な化石燃料価格の高騰が発生し、電力を含むエネルギーの供給安定性に重点が置かれるようになった。2022年2月から続いている、ロシアによるウクライナ侵攻はその傾向を一層強めたと考えられる。

2022年2月にはフランスのマクロン大統領が最低6基（最大で14基）の新設を発表したほか、イギリスは同年4月に発表したエネルギー安全保障戦略のなかで、原子力については、2050年までに発電設備容量を最大で計24 GWまで引き上げる目標を盛り込んだ。両国の原子力政策は長期にわたって綿密な検討を行ってきた結果として練り上げられたものであり、ウクライナ侵攻などをを受けて泥縄的に

突然打ち出されたものではない（フランスの計画発表は侵攻勃発より前）が、そのタイミングも相まって、原子力を重要視する両国の姿勢が一層鮮明に表れたといえよう。

こうした目標の実現に向けた動きも既に見られ、イギリスでは計画中のサイズウェルC新設に規制資産ベース（Regulated Asset Base, RAB）モデルによる支援を適用する方針である。RABモデルは発電開始前から事業者に一定の収入を保証するため、設備が完成して発電を開始するまで収入を得られなかった従来の仕組みと比較して不確実性を低減できると期待されている。このような投資確度の向上もまた、将来見通しの積み上げに影響を与えるものと考えられる。なお、2022年度版の発行より後のことではあるが、フランスではエネルギー確保と脱炭素化を推進するため、2023年6月に政府がフランス電力（Électricité de France, EDF）を国有化した。また、フランスでは具体的な新設候補地としてパンリー、グラブリース、ビュジェといった既設サイトの名前が挙がっている⁴⁾ほか、そうした既存サイトでの新設に係る手続きを簡略化できる法律も（一部除いて）成立している。この法律には、前述した原子力比率を50%以下に引き下げる目標を取り下げる条項も含まれている⁵⁾。

直近のIAEA見通しは以上のような動向を反映して、全体的に上方修正されつつある。ここで触れなかった国も含めて、原子力利用拡大に向けた動きが続いていくようであれば、今後のIAEA見通しがさらに上方修正されたものになっていく可能性は高い。ただし、それは原子力産業の将来を楽観視するものではないことに注意すべきであろう。図1に示した通り、上方修正されたとはいえ、2010年版の水準には程遠いうえ、見通しが大きく増加したのは高位ケースであり、保守的な見方に基づく低位ケースは微増に留まっている。このことは、各国が進められようとしている計画のうち、確度が高いと判断されるものは多くないとIAEAが判断したことを意味していると考えられる。原子力を重要なエネルギー源と位置付け、これを利用していくことを計画として定めた各国には、計画の実現可能性を引き上げていく取り組みが引き続き求められよう。

4. 他機関による見通しとの比較

ここまで見てきたIAEA見通しのほか、エネルギー需給の将来見通しとしては、国際エネルギー機関（International Energy Agency, IEA）による『世界エネルギー見通し（World Energy Outlook）』（以下、WEO）が世界的に知られ、影響力を有している。WEOでも複数のシナリオに基づいて見通しを立てているが、その内容はこれまでに時折変更されている。2022年版（WEO 2022）では①各国で発表済みの政策がそのまま継続されるとした「公表政策シナリオ

（Stated Policies Scenario, STEPS）」、②各国が発表した長期目標が予定通りに達成されることを想定した「表明公約シナリオ（Announced Pledges Scenario, APS）」、③地球全体での平均気温上昇を1.5℃以内に抑えるため、2050年までに二酸化炭素（CO₂）排出量ネットゼロを達成することを想定した「2050年ネットゼロシナリオ（Net Zero Emission by 2050 Scenario, NZE）」の3通りのシナリオが採用されている。原子力は温室効果ガスを排出せず、各国の目標達成に貢献し得るエネルギー源であることから、STEPSでは導入量が最も少なく、最も野心的なシナリオであるNZEで導入量が最大となっている。

STEPSとAPSは一定の前提条件を土台として数値を積み上げた「ボトムアップ」型のシナリオであるのに対して、NZEは2050年の目標達成を前提として、現状からそこに至るまでの道筋を描いた「バックキャスト」型のシナリオとなっている。NZEはWEO 2021から導入されたシナリオで、それ以前のWEOでは最も野心的なシナリオとして「持続可能開発シナリオ（Sustainable Development Scenario, SDS）」が取り上げられてきたⁱⁱ⁾。SDSは国連による持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals, SDGs）のうち、エネルギーや環境に関わる項目の達成を前提として、それを実現するための道筋を描いたものであるため、やはり「バックキャスト」型のシナリオといえる。このように、IEAのWEOにおける野心的なシナリオ、すなわち原子力導入量の高位シナリオはIAEA見通しの高位ケースと概念自体が異なっている点に注意すべきである。

日本エネルギー経済研究所（The Institute of Energy Economics, Japan, IEEJ）もまた、2050年までを射程とした世界のエネルギー需給見通しとして『IEEJアウトルック』を毎年発行している。IEEJアウトルックでは例年2通りのシナリオを提示しており、その内訳は①現在までのエネルギー・環境に係る政策・技術などを背景とし、その趨勢的な変化が継続するという想定に従って将来の見通しを作成した「レファレンスシナリオ（Ref）」と、②世界中でエネルギー安定供給の確保、気候変動対策、大気汚染対策などの強化に資するエネルギー・環境政策が協力に実施され、それらが最大限奏功することを想定した「技術進展シナリオ（Advanced Technologies Scenario, ATS）」となっている。両シナリオとも、特定の目標を達成することを前提とはしておらず、IAEA見通しと同様の「積み上げ」型シナリオである。

以上のような差異を踏まえたうえで、本稿執筆時点における各機関による見通し（最新版）のなかで、原子力発電設備容量がどのように推移しているかを比較すると、図5の通りとなる。

2050年の値で比較すると、IAEA見通し2022年版の低

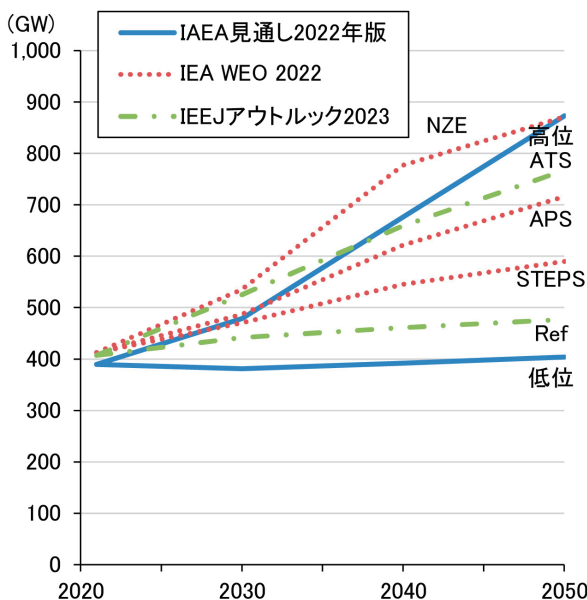


図5 各機関による原子力発電設備容量の見通し
出典：IAEA (2022), IEA (2022)⁶⁾, IEEJ (2022)⁷⁾ より作成

位ケースは三機関の予測値の中で最も低く、逆に高位ケースは僅差だが最も高い水準にあることが分かる。足元の実績値である2021年の値がIAEA見通しのみ、やや低くなっていることから、設備容量算定の基準に違いがある可能性には注意しなければならないが、IAEA見通しの低位ケースが最も保守的な算定を行っているといえよう。対して高位ケースは「積み上げ」型アプローチであるにもかかわらず、「バックキャスト」型アプローチを採用したWEO 2022のNZEと同等程度の数値となっている。両者の数値は2050年ネットゼロを達成するための、比較的現実的な原子力導入目標を示している可能性が高い。ただし、2050年に至るまでの過程に着目すると、NZEの方が2030年以降、高い数値で推移している。このことは、原子力利用国の政策決定者らに対して、さらなる取り組みの加速化が必要であることを示唆している。

IEEJアウトルック2023と比較すると、IAEA見通しは低位ケースがレファレンスシナリオより低く、高位ケースが技術進展シナリオより高い値となっている。IAEAの低位ケースは前述の通り、原子力に関する政策にほとんど変更がないことを想定しているのに対して、IEEJのレファレンスシナリオはこれまでの趨勢に基づいて、そういった政策の変化も一定程度見込んでいるため、このような差が生じたものと考えられる。IAEAの高位ケースとIEEJの技術進展シナリオはともに野心的な積み上げの結果を示したものであるが、その積み上げ作業には各国において想定され得る計画と、その実現性を同時に考慮する必要がある。IEEJのシナリオは実現性を重視した結果、IAEAとの間で100 GW程度の差が生じたと考えられる。

このように複数の機関による見通しを比較することで、

その機関が用いている方法論や、現状および将来像に対する見方の違いが浮かび上がってくる。

5. おわりに

本稿では2010年版以降のIAEA見通しを取り上げ、その予測値の変遷や他機関の将来見通しとの比較を行った。IAEA見通しに限らず、将来の予測を示した報告書は各機関から毎年発行されている。その数値が毎年異なっていることは、ともすれば「予測は毎年変わるのだから当てにならない」という見方を招くかもしれないが、同時にそれは、常に変化し続けるエネルギーや環境対策の情勢を各機関が注視し、適宜その見通しに反映させ続けてきた結果ともいえる。そういった観点を持ちつつ毎年の将来見通しを精査することで、新たに得られる示唆もあるのではないかと。

参考文献

- 1) International Atomic Energy Agency (IAEA); Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050, (2010-2022).
- 2) 永崎隆雄; 世界の原子力事情: 第1回 福島事故後の中国の原子力開発, 日本原子力学会誌, 55-11 (2013), pp.677-681.
- 3) International Energy Agency (IEA); Nuclear Power in a Clean Energy System, (2019).
- 4) World Nuclear News, July 25, 2023: <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Bugey-chosen-to-host-two-EPR2-reactors> (アクセス日2023.8.24)
- 5) Loi du 22 juin 2023 relative à l'accélération des procédures liées à la construction de nouvelles installations nucléaires à proximité de sites nucléaires existants et au fonctionnement des installations existantes: <https://www.vie-publique.fr/loi/286979-acceleration-du-nucleaire-loi-du-22-juin-2023-epr2> (アクセス日2023.8.24)
- 6) International Energy Agency (IEA); World Energy Outlook 2022, (2022).
- 7) 日本エネルギー経済研究所 (IEEJ); IEEJ アウトルック 2023, (2022).

(注)

- i) 1981 - 1987年版は2000年まで、1988 - 1990年版は2005年まで、1991 - 1992年版は2010年まで、1993 - 1997年版は2015年まで、1998 - 2002年版は2020年まで、2003-2009年版は2030年までを射程としている。
- ii) WEO 2020ではNZEが、WEO 2021ではSDSが、それぞれ参考扱いとして言及されている。

<著者紹介>

木村 謙仁 (きむら けんじ)

東京大学教養学部地域文化研究学科卒業。同大学院工学系研究科原子力国際専攻博士課程修了。博士(工学)。2015年4月(一財)日本エネルギー経済研究所入所。新エネルギーグループ研究員を経て現在、原子力グループ主任研究員。主として国内外の原子力政策動向調査に従事。