

# 国際エネルギー機関・世界エネルギー見通し 2022 の概要<sup>1</sup>

牟田 徹\*

## 1. はじめに

国際エネルギー機関(International Energy Agency, IEA)は、これまで20年以上に渡り、中長期の世界のエネルギー需給の見通しをとりまとめ、旗艦レポートとして世界エネルギー見通し(World Energy Outlook, WEO)を発行してきた。今後のエネルギー政策等の想定が異なる複数のシナリオを作成し、各シナリオに沿ったエネルギー需給の見通しを分析している点が特徴である。例えば、コロナ禍からの経済回復が見通せなかった2020年版のWEOでは、2021年中に世界経済が危機前の水準に戻るシナリオ、経済回復に2023年まで要するシナリオを設定し、エネルギー需給の見通しを比較・分析している。

IEAは、年一回発行のWEOに加えて、その分析モデルを活用し、特定のテーマや地域を深掘りした特別レポートも発行している。例えば、2021年には、世界全体で2050年までにエネルギー部門のCO<sub>2</sub>排出ネットゼロを達成する道筋を分析したロードマップ<sup>1)</sup>や、インドエネルギー見通し2021(India Energy Outlook 2021)<sup>2)</sup>等、2022年には第5版となる東南アジアエネルギー見通し2022(Southeast Asia Energy Outlook 2022)<sup>3)</sup>等を発表した。なお、現在、WEOは、過去の出版物も含め、IEAのホームページから無償でダウンロード可能である。また、近年刊行分の関連データはCSV形式で入手可能となっている(一部有償)<sup>4,5)</sup>。

## 2. 世界エネルギー見通し 2022 について

2022年版のWEO<sup>6)</sup>は、世界的なエネルギー危機に直面する中で、各国政府の政策対応を詳細に分析し、世界のエネルギー需給の今後の見通しを提供することに主眼を置いている。その上で、エネルギーセキュリティを確保しつつ、持続可能で、かつ手頃な価格で入手可能なエネルギー供給を実現するため、各国が講じるべき取組を提言することを目的としている。

### 2-1 エネルギー危機と各国政府の対応

WEOは、現在、空前の真の世界エネルギー危機(first truly global energy crisis)にあると表現している。1970年代の石油危機とは異なり、石油に限らず、あらゆる燃料・エネルギーのコストが上昇している点で、空前のエネルギー危機だと受け止めている。2021年半ばより、コロナ禍からの経済回復や、延期されていたインフラのメンテナンス、各地での異常気象などの影響が重なり、市場への圧力が生じており、その中で、ロシアのウクライナ侵攻によりエネルギー危機の引き金がひかれたと分析している。天然ガスのスポット価格は、石油換算で1バレル250ドル相当を超える水準に達し、石炭価格も過去最高値を更新し、原油も2022年半ばには1バレル100ドルを大きく上回った。

こうした中で、価格急騰から消費者を守るために5,000億ドルを超える資金が各国政府より投入されたほか、中長期的な対策として、米国では3,700億ドル規模のエネルギー関連投資を見込むインフレ抑制法(Inflation

<sup>1</sup> 本稿はエネルギー・資源学会誌『エネルギー・資源』2023年1月号掲載稿を、学会の許可を得て転載するものです。

\* 国際エネルギー機関(IEA) シニア・エネルギー・アナリスト

Reduction Act)が成立し、欧州ではリパワーEU(REpowerEU)が打ち出された。日本においても、グリーン・トランスフォーメーション(GX)の方針が取りまとめられた。また、長期の気候対策の面では、今世紀半ばまでのカーボンニュートラルの達成を目標に掲げる国は、世界のエネルギー関連CO<sub>2</sub>排出量の85%相当にまで達している。

## 2-2 シナリオ分析から得られた見通し

2022年版のWEOは、これら各国の政策動向を踏まえ、3つのシナリオの分析を行っている。いずれのシナリオも経済成長率・人口増加率は同じ設定であり、各国政府のエネルギー政策、その影響を受ける官民の投資動向、また気候対策を意識した人々の行動変容に異なる仮定を置いている。分析モデルは世界を26の地域に分割したシミュレーションモデルを基礎としている。2021年版のWEO<sup>7)</sup>までは世界エネルギーモデル(World Energy Model, WEM)で分析をしていたが、今回より、WEMと、IEAのエネルギー技術展望(Energy Technology Perspectives, ETP)レポートの分析に用いられてきたETPモデルを統合し、新たな世界エネルギー・気候モデル(Global Energy and Climate Model, GEC-M)<sup>8)</sup>により分析を行っている。

3つのシナリオのうち、公表政策シナリオ(Stated Policies Scenario, STEPS)では、現在の政策設定によって示される軌道を示している。部門ごとの政策を詳細にレビューし、既に導入済みもの、又は導入が具体的に見えているエネルギー政策を反映している。表明公約シナリオ(Announced Pledges Scenario, APS)では、各国政府が表明した長期的なネット・ゼロやエネルギー・アクセスの目標を含むすべての意欲的な目標が、予定通りかつ完全に達成されることを想定している。航空部門など政府以外による気候目標も考慮されている。ネット・ゼロ排出2050年実現シナリオ(Net Zero Emissions by 2050 Scenario, NZE)は、地球の平均気温上昇を1.5°Cに抑えるとともに、2030年までに誰もが近代的なエネルギーを利用できるようにするための軌道と位置付けている。STEPSとAPSは特定の政策設定の下でのシミュレーションの分析だが、NZEは2050年にエネルギー部門でのネット・ゼロ達成という目標からバックキャストした分析となっている。

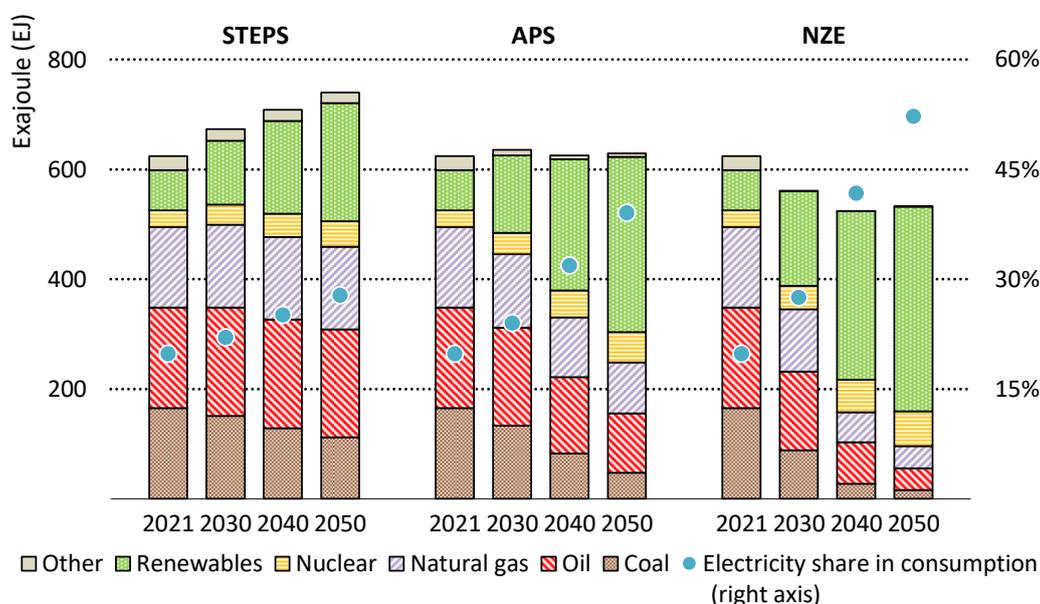


図 2-1 世界の一次エネルギー供給及び電化率の見通し

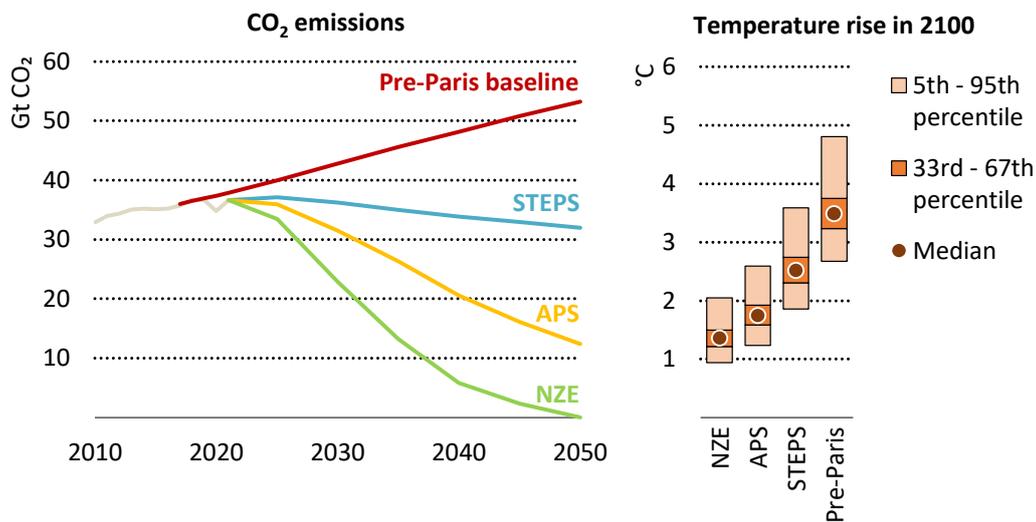
各シナリオにおける2050年までの一次エネルギー供給の見通しを図2-1に示す。まず、STEPSを中心に、全シナリオに共通する点を見ていきたい。需要側では、電化の進行が共通点として挙げられる。現在、最終エネルギー

ギー消費における電力の割合は20%だが、2050年にはSTEPSで28%、APSで39%、NZEで52%まで上昇する。先進国における電気自動車(EV)の浸透やヒートポンプの導入も電化に寄与するが、需要量としては、新興国・途上国における電力需要の増加が大きい。特に、冷房用の電力需要が大きく増加し、STEPSで2050年までに2,800TWh、現在のEU全体の電力需要に近い量が追加されると見ている。こうした大幅な需要増の中で、エネルギー効率の改善は需給見通しの重要な要素となる。改善率は、2011～16年は2.1%/年だったが2017～20年は1.3%/年と鈍化傾向にあったが、エネルギー危機への対応により、再び加速すると見ている。2030年までSTEPSで2.4%/年、APSで3%/年の改善を見込む。

供給側では、再エネ電力の導入加速が全シナリオに共通する点として挙げられる。現在、再エネは世界の電源構成の約30%を占めるが、コスト低減及び政策支援を背景に、太陽光・風力発電の導入が加速し、2030年まで、毎年、導入量の記録が更新され続けると見ている。今世紀半ばには、電源構成における太陽光・風力の割合は、STEPSで45%、APSで60%に達する。また、電力システムの調整力確保のため、水力、バイオ、地熱等に加え、火力発電における水素やアンモニアの混焼や、CCUS(Carbon capture, utilisation and storage)の実装も重要になると見ている。太陽光発電が高いシェアを占める地域(インド、米国等)では、昼夜の発電量にギャップが生じるため、系統用バッテリーの導入がより一層進むと見られる。原子力はいずれのシナリオでも増加すると見えており、電源構成の10%程度を維持しつつ、電力供給の総量が増加する中で、2050年には、STEPSで現在の1.5倍、APSで1.8倍となる。

水素、アンモニア等の低排出燃料も今後伸びていくと見ている。APSでは、世界全体の低排出水素の生産量は2030年に3,000万トン、天然ガス換算で100bcm以上に達する。合計1,200万トン/年の水素輸出プロジェクトが発表され、官民ともに低排出水素の大規模導入の機運は高まっている。ただし、これら輸出プロジェクトのうち、具体的な受入先を想定しているものは200万トン/年となっており、輸出側と輸入側に不均衡が見られている。

再エネ・低排出燃料とは対照的に、化石燃料は、全てのシナリオで2050年までにピーク又は安定期を迎えると見ている。現行の政策設定に基づくSTEPSで化石燃料の明確な安定期が2050年までに見られたのは、今回のWEOが初めてである。STEPSでは、石炭は今後数年で減少に転ずる。足元では天然ガスの価格高騰により石炭への燃料転換が見られるが、一時的な動きと考えている。また、天然ガスは2020年代末までに安定期に達し、石油はEVの増加により2030年代半ばに横ばいになり、今世紀半ばにかけてわずかに減少していく。その結果、化石燃料の総需要は、2020年代後半から2050年にかけて年平均2エクサジュール(EJ)ずつ徐々に減少すると見られる。これは、大油田の生涯の生産量に匹敵する量が、毎年減少していくことを意味する。世界のエネルギー構成に占める化石燃料の割合は80%前後で推移してきたが、STEPSで2030年に75%を下回り、2050年には60%程度まで低下することになる。エネルギー史の大きな転換点と見ている。

図 2-2 シナリオ別 CO<sub>2</sub>排出量及び気温上昇の見通し

CO<sub>2</sub>排出量については、STEPS では、化石燃料の需要減に合わせ、2020 年代半ばに 37Gt(2021 年は 36.6Gt) のピークに達し、その後、徐々に減少し、2050 年に 32Gt まで減少する見通し(図 2-2)。パリ協定前の 2015 年版の WEO では、CO<sub>2</sub>排出量は 2050 年まで増加を続け、50Gt を超えるとしていた。今回の STEPS で CO<sub>2</sub>排出のピークが見られるようになったことは、各国の気候政策の強化、特にコロナ後のグリーン・リカバリー政策や、今のエネルギー危機に対処するための米国・インフレ抑制法、欧州・リパワーEU などの政策の寄与が大きい。APS では、2021 年の WEO 発表後、インド、インドネシア等から新たにネットゼロ宣言が表明され、これらを加味したことから、2050 年の CO<sub>2</sub>排出量は 2021 年見通しより 8Gt 深掘りされ 12Gt まで削減できると見込んでいる。しかし、NZE と APS と比べると、2030 年時点で約 9Gt の差があり、NZE の実現には一層の政策対応が必要である。2100 年の気温上昇は、パリ協定前の政策設定では 3.5°C だったが、今回の WEO では、STEPS で 2.6°C、APS で 1.7°C、NZE で 1.4°C となっている(いずれも中央値)。

### 2-3 ネット・ゼロ排出 2050 年実現シナリオ

次に、CO<sub>2</sub>排出ネット・ゼロ達成に向けた取組に関心が集まっていることを踏まえ、NZE について部門ごとに詳しく見ていきたい。これまで IEA はパリ協定の「well below 2 [degrees]」という目標と統合的な持続可能な開発シナリオ(Sustainable Development Scenario, SDS)を作成・分析してきた。しかし、破滅的な気候の変化を回避するため、2050 年までに CO<sub>2</sub>排出をゼロとし、気温上昇を 1.5°C に抑えることの必要性が指摘される中<sup>9)</sup>、IEA は 2021 年 5 月に特別レポート<sup>1)</sup>を発表し、NZE を IEA として初めて示した。2022 年版の WEO では、現在のエネルギー危機の影響等を加味し、NZE をアップデートしている。

IPCC が評価した 1,000 以上のシナリオのうち、2050 年までにエネルギー部門のネット・ゼロ排出が達成されるのは 16 シナリオとなっている<sup>10, 11)</sup>。これらと比較すると、IEA の NZE は、2050 年の最終エネルギー消費は 16 番目、CCUS による CO<sub>2</sub>固定量は 16 番目、バイオエネルギーの投入量は 17 番目と低い値に抑えられている。一方、太陽光・風力発電のシェアと水素需要量は共に 4 番目と比較的高い値を取っている。このことは、IEA の NZE は、エネルギー効率の改善を徹底的に進め、最終エネルギー消費を抑制した上で、太陽光・風力発電を最大限導入し、また、そうした再エネ電源で水素製造を進めることにより、食料競合の懸念されるバイオエネルギーや、CCUS の導入量を低く抑えたシナリオと言える。なお、このように様々なシナリオが研究されているように、ネットゼロ達成への軌道は一つではない。その点について WEO は、NZE は「a pathway」であり「the pathway」

ではないと注記している。

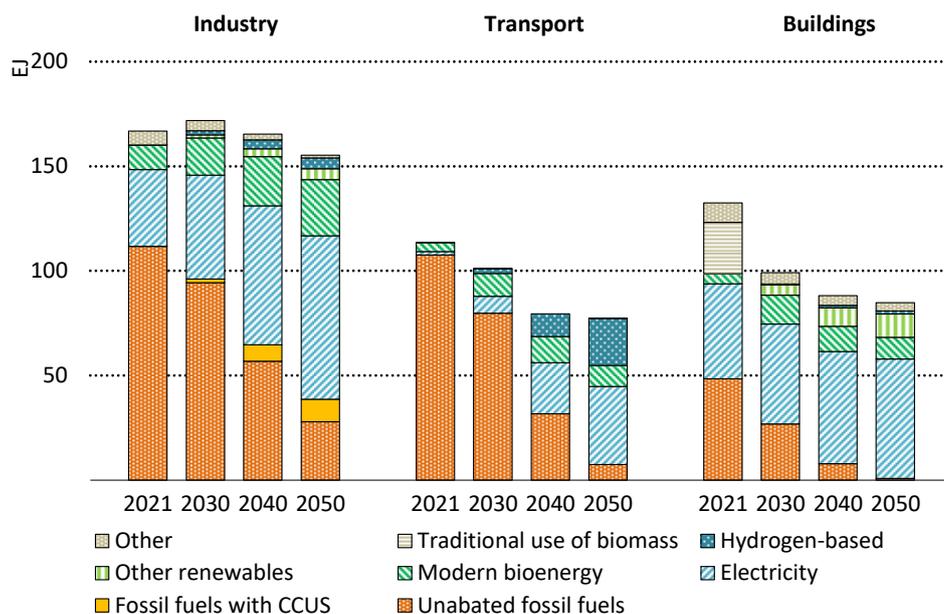


図 2-3 NZE における各部門の最終エネルギー消費の見通し

部門ごとに見ていくと、電力部門については、現在、9.7GtのCO<sub>2</sub>を排出している石炭火力の排出削減が急務となる。本シナリオでは、建設中のものは除き、排出削減対策を講じていない石炭火力発電所の新設は想定していない。また、既存の発電所についても、ベースロードから調整力への転用や、アンモニアやバイオマスとの混焼、CCUSの実装等の改造により、排出削減の対策を進めていくことが重要になる。こうした対応により、排出削減対策を講じていない石炭火力の割合は、現在の36%から、2030年に12%となり、2040年以降は0%となることをマイルストーンと位置付けている。これと対を成すように、クリーンエネルギーを加速的に導入する道筋を描いており、風力・太陽光は2030年に電源構成の40%超に達し、水素やアンモニアの混焼発電は2025年から稼働し、原子力は2035年に現在の1.5倍の設備容量となることをマイルストーンとしている。2050年には再生エネが電源構成の90%を占めることになる。

産業部門の脱炭素化はより困難な道筋になると考えている。水素還元製鉄など、抜本的な脱炭素化が可能な技術の多くは、実証又はそれ以前の段階にある。また、導入初期はコストが高くなるが、製品の多くは国際市場の競争に晒されており、実装を促す仕組の構築は容易ではない。加えて、新興国・途上国で都市化・工業化が進展する中、工業製品の需要は増加を続けると見られている(STEPSでは世界の粗鋼生産量は2050年までに約30%増加)。このため、NZEでは、工業プロセスのエネルギー効率の改善、また、リサイクルなどの材料の効率改善を、まず取り組むべき主要な対策と位置付けている。例えば鉄鋼では、現在、石炭が最終エネルギー消費の75%を占めるが、リサイクル率の向上等により電炉による二次生産を増加させることがポイントとなる。その上で、水素還元製鉄の導入を加速し、2050年には電力(水素製造用を含む)が最終エネルギー消費の60%に達する道筋を描いている。また、CCUSの実装も重要な役割を果たす。

運輸部門については、道路輸送では電化が急速に進む道筋を描いており、乗用車・二輪車・路線バスは2035年、大型トラックは2045年以降は、従来の内燃機関の新車販売を想定していない。また、航空機については、持続可能な航空燃料(SAF)が、2030年に10%超、2050年に45%となり、水素ベースの合成燃料も2050年に25%に達することを想定している。船舶については、2050年にアンモニアが45%、バイオ燃料と水素がそれぞれ20%

となる想定である。こうした取組により、運輸部門の最終消費における石油の割合は現在の90%から2050年には10%まで低下する。

民生部門については、エネルギー効率の改善を徹底的に進めることとしており、冷暖房効率に寄与する建物の改修は、先進国で現状の1%未満の改修率を2030年に2.5%まで引き上げる想定となっている。また、電化が急速に進む道筋を描いており、低排出燃料へのアクセスがある場合を除き、2025年以降は新たな化石燃料ボイラーの設置は想定しておらず、2045年には暖房需要の半分がヒートポンプに置き換わることをマイルストーンとしている。

NZEの重要な面として、エネルギーアクセス改善への貢献も挙げられる。現在のエネルギー危機により、世界で7,500万人が電力へのアクセス、1億人がクリーン調理燃料(薪木等ではなくガス・電力等による調理)へのアクセスを失おうとしており、NZEが示す軌道はこうした問題の解決策ともなっている。

### 3. 世界エネルギー見通し2022から得られる示唆

次に、これらシナリオに基づく分析より得られたエネルギー政策への示唆について見ていきたい。

#### 3-1 天然ガスの「黄金時代」の終焉

米国のシェールガス革命により、過去10年間は世界で天然ガス需要が大きく伸びた時期であった。2011年にIEAは「ガスの黄金時代が始まろうとしているのか？(Are We Entering a Golden Age of Gas?)」と題した特別レポート<sup>12)</sup>を発表している。しかし、現在のエネルギー危機の中で、欧州はロシアへのエネルギー依存から脱却するため、ガス火力発電から太陽光・風力発電へ、ガスボイラーからヒートポンプへの移行を強力に後押ししている。また、ガス価格が高騰する中で、経済面でもガスから再エネや石炭への燃料スイッチが進むと見られている(STEPSでは4分の3がクリーンエネルギーへの転換、残りが石炭・石油への転換と分析している)。こうした状況を踏まえ、2022年版のWEOはガスの需要見通しを大きく下方修正した。STEPSでは、2021~30年の世界のガス需要の増加は5%未満で、その後2050年まで約4,400bcmで横ばいになる。

供給側では、世界最大の天然ガス輸出国であったロシアは生産量を大きく減らすと見ている。ロシアの主要な輸出先であった欧州では、ロシアからのパイプライン輸入は既に半減している。こうした減少分は、中国やアジア新興国に向かうと見られるが、全てを吸収できるとは見えていない。中国のガス需要は2010年以降、年平均12%で伸びてきたが、再エネ導入等を重視する政策の下、STEPSでは2021~30年は年間2%に鈍化すると想定している。また、経済制裁により資本や技術へのアクセスが制限されていることもロシアの増産を難しくする。ロシアのガス生産量は2025年に2021年の見通しより200bcm減少し、石油・ガスの国際貿易におけるロシアのシェアはSTEPSで2030年までに半減すると見ている。一方で、LNGが重要な役割を果たしていく。今後10年間のガス全体の需要の伸びは5%だが、LNGは25%増加すると見ている。ただし、2020年代半ばまでは新たなプロジェクトの稼働は限られており、現在のタイトな需給が続くことになる。

#### 3-2 クリーンエネルギーへの移行期の化石燃料の役割

今回のWEOでは、化石燃料の減少とクリーンエネルギーの拡大が同時進行する中で如何にしてエネルギーセキュリティを確保するかという点について分析している。化石燃料の使用量が減っても、電力システムに調整力を提供するガス火力発電や、EV以外の自動車に燃料を供給するための製油所など、化石燃料システムは引き続きエネルギーセキュリティに不可欠である。APSでは、欧州のガス火力発電量は2030年までに半減するが、稼

働率70%超の日数はむしろ増加する。また、2030年に乗用車の新車販売の35%超がEVになるとしているが、ストックベースでは依然85%が従来の内燃機関の自動車である。

石油・ガスの供給サイドの対応はジレンマを抱える難しい課題である。NZEが示すように、1.5°Cの目標の達成のためには、長期的に石油・ガスの供給を絞る必要がある一方で、足下では、ロシアのウクライナ侵攻に起因して化石燃料の不足が生じている。NZEでも供給サイドでの対応が必要であり、シェールガス等の短いリードタイムのプロジェクトや、フレアやメタン漏出(毎年260bcmが放出されている)の回収が最も適していると見ている。

APS、STEPSでは、こうした対策に加えて、燃料価格の更なる変動を避けるために石油・ガスへの投資を増やす必要があるが、長期的な1.5°Cの気候目標との両立を図る点で、より大きなジレンマを抱える。STEPSでは、2030年までの石油・ガスの上流開発投資として年平均6,500億ドル、近年の水準からの50%増を想定しているが、こうした投資の気候及びビジネス面のリスクを十分に考慮し、慎重に検討する必要があることをWEOは指摘している。

### 3-3 重要鉱物の安定的なサプライチェーン確保の重要性

これまでエネルギーセキュリティは偏在する化石燃料資源の安定的な供給の確保を中心課題としてきたが、WEOでは、クリーンエネルギー技術の導入が進む中で、新たな課題が生じつつあると指摘している。今後、大量導入が見込まれる、EVや系統向けのバッテリーは、リチウム、ニッケル、コバルト等の金属鉱物を必要とし、また、拡張の続く送配電網は銅を主要な原料とする。こうした重要鉱物(critical minerals)の調達や、それに由来する部素材の安定的なサプライチェーンの構築はエネルギーセキュリティにとって極めて重要になる。IEAでは、2021年の特別レポート<sup>13)</sup>を契機として、重要鉱物の必要量をWEOのシナリオ分析に組み込んでいる。クリーンエネルギー技術向けの重要鉱物の需要量は、2030年までにSTEPSで現在の2倍、APSで2.5倍、NZEで4倍になると見ている。重量では銅が最大の増加を示すが、伸び率では、リチウムがNZEで2050年までに26倍、ニッケルが12倍、グラファイトが9倍と急成長する。

### 3-4 クリーンエネルギー技術への投資の必要性と課題

WEOでは、エネルギー関連の必要投資額の分析も行っている。再エネや省エネ、低排出燃料など、クリーンエネルギー技術への投資額は、2015年以降、1兆ドル程度で推移してきたが、クリーンエネルギー技術を梃子としたコロナ禍からの経済回復策が打ち出されたこと等から、2021年に1.3兆ドルに増加している。さらに、足下のエネルギー危機への対策として、各国より政策パッケージが打ち出されていることから、STEPSでは2030年までにクリーンエネルギー技術への投資は2兆ドルになると見込んでいる。NZEでは、その2倍の4兆ドルが必要と分析している。化石燃料とクリーンエネルギー技術の投資額の比率は、現在、1対1.5であるが、NZEでは、2030年までに、これを1対9に引き上げる必要がある(NZEでも化石燃料への投資がゼロとはならないのは、前述の通り、移行期には化石燃料とクリーンエネルギー技術の双方への投資が必要であるためである)。日本でもグリーン・トランスフォーメーション(GX)の方針が策定され、クリーンエネルギー技術への投資の仕組みが整えられつつあり、こうした制度を呼び水として、官民のクリーンエネルギー技術への投資を加速させることが重要である。

投資促進のもう一つの大きな課題は、新興国・途上国における投資を着実に進めることである。今後、エネルギー需要の増加の大宗は新興国・途上国によるものだが、中国を除くと、新興国・途上国のクリーンエネルギー投資額は、2015年のパリ協定締結以降横ばいで推移している。その背景には、クリーンエネルギーのプロジェクト

トは初期投資の比率が大きく、資金調達がプロジェクト組成のハードルとなっている面がある。例えば、火力発電に比べて、太陽光・風力などの再エネ電力は、燃料費が無いため運転コストは低いが、その分、初期投資が大きい。そのため、為替変動リスクやカントリーリスクが大きく、資金調達コストの高い、新興国・途上国では、先進国に比べてプロジェクト組成が容易でない場合が多い。実際、今回のWEOの分析によれば、主要な新興国の2021年の太陽光発電プロジェクトの資金調達コストは、先進国や中国と比べて2~3倍高くなっている。さらに、足下で金利が上昇傾向にある中、借入コストの上昇は、資金調達をより難しくする可能性がある。

## 参考文献

- 1) International Energy Agency (IEA), (2021.5). Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector.  
<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- 2) IEA, (2021.2). India Energy Outlook 2021.  
<https://www.iea.org/reports/india-energy-outlook-2021>
- 3) IEA, (2022.5). Southeast Asia Energy Outlook 2022.  
<https://www.iea.org/reports/southeast-asia-energy-outlook-2022>
- 4) IEA, (2022.10). World Energy Outlook 2022 Free Dataset.  
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-outlook-2022-free-dataset>
- 5) IEA, (2022.10). World Energy Outlook 2022 Extended Dataset.  
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-outlook-2022-extended-dataset>
- 6) IEA, (2022.10). World Energy Outlook 2022.  
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>
- 7) IEA, (2021.10). World Energy Outlook 2021.  
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>
- 8) IEA, (2022.10). Global Energy and Climate Model Documentation.  
<https://www.iea.org/reports/global-energy-and-climate-model/understanding-gec-model-scenarios>
- 9) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2018). Global Warming of 1.5 °C.  
<https://www.ipcc.ch/sr15/>
- 10) IPCC, (2021.10). Working Group III: Summary for Policy Makers.  
[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGIII\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_SPM.pdf)
- 11) International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), (2022). AR6 Scenarios Database hosted by IIASA.  
<https://data.ene.iiasa.ac.at/ar6>
- 12) IEA, (2011.6). Are we entering a golden age of gas?
- 13) IEA, (2021.5). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions.  
<https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>