未来のストーリー

我が家の屋根に設置されたソーラーパネルは、今日も変わらずエネルギーを供給してくれている。朝の光を吸収し、昼間のエネルギーを蓄え、夜にはマイクログリッドによって余剰電力を近隣に供給する。我が家のエネルギーシステムはほぼ自給自足に近く、かつてのように大規模な電力会社に依存することはない。

今日は久々に家族で遠出をすることにした。今年70歳を迎える私の父のこだわりで、バーチャルではなくリアルな体験をしようという計画だ。私は７歳の息子を連れて、父が用意したカーシェアの燃料電池自動車に乗り込んだ。水素ステーションで燃料を補給してから地元の科学館へ向かった。科学館は、２０５０年の今もなお未来の技術とその可能性を示す場所であり、訪れる度に新たな発見がある。

科学館に到着すると、エネルギーの歴史や未来の技術に関する展示が目に飛び込んできた。息子は目を輝かせながら、宇宙太陽電池や核融合発電に関する展示に見入っている。日本のエネルギーの在り方は大きく変わった。かつてはイデオロギーによって語られてきたエネルギー政策が、科学的根拠とその客観性によって支えられるようになった。環境、経済、社会といった多くの要素が絡み合う中で、再生可能エネルギーと原子力の二本柱がエネルギーの安定供給を実現している。特に、クリーンで持続可能なエネルギーの重要性が強調されるようになった。

展示を見ていると、クリーンな水素の輸入だけでなく、地域で作られたグリーン水素の利用が進んでいることがわかる。私達の生活の中でも水素の利用が当たり前となり、電気や熱はもちろんのこと、自動車だけでなく、バスやトラックも水素で街を走っている。水素と二酸化炭素を使ってプラスチック原料が作られるなど、新たな技術も次々と導入されている。もう何年も前から、カーボンニュートラルという言葉は時代遅れになっている。

息子は展示を一つひとつ丹念に見て回り、未来の技術について興味津々に私の父に質問を繰り返している。日本でもいよいよ核融合発電の原型炉が動き出し、宇宙開発競争にも本格参入している。この子が大きくなる頃には、月はもっと身近な存在になっているかもしれない。展示の一つには、未来の月面都市の模型があり、そこでは人々が普通に生活を営んでいる様子が描かれていた。

夕方になり、私たちは家路についた。自宅に戻り夕食を終えた後、リビングで親子三世代で読書を楽しんだ。静かな夜、外の風景は月明かりと共に街の灯りが輝いている。ふと夜空を見上げ、この子が生きる未来では、人類がそこにいるのだろうかと考えた。科学館で見た未来技術の数々が現実のものとなり、息子が大人になる頃には、私たちの想像を超えた世界が広がっているのだろうか。私たちが築く未来は、この子供たちにどんな世界を見せてくれるのだろう。

第４章　エネルギーとカーボンニュートラル

１．エネルギー消費の増大

開発途上国の経済発展や自動車の電動化、AI 開発をはじめとしたデジタル用途の電力需要増加を背景に、世界のエネルギー消費量は増大が続く。太陽光や風力といった再生可能エネルギー（再エネ）の普及が進むものの、アジアなどでは火力発電の需要が根強く残る見通しだ。エネルギーの需給構造が変化する中、従来の化石燃料に加え、再エネ設備などに使う鉱物資源についても獲得競争が激しくなっていくだろう。

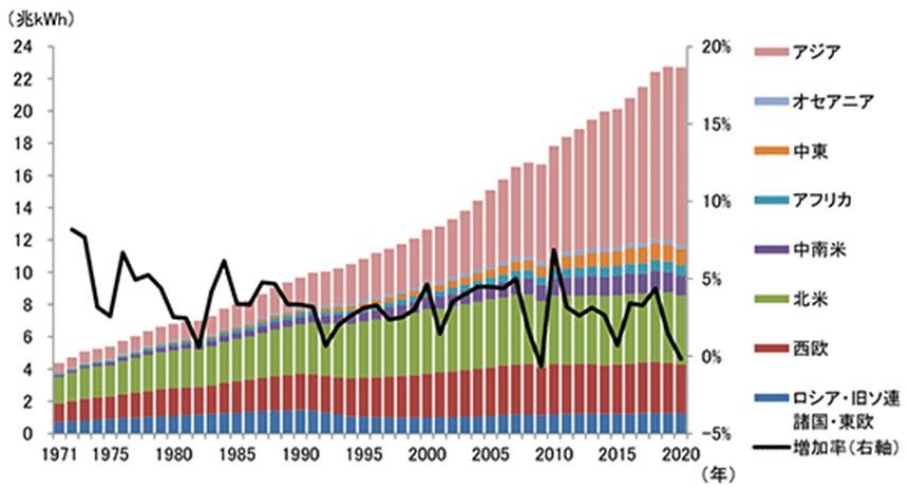
（１）増える消費電力と火力発電

◆アジアを中心に電力需要の増加が続く

世界の電力消費量は、＜図表　4－1＞のとおり、特にアジアや中東、中南米などの開発途上国を中心に増え続けてきた。地域別に見ると、北米・西欧地域は他の先進国と比較して伸び率が低い一方、アジア、中東、中南米など開発途上国が多い地域では、電力消費量が急増している。特にアジアの電力消費量は 1994 年に西欧を、2004 年に北米を上回り、2020 年時点で世界全体の 5 割近くを占めるまでに拡大した。

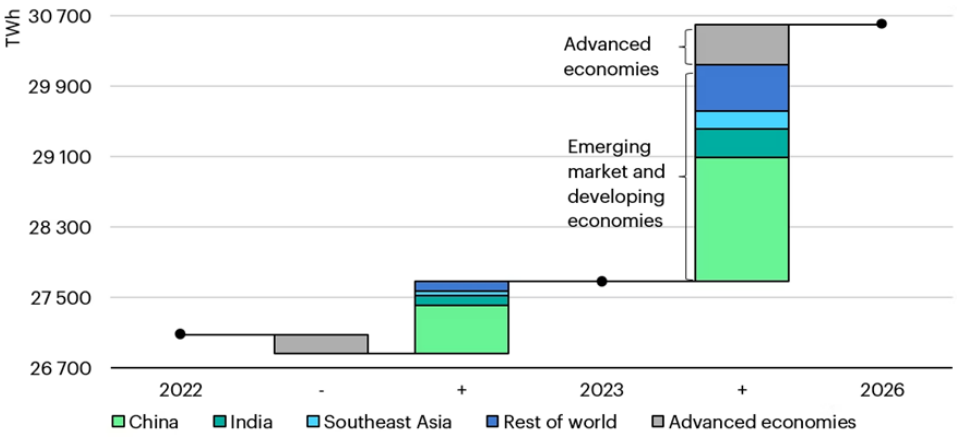
足元もこの傾向に変化はなく、国際エネルギー機関（IEA）によると 2026 年までの追加電力需要の約 85%は先進国以外の国々からもたらされる[1]。インドや東南アジアでは経済成長に伴って一人当たりの電力使用量が急速に増加している。中国は産業構造が変化する中で電力需要の伸びが鈍化しているものの、2026 年の需要は 2022 年から約 1,400 テラワットアワー（TWh）増えると予測されており、これは EU の現在の年間電力消費量の半分以上に相当する＜図表　4－2＞。

図表　4－1　世界の電力消費量の推移



（出典）資源エネルギー庁「令和 4 年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書 2023）」（2023 年 6 月）

図表　4－2　地域別の電力需要の前年比変化



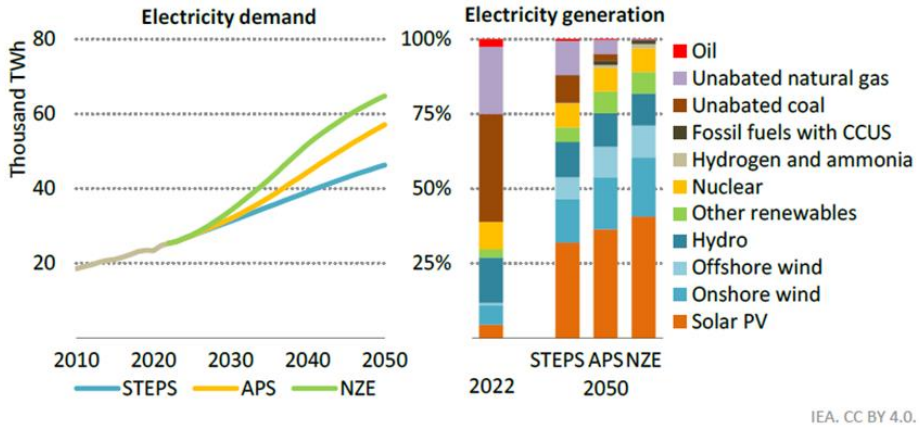
（出典）International Energy Agency (IEA), “Electricity 2024” , Jan.2024.

[1] International Energy Agency (IEA), “Electricity 2024”, Jan.,2024

◆世界の電力需要は 2010 年の 2 倍超に

IEA が 2023 年に 3 つのシナリオで示したエネルギー需給予想によると、世界の電力需要は、＜図表　4－3＞のとおり、2050 年にかけていずれのシナリオでも増加が見込まれる[2]。このうち既に公表・実施済みの政策に限定して推計されたシナリオ「STEPS（Stated Policies Scenario）」によると、2050 年の電力需要は 44,167TWh と 2010 年の 2 倍以上に増える。需要増加の背景にあるのは人口増加や所得の増加、電化の進展だ。世界の人口は 2050 年までに約 17 億人増加すると予想されているが、そのほとんどがアジアとアフリカの都市部に集中する。地域別で電力需要が最も伸びるのはインドで、2050 年には一国で東南アジアやアフリカを上回る規模になる見通しだ。

図表　4－3　世界の電力需要と電源構成の見通し（シナリオ別）

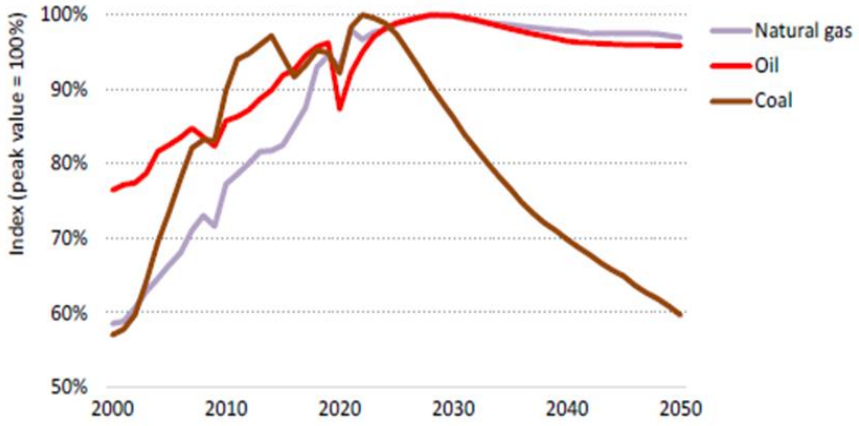


（出典）IEA, “World Energy Outlook 2023” , Nov.2023.

◆火力発電は 3 割以上削減

旺盛な電力需要をまかなうため、発電設備の容量もアジアを中心に拡大していく。電源の種類としては、太陽光発電など再エネの活用が進むものの、安定電源として石炭や天然ガスを燃料とする火力発電の需要は根強く残るだろう。＜図表　4－4＞のとおり、IEA の見通しでは、現在の政策を基にした STEPS シナリオであっても 2030 年までに化石燃料の需要がピークに達する。発電量から見ると、2022 年時点の世界の発電量のうち火力発電は約 61%を占めており、内訳は石炭が 36%（10,427TWh）、天然ガスが 22%（6,500TWh）、石油が 2%（709TWh）となっている。STEPS シナリオでは、2030 年の発電量の石炭火力は 8,333TWh まで削減される見通しである。一方、ガス火力は 6,611TWh とほぼ横ばいで、2030 年までには先進国でのガス需要の減少が、開発途上国でのガス需要の伸びを相殺すると見込まれている。石炭火力の削減が続くことで、2050 年時点の火力による発電量は計 11,373TWh と、2022 年時点から 3 割以上削減される見通しである。

図表　4－4　STEPS シナリオにおける化石燃料消費量（燃料別）



（出典）IEA, “World Energy Outlook 2023” , Nov.2023.

[2] 「World Energy Outlook 2023」で現行政策に基づく「公表政策：STEPS」、政府の公約に基づく「発表誓約：APS」、温暖化ガス排出量ネットゼロ達成を目標とした「ネットゼロ：NZE」の 3 つのシナリオに基づいて予測している。

安定的に大量の電力を供給できる火力発電は、急増する電力需要に対応する手段として有用だが、カーボンニュートラルが世界的な命題となりつつある中、二酸化炭素（CO_2）排出量の抑制にも取り組む必要がある。火力発電を持続的に活用していくには、CCS（炭素捕捉・貯蔵技術）など CO_2 を抑えるテクノロジーの発展がカギになる。

（２）エネルギー獲得競争の激化

◆中東やアジアは化石燃料争奪も

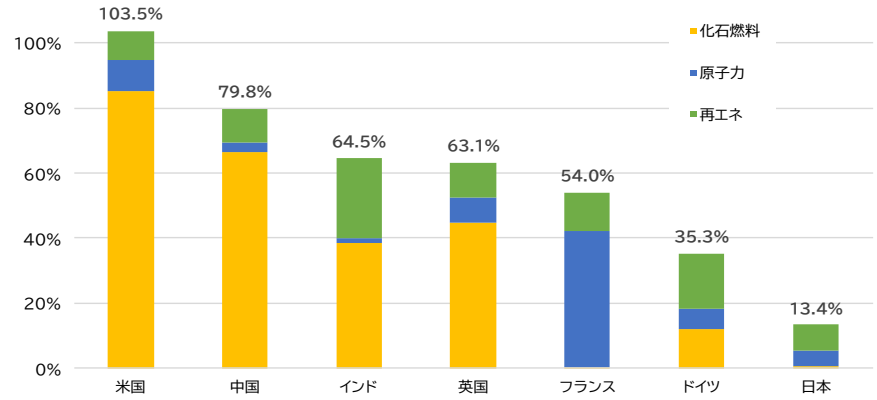
脱炭素に向けた潮流が強まる中、化石燃料資源への依存度の低減は先進国を中心に進んでいる。IEA の見通しでは STEPS シナリオにおいて化石燃料の需要は 2030 年がピークとされているが、一部地域ではその後も化石燃料が主要なエネルギー源であり続けるだろう。特に中東やアジアではガス需要の増加が見込まれ、2050 年の両地域のガス需要は世界全体の約 47%にあたる 1,968 km^3 を占める見通しだ。

一方、2022 年のロシアによるウクライナ侵攻後、欧州諸国がロシア産ガスからの脱却を図ったことで、短期的な需給バランスが崩れ、液化天然ガス（LNG）の価格が急騰した。これに加えて、中東の情勢不安もリスクを高めている。このように地政学的リスクが高まる中でガス需要が増えて行けば、中東やアジアなどでは LNG の獲得競争が生じる可能性がある。

◆クリーンエネルギーが競争地図を塗り替える

日本は国土が狭く天然資源が少ないため、化石燃料を海外から大量に輸入している。2021 年における日本のエネルギー自給率は 13.4%と、これは他の経済協力開発機構（OECD）諸国等と比較しても低い水準である＜図表　4－5＞。この高い海外依存度は、エネルギー安全保障上大きなリスクをもたらしており、エネルギー自給率の向上が大きな課題となっている。日本のようにエネルギーの自給率の低い国は、こうした資源獲得競争にさらされるリスクを負っている。

図表　4－5　主要国のエネルギー自給率（2021 年）



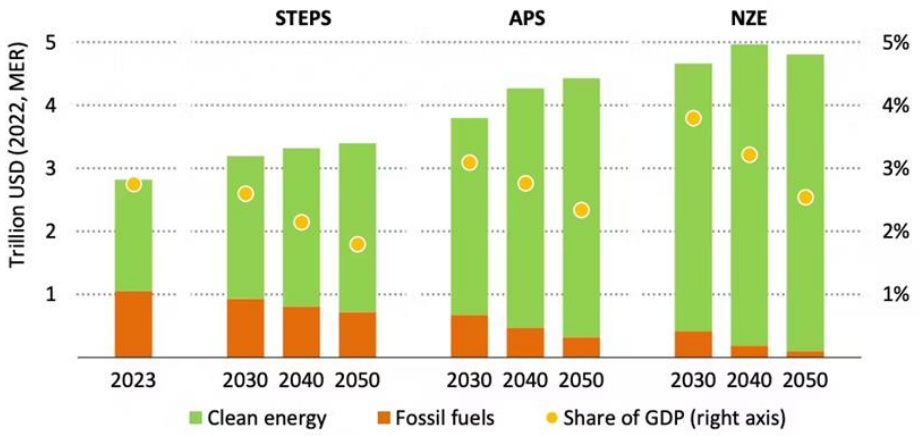
（出典）IEA, “World Energy Balances”より当社作成

エネルギー自給率を高めるには、燃料を資源に依存しない原子力や再エネといったクリーンエネルギーへの移行が重要である。加えて、化石燃料と再エネが共存する移行期は、国境を越えたリスクが高まる可能性があることから、化石燃料からの脱却は、各国の競争力を変える可能性が高い[3]。

IEA の報告では、現在、化石燃料への投資約 1 兆ドルであるのに対し、クリーンエネルギー向けの支出は 1.8 兆ドルである。2030 年における世界のエネルギー投資総額は、STEPS でも 3.2 兆ドルとなり、うちクリーンエネルギーは 2.5 兆ドルを占めると予想している＜図表　4－6＞。

[3] United Nations Development Programme, “2023-2024 human development report”, Mar.,2024.

図表　4－6　エネルギー別の投資の見通し



（出典）IEA, “World Energy Outlook 2023” , Nov.2023.

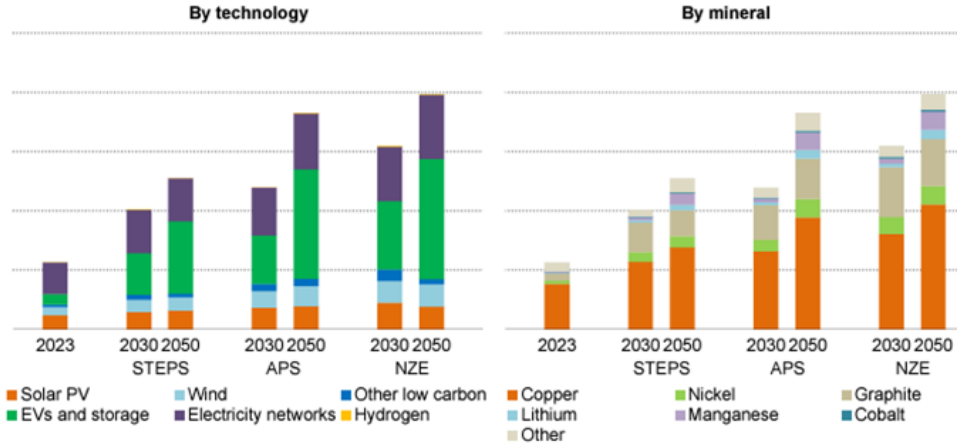
クリーンエネルギーへの移行が進むことによって、IEA は今後 3 年間で更に電力需要は増大すると見込んでおり、2024 年から 2026 年にかけては電力需要の伸びは平均 3.4% まで加速すると予測されている[4]。このうち、2026 年までの世界の電力需要の増加の約 85%は、中国、インド、東南アジア諸国からもたらされると予想している。

◆ 獲得競争の対象は化石燃料から鉱物へ

2050 年に向けては、クリーンエネルギーへの移行によって化石燃料への依存度が低減し、徐々に化石燃料資源の獲得競争は落ち着くと見ることができる。しかし一方で、クリーンエネルギーの需要増加に伴って、重要鉱物への依存度が高まるというリスクも生じる。銅、リチウム、ニッケル、コバルト、レアアースなどの重要鉱物は、電動車のバッテリーやモーター、風力発電の永久磁石などに欠かせない。IEA によれば、重要鉱物の需要は STEPS シナリオにおいて、2030 年までに 2022 年から倍増し 20 メガトン（Mt）まで増加すると見込まれており、特に電気自動車（EV）や蓄電池での伸びが顕著である＜図表　4－7＞。

日本は特に、レアアースやリチウムを中国などの特定の国に依存していることから、カーボンニュートラル実現に向けては、重要鉱物の獲得競争が激化していくだろう。供給源を複数の資源国に分散することやリサイクル技術の確立、重要鉱物の使用量を減らす技術革新といった対策を進めることが重要になる。

図表　4－7　クリーンエネルギー技術ごとの鉱物の需要



（出典）IEA, “Global Critical Minerals Outlook 2024”, May.2024.

[4] IEA, “Electricity 2024”, Jan.,2024