

令和 4 年度調査報告書

令和 4 年度

新興国等におけるエネルギー使用合理化等に資する事業
(省エネ・新エネ等のマルチ・バイ梓組における国際動向調査)

令和 5 年 3 月

委託先 一般財団法人 日本エネルギー経済研究所

はじめに

世界的なエネルギー需要の増大や地球温暖化問題の深刻化といった課題の解決の一つの手段として、省エネルギーの推進及び再生可能エネルギーの導入拡大に取り組むことは、先進国、途上国問わず有効である。

現在、マルチの枠組においても世界的な省エネルギー推進や再生可能エネルギー導入拡大が注目されており、各種会合において議題として取り上げられ活発に議論が行われている。我が国は、省エネルギー及び再生可能エネルギー分野において先進的な取組を行ってきた実績と強みがあることから、こうした経験を国際社会と共有し、国際的な省エネルギー推進、再生可能エネルギー導入拡大の取組においてリーダーシップを発揮することが期待されている。

本事業では、国際エネルギー機関（IEA）、国際再生可能エネルギー機関（IRENA）、クリーンエネルギー大臣会合（CEM）、アジア太平洋経済協力（APEC）等のマルチ枠組の活動に積極的に関与し、各国との関係を強化するとともに、国際動向についての情報収集を行った。また、今後の我が国による省エネルギー・再生可能エネルギー分野の国際展開及び環境整備に向けた、これらマルチ枠組の有益な活用を目指して事業を遂行した。具体的には、各マルチ枠組における省エネルギー・再生可能エネルギー関連の国際会議及び国際活動に、日本国政府と連携して参加し、各国の出席者との積極的な意見交換を通じて最近の動向について情報収集を行うとともに、日本の先進的取組を紹介するなどマルチの枠組における日本の主導的役割の強化を進めることで、世界的な省エネルギー・再生可能エネルギーの推進への貢献を図った。

本報告書においては、上記のマルチ枠組の活動に関して各タスクの概要、活動状況、今後の展望と課題、日本の貢献方法の分析を行うものである。本報告書の構成は、第Ⅰ編に省エネルギー関連タスク、第Ⅱ編に再生可能エネルギー関連タスクをまとめた2部構成としている。

令和5年3月

（一財）日本エネルギー経済研究所

目次

はじめに.....	II
世界の省エネルギー・再生可能エネルギー政策を巡る 2022 年度の動向.....	VI
省エネ・再エネ推進に向けた主要国・地域動向の把握と多国間協力の意義.....	X
世界的なエネルギー需給構造規模の急成長における多国間協力の意義.....	XXXIV
マルチ枠組みにおける我が国の役割.....	XXXVII
マルチ枠組みにおける我が国への裨益.....	XXXVIII
第 1 章 国際省エネルギー組織の取り組みと今後の課題.....	1
1.1 IEA EEWP（IEA 省エネルギー会合）.....	1
1.1.1 概要と意義.....	1
1.1.2 本年度の活動.....	2
1.1.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法.....	3
1.2 省エネルギーハブ.....	5
1.2.1 概要と意義.....	5
1.2.2 本年度の活動.....	6
1.2.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法.....	7
1.3 IEA 4E（電気機器エネルギー効率実施協定）.....	9
1.3.1 概要と意義.....	9
1.3.2 本年度の活動.....	11
1.3.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法.....	13
1.4 APEC EGEE&C（APEC 省エネルギー専門家会合）.....	15
1.4.1 概要と意義.....	15
1.4.2 本年度の活動.....	16
1.4.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法.....	17
第 2 章 各会合の議事録（省エネ編）.....	18
2.1 IEA-EEWP.....	18
2.1.1 第 49 回 IEA-EEWP.....	18
2.1.2 第 50 回 IEA-EEWP.....	18
2.2 IEA 4E.....	19
2.2.1 第 29 回 IEA 4E 執行委員会.....	19
2.2.2 第 30 回 IEA 4E 執行委員会.....	19
2.3 APEC EGEE&C.....	19
2.3.1 第 59 回 APEC EGEE&C 会合.....	20

2.3.2 第60回APEC EGEE&C 会合.....	21
第3章 国際的な再生可能エネルギー組織の取り組みと今後の課題	24
3.1 IEA REWP (IEA 再生可能エネルギー作業部会)	24
3.1.1 概要と意義.....	24
3.1.2 本年度の活動.....	25
3.1.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法.....	26
3.2 IRENA (国際再生可能エネルギー機関)	27
3.2.1 概要と意義.....	27
3.2.2 本年度の活動.....	29
3.2.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法.....	30
3.3 ISGAN (インターナショナル・スマートグリッド・アクションネットワーク)	32
3.3.1 概要と意義.....	32
3.3.2 本年度の活動.....	33
3.3.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法.....	34
3.4 APEC EGNRET (APEC 新・再生可能エネルギー技術専門家会合)	35
3.4.1 概要と意義.....	35
3.4.2 本年度の活動.....	36
3.4.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法.....	37
第4章 各会合の議事録 (再エネ編)	38
4.1 IEA REWP	38
4.1.1 IEA-REWP 第81回執行委員会 (REWP 81 会合)	38
4.1.2 IEA-REWP 第82回執行委員会 (REWP 82 会合)	38
4.1.3 IEA-REWP 第83回執行委員会 (REWP 83 会合)	39
4.2 IRENA.....	41
4.2.1 第23回IRENA 理事会.....	41
4.2.2 第24回IRENA 理事会.....	41
4.2.3 第13回IRENA 総会.....	42
4.3 ISGAN.....	42
4.3.1 第24回執行委員会 (ExCo24)	42
4.3.2 第25回執行委員会 (ExCo25)	43
4.4 APEC EGNRET.....	44
4.4.1 第56回会合.....	44
4.4.2 第57回会合.....	45
巻末付録1：マルチ枠組が発刊するレポート等の要約	47

(省エネ編)	47
巻末付録2：マルチ梓組が発刊するレポート等の要約	154
(再エネ編)	154

世界の省エネルギー・再生可能エネルギー政策を巡る 2022 年度の動向

2021 年 11 月に開催された COP26 で、世界各国が世界の平均気温の上昇を 1.5°C に抑えるには、一層の努力が必要という認識を強め、途上国への支援の必要性に注目が集まった。それらの具体化を進めようとしていた 2022 年 2 月にロシアがウクライナに侵攻、世界のエネルギー市場は予想していなかった激変の 1 年に突入した。

欧州が 3 月にはロシアガスからの脱却を表明、その後世界的に石油、天然ガス価格は上昇を続け、歴史的なエネルギー価格高騰に至った。当初、2022 年は 2020 年から 2021 年中盤までのコロナパンデミックからの復興によりエネルギー需要が急増、省エネルギーの必要性も高まると想定されていたが、エネルギー価格急騰に伴い、需要増は緩やかになった。特に、欧州を中心に工業需要は落ち込んだ。歴史的な価格高騰がビジネスや家計を直撃する中、各国政府は様々な緊急支援対策を打ち出した。支援は先進国だけでなく、途上国でも大規模に実施され、IEA の試算によると途上国の 2022 年の緊急支援予算は 2020 年から 2022 年にかけてのクリーンエネルギー投資の総額を上回る予算が投入されているという。支援策の中には対象を限定しないガスやガソリンへの一律補助のような施策もあり、OECD や IMF はそのような支援は裕福な層により多く恩恵があるだけでなく、脱炭素政策の阻害になる恐れが高いと警告している。

エネルギー価格高騰に対して、一定の経済補助を打ち出す一方で、欧州中心に行動変容による節電、節ガス対策にも注目が集まった。特に日本の東日本大震災後の節電行動、省エネルギー推進に対して再度注目が集まった。IEA の行動変容を扱った特別ウェビナーでは、各国からベストプラクティスの紹介があり、日本からは 2022 年 3 月の東京電力管内を中心とした需給ひっ迫時の節電要請の詳細を経産省から報告した。

エネルギー価格高騰により、中小事業者や一般家庭での省エネルギーに関する関心も高まっている。効率の高い機器や自動車への買い替え、断熱改修の投資回収期間が短くなっていることもあり、高効率機器や断熱改修の需要は高い一方、機器や建材のサプライチェーンは依然として安定していない。また、多くの分野、特に建築関連の人員不足により進捗が鈍化している。この課題は太陽光発電や風力発電、蓄電池設置等でも顕著になっている。IEA によるとネットゼロシナリオを達成するには、2030 年まで現在の 2 倍のペースでエネルギー効率の改善を継続する必要がある、サプライチェーンの安定化、機器の製造能力増強、設置事業者の確保を急速に進める必要がある。

途上国では、エネルギー価格高騰により一時的に電力をはじめとする近代的なエネルギーの普及速度が鈍っているが、冷房、冷蔵や自動車等のエネルギー需要増は確実に回復してくるだろう。機器の省エネ基準の策定、自動車の燃費基準の策定を急ぎ、エネルギー需要増を可能な限り抑制していく必要があり、IEA Energy Efficiency Hub のタスクグループの 1 つである SEAD (Super-Efficient Equipment and Appliances Deployment) イニシアティブが、東南アジアや南米での機器の省エネルギー基準策定の支援に力を入れている。

世界的なエネルギー価格の高騰により、後進国でも省エネルギー推進、再生可能エネルギーの導入加速の必要性は増している。省エネルギー、再生可能エネルギーが気候変動だけでなく、エネルギーコスト負担の軽減、エネルギー安全保障を加えた3つの政策に有効であるという認識は高まっている。コロナパンデミックとエネルギー危機から脱却し、後進国が経済成長を回復しつつ、日本が主張する3つの政策がバランスしたエネルギー市場を形成していくため、IEA や IRENA といったマルチの枠組と日本が提唱するアジアゼロエミッション共同体のような枠組を通じて、知見の共有と支援を強化していくことが重要と考える。

再生可能エネルギー（以下、再エネ）分野では、2020年から2021年にかけて記録を塗り替えた高水準での再エネ発電設備の導入が2022年になっても一層加速している。2021年の世界全体での再エネ導入量は285GWと、それまでの最高値であった2021年の275GWをさらに上回る記録的な増加となった。

発電量に目を向けると、2021年の世界の発電量は、COVID-19 パンデミックによる前年の需要減少の反動から6%増化した。これは過去15年でも最も高い増加率であり、急増した電力需要を満たすために石炭火力の発電量を大きく増加させることになった。需要急減による石炭減少の前年とはまったく逆の現象が発生したことになる。再エネもその発電量を対前年比で6%増加(440TWhの増加量)させたが、そのシェアは前年からわずかに高い28%とシェアの増加は限定的であった。これは2020年の前年比シェア拡大が2%ポイントと非常に大きかったことの反動、そして、2021年には(上述したように)石炭の発電量も再エネと並行して増加したことがその理由であり、再エネ導入の勢いはこの年も衰えることなく維持されていた。つまり、2021年に急増した電力需要に対して再エネによる発電量の増加だけでは追いつかなかったということであり、石炭火力による発電量の増加がやむを得ないオプションとして消極的であれ選択された結果と見ることができる。

2022年に入っても再エネ発電設備の導入の勢いは維持されるどころか一側加速し、世界全体での2022年の再エネ発電設備容量は2021年の過去最高記録を大幅に上回る350GWに達した模様である。太陽光と風力が全体の9割を占める構造に変化はない。特に太陽光の増加が著しく、2022年だけで200GWを超える水準(2021年150GWから30%以上増加)など増加量全体に占めるシェアは60%程度まで拡大したと見られる。世界全体を見ても、風力と比較して太陽光の増加の勢いが一層増しており、この傾向は今後も継続するものと考えられる。

発電量については、2021年の6%という大幅増加からの反動もあって2022年の世界全体の発電量は前年比2%程度の増加に落ち着いた。これに対して、再エネ発電量は2021年比10%増加(年間800TWh程度の増加)と過去最高値だった2020年の460TWhの記録を大幅に塗り替える増加量となった模様である。この結果、2022年の再エネ発電量に占める再エネのシェアは前年の28%から大きく拡大し、30%を超えた可能性がある。2022年は、前年と異なり、発電量全体の増加量の大半を再エネによる発電量の増加で満たすことができた

ため、石炭火力の発電量はほとんど変化しなかった。

以上、2022 年の再エネ動向を一言でまとめれば、2020 年以降毎年のように記録を塗り替えてきた発電設備容量の増加が一層加速したこと、同年の再エネ発電量の増加は過去最高記録の約 2 倍と空前の水準であったことである。

このように世界的に見て、再エネ発電分野は他のエネルギー源を圧倒する水準での安定的な成長を続けているが、この傾向は今後も継続すると考えられる。2022 年 2 月に発生したウクライナ危機は、エネルギー安全保障問題を急浮上させ、自国産のエネルギー資源としての再エネの重要性が強く認識された。特にエネルギー危機に見舞われた EU の RE Power EU プラン（2022 年 5 月）では、ロシア産ガス依存からの脱却を再エネの大幅増加に託しており、今後は欧州が再エネ増加を牽引することが確実視される。EU に加えて、中国の第 14 次 5 カ年（2021～2025 年）再エネ発展計画（2022 年 6 月）、米国の「インフレ抑制法」（2022 年 8 月）も再エネ発電の増加を強く後押しする政策が盛り込まれている。世界の再エネ発電市場の 75%を占める中国、EU、米国における再エネ発電容量の大きな増加は確実であり、これが世界全体の市場を牽引する形となっている。

2020 年には UNFCCC の COP26 を契機として世界主要国が次々とカーボンニュートラル達成へのコミットメントを宣言し、脱炭素社会形成に向けた世界の動きが急加速したことを受けて、「2050 年脱炭素の実現に向けた再エネの導入をいかに進めるか、特に再エネのエネルギーシステムへの統合をいかに進めるか」が議論の中心的テーマとして浮上した。2021 年には、2050 年のカーボンニュートラル達成を目指した長期エネルギーシナリオ分析として、IEA から「Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector」（以下、NZE 報告書）、IRENA からは「World Energy Transitions Outlook: 1.5° C Pathway」がそれぞれ発刊された。この 2 つの報告書に共通する重要なインプリケーションは、これから 2050 年にかけての大幅かつ持続的な再エネ導入の必然性である。例えば、NZE 報告書で、ネットゼロ排出達成のために必要される 2030 年までの太陽光発電の導入量は、現状の約 2 倍の水準が必要とされる。上述したように 2021 年の太陽光発電をはじめとする再エネの導入量は記録を塗り替える高水準で推移したが、この導入水準ではカーボンニュートラル達成はおよそ不可能であり、より一層の高い水準での増加が求められるのである。さらに、再エネを起源とするグリーン水素とその派生物の利用拡大の必要性もこの 2 つの報告書に共通するインプリケーションである。水素は、我が国が世界に先駆けて水素戦略を策定するなど我が国が世界をリードしている分野であり、マルチ国際枠組みにおいても積極的な貢献が期待されるところである。

このように 2020 年後半から 2021 年にかけての議論はカーボンニュートラル一色であり、その中で再エネ導入機運は盛り上がるばかりであったが、この状況を一変させたのが 2022 年 2 月に勃発したウクライナ危機である。エネルギーの世界は、長期的な脱炭素に加えて、エネルギー安全保障という古くて新しい課題の解決をあらためて迫られることとなった。再エネについては国産資源であることからその導入機運はむしろ高まったが、それと並行

して、発電設備機器のサプライチェーンの特定国への集中とクリーンエネルギー関連機器のクリティカル・マテリアルへの高い依存について新しい問題として関心が急速に高まることとなった。前者は特に太陽光パネル生産の中国への著しい集中への問題意識からサプライチェーンの多様化が喫緊の政策課題として広範に認識されつつある。後者については再エネ発電機器だけでなく、大きく増加すると予想される蓄電池やEVにも共通する中長期的な課題として、今後の重要性を増すであろう。

本事業の対象となるマルチ国際枠組み、すなわち IEA の REWP、GIVAR、IRENA、ISGAN、APEC のいずれのアリーナにおいても、今後は「2050 年カーボンニュートラル達成のための再エネの在り方」が中心的なテーマとして取り扱われるという基本線は変わらないもののエネルギー安全保障についても並行して議論が進められるものと考えられる。再エネ発電の増加が基本路線として変わらないのであれば、従来から関心の高い「VRE シェア増加に対応した電力システムの柔軟性をいかに高めてゆくか」は依然として重要テーマであり続ける。しかし、これは技術的には「解決可能な政策課題」との認識が既に形成されており、その柔軟性をコスト効率的に確保してゆくための制度的あるいは法的枠組み、規制や市場形成はどうあるべきか、について集中的な議論が行われているところである。これに対して、世界的なカーボンニュートラル達成に向けた取り組みをエネルギー安全保障も踏まえつつ並行して検討することは、発電分野にとどまらずエネルギーシステム全体の脱炭素への変換というはるかにスケールの大きな政策課題であり、マルチ国際枠組みの場を通じた国際的な議論が欠かせない分野になると考えられる。

省エネ・再エネ推進に向けた主要国・地域動向の把握と多国間協力の意義

1. 2022 年度の米国の省エネ・再エネ推進に向けた動向

米国はクリーンエネルギー導入加速の推進力として 2021 年のインフラ雇用法に続き、2022 年 8 月にインフレ削減法を成立させた。脱炭素インフラの導入や商用化開発の加速、家電や自動車の省エネ基準の強化、建築物の省エネ性能基準強化などが具体化されつつある。バイデン政権が掲げた国際公約の 2030 年までに温室効果ガス排出を 2005 年比で 50%～52%削減するという目標に対して、インフラ雇用法とインフレ削減法による支援で 40%削減が実現できると米エネルギー省は試算している。

インフレ削減法はクリーンエネルギー推進のための投資に 3000 億ドルを準備しているが、省エネに対しても数百億ドル規模で様々な基金が利用可能になる。

- ・州が実施する住宅の省エネ改修や電化促進の基金
- ・革新的な工業プロセス技術の開発基金
- ・連邦政府が先行してグリーン製品を優先購入する基金

また、クリーンエネルギー導入や製造を後押しする税控除がある。

- ・太陽光パネル、風力タービン、バッテリーなどを製造するための設備投資
 - ・化学、鉄鋼、セメントの工場などで大気汚染を削減するための設備の導入
 - ・二酸化炭素回収・貯留（CCS）、直接空気回収（DAC）、石油増産回収（EOR）施設投資
- 家庭用分野でも税控除プログラムがある。
- ・太陽光発電設備などについて、購入額の 30%まで税額控除
 - ・EV 中古車および新車を購入した場合、それぞれ最大 4,000 ドル、7,500 ドルの税控除

2022 年の米国でもうひとつの重要な法案は米国製造優遇法であり、IC チップや蓄電池の米国製造強化を意図している。クリーンエネルギーテクノロジーでは制御用の IC チップ、EV 蓄電池の確保が必須であるが、これらのサプライチェーンは現在中国が圧倒的な支配力を持っている。米国はこれらの需要技術の中国依存度を低減し、中期にはパートナー国との協力、長期では国内サプライチェーンの確立を目指している。上記の EV 税控除の要件においてこの考え方が明確に反映されており、税額控除の対象は北米での最終組み立てが義務付け、バッテリーに含まれる重要鉱物のうち 40%が、米国か自由貿易協定（FTA）締結国で抽出もしくは処理され、または北米でリサイクルされる必要がある。この割合は、2024 年以降 10%ずつ段階的に増加し、2027 年には 80%になる。バッテリー部品は、2023 年から 50%が北米で製造または組み立てられる必要がある。この割合は、段階的に引き上げた後、2029 年以降は 100%となる。

連邦政府は巨額の補助金以外にも、2020 年まで停滞した省エネルギー政策の復活に努力をしている。エネルギー省は 4 月に照明機器の新基準を策定し、その後暖房機、衣類乾燥

機、変圧器の基準強化を予定している。自動車燃費の強化にも取り組んでおり、まず重車両の燃費・排出規制の新基準を策定中で、その後乗用車の新基準策定を予定している。

連邦政府のこのようなクリーンエネルギー政策強化に加え、州レベルや市レベルで脱炭素政策を打ち出す自治体が増えている。コロラド州はクリーン熱基準（ガス事業者らが暖房給湯分野の CO2 排出を段階的に削減する、省エネルギー、ガスの漏洩対策、電化、ゼロ排出合成燃料等）を設定した。オレゴン州も同様の Climate Protection Program を知事指令で発行している。

メリーランド州は独自に建築省エネ基準を設定した他、シアトル市、ポートランド市、ケンブリッジ市も独自の低炭素建築基準を制定している。運輸分野でもカリフォルニア、マサチューセッツ、オレゴン、バーモント、ワシントン州等が連邦政府の目標を先取りする 2035 年の乗用車ゼロエミッション規制目標を打ち出している。これらの州は、今後は工業分野の脱炭素政策も強化すると表明している。

連邦政府、州や自治体の多くの支援策が経済弱者への手厚い支援策を重視している。2015 年以降、州やエネルギー事業者による様々な省エネルギー化の補助政策が経済困窮層に届かなかったという反省がある。エネルギー価格の高騰による困窮は低所得層ほど深刻な影響があることから、特に 2022 年の機器買い替えや改修補助においては、低所得層への追加補助を設けるプログラムが多くなっている。

2. 2022年度のEUの省エネ・再エネを活用したエネルギー危機への対応

ロシアによる欧州への天然ガス供給減に関するリスクの高まりを受け、EUは2022年5月18日にREPowerEUを策定した。REPowerEUは、ロシアからの天然ガス輸入を2022年末までに大幅に低下させ、2030年よりも早い段階での脱却を目指す。本措置は、(1) LNGやロシア以外のパイプラインガスの活用、(2) バイオメタンそして、太陽光や風力の活用とともに、(3) 省エネの推進を柱としており、2030年までに1990年比で温室効果ガスを55%削減という目標達成に向けた政策パッケージ(Fit for 55)でEUが打ち出した政策と整合的な内容である。REPowerEUの目標達成に向け、Fit for 55で打ち出した技術導入や取り組みを加速させる。なお省エネ指令における2030年の省エネ目標は2020年比、9%節減であったものを13%とする引き上げ案がREPowerEUでは提示されている。

ロシア産ガスの完全な供給途絶リスクへの対応として、2022年7月20日、REPowerEUにおける取り組みに追加し、欧州委員会は2022年8月から2023年3月末までのガス消費の節減に向けて「Save Gas for a Safe Winter」という、加盟国がガス需要の15%節減¹する指針(Communication)を提示した。そして、欧州委員会は、緊急時には全ての加盟国に対して、ガス需要節減の要請を行う規制(Regulation)を提案し、いくつかの例外条項を設けて8月5日に採択された。

なお、緊急対策として、EUでは2022年11月から2023年3月末までの電力需要を自主的取り組みとして各国の手段を適用し10%節減²、そしてピーク時には5%の節減³を義務化する規制に合意した。

Save Gas for a Safe Winterでは、その実施内容に関する計画が同様に策定されている。以下の表で示す通り、(1)他のエネルギーへの転換、(2)消費節減へのインセンティブ付与、そして(3)暖房・冷房需要節減の3つから構成される。図が示す通り、ロシアのEUへのパイプライン天然ガス供給容量は、155bcmであるところ、ロシア産ガス供給減への対策別効果として、LNGが50bcmと最大である。これに次ぐ効果が省エネに想定されており、室温調整、その他省エネ、産業ガス需要節減、自主的需要節減の効果が合計で25bcmに及ぶ。

¹ 2017-2021年の平均ガス需要比。

² 2017-2021年の11月から翌年3月までの平均電力需要比。

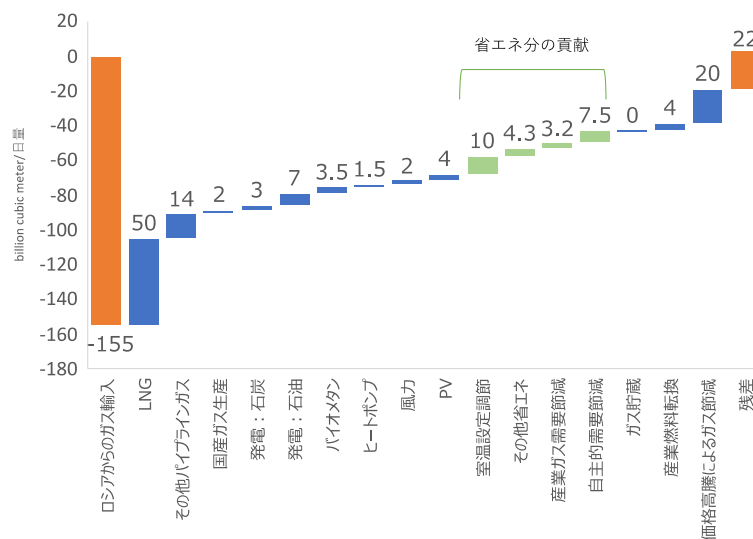
³ 2022年12月から2023年3月末までに合計時間の10%に相当するピーク時において、最低でも5%電力需要を節減。

序表1 EUの節ガス対策案

対策	内容
他のエネルギーへの転換	- 産業、発電、熱での燃料転換：再エネやよりクリーンなエネルギーへの転換が望ましいが、可能であれば原子力、そして短期的な対策として必要な場合は石炭や重油への転換を実施 - ケースごとの特例を設け、一時的には特定の環境規制への例外を設定
消費節減へのインセンティブ付与	- 大企業向けには、オークションや入札システムの導入による消費節減対策の実施 - 追加費用への負担軽減に向けた助成措置 - ガス消費の需給調整契約による消費節減 - 大幅にガス供給が削減された場合には、事業者間でスワップ契約により影響が少ない地域での生産を実施
暖房・冷房需要節減	- REPowerEUを実施する目途で策定されたSave Energy Planでの奨励項目に沿って省エネ啓発キャンペーンを実施 - 公共建築物での温度設定や稼働時間の管理による節減 - 業務オフィス、公共設備での節減 - 家庭での暖房・地域暖房の利用に関する温度設定管理

(出所) European Commission (2022). “Save gas for a safe winter”より作成。

序図1 EUでのロシア産ガス供給減への対策別効果のポテンシャル推計



注：緑色の部分が省エネの効果。ヒートポンプはEUでは再エネとして分類される。

(出所) European Commission (2022). “Save gas for a safe winter”より作成

経済への影響

経済への影響も懸念される。対策を実施しなかった場合との比較では、エネルギー需要節減や天然ガスエネルギーの代替による対応が経済への影響を緩和できる。ENTSOG シナリオ 4では、需要節減のための早期行動により、平均的な冬の気温を想定した場合、EU 全体の GDP が平均で少なくとも 0.4% 減少し、厳冬の場合は 0.6%減となる可能性がある。

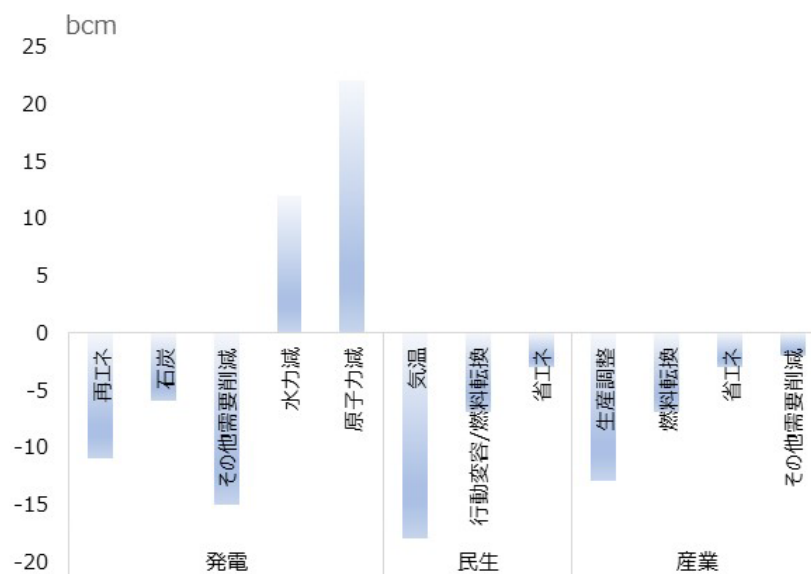
ただし、完全な供給の混乱が発生するまでエネルギー需要節減取り組みを先延ばしする場合は、平均的な冬の気温の場合は、GDP の 0.6 から 1%減じる影響を及ぼす。

EUでの節ガスに向けた取り組みの効果

各国政府では、補助金や住宅改修、ヒートポンプ設置にかかわる低利融資、行動変容促進に向けたキャンペーンなどを実施してきた。後述の通り、数値目標を設置するとともに、多様な対策が取られてきたことが分かる。

結果として、IEA の推計によると、需要側での節減量としては民生部門における気温の影響が 18bcm 減と大きく、そのほか産業の生産調整が 13bcm 減となっている。再エネの利用は、ガス節減に 11bcm 減寄与している。政策・助成措置の効果が顕在化した一方で、産業部門ではガス価格の高騰による生産調整が行われた結果であり、これが恒久的なガス節減に寄与するかは不透明である。

序図 2 EU でのガス節減の効果



(出所) IEA (2023) Europe's energy crisis: What factors drove the record fall in natural gas demand in 2022 より作成

⁴ 欧州の天然ガス輸送に関わるシステムオペレーターの協会である ENTSOG によるシナリオ分析。

なお、EU は、「Recovery and Resilience Facility」を活用し、化石燃料依存低下に向け、2,500 億ユーロの低利融資と補助金を提供する（2022-2026 年まで）。このうち、生産工程の効率化や住宅の省エネ改修等が全体の約 30%を占める。こうした経済措置により、短期的な危機を乗り越えるだけでなく、グリーン成長の軌道に乗るのか、EU 諸国は 2023 年には正念場を迎える。

EU の多国間協力の意義

EU ではエネルギー安全保障と気候変動対策の両面から、省エネ・再エネの推進が重要である。ウクライナ危機による天然ガス価格の高騰、そして 2050 年に向けてのカーボンニュートラルの実現という二つの課題に対して、EU は省エネ・再エネの推進をその柱として設定している。

RepowerEU 計画が提示するように、ロシアへの天然ガス輸入依存低減は、需要と供給の両面からの対策が検討されている。需要面においては、ヒートポンプの利用拡大・水素の産業部門での利用によるロシアからの天然ガス輸入依存の低減を模索している。供給面では LNG 並びにパイプラインガスの利用拡大に関して、G7 や主要な LNG 輸入国との連携・協調を図るなど、輸入国としての多国間協力の意義は大きい。

2050 年のカーボンニュートラル達成には、EU のみならずグローバルなスケールでの対策実施が不可欠である。EU は、気候変動に関わるさまざまな制度形成並びに基準作成等でのリーダーシップを取り、気候変動対策を前提とした自由貿易協定の確立、そして標準化の推進を展開する意向も読み取れる。

3. 2022年度のASEANの省エネ・再エネ推進に向けた動向

世界的なカーボンニュートラルの潮流の中で、ASEAN諸国においても、カーボンニュートラルへの動きが加速している。2022年には、4カ国(インドネシア、シンガポール、タイ、ベトナム)についてNDC(National Determined Contribution)が更新された。更新内容を下表にまとめる。併せて、シンガポールはネットゼロ排出の目標を、今世紀後半から2050年へと前倒しした。

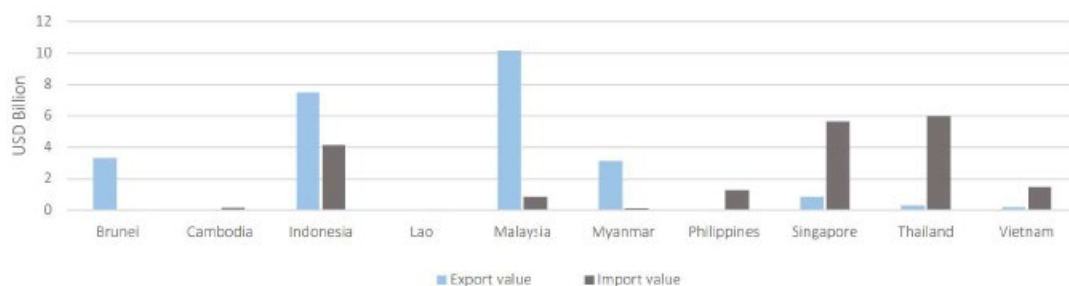
序表2 ASEANにおいて2022年に更新されたNDC(2030年目標)の一覧

国	基準	条件なし		条件付		送付日
		更新前	更新後	更新前	更新後	
インドネシア	BAU	29%削減	31.89%削減	41%削減	43.2%削減	2022/9/23
シンガポール	2030年ピーク	65MtCO ₂ eq	60MtCO ₂ eq	NA	NA	2022/11/4
タイ	2005年	20%削減	30%削減	25%削減	40%削減	2022/11/2
ベトナム	BAU	9%削減	15.8%削減	27%削減	43.5%削減	2022/11/8

(出所) 各国NDC⁵

ASEANは化石燃料取引の一大市場となっているが、2021年にASEANへの天然ガス輸入のうちタイ、シンガポール、ベトナムはそれぞれ30%、29%、8%を占め⁶(序図3)、石油の輸入においてもシンガポール、タイ、ベトナム、はインドネシアとともに輸入依存度が高く(序図4)なっている。4カ国のNDCの更新には、こうしたエネルギー安全保障への対応を迫られている事情が背景にあると考えられる。

序図3 ASEAN諸国のガス輸出入取引額



(出所) ASEAN Energy Center, Outlook on ASEAN Energy 2023, Figure 2

⁵ インドネシア <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-09/ENDC%20Indonesia.pdf> (参照 2023/3/1)

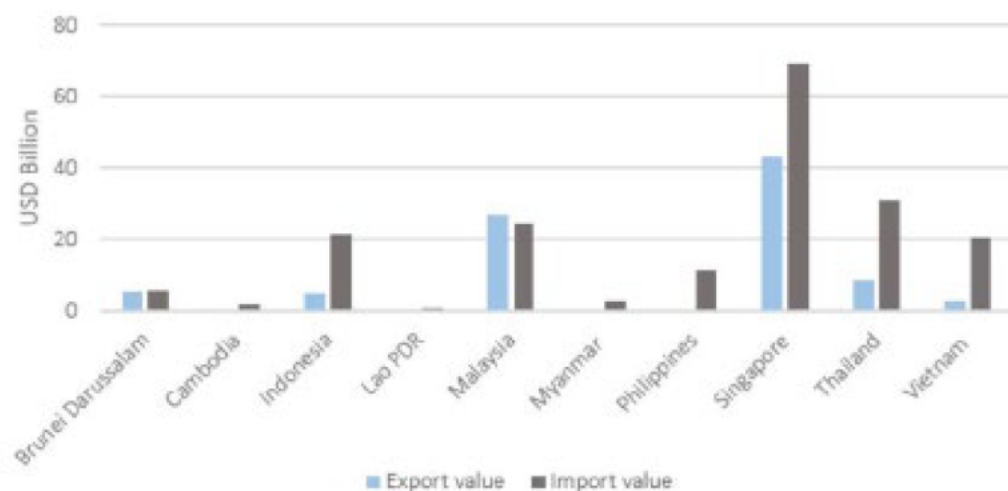
シンガポール <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-11/Singapore%20Second%20Update%20of%20First%20NDC.pdf> (参照 2023/3/1)

タイ <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-11/Thailand%202nd%20Updated%20NDC.pdf> (参照 2023/3/1)

ベトナム <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-11/Viet%20Nam%20NDC%202022%20Update.pdf> (参照 2023/3/1)

⁶ ASEAN Energy Center, Outlook on ASEAN Energy 2023 (参照 2023/3/1)

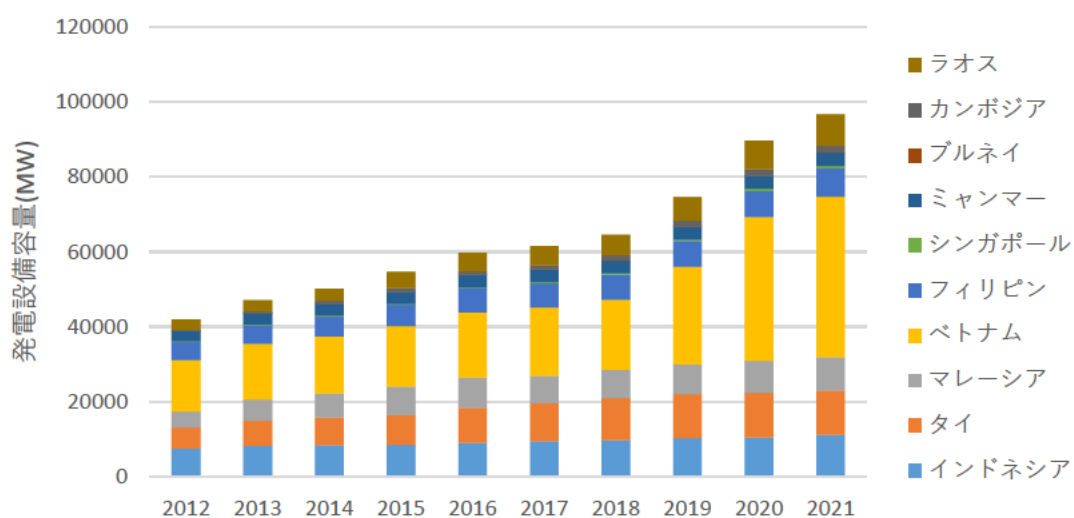
序図 4 ASEAN 諸国の石油輸出入取引額



(出所) ASEAN Energy Center, Outlook on ASEAN Energy 2023, Figure 4

ASEAN 域内の再生可能エネルギー設備容量は、2012 年の 42GW から 2021 年には 96.6GW へと増加した。2021 年時点の国別内訳では、ベトナム 43%、タイ 13%、インドネシア 12%、マレーシア 10%、ラオス 9%、フィリピン 8%と上位 6 ヶ国で 95%を占める昨年とほぼ同様の状況となっている。再生エネ発電の設備容量伸び率では、ブルネイが前年比 500%と最も大きく、続いてシンガポールの 117.5%となっているが、いずれも総容量が小さいため ASEAN 全体としては約 8%の増加と 20%の伸びを示した 2020 年よりも小幅な伸びとなった。

序図 5 ASEAN 域内の再生可能エネルギーの設備容量の推移



(出所) IRENA RE Capacity Statistics 2022 データより作成

以下では 2022 年度の動向として、インドネシア、タイ、ベトナム、フィリピン、マレーシアにおける省エネルギー・再生可能エネルギーの推進に関するトピック、および ASEAN の多国間協力の意義についてまとめる。

(1) インドネシア

エネルギー効率に関する動きとしては、2022 年 7 月、LED の最小エネルギー性能基準 (MEPS) 及びエネルギーラベルに関する省令 (135.K/EK.07/DJE/2022) が正式に大臣に承認された⁷。この省令は、2022 年 6 月に制定されたエネルギー消費機器の最低エネルギー性能基準の適用に関するエネルギー鉱物資源大臣規則⁸を具体化したものであり、ADLIGHT プロジェクト⁹における重要なマイルストーンになると評価されている。

省令 (135.K/EK.07/DJE/2022) には、LED のエネルギーラベルに表示すべき事項、エネルギー効率レベル、性能試験の要件と手順、省エネ認証義務の免除に関する規定、適合試験の許容レベルが含まれている。

インドネシアは、国家エネルギー政策 (NEP : National Energy Policy) において一次エネルギー供給量全体に占める再生可能エネルギーの割合を 2025 年までに 23% 以上、2050 年に 31% 以上とする目標を掲げており、よりクリーンな発電と再エネ開発の加速に向けた「電力供給のための再生可能エネルギー開発の加速に関する大統領規程 2022 年第 112 号」が 2022 年 9 月に制定された。¹⁰

この大統領規定では、太陽光、水力、地熱、風力、バイオマス、バイオガス発電による電力買い取りの基準価格を示している。基準価格は、電源別や発電容量ごと、地域ごとに設定されており、実際の買い取り価格はこの基準価格を上限として、国営電力会社 (PLN) との個別の交渉または入札を通じて決定される。大統領規程により買い取り価格が保証されるわけではないことから、再生可能エネルギーのさらなる普及には引き続き課題が残る。なお、大統領規定には、石炭火力発電所の新規開発を原則禁止する規定も含まれるが、規制前に PLN の電力供給事業計画に含まれていたもの等の例外を認めている。

⁷ Indonesian Ministerial Decree for MEPS and Energy Labels for LED lights
<https://united4efficiency.org/resources/indonesian-ministerial-decree-for-minimum-energy-performance-standards-and-energy-labels-for-light-emitting-diode-lights/> (参照 2023/3/1)

⁸ <https://jdih.esdm.go.id/storage/document/Permen%20ESDM%20No.%2014%20Tahun%202021.pdf> (参照 2023/3/1)

⁹ ADLIGHT (Advancing Indonesia's Lighting Market to High Efficient Technologies) プロジェクトは、2020 年 1 月に開始されたインドネシアにおける高効率照明技術の普及プロジェクトである。the Global Environment Facility (GEF) により資金が提供され United Nations Environment Programme (UNEP) および United Nations Development Programme (UNDP) により実施されている
https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/IDN/SES_00098585_2020_372.pdf (参照 2023/3/2)

¹⁰ Ministry of Energy and Mineral Resources (MEMR) Republic of Indonesia, 'Perpres 112 Tahun 2022 Diteken, Era Pembangkit Listrik Rendah Emisi Dimulai', 2022.
<https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/perpres-112-tahun-2022-diteken-era-pembangkit-listrik-rendah-emisi-dimulai> (参照 2023/3/2)

(2) タイ

タイは先に述べたとおり、2022 年 11 月に NDC を更新し、気候目標を引き上げ、併せて 2035 年までとしている電力のピーク排出目標を 280MtCO₂eq から 240MtCO₂eq へと更新した。

タイ EGAT は、2022 年 4 月からエネルギー危機への対応として、省エネキャンペーンを展開している。キャンペーンには 2 つ活動があり、1) 家庭のエアコンを無料でクリーニング、2) ラベル No.5 の高性能電化製品の購入割引、である。¹¹

- 1) 無料クリーニングは一世帯につき一台、壁掛けタイプ 24,000BTU 未満の性能、利用者は電気料金を登録する必要がある。EGAT は半年毎にエアコンを掃除することで電気料金を少なくとも 10%削減できると述べている。対象は最大で 10,000 世帯。
- 2) ラベル No.5 の電化製品 1,000 パーツまでの購入に 500 パーツの割引を提供する。対象は最大 10,000 人。

この 2 つの活動により、EGAT は年間で約 804 トンの CO₂ 削減効果を見込んでいる。

また、タイエネルギー省は首相が議長を務める国家エネルギー政策評議会 (NEPC) の 2022 年 11 月 7 日の会合で、節電キャンペーンを家庭や企業に義務付ける法的措置が採択されたと発表した。これにより、2022 年 11 月現在、ガス単位量(MMBTU) あたり 26 ～ 29 米ドルの LNG 価格が、MMBTU あたり 50 米ドルに上昇し、この水準が 2 週間以上続く場合、省エネキャンペーンの義務付け措置が実施される。¹²

措置が実施された場合、ショッピングモールやガソリンスタンドは営業時間の調整を命じられる可能性があり、公共エリアの消灯、建物のエアコン設定温度を摂氏 27 度とする等の対応が求められる。

再エネの導入について、AEDP2018(Alternative Energy Development Plan 2018-2037)¹³では 2037 年までに再エネ電力により 29,411MW 賄うことが目標として掲げられている。その内訳と 2021 年の設備容量との比較を序図 6 に示す。2021 年の達成度は太陽光 21%、風力 52%、水力 114%、バイオマス 60%、バイオガス 35%、廃棄物 17%と、太陽光およびバイオマスエネルギーにおいて大幅な拡大が必要な状況となっている。

¹¹ EGAT invites Thais to save energy with 'Free A/C Cleaning – Label No.5 Promotion' to cope with energy crisis
<https://www.egat.co.th/home/en/20220323e>

[/https://www.nationthailand.com/in-focus/4001465](https://www.nationthailand.com/in-focus/4001465) (参照 2023/3/2)

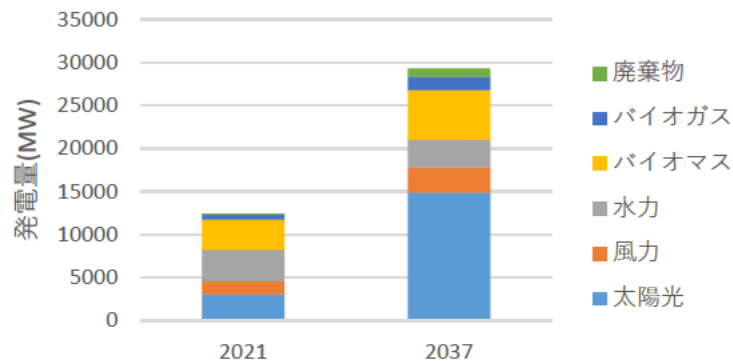
¹² Authorities promote energy saving

<https://www.bangkokpost.com/business/2432350/authorities-promote-energy-saving> (参照 2023/3/2)

¹³ Alternative Energy Development Plan 2018-2037 (AEDP 2018)(TH)

<https://policy.asiapacificenergy.org/sites/default/files/Alternative%20Energy%20Development%20Plan%202018-2037%20%28AEDP%202018%29%28TH%29.pdf> (参照 2023/3/2)

序図 6 タイにおける再生可能エネルギー(電気)導入目標(2037 年)と実績値 (2021 年)



(出所) AEDP2018、IRENA RE Capacity Statistics 2022 データより作成

タイエネルギー規制委員会(ERC)は、再エネ促進策として、2022 年 9 月に VSPP(極小規模発電事業者 10MW 以下)および SPP(小規模発電事業者 10MW 超～90MW 未満)を対象とする、2022～2030 年の期間における固定価格買取制度(FIT)および入札制度(PPA)について発表した。

対象となる発電所はバイオガス、風力、地上設置型太陽光、地上設置型太陽光+蓄電池の 4 種類、うち地上設置型太陽光+蓄電池は SPP のみが応募可能、2023 年 3 月に選定されたプロジェクトが決定される予定となっている。

下表に FIT の買取価格および期間を示す。なお、南部の特定地域(ヤラー県、パッターニー県、ナラティワート県、およびソンクラのチャナ郡、テーパー郡、サバーヨーイ郡、ナータウィー郡)で事業を実施する場合は下表の価格に 0.5 パーツが上乗せされる。

序表 3 FIT の買取価格(パーツ/kWh)および期間

	買取価格	買取期間
バイオガス	2.0724	20年
風力	2.1679	25年
地上設置型太陽光	2.8331	25年
地上設置型太陽光+蓄電池	3.1014	25年

(出所) タイ EPPO ホームページ等¹⁴より作成

¹⁴ 国家エネルギー政策評議会決議

<https://www.eppo.go.th/index.php/th/component/k2/item/18185-nepe-prayut06-05-65>

<https://www.globalcompliancenews.com/2022/11/09/https-insightplus-bakermckenzie-com-bm-energy-mining-infrastructure-1-here-11022022/>

<https://www.wfv.com/articles/thailands-5-gw-renewable-ppa-fit-scheme-2022-2030/> (参照 2023/3/7)

PPA による 2030 年までの合計電力契約容量は、バイオガス 335MW、風力 1500MW、地上設置型太陽光 2368MW、地上設置型太陽光＋蓄電池 1000MW である。下表に発電設備の商用運転開始日にもとづく年別の PAA 購入目標値を示す。

序表 4 PPA による電力契約容量(MW)

	2024年	2025年	2026年	2027年	2028年	2029年	2030年	合計
バイオガス	-	-	75	75	75	70	40	335
風力	-	250	250	250	250	250	250	1500
地上設置型太陽光	190	290	258	440	490	310	390	2368
地上設置型太陽光＋蓄電池	100	100	100	100	200	200	200	1000

(出所) タイ EPPO ホームページ等¹⁵より作成

(3) ベトナム

ベトナムは先に述べたとおり、2022 年 11 月に NDC を更新し、気候目標を引き上げ、併せて 2035 年までとしている電力のピーク排出目標を 280MtCO₂eq から 240MtCO₂eq へと更新した。

ベトナムのエネルギー消費量は 2012 年の 2.24(EJ)から、2020 年には 4.09(EJ)へと急増しており、電力消費の約半分を占める産業部門のエネルギー効率改善が急務となっている。

2019 年 6 月に政府はベトナムスケールアップエネルギー効率プロジェクト(VSUEE)を正式に承認し、2021 年 3 月世界銀行から UNFCCC に基づき設立されたグリーン気候基金(GCF)を通じて資金が提供され、2022 年 12 月より実施されることとなった。¹⁶

VSUEE には 2 つの活動があり、1) リスク共有ファシリティ (RSF) を設立し、エネルギー効率認定プロジェクトを担当する事業者および ESCO 事業者が政府が 50%信用保証を提供する、2) 技術的な支援に対して資金を提供する、となっている。

ベトナムの発電設備容量の増加分は、2018 年から 2020 年までほぼすべてが太陽光発電によるものであったが、2021 年は太陽光発電の増加はなく(序図 7)、風力発電によるものであった。(序図 8)これは、FIT の適用が 2020 年 12 月 31 日までに試運転を開始した太陽光発電設備及び 2021 年 10 月 21 日までに試運転を開始した風力発電設備と規定されたことが影響していると考えられる。

¹⁵ 国家エネルギー政策評議会決議

<https://www.eppo.go.th/index.php/th/component/k2/item/18185-nepc-prayut06-05-65>

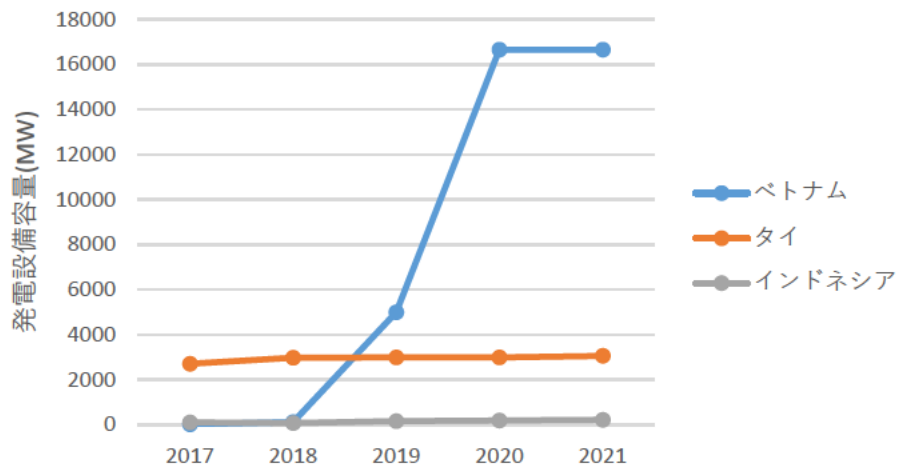
<https://www.globalcompliance.com/2022/11/09/https-insightplus-bakermckenzie-com-bm-energy-mining-infrastructure-1-here-11022022/>

<https://www.wfv.com/articles/thailand-5-gw-renewable-ppa-fit-scheme-2022-2030/> (参照 2023/3/7)

¹⁶ Vietnam's Energy Efficiency Project: Credit Guarantee for Energy Saving Businesses

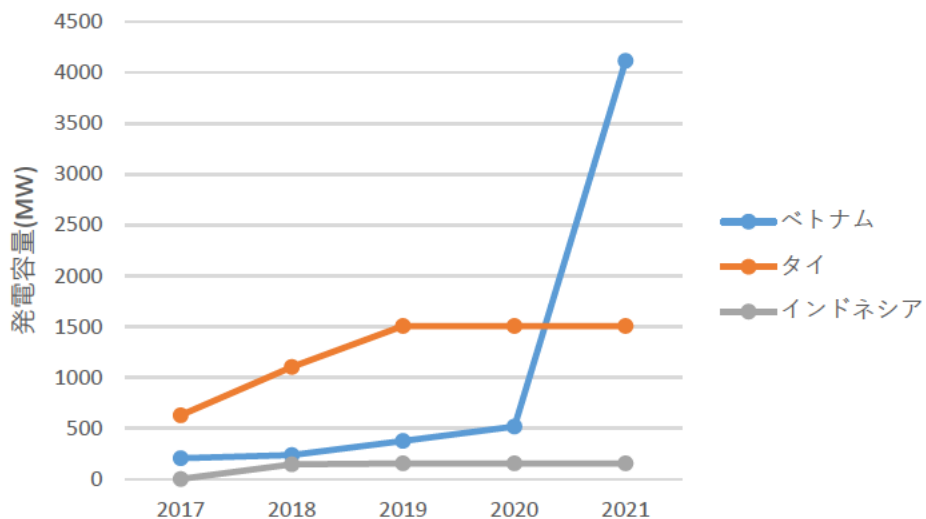
<https://www.vietnam-briefing.com/news/vietnams-energy-efficiency-project-credit-guarantee-for-energy-saving-businesses.html/> (参照 2023/3/7)

序図 7 太陽光発電の発電設備容量の推移



(出所) IRENA RE Capacity Statistics 2022 データより作成

序図 8 風力発電の発電設備容量の推移



(出所) IRENA RE Capacity Statistics 2022 データより作成

このように足元では太陽光発電導入の停滞が懸念されるが、2022 年 11 月にドラフト案が示された電力開発計画Ⅷ(PDP8)¹⁷では、今後は石炭火力の排出量削減と風力、水力およびバイオマスのポテンシャルを最大化させる方針が示されており、2030 年以降、石炭火力へバイオマス混焼を導入し、その割合を 20%から段階的に引き上げ、ガス発電は水素へと切り替える計画が示されている。

¹⁷ 2021 年から 2030 年までの電力開発計画であり、2050 年ネットゼロの長期目標を見据えた方針を示している。

<https://vir.com.vn/newest-draft-of-power-development-plan-viii-comes-with-several-highlights-97898.html> (参照 2023/3/7)

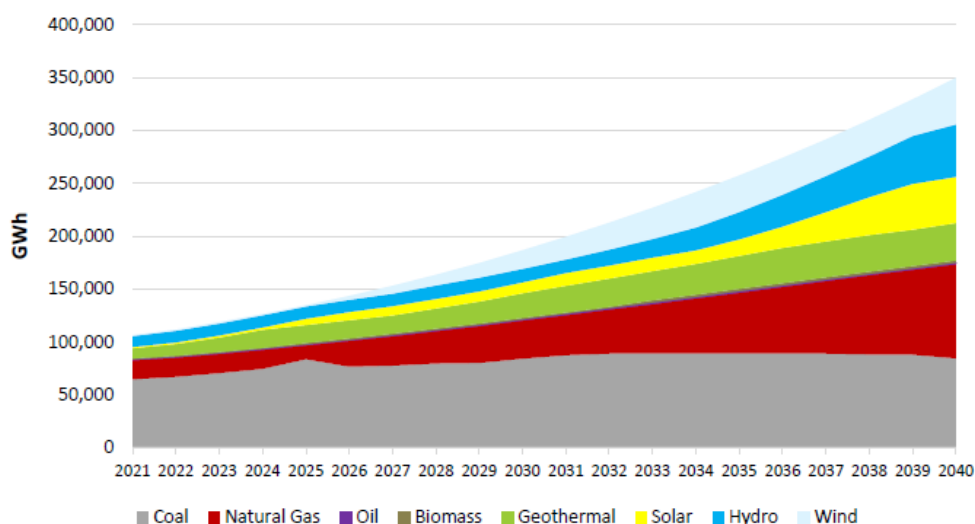
(4) フィリピン

フィリピンは、周辺国との比較でエネルギー自給率が低く、エネルギー源の4割以上を海外からの石油および石炭に依存している。¹⁸そのため、同国の経済発展のためにエネルギーの安定的確保は重要な課題とされている。

現行のエネルギー政策は、2021年末に発表された「フィリピンエネルギー計画2020-2040」(PEP2020-2040)に基づき実施され、PEP2020-2040では、電源構成に占める再エネの割合を2030年に35%、2040年に50%とする目標を掲げる。NEP2020-2040を基に「国家再生可能エネルギープログラム2011-2030」が見直され、2022年に「国家再生可能エネルギープログラム2020-2040」(NREP2020-2040)¹⁹が公表された。

NREP2020-2040によれば、2040年の電源ミックスにおける天然ガス、石炭の割合はそれぞれ26%、24%であり(序図9)、2021年から容量増加分の約62%は再エネにより賄われることになる。

序図9 フィリピンにおける電源ミックスの推移(2021-2040)



(出所) National Renewable Energy Program202-2040 Figure 10

再エネ市場関連では、FITに代わり再生可能エネルギー価格を決める仕組みとして2022年6月にグリーンエネルギー入札プログラム(GEAP)²⁰の第一ラウンドが実施され、2023年から2025年までにGEAPにおいて196,693MWの再エネ供給事業者が採択された。²¹

¹⁸ 2019年時点のフィリピンのエネルギー自給率52%に対し、同年の周辺国の自給率はベトナム66%、マレーシア107%、インドネシア195%であった (IEA, World Energy Statistics and Balances 2021)。

¹⁹ National Renewable Energy Program 202-2040, Department of Energy
https://www.doe.gov.ph/sites/default/files/pdf/announcements/nrep_2020-2040.pdf?withshield=1 (参照 2023/3/8)

²⁰ Green Energy Auction Program in the Philippines
<https://www.doe.gov.ph/geap?withshield=1> (参照 2023/3/8)

²¹ DOE Releases Results of GEAP First Auction Round
<https://www.doe.gov.ph/press-releases/doe-releases-results-geap-first-auction-round> (参照 2023/3/8)

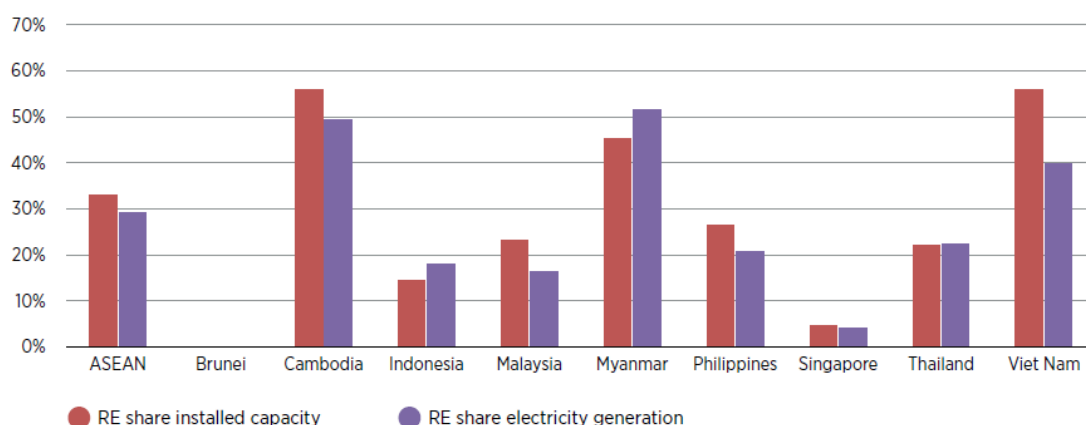
また、エネルギー省(DOE)は、2022 年 9 月、発電所、配電事業者、電力小売事業者などの電力販売に関わる事業者に対して発電または販売する電力のうち一定の割合を再生可能エネルギー由来とする義務付けの基準である再生可能エネルギー・ポートフォリオ基準 (Renewable Portfolio Standards、RPS) の再エネ比率を 1.0%から 2023 年以降 2.52%へ引き上げると発表した。²²

(5) マレーシア

マレーシアは、石油・ガス資源に恵まれたエネルギー輸出国である。しかし、近年は石油の輸入量が増大し(序図 4)、天然ガスも生産量が減少する一方で需要が増加するため、今後は純輸出量が減少することが予想される。マレーシア政府は、エネルギーセキュリティを確保するため、エネルギー源の多様化とエネルギー利用効率の向上に努めている。

2021 年 6 月、政府は発電設備容量に占める再エネ割合の目標を 2025 年までに 31%、2035 年までに 40%とすることを発表した。2020 年の再エネ割合は 22%余りとなっている。(序図 10)

序図 10 ASEAN 域内の再生可能エネルギー設備容量および発電の割合(2020 年)



(出所) IRENA Renewable Energy Outlook for ASEAN 2022 Figure 12

マレーシアは長期目標として 2050 年までにカーボンニュートラルを実現するという目標を掲げており、この方針を踏まえ 2022 年 9 月、「国家エネルギー政策(2022-2040)」(National Energy Policy(NEP) 2022-2040)²³が発表された。NEP では 12 の戦略と 31 のアクションプランが設定されている。なお、国家エネルギー評議会は NEP の実施や関係省庁間の調整を行うとともに、3 年ごとに NEP を更新する。

NEP には低炭素化目標 2040 が含まれており、2040 年までの再エネ関連の目標として、(1)再生可能エネルギーの総設備容量を 7597(MW)(2018 年)から 18,431(MW)とする、(2)一次エ

²² <https://powerphilippines.com/doe-increase-in-re-utilization-to-generate-php270b-investments/> (参照 2023/3/8)

²³ Malaysia National Energy Plan 2022-2040
https://www.epu.gov.my/sites/default/files/2022-09/National%20Energy%20Policy_2022_2040.pdf (参照 2023/3/8)

エネルギー総供給量に占める再生可能エネルギーの割合を 7.2%(2018 年)から 17%とする、といった目標が掲げられている。

省エネルギー政策としては、2010 年にエネルギー・環境技術・水省 (Ministry of Energy, Green Technology and Water) により国家電力エネルギーの効率的管理に関する行動計画 (NEEAP / National Energy Efficiency Action Plan) ²⁴が策定され、NEEAP には部門に省エネ対策の計画期間、目標、目標を達成するために必要な対策が盛り込まれている。また、最低エネルギー効率基準 (MEPS) がエアコンと冷蔵庫を含む家電製品 (5 種類) に適用されている。省エネ計画を実行する人材を育成するため、エネルギー管理士やエネルギー診断士の育成も進められている。

マレーシアでは、省エネのさらなる促進を目的とする、Energy Efficiency Conservation Act (EECA) の議会への提出を 2022 年 7 月期限で計画されていたが ²⁵、2023 年 3 月現在 EECA の施行は確認されていない。EECA は従来の電力に加えて建物内の熱の使用も規制対象とする予定である。

(6) ASEAN の多国間協力の意義

ASEAN は、気候変動に関して ASEAN+3 環境大臣会合 (APT EMM)、環境及び気候変動に関する EU とのハイレベル対話、東アジア首脳会議環境大臣会合 (EAS EMM) といったハイレベルなものから、日 ASEAN 環境協力対話、当局者会議 (APT SOME) 等、多層的な多国間協力の枠組みを構築している。

日本は、これまで ASEAN 諸国のシンガポール、インドネシア、ベトナム、ミャンマー、タイ、フィリピンとの二国間環境対話を重ねているが、2022 年は 3 月にフィリピン政府との共催により「日本・フィリピン環境ウィーク」が開催され、環境政策対話、環境セミナー、展示会・ビジネスマッチング等が実施された。

ASEAN 各国の経済発展度、GHG 排出量の実態およびカーボンニュートラルへの対応はそれぞれ異なる。相対的に経済成長が進んでおり、環境対策等に投資できる余力があるマレーシア、シンガポールおよびブルネイ、グリーン経済成長を目指す中進国のタイ、これら 4 ケ国以外の経済発展途上にありエネルギー需要の増大への対応を重視し、投資・支援の呼び水としてグリーン化対応を実施している国々、総排出量では人口の多いインドネシアが圧倒的に多くタイ、マレーシア、ベトナム、フィリピンと続くが、一人当たりの排出量ではマレーシアが最多となる ²⁶、等各国の状況に応じた適切な協力を実現するためには、今後様々な対話を通じてニーズを把握し、多国間で連携して省エネ・再エネを推進していくことが重要になる。

²⁴ エネルギー効率行動計画 <https://www.malaysia.gov.my/portal/content/30919> (参照 2023/3/9)

²⁵ <https://www.asiaeec-col.eccj.or.jp/202207-malaysia-mtg/> (参照 2023/3/9)

²⁶ JRC/IEA/PBL 2022 Report CO2 emissions of all world countries https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2022 (参照 2023/3/9)

4. ウクライナ侵攻に伴う欧州のロシアガス脱却、電化政策の加速

2022年の省エネルギー関連の大きな特徴として、上述の欧州のロシアガス脱却に伴う節電・節ガス、省エネルギーの加速と電化政策の加速が挙げられる。欧州委員会は7月に脱ロシアガス下での冬季エネルギー対策として「Save Gas for a Safe Winter」という加盟国に対してガス需要を自主的に15%削減する要請を行った。期間は2022/8/2から2023/3/31で、昨年夏の時点では15%削減の義務化という議論もあったが、当面は自主的な取り組みにとどまっており、今年5月に再評価して今後の継続を審議する予定になっている。

欧州4か国の自主的な節電・節ガス取り組み例を序表5に示す。

序表5 Save Gas for a Safe Winter に基づく欧州4か国の節電・節ガス対策の例

ドイツ	・公共温水プールの使用停止、家庭用温水プールの使用禁止 ・公共施設の暖房区域の制限 ・業務用暖房温度設定を19度に推奨 ・街灯間引き。建物、景勝施設の夜間照明の停止
フランス	・省エネ計画策定要請 ・大手スーパーマーケットの閉店後の電光掲示、ショーウィンドウ消灯。ピーク時間中の照明30%減、室温17℃以下設定。 ・財務省内は26度未満の冷房設定禁止、19度以上の暖房設定禁止。
イタリア	・家庭、オフィスの暖房温度下げ、使用時間短縮でガス使用を10%以上削減する。 ・夜間の公共施設、店舗照明を減らす。 ・石炭火力発電延命 ・大口工場向けの電力削減指令の可能性（実際は電力料金高騰で既に多くの工場で操業率は低下）。
スペイン	・公共施設、空港、駅の冷房設定を27度に制限。 ・商用施設・公共施設の暖房を19度以下に制限（例外＝ホテル、レストラン、美容院、スポーツジム、学校、病院）。 ・夜間の景勝地の照明消灯舗ショーウィンドウ照明消灯 ・店舗出入り口の開放禁止

欧州各国の省エネルギー政策は、2012年のEU省エネルギー指令に基づいており、各国がそれぞれ省エネ政策を実施するための法整備、予算措置をとっており、2022年は予算増額が顕著だった。欧州4か国の補助増額、税軽減策を序表6に示す。

序表 6-1 欧州各国の省エネルギー政策強化の補助金・税軽減策の例

オランダ	暖房脱炭素に連邦政府から自治体向けに 1.5 億€ (2019 年～2021 年)。 ・電化賃貸住宅改修プログラム(SAH)：民間、公営公社が利用可能。2020/5～2023/12。2 億€。 ・住宅公社向け省エネアドバイスサービス支援。2022/12 月まで 1400 万€。 ・The National Energy Saving Fund (NEF) 2014 年に住宅所有者向け省エネ改修補助の基金を設置。PV 設置、省エネ改修のローン利息補填。ローン最大額は個人 6.5 万€、公社 500 万€。2020 年 6 月時点の基金は 6 億€。 2020 年に熱対策基金 2020 Heat Fund を追加、暖房脱炭素化向けに 9 億€。 ・中小事業者、集合住宅の太陽熱暖房、ヒートポンプ導入補助、2030 年まで 1 億€/年予算。 ・特定分野の事業者向けに、対象省エネ投資の最大 45%の税控除。政府予算は 2020 年に 1.47 億€。
ベルギー	・National Recovery and Resilience Plan から 10 億€予算で住宅、公共施設、公営住宅の改修、商業ビルの脱炭素転換パッケージを補助、2022 年予算は 12 億€に増額。 ・2022～2023 年に PV、太陽熱温水、ヒートポンプの付加価値税 VAT を 6%に減額。 ・老朽建物処分、改修の付加価値税(21%)を 6%に減額 (Brussel 地域は処分のみ)。当初、32 の都市部地域のみ対象だったが、2021 年から 2 年間は全国を対象に拡大した。 ・Wallonia 州、RenoWatt プログラム、省エネ改修成果共有型ワンストップ。 ・Brussel Capital 地域の民営ビルの改修最大 70%補助。住宅向けに改修、PV、ヒートポンプ、太陽熱温水、低率ローン。 ・省エネ関連投資の 13.5%税控除。 ・Wallonia 州、Easy Green プログラム、プロジェクト最高 100 万€、省エネまたは再エネ導入。Easy UP プログラム、脱炭素コスト最大 40%補助 (上限 50 万€)。2021 年 4 月時点で 4500 万€を支援。
フランス	・2014 年からの省エネ改修税控除(30%)を 2020 年から住宅は補助金に、集合住宅は改修定率補助に移行した。 ・省エネ改修ローンの金利全額補助。対象改修の付加価値税を 5.5%に減率。 ・コロナ復興予算から公共施設 (学校、スポーツ施設、病院、老人ホーム、政府建物等) の改修事業支援に 40 億€。また、公共施設、中小業務産業向け省エネ改修税控除 (2020/10～2021/12)。

序表 6-2 欧州各国の省エネルギー政策強化の補助金・税軽減策の例

ドイツ	・2017 年実績 40 万件/年、低率ローン使用が多い。補助の場合は改修費用の最大 30%。換気と暖房の買い替え促進。 ・20 年経過給湯器のヒートポンプ給湯交換推奨、補助（2022 強化策） ・再エネ機器（太陽熱温水、ヒートポンプ、バイオマスボイラー）に 3.2 億€ 予算。 ・セントラル空調向け熱源機のヒートポンプ交換、配管油圧制御改修の最大 30%補助。 ・2019 年工業需要に対する省エネ補助、製造プロセス熱への再エネ熱利用、エネルギーマネージメントの制御機能追加、ソフト購入などが対象。
イギリス	・BESS2022:エネルギー供給者義務制度の拡大で低所得住宅改修、機器交換を支援。2022～2026 年に 13.3 万世帯/年、10 億ポンド/年を支出。 ・BESS2022:断熱材や低炭素暖房機器などの省エネ改修に関する VAT を 5 年間免除。 ・2025 年までに約 70 万戸の住宅の断熱改修を補助、ヒートポンプ導入を 2028 年までに年間 60 万台、5,000～6,000 ポンドの補助。

断熱改修や省エネ機器交換に多くの補助が与えられているが、欧州各国が暖房の電化、再エネ導入を加速しようとしていることがわかる。建築分野ではガス暖房を電化、ヒートポンプに切り替える政策が欧州各国で明確になった。この建築分野でのヒートポンプ普及は米国とカナダのいくつかの州でも同様の動きがある。この動きを推奨するレポートを IEA が “The Future of Heat Pumps” として 11 月に発表した。

<IEA 特別レポート「ヒートポンプの将来」の概要>

【2030 年に向けた導入加速】

低排出電源を利用するヒートポンプは、今後の建築、工業の熱需要分野で中心的な役割が期待されている。2021 年、世界の暖房需要の約 10%がヒートポンプで賄われており普及速度は速まっている。ヒートポンプの導入台数で最大の市場は中国、住宅設置数が多いのは北米である。

ヒートポンプの普及加速により 2030 年の建築部門の排出削減目標の半分以上が達成可能だが、そのためには現在の普及台数を 2.5 倍に(2,500GW) 増やす必要がある。欧州ではロシアガス依存の速やかな低減にヒートポンプ導入が大きく貢献する。2021 年年間 200 万台の販売台数を 2030 年に 700 万台まで増加させることにより 2025 年には 7BCM、2030 年は 21BCMM のガス需要を削減できる。これは 2021 年にロシアから輸入したガス量の 15%に相当する。

【技術面】

ヒートポンプは産業用高温熱、地域暖房熱供給にも活用可能である。現在、大型ヒートポンプは 140 度から 160 度の温度供給が可能で、革新的な技術開発、設計変更により産業用高温需要に対応できる。特にヒートポンプによる高温供給が有効な産業として製紙、食品、化学が挙げられ、3 つの分野の熱の 30%はヒートポンプで賄うことができる。

【課題：電力需要増】

ヒートポンプ導入加速により電力需要が増加する。省エネ改修、デマンドレスポンスを同時に実施していくことで影響を軽減する。IEA 試算では世界の電力需要は 2030 年までに 25%増加、そのうちヒートポンプ導入に伴う需要増は 10%程度と推計している。

【課題：コスト】

トータルコストでは、暖房エネルギー需要が大きな国では投資回収は可能なレベルになっている。初期コストは大きい燃料費削減効果大きい。特に昨今のガス価格高騰により、投資回収年数が短縮されている。各国の電力・ガス価格の平均値と代表都市の平均的な世帯当たり暖房給湯需要を基にした試算では、ヒートポンプ導入による燃料価格節約額は米国で平均 300 ドル／年、欧州では 900 ドル／年に及ぶ。経済困窮世帯の場合は、世帯収入の 2%～6%に及ぶ燃料費削減が可能で、経済困窮世帯を対象とした政府の適切な導入支援策が重要になる。国によっては電力料金がガス料金に比べて割高に設定されている場合もあるため、ヒートポンプの導入加速には、電気料金やエネルギーの課税を見直す必要もある。ヒートポンプ、建築電化に向けた電力料金（時間帯別など）も重要である。

【課題：集合住宅、商用ビルへの導入】

ガスボイラーよりも容積は大きくなる、設置スペースの確保（日本は貯湯槽が無い給湯器が多く、課題は深刻）、設置事業者の育成が課題である。受電容量増強コストもかかる。

【課題：設置事業者、製造事業者】

ヒートポンプ設置が増えている欧州でも 2030 年までに現在の 3 倍程度の規模で設置増が必要。そのために、設置事業者を現在の 4 倍確保する必要がある。ガスボイラー事業者の再教育、資格制度、メーカー中心の設置工事標準化と教育プログラム。ヒートポンプの冷媒管理も重要。メーカーにとってフロンガス規制の予見性（一般的に使用されている冷媒の HFC の温暖化係数が高い）が無いと製造能力拡張投資ができない。

【課題：ヒートポンプの情報提供、メリットの周知】

各国の政策立案者にはヒートポンプの効能が知られつつある一方、住宅居住者やオフィスビルのオーナーやテナントへの周知は行き届いていない。情報不足、エネルギーコストのメリットの理解も十分ではない。また、ガス暖房と比較すると初期コストが大きく、建物オーナーと居住者、テナントの利益相反も課題である。規制が障壁の場合もある。設置面積が大きい場合、容積率や建蔽率参入免除などの建築基準の改正も必要になる。導入加速には、機器販売事業者や設置事業者がガス暖房よりもヒートポンプを提案してくれるようになる必要があるが、現在のヒートポンプ事業者では十分な対応能力がない。また、商品知識以外に設置のアドバイス、利用可能な補助制度等を含めた総合的な対応が必要

なため、信頼できるワンストップショップの設置や、北米、英国、ドイツで活発な初期コストのないサービスモデルによる事業も期待される。

ヒートポンプ導入による建築分野、工業分野の電化促進に加え、運輸分野では自動車の電化が進んでいる。2022 年は中国、欧州、米国を中心にバッテリーEV (BEV)の販売が伸び、バッテリーEV とプラグインハイブリッド PHEV の年間の新車販売は世界で 1000 万台を超えた。中国、欧州、北米が中心で、BYD をトップに中国が 38%、欧州 16%、テスラ中心に米国が 15%を占めた。欧州はガソリン価格の高騰と補助金により、年後半の EV 販売の伸びが大きく、2022 年 12 月は BEV モデルが新車販売で 25%を超えた。IEA の EV Outlook 2022 ではこの世界的な EV 普及の現状と政策、課題と展望を報告している。

<IEA Global EV Outlook 2022 (2022/05/23 発表)の概要>

【EV 増の理由】

各国政府の運輸電動化政策、多くの国で大きな補助政策を打ち出している（世界で 300 億ドル規模）。また、欧州、北米メーカーが EV モデルを増やしてきた、2022 年 3 月時点で 450（世界市場全体）を超えた。

【地域別 EV 市場】

中国

世界の EV 新車販売の半分は中国での販売で、年間 330 万台、新車販売の 16%（2020 年 5%から大幅増）に相当する。中国政府は中期目標として「2025 年までに新車販売の 20%シェア」を目指している。2021 年 12 月期の EV シェアは実際に 20%に届いており、目標達成は確実と推測できる。2021 年のシェア急増の大きな要因は補助金。当初、EV 補助金は 2019 年までの予定だったが、コロナ景気対策で延長され、その後 2023 年末までさらに延長されているが、再延長決定前の駆け込み需要が大きかった。EV 補助金は国の補助に加え、地方政府の補助金や税軽減も続いている。

中国の EV モデルは小型モデルが中心で、エンジン車とのコスト差が小さい。小型車中心の中国の EV とエンジン車の価格差は平均 10%程度だが、他地域の EV は大型車、高級車モデルが中心のため価格差は 45%～50%と大きい。

欧州

欧州も着実な伸びを示し、2021 年新車 EV 販売は 230 万台、前年比 65%増だった。欧州新車市場全体は低迷（2021 年も 2019 年比で 25%減）する中で、EV 販売数の戻りは早い、2016 年～2021 年の伸び 61%、中国の伸び 58%を超えた。新車販売における EV シェアは 17%、特に第 4 四半期伸びは大きく（27%）、ディーゼル車シェアを抜いた。

最大の EV 市場はドイツ、2021 年新車の 25%が電動車。EV 販売シェアが高いのはノルウェー(86%)、アイスランド(72%)、スウェーデン(43%)、オランダ(30%)、フランス(19%)。

欧州は、中国や米国と比較すると PHEV モデル多い、BEV 比率(ストック)は欧州 55%、

中国 80%、米国 65%。欧州燃費・排出規制を PHEV でもクリア可能なので欧州メーカーが PHEV モデルを量産している。

米国

2019 年、2020 年の EV 販売減の後 2021 年は増加に転じた（63 万台）、75%が BEV。

後進国市場

アジア（バングラデッシュ、インド、インドネシア、モルジブ、ネパール、フィリピン、スリランカ、タイ、ベトナム）で合計 3.3 万台（20220 年は 1.5 万台）、BEV と PHEV のシェアは同等。アジア（中国除く）は EV モデル数が少なく、大型で高価なモデルが多く小型の EV 選択肢がない。充電インフラ未整備、普及政策が弱いという途上国共通の課題がある。

【乗用車以外の商用車、二輪、トラック、バス】

二輪

中国が電動商用車、電動二輪車販売をリードしている。中国市場は電動二輪がエンジン車よりも安価になっている。世界の電動二輪販売 1000 万台のうち、中国が 950 万台を占める。中国以外のアジア圏で電動二輪市場が大きな国は、ベトナム 23 万台、インド 30 万台。これらの国は、二輪依存が高く、ガソリン消費の半分は二輪によるもの。今後、二輪の電動化はこれらの国のガソリン需要減に貢献する。

電動二輪のメーカーは従来のエンジン二輪よりも、スタートアップが主流で、中国の電動二輪新規参入の Niu や Gogoro は世界各地で販売している。Gogoro はバッテリースワップ方式。Niu もポータブルバッテリーを家庭普通充電により 3.5 時間で充電可能とすることで、充電問題を解決している。

今後、インドの二輪市場が世界最大の電動二輪市場になると予想されている。最大規模の電動二輪工場をインドに建設中。

商用車

韓国は商用 EV が 2021 年増加、2.8 万台（商用新車の 12%）。商用車は決まったルートを走る、予定外の長距離走行はないので BEV でよい。

バス

電動バスは中国がけん引してきたが、米国、欧州も電動バス導入を始めた。インドは 5500 台の電動バス購入見積もりを取っており、最大の VE バス市場になる。電動バス導入政策を明確にしているのは欧州のフランス、スペイン、イギリス。

トラック

中国が電動トラック市場もけん引してきたが、2021 年に各国で電動トラックモデル発表。しかし世界の新車トラックに占める電動トラックシェアは 0.3%に留まっている。電動トラック普及には政府の普及政策が必要。トラックの場合は、駐機場に充電施設があれば公共充電インフラのニーズは低い。

長距離トラック

長距離トラックの充電走行距離は長く、バッテリー容量も大きく、充電場所も駐機場に限らないなど、BEV のハードルは高い。欧州では高速道路の頭上架電カテナリー（パンタグラフ）方式を試験中（ドイツ、イギリス、フランス、オランダ）。長距離トラックコンテナ一部にバッテリー搭載、カテナリーによる給電が難しいラストマイルはバッテリー走行する方式を試している。

急速大容量の充電施設はコストも高く電力系統への負荷も無視できない。そのため、長期的な視点での導入計画、電力グリッド増強が必要になる。

【課題：商用車、バスの充電インフラ整備】

ルートや運用時間が決まっている商用車やバスの場合は、駐機場に充電施設を設けることができ、公共充電ステーション設置よりコストがかからない。先進国をはじめ、いくつかの国で公共バスやスクールバスへの電動車導入が始まっている。

配送トラックはルートが様々で、地域によっては走行距離も長く、公共充電施設の利用もあり得る。中国の EV 企業は商用車のバッテリースワップ方式も試験中。2022 年上期にはスワップ方式の EV トラックのモデル数が 159 まで増える。

【課題：EV 増による充電負荷の増大】

今後、分散型クリーン電源の普及と EV の普及が同時に進み、電力系統の運用は複雑になっていくが、2030 年までの各国の EV 導入目標（ストックの 20%程度まで）レベルでは大きな問題にはならないと予測される。大都市で電力需要が高く、EV 普及率が高い場合は、2030 年までに電力負荷への負荷増が顕著になるだろう。

【課題：EV 普及と鉱物資源のサプライチェーン安定】

コバルト、リチウム、ニッケル価格が高騰している。ロシアは高純度ニッケルの供給の 20%を占めるため、ニッケル価格は高騰している。これまでバッテリー単価が低減傾向を続けてきたがそのペースが 2021 年に鈍化した（2020 年は前年比 13%減が 2021 年は 6%減にとどまった）。一時的にバッテリー単価低減が停滞する恐れがある。希少金属価格の高騰が続く場合、バッテリー価格は 15%増加する可能性もあるが、石油価格も高騰しており、ガソリン車との競合状態には変化はないと予想される。

【課題：中国に集中するバッテリー製造、サプライチェーン】

蓄電池の供給が中国に集中している、リチウムイオン電池の 3/4 の生産能力が中国、電池の陰極製造の 70%、陽極製造の 85%が中国に集中している。リチウム、コバルト、炭素の精製施設も世界の半数が中国国内に存在。欧州は主要な EV 拠点（世界の 1/4）だが、コバルト精製能力が世界の 20%を持つだけで、バッテリーの製造能力は低い。米国は EV 製造規模 10%だがバッテリー製造能力は 7%にすぎない。韓国と日本は陰極、陽極の精製材料の供給能力を持つ、韓国は陰極製造の 15%、日本は陰極製造の 14%、陽極製造の 11%を有する他、両国ともにセパレーターの供給能力を持つ。

鉱物資源はオーストラリア、チリ、コンゴ共和国などに集中しており、掘削は大規模な数社が独占している。欧州、米国政府は国内生産能力の増強という野心的な目標を掲げる

が、2030 年までは中国によるサプライチェーンの独占状態が続くだろう。2030 年までのバッテリー製造拠点の 70%が中国にある。

鉱物資源、中でもリチウム資源開発は先行して投資しなくてはならない。EV サプライチェーンの中では鉱物生産の確保に最も時間を要する。

原料価格の高騰で、代替え技術の開発、希少金属を使わない技術開発も進んでいる。例えば、リン酸鉄リチウム電池はニッケルやコバルトを使わないが、電池容量が減少する。しかし、短距離レンジの EV には使用可能。この分野も昨年から中国が積極的に商用化、導入を進めている。

バッテリーのリサイクルも原料金属のサプライチェーンの安定化には貢献するが、それは 2030 年以降に必要なもので、当面はサプライチェーンの安定化にはつながらない。近年のユーザーの SUV 等大型化する車両モデル志向により、多くのバッテリー、大容量が必要になっている。

【IEA の提言：世界で EV 普及を加速するための 5 つの提言】

1. 電動車普及の支援政策

電動車に対する経済支援だけでなく、厳しいエンジン燃費規制、CO₂ 排出規制、高燃費車に対する課税強化も有効。

2. トラック、バス等商用車の電動化を先行

トラック、バスの EV モデルが増えてきており、トータル所有コストもトラックやバスのほうが明確なメリットが期待できる。事業者に対するゼロエミッション車購入義務化、購入支援策、厳しい CO₂ 排出規制などの政策措置で導入を進めることができる。

3. 後進国における電動化を促進する

エンジン車との価格差が小さい二輪・三輪、バスの電動化を進める。

4. 充電インフラの拡張、スマートグリッド政策との連携

公共充電インフラの整備を持続的に実施する。新築ビルへの充電施設義務化や地方自治体による既築ビルへの充電施設促進策も必要。また、急速充電施設の普及と電力グリッド整備を連携して行い、双方向の通信制御も導入していく。

5. EV サプライチェーンの安定化

希少金属の掘削、精製といった時間軸が長いプロセスへの先行投資の促進。

希少金属需要を抑制する新技術、また搭載バッテリー容量の適正化。

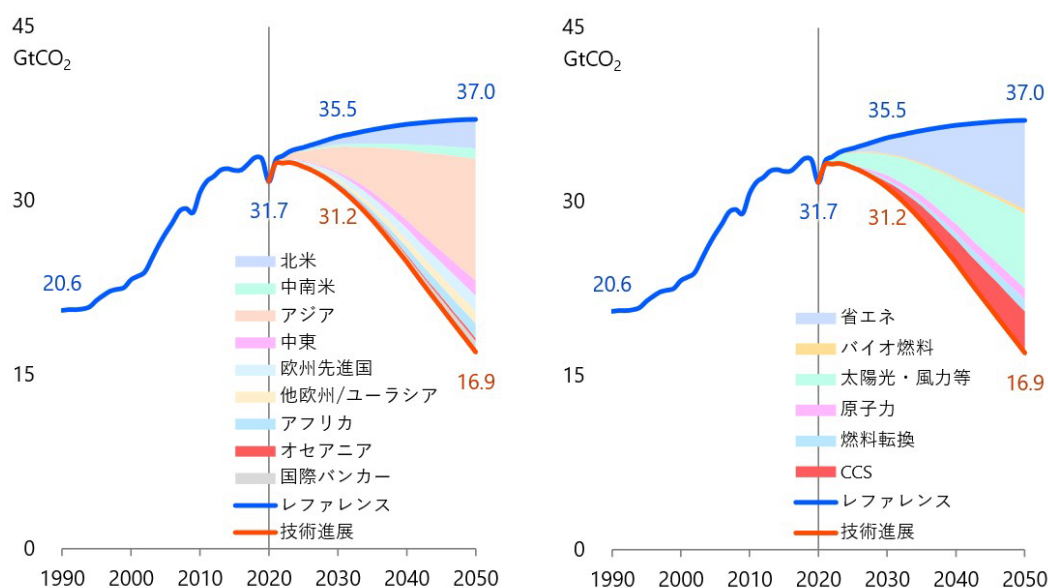
世界的なエネルギー需給構造規模の急成長における多国間協力の意義

世界的なエネルギー需要の増大傾向への対応として、省エネルギーならびに再生可能エネルギー導入推進の取り組みは、世界的規模で喫緊の課題である。このような問題は、一カ国だけでの取り組みではその効果が限定的となりうる。地球規模での持続可能な取り組みを実現するためには、諸外国とも連携をとり、これらの課題に取り組むことが不可欠である。

国際的なマルチの枠組に目を向けると、世界的な省エネルギー推進や再生可能エネルギー導入拡大が、各種会合において議題として取り上げられ活発に議論が行われている。例えば、国際エネルギー機関（IEA：International Energy Agency）、国際再生可能エネルギー機関（IRENA：The International Renewable Energy Agency）、クリーンエネルギー大臣会合（CEM：Clean Energy Ministerial）、アジア太平洋経済協力（APEC：Asia-Pacific Economic Cooperation）等では、省エネルギー・再生可能エネルギーの促進のために、参加国で協力して活動を行っている。

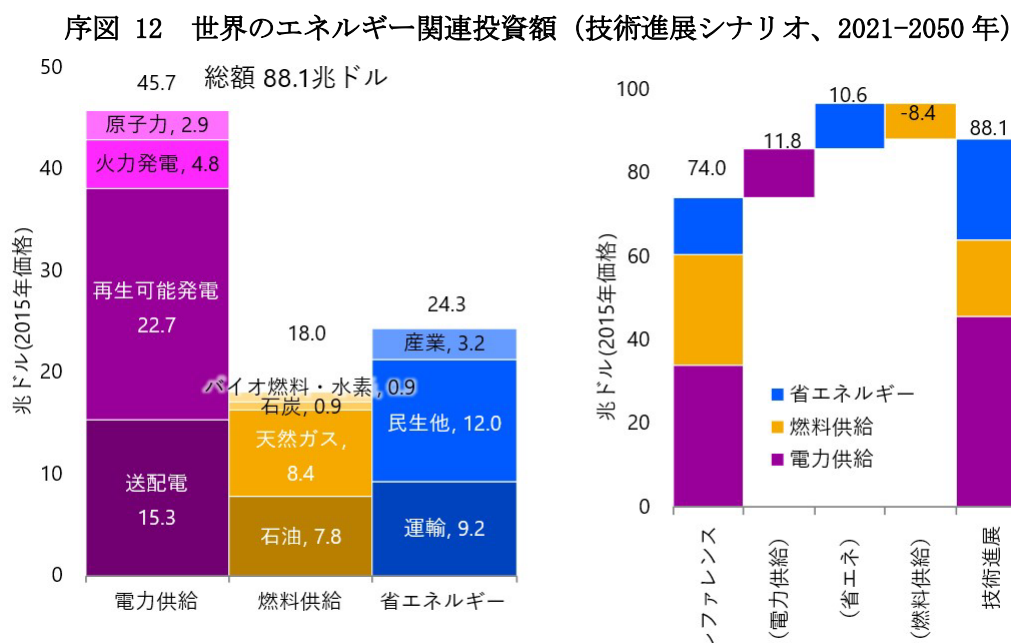
序図 11 はレファレンスに比べて、技術が進展した場合の世界の CO₂ 削減ポテンシャルを示している（技術進展ケース）。図が示す通り、地域別ではアジアを中心とした非 OECD 諸国でのポテンシャルが大きいことがわかる。加えて、技術別での CO₂ 削減ポテンシャルに対しても、省エネが最大であり、これに太陽光・風力等の再生可能エネルギーが続く。このことから、世界的な省エネ推進、再エネ普及活動にアジアを中心とした非 OECD 諸国を取り込むことは持続可能なエネルギー利用のためにも不可欠であると言える。

序図 11 世界の地域別・技術別 CO₂ 削減見通し



（出所）日本エネルギー経済研究所、“IEEJ Outlook 2023 エネルギー安全保障と脱炭素化の両立に向けた挑戦” 2022年10月

IEEJ Outlook において省エネ・再エネ等の技術導入を最大限見込んだ技術進展シナリオの投資額は累計 88.1 兆ドルと推計される。これはレファレンスシナリオより 14 兆 1,000 億ドル多い（序図 12）。



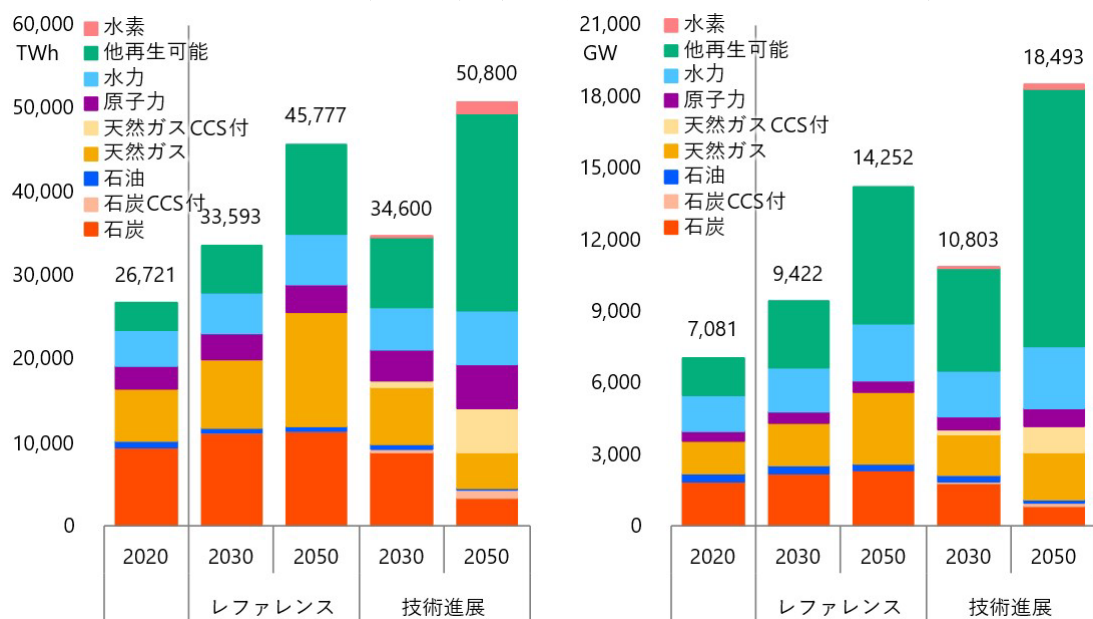
（出所）日本エネルギー経済研究所、“IEEJ Outlook 2023 エネルギー安全保障と脱炭素化の両立に向けた挑戦” 2022年10月

技術進展シナリオにおける化石燃料への累計投資額は、18 兆ドルと推計され、これはレファレンスシナリオの 68%程度である。特に、石炭は投資額がレファレンスシナリオから 50%減少し 9,000 億ドルにとどまる。それでも化石燃料全体で見れば、2040 年代に必要な投資額は現在のそれと遜色ない規模になる。

技術進展シナリオでは、発電・送配電設備投資額は 2050 年までの累計で 35%多い 45 兆 7,000 億ドルにのぼる。電源の中で初期投資費用が比較的高い再生可能エネルギー発電、原子力発電などが、初期投資が安価な火力発電(主に石炭火力)を代替することが原因である。このような電源種の転換は気候変動対策に不可欠であるが、同時に初期費用の増加(と燃料費の大きな低減)は一般に投資回収年数の増加および電力市場における価格形成メカニズムの変化を伴う。事業者が十分な収益を確保することができ、なおかつそれを予見しやすくする制度設計が求められる。

先進国、新興・途上国ともに、再生可能エネルギーが発電設備投資の大半を占める（序図 13）。その中でも、風力、太陽光が年々拡大傾向にある。火力発電への投資額は、先進国では年々縮小するのに対し、新興国では現在と同様の規模が求められ続ける。低炭素電源拡大はもちろん重要だが、火力発電についても可能な限り高効率、低環境負荷の技術が選択され、それらに対し着実に投資が行われることが望ましい。

序図 13 発電設備投資額（レファレンス・技術進展シナリオ）



（出所）日本エネルギー経済研究所、“IEEJ Outlook 2023 エネルギー安全保障と脱炭素化の両立に向けた挑戦” 2022年10月

マルチ枠組みにおける我が国の役割

将来的に新興国を中心とし世界的にエネルギー安定供給の確保と CO2 削減に向け、省エネルギー・再生可能エネルギー導入に必要性がある。加えて、ロシアのウクライナ侵攻に端を発した世界的なエネルギー危機への対応として、省エネルギー推進・再生可能エネルギー普及に向けた世界的な必要性が高まっている。こうした中、省エネルギー・再生可能エネルギーの推進に関するマルチ活動の効果に対して、日本として貢献が可能な分野が多く存在する。例えば、我が国は、世界規模でエネルギー需要が急増する一方で、世界の国々の中でも非常に高いエネルギー効率水準を長年維持している。これは、我が国が 1970 年代に経験した二度の石油危機を契機に、官民あげて、省エネルギー技術の導入とエネルギー管理を推進してきた結果である。他方、世界に目を向けると、経済水準・エネルギー効率共に低い地域が未だ多く存在する。これらの地域や複数の国々に対して、国際マルチ枠組みを活用することによって効率的に我が国がこれまで蓄積してきた省エネルギーに関するノウハウを提供することにより、これから成長するこれらの国々のエネルギー効率化を促すことが可能となる。この観点からも、マルチ枠組みの取り組みは、世界規模でエネルギー需要を抑制していくための有効な手段になると言える。

再生可能エネルギー分野においても国内での発電設備導入が進んできており、特に第 6 次エネルギー基本計画において、再エネを主力電源化することが明示されたことによって、今後の一層の増加は確実と考えられる。こうした再エネ発電の増加の世界的流れの中で、我が国の政策的な経験、知見、そして、技術分野の協力を推し進める一つのチャンネルとしてマルチの枠組みが有効に機能するものと考えられる。特に、今後の再エネ関連の基幹技術となることが確実な蓄電池、系統安定技術、水素利用の諸分野において世界トップレベルの技術を有する我が国としては、マルチの枠組みを通じて、我が国の持つ技術的優位性を活かしつつ、世界各国への働きかけを強めることが可能と考えられる。

マルチ枠組みにおける我が国への裨益

我が国として、本マルチ枠組みを積極的に活用し、参加する国々と協力して省エネルギー対策や再生可能エネルギー導入をグローバルに展開・促進していくことは、世界が直面しているエネルギー需給規模の拡大に伴う地球温暖化問題に資するとともに、我が国技術等の海外展開市場整備にも繋げうる重要な取り組みであると言える。

我が国は省エネルギー分野において先進的な取組を行ってきた実績や強みがあるほか、再生可能エネルギーについても導入拡大を図ってきており、マルチ枠組みを通じてこうした経験を国際社会と共有することにより、一定のリーダーシップを発揮できれば、世界の省エネルギー対策の推進・再生可能エネルギー導入の促進を主導することが可能となる。更に、省エネルギー・再生可能エネルギーの取り組みに関する主要国との協力体制を構築することは、我が国に裨益する戦略的な場とすることもできる。例えば ISO や省エネルギー政策に関する国際的な基準作成は、各国との協調体制が不可欠である。加えて、タイムリーな一次情報の入手は、我が国産業の技術輸出拡大を支援することにも繋がる。さらに、我が国の 2030 年に向けた省エネルギー・再生可能エネルギーの取り組みの推進にも、海外の最新動向の把握が欠かせない。例えば、2030 年度までに省エネ量が最も大きく見込まれている運輸部門では、各輸送モードのエネルギー消費効率は向上し次世代自動車の普及も進展しているものの一層の対策を要する。大規模省エネ投資の促進に向けた取り組みならびに運輸部門の政策措置の強化、そして新たな対策が引き続き検討されることになる。

再生可能エネルギー分野においては、我が国は積極的にその導入を進めているものの世界的にも突出して高いとされる再エネ発電コストの削減による国民負担の低減、自然変動再エネ増加に伴う電力系統の柔軟性確保、再エネ資源の賦存量の偏りに伴う送電線の増強といった課題の解決が我が国においても重要な政策テーマとして急浮上している。これらはいずれも世界的に共通の関心テーマとなっており、世界各国での経験や知見を共有する国際的なフォーラムとしてのマルチ枠組みの積極的な活用は極めて有用と考えられる。2022 年度は我が国にとっても関心の高い諸課題に着目した報告書が IRENA、IEA 等から多く発刊され、我が国からも多くのインプットがなされた。マルチ枠組みを通じた再エネ関連の政策、技術、知見の国際的な共有は、我が国の政策立案にも少なからぬ貢献をもたらしたものと考えられる。

以上の観点から我が国がマルチ枠組みに継続的かつ積極的に参加することは、我が国ならびに世界のエネルギー安全保障・地球温暖化対策にとって有益な取り組みであると言える。本報告書においては、上記に掲げた省エネルギー・再生可能エネルギーに関する国際的なマルチ枠組みの活動について、各タスクの概要、活動状況、今後の課題と展望、我が国が貢献できる可能性についての分析を行っている。構成は、本報告の第 I 編に表序-1 で掲げた省エネルギー関連タスク、第 II 編に再生可能エネルギー関連タスクについて取りまとめ、巻末に関連資料を添付している。

第Ⅰ部 省エネルギー編

第1章 国際省エネルギー組織の取り組みと今後の課題

1.1 IEA EEWP（IEA 省エネルギー会合）

1.1.1 概要と意義

- 設立の経緯

本会合は、IEA の Standing Committee on Long-Term Cooperation（SLT）および IEA の省エネルギー関連の事務局への諮問機関として設立され、IEA 加盟国での省エネルギーのより強固な協力と行動を促すことを目的としている。

- 参加国

OECD 加盟 38 カ国のうち、以下の 31 カ国

豪州、オーストリア、ベルギー、カナダ、チェコ、デンマーク、エストニア、フィンランド、仏、独、ギリシャ、ハンガリー、アイルランド、伊、日本、リトアニア、ルクセンブルク、メキシコ、オランダ、ニュージーランド、ノルウェー、ポーランド、ポルトガル、韓国、スロバキア、スペイン、スウェーデン、スイス、トルコ、英国、米国

アソシエイト国（アルゼンチン、中国、エジプト、インド、シンガポール、ブラジル、インドネシア、南アフリカ、モロッコ、タイ、ウクライナ）については、議長による招聘により参加が可能となる。

- 活動概要と意義

IEA の省エネルギー会合(Energy Efficiency Working Party : EEWP)は、IEA 加盟国における省エネルギー政策の共有およびエネルギー効率の実態について意見交換すると共に、省エネルギー推進のために取り得るオプションについて討議、事務局や長期協力問題常設作業部会 (SLT) の関連活動に対し、参加国が IEA の活動に対して助言、提言を行う。具体的には、以下の項目について諮問等を実施している。

- ◆ IEA 加盟国さらには IEA 非加盟国における経済性のある省エネルギー政策の導入、改善と評価により副次的効果（健康効果、環境改善、雇用促進、エネルギー安全保障等の間接的効果）を促進する方法

- ◆ 実施と評価の優秀事例

- ◆ 最適な省エネルギーのための動向、政策および優先順位

機能としては、以下の活動により参加国側からの貢献が期待されている。

- ◆ 優先順位の高い部門の特定、省エネルギー政策および改善の拡大、各国固有のゴール、優先順位の設定
- ◆ 各国の省エネルギー政策の情報共有
- ◆ 加盟国でのエネルギー安全保障、環境、経済目標を効率的に支援するための省エ

エネルギー政策の特定、国際協力の推進

- ◆ 事務局事業を通じた、省エネルギー政策の支援、ガイドおよびレビュー分析

1.1.2 本年度の活動

IEA では、省エネルギーに関する調査分析を行っており、本会合にて方向性やテーマ、報告書に関する議論を行い、IEA の省エネルギー課の活動方針を決めている。省エネルギー市場報告書や行動変容報告書などが成果として発表されている。

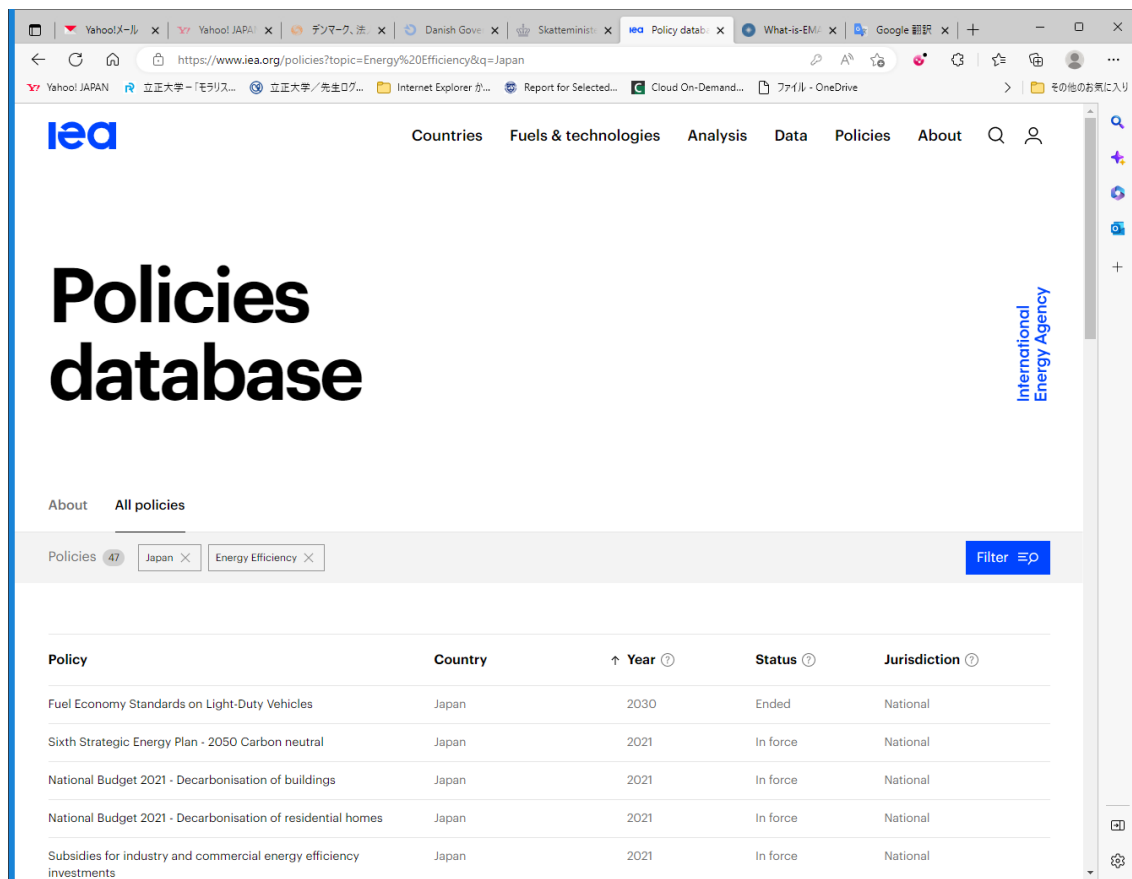
本年度の EEWP の主要な活動を以下に示す。

- 省エネ分析
 - ◆ エネルギー危機の対応
 - ◆ 政策ベータベース
 - ◆ 2022 年省エネ市場報告書
 - ◆ 省エネとデジタル化
 - ◆ 産業部門の省エネ
 - ◆ 建築物の省エネ
 - ◆ 交通部門の省エネ
 - ◆ 都市の省エネ
- 新興国の省エネ（E4）
 - ◆ 省エネトレーニング週間
 - ◆ 省エネ協力（ブラジル、メキシコ、ラテンアメリカ、アフリカ、中国、インド、東南アジア）
- 国際組織との協力
 - ◆ 高効率家電（SEAD）イニシアティブ
 - ◆ IEA-TCP
- IEA の省エネ戦略
 - ◆ 人間を中心としたクリーンエネルギーへの移行の世界委員会：人間を中心とした政策決定の優良事例
 - ◆ 第 7 回 IEA 省エネ世界会合（2022 年 6 月 7 日～9 日）
 - ◆ デジタル化による需要主導型電力ネットワーク（3DEN）イニシアティブ
 - ◆ 省エネルギーハブ
- 各国省エネ政策の深掘りとその他報告書等
 - ◆ 各国政策深掘り報告書（IDRs）

本事業での日本の活動は、9 月および 3 月に開催されたオンラインでの本会議への参加であった。主な議論は、加盟国から上述した IEA 事務局活動に対するアドバイス、各国の経験の共有、各国の要望であった。日本としては、IEA が発行する省エネルギー関連の報告書へのコメント・支援、IEA から要請のあった省エネルギー政策および省エネルギーインセン

ティブデータベースの提出、等の活動も計画されていた。

図 1.1-1 政策データベース



The screenshot shows the IEA Policies database interface. The main heading is 'Policies database'. Below it, there are filters for 'Policies' (47) and 'Japan'. A table lists several policies for Japan, including 'Fuel Economy Standards on Light-Duty Vehicles', 'Sixth Strategic Energy Plan - 2050 Carbon neutral', 'National Budget 2021 - Decarbonisation of buildings', 'National Budget 2021 - Decarbonisation of residential homes', and 'Subsidies for industry and commercial energy efficiency investments'.

Policy	Country	↑ Year	Status	Jurisdiction
Fuel Economy Standards on Light-Duty Vehicles	Japan	2030	Ended	National
Sixth Strategic Energy Plan - 2050 Carbon neutral	Japan	2021	In force	National
National Budget 2021 - Decarbonisation of buildings	Japan	2021	In force	National
National Budget 2021 - Decarbonisation of residential homes	Japan	2021	In force	National
Subsidies for industry and commercial energy efficiency investments	Japan	2021	In force	National

(出所) IEAホームページ

1.1.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法

IEA からは、報告書のレビュー依頼等の要請もあるが、今後も IEA からの要請に応えながら、こうしたレビューや EEWP 会合などを通じて、日本として IEA 分析及び国際的発信機能を活用していくことが重要である。また、IEA で取り上げるテーマは各国からの意見を基に設定されるため、興味があるテーマがあれば日本側から示すことが大切である。

日本が本会議に参加する意義は、日本の省エネルギーの取り組みを本会議や IEA が主催するワークショップ等を通じて紹介することで、日本の政策を提示・アピールする場、また他国の省エネ政策を国内政策検討にも活かす視点で情報収集や IEA 及び他国政府機関とのネットワーク構築の場、として活用できることである。このような活動を通じて、日本の省エネルギーに関する経験・政策・取り組み等を加盟国およびオブザーバーと共有することで、世界的な省エネルギーの推進に貢献することが可能であり、今後も継続的に IEA が発行する報告書へのコメント、日本のケーススタディ等を紹介することが肝要である。

また本会議では、加盟国およびオブザーバーから省エネルギーに関する取り組み・政策の紹介が行われるため、日本として参考となる情報の収集、他国との協力の可能性についての情報収集にも活用可能である。

1.2 省エネルギーハブ

1.2.1 概要と意義

- 設立の経緯

前身の IPEEC（国際省エネルギーパートナーシップ）が 2009 年に活動を開始したが、設立時に活動期間として合意した 10 年が経過し、2019 年 12 月をもって終了した。そこで、IPEEC 加盟国を中心に継続について議論を行った結果、IEA 内に設立された省エネルギーハブに活動を引き継ぐことで合意がなされた。

- メンバー国

現在のメンバー国は、アルゼンチン、豪州、ブラジル、カナダ、中国、デンマーク、EU、フランス、ドイツ、日本、韓国、ルクセンブルク、ロシア、サウジアラビア、英国、米国の 16 カ国となっている。

- 活動概要と意義

以下の 5 つのタスクグループの設立が公表されている。

- ・ デジタル化ワーキンググループ（DWG）
- ・ SEAD（The Super-Efficient Equipment and Appliance Deployment Initiative）
- ・ EEB（Energy Efficiency in Buildings）
- ・ TOP TENS（優良技術および優良事例）
- ・ EMAK（エネルギー管理行動ネットワーク）

各タスクグループにおいて、目的や活動計画を作成し、対象となる省エネルギー分野の取組を促進する。DWG および SEAD の概要は下記のとおりである。

- SEAD

- 参加国：（23 ヶ国、2023 年 2 月時点）

アルゼンチン、オーストラリア、ブラジル、カナダ、チリ、中国、コロンビア、デンマーク、ドイツ、ガーナ、インド、インドネシア、日本、韓国、メキシコ、ナイジェリア、パナマ、ロシア、サウジアラビア、南アフリカ、スウェーデン、トルコ、英国

（議長国）：イギリス、欧州委員会、スウェーデン、インド

- 概要：2009 年クリーンエネルギー大臣大会(CEM)の下で、米国の提案で家電・機器の省エネ政策の推進を目的に創設された。2019 年からは IEA が事務局(実施機関)となり、IEA・省エネハブのタスクグループとしても承認され、現在 SEAD は欧州委員会、インド、スウェーデンおよび英国が共同で主導している。

- DWG（Digital Working Group）

- 参加国：（2023 年 2 月時点） 欧州委員会、米国、カナダ、フランス、ドイツ、デンマーク、ブラジル、日本 （2022 年議長国）米国

- 概要：エネルギー分野でのデジタル活用事例、課題や方策を各国の政策立案者に提供することが目的。2022 年は建築分野を対象に実施した。建築分野でのデジタル活用の事例調査、政策課題の整理、ロードマップの策定を行った。

1.2.2 本年度の活動

具体的な活動は、各タスクグループにより実施されている。SEAD および DWG の活動を以下にまとめる。

- SEAD の 2022 年の活動
 - SEAD 議長国と IEA Energy Efficiency Hub 事務局中心に、各種カンファレンスでサイドイベントを実施（CEM サイドイベント（4 月）、第 7 回省エネカンファレンスサイドイベント（6 月）、Clean Energy Ministerial Global Clean Energy Action Forum サイドイベント（9 月）、COP27 サイドイベント（11 月））
 - ラテンアメリカにおける電化製品の地域基準とラベル政策の支援
 - アフリカ開発 IEA との共同開催によるエネルギー効率政策パッケージのトレーニング
- DWG の 2022 年の活動
 - 第 2 回ワーキング 2022 年 3 月 23 日（水）日本時間午後 10 時～11 時 50 分（オンライン開催）
 - ・ メンバー国の建築分野でのデジタル活用の事例報告。
 - ・ 日本からはスマートビル、スマートホームの事例を紹介。
 - 第 3 回ワーキング 2022 年 7 月 7 日（木）日本時間午後 10 時～11 時 40 分（オンライン開催）
 - ・ 日本から ECHONET Lite（スマートハウス通信基準）の経緯、課題を紹介。
 - ・ 本ワーキングまでにメンバー国は自国のスマートビル、スマートホーム関連の政策概要、ベストプラクティスの紹介、課題レポートを作成。各国レポートに基づき、事務局からデジタル化政策課題として「プライバシー」、「サイバーセキュリティ」、「相互互換性」、「データ取得と分析」、「デジタル化に伴う電力消費」の 5 項目で整理した「各国の政策、ケーススタディ報告書（案）」を提出。
 - 第 4 回ワーキング 2022 年 10 月 20 日（木）日本時間午後 10 時～11 時 10 分（オンライン開催）
 - ・ 第 3 回ワーキングでプレゼンが無かったフランスからの事例報告。スマートサーモスタットやデジタルビルマネージメントの義務化予定の説明。
 - ・ 事務局から、政策立案者向けの建築省エネにおけるデジタル活用の政策ロードマップ案が提案された。
 - ・ ロードマップは「レベル」と「フェーズ」に分類。「レベル」には課題の認識

と解決策を知るための3つの段階に応じて情報提供している。レベル1: デジタル化を広く普及するにあたり課題の概要を認識する、レベル2: 短期、中期、長期の参考になる戦略、レベル3: 成功事例の参照

- ・ また、フェーズは、政策策定段階（フェーズ1）、フェーズ2（パイロット事業）、フェーズ3（大規模展開）毎の政策事例が紹介されている。
- ・ 2022年の総括意見交換。ロードマップは政策設計やパイロット実証の設計には役に立つが、大規模展開した場合の定量的な成功指標が無い、効果検証においてデジタル化の貢献とユーザー意識や機器効率などその他の貢献の分離が困難である、デジタル化でどのようにエネルギー使用が変わっているかのデータ収集方法が確立できていない、分散型再エネの普及、蓄電池の普及、EV充電等、従来の建築分野以外の要素をどのように組み込むかも課題、という意見があった。

1.2.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法

SEADはIEAが2021年11月にイギリスと共同でEnergy Efficiency Hubを創設し、クリーンエネルギー大臣会合（CEM）との共同運営体制に移行した。2022年もIEAが関係する国際会議等を通じた情報発信活動やIEAが中心となった南米諸国、アジア諸国向けのウェビナーや教育プログラムでこれまでの知見を発信する活動が続いている。日本のトップランナー基準やその運営など、とりわけエアコンや冷蔵庫は、南米諸国やアジア諸国の参考になると考えられる一方、SEADを通じての情報発信に積極的に関与するには、各種交渉やプログラムの企画、運營業務を担う必要があると考えられる。当面はオブザーバーやゲストとしての参加にとどめ、後進国向けの情報発信の場で、どのような意見や要望が出てくるかを収集する活動が現実的と考えられる。

DWGは、2022年3月からの参加だったが、米国エネルギー省がPacific Northwest National Laboratoryを実質的な事務局として費用負担、活動負担を行う枠組が決まった後での参加になった。省エネルギー分野におけるデジタル活用という領域は広く、3月のワーキングではメンバー国から関心の高い分野、技術に対するヒアリングが行われた。オーストラリアやイギリスは、既存建築物のエネルギー消費や建築物の省エネルギー性能をデジタルデータ化し、効果的な省エネ政策のターゲットを絞る技術を希望していたが、米国やブラジル、カナダは建築物の省エネルギーマネージメント、再生可能エネルギー利用のマネージメントにおけるデジタル活用を希望し、事務局の米国の提案で建築物の省エネ再エネマネージメントへのデジタル活用の課題というテーマで合意した。事務局の米国エネルギー省が、費用負担は求めない代わりに情報提供のレポート作成、ワーキングでのプレゼン活動を要請し、メンバー国のほとんどが積極的に事例発表を行った。また、事務局の米国エネルギー省が、米国内の建築関連のカンファレンスやウェビナーを通じて、建築事務所、ゼネコン、設備事業者らの意見を収集し、ワーキングで共有する活動は非常に参考になった。米国がDWG事務

局を務めるのは 2022 年限りで、2023 年の活動については Energy Efficiency Hub 事務局で方針を検討中である。今後も DWG が建築分野を対象にするかどうかはわからないが、建築分野の場合、住宅ではスマートサーモスタットによる暖房エネルギーの利用効率が大きなテーマになっており、ブラジルや日本ではセントラル空調ではない、暖房需要が小さい等の背景の違いがある。商用ビルでは、多くの国で空調や照明動力のビルマネジメントは普及しており、再生可能エネルギーと蓄電池、EV 充電等の総合的な管理に関心が集まっている。オーストラリアやイギリスは建築物のデジタル情報の活用、コミュニティ単位でのデジタルツインによるエネルギー政策の有効性などに興味を持っており、オーストラリアなどの意向が反映される活動は参考になることが多いと考えられる。

1.3 IEA 4E（電気機器エネルギー効率実施協定）

1.3.1 概要と意義

- 設立の経緯

IEA は、各国政府が各種電気製品のエネルギー効率を高めるための政策立案を支援するために、2008 年に国際協力実施協定の一つとして、電気機器の高効率化を世界的に進めるための枠組みである IEA4E（Efficient Electrical End-use Equipment）を発足させた。2007 年の洞爺湖サミットで IEA が発表した加盟国への「Policy Recommendation」に沿って、その具体化を目指すプロジェクトとして推進するものである。

- 参加国・地域（14 か国 1 地域）

オーストラリア、オーストリア、カナダ、デンマーク、フランス、日本、韓国、中国、オランダ、スウェーデン、スイス、英国、米国、欧州委員会、ニュージーランド

- 活動概要と意義

2008 年から 2013 年を第 1 期、2014 年から 2019 年 2 月を第 2 期として活動している。2019 年 3 月から第 3 期が開始し、2024 年 3 月まで活動を予定。続いて第 4 期への延長を議論している

- ExCo（Executive Committee, 執行委員会）

- 議長国：スイス（暫定）
- 概要：4E 全体のコーディネーションを実施、4 つの Annex 及び 3 つの ExCo 直下プロジェクトの活動が報告されるとともに、予算の配分を決定される。第 1 期に実施された各国の規制水準や機器の効率水準を比較する M&B (Mapping & Benchmarking) Annex は、第 3 期の現在は ExCo 傘下の直轄の PEET プロジェクトとして継続されている。また、エアコンの試験方法をより現実 に即した方法を探索するためのプロジェクトが進められている。

- EMSA（Electric Motor System Annex, 日本未参加）

- 議長国：スイス
- 参加国：オーストラリア、オーストリア、デンマーク、欧州委員会、オランダ、ニュージーランド、スウェーデン、スイス、米国
- 概要：機器に用いられる高効率モータの基準と普及の調和を図ることを目的として、モータ単体及びモータ応用製品（ポンプ、ファンおよび圧縮機）のエネルギー消費低減への政策の調査を行っている。また、ISO/IEC での国際基準の策定へのデータや知見の提供、産業界と政府関係者が出席する Motor Summit を年に一回開催している。

- EDNA（Electronic Devices and Network Annex, 日本参加）

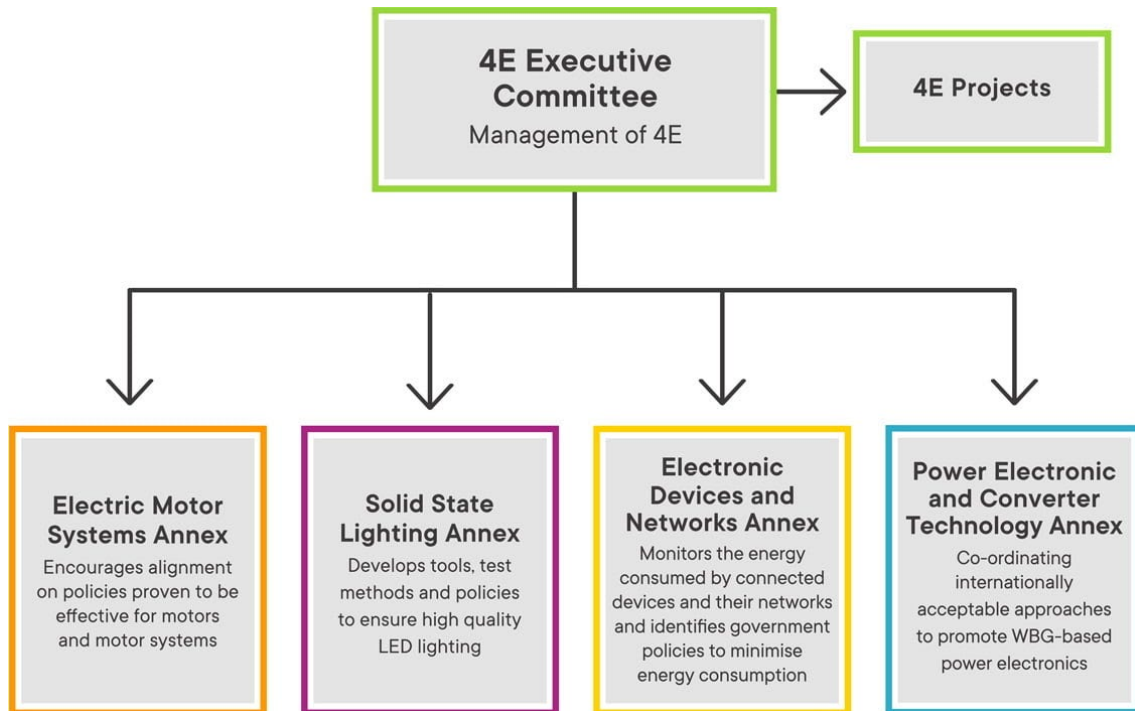
- 議長国：オランダ

- 参加国：オーストラリア、オーストリア、カナダ、デンマーク、欧州委員会、フランス、日本、韓国、オランダ、ニュージーランド、スウェーデン、スイス、英国、米国
- 概要：ネットワーク接続機器の待機電力の削減を目指し、各国の規制状況、市場調査などのプロジェクトを実施している。G20 と連携したネットワーク待機電力の削減に向けた活動を実施、政府と産業界がこの分野に関する協力を進めるために立ち上げられた CDA (Connected Device Alliance) の活動を支援している。日本は第 2 期の 2015 年 5 月より当該 Annex に参加している。
- SSL (Solid State Lighting Annex, 日本未参加)
 - 議長国：フランス
 - 参加国：オーストラリア、デンマーク、フランス、韓国、スウェーデン、英国
 - 概要：世界的な LED 照明機器の評価基準の統一を図り、ラウンドロビンを実施。日本は LED 照明の ISO 化活動の一環として、第 1 期のみ当該 Annex に参加した。第 3 期では 10 タスクを並行して実施中。その中には寿命試験方式の標準化、MV&E (Monitoring Verification and Enforcement)、製品データベースの作成と更新などがある。
- PECTA (Power Electronic Conversion Technology Annex, 日本未参加)
 - 議長国：スウェーデン
 - 参加国：スイス、オーストリア、スウェーデン、デンマーク
 - 概要：2019 年から新規 Annex として設置、パワーエレクトロニクス（パワー半導体）によるエネルギー効率改善を目指し、関連する技術開発情報の収集、パワエレによる省エネポテンシャルの推計といったタスクを実施予定。

以上が、2023 年 3 月時点における IEA4E としての活動の概要である（図 1.3-1 参照）。このうち、日本は実施協定の参加国として ExCo に出席、ネットワーク待機電力及び関連分野を対象とする EDNA に加盟している。

このため、EDNA の活動について、各国の政策動向を聴取するとともに、各国担当者が今後の規制導入等を見据えてどのような分野におけるタスク化に関心をもっているのかを聴取した。

図 1.3-1 IEA4E の組織体制図



1.3.2 本年度の活動

2022年度は、新型コロナウイルス蔓延の影響で5月の会合はオンライン開催となったが、11月の会合は3年ぶりにオランダのユトレヒトでの開催となった。

4月と11月に開催されたExCoでは、IEA4E全体の活動状況、各Annexの活動、ExCoとして実施されている下記の3つのプロジェクトについて報告があった。

- PEET (Product Energy Efficiency Trends)
 - 期間：2019年3月～
 - 概要：各国で規制の対象となっている製品のエネルギー効率のトレンドを調査、今後の技術動向についても調査を行う。また、ワークショップを通じてIEA4E参加国の規制動向について、関係者限りでの情報共有を行う。
 - 状況：各国の効率規制水準の比較を定例作業とした上で、参加者の関心が高い機器分野の政策形成状況について情報交換をするための小規模ワークショップを年に5回程度開催している。
 - 今後の展開：各国比較は、EUや中国などがデータ提供を準備している。また、小規模ワークショップの内容を踏まえたPEETの方向性について、今後のExCoで議論される。
- システムプロジェクト
 - 期間：2019年3月～2022年11月
 - 概要：製品ベースの政策を基にシステムレベルへの影響を検討するためのカバ

レッジと定義を検討することを目的にしている。これを踏まえてケーススタディを行う。

- 状況：調査結果を取りまとめ、報告書を公表。IEA の Energy Efficiency Report 2023 でもシステム評価のポテンシャルが取り上げられた。
- 今後の展開：システム評価について、引き続き対象製品を拡大可能であるかを検討している。
- 新しいエアコン試験方法の検討及びラウンドロビンテストプロジェクト
 - 期間：2020 年 9 月～
 - 概要：2019 年から 2020 年に実施された各国のエアコン試験方法の国際比較結果を踏まえ、エアコンの能力を正確に評価するための新しい試験方法を産業界や技術専門家と検討、実機試験や各国試験所とのラウンドロビンテストを実施して新しい試験方法を検討する。
 - 状況：第 4 フェーズの実測試験を米国、デンマーク、韓国、ニュージーランドの試験所で進めている。2022 年 12 月末に完了予定であったが、デンマークの試験所で計測トラブルがあり、2023 年 4 月まで実測試験の期間が延長された。
 - 今後の展開：4 か国の試験所で行われた試験結果を取りまとめ、エアコンの試験方法に関する報告書を作成予定。公表前に、産業界、専門家と議論を予定。

次に、日本が参加する EDNA の活動について 5 月と 11 月の EDNA 会合の結果を整理する。以下は、実施中のタスク一覧である。

図 1.3-2 EDNA のタスク一覧(直近を抜粋)

	Task / Project Name	Status	Lead	2022	2023
F	20 Small Network Equipment	Published	Netherlands		
	21 Demystifying Communications Protocols	Underway	New Zealand		
	22 Plug and Play Devices (+Users TCP)	Published	Denmark		
G	23 Metrics for Data Centre Efficiency	Published	NL, JP, AT		
	24 Mobile Devices	Underway	USA		
	25 Emerging Battery Technologies	Underway	USA		
	26 Interoperability	Published	EU		
	27 Connection with Standardisation	Published	EU		
H	28 Data Centres 1 - Scope, Trends and Data	Underway	Netherlands		
	29 Data Centres 2 - Overview of Measures		Netherlands		
	30 Data Centres 3 - Expanding the TEM		Netherlands		
	31 Data Centres 4 - Policy Development		Netherlands		
	32 Data Centres 5 - Dissemination		Netherlands		

○ 実施中のタスク

2023 年 3 月時点で、以下のタスクが進められており、4 月以降に順次報告書案とコメントや電話会議での質疑、ワークショップ開催による展開を進める予定である。

- ・ Metric for Data Centre Efficiency（リード国：オランダ/オーストリア）：データセンターのエネルギー効率の測定方法、国際基準等の動向について調査。

この他のタスクについて、各国とも Demand side Flexibility に関するタスクへの関心が高く、過去のタスク結果を踏まえ、新たなタスクを実施するか議論している。

1.3.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法

IEA4E は、機器や製品のエネルギー効率を向上させることを目的としてきたが、これがあがる程度の限界を迎える中で、デマンドレスポンスやデータセンターといったシステムとしての効率向上といった視点で捉えなおすことで、機器や製品のエネルギー効率改善政策がどのように貢献・寄与できるのかという政策形成への関心が高まっている。これは、デジタル化のように機器同士が通信する機能が付加することが一般的になりつつある中で、これまでのような機器・製品というスコープを超えた政策形成の必要性に迫られていることが反映されている。我が国でもトップランナー制度の見直しに着手しており、こうした問題意

識は同様であるが、どのように製品のエネルギー効率向上に結び付けるのかが課題であり、この点からも IEA4E の活動が、今後の政策形成に寄与できる余地があると考えられる。

また、個別の取組として、ExCo プロジェクトである PEET やエアコン試験プロジェクトについて、我が国でも関心の高い内容を扱っている。

PEET の試験方法、基準等を比較する方法論において、各国の使用方法、試験方法、使用環境といった相違を反映できていないという課題は残っているが、一定の想定の下での相対的な基準の水準を確認できることは、今後の政策形成においてインプリケーションの一つとなる。また、事務局は各国の基準形成の背景を共有するためのワークショップを関係者限りで開催しており、こうした議論を通して国際比較の背景にある課題を共有することに意味がある。

続いて、エアコン試験プロジェクトについて、これまでの国際比較結果を踏まえ、実機試験やラウンドロビンを次の段階に進んだことで、その結果を踏まえた新たな試験基準案に関する国際的な議論の動向が注目される。今後、我が国産業界とも情報共有をして、適切な対応が必要となる。

最後にて、EDNA の活動は、データセンターのエネルギー効率、機器通信に関する技術的な事項の整理といったように、機器に搭載されたネットワーク機能、及びその通信先についてもスコープとしてタスクが進行している。特に、データセンターのエネルギー効率については、国内でもベンチマークによる規制対象として議論が進められており、こうした政策形成に情報を提供することができるようにタスクの進捗や今後の方向性に対して意見やコメントを事務局と共有することが重要となる。

2023 年 2 月に閣議決定された GX 基本方針において省エネの徹底化が改めて示されたところ、引き続き機器の効率向上は重要な政策分野である。そのため、IEA4E の活動を通じて各国の規制動向について聴取するとともに、我が国としても関心がある領域については積極的に情報収集していくことが重要である。

1.4 APEC EGEE&C（APEC 省エネルギー専門家会合）

1.4.1 概要と意義

● 設立の経緯

APEC 省エネルギー専門家会合（APEC Expert Group on Energy Efficiency and Conservation : EGEE&C）は、省エネルギー及びエネルギー効率向上の実践と技術の適用を通じて、APEC 域内におけるエネルギー安全保障の達成を支援し、経済及び社会的福利を促進し、環境便益を実現するために、1993 年、APEC エネルギー作業部会（Energy Working Group: EWG）により設立された。2023 年 3 月に香港が主催し対面・オンラインのハイブリッドで開催された会合で 60 回目の開催を迎えている。

EGEE&C は、上記目的の達成のため、省エネルギーに関する APEC 事業を推進するとともに、各エコノミーにおける省エネルギー政策関連の情報交換の場として、専門家が集う場を提示している。EWG の下に他の 3 つの専門家会合と共に設定されている²⁷。

● 参加国・地域

APEC に参加する 21 のエコノミーが EGEE&C のメンバーであるが、EGEE&C への近年の参加メンバーは以下のとおりである。

議長:香港

参加エコノミー：オーストラリア、中国、香港、インドネシア、日本、韓国、マレーシア、ニュージーランド、フィリピン、シンガポール、タイ、中華台北、米国、ベトナム
なお、オブザーバーとして以下の組織が EGEE&C 会合に参加している。

- ・ 国際銅協会（様々な APEC 事業を各エコノミーと共に実施している）
- ・ CLASP (ASEAN 等、APEC 加盟エコノミーでの基準形成に向けた分析調査を紹介)
- ・ Energy Efficiency Hub（各タスクグループの事業進捗を紹介）
- ・ IEA（EGEE&C 活動との重複分野に関する紹介）
- ・ World Green Building Council（住宅建築物の脱炭素化に向けた取り組みを紹介）

● 活動概要と意義

EGEE&C は、EWG 傘下の専門家会合であり、省エネルギー政策に関する各エコノミーにおける進捗共有ならびに APEC 資金を活用した省エネルギー事業の推進が主な活動内容である。APEC では 2035 年までにエネルギー原単位を 2005 年比で 45%改善する目標を設定していることもあり、APEC 資金を活用した事業の多くが省エネルギーに関連している。本専門家会合で省エネルギー政策の形成や基準形成に資する事業を選択し進捗を管理することは、45%のエネルギー原単位改善目標達成に向け重要である。

²⁷ 他の 3 つの専門家会合は以下のとおりである。EGCFE（Expert Group on Clean Fossil Energy：クリーン化石燃料専門家会合）、EGEDA（Expert Group on Energy Data & Analysis：エネルギーデータ・分析専門家会合）、EGNRET（Expert Group on New and Renewable Energy Technologies：新再生可能エネルギー技術専門家会合）。

1.4.2 本年度の活動

2022 年度は、10 月 5 日～6 日にタイが主催し、オンラインでの第 59 回会合 (EGEE&C59) が開催された。加えて、2023 年 3 月 15 日～16 日に香港が主催し、ハイブリッド形式で第 60 回会合(EGEE&C60)が開催された。

これらの会合では、APEC 事業の進捗を確認するとともに、各エコノミーにおける省エネルギー政策の進捗について情報交換が行われた。

なお、事業進捗の確認を行ったもののうち、主要なプロジェクトを以下にまとめる。

(1) 香港

- Capacity Building Workshop on Retro-commissioning (RCx)
 - 建築物の省エネ改修についてのキャパビルを実施し、ガイドラインを作成、そしてトレーニングを実施する。
 - 100 名以上のメンバーが参加。
- Promoting Energy Efficiency and Reducing Resilient Data Centres in the APEC Region
 - キャパビルを実施、ワークショップでベストプラクティスを共有。10 月に報告書を作成予定。
- Capacity Building Workshop on APEC's Goals of Doubling the Renewable Energy Share in the Energy Mix and Reducing Energy Intensity
 - 知見の共有について、ワークショップを開催。
- Promoting Energy Modelling in the APEC Region
 - エネルギーモデリングにより予測を実施、進捗の把握を実施するにあたって、非常に重要。今年 8 月にワークショップを開催する予定。
- Retro-Commissioning Hub: training and Registration Scheme PEC についてのコンセプトノート
 - キャパビルの実施を目途としたもの。コンセプトノートは APEC に了承されている。

(2) タイ

- Achieving Carbon Neutrality through BCG model
 - 2022 年 6 月から 2023 年 7 月にプロジェクトを実施。ホノルルでワークショップを開催する。政策調査を実施し、運輸と建築物に関するまとめを行っている。政策形成にかかわるベストプラクティスを共有する。

(3) USA

- Sustainable Mobility: Routes for integrating the Energy and Transport Sectors for Sustainable Urban Cities
 - 2-3APEC エコノミーにおける脱炭素に向けた対応を調査する。

1.4.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法

APEC EGEE&C 活動の中心である APEC 資金を活用した省エネルギー事業の推進について、米国ならびに中国提案の事業が従来は多かったものの、新規事業としては、香港やフィリピン、タイなど多様なエコノミーが APEC 資金を活用した事業提案を行っている。

実施事業の中には、ワークショップの実施にとどまる場合もあるが、政策形成への貢献として知見を収集する重要な機会として活用されている場合もある。

アジア太平洋エネルギー研究センター (Asia Pacific Energy Research Centre: APERC) が APEC 資金を活用し、各エコノミーの省エネ政策の Peer Review を実施している。APERC の役割としては、同事業の事務局として調整機能を果たしているが、Peer Review に参加する専門家は日本を含む APEC メンバーエコノミーから招聘される。こうしたプロセスにおいて、世界をリードする日本の知見を共有することは重要である。加えて、APEC 域内のエネルギー原単位の改善にかかわる進捗の調査を APERC が実施しており、本成果が長期のエネルギー見通し (APEC Energy Demand and Supply Outlook) に反映されている。こうした研究成果を活用し、省エネルギー技術導入、基準形成、専門家支援といった側面で日本のできる貢献分野を検討することは、特に Non-OECD メンバーの APEC エコノミーにおいて期待される。

APEC 資金に対する日本の拠出金はメンバーエコノミーの中で最大であることを考慮し、APEC 資金を活用し日本に裨益する事業を推進するなど、戦略的に APEC EGEE&C の場を活用することが必要だろう。日本の 2050 年カーボンニュートラル達成に向けた道筋と、それに向けた政策・助成措置の在り方について、高い関心が寄せられている。日本の経験に立脚し、徹底した省エネルギーの推進の重要性を APEC エコノミーに広く共有することが重要である。

第2章 各会合の議事録（省エネ編）

2.1 IEA-EEWP

IEA-EEWP は、IEA 本部の所在地であるパリにて、基本的に開催される。ただし、今年度はオンラインによる開催となった。

2.1.1 第 49 回 IEA-EEWP

EEWP が対面（一部加盟国はオンラインにて参加）にて開催され、その概要を記す。

- 日程

第 49 回 EEWP : 2022 年 9 月 27 日 9 : 30～17 : 30（パリ時間）
（16 : 30～24 : 30 日本時間）

- 概要

第 49 回 EEWP

- ◆ IEA 事務局より事業概要および体制の説明が行われ、議論が行われた。空席となっていた副議長についてスウェーデンから立候補があり承認された。活動については、デンマークで開催された第 7 回 IEA 省エネ世界会合の概要、デジタル対応の省エネ、省エネトレーニング活動、CEM13/MI7 の概要、2022 年秋に公表予定の省エネ市場報告書の概要等について説明の後、議論が行われた。また、日本を含む数か国から、各国の省エネに関する最新の取り組みが共有された。
- ◆ 空席となっていた副議長の選出が行われ、スウェーデンから選出された。

2.1.2 第 50 回 IEA-EEWP

EEWP が対面（一部加盟国はオンラインにて参加）にて開催され、その概要を記す。

- 日程

第 50 回 EEWP : 2023 年 3 月 13 日（13 : 30～17 : 00 パリ時間）、14 日（9:00～15 : 00
パリ時間）

- 概要

第 50 回 EEWP

- ◆ IEA 事務局より事業概要および体制の説明が行われ、議論が行われた。今後の活動について、第 8 回 IEA 省エネ世界会合を 6 月に開催予定。例年通り省エネ市場報告書を 12 月に発表予定。省エネトレーニング（E4）もこれまでと同様に実施予定。CEM や COP でのイベントを開催予定。SEAD や 3DEN の活動

を実施する予定。

- ◆ コスト効果的な視点による分析を実施するために、新たなデータ収集方法を実施してゆく。市場を分析するために、新製品の動向や価格と効率の関係を明らかにするためにデータを取集する。
- ◆ IEA より今年の省エネ市場報告書は、基本となる原単位等の分析とエネ危機などの特別分析の 2 つのパート構成を考えている。特別分析のパートのテーマについては、参加国からの意見を参考にして決定してゆく。

2.2 IEA 4E

5 月に ExCo 25、11 月に ExCo26 として開催されたオンライン会合の概要を以下にまとめる。

2.2.1 第 29 回 IEA4E 執行委員会

- ◆ 日時：2022 年 5 月 17-19 日 19:00-21:00
- ◆ 会場：オンライン会合
- ◆ 参加国：豪州、カナダ、オーストラリア、デンマーク、ニュージーランド、日本、韓国、オランダ、スウェーデン、スイス、米国、英国、中国、欧州委員会、IEA
- ◆ 議事概要
 - EMSA、SSL-Annex、EDNA、PECTA の各 Annex から進捗状況の報告があった。
 - 事務局から 4E プロジェクトとして実施している Product Energy Efficiency Trends の作業進捗、エアコン試験方法開発プロジェクトの実機試験状況、システムプロジェクトの再議論について進捗が報告された。

2.2.2 第 30 回 IEA4E 執行委員会

- ◆ 日時：2022 年 11 月 15-16 日
- ◆ 会場：オランダ・ユトレヒト
- ◆ 参加国：豪州、カナダ、オーストラリア、デンマーク、ニュージーランド、日本、韓国、オランダ、スウェーデン、スイス、米国、英国、欧州委員会、IEA
- ◆ 議事概要
 - EMSA、SSL-Annex、EDNA、PECTA の各 Annex から進捗状況の報告があった。
 - 事務局から 4E プロジェクトとして実施している Product Energy Efficiency Trends の今後の方針が説明された。また、エアコン試験方法開発プロジェクトの実機試験が遅延しており、完了させるための追加予算が承認された。

2.3 APEC EGEE&C

APEC EGEE&C では、定期的に会合が行われている。以下に会合の概要を記す。

2.3.1 第 59 回 APEC EGEE&C 会合

- 日程：2022 年 10 月 5 日～6 日
- 開催場所：タイ政府主催、オンライン開催
- 概要
 - ◆ EGEE&C 会合では、2035 年のエネルギー原単位改善目標達成に向け、各エコノミーが省エネルギー政策の形成に関する進捗と課題を報告した。
- APEC 資金を活用したプロジェクト
 - ◆ APEC 資金を活用した事業の進捗確認については、以下の通り各事業担当エコノミーが報告を行った。

Hong Kong, China

- Capacity Building Workshop on Retro-commissioning (RCx)
 - レトロ Commissioning についてのキャパビルを実施し、ガイドラインを作成、そしてトレーニングを実施する。
 - 100 名以上のメンバーが参加。
- Promoting Energy Efficiency and Reducing Resilient Data Centers in the APEC Region
 - キャパビルを実施、ワークショップでベストプラクティスを共有。10 月に報告書を作成予定。
- Capacity Building Workshop on APEC's Goals of Doubling the Renewable Energy Share in the Energy Mix and Reducing Energy Intensity
 - 知見の共有について、ワークショップを開催。
- Promoting Energy Modelling in the APEC Region
 - エネルギーモデルの構築について、10 月にワークショップを開催。
- Retro-Commissioning Hub: training and Registration Scheme PEC についてのコンセプトノート
 - キャパビルの実施を目途としたもの。コンセプトノートは APEC に了承されている。

USA

- Sustainable Mobility: Routes for integrating the Energy and Transport Sectors for Urban Cities
 - ケーススタディを実施している。
- Sustainable Mobility: Routes for integrating the Energy and Transport Sectors for Sustainable Urban Cities
 - 技術支援をラテンアメリカの APEC エコノミーに提供。

2.3.2 第 60 回 APEC EGEE&C 会合

- 日程：2023 年 3 月 15 日 16 日
- 開催場所：香港政府主催、ハイブリッド開催
- 概要
 - ◆ EGEE&C 会合では、2035 年のエネルギー原単位改善目標達成に向け、各エコノミーが省エネルギー政策の形成に関する進捗と課題を報告した。
- APEC 資金を活用したプロジェクト
 - ◆ APEC 資金を活用した事業の進捗確認については、以下の通り各事業担当エコノミーが報告を行った。

HKC

- 三つのプロジェクトが進行中である。

Capacity Building workshop on APEC's Goals of Doubling the Renewable Energy Share in the Energy mix and Reducing Energy Intensity

- ワークショップを開催し、各エコノミーでの戦略を共有した。
- 100 人以上の参加者があった。

Promoting Energy Modelling in APEC Region

- エネルギーモデリングにより予測を実施、進捗の把握を実施するにあたって、非常に重要。今年 8 月にワークショップを開催する予定。

Retro-Commissioning (RCx) Hub: Training and Registration Scheme APEC

- トレーニングコースを実施。

APSEC

- Self-funded project として「Strategy for Low-carbon City」を申請していたものが承認された。

Thailand

Achieving Carbon Neutrality through BCG model

- 2022 年 6 月から 2023 年 7 月にプロジェクトを実施。ホノルルでワークショップを開催する。政策調査を実施し、運輸と建築物に関するまとめを行っている。政策形成にかかわるベストプラクティスを共有する。

USA

- APEC Workshop Furthering University Collaboration to Support Data Gathering and Analysis in Energy Efficiency
- Sustainable mobility: Routes for integrating Energy and Transport Sectors for Sustainable urban mobility: 昨年承認されてプロジェクトが実施段階にある。2-3APEC エコノミーにおける脱炭素に向けた対応を調査する。

第Ⅱ編 再生可能エネルギー

第3章 国際的な再生可能エネルギー組織の取り組みと今後の課題

3.1 IEA REWP（IEA 再生可能エネルギー作業部会）

3.1.1 概要と意義

- 設立の経緯

IEA 再生可能エネルギー作業部会（REWP：Working Party on Renewable Energy Technologies）は IEA のエネルギー研究・技術委員会（CERT: Committee on Energy Research and Technology）の下に 1982 年設立された CERT の下部組織である。IEA における再生可能エネルギーの研究開発と市場展開を支援する組織として、CERT に対して再生可能エネルギーに関する助言を行う役割を担う。

REWP の下には水素、バイオマス、地熱、水力、風力、海洋エネルギー、太陽光、太陽熱等の 9 つの技術協力プログラム（TCP：Technology Collaboration Programme）が設けられており、それぞれの特定技術に特化して、参加各国による研究開発と促進支援が実施されている。

- 参加国

オーストラリア、オーストリア、ベルギー、カナダ、チェコ、デンマーク、エストニア、フィンランド、フランス、ドイツ、ギリシャ、ハンガリー、アイルランド、イタリア、日本、韓国、ルクセンブルグ、メキシコ、オランダ、NZ、ノルウェー、ポーランド、ポルトガル、スロバキア、スペイン、スウェーデン、スイス、トルコ、英国、米国、中国、インドの各国が参加している。

- 概要と意義

再生可能エネルギーと水素に関連する政策、市場問題および技術を検討することを活動目的としている。再生可能エネルギーに関連した各 IEA 技術協力プログラム（IEA-TCP）での研究開発と再エネ展開に関する取り組みを推進している。また、別途 IEA エネルギー研究・技術委員会（CERT）によって設立された非公式機関である再生可能エネルギー産業諮問委員会（RIAB）を通じて、金融と市場の役割を強化することによって政府と民間部門の対話の場を形成している。2011 年に設立された国際再生可能エネルギー機関（IRENA）（後述）とも研究調査やデータ構築を通じて密接な関係を維持している。IRENA が再生可能エネルギーに集中的に特化した国際機関であるのに対して、IEA REWP は再エネ以外の多様なエネルギー源を包括的に扱う IEA 全体の中で再エネを相対的に位置づけることができるという点に特徴を見出すことができる。また、両者の大きな相違点として、IRENA の加盟国の多くが、中国を含む途上国が占めるのに対して、IEA REWP は OECD の下部組織であることからその参加国の多くが先進国に著しく偏っていることがある。IEA REWP 設立当時とは比較にならないほど世界のエネルギー需給における途上国のウェイトは劇的に高まっていることや再エネとりわけ太陽光発電の適地に途上国が多いことから、途上国

の参加が IEA REWP の諸活動にとっても不可欠になっている。既に中国とインドは IEA 準加盟国の立場で定期的に会合に参加しており、OECD の下部組織でありながら途上国にも参加を拡大するという流れは今後も拡大することは確実である。また、実態としては REWP 参加国でなくとも傘下の各 IEA-TCP の個別活動には中国を含む途上国が参加しており実務的な側面においては柔軟な対応が既になされている。

3.1.2 本年度の活動

2020 年初頭の COVID-19 パンデミック発生以降 REWP 関連の会合やワークショップは否応なくオンラインでの開催へ移行せざるを得なくなった。世界的な感染拡大が落ち着いてきた 2022 年になってオンラインでなく物理的な会合開催の模索がなされたものの最終的にはすべての会合がオンライン開催となった。2020 年は突如として世界を襲った COVID-19 パンデミックがサプライチェーンの混乱を通じて再エネにもたらす影響が論じられたが、結果として再エネ発電だけがすべてのエネルギー源の中で唯一高い増加を見せて、パンデミックに耐性のあるエネルギー源としての再エネに注目が集まった。続く 2021 年には、我が国を含む世界主要国によって 2050 年カーボンニュートラルが相次いで宣言されて、脱炭素への流れが世界的に急加速したことが再エネに関する議論の方向性を大きく変えた。従来の中心的なテーマであった短中期的な再エネ政策や再エネ市場動向に加えて、カーボンニュートラル達成を視野に入れた長期的な再エネ政策にも高い関心が向けられるようになった。従来の議論は概ね 2030 年を具体的な目標年として年頭に置きつつ議論が展開されていたのに対して、今年度からは 2050 年を目標年としてそこからバックキャスティングで必要とされる再エネ政策は何か、という長期的な視点での議論が展開されるようになった。

2021 年 5 月に IEA から発刊された報告書「Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector」（NZE 報告書）は、2050 年のネットでの CO2 排出量をゼロとするためには、同年の発電量の約 7 割を太陽光と風力によって発電することになり、そのためには太陽光・風力の発電設備容量を 2020 年実績の約 4 倍である 1,000GW/年のペースで毎年増加させ続けなければならないとするなど、カーボンニュートラル達成を前提とした具体的な再エネの導入量を示すといった従来にない長期的視点での再エネの在り方を提示した点で画期的な内容であった。また、従来再エネ導入の主流となってきた再エネ発電だけでなく、いわゆる Hard-to-Abate セクターに対しては、2050 年ネットゼロ排出のためにはグリーン水素など低炭素水素とアンモニア等その派生物の大幅な増加も示されており、これらも 2021 年以降新たな中心的な関心テーマとなった。

こうした脱炭素一色の流れの中で 2021 年後半から浮上してきて 2022 年に入って深刻さを一層増した課題が世界的な商品価格の高騰、すなわちインフレーションであった。さらに、2022 年 2 月のロシアによるウクライナ侵攻によってもたらされた世界的なエネルギー危機が発生するに至って 2022 年に入ってからの REWP における議論は大きく様相を変えた。

2021 年の REWP 会合での議論が NZE 報告書の内容を踏まえた REWP のミッションとビジョン、取り組むべき分野、取り組みのメカニズム、TCP との関係といった REWP という枠組み自体の役割や機能について議論が展開されたのが特徴的であった。これに対して、2022 年の議論は、NZE 報告書の内容を踏まえつつも、短中期的な視点でのエネルギー危機

に対する再エネの役割・機能、そして、再エネ発電設備のサプライチェーンの特定国への集中、そして、再エネ発電設備に使用されているクリティカル・マテリアルの確保といった従来大きな課題として認識されていなかった新しいテーマに対する議論が始まった年であった。

3.1.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法

IEACERT の下に REWP が設立されたのは 1982 年である。設立当時の最大のエネルギー問題は、二度にわたる石油危機を色濃く反映して、石油の枯渇を見据えた代替エネルギー資源の開発であった。その後 40 年余が経過し、エネルギー問題は大きく変化した。2000 年以降は再生可能エネルギー、とりわけコスト低下が著しく進行した太陽光発電と風力発電を取り巻く状況は劇的に変化している。水力を含む再エネの世界の発電に占めるシェアは想定を超える速度で進行しており、当初は 2030 年の予測されていたシェア 30%は 2022 年には既に超えた可能性もある。この速度での増加が続くと 2027 年のシェアが 40%に近づくと言われる。注目すべきはこの増加のほとんどすべてが自然変動再エネ（VRE）、太陽光と風力（陸上、洋上）で占められると想定されることである。

こうした中で、REWP における再エネ発電に関する議論の中心的テーマも 2010 年代前半の「再エネ発電設備の導入拡大」という量的関心から、2010 年代後半には「VRE を統合してゆくために電力システムの柔軟性をいかに高めてゆくか」という電力システムの質的関心へ、そして、2020 年に一気に加速した世界的な脱炭素の流れの中で、2021 年からは「2050 年のカーボンニュートラルを達成するための再エネの在り方」という一層長期的視点からの再エネ発電にとどまらずグリーン水素等低炭素水素及びその派生物（いわゆる低炭素燃料）に関する政策にも関心分野が拡大している。この中で、特に水素については世界的に先鞭をつけた我が国の優位性が発揮され得るため、従来から優位性の高いとされてきた蓄電池や EMS と並んで政策的な議論へのインプットが期待される分野である。また、2022 年に入ってから急浮上している再エネ発電設備、具体的には太陽光モジュールのサプライチェーンの多様化とクリティカル・マテリアルの確保といった新しい課題についても、3R の一環として世界に先駆けて資源リサイクルに取り組んできた我が国が優位性を発揮できる分野になり得ると考えられ、REWP での議論へのインプットが期待される。

世界的な資源価格高騰、サプライチェーン問題があらたな課題として急浮上する中でも、いずれにせよ 2050 年カーボンニュートラルへ向けた具体的な長期的な政策議論における再エネの重要性はまったく変わっておらず、IEA における REWP の存在意義の高まりは今後とも変わることはないと思われる。

3.2 IRENA（国際再生可能エネルギー機関）

3.2.1 概要と意義

- 設立の経緯

再生可能エネルギーの普及及び持続可能な利用の促進を目的として、2011 年 4 月に発足した。事務局本部はアブダビに所在するが、ドイツのボンには分館としてイノベーション・テクノロジー・センター（IITC）が設置されている。IRENA は再生可能エネルギーの政策や技術に関する情報の収集、メンバー国での情報の共有、政策提案、技術移転、能力開発などを通じて、再生可能エネルギーの普及拡大を目指す。

- 参加国及び事務局長、理事国

- ◆ 2023 年 2 月現在の加盟国数は 168（EU を含む）であり、加盟手続き中の国が 16 カ国である。
- ◆ IRENA は、総会、理事会、事務局から構成される。現在（2023 年 3 月時点）の事務局長はフランチェスコ・ラ・カメラ氏（イタリア）である。
- ◆ 2022 年の理事国は、アルジェリア、ベニン、カナダ、キプロス、デンマーク、エルサルバドル、ドイツ、インド、イタリア、日本、ケニア、ノルウェー、韓国、セントルシア、ソマリア、トルクメニスタン、UAE、米国、ウルグアイ、バヌアツ、ジンバブエの 21 カ国。

- 活動概要と意義

IRENA は以下のような幅広い活動を通じて、先進国・途上国の双方における再エネ導入拡大の推進や様々な課題解決への支援を行っている。

【各国、地域、グローバルレベルでのプログラム】

- ◆ Climate Action：エネルギー転換の知見を活かして、加盟国に対して費用対効果の高い再エネを用いた NDC（Nationally Determined Contribution）の策定・実施を支援する。再エネ導入によって回避された温室効果ガス（GHG）を測るツール Avoided Emissions Calculator を提供している。
- ◆ Coalition for Action：エネルギー転換を加速化するために産業界の動向、ベストプラクティス、アクションに関する議論を促進するマルチ・ステークホルダーのネットワーク。ワーキンググループ（Business and Investors Group, Community Energy Group, Decarbonising End-Use Sectors Group, Renewables in Agriculture Group, Sustainable Energy Jobs Group, Towards 100% RE Group）や IRENA の事業活動、Public-Private Dialogue を通じて対話を推進する。130 の民間企業、業界団体、研究機関、国際機関が参加している。
- ◆ Collaborative Framework：エネルギー転換を支援・加速化するため、官民、国際機関、非政府組織が参加して、協力や協調したアクションを取るためのマルチ・ステークホルダーのプラットフォーム。6 テーマ（①水力、②グリーン水素、③エネルギー転換の地政学、④海洋エネルギー／洋上再エネ、⑤再エネの高比率導入、⑥公

正かつ包摂的なエネルギー転換) で開始され、2022 年 3 月にはクリティカル・マテリアル (共同議長：ペルー・英国) の Collaborative Framework が開催された。

- ◆ **Renewable Energy Roadmap (REmap)** : 国別、地域別、世界レベルで再エネのポテンシャルに関する評価を行う。REmap では、電力、冷温熱、輸送部門において可能性のある技術の選択肢を提示し、技術、コスト、投資ニーズ、外部性、CO₂排出量、経済指標といった観点で評価する。
- ◆ **Renewables Readiness Assessments** : 国別に再エネの開発・導入に関する適合性を評価するツール。再エネの導入拡大に向けた短期及び中期的に必要な行動を提示する。
- ◆ **Renewable Potential Assessment** : 再エネプロジェクト開発支援の調査に必要なデータ、オンラインツール、国別の技術的な分析を提供する。Global Atlas for Renewable Energy (再エネポテンシャルを評価するデータおよびツールを提供する無料のウェブサイトプラットフォーム)、Bioenergy Simulator (バイオエネルギーのポテンシャルの評価や開発の計画に資するウェブアプリケーション)、SolarCity Simulator (屋根置き型太陽光発電システムの評価に資するシミュレーションアプリケーション) が含まれる。
- ◆ **Flexibility Assessments** : 電力システムの柔軟性を評価するツール FlexTool を提供する。
- ◆ **Long-term Energy Scenarios (LTES) Network** : LTES Network はモデルを用いた LTES の利用や開発に関する知見を共有するプラットフォーム。政策決定における LTES 利用を目指す。

【多国間協力のイニシアティブ】

- ◆ **Small Island Developing States (SIDS) Lighthouses initiative** : 再エネをベースとしたレジリエントなエネルギーシステムへ移行するための小島嶼開発途上国 (SIDS) を支援するイニシアティブ。40 の小島嶼国および 36 のパートナー (IRENA 加盟国、国際機関や民間企業等) が参加している。
- ◆ **Global Geothermal Alliance** : 地熱の利用拡大に向け、地熱関連企業、政策立案者、ステークホルダー間の議論・協力・協調したアクションを促すプラットフォーム。50 カ国および 54 のパートナー機関・企業が参加している。
- ◆ **Parliamentary Network** : 国会議員に対してエネルギーや環境に関する政策立案に資するデータや情報を提供する。
- ◆ **Youth Engagement** : エネルギー転換における若者の役割を重視しており、2020 年より毎年 Youth Forum を開催してリーダーやパイオニアの対話を促進している。

【多国間協力のプラットフォーム】

- ◆ **Energy Transition Accelerator Financing (ETAF) Platform** : 途上国のエネルギー転換の推進に向けた包摂的なマルチ・ステークホルダーの気候変動ファイナンスプラットフォーム。UAE アブダビ開発基金 (ADFD) の 4 億米ドルを基に、2030 年までに 10 億米ドルの資金を調達し、1.5GW の再エネ導入を目標とする。
- ◆ **IRENA for CIP (Climate Investment Platform)** : 緑の気候基金 (GCF) の協力の下、

IRENA、国連開発計画（UNDP）、Sustainable Energy for All（SEforALL）が共同で途上国への技術支援を通じて再エネの開発・規模拡大を促進する需要主導型のプラットフォーム。再エネへの投資環境を整備するため地域別に投資フォーラム（Investment Forums）を開催する。

- ◆ International Off-grid Renewable Energy Conference and Exhibition (IOREC)：オフグリッド再エネに関する制度設計・実施、ファイナンスプログラム、ビジネスモデル、応用技術における知見・ベストプラクティスを共有するプラットフォーム。2年に1度開催される。
- ◆ Global Offshore Wind Alliance (GOWA)：政治的な行動（mobilization）と世界的な実践によって洋上風力の導入を推進するアライアンス。2030年までに洋上風力設備容量380GW、2030年以降は年間導入量70GWを目指す。

【データ・統計】

- ◆ 再エネの政策や導入の評価に必要な詳細でタイムリーなデータおよび統計を提供。再エネ発電設備容量統計は毎年3月、再エネ需給データは毎年7月に発表される。この他にも、投資、発電コスト、政策、経済的便益、イノベーション・テクノロジー、エネルギー転換、気候変動といったテーマ別に検索ができるように整備されている。

3.2.2 本年度の活動

世界的にエネルギー転換の緊急性が高まる中、IRENAは「2022 - 2023年事業計画」を開始した。同計画に挙げられた事業について進捗や報告書等の成果物が第23回・第24回理事会および第13回総会において報告された。また、第13回総会ではラ・カメラ事務局長の再任が決まった。

IRENAの報告によると、2022年12月時点で、56本の刊行物が公表された。2022年3月に公表されたIRENAの旗艦（flagship）報告書である「World Energy Transitions Outlook 2022: 1.5°C Pathway」は、エネルギー転換によって、パリ協定の目標を達成し、気候変動を抑制するための道筋を示している。第2版となる同報告書は、大規模展開が可能な既存のソリューションの中で、2030年のマイルストーン達成に向けた優先すべき分野やアクションを提示している。特に、エンドユースの脱炭素化で重要な「電化」と「バイオエネルギー」について詳細な分析を行っている。

2020年に開始されたCollaborative Framework（CF）は、2022年も継続してオンラインで会議が開催され、参加者の経験・課題が共有された。2022年は新たにクリティカル・マテリアルをテーマとしたCFが開始された。

他方、国際機関としての立場を活かして、IRENAは、エネルギー転換を推進するための国際的な協力やパートナーシップの拡大を進めている。

2022年9月、Clean Energy Ministerial（CEM）で「Transforming Solar: Supply Chains」が開始され、IRENAはInternational Solar Allianceとともに同イニシアティブを支援していく。

2022年11月に開催されたCOP27では、議長国エジプトと協力して、エネルギー転換に関する知見の共有や投資を推進するために様々なイベントを主催した。IRENAはMarrakesh

Partnership for Global Climate Action のエネルギー分野の先導者として Energy Action Event を開催した。なお、COP27において、IRENA は Global Wind Energy Council (GWEC)、デンマーク政府とともに Global Offshore Wind Alliance (GOWA) を発足させており、日本もメンバーとして参加した。

2022 年 9 月、IRENA は、G20 議長国インドネシアと協力して、G20 Investment Forum on Energy Transition を開催した。また、2022 年 5 月に合意された G7 水素行動協定 (G7 Hydrogen Action Pact; G7 HAP) を受けて、2022 年 11 月、IRENA は G7 加盟国の水素に関する現状や見通しを整理した「Accelerating hydrogen deployment in the G7: Recommendations for the Hydrogen Action Pact」を公表した。

他にも、国際的な機関や民間部門と協力関係を構築している。国際的なレベルでは、2022 年 6 月、IRENA と Regional Center for Renewable Energy and Energy Efficiency (RCREEE) は、中東北アフリカ (MENA) 地域の再エネ導入を拡大する協力強化で MOU を締結した。また、同月には、IRENA は OPEC 国際開発基金 (OPEC Fund) と、新興・途上国における再エネ投資を促進し、持続可能なファイナンスにアクセスできるよう協力することで合意した。そして 2022 年 9 月、IRENA と Central American Bank for Economic Integration (CABEI) は MOU を締結した。再エネ投資拡大の協力を進め、キャパシティ・ビルディングを行い、中央アメリカのエネルギー転換に向けた投資に関する知見の共有を図る。2022 年 11 月、IRENA と国際連合工業開発機関 (UNIDO) は、グリーン水素による持続可能なエネルギー推進に関する共同宣言を発表した。

民間部門との協力では、2022 年 9 月、IRENA は Siemens Energy 及び 13 企業とともに、エネルギー転換やバリューチェーンの脱炭素化を目指す「Alliance for Industry Decarbonization」を発足した。

日本との関係では、IRENA は国際会議や報告書作成を介して知見を提供している。2022 年 8 月、IRENA と経済産業省は、第 8 回アフリカ開発会議 (TICAD8) の公式サイドイベントとして、アフリカの再エネ導入に関する「Energy Transition for Africa: Realistic Utilization of Renewables with African Countries」をテーマとしたウェビナーを開催した。2022 年 9 月に開催された第 5 回水素閣僚会議閣僚セッションでは、ラ・カメラ事務局長がスピーチを行った。また、IRENA は日本のエネルギー転換における社会経済的なフットプリントに関する報告書「Socio-economic Footprint of the Energy Transition: Japan」を発表した。

3.2.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法

理事会や総会での発言から多くの加盟国が IRENA による知見の共有や情報提供を高く評価していることがわかる。加盟国の協力によって構築される再エネ電力に関するデータベースは、最新かつ信頼できるデータとして活用されている。

IRENA は再エネ分野における政策や技術に関するタイムリーなテーマを扱った報告書を次々と発表している。中でも「World Energy Transitions Outlook 2022: 1.5°C Pathway」は高く評価されており、地域レベルでの見通し（例えば「Regional Energy Outlook for ASEAN」）にも派生し、各国からの期待が示されている。再エネに限らず、エネルギー転換による雇用など社会経済的な影響やファイナンスに焦点を当てた分析も行われている。また、他の国際機

関との共著(例えば国際労働機関(ILO)との「Renewable energy and jobs: Annual review 2022」)も発行されており、それぞれの知見や専門性を活かした報告書となっている。

世界的にカーボンニュートラルの機運が高まり、エネルギー転換を推進する上で IRENA の役割はさらに重要になっている。COP における IRENA の貢献は大きく、2023 年に UAE で開催される COP28 でも IRENA への期待は高まっている。IRENA による途上国への NDC の支援は高く評価されており、IRENA は 2022 年 12 月時点で NDC の強化や実施において 83 カ国を支援している。

再エネ事業への投資の確保は、エネルギー転換や再エネを推進する上で重要な課題である。IRENA は官民の連携を進め、民間部門からの資金調達を促進する枠組みを構築している。また、途上国にとっては、規模の小ささや信用面のリスクから、ファイナンスへのアクセスの確保や融資可能な再エネ事業の開発が重要な問題となっている。IRENA が実施している気候投資プラットフォーム(CIP)や新しい ETAF Platform が実効性のある運営となるか注視される。また、新しく提案された Renewables Acceleration Fund の運用も注目される。

IRENA の Collaborative Framework は 2022 年新たに 1 テーマが追加され、7 テーマ(3.2.1 に既述)で知見の共有や課題についてオンラインで議論が継続している。日本はエルサルバドルとともに「再エネの高比率導入」の共同議長(2023~24 年)となった。系統への再エネ導入拡大を進めるために次世代ネットワークを整備している日本の知見は他国にとっても有益であり、リーダーシップを発揮できる。

また、今後、洋上風力の拡大を目指す日本にとって、GOWA や CF「海洋エネルギー／洋上再エネ」への参加を通じて情報収集やネットワークの構築によるメリットが期待される。

このように、IRENA の事業活動や取り扱うテーマは広がっており、他の国際機関との協力も進んでいるが、加盟国からは、IRENA 事業が他機関のプログラムやイニシアティブとの重複を避けることが度々言及されてきた。加盟国の拠出金である予算は限られているため、効率的な運営が必要と考えられる。

3.3 ISGAN(インターナショナル・スマートグリッド・アクションネットワーク)

3.3.1 概要と意義

- 設立の経緯

ISGAN は、2010 年に米国エネルギー省の呼びかけで、世界の主要な 23 カ国・地域が参加して、2010 年 7 月に米国ワシントン DC で開催された CEM (Clean Energy Ministerial) の 11 のイニシアティブの一つとして活動が開始された。2011 年 4 月の UAE アブダビにおける CEM2 において IEA の実施協定²⁸として活動することが提案された。これを受けて当時の IEA ENARD (Electricity Networks Analysis, Research and Development) 実施協定を発展的に解消して ISGAN の一部として組み込み、ISGAN は IEA の実施協定としても活動することになった。日本は当初 CEM 加盟国として参加していたが、2012 年 5 月に IEA-ISGAN 実施協定にも署名した。

2016 年 6 月の CEM7 (サンフランシスコ) において CEM の事務局を IEA に移管することが決定され、CEM のイニシアティブの一つでもある ISGAN も正式に IEA の EUWP に属する技術協力プログラム (TCP) となった。

- 参加国

現在の参加国は、オーストラリア、オーストリア、ベルギー、カナダ、中国、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、インド、アイルランド、イタリア、日本、韓国、メキシコ、オランダ、ノルウェー、ロシア、シンガポール、南ア、スペイン、スウェーデン、スイス、米国、英国、イスラエル、26 カ国+EU である。

- 活動概要と意義

ISGAN は、再生可能エネルギー導入拡大、エネルギー消費低減、電気自動車の導入拡大などスマートグリッド関連技術の発展と普及を世界規模で促進することを目的としている。また世界的な民間スマートグリッド同盟 GSEF (Global Smart Energy Federation²⁹) とともに官民協働のメカニズムを持っている。

ISGAN の下での具体的な諸活動は Working Group (旧 Annex³⁰) と呼ばれる各分科会の下で実施される。当初は旧 Annex1 から旧 Annex4 までの 4 つの Annex で活動を開始した。その後、旧 Annex5 から旧 Annex7 までの追加、旧 Annex1 (スマートグリッド・インベントリ) の旧 Annex2 (スマートグリッド・ケーススタディ) への吸収がなされた。2016 年 3 月にはスマートグリッドに関連した技術的な講義を Webinar で提供する ISGAN Virtual Academy が旧 Annex8 として新たに追加された。2021 年 1 月には、市場を通じて電力システムの柔軟性を確保するための Flexibility Markets が旧 Annex9 として発足した。2022 年 3 月より、旧 Annex2、旧 Annex4、旧 Annex8 は

²⁸ 現在は IEA 技術協力プログラム (TCP) へ改称。

²⁹ 2020 年に従来の名称 GSGF (Global Smart Grid Federation) から変更。

³⁰ 2022 年 2 月まで各分科会は Annex と呼ばれていたが、2023 年 3 月からの新規タームより Working Group に名称変更。ISGAN の活動は 5 年毎に IEA の承認を経て更新され、2022 年 3 月から 2027 年 2 月までが第 3 タームとなる。

Communication Working Group という 1 つの Working Group に統合された。以上を整理して現在活動を行っている Working Group を以下に示す³¹。

- ◆ Communication Working Group
- ◆ Working Group 3: Cost-Benefit Analyses and Toolkits
- ◆ Working Group 5: Smart Grid International Research Facility Network (SIRFN)
- ◆ Working Group 6: Power T&D Systems
- ◆ Working Group 7: Smart Grid Transitions

Working Group 9: Flexibility Markets

年 2 回開催される執行委員会 (ExCo) では各 Working Group の活動進捗状況と今後の活動計画の報告が行われる。これらの Working Group 活動に加えて、世界のスマートグリッド関連の優秀プロジェクトを審査して表彰する ISGAN 大賞が 2014 年より毎年実施されており、毎年の CEM 会合において表彰式が開催されている。

3.3.2 本年度の活動

日本が参加する Working Group は、Working Group5 (Smart Grid International Research Facility Network : SIRFN)、Communication Working Group³²、Working Group9 (Flexibility Markets)である。

日本が中心的に活動している Working Group5 においては、昨年度に引き続き、マイクログリッドのテスト、電力システムテスト、系統形成型変換器のテスト等の研究及び成果の普及活動が実施された。これまでの大きな成果として系統サポート機能の試験プロトコル原案の作成が挙げられ、スマートグリッドに関する世界先端技術開発の協力体制の確立、各国の事情を踏まえた共通試験法の開発、スマートグリッドの課題共有と共通認識の確立といった面で極めて重要な基盤を形成している。

Communication Working Group の Virtual Learning においては、スマートグリッドに関連した学術的な内容の講義を Webinar 上で定期的に行っており、日本は講義に用いる教材を選定・審査する Academic Committee の正式メンバーとしてその運営に貢献している。

WorkingGroup9 においては、変動性再エネの増加に伴って必要となる電力システムの柔軟性を市場メカニズムによって確保するための政策研究を行っている。日本は、正式メンバーとして月例会合への参加、各タスクの成果物へのインプット、アンケート調査への回答等を通じてその運営に貢献している。

また、日本は ISGAN 大賞の表彰チームにも参加している。2022 年度は、技術的テーマ : EV Integration in Smart Grid と社会経済テーマ : SG Workforce Development for an Inclusive Energy Transition の 2 テーマで募集があった。EV Integration in Smart Grid には、11 件の応募があり、オランダの STEDIN Netbeheer b.v.の Smart Solar Charging Region Utrecht が金賞を受賞した。SG Workforce Development for an Inclusive Energy Transition には、5 件の応募があり、

³¹ Working Group の番号は旧 Annex の番号を引き継いだため、旧 Annex2,4,8 に該当する Working Group2,4,8 は欠番となっている。

³² 日本は、旧 Annex8 の活動に相当するタスク Virtual Learning に参加している。

India Smart Grid Forum の Development of Smart Grid Ecosystem Project が金賞を受賞した。表彰式は 2022 年 9 月に米国で開催された CEM13 で行われた。

3.3.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法

世界的な再エネの急速な拡大に向けたエネルギー転換とそれに伴うスマートグリッドの機能や役割への関心の高まりを背景として、スマートグリッドに関する国際的協力活動の場としての ISGAN はその存在が広く認められている。13 のイニシアティブに増えた CEM 活動についてレビューが 2015 年に実施された結果、ISGAN は全イニシアティブ中の第 2 位にランキングされて高い評価を得た。2016 年には CEM の事務局が IEA に移行し、IEA の技術協力プログラム (TCP) の一つとして ISGAN の組織的な位置付けも明確になった。

スマートグリッドは広範かつ多様な要素を包含し得る概念であり、その認識に参加各国間で少なからぬ相違があり、その相違が ISGAN 活動への取り組みやそのインパクトの不明確さにつながっている点はかねてから指摘されていた。しかし、パリ協定の成立、世界各国のカーボンニュートラル宣言とそれに伴う自然変動再エネの急激なシェア拡大や ICT 技術による急速なデジタル化が現実化するなかで、電力グリッドの柔軟性とデジタル化、そしてレジリエンスというスマートグリッドが果たすべき基本要件やそのための政策的課題が ISGAN 参加各国間で共有されつつある。変動再エネのシェア拡大を所与とした「柔軟性・デジタル化・レジリエンス」という 3 つのキーワードの下、各国でのスマートグリッドに関連する実証結果や最新の知見を共有する場としての ISGAN の方向性に一定の共通認識が確立されつつある。電力という単一のエネルギーシステムのスマート化を超えたエネルギーシステム全体のスマート化も視野に入れ得る国際的な組織としての ISGAN の役割は一層高まってゆく可能性がある。

スマートグリッドに関する国際的な議論の場としての ISGAN の枠組みはほぼ確立されたと考えてよいが、参加国が欧州に偏っていることから、欧州以外の参加拡大によって世界の多様な知見・経験を共有できる場になることが望ましい。そうしたネットワークの拡大にも日本が果たせる役割があると考えられる。日本としてもスマートグリッドの普及・拡大を通じた政策的かつ技術的な意義について参加各国との議論を深めて、ISGAN を通じた国際的協力の在り方について再認識することが求められる。それが我が国の ISGAN への貢献にも結実していくと考えられる。その意味では Working Group 5 (Smart Grid International Research Facility Network : SIRFN) における日本の貢献は参考になる事例であり、2018 年度から参加した Annex 8 (現 Communication Working Group) や 2021 年度から開始した Annex 9 (現 Working Group 9) をはじめとして一層幅広い Working Group 活動への日本の参加が望まれるところである。特に変動再エネのシェア拡大を所与とした「柔軟性・デジタル化・レジリエンス」はいずれも日本の直面する政策課題である。

3.4 APEC EGNRET（APEC 新・再生可能エネルギー技術専門家会合）

3.4.1 概要と意義

- 設立の経緯

APEC 新・再生可能エネルギー技術専門家会合（Expert Group on New and Renewable Energy Technologies : EGNRET）は、APEC 地域における新・再生可能エネルギーの導入促進を活動目的に、APEC エネルギー作業部会（Energy Working Group: EWG）の下に 1993 年に設立された専門家会合である。EWG 傘下の専門家会合は 4 つあり、他にはエネルギーデータ・分析専門家会合（Expert Group on Energy Data Analysis : EGEDA）、エネルギー効率・省エネルギー専門家会合（Expert Group on Energy Efficiency and Conservation : EGEE&C）、クリーン化石エネルギー専門家会合（Expert Group on Clean Fossil Fuel Energy : EGCFF）がある。

なお、2009 年の第 33 回会合は中華台北で EGEE&C との合同会合が行われ、その後も 2 年に 1 回以上の頻度を目標に合同会合が行われることが確認された。その後、2011 年の第 36 回米国ワシントン DC、2014 年の第 42 回米国ホノルル、2016 年の第 46 回中華台北の台中市、2017 年の第 48 回韓国済州島、2018 年第 51 回タイ国チェンマイ、2019 年香港で合同開催がなされた。また、2021 年 5 月、2022 年 10 月にはオンラインでの合同開催がなされた。

- 参加国・地域

APEC 参加 21 エコノミーが対象メンバーであるが、近年参加しているのは、中華台北（議長）、タイ（副議長）、米国、中国、香港、インドネシア、韓国、マレーシア、フィリピン、シンガポール、日本である。オブザーバーとして APEC 事務局、APEREC、APSEC、EGEDA 事務局といった APEC 関連組織、関連機関の他に、世界銀行、IRENA、ICA（International Copper Association: 国際銅協会）等が会合に参加することもある。なお、中華台北は、EGNRET 議長を輩出するだけでなく EGNRET 事務局活動を支援することも含めて EGNRET 活動を支えている。

- 活動概要と意義

EGNRET の活動内容は、TOR に記載されている①「APEC 21st Century Renewable Energy Development Initiative」、②2010 年に福井県で開催された APEC エネルギー大臣会合で提案された「ASGI（APEC Smart Grid Initiative）」、③ESCI（Energy Smart Communities Initiative）」、④APEC 地域における再生可能エネルギーの比率を 2030 年までに倍増（2010 年比）させる目標、の取組みを通じて、APEC 資金によるプロジェクトの実施と会合における情報共有を中心に進められている。EGNRET プロジェクトの一覧、現在進行中のプロジェクト、入札関係情報、これまでのプロジェクト成果である報告書については EGNRET のウェブサイト³³で公開されている。また、近年は EWG 内での取組みに関する連携、EWG 外での APEC 組織との連携が推奨されている。

³³ <https://www.egnret.ewg.apec.org/home.html>（2023 年 3 月 28 日アクセス）

EGNRET は年 2 回のペースで開催されており、20 年以上の活動実績がある。一般的に会合の日程は視察を含めて 3 日程度で行われ、APEC プロジェクトのワークショップ等と同時に行われる場合も多い。会議は APEC の活動内容、APEC プロジェクトの進捗状況、ホストエコノミーにおける再生可能エネルギー全般の取組状況、特定のテーマに関する参加エコノミーの状況についての情報共有・議論等が行われる。近年は再エネの倍増目標（2014 年の APEC 首脳会合において、発電を含む APEC のエネルギーミックスにおける再エネ比率を 2030 年までに 2010 年比で倍増させることを合意）に向けた議論が継続的に行われている。

3.4.2 本年度の活動

2022 年も 2020 年から続く Covid-19 パンデミックの影響によって、APEC EGNRET の下での諸活動も全面的な停滞を余儀なくされたが、従来は年 2 回開催されてきた EGNRET 会合年 2 回に返すなど復活基調にあり、2023 年は対面式での開催が予定されている。

APEC における再生可能エネルギーに関する近年の議論の中心は、上述したように、2014 年に APEC 首脳会議にて合意された、発電を含む APEC のエネルギーミックスにおける再エネ比率を 2030 年までに 2010 年比で倍増させることを目指す目標に関するものである。なお、2020 年からは炭素中立を意識した議論が行われており、水素の重要性も増している。

EGNRET は「APEC エネルギー需給アウトルック」を 2～3 年ごとに作成している APERC（Asia Pacific Energy Research Centre）や EGEDA と協力して、再エネ倍増に関する議論を深めてきた。ここで採用されている再エネの計測手法として注目すべき点としては、バイオエネルギーのうち薪炭等の伝統的バイオマスを再エネに含めないこと、一次エネルギーではなく最終消費エネルギーで計測すること、また、APEC エネルギーデータを使用して計測を行うこと等である。また、APEC において別途掲げられているエネルギー原単位削減目標、すなわちエネルギー効率改善が実現すれば、エネルギー需要の増加抑制を通じて再エネ目標達成のための必要増加分を減らすことができるので、エネルギー効率改善と再エネ導入を並行して実施することで一層高い費用対効果が得られるといった議論もなされてきた。近年は炭素中立目標を掲げるエコノミーが増加していることにより、これら目標を前倒しにする必要性も議論されている。

これら再エネ倍増に向けた諸課題については、EGEE&C や EGEDA、APERC といった APEC 内部の組織や機関との連携のみならず、引き続き IEA や IRENA 等の国際機関とも連携して再生可能エネルギーに関する議論が行われている。以上、APEC の再エネ倍増目標に関する経緯をまとめると、2015 年に再エネを定義、2016 年にロードマップの策定を提案、2017 年にロードマップ策定、2017～2018 年に再エネロードマップの素案を報告、2019 年に開催された EWG では、APERC が公表した「APEC エネルギー需給アウトルック（第 7 版）」に基づき、2030 年に向けた再エネ倍増目標が困難であることが認識されたが、EWG は、エコノミー別の課題と政策分析が可能として、EGNRET に対し、目標達成のために必要な追加的努力を報告することを求めた。2020 年から 2021 年にかけては世界各国において脱炭素への取り組みの加速が鮮明になった年でもあった。また、2021 年には省エネ・再エネによる一層の脱炭素化のための APEC プロジェクトの提案が推奨された。また、2022 年には水

素に関する議論がなされ、水素プロジェクトの提案も推奨された。また炭素中立のために再エネ倍増目標を前倒しにすべきとの考えも出始めている。

このような経緯を踏まえて、2021 年は今後も EGEEC との合同会合を開催してゆくこと、また 2022 年にポスト Covid-19 グリーンリカバリーのための省エネ・再エネ政策の分野での協力、EGEEC・EGNRET 合同のワークショップ開催やプロジェクト開発を進めてゆくこと等が議論された。また、省エネ・再エネによる脱炭素化のための APEC プロジェクトの提案が推奨された。

3.4.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法

APEC 地域における新・再生可能エネルギーが重要性を増すに伴い、2000 年代後半には APEC Biofuel Task Force (2006-2011 年)、Low Carbon Model Town Task Force (LCMT- TF : 2010 年-2022 年) といった Task Force が設立されてきた。EGNRET の活動も、Biofuel Task Force 終了後の 2012 年にスマートグリッドやスマートコミュニティを取りこみ、LCMT-TF とともに連携しつつ実施されてきた。

また、APEC 活動をリードするエコノミーの一つである米国の提案は、APEC 域外の IEA や IRENA、CEM 等を意識したものになっており、これら機関との連携の重要性も増している。APEC 地域の再生可能エネルギーの促進のために、これら日本も関与する組織や機関との適切な連携等を通じた日本の貢献の重要性が増している。

日本においては、太陽光発電等の出力変動する再エネの導入量を増加させるための各種制度や関連技術開発が進められており、これら日本の経験を踏まえた再エネ促進政策や実証事業の紹介を通じて、APEC 地域における再エネ拡大に貢献することも重要かつ必要である。

具体的には、近年 APEC 域内でも FIT 制度等の導入により太陽光発電や風力発電が著しく増加し始めており、日本での FIT 導入以後の過去 10 年間の経験や関連サプライチェーンにより貢献できる分野も数多くある。また、一部エコノミーではデジタル化の急速な進展とともにスマートシティの一部として、DR や V2X 等を含む VPP の導入も検討し始めている。この分野でも日本からの情報共有による貢献が期待できる。さらに中長期的には脱炭素化のためのエネルギー転換に関する議論や協力が増加することも予想される。水素や燃料アンモニア等の利活用について APEC 地域では日本を始め技術開発や実証に注力しているエコノミーが多く存在する。また、日本の国際実証も豪州や東南アジア等の APEC エコノミーと協調するものも多い。EGNRET の場を活用してエネルギー転換に関する日本の様々な取り組みについて発信、さらなる協調を進めていくことが望まれる。

第4章 各会合の議事録（再エネ編）

4.1 IEA REWP

4.1.1 IEA-REWP 第 81 回執行委員会（REWP 81 会合）

- 日程：2022 年 4 月 5 日～6 日
- 場所：オンライン開催
- 主な議論
 - ◆ 「REWP2022-2025 年戦略」の改訂に関する議論が行われた。特に REWP のマンドートの目的、機能、メンバーシップ、構成、手続きについては各国から多様な意見が出された。各国からの追加的なコメントを 2022 年 4 月 15 日までに事務局で受け付け、それらを反映した修正版に対して REWP メンバー国による書面同意を経た最終版を CERT へ送付することについて合意した。
 - ◆ IRENA から 2022 年 3 月に発刊されたばかりの「2022 年版 World Energy Transitions Outlook: 1.5C Pathway」の簡単な概要と主要メッセージ、過去半年間の発刊レポートの紹介等直近の IRENA のアウトプット、Collaborative Frameworks（エネルギーシステムにおける高シェアの再エネ、エネルギー転換の地政学、グリーン水素、水力、海洋・洋上エネルギー、公正なエネルギー転換、クリティカル・マテリアル、プロジェクト支援）について報告がなされた。
 - ◆ IEA 事務局、IEA 再エネ課から直近の活動状況について説明がなされた。
 - ◆ 太陽光発電（PVPS）、地熱、バイオエネルギー、水素、水力、太陽冷熱の各 TCP より直近の活動について報告がなされ、これについて議論が行われた。
 - ◆ 次回 REWP82 会合は 2022 年秋に開催予定だが、オンライン会合とするか物理的会合とするかは今後の COVID-19 の感染状況に依存するその判断は保留となった。

4.1.2 IEA-REWP 第 82 回執行委員会（REWP 82 会合）

- 日程：2022 年 10 月 17 日～18 日
- 場所：オンライン開催
- 主な議論
 - ◆ ウクライナ危機を踏まえて、エネルギー危機時のエネルギーセキュリティ強化に対する短期的な再エネの役割について議論がなされた。特に、エネルギー安全保障を強化するための再エネの短期的な役割・機能、再エネの一層迅速な拡大に向けた課題の整理（許認可、サプライチェーンの障壁、労働力供給不足、系統統合等）、これらの課題に対処するための政府が取り得る短期的な政策アプローチ、系統統合の課題を軽減し得る自家消費用の屋根置き太陽光とヒートポンプの展開の加速的導入へのインセンティブ等について活発な議論が展開された。
 - ◆ IRENA 事務局から、過去半年間の活動（発刊済み及び今後発刊予定の報告書類、ワークショップ開催、各種 Collaborative Frameworks、Global Offshore Wind Alliance の発足等）について説明がなされた。

- ◆ IEA 事務局、IEA 再エネ課から直近の活動状況について説明がなされた。特に発刊されたばかりの「太陽光サプライチェーンに関する特別報告書」については詳細な説明と議論が行われた。
- ◆ 米国から同国の再エネ政策と再エネ導入状況等について説明がなされ、各国からの質疑応答が行われた。
- ◆ PVPS（太陽光発電）と地熱 TCP からそれぞれ申請されている 2023 年 2 月～2028 年 2 月への 5 年間ターム延長に関して議論が行われた。REWP メンバーからのフィードバックを踏まえたそれぞれの TCP のターム延長を CERT へ勧告することが合意された。
- ◆ 海洋エネルギー、太陽熱化学エネルギー（SolarPACES）、風力、水素、バイオエネルギー、水力の各 TCP から直近の活動状況について報告があり、これについて議論がなされた。

次回 REWP83 会合は 2023 年 3 月～4 月にパリにて開催予定だが、COVID-19 の感染状況が世界的に落ち着いてきたことも踏まえて、可能な限り物理的な会合開催を目指す考えが事務局から提示された。しかし、オンライン開催の可能性を完全に排除し切れないため、最終判断は保留となった。

4.1.3 IEA-REWP 第 83 回執行委員会（REWP 83 会合）

- 日程：2023 年 3 月 14 日～15 日
- 場所：IEA 本部（パリ）
- 主な議論
 - ◆ 従来あまり焦点の当たっていなかった再エネの長期変動に関する IEA 事務局からの調査ドラフトをベースに、長期変動に対応する柔軟性を提供し得る低炭素燃料や季節変動に対応するための技術開発分野について議論が行われた。
 - ◆ 2050 年ネットゼロを達成するため 100%近いシェアの VRE を取り込む電力系統の役割について議論が行われた。
 - ◆ 環境保全とサステナビリティを確保するための取り組みに関する風力、太陽光、バイオエネルギーの各 TCP から報告があり、それらに共通にする検討要素を踏まえて、REWP と TCP との協力について議論が行われた。
 - ◆ 2030 年に必要とされる「次世代再エネ技術」は何か、優先的に開発すべき再エネ技術は何かについて議論が行われた。
 - ◆ 中東とサブサハラ以北アフリカ地域における再エネ開発と水素生産の可能性について IEA 事務局から説明があり議論が行われた。
 - ◆ IRENA 事務局から、過去半年間の活動（発刊済み及び今後発刊予定の報告書の概要、ワークショップ開催等）について説明があった。
 - ◆ IEA 事務局から直近の活動状況と今後発刊される報告書類、今後開始されるプロジェクト、直近の再エネ市場、CEM の下で開始された Biofuture Platform initiative、各国再エネポテンシャル調査の開始等について説明がなされた。
 - ◆ インド、オランダ、ポルトガル、オーストリアの各国から直近の再エネ政策と再エ

ネ導入状況等について説明がなされ質疑応答が行われた。

- ◆ 太陽冷熱、風力、PVPS（太陽光発電）、地熱の各 TCP から直近の活動状況について報告があり質疑応答が行われた。
- ◆ 次回 REWP84 会合は 2023 年 9 月～10 月にオンラインではなく物理的に開催予定だが場所と日時は未定。次々回 REWP85 会合は 2024 年 3 月～4 月にパリにて開催予定だが日時は未定。

4.2 IRENA

4.2.1 第 23 回 IRENA 理事会

- 日程：2022 年 5 月 24 日～25 日
- ハイブリッド会議（対面及びオンライン）にて開催
- 主な議論
 - ◆ 「2022 - 2023 年事業計画と予算執行状況」に関して、IRENA が事業実施の進捗および予算執行状況を報告し、加盟国より全体的に評価するコメントが出された。報告書では旗艦事業である「World Energy Transitions Outlook (WETO)」や水素に関する報告書「Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor」等が評価された。また、加盟国より COP27（エジプト）での IRENA の協力・活躍に対する期待が表明され、ロシアのウクライナ侵攻によるエネルギー市場への影響を懸念する声も聞かれた。
 - ◆ Collaborative Framework の各テーマの共同議長国がこれまでの活動や成果、今後の予定について報告を行った。多くの加盟国が CF を評価した。新しく設立された CF「クリティカル・マテリアル」が歓迎された。
 - ◆ アルジェリアがエネルギー転換に関する国別の経験を議題として提案し、アルジェリア、インド、ホンジュラス、モーリシャス、ウガンダが報告を行った。
 - ◆ 「中期戦略 (Medium-Term Strategy 2023-2027)」に関する作業部会（デンマークとケニアが共同ファシリテーター）でのこれまでの検討内容が報告された。加盟国から中期戦略での重要事項や IRENA のミッション・役割について意見が出された。
 - ◆ 2023 年で任期を終えるラ・カメラ事務局長の再任について、第 22 回理事会議長国である日本が再任に関する手続きを行った。21 理事国を含む 60 カ国が再任を支持し、第 13 回総会でラ・カメラ事務局長の再任を推薦することが決定された。

4.2.2 第 24 回 IRENA 理事会

- 日程：2022 年 10 月 27 日～28 日
- ハイブリッド会議（対面及びオンライン）にて開催
- 主な議論
 - ◆ 「2022 - 2023 年事業計画と予算執行状況」に関してプログラム実施状況が報告された。地域レベルでの「Regional Energy Transition Outlooks (RETOs)」について、ASEAN、マレーシア、インドネシアを対象として作成されたことが報告された。加盟国から国際会議（COP27、G7、G20 等）で IRENA が担う役割の重要性が評価された。また、国際労働機関（ILO）や国連食糧農業機関（FAO）といった他の国際機関との協力も評価された。途上国の再エネ事業への投資を促す CIP の進捗や Energy Transition Accelerator Financing (ETAF) Platform の進展について報告され、加盟国からこれらファイナンス枠組みを歓迎するコメントが表明された。2022 年 9 月、インドネシア・バリで開催された Investment Forum に関し、アフリカや中南米での開催を期待する声が聞かれた。ウクライナ危機により複雑になっているエネルギー分野

において、エネルギーセキュリティ、再エネ導入の加速化、国際的な協力・団結の重要性が強調された。

- ◆ 「中期戦略 (Medium-Term Strategy 2023-2027)」について、作業部会 (21 カ国が参加) で計 4 回の会議における検討内容が報告された。加盟国の意見が Mission Statement や戦略目標に反映され、最終化される。次期中期戦略で Renewables Acceleration Fund の設立が提案された。
- ◆ Collaborative Framework 各テーマの共同議長国がこれまでの活動や成果、今後の予定について報告を行った。加盟国からも CF の活動を評価するコメントが出された。
- ◆ IRENA の会議運営に関して、複数の加盟国から、早い時期での会議日程設定や文書の共有が要請された。

4.2.3 第 13 回 IRENA 総会

- 日程 : 2023 年 1 月 14 日~15 日
- 場所 : UAE・アブダビ (ライブストリームで視聴)
- 主な議論
 - ◆ 第 13 回総会でラ・カメラ事務局長の再任が決まり、2023 年から 2 期目 (2023~2026 年) を務める。また、「中期戦略 (Medium-term Strategy 2023-2027)」が採択された。
 - ◆ ハイレベル・プレナリーセッションでは、COP28 で評価される Global Stocktake をテーマとして議論が行われた。前半のセッションで政府高官や国際機関からの登壇者がエネルギー転換の課題や機会について見解を述べた。後半のセッションでは、民間企業や国際機関の登壇者が 2030 年目標にどのように到達すべきかについて意見を交わした。
 - ◆ ラ・カメラ事務局長が「2022 - 2023 年事業計画と予算執行状況」について IRENA 事業の進捗を報告した。民間部門と協力するイニシアティブである Alliance for Industry Decarbonization や Global Offshore Wind Alliance の発足が紹介された。また、途上国の再エネ案件形成を促進するファイナンス枠組みとして CIP や ETAF Platform の進捗も報告された。
 - ◆ 多くの加盟国は IRENA 事業 (分析業務やデータ提供、途上国への投資促進、Collaborative Framework、技術支援等) を評価し、MTS を支持し、今後も協力していく意向を示した。途上国からはファイナンスや技術面での支援の協力が要請された。また、自国の再エネ導入状況や施策についても報告が行われた。
 - ◆ 閣僚級会合 (Ministerial Meeting) では、東南アジアのエネルギー転換見通し、クリティカル・マテリアル、ETAF Platform について議論が行われた。

4.3 ISGAN

4.3.1 第 24 回執行委員会 (ExCo24)

- 日程 : 2022 年 10 月 26 日~28 日
- 場所 : オーストラリア・アデレード

- 主な議論：
 - ◆ ISGAN 加盟国数は、EU を含む 27 カ国。今次会合の参加国は 13 カ国と議決の定数に達しなかったため、投票は後日書面で行われることとなった。
 - ◆ 各 Working Group の成果物に対するレビュープロセス変更の提案がされた。具体的には、ISGAN 幹部の人数減少に伴う負荷軽減のため、各 WG 内で内容やフォーマットのレビューを行い、幹部は最終確認のみ（必要に応じて ExCo メンバーの確認）を行う方向となった。
 - ◆ 予算レビューグループ（BRG）より、共同事務局 AIT と KSGI との契約が 2023 年 6 月 11 日で終了するため、新たに競争入札を行うこと、共同事務局の契約延長することのオプションが提案された。多くの国からは、共同事務局との契約延長を支持され、BRG は ISGAN 事務局の契約を延長するためのオプションを検討するよう求められた。また、インフレに伴う共同事務局の費用及び ISGAN 年会費の増額の可能性が議論され、BRG は様々なシナリオを検討するよう求められた。これらの検討結果は次回の ExCo で提示される方向となった。
 - ◆ これまでの ISGAN のテーマ Power system flexibility, Digitalization, Resilience, Interoperability に対して、新たに様々なテーマ案が提示されたが、現時点では変更しないこととなった。
 - ◆ ISGAN Award 2022 は、①技術的テーマ：EV Integration in Smart Grid と②社会経済テーマ：SG Workforce Development for an Inclusive Energy Transition の 2 つを募集し、①はオランダの STEDIN Netbeheer b.v. の Smart Solar Charging Region Utrecht、②は India Smart Grid Forum の Development of Smart Grid Ecosystem Project が金賞受賞し、2022 年 9 月の CEM13 で表彰式が行われた。KSGI より、次年度の ISGAN Award のテーマは、AI for Smart Grids となることが予告された。
 - ◆ 次回 ExCo25 は、2023 年 3 月 20 日-3 月 23 日にドイツ・ベルリンで開催することとなった。ExCo26-27 の開催地は未定であるが、ExCo28 については、韓国より 2024 年 9 月-10 月に開催することが提案された。

4.3.2 第 25 回執行委員会（ExCo25）

- 日程：2023 年 3 月 20 日～22 日
- 場所：ドイツ・ベルリン
- 主な議論：
 - ◆ ISGAN 加盟国数は、EU を含む 27 カ国。今次会合の参加国は 18 カ国と決議の定数に達した。
 - ◆ 前々回より 2 名空席となっていた副議長のポストには、デンマークより新たに立候補があり承認された。これにより、副議長は米国、インド、デンマークの 3 名体制となった。
 - ◆ 2023 年 6 月 11 日が期限となっている共同事務局 AIT と KSGI の契約は、2025 年 6 月 11 日までの 2 年間延長する方向となった。2025 年 6 月 11 日以降の契約については、国際競争入札を行う方向となり、2024 年秋の ExCo にて条件等を決定するこ

となった。国際競争入札を行うにあたって、予算レビューグループ（BRG）より小委員会の設立が提案され、人員募集の予告が行われた。

- ◆ 各 WG の戦略に関する議論が行われ Communication Working Group（CWG）より、各 WG 横断のフラグシッププロジェクトを立ち上げることが提案された。具体的には、CWG が全体取りまとめを行い、ExCo26 でテーマの頭出し、ExCo27 でテーマの投票、ExCo27 以降にプロジェクト開始することが提案された。成果物は、CEM への政策提言、ケースブック、ウェビナー、ISGAN Award との共同などを通じて発信する方向性が示された。
- ◆ Inactive Status となっている国々の対応に関して、米国より実施協定の修正案が示されたが、今次会合では結論は出ず、別途臨時会合を開催する方向となった。
- ◆ ISGAN Award2023 は、AI for Smart Grid をテーマとし、4 月 7 日まで締切を延長しており、5 月 9 日に大賞が発表される予定となっている。
- ◆ 次回 ExCo26 は、オランダより、ハーグ又はユトレヒトで 9 月 25 日-9 月 27 日に開催することが提案された。ExCo27（2024 年春）はデンマーク、ExCo28（2024 年秋）は韓国より開催の意向が示された。

4.4 APEC EGNRET

4.4.1 第 56 回会合

- 日程：2022 年 4 月 7 日~8 日
- 場所：オンライン開催
- 主な議論
 - ◆ オンライン会議をホストする米国から 2050 年に向けたエネルギー展望の共有があった。再エネは急速に増加するが、石油と天然ガスが上回り、石油は電動化が遅れる分野で使用されること、再エネは電力分野で大幅に増加、特に太陽光及び風力が増加するのでエネルギー貯蔵が重要になるとの説明があった。また 2021 年インフラ法の概要説明があった。
 - ◆ APEC 事務局から 2021 年後半のプロジェクト件数、2022 年セッション 1 の情報共有があった。LTEAP（Longer-Term Evaluation of APEC Projects）の概要説明があった。2020 年 9 月から 2021 年 10 月時点のプロジェクトや予算進捗はコロナ禍のため 40~50%程度減少した。
 - ◆ EWG 議長から再エネ導入に向けた EGNRET 重要性及び炭素中立に向けたエネルギー移行の重要性がコメントされた。EWG 副議長の選任、最近の EWG 活動内容の情報が共有された。
 - ◆ EGNRET 事務局から第 55 回 EGNRET の概要、その後の事務局活動について情報共有された。
 - ◆ EGEDA から APEC 地域エネルギー統計、エネルギー概要、統計ワークショップ、EGEDA 会議等の活動状況が報告された。APEREC は作成中のエネルギー需給展望の概要、APSEC はセルフファンDED及び APEC ファンDEDで実施した過去 1 年間の活

動内容の報告があった。

- ◆ EGNRET 事務局から APEC プロジェクトの提案プロセス、EELCER サブファンド応募条件の説明があり、EGNRET 関連のプロジェクト件数が紹介された。具体的なプロジェクトについて、タイ、中華台北、米国が提案したプロジェクトの進捗を報告した。
- ◆ 豪州、日本、韓国、米国から各エコノミーにおける水素導入に向けた取組み状況が説明され、質疑応答及び水素に関する APEC プロジェクト提案の重要性等が議論された。
- ◆ 次回 EGNRET はタイがホストして EGEE&C と合同会議を実施することが説明された。また次回は議長及び副議長の定期選挙の実施が予定されているが現議長は今期で辞任の意向であることが示された。

4.4.2 第 57 回会合

- 日程：2022 年 10 月 5 日～7 日
- 場所：オンライン開催
- 主な議論
 - ◆ EGEE&C と合同で開催し、APEC 事務局や APERC、APSEC 等の関連組織からの進捗報告等は共通で実施した。また、新目標や関連フォーラムの可能性等の議論結果を含む双方の会議内容も共有した。
 - ◆ オンライン会議をホストするタイからエネルギー需給及び電力構成の現況の情報共有、2050 年カーボンニュートラル、2065 年 Net Zero 排出の目標に向けた 4D+E (Digitalization、Decarbonization、Decentralization、De-regulation、Electrification) 戦略について説明があった。
 - ◆ APEC 事務局から 2022 年セッション 2 の APEC 全体及び EWG のプロジェクト申請並びに承認状況の情報共有がされ、プロジェクトの品質を向上させるための APEC 事務局 Project Management Unit からの指摘事項、プロジェクト遂行に際して守るべき期限等が説明された。
 - ◆ APERC からエネルギー原単位、再エネ倍増に関する APEC 域内の統計の追跡状況、APEC エネルギー需給展望に関する説明、APSEC から APEC 資金及び自己資金のプロジェクト進捗等が紹介された。
 - ◆ APEC 自動車対話から輸送部門の脱炭素化に関する議論の紹介、World Green Building Council から ZEB 及びアドバンス ZEB (ZEB+グリーンビル) の紹介があった。
 - ◆ 米国から APEC 域内のカーボンニュートラルを目指し、自発参加者のピアレビューを 2022 年中に立ち上げ、関連ワークショップを 2023 年 4 月開催、6 月頃報告書作成をする提案があった。
 - ◆ タイから国家エネルギー政策の方向性と 2027 年までの炭素中立に向けたグリーンエネルギーのためのタイの BCG モデルについて説明があった。炭素中立に向けた BCG モデルについて、タイの他に香港、日本、中華台北、米国の各エコノミー状

況の説明がされた。

- ◆ EGNRET 事務局からプロジェクト提案事項、提案プロセスの注意事項、現在進行中のプロジェクト件数の情報共有があった。続いて中華台北、タイ、米国、ベトナム提案のプロジェクトについて進捗報告があった。
- ◆ APERC が報告書を準備している APEC 東南アジア 6 エコノミーにおける再エネ証書の状況について発表があった。
- ◆ 再エネ倍増をさらに進めるためのクロスフォーラ協力、APEC 地域における再エネに関する新目標を議論した。
- ◆ 議長/副議長選挙を実施、議長は引き続き中華台北関係者、副議長はタイ関係者が選出された。次回 EGNRET58 は米国がホストを表明した。EGNRET、EGEE&C での議論内容を双方から報告、共有した。

巻末付録 1 : マルチ枠組が発刊するレポート等の要約

(省エネ編)

1. IEA “Global EV Outlook 2022”
2. IEA “The value of urgent action on energy efficiency”
3. IEA “Energy Efficiency 2022”
4. IEA “The Future of Heat Pumps”

IEA レポート の要約

1. Global EV Outlook 2022 (2022 年 5 月発刊)

1 章 EV 市場のトレンドと成長

乗用車の EV トrend

- ・ BEV と PHEV は前年比 2 倍の 660 万台を販売、そのうち 70%が BEV。2019 年比で 4 倍、世界全体の新車販売に占める割合は 9%になった。中国販売が 330 万台、欧州 230 万台、両地域で世界の 85%を占める。次に米国が 10%を占める。米国の EV 販売数は前年比倍増の 63 万台。
- ・ 地域別の EV 登録数（ストック台数）中国が最大で 780 万台、コロナ前の 2 倍。中国は EV 販売のうち BEV が 80%。
- ・ 欧州の 2021 年 EV 販売数 230 万台は、前年比 65%増。新車市場の 17%シェアを占める。最大の市場はドイツ。11 月、12 月は新車の 1/3 が EV だった。EV 販売シェアだけで見るとノルウェー 85%、アイスランド 72%、スウェーデン 43%、オランダ 30%、フランス 19%、イタリア 9%、スペイン 8%。2020-2021 の厳しい CO2 排出規制と EV 購入補助金が躍進の理由と考えられる。
- ・ 欧州の EV 市場では登録 EV の BEV と PHEV の比率はほぼ等しい、BEV が 55%。これは中国の BEV80%、米国 65%に比べると PHEV 比率が多い。
- ・ 米国市場は 2019 年と 2020 年に停滞したが 2021 年に復活し、2021 年に 63 万台を販売、累計 EV 登録は 200 万台を超えた。BEV が新車 EV の 75%を占める。

EV 車種が増加、モデル拡大と一充電走行距離が伸びた

- ・ 2021 年の EV は 450 車種、2018 年の 3 倍。
- ・ メーカーは利益率が高い SUV や高級車の EV 販売を拡大している。小型 EV は中国市場で健闘している。小型車 EV のほとんどは BEV だが、大型車や SUV には PHEV モデルが多い。

BEV や PHEV の一充電走行距離は少しずつ伸びている

- ・ BEV の充電走行距離は 2019 年までは順調に伸びていたが 2019 年から 2020 年にかけて停滞、2021 年も微増。PHEV の電池走行距離は確実に伸び、60km を実現。
- ・ BEV の一充電走行距離の増加は止まると予想。充電インフラの充実、高速充電技術により、一定の走行距離で十分という判断が広まると予想。

後進国の EV 販売、EV 車種は未だ限定的

- ・ 販売台数、モデル数共に後進国の EV 市場は小さい。アジア 3.3 万台で倍増、東欧、中央・西アジアで 3.2 万台、ラテンアメリカ、カリブ海で 1.8 万台を販売。

政府からの EV 支援と EV 価格について

- ・ 個人消費含めた 2021 年の世界 EV 総支出は 2.5 億ドル、2016 年の 8 倍。政府補助も 300 億ドル。
- ・ 中国では、個人消費が 3 倍、政府支出は 2 倍となった。政府の支出が増える以上に販売台数が増えているため、1 台当たりの補助金は減少傾向にある。
- ・ 欧州も個人消費、政府支出ともに増加している。1 台当たりの補助金も減少傾向であったが、コロナ景気対策として追加補助金があるため、全体として 1 台当たりの

補助金は横ばいである。

- ・ 米国は中国や欧州から遅れを取るものの、個人消費と政府支出は増加している。
- ・ 中国での BEV 加重平均価格は 2.7 万ドル、前年比 6%減となっている。中国を除いた BEV 平均価格は前年比 3%増で 5 万ドル。PHEV の平均は 5.7 万ドル。欧州の BEV 加重平均価格は 4.8 万ドル。PHEV は 5.8 万ドル。米国では BEV 加重平均価格 5.1 万ドル、PHEV 加重平均 5 万ドル。
- ・ BEV モデルと内燃自動車モデルの価格差、中国の価格差は 20%、欧州米国は 45%~50% 高くなっている。

EV 商用車の販売は緩やかに増加

- ・ EV 商用車は定期的な走行、固定駐車場など、多くの面で乗用車よりも EV メリット、経済効果が期待できるにも拘らず普及ペースは鈍い。世界の商用車販売の EV シェアは 2%にとどまる。商用車に対する緩い燃費、排出規制、モデル数が少ない、年間走行距離が短いなどの理由で、EV 買い替えが進んでいないと考えられる。
- ・ EV 商用車の 2021 年販売、中国で 8 万台、欧州で 6 万台。2021 年は韓国の商用車 EV 販売が増加、商用車販売の 12%に相当する 2.8 万台を販売した。韓国では商用車で EV 普及政策がある。

電動二輪/三輪車はアジアを中心に増加

- ・ 中国では通勤手段として電動二輪/三輪車が普及、内燃機関バイクより安価。
- ・ 電動二輪/三輪車市場は中国が独占している。2021 年の販売台数 1000 万台のうち、950 万台を中国が占める。2015 年から 2021 年に年率 25%の割合で増加してきた。中国に次ぐ EV 二輪市場はベトナム 23 万台、インド 30 万台。
- ・ 小規模の電動二輪専門メーカー(Niu, Gogoro 等)が登場。投資競争も盛んで、インドに世界最大の電動二輪工場建設計画がある。

主要自動車メーカーも電動化を加速

- ・ 自動車メーカー各社は電動化を市場シェア獲得の機会と捉えている。トヨタは BEV30 種の展開と 2030 年までに EV 販売を 350 万台の目標を発表。フォルクスワーゲン は 2030 年までに BEV 販売を欧州 70%、中国・米国で 50%とし、2040 年には 100% BEV とする目標を発表。フォード 2030 年までに 50%BEV、2030 年までに欧州で 100%BEV 化目標を発表。
- ・ FCEV は韓国が 38%を占め、市場をリード。次いで米国 24%、中国 16%、日本 13%。

大型車の電動化も進んでいる

- ・ 中国、欧州、米国で電動バス、電動トラックの登録台数が増加している。
- ・ 市場は横ばいにも関わらず、電動バスの販売台数は前年比 40%増、電動トラックの販売台数は前年比 50%増となった。それでもストックに占める割合は EV バスで 4%、電動トラックで 0.1%にすぎない。
- ・ 2017 年までは EV バスやトラックは 100%中国が独占していたが 2018 年から米国、欧州での市場参入があり、2021 年の中国シェアは 90%に減少。
- ・ インドが 5,500 台の電動バス購入を計画している。インドが世界最大の EV バス市場になる可能性がある。

- ・ バスや市中配送トラックは駐機所で計画充電が可能。一方、高速道路を使う長距離トラックの場合は大容量の電池に対して急速充電、複数台の同時充電が必要のため、大容量（350KW から 1MW 規模の容量）の充電インフラが必要になる。
- ・ 中国では、市中配送車の蓄電池スワップ方式の実証を続けている。蓄電池メーカー数社が協力し、10～100 台程度の配送トラックのバッテリースワップ方式の実証を行っている。2021 年には 159 モデルがバッテリースワップに対応する。
- ・ 欧州中心に道路上インフラ、架線充電や路面非接触充電等のパイロット事業も実施されている（ドイツ、イギリス）。

EV 関連企業の株価パフォーマンス

- ・ 2020 年までは EV 関連銘柄と自動車メーカーでは大きな差はなかったものの、2020 年以降は EV/蓄電池関連銘柄の指数が自動車メーカー上位 10 社を上回っている。
- ・ 2020 年前半は EV 指数が 70%増し、蓄電池指数が 40%増しと高い伸びを示した。コロナ復興支援としてグリーンパッケージの発表やネットゼロ宣言が重なった時期である。
- ・ 2021 年末には EV メーカーの時価総額が自動車メーカー上位 10 社の時価総額よりも 60%高い水準となった。これは主にテスラに起因するもので、テスラは EV メーカーの時価総額の 80%を占めている。BEV 専門メーカーの時価総額は旧来の自動車会社よりも高い。自動車販売 1 台当たりの企業価値はテスラが 110 万ドル、中国の NIO や Xpeng が 40 万～60 万ドルに対して大手自動車メーカーは 1 万ドル～4 万ドルしかない。しかし、新興 EV 企業の資産回転利益率は高く無い。
- ・ EV メーカーは比較的容易に資金調達ができるため、生産設備や研究開発施設に投資することができ、さらに時価総額を高めることができている。投資家が持続可能で気候変動に配慮した投資を行っており、EV 推進の鍵となっている。

充電インフラの動向

- ・ 現在 EV の充電は自宅か職場で行われているが、公共充電所は前年比 37%増しとなり、3 分の 1 が急速充電器となっている。低速充電所の増加率が 33%なのに対して、急速充電所は 48%増加している。
- ・ 充電所の分野でも中国がリードしており、世界の急速充電所の 85%、低速充電所の 55%は中国である。中国での低速充電所の設置台数は 68 万台、急速充電所も設置台数は前年比 50%増しの 47 万台となった。中国は他の国と比べて急速充電所が多いのが特徴である。
- ・ 欧州では急速充電所の設置台数は前年とほぼ同水準であった。
- ・ 米国の 2 万 2000 基の急速充電所のうち、60%がテスラのスーパーチャージャー。

EV 普及に充電所増加が追いついていない

- ・ 2018 年から EV が 3 倍に増えたことに伴い、充電所は 2 倍増えている。現在の EV 販売の勢いを維持するためには政府は今後も投資を促進し、充電インフラの普及を促す必要がある。
- ・ EV の登録数が増えると EV1 台当たりの充電所が減少する傾向がある。EV 保有台数が少ない国ではインフラ整備が先行するため EV1 台当たりの充電所は多い。中国、

韓国、オランダでは充電所 1 ヶ所あたりの EV 数 (EV/充電所) は 2015 年から 2021 年にかけて 10 台以下とよこばい状態である。米国では EV/充電所比率は 18 台。ノルウェー 29 台となっている。米国とノルウェーは一戸建て住宅の割合が高く、家庭で充電することが多い。

- ・ 欧州では EV/充電所比率を 10 台以下にすることが推奨されているが、2021 年は EV/充電所比率は 14 台となった。
- ・ 中国は EV/充電所比率は 7 台、40%が急速充電所と急速充電所の割合も高い。
- ・ 世界平均では EV/充電所比率は 10 台であり、中国が平均を引き下げている。

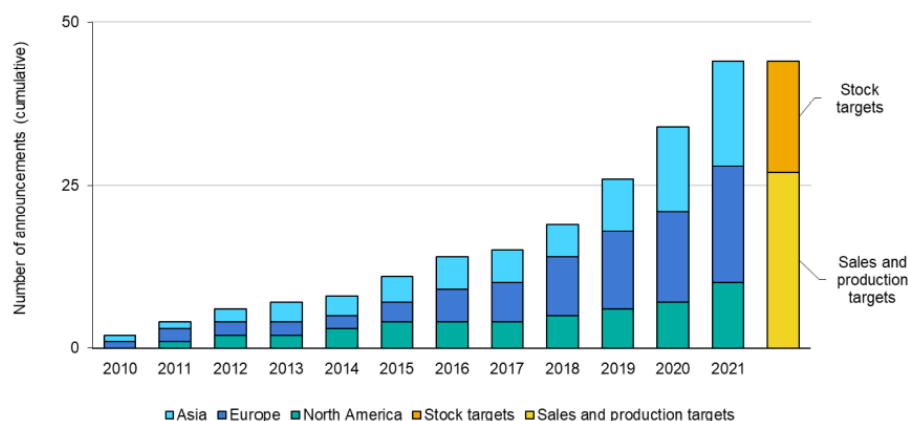
2 章 EV 展開を促進するための政策

ネットゼロシナリオでは 2035 年までに新車販売の 100%ZEB 化が必要とされるが、世界の小型車市場の 25%を占める地域において、2035 年までに新車販売を ZEV100%とする目標・方針が公表されている。

2.1 電動小型車の推進策

- ・ 2021 年の新車販売台数は、各国で記録を更新し、各国政府は導入目標を引き上げた。EU 諸国の自動車 CO2 排出規制強化が進み、EV 普及の大きな原動力となっている。

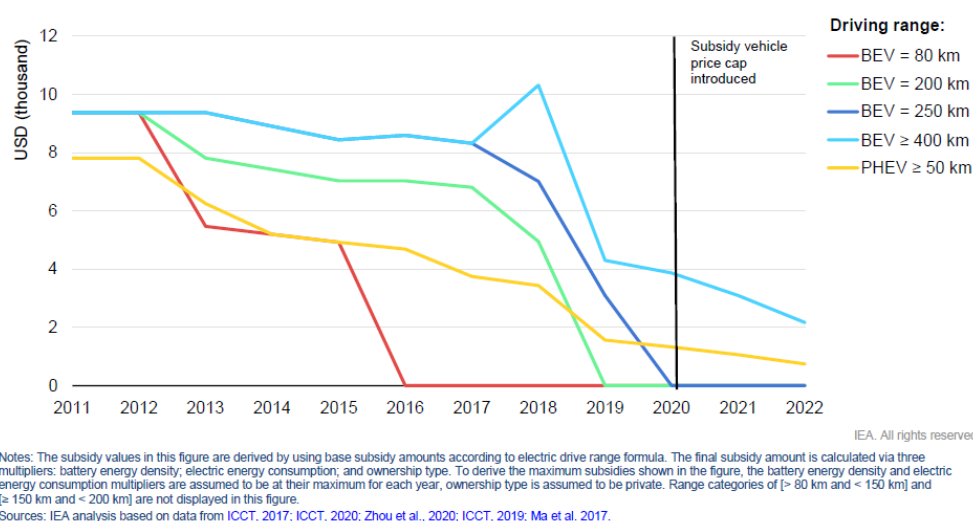
図 2.1 各国の ZEB 導入目標(累積値、地域別)



IEA. All rights reserved.

Notes: In this figure, the LDV markets of France, Germany, Ireland, Netherlands, Norway and United Kingdom are represented as Europe. North America represents the LDV markets in Canada and United States. Asia includes the LDV markets in China, India, Japan, Thailand and Indonesia. Announced targets and ambitions shown are for ZEVs in the light-duty vehicle market. There may be some ambiguity where announcements did not clearly specify the target vehicle segment.
Sources: IEA analysis based on government announcements.

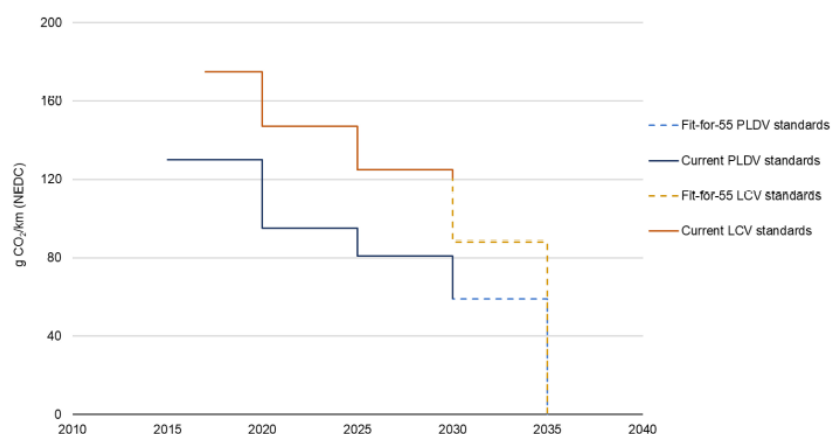
図 2.2 中国の新エネ車購入補助金の推移 (2011-2022 年)



- 2021 年、中国における EV 販売台数は増加したが、これは補助金目当ての駆け込み需要によるものと考えられる。

図 2.3 欧州委員会による、欧州連合における自動車とバスの CO₂ 排出性能基準案 (2015 年～2040 年)

European Commission's proposal for CO₂ emission performance standards for cars and vans in the European Union, 2015-2040



- 欧州委員会が提案する EU における自動車とバスの CO₂ 排出性能基準 (2015-2040 年) について。EU タクソノミーは「環境的に持続可能な経済活動」の基準である。22 年 1 月以降、EU 域内の企業や金融機関は、この基準に基づいて、情報開示が求められる。具体的な指標・尺度（スクリーニング基準）として、乗用車の場合 2025 年までは CO₂ 排出量は 50gCO₂/km、2026 年以降は排出ゼロが基準となっている。EV 関連の持続可能な活動としては、インフラ整備として充電ポイント、グリッド接続の改善、水素ステーション等の整備が含まれる。コロナパンデミックからの復興計画では、タクソノミーに準拠したグリーンボンドやインフラ提供などが重視され、37%の基金が環境・気候変動対策への活用に限定される。

表 2.1-1 主要国の電動小型車推進策

No.	国名	販売シェア (%)	EV 販売シェア (%)	EV 増加率 (%)	政策トピック
1	カナダ	2.0	5.5	71	Emissions Reduction Plan (ERP) 2030 : 2040 年新車販売 100%ZEV。2030 年同 60%、2026 年同 20%。 インフラ整備と EV 購入への補助金 : 2022 年 4 月から SUV、ミニバン、ピックアップ等も補助対象とし、車両価格 60,000～70,000 カナダドル (46,154～53,846 米ドル) までの大型 ZEV 車へ拡充。 ブリティッシュ・コロンビア、ケベック等は州独自の EV 導入策を展開している。
2	チリ	0.4	0.2	263	2021 年 10 月、新車販売 100%ゼロエミ化を 2035 年までに、2050 年にはストックの ZEV 割合を 40%とする方針を発表した。 首都サンチアゴ周辺地域における EV 利用促進策 : 企業のプロジェクトへ 8 週間の無料充電と LDV の提供。
3	中国	26.7	15.4	183	Development Plan for the NEV Industry (2021-2035): 2025 年までに NEV の割合を 20%とする。NEV の現地生産の拡大が含まれる。 NEV 補助金を 2022 まで延長したが、補助割合を段階的に引き下げる。また航続距離の長い BEV を奨励し、2016 年以降、販売される BEV の航続距離が 50%増加した。
4	EU	14.6	14.8	67	Fit-for-55 package(2021 年 7 月開始): 2030 年までに 1990 年比で小型車 55%、バン 50%の排出量削減、2035 年以降は 100%削減を義務化する提案。 ドイツ: 2020 年 6 月に発表した大規模な景気刺激策の一環として、EV 充電インフラの整備と電池開発に資金を割り当て結果として、電気自動車の販売台数が飛躍的に増加。 スペイン: 4 億€ (473 百万米ドル) の復興資金が、MOVES III の一環として EV インセンティブ・プログラムに充てられている。

販売シェアは 2021 年実績

表 2.1-2 主要国の電動小型車推進策

No.	国名	販売シェア(%)	EV 販売シェア(%)	EV 増加率(%)	政策トピック
5	インド	4.2	0.4	223	電気自動車（HEV 含む）の普及と製造の促進 FAME II スキーム： 2022 年から 2024 年 3 月末まで延長された。電動バイクの購入奨励金を 50%増額し、(INR) 15,000 (USD 203) /kWh に引き上げ、上限を購入費用の 20%から 40%まで緩和。政府主導で 30 万台の電動 3 輪車を導入。
6	日本	6	1	48	2030 年燃費基準（2020 年 3 月発表）には、すべての燃料（電気を含む）の Well-to-Wheel エネルギー効率アプローチが含まれる。 2021 年 11 月、2021 年度補正予算で e-mobility に 375 億円（3 億 4,200 万米ドル）を計上、ZEV 補助金として 250 億円（2 億 2800 万ドル）、残りは充電インフラに充てられる。
7	韓国	2	7	117	2021 年から新たな EV 補助金制度を導入： 補助金受給のための電池性能、航続距離、車両効率基準が厳格化され、2022 年には 5,500 万ウォン（4,807 ドル）以下の車に限定し、8,500 万ウォン（7,400 万ドル）以下では、補助金 50%減、補助金制度は 2025 年まで延長されている。
8	英国	2.4	16.3	80	EV 車への補助金は 2021 年 12 月引き下げ： ZEV 車に対する補助金が 2,500 £ から 1,500 £（3,571\$から 2,143\$）、上限価格は 35,000 £ から 32,000 £ に引き下げ。 ZEV 社用車の購入やリースに適用される税制優遇措置： BEV の税率を 2021/22 年に 1%、2022/23 年に 2%とし 2024/25 年まで継続。（2021-2023 年、ICE 車では 20%）

販売シェアは 2021 年実績

表 2.1-3 主要国の電動小型車推進策

No.	国名	販売シェア (%)	EV 販売シェア (%)	EV 増加率 (%)	政策トピック
9	米国	17.8	4.2	114	2021 年 8 月大統領令： 電気自動車を 2030 年に小型車販売台数の 50%を EV にするという初の連邦目標を設定、Safer, Affordable Fuel-Efficient Act を取り消した。 2023-2026 年 GHG 排出新基準： 毎年 5～10%の排出量削減を要求。 2024-2026 年 CAFÉ： 8-10%の燃費向上が求められる。 ニューヨーク州：州内での小型車新車販売を 2035 年までに 100%ゼロエミッションとする。 カリフォルニア州：2022 年 1 月に EV 関連施策として 61 億米ドルを提案、本施策は税額控除、充電インフラ、車両補助に重点を置く。

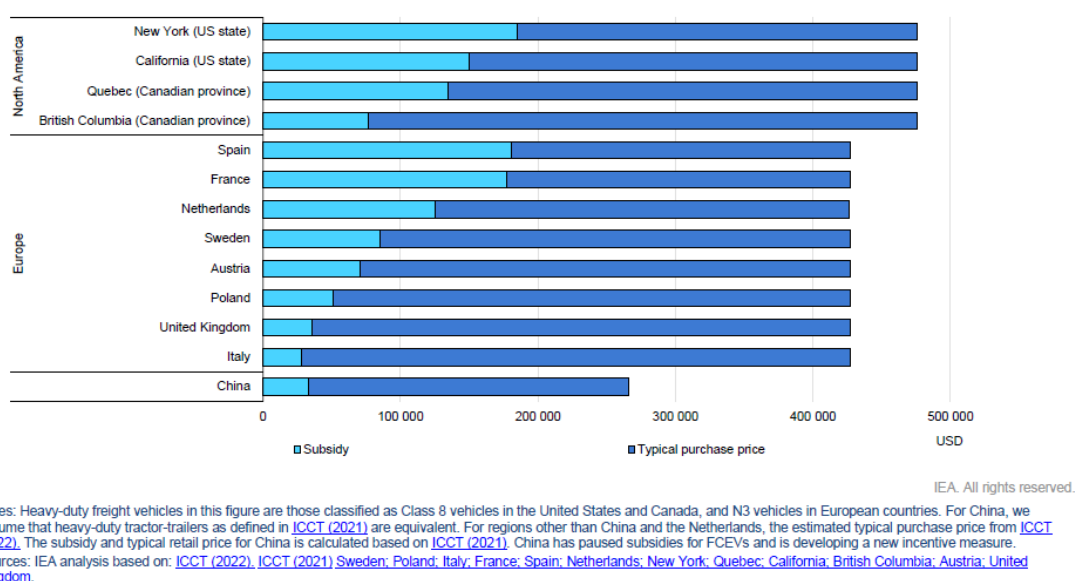
販売シェアは 2021 年実績

2.2 電動中型・大型車の推進策

- ・ 2021 年には、15 カ国 34（世界の中型車・大型車（M/HDV）販売台数の約 5%に相当）が「グローバル・ドライブ・トゥ・ゼロ」35キャンペーンプログラムへの支援を表明、2030 年と 2040 年の ZEV トラック・バス新車販売目標を達成するための協力と計画の策定及び毎年の上進報告に関する世界初となる覚書を交わした。

電動トラックへの補助金は国・地域により価格・補助割合が異なる。（下図）

図 2.4 特定国・地域における ZEV トラックへの購入補助金と標準価格(2021 年)



³⁴ Supporting countries: Austria, Canada, Chile, Denmark, Finland, Luxembourg, Netherlands, New Zealand, Norway, Scotland, Switzerland, Turkey, United Kingdom, Uruguay and Wales.

³⁵ CEM Drive to Zero program and campaign
<https://globaldrivetozero.org/about/program/> (参照 2022/7/13)

表 2.2-1 主要国の電動中・大型車推進策

No.	国名	目 標 (%)	目標年	政策トピック
1	カナダ	35	2030	政府は 2040 年 100%ZEV 化目標の設定を目指している。 M/HDV 購入インセンティブ・プログラムに 547.5 百万カナダ\$ (421 百万\$)、水素トラック実証プロジェクトに 3,380 万カナダ\$ (2,600 万\$)。 大型 ZEV への事業投資に対する税額控除： 2020 年から 2023 年まで 100%、それ以降は減額される。 ゼロ・エミッション・トランジット基金： 27 億 5000 万カナダ\$ (21 億 2000 万\$) 公共交通機関やスクールバスへの投資を支援、今後 5 年間で 5,000 台のゼロエミッションバスを購入することを公約。 ブリティッシュ・コロンビア州、ケベック州：M/HDV ZEV 導入のための補助金あり
2	チリ	公共交通機関 (バス、タクシー、乗合タクシー)の 販売台数の 100%	2035 年	国家 EV 戦略(2022 年 1 月制定)： 長距離トラック及び都市間バスは新車販売の 100%を 2045 年までに EV 化する目標。 首都サンチアゴではすでに 800 台の電気バスが導入され、今後約 1000 台が追加導入される予定。 Enel X、BYD Chile.、チリの公共交通機関の運営会社である BYD Chile. のコラボレーションによる EV プロジェクトが始動しており、120 か所もの充電ステーションが設置され、483 台の電気バスが導入される予定。

表 2.2-2 主要国の電動中・大型車推進策

No.	国名	目標 (%)	目標年	政策トピック
3	中国	公共交通機関 (LDV とバス含む) の 72%、トラックの 20%	2025	交通部による第 14 次グリーン交通計画には左記目標が掲げられている。 2020 年に VI-a 基準 ³⁶ が導入されている。 2023 年 7 月には新たな排ガス基準 VI-b が導入される予定。 中型・大型 ZEV の購入奨励策 (2020 年公表) 燃料電池車の開発・実証プロジェクト (2021 年から 4 年間): 北京・天津・河北省、上海、広東省が対象都市として承認済み 上海、寧夏、広東の地域政策では、2025 年までに新車バスのそれぞれ 96%、45%、100%を NEV にするという目標が設定されている。
4	EU			クリーン自動車指令: 公用車の調達におけるクリーン自動車の導入目標の設定を域内諸国へ義務付け。 Eurovignette 指令 ³⁷ : 2022 年 4 月の改訂により、大型 ZEV の通行料を大幅に割引する制度を導入。 オランダ: Zero Emissions Trucks Purchase Grant 2022 年 5 月から ZEV トラック購入への助成を実施。 フィンランド、スウェーデン、オーストリア、スペイン等でもバス、トラックの ZEV 化に対して助成制度がある。

³⁶ 都市における大型車の排出基準

<https://theicct.org/publication/chinas-stage-vi-emissions-standard-for-heavy-duty-vehicles-final-rule/#:%7E:text=China%20VI-b%20will%20take,China%20to%20meet%20the%20standard> (参照 2022/7/13)

³⁷

<https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-resilient-energy-union-with-a-climate-change-policy/file-jd-eurovignette-directive-revision> (参照 2022/7/13)

表 2.2-3 主要国の電動中・大型車推進策

No.	国名	目標 (%)	目標年	政策トピック
5	インド			Grand Challenge Initiative: イニチアチブの目的は、需要の集約、調達の促進、主要都市でのプロセスの標準化であり、国営企業である Convergence Energy Services Limited は 5,500 台以上の電気バスの調達を目指している。 入札は 350 億～550 億インドルピー（4 億 7500 万\$）が見込まれるが、調達時期は現状未定となっている。
6	ノルウェー	HDV100% 長距離バス 75% トラック 50%	2030	目標達成へ向けて、補助金制度を導入、その資金は HDV への 1 トンあたり約 200€（237\$）の燃料税が充てられる。
7	英国			The National Bus Strategy for England(2021 年 3 月): 2025 年までに 4000 台のゼロエミバスの導入を、2022 年 3 月には 2 億 £（2 億 8600 万\$）の資金を、2025 年までにゼロエミッションバスに投資することを公約。 2035 年までに小型ガソリン・ディーゼルトラック、2040 年までに大型トラック（26 トン以上）の新車販売を廃止することを目指す。 プラグイン・トラック補助金: 16,000 - 25,000 £（22 857 - 35 714\$）の購入補助金が支給される。 ロンドン：2034 年までにすべての公共バスをゼロエミ化する目標を掲げている

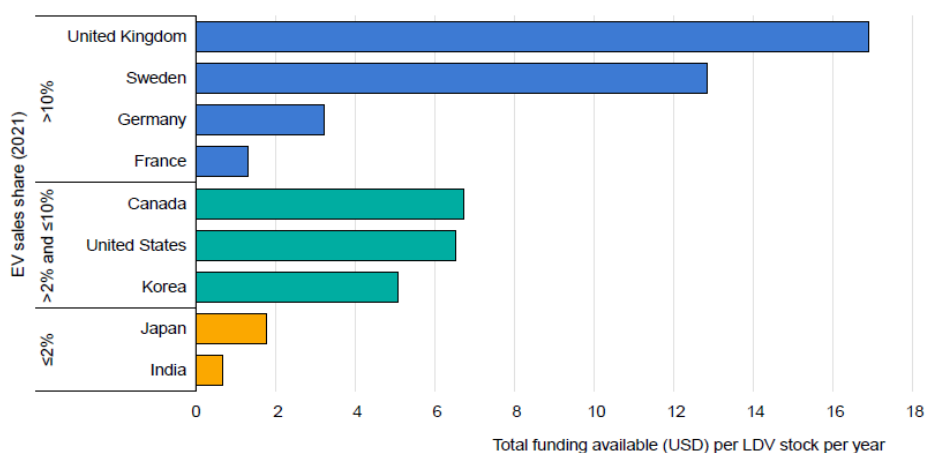
表 2.2-4 主要国の電動中・大型車推進策

No.	国名	目標 (%)	目標年	政策トピック
8	米国			米国連邦政府は、全米の数千台のスクールバスや路線バスの電動化に向け、75 億ドルの資金提供を発表した。低排出ガスプログラムの一環として、路線バスの近代化のためにこのプログラムには、5 年間で合計 55 億米ドルが割り当てられ、その一部は ZEV に充当される予定。 米国環境保護庁は 2022 年 3 月、大型トラック (2027 年モデルから) の基準汚染物質 (NOx) の新たな基準 (2045 年までに NOx 排出量を 47-61%削減) を提案し、2022 年内に最終決定するとしている。 カリフォルニア州クリーントラック規制 : ZEV の最低販売目標を規定、2021 年には、ニューヨーク州、ワシントン州、オレゴン州、ニュージャージー州、マサチューセッツ州が追随。

2.3 充電インフラの推進策

- EV 導入を進めるためには、充電インフラへの大規模な投資、政府による計画と政策的な優遇策及び関係する組織(政府機関、電力会社、ビル事業者、充電器メーカー等)間の調整が必要であり、土地やグリッド接続へのアクセスに加え、建築規制、相互運用の規格、効率的な許認可が必要。
- 各国政府の EV インフラの支援に対する考え方は様々であり、資金投入の状況も異なる(下図)

図 2.5 公共充電インフラ設備への公的資金の投入状況(電動乗用車 1 台当たり、2021 年)



IEA. All rights reserved.

Notes: Funding shown reflects financing for all types of publicly available ZEV charging infrastructure that is currently available in select countries up to an announcement date of May 2022. Total funding amounts are based on total annual charging infrastructure budget announcements and programs which is then divided by the number of years the funding or programme is active. Annualised funding is then divided by the total LDV stock in 2021.

Sources: IEA analysis based on: [United Kingdom](#), [Germany](#), [Sweden](#), [France](#), [United States](#), [Canada](#), [Korea](#), [India](#), [Japan](#).

表 2.3-1 主要国の充電インフラ推進策

No.	国名	EV 台数 ³⁸	ステーション数 ³⁹	政策トピック
1	カナダ	20	0.53	ゼロエミッション車インフラ： 2027 年までの 5 ヶ年計画、6 億 8000 万カナダ\$（5 億 2300 万\$）追加で 5 億カナダ\$（3 億 8400 万\$）の予算、目標値は 5 万ステーションの EV 充電ステーション及び水素ステーション。 ブリティッシュ・コロンビア州：the Clean BC Roadmap to 2030 において 2030 年までに 1 万基の公共充電ステーションを設置するという目標を掲げ、100 万カナダ\$（769,000\$）の予算を計上。 この他、ケベック州、ノバスコシア州(50 万カナダ\$（384,615\$))、オンタリオ州(9100 万カナダ\$（7000 万\$）)でも EV 充電設備設置のための予算を発表している。
2	中国	7	4	中国は、世界最大の EV 充電インフラ網を有し、充電ポイント数は前年比 40%増の 110 万ヶ所以上となっている。電化策の一環として、2022 年 1 月に EV 充電インフラサービス強化のためのガイダンスが公表され、その中で 2,000 万台以上の EV の充電インフラ整備と 2025 年までに高速道路の 60～80%（地域により異なる）に急速充電器を設置することが求められている。現状では公共充電ポイントの 70%以上が広東省と上海に設置されている。政府は充電設備の設置とともに、都市部と農村部の充電ネットワークの構築、設備のメンテナンス、電力供給の強化 を推進している。 国家発展改革委員会と国家エネルギー管理局（EV 充電インフラの所轄部門）は、「サービス保証のさらなる改善に関する意見」を発表し、品質と安全性の監督を強化し、地方でのサービス品質と連動した運営補助基準を確立するため 新技術への補助金を増額し、充電設備の標準化開発を行う方針を示した。 2021 年 10 月、産業情報化省は 産業・情報技術省は、バッテリー交換技術のパイロットプログラムを 11 都市で開始し、1,000 カ所のバッテリー交換ステーションを建設するとともにバッテリー交換が可能な車両を 10 万台以上生産することを目標としている。 上海、重慶、広西、広州、陝西などの第 14 次計画では、EV 充電の目標値、補助金、または 目標、補助金、または充電インフラ整備への重点的な取り組みが盛り込まれている。

³⁸ 1 ステーション当たりの EV 台数

³⁹ 乗用車 1000 台当たりのステーション数

表 2.3-2 主要国の充電インフラ推進策

No.	国名	EV 台数 ⁴⁰	ステーション数 ⁴¹	政策トピック
3	EU	14	1.1	The Sustainable and Smart Mobility Strategy: 2025 年までに 100 万基、2030 年までに 300 万基の充電ポイントを設置することを目標とする。 Fit-for-55 パッケージの一環として 2021 年 7 月、欧州委員会は、「代替燃料インフラ指令」を「代替燃料インフラ規則」に変更することを提案、本規則においては小型 BEV 1 台に対して 1kW の出力、小型 PHEV では 0.66kW の充電ステーションの設置が求められる。また、欧州横断交通網（TEN-T）などの主要道路においても、2025 年までに TEN-T ネットワークの 60km ごとに出力 1,400kW 以上（出力 350kW を 1 台以上）、2030 年までに出力 3,500kW 以上（出力 350kW を 2 台以上）。 建築物のエネルギー性能指令: 非住宅用建物、新築住宅に最低 1 箇所の充電ポイントを設置する義務付けを改訂し、後日設置するためのプレケーブルの設置も可能とした。 再生可能エネルギー指令 II: 2030 年までに輸送用燃料の温室効果ガス強度を 13%削減することを目標とする。再生可能エネルギー電気の供給者が、消費者に販売される電力に対してクレジットを設定可能とする。
4	インド	32	0.02	the FAME II programme: 25 の州で約 2,900 基の充電ステーションを開発するために補助金(100 億インドルピー、1 億 3,500 万\$)を提供 インド国道庁は、国道沿いの 40～60km ごとに EV 充電ステーションを設置し、2023 年までに国道 35,000-40,000km をカバーすることを目標に掲げた。 2022 年 1 月、電力省は EV 充電インフラに関するガイドラインを改定し、規制緩和、土地利用に関する収益分配モデルの導入、グリッド接続のスケジュール、電気料金の上限設定等を規定した。

⁴⁰ 1 ステーション当たりの EV 台数

⁴¹ 乗用車 1000 台当たりのステーション数

表 2.3-3 主要国の充電インフラ推進策

No.	国名	EV 台数 ⁴²	ステーション数 ⁴³	政策トピック
5	日本	12	0.4	2030 年までに 15 万台の EV 充電ポイントを整備する目標を掲げ、EV 推進予算総額 375 億円（3 億 4,200 万\$）のうち、125 億円（1 億 1,400 万\$）は、EV 充電ステーションと水素充填ステーションの新設に充てられる。
6	韓国	3	5	韓国は 2022 年に低速充電器に向けた予算を 2021 年の 24 億韓国ウォンから 740 億韓国ウォン（2100 万\$から 6500 万\$）へとほぼ 3 倍に増額した。急速充電器に対する資金援助も 2021 年の 45 億ウォン（390 万\$）から 370 億ウォン（3200 万\$）に増加した。この資金調達により、マンションや公共充電ポイントが 2022 年に 8,000 から 30,000 に増加する見込みとなっている。
7	タイ	15	0.16	現在、1,500 基あまりの公共充電ステーションが存在する。国家電気自動車政策委員会は 2030 年までに急速充電器 12,000 基、電動バイク用バッテリー交換ステーション 1,450 基を整備、急速充電器を 50km ごとに 1,000 基以上設置することを計画している。国営発電公社 EGAT は、すべての経路に EV 充電ステーションを増設する計画であり、自動車メーカー 6 社と共同で充電ステーションを検索できるアプリを開発した。
8	英国	21	1.0	EV 充電インフラの整備資金として、2020 年以降 16 億£（23 億\$）が割り当てられ、多くの政府支援スキーム、基金が充当されている。この他に政府投資としては、5 億£（7 億 1,400 万\$）の地方 EV 充電基金や、2022-2023 年に 2000 万ポンド（2900 万米ドル）を提供し、専用駐車場のない住民に公共充電を提供する On-Street Residential Charge point Scheme がある。

⁴² 1 ステーション当たりの EV 台数

⁴³ 乗用車 1000 台当たりのステーション数

表 2.3-4 主要国の充電インフラ推進策

No.	国名	EV 台数 ⁴⁴	ステーション数 ⁴⁵	政策トピック
9	米国	18	0.47	The Infrastructure Investment and Jobs Act: 2021 年 11 月採択、EV インフラフォームラプログラムへ 50 億\$が割り当てられる。 Vehicle Charging Action Plan: これまで EV 充電インフラへの投資が少なかった農村部等へ向けて 25 億\$が割り当てられる。 現在 10 万基の EV 充電ステーションが設置されており、50 万基の導入目標を掲げている。上記投資パッケージにより 5 万基の導入が計画されている。 州レベルでは、カリフォルニア州公益事業委員会が、電力会社に対して、EV 充電ステーションに関連する配電インフラの整備を義務付ける新規則を承認し、この新たな規制により、EV 充電ステーションの設置費用を 25%削減することが可能になるとしている。

⁴⁴ 1 ステーション当たりの EV 台数

⁴⁵ 乗用車 1000 台当たりのステーション数

2.4 新興市場および発展途上国における政策

アフリカ

(1) 南アフリカ

- ・ 南アフリカはアフリカ EV 市場をリードしている。2013 年に設立された uYilo eMobility Programme により、技術開発、実証プロジェクトを支援している。2021 年に公表された新エネルギー車の普及に関するグリーンペーパー⁴⁶には新エネルギー車に対する従価税の引き下げと関税の撤廃、25%の EV 部品への関税撤廃等の政策案が示されている。現在、約 300 の公共充電ステーションがあるが、設置は民間に委ねられており、グリーン交通戦略では、政府は民間セクターと協力し、EV 充電ステーションを拡大することを目指す方針が示されている。

(2) ルワンダ

- ・ ルワンダは、EV 充電インフラに必要な総投資額を約 9 億\$に拡大する必要があるとし、2021 年 4 月、国土交通省は EV 推進へ向けた戦略を発表、施策の一つとして、充電ステーション運営会社の法人税を 15%優遇することを提案している。

(3) ケニア

- ・ 政府は、2030 年までに運輸部門で CO2 換算 346 万トン削減目標を達成するため、BEV（10 人乗り以上）物品税の引き下げ（20%から 10%）の検討、2025 年までに輸入車の 5%を電気自動車にするという目標が提案されている。2022 年 1 月、スウェーデンとケニアの合弁企業 ROAM（旧社名オピバス）がアフリカで初めて設計・製造された電気バスの販売を開始した。

(4) エジプト

- ・ エジプトでは 2013 年以降は中古自動車輸入が規制されているが、3 年未満の EV 輸入は 100%関税が免除されることとなった。主要都市で電気バスのパイロットプロジェクトが進行中。政府は中国の Foton Motors と協業し、45%以上の国産部品で年間 500 台の電気バスを生産するパートナーシップを締結した。

東南アジア

(1) ベトナム

- ・ ベトナムでは EV の普及が遅れているが、国家計画には EV の普及を進めることが明記されており、政府は 2022 年 3 月から 2027 年 2 月まで EV の登録料をゼロに、それ以降は従来車の 50%とする政令を制定した。

(2) インドネシア

- ・ 政府は 2030 年のストックベースで EV 乗用車を 200 万台、EV バイクを 1300 万台とする目標を掲げている。また、2050 年までに新車販売をすべて EV とする方針が発表されている。

⁴⁶ 南アフリカ 貿易産業競争力省 AUTO GREEN PAPER
http://www.thedtic.gov.za/wp-content/uploads/EV_Green_Paper.pdf (参照 2022/7/13)

- ・ HEV と ZEV には、Low-Carbon Emission Vehicle Program⁴⁷が適用され、物品税の優遇等のインセンティブが提供されている。都市部では、運輸省の主導でディーゼルバスを電気バスに置き換えることを目的とした The DAMRI E-Bus Project⁴⁸が実施されており、輸送の電動化を推進している。

(3) タイ

- ・ 政府は EV 優遇パッケージを 2022 年 2 月に発表し、EV 購入価格、電池容量に応じた補助金、物品税の優遇(2025 年まで)、EV 輸入関税の軽減(2023 年まで)等が実施されている。また、政府と協定を締結した 2025 年までに国内製造を開始する EV あるいは電動バイクのメーカーへ向けた優遇措置も設けられている。

(4) マレーシア

- ・ 政府は 2021 年 10 月、the Low Carbon Mobility Blueprint of Malaysia⁴⁹を発表し、2022 年予算の EV 普及促進策⁵⁰として、国内組み立ての BEV の税金を全額免除とし、輸入 BEV の関税及び物品税の免除、道路税も全額免除、EV 充電ステーションの所得税優遇措置等が示されている。

南米

チリは南米において EV 市場をリードしている。

(1) コロンビア

- ・ 2021 年 7 月に承認されたコロンビア法 2099 は、エネルギー資源の効率的な利用を促進することを目的としており、同法に基づき、鉱山エネルギー省は EV 充電用電力に対してエネルギー消費税の 20%免除を認めている。
- ・ ボゴタ市が BYD や Transdev といった企業と契約を締結し、約 260 台の電気バスが運用されており、2022 年には 1,485 台の電気バス導入を目指している。

(2) コスタリカ

- ・ 政府は 2018 年に電気交通の促進と支援のための法律を制定し、EV の新規購入や BEV 及び FCEV の所有者への関税免除、所有税免除等の優遇策を実施しているが 2022 年末に期限を迎えるため、改訂へ向けた検討を行っている。
- ・ 2019 年国家脱炭素化計画(2018-2050)では、2050 年脱炭素の目標が示され、10 の脱炭素化パスのうち、3 つは運輸部門に直接関連し、公共交通機関と LDV を ZEV に転換する、貨物輸送のゼロエミッション化が含まれる。2021 年にはドイツから寄贈された 3 台の電気バスによる実証プロジェクトが実施された。

⁴⁷ <https://jdih.kemenkeu.go.id/fullText/2019/73TAHUN2019PP.pdf> (参照 2022/7/13)

⁴⁸ <https://www.adb.org/projects/54456-001/main> (参照 2022/7/13)

⁴⁹ <https://www.kasa.gov.my/resources/alam-sekitar/Low-Carbon-Mobility-Blueprint-2021-2030/16/> (参照 2022/7/13)

⁵⁰ <https://www.mof.gov.my/portal/en/news/press-citations/budget-2022-ev-gets-boost-from-exemption-of-various-taxes> (参照 2022/7/13)

(3) Global E-Mobility Programme⁵¹

- ・ グローバル E-モビリティ・プログラムは、中低所得国の EV 移行を支援するプログラムであり、地球環境ファシリティ (GEF) 等、二国間ドナーの共同出資による 5 年間のプログラムである。アジア開発銀行、セントロ・マリオ・モリーナ、欧州復興開発銀行、国際エネルギー機関、国連環境計画、各国政府を含む多くの組織が実施しており、50 か国余りを対象、そのうち 27 カ国が GEF から技術支援とプロジェクトのための資金援助を受けている。

3 章 EV 普及の展望

3.1 電気自動車 (エレクトロモビリティ) の展望

本章では、2030 年までに道路交通電化のいくつかのシナリオを検討する。

- Stated Policies シナリオは、各国の既存政策や施策を反映。
- Announced Pledges シナリオは、各国政府目標が、すべて達成される想定。
- ネットゼロ・シナリオ (Net Zero Scenario) は、2050 年までにネットゼロ達成できる厳しいが達成可能な規範的シナリオ。

(乗用、軽商用車)

Stated Policies シナリオ

(二輪/三輪を除く) の EV ストックが、2021 年の約 1800 万台から 2030 年までに年平均 30% 以上の伸びで 2 億台まで急速に拡大、2030 年 EV ストックシェアは約 10% を占める。EV 販売台数は、2025 年に 13%、2030 年に 20% 超に相当する。

Announced Pledges シナリオ

政策目標を上回る目標、2030 年に 2.7 億台以上、EV ストックシェアは 14% に達する (二輪車/三輪車を除く)。2030 年には販売シェアは 33% に達する。

ネットゼロシナリオ

2030 年にストック 3.5 億台以上、EV ストックシェアは 20% に達する。2030 年の EV 販売台数は 6,500 万台以上、販売シェアは 60% 近くに達する。

(電動バス)

電気バスは、二輪車・三輪車を除くと現在 2 番目に大きな EV 市場である。商用車の電動化のほとんどは都市部のバスに限定されている。都市間バスは、長距離、充電時間が長いいため電動化ハードルが高い。

(電動トラック)

現在、6 万 5 千台以上の電気トラックが稼働している。電気トラックの販売台数に占める割合は非常に小さいが、2030 年までに 7% にまで上昇する (Stated Policies シナリオ。Announced Pledges シナリオでは 10%、ネットゼロシナリオでは、約 25%)。トラックが電動化の政策必要性が際立っている。

⁵¹ <https://www.thegef.org/newsroom/press-releases/un-led-partnership-accelerate-electric-mobility-shift-27-countries>
(参照 2022/7/13)

(二輪・三輪)

二輪車・三輪車は軽量で走行距離が短いため、比較的小さなバッテリーで済むため、電動化が容易であり、充電インフラの要件に関する問題も少ない。2021年に販売シェアが20%を超える（ストックシェアは6%）。二輪車/三輪車は、最大のEV車両になると予測され、Stated Policies シナリオでは、2021年の1000万台から2030年に4000万台に増加、販売シェアの半分超を占める。ネットゼロシナリオでは2030年販売シェアは85%に達する。

(主要地域の状況：中国)

中国のEV普及速度が圧倒している。小型車市場では、2025年の販売シェア20%という政府目標の達成時期が早まる可能性がある。中国は現在、バスと二輪・三輪車の電動化で世界をリードしている。電気バスのモデル数が多いこともあり、中国の電気バスのストックシェアは10%を超え、2030年の電気バスのシェアは、「Stated Policies シナリオ」で25%以上、「Announced Pledges シナリオ」で35%以上となる。二輪車・三輪車では、5分の1以上が電動化されている。中国は、いずれのシナリオでも2030年までこれらの市場をリードし続けると予測される。

(主要地域の状況：欧州)

欧州の小型車と大型商用車のCO₂排出量規制により欧州が主要なEV市場の地位を維持することが期待される。Stated Policies シナリオでは、2030年までに全車両のEV販売シェアが35%以上、Announced Pledges シナリオでは50%になる。

(主要地域の状況：米国)

現政権下の燃費規制の強化、EV充電助成を盛り込んだ「インフラ法」が電動小型車の普及を後押しする。Stated Policies シナリオでは、2030年に電動小型車の販売シェア20%以上、Announced Pledges シナリオでは50%目標を達成する。電気バス販売シェアはStated Policies シナリオで2030年に30%、Announced Pledges シナリオで40%超に達する。

(主要地域の状況：日本)

二輪車・三輪車を除く車両のEV化はStated Policies シナリオで2030年に販売シェアの20%程度、Announced Pledges シナリオで30%になる。

(主要地域の状況：インド)

インドは二輪車の電動化に重点を置いており、電動二輪車・三輪車の販売シェアは、2021年の2%から2030年にはStated Policies シナリオで50%、Announced Pledges シナリオで60%まで増加する。バスと小型車の電動化率は低く、2030年時点では、Stated Policies シナリオでそれぞれ6%と12%である。

3.2 EVがエネルギー需要に及ぼす影響と市場機会

2021年の世界のEVによる電力消費量は約55TWh、最終消費電力総量の0.5%以下。今後、EVは急速に普及し、2030年のEV電力需要は、「Stated Policies シナリオ」で約780TWh、「Announced Pledges シナリオ」で1,100TWh以上に達すると予測される。2030年までに、EVの電力需要は、両シナリオで世界の最終電力消費の少なくとも2%を占める。電力系統に

としてEVはますます重要な要素となり、ピーク電力需要や送配電容量への影響も重要な検討事項となる。慎重な計画とスマート充電（ピーク負荷に寄与しないよう管理された充電）の促進が極めて重要である。また、充電のタイミングを容易に管理できるスローチャージを奨励することも有効である。

3.3 充電インフラ、個別充電と公共充電

乗用・軽商用EVは、家庭用充電が主流になる可能性が高い。欧米では、家庭用充電を利用できる世帯が自動車全体の50～60%を保有、中国は40%未満。2030年時点でも家庭用充電が重要であることから、住宅等の駐車場の充電機器設置、また集合住宅向けの充電インフラ整備のための政策が必要。

公共充電は、2021年時点で充電インフラの10%、120万台が低速充電、50万台が高速充電。2030年までに、Stated Policies シナリオでは、800万台以上の低速充電、500万台近くの高速度充電、Announced Pledges シナリオでは、1,000万台の低速充電、550万台の高速度充電が普及する見通しとなる。EVの台数が増えるまでは公共充電の事業性が低いため、政策支援により公共充電投資、稼働数を増やしていく必要がある。

公共充電の整備政策は地域によって異なっている。日本は2021年に、2030年までに15万基の充電ポイントを整備することを目標としているが、Announced Pledge シナリオ通りに普及すると充電器1基あたりのEV比率は60台以上となる。日本は、電動小型車の半分以上がPHEVと予想しており、この比率でも不都合は少ない。日本は高速道路沿線を重点に整備していく計画を持っている。中国は、国道インフラの60%以上を公共充電でカバーする目標を持ち、主要都市（上海、蘇州、西昌、広州）を結ぶ高速道路で50km以内に設置する目標を持っている。インドも高速道路沿の40～60kmごとに公共充電を設置する目標を立てている。

電動バスやトラックの電化には、1台あたり大きな充電容量が必要だが、充電インフラの数は多くない。バス駐機場充電の数は、現在の約65,000基から、2030年のStated Policies シナリオでは約60万基、Announced Pledges シナリオで75万基に増加する。バスルート沿線上の充電インフラ数は両シナリオとも3,500台以下にとどまる。一般に、駐機場充電の平均定格出力は50kW～100kW、沿線上充電器は150kW～500kWと想定されている。

電動トラックの基地充電器の数は、現在の約7,000から、2030年には、Stated Policies シナリオで26万基、Announced Pledges シナリオで39万基に増加する。どちらのシナリオでも、トラックの走行ルートに沿いの充電ポイント数は5%に過ぎないが、充電容量が大きく、トラック充電容量全体の20%を占める。

3.4 EVの石油需要およびGHG排出量への影響

EV普及により石油使用が減少、政府の燃料税収入は低下する。この減収を電力需要増による増収で補うことができない可能性がある。EVは内燃エンジン車よりも2倍～4倍効率が低いこと、電気と石油の課税水準の違いが影響する。2030年までの世界のEV普及をStated

Policies シナリオで考えると約 750 億ドル、Announced Pledges シナリオで 900 億ドルの税減収の可能性がある。各国政府は、燃料税収入減の影響を抑えながら EV 普及を継続的に支援する仕組みを設計する必要がある。

EV 普及と発電の脱炭素化により、GHG 排出量の減少につながる。2030 年の Stated Policies シナリオで 460 Mt CO₂-eq の削減が可能（EV 電力消費に伴う排出 280Mt-CO₂-eq、ICE 車排出 740Mt-CO₂-eq との差）。IEA によると、EV のライフサイクル GHG 排出量（Well-to-Wheel 排出量に加え、鉱物資源の採取や材料生産を含む車両製造と車両使用後の排出量を考慮）は、ICE 車と比較して 50%削減できるという。

4 章 EV 蓄電池とサプライチェーン

4.1 蓄電池、原料鉱物の最新状況

EV 蓄電池需要は 2020 年から倍増。

- ・ EV 用リチウムイオン電池の 2021 年需要は 340GWh となり、前年比で 2 倍以上となった。EV 製造台数の伸びの一方、乗用 EV の蓄電池容量には変化がなく（2021 年は 55kWh/車両、2020 年は 56kWh）、トラック、二輪の容量伸び（65%増）が要因だった。
- ・ 地域別では、中国の需要伸びが圧倒的に大きく、2021 年の需要はほぼ 200GWh、前年比 140%増となった。

ニッケル使用の蓄電池が主流だが、リン酸鉄も増加。

- ・ EV 用蓄電池は 3 種類。ニッケルマグネシウム酸化コバルト (NMC)、リチウムニッケルコバルトアルミニウム (NCA)、リン酸鉄 (LFP)。ニッケルを使用する NMC。NCA は蓄電集積度が比較的大きいが、製造プロセスは複雑。LFP は製造工程が比較的シンプルで安定化した素材だが NMC と比較すると 65%-75%の集積度にとどまる。
- ・ 中国での LFP 使用が増加している。ニッケルを使用しないことで原料価格の高騰の影響を受けないことに加え、バッテリーパックの技術が向上し、搭載するバッテリーパックとしては相応の容量を確保できるようになってきた。米テスラや欧州フォルクスワーゲンでもエントリーレベルのモデルに LFP が使用されはじめており、今後 LFP シェアは増加すると考えられる。
- ・ LFP は鉄や貴重金属の回収が困難でリサイクルコストが高いという難点があり LFP リサイクルには新技術と規制による義務化が必要と予想される。

供給能力の不安定、貴重金属開発への投資不足の影響で、原料希少金属価格が高騰中。

- ・ 蓄電池需要増、とコロナによるサプライチェーン混乱、過去数年の希少金属開発投資不足の影響で、希少金属価格が高騰を続けている。リチウムは 2021 年初頭と比較すると 7 倍（2022 年 5 月）、コバルトは 2 倍、ニッケルも 2 倍に高騰している。

原料金属価格の上昇にもかかわらず、蓄電池のコスト上昇は顕在化していない。

- ・ 原料金属価格が高騰する中で、蓄電池価格は 2021 年も低下傾向を続けている。2021 年の加重平均価格は 132USD/kWh で、2020 年比 6%減、しかし減少幅は前年 2019 年から 2020 年の 13%減より少なくなっている。蓄電池メーカーが希少金属を使用しない LFP

を増やしていることも要因の一つだが、2021年の原料コスト上昇が影響するのは2022年の第2四半期以降と言われており、2022年途中から蓄電池価格上昇が顕著になる、前年比15%増という予測もある。

(原料の掘削)

リチウム：濃度の高い塩水湖、ボリビア、アルゼンチン、チリ。塩水にはその他の希少原料（ナトリウム、マグネシウム、ホウ素など）。岩石からの採掘はオーストラリア。

ニッケル：硫化物（精製容易）、ラテライトとして分布。ロシア、カナダ、オーストラリア。

コバルト：銅やニッケルの副産物、70%がコンゴ共和国とスイスに埋蔵。

※グラファイト＝陽極の材料、中国が世界の製造の80%。広域で原料は分布、タンザニア、モザンビーク、カナダ、マダガスカル。マグネシウムは世界中に分布。

(精製)

蓄電池製造には各材料の高品質の精製が必要、プロセスは過熱と化学反応、重工業技術。原料精製は数社に集中している。酸化リチウム精製は5社で75%を占める。掘削と精製を両方行う会社も多いが、中国企業のほとんどは精製だけを行う。中国はマグネシウムの精製の90%を占めている。オーストラリアは掘削を行うが精製は行わない。

(蓄電池部品の製造)

蓄電池は高品質な部品（陰極、陽極、電解質、セパレータ）から構成される。特に高度な技術が要求されるのが原料から高純度の部品製造。水酸化ニッケルや硫化ニッケル。

陽極、陰極部品の製造には専門的な製造工程が必要。

陽極製造の55%が7社（住友の他中国6社）に集中。

陰極製造の半数が4社に集中、中国6社で全体の2/3を製造。

セパレーターの半数が5社（4社中国、1社韓国）に集中。

(バッテリーパックの製造)

複雑で精密な製造工程、巨大な設備投資が必要。世界で3社（CATL, LG Energy Solution, Panasonic）で65%を占める。CATL, LG Energy Solution, Teslaは上流製造工程まで進出している。

(EV製造)

高度な精密部品を組み立てる専用工場が必要。2021年のEV製造は6社で世界の52%を占める（テスラ、フォルクスワーゲン、BYDの3社で1/3を占める）。BYDは2021年の販売量を飛躍的に増やしている

(リユース)

BEV蓄電池はEV使用後も能力の80%を有しており、2次利用（リユース）の可能性がある。リユースには、パックの分解、モジュール、セルの性能試験、新しいパック組み立ての工程があるが、中古蓄電池の回収、テスト、分解と再組み立ての工程のコストが大きい。これらのコストをかけて経済性があるかどうかは難しい課題。

(リサイクル)

乾式冶金（蓄電池を高温炉で精錬 陰極から希少金属だけ拐取）、湿式冶金（蓄電池を裁断して化学液体で沈殿させる）、直接リサイクルの3種類がある。回収されるバッテリーの状態は良くないものが多く、乾式冶金と湿式冶金を組み合わせた処理を行っている。世界の蓄電池リサイクル量は年間20万トン、中国が半分を占める。中国のリサイクル事業者は蓄電池製造事業者とは法人が別。リサイクル義務化が予想される中、ジョイントベンチャーが立ち上がってきた。SK イノベーションと起亜自動車共同のイニシアティブ等。起亜が蓄電池性能評価を行い、SK が分解作業を担当。Renault と Veolia, Solvay、BMW、Umicore Norhvolt のコンソーシアム等。

蓄電池サプライチェーン、中国の占有度が圧倒的

- ・ 蓄電池の上流から下流まで中国がサプライチェーンを独占（3/4 の蓄電池製造、陰極の70%、陽極の85%、リチウム、コバルト、グラファイトの精製のおよそ半数）、その中で世界的に蓄電池への投資が増えている。
- ・ 原料供給、蓄電池に使う金属類は地域的集中が大きい。リチウムの生産の半数はオーストラリア、コバルトの70%はコンゴ共和国、ニッケルの供給先は分散しているがインドネシアが40%、ロシア20%。インドネシアはEVではあまり使用されないClass2のニッケルしか製造していない。地域的分散は必要だが、短期的には大きな変化は期待できない。オーストラリアへの期待は大きい。オーストラリアはリチウムの製造能力の一つだが、ニッケル、コバルトは現在数%シェアしかないが20%程度まで増加するポテンシャルがある。また、多くの後進国の資源埋蔵情報が古く、更新が必要。
- ・ 生産下流の変化速度は早い。2030年には欧州と米国で1/4の生産占めると予想。

（ロシアによるウクライナ侵攻の影響）

リチウム、コバルト、グラファイトへの影響はないが、ニッケルは懸念がある。ロシアはコバルト生産世界3位、特にEVに使用されるClass1コバルトは世界の20%を供給。欧州の蓄電池向けニッケルを供給している。オーストラリア、カナダが代替候補。

4.2 EV 蓄電池サプライチェーンと産業政策

各国政府はEV製造の統合サプライチェーン構築の支援を行おうとしている

- ・ 各国政府はEV蓄電池のサプライチェーン強化を表明、主要自動車メーカーも自動車生産だけでなく蓄電池の金属資源の上流権益、精製まで自社内で構築しようとしている。
- ・ 中国がEV蓄電池の世界市場で独占的(77%)地位を占めているのでは、これまで10年以上中国政府が蓄電池を戦略的に支援してきた結果である。欧州もEV蓄電池への投資拡大を行っているが、欧州のEV市場に対応できる生産能力を持つには相当の時間がかかる。米国も資源調達の優位性を活かしたEV蓄電池国内生産増強を始めている。一方、インドネシアやタイといった新興国の場合はEV生産と蓄電池生産に集中している。両国ともアジア地域のEV市場のハブになる事を目指しており、蓄電池メーカー大手のGreat Wall Motors, Foxconn, CATL、LGグループからのEV蓄電池生産拠点の投資を呼び込むことに成功している。

(国別概況)

カナダ：EV 生産シェア 0%、EV 蓄電池生産能力(2021 年) 0 GWh

2022 年 4 月にカナダ政府、オンタリオ州政府は GM 工場の EV 生産拠点化に米ドル 3.98 億ドルの支援を行うと発表。その他オンタリオ州は LG Energy と Stellantis N.V. のベンチャーの蓄電池生産（生産能力 45GWh）に 400 万ドル投資を発表。

中国：EV 生産シェア 76%、EV 蓄電池生産能力(2021 年) 655 GWh

最新の国家 5 か年計画(2021-2025)でも新エネルギー自動車分野は戦略産業に位置付けられ、次世代蓄電池技術開発に力点を置き、ナトリウムイオン蓄電池の開発促進を目指している。北京など 5 都市は EV の製造、蓄電池の製造、部品の製造、リサイクルに関して EV メーカーや関係事業者と協力して生産拠点化を支援している。また、5 か年計画では EV 蓄電池のリサイクル、トレーサビリティの標準化を目指している。2021 年 11 月には産業情報通信省がリチウムイオン電池のリサイクル、トレーサビリティのガイドライン案を公表している。2022 年 1 月には使用済みリチウムイオン電池処理に伴う汚染管理基準の試案も提示されている。

欧州連合：EV 生産シェア 7%、EV 蓄電池生産能力(2021 年) 60 GWh

2022 年 3 月、European Battery Alliance は米国の US Li-Bridge Alliance とのリチウムイオン電池、次世代電池開発協業を発表。2022 年末に欧州委員会は EU 蓄電池指令の改定案を提案。欧州で販売する蓄電池のカーボンフットプリントの最小遵守規準、蓄電池、自動車からのリサイクル義務を規定しようとしている。

インド：EV 生産シェア 0%、EV 蓄電池生産能力(2021 年) 0GWh

先進的自動車技術への投資強化、特に Advanced Chemistry Cell 電池(ACC)に力を入れる。ACC の蓄電密度、ライフサイクル向上の技術開発への補助。

日本：EV 生産シェア 4%、EV 蓄電池生産能力(2021 年) 36 GWh

2021 年にエネルギー基本計画を改定、2020 年グリーン成長戦略分野への集中投資を再確認。2021 年 4 月、蓄電池サプライチェーン協会創設。政府は 2021 年に蓄電池生産に 9.1 億ドルの支援を決定。

韓国：EV 生産シェア 5%、EV 蓄電池生産能力(2021 年) 41 GWh

K-Battery Blueprint 計画、韓国が 2030 年までに EV 蓄電池で世界一となる事を目指した計画。世界的な蓄電池メーカー 3 社、LG Energy Solution, Samsung SDI, SK Innovation のグランドアライアンス。3 社を中心にバッテリー、部品メーカー、台が買うなどが協力して蓄電池の開発を行う。

米国：EV 生産シェア 7%、EV 蓄電池生産能力(2021 年) 57 GWh

2021 年に米国内の EV 蓄電池生産強化に関する大統領令（National Blueprint for Lithium Batteries 2021-2030）。蓄電池材料、技術、流通の強化内製化。

2021 年 10 月 エネルギー省のアルゴン国立研究所が Li-Bridge アライアンスを発表 国内の官民パートナーシップ

東南アジア：EV 生産シェア 1%、EV 蓄電池生産能力(2021 年) 8.7 GWh

タイ：2030 年に国内生産の 30%を EV 化する目標、2035 年までに新車販売の 100%を EV 化目標。国営石油ガス Rayong EEC PTT と中国 Great Wall Motors のジョイントベンチャー設立、米 10 億ドル規模で 8GWh 蓄電池生産拠点、2024 年に 5 万台の EV 生産能力、2030 年までに 15 万台能力を目指す。

インドネシア：2030 年までに四輪 60 万台、二輪 245 万台生産能力の目標。インドネシアのニッケル資源の有効活用。EV 生産、EV 蓄電池生産に対して国産ニッケルの一定量使用を義務付け。国営蓄電池公社 Indonesia Battery Corporation が 2021 年 3 月創設米ドル 170 億ドル。2030 年までに 140GWh 蓄電池、そのうち 50GWh は輸出向け。インドネシア政府と韓国 LG Group は EV サプライチェーンで総額 98 億ドルの合意。LG Group がインドネシア国内に Hyundai 自動車の EV 生産拠点作る、規模は 10GWh。中国の CATL とインドネシア国営 PT Anela Tambang リチウムイオン電池部品の工場 2024 年に稼働予定、投資額 50 億ドル。

安全で持続的な EV 開発のために必要な技術調和

- ・ 国連の Economic Commission for Europe、EV 自動車の安全性確保、EV 蓄電池の環境影響の観点から国際的に調和する技術基準、規制が必要と指摘。
- ・ 各国は EV 蓄電池の供給安定のため、希少資源供給強化の政策を急いでいる。

オーストラリア：世界最大のリチウム生産、ニッケルもトップグループ。蓄電池増産に向けたローン基金 13 億豪ドル、希少資源精製能力増強基金に 20 億豪ドル。2021 年 12 月。サウスウェールズのニッケル、コバルト生産、精製、リサイクルに 24 億豪ドル。

カナダ：2022 年から 8 年でカナダドル 38 億ドル投資、そのうち 15 億ドルカナダを希少資源サプライチェーン向けに充てる。

チリ：リチウム世界最大の埋蔵量だが、新規プロジェクト開発は停滞。2021 年 10 月にチリ政府は総計 40 万トンのリチウム開発を公募。

中国：蓄電池サプライチェーンで独占的地位を保つが、上流権益は 25%以下しか保有していない。国家 5 か年計画では新しく効率的で環境にやさしい掘削技術、特に塩水リチウム回収技術に力を入れる。また、都市鉱山と呼ばれる工業品からのリチウム、ニッケル、コバルト、タングステンのリサイクルにも力を入れる。

欧州連合：2020 年に欧州原料アライアンス (European Raw Materials Alliance) を創設、原料調達の開発促進と投資促進を目的。2021 年 11 月希少資源戦略 Critical Materials Strategy を採決。域内の資源調達促進に加え、リサイクリング推進。精製と分離技術に投資する。

インドネシア：EV 蓄電池生産拠点となる目標を持つ。ニッケル製造を主力産業化、2020 年にニッケル鉱石輸出を禁止、2021 年にはニッケル含有量 70%未満の製品に対する輸出関税を検討。

米国：2022 年 3 月、米国政府は製品防衛法を施行、国産の EV 蓄電池製造、リチウム、ニッケル、コバルト、グラファイト、マグネシウム製造能力の確保を目指す。

4.3 EV 蓄電池と希少資源の需要予測

世界のすべての地域で蓄電池需要が増加する。製品や部品の供給能力増は通常の製造設備の増強と大差はなく、2 年ほどで生産能力の増強は可能。しかし、原料資源の生産能力向上は長期に大規模な投資が必要。

EV 蓄電池の需要は 2030 年までに現在の 6 倍に増加、計画中の蓄電池工場能力で 2030 年の需要を満たすことは可能。Announced Pledges シナリオの 2030 年蓄電池需要は 2.2~3.5 TWh、ギガファクトリーが 52 基必要になる。

2025 年までは地域別の製造シェア変化は少ないが、2030 年には変化する。2030 年には中国の生産シェアは現在の 60%から 40%まで低下。欧州も現在の 25%シェアを 20%まで減らす。米国の生産シェアが 11%から 15%に拡大する見込み。

EV 蓄電池需要増で、金属需要も増加。

- ・ リチウムが最も重要な原料で、現在、代替材料がない。次に重要なのはニッケル。コバルト不使用の蓄電池が増えている。
- ・ 自動車生産能力は十分、既存の自動車工場改造、1 年ほどで EV 生産が可能になる。
- ・ 蓄電池生産能力増強も短期間、1 年程度で可能。中国の工場は経験とノウハウがあるので比較的早く製造能力増強が可能。
- ・ 原料掘削増強には時間がかかる。調査試掘から本格的生産の許認可と建設で 4 年から 20 年を要する。掘削は通常最大生産量に達するのに 10 年ほどがかかっている。

希少金属などの生産能力増強に時間を要するため、蓄電池の様々なタイプの開発が熱心に進められている。

- ・ リチウムイオン電池は大きく分けるとニッケルベースの NMC または NCA (電池容量密度が高い) が多くの EV 蓄電池で使われている。もう一つはリン酸鉄、電池密度は低いが低コストで中国を中心に使用が進んでいる。高価で走行距離数を重視する車両モデルにはリチウムイオン、リチウムマグネシウム電池、標準モデルにはリン酸鉄電池、長距離トラックも価格面でリン酸鉄。現状のニッケル、リチウム高騰が続くと、2030 年はリン酸鉄電池の需要が増えるだろう。
- ・ ニッケルやコバルトを使用しない新技術、マグネシウム電池やナトリウムイオン電池ナトリウムイオン二次電池開発は CATL が主導、2021 年商品化、2023 年商用化を目指している。リチウムイオン電池の電池密度の半分程度、リン酸鉄の 80%程度だが、都市部しか走らない EV 車両や定置蓄電池への使用が進むと予想。
- ・ 全固体電池も次世代電池として期待。スタートアップや日産やフォルクスワーゲン、サムソン SDI が取り組む。全固体電池には大きな技術課題があり 2030 年までは大きな影響を与えるほどには進化しない。

蓄電池に必要な金属の需給を安定化させるためのイノベーション。

- ・ リチウム直接回収技術 (DLE) により製造効率が向上。環境にも優位。規模拡大が課題。鉱山廃棄物からの高度回収技術 (リマイニング)。可能性はあるが技術は未成熟。

5 章 EV スマート充電と電力グリッドとの統合連携に関する政策

5.1 EV と電力グリッドの統合連携

EV 増加に伴い充電負荷は増加する。しかし Announced Pledges シナリオでも中国、欧州、米国における EV 充電需要は電力需要全体の 5%以下にとどまる。低圧グリッドは地域により余裕量が異なり、場所によっては容量不足になる場合もあり得る。需要平準効果も期待できる。建物電化、デジタルデバイス増加による需要増、また太陽光パネル増のほうがグリッド運用への影響は大きい。

EV 普及と分散型リソース普及の 2 つの要素、速度で以下 4 つのシナリオが考えられる。

- 1) EV 普及は遅い（豪州など）
 - 2) EV 充電負荷もその他の負荷も増える（フランス、ドイツ）
 - 3A) 分散型発電リソースの普及増、EV 普及増（カリフォルニア、ハワイ）
 - 3B) EV 負荷は増加するが、他の需要増は無い（ノルウェー）
- ・ EV 普及が見込まれるマーケットの多くは 2030 年までは既存電力グリッドによる対応が可能。EV 充電の多くが住宅での普通充電。一部の（都市部の 10%程度、郊外変電設備の 25%程度）低中圧変電設備の能力増強が必要かもしれない。
 - ・ ストックシェアが 20%程度までは変電設備増強だけで対応できる。20%を超えると、グリッド増強が順次必要になるが、40%超えても低圧配電グリッドで増強が必要なのはせいぜい 2%にとどまる。EV 充電負荷は大きいですが、同時発生率を考慮すると影響は軽微。2030 年までは建物電化などの影響が大きい。Announced Pledges シナリオでも EV ストックシェアが 10%に届く市場は非常に少ない。

長距離トラック EV 対応、普及が先行する都市部、新興国等では電力グリッドの増強が必要になる

- ・ 長距離トラックの電動車の充電負荷は電力グリッドに大きな負荷を与える。自家用車のように充電場所が分散し、都市部で電力グリッドの相互補完性が高い場合は EV 充電が過剰な負荷にならないが、EV バスやトラックは駐機所に車両が集中、場所も郊外にあるケースが多く、駐機所充電施設にはグリッド増強が必要になるケースもある。
- ・ 新興国の場合は、Announced Pledges シナリオでも 2030 年にストックの 10%程度（ブラジル、タイ、インドの試算）だが、充電負荷のグリッド影響を試算した例が少ない。グリッド強化策以外にピーク負荷平準化を促すプログラム開発も重要である。

高速道路網に沿った充電インフラ建設にはかなりの電力グリッド増強が必要

- ・ 高速道路沿いの長距離トラック向けの充電インフラは別の考え方が必要。大容量の急速充電スタンド向けに新たに電力線引き込みが必要。乗用車であれば、急速充電スタンドであっても低圧電力線延伸だが、長距離トラックの拠点充電スタンドになると高圧受電。引き込み工事コストは飛躍的に増大する。急速充電技術は、乗用 EV 向けに進化してコストダウンが進んでいるが、電力線敷設は既に技術成熟しており、大きなコストダウンは望めない。

- ・ 充電インフラの確実な整備のため、2030 年までに電力グリッド増強計画を迅速に承認しておく必要がある
- ・ 高圧線の場合は許認可で 4 年程度かかり、その後建設が始まる。配電施設、充電施設は比較的計画が立てやすいが変電施設の製造は時間がかかる。

5.2 電力グリッド統合連携とスマート充電に関する政策

EV のスマート充電は電力供給の新たなツール、普及の障壁も存在する。

配給グリッドの情報不足

- ・ 多くの配電事業者は、リアルタイムの低圧グリッドの需給バランス予測の知見が無い。スマートメーターの統合分析、分散型リソースへのセンサー設置で、配電グリッドの運用状況の把握、効果的な運用が可能になる。

大規模なデマンドレスポンス技術投資の不足

- ・ 大規模需要の管理はセンサー、管理ツール導入で技術的に可能だが、実証事業にとどまっている。大規模需要でデマンドレスポンスを活用するビジネスモデルが確立されていない。EV 充電負荷を含むスマートグリッド実証プロジェクトは米国、ポルトガルなどでスタート、2030 年までには多くの国で導入が進み、グリッド延命ができることに期待。EV ストック普及率が 3 割を超えると、スマート充電対応が無いと大規模なグリッド増強投資が必要になる。

スマート充電が提供可能な電力システムへの価値

- ・ スマート充電には 3 つの種類がある。
 - オフピーク充電：単純な時間帯別料金、再エネが豊富な時間帯を安価に。
 - 一方向管理のスマート充電：電力取引価格、系統混雑度を指標とした充電管理。
 - 双方向スマート充放電(V2G)：電力価格や系統混雑度に応じて充電に加え EV から電力供給も管理
- ・ スマート充電を積極的に活用するには、市場も規制も需要のフレキシブルな運用に対して価値を支払う設計と運用が不可欠。「双方向スマート充電、放電」を実施するには、異なるメーカーやモデルの多数の EV への互換性を持った遠隔管理技術が必要。
- ・ スマート充電を可能にするための政策ツールを取り込んでいる国は少ない。

(時間帯別料金)

2 段階： ほぼすべての国

時間帯別料金： 日本、英国

(アンシラリーサービス提供市場)

多くの国で存在、無いのはポルトガル、タイ

(インバランス市場)

多くの国で存在、無いのはインド、タイ

(スマート充電政策の有無)

実施中：フランス、ドイツ、ギリシャ、ポルトガル、英国

準備中：中国、インド、日本、韓国、オランダ、ノルウェー

イギリスのスマート充電政策の例：段階的なスマート充電の導入

イギリス政府の気候変動目標、2030年に内燃機関自動車販売を禁止、EVシフトを進める。スマートEV充電の義務化(EV Act 2018)。充電スタンドはスマート充電対応機能を義務付け。フランスも同様。ドイツやギリシャは個人スタンドで補助金を受けるにはスマート充電機能対応が必要。

(イギリス政府の2段階アプローチ、スマート充電戦略)

【2021年7月 フェーズ1】

個人スタンドも公共スタンドも初期設定でオフピーク時間しか充電できないよう出荷。スマート機能は双方向受信送信、充電時間を自動変更する。サイバーセキュリティ対策は最新のEN 303 645準拠。相互互換性として、データの共有、ユーザーが充電データにアクセスできる仕組みを取り入れている。

【2022年6月 フェーズ2】

充電事業者相互の互換性、ユーザーは充電事業者を選択できる。サイバーセキュリティ対策の実装、電力グリッドへの安定化リソース

(以上)

2. The value of urgent action on energy efficiency (2022 年 6 月発刊)

ハイライト

- ・ 2050 年までに IEA のネットゼロエミッション(以下 NZE)・シナリオを達成するためには、エネルギー効率を年間 2%改善から 4%改善へと倍増させる必要がある。また、エネルギー効率、電化、行動変容、デジタル化、産業における材料効率などの世界的に推進する必要があり、対策が遅れると今後何年もエネルギー消費量の増加が継続する事態となる。
- ・ NZE シナリオでは、2030 年までに年間 95 EJ の最終エネルギー消費を抑制でき、最終エネルギー需要を約 5%削減、経済は 40%拡大するとともに、排出量を年間 5Gt 削減することが可能となる。また、薪や炭などの伝統的なバイオマス利用を 20EJ 以上削減することで、年間 250 万人の死亡へ繋がっている大気汚染を抑制し何十億もの人々の生活を劇的に改善することが可能となり、2030 年までに少なくとも年間 6500 億ドルの家庭用エネルギー料金の引き下げが可能となる。
- ・ 省エネへ向けた投資の拡大により、新築や建築物の改修、製造、交通インフラなどの効率改善分野において、2030 年までに 1000 万人分の雇用増加が見込まれる。

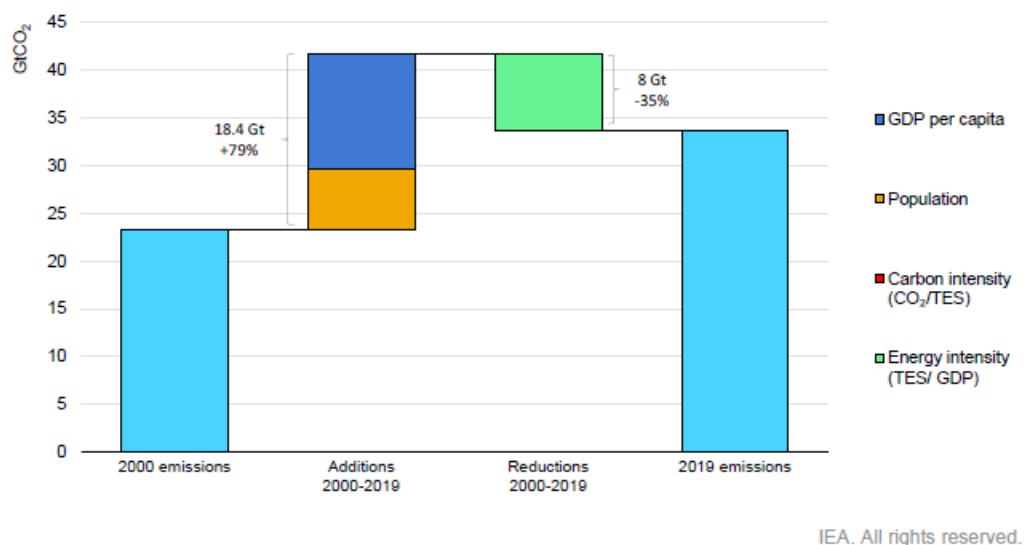
エネルギー効率改善へ向けた迅速な取組みが必要である理由

最もクリーンで、最も安価であり、最も信頼できるエネルギー源は、国民へのエネルギー供給サービスを提供しながらエネルギー使用を抑制することであり、IEA がエネルギー効率を「第一の燃料」とする所以となっている。IEA の 2050 年までの NZE シナリオでは、エネルギー効率(GDP 当たりのエネルギー使用量)の改善率が 2010 年から 2020 年の 2%から、2020 年から 2030 年は 4%強へと倍増を見込む。取組みの加速によって、2030 年におけるエネルギー効率は、2020 年との比較で約 3 分の 1 へと向上することが期待される。

NZE シナリオの効率改善へ向けた取組みは費用対効果が高く、効率改善の投資はエネルギー節約によって採算が取れるものであるが、今日のエネルギー価格ではなおさらである。

2021 年の世界のエネルギー関連 CO2 排出量は、過去最大の年間約 2Gt 増加の約 36Gt となり、2020 年の減少を相殺した。これは、2000 年から 2019 年の間に約 10Gt (45%) 増加したことに続くものである。この間、世界のエネルギー効率は約 4 分の 1 改善され、2019 年には約 8Gt-CO2 の排出回避を実現した。これは、エネルギー効率の向上により、排出量の増加の約半分を相殺したことを意味する。

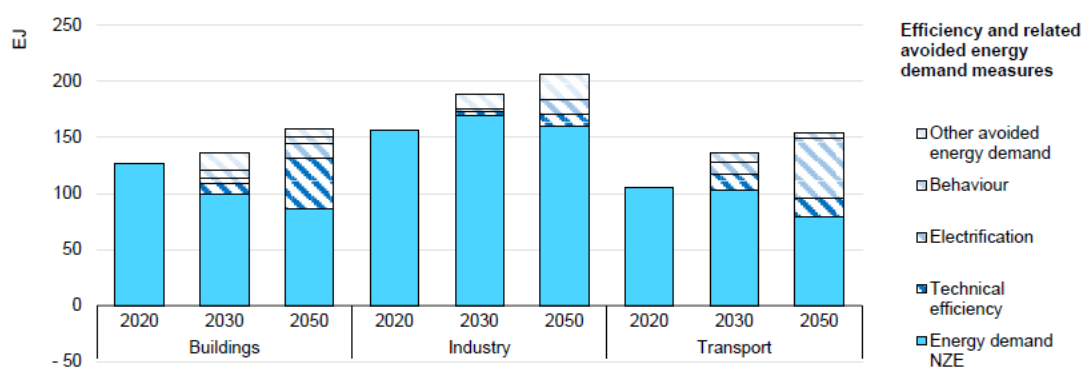
図1 世界のエネルギー関連 CO2 排出量(2000 年から 2019 年)



エネルギー効率改善へ向けた迅速な取組みにより、経済成長とともに 2030 年までに 95EJ のエネルギー需要の抑制が可能

エネルギー効率改善へ向けた追加的な取組みを含まない公表政策シナリオ (STEPS) では、最終エネルギー需要は 2030 年には 5%減少ではなく、18%増加する可能性がある。

図2 最終エネルギー消費量及び削減可能なエネルギー需要
(2020 年から 2050 年、公表政策シナリオと NZE シナリオの比較)

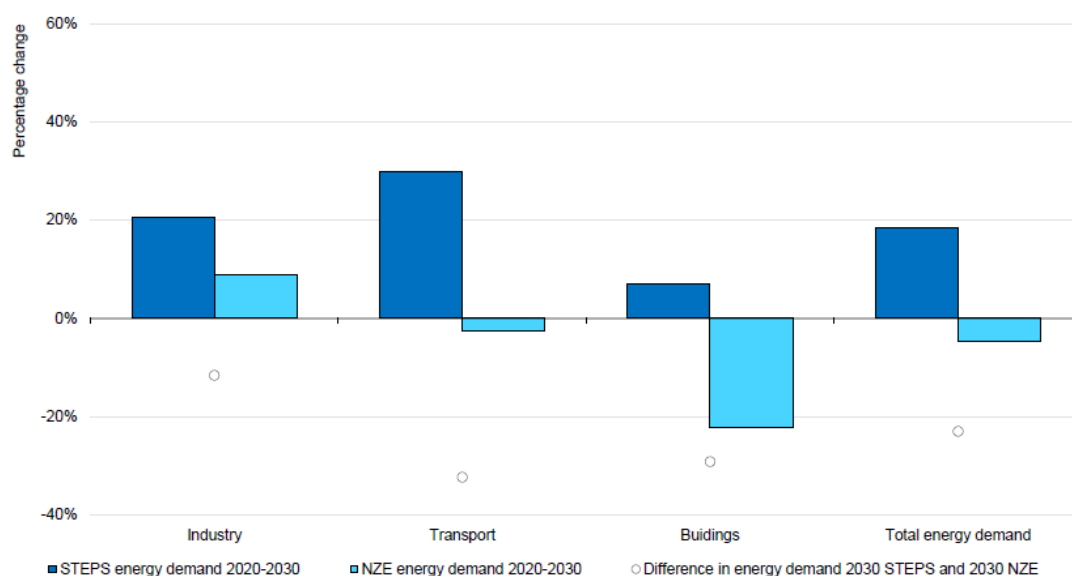


2030 年までに削減されるエネルギー需要のうち、約 3 分の 1 は純粋に効率の良い機器の導入により、約 20%は電化、18%はサーモスタットの温度を下げる等の行動変容によるものであり、残りの約 3 分の 1 はデジタル化やプラスチックや鉄のリサイクル増加等材料効率化対策によるものである。

短期的には、運輸及び建築物の効率改善ポテンシャルが最大

NZE シナリオでは、2030 年までにエネルギー需要が最も減少するのは建築物部門であり、2020 年から 2030 年にかけて、建物のエネルギー消費量が化石燃料ボイラーを電気ヒートポンプに交換し、調理用の薪や炭の使用をよりクリーンな燃料へと代える施策により 20%以上削減される。運輸部門は公表政策シナリオとの比較において削減率が最も大きくなっている。

図 3 2020-2030 年におけるエネルギー需要の変化
(公表政策シナリオと NZE シナリオの比較)



IEA. All rights reserved.

エネルギー効率改善への取組み強化により、ネットゼロに必要な排出削減量のうち 3 分の 1 がもたらされる

2020 年の運輸部門のエネルギー消費量は約 105 EJ であり、世界の総エネルギー消費量の約 27%を占めている。NZE シナリオでは、電化、内燃機関車の効率向上、行動変容などエネルギー需要削減へ向けた早期の取組みにより、2030 年までに約 2.5Gt の排出量削減が可能であり、これは運輸部門で必要とされる排出量のほぼ 80%に相当する。

2020 年における建築物のエネルギー消費量は約 129 EJ であり、世界のエネルギー関連排出量の約 28%を占めている。電化や燃料転換を含む早期のエネルギー効率改善策により、2030 年までに約 37EJ の削減が可能となる。これは、建築物における化石燃料の直接燃焼による排出量を約 120 万トン削減することになり、電力部門の排出量削減にも貢献する。

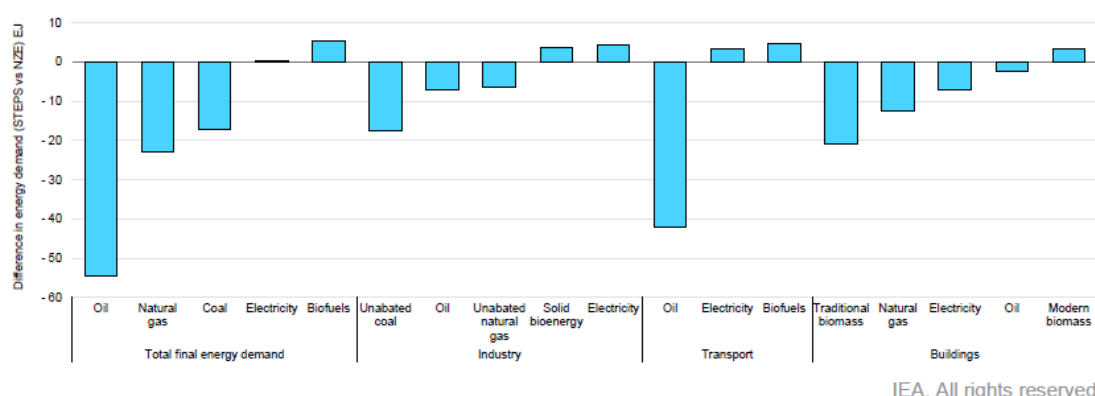
2020 年の産業用エネルギー消費量は約 156 EJ であり、世界のエネルギー関連排出量の約 39%を占めている。特に材料効率化をより迅速に行うことで、2030 年までに 18 EJ のエネルギー削減、1.3 Gt の排出量を削減することが可能である。これは、NZE シナリオにおける 2030 年までの産業部門排出削減努力の約 43%に相当する。

エネルギー安全保障を強化し、家庭のエネルギー料金を 2030 年に少なくとも年間 6500 億ドル引き下げる

行動変革、電化やその他の燃料転換、デジタル化、材料効率化を含む広範なエネルギー効率改善施策の推進により、公表政策シナリオでは、エネルギー需要が 5%減少する代わりに、約 18%増加することと比較した場合、NZE シナリオでは 2030 年までに年間約 95EJ のエネルギー需要削減が可能となる。

2 つのシナリオを使用する燃料の観点から比較すると、化石燃料の需要の減少が大きく寄与していることがわかる。化石燃料の需要削減は、エネルギー安全保障の強化及び価格変動への影響の低減に大きく貢献する。

図 4 燃料における 2030 年の最終エネルギー需要の比較
(公表政策シナリオと NZE シナリオの比較)



2030 年までに、年間約 55EJ の石油消費を回避することができる。これは、1 日あたり約 3,000 万バレルに相当し、2021 年のロシアの平均生産量の約 3 倍に相当する。この削減により、原油価格にもよるが、約 4000 億米ドルから 1 兆米ドル強のエネルギーコストが削減されることになる。この石油消費削減の大部分は運輸部門によるものである。

NZE シナリオでは、2030 年に全自動車の 20%が電気自動車になり、ガソリン・ディーゼル車への対策としては、厳格な燃費基準が重要な役割を果たし、公共交通機関、徒歩、自転車の利用増加や、短距離フライトに代わる鉄道旅行などの行動シフトが想定される。化石燃料で石油に次いで削減されるのは、天然ガスであり、2030 年までに年間約 23EJ の削減を見込んでいる。これは、EU が 2021 年にロシアから輸入するガスの約 4 倍にあたる

約 650bcm に相当する。

石炭は、電力と近代的なバイオエネルギーへの代替の結果、主に産業部門において 2021 年の中国の石炭輸入総量の約 1.5 倍に相当する 500 メガトン近くのエネルギー需要が削減される。

(以上)

3. The Future of Heat Pumps (2022 年 11 月 発刊)

エグゼクティブサマリー

- ・ 低排出電源を利用するヒートポンプは、今後の熱需要分野で中心的な役割
- ・ 2021 年時点で世界の暖房需要のおよそ 10%がヒートポンプで賄われている、普及速度は速まっている。

寒冷地域ではヒートポンプでは十分な暖房が得られないという議論がある一方、欧州の寒冷地域の建物におけるヒートポンプ暖房シェアは大きい。ノルウェー60%以上、スウェーデンやフィンランドも 40%を超える。2021 年の販売増量は前年比 15%、過去 10 年平均の倍、オランダ、イタリア、オーストリアでは 35%の伸びを示している。導入台数が最大は中国、住宅での設置数が多いのは北米。

- ・ エネルギー安全保障確保、脱炭素目標のためには暖房給湯需要をヒートポンプで賄うことが中心の政策になる。

現在 1,000GW 規模のヒートポンプ普及は 2030 年には 2.5 倍に成長させる必要がある。このペースで導入することで建築分野エネルギー需要の 1/5 を賄い、天然ガス、灯油、石炭の利用を削減、2030 年までの建築分野の排出削減の半分に貢献する。気温上昇 1.5 度抑制シナリオの場合は、2030 年までのヒートポンプ導入を 3 倍に加速し、建物のエネルギー需要の 1/4 規模を賄う必要がある。

- ・ ヒートポンプは産業用高温熱、地域暖房熱供給にも活用可能。

現在、大型ヒートポンプは 140 度から 160 度の温度供給が可能、革新的な技術開発、設計変更により産業用高温需要に対応できる。特にヒートポンプによる高温供給が有効な産業は製紙、食品、化学。この 3 つの工業分野の熱の 30%はヒートポンプで賄うことができる。

- ・ 欧州では速やかな天然ガス需要削減に貢献

欧州の気候変動目標を達成する場合のシナリオでは、2021 年年間 200 万台の販売を 2030 年 700 万台に増加させる必要がある。この普及により 2030 年までにロシアガスからの脱却を加速できる、2025 年には 7BCM、2030 年は 21BCM 削減、これは 2021 年にロシアから輸入したガス量の 15%に相当する。

- ・ ヒートポンプ導入加速に伴う電力需要増、建築の省エネ改修を並走することで、電力需給ひっ迫を低減

ヒートポンプ導入加速により電力需要が増加する。省エネルギー改修、デマンドレスポンスでその影響を軽減できる。ヒートポンプ導入に伴う電力需要増は需要全体に占める割合は大きくない、2021 年から 2030 年に電力需要は 1/4 ほど増加すると予想されるが、ヒートポンプによる電力増は 1/10 を占めるだけ。

- ・ ヒートポンプ導入コストはエネルギー支払額の低減で回収可能

現在、多くの国でヒートポンプ導入時の補助金がある。天然ガス価格高騰により、ヒートポンプ導入による燃料価格節約額は米国で平均 300 ドル/年、欧州では 900 ドルに及ぶ。特に経済困窮世帯の場合は世帯収入の 2%~6%に及ぶ燃料費削減が可能、政府の適切な導入支援策が必要。国によっては電力料金がガスに比べて割高に設定されている場合もある。ヒートポンプの導入加速には、クリーンな選択肢に有利な料金や課税の仕組みが必要。

- ・ ヒートポンプ導入による広範囲の温室効果ガス削減（フロン冷媒管理）

冷媒フロンガスの管理が不十分だと温室効果ガスの削減効果を損なう恐れがある。現在使用されているフロンガスの場合、排出係数の大きな電源ミックスの国でもガスボイラ

ーを使用する場合よりも 20%程温室効果ガス排出低減が期待できる、クリーンな電源ミックスの場合は 80%の低下は期待できる。

- ・ 価格以外の導入障壁も多い

ヒートポンプに関する情報提供の不足、建物オーナーと居住者、テナントのヒートポンプ導入インセンティブの差、規制が障壁の場合もある。建築基準の改正、商品、設置、補助金などの情報を総括的にアドバイスしてくれるワンストップショップの設置、北米、英国、ドイツで活発なサービスモデルによる初期投資負担の回避、そしてヒートポンプの導入が簡単ではない集合住宅や商用ビルへの導入などの課題がある。

- ・ 経験豊かな設置事業者不足、メーカーの投資計画

2030 年までにヒートポンプの設置事業者の雇用数は 4 倍に成長する。

主要なヒートポンプメーカーは欧州中心に製造能力拡張を行っている。今後 4 年間で過去 10 年分のヒートポンプを設置していく必要がある。メーカーが注視しているのはフロンガス規制。ヒートポンプの性能、価格とバランスしたフロンガス冷媒規制を行わないと民間事業者は安心して製造能力を増強投資できない。

1 章 ヒートポンプ導入の見通し

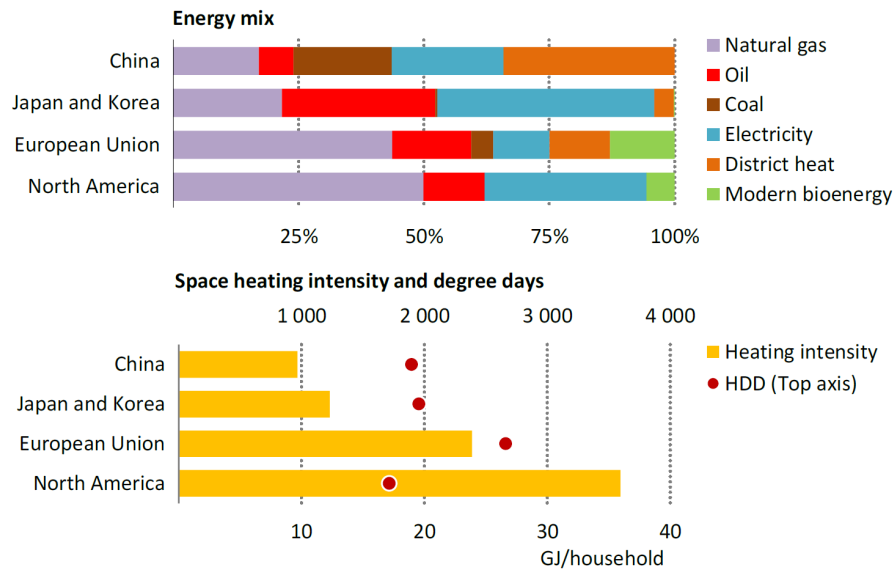
1. 1 はじめに

- ・ ヒートポンプは周囲の空気などの熱源から熱を抽出し、増幅して伝達する（図 1. 1）。熱は生成されるのではなく、伝達するのでボイラーや電気ヒーターよりも効率的。典型的な住宅用ヒートポンプは、1 ユニットの入力で 4 ユニットの熱を出力する。
- ・ 建物設置の 85%が空気熱源ヒートポンプである。スウェーデンや中国では地中熱ヒートポンプの市場が成長している。出力側ユニットは空気または温水が主であり、欧州の暖房利用ではほぼ半数が温水ユニット。

1. 2 暖房の必要性

- ・ エネルギー需要は、主に気候、世帯規模、居住空間、建物の断熱性能、暖房機器の種類や品質、及び国・地域によって大きく異なる（図 1. 2）。天然ガスは建物の暖房用エネルギーのうち、45%を占める。

図 1.2 主要国・地域における家庭用暖房 2021 年

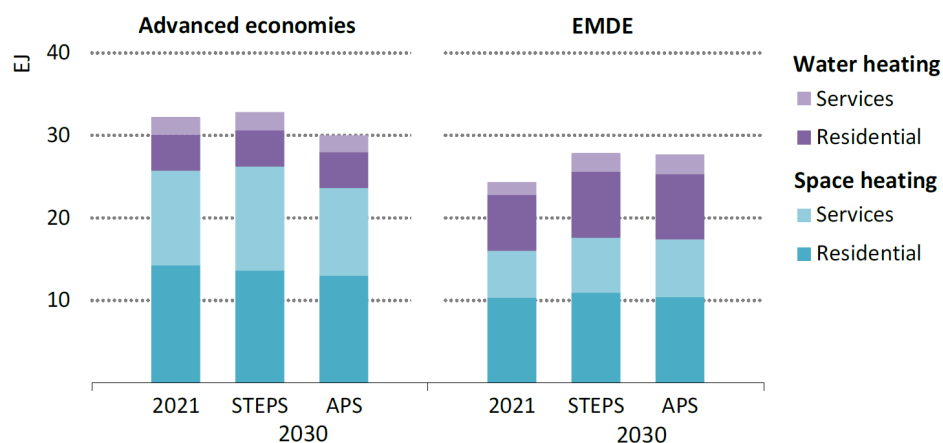


IEA. CC BY 4.0.

Notes: GJ = gigajoules; HDD = heating degree day. HDDs are a standardised measure of heating needs permitting comparisons across regions. They measure how cold a given location is by comparing actual temperatures with a standard base temperature. For this analysis, a base temperature of 18 °C is assumed, while the impact of humidity is also taken into account.

- ・ 現在、世界の人口の約 40%が、暖房が必要な地域に居住している。これらの地域の人口は今後数十年に渡り安定。建物の外皮性能の改善により先進国では暖房のエネルギー需要が抑制される一方で、新興市場及び発展途上国では建物ストックの増加により需要の拡大が見込まれる(図 1. 3)。
- ・ 暖房が必要な地域では、2050 年まで人口がほとんど増加しないのに対し、冷房が必要な地域では人口の 25%増加が見込まれている。STEPS(Stated Policies Scenario)では冷暖房両方が必要な地域の居住者は 2050 年までに約 3%増加、26 億人と予測。

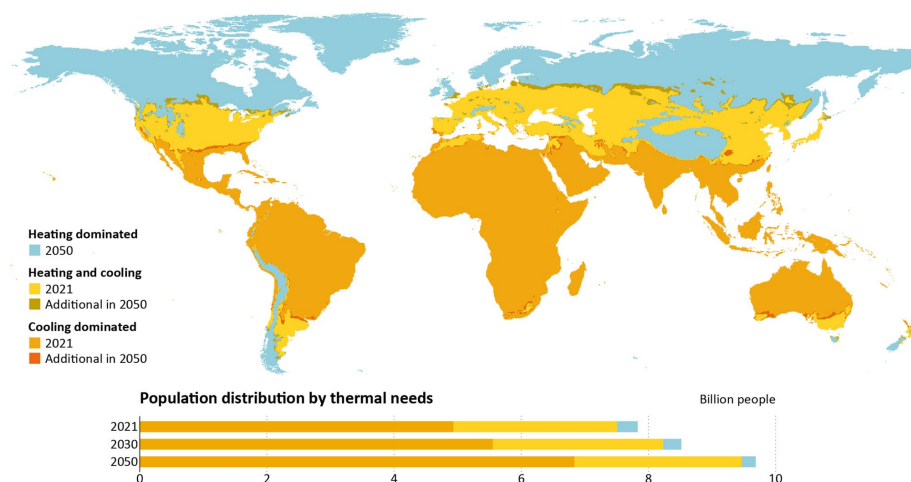
図 1.3 国・地域及びシナリオ別(2021 年, 2030 年の STEPS、APS)の
暖房・給湯の用途別エネルギー需要



IEA. CC BY 4.0.

Note: EMDE = emerging market and developing economies.

図 1.4 地域別の冷暖房需要 (2021 年, 2050 年の STEPS)

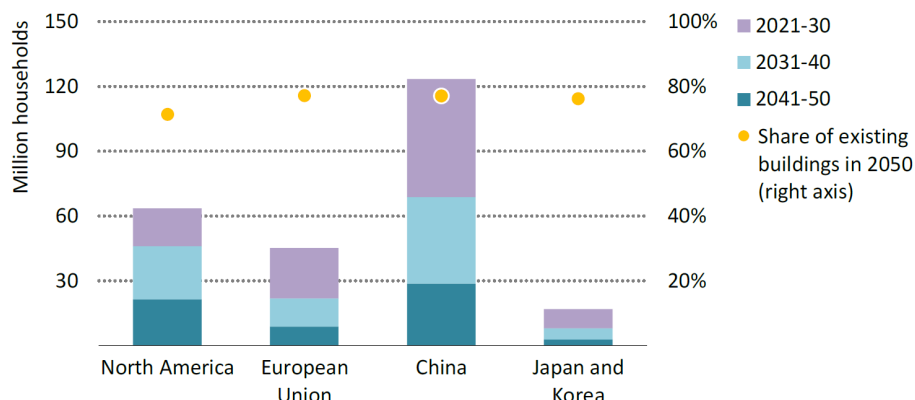


IEA. CC BY 4.0.

Notes: Heating and cooling refer to areas where HDDs calculated with base temperature 18 °C HDD (18 °C) are greater or equal than 1 000 (°C days) and cooling degree days (CDDs) calculated with base temperature 10 °C CDD (10 °C) are greater or equal than 1 000 (°C days). For further information on the indicator see IEA (2020a) and for further information on HDDs and CDDs see IEA (2022b).

- ・ 暖房を必要とするほぼすべての地域で現在使用されている建物の大半は、2050 年にも利用されていることが見込まれる。2050 年の建物ストックの 75%は北米と EU にすでに存在しており、現在の暖房需要の 40%余りを占めている(図 1.5)。したがって、暖房の化石燃料使用の削減には、建物の効率改修及び低炭素暖房技術への切り替えや、新築建物のゼロカーボン対応を保証する建築基準が必要となる。

図 1.5 国・地域別の世帯数増加レベル (2021 年から 2050 年)



IEA. CC BY 4.0.

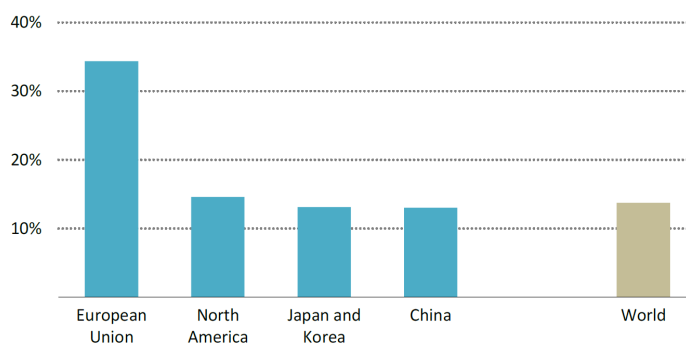
Note: Projected demolition rates in China are assumed lower than current ones.

1. 3 建物におけるヒートポンプ

1. 3. 1 世界の展望

- 2021 年に世界のヒートポンプ売上高は 2020 年から 13%増加し、EU では 35%と急成長 (図 1. 6)。北米は最も多くのヒートポンプが設置され、最大市場は中国となっている。現在、住宅及び非住宅の建物のヒートポンプの容量は 1000 (GW) 余りとなっており、ほぼ半分が北米に設置されている。

図 1. 6 国・地域別の建物におけるヒートポンプの売上高成長率 (2021 年)



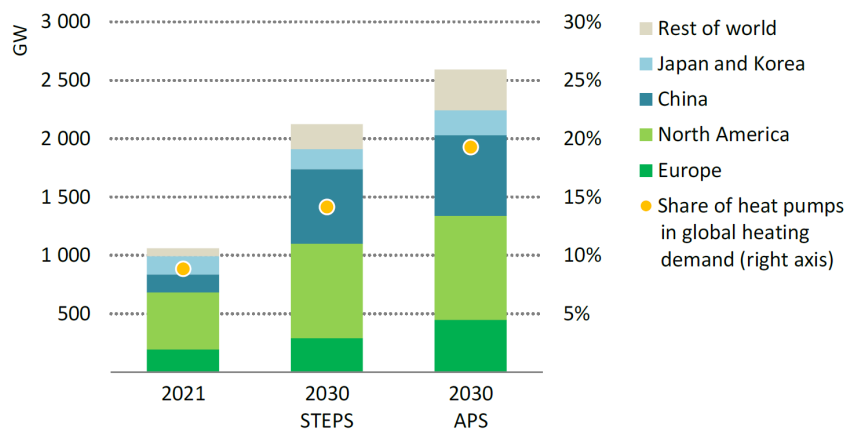
IEA. CC BY 4.0.

Sources: IEA analysis based on AHRI (2022), Chinabaogao (2022), EHPA (2021), JRAIA (2022).

- 2030 年 STEPS では建物のヒートポンプ容量は 2100 (GW) へと増加し、世界の暖房需要の 14%を占める。APS (Announced Pledges Scenario) では暖房需要の 20%がヒートポンプで賄われ、中国、北米、欧州主要な市場となる (図 1. 7)。
- 各国の気候及びエネルギー安全保障の目標達成には、ヒートポンプに対する政策支援の強化が必要であり、これらの目標が強化されたことを前提とする APS ではヒートポンプの容量が 2030 年までに約 2600GW へと増加する。

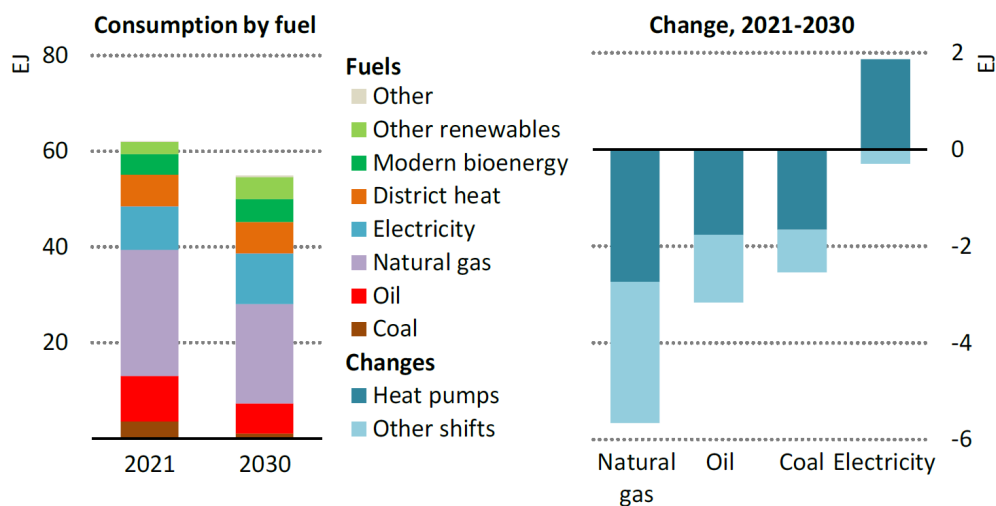
- 2021 年から 2030 年で、暖房及び給湯の直接消費電力は世界で 29%減少し (STEPS では 16%減)、そのうちほぼ半分はヒートポンプによるものである。また、天然ガスの需要削減が最大となる (図 1.8)。

図 1.7 国・地域別の建物におけるヒートポンプの容量
(2021 年、2030 年の STEPS、APS)



IEA. CC BY 4.0.

図 1.8 世界の建物における暖房・給湯のエネルギー消費量
(2021 年、2030 年 APS)



IEA. CC BY 4.0.

- 化石燃料から電気ヒートポンプへの切り替えは建物暖房の脱炭素化に大きく貢献し、発電からの間接排出量を含む世界の暖房・給湯関連の CO2 排出量は APS で 2030 年には 1.2 (G トン) 以上、25%以上減少する (図 1.9)。
- 2030 年の APS におけるヒートポンプの普及は、住宅および非住宅の建物の機器・設備への投資が 2030 年までに 3 倍増、2021 年のドル換算で 3500 億ドルに上る (図 1.10)。これは 2021 年に世界で太陽光発電及び風力発電への投資とほぼ同額である。

図 1.9 世界の建物における暖房・給湯の CO₂ 排出量
(2021 年、2030 年 APS)

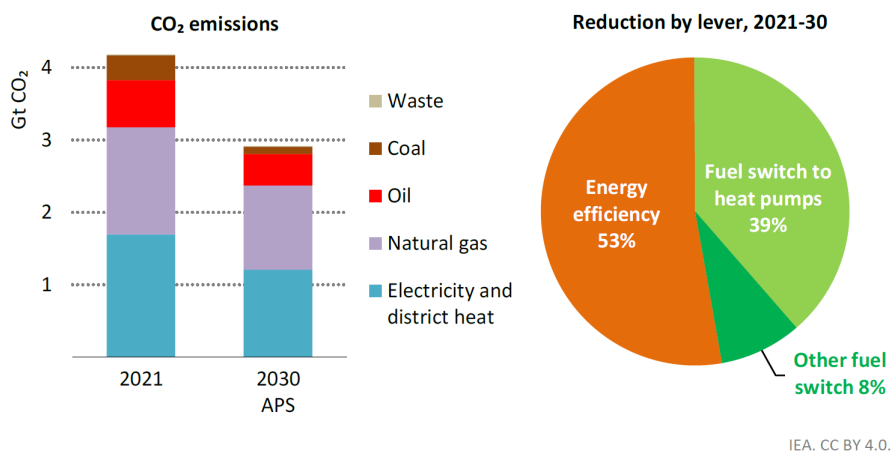
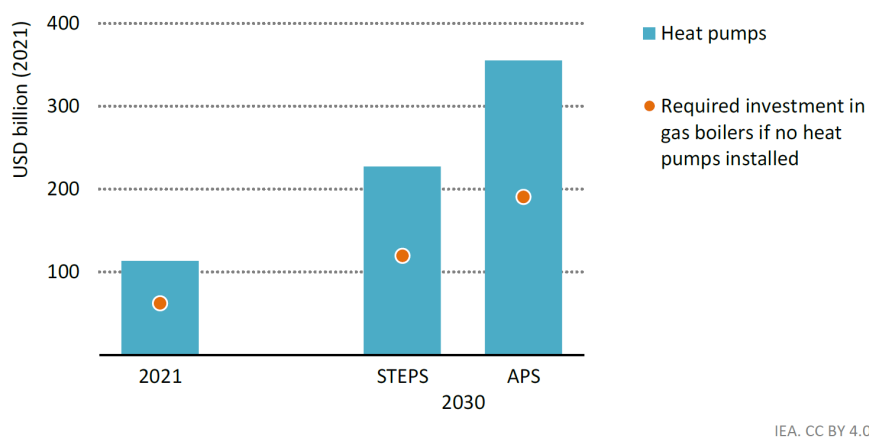


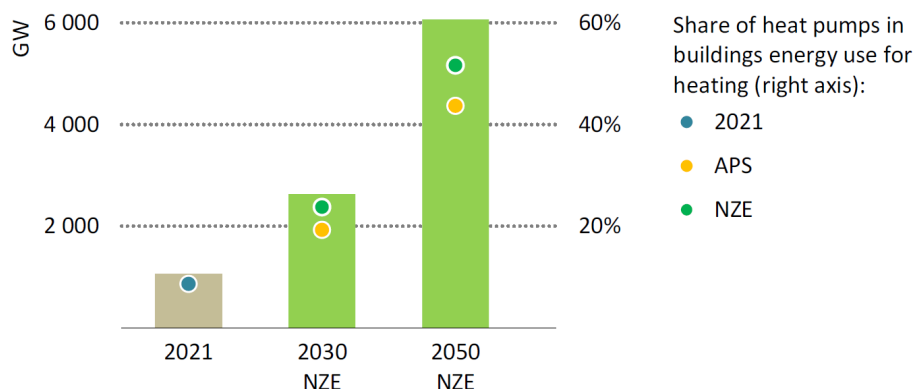
図 1.10 世界の建物におけるヒートポンプへの投資
(2021 年、2030 年 STEPS、APS)



囲み記事 1. 2 NZE シナリオにおけるヒートポンプの展開

世界で今世紀半ばまでに CO₂ 正味ゼロ排出目標を達成する NZE (Net Zero Emissions by 2050 Scenario) シナリオでは、ヒートポンプの容量は 2030 年までにほぼ 3 倍、2050 年までにさらに倍増する (図 1.12)。

図 1.12 世界の暖房需要へのヒートポンプの展開（2021 年、2030 年、2050 年）

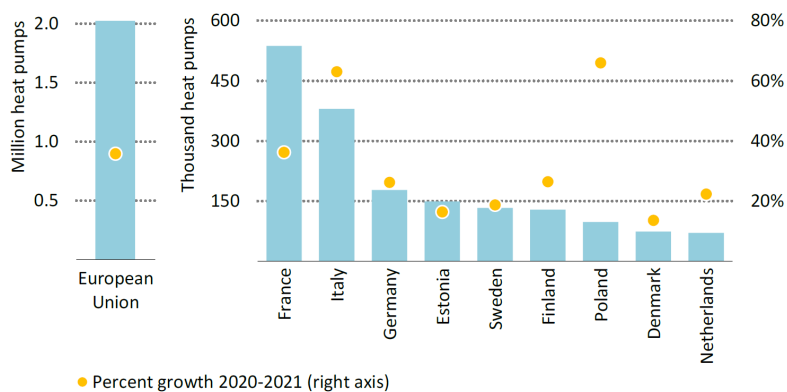


IEA. CC BY 4.0

1. 3. 2 EU への注目

- ・ 欧州委員会は 2022 年 5 月に REPowerEU 計画を発表し、ロシアからの化石燃料輸入量を急速な段階的廃止とガスの輸入を 2030 年より前倒しで終了することを目指すとしている。フランス、イタリア、ポーランドでは政策支援によりヒートポンプの販売は急速に増加しており、2021 年は 35%増加で 200 万台余りに達している(図 1.13)
- ・ 多くの EU 諸国がヒートポンプへの政策支援を強化しており(表 1.1)、2022 年は EU 諸国において記録的な設置数が見込まれている。

図 1.13 EU 諸国におけるヒートポンプの導入数と増加率（2021 年）



IEA. CC BY 4.0.

Sources: IEA analysis based on EHPA (2022); PORT PC (2022).

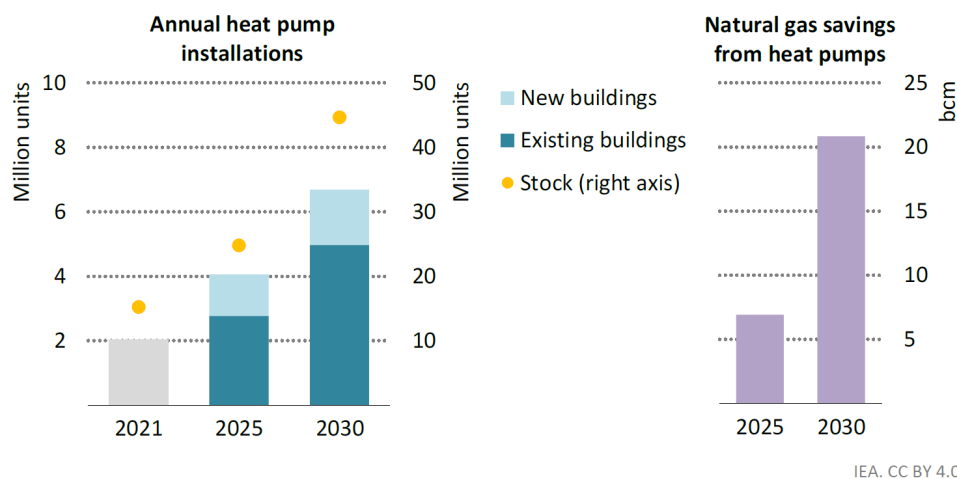
表 1.1 欧州諸国のヒートポンプ導入目標

国・組織	目標年	目標
EU	2030	2022 年から 2030 年に 3000 万台追加
ベルギー	2030	ヒートポンプによるエネルギー消費量を 2018 年の 5 倍
フランス	2023	総設置数を 270~290 万台とする
ドイツ	2024	年間 50 万台を設置
	2030	ストック数を 600 万台とする
ハンガリー	2030	ヒートポンプによるエネルギー消費量を 2020 年の 6 倍
イタリア	2030	ヒートポンプによるエネルギー消費量を 2017 年の 2 倍
ポーランド	2030	ヒートポンプによるエネルギー消費量を 2020 年の 3 倍
スペイン	2030	ヒートポンプによるエネルギー消費量を 2020 年の 6 倍
英国	2028	年間 60 万台を設置

Sources: European Commission (2022b); France, Ministry of Ecological Transition (2022); Clean Energy Wire (2022); GOV.UK (2020); Government of Italy (2019); Government of Spain (2019); Toleikyte and Carlsson (2021).

(出所) The Future of Heat Pumps の Table 1.1 を和訳して作成

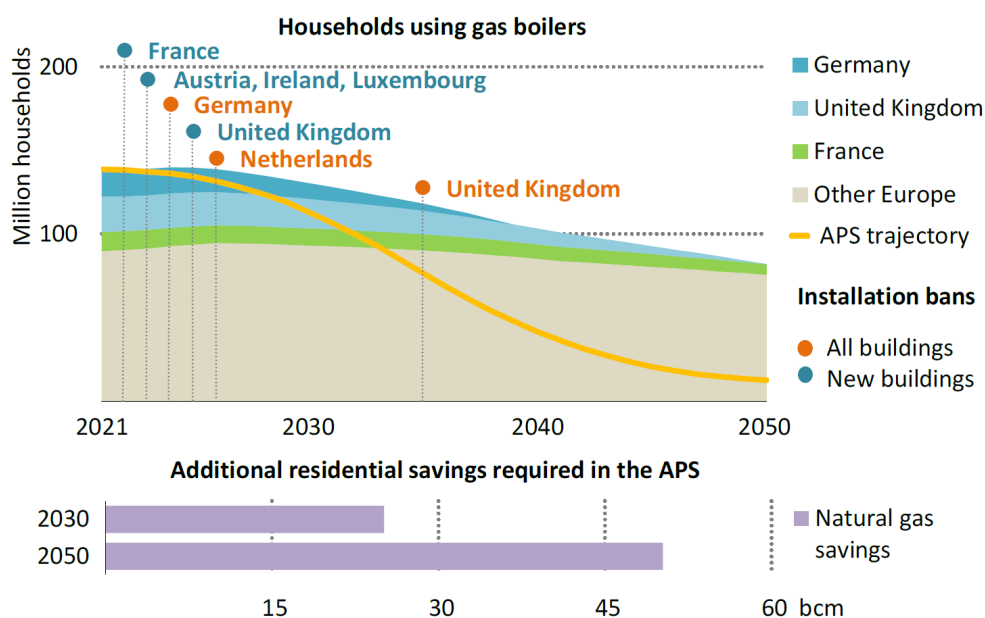
図 1.14 EU の APS におけるヒートポンプの展開と天然ガスの累積削減量
(2021 年から 2030 年)



- APS において、EU のヒートポンプ販売台数は 2025 年までに 400 万台、2030 年までに 700 万台近くに達する。これにより、建物の暖房用ガス消費量は 2025 年に 70 億 m^3 、2030 年に 210 億 m^3 削減されることとなり、これはロシアからの輸入量の 15%に相当する(図 1.14)。
- APS における 2050 年までの累積天然ガス削減レベルへ到達するためには、2050 年までにネットゼロを目標とするすべての国が 2030 年までにすべての建物で化石燃料ボイラ

一の新規設置を禁止する必要がある(図 1.15)。

図 1.15 欧州におけるガスボイラー禁止の実施・発表及び
APS における暖房ガス需要とのギャップ(2021 年から 2050 年)



IEA. CC BY 4.0.

Note: Gas boiler installation bans were also introduced in Denmark for new buildings in 2013, in Norway for all buildings in 2017 and in the Netherlands for new buildings in 2018. In some cases, such as Germany, bans are not explicit, but rather rely on renewable energy share obligations which cannot be met by gas boilers.

1. 4 産業用ヒートポンプ

- 産業用ヒートポンプは必要とされる出力温度が高く、主に 100℃未満の低温プロセス、特に製紙、食品、化学産業で利用されている(表 1.2)。産業では熱媒体として蒸気がよく利用されており、ヒートポンプと同様の方法で、蒸気を利用する機械的蒸気再圧縮(MVR)装置も関心を集めている。
- 200℃を超える温度帯では、現時点ではヒートポンプよりプロセスの電化が好ましい。例えば BASF, SABIC 及び Linde は石油燃料の代わりに電気を使用して約 850℃のプロセス熱を供給し、炭化水素原料の基材への分解するスチームクラッカーのパイロットプラントの建設を開始した。技術革新により、高温プロセスでもヒートポンプが利用できる可能性もある。水素燃料もオプションの一つになるが、ヒートポンプや直接電化と比較すると、電気分解による低排出水素の生成に伴う損失と高コストにより全体的な効率が低い。

表 1.2 温度帯別産業用ヒートポンプ技術の準備レベル

温度範囲	技術準備レベル (TRL)	プロセス例
<80°C	● TRL 11: 市場の安定性が証明されている	製紙 : 脱墨 食品 : 凝集 化学 : 生体反応
80°C~100°C	● TRL 10: 商業的かつ競争力があるが、大規模な展開はまだ達成されていない	製紙 : 漂白 食品 : 低温殺菌 薬品 : 沸騰
100°C~140°C	● TRL 8-9: 関連環境における初の商用アプリケーション	製紙 : 乾燥 食品 : 蒸発 化学 : 濃度
140°C~160°C	● TRL 6-7: 商用展開へ向けた実証試験	製紙 : パルプボイル 食品 : 乾燥 化学 : 蒸留 さまざまな業界 : 蒸気生成
160°C~200°C	● TRL 8-9: 小規模 MVR システムおよび熱変換器向け初の商用適用 ● TRL 4-5: 初期~大規模なプロトタイプ	さまざまな業界 : 高温蒸気生成
>200°C	● TRL 4: 初期のプロトタイプ	さまざまな業界 : 高温プロセス

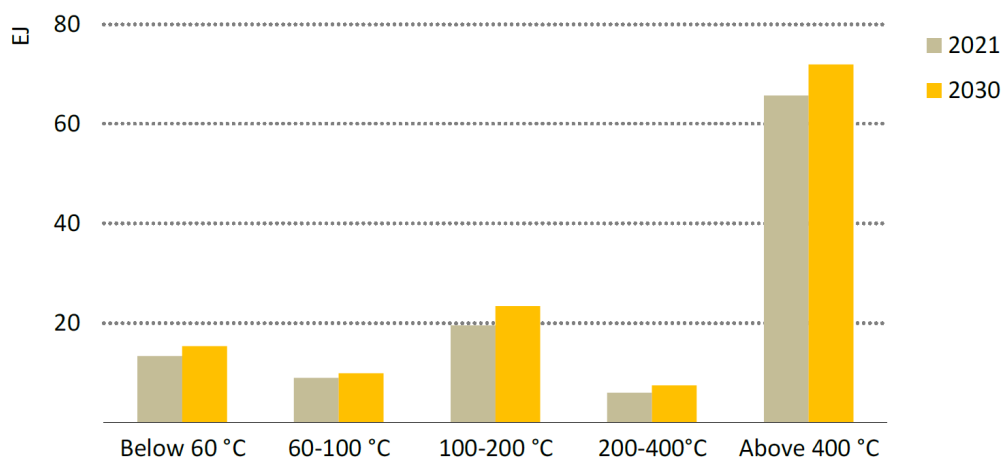
準備レベル: ● TRL1~5 ● TRL6~7 ● TRL8~11

注: MVR = 機械的蒸気再圧縮、TRL は、特定のプロセスやヒートポンプの能力によって異なる場合がある

Sources: Representation using the IEA extended TRLs (IEA, 2020b) based on Maruf et al. (2022).

(出所) The Future of Heat Pump Table1.2 を和訳して作成

図 1.16 APS における温度帯別の産業熱需要 (2021 年から 2030 年)

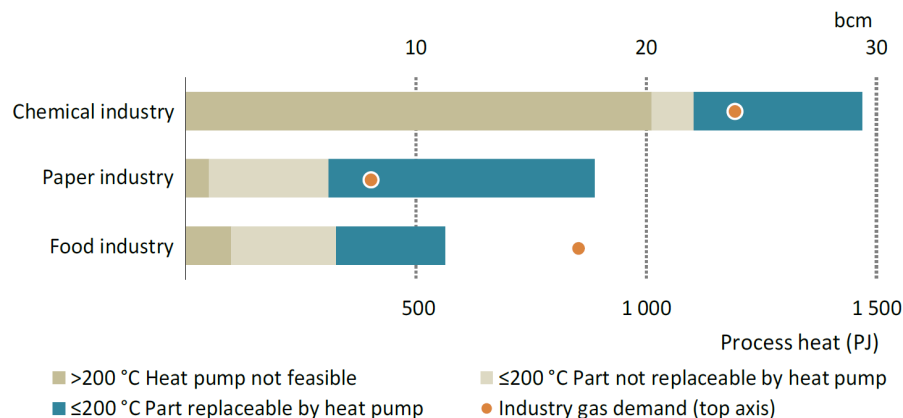


IEA. CC BY 4.0.

- ・ 製紙、食品、化学工業の 3 つの産業は産業用ヒートポンプを大規模に展開する候補産業であり、ヒートポンプの導入によりエネルギー使用量、ガス需要及び排出量を削減可能である。3 つの産業の熱需要の約 30%は現在のヒートポンプ技術で対応可能である。こ

これらの産業における低温加熱用の天然ガス消費量は、2021 年 600 億 m^3 であり、欧州で合計容量 15GW のヒートポンプを、約 3000 の設備に適用可能である(図 1.17)。

図 1.17 欧州における温度レベル別の産業用ガスおよびプロセス熱の需要、ヒートポンプの代替可能性(2019 年)



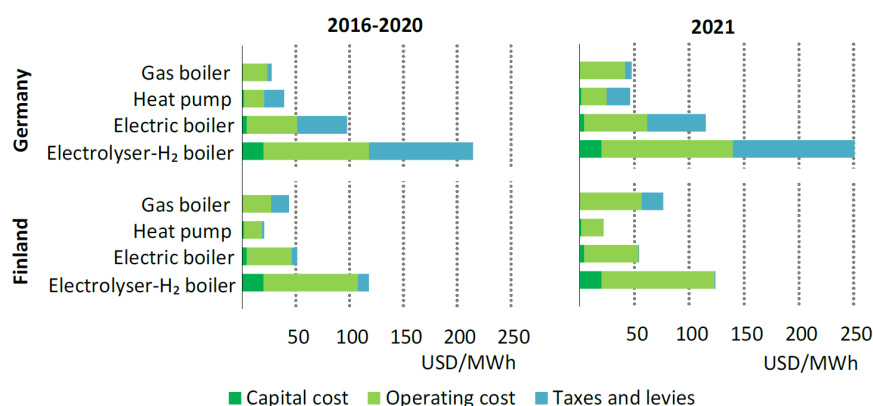
IEA, CC BY 4.0.

Notes: PJ = petajoules. Europe = European Union and the United Kingdom.

Sources: IEA analysis based on European Commission (2016) and Marina et al. (2021). Feasibility based on TRLs from Table 1.2.

- 産業用ヒートポンプはプロセスに応じて設計・製造・設置が必要であり、大量生産によるコスト削減が難しい。しかし、新たなプロジェクトではヒートポンプメーカーと協力して特定のプロセスや業界向けのヒートポンプの標準温度設定を確立することで、機器の合理化とコスト削減、利益の創出を実現している。
- 産業用ヒートポンプ導入の主要な障壁は依然としてコストであるが、近年のガス価格の急速な上昇と税制度の改定により、ドイツとフィンランドではヒートポンプが産業用熱の生成手段として最も安価なソリューションとなった(図 1.18)。

図 1.18 ドイツとフィンランドにおける産業用熱生産の均等化コストの平均値
(2016 年から 2020 年、2021 年)



IEA. CC BY 4.0.

Notes: Capital cost is very low relative to the overall cost. The bar is sometimes not discernible in the figure. Operating cost includes energy and distribution charges and CO₂ prices for gas boilers. Electrolyser-H₂ boiler capital cost includes estimations for on-site hydrogen production; Operating cost considers electricity prices and the power-to-heat efficiency of hydrogen.

- 多くの国々で産業用ヒートポンプの導入の初期コストと情報の障壁を下げるための政策が導入されている。例えばドイツでは企業向けにヒートポンプの導入費用の最大 55%、プロジェクト当たり最高で 1500 万ユーロまでのカバーする補助金制度がある。他の EU 諸国でも同様の補助金あるいはエネルギー効率義務制度の一環として産業用ヒートポンプ導入をサポートする制度がある。

1. 5 地域暖房用ヒートポンプ

- 人口密度の高い都市部や産業用の建物等では、個別ヒートポンプより地域暖房が効率的である。地域暖房の脱炭素化は進んでおらず化石燃料は世界の地域熱の 90%を供給し、最大市場の中国とロシアではさらに高いシェアを占めている。
- 世界の地域熱の約 20%を占める欧州では炭素集約度は世界平均より 1/3 以上低いものの再生可能エネルギーは熱供給の 25%、ヒートポンプは 1%を占めるに過ぎない。欧州の 4 ヶ国(オーストリア、デンマーク、フィンランド、スウェーデン)は 2030 年から 2040 年の間に地域暖房ネットワークを脱炭素化する目標を掲げている。
- 地域暖房のプロジェクトは通常公的財政支援に依存する。フランスでは年間 5 億€を超える熱基金、ドイツ政府は最近 30 億€の資金計画を立ち上げた。

2 章 ヒートポンプ導入加速に向けて

2.1 イントロダクション

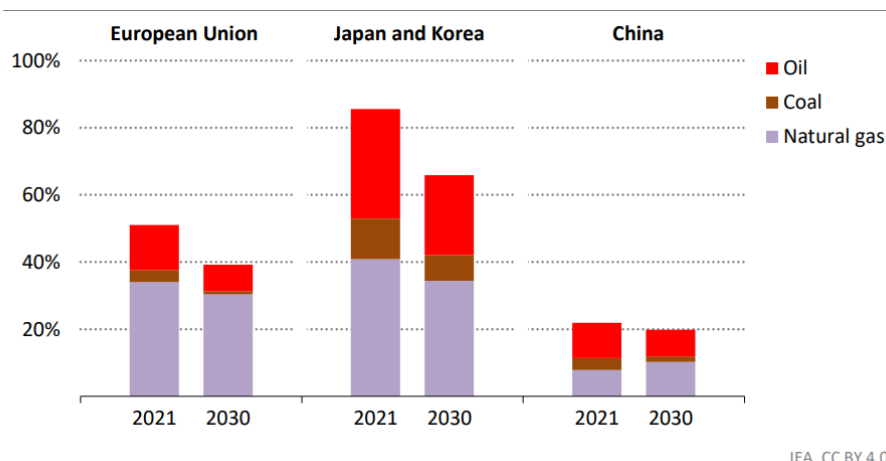
- ヒートポンプの普及は電力需要を高めるため、送電網の整備が必要になり、特に冬場の安定供給を確保するために電力システムの運用をより柔軟にする必要がある。
- 多くの機種の冷凍サイクルに使用されているフッ素系ガス（フロンガス）は、強力な温

室効果ガス（GHG）であり、ヒートポンプへの切り替えが環境や人の健康に与える影響はリスクがないわけではない。代替冷媒の使用は追加コストを伴う。

2.2 エネルギー安全保障

- ・ 欧州連合、日本、韓国は、建物のボイラー、発電、建物の暖房を輸入燃料に大きく依存している。2021 年には、EU の暖房用エネルギー使用の 50%以上が直接的または間接的に輸入燃料に依存し、その中でもガスが最も大きな割合を占めている。日本と韓国では、輸入依存度が 90%に近づき、石油とガスが輸入の大半を占めている（図 2.1）。中国も建物の暖房を輸入燃料に頼っているが、その程度は低い。APS（Announced Pledges Scenario）では、ヒートポンプの導入がガスと石油の需要に与える影響により、欧州連合とその他の国々で輸入依存度が低下する。

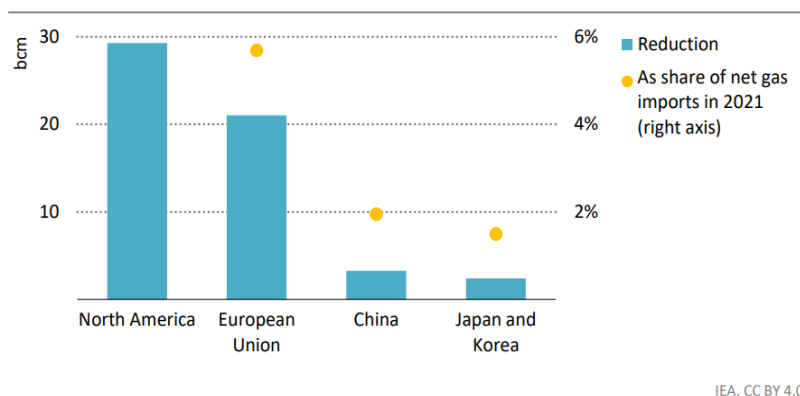
図 2.1 APS の特定地域・国において、輸入化石燃料による暖房の割合（燃料別）



注：暖房用電力と地域暖房用熱を生成するために使用される化石燃料を含む。

- ・ APS では、ヒートポンプの導入を加速することで、2030 年までに世界の建物部門のガス需要を現在より 80bcm 削減し、そのうち欧州連合は 21bcm 削減できる（図 2.2）。

図 2.2 APS の特定地域・国におけるヒートポンプ導入に伴う建築物の天然ガス需要の削減、(2021 年～2030 年)



2.3 電力系統と需要の柔軟性

- 電気ヒートポンプの加速度的な普及は、APS における電力需要（特に建物）をわずかに増加させる。世界の最終エネルギー消費量に占める電気の割合は、2021 年の 20% から 2030 年には 24% に上昇する。先進国では、22% から 27% 以上まで増加する。主要な暖房地域では、2030 年までに 2021 年比で約 1.5～2.5% と総電力需要の増加は少ないが、ピーク需要は大幅に増加する可能性がある。そのため、電力系統投資が大幅に増加する可能性がある。ヒートポンプを追加した家庭では、冬場のピーク需要が 3 倍近くになる可能性がある。住宅の省エネ評価を 2 段階（例：デンマークの D から B）改善することで、暖房エネルギー需要は半分、ヒートポンプ容量も小さくなりピーク需要を 3 分の 1 に減らすことができる。

表 2.1 ヒートポンプの柔軟性の可能性を引き出すためのパイロットプロジェクト

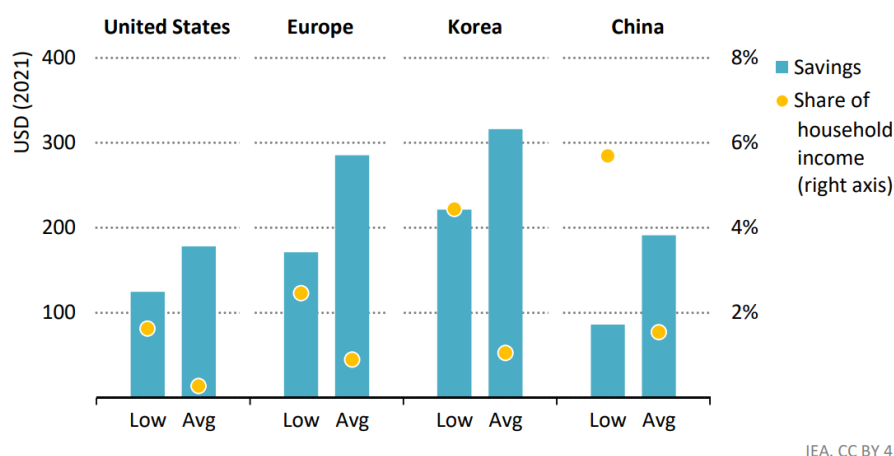
国	プロジェクト名	内容
スイス	再生可能エネルギーを配電網に統合するための一般化された運用上のフレキシビリティ	0-5% のピーク需要削減 5.5% の自己消費量の増加
デンマーク	エコグリッド EU	ヒートポンプを導入した 270 世帯が最大 167kW のピークカットを実現（5 分間隔）
イギリス	クラウドフレックス	使用時間帯別料金制度の適用により、EV 非導入世帯の 1 日の夕方ピークを平均 12% 削減。
オランダ	再生可能エネルギーの Power-to-Heat 統合。技術、モデリング、柔軟性の可能性 アプローチ	1 時間の融通イベントにおいて、ヒートポンプが 2.5kW の融通能力を提供。

（出所）The Future of Heat Pump Table 2.1 を和訳して作成

2.4 エネルギー・アフォーダビリティ

- エネルギー価格の上昇は、世界の多くの地域で家計の消費力と生活水準を押し下げるインフレ圧力が高まる主な原因となっている。暖房地域では、暖房が家庭の光熱費全体の大半を占めることが多い。貧困世帯では、この割合はさらに高い傾向がある。
- ヒートポンプへの切り替えは、家庭のエネルギー料金の削減につながる。2021 年、ガスボイラーからヒートポンプに切り替えた家庭は、平均して米国で 180 米ドル、欧州ではほぼ 300 米ドルのエネルギー料金の節約が可能、今日の価格高騰の下では節約幅は米国では年間 300 米ドル、ヨーロッパでは 900 米ドルとなっている。ガス純輸入国で中国のように家庭用電気料金の安い国で節約額は最大となった。総所得に占める割合は、貧困家庭で最も大きく、所得の 2% から 6% であった（図 2.4）。

図 2.4 2021 年、特定地域・国において、ガスボイラーからヒートポンプに切り替えた
家庭のエネルギー料金節約額



- ・ 貧困世帯は、ヒートポンプへの切り替えによる節約効果が小さく、投資回収期間が富裕な家庭よりも長くなる可能性がある。これは、貧困層は一般的に小さな家に住んでおり、コストを抑えるために暖房の使用頻度が低いことによる。低所得者層は、一般的に平均的な住宅よりも効率が悪いため、節約効果は高くなり、投資回収期間は短くなる。

2.5 公衆衛生と環境

2.5.1 大気汚染

- ・ 石炭、石油、バイオマスを使用した暖房給湯は、家庭内および周囲の大気汚染の原因となっている。2021 年には、汚染された空気を吸うことで毎日 19,000 人以上が早死にし、その大半は新興国や発展途上国（IEA, 2022c）。

2.5.2 フロンガス

- ・ ヒートポンプの普及により冷媒フロンガスが排出されるリスクがある。温室効果ガスであるフロンガスの排出は削減効果の一部を相殺するおそれがある。
- ・ ヒートポンプ、冷蔵庫、その他の冷却装置で現在使用されているフロンガスは HFC で、世界のフロンガス生産の 85%以上を占めている（UNEP, 2017）。1987 年に採択された成層圏オゾン層を破壊する化学物質の全廃に関する画期的な多国間環境協定「モントリオール議定書」で、ほぼ全廃されたオゾン破壊物質の代替物質として広く採用された。フロンガスは、世界の GHG 排出量の約 2.4%を占めている（IPCC, 2022 年）。今後、ヒートポンプやエアコンの普及が進み、その使用を抑制するための対策がとられない場合、排出量が急速に増加する可能性がある。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）のシナリオでは、地球の気温が 1.5°C上昇すると、2021 年から 2030 年の間にフロンガス排出量が約 75%削減されることになっている。

表 2.2 住宅用ヒートポンプの一般的な冷媒と代替

カテゴリー	冷媒種	地球温暖化係数	可燃性	TFA yield
従来のハイドロフルオロカーボン	R-410A	2088	不燃性	0%
	R-134a	1430		7-20%
ハイドロカーボン	R-290 (プロパン)	≦ 3	高燃焼性	0%
	R-1270 (プロパン)			
	R-600 (ブタン)			
	R-293 (ペンタン)			
低GWP ハイドロフルオロカーボン	R-32	675	低不燃性	0%
	R-454B	490	低不燃性	30%
ハイドロフルオロオレフィン	R-1234yf	4	低不燃性	100%
	R-1234ze	<1		<10%
二酸化炭素	R-744 (二酸化炭素)	1	不燃性	0%

(出所) The Future of Heat Pumps Table 2.2 を和訳して作成

注 GWP値は、IPCC第4次評価報告書（AR4）による。30%以上の不確実性があることが示されている。政策における閾値は、主にこの報告書に基づいている。一方、IPCC AR5、AR6では、一部の値が更新されている。TFA収率とは、排出された冷媒が大気中でトリフルオロ酢酸（TFA）に分解される割合のことで、非常に長い寿命を持つ環境・人体に有害な物質である。割合が高いほど有害性が高い。

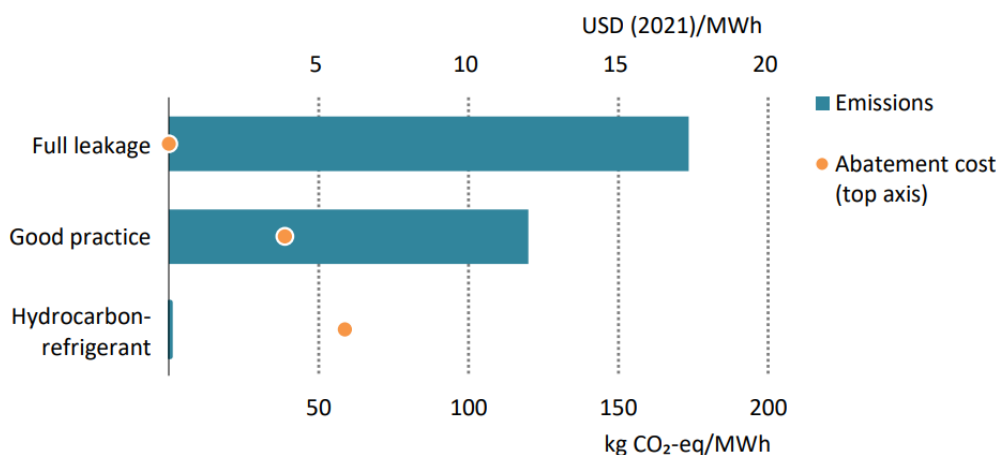
SOURCE : UBA（2021年）

- ・ フロンガスの排出は、ガスの製造、（ヒートポンプの）冷凍サイクルの製造、製品の使用中や廃炉時の漏れで発生する。ヒートポンプからの排出は、定期的なメンテナンス、適切な廃棄・リサイクルによって削減は可能（Daikin, 2022）だが、老朽化した機器を取り扱う効果的なシステムは整備されていない。現在のベストプラクティスから、世界の3分の1の排出を削減すると推定できるが、地域とヒートポンプモデルによって大きく異なる。代替冷媒として、GWPの低いフロンガスや、GWPがはるかに低い技術的に複雑、高価な炭化水素、HFO、CO₂がある（表 2.2 参照）。
- ・ プロパンは可燃性が高いため、EUの建築規制で冷媒としての使用が制限されている。冷媒サイクルをすべて屋外に配置することで問題を回避しているが、大半の建物でヒートポンプを使用できるようにするためには、室内設置のスプリットシステムも重要な選択肢である。
- ・ 2022年5月に国際電気標準会議（IEC）の規格改訂版⁵²が発表され、追加の安全要件を満たす場合、室内設置のスプリットシステムに可燃性冷媒を充填することを認めた。
- ・ CO₂冷媒は、不燃性で毒性が低く、GWPは1である（Patenaude, 2015）。しかし、高い運転圧力が必要で、ヒートポンプの製造と使用におけるエネルギーと材料の増加を伴う。CO₂冷媒ヒートポンプは給湯器や特定の産業・商業用途など、温度差の大きい

⁵² IEC-60335-2-40 電気式ヒートポンプ、エアコン、除湿機の特別要求事項(IEC,2022)

場合の効率が向上する。

図 2.6 ヒートポンプの冷媒による GHG 排出量
(有効熱量 MWh あたり 冷媒オプションごとの出力と削減コスト)



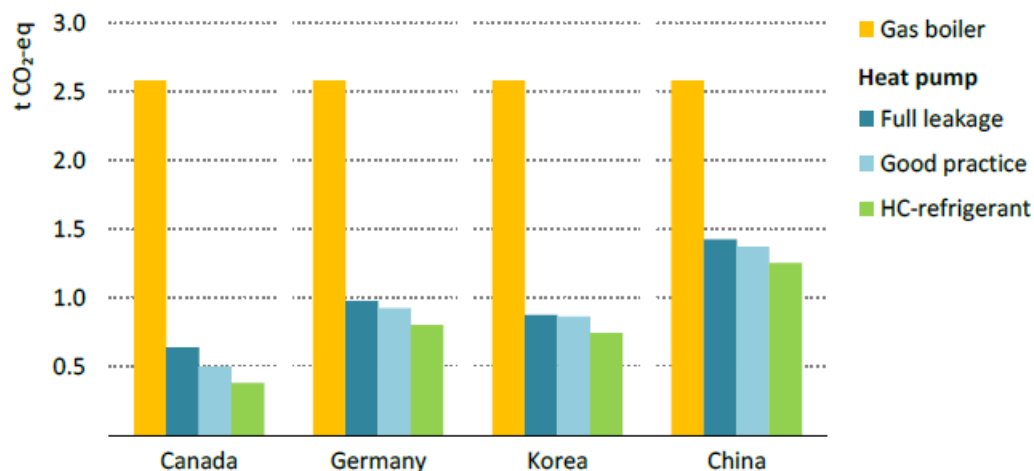
EA. CC BY 4.0.

Source: IEA analysis based on Purohit and Höglund-Isaksson (2017).

注：kg CO₂-eq=キログラムのCO₂換算値。GWP2,000のベースライン冷媒ミックス。

- ・ コスト効率が最も高い代替冷媒候補はHFC だが可燃性という課題がある（図 2.6）。HFC R-134a を使用する住宅用ヒートポンプのライフサイクル CO₂ 等価排出量の 6～40% が冷媒漏れに関連している。
- ・ 現状のフロンガス冷媒のリークを考慮し、CO₂ 排出量の多い電力で運転しても、高効率ガスボイラーに比べて温室効果ガスの排出を少なくとも 20%削減することができる。世界のエネルギー消費の 70%を占める地域では、45%以上、電力構成がクリーンな国では 80%に達する排出量を削減できる。代替冷媒でそれぞれ 10%向上が可能（図 2.7）。

図 2.7 冷媒の選択によるガスボイラーとヒートポンプの
有効熱出力 MWh あたりの GHG 排出量



IEA. CC BY 4.0.

Sources: IEA analysis based on Purohit and Höglund-Isaksson (2017); Purohit et al. (2022a); and Kowalski and Szafranski (2019).

注：t CO₂-eq=CO₂換算トン、HC=炭化水素。ヒートポンプの排出削減量は、専門的なリサイクル・軽減オプションを使用せず、GWP=2 000の冷媒を使用したベースラインの効率90%のガスボイラーおよびガス排出量と比較されています。GHG排出量には、運転と廃炉に伴う温室効果ガス排出量も含まれる。電力生産の排出係数。カナダ（119g-CO₂-eq/kWh）、ドイツ（352g/kWh）、日本（416g/kWh）、中国（549g/kWh）。カナダの気候はオンタリオ州、日本は中部、中国は華北を基準とする。

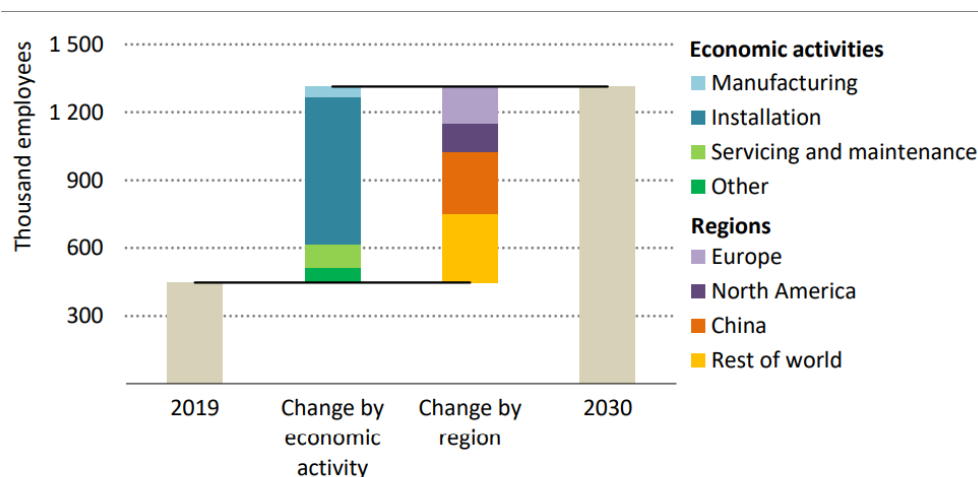
- 冷媒は既存のユニットで簡単に交換できない。製造業者の中には、HFC に大きく依存しなくなったところもあるが、生産プロセスを変更し、異なる部品や材料を使用しなければならない。製造や設置に携わる労働者は、可燃性物質に関する追加的なトレーニングが必要になる。ヒートポンプの普及、代替冷媒導入には安定的な規制の枠組みが重要である。短期的には、従来の高 GWP 冷媒の漏れ止め基準を設定し、リサイクルシステムを強化することが重要である。漏れは機器の使用開始と廃棄に発生する。今後のヒートポンプにこの冷媒を使い続けると、2050 年以降もフロンガスが排出されることになる。

2.6 雇用創出

- ヒートポンプの普及を急速に拡大するには、製造と設置に必要な材料や部品の製造に携わる労働力を拡大する必要がある。2019 年には、世界で約 45 万人がヒートポンプの製造、計画・設置、卸売、サービス、メンテナンスに直接従事している（図 2.8）。設置はヒートポンプのバリューチェーンの中で最も労働集約的な部分であり、21 万人の労働者が働いていると推定される。
- 中国は、特に南部の建築物の多くが、夏の冷房と冬の暖房の両方にヒートポンプを使用しているため、設置業者が最も多い。一般的に、空対水や地上のヒートポンプは 1

回の設置に多くの労働時間を必要とするため、市場の拡大に伴って新たな労働者が必要になる。ヒートポンプ製造の労働力も中国が最も多く、その数は世界のヒートポンプ製造の45%のシェアと同じ約55,000人、次いで米国で、ヒートポンプの約4分の1が製造されている。

図 2.8 APS における地域/国別のヒートポンプ雇用の変化、2019-2030 年



IEA. CC BY 4.0.

注：その他には、卸売業、運輸業を含む。

- APS では、ヒートポンプ関連の雇用は2030年までにほぼ3倍の130万人超となる。雇用の増加は設置工事が最大でAPSの場合65万人増加して85万人になる。需要の伸びが大きいのは、中国とその他のアジア太平洋地域。欧州連合と英国も3倍に増加する。
- バリューチェーンに沿って、さまざまなタイプの専門家が必要となる。製造業では、他の家電製品や工業製品の製造と同様に、機械化された機器の操作や手作業が必要とされ、設置業では、熱損失の計算、ヒートポンプのサイズ調整、配管や電気工事の作業ができる高度な技能を持つ暖房専門家が必要となる。類似した職種と互換性があり、ガスボイラー設置業者に新しいキャリアパスを提供して労働力を確保する必要がある。増加が最大となる設置業者にはトレーニングが重要である。業界団体やメーカーが訓練の機会を提供することが期待される。労働力の確保においては都市部と農村部のバランス、ジェンダーバランスを改善するための努力が必要であり、訓練や採用プログラムでの考慮が必要。一般的にヒートポンプ従事者は平均的な建設労働者の賃金よりも25%程高いが、国によってかなり差がある。見習い労働者への適正な報酬と再教育制度への公的資金提供は重要な手段である。

3 章 導入加速の障壁と解決策

サマリー

アイルランドでは、消費者向けワンストップショップを創設

北米、英国、ドイツでは所有者とテナントのインセンティブが相反

欧州では主要なメーカーがヒートポンプ製造への巨額(40 億ユーロ)の投資

サプライチェーンのボトルネック、チップと銅、製造コストが急増

米国は国内製造拠点化に多額の補助金を実施

ヒートポンプへの安定的な投資が続くためには政策の明確な方向性、サプライチェーン強化の具体的なアクション

設置事業者不足、APS 諸国で 2030 年までに現在の 4 倍である 85 万人が必要

ヒートポンプ設置技術、配管工、電気士の技術習得が可能。欧州で実施されている再教育のための政策支援は有効

3.1 イントロダクション

- ・ 普及加速には様々な障壁への対策が必要。最大の障壁が高額の初期コスト、それ以外の課題として利用者への周知、製造能力の拡大、設置事業者育成。大気熱ヒートポンプの機器・設置コストはガスボイラーと同等になってきている。しかし、ヒートポンプ給湯器の場合はガスボイラーの 2 倍から 4 倍。多くの国で導入補助金がある。今後、各国で CO2 排出連動のエネルギー料金が導入されると、ヒートポンプの価格競争力も上がってくる。
- ・ 価格以外の課題として、複雑な導入・設置プロセス、情報不足、建築所有者とテナントのインセンティブ相反等がある。

表 3.1 ヒートポンプ普及の障壁と政策対応の概要

障壁	政策対応
(需要サイド)	
初期コストが高い	補助金 低利率ローン 税控除 グリーンローン 新ビジネスモデル 大規模プロジェクトのリスク対策
運用コスト	電気料金とガス料金の課税見直し 電気料金課税方法の変更 建築断熱強化の支援 ヒートポンプ導入後の管理支援 ユーザー教育
コスト以外の課題	ワンストップショップ 建築オーナーとテナントの利益相反を補う新ビジネスの育成支援 建築基準の見直し 共有建築物の意思決定ルールの見直し 建築物売買、賃貸時の最小エネルギー基準の義務化 熱技術のラベル表示 エンドユーザー向け情報提供促進 暖房システム交換時の独立無償評価サービス
供給サイド	
製造能力不足、サプライチェーンの脆弱性	長期の政策方向性、基準方向性の明確化 国のヒートポンプ導入目標設定、ロードマップ作製 製造事業者への経済支援 ヒートポンプ素材の確保
熟練設置事業者の不足	空調換気事業へのヒートポンプ機器の組み込み ヒートポンプ設置資格の創設と資格取得の推奨 ヒートポンプ設置工法の改善と機器メーカー主体の設置工事トレーニング強化 国際的なヒートポンプ性能評価の仕組み 国の長期的なヒートポンプ導入目標の明確化による事業安定、雇用安定

(出所) The Future of Heat Pumps Table 3.1 を和訳して作成

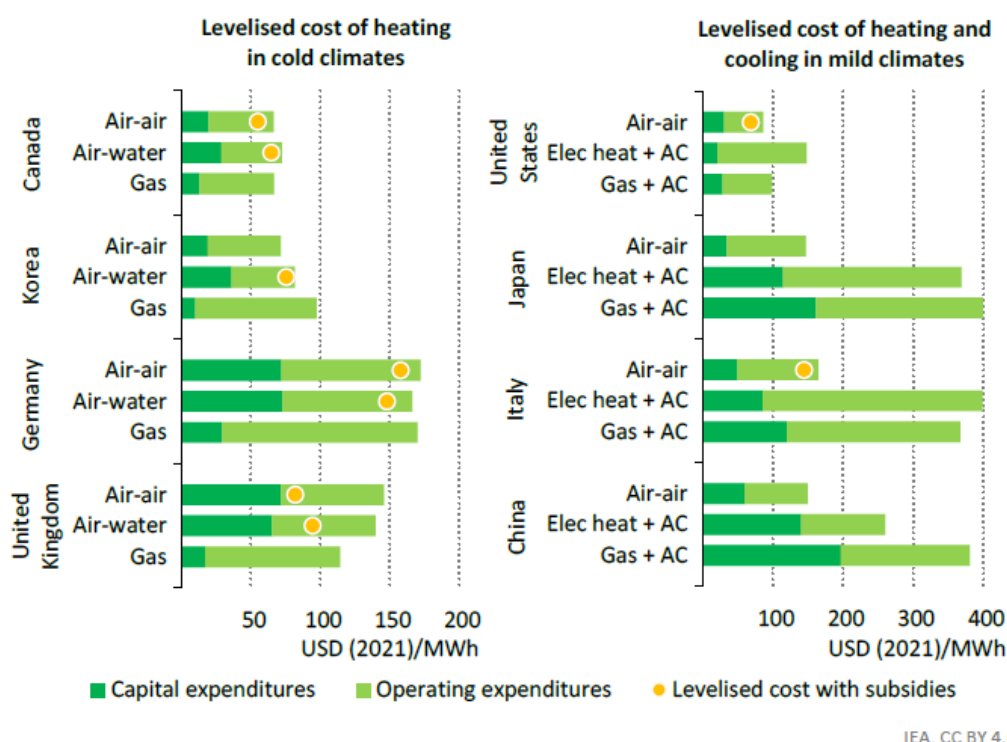
- ・ 有効な政策立案にはデータが必要。重要なデータとして、熱需要データ（工業用熱需要、廃熱利用の有無、熱十用のマッピング、建築物や既存熱システムの情報、設置工事費、メンテナンスコスト、機器定格能力と実使用下での能力比較データ等。各国政府はこのような情報の収集、利用環境整備を行う必要がある。

3.2 高コストの課題

- ・ ヒートポンプのコストには様々な要因が関係する。初期導入コスト、電力料金を含む

運転コスト、メンテナンスコスト、システム使用期間、補助金などの政策支援。一般的にヒートポンプは従来の暖房給湯ガスボイラーと比較して、補助金があっても初期コストが高い一方、エネルギーコストは低く、ライフサイクルで比較するとコスト競争力はある。図 3-1 は代表的な先進国でのヒートポンプの価格競争力を比較したデータを示す。寒冷地区ではガス暖房給湯よりもヒートポンプの価格競争力がある国が多いが、イギリスのようにヒートポンプの価格競争力を保つためには補助金が必要な国もある。

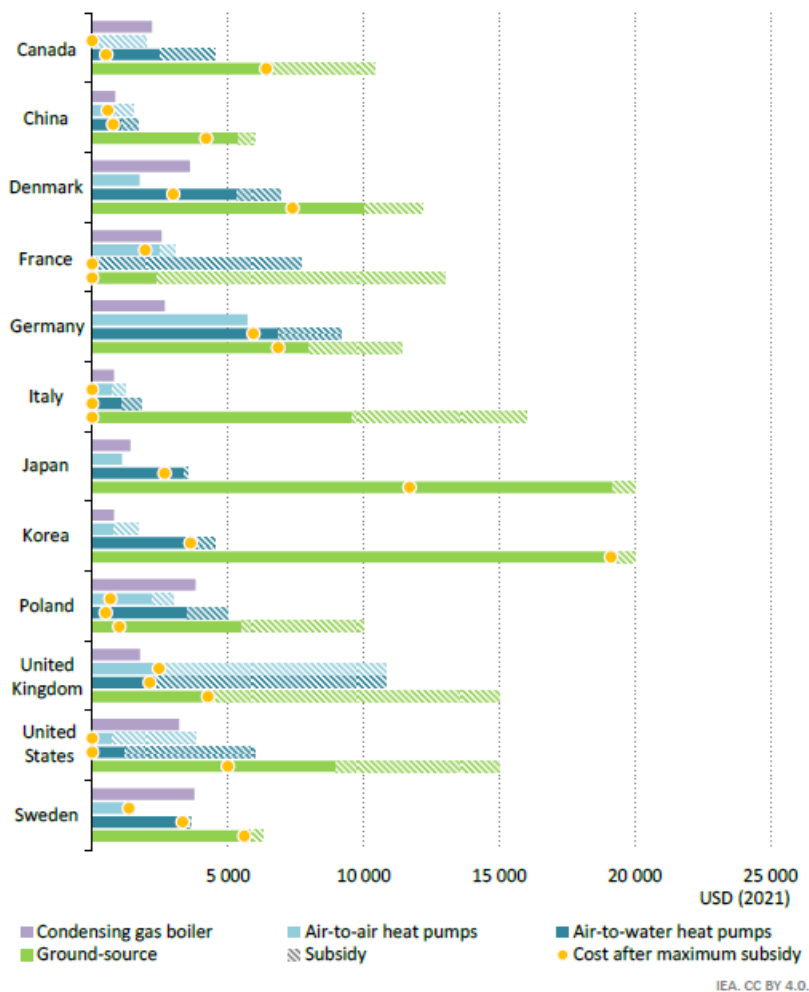
図 3.1 住宅用暖冷房コストの平均コスト比較、ヒートポンプと従来システム（2021 年）



3.2.1 初期コスト

- 特に住宅の場合、ヒートポンプの機器と設置の初期コストを低下させることが必須である。ヒートポンプ市場が未成熟のため、機器コストは地域やタイプによって様々。また、設置コストは配管や貯湯タンクの設置環境、人件費によって大きく異なる。
- 図 3.2 に示すように多くの国で暖房ヒートポンプ、暖房給湯ヒートポンプはガスと比較して初期コストが高い。セントラル空調ではない個別空調向け小型ヒートポンプエアコンの場合のみ、日本やデンマークでは機器コストが安価になっているが、暖房給湯の場合はスウェーデンを除きすべての国でガス暖房給湯よりも機器コストは高い。地熱ヒートポンプは工事費が高く、すべての国で工事費が初期コストの半分以上を占めている。冷房需要がある国の場合は、冷暖兼用ヒートポンプエアコンは冷房設備とガス暖房設備を設置するよりも初期コストは安い。

図 3.2 代表的な国の住宅用ヒートポンプ最安モデルの機器・設置コスト比較（2022 年）



Notes: Costs include the price of the equipment and its installation. Subsidies account for the minimum level of national financial support offered to households that qualify for it in each country. China and Japan do not offer subsidies at the national level. Some countries, such as Italy, offer subsidies that can exceed the purchase price in some cases.

- ・ ライフサイクルコストがヒートポンプのほうが安価であっても、初期コストが高いため導入を見送る世帯は多い。そのため、各国はヒートポンプの初期コスト補助金を設けており、フランスや米国の場合は最小補助金であってもガスシステムよりもヒートポンプが安価になる。
- ・ 既存住宅にヒートポンプを導入するのは新築住宅よりもハードルが高い。ヒートポンプ稼働に必要な受電容量の増設や暖房温度低下（一般的にガス温水暖房の場合、循環温水温度は 60℃～80℃だが、ヒートポンプの場合、55℃を超えると運転効率は低下する）を補うための室内放熱板や空調ダクトの効率向上等の追加コストが必要になり、初期コストを 1/3 ほど押し上げる要因になっている。

表 3.2 住宅用ヒートポンプ補助政策と主要国での採用

補助政策の種類	採用している国数（母数 30）	住宅ヒートポンプ市場での適用割合
【補助】	30	70%
（ヒートポンプ補助の対象が）熱需要に限る	27	47%
（ヒートポンプ補助の対象が）古い住宅への設置の場合	20	28%
（ヒートポンプ補助の対象が）ハイブリッド除く電気	16	11%
（ヒートポンプ補助の対象が）化石燃料からの切替	12	34%
（ヒートポンプ補助の対象が）主な居住家屋への設置	12	15%
補助額		
費用の一定割合、上限あり	16	39%
ヒートポンプ性能により減額	10	16%
その他の要因	6	3%
追加補助		
高い効率の場合の追加補助	18	29%
低所得向けの追加補助	12	34%
集合住宅に比較して戸建住宅設置の場合の追加補助	4	2%
地域暖房へのアクセスが無い等、不利な環境	4	2%
ガス暖房を切り替える場合	3	7%
【所得税控除】	9	33%
古い住宅への設置の場合	5	12%
主な居住家屋の設置の場合	3	6%
控除額		
機器、設置費用に対する一定割合、上限あり	7	30%
機器購入額全額	2	2%
高い効率の場合、機器購入設置コストを上回る控除額	1	3%
ガス暖房を切り替える場合追加補助	1	1%未満
【付加価値税減免】	5	12%
機器、設置費用に対する低率	5	12%
ヒートポンプ機器、設置費用に対しては無税	1	4%
【低率ローン】	24	29%
ローン額、返済期間条件付きの低率ローン	20	18%
ローン額、返済期間条件付きの利子ゼロローン	7	13%

（出所） The Future of Heat Pumps Table3.2 を和訳して作成

- ・ ヒートポンプ導入促進を目指す多くの国で補助金政策が導入されている、様々なレベルの補助が実施されているが、化石燃料熱源機の代替えが条件となっている。フランスやイギリスのように付加価値税の免除を行うケースや、イタリアのように既存建築改修コストを上回る税控除を与える場合もある。補助金は導入時期と同時期に支払われるが税控除の場合は 2 年後、遅い場合は 5 年後になってしまう。低利子優遇も多くの国で実施されている。
- ・ 補助の仕組みは広範囲で複雑になるため、アイルランドなどではワンストップショッ

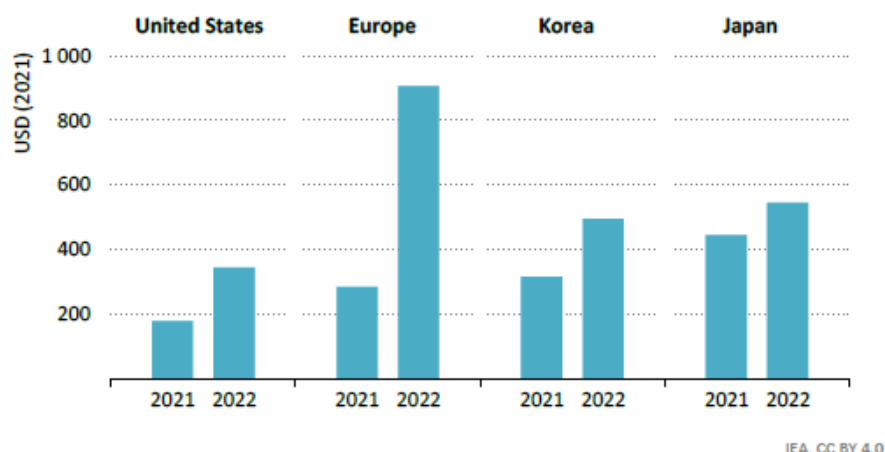
プが情報の集約と無償相談窓口になっているケースもある。

- ・ ヒートポンプ普及が進み出荷量が増えていけば、機器コストは下がっていく。主なコスト部品はコンプレッサー、熱交換機、電子基板で全体の 2/3 を占める。メーカーらが機器の標準化を進め、設置方法の標準化を進めることで初期コスト低減が進む。
- ・ オランダで実施しているように、小規模建築をまとめて一括設置していくことで単位当たり設置コストを下げるができる。予測では 2030 年までに多くの市場で初期コストが 2 割ほど低下、ドイツなど 4 割低下が期待できる市場もあるが、ヒートポンプを取り巻く様々な変動要因もある。機器の省エネ基準の設定、使用冷媒の規制、既存建築への導入障壁等は大きく影響する。

3.2.2 運用コストの削減

- ・ 2022 年のエネルギー危機以前から、多くの市場でヒートポンプのランニングコストはガスよりも安価になっていた。特に欧州ではガスから電動ヒートポンプに切り替えることによるエネルギーコストの削減幅が大きく、年間 900 ドルを超えている。

図 3.3 代表的な国でガスボイラーからヒートポンプに切り替えた場合の
エネルギー支払額の削減 (2021 年/2022 年)



Soaring gas prices have boosted the cost advantage of running
a heat pump over a gas boiler in most countries

Note: Savings in energy bills in 2022 take account of policy interventions up to September 2022 to limit price rises, including reductions in VAT, direct subsidies, and caps on increases in electricity and gas prices. The analysis is based on average electricity and gas prices across regions/countries and an average household demand for space heating and hot water in representative cities in respective regions/countries (Detroit, Stockholm, Seoul, Niigata).

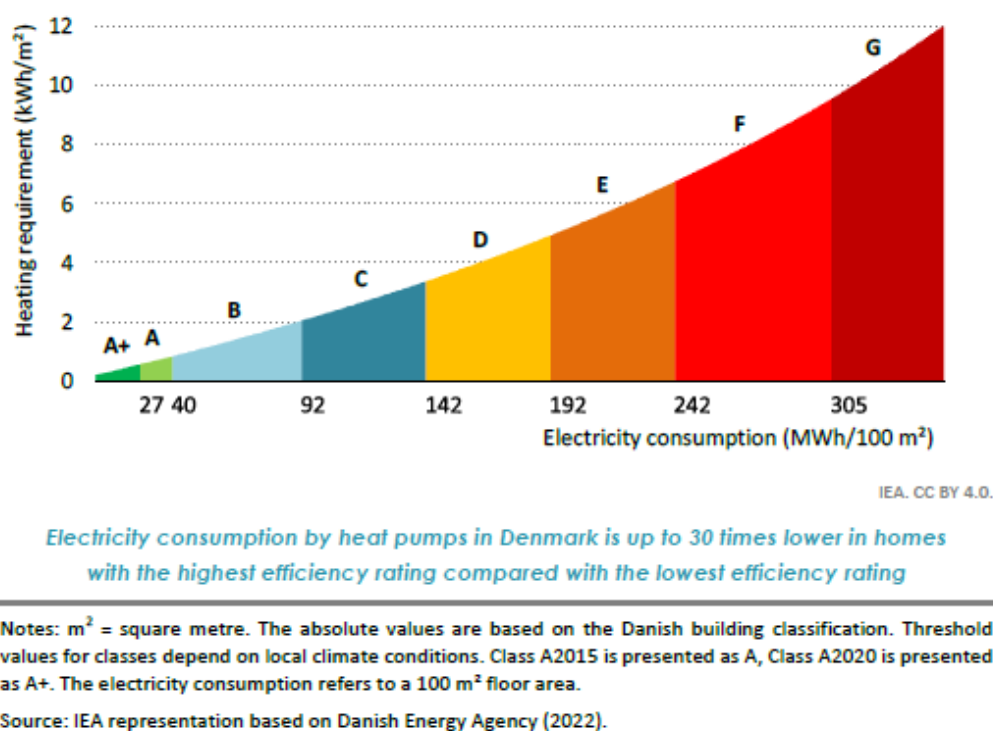
Source: IEA analysis based on Energie-Control Austria, MEKH and VaasaETT (2022).

- ・ いくつかの国では、依然としてガス料金への課税が電力料金課税よりも軽減されているケースがあり、燃料課税の見直しが必要である。調査対象の 20 か国以上で炭素税が導入されており、その結果建築分野で石油ボイラーからヒートポンプへの切り替えが進んでいる。炭素税が 118 ユーロ/ton と高額なスウェーデンでは石油ボイラー取り換えが進み、暖房システムの 90%がヒートポンプになっている。
- ・ 電力料金設計でもヒートポンプ導入支援が可能である。建築物の躯体保温や貯湯タン

クにより電力オフピーク時の運転による電力負荷の調整力が期待でき、時間帯別料金やオフピーク電気料金の設定はヒートポンプの価格競争力につながる。アイルランドの電気料金には夜間のヒートポンプ使用料金が半額になる料金がある。また、ヒートポンプの調整能力は屋根設置ソーラーの自己消費促進にもつながる。

- ・ 建築物の断熱性能がヒートポンプの経済性に大きく影響する（図 3.4）。

図 3.4 デンマークの建築省エネラベルのクラス別ヒートポンプ電力消費（2022 年）



3.3 コスト以外の導入障壁

- ・ コスト以外にもヒートポンプの導入促進の障壁は存在する。設置に関する課題、ヒートポンプの効能に関する情報周知が不十分、建物のオーナーとテナントの利益相反などが課題である。高コストの課題に比べると多様な対策が可能ではあるが、各国政府はこれらの障壁の解決策にも取り組む必要がある。

3.3.1 設置に関する障壁

- ・ ヒートポンプの設置に関する課題が多い。設置スペース、電力容量、防火に関する各種規則に加え、建築所有者や行政の許認可も必要。また、集合住宅を中心に設置スペースの確保は大きな問題である。
- ・ 欧州を中心に小型のヒートポンプ設置の認可プロセスの簡素化、不要化の動きがある。集合住宅やテナントビルにヒートポンプ等クリーンエネルギー設備を導入する際に、全員一致でなくても過半数の賛同で設置可能なルール変更をした国もある。

- ・ 地中熱の場合はボーリング許可等規制が厳しい。掘削深度の緩和や地下水マッピング情報の公開など、政策側で工夫できる余地は大きい。まずは、設置に関する各国の規制や事例、経験等を共有できるように各国政府機関がデータを持ち寄り、専門家が分析活用できるようにする必要がある。

3.3.2 情報周知の不足

- ・ ヒートポンプに関わる情報が分散しており、ヒートポンプを選択し、設置に関する手続き、利用できる補助制度等を理解することは時間がかかり煩雑になっている。
- ・ 機器の選定においてはエネルギー効率やスマート化対応等のラベル表示が重要である。省エネ性能の高さを利用者が容易に理解できる仕組みが重要である。いくつかの国では、機器の選定、設置事業者の紹介、利用可能な補助金等をワンストップで相談できるショップの有効性が確認されている。空調給湯機器の故障による交換時において、ヒートポンプ交換に様々な手続きや混乱があることで、従来型のガス機器に交換してしまっている例が6割に及ぶという報告もある。

3.3.3 建築オーナーとテナントの利益相反

- ・ 省エネ機器の導入一般において、建築物のオーナーと居住者やテナントの利益相反は大きな課題の一つとして認識されている。有効な制度対応例として、建築物の省エネ性能表示を義務化し、一定性能以上の物件しか賃貸や売買できない規制を導入している国もある（フランスなど）。エネルギーサービスや heat-as-a-service 等、機器はサービス会社が所有し、熱等のエネルギー対価を受け取るモデルも高い初期コストの対策として利用されている（表 3.3）

表 3.3 ヒートポンプ導入促進ビジネスモデル

ビジネスモデル	概要	採用例
エネルギーパフォーマンス契約 (EPCs: Energy Performance Contracts)	ESCO 事業者が機器導入、設置、所有、運営する。需要家と長期契約により、エネルギーコスト削減の一部を報酬として受け取る。	イギリス再エネ熱インセンティブ・プログラム
Heat as a Service	ESCO 事業者が機器導入、設置、所有、運営する。需要家は ESCO 事業者により毎月定額の熱サービス料金を支払う。	欧州中心に導入
Pay for Performance	需要家は毎月定額の機器レンタル費用を支払う	米国カリフォルニア州、ニューヨーク州、オレゴン州などで実施
On Bill Financing	ヒートポンプの導入費用を需要家の電力料金に上乗せして分割請求する。契約は物件に紐づき、テナントが変わっても新しい利用者に請求が続く。	カナダのいくつかの州で利用
Property assessed clean energy	住宅や商業ビルのヒートポンプ設置へのローンに固定資産税に上乗せして 10 年～20 年で回収する。建物の借り手が替わっても課金が継続できる、優遇利子活用が可能。	北米で広く活用
機器リース	通常の機器リース。一定期間リース後、ヒートポンプ機器は建物所有者に移転する。	ドイツなどで活用
クリーンエネルギー中間融資	大手銀行がまとめた資金を小規模物件へのクリーンエネルギー融資資金として貸し出す。多数の小規模物件への融資資金をまとめて準備できる。	復興開発銀行などで広く採用されている

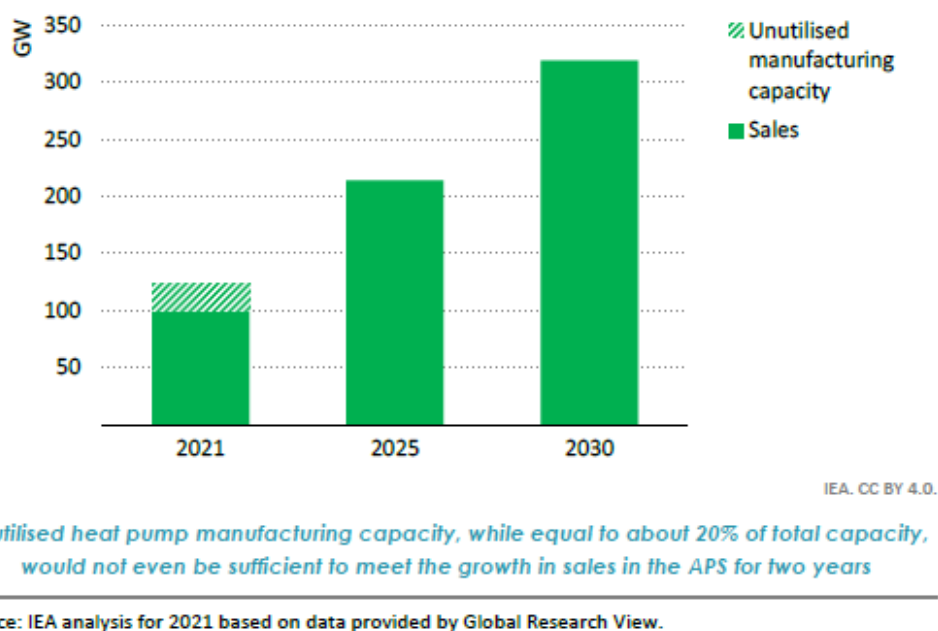
Sources: Catapult Energy Systems (2022); Urban (2021); ERBD (2022)

(出所)The Future of Heat Pumps Table 3.3 を和訳して作成

3.4 製造能力

- ・ ヒートポンプ普及加速には製造能力の急速な拡大も必要だが、その課題も多い。政策の透明性や投資環境もあるが、材料や部品の確保も重要。現在、ヒートポンプ製造は中国、米国、欧州、韓国、日本が中心で、既存製造能力の 2 割ほどしか生産していないので生産拡大余地がある一方、2 年先には生産能力が不足する予測となっている (図 3.5)。

図 3.5 先進国のヒートポンプ製造能力の現状と予測



- また、重要部品の供給能力の拡大も重要、コンプレッサー、熱交換、冷媒など。半導体や銅の世界的な供給不足も懸念。給湯ヒートポンプはガスボイラーの15倍の銅を使用する。中長期にはヒートポンプ、エアコン、給湯機の回収リサイクル義務化で材料不足を緩和する必要がある。
- 政策の中長期の予見性、計画的な規制導入等、政策が果たす役割は大きい。欧州議会は冷媒のフロン規制を決議しようとしている。ヒートポンプ製造者にとって設備投資の決断をするうえでこのような政策の透明性は重要。
- 欧州を中心にヒートポンプ製造投資の発表が相次いでいる（表 3.4）

表 3.4 欧州の代表的な事業者が発表したヒートポンプ工場投資計画

事業者	国／地域	投資	投資額（ユーロ）	完成予定
Vaillant	欧州	ヒートポンプ 省エネ	1.3 億	2022-2023
Hoval Liechtenstein	スロバキア	ヒートポンプ	6000 万	2023-2024
Clivet (Midea Group)	イタリア	ヒートポンプ	6000 万	2024
Mitsubishi	トルコ、イギリス	ヒートポンプ 空調機器	1.28 億	2024
Bosch	欧州	ヒートポンプ	3 億	2025
Daikin	ベルギー、チェコ、 ドイツ、ポーランド	ヒートポンプ デジタル、研 究開発、サー ビス拠点	12 億	2025
Stiebel Eltron	ドイツ	ヒートポンプ	6 億	2025
NIBE	スウェーデン	ヒートポンプ	4.6 億	2025
Viessmann	ポーランド	ヒートポンプ	10 億	2025
Panasonic	チェコ	ヒートポンプ	1.45 億	2026

(出所)The Future of Heat Pumps Table 3.4 を和訳して作成

3.5 熟練設置工事者の不足

- ・ ヒートポンプ普及加速の中で、サプライチェーンのあらゆる段階で従事者が不足する、特にサプライチェーンの中で従事者の半数を占める設置工事従事者不足は深刻。先進国でヒートポンプ設置従事者は 2030 年には現在の 4 倍の 85 万人が必要と予測。

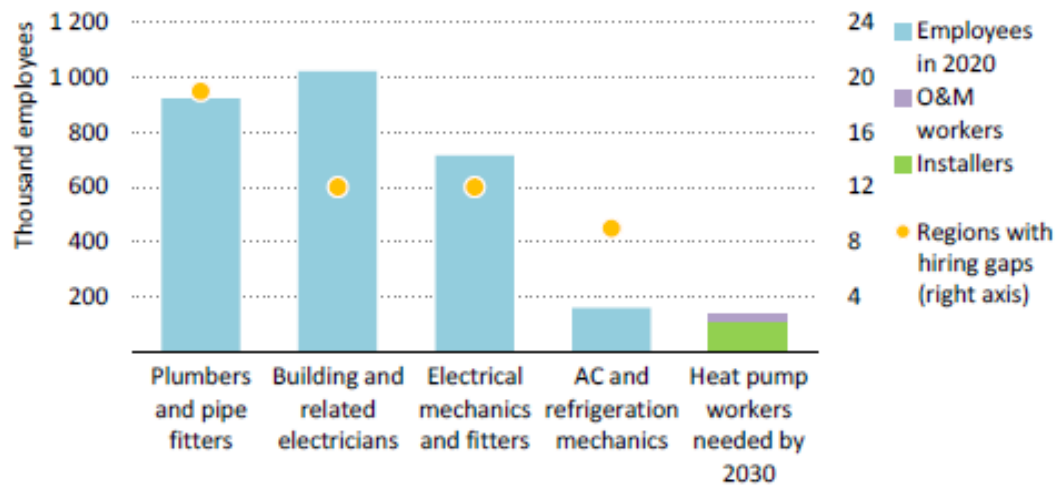
表 3.6 ヒートポンプの設置事業者が必要とされるスキル

スキル	事業者	必要なヒートポンプ種類
【設計】		
既存暖房設備の評価	建設工事	全ての HP
基礎工事、断熱工事	ヒートポンプ設置事業	全ての HP
熱損失、熱負荷計算	ヒートポンプ設置事業	全ての HP
設計、レイアウト	ヒートポンプ設置事業	全ての HP
圧力損失計算、熱伝導評価	ヒートポンプ設置事業	全ての HP
【設置】		
地中配管掘削	有資格掘削工	地中熱 HP
配管接続	配管工、ヒートポンプ設置事業	全ての HP
冷媒封入	冷媒扱い資格者、ヒートポンプ設置事業	フロン冷媒 HP
	可燃物取扱資格者、ヒートポンプ設置事業	炭化水素冷媒 HP
【電気工事】	電気工事者、ヒートポンプ設置事業	全ての HP
【システム構築、試運転】	ヒートポンプ設置事業	全ての HP

(出所)The Future of Heat Pumps Table3.6 を和訳して作成

- ・ ヒートポンプ工事は建設、電気工事のスキルが活用できるが、機器能力の計算、熱配管や電気容量の更新、冷媒の扱いは新たに習熟、資格取得が必要。地中熱ヒートポンプ設置の場合は掘削等の資格が必要で、既存のガス石油従事者が適任である。
- ・ 個別企業や業界別の技術資格よりは、国家資格などの取得が望ましいが、ハードルをあげるとヒートポンプ従事者の確保が難しくなる。電気工事士や配管工などの既存資格に追加する措置、またヒートポンプメーカーが設置や保守を標準化してメーカー自ら工事士の教育を行うことが求められる。

図 3.7 ヒートポンプ設置従事者数と不足数（欧州連合、2020 年～2030 年）



IEA. CC BY 4.0.

Many EU countries face labour shortages in occupations key to heat pump installation. Workers that could be quickly upskilled to install heat pumps outnumber needs in 2030.

Note: Occupations as defined in the International Standard Classification of Occupations. "Regions with hiring gaps" includes the EU27 with Belgium divided into three autonomous regions, as well as Switzerland and Norway.

Source: IEA analysis based on ELA (2021).

(以上)

4. The value of urgent action on energy efficiency (2022 年 12 月発刊)

エグゼクティブサマリー

エネルギー危機に伴い、各国の省エネ対策が加速

ロシアによるウクライナ侵攻をきっかけとした世界規模のエネルギー危機により、世界各国はエネルギー安全保障と高騰するエネルギーコストに頭を悩ませている。その中で、省エネルギー取り組みは最初に着手すべき最良の政策であり、2022 年は省エネルギー取り組みが進んだ結果、エネルギーGDP 原単位は 2%向上が期待される。2020 年、2021 年にコロナパンデミックにより各国で省エネ取り組みが停滞してしまったが、実際は G20 国の半数以上、13 か国はコロナ以前からエネルギーGDP 原単位の改善は鈍化していた。IEA の 2050 年ネットゼロシナリオ実現には 2030 年まで原単位を年率 4%で向上していく必要がある。

化石燃料高騰により、特にエネルギー貧困層の困窮は悪化

2022 年の省エネ推進は高騰するエネルギーコストをきっかけとした消費減、工場生産縮小などが原因であり、持続的なエネルギー効率改善とは言えない。特に欧州ではロシアからのガス供給途絶に苦しみ、2022 年 10 月のエネルギー価格上昇率は前年比 39%を超える。エネルギー価格高騰により、貧困世帯ほど低効率の自動車や機器使用による価格高騰影響が大きい。また、途上国においてもエネルギー価格高騰により、前進してきた電化ペースが鈍化し、炭や薪利用を余儀なくされている人々が 7500 万人以上存在する。

各国支援はエネルギー困窮者、省エネルギー改善対策に焦点を当てる必要

各国政府が高騰するエネルギーコストの支援策を次々と打ち出しエネルギー支援策の世界総計は 5,550 億ドルを超える。特に運輸燃料の補助策が手厚い。短期的にはエネルギーコスト高騰リスク回避も重要だが、中長期でエネルギー効率化や低炭素エネルギーへの変換を鈍らせてはならない。化石燃料の一律補助のような策はエネルギー効率化の観点、裕福層の恩恵のほうが大きいことから回避するべきである。IMF、OECD も一律燃料補助ではなく、貧困層を対象にした省エネルギー化への資金投入を推奨している。

クリーンエネルギー投資の中でも省エネルギー投資が増加

2020 年以降、世界の各国政府の省エネ関連の政策投資（建築物省エネ改修、公共交通機関やインフラ整備、電気自動車導入など）は 1 兆ドルを超えている。2020 年以降、毎年 2,500 億ドルが投資され、クリーンエネルギー復興予算の 2/3 を占める。1 兆ドルのうち、公的投資が 2,700 億ドル、残り 7,400 億ドルが民間やその他公共投資。現在の政策が継続する場合、2026 年～2030 年にかけて 50%の伸び、毎年 8,400 億ドルの投資が期待される。一見すると巨額な投資だが、IEA のネットゼロシナリオで 2020 年代後半に必要な投資額の半分に過ぎない。建築分野への省エネ投資は相対的なシェアを落とし、昨年の 12%から 2%まで減少する見込み。利息上昇と材料サプライチェーン混乱、労働者不足が影響し、建設事業は低調である。運輸部門への省エネ投資額は、2022 年には 47%増加し 2200 億ドルに及ぶと期待されている。電気自動車の販売増が続いており、2022 年の年間販売数は 1,100 万台の見込み。

世界レベルでは新車販売の EV シェアは 13%になる。低燃費車両への投資も堅調で、35%増の 1,280 億ドルが見込まれる。

過去の省エネルギー対策により IEA 加盟国は今年 6800 億ドルのエネルギーコストを節約

これまでに実施した省エネルギー化によるコスト抑制効果の恩恵も大きい。IEA 加盟国での過去 20 年の省エネ投資によりエネルギーコストを 6800 億ドル節約した、2022 年の世界全体のエネルギーコスト総額 4.5 兆ドルの 15%に相当する大きな節約になる。

建築、自動車、工業それぞれの分野で省エネ性能のばらつき程度は異なる。データによると住宅や自動車の場合は最も省エネ性能の高い場合と低い場合で平均して 40%、最大 75%程の差がある。省エネ性能のばらつきは国内、そして国による差も大きい。欧州ではほぼ同じ気候でありながら暖房に 2 倍のエネルギーを要する国があり、同じ国内であっても 3 倍のエネルギーが必要な地域がある。自動車の場合も年式、駆動モデル、大きさにより燃料コスト負担は変わる。10 年前の自動車は、同じ大きさや重量の最新モデルの 2 倍の燃料を消費する。また、電動車が最もエネルギー効率に優れている。小型乗用車の場合、EV の電力消費はエンジン車のおよそ半分である。

欧州では建築分野の省エネルギー加速脱ロシアガスで重要になる

欧州の多くの国でガス暖房依存度が高く、オランダは 80%以上、ノルウェーやスウェーデン北欧の場合は 100%になる。欧州各国はロシア産ガス依存度を下げ、2019 年には 47%だったロシアガス依存度を 9%まで縮小したが、代替ガスの確保をめぐり、エネルギー安全保障の強化が大きな課題と認識された。暖房用ガス調達の激変により建築分野の熱エネルギーの姿が大きく変わろうとしている。暖房ガスの値上がり幅が 330%と大きかった一方、ヒートポンプによる電動暖房コストの値上がりは 100%程度に収まっており、ヒートポンプ暖房のコスト競争力が増している。イギリスを含む欧州 7 か国が新規の建築物へのガス暖房用配管接続を禁止している。ドイツは 2024 年から新築建物への化石燃料暖房を禁止し、再生可能エネルギーによる熱供給率を最低でも 65%確保することを義務づける。フランスは新規ガス管接続を 2023 年から禁止、オーストリアも 2023 年内に新規ガス管接続を禁止、オランダは 2026 年からヒートポンプか地域熱供給システムへの接続が義務付けられる。イギリスは新築へのガス接続は 2025 年限りとし、2035 年は既存を含むすべての建築での化石燃料使用を禁止する。米国では例は少ないが、カリフォルニア州が 2030 年からガス暖房機器の販売を禁止、オレゴン州は 2021 年から新築へのガス使用を禁止している。

今後の省エネルギー対策効果は新興国に大きな期待

省エネによる効果が最も期待できるのは新興国である、新興国市場全体で世界の 60%のエネルギーを最終消費する。先進国のエネルギー需要伸びが無くなる一方で、新興国の世帯収入の伸びに伴いエネルギー消費が急増する。現在の新興国の一人当たり住宅エネルギー消費は先進国の 1/3 以下、移動エネルギーは 1/4 の規模である。特にエネルギー需要の伸びが大きいと考えられるのはブラジル、中国、インド、インドネシア、メキシコ、南アフリカ。

省エネルギー促進によるコスト負担軽減、エネルギー安全保障向上で国際協調が重要

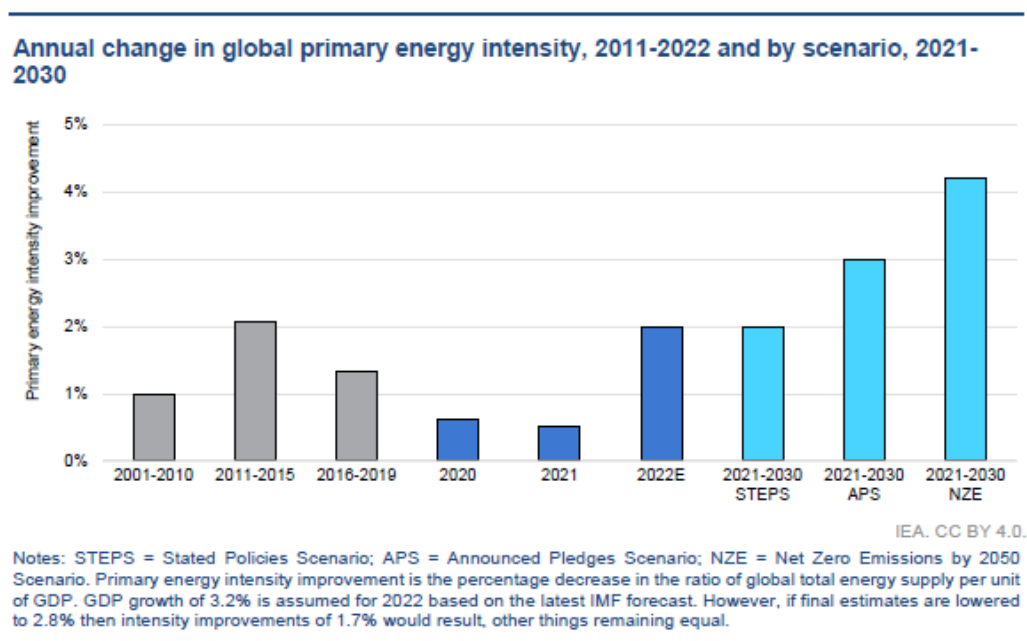
1974年にIEA創設以来、省エネルギーがこれほど重要視された時期は無い。コロナ下でのエネルギーGDP原単位改善が0.5%と低迷したことから復活し、今年は2%向上したことは大きな成果だが、IEAの2050年ネットゼロシナリオ実現に必要なエネルギーGDP原単位向上4%/年の半分に過ぎない。各国政府や民間の省エネ関連投資は5600億ドルにのぼり記録的な投資額になった。米国のインフラ削減法案、欧州のRePowerEU Plan、日本のGXイニシアティブなどに代表される16の国で大きな省エネ投資支援があった。一方で省エネ推進の阻害要因もいくつか存在する。各国で大規模な化石燃料補助が行われている。補助を低所得層等、適切な対象に絞らない政策は、省エネルギー進展の阻害要因となる。また、世界規模の省エネ推進のためには新興国における省エネ推進の政策、投資を強化する必要がある。特に新興国ではコロナの影響でエネルギー集約産業への比重が高まっており、産業分野での省エネルギーを強化する必要がある。

1章 省エネルギーの潮流

1.1 エネルギー原単位の改善

エネルギー危機により、過去数年の省エネルギー停滞からの脱却可能性。コロナ前からG20の13か国は2010年代後半に効率化が停滞。建築分野、産業分野の効率化が低迷
2022年の世界全体のエネルギー原単位の改善は2%前後と、コロナ下の過去2年よりも改善が進んだ。しかし、IEAネットゼロシナリオ達成には更なるステップアップが必要。

図 1.1 世界の一次エネルギー原単位の年間改善量（2001～2022年）、シナリオ別（2021年～2030年）



経済構造や政策環境が異なるが、エネルギー効率が改善した国は限られる。G20 各国では、2010 年～2015 年に 2.2%のエネルギー原単位の改善が見られたが、2016 年～2020 年は 1.5%に低下している

図 1.2 世界の最終エネルギー原単位の改善
(部門別、2000 年～2021 年、ネットゼロシナリオ、2030 年)

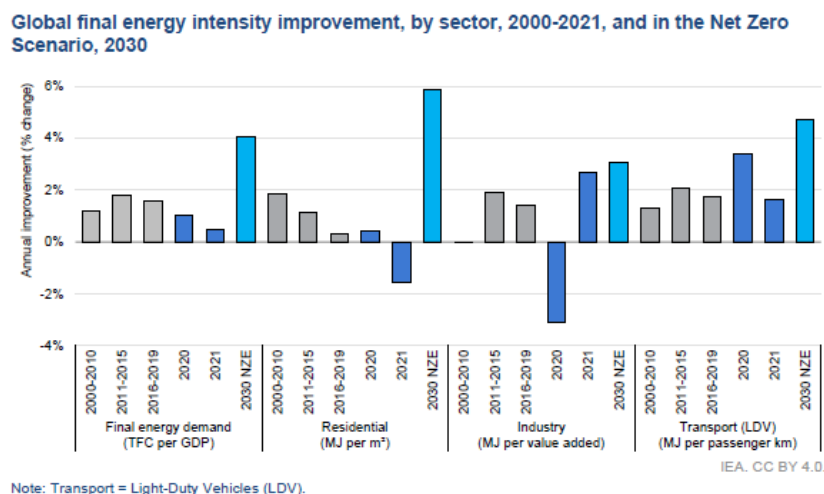
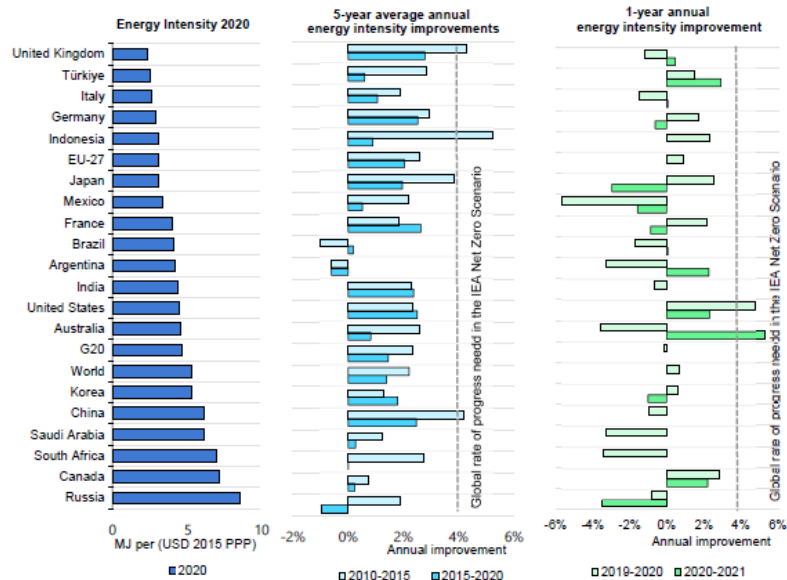


図 1.3 G20 諸国の一次エネルギー原単位(2020 年)および改善率(2010 年～2021 年)

Primary energy intensity, in G20 countries, 2020, and annual improvement, 2010-2021



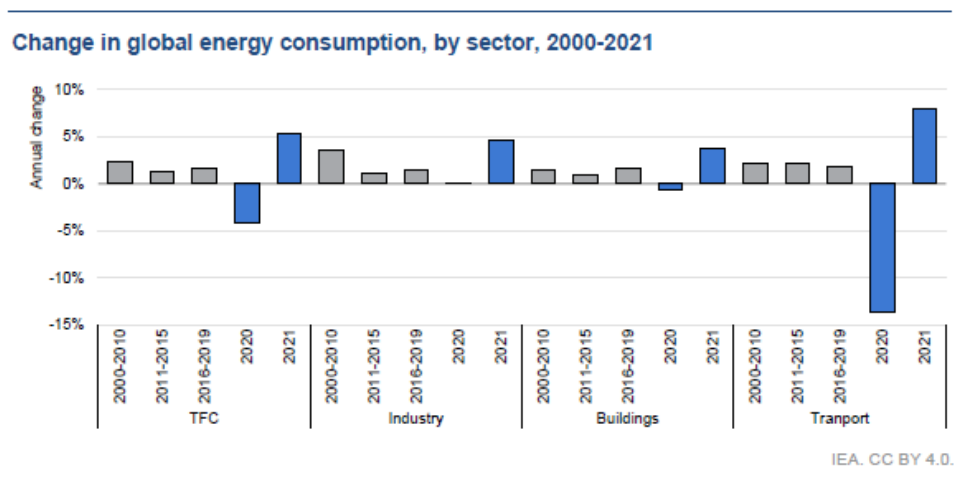
部門別では、2015 年から 2020 年に住宅用建築物や産業部門のエネルギー効率がそれまでのトレンドを下回る水準であったが、運輸部門ではそれを上回る水準でエネルギー効率が改善した。

1.2 エネルギー需要

2021 年エネルギー需要急増から 2022 年はエネルギー価格高騰による需要増は緩やか

2022 年は、COVID19 から復興、ロシアによるウクライナ侵攻によってエネルギー価格が記録的高値をつけた。欧州が最も大きな影響を受け、天然ガス価格がアジアの 5 倍～6 倍となった時期もあった。エネルギー価格の高騰は、クリーンエネルギーのサプライチェーンにも広く影響しており、関連部材価格や建設コストの高騰を引き起こしている。2021 年は COVID19 からの復興によりエネルギー需要が 5.4% 増と大きく伸びて前年の 4.1% 減を相殺したが、2022 年は景気減速により 1% 程度の伸びに留まると見込まれる。部門別では、民生部門の暖房・給湯需要が大きく増加した。運輸部門でもエネルギー消費が回復傾向にあるが COVID19 以前の水準には戻っていない。

図 1.4 世界の部門別エネルギー消費量の変化（2000 年～2021 年）



エネルギー効率の進展によって、2016 年から 2021 年のエネルギー需要を 30EJ 節約できたと試算した。2016 年から 2021 年にエネルギー需要が 24EJ、6% 増加となる 440EJ まで増加、実質 GDP が 17% 増加したためエネルギー効率の改善がなければ 470EJ までエネルギー需要が増加したと見込まれる。

過去の省エネ取り組みで大きな需要削減が実現。効率取り組みの低迷から徐々に回復へ。

過去 20 年間、IEA 加盟国の経済活動は 40% 増加したが、最終エネルギー需要は 140EJ 程度で安定しており、エネルギー効率化によるエネルギー使用の削減に寄与している。英国の民生部門に 2000 年から 2019 年に床面積が 5 億平方メートル増加したが、エネルギー消費は 15%、270PJ 減少した。日本の運輸部門では、軽自動車やハイブリッド車が一般化し、20 年間で 470PJ、24% もエネルギー消費が減少した。米国では、製造業の付加価値総額が 3 分の 1 増加したが、エネルギー消費は 3500PJ、25% も減少した。

新興国の大きな省エネルギーポテンシャル

新興国のエネルギー消費は全世界の 60%、260EJ を占め、2030 年に 20%増となる 305EJ まで増加すると見込まれている。これは、経済成長によるエネルギー多消費産業の拡大、エネルギー消費者の増加によるものであり、新興国や開発途上国の一人当たりエネルギー消費は先進国の 3 分の 1 から 4 分の一程度である。ブラジル、中国、インド、インドネシア、メキシコ、南アフリカ等でのエネルギー効率は大きな意味をもつ。中国は、政府が温室効果ガス排出量のピークアウトに向けた対策強化を 2021 年と 2022 年に発表しており、17 のエネルギー多消費産業に対して 2025 年までに新技術の導入を進めるための最低水準を設定した。新興国や開発途上国の運輸部門のエネルギー消費の伸びは小さくなってきている。また、住宅用エネルギー消費はバイオマスからの転換による減少と、エアコンなどの近代化による増加で相殺されている。今後も、エアコン等のエネルギー効率が改善すれば、消費の伸びを抑えることにつながる。

図 1.5 エネルギー消費の変化(部門および国別、200 年～2019 年)

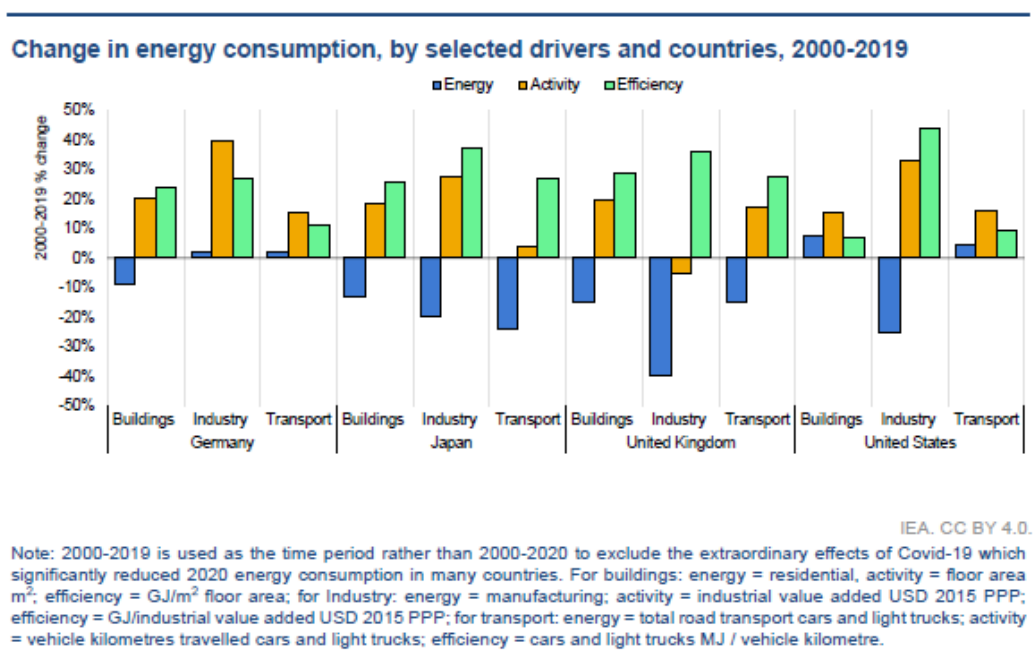
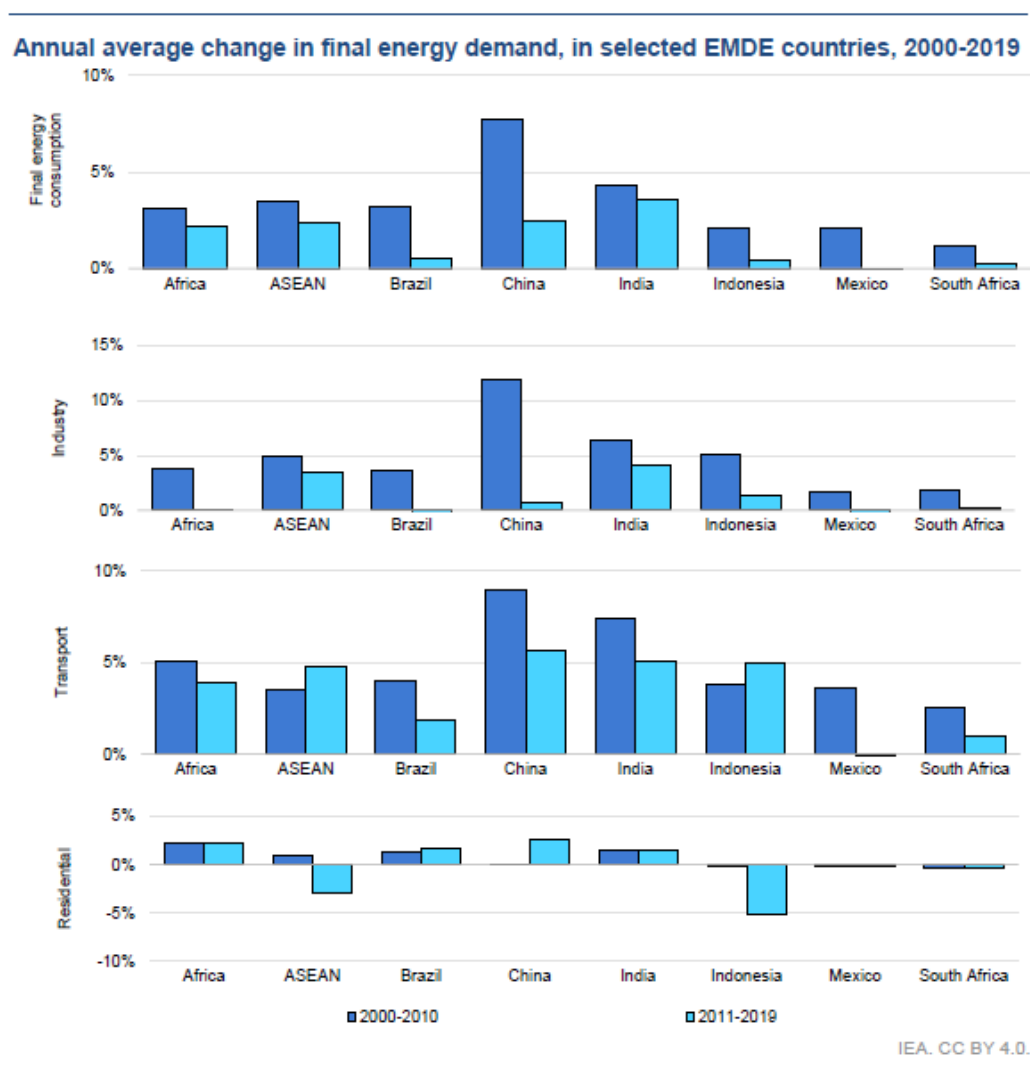


図 1.6 EMDE 主要国における最終エネルギー消費量の年平均変化(2000 年～2019 年)



1.3 省エネルギー投資

2022 年は省エネルギー投資が堅調、前年比 16%増

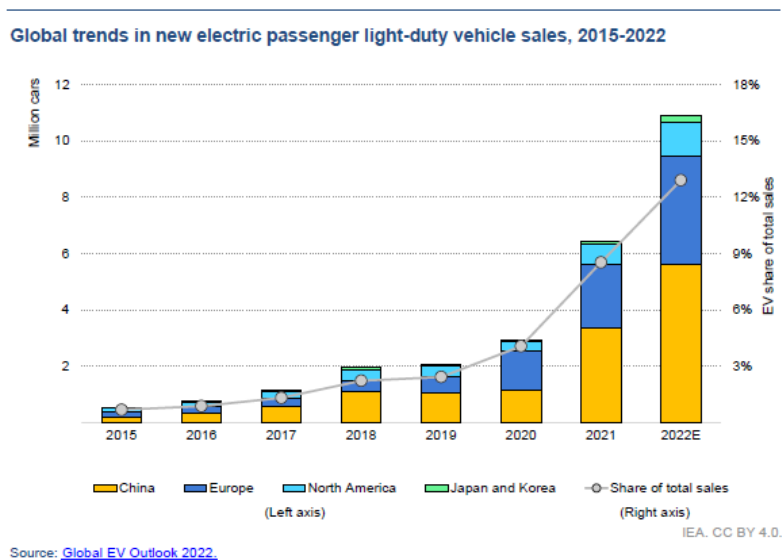
2015 年から 2020 年までエネルギー効率に関連する最終用途への投資額は概ね一定であったが、2021 年以降は COVID19 からの復興のために政府投資が拡大し、2022 年は前年を上回る規模に達する。特に、運輸部門への投資が大きく伸びている。一方で、インフレ、労働コスト増、原材料費高騰といったサプライチェーンの課題によって投資の半分が相殺されている。また、新興国よりも先進国の投資額が大きい。

電動車が運輸分野の省エネルギー投資増をけん引、前年比約 50%増

運輸部門のエネルギー効率関連投資は、EV などの電動車関連が大きく増加したことで、2022 年は前年比 46%増加すると見込んでいる。その大半は政府による補助金等であり、2017 年に年間販売台数が 100 万台だった EV は、2022 年に 1100 万台まで増加した。

2 輪や 3 輪の電動化、バスなどの重量車の電動化も増加している。GCF がインドに 15 億 USD を投資して、EV エコシステムの構築を進めている。こうした増加の多くが中国製であり、市場の大部分を占めている。加えて、インド、インドネシア、中国でバッテリースワッピングが増加しており、バッテリーをサービスとして提供するビジネスが興隆することが見込まれる。

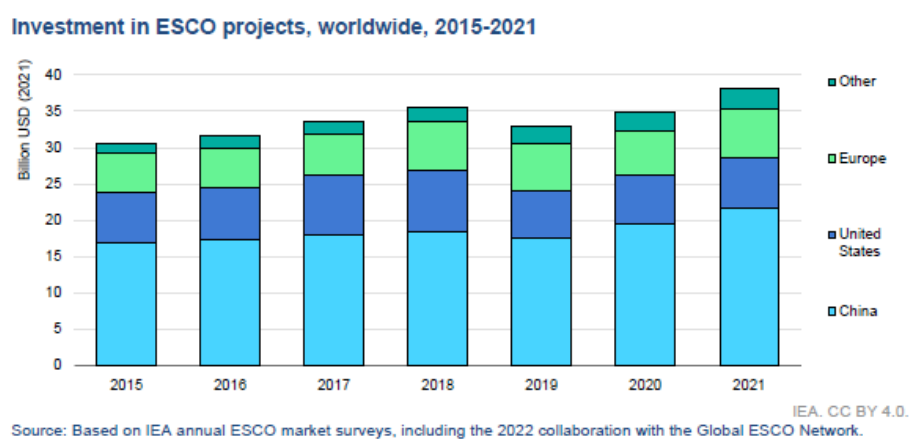
図 1.7 世界の電動乗用小型車新車の販売台数 (2015 年～2022 年)



中国が ESCO 市場の成長をけん引

消費者に省エネ改修等によるサービスを提供する ESCO の市場規模が中国で引き続き拡大している。また、デジタル技術を活用したスーパーESCO と呼ばれるサービスが、ケニア、セネガル、サウジアラビア、UAE で進められようとしている。

図 1.8 世界の ESCO プロジェクトへの投資額 (2015 年～2021 年)



中小企業が省エネルギー取り組み関心を高めている

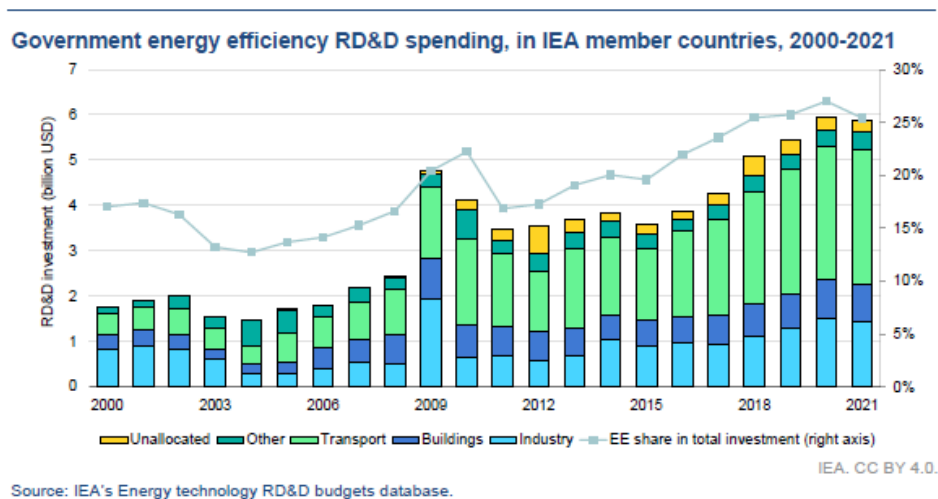
多くの中小企業もエネルギー効率化への関心を高めている。メキシコでは、こうした動きをとらえて、中小企業への融資制度を導入し、旧式機器の置き換えを支援している。欧州でも、復興・強靱化基金や EU 結束基金を通じて中小企業のエネルギー効率改善を支援している。このほかに、英国、チェコ、米国でも同様の支援制度を開始している。

1.4 省エネルギーイノベーション

イノベーションへの公的投資は 2022 年も昨年レベル

2021 年の公共部門によるエネルギー効率関連技術開発投資は約 60 億 USD で前年並みであるが、2015 年比で 50%増加している。部門別では、49%が運輸部門に投じられ、24%が産業部門となっている。

図 1.9 IEA メンバー国における技術開発への政府支出(2000 年～2021 年)



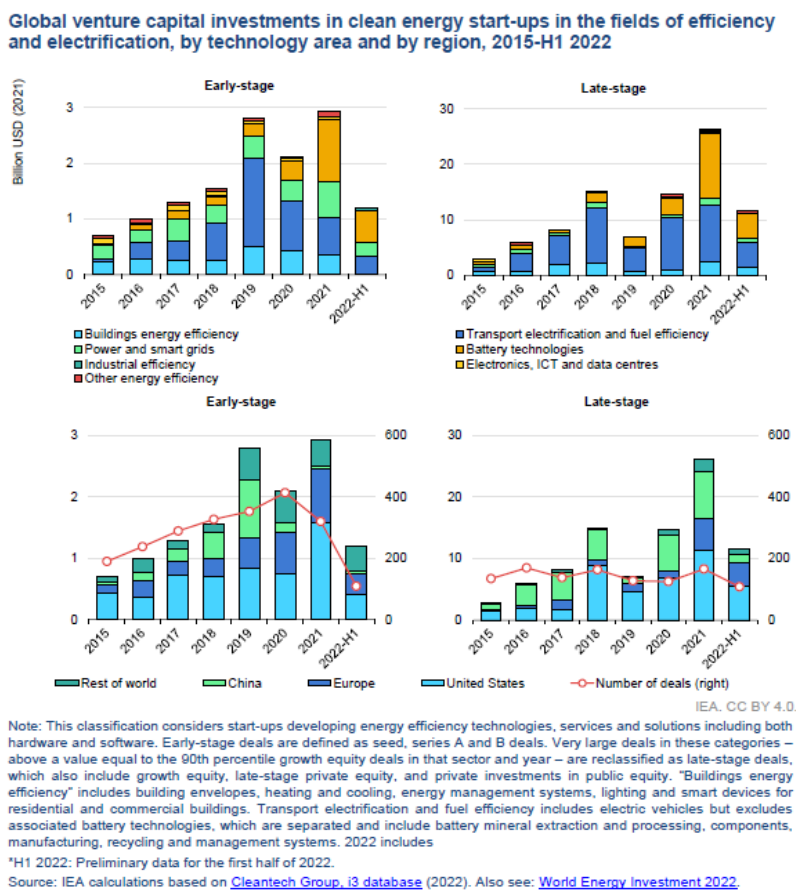
ベンチャーキャピタルの省エネ投資は景気悪化で低迷する懸念

クリーンエネルギー技術開発には、政府だけでなくベンチャー企業の役割が重要になっている。2021 年は、COVID19 が流行する中でもクリーンエネルギー関連へのベンチャー投資が 11 億 USD まで拡大、特にスマートグリッドや電力需給最適化関連への投資が資金を集めた。アーリーステージ VC 投資ではバッテリーへの投資が多く、レイトステージ VC 投資では電力、スマートグリッド、建物のエネルギー効率化への投資が多かった。

これまで多くの投資を集めた輸送機関の電動化はアーリーステージからレイトステージに移行、同時にバッテリー技術やバッテリーマネジメント技術への投資がアーリーステージで急増している。

こうした VC 投資は米国と中国がけん引している。

図 1.10 効率および電化部門のベンチャー企業への投資実績(2022 年、上期分は見込み)
(技術分野・地域別、2015 年～2022 年上期)



デジタル活用省エネルギーベンチャー投資はアリーステージからレイトステージ中心へ
デジタル技術を活用したエネルギーをサービス化する新しいビジネスモデルや VPP 等もレイトステージへと移行しつつあり、レイトステージの投資総額は拡大しており、2021 年に前年比 3 倍以上の 30 億 USD を超える水準に達した。DERs、グリッド、マネジメント、充電サービス、ビルエネルギーのサービス化への投資が拡大している。

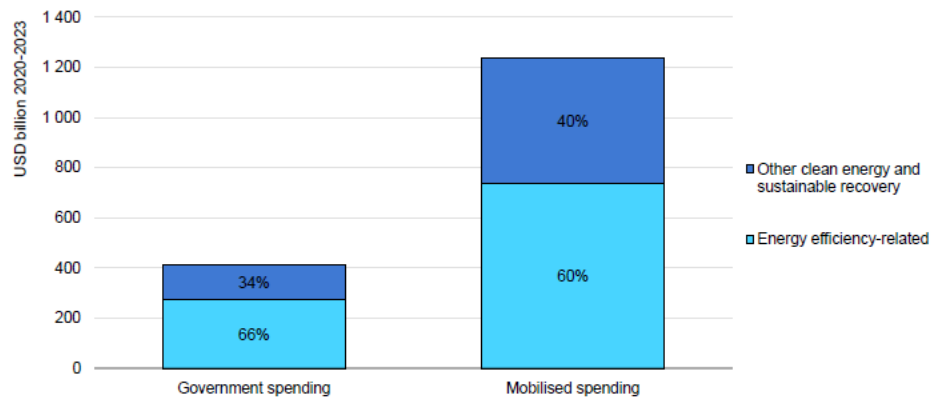
2 章 政策と技術

2.1 各国の動向

復興支援資金でエネルギー効率化に 2020 年以降 1 兆米ドル以上を動員

IEA 調査によると 2020 年以降、各国政府が復興支援資金の中でクリーンエネルギー投資を活発化させ、更に 2022 年はウクライナ侵攻を機に増加した。2020 年から 2023 年の間に、エネルギー効率化関連の対策に 1 兆ドル以上が動員され、そのうち約 2,700 億ドルは公的支出。総額 7,400 億ドルが建物改修、自動車、交通インフラ、産業効率化プロジェクトに動員された。

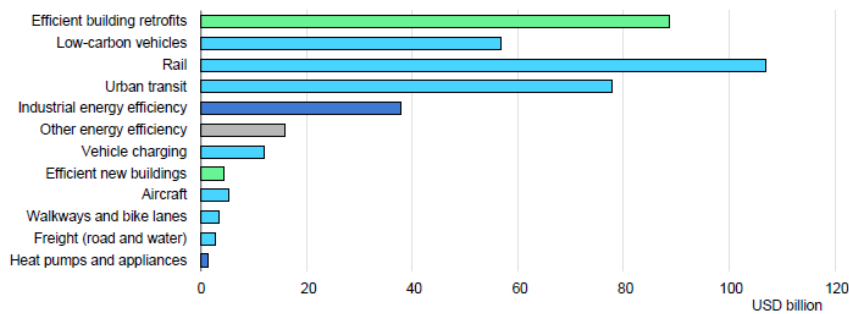
図 2.1 クリーンエネルギー・復興関連支出、2020-2023 年



Note: Mobilised spending includes private and public spending mobilised by government action.
Source: [IEA Tracking Sustainable Recoveries](#); as of April 2022.

IEA. CC BY 4.0

図 2.2 2023 年まで予定されているクリーンエネルギー回復のための政府支出の累積額



Source: [IEA Sustainable Recovery Tracker](#); as of April 2022.

IEA. CC BY 4.0.

米国は 2022 年 8 月にインフレ抑制法を可決した。総パッケージ 7370 億米ドルのうち、前例のない 3690 億米ドルがエネルギー・気候変動対策に充てられ、10 年間で支出されることになった。

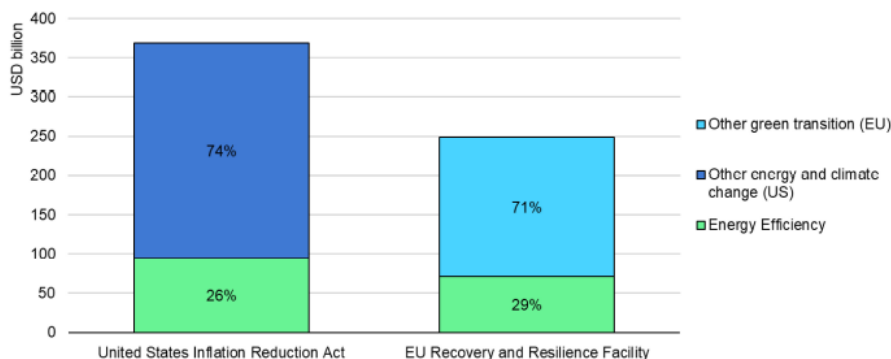
EU は 2022 年 5 月、クリーンエネルギーへの移行を加速させ、ロシアの化石燃料への依存を減らすため、2022 年末までにその使用量を 3 分の 2 に減らし、2030 年までに 100%にすることを目指す「RePowerEU 計画」を立ち上げた。また、2023 年春までに欧州のガス使用量を 15%削減するための短期的な方策を定めた「欧州ガス需要削減計画」が発表され、「EU Save Energy Communication」では消費者のガス、電気節約行動がまとめられた。欧州委員会は、EU 復興・回復基金（RRF）を増額、グリーン移行への総支出は 2490 億ユーロにのぼり、省エネ関連は約 29%を占める。

フランスでは、「MaPrimeRénov」という改修補助金制度の予算が 20%増の 4 億ドルになり、2022 年 9 月 11 日までに 43 万件の申請があった。

スペインでは、公共交通機関の料金引き下げ、公共建築物の冷暖房制限、住宅建築物の

監査と改修プログラム等の省エネ策が実施されている。

図 2.3 米国インフレ抑制法と EU 回復・復興基金の予算配分について



Notes: Funding as of July 2022. The US Inflation Reduction Act includes budgets in several categories and the one under analysis here is "Energy and climate change". The EU Recovery and Resilience Facility focuses on six policy pillars, and the one under analysis here is "Green transition".
Sources: IEA based on data from [Congressional Progressive Caucus Center](#), [European Commission](#).

IEA. CC BY 4.0.

イタリアの既築改修プログラム「スーパーボーナス」は欧州最大規模で、2022 年 10 月までに 550 億米ドル以上に相当する税額控除を提供した。

アイルランドの国家改修計画は 2030 年までに住宅ストックの 30%、50 万戸の住宅の改修費用を最大 50%補助するプログラムを 2022 年 2 月にスタートした。

カナダの「グリーンビルディング戦略」は、2050 年までにネットゼロ対応の建物を増やすために 1 億 900 万米ドル（1 億 5000 万カナダドル）の資金を投入している。

日本では、政府が「グリーントランスフォーメーション（GX）計画」をスタート、エネルギー使用の合理化に関する法律と建築物省エネルギー法を改正した。また、電力料金高騰の影響緩和に「節電プログラム」に 1800 億円の予算をつけた。

オーストラリア新政権は、エネルギー効率改善を行う中小企業の支援に割り当てられた 6260 万豪ドルの追加資金、国家エネルギー性能戦略の開発に 150 億豪ドル、温室エネルギー最低基準プログラムおよび全国住宅エネルギー評価スキームの拡大に 400 万豪ドルを提供した。

オランダ新政権は、250 万戸の住宅を断熱するための「国家断熱計画」に、総額 39 億米ドル（40 億ユーロ）が用意されている。また、エネルギー効率化義務を強化し投資回収期間が 5 年未満の効率改善策の実施が企業に義務づけられた。

インドでもエネルギー保全法案が改正され、新たな建築基準や施行方法を通じて、省エネルギー体制の規模や範囲を拡大するなどの措置がとられた。

韓国は前年同量のエネルギー輸入に、2 倍の金額を費やした。新政権はエネルギー安全保障への懸念に対応するため、2022 年から 2027 年にかけて国家のエネルギー強度を 25%改善（韓国の総エネルギー消費量 22Mtoe 削減、ソウルの 6 年分の電力使用量に相当）するという野心的なエネルギー効率計画を発表した。韓国のエネルギー消費の 62%を占める産業

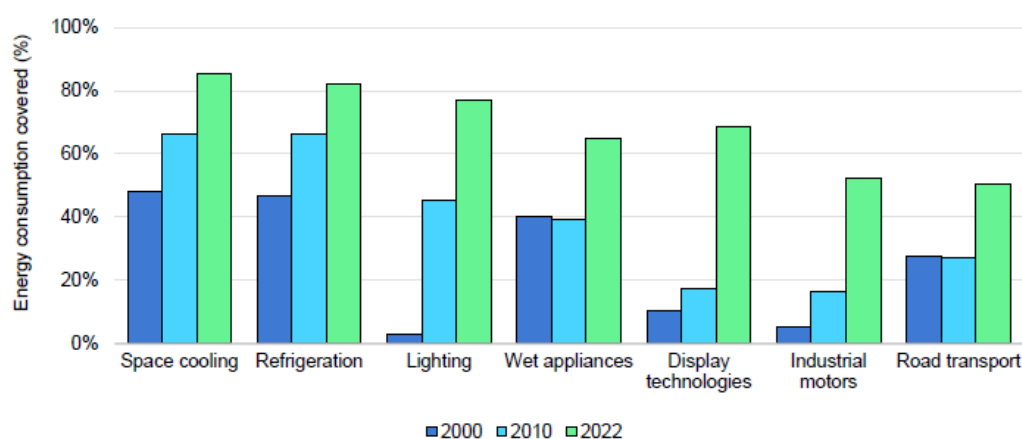
界では、韓国エネルギー効率化パートナーシップ（KEEP）と呼ばれる目標管理プログラムが導入される予定である。

2.2 基準・ラベル

20 カ国が新たなエネルギー性能の最低基準を策定中

現在 100 カ国以上が、一般的な家電製品に最低エネルギー効率性能基準義務（MEPS）や省エネルギーラベルを適用している。しかし新興等では未普及で、アジア、東アフリカ、南部アフリカを中心とする 20 カ国以上で、基準およびラベリング制度が開発中である。

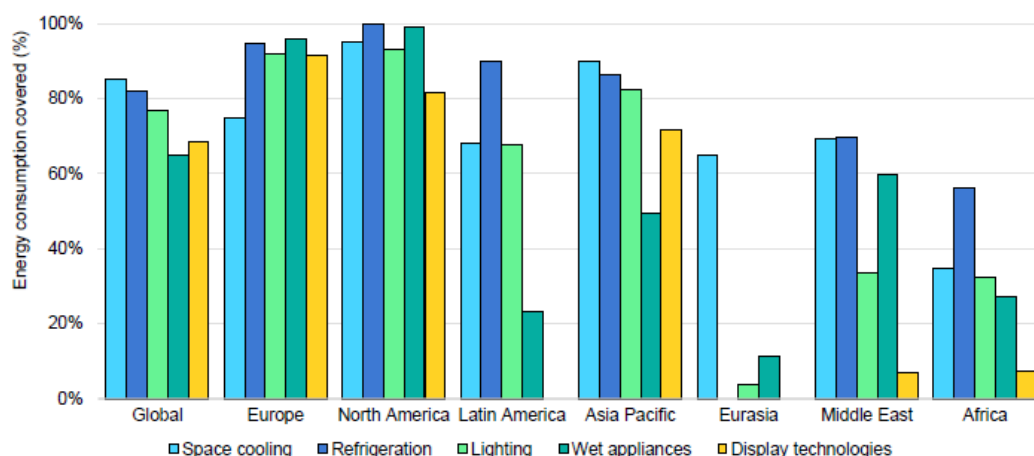
図 2.4 主要な最終用途における最低基準のエネルギー使用量カバー率
(世界全体、2000–2022 年)



IEA. CC BY 4.0.

Note: Coverage for space cooling, refrigeration and lighting is shown for residential sectors.
Sources: IEA analysis based on [IEA PAMS database](#), [CLASP Policy Resource centre](#).

図 2.5 主要な最終用途における MEPS のエネルギー使用範囲 (2022 年)



IEA. CC BY 4.0.

Note: Coverage for space cooling, refrigeration and lighting is shown for residential sectors.
Sources: IEA analysis based on [IEA PAMS database](#), [CLASP Policy Resource Centre](#).

製品省エネ基準政策を拡大することで、エネルギー消費を 10%削減することができる

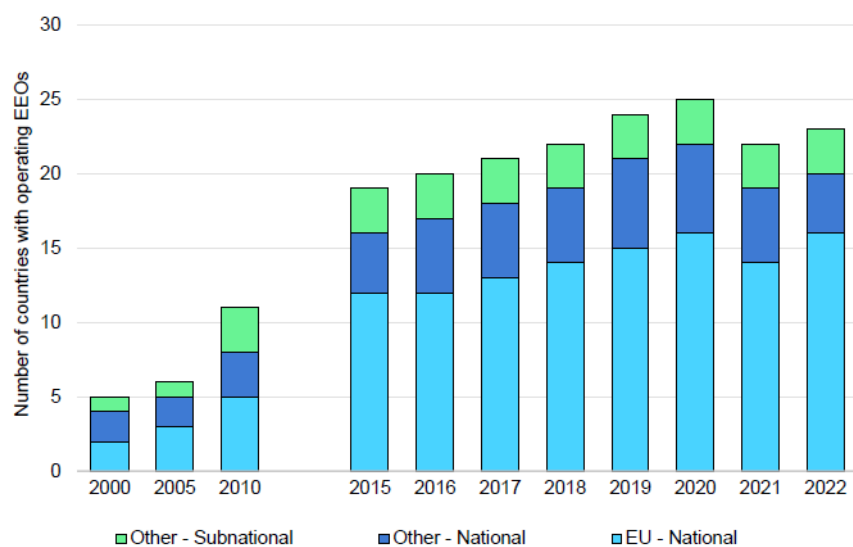
IEA の 4E 技術協力プログラムによる研究「システムのためのエネルギー効率化政策の進展」では、製品政策を関連するエネルギー使用システムにまで拡大することにより、世界の年間消費量を 9% (17EJ, 4,780TWh) 削減できる可能性があることが示されている。

2.3 事業者省エネ主導による省エネ推進策

欧州と米国は、引き続き事業者省エネ主導プログラムを活用している

事業者省エネ主導 (MBI) は、電力会社などのエネルギー市場関係者が利用者に省エネ手段、費用対効果の情報などを提供することを義務化する政策。各国でプログラム設計は様々であり、エネルギー事業者に一定の省エネ実施を義務化し、実施を証書化する Energy Efficiency Obligation (EEO、ホワイト証書含む) では、政策側で省エネ対策をメニュー化し、実施事業者と利用者がメニューから選択するケースもある。

図 2.6 エネルギー事業者義務制度を導入している国の数 (2000-2022 年)



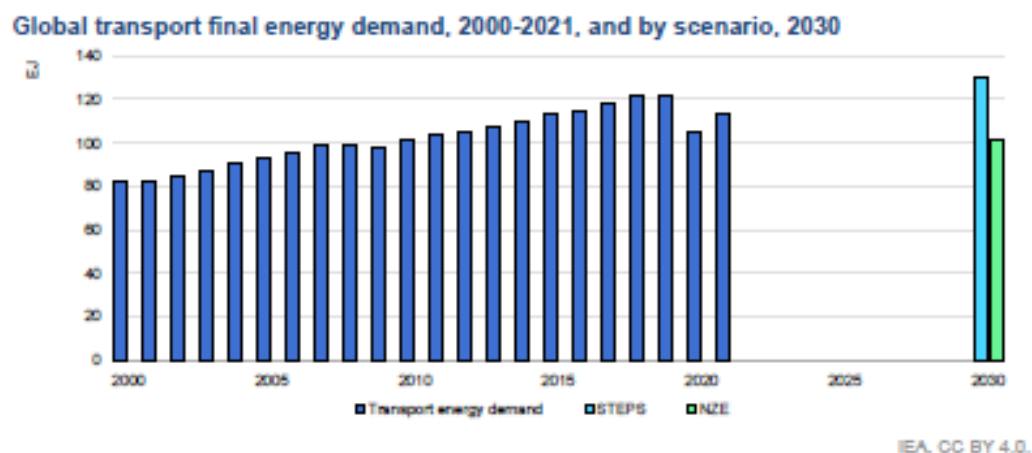
IEA. CC BY 4.0.

2.4 建築分野

建築分野は効率化進展が鈍化、ネットゼロ目標の軌道に近づかない状態が続く

世界の建物のエネルギー需要は、2021 年には Covid-19 の影響前と比較して 3%増の約 130EJ になるとされている。2020 年には、経済収縮とパンデミック初年度の Covid-19 の規制を受けて、建物のエネルギー消費量が約 1%減少した。

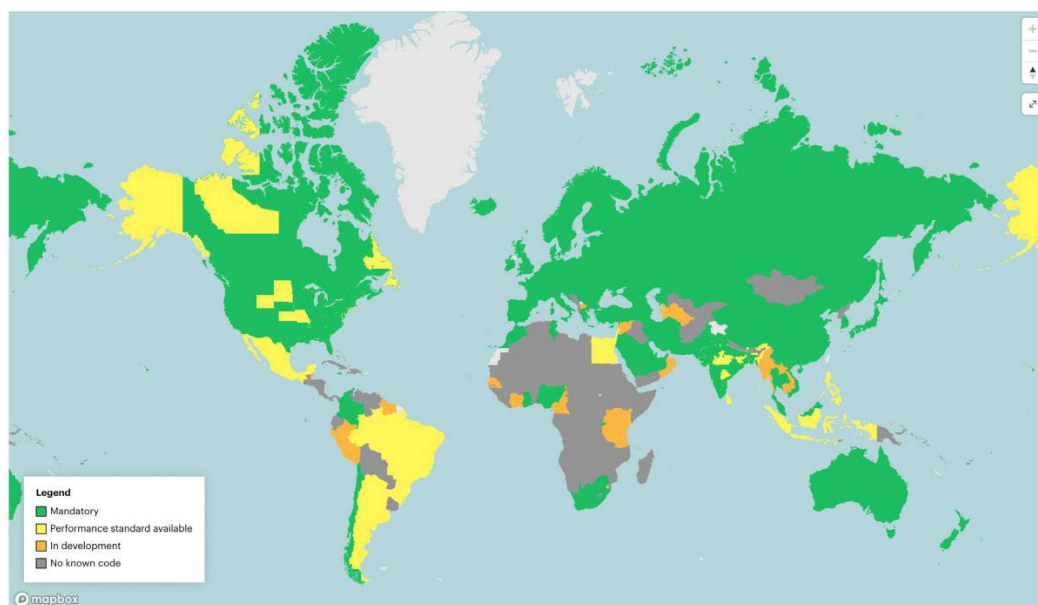
図 2.7 世界の建築物最終エネルギー需要および効率指標(2000 年～2020 年)、シナリオ別(2030 年)



新しい建築基準法は増える、既存建築のネットゼロ改修取り組みも増える

新興国の 31 カ国が新しい建築基準を策定中で、基準を持つ国は 111 カ国に達する。しかし、2030 年までにすべての新築・改修建物をネットゼロにするには多くの作業が必要。

図 2.8 2022 年における建築物エネルギーコードの世界的な状況



2.5 産業分野

産業需要が世界のエネルギー消費を押し上げ、効率化改善が鈍化している

世界の産業用エネルギー消費は、2019 年から 4%上昇し 2021 年には約 165EJ となった。最終エネルギー需要全体に占める産業用エネルギーの増加傾向が続き、2000 年の 33%

から 2022 年には 38%に上昇した。

化学、鉄鋼、セメントの 3 つの重工業が産業用エネルギー需要の 60%近くを占め、特に中国を中心とした新興国がこれらの生産量の 70～90%を担っている。IEA のネットゼロシナリオでは、新興国の経済成長により、引き続き産業用エネルギー消費が増加し、2030 年までにこれら 3 品目の生産量はそれぞれ 21%、9%、5%増加すると予測している。

IEA 加盟国では、エネルギー集約度の低い産業部門で効率化が最も進んでいる

IEA 加盟国では、エネルギー集約度の低い製造業の効率化が、重工業よりも速いペースで進んでいる。2000 年から 2020 年にかけて、繊維、輸送機器分野が 47%と最もエネルギー原単位を改善した。次いで機械生産 46%。食品製造業は 20 年間で 6%のエネルギー原単位の改善と比較的悪い結果だった。

重工業は、過去 20 年間のエネルギー原単位の改善幅は小さく、化学品が 38%と最も強く、次いで非金属鉱物 23%、金属 21%、紙・印刷 18%であった。

中国の鉄鋼業に対する改革

中国国家第 14 次 5 カ年計画（2021-2025 年）において、鉄鋼業の変革が大きな目標として挙げられている。大気汚染防止の重要政策で、鉄鋼企業の合併、再編、設備改善、鉄鋼産業全体のグリーン化、経済成長に貢献することが求められている。2022 年 1 月から 7 月までに、251 社、粗鋼生産能力 681 Mt の事業者が超低排出転換を完了または実施中、累積投資額は 1500 億元（約 210 億米ドル）を超えたという。中国鉄鋼協会は 2025 年までに 800 Mt 能力が低排出転換すると発表している。

エネルギー管理のベストプラクティスに対する関心と取り組みが高まっている

企業はエネルギー管理システム（EnMS）にますます注目するようになっていく。2021 年 9 月には、包括的なエネルギー管理システムを導入する余裕のない中小企業を対象とした新しい ISO 50005 が発表された。この簡易規格は、エネルギーパフォーマンスを監視・改善する段階的なアプローチで、最終的に ISO 50001 の厳しい要求事項を満たす前段階になる。

電動モータの効率化が必要

電気モータとモータ駆動システムは、産業部門における世界の総電気使用量の約 70%を占めている。国際効率規格（IE）には、IE1 から IE4 または「スーパープレミアム効率」モータまでの明確なラベルがある。2022 年には 57 カ国が産業用電動機の MEPS（最低エネルギー性能基準）を導入し、世界の産業用電動機による電力消費の約 50%をカバーすることになる。ほとんどの政府が新品モータのみを規制する中、パキстанは 2021 年に改装された中古モータに MEPS とラベルを導入、自主取り組みとしてスタートし、最終的に IE3 義務化に移行する予定。

2021 年半ば以降、中国とコロンビアでは、IE3 製品カテゴリーの数が拡大、EU、英国、スイスでは 2023 年以降、一部のタイプは IE4 達成が要求される。

2.6 運輸分野

運輸用エネルギー需要は回復しつつあるが、Covid-19 以前の水準には及ばない。

運輸は、Covid-19 規制の影響を最も受けた分野、エネルギー消費は 2020 年に 14%減少し、2021 年には 8%回復するが、それでも 2019 年レベルを大きく下回っている。最終エネルギー使用量の約 91%を石油製品が占めている。道路輸送が約 75%を占めているが Covid-19 以前は 2019 年まで年平均 2%で増加していた。ネットゼロシナリオへのシフトの一環として、最終需要に占める石油の割合を 2030 年に 80%まで低下させる必要がある。しかし、これは 2030 年時点でも世界の自動車の約 80%が内燃自動車であり、この効率をハイブリッド車含めて改善することが重要である。

2000 年から 2020 年までの乗用車・小型トラックの 1 人キロ走行あたりのエネルギー消費量（比燃料消費量）の年平均改善（削減）率は 1.7%、次いで 2・3 輪車の 0.8%、バスの 0.8%であった。IEA ネットゼロシナリオと一致するレベルに達するには、平均的な効率改善を小型車と二輪車で年率約 4.5%、トラックで 3%まで高める必要がある。これまでの改善は、車両に占める電気自動車の割合の増加、エンジン技術の継続的な改善、ハイブリッドパワートレインの導入が要因であった。

自動車燃費基準が強化されている

EU の新車および商用車の排出量削減目標「Fit for 55」は、ゼロエミッションおよび低排出モビリティへの移行を加速させることを目的としている。最近、2035 年に 100%削減するという新しい目標が導入され、2035 年から EU で販売されるすべての新車またはバンをゼロエミッション車にすることになる。EU Fit for 55 プログラムの一環として、代替燃料インフラ規制（AFIR）は、自動車、バン、トラック、バス向けの（再）充電および水素（再）燃料補給インフラの展開目標を定めている。また、船舶、内陸水路船、航空機が停泊しているときに電力を供給するインフラの整備目標も設定されている。

米国では、2022 年に政府によって CAFE（Corporate Average Fuel Economy）基準の強化が制定された。CAFE 基準では、2026 年モデルで乗用車と小型トラックの業界平均燃費を約 49mpg にすることが求められている。新基準では 2026 年の全車両の平均燃費は 2021 年比で 10mpg 近く向上すると推定される。

チリでは、2021 年 2 月に最初のエネルギー効率化法が制定され、新車の燃費基準が義務付けられた。2020 年の 14.9km/Lge を基準として、2024 年から 2026 年まで 18.8km/Lge、2027 年に 22.8km/Lge、2030 年に 28.9km/Lge まで増加させることが目標。中型車基準は 2024 年、大型車基準は 2026 年に規定される予定。

ニュージーランドでは、2022 年にクリーン・ビークル・スタンダードが可決され、2023 年に発効。2023 年基準は、小型乗用車 145gCO₂e/km、小型商用車 218gCO₂e/km、2027 年基準では小型乗用車が 63.3g-CO₂e/km、小型商用車が 87.2g-CO₂e/km まで厳しくなる予定。また、ニュージーランドは 2021 年 7 月に BEV と PHEV 向けのリベートを導入、2022 年 4 月には同プログラムをフルボーナス・マルスキームに拡大し、輸入乗用車と小型商用車の新車・中古車に適用した。2022 年 4 月には自動車燃費ラベルを更新し、CO₂ 排出量データおよびコスト削減とリベートに関するより分かりやすいデータを含むようになった。11

月1日、政府は5億6900万ニュージーランドドルのクリーンカー・アップグレードプログラムを導入決定。低・中所得世帯を対象に、古い車の廃車時に低排出代替車の経済支援を行う。

中国は、2009年に「一万都市千台」パイロットプロジェクトの一環として、電気自動車に対するインセンティブを開始した。このインセンティブで、中国は世界最大のEV市場を作り上げたと評価されている。補助金は2022年に失効する予定だったが2023年12月まで延長された。

マレーシアでは、2022年1月に輸入・販売時の免税措置や電気自動車保有者への減税措置など、メーカーや購入者に有利な一連の税制優遇措置を開始した。2022年5月、タイは2022-25年の電気自動車税制・関税優遇措置の実施策を発表した。これらは、電気自動車とICE車の購入コストを同等にすることを目的としている。

2021年10月以降、インドネシアは自動車の排出量に応じてメーカーに異なる自動車税率を課している。電気自動車は0%、ハイブリッド車は2%から12%、化石燃料車は15%から40%の税率となっている。

電気自動車が販売台数を伸ばしている

2022年上半期の世界の自動車販売台数は2021年を下回ったが、効率の良い車、特に電気自動車の販売は比較的好調だった。米国では、米国自動車市場全体が5分の1近く減少しているにもかかわらず、2022年1〜3月のEVの販売台数は60%増加した。アイルランドで2022年初頭にEVの新規登録台数が倍増（2021年同期比）したのは、自動車税の変更に支えられた燃料価格の高騰が原因とされている。

世界では、2022年までに300万台以上のハイブリッド車が販売、販売台数の約8%を占めている。欧州では特に顕著で、総販売台数に占める割合は2020年末の約5%から2022年上半期には約20%に増加した。

乗用車以外でも、2021年の電気バス販売台数は40%増加、電気トラックの販売台数は2倍以上だった。中国がその9割以上を占めた。中型・大型トラックの電動化は進んでいない。

2021年、販売された自動車のうち46%がSUVで、前年比2%増となった。2010年から2019年にかけて、新車の小型車は平均すると6.2%重く、20%パワーアップし、7%フットプリントが大きくなり、実現できたはずの燃費向上の40%が消失した。

2021年の電気自動車モデルの約半分はSUVで、小型モデル（10%）や中型モデル（23%）より販売数が多いのはSUVや高級モデルは利益率が高いからである。

2.7 システムレベルのエネルギー効率

電化と再生可能エネルギー増加により、システムレベルに的を絞った効率化政策が必要

総エネルギー消費量に占める電力の割合は着実に増加、2000年15%から2020年には20%に上昇した。内燃機関から電気自動車、ガス暖房からヒートポンプへの転換で再生可能エネルギーの電力需要は急増する。この電力需要増加は電力系統に大きな負担をかける

ことになる。特に、再生可能エネルギー源の変動が大きいシステムでは、その傾向が顕著である。

ピーク時電力使用を減らし、電力消費を再生可能エネルギーが最大になる時間帯にシフトさせるような需要の柔軟性がますます重要になる。デジタル化は、より詳細なデータ、分析方法、可視性により柔軟性の向上に重要な役割を果たすだろう。例えば、自動化された電力取引価格のシグナルに反応して分散小型電源が需給調整市場に参加することが可能になる。デジタルツインは、ピーク時の需要や電力系統への負担を軽減するために、エネルギー効率化の対象を絞るのにも役立つ。欧州では、エネルギー危機を契機に、市場設計の最適化と電力系統の柔軟化を改めて推進することになった。欧州委員会は、例外的な電力需要削減策を提示し、ピーク時の電力消費を少なくとも 5%、全体の需要を 10%削減することを目標に掲げている。ピーク時の需要削減は、冬季のガス消費量を 1.2bcm 減らすことにつながる。英国ナショナルグリッド ESO は 11 月に新しいプログラム「需要柔軟性サービス」を開始し、必要時に 2GW 以上のデマンドレスポンスを調達する。英国電力規制局 Ofgem は、エネルギー安全保障を維持し、増加する再生可能エネルギー発電を効率よく統合するために、2030 年に約 30GW、2050 年に 60GW の需給調整容量が必要になると推定している。増加する電力需要に対しデマンドレスポンスを活用することは電力安定供給上も必要である。インドの 2022 年の熱波は、冷房需要の急増をもたらし、数百万人に停電をもたらした。今後 3 年間で石炭生産を 100 Mt 増加させる計画につながった。日本では、経済産業省資源エネルギー庁が需要サイドの対策に重点を置いた戦略的計画の概要を発表した。エネルギー供給の変動に対応してエネルギー需要を最適化した大口需要家に報いることができるよう、新しい枠組みが導入されつつある。南アフリカでは、インフラの老朽化とエネルギーシステムのひずみのため、2022 年には全国計画停電の総時間数が 1,150 時間から 2,400 時間に倍以上増加した。エネルギー危機への対応の一環として、効率的な照明、給湯、ソーラーシステム、産業プロセスの省エネ行動を促進するため、翌日の各時間の省エネ価値を前日までに設定するプログラムを導入した。

東日本大震災とエネルギー需要の緊急削減

2022 年 3 月、東京電力管内で発生した M7.4 の地震により、複数の火力発電所が停止し、送電容量が急激に減少した。その後、異常な寒波による電力需要の急増で、3 月の電力需要は 2011 年の東日本大震災以降で最も高くなった。太陽光発電量が大幅に減少し、地域の電力予備率は 3%を大きく割り込んだ。経済産業省は 3 月 21 日夜、2012 年以来はじめて、節電を呼びかける「電力ひっ迫警報」を発令した。3 月 21 日から 22 日にかけて、東京電力は 2 度にわたってエンドユーザーに節電を要請し、日本国内で 250 万人のアカウントを持つ LINE アプリで節電要請の拡散協力を行った。首都圏と東北地方で精力的に節電に取り組んだ結果、3 月 22 日には 44GWh の節電を行い、最大節電目標の 70%を達成、自家発電や火力発電の出力増強などの供給力強化策も実施し、3 月 23 日の午前中には電力需給が安定した。

スマートメーターの普及により、より高度な省エネ対策が可能になる

スマートメーターの導入が進み、システムレベルでエネルギー効率と需要反応を活用する新しい機会が生まれています。スマートメーターのデータは、天候や生産量などの他のデータシリーズと組み合わせて、再生可能エネルギーの供給と需要バランス、熱ネットワーク、ヒートポンプ設備、エネルギー貯蔵の最適化も可能。建築ではスマートメーターやビルのスマートオートメーション・制御などを組み合わせ、グリッドに調整力を提供することができる。2021 年の世界のスマートメーター普及数は約 10 億個で、2030 年には 16 億個に増加すると予想されている。全数普及している国もあるが新興国の展開は初期段階。

3 章 省エネルギーとエネルギー危機

3.1 エネルギー支払の削減、エネルギー困窮者の防衛

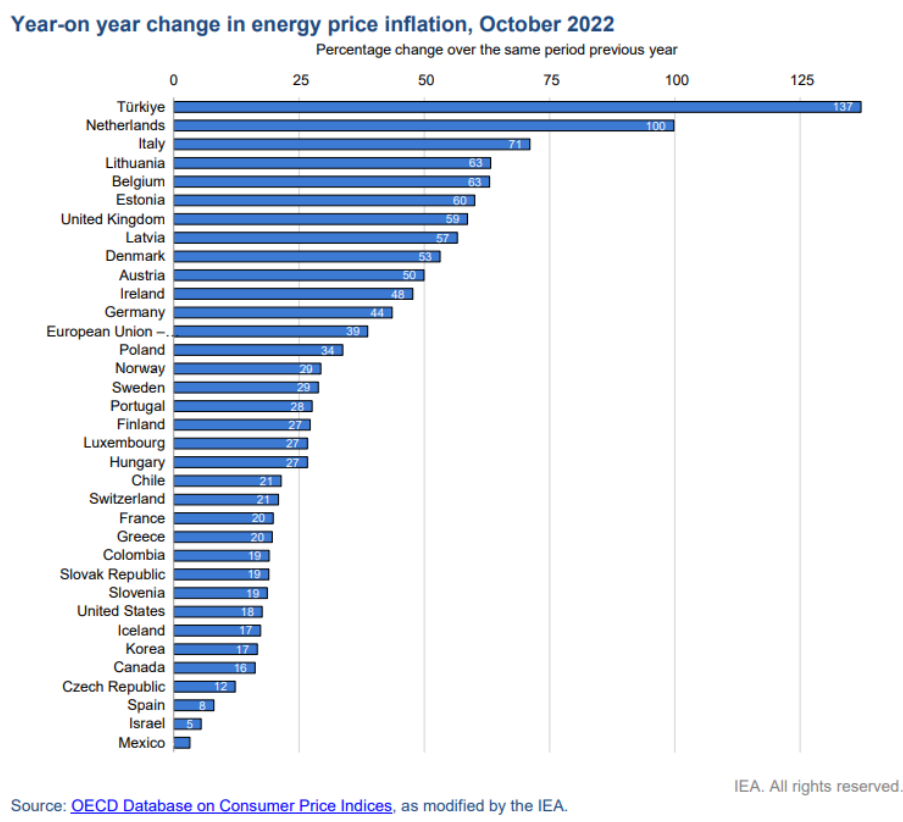
これまでの省エネルギー取り組みにより、IEA 加盟国だけで昨年 6800 億ドルのエネルギーコスト削減効果

エネルギー危機以前に実施されていた対策は、現在消費者に対して多くのエネルギー節減効果をもたらしている。エネルギー価格高騰を受けて、こうした過去の省エネ対策の価値が向上している。例えば、2020 年までに省エネによって、IEA 加盟国における最終消費のうち 24 EJ（現在の最終エネルギー消費の 16%）が節約できたことになる。この 24EJ のエネルギーが使われていた場合、エネルギー料金の支払いは、現在よりも 6800 億ドル高い水準でこれは、IEA 加盟国の総エネルギー支出である 45 億ドルの 15%に相当する。

高騰するエネルギー価格は特に生活困窮世帯に厳しい生活困窮を強いる

2022 年の世界的なインフレでエネルギーコスト高騰が最大の要因である。特に欧州でのエネルギー価格上昇は大きく European Health Homes Barometer の推計によると、5000 万世帯がエネルギー貧困に分類され、経済的問題に加え寒さによる健康被害も甚大である。また、エネルギー価格の上昇は食料品の価格高騰につながっている。食料価格上昇の 64%が燃料費上昇によるものである。価格上昇は貧困層に重くのしかかっている。IEA Energy Outlook2022 では、先進国の所得下位 20%世帯の平均エネルギー使用量は上位 20%世帯の 1/3 にすぎないが収入に占める割合ははるかに大きくなっている。この傾向は新興国と先進国で更に大きな格差になっている。

図 3.1 エネルギー価格インフレ率の前年同月比（2022 年 10 月）



エネルギー危機により調理や暖房における近代的なエネルギー利用普及が停滞している

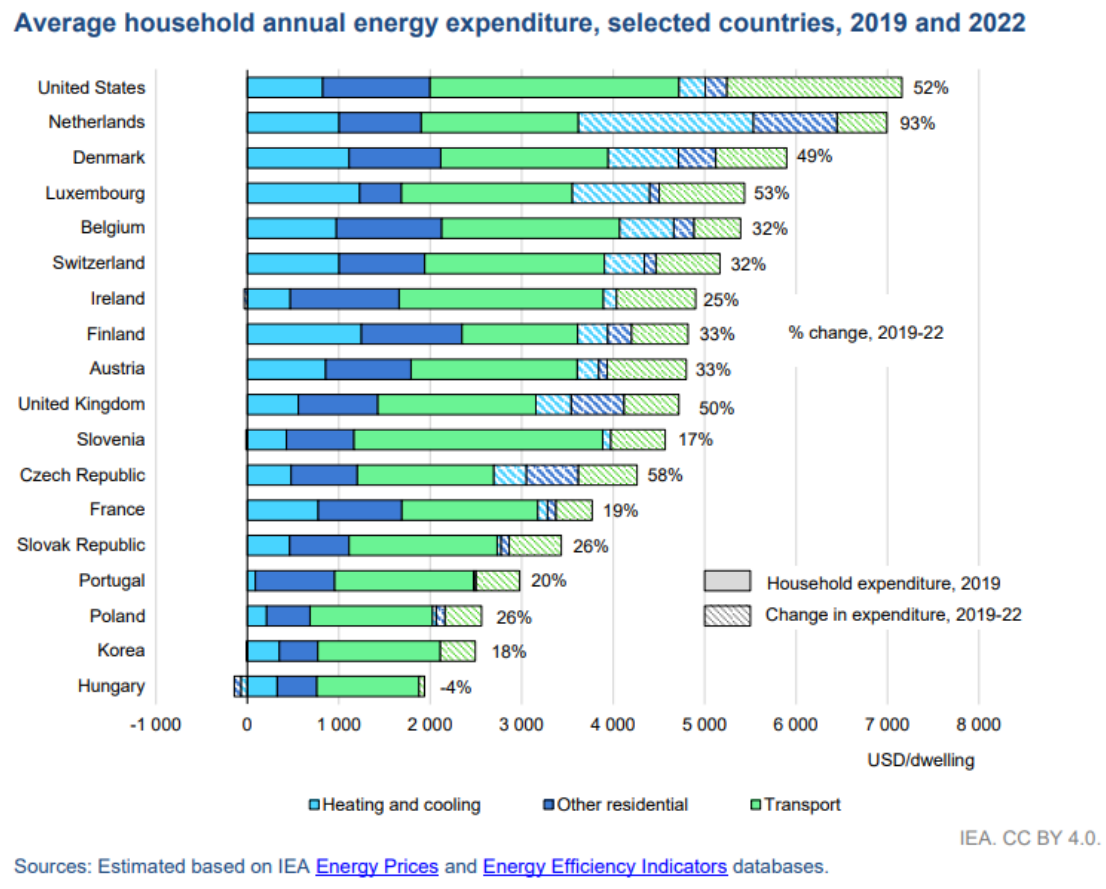
2019-2022 年の間、暖冷房、クリーンな調理などエネルギーサービスの安定したアクセスが無い人の数が世界で 25 億人に達した。また、せっかく電力が使用できるようになっているにもかかわらず、7500 万人が電力料金の支払いができず、非効率な原始的エネルギーの使用に戻っている。

2019-2021 年の間にラテンアメリカの貧困層は全世帯の 28%から 30%、1400 万人の増加になっている。ラテンアメリカの各国政府の 4 割が GDP の 1%を家庭用電力補助金に投じている。短期的には必要な措置だが長期的な解決が必要である。

エネルギーの使用形態と政策がエネルギー価格急騰への影響に大きく関係する

エネルギー価格高騰の影響は、使い方によって大きく異なる。具体的には、世帯でのエネルギー消費や輸送距離、燃料ミックス、そして税制や価格激変緩和措置等の違いが影響する。

図 3.2 国別の平均世帯年間エネルギー支出（2019 年と 2022 年）



経済困窮者、エネルギー効率化を対象とした政策支援策が重要

エネルギー価格高騰が家計や産業を直撃している中、各国政府はさまざまな支援対策を実施、緊急対策の合計は 5500 億ドルに及ぶ。特に新興国での補助投資は 2020 年からのクリーンエネルギー投資総計を上回る。補助策は様々だが 2 種類に大別できる。

- ・ エネルギー価格にキャップを設ける。英国は価格保証制度と呼ぶ、フランスは、2022 年の価格上昇率を 4%、長期では 15%に規制。その他スペイン、ポルトガル。
- ・ エネルギー消費量に関わらず、金銭支援。所得水準の低い層を対象。ドイツの場合は一律 300 ユーロ、加えて子育て世帯や低所得層に対して追加支援。

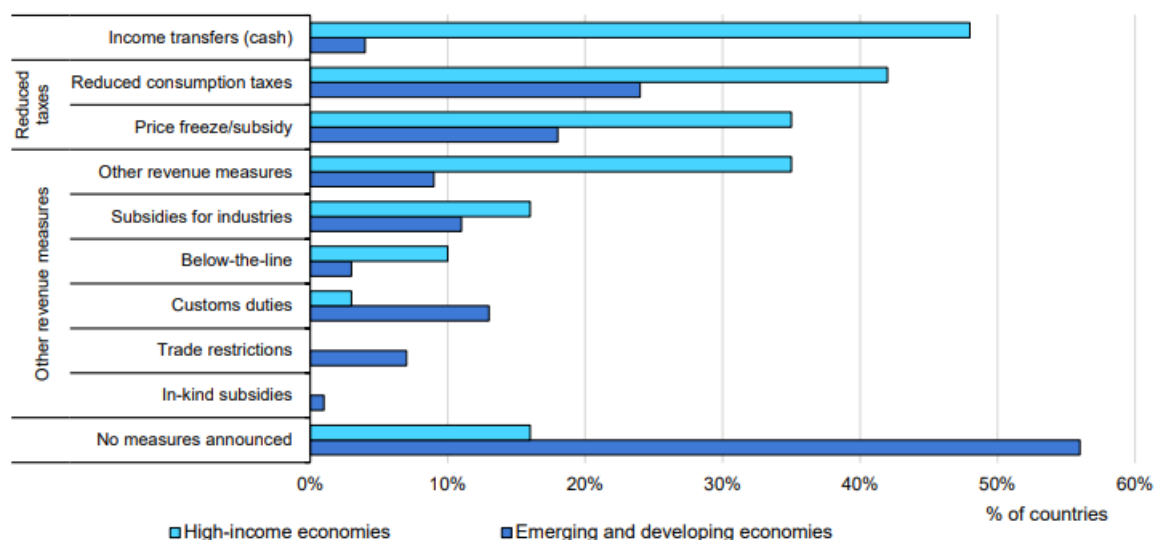
多くの政府が石油価格高騰の緊急対策を実施中だが、政府予算を圧迫している。欧州では 2022 年 10 月までに 6700 億ユーロが投資されている。こうした補助金は、貧困解消に向けた予算を圧迫している。インドネシアは 8 月に石油製品補助を削減し、低所得世帯への支援を行うと発表した。

ドイツのガスと電力価格管理対策である「double ka-boom」は、2000 億ユーロを活用する。家庭の場合、前年ガス消費から想定される使用量の 80%分のガス量に対して 12

cent/kWh を上回る分を補填する。この場合、「前年ガス消費の 80%分が対象なのでガス消費を節減すれば政府補填の便益を受けられるインセンティブがある。

図 3.3 消費者向け物価上昇対策措置を導入している国の割合（2022 年 4 月）

Proportion of countries introducing measures to shield consumers from price rises in April 2022



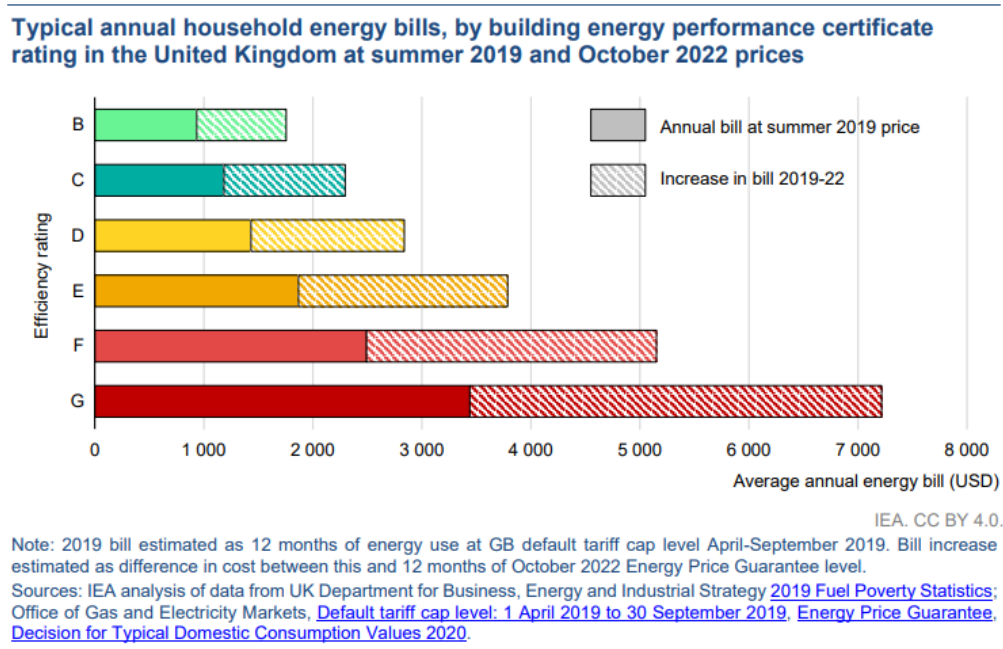
IEA. All rights reserved.

Source: IMF [Fiscal Policy for Mitigating the Social Impact of High Energy and Food Prices](#), as modified by the IEA. Responses to an IMF survey of 134 countries conducted in April 2022.

省エネ性能が低い住宅のエネルギーコストは省エネ性能の優れた住宅の数倍になる

英国の大半の世帯の建築省エネ評価(EPC)がD以下となっている。2019年においても最も低い評価の年間エネルギー支払いが3440ドル、B評価の3倍以上だった。2022年10月以降のエネルギー料金は、2019年比で倍増しており最低ランクの住宅の支払額は年間7220ドル、Bランクの4倍になっている。

図 3.4 建物のエネルギー性能証明ランク別家庭の年間エネルギー料金
(英国、2019 年夏および 2022 年 10 月の価格)



各国で、断熱性能等建築物の省エネ性能を高めることでエネルギーコスト削減につながると啓発している。デンマークの場合、最良水準の断熱性能住宅は、最も低い住宅のエネルギー消費量の 1/10 というデータを示している。米国は断熱改修で平均てきな住宅の暖冷房費が 15%削減できると EPA が示している、ドイツではセントラル暖房の温水循環ポンプ、バランスで大規模建築物の場合は 15%のエネルギー削減が可能とし、2022 年 7 月から大規模建築でのシステム診断を義務化した。

小型の電気自動車への買い替えにより運輸燃料コストは大幅に低減できる

乗用車の選択は世帯の運輸燃料コストに大きな影響を及ぼす。欧州で人気の小型、中型サイズのモデルは同サイズの最も燃費の優れた車よりも 20%~25%燃料費が高い。この燃料価格差は 2022 年には 1 年で米ドル 210~230 ドルの差になる。現在人気のある小型 SUV の場合はその差は 500 ドルまで広がる。欧州の新しい燃費基準の厳格化で、10 年使用の車の買い替えは大きな燃料コスト削減につながる。電気自動車への買い替えは更に大きな節約につながる。欧州では家庭用電気代が上昇しているとはいえ、同クラスの電気自動車への買い替えにより米 420 ドル相当の燃料費節約が可能。米国の場合は節約額が 1000 ドル近くになる。公共充電スタンドの場合の電気代は家庭での充電の 3 倍ほどになる。IPCC の分析でも Tank to Wheel の CO₂ 排出は、電気自動車で内燃機関車の 1/3~1/4 になる。

3.2 消費者の省エネ知識の周知、行動変容が大きな省エネにつながる

多くの国の政府がエネルギー需要削減のために行動変容キャンペーンを実施

2022 年の初頭から欧州 10 カ国以上で行動変容と知識周知に関するキャンペーンが実施されている。2022 年 5 月には EU Save Energy Communication が策定され、短期的にとりうる行動変容対策がまとめられ、各国政府の戦略に反映されている（例：デンマーク「共にエネルギーを節約する」やドイツ「8 千万人の省エネ」）。欧州以外でも、水力発電供給の危機（2021 年）を受けたブラジルでの対応や、韓国での 2011 年の電力危機を受けた対応等、多くの国で情報提供のキャンペーンが実施されており、効果を上げている。韓国の場合は、政府が Energy Cashback キャンペーンを実施し、10%のエネルギー節減を促している。インドでは、エアコンの設定温度を出荷時初期設定 24 度といった対応を行なっている。

公共交通機関の利用促進キャンペーンも各地で実施、英国は 2023 年の第 1 四半期の公共バス料金にキャップをかけた。イタリア、オーストリア、アイルランド、スペインでも実施されている。ルクセンブルグは公共のバス、トラム、ケーブルカーを無料にしている。

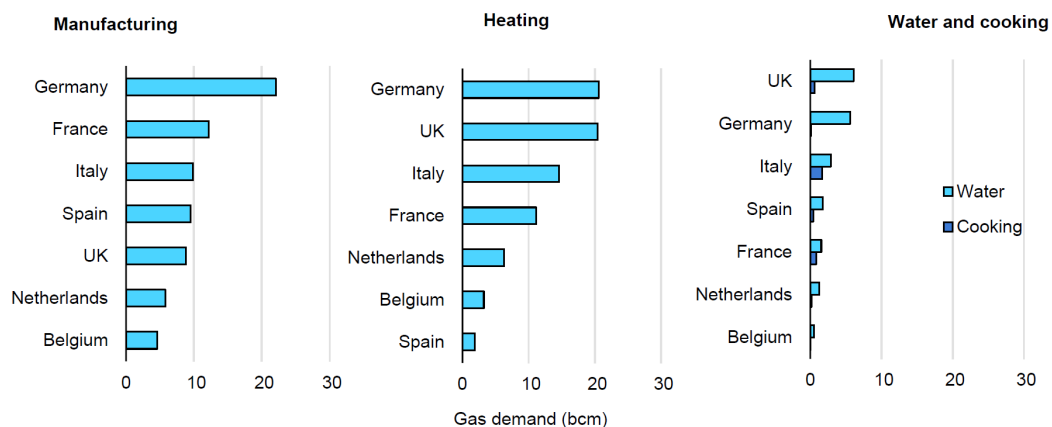
日本では東京電力が 2022 年節電チャレンジプログラムを実施している。節電取り組みでポイントが付与され、アマゾン等で使用することができる。エネルギー供給事業者のエネルギー節約プログラム活動の 5 段階評価も更新された。

3.3 エネルギー安全保障とロシアのガス

産業や建物のエネルギー効率改善策の急速な展開により、欧州におけるロシアのガスの必要性は削減可能

ロシアガス脱却対策の REPowerEU 計画では 2022 年末までにその使用を 2/3 削減、2030 年までに 100%削減することを目指している。省エネルギーは同計画の 3 本柱の 1 つとなっておりエネルギー効率指令目標を 2030 年までに EU 全体のエネルギー使用 9%削減から 13%削減へ引き上げ、ヒートポンプの導入率を 2 倍とし 2023 年から 2027 年にかけて累計 1,000 万台を設置、産業の電化を加速することを目指している。欧州は行動変容省エネキャンペーンを実施し、省エネ対策との合わせ 2021 年にロシアから輸入した 1,400 億立方メートルの天然ガスの 42%を削減しようとしている。

図 3.5 欧州諸国における天然ガスの主な最終用途、2019 年



Note: This does not include gas used in power generation.

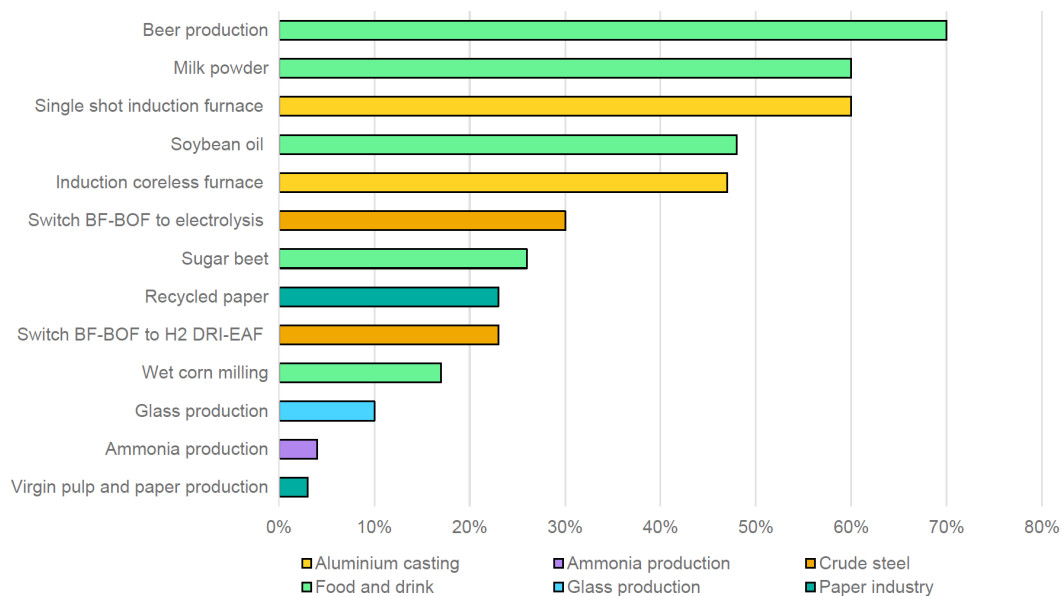
Source: [Energy Efficiency Indicators 2022](#).

IEA. CC BY 4.0.

産業分野の熱需要のうち、繊維、食品・飲料の製造では迅速な電化が可能

産業分野の熱需要は、産業部門のエネルギー使用の 2/3、世界のエネルギー使用の 1/5 を占める。電化ポテンシャルが高い産業として、ビール醸造が挙げられる。

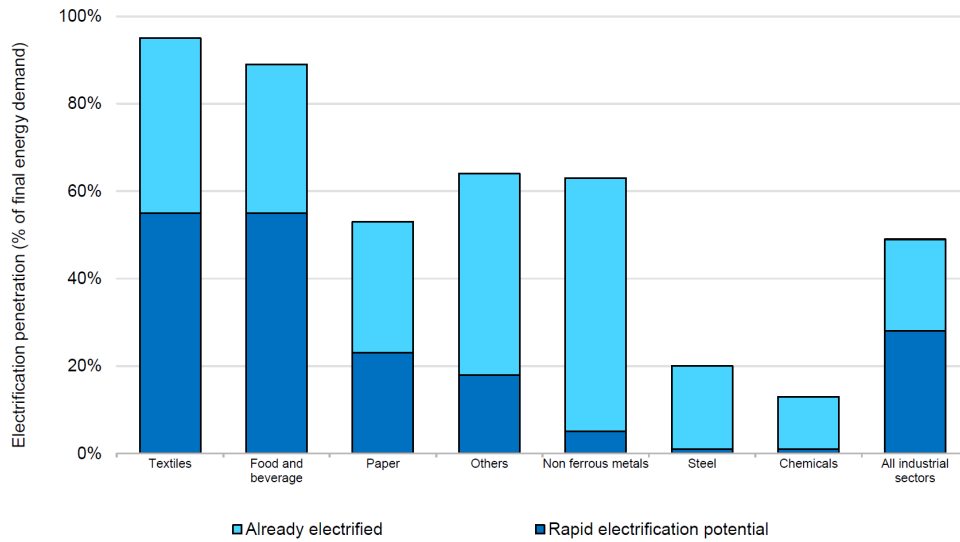
図 3.6 米国における産業の電化による省エネポテンシャル



IEA. CC BY 4.0.

Note: Bf-BOF = Conventional blast furnace route in steel production. DRI = Direct reduced iron. EAF = Electric arc furnace

図 3.7 欧州における産業の急速な電化ポテンシャル



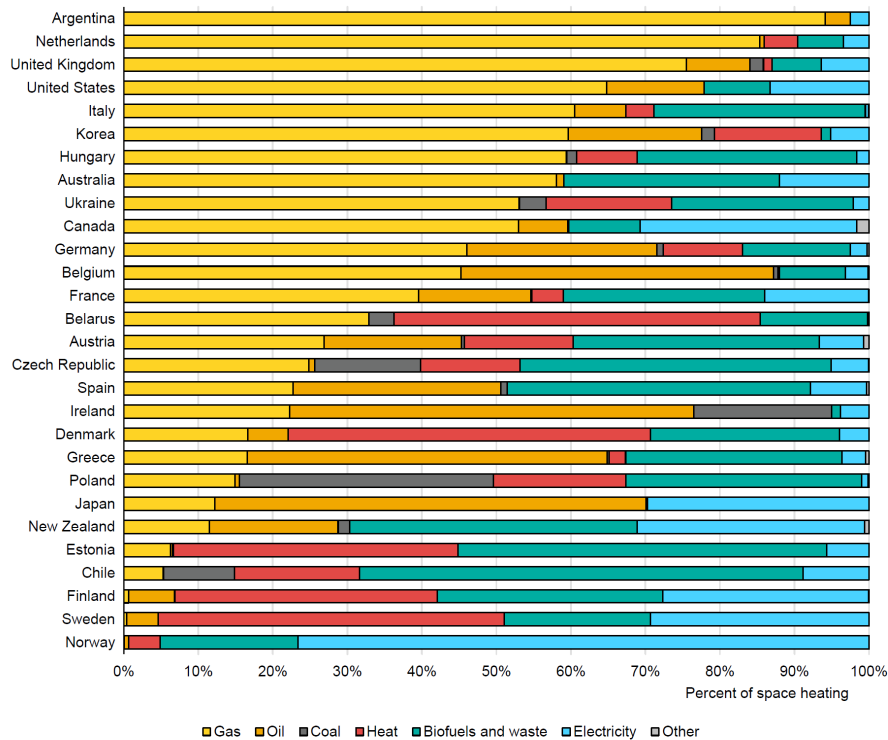
IEA. All rights reserved.

Note: The difference to 100% is electrification potential that requires more complex systemic process changes.

Source: Schneider Electric Sustainability Research Institute (2022), as modified by the IEA.

住宅用暖房のガス依存度は 90%からほぼ 0%までとばらつき大

図 3.8 国別燃料別の住宅用暖房エネルギー消費量、2020 年



IEA. CC BY 4.0.

Note: Heat refers to heat produced for direct sale, mainly through district heating networks and thermal heat from industrial processes and other sources. "Other" includes mainly conventional biomass.

Source: [Energy Efficiency Indicators 2022](#).

住宅用暖房で電化が最も進んでいるのはノルウェーで約 80%、次にカナダ、フィンランド、日本、ニュージーランド、スウェーデンでは約 30%が電気で賄われている。欧州では暖房需要の約 11%を 6000 余りの地域暖房ネットワークが供給している。

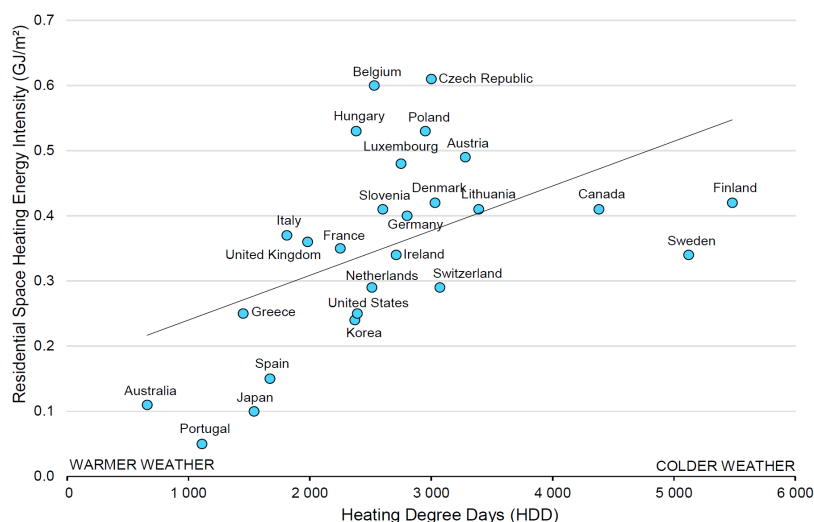
欧州のいくつかの国でガス暖房の新設が禁止される計画がある

EU は建物におけるガス使用を段階的に削減する方針を掲げ、一部の国では禁止される計画がある。オーストリアは 2023 年から、オランダでは 2025 年以降、建物にヒートポンプの設置または地域熱ネットワークへの接続のみを許可、アイルランドでは 2025 年までにガスボイラー禁止の計画、ドイツでは 2024 年以降に導入される暖房の 65%を再エネで賄うことが義務化される。フランスは 2022 年から新築に対して新設暖房システムの CO2 排出規制を行い、事実上ガス暖房設置ができなくなった。米国カリフォルニア州では 60 以上の自治体で新設ガス使用が禁止された。カリフォルニア州は 2030 年までにガスの暖房給湯機の販売規制の案を作成中。同様のガス禁止令はニューヨーク州やオレゴン州、ワシントン州、DC 特別区の自治体にも広がりを見せる一方で、他州ではガス接続を禁止する自治体条例を禁じる州もある。カナダではバンクーバー市とケベック州が新築のネットゼロ義務化、ガス暖房買い替え時の化石燃料使用禁止を決めている。

効率規制により、欧州における建物の暖房及び給湯用のガス消費量が 21%削減された

欧州のエネルギー需要の約 40%を建築分野が占めている。効率改善により、過去 10 年間で建物におけるエネルギー消費量は 14%減少した。国別に見ると、住宅用暖房原単位はオランダ、スイス、アイルランド等では 1 m²当たり 0.3GJ 程度、ベルギー、チェコ共和国、オーストリア、ポーランドでは 0.5~0.6GJ と差がある。既存建物の断熱改修とヒートポンプ化により省エネ性能 F、G の建物を B または C へ改善することでガス消費量を 710 億 m³、E クラス改善でも 220 億 m³ 節約できる。

図 3.9 国別の住宅における暖房エネルギー原単位と暖房度日



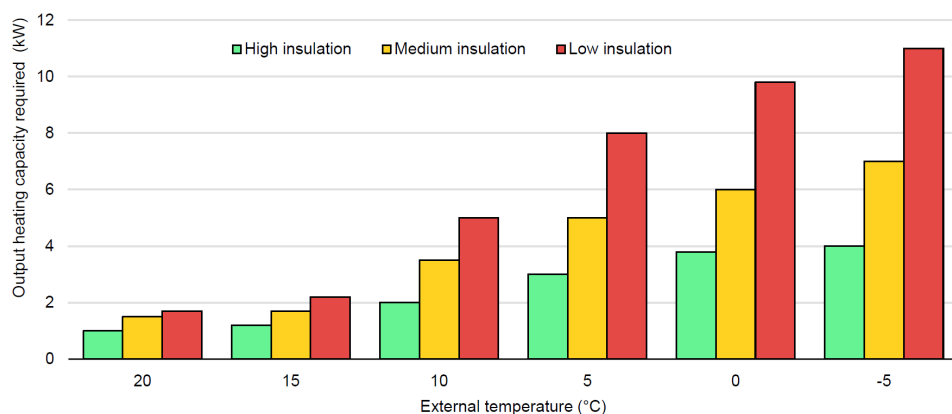
Source: [Energy Efficiency Indicators 2022](#).

IEA. CC BY 4.0.

高断熱の住宅は低断熱の住宅のエネルギー消費量の 1/3 ですみ、寒冷地では顕著になる

住宅をクラス F からクラス E へ改修するための平均費用はおよそ 1500 ドル、欧州の現在のエネルギー価格ならば 1 年余りで回収可能。

図 3.10 断熱性能別外気温別の必要熱容量(kW)



IEA. CC BY 4.0.

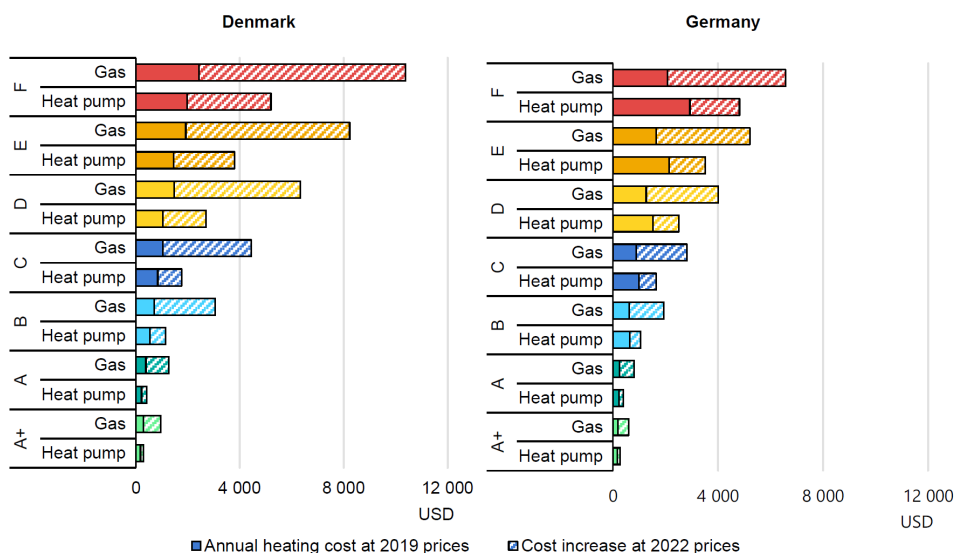
Notes: Mean heat loss levels (W/K) for efficiency group quintiles are: High insulation (188 W/K), Medium Insulation (335 W/K), and Low Insulation (563 W/K).

Source: Based on Summerfield et al (2017).

欧州におけるガス料金の上昇により、ヒートポンプは住宅のエネルギー料金削減の優れた選択肢となっている

欧州のほとんどの国々で、電気よりガス価格の上昇が大きい。デンマークではエネルギー性能評価が B または C で高性能ヒートポンプを利用する場合とガス暖房の費用の差は 2019 年にはわずかだったが 2022 年には数倍にもなっている。

図 3.11 デンマークとドイツにおける建物の性能別 100 m²当たりの暖房費、ガス対ヒートポンプ、2019 年と 2022 年 9 月



IEA. CC BY 4.0.

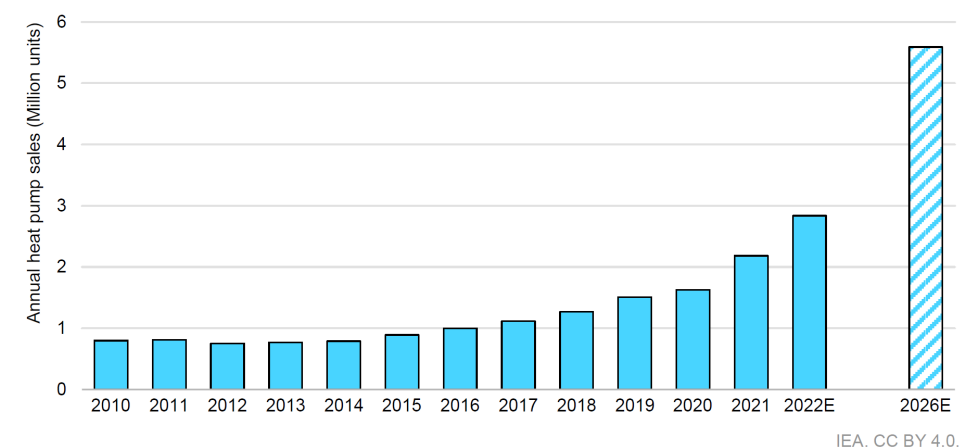
Notes: For comparability, the threshold values of building performance classes in energy consumption per m² as used in Denmark has been applied also to the analysis of Germany. However, each country defines their own national threshold values according to regional climate. Class A relates to the Danish A2015, Class A+ to the Danish A2020.

Sources: IEA based on [Statistics Denmark](#), [Environment and Energy Statistics](#), [Energistyrelsen](#).

ヒートポンプの導入拡大には、冬季の電力ピーク管理のシステムアプローチが必要

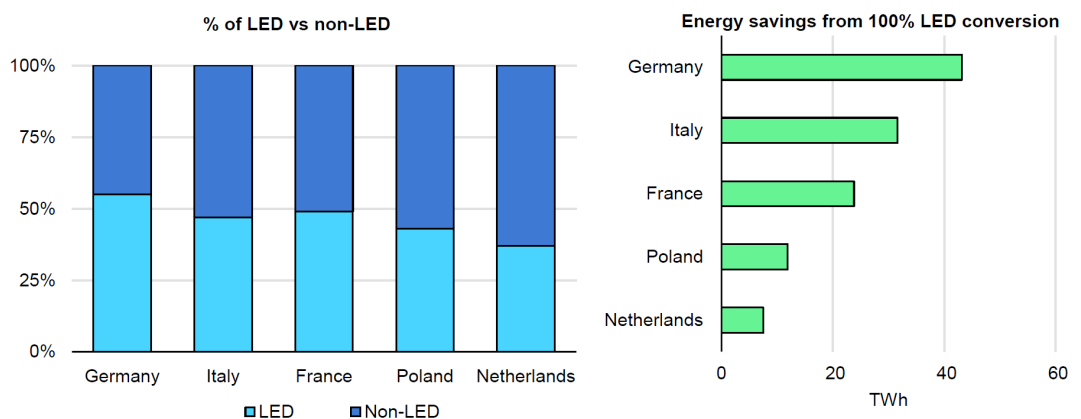
暖房をガスボイラーからヒートポンプに移行することで、欧州では電力需要が2倍になる可能性が示されている。電力グリッドが負荷急増に対処するには、ヒートポンプと建物の熱貯蔵を活用する需要管理(DSM)技術が必須となる。高断熱の建物は有効な熱貯蔵源であり、暖房用のピーク時需要削減のみならず、需給柔軟性にも寄与する。グリッドオペレータがヒートポンプを自動または遠隔制御できる必要性が高まっており、通信機能の適合が求められる。暖房以外の効率対策、LED化も重要である。

図 3.12 欧州におけるヒートポンプの販売台数実績および予測(2026年)



Note: Europe sales include 21 countries from the EU plus Norway and the United Kingdom.
Source: IEA based on data from the European Heat Pump Association.

図 3.13 国別 LED 照明の導入拡大による省エネポテンシャル



Source: Signify, as modified by the IEA.

IEA. All rights reserved.

政策措置により、ヒートポンプの導入に必要な初期投資を削減可能

ヒートポンプ導入にあたり、導入費用が高額であることが主な障壁になっている。ほぼすべての EU 諸国、英国、ノルウェー、スイスでヒートポンプと断熱材への支援政策が実施されている他、米国、カナダ、ニュージーランドでも住宅改修費用の助成金制度等が実施

されている。

3.4 普及の加速に向けたサプライチェーンと技術の強化

暖房ヒートポンプの移行にはコスト削減、サプライチェーン拡張が必要

ヒートポンプ普及のボトルネックの一つは設置に必要な人員不足である。現在ほとんどの地域でヒートポンプ設置の資格認定制度がない。今後、人員確保を進めるためにも、教育プログラムの整備、国際的な認定制度を設けるべきである。

ヒートポンプの部品で最も高コストなのがコンプレッサーである。コンプレッサーはヒートポンプ以外にも使用されるため、冷媒と生産技能者の獲得競争の激化も懸念材料となっている。

電気自動車市場では半導体や蓄電池原料の供給不足

EV やハイブリッド車の販売が伸びている一方で、自動車生産は総じて半導体不足と原材料価格の高騰、EV 用バッテリーの不足により新車の供給不足が続いている。米国では EV の供給制約により、EV が十分に活用できない懸念が示されており、英国では一部のモデルで車両の納品までの期間が最大 2 年となっている。

エネルギー管理技能の強化がエネルギー効率改善の鍵となる

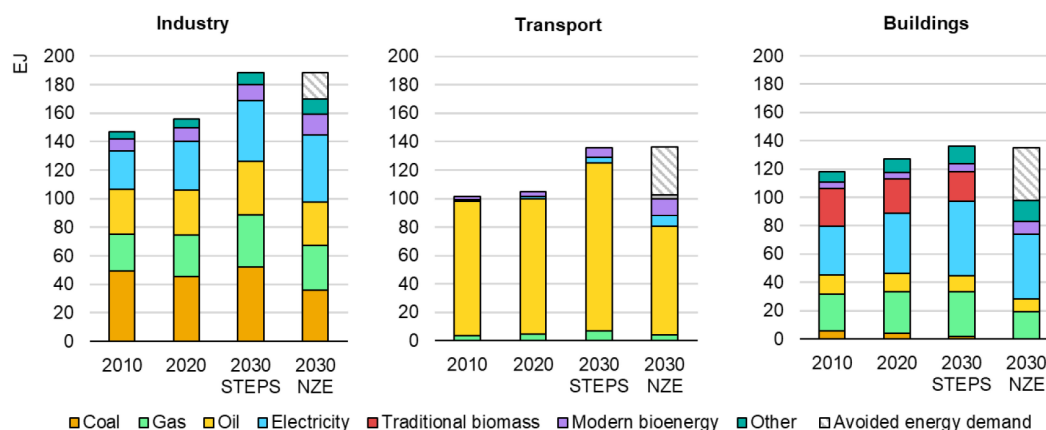
エネルギー効率改善の主な障壁として、コンサルティング業務からサプライチェーン全体に渡り熟練技術者の不足が指摘されている。IEA の分析によれば 2019 年、建設及び産業部門におけるエネルギー効率化業務への従事者は世界で 1900 万人、仕事の 1/3 は中国、北米では約 200 万人が従事している。また、インドのグリーンジョブスキルカウンシルは、スキルアップの成功事例として報告されている。

3.5 気候目標の達成

エネルギー効率の改善により、この 10 年で排出量を削減できる可能性がある

IEA のネットゼロシナリオでは、2020 年～2030 年にかけて効率原単位を年 4% 余り改善する必要がある。そのためには、産業における材料の再利用・リサイクルの促進、デジタル化、燃料の切り替えに加え、技術的な効率改善、行動変容と電化による幅広い効率改善と需要側の対策を講じる必要がある。短期的に削減ポテンシャルが大きい部門は建物と運輸であり、2030 年までにそれぞれ約 37EJ、34EJ のエネルギーを削減できる可能性がある。

図 3.14 シナリオ別世界の最終エネルギー消費量(2010 年、2020 年、2030 年)



IEA. CC BY 4.0.

Note: Total avoided energy demand of 95 EJ includes further energy savings of 6 EJ in other sectors (agriculture).

ネットゼロシナリオでは、エネルギー効率改善により、2030 年までに世界の石油消費は 55EJ (30mb/d)、天然ガス消費は 23EJ (650bcm) の削減が見込まれる。EV の急速な普及は再エネ普及加速と相まって、輸送部門における CO2 削減に寄与する。

4 章 東南アジア諸国での省エネルギー推進

4.1 東南アジア各国のエネルギー使用の概要

世界的クリーンエネルギーへの転換には東南アジア諸国のエネルギー効率化が必須である

コロナパンデミックと 2022 年のエネルギー価格の国際的な高騰の影響で一時的にエネルギー需要伸びは鈍化しているものの、2010 年から 2020 年にかけての東南アジア地域での電力需要増は 63%の伸びを示しており、世界平均の 24%に比べると大きな増加となっている。東南アジア地域の人口は 6.6 億と 2000 年比で 2.5 倍に増え、経済成長と都市化によりエネルギー需要が伸びている。エネルギー需要増と同時にエネルギーGDP 原単位も改善しており 2018 年のエネルギーGDP 原単位は 2005 年比で 21%向上している。東南アジア地域の省エネルギー計画は ASEAN Plan of Action for Energy Cooperation (APAEC) に示されており、2025 年までに 2005 年比 32%のエネルギーGDP 原単位改善を掲げ、特に運輸部門と工業部門の効率化を重視している。

表 4.1 東南アジア各国の省エネルギー目標

ブルネイ	2035 年までに BAU 比エネルギー消費 63%に削減、EV 販売 2035 年までに 60%超
カンボジア	2030 年までに BAU 比エネルギー消費 19%削減
インドネシア	2025 年まで毎年エネルギー原単位を 1%改善
ラオス	BAU 比エネルギー消費を 10%削減
マレーシア	2016～2025 年の電力効率化 BAU 比で 52TWh、需要伸び 8%抑制
ミャンマー	2030 年までに一次エネルギー需要を 2005 年比 8%削減
フィリピン	2030 年までにエネルギー原単位を 2010 年比で 40%改善。2030 年までエネルギー消費を毎年 1.6%現象、原単位、エネルギー消費を BAU 比で 2040 年までに 24%改善
シンガポール	2030 年までにエネルギー原単位を 2005 年比 35%改善
タイ	2036 年までにエネルギー原単位を 2010 年比 30%改善

(出所)Energy Efficiency 2022 Page111、

Energy Efficiency targets in ASEAN countries を和訳して作成

東南アジア各国でのエネルギー事情の違い

東南アジア地域 10 か国の中でエネルギーGDP 原単位が国際平均以下の国は 3 か国、平均を超える国が 7 か国である。シンガポールは主要産業がサービス産業で一人当たりの収入が高い、ブルネイは地域で 2 番目に一人当たり収入が高いが石油ガス産業を主体としているためエネルギーGDP 原単位がシンガポールの 2 倍。東南アジア地域でも 2010 年代後半はエネルギーGDP 原単位改善が鈍化しており、2021 年にはコロナからの回復で工業需要伸びが大きく、エネルギーGDP 原単位は 0.5%悪化した。

4.2 地域の事情

東南アジア地域全体でのエネルギー需要増が大きい一方、各国の個別事情もある

東南アジア全体では工業用需要が 44%を占め、次に運輸 27%、建築 23%と続く。工業需要は 2010 年代後半に年率 8.1%の大きな伸びとなった。経済成長に伴うインフラ整備のため製鉄、セメント、石油化学といったエネルギー集約型の重工業の伸びが大きく、エネルギーGDP 原単位の改善が難しくなっている。

運輸分野のエネルギー需要の伸びも大きく、乗用車、二輪車の保有台数の伸びと運輸トラックの増加により年率 5%～6%で増えている。

重工業分野のエネルギー需要が東南アジア地域の主要なエネルギー増要因となっている

ブルネイでは石油ガス産業が主要、タイは繊維、建築、機械、セメント、化学、製紙等多様な産業が分散するなど、各国の産業需要の様相は異なるが、データが未整備の部分が多く地域全体を把握することが難しい。しかし、少なくとも 3 大重工業、製鉄、セメント、化学で東南アジア地域の工業用需要の 64%を占めると推計される。

重工業のエネルギー需要増の占める割合が大きい一方で、地域には中小規模事業者が無数に存在している。IEA が 2017 年に開催した東南アジア地域の省エネルギー政策提言のラウンドテーブルでは、地域や各国の様々な事情に合致した政策を提案した。

工業部門での ISO50001 等エネルギーマネジメント認証の導入、高効率工業機器システムの導入、中小規模工業向けの省エネルギーサービスの普及等。

ISO50001 認証はインドネシアやマレーシア等 7 か国で導入された。

運輸部門は燃費基準の策定と電動化が重要

運輸部門ではまず車両の燃費基準の策定が重要。ASNEAN Fuel Economy Roadmap では商用車に対して 2025 年に 5.3Liter/100km を推奨しているが、東南アジア地域で車両の明確な燃費、CO2 排出基準を定めている国はない。低燃費への誘導政策もいくつかの国が採用しており、インドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイは燃費別の自動車税を導入している。インドネシアは自動車税区分を 2021/10 から CO2 排出量に変えたが、これらの国では燃費と CO2 排出量をラベル表示している。

電動化に関しては東南アジア地域では二輪車（三輪車含む）の電動化が有効と考えられる。すでにベトナムでは 2021 年に販売二輪車の 10%に相当する 23 万台の電動二輪車が販売された。タイとインドネシアは EV 製造拠点となることを目指している。タイは 2030 年には製造車両の 30%を電動化、2035 年には登録新車の 100%をゼロエミッション化する目標を掲げた。インドネシアは EV 生産拠点化に向けて政府所有の EV 蓄電池公社を設立、2030 年までに 140GWh 規模の製造拠点を設ける。

建築分野では高効率の冷房が重要となる

工業分野や運輸分野に比べると比率は低いですが、東南アジア地域でも建築分野の省エネ推進によるエネルギー需要抑制が重要である。特に高効率空調の普及と旧来の炭や薪（バイオマス）による調理や暖房からの脱却は建築分野のエネルギー需要削減にとって重要な対策である。高温多湿の東南アジア地域では冷房普及と電力需要増が顕著で、2040 年までに冷房電力需要は 4 倍（2019 年 88TWh が 2040 年 314TWh）に増大すると推測されている。高効率エアコンの普及に加え、高効率ファンや断熱強化により冷房電力需要の大幅な削減（1/3）が期待できる。

商用ビルにおける省エネルギーの大きなポテンシャル

IEA の調査によると、ASEAN 地域の商用ビルでは、換気、照明、空調、自動化などにより 20%~70%の省エネルギー効果が期待できる。冷蔵需要、冷房需要が大きな小売店舗建物のエネルギー需要も大きくなっている。小売店舗の場合も行動変容の理解や教育により効率的なエネルギー利用の余地は大きい。

スマートメーター導入、エネルギーのスマート化、電力システムとの連携による効率化

東南アジア地域でも再生可能エネルギー増を目指しており、2025 年までに一次エネルギー供給量の 23%を再エネで賄う目標を立てている。変動電源である再エネの増加に対して、EV の充電やデマンドレスポンスで電力系統と連動運用するスマート化は大きな効果が期待できる。再エネ発電量などの電力系統の状況を反映して分散型リソースや電力需要の最適管理を行うスマートビルは今後増加すると予測され、ASEAN 地域で 2026 年までに現在の 3 倍、400 万棟がスマートビル化できると予想されている。シンガポール、マレーシ

ア、タイでは複数のスマートビルで分散型リソースを活用しながら建物間の電力融通や電力系統への逆潮流などを実施するパイロット事業に取り組んでいる。スマートビルの普及拡大にはスマートメーターの普及が重要。マレーシアは2016年からスマートメーター設置を開始し、2021年末で180万個を設置、2026年には910万個を設置する予定。ブルネイも2021年から2スマートメーター間で20万件の住宅に電力と水道のスマートメーターを導入する計画。

炭や薪からの調理からの脱却、クリーン調理は多数の女性子供の生活を改善する

2000年以降の20年間で東南アジア地域でもガスや電気によるクリーンな調理機器の普及が進んでいるが、依然として2億人以上が旧来の炭や薪といったバイオマスを使った調理を続けている。煤煙による女性や子供の健康被害額は年間2800億ドルとも試算され、早急なクリーン調理普及が必要。特に郊外地域の半分以上で未普及、フィリピン郊外では28%、ミャンマーでは11%にとどまっている。その結果、東南アジア地域全体では74%の家庭調理が旧来のバイオマスを使用している。

4.3 省エネ政策目標の引き上げ

経済成長に伴うエネルギー需要増、家電所有増への対応策として強固な省エネ政策が必要である

東南アジア各国の市場規模や経済成長の違いはあるが、適切な政策、情報提供と啓発、各種インセンティブを組み合わせることで各国は省エネルギーを確実に進めることができる。2022年4月にIEAとASEAN Center for Energyは共同でASEANの建築分野と冷房分野の省エネルギーロードマップを策定した。各国政府はこのロードマップを基に各国政策を強化している。ロードマップにおいて、標準化した家電の省エネ基準の策定の重要性を示した。標準化した家電の省エネ基準をはしご型に示し、各国はどの年次にどの段階の基準を義務化するかを定めることができる（IEA SEAD(Super-efficient Equipment and Appliance Deployment)イニシアティブ）。数か国がこのイニシアティブを参考に空調機器の省エネ基準策定を行った。ブルネイはエアコン、インドネシアはエアコン、冷凍機、炊飯器、LED照明に最小省エネ基準を定めた。マレーシアも省エネラベル4または5製品への補助金を導入している。

東南アジア地域の省エネルギー推進政策は改善余地が大きいと言わざるを得ない。IEAが2022年9月に報告したインドネシアのエアコン効率規制は導入時点で販売モデルすべてがクリアしており、基準策定による効率化が期待できない。効率効果が大きい電動モータの効率基準を導入しているのはシンガポールとベトナムに限られている。

建築省エネ基準強化で確実な省エネルギー化が期待できる

家電省エネ基準と同様に、住宅やビルの建築省エネ基準やラベル表示でも省エネ効果が期待できる。インドネシアやシンガポールではグリーンビル基準が設定されているが、ASEAN地域のほとんどの国では建築基準は自主的な扱いであったり、基準対象が限定されていたり、基準順守の担保がない。

IEA は建築物の政策パッケージ、特にグリーン建築認証、ラベル表示制度の提言を行っている。有効な証書やラベル表示には建物エネルギー消費の計測（モニタリング）、検証、執行システムが必要である。シンガポールでは 2012 年から非住宅建築に対して Building Energy Submission System (BESS) への登録を義務化している。IEA はインドネシア政府を支援して家電の省エネ基準やビジネス向けのエネルギーマネジメント、省エネケーススタディの紹介を行うウェブサイト作成を支援した。

省エネ第一”の政策枠組で、経済成長、エネルギー安全保障、気候変動を同時に達成することが可能になる

経済成長、人口増が予想される ASEAN 地域では 2030 年まで年率 3% のエネルギー需要増が予想される。この経済成長が続けば 2050 年には 2020 年のエネルギー需要の 3 倍まで膨れ、石油等多くの一次エネルギーを確保する必要がある。機器や各種材料の省エネ化、電動化を進め、行動変容、デマンドレスポンスなどにより 1/4 の需要増を削減することが可能である。

多くの国でコロナパンデミックへの対応、復興で公的資金は不足しており、民間投資を増やしていかななくてはならない。これまで民間の ASEAN 地域への投資の多くが石炭や天然ガス等上流を対象にしたもので、省エネルギーや需要サイドへの投資、クリーンエネルギーへの投資は 1 割に満たなかった。今後は省エネルギーやクリーンエネルギーへの投資に集中するような政策パッケージを取り入れる必要がある。

(以上)

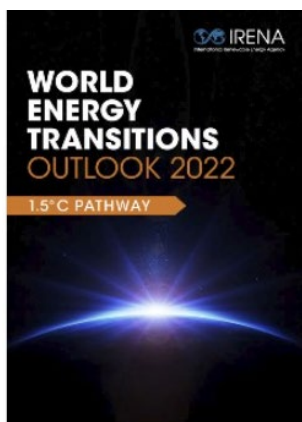
巻末付録 2 : マルチ枠組が発刊するレポート等の要約

(再エネ編)

1. IRENA “World Energy Transitions Outlook 2022: 1.5°C Pathway”
2. IRENA “Global hydrogen trade to meet the 1.5°C climate goal: Part II – Technology review of hydrogen carriers”
3. IRENA “Global hydrogen trade to meet the 1.5°C climate goal: Part III – Green hydrogen cost and potential”
4. IRENA “Green hydrogen for industry: A guide to policy making”
5. IRENA “Decarbonising End-use Sectors: Green Hydrogen Certification”
6. IRENA “Innovation Trends in Electrolysers for Hydrogen Production”
7. IRENA “Innovation Outlook: Renewable Ammonia”
8. IRENA “Global hydrogen trade to meet the 1.5°C climate goal: Part I - Trade outlook for 2050 and way forward”
9. IRENA “Renewable Power Generation Costs in 2021”
10. IEA “Special Report on Solar Global Supply Chains”
11. IRENA “Tracking SDG 7: The Energy Progress Report”
12. IRENA “RE-organising Power Systems for the Transition”
13. IRENA “Renewable Energy Outlook for ASEAN: Towards a Regional Energy Transition (2nd Edition)”
14. IRENA “The Breakthrough Agenda Report 2022: Accelerating Sector Transitions through Stronger International Collaboration”
15. IRENA “Renewable Energy and Jobs Annual Review 2022”
16. IRENA “SIDS Lighthouses Initiative: Progress and way forward”
17. IRENA “Indonesia Energy Transition Outlook”
18. IRENA “Renewable energy targets in 2022: A guide to design”
19. IRENA “Accelerating hydrogen deployment in the G7: Recommendations for the Hydrogen Action Pact”
20. IRENA “Sector coupling: A key concept for accelerating the energy transformation”
21. IRENA “Renewable energy auctions: Southeast Asia”

IEA/IRENA 発刊の再エネ関連主要レポートの要約

1. IRENA “World Energy Transitions Outlook 2022: 1.5°C Pathway”（2022 年 3 月発刊）の要約



・2021 年 6 月に発刊された IRENA “World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway”の 2022 年改訂版。2021 年の初版は、再エネ、水素、サステナブルなバイオマスによる電化とエネルギー効率改善をエネルギー転換のキードライバーと位置付け、すべての最終エネルギー需要の脱炭素化への道筋を初めて提示した画期的内容であった。今回の第 2 版では、上記に加えて、2050 年までにネットゼロ排出を達成するために 2030 年までに実現しなければならない政策的な優先分野とアクションについて提示している点が付加要素である。概要は以下の通り。

・2022 年にはエネルギー転換の必要性が一層喫緊の課題となった。化石燃料に大きく依存する集中型エネルギーシステムは世界経済のコストを高めている。ウクライナの危機によって石油とガス

の価格は高騰し、新たなレベルの懸念と不確実性をもたらした。

・喫緊の課題を改善するための短期的な政策立案には、中長期的なエネルギー転換実現に向けた配慮が必要である。政府は、エネルギー安全保障、レジリエンス、そしてすべての人にアフォードブルなエネルギーを提供するという、相反するような複数の課題に取り組む責務を担っている。政策立案者は、不確実性に直面しながらも、気候変動を阻止しサステナビリティを確保するという包括的な目標を念頭に置かなければならない。特に化石燃料インフラへの新規投資は、既存のリスクを温存し気候変動の脅威を高めることになることに留意が必要である。

・現在のエネルギー転換のペースと範囲は不十分であり、早急に急進的なアクションがとられない場合、1.5 度または 2 度目標到達の可能性は低下するか、あるいは不可能となってしまうかもしれない。2021 年に IRENA は、すべてのエネルギー消費の大規模なエネルギーを転換してゆく重要性を訴えたものの、実際の進捗は遅々としており必要量にはほど遠い状況にある。2020 年と 2021 年における G20 の COVID-19 復興資金 15 兆ドルのうち、クリーンエネルギーに向けられたのはわずか 6%に過ぎない。パンデミックからの経済復興をエネルギー転換の機会とすることを逃してしまったのである。

・エネルギー転換の加速は、長期的なエネルギー安全保障、物価の安定、レジリエンスの確保にとっても不可欠である。世界人口の約 80%はエネルギーの純輸入国に居住しているが、依然として未活用の再エネ資源は豊富にあり、輸入依存割合を大幅に減らせる可能性がある。輸入エネルギーから自国の再エネへの大規模なシフトは、多様な供給オプションを通じて各国のエネルギー輸入依存を低下させ、化石燃料価格の変動リスクから自国経済を切り離すことができる。同時に、雇用を創出し、貧困を削減し、包摂的で気候変動のリスクが少ない世界経済へと進むことができる。

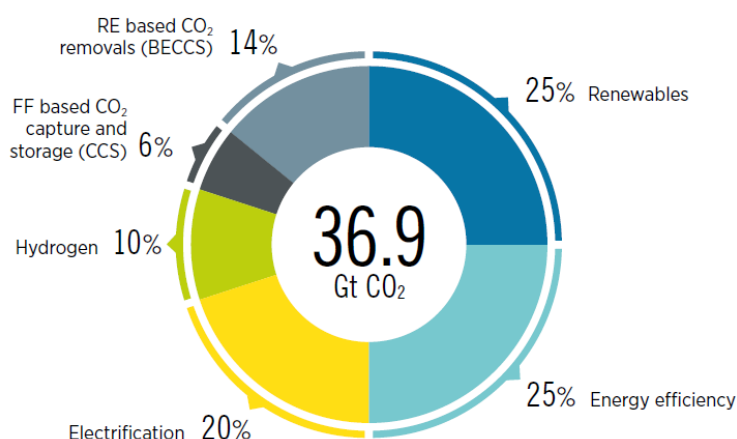
・このような進歩を妨げる計画、政策、財政、エネルギー構造を見直すことは、まさに政治的な選択となる。時間が経過するに伴って、行政不作為のコストは、アクションのコストよりも高くなってゆく。近年の出来事は、化石燃料以外の代替エネルギーが提示されない場合、化石燃料の価格高騰はエネルギー貧困と産業競争力の喪失をもたらすことを示している。エネルギー転換へのパスを形成し、一層包括的で公平で安定した世界につながるかどうかを決定するのは、最終的には、政治的意思と決意である。

・IRENA の提示する 1.5 度パスは、再エネ、水素、サステナブルなバイオマスによる電化、そしてエネルギー効率改善をエネルギー転換のキードライバーと位置付けている。エネルギー需給構造の大幅な変更を要するこのパスは、2050 年までに約 37 G-CO₂t/年の CO₂ 排

出量の削減をもたらすと考えられる。

・これらの CO2 削減は、1) 再エネ発電と再エネの直接利用の劇的な増加 2) エネルギー効率の大幅な改善 3) 最終需要セクターの電化 (EV やヒートポンプなど) 4) クリーン水素とその派生物 5) CCS とセットのバイオエネルギー (=BECCS) 6) 最終的に削減困難な化石燃料からの CO2 排出の CCS、以上の 6 つの技術経路を通じて達成される (下図参照)。

図 1 6 つの技術経路を通じた 2050 年までの CO2 排出削減とそのシェア



・再エネは、現在、ほとんどの地域で最も安価な発電オプションとなっている。大規模太陽光発電の世界加重平均 LCOE は 2010 年から 2020 年の間に 85%減少した。同様に、陸上風力は 56%、洋上風力は 48%それぞれ LCOE が減少した。その結果、再エネはほぼすべての国々で発電の容量増加の大半を占め、発電への投資の多くを支配してするに至った。太陽光と風力発電は時間の経過とともにその優位性を一層強化している。最近の化石燃料価格の上昇によって、再エネ発電の経済的見通しは疑いなく良好である。

・最終エネルギー需要の脱炭素化は次のフロンティアであり、電化、グリーン水素、再生エネの直接利用を通じて多くのソリューションが提供されている。発電部門での再エネの導入は世界的に順調に進展しているが、最終エネルギー需要の再エネ化は遅れており、工業プロセスと家庭用暖房は依然として化石燃料ガスに大きく依存している。運輸部門でも石油が引き続き支配的である。これらのセクターでは、再エネ普及の深化、電化の拡大、エネルギー効率の改善が、エネルギー価格変動と供給セキュリティに対する懸念を緩和する上で重要な役割を果たす可能性がある。

・ある程度の進歩が見られるものの、エネルギー転換の軌道とはほど遠いのが現状であり、これを変えるには断固としたアクションが必要である。2050 年の気候目標を達成するには、2030 年までに然るべき行動が必要である。再エネをベースとしたエネルギー転換を加速するためには、今後 8 年間で重要となる。短期的なアクションの欠如は、1.5 度の気候目標へ

のパスが維持される可能性を一層低下させる。加速的なアクションは、NO-Regret 戦略であり、注意深く実施されれば、公正で包括的なエネルギー転換の利益を可能とするものである。

・今回の 2022 年版 World Energy Transitions Outlook は、大規模に展開できる利用可能なソリューションを活用して、2030 年のマイルストーンに到達するための優先分野とアクションを提示している（詳細は図 2 を参照）。今後の進歩は、技術導入による経済的および社会的影響を最適化するための政策パッケージを伴った政治的意志、対象を絞った投資、技術の組み合わせ次第である。エネルギー転換を 1.5 度目標に向けた軌道に乗せるには、以下で述べる最優先事項を同時に並行して実施してゆく必要がある。

・まずは、石炭火力を、クリーンな代替エネルギー、特に再エネに断固として切り替えることが決定的に重要である。ここ数ヶ月、天然ガス不足と高価格により、世界の石炭火力の段階的廃止が鈍化しており、再エネの一層積極的かつ強力な展開が必要になっている。石炭に大きく依存している国々にとって、その廃止の影響を強く受ける労働者や地域社会を考慮すると、石炭の段階的廃止は複雑なプロセスである。したがって、協調的行動と国際協力は、タイムリーな進歩のために不可欠である。石炭の約 30%が鉄鋼、セメント等で消費されているため、産業部門での石炭の代替にも同時に取り組む必要もある。これらの部門におけるイノベーション、業界のアクションそして国際協力によって、今後数年間は決定的なものとなるであろう。

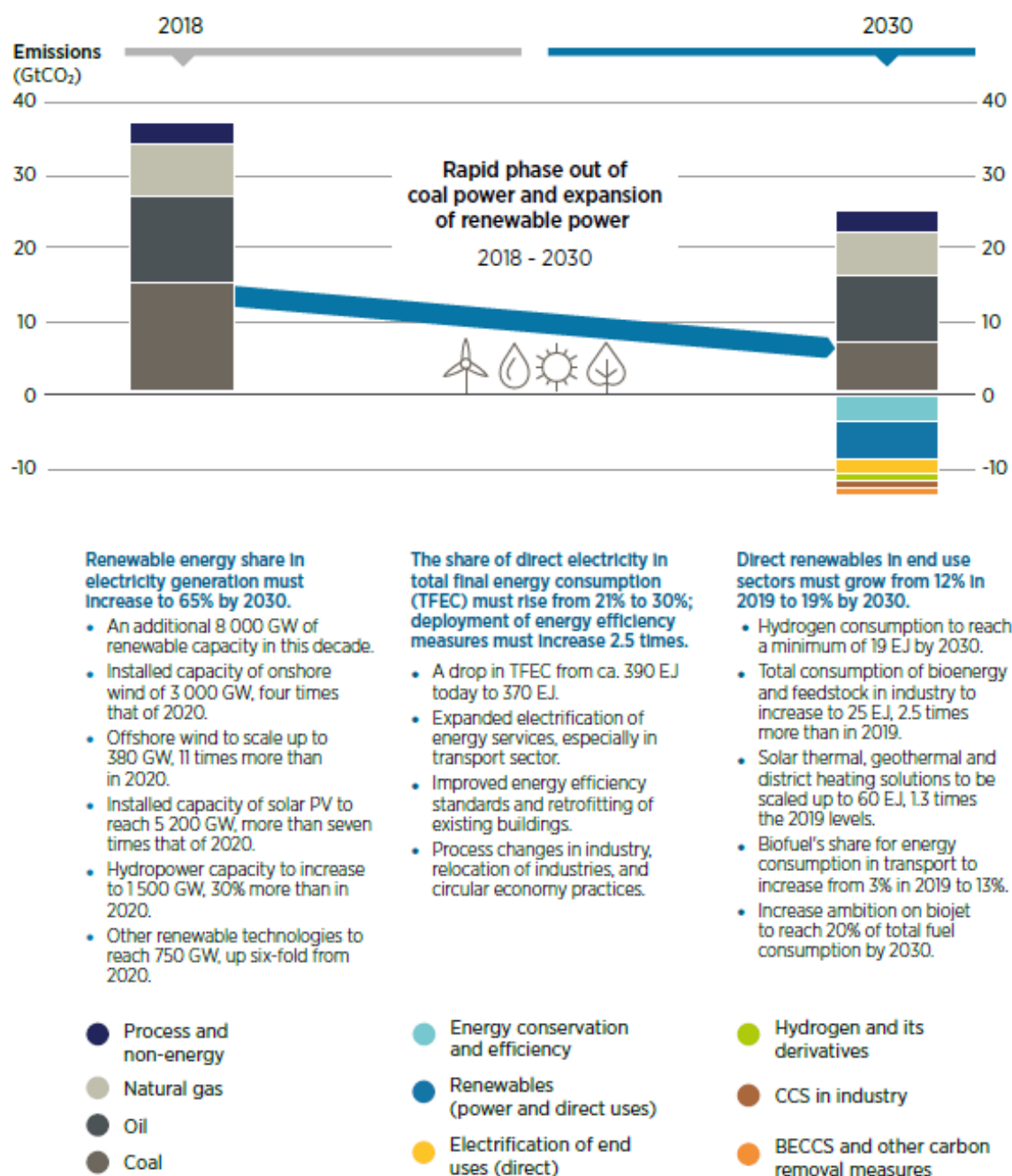
・化石燃料資産のフェーズアウトは、市場の歪みの排除、そして、エネルギー転換ソリューションへのインセンティブ措置と並行して実施されるべきである。中でも市場の歪みの排除は、化石燃料への補助金を段階的に廃止し、化石燃料の燃焼に伴う環境、健康、社会的コストが適切に燃料価格に反映されることで実現される。また、エネルギー転換ソリューションの競争力を強化するために、カーボンプライシングを含む経済的措置を講ずる必要がある。但し、低所得者層に対する影響を慎重に検討し、エネルギー貧困を悪化させることがないよう注意を要する。

・IPCC が推奨するように、再エネとエネルギー効率改善の強化は、2030 年までに CO₂ 排出量を半減させるための最も現実的な方策である。発電部門では、再エネは、他のエネルギー源よりも迅速かつ安価な導入と展開が可能である。しかし、IPCC の目標の達成のためには、再エネ発電容量の年間増加量を、現状の 3 倍まで引き上げなければならない。適切な条件さえ整えば、これは実現可能な水準である。

・高いシェアの VRE（自然変動再エネ）に対応できる多様で相互接続されたシステムの柔軟性とレジリエンスを高めるには、インフラの更新、近代化と拡張が必要である。高いシェアの VRE を統合するためにはガス火力発電だけが有用という考え方は、多様な柔軟性資源のコスト低下によって急速に古くなっている。しかし、技術的ソリューションだけでなく、市場も柔軟性資源活用のために適応する必要がある。現在の市場構造は、化石燃料の時代に

開発されたもので、大規模集中型発電所の運用コストを低下させるように設計されている。VRE の時代には、分散型発電の特性を考慮して、燃料費用や機会費用がゼロという前提で電力を調達する必要がある。

図 2 2018 年と 2030 年の CO2 排出削減



・グリーン水素は、2030 年までに現在のニッチからメインストリームにシフトすべきである。2021 年の電解槽の設置は 0.5GW であったが、その累積設備容量は 2030 年までに 350GW

に成長させる必要がある。水素は政策の注目を集めているため、今後数年間で世界市場が開拓され、コストを削減するための具体的なアクションが取られるはずである。グリーンソリューションのコストギャップを埋めるための支援スキームと並行して、基準（標準化）と産地証明（GO）の開発は、水素による気候変動への長期的取り組みを保証するものになる。

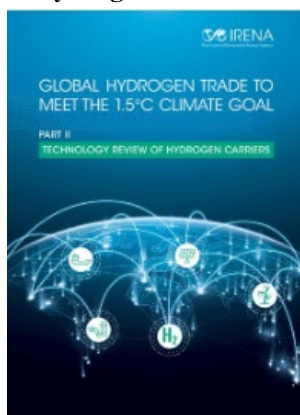
・原料利用を含むエネルギー需要を満たすための近代的バイオエネルギーの活用は、2030年までに3倍に拡大する必要がある。同時に、屋内での薪炭等伝統的バイオマスの使用は、クリーンな厨房設備に置き換える必要がある。バイオマス供給は拡大する余地があるが、サステナビリティを確保し、悪影響を最小限に抑えるために慎重に管理する必要がある。バイオエネルギーの幅広い利用を促進するサステナビリティに基づくサステナビリティ規制と組み合わせる必要がある。

・2030年の新車販売の大部分はEVとすべきである。EVはエネルギー転換プロセスの光明であり、2021年にすでに世界の新車の8.3%に達している。このEVシェアは、今後数年間で急速に上昇する。年間の蓄電池製造能力は、2025年には2021年比4倍の約2,500GWhまで拡大するだろう。但し、EVの増加は、今後10年間の充電インフラの大幅増加とEV普及を促進するための経済的インセンティブ、充電器の義務化、内燃エンジン車の禁止といった諸政策に最終的には依存する。さらに、旅行需要を減らし、可能な場合は公共交通機関と自転車への切り替えを促進するために、一層大きな努力を払う必要がある。

・すべての新しい建築物はエネルギー効率が高く、改修率を大幅に高める必要がある。建築物対策や規制強化は、短期的に大きな変化をもたらす可能性がある。冷暖房の脱炭素化には、建築基準、エネルギー消費機器の性能基準の強化、そして、太陽熱温水器、再エネベースのヒートポンプ、地熱暖房などの再エネ直接利用の義務化といった措置が必要になる。冷熱需要を脱炭素化するための努力は、今後数十年にわたって持続しなければならないが、特に上記の諸対策は遅滞なく実施されるべきである。

・エネルギー需要側を制御するDRやDSMは、エネルギー供給の長期的なセキュリティに貢献するだけでなく、短期的にも複数課題の改善に貢献できる。エネルギーシステムの変革は、単にエネルギー源を切り替えることなく、各部門を横断する形でエネルギーの効率的な利用を確保することにまで及ぶ。イノベーション、リサイクル、サーキュラーエコノミーは、中長期的な効率の追求において重要な役割を果たす。今後数年間は、前述の6つの技術手段〔1）再エネ発電と再エネの直接利用の劇的な増加 2）エネルギー効率の大幅な改善 3）最終需要セクターの電化（EVやヒートポンプなど） 4）クリーン水素とその派生物 5）CCSとセットのバイオエネルギー（＝BECCS） 6）最終的に削減困難な化石燃料からのCO₂排出のCCS〕に関連したバリューチェーンに沿った研究開発（R&D）、実証プロジェクトへの投資を増加させるべきである。同時に、無用なエネルギー消費を削減し、増加し続けるエネルギー消費を前提とした既存システムから脱却する必要もある。

2. IRENA “Global hydrogen trade to meet the 1.5°C climate goal: Part II – Technology review of hydrogen carriers” (2022 年 4 月発刊) の要約



・IRENA 2050 年 1.5 度シナリオを前提とした世界の水素貿易に関する IRENA 報告書三部作の一つ (Part II)。ガス化水素の輸送と貯蔵可能な形態への変換、輸送プロセスでの自体の水素利用、輸送キャリア純粋な水素への再変換について触れている (なお、三部作の他の 2 つは、「2050 年までの世界の水素貿易のシナリオを評価するための需要との統合」そして、「多様なシナリオと仮定の下での地域と時間範囲におけるグリーン水素供給のコストと技術的可能性」について)。概要は以下の通り。

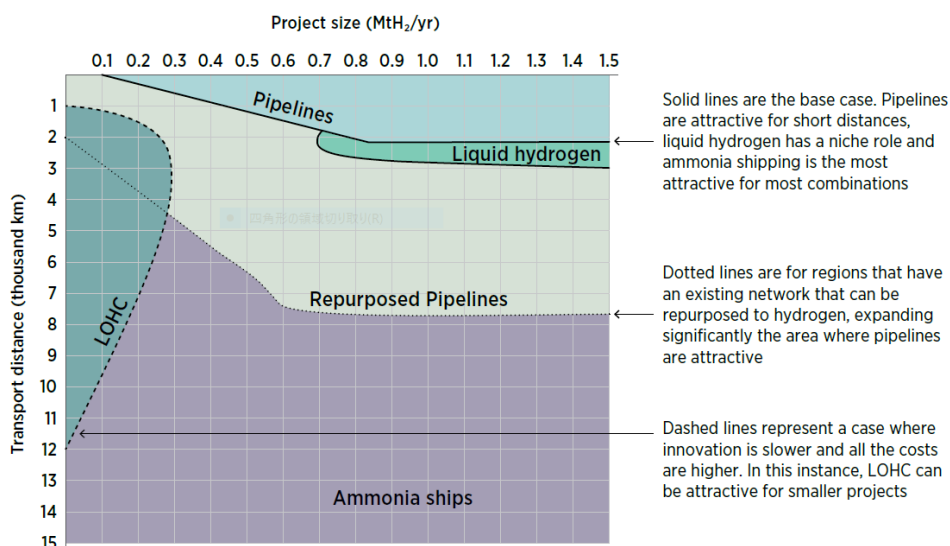
・水素はパイプラインまたは船舶によって長距離輸送することができる。この報告書では、圧縮ガス状の水素をパイプラインで輸送する場合と、アンモニア、液化水素、液体有機水素キャリア (LOHC) のそれぞれ 3 つのキャリアとを比較している。水素を使用して製造された製品 (例えば、水素利用による鉄製品) の輸送ではなく、水素そのものの輸送に焦点を当てる。その際、アンモニアが水素キャリアであると同時に、多様な用途の原料または燃料としても直接使用できることに留意されたい。メタノールやメタン等の炭素含有キャリアは、再エネ資源と見なされるためにはサステナブルな炭素源 (バイオマスまたは DAC) を必要とする上、この弱点を補うにはコスト面も不十分なためこの報告書の対象外とした。報告書は、ガス状水素から形態変換から、その輸送と保管、輸送プロセス自体での水素利用そしてキャリアから水素への再変換までをカバーしている。

・輸送コストを決定づける 2 つのパラメータは「生産設備規模」と「輸送距離」である。規模は「規模の経済」を形成し、生産設備の規模が大きいほど輸送の原単位は低下する。LOHC、アンモニア、液化水素の available benefit の最大値はそれぞれ 0.4、0.4、0.95 MtH₂/年の場合である。参考までに 1 MtH₂/年とは、年間約 60%稼働率の 10 GW 電解槽の水素生産量あるいはアンモニア製造工場 5 件分の年間水素消費量に相当する量である。この規模まで生産が拡大できれば、今日の実証プロジェクトと比較して最大 80%の輸送コストが削減可能である。図 3 は、2050 年のそれぞれの水素形態 (LOHC、アンモニア、液化水素) について、生産規模と輸送距離の関数としてのコスト最適点を示している。生産規模と輸送距離の関係から 2050 年に最も優位性のある水素形態を同定することで、長期的な便益を最大化しつつ、短期的な取り組みをどこに集中させるかを検討することができる。

・アンモニア輸送船は、(生産規模と輸送距離の) 多様な組み合わせに対して最も優位性のあるオプションである。水素・アンモニア間の変換コストそしてアンモニア貯蔵コストと比べると、アンモニアの輸送費用自体は比較的小さい。したがって、輸送距離が長くなるほどコスト全体への (変換と貯蔵のコストの) 影響は限定的になり、距離が長くなるほど魅力的なオプションとなる。他方、パイプラインのコストは距離に比例して大きく変化する。例え

ば、最大 3,000km の短距離輸送であればパイプラインが最も安価なオプションとなる。

図3 2050年水素輸送方法のコスト最適点（生産規模と輸送距離の関数として）



・パイプライン輸送のコストは、輸送されるフロー量によって変化する。例えば、パイプラインの直径が2倍になると、敷設コストは約2倍になるが、フロー量は4倍になるため、輸送される単位水素あたりの原単位が低下する。このため、プロジェクト規模が増大すると、パイプラインが優位性を持つ距離が拡大する。北米、ヨーロッパ、中国東部等既存の天然ガス用パイプラインの水素への再利用が可能な場合、投資コストは新規の水素パイプライン敷設のコストより 65～94%低くなる可能性がある。この場合、パイプラインが優位性を有する距離が最大 8,000km まで大幅に拡大する。これは、ウクライナからスペインまで、または米国の東海岸から西海岸までの距離のほぼ 2 倍に相当する。このオプションはコスト面では優位性があるが、既存のインフラによる制限があり、天然ガス需要の（地理的および時間的な）減少に依存するという問題点がある。たとえ船舶輸送が最も優位となる距離と量の組み合わせであっても、パイプラインは、海岸に近接しない内陸の需要地に水素を輸送する役割を果たす。

・液化水素を輸送することの最大の問題点は、-253℃ という超低温が要求されることである。液化に大量のエネルギーが必要（水素の固有エネルギーの 30～36%に相当する量のエネルギーを消費）なことに加えて、極低温条件向け設備のため機器コストが高額になる。このため、液化水素は比較的短い距離において優位性を発揮する。距離が長くなると、連続的なフローを維持するためにより多くの船舶が必要になるからである。短距離はパイプラインが最も優位性を有する分野でもある。パイプラインがオプションとして選択できない場合、例えば、日本や韓国の場合は、液化水素は最大約 4,000km までの距離の大規模輸送に優

位性がある。

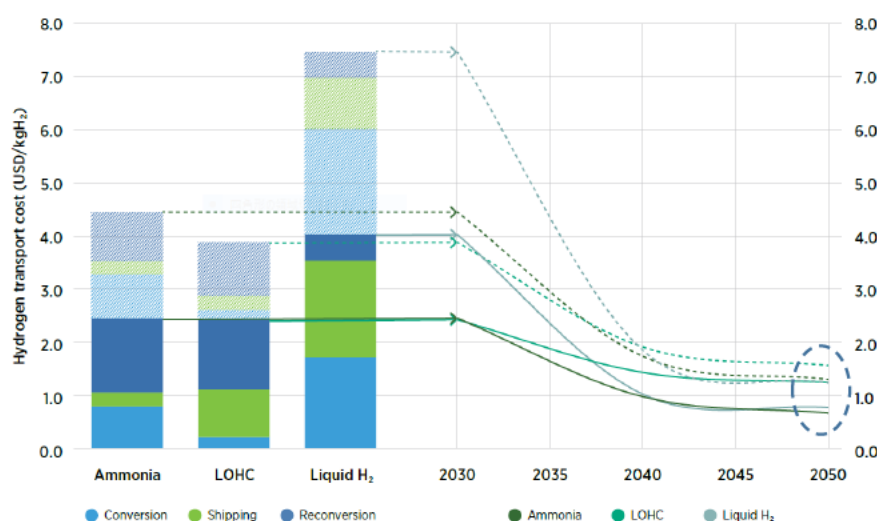
・LOHC は石油派生物であることから既存の設備を使用でき、安定した化合物であることから、輸送または保管中にボイルオフによる損失がない。ただし、複数の課題がある。一つはキャリアとしてのサステナブルなパスが証明されていないことである。このキャリアは繰り返し再利用できるが、1 サイクルあたり 0.1%の損失が発生するため継続的に補填してゆく必要がある。また、そのほとんどは限定的に生産される特殊な化学物質であり、新規市場のために数倍規模で今後生産量を拡大する必要がある。また多くの場合コストが高く、一定量の在庫が必要なため特に初期コストが高くつく。さらにキャリアとしての水素含有量は重量比で 4~7%程度と低く、単位水素量に対して大量の LOHC を輸送する必要がある。最後に、キャリアからの水素の回収が吸熱反応プロセスのため、水素の固有エネルギーの 30~40%に相当する熱が消費されてしまう。要するに、将来の世界の水素貿易において LOHC による水素輸送の演ずる役割が限定的となってしまう可能性のある複数の課題がある。

・図 4 は、水素生産が実証規模から商用規模に移行すると予想される 2030 年の輸送コストの内訳と 2050 年にかけてのコスト進展の予測を示している。2030 年に最もコスト優位性のあるキャリアはアンモニアと LOHC であり、水素製造を除いた輸送コスト自体は 2.5~4.5 / kgH₂ (輸送距離 10,000 km の場合) である。コストの下限は、技術革新と技術蓄節が進んだ最も楽観的でありながら現実的なシナリオに基づく。2030 年時点で、液化水素は「規模の経済」のメリット得られる水準を下回る規模での生産量に限定されるため依然としてコストが最も高い (=2030 年時点では液化水素は「規模の経済」の恩恵を受けられない)。

図 4 キャリア別の輸送コストの 2030 年内訳 (左) と 2050 年にかけての進展 (右)

(実線は最も楽観的なシナリオ、破線は最も悲観的なシナリオに基づく；

いずれも輸送距離は 10,000km の長距離を想定)



・2050 年に向けて水素の輸送コストを削減するために 3 つの方策がある。1 つ目は、水素の

液化とアンモニアや LOHC への変換、そして水素への再変換のためのエネルギー消費を削減するための技術革新である。これらは、各バリューチェーンの中で最もエネルギーを消費するプロセスである。実のところ、現時点ですべてのバリューチェーンの利用が現実になったわけではない。例えば、船舶輸送においてアンモニアを船舶の燃料として直接使用するには、アンモニアから再変換と同様に、リスクを軽減する必要がある（2024 年までには可能になると予想されている）。また、LOHC の場合、サプライチェーンの規模を拡大し、大規模スケールでの変換と再変換を実現する必要がある。水素の液化自体はすでに商用化が実現されているが（追加のリスク発生の可能性もある）世界貿易に必要なスケールにはほど遠く、液化水素の船舶輸送についても実証を行ってゆく必要がある。

- ・コスト削減のための 2 番目の方策は「規模の経済」である。それぞれのバリューチェーンでの可能な限り最大規模までに生産量を増加させれば、「規模の経済」効果だけで最大 80% のコスト削減を実現できる。3 番目の方策は「Learning-by-doing」である。グローバルな経験を蓄積し教訓を共有することで、初期プロジェクトから標準的な設計を経て多くの機器のモジュール化へ至るまでのコスト削減につながる。

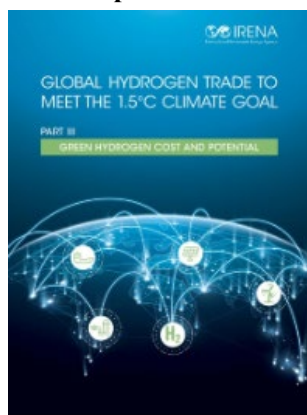
- ・これらすべてのコスト削減ドライバーが適切に実施されれば、最も楽観的なシナリオ下で、輸送距離 10,000 km の場合の輸送コストが 2050 年までに 0.7~1.2 米ドル / kgH₂ まで低下する可能性がある。ただし、技術革新と国際協力が乏しいシナリオ下では、1.3~1.6 米ドル/kgH₂ と高くなる可能性もある（図 4 の点線枠を参照）。いずれにしても、ここまで低下すれば、輸送コストは生産コストと概ね同じ水準となり、水素輸出国は、水素輸入国の生産コストの約半分のコストで水素が生産できればよいことになる。しかし、これは限定的な実証プロジェクトしかいない現状からはほど遠い水準である。技術が 2050 年に向けてどのように進展するかによって、これらは大幅に変化する可能性がある。

- ・短期的に見ると、アンモニアと既存の天然ガスパイプラインの活用が水素輸送の初期段階では最適なオプションに見える。120 以上の港湾がすでにアンモニア用のインフラを備えており、世界のアンモニア生産量の 10% が既に取り引されている。再生可能なアンモニアが生成されれば、その特性を維持したまま化石ベースのアンモニアと任意の比率でブレンドできるため、初期取引は容易である。アンモニアには 1.83 億トン/年の既存市場があり、2050 年までに 6 億トン/年以上に成長すると予想されている。これは、（固有エネルギーの 13~34% を失う）アンモニアから水素への再変換が不要であることを意味し、バリューチェーンに沿った全体的なエネルギー消費を削減するためにアンモニアを直接使用することもできる。このアンモニアの直接利用は、LOHC にも液化水素にもない利点である。天然ガスの需要が減少すれば、既存の天然ガス用パイプラインを再利用することも可能となる。欧州ではオランダにおいて既に天然ガスから水素へのパイプライン転用の経験があり、さらに地域ネットワークを整備する計画もある。

- ・水素への再変換が不要なアンモニアのように、水素輸送にとって活用可能な他のコモディ

ティもある。水素輸送自体は最終的な目的ではなく、低コストの生産地点から大規模需要地への再生可能エネルギーの輸送と捉えることができる。このプロセスは、エネルギーの最終需要者が最終的に消費する形態に水素を再変換することによって完結する。この場合、輸送キャリアのエネルギー密度が高ければ、輸送の費用対効果が高くなる。これは、鉄、原料としてのメタノール、航空用の合成燃料の場合にも当てはまる。これらの製品はすべて、代替品が限定されているかまったくないが、水素から製造することができ将来確実に必要とされるようになる。これについては今後のIRENAの報告書の主要テーマとなるであろう。

3. IRENA “Global hydrogen trade to meet the 1.5°C climate goal: Part III – Green hydrogen cost and potential”（2022 年 5 月発刊）の要約



・IRENA 2050 年 1.5 度シナリオを前提とした世界の水素貿易に関する IRENA 報告書三部作の一つ (Part III)。概要は以下の通り。

・水素はネットゼロエネルギーシステムの不可欠な構成要素である。特に重工業や長距離輸送など電化が困難なセクターの脱炭素のための代替エネルギーとして重要である。再エネから水素を生成する水電解（＝グリーン水素製造）は、最もサステナブルな水素製造技術である。これにより、電力セクターとのセクターカップリングが可能になり、VRE を電力システムに統合するための柔軟性が生み出される。同時に、エネルギーの季節貯蔵とアデカ

シー容量（電力システムの信頼度維持のための裕度容量）確保の代替手段を提供することができる。

・グリーン水素が直面している課題の 1 つは、化石燃料や他の低炭素技術と比較してコストが高いことである。しかし、技術革新と世界規模での展開、電解槽の大規模化、主なコスト要因である再エネ発電コストの継続的な低下により、グリーン水素は今後 10 年以内に化石燃料由来水素と同等のコスト水準に達すると予想される。

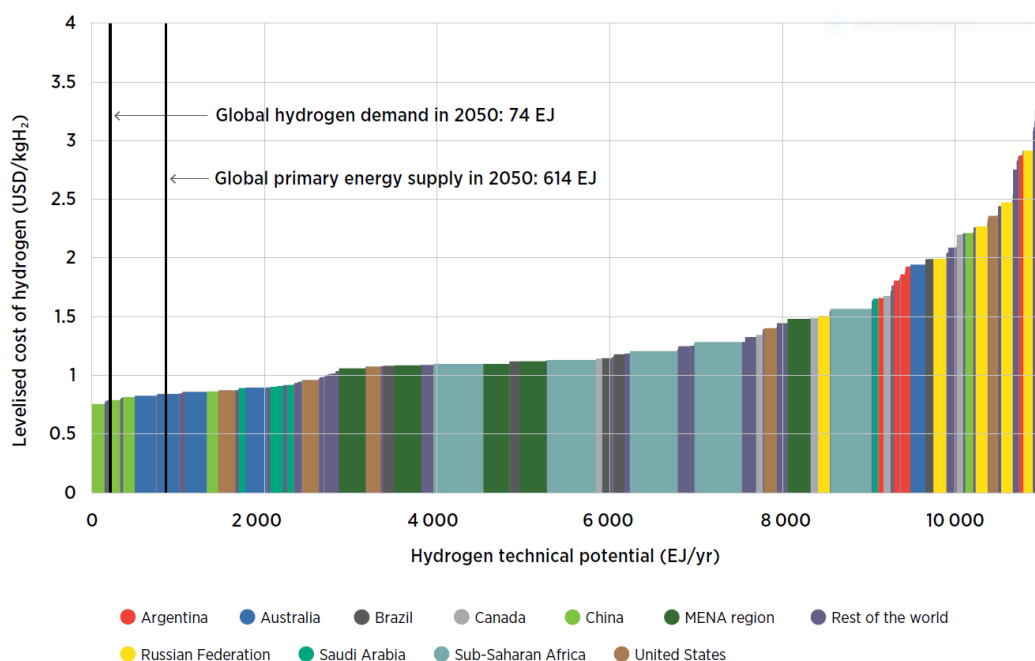
・この報告書は、2030 年と 2050 年に向けたグリーン水素の世界的なコストの変化を調査した。再エネ資源はロケーションに大きく依存するため、地理空間アプローチを用いている。世界を約 1 平方キロメートル (km²) のピクセルに分割し、再エネ発電（太陽光発電、陸上風力、洋上風力）と電解槽の最適な構成により、その地点での最小生産コストを決定する。発電電力はオフグリッドで全量水素生産に投入される（＝dedicated プラント）との仮定に基づいてコスト算定しており、需要地への輸送に関するコストは捨象して純粋な生産コストのみを調査対象とする。各国のポテンシャルは、利用可能な土地に基づいているが、保護地域、森林、湿地、都市中心部、斜面、水資源不足といった土地は対象から除外している。これによって、すべての地域の生産コストとグリーン水素のポテンシャルの双方を推定することを可能とした。

・土地の利用制約を考慮したグリーン水素の技術的ポテンシャルは、2050 年の世界の一次エネルギー需要のほぼ 20 倍と推計された。ただし、グリーン水素のポテンシャルは単一の値ではなく、生産コストと再エネ発電容量の関係から生み出される連続的な値である（図 5 参照）。グリーン水素の生産コストは、再エネ発電容量、電解槽、WACC（加重平均資本コスト）に直接依存する。2050 年にネットゼロ排出エネルギーシステムを実現するために、14TW の太陽光発電、6 TW の陸上風力、4～5TW の電解層が必要になる。これらの世界的な量的規模拡大によって、技術革新、規模の経済、そしてサプライチェーン最適化が進むと考えられ、技術コストは劇的に減少すると予想される。その結果、最適なロケーションにお

ける最も楽観的なシナリオでは、水素の生産コストは 0.65 米ドル / kg (kgH_2) まで低下する可能性がある。他方、技術コストが高いままの悲観的なシナリオでは、2050 年の水素生産コストの最低水準は 1.15 米ドル / kgH_2 と推計され、さらに同年の水素需要 74EJ/年を満たすためには 1.25 米ドル/ kgH_2 までコストが上昇すると見られる。

・グリーン水素のポテンシャルは世界全体では十分すぎるほどある。しかし、個別の国単位で見るとポテンシャルに制約があり国内生産だけでは国内の水素需要を満たすことができない国がある。例えば、日本と韓国は、国土面積のそれぞれ 91%、87%が水素生産の適地から除外されるなど最も国土制約の強い国である。韓国は 2050 年の国内エネルギー需要を満たすために、再エネポテンシャル全体の約 1/3 を活用する必要があるが、その多くが電力需要に回されるとすると、再エネによる水素生産の余地はほとんど残されていない。日本のポテンシャルは、太陽光発電が約 380GW、陸上風力が 180 GW であり、再エネ資源量そのものは年間約 2,000 万 tH_2 の水素を 2.4 米ドル / kgH_2 以下のコストで生成するのに十分である。しかし、再エネ資源の質に目を向けると、太陽光発電の設備利用率は 14%未満、風力で 30%未満と比較的低く、再エネポテンシャルの多くは水素ではなく電力需要を満たすために使用されることになろう。他に、国内の水素需要を満たすために再エネポテンシャルの多くを水素生産に向けなければならない国はインド(高い人口密度、耕作地、サバンナ気候、森林のために国土の 89%を水素生産から除外)、ドイツ(森林と農地のために国土の 66%を水素生産から除外)、イタリア(傾斜面、高い人口密度、耕作地のために国土の 62%を水素生産から除外)、サウジアラビア(水資源不足のため国土の 94%を水素生産から除外)である。

図 5 2050 年のグリーン水素の供給曲線（楽観的シナリオケース）

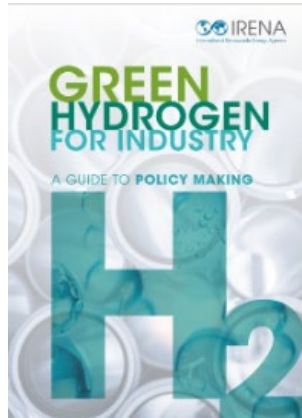


・水は電気分解への入力として使用され、グリーン水素生産の重要なパラメータの 1 つである。水が不足している地域では、淡水化による造水を使用できるほか、海岸線から遠く離れた地域でも、水を輸送して使用することが検討される。これにより給水コストが増加するが、それでも 0.05 米ドル / kgH₂ と水素生産コスト全体に占める割合は比較的小さく、電解槽のエネルギー消費量の 1~2% に過ぎない。水資源不足が水素ポテンシャルを最も低下させている国はサウジアラビア (92% 減少)、中東 (83% 減少)、モロッコ (63% 減少)、その他のアジア (61% 減少)。それでも、依然としてこれらの国の水素生産のポテンシャルは大きい。サウジアラビアでは約 190 百万 tH₂ / 年の水素を生産するのに十分であり、モロッコはこれらの地域で最小ポテンシャルであっても約 90 百万 tH₂ / 年の水素を生産することができる。

・分析に当たっての主な不確実性は、コスト水準、特に 2050 年に向けた再エネの CAPEX、電解槽、WACC (加重平均資本コスト) の進展にある。技術進歩は継続し、技術の普及はグローバルなサプライチェーンの最適化、標準化を進展させる。他方で、エネルギーシステムが化石燃料ではなく固定資本資産に転換する (≒再エネに転換する) につれて、2021 年に経験したようなコモディティ価格の変動は、資本コストの増加につながる可能性がある。もっともコモディティ価格の変動は新規資産へ影響を与えるだけなので、エネルギー価格に与える影響は比較的小さい。

・多様な技術の最低コストはまだ確実には分らない。太陽光発電や電解槽のコストが近年の低下傾向を継続すると仮定すると、太陽光発電をベースとした水素生産は最もコスト効率的になるだろう。サハラ以南のアフリカ、中東、中南米の国々は、再エネポテンシャルが非常に高く、コスト推定の主な不確実性は、2050 年に向けて高い WACC をどれだけ低下させることができるかである。このことは再エネ資源の質よりも WACC の差の方が各国の水素生産コスト差に一層大きな影響を与えることを示唆している。

4. IRENA “Green hydrogen for industry: A guide to policy making”（2022 年 3 月発刊）



・2020 年に、IRENA はグリーン水素政策に焦点を当てた最初の報告書”Green hydrogen: A guide to policy making”を発刊した。そこでは、グリーン水素の大規模展開に対する障壁と効果的な政策立案主要な柱について概説し、グリーン水素に関する政策立案を議論するための枠組みを提示した。また、グリーン水素の生産から消費まで様々な段階において障壁と課題があることから、2021 年にはそうした課題を克服するためのオプションに焦点を当てた報告書 “Green hydrogen supply: A guide to policy making”を発刊し、電解槽によるグリーン水素生産、輸送、保管のオプションを支援する

ため政策オプションを検討した。これらを踏まえて、今回の報告書は産業部門でのグリーン水素の課題の整理とこれらの課題を克服するための政策オプションを提示している。概要は以下の通り。

・気候変動の影響に対する世界的な認識が高まり、多くの政府が GHG 排出の太宗を占めるエネルギー部門の脱炭素化のための政策を打ち出してきた。しかし、これまでのところ、それらの政策は主として電力部門に集中している。政策立案者にとっての次の課題は、鉄鋼、化学、石油精製などの素材産業の製造施設を含むエネルギーシステム全体の脱炭素化である。これらの産業からの GHG 排出量は、再エネのコストが低下し続けているにもかかわらず、パリ協定での公約とは対照的に増加し続けている。

・これらの素材産業における課題の一つは、生産プロセスが化石燃料に大きく依存していることであり、しばしば **Hard-to-Abate** セクターとも呼称される。しかし、再エネ技術が進化するにつれて、**Hard-to-Abate** セクターに対するソリューションが登場してきた。その中でもグリーン水素は最も期待されているソリューションであり、このことは業界でも共通の認識となっている。グリーン水素ベースの重工業に移行するには、中核となる工業プロセスの大きな技術的転換が必要である。歴史を振り返れば、そのような製造プロセスの変化は、技術革新によって大きな経済的利益がもたらされる場合に起きてきた。気候変動対策の緊急性と **Hard-to-Abate** セクターの投資サイクルが 2050 年までにあと 1 回だけであるという事実を踏まえると、グリーン水素技術がコスト低下するのを持っている時間的余裕はない。政策立案者が主導して、政策と規制を通じて、生産プロセスの変化を加速しなければならない。それによって、グリーン水素技術への民間の投資を促進することができる。

・直面する課題は困難かつ切迫しているが、グリーン水素への転換は達成可能であるという兆候が見られる。技術的ソリューションは存在しており、実証事業を伴う複数のイニシアティブが進行中である。加えて、次々と多くの国々が産業部門でのグリーン水素活用を支援する政策を計画中である。この報告書で示した障壁を克服し、**Early Mover** を支援し、グリーン水素によるイノベーションが素材産業のデフォルトオプションとなるには産業政策が必

要になる。図 6 は、産業部門におけるグリーン水素利用を推進・支援するための第 1 段階から第 3 段階までの各段階における政策ロードマップを示している。

図 6 産業部門での水素の展開のための各段階における政策ロードマップ

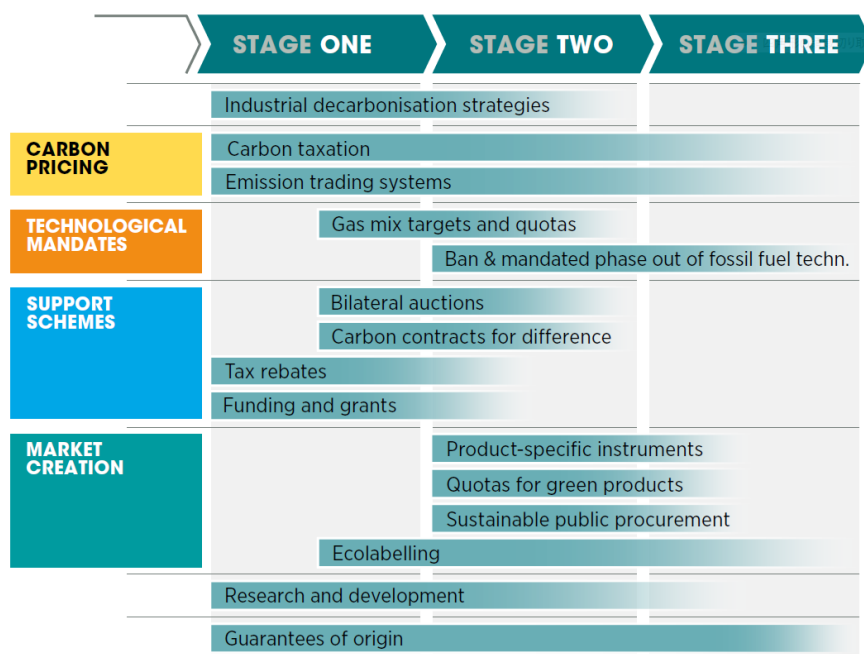


図 6 に列挙した政策のうち一部は既に実施されているが、他の政策は検討中あるいは提案中のものが多い。これら政策全部がすべての国々で同時に必要になるわけではない。しかし、いくつかの政策の適切な組み合わせ（例えば、水素への転換の義務化あるいは推進と同時に支援策の同時実施）の実施が世界各国で横断的に必要になると考えられる。適切な支援策を講じないまま水素への転換の義務化だけを進めると産業界からの組織的な抵抗を招く可能性がある。また、カーボンプライシングだけを単独で実施すると脱炭素化に必要な価格水準と安定性を達成できない可能性がある。同様に、全体的な脱炭素ロードマップなしで、グリーンな素材・製品のみを支援すると、長期的には政策効果が得られないリスクがある。

・図 6 のロードマップに提示された諸政策のリストは、「To-do リスト」ではない。むしろ、この図は、政策立案者に政策オプションの包括的な全体像を示し、これらに関する議論を促進し、オプションの採択を加速するためにアベイラブルなツールを提示することを目的としている。産業資産は寿命が長く、社会とも深く結びつき、雇用と富を生み出している。2050 年のデッドラインが近づくにつれて、これ以上の遅れはグリーン水素への転換を一層複雑にする。気候変動危機の緊急性とともに、産業部門のエネルギー転換を確実なものとするために政策立案者による適切なアクションが必要となっている。

5. IRENA “Decarbonising End-use Sectors: Green Hydrogen Certification” (2022 年 3 月 発刊)

の要約



・グリーン水素の認証とトラッキングシステムの技術的課題、実証・計画中のグリーン水素認証スキーム例、グリーン水素認証システム実施のための政策立案者向け勧告から構成される技術報告書。IRENA Coalition for Action の Working Group on decarbonising end-use sectors によって作成されたもの。政策立案者向けの勧告は以下の通り。

・トラッキングシステムは、透明性確保とグリーン水素利用を促進することで、グリーン水素開発にプラスの影響を与え、グリーン水素セクターの一層迅速な展開を可能とする。グリーン水素のトラッキングシステムが適切に機能し、グリーン水素の確立と脱炭素化の目標達成を確実にするため、政策立案者に対して以下を勧告する。

1. グリーン水素の定義を明確化する。市場の細分化を回避するために、透明性の高い方法論に基づいて、コンセンサスのあるグリーン水素の定義を明確化すること。
2. グリーン水素の生成に使用される再エネの起源を証明すること。グリーン水素認証のための必須条件として、使用した再エネ電力源の信頼できる根拠を示すことが必要となる。水素生成に使用される再エネ電力は、以下の各要件によって同定される。
 - a. 技術的要件：水素生成に投入された電力が再エネから供給されることを保証するためトラッキングシステムを用いる。
 - b. 地理的要件：水素生成のための電解プロセスで再エネ電力が物理的に使用されたことを保証するために、地理的バウンダリを定義する際には送電網の物理的制約を考慮する必要がある。
 - c. 時間的要件：使用された電力の供給源が再エネであることを保証するために、グリーン水素認証には時間制約のクライテリアを考慮する必要がある。
 - d. 追加性要件：グリーン水素セクターの開発がエネルギー転換全体に悪影響を及ぼさないように追加性が求められる（≒多用途に既に使用されていた再エネ電力を水素生産に振り向けるのではなく、新規の再エネ発電設備から追加的に発電された電力を用いる）。グリーン水素市場の成長が再エネの成長につながり、エネルギー転換全体にプラスの影響を与えることを保証するために、追加性の要件を必須とするべきである。

・以上これらの要件に基づいて、頑強で信頼性の高いトラッキングシステムを整備することは、水素の生成起源について政府や民間企業が透明性の高い情報を共有するために不可欠である。しかしながら、グリーン水素市場が初期段階においても発

展できるように、地理的、時間的、追加性の各要件にはある程度の柔軟性を暫定的に考慮してもよい。ただし、短期的な暫定措置においても、トラッキングシステムの頑強性、一貫性、消費者に対する信頼性が損なわれないよう注意する必要がある。

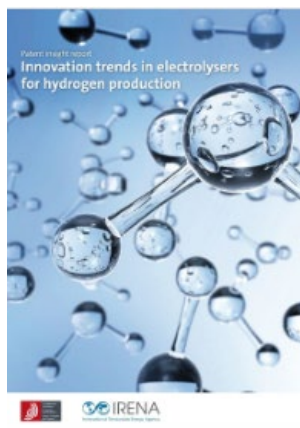
3. グリーン水素認証の証書には、消費者と政策立案者にとって十分な情報が含まれていること。消費者の理解を確実にするために、認証において特定の情報が即座に入手可能でなければならない。消費者は主として、購入済みのある単位の水素の起源、すなわち、それらがどこから来て、どのように生産されたか、その生成プロセスからの GHG 排出量の定量化に関心を持っている。認証は、目標に向けた政策の進捗状況を政府が定量的に評価する際にも活用することもできる。
4. 管理コストの負担軽減のためにグリーン水素トラッキングシステムを簡素化すること。認証は、グリーン水素の展開を加速化できる市場を生み出す。グリーン水素プロジェクトの開発を停止あるいは遅延させる可能性のある管理上の負担や障壁を回避することで、認証がグリーン水素市場に与えるプラスの影響を一層大きくすることができる。
5. 費用対効果の高いトラッキングシステムを実装すること。グリーン水素市場を創出するには、国際的に一貫性のあるグリーン水素基準と認証原則に基づく費用対効果の高い水素トラッキングシステムを確立する必要がある。しかし、信頼性の高い水素トラッキングシステムは、新たなコストを生み出す可能性がある。このため、可能な範囲で、革新的なアプローチと費用対効果の高い技術を活用して、利用者の認証に伴うコストを低減させる必要がある。これは、グレー水素やブルー水素に対するコスト競争力が欠如しているグリーン水素を促進するためにも重要である。
6. 悪用や透明性低下を避けるために適切な制御システムを導入すること。認証の発行、取引・移転、取消に係る運用上のリスクを回避するために、リスク緩和戦略と適切なシステム設計、制御方法、手順を整備すべきである。
7. 既存のトラッキングシステムとのインタラクションを適切に検討すること。(再エネ電源、GO 等の) 既存のトラッキングシステムと新しく整備されたトラッキングシステムの間のインタラクションは、認証の対象となるある特定のエネルギーキャリアが、他のスキームでの認証対象となる別のエネルギーキャリアに変換される場合に発生する。異なるスキームの共存とインタラクションの適切な検討を怠ると、既存スキームの信頼性と正確性を損なう可能性がある。十分に機能するグリーン水素トラッキング認証システムを整備するには、インタラクションが発生しうる条件を特定・評価し、異なる既存のスキーム間の望ましくないインタラクションを回避するためのリスク戦略を開発することが重要となる。
8. 認証のダブルカウントを回避すること。例えば、異なる国で 2 つのシステムが共存する場合は、ある単位の同一のグリーン水素に対して複数の認証がなされないようにダブルカウントを回避するメカニズムを導入する必要がある。

9. タクソノミーとグリーンファイナンス基準を活用して、グリーン水素の認証要件との適合を図ること。グリーン水素プロジェクトは一般にコストが高いため、プロジェクト開発には経済的支援と資本へのアクセスが必要となる。グリーンファイナンスの原則を活用して、グリーン水素トラッキングシステムの要件を満たすグリーンプロジェクトがグローバルファンドに優先的にアクセスできるように制度設計すべきである。

10. 世界的に広く受け入れられる規則と要件を確立するために国際協力を促進すること。グリーン水素は輸出産業として有望であるが、認証スキームが整備されないとプロジェクトの遅延やグリーン価値の低下を招く可能性がある。国際的に認知されたルールを適用することによって、グリーン水素の GHG 排出量の算定方法が明らかとなり、取引市場におけるグリーン水素の位置づけが明確化される。

以上のように、グリーン水素のトラッキングシステムも再エネ電力のトラッキングシステムと同様に、透明性、信頼性、簡便性、柔軟性の原則に従う必要がある。トラッキングシステムは産業界に支持された上で、非営利団体やその他の公的機関によって管理される必要がある。

6. IRENA “Innovation Trends in Electrolysers for Hydrogen Production”（2022 年 5 月発刊） の要約



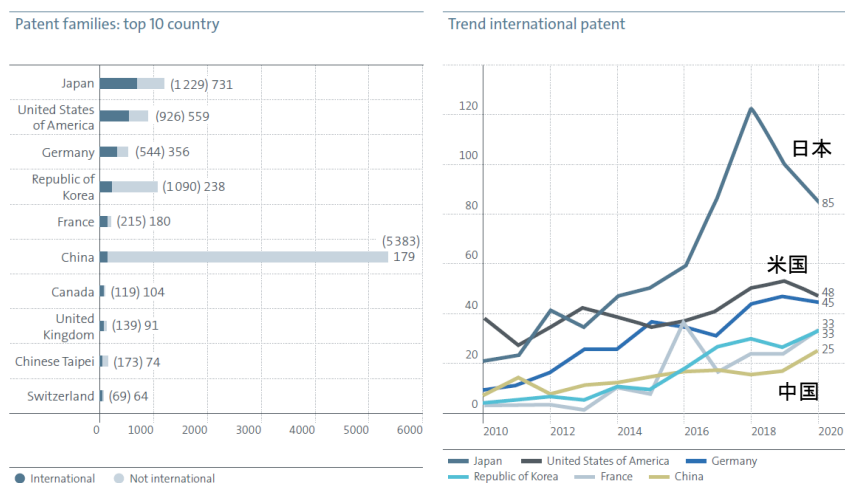
・水素生成用の電解槽の領域で 2005 年から 2020 年の間に公開された世界の出願特許状況を分析し、多様な電解槽の技術的傾向を調査した報告書。欧州特許庁（EPO）と IRENA による共著。概要は以下の通り。

・グリーン水素製造における重要な技術的要素の 1 つが電解槽である。2005 年～2020 年の間に、水の電気分解に関連する 10,894 件の特許群が世界中で公開された。公開された特許数は平均で 18%/年のペースで増加した。2016 年には、水の電気分解に関連する特許群の数が、石炭および石油ベースの水素源に関連する特許の数を上回り、2020 年までに倍増した。また、水の電気分解に関する特許群のうち 73%は、現在も有効な特許を少なくとも 1 つは有している。

・現時点において、中国からの特許出願数は、合計 5,383 件の特許群と世界 1 位である。2 位以下は、日本 1,229 件、韓国 1,009 件、米国 926 件、ドイツ 544 件、フランス 215 件と続く（図 7 の左図参照）。ただし、中国の特許出願数のうち国際特許は 3% だけであり、残りの 97% が国内市場向けの国内特許である。さらに、詳細な分析によると、中国で出願された特許は、他国でそれ以上の特許出願がない実用新案であることが多く、かつ中国の出願者は、同一または類似の発明についても特許を重複して出願することが多いため、これが中国での特許出願数を増加させる背景にある。

・このような背景を踏まえて、特許群と特許出願国の地理的範囲を考慮して、国際特許群という概念を整理した。図 7 の右図はこの国際特許群の件数の推移を示したものである。

図 7 特許群のトップ 10 国（左図）と主要国の国際特許群件数の推移（右図）



・国際特許群のトップは日本である。しかし、その特許出願数は2018年をピークにその後大きく減少に転じている。日本に、第2位の米国、第3位のドイツを加えた上位3か国で、2005年～2020年の国際特許出願数全体の52%を占める。国内向けが多いものの中国の国際特許出願数も近年は大きく増加しており、減少傾向の日本とは対照的である。電解槽の領域における国際特許出願は東芝、パナソニック、本田技研工業の3社によって牽引されてきた。そのほか、シーメンス（独）とCEA（FR）を加えた上位5社で電解槽に関する特許活動の15%を占める。

・2018年には非貴金属電極触媒に関する発明が貴金属触媒の使用に関する発明量を上回った。この傾向は拡大を続けており、中国での大量の国内出願に起因している。光電解（光をエネルギー源として使用する水分解）は、国際特許群の平均的な出願数を上回る形成する有力な新規技術であり、約50%は大学によって出願されている。

・欧州と日本は、関連するすべての派生技術分野の国際特許総数の50%以上を占めている。欧州は電解槽と電解スタックで全特許数の41%、電極触媒材料で34%、セルの動作条件と構造で32%と各要素技術の積み重ねでリードしている。他方、日本は光電解で39%、セパレーター（ダイヤフラム、メンブレン）で36%を占めて、この分野ではトップの座にある。米国はすべての技術分野で平均18%のシェアである。韓国は、他のカテゴリーで平均7%であるのに対し、セパレーター（ダイヤフラム、メンブレン）については自己の最高シェア（16%）とこの分野については比較的強い。中国の国際特許は全体の約4%しか占めていないが、国内特許出願の数だけ見ると圧倒的に高いシェアを持っている。

・これらの特許データは、電解槽のコスト削減につながる技術発明の増加を示している。例えば、高圧で動作するセル、非貴金属の使用、超極薄有機膜といった技術の国際特許出願の増加が近年見られる。

7. IRENA “Innovation Outlook: Renewable Ammonia”（2022 年 5 月発刊）の要約



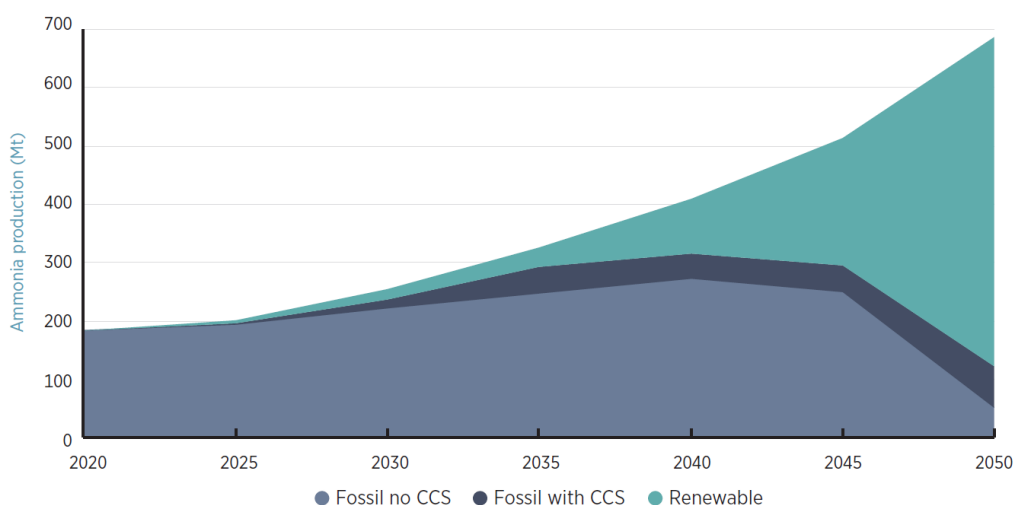
・化石ベースの従来型アンモニアと対比される再生可能アンモニア（Renewable ammonia）の全体像と現状の技術状況を詳述した報告書。IRENA と Ammonia Energy Association（AEA）の共著。概要は以下の通り。

・アンモニアは、エチレン、プロピレン、メタノール、BTX 芳香族化合物（ベンゼン、トルエン、キシレン）と並んで、他のすべての化学製品の製造に使用される 7 つの基本的な化学物質の 1 つである。硫酸に次いで質量ベースで 2 番目に多く生成される化学物質である。全アンモニアの 4/5 が尿素や硝酸アンモニウムなどの窒素肥料の生産に使用されており、世界の人口の約半分の食料生産を支えている。

・炭素フリー燃料そして水素のキャリアとしてアンモニアの利用検討が始まりつつあるがまだ小規模での実施にとどまっている。これらの市場が実現するためには、大量のアンモニア生産が必要になる。2050 年のアンモニア需要は 2020 年の約 3 倍になると予測されており、しかもこれらの大半は低炭素でなければならない（図 8 参照）。

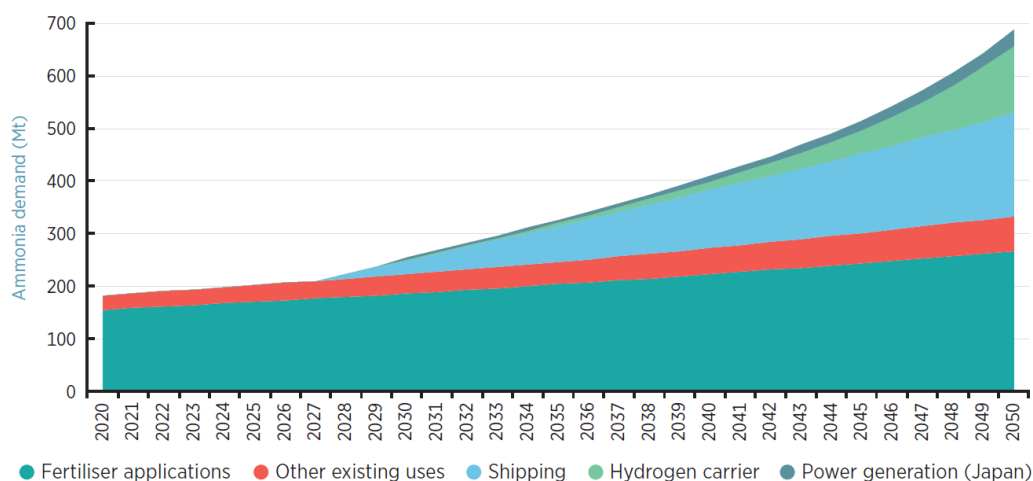
・現在アンモニアのほとんどは天然ガス（72%）と石炭（22%）から生産されている。アンモニア製造に伴う CO₂ 排出量は 0.5 Gt-CO₂/年と、世界の CO₂ 排出量の約 1%、化学部門の CO₂ 排出量の 15～20%を占める。アンモニア製造に伴う CO₂ 排出を削減することは、化学そして農業部門の脱炭素化の重要な要素となる。アンモニアの脱炭素化は運輸部門や発電部門における炭素フリー燃料の使用拡大にもつながる。

図 8 1.5 度シナリオの下での 2050 年までのアンモニア生産量



・2020年の世界のアンモニア生産量は183 Mtであり、肥料用途を中心とするこの既存市場は、1.5度のシナリオの下で2030年には223 Mt、2050年には333 Mtに増加すると予想される。この需要増加は主に人口増加に伴って肥料用途のアンモニア需要が増加するためである。これに加えて、水素キャリア、発電燃料用、熱需要を満たす燃料、海運の輸送用燃料として、アンモニアの新しいエネルギー市場が今後数十年にわたって大きく増加すると予想される。今後10年間程度は既存市場が需要の伸びの大部分を占めるが、2030年以降はエネルギーとしての市場が加速度的に高い成長を見せる可能性がある。2050年までに、世界のアンモニア需要は1.5度シナリオで688 Mtに達すると推定され、2025年に予想される需要の約3倍の規模である（図9参照）。

図9 1.5度シナリオの下での2050年までのアンモニア需要



・再生可能アンモニアは、再エネ電力から生産される水素と空気から得られる窒素を使用して生成される。再生可能アンモニアは、化石燃料から生成されるアンモニアと化学的に同一であり、化学分析によってその起源を特定することはできない。このため、「生産されたアンモニアが再生可能である」と認定されるためには、アンモニア生産に使用されるすべての原料とエネルギーが再エネ起源（バイオマス、太陽光、風力、水力、地熱など）である必要がある。現在のところ稼働している再エネ可能アンモニアの商業プラントは世界に1つだけで、年間0.02 Mt未満の生産量で世界のアンモニア生産量の0.01%に過ぎない。

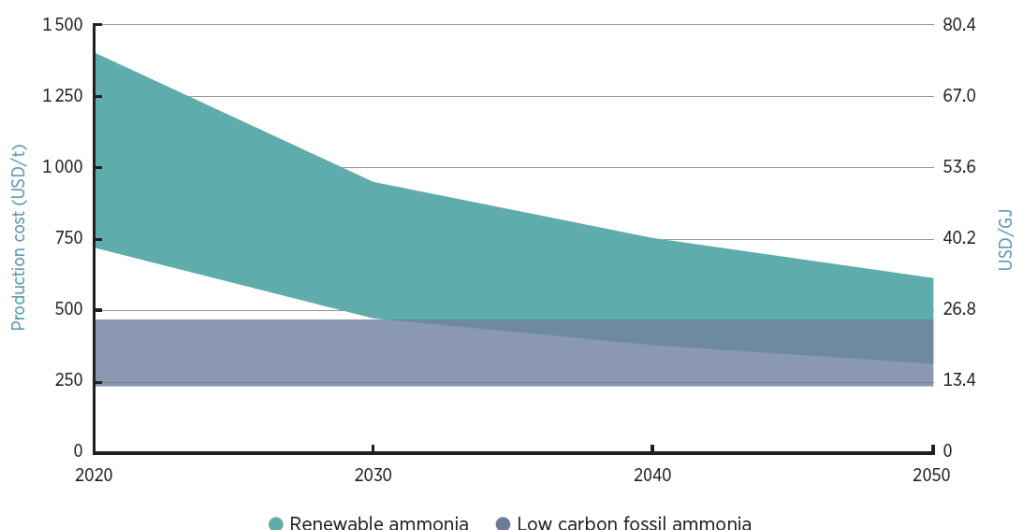
・現在発表されているすべての再生可能アンモニアプロジェクトの合計容量は、2030年に15 Mtの生産量となる規模である。これは現在の世界のアンモニア生産量の約8%である。これらのプロジェクトの多くが2020～2021年に発表されたことから分かるように再エネ可能アンモニアへのモメンタムが生じている。新しいプロジェクトは毎月発表されているが、

これらのプロジェクトのうち既に稼働したのは 1 件だけで、他は建設中か最終的な投資決定段階に達していない。

・2020 年と 2021 年の間に 60 件を超える再生可能アンモニア・プラントが発表された一方、化石ベース+CCS のアンモニア・プラントは 10 件のみであった。低排出の化石ベースのアンモニア（≒ブルー水素ベースのアンモニア）は、肥料などの既存市場の脱炭素化において過渡的な役割を果たすと見られるが、再生可能アンモニアは、現在と将来の市場の両方で長期的に支配的な役割を果たすと予想される。

・新規プラントの再生可能アンモニア生産コストは、現状では 720～1,400 米ドル/トンの範囲であり、2050 年には 310～610 米ドル/トンまで低下すると推定される。天然ガスベースと石炭ベースのアンモニアの生産コストは、現在 110～340 米ドル/トンの範囲だが、CCS のコストが 100～150 米ドル/トン追加されると、低排出の化石ベースの生産コストは最大 210～490 米ドル/トンとなる。このため、低排出化石ベースのアンモニアのコストは、2050 年には新規プラントからの再生可能アンモニアよりも高価になるケースが出てくると推定される（図 10 参照）。

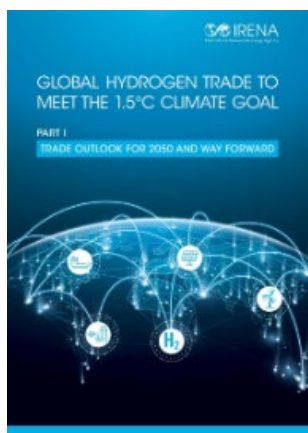
図 10 再生可能アンモニアと低炭素化石アンモニアの生産コストのレンジ比較



・再生可能アンモニアの生産コストの 90%以上は再エネ水素のコストが占める。アンモニア製造の重要なステップである窒素精製とハーバーボッシュ法はコスト全体のごく一部にすぎない。このため、再生可能水素の製造コストの削減は、再生電力のコスト低下、電解槽のコスト低下、水素保管の効率化・最適化等に依存する。中でも製造設備の稼働率は生産コストを決定する重要なファクターであり、資本集約的な設備の利用率向上が製品コストの

低下に直接結びつく。これは自然変動再エネ（VRE）からの電力を使用するプロジェクトに課題をもたらす。しかし、風力と太陽光の補完的な発電プロファイルを組み合わせることにより、電解槽の設備利用率を最大 70%に上げられる可能性がある。2030 年には、風況や日照条件の優れたロケーションにおいては、再生可能アンモニアは、化石ベース+CCS のアンモニアに対するコスト競争力を得るケースが出てくるものと見られる。

8. IRENA “Global hydrogen trade to meet the 1.5°C climate goal: Part I – Trade outlook for 2050 and way forward” (2022 年 7 月 発刊) の要約



・ IRENA 1.5 度シナリオを前提とした世界の水素貿易に関する IRENA 報告書三部作シリーズの Part I である (Part II と III については既に要約報告済み⁵³)。本シリーズの他の 2 つの報告書で提示された供給とインフラに、IRENA 1.5 度シナリオから導出される需要を統合して、2050 年までの世界の水素貿易の見通しを評価し、複数のシナリオと仮定の下で、2030 年と 2050 年の世界のグリーン水素のコストと技術的生産ポテンシャルを検討している。概要は以下の通り。

・特定の国やエリアに大量の埋蔵量が集中している化石燃料とは異なり、再エネは、すべての国においてアベイラブルで利用可能な資源である。化石燃料の場合は、埋蔵が集中している一部の国だけが主要生産国となり、その他の多くの国々は主に輸入国である。これとは対照的に、再エネは（費用対効果は場所によって異なるものの）どの国でも生産可能なため、エネルギー貿易を劇的に変化させる可能性がある。しかしながら、ごく最近まで、再エネを長距離輸送して低コスト生産地と大規模需要地を結びつける費用対効果の高い方法は存在しなかった。送電線が整備されていることは稀であり、建設には大きな費用を要する。このような状況で、再エネのエネルギーキャリアとして水素を活用することがソリューションとなる可能性が出てきた。再エネを水素分子やアンモニア等のコモディティの形で国境を越えて取引できるようにするのである。

・水素貿易の費用対効果を決定づける重要な要素は、低コストエリアでの水素の生産規模、生産技術、その他の効率が、大需要地へ水素を輸送するコストを十分に相殺できるか否かにかかっている。グリーン水素は再エネ電力の電気分解によって生産されるが、この水素に追加的処理を施すことでエネルギー密度を増加させることができる。この追加的処理には、水素の液化、液体有機水素キャリアの使用、またはアンモニア、メタノール、鉄、合成燃料へのエネルギー変換といった様々な形態がある。

・エネルギー変換は、変換する度にエネルギー損失が発生し、供給されるエネルギー単位あたりのコストが増加してゆく。エネルギー変換に伴うエネルギー損失は、そのエネルギー変換が水素の輸入国で行われるか、あるいは輸出国で行われるかに関係なく不変である。このため、最終消費地で水素を直接使用する場合には、このエネルギー変換ロスに差別化要因にはならない。したがって、貿易を費用対効果の高いものにするためには、輸出国でのグリーン水素の生産コストを、輸入国での生産コストと比較して、輸送コストを補って余りあるほど十分に下げなければならない。このコスト差は、プロジェクトの規模拡大と技術開発による輸送コストの低下によって大きくすることができる。これによって、安価なエネルギー利用が拡大するため、水素取引は低コストのエネルギー供給をもたらす可能性がある。また、予期せぬ非常事態に対処するためのより多くの選択肢の一つとして、一層堅牢なエネルギーシステムの構築につながる可能性もある。

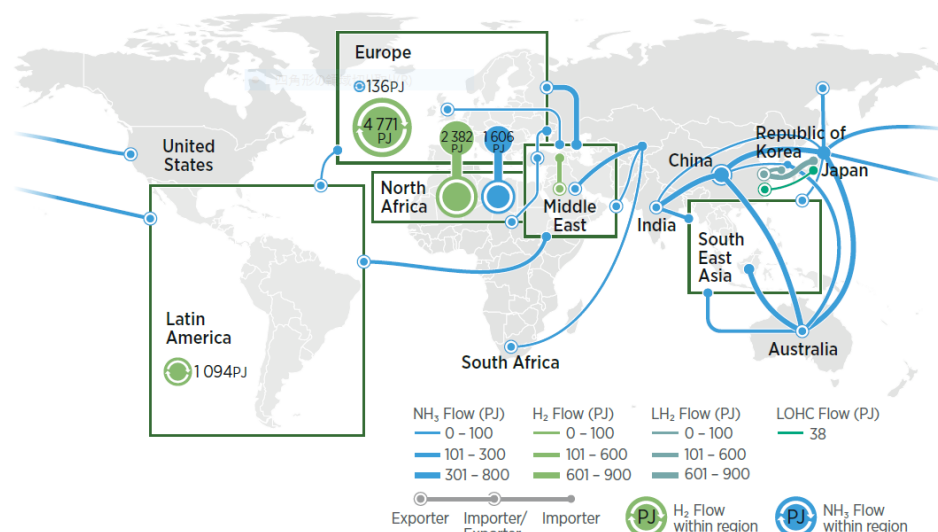
・世界の水素貿易の規模が拡大し、費用対効果の高いオプションとなる前に、達成すべき多くの中間目標がある。この報告書では、IRENA の 2050 年 1.5 度シナリオをベースとして、技術経済分析によって費用対効果の高い貿易を経済的に実現するための条件を提示している。1.5 度シナリオによると、2050 年の最終エネルギー需要の 12% は水素によって供給され

⁵³ なお、Part II の報告書は、4 つの技術パスの下での水素インフラに関する最新情報を取り上げている。また、Part III の報告書は、複数のシナリオと仮定の下での世界各地域と時間範囲に対するグリーン水素供給のコストと技術的ポテンシャルについて述べている。

る。水素輸送に利用できる様々な技術経路の技術経済分析（詳細は、本シリーズのパート II 報告書を参照）と、技術を推定する空間的分析（同パート III 報告書を参照）とを組み合わせ、グリーン水素の技術的ポテンシャルとこれが全世界にもたらすコストを推計した。なお、今回の分析は全面的にコスト最適化に基づいており、エネルギー安全保障、政治的安定、経済発展など貿易に影響を与え得る他の要因は考慮されていない⁵⁴。ここでの分析では、主としてグリーン水素とアンモニアの 2 つのコモディティの貿易に焦点を当てており、将来的には他のコモディティにも拡張される予定である。

・1.5 度のシナリオでは、2050 年までに、世界の水素需要全体の約 1/4（年間 18.4 EJ または年間約 150 Mt の水素に相当）が国際貿易を通じて取引される可能性がある。他の 3/4 は国内で生産され国内で消費される。国内消費が 3/4 というのは、74%が国際取引されている現在の石油市場と比較すると大きな変化だが、国境を越えた取引が 33%である現在のガス市場との類似性が高い。1.5 度シナリオで 2050 年までに国際取引される水素のうち 55%がパイプラインで輸送される。この水素パイプラインのほとんどは、既存の天然ガス用パイプラインを純水素用に改造したもので、これによって輸送コストが大幅に削減される（詳細は本シリーズ part II 報告書を参照）。このパイプラインを使った貿易は、欧州（85%）と南米の 2 つの域内市場に集中している（図 11 を参照）。国際取引される水素の残り 45%は、主にアンモニアとして出荷され、その多くは水素に再変換されることなく直接アンモニアとして最終消費される。

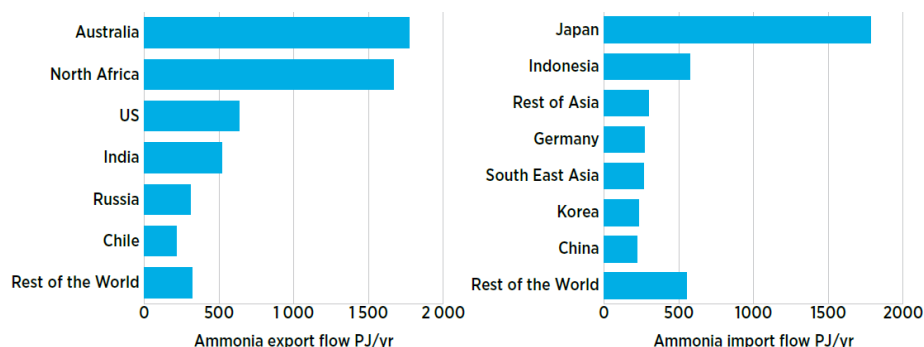
図 11 2050 年の世界の水素貿易フロー（楽観的な技術想定ケース）



・図 11 は、グリーン水素生産と輸送のコストを楽観的に想定したシナリオの下での 2050 年の水素貿易の見通しを示している。水素貿易はそれぞれの地域市場で大きく発展する。欧州の主要な貿易相手国は北アフリカと中東であり、豪州は主にアジア市場へ供給する。南米の域内市場は大きく成長し、その一部は欧州へ輸出される。図 12 は 2050 年におけるアンモニアの輸出国（左）と輸入国（右）の上位 7 か国を示しているが、これら上位 7 か国で輸出の 96%、輸入の 86%を占めるといった一部の市場への高い集中が見られる。

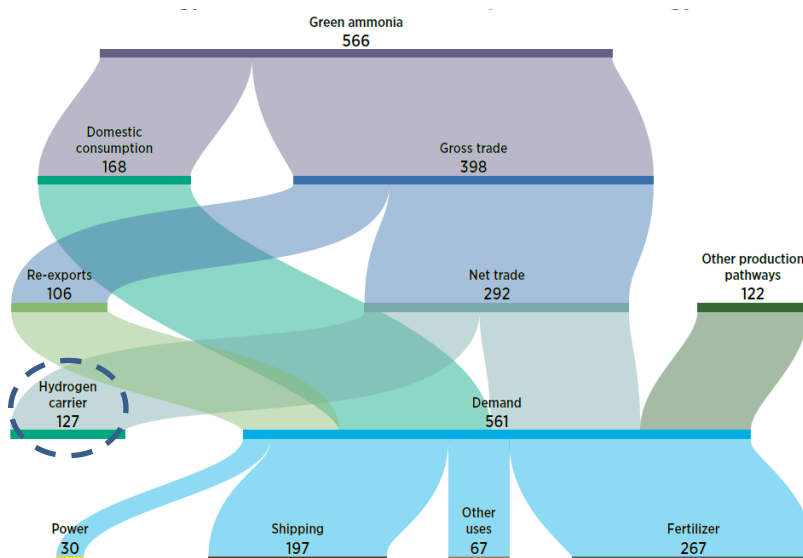
⁵⁴ これらの追加的要因の多くは、水素地政学に関する 2022 年初めの IRENA レポート（IRENA, Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor）において分析されている（要約ご報告済み）。

図 12 2050 年のアンモニアの輸出国（左）と輸入国（右）上位 7 か国の貿易量



・水素からアンモニアへの変換技術は既に広範に商用化されており、大規模に実施されている。現在、アンモニア生産量の約 10%が取引されており、港湾施設、船舶、貯蔵等の輸送インフラも整備されている。アンモニアは原料や燃料として直接使用できるため、必ずしも水素に再変換する必要はない。但し、1.5 度シナリオに到達するためには、今成長しつつあるアンモニア市場を脱炭素化する必要がある。2050 年までに世界のアンモニア需要は 690 Mt/年に達する可能性がある。このうち約 80%（561 Mt/年）が化学原料や輸送・発電用燃料として直接消費され、水素キャリアとして使用されるものは約 20%（127 Mt/年）に過ぎない（図 13 参照）。

図 13 2050 年の世界のアンモニアのエネルギー収支（楽観的技術シナリオの場合）



・再エネの発電運用コストは非常に低いため、発電設備設置の際の加重平均資本コスト（WACC）を低くすることが、グリーン水素貿易の費用対効果にとって非常に重要となる。WACC の絶対的水準と国の違いは、貿易の見通しに大きく影響し、その国が輸出国になるか輸入国になるかを決定する。WACC が現状の水準のまま維持されると仮定すると、質の高い再エネ資源と低コストの WACC を有する国が世界最大のグリーン水素輸出国となり、世界貿易のほぼ 40%を占めることになる。

・太陽光発電と陸上風力のハイブリッド発電によってグリーン水素を生産するコストは、楽観的な仮定をした場合、2050 年までにほとんどの地域で水素 1 kgH₂ あたり 1 米ドルを下回

ると予測されている。他方、太陽光発電と電解槽のコスト低下について悲観的な仮定の下では 1.3 米ドル/kgH₂ を超える水準まで上がるなど仮定によって幅が出てくる。同じタイムフレームで、アンモニアの輸送コストは、輸送距離 20 万 km の場合で、8 米ドル/kgH₂ から 0.8 米ドル/kgH₂ へと桁違いに低下すると予測されている。以上を踏まえた 1.5~2 米ドル/kgH₂ の価格水準におけるグリーン水素については、輸出業者が提示する輸出価格は互いに極めて近い水準に収斂し、多くの輸入国にとっては複数の貿易相手国を比較的自由に選択できる状況になる可能性がある。したがって、貿易相手国はコストだけで選択されるのではなく、コストに加えて、エネルギー安全保障やその他の地政学的要因の組み合わせによって選択されることになる。

・水素貿易が軌道に乗るには、複数の次元における相乗効果を発揮させる必要がある。第 1 に、需要の創出、透明性の促進、供給者と最終需要者の結びつきといった諸要素を含む市場を創出する必要がある。また、成長を可能にする十分な柔軟性を備えつつも、サステナビリティや費用対効果を損なうほどルーズではないバランスの取れた市場規制の枠組みも不可欠となる。第 2 に、国境を越えた一貫性と国際的に合意された方法論を具備した認証スキームも必要である。元来、認証は水素生産と排出削減に焦点を当てがちであるが、最終的には、公正なエネルギー転換に関連したコモディティや社会的側面も含める必要がある。第 3 に、必要な技術を開発し、改善する必要がある。予測されるグリーン水素のコスト削減の大部分は、水素生産、エネルギー変換・再変換、輸送プロセスの規模拡大によって達成できる見込みである。しかし、技術改善、再エネからの水素生産、インフラ、最終消費に至るまでの統合されたバリューチェーン全体の運用を改善するためのイノベーションが必要である。第 4 に、グリーン水素の世界貿易と大規模な再エネ発電の双方に必要なインフラ構築のためのファイナンスが求められる。特に、必要とされる投資の最大シェアを占めるのは再エネ発電である。

・大規模な水素生産と貿易が、1.5 度シナリオの重要な要素であるためには、水素を生産するために使用される再エネ電力が、既に他用途で効率的に使用されている不可欠な電力の付け替えであってはならない。つまり、グリーン水素生産に使用される電力は「追加的」でなければならない。グリーン水素への移行には、再エネ発電の大幅な拡大の加速が必要である。再エネ発電容量の導入量は、現在の年間 290 GW から 2030 年代半ばまでに 1,000 GW 以上に少なくとも 3 倍にする必要がある。グリーン水素の生産と貿易のためだけに、2050 年までに 10,000GW を超える風力と太陽光発電が必要になると見られる。参考までに、2021 年の風力発電と太陽光発電の発電容量の累積量は 1,612 GW だが、そのうち水素生産用はゼロである。再エネ発電に加えて、電解槽の設置容量についても、2021 年の 700 MW から 2050 年までに 4~5TW に劇的に拡大する必要がある。

・現時点では、非常に限定的な量のグレー水素だけが純粋な水素の形で輸送されている。1.5 度シナリオにおいても、生産された水素のほぼ 3/4 は、メタノール、鉄鋼生産、燃料および原料用アンモニア、航空用合成燃料として消費される。取引されるアンモニアのほとんどは、水素に再変換されずに、アンモニアとして直接消費されることになる。水素を鉄（水素による還元鉄製造）や合成燃料に変換することは、水素やアンモニアとして輸送するよりも輸送コストが低い場合、一層望ましいオプションである。これら 2 つのコモディティは水素へ再変換することはできないが、大きな需要と既存のグローバル・インフラが存在するため、再変換の必要性はない。

9. IRENA “Renewable Power Generation Costs in 2021”（2022 年 7 月発刊）の要約



・2021 年までに IRENA が世界各国で収集した最新の再エネコストデータに基づいて再エネ発電の発電コストを推計した報告書。毎年 1 回この時期に発刊されている。概要は以下の通り。

・2021 年に新たに稼働開始した太陽光発電、陸上・洋上風力発電プロジェクトの世界加重平均のコストは前年比で低下した。同年には世界的にコモディティ価格が上昇したにもかかわらず、再エネ発電コストが低下したのは、コモディティ価格の上昇が再エネプロジェクトの総設置コストに影響を与えるまでにタイムラグが生じるからである。また、設備利用率の向上等効率改善によって（特に、陸上風力が顕著）、コモディティ価格上昇の影響が部分的に相殺された側面もある。

・2021 年に稼働開始した新設大規模太陽光発電プロジェクトの世界加重平均の均等化発電原価（以下、LCOE）は、前年比で 13%低下し、0.055 米ドル/kWh～0.048 米ドル/kWh となった。他方、2021 年に稼働した集光型太陽熱発電（CSP）プロジェクトは 1 つのみでその LCOE は 2020 年平均よりも約 7%高い。CSP は、2020 年にも 2 件が稼働開始しただけのため全体のサンプル数が少なく、毎年のコスト推計値が大きく変動することに注意が必要である。

・2021 年に導入された新規の陸上風力プロジェクトの世界の加重平均 LCOE は、2020 年の 0.039 米ドル/kWh から 0.033 米ドル/kWh へと前年比で 15%低下した。中国は 2021 年の陸上風力発電容量の世界全体の増加の 40%を占めた上に、他国のコスト上昇傾向に反して、逆に風力タービンの価格が下落した。中国を除くと、2021 年の世界の新規陸上風力プロジェクトの LCOE は、前年比で 12%低下の 0.037 米ドル/kWh とやや控え目な結果となった。2021 年には洋上風力でも中国が追加導入量を大きく増加させ、21 GW という前例のない規模の拡大となった。2021 年の洋上風力の世界の加重平均 LCOE は 2020 年（0.086 米ドル/kWh）比で 13%減の 0.075 米ドル/kWh に低下した。

・しかしながら、再エネ発電コストの低下は世界中で普遍的に観測されたわけではない。大規模太陽光発電の各国の加重平均総設置コストを見てみると、世界のトップ 25 市場のうち 3 つの市場で前年比コストが増加した。陸上風力についても、2021 年のトップ 25 の市場のうち 7 つの市場でコスト増加が観測された。

・2010 年から 2021 年の 10 年間は、再エネ、化石燃料、原子力というオプション間の競争力のバランスに劇的な変化が生じた。新たに稼働した大規模太陽光プロジェクトの世界加重平均 LCOE は、2010 年から 2021 年の間に 88%減少した。同様に、陸上風力と CSP は 68%の減少、洋上風力は 60%減少した（図 14 参照）。

図 14 大規模太陽光、陸上・洋上風力の世界加重平均設置コスト（左図）、設備利用率（中図）、LCOE（右図）の推移（2010～2021 年）

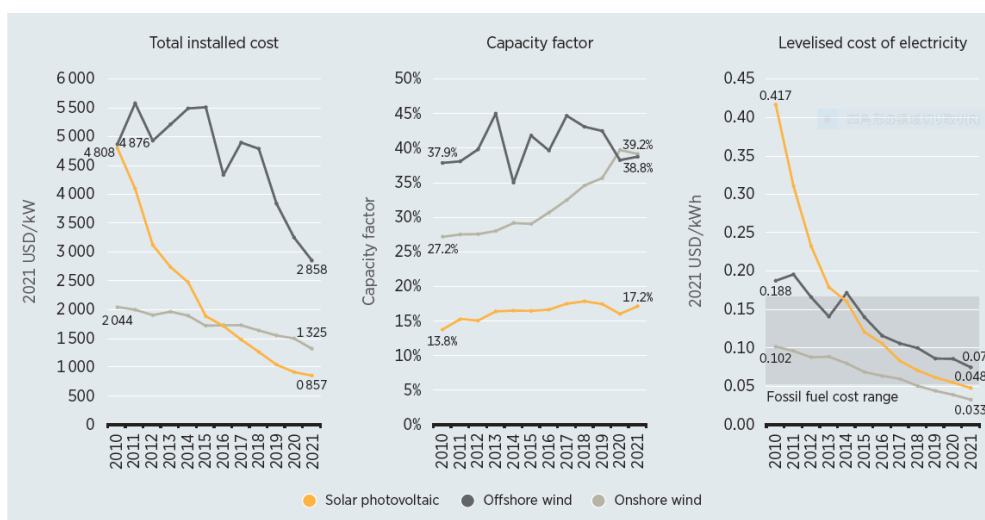
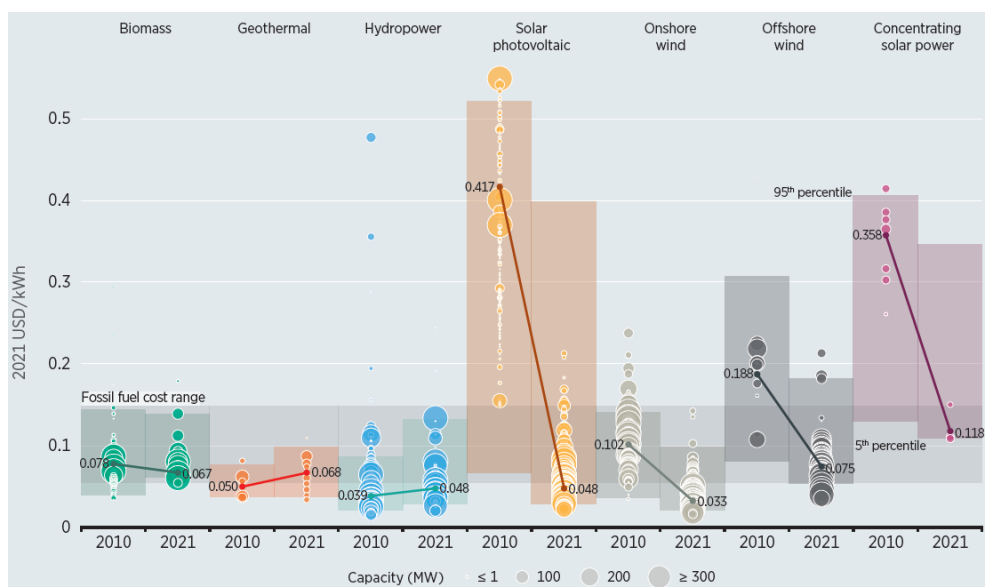


図 15 新規各再エネ発電の世界加重平均 LCOE（2010 年と 2021 年の比較）



・2021 年には、新規火力発電のコストレンジ(図 15 中の 0.05～1.50 付近の横長網掛け部分)の下限と比較して、大規模太陽光発電と水力発電の世界加重平均 LCOE は 11%、陸上風力発電は 39%それぞれ低くなった。他方、地熱とバイオマスは、同下限よりもコスト高だが、安定的な電力供給が可能で、非 OECD 国では高い競争力を持っている。

・コモディティ価格、特に鉄、銅、多結晶シリコン、アルミニウムなどの材料価格の上昇によって、太陽光パネルと風力タービンの価格は 2020 年第 4 四半期頃から上昇に転じた。例えば、2022 年の残り期間のコモディティ価格やその他サプライチェーンのコスト上昇圧力によっては、同年の太陽光パネルの価格は平均して 2020 年比で 20%程度上昇する可能性がある。それに関わらず、2021 年の新規の太陽光発電と陸上風力の世界加重平均の発電コストは低下した。この背景には、以下のいくつかの理由が挙げられる。

- ・ 全体的な再エネ発電設備コストの増加は、2020 年後半から 2021 年初めにかけては比較的緩慢で、2021 年に稼働開始したプロジェクトの多くは価格高騰前に機材発注を済ませていたこと。
- ・ プロジェクト規模の拡大によって購買力が高まり、リードタイムが長くなるだけでなく、中国等の欧州以外の市場での発電容量の増加が一層支配的になったこと。
- ・ 多くのプロジェクトは予め予備費を積んでおり、増加したコストの一部が予備費によって吸収されたこと。
- ・ 技術の改善（一層効率的な太陽光パネルや風力タービンの大型化など）、設備の生産効率と規模の改善が継続していること。
- ・ 中国は依然として新規の太陽光と風力の主要市場であり、コモディティ価格と輸送コストが低く、2021 年に製造された風力タービンの価格さえ引き下げられていること。

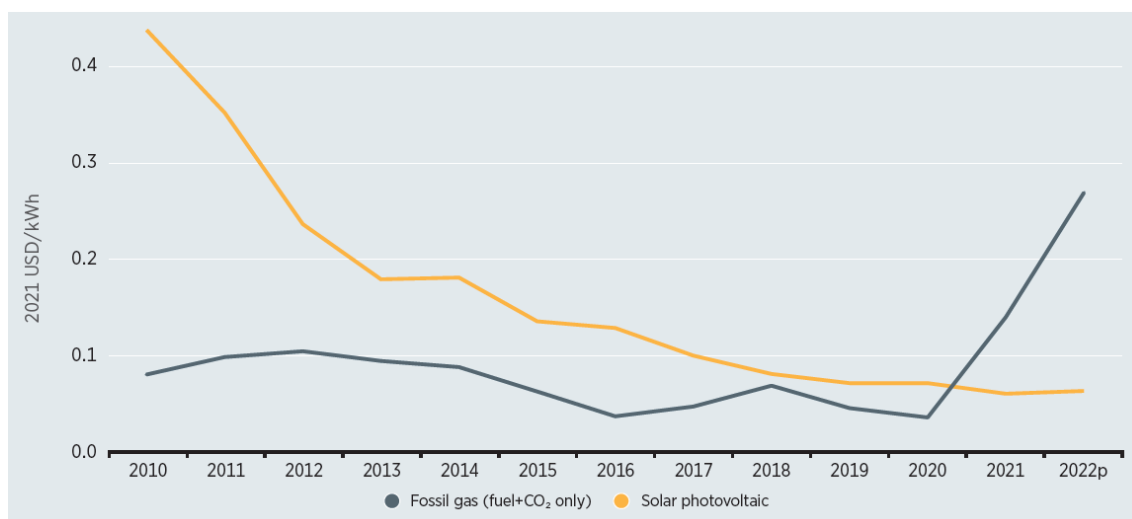
・ 但し、データによると、材料費上昇が再エネ設備機器の価格にはまだ十分に転嫁されていないことが示唆されており、再エネ発電設備生産者の利益マージンが圧迫されている。2022 年中も材料の高価格水準が維持されるとすると、コスト上昇のタイムラグも相まって、2022 年の価格上昇圧力は前年よりも一層顕著になり、多くの市場で再エネの総設置費用が上昇するだろう。しかし、太陽光発電と陸上風力の LCOE への影響は、大規模太陽光発電では 2～4%、陸上風力では 4～9%程度の上昇にとどまり、さほど大きくない可能性がある。業界が持続可能な水準に利益率を上げると、陸上風力の LCOE は 8%～12%増加すると見られるが、すべてのコスト増加を 2022 年中に価格へ転嫁できるかどうかは定かではない。さらに重要なことに、2022 年に顕著になった化石燃料価格の高騰は今後も長期的に持続する可能性が高いため、新規の再エネ発電増加による経済的便益はその追加的な導入のためのコストを何倍も上回ると見られる。

・ 実際、2022 年に再エネによってもたらされる便益は前例のない水準に達する。欧州における 2022 年の平均卸売ガス価格を 0.109 米ドル/kWh と仮定すると、既存のガス火力の平均発電コストは 0.23 米ドル/kWh と推定される。これは、2020 年比で 540%高い水準である。さらに EU-ETS の排出枠価格を加算すると、0.27 米ドル/kWh となり、2020 年比で 645%高い水準に達する（図 16 参照）。

・ ガス火力発電のコストである 0.27 米ドル/kWh は、2021 年に欧州で新規導入された太陽光と陸上風力の LCOE の 4～6 倍の水準である。これは、2020 年に EU 27 か国のうち 13 か国の世帯が支払う、送電、配電、卸電力購入、マーケティング、諸経費を含む電力小売平均料金（税金と課徴金を除く）を上回っている。

・ 再エネへ投資してきたことによって、2022 年に各国は巨額の配当を得た。2021 年に世界で導入された新規の再エネ発電容量だけでも、2022 年単年で 550 億米ドル相当の化石燃料への支払いを節約した。再エネ発電容量の累積値全体で見ると状況は一層鮮明である。欧州では、2022 年 1 月から 5 月の 5 か月間に、太陽光と風力発電だけで、化石燃料、主に天然ガスの輸入を 500 億米ドルのオーダーで回避できたと推定される。もし再エネがなかったとすると、2022 年の化石燃料価格の高騰による消費者、経済、環境への影響は一層深刻化していた可能性が高い。

図 16 ガス火力発電と大規模太陽光発電の LCOE の推移（欧州、2010～2022 年）



・2022 年の火力発電の限界発電コストは非常に高いため、例えば、2022 年初頭に電力系統に接続されて卸電力市場で売電する新規の陸上風力発電所は、火力発電の限界回避費用から想定される年間の資本利益率と比較して、2022 年単年だけで約 2 倍（メキシコの場合）から 13 倍（ブラジルの場合）の収益を得られる可能性がある。しかし、こうした国々は再エネの発電容量の急速な導入を政策的に優先しておらず、主に個人と企業に対応を任せ、結果として、エネルギー価格の高騰によって社会に数十億ドルのコストをもたらしている。これは、化石燃料価格の高騰から生じるマクロ経済的な損害とも言えるだろう。

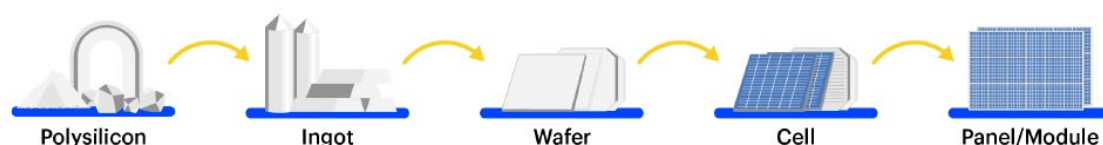
10. IEA “Special Report on Solar PV Global Supply Chains”（2022 年 7 月発刊）



- ・ 太陽光発電設備のサプライチェーンに関する IEA 初の包括的な報告書。今のところ今回限りの特別報告書で、エネルギー安保の観点から中国の市場独占状況に対して強い警鐘を鳴らす内容となっている。概要は以下の通り。

- ・ 世界の太陽光発電の製造能力は、過去 10 年間で、欧州・日本・米国から中国へシフトした。中国は 500 億米ドル以上を 太陽光パネル 生産施設に投資しており、これは欧州の 10 倍の規模である。また、2011 年以降、世界の太陽光発電のバリュー チェーン全体で 生産に従事する 30 万人以上の雇用を生み出した。現在、多結晶シリコン、インゴット、ウェハー、セル、モジュールなど太陽光パネルのすべての生産過程において中国のシェアは 80% を超えている。これは世界の太陽光パネル需要における中国のシェアの 2 倍以上である。加えて、中国は太陽光発電製造機器の世界トップ 10 のサプライヤーの本拠地である。このように中国は太陽光発電のコストを世界的に低下させるのに寄与してきた一方で、太陽光発電のサプライチェーンの地理的な集中をもたらしている。

図 17 太陽光パネルの主要生産過程



- ・ 中国政府の政策は、過去 10 年間の太陽光発電の世界的な供給、需要、価格を形成してきた。戦略的セクターとしての太陽光発電と国内需要の拡大に焦点を当てた中国の産業政策は、「規模の経済」を可能にして、サプライチェーン全体で継続的なイノベーションを支援してきた。これらの政策は、コスト削減を通じて、太陽光発電が世界の多くの地域で最も低コストの発電源となることに貢献した。しかし、同時に太陽光パネルのサプライチェーンにおける需給の不均衡にもつながっている。

- ・ 太陽光パネルの主要生産要素であるウェハーとセルを製造し、それらを太陽光パネルに組み立てる世界の生産能力は、2021 年末の時点で需要を少なくとも 100% 上回っている（＝十分な供給力がある）。対照的に、太陽光パネルの主要原料である多結晶シリコンは生産能力が不足しており、（他の生産プロセスは過剰生産気味にも関わらず）サプライチェーン全体のボトルネックとなっている。このため、世界的な供給逼迫を引き起こし、2021 年の多結晶シリコン価格は 4 倍に高騰した。

- ・ 太陽光発電関連製品は、中国にとって重要な輸出品である。2021 年の中国の太陽光発電関連輸出額は 300 億米ドルを超え、過去 5 年間の中国の貿易黒字額の約 7% を占める。さらに、中国からの投資を受けたマレーシアとベトナムは、太陽光発電関連製品の主要な輸出国となり、2017 年以降の貿易黒字額のそれぞれ 10%と 5%を占めるに至った。2021 年の太陽光発電に関連した製品（多結晶シリコン、ウェハー、セル、パネル）の貿易額は 400 億米ドルを超え、2020 年比で 70% 以上増加した。

- ・ 2050 年カーボンニュートラルの目標を達成するには、かつてない規模で太陽光発電を世

界的に展開する必要がある。そのために、太陽光パネル製造能力の大幅な追加拡大が必要であるが、レジリエントなサプライチェーンを世界的に急拡大できるのか懸念が高まっている。IEA の 2050 年ネットゼロ排出へのロードマップによれば、2030 年までに太陽光発電容量の年間導入量は現状の 4 倍以上の 630 GW とする必要がある。このために世界の多結晶シリコン、ウェハー、セル、パネルの生産能力は、2030 年までに現在の 2 倍以上の水準まで引き上げる必要がある。各国が GHG 排出削減の取り組みを加速するためには、持続可能なエネルギーシステムへの転換が安全なインフラの上に成り立っていることを確実としないといけない。太陽光発電のサプライチェーンがネット排出ゼロの要件を満たすためには、affordable でレジリエントかつ持続可能な方法で生産能力をスケールアップする必要がある。

- ・2025 年まで、世界は太陽光パネル生産の主要構成要素の供給をほぼ完全に中国に依存することになる。現在建設中の製造能力を踏まえると、世界の多結晶シリコン、インゴット、ウェハー生産における中国のシェアは、間もなく 95% に達すると見られる。現在、中国の新疆ウイグル自治区は、世界の多結晶シリコン製造の 40% を占めている。また、世界中で生産されるパネルの 7 枚に 1 枚は、単一の施設で製造されている。この極度の集中ぶりは、太陽光発電のグローバルサプライチェーンが脆弱であることを示している。

- ・重要鉱物に対する太陽光発電の需要は、ネットゼロ排出へのロードマップにおいて急速に増加することが想定される。太陽光パネルに使用される多くの重要鉱物の生産は特定国に非常に集中しており、中でも中国が支配的な役割を果たしている。原材料の使用効率が改善されているにもかかわらず、太陽光発電生産の重要鉱物に対する需要は大幅に拡大する見込みである。例えば、IEA ネット排出ゼロのロードマップでは、太陽光発電製造用の銀の需要は、全生産量の 10%を占める現在の水準から 2030 年には 30%を超える水準まで増加する可能性があるとしている。この急速な増加は、原材料の採掘事業の長いリードタイムと相まって、需供ミスマッチのリスクを高め、コスト上昇と供給不足につながる可能性がある。

- ・太陽光発電設備の製造部門の長期的な財務の持続可能性は、急速かつ費用対効果の高いクリーンエネルギーへの移行にとって重要である。太陽光発電設備のサプライチェーンのすべての生産要素の収益性は不安定であり、政策的な支援にもかかわらず、いくつかの倒産事例も発生している。倒産リスクと低収益性はクリーンエネルギーへの転換ペースを遅延させる可能性がある。さらに貿易制限も拡大しており、これによっても太陽光発電の展開が遅れるリスクがある。太陽光パネルの製造・供給には貿易が不可欠であり、サプライチェーンは貿易政策のリスクに対して脆弱である。近年、太陽光発電のサプライチェーンに対するアンチダンピング関税や輸入関税の実施が増加している。中国以外の世界の太陽光パネル需要の 15% が、これら関税の対象に含まれるに至っている。

- ・Covid-19、記録的な商品価格高騰、ロシアのウクライナ侵攻により、エネルギー、原材料、製品の輸入に大きく依存していることに関心が高まっている。各国は、製造と輸入の多様化に投資することでそのレジリエンスを高めることができる。

- ・サプライチェーンに沿った新しい太陽光発電製造施設は、2030 年までに 1,200 億米ドルの投資をもたらす可能性がある。サプライチェーン全体で、年間の投資レベルを 2 倍にする必要がある。増加する投資の大部分は、多結晶シリコン、インゴット、ウェハーなどの特に重要な製造工程に向けられる。太陽光発電産業は、生産能力 1GW 当たり 1,300 人分の雇用を生み出すので、太陽光発電部門は、2030 年までに製造現場での雇用数を 100 万人に倍増させる可能性がある。太陽光パネルのサプライチェーンで最も雇用が集中している部門はモジュール（パネル）とセル製造であるが、製造現場の自動化と無人化により労働生産性が向上し、これらの労働集約度は低下している。

- ・現在、既存の太陽光発電設備製造現場でのコスト競争力は、多様化するサプライチェーン

にとって重要な課題である。中国は、太陽光発電サプライチェーンのすべての生産工程において最もコスト競争力のある国である。中国の生産コストは、インドより 10%、米国より 20%、欧州よりも 35%それぞれ低い。エネルギー、人件費、投資コスト、間接費の違いがこうしたコスト差を形成している。また、経済的インセンティブと支援の欠如によって、太陽光パネル組み立て以外の生産プロジェクト（＝多結晶シリコン、インゴット、ウェハー生産）のバンカビリティは、中国と東南アジア以外では依然として限定されている。

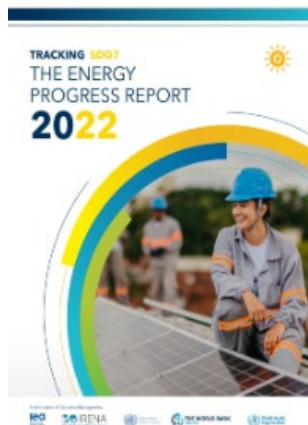
- ・低コスト電力のアベイラビリティは、太陽光発電サプライチェーンの競争力にとって重要である。電力は、多結晶シリコンの生産コストの 40% 以上、インゴットとウェハーの 20% 近くを占めている。現在、多結晶シリコンの生産に関連する電力の約 80% は中国の地方で消費されており、そこでの平均電力価格は 75 米ドル/MWh である。これは世界の産業向け平均電力価格よりも 30%程度低い水準である。したがって、多結晶シリコンの製造工程で競争力を維持するには、75 米ドル/MWh と同等またはそれ以下のコストでの電力が必要となる。

- ・低炭素産業クラスターとして、太陽光発電製造を集中的に構築することで、規模の経済の利点を得ることができる。太陽光パネルのメーカーは、自社製品を使用して自社の再エネ電力を現場で発電することもできるため、電気料金と GHG 排出量の両方を同時に削減可能である。規模の経済と各生産工程の垂直統合によって、変動費を削減し、競争力をさらに高めることもできる。

- ・太陽光発電パネルのリサイクルは、環境・社会・経済的なメリットが得られると同時に、長期的な供給の安全性を高める。太陽光パネルの廃棄物処理が体系的に実施された場合、それらのリサイクルによるパネル供給は、2040 年から 2050 年の間に太陽光発電業界のアルミニウム、銅、ガラス、シリコンの需要の 20% 以上、銀のほぼ 70% を満たすことが可能と見られる。しかし、現状では、太陽光パネルのリサイクルプロセスでは、リサイクルのコストをカバーし得る十分な収益を生み出すのに苦慮している。

- ・これまでの太陽光発電を支援する政策は、需要増加とコスト削減に重点が置かれてきた。しかし、太陽光パネルをタイムリーかつ費用対効果の高い方法で確実に輸送するには、柔軟性を持ったサステナブルなサプライチェーンが必要である。各国政府は、クリーンエネルギーへの転換の不可欠な要素として、太陽光発電機器の供給セキュリティを確保することに注意を向ける必要がある。その上で、国内の太陽光発電サプライチェーンの脆弱性とリスクを評価し、それらに対処するための戦略と行動を検討する必要がある。

11. IRENA “Tracking SDG 7: The Energy Progress Report”（2022 年 6 月発刊）



SDGs の目標 7 の達成に向けた進捗に関する定期報告書で、毎年この時期に発刊されている。概要は以下の通り。

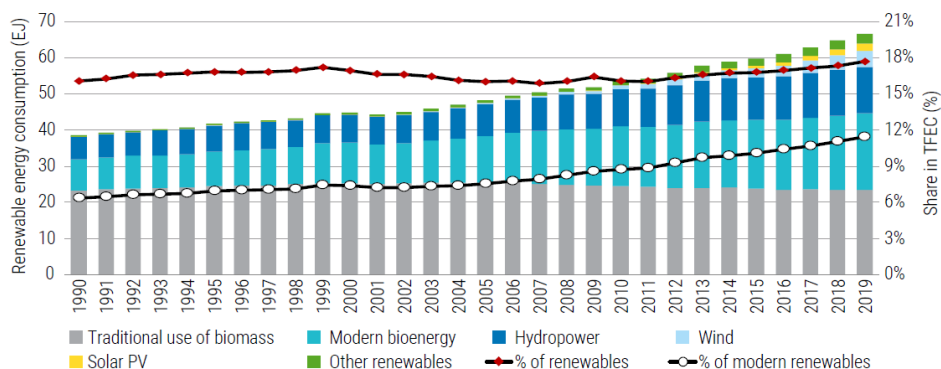
- ・ COVID-19 パンデミックにより 2020 年には多くのエネルギープロジェクトが停滞した中で、再エネの使用は増加を続け、2020 年に導入された新規発電容量の 80% 以上を再エネが占めた。政策支援の強化とコスト低下によって、2030 年には近代的再エネ（Modern Renewables）の最終エネルギー消費に占めるシェアは 32～38%に、同じく発電量に占めるシェアは 60～65%に達する可能性がある。しかし、ネットゼロなど国際的な CO2 排出削減目標を

達成するには、運輸や熱需要の分野において再エネ利用を高めるための一層の努力が求められる。

- ・ Affordable で信頼性が高く、かつサステナブルなエネルギーへのアクセスをすべての人に確保するには、電力、熱、輸送分野において再エネの展開を加速する必要がある。2030 年の SDG 目標 7.2 は、「世界のエネルギーミックスにおける再エネのシェアを大幅に増やす」ことを求めている。この目標達成に向けた進捗状況を評価する指標は、最終エネルギー消費における再エネのシェアである。SDG7 の野心的な目標達成に向かうには、現状の再エネの導入トレンドを大幅にスケールアップする必要がある。

- ・ 2019 年の最終エネルギー消費における再エネのシェアは 17.7% に達し、前年比で 0.4% 増加した。最終エネルギー消費全体の拡大が同年比 0.7%だったのに対して、再エネ消費量は同 2.8%増加したためである。この結果は、SDG 目標 7.2 に向けて前進するためには、エネルギー効率改善による最終エネルギー消費量全体を削減することが重要であることを示している。再エネシェアの最大の増加は引き続き電力部門であり、これとは対照的に、運輸部門と熱部門の進展ははるかに遅れている。

図 18 再エネ消費量とその最終エネルギー消費に占めるシェアの 1990 年以降推移



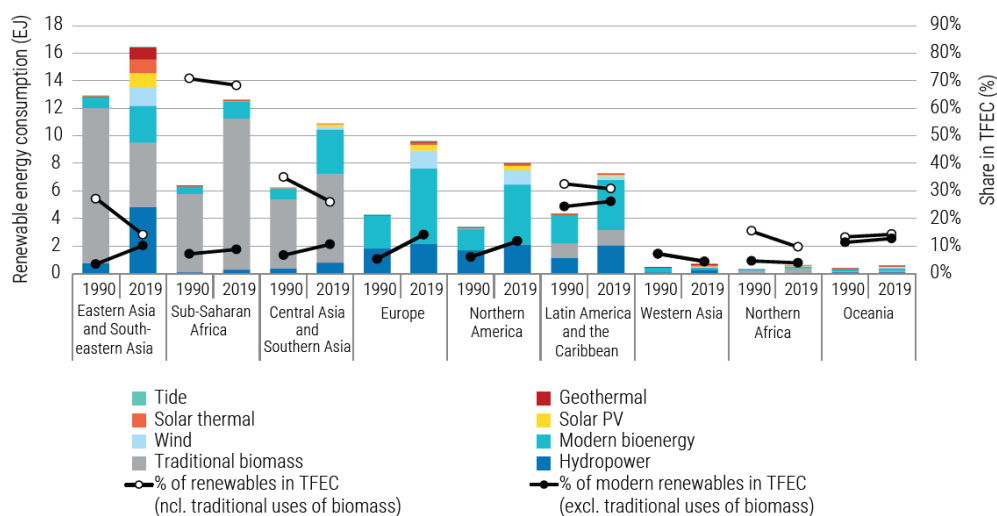
・1990 年以降増加傾向を続けている再エネ電力は、2019 年には前年比で 5%以上増加し、世界の電力消費における再エネの割合は 26.2% になった（2018 年の 25.3% から増加）。2019 年に前年比 1.6% 増加した世界的な電力需要の増加に対応するために、再エネ以外の電力消費も同様に 0.4% 増加した。再エネと比較すると増加率は低いものの、全体のボリュームが大きいと、同年の世界の電力消費量増加全体の 18% を占めた。水力発電は依然として世界最大の再エネ電源であるが、風力発電と太陽光発電が続いており、これらは最速の成長率を記録した（図 18 参照）。風力発電と太陽光発電の 2 つで、過去 10 年間の再エネ電力消費増加の 58% を占めている。

・暖房用に消費される再エネは、薪炭等の伝統的バイオマスを除いて、2019 年に 2.4% 増加して 17.8 EJ となった。同年の伝統的バイオマスの消費量は前年と変わっておらず、世界の熱消費量の 13% (23.5 EJ) を占めている。世界の熱需要全体が増加し続けているため（前年比 0.3%増加）、世界の熱消費における近代的再エネのシェアは 2019 年に 10.1% となったが、このシェアは過去 10 年間で 2%以下の増加に過ぎない。

・2018 年から引き続き、2019 年にも運輸部門で消費された再エネは増加し、前年比で 7% 増加して 4.4 EJ となり、これは増加量の絶対値としては 2012 年以来最大値となった。この増加量により、運輸部門における再エネのシェアは 2018 年 3.4% から 2019 年 3.6% へと増加した。穀物ベースのエタノールとバイオディーゼルが、運輸部門で消費される再エネの 91% を供給している。再エネ電力の拡大と EV の販売により、運輸部門における再エネ電力の消費が増加しており、2019 年には 0.03 EJ に達し、2018 年に次いで年間で 2 番目に大きな増加となった。

・再エネ増加の世界的トレンドには大きな地域格差がある（図 19）。サハラ以南のアフリカは、エネルギー供給に占める再エネは最大シェアを占めているが、その 85%以上は伝統的バイオマスである。伝統的バイオマスを除外すると、ラテンアメリカとカリブ海諸国は、大量の水力発電、産業部門でのバイオエネルギーの消費、運輸部門でのバイオ燃料の使用によって、最終エネルギー消費における近代的再エネの最大シェアを有する地域となっている。2019 年には、水力発電、太陽光発電、風力発電の成長を牽引した東アジア（主に中国）が、世界の近代的再エネ消費の前年比増加量の 44%を占めた。

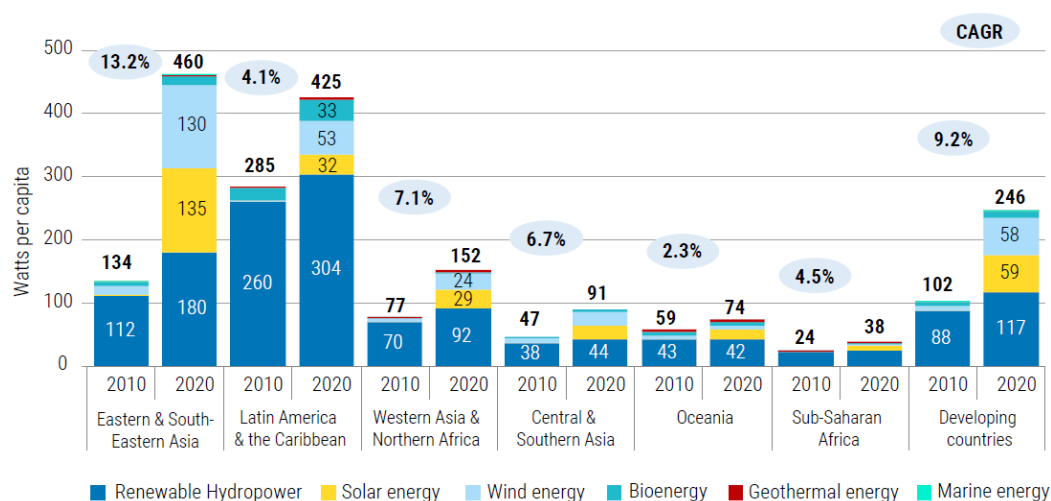
図 19 再エネ消費量とその最終エネルギー消費に占めるシェア（1990 年と 2019 年）



・最終エネルギー消費に占める再エネのシェアには国によって大きなばらつきがある。2000年から2019年にかけて、エネルギー消費国上位20カ国のうち4カ国で、最終エネルギー消費に占める近代的再エネのシェアが低下した。他方、すべての国で近代的再エネの消費量の絶対値は増加しており、この再エネシェアの低下は非再エネの消費量増加に起因している。2019年に、水力発電の増加により近代的再エネのシェア増加で最大の進展を見せたのがトルコ（2.3%ポイント増加）であり、風力発電の開発と運輸部門用バイオ燃料が増加した英国（1.3%ポイント増加）がそれに続いている。

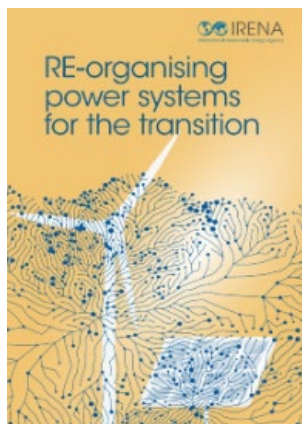
・SDG 目標 7.B.1 の指標は、途上国における再エネ発電設備容量の増強の進捗である（図 20）。2020年には、途上国において一人当たり246ワットの再エネ発電容量が設置され、年間成長率として11.6%が記録された。しかし、こうした世界的なトレンドは、再エネを最も必要としている国々がこれらの動きから取り残されているという事実を覆い隠している。途上国全体では、過去5年間に一人当たりの再エネ発電容量は年率9.5%で増加したが、内陸の開発途上国（2.4%）、後発開発途上国（5.2%）、小島嶼国（8.3%）では相対的に増加率が低い。

図 20 途上国の再エネ電源別、2010 年と 20 年の 1 人あたりの発電容量と年平均成長率



・COVID-19 パンデミックへの対応に伴い、経済活動やサプライチェーンの混乱が続いているが、再エネは電力分野を中心に高いレジリエンスを発揮している。しかし、2021 年には、貿易制限措置に加え、製品、エネルギー、輸送価格の上昇により、太陽光パネル、風力タービン、バイオ燃料の生産・輸送コストが上昇し、再エネプロジェクトに対する不確実性が高まっている。再エネ導入を SDG 目標 7.2 や 7.B.1、そしてパリ協定に沿ったものにするためには、特に途上国において、すべてのセクターで政策を強化し、民間資本を一層効果的に動員することや公的資金を戦略的に活用することが必要である。

12. IRENA “RE-organising Power Systems for the Transition”（2022 年 6 月発刊）



エネルギー転換を加速する際の電力システムの組織構造の役割とその変化の必要性について述べた報告書。エネルギー転換によって生じ得る電力システム内外の不整合、競争の役割、規制と協調とのバランスなどエネルギー転換の実現をもたらす要因と障壁を電力システムの観点から検討している。概要は以下の通り。

・電力システムはエネルギー転換の核心部分であり、その組織構造は今後のエネルギー転換の進展如何を大きく左右する。ところが、電力システムの組織構造それ自体を、化石燃料時代に適したものから再エネ時代へと変化させる必要があることはこれまで

で往々にして見過ごされてきた論点である。そして、そのような議論は主として先進国の電力システムの専門家だけに限定されてきた。結果として、その議論は自由化された電力システムを前提となりがちであり、電力システムのレイヤーだけに焦点が絞られる傾向がある。しかし、エネルギー転換の成功は、先進国に限らず多様な社会政治的状況を踏まえたすべての国の参加に基づくグローバルな次元の協調的な努力にかかっている。すなわち、電力、エネルギー、経済、社会、地球など多様なシステムの各レイヤー間のインタラクションに対処する総合的なアプローチが必要とされる。

・この報告書は、自由化された状況と規制された状況の両方の電力システムに適用できる全体的なビジョンと包括的なアプローチを用いて、電力システムの組織構造変化のための要件を提示することを目的としている。このため、以下の 2 つの目標から構成されている。

- 1) 電力システムの組織構造とその変化の要件に関する議論を広範に喚起し、体系的なビジョン中で文脈化すること。
- 2) 電力システムの組織構造の変化に関する課題を提示し、再エネ時代に必要な要件に適合させてゆく方法を提示すること。

・エネルギー転換の進展に伴い、電力システムには課題と機会の両方がもたらされる。エネルギー転換のインプリケーションとしては、VRE の優勢的支配、柔軟性要件と柔軟性資源の多様化、分散型エネルギー資源の増加、電力系統利用者の積極的な関与、デジタル化に伴うデータ収集・交換の活発化などが挙げられる。

・電力システムの組織構造は、その時の社会政治的枠組みに応じて多様に進化してきた。今後のエネルギー転換のパスもケースによって異なる。電力システムの組織構造は、将来必要とされる容量とインフラを予測して整備するだけでなく、既存の社会経済においても電力を生産・供給し続ける必要がある。今日の電力システムの構造は、化石燃料時代に適した構造として整備されてきたが、エネルギー転換の要件に適応させてゆく必要がある。

・エネルギー転換に適した電力システムの組織構造を進めるには、既存システムの不整合を

明確に理解する必要がある。現在、多くの様々な不整合が存在し、システム全体に及ぶ幅広い影響を与えている。例えば、気候変動や大気汚染は、化石燃料時代の組織構造がエネルギーのコスト、価格、価値について適切に評価できなかった場合に生じる望ましくない影響の1つである。エネルギー転換は、気候変動と大気汚染の両方を緩和すると予想されるが、転換が進展するに従って、新たな根本的な不整合が生じる可能性がある。これらへの適切な対処を怠ると、エネルギー転換の障壁となり、社会が本来得られる便益が制限されてしまう可能性がある。

- ・電力セクター内の不整合は、主として、既存システムが前提としてきた化石燃料資源とエネルギー転換後の再エネ資源との間の技術的特性の違いが起因となっている。この違いによる不整合は、電力システムの規制の在り方如何を問わず、すべてのシステムが直面する課題となる。

- ・再エネに対する支援メカニズムは、時間の経過とともに「システムフレンドリー」になるように進化してきたが、電力システムの組織構造と再エネの技術経済的特性との間の根本的な不整合は解決されていない。このような不整合に対応するための規制措置が導入されてきたが根源的な解消には対処できていないため、今後再エネの導入が進むにつれて不整合があらためて問題化することは避けられないだろう。

- ・電力システムと再エネの不整合の明確な一例は、VRE の普及率が高くなるにしたがって卸電力価格が下落する「カニバリゼーション（共食い）効果」である。これにより、自由化された電力システムの卸電力市場から収益を得ている VRE の収益性が低下し、適切な支援がなければ再エネに対する投資が妨げられることになる。

- ・今日の卸電力市場の構造（限界費用に依存する価格構造）は VRE が主体となる電力システムには適していない。主流の政策論では、再エネがコスト競争力を得るようになるにつれて、FIT や FIP のような追加的支払いは廃止されるべきだと主張されている。しかし、VRE の収益が限界的な卸電力価格からの収益のみに制限されると、高い再エネシェアから生じる非常に低い卸売電力価格が、これらの発電ビジネスモデルそのものを危うくする。このような状況、すなわち、再エネの拡大に成功しても、卸電力価格の低下のために将来の存続可能性が損なわれることになる。

- ・また、柔軟性資源確保の面でも不整合が生じる可能性がある。政策立案者は、容量メカニズムがその本来の目的である系統信頼性（アデカシー）の維持のために活用されることを確実としないといけない。例えば、エネルギー転換によって最終的に段階的にフェーズアウトされる火力発電所が、その独占的立場を利用してレントシーキングするなどエネルギー転換の障壁につながるようなことがあってはならない。容量メカニズムは、再エネベースの電力システムに適した組織構造の枠組みの中で、すべての柔軟性資源（供給側と需要側の両方）の持つシステム価値と社会的価値を適切に評価できるよう設計されなければならない。

- ・VRE が主要な電源になる電力システムにおいては、電気料金は、電力システムが燃料費をどれだけ節約できるかに基づいて決定されるべきではない。代わりに、電力システムの主な目標は 1) VRE プラントの CAPEX が高い場合に支援策を講ずること、2) 必要な柔軟性資源を確保すること、の 2 点となる。

- ・電気料金の請求は重要なコミュニケーション・ツールとなる。請求システムをアップデートして、電力システムを構成する各要素の機能・役割を最終消費者に明確に伝えとともに、再エネを中心とした電力システムの特性に改変する必要がある。

- ・総合的なエネルギー転換計画と政策の枠組みを使用して、電力システム以外の不整合にも対処する必要がある。これらの不整合の多くは、化石燃料ベースの電力およびエネルギーシステムとこれまで長期にわたって共存してきた。しかし、これらの不整合に適切に対処することが、エネルギー転換を成功させるための基本となることを強く認識すべきである。

13. IRENA “Renewable Energy Outlook for ASEAN: Towards a Regional Energy Transition (2nd Edition)” (2022 年 9 月発刊)



・ IRENA のエネルギー転換長期シナリオである World Energy Transitions Outlook に基づいて、ASEAN 各国におけるサステナブルでクリーンな地域エネルギーシステムの開発に向けた包括的なパスを提示した報告書。ACE と ASEAN 再エネサブセクターネットワーク (RE-SSN) が共同で作成。2016 年に発刊された IRENA Renewable Energy Outlook for ASEAN の第 2 版との位置づけである。概要は以下の通り。

・ 東南アジア地域は、今後数十年にわたって急速に経済成長し、エネルギー需要も急増すると予想されている。現在この地域の一次エネルギー供給の 85% 以上を化石燃料が占めている。このため、今後も化石燃料に長期的に依存し続ける可能性がある。しかも、その多くは輸入であることから国際市場での不安定な価格変動の影響を強く受けることになる。

・ 2018 年末までに、ASEAN 加盟 10 カ国のすべての発電容量の合計は 252GW で、うち 28% は水力を中心とする再エネである。2020 年には、太陽光発電の急速な拡大もあり、発電容量ベースでの再エネシェアは 33.5% に増加した。しかし、依然として化石燃料に大きく依存している発電部門は ASEAN のエネルギー起源 CO₂ の主たる排出源である。

・ 石炭火力の廃止は、再エネの継続的な拡大と相まって、ネットゼロ目標に向けた重要なステップとなる。ASEAN 加盟国の半数を占めるブルネイ、インドネシア、フィリピン、シンガポール、ベトナムの各国は COP26 において、石炭火力のフェーズアウトを目指すコミットメントに署名した。これらの国々は ASEAN の石炭からの CO₂ 排出量全体の 3/4 を占める。このコミットメントの達成には再エネの拡大が必要である。2015 年～2021 年に ASEAN の再エネ発電容量は 55 GW から 97 GW に大きく増加した。特に、ベトナム、タイ、インドネシアがこの地域の再エネ拡大をリードし、それぞれ合計 43 GW、12 GW、11 GW の再エネを導入した。

・ ASEAN は 2025 年までに一次エネルギー供給の 23%、発電容量の 35% を再エネとする野心的な目標を有している。しかし、2021 年の ASEAN の一次エネルギーにおける再エネシェアは 14.3% に過ぎず、この値は過去 5 年間ほとんど変わっていない。それでも、2020 年に世界で導入された再エネ発電容量の 33.5% を ASEAN が占めており、ここ数年で大幅に増加している。これらを踏まえると、発電容量の再エネシェア 35% 目標は達成可能な範囲にあると見られる一方、一次エネルギーの再エネシェア 23% 目標は依然として厳しい。これら短中期的な目標に加えて、ASEAN 加盟各国は、排出削減量を含む（条件付きあるいは条件なしの）幅広い気候目標を有しているが、こうした長期的なコミットメントの達成には協調的かつ可及的速やかな行動の開始が必要である。

・ IRENA の長期ロードマップにおける 3 つの主なシナリオは、

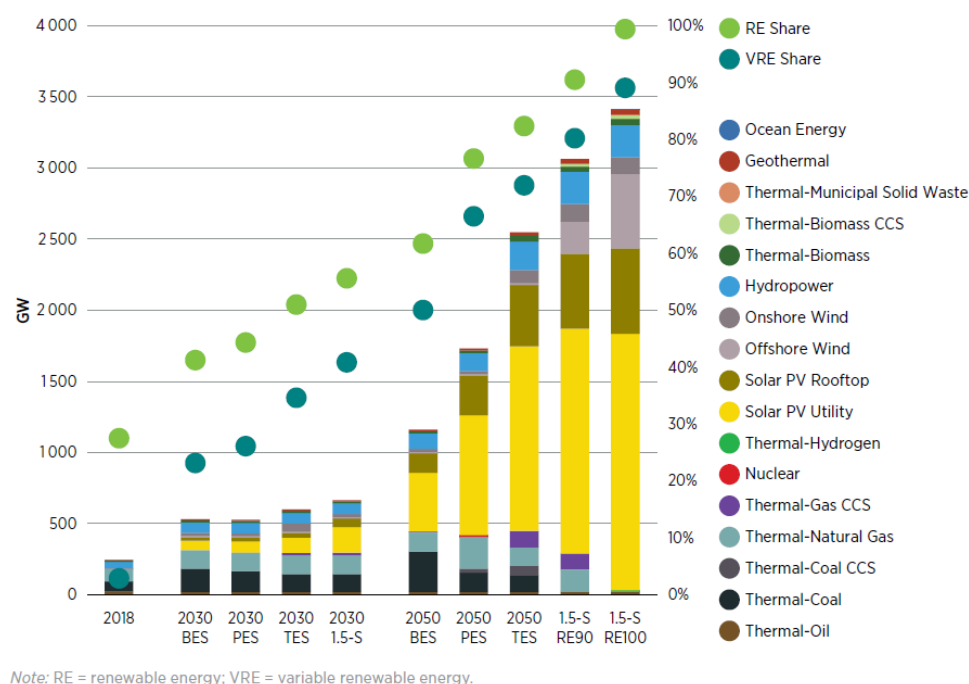
- ・ PES : 現在実施あるいは計画されている政策を考慮したシナリオ
- ・ 1.5-S : 1.5 度を達成するシナリオで、さらに以下の 2 つに細分化される
 - ・ 1.5-S RE90 : 発電の再エネシェア 90% のシナリオ
 - ・ 1.5-S RE100 : 発電の再エネシェア 100% のシナリオ
- ・ TES : エネルギー変換シナリオ (TES) と呼ばれるシナリオで PES と 1.5-S の中間的位置づけ。1.5-S ほど野心的ではなく、2050 年の排出量が 1Gt と推定され。1.5-S の 0.7 Gt と比較してわずかに高くなる。

- ・ BES：発電部門に特化した（BAUのような）シナリオで、電源構成が将来にわたって現状と大きく変化しないものと想定している。現在提示されている気候政策と目標が撤回された場合、または遵守されなかった場合のエネルギーパスの可能性を示している。

・ PES の下での予測では、ASEAN 地域の最終エネルギー消費は、人口と経済成長に牽引されて年率約 3% 成長し 2050 年までに 2.5 倍以上に増加する。これに対して、1.5-S の下でのエネルギー転換は、エネルギー需要の増加を年率 2.4%に減速させ、PES と比較して 2050 年の最終エネルギー消費量を 19% を減少させる。

・ 1.5-S の下での再エネは、直接利用と発電（電力）の両方を合計して、最終エネルギー消費の 65% を占める。2050 年には再エネ発電容量は 2,770 ～3,400 GW まで大幅に増加し⁵⁵、発電の大部分は再エネ発電となる（図 21 参照）。そして、再エネで発電された電力が最終エネルギー需要の 52% を占めるようになる。また、バイオエネルギーの消費量は、産業部門を中心として現状の 2 倍以上となる。

図 21 2018 年、2030 年、2050 年の各シナリオ毎の技術別発電容量と再エネシェア



・ 産業部門のエネルギー需要については、1.5-S の下では、化石燃料への依存度が大きく低下する代わりに、電気、バイオマス、グリーン水素の使用に移行する。

・ 運輸部門では（乗用車の EV 化のような）電化と（クリーン燃料の）燃焼消費の 2 方向に分化する。自動車では、1 億台を超える EV と約 3 億台の電動二輪車および三輪車に拡大

⁵⁵ 参考までに、2021 年末時点では 97GW である（エネ研注）。

する一方、貨物、航空、内陸輸送ではバイオ燃料が使用される。また、水素とその派生物は海運・航空など国際輸送において重要となる。

- ・建物部門のエネルギー需要は年率 3% 近く増加し、PES では 2050 年までに 10 EJ に達する。その大半を占めるのは冷房需要であり、2018 年の 17% のシェアから 2050 年には 50% 近くに増加する。1.5-S では電化の進展と厳しいエネルギー効率基準が適用されることで、PES と比較してエネルギー消費量が 27% 削減される。

- ・現在の ASEAN の電力消費量は年間約 1,100TWh であるが、1.5-S の下では電力が圧倒的に大きなエネルギーキャリアになり、2050 年には現在の 5 倍の消費量となる。現在の政策パスの延長線上となる PES でさえ、電力消費量は約 4 倍と増加と大幅する。電力消費量の大きな増加を満たせるように（低炭素な）発電容量をいかに拡大するかが将来の CO2 排出量に大きく影響することになる。

- ・再エネ発電 100%と再エネ発電 90%との差異は大きくないように見えるかもしれないが、実際には、残り 10% のギャップを埋めるに、蓄電と送電線を大幅に拡張する必要がある。太陽光発電は ASEAN 地域全体に豊富なリソースが賦存するため、すべてのシナリオにおいて重要となる。但し、100%再エネシナリオでは、太陽光を最大 2,400 GW まで大幅に拡大した上で、蓄電池も大幅に増加させる必要がある。

- ・1.5-S における再エネ発電の大幅な増加には、電力システム、特に送電線と蓄電による柔軟性が必要となる。EV のスマートチャージャーと Power-to-X を使用して太陽光発電がフル稼働している昼間時間帯に需要を誘導することで、追加の蓄電設備の必要性を緩和しながら、太陽光を効率的に利用できるようにする。水力発電とバイオエネルギーは需供バランス調整用として活用される。蓄電池は主として 2030 年代以降に重要な役割を果たす。

- ・再エネ電力とエネルギー効率改善だけでは、ネットゼロ排出の目標を達成することはできない。ASEAN では、2018 年時点でバイオエネルギーが最終エネルギーの 14% を占め、そのうち半分弱が薪炭等伝統的バイオエネルギー源である。1.5-S では、2050 年までに、バイオエネルギーのシェアが 19% に増加し、伝統的バイオエネルギーはすべて近代的バイオエネルギーに置き換えられる。

- ・クリーン水素は、ASEAN 地域の野心的な気候目標において補完的なソリューションとなる。1.5-S において ASEAN で生産されるクリーン水素の大部分はグリーン水素となる。クリーン水素は、鉄鋼、アルミ、化学、海運用バンカー油などの産業部門で重要な役割を果たす。ASEAN 域内使用だけで 1,100 万トン以上のクリーン水素の需要が見込まれる上に、さらに国際海運用バンカー油の需要が加わることになる。

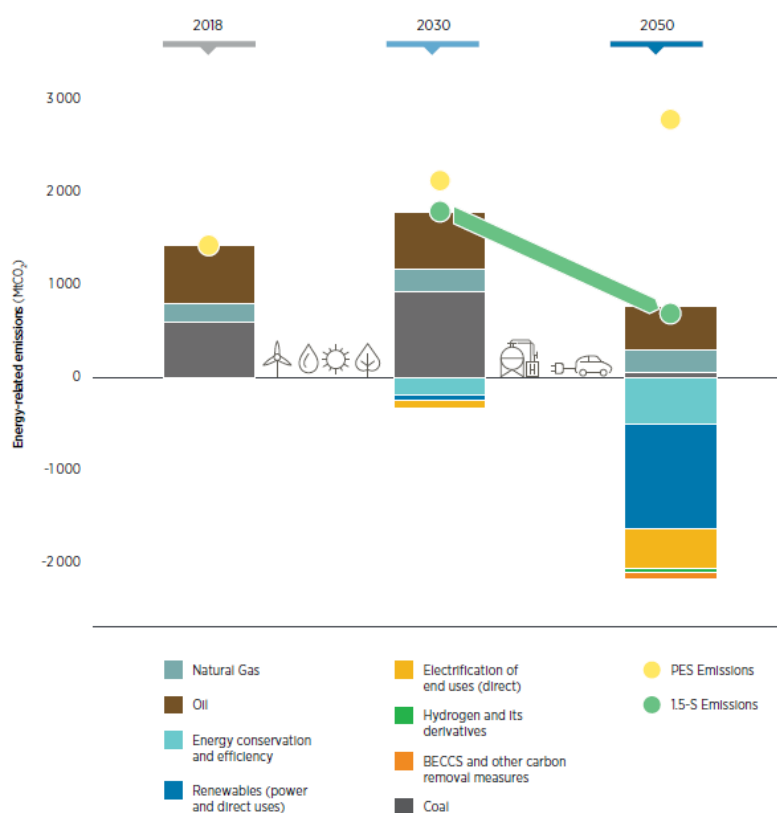
- ・2018 年の ASEAN のエネルギー起源 CO2 排出量は 約 1.5 Gt で世界の排出量の約 4% を占めるが、2030 年までに PES で 2.1 Gt に、1.5-S で 1.8 Gt まで増加する。さらに 2050 年には PES での排出量は 2.8 Gt に達する。そこでの最大の排出源は発電部門であり、運輸

部門、産業部門と続く。これに対して、1.5-S の下では 2050 年の排出量は PES 比で 75% 削減され、現在の排出量と比較しても半分となる。その削減量の約 50%は、再エネ利用（発電と直接使用の両方）、約 20% は直接的な電化（電化後の電力供給は再エネ）、約 25% はエネルギー効率改善によってもたらされる。さらに、ネット排出ゼロに到達するには、2050 年に約 0.7 Gt の CO₂ の吸収が必要になる（以上、図 22 参照）。

・1.5-S を達成するには、2050 年までに、再エネ、エネルギー効率改善、インフラに、年間 2,000 億～2,450 億ドルの多額の投資を継続する必要がある。1.5-S の下で、RE90 と RE100 に到達するために、それぞれ累積で 6.3 兆～7.3 兆米ドルの投資を予測している。これは、PES に必要な投資の約 2.5 ～ 3 倍である。

・2030 年までの中短期では、太陽光発電の設備容量は ASEAN 全体で 240 GW に増加させる必要があり、この 10 年以内に 1,500 億米ドルの投資が必要となる。併せて、送電網への投資には、国内と国際的な送電網の拡張を含めて 2,000 億米ドル近くが必要になる。また、EV、充電ステーション、バイオ燃料の供給、エネルギー効率改善などの主要な enabling 技術にも大幅な追加投資が必要である。

図 22 1.5-S の下での 2018 年、2030 年、2050 年のエネルギー起源 CO₂ 排出・削減量



14. IRENA “The Breakthrough Agenda Report 2022: Accelerating Sector Transitions through Stronger International Collaboration”（2022 年 9 月発刊）



・世界の GHG 排出量削減を推進するため国際協力強化の重要性を説いた報告書。IRENA、IEA、UN Climate Change High-Level Champions の共著による。概要は以下の通り。

・国際的に合意された気候変動の目標を達成するためのパスと現実のパスとの乖離は大きい。世界のほとんどの国は、多くの民間企業と同様に、今世紀中頃までのネット排出ゼロの達成を約束している。しかし、1.5 度を達成するために今後 10 年間で半減しなければならないはずの世界の排出量は逆に増加しているのが現実である。

・政府や民間企業によるそれぞれ個別のアクションは必要だが十分ではない。フォーカスを絞った国際協力によって低炭素経済への転換をより迅速にかつ低コストで実現することができる（図 23 及び図 24 参照）。協調した国際的な行動により、国と民間企業はイノベーションを加速し、投資と「規模の経済」をもたらすための強力なシグナルを発することができる。また、転換の原動力としての「競争」を保証する環境を確立することもできる。国際的な支援、資金、ベストプラクティスの共有は、効果的な政策と利用可能な技術の広範な活用を促進することができる。国際インフラは、国境を越えた横断的なクリーンエネルギーの流れを可能とする。逆に、国際的な協力がなければ、世界全体のネット排出ゼロへの転換は数十年にわたって遅延する恐れがある（図 23 参照）。

図 23 2050 ネットゼロ（NZE）と国際協調が乏しいシナリオの CO₂ 排出量の推移

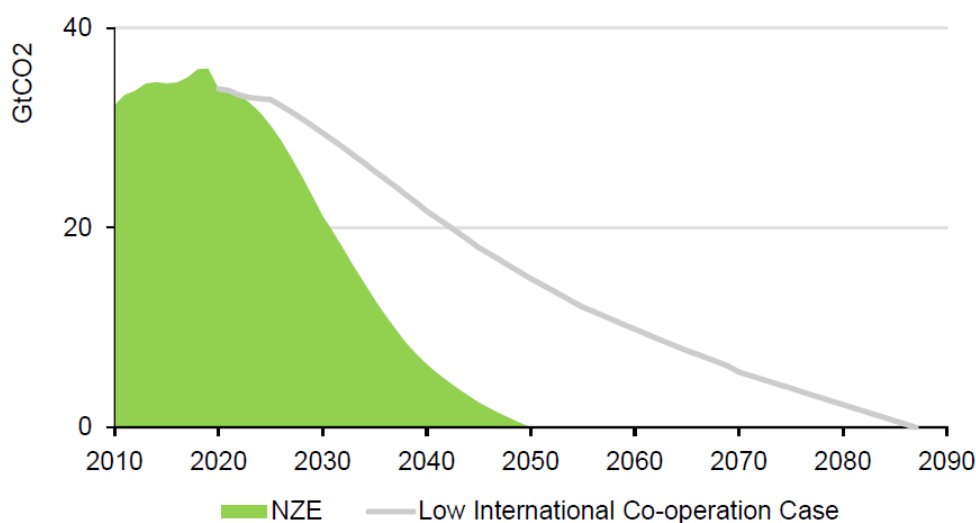
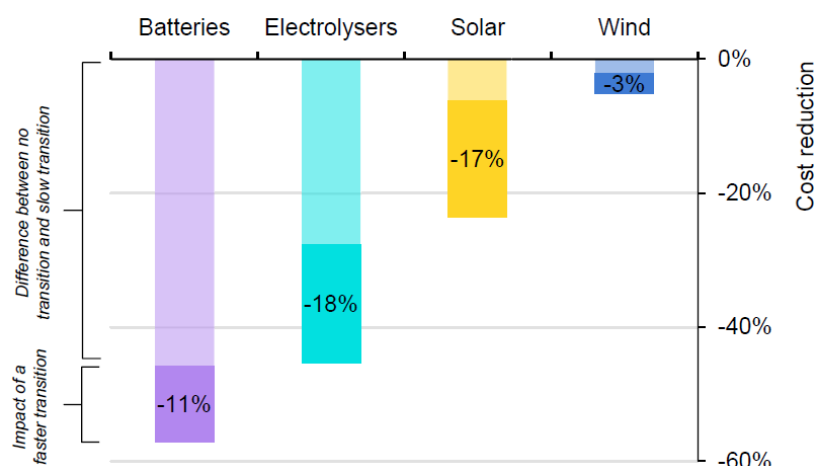


図 24 2030 年の主要低炭素技術のコスト低下率：転換が早急な場合と緩慢な場合の差



・ブレイクスルーアジェンダは、最も必要とされている課題に対処するための国際協力を強化することを目的としている。世界の GDP の 70% 以上を占める 44 カ国と EU は、2030 年までに、クリーン技術と持続可能なソリューションを最もアフォーダブルで魅力的なオプションに高める協調的な取り組みにコミットした。ブレイクスルーアジェンダの下でこれまでに署名国が目標に合意した 5 部門（電力、水素、路上輸送、鉄鋼、農業）におけるアクションは、国際的な気候目標を達成するために不可欠である。現在、世界の GHG 排出量は約 60 Gt-CO₂ に達しており、これら 5 部門がその 50% 以上を占めている。電力部門を唯一の例外として、他の 4 部門ではクリーン技術と持続可能なソリューションはまだ最もアフォーダブルなオプションではない。電力部門でさえ、まだすべての国に当てはまるわけではない。これらの分野でブレイクスルーアジェンダの目標を達成するには、政府、企業、社会の協調した行動が必要となる。

・電力部門における直ちに必要な国際的なアクションの焦点は、途上国への支援のアクセシビリティの拡大、協調、改善でなければならない。これは、2030 年までに世界中に必要とされる 7.4~8TW の再エネ発電容量とその他のクリーンな電力への投資を動員するために不可欠である。同時に、転換の社会経済的課題に関して、途上国に対する国際支援とすべての国の間でのベストプラクティスの共有が必要である。各国は、低コストのクリーン電力の一層大規模な統合のために国際関係線の役割を再評価すべきである。また、将来のネットゼロ電力を実現するために、長期ストレージを含む電力系統の柔軟性ソリューションの実証実験を協調して進める国際的な行動の強化が求められる。加えて、コスト削減と排出量削減、そして、必要不可欠な発電容量をできるだけ減らすために、エネルギー消費量の多い家電製品に対する強力な省エネ基準の合意に向けた国際的な協調努力が不可欠である。

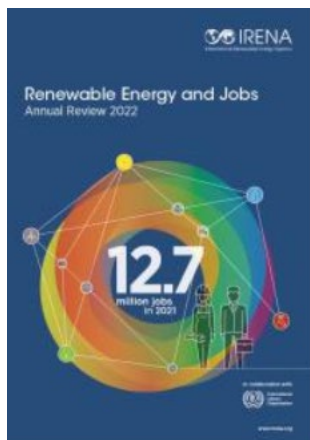
・低炭素の水素のアベイラビリティと affordability を高めるために、直ちに実行すべきアク

ションは、国と企業が協力して低炭素水素の調達をコミットするなど大きな市場の作成をリードすることである。これによって、2020 年の年間 100 万トン弱から 2030 年までに年間約 1 億 4,000 万～1 億 5,500 万トンに生産を大きく拡大するための投資を促す。加えて、以下の 2 点で一層強力な国際的行動が必要である。1 つは、水素が既に利用されている分野での化石燃料起源の水素生産から脱却するための諸施策を各国・各企業が連携して推進すること。もう 1 つは、鉄鋼、海運、エネルギー貯蔵など、水素の新しい用途における利用拡大のベストプラクティスを各国間で共有することである。実証プロジェクトの数と地理的分布は知見の深化・共有とともに拡大され、ターゲットを絞った技術的および財政的支援によって支援されるべきである。これは一層多くの国々でクリーン水素ソリューションのアベイラビリティと affordability を高めるために重要である。クリーン水素の広範な展開と取引を可能にするために、安全性、運用、排出の各基準の合意に向けた国際的な取り組みは加速されるべきである。

・路上輸送では、国と自動車メーカーは、すべての新車の排出ガスをゼロにする目標年次を設定し、投資を一層迅速に新技術にシフトさせて、コスト削減を加速する必要がある。ゼロエミッション車は、2021 年の世界の自動車販売の約 9%を占めたが、このシェアを 2030 年までに約 60% に高めるべきである。現在の初期的な市場状況を踏まえると、重量貨物車へのゼロエミッションの拡大をさらに加速する必要がある。充電インフラへの投資を促す効果的な政策を推進するためには、一層体系的なベストプラクティスの共有が必要である。共有によって、最も先行している国とそれ以外の国々との間の大きな格差を縮めることが可能となる。エネルギー転換の利益をより広く共有できるようにするために、途上国への技術的および財政的支援を大幅に増やす必要がある。蓄電池サプライチェーンのサステナビリティを確保するには、統一された国際基準が不可欠である。最も非効率な車を国際貿易から排除し、コストと排出量を削減するために中古車輸入国と輸出国の間の規制調整が必要である。

・鉄鋼部門では、ほぼゼロエミッションの鉄鋼への需要を集約させて、生産への投資を促すことが直近のアクションとなる。ほぼゼロエミッションの一次鋼（鋼材）は、現在年間 100 万トン未満しか生産されていないが、2030 年までに年間 1 億トン以上が必要になると見られる。国や企業のグループによる共同調達のコミットメントを大幅に増加させなければならず、そのために必要な投資を促すために事前購入をコミットメントなどの措置が必要である。ラーニングプロセスを加速化するために、すべての主要な鉄鋼生産地域で商業規模の実証プロジェクトでの協力が必要となる。主要な生産国と消費国を含め、貿易に関する戦略的対話をできるだけ早い機会に開始し、ほぼゼロエミッションの鉄鋼が国際市場で競争できるような方策に合意する必要がある。調達と貿易に関する協力を可能にする重要な要素となる「ゼロエミッションあるいはほぼゼロエミッション鉄鋼の国際的な共通定義と基準」に各国は合意しなければならない。

15. IRENA “Renewable Energy and Jobs Annual Review 2022”（2022 年 9 月発刊）

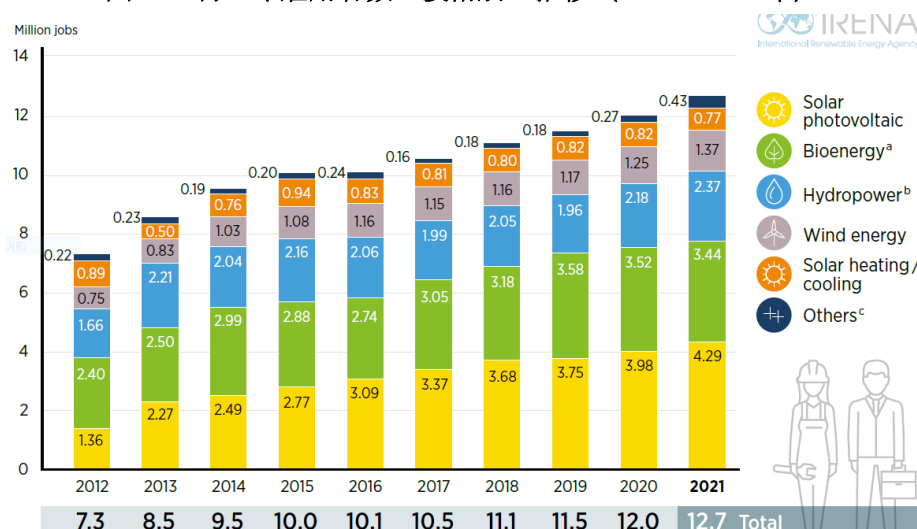


再エネに関連した雇用者数を IRENA が調査した結果をまとめた年次報告書で毎年この時期に発刊されており、今回が 9 回目となる。概要は以下の通り。

- ・再エネ部門は、2021 年に直接的・間接的に 1,270 万人を雇用した。その数は過去 10 年にわたって世界中で増加を続けており、その多くは、太陽光発電、バイオエネルギー、水力発電、風力発電に関連している。図 25 は 2012 年以降の再エネの雇用者数の推移を示している。

- ・これらの雇用者数の動向は多様なファクターの影響を受ける。そこには、コスト、投資、累積設備容量に加えて、再エネ導入促進、サプライチェーン整備、熟練労働力育成のための幅広い政策手段が含まれる。

図 25 再エネ雇用者数・技術別の推移（2012～2021 年）



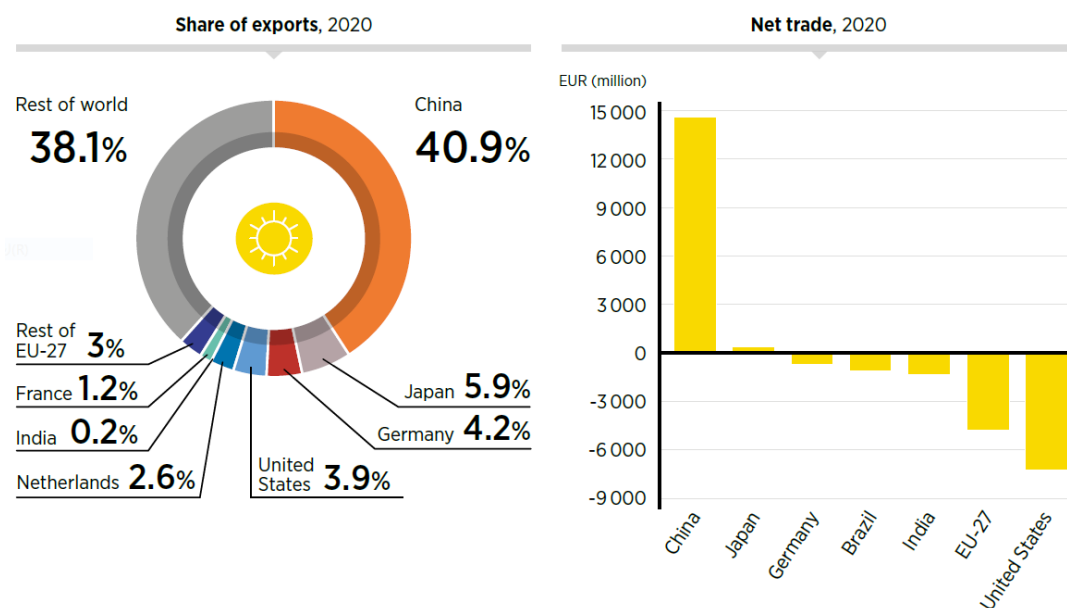
- ・国内の再エネ市場規模は、再エネ発電設備の建設、設置、保守・運用の雇用創出に影響を与える主要な要因となる。再エネ設備機器製造を強固な産業として構築し維持するには、十分に大きく安定した国内需要も必要となる。実際に主要な製造国となったのはわずかな特定国だけである。草創期の国内製造業を保護するためにはある程度の貿易制限が必要になるかもしれない。しかし、政策立案者は、国内産業の保護と再エネコスト最小限との慎重なバランスを探る必要がある。

- ・太陽光発電設備について見ると、2021 年の新規導入量は 132.8 GW と新記録を達成した（2020 年は 125.6 GW）。そのうち、中国は 2021 年導入量の 40%を占める 53 GW となった。次いで、米国、インド、ブラジルが続き、いずれも年間新記録を打ち立てた。ドイツ、日本、韓国、スペイン、オランダは続く大市場だが、いずれも過去のピーク導入量を超える

ことはなかった。

・2021 年の世界の太陽光モジュール生産の半分近くが輸出され、過去 10 年間で国際的な取引が急増している。但し、世界の太陽光発電設備製造業の雇用者数の大部分が中国と東南アジアに偏っている。2020 年の中国の太陽光発電設備生産量 124.6 GW の 2/3 が輸出された。対照的に、ドイツ、ブラジル、インド、米国などの主要な太陽光発電導入国が純輸入国となっている（図 26 右図を参照）。EU で 2017～2021 年に設置された太陽光モジュールの 84% は輸入された。EU の輸入依存度は、米国（77%）やインド（75%）を上回っている。

図 26 主要国の 2020 年の太陽光発電設備の輸出高シェア（左図）と純貿易高（右図）

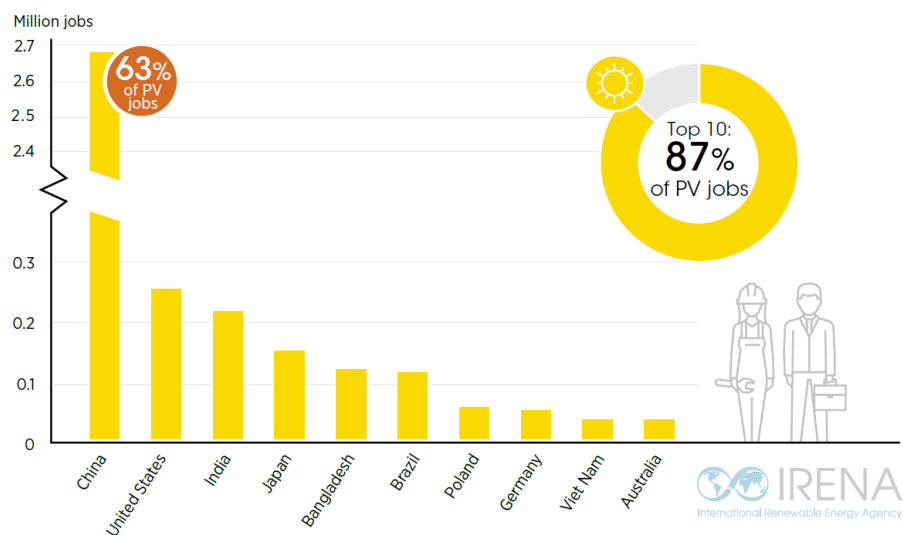


・太陽光発電の雇用者数は 2020 年の 400 万から 2021 年の 430 万へと増加した。雇用者数の上位 10 位までを見ると、5 か国がアジア（中国、インド、日本、バングラデシュ、ベトナム）、2 か国が北・南米（米国、ブラジル）、2 か国が欧州（ドイツ、ポーランド）である（図 27 参照）。上位 10 か国を合計すると 370 万が太陽光発電で雇用されており世界全体の 87% を占める。特にアジアが 79% を占めて、この地域が引き続き太陽光発電の機器製造と新規設置において圧倒的な存在感を示している。アジア以外の雇用者数のシェアは、南北アメリカが 7.7%、欧州が 6.8%（うち EU 加盟国が 5.5%）、その他の地域が 4.9%であった。

・中国は、太陽光発電機器の世界最大の生産国そして世界最大の需要国であり、太陽光発電の雇用者数は 270 万人と世界の 63%を占める。米国の太陽光発電と太陽光関連技術の雇用者数は、2020 年の一時的な落ち込みから回復し 25.5 万人に増加した。欧州の太陽光発電の雇用者数は 2020 年に 26.8 万人で、そのうち 23.5 万人は EU 加盟国である。インドでは、オングリッドの太陽光発電の雇用者数は 13.7 万人、オフグリッドが 8.06 万人と合計で 21.7

万人と推計される。日本の 2021 年の太陽光発電容量の年間増加量は前年比で減少したため、IRENA ではその雇用者数を 15.1 万人と推計した。

図 27 2021 年の太陽光発電雇用者の上位 10 か国



16. IRENA “SIDS Lighthouses Initiative: Progress and way forward”（2022 年 7 月発刊）

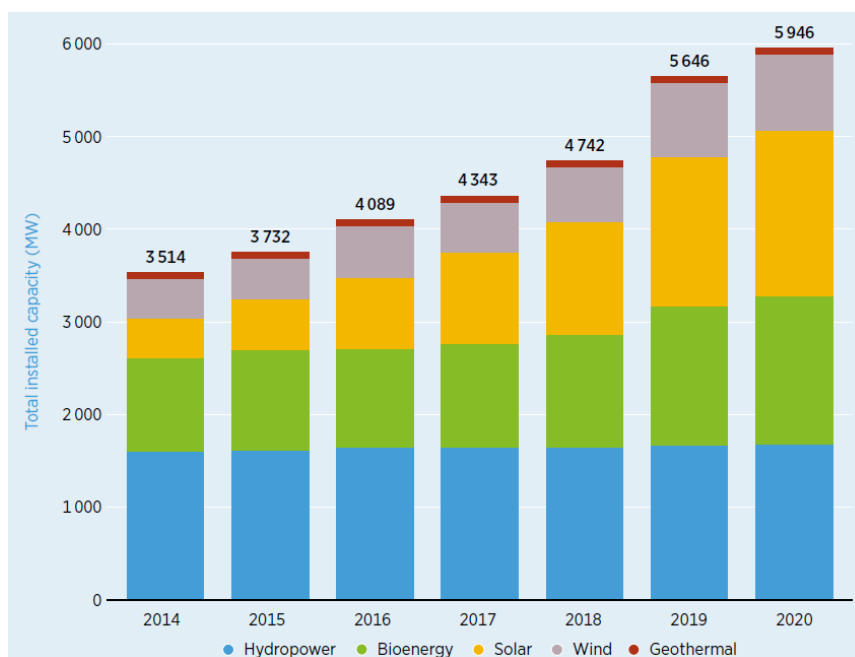


2014 年に設立された SIDS（小島嶼開発途上国）Lighthouses Initiative の 2021 年の進捗状況に関する報告書。日本、デンマーク、伊、仏、独ほか 8 か国の支援によって作成された。概要は以下の通り。

- ・2014 年に SIDS Lighthouses Initiative（以下、SIDS LHI）が開始されて以降、SIDS における再エネ発電容量は一貫して増加している。その累積の発電容量は 2014 年の 3.5 GW から 2020 年には 5.9 GW となり、特に 2018 年から 2019 年にかけては前年比で 19.5% という記録的な増加となった。しかし、再エネ発電容量

の増加率は 2019 年から 2020 年の間に 5.3% に減速し、SIDS LHI が設立されて以来の最低記録となった。

図 28 SIDS における再エネ発電容量（累積値）



- ・SIDS における 2020 年の再エネ発電の新規導入量は 180 MW の太陽光発電 と 110 MW のバイオエネルギーが大半となった。それ以外、すなわち、水力、風力、地熱の増加は停滞しており、COVID-19 パンデミックの影響がまだ残っている。

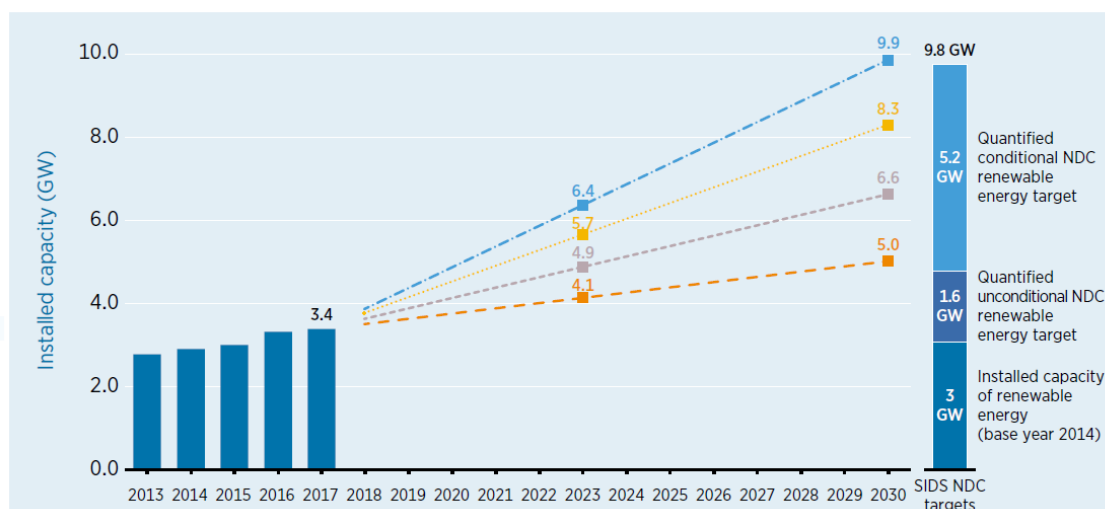
- ・2018 年に SIDS LHI の第 2 フェーズが開始されて以来、以下の優先分野に沿って IRENA は SIDS のエネルギー転換の取り組みを支援してきた。

- ・ 技術支援とキャパシティ・ビルディングによる NDC 更新と実施の支援

- ・ 評価・計画段階から効果的で革新的なソリューション実施への進展
- ・ 地熱・海洋エネルギーを含むすべての再エネ資源の促進と風力・太陽光発電の取り組み強化
- ・ 融資可能なプロジェクト開発、資金へのアクセス、民間部門との協力支援
- ・ 再エネのあらゆるバリューチェーンにおける組織や人材のキャパビル強化
- ・ 発電にとどまらない運輸部門その他の最終需要部門へのスコープ拡大
- ・ 再エネとエネルギー効率改善のシナジーの活用
- ・ 幅広い社会経済的発展の促進のための再エネと農業、食料、健康、水とのネクサスの形成
- ・ 再エネによる雇用創出、ジェンダー平等、女性のエンパワーメントに関する意識向上
- ・ 「再エネ利用拡大」と「気候変動レジリエンス・災害復旧」とのリンク
- ・ 十分な情報に基づく意思決定のための統計整備と公表の強化
- ・ SIDS の他の イニシアティブとのシナジーを活用したパートナー強化と拡大

・ 以上の優先分野に加えて、IRENA は、すべての SIDS における 2030 年の再エネ発電容量の合計を 10 GW とする新しい目標をセットした。SIDS が提出した NDC を分析した結果、今後 SIDS において 6.8GW の再エネが追加的に導入される見込みであり、SIDS の再エネ発電容量は 2030 年までに累積で約 10 GW まで増加する（図 29 参照）。これは過去 7 年間の年間増加量の 4 倍に相当する水準の増加となる。「2023 年までに再エネの累積発電容量を 5 GW にする」という旧目標が 3 年以上前倒しで達成された事実を踏まえて、今回の 10GW への目標改定が行われた。

図 29 再エネ発電容量と 2030 年までの推移シナリオ



17. IRENA “Indonesia Energy Transition Outlook”（2022 年 10 月発刊）



・IRENA のエネルギー転換長期シナリオである World Energy Transitions Outlook とその地域レベルでの分析である Renewable Energy Outlook for ASEAN 第 2 版に基づいて、インドネシアのエネルギー転換に関する長期的な見通しを示した報告書である。概要は以下の通り。

・IRENA の再エネ長期ロードマップ（REmap）では以下のシナリオ別に分析が行われる。エネルギー転換シナリオ（TES）および 1.5℃シナリオ（1.5-S）がエネルギー転換を加速させたシナリオとなっている。

・**PES**：現行および計画されている政策に基づいたシナリオ。

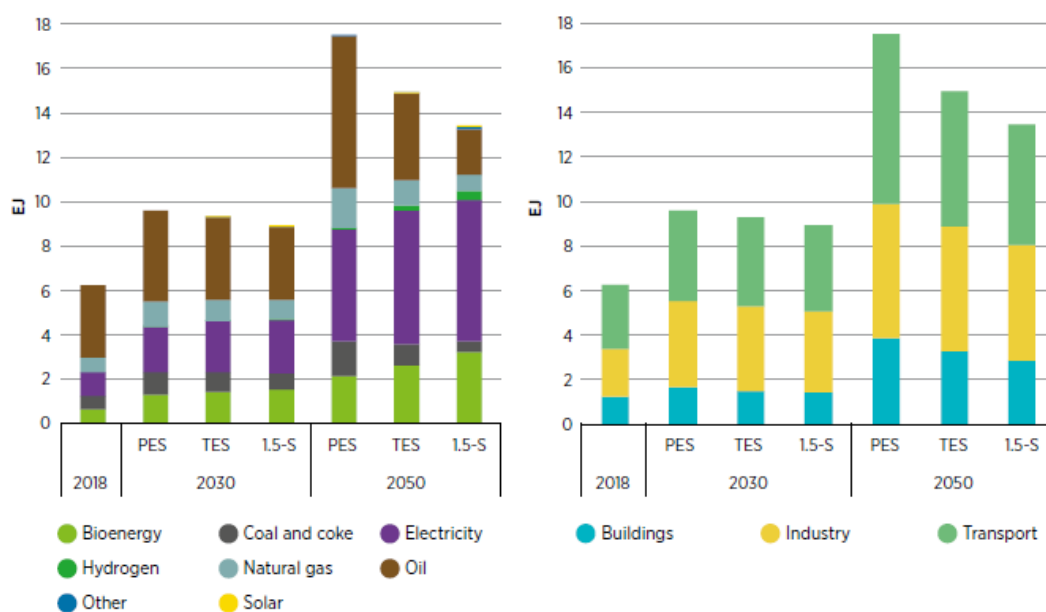
・**TES**：現在入手可能で低炭素技術・ゼロカーボン技術を用いたエネルギーパスを示したシナリオ。

・**1.5-S**：TES よりも野心的なシナリオで、1.5-S RE85（発電の再エネシェア 85%および原子力）、1.5-S RE90（発電の再エネシェア 90%および CCS 利用）、1.5-S RE100（発電の再エネシェア 100%）という 3 シナリオに分けられる⁵⁶。

・インドネシアの人口は 2050 年に 3 億 3,500 万人（2018 年からの年平均増加率 0.74%）に至り、2050 年の一人当たり GDP は 2018 年比で 3 倍以上になるとみられる。人口増加および経済成長を受けて、PES の 2050 年最終エネルギー需要（TFEC）は約 3 倍増加する（年平均増加率 3.3%）。一方、TES および 1.5-S は、再エネや電化への転換とエネルギー効率改善が進み、TFEC は PES よりもそれぞれ 14%および 22%抑えられる（図 30）。1.5-S では電力が 2050 年 TFEC の 47%を占め、ほとんどが再エネベースとなる。

図 30 インドネシアの最終エネルギー需要（2018、2030、2050 年）

（左：エネルギー源別、右：部門別）



⁵⁶ インドネシアの一次・最終エネルギー需要やエネルギー起源 CO₂ 排出量の算定では、1.5-S RE90 の数値が用いられている。

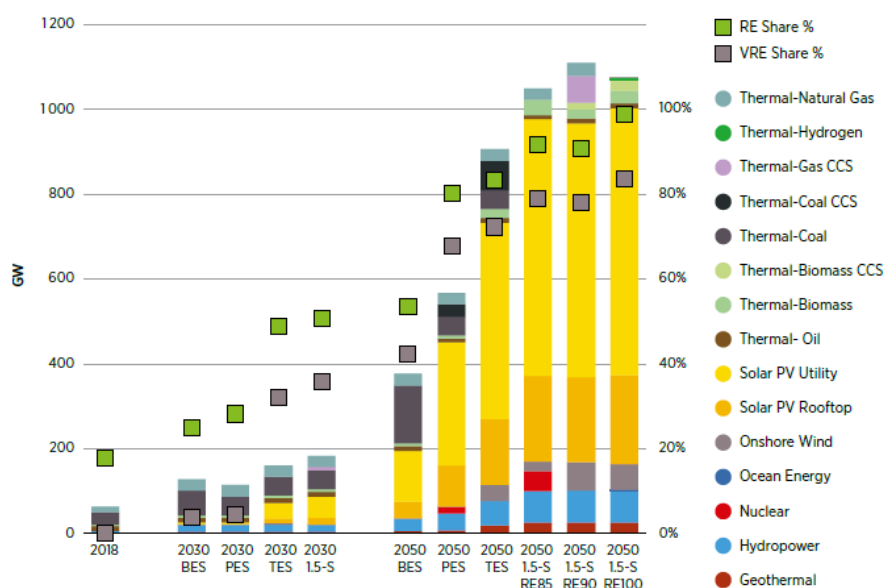
・一次エネルギー供給における再エネのシェアは、2018 年 14%から、2050 年 PES 24%、TES 45%、1.5-S 70%へとそれぞれ拡大する見通しとなる。

・インドネシア政府は産業部門の成長に注力しており、8 業種のエネルギー集約型産業（産業部門 TFEC の 70%を占める）がその中心となっている。産業部門の TFEC は、2050 年にかけて PES で年平均 3.6%、TES 同 3.3%、1.5-S 同 3%で増加する。産業部門のエネルギー転換では、電化とバイオマスが重要な役割を担い、水素やサーキュラーエコノミー、CCS といった多様な技術が必要とされる。

・経済成長に伴い 2050 年の車両台数（vehicle stock）は 2018 年から約 2 倍に増加する。輸送部門の 2050 年 TFEC は PES で 2018 年から約 2.7 倍に増加し、ガソリンとディーゼルが大半を占める。運輸部門の脱炭素化を進めるためには電化が最も可能性のある技術である。1.5-S では乗用車を中心に道路輸送の 82%が電化される見通しである。長距離重量トラック、船舶、航空向けにはバイオ燃料の利用が脱炭素化のカギとなる。

・人口増加、経済成長、床面積の拡大に伴い、建物部門の 2050 年 TFEC は PES で 3 倍以上になる。住宅では厨房用のエネルギー需要が半分以上を占める。LPG の普及により伝統的バイオマスは 2025 年以降徐々に減るが、脱炭素化のためには電熱ストーブ等による電化の推進が必要である。商業用建物では、電力がエネルギー需要の 9 割近くを占めており、空調がその約半分を占める。住宅・商業用建物においてはエネルギー効率改善が脱炭素化のために重要となる。

図 31 インドネシアのエネルギー源別発電設備容量（2018、2030、2050 年）



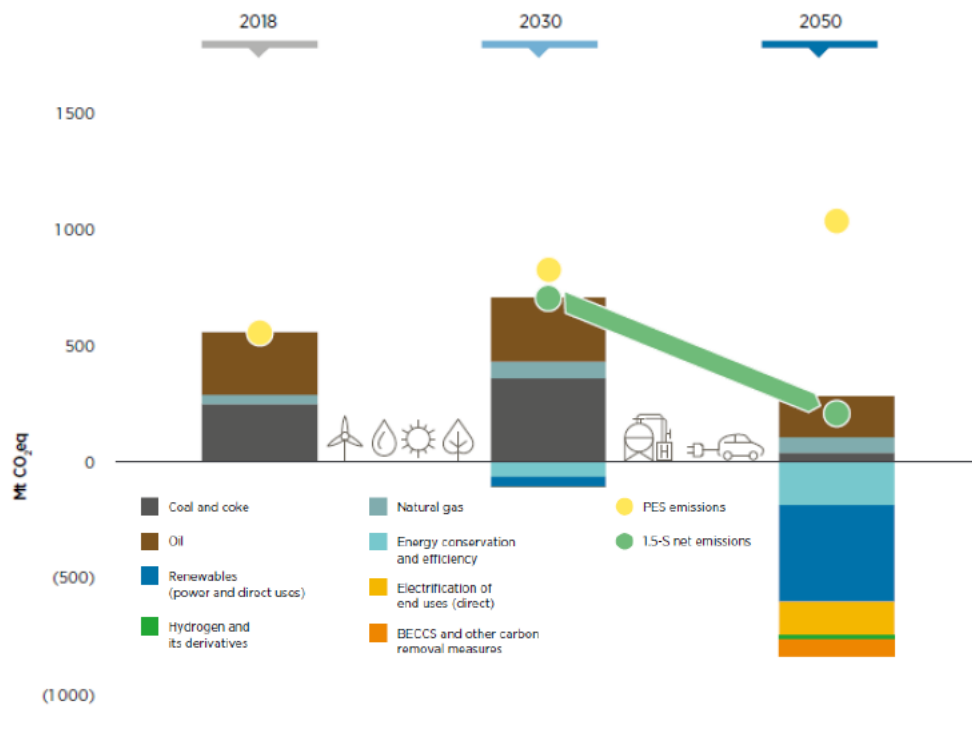
・系統電力については、石炭火力がインドネシアの発電設備容量の 52.3%を占める(2020 年)。2050 年までに電力需要は 2020 年比で 5 倍以上になる見通しであり、どの電源の発電設備容量を拡大するかで CO₂ 排出量は異なってくる。同国の再エネポテンシャルは豊富であり、特に太陽光のポテンシャルは 2,898GW である。発電部門の脱炭素化では全てのシナリオにおいて太陽光が重要な役割を担う(図 31)。ただし、電力需要はジャワ島に集中している一方で、太陽光が豊富なのは他の地域(Sumatra, Eastern Nusa Tenggara, Kalimantan)であるため、送電網の増強が必要となる。送電網の整備では再エネ適地やエネルギー需要地を考慮した長期の慎重な計画が求められる。再エネの系統統合において必要な柔軟性を高めるには、蓄電池と揚水発電の費用対効果が特に 2040 年以降に高いとされる。

・エネルギー転換に必要な投資額は、2050 年までに PES で 1 兆 1,740 億米ドル、TES で 1 兆 9,200 億米ドル、1.5-S で 2 兆 3,100~2 兆 4,180 億米ドル(PES の 2 倍)となる。特に、発電部門と EV インフラへの投資が必要とされる。一方、2050 年までに必要となる燃料費や O&M は、PES の 10 兆 7,000 億米ドルに対し、1.5-S は 10 兆 1,000 億~10 兆 3,000 億米ドルに抑えられる。また、1.5-S では健康や気候変動に関する外部不経済の回避費用は 2,000 億~6,350 億米ドルに上ると推計される。

・エネルギー転換に向けた再エネ導入を推進するために、投資環境を改善する必要がある。国営電力 PLN が唯一のオフテイカーであるため電力市場は透明性や先見性が低い。電力市場の透明性を高め、民間部門の参加を促す改革が必要である。PPA や再エネ調達に関する明確な枠組みは投資リスクの軽減に資する。

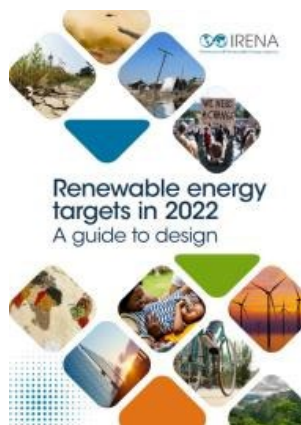
・エネルギー起源 CO₂ 排出量は、2018 年 5.59 億トン CO₂ から、2050 年には PES で 10.40 億トン CO₂ と 2 倍近く増加するが(排出量の 89%は化石燃料起源)、TES では 5.08 億トン CO₂、1.5-S は 2.10 億トン CO₂ と 2018 年実績よりも減少する(図 32)。この CO₂ 排出削減には、エネルギー効率改善、再エネ利用、最終エネルギー消費の電化、CCS が貢献する。

図 32 インドネシアの 1.5-S の下でのエネルギー起源 CO₂ 排出・削減量
(2018 年、2030 年、2050 年)



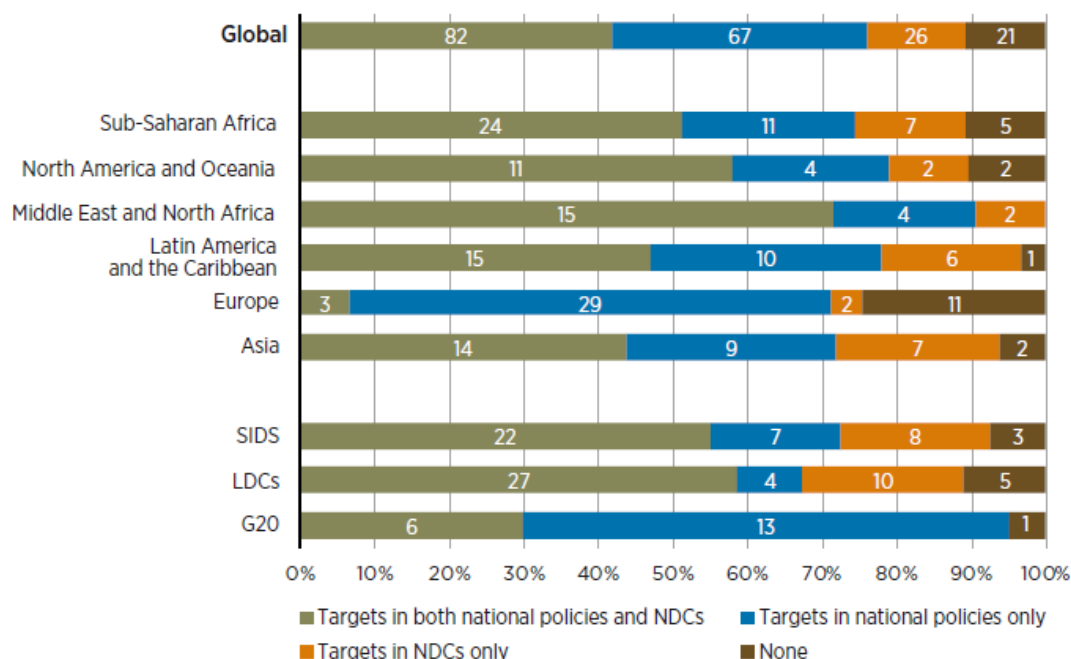
18. IRENA “Renewable energy targets in 2022: A guide to design”（2022 年 11 月発刊）

・当報告書は、GHG 排出削減に資する再エネ目標の策定に関して政策立案者を支援するために作成された。概要は以下の通り。



・国連に提出された NDC のうち、183 カ国が再エネについて言及しており、うち 143 カ国が数値化した再エネ目標を有している（2022 年 10 月 16 日時点）。この中で 108 カ国が再エネ発電目標を定めているが、NDC だけでなく国のエネルギー政策でも再エネ発電目標を挙げているのは 82 カ国にすぎない（図 33）。NDC の再エネ目標を実現するためには、国のエネルギー政策や法律で設定される再エネ目標と一致させることが必要である。また、NDC において、冷熱や輸送も含む最終エネルギー需要に関する再エネ目標を掲げているのは 31 カ国のみである。発電だけでなく最終エネルギー部門の野心的な目標設定も必要である。

図 33 NDC で再エネ発電目標を有する国数および国家エネルギー計画（地域別）



・2022 年半ば時点で、176 カ国が国あるいは地方自治体レベルで何らかの再エネ目標を有している。ほとんどが再エネ発電の目標であるが、最終エネルギー需要部門の電化の重要性が高まっており、ヒートポンプやEVの導入目標を設定する国も増加している。また、化学や鉄鋼のような電化が難しい部門の脱炭素化で重要な役割を担うグリーン水素に関して戦

略や目標を定める国が増えている。

・IRENA の 1.5℃シナリオ（2050 年までに気温上昇を 1.5 度以内に抑制）によると、2030 年までに再エネ発電設備容量は 10.8TW が必要とされるが、既存の目標に基づいた再エネ発電設備容量は 2030 年 5.4TW とこれを大きく下回る。現在の再エネ導入ペースから見ると、既存目標は達成可能と考えられるため、一層野心的な目標設定が必要である。なお、5.4TW のうち約半分をアジア地域が占めている（図 34）。再エネ電源別にみると、太陽光、陸上・洋上風力が 2030 年再エネ発電目標の中心となる（図 35）。

図 34 既存の目標に基づいた 2030 年の再エネ発電設備容量（累積、地域・技術別）

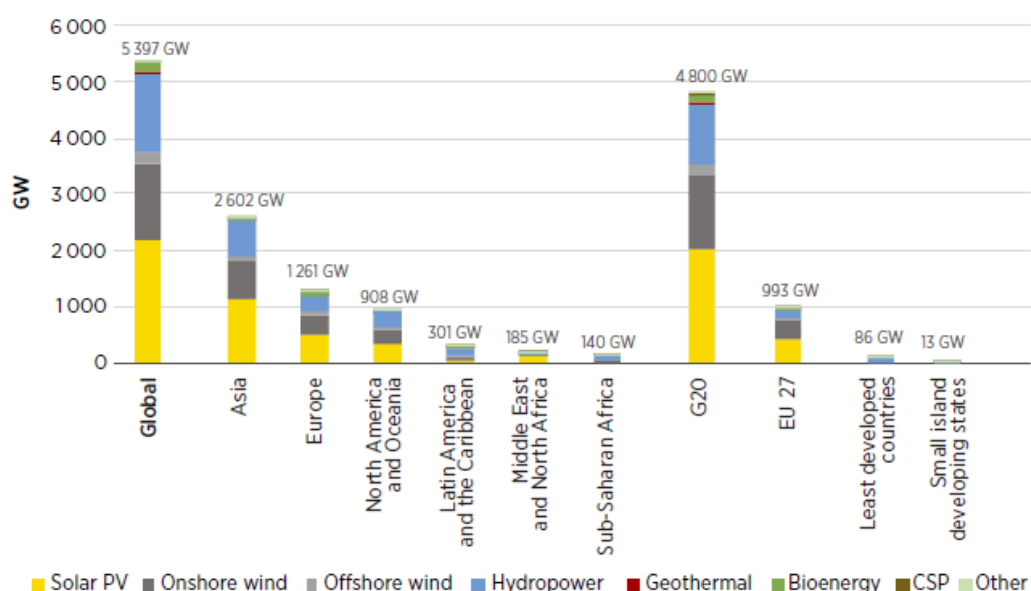
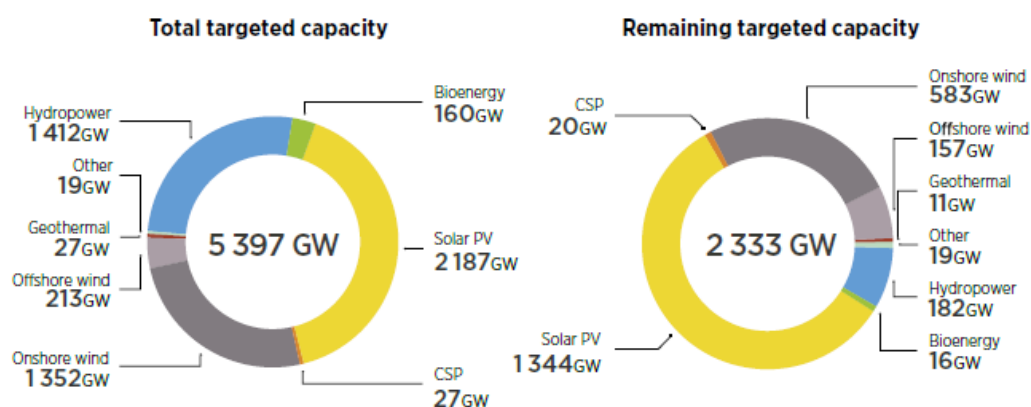
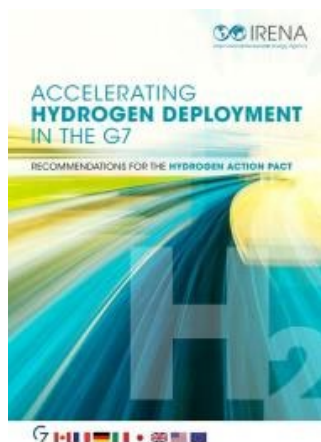


図 35 2030 年までの再エネ発電設備容量目標（技術別）
（左：累積、右：追加導入量）



・再エネ目標の設定は、政府による再エネへの政治的な長期コミットメントのシグナルとして不確実性を低下させるため、必要な投資が促進される。目標設定では再エネ導入の目的を明確に考えなければならない。具体的には、気候変動目標の達成、エネルギーアクセスの向上およびエネルギー貧困の削減、エネルギーセキュリティの強化、社会経済便益の最大化などがある。また、エネルギー需要、再エネ部門の開発状況やインフラ、再エネポテンシャルも考慮する必要がある。

19. IRENA “Accelerating hydrogen deployment in the G7: Recommendations for the Hydrogen Action Pact”（2022 年 11 月発刊）



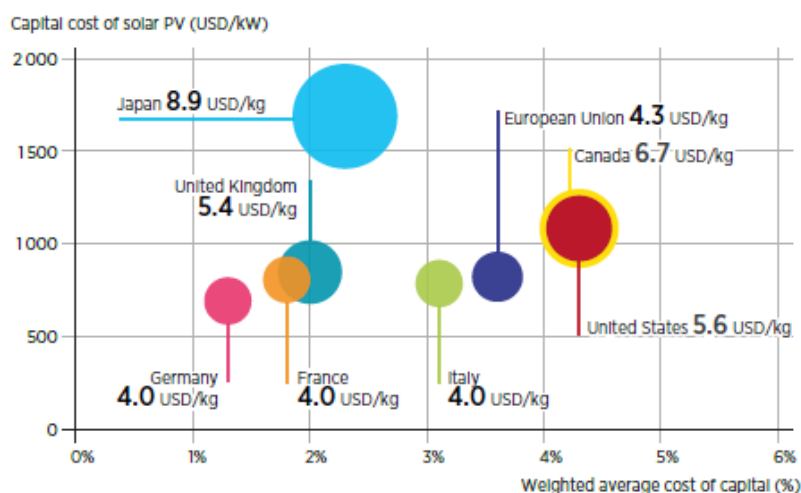
・G7（加、仏、独、伊、日、英、米、EU）は、2022 年 5 月、水素行動協定（HAP）を立ち上げた。当報告書は、G7 加盟国の技術、コスト、戦略、政策支援に関する動向や見通しを整理し、傾向や共通の優先事項などを横断的に分析したものである。また、最後に HAP に沿った再エネ水素を拡大するための行動を提案している。概要は以下の通り。

・G7 による 2020 年の水素需要は 24.2 百万トン H_2 と世界の 24.6%を占め、その約 2/3 が石油精製、残りが化学品製造に用いられている。G7 の水素需要は 2050 年までに 115～192 百万トン H_2 （2020 年比で 4～7 倍）に増加すると想定される。

・G7 の中では広大な土地を持つカナダ、米国に再エネ水素のポテンシャルが大きく、2030 年需要量の 70～100 倍の規模に及ぶ。対極にあるのが日本で、2030 年の水素需要量の 3%以下の量しか 2 ドル/kg H_2 の生産コストで生産できない。日本以外の他の G7 諸国は、2030 年までに国内需要量の 5～7 倍程度の水素を 2 ドル/kg H_2 以下のコストで生産できる見通しである。

・再エネ水素の生産には燃料投入が不要である。その生産コストは再エネ電力に依存するため、再エネ発電設備の設置コストと資本調達コストが重要なコストパラメータとなる。太陽光発電の例にとると（日照条件が比較的恵まれていないにも関わらず）ドイツが最も低コストとなる（図 36）。対照的に、日本は最もコストが高い。

図 36 G7 各国における太陽光発電による 2021 年時点での水素生産コスト
（太陽光発電コストと資本調達金利との関数で図示、円の大きさは水素生産コストの多寡を示す）



・EU、特にドイツが水電解装置の技術輸出を目指している。一方、アジアは燃料電池生産（定置型および輸送用）をけん引している。2010～2020 年に出願された水素の特許件数 65,000 件の約半分を G7 が占め、うち日本が 2/3 を占める。近年、中国の特許取得が増えており、2020 年までに累積特許件数の 30%を占めるようになった。

・水素の認証制度には、「GHG 排出量を数値化する方法に関する客観的な認証制度」と「製品や活動が持続可能であることを定める基準に関する主観的な認証制度」がある。前者は国が異なっても一貫性が維持されることが求められ、水素生産プロセスを対象とした International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy（IPHE）などの実例がある。後者の主観的な認証制度は、GHG 排出量、水電解装置に用いられる再エネの追加性、電力と水素生産の相関関係に関する基準値を含む。

・自主的な水素認証制度は、産業界が自らの製品の持続可能性を証明するために採用した制度であり各国に複数の制度が併存している（図 37）。

図 37 自主的な水素認証制度の比較

Title	Label	Emissions threshold (kg CO ₂ eq/ kg H ₂)	Boundary	Power supply requirement for electrolysis	Hydrogen production pathway	Chain of custody (CoC) model
Australia Smart Energy Council Zero Carbon, Certification Scheme	Renewable H ₂	No threshold				Unclear
China China Hydrogen Alliance Standard and Assessment for Low- carbon Hydrogen, Clean Hydrogen, and Renewable Hydrogen Energy	Renewable H ₂	4.9				Not specified
	Clean H ₂	4.9				Not specified
	Low- carbon H ₂	14.5		not applicable		Not specified
European Union CertifHy Green and Low- Carbon Hydrogen Certification	Green H ₂	4.4				B&C
	Low- carbon H ₂	4.4				B&C
Germany TÜV SÜD CMS 70	Green H ₂ (non-transport)	2.7				B&C
	Green H ₂ (transport)	2.8				Mass
Japan Aichi Prefecture Low-carbon Hydrogen Certification	Low- carbon H ₂	No threshold				B&C
International Green Hydrogen Organisation Green Hydrogen Standard	Green H ₂	1.0				Not specified

Boundary

- Includes upstream methane production
- To point of production
- To point of use

Power supply requirements

- GO + additionality
- GO required
- No GO/additionality specified
- Solar, wind or hydro
- Nuclear
- Grid (or unspecified)

Hydrogen production pathway specified

- Electrolysis
- Fossil SMR/ATR with carbon capture
- Biogas SMR

・これらの自主的な認証制度は類似の方法を用いて認証制度・基準を策定している一方、大きく異なる点もある。例えば、GHG 排出上限の有無や排出上限値を設けていてもその基準値には幅がある（例：グリーンあるいはクリーン水素の場合は $1.0\text{kgCO}_2/\text{kgH}_2 \sim 4.9\text{kgCO}_2/\text{kgH}_2$ ）。また、GHG 排出量算定のバウンダリ設定（最終需要まで含むのは2つだけ）、再エネ利用の証明プロセス、電解槽へ投入する電源種の特化（再エネ、原子力、系統電力等）と再エネの場合の GO 証明や追加性の要求有無、Chain of Custody（生産・流通・加工過程の管理認証：上流から下流に至るサプライチェーン全体での関連情報の一貫したトレーサビリティ）のモデル手法の選択においても大きな違いがある。

・自主的な認証制度とは別に、各国における低炭素政策や制度において遵守を義務付ける「義務的な水素認証制度」も英国、EU、米国にそれぞれ存在する（図 38）。

図 38 義務的な水素認証制度の比較

Country/ region	Title	Boundary and scope (sector)	Emissions threshold (kg CO ₂ eq/ kg H ₂)	Power supply requirement for electrolysis	Hydrogen production pathway	Regulatory mechanism	Status of regulatory mechanism
	Government of the United Kingdom UK Hydrogen Strategy	   Energy	2.4	  	  	BEIS UK Low Carbon Hydrogen Standard	To be implemented in 2022 Certification scheme to be developed by 2025
		   Transport	3.9	  		UK Dept. for Transport Renewable Transport Fuel Obligation (RTFO)	Active
	European Commission A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe	   Transport	3.4	  		European Commission RED II	Active New Delegated Act of RED II proposed in May 2022
		Boundary not specified	3.0	  	  	European Commission EU Taxonomy	Active
	US Department of Energy Framework only (Hydrogen Strategy: Enabling A Low-Carbon Economy). National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap in development	   Transport, Energy	2.0	  	  	US Department of Energy H ₂ Hub draft (may be adopted by standard for clean H ₂ production)	Draft guidance released; Still in development
		   Transport	No threshold (Certificate issued based on reduction from annual target)	  	  	California Air Resources Board Low Carbon Fuel Standard (LCFS) - California only	Active

Boundary

-  Includes upstream methane
-  To point of production
-  To point of use

Power supply requirements

-  GO + additionality
-  GO required
-  No GO/additionality specified
-  Solar, wind or hydro
-  Nuclear
-  Grid (or unspecified)

Hydrogen production pathway specified

-  Electrolysis
-  Fossil SMR/ATR with carbon capture
-  Biogas SMR

・いずれの義務的認証制度も、水素を分類する規定を設けており、水素生産に対する政府支援を得るために遵守しなければならない基準を設定している。これに関連して、2022 年 8 月時点で、政府支援を付与する水素の定義について 3 件の標準（英国の Low Carbon Hydrogen Standard と Renewable Transport Fuel Obligation、米国カリフォルニア州の Low Carbon Fuel

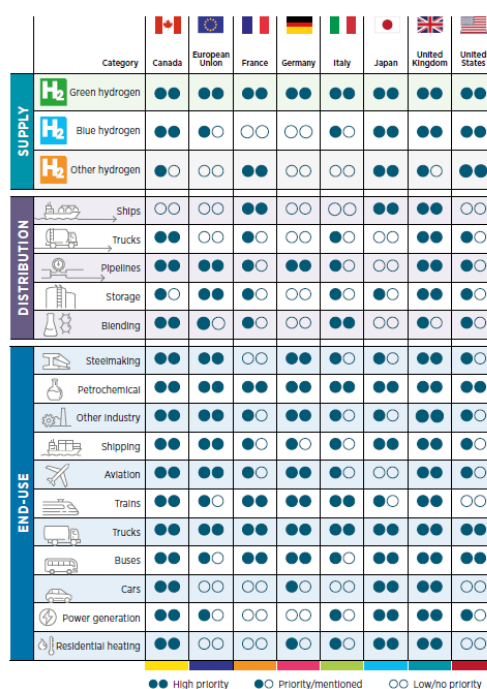
Standard) のドラフトが策定されている。

・G7 加盟国別に、水素・再エネの現状、2050 年水素見通し、低炭素水素生産プロジェクト、再エネ水素コスト推計、既存インフラ・インフラ計画、2030 年再エネ水素供給、2050 年水素・アンモニアの貿易、水素戦略を分析し以下のような結果が得られた。

(1) 水素が脱炭素化への共通の解決策とされる一方で、G7 加盟国は水素戦略・政策では異なる課題を挙げている。日本は、エネルギー多様化を可能にするエネルギーキャリアとして水素を捉え、グリーンやブルーなど水素の「色」の違いを重視していない。カナダ・EU・フランス・ドイツ・英国は再エネ水素を COVID-19 後の経済回復に資する産業として支援策を講じている。また、EU・英国・米国は水素政策をエネルギーセキュリティの観点で検討している。

(2) 国によって水素の生産・消費の方法が大きく異なっている (図 39)。生産方法では、カナダ・英国はブルー水素に大きな役割を見ている。最終消費では、脱炭素化が困難な Hard-to-Abate セクターを全 G7 加盟国が共通して支援対象としているのに対し、運輸部門については先送りしている国も見られる。水素は大きなポテンシャルを有しているが、その生産・輸送・エネルギー変換には追加的なエネルギー投入と多額の投資が必要であり、水素利用の政策的なプライオリティの設定が必要である。現時点では、第 1 に既存の (化石燃料ベースの) 水素生産の脱炭素化、第 2 に電化が困難な Hard-to-Abate セクターでの水素利用がまずは優先されるべき 2 分野と考えられる。

図 39 G7 各国の水素戦略・政策における重点分野



(3) 産業部門での再エネ水素利用を推進する政策（規制、財政支援、需要創出など）が必要である。しかし、脱炭素化が困難な産業部門での再エネ水素利用には、「高コスト」と「非常に限定的なグリーン水素需要」という 2 つの障壁があるため、コスト低減および需要創出を促す政策が必要である。コストの問題は補助金や優遇税制などのファイナンス支援策によって対応できる。需要創出の政策としては、グリーンな公共調達（sustainable public procurement）、グリーンな原料の割当制度（quota）、特定の製品に対する公的支援が挙げられる。

(4) 水素バレー（valley）や水素ハブに着目している水素戦略が多い。これらは「規模の経済」が働くため多様な需要家から構成される需要地となり、多様な技術をテストすることが可能となる。

(5) 様々なプロセスから生成される水素の定義に関して標準的な用語が定まっていない。グリーン水素の利用に向けた明確な目的を持つ国は「グリーン水素」「再エネ水素」といった明示的な用語を用いる傾向があるに対して、CCS と電気分解を同レベルの技術として組み合わせている国は「低炭素水素」「CO₂ フリー水素」「クリーン水素」等の包括的な用語を用いる傾向がある。

(6) 水素市場は多数の売り手と少数の買い手から形成される見通しである。買い手は、産業部門の脱炭素化と天然ガス輸入からの脱却を図るために再エネ水素・アンモニアを輸入する欧州と、エネルギー多様化の一手段として水素を位置づける東アジア（特に日本）に大きく分かれる。供給サイドに偏った不均衡な水素外交が今後の注目される外交テーマの 1 つとなる。

(7) カナダ、EU、ドイツ、イタリア、英国、米国は、再エネ水素技術の普及やコスト低下に合わせた明確な中期目標をセットして段階的に政策を実施してゆく **phased** アプローチを採用している。他方、日本とフランスは **phased** アプローチを採用せず、水素産業をキックスタートさせる目標年として 2030 年を位置付けている。いずれのアプローチを採用するにしても、再エネ水素のポテンシャルを活かすには安定した長期的政策が必要であることに変わりはない。

・HAP に沿った G7 の再エネ水素を拡大するために、以下の 5 つの柱（pillar）を提案する。

Pillar 1：基準や認証制度についての国際連携

Pillar 2：国際的な協力と早期のアクションから得られた教訓の共有

Pillar3：供給と需要創出への注力のバランス

Pillar 4：産業部門での水素利用の推進

Pillar 5：市民社会や産業界のステークホルダーに対するアウトリーチ

20. IRENA “Sector coupling: A key concept for accelerating the energy transformation”（2022年12月発刊）

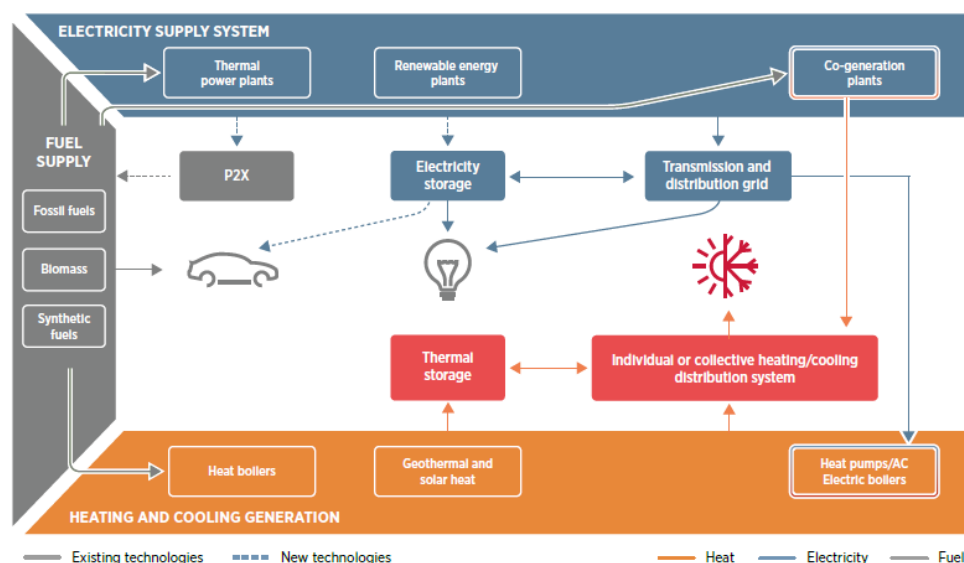


・当報告書は、再エネ 100%へのエネルギー転換を加速させることを目指し、エンドユーザーの設備や機器の直接・間接的な電化によって、エネルギーシステムの柔軟性と信頼性を向上させる戦略としてのセクターカップリングについて説明している。IRENA Working Group on Towards 100% Renewable Energy によって作成された。概要は以下の通り。

・国際的に合意された「セクターカップリング」の定義は存在しない。IRENA は、セクターカップリングを「発電部門を広範な最終エネルギー消費部門（暖房、冷房、モビリティ、工業プロセス等）と結びつけることで電力システムの柔軟性を強化し、自然変動再エネ（VRE）の一層高いシェアを電源システムに統合することを促進するプロセス」と定義している。本報告書ではこの定義をさらに拡大して「電力システムに柔軟性を提供するだけでなく、すべてのセクターにおいて 100%再エネベースのエネルギー需給を促進する」という一層ホリスティックな定義を採用する。

・セクターカップリングは、あるエネルギー源を熱需要や輸送需要とリンクさせる、そして、電化が難しい産業部門の工業プロセスにおいて間接的な電化を可能にするエネルギーキャリア間の新しいリンクを生み出すという 2 つの戦略的機能を持つ（図 40）。例えば、再エネ電力は（セクターカップリング技術である）ヒートポンプや電熱ボイラーを介して様々なセクターへ熱サービスを提供すると同時に、化石燃料や火力発電の電力に代わって EV の充電にも用いられる。

図 40 セクターカップリングの役割・機能



・異なるセクターをカップリングするため様々な技術が開発されてきた。セクターカップリング技術の多くは、最終エネルギー消費の直接的あるいは間接的な電化である。具体的には、厨房、ヒートポンプ、給湯ボイラー用の再エネ電力の直接利用、そして、水素や e-fuel といったグリーンガスによる間接的な再エネ電力利用である。

・建物部門の電化は拡大しており、電気機器だけでなく暖房や厨房用にも普及している。とりわけヒートポンプは冷暖房の脱炭素化を進める技術として重要性が高まっている。ヒートポンプの総数は、2022 年の 5,300 万台に対して 2030 年までに 1 億 4,200 万台を超え、3 倍近く増加すると予想されている。この増加の大部分は、日本、米国、EU であり、これらの国で税制優遇措置、助成金、補助金といったインセンティブが採用されていることが誘因となっている。

・道路輸送の脱炭素化では、EV が支配的な技術となる。EV にはスマート充電 (V1G)、vehicle-to-grid (V2G)、vehicle-to-building (V2B) を介してセクターカップリングの大きなポテンシャルがある。長距離重量トラック、船舶、航空の電化は難しいが、グリーン水素や合成燃料といった間接的な電化を通じた脱炭素化が可能である。

・産業部門の熱需要の一部（赤外線、誘導波・マイクロ波・プラズマ加熱等）には再エネ電力の利用は可能な選択肢であるが、経済性や技術的な問題から高温熱需要の直接的な電化は困難である。代替策として集光型太陽熱システムやグリーン水素の利用が考えられる。

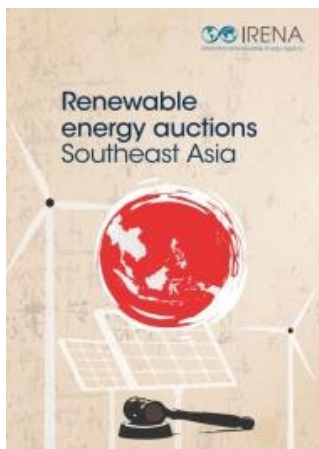
・再エネ発電技術が成熟しているため、直接的な電化は脱炭素の重要な実現手段である。しかし、依然としてエネルギー消費の多くは熱需要である。こうした熱需要に対する間接的な電化を行うには電力からガスや液体燃料へエネルギー転換する必要があり、必然的に大きなエネルギーロスを伴う。直接的な電化かあるいは間接的な電化かを選択肢として評価する場合、エネルギーロスを含めたエネルギー効率を検討しなければならない。間接的な電化はエネルギー効率が低いため、その適用は、原則として、脱炭素化が難しい部門に限定すべきである。

・セクターカップリングとスマートシステムインテグレーションはデジタル化が求められる。さらに、電力システムにはスマートエネルギーマネジメントが必要となる。スマートグリッドを含むデジタル化されたエネルギーインフラは運転効率を高め、需要側の柔軟性資源を統合することができる。電力システムの柔軟性の検討においては適切な規制枠組みが必要である。

・セクターカップリングの推進には、技術、ファイナンス、制度・規制の観点から検討が必要である。技術面では、技術開発やセクターカップリングソリューションの成熟度が重要である。特に Power-to-X 技術は大規模な導入を可能とする技術的な改善が必要である。セクターカップリングを進めるためのファイナンス面では、power-to-X チェーン技術の高コストと付帯するインフラへの追加投資が課題となる。現状ではセクターカップリングを推進

するインセンティブに欠けるため、適切な市場設計が必要となる。制度・規制面では、Power-to-X 技術の明確な定義、エネルギーシステム計画の統合、関係者の責任を明確にする法的・制度的な取り決めが必要である。

21. IRENA “Renewable energy auctions: Southeast Asia”（2022 年 12 月発刊）



・インドネシア、マレーシア、フィリピン、タイを中心に、カンボジア、ミャンマー、ラオスを含めた東南アジア地域において 2022 年 6 月までに実施された再エネの入札に関する制度設計や結果について分析を行った報告書である。概要は以下の通り。

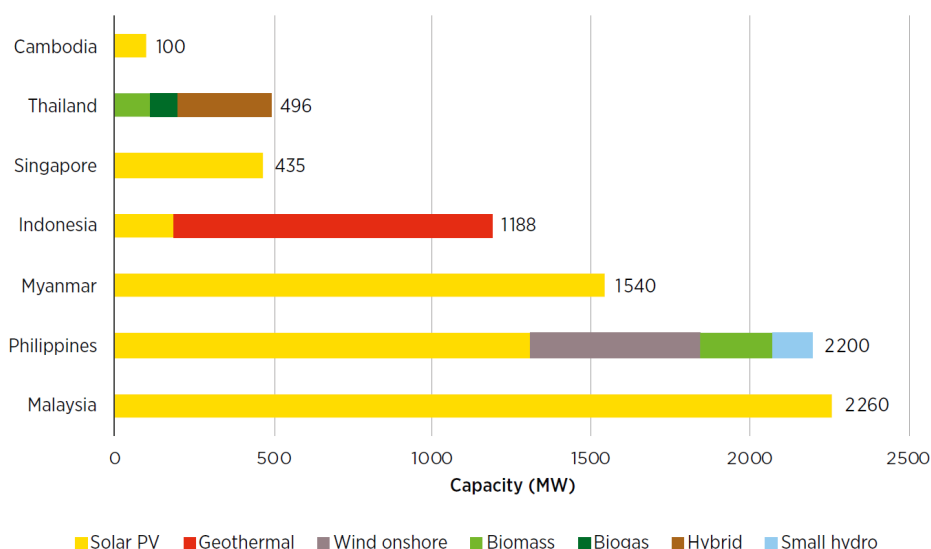
・ASEAN は 2025 年までに再エネシェアを一次エネルギー供給の 23%、発電設備容量の 35%とすることを目標とし、地域の国際連系線となる ASEAN Power Grid の整備を進めている。しかし、ASEAN 域内であっても各国の入札制度は多様である。

・インドネシアは複数回の太陽光および地熱の入札を行ったが、落札に至ったのはわずかであった。一方、マレーシアは大規模太陽光（large-scale solar PV, LSS）入札の全 4 回に多くの応募があった。

・フィリピンでは政府が Green Energy Tariff Programme（GETP）によって年次で定期的に行われる入札制度を構築し、2022 年第 1 ラウンドでは 2GW の再エネ（その多くは太陽光、その他は風力、バイオマス、小水力）が落札した。タイでは 2016 年バイオガス・バイオマス、2017 年バイオガス・バイオマス・太陽光を対象とした 2 回の入札が行われた。

・ラオスでは現時点で入札制度を有していない。シンガポールでは家庭用の屋根置き太陽光発電に対する入札が 2014 年に実施され 366MW 分が落札された他、2020 年には溜池における 60MW の浮体式太陽光の入札が実施された。図 41 は、2022 年 7 月まで東南アジア各国において入札された再エネ発電容量の累積値をまとめたものである。

図 41 東南アジア各国で 2022 年 7 月までに入札された再エネ発電容量の累積値



・入札制度を形成する主要要素は、入札の必要性、適格性基準と必要書類、選考基準と契約プロセス、リスク分散と売電者に対する報酬の4つである。以下はそれぞれの項目についての各国入札制度の分析結果である。

(1) 入札の必要性 (Auction Demand)

・計画的な入札（入札予定量の長期的計画が明確化されている入札）は、計画リスクを低下させて予見性を高めるため、多くの応札が期待される。しかし、これまではいずれの国も計画的な入札制度となっておらず、それぞれの入札が独立して **stand-alone** ベースで実施されている。こうした中、フィリピンは年次で定期的な実施される計画的入札を2022年から実施し始めた。

・技術別では多くの国で太陽光の入札が大半を占める（図41）。また、系統制約への懸念や島嶼地域等の多様な地域を含む国が東南アジアには多いことから、地域別もしくはゾーンを特定した入札が行われているケースが多い。例えば、フィリピンの2022年入札は、地域別（ルソン・ビサヤ・ミンダナオ）および技術別（水力・バイオマス・太陽光）に入札量を特定して実施された。

(2) 適格性基準と必要書類 (Qualification Requirements and Documentation)

・厳格で複雑過ぎる適格性基準や必要書類は投資家の入札に対する関心を低下させるが、これらを過剰に緩和してしまうと事業の完工や運用に影響する可能性がある。

・マレーシアの入札は包括的で明確な登録・書類・技術要求基準を定めている。タイでは、バイオエネルギーの入手可能性、土地利用、送電線への接続証明、金融機関による財政証明、資本金が求められる。インドネシアの地熱の入札では、入札価格に加えて、技術的な要求事項として入札者の経験や従事者の能力を含めた多面的な評価が実施される。フィリピンでは、再エネ入札のための **Green Energy Auction Committee (GEAC)** と技術作業部会を設置し、各入札における書類審査を管理している。

・東南アジアの入札では社会経済開発に資することが共通して重要視されている。特にインドネシアの地熱入札では、発電設備に用いられる部材やサービスについてローカルコンテンツの要求シェアが厳格に設定されている。

・系統接続の要求事項については主として以下の3つのオプションが考えられる：1) 入札前に接続許可取得は不要で、落札者が落札後に接続許可を取得すればよい（＝接続許可取得の有無は入札参加要件として問わない）2) 入札前に接続許可の取得を求める。送電容量の増強・拡張が必要な場合であっても入札参加を認める 3) 入札前に接続許可を取得しなければならない。送電容量の増強・拡張が不要な場合のみ入札参加を認める。東南アジア各国の入札では、この3つのオプションの様々な組み合わせが見られた。

(3) 選考基準と契約プロセス (Winner Selection and Contract Award Process)

・インドネシアの地熱入札では、2018年以降、①探鉱費用、②発電の成功率の2つを選考基準としている。探鉱費用が同水準の場合、発電の成功率について、新規事業と探鉱データ

を既に持つ既存事業との間で重みをつけた配点で評価される（図 42）。

図 42 インドネシアの地熱入札の各評価項目に対する配点割合

Aspect	New projects	Working areas with exploration well data
Technical assessment of geothermal reserves	25%	10%
Exploration strategy and plan	25%	15%
Exploitation strategy and plan, and utilisation	20%	40%
Investment plan	20%	25%
Innovation	5%	5%
Commercial operation date target met	5%	5%

・一方、マレーシアの太陽光入札では、①接続地点、電圧、事業規模、②土地利用、③ローカルコンテンツ、④社会的な便益の 4 項目で評価が行われ（図 43）、入札価格も考慮して総合的な観点から事業者が選定される。対照的に、タイ、フィリピン、インドネシアの太陽光ではもっぱら最低入札価格によって選定される。

図 43 マレーシアの太陽光入札の評価項目と評価ポイント数

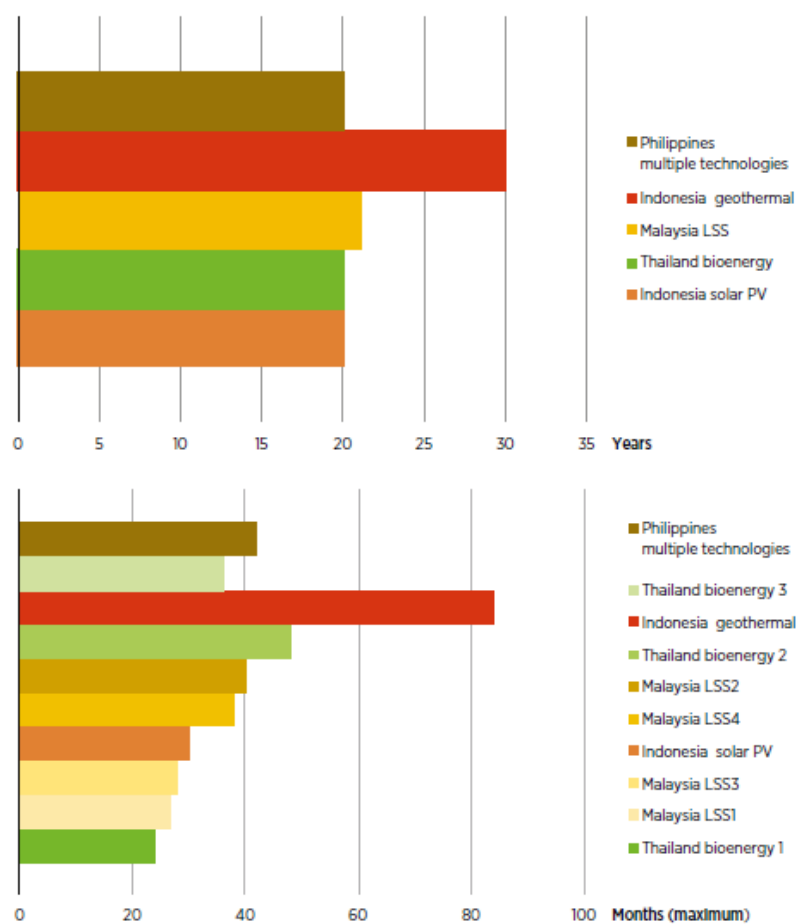
Element	Description	Merit point	Comments
Connection site, voltage and size of projects	For Peninsular Malaysia and Sabah/Labuan: (1) 1 MW to 5 MW connecting at ≤ 11 kV; or (2) 6 MW to 29 MW connecting at ≤ 33 kV	1	Smaller capacity with connection at lower voltage is preferred.
	For Sabah/Labuan: Labuan projects located in the East Coast	+1	Additional point for projects on East Coast of Sabah
Land usage	(1) the project will be developed on a bidders' existing land/structure; (b) the project will be developed on land with no or little economic value such as landfill site, deserted mining land, pond, etc. or; (c) the land under the solar PV panels is also used for other economic activities.	1	
Local content	100% locally manufactured/assembled PV modules or inverters	1	
Social benefits	The project includes community services or public amenities such as place of worship, non-profit welfare service, education institution, or stadiums	2	

(4) リスク分散と売電者に対する報酬 (Risk Allocation and Remuneration of Sellers)

・オフテイカーリスク、ファイナンスリスク、発電・出力抑制に関するリスク、系統接続に関する法的責務、保証金、遅延リスクと罰金といった諸項目について、各国の入札制度の設計が異なる。

・売電期間は、多くの国において、技術に関係なく概ね 20 年間で設定されている。但し、例外的に、インドネシアの地熱だけは 30 年間である。また、落札から運転開始期限までのリードタイムは 20 か月程度～80 か月以上まで国・技術・入札によって大きく異なっている (図 44)。

図 44 東南アジア各国の再エネ入札における売電期間 (上) とリードタイム (下)



・これまでの入札結果を見てみると、マレーシアは全ての入札において入札容量を超える多くの応札があり、入札価格幅も回を追うごとに低下傾向が見られることから、成功事例とされる。

・他方、インドネシアの入札は、太陽光発電に関連する法令や規制が頻繁に変更されたこと

や規制の重複のため成功事例とは見なされない。地熱の入札では調査の必要性や参加企業が少ないことを理由に延期や中止が頻発した。例えば、2015 年 12 月から 2020 年 7 月までの間に 15 回の地熱入札が公表されたが、契約に至ったのは僅か 3 事業のみである。太陽光についてもローカルコンテンツや系統接続の問題のため入札が中止されたことがある。

・タイの第 1 回入札では技術別に異なる結果となった。バイオガスは厳しい技術基準や政治的なリスクによって 3 件の落札にしかならなかったが、バイオマスについては入札容量以上の応札があり、FIT 上限価格以下の応札価格が示され競争的環境にあったと言える。フィリピンでは GETP 第 1 ラウンドにて、目標の入札容量 2GW に近い落札に至る結果となった。

二次利用未承諾リスト

報告書の題名: 令和4年度新興国等におけるエネルギー使用合理化等に資する事業（省エネ・新エネ等のマルチ・バイ枠組における国際動向調査）報告書

委託事業名: 令和4年度新興国等におけるエネルギー使用合理化等に資する事業（省エネ・新エネ等のマルチ・バイ枠組における国際動向調査）

受注事業者名: 一般財団法人日本エネルギー経済研究所

頁	図表番号	タイトル
xvi	序図3	ASEAN諸国のガス輸出入取引額
xvii	序図4	ASEAN諸国の石油輸出入取引額
xxiii	序図9	フィリピンにおける電源ミックスの推移(2021-2040)
xxiv	序図10	ASEAN域内の再生可能エネルギー設備容量および発電の割合(2020年)
xxxiv	序図11	世界の地域別・技術別CO2削減見通し
xxxv	序図12	世界のエネルギー関連投資額 (技術進展シナリオ、2021-2050年)
xxxvi	序図13	発電設備投資額（レファレンス・技術進展シナリオ）
3	図1.1-1	政策データベース
11	図1.3-1	IEA 4Eの組織体制図
13	図1.3-2	EDNAのタスク一覧(直近を抜粋)
51	図2.1	各国のZEB導入目標(累積値、地域別)
52	図2.2	中国の新エネ車購入補助金の推移(2011-2022年)
52	図2.3	欧州委員会による、欧州連合における自動車 とバスのCO2排出性能基準案 (2015年～2040年)
56	図2.4	特定国・地域におけるZEV トラックへの 購入補助金と標準価格(2021年)
61	図2.5	公共充電インフラ設備への公的資金の投入状況 (電動乗用車1台当たり、2021年)
81	図1	世界のエネルギー関連CO2排出量(2000年から2019年)
81	図2	最終エネルギー消費量及び削減可能なエネルギー需要 (2020年から2050年、 公表政策シナリオとNZEシナリオの比較)
82	図3	2020-2030年におけるエネルギー需要の変化 (公表政策シナリオとNZEシナリオの比較)
83	図4	燃料における2030年の最終エネルギー需要の比較 (公表政策シナリオとNZEシナリオの比較)
87	図1.2	主要国・地域における家庭用暖房 2021年
88	図1.3	国・地域及びシナリオ別(2021年、2030年のSTEPS、APS)の 暖房・給湯の用途別エネルギー需要
88	図1.4	地域別の冷暖房需要(2021年、2050年のSTEPS)
89	図1.5	国・地域別の世帯数増加レベル(2021年から2050年)
89	図1.6	国・地域別の建物におけるヒートポンプの 売上高成長率(2021年)

(様式 2)

90	図1. 7	国・地域別の建物におけるヒートポンプの容量 (2021年、2030年のSTEPS、APS)
90	図1. 8	世界の建物における暖房・給湯のエネルギー消費量 (2021年、2030年APS)
91	図1. 9	世界の建物における暖房・給湯のCO2排出量 (2021年、2030年APS)
91	図1. 10	世界の建物におけるヒートポンプへの投資 (2021年、2030年STEPS、APS)
92	図1. 12	世界の暖房需要へのヒートポンプの展開 (2021年、2030年、2050年)
92	図1. 13	EU諸国におけるヒートポンプの導入数と増加率 (2021年)
93	図1. 14	EUのAPSにおけるヒートポンプの展開と 天然ガスの累積削減量 (2021年から2030年)
94	図1. 15	欧州におけるガスボイラー禁止の実施・発表及び APSにおける暖房ガス需要とのギャップ(2021年から2050年)
95	図1. 16	APSにおける温度帯別の産業熱需要 (2021年から2030年)
96	図1. 17	欧州における温度レベル別の産業用ガスおよび プロセス熱の需要、ヒートポンプの代替可能性(2019年)
97	図1. 18	ドイツとフィンランドにおける産業用熱生産の 均等化コストの平均値(2016年から2020年、2021年)
98	図2. 1	APSの特定地域・国において、 輸入化石燃料による暖房の割合 (燃料別)
98	図2. 2	APSの特定地域・国におけるヒートポンプ導入に伴う 建築物の天然ガス需要の削減、(2021年～2030年)
100	図2. 4	2021年、特定地域・国において、 ガスボイラーからヒートポンプに 切り替えた家庭のエネルギー料金節約額
102	図2. 6	ヒートポンプの冷媒によるGHG排出量 (有効熱量MWhあたり 冷媒オプションごとの 出力と削減コスト)
103	図2. 7	冷媒の選択によるガスボイラーとヒートポンプの 有用熱出力MWhあたりのGHG排出量
104	図2. 8	APSにおける地域/国別のヒートポンプ雇用の変化、 2019-2030年
107	図3. 1	住宅用暖冷房コストの平均コスト比較、 ヒートポンプと従来システム (2021年)
108	図3. 2	代表的な国の住宅用ヒートポンプ最安モデルの 機器・設置コスト比較 (2022年)
110	図3. 3	代表的な国でガスボイラーからヒートポンプに切り替えた 場合のエネルギー支払額の削減 (2021年/2022年)
111	図3. 4	デンマークの建築省エネラベルのクラス別 ヒートポンプ電力消費 (2022年)
114	図3. 5	先進国のヒートポンプ製造能力の現状と予測
117	図3. 7	ヒートポンプ設置従事者数と不足数 (欧州連合、2020年～2030年)
120	図1. 1	世界の一次エネルギー原単位の年間改善量 (2001～2022年)、シナリオ別(2021年～2030年)

(様式2)

121	図1.2	世界の最終エネルギー原単位の改善 (部門別、2000年～2021年、ネットゼロシナリオ、2030年)
121	図1.3	G20諸国の一次エネルギー原単位(2020年) および改善率(2010年～2021年)
122	図1.4	世界の部門別エネルギー消費量の変化(2000年～2021年)
123	図1.5	エネルギー消費の変化 (部門および国別、200年～2019年)
124	図1.6	EMDE主要国における最終エネルギー消費量の 年平均変化(2000年～2019年)
125	図1.7	世界の電動乗用小型車新車の販売台数(2015年～2022年)
125	図1.8	世界のESCOプロジェクトへの投資額(2015年～2021年)
126	図1.9	IEAメンバー国における技術開発への政府支出 (2000年～2021年)
127	図1.10	効率および電化部門のベンチャー企業への投資実績 (2022年、上期分は見込み) (技術分野・地域別、2015年～2022年上期)
128	図2.1	クリーンエネルギー・復興関連支出、2020-2023年
128	図2.2	2023年まで予定されているクリーンエネルギー回復 のための政府支出の累積額
129	図2.3	米国インフレ抑制法とEU回復・復興基金の予算配分について
130	図2.4	主要な最終用途における最低基準の エネルギー使用量カバー率(世界全体、2000-2022年)
130	図2.5	主要な最終用途におけるMEPSの エネルギー使用範囲(2022年)
131	図2.6	エネルギー事業者義務制度を導入している国の数 (2000-2022年)
132	図2.7	世界の建築物最終エネルギー需要および効率指標 (2000年～2020年)、シナリオ別(2030年)
132	図2.8	2022年における建築物エネルギーコードの世界的な状況
138	図3.1	エネルギー価格インフレ率の前年同月比(2022年10月)
139	図3.2	国別の平均世帯年間エネルギー支出(2019年と2022年)
140	図3.3	消費者向け物価上昇対策措置を導入している国の割合 (2022年4月)
141	図3.4	建物のエネルギー性能証明ランク別家庭の 年間エネルギー料金 (英国、2019年夏および2022年10月の価格)
143	図3.5	欧州諸国における天然ガスの主な最終用途、2019年
143	図3.6	米国における産業の電化による省エネポテンシャル
144	図3.7	欧州における産業の急速な電化ポテンシャル
144	図3.8	国別燃料別の住宅用暖房エネルギー消費量、2020年
145	図3.9	国別の住宅における暖房エネルギー原単位と暖房度日
146	図3.10	断熱性能別外気温別の必要熱容量(kW)
146	図3.11	デンマークとドイツにおける建物の性能別100㎡当たりの 暖房費、ガス対ヒートポンプ、2019年と2022年9月
147	図3.12	欧州におけるヒートポンプの販売台数実績および予測 (2026年)
147	図3.13	国別LED照明の導入拡大による省エネポテンシャル
149	図3.14	シナリオ別世界の最終エネルギー消費量 (2010年、2020年、2030年)

(様式 2)

156	図 1	6つの技術経路を通じた2050年までの CO2排出削減とそのシェア
158	図2	2018年と2030年のCO2排出削減
161	図3	2050年水素輸送方法のコスト最適点 (生産規模と輸送距離の関数として)
162	図4	キャリア別の輸送コストの2030年内訳 (左) と2050年にかけての進展 (右)
166	図5	2050年のグリーン水素の供給曲線 (楽観的シナリオケース)
169	図6	産業部門での水素の展開のための各段階における 政策ロードマップ
173	図7	特許群のトップ10国 (左図) と主要国の国際特許群件数の推移 (右図)
175	図8	1.5 度シナリオの下での2050年までのアンモニア生産量
176	図9	1.5 度シナリオの下での2050年までのアンモニア需要
177	図10	再生可能アンモニアと低炭素化石アンモニアの 生産コストのレンジ比較
180	図11	2050年の世界の水素貿易フロー (楽観的な技術想定ケース)
181	図12	2050年のアンモニアの輸出国 (左) と輸入国 (右) 上位7か国の貿易量
181	図13	2050年の世界のアンモニアのエネルギー収支 (楽観的技術シナリオの場合)
184	図14	大規模太陽光、陸上・洋上風力の世界加重平均設置コスト (左図)、設備利用率 (中図)、LCOE (右図) の推移 (2010～2021年)
184	図15	新規各再エネ発電の世界加重平均LCOE (2010年と2021年の比較)
186	図16	ガス火力発電と大規模太陽光発電のLCOEの推移 (欧州、2010～2022年)
187	図17	太陽光パネルの主要生産過程
190	図18	再エネ消費量とその最終エネルギー消費に占めるシェア の1990年以降推移
192	図19	再エネ消費量とその最終エネルギー消費に占めるシェア (1990年と2019年)
193	図20	途上国の再エネ電源別、2010 年と 20 年の 1 人あたりの 発電容量と年平均成長率
198	図21	2018年、2030年、2050年の各シナリオ毎の 技術別発電容量と再エネシェア
200	図22	1.5-S の下での2018年、2030年、2050年の エネルギー起源CO2排出・削減量
201	図23	2050ネットゼロ (NZE) と国際協調が乏しい シナリオのCO2 排出量の推移
202	図24	2030年の主要低炭素技術のコスト低下率： 転換が早急な場合と緩慢な場合の差
204	図25	再エネ雇用者数・技術別の推移 (2012～2021年)
205	図26	主要国の2020 年の太陽光発電設備の輸出高シェア (左図) と純貿易高 (右図)
206	図27	2021年の太陽光発電雇用者の上位10か国
207	図28	SIDSにおける再エネ発電容量 (累積値)
208	図29	再エネ発電容量と2030年までの推移シナリオ

(様式 2)

209	図30	インドネシアの最終エネルギー需要 (2018、2030、2050年) (左：エネルギー源別、右：部門別)
210	図31	インドネシアのエネルギー源別発電設備容量 (2018、2030、2050年)
212	図32	インドネシアの1.5-S の下でのエネルギー起源 CO2排出・削減量 (2018年、2030年、2050年)
213	図33	NDCで再エネ発電目標を有する国数および 国家エネルギー計画 (地域別)
214	図34	既存の目標に基づいた2030年の再エネ発電設備容量 (累積、地域・技術別)
214	図35	2030年までの再エネ発電設備容量目標 (技術別) (左：累積、右：追加導入量)
216	図36	G7各国における太陽光発電による 2021年時点での水素生産コスト
217	図37	自主的な水素認証制度の比較
218	図38	義務的な水素認証制度の比較
219	図39	G7各国の水素戦略・政策における重点分野
221	図40	セクターカップリングの役割・機能
224	図41	東南アジア各国で2022年7月までに入札された 再エネ発電容量の累積値
226	図42	インドネシアの地熱入札の各評価項目に対する配点割合
226	図43	マレーシアの太陽光入札の評価項目と評価ポイント数
227	図44	東南アジア各国の再エネ入札における売電期間 (上) とリードタイム (下)