

令和 3 年度調査報告書

令和 3 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
(マルチ枠組における国際動向調査)

令和 4 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、日本の先進的な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の二部構成でまとめている。

令和4年3月

（一財）日本エネルギー経済研究所

目次

はじめに.....	III
世界の省エネルギー・再生可能エネルギー政策を巡る 2021 年度の動向.....	VII
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.....	XI
世界的なエネルギー需給規模の急成長における多国間協力の意義.....	XXXIII
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.....	5
1.2.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法.....	5
1.3 IEA 4E (電気機器エネルギー効率実施協定)	6
1.3.1 概要と意義.....	6
1.3.2 本年度の活動.....	8
1.3.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法.....	11
1.4 APEC EGEE&C (APEC 省エネルギー専門家会合)	13
1.4.1 概要と意義.....	13
1.4.2 本年度の活動.....	14
1.4.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法.....	15
第 2 章 各会合の議事録 (省エネ編)	17
2.1 IEA-EEWP	17
2.1.1 第 47 回 IEA-EEWP	17
2.1.2 第 48 回 IEA-EEWP	17
2.2 IEA 4E	19
2.2.1 第 27 回 IEA 4E 執行委員会.....	19
2.2.2 第 28 回 IEA 4E 執行委員会.....	19
2.3 APEC EGEE&C	19
2.3.1 第 56 回 APEC EGEE&C 会合.....	19

2.3.2 第56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	25
3.1 IEA REWP (IEA 再生可能エネルギー作業部会)	25
3.1.1 概要と意義.....	25
3.1.2 本年度の活動.....	26
3.1.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法.....	27
3.2 IRENA (国際再生可能エネルギー機関)	28
3.2.1 概要と意義.....	28
3.2.2 本年度の活動.....	30
3.2.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法.....	31
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)	33
3.3.1 概要と意義.....	33
3.3.2 本年度の活動.....	34
3.3.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法.....	35
3.4 APEC EGNRET (APEC 新・再生可能エネルギー技術専門家会合)	37
3.4.1 概要と意義.....	37
3.4.2 本年度の活動.....	38
3.4.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法.....	39
第4章 各会合の議事録 (再エネ編)	41
4.1 IEA REWP	41
4.1.1 IEA-REWP 第79回執行委員会 (REWP ExCo79)	41
4.1.2 IEA-REWP 第80回執行委員会 (REWP ExCo80)	41
4.2 IRENA	42
4.2.1 第21回IRENA 理事会.....	42
4.2.2 第22回IRENA 理事会.....	42
4.2.3 第12回IRENA 総会.....	43
4.3 ISGAN	44
4.3.1 第22回執行委員会 (ExCo22)	44
4.3.2 第23回執行委員会 (ExCo23)	45
4.4 APEC EGNRET	45
4.4.1 第55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 (省エネ編)	47
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)	114

世界の省エネルギー・再生可能エネルギー政策を巡る 2021 年度の動向

省エネルギーおよび再生可能エネルギーの推進はエネルギー安全保障ならびに地球温暖化対策問題への取り組みの中でも最も重要な政策である。主要先進国・途上国を含めた 175 の国・地域が参加するパリ協定（2016 年発効）は、産業革命前からの世界の平均気温上昇を 2℃未満に抑え、さらに平均気温上昇 1.5℃未満を目指すとし、参加国において 2020 年以降の地球温暖化対策努力を定めている。

2021 年は世界的なエネルギー価格の高騰という、厳しい現実が企業経営や家計を直撃した。費用対効果の高い選択肢を有する省エネが「First Fuel（第一に取り組むべきエネルギー源）」であることを世界各国は再認識し、改めて推進が強化された。

欧州委員会は、Fit for 55 の第二弾の一つとして建築物のエネルギー効率指令の改訂版案を 2021 年末に提示した。本改定の主要なポイントは、①既築の住宅・建築物のうち、エネルギー効率が悪いものを対象とした省エネ改修の促進、②2030 年以降、全ての新築住宅・建築物を、「Zero Emission Building」とする（公共建築物は 2027 年以降）、③2030 年以降、新築住宅・建築物のライフサイクルでの地球温暖化係数を計算、④加盟国政府が化石燃料ボイラー禁止の法的根拠を形成、そして⑤2027 年以降、化石燃料ボイラーに対する助成措置付与の停止である。

本改定の最重要項目の一つが、上述の既築の住宅・建築物の省エネ改修促進である。各加盟国の住宅・建築物ストック全体のうち、最も性能の悪い下から 15%を、エネルギー性能証明のグレード G として位置付け、建築物では 2027 年までに、住宅では 2030 年までに改修しグレードを最低でも F へ向上を目指す。本措置は、賃貸物件オーナーへの省エネ改修義務付を意味する。これは、現状では断熱性能の低い環境に居住するエネルギー貧困世帯の温熱環境を改善させ、電力・ガス料金の支払いを節減する狙いもある。

イングランドでは、自動車の電動化に向けた備えとして、本年から EV 充電設備の設置が新築住宅・建築物、並びに大規模改修を行う既築建築物で義務化される。カリフォルニア州では、昨年次期建築基準法の改定案が承認されており、本年は 2023 年施行に向けた準備が行われる。同州では、新築住宅における給湯・空調用のヒートポンプ使用が奨励され、加えて将来のオール電化に向けた備えとして配線敷設が義務化される。これには、EV 充電に備えた駐車場での配線敷設も含まれる。

途上国では、制度・基準が未整備で、初期投資が高いことが障壁となり高効率技術の普及に課題がある。対策とし、GIZ や JICA、USAID 等のドナー機関による省エネ関連事業への資金拠出、並びに制度形成に向けた技術支援等が引き続き行われる。日系メーカーでは、アフリカ等途上国で高効率エアコンのサブスクリプション・ビジネス（消費者は高効率機器を所有せず、毎月の使用料を払う）を展開させており、その動向が注目される。なお、昨年、日本政府は国際的省エネ枠組み “Super-Efficient Equipment and Appliances Deployment : SEAD” への参加を表明した。本枠組みが目標とするエアコン・冷蔵庫・照明・モータの 2030 年ま

でのエネルギー効率倍増に向け、途上国での基準形成等の支援に期待が寄せられている。

再生可能エネルギー（以下、再エネ）分野では、2020 年から 2021 年にかけて高水準での再エネ発電設備の導入が続き、記録の塗り替えが続いた。

2020 年前半は COVID-19 パンデミックによるサプライチェーンの混乱から再エネの導入量の増加が大きく鈍化すると見通しもあった。しかし、そのような見通しに反して、2020 年の世界全体での再エネ導入量は 260GW と、それまでの最高値であった 2019 年の 180GW を 44% も上回る記録的な増加となった。この増加量に占める太陽光のシェアは約 50%、風力は約 40% であり、全体の 9 割を太陽光と風力が占めた。

発電量に目を向けると、2020 年の世界の発電量は COVID-19 パンデミックによる需要減少を反映して 1% 弱減少した。こうした中、他の電源が軒並み発電量を減少させたのとは対照的に、再エネ発電量だけが例外的に前年比 6% 増加（430TWh の増加）させた。430TWh は 1 年間での再エネ発電量の増加としては 2018 年の 410TWh を抜いて過去最高値となった。この結果、同年の世界の再エネ発電量は 7,440TWh に達して、発電量に占める再エネのシェアは 2019 年の 26% から 28% に拡大した。再エネシェアの拡大は過去 10 年以上にわたって概ね 0.7%～0.9% ポイント/年程度で継続しているが、1 年間で 2% ポイント上昇したのは初めてこととなる。それだけ 2020 年の再エネ発電量の相対的増加が著しかったことになる。

続く 2021 年に入っても再エネ発電設備の導入の勢いは維持され、世界全体での 2021 年の再エネ発電設備容量は 2020 年の過去最高記録をさらに上回る 280GW に達した模様である¹。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、2021 年だけで 150GW に達する（2020 年 125GW から 16% 増加）など増加量全体に占めるシェアは 55% 程度まで拡大したと見られる。風力と比較して太陽光の増加の勢いが増しており、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、2020 年の減少からの反動もあって 2021 年の世界全体の発電量は前年比 6% 程度増加した。再エネ発電量も 2020 年比 6% 増加（460TWh）し、過去最高値だった 2020 年の 430TWh をさらに記録を塗り替える増加量となった。この結果、2021 年の再エネ発電量は 7,900kWh に達した。上述したように、2021 年は発電量全体が 6% 程度増加（1,500TWh）したため、再エネの増加量（460TWh）だけでは需要全体の増加を満たすことができず、発電量全体の増加量のうち 5 割以上（850TWh）を石炭火力の増加によって賄った。このため、発電量に占める石炭発電のシェアも増加することになり、再エネのシェアは（過去最大の発電量増加を記録したにも拘らず）前年と概ね同じ 28% となった。なお、付言すると、2021 年は米国、ブラジル、中国での渇水に起因する水力発電量の減少、そして、欧州での風況悪化による風力発電量の一時的減少が見られた特異な年でもあった。仮にこれらの国々における降雨量と風況が平年並みであったと仮定すると、2021 年の再エネ発電量の増加は 670TWh 程度であったと推計され、同年の再エネ発電量は 8,100kWh を越えていた

¹ 本稿執筆時点における推定値である。以下、2021 年の数値については同様。

ことになる。この場合、2021 年の発電力全体に占める再エネ発電量は 29%程度だったと推計され、2020 年の 28%からさらにシェアを拡大させていた可能性がある。

以上、2021 年の再エネ動向を一言でまとめれば、2020 年に見られた再エネ発電設備容量の急速な増加が、一過性のものでなく持続的な成長として 2 年連続で維持されたこと、そして、こうした発電設備容量急増の当然の帰結としての再エネ発電量の増加が、2020 年、そして 2021 年と 2 年連続で記録を塗り替える高水準であったことである。つまり、再エネは発電分野に関する限り、他のエネルギー源を圧倒する成長を続けており、この傾向は今後も当面は継続するとみるのが妥当であろう。

2020 年後半には 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。

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ものと考えられる。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、この分野はマルチ国際枠組みの場を通じた議論が非常に活発になると考えられる。

この文脈において、重要性がとみに高まっているテーマが再エネを起源とするグリーン水素とアンモニア等その派生物である。水素は、我が国が世界に先駆けて水素戦略を策定す

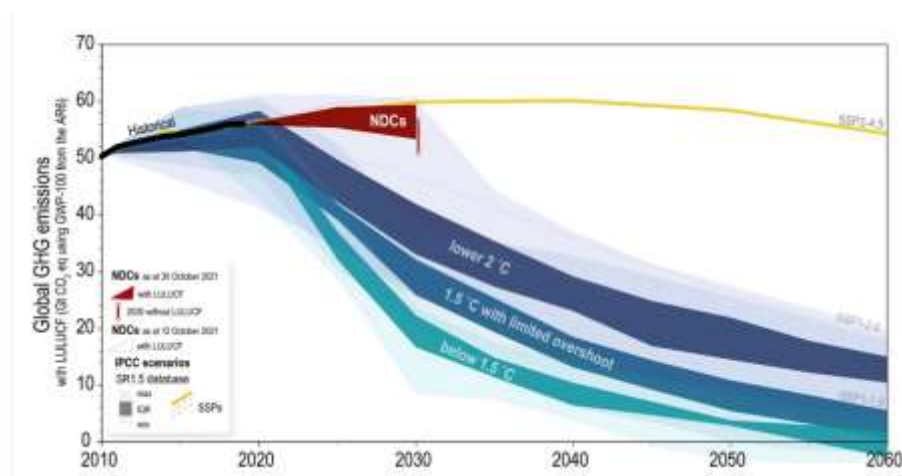
るなど我が国が世界をリードしている分野であり、マルチ国際枠組みにおいても積極的な貢献が期待されるところである。

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

省エネルギー・再生可能エネルギーの推進は、気候変動目標やエネルギー安全保障対策として、世界各国でその重要性が高まっている。気候変動対策として、締約国は、パリ協定の目標である世界の平均気温の上昇を 2℃より充分低く保ち、1.5℃に抑える努力を追求することを 2021 年 11 月に開催された COP26 において、再確認している。

しかしながら、各国が提出した自国が決定する貢献（Nationally Determined Contribution : NDC）の積み上げでは、CO₂ 排出削減は、1.5℃に抑えるのに必要とされる「2010 年比で 2030 年に 45%削減」には至らない。以下の図が示す通り、国連気候変動枠組み条約（United Nations Framework Convention of Climate Change : UNFCCC）が作成した Synthesis Report によると、2030 年に世界の温室効果ガス排出は、53.8 Gt-CO₂ に達し、2010 年の水準よりも 13.7%高いことになる。多くの途上国が UNFCCC に提出した NDC は、先進国からの資金や技術提供を前提とした「conditional commitments」をもって、より野心的な GHG 排出削減を行うとしている。すなわち、先進国から途上国へいかに国際協力を行うかが今後の世界的な気候変動対策としての重要性を示唆する。

序図 1 世界的な温室効果ガス排出の道筋

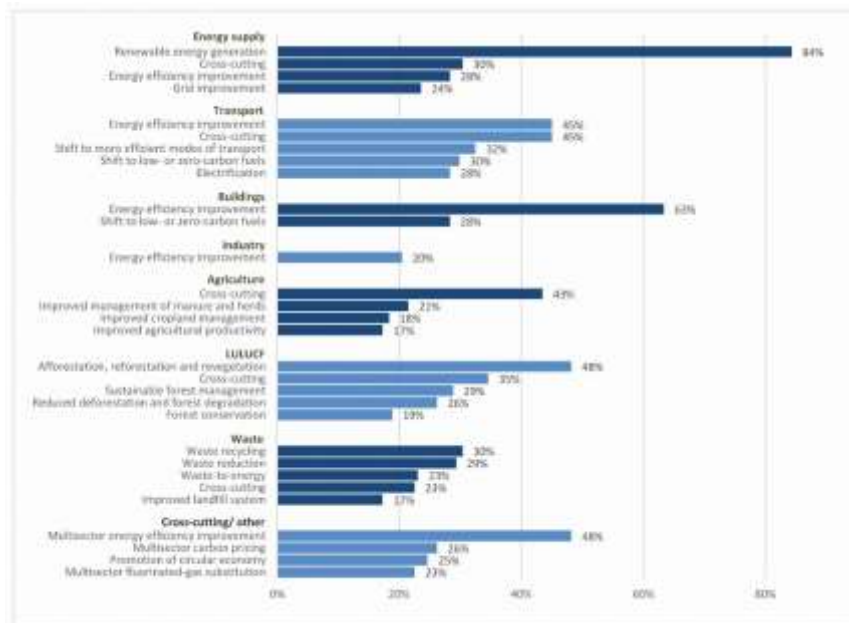


（出所） UNFCCC (2021) “Updated Synthesis Report”.

途上国への支援は十分に行われていないことが COP26 で確認されている。すなわち、先進国による 2020 年までに 1,000 億ドルの資金調達の目標が満たされていないことに、各国は深い遺憾の意を表し、そして先進国全体で 2025 年までに災害への備え等の適応支援を 2019 年比で倍増することを強く求めている。

以下の図は、各国が UNFCCC に提出した NDC における部門別・対策別の気候変動の緩和対策をまとめたものである。供給面、需要面のいずれにおいても再生可能エネルギー、並びに省エネルギーの推進を各国が対策として重要視していることが明らかである。

序図 2 NDC における部門別・対策別割合



(出所) UNFCCC (2021) “Updated Synthesis Report”.

なお、COP26 では、国と並んで、都市や州政府、そして企業が自主的取り組みに合意しており、協力の枠組みとして新たな潮流として指摘できる。対象範囲は、農業と土地利用、航空、自動車、金融、森林、そしてエネルギー分野と前例に無い多様な分野を網羅する。例えば、自動車では「世界の全ての新車販売を主要市場では 2035 年、世界全体では 2040 年までに EV や FCEV など CO₂ を排出しないゼロエミッション車とすることを目指す」という内容に 30 を超える国、そのほか都市や州、そして企業が合意した。しかしながら、日本を含む主要な自動車産業を抱える米国、中国、ドイツ、フランスは、EV と FCEV だけでなく PHEV や e-fuel も模索しており、本自主目標には署名していない。重要なステークホルダーである企業をいかに関与させるか、新技術の普及に向けた研究開発、政策の実行、そして資金の投入等、協力の枠組みに立脚した具体的な対応の強化が求められる。

1. 2021 年度の米国の省エネ・再エネ推進に向けた動向

(1) バイデン政権の気候変動対策と課題

2021 年 1 月 20 日に第 46 代米国大統領に就任したバイデン大統領は、国際的な気候変動取り組みへの復帰を果たすために様々な取り組みに着手したが、必ずしも順調に進展したとは言えない 1 年だった。バイデン大統領は、就任式直後にパリ合意復帰の大統領令を発令し、気候変動外交、国内安全保障の各種政策に合致し、連邦政府各機関が連携して温室効果ガス排出削減に取り組み、アメリカが気候変動取り組みにおいて再び世界のリーダーシッ

プをとるという姿勢は明確だった。2021 年以前から太陽光パネルや風力発電タービン、電気自動車のバッテリーなどのコストダウンにより、クリーンエネルギーへの転換は市場では確実に進んでいた他、先進的な州や自治体は 2050 年頃のカーボンニュートラル達成などの高い目標を掲げ、電力分野の脱炭素加速、建築分野の省エネルギー推進に力を入れていた。新政権によりこれらの流れを後押しする連邦政府の体制が整った 1 年だった。

クリーンエネルギーへの転換のペースアップが進む一方で、エネルギー安定供給の視点の重要性の再認識、クリーンエネルギー転換における社会的公平性への関心が高まった一方で、コロナパンデミックからの経済回復過程で、エネルギーを含むサプライチェーンの脆弱性が露出した。2021 年 2 月にアメリカ中部を襲った記録的な大寒波は、テキサス州を中心に需給ひっ迫が悪化し、電力供給力不足による大規模な停電を 1 週間以上継続する事態を引き起こした²。

西海岸州では、記録的な雨不足で水力発電の供給力が異常なレベルまで下がると共に、常態化しつつある夏期の高温乾燥による山火事が拡大し、予防的計画停電のリスクが常態化している。クリーンエネルギー転換加速の一方で、エネルギーの安定供給、エネルギーの災害耐性（レジリエンス性）の再認識に関する議論があり、今冬からの需給計画見直し、一定の余力を持たせた電力供給力の確保、需要側の対応能力向上の必要性が確認された。米国のコロナパンデミックからの経済復興を支える巨額の資金、中でもクリーンエネルギー転換等、グリーン分野への資金投入が拡大する一方、経済的に脆弱な地域や世帯がその恩恵を公平に享受できるのかという疑問、化石燃料事業に従事してきた人々やコミュニティの生計の転換を支える必要性など JUST TRANSITION（公平な移行）への関心も高まった。そして、コロナパンデミックからの景気回復で多くの分野の需要が拡大する一方、変異種の感染拡大の度に製造、流通現場が停滞した結果、エネルギーを含む多くの分野でサプライチェーンの脆弱性が露出した 1 年だった³。

（２）再生可能エネルギー導入は 2020 年に続き記録的な導入増、蓄電池の導入も伸びる

2021 年の太陽光発電、風力発電プロジェクトは 2020 年に続き記録的な伸びを示した。再生可能エネルギー由来の電力を求める需要が増加する一方で、サプライチェーンの混乱による生産、流通遅延が目立ち、近年低下傾向が続いてきたプロジェクトコストは上昇している。2022 年は再生可能エネルギー導入が今後も継続して成長するか、成長ペースが鈍化するかのトレンドが見えてくる年と予想されている。

² ABC13 Eyewitness News: Deadly Texas winter storm power outages were due to freezing or lack of winterizing, report finds (2021-09-26)

<https://abc13.com/texas-winter-storm-2021-power-outage-report-finds-cause-deaths/11041471/>

³ Utility Dive: 2022 Outlook: US solar and wind boom continues despite supply chain woes, Build Back Better uncertainty (2022-01-21)

<https://www.utilitydive.com/news/2022-outlook-us-solar-and-wind-boom-continues-despite-supply-chain-woes-b/617483/>

- ◆ 大規模ソーラープロジェクトは年金基金などの関心も高く、2022 年以降も成長が続く可能性が大きい

米国のほとんどの地域で大規模ソーラーの発電コストは最も安価になっており、大型蓄電池とのセットによるハイブリッドプロジェクトも増加している。年金基金等投資家は、大規模ソーラープロジェクトは低リスクと考え、引き続き投資規模は拡大すると予想されている。また、これまでボトルネックの一つだった系統接続協議の期間が短縮傾向にあることも追い風になっている。連邦エネルギー規制委員会(FERC: Federal Electric Regulation Committee)が接続協議期間の長期化は問題と指摘したことに加え、2021 年 11 月に成立したインフラ雇用計画法(IIJA: Infrastructure Investment and Jobs Act) で 650 億ドルが電力グリッド整備に投入される⁴ため、今後の接続協議が円滑に進むと期待されている。

- ◆ 蓄電池市場も成長継続が期待されている

2021 年の系統設置大型蓄電池の導入も記録的で、製造能力を上回る需要があり、当面の間、蓄電池の供給不足は続く。特にソーラーとの組み合わせたハイブリッドプロジェクトは連邦政府のタックスクレジットの対象となっており、2021 年の系統接続協議件数の半数を占めている。既存のソーラープロジェクトに蓄電池を追加設置する検討も増加している。蓄電池へのタックスクレジット延長計画は、上院への提出が見送られているビルドバックベター (Build Back Better) 法案に含まれていたため、継続可否は現在決まっていない。ビルドバックベター法案は規模を縮小して成立を目指す、気候変動関連の縮小は少ないという報道が多い⁵。

- ◆ 2021 年は米国の洋上風力プロジェクトの元年になった

風力発電では、連邦政府が洋上風力発電の扉を開いた年となった。大陸棚への設置を管轄する内務省海洋エネルギー管理局は、2021 年 2 月にニューヨーク湾沖合の洋上風力発電プロジェクト 6 件のオークションを実施した。2022 年には米国初の商用洋上発電プロジェクト Vine Yard がスタートする。バイデン政権は 2030 年に 30GW 規模の洋上風力発電を導入する目標を 10 月に掲げ、海洋エネルギー管理局はニューヨーク湾に続き、メキシコ湾沖、カリフォルニア州北部海岸のオークションを予定している。州による風力発電調達の動きも活発化している。ニューヨーク州は内務省のオークションとは別の洋上風力発電調達を発表している他、西海岸知事連合会は 2022 年のエネルギーポートフォリオで洋上風力を優先課題として設定している。今後、各州の再生可能エネルギー調達ポートフォリオが洋上風力発電プロジェクトの成長の大きな要素となる。

⁴ Jetro ビジネス短信:超党派インフラ法案が下院で可決、ビルド・バック・ベター計画は下院採決見送り (2021-11-09)

<https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/11/a742938642a1f4b2.html>

⁵ CNBC: House Democrats urge Biden to pass climate change portion of Build Back Better (2022-02-01)

<https://www.cnn.com/2022/02/01/democrats-urge-biden-to-pass-climate-change-part-of-build-back-better.html>

◆ クリーンテクノロジー開発、長期蓄電技術への投資は継続

風力発電、太陽光発電の効率向上、コストダウンに向けた研究開発投資が継続している。連邦政府のタックスクレジットが無くなって一時的にプロジェクトコストが上昇しても、中期には風力発電や太陽光発電の需要減少にはならないだろうと予想されている。2021 年に研究開発課題として注目されたのが、長期電力貯蔵技術だった。圧縮空気貯蔵や鉄空気交換蓄電池の実証プロジェクトが予定されている。その他、大規模クリーンエネルギー施設の交換やリサイクルが次の課題と言われている。初期の太陽光発電プロジェクトの老朽化が進み、撤去基準やリサイクルルールの策定に注目が集まっている。風力発電のタービンのリサイクル技術の開発、今後大量の普及が見込まれる蓄電池のリサイクルルールへの注目も高まっている。

(3) 建築分野、家電の省エネルギーは引き続き州や自治体がけん引

連邦エネルギー省は建築分野の電化を進めるため、建築基準の改訂の推奨、前政権で停滞した家電製品の省エネ基準の改訂作業に着手したが、成果はまだ見えていない。建築分野はこれまで同様、州や自治体が先導しそれを連邦政府が後追いする状況が続いている。

◆ 自治体による新築建築の電化促進の広がり

2019 年からカリフォルニア州バークレー市などの自治体から広まった新築建築の電化規制条例が各地に拡大している。また、新築建築だけでなく、既存建築に対しても改修時の暖房給湯設備の電化促進、ガス給湯器やガス暖房機器の電化買替えへの補助を導入した自治体もある。これらの自治体の多くはガス使用を禁止するのではなく、電化機器を推奨するものになっているが、ニューヨーク市が今年制定した新築建築への段階的なガス管接続禁止の例もある。反対に州によってはガス使用を制限する条例を禁止するケースもある。それらの州においても気候変動対応目標を掲げた場合、建築分野の削減をどのように実施していくかの対応策では悩みが深い。

◆ 高いインフレ率、天然ガス価格上昇等、電気料金負担増の懸念が大きくなっている

2021 年の半ばから、経済活動の活発化による高いインフレ、天然ガス価格の上昇に加え、2021 年春ごろまで続いた電気料金支払い猶予措置等のコロナ支援策が終了していく中で、消費者の電気料金負担増が続いている。気候変動への取り組みを強めた州や電力事業者では、再生可能エネルギー投資、電力系統増強への投資加速により、電力価格の上昇局面が続く中、急速なインフレや天然ガス価格の上昇による電気料金の高騰に強い警戒感を持つ州規制局が増えている。特に強く警戒しているのはアリゾナ州、カリフォルニア州、カンザス州の規制局で、電力価格の上昇に対して適切な政策対応を施さないと、脱炭素政策が遅延するという危機意識を持っている。カンザス州規制局は、風力や太陽光発電の新設と電力系統

の増強に 104 億ドルを投資する計画への懸念を公にしており、ニューハンプシャー州は省エネルギー推進予算を電気料金低下に充てる決定を下し、アリゾナ州も省エネルギー改修費用を電力事業者の料金で回収するプログラムの中止を決めた。これらの州ではこれまで州知事や電力会社が進める気候変動政策を市民が広く支持してきたが、電力価格の急上昇が続くと市民の政策支持が失われる懸念がある。

◆ 家電機器省エネ基準、連邦政府の改訂ペースは遅いが、州独自の基準策定は進んでいる
アメリカの家電機器の省エネルギー基準は州が先行し、連邦政府が追認する形で普及してきた。トランプ政権時代に家電機器の省エネルギー基準の策定ルールが変更され、対象機器の細分化やメーカー独自の性能評価等多数の抜け道が設けられ、多くの家電機器の基準改定が先送りされた。バイデン政権は就任直後に家電の省エネ基準強化をエネルギー省に指令したが、エネルギー省はようやく 11 月に白熱電球、ハロゲン球の段階的禁止措置案を提示するにとどまり、遅延している製品の基準改定に至らなかった。連邦政府による家電機器の省エネ基準改定が進まない一方で、州独自の省エネ基準強化は着実に進んでいる。2021 年に 5 つの州が新たな機器基準を追加している⁶。コロナパンデミックで出荷が増えた空気清浄機はワシントン DC 特別区やネバダ州で追加された。深刻な渇水を経験しているネバダ州、コロラド州、オレゴン州等に節水水栓やシャワーヘッド等が追加された。

(4) 運輸部門、自動車燃費基準改定と電気自動車の普及加速

◆ 自動車燃費基準、排ガス規制の改訂案が年末に公表された

2020 年にトランプ政権は、2012 年にオバマ政権が制定した自動車燃費基準、排ガス基準を大幅に緩和している。バイデン政権はカーボンニュートラル実現に向けた燃費向上、電気自動車の普及加速を目指し、環境保護庁(EPA)と運輸省道路交通安全局(NHTSA)に新基準策定を指示した。環境保護庁、道路交通安全局は 2021 年 8 月に基準案を提示、12 月 20 日に最終基準が発表された。

新しい燃費基準（乗用車、小型トラック）では、2023 年モデルで 10%の効率向上、その後 2026 年モデルまで年率 5%向上させ、2026 年には企業平均 55MPG (23.4km/リットル) と前政権の基準から大幅な改善が求められている（消費者が実際に購入する自動車に掲示される燃費基準は実走行を模擬した数値が表示される。2020 年平均燃費は 24.9MPG (10.6km/リットル)、トランプ政権が設定した 2026 年基準は 32MPG (13.6km/リットル)、バイデン政権新基準は 40MPG (17km/リットル)⁷。

⁶ ACEEE:Five states set appliance efficiency standards in banner year (2021-08-09)

<https://www.aceee.org/blog-post/2021/08/five-states-set-appliance-efficiency-standards-banner-year>

⁷ Wall Street Journal: U.S. sets 55-Mile-a-gallon fuel-efficiency standard for 2026 models (2021-12-20)

<https://www.wsj.com/articles/u-s-raises-fuel-efficiency-requirements-for-cars-and-light-trucks-1640016001#:~:text=Auto%20makers%20must%20meet%20a,model%20year%20is%2040%20mpg.>

環境保護庁は、自動車メーカーが 2026 年新基準を満たすためには、販売新車の 17%を電気自動車にする必要があると試算している。バイデン大統領は 2021 年 8 月にアメリカ国内新車販売（乗用車と小型トラック）の 50%を電動車（バッテリー電気自動車、プラグインハイブリッド車、燃料電池車）にする大統領令を発令している⁸。2021 年の全米における電気自動車（バッテリー電気自動車、プラグインハイブリッド車）販売は前年の 30.8 万台から 60.8 万台と倍増した⁹が、新車販売におけるシェアは 4%（バッテリー電気自動車 3%）にとどまっている。電気自動車の普及が最も進むカリフォルニア州は電気自動車の新車販売割合は 12.8%（バッテリー電気自動車 9.5%、プラグインハイブリッド 3.3%）まで増えた¹⁰。

2021 年は半導体不足の影響で、ゼネラルモーターズやクライスラー等米自動車メーカーの販売数が 2020 年比で減少した一方、トヨタ、ホンダら日系メーカーは 2020 年比で増加に転じ、トヨタは初の全米トップ販売数を記録した¹¹。ガソリン価格の急激な上昇と日系メーカーのハイブリッドモデル充実の影響で、2021 年のハイブリッド車の新車販売シェアは増加し 5%となった。バイデン大統領は、電気自動車の販売増、自動車メーカーの生産増を促すため、電気自動車購入時のタックスクレジットを継続する考えだが、タックスクレジット予算はビルドバックベター予算案に含まれているため、実施決定には至っていない。

◆ 雇用インフラ予算により充電ステーション、公共交通機関の電動化が進む

2021 年 11 月に成立したインフラ雇用計画法(IIIA: Infrastructure Investment and Jobs Act) は単一法としてアメリカ史上最大の 1 兆 2,000 億ドルの予算規模（過去に財源手当された支出を除いた新規支出は 5,500 億ドル）で、輸送部門のインフラ投資に 1,910 億ドルが新規追加されている³。道路橋梁や鉄道港湾整備の他、電気自動車充電施設を 50 万か所、スクールバスや公共バスの電動化、低排出車両への入れ替え促進に巨額の予算が充てられている。州や自治体によってはインフラ法以前から電動スクールバスや公共バスへの電動バス車両の導入、バス駐機場への充電施設設置を進めており、電動バス製造メーカーや充電機器メーカーは多くの受注を抱えている。サプライチェーンの混乱が続く中、製造ペースが上がらないと、インフラ投資資金を活用できないことも懸念されている。

◆ 電気自動車の充電負荷を意識した時間帯別料金の導入が拡大している

⁸ The White House: FACT SHEET: President Biden announces steps to drive American Leadership forward on clean cars and trucks (2021-08-05)

<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/08/05/fact-sheet-president-biden-announces-steps-to-drive-american-leadership-forward-on-clean-cars-and-trucks/>

⁹ Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Vehicle Technologies Office: Light-Duty Plug-in electric vehicles sales in the United States nearly doubles from 2020 to 2021 (2022-02-28)

<https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1227-february-28-2022-light-duty-plug-electric-vehicle-sales-united>

¹⁰ insideEVs: California: Plug-in car sales up 79% in 2021, Tesla Model Y #2 overall (2022-02-09)

<https://insideevs.com/news/566362/california-plug-in-car-sales-2021/>

¹¹ Reuters: U.S. hybrid electric car sales hit record highs (2022-01-07)

<https://www.reuters.com/business/autos-transportation/us-hybrid-electric-car-sales-hit-record-highs-2022-01-06/>

2021 年の新車販売に占めるバッテリー電気自動車の割合は 3%を越えたが、2022 年には EV ピックアップトラックも含め 100 以上の新モデルが投入される予定である。サプライチェーンの問題が続いているが、2022 年のバッテリーEV 販売シェアは全米で 5%、カリフォルニア州は 12%を超える予想もある¹²。EV の増加、充電施設の拡充に伴い、EV 充電需要が電力会社の関心事になっている。多くの電力会社で EV の充電負荷を発電、配電計画に反映し、需要増への対策を進めている。オフピーク時に EV 充電をシフトしてもらうための時間帯別料金の導入例が増えている他、The Mobility House 社のように商業用電気自動車の充電マネジメントを行うビジネスもスタートしており、充電負荷マネジメントプログラムの普及が加速すると予想される。

(5) 気候変動正義、公正なエネルギー転換(JUST TRANSITION)

多くの州や自治体がカーボンニュートラル目標を掲げ、クリーンエネルギー転換の速度が加速する中、化石燃料事業の従事者の生計維持、再教育と雇用の理想と現実、クリーンエネルギー転換に対する巨額の公的資金、民間投資を経済的な弱者も公平に享受できるか、不当な負担を強いられることが無いのか、といった気候変動正義、公正なエネルギー転換に対する関心が高まった。

2021 年の石炭火力廃止は 2015 年から 2019 年の廃止ペース、11GW/年よりも大幅に低い 4.6GW にとどまったが、2022 年には 12.6GW まで拡大すると予測されている²。石炭に従事している人々の生計やコミュニティを維持するため、廃止する石炭火力発電所に再生可能エネルギープラントを設置しようとする自治体もあるが、必ずしも風力や太陽光に適した場所とは限らない上、石炭火力従事者の住宅太陽光パネル設置や省エネルギー改修技能等の再教育も思ったように進んでいない。

省エネルギー機器や給湯暖房の電化機器への買い替え、電気自動車や充電設備への補助も、経済的に余裕のある層により多額の資金が投入され、負担能力の少ない経済弱者は恩恵を受けられないという現実も明らかになっている。

コロラド州は、「公平なエネルギー変遷(Just Transition)局」を新設し、地元の電力会社 Xcel Energy 社のクリーンエネルギープラン 2021 の中で石炭火力の廃止に合わせて再エネを導入する計画を策定している。マサチューセッツ州は経済的に困窮している地域に対する支援策を別枠で設け、予算を増額する対策を取っている。イリノイ州では省エネルギー改修の技能訓練を温室効果ガス削減法案に明記している。

住宅やビルの省エネルギー改修プログラムは、このような再教育、再雇用の受け皿になる有望なプログラムだが、2020 年のコロナパンデミックによる住宅や建物への立ち入り制限の影響で、2021 年も市場回復が遅れている。エネルギー省は、連邦政府の所有する施設や建物の省エネルギー改修、電化推進、改修事業を加速し、改修ビジネス市場の早期回復を牽

¹² EVadaption: EV sales forecast (2022) <https://evadoption.com/ev-sales/ev-sales-forecasts/>

引するための予算措置も行った¹³。

（６）多国間連携、途上国支援

気候変動への取り組みで世界のリーダーに復帰したいバイデン大統領は、2021 年 4 月に各国首脳を集めた気候サミットを開催した。気候サミット開催に先駆けて自国の 2030 年削減目標の引き上げ、2050 年カーボンニュートラルを目指すといった宣言を行い、日本を含む世界各国に対して、削減目標の引き上げを強く働きかけた。日本、カナダ等は気候サミットで高い目標を宣言した他、気候サミット後に中国や新興国も高い気候変動目標を掲げた。また、温室効果ガスの一つであるメタン削減についても米国が主導して 2030 年までにメタン排出量を 30%削減する「グローバルメタンプレッジ」を 9 月に発案し、11 月の COP26 終了時には 105 か国が加盟した。途上国支援に関して、米国を含む先進国は 2009 年の COP16 で 2020 年までに年間 1,000 億ドルの支援を行うと約束していたが、2019 年も 800 億ドルに届かず、中でもアメリカの支援は 66 億ドル（2018 年）にとどまっている¹⁴。バイデン大統領は 9 月の国連総会で 2024 年までに年間 114 億ドル拠出を目指す考えを表明した¹⁵が、3/11 に米議会は 2022 年予算として 10 億ドルしか承認しなかった¹⁶。

2. 2021 年度の EU の省エネ・再エネ推進に向けた動向

気候変動と環境問題は、欧州と世界にとっての脅威と捉え、EU は 2019 年から 2024 年の 5 年間に取り組むべき優先課題の一つとして、「European Green Deal」を打ち出している。European Green Deal では、2050 年までにカーボンニュートラルを達成、エネルギー・資源の利用と経済成長のディカップリング、公正な対策の実施により EU 域内での資源利用を効率的に行い、国際競争力の向上を目指すものである。2050 年のカーボンニュートラル達成に向けた中間地点として、2030 年の温室効果ガスの域内排出を 1990 年と比較して 55%削減を目指しており、その対策である「Fit for 55」を 2021 年 7 月に公表している。以下では 2021 年度の動向として、EU が European Green Deal の達成に向けた対策と、ロシアへの天然ガス輸入依存脱却というエネルギー安全保障対策としての省エネルギー・再生可能エネルギーの推進、そして多国間協力の意義についてまとめる。

（１）Fit for 55 案の公表

¹³ Department of Energy: DOE announces \$13 million for energy efficiency technologies at federal buildings (2021-12-01) <https://www.energy.gov/articles/doe-announces-13-million-energy-efficiency-technologies-federal-buildings>

¹⁴ Nature: The broken \$100-billion promise of climate finance-how to fix it (2021-10-20) <https://www.nature.com/articles/d41586-021-02846-3>

¹⁵ Reuters: Biden pledges to double U.S. climate change aid; some activists unimpressed (2021-09-21) <https://www.reuters.com/business/environment/us-seeks-double-climate-change-aid-developing-nations-biden-2021-09-21/>

¹⁶ Climate Home News: US approves just \$1bn climate finance for developing countries in 2022 (2022-03-11) <https://www.climatechangenews.com/2022/03/11/betrayal-us-approves-just-1bn-climate-finance-for-developing-countries-in-2022/>

2021 年 7 月 14 日、欧州委員会は 2030 年の温室効果ガス削減目標(1990 年比で 55%削減)の達成に向けた政策パッケージ「Fit for 55」案を公表した。諸対策の基本的考えは、(1) 経済的措置、(2) 目標と規制の強化、(3) 助成措置、の 3 つに大別でき、経済への影響や社会的公平性といったバランスを考慮しつつ、相互に補完的な役割を果たすことを目指す。

例えば、道路輸送と建築物に着目すると、Fit for 55 が (1) から (3) の手法によるバランスを考慮しているのが明らかである。(1) 経済的措置では、「EU-ETS の改正」を実施し、新たに従来とは別枠で輸送燃料と建築物の暖房燃料の供給事業者を 2026 年から対象に加える。事業者は毎年販売する燃料の排出原単位に応じて排出枠の取引を行う。(2) 目標と規制の強化に関し、道路輸送では、「新車と小型トラックの CO2 排出削減規制」において、2030 年には新車の CO2 排出を平均で 2021 年比 55%低減、2035 年には 2021 年比 100%低減させること(ゼロエミッション化の義務付け)、並びに「代替燃料インフラ規制」により、電気自動車や燃料電池自動車の充填インフラの整備を行い輸送燃料の転換を図る。

建築物に関しては「省エネ指令」を改正し、EU 全体で野心的な目標を設定する共に、今後提示する「建築物のエネルギー効率指令」で建築物の基準の強化が行われる。(3) 助成措置については、EU-ETS の道路輸送・建築物部門への拡大により、道路輸送や暖房燃料の価格上昇が懸念される。このため、消費者への影響を緩和する目的で、新たに「Social Climate Fund」を助成措置として設立、EU-ETS の収益を原資に 2025～2032 年の累計で 720 億ユーロを拠出し、低所得世帯や道路輸送の利用者、そして中小事業者への支援を行う。

(2) 天然ガス価格の高騰と EU-ETS 価格の関係

欧州では、ウクライナへのロシアの軍事侵攻や天然ガスの需給逼迫により、欧州で天然ガス価格が高騰している。これを受けて、EU-ETS の炭素価格との関係が指摘されている。EU-ETS の炭素価格は、2020 年の前期にはコロナ禍を受け€20/tCO₂ へ低迷したが、その後の需要回復、並びに欧州の 2030 年目標の強化(1990 年比 40%減から 55%減へ)を受け、2021 年 5 月には€50/tCO₂、そして 9 月初頭には€60/tCO₂ を超過した。EU-ETS の価格高騰により電力では、石炭火力発電の経済性が相対的に悪化、天然ガス火力発電へのシフトを促進した。欧州委員会副委員長のティメルマンス氏によると、これは天然ガス価格高騰の要因の 5 分の 1 を説明するもので、天然ガス供給の不足が主要な要因であると指摘した。

天然ガス価格の高騰を受け、欧州では、欧州委員会が温室効果ガスの削減目標の達成に向けて 7 月に提示した「Fit for 55」の便益よりも費用に関する議論が高まっている。すなわち、経済的措置として、「EU-ETS の改正」を実施し、新たに輸送燃料と建築物の暖房燃料の供給事業者を 2026 年から対象に加えることの是非について、フランスやポーランド、スペインなど従来から EU-ETS の改正による消費者負担の増加に異議を唱えていた国での反対を強めている。

(3) 天然ガス価格の高騰と省エネルギー推進の重要性

欧州では、ガス価格の高騰により、住宅・建築物の断熱性能向上と暖房需要の節減が気候変動対策のみならず、エネルギー安全保障対策として重要との認識が高まっている。欧州委員会は、建築物のエネルギー効率指令の改訂版案を昨年末に提示しており、本改定案の最重要事項の一つが、既築の住宅・建築物のうち、エネルギー効率が悪いものの省エネ改修促進であった。具体的には、各加盟国の住宅・建築物ストック全体のうち、最も性能の悪い下から 15%を、エネルギー性能証明のグレード G として位置付け、建築物では 2027 年までに、住宅では 2030 年までに改修しグレードを最低でも F へ向上を目指す、としている。

本措置は、賃貸物件オーナーへの省エネ改修義務を意味し、断熱性能の低い環境に居住するエネルギー貧困世帯の温熱環境を改善し、電力・ガス料金の支払い節減をも目的とする。短期的には、EU 諸国では、住宅・中小事業者等のエネルギー税支払い減免や補助金支給が行われているが、省エネ改修を促すよう早急な対応が望まれる。

(4) ロシアへの天然ガス依存の低減に向けた対策

欧州委員会は、ロシアへの天然ガス輸入依存度の脱却に向けて 2022 年 3 月 8 日、「REpowerEU」計画を公表した。本計画では、エネルギー供給源の多様化、再エネ利用拡大の加速、そして省エネの推進等、2021 年 7 月に公表された Fit for 55 の追加対策や前倒し実施により EU は 2022 年末までに、ロシアへのガス需要を 3 分の 2 削減し、2030 年までにロシアへの天然ガス・石油の輸入を終えるとしている¹⁷。以下はその主な内容である。

序表 1 天然ガスの供給源多様化

	Fit for 55 2030 年目標	REPowerEU	2022 年末までの 対策(bcm)	Fit for 55 への 追加対策 (2030 年, bcm)
EU 以外の 天然ガス		LNG での多様化	50	50
		パイプラインでの輸入 多様化	10	10
再エネ	Biomethane (17 bcm)	2030 年までの Biomethane 生産増(35 bcm)	3.5	18
	グリーン水素 (18.5 bcm)	水素生産と輸入の拡大を 2030 年までに 20Mt へ		20-50

(出所) European Commission (2022). “REpowerEU”より日本エネルギー経済研究所作成。

上記の通り、EU はカタール、米国、エジプト、西アフリカから 50 bcm の LNG を輸入する。同じく、アゼルバイジャンやアルジェリア、ノルウェーから 10 bcm の天然ガスをパイプラインで輸入する。なお欧州委員会は水素供給インフラの投資について評価を行い、LNG の輸入基地利用に関わるボトルネック解消を検討する。また、欧州委員会は、G7 の枠組み並びに主要な LNG 輸入国である日本、韓国、中国、インドと中期的な LNG 市場の開発に関わる議論を継続する見通しである。

¹⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A108%3AFIN>

Biomethane の生産拡大もロシアからのガス依存低減として本計画に計上されており、Fit for 55 の方針に沿って 2030 年までに 35 bcm（現状の倍の水準）にまで達するように適切な資金供給に向けた検討が行われる。

特に水素については 20-50 bcm のロシアからの天然ガス輸入を代替するものとして期待が寄せられている。具体的には、水素輸入と、欧州内での水素製造が検討されており、非化石水素としては、再エネ由来以外にも原子力発電による電力の活用も検討されている。

序表 2 欧州の電化

	Fit for 55 2030 年目標	REPowerEU	2022 年末までの 対策(bcm)	Fit for 55 への 追加対策 (2030 年, bcm)
家庭	省エネ推進(38bcm)	暖房温度の 1℃引き下げ(10bcm)	14	10
	(発電部分に記載)	PV の前倒し実施により、年間 15 TWh	2.5	前倒し実施
	2030 年までに 3 千万台の HP を導入し、2030 年までに 35 bcm を	今後 5 年で HP の普及拡大を倍増し、1 千万台を導入	1.5	前倒し実施
発電	風力: 480 GW, 太陽光 420 GW (170 bcm の天然ガスを節減し 5.6 Mt のグリーン水素を製造)	風力と太陽光の目標を前倒し実施 (天然ガスの 3bcm を節減)、追加的な 80GW を 2030 年までに導入しグリーン水素を製造	20	前倒し実施とグリーン水素の導入

(出所) European Commission (2022). “REpowerEU”より日本エネルギー経済研究所作成

屋根置き太陽光発電の導入加速化により、ロシアの天然ガスを追加的に 2.5 bcm 節減できるとしている。なお、欧州委員会は 6 月に太陽光発電に関するコミュニケーションを公表する予定で、それにより European Solar Rooftops Initiative とし、屋根置き太陽光発電の最大化を目指す。

需要側では、暖房用のガスボイラーをヒートポンプに置き換えるべく、民間投資と EU のファイナンス強化を行う。ヒートポンプの導入ペース倍増により、今後 5 年で 1 千万台のヒートポンプが設置できるとしている。EU の試算では、1 千万台のヒートポンプで 12 bcm の天然ガスが節減できると試算しており、住宅建築物の改修や地域熱供給システムの電化等、対応の加速化が求められる。

序表 3 産業部門の変革

	Fit for 55 2030 年目標	REPowerEU	2022 年末までの 対策(bcm)	Fit for 55 への 追加対策 (2030 年, bcm)
エネルギー 多消費産業	電化とグリーン 水素の前倒し実施	Innovation Fund の前倒し実施並びに Carbon Contracts for Difference (CCfD)の対象範囲拡大	グリーン水素と再エネ目標に天然ガス節減分を計上	

(出所) European Commission (2022). “REpowerEU”より日本エネルギー経済研究所作成

エネルギー他消費産業については、水素ベースの対策並びにコスト競争力の高い再エネ電源の利用に関わる計画が提示されている。なお、Carbon Contracts for Difference といった EU-ETS の CO₂ 取引との差分を補填するメカニズムを導入し、電化と水素化を推進している。

（５）欧州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。

European Green Deal 達成の手段として、欧州委員会は「Circular Economy Action Plan (CEAP)：循環経済行動計画」を採択している。これは、製品のライフサイクルに着目し、デザイン、生産、使用、そして廃棄に至る一連のライフサイクルにおいて、持続可能性の向上を目指すものである。¹⁸ EU 域内では、循環型経済の構築に向けた制度導入やそれ以外の手法をも用いる。一方で、真の循環型経済の構築には EU 域内のみでの対策では不十分との考えに立脚し、二国間、多国間の協力を実施する。具体的には、「Global Alliance on Circular Economy and Resource Efficiency」という枠組みを立ち上げ、日本を含む世界 15 ヶ国と共に、知見やガバナンスに関わるギャップを見出し、パートナーシップの形成により課題の解決に取り組んでいる。¹⁹ 加えて、アフリカ諸国とは、グリーン移行と循環型経済形成の便益を最大化すべくより強固なパートナーシップを形成している。

途上国支援として、EU は省エネ・再エネの推進を 2 国間協力並びに多国間協力の枠組みを通じて、資金・技術支援を継続している。実際、2019 年の途上国への EU による資金協力は、2018 年の水準から 7.4%増加、219 億ユーロに達している。これは、世界でも最大である。ODA についても、2019 年には 752 億ユーロと世界最大の拠出を行っており、その内

¹⁸ https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_en

¹⁹ https://ec.europa.eu/environment/international_issues/circular_economy_global_en.htm

訳としても気候変動対策が拡大している。

3. 2021年度のASEANの省エネ・再エネ推進に向けた動向

京都議定書が採択された1990年代に比べて新興国・途上国による温室効果ガス排出量が著しく増加している今日、今後も経済の急速な拡大が予測されるアジア諸国の動向は世界全体の排出見通しを考える上で重要な要素となっている。中でも重要なのは世界のCO₂排出量の1位と3位を占める中国とインドであるが、それらに次いで重要なのは多くの人口を有し、経済の急速な成長が見られるASEAN諸国である。ASEANは2020年、2021～2025年のエネルギー協力に向けた行動計画（ASEAN Plan of Action for Energy Cooperation (APAEC) 2016-2025 Phase II）において、一次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2014年時点の9.4%から2025年までに23%へと上昇させ、エネルギー効率に関して2005年のレベルから、2025年のエネルギー消費原単位を32%削減することを目標とし、運輸及び産業部門ではさらなるエネルギー効率の向上と省エネへ取り組むという方針を示している²⁰。

ASEAN域内の再生可能エネルギーの利用は拡大傾向にあり、設備容量は2010年の36.6GWから2020年には86.6GWへと増加した。2020年時点の国別内訳では、ベトナム41%、タイ14%、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94%を占め、ベトナムの2018年以降の伸びが際だっている（序図3）。エネルギー源の内訳は水力が6割近くを占めるが、2018年の7割超からはその割合を減らしており、その反面2020年には太陽光が26%、風力が3%を占め、2018年以降大きな伸びを示している。ASEAN域内で2020年新たに導入された発電設備容量約22GWのうち、再生可能エネルギーは約82%を占めており、ASEAN域内の発電設備容量に占める再生可能エネルギーの割合は33.5%に達し、ASEAN行動計画の2025年目標値35%へあと1.5%と迫っている。また、ベトナムで運転を開始したThuan Nam450MW太陽光発電設備はASEAN域内最大規模となっている²¹。

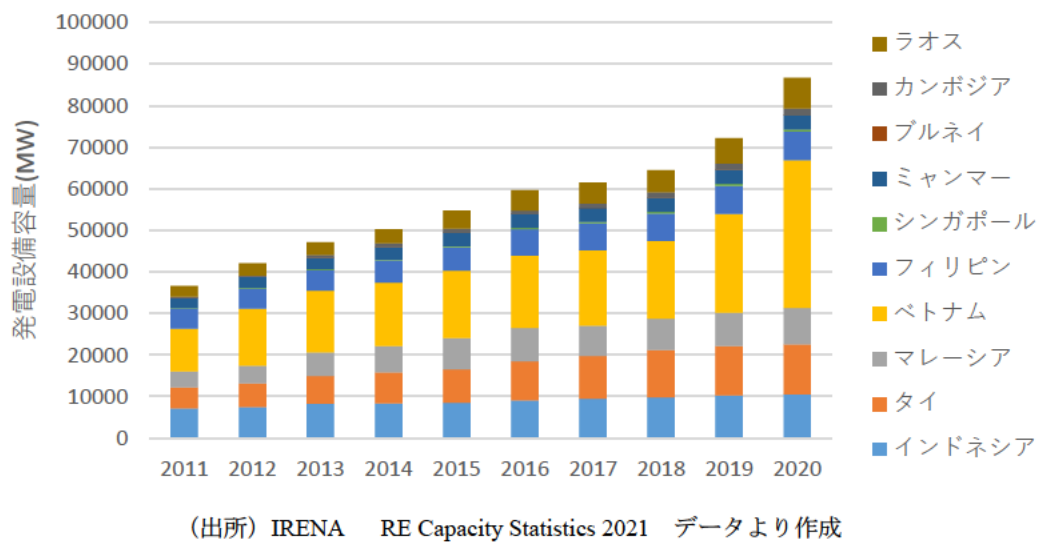
一方で、エネルギー効率に関する開発については、新型コロナパンデミックの影響により、インドネシア及びタイで2020年エネルギー効率関連予算の縮小、マレーシアで関連法成立の遅れ、ミャンマーで高効率発電設備の開発の遅れ等が報告されている²²。

²⁰ ASEAN Plan of Action for Energy Cooperation (APAEC) 2016-2025 Phase II
<https://aseanenergy.sharepoint.com/PublicationLibrary/Forms/AllItems.aspx?id=%2FPublicationLibrary%2F2020%2FPublication%2FBooklet%20APAEC%20Phase%20II%20%28Final%29%2Epdf&parent=%2FPublicationLibrary%2F2020%2FPublication&p=true>

²¹ ASEAN Power Updates Edition:September 2021
<https://aseanenergy.org/asean-power-updates-2021/>

²² ASEAN State of Climate Change Report Page 23 Table 3. Status of Energy Efficiency Development in the ASEAN region
<https://asean.org/wp-content/uploads/2021/10/ASCCR-e-publication-Final-12-Oct-2021.pdf>

序図 3 ASEAN 域内の再生可能エネルギーの設備容量の推移



以下では 2021 年年度の動向として、インドネシア、タイ、ベトナムについての省エネルギー・再生可能エネルギーの推進及び 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

2021 年 11 月、COP26 首脳会合でジョコ・ウィドド大統領は 2060 年までにカーボンニュートラルを達成する目標を表明した。2020 年に制定された「中期国家開発計画 (RPJMN) 2020～2024 年」²³における重点事項には、災害に対するレジリエンスの強化と気候変動への取組の一部として低炭素化が位置付けられている。低炭素化へ向けたアプローチとして温室効果ガスの排出量を 2024 年までに 2018 年実績値から削減する目標値を、エネルギー、土地などの部門毎に定めている。同アプローチには、エネルギーミックスにおける新・再生可能エネルギーの割合を 2024 年に 23%とし、一次エネルギー消費原単位を 133.8 (石油換算バレル/10 億ルピア) とする、廃棄物の管理、グリーン産業の開発およびマングローブと沿岸生態系の回復面積を 2024 年に 50,0000 (ヘクタール) とするといった項目が含まれる。

再生可能エネルギーの導入目標については、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%、2050 年までに 31% (伝統的なバイオマスを除く) とする目標が定められているが、エネルギー鉱物資源省から 2021 年 10 月、エネルギーミックスにおける再生可能エネルギーの割合を 2030 年に 40%、2040 年には 71%とする等のカーボンニュートラルへ向

²³ インドネシア 中期国家開発計画 <https://drive.bappenas.go.id/owncloud/index.php/s/4q7Cb7FBxavq3lK>

けたロードマップを準備中であるとの発表があった²⁴。なお、2021年のインドネシアのエネルギーミックスに占める再生可能エネルギー割合は11.5%²⁵、2020年末のインドネシアの発電設備に占める再生可能エネルギー設備容量の割合は14.8%である²⁶。

現在インドネシアでは、太陽光や地熱発電²⁷の開発がすすめられている。加えて、精製パーム油を原料とするバイオ燃料の利用を促進するため、2020年1月から軽油にバイオディーゼルを30%混合したB30の使用が義務化されている。国内に4400もの河川を有するインドネシアでは水力発電所の開発へも意欲を示しており、2022年3月15日、財務省（ケメンケウ）ハディヤント財務省長官は、国営電力会社が揚水発電所（PLTA）の建設を開始したことを明らかにしている²⁸。

機器の効率化へ向けた動きとして、2021年6月22日、「エネルギー消費設備へ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第14号」²⁹が公布・制定され、最低エネルギー効率基準（MEPS）とエネルギー効率表示スキームの基本原則が示された。そして2021年9月20日、冷蔵庫、扇風機、炊飯器のMEPSとエネルギー効率ラベルを定めた3つの大臣規則³⁰が制定された。

低炭素化へ向けては、国営企業の動きが中心となるが、国家開発企画庁（Bappenas）は、国際機関グローバル・グリーン成長研究所（GGGI）と連携してグリーン成長を目指す「インドネシア グリーン成長プログラム（GGPI）」³¹を2013年から実施している。GGPは、同庁とエネルギー鉱物資源省などの中央省庁だけでなく、地方政府や大学なども携わり、各プロジェクトに対して市場アクセスや資金調達、投資家へのアクセスが提供されている。GGPIでは「持続可能なエネルギー」「持続可能な景観」「経済特区での持続可能なインフラストラクチャー」の3つを柱とし、ハイブリッド太陽光発電プロジェクト等が実施されている。また、インドネシアは22年に初めてG20の議長国を務めることとなっており、ジョコ

²⁴ インドネシア エネルギー鉱物資源省 プレスリリース <https://www.esdm.go.id/en/media-center/news-archives/road-map-to-carbon-neutrality-is-being-prepared-says-energy-minister>

²⁵ インドネシアエネルギー鉱物資源省 ニュース

<https://www.esdm.go.id/en/media-center/news-archives/energy-ministry-targets-157-renewable-energy-share-in-2022>

²⁶ ASEAN Power Updates

<https://aseanenergy.org/asean-power-updates-2021/>

²⁷ プルタミナ・ジオサーマル・エナジー（PGE）発表

<https://www.pertamina.com/en/news-room/news-release/pursuing-1.1-giga-watt-target-pertamina-geothermal-energy-operates-15-work-areas>

²⁸ インドネシア財務省 プレスリリース

<https://www.kemenkeu.go.id/publikasi/berita/dukung-transisi-energi-dan-penurunan-emisi-karbon-kemenkeu-bantu-pembiayaan-plta-pumped-storage/>

²⁹ Regulation of the Minister of Energy and Mineral Resources No. 14/2021 on Application of Minimum Energy Performance Standards to Energy Consuming Equipment

<https://jdih.esdm.go.id/storage/document/Permen%20ESDM%20No.%2014%20Tahun%202021.pdf>

³⁰

https://simebtke.esdm.go.id/sinergi/assets/content/20210924124138_113KEK07DJE2021_SKEM_DAN_LABEL_TANDA_HEMAT_ENERGI_UNTUK_PERALATAN_LEMARI_PENDINGIN.PDF

https://simebtke.esdm.go.id/sinergi/assets/content/20210924124237_114KEK07DJE2021_SKEM_DAN_LABEL_TANDA_HEMAT_ENERGI_UNTUK_PERALATAN_KIPAS_ANGIN.pdf

(2021)https://simebtke.esdm.go.id/sinergi/assets/content/20210924124347_115KEK07DJE2021_SKEM_DAN_LABEL_TANDA_HEMAT_ENERGI_UNTUK_PERALATAN_PENANAK_NASI.PDF

³¹ インドネシア グリーン成長プログラム <http://greengrowth.bappenas.go.id/en/>

大統領はイタリアからの議長引き継ぎに際し、「環境に優しい持続的成長に向け指導力を発揮する」と強調した。しかし、インドネシアはエネルギー、廃棄物処理等の分野で技術的なギャップを抱えており、気候変動対策および災害レジリエンスを強化していくためには、政府や民間企業、国際社会が一丸となり、気候変動に対する技術開発及び移転を加速させていく必要がある。

(2) タイ

プラユット首相は2021年11月、国連気候変動枠組み条約（UNFCCC）第26回締約国会議（COP26）に出席し、気候変動対策への取り組み強化を表明した³²。発表の中で2050年にカーボンニュートラル、2065年までにネットゼロエミッションの達成を目指し、技術移転や国際的な支援、グリーンファイナンス制度の利用促進によりNDCを加速していくとし、COP26に先だって10月にUNFCCCへ提出された長期戦略では2065年までのカーボンニュートラルとしていた計画を大幅に前倒しした。

タイは、バイオ・循環型・グリーン(BCG)経済モデルを国家戦略に据え、気候変動対策を重要施策としている。今後50年の長期的政策として、2021年8月に開催された国家エネルギー政策評議会（NEPC）において承認された「国家エネルギー計画枠組み」では低炭素経済・社会の実現に向け、以下の取組を推進する方針が示された。

- a) 蓄電システムを含めた再生可能エネルギー発電比率を、50%以上とする
- b) イノベーション・技術を適用し、エネルギー効率を30%以上改善する
- c) 4D1Eにより、エネルギー産業を再構築する。
 - ・ Decarbonization 脱炭素化
 - ・ Digitalization デジタル化
 - ・ Decentralization 分散化
 - ・ Deregulation 規制緩和
 - ・ Electrification 電動化

なお、今後策定される「国家エネルギー計画」については、日本の経済産業省がエネルギー省の立案に協力するとされている³³。

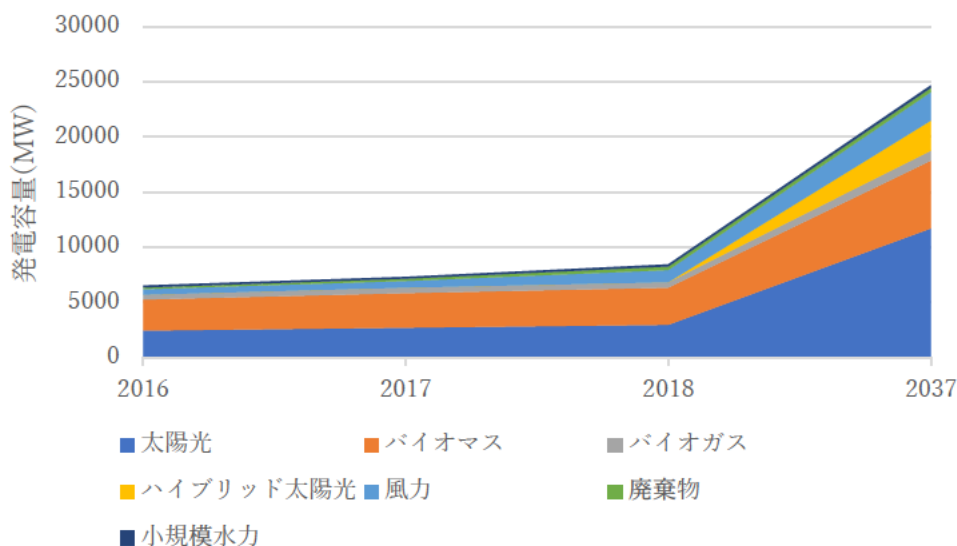
タイは2037年までにエネルギーミックスの再生可能エネルギー比率を49%に引き上げる目標を掲げており、具体的なエネルギー政策は、電源開発計画(PDP: Power Development Plan)、省エネルギー計画(EEP: Energy Efficiency Plan)、代替エネルギー開発計画(AEDP: Alternative Energy Development Plan)、ガス計画及び石油計画の5つから構成され、このうち再エネおよび省エネに関わる計画はPDP, EEP, AEDPである。2037年までの再生可能エネルギー普及促進策であるAEDP2018－2037が2020年に策定され、太陽光発電で8,740MW、バイオマス発

³² タイ政府発表 <https://www.thaigov.go.th/news/contents/details/47717>

³³ 梶山経済産業大臣とタイ・スパッタナポン副首相兼エネルギー大臣のTV会談
<https://www.meti.go.jp/press/2021/05/20210521003/20210521003.html>

電で 2,780MW、風力で 1,485MW 等を導入する計画が盛り込まれている。この計画により、2037 年までに 2018 年比で 2 倍以上の再エネ電源の導入が見込まれ、中でも太陽光発電と風力発電を促進する計画となっている（序図 4）。

序図 4 タイの再生可能エネルギー電源の開発計画に基づく再エネ発電設備容量の内訳



（出所）Ministry of Energy AEDP 2018 データより作成

タイのエネルギー省代替エネルギー開発・エネルギー保全局(DEDE)は、建築物の新たな省エネ基準「建築物エネルギーコード (BEC)」を定めた省令³⁴と各基準の計算・認証方法について定めた省令³⁵を 2021 年 12 月 24 日発表した。新たな省令の対象は、9 種類の建築物（劇場、ホテル、レジャー施設、病院、学校、オフィス、百貨店・ショッピングセンター、マンション、集合住宅）となっており、建物のタイプ別に建物外皮・屋根の総合熱伝値及び照明電力密度 (LPD) が規定され、空調システムのエネルギー効率、給湯器の最低効率および最低性能係数についても基準が定められている。

エネルギー効率に関しては、PDP2018 Rev.1 において、2037 年までに開発をすすめる発電設備として、省エネ及びエネルギー効率改善対策による 4,000MW が盛り込まれており（序図 5）、今後 2017 年に策定された省エネ 5 カ年計画（Five-year Energy Conservation Action Plan(2017-2021)）の改訂が見込まれる。

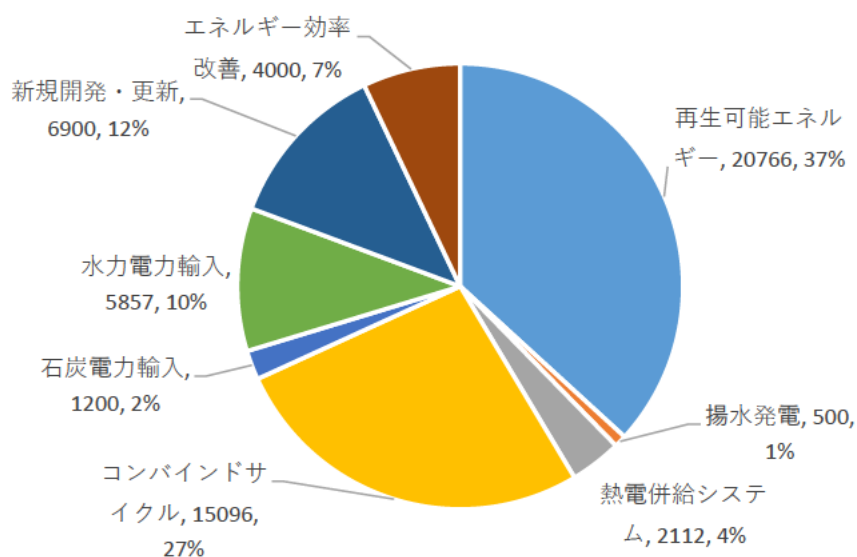
³⁴ 省エネルギー設計基準の決定に関するエネルギー省告示 B.E. 2564 (2021)

http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2564/E/315/T_0002.PDF

³⁵ 「各システムの建物の省エネ建築設計、建物全体のエネルギー消費量及び建築システムの再生可能エネルギー消費量」の評価結果の算定及び認定の基準及び手続に関するエネルギー省告示

http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2564/E/315/T_0009.PDF

序図 5 電源開発計画に基づく 2037 年までに導入予定の発電設備容量 (MW) 内訳



(出所) Ministry of Energy PDP 2018 データより作成

最新の報告書「第 3 次隔年更新報告書 (BUR3)」によると、国の排出量インベントリは、エネルギー、産業プロセス・製品用途 (IPPU)、農林その他の土地利用 (AFOLU)、廃棄物の 4 つの部門に分類され、2016 年、エネルギー部門が最大の排出源であり、その排出量はタイの全排出量の約 71.65% を占めている。このため、再エネ導入によりエネルギー部門による排出削減は脱炭素へ大きな効果が期待できる。また、次に排出量が多い分野は農業からの排出となっており、メタン等 CO₂ 以外の温室効果ガスについても対策が必要である。

(3) ベトナム

ベトナムは、2021 年 10 月「2050 年を見据えた 2021~2030 年までの国家グリーン成長戦略」において、温室効果ガス排出削減目標 2014 年比で 2030 年に 15%減、2050 年 30%減を含む国家のグリーン成長の方針を示した。ところが、翌月 11 月には COP26 において、2050 年 2050 年のカーボンニュートラルを目指すことを表明し、脱炭素へ向けた動きが一気に加速している。ベトナムの再生可能エネルギーの開発計画は、2015 年に再生可能エネルギー開発計画 (Renewable Energy Development Strategy 2016-2030) においてエネルギー総生産量に占める大規模水力発電を除く再生可能エネルギーの利用度を 2020 年までに 7%ほど、2030 年までに 10%を超えるレベルとする目標が設定されている。この導入目標に対して、2020 年の実績では水力発電を除く再生可能エネルギーのエネルギーミックスにおける割合は、5%と目標レベルには到達していない状況となっている³⁶。しかしながら、太陽光発電について

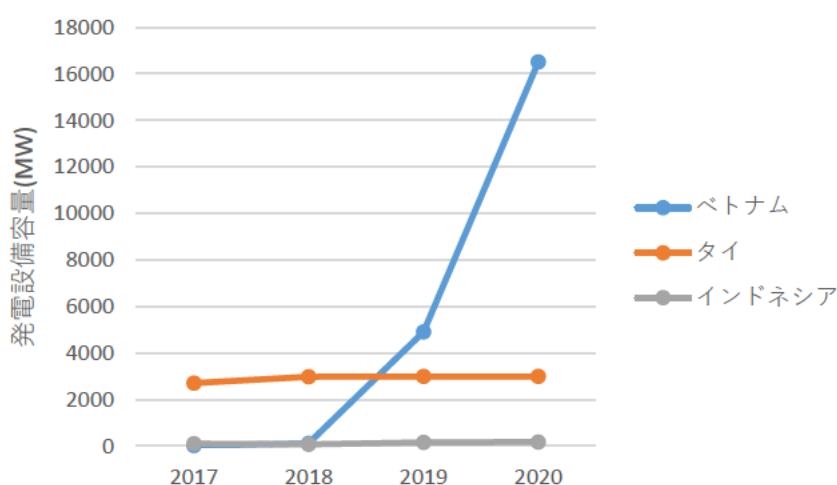
³⁶ U.S.EIA 2020 generation share
<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=48176>

は、2017 年から電力の固定価格買い取り制度（FIT）が導入され、導入が進んでいる（序図 6）。

この太陽光発電の他国を圧倒する増加の主な原因として、ASEAN 気候変動とエネルギープロジェクト（ACCEPT）による分析³⁷では、1) 他の電源より手厚く優遇された価格による FIT の存在、2) グロスメータリングの採用により太陽光発電事業者がすべての発電電力を販売可能であること、3) 土地利用における優遇税制措置、の 3 点が指摘されている。FIT はタイ、インドネシアでも導入されているが、価格と規模においてベトナムほど優遇されていない。メータリングに関してはインドネシア、マレーシア、フィリピン、タイではネットメータリングが採用され、自己消費後の余剰電力の買い取りとなっている。

しかし、太陽光発電の急激な導入により季節や時間により需給バランスの崩れ、電圧変動及び送電網への過負荷といったリスクが高まっており、ベトナム南部では太陽光発電の開発地域の集中により、送電網の整備が追いつかず、出力抑制を招く事態も起きている。また、現状では FIT の適用は 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ており、2021 年以降は増加ペースが鈍ることが見込まれる。

序図 6 太陽光発電の発電設備容量の推移



（出所）IRENA RE Capacity Statistics 2021データより作成

2020 年 2 月 11 日付け政治局決議 55 号（55-NQ/TW）により「2030 年までの国家エネルギー発展戦略と 2045 年までのビジョン」³⁸が示され、再生可能エネルギーの比率やエネルギー

³⁷ Vietnam's solar and wind power success: Policy implications for other ASEAN countries
<https://aseanenergy.org/vietnams-solar-and-wind-power-success-policy-implications-for-other-asean-countries/>

³⁸ 政治局決議 55 号（55-NQ/TW）
<https://english.luatvietnam.vn/resolution-no-55-nq-tw-dated-february-11-2020-of-the-political-bureau-on-orientation-of-vietnams-national-energy-development-strategy-through-2030-180801-Doc1.html>

ギー部門から排出される温室効果ガス削減の目標値が定められている。本決議を踏まえ、第8次国家電力マスタープラン（PDP8）の公布に向けた準備が進められており、2021年10月に公表されたPDP8草案³⁹では、2030年までに太陽光発電の割合を14.3%~15.32%（2020年は5.04%⁴⁰）、石炭火力発電の割合を28.3%~31.2%（2020年は52.94%）に減らす一方、風力発電を9%~9.6%（2020年は0.36%）に増やし、総じて水力以外の再生可能エネルギーを25%近くまで高める計画を示している。2045年には同割合を40%まで高める計画となっており、先の政治局決議55号で設定された目標値を上回る計画となっているものの、2021年2月に発表されたPDP8第3草案⁴¹と比較すると石炭火力の目標割合が増加し、再生可能エネルギーの目標割合が減少している。

ベトナムの環境対策はまだ発展途上にあり、新たな環境ビジネスの成長が期待される。その半面、環境関連の法令の未整備や運用の曖昧さが懸念材料となっており、特に外資企業の設備やサービスについては導入コストが障壁となっている。官民参画による環境規制及び運用規定の整備が望まれる。2021年11月にはベトナムと日本の間で気候変動に関する共同協力計画が合意、署名がなされており⁴²、今後官民を挙げて脱炭素へ向けた取り組みがすすめられていく見込みである。

（４）ASEANの多国間協力の意義

ASEAN諸国のうち6ヶ国（インドネシア、タイ、ベトナム、マレーシア、フィリピン、ラオス）がUNFCCCへ提出しているNDCにおいては、2030年までのGHG削減目標について国内努力を前提とする目標値に加え、技術開発・資金援助などの国際的な支援が得られることを条件としたより高い削減目標が設定され、カンボジアのNDCは国際的な支援が得られることが前提となっている⁴³。また、ASEANは、気候変動に関してASEAN+3環境大臣会合、日ASEAN環境協力対話、対話パートナー国・地域（オーストラリア、カナダ、中国、EU、インド、日本、韓国、ニュージーランド、ロシア、米国、英国）との行動計画、環境及び気候変動に関するEUとのハイレベル対話、韓国との炭素対話等、複数の多国間協力の枠組みを構築している。

省エネルギー・再生可能エネルギーの推進は、エネルギー安全保障及び温暖化対策として

³⁹ PDP8 草案 2021年10月3日

https://insightplus.bakermckenzie.com/bm/attachment_dw.action?attkey=FRbANEucS95NMLRN47z%2BeeOgEFCt8EGQJsWJiCH2WAUTleh6%2BAJHruNkrWNztLuO&nav=FRbANEucS95NMLRN47z%2BeeOgEFCt8EGQbuwypnpZjc4%3D&attdocparam=pB7HEsg%2FZ312Bk8OIuOIH1c%2BY4beLEAeK13zYkvUKc8%3D&fromContentView=1

⁴⁰ Vietnam Energy Country Profile

<https://ourworldindata.org/energy/country/vietnam>

⁴¹ PDP8 第3草案 2021年2月22日

<https://www.globalcompliancencews.com/2021/03/13/vietnam-key-highlights-of-new-draft-of-national-power-development-plan-draft-pdp8-04032021-2/>

⁴² 環境省 第7回日本・ベトナム環境政策対話の結果について

<https://www.env.go.jp/press/110238.html>

⁴³ ASEAN State of Climate Change Report Page 137 Appendix Table 2. ASEAN Climate Mitigation Pledges in NDCs

<https://asean.org/wp-content/uploads/2021/10/ASCCR-e-publication-Final-12-Oct-2021.pdf>

その重要性を増している。その推進には、脱炭素に貢献する優れた技術を ASEAN 諸国に普及していくことに加え、サステナブルファイナンスを通じた後押しが重要になる。ASEAN では E コマースの普及など日本に先行してデジタル化が進行している分野もある等、各国の社会経済状況は多様であり、地球規模のカーボンニュートラルの実現に向けて、国際社会が ASEAN 各国と積極的な対話を通じて各国に必要な支援を行うなど、先進技術の普及とその導入を促進するための制度形成といった支援を行うことが重要である。

世界的なエネルギー需給規模の急成長における多国間協力の意義

こういった化石燃料を中心とした世界的なエネルギー需要の増大傾向、これに伴って想定される地球温暖化問題の進行に対応するため、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。

翻って、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）、国際省エネルギー協力パートナーシップ（IPEEC：International Partnership for Energy Efficiency Cooperation）、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（序表 4）。

序表 4 で掲げたマルチ枠組において、参加国からみた一次エネルギー供給ベースでのカバー率は、最も参加国の少ない IEA4E においても世界の 7 割強を占め、また本事業の対象となる枠組み全体でみれば世界の 9 割に上る（2016 年時点）⁴⁴。とりわけ、これらマルチ枠組みにおいて、これから急速な経済成長に伴う化石燃料需要の増加が予想される多くの新興国・途上国を含んでいる点は重要である。

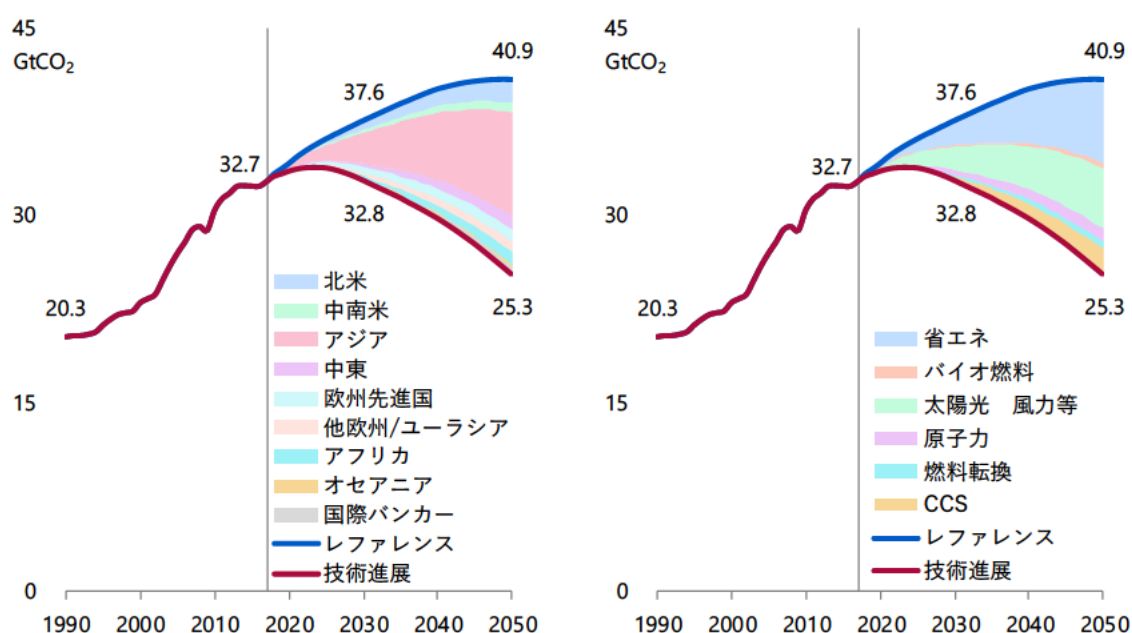
⁴⁴ International Energy Agency, “World Energy Balance Table”より日本エネルギー経済研究所推計（対象国のうち、フィジー、パプアニューギニア、ガンビア、バハマは除く）

序表 4 各マルチ会合の概要

実施機関	マルチ会合	各会合参加において担う弊所の役割概要
	 IEA省エネルギー作業部会 (IEA Energy Efficiency Working Party, EEWP)	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参加国で意見交換をすると共に、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)の関連活動に対し助言、提言を行う。IEAの省エネに関する調査および分析について、方向性や論点などの提案を実施。
	 IEA再生可能エネルギー作業部会 (IEA Renewable Energy Working Party, REWP)	IEAにおける再生可能エネルギーの研究開発/革新と市場展開を支援する組織として、エネルギー研究・技術委員会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。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10の実施協定が設けられており、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を実施。
	 IEA Efficient Electrical End-Use Equipment (IEA4E)	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を立案し、支援を目的に活動。理事会(ExCo)の下に機器ごとの分科会(Annex)を設置し、関心がある参加国がAnnexで市場調査や政策分析、基準策定等のタスクを実施。
	 IEA Energy Efficiency Hub (IEA4E)	Digitalisation Working Group, Super Efficient Appliances Deployment (SEAD), Top 10, そしてEMAKの四つのタスクを推進するもので、各タスクが設定するテーマに関して参加国の政策や事業のベストプラクティスを共有し、省エネ推進に向けた底上げを図る。
	 国際再生可能エネルギー機関 (International Renewable Energy Agency, IRENA)	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設立。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。
	 国際スマートグリッドアクションネットワーク(International Smart Grid Action Network, ISGAN)	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活動。
	 クリーンエネルギー大臣会合 (Clean Energy Ministerial, CEM)	米国、欧州、中国、インド含む主要先進国・新興国25ヶ国の閣僚等が一同に会し、クリーンエネルギー分野の世界的な普及・促進を目指す閣僚会合。 各イニシアティブの活性化のための提言および事務局の効率化を図るために、IEAへ事務局を移管。各イニシアティブの活動の活性化、事務局の効率化を目的とした取り組みを実施中。
	 多国間太陽光・風力ワーキンググループ (CEM/MSWWG)	世界的な太陽光発電と風力発電の大規模導入を目指すことを目的に、導入マップの作成、途上国でのキャパビル戦略の検討等を行ってきている。また、再エネ導入による経済波及効果の重要性を政策立案者に対して発信。
	 APEC省エネルギー専門家会合 (APEC Expert Group on Energy Efficiency and Conservation, EGEE&C)	APECエネルギーワーキンググループが目指す域内のエネルギー安全保障の確保ならびに環境負荷の低減に向けて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供。
	 APEC新エネルギー専門家会合 (APEC Expert Group on New and Renewable Energy Technologies, EGNRET)	APEC地域における新・再生可能エネルギーの導入促進を目的として活動を実施。EGNRETではスマートグリッド(ASGI: APEC Smart Grid Initiative)、スマートコミュニティ(ESCI: Energy Smart Communities Initiative)も対象としている。

序図 7 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。

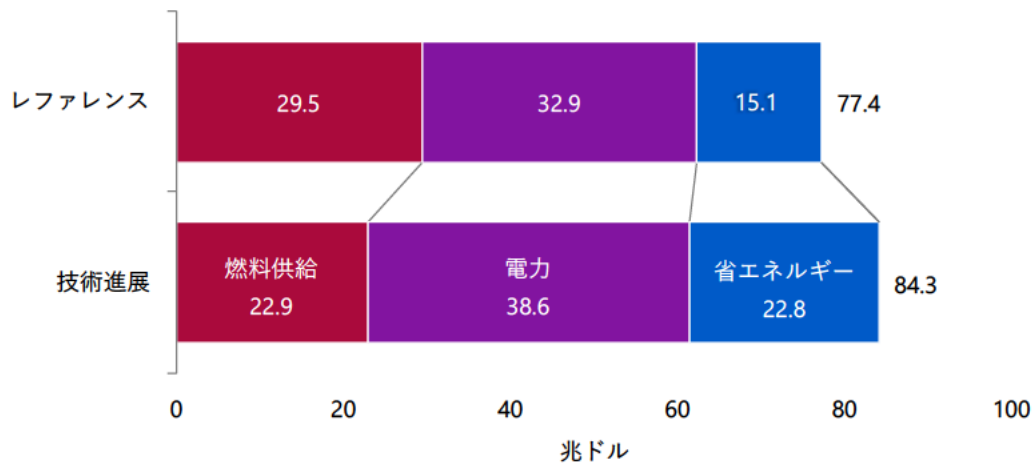
序図 7 世界の地域別・技術別 CO₂ 削減見通し



（出所）日本エネルギー経済研究所『IEEJ Outlook 2020 深刻化するエネルギートリレンマの克服に向けて』（2020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 84.3 兆ドルと推計される。これはレファレンスシナリオより 6 兆 9,000 億ドル多い（序図 8）。他方、技術進展シナリオでの累積排出量は、レファレンスシナリオより 235 Gt 少ない。この追加的な投資を CO₂ 排出削減量で割った、技術進展シナリオを実現するための平均投資額は、\$28.8/t である。

序図 8 世界のエネルギー関連投資額（2019-2050 年）



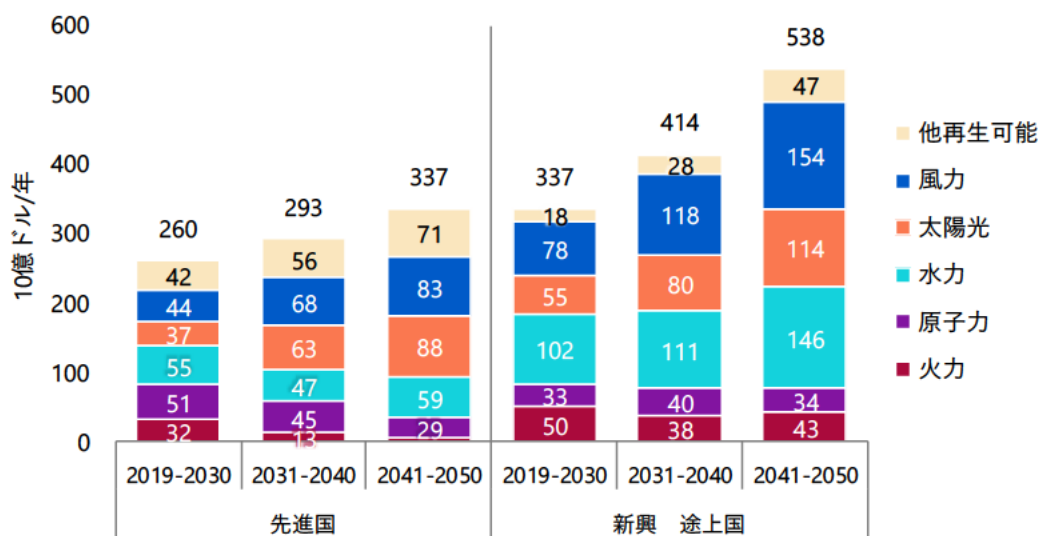
（出所）日本エネルギー経済研究所『IEEJ Outlook 2020 深刻化するエネルギートリレンマの克服に向けて』（2020年10月）

技術進展シナリオにおける化石燃料への累計投資額は、レファレンスシナリオの 8 割程度である。特に、石炭は投資額がレファレンスシナリオから 40%減少し 1 兆 4,000 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。環境保護を名目とした運動により化石燃料開発投資が足元より縮退することがあれば、エネルギーの安定供給を妨げかねない。金融機関などの投資主体や政策決定者には、3E+S を踏まえた判断が求められる。

技術進展シナリオでは、2050 年の発電量がレファレンスシナリオに比べて 3,900 TWh 減少する一方で、発電・送配電設備投資額は 2050 年までの累計で 16%多い 38 兆 1,000 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への投資が発電設備投資の大半を占める（序図 9）。その中でも、風力、太陽光への投資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 9 発電設備投資額（技術進展シナリオ）



（出所）日本エネルギー経済研究所『IEEJ Outlook 2020 深刻化するエネルギートリレンマの克服に向けて』（2020年10月）

マルチ枠組みにおける我が国の役割

上述の通り、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。こうした省エネルギー・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向上は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。2021 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編に序表 4 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
- 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（中国、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）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

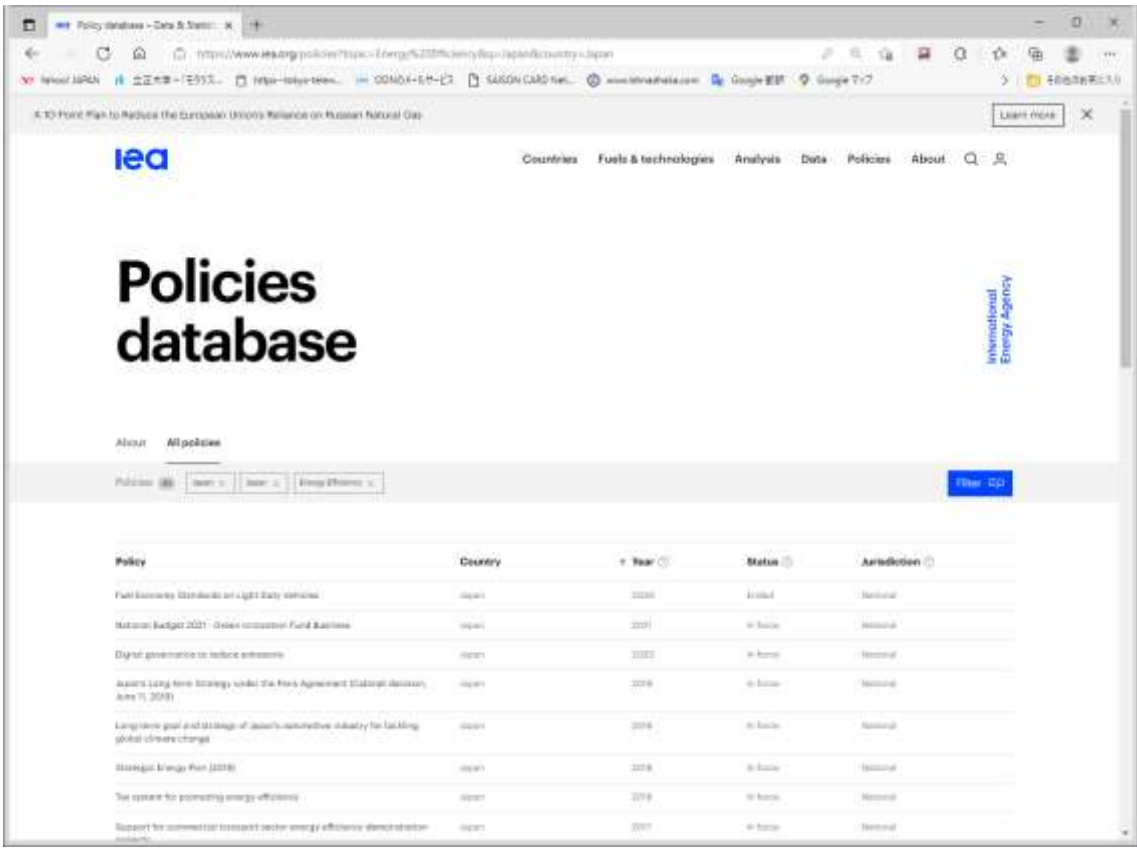
IEA では、省エネルギーに関する調査分析を行っており、本会合にて方向性やテーマ、報告書に関する議論を行い、IEA の省エネルギー課の活動方針を決めている。省エネルギー市場報告書や行動変容報告書などが成果として発表されている。

本年度の EEWP の主要な活動を以下に示す。

- 省エネ分析
 - ◆ 政策ベータベース
 - ◆ 2020 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 6 回省エネ世界会合（2021 年 3 月 30 日）
 - ◆ デジタル化による需要主導型電力ネットワーク（3D）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、等を実施した。



The screenshot shows the IEA Policies database interface. The main heading is "Policies database". Below it, there are tabs for "About" and "All policies". A search bar is present with filters for "Policy", "Country", "Year", "Status", and "Jurisdiction". A table lists several policies for Japan, including fuel economy standards, national budget 2021, digital governance, and strategic energy plan.

Policy	Country	Year	Status	Jurisdiction
Fuel Economy Standards on light duty vehicles	Japan	2000	Enacted	National
National Budget 2021 - Green transition Fund Business	Japan	2020	In force	National
Digital governance to reduce emissions	Japan	2020	In force	National
Japan's long-term strategy under the Paris Agreement (Strategic decision, June 11, 2021)	Japan	2019	In force	National
Long-term goal and strategy of Japan's automotive industry for tackling global climate change	Japan	2018	In force	National
Strategic Energy Plan (2018)	Japan	2018	In force	National
The system for promoting energy efficiency	Japan	2018	In force	National
Support for commercial transport sector energy efficiency demonstration projects	Japan	2017	In force	National

(出所) IEAホームページ

図 1.1.1 政策データベース

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 4 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
- ・ SEAD（The Super-Efficient Equipment and Appliance Deployment Initiative）
- ・ 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。

1.2.2 本年度の活動

具体的な活動については報告がなされていない。

1.2.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法

今後、具体的な活動方針やテーマが議論され、その方針に沿った活動が行われる。

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。

- ExCo（Executive Committee, 執行委員会）

- 議長国：カナダ
 - 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、カナダ、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、ラウンドロビンテストを実施。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、2022 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

2021 年度は、新型コロナウイルス蔓延の影響により、全てオンラインでの会合開催議が開催となった。

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：IEA4E 参加国からのデータ提供を受けて、エアコンやテレビなどを代表的なモデルに統合し、比較可能となるように標準化した上で、各国で販売されている製品の効率性を比較した結果が報告された。ただし、一部参加国のデータが提供されておらず、また結果の公表方法について議論があった。
 - 今後の展開：比較のための方法論のアップデート、データ提供国の拡大、公表方法について次回の会合で議論を予定している。
- システムプロジェクト
 - 期間：2019 年 3 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：2021 年 3 月に報告書最終案が取りまとめられたが、その内容が不十分で

あるとの指摘もあり、改めて各国でワークショップを開催し、報告書を全面的な見直しとケーススタディを進めることになった

- 今後の展開：2022 年度に各国担当者へのヒアリングやケーススタディを通じて報告書を取りまとめ予定。
- 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 1 フェーズの報告書が取りまとめられ、続く第 2 フェーズにおいて第 1 フェーズを踏まえた実機試験が米国で実施された。この結果を踏まえ、事務局から各国でラウンドロビンテストへの参加を希望する組織、企業の募集が行われ、2022 年 1 月に米国でラウンドロビンテストが開始された。
 - 今後の展開：米国、デンマーク、ニュージーランドでラウンドロビンテストを実施、その他に希望する機関などを募ったうえで追加試験を実施、試験結果を取りまとめて最終報告書を作成予定。

次に、日本が参加する EDNA の活動について 4 月と 10 月の EDNA 会合（オンライン）の結果を整理する。以下は、これまでに実施済みのタスク及び進行中のタスクの一覧である。これらのうち、実施中のタスクの進捗状況を整理した。

	Task / Project Name	Strategic Direction			Targeted Policy Makers			Status	Policy Brief	Lead								
		Dig'n	Wasted Energy	Upstream	Device	ICT System	Energy System				2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	Smart Metering & Energy Mon. Sys.		X		X		X	Published		Austria								
2	Energy Efficiency of IoT		X		X	X		Published	Published	Switzerland								
3	Intelligent Efficiency	X			X	X		Published	Published	USA								
3	Network Standby Power Basins		X		X			Published		CAN + NLA								
5	Energy Harvesting		X		X			Published	Published	Switzerland								
7	Policy Case		X		X			On hold		UK								
A 8	Total Energy Model		X	X	X	X		Published		UK								
9	Data Centres & Wide Area Networks			X		X		Published	Published	Japan								
10	Network Zero Devices		X		X			Published		Sweden								
11	Test Procedures		X		X			Published		Sweden								
B 12	Mobile and Main-Powered Products		X		X			Published		Sweden								
13	Wireless Charging		X		X			Published	Published	Norve								
14	Smart, Energy-Saving Consumer Devices	X			X	X	X	Published	Published	AUS + UK								
C 15	Roadmap for Demand Flexibility	X			X		X	Published	Published	Sweden								
16	IoT & Digitalisation Strategies	X			X	X	X	Published	Published	UK								
D 17	Extension of Total Energy Model		X	X	X	X		Published	Underway	Austria								
18	Harvesting IoT for Energy Benefits	X			X			Published	Underway	Denmark								
E 19	Retrofitting Connectivity	X			X			Published	Continue w. IE	Denmark								
20	Small Network Equipment		X	X	X	X		Published		Netherlands								
F 21	Demystifying Communications Protocols	X	X		X	X	X	On hold		New Zealand								
22	Plug and Play Devices (+Users TCP)	X			X			Published		Denmark								
23	Metric for Data Centre Efficiency			X		X		Underway		NL, JP, AT								
24	Mobile Devices		X		X			Underway		USA								
G 25	Emerging Battery Technologies		X		X			Underway		USA								
26	Interoperability	X			X			Underway		EU								
27	Connection with Standardization	X	X	X	X	X	X	Underway		EU								
	Digitalisation in Industrial Sector (=EMSA)	X	X		X			Develop		UK								
Project	Basket of Products		X		X			Ongoing										
Project	COA + Network Zero	X	X	X	X	X	X	Ongoing										
Project	COA Centre of Excellence	X	X	X	X	X	X	Ongoing										
Project	Energy Aware Devices	X			X	X		Published	Published									
Project	Electric Vehicle Supply Equipment		X		X		X	Published		Austria								
Project	Collaboration - Smart Lamps		X		X			Ongoing										
Project	SEAD Connected Efficiency Award		X		X	X		Complete										

図 1.3.2 EDNA のタスク一覧

○ 実施中のタスク

2022 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。
- ・ Mobile Devices + Battery Technologies（リード国：米国）：モバイルデバイスやモバイルバッテリー等の機器の効率性に関する試験方法、計算法、MEPS 等の規制導入可能性の調査、モバイル機器のバッテリー技術に関する調査をパッケージとして実施
- ・ Interoperability + Connection with Standardization（リード国：欧州委員会）：スマート機器間の相互運用性と DR への活用可能性、独自の製品エコシステム間での相互運用性の整備によるエネルギー節約の可能性、機器間通信に関する国際標準の内容

を整理する、といった機器の相互運用性に関するタスクをパッケージとする。

○ 新規タスク

- ・ Workstream on Data Centres（提案国：オランダ、オーストリア、フランス、予算 12 万ユーロ）
 - 概要：データセンターのエネルギー効率を改善するために、既存の文献調査等を踏まえた政策レコメンデーションを検討する。そのために 2022 年から 2023 年に以下の 5 つのステップを実施
 - ◇ データセンターのスコープ定義、データの入手可能性の検討
 - ◇ 各政策手段の検討
 - ◇ Total Energy Model の拡張によるデータセンターの効率改善によるインパクトの定量化
 - ◇ 政策の具体案の検討
 - ◇ 関連機関等への提案等

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であるが、近年は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に対して、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視点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されたことで、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議論の必要性を各国とも感じていることが反映されている。こうした視点を踏まえ、ExCo 及び EDNA の活動に対する評価、今後の課題、そして日本の基本的対処方針について考察する。

まず、ExCo のプロジェクトとして PEET やエアコン試験プロジェクトでは、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。例えば、日本と欧州では冷蔵庫に求められる機能が異なり、冷蔵庫を使う購買パターンも異なっている。こうした相違は、PEET の方法論による標準化された比較には反映されない。このため、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

また、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テストを行う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。

続いて、EDNA の活動は、2021 年から始まったタスクが示すように、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、モバイルデバイスに関する調査の 3 つに集約されている。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。また、これまで会合終了後に関係機関・団体等へ報告するための国内会合を実施していたが、新型コロナウイルスの影響により今年度は開催することができなかった。会合資料については共有しているが、今後の対応方針について知見を得るためにも、オンライン形式での会合開催についても検討する。

2050 年に向けたカーボンニュートラル宣言があったところである、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。2022 年 3 月に中国が主催しオンラインで開催された会合で 58 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⁴⁵。

- 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（SEAD の事務局として同タスクグループの活動を紹介している）

- 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。

⁴⁵ 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

2021 年度は、5 月 12 日～14 日に香港が主催し、オンラインでの第 56 回会合 (EGEE&C55) が開催された。加えて、2021 年 10 月 7 日～8 日にオーストラリアが主催し、オンラインで第 57 回会合 (EGEE&C57) 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) Best Practice Guidelines for Establishing and Enhancing Energy Efficiency Incentive Schemes: Australia

- 省エネ推進に向け、諸外国でどのようなインセンティブが付与されているかについてベストプラクティスを調査する事業である。政策立案者に対してインタビューを実施するとともに文献調査を行い、インセンティブに関する調査を行っている。
- オンラインでのワークショップを 2 回実施、4/7、4/29 に開催した。コンサルタントの認識によると、インセンティブを導入していないエコノミーにおいての検討に関する示唆が得られた。すでにインセンティブを提供しているエコノミーにおいては、脱炭素やピーク削減としてのインセンティブ付与の関心が寄せられた。
- 本事業ではハンドブックを作成する準備をしており、ビジネスケースやケーススタディを含んだ報告書が出版されている。

(2) Energy Intensity Reduction in the APEC Region's Urbanised Cities: Hong Kong, China

- 都市におけるエネルギー原単位の改善に向けた調査事業である。
- 報告書を作成、APEC の都市における災害の影響と都市計画の重要性、エネルギー面での持続可能性を考慮したレジリエンスの向上、そしてモニタリングの方法の検討をまとめている。

(3) 新規提案: APEC Capacity Building Workshop on Retro-commissioning: Hong Kong, China

- 既存建築物における設備の運用性能を分析し、効率を改善するための最適化を目指す「Retro-commissioning」に関するキャパビルを実施する事業である。APEC の省エネ目標達成への一助とすることを目標としている。
- 2022 年 1 月にワークショップを実施し、RCx に関する知見を共有する。

(4) PREE Project update: APERC

- Peer review を開始して 10 年が経過している。2020 年にインドネシアを対象として実施する予定であったが、COVID-19 の影響を考慮し延期が検討されている。
- 第 9 次の PREE はペルーを対象として実施した。本報告書は 2020 年に出版されて

いる。

- 省エネワークショップを 2020 年 11 月に開催、省エネによる経済回復についての議論を行なった。

(5) Exploring Co-Benefit Opportunities for Renewable Energy and Energy Efficiency Projects in the APEC Region, Thailand

- 省エネと再エネのベストプラクティスを把握し、それらのコベネフィットを分析する調査である。運輸部門や民生部門、発電部門についてのベストプラクティスを把握する。
- ワークショップを開催し、RE/EE Co-benefit に関する評価基準を議論。

(6) Integrating Electrical Vehicles and Solar Rooftop PV in Electricity Distribution Systems With Continued Performance of Distribution Transformers, ICA

- Disruptive technology の発電と配電、運輸、民生部門への影響を調査する事業である。EV の導入によるグリッド安定化を検討。データを収集し、負荷の分析を実施。その上で、国際専門家から政策提言を聴取。技術面と政策面でのレコメンデーション報告書を作成する予定。

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。2050 年以降のカーボンニュートラル達成に向けた宣言を日本や韓国、中国が行う中で脱炭素化に向けた政策形成が APEC 域内で関心を集めている。脱炭素化の議論は、再エネや水素の活用等、供給側の議論に終始しがちであるところ、日本の経験など、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 47 回 IEA-EEWP

EEWP がオンラインにて開催され、その概要を記す。

- 日程

第 47 回 EEWP : 2021 年 9 月 14 日 (12 : 00～15 : 00 パリ時間)

- 概要

第 47 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、人間を中心としたクリーンエネルギーの促進に関する調査を実施中、省エネ市場報告書を 2021 年秋に公表予定、省エネルギーハブの設置、省エネとデジタル化、データベースの整備、省エネ緊急活動国際委員会（2021 年 3 月 30 日）を開催、新興国支援、国際機関との連携について説明の後、議論が行われた。
- ◆ 2 名の内、1 名が空席となっていた副議長の選出が行われ、カナダの Abla Hanna 氏が選出された。
- ◆ EEWP の作業文章の改定は定期的（2～3 年）に実施されており、2022 年から 2024 年の作業について規定する文章の承認が求められた。加盟国からコメントが提出されたため、後日の修正文章により承認された。
- ◆ 加盟国より、野心的な気候変動目標における省エネの取組について発表が行われた。

2.1.2 第 48 回 IEA-EEWP

EEWP がオンラインにて開催され、その概要を記す。

- 日程

第 48 回 EEWP : 2022 年 3 月 29 日 (12 : 00～15 : 00 パリ時間)

- 概要

第 48 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。実績お

よび今後の活動について、COP26 への提言をまとめ貢献を行った。第 7 回の国際省エネ委員会を 6 月に開催予定。現状のウクライナの問題に対して、10 ポイントの提言を発表し、ロシアへのガス依存からの脱却、原油価格高騰への対応の提言を行った。また、現 EEWP 議長が任期満了となり、次回から新議長へ交代する。

- ◆ 各国から省エネ政策の最新情報の共有が行われ、EU、ドイツ、日本、トルコ、タイ、フィンランド、スロバキアから発言があり、各国の取り組みが紹介された。
- ◆ スマート家電の取り組みについては、日本、豪州、米国、ブラジル、EU、英国から取り組みが紹介された。
- ◆ IEA より今年の省エネ市場報告書 2022 は、3 つの要素から構成され、最近の傾向、ネットゼロ、デジタル化が主な柱となる。各国からの、エネルギー安全保障や気候危機についての意見、情報提供をお願いします。今後数か月は各国と議論を進めて行きたい。
- ◆ 特別ワークショップ：現在のロシアによるウクライナ侵攻に伴うエネルギー危機への迅速な対応策としての省エネルギー加速が、翌日の 3 月 30 日（水）（パリ時間午後 12 時～午後 2 時 50 分）にオンラインで開催された。IEA はロシアによるウクライナ侵略後、欧州連合のロシア産天然ガスへの依存低減の緊急提言を行った。提言では、省エネルギー、行動変容の重要性、迅速な省エネルギー政策の実施が挙げられているが、本ワークショップでは、住宅、小規模のビルの断熱改修、ガスボイラーや暖房機器のヒートポンプ化促進、行動変容による持続的な省エネルギー推進のためにに関して、各国の事例を共有した。第 1 部では、迅速な改修事業推進のためには各国の既存の対策を拡張することが有効で、アイルランドやカナダの断熱改修とヒートポンプ取替、スマートサーモスタット導入等に絞って、購入補助を積極的に導入する事例が紹介された。第 2 部では、迅速な断熱改修、ヒートポンプ導入も重要だが、それらが長期の脱炭素化目標に資するために、改修作業の品質確保、顧客の満足度も重要であり、技術力、労働力確保の教育の重要性が指摘された。特に、改修の前提となる省エネルギー診断員、資格評価者の育成が急務という指摘がいくつかの国からあった。また、技術者の育成、材料や機器、工事の品質確保のために、政府・自治体の建物を使った先行需要創出が有効という事例も紹介された。第 3 部では、行動変容による省エネルギー推進の有効性、どのように持続的な行動変容を促すかについて、日本から本年 3 月の首都圏、東北地域の緊急節電要請の紹介やインドのエアコン出荷時温度設定の紹介があった。

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 27 回 IEA4E 執行委員会

- ◆ 日時：2021 年 4 月 13-15 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 28 回 IEA4E 執行委員会

- ◆ 日時：2021 年 11 月 16-18 日 19:30-21:30
- ◆ 会場：電話会議
- ◆ 参加国：豪州、カナダ、オーストリア、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結果に基づきラウンドロビンテストへの参加募集を開始すると報告があった。加えて、システムプロジェクトについて、報告書を全面改定するための再調査を進めていると報告があった。

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 56 回 APEC EGEE&C 会合

- 日程：2021 年 5 月 12 日～5 月 14 日
- 開催場所：香港政府主催、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。
- Best Practice Guidelines for Establishing and Enhancing Energy Efficiency Incentive Schemes : Australia
 - オンラインでのワークショップを 2 回実施、4/7、4/29 に開催した。コンサルタンの認識によると、インセンティブを導入していないエコノミーにおける検討に関する示唆が得られた。すでにインセンティブを提供しているエコノミーにおいては、脱炭素やピーク削減としてのインセンティブ付与の関心が寄せられた。
 - 本事業ではハンドブックを作成する準備をしており、ビジネスケースやケーススタディを含み、7 月 30 日を目途として報告書作成作業を進めている。
- APEC Integrated Urban Planning Report – Combining Disaster Resilience with Sustainability : China
 - 報告書を作成、APEC の都市における災害の影響と都市計画の重要性、エネルギー面での持続可能性を考慮したレジリエンスの向上、そしてモニタリングの方法の検討をまとめている。
- Energy Intensity Reduction in the APEC Region’s Urbanised Cities : Hong Kong, China
 - ワークショップを開催、現在最終報告書を作成中である。
- APEC Workshop on District Cooling and/or Heating Systems : Hong Kong, China
 - ワークショップを開催、現在最終報告書を作成中である。
- APEC Capacity Building Workshop on Retro-Commissioning : Hong Kong, China
 - APEC 域内での retro-commissioning に関する理解を深める目的でキャパビルを実施する。
- Promoting Energy Efficient and Resilient Data Centres in the APEC Region : Hong Kong, China
 - 新事業としてコンセプトノートを作成。
- PREE Project update: phases 9, 10 and 11 : Japan
 - Peer review を開始して 10 年が経過している。2020 年にインドネシアを対象として実施する予定であったが、COVID-19 の影響を考慮し延期が検討されている。
 - 第 9 次の PREE はペルーを対象として実施した。本報告書は 2020 年に出版されている。
 - 省エネワークショップを 2020 年 11 月に開催、省エネによる経済回復についての議論を行なった。
 - 新規案件として、省エネ政策ワークショップのコンセプトノートを提示した。
- Disruptive Technology into RE and EE Policies for Energy Security : Thailand
 - RE&EE のジョイントプロジェクトについて、ベストプラクティスを見出すことを

目的として作業を実施。

- Exploring Co-benefit Opportunities for RE and EE Project in the APEC Region : Thailand
 - Disruptive 技術の Impact を把握すること、そしてワークショップを開催し、理解促進を行なっている。導入の課題やドライバーについても把握を行なっている。
- APEC Workshop on University Collaboration to Support Data Gathering and Analysis in Energy Efficiency and Renewable Energy : USA
 - APEC 域内の大学生内で議論を行い、EWG 活動に有益な研究プロジェクトの実施について議論を行うものである。
- Sustainable Mobility: Routes for integrating the Energy and Transport Sectors for Urban Cities : USA
 - メキシコシティの BRT システムについての調査を実施すると共に、そのほか都市におけるサステナブルモビリティについてのワークショップを開催予定である。
- Evaluation of Energy Technologies, Programs and Policies : USA
 - 政策の評価に関わるキャパビルを実施し、エコノミーの政策立案者における能力の向上を図る事業である。

2.3.2 第 57 回 APEC EGEE&C 会合

- 日程 : 2021 年 10 月 7 日～10 月 8 日
- 開催場所 : オーストラリア政府主催、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。
- Energy Intensity Reduction in the APEC Region's Urbanised Cities : Hong Kong, China
 - 都市でのエネルギー原単位改善にあたっては、建築物のエネルギー基準、グリーンビルディング基準、データ公表手法、データの報告、既存建築物の省エネ、機器のエネルギーラベル、政府のリーダーシップ、テナントプログラムが重要である。
- APEC Capacity Building workshop on Retro-commissioning (RCx) : Hong Kong, China
 - 2022 年 1 月にワークショップを実施し、RCx に関する知見を共有する。
- Promoting Energy Efficient and Resilient Data Centres in the APEC Region : Hong Kong, China
 - 事例を共有する見通しである。
- Implementation of Low-Carbon Model town through Green Building Infrastructure and Management Platform : Indonesia

- 事例を共有する見通しである。
- PREE Project Update : APERC
 - PREE は現在 10 フェーズ目に入っており、東南アジアとペルー、メキシコ、チリで実施。
 - フェーズ 10 として、本年の 11 月 8-12 日にインドネシアの PREE を実施。政策形成と、民生、産業部門に特化した評価を実施予定。フェーズ 11 は現在検討中である。
- Exploring Co-benefit for RE and EE : Thailand
 - ワークショップを開催し、RE/EE Co-benefit に関する評価基準を議論。
- Integrating Electrical Vehicles and Solar Rooftop PV in Electricity Distribution Systems with Continued Performance of Distribution Transformers : ICA
 - EV の導入によるグリッド安定化を検討。データを収集し、負荷の分析を実施。その上で、国際専門家から政策提言を聴取。技術面と政策面でのレコメンデーション報告書を作成する予定。
- Energy Efficiency Obligation Scheme : Australia
 - EEO ハンドブックの作成は 7 月の末に完了し、現在レビュー中である。
 - ハンドブックにおいて、どういったスキームが適切か、デザインのあり方等を提示。
 - ハンドブックではベストプラクティス、国際的なケーススタディについて取りまとめる。
- Sustainable Mobility; Routes for integrating the energy and transport sectors for urban areas : USA
 - ケーススタディを実施、Webinar で成果を共有。
- Evaluation methods and analysis : USA
 - Evaluation criteria を形成するとともに、手法を共有。Webinar を実施した。
- Data gathering workshop on university collaboration and analysis in energy efficiency and renewable energy : USA
 - Workshop を実施しデータデータ収集と分析に関する手法を共有した。

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。

- 活動概要と意義

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 の加盟国の多くを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役割は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 にとっても必要になってくると考えられる。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と考えられる。

3.1.2 本年度の活動

COVID-19 パンデミックの影響により、2020 年度に引き続き本年度の REWP 関連の会合やワークショップはすべてオンラインでの開催となった。2020 年は突如として世界を襲った COVID-19 パンデミックが再エネにもたらす影響にもつぱらの議論が集中した特異な年であった。しかし、2021 年秋の COP26 を契機として、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 2021 年の議論の方向性を大きく変えた。すなわち、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た年となった。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、という文脈での議論が展開されるようになった。

こうした議論に際して、特に重要なインプットとなったのは、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)である。同報告書では、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ている。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、これらも新たな中心的な関心テーマとなった。

これらの関心の広がりを受けて、2021 年の REWP 会合では、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。

3.1.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法

IEA CERT 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 2018 年には約 1/4 を超えて、2030 年には 30% を越す勢いで増加が続いている。特に、2020 年に COVID-19 パンデミックの影響で発電量全体が減少する中で再エネ発電量の増加が顕著だった OECD 各国、とりわけ欧州各国（OECD 欧州）では発電全体に占める再エネシェアは 44% と 5 割に迫る水準まで一気に拡大した。OECD 欧州全体では自然変動再エネ（VRE）のシェアも 2020 年には 20% に達しており、今後も一層の拡大は不可避の状況にある。

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つつある。

しかしながら、2018 年～20 年の中心的関心テーマであった「電力システムの柔軟性確保」は VRE の量的拡大に伴って課題が一層顕在化している状況に変わりはなく、我が国を含めた政策的関心の高い分野として今後も引き続き議論が展開されると考えられる。蓄電池や EMS をはじめとして我が国が持つ技術の優位性を最大限発揮できるような政策的な議論へのインプットが求められるところである。

これに加えて、上述したように、電化が困難ないわゆる Hard-to-Abate セクターとされる産業用高温熱需要や運輸部門に対する低炭素水素及び派生物への関心の高まりは、カーボンニュートラルの達成のための切り札として 2021 年に入って一気に高まった。我が国は世界で初めての水素ロードマップを策定するなど水素分野において世界を牽引する存在であり、水素分野における経験知見の共有にとどまらず議論をリードするといった積極的な貢献が求められる分野であろう。2020 年前半の COVID-19 パンデミックによる混乱を経て、2020 年後半からの脱炭素への世界的な流れの加速、そして、2021 年に入ってから 2050 年カーボンニュートラルへ向けた具体的な政策議論の中で、再エネの重要性はかつてないほど高まっており、その意味でも IEA における REWP の存在意義も一層高まっている。

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

- ◆ 2022 年 2 月現在の加盟国数は 167（EU を含む）であり、加盟手続き中の国が 17 カ国である。
- ◆ IRENA は、総会、理事会、事務局から構成される。現在（2022 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。
- ◆ 2021 年の理事国は、アルジェリア、ベニン、コロンビア、デンマーク、エルサルバドル、ドイツ、インド、日本、ケニア、ノルウェー、韓国、セントルシア、ソマリア、スイス、トルコ、トルクメニスタン、UAE、英国、米国、バヌアツ、ジンバブエの 21 カ国。2021 年は日本が理事会議長国を務めた。

- 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】

- ◆ Clean Energy Corridor：国内の電力システムへの費用効果の高い再エネの統合を支援し、他国との電力取引を促し、再エネの地域市場の創立を目指す。Africa Clean Energy Corridor、West Africa Clean Energy Corridor、Clean Energy Corridor for Central America が設立されている。
- ◆ 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。
- ◆ Collaborative Framework：エネルギー転換を支援・加速化するために、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エネルギーシステムへの高シェアの再エネ導入に関する対話促進、⑥公正かつ包摂的なエネルギー転換）の下、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。

- ◆ **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。49カ国および45のパートナー機関・企業が参加。
- ◆ **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。
- ◆ **Renewable Energy Roadmap (REmap)**：再エネのポテンシャルに関する評価を国別、地域別、世界レベルで展開。ロードマップでは、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の評価を実施。
- ◆ **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。
- ◆ **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。38の小島嶼国および31のパートナー（IRENA加盟国、国際機関や民間企業等）が参加。

【プロジェクトの推進】

- ◆ **IRENA Project Navigator**：融資可能な再エネプロジェクト開発を支援するためアクセスが容易で実用的な情報・ツール・ガイダンスを提供するオンラインプラットフォーム。
- ◆ **Energy Transition Accelerator Financing (ETAF) Platform**：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ソリューション。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 Sustainable Energy Marketplace**：再エネプロジェクト、投資家、サービス・技術提供者を結びつけるオンラインプラットフォーム。
- ◆ **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。
- ◆ **IRENA Global Atlas**：再エネプロジェクト開発支援のための資源評価やマッピングデータを提供する地理的な情報のオンラインプラットフォーム。

- ◆ **Open Solar Contracts** : IRENA と Terrawatt Initiative が連携して太陽光エネルギーの拡大を支援するプログラム。簡潔で世界的に適用される契約手続きによってプロジェクト開発および融資プロセスの効率化を促進。

【知見の提供】

- ◆ **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、再エネの需給データは毎年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。
- ◆ **INSPIRE (International Standards and Patents in Renewable Energy)** : 再エネ技術の利用に関する国際標準、特許等に関する情報を提供するオンラインプラットフォーム。

3.2.2 本年度の活動

IRENA は「2018 年－2022 年中期戦略 (Medium-term Strategy 2018-2022)」を策定しており、世界的なエネルギーシステムの転換をリードするため、「技術・イノベーションのセンター・オブ・エクセレンス」、「再エネのためのグローバルボイス」、「全ステークホルダーのネットワークハブ」、「助言とサポートの源泉」をミッションとしている。本年度も同戦略を踏まえた「2020 年－2021 年事業計画」に挙げられた事業がコロナ禍でもオンライン会議等を駆使して遂行され、その実施状況や報告書等の成果物が第 21・22 回理事会および第 12 回総会において報告された。

IRENA の報告によると、2021 年 12 月時点で、121 本の刊行物が公表されている。2021 年 6 月、IRENA の主要な (flagship) 報告書である「World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway」が公表された。同報告書は、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。また、世界の気温上昇を 1.5°C に抑え、2050 年までに CO₂ 排出量を実質ゼロにするための選択肢を提示し、技術の選択、投資ニーズ、政策の枠組み、持続可能・レジリエント・包摂的なエネルギーの未来を実現するための社会経済的な影響について考察している。

2020 年に開始された Collaborative Framework (CF) は、2021 年も前述の 6 テーマについてオンライン会議が開催された。各テーマに関して、peer-to-peer の協力が進められ、各国の経験や課題が共有された。重要鉱物をテーマとする CF 等も検討されている。

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。2021 年 9 月、国連エネルギー・ハイレベル対話 (High-level Dialogue on Energy) が開催され、IRENA は「エネルギー転換」に関する作業部会 (Technical Working Group) を先導し、国連環境計画 (UNEP) および国連アジア太平洋経済社会委員会 (UN-ESCAP) とともに「Theme Report on Energy Transition」を作成した。また、IRENA は 13 件の Energy Compacts に参加した。

2021 年 11 月に開催された COP26 でも IRENA は Energy Transition Council メンバーとして協力した。COP26 開催に向けて、議長国英国と協力して、地域別にエネルギー転換や国が決定する貢献（NDC）に関する会議を開催した。IRENA は 2021 年 12 月時点で NDC の強化や実施において 72 カ国を支援している。

2021 年 G20（議長国イタリア）に向けて「Offshore Renewables: An Action Agenda for Deployment」を作成した。また、他の国際機関との共著（例：国際労働機関（ILO）「Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2021」や国連食糧農業機関（FAO）「Renewable Energy for Agri-food Systems」）も公表された。

さらに、国際機関、二国間レベル、民間部門といった多様な協力関係の構築も進めている。国際機関では、2021 年 10 月、IRENA と UNICEF は MOU を締結し、再エネへのアクセス向上によって子供が置かれている環境を改善し、気候変動の影響から子供を守ることにコミットしていく。2021 年 11 月、IRENA は Latin American Energy Organisation（OLADE）とラテンアメリカ・カリブ諸国の再エネ導入拡大で協力する MOU を締結した。また、2021 年 12 月には、IRENA は Alliance for Rural Electrification（ARE）と村落部の電化やエネルギーへのユニバーサルアクセスに関する協力を強化する MOU を締結した。二国間関係では、インドネシア（2021 年 11 月）、エルサルバドル（2022 年 1 月）、インド（2022 年 1 月）と脱炭素化を推進するパートナーシップを締結している。民間部門では、2021 年 9 月、IRENA とイタリア Eni は再エネ拡大およびエネルギー転換を加速化するために 3 年間のパートナーシップを締結した。

日本との関係では、IRENA は国際会議や報告書作成において知見の提供をしている。2021 年 10 月に開催された第 4 回水素閣僚会議閣僚セッションでラ・カメラ事務局長によるスピーチが行われた。2022 年、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が作成される（2022 年 3 月時点では作成中）。

3.2.3 活動の評価、今後の課題、日本の貢献方法

「2020 - 2021 年事業計画」は 2021 年 12 月時点で 89%終了しており、多くの加盟国が IRENA による継続的な知見の共有や情報提供を高く評価している。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。加盟国は 2021 年 6 月に公表された「World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway」を高く評価しており、今後展開される地域レベルでの見通し（Regional Energy Transition Outlook）にも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社会経済的な影響（例えば雇用への影響）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。2020 年は、国連ハイレベルエネルギー対話や COP26 における IRENA の貢献は顕著であった。IRENA による途上国への NDC の支援は高く評価される。

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の促進が期待される。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や新しい ETAF Platform が実効性のある運営となるか注視される。

IRENA はコロナ禍でも様々なテーマを扱った多くのウェビナーを開催し(第 22 回理事会は対面式とオンラインのハイブリッド会議)、加盟国への情報提供やキャパシティビルディングを図り、加盟国間の情報共有や意見交換を促進した。2020 年より開始された Collaborative Framework もオンライン会議で議論が継続された。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エネルギーシステムへの高シェアの再エネ導入に関する対話促進、⑥公正かつ包摂的なエネルギー転換)は、日本にとっても重要で貢献できる分野もあり、積極的な参加が望まれる。「海洋エネルギー／洋上再エネ」については、今後、洋上風力の拡大を目指す日本にとって、当枠組みを通じた情報収集やネットワークの構築が期待される。また、「エネルギーシステムへの高シェアの再エネ導入に関する対話促進」でも、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と考えられる。

日本は、第 21 回および第 22 回理事会の議長国を務めた。また、2021 年 12 月に開催された「Hydrogen in the Gas Grid: Focus on the Technical-economic considerations of delivering hydrogen via the gas grid」において、日本エネルギー経済研究所が日本の現状について説明を行った。

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⁴⁶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。2021 年よりイスラエルが正式に加盟している。

- 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 Federation⁴⁷) 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 Annex と呼ばれる各分科会の下で実施される。当初は Annex1 から Annex4 までの 4 つの Annex で活動を開始した。その後、Annex5 から Annex7 までの追加、Annex1 (スマートグリッド・インベントリ) の 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 Annex8 として新たに追加された。2021 年 1 月には、再生可能エネルギー導入拡大に

⁴⁶ 現在は IEA 技術協力プログラム (TCP) へ改称。

⁴⁷ 2020 年に従来の名称 GSGF (Global Smart Grid Federation) から変更。

伴う、電力システムの柔軟性を確保するための Flexibility Markets が Annex9 として発足した。以上を整理して現在活動を行っている Annex を以下に示す⁴⁸。

- ◆ Annex 2: Smart Grid Case Studies
- ◆ Annex 3: Benefit-Cost Analyses and Toolkits
- ◆ Annex 4: Synthesis of Insights for Decision Makers
- ◆ Annex 5: Smart Grid International Research Facility Network (SIRFN)
- ◆ Annex 6: Power Transmission & Distribution Systems
- ◆ Annex 7: Smart Grid Transition
- ◆ Annex 8: ISGAN Academy on Smart Grid
- ◆ Annex9 : Flexibility Markets

年 2 回開催される執行委員会（ExCo）では各 Annex 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 Annex 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 Annex は、Annex5(Smart Grid International Research Facility Network : SIRFN)、Annex 8(ISGAN Academy on Smart Grid)、Annex9(Flexibility Markets)である。

日本が中心的に活動している Annex5 においては、昨年度に引き続き、分散型電源のテストプロトコル、マイクログリッドのテスト、電力システムテスト、Advanced Lab Testing Methods 等の開発が実施された。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。

Annex 8 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。

Annex9 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、National Expert 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。

⁴⁸ 2022 年度からは IEA との実施協定改訂に伴い、Annex から Working Group に名称変更が予定されている。これに伴い Annex2, Annex4, Annex8 を統合し、新たに Communication Working Group を設立する予定となっている。

また、日本は ISGAN 大賞の表彰チームにも参加している。2021 年度の応募テーマ「Future-Proofing the Grid Operation via Advanced Digitalisation & IoT」には、5 カ国から 7 件の応募があり、カナダの Saint John Energy の Smart Energy Project が金賞を受賞した。表彰式は 2021 年 6 月の CEM12（オンライン）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 Annex 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 や 2021 年度から開始した Annex9 をはじめとして一層幅広い Annex 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。また 2022 年度からは Annex2、Annex4、Annex8 を統合した Communication Working Group の活動が開始される予

定であり、日本の知見を共有していくことが期待される。

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：EGCFE）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。かつて参加していたカナダは、バイオ燃料タスクフォースが終了した 2011 年以降は不参加となっていたが、2020 年からのオンライン開催で再び参加し始めた。オブザーバーとして APERC、EGEDA 事務局、LCMT-TF^[1]、PPFS^[2]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。

^[1] Low Carbon Model Town Task Force の略で、日本を議長国とし LCMT コンセプトの精緻化、ケースタウンにおける FS 調査や政策レビューを主要活動とする。

^[2] Policy Partnership on Food Security。農漁業の振興の一環として再エネにも注力している。

- 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、の取り組みを通じて、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 で公開^[1]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。

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。

^[1] <http://www.egnret.ewg.apec.org/>

3.4.2 本年度の活動

2021 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。従来は年 2 回開催されてきた EGNRET 会合の 2020 年度以降の開催は年 1 回だけであり、活動停滞を象徴している。

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。従来は、この方針を受けて、議長エコノミーの中華台北が実施する、再エネ倍増ロードマップに関するプロジェクト^[1]に沿って議論が行われてきた。なお、2020 年からは炭素中立を意識した議論が行われている。

中華台北は、本プロジェクトの実施者及び EGNRET 事務局として、「APEC エネルギー需給アウトLOOK」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 年は再エネロードマップや下位機関との協力について議論という流れとなる。

2019 年 5 月に開催された EWG では、APEREC が同月公表した「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。2019 年 10 月の第 53 回 EGRET 会合では、目標達成のための追加的努力についての議論及び情報共有や IRENA との連携の重要性などが強調された。オンライン開催となった 2020 年 11 月の第 55 回 EGNRET では、注力すべき国家間の活動や COVID-19 が APEC 地域における再エネの導入に与えた影響等の議論がなされた。

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。

[\[1\]](#) EWG 11 2016A : Filling the Gap to Reach the Goal of Doubling Renewable Energy in the APEC Region

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-）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いる。

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。

2020 年から 2021 年にかけては Covid-19 パンデミックによる影響を強く受けた年であったが、同時に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。短期的にはポスト Covid-19 グリーンリカバリーのための再エネ政策の分野での協力として、日本の政策や国内産業等の各種経験により貢献できることも多いと期待される。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た。これらに対しては日本での FIT 導入以後の過去 10 年間の経験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 IOT の急速な進展とともにスマートシティの一部として、LCMT を更に進めて 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きた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 79 回執行委員会（REWP ExCo79）

- 日程： 2021 年 4 月 20 日・22 日
- 場所：オンライン開催
- 主な議論
 - ◆ IEA から作成中の報告書「Low-C fuels for thermal power plants」の内容について説明があり、これに基づいて各国の水素戦略、低炭素燃料の役割、水素利用の課題等について議論が行われた。
 - ◆ IRENA から直近の活動状況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。また、REWP メンバーに対して実施された Policy Survey の結果に基づいて、REWP として当面優先して取り組むべき課題について議論が行われた。
 - ◆ 海洋エネルギー、太陽冷熱、風力、地熱、太陽光発電（PVPS）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 REWP80 会合は 2022 年秋に開催予定。当初はカナダ又はチリがホストする予定であったが、2021 年中は物理的な開催は非常に困難と見られ、オンライン開催となる見通しとなった。

4.1.2 IEA-REWP 第 80 回執行委員会（REWP ExCo80）

- 日程： 2021 年 9 月 21 日・22 日
- 場所：オンライン開催
- 主な議論
 - ◆ IEA 事務局から、ネットゼロ排出シナリオを踏まえた「REWP2022-2025 年戦略」改訂版の方向性について、特に、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 との関係等について報告があった。
 - ◆ 併せて、REWP ビジョンの改訂案（Aligning to NZE 2050 goals）とミッション（ネットゼロ目標達成のための国を越えた研究、TCP 間の協業への支援、政府に対する情報とガイダンスの提供、CERT・他の IEA 関連組織・IEA 事務局へのアドバイス）が提案され、これらについて議論が行われた。
 - ◆ TCP への新しい法的枠組み適用と実施協定の改定作業の進捗について報告がなされた。
 - ◆ IRENA から 2021 年 3 月発刊の「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、これについて議論が行われた。
- ◆ 日本、イタリア、ノルウェーから、それぞれ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。
- ◆ 海洋エネルギーと太陽熱化学システムの各 TCP から申請のあったターム延長について CERT へ勧告することが決定された。
- ◆ 風力、バイオエネルギー、水素、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 REWP 会合の開催地、開催時期については、この先の Covid-19 の世界的な感染状況が不透明なことから未定。2022 年春にオンラインでの開催可能性が高いとされた。

4.2 IRENA

4.2.1 第 21 回 IRENA 理事会

- 日程：2021 年 5 月 25～26 日
- オンライン会議にて開催
- 主な議論
 - ◆ 「2020 - 2021 年事業計画」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。
 - ◆ 次期「2022 - 2023 年事業計画および予算」における優先事項として、地域レベルでのエネルギー転換や投資（Regional Energy Transition Outlooks (RETOs) の作成）、公正かつ包摂的なエネルギー転換、レジリエントなエネルギーシステムへの投資の拡大が挙げられた。
 - ◆ 「中期戦略（Medium-Term Strategy 2023-2027）」について作業部会を設け、議論していくことが報告された。加盟国から作業部会への参加や支援が表明され、公正なエネルギー転換に向けた環境整備、エネルギーセキュリティ、投資の推進等に関する検討が要請された。
 - ◆ 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。多くの加盟国から評価が示された。

4.2.2 第 22 回 IRENA 理事会

- 日程：2021 年 10 月 26～27 日
- 対面・オンライン会議にて開催
- 主な議論
 - ◆ IRENA は「2020 - 2021 年事業計画」に関するプログラム実施状況、予算執行状況、

自己査定について報告を行い、加盟国より Collaborative Framework、気候投資プラットフォーム、NDC への支援、他の国際機関や民間部門との協力等を評価するコメントが出された。また、日本、インドネシア、ASEAN、エジプトを対象に、エネルギー転換による社会経済的な影響を分析する「Socio-Economic Footprint」の発行についても報告された。

- ◆ 次期「2022 - 2023 年事業計画および予算」では、主要な事業として「World Energy Transitions Outlook (WETO)」に基づいた地域レベルでの「Regional Energy Transition Outlooks (RETOs)」の作成が挙げられた。RETOs に沿って地域別の事業・投資が進められる。また、グリーン水素、重要鉱物資源、リサイクル・リユースへの注力も言及された。エネルギー転換に関して保健・食糧安全保障・水資源・教育・ジェンダー・先住民地域といった分野と横断的な業務も検討される。加盟国からは RETOs を歓迎するコメントが出された。また、途上国からは投資、キャパシティビルディング、技術面での支援が要請され、クリーンなエネルギー・調理用燃料へのアクセスの重要性も強調された。
- ◆ 「中期戦略 (Medium-Term Strategy 2023-2027)」について、2021 年 9 月に開催された第 1 回作業部会 (デンマークとケニアが共同ファシリテーター、21 カ国が参加) での検討内容が報告された。民間部門との協働の重要性に鑑み、民間部門の参画の拡大と民間資金の動員について議論することが提案された。加盟国からは、2030 年を視野に中期戦略の柔軟な見直し、IRENA の広報活動、エネルギー転換による社会経済的な影響等に関するコメントが出された。
- ◆ 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。

4.2.3 第 12 回 IRENA 総会

- 日程：2022 年 1 月 15～16 日
- 場所：オンラインで開催
- 主な議論：
 - ◆ COP26 および国連エネルギー・ハイレベル対話に関して、8 名のパネリスト (IRENA、欧州委員会、アフリカ連合委員会、アンティグア・バーブーダ、エジプト、国連開発計画 (UNDP)、インドネシア、デンマーク) が登壇し、IRENA が担うべき役割、地域や各国がエネルギー転換において直面している課題や気候変動対策に関して議論が行われた。
 - ◆ Collaborative Framework (エネルギー転換の地政学) の議論を踏まえ、新しく発行された「Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor」について報告された。水素が脱炭素化の重要なソリューションとされるが、地政学やエネルギー市場への影響、技術開発、コスト、国際的なルールの整備などの水素に関する問題が

指摘された。また、Daniel Yergin 氏のインタビューも紹介された。

- ◆ ラ・カメラ事務局長より「2020 - 2021 年事業計画」の実施状況および「2022 - 2023 年事業計画および予算」について報告が行われた。次期 2 年間のコア予算 (core budget) は今期と同レベルとすることが提案された。また、複数のドナー国からの基金であり、多年度の事業が可能となる「Renewable Acceleration Fund」も提案された。新たなファイナンスの枠組みとなる Energy Transition Accelerator Financing (ETAF) Platform の開始が報告された。
- ◆ 多くの加盟国が IRENA の事業（国際的な舞台での活躍、Collaborative Framework の開催、加盟国に対する支援等）を評価し、「2022 - 2023 年事業計画および予算」を支持した。また、公正かつ包摂的なエネルギー転換の重要性が唱えられ、分析業務の継続、途上国への投資促進、技術移転、キャパシティビルディングが要請された

4.3 ISGAN

4.3.1 第 22 回執行委員会 (ExCo22)

- 日程：2021 年 10 月 12 日～14 日
- 場所：Web 開催
- 主な議論：
 - ◆ ISGAN 加盟国数は前回 ExCo 以降イスラエルが新たに加わり、EU を含む 27 カ国。議長のアิตาลีよりスペインの脱退の可能性に関する言及があった。
 - ◆ 共同事務局 KSGI より、ISGAN Award 2022 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 に 2 つに分かれる点が報告された。米国より 2 テーマとなった背景は、2021 年 6 月の CEM12 において Empowering People Initiative が立ち上がり、クリーンエネルギー分野の労働力に関する注目が高まっていることを踏まえてとの説明があった。
 - ◆ 2022 年 3 月からの第 3 タームに向けて、①実施協定の変更と②Annex の再編成に関する議論が行われた。①実施協定の主な変更点は、従来の Annex から Working Group、Operating Agency から Working Group Manager へと文言が変更される。②Annex の再編成は、Annex2, Annex4, Annex8 を統合し、知見の共有と他のステークホルダーへのアウトリーチを主なタスクとする Communication Working Group を設立する方向となった。今後 Annex2, Annex4, Annex8 の OA は ISGAN 幹部、共同事務局 AIT と協力して、本 Working Group の内容を固めることとなった。
 - ◆ 次回 ExCo23 は 2022 年春に英国ロンドンで開催するが、渡航できない国が多数想定されるため、オンラインとのハイブリッド開催にする方向となった。ExCo24 は 2022 年秋に豪州・アデレードで IRED2022 と共同開催、ExCo25 は 2023 年春にドイツで開催することが決まった。

4.3.2 第 23 回執行委員会 (ExCo23)

- 日程：2022 年 3 月 8 日～10 日
- 場所：Web 開催
- 主な議論：
 - ◆ ISGAN 加盟国数は前回 ExCo から変わらず、EU を含む 27 カ国。前回脱退の可能性を言及されていたスペインは参加し、加盟国として残る意向が示された。
 - ◆ IEA との実施協定改訂案について進捗報告が行われた。今次会合では、一部の条項に関する修正点が議論され、IEA に確認する方向となった。
 - ◆ 新たに設立された Communication WG について、以下議論された。ISGAN 全加盟国を必須参加とするか否かについて、Annex2,4,8 の加盟国は専門家を再登録、その他の国は関心のあるタスクを検討する。現時点で不在の Working Group の Manager は以下の選択肢が提案された。1.スペインが担当 2.加盟国から立候補 3.タスクリーダーが 6-12 ヶ月毎にローテーション 4.AIT が暫定的に担当。
 - ◆ CEM との連携に関する分科会協議が以下の通り行われた。分科会 1：CEM 新規フェーズにおける ISGAN の協力。ISGAN は、メッセージの受け手を意識して分かりやすく届けることが重要。ISGAN は現状のトレンド分析の実績は多くあるが、将来のシナリオ分析の経験が少ない。よってこれらの課題をコミュニケーション WG で取り組むことが必要。分科会 2：Power System Flexibility Campaign (PSF) の引き継ぎ。Annex6, 7, 9 は PSF のテーマに既に取り組んでおり、次のステップとして各 Annex 間での情報共有や IEA 協力の下で WG の設置。
 - ◆ ISGAN のテーマ 2022 は、2021 年度のテーマ Flexibility, Digitalization, Resilience, Interoperability に加えて、System, Ecosystem, Mission driven を付け加えることが提案されたが、今次会合では決まらず別途協議することとなった。
 - ◆ 次回 ExCo24 は、2022 年 10 月 24 日-28 日に豪州・アデレードで IRED2022 と共同開催予定（開催方法については追って検討）。ExCo25 は、暫定的にドイツ開催で決まっており、夏迄に最終確定予定。

4.4 APEC EGNRET

4.4.1 第 55 回会合

- 日程：2021 年 5 月 14 日
- 場所：オンライン開催
- 概要
 - ◆ 世銀 Climate Investment Funds (CIF) 事務局から世銀の Global Energy Storage Program について、80 億ドル以上の規模を有する世界最大の多国間気候変動ファンドの一つであること、様々な障壁の解消と必要なリソースの投入と低炭素技術のスケールアップのための投資を行っていること、Global Energy Storage Program は 910 百

万ドルの融資検討案件を抱えており、30 カ国以上の 26 案件が運用を開始していること等の説明がなされた。

- ◆ EGNRET 事務局から、EGNRET プロジェクトの現状と進捗 について、EGNRET 資金によるプロジェクトは CN が 4 件、APEC によるレビュー中が 5 件、実施中のプロジェクトが 14 件となっていること、COVID-19 の影響で多くのプロジェクトが延期になっており前回会合から完了したプロジェクトはないこと等の説明がなされた。
- ◆ EGNRET プロジェクトに関して以下の報告がなされた。中国より「Innovative Approaches for Scaling-Up Renewable Energy Deployment in APEC」(EWG 04 2020S)、中華台北より CN「Empowering Indigenous Social Awareness on Renewable Energy and Increasing Inclusion Sustainability for Green Recovery in APEC Regions」、「Utilizing renewable energy certification to facilitate APEC regional renewable energy growth」(EWG 10 2020A)、タイより、CN「Achieving Carbon Neutrality through Bio-Circular-Green Economy Principle in APEC Region」、米国より「APEC Workshop on University Collaboration to support data gathering and analysis in energy efficiency and renewable energy」(EWG 06 2019A)、「The role of integrated distribution system planning in maximizing the use of distributed energy resources and resiliency in the APEC region」(EWG 03 2020S)、「2021 Self-Funded APEC Clean Energy Purchasing and Decarbonization Workshop」についてそれぞれの概要と進捗について説明がなされた。
- ◆ 米国、香港、日本、中華台北、タイの各国からそれぞれの再エネ政策と再エネ導入状況について説明がなされた。
- ◆ EGEEC との協力として、2022 年は EGEEC・EGNRET 合同会合のホストをタイが表明しており、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いくこととなった。
- ◆ EGNRET の ToR は 2 年毎に改定されることとなっており、現行 ToR をベースとした改定案が事務局から提示され合意された。
- ◆ 次回 EGNRET56 会合は、2021 年に入ってから EGEEC との合同開催の形でホストしたい旨の意向がタイから表明されたが、開催方法については、オンライン開催とするか、物理的開催とするか、ハイブリッド開催とするかは今後 Covid-19 の収束状況を踏まえてあらためて検討することとなった。

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）

IEA レポート の要約

1. An energy sector roadmap to carbon neutrality in China

(2021 年 9 月 発刊)

[[https://iea.blob.core.windows.net/assets/9448bd6e-670e-4cfd-953c-](https://iea.blob.core.windows.net/assets/9448bd6e-670e-4cfd-953c-32e822a80f77/AnenergysectorroadmaptocarbonneutralityinChina.pdf)

[32e822a80f77/AnenergysectorroadmaptocarbonneutralityinChina.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/9448bd6e-670e-4cfd-953c-32e822a80f77/AnenergysectorroadmaptocarbonneutralityinChina.pdf) からダウンロード可能]

- 本報告書は電気自動車の導入に関する世界の潮流ならびに技術課題やコスト動向及び将来見通しを提示するものである。以下に本報告書の要点をまとめる。

エグゼクティブサマリー

中国はクリーンエネルギーへの転換に向けた現状のモメンタムに立脚した対応が可能

- 中国のエネルギー消費は 2005 年以降倍増したが、GDP あたりのエネルギー原単位は同期に大幅に改善した。
- 石炭は中国の電源構成の 60%を占める。太陽光の容量拡大は、他国のペースを大きく上回る。
- 中国は、世界第二位の石油消費国である。しかし、電気自動車のバッテリー生産の 70%を中国が占め、江蘇省がその三分の一を占める。
- 中国の 5 ヶ年計画によって拡大した太陽光のコストは大幅に低減し、世界における将来のクリーンエネルギーに関わる考えを変化させた。
- 世界における低炭素目標の達成には、同様のクリーンエネルギー普及が他国でも必要であるが、より大きな規模で、全ての部門において起きる必要がある。
- 中国の CO₂ 排出は増加している。しかし、2030 年にはピーク到達が予見できる。
- 中国は短期的には以下の目標を設定しており、これらが達成できれば中国の CO₂ 排出は 2020 年代の中期にピークに達し、2030 年にはわずかながら減少に転じる。
 - 五ヶ年計画：2021-2025 年の間に CO₂ 原単位を 18%削減し、エネルギー原単位を 13.5%改善。
 - 自主目標：非化石燃料のエネルギー消費に占める割合を 2025 年には 20%へ拡大 (2020 年実績 16%)

カーボンニュートラルの達成にはエネルギー部門の急速かつ大胆な転換を要する

- 中国の CO₂ 排出が 2030 年以前にピークに到達するには、①省エネ、②再エネ、③石炭利用の低減が必須である。
- APS (Announced Pledge Scenario: 公表された公約を達成するシナリオ) では 2030 年まで経済成長よりも緩やかなペースでエネルギー需要が拡大する。これは省エネとエネルギー多消費産業からの転換の結果である。太陽光は 2045 年ごろには一次エネルギーに占める割合が最大となり、石炭需要は 2060 年までに 80%減少する。同じく石油需要

は 60%、天然ガス需要は 45%以上減少する。2060 年には電力のほぼ 5 分の 1 が水素由来となる。

エネルギー部門は排出削減において実現可能な道筋を有する

- 中国の発電部門は再エネの割合が大幅に拡大することにより、2055 年を前にネットゼロを達成する。2060 年に再エネの割合は 80%、一方石炭火力の割合は 5%となり CCS 等のつかない対策を実施しない石炭火力の割合は 5%へと低減する。
- 低炭素エネルギーによる柔軟措置の投資は増加する。
- 産業部門の CO₂ 排出は 2060 年までに 95%低減する。残りの排出は、発電部門と燃料利用のネガティブエミッション技術により対応する。
- 短期的には、省エネと電化が産業部門の排出削減に寄与する。水素や CCUS は 2030 年以降の排出削減の貢献として位置付けられる。
- 電化、クリーンな地域熱供給、そして省エネにより建築物の CO₂ 排出は 95%以上削減される。

2030 年以降のより急速な排出削減は可能であり、その便益も大きい

- 足元での対策強化は 2030 年以降の排出削減に関わる負担を低減できる。
- 中国の長期的な目標であるカーボンニュートラルの達成は、いかに早くピーク排出水準を迎えられるか、そしてピークに達した後の排出削減の速度にかかっている。中国は 2030 年よりも早い段階で排出レベルをピークにする技術、経済的措置、そして政策的な経験を有している。排出権取引制度や発電部門の取引がその例である。
- ATS シナリオ (Accelerated Transition Scenario: トランジションを加速するシナリオ) では発電と産業部門における石炭のより急速なペースでの低減、ならびに低炭素技術の適用を想定している。
- ATS シナリオでは 2050 年にネットゼロの達成を実現するために、太陽光発電の容量が、2050 年には 1,400 GW に達し、APS よりも 20%高いと見積もっている。
- 2030 年以前の排出ピーク達成は、気候変動対策以外にも、中国の社会経済に大きな便益をもたらす。クリーンエネルギー供給に関連した雇用は 2030 年には 360 万に達し、これは現状の化石燃料供給と火力発電に関わる雇用が 230 万であるのと比較するのとその大きさがわかる。

既存資産への対策は順序立ったカーボンニュートラルへの移行を促進する

- 中国において現在稼働するエネルギー多消費なインフラが将来的も現在と同じ稼働を継続した場合、2060 年の CO₂ 排出は 175 Gt-CO₂ に及ぶ。これは、世界の平均気温を産業革命以降と比較して 1.5 度上昇に抑えるために許容されるカーボンバジェットの 3 分の位置を占める。

- 対策の実施を速める ATS シナリオでは、2060 年に 20Gt に及ぶロックイン効果を発電部門と産業部門で回避できる。早期の取り組みにより APS と比較して、2060 年の CO2 排出量は ATS で 20%低い見通しである。

エネルギー移行に向けイノベーションが必須

- 中国はクリーンエネルギーイノベーションに向けた世界的リーダーとして台頭しつつある。EV や再エネ関連の世界の特許のほぼ 10%を中国が占める。
- 一方で、今後のイノベーションとしてより広範な形で低炭素技術への投資を行う必要がある。具体的には、ネットワークインフラや消費者側での製品ではなく、CCUS やバイオ精製等へのインセンティブ付与が重要である。

世界のエネルギーと気候変動に関する中心的なアクター

- 中国は自国のカーボンニュートラルに向けた移行を行うにあたって、技術や政策等、成功裏に運ぶ多くの強みを有している一方で、それらは国際的なリーダーシップを発揮する機会をも提示している。

第1章 カーボンニュートラルに向けた中国のビジョン

経済と社会の状況

- 中国は 1980 年以来、世界で最も急速に成長している主要経済国であり、現在の GDP は 1980 年の 30 倍以上、また 2020 年の名目 GDP は米国に次ぐ世界第 2 位であった。中国のエネルギー消費は 2005 年以降倍増したが、GDP あたりのエネルギー原単位は同期に大幅に改善した。
- 工業化と都市化は、その経済変革の主要な原動力となっており、中国は付加価値で世界の産業生産の 4 分の 1 を占め、セメントと鉄鋼は世界の半分以上を生産している。

エネルギーと温室効果ガスの排出動向

- エネルギー、特に国内の石炭の生産と使用の急速な増加は、中国の経済成長の原動力であり、その結果でもあった。中国は 2009 年に世界最大のエネルギー消費者になり、石炭への依存により、2005 年以来エネルギー関連 CO2 の最大の排出国となった。

エネルギー利用

排出量動向

- 一次エネルギー需要の伸びは近年鈍化しており、2000 年から 2010 年の年間 8%の増加から、2015 年から 2020 年の 3%強にまで低下している。
- 2000 年以降の再生可能エネルギーと水力発電の急激な成長にもかかわらず、中国は依然として化石燃料に大きく依存しており、2020 年には一次エネルギーの総需要の約 85%を占め、石炭が約 60%、石油が約 20%となっている。中国は世界最大の石炭消費

国であるが、太陽光、風力、電気自動車の最大の市場でもある。

- 現在、中国には 1,080GW の石炭火力が設置されており、世界の石炭火力容量の半分以上) となっている。
- 化石燃料が依然として大きなシェアを占めるが、原子力、水力、バイオエネルギー、その他の再生可能エネルギーを含む最新の低炭素燃料と技術の使用は、過去 10 年間で大幅に増加し、一次エネルギー需要全体に占める割合は 2011 年の 9%から 2020 年には 14%となっている。

エネルギー部門の CO2 排出量

- 中国は世界最大の温室効果ガス排出国であり、世界の排出量の約 4 分の 1 を占めている。燃料燃焼および工業プロセスからの二酸化炭素排出量は、2020 年に 11Gt-CO₂ を上回る排出であり、そのうち約 90%が燃料燃焼によるものである。2020 年には、熱電併給プラントを含む石炭火力発電所だけで、中国のエネルギーおよびプロセス関連の排出量全体の 45%以上、世界の排出量の 15%を占めている。

既存インフラからの排出量

- 再生可能エネルギーと EV の急速な展開、および GDP 原単位の減少にもかかわらず、中国のエネルギー部門の CO₂ 排出量は近年増加し続けている。これは、クリーンエネルギー技術の採用の増加と並行して、排出量の多いインフラストラクチャが拡大しているためである。
- 既存の石炭火力発電所からの排出量は、過去 10 年間に 40%の発電所が建設されたため、2030 年まではわずかな減少にとどまり、その後 2050 年までに 95%減少する。ただし、現在計画中の発電所は含まない。

エネルギーと気候変動政策

カーボンニュートラル目標

- 2020 年 9 月、中国の国家主席は、2030 年までに CO₂ 排出量をピークにし、2060 年までにカーボンニュートラルを達成するという国家目標を発表した。GDP あたりの CO₂ 排出量は、2005 年から 2030 年の間に 65%以上減少すると予測され、一次エネルギー使用における非化石燃料のシェアは約 25%になり、風力と太陽光の容量は 2030 年に 1200 (GW) 以上に上昇する。石炭使用量の増加は、2025 年までに制限され、その後段階的に廃止される予定である。
- 2021 年から 2025 年までの中国の第 14 次 5 カ年計画は、主要な政策手段である。これには、エネルギー原単位を 13.5%改善し、炭素原単位を 18%改善し、2025 年までに一次エネルギー使用における非化石燃のシェアを 20%にする目標が設定されている。総エネルギー消費量と排出量を含め、今後数年間でさらに国、部門、技術の計画が設定される予定となっている。

世界の中での中国のカーボンニュートラル目標

- 世界最大の CO2 排出国としての立場を考えると、政策の改善により、中国が世界の気候ガバナンスにおいて積極的な役割を果たすことが期待される。
- 中国が表明した目標を達成することは、気候変動と戦うために重要である。中国は今世紀末までに世界の平均気温をほぼ 0.2°C 下げる可能性があります。中国ができる限り早くピークアウトし、正味ゼロ排出に到達することを強く期待している。現に、多くの国ではすでに CO2 排出のピークアウトを経験している。

中国のカーボンニュートラル達成のための主な課題

- サービス部門のシェアをさらに拡大し、エネルギー集約型産業のシェアを減らし、産業向けの低炭素ソリューションの革新とコスト削減をサポートすることで、間違いなく中国のエネルギーシステムの脱炭素化が促進される。
- CO2 排出量の 8%を占める運輸部門は、排出量を抑制するための対策の重要な部門である。
- CO2 排出量の 5%を占める建物ストックは築年数が浅く、また暖房のための化石燃料への大きな依存にも対処する必要がある。
- エネルギー部門の CO2 排出量のほぼ 50%を占める、電力と熱の生成を化石燃料、特に石炭に比較的大きく依存しているため、排出量のピークアウトを達成し、その後急速に削減する取り組みを実現させるためには、最も重要な部門は電力である。

現在の政策状況

- 中国は、第 14 次 5 カ年計画において、取り組みを強化する対象を特定した。化石燃料の消費の抑制、エネルギー効率の改善、再生可能エネルギーの促進と電力システムの改革、グリーン製造の促進、建設物におけるエネルギー効率基準の引き上げ、低炭素輸送の促進、低炭素技術の革新の奨励、する。税金、価格、土地、金融、調達政策の改革、炭素排出権取引の加速、グリーンファイナンスの開発、より環境に責任のある行動の促進、炭素吸収源の増加、気候変動に関する国際協力の強化。
- 中国の政策決定プロセスは、複雑でダイナミックであり、中央政府の強いリーダーシップの下、地方政府が取り組みを実行するしくみとなっている。

エネルギーと気候政策の革新

- 中国の気候変動に関する最初の国家プログラムは 2007 年に発表され、2010 年のさまざまな目標を設定し、対策を支援した。以降、5 カ年計画ごとに北票が強化され、対策が実施されてきた。
- エネルギー効率と再生可能エネルギーは、過去 20 年間、エネルギー安全保障、経済と大気汚染の改善、気候への対応として、中国のエネルギー政策の中心的な柱となってきた。
- さらに市場メカニズムを活用して、より経済的な対策を進めるために、電力市場改革や排出量取引などの制度改革を行った。
- 第 14 次 5 カ年計画（2021-2025）では、カーボンニュートラルへ向けた重要なマイル

ストーンが示されている。エネルギー原単位を 13.5%削減するという拘束力のある目標と、炭素原単位を 18%削減するという目標が示されている。

- 第 14 次 5 カ年計画は、新しいエネルギー源と新しい車両技術を戦略的な新興産業として特定し、それは、エネルギー市場改革を強化し、低炭素エネルギーへの投資を追求し、エネルギー安全保障を確保する必要性を強調している。

第 2 章 エネルギー転換

カーボンニュートラルへの道筋

- カーボンニュートラルへの道筋は複数あるが、その軌跡において重要なのはクリーンエネルギーへの転換と長期的なロードマップに焦点を当てることである。エネルギー部門からの CO₂排出をネットゼロ化し、削減の難しい部門にネガティブエミッション技術によるオフセットをする必要がある。
- カーボンニュートラルに向けて、Announced Pledges Scenario (APS)と Stated Policies Scenario (STEPS)によって、一定の想定の下での経路（a path, not the path）を描いた。
- Announced Pledges Scenario (APS)は、中国政府が発表している 2030 年までの排出量のピークアウト、2060 年のカーボンニュートラルに向けて新技術導入や政策実施することで、それを達成される経路を描いている。
- Stated Policies Scenario (STEPS)は、現在の中国政府が実施している政策が継続した場合のシナリオであり、2030 年までの排出量ピークアウトのような NDC 目標は含まれるが、2060 年のカーボンニュートラルの達成は目指していない。

CO₂排出量

- 2060 年に STEPS では化石燃料起源の排出量が 6Gt-CO₂となるが、カーボンニュートラルを達成する APS では化石燃料起源 CO₂が 0.45Gt-CO₂、産業プロセスからの排出も加えて 2060 年に 0.61Gt-CO₂が残る。これらの排出量は削減が困難であり、ネガティブエミッション技術による相殺が必要になる。
- 2060 年にカーボンニュートラルを達成するためには、一つの技術だけでなく、産業プロセス、冷暖房、自動車燃費などエネルギー効率改善が最も排出削減に効果的であり、次いで PV や風力といった再生可能エネルギーが位置する。
- 長期的には、1. 最終消費部門の電化促進、2. CCUS の導入、3. 低炭素水素と水素を利用した燃料の使用、4. 持続可能なバイオエネルギーの活用、という 4 つの開発段階の技術の導入がカーボンニュートラルを達成するための重要な要素である。

エネルギー見通し

- APS、STEPS とともに 2020 年から 2030 年にかけて一次エネルギー供給が 18%増加する。その後、2060 年にかけて両シナリオとも一次エネルギー供給が 2030 年から減少する

が、STEPS では 2020 年比で 10%増加するが、APS ではエネルギー効率改善によって 2020 年比 12%減となる。その内訳は、STEPS では一次エネルギー供給の中で石炭が 3 割程度残るのに対して、APS では太陽光が最も大きな割合を占める。また、残る化石燃料消費も CCUS が付属されることで大気中への排出が減少する。

- 最終エネルギー消費も同様の傾向であり、2030 年まで増加、その後に 2060 年に向けて最終エネルギー消費が減少するが、STEPS では 2020 年よりも増加しており、APS では 2020 年を下回る。内訳をみると、2030 年の断面では石炭や石油などの化石燃料が増加するが、STEPS では 2060 年までエネルギー構成に大きな変化がない。しかし、APS の 2060 年の断面において電力の占める割合が最も大きく、水素やバイオエネルギーの活用も 2020 年と比べて大きく増加する。
- エネルギー効率改善が中国のエネルギー転換に最も寄与する。APS では、2011 年から 2020 年まで毎年 3%の効率改善が進展したことを踏まえ、2060 年まで最も効率的な機器が導入されることで毎年 2%の効率改善を想定している。
- その効率改善によって、鉄鋼のエネルギー原単位が 2020 年から 4 割改善、自動車の燃費は約 8 割改善、建築物も約 3 割改善することになる。
- 産業部門では、設備や機器の更新の際に、最も効率的な設備や機器に置き換えられると想定している。運輸部門では、内燃機関搭載自動車から EV への転換が進むとともに、重量自動車の燃費効率の改善、EV や FCV への置き換えも想定している。建築物部門では、ヒートポンプなどの冷暖房装置効率改善を見込んでいる。こうした改善を進めていくために、中国政府は最先端技術の導入促進を図るための早期の政策実施が必要になる。

環境面でのコベネフィット

- カーボンニュートラルに向けて化石燃料の消費量が減少することで、大気汚染の改善が見込まれる。中国政府は 1982 年から大気汚染対策の段階的に強化して生きたが、カーボンニュートラルに向けた対策を進めることで、それがより促される。APS では、硫黄酸化物、窒素酸化物、粒子状物質などの大気汚染物質が 2060 年に 2015 年比 80% 削減される結果になっている。産業部門や発電部門で脱硫装置等の設置が進み、運輸部門での EV の割合が増え、民生部門での電化・ガスへの転換によって大気汚染物質が減少することが見込まれる。

エネルギー投資

- クリーンエネルギーへ転換していくために、エネルギー投資を拡大していく必要がある。2030 年に 6400 億ドル、2050 年には 9000 億ドルの投資が必要になる。これは、2030 年の中国の GDP の 1.6%、2060 年は 1.1%相当となる。
- エネルギー供給側では、化石燃料から、再生可能エネルギー、原子力、水素、その他の

低排出燃料へ投資先を変化させていく必要がある。エネルギー需要側の中でも特に運輸部門では2060年に1200億ドルの投資が必要になると見込まれる、これは車両のEV等への転換及び関連インフラの整備といったモビリティの転換のための必要となる。民生部門では、建物の省エネ改修、新築建物の省エネ化などのために2060年に950億ドルの投資が必要と見込まれる。産業部門では1100億ドルのエネルギー投資が必要である。

- 技術分野別では、2060年に発電所の新增設、EVやヒートポンプなどの電気関連に5600億ドル、水素関連に700億ドル、エネルギー効率改善に900億ドルと見込まれる。
- こうした投資は民間部門が主導することになるが、これを促していくために政府の直接投資や支援も重要な役割を果たす。
- 2060年に中国がカーボンニュートラルを達成するためには、まだ商用化していない技術への投資も必要である。DACCSやアンモニア燃料船舶水素製鉄、CCUSといった技術へのエネルギー投資に占める割合を、2030年に25%、2050年代には40%まで引き上げる必要がある。特に、重化学工業や長距離交通などの分野には、それらへのエネルギー投資の75%を投じる必要がある。

第3章 部門別の道筋

- APS (Announced Pledge Scenario: 公表された公約を達成するシナリオ) では発電量は、2060年までに130%増加する。最終需要に占める電力の割合は倍増し、50%に達する。風力と太陽光を中心としたUserベースの発電は、2020年から2060年の間に7倍に増加する。一方で、石炭の割合は現状の60%から6%へ減少する。CO₂排出削減対策を実施していない政府目標は、セキュリティ維持のために継続して使われるが、2060年の電源構成に占める割合は、0.1%以下である。
- 水素生産は2060年には70 Mtに達し、750 GWの電気分解を必要とする（世界の40%を占める）。水素は、エネルギー多消費産業で主に利用（40%）され、これに燃料電池自動車（25%）そして、船舶用アンモニアと航空用合成燃料が続く。中国は、世界のバイオガスとバイオメタン生産のリーダーとなり、世界生産に占める割合は35%に上る。
- 産業部門のCO₂排出は、APSシナリオで2060年までに95%減少し、残りの排出量は電力および燃料変換セクターでのネガティブエミッション技術によって相殺される。エネルギー効率の改善と電化は、短期的にCO₂削減の主要な役割を担うが、新しい革新的な技術、特にセメント、鉄鋼、化学物質における水素と炭素の回収、利用、貯蔵（CCUS）は、長期的には主導的な役割を果たす。
- 道路輸送では、60%の排出削減が電化によるもので、4%がグリーン水素によるもの。中国の都市でのメトロ、ライトレール、電気バス、および都市間的高速鉄道への継続的な投資は、航空による移動に代替し、旅客部門のエネルギー原単位を改善させる。道路貨物、輸送、および航空からの排出量の削減は、車両、船舶、および航空機の燃料

効率の向上、ならびに低炭素燃料への切り替えによって推進されており、燃料補給および充電インフラへの巨額の投資が必要である。

- 建築部門の直接 CO₂ 排出量は、電化、地域熱供給、エネルギー効率の向上により、2060 年までに 95%以上削減される。主に屋上太陽光発電パネルを使用したオンサイト発電が急速に拡大しており、2060 年までに、中国の総床面積のほぼ 100%がゼロカーボン Ready になる。

第4章 エネルギー転換に必要な技術

- 本ロードマップで 2060 年までに中国の排出量を賞味ゼロにするには、部門を横断するいくつかの柱が含まれます。特に、最終需要部門の電化、炭素回収、利用および貯蔵（CCUS）、低炭素水素、持続可能なバイオエネルギーがそれに相当する。それぞれの柱について、新しいテクノロジーを市場に投入し、既存技術を改善するための技術革新が必要である。

電化

- エネルギーの最終用途と低排出燃料の生産の両方の電化は、APS シナリオ（公約シナリオ）の 2060 年までの CO₂ 排出削減の 13%に貢献し、その約 35%は主に運輸部門からのものである。中国は今日、世界最大の電気自動車用のバッテリー生産国であり、世界の容量の 70%を占め、主要なバッテリー金属であるリチウムの処理および精製能力の 55%を占めている。中国は、計画されたプロジェクトに基づいて、中期的にバッテリー供給において世界的なリーダーシップを維持する可能性がある。長期的には、2060 年までに現在と同じ世界の EV バッテリー需要のシェアを供給した場合、生産量は約 25 倍増加、年間最大 2,500 億米ドルに相当する。

水素

エネルギー転換における役割

- 水素は、一部の重工業や長距離輸送など、代替手段がほとんどない最終用途セクターの脱炭素化に貢献し、変動する自然エネルギーからのエネルギーを貯蔵することができる数少ない技術の一つである。
- 水素は、天然ガス、石炭、石油、再生可能エネルギー、原子力などのさまざまなエネルギー資源から製造可能であり、化学工業用の原料や CO₂ と組み合わせて合成炭化水素燃料を製造することもできる。
- APS シナリオでは、2021 年から 2060 年にかけて、特に 2030 年以降、水素および関連燃料の貢献度が徐々に高まる。水素生産量は 2030 年には 3100 万トン、2060 年には 3 倍以上の 900 万トンに達する。この燃料は、2060 年には中国の最終エネルギー需要の 6%を占め、そのうち 20%近くがアンモニア（主に船舶用）と合成炭化水素燃料（主

に航空分野で使用)であり、2060年には、輸送エネルギー需要の4分の1近くを占める。産業界では、総エネルギー使用量(オンサイトでの水素製造を含む)の10%を占め、化学・鉄鋼業では、その貢献度はさらに大きくなる。

- 水素がCO₂削減に貢献するためには、低炭素エネルギー源から製造される必要がある。中国では現在、CCUSによる水素製造の開発プロジェクトが2件しかない(年間1.1Mt CO₂の回収量に相当)一方で、数多くの電気分解開発プロジェクトが進行中である。
- APSでは2030年には電解水素が全水素需要の約7%を占め、2030年以降、産業施設での化石燃料による水素製造は、CCUSに改修されるか、または(特に石炭燃料による製造の場合には)解水素の急速な拡大によって置き換えられる。2060年には、ほぼすべての水素需要が低炭素技術で製造され、そのうちの約80%が電解水素である。

技術の成熟度

- 低炭素水素のバリューチェーンは、低炭素水素の製造、輸送、貯蔵、消費に必要な多くの技術で構成されており、技術毎に成熟度は異なる。低炭素電力で水素を製造する電気分解はすでに商用化された技術であるが、従来の製造ルートと競争できるレベルまでコストを下げるためには、より大規模に展開する必要があり、天然ガスの改質やCCUSを用いた石炭のガス化も実績のあるもののコスト面でまだ普及に至っていない。アンモニアやメタノールを製造するための水素の使用量はすでに多く、2020年には17Mtに達しているが、化学製品の原料や鉄鋼業の還元剤としての低炭素水素の利用は開発の初期段階にある。
- APSシナリオにおいて2020年から2060年の間に水素技術の採用によりよって回避されるCO₂排出量の90%は、実証または開発の初期段階にある技術に関連するものである。排出量削減効果が期待される技術のうち、FCEV乗用車のみが、高価ではあるものの現在商業的に利用可能な段階にある。電解アンモニアとメタノールの製造は、2020年代後半からの急速な普及に向けて、2020年代前半に実証を重ねる必要がある。
- 船舶の水素とアンモニアの使用、航空の合成燃料使用は、開発の非常に初期の段階であり、2030年代に商業化するためには強力な支援を必要とする。

電解式水素製造

- ここ数年、中国では電解水素製造への関心が高まっており、2020年には容量が4倍の18MWに増加し(世界の増加量の4分の1)、2021年にはさらに9倍の増加が見込まれ、現在2GW以上の設備が建設中または計画中被している。
- 現在、世界の水素製造能力は約3GWであり、アルカリ性電気分解機と高分子電解質膜(PEM)電気分解機の2つのタイプがある。中国の製造能力は容量で3分の1を占め、いずれもアルカリ性電気分解タイプとなっている。
- 中国は、アルカリ電気分解機のコスト削減において世界の他の地域よりも先行しており、世界の平均的製造コスト1400米ドル/kW程度に対して、750~1300米ドル/kW(電気機器、ガス処理、プラントバランス、エンジニアリング・調達・建設(EPC)を含む)

程度、500 米ドル/kW という低コストであると指摘する情報もある (China EV100, 2020; MOST, 2021)。中国ではここ数年で部品の国産化がすすみ、産業クラスターが形成されるとともに、コストダウンが進んでいる。

- APS シナリオでは電解槽の容量が急速に拡大し、20 年までに世界の容量の約 15 %に相当する 25 GW 近くに達している。この容量の 90 %以上は、主に鉄鋼業や化学製品の合成などの産業用設備で、残りの容量は、輸送や石油精製の需要を満たすための商用水素の生産に充てられる。2030 年以降、電解水素の新たな需要が生まれ、特に船舶用燃料として使用されるアンモニアの製造に用いられ、2060 年には、中国の電解水素生産能力は 750 GW に達し、これは世界の電解水素生産量の約 40 %に相当する。世界の平均的製造コストは現在の 1400 米ドル/kW 程度から、規模の経済、自動化、製造技術の向上により、2030 年には、600 米ドル/kW 以下となることが見込まれる。

車載用燃料電池

- APS シナリオで予測されている速度で輸送部門の脱炭素化を進めるためには、車載用燃料電池の需要と供給を急速に拡大させる必要がある。中国はトラックやバスの燃料電池車の導入において世界をリードしており、2020 年末の時点で中国では約 5300 台の燃料電池バスが運行している。バスとトラックに焦点を当てたのは戦略的なもので、予測可能なルートで走行可能、補給インフラが限定される、乗用車よりも利用率が高いといった理由が挙げられる。
- 中国の燃料電池の生産能力は、現在、年間約 75,000 システムで、中国製燃料電池システムの価格は、ここ数年で約 1/3 に低下しており、今後も生産量の増加に伴う生産コストの低下とともに価格の下落が見込まれる。
- 燃料電池メーカーは、2022 年までに生産能力を 20 万台に拡大することを発表しており、これは国内の FCEV 販売の最も楽観的な予想をはるかに超えている。中国自動車技術協会は、2025 年までに 5 万台、2030 年までに 100 万台の FCEV の普及を目指している。
- FCEV の普及拡大は、世界のプラチナ・パラジウム (PGM) の需要を押し上げており、将来的な供給不足が懸念される。燃料電池の白金使用量削減は、日本や米国をはじめとする多くの燃料電池研究開発プログラムの重点目標となっている。

地域別 FCEV 戦略

- 中国は、FCEV の具体的な目標や実施方法を定めた国家水素戦略やロードマップを作成していない。しかし、山東省、河北省、吉林省、遼寧省、貴州省、広東省、陝西省、甘肅省、広西チワン族自治区、内モンゴル自治区、北京市、上海市は 地域経済の発展を目的とした水素戦略を策定している。これらの戦略は、電力からガスへの変換、再生可能な電力の貯蔵、輸送用、ガスグリッドへの混合など、さまざまな技術をカバーしている (Energy Iceberg, 2021)。これらの地域水素戦略では、2025 年までに合計で少なくとも 63,000 台の FCEV を導入することを目標とし、そのうち、北京、上海、

山東は、それぞれ 1 万台の FCEV を導入する計画をたてている。

- FCEV の急速な普及は、現地のサプライチェーンの発展を促し、CEMT、Refire、Synergy Technology などの広東省の燃料電池システムメーカーは、FCEV の 40%以上を供給している。

必要とされるインフラ

- 水素および水素由来の燃料を広く採用するには、水素パイプライン、水素ステーション (HRS) 、大規模な貯蔵施設、港のターミナルなどのインフラ整備が必要とされるが、現在設置されているのは産業拠点で使用されている民間所有の約 100 km の水素専用パイプラインのみとなっている。
- 水素の輸送インフラとしては、タンクローリーを使った液化水素の輸送、天然ガスネットワークへの水素の混合および高压ガス輸送パイプラインを使用した輸送も候補となるが、中国では天然ガスネットワークを拡張中であり、水素輸送手段への転換利用にはまだ数年を要するだろう。
- 中国では、現在 100 基以上の水素ステーションが稼働しており、これは日本の 130 基に次いで世界第 2 位の規模である。自治体の FCEV パイロットプログラム等支援策もあり、まもなく世界トップになる可能性が高い。

バイオエネルギー

エネルギー転換における役割

- 現代のバイオエネルギー技術は、再生可能なバイオマスを原料としたバイオ燃料や、バイオマスを直接燃焼させて発電や熱供給を行うものであり、中国のエネルギーシステムの脱炭素化において重要な役割を担う可能性がある。バイオエネルギーは、化石燃料の燃焼を伴う既存のエネルギー技術と互換性を持つことが重要な利点であり、既存の石炭発電所における燃料混焼や化学工業の原料として利用可能である。
- 2017 年以降、中国はバイオエネルギー発電所の建設で世界をリードしており、2017 年の世界の発電容量増加の 60%を占めている。そのうちの約半分は、主に廃棄物を燃料とする WTE (Waste-to-Energy) 発電所であり生ごみ、木材、紙、ダンボールなどのバイオマスを主原料とし、人口の多い都市部に集中している。残りは、農業や林業の残渣、さらにはバイオガスを燃料としている。
- 中国は世界の木質ペレット生産量の約 3 分の 1 を占めており、国内では大規模な暖房システムに使用されている。中国は米国、ブラジルに次いで、世界第 3 位の液体バイオ燃料生産国でもあり、主に東北地方のトウモロコシを原料とするエタノールと使用済み食用油 (UCO) から再生可能なディーゼル燃料を生産している。
- 中国では、エネルギー源となる作物を栽培できる土地が限られているため、エネルギー転換において、バイオエネルギーが果たせる役割は間違いなく限定される。2007 年、

政府はバイオエネルギー開発の指針となる原則を定め、エネルギー作物は、食糧供給を損なわないように耕作地で栽培してはならず、他の土地利用と競合してはならないとしている。

- バイオマス資源のポテンシャルは北東部の黒龍江省から南部の雲南省まで、中国の東半分が高いとされる。特に山東省と河南省では、最大の潜在能力（3 EJ/年）と最高の密度（75 GJ/年以上/ヘクタール）があり、これは豊富な作物残渣や糞尿によるものである。南西部の四川省と雲南省には、主に農業と林業の残渣を中心とした 2.4 EJ/年のバイオマスのポテンシャルがある。

バイオエネルギーの展開目標と政策

- 2016-2020 年の第 13 次 5 カ年計画 (FYP) (第 14 次 FYP (2021-2025) 目標は未発表) では、主に 3 つの分野（発電、熱供給、輸送）におけるバイオエネルギーの目標が設定された。
- 電力分野では、2020 年までに 15GW のバイオエネルギーの導入目標を掲げていたが、目標を上回る 25GW 余りの導入容量を達成した。発電所の約半分は都市固形廃棄物 (MSW) を使用し、残りは林業残渣、作物残渣、家畜糞尿を組み合わせて使用している。2020 年 1 月、政府は、バイオマス発電所の規模と推定生涯利用率に基づいた新しい補助金制度を導入し、また、国家発展改革委員会、財政部、国家エネルギー管理局 (NEA) が共同でバイオマス発電所の建設を加速する計画を発表した。
- 熱供給の分野では、中国は 2016 年から 2020 年の間にペレットの使用量を約 3 倍に増やし、石炭換算で 2,200 Mtce と推定しているが、第 13 次 FYP で設定した 30 Mtce の目標にはまだ達していない。2021 年 1 月、国家エネルギー管理局 (NEA) はバイオマス暖房の次の段階に向けた戦略を発表し、バイオマス発電所のコージェネレーション化・熱電併給実施へのアップグレードを支援していく方針を示している。バイオガスなど他のバイオエネルギーを暖房用に開発することを奨励する一方で、バイオマスと石炭、非生物起源の MSW などの非生物起源の廃棄物との混焼は、CO₂ 排出量が増加するため使用しないことを推奨している。
- 輸送分野では、当初 2020 年にエタノールの混合率 10 % (E10) を義務化することを目指していたが、7 つの省では実施されたものの他の省や都市では限定的な実施にとどまった (NDRC, 2017)。さらに、とうもろこしの備蓄量の減少や生産能力の不足など、さまざまな問題が発生したため、この義務化は見送られた。

技術の成熟度

- バイオエネルギーによる熱供給および発電の技術はすでに成熟し商業化されており、20 世紀における CO₂ 排出削減量のほぼ 90%を占めている。バイオ燃料については、トウモロコシ由来のエタノール、脂肪酸メチルエステル系バイオディーゼル、水素化植物油 (HVO) が商用製造されており、エタノールと脂肪酸メチルエステル系バイオディーゼルは数十年前から国内生産され世界をリードしている。他のバイオエネルギー

一技術はまだ実証段階、あるいは試作段階にある。

- バイオメタンの生産およびガスネットワークへの組み込みは欧州と比較してまだ初期段階にある。バイオメタンの混合には技術的なノウハウの不足や、ガスグリッドへの公正な市場アクセスの確保が難しいなどの行政上の障壁もある。
- 中国でカーボンニュートラルを達成するためには、長期的にはバイオケロシンを使用して航空部門を脱炭素化することが重要である。

必要とされるインフラ

- バイオエネルギーの主な利点の一つは、既存のインフラ（天然ガスパイプライン、自動車、発電所、プロセス加熱装置など）をほとんど変更せずに利用できることである。それにもかかわらず、バイオエネルギーを様々な形で拡大していくためには相当量の追加インフラの整備が必要である。
- バイオ燃料の場合、バイオマス原料—特に広く分散した低密度の農作物や林業残渣を収集し、大規模プラントへの流通を促進するために、多くの貯蔵施設、加えて廃棄物や残渣の原料を選別・洗浄するための大規模な施設も必要となる。バイオメタンの場合は、天然ガスに混ぜるために新たな配管や注入拠点を設ける必要がある。
- CCUS の場合、バイオ燃料生産や発電に BECCS を導入するためのインフラを構築する必要がある。特に、中国中部の四川省や河南省、東北部の黒龍江省や吉林省など、バイオメタン原料のポテンシャルが高く、既存の天然ガスパイプラインや CO₂ 貯留地の可能性がある地域では、CO₂ パイプラインとバイオメタンパイプラインを並行して建設することが有効である。

第5章 迅速にクリーンエネルギーへ移行するための直近における取組

- 本章では、2030 年までに中国の排出量を早期にピークアウトするための経路について検討した。
- 具体的には、下記の 2 つのシナリオを想定し、分析を行った。
 - APS シナリオ（Announced Pledge Scenario: 公表された公約を達成するシナリオ）
 - ATS シナリオ（Accelerated Transition Scenario: トランジションを加速するシナリオ）
- ☆ 再生可能エネルギー、EV、ヒートポンプなどの低炭素技術が更に普及するとともに、需要部門の省エネが進展することを想定したシナリオ。

分析結果概要

- 2025 年までは、追加的な対策の効果が生じるまで時間が必要であることから、APS および ATS の間で大きな違いはない。
- 他方で、2025 年から 2030 年にかけて、ATS では APS と比較して、排出量を毎年 4% 追加的に削減することにより、約 19% 排出量を抑制でき、9.5Gt になる。

- この削減貢献は、発電部門のクリーンエネルギーへの以降が大きく、電力市場改革と排出権取引制度の強化の結果、ATS における石炭需要は、APS 比で約 20%減となる。
- 石炭需要減少によって、230 万人分の雇用が減少するが、360 万人分のクリーンエネルギー関連の雇用が生じる上、脱炭素化および大気汚染の軽減などの便益を享受することができる。
- 早期にクリーンエネルギーへの移行を行うことで、カーボンニュートラルを実現する時期を 2060 年から 2050 年に前倒しできる可能性も生じる上、年平均の削減量も ATS は APS と比較して約 20%低下させることが示唆された。

セクター別の動向

発電部門

- 発電部門における排出量の減少は、石炭火力発電所の減少によるもので、ATS では 2020 年においては 63%を占める石炭火力発電所が、2030 年には 38%低下し、同年の APS における石炭火力発電所の比率を 9%下回ることになる。
- 石炭火力発電所の減少は、再生可能エネルギー等のクリーン技術の増加によって賄われ、ATS における投資は APS 比 15%増の 1250 億ドルに達し、年平均 160GW の再生可能エネルギーが追加されると見込まれる。

産業部門

- 産業部門においては、エネルギー効率の改善が排出量減少に大きく寄与する。
- 鉄鋼やセメントなどの製造過程の効率改善により、エネルギー原単位は 2020 年から 2030 年の間に、ATS では 30%以上の効率改善を齎すであろう。
- エネルギー効率改善の効果は、CCS および代替燃料の利用により一部相殺されるが、鉄鋼やセメントを用いないプレハブなどの建設様式の普及により、ATS では鉄鋼およびセメントの生産量自体は減少することを見込んでいる。

運輸部門

- 運輸部門においては、今後 10 年間で、「交通量の減少および効率改善」と「輸送部門のエネルギー転換(低炭素代替燃料や電力への転換)」を見込んでいる。
- 都市計画段階からの交通流の制御や、車両の燃費規制の強化および ICE の規制などが重要な役割を果たす。
- 長距離輸送に関しては、高速鉄道の普及が排出量削減の主要な牽引役となる。

建築物部門

- 建築物部門においては、APS ではゼロ・カーボンに対応した建築物は、2020 年から 2030 年にかけて増加しないが、ATS ではエネルギー性能基準の強化により、2030 年スツッ

クの 16%をゼロ・カーボン対応の建築物になると想定している。

- また、中国では建築部門のストックのうち、2/3 が 2000 年以降の建設であるため、既存建築物の回収が重要となる。ATS では毎年、住宅用のストックの 1%がゼロ・カーボン対応建築物へ回収されると見込んでいる。

その他ポイント

クリーンエネルギー技術の世界ハブ

- 中国は多くのクリーン技術において、優位な立場にある。
- 2020 年には世界のバッテリー製造力の 70%、太陽光モジュールの 65%、PV セルの 80%、シリコンウエハーの 95%を製造した。
- 更に、資源においても重要な立場を占めており、世界の希土類金属の採掘量の 60%、リチウムの処理能力の 57%、コバルトの処理能力の 65%を有している。
- 今後も、規模の経済と学習効果を活かしたコスト削減を背景に、今後、世界でさらに需要が高まるクリーン技術に普及拡大に寄与すると考えられる。

クリーンイノベーションの加速

- ATS による排出量削減は、CCUS や水素の役割も重要となり、クリーンエネルギーへの迅速な移行が求められる。
- APS では 2030 年に CCS は 20Mt、水素生産量は 3Mt の導入に留まるが、ATS では CCS360Mt、水素生産量は 8Mt を見込んでいる。
- ATS では、CCS や水素などのクリーン技術の需要が高まることにより、多くの国内外の投資が流入することにより、クリーンイノベーションが加速することが期待している。

クリーンエネルギー雇用の創出

- 石炭採掘と比較してクリーンエネルギーの職は高給かつ安全であるため、エネルギー転換を促すことは、質の高い雇用を創出することに繋がる。
- 2020 年時点で、中国国内では化石燃料も含めたエネルギー産業における雇用は 1100 万人と推定される。
- APS では、クリーンエネルギーへの移行を加速した結果、230 万人分の雇用が減少するが、360 万人分のクリーンエネルギー関連の雇用が生じると想定される。
- また、クリーンエネルギーの迅速な移行は、重工業の効率化を促し、重工業からより付加価値の高い他部門へ雇用が移動すると考えられる。ATS においては、このような他部門への雇用の移転が 3000 万人生じると見込んでいる。
- 雇用の移転にあたっては、再訓練や給付といった措置が必要であり、地域間格差を是正する措置も重要であろう。

より着実なクリーンエネルギー移行

- 早期にクリーンエネルギーへの移行を行うことで、より着実なクリーンエネルギーへの移行が促されるであろう。
- ATS では早期にクリーンエネルギーへ移行するため、2030 年から 2060 年のカーボニュートラル実現に向けて、APS と比較して、求められる削減量は 20%ほど低く、時間的な猶予が生じる。
- さらに APS では、今後 88GW の石炭火力発電所で建設される予定で、そのうち 60%は既に着工済みである。ATS のように早期のクリーンエネルギーへの移行を行わない場合、これらの石炭火力発電所に対して、CCS の敷設など大規模な改修が求められることになる。

第 6 章 カーボンニュートラルへのイノベーション

- 中国はエネルギーイノベーションの先頭グループにいる。低炭素エネルギー研究開発投資は 2015 年から 2019 年に 70%増加し、今や世界の 15%を占める。特許数においても再エネ関連の 15%、EV 関連の 10%が中国。過去 3 年のエネルギー関連スタートアップの資金調達の世界の 35%を占め、2010 年-2014 年の 5%から大きく伸びている。特に太陽光発電の価格低減で中国が世界のエネルギーイノベーションに果たした役割は大きい。
- 中国の 2060 年カーボンニュートラル実現に必要な排出削減の 40%は、現在実証段階にある新技術が必要。特に重工業や長距離輸送分野で必要になる新技術は 2030 年代の実用化に向けて、2020 年代のイノベーション取り組みが重要。
- 第 14 次国家 5 年計画はカーボンニュートラルに向けた技術開発への集中する新しい基盤で、他国には類を見ない 5 つの重要な政策が柱となる。
 - 国家ミッションに即した資金投入
 - 国営企業中心の実施
 - 地方政府による実証、地方政府間の競争
 - 国内の巨大な市場による成長とリスク回避
 - 国際協力からの学習
- これらにより、中央集権的な目標の設定と地方政府から国営企業による目標達成の分散化という枠組ができる。低炭素エネルギーイノベーションは CCUS、水素、バイオ燃料、電化など多くの分野にわたる。CCUS やバイオ燃料のように大規模製造技術は中央政府の政策誘導に適しており、消費者向け低炭素製品は中国の強い製造業競争力に適している。

(中国のクリーンエネルギーイノベーション)

2021 年-2025 年第 14 次国家 5 か年計画から中国のクリーンエネルギーイノベーションの 5 つの特徴を考察する。

気候変動目標達成にはイノベーションが必要である

中国政府の 3 つの戦略的な国家目標がある。

- テクノロジー分野でのリーダーシップをとる（2035 年までにイノベーションに関する世界トップの国になる）
- イノベーションによる成長（良質な経済成長の創出、科学技術の成果を経済と社会のメインステージとする）
- 気候変動対応に取り組む（2030 年までに CO2 排出ピークアウト、2060 年までにカーボンニュートラル、大気、水質、土壌汚染対策に取り組む）

APS シナリオでも 2060 年の排出削減の 40%は新しい技術が必要。特に重工業と長距離輸送の分野で水素、CCUS、先進バイオ燃料、電化。

中国のエネルギーイノベーション 5 か年計画

- 「メイドインチャイナ 2025」、「チャイナスタンダード 2035」に代表されるように中国企業が国際市場での強い立場を確立し、国際ルール形成における重要なプレーヤーを目指す。第 14 次国家 5 か年計画ではエネルギーイノベーションを重要視しているが、第 11 次（2006 年-2011 年）計画よりもカーボンニュートラル技術にシフトしている。
- 第 14 次 5 か年計画の補足文書として「新時代のエネルギー開発(The Energy Development in the New Era White Paper)」が 2020 年に発表され、カーボンニュートラルに即した優先政策が記載されている。主要な科学技術分野プロジェクトとして、石油ガス、第 3 世代/第 4 世代原子力、新エネ自動車、スマートグリッド、石炭開発と利用、再エネ、水素燃料電池、エネルギー貯蔵。また、研究機関、大学、企業の研究開発 80 拠点を設置する目標を掲げた。非化石燃料を優先しているが、化石燃料の効率利用に関する技術も重要視している。
- 第 14 次 5 か年計画ではイノベーション技術の新しい政策も導入する。
 - 毎年 7%の研究開発投資増（中国 GDP 伸びを上回る）、基礎研究分野で米国や欧州の研究開発投資を上回る予算増（2019 年 6%を 8%に引き上げ）。
 - 戦略分野、CCUS、水素、産業脱炭素化、デジタル、スマートエネルギー、先進バイオ燃料に優先投資。
 - 若い研究者の自立性を認め、研究者間の競争を促進するメカニズム、「報償金システム」や「破壊的イノベーション技術競争」により国の研究開発資金へのアクセスを容易にする。
 - カーボンニュートラルイノベーションセンター設立、研究機関や大学、企業の協働を促進。2021 年 4 月に発表された四川センターと CCUS イノベーションセンター
 - 企業の研究開発支出の促進、クリーンエネルギー技術の世界的シェア拡大のため、大胆な税制優遇や財政政策を実施。例えばイノベーションポイントシステムは中

中央政府が定めるハイテクゾーン内で研究開発を行う企業に対する財政支援制度。

- 世界水準の知的財産権の保護の管理、科学技術研究所の近代化、研究開発評価管理システムの改良、研究開発や実証における国際協力の推奨

(参考) 報奨金システム (Bounty Sytem)

中国国務院が 2021 年 5 月に発表。研究の商用化への道を開き、社会経済のニーズを満たす目的で、若手研究者が国の資金へのアクセスを可能にする。2016 年からエネルギー以外の分野で試験運用してきたが全国規模本格運用、クリーンエネルギー分野も対象になった。(レアメタル分野：米 300 万ドル、新エネ自動車：米 800 万ドル、エネルギー貯蔵、スマートグリッド：米 500 万ドル、水素：米 800 万ドル)

実施能力のあるチームはだれでも応募可能、若手優遇。実施チームを選抜し政府資金が利用でき活動支援を受ける。これまでの政府資金における研究開発は政府機関あるいは政府系企業に限定され、対象分野は継続技術に限られていた。

中国のエネルギー技術開発の国際的な役割

- 中国は 21 世紀初頭からエネルギー技術の発展に大きな貢献をしてきた、製造業イノベーションのハブとして、特に太陽光発電コストは 2005 年比で 90%削減、車載リチウムイオン電池コストは 2010 年比で 90%削減した。今後も超超臨界石炭発電、石炭転換、超高压送電、原子力発電などを対象としている。
- 中国政府のエネルギー研究開発予算は世界の 1/4 を占める、2020 年の低炭素研究開発支出は世界の 15%を占める。第 13 次 5 年計画で 2015 年の 68 億ドルから 2019 年には 83 億ドルに増加し、金額ベースで米国を抜いて世界一、GDP 比率ではノルウェー、フィンランドに次いで世界第 3 位。
- 中国のエネルギーイノベーション関連投資は、政府機関と政府資金による研究開発や実証プロジェクトから、民間資金による実用化、産業への知財移転促進へと拡大している。
- 中国のクリーンエネルギー技術国際特許数はここ 20 年で劇的に増加している、2018 年の分野別の中国特許シェアは、照明 32%、暖冷房 23%、太陽光発電 25%、風力 10%、その他再エネ 12%、蓄電池 13%、EV 充電技術 8%。
- ベンチャーキャピタル投資額も 2015 年から急激に増加し、特に電動車関連、アーリーステージ技術への投資が増えている。2018 年～2020 年で中国のスタートアップは世界のクリーンエネルギーベンチャー投資の 35%の資金を集めている、

(中国のエネルギーイノベーションへのアプローチ)

- 中国では開発技術の選定は、トップダウンで決められることが多いが、そのシステムが迅速なイノベーションの促進の原動力として働いている。5 つの特徴がある。
 - 1) 国の戦略的なミッションに機動的に資金を投入する

- 2)イノベーションの責任を負う国営企業を創設する
- 3)地方政府に対し実証事業や地方政府間競争を促す
- 4)国内の巨大な市場による成長とリスク回避、持続的な成長を目指す
- 5)企業を通じた国際協力からの学習

- 中国が過去 10 年に優先的に開発を進めた分野は上記の特徴が活かされている分野が多く、原子力発電、高圧送電、石炭転換、蓄電池、電気自動車、水素等。極めて中央集権的に目標を設定する一方、実施は政府と民間が分散して実現することにより柔軟な政策変更、企業が早期に実証に関与し実用化の意思決定につながる。政府が管理しながら、国営企業、民間企業、大学、地方政府がリスクを取って技術開発を進める、これは他のどこの国も真似ができない。
- 様々な段階での開発を政府が監督し、迅速に学習していくことで、世界のどの地域よりも失敗を許容するイノベーション環境が出来上がった。中国の市場の大きさ、新しい製品に対する受容性の高さは破壊的な変化への高い期待を生んでいるが、複雑なエネルギーテクノロジーの分野では、中国もまだ国際的な最前線に立っておらず、今後の国家 5 年計画の目標になっている。

国の戦略的なミッションに機動的に資金を投入

- 5 か年計画 FYP は中期の優先技術分野のビジョンを定めており、研究開発予算を安定して確保する。近年の優先テーマとして、超超臨界石炭、原子力発電、石油掘削、石炭転換等。選定理由はエネルギーの安全保障、加えて環境保護。第 11 次 5 か年計画 (2006～2010) の石炭超超臨界発電は典型事例。第 11 次 5 か年計画の目標は、GDP あたりのエネルギー消費を 20%削減し、SOX10%削減だった。小規模で効率の悪い石炭火力を廃止しながら、高効率発電技術開発を急速に進め、いくつかの発電所では実証も行った。プロジェクトは第 12 次計画で加速、世界最大の超臨界流動層ボイラー開発、1GW 空冷超超臨界発電の開発に成功した。

(参考) 革新的石炭転換化学製品製造技術

2006 年～2020 年中長期科学技術開発計画に基づき、石炭からの化学製品製造技術は、国内の旺盛な化学製品需要に対応する重要技術として取り組み、第 13 次 5 か年計画の最終 2020 年には石炭化学製品転換技術 (石炭ガス化、直接液化メタノール／オレフィン製造など) は世界最高レベルの技術に成長した。

課題もある。石炭価格の低迷により、石炭依存の地方政府が投資に投資、中央政府の警告にもかかわらず大規模な実証事業が相次ぎ、2008 年には中央政府が介入して新規プロジェクトを停止させた。過剰なプロジェクトによる多量の水利用により内陸モンゴリア地区で水不足の事態が生じ、環境規制に違反した工場も発覚した。

中国政府は、技術開発の制限は困難であることを認識、カーボンニュートラル目標宣言にともない、2021 年 4 月に石炭火力プロジェクトの厳格な管理、第 14 次 5 か年計画

の石炭使用制限、次期 15 次計画では石炭使用を削減する方針を定めた。第 14 次 5 か年計画でもこれまでの開発は継続するが、中間レビューは強化される。

特定の技術、資金の集中により、方向転換が困難になるリスクがある。欧州をはじめ各国の戦略的エネルギー開発投資領域は広く、長期的な展望を持っている。日本は比較的狭い領域の技術開発を優先しており、2016 年～2030 年エネルギー環境戦略においては 8 つの領域において大規模な実証プロジェクトを実施するが、専門の官民連携団体 NEDO が実施する体制を持つ。今後中国の工場製造能力増の鈍化に伴い、新規の技術開発の実証事業を地方政府の資金に頼ることは難しくなるだろう。NEDO のような官民コーディネートやパフォーマンス基準でのプロジェクト選定が必要になってくる。

イノベーションの責任を負う国営企業を創設する

- エネルギー開発やイノベーションにおいて中国の国営企業は重要な役割を果たす。例えば、電力分野では 5 つの国家電力会社が中国全体の半分の発電能力を持ち、送電網は中国送電網公社と中国南部送電公社が独占している。国営企業の市場占有度は高い。重工業、燃料供給、発電の分野は国営企業がほぼ独占しており、新技術の成果も独占して購入する。
- 国家技術開発プロジェクトは 5 年計画の優先技術に対して国営企業に予算を充て、主要な科学技術プロジェクト予算も国営企業の大規模実証事業に複数年充てられる。国営企業はエネルギーイノベーションのリーダー役として、技術ロードマップの作成、人材開発・教育、5 か年計画に沿った研究開発プロジェクト、研究グループの設置を行う。

(参考) 国営企業による原子力技術開発

原子力発電は長い間、中国の重要な技術領域だった。3 つの原子力発電国営企業が異なる技術開発の競争、新設計の原子炉を国内に展開、輸出していく計画だった。

China National Nuclear Corporation (CNNC) : 軍の技術を利用した独自の反応炉設計

China General Nuclear Power Group (CGN) : フランスの Framatome 社からライセンスを受けて開発する反応炉

State Power Investment Corporation (SPIC) : アメリカの原子力技術のライセンスを受けて開発する反応炉

中国政府はこの 3 つの開発の統括に苦勞し、2014 年に CNNC と CGN 社が共同して開発を進める政策を決めた。2 社の合併統合に対する抵抗が大きく、二社の共同出資のジョイントベンチャー国営企業を設立した (Hualong Nuclear Power Technology Company)。2 社の設計は完全に一致せず、Hualong 社の原子炉には 2 つのバージョンがある。2021 年 1 月には国内の Fuqing 発電所が稼働し 5 月にはパキスタンで輸出初号機が運転開始する。他にも 8 基が建設中で、2024 年には Hualong2 号機の建設予定、2021 年 7 月には CNNC が世界初の小型モジュール型リアクター SMR 建設 125MW の発表、また

ACP100 技術を活用した更なる小型機 2MW の建設を行うと発表した。SPIC 社は米ウェスティングハウス社の技術による CAP1400 機の実証機を開発中である。

中国がこのように外国の技術を基盤に国内で革新技術を開発するアプローチが第 4 世代原子力発電技術や他の大型技術領域に適用していくのかどうかは不明。原子力分野では一定の成功を収めているが、3 つの国営企業による競争の管理という課題も大きい。

- 近年は太陽光や風力などの分野で中国の民間企業の活躍が活発になっているが、国営企業が重要な役割を持つ事は変わらない。国営企業は政策決定者と強いつながりを持ち、資本も豊富で、大規模な実証プロジェクトを実施する経済力を持つ。クリーンエネルギー分野でも、政府は国営企業に再エネ、水素、CCUS 等の大規模実証を指示できる。電動車分野での影響力は無い一方、国営企業と外国企業のジョイントベンチャー（FAW Group と SAIC は VW の製造パートナー）を通じて知識を得ており、スタートアップ企業に対する投資も行っている（SAICMotor はテスラの競合となる WM Motor に 2020 年の増資のタイミングで 15 億ドルを融資）。
- クリーンテクノロジー開発を国営企業に集中させることにはリスクもある。国営企業による開発独占は、他企業や選択技術以外の技術への参入の大きな障壁になっている。国営企業の巨大組織としての慣性力や政策との強い結びつきが、変化への対応力を損なうリスクもある。特に、エネルギー分野の国営企業は革新的なイノベーション技術よりも改善型、エンジニアリング主体の技術に偏重してしまう傾向がある。最先端技術の開発に柔軟に取り組める工夫が英国やオランダにみられる。規制遊び場 (Regulatory sandbox) と呼ばれる新製品やサービスを試行する実験場のようなモノ。

地方政府の貢献

- 近年、エネルギー技術の分野で地方政府の貢献が重要になっている。中国の 17 の地方行政区の一つ一つがフィリピンよりも大きく、新しいイノベーションを誘致、製造拠点になる促進策を競争している。大規模太陽光、蓄電池では CATL, LDk Sutec, Trina Yinghi が地方都市に研究所を開設している。
- 2009 年～2012 年の「10 都市、1000 台 EV」プログラムでは、10 の地方都市がそれぞれ別の EV を 1000 台導入するプロジェクトを行った、10 都市は中国の EV 製造拠点として成長し、深圳（しんせん）市の BYD 社は部品の購買、融資、税控除、土地の提供、事業許可、政府購買などの優遇措置を受けた。2012 年には 10 都市のうち、7 都市が目標を達成し、さらに 15 都市がプログラムに追加された。多くの対象都市で自動車購買価格の 6 割規模の補助を導入、深圳市は 2018 年までに 16,000 台のバスの電動化政策、半額補助、180 の充電ステーション整備、蓄電池の保証を行い後押しした。
- EV に関しては、2015 年からは地方補助金は縮小、中央政府の新しい統一補助政策にシフトしていった。同時に EV の性能向上と標準化に取り組み、充電走行距離、燃費、電池の標準化や安全性に関する確保すべき要件を標準化していった。このような地

地方政府がけん引した技術開発を、中央政府が継続して成長させるモデルは今後も続くだろう。地方政府の強みは、市民のニーズや嗜好、地元の事業者、消費者を抱えており、地方政府としての購買力で一定の規模の売り上げを確保することが出来る点である。地方政府が購買力を行使、あるいは設備投資を実施できる分野で、競合力を高め、優れた技術を中国国内、あるいは国際市場に販売していくことが期待されている。2017年からは水素技術開発、実証実験がこの手法を採用してEVと同様に10都市、実証プログラムを進めている。

（参考）地方政府による水素技術開発

水素は中国がエネルギーイノベーション分野で長い間注目してきた技術。2006年の中期科学技術開発計画にも含まれ、2009年からは燃料電池自動車向けの補助金が設定されてきた。国営企業SAIC MotorがTongji大学開発の燃料電池を使ってFCEVを開発したプログラムでは専門家は育成されたが、車両の市場投入はなかった。第14次5か年計画で、燃料電池自動車デモンストレーションは集中分野優先プログラムとして再編された。FCEVによる10都市モデルも改良された。ジンジ都市地区長江デルタ地区、粤港澳大湾区（Greater Bay Area）を結ぶ燃料電池ビジネス設立の試みが始まっている他、2020年末には22地域都市が水素クラスター開発を目指しており、広東省、江蘇省、山東省が活発に動いている。複数都市が共同でクラスターを構成し、水素製造、水素貯蔵、水素充填、燃料電池製造、FCEV製造のバリューチェーンが構築されるだろう。地方政府の補助規模は中央政府の補助よりも大きい。中央政府は地方の大規模ビジネスを所有あるいは、強い関係を持っている。そのため、地方が競争して水素バリューチェーンを大規模に安価に構築しようとする動きは強い。中央政府は、水素技術で強い輸出産業力を目指し、長期の技術ノウハウや信頼性を優先する一方、地方政府の視点は特定技術の製造力を重視して投資を集中させている。

- 地方政府がイノベーションを先導するリスクもある。過度な技術競争による資本の無駄もある。EV事業の破綻、優先政策目標が見失われ、表面的なパイロット事業だけが注目されてしまうこともあった。EUはいくつかの拠点で実証事業を進める工夫をしている。2008年に欧州燃料電池水素共同実施地域を設定し水素エネルギーの市場導入の加速と工業拠点を設ける地域を設定した。

巨大な国内市場を活用

- 中国国内の巨大市場は急速な経済成長とエネルギーイノベーションの加速に貢献している。複数社が競合しても、それぞれ一定規模の市場シェアを持つことが期待できるため、世界規模の製造能力を持つ工場を持つことが出来る他、市場セグメント別の事業展開も可能になるメリットがある。一方、市場規模が大きいため独自の標準化に走りやすく、簡単に参入障壁を作ってしまう。EVでは世界の他地域を完全に凌駕する規模の新規事業者を生むことに成功しているが、同様の成功を水素、燃料電池で期待で

きる。水素、燃料電池には 2 つの重要な要件がある。製造、貯蔵、充填など水平展開のバリューチェーンが必要であること、そして基礎技術開発に集中する段階であること、である。

(参考) 急増する EV 需要が中国の EV 技術を加速する

2005 年から 2015 年の間、中国の自動車販売は 5 倍に伸び、人口増、経済力の高まりを背景にした自動車増に対して、高い自動車輸入依存、深刻な大気汚染という課題は、国内の EV 開発を加速する大きな動機になった。

第 11 次 5 か年計画（2006 年-2010 年）において自国での自動車生産能力を掲げ、2009 年に 10 都市 1000 台支援プログラムをスタート、2012 年-2020 年の新エネルギー自動車産業開発計画では EV 開発に集中することを決定、2015 年には欧州を抜いて電動車の製造能力が世界一になった。現在は EV バリューチェーンの主要なパーツ（リチウムの採掘・加工、蓄電池、EV 製造、充電、リサイクル技術）を中国企業が占めている。中国の EV 成功は巨大な国内市場ニーズと EV 産業の戦略的重要性の共有がもたらしたもののだが、イノベーションが自然に結実したわけではない。立ち上げ期の中国企業向けの手厚い補助、国内ニーズに特化した小型単距離車の優先開発により、より高度な技術開発は停滞、年間 3000 台未満の製造能力しか持たない小規模事業者が乱立、それら中小メーカーによる補助金不正を経験しながら、中国政府は EV 性能向上、標準化、燃費性能向上に補助対象を絞っていった。

過去 5 年、中国の自動車メーカーは大手研究開発組織と協働して、EV 分野の技術を進化させた。2020 年には年間 120 万台を製造し、国内市場は、安価なタイプから高級車まで様々な自動車や蓄電池を製造供給する会社が共存できるようになった。深圳拠点の BYD 社は全く自動車製造経験のない会社だったが、2010 年から 2015 年に計 4 億ドルの補助を受け、今やテスラに次ぐ世界第 2 位の EV 蓄電池会社に成長し、その画期的な Blade battery は 2021 年から欧州向け販売が始まる。2015 年以降、中国の投資家、アリババ社を含め、世界最大規模のベンチャーキャピタルが WM Motors, Xpeng, NIO 等のスタートアップに巨額の投資をしてきた。

- ・ 巨大な国内市場はイノベーションの十分条件ではない。中国の成功は、スピード、マーケットシェア、高度な品質基準を理解する文化が貢献している。明確な政策決定前でも、新製品のリスクと商用化努力がよいバランスを保ち、事業化を加速することが出来た。一般的な中国文化の印象とは異なり「許可は不要」で「素早く取り組み、前に進む」アプローチが浸透しており、規制や社会の合意を前提とした取り組みを待つという姿勢とは異なる。今後、中国の人々の所得増、高齢化に伴い、高い品質や環境負荷の少ない製品要求は高まるだろう。これまでのようなダイナミックなイノベーションが減速するリスクもある。

国際的な協力

- 中国がエネルギーテクノロジーを世界に普及するうえで、国際協力は重要な手段である。経済成長が鈍化している先進国に替わり、巨大な国内市場と製造業の成長に支えられたノウハウを海外市場と共有し、世界市場への展開、コストダウンを実現するには正式な合意、貿易、非公式の人的交流促進が欠かせない。
- 太陽光発電技術は中国技術を世界に普及するモデルになっている。中国技術を誘致したい国の政府が工場立地を促進し、Suntech 社のようにライセンス利用契約、またはその国の中国人が共同取得する特許をベースに生産拠点を設けるのが中国モデルである。原子力の場合は、中国政府が外国企業とのジョイントベンチャーを創設し、早期の技術移転を促す。EV の場合は、太陽光と同じモデルで、中国政府が相手国のパートナー企業を選定し、現地の材料や部品の供給ネットワークを確保したうえで、相手国で入手可能な部品、相手国の規制やニーズに対応した独自商品を製造する。
- 中国政府は、最先端のエネルギー技術に関する外国投資を推奨しており、場合によっては、国営企業や民間企業による買収も行う。専門技術であった Alta Device 社の買収や、総合的な物流から製造までの生産拠点として Volvo Cars を買収し、政府の支援の下自社の事業や研究開発に組み込んでいる。国営企業も独自に外国でのインフラ、企業、技術開発拠点の投資を行い、専門技術の入手に取り組んでいる。
- 中国の国際協力の形として、2 国間あるいは複数国での共同研究体制という形がある。US-China Clean Energy Research Center は 2016 年に石炭、建築省エネ、クリーン自動車、商用自動車燃費向上、エネルギー・水分野で共同研究を行っている。他にも UK-China CCUS センター、China-France 原子力発電技術合意や、ミッションイノベーション（EU 及び 22 か国とクリーンエネルギー分野の研究開発投資、実証）でスマートグリッド、バイオ燃料、発電分野で参画する他、IEA Technology Collaboration Programmes の 38 プログラムの 27 に参加している。
- 中国には高い能力と巨大な資金があり、他の途上国がテクノロジーを導入することに大きく貢献できる。2013 年には一帯一路イニシアティブにより外国市場との結びつき強化したことも最新テクノロジーを国際的に利用するための有効な手段であり、エチオピアの風力発電はその一例。その他にも世界銀行の融資を活用したモロッコの起業家向け投資といった国際的な枠組を通じたテクノロジー導入例もある。エネルギー技術の一般的な国際協力例は増加する一方、基盤研究分野の国際協力は減少しており 2013 年以降、中国が他国と共同出願した特許数は減少している。知的財産の共同管理、公平な市場アクセス、サプライチェーンにおける政府関与の排除などによる信頼関係構築は、中国のクリーンエネルギーイノベーションの国際協力推進にとって重要である。

（参考）太陽光技術の輸入国からイノベータへの転身

中国は長く太陽光発電技術の研究開発に投資してきたが、最初の成果は 2000 年に入ってからだった。2002 年にオーストラリア大学の中国人研究者により開発された技術で、

その研究者がオーナーとなった会社が中国で製造を開始、それが **Suntech** 社になった。低い製造コスト、資本調達容易さ、地方政府の支援と EU での太陽光普及政策により欧州向けの製造拠点が出来た。その後 10 年にわたり同様のモデルでドイツの技術ライセンスやアメリカ **Sunpower** 社とのジョイントベンチャー設立で、太陽光パネルの製造拠点が中国に増えた。中国企業が競合技術を買収し、自国の技術開発に取り組むケース（アメリカ **Alt Devices** の買収）、また外国の大学とのパートナーシップを利用する（オーストラリアナショナル大学の **Trina Solar**）ケースもあった。国際市場での競合が無くなっていくと、中国は国内の太陽光導入政策を強化した。第 12 次 5 か年計画(2011 年-2015 年)においては地方政府の支援を受けた太陽光メーカー競争、製造プロセス改良、シリコン製造・セル製造のイノベーションが進んだが、膨大国内需要無しでは成功は難しかった。そして、太陽光パネルメーカーが集中するクラスターが形成されたおかげで専門技術やノウハウの共有が可能になった。中国政府は太陽光パネル製造のリーダーを持続するため、次世代のパネル技術開発を強化した、既に大学や研究機関は次世代開発を進めていたが、企業の研究開発も同じ方向に向かった。2016 年に **Trina Solar** 社は研究室レベルで多結晶セル効率 19.9%を達成、その他にも **microquanta Semiconductor** の **Perovskite submodlue** が 17.3%、**MiaSole Hi Tech copper indium gallium selenide** の **CIGS** セル 17.4%等、高い効率を達成した。世界のトップ効率のほとんどはドイツ、日本、韓国、米国のセルだが中国との差は縮まっている。

（イノベーション加速の機会）

- 中国のエネルギーイノベーションは、迅速な市場導入、改善、新技術の投入を早いサイクルで実施することだが、その中心は中国政府だ。テクノロジーや分野によりアプローチを変えている。例えば、「世界初となる大規模実証を実施」、「国営企業の戦略的な活用」、「地方政府ごとに導入ターゲットを設定」、「特定の技術の排除」など。クリーンエネルギーテクノロジーの大量生産は中国が得意とする分野で、太陽光パネル、蓄電池、LED 照明等が事例だが、20 世紀のエネルギー機器の導入とは様式が異なっている。20 世紀のエネルギー技術は大規模なエンジニアリング技術で規模が MW や GW 単位。クリーンテクノロジーの場合は、規模やパッケージ（モジュラー）性、市場の寡占やネットワーク化別にマッピングして 4 つの分野に分けられる。クリーンエネルギーの重要な 4 つのテクノロジー（CCUS、水素、バイオ燃料、電動化）の導入において、その 4 つの市場分類を十分考慮する必要がある。

縦軸：小規模、モジュラー 大規模 工場別に経済性が決まる

横軸：顧客向け新サービスや新製品、 産業向け、置換がゆっくり進み、規制対象

- 第 3 象限の、「小規模、20 年以内の取替、標準モジュール化、大量製造が適している分野」のカーボンニュートラル技術（スマート制御、スマート機器・家電、低炭素自動車）は中国の製造業の強みに合致。垂直統合型バリューチェーンにはそぐわず、水平

方向の独占型構造が適する。市場参入ハードルは低く、破壊的イノベーションが起こりやすい領域

- 第1象限の、「製造、原子力、低炭素燃料製造、CCUS」は従来型エネルギーと同じ象限。初期投資が大きく、施設ごとに経済性が決まる。対象プロジェクト数は限定的、差別化は困難で、垂直統合型に適している。メガソーラーや風力、蓄電池。
- 他に2つの中間グループが存在。第1象限で第4象限に近い、モジュラー可能テクノロジー。電解、長期貯蔵技術、直接大気回収等。少数の大規模事業者によるコストダウンの可能性、強い政策誘導が望ましい。同じく第1象限で第4象限に近い、ネットワークインフラテクノロジー。揚水等長期貯蔵、地域熱供給、スマートグリッド。4つの象限の投資判断は異なるが、中国はすべての象限で適切な投資判断を実施している。
- 新技術すべてが4つの象限に収まるとは限らない。デジタル技術は新しい生産性や貴重なデータを提供し、他の技術と組み合わせて予想外にCO₂排出を減らしてくれる可能性はあるが、単独でCO₂排出削減に貢献するものではない。データセンターのエネルギー消費は中国政府の懸念の一つであるが、2020年から最小エネルギー基準の対象になっている。

低炭素テクノロジーのイノベーション政策との関係

	イノベーション加速に必要な投資	中国で対象となるイノベーションシステム	2021-2025 年の政策
エンドユーザー向け製品やサービス	初期は寄付金、税控除 ベンチャーキャピタル 製造プラントメーカーの負債 市場テストのための企業と研究施設の協力	巨大な国内市場によるリスク低減、競争 地方政策間のパイロット事業の競争	地方政府毎の導入目標 性能基準に基づく地方政府の導入計画 起業家精神の表彰 試験のための国営企業や国営研究所施設の利用 企業と大学のパートナーシップ加速
モジュラー化が可能なテクノロジー	公的な研究開発資金継続 ベンチャーキャピタル、速やかな成長 製造プラントメーカーの負債 市場テストのための企業と研究施設の協力	巨大な国内市場によるリスク低減、競争 地方政策間のパイロット事業の競争 国際協力	産業ロードマップ、性能基準目標設定 地方政府によるパイロットプロジェクトの実施 地方政府による計画的先行導入 イノベーション表彰 基盤技術に関する国際協力 試験のための国営企業や国営研究所施設の利用
ネットワークインフラ構築	公的な研究開発資金継続 企業ベンチャーキャピタル フィールドテストや実証プロジェクトへの資金提供	国家戦略の優先度合いに応じた資金 国家企業による責任の分担 国際協力	産業ロードマップ、性能基準の目標設定 第三者利用可能な公的インフラ投資 テクノロジーに関する企業間連携のインセンティブ ネットワーク実証事業における情報のオープンアクセス 性能目標に沿ったインフラ改良事業への投資インセンティブ 国際実証事業における相互意思確認
製造業エンジニアリング分野	長期研究開発や実証事業に対する公的資金の導入や税控除支援 企業ベンチャーキャピタル	国の政策優先度に応じた投資 国営企業による責任の分担 国際協力	産業ロードマップ、性能基準の目標設定 国営企業別の異なるアプローチ戦略、目標とその連携 国家科学技術プロジェクトとしての取り組み、実証事業に対するオープンアクセス 最終製品に対する地方政府の購買効果 低炭素商品としての国際認証

第7章 政策に関する考察

- ネットゼロ目標に向かう中国政府が解決すべき課題は、(他国も同様だが) クリーンエネルギーに対する投資を増加し、ビジネスモデルを変革するイノベーションとエネルギーの安定供給、コスト低下を同時に実現する事である。
- カーボンニュートラルへの変革により、中国はテクノロジーのバリューチェーンを新しく構築し、持続的な経済成長を可能にし、世界のクリーンエネルギー転換に大きく貢献することが出来る。
- 中国のエネルギーシステム変革のために、政府の長期エネルギー政策、国や地方レベル

での実施計画を統合的に作成する必要がある。重要な分野の長期ロードマップを持ち、直近の優先課題も満たし、中期のマイルストーンを確実に達成していくために、中国は世界のリーダーシップグループの一国として各国の削減努力を連携させる役割を果たしつつある。

- 中国政府は、排出権取引市場の改善、燃料価格メカニズムの改善、化石燃料支援補助の段階的廃止に取り組み、新しいビジネスモデルが成立することを目指していかなくてはならない。そのため、各種規制や制度の導入、テクノロジー研究開発や実証プロジェクトへの公的支援により低炭素技術への投資を増加していかなくてはならない。
- 直ちにとるべきアクションとして、既存施設の効率的な運用、低炭素燃料への転換、炭素回収貯蔵装置の追加、そして非効率な施設の早期廃止を進める必要がある。
- カーボンニュートラルへ実現のためには、新しいエネルギーネットワークインフラに対する大規模な投資が不可欠である。中央政府と地方政府は協力してインフラ整備に資金を投入し、制度の構築、インフラに対する公平で安価なアクセスを約束しなくてはならない。
- 技術イノベーションはカーボンニュートラル達成に不可欠である。研究開発への資金提供に加え、ニッチなマーケットへの投資、インフラ投資、市場プル型を促進する規制を導入する必要がある。
- 中国そして世界のカーボンニュートラル化を進めるにはクリーンテクノロジー導入における国際協力を進める必要がある。

(包括的な政策枠組に向けて)

- 中国のクリーンエネルギー転換ビジョンは世界の他地域にとってもカーボンニュートラル化を進めていくための重要な行程になる。ネットゼロに向かう中国政府が解決すべき課題は、クリーンエネルギーに対する投資を増加し、ビジネスモデルを変革するイノベーションとエネルギーの安定供給、コスト低下を同時に実現する事である。
- 第7章では、中国がクリーンエネルギーに転換していくための政策背景を考察する。
- エネルギーシステムの変革は一朝一夕に実現するものではなく、長期政策に裏打ちされ、中央政府から地方政府までが連携して投資判断をする必要がある。短期の優先度と中期のマイルストーン達成を意識し、ビジネスや投資家の支援を継続して受ける必要がある。また、低炭素以外のエネルギー安全保障や価格低減、エネルギーシステムへの公平なアクセスも同時に実現していく必要がある。
- 現在利用可能な技術を最大限活用するが、2060年カーボンニュートラル達成に必要な技術の多くが現在は確立されておらず、それらは2030年までに商用化しなくてはならない。未成熟の新技术の開発、実証、先行導入をしていくことが今後10年で重要である。中国政府は脱炭素目標を達成するためにいくつかの個別目標を発表している、中期のエネルギー効率目標、一次エネルギーに占める化石燃料の割合、再生可能エネルギー

ギー利用の割合、そして石炭利用の割合である。

- 2030 年までにエネルギー消費をピークアウトさせるために、2025 年の各分野の排出上限、工業分野の省エネ目標、再エネ導入量、最終消費の電化割合の目標値を設定しようとしている。中国のエネルギー目標、最近の 5 か年計画で掲げたエネルギー効率目標や非化石エネルギーシェア目標の達成実績を見る限り、カーボンニュートラル実現の可能性は十分高いと言える。

(政策優先度)

- 中国が公式にカーボンニュートラルを宣言したことで、「実施するかしないか、するとしたらいつか？」という議論は「どうやって達成するか」に移った。2030 年前に CO2 排出をピークアウトするロードマップ、ビジョンを示すことで、中国の新しいエネルギーインフラの導入計画が明確になる。多くのテクノロジーの導入ロードマップの参考値は、IEA ネットゼロロードマップに示されている。
- テクノロジーの成熟度に応じて、導入のための政策が異なるが、5 つの段階に分けることができる。
 - <1> 既存のエネルギーインフラからの CO2 排出を削減するための技術
 - <2> クリーンテクノロジーを利用する市場を作る
 - <3> 新しくクリーンエネルギーインフラを作る
 - <4> クリーンエネルギーへのイノベーションを育成する
 - <5> クリーンエネルギー技術に関して他国と協力する
- 中国政府は、排出権取引市場の改良、燃料価格メカニズムの改定、化石燃料支援補助の段階的廃止により新規ビジネスが成立することを目指していかなくてはならない。研究開発や実証プロジェクトへの支援により低炭素技術投資を増加していく他、無対策の石炭発電、石油ガスボイラー、内燃機関自動車の廃止等の規制政策、炭素税あるいは排出権取引制度などはクリーンエネルギー変換を進める有用な手段である。透明性があり予見性のある炭素価格により、CO2 排出コストの社会コスト化、コスト効率を基本とした排出削減行動や技術イノベーションが前進する。中国の新しい排出権取引制度はカーボンニュートラルへ変遷の重要な役目を果たすだろう。

中国の排出権取引制度

- 2021 年 7 月にスタートした中国の排出権取引制度(ETS)は、世界最大規模の排出権取引制度である、世界の排出権取引量の半分を占める。当初は発電分野（電気と熱）を対象とし、2000 の事業者、4.5Gton-CO2 は中国のエネルギー関連 CO2 排出の 40%をカバーする。今後、石油化学、化学製品、建設材料、鉄鋼、非鉄金属、製紙、国内航空といった分野を対象に加える予定である（中国全体の CO2 排出の 35%相当）。
- 中国 ETS は 8 つの地域での試験運用を経て運用される、8 つの地域ではそれぞれの地域の主要な産業エネルギー使用を反映している。炭素価格は 2020 年の制度ではトン当

たり 1.5 ドル～14.5 ドルと低めに設定されているが、ETS 制度と並行して実施される地域実証において、排出削減行動に成功している。例えば、国内最大規模の広東省の ETS では 2019 年の対象企業排出を 2013 年比 12%以上削減した。

- 中国 ETS では、石炭発電所、ガス発電所（コジェネ含む）に対して燃料種ごとのベンチマーク（CO₂-ton/MWh）が設定され、それぞれの発電所の 2019-2020 年発電量に応じた無償排出量が割り当てられている。欧州の排出権取引制度にあるような総排出量の上限は設定されていない。事業者には排出枠が無償で割り当てられているが、将来はオークション形式になる可能性もある。余剰排出枠は 2021 年 8 月時点およそ 8 ドルで取引されているが取引量はまだ少ない。短期的には、中国 ETS は電力需要が増える中で CO₂ 排出増を抑制するため、石炭火力発電の効率向上中心で対策されるだろう。排出割り当てを段階的に削減していけば、より効率の良い発電所の利用促進、CCUS 技術への投資加速等で、2030 年以前に発電部門からの排出量ピークアウトも可能だろう。しかし、燃料ベンチマーキングと無償割当を続ける限り、石炭やガス発電の大幅な排出削減は期待できず、中国 ETS が石炭発電からの脱却に貢献する可能性は低い。中国が 2030 年 CO₂ 排出ピークアウト、2060 年カーボンニュートラルを達成するためには、コスト効果の高い排出削減対策とクリーンテクノロジーへの投資を加速させるような ETS 制度の改革が必要である。
- 世界各国が経験しているように、排出権取引制度、コスト効果の高い対策への投資促進には長期の政策方針の予見性が重要で、特に資本コストの高いエネルギー供給分野や製造分野では重要である。韓国では政策の不確実性のため ETS の第 1 期間(2015-2017 年)の排出権取引は低調だった。そのため、韓国政府は 10 年のマスタープランと 5 年の排出量上限と割当量の 5 年計画を新制度開始の 6 か月前に公開した。EU の ETS は気候変動政策の中心と位置付けられており、長期の排出削減計画見通しと全体の上限と各分野の遵守時期が毎年更新されていく予測が容易に把握できるようになっている。また、予見されない経済危機などの事情による排出権価格の乱高下を防止するために上下限価格の設定やオークション準備金等で割当量を調整するメカニズムも準備され、炭素価格の確実性や制度の耐久性が担保されている。このような排出権取引制度の健全な運用を担保するメカニズムは世界各地の排出権取引制度で標準的に採用されている。中国もコスト効果の高い排出削減を進めるために排出権取引制度を政策の中心に据えた。長期的な総排出枠、排出ピークの設定と長期目標を明確にすることでビジネス上の予見性を高め、効果的な対策を促すことが出来る。
- 例えば、排出枠のオークション制度の導入、総排出量上限の設定、炭素価格と金融市場の連携などを強める等の方策が挙げられる。段階的なオークション導入により排出権の市場流動性が高まり、価格の予見性が生まれ、燃料転換や脱炭素対策へのインセンティブが高まる。オークション収入を低炭素テクノロジー開発への投資やエネルギー価格の高騰対策や雇用対策費に充てることもできる。カリフォルニア州の排出権取引制

度のオークション収入だけで 2013 年から 2020 年に公共交通機関整備、EV 充電インフラや建築省エネ改修に 83 億ドルを投資しており、その半分は経済弱者のコミュニティを対象としている。

- 排出権取引制度の改善は総括的な気候変動政策の枠組の進化と歩調を合わせる必要があり、発電分野の規制、排出権取引制度対象の分野に対する各種政策と技術開発促進を同時に進める必要がある、例えば石炭発電所の最小効率基準の設定や新規の石炭発電所建設の制限、RPS 制度やグリーン電力証書の導入など様々なエネルギーイノベーション政策を並行して実施していく必要がある。

既存施設からの排出削減

- 中国において既設施設からの排出削減の優先度は高い。既存施設からの排出削減を効率的に進めるには、4 つの手法が考えられる。
 - ・ 運用面の効率化
 - ・ 燃料、材料の変更
 - ・ CCS 設備改修
 - ・ 早期廃炉

(参考) 中国の重工業からの CO₂ 排出の改善

中国は世界の製鉄、セメントの 60%近く、化学製品の 30%の製造能力を占めている。規模が大きだけでなく、施設の大多数が比較的新しく、製鉄・セメントの 85%~90%が建設から 20 年未満、セメントの半数が 10 年未満である。これらの比較的若い施設が標準的な 25 年耐用と考えると、今後累積で 40Gton の CO₂ を排出する。それらを耐用年数ぎりぎりまで改修して能力増強を行い、さらに 25 年運用すると追加で 120 Gton の CO₂ が排出される。これらの施設が改修のタイミングまでに、脱炭素技術を実用化しておかなくてはならない、製鉄など多くの施設が 10 年~15 年後に改修時期を迎える一方、ゼロ排出テクノロジーの商用化に 10 年から 15 年かかるものが多い。主要な重工業施設をゼロエミッション改修できれば、改修後の CO₂ 排出を 75Gton 削減できる可能性がある、75Gton は IPCC が世界の平均気温上昇を 1.5 度未満に抑制するために必要と考えている 500Gton のカーボンバジェットの 15%に相当する大きな排出削減である。工業分野でのゼロエミッションテクノロジーの開発によりゼロカーボンテクノロジーハブが創出されることも期待できる。工場が集中するハブができると、水素製造、分散エネルギー貯蔵施設、CO₂ 輸送貯蔵、再エネ活用など多くのネットゼロテクノロジーの共有が可能になる。ハブ構想を早期に計画することにより、ゼロエミッションテクノロジー施設のパイロット施設や拡張計画の設置も計画できる。

運用面の効率化

- 中国は、効率の悪い施設の閉鎖やエネルギー効率向上対策の努力を続けているが、発電所、製鉄、セメント施設の多くで省エネ改善余地が残っている。熱回収装置の追加、ボイラーの取替などは対策コストがかかるが、運転や保守の改善は対策コストがほと

んどかからない。APS シナリオの場合、運用改善で 2030 年までに 6Gton の排出削減が可能と試算している。中国政府が 2006 年に導入したトップ 100/1000/10000 プログラムという省エネプログラムは、中央政府の規制対象である 100 社、地方政府の規制対象である 1000 社、市町村レベルでの規制対象であるエネルギー使用の大きな 10000 社を対象に、自主的な省エネ取り組み義務や、エネルギー効率改善指標などを通じて企業の省エネルギーを促す制度だった。同様の省エネプログラムで、運用面の効率化を進め、排出削減できる余地がある。

燃料、材料の転換

- 多くの施設の機器は改修無しでバイオ燃料や合成燃料を使用することで排出削減することができる。また、材料の変更も効果的、例えば製鉄におけるスクラップ鉄の使用増、セメントのクリッカー含有量の変更などで CO2 排出効果が期待できる。中国政府は特に石炭発電、製鉄、セメントの分野で燃料や原材料の変更により CO2 排出削減できるような政策をとることができる。ETS 制度を効果的に利用し、代替燃料や材料変更が効果的になるような短 s の価格設定をすることで、対策が促進する。製鉄、アルミ、プラスチック製造においては、リサイクルネットワークの整備とリサイクル率を規制することも考えられる。第 14 次 5 か年計画でも、廃棄物やゴミの再利用を進める方針が示されている。リサイクルを進めていくには、ライフサイクルでの CO2 排出を考慮する政策、リサイクル材料の質向上を目指すなどの政策が有効だ。

低炭素改修

- 石炭発電所、製鉄、セメント工場や化学精製施設における CO2 排出をゼロにするには、CCS 改修が唯一の解決策かもしれない。実際の CCUS 改修にはいくつかの要件が関係する、施設の老朽度、CCS スペース、CO2 貯蔵地・輸送手段の確保、他の対策コストとの比較などである。条件がそろわなくても、CCUS レディ(Ready)改修をしておくことは選択肢だろう。CCUS 改修を進めるには政策支援が不可欠である。初期段階では資金支援が必要。また、政府が C 土地の所有者、CO2 排出者、貯蔵施設建設者、地元の調整を主導しなくてはならない。
- ビルなど建築物の改修も大きなポテンシャルがある。ネットゼロレディ(Ready)改修は、省エネ効率を高め、再エネ等ゼロ排出エネルギーを利用すれば排出ゼロが実現できるレベルへの建物改修であり、現在利用可能な技術で実施できる。カーボンゼロレディビル認証制度、基準を設け、経済的なインセンティブを与えることで建築改修投資が加速する可能性がある。その場合、大規模なカーボンゼロ改修のほうが、小規模改修を数回実施するより省エネ効果、改修後の快適性向上が期待できるだけでなく、工事規模を大きくすることで環境面、経済面で多くのメリットがある。

早期廃止

- 中国が CO2 削減を進めていく過程では、石炭発電所や製鉄所、セメント工場の多くを早期廃止していく必要があるだろう。様々な対策を検討する過程で、廃止する施設が

特定されていくだろう。石炭発電所や製鉄所は能力過剰になっており、低効率の施設は経済的な競争力も低く、大気汚染防止の観点からも早期廃止が進むだろう。製鉄分野では、電炉の増加、経済成長に伴う製鉄需要の鈍化により、製鉄所間の競争は激化し、非効率で競争力の低い炉の早期廃炉が増えていくことが予想される。

- 第14次5か年計画で、エネルギー集約型産業の施設拡張は厳しく制限され、製造能力の適正化が管理されていく中で、効率の低い施設の段階的な廃止、最小省エネ基準の設定などが必要になってくる。

(クリーンテクノロジー市場の喚起)

- 中国に限らず、世界のどこでも、初期段階のクリーンエネルギーの導入加速には政府の推奨、関与が不可欠である。カギとなるのは第4章で述べたように、既存技術とのコスト差を埋めるインセンティブのメカニズムである。特に、小規模から大規模へ早期に設計を進化させること、大規模製造への移行、その過程で迅速な学習と関係事業の展開が早期商用化のカギとなる。中国の太陽光パネルやリチウムイオンバッテリーが技術進化と製造技術進化を並行させた成功例であり、今後電解質や燃料電池の領域でも同様のポテンシャルがある。
- 市場成熟前段階での政策手段として、「市場プル型政策」つまり新製品・サービス需要を喚起する政策がある。具体的には省エネラベル、政府による大量購入、税控除等利用者のニーズを興す策である。もう一つの重要な政策は、「市場導入後の研究開発支援」。技術成熟段階に応じた継続的な政府の研究開発支援である。市場形成期において、商用化後も設計改良、コストダウンのための基礎研究開発を継続することが重要である。

工業分野

- 工業分野のゼロエミッション技術は、初期の商用化から当面の間、既存技術よりもはるかに高コストな技術になる。初期のパイロット・実証事業の段階から、確実な市場ニーズを示し、確実に投資を継続する必要がある。
- 初期の政策として有効な策は、新技術の政府による購買（政府、政府関係団体が、低炭素の鉄、セメント、プラスチックなどをプレミアム価格で購買を約束）、初期投資や運用コストの補助金・税控除、ETS制度における炭素価格調整が挙げられる。
- 低炭素商品の明確な区分や証書制度は、低炭素商品が多く企業の持続性イメージに合致し、市民レベルでもグリーンな商品としての認知度向上に貢献する。低炭素商品制度、証書の国際ルールは輸出競争力にもつながる。国境調整措置はその一つの方策だが、WTO等国際的な商取引ルールに留意した制度設計が必要。中国においては、政府の炭素ベース購買契約という手法も有効だろう。中央政府や地方政府が大規模に低炭素商品を購入、通常品との差額を政府が補填して再販するというもので、太陽光発電のフィードインタリフ制度もその一種。商用化初期の段階の次は、(炭素集積度の多い製品の)販売規制、段階的に低炭素商品の出荷割合を上げていく規制を導入するこ

とが出来る。例えば、セメント、鉄、アルミニウム、プラスチックなどのゼロエミッション製品の総出荷に対する低炭素商品のシェア率を規制する等が考えられる。

- 他にもゼロエミッション技術への投資促進を社債制度の変更で誘導できる。2020 年の CCUS グリーンボンドの変更はその一例。

運輸部門

- 中国は公共交通への投資、ならびに移動計画に関わるモバイルアプリなどデジタル技術の導入に積極的である。2021 年に国家運輸開発局は中央政府、地方政府、自治体に対してグリーン交通インフラ整備を優先する指令を出している。この指令は、中国に競争力がある電動バスやその他電動モビリティとそれを使うためのデジタルアプリ整備を後押しする政策になっている。都市の規模に応じて、公共交通の非電動シェア制限目標やその都市交通全体への効果を評価することになっている。
- 中国は、2016 年に G20 から化石燃料利用への支援策レビューを促されて以後、低炭素運輸、自動車代替技術開発を加速した。レビューを通じて、中国は経済成長と資源確保、環境保全と気候変動を両立していくには、早期に化石燃料依存を低下させて行く必要があることを認識した。既に中国の自動車排出規制や燃料基準は世界水準に達している。自動車排出は EuroVI 規制を 2021 年 7 月に導入し、欧州各国や米国よりも厳しい規制を課している。今後は規制の遵守状況を把握する手段を整備する必要がある。
- 低炭素燃料基準の策定着手も早く、5 か年計画で分野ごとに導入スケジュールが決まり、先行する航空船舶燃料基準は制定済みで、国内航空は ETS の対象予定に入っている。中国は今後、国内の内燃機関自動車の販売停止時期を定めていくべきだ。APS シナリオでは 2045 年には内燃機関自動車の新車販売はゼロになる想定だが、中国の EV の実力を考えると 2045 年よりも早い時期の規制は可能だろう。中国の自動車エンジニア協会が定め、国家評議会が認定する新エネルギー自動車計画により、EV 市場成長の予見性が高まり、部品や燃料供給などのサプライチェーンの投資方向、市場形成が確実に進む。特にバッテリー原料の希少金属確保は重要。
- 新しいシテイクラスター政策により水素バリューチェーンの研究開発と実証が促進するだろう、EV で 2009 年から実施した 10 都市 1000 台プログラムと類似の試行が行われるだろう。商用車、長距離トラック向けの水素製造供給、燃料電池製造と自動車製造のサプライチェーンと水素自動車燃料基準、排出基準の標準化を進める必要がある。

建築物分野

- 建築分野でのクリーンエネルギーテクノロジーの導入に関して、建物単体よりもインフラネットワーク、都市計画まで含めた低炭素化の絵を描くことで、排出削減効果が高まるだろう。化石燃料補助の廃止、建築基準の整備、低炭素燃料の推奨、省エネ改修促進等が期待される。2030 年までには新築、既築改修の両方でゼロカーボンレディビルが標準になるだろう。そのために、早急にゼロカーボンレディビルの基準を定め

る必要がある。賃貸やテナントビルのオーナーと利用者テナントの省エネ恩恵のズレ問題や改修工事の生活やビル利用への影響の最小化、改修資金支援策等の具体策を講じる必要がある。建物のエネルギー性能表示、グリーンリース契約、グリーン改修基金、成果共有型改修プログラムなどが考えられる。

- また政府自ら、政府系施設建物の 2030 年までのゼロ・カーボン化目標も立てるべき。家電機器や照明に対しては最小省エネ基準の設定、強化を今後 10 年間進め、非効率な製品は市場から排除していかなくてはならない。

(クリーンエネルギーインフラの構築)

- カーボンニュートラルなエネルギーシステム実現には、膨大なインフラ投資が必要になる。新規インフラだけでなく、既存電力グリッドの増強、スマートグリッド構築、カーボンニュートラル燃料や CO₂ 輸送貯蔵インフラが必要になる。電力グリッドへの投資が最も大きく、増加する需要と様々な再エネを統合、近代化する必要がある。公共バスや商用トラックの電動化により新たに巨大な電力需要が発生し、充電インフラの整備も必要になる。

(参考) 中国の電力市場改革

2015 年に中国は様々な電力システム改革を実施したが、改革の多くは未だ実証段階が多い。前日、あるいはリアルタイムのスポットマーケットの創設、行政区をまたがる取引の創設は電力システムの効率を高め、カーボンニュートラルを前進させるだろう。APS シナリオでも、スポット市場の全面運用により、2035 年までに風力発電と太陽光発電の制限を 16%まで低下させる試算となっている。行政区をまたぐ取引、デマンドサイドプログラム、EV を活用した短期の電力貯蔵サービスを通じて、再エネ制限は 2035 年までに 3%まで縮小し、発電に占める太陽光、風力の割合は 38%まで増加するだろう。小売市場の改革、系統利用料金の改革も必要になる。再エネ電気の競争力を高めるため、分散型電源の参入ルールや電力グリッドの利用料金の透明化が必要になる。分散型エネルギーシステムの普及、マイクログリッドは、エネルギーセキュリティやレジリエンス向上にも寄与する。

- 代替燃料、つまり先進バイオ燃料、水素、アンモニア、水素原料合成燃料の利用促進にはサプライチェーンの改修、新しいインフラも必要になる。代替燃料の国際的な流通には新しい運搬船や港の整備も必要になる。中国の最新のインフラ計画「国家包括 3 次元運輸ネットワーク計画」が 2021 年 2 月に発表された。3 次元ネットワーク計画とは、①質の高い、高効率モビリティシステム、②情報ネットワーク、③エネルギーネットワークの 3 層を統合する計画。
- CCUS 活用に関しては、CO₂ の永久貯蔵 (CCS) と燃料や化学製品への活用 (CCU) の両面のインフラ整備が必要で、貯蔵適地に応じて地域ごとにインフラ整備を進める必要がある。工業分野で工場クラスターができれば、輸送貯蔵インフラの共有も可能に

なり CCUS 整備を加速することができる。

- 熱供給ネットワークへの投資も必要になる。低炭素エネルギー源による比較的低温の熱搬送パイプラインへ、暖房給湯需要ピークに対応する熱貯蔵施設も必要になる。
- エネルギーネットワークインフラ構築には莫大な投資が必要で、中央政府、地方政府による統合的な計画、建設資金計画、制度設計、公平なインフラアクセスの保証が必要だ。ネットワークの所有者、運用者に対して既存インフラの有効活用を促す動機付けが必要だ。通常、ネットワークの運用者はリスクを最小化して運用することが求められており、新技術導入には消極的である、政府の実証事業への参画を推奨する工夫が必要だ。投資リスク軽減のため、初期段階の投資の一部あるいは全部を公的資金で賄うことも考えられる。インフラ整備は投資集中型の大規模プロジェクトであり APS シナリオでは 2020 年からカーボンニュートラル目標の 2060 年までに合計 6 兆ドルを超える投資が必要と試算され、その 80%以上が電力分野への投資になる。2030 年までに 1 兆 1 千億ドルの投資が必要と試算されている。

(クリーンエネルギーイノベーションの育成)

- カーボンニュートラル実現にはイノベーションが不可欠だ。中国の外国や他分野で開発された技術を改良して実用化する能力は十分高いが、エネルギー変革においては世界のどこにも存在しない新技術も多数残っている。このようなイノベーションは、ニッチマーケットに対する起業家、ベンチャーの競争促進だけでは成功しない、省庁横断、中央政府や地方政府を横断する統合的な取り組みが必要になる。カーボンニュートラル対応の緊急性を考えると、世界で広く新しいアイデアや結果を共有して適用先を拡大し、世界のどの地域でも速やかにカーボンニュートラル技術を適用できるようにするシステムを構築する必要がある。中国政府は、太陽光分野で工場クラスター内での研究開発や製造技術について情報と人材を広く流動化することに成功した。同様のアプローチで電解質、メンブレン材料、蓄電池や燃料電池への転用、化学触媒、水素電解などへの適用が進むだろう。

CCUS

- CCUS はクリーンエネルギーイノベーションの政策の中でも重要な領域である。CCUS の商用化のためには、いくつかの新技術で大規模施設で積極的に実施導入していくことが必要だ。中国は工業分野で広く国営企業を所有している。石油ガス、化学製品、製鉄、発電の分野は CCUS を必要としており、大規模実証を速やかに実施する状況にある。中央政府は、複数のアプローチで大規模実証を行う環境に恵まれているが、CCUS 実用化は実証プロジェクトを行うだけでは不足、CO₂ 貯蔵候補の選定、開発事業者や研究者、地元を集めて、実施課題と必要な制度検討を行う。テクノロジーロードマップを作成し、中国国内での展開計画、輸出先を特定し、初期の大規模プロジェクトのパートナーとなる地域、企業を明確にする。

低炭素水素

- 水素分野は多くの技術が関係し、大規模実証や初期の商用化においては大規模事業者の関与が必要という点で CCUS との親和性が高い。化学製品や製鉄分野の国営企業が水素の研究開発や初期の大規模事業のクラスター形成において主要な役割を果たすことが出来るだろう。
- 水素のイノベーションを加速するために中国政府は次のことを考慮する必要がある。
 - 低炭素水素が競争力の根源となる工業需要を明確にするため、石油精製、製鉄、アンモニア製造分野での低炭素水素の利用規制を導入する。
 - 成果をすべての国が活用できるように、国際的なプロジェクトのリード役を務める。
 - 製造コスト低下や希少材料依存度の低下に貢献する基礎研究を優先する。

重工業分野

- 重工業分野の排出ゼロには、水素、CCUS、電化のテクノロジー開発が加速する必要がある。国営企業、それを有する地方政府はそれぞれの分野で工業競争力を有しており、彼らを主体にテクノロジー開発や投資、実証プロジェクトを実施させ、全国規模で結果を共有させる体制があると良い。

エンドユーザーの省エネルギー

- 中国のエンドユーザー向けの省エネルギー技術の市場ポテンシャルは大きい、スマートエネルギーマネジメント、デジタル認証、ヒートポンプ、標準化された改修技術等。中国政府がこの領域でできることとして、起業家が資金や技術にアクセスできること、規制により市場を創出して起業家たちが競争できる環境を作る事、研究開発資金を提供する事。

(国際協力)

- カーボンニュートラルを実現するには、クリーンエネルギーテクノロジーの開発と導入における国際協力の強化が必須である。新技術の成果を共有して、全ての国が迅速に新技術を市場導入することで、技術のコストダウンは進む。そして更に導入地域が増えて中国に多くの貿易利益をもたらすだろう。ゼロエミッションは時間との競争であり、国同士の競争ではない。全ての国がネットゼロ取り組みに参加するだけでなく、全ての国が効果的に対策を進めることですべての国が利益を共有することができる。技術の標準化とイノベーションプログラムは国際的な政府間協力の重要な 2 つの柱である。
 - 標準化：国際的な標準化はエネルギーテクノロジーの開発と導入を加速する。国際的な標準化、異なる国での互換性は、コストの最小化にもつながる。これまで、重工業分野では特に各国の産業政策が優先され国際的な協力が乏しかった。
 - イノベーションの拡散：クリーンエネルギー分野の特許(2014-2019)の 90%ほどが

アメリカ、欧州、日本、韓国、中国に集中している。世界がネットゼロ排出に前進するにはクリーンテクノロジーの知見をこれまでの研究開発に携わっていない国に対しても迅速に展開していく必要がある。

- 大規模プロジェクトにおいては、国際的な資金提供プログラムも必要になる。中国が欧州と実施した EU Horizon 2020 リサーチイノベーションプログラム、UK-中国 CCUS センターや CTSCo プロジェクト、中国での CCUS プロジェクトで得たノウハウのオーストラリア移転は共同開発関係を深める上で大きな成功を収めた。IEA のテクノロジーコラボレーションプログラム(TCP)は 38 の領域で国際的な専門家グループの活動を支援しているが、2020 年に中国は新たに 3 つのプロジェクトに参加し、計 27 のプロジェクトに参加している (TCP 参加トップはアメリカ 36、日本 30、韓国 29、カナダ 27)。他にも中国が参加しているクリーンエネルギーの国際協力プラットフォームとして、クリーンエネルギー大臣会合やミッションイノベーションがある。

(以上)

IEA レポート の要約

2. Energy Efficiency 2021

(2021 年 11 月発刊)

[<https://iea.blob.core.windows.net/assets/9c30109f-38a7-4a0b-b159-47f00d65e5be/EnergyEfficiency2021.pdf>] からダウンロード可能

- 本報告書は世界のエネルギー効率の傾向、効率化の要因やバリア、省エネ金融、ポテンシャルについての分析を示すものである。以下に本報告書の要点をまとめる。

【エグゼクティブサマリー】

- **2021 年の省エネルギー取り組みは復活、しかし 2050 年ネットゼロ達成には現在の 2 倍の取り組みが必要**

2021 年の省エネルギー改善は 1.9%増となる見通しで、2019 年までの 5 年間平均の 1.3% 増よりも改善したが、2011 年～2016 年の 2.35%増に届いていない。IEA の「2050 年ネットゼロ排出シナリオ」（以下、「ネットゼロシナリオ」）で必要とされる 2030 年までに 4%増には現在の 2 倍の取り組みが必要である。2021 年の改善率が持続的なのかどうか不透明な状況だが、各国が気候変動の野心的目標を設定し、コロナからの景気回復策において省エネルギー関連投資を増やしている動きからは期待が持てる。

- **政策誘導により建築分野の省エネルギー投資が増加している**

各国の政策強化で、2021 年の世界の省エネ関連投資は 3,000 億ドル規模まで増加する見込みだが、ネットゼロシナリオでは投資額を 2030 年までに現在の 3 倍に増やす必要がある。2020 年～2021 年は欧州で建築分野の省エネルギー投資が多く、今後他の地域も省エネルギー関連投資を増加させる必要がある。建築分野に加え、運輸分野の省エネルギー投資も回復を見せている。今後、より強力な基準や規制、公的投資の継続、インセンティブや持続的な法整備や政策により、民間投資が増えてくることが期待される。

- **省エネルギー関連の公的投資は、クリーンエネルギー、コロナ景気対策予算の 2/3 を占める**

省エネルギー関連の公的投資は、現在は先進国における投資が大半を占める。新興国にはコロナからの景気回復策において、省エネルギー関連投資を増やすポテンシャルがあり、それらの投資は雇用創出や経済成長につながる。IEA が 2021 年秋に実施した世界のコロナ復興投資調査によると、世界各国の 2021 年～2023 年の景気復興の公的資金と民間資金の合計 4000 億ドルの 2/3 を省エネルギー関連投資が占めている。

- **省エネルギー関連への投資増が続けば、2030 年までに 400 万人の雇用が確保される**
IEA のネットゼロシナリオでは、既築建築の省エネルギー改修や省エネルギー家電の普及などの政策強化により、2030 年までに 3 倍の新規雇用が創出される見通しがある。

- **材料、商品の不足などサプライチェーンへの注意が必要**

今年世界的な景気回復で、多くの物品の需要が急増し、省エネルギー改修プロジェクトに必要な様々な品物やサービスの不足状況が顕著になっている。アメリカでは 2021 年第 2 四半期の木材価格は 2019 年 1 月比で 120%上昇し、イギリスではセメント、電気部品、木材、鉄などが不足し、建築コストは 2021 年 5 月までに前年比で 13%上昇した。

○ **省エネルギーは CO2 排出削減の最も迅速でコスト効果の高い対策である**

IEA のネットゼロシナリオでは、2030 年までに世界全体の経済活動当たりのエネルギー集積度は 35%改善する見込みになっている。省エネルギーに関連する投資を行い、デマンドレスポンスなどの運用コストをかけても、2030 年までにエネルギーコスト全体は削減可能であり、ネットゼロシナリオでは省エネルギーを 2030 年まで最優先課題にしている。ネットゼロシナリオでは、運輸の電化、空調や給湯、工業分野の電化促進により 2030 年までに電力需要は 40%増加するが、化石燃料を使用する機器よりもエネルギー効率は高い。例えばヒートポンプ暖房機器は化石燃料による暖房機器の 3 倍～4 倍の効率が得られる。行動変容もネットゼロシナリオでは重要で、空調の設定温度の適正化、移動手段の変化、リサイクルの促進は大きな効果を生む。

○ **ネットゼロシナリオには 40 以上の省エネルギー関連のマイルストーンを設けている**

ネットゼロシナリオでは 2030 年までの最終エネルギー消費を 30%削減するための 40 以上の省エネルギー関連マイルストーンを設けている。関連する省エネルギー技術のほとんどが技術的には成熟しており、迅速な実施が可能である。ネットゼロシナリオにおいては 2030 年までは建築分野の省エネルギー量が最も大きい。現在、ネットゼロレディレベルの高い省エネルギー性能を持つ建築物はストック建築の 1%程度しかないが、それを 2030 年には 20%程度にまで増やすことは重要なマイルストーンの一つである。運輸分野では、ネットゼロシナリオにおいても 2030 年時点では登録されている乗用車の 80%が内燃エンジン車であるため、引き続き全ての車両の燃費基準を引き上げることが重要である。ネットゼロシナリオにおいて工業分野だけは 2030 年までエネルギー消費は 8%増加するシナリオを置いているが、原料の改善や省エネルギー努力は実施していく必要がある。

○ **主要な家電機器の省エネルギー基準の設定により、エネルギー消費は半減できる**

120 か国以上が主要な家電機器の省エネルギー基準、省エネルギーラベル表示制度を導入あるいは準備中で、基準を適切に運用していけばエネルギー消費を半減できる可能性がある。対象となる代表的な家電製品は、エアコン、冷蔵庫、照明、テレビ、洗濯機、調理コンロなどである。多くの家電機器が年率 2-3%の割合で価格が低下しており、ユーザーにとっては購買面でも利用面でもコストダウン効果を享受できる環境になっているが、市場の家電を新しいモデルに切り替えるには相当の時間を要する。特に省エネルギー基準の導入歴史の浅い国では、非効率な家電の早期の買い替えを促進するインセンティブなどの政策措置も重要である。

○ **家電の省エネルギー基準による省エネルギー効果は、太陽光発電と風力発電の総発電量に匹敵する規模である**

家電製品の省エネルギー基準によるエネルギー削減効果は大きく、IEA-4E TCP (Energy Efficiency End-Use Equipment Technology Collaboration Program)の分析によると 2018 年に中国、欧州、米国など 9 か国の省エネルギー基準により節約した電力量 1500TWh は、同年の風力発電と太陽光発電量に匹敵する。2021 年 11 月の COP26 において、IEA と COP26 開催国イギリスの主導で「超省エネルギー機器導入促進(SEAD: Super-efficient Equipment and Appliances Deployment)イニシアティブ」において、エアコン、冷蔵庫、照明、産業用電動モータの 4 製品を対象にしたメンバー国の省エネルギー性能倍増取り組みが発表 (Call to Action 宣言) されている。

○ **デジタルテクノロジーの活用加速により、更に高い省エネルギーの実現が可能になる**

コネクテッド家電やデバイス、センサーの数は年率 33%の割合で急増しており、2021 年には世界での普及数は 90 億に達する見込みである。これらの多くがスマートメーターをはじめとする計測機器だが、スマート家電も増えており、スマート対応照明機器は 10 億個に届く勢いで増えている。コネクテッドデバイスの広範囲の普及により、高精度な計測、運用管理による省エネルギーが可能になり、デマンドレスポンスプログラムの参画が増加している。ネットゼロシナリオでは、2030 年のデマンドレスポンス市場には計 500GW 規模の対応能力が想定されている。イノベーションの普及加速に伴い、政策面での革新的な対応も必要になっている。カリフォルニア州で見られるような、省エネルギーによる電力系統全体への貢献も含めた評価手法 (トータルシステムベネフィット) やデジタル化における機器互換性の欠如やサイバーセキュリティ等のリスク対策、デジタルテクノロジーによるサービスへの経済的弱者に配慮した公平なアクセス機会の考慮等、新たな制度面の課題は多い。IEA では各国の政策立案者がベストプラクティスを学ぶことができる「デジタルによるデマンドサイド主導の電力ネットワークイニシアティブ」というプラットフォームを提供している。

第 1 章 近年の動向

1.1 エネルギー効率

エネルギー効率の改善度は 2021 年回復したものの 2050 年ネットゼロを達成するためには 2030 年までに倍増する必要がある

- 2020 年、世界のエネルギー需要は 4%減少し、GDP が 3.5%減少した。エネルギー効率の改善度は 0.5%に留まり、近年 10 年間で最も低い改善度となった。
- 2021 年、世界のエネルギー需要は 4%増加し、エネルギー効率の改善度は 1.9%にまで回復し、パンデミック以前の水準に戻る見込みである。

- ただ、パンデミック以前からエネルギー効率の改善度は鈍化しており、これにはエネルギーの需要増加と、よりエネルギー集約的な工業生産への経済構造の転換が影響している。また、電化があまり進んでいないこと、効率改善技術による改善度が低くなっていることも原因である。
- 世界の暖房機器販売に占める石炭、石油、天然ガスボイラーの割合は着実に減少しており、2020年には初めて50%を下回った。より効率の高い電気ヒートポンプや太陽熱温水器などの再生可能な暖房機器の売上は、2020年には全体の設置台数の20%以上を占めている。
- 中国では、鉄鋼、アルミニウム、セメントなどの生産量を制限することで電力消費を抑制している。

中国における記録的な鉄鋼生産はエネルギー効率をひっ迫している

- 中国での鉄鋼生産量は2020年過去最高の11億トンに達し前年比で7%増、世界の生産量の60%を占めている。また、中国の粗鋼生産のうち、電気炉による生産はわずか10%にとどまっている。
- 中国のCO₂排出量の約14%を占める鉄鋼生産は、2060年までのネットゼロエミッションを達成する計画において大きな焦点となっており、国内の主要な鉄鋼メーカー(Baowu Steel, Ansteel Group and Baotou steel)は2050カーボンニュートラルを目標に掲げている。

1.2 エネルギー効率改善に向けた投資

2020年から2021年にかけて建築物へのエネルギー効率化投資は記録的な水準に達した

- 2021年のエネルギー効率化への投資総額は、各国政府による効率化プログラム拡充や復興策、景気回復などにより、10%増の2,900億米ドル強になると予想される。
- 建築物のエネルギー効率化対策への投資は、2021年には2019年比20%増の1,900億米ドル強になると予想される。運輸のエネルギー効率化投資は2019年の水準をなお9%下回る約600億米ドル、産業の効率化投資は約400億米ドルで堅調に推移すると予測される。
- 2021年のエネルギー効率化への投資総額は、各国政府による効率化プログラム拡充や復興策、景気回復などにより、10%増の2,900億米ドル強になると予想される。
- 2020年は世界的に建設が減少するなか、欧州の建築物へのエネルギー効率化投資は大幅に増加し、前年比約11%増の約1800億米ドルに達した。これは2020年より実施されている効率化政策の規模拡大によるものであり、ドイツのKfWの建築物プログラムは2倍へ増加し、イタリアのスーパーボーナスプログラムやフランスの復興計画などCovid19からの復興策も大きな要因である。

- 建築物へのエネルギー効率投資は、欧州以外では減少あるいは微増にとどまっている。アジアでは中国、日本、韓国で伸びたがそれ以外の国々では減少し全体でバランスした形、インドでは2020年は約15%減少した。
- 運輸部門への効率化投資は世界的な自動車販売減速の影響を受け、2020年には2019年から26%減の約500億ドルとなった。ただし、中国と欧州のEV販売は増加しており、フランス、ドイツ、スペイン、英国のEV購入補助金等の復興支出に支えられた形となっている。2015年以来、初めて欧州のEV自動車販売台数が中国を上回った。

エネルギー効率関連の支出は新規クリーンエネルギー復興資金の2/3に上る

- 2021年7月に公表されたIEAの報告「Sustainable Recovery Tracker」によれば、2021年10月末時点で2021年から2023年にかけてクリーンエネルギーと持続可能な復興への追加投資額は年間約4000億ドルに達する見込みである。このうち、EV充電や都市インフラなど関連分野を含む建物、産業、低炭素運輸におけるエネルギー効率化対策は年間約2600億ドルであり、約700億ドルの政府支出と約1900億の民間動員支出で構成され、追加投資額の約2/3を占める。
- 2021年から2023年分として2021年10月末時点で承認されているエネルギー効率化関連の政府支出は世界で3150億米ドル余りとなっており、このうち欧州が約65%を占める。分野別の内訳は運輸55%、建築物30%、産業10%、その他5%である。運輸への支出のうち、自動車と充電インフラは2/5、鉄道および都市交通（バス、ライトレール、地下鉄など）が1/2余りを占めている。
- 2021年10月末時点で未承認の政府支出も相当あり、主にフランス、インド、日本、米国は上記3150億ドル余りの総計には含まれていない。また、自治体レベルの復興投資も含まれておらず、例えば東京都の2021年予算にはゼロエミッション支援として、LED照明の普及、省エネ、EV支援策に3億5000万米ドルが計上されている。

政府関連のエネルギー効率へ向けた研究開発費は運輸・産業部門に集中

- IEAメンバー国における政府関連のエネルギー効率へ向けた研究開発費は2020年には55億\$に達し、2015年の1.5倍、2000年の3倍となる水準となっている。
- 政府関連のエネルギー効率へ向けた研究開発費の割合は、2020年には27%に上り、5年間で7%余り増加した。
- 2021年のエネルギー効率化への投資総額は、各国政府による効率化プログラム拡充や復興策、景気回復などにより、10%増の2,900億米ドル強になると予想される。

中国のエネルギーサービス事業者の成長が著しい

- エネルギーサービス事業者(ESCO)は、発電、供給、エネルギー効率化、改修といった様々なソリューションを提供している。ESCOは顧客の先行投資を軽減し、融資の取

り付けなど資金調達の間でもサポートを行う。

- 世界の ESCO 市場は 2020 年には前年比約 6%増の 330 億米ドルとなっている。この成長は主に中国がけん引しており、中国国内では前年比 12%増となっている。
- 中国の ESCO 事業は 2020 年世界の 59%を占めており、オンラインツールや遠隔操作を活用したビジネスモデルへと転換を遂げている。
- 中国政府は 2020 年 5 月に ESCO 事業の発展とイノベーションを奨励すべく追加の税制優遇措置を導入している。

インドのスーパーESCO「Energy Efficiency Services Limited」

- 2009 年、インド政府は国家事業としてエネルギー効率向上に取り組む Energy Efficiency Services Ltd(EESL)を設立した。EESL は、低価格大量調達、レベニューシェア、公的補助金などの資金調達モデルを通じて、大規模なエネルギー効率化プロジェクトを実施している。主なプログラムには、家庭用 LED の UJALA、街路灯の国産化プログラム、建築物エネルギー効率化プログラム、スマートメータープログラム、E-Vehicle プログラム、分散型太陽光発電プログラム等がある。
- EESL のプロジェクトにより年間 5 万 GWh を超える電力が節約され、雇用の創出や生活水準の向上にも貢献している。

1.3 エネルギー効率化政策のアップデート

COP26 に向けより野心的な気候対策を掲げる国が増える中、エネルギー効率化政策が強化されている

EU “Fit-for-55” package

- EU は 2021 年 7 月にエネルギー効率化指令を改正し、温室効果ガス排出量の削減を目指す「Fit-for-55」パッケージの中で 2030 年までに排出量を 55%削減するための。具体的な政策措置を盛り込んでいる。
- 2030 年までに 2007 年比で最終エネルギー消費量を 36%、一次エネルギー消費量を 39% 削減する目標を掲げている。この一次エネルギー消費量の目標値を達成するためには、2030 年までに年に 3.2%のエネルギー原単位の改善が必要となる。

エネルギー効率化政策の要は基準とラベルである

- 現在、100 カ国以上の国で、エアコン、冷凍、照明、産業用モータ、乗用車のエネルギー効率性能基準やエネルギーラベルが義務付けられ、アジアおよび東・南アフリカを中心とした 20 カ国以上で、基準やラベルの追加・拡充が進められている。
- 性能基準とラベルは、100 種類を超える家電や産業機器に適用されているが、ほとんどは政策の適用外であり、例えば洗濯機・食器洗浄機・テレビといった家電に最低性能

基準を導入している国は 40~50 カ国にとどまる。したがって、基準の適用拡大は効率向上へ向けた可能性を秘めている。

冷房機器

- 空調設備に効率義務基準を設けている国は、エアコンによるエネルギー消費のうち 85%をカバーしており、2010 年から 1.5 倍に増加している。さらに 20 カ国で基準の整備が進められている。

冷蔵機器

- 冷蔵設備について最低効率基準を設定している国は 76 カ国あり、冷蔵機器によるエネルギー消費のうち 80%以上をカバーしており、2010 年から 1.5 倍に増加している。
- EU は 2021 年 5 月に性能基準とラベルの見直しを行い、改定前より 75%の効率アップが求められることとなった、2010 年基準が導入された際、A+++のモデルは存在せず、A++基準を達成したモデルのシェアは 10%以下となっていたが、2017 年には A++以上のモデルのシェアが 50%を超えるようになった。

照明器具

- 照明器具について最低効率基準を設けている国は 89 カ国に上り、エネルギー消費のカバー率は 75%を超えており、2010 年から 30%の増加となっている。
- EU では 2021 年 9 月から新たなエネルギー性能基準とラベルが施行され、2023 年までにハロゲンランプとオフィスで多く使用されている蛍光灯が廃止されることになっている。新たなラベルは A から G のスケールへと変更され、消費者はラベル上の QR コードからスマートフォンで追加情報を参照できるようになっている。

建築物のエネルギー基準

- 2021 年 11 月の時点で、80 カ国で国または地方レベルで義務または自主的な建築物のエネルギーコードが規定されており、そのうち 54 カ国で、住宅と非住宅の両方について国レベルでエネルギーコードが義務化されている。
- EU 諸国の住宅の約 75%はエネルギー効率が低いとされ、そのうち 90%が 2050 年になお使用されることが見込まれる。
- EU 建築物エネルギー性能指令は、2050 年までに既存の建物をエネルギー効率の高いものに改修し、脱炭素化を図ることを目的としており、2021 年 1 月からは新築の建物をほぼゼロ・エネルギー・ビルディングとすることを目指すとしている。

道路輸送

- 新車の乗用車・小型車については、効率性能/燃費基準を実施している国は 40 カ国であり、比較ラベル制度を実施している国の方が 45 カ国と多くなっている。国の数は少ないものの、主要な市場はカバーされており、小型乗用車の新車販売の 9 割近く、大型車の新車販売の 8 割について燃費基準が定められている。

- EV の普及を促進するため、早ければ 2025 年（ノルウェー）から 2050 年（コスタリカ）まで、20 カ国以上が内燃機関自動車販売の完全廃止を発表している。
- EU は、「Fit-for-55」パッケージの一環として、2035 年までに内燃エンジン車の販売を禁止することを目標に掲げている。
- 内燃エンジン車のトップメーカーのうち、13 は将来的に EV のみを販売する計画を発表しており、早いものは 2025 年にエンジンの生産を終了するとしている。
- 2 輪および 3 輪車のラベル制度・性能基準は 4 輪車より多くの国で実施されている。
- 近年、中国、日本、韓国、EU、米国を含む主要な自動車市場を形成する国々で性能基準が厳しくなっているが、ベースラインは国によって異なり、最も厳しい基準が設定されている EU では EV の販売数が増加しその普及に大きく貢献している。

産業用モータ

- 産業用モータの性能基準が規定されている 57 カ国のうち 3/4 の国々では義務化されており、産業用モータによるエネルギー消費の 40%をカバーしている。カバー率は 10 年前より 15%の増加となっている。
- 産業用電気モータのエネルギー性能基準は国際的に統一された国際電気標準会議が定めた IE1~IE4 という効率レベルのクラスに依っており、メーカーやユーザーにとって多大なメリットをもたらしている。

産業分野でエネルギー効率を高める政策

- 産業部門を対象とする、エネルギー効率義務政策は少数であり、エネルギーマネジメントシステム、エネルギー監査の義務化、産業用モータのエネルギー性能基準等がある。
- エネルギー監査が義務付けられているのは、チュニジアやモロッコといった新興国や EU 等の先進国に例がある。
- インドの PAT（Perform, Achieve and Trade）スキームは、エネルギー多消費産業の大手事業者に対して、エネルギー原単位の改善目標を強制的に設定するものであり、省エネ証書の売買を認めることで、超過達成のインセンティブを与えている。

エネルギー効率の義務規定は世界のエネルギー使用量の 1/5 をカバー

- EU は、2014 年に発効したエネルギー効率指令において、既定の政策手段として、エネルギー効率向上義務を導入したが、加盟国は代替手段を選択することも可能となっており、デンマークは、エネルギー効率義務に代えて、産業、サービス業、建物のエネルギー効率改善のための入札制度を 2021 年に導入した。

国際的なエネルギー効率化協力を弾み

新たなエネルギー効率ハブがより強力な関与を促進する

- エネルギー効率化に関する国際協力的手段として 2019 年に設立されたのが、IEA が事務局を務める「エネルギー効率化ハブ」である。ハブのメンバーは、アルゼンチン、オーストラリア、ブラジル、カナダ、中国、デンマーク、欧州連合、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、米国となっている。
- ハブは、メンバーにとって関心の高いトピックに焦点を当てたタスクグループを通じて、データ、研究、ベストプラクティスを共有する。2021 年、ハブは最初のタスクグループを設立し、デジタル化ワーキンググループや、利用可能な最善の技術と実践を特定するために活動する Top10 タスクグループ、SEAD（超高効率機器・アプライアンス普及イニシアティブ）などを設置した。

G7 と G20 諸国は、エネルギー安全保障とネットゼロ目標をサポートするために、エネルギー効率とデジタル化を重視

- G7 は 2021 年のサミットで、2050 年までにネットゼロエミッションを達成することを共同目標とし、サミットのコミュニケにおいて、G7 は IEA の 2050 年までのネットゼロロードマップに留意し、エネルギー効率やその他のクリーンエネルギー技術への取り組みを強化することに言及し、併せて 2030 年までに販売される照明、冷房機器、冷蔵機器、およびモータの効率を 2 倍にするという IEA の SEAD の目標を歓迎している。

1-4 市場動向(その他)

省エネルギーに関するスタートアップ(新興企業)がイノベーションを加速

- コロナ下であるにも関わらず、建物や産業、電力セクター、スマートグリッド、輸送部門の電化などを手掛ける省エネルギー関連のスタートアップへの初期投資は、前年比 7%増の約 19 億ドルとなり、過去 10 年間で最高水準に達した。
- 2018 年から 2020 年における省エネルギー関連のスタートアップへの初期投資を地域別にみると、米国が 50%を占め、欧州 30%、中国 7%と続いている。
- スタートアップ企業は、ビジネスの進展とともに海外市場へと拡大していくが、時間を要する点を鑑みると、このような企業が存在しない新興国や発展途上国において、最もビジネスチャンスがあると言えよう。

コロナによる業務部門のエネルギー使用量の変化

- コロナによって業務部門のエネルギー使用量は大きく変化し、今後の同部門におけるエネルギー使用量は国ごとの経済再開状況に依存するが、リモートワークとの併用が行われると考えられるため、必ずしも、家庭部門におけるエネルギー使用量の減少になるとは限らない。

- 英国を例にみると、労働者の 44%が出社は 3 日以内が望ましいとしており、この傾向は若年層ほど高い。他の調査においても、労働者の 25%が完全リモートワークを望むなど、リモートワークへの期待が高いことが窺える。
- 経済再開期における業務部門のエネルギー使用量の変化の見通しの難しさは、このようなりモートワーク動向以外にも、今後のコロナ対策への対応によるエネルギー使用量の増加が見込まれることが挙げられる。
- 業務部門においては、コロナ対策として、これまで以上のスペース確保や、施設利用率を減少させる分散化された勤務シフトの策定、換気の向上、清掃頻度の増加など、エネルギー使用量を増加させる取組が必要となる。

電化政策の進展に伴うヒートポンプの需要増

- ヒートポンプは、暖房用途の化石燃料からのフェーズアウトや同用途の効率向上の鍵となる技術である。
- ヒートポンプの需要は、過去 5 年間に於いて、年率 10%増加の速度で増加し、2020 年には合計で 1 億 8000 万台が使用されていると考えられる。
- 主な需要地としては、欧州、北米、アジア太平洋地域に集中しており、2019 年にはこれらの地域において、2000 万世帯近くがヒートポンプを購入した。2020 年においても、これらの地域では前年比 7%から 8%ほど増加している。
- このような需要増をさらに促すためにも、ヒートポンプをエネルギー建築基準において、標準的な暖房機器とすべきであろう。
- 米国のカリフォルニア州では、ヒートポンプが設置されていない場合には、より厳しい省エネルギー水準の達成を求める建築基準を策定しており、他の一部の州においても、ヒートポンプを優遇する政策を実施している。
- 規制による取組以外にも、エネルギー事業者による情報およびインセンティブ提供プログラムの実施も、ヒートポンプの需要増を促すであろう。
- 他方で、現状ではヒートポンプは世界の暖房需要の 7%を満たしているに過ぎない。今後、更なるヒートポンプの増加を促すためには、設置技術者へのサポートや、ヒートポンプ容量の低下を促す外皮基準の向上など政策の後押しが必要になる。

サプライチェーン問題が省エネルギー促進の妨げになる恐れ

- 2021 年は各国の金融および財政政策により景気は回復したが、この経済回復に伴う商品需要の高まりによって、あらゆる分野において商品不足による価格の高騰が見られる。
- さまざまな物品の価格高騰は、省エネルギープロジェクトへのコスト増に繋がることから、費用あたりの省エネルギー効果を希薄化させるであろう。
- 例えば、エネルギー効率向上において、重要な分野である建物部門においては、建築

資材となる木材や鉄鋼、セメント価格は高騰しており、建設費用に転嫁されている。

- 電気自動車のバッテリー資源も高騰しており、2021 年 1 月から 8 月の間に、リチウムは 66%、コバルトは 27%高騰し、ニッケル価格においては 2020 年 5 月から 2021 年 8 月の間に 66%増加した。
- 電気自動車を含む自動車や多様な商品に用いられる半導体の不足も、価格高騰や生産減に拍車を掛け、2021 年には 770 万台の自動車販売減が見込まれている。
- さらに、コンテナ運賃などの輸送費高騰も、サプライチェーン問題に大きな影響を与えており、輸送費は前年比で 400%近く上昇している。

第 2 章 2050 年ネットゼロと省エネルギー

2.1 ネットゼロにおける省エネルギーの役割

2030 年にエネルギー効率を 30%向上可能

- IEA の 2050 年ネットゼロシナリオでは、世界経済は 2030 年に 40%拡大する一方で、一次エネルギー消費量は 7%少なくなると試算している。
- これは一次エネルギー消費量の原単位が 35% (年率 4%) 低下することが前提となっている。
- 発電部門は、最大の CO2 排出源であり、2020 年の世界の排出量の 41%を占める。
- IEA のシナリオでは、輸送や建物、産業など低温帯の熱需要の電化を見込んでいるため、2050 年には発電量が 40%増えると試算している。
- 建物部門では、ゼロ・カーボン対応の建築物の拡大により、2030 年までに世界の世帯数が 15%増加するにも関わらず、最終エネルギー消費量は 22%減少すると見込んでいる。
- 輸送部門では、エネルギー効率の向上や電化、行動変容によって、交通需要の増加を踏まえても、2030 年の最終エネルギー消費量が 3%減少すると見込んでいる。
- 仮に、エネルギー効率の向上や電化、行動変容が生じない場合は、全部門合計の最終エネルギー消費量は、2030 年に 30%増加すると考えられる。

省エネルギーへの投資を促進することで 2030 年に 600 万の雇用創出が可能

- IEA の 2050 年ネットゼロシナリオでは、効率的な機器や車両、建物への支出により、2030 年までに 200 万人、2050 年までに 600 万人の追加的な雇用が創出されると見込んでいる。
- 追加的に創出される仕事の多くは建設業及び製造業において生じると見込んでいるが、これらの分野における熟練労働者の需要の高まりも想定されるため、政府は労働者のスキル向上の機会を提供することが重要となる。

40 以上の省エネルギーマイルストーンの特定

- IEA の 2050 年ネットゼロシナリオでは、エネルギー効率向上に繋がる 40 以上の技術やソリューションを特定しており、これらの要素を用いた際の追加的なエネルギー効率向上の約 80%は、エネルギーコストの低減に繋がると見込んでいる。
- さらに、IEA の 2050 年ネットゼロシナリオは、IPCC の 1.5°C 目標実現するシナリオと同等の水準である。
- IPCC の特別報告書によると、IPCC の同シナリオでは、2050 年の最終エネルギー消費量は、300EJ から 550EJ の範囲と見込んでおり、IEA のネットゼロシナリオは 340EJ であるため、この範囲に収まる。

2.2 機器

機器のエネルギー効率基準はエネルギー消費量を半分に抑制することに貢献

- 世界の電力消費量の 40%は、産業用電気モータ、エアコン、冷蔵庫、照明の 4 機器によって使用されており、米国の CO2 排出量と同等の規模に達する。
- 機器の省エネルギー政策は、エネルギー効率基準とラベリングが基礎となっており、現在、100 カ国以上でいずれかの政策が導入されている。
- これらの政策により、一般的な機器の平均エネルギー消費量を半減させることができる。
- 他方で、主要 4 機器におけるエネルギー効率基準とラベリングのカバー率の差異には留意する必要がある。
- 例えば、エアコンと冷蔵庫は約 80%（エネルギー消費量ベース）が、エネルギー効率基準の対象となっているが、産業用モータは 50%未満である。
- さらに、今後、機器の需要が増加すると見込まれているアフリカにおいては、これらの機器に対する基準が策定されていないことも課題である。

風力発電と太陽光発電による発電量に匹敵する電力消費量を節減可能

- 欧米や中国等の 9 つの国・地域を対象とした IEA と 4E による 2018 年の研究では、エネルギー効率基準とラベリングにより、当該国の風力発電と太陽光発電による発電量に匹敵する 1500TWh の電力消費量が節減されたことが明らかになった。
- もし、全世界において同等の効率改善が実現した場合には、中国の総電力消費量の半分に相当する 3500TWh が節電できることになる。

最近の IEA の取組

- IEA は 20 以上の政府とともに、機器の省エネルギー政策を加速させるために、Super-

Efficient Equipment and Appliance Deployment (SEAD) イニシアティブを創設している。

- SEAD では加盟国とともに、野心的な機器の省エネルギー政策を実現するために必要となる省エネ技術に関する専門知識とツールを提供している。
- その他にも、COP26において、各国に対し主要な機器の効率を2倍にすることを呼びかけ、G7 諸国より歓迎された。

2.3 建築

建築分野は2030年に向けてのエネルギー消費削減の最大の貢献可能性がある。

- IEA の Net Zero Emission by 2050 シナリオ（以下「ネットゼロシナリオ」）では、2020年から2050年にかけて新興国を中心に毎年パリ市内と同等の面積の建築物が増える予想を立てている。先進国の新築建築は減少するが、現存する建築物の半数は2050年でも存在する。ネットゼロシナリオを実現するためには、先進国では2030年までに毎年ストック建築の2.5%、途上国でも2%の省エネルギー改修が必要になる。
- 政策の中心は建築基準の策定だが、現状では世界の新築建築物の5%しか適切な基準を満足していない。4つの国（オーストリア、カナダ、日本、カリフォルニア州（アメリカ））における2030年ネットゼロレディ基準の策定状況の調査結果から、ネットゼロ基準の導入には6年～22年かかっている。今後これらの国では1年～3年以内に必要な基準導入を行い、数年おきの更新後、2030年にネットゼロレディ設計基準の導入にこぎつけることができる。（日本は2020年に公共建築でのネットゼロ規制、2030年に商用建物・住宅でのネットゼロ規制が導入と紹介されている）

暖房給湯分野の電化、ヒートポンプ技術の重要な役割

- 建築分野の脱炭素の重要な技術の一つが暖房・給湯の電化であり、ヒートポンプや電熱暖房・ボイラーの普及が進む国もあるが、ネットゼロシナリオでは現在の（世界のヒートポンプ）販売数160万台/月は2030年までに300万台/月まで増える必要がある。
- 既に検討を始めている国もあり、イギリスでは化石燃料ボイラー禁止を検討中、フランス等欧州各国は数年後に石油ガスボイラーの禁止を検討中、アイルランドは2022年に石油ボイラー、2025年にはガスボイラーが禁止される。
- 多くの国で、暖房給湯の電化を含む建築改修事業はコロナからの経済復興基金の柱の一つになっている。オランダでは2030年までに200万台のヒートポンプ暖房給湯を導入する計画があり、2024年から10万台のヒートポンプ助成金を検討、ノルウェーではENOVAプログラムという地域暖房システム普及プログラムにおいて、2300世帯への高温ヒートポンプの導入補助を計画している。
- ヒートポンプを導入するにあたり、建物の断熱性能を向上させ、ヒートポンプの暖房給湯能力を最小化することが重要である。また、補助金、エネルギー料金の誘導、ネ

ットゼロの建築基準の導入、化石燃料暖房機器の禁止などの政策を動員する必要がある。また、ヒートポンプ技術の開発、商品ラインナップの拡充、コスト削減、住宅用電圧・電気容量で利用できる設置容易な機器開発、低温地域向けの小型で高効率の機器開発も重要である。

- ネットゼロシナリオでは、行動変容の効果も大きい。暖房温度は19～20度、冷房温度は24～25度、給湯温度は通常より10度下の設定により、2030年までに2.5億トンのGHG排出削減が可能になる。
- また、建築物の断熱改修、ネットゼロ化はエネルギー以外の快適性、健康指数、生産性の向上などの便益も期待できる。

新興国の場合、資金コストを下げることで省エネルギー機器の利用が可能になる

- 新興国では2050年までに都市部人口がおおよそ20億人増えると予想されている一方で、現在でも電気が使えない人々が7.9億人、清潔な調理機器を利用していない人々が2.6億人いる。ネットゼロシナリオにおいては、このような新興国における建築分野への公的資金の投入、省エネルギープロジェクトの推進の資金対策を考える必要がある。世界銀行は1998年から中国のエネルギーサービスカンパニー市場の成長に資金面、技術面の支援、ローン保証プログラムの開発等で大きな貢献を果たしている。
- インドでは2017年に省エネルギー建築基準が更新され、義務化されたことでエネルギー効率が住宅で8%、ビルで7%改善された。2018年にはネットゼロエネルギー建築ラベル制度も導入されている。
- コロンビアでは2015年に新しい建築基準が採用され、世界銀行が支援し、EDGE(Excellence in Design for Greener Efficiencies Certification Programme)認証制度に基づくグリーンビル開発のための2.6億ドルの基金を地元銀行が設立した。基金を使って、グリーン認証住宅と2つのオフィスビルに対して基金が活用されている。

2.4 運輸

全車両が省エネルギー性能を向上が必須で、電動化が加速する

- 2020年の運輸部門のCO₂排出量は前年比で10%減少だが、CO₂排出全体の25%を占める。運輸エネルギー消費の90%は石油であり、自動車輸送がその75%を占める。ネットゼロシナリオでは、運輸部門のエネルギー消費は2030年までに3%減少、CO₂排出は20%削減を想定し、運輸部門の石油消費割合を2030年までに80%まで低下させる。運輸部門全体の効率向上に加え、広範囲の電化促進と、行動変容に取り組む。
- 運輸部門の対象別に、省エネ技術の進展ペースが異なる。二輪車三輪車は2040年までに電化が進む一方、乗用車・軽商用車、鉄道の電化は2040年代後半になる。また、重車両、船舶、航空分野は毎年6%の効率向上を目指す、それでも2050年に各々0.6G

トンの CO2 排出が残るシナリオになっている。

- ネットゼロシナリオにおいても、2030 年の登録車両の 80%は従来の内燃エンジン車が残る、内燃エンジン車の燃費規制改良が継続して必要になる。軽商用車の 90%、重商用車の 80%が燃費規制の対象になっているが、厳格な燃費規制を強いることで、車両の電化が促進される。
- ネットゼロシナリオでも 2030 年までは削減貢献の過半数を省エネルギーが占め、残りの半分为電動化、残りが行動変容による削減である。2030 年以降は 50%が電化、40%省エネルギー向上、10%行動変容による削減になる。

燃費向上を相殺する車両の大型化傾向

- 近年、車両の大型化、重量増、特に SUV へのシフトが顕著で、乗用車の燃費改善が鈍化している。2010 年～2015 年には年平均 2.6%の改善が見られたが、2017 年～2019 年の改善は 0.9%にとどまっている。車両の大型化、エンジンサイズの大型化により米国、欧州、中国の燃費向上の 40%が相殺されている。
- ネットゼロシナリオでは、乗用車、軽商用車の平均燃費は 2030 年までに 2020 年の 50%まで改善しなくてはならず、そのためには 2030 年までに登録車両の 20%が電動化、2030 年の新車販売の 64%、トラック販売の 30%が電動化されていなくてはならない想定になっている。小型軽量の自動車を選択する経済補助、その他のインセンティブの政策対応が必要である。

乗用車・軽商用車中心の内燃エンジン自動車の 2035 年フェーズアウト

- ネットゼロシナリオでは乗用車、軽商用車（商用バン）の電動化が対策の中心で 2035 年までに内燃エンジン自動車の販売を中止、プラグインハイブリッド、EV、燃料電池電気自動車に切り替える想定を置いている。2020 年時点での電動車登録は世界で 1,100 万台だが、2030 年には 3 億 5,000 万台まで増やすシナリオになっている。
- 二輪車三輪車の電動化実現は早いと想定している。新興国を中心に 2030 年の新車台数の 85%を電動化するシナリオになっている。燃費規制がかかっている国での二輪車三輪車販売は世界の販売台数の 35%に過ぎない。新興国で二輪車三輪車の燃費規制を導入することが重要な政策になる。燃費規制は、同時に大気汚染の改善、騒音問題の改善につながる。
- 英国は 2030 年までに、カナダ・欧州委員会は 2035 年までに内燃エンジン新車の販売を禁止することを目標としている。2035 年の内燃エンジン車の販売禁止は、IEA のネットゼロシナリオの重要なマイルストーンの一つになっている。国によっては製造会社に対して製造台数の一定割合を電気自動車に義務付ける政策や充電インフラの整備、都市部のゼロエミッションゾーンの設定も有効な政策と思われる。
- 電気自動車の導入加速に併せて、電源の脱炭素化も並行して進めることが重要である。

電気自動車そのもののエネルギー効率は高いが、CO₂ 排出量の評価は well to wheel（電源等上流側の排出から車両からの排出量までの総計）で評価する必要がある。

2035 年には主要な運輸部門の CO₂ 排出源は重トラック車両になる

- 2035 年以降は、重トラックが運輸部門の CO₂ 排出の中心になるだろう。ネットゼロシナリオでは、重トラックの燃費は 2030 年に 19%改善、2050 年には 37%改善すると見込んでいるが、エンジン効率の向上、ハイブリッド化、軽量化が対応策になる。電動トラックも商用化されると予想されるが、急速充電施設の不足、長距離運送向けのインフラ整備が課題である。
- 軽商用車には、厳しい政策対応が必要で、補助制度あるいはその他のインセンティブによる電動化の推進が必要だろう。スイスではディーゼルトラックの税金を上げて燃料電池トラックの導入を進めた。都市部のゼロエミッションゾーン設定もゼロエミッショントラックの導入促進には有効な手段である。

鉄道、行動変容

- 輸送の鉄道シフトにより大幅な排出削減が可能になる。ネットゼロシナリオでは近距離の航空輸送を高速鉄道に代替えることを想定しているが、フランスやオーストリアが検討中である。
- 鉄道の電化も省エネ、脱炭素に貢献する。鉄道輸送の消費エネルギーの 43%が電気だが、ネットゼロシナリオでは 2030 年までに 65%、2050 年までに 96%まで電動化を進めるシナリオになっている。
- ネットゼロシナリオにおいて、航空と船舶は 2020 年代中頃までは CO₂ 排出増が続き、その後徐々に減少すると予想しているが、減少ペースは軽商用車の CO₂ 削減ペースと比較するとはるかに遅い。重トラック同様、航空、船舶では省エネルギーが当面は重要な対策である。航空分野はコロナの影響で 2020 年 CO₂ 排出量は前年の 1/3 の 6 億トン、1997 年の水準にまで低下したが、今後コロナからの回復に伴い、省エネルギー対策は重要で、機体やエンジンの改良、運航マネジメントの改良余地がある。船舶分野の省エネルギー対策としては蒸気ボイラーの改良、風力アシストなどがある。
- ネットゼロシナリオにおいては、行動変容による CO₂ 排出削減も重要で、2030 年までに運輸部門の排出の 12%を削減できる可能性がある。先進国では、乗用車の走行距離を 2030 年までに現在の 22%削減、そのために公共交通機関の利用促進、乗り合い通勤による削減を行う。また、速度規制、エコドライブにより燃費は著しく改善する。アメリカエネルギー省の研究では、商用車の不要なアイドリング削減で年間 227 億リットルの燃料節約、3,000 万トンの CO₂ 排出削減になるという。ニューヨーク市では、アイドリング規制条例があり、市民が無駄なアイドリング車両を通報する制度もある。

2.5 工業

- 工業分野は発電分野に続く第2の排出源で、2020年の世界の工業分野からのCO₂排出量は8.7Gtonにおよぶ。特に化学製品、製鉄、セメントの3業種で工業分野全体のエネルギー消費の60%、CO₂排出の70%を占めており、その対策が重要である。ネットゼロシナリオでは、製鉄需要は2030年まで9%、化学製品が21%、セメントが5%の需要増を続け、2030年以降の生産量は同規模が続くシナリオになっている。ネットゼロシナリオでは、生産量増加とともにエネルギー消費も増加するが、2030年以降は省エネルギー対策が進み、微減に転じると予想している。
- 工業分野の省エネルギー対策を実施しない場合の工業分野のエネルギー消費は2030年までに16%増加するが、ネットゼロシナリオの省エネルギー対策を実施する場合の伸びは8%に抑えられる。ネットゼロシナリオでは、付加価値（ドル）あたりのエネルギー集積度は現在の4.1MJ/USDが2030年には3.1MJ、2050年には1.8MJと改善すると予想している。

セメント業界、原料クリンカの使用を削減し。燃料を代替する

- 従来のセメント製造では、セメント1トン当たりのエネルギー消費は3.3GJ、CO₂排出は0.7tonで、原料クリンカ製造過程でその50%~60%を消費しており、クリンカの使用比率低減が重要な対策になる。ネットゼロシナリオでは、2020年のクリンカ使用比率0.71を2030年には0.65に改善する目標を立てている。
- セメント加工時の加熱源の代替もネットゼロシナリオでは重要で、廃熱利用やバイオマス燃焼などを想定している。ゴミやバイオマス利用では燃焼灰をセメントに混ぜて製品化する副次効果も期待できる。
- クリンカの代替品候補もある、粉末化した石灰岩、製鉄過程で発生する燃焼スラグ、石炭火力発電からの灰などが候補になる一方、今後、石炭火力廃止や製鉄におけるスクラップ使用増により有望な代替品が変わることには注意が必要である。
- 政府は、建築基準において低クリンカセメントの使用を促すことができる。製造過程の省エネルギー対策も重要で、湿式製造から乾式製造への転換や廃熱の余熱利用などを進めることが期待される。
- 建築物の長寿命化もセメント需要の削減に効果的で、省エネルギー改修や省エネルギー性能の高い建築は長寿命化が期待できる。通常コンクリートは道路舗装や建築基礎などへの再利用が行われるが、品質が均一なコンクリート部品はそのまま建築材としての再利用も可能である。また、コンクリートから砂や混合剤を除去したセメント材を分離して再利用することで低炭素セメント材の使用も可能になる。
- セメントの替りに木材を使用することも考えられる。木材は最古の建築材だが、近年は技術進歩もあり、異なる木材と接着剤による高い耐久性や不燃コーティングが進歩している、コンクリートに比べると木材は断熱効果が高く、木材が吸収するCO₂を考

慮すると、木材を多用した建築物はカーボン吸収源とも考えられる。しかし、木材の積極利用は森林破壊にもつながるため、建築材の変更には注意深い管理が必要になる。

- （コラム内紹介：東京オリンピック 2020 では木材建築をショーケースとして利用していた。日本は木材建築で長い歴史があり、国土面積比で森林面積も世界第 2 位である。選手村のコミュニケーションセンターは日本各地からの木材を集めて建てられた。国立競技場も底や内装に木材を使用している。）

製鉄業ではエネルギー消費削減のため、スクラップ鉄の使用を進める

- 製鉄は経済の基礎を支えているが、世界のエネルギー消費の 8%、エネルギー由来の CO2 排出の 7%を占める。製鉄には 2 つのプロセスがあり、一つは高炉による銑鉄から鋼を精製する工法、もう一つはスクラップ材を用いた電炉工法がある。従来型の製法は鉄鉱石を高炉で溶解し、転炉で炭素を除去して鉄鋼を精製する。この製法は世界の鋼の 90%、鉄鋼製品の 70%を供給しているが、最高の省エネ技術を使っても 1 トンの鋼製造で 1.8ton の CO2 を排出する。新しい製法では電炉で鉄鉱石を溶解し酸素と石灰石を混合して製造する、この製法の場合の CO2 排出は、使用する電力が再生可能エネルギーの場合は製鉄トン当たり 0.7ton で高炉の場合の半分以下の排出に削減できる。この製法による生産は世界の 28%を占める。
- スクラップ鉄を使った電炉製造法は、鉄鉱石の精製過程を省くため、トン当たりのエネルギー使用は 80%~90%削減される。しかし、この製法の拡大にはスクラップ鉄のリサイクル拡大が必須になる。ネットゼロシナリオでは、主にスクラップ材による電炉製法を多用し、2030 年までに製鉄分野からの CO2 排出を 85%削減することを想定している。2019 年には世界の製鉄製品の約 30%がリサイクル鉄で供給されている。鉄鋼業界のリサイクル率は高く、世界で 80%~90%がリサイクルされている。建築廃材からのリサイクル量が多く、廃材の 86%はリサイクルされている。この高いリサイクル率にも拘らず、高い製鉄需要を満たすスクラップ鉄は十分とは言えない。
- ネットゼロシナリオでは従来の工法を電炉、そして製鉄過程における石炭使用を天然ガス、再エネ電気からの水素に切り替えることを想定している。電炉によるスクラップ鉄製品のシェアを 2030 年には 40%に高める必要があり、廃車、廃機械・家電のリサイクルを向上させる必要がある。スウェーデンのパイロットプロジェクト HYBRIT では 2021 年 8 月にゼロ排出製鉄を実証し、2026 年の本格的な商用化を目指している。
- 製鉄も他の製品代替が可能で、例えばカーボンファイバー等がある。カーボンファイバーの生産エネルギー効率は製鉄と変わらないが、製品に必要とされるカーボンファイバーの量は製鉄よりもはるかに少なくて済む。

化学製品分野ではプラスチックリサイクルが省エネのカギ

- 化学製品分野ではプラスチックが最大の製品で、年間 1.73 億トンのプラスチック原料

が精製されている。化学製品分野における排出削減の重要な柱は、原料となるプラスチックのリサイクル率向上、バイオ製品による代替、窒素肥料の有効な利用である。プラスチック精製過程では電気スチームクラッカー法や電解化学反応等により、省エネルギーであると同時に、化石燃料の替りに再生可能エネルギー由来の電気を利用する技術がある。

- 現在、世界のプラスチックリサイクル率は 14～18%で残りは 24%が燃焼、残りは埋め立て廃棄、あるいは海洋投棄など違法投棄されている。プラスチックのリサイクルを進める必要はある。リサイクルプラスチックの輸送エネルギーは必要だが、研究によるとプラスチック精製におけるエネルギー使用が 83MJ/kg に対して、リサイクルの場合は 11MJ/kg しかかからない。

軽工業分野では、省エネルギーは多くの便益をもたらす

- 軽工業分野の範囲は様々、自動車製造、機械製造、食品、木材、繊維、その他の消費財製造、建設や鉱山も含む。鉄鋼やセメントなどの重工業分野と違い、軽工業分野の脱炭素は現存技術で対応可能である。軽工業分野の熱需要の 90%以上は中低温熱なので、電化、特にヒートポンプで代替が可能で、軽工業分野は重工業分野よりもエネルギー節約のポテンシャルが大きく、工業分野全体の 70%の削減は軽工業分野に期待できる。軽工業分野における省エネルギー推進は生産者にとっても生産性の向上の他、多くの競争力の源泉となる。軽工業の成長は雇用創出効果にも良い効果をもたらす。例えば、繊維業はインドの雇用において農業に次ぐ第 2 位で女性雇用が多い。省エネルギー向上による繊維業の競争力強化によりさらに女性雇用が増える。また、軽工業の省エネルギーは水使用の削減など他の便益ももたらす。

第 3 章 デジタルエネルギー効率市場

3.1 エネルギー効率資源の拡大

デジタルの拡大はエネルギー効率の可能性の規模を再構築している。

- IEA4E TCP Electronic Devices and Networks Annex の Total Energy Model による試算によれば、世界全体でネットワークに繋がったコネクテッド機器、家電、デバイス、センサーなどの普及台数が 2021 年に 90 億台を超えると予測されている。
- その多くは電力会社や新しいエネルギー効率関連ビジネスに利用されているスマートメーターであり、2019 年に 10 億台が設置され、2025 年までに累計で 130 億台が設置される見込まれ、170 億ドルの市場規模になると試算されている。
- HEMS や BEMS に家電、機器、センサーやコントロール等が統合されエネルギー消費のモニタリングが可能となっているが、さらにスマートサーモスタット、屋根置 PV、

バッテリー、EV 充電器などとも統合することが見込まれる。これによって 2025 年に関連市場規模が 77 億ドルと試算、関連デバイスの出荷が次の 10 年間にわたって年間 1 億台程度と期待される。

- こうした HEMS や BEMS によるエネルギー効率改善のポテンシャルについて、米国の BEMS に関する調査では 11% から 22% の改善、英国の調査では 33% のエネルギー節約、IEA4E TCP EDNA の調査では 20% から 30% 等と試算されている。
- デバイスでみた場合、スマート給湯器ではエネルギー消費を 12%、エネルギーコストを 35% 削減、商業ビルでのスマート照明の導入によってエネルギー消費を 65% 削減、スマートウィンドウズの導入でエネルギー消費を 45% 削減といった事例がある。
- HEMS や BEMS といったエネルギー管理システムの導入は、需要側だけでなくグリッドオペレータにとってもピーク需要の削減や変動性の再エネ供給に対応した消費者の行動変容といった別視点の価値がある。
- EU では 2025 年から冷暖房設備容量が 290kW を超える非住居ビルに自動的にコントロールするシステムの導入を義務付ける。また、米国でも建築物のエネルギー効率と柔軟性を高めるための、グリッドと建築物の統合を目指すロードマップが公開された。
- こうした技術について、IEA USERS TCP や IEA 4E TCP で文献調査や事例調査などを行っている。また、IEA TCP ISGAN では様々な機器の統合に向けた取組について調査を進めている。また、EU、英国、米国では関連した政策ガイダンスが公表されているが、コミュニケーションプロトコルや報告間隔・内容について一致していない。IEA 4E EDNA では、それらを共通化した政策ガイダンスを公表している。

3.2 システム全体での便益

電力グリッド柔軟性と最適化を強化するための 新しいレベルの制御

- ネットワークにつながったコネクテッド機器は、再生可能エネルギーによる発電が増加する際に、バッテリーと同様にデマンドレスポンスとして大きな柔軟性を供給することになる。Net Zero シナリオでは 2030 年に 500GW の柔軟性が必要になると試算しており、そのために 2030 年までに新規に建設される建築物が、EV やバッテリーも統合したエネルギー管理システムを導入し、ネットワークに繋がることで柔軟性リソースになる。つまり、エネルギー効率政策を、需要側の柔軟性やインテリジェント効率にも拡大することが重要である。

デジタルなエネルギー効率が再エネ等の統合をサポートするカギとなる

- 増加することが予測されている再生可能エネルギーに対応するためには、熱や移動の電化によってカップリングすることで、システム全体での柔軟性を高める必要がある。これは、再生可能エネルギーが増えた場合、電力需要量のピークとミニマムのギャッ

ブが大きくなり、ピーク需要を抑える、あるいはオフピーク時間帯に需要シフトさせることの価値が生じることを意味する。その時に、デジタル化は大きな役割を果たすことになる。

- 例として、再生可能エネルギーの電源構成に占める割合が大きくなった時、マージナル電源である PV は、時間帯によってはコストゼロで供給することが可能であり電力需要を超えてしまう。その結果として、電力需給を一致させるために、電力卸売り価格はゼロ又はネガティブとなる。この時、グリッドの柔軟性やバッテリーが無ければ消費者の負担が増え、システム全体として非効率となる。また、ピーク時間帯等に火力発電所の稼働が増加することで、CO2 排出量の増加が生じることになる。
- こうした状況はダックカーブ問題と呼称されており、これに対応した政策措置の導入が必要になる。ロッキーマウンテン研究所の分析では、電気給湯器、EV、冷暖房、スマートプラグ等を活用することで、ある程度はダックカーブ問題に対処できるとしているが、完全に解消されるわけではないとしている。
- また、米国ニューヨーク州における事例では、スマート建築物の柔軟性によって発電部門の排出量が 3%減少、EU でも 2%から 18%の電力需要をシフトさせ、1%から 8%程度排出量を削減できると試算した研究もある。

先行する企業は、規制のあり方を変えて効率化によるシステム全体の利益を得る

- デジタル化によるエネルギー効率改善には大きな便益があり、幾つかの国の政策担当者はそれを得るために、デマンドレスポンス等を含む新しいエネルギー効率政策を立ち上げようとしている。
- カリフォルニア州は、トータルシステムベネフィットと呼ばれるインセンティブを電力会社が実施するエネルギー効率プログラムに与える政策を導入、バーモント州でもピーク時間に合わせたエネルギー効率政策を実施している。加えて、米国連邦政府は、建築物とグリッドの統合を進めるためのロードマップを 2021 年に発表、次の 20 年間で電力会社は 1 兆ドルから 2 兆ドルを節約し、CO2 排出量が 8000 万トン削減されると見込んでいる。
- 欧州でも次期建物エネルギー性能指令(EPBD)において、新規建築物にスマートレディネス指標を導入しようとしている。また、南豪州政府は電気温水器、エアコン、プールポンプにデマンドレスポンス対応を必須化する規則を導入、トルコや中国でも同様の研究を進めている。

3.3 デジタル技術による新しいビジネスモデル

新しいビジネスモデルによりサービスが向上している

- 省エネルギー市場に、デジタルテクノロジーを使ったビジネスモデルを持ち込もうと

するスタートアップの参入が増加、2020年には前年比64%の伸びを示している。これまで省エネルギー関連ビジネスは、「製品」や「(エネルギー) 供給」に関わるものが多かった。しかし、分散型エネルギーやコネクテッドデバイスの普及、需要側の電化シフトにより、ユーザー中心のエネルギーサービスにシフトしている。省エネルギー関連だけで、ベンチャーキャピタルの投資は着実に増加し、2020年の投資額は2019年から20%増で、2016年の3倍になっている。

- スタートアップは大規模投資が不要な、AI、ビッグデータ活用などのソフト関連のデジタルツールやデジタルサービスの開発が中心である。電動車を除くと、アーリーステージのベンチャーキャピタル投資先の75%は製品やソリューションにデジタルツールを用いている。大手のGoogleやTencentもクリーンエネルギーのスタートアップに投資している。
- 建築分野での「エネルギーアズアサービス(EaaS)」関連がアーリースタートアップ投資の大きな部分を占める。厳しい建築基準を整備する国では、この分野の投資が活発である。例えば、アメリカのVolta Charging社はSchneider Electric等10以上の投資家から2018年から2021年に抱えて1.7億ドルの資金を集めている。
- 分散型エネルギーや電力システムマネジメントのソリューションを開発するアーリーステージ向けのベンチャーキャピタル投資は、建築省エネやEV充電に比べると数は少ないが、2015年から倍増している。韓国の分散型エネルギーのアグリゲートビジネスのGridwiz社は2017年のアーリー段階で1500万ドルを調達したが、2021年には4000万ドル増資している。分散型エネルギーが電力の需給バランスを改善、プロシューマー、V2Gといった双方向のエネルギー取引がデジタルツールで可能になることに価値を見出し、ユーザー、エネルギー供給事業者、電力系統運用者の役割を変革させている。制度側もこのようなテクノロジー変革に対応する制度を設計する必要がある。

エネルギーアズアサービス(EaaS)は従来の省エネ投資の課題を克服しつつある

- エネルギーアズアサービス EaaS 型のビジネスモデルの拡大により、サブスクリプション型の定額支払いサービス商品が出現し、市場が急成長している。今後5年間の伸びは21%と予想され、190億ドルの市場規模に成長すると予想されている。エネルギーサービスは、パフォーマンス（成果）見合いの支払い契約を結び、運用の最適化により成果を得る。アメリカのRedaptive Inc社は通信大手のAT&Tと組んでIOT機器を活用したビルの改修事業をエネルギーアズアサービスの形で実施する契約を結んでおり、約650件の商用ビルの改修事業で年間2,000万ドルのエネルギーコスト削減を実現している。
- 欧州15か国の調査によると、調査先の半数強がパフォーマンス（成果）見合いでの省エネルギー契約を結んでいる。また、公共施設建物での採用が増えている。一方、回答した半数の会社が、契約の煩雑さとサービス会社に対する信用不足が課題と答えて

いる。

- エネルギーサービスモデルを政策的に推奨する制度設計が必要である。欧州委員会の 2019 年電力マーケット指令では、ユーザーは新規参入者に必要なシステム管理を委ねることが可能で、管理にはデバイスの設置、運用、データ利用、保守が含まれる。
- エネルギーアズアサービスのモデルは熱供給事業からの関心も高い。最近発表されたレポートでは、エネルギーアズアサービスは熱供給システムの効率的な運用につながるが、多くのユーザーがその効果を信用しておらず、政策誘導や支援策が必要な状況と報告されている。カナダ・オンタリオ州の Cascara 社は、電気供給サービスと熱供給サービスをセットにして、省エネルギー性を 80%向上させるサービスを開発している。
- Pay as you go モデルは太陽光パネルや省エネ機器をユーザーが購入せず、少額の使用料金を支払うモデルで、電気未普及地域に太陽光発電設備を設置するビジネスにも適用されている。

バーチャルパワープラントは電力システムに新たな柔軟性を提供する

- バーチャルパワープラント(Virtual Power Plant: VPP)は、蓄電池、屋根置きソーラー、デマンドマネージメントや大規模発電所を束ねて集中管理・運用する、デジタル上の仮想発電所のビジネスモデルを指す。VPP の運用者、各種リソースの提供者は、送電事業者や電力販売者や卸取引市場に対して、バランシングのための供給力や系統調整力を提供する。現在分散型リソースが VPP に占める割合は 1%だが、2029 年には 83%に広がると予想されている。研究によると、デマンドレスポンス市場も 2029 年には現在の 2 倍に成長すると予想されているが、VPP 市場は 2020 年の 4.5GW 規模から 2029 年には 10 倍近い 43.7GW に成長するという予想もある。
- VPP 市場の成長、投資促進のためには制度の整備が不可欠である。アメリカの連邦エネルギー規制局 FERC は、2020 年 9 月に電力卸市場において分散型リソースのアグリゲーターが競争できる環境整備を要求している。欧州委員会は 2019 年電力市場指令において、地域を越えてリソースをアグリゲートし、卸取引市場に参画できるルール整備を要求している。
- オーストラリアでは、テスラ社が 3,000 件の家庭用屋根置き PV と蓄電池をアグリゲートする大規模 VPP を開発中で、発電能力 20MW、貯蔵能力 54MWh 規模を想定している。この計画はさらに 50,000 ユニットのリソースをアグリゲートし、350MW 規模の発電能力まで広げ、電力供給者や電力系統運用者に対して、供給力の販売を行う計画。オーストラリア電力市場運用協会は、再エネなどの変動電源が増える 2040 年までに 6GW から 19GW の供給力が必要になると推定している。中国でも、上海電力デマンドレスポンスセンターが工業用を含む 10,000 件の電力需要家、ビルの空調システム、電気自動車の充電ステーションをアグリゲートした VPP モデルを開発中で、需要ピーク期に 1GW の供給力を提供することを目指している。

- 分散リソースのアグリゲートビジネスで、電気自動車のスマート充電、電気自動車と電力網の双方向の充放電による需給バランスが可能になる。電力需要が少ない時間にEVに充電、電力需要が大きいときはEVから電力網に放電する。デンマークのNuvve社はV2Gビジネスの5年間の運用経験があり、中国BYD社の電気自動車のアメリカ市場参入と連携して、アメリカにおけるV2Gビジネスを開拓する計画を持つ。V2G市場は欧州、アジア太平洋地区、北米で2027年には8.6億ドル市場に成長すると予想されている。

3.4 省エネルギーのデジタル戦略

市場における新しいイノベーションには、政策のイノベーションも必要

- 省エネルギー市場のデジタル化にはチャンスとリスクの両方があり、政策立案者は需要側の柔軟性とスマートな省エネルギーといった新しいパラダイムに適用できる、革新的な政策ツールを編み出していかななくてはならない。
- 共通の課題として挙げられるのは、研究開発、インフラ開発、互換性の基準作成、サイバーセキュリティ、プライバシー対応、利用者のデジタル理解能力（リテラシー）の向上である。例えば、政府はメーカーや市場参入者と共同で標準化された共通通信プロトコルの採用を支援しなくてはならない。標準プロトコルにより、全てのデジタルデバイスにおいて、需要変動を可能にし、インテリジェントな運転、異常の自動検知が可能になる。デジタル技術を最適に活用し続けるためにも、デジタルテクノロジーの導入だけでなく、利用者がデジタル技術を利用できる環境整備も制度の役割である。2019年にIEAはデジタル省エネルギー政策準備フレームワークを紹介、更新版も発表している。フレームワークとして、デジタルツール利用に伴う社会的、経済的な便益に加えて、デジタル技術に対する再学習の機会提供やデータプライバシー、サイバーセキュリティ等の懸念を考慮した制度が必要ということを示している。

広範囲の社会的影響を考慮することは政策にとって重要

- デジタル化による省エネルギー促進は、新しいビジネスに結び付く機会を広げるが、その便益がエネルギー弱者救済などの広い社会的便益につながるように誘導することが重要である。カリフォルニア州の省エネルギー市場には、10億ドル規模の基金で多数の省エネプログラムを運用しているが、テクノロジーの変革やプログラム利用の公平性向上を目指して再編成された。その結果、これまで省エネルギープログラムを利用しにくかった経済弱者層にも利用できるようになった。また、再編成プログラムにより、脱炭素に重要な特定の市場変革、例えばヒートポンプ機器の導入強化などを推進することができるようになった。
- デジタル化は、新興国のエネルギー未普及地域への電化普及拡大にとっても重要な要

素である。「ライティングアフリカ」プログラムは、過疎地域に太陽光発電によるミニグリッドを形成するプログラムだが、補助金、資金利用可能な環境整備、プリペイドメーターの設置や Pay as you go システムなどの導入等の政策支援が必要になる。ケニアでは M-Pesa というデジタルサービス社が貧困世帯に資金提供サービスも行っている。南オーストラリアでは南オーストラリア州とテスラ社の共同設立のクリーンエネルギーファイナンス公社が初期投資無しで 3,000 世帯の貧困家庭が参加できるように 6100 万豪ドルの資金提供を行った。

- イタリアでは 2020 年にテクノロジーイノベーションデジタル化省がデジタルスキル雇用協議会を創設し、全ての人々がデジタルスキルを学習するイニシアティブをスタートした。イタリアのコロナ復興計画は予算の 27%をデジタル変革に割いており、「デジタルイタリア 2026」はデジタルソリューションの導入とデジタルスキルの向上を総括する戦略になっている。
- 南アフリカの「デジタル将来スキル戦略 2020」はデジタルテクノロジーにチャレンジする国民を支援するイニシアティブで、デジタル関係の職業スキルの習得、例えば 3D プリンター技術、アプリ開発、データ分析の習得を支援するが、特にデジタル化の影響で失業する領域の人々に注意を払っている。

全ての人々がデジタルリソースやソリューションを利用できるための支援

- デジタルテクノロジーは世界の多くの地域の人々に恩恵をもたらすものであるが、デジタル格差、インターネットやデジタルサービスへのアクセス有無による格差のリスクもある。モバイル端末の圏外に住む人々、インターネットアクセスが無い地域の人々への留意が必要。アフリカのサハラ地域は、インターネット接続が地理的には 75%カバーしているが、人口比では 26%しか使用できない上、ほとんどの高齢者はサービスを使用していない。物理的なインターネットアクセスはあっても、デジタルサービスを使う能力が無い等の理由も含め、世界ではまだ人口の半数がインターネットを利用していない。デジタルエネルギーサービスを使用しない、できないことで、非効率な状況が続き、デジタル化で効率化できる人々との格差は広がる。経済弱者ほどデジタル化されたエネルギーサービスの恩恵を受けられないため、最も省エネルギーポテンシャルがある層での省エネルギーが進まないという非効率が生じる。経済弱者やデジタルテクノロジーへのアクセスが乏しいグループ、例えば高齢者にデジタル化された省エネルギーサービスを利用できるようにするプログラムでは、単に最新のテクノロジーを提供するだけでは十分とは言えず、利用者のニーズに適合したプログラムを策定しなくてはならない。

データ分析、サイバーセキュリティリスク

- スマートメーターやコネクテッドデバイスの広範囲の普及においては、プライバシー

の問題への対処を考慮する必要がある。インドでは「DataSmart Cities」戦略の一環として、収集されたデータは匿名情報として共有されることを基本とするという対応を取っている。この戦略では、プライバシー最優先を掲げ、自治体がデータの所有権、収集、共有、使用について明確な規制権限を持つとしている。

- また、分散型電源システムが電力グリッドと連携することに伴い、電力システムシステムの脆弱性が増している。サイバー攻撃を完全に防御することは不可能だが、重要なインフラ機能を稼働させつつ攻撃を受けた場合でも防御、対応、回復を迅速に行う対応を取る準備をするべきである。電力システムのバリューチェーン全体のサイバーレジリエンス対策は政策立案者、規制局、エネルギー事業者の責務である。IEA の Power System in Transition Cyber Resilience はサプライチェーン全体のセキュリティを国際基準や国際認証の導入などで対応するガイドラインを示している。

デジタルテクノロジーのエネルギー消費抑制と、省エネルギー推進の両立は可能か？

- これまで、デジタルデータの活用やインターネット通信利用などの電力消費と、省エネルギー推進は切り離して考えられてきた。今後、コネクテッドデバイスが増え、データ量やデジタルインフラの増加、データセンターや高速回線の増加に伴い大量の電力を消費する。これらのデジタルテクノロジー普及による電力消費増が省エネルギー推進と相殺されることが無いように、デジタルテクノロジーの省エネルギーも重要になる。特に、急増するコネクテッドデバイスの待機電力削減は重要な課題である。
- データセンター利用が急増しているが、データセンターの電力消費全体は 2010 年から 2018 年の間、微増にとどまり、データセンターの電力消費は世界全体の電力消費の約 1%にすぎない（仮想通貨のデータ処理は含まない）。今後の 10 年間で、AI、VR、ブロックチェーンなどのデジタルデータ活用、5G 通信技術の普及でデータセンターの電力消費は増加を続けると予想されている。データセンターの電力消費削減の技術開発も継続する必要がある。
- 世界のデータセンターやデータ通信に関わる電力消費データはほとんど整備されていない。政策側でデジタルインフラのエネルギー効率や省エネルギー目標やデータ報告に関して制度整備をする必要がある。オーストラリアの環境ランキングシステムやアメリカのデータセンター向けエナジースター制度は、データセンターの電力消費効率指標を用いている。次世代のデータセンターの環境ランキングシステムが開発中で、電力消費効率に加え、IT インフラの活用レベルやデータセンターの廃熱利用、炭素フットプリントを基準にした指標を検討している。このような指標が普及することでデータセンターの効率化が進むことが期待されている。スイスでは 2020 年からデータセンターエミッションラベル制度をスタートしている。
- データセンターに対して電力消費だけでなく、他の取り組み例えば、使用機器年数の延長、リサイクル部品の使用促進、希少金属材料のリサイクル、冷却水の最適利用、

廃熱の地域冷暖房への活用などを推奨する制度も検討することができる。欧州連合では 2018 年からデータセンター産業のサーキュラーエコノミープロジェクトがスタートしている。2020 年にはアイルランドの南ダブリン協議会がデータセンター数カ所から廃熱を回収して地域暖房システムを運営する会社を設立した。2021 年にはノルウェーはデータセンターに廃熱利用の検討義務を課している。

- データ送信ネットワークも大量の電力消費を伴う。2019 年のデータ送信による電力消費は世界の電力消費全体の 1%を少し上回る規模になっている。Telefonica、Cogent 等の通信大手は、2020 年のデータ通信量は 40%~50%増加したにもかかわらず、電力消費は変わらないあるいは減少したと報告している。モバイル通信技術がデータ通信分野のエネルギー消費を押し上げているが、5G 普及に伴う電力消費の予測は困難である。アメリカの TMobile 社は 2019 年から 5G の利用を開始、全体の電力消費は増加しているが、データ単位当たりのエネルギー消費は減少していると報告している。
- フランスは 2021 年 2 月にデジタル化と環境の変革に向けた 15 の指標を設定したデジタル環境ロードマップを策定した。ロードマップではデジタル化に伴う環境への影響を減少するためのステップを策定するとともに、変革を加速するためのデジタルテクノロジーの活用と高度な分析技術の活用を記載している。各国での取り組みの他、国際的なイニシアティブによるデジタル化の環境へのマイナス影響を最小化する取り組みもある。例えば国際遠隔通信連合 International Telecommunications Union は IT 産業界に対して 2020 年から 2030 年に 45%の排出削減を呼び掛けている

(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 “Green Hydrogen Supply: A Guide to Policy Making”

IEE 2021年 事務局発表

IEE
JAPAN

IRENA 『Green hydrogen supply: A guide to policy making』の概要

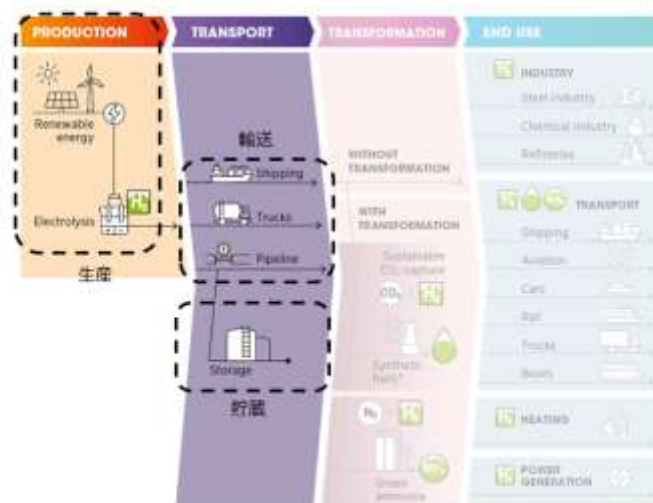
2021年6月7日

一般財団法人日本エネルギー経済研究所



本報告書の目的

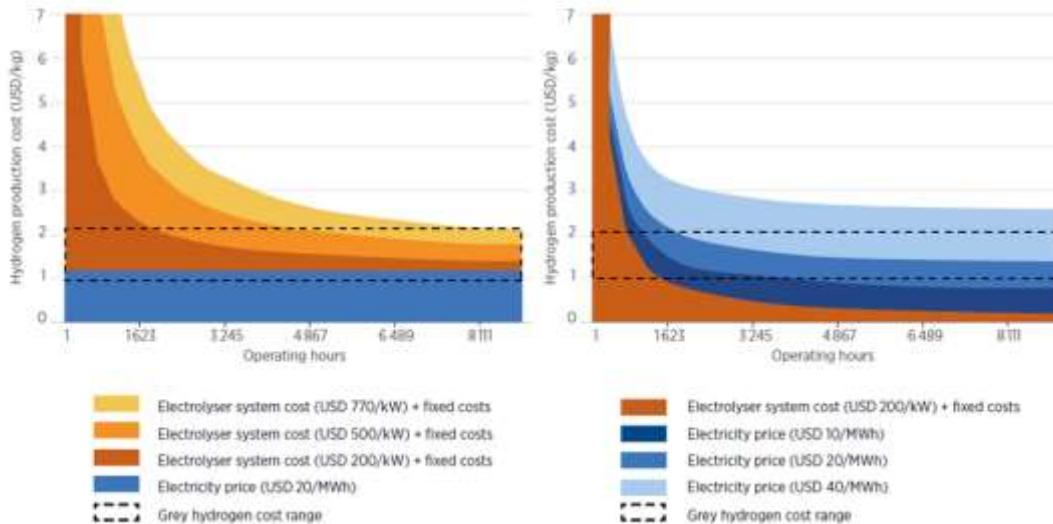
- グリーン水素政策に特化した IRENA 初の報告書であり、グリーン水素の取り込みのための効果的な政策立案の主要な柱と課題の概要を示すとともに、グリーン水素の政策立案についての議論を展開するための枠組みを提示する
- グリーン水素のバリューチェーン（下図参照）は、生産から最終消費に至るまで多様なエネルギーセクターと結びついた複数の要素で構成されており各要素にはそれぞれ課題があるが、本報告書は、バリューチェーンの上流である供給側（生産、輸送、貯蔵）に焦点を当てる



資料提供: IEE 事務局

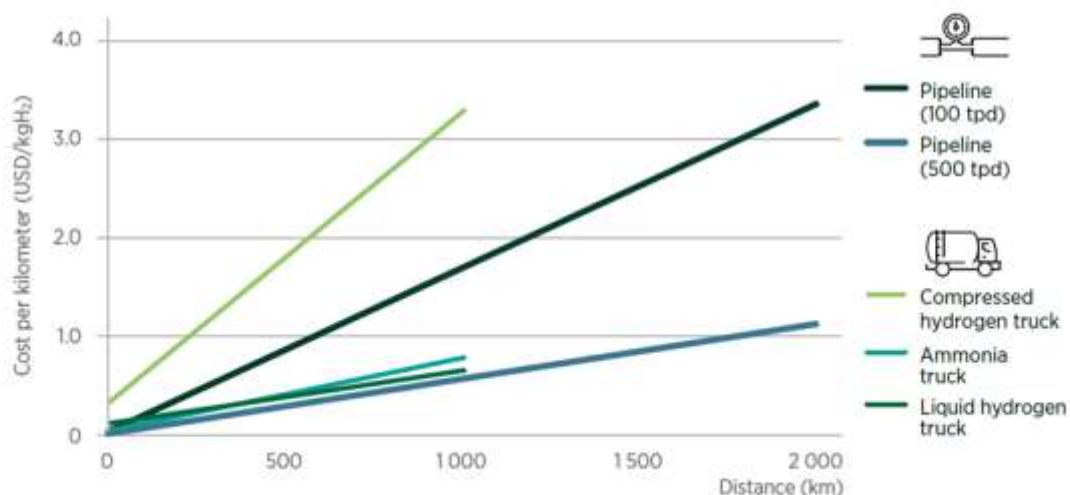
グリーン水素の課題：コスト高、グレー水素と同等水準にコストを低下できるか

- グリーン水素の製造コストは、電解槽のコスト、電解槽の設備利用率（稼働時間）、再エネ電力コストまたは価格（完全オンサイトorグリッド購入orPPAを通じた購入）に依存する
 - 現時点ではグリーン水素の製造コストは4～6ドル/kgで、グレー水素の1～2ドル/kgよりも数倍高い
 - 2020年のアルカリ電解槽のコストは750～800ドル/kWhのため、再エネコスト20ドル/MWhで年間稼働時間が3,000～4,000時間以上という好条件が揃えばグレー水素と同等のコスト水準に近づく（左図）
 - 仮に電解槽コストが200ドル/kWhまで低下すれば、再エネコスト10ドル/MWhで年間稼働時間1,623時間（設備利用率19%程度）でもグレー水素よりも低いコスト水準が達成可能（右図）



グリーン水素の課題：長距離輸送はコスト高要因、需要地近傍での生産がベスト

- グリーン水素の輸送コストは、輸送量、距離、エネルギーキャリアに依存し、さらに輸送インフラ（トラック、船、パイプライン）への投資コストも加わる
 - すべての輸送モードにおいて輸送距離とコストは単調増加関数（特に圧縮水素のトラック輸送は増加率が高い）、電解槽の設置は需要地の近傍が望ましいことを示唆
 - 長距離・大規模輸送には船舶によるアンモニア輸送が最も低コストの輸送モードである



グリーン水素の課題：貯蔵、持続可能性、需要の不確実性、その他

- 貯蔵コスト：貯蔵コストは貯蔵施設への水素の出し入れサイクルに依存し、貯蔵施設の使用サイクル頻度が高いほど供給される水素の追加コストは低くなる
 - ・ 資本コストが高く小規模容量の技術（加圧タンクや液化水素タンクなど）は可能な限り使用サイクルの頻度を上げる必要がある
 - ・ 季節変動への対応等年間の使用サイクル頻度が低い場合は、岩塩空洞などの資本投資の必要性が低いソリューションが適している
- 持続可能性：持続可能なグリーン水素は「追加的な再生電力」から製造される
 - ・ 「追加的な再生電力」とは「他の需要に対して供給された再生電力の転用ではなく、当該グリーン水素を生産するために追加的に発電された再生電力」を言う
 - ・ 特に途上国において輸出用のグリーン水素生産に再生電力が集中的に用いられた結果、当該国でのエネルギーミックスの脱炭素化が遅延するリスクがあり（つまり、この場合はグリーン水素生産に投入された電力は追加的ではない）、この場合のグリーン水素は持続可能ではないと考えられる
 - ・ グリーン水素生産に系統電力を用いる場合、グレー水素よりも低炭素であることを確実にするため当該電力の排出係数は190g-CO₂/kWh以下であるべき
 - ・ 水素から液体有機水素キャリア（LOHC）等への転換や輸送に伴うCO₂排出の算定方法の国際的な標準化や認証スキームの確立が必要
- 将来の需要の不確実性
 - ・ 水素戦略を策定した国はまだ多くはなく、また既存の水素戦略の多くはブルー水素を含むため、将来のグリーン水素に対する需要には依然として不確実性が高い
 - ・ 詳細の需要に対する明確な見通しがなければグリーン水素のためのインフラ開発は勢いを得ることができない
- 既存電力システムとの不適合
 - ・ グリーン水素を製造する電解槽はDR資源として電力システムへアンシラリーサービスを提供するポテンシャルを有するが、既存の電力システムの多くはそれを許容する仕組みとなっていないため、電解槽の経済性を高める可能性を減じてしまっている
- 技術的・商業的基準や規格の欠如
 - ・ グリーン水素が広く需要されるようにするためには、サプライチェーン全体に沿った水素施設および機器の安全性に関する国際的に合意されたコードおよび基準を開発することが重要となるが、現時点ではまだ存在していない

IEEJ © 2024 年。禁複製転載。

4

グリーン水素の課題と政策オプション：一覧まとめ表



IEEJ © 2024 年。禁複製転載。

5

2. IRENA “Renewable Capacity Statistics 2021”

IEEAP2021年 調査報告書



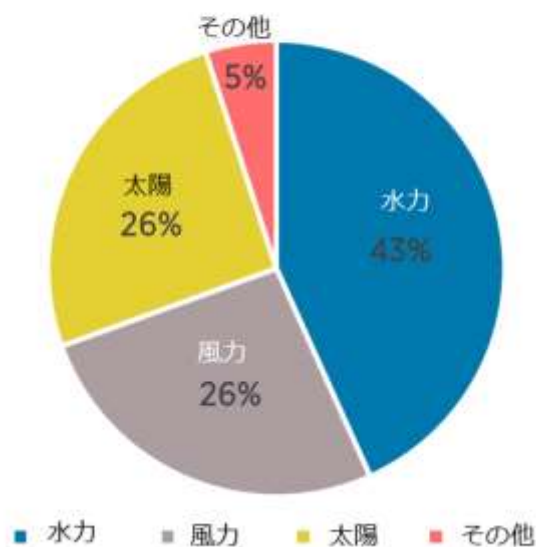
IRENA 『Renewable Capacity Statistics 2021』 の概要

2021年6月
一般財団法人日本エネルギー経済研究所



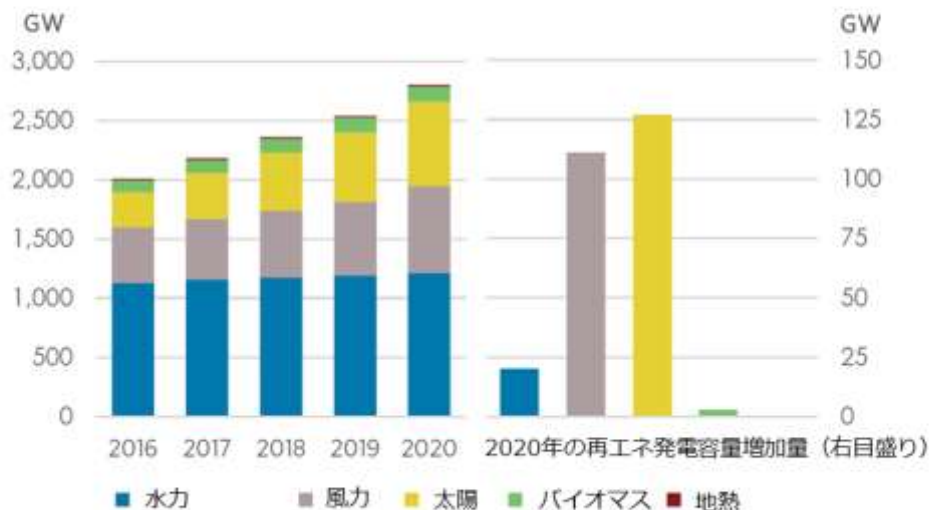
2020年末時点での世界の再エネ発電容量（累積値）のエネルギー源別シェア

- 2020年末時点での世界の再エネ発電容量の累積値は合計で2,799GWで、うち43%の最大シェアは1,211GWの水力であった（下図参照）
- 風力と太陽エネルギーは26%の均等なシェアでそれぞれ733GWと714GWの累積値となった
- その他の再エネの累積値は、バイオエネルギー127GW、地熱14GW、海洋エネルギー500MWとなった



再エネ発電容量の累積値推移（左図）と2020年の年間増加量（右図）

- 再エネ発電容量は2020年に261GW（前年比+10.3%）増加、太陽エネルギーは127GW（同+22%）増加と引き続き拡大をリード、続いて風力111GW（+18%）、水力20GW（+2%）、バイオマス2GW（+2%）、地熱164MWとそれぞれ増加した
- 太陽光と風力は2020年の再エネ発電容量増加全体の91%と圧倒的多数を占めており、引き続き再エネ発電容量の拡大をリードした

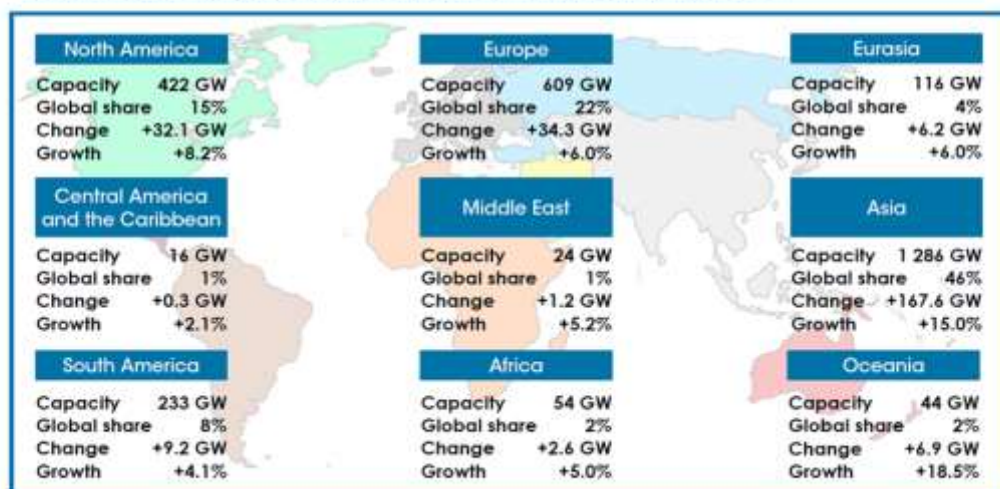


IEEJ©2021年。禁無断転載。

2

2020年の再エネ発電容量：世界の各エリアのまとめ

- アジア（その大部分は中国が占める）では2020年に167.6GW増加し、累積の発電容量は1,286GWと世界全体の46%を占めた
- 欧州と北米の発電容量はそれぞれ34GW（+6.0%）と32GW（+8.2%）拡大し、特に米国では大幅な増加となった
- アフリカは2019年よりわずかに多い2.6 GW（+5.0%）の増加となった
- オセアニアは世界で最も急速に再エネが増加している地域（+18.5%）でそのほぼすべてがオーストラリアでの増加による（ただし、絶対値では世界全体に占める割合は小さい）



IEEJ©2021年。禁無断転載。

3

2020年の再エネ発電容量の増加：エネルギー源別まとめ

- 水力：2019年運用予定だったいくつかの大規模案件が遅延して2020年に運用したため中国で12.1GW増加したのに続いてトルコでも2.5GWの増加が見られた
- 風力：2020年の風力発電の拡大は2019年比で約2倍と大幅な増加となった（2019年+58GWに対して2020年+111GW）
 - ・ 中国は+72.4GWの増加で圧倒的な首位、次いで米国（+14.2GW）、それに続く10か国は2020年に1GW以上増加した
 - ・ 洋上風力は絶対値だけで見ると風力全体に占める割合は小さいが、毎年増加の勢いが増しており、2020年には風力増加全体の約5%に達した
- 太陽光：2020年世界のすべての主要地域で発電容量が増加したため、世界の累積値は風力の発電容量と概ね同じレベルに達した（風力733GWに対して太陽光714GWまで増加）
 - ・ アジアでは2019年比+55GWの78GW増加となり、うち中国（+49.4GW）とベトナム（+11.6GW）で大幅な増加が見られた他、日本5GW以上、インドと韓国はそれぞれ4GW以上増加した
 - ・ アジア以外では、米国14.9 GW、ドイツとオーストラリアがそれぞれ4 GW以上、オランダとブラジルがそれぞれ3GW以上増加した
- バイオマス：2019年の増加（+6.4GW）に対して2020年は+2.5GWと半減した
 - ・ 中国は2GW以上拡大したが、日本と韓国での増加が鈍化したためアジア全体では増加鈍化となった
 - ・ 欧州は2020年に大幅に拡大した唯一の他の地域であり、2019年と同様の1.2GWのバイオエネルギー容量が追加されました
- 地熱：2020年の増加は限定的であり、トルコでの99MW増加の他、ニュージーランド、米国、イタリアでもいくつかの小規模な増加にとどまった
- オフグリッド再エネ電力：2020年に365MW（+2%）増加して累積値は10.6GWに達したが、一部地域ではグリッドに接続されたことでバイオエネルギーの累積値が4.6GWに低下した
 - 太陽光は250MW拡大して累積値4.3GWに達したが、水力は約1.8GWで増加は限定的であった

IEEJ©2021年。禁無断転載

4

発電容量（再エネと非エネ）年間増加量と再エネシェアの推移

- 2020年の再エネ発電容量は長期的な傾向を上回る著しい増加を見せたが、この増加のほとんどは中国と（程度は低いものの）米国によるもので、他の多くの国は2019年と概ね同水準の増加であった
 - ・ 2020年には火力や原子力を含む全世界の発電容量全体に占める再エネの割合が大きく増加し、2019年の73%から2020年には82%に達した（下図参照）
 - ・ 再エネのシェア上昇傾向は、再エネの急速な成長だけでなく、化石燃料等非再エネ発電容量の増加鈍化も反映しており、一部の地域では石炭火力の大量廃止措置の影響も受けている



IEEJ©2021年。禁無断転載

5

3. IRENA “Decarbonising End-Use Sectors: Practical Insights on Green Hydrogen”

IEEAP2021年 環境計画部



IRENA 『Decarbonising end-use sectors: Practical insights on green hydrogen』 の概要

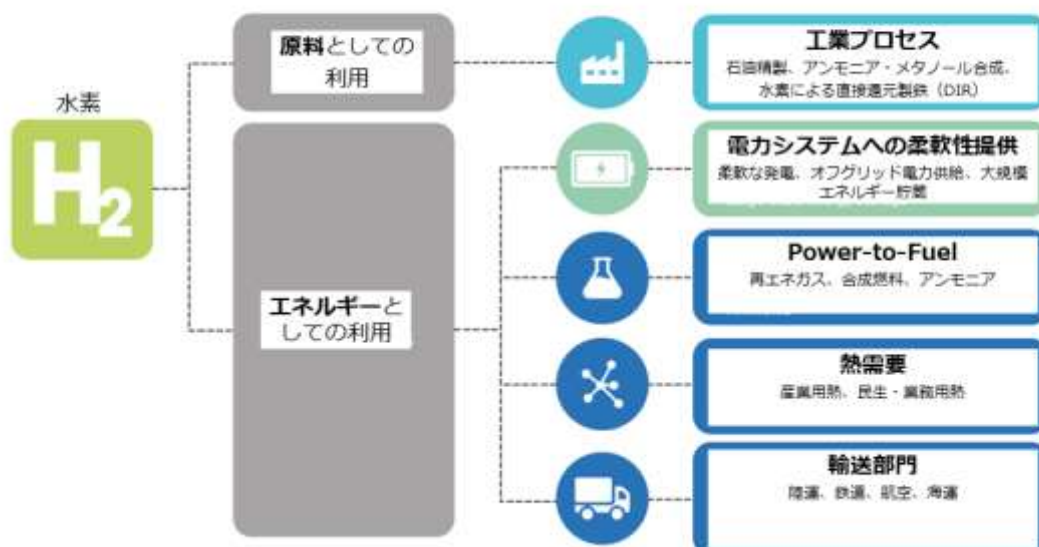
2021年6月

一般財団法人日本エネルギー経済研究所



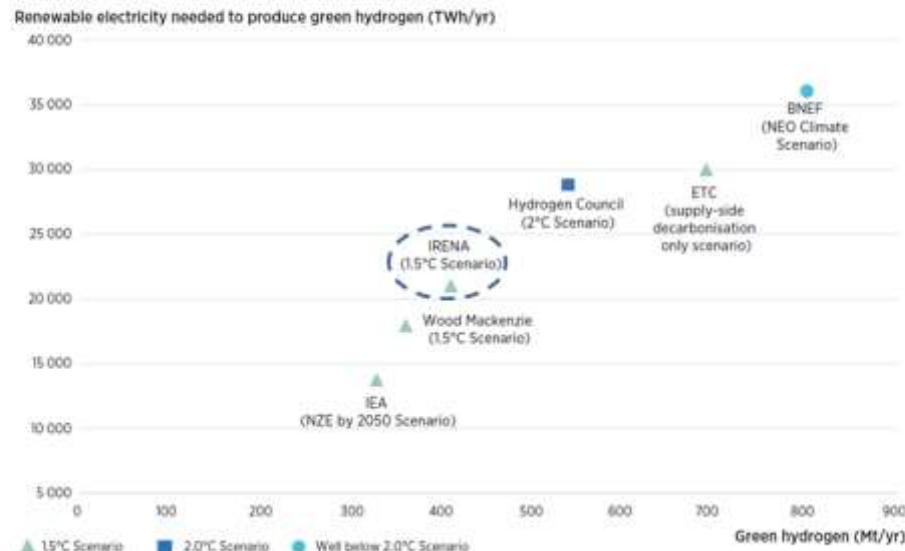
本報告書の目的と対象範囲（最終消費部門におけるグリーン水素の活用）

- IRENA Coalition for Actionによって作成された本報告書の目的は、最終消費部門に焦点を当ててグリーン水素の開発を促進するための政策リコメンデーションを提示することである
- グリーン水素は下図に示すような電化が困難な最終消費部門（いわゆるharder-to-abateセクター）での化石燃料の使用を代替する大きな可能性を提供しネットゼロ排出の達成を可能とする



グリーン水素製造に必要とされる再エネ電力量（TWh/年：2050年）の市場予測

- グリーン水素市場の利用拡大には豊富で低コストの再エネ電力を広く利用できることが必要である
 - IRENAの1.5°Cシナリオでは、2050年には年間約4億トンのグリーン水素を生産するために約5,000GWの電解槽のキャパシティが必要となる
 - 約5,000GWの電解槽で消費される再エネ電力は年間約21,000TWhとなり、2050年の世界の電力需要の30%に相当する膨大な量となる（下図参照）



2

グリーン水素拡大のための重要ポイントと政策リコメンデーション（その1）

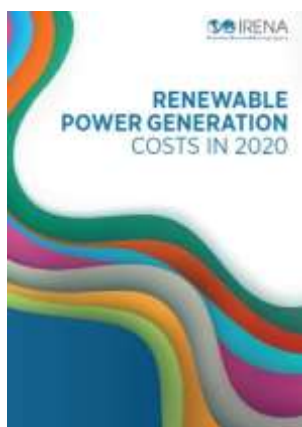
- グリーン水素の国家戦略と計画策定のために今すぐ行動を
 - 水素の国家戦略を策定している国は20%以下であり、加えて、これらの戦略の中には他の形態の水素に対してグリーン水素を優先していないものもある
 - 今こそ、各国政府はグリーン水素の具体的な目標に基づいた包括的な行動計画と詳細なロードマップを策定し、Covid-19後の景気刺激策と復興策を活用して、生産とエネルギー転換関連のインフラ開発を開始すべきである
 - グリーン水素をNDCの改定に含めることで各国はそのコミットメントを公式化することができる
- 再エネ拡大への野心度を高める
 - 最終エネルギー消費の電化とグリーン水素生産の双方を維持できるペースで再エネ電力供給を加速できるように低コストの再エネと系統インフラの整備のための行動計画が重要
 - 追加的な再エネをグリーン水素生産に充当することで、最終エネルギー需要の最もコスト効率的な脱炭素化（＝電化）に必要な再エネ電力のグリーン水素生産への転用を回避することが必要
- グローバルに認知された規格標準の開発とグリーン水素の認証スキームへの支援
 - グリーン水素への理解は、その製造が100%再エネ電力に裏付けられていることを確実にするグリーン水素のGO認証トラッキングスキームの広範な受け入れに依存するため、グリーン水素及びその派生物について国際的に認められた分類法（タクソノミー）の開発が必要
 - 並行して、グリーン水素に関する規制の緩和や様々なエネルギー市場へのアクセスルールの明確化が必要
- 他に安価な脱炭素オプションが存在しない「Hard-to-abateセクター」へのグリーン水素の優先的活用
 - 化石燃料から生成される水素を既に消費していて代替が困難な産業部門の水素需要をグリーン水素原料に置き換えることに最初の焦点を当てる
 - グリーン水素を既存のガス系統に混入させることは、高炭素資産の温存を長引かせる上に一層効率的な脱炭素オプションの普及を遅らせる原因にもなり得るため、座礁資産を回避する観点からも優先すべきではない

3

グリーン水素拡大のための重要ポイントと政策リコメンデーション（その2）

- グリーン水素技術のイノベーションを加速させるための金融政策とインセンティブの実施
 - 他形態の水素とのコスト競争力を得られるまではグリーン水素に対する財政的支援（補助金、低利融資、税制優遇等）が必要
 - 再生電力から生成されたグリーン水素を使用できるように、短期的には、既存の工業プロセスの変換を目指して産業部門を対象とした財政支援を提供する必要がある
- カーボンプライシングその他の規制措置を通じてグリーン水素需要を刺激
 - 環境の外部性（＝GHG排出）を考慮したカーボンプライシングの強化を通じて、異なるエネルギー間の公平な競争の場を作り効率的な消費を促進する必要がある
 - カーボンプライシングには、競争力の公平性を確保するために、グリーン水素輸入の国境調整措置または輸入グリーン水素のための強力な認証スキームを伴う必要がある
- グリーン水素生産の対する電力系統使用量（託送料）と関連税制の影響の配慮
 - （昼間の太陽光のように）再生エネルギーが供給過剰となって低コストで電力が利用できる時間帯にグリーン水素の生産を最大化したい生産者のインセンティブが託送料や課税によって阻害される可能性がある
 - グリーン水素生産を促進し、電解槽から系統への調整力サービス提供を実現するために、一層効率的な託送料金および混雑に基づく料金設定を適切に検討する必要がある
- グリーン水素ハブの開発促進
 - パートナーと協力して、グリーン水素の生産、貯蔵、流通、消費を1つのエリアに集中的に配置する統合グリーン水素ハブを開発する必要がある
 - 生産者と消費者の双方がハブに参加することで、グリーン水素のオフテイクを事前に特定でき、プロジェクト・リスクが軽減可能となる
 - 生成された水素の再生エネルギー起源を保証しつつ、長距離輸送インフラの整備を待たずにグリーン水素の利活用がハブによって実施可能となる
- グリーン水素の取り込みを加速するための国際協力とパートナーシップの強化
 - 迅速な脱炭素化のためのグリーン水素ソリューションを開拓するために、政府、産業界、学術界間での一層大きな協力が必要であり、R&Dの協力、規格標準と認証規範に関する共通合意、サプライチェーン形成に関する国際協力とパートナーシップの強化が求められる

4. IRENA “Renewable Power Generation Costs in 2020”（2021 年 6 月発刊）要約



【2020 年の再エネ発電コスト】

・2020 年は、COVID-19 パンデミックの影響を大きく受けた一方、再エネサプライチェーンのレジリエンスと再エネ新規導入量の記録的な成長が見られた年でもあった。

・太陽光と風力発電の継続的なコスト低下の傾向にも大きな変化はなかった。2020 年に新規設置された陸上風力の世界加重平均の均等化発電原価（以下、LCOE）は、2019 年比で 13%低下した。同様に、洋上風力の LCOE は 9%、大規模太陽光の LCOE は 7%、それぞれ低下した（図 1 参照）。

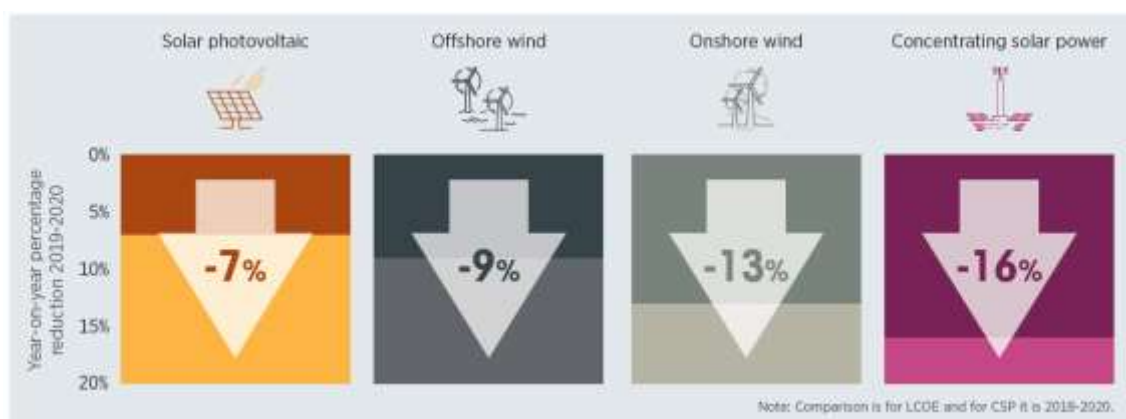
・陸上風力の世界加重平均 LCOE の 13%低下（2019 年 0.045 米ドル/kWh→2020 年 0.039 米ドル/kWh）は前年実績（2018 年→2019 年）比でわずかながら低下が加速した。このコスト低下の加速は、設置コストが低い中国において 2020 年の世界全体の新規導入量の 2/3 に相当する 69 GW もの陸上風力が一気に導入され、世界の加重平均設置コストが 9%押し下げられたことによってもたらされた。

・他方、太陽光発電については、大規模太陽光の LCOE が 2019 年 0.061 米ドル/kWh から 2020 年 0.057 米ドル/kWh に 7%低下した（もっとも、この低下率は 2019 年実績の 2018 年比 13%よりも小さかった）。大規模太陽光発電の設置コストの世界加重平均は前年比で 12%減少し、883/kW まで低下した。

・大規模太陽光発電の LCOE の低下が 2020 年に鈍化したのは、発電設備の設置コストの低下が設備利用率の低下によって一部相殺されたことが主因である。2020 年には 2019 年と比較して日照条件が劣る地域へ太陽光発電の設置が広がったことで設備利用率が低下した。（上述した陸上風力と同様に）2020 年大規模太陽光の新規導入量の 45%が中国が占めた。

図 1 2019 年から 2020 年にかけての世界加重平均 LCOE 低下率

（左から、大規模太陽光発電、陸上風力、洋上風力、太陽熱発電）



・洋上風力については、世界加重平均 LCOE は 2019 年 0.093 米ドル/kWh から 2020 年 0.084 米ドル/kWh へ 9%低下と 2019 年実績よりも大きく低下した。設置コストが安い中国の新規

導入量に占めるシェアが 2019 年の 1/3 から 2020 年の 1/2 に大きく増加したことで、世界加重平均の LOCE が一層大きく低下したものである。

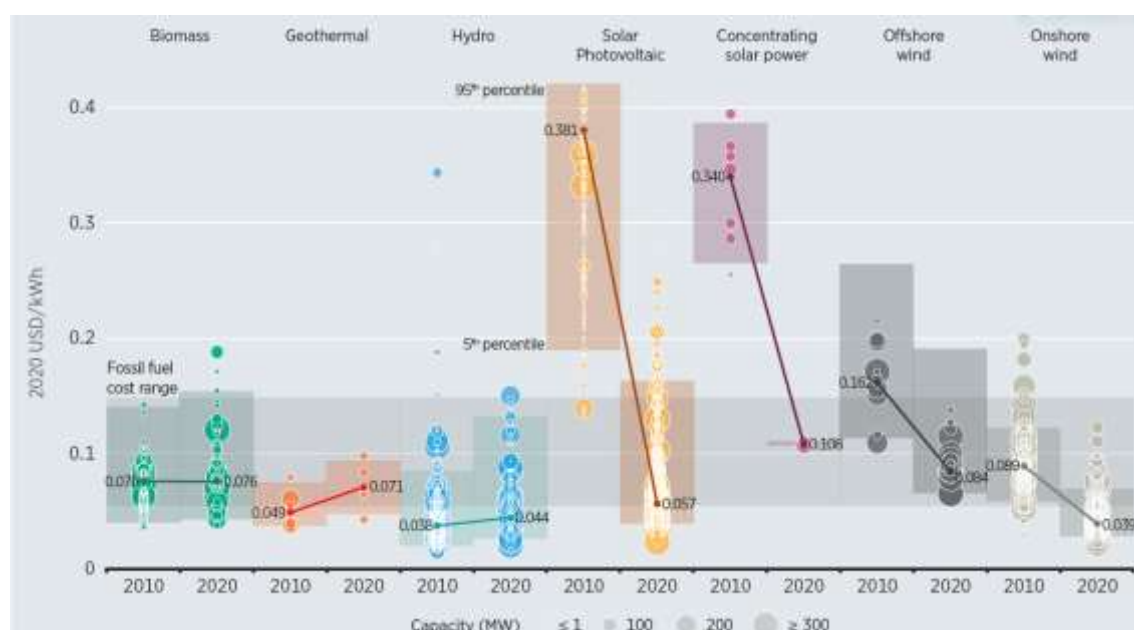
・太陽熱発電の世界加重平均 LCOE については、サンプル数が少なく（例えば、2020 年の新規導入は中国の 2 つのプロジェクトのみ）個別のプロジェクトの影響を大きく受けるが、2019 年から 2020 年にかけて 16% 程度のコスト低下が観測された。

【2010～2020 年再エネ発電コストのトレンド：コスト低下の 10 年間】

・2010 年～2020 年は、太陽光と風力発電のコスト低下が目覚ましい 10 年間であった。対象を限定した政策的支援と業界の推進力によって、太陽光と風力発電は高価なニッチ市場から新規設置を巡って化石燃料と直接競争できるようになった。この過程で、再エネが電力システムの基盤となり、BAU よりも低いコストで発電の脱炭素化に貢献できることが明らかになった。新たに運転開始した大規模太陽光発電の世界的加重平均 LCOE は、2010 年から 2020 年にかけて 85% 低下し、0.381 米ドル/ kWh から 0.057 米ドル/ kWh となった。2010 年には火力発電の LCOE の上限（0.148 米ドル/kWh）の 2 倍以上の高コストであったものが、2020 年にはその下限（0.055 米ドル/kWh）に至るまでの急激な低下である（図 2 参照）。この期間に、太陽光発電の累積発電容量は 2010 年 42GW から 2020 年には 714GW に大きく増加している。

図 2 2010 年と 2020 年の各再エネ電源世界加重平均 LCOE（大規模、各年新規設置分）

（バンドはサンプル平均値を起点として上下 95% 領域、円領域はサンプルの発電容量規模をそれぞれ示す）



・太陽光については、大規模だけでなく住宅用（屋根置き）太陽光もコスト低下が顕著である。オーストラリア、ドイツ、イタリア、日本、米国の住宅用太陽光発電の LCOE は、2010 年の 0.304 米ドル/kWh～0.460 米ドル/kWh から 2020 年の 0.055 米ドル/kWh～0.236 米ドル/kWh へと 49%～82%低下した。

・陸上風力の世界加重平均 LCOE は、2010 年 0.089 米ドル/kWh から 2020 年 0.039 米ドル/kWh へと 10 年間で 56%低下した。平均設備利用率が 27%から 36%に上昇し、設置コストが 1,971 米ドル/kW から 1,355 米ドル/kW へと低下したことが主要因である。累積発電容量はこの期間中に 178GW から 699GW に増加している。LCOE の低下がもたら設備設置コストの低下に起因する太陽光と異なり、陸上風力のコスト低下は、風車コストと Balance of plant costs（風車等発電ユニット以外の要素のコスト）の両方の低下に牽引されている。加えて、メンテナンス技術のサービス提供者間の競争激化、風力発電の運用経験の蓄積、予防保守プログラムの改善の結果として、運用コストの低下も貢献している。さらに、風車技術の進歩による設備利用率の向上もコスト低下の大きな要因である。

・洋上風力の世界加重平均 LCOE は 2010 年 0.162 米ドル/kWh から 2020 年の 0.084 米ドル/kWh へのこの 10 年間で 48%低下した。2020 年末の洋上風力の累積発電容量は 34 GW と陸上風力の 1/20 に過ぎないが、この 10 年間のコスト低下の実績は洋上風力の将来見通しにポジティブな影響を与えている。

・2010 年から 2020 年にかけて世界で 60GW のバイオマス発電が導入されたが、この 10 年間にバイオマス発電の LCOE は低下することではなく、2010 年も 2020 年も 0.076 米ドル/kWh のままである。これは火力発電コストの下限付近に概ね相当するコスト水準である。同様に、2010 年から 2020 年にかけて、水力発電の発電容量は 715 GW 増加したが、世界加重平均 LCOE は 0.038 米ドル/kWh から 0.044 米ドル/kWh へと 18%増加してコスト高となっている。しかしながら、この発電コストは最も安価な新規火力発電のコストと比較しても低い水準にある。

・地熱発電の世界加重平均 LCOE は、2016 年以降 0.071 米ドル/kWh から 0.075 米ドル/kWh の範囲にある。2020 年に新たに稼働した地熱発電の世界加重平均 LCOE は、このレンジの下限となる 0.071 米ドル/kWh で、2019 年比で 4%低下した。

【再エネ発電は新規発電のデフォルトの経済的選択になりつつある】

・2010 年から 2020 年までの 10 年間で、太陽光と風力発電の技術的競争力が劇的に向上した。この 10 年間で、陸上風力だけでなく、大規模太陽光、洋上風力、太陽熱発電も財政的支援を受けなくとも、火力発電と同等のコスト水準まで低下した。今や単に火力発電と再エネがコスト面で競合できるだけでなく、新規の発電所設置の際には火力発電に代わって再エネが積極的に選択される傾向が鮮明になってきた。

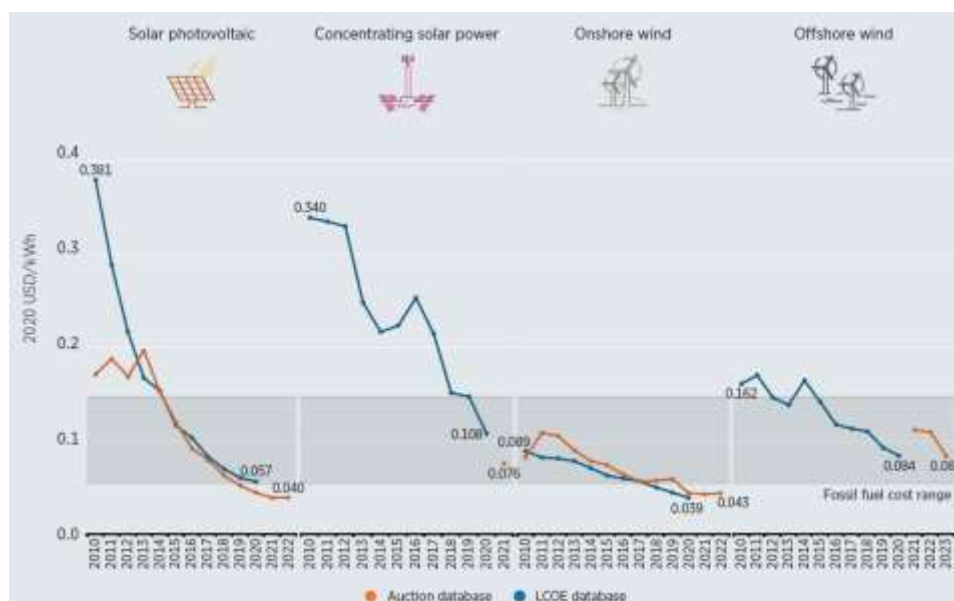
・2020 年に世界全体で導入された再エネ発電容量 261GW の 62%に相当する 162 GW 分の

再エネ発電設備の発電コストは、最も安価な新規火力発電の発電コストよりも低い。電力需要が増大して新しい発電容量が必要とされる新興経済国においては、これらの再エネ発電プロジェクトは、同量の火力発電を導入するコストと比較して、電力部門のコストを少なくとも年間 60 億米ドル削減することができる。

・2010 年以降 2020 年まで世界全体で導入された再エネ発電のうち、最も安価な火力発電オプションと比較してさらに低い水準の発電コストであったものの累積値は合計で 644 GW である。2016 年以前はこれらのほとんどすべてが水力発電で占められていたが、それ以降は陸上風力と太陽光発電が含まれるようになった。この 644GW の再エネ発電のうち 534 GW が新興経済国で導入され、2021 年にはこれらの国での電力システムのコストを最大 320 億米ドル削減できたと推計される（ライフタイム全体では割引率ゼロで算定すると 9,200 億米ドルのコスト削減になる）。

・入札または電力購入契約（PPA）による再エネ調達競争入札は再エネのコスト競争力を裏付けている。IRENA 再エネ入札・PPA データベースによると、近年落札されて 2022 年に稼働予定の大規模太陽光プロジェクトの平均価格は 0.04 米ドル/kWh まで低下している（図 3 参照）。これは 2020 年の太陽光発電の世界加重平均 LCOE と比較しても 30%低く、最も安価な火力発電オプションである石炭火力発電所よりも 27%低いコスト水準である。同様に、IRENA 再エネ入札・PPA データベースによると、2023 年の洋上風力の発電コストは欧州で 0.05 米ドル/kWh～0.10 米ドル/kWh の範囲である。このコストレンジの下限は、欧州の多くの卸電力市場における電力価格と洋上風力プロジェクトが競合できることを示唆している。

図 3 太陽光、陸上風力、洋上風力、太陽熱発電の世界加重平均 LCOE と PPA・入札価格の推移（2010 年～2023 年）



・近年、0.03 米ドル/kWh 未満の非常に低い発電コストのプロジェクト数が増加している。過去 18 か月間で、カタールの 0.0157 米ドル/kWh、UAE の 0.0135 米ドル/kWh、サウジの 0.0104 米ドル/kWh といった太陽光発電の記録的な低コスト入札が実施された。ただし、このような低コストの実現には諸条件のすべてが最良の値である必要がある。

・これらの非常に低コストの太陽光発電は、低コストでの再エネ水素生産の可能性を示唆している。サウジでの最近の入札での太陽光と陸上風力の低価格を仮定すると、水素の潜在的な LCOE は 1.62 米ドル/kg-H₂ まで低下する可能性がある。これは天然ガスからの改質+CCUS による水素製造の仮想的なコスト (1.45 米ドル/kg-H₂~2.4 米ドル/kg-H₂) と比較可能な水準である。

【低コスト再エネは既存の石炭火力発電所を圧迫する】

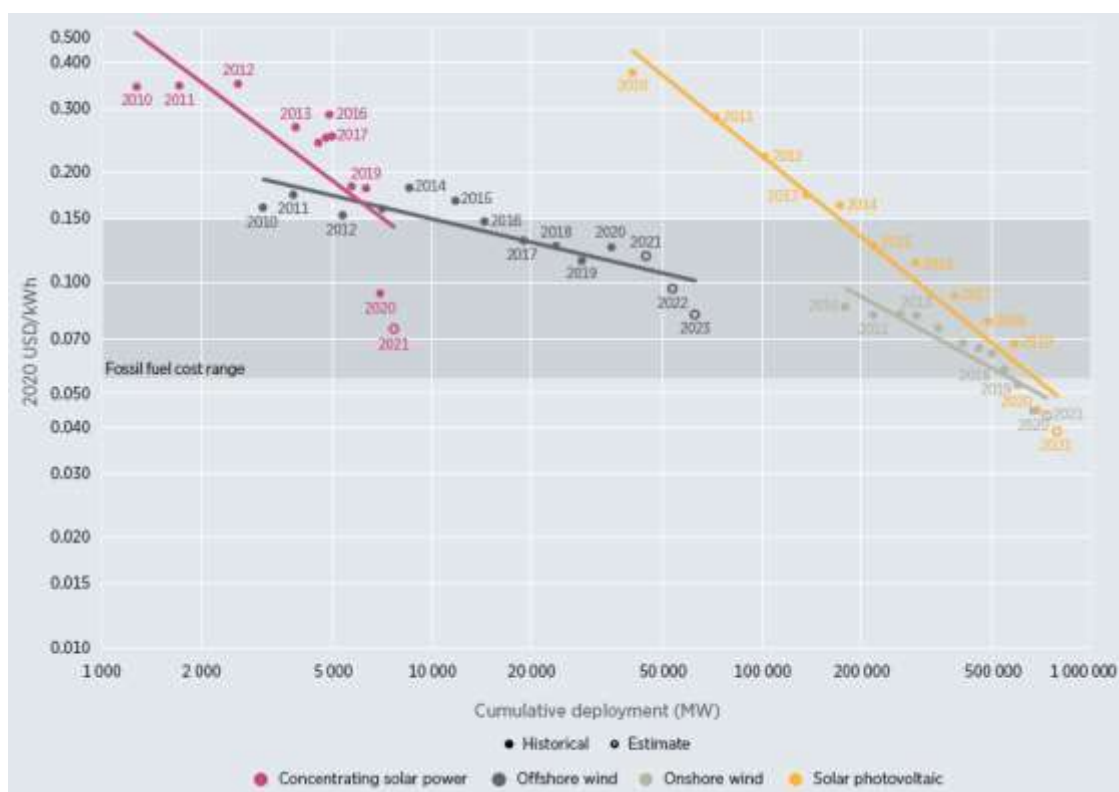
・太陽光と陸上風力発電のコストが低下したため、新規導入の再エネは新規の火力発電所よりも低コストであるだけでなく、既存の石炭火力発電の運用コストと比較しても低コストになりつつある。実際に、2021 年の欧州では、既存の石炭火力発電の運用コストは、新規の太陽光と陸上風力発電のコストをはるかに上回っている。米国とインドにおいては欧州のような炭素価格付けは実施されていないが、それでも再エネ発電のコスト競争力が非常に強いため、既存石炭火力発電所の大部分は太陽光や陸上風力よりもコスト高になっている。石炭火力には柔軟性資源としての価値もあるが、2015 年~2018 年に、米国の系統側蓄電池のコストが 2,152 米ドル /kWh から 635 米ドル/kWh まで 71%減少したことを踏まえると、柔軟な発電を提供する石炭火力の価値も低下している。新規の太陽光・風力発電のコストと、増加する既存の石炭火力発電の運用コストとのギャップの拡大は、CCS を付帯しない石炭火力発電所の早期退出がもたらす経済的便益を正当化し得るとも言える。

【太陽光と風力発電の目覚ましい学習曲線】

・2010 年から 2020 年にかけて観測された太陽光と風力発電のコスト低下は著しい下落率を示した。これは、中期的な再エネ発電技術の競争力に多大な影響を与えるだけでなく、同様の特性を有する他のエネルギー転換技術の進展にもインプリケーションを与える。

・2010 年から 2020 年の 10 年間にわたって、太陽光発電の世界加重平均設置コストと LCOE の学習率 (累積量が倍増するに伴って単位コストが低下する比率) はそれぞれ 34%と 39%と非常に高い値 (図 4 参照) で、かつ両者は比較的近い値を示した。これは LCOE の低下に対する設置コスト削減の重要性を示唆している。

図4 太陽光、陸上風力、洋上風力、太陽熱発電の世界加重平均 LCOE の学習曲線



・これに対して、陸上風力の場合は、2010年から2019年のLCOE学習率は32%で、設置コストの学習率（17%）と比較して2倍弱の乖離が推計された。洋上風力や太陽熱発電にも同様の乖離が観測された。これは、太陽光発電の場合と比較して、LCOEの低下に対する設置コスト低下の影響が小さいことを示唆している。換言すれば、太陽光発電以外の再エネの場合は、設置コスト以外にも設備利用率の向上といった他のファクターがLCOEの低下に貢献していることを意味する。

5. IEA “Hydropower Special Market Report”

IEE 2021年 調査報告書

IEE
JEPRI

IEA『Hydropower Special Market Report』の概要

2021年7月

一般財団法人日本エネルギー経済研究所



Hydropower Special
Market Report

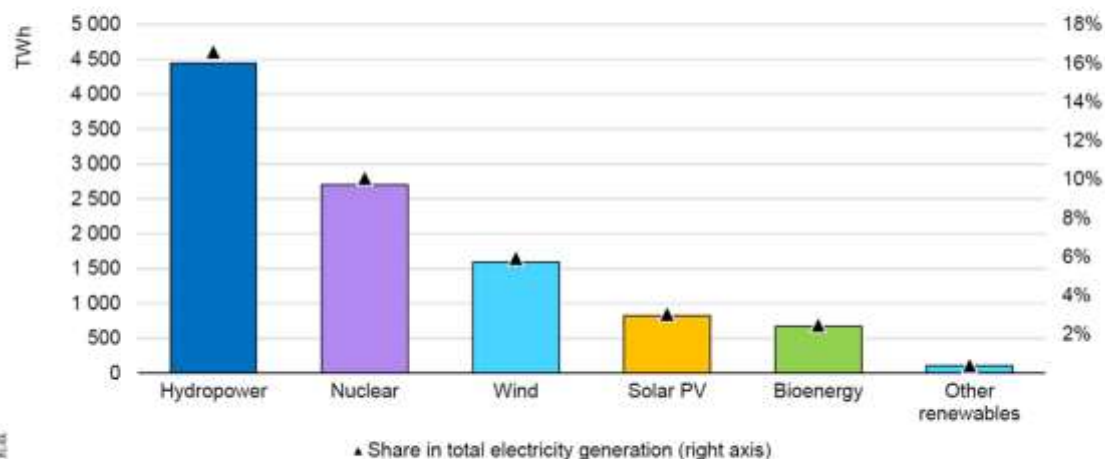
Analysis and forecast to 2030

水力発電は長く忘れられている巨大な低炭素電源である

- 水力発電は低炭素発電の半分を供給するバックボーンである。水力発電の貢献度は、原子力の55%より高く、風力、太陽光発電、バイオエネルギー、地熱等他のすべての再生エネの合計よりも大きい。2020年には、水力発電は世界の発電量の6分の1を供給しており、これは、石炭と天然ガスに次いで3番目に大きな電力源であり、最大の低炭素電源である（2ページの図を参照）。
- 過去20年間で、水力発電の発電容量は世界全体で70%増加したが、同時期に、風力、太陽光発電、石炭、天然ガスの成長により、総発電量に占めるそのシェアは変化していない。しかし、先進国では、発電に占める水力発電のシェアが低下し、発電設備の老朽化も進んでいる。北米の平均的な水力発電所はほぼ50年を経過しており、欧州でも平均45年である（8ページの図を参照）。これらの老朽化した発電設備群が、今後数十年にわたって持続可能に電力システムの維持に貢献できるように近代化を必要としている。
- 水力発電は、電力システムの柔軟性とセキュリティにも大きく貢献している。多くの水力発電は、原子力、石炭、天然ガスなどと比較して、発電量の迅速な変動やスムーズな停止・再起動も可能である。水力発電は、需要に対応して大量の低炭素電力を供給する能力を備えているため、安全でクリーンな電力システムを構築するための重要な資産と見なすことができる。今日、水力発電は世界の柔軟な電力供給能力のほぼ30%を占めているが、一層多くの電力を供給する可能性を持っている（10ページの図を参照）。

2020年世界の低炭素電源の発電量（左軸）とそのシェア（右軸）

- 水力発電は1990年代には世界の発電量の17～19%程度を占めていたが、その後、風力、太陽光、天然ガスの発電容量が増加した結果、2000年代初頭以降そのシェアは17%前後に低下している。



IEEJ © 2021 年。資料提供先

2

持続可能性に関する標準化は水力発電のポテンシャルを開発するために不可欠

- 世界の水力発電の経済的ポテンシャルは特に新興国と発展途上国において特に高く、全体の60%を占めるがその多くは未開発である。発電のLCA全体で見ると、水力発電は発電量あたりのGHG排出量が最も少ない電源であり、かつ複数の環境上の利点を有する。
- 水力発電のポテンシャルを持続可能に実現化するためには政府が重要な役割を担う。投資家の信頼と社会受容性を高めるには強力な持続可能性基準と対策が必要である。現状の水力発電所の環境アセスメントは、非常に長期で費用がかかり、リスクが高く、投資を妨げている。
- そこで、水力発電プロジェクトを実行可能にするために、明確で広く受け入れられる持続可能性基準を確立して、それへ準拠していることを示すことで受容性を高めることが必要となる。水力発電プロジェクトが厳格なガイドラインとベストプラクティスに準拠していることを確認することで、社会的、経済的、環境的利点を最大化しながら、持続可能性のリスクを最小化することができる。このアプローチにより、プロジェクトのリードタイムも短縮できる。

IEEJ © 2021 年。資料提供先

3

大規模な投資を水力発電に呼び込むために収益の可視化を高めることが重要

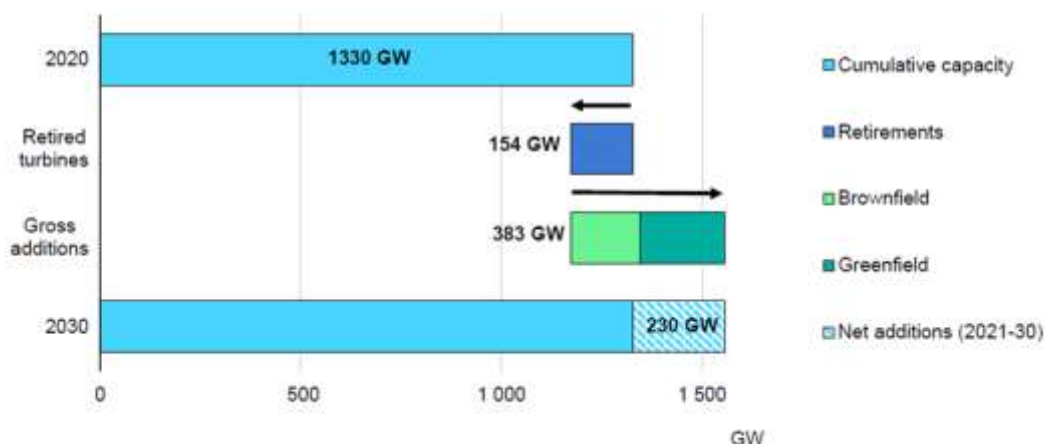
- ❑ 将来の収入を確実にする政策措置によって、投資リスクを低下させ、水力発電プロジェクトの経済的実行可能性を確保することができる。1950年代以降、垂直統合型あるいは自由化市場いずれの電力市場においても、水力発電所の90%以上が電力購入保証または長期契約を通じて確実な収益が保証される条件下で開発されてきた。
- ❑ 現在、複雑な許認可手続き、環境面及び社会面の受容性、長期に及ぶ建設期間に伴う諸課題が水力発電への一層高い投資リスクとなっている。先進国では、電気料金下落と長期的な収益の不確実性により、水力発電所のビジネスケースが悪化している。
- ❑ 特にリードタイムが長い大規模な水力発電プロジェクトの長期的収益の可視化は、資金調達コストを大幅に削減し、プロジェクトの実行可能性を高め、投資を促進することができる。長期的収益の可視化は民間部門が投資に関与している場合に特に重要である。

大きな政策変更がなければ世界的な水力発電の拡大はこの先10年で減速

- ❑ 世界の水力発電容量は、2021年から2030年の間に17%（230GW）増加すると推定される（6ページの図を参照）が、これは過去10年間と比較して23%減速した水準である。この減速は、中国、南米、欧州でのプロジェクト開発の減速に起因している。ただし、アジア太平洋、アフリカ、中東での成長の加速が減少を部分的に相殺している。
- ❑ 中国は2030年まで世界最大の水力発電の単一市場であり続けると見込まれており、発電容量増加の40%を占めると見られる。しかし、2001年から2010年の間に世界の6割を占めるピークを迎えて以来、世界の水力発電の追加に占める中国のシェアは低下傾向である。
- ❑ 中国の水力開発のペースは環境影響に対する懸念の拡大と大規模プロジェクトの適地の減少により減速している。世界で2番目に大きな成長市場であるインドでは、新しい長期目標と財政的インセンティブの発動により、これまで停滞していた多くのプロジェクトが開発されるものと予想される。
- ❑ 電力需要増加と近隣国への電力輸出の拡大は、東南アジアとアフリカでの水力発電の拡大を加速させている。ラオスとネパールは、電力を輸出するための水力プロジェクトを開発している。サハラ以南のアフリカは、未開発の可能性が大きく、低コストで電力アクセスを増やす必要があるため、今後10年間で水力発電容量を大きく成長させると予想される。これまで南米の生産能力の拡大を推進してきたブラジルの水力開発は、経済的適地の減少、多様化の必要性、環境問題のために減速している。
- ❑ 欧州では、主としてトルコの水力開発が今後数年間の容量拡大をリードすると予想される。北米では、米国への電力輸出の増加がカナダの未開発の水力発電の開発を促進すると考えられる。

2030年までの水力発電容量の増加予測（世界全体、標準ケース）

- 水力の発電容量は2020年の1,330GWから2030年には230GW増加する見込み（2020年比で17%増）
- 新設・更新が383GWに対して廃止も154GWあるため、相殺されてネットで230GWの増加となる見込み



IEEJ(2021)年 世界水力発電

6

信頼性が高く柔軟な電源を維持するには老朽化した水力発電所の近代化が必要

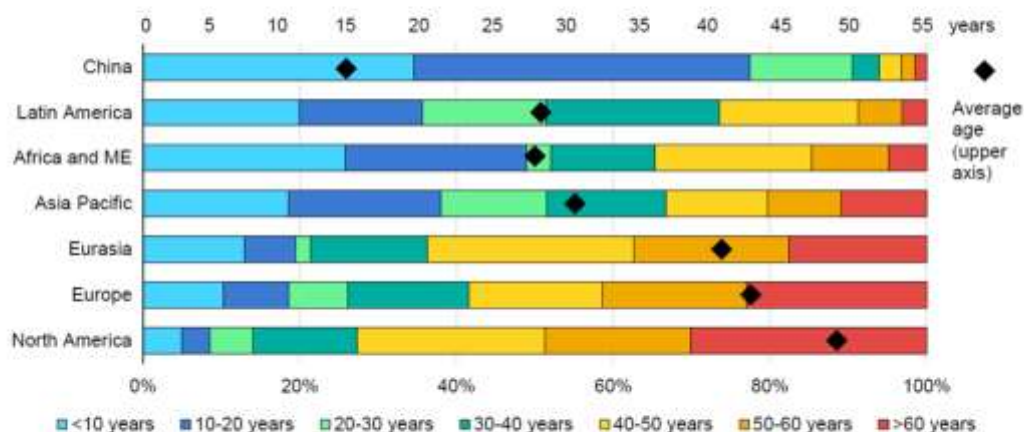
- 2030年までに、主に先進国の老朽化したプラントの補修・更新に対して1,270億米ドル（＝世界の水力発電投資の約1/4）が投入される。2030年までの水力の発電容量増加の45%は、タービンの交換、アップグレード、容量追加等既存のインフラをベースとしたものになる。
- 北米と欧州では、既存のプラントの更新作業が今後10年間の水力への投資のほぼ90%を占めると予測される。こうしたプラント更新への支出によって、全体として、世界の水力発電への投資額は過去10年間で概ね同じ水準で安定している。しかし、世界の水力発電の更新ニーズを満たすのに十分ではない。2030年までに、世界の水力発電設備の20%以上が、電気関連設備の大幅入れ替えが必要になる55年を経過すると予想されている（8ページの図を参照）。
- しかし、この設備の大幅入れ替えは、老朽化した水力発電の「柔軟性」を高めるための貴重な機会となり得る。世界中のすべての老朽水力発電設備の更新には、2030年までに3,000億米ドルの投資が必要になるが、これは現在予想されている投資額の2倍以上に相当する。長期的な収益の予見性が限られていること、機器交換に必要な投資額が巨額になることから、資金確保が困難になる可能性がある。
- 各個別の水力発電所の契約上の取り決めと所有権モデルは、発電所の近代化に必要な資金調達が可能かどうか、またいつ更新が実施できるかを決定する重要な要素になる。

IEEJ(2021)年 世界水力発電

7

水力発電設備の運転開始からの経過年数（世界エリア別、2020年時点）

- 欧州や米国では50年を超える老朽化した水力発電設備が全体の40～50%を占めており、2030年にかけて多くの設備で更新時期を迎える



IEA. All rights reserved.

Note: ME = Middle East.

8

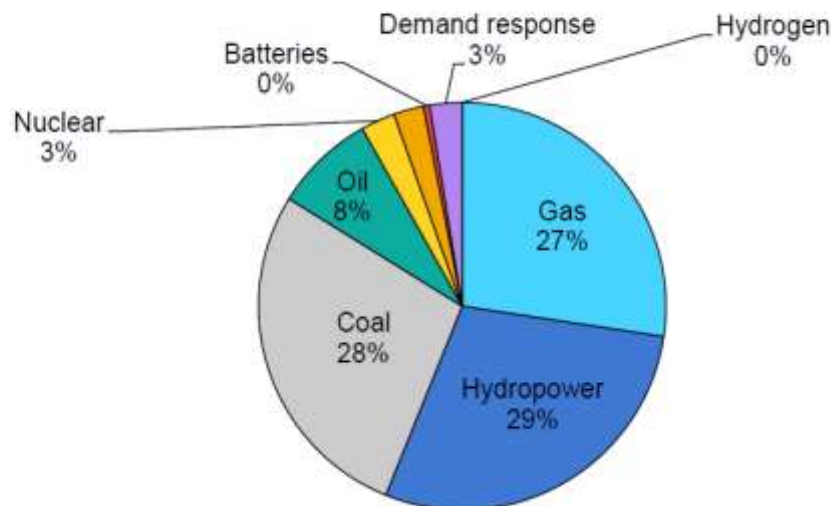
水力発電の柔軟性は風力と太陽光発電を電力システムに統合するために重要

- 貯水池・揚水式の水力発電の柔軟性と貯蔵能力は、他のどの技術とも比較できないほど大きい（10ページの図を参照）。VREのシェアが高くなると電力システムの柔軟性ニーズが高まる。運用コストが低く、貯蔵容量が大きい既存の貯水池式水力発電は、今日最も安価な柔軟性資源である。今回、IEAは初めて、世界中の水力発電ダムに貯留された水の莫大なエネルギー価値を推定した。
- 既存のすべての一般的な水力発電所の貯水池を合計すると、合計1,500TWh（EUの年間電力需要のほぼ半分に相当）の1サイクル分の電気エネルギーを蓄積することができる。これは、世界中の揚水発電所の現在保持できるエネルギー量の約170倍であり、EVを含むすべての蓄電池容量の約2,200倍である。
- 蓄電池と並んで、揚水発電所は将来にわたって電力貯蔵容量の主要な供給源であり続けると考えられる。新規プロジェクトによる世界の揚水発電容量は、2030年までに7%増加して9TWhになると予想される。この増加に伴い、2030年までにEVを含む蓄電池が10倍以上に拡大するにもかかわらず、揚水の蓄エネルギー容量は蓄電池よりも大幅に高い状態が維持される。
- 揚水発電のビジネスケースの開発は依然として非常に困難である。揚水発電と蓄電池技術は将来の電力システムにおいてお互いの補完性を一層強め、それぞれが様々なタイムスケールに対応する費用効果の高いストレージソリューションを提供することになる。ただし、揚水発電所は設備規模が大きく資本集約的であるため、投資リスクが蓄電池よりも高いと見なされており、必ずしも十分な報酬が得られるとは限らない。揚水発電への新規投資の経済的魅力は、長期的な報酬の欠如、柔軟性サービスの低価格化、電気料金の不確実性によって減退させられている。

9

2020年世界の電力システム柔軟性資源のシェア（時間単位ランピング対策用）

- 水力発電は柔軟性資源の29%を占めて最も大きなシェアを占める
- 今後拡大が期待される蓄電池は柔軟性資源としては2020年時点で1%以下である



IEEJ © 2021 年。資料提供先

10

ネットゼロ目標を達成するには水力発電に対する強い政策的関心が必要

- 政府が一層迅速に諸課題に適切に対処すれば、世界の水力発電容量を2030年までに（標準ケース比で）40%増加させることが可能である。新興国と発展途上国では、譲許的融資へのアクセス拡大と官民パートナーシップなど新たなビジネスモデルの導入により、一層迅速な成長が可能になる。
- 許認可プロセスの合理化を通じて、環境・社会面での悪影響への懸念によるプロジェクト遅延が最小限に抑制できれば、特にアジアと南米での一層速い成長が可能になる。
- 先進国では、電力市場を設計変更したり、収益の確実性を高める政策を導入することで、揚水発電プロジェクトの成長を後押しすることが可能となる。展開を加速するためのこれらの取り組みは、高い持続可能性基準を維持する方法で実行する必要がある。
- 2050年までに世界全体でネットゼロ排出を実現するには、水力発電の野心度を大幅に高める必要がある。このレポートで提示された加速ケース（標準ケースに対して水力の発電容量が40%増）の見通しは実装段階での政策の改善をベースとしているが、2050年ネットゼロ実現には、水力発電容量を本レポートでの加速ケース比でさらに45%高くする必要がある。そのためには、はるかに強力な包括的な政策アプローチが必要となる。

IEEJ © 2021 年。資料提供先

11

6. IRENA “Renewable Energy and Electricity Interconnections for a Sustainable Northeast Asia”

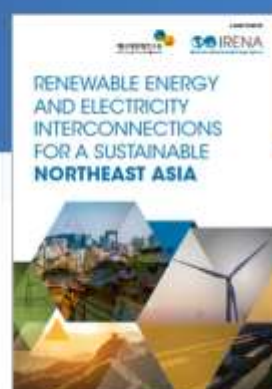
IEE 2021年 調査報告書



IRENA 『Renewable energy and electricity interconnections for a sustainable Northeast Asia』 の概要

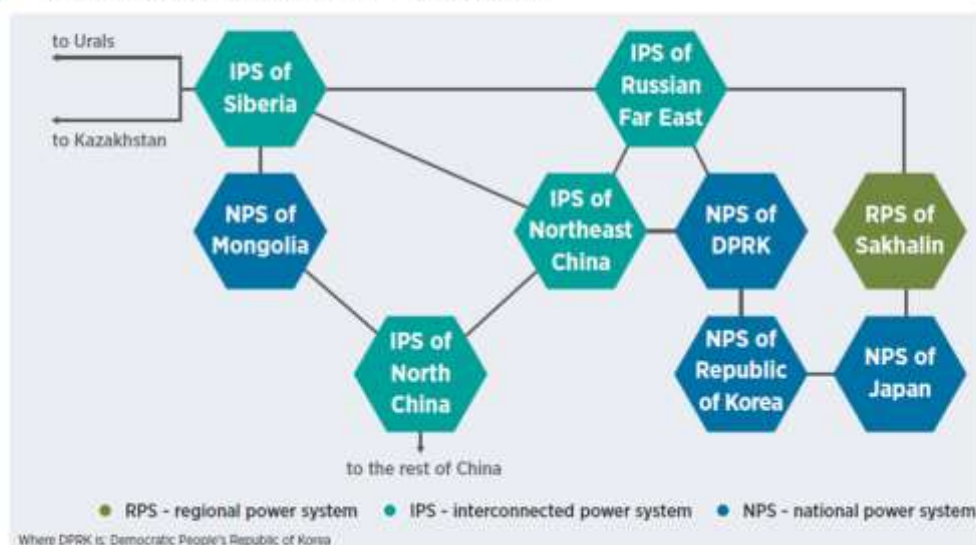
2021年7月

一般財団法人日本エネルギー経済研究所



本報告書の目的

- IRENAとKEEI（韓国エネルギー経済研究所）との共同で作成された本報告書は、北東アジア全体での国境を越えた電力系統の相互連係と再生エネルギーへの投資を通じて、北東アジア地域の再生エネルギー市場創出の促進を目的とするもの
- 北東アジア地域の国際連係のイメージは以下の通り



北東アジア地域における国際関係の提案例



IEEJ © 2021 年 財団法人 国際関係

2

再エネ開発を北東アジア相互接続に向けた政治的議題の中心に

- ❑ 中国、韓国、日本の首脳によるカーボンニュートラル宣言によって、北東アジア地域の国々は国際関係線の相互接続計画の中心として再エネの展開を強く進めることができるようになった。
- ❑ 中国、日本、韓国は気候変動対策として再エネの輸入に関心がある一方で、モンゴルやロシアは大規模な再エネ資源に恵まれているという共通の利益がある。この共通利益によって、エネルギー安全保障と電力系統相互接続に対する政治的障壁を軽減させることができる。
- ❑ 北東アジアの相互接続に関する既存の研究の多くは再エネの可能性を十分に反映していない、あるいは急速な再エネコスト低下が想定されていない。北東アジア諸国の新しい再エネ政策とコスト低下、そして、ネットゼロ排出に向けた石炭火力の減少可能性を反映させた新たなモデル分析が必要である。
- ❑ 北東アジアにおけるVRE増加に伴って必要となる調整力の賦存調査と系統状況の分析が不可欠である。

IEEJ © 2021 年 財団法人 国際関係

3

電力系統構成に関する各国間の統一的合意が将来のステップとして必要

- 既存研究が様々な系統の構成と系統の相互接続を提案しているが、その多くは、地域全体としての望ましい系統開発を「客観的な位置」から模索するのではなく、特定の国家の視点から書かれている。研究コミュニティは、次のステップと将来の行動のための共通基盤として、北東アジア地域の最適な電力系統構成についての各国間の統一的な見解を模索する必要がある。
- 系統開発についての統一的見解は、意思決定者と資金調達者の間の北東アジア諸国間の系統相互接続の考え方を促進する上でも効果的である。最適な系統ルートを探る研究や提案は、統一された基本的見解が共有されていれば、投資決定者による容易な比較が可能となる。北朝鮮内を経由する系統ルートは非常に複雑な政治的な開発が必要とされるため、長期的テーマとして取り組むことが必要だろう。
- 各国間で統一された系統開発の基本計画が特定できれば、再エネへの投資を考慮しつつ、個々の系統接続点の詳細、例えば、水力・風力・太陽光の資源賦存量、送電線、託送料金、国境間の市場取引に関する調査を実施することが容易になる。
- 参加国間の政治的支援は、国際機関とともに、系統開発プロセスの信頼性を構築し、北東アジア地域への将来の投資を促進するのに役立つ。

IEEJ © 2021 年。無断複製禁止。

4

各国の既存国内電力市場が国際関係のベースとなり得る

- 物理的な国際送電線を通じて、各国国内電力市場における供給過剰と供給不足をリンクすることで地域電力市場は地域を包括する上部構造として運用される。
- 地域電力市場の実例としては、中米諸国のSIEPAC（Central American Electrical Interconnection System）と西アフリカ諸国のWAPP（West African Power Pool）が挙げられるが、各国の国内市場の規制の在り方の大きな変更を求めているという点において、SIEPACが北東アジアの国際関係の一つの理論的なモデルとなり得る。SIEPACでは、参加国にとって有益であると考えられる場合には、必要に応じて、地域電力市場への統合を各国の判断で深化させることができる。また、市場の流動性を保証するために、すべての参加国に物理的な国際関係の存在とすべての国に多数の市場参加者がいることを前提条件として要求している。
- 北東アジア地域の地域電力市場開発の将来の道筋を探る際には、地域各国の確立された国内電力市場から得られる可能性を十分に探求することが重要である。韓国、日本、ロシアの一部（シベリア地域）には既に競争的な電力市場が形成されている。また、中国も内モンゴル自治州と山東省を含む多くの省レベルでの実験的競争市場が開設されていて、これらの省はモンゴルや韓国との国際関係点となり得る。
- 地域レベルの国際関係計画は、各国の既存の電力市場内の機会を特定し、それらの市場に合わせた現実的なソリューションに焦点を当てた形式とする必要がある。
- 統一された北東アジア地域市場の理想を追求することは現段階では現実的ではない。むしろ各国の既存競争市場における機会とビジネスケースを特定することに焦点を当てることが望ましい。電力の輸入業者と輸出業者が双方の電力取引所での市場参加が認可されている場合、国境を越えた協力を有機的に開始することができる。
- 北東アジアには中国や韓国等排出量取引が導入されている国がある。国境を越えた電力取引を計画する際には、排出量取引による再エネや火力の発電量の競争力に影響を特定し、必要な措置を講ずる必要がある。

IEEJ © 2021 年。無断複製禁止。

5

北東アジア地域のニーズを踏まえて制度設計された新しい機関の設立

- 将来の地域市場のメカニズムは、第三者のフリーアクセスが保証され、需給の入札を組み合わせた競争市場に基づくものになる。この市場目的のために、SIEPACやWAPPでは、地域レベルの規制、TSOの指名、市場運営、政治的監視を行う地域機関（Regional institutions）を設立している。
- 対照的に、Nord Pool電力市場では、エネルギー供給や備蓄、各国のエネルギー資源の最適利用のための伝統的な協力関係の上に設立されたため、電力システム統合の初期段階は各国のTSOによって自己統治されていたが、次第に欧州の他地域と統合され、EUレベルの制度と規制によって管理されるに至っている。
- しかし、SIEPAC、WAPP、Nord Poolの実例は北東アジア地域での国際関係には直接応用できない。北東アジア諸国は国際電力取引に関心を示しているが、多国間規制を伴う統一地域市場への積極的願望は表明されていないこと、地域の相互接続性の開発を促進する地域の経済協力メカニズムが欠落していること、北東アジア地域での国際関係に関する明確なビジョンが共有されていないこと等がその理由である。
- 北東アジア地域では、共有できるビジョンの形成を主導する地域機関の設立に可能性がある。その中で、計画と研究の調整、優先投資の特定、ビジネスケースの開発を促進することもできる。対話を維持してゆく中で、望ましい将来の地域の電力システムの形成と再エネ拡大への基礎となる投資について、より統一された見解を形成を模索することができるだろう。
- SIEPAC、WAPP、Nord Poolの事例は、政府とTSOの双方が地域の相互系統接続の積極的な推進者となる必要があり、各国のTSOが、国際関係が制度化される以前から既に積極的に地域の系統相互接続性の開発を行ってきたことを示している。

7. IRENA “Tracking SDG 7: The Energy Progress Report (2021)”

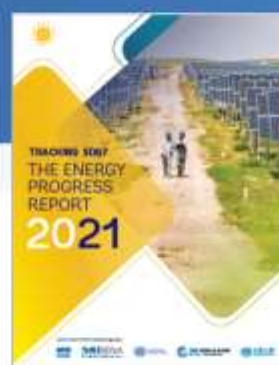
IRENA 2021年 要約版



IRENA 『Tracking SDG 7: The Energy Progress Report (2021)』 (再エネ部分) の概要

2021年7月

一般財団法人日本エネルギー経済研究所



SDG7とは、

- SDG7ゴール：すべての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する。
- SDG7ターゲット
 - 7.1 2030年までに、安価かつ信頼できる現代的エネルギーサービスへの普遍的アクセスを確保する。
 - 7.2 2030年までに、世界のエネルギーミックスにおける再生可能エネルギーの割合を大幅に拡大させる。
 - グローバル指標：7.2.1 最終エネルギー消費量に占める再生可能エネルギー比率
 - 7.3 2030年までに、世界全体のエネルギー効率の改善率を倍増させる。
- 7.a 2030年までに、再生可能エネルギー、エネルギー効率及び先進的かつ環境負荷の低い化石燃料技術などのクリーンエネルギーの研究及び技術へのアクセスを促進するための国際協力を強化し、エネルギー関連インフラとクリーンエネルギー技術への投資を促進する。
- 7.b 2030年までに、各々の支援プログラムに沿って開発途上国、特に後発開発途上国及び小島嶼開発途上国、内陸開発途上国の全ての人々に現代的で持続可能なエネルギーサービスを供給できるよう、インフラ拡大と技術向上を行う。

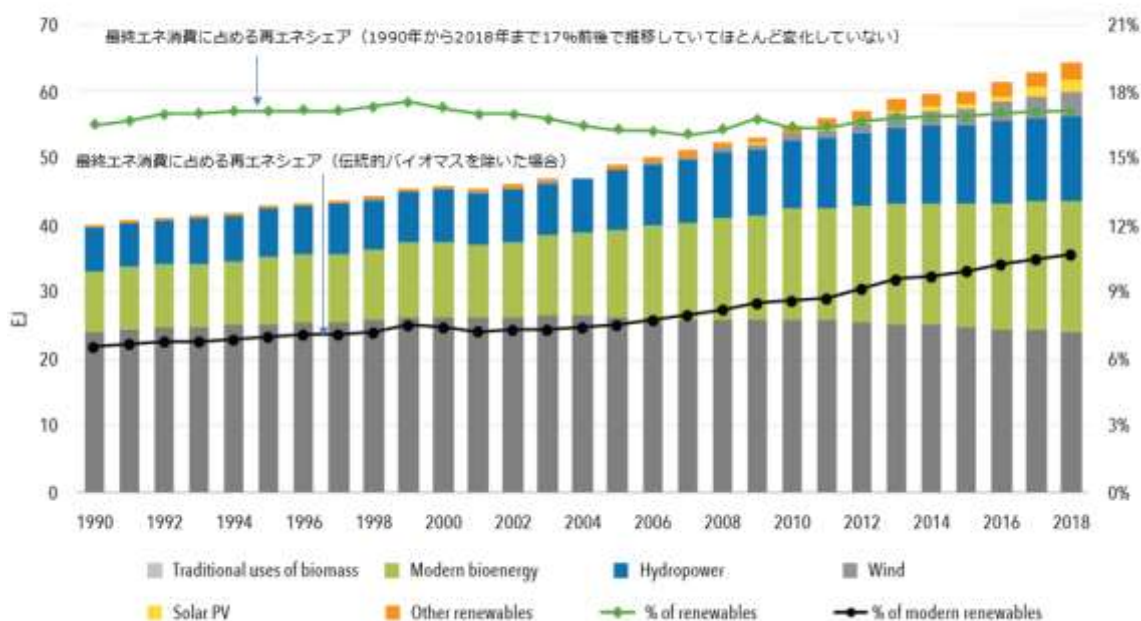
世界最終エネ消費量に占める再エネシェアは過去10年間ほとんど変わっていない

- 再エネは過去10年間で前例のない発展を遂げており、毎年の年間成長率は予測を上回ってきた。しかし、そのような大きな進歩にもかかわらず、世界の最終エネルギー消費量に占める再エネのシェアは過去10年間でほとんど変わらなかった（2010年16.4%→2018年17.1%：3ページの図参照）。他方、再エネから伝統的バイオマスを除くと、再エネの最終エネ消費に占めるシェアは、過去10年間で2.5パーセントポイント増加した。
- 他方、再エネから伝統的バイオマスを除くと、再エネの最終エネ消費に占めるシェアは、過去10年間で2.5パーセントポイント増加した。途上国で多く消費されている伝統的バイオマスの減少と太陽光・風力等の近代的再エネの増加という相反する動きが同時進行していることが示唆されている（4ページの図参照）。
- 2018年の最終エネルギー消費に占めるバイオマスを含む再エネのシェアは17.1%で、前年2017年とほぼ同じであった。2017年から2018年にかけて再エネは増加したものの最終エネ消費全体が同じ割合（+2.1%）で増加したためである。
- 最終エネルギー消費全体を見ると、電力部門は再エネシェアの大きな増加が続いているが、運輸と熱部門にはほとんど進捗が見られず、これが最終エネ消費全体での再エネシェアが伸び悩む主因となっている（5ページの右図参照）。
- これらの世界的な状況は、エネルギー効率改善を通じてエネルギー消費を抑制しながら、電力だけでなく、輸送と熱の最終エネ消費に対して再エネ導入をスケールアップすることの重要性は明らかである。

IEE/C2021年 第10版改訂

2

再エネ消費量と最終エネ消費に占める再エネシェアの推移（1900-2018）

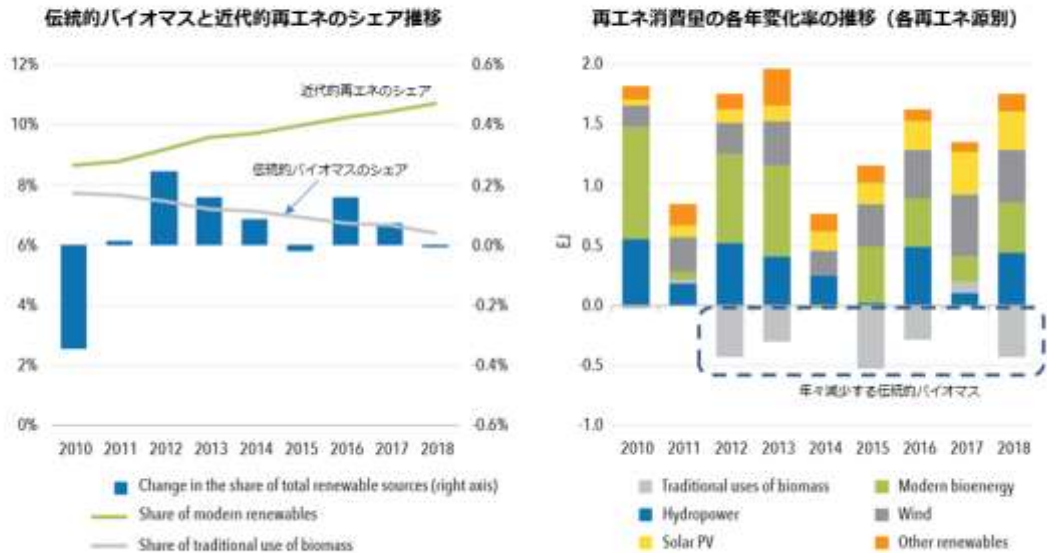


IEE/C2021年

3

同時進行する伝統的バイオマスの減少と太陽光・風力等の近代的再エネの増加

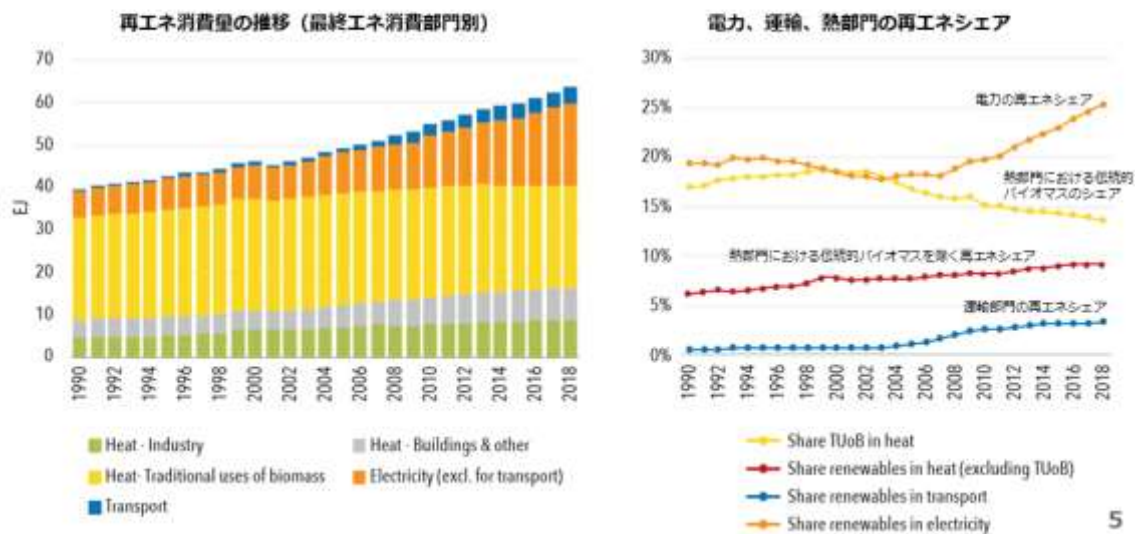
IEEJ©2021年 資料提供



4

最終エネ消費のうち、運輸と熱部門での再エネシェアの大幅拡大が必要

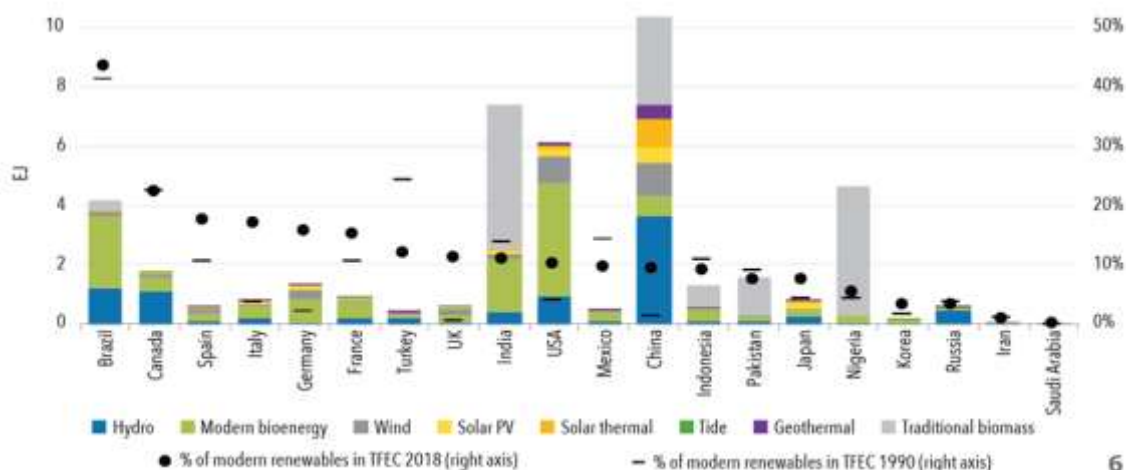
- ❑ 電力の再エネシェアは大きく成長しており、2017年24.7%から2018年25.4%に上昇した。再エネ電力は、世界の近代的再エネ消費量のほぼ半分を占め、年間増加量の4分の3を占めている。
- ❑ 熱部門の再エネシェアは22.8%で、その6割を占める伝統的バイオマスは減少傾向である。伝統的バイオマスを除くと、再エネ増加率は熱需要全体の増加率と同じ年1%のため再エネシェアは不変。
- ❑ 運輸部門の再エネシェアは3.4%と最終エネ消費部門の中で最も低い。その大部分はバイオ燃料だが、EVや電車の普及により再エネ電力の利用も次第に増加してきている。



5

2018年再エネ消費量上位20カ国の最終エネ消費における再エネシェア (1990年黒線と2018年黒ボツ：右軸目盛り)

- 国レベルで見ると、最終エネ消費に占める再エネシェアは、資源賦存量、政策支援、エネルギー効率、消費パターン等がエネルギー需要に与える影響に応じて大きく異なる。
- 最終エネ消費量の上位20か国中、ブラジルとカナダの再エネシェアはそれぞれ47%、22%と上位を占めた。両国では電力を水力に、熱と輸送をバイオエネルギーに大きく依存しているからである。
- 風力および太陽光発電は、ドイツ、英国、スペイン、米国で最大の再エネ発電源で、発電の再エネシェアが43%~70%である。
- 2017年から18年にかけてインドネシアの再エネ消費量は、主にバイオエネルギー使用量の大幅な増加により、最終エネ消費量上位20か国の中で最大の成長率（約60%）を記録した。



8. IRENA “Benchmarking Scenario Comparisons: Key Indicators for the Clean Energy Transition”

IEE 2021年 調査報告書



IRENA 『Benchmarking Scenario Comparisons: Key indicators for the clean energy transition』 の概要

2021年9月
一般財団法人日本エネルギー経済研究所



本報告書の焦点

- 本報告書は、世界の各研究機関が公表している複数の長期エネルギーシナリオの比較研究を行ったIRENA専門家ワークショップでの議論をまとめたものである。
- 各エネルギーシナリオの仮定と結果をベンチマーク化し、シナリオのアウトプットの信頼性を高め、エネルギー転換を検討している政策立案者の洞察の確実性を高めることがその目的である。
- 複数のエネルギーシナリオの比較は以下に有用である。
 - 複数のシナリオで収斂している、あるいは乖離している背景を理解
 - 各シナリオの持つ指標、説明、価値観の比較可能性を向上
 - 政策立案者の立場からシナリオ間の類似性とトレードオフを特定
 - 異なる枠組みからの様々なシナリオ結果の洞察
- 今回比較対象とされた各長期エネルギーシナリオの詳細（機関名、公表年、スコープ、エリア等）は次頁の一覧の通り。

比較対象とした世界14機関作成の長期エネルギーシナリオ

シナリオ名称	作成機関名	スコープ	対象エリア	公表年
Towards net-zero emissions in the EU energy system by 2050	EU-JRC	エネルギーシステム	EU	2020
Energy Outlook 2020	bp	エネルギーシステム	世界全体	2020
Comparison of three fundamental "2050" studies on the feasibility of the energy transition in Germany	Energy Systems for the Future (ESYS), the Federation of German Industries (BDI) and the German Energy Agency (dena)	エネルギーシステム	ドイツ	2018
Comparing Long-Term Energy Outlooks 2020	BloombergNEF (BNEF)	エネルギーシステム	世界全体	2021
The curious case of the conflicting roles of hydrogen in global energy scenarios	University of Bath	水素	世界全体	2020
Variable Renewable Energy in Long-Term Planning Models: A Multi-Model Perspective	National Renewable Energy Laboratory (NREL)	電力	米国	2017
Intermodel comparison North American Energy Trade and Integration (EMF 34)	Energy Modelling Forum (EMF)	エネルギーシステム	北米	2020
IAMC 1.5° C Scenario Explorer	Institute for International Applied System Analysis (IIASA)	エネルギーシステム	世界全体	2018
Pathways towards a fair and just net-zero emissions Europe by 2050: Insights from the EUCalc for carbon mitigation strategies	Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK)	エネルギーシステム	EU	2020
A comparison of key transition indicators of 2° C Scenarios	Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL)	エネルギーシステム	世界全体	2019
The Map Is Not the Territory: New Routes to a 1.5° C Future	Rocky Mountain Institute (RMI)	エネルギーシステム	世界全体	2019
Global Energy Scenarios Comparison Review	World Energy Council (WEC)	エネルギーシステム	世界全体	2019
IEA-IEF-OPEC Outlook Comparisons Update	International Energy Forum (IEF) in partnership with RFF	エネルギーシステム	世界全体	2020
The Global Energy Outlook	Resources for the Future (RFF)	エネルギーシステム	世界全体	2020

IEE/CQ2021-4: 第四版改訂

2

エネルギー転換に対処するための長期シナリオ比較の改善点

- エネルギー転換の仮定と指標に一層の焦点を当てる必要がある。シナリオ指標のベンチマークから、シナリオ比較研究が検討しているものと政策立案者が必要としているものとの間に大きなギャップが特定された。
- エネルギー転換シナリオの比較では、重要な需要と供給およびその他の指標が欠落していることが見られた。もう1つの重要なポイントは、長期シナリオの比較において、エネルギー転換の限界と技術のトレードオフに関する仮定に焦点を当てる必要性である（次頁の表を参照）。これにより、どのような政策変更が可能であり、政策立案にとってどのようなトレードオフが重要であるかについての理解を深めることができる。

IEE/CQ2021-4: 第四版改訂

3

長期シナリオの比較において焦点を当てる必要がある仮定と指標

	項目	焦点を当てる必要があるシナリオ 仮定
指標	供給	- バイオ燃料の原料 - Power-to-Xのキャパシティ - マテリアルフローの必要量
	需要	- ゼロエミッション車の普及 - 最終エネルギー需要の電力化 - 建築物の暖房システムの在り方 - 消費者の行動変容
	コスト・排出量	- CO₂のリユースと隔離 - 再植林または他の自然による炭素吸収源 - 投資コストと財政ギャップ
仮定	何が可能なのかの限界に対する理解	- 発電以外の再エネは今後どの程度の速度で成長するか - 電力化はどの程度進行するか 「低炭素燃料」はどの程度現実的に供給されるようになるか - 技術の取り込みにおいて消費者が果たす役割は何か - 自然による炭素吸収源はどの程度貢献できるか、あるいは炭素収支にどのような影響を与える可能性があるか - 財政の限界は何か(特に2050年以降の長期の場合)
	技術のトレードオフ	- 電力化VS グリーン水素(グリーンアンモニア等の派生物も含む) - 天然ガス+CCS VS スケールアップした再エネ+蓄電池 - 公共交通機関 VS 個人所有のEV

IEEAG(2021)年 第4版改訂版

4

クリーンエネルギー転換に関するシナリオ比較：主たる類似点と相違点

- 今回の比較によって特定された、複数のエネルギー転換シナリオにおける主たる類似点と相違点は以下の通りまとめられる。

主な類似点	主な相違点
- エネルギー転換のバックボーンとしての(太陽光と風力発電に牽引された)再エネ - 最終エネルギー需要の大規模な電力化 - エネルギーシステムの高度な複雑化 - 迅速な規制対応が必要とされる化石燃料の急速なフェーズアウト - 破壊的な技術の前例のないスケールアップ、そのうち政策的支援が必要なのは： - EVIに牽引される運輸部門の新技術の組み合わせ - 水素が主要なエネルギー商品になり、風力と太陽光の成長に大きな影響を与えること - 建築物の低炭素暖房システム - 継続的な社会的対話を含む統合計画アプローチを通じた投資と大きな構造変革を可能にする必要性 2030年までの中期的な将来見通しに焦点を当てるための長期的なシナリオと政策の必要性	- エネルギー効率改善の進行と最終的なエネルギー需要減少の程度 - 天然ガスとCCSの役割如何 - 電気に由来するカーボンニュートラル燃料が化石燃料に代替する程度 - CO₂除去によって排出量を相殺できる程度 - 破壊的な技術のスケールアップの速度 - SMR(小型モジュール原子炉)の役割

IEEAG(2021)年 第4版改訂版

5

9. IRENA “Offshore Renewables: An Action Agenda for Deployment”

IEE2021年 調査報告書



IRENA 『Offshore renewables: An action agenda for deployment』 の概要（洋上風力関連部分のみ）



2021年9月

一般財団法人日本エネルギー経済研究所

洋上風力の現況

- 2020年末時点で、世界の洋上風力発電の発電容量は34GWを超えて、2019年から6GW増加した。2010年の3GWから約11倍の増加。設置された洋上風力発電容量の70%以上が北海または大西洋のいずれかの欧州である。過去20年間、ベルギー、デンマーク、中国、ドイツ、英国は、世界市場での洋上風力の導入を主導してきた。2020年には中国が3GWを超える洋上風力を導入し、オランダが1.5GW、ベルギー0.7GW、英国0.4GWと続いた。
- COVID-19パンデミックの中で、政策立案者はコスト低下の進む洋上風力の野心的な目標を設定している。EUは2030年に60GW、2050年に300GWの導入を目指すEUグリーンディールの一環としての新しい洋上再生戦略を策定した。欧州では、日本が2040年に45GW導入を目標とする主要な新興市場であり、2030年30GW目標の米国、同12GW目標の韓国、2022年5GW・2030年30GW目標のインドと続く。フランス、日本、スペイン、韓国、米国は浮体式洋上風力の主要な新興市場である。例えば、韓国は2023年に6GWの浮体式洋上風力を目標としている。
- 1.5度目標に沿ったエネルギー転換シナリオでは、2030年までに380GW以上、2050年までに2,000GW以上の洋上風力が全世界で導入されるとIRENAは予測している。
- 洋上風力のLCOEは大幅に低下しており、一部の国では火力発電に比肩するコスト競争力を有している。着床式洋上風力のLCOEの世界加重平均は2020年に0.084米ドル/kWhであった（次頁の図参照）が、2023年までに0.05～0.08米ドル/kWhまでさらに約50%低下するとIRENAは予測している。浮体式洋上風力のLCOEは2020年に0.160米ドル/kWhが2024年までに0.13米ドル/kWhまで低下する見込みである。

洋上風力発電のLCOEは2010年から2020年まで48%低下した

□ 洋上風力発電の世界加重平均LCOEの推移（2010年～2020年）



IEEJ(2021年) 国際風力協会

2

洋上風力分野における新たな技術トレンド

- 超大型の洋上風力タービンの製造：（例）ヴェスタスは15MWの洋上風力タービンを2022年に設置し、2024年に生産を開始すると発表
- 一層の深海域および離岸距離の遠い場所への設置を可能にする浮体基礎：（例）ノルウェーのHywind Tampen浮体式洋上ウィンドファームを海岸から140 km、海深260 m～300mの地点に設置
- 広範囲で活用可能な基礎構造物の使用（汎用性を高めることで資本コストを低減）：（例）コンクリート製の下部構造の使用
- 複合技術による発電：（例）洋上風力発電と浮体式太陽光発電および海洋エネルギー発電との組み合わせ
- 再エネ生産に特化した洋上エネルギーハブ人工島の建設：（例）デンマークでは2つの人工風力エネルギー島を開発中（3GWの第1フェーズは、2033年までに運用可能になり、総投資額は290億ユーロ）
- 直接的および間接的な電化を通じて「ブルーエコノミー*」の各分野に電力を供給し、脱炭素化：（例）スコットランド・オークニー諸島でのグリーン水素生産・貯蔵・輸送・利活用のためのBIG HITプロジェクト
- さまざまな洋上再エネ技術との結合によるグリーン水素生産：（例）ドイツのAquaVentusコンソーシアムは10GWの電解槽を備えており、現在計画されている最大規模の洋上風力グリーン水素プロジェクト
- 実証進行中のAirborne energy（空中風力）エネルギーシステムとの組み合わせ：（例）Skysails Skypower100パイロットプロジェクトがドイツ北部で進行

*ブルーエコノミー：経済成長、生活改善、海洋生態系保全のための海洋資源の持続可能な利用を指す概念で、広義には再エネ、水産業、海上輸送、廃棄物管理、観光、気候変動を含む。

IEEJ(2021年) 国際風力協会

3

洋上風力のブルーエコノミーそしてエネルギー転換への貢献

- 洋上再エネは、電力システムの脱炭素化に加えて、世界のブルーエコノミーの創出とエネルギー転換に大きく貢献する可能性を持っている。これは、各国がパリ協定、NDC、2030年SDGs等国際的な政策目標を達成するのに貢献する。
- 洋上再エネ発電技術の主な貢献は 1)ブルーエコノミーへの貢献 2)島嶼国・小島嶼開発途上国（SIDS）への電力供給 3) 沿岸地域の保全 4)電力システムの脱炭素化 の4点にまとめられる。



IEEJ © 2021 年、環境政策

4

G20に対するリコメンデーション：G20アクションアジェンダ(1)

1. G20閣僚級が洋上再エネの重要性を認識すること：ポストCovid-19状況を踏まえて、レジリエントで持続可能な経済成長のための重要な革新的技術として洋上再エネをG20のアジェンダに加える。
2. G20とIRENAのCollaborative Frameworkとの協力を拡大して、洋上再エネに関連した鍵となるデータを収集・公開すること：G20とIRENA洋上再エネCollaborative Frameworkは、洋上再エネ開発に関する最新情報へのアクセスを容易にすることができる。収集・公表すべきデータは、特に、コスト競争力、政策と規制のベストプラクティス、資源ポテンシャル、環境影響評価である。
3. 明確で長期的な政策の枠組みを打ち立てること：洋上エネルギー技術の明確で長期的な政策の枠組みは、民間の開発者、研究機関、金融関係者に対して前向きなシグナルを発する。着床式洋上風力などの成熟技術の場合、透明性の高い目標の欠如と目的に合致しない既存規制が投資とプロジェクト開発の障害になる。浮体式太陽光や波力・潮力などの初期段階の技術については、長期的な政策目標の設定が商業化への可能性を高める。NDCは、投資額、発電容量の追加、インフラ構築など長期的な目標を適切に目立たせ、国民の意識を高める効果を持つ。
4. 海洋ガバナンス、環境影響、技術基準に関する協力と知見の共有を支援すること：G20各国の専門家が国連海洋法条約、海洋エネルギー技術の国際標準、環境影響評価の国際ガイドラインに関連する国際対話に参加し、G20国から途上国へのノウハウの移転を促進する。

IEEJ © 2021 年、環境政策

5

G20に対するリコメンデーション：G20アクションアジェンダ(2)

5. エネルギー転換と気候の持続可能性に関するG20ワーキンググループに洋上再エネを含めること：ワーキンググループでは、ブルーエコノミーの促進、経済の脱炭素化、GHG排出量の削減、回復力のある持続可能な経済成長の実現のための洋上再エネ技術の役割について、以下の取り組みを通じて、高いレベル（閣僚級）で認識することができる。
 - a) 洋上風力など市場拡大が可能な再エネ技術への国内外投資を促進するための許認可スキーム、ロードマップ、調達プログラムなど政策や規制の枠組みにおけるベストプラクティスの推進
 - b) 複合技術の発電システムや異常気象に耐えうるシステムなど洋上再エネ技術のR&Dへの公共投資の増加
 - c) Airborne energy（空中風力）エネルギーシステムや複合再エネ技術システム（波力＋浮体式太陽光＋波力＋洋上風力）などの未成熟技術の開発を目的とした共同RD&Dプロジェクトの実施
 - d) 洋上風力発電からの水素生産などの革新的な洋上再エネのための官民パートナーシップの促進
6. G20財務トラックにおいて洋上再エネ技術の革新的なファイナンスメカニズムを特定して促進すること：高リスクのために革新的技術の課題は資金確保が困難であることを踏まえて、財務トラックは革新的なファイナンスとリスク軽減メカニズム（助成金、株式、ローン及び技術特定型入札、財政措置、割り当て等）を特定して促進することができる。

10. IRENA “Reaching Zero with Renewables: Biojet Fuels”

IRENA 2021年 政策研究報告



IRENA 『Reaching Zero with Renewables: Biojet Fuels』 の概要

2021年9月

一般財団法人日本エネルギー経済研究所

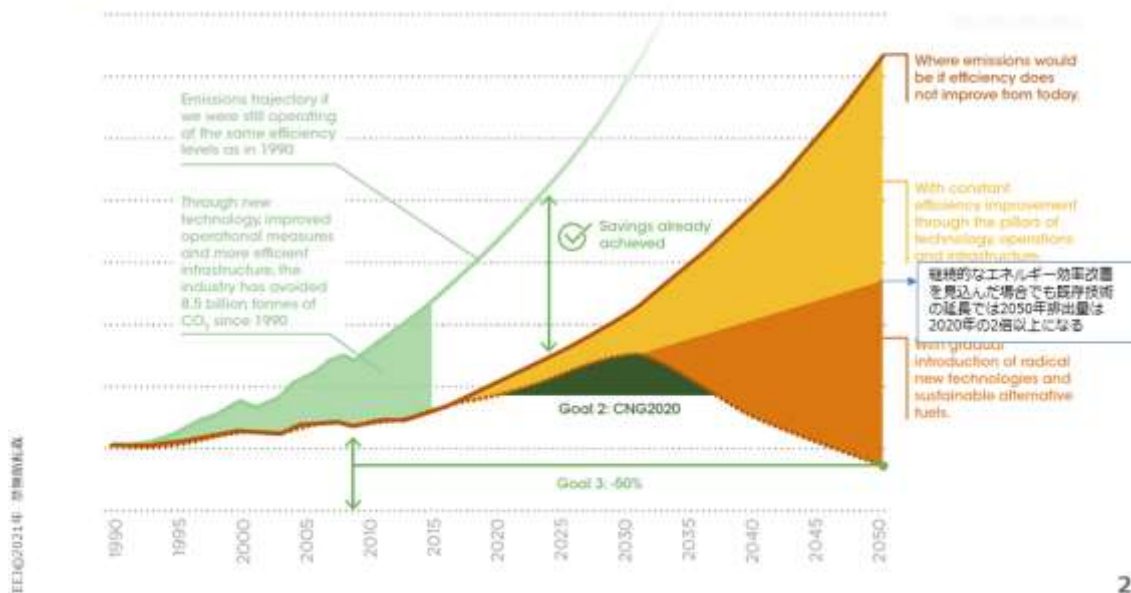


航空部門を取り巻くCO2排出削減とバイオジェット燃料拡大の必要性

- ❑ 2019年に航空部門は世界全体のCO2排出量の2%に相当する9億1500万t-CO2のCO2を排出した。この排出量はBAUシナリオにおいて2050年に倍増すると予測されている（次頁の図参照）。Covid-19の影響で航空部門からのCO2排出量は減少したが、数年以内にはCovid-19以前の水準を超過すると見られる。
- ❑ 航空業界はIATAとATAGを通じて2050年までにCO2排出量を50%削減することをコミットしている。この目標達成には、エネルギー効率改善、持続可能な航空燃料（バイオマスおよび合成原料から製造されたSAF（持続可能な航空燃料）の使用、カーボンクレジットによるオフセット、新技術など複数のアプローチが考えられる。
- ❑ 今世紀半ばまでにネットゼロ排出目標にコミットする国が増えているため（G7国すべてとEUを含む30か国以上）、特にカーボンクレジットによるカーボンオフセットが含まれている場合は、航空業界による50%の排出削減は各国のネットゼロ目標を達成するのに十分に野心的な水準ではない。
- ❑ IRENAは1.5℃シナリオにおいて、航空部門からのCO2排出を2050年までに90%削減する必要があることを示している。この大幅な排出削減のために航空燃料の炭素強度を可及的速やかに低下させる必要がある。大幅な削減には既存航空機の改修、電動化、水素利用といった新技術が必要になる。しかし、新技術が大規模なスケールで普及し大きな排出削減を実現するにはまだ数十年の時間がかかると考えられる。
- ❑ 2020年代と2030年代の早期削減+2050年に向けた深掘りを実現するために、既存燃料からの大幅な削減をもたらすSAF（持続可能な航空燃料）が不可欠である。バイオジェット燃料は、現在利用可能な最も広く認められたSAFである。Power-to-Xを経て生産される合成ジェット燃料は、SAFとして認証されない可能性もあることや高コストのために広がり限定されている。したがって、バイオジェット燃料は、今後10年間で費用効果の高いスケールアップに最も有望なSAFである。

航空部門からのCO2排出量削減ロードマップのイメージ

- 航空部門からの2050年CO2排出量は、技術、運用、インフラを通じた継続的なエネルギー効率改善を見込んだ場合でも、2020年の2倍以上に増加する見込み
- 2050年に向けた大幅な排出削減にはSAF（持続可能な航空燃料）を含む新技術の活用が不可欠

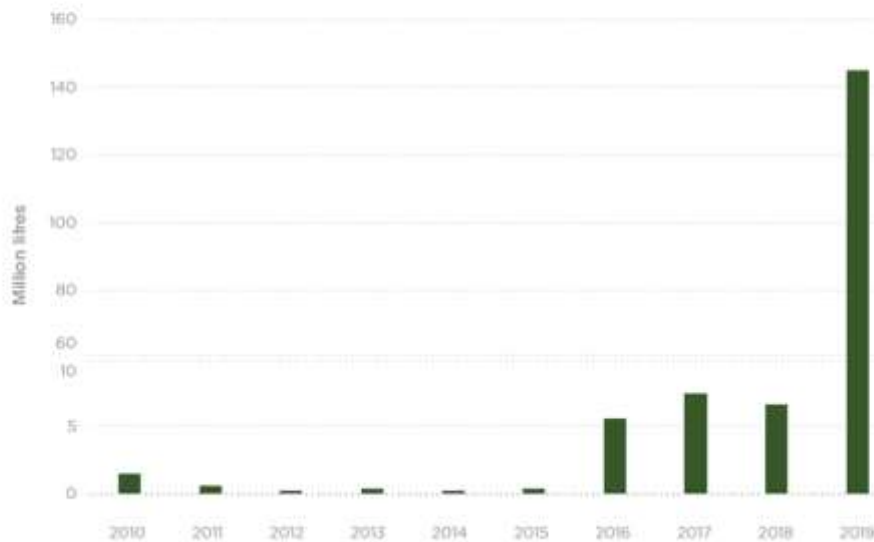


現状のバイオジェット燃料生産

- 現在、ほとんどのバイオジェット燃料は、使用済み食用油などの脂肪、油、グリース（FOG: Waste Fats, Oils and Greases）の水素化処理によって生産されている。その他Alcohol-to-jet燃料、バイオマス・ガス化、フィッシャー・トロプシュ合成などの他の技術は現在のところ少量に過ぎないが、長期的には大量生産の可能性がある。
- 2019年のバイオジェットの生産量は約1億4000万リットルである（次頁の図参照）。2018年の700万リットルから大幅に増加しているものの航空部門全体の燃料消費量の1%未満と依然として少数にとどまっている。技術開発の遅れと高コストがその主因である。
- 現在、バイオジェット燃料の商業生産は定期的な需要がある9つの空港に供給する2つの施設だけである。通常、化石ジェット燃料と低い比率での混合で使用される（実際の混合比率は不詳）。
- バイオジェット燃料の追加的な利点の1つは、いくつかの技術経路を使うことで、他の用途で使用可能な低炭素ディーゼルまたはガソリン留分も生成することができることである。現在のところ、8つの技術経路が、バイオジェット燃料と化石ジェット燃料への混合に対するASTM認証を取得している。現在生産されているバイオジェット燃料のほとんどはHEFA（水素化処理エステル脂肪酸）またはHVO（水素化植物油）経由のFOGから生成されている。このHEFA / HVOから生産される燃料は、従来のジェット燃料の3～6倍のコストがかかる（混合比率によって変動）。2020年9月現在のHEFAの価格は1.7ドル/リットルである。

バイオジェット燃料の生産量推移（2010年～2019年）

- 2019年のバイオジェットの生産量は約1億4000万リットルで、2018年の700万リットルから大幅に増加した。しかし、航空部門全体の燃料消費量の1%未満に過ぎない。



IEEJ © 2021 年。資料提供先

4

中長期的なバイオジェット燃料生産の見通し

- バイオジェット留分はHEFA/HVOバイオ生成過程から得られる一成分である。
- 製油所の立場からは、バイオジェット留分を再エネディーゼルから分離などしないで、すべて再エネディーゼルとして販売してしまう方が収益性がよいのが現状だが、短期的には、政策やインセンティブ付けによってこの生産量を増加させることは可能である。バイオジェット留分を現状の15%から最大で50%程度まで増加させることができるが、製造コストは上昇してしまう。
- 既存生産施設に限定しないで、廃棄物FOGから大量の再エネディーゼルとバイオジェット燃料を生産するための新規施設・設備拡張の余地は大きい。多くの既存施設は増大する需要に対応するために急速に生産を拡張しており、バイオジェット燃料の増産も可能である。
- HEFA/HVOからのバイオジェット燃料製造は技術的には成熟しており、主要な課題はもっぱら原料のコストと持続可能性である。持続可能で一層低炭素な食用油のような「廃棄」植物油は限られた量しか入手できない。廃食用油からの得られるバイオジェット燃料生産のポテンシャルは世界全体で35～120億リットルと推定されている。生産を大幅に拡大するには、リグノセルロース系バイオマスなどの代替原料、およびフィッシャー・トロプシュによるガス化や熱分解または熱水液化などの技術が必要になる。
- その他バイオジェット燃料は、森林や農業の残留物、スラッジ、藻類、廃ガスなどの他の有機物原料から得ることができる。IRENAその他の研究によって、これらの材料は環境に悪影響を与えることなく毎年供給できることが示されている。ただし、原料の実際の利用は、コスト、持続可能性、他用途との競争に依存する。サプライチェーンの変革と最適化が将来のコスト改善に重要な役割を果たす。

IEEJ © 2021 年。資料提供先

5

長期的なバイオジェット燃料生産の見通し

- ❑ 脂質/油脂化学原料のアベイラビリティが限られているため、将来的には、追加のバイオジェット燃料技術と原料が必要になる。
- ❑ これらの低炭素燃料は、ガス化、熱分解、熱水液化、Alcohol-to-jetなどのプロセスで製造可能である。これらの高度なバイオジェット燃料は、農業、林業、廃水、藻類など一層アベイラブルなバイオマス原料から得られる。中長期的には、このような技術によってバイオジェット燃料が大量に生産される可能性があるが、生産プロセスを完全に商業化し、効果的なバイオマスサプライチェーンを確立する必要がある。
- ❑ 短中期的には、バイオジェット燃料の製造コストは従来のジェット燃料よりもはるかに高くなるため、適切な政策が導入されない限り、このコスト高は普及の大きな障害となり続ける。原料の高コストはHEFAの技術的障害となり、資本コストの高さはガス化などの他の技術的障害となる。
- ❑ 時間の経過とともに多くの施設が稼働するにつれて、バイオジェット燃料の価格は次第に低下してゆく。生産拡大による学習効果により、技術の最適化を強化し、最適化された原料サプライチェーンを確立できる可能性がある。バイオジェット燃料が従来のジェット燃料と同等の価格に達するかどうか、いつ到達するかは明らかではないが、炭素排出に対する価格設定が重要な役割を果たす。
- ❑ したがって、市場の需要を創出しバイオジェット燃料の開発をさらに促進するために政策が不可欠である。一層多くの生産施設を稼働させるためには多額の資本投資が必要である。「技術プッシュ」政策は、助成金や債務保証の形で、これらの施設の建設と運営を支援することができる。

IEEJ©2021年。禁複製転載。

6

長期的なバイオジェット燃料に対する需要とコスト

- ❑ 2050年までに必要となるバイオジェット燃料の需要量には高い不確実性がある。それは、世界および各国の排出量目標、航空需要、他の技術的オプションの程度に依存する。しかし、代替技術としての低炭素型のパワートレイン（推進装置）システムの技術的かつ実用的制約を考慮すると、航空部門が2050年の排出削減目標を達成するためには、大量のバイオジェット燃料と合成燃料（e-fuel）が必要になる。
- ❑ 航空部門の50%排出削減目標を達成するためには、2050年までに年間1,000億リットルを超えるバイオジェット燃料が必要とされる。IRENAの1.5°Cシナリオは、年間約2,000億リットルのバイオジェット燃料が必要になると予測している。投資コストは、技術、原料、地理的条件によって大きく異なるが、年間約50億ドルが必要となる可能性がある。4,600~7,300億リットルの従来のジェット燃料を完全に置き換えるには、2020年から2050年までに毎年約170の新規大規模バイオ精製施設を建設し、1人あたり150億ドル~600億ドルの投資が必要になるとICAOは予測している。
- ❑ 現在、バイオジェット燃料価格は従来のジェット燃料比で3~6倍とかなり高価であり、この状況は少なくとも今後5~10年間は変わらないと考えられる。HEFAベースのバイオジェット燃料生産は、信頼性が高く正確なコスト情報が利用できる唯一の完全に商業化された技術である。他の技術に関するコスト分析は仮定に基づくものが多い。
- ❑ バイオジェット燃料の販売価格は重要な指標であるが、バイオジェットが有する広い「価値」とセットで検討されるべきである。たとえば、燃料の炭素強度は、政策措置を通じたインセンティブに影響を与える。コストを見る別の方法は、燃料価格とバイオジェット燃料が提供する排出削減の価値を考慮に入れるため、炭素削減のコストを算出することである。

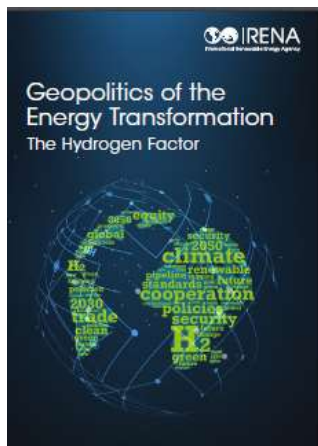
IEEJ©2021年。禁複製転載。

7

必要とされる政策アクション

- ❑ 非常に困難ではあるが、大幅なCO2排出削減を達成するために必要なレベルのバイオジェット燃料を生産することは技術的には可能である。それには、ICAOなど国際レベルと国内レベルの双方で、支援政策の枠組みが必要である。
- ❑ バイオジェット燃料は、当面の間、従来のジェット燃料よりも高価になる可能性が高いため、両者の価格差を埋めるために、革新的かつ長期安定的政策が必要となる。
- ❑ 陸運用（自動車用）の低炭素燃料の生産と使用を促進するための現在の政策を、低炭素の脂質/バイオマス由来燃料を優先的に航空部門にも使用できるように適合させる必要がある。一般に、バイオ燃料義務基準（バイオエタノール/バイオディーゼルの混入義務基準）は、燃料からの排出削減ポテンシャルを考慮していない。
- ❑ 燃料の包括的な炭素強度を考慮した低炭素燃料基準は、低炭素輸送燃料の供給・生産・使用を効果的に促進することが証明されている。このような政策の下では、バイオ燃料混入義務のような一定の量的義務ではなく、燃料の炭素強度に応じて変化する排出削減目標を設定することになる。
- ❑ 低炭素燃料基準のような政策は、World Energy社やNeste社のように、再エネを主成分とするディーゼルを製造するために製油所を「再利用」したり、BP社やENI社の一部の製油所で採用されているような共同処理戦略を通じて、石油精製部門の参加を促すことができる。
- ❑ マーケット・プルに加えて、「技術プッシュ」を支援する政策が必要がある。具体的には、研究、開発、実証、サプライチェーンのすべての段階（技術、原料、下流のロジスティクス、持続可能性の評価の開発とスケールアップを含む）に対する財政的および政策的支援である。

11. IRENA “Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor” (2022 年 1 月 発刊) の要約



・世界的規模でのエネルギー転換が進行している。このエネルギー転換は単なる燃料転換ではなく、異なるシステムへの移行であり、政治的、技術的、環境的、経済的混乱を伴う。本報告書の中心的な問題意識は、水素がこれらの混乱を悪化させるか、または軽減するか、あるいはどのように軽減してゆくかである。

・水素は今後数年間でエネルギーバリューチェーンを一層混乱させる可能性がある。水素に焦点を当てた新たな政策を牽引しているのは気候変動の緊急性である。IRENA の 1.5 度シナリオでは、クリーン水素（本報告書ではグリーン水素とブルー水素を指す）が 2050 年の最終エネルギー消費量の最大 12%を満たすと推定している。この大部分は再エネから生産され、残りは天然ガスと CCS から生産される。

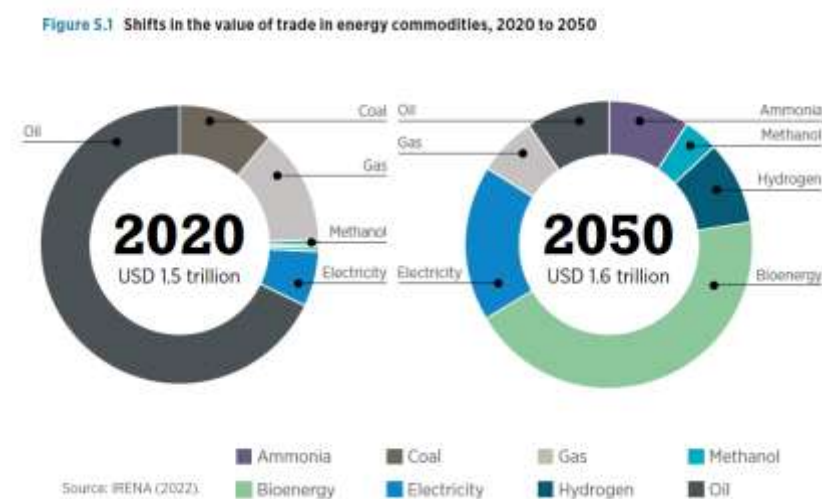
・水素はエネルギー貿易に地理的な影響を及ぼし、地政学的にエネルギーの地域化をもたらす可能性がある。再エネのコスト自体は低下しているが、水素の輸送コストが上昇しているためである。再エネはあらゆる国で設置することができ、再エネ電気は送電線を介して近隣諸国にも輸出できる。加えて、パイプラインや輸送を通じて、水素は再エネの長距離輸送を可能とすることで、遠隔地にある未利用の再エネ資源の活用を促進する。既存の天然ガスパイプラインの一部は、技術的な改変を施すことで、水素の輸送に再利用することができる。

・低コストの再エネ資源が豊富に賦存する国は、グリーン水素の生産国になるポテンシャルがあり、これは地政学的な意味を持つ。グリーン水素は、豊富な再エネ資源、太陽光発電または風力発電用の用地、水へのアクセス、大規模な需要地への輸送能力といった諸要素の最適な組み合わせを備えた場所での生産が最も経済的となる。これらのファクターを活用して水素生産と消費の中心となる場所が、新たなエネルギーのノードとなる可能性がある。

・水素ビジネスは、石油・ガスよりも競争市場であり、石油・ガスのような高い収益はもたらさない。水素は、掘削ではなくエネルギー変換ビジネスなので、多くの国々で競争力のある生産が行われる可能性がある。このため、世界の GDP の約 2%を占める化石燃料と同水準の収益を水素から得ることは難しい。さらに、グリーン水素のコストが低下すると、新たに多様な参加者が市場に参入し、水素の競争力をさらに高めることになる。

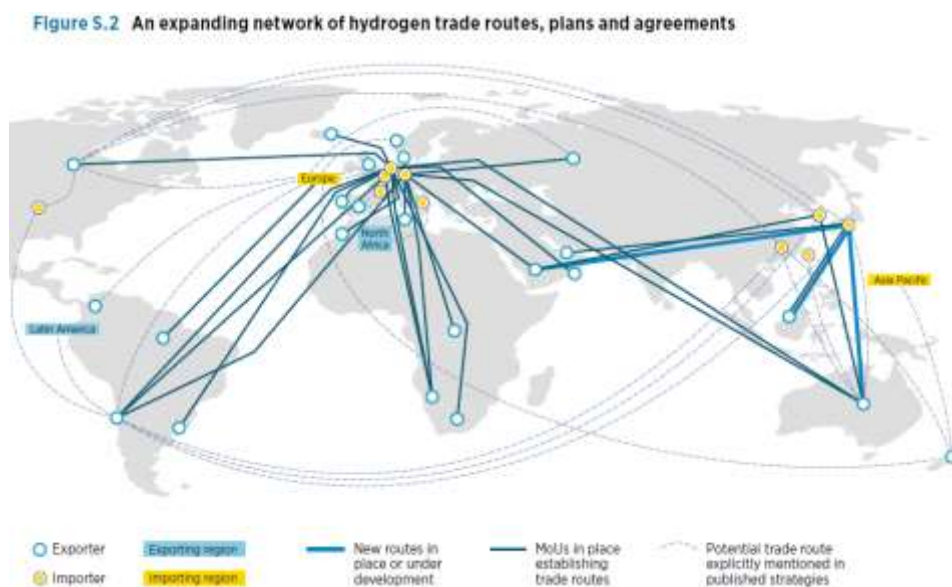
・水素の貿易と投資は、相互依存の新しいパターンを形成し、二国間関係に変化をもたらす。20 世紀の炭化水素ベースのエネルギー関係とは異なる二国間でのエネルギー取引が急増している。30 以上の国と地域が輸出入計画を含む水素戦略を策定しており、国境を越えた水素貿易が大幅に成長すると見られる。これまでエネルギーを取引していなかった国々も水素関連の技術を中心とした二国間関係を形成している。二国間の経済的な連携の変化は、各国間の政治的ダイナミクスも変化させる。

図 1 エネルギー関連商品取引の構成変化（2020 年と 2050 年）



・水素を巡る外交は、いくつかの国々の経済的外交の中心的なテーマになりつつある。水素へのアクセスは、エネルギー安全保障そして国家全体のレジリエンスの一要素と見なされる。輸入国となり得る国は、水素に特化した外交を既に展開している。その先駆者はドイツと日本だが、他の国々もそれに追随している。潜在的な輸出国も同様の戦略を展開しており、その多くは水素、特にグリーン水素を外交のトップレベル事項としている。

図 2 水素の貿易ルート、計画、合意のネットワーク拡大



・クリーン水素は、化石燃料輸出国の経済を多様化する魅力的なアプローチである。化石燃料輸出国は、クリーン水素を化石燃料に代わる新たな輸出品と見なしている。それらの国々では、既存のエネルギーインフラ、熟練労働力、エネルギー貿易関係をそのままクリーン水素に活用することができる。この点においては、ブルー水素が相応しいように見える。しかし、多くの化石燃料生産国は、グリーン水素生産に直接シフトすることが可能な豊富な再エネポテンシャルも有している。UAE の Hydrogen Leadership Roadmap は、ブルー水素とグリーン水素の二重アプローチを明示的に採用している。豪州、オマーン、サウジなど他国も同様のアプローチを模索している。しかしながら、水素が化石燃料の収益損失を十分補うことはできないことを踏まえると、化石燃料の生産国は、依然として広範な経済移行を続ける必要がある。

・グリーン電力そして大量のグリーン水素を生産する技術的ポテンシャルそのものは、世界の需要予測をはるかに上回る。多くの国が水素輸出国になるとの野心的な宣言をしており、輸出国が少数の特定国に集中する可能性は低い。チリ、モロッコ、ナミビアなどの純エネルギー輸入国でさえグリーン水素の輸出国になる準備を進めている。ただし、水素の供給は資本の展開ペースと生産コストによって制約される。特に長期的な市場が保証されていない場合はその制約が一層強くなる。

・アフリカ、南米・北米、中東、オセアニアは、グリーン水素生産の技術的ポテンシャルが最も高いエリアである。しかし、低コストでグリーン水素を大量に生産する能力は大きく異なる。エネルギーシステムを脱炭素化するキャパシティを含めて各国は広範な社会的および経済的プライオリティを踏まえた戦略を立てる必要がある。豊富な再エネを利用できることはクリーン水素の競争性を高めるが、それだけでは不十分である。資本コストや技術へのアクセスに加えて、既存インフラやエネルギーミックスなど他の多くの要因が関係する。技術的ポテンシャルの実現可否は、政府支援、投資環境、政治的安定などの技術以外のソフト要因にも依存する。

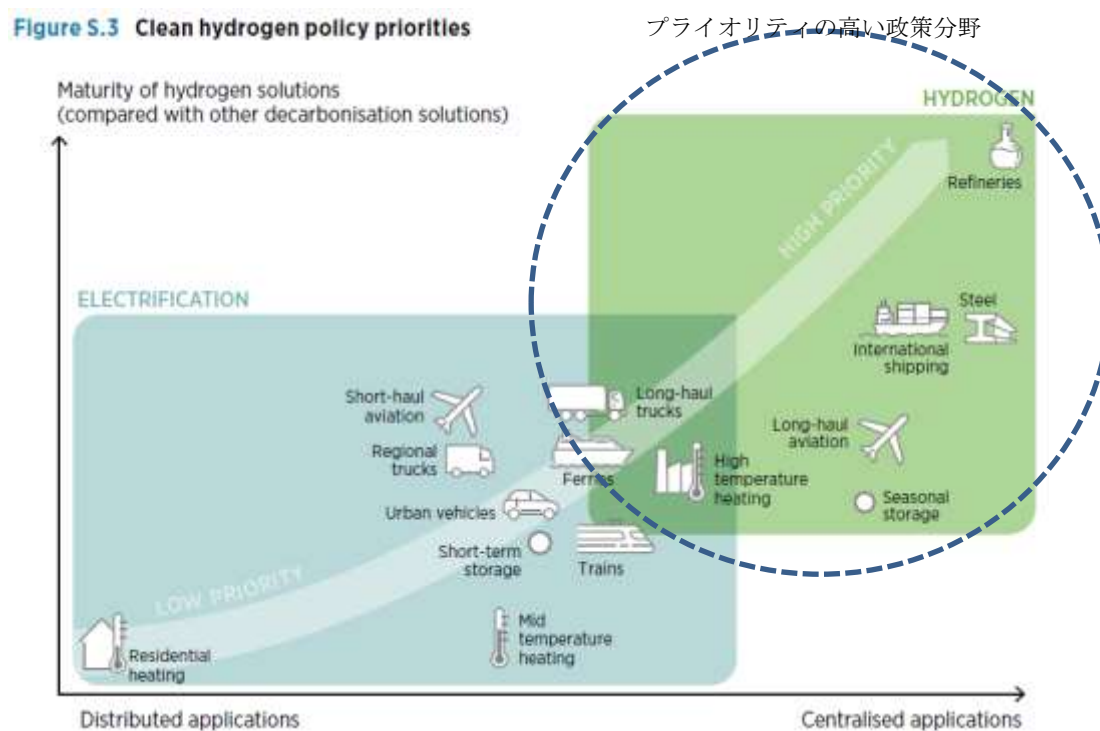
・プロジェクトファイナンスのコスト高が、リスクプロファイルの高い国への投資の妨げに必ずしも直結するわけでない。収益ポテンシャルが十分であれば、カントリーリスクにもかかわらず石油・天然ガスのアップストリームには投資が行われる。低コストのグリーン水素ポテンシャルがある国にも同じことが当てはまる。もちろん、限界はある。政治経済が混乱している国々ではビジネスに大きなリスクが伴うために、大きな水素ポテンシャルに対する投資機会を喪失するだろう。

・2020年代は、スケールアップによってインフラコストが大幅に下がる可能性があるため、水素の技術リーダーシップの大競争時代になる可能性がある。クリーン水素の地政学は、いくつかの段階を経ながら展開されるだろう。この10年以内に、グリーン水素はブルー水素に対するコスト競争力を得ると予測されている。特に、中国（低コストの電解槽）またはブラジル・インド（再エネが安価でガス価格が比較的高い）などの国で他国より早くそれが実

現するだろう。2021 年天然ガス価格の高騰時には、欧州全体においてグリーン水素は既にグレー水素よりも affordable な価格となった。

・水素の国際貿易は、グリーン水素のコスト競争力が増すにつれて、2030 年代に増加すると見られる。多くの脱炭素シナリオでは、水素の需要は 2035 年から増加し始める。IRENA は、2050 年のグリーン水素生産の 2/3 が生産地で消費され、1/3 が国境を越えて国際取引されると想定している。国際貿易される水素の半分は、パイプライン（水素用に改修された天然ガスを含む）を活用し、残りの半分は、水素派生物、特にアンモニアの形態で船舶輸送されることが考えられる。

図 3 クリーン水素に関連する諸政策のプライオリティ比較



・短中期的には、国は技術的リーダーシップを主張し、成長する市場ルールを形成することができる。水素のバリューチェーンに出資することで、経済的競争力を高めることもできる。長期的には、再エネのポテンシャルが十分にある国は、エネルギー集約型産業を誘致することで、グリーン産業化の中心的エリアになる可能性がある。

・製造業にも水素は大きな商機となる。水素のバリューチェーンは広範であり、再エネには

大規模な投資が必要になる。このバリューチェーンの中には、今世紀半ばまでに電解槽 500～600 億米ドルそして燃料電池 210～250 億米ドルといった大きな市場ポテンシャルが推計されている。中国、欧州、日本は電解槽の製造・販売で先行しているが、市場はまだ初期段階であり比較的小さい。

・水素によってエネルギー安全保障を強化する方法は以下の 3 つである。1) 輸入依存の低減 2) 価格変動の緩和 3) 多様化を通じたエネルギーシステムの柔軟性とレジリエンスの強化である。これらの利点のほとんどはグリーン水素に関連している。逆に、ブルー水素は、天然ガス市場のパターンと同じく、輸入依存と市場ボラティリティに直結する。さらに、グリーン水素のコスト低下予測は、化石燃料サプライチェーンへの投資が座礁化する可能性を示唆している。

・水素は多様な一次エネルギー源、そして世界中の様々な場所で生産することができる製品のため（地政学的な意味での）兵器化またはカルテル化される可能性が低い。したがって、グリーンエネルギーの貿易は、石油やガスのような地政学的な影響を受ける可能性は低い。しかし、特に水素貿易の初期においては、供給者の数が限られていることから、水素の供給不足が発生する可能性はある。貿易が二国間協定によって支配されている場合にはこの傾向は特に強くなる。

・水素取引のルール、基準、ガバナンスの形成は、どの技術が将来市場を支配するかについて大きな影響を及ぼす。クリーン水素市場の成功は、一貫性のある透明なルール、基準、規範を適切に設定できるか次第である。異なった複数の基準の存在は、技術進展の遅延、市場の細分化、規制競争の激化、貿易障壁の構築につながる可能性がある。基準の設定は地政学的競争や国際協力の場合となる。一貫性のある透明性のあるグローバルシステムの整備によって、すべての市場プレーヤーは利益を得ることができる。

・気候変動対策としての水素の貢献をモニタリング・管理するには、透明で信頼できる国際システムに基づく原産地証明書が必要になる。そのためにも透明性のある排出量の算定方法が不可欠となる。水素戦略によって、化石燃料の使用が長引き、エネルギー効率改善と電化が妨げられて炭素排出がロックインされるリスクが指摘されている。熟考された適切な政策的枠組みは、水素が GHG 排出量の削減に効果的に貢献することを保証する。

・早い段階での価格の透明性は、水素の世界市場の急速な進化をサポートする。新興国市場の通貨と価格メカニズムは、大きな地政学的影響を与える可能性がある。選択された通貨は、市場が拡大するにつれて世界的な指標になり、その通貨は輸入コストの変動に対して耐性を持つようになる。例えば、主要な輸入市場の 1 つになる可能性が高い EU は、将来の水素輸入をユーロ建てにしようとしている。さらに、カーボンプライシングは、グレー水素あるいは化石燃料に対するグリーン水素の競争性高めるために有用か、あるいは必要でさえあるかもしれない。その意味で、水素はより広範な一連のカーボンを巡る「貿易戦争」に巻き

込まれる可能性がある。

・投資決定は長期的であり、かつ座礁資産のリスクが高くなっているため、インフラは長期的視点で評価する必要がある。エネルギーインフラに関する投資と計画の決定は、脱炭素化された経済の地理的構造が現在とは大きく異なったものになる可能性を考慮する必要がある。最終エネルギー消費の大規模な電化は、需要を再形成する。供給側では、再生可能な水素生産は、今日の油田・ガス田以外の場所で生産される可能性がある。既存のインフラの一部は再利用可能だが、そのような再利用の技術的課題と経済的コストをインフラ整備の初期段階から考慮する必要がある。

・水素に対するグローバルな取り組みとしては、特に今後数年間で、最も直接的な便益が期待でき、かつ規模の経済を可能にする活用方法にプライオリティを置く必要がある（図3参照）。水素が最良の選択であり、おそらく唯一の代替手段とされる活用を優先することは、費用対効果が高く、初期の市場リスクの影響を軽減できる可能性が高い。一例として、石油精製やアンモニア・メタノール製造など水素が既に使用されている産業分野において、まずはグリーン水素への移行を支援し、加速することが考えられる。

12. IRENA “Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2021”

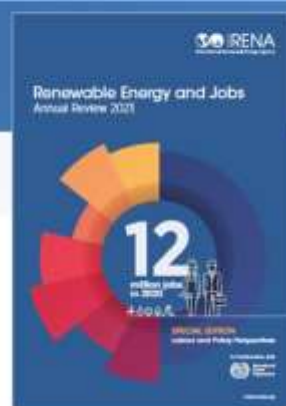
IEEJ 2021年 調査報告書



IRENA『Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2021』の概要

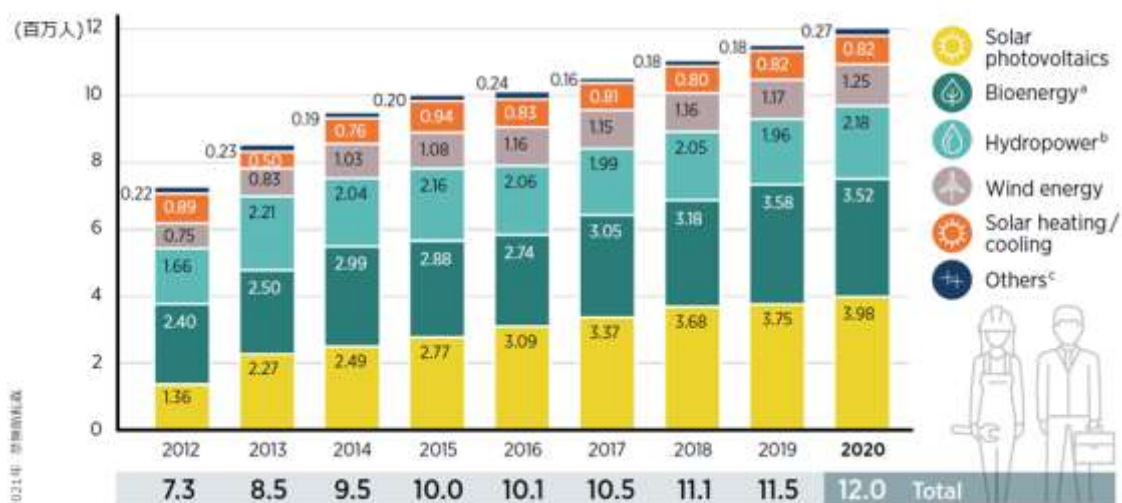
2022年1月

一般財団法人日本エネルギー経済研究所



世界の再エネ部門の就業者数の推移：2020年には1200万人まで増加

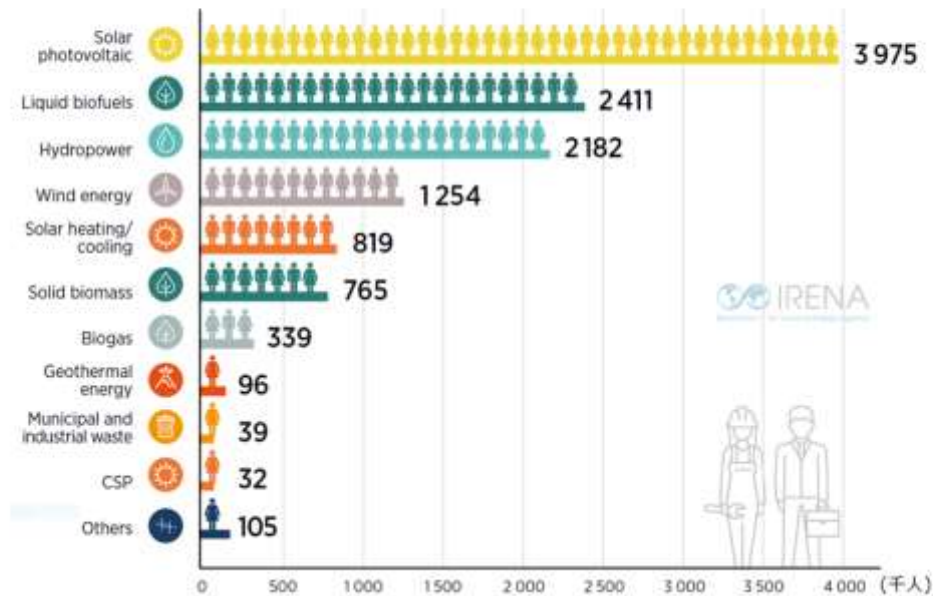
- 世界の再エネ部門の直接及び間接的な就業者数は2020年に1200万人で、過去10年間にわたり増加を続けている。
- 多い順に太陽光発電、バイオエネルギー、水力、風力発電が主たる就業先である。



IEEJ 2021年 調査報告書

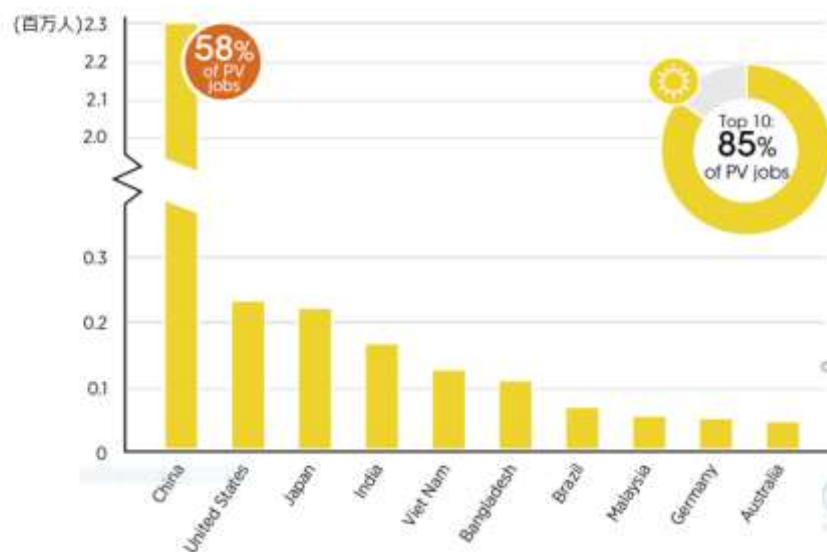
技術別の再エネ関連就業者数：太陽光発電が400万人で全体の1/3を占める

- 再エネ関連の就業者数1200万人のうち太陽光発電が400万人と1/3を占める
- 次いで、液体バイオ燃料240万人、水力220万人、風力125万人、太陽熱82万人、固形バイオマス76万人、バイオガス34万人と続き、この他は10万人以下と少ない。



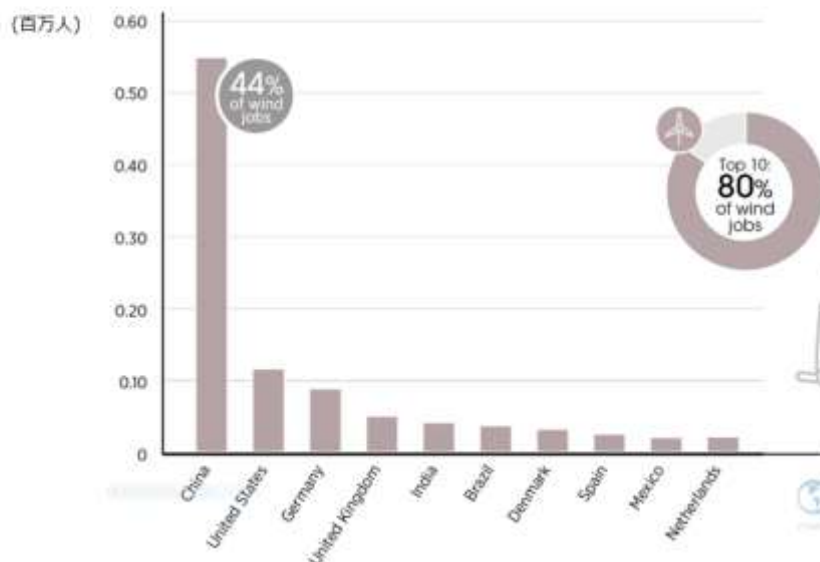
太陽光発電の就業者数のトップ10カ国：中国が全体の58%を占める

- トップ10カ国で全体の85%を占め、そのうち7カ国が日本を含むアジア太平洋、2カ国が北南米（米国とブラジル）、1カ国が欧州（ドイツ）。
- 全体の79%を占めるアジア各国の太陽光発電設備生産の寡占と設置加速を反映。
- 特に中国は230万人と一国で太陽光発電全体の58%を占める。



風力発電の就業者数のトップ10カ国：こちらも中国が44%を占める

- 太陽光発電と同様に中国一国だけで全体の44%を占める。
- アジアは54%、欧州が27%（うちEUが21%）、北南米が17%を占めるが、アフリカとアセアニアは3%以下と少ない。
- トップ10カ国で100万人と就業者全体の80%を占める。

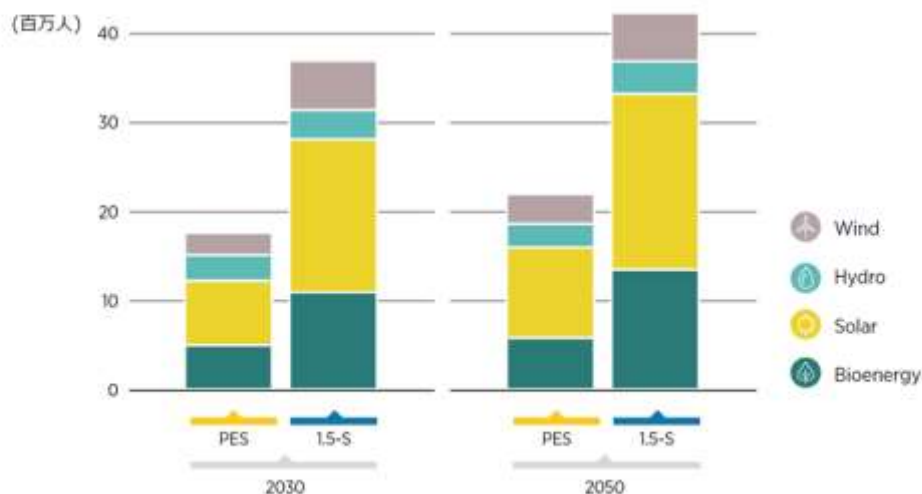


IRENA/2021年：世界エネルギー展望

4

2030年と2050年の再エネ関連就業者数の予測

- IRENAのPES（Planned Energy Scenario: 現状政策）シナリオと1.5度シナリオによる2030年の再エネ関連就業者数は以下の通り。
- 1.5度シナリオでは2030年に3780万人、2050年に4340万人と予測。いずれでも現状1200万人と比較して3倍～3.6倍の増加。
- いずれのシナリオでも太陽光関連（太陽光発電、太陽熱発電等）が就業者数の約半数を占める。



IRENA/2021年：世界エネルギー展望

5