

1.2 世界の潮流と日本の位置付け

1.2.1 社会・経済の動向

<地球規模課題への対応>

SDGsの進捗状況

「持続可能な開発目標 (SDGs)」が 2015 年に国連で採択され、5 年が経過した。国連経済社会理事会が 2019 年にとりまとめた Global Sustainable Development Report (GSDR) では、現状のままでは 17 ゴール・169 ターゲットの大部分は 2030 年までに達成することが困難であるとの強い懸念が示された。またその上で、科学技術イノベーションが SDGs の達成に重要な役割を果たすとした。変革に向けて 4 つの手段 (lever) と 6 つの入口 (entry point) からなる枠組みが示され、科学技術はその手段のひとつとして位置付けられた。

上記とは別に SDGs の達成度・進捗状況に関する国際レポート Sustainable Development Report 2020 が 2020 年 6 月末に公開され、新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) が SDGs に及ぼした影響等について以下のように報告した。

- ・ COVID-19 はほとんどの SDGs に深刻なネガティブインパクトを及ぼしている
- ・全ての国で医療制度・予防プログラムにおけるレジリエンスを強化する必要がある
- ・ポスト COVID-19 に向けて SDGs と 6 つの重要な変革¹を政策立案の中心に置くことが重要
- ・アジア地域 (特に東アジアと南アジア) は SDGs 達成に向けた進捗が最もあったが、これら地域では COVID-19 のアウトブレイクを上手くマネジメントできている

パリ協定の進捗状況 (長期目標登録)

2016 年 11 月に発効したパリ協定は、全ての国が温室効果ガスの排出の削減に取り組むことを約束した国際的な枠組みであり、以下に示す目標などを掲げている。2020 年 10 月末時点では日本を含め 123 か国と 1 地域 (EU) が 2050 年までのカーボンニュートラルを表明している。2021 年 1 月には米国バイデン新政権がパリ協定への復帰と 2050 年カーボンニュートラルを表明した。

- ・世界共通の長期目標として、産業革命前からの平均気温の上昇を 2°C より十分下方に保持 (2°C 目標)。
1.5°C に抑える努力を追求。
- ・その達成のために、今世紀後半に温室効果ガスの人為的な排出と吸収のバランスを達成できるよう、排出ピークをできるだけ早期に迎え、最新の科学に従って急激に削減。
- ・各国は削減目標を作成・提出・維持する。削減目標を達成するための国内対策をとる。また削減目標は 5 年ごとに提出・更新し、従来より前進を示す。

1 国際応用システム分析研究所 (IIASA: International Institute for Applied Systems Analysis) による The World in 2050 (TWI2050) 報告書で示された「6 つの重要な変革 (Major Six Transformations)」という枠組み。①人間の能力と人口動態、②消費と生産、③脱炭素とエネルギー、④食料・生物圏・水、⑤スマートシティ、⑥デジタル革命の 6 つを掲げ、SDGs 達成に向けて包括的な視座と取り組みが必須であることを示した。

- ・5年ごとに世界全体での進捗を評価するため、協定の実施状況を定期的に確認する（グローバル・ストックテイク）。

2019年12月に開催されたCOP25（国連気候変動枠組み条約第25回締約国会議）では、COP24で合意に至らなかった市場メカニズムの実施指針の交渉が一つの焦点となった。パリ協定における市場メカニズムとは、温室効果ガス排出の削減貢献分を国家間で取引する仕組みのことである。また市場メカニズムには、技術的論点に加え、各国の利害が絡み合う政治的な側面もある。そのためCOP25ではすべての論点について完全に合意するには至らず、COP26での採択に向けて引き続き検討を行うこととなった。

気候変動の状況把握

環境・エネルギー分野と関連の深いSDGsの中でも近年とりわけ国際社会が懸念する問題は目標13に掲げられている気候変動問題である。気候変動問題とは地球温暖化とそれによって引き起こされる様々な気候変化（異常気象等）に関連する問題を指す。世界経済フォーラムが毎年公表している「グローバルリスク報告書」でもここ数年は「気候変動の緩和や適応への失敗」が上位に位置している。これ以外には「異常気象」や「生物多様性の喪失」も上位に位置し、2021年版では「感染症」が新たに上位に浮上している。

気候変動の現状に関する科学的知見は、「気候変動政府間パネル（IPCC：Intergovernmental Panel on Climate Change）」の評価報告書に集約されている。IPCCによる評価報告書はこれまでに5回作成・公開されており、第5次評価報告書（AR5）は2013～2014年にかけて公開された。

2018年10月には「1.5°C特別報告書」が公表され、健康、生態系・生物多様性、食料安全保障、水供給、人間の安全保障及び経済成長に対する気候に関連するリスクは、1.5°Cの地球温暖化において増加し、2°Cにおいては更に増加すると予測された。気候変動と人間の土地利用の関係についてまとめた「土地関係特別報告書」（2019年8月）、海洋と雪氷圏の変化の実態・将来・適応に関する「海洋・雪氷圏特別報告書」（2019年9月）も公表され、気候変動影響に対する問題意識の高さを反映している。

IPCC第6次評価報告書（AR6）は2021年の公表が予定されており、地域的な空間規模における温暖化予測について、全12章のうち3章が充てられ、全球規模変化との関連、台風・豪雨などの極端気象現象の変化、災害影響などについて評価がなされることになっている。気候の中長期的変化の結果として現れる極端気象現象の増加は、社会的な意思決定という意味においてその局所的短時間スケール現象への影響も重要視されてきており、その科学的根拠および予測手法の確立が強く求められている。

温室効果ガス（GHG）排出量

2020年におけるCOVID-19の影響については後述するが、国連環境計画（UNEP）の報告²によれば2019年のGHG排出量（土地利用変更含む）は世界全体で過去最高の591億トンとなり、前年から38億トン増加した。またエネルギー・産業に関連する化石燃料使用等によるCO₂排出量も390億トンと増加になっている（国際エネルギー機関（IEA）においては、2019年の人為起源CO₂排出量を約330億トンとし、前年とほぼ同じと推定している）。国別排出量では中国、米国、EU（英国含む）、インドという順位は変わって

2 A. Olhoff et al., "Emission Gap Report 2020", UN Environment Programme, <https://wedocs.unep.org/xmlui/bitstream/handle/20.500.11822/34426/EGR20.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (2021年2月15日アクセス)

おらず、ロシア、日本を含めた上位5カ国・1地域と国際輸送を総計すると全体の65%を占める。

資源エネルギー庁の「エネルギー白書2020」によれば、世界のエネルギー消費量は経済成長とともに年平均2.5%で増加し続けてきており、2018年には石油換算で139億トンとなった。こうしたエネルギー需要の伸びとGHG排出量の伸びが切り離されること（デカップリング）が必要になる。先のUNEPの報告では、COVID-19の経済回復を脱炭素化の入り口としてとらえると2030年のGHG排出量は世界全体で440億トンとなり、それ以前の政策シナリオと比較して、150億トンの削減になるとしている。

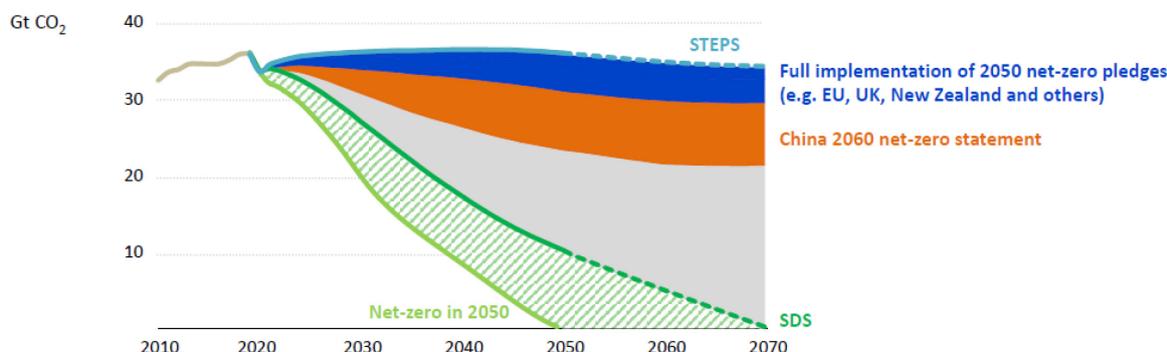
排出削減シナリオの最新動向（IEA、IEEJ）

パリ協定の2℃目標は世界の国・地域が合意した目標であるが、現在の各国・地域の削減目標NDCsでは目標達成に必要な排出削減量を満たせないと予測されている。気候変動への危機意識が高まる中で、各国・地域ではより野心的な削減目標を掲げるようになり、2020年12月末時点で日本を含め123か国と1地域（EU）が、2050年までのカーボンニュートラルを表明している（内2カ国は既にネットゼロを達成）。さらに2021年1月には米国バイデン新政権がパリ協定復活と2050年カーボンニュートラルを表明した。これにより米国も含めた124か国と1地域のCO₂排出量総和は世界全体の37.7%（2017年実績）を占めることになる。また中国が2060年までにネットゼロエミッション達成を表明している。一方で、その実現のための方策は一つではないことから、具体的にどのようにすれば達成可能か、あるいは実現手段の組み合わせからどれほどの削減ポテンシャルが見込まれるかという観点からの研究が行われている。ここではそうした検討から事例を紹介する。

① IEAによる長期シナリオ分析

IEAの報告書である「World Energy Outlook」(WEO)や「Energy Technology Perspective」(ETP)ではエネルギーに係る長期シナリオとして、GDP、人口、各エネルギー技術の進展（効率やコスト）、鉄・化学品などの素材需要、交通需要などの将来予測をベースに、環境規制（CO₂削減目標など）や政策動向などの見通しを複数のシナリオとして与え、それらを前提としたモデル数値解析を行い、将来のエネルギーシステムの絵姿をシナリオ毎に描いている。例えば2020年版のWEO³では、2040年までの4つのシナリオを想定している（図表1.2.1-1）。2021年にはCOVID-19の影響が管理下におかれ、世界経済が2019年レベルに戻ることを前提に、各国の政策と目標を反映した「公表政策シナリオ」(STEPS: State Policies Scenario)、およびパンデミックが長期化して2023年に回復が延びる「回復遅延シナリオ」(DRS: Delayed Recovery Scenario)、またパリ協定、エネルギーアクセス、大気質目標を含む持続可能な目標の完全達成を目指した「持続可能シナリオ」(SDS: Sustainable Development Scenario)がある。SDSは2070年までにネットゼロエミッションを目指すシナリオであるが、最近の動向を受けて今回新たに2050年までにネットゼロエミッションを目指す事例（NZE2050: Net Zero Emissions by 2050）が追加された。これは2030年までにSDSと比較して何を追加する必要があるかを分析したものである。NZE2050では、2030年時点で排出量を約40%削減する必要があり、このためには例えば、電源の75%近くを低排出源にすること、世界の乗用車販売の50%以上を電気自動車に占めることなどが必要となる。また電化、効率化、行動変容、さらには水電解装置から小型モジュール型原子炉に至るまでの幅広い技術

3 International Energy Agency (IEA), "World Energy Outlook 2020", IEA, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/fd69e584-f43f-400b-9702-f5a6dc9c3156/WEO2020-Launch-Presentation.pdf> (2021年2月15日アクセス)



図表 1.2.1-1 WEO2020の各シナリオにおけるグローバルCO₂排出トレンド³

©OECD/IEA 2020 World Energy Outlook, IEA Publishing,. Licence : www.iea.org/t&c

へのイノベーション加速が必要とされている。

また ETPは ゼロエミッションに向けたクリーンエネルギーシステムへの費用対効果の高い移行への支援を目的としたものである。2020年に3年ぶりに改訂されたETP2020⁴では SDSとSTEPSの二つのシナリオを用いて比較を行い、期間も2070年までを対象としたものになっている。

② 日本エネルギー経済研究所 (IEEJ) によるアウトルックにおける長期シナリオ分析

IEEJのアウトルックでは主にレファレンスシナリオ（過去の趨勢および現在までの政策・技術等に基づいた将来見通し）と技術進展シナリオ（関連政策が協力に実施され、それらが最大限奏功することで先進的技術が最大限に導入されることを想定）でのGHG排出量（CO₂換算。エアロゾル等を含む）の比較を行っている。特徴的な点の一つは、技術進展シナリオの分析において、GHG排出削減のための緩和（排出削減）に係る費用だけではなく、気候変動に伴う被害や適応策に係る費用も含めた総費用で評価している点である。排出削減というと緩和のみに焦点が当たりがちであるが、適応他とのバランスが重要であることが指摘されている。

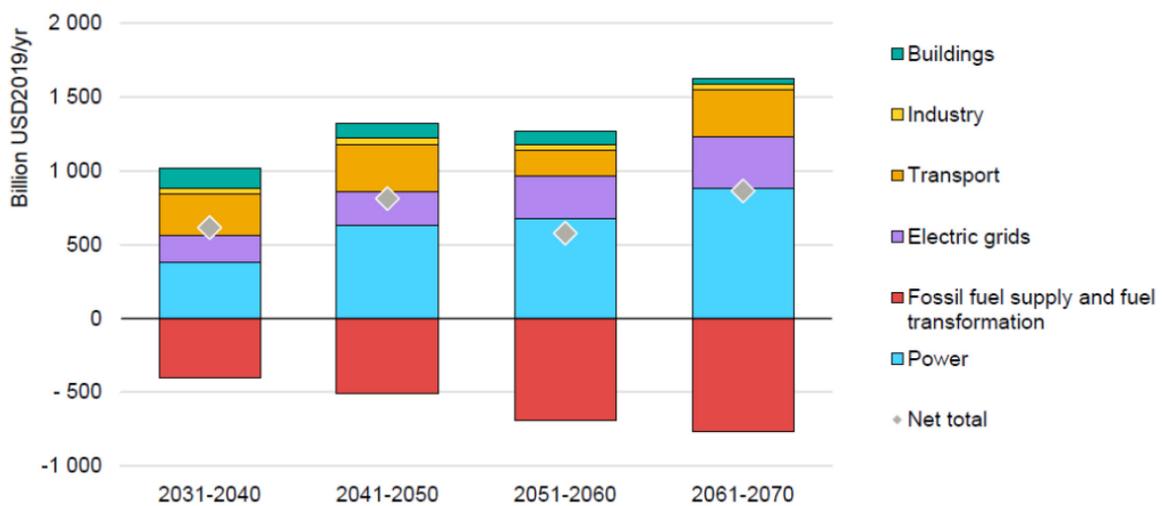
2020年に公表された「アウトルック2021」⁵ではリファレンスシナリオにCOVID-19の影響（安全保障、デジタル化など）を考慮したポストコロナ・世界変容シナリオも新たに追加された。また技術進展シナリオとともに、更に削減を強めるシナリオとして「2°C最小費用パス」並びに「2050年半減パス」も検討している。前者は2150年における気温上昇幅を2°Cに抑えるという条件下で、係る費用が最小になる経路を推計したものである。後者は2010年比で2050年にGHG排出が半減となるとした場合の経路を推計したものである。これらの結果を踏まえ、同アウトルックでは技術進展シナリオを超えた一層の排出削減を実現するためには、革新的な技術の大量導入が必要としている。

4 International Energy Agency (IEA), "Energy Technology Perspectives 2020", IEA, <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020> (2021年2月15日アクセス)

5 日本エネルギー経済研究所 (IEEJ), "IEEJ Outlook 2021", The International Energy Economics, Japan, <https://eneken.ieej.or.jp/data/9170.pdf> (2021年2月15日アクセス)

排出削減に係る費用

前述のIEA-ETP2020におけるSTEPSとSDSの2つのシナリオ分析⁴によると、2050年正味CO₂排出量はそれぞれ357億トンと94億トンであり、それらに対するエネルギー部門への累計資本投資額（2019～2070年）はSDSの方が約31兆ドル（年間平均約6,100億ドル）多く、その増加額は全体の10%程度になると見積もられている。追加投資額の増加が多いものとしては電力セクター（再エネ、グリッド強化など）への約39兆ドルとなる一方で、化石燃料への投資は削減され、部分的に相殺される。図表1.2.1-2にSDSの10年間毎の累積追加投資額（STEPS基準）を示す。



図表 1.2.1-2 IEA-ETP2020のSDSにおける累積追加投資額 (2070年まで10年毎累積 (STEPS基準))⁴

©OECD/IEA Energy Technology Perspectives 2020, IEA Publishing,. Licence : www.iea.org/t&c

サーキュラーエコノミーの状況

EUでは2015年12月にサーキュラーエコノミーパッケージが採択され、また2019年12月の欧州グリーンディールにおいてもその柱の一つとされている。従来のリニア型経済から循環型経済への移行を目指して、欧州を中心に様々なプロジェクトが実施される一方で、課題も浮かんできている。2020年1月のダボス会議で公表された「Circularity Gap Report」⁶では、世界経済のサーキュラリティ（世界経済に年間で投入される鉱物、化石燃料、金属、バイオマスの総量に対して回収・循環される割合）は2年前の9.1%から8.6%（投入量：1,009億トン、回収量：86.5億トン）に低下したと指摘し、世界においてサーキュラーエコノミーの先進国は存在せず、すべての国が途上国であるとしている。またオランダING銀行による「Rethinking the

6 C. Schmidt et al., "The Circularity Gap: Report 2020", Circle Economy, https://assets.website-files.com/5e185aa4d27bcf348400ed82/5e26ead616b6d1d157ff4293_20200120%20-%20CGR%20Global%20-%20Report%20web%20single%20page%20-%2020210x297mm%20-%20compressed.pdf (2021年2月15日アクセス)

road to the circular economy」⁷では、課題点として、①サーキュラーエコノミーは環境負荷低減の手段であり、目的ではない、②完全なサーキュラーエコノミーを目指すことは最適ではない、③市場の失敗が循環型成長の主な障害、④規模を拡大するための政策的措置が必要との指摘があった。

生物多様性の状況

2011年から2020年までの間の世界目標として生物多様性条約第10回締約国会議(CBD COP10)(2010年)にて策定された愛知目標に関する最終評価文書「地球規模生物多様性概況第5版(GBO5)」が2020年9月に公表された。同文書によると、20ある目標のうち6つの目標については2020年の期限までに部分的な達成が見られたと評価された。未達成の目標が多かった理由としては、各国の目標の範囲や目標のレベルが愛知目標の達成に必要なとされる内容と必ずしも整合していなかった点などが指摘されている。また生物多様性国家戦略を策定した国は条約加盟国196か国のうち168か国に上るが、2016年前後によやく100を超えたような状況であり、各国の取組みはまだ道半ばにあるとの認識も示している。一方、現在の生物多様性の損失状況は第6の大量絶滅時代にあると指摘する研究者らもおり⁸、生物多様性損失に歯止めをかけるための取組みは急務となっている。こうした背景から、国連は2021年から2030年を生態系修復の10年と位置付けている。なお次回CBD COP15は2021年5月に中国・昆明にて開催予定とされている。

<COVID-19による影響と対応>

COVID-19がエネルギー資源に与えた影響

COVID-19拡大防止措置によって経済活動が世界的に停滞し始めた2020年4月に、WTI原油の先物取引市場において、2020年5月期末引き渡し価格が史上初のマイナス価格となったことが大きく報道された。石油輸出国機構(OPEC)にロシアなどを加えた「OPECプラス」の協調減産交渉の決裂(2020年3月)や、現物引き受けが必要になるという取引特性ゆえの投機的な反応による面もあったが、経済活動の停滞による実需の減少という形を通じてCOVID-19もエネルギー市場に大きく影響を及ぼした。前述のIEAのWEO2020によると、2020年の石油消費は8%の落ち込みとされている。また需要の抑制はしばらく回復せず、消費がCOVID-19以前の水準に戻るのには2023年以降と予測している。

COVID-19拡大防止措置に伴う大気汚染物質等の変化

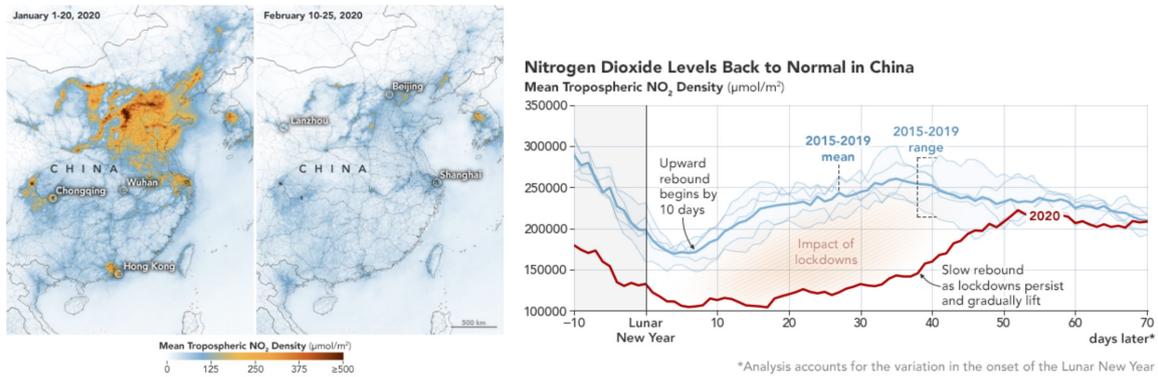
COVID-19拡大防止措置のためのロックダウン等の副次的な効果として、大気質や水質の清浄化が2020年に注目された。これまで大気汚染で見えなかった遠方の風景まで見えたなどの事例が各国で報道された。

幾つかある大気質の指標のうち、衛星から顕著に追認されたものは二酸化窒素(NO₂)濃度である。NO₂は、発電やエンジンでの燃焼に伴って生成、排出されるが、多くは長距離輸送されず、発生源の近傍で消滅するため、地域での人為的大気汚染の状況を把握しやすいという特徴がある。これに対して二酸化炭素(CO₂)濃度は、発生源から長距離輸送されることや、植物の光合成などの影響で季節変動が大きく、解析が複雑化

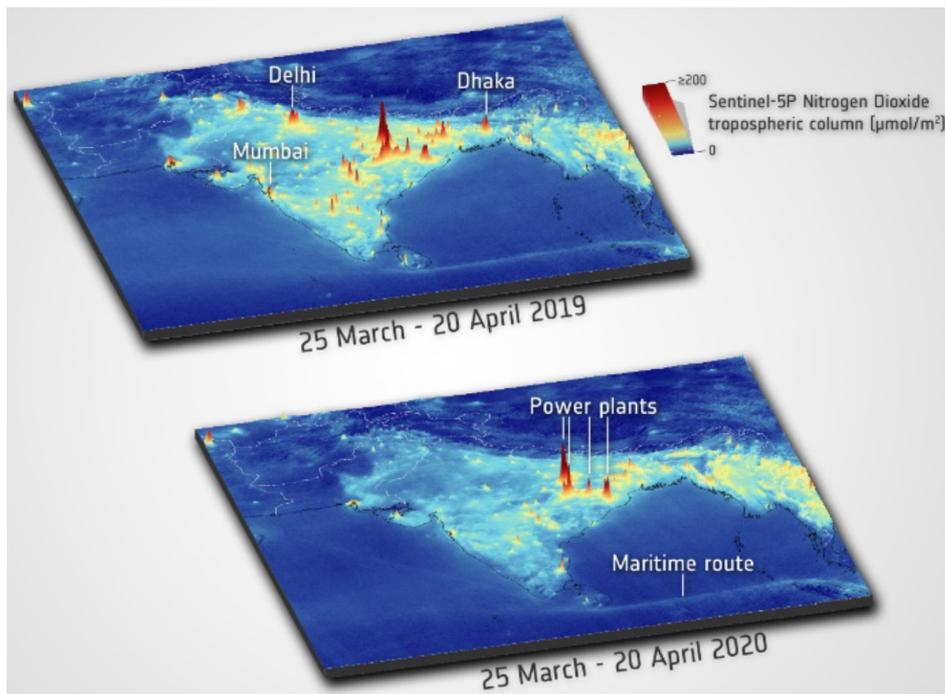
7 M. Bani and M. Blom et al., "Rethinking the road to the circular economy", ING, https://think.ing.com/uploads/reports/Rethinking_the_road_to_the_circular_economy_FINAL_RB1_%28AP%29.pdf (2021年2月15日アクセス)

8 A. D. Barnosky et al., "Has the Earth's sixth mass extinction already arrived?", *Nature* 471, no. 7336 (2011): 51-57. doi: 10.1038/nature09678

する。そのため複雑さが少ないNO₂濃度での観測が比較的盛んに行われている。NASAとESAの衛星で確認された各国での一時的な濃度減少の事例を図表 1.2.1-3、図表 1.2.1-4に示す。



図表 1.2.1-3 衛星観測による中国でのNO₂濃度の一時的な減少^{9, 10}

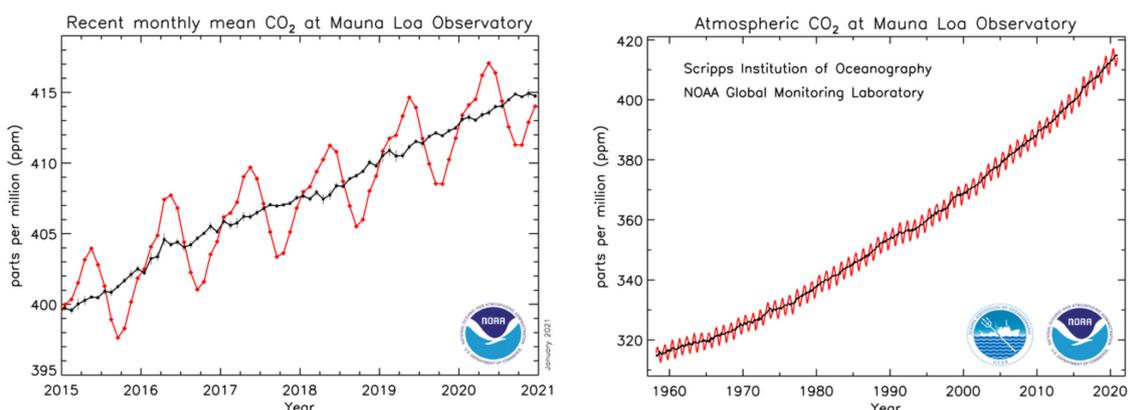


図表 1.2.1-4 衛星観測によるインドでの一時的なNO₂濃度の減少¹¹

- 9 E. Cassidy, “How to Find and Visualize Nitrogen Dioxide Satellite Data”, NASA, <https://earthdata.nasa.gov/learn/articles/feature-articles/health-and-air-quality-articles/find-no2-data> (2021年2月15日アクセス)
- 10 J. Stevens and M. Carlowicz, “Nitrogen Dioxide Levels Rebound in China”, NASA, <https://earthobservatory.nasa.gov/images/146741/nitrogen-dioxide-levels-rebound-in-china> (2021年2月15日アクセス)
- 11 The European Space Agency (ESA), “Air pollution drops in India following”, ESA, https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Air_pollution_drops_in_India_following_lockdown (2021年2月15日アクセス)

CO₂については、例年よりも排出量は減少したと見られているが、大気中の濃度は2020年も上昇した¹²。CO₂濃度の代表的指標であるマウナロア観測所データを図表 1.2.1-5 に示す。ここでは2020年の増加速度に目立った減少は見られない。同観測所は閑静な山頂部の環境で、最も古くからCO₂観測を続けており、得られたデータは信頼性の高いトレンドを示す。ある地点でのCO₂濃度は都市部の工場やエンジン車での排出に加え、動植物の呼吸、植物の光合成、風の影響などを複雑に受ける。したがって、排出量が大きい都市域近傍では濃度の変動が激しい。一方、マウナロアは都市域から離れており、年単位で長距離輸送され、全球規模でよく混合されたCO₂濃度を観測している。

CO₂排出量について、今後さらに解析が進むと見られるが、シミュレーションと観測の両面で評価がなされている。JAXAのGOSAT-2衛星によるCO₂濃度観測では、一時的なCO₂排出量の減少はみられている¹³。世界のCO₂排出量の増減は、幾つか推算が試みられているが、少なくとも-4% (-2~-7%)、多くて-7% (-3~-13%) 程度の排出量減少¹⁴とされている。



図表 1.2.1-5 ハワイ・マウナロアでのCO₂濃度¹⁵

COVID-19拡大防止措置のためのロックダウン等の人為活動の制限は、半径1 nm ~ 100 μmの大気中エアロゾル濃度の減少も各地でもたらしている。代表的な微粒子であるPM_{2.5}などの減少が報告されている¹⁶。

- 12 Global Atmosphere Watch, “WMO Greenhouse Gas Bulletin: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2019”, World Meteorological Organization, https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10437 (2021年2月15日アクセス)
- 13 JAXA 第一宇宙技術部門「「いぶき」による大都市のCO₂変化」『JAXA』, <http://earth.jaxa.jp/covid19/ghg-local/index.html> (2021年2月15日アクセス)
- 14 C. L. Quere et al., “Temporary reduction in daily global CO₂ emissions during the covid-19 forced confinement”, *Nature Climate Change* 10 (2020): 647-653. doi: 10.1038/s41558-020-0797-x
- 15 Global Monitoring Laboratory, “Trends in Atmospheric Carbon Dioxide”, NOAA, <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/> (2021年2月15日アクセス)
- 16 R. Bao and A. Zhang, “Does lockdown reduce air pollution? Evidence from 44 cities in northern China”, *Sci. Total Environ.* 731 (2020): 139052. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139052

大気中エアロゾルは、エアロゾル・放射相互作用やエアロゾル・雲相互作用によって気候に影響を与えている。太陽光吸収によって地球温暖化効果をもたらしたり、雲生成を介して気候に影響を与えたりすることが知られているが、反対に太陽光を散乱することで地球冷却効果を持つことも知られている。今般の大気中エアロゾルの減少が中長期的に気候に対してどのような影響を与えるかは現時点では不明であり、引き続きの検討が必要となる。

COVID-19と環境研究の動向：水、環境表面、リスクコミュニケーションなど

COVID-19の拡大に対して、感染症を直接的に扱ってきた医療・医学分野だけでなく、リスク評価・管理や公衆衛生などの分野においても研究が行われている。水分野では、水供給の安全を確保する従来のリスク評価に加えて、下水調査によるCOVID-19蔓延状況の疫学調査が国内外で立ち上がり、様々な有用性から進展が期待されている¹⁷。建築分野や空気調和・衛生分野では、飛沫の拡散の可視化や密閉された環境でのモデル実験などがなされ、COVID-19感染防止のための知見の獲得が進められている¹⁸。リスク管理分野では、インフルエンザ感染症での知見を生かした接触感染リスク評価や、様々な物質の表面での新型コロナウイルスの感染力保持期間の評価などがなされ、接触感染経路を抑制するための検討がなされている。リスク学分野では、科学的ファクトに基づいた合理的な意思決定のあるべき姿の検討や、公衆衛生の介入効果を高め、インフォデミックと社会的スティグマなどを防止する、より良いリスクコミュニケーションなどが検討され、パンデミックの脅威下での合理的な議論をなすための基本となる考察を提供している¹⁹。

<エネルギーを取り巻く状況>

EUタクソノミー

持続可能な社会の実現に向けた金融分野の動きは、ESG投資（Environmental, Social and Governance Investment）に象徴されるように拡大の一途を辿っている。2006年に国連が公表した「責任投資原則（PRI：Principles for Responsible Investment）」を受け、世界中の機関投資家には、環境、社会、企業統治に係る課題を投資分析や意思決定プロセスに組み込むことが求められ、また投資対象の主体にはESGの課題に関する適切な開示が求められるようになった。PRIへの署名を行った機関はこの15年間で30倍に増えて既に3,000を超えている（2020年12月時点）。2019年には「責任銀行原則（Principles for Responsible Banking）」も公表され、金融機関の投融資行動に対しても同様の姿勢が求められるようになった。

ESGに係る情報開示が求められる中、G20からの要請を受けて民間主導の「気候関連財務情報開示タス

- 17 国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター（CRDS）ショートレポート「新型コロナウイルス感染症に関する環境・エネルギー分野における世界の研究開発動向：「水と感染症」編」『CRDS』（2020年10月15日），<https://www.jst.go.jp/crds/covid-19/pdf/crds20201023-1.pdf>（2021年2月15日アクセス）
- 18 国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター（CRDS）ショートレポート「新型コロナウイルス感染症に関する環境・エネルギー分野における世界の研究開発動向：「都市環境と感染症」編」『CRDS』（2020年9月11日），<https://www.jst.go.jp/crds/covid-19/pdf/crds20200915-3.pdf>（2021年2月15日アクセス）
- 19 国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター（CRDS）ショートレポート「新型コロナウイルス感染症に関する環境・エネルギー分野における世界の研究開発動向：「リスクと社会」編」『CRDS』（2020年10月15日），<https://www.jst.go.jp/crds/covid-19/pdf/crds20200915-3.pdf>（2021年2月15日アクセス）

クフォー（TCFD）」が発足した。このTCFDでの検討の結果、2017年に、企業統治、戦略、リスク管理、指標と目標の4項目について開示することを求める提言が最終報告書としてとりまとめられ、公表された。その後、TCFD提言への賛同機関は徐々に増え、自社の取組みを積極的に開示することでESG投資を呼び込む好循環を作ろうとする動きが広がっている。

一方、ESG投資において、標準化された判断基準はまだ構築されていない。既にESGへの取組みを評価・比較する指標やサービスは複数存在するが、その信頼性などについては未だ改善の余地があるとされている²⁰。また多くの新技術・サービス分野で見られるのと同様に、ESG投資においても、自らに有利な環境を形成するための国際標準化をめぐる競争が既に顕在化している。

標準化の動きで先行するのはEUである。EUは、ESG投資を実践するファイナンス全体を指す「持続可能な金融（サステナブル・ファイナンス）」の法制化を進めており、その一環として一般に「タクソミー規則」と呼ばれる規則を2020年7月に発効した。資本の流れを持続可能な投資へと方向付けるための第一歩として、環境的に持続可能な経済活動に関する分類・定義（タクソミー）を設定した。

タクソミー規則では、環境的に持続可能な経済活動かどうかを判断するための4つの条件を提示している（図表1.2.1-6）。タクソミー規則の適用対象となる民間企業には、気候変動の緩和と適応については2022年から情報開示が求められることになる。その他の環境目的については2023年からの情報開示が求められる予定である。

タクソミー規則で示された4つの条件の中にはスクリーニング基準についての言及があるが、この基準の詳細は欧州委員会で検討が進められている。日本を含む世界の国々への影響が予想されるためその行方が注目されている²¹。

EUの動きと並行してISO（国際標準化機構）でも関連する動きがある。国際規格作業が進められているが、仏国提案の「気候ファイナンス」と米国提案の「グリーンボンド」に加え、英国提案の「サステナブル・

図表 1.2.1-6

| | |
|-----|---|
| 条件1 | 設定された環境目的（※）のうち1つ以上に貢献すること （※）環境目的： ①気候変動の緩和（温室効果ガスの排出削減） ②気候変動への適応（気候変動による影響への対処） ③水資源と海洋資源の持続可能な利用および保全 ④循環経済への移行 ⑤汚染の予防と管理 ⑥生物多様性と生態系の保全および回復 |
| 条件2 | いずれの環境目的も著しく害しないこと |
| 条件3 | 人権などに係るセーフガードに従って実施すること |
| 条件4 | 欧州委員会が策定するスクリーニング基準を遵守すること |

EU HPを基にCRDS作成

20 越智 信仁「比較可能なESG評価の可能性と課題」『インベスター・リレーションズ』13巻1号(2019): 17-31. doi: 10.34441/investorrelations.13.1_17

21 堀尾 健太, 冨田 基史「EUが目指す持続可能な投資「タクソミー規則」を徹底解説」『日経ESG』2020年9月号(2020)

ファイナンス」と中国提案の「グリーン・ファイナンス」があり、各国の思惑が交錯する中での検討となっている²²。ここで注目されているトピックの1つは石炭火力の扱いである。欧州では石炭火力は除外対象事業とされる傾向が強いが、中国は高効率な石炭火力を「クリーンコール」と位置づけて除外していない。

こうしたEUあるいはISOにおける検討がある中、日本では、経済産業省が「環境イノベーション・ファイナンス研究会」を開催し、2020年9月に中間とりまとめ「クライメート・イノベーション・ファイナンス戦略2020」を公表している。ここでは、製造業の省エネなど低炭素化を着実に進めていく「移行」のための取り組み（トランジション）、再エネなどの脱炭素化のための取り組み（グリーン）、脱炭素化に資する革新的な技術の研究開発・社会実装などの取り組み（イノベーション）に対するファイナンスの促進が重要、ということをも基本的な考え方として示している。また環境省は「グリーンボンドガイドライン2020年版」を公表した。同ガイドラインではEUのタクソノミー規則にあるような基準は示されておらず、資金調達したい主体と投資家との間での十分な情報を基礎とした対話を通して成熟されるべきものであり、それが投資対象として選択されるか否かは最終的には市場に委ねられるものとの考え方を示している。

カーボンニュートラルとエネルギー安定供給の両立：ノルドストリーム

欧州はカーボンニュートラルで世界をリードしようとしているが、その一方で域内のエネルギーの安定供給にも配慮している。これらの両立が極めて重要だが、一般的には前者ばかりが取り上げられがちであり、後者のような現実的対応は、必ずしも一般社会に十分に知られていない。

例えば欧州として再生可能エネルギーを拡大する一方、原子力と石炭火力の廃止を目指すドイツにおいてはガス需要の拡大が見込まれている。ところが欧州域内のガス産出が減少しているため、ロシアからの輸入拡大が重要となっている（2017年欧州輸入量：2,946億m³、ロシアのシェア66%）。これに対応してロシア（ガスパロム）・欧州企業共同によるガスパイプライン計画が2005年に始動し、ノルドストリーム（Nord Stream）として2011年より稼働している。ノルドストリームはバルト海を経由したロシア・ドイツ間のパイプラインであり輸送能力は年間550億m³になる。

さらに現在は、この能力を倍増するために2018年よりノルドストリーム2の敷設工事が進められている²³。ただしこの動きに対して、別ルートのパイプライン通過国であるポーランド、ウクライナ、スロバキアからの反対、さらにはウクライナ問題を発端とした米国の対ロ追加制裁の一環としてのノルドストリーム2敷設への反対もある。2019年12月には敷設作業に関連する企業への米国の制裁措置が追加され作業が一時中断していた。その後、ガスパロム単独による工事で再開され、現在は2021年に完成すると見込まれている²⁴。しかし2021年1月に米国による参加企業へのさらなる追加制裁が開始されるなどの対立は続いており、米国新政権の対応が注目される。なおEUはこの問題を商業的なものとして取り扱っており、直接的に関与する立場にないとしている。

22 藤井 良広「「英中」軸に激化、規格間競争 グリーン&サステナブルファイナンス規格化」『日経 ESG』2019年6月号(2019)

23 本村 真澄「ロシアから欧州への天然ガス輸出とノルドストリーム - 2の動向について」『独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC)』, https://oilgas-info.jogmec.go.jp/_res/projects/default_project/_page/_001/007/528/180524_motomura.pdf (2021年2月16日アクセス)

24 石川 陽平「ロシア、欧州向けガス管の建設再開：米制裁の「ノルドストリーム2」」『日本経済新聞』2020年12月12日

非在来型化石資源（シェールガス）を取り巻く状況変化

シェール革命によって米国は世界最大の石油・天然ガス生産国となったが、現在の米国シェール石油・ガス業界では、長引く原油や天然ガス価格の低迷によって倒産件数が増加傾向にある。コロナ禍での燃料需要の急激な減少も加わったため2020年もその傾向は続いた。資産価値の減少を受けて買収・合併の動きも活発化している。その一方、生産量としては価格下落に伴う減産が生じたが、2021年第4四半期には回復見込みとする見方も出ている。新政権下での方針転換によって国有地のシェール開発規制の方針が示されているものの、採掘している土地の多くは私有地であるため、その影響は小さいと見られている。

環境エネルギー関連産業の変化

① 石油メジャー

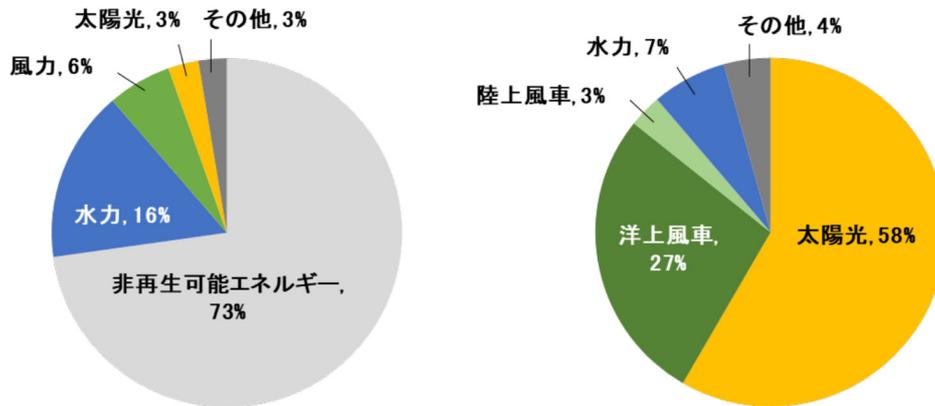
石油メジャー主要5社（エクソンモービル、シェブロン、BP、ロイヤルダッチシェル、トータル）の2020年4～6月期決算は、石油需要の低迷、既存資産の評価替えによる損失額で総額526億ドルと過去最大の赤字となった。この中で欧州系メジャーであるBPやシェルは2050年ゼロエミッションを宣言している。特にBPは石油・ガス生産を段階的に縮小し、2030年時点で150万b/d（19年実績260万b/d）とする一方で、2030年までに再生可能エネルギー発電などを中心とした低炭素関連事業投資を約50億ドル（現状の10倍、全投資額の1/3）、再エネ発電容量を50GW（現状2.5GW）にする目標を発表している。このような欧州系石油メジャーの再エネ投資を中心とした脱炭素化の動きに対して、米国系メジャーは脱炭素化に向けた動きは弱い。一方、産油国であるサウジアラビアにおいても太陽光発電や原子力への投資を検討している。また2020年には世界最大の石油会社であるサウジアラムコと日本エネルギー経済研究所がMETIの支援を受けて、サウジ基礎産業公社との協力の下、サウジアラビアで生産したブルーアンモニア（製造時CO₂をCCUSで対応）を輸送する実証試験を開始するなど、脱炭素化に向けた動きが見られる。

② 再生可能エネルギー

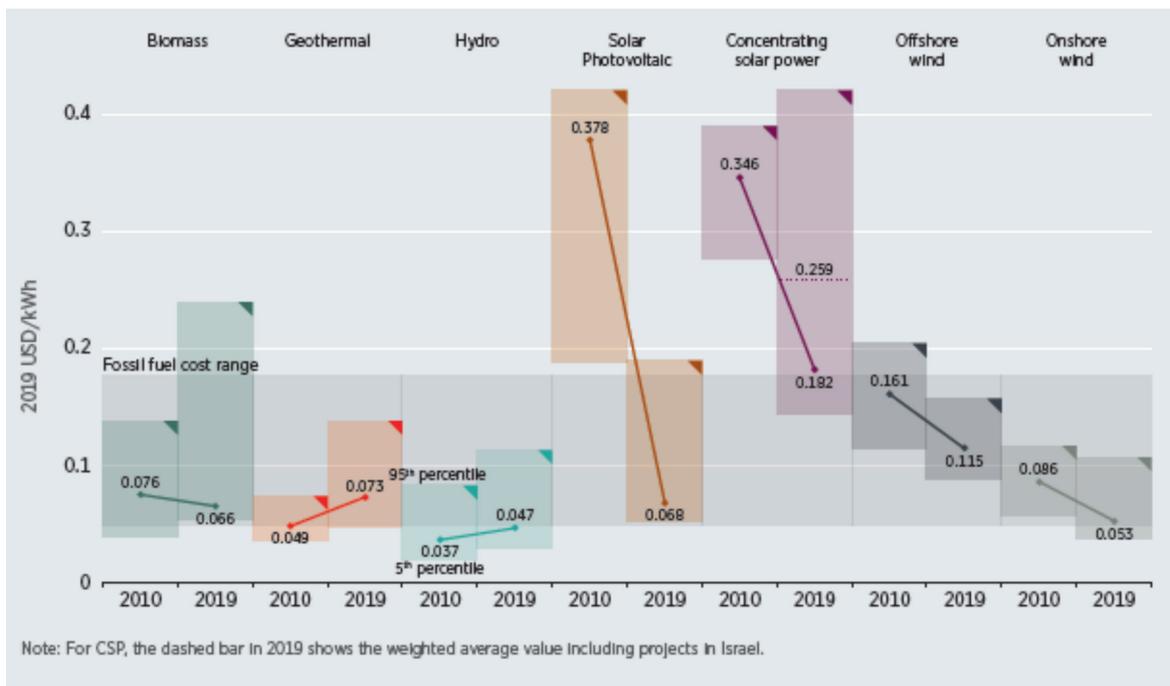
Ren21の「Renewables 2020 Global Status Report」によると、2019年の世界の電力生産量に対する再生可能エネルギーの割合は、水力発電：16%、風力発電：6%、太陽光発電（PV）：3%となった。また、2019年に導入された再生可能エネルギーの機器別割合はPVが最も多く58%、風力発電は陸上、洋上合わせて30%、水力発電が7%となっている（図表1.2.1-7）。世界のPV市場は確実に伸びており、2019年の導入容量は約115GWと推計されている。PVにおいては、中国が生産量及び導入量とも世界の大半を占めている。

国際再生可能エネルギー機関（IRENA）の推計では²⁵、太陽光発電と風力発電の世界の平均発電コストは過去10年で大幅に減少し（図表1.2.1-8）、2019年の推計値で、太陽光発電：0.068ドル/kWh、洋上風力発電：0.053ドル/kWhと、化石燃料由来の発電単価の最安価レベルと同等と推定されている。ただし、再生可能エネルギー技術の発電コストは、再生可能エネルギー資源の品質、人件費・土地等の建設コスト、および認可と許可のプロセスなど、様々な要因によって地域ごとに異なることに留意は必要である。

25 International Renewable Energy Agency (IRENA), “Renewable Power Generation Costs in 2019”, IRENA, <https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2019> (2021年2月16日アクセス)



図表 1.2.1-7 2019年の世界の電力生産 (左) と再生可能エネルギー導入容量 (右) の内訳
(Ren21 「Renewables 2020 Global Status Report」をもとにCRDSにて作成)



図表 1.2.1-8 再生可能エネルギーの加重平均均等化発電単価の低下傾向

©IRENA Renewable Power Generation Costs in 2019, IRENA Publishing., Licence : www.irena.org

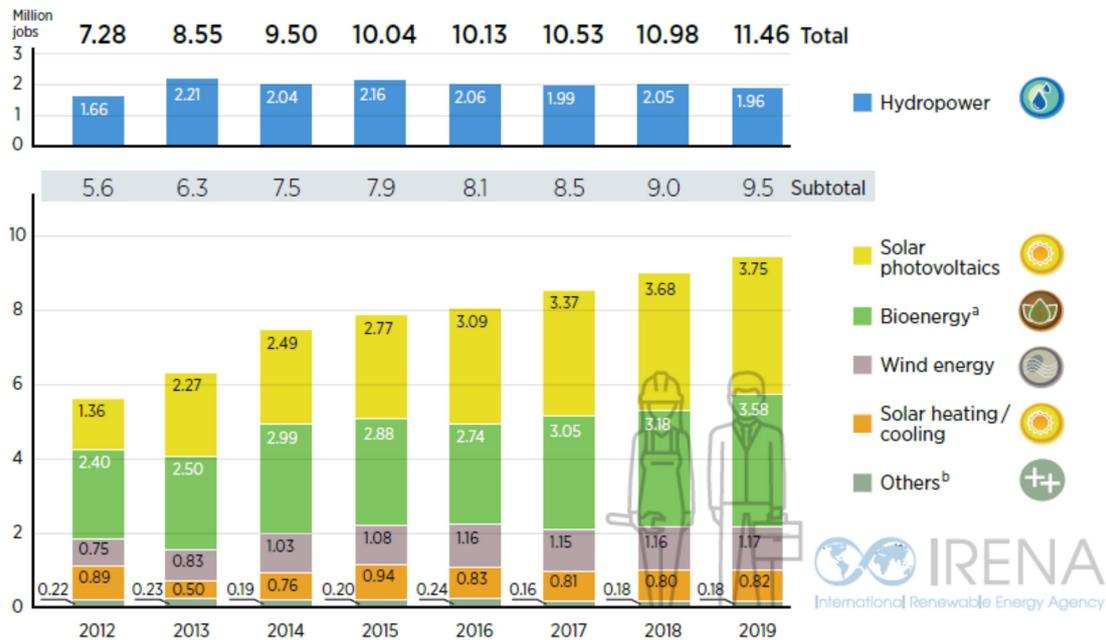
PVでは、土地等の低コストと日射量等の好条件から 中国とインドが最も発電コストが安価な地域になっている。人件費、土地等の資本コストに加え、商流の中間マージンも高いことから、世界に比べ日本の発電コストは高い状態が続いている。洋上風力については、今後、設置場所がより深海に進むことと大型タービンの開発費の高騰から、発電コストの低減が難しくなると予想されている。実際ヨーロッパでは、建設コストが高くなるより深海のプロジェクトへ進んだため大型タービン開発による低減効果を相殺し、発電コストの低下は限定的となっている。米国には卓越した風況資源と優れた風力発電産業があり、世界で最も平

均発電コストが低い陸上プロジェクトを推進しようとしている。

再生可能エネルギーの導入拡大が進む一方、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギー電源は天候など自然状況によって出力が大きく変動するため、今後の更なる導入拡大によって送配電グリッドの不安定化や、年間を通じた設備利用率の低下等の問題が各地で顕在化することが懸念されている。EUではメリットオーダーから、PVや風力発電の次には、新しい高効率火力発電所よりは設備償却が進んで発電コストが低下している効率の悪い古い火力発電所を優先して運転する動きもある。日本では、NEDOにより系統安定化に係わるプロジェクトが開始されている。

IRENAによると、再生可能エネルギー分野に直接的および間接的に係わる雇用者数は、2018年の1,100万人から2019年には1,150万人に増加すると予想されており、年単位の評価を開始した2012年以降、全世界的に成長を続けている(図表1.2.1-9)²⁶。これらの雇用に占める女性の割合は32%と大部分が男性であるが、エネルギー分野全体の雇用に占める女性の割合が22%であることに比べると相対的に割合が多い。産業別では、PV、バイオエネルギー、水力発電、風力発電の各産業が大きな雇用機会を創出している。PV業界は、再生可能エネルギー全体の労働力の33%を占め、雇用者数が最も多い状況が続いている。

FIGURE 1: GLOBAL RENEWABLE ENERGY EMPLOYMENT BY TECHNOLOGY, 2012-2019



図表 1.2.1-9 再生可能エネルギー産業の雇用人数の推移
(水力発電は直接的雇用人数、その他は直接的及び間接的雇用人数の合計)

©IRENA Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2020, IRENA Publishing,. Licence : www.irena.org

26 International Renewable Energy Agency (IRENA), “Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2020”, IRENA, <https://www.irena.org/publications/2020/Sep/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2020> (2021年2月16日アクセス)

再生可能エネルギー分野の雇用は、導入量と設備の生産をリードする少数の国に集中してきたが、特にPV技術の発展によって雇用の恩恵がより多くの国に広がってきている。2019年の集計では、アジアが世界の再生可能エネルギーの総雇用数の63%を占めている。また、厳密な推計は少ないが、オフグリッドエリアにおける分散型再生可能エネルギーが数多くの雇用を生み出しており、それに伴って、地域・社会における農産物加工や医療から通信や商取引に至るまで、様々な分野の雇用を後押ししている。

バイオエネルギーの中ではバイオ燃料関連の雇用者数が最も多く、2019年にはエタノールで2%、バイオディーゼルで13%の生産量増加に伴い、全世界のバイオ燃料関連の雇用数は250万人に増大している。労働集約的なサプライチェーンとなっているブラジル、コロンビア、マレーシア、フィリピン、タイでは生産が堅実に拡大したが、米国、EUでは減少している。

このように、再生可能エネルギー産業は、PVを中心に既に多くの雇用を創出している。今後、EUのグリーンリカバリーなど、アフターコロナを見据えた各国の政策により、更に大きく拡大することが予想される。

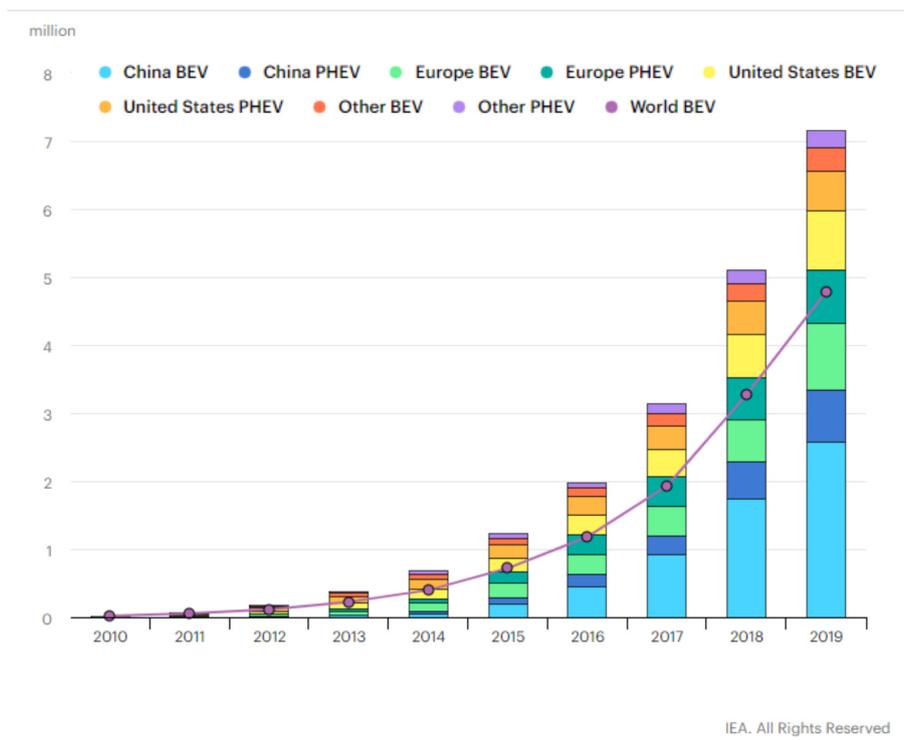
③ 蓄電池

IEA²⁷によると、2019年のEV（PHV、FCV含む）の販売台数は約210万台、全保有台数は約720万台に達している（図表1.2.1-10）。地域別では、政策的支援が強い中国が依然として世界最大の電気自動車市場であり、2019年の販売台数は前年比2%減少するも100万台を超え、世界市場の半分を占めている。続く2位はEUの約56万台、3位は米国の約33万台となっている。フランス、英国で運輸部門のCO₂削減および大気汚染改善を目的にガソリン車、ディーゼル車の販売が禁止となるなど、EUではEVシフトが加速している。

またIEAは、2020年1月から4月までのデータに基づく推計から、COVID-19のパンデミックにより2020年の世界の乗用車販売台数は2019年に比べ15%減少するが、EVの販売台数は自動車販売全体の3%を占め2019年と同程度になり、全保有台数も約1,000万台に達すると予想している。このような動きの中で2030年時点のEV販売シェアは乗用車新車販売台数の20%になると見込まれている。IEAの「持続可能な開発シナリオ」では、世界の電気自動車は毎年36%増加し、2030年には2億4500万台と、現在のレベルの30倍以上を想定している。2030年、電気自動車は、規定された政策シナリオでは同等の内燃機関車と比較して、GHG排出量をほぼ半分に削減し、持続可能な開発シナリオでは3分の2削減するとしている。

EVの航続距離やコスト、更に再生可能エネルギーの出力変動抑制においても、電池を始めとする電力貯蔵が技術ボトルネックとなっており、研究開発の競争も激化している。世界各国でリチウムイオン電池の高性能化や次世代電池を見据えた研究開発が進められており、日本ではNEDO事業においてエネルギー密度、安全性、充電特性を向上させた全固体電池、さらに2030年頃を見据えた革新型蓄電池の開発が行わ

27 IEA, "Global EV Outlook 2020", IEA, <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020> (2021年2月16日アクセス)



図表 1.2.1-10 世界のEV積算導入量の推移 (百万台)

©OECD/IEA Global EV Outlook 2020, IEA Publishing,. Licence : www.iea.org/t&c

れている。IEAのレポートによると²⁸、2005年から2018年の間に、電池やその他の電力貯蔵技術の世界の特許活動は、全ての技術分野の平均の4倍の速さの平均年率14%で成長しており、これらの特許の内、約90%が電池関係であった。技術進歩と大量生産により、電池価格は大幅に低下しており、電気自動車用のリチウムイオン電池の場合、価格は2010年から約90%低下し、電力グリッドを含む固定用途の場合、同期間に約3分の2まで下落している。しかし、IEAの持続可能な開発シナリオでは、世界が気候と持続可能なエネルギーの目標を達成するには、2030年までに現在の市場の50倍の10,000ギガワット時近くのバッテリーやその他の形態のエネルギー貯蔵が必要とされており、更なる低コスト化技術、量産技術が必要となる。

4 新興企業

クリーンエネルギー技術の新興企業としては、例えば、古細菌を用いてCO₂と水素からエタノールを製造する技術を持つLanzaTech（米国）、大気中CO₂を回収するDAC技術のClimeworks（スイス）、Carbon Engineering（カナダ）など、新たなコンセプトを持ったスタートアップ企業が注目されている。「IEA World Energy Investment 2020」によれば、ベンチャーキャピタル投資での2019年エネルギー

28 IEA, “Innovation in Battery and Electricity Storage”, IEA, <https://www.iea.org/reports/innovation-in-batteries-and-electricity-storage> (2021年2月16日アクセス)

技術系への投資額は165億ドル（そのうちリスクの高い初期ステージへの投資は40億ドルと推定）であり、政府系のエネルギー研究開発費の約300億ドル（そのうちの約250億ドルがエネルギー効率、CCUS、再生可能エネルギー、原子力、水素、エネルギー貯蔵、スマートグリッドなどの低炭素技術）、民間での900億ドルと比較すると低いものの、革新的技術の創造と言う点からは重要な役割を果たしていると言える。またこのレポートでは最近資金を獲得し、注目すべき新興企業としてエネルギー貯蔵のEnergy Vault（米国）、バイオメタン製造のBioenergy DevCo（米国）、Jiangsu Guofu Hydrogen（中国）、バッテリーパックメーカーRomeo Power（米国）が挙げられている。Energy Vaultは、ソフトバンクビジョンファンドが1.1億ドル投資した会社であり、クレーンとコンクリートブロックを利用した位置エネルギーによるユニークなコンセプトによるエネルギー貯蔵技術を保有し、スイスにデモシステムを建設している。なお新興企業は、地理的にも多様化してきており、資金調達でみると米国41%、中国22%、欧州19%となっている。

<日本の現状>

SDGs

「Sustainable Development Report 2019」によると、日本のSDGs達成状況およびその見通しの順位は162か国中15位である。目標4（教育）や目標9（イノベーション）の達成度が高く、目標5（ジェンダー）、目標12（生産・消費）、目標13（気候変動）、目標17（実施手段）の達成度は低い。

温室効果ガス（GHG）排出量

温室効果ガスの総排出量は、2014年以降、連続で減少しており、2019年度は12億1,300万トン（CO₂換算の速報値）、うちエネルギー起源CO₂の排出量は10.3億トンだった²⁹。パリ協定における日本の約束草案は2030年度に2013年度比で26.0%減の水準（約10.4億トン）としており、この2030年目標については達成の見込みとされている。一方、2019年6月に政府は「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」を策定し、国連に提出した。本戦略では最終到達点としての「脱炭素社会」を掲げ、2050年までに80%の削減に大胆に取り組むとしている。またその後、2020年には2050年カーボンニュートラルが宣言され、更に高い目標が示された。現行の排出量を踏まえると、これらの長期目標の達成にはより強力な取組みが必要と認識されている。

サーキュラー・エコノミーとプラスチック資源循環

日本における物質フローを2000年度と2017年度で比較すると、入口側では総物質投入量のうち国内資源からの投入量が約5割減少し、出口側では土木構造物や耐久財として経済活動の中に蓄積した量、及び最終処分量がそれぞれ約5割、及び7割強減少しており、物質フローの量的規模が縮小している様子がうかがえる³⁰。なお物質フローについては「資源生産性」、「入口側の循環利用率」、「出口側の循環利用率」、「最終処分量」の4つの指標について2025年度目標が設定されているが、近年の推移は横ばいないし伸び悩み傾向

29 環境省「2019年度（令和元年度）の温室効果ガス排出量（速報値）＜概要＞」『環境省』，https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg-mrv/emissions/material/sokuhou_gaiyo_2019.pdf（2021年2月16日アクセス）

30 環境省「令和2年版 環境・循環型社会・生物多様性白書」『環境省』，<http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r02/index.html>（2021年2月16日アクセス）

となっている。

プラスチックのマテリアルフローに関しては、「2019年 プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況」(一般社団法人プラスチック循環利用協会)によると2019年の国内樹脂製品消費量は939万tと前年比で90万t減少した。また廃プラ総排出量(使用済製品排出量と製品・加工ロス排出量を含む)も850万tで前年比41万t減となった。全体的な減少に伴ってか、マテリアルリサイクル(2019年は186万t)、ケミカルリサイクル(同27万t)もともに減少していた。リサイクル率(廃プラ総排出量に対するマテリアルリサイクルとケミカルリサイクルの割合)は約25%と概ね横ばい傾向であった。2019年に「プラスチック資源循環戦略」が策定され、リデュースやリサイクルの徹底・拡大を進めるとの方針が示されており、今後、国内のプラスチックマテリアルフローには一定程度的変化が生じる可能性がある。

なお2017年以降進められた中国の廃棄物輸入規制により、プラスチックくずの輸出先が世界的に大きく変化した。我が国の輸出先は現在はマレーシア、ベトナム、台湾などとなっている。

気候変動適応

文部科学省及び気象庁は「気候変動に関する懇談会」を運営しており、科学的知見の提供の一環として、2020年12月に「日本の気候変動2020-大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書」を発表した。同報告書では主に2°C上昇シナリオ(RCP2.6)と4°C上昇シナリオ(RCP8.5)が利用されている。その結果の一部を以下に例示する。

- ・年平均気温は約1.4°C(2°C上昇シナリオ)上昇し、猛暑日や熱帯夜の増加、冬日の減少が予測される。
- ・大雨や短時間強雨の発生頻度や強さは増加し、雨の降る日数は減少すると予測される。初夏(6月)の梅雨前線に伴う降水帯は強まり、現在よりも南に位置すると予測される。なお7月については、予測の不確実性が高い。
- ・日本付近における台風の強度は強まると予測される。4°C上昇シミュレーションの結果などから、日本の南海上においては、非常に強い熱帯低気圧の存在頻度が増す可能性が高いことが示されている。
- ・海面水温は約1.14°C(2°C上昇シナリオ)上昇することが予測される。
- ・沿岸の海面水位が約0.39m(約0.71m)上昇することが予測される。また、平均海面水位の上昇は、浸水災害のリスクを高める。日本沿岸において、10年に1回の確率で発生するような極端な高波の波高は増加すると予測されているが、その確信度は低い(台風経路の変化の将来予測の不確実性が高いため)。

また、環境省は2020年12月に「気候変動影響評価報告書」を取りまとめ、気候変動による影響が重大かつ緊急であることを示した。重大な気候変動影響を低減・回避するためには、適応策と緩和策を両輪で実施していくことが重要であり、国や地方公共団体、事業者が様々な分野での適応策を策定することが求められている。

COVID-19による影響と対応

世界の各国でCOVID-19拡大防止対策の副次的な効果として大気質や水質の清浄化が注目されたが、日本での顕著な変化はまだ報告されていない。二酸化炭素濃度は2020年4月から5月にかけての緊急事態宣

言の期間においても排出増加基調は変わっていなかった³¹。都市域沿岸の水質についても、JAXA「しきさい」衛星からの東京湾、大阪湾、伊勢湾のクロロフィルa濃度の観測結果において例年との顕著な差は見られていない³²。廃棄物・リサイクルや電気・ガスなどのエネルギー使用量についてはテレワーク導入などの影響の可能性が指摘されているが、実際の統計やそれに基づく分析については今後の報告が待たれる。

関連産業の規模

環境・エネルギー分野に関連する産業は多岐に亘る。エネルギー分野に関しては、産業大分類で見ると「電気・ガス・熱供給・水道業」が深く関連する³³。総務省の「平成28年経済センサス-活動調査」によれば同産業の売上高は約26兆円（2015年）、付加価値額³⁴は約4兆円（2015年）であり日本全体の合計額に占める割合はそれぞれ1.6%、1.4%である。しかしながらこれ以外にも「鉱業、採石業、砂利採取業」、「製造業」、「卸売業、小売業」、「サービス業（他に分類されないもの）」の一部も関連するため、これらを総合した同分野の産業規模は極めて大きい。

産業小分類別の2015年の売上高の上位リストにおいても「自動車・同附属品製造業」（約67兆円、1位）、「電気業」（約21兆円、17位）、「石油精製業」（約17兆円、23位）、「発電用・送電用・配電用電気機械器具製造業」（約7兆円、62位）、「ガス業」（約5兆円、84位）、「鉱業用プラスチック製品製造業」（約4兆円、91位）等の複数のエネルギー関連産業が含まれている。

エネルギー関連産業は電気、ガス、水道といった公益事業を担う産業が含まれ、海外ではユーティリティ産業とも呼ばれている。日本では人口構成の変化やインフラ老朽化が進み、電力市場、ガス市場の規制緩和が進められているため同産業は大きな変革期の中にある。GHG排出の大幅削減やデジタル化等の技術進展といった世界的な潮流も大きな影響を及ぼしている。

なおエネルギーは人間社会のあらゆる活動の基盤であるため本来的にはあらゆる産業が関連する。一つの見方として産業別のエネルギー起源CO₂排出量を挙げると、前述の産業分類に留まらない、幅広い分野の産業がエネルギー（とりわけGHG排出）と深く関連していることが分かる。

環境分野関連の産業に関しては、既存の産業分類の中では「廃棄物処理業」が該当するが、それに全てが含まれるということにはならない。OECDによる環境産業の定義・分類では「環境汚染防止」、「環境負荷低減」、「資源有効利用」の3分類が用いられている。これを踏まえた環境省による検討では「環境汚染防止」、「地球温暖化対策」、「廃棄物処理・資源有効利用」、「自然環境保全」の4分類が用いられている³⁵。これらに含まれる産業は極めて広範かつ多岐に亘る。また前述のエネルギー分野に関連する産業とも一部が重複する。従って以下に示す環境産業の規模は、前述のエネルギー分野の関連産業との単純な足し合わせにはな

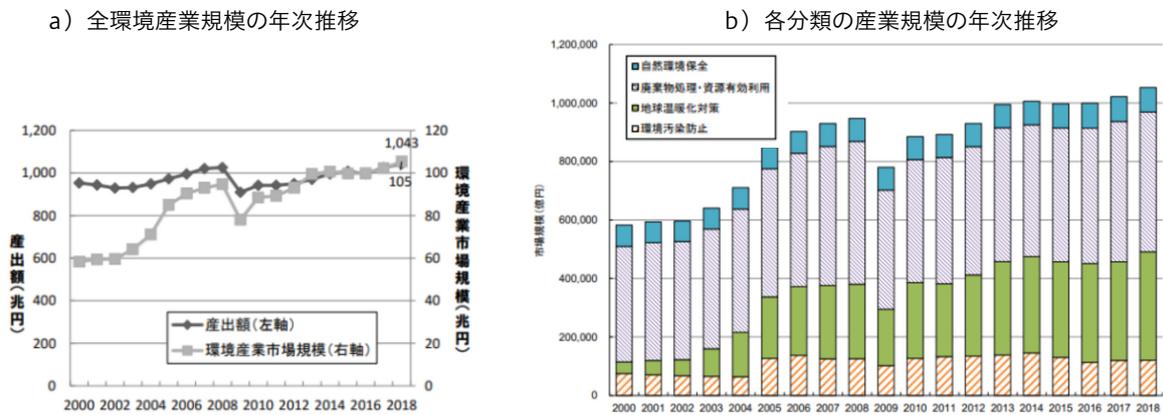
31 気象庁「二酸化炭素濃度の観測結果」『気象庁』, https://ds.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/obs/CO2_monthhave_ryo.html (2021年2月16日アクセス)

32 JAXA第一宇宙技術部門「しきさい(GCOM-C)によるクロロフィルa濃度」『JAXA』, <http://earth.jaxa.jp/covid19/water/index.html> (2021年2月16日アクセス)

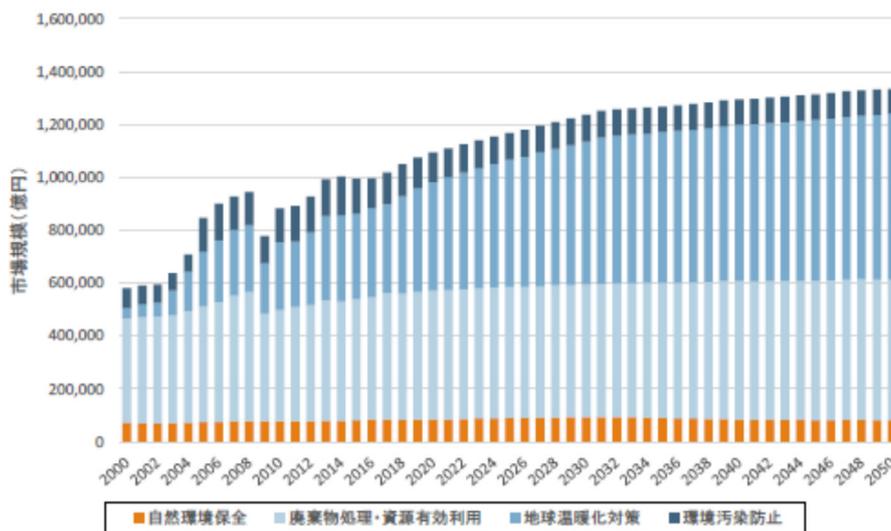
33 総務省「日本標準産業分類(平成25年10月改訂)(平成26年4月1日施行) - 分類項目名」『総務省』, http://www.soumu.go.jp/toukei_toukatsu/index/seido/sangyo/02toukatsu01_03000044.html#e (2021年2月16日アクセス)

34 付加価値額=売上高-(費用総額(売上原価+販売費及び一般管理費))+給与総額+租税公課

35 環境省大臣官房環境計画課環境経済政策調査室「令和元年度 環境産業の市場規模・雇用規模等に関する報告書の公表について」『環境省』, <http://www.env.go.jp/press/108220.html> (2021年2月16日アクセス)



図表 1.2.1-11 環境産業の規模³⁵



図表 1.2.1-12 国内環境産業の将来市場規模推計³⁵

らない点に留意が必要である。

環境省による推計では、環境産業の規模は2018年には過去最高の約105兆円に達している（2000年の約1.8倍）（図表1.2.1-11、図表1.2.1-12）。これは日本の全産業の産出額（名目）約1,043兆円（2018年）の10.1%を占める規模である。2000年にはこの値は6.1%であったことから、日本の経済成長に対して与える環境産業の影響が年々大きくなっていると指摘されている。この成長に大きく寄与しているのは、先の4分類の中の「地球温暖化対策」である。2018年時点では、同分類に含まれる「省エネルギー輸送機関・輸送サービス」が前年比約30%増、「省エネルギー型ユーティリティ」、「エコカー」、「再生可能エネルギー設備管理」が同比約15%増、「再生エネルギー売電」が同比約10%増と大きく伸びており、「省エネルギー電化製品」、「エネルギー貯蔵設備」、「省エネルギー建築」も市場規模を増加させていた。市場規模が大きいのは、「エコカー」の約15兆円、「省エネルギー建築関係」の約10兆円であり、省エネルギー建築関係内で、ZEBが約2,400億円（2019年度）、ZEHが約1兆6,000億円（2018年度）となっている。

また、環境省による国内環境産業の将来市場予測では、2050年にかけて市場は上昇傾向を続け、133.5兆円まで成長し、2018～2050年の年平均成長率（CAGR）は0.8%と推計している。2050年の構成比率は、「地球温暖化対策」が46.9%と最も多く、「廃棄物処理・資源有効利用」がその後に続いている。2018～2050年のCAGRは「地球温暖化対策」が最も高く1.7%であり、「環境汚染防止野」が-0.8%と最も低い結果となっている。

1.2.2 研究開発の動向

本書第2章で取り上げた30の研究開発領域についての概況をまとめる。なおJST-CRDSでは2020年10月から12月にかけて「令和2年度 環境・エネルギー分野俯瞰ワークショップ」を開催し、研究開発領域ごとの状況について議論を行っている（俯瞰ワークショップの開催概要については付録1参照）。本項目は同ワークショップで得られた指摘や議論も踏まえてとりまとめた。

(1) エネルギー分野の研究開発の動向

・集中型電力供給（関連する研究開発領域：資源探査・開発、火力、原子力）

エネルギー資源探査・開発技術に関しては、衛星探査による探鉱技術として、現在のマルチバンドスペクトルセンサを超える解析能力を有する衛星用ハイパースペクトルセンサ技術が検討されている。深層学習の適応も見られる。水平抗井掘削技術ではマルチラテラル仕上げ工法の開発、水圧破碎法の開発、大偏距坑井掘削技術の実用化が注目されている。

CCS（二酸化炭素回収・貯留）は火力発電やセメント産業などにおけるCO₂削減対策としても重要視されている。三次回収におけるCO₂のマイクロバブル技術化（CO₂EOR・CCS）が注目されている。CCS導入のためにはコスト低減が必須課題であり、CO₂分離回収コストの低下に向けた技術開発の期待が依然として高い。CO₂分離回収の手段としてアミン吸収液、固体吸収材・吸着材、分離膜などがあり、実証・実用化に向けた研究開発の加速が期待を集めている。関連して、DAC（空气中CO₂分離回収）の研究開発も活発化している。

火力発電に関しては、再エネ導入量の増加に伴って、変動する電力を補完・調整する火力発電の役割が一層増している。部分負荷効率向上、負荷変化率増加、最低負荷低下など柔軟性向上が必須であり、再エネと相互協調し調整するという関係は当面継続する見込みである。DXの動向に関連して、AI活用による発電所の運用・保守最適化、異常予兆検知の進展がみられる。一方、火力発電のネットゼロエミッション化を2050年に達成するには2040年実用化が必要という社会的な要請が急速に現実味を帯びて議論されている。技術開発としては、大崎クールジェンにおいてCO₂分離・回収型酸素吹きIGCCの実証試験が開始している。超臨界CO₂発電について、米国が大規模に実施しているが、日本では国内法の規制から国内での実証試験は未実施である。CO₂回収型クローズドIGCCについて、ベンチスケールでの実証試験が行われている。褐炭からの水素製造・水素専焼ガスタービンなど低炭素燃料の活用に関する研究開発は継続している。石炭火力発電を取り巻く厳しい世論は欧州に留まらない拡がりを見せつつあり、規制や投資抑制といった形で顕在化しつつある。韓国においては大手重工業メーカーが経営危機に瀕しており、日本でも技術的課題だけで留まらない、厳しいかじ取りが迫られている。

原子力発電に関しては、新型原子炉の検討が2019年より米国、カナダで活発化している。日本では東京

電力福島第一原子力発電所の事故以降、研究開発は活発ではないが、高温ガス炉に関するポーランドとの技術協力取決めを締結するなど国際協調関係は維持されている。HTTR（高温工学試験研究炉）については、2020年に新規制基準適合性を取得し、再稼働に向けた準備が行われている。国内の研究開発は、国の関連事業（NEXIPイニシアティブ）を通じて事故時耐性燃料、3D造形技術、再エネ共生（負荷追従、蓄熱、水素）などの新技術開発への取り組みが見られる。

核融合については、2020年にITER装置本体の建設が開始している。補完研究のためのJT-60SA装置組み立ても完了し、今後、プラズマ点火がなされる見込みである。レーザー核融合について、米国のAIを活用した最適化研究やドイツでの大型融資によるベンチャーの起業といった動向が話題を集めている。

原子力の安全性に関わる動向としては、2018年下期にテスト導入の新検査制度が導入され、2020年4月より本格運用されている。また、福島第一原子力発電所事故ベンチマーク解析プロジェクトの後継として、さらに詳細に事故の状況を探り、今後の軽水炉の安全性向上のための研究に役立てることを目的とした国際協力プロジェクトが実施されている。

再処理について、国の革新的研究開発プログラム（ImPACT）の研究が、長寿命核分裂生成物の分離変換技術開発として、湿式電解法によるPdの回収・偶奇分離、溶媒抽出法によるZrの回収などで一定の成果を得て、終了している。息の長い研究課題であり、持続性が期待される。

• 再生可能エネルギー（関連する研究開発領域：太陽光、風力、バイオマス、その他再生可能エネルギー）

太陽光発電では、第三代静止気象衛星の観測データや気象庁のメソアンサンブル予報を活用した高分解能時空間での日射・発電予測など、発電予測技術の高精度化が注目されている。大量導入時の系統課題に取り組むNEDOプロジェクトが進行中で、慣性力の低下に対応する基盤技術開発や配電系統における電圧・潮流の最適な制御方式の開発などが進められている。経済産業省によって「スマート保安官民協議会」が設立され、スマート保安に資する新技術の導入や、それを促進する規制・制度の見直しなどの取り組みが支援されている。世界最高水準の高効率太陽電池を搭載した電気自動車（EV）の公道走行実証試験が開始している。建材一体型太陽光発電設備（BIPV）や車載PVなどのデザインが重視される用途に向け、色つき太陽電池モジュールの開発が活発化しつつある。

宇宙太陽光発電はマイクロ波送電の日米での実用化の進展に伴い、太陽光発電-マイクロ波送電システムモジュールの開発や宇宙実証実験にトレンドが移行している。また、日本が先行していたレーザー送電、ビーム型無線送電が注目され、世界的に研究開発が加速している。

太陽熱発電に関しては、太陽光発電とのハイブリット化、蓄熱システムの低コスト化、発電システム全体の高温化による高効率化が研究開発の大きな流れとなっている。

風力発電は、陸上風車では経済性向上と立地拡大のために大型化と低風速域対応が進んでいる。それに伴って出力、高さなどが徐々に上昇しており、欧米では5 MWクラスの陸上風車が大量に建設されている。技術面では分割翼化が行われている。政策的に建設立地条件も緩和されている。洋上風車では、必要台数、建設工数・費用を削減するため、風車本体が10MW級（最大13MW）になる超大型化（10年で2.5倍の大型化）が進んでいる。新型風車の開発費が高騰しており、大市場を押さえた大企業の寡占化が顕在化している。国内では富岳を活用した洋上ウインドファーム解析が試みられている。

風車運転保守について、主要機器に各種センサーを設置し、故障の予知・検知・寿命診断の遠隔監視が標準装備化されている。欧米の大手数社は、既納入の数万台/数十年分の運転・遠隔監視のビックデータを

AI解析し、故障診断・寿命延長・計画保守・性能向上へ適用中である。しかしデータはメーカー所有の非公開情報となっており、日本にそのデータがないため研究に支障がでている。落雷などによるブレード損傷検出や寒冷地での着雪・着氷の除去ヘドローン活用も検討されている。

風力に関連する産業形成のため、経済産業省、国土交通省と民間事業者が官民協議会を立ち上げ、産業ビジョンを策定している。

バイオマスは輸送用燃料、産業用熱利用に対する期待が大きい。最近では化石代替としてガス業界でもバイオメタン、バイオLPGの導入が検討されている。欧州ではインセンティブを付与する熱FITを導入している。サプライチェーン全体の観点から、輸入バイオマスのトレーサビリティが重要視されてきている。一方、バイオエコノミーという新しいビジョンに基づき、バイオマスをエネルギー利用だけでなくマテリアル利用として積極的に検討する方向性に切り替わりつつある。エネルギー資源として利用する以上に材料、食料等の高付加価値利用に研究開発の重心が動いている。ヒドロキシメチルフルフラールや炭素材料等の有用物質のコプロダクション型アグロファクトリープロジェクトが行われている。

また、大気中二酸化炭素を減少させるため、バイオマスを用いた炭素除去・貯留（BiCRS：Biomass carbon removal and storage）によるネガティブエミッション技術（BECSS、バイオ炭など）の重要性の認識が高まってきており、今後の研究が期待されている。

マイクロプラスチック問題に関連して、天然素材やバイオマス由来プラスチックへの切り替えが広がっている。生分解性プラスチックの開発が再び脚光を浴びている。

持続可能な航空燃料（SAF：Sustainable Aviation Fuel）として、海外でNESTIやランザテックの研究開発が進展しており、国内でANAが試験飛行を実施している。

水力発電は国内での注目が低いものの、中小水力をさらに伸ばす方向性で経済産業省、NEDOの支援は継続している。揚水発電は日本の技術が最も進展していた時期があったが、現在は海外に抜かれている。電力システムの経済運用を主目的として、系統安定度向上や急峻な変動負荷への対応のための開発が行われている。

海洋発電に関しては、これまで日本での研究開発は波力発電が主体だったが、近年の世界的な研究開発の活発化に伴って、大型プロジェクトが実施されている。

地熱発電に関しては、国内では2011年の東日本大震災後に期待を集めたが導入の伸びは弱い。運用技術だけでなく効果的な探査手法や地域における導入規制等の課題が大きい。IoT、AI技術を適用した、トラブル未然回避や早期解決を実現するO&M最適化を図るなど、地熱発電所の利用率の向上のための研究開発が進められている。2030年に3倍に増やす目標だが、現在、オペレーションよりも新規開発に注目が偏っている。2020年から経済産業省傘下のJOGMECが自ら調査を開始している。過去にはNEDOも調査していたが止まっており、民間での地熱導入の伸び悩みの状況から、民間で取れないリスクを国が肩代わりする対応がとられている。

• エネルギー利用（関連する研究開発領域：電力貯蔵、産業熱利用、民生熱利用、化学エネルギー利用、地域熱供給）

電力貯蔵に関しては、我が国でも一部地域ではGW級発電規模のPVなどの余剰電力が出始めており、その余剰分を吸収できる電力貯蔵容量が社会的にも課題となってきた。また、電気自動車の実用化に向けて、二次電池では特に固体電解質を利用した全固体型リチウムイオン電池の開発が基礎から実用に向けて注

目を集めている。新規電池材料（正極：硫黄、空気極・負極：シリコン系、金属リチウム）や、多価イオン利用なども検討されている。レドックスフロー電池では安価な金属イオン（Ti/Fe系、Ti/Mn系）や有機化合物を用いる検討が進められている。欧州を中心として、設備費低減を狙う観点から、電気を熱に変換し、また電気に戻すカルノーバッテリーと呼ばれる研究開発が進展している。

産業熱利用に関しては、化学反応を用いた蓄熱の研究開発が特に注目されている。物質変換によって高温熱エクセルギーを高効率に回収する検討などが行われている。化学蓄熱の高出力密度化に向けて、化学蓄熱システム実証、化学蓄熱材料の伝熱促進、セラミックハニカムの化学蓄熱装置への応用などが進展している。再生可能エネルギー向けの蓄熱としてスペインの太陽熱発電所で顕熱蓄熱の社会実装が進展しており、注目されている。熱再生利用システムについてはヒートポンプ排熱の自己熱再生利用（循環利用）は依然として重要と考えられており、熱量不足の補填などのハイブリッド化などに研究開発の余地がある。

民生熱利用では、建築物のエネルギー高効率利用に向けて、建物、設備、設計それぞれの工夫や再生可能エネルギーの導入などの取り組みが実施されている。建物の熱性能を高める取組みとして、ZEB、ZEH、HEAT20、北方型住宅などの検討が継続している。設備のエネルギー高効率化について、空調ポンプや空調ファンの制御の高度化、冷却塔ファン・インバータ制御、デシカント空調システムなどの研究がなされている。設備設計を活かしてエネルギー高効率化を行う手法も運用、管理の工夫として提案されている。クール・ヒートトレンチシステム、自然換気システム、フリークーリングなどの再生可能エネルギーを活かす手法の検討が行われている。

化学エネルギー利用に関しては、国内では2020年1月に策定された革新的環境イノベーション戦略で水素、カーボンリサイクル・CCUなどが重要な研究領域と位置付けられている。水素戦略に沿ってCO₂フリー水素を軸とした研究開発が進展しており、電化への代替が困難な分野への適用が期待されている。長期的なエネルギー効率向上に向けて、挑戦的な課題への研究開発も期待されている。課題として、水を水素源としたCO₂直接還元法や、そのための中温域で作動する固体電解質や生物電気化学システムのような電気化学、光化学反応等を利用したCO₂からの直接的な燃料・化学品創成、ARPCHEMによる人工光合成（水素製造）での光転換効率向上、非光合成微生物による合成ガス発酵法での有機物製造、などがある。欧州では、再生可能電力の熱・運輸部門への拡大（セクターカップリング）に関するPower-to-X技術が期待を集めている。

地域熱供給（地域冷暖房）は、デマンドレスポンスに対するヒートポンプ利用、コジェネレーション、エネルギーマネジメントシステムの中で積極的に利用することによる地域単位のエネルギー高効率化が期待されている。冷暖房給湯に供する熱エネルギーを、再生可能エネルギーや未利用エネルギーなどを用いることで温室効果ガス排出を抑える手法や、スマートコミュニティの要素としての研究開発が行われている。熱搬送技術は流量制御によるエネルギー高効率化の技術が進んでいる。ヒートポンプ・冷凍機技術のエネルギー高効率化や最適運転に関する研究も実施されている。未利用エネルギー活用技術としては下水熱利用や冷房廃熱利用などが使われている。コジェネレーションによる高効率化のための大型燃料電池システムの実証が期待されている。欧州では再生可能熱エネルギーとしてバイオマス焼却熱や太陽熱、河川水利用などの研究が活発である。DXに関連して、IoT技術の応用に向けて、建物側を含めた全体のスマート化が課題となっており、一体的な検討が求められている。エネルギーシステムの最適運転支援技術として、AIを活用した検討が行われている。

• エネルギーネットワーク（関連する研究開発領域：エネルギーマネジメントシステム、エネルギーシステム評価）

エネルギーマネジメントシステム（EMS）では、さまざまな目的に対応するためのEMS間の相互協調・連携が検討されている。昨今は災害に対するレジリエンス・事業継続計画（BCP）の観点が目され、マイクログリッドへの関心が再び高まっている。EMS間の相互協調・連携として、太陽電池（PV）の自家消費に向けたシステム構築や需要シフト、EV等の制御、PV・風力のフレキシビリティ（調整力）提供機能などの設計・開発・運用、送電系統と配電系統の統合化のためのモデル化等の開発が目されている。変動性再生可能発電（VRG）を分散型エネルギーリソース（DER）と統合することでフレキシビリティを創出し、系統運用・電力市場で活用するためのプロジェクトも進行している。

スマートメータ情報、家庭のセンサーデータによる電力消費データ解析などの需要家電力消費データの活用も検討されている。米国などでは、電力の価値・価格を基に自動的に商取引を行うことで電力システムの安定化を狙うトランザクティブエナジーも検討されている。

気候変動緩和を効果的に進めるためにはエネルギーシステム評価が必須であり、そのためのモデル開発が続けられている。地球規模のエネルギーシステム評価でエネルギー需給を考える際には土地利用、水資源、環境影響などの評価を統合的に行う統合評価モデル（IAM）が用いられている。IPCC第5次評価報告書では、日欧米の30の統合評価モデルを用いたモデル比較プロジェクトが行われた。

再生可能エネルギー大量導入が進むと、供給側から需要側へといった従来の一方向的なエネルギーの流れではなくなっていくことから、電源計画モデルの進化が社会的に重要な課題となっている。自然変動電源の導入拡大を評価するための空間・時間の解像度を高める研究開発が実施されており、社会実装に向けて期待が高い。地域単位でのエネルギーの詳細な需要調査やエネルギーマネジメントの評価も進みつつあり、それらを組み込んだモデルの開発も進んでいる。

• エネルギー共通基盤（関連する研究開発領域：反応性熱流体、トライボロジー、計算工学、破壊力学）

燃焼に関しては、SIP「革新的燃焼技術」プロジェクトを通じて最大正味熱効率として乗用車用ガソリンエンジンで51.5%、乗用車ディーゼルエンジンで50.1%が達成されている。これは燃焼、トライボロジー、材料などの総合技術で達成された値である。燃焼コンセプトの転換も検討されている。ガソリンエンジンでは高圧縮比化とノック制御の両立や直噴高圧化（60MPa：PN対策）など、ディーゼルエンジンでは高圧化・PCCI燃焼燃料噴射系などの研究開発が目されている。エネルギーキャリアの1つとしてアンモニアが改めて注目されている。アンモニアバリューチェーンの構築を目指してSIP「エネルギーキャリア」プロジェクトを契機に設立されたグリーンアンモニアコンソーシアムでのアンモニア燃焼に係る基礎や実証試験が目されている。

トライボロジーは部品、機械の摩擦を下げる役割に加え、摩耗、焼き付きといった表面損傷を防ぐ点でも重要な分野である。潤滑油のさらなる低粘度化や潤滑油添加技術、表面技術の進化によるエンジン潤滑の向上が図られている。マルチスケールのパターン付与、3Dプリンタによる付加加工技術の応用といったパターン形成技術の向上、テクスチャリングによる潤滑向上のメカニズム探求が進展している。DLC膜の高度化、ソフトマター、グリース潤滑など材料面の進化がみられる。転がり軸受の早期はく離対策は、風力発電装置における転がり軸受や歯車でのトライボロジー損傷の未然防止につながる重要課題であり、研究が実施されている。トライボロジーの研究手法として、リアルタイムに計測するオペラント観察や摩擦面で生じる化学プロ

セスの分子シミュレーションによって、微小領域での複雑なトライボロジーに関するプロセスの解明が進展している。企業における製品開発ではトライボシミュレータの導入がみられる。

エネルギー機器に係る破壊力学に関して、水素社会、燃料電池車等を睨んだ高圧水素による金属材料の劣化促進メカニズムや炭素繊維強化プラスチック (CFRP) の破壊メカニズム把握に関する研究が継続している。モビリティ電化用のLiイオンなどの蓄電池の欠陥や劣化による損傷に対して、破壊力学の方法論の適用が試みられている。輸送機器の軽量化で生じる金属材料からCFRPまで構成材料の多様化に対する異材接合強度の評価と設計への展開に関する研究が実施されている。鉄鋼材料や複合材料、巨大構造物などに対して、マルチスケール破壊解析の適用が進んでいる。とりわけ、「富岳」に代表される超並列計算機によるシミュレーション能力向上、マルチスケールシミュレーションの進展と実問題解決への試みが注目されている。また、高輝度X線やテラヘルツ波を活用した破壊現象のその場観察の基礎研究が進展している。SIPや新構造材料研究組合のプロジェクトにおいて技術開発が支援され始めており、技術開発力の裾野の底上げが期待されている。

エネルギー機器に係る計算工学では、過去の経験や勘に依存していた設計方法論を、能動的な設計仮説の導出に基づいた方法論に変革していく設計情報学の取組がなされている。深層学習によって決定されたモデル式に含まれるパラメータをデータ同化によって推定するといった複合的なアプローチも提案されている。個々の数値解析技術の成熟に伴い、より実験計測条件に適合した高忠実解析、マルチフィジックス解析が可能になりつつある。

(2) 環境分野の研究開発の動向

• COVID-19 関連 (関連する研究開発領域：気候変動観測、水利用・水処理、化学物質分析、都市)

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) が拡大する中、大気環境と感染症との関連性に係る研究への関心が高まった。PM_{2.5}、エアロゾルは今まで健康有害物質との視点で主に注目されてきたが、COVID-19を受けて、ウイルスの拡散と大気との関連性という新しい視点からの展開の兆しが見られる。各国が行ったロックダウンや移動制限、産業活動停滞等の副次的な効果としてNO_xやPM_{2.5}等の大気汚染物質の一時的な減少や温室効果ガス (GHG) 排出の減少が観察された。より詳細に把握するためにCO₂排出量の減少割合の推定やJAXAのGOSAT衛星などでのGHG観測データ解析などが行われている。飛沫に含まれるウイルスや環境表面に付着したウイルスを介した感染への防御策として、室内大気環境においても換気、空気調和、公衆衛生への関心が急拡大した。感染リスクの詳細な決定が困難であり、換気の最小必要量などが未解明であり、安全係数をとった対策が示されている。室内における感染リスクの予測・評価が課題となっている。

新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) が感染者の唾液、飛沫だけでなく、ふん便からも排出され、下水中から検出されることが明らかにされ、下水疫学の研究開発が国内外で急速な立ち上がりを示している。下水疫学は我が国では東北大学がノロウイルスに対して実用化しており、世界でもポリオウイルスに対して実用化されてきており、SARS-CoV-2や、それ以外のウイルスへの可能性が期待を集めている。

COVID-19を機に、動物由来の感染症の拡大に対して人間社会と自然環境との関わりの変化を指摘する声も改めて強まっている。自然環境との関わりを正常化することでパンデミックを未然に防ぐほうが、感染症の発生が確認されてから対応するよりも経済的合理性があるとの指摘もある。

テレワーク等による健康影響・精神的影響、都市エネルギー消費の変化、住宅性能への変動増大、都市緑地や公衆衛生の価値の再評価、集約固定型都市の既成観念の評価軸・項目の見直しの高まり、社会の在り方・ライフスタイルの再考など、都市と人間との関わりにおいて身体的・精神的に様々な面で揺らぎが生じており、これらに関する研究の必要性が指摘されている。メンタルヘルスなど精神面への影響に関しては、コロナ禍における都市環境の意義の明確化も新たな研究課題になっている。また新たな状況を考慮したエネルギー消費の緩和も同時に進めていく重要性が増している。自然災害が頻繁に起きる我が国では複合災害への対応が求められているが、ここに感染症への対応も加える必要があるとの指摘も出てきている。

• 気候変動対応 (関連する研究開発領域: 気候変動観測、気候変動予測、水循環、都市、農林水産)

気候変動に対して、IPCCが最新の科学的知見をもとに5~7年ごとに評価報告書をまとめており、最新の第6次評価報告書は2021年に順次公開される予定である。IPCCは近年、横断的視点から科学的知見をまとめ、社会に提示することを重視している。その視点の下、2018年には1.5°C特別報告書、2019年には土地関係特別報告書や海洋・雪氷圏特別報告書などが公表されている。

パリ協定に関連する動向としては、2023年に予定されている国際的なグローバルストックテイク(温暖化緩和目標に向けて各国がGHG排出量を提出)への対応が意識され始めている。

気候変動の観測・評価・予測を支える基盤として、ライダーなどを活用した長期衛星観測による海洋、大気、陸域(森林植生、土地利用を含む)、極域のデータ蓄積や変化情報取得、そのデータ解析(地球インフォマティクス)、相互利用プラットフォーム整備などの進展が注目されている。統合的な観測、シミュレーションがますます重要になっている。国際機関や各国においてIPCCへの貢献や新たな科学的知見の獲得などに向けて、観測、シミュレーションを駆使した研究が活発に行われている。国際交渉にも影響を与えるため各国とも精力的に取り組んでいる。

大気環境に関しては、メタンやCO₂のように10年、100年単位の大気寿命をもつ長寿命GHGに加えて、数日から数年単位の短寿命GHGや大気汚染物質の観測、解析研究の進展も注目されている。大気汚染物質としての二酸化窒素(NO₂)や一酸化炭素(CO)などを産業活動のマーカーとして活用することで同時に排出されるCO₂やメタンの発生源の特定が可能となる。そのGHGとAQ(Air Quality、大気質)の統合観測は、2018年に打ち上げ成功したJAXAのGOSAT-2衛星によって初めて可能となった。また観測技術に関しては、衛星観測以外にもフェーズドアレイ気象レーダー、雨量や河川水位・流量の高精度化、IT利用、短時間降雨予測、レーザー分光分析器の普及による同位体利用モニタリング等の進展が顕著であり、さらなる展開が期待されている。また、反応性が高く短寿命で消失することから発生源近傍に局在するSLCPs(短寿命気候汚染物質)の研究も注目されている。日々の気象に大きく影響している雲・エアロゾル、放射などに加え、SLCPsを含むSLCFs(短寿命気候強制因子)については、統合的気候影響解析に必須であり、各国でのインベントリ作成など、今後の動向が注目される。新興の観測対象として、植物起源の揮発性有機化合物(BVOCs)や、大気中NH₃の増加が注目され、詳細な現状把握および影響の評価・予測の必要性が指摘されている。

海洋の観測については、従来の観測技術では、気候変動に影響を与える要素ECVs(必須気候変数)のうち、温度、pHといった物理変数、化学変数の取得、評価が主体だったが、プランクトンなどの生物学的変数の取得も検討が進められている。また、従来は外洋観測が中心だったが、沿岸も含めた統合的観測の検討が欧米を中心に進んでいる。とくに米国、フランスは、産学官の基礎・応用研究者、技術者が境界を問わず連携し、

国際的に用いられる Argo 等の観測機器を展開しており、基礎研究の強さと社会側ニーズを一体化した模範的な推進が行われている。また、大気・海洋相互作用は日々の気象に大きく影響を与えている。気象庁の季節予報では数値予報モデルが進展しており、大気海洋結合モデルの導入により予測精度が大きく向上している。

気候変動の緩和・適応の観点から海洋生態系による CO₂ の吸収・固定への期待も高まりつつある。ブルーカーボンと呼ばれ、現在は欧米の研究グループを中心に各海域での隔離量の比較評価や、産業化に向けた研究開発が進む。我が国でもブルーエコノミーという言葉で産業化を目指す動きが立ち上がるなど、少しずつ検討が進められている。

地球温暖化という気候変化が与える影響は北極圏、南極圏、ツンドラ、高山等の極域での雪氷融解にとどまらない。世界各地で発生頻度が増し、激甚化している極端気象災害に対しては、温暖化の影響が寄与している程度を科学的に解析するイベントアトリビューション（影響寄与率解析）研究が行われている。日本、米国等では温暖化に伴う水蒸気量増大による熱帯低気圧（台風、ハリケーン、サイクロン）への寄与、豪州等では温暖化に伴う土壌・植生水分含有量の低下に伴う森林火災への寄与、欧州では熱波、渇水など、各気候帯、地域に応じた温暖化の科学的な寄与率解析に対する関心が高く、引き続き注目されている。

そのような気象災害は一般の関心も高く、詳細な解析と将来の備えという社会ニーズも強い。とりわけ、国内では、毎年のように豪雨が相次いでおり、防災のために洪水災害頻発化に伴うダム事前放流操作に関する研究への期待がますます高まっている。ダム水位にも関連して、流域治水（流域圏統合マネジメント）に向けた地方自治体連携が進展している。それは、ローカルSDGs施策などの広がりとも関連している。自治体レベルで、既知の知見からタイムライン、ハザードマップ、雨雲レーダ等の普及や実施事例が拡大している。気候変動が水循環に与える影響評価に関連して、気象学・水文学連携や社会水文学などの超学際領域が立ち上がりを見せている。水文量の推定値を現実世界に適用しようとする穀物作付成長モデル、人間活動を組み込んだ陸面モデル、氾濫を扱えるグローバル水動態モデル、全球デジタル標高データのS/N比改良等の水循環モデル開発が進展している。また、人工林への気候変動影響評価や、主伐期を迎えた人工林の再造林に向けた管理手法の検討などに関する研究が行われている。

一方、暑熱災害に関して、日本国内でも、2019年に五輪マラソンの検討の中での東京の暑熱問題や、近年の記録的な猛暑を契機に、関心が高まりつつある。地球温暖化に伴う熱関連超過死亡数や動物媒介感染症死亡数の推定手法などの確からしさの向上や、超過死亡数推定法などの精緻化への研究は小規模だが実施されてきている。一方、都市気象に関しては従来からの都市ヒートアイランド現象研究の蓄積を活用する必要があるとされている。街区3次元情報挿入によるヒートアイランド現象影響の詳細評価技術は既に開発されており、温暖化影響と重ね合わせた街区レベルでの情報出力に関する研究開発が引き続き注目されている。また、台風と熱波、水害と熱波、感染症蔓延下での気象災害といった複合災害の頻度増大に対して、指針を策定するための知見の重要性が増している。

温暖化影響評価のため農林水産業や防災分野との連携強化、予測データの精緻化と整備、提供の促進が掲げられ、地方自治体における適応策への関心が増大している。地方自治体での適応策に生かす研究も進展している。空間解像度100km程度で出力された全球規模モデルの気候予測結果を1m程度の建物規模にまでダウンスケーリング（高解像度化）するモデル開発が進展している。また、全球スケールの水文モデルの高解像度化も進展しており、100m程度のモデルが開発されている。Google Earth Engineが水文解析ツールとして台頭し、これまで研究室単位では難しかった解析が可能になってきて

おり、水文研究を大きく変えつつある。農業生産の安定性を図るには気象情報の活用が鍵の一つであり、約1km四方単位のメッシュ農業気象データの収集・配信システムの整備、気象レーダによる豪雨域の可視化、数値予測モデルの精度向上が進展している。水利設備等を含む農業生産基盤に係るモデル研究、農業用水や流域スケールの水循環モデルが進展している。DXに関連して、都市デジタルツインなど自治体レベルの検討も話題となっている。

• 環境資源の持続的利用 (関連する研究開発領域: 水利用・水処理、除去・浄化 (大気、土壌・地下水))

水、大気、土壌・地下水といった環境資源 (コモンズ) を、公害を起こすことなく、持続的に利用するための研究開発や、より安全、安心を求める研究開発が注目されている。

水利用に関しては、世界各地の水不足問題への対応として、引き続き海水淡水化や再生水が関心を集めている。海水淡水化向け逆浸透膜のエネルギー高効率化・低ランニングコスト化技術の研究開発、耐久性の高い口バスト膜、透過性の高い膜、炭素粒子混合ポリマーを用いた膜の開発などが実施されている。また、リスク評価に基づく再生水の導入が進展しており、それらの知見や技術は下水疫学の研究にも生かされている。資金不足の途上国の水不足地域の人々を救うため、安全な水を届ける研究や取り組みがSDGsへの対応としても重要視されている。P&Gによる簡易浄水剤の寄付購入ビジネスモデルが著名だが、日本においても産学連携によるナノ空間制御技術を活用した新しいイオン吸着剤などの注目される研究がみられる。日本でも過疎地域での安全な水供給は課題として残っているが、紫外線発光ダイオード (UV-LED) の適用研究と実装の検討などが実施されている。

上下水道インフラに関しては、日本や欧米の各都市に加え、途上国首都などでも老朽化による破損や漏水が社会課題となっている。またこれに対してAIを活用した管路更新支援システムの開発が話題となっている。

浄水処理、下水処理に伴う電力消費は大きい。その社会ニーズに応じて、よりエネルギー高効率のプロセスや運転、また下水熱有効利用技術などの研究開発が実施されている。また、我が国は農業肥料であるリンも輸入に依存しており、排水中の栄養塩回収技術が注目を集めている。

国際機関による地下水モデルの開発、評価が進んでいる。地下水は大気や海洋分野のような統合化された最先端モデルと比べて、地域固有の循環、貯留過程が存在するため、地域ごとの評価が必要であり、地下水モデルで国際競争力を議論するのはまだ難しい状況である。

大気に関して、日本が得意とするガソリン車用の三元触媒等の排ガス浄化処理装置は極めて高い完成度にあるが、貴金属使用量の低減、代替技術の開発が引き続き注目されている。また、欧州では2015年に発覚したディーゼル車排ガス試験不正からの排出ガス規制強化が継続している。自動車排ガス粒子個数規制などに対応した排ガス浄化処理装置の検討、開発が進められている。欧州の各国やカリフォルニア州において、エンジン車、ディーゼル車の販売規制が検討されてきたが、実施可能性が高まりつつある。自動車業界において、「CASE」変革 (Connected:繋がる車、Autonomous:自動運転、Shared:共有、Electric:パワートレイン電動化) も進行しており、国内外で実証試験が盛んに行われている。その社会的、技術的に大きな潮流に伴い、エンジン車、ディーゼル車の排ガス浄化処理装置への投資が減少し、CASE変革への投資が増加していくと予測されている。一方、途上国等ではエンジン車販売が続き、ハイブリッド車では浄化装置は必要といった点から、我が国の技術力の維持について、難しいかじ取りが求められる状況となっている。

船舶では、マルポール条約によるSO_x排出量の強化が施行された。CO₂排出規制について議論が行われている。航空機では、航空業界の自主基準による検討が続けられており、持続可能航空燃料 (SAF :

Sustainable Aviation Fuel) の実航空機への導入が話題を呼んでいる。

土壌・地下水に関しては、環境保全と産業、社会の持続的発展をともに見据え、コスト削減と残存リスク、効果のバランスを同時達成するサステナブル・レメディエーション（自然の浄化機能を活用した手法）の検討が引き続き注目されている。建設残土などに含まれる自然由来重金属の負荷低減に向けた研究開発が建設実務上も重要であり、基盤的研究実施のニーズが高い。ブラジルでの廃滓ダム決壊事故を機に、国連環境計画等が進めていた検討の結果、廃滓管理に関する国際業界基準が初めて策定・公表されたことが国際的に話題となっている。

- 生態系・生物多様性（関連する研究開発領域：生態系・生物多様性の観測・評価・予測、社会-生態システムの評価・予測、農林水産業における気候変動適応）

国連は2021～2030年を生態系修復の10年と位置付けている。世界経済フォーラム（WEF）は一兆本の植林イニシアチブを掲げている。ドイツ政府は植林等の取組みを気候変動緩和も兼ねて施策化している。

生態系観測では、NASA・メリーランド大の生態系観測ミッション（GEDI）によるデータ公開が2020年から始まったことが話題となっている。地上観測では無人航空機（UAV）に代表されるような小型・自律的な観測技術、およびデータロガーやマイコン、カメラ等の活用による局所スケールのトラッキングやデータロギング技術の普及が一層進んでいる。この背景にはマルチスペクトルのLIDARの価格低下やデータ解析ツールの普及がある。画像解析をはじめとするクラウド上でのデータ解析ツールが充実し、生態系の管理と予測への技術応用が拡大している。グーグル（Google Earth Engine）が先行するがマイクロソフト（AI for Earth）が急速に追いついている。マイクロソフトは生態系観測の国際的枠組みGEO-BONに技術サポートと資金を提供している。長期・広域な大型フィールド観測プロジェクトが各地で進行しており、データを統合的に解析するなどの統合的アプローチや、大規模な操作実験プロジェクトが各国で行われている。

「自然を基盤とした解決策（Nature based Solutions）」が欧州を中心に重視されている。類似の概念として「生態系を活用した適応策（EbA）」や「生態系を活用した防災・減災（Eco-DRR）」もある。我が国においても、グリーンインフラ、NbS、グリーンリカバリー等の自然資本活用に基づく施策が今後の方向性として期待されている。一方、その意義を定量化する研究は発展途上であり、地方創生や地域自治体での実践もこれからの課題となっている。

人間社会と生態系が相互に関連する「社会-生態システム」の評価・予測に関する研究開発が世界各地で進められている。比較的活発なのは生態系サービスの可視化（地図化）研究であり、機械学習の活用がトレンドである。しかし文化的サービスについての評価は遅れている。ソーシャルメディアの情報を分析するなどの試みがなされている。生物多様性と生態系サービスの関係性や、生態系サービス同士の連関の分析について、地域規模や地球規模の事例研究が複数報告されている。生態系サービスや自然資本の「価値」の評価については経済学的な検討が進み、世界銀行や国連による報告書が作成されるなど進展が見られている。米中連携によるNatural Capital Projectが精力的に活動している。日本では環境経済学的研究が進展し、実務者が利用可能な指標も開発されている。大企業が自然環境の価値をビジネスに反映させる取組みも進んでいるが、重要な意思決定に用いられる水準には成熟しておらず、社会実装は十分に進んでいない。ESG投資に対して科

学的に裏付けのある確かな投資指標が求められているが、こうしたニーズに応えられるものは普及していない。「社会-生態システム」の定量化やそのガバナンスに関する検討については、事例研究が蓄積されている。

生物多様性および生態系サービスを活用した農林業技術の開発も検討されている。アグロフォレストリー、保全農業、非作付け地の確保などによる多面的な意義の発掘、経済性の検討などが行われている。病虫害については発生時期や発生量の変化を的確に予測し、適切な時期に農薬等を使って防除するという対策が主流化している。これらを更に高度なものとするためには植物-害虫-天敵の3者系の解明や病虫害の薬剤抵抗性などの研究が今後必要と認識されている。

• 環境共通基盤（関連する研究開発領域：有機化学物質分析・毒性評価、無機化学物質分析・動態把握、循環利用とLCA）

有機分析では多種多様化する化学物質に対応した多成分一斉（ワイドターゲット）分析やノンターゲット分析などに関する技術開発が依然として主要な研究課題である。環境モニタリングへの展開にあたってはハイスループット化と未知物質の同定に力が注がれている。これらを通じて分析から得られる情報は膨大になっており、未知物質の推定や毒性予測、異常検出に深層学習を活用するなどデータ駆動型研究もトレンドとなっている。分析手法に関するトレンドとしては、多次元クロマトグラフィーやイオンモビリティを活用した分離軸の多次元化があげられる。また多成分、高感度の分析という方向性とは別に、幅広い用途で現場分析（オンサイト分析）に対するニーズもある。

リスク評価技術としてのバイオアッセイ・毒性評価では、動物試験によらない評価・管理を目指して定量的構造的活性相関（QSAR）など複数の予測手法を活用した統合的なアプローチ手法（IATA）のケーススタディ開発・評価プロジェクトが進められている。

各種素材や製品含有化学物質の環境影響評価に先端的な分析・解析技術（走査型／透過型電子顕微鏡、ゲル透過クロマトグラフィー、フーリエ変換赤外分光装置、ラマン分光装置、熱分解ガスクロマトグラフィー質量分析計など）を取り入れる動きが顕著である。

無機分析に関しては重元素安定同位体比を使った分析が主流化しており、ゴールドシュミット国際会議などでも半数以上が安定同位体比に関連するテーマという状況になっている。生態系機能の把握・予測に係る分野では軽元素安定同位体分析が行われており、食物網を数値化することで栄養段階を介した無機元素の蓄積動態の予測が可能になっている。微小試料の分析でも進展が見られる。レーザー照射に伴って発生する原子発光や分子発光を観測することで微小領域の高分解能な微量元素マッピングが可能になっている。

環境中の物質動態に関して、海洋プラスチックごみやマイクロプラスチック（MP）の問題に係る研究がここ数年で大きく進展している。環境中での動態研究が盛んに行われ、海洋表層のみならず路面、農地、大気、雨水など様々な場所で存在が確認されている。一方、標準的な分析手法がまだ開発されていないこと、MPの粒子毒性や添加剤の影響について実環境条件下での評価が行われていないことなど、未解明の部分も多い。

プラスチック関連の技術開発と評価に関して、従来のプラスチックリサイクルに関する技術・システム開発に加え、生分解性プラスチック、バイオプラスチックに関する研究開発が増加している。LCAをはじめ評価に関するニーズも上昇しており、技術開発に合わせた方法論の開発とケーススタディの実施が必要となってきている。

Nexus analysisについて、食料と水の生産とエネルギー消費の相互依存性に関する分析をはじめ、多様

な評価の観点の依存性を解析する研究が増加している。国や地域毎の現在あるいは将来の依存性を示すことによる議論を目的としたものが多く、特に農業や食料に関する研究が活発化している。

本領域に関しては、「製造」までにとどまらず「使用」までを見据えた評価が必要であると同時に、個別具体的な技術導入の際に影響が及ぶ多様で多角的な特性の考慮、検討が重要である。人文社会科学との連携を通じた、将来の技術・システムを評価する方法論の確立が望まれている。

(3) 日本の現状

国際比較の結果から日本の状況を抜粋し、まとめた。現状の評価が「◎ (特に顕著な活動・成果が見えている)」とされた研究開発領域を「強み」のある領域とし、反対に「△ (顕著な活動・成果が見えていない)」とされた研究開発領域を「弱み」のある領域とした。結果は図表 1.2.2-1 の通りである。また主要国間での国際比較結果は図表 1.2.2-2、図表 1.2.2-3 に示す。

図表 1.2.2-1

| 研究開発領域 | |
|---------|---|
| 強み ◎ | <エネルギー> CO ₂ 分離回収、環境保全、電力貯蔵、エネルギーマネジメントシステム、原子力 (核融合炉、原子力安全)、産業熱利用、民生熱利用、化学エネルギー利用、反応性熱流体、トライボロジー |
| | <環境> 気候変動予測、水循環 (水資源・水防災)、除去・浄化、都市の気候変動適応 |
| 中間 ○ | <エネルギー> 火力、原子力 (再処理)、太陽光発電、その他再エネ (水力、海洋、地熱)、地域熱供給、エネルギーシステム評価、計算工学 |
| | <環境> 気候変動観測、水利用・水処理、有機化学物質分析・毒性評価、無機化学物質分析・動態把握、生態系/生物多様性観測・評価・予測、社会-生態システム評価・予測、ライフサイクル評価、都市環境サステナビリティ、農林水産業における気候変動適応・緩和 (農林業) |
| 弱み △ | <エネルギー> 原子力 (新型炉)、風力発電、水力発電、バイオマス利用、太陽熱発電、産業熱利用、地域熱供給、破壊力学 |
| | <環境> 海洋観測、都市環境における感染症への防御、農林水産業における気候変動適応・緩和 (水産業) |

図表 1.2.2-2 エネルギー分野の国際比較結果一覧表

| 研究開発領域 | 国・地域 | 日本 | | 米国 | | 欧州 | | 中国 | | 韓国 | | |
|------------------------------|------------------------|------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|
| | | フェーズ | 基礎 | 応用・開発 |
| 1 エネルギー 資源探査・開発 技術、CCS | 環境保全技術 | 現状 | ◎ | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | △ | ○ | — | △ |
| | | トレンド | ↗ | ↗ | → | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | — | → |
| | CO ₂ 分離回収技術 | 現状 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ○ | △ |
| | | トレンド | → | → | → | → | → | → | ↗ | ↗ | → | ↘ |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 火力発電 | | 現状 | ○ | ○ | ◎ | ◎ | ○ | ○ | ◎ | ○ | △ | ○ |
| | | トレンド | → | → | ↗ | → | → | → | ↗ | → | → | → |
| 3 原子力発電 | 新型原子炉 | 現状 | △ | △ | △ | ○ | △ | ○ | ○ | ◎ | △ | △ |
| | | トレンド | → | → | → | ↗ | → | → | ↗ | ↗ | → | ↘ |
| | 核融合炉 | 現状 | ○ | ◎ | ○ | ◎ | ○ | ◎ | ○ | ◎ | ○ | ○ |
| | | トレンド | → | → | ↘ | → | → | ↗ | ↗ | ↗ | → | → |
| | 原子力安全 | 現状 | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | ◎ | ○ | ◎ |
| | | トレンド | ↗ | ↗ | → | ↗ | → | → | ↗ | ↗ | → | ↗ |
| | 再処理 | 現状 | ○ | ○ | ○ | △ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | △ |
| | | トレンド | → | ↘ | → | → | → | → | ↗ | ↗ | → | → |
| 4 太陽光発電 | 太陽光発電 | 現状 | ○ | ○ | ○ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ◎ | △ | △ |
| | | トレンド | → | → | → | → | ↗ | ↗ | → | → | → | → |
| | 宇宙太陽光発電 | 現状 | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ | ◎ | ◎ | ○ | ○ |
| | | トレンド | → | → | → | ↗ | → | → | ↗ | ↗ | → | ↗ |
| 5 風力発電 | | 現状 | △ | △ | × | × | ◎ | ◎ | × | × | × | × |
| | | トレンド | ↘ | → | ↘ | ↘ | → | → | → | → | ↘ | ↘ |
| 6 バイオマス発電・利用 | | 現状 | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | ◎ | △ | △ | △ | ○ |
| | | トレンド | ↗ | → | → | → | ↗ | ↗ | → | → | → | ↗ |
| 7 その他の再生可能エネルギー発電 (水力、海洋、地熱、太陽熱) | 水力発電 | 現状 | △ | △ | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ◎ | △ | ○ |
| | | トレンド | → | → | → | → | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | → | ↗ |
| | 海洋発電 | 現状 | ○ | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | ◎ | ○ | ◎ |
| | | トレンド | → | → | → | → | ↗ | ↗ | → | → | → | ↗ |
| | 地熱発電 | 現状 | ○ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ |
| | | トレンド | → | → | ↗ | → | → | → | → | → | ↘ | ↘ |
| | 太陽熱発電 | 現状 | ○ | △ | ◎ | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | △ | △ |
| | | トレンド | → | ↘ | ↗ | → | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | → | ↘ |
| 8 電気エネルギー利用 (エネルギーマネジメントシステム) | | 現状 | ○ | ◎ | ○ | ○ | ◎ | ◎ | ○ | ◎ | ○ | △ |
| | | トレンド | → | ↗ | ↘ | ↗ | ↗ | ↗ | → | ↗ | ↗ | → |
| 9 電気エネルギー利用 (電力貯蔵) | | 現状 | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ◎ | ○ | ◎ |
| | | トレンド | → | ↗ | → | ↗ | → | ↗ | ↗ | ↗ | → | ↗ |
| 10 熱エネルギー利用 (産業熱利用) | | 現状 | ◎ | △ | ◎ | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | △ |
| | | トレンド | ↗ | → | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | → | → |
| 11 熱エネルギー利用 (民生熱利用) | | 現状 | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | ○ | - | - |
| | | トレンド | → | ↗ | ↗ | ↗ | → | ↗ | ↗ | ↗ | - | - |
| 12 化学エネルギー利用 | | 現状 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | トレンド | ↗ | ↗ | → | → | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | → | ↗ |

| | | | | | | | | | | | |
|------------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 地域熱供給 (地域冷暖房) | 現状 | △ | ○ | — | ○ | ◎ | ◎ | — | △ | — | ○ |
| | トレンド | ↘ | → | — | → | ↗ | ↗ | — | → | — | → |
| 14 エネルギーシステム評価 | 現状 | ○ | ○ | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | ○ |
| | トレンド | → | → | → | → | → | → | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ |
| 15 反応性熱流体 | 現状 | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | ○ | ○ | △ |
| | トレンド | → | → | → | → | → | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | → |
| 16 トライボロジー | 現状 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | △ | ○ |
| | トレンド | ↗ | ↗ | → | → | ↗ | → | ↗ | ↗ | → | → |
| 17 破壊力学 | 現状 | △ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ◎ | ◎ | × | × |
| | トレンド | ↘ | → | ↗ | → | → | → | ↗ | ↗ | ↘ | ↘ |
| 18 計算工学 | 現状 | ○ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ○ | — | — | — | — |
| | トレンド | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | — | — | — | — |

図表 1.2.2-3 環境分野の国際比較結果一覧表

| 研究開発領域 | | 国・地域 | 日本 | | 米国 | | 欧州 | | 中国 | | 韓国 | |
|-----------------------|----------|------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|
| | | フェーズ | 基礎 | 応用・開発 |
| 1 気候変動観測 | 衛星による観測 | 現状 | ○ | ○ | ◎ | ○ | ◎ | ◎ | △ | ○ | △ | ○ |
| | | トレンド | ↘ | ↘ | → | → | → | → | ↗ | ↗ | → | → |
| | 大気・陸域の観測 | 現状 | ○ | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | △ | ○ | △ |
| | | トレンド | ↗ | → | ↗ | → | ↗ | ↗ | ↗ | → | ↗ | → |
| | 海洋の観測 | 現状 | ○ | △ | ◎ | ◎ | ◎ | △ | ○ | △ | ○ | △ |
| | | トレンド | → | → | → | → | → | → | ↗ | → | → | → |
| 2 気候変動予測 | | 現状 | ◎ | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | △ | △ | △ | ○ |
| 3 水循環 (水資源・水防災) | | 現状 | ◎ | ○ | ◎ | ◎ | ○ | ◎ | ○ | ○ | △ | △ |
| 3 水循環 (水資源・水防災) | | トレンド | → | ↗ | → | ↗ | → | → | → | → | → | → |
| 4 水利用・水処理 | | 現状 | ○ | ○ | ○ | ○ | ◎ | ◎ | ○ | ○ | ○ | △ |
| 4 水利用・水処理 | | トレンド | → | → | → | → | → | → | ↗ | ↗ | ↘ | ↘ |
| 5 除去・浄化技術 (大気、土壌・地下水) | 大気 | 現状 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | ○ | △ | ○ |
| | | トレンド | → | → | → | → | → | → | → | ↗ | → | → |
| | 土壌・地下水 | 現状 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | △ |
| | | トレンド | → | → | → | → | → | ↗ | ↗ | ↗ | → | → |
| 6 有機化学物質分析・毒性評価 | | 現状 | ○ | ○ | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | △ |
| 6 有機化学物質分析・毒性評価 | | トレンド | → | → | ↘ | → | → | → | ↗ | ↗ | → | → |

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 無機化学物質分析・動態把握 | | 現状 | ○ | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | ○ | △ | △ |
| | | トレンド | → | → | → | → | → | → | ↗ | ↗ | → | → |
| 8 生態系・生物多様性の観測・評価・予測 | | 現状 | ○ | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | △ |
| | | トレンド | → | → | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | → | → |
| 9 社会-生態システムの評価・予測 | | 現状 | ○ | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | ◎ | △ | △ |
| | | トレンド | ↗ | ↗ | ↗ | → | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | → |
| 10 循環利用とライフサイクル評価 | | 現状 | ○ | ○ | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | × | ◎ | △ | △ |
| | | トレンド | → | → | → | ↗ | ↗ | ↗ | ↘ | ↗ | ↘ | ↘ |
| 11 都市環境サステナビリティ (気候変動適応、感染症、健康) | 気候変動適応 | 現状 | ◎ | ○ | ○ | ○ | ◎ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | トレンド | → | → | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ |
| | 都市環境における感染症への防御 | 現状 | △ | ○ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ◎ | △ | - | - |
| | | トレンド | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | - | - | - |
| | 都市環境における健康、暑熱対策等 | 現状 | ○ | ○ | ◎ | ○ | ◎ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | トレンド | ↗ | → | ↗ | → | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | - | - |
| 12 農林水産業における気候変動適応・緩和 | 農林業 | 現状 | ○ | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | ◎ | △ | △ |
| | | トレンド | → | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | → | → |
| | 水産業 (ブルーカーボン) | 現状 | ○ | △ | ◎ | ○ | ◎ | ○ | △ | - | - | - |
| | | トレンド | → | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | → | → | → |

1.2.3 社会との関係における問題

社会との関わりからの観点から環境・エネルギー分野の科学・技術に関する研究開発が考えなければならない事柄について、(1) 研究開発を実施する際に生じる事柄、(2) 科学・技術を導入・普及する際に生じる事柄、に整理して述べる。

(1) 研究開発を実施する際に生じる事柄

① データの整備・取扱い

省エネルギーやエネルギーマネジメント等の向上のために、住宅、ビル、工場等、様々な場所におけるエネルギー消費実態の詳細な解明が求められている。実際に一般家庭で導入が進んでいるスマートメーター (次世代電力量計) から得られるデータの有効活用は以前から注目されている。またそうしたエネルギー消費に関するデータは、個々の世帯の省エネ等のみならず、地域レベルでのより効率的なエネルギーマネジメントへの活用も期待されている。しかし、エネルギー消費に関するミクロなレベルのデータは整備されておらず、その重要性にもかかわらず、研究の進展は限定的である。一方、こうしたデータは特定の個人の行動あるいは集団の行動を把握することにも繋がるため、データの取り扱いには一定の注意が必要となる。そのため当該研究分野の研究を進める際の留意点としてデータの適切な管理・利用が共通認識となっている。

地球観測データやそれに基づく予測情報などの活用は、生態系・生物多様性の把握や気候変動の観測・予

測、災害対策などへの活用にとどまらず様々な社会経済活動に広がっている。社会インフラとしての重要性が一層増しており、地球観測の基盤構築と良質なデータの継続的提供は引き続き国が果たすべき役割の一つと認識されている。また利活用ニーズの裾野の広がりを受け、研究上の利活用以外にも、多様なユーザーニーズに応えるべく、データのアクセシビリティを一層高めることが求められている。またその反面、公的機関によって提供されるデータの権利の所在が必ずしも明らかでなく、営利目的での利用に対する方針が定まっていないとの指摘もあり、この分野においてもデータの適切な管理・利用の在り方の明確化が課題として認識されている。

② トランスディシプリナリー研究・コンバージェンス研究

科学技術の発展に伴って扱う問題が高度化・複雑化するにつれ、異分野連携や異分野融合の必要性は広く認識されるようになってきている。昨今では更に進んでトランスディシプリナリー研究やコンバージェンス研究の重要性も指摘されている。全米科学財団は、コンバージェンス研究の特徴を「問題に端を発した研究であること」と「研究を通じて異なる分野の手法や考え方等が統合され、新しい概念や方法論等が形成されてくること」の2点であるとしている³⁶。

環境分野では特定地域を対象にその地域の社会-生態システムの多様な価値を総合的に評価しようとする研究分野がある。こうした分野の研究を進める上では生態学的な研究を行う自然科学系の研究者や、地域の文化や歴史を研究する人文・社会科学系の研究者等、様々な分野の研究者が協力する必要がある。また、研究対象となる地域の住民や行政等、様々なステークホルダーとの協働も必要になる。このような種類の研究には、従来の方法論だけではない新しい価値観をもって臨むことが求められている。またこうした研究を取り巻く環境も、大学等における研究成果や業績の評価のあり方や、研究成果の地域への還元の有様等、従来の考え方に捉われすぎない柔軟な対応が求められている。

(2) 科学・技術を導入・普及する際に生じる事柄

環境・エネルギー分野の科学・技術を社会に活かそうとするときに生じうる事柄について、以下では、①制度との関係、②利害関係者（ステークホルダー）を中心とした人びととの関係、③その他、に分けて述べる。

① 制度との関係

事例として、バイオサイド規制未整備の状況とその課題と、化学物質管理規制への対応を支える研究基盤としてのリスク評価研究に関する現状を紹介する。

・バイオサイド規制未整備の状況とその課題

新型コロナウイルスのような新しいウイルスの危険が迫っているとき、化学物質やそれを応用した技術は、人びとの健康や生命を守ることにつながる役割を期待される。この点、現在の日本の制度は再考の余地がある。

新型コロナウイルス感染症の感染経路のなかには接触感染経路があり、この経路に関する情報伝達が必要とされている。しかし、そこには制度上の障壁があることが指摘されている。新型コロナウイルスは、人に感染する前に物質として存在している環境表面上であれば、界面活性剤をある程度の量をもって投入することに

36 J. S. Tornow et al., "Dear Colleague Letter: Growing Convergence Research", National Science Foundation, <https://www.nsf.gov/pubs/2018/nsf18058/nsf18058.jsp> (2021年2月16日アクセス)

より速やかに失活させ感染性をなくすことができる。同時に、この役割を果たす日用品は、現実には日本国内で容易に入手可能な状態で存在しており、環境表面にあるこのウイルスは、誰でも手の届く身近な日用品で除去することができるといわれている。しかし日本においては、規制に関する制度未整備のため、このような新型コロナウイルスの感染防止に寄与する日用品について、人びと（消費者）にその情報を伝える（説明する）ことができない状況にあることが指摘されている。

例えば、米国には、環境保護庁（EPA）が所轄するバイオサイド規制が存在する。このバイオサイド規制の枠組みにおいて、抗ウイルスといわれる製品あるいは化学物質は、許認可制度をもってウイルスに抗するものとして登録されている。当局は、これら登録された製品リストを管理し、今回の新型コロナウイルス感染症のような有事の際に、迅速に人びとに対して製品リストを公開して情報を伝えている。一方、日本にはこのようなバイオサイド規制が存在しないため、日用品によりウイルスを不活化するという意図である場合でも、無認証・無許可医薬品として扱われ、医薬品取締りの対象となる。そのため、感染症の感染防止に役立つ日用品であったとしてもそのことを消費者に伝えることができない状況にある³⁷。

・化学物質管理規制への対応を支える研究基盤としてのリスク評価研究に関する現状

ここ数年で急速に注目されるようになった海洋プラスチックごみの問題は、基本的にはごみ廃棄の問題だが、最近では微細化したプラスチック片（マイクロプラスチック）の生態系やヒト健康への影響（環境リスク）を懸念する声もある。化学産業をはじめとする産業界や関連分野の大学・公的研究機関研究者にとって重要な問題と認識されており³⁸、日本企業を含む世界の主要な化学メーカー等によって国際的なアライアンスも設立されている³⁹。各国・地域にとっても同様であり、特にEUは海洋プラスチックごみ問題を「循環型経済」の実現に向けた主要なテーマの1つに位置づけている。問題解決に向けた方策としてはリサイクルの推進や代替素材の開発がある。とくに代替素材としては生分解性プラスチックの開発が以前からよく知られている。またマイクロプラスチックに関しては、EUは工業的に生産されるマイクロプラスチックの使用を制限する検討を進めており、欧州市場における一種の参入障壁になるとの懸念から注目されている。

化学物質としてのプラスチックには、国際的な条約等に加え各国あるいは地域の市場における化学物質管理のための規制が存在し、試験やリスク評価を実施する必要がある。欧米では、これら規制への対応は企業による製品展開への強い動機として作用しており、それゆえリスク評価研究は研究分野として産業政策上も重要とされ、産学官によって研究基盤が維持されている。こうした基盤があるため知見が継続的に蓄積され、また個別の問題が生じた場合も迅速に対応でき、国際的なルール策定や規制制度の議論を優位に進めることができる。実際、生分解性プラスチックの分解性評価の国際規格の議論は欧州企業の研究者らが主導していると言われており、マイクロプラスチックの環境リスク評価に向けた検討を主導しているのも欧米である。他方、

37 国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター（CRDS）ショートレポート「新型コロナウイルス感染症に関する環境・エネルギー分野における世界の研究開発動向：『都市環境と感染症』編」『CRDS』（2020年9月11日），<https://www.jst.go.jp/crds/covid-19/pdf/crds20200915-3.pdf>（2021年2月15日アクセス）

38 JaIME事務局「Japan Initiative for Marine Environment (JaIME)<海洋プラスチック問題対応協議会>」『一般社団法人日本化学工業協会』，https://www.nikkakyo.org/upload_files/jaime/JaIME_jp.pdf（2021年2月16日アクセス）

39 D. Ioto, “Alliance to End Plastic Waste targets plastic in the environment”, recycling today, <https://www.recyclingtoday.com/article/alliance-to-end-plastic-waste-targets-plastic-in-environment/>（2021年2月16日アクセス）

日本においては、一般的に新素材開発などマテリアル分野の研究開発に強みを持つと認識されているが、リスク評価に係る研究基盤は必ずしも強固ではない。研究開発力の強化には規制への対応力強化も含まれるとの認識は、我が国の科学技術イノベーション政策において未だ十分には浸透していない⁴⁰。

② 利害関係者を中心とした人びととの関係

事例として、科学による知見と政策決定を結ぶプロセスの状況とその課題、および原子力をめぐる現状を紹介する。

・科学による知見と政策決定を結ぶプロセスの状況とその課題

新型コロナウイルス感染症の拡大防止のため、日本では国や自治体が専門家から成る委員会を設置し、国内での感染状況の把握や収束に向けた対策を議論した。しかし、この議論で示された科学による知見と、政策として決定された内容との間には、相互のつながりを分かりづらくするような距離があったといわれている。この点、物事のあり得る程度を定性的・定量的に示す「リスク」概念を導入することにより、新型コロナウイルス感染症の場合をはじめとする意思決定において多角的な観点からのトレードオフが可能となるといわれている。このリスクの考え方に基づく対話（リスクコミュニケーション）は、コロナ禍、科学・技術と人びととの関係をかたちづくる上で重要な機能を担っているといえる。

コロナ禍で全ての人びとがリスクを負っている状況下、人々の理解や納得を得ながら合理的に意思決定をおこなっていくための方法の一つとして、リスク学の観点によるプロセスの枠組みが指摘されている。それは、科学・技術の知見と政策決定の間に存在する距離について認識すること、さらに、科学的ファクトからリスク管理措置の決定までのプロセスの構造を可視化し、このプロセスに関わる各主体の役割を明確にすることである。

このプロセスに照らしたとき、現状における課題は、大きく二点あった。一つは、科学的ファクトからリスク管理措置の決定までが一足飛びに結びついているように見えたことである。これは、現実にはプロセス全体を構成する他の要素（モデリングなどによるシミュレーション等ベースラインのリスク評価や、リスク管理オプションの列挙、各リスク管理オプションの影響評価、さらにリスク管理措置の決定と根拠説明の後には、影響の事前予測の妥当性評価がある）の存在と相互の位置づけ、そして各々における関係主体の役割が明確に示されなかったために生じたと考えられている。もう一つは、リスク管理措置の変更が突如としておこなわれたように見えたことである。これは、科学的ファクトからリスク管理措置までのプロセスが明確に構造化されておらず、いずれの段階でなぜ変更が必要となったのか等が明確に示されなかったことによって生じたといわれている。

コロナ禍における科学・技術と政策決定を結ぶプロセスは、今後、プロセス全体を構造的に可視化すること、プロセスに携わる各主体、とくに専門家による会議の役割を明確化すること、人文社会科学分野を含め様々な関係者との協働が必要になること等が指摘されており、プロセスの枠組み構築においてさらなる工夫が考えられる。加えて、これら全体をリスクコミュニケーションとして捉えたとき、これは有事のときのみではなく、

40 国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター（CRDS）「戦略プロポーザル 環境調和型プラスチック戦略～化学物質としてのプラスチックの安全な管理・活用を推進するための戦略的研究～」『CRDS』, <https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2019/SP/CRDS-FY2019-SP-07.pdf> (2021年2月15日アクセス)

むしろ平時から必要な活動あるいは人材として認識される必要があるといえる⁴¹。

• 原子力をめぐる現状

日本における原子力の議論は常に難しさを伴ってきた。福島での原子力発電所事故をはじめとする地域社会と人びとへの影響の大きさ、他方で、温室効果ガスであるCO₂の排出が極めて少ないエネルギーとしての側面など、原子力をめぐって考えなければならないことがらは多い。一方、その課題を整理し今後何をすべきかを示すことは簡単ではない。

JST-CRDSがエネルギー分野の俯瞰活動の一環として実施した二度のワークショップでは、このような日本の原子力をとりまく現状の把握に焦点をあてた。これら議論を通じて、次のような示唆を得た。

ひとつは、原子力をめぐる課題をどのように捉えるべきか、ということに関してである。原子力をめぐる課題は総体的に大きく二層の構造になっており、それはつまり、科学的知見やそれを基にした技術の習得・継承・発展のあり方と、社会あるいは人間とのあいだの隔たりであるということである。原子力をめぐる課題を考えようとするときは、この二層構造を意識し、包括的な議論をおこなう必要がある。

もうひとつは、課題を二層構造として捉えようとする意識のもとに、教育・人材育成をテーマに議論を実施した際の示唆である。CRDSでは、次の5点に整理した。すなわち、① 原子力に関わる人材のポートフォリオの作成・現状分析を通じた全体の最適化とシステム構築、② 原子力分野を担うエースの育成、③ 実務者(技術者)の職場内訓練(OJT)の場の確保、④ 個人におけるノンテクニカルスキルの醸成と組織としての管理・ケア体制の確立、⑤ 求める人材の理想と産業・大学の現場における現実の乖離、である。

上記のような、二度のワークショップの成果は、議論を通じて出された意見の束とそのとりまとめ結果として示された内容だけではない。むしろ、ワークショップへの参加者の多様さによってもたらされる、テーマへの視点の豊かさ(企業の技術者や大学教員、工学や医療、倫理、コミュニケーション等、議論参加者の原子力への関わり方や専門分野など背景の多様性)が実現した点にあると考える。異分野融合をはじめ、原子力をめぐるより開かれた複合的な議論を目指すさらなる試みが求められる^{42, 43}。

③ その他

• 気候工学研究

気候工学は「地球温暖化の対策のうちで、世界規模の気候を意図的に改変しようとする技術的対策群」であり、「緩和策」および「適応策」と並ぶものとされることがある⁴⁴。大まかには2つの技術群に分けられ、入

41 国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター(CRDS) ショートレポート「新型コロナウイルス感染症に関する環境・エネルギー分野における世界の研究開発動向: 「リスクと社会」編」『CRDS』(2020年10月15日), <https://www.jst.go.jp/crds/covid-19/pdf/crds20200915-3.pdf> (2021年2月15日アクセス)

42 国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター(CRDS)「俯瞰ワークショップ報告書: 原子力をとりまく現状と今後に向けて」『CRDS』, <https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2019/WR/CRDS-FY2019-WR-03.pdf> (2021年2月15日アクセス)

43 国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター(CRDS)「俯瞰ワークショップ報告書: 原子力をとりまく現状と今後に向けて(第二回)」『CRDS』, <https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2020/WR/CRDS-FY2020-WR-02.pdf> (2021年2月15日アクセス)

44 増田 耕一「気候工学-ジオエンジニアリング、意図的気候改変-」『PETROTECH』38巻7号(2015): 21-25

射太陽光を反射して地球システムに入るエネルギーを減少させる太陽放射管理⁴⁵と、CO₂を大気から取り除く二酸化炭素除去⁴⁶の2種類である。詳細はここでは省略するが、これら2種類の技術群に関しては、技術以外の問題についても、例えばこれらがもたらす地球環境や社会への影響の可能性について、社会科学的な研究や研究者間の議論等が以前から行われている。こうした研究は前述のトランスディシプリナリー研究に属するものであるともいえ、このような観点からの研究の重要性が今後一層増すものと考えられる。

• ライフサイクルアセスメント

ライフサイクルアセスメント (LCA) は一般的に製品のライフサイクル全体 (原料の採取、材料の加工、製造、流通、使用、メンテナンス、廃棄・リサイクル) を通じての環境負荷や資源消費を定量的に評価する技術である。温室効果ガス (GHG) 排出量を始め、様々な評価指標がある⁴⁷。LCAを行う意義としては、例えばGHG排出量を削減するためある技術を導入した結果、ある条件ではGHG排出量が増加する可能性がある、といったことを予め評価することができる。また、ライフサイクルの一部では優れた性質を持つ製品あるいは技術であっても、ライフサイクル全体で見るときには必ずしもそうではない可能性もある、といったことも事前に評価できる。エネルギー関連技術の社会への導入・普及を考えるにあたっては多様な評価軸が必要と考えられるが、ライフサイクル全体を視野に入れた比較検討が重要であるという認識は、科学技術政策立案の現場においても定着してきている。

• ESG投資

本書1.2.1「EUタクソミー」で触れたとおり、ESG投資が拡大の一途を辿っている。こうした中、EUにおける検討の動向は、資本の流れを持続可能な投資へ方向付けるための大きな一歩として、今後の環境・エネルギー分野の研究開発に大きな影響を及ぼす可能性がある。ただし、ESG投資のための標準化された判断基準はまだ構築されていない。ISO (国際標準化機構) にていくつかの国が国際規格を提案するなど、各国の思惑も入り乱れる状況になっている。今後も引き続きESG投資の長期的な正負両面を慎重に検討することが必要になると考えられる。

• 再生可能エネルギー

導入拡大が進むなか、再生可能エネルギーをめぐる社会との関わりは従来よりも様々に顕在化してくることが予想される。例えば、太陽光発電に関しては、電気が余った場合にどうするか、パネルの設置や廃棄に伴う近隣への影響はどうか、また、風力発電に関しては、騒音問題や鳥の衝突等の問題が提起されている。太陽光発電や風力発電に限らず、再生可能エネルギーの導入を進めていくなかでは、とくに地域社会との関わりにおいて生じる課題に対していかに取り組むかは極めて重要である。

45 杉山 昌広, 増田 耕一 「気候工学 (太陽放射管理) 研究の最新動向」『エネルギー・資源』38巻2号 (2017): 1-5

46 加藤 悦史 「パリ協定とネガティブエミッション技術」『エネルギー・資源』38巻1号 (2017): 16-18

47 一般社団法人日本化学工業協会 (編集) 「ライフサイクルアセスメント (LCA) -なぜやるの いつやるか」『J CIA』, http://www.nikkakyo.org/upload_files/global_warming/docunemts/ICCA_LCA_Executive_Guid.pdf (2021年2月15日アクセス)

1.2.4 主要国の科学技術・研究開発政策の動向

(1) 日本

■気候変動とエネルギー関連⁴⁸

| 年月 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|---------|-------------------|----------------------------|-----------|--|
| 2015.11 | 環境省(MOE) | 気候変動の影響への適応計画 | | 気候変動による様々な影響に対する取組に関する基本方針。分野別施策を設定。 |
| 2016.5 | MOE | 地球温暖化対策計画 | 2030、2050 | 約束草案と同じ2030年度の排出削減目標を中期の目標と位置づけ。また2050年までに80%減を長期的な目標と位置づけ。 |
| 2017.12 | 経済産業省(METI) | 水素基本戦略 | 2030 | 水素社会実現に向けた2050年を視野に入れた2030年までの行動計画。 |
| 2018.7 | METI | エネルギー基本計画(第5次) | 2030、2050 | 第4次計画での2030年の計画の見直しに加え、パリ協定の発効を受けて2050年を見据えた対応等についても基本方針を提示。 |
| 2018.6 | MOE | 気候変動適応法 | - | 「適応の総合的推進」、「情報基盤の整備」、「地域での適応の強化」、「適応の国際展開等」の4つの柱から構成。 |
| 2018.11 | MOE | 気候変動適応計画 | - | 気候変動適応法に基づき策定。基本的方向、7つの分野別施策、基盤的施策を整理。2020年を目途とする気候変動影響評価等を踏まえて2021年に見直し予定。 |
| 2019.6 | 内閣官房、外務省、METI、MOE | パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略 | 2050 | 2050年までの80%減に大胆に取り組むことを明記。横断的施策として「イノベーションの推進」、「グリーンファイナンスの推進」、「ビジネス主導の国際展開・国際協力」の3つの柱を提示。 |
| 2020.12 | METI | 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 | 2050 | 2050年カーボンニュートラルへの挑戦を経済と環境の好循環につなげるための産業政策として、METIが中心となって関係府省との連携の下で策定。14の重要分野を設定し、それぞれに目標およびその達成に向けた実行計画を提示。 |

48 一覧表について：主要国における環境・エネルギー分野と関連が深い主な政策等を一覧表としてJST-CRDSが取りまとめた。「年月」は可能な限り「月」までを記載したが不明なものは空欄とした。また「名称」は一般的な和訳名称があると判断されたものは基本的に和訳名称を記載した。「目標年」については主要な目標年が掲げられている場合に記載した。日本以降の米国、EU(欧州連合)、ドイツ、英国、フランス、中国、韓国についても同様である。

■その他の環境とエネルギー関連

| 年月 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|--------|---------|--------------------|----------------|--|
| 2012.9 | MOE | 生物多様性国家戦略2012-2020 | 2020 | 生物多様性の保全および持続可能な利用に関する基本方針。2010年のCOP10で採択された愛知目標の達成に向けたロードマップ等を提示。 |
| 2012.4 | MOE | 第4次環境基本計画 | | 環境政策に関する基本方針。グリーンイノベーションの推進等に加え、震災復興と放射性物質による環境汚染対策を柱として掲げる。 |
| 2013.5 | MOE | 第3次循環型社会形成推進基本計画 | 2020 | 環境基本計画の下で策定される3Rや廃棄物処理に関する基本方針。廃棄物の減量化等の「量」の側面に加えて廃棄物の有効活用等の「質」の側面も重視。リデュース・リユースの取組強化、有用金属の回収等を新たに柱として掲げる。 |
| 2018.4 | MOE | 第5次環境基本計画 | | 環境政策に関する基本方針。従来とは構造を変え、分野横断的な6つの重点戦略(経済、国土、地域、暮らし、技術、国際)を設定。 |
| 2018 | MOE | 第4次循環型社会形成推進基本計画 | 2025 | 資源生産性49万円/トン、入口側の循環利用率(天然資源等投入のうち循環利用量)18%、出口側の循環利用率(廃棄物等のうち循環利用量)47%、最終処分量1,300万トンの4つの目標を設定。 |
| 2019.5 | MOE | プラスチック資源循環戦略 | 2025、2030、2035 | 第4次循環型社会形成推進基本計画に基づき策定。海洋プラスチック問題への対応の基本方針も含まれる。2030年までにフウェイのプラスチックを累積で25%排出抑制、'35年までにすべての使用済プラスチックを熱回収も含め100%有効利用等の目標を提示。 |
| 2020.6 | 水循環政策本部 | 水循環基本計画 | | 2014年に成立した水循環基本計画の改定。「流域マネジメントによる水循環イノベーション」などの3本柱と9つの施策を提示。 |

■科学技術イノベーション関連

| 年月 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|--------|------------------------|----------------------------|------|--|
| 2016.1 | 総合科学技術・イノベーション会議(CSTI) | 科学技術基本計画(第5期)(2016~2020年度) | | 科学技術イノベーション政策の基本方針を提示。「Society5.0」の推進等を提示。 |
| 2016.4 | METI | エネルギー革新戦略 | 2030 | 2030年度のエネルギーミックス実現に向けて関連制度を一体的に整備する戦略。徹底した省エネ、再エネの拡大、新たなエネルギーシステムの構築等が柱。 |

| | | | | |
|--------|-----------------|-------------------------------|-----------|---|
| 2016.4 | CSTI | エネルギー・環境イノベーション戦略 (NESTI2050) | 2050 | 2050年を見据えて削減ポテンシャル・インパクトが大きいと期待される革新技術を特定し、研究開発の推進や体制等についてまとめた戦略。 |
| 2016.5 | CSTI | 科学技術イノベーション総合戦略2016 | | 第5期科学技術基本計画の初年度の総合戦略。Society5.0の推進を提示。 |
| 2017.6 | CSTI | 科学技術イノベーション総合戦略2017 | | Society5.0の実現、「科学技術イノベーション官民投資拡大イニシアティブ」および「Society5.0の推進と政府研究開発投資目標の達成に向けて」の着実な実行等を提示。 |
| 2018.6 | 統合イノベーション戦略推進会議 | 統合イノベーション戦略2018 | | 政策の統合により基礎研究から社会実装・国際展開までを「一貫通貫」で実行するために、従来の「科学技術イノベーション総合戦略」から発展して新たに「統合イノベーション戦略」を策定。 |
| 2019.5 | MOE | 環境研究・環境技術開発の推進戦略 | 2030、2050 | 中長期（2030年頃）および長期（2050年頃）に目指すべき社会像を設定した上で、今後5年間で重点的に取り組むべき研究・技術開発の課題を、統合、気候変動、資源循環、自然共生、安全確保の5つの領域で設定。 |
| 2019.6 | 統合イノベーション戦略推進会議 | 統合イノベーション戦略2019 | | 「Society5.0の社会実装、創業・政府事業のイノベーション化の推進」「研究力の強化」、「国際連携の抜本的強化」「最先端（重要）分野の重点的戦略の構築」の4つの柱を提示。 |
| 2020.1 | 統合イノベーション戦略推進会議 | 革新的環境イノベーション戦略 | | 総理指示及び「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」・「統合イノベーション戦略2019」に基づき策定。2050年までの温室効果ガス80%削減実現に向けた戦略。16の技術課題についてのコスト目標等を明記した「イノベーション・アクションプラン」ほかからなる。 |
| 2020.7 | 統合イノベーション戦略推進会議 | 統合イノベーション戦略2020 | | 新型コロナウイルス感染症により直面する難局への対応、人文・社会科学の更なる振興などを盛り込んだ4つの柱を提示。 |

1. 環境・エネルギー分野および関連科学技術分野の政策立案のガバナンス（組織体制）

環境に関する政策の主要所管省は環境省だが、対象に応じて複数の省が関連する。例えば水に関しては環境省に加えて厚生労働省、経済産業省、国土交通省、農林水産省等が関わる。エネルギーに関しては経済産業省が主要所管省である。

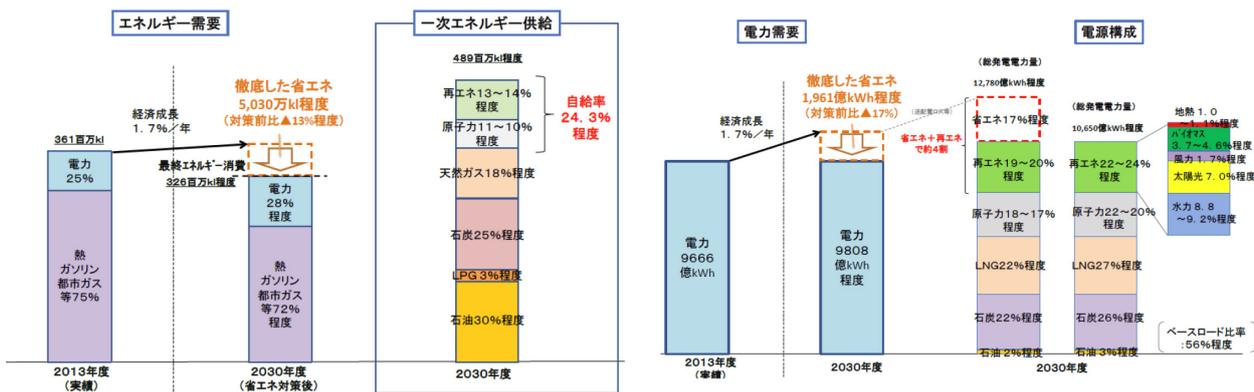
科学技術・イノベーション（STI）政策に関しては、その司令塔として内閣府に総合科学技術・イノベーション会議（CSTI）が設置されている。環境・エネルギー分野においては内閣府、文部科学省、経済産業省、環境省、農林水産省、国土交通省が主な関連府省となる。

2. 環境・エネルギー分野の基本政策

環境分野の基本政策は環境基本計画である。第5次の基本計画においては、我が国が抱える課題は相互に関連し複雑化しているとの認識から、従来の環境政策の枠組み（気候変動対策、循環型社会の形成、生物多様性の確保・自然共生、環境リスクの管理等）に加えて分野横断的な6つの「重点戦略」（経済、国土、地域、暮らし、技術、国際）が設定された。従来の環境政策の枠組みはこの重点戦略を支えるものと位置付けられており、「地球温暖化対策計画」、「循環型社会形成推進基本計画」、「生物多様性国家戦略2012-2020」等が個々に関連付けられている。なおこのうち生物多様性国家戦略については、2020年1月以降、次期戦略の策定に向けた検討が進められている。

2018年6月に「気候変動適応法」が公布され（2018年12月施行）、適応策の法的位置づけが明確化された。緩和策（温室効果ガスの排出削減対策）の推進は1998年に制定された地球温暖化対策の推進に関する法律に基づき行われていたが、適応策はこれまで法的に位置づけられていなかった。緩和策と適応策は車の両輪の関係であり、双方を気候変動対策として推進していく方針が改めて正式に示された。気候変動適応法に基づき気候変動適応計画も取りまとめられた。ここでは7つの基本戦略が示されており、科学的知見に基づく気候変動適応の推進、研究機関の英知を集約するための情報基盤整備、地域の実情に応じた気候変動適応の推進などについて、関係府省庁が連携して取り組む旨の方針が示されている。

エネルギー分野の基本政策は「エネルギー基本計画」である。第5次の基本計画では、パリ協定の発効を受けて2030年及び2050年に向けた対応方針が示された。2030年度の長期エネルギー需給見通し（エネルギーミックス）は図表1.2.4（1）-1のように示され、パリ協定における約束草案と整合するものとなっている。一方、2050年に向けた方針は、その将来に対する不確実性等に鑑みて、「あらゆる選択肢を追求する『エネルギー転換・脱炭素化を目指した全方位での野心的な複線シナリオ』を採用する」としている。



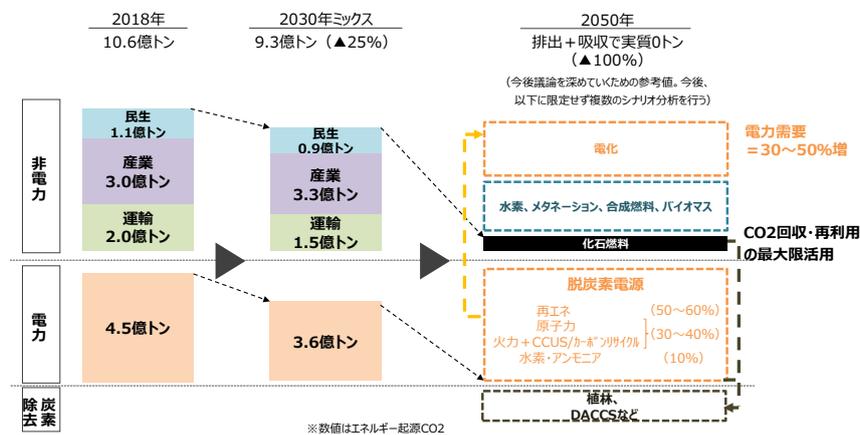
図表 1.2.4 (1) -1 2030年度の長期エネルギー需給見通し（エネルギーミックス）（第5次エネルギー基本計画資料から抜粋：エネルギー需要、一次エネルギー供給、電力需要、電源構成）

内閣官房に組織体が設置され策定された計画や戦略もある。「水循環基本計画」は水循環政策本部が流域の総合的かつ一体的な管理等のための基本方針を示した計画である。「水素基本戦略」は再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議における総理指示を受け関係府省庁がとりまとめた戦略に基づき策定された。

2019年6月に策定された「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」は内閣官房に設置された「パリ協定長期成長戦略懇談会」からの提言を踏まえて策定された。

2020年10月、第203回国会における菅首相初めての所信表明演説において、2050年までにカーボンニュートラル（温室効果ガス排出量の正味ゼロ）の達成を目指すとの政策目標が示された。これを受け、経済産業省を中心に関連府省が連携して今後の対応の基本的方向性や実行計画が議論・検討され、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」（2020年12月）としてとりまとめられた（図表1.2.4（1）-2）。同戦略では14の重要分野を設定し、それぞれに目標およびその達成に向けた実行計画が提示された。また同時期から第6次エネルギー基本計画の策定に向けた議論も開始した。

2（2）．2050年カーボンニュートラルの実現



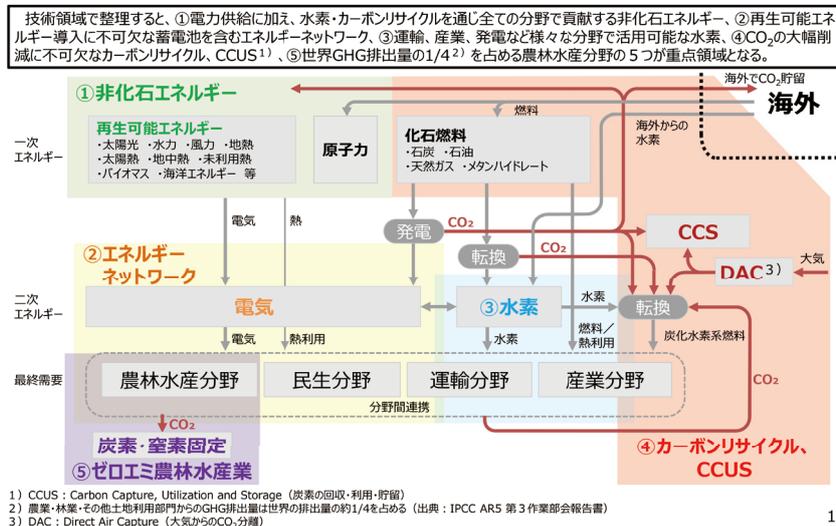
6

図表1.2.4（1）-2 2050年カーボンニュートラルの実現に向けた方向性（第6回成長戦略会議資料1「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」より抜粋）

3. 環境・エネルギー分野のSTI政策

温室効果ガス排出の大幅削減の実現にはあらゆる政策を総動員して取り組む必要がある。これまでの延長線上の取組みだけでは不十分であり、非連続的なイノベーションの創出が必要とされている。こうした認識の下、2020年1月に策定された「革新的環境イノベーション戦略」では、5分野16課題39技術テーマが特定され、関連するコスト目標等を記した「イノベーション・アクションプラン」ほか示された（図表1.2.4（1）-3）。本戦略は「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」の中でも主要な柱の一つとして位置付けられている。

イノベーション・アクションプランの重点領域



16

図表 1.2.4 (1) -3 イノベーションアクション・プランの重点領域 (革新的環境イノベーション戦略 (令和2年1月21日 統合イノベーション戦略推進会議決定) より抜粋)

一方、STI政策の基本的な方向性を示す「第5期科学技術基本計画」(2016～2020年度)では、世界に先駆けた「超スマート社会」の実現 (Society 5.0) に向け、先行的に進める11のシステムが指定された。この中には「エネルギーバリューチェーン」、「地球環境情報プラットフォーム」、「自然災害に対する強靱な社会の実現」など環境・エネルギー分野と関連の深いシステムが複数含まれている。また経済・社会的課題への対応として「13の重要政策課題」を挙げており、「エネルギーの安定的確保とエネルギー利用の効率化」、「資源の安定的な確保と循環的な利用」、「自然災害への対応」、「食品安全、生活環境、労働衛生等の確保」、「地球規模の気候変動への対応」、「生物多様性への対応」等が含まれている。

第5期科学技術基本計画の下で毎年度策定されている「科学技術イノベーション総合戦略」(のちに「統合イノベーション戦略」に変更)では、先述の11のシステムに係る取組みが記載されている他、時期を同じくして策定された「エネルギー・環境イノベーション戦略 (NESTI2050)」の着実な推進にも触れている。その後、「統合イノベーション戦略2019」にて「革新的環境イノベーション戦略」を策定する旨が記載され、NESTI2050は同戦略へと引き継がれることとなった。

環境省におけるSTI政策は、現在のところ、2019年5月に策定された「環境研究・環境技術開発の推進戦略」をもとに進められている。同戦略は、中長期 (2030年、2050年) のあるべき持続可能な社会の姿をにらみながら、その先5年間で取り組むべき環境研究・技術開発の重点課題やその効果的な推進方策を提示するものとして策定されたものである。第5期科学技術基本計画で示された「Society 5.0」と、第5次環境基本計画で示された「地域循環共生圏」というビジョンを一体的に実現していくことを目指している。領域構成は、「気候変動」、「資源循環」、「自然共生」、「安全確保」の個別領域および「統合領域」の5つからなる。

4. 代表的な研究開発プログラム/プロジェクト

関連府省における環境・エネルギー分野の代表的な研究開発プログラムやプロジェクト等を図表 1.2.4 (1) -4に示す。

図表 1.2.4 (1) -4 代表的な研究開発プログラム/プロジェクト (2021年1月時点)

| 機関 | プログラム/プロジェクト |
|-------------|--|
| 内閣府・CSTI | <ul style="list-style-type: none"> ●ムーンショット型研究開発制度 (2020～) ●PRISM 官民研究開発投資拡大プログラム (2018～) ●SIP (第2期) (2018～) 「脱炭素社会実現のためのエネルギーシステム」「統合型材料開発システムによるマテリアル革命」「国家レジリエンス (防災・減災) の強化」「スマートバイオ産業・農業基盤技術」「IoT 社会のエネルギーシステム」「スマート物流サービス」「革新的深海資源調査技術」 ●SIP (第1期) (2014～2018) 「革新的燃焼技術」「エネルギーキャリア」「革新的構造材料」「次世代パワーエレクトロニクス」「レジリエントな防災・減災機能の強化」「次世代農林水産業創造技術」 ●ImPACT (2013～2018) 「核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化」 ●FIRST (2009～2013) 「Mega-ton Water System」「低炭素社会創成に向けた SiC 革新パワーエレクトロニクスの研究開発」「低炭素社会に資する有機系太陽電池の開発」「高性能蓄電デバイス創製に向けた革新的基盤研究」 |
| 内閣府・食品安全委員会 | <ul style="list-style-type: none"> ●食品健康影響評価技術研究課題 (2005～) |
| 文部科学省 | <ul style="list-style-type: none"> ●統合的気候モデル高度化研究プログラム (TOUGOU) (2017～2021)、気候変動リスク情報創生プログラム (SOUSEI) (2012～2017)、21世紀気候変動予測革新プログラム (2007～2011) ●地球環境情報プラットフォーム構築推進プログラム (DIAS) (2016～2020) ●気候変動適応技術社会実装プログラム (SI-CAT) (2015～2019) ●革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発事業 (2021～)、省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発 (2016～2020) <hr/> <ul style="list-style-type: none"> ●英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業 (2015～) / 原子力システム研究開発事業 (2005～) ●海洋資源利用促進技術開発プログラム (2008～) ●革新的エネルギー研究開発拠点形成事業 FUTURE-PV Innovation (2012～2017) ●深海底資源基礎調査事業 (2011～2018) |
| 経済産業省 | <ul style="list-style-type: none"> ●省エネ型電子デバイス材料の評価技術の開発事業 (2017～) ●二酸化炭素回収技術実用化研究事業 (2015～) ●二酸化炭素削減技術実証試験事業 (2009～2020) ●被災地企業等再生可能エネルギー技術シーズ開発・事業課支援事業 (産総研・福島再生可能エネルギー研究所 (FREAI)) (2017～2020) ●革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業 (2015～2019) |
| 国土交通省 | <ul style="list-style-type: none"> ●下水道応用研究 (2017～) ●下水道技術研究開発 (GAIA プロジェクト) (2014～) ●交通運輸技術開発推進制度 (2013～) ●下水道革新的技術実証事業 (B-DASH プロジェクト) (2011～) ●河川砂防技術研究開発 (2009～) |
| 環境省 | <ul style="list-style-type: none"> ●気候変動適応情報プラットフォーム (A-PLAT) (2016～) ●CO₂ 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業 (2005～) ●いきものログ (2013～)、モニタリングサイト1000 (2003～)、自然環境保全基礎調査 (緑の国勢調査) (1973～) ●潮流発電技術実用化推進事業 (経済産業省と連携) (2014～2018) |

| | |
|---------------------|--|
| <p>農林水産省</p> | <ul style="list-style-type: none"> ●戦略的プロジェクト研究推進事業 (2018～)・委託プロジェクト研究 (2009～) ●安全な農畜水産物安定供給のための包括的レギュラトリーサイエンス研究推進委託事業 (2020～)、安全な農林水産物安定供給のためのレギュラトリーサイエンス研究 (2015～2019)、「レギュラトリーサイエンス新技術開発事業」(2010～2015) ●食料生産地域再生のための先端技術展開事業 (福島県・岩手県・宮城県)(2011～) |
| <p>NEDO (経済産業省)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ●グリーンイノベーション基金事業 (2021～) ●NEDO先導研究プログラム (エネルギー・環境新技術先導研究プログラム/新産業創出新技術先導研究プログラム/未踏チャレンジ2050) (2014～) ●太陽光発電主力電源化推進技術開発 (2020～2024)、高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発 (2015～2019)、太陽光発電システム効率向上・維持管理技術開発プロジェクト (2014～2018)、太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト (2014～2018) ●風力発電等導入支援事業 (2013～2022)、風力発電等技術研究開発 (2008～2022) ●海洋エネルギー発電実証等研究開発事業 (2018～2020)、次世代洋上直流送電システム開発事業 (2015～2019) ●バイオジェット燃料生産技術開発事業 (2017～2020)、バイオマスエネルギー技術研究開発 (2004～2019)、バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 (2014～2020)、 ●再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発 (2019～2023)、超臨界地熱発電技術研究開発 (2018～2020)、未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発 (2015～2022)、再生可能エネルギー熱利用技術開発 (2014～2018)、地熱発電技術研究開発 (2013～2020) ●燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業(2020～2024)、超高圧水素インフラ本格普及技術研究開発事業 (2018～2022)、水素利用等先導研究開発事業 (2014～2022)、水素社会構築技術開発事業 (2014～2020) ●環境調和型プロセス技術の開発 (2017～2022)、高温超電導実用化促進技術開発 (2016～2020)、戦略的省エネルギー技術革新プログラム (2012～2021) ●多用途多端子直流送電システムの基盤技術開発 (2020～2023)、再生可能エネルギーの大量導入に向けた次世代電力ネットワーク安定化技術開発 (2019～2023)、分散型エネルギー次世代電力網構築実証事業 (2014～2018)、電力系統出力変動対応技術研究開発事業 (2014～2018) ●先進・革新蓄電池材料評価技術開発 (第2期) (2018～2022)、革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発 (2016～2020)、固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業 (2015～2019)、固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発 (2013～2019) ●革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発 (2020～2024)、省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷媒・冷凍空調技術及び評価手法の開発 (2018～2022)、高効率な資源循環システムを構築するためのリサイクル技術の研究開発事業 (2017～2022)、アジア省エネルギー型資源循環制度導入実証事業 (2016～2020) ●炭素循環型セメント製造プロセス技術開発 (2020～2021)、ゼロカーボン・スチールの実現に向けた技術開発 (2020～2021)、CCUS研究開発・実証関連事業 (2018～2024)、カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発 (2016～2024)、カーボンリサイクル・先進的な火力発電技術等の海外展開事業 (2017～2021) ●カーボンリサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発 (2020～2026)、海洋生分解性プラスチックの社会実装に向けた技術開発事業 (2020～2024)、炭素循環社会に貢献するセルロースナノファイバー関連技術開発 (2020～2024)、次世代複合材創製・成形技術開発 (2020～2024)、機能性化学品の連続精密生産プロセス技術の開発 (2019～2025)、IoT社会実現のための革新的センシング技術開発 (2019～2024)、超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト (2016～2021)、植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発 (2016～2020)、革新的新構造材料等研究開発 (2014～2022)、二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発 (2014～2021)、有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発 (2014～2021)、非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発 (2013～2019) |

| | |
|-----------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ●次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発 (2014～2021) ●積層造形部品開発の効率化のための基盤技術開発事業 (2019～2023)、高輝度・高効率次世代レーザー技術開発 (2016～2020) |
| JST (文部科学省) | <ul style="list-style-type: none"> ●共創の場形成支援プログラム (COI-NEXT) (2020～) ●未来社会創造事業 <ul style="list-style-type: none"> 「共通基盤」領域 (2018～) 「持続可能な社会の実現」領域 (2017～) 「世界一の安全・安心社会の実現」領域 (2017～) 「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域/ALCA (2010～) <ul style="list-style-type: none"> -特別重点技術領域「次世代蓄電池 (ALCA-SPRING)」 「ホワイトバイオテクノロジー」 -革新技術領域「太陽電池および太陽エネルギー利用システム」「超伝導システム」「蓄電デバイス」「耐熱材料・鉄鋼リサイクル高性能材料」「バイオテクノロジー」「革新的省・創エネルギー化学プロセス」「革新的省・創エネルギーシステム・デバイス」 -実用技術化プロジェクト「高品位大口径 GaN 基板の開発」「液体水素冷却による超伝導電気機器の開発」「低 CO₂ 排出型次世代火力発電用新規耐熱材料の開発」「省エネルギー社会に向けた革新的軽量材料の創製」「自律分散型次世代スマートコミュニティ」「バイオマスの化成品化およびポリマー化のための高効率生産プロセスの開発」「生物資源の制御によるバイオマス・有用成分の増産」「高効率エネルギー機器システム実現のための先進的産業用電気機器の開発」「新規材料および新機構による熱利用技術」「光マネジメントによる CO₂ 低減技術」「炭素循環化学システムの高効率化」 |
| | <ul style="list-style-type: none"> ●戦略的国際共同研究プログラム (SICORP) (2009～)、SICP (2003～2009) ●多国間研究プログラム: 「aXis」、 「e-ASIA」、 「EIG CONCERT-Japan」、 「BelmontForum」 (2011～) ●地球規模課題対応国際化学技術協カプログラム (SATREPS) (2008～) ●社会技術研究開発 (RISTEX) (2005～)、社会技術研究システム (2001～2005) <ul style="list-style-type: none"> 「ELSI プログラム」 (2020～) 「SOLVE for SDGs」 (2019～) 「フューチャー・アース」 (2014～) ●CREST (1995～) <ul style="list-style-type: none"> 「ナノ工学」 (2019～)、 「革新的反応」 (2018～)、 「熱制御」 (2017～)、 「革新的触媒」 (2015～)、 「微小エネルギー」 (2015～)、 「植物頑健性」 (2015～)、 「エネルギーキャリア」 (2013～)、 「超空間」 (2013～)、 「EMS」 (2012～)、 「相界面」 (2011～2018)、 「海洋生物多様性」 (2011～2018)、 「藻類バイオエネルギー」 (2010～2017)、 「水利用」 (2009～2016)、 「太陽光利用」 (2009～2016)、 「CO₂ 抑制」 (2008～2015)、 「ナノ構造触媒」 (2002～2007)、 「エネルギー高度利用」 (2002～2007)、 「水循環」 (2001～2008) 「資源循環」 (1998～2005)、 「地球変動」 (1997～2004)、 「環境低負荷」 (1995～2002) ●さきがけ (1991～) <ul style="list-style-type: none"> 「ナノ工学」 (2019～)、 「反応制御」 (2018～)、 「熱制御」 (2017～)、 「革新的触媒」 (2015～)、 「微小エネルギー」 (2015～)、 「フィールド植物制御」 (2015～)、 「情報協働栽培」 (2015～)、 「エネルギーキャリア」 (2013～2018)、 「相界面」 (2011～2017)、 「CO₂ 資源化」 (2011～2017)、 「藻類バイオエネルギー」 (2010～2015)、 「太陽光」 (2009～2016)、 「物質変換」 (2009～2016)、 「変換と制御」 (2000～2005) |
| 日本学術振興会 (文部科学省) | <ul style="list-style-type: none"> ●科学研究費助成事業 (1918～) |
| 環境再生保全機構 (環境省) | <ul style="list-style-type: none"> ●環境研究総合推進費「統合領域」、 「低炭素領域」、 「資源循環領域」、 「自然共生領域、安全確保領域」、 「戦略的研究開発プロジェクト (I)・(II)」 |
| 原子力規制庁 (環境省) | <ul style="list-style-type: none"> ●放射線安全規制研究戦略的推進事業費 (2017～) |
| 資源エネ庁 (経済産業省) | <ul style="list-style-type: none"> ●風力発電のための送電網整備実証事業 (2013～) ●高効率ガスタービン (A-HAT) 技術実証事業 (2012～2020) ●石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業 (2012～2018) ●深海底資源基礎調査事業 (2011～2018) ●メタンハイドレート開発促進事業 (2001～2018) |

| | |
|--------------|---|
| 林野庁 (農林水産省) | ●森林生態系多様性基礎調査 (1999～) |
| 農研機構 (農林水産省) | ●スマート農業加速化実証プロジェクト (2019～2025) ●スマート農業技術の開発・実証プロジェクト (2018～2020) |

(2) 米国

■気候変動とエネルギー関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|---------|------------------|---|-----|---|
| 2014.5 | 大統領府 | 全方位的エネルギー戦略 (All-of-the-Above Energy Strategy) | | 第二期オバマ政権 (2013～2017年) のエネルギー政策基本方針。 |
| 2015.8 | 大統領府・環境保護庁 (EPA) | クリーンパワープラン | | 大気浄化法に基づく計画として策定。2030年時点の発電部門のCO ₂ 排出量を2005年比で32%削減することを目指して自治体の行動オプションを提示。 |
| 2015.4 | エネルギー省 (DOE) | 4年毎のエネルギー計画見直し (Quadrennial Energy Review) 第1号 | | オバマ政権の気候行動計画の一環として行われるレビュー。エネルギーインフラのレジリエンス、配電網の近代化等にフォーカス。 |
| 2016.11 | 大統領府 | United States Mid-Century Strategy for Deep Decarbonization | | 2050年までに2005年比でGHG排出50%削減を目標として掲げたシナリオを提示。 |
| 2017.1 | DOE | 4年毎のエネルギー計画見直し (Quadrennial Energy Review) 第2号 | | オバマ政権の気候行動計画の一環として行われるレビューの第二弾。電力システムの近代化促進にフォーカス。 |
| 2017.3 | 大統領府 | 米国第一エネルギー計画 (An America First Energy Plan) | | トランプ政権 (2017～2021年) のエネルギー政策基本方針。エネルギーコストを下げ、国内資源を最大限活用することで輸入原油への依存を軽減すべく、非在来型の化石資源の開発を促進することや、気候変動行動計画や水に関する規則等の廃止等に言及。 |
| 2020.4 | DOE | 米国原子力リーダーシップを取り戻すための戦略 (The Strategy to Restore American Nuclear Energy Leadership) | | 原子力エネルギーに関する米国の国家安全保障を確保するための戦略 |
| 2020.11 | DOE | 水素プログラム計画 | | DOEの水素研究・開発・実証の戦略的枠組み。DOE各局が参加。プログラムは、水素製造、配送、貯蔵、変換、利用など |

■その他の環境とエネルギー関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|--------|------|---|------|---|
| 2018.2 | EPA | 2018-2022年度EPA戦略計画 (FY2018-2022 EPA Strategic Plan) | 2022 | 米国第一エネルギー計画の基本方針を受け、同庁の中核的なミッション (環境政策) の実施・向上に注力する原点回帰の方針を提示。 |
| 2019.9 | EPA | 2018～2022年度 米国EPA戦略計画 (更新版) | 2022 | EPAの「2018-2022年度米国EPA戦略計画」の更新版。EPAの環境政策に即して戦略的ゴールの文言を修正、戦略目標や長期的な業績目標の変更はない |

■科学技術イノベーション関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|---------|----------------|--|------|--|
| 2014.4 | DOE | 戦略的計画2014～2018 (Strategic Plan 2014-2018) | | ①科学とエネルギー、②核安全保障、③管理と成果、の3つの大目標。 |
| 2015.4 | DOE | 4年毎のエネルギー技術見直し (Quadrennial Technology Review) | | QTR (2011年) に続く第二弾。QER (2015年) の補遺としてエネルギー関連技術の研究開発の状況についてレビュー実施。 |
| 2015.10 | EPA | 戦略的研究行動計画2016-2019 (Strategic Research Action Plans 2016-2019) | | 個別分野の研究の基本方針が示された6つの研究計画の統合を図ったもの。省庁横断的に実践するための4つのトピックエリア (気候変動、子供の環境健康、窒素等汚染物質、環境正義) も特定し、ロードマップを策定。 |
| 2018.7 | 大統領府 | 2020年度のR&D予算優先事項 | 2020 | 連邦省庁に対して通達された2020年度の基本方針。8つの優先分野 (安全保障、人工知能・量子情報科学・戦略的コンピューティング、コネクティビティと自律性、次世代製造、宇宙開発・商業化、エネルギー、メディカル、農業) と5つの優先取組みを提示。 |
| 2018.9 | EPA研究開発局 (ORD) | 研究開発局戦略計画2018-2022 (ORD Strategic Plan 2018-2022) | 2022 | 2018-2022年度EPA戦略計画に対応する3つの戦略目標を設定 (環境科学技術の推進、経済性のあるリスク評価・リスクマネジメント方法の開発、能力開発)。 |
| 2019.8 | 大統領府 | 2021年度のR&D予算優先事項 | 2021 | 連邦省庁に対して通達された2021年度の基本方針。分野は、1) 米国の安全保障、2) 未来の産業における米国のリーダーシップ、3) 米国のエネルギーと環境のリーダーシップ (エネルギー、海洋、地球システムの予測可能性など)、4) 米国の健康とバイオ経済のイノベーション、5) 米国の宇宙探査と商業化。5つの主要な横断的行動の概要も示されている。 |

| | | | | |
|---------|------|-----------------------|------|--|
| 2020.3 | EPA | 戦略的研究行動計画2019-2022 | 2022 | 2019年-2022年のEPAの大気・エネルギー、持続可能性のための化学物質安全、国土安全保障、水資源、および地域社会の研究プログラムのために策定された戦略的研究行動計画。 |
| 2020.8 | 大統領府 | 2022年度のR&D予算優先事項 | 2022 | 2022年の米国予算の優先事項。分野は、1) 米国の公衆衛生の安全保障とイノベーション、2) 未来の産業と関連技術における米国のリーダーシップ、3) 米国の安全保障、4) 米国のエネルギー・環境リーダーシップ（エネルギー、地球システムの予測可能性と計量サービス、海洋、北極）、5) 米国の宇宙リーダーシップ。また、4つの主要な横断的行動も概説。 |
| 2020.10 | 大統領府 | 重要技術・エマージング技術 国家戦略 | | 米国が重要技術およびエマージング（新興）技術において世界のリーダーを確保するための戦略。柱は、1) 国家安全保障のイノベーション基盤の促進、2) 技術的優位性の保護 |

1. 環境・エネルギー分野および関連科学技術分野の政策立案のガバナンス（組織体制）

科学技術政策の基本的な方向性を決定するのは科学技術政策局（OSTP）を中心とする大統領府であるが、分野ごとの政策立案と研究開発はそれぞれの分野を所管する各省庁とその傘下の公的研究所が担っている。このためエネルギー政策については、大統領令に沿ってエネルギー省（DOE）が中心となり政策の推進を実施している。環境分野の研究開発にはエネルギー省（DOE）、環境保護庁（EPA）を中心に、農務省（USDA）、米国海洋大気庁（NOAA）、米国航空宇宙局（NASA）、地質調査所など多くの省庁が関与している。このため研究開発戦略についても機関毎に作成されている。なおEPAは、健康保護や自然保護の観点での大気・水質・土壌汚染の管理について担当している。その他、全米科学財団（NSF）では環境分野、エネルギー分野のいずれかと関連する幾つかの研究プログラムが実施されている。

2. 環境・エネルギー分野の基本政策

新たに発足したバイデン政権では、2021年1月20日に大統領就任後、すぐに多数の大統領令（議会の承認なしに実施できる大統領の行政命令）に署名を行った。環境・エネルギー分野関連では次の2つが含まれていた。1つはパリ協定への復帰であり、もう1つはカナダと米国メキシコ湾とを經由するパイプライン（キーストーンXL）に対しての前政権が行った建設許可の取り消しである。

現政権のバイデン陣営は、インフラ、自動車産業、交通機関、電力セクター、ビル、住宅、イノベーション、農業と保全、環境正義に投資してクリーンエネルギーを推進するクリーンエネルギー/持続可能インフラ計画を発表していた。今後クリーンエネルギーのインフラに4年間で2兆ドルの投資を行うとし、環境とエネルギー関連政策における前政権からの方針転換を示していた。この計画の主要な目標は、2050年までに米国をネットゼロエミッション、100%クリーンエネルギーの国にすることであった。パリ協定への再参加、2035年までの電力部門のゼロエミッション化なども含まれる。その他にも、大統領令により取り組む事項として、①新規および既存の石油・ガス操業のメタン汚染規制の要求、②連邦政府の調達システムを利用した100%クリーンエネルギーとゼロ・エミッション車の推進、③米国すべての政府施設・建物の効率化および気候変動への

適応、④既存の大気浄化法による交通機関からのGHG排出削減および小型・中型車のより厳格な燃費基準の開発、⑤将来の液体燃料（バイオ燃料など）への投資拡大、⑥より積極的な家電製品や建築物の効率基準の設定、⑦連邦政府のインフラ投資での気候汚染物質削減の優先、⑧公的企業に対して業務やサプライチェーンにおける気候リスクとGHG排出量の開示の義務化、などにも言及していた。またクリーンエネルギー技術に関する研究開発投資のプロジェクト局として「ARPA-C」の新設なども提案していた。今後はこうした提案がどこまで実現されるかという視点も含めて新政権の動向を注視する必要がある。

なお前トランプ政権（2017～2021年）のエネルギー分野の基本政策は、2017年に公表された「米国第一エネルギー計画」であった。国家安全保障を重視し、エネルギーコストを下げ、国内資源を最大限活用することで、輸入原油への依存を軽減すべく、非在来型の化石資源の開発を促進することや、気候変動行動計画や水に関する規則等の廃止等に言及した。主な方針は以下の通りであった。

- ・気候変動行動計画や水に関する規則等、これまでエネルギー開発の障害となってきた政策を廃止
- ・特に国有地でのシェールオイルやシェールガスの開発を促進
- ・クリーン・コール技術の活用と国内石炭産業の復活を図る
- ・OPEC諸国や米国と利害が対立する諸国からのエネルギー依存脱却
- ・EPAの任務を大気や水の保全といった本来の役割に戻す

また上記方針に沿って、オバマ政権下で策定された気候変動対策等に関する規制や施策の撤回、見直しも実施した。主なものは以下の通りである。

- ・パリ協定からの離脱（2017年6月表明、2020年11月正式離脱）
- ・エネルギー自立と経済成長促進のための大統領令（2017年3月）：EPAが既存石炭火力発電所を規制したクリーン・パワー・プラン（CPP）の見直し。2018年8月にCPPを撤回し、新たな計画Affordable Clean Energyを提案
- ・自動車及び軽量トラックの自動車燃費基準であるCAFÉ基準（企業平均基準）の見直し：新たな規定案（SAFE）を公表。2021～2026年型の平均燃費の2021年水準での凍結や、カリフォルニア州が持つ独自基準設定権限の廃止が含まれる
- ・2019年9月にEPAの「2018-2022年度米国EPA戦略計画」が変更されたが、その変更は、国の政策および/または戦略の実際の変更とは対照的に、使用されている言葉の明確化と簡素化に関するものである。

政府の2021年度の研究開発関連予算の中から環境・エネルギー分野に関連する状況を図表1.2.4（2）-1にまとめる（2021年2月時点）。DOEにおいてはほぼ全ての部門の予算について減額が提案されていたが、科学局内の「先進科学コンピューティング研究」や化石エネルギー局内の「その他の先進石炭研究開発」、あるいは国家核安全保障局予算については増額を要求していた。前政権は、エネルギー高等研究計画局（ARPA-E）の廃止を始め、DOE、NOAAなどの環境・エネルギー関係省庁の研究開発関連予算の大幅削減を毎年度提案していた。しかし予算編成権を持つ連邦議会の審議を経て、最終的には前年度並みあるいは増額との結果であったが、2021年度予算においても同様の状況となっている。

図表 1.2.4 (2) -1 2021年度予算の審議状況 (2021年2月時点)

環境エネルギー分野に関連する機関・部門等の予算 [単位: 百万ドル] *1

| 機関・部門等 | FY2021 大統領 予算案 | 前年度比 (%) | FY2020下院 歳出委員会 承認予算案 | 前年度比 (%) | FY2020上院 歳出委員会 承認予算案 | 前年度比 (%) | 最終 予算案*2 | 前年度比 (%) |
|----------------------|----------------------|-------------|----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| 科学局 | 5,838 | -16.6 | 7,055 | 0.8 | 7,026 | 0.4 | 7,026 | 0.4 |
| その他の主要なエネルギー関連プログラム | | | | | | | | |
| エネルギー省 (DOE) | | | | | | | | |
| エネルギー効率化・再生可能エネルギー | 720 | -74.1 | 2,852 | 2.7 | 2,848 | 2.5 | 2,862 | 3.0 |
| 電気 | 195 | 2.7 | 195 | 2.6 | 223 | 17.4 | 212 | 11.4 |
| 原子力エネルギー | 1,180 | -21.0 | 1,436 | -3.9 | 1,505 | 0.8 | 1,508 | 1.0 |
| 化石エネルギー研究開発 | 731 | -2.6 | 735 | -2.0 | 750 | 0.0 | 750 | 0.0 |
| エネルギー高等研究計画 (ARPA-E) | -311 | -173.1 | 432 | 2.4 | 430 | 1.2 | 427 | 0.5 |
| 国立科学財団 (NSF) | | | | | | | | |
| 工学 (ENG) *2 | 910 | -8.2 | - | - | - | - | - | - |
| 地球科学 (GEO) *2 | 837 | -13.7 | - | - | - | - | - | - |
| 環境保護庁 (EPA) | | | | | | | | |
| 科学 & 技術 | 485 | -32.3 | 747 | 4.3 | 718 | 0.2 | 729 | 1.8 |
| 海洋大気庁 (NOAA) | | | | | | | | |
| 海洋・五大湖・沿岸*3 | 113 | -50.7 | 231 | 1.0 | 230 | 0.4 | 231 | 1.3 |
| 気候*3 | 84 | -50.5 | 190 | 12.1 | 170 | 0.0 | 182 | 7.4 |
| 気象・大気化学*3 | 115 | -14.1 | 146 | 9.2 | 136 | 1.5 | 139 | 4.3 |
| 気象衛星 | 1,504 | -0.6 | 1,510 | -0.2 | 1,521 | 0.5 | 1518 | 0.4 |

*1: 2021年度予算総額は、「AAAS FY2021 研究開発費ダッシュボード」より引用。

*2: 以下のNSFサイトより引用 <https://www.nsf.gov/about/budget/fy2021/pdf/fy2021budget.pdf> なお2021年研究開発予算の総額は\$6,910Mで前年比2.6%増

*3: NOAAにおける海洋・大気研究に分類されている

4年毎のエネルギーレビュー (Quadrennial Energy Review) 更新版

「4年ごとのエネルギーレビュー」は、2013年6月に発表された気候行動計画の目標を達成するため米国内のエネルギー政策の統合的なレビューと提言をするものである。オバマ政権によって2015年に最初に発表され、2017年には更新が行われているが、それ以降の更新プログラムは公表されていない (理由についても公言されていない)。4年ごとのエネルギーレビューの第2報で強調された3つの目標は、(1) 経済的価値と消費者の公平性の最大化、(2) クリーンな電力の未来の構築、(3) 電力システムの信頼性、安全性、回復力の確保であった。また米国電力市場における「モノのインターネット」、「電力システムの脱炭素化」、「インフラの老朽化」などがハイライトされていた。

3. 環境・エネルギー分野のSTI政策

2020年8月に公表された2022年度の研究開発優先事項は、5つの分野と4つの横断的行動として示された。このうち優先分野として示された分野は図表 1.2.4 (2) -2のとおりである。

エネルギー分野の研究開発は基礎研究を含めてDOE主導で進められている。DOEはエネルギー・環境・核安全保障の課題に取り組むことにより米国の繁栄と国家安全保障を確保することを主要ミッションとしている。

2020年10月に発表された「重要技術・エマージング技術に関する国家戦略」では、エマージング技術におけるリーダーシップ確保のために米国が取るべき重要な柱を概説している。その柱の中には、国家安全保障のイノベーション基盤の促進と技術的優位性の保護が含まれている。提案例としては、米国政府予算内での研究開発の優先度を高めること、イノベーションを阻害する可能性のある規制、政策、官僚的プロセスを

図表 1.2.4 (2) -2 2022 年度のR&D 予算優先事項で示された優先分野とその概要

| 優先分野 | 概要 |
|------------------|--|
| 公衆衛生の確保とイノベーション | 診断、ワクチン、治療法の研究開発; 感染症のモデリング、予測; 生物医学とバイオテクノロジー; バイオ経済 |
| 未来の産業関連技術 | 人工知能、量子情報科学、先端通信ネットワーク、先端製造業; 未来産業関連技術として-未来コンピューティングエコシステムと自律走行車・遠隔操縦車 |
| セキュリティ | レジリエンス (感染症やその他の生物学的脅威、極端な地上・宇宙の気象現象、地球物理学的な危険、サイバーや電磁パルス攻撃、サプライチェーンの脆弱性の利用など)、先進的軍事能力、半導体 |
| エネルギーと環境のリーダーシップ | エネルギー (原子力、再生可能エネルギー、化石エネルギー)、地球システムの予測可能性と気象サービス、海洋 (資源の効率的な地図作成、探査、特性評価のための技術)、北極圏 |
| 宇宙 | 微小重力、極低温燃料の貯蔵と管理、宇宙空間での製造と組立、宇宙関連の高度なパワーと推進、軌道上のデブリ管理 |

削減することなどが挙げられている。重要技術、エマージング技術例としては、人工知能、エネルギー、量子情報科学、通信・ネットワーク技術、半導体、軍事、宇宙技術などが挙げられている。

環境分野に関してはEPA 戦略的行動計画 (2019-2022) が示されている。こちらでは、それまでの6つの研究プログラムによる構成を、5つの分野 (「大気・エネルギー」、「持続可能性のための化学物質安全性」、「国土安全保障」、「安全で持続可能な水資源」、「持続可能で健康的」) に再編成した (後述)。大気・エネルギー研究プログラムでは、大気汚染、気候変動、エネルギー分野の相互作用を調査し、大気の質を改善し、気候変動に取り組むための新たなソリューションを開発するとしている。

4年毎の技術レビュー (Quadrennial Technology Review)

科学、技術、エネルギーに関するその他の注目すべき政策として、Quadrennial Technology Reviewがある。ただしこちらも、2011年に発行、2015年に更新が行われているが、それ以降は更新されていない。Quadrennial Technology Reviewの全体的な目標は、米国のエネルギーニーズに対応するための最も有望な科学技術の研究開発に焦点を当てることであった。例えば、2011年のレビューでは、自動車効率 (内燃機関の改良、軽量化など)、自動車の電動化 (バッテリー技術、燃料電池、電気モーターとパワーエレクトロニクス、将来インフラを通じた対策)、代替炭化水素燃料 (バイオ燃料と代替化石燃料)、建物と産業におけるエネルギー効率 (建物効率と産業効率を介して)、グリッドの近代化 (変化するグリッドを介して、グリッドの観察、理解、運用方法の改善、エネルギーと電力の流れの制御の改善、エネルギー貯蔵の改善)、クリーンな電気 (発電設備に影響を与える要因の理解を介して) が関心の高い主要なトピックであった。

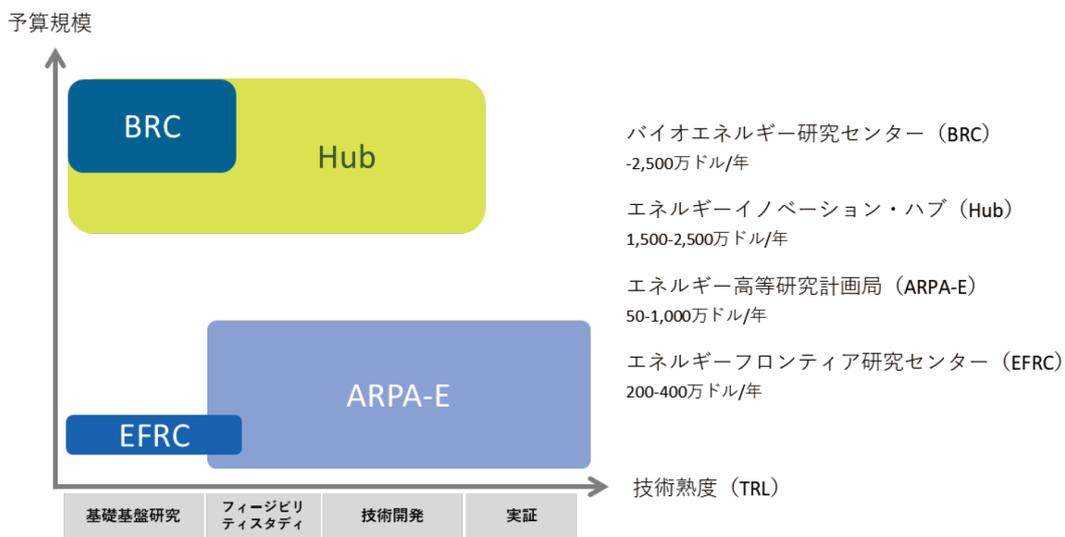
2015年版の文書はさらに詳細化されており、地下技術とエンジニアリング、代替炭化水素燃料、バイオ燃料とバイオプロダクト、水素、再生可能エネルギーをベースとした直接燃料、燃料生産における科学の可能性、燃料生産におけるエネルギー・水の研究開発などのトピックに焦点を当て、よりクリーンな燃料のためのシステムと技術を前進させる機会を提供している。2015年版では、上述した技術のうち、どのような技術に焦点を当てるべきかについて、より詳細に述べられている (水素については、改質、電気分解、太陽熱化学、光電気化学、生化学的水素、熱化学的水素、高温熱化学的水素製造を通じた水素製造の研究開発が必要であることが強調

されている)。また、電力網の近代化、クリーン電力技術の進展、建築物のシステムと技術の効率化、産業と製造の効率化、クリーン輸送車のシステムと技術の進展についても同様の技術的ブレークダウンがなされている。

4. 代表的な研究開発プログラム/プロジェクト

主要な研究プログラム

2000年代になり米国経済の競争力を強化する必要性とその達成のために科学 技術に投資することの重要性が、産業界、学界、議会など様々な場で強く認識されるようになった。このため DOE ではエネルギー分野におけるイノベーション推進のため「エネルギーフロンティア研究センター (EFRC)」、「エネルギー高等研究計画局 (ARPA-E)」、「エネルギーイノベーション・ハブ」、「バイオエネルギー研究センター (BRC)」等の研究プログラムを新たに立ち上げ、現在まで推進している (図表 1.2.4 (2) -3)。以下ではこれらの研究プログラムの概要を示す。



図表 1.2.4 (2) -3 DOEにおける3つの研究イニシアチブの位置付け⁴⁹

(1) エネルギーフロンティア研究センター (EFRC)

EFRCはエネルギー分野の基礎科学を推進するために2009年に設立された。公募により複数の大学や国立研究所等からなる研究グループをセンターとして選定し、支援する。2009年の設立当初は46のセンターで開始した。2020年には15件が終了し、新たに公募で環境管理、マイクロエレクトロニクス、ポリマーアップサイクリング、量子情報科学の4分野で10件が採択されている。内訳として、2件は既存EFRCの2年延長、8件は4年間の採択である。また8件中2件は既存EFRCの更新、6件は新規採択である。これらを含め2020年現在、41のセンターが活動している。2020年度の予算は4,000万ドルである。

⁴⁹ 国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター (CRDS)「研究開発の俯瞰報告書 主要国の研究開発戦略 (2015年)」他を参考にJST-CRDSにて図作成

(2) エネルギー高等研究計画局 (ARPA-E)

国防高等研究局 (DARPA) を手本にして2009年に設立された。ハイリスク・ハイペイオフ型のエネルギー研究を支援し、変革的な技術の研究開発を狙いとしている。応用研究を中心とし、基本的に基礎研究は含まない。研究開発における「死の谷」を克服するために、目標設定を明確にした上でリスクのある革新的なプロジェクトを複数選択し、助成することで、個別プロジェクトの失敗は許容しつつ、プログラム全体として成

図表 1.2.4 (2) -4 ARPA-Eプログラム(※2021年2月時点)

| プログラム名 | プログラム名 (日本語) | 件数 | カテゴリ | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|------------------|--------------------------------------|----|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ROOT | 炭素固定(排出低減),生産性向上のための根と土壌の機能の計測技術,モデル | 10 | バイオ | | | | | | | | |
| MARINER | 海藻 (大型藻) | 20 | バイオ | | | | | | | | |
| ECOsynBio | 新しいバイオマス変換プラットフォーム・システム | ※ | バイオ | | | | | | | | |
| MONITOR | メタン排出検出用 | 8 | 化石 | | | | | | | | |
| INTEGRATE | 天然ガス分散型発電システム | 8 | 発電 | | | | | | | | |
| REPAIR | 天然ガスパイプライン改造技術開発 | 10 | 化石 | | | | | | | | |
| FLECCS | 負荷追従発電用等のフレキシブルなCCS | 12 | 発電 | | | | | | | | |
| NODES | 分散型を含むグリッドの最適制御技術 | 12 | 伝送 | | | | | | | | |
| GRID DATA | 送配電アルゴリズムの開発 | 7 | 伝送 | | | | | | | | |
| GO Cometition | グリッド最適潮流のアルゴリズム | ※ | 伝送 | | | | | | | | |
| PERFORM | グリッドの革新的管理システム | 10 | 伝送 | | | | | | | | |
| RANGE | 輸送機械の蓄電システム | 22 | 貯蔵 | | | | | | | | |
| REBELS | 電気化学システムに基づく電力 | 13 | 変換・貯蔵 | | | | | | | | |
| IONICS | 次世代蓄電池、燃料電池、他電気化学デバイス | 16 | 変換・貯蔵 | | | | | | | | |
| REFUEL | カーボンニュートラルな液体燃料 | 16 | 変換・貯蔵 | | | | | | | | |
| DAYS | 長時間 (10~100h) 蓄電システム | 10 | 貯蔵 | | | | | | | | |
| ATLANTIS | 浮体式洋上風力 | 12 | 風力 | | | | | | | | |
| SHARKS | 潮流・河川用流体動力学的タービン設計開発 | 11 | 水力 | | | | | | | | |
| BEETIT ※ | 建物のエネルギー効率を高める熱機器 (2010年開始) | 17 | 効率 | | | | | | | | |
| DELTA | 局所熱制御システム | 11 | 効率 | | | | | | | | |
| GENSETS | 家庭用CHP開発 | 12 | 効率 | | | | | | | | |
| SHIELD | 窓ガラス | 14 | 効率 | | | | | | | | |
| NEXTCAR | コネクテッド&自動車両 | 10 | 効率 | | | | | | | | |
| ENLITENED | データセンターのエネルギー効率 (2倍に向上) | 9 | 効率 | | | | | | | | |
| CIRCUITS | ワイドギャップ半導体による電力変換装置 | 22 | 効率 | | | | | | | | |
| SENSOR | ビル空調効率化 | 17 | 効率 | | | | | | | | |
| PNDIODES | 広域半導体製造 | 8 | 効率 | | | | | | | | |
| BREAKERS | 中電圧・直流回路ブレーカー | 7 | 効率 | | | | | | | | |
| HITEMMP | 高強度熱交換器 | 15 | 効率 | | | | | | | | |
| SMARTFARM | バイオ燃料のライフサイクルGHG排出定量化のシステム | 6 | 効率 | | | | | | | | |
| MEITNER | 先進核反応炉 | 9 | 核エネルギー | | | | | | | | |
| GEMINA | 原子炉システムの運用・保守コスト削減 (デジタルツイン) | 9 | 核エネルギー | | | | | | | | |
| BETHE | 低コスト核融合 | 15 | 核エネルギー | | | | | | | | |
| GAMOW | 核融合商用化のための材料・サブシステム技術 | 14 | 核エネルギー | | | | | | | | |
| ULITMATE | ガスタービン用超高温材料開発 | 17 | 材料 | | | | | | | | |
| ASCEND | 航空機用電動式パワートレイン | 9 | 交通 | | | | | | | | |
| REEACH | 航空機用レンジエクステンダー (燃料から電気への変換技術) | 8 | 交通 | | | | | | | | |
| OPEN 2015 | 包括型提案公募 | 41 | 全領域 | | | | | | | | |
| IDEAS ※ | エネルギー関連適用技術における革新的開発アイデア | 59 | 全領域 | | | | | | | | |
| OPEN 2018 | 包括型提案公募 | 79 | 全領域 | | | | | | | | |
| DIFFERNIATE | エネルギー技術・設計へのAI・機械学習組み込み加速 | 23 | その他 | | | | | | | | |
| Special Projects | 型破りなアイデアによるイノベーション | 51 | その他 | | | | | | | | |

補注：ARPA-Eのホームページで「活動中 (Active)」のみを記載。各プログラムは原則3年間であるが、記載のあるものは一部の個別プロジェクトが延長されていることによる。表中「※」について、ECOsynBio、GO Competitionは確認時点で件数未公表。BEETITは2010年開始のプログラムのため色付けされていないが、2014~2021年の予定でアクティブなプロジェクトが1件のみあり。IDEASは通常の3年間プログラムとは異なり、最大1年間50万ドルのプログラム。

功を狙う仕組みとなっている。

前政権では政府による研究開発支援は基本的に基礎研究に対して行い、応用研究以降は民間に委ねるとの基本方針が示された。そのため大統領府は2018年以降、応用研究を対象とするARPA-Eの廃止を提案してきた。しかし結果的には、前述のとおり、予算編成権を持つ連邦議会の審議において上院と下院からの強力な支持を受け、予算を確保し続けてきた。

現行のARPA-Eのプログラム一覧を図表1.2.4(2)-4に示す (<https://arpa-e.energy.gov/technologies/programs>、2021年2月アクセス時点で活動中のもの)。

(3) エネルギーイノベーション・ハブ

基礎研究や応用研究に加え、商業化に必要な工学開発までカバーした一連の活動を「アンダー・ワン・ルーフ」で行うための仕組みである。これまで支援されてきているのは以下の5テーマである。

- ①軽水炉先端シミュレーションコンソーシアム (CASL)：オークリッジ国立研究所がリーダー。2010年開始。2015年に更新され、5年間に1億2,150万ドルの助成。
- ②人工光合成共同センター (JCAP)：ローレンス・バークレー国立研究所とカリフォルニア工科大学がリーダー。2010年開始し、2015年に2期目として更新。さらに2020年7月には主体であるカリフォルニア工科大とローレンス国立研究所に対して更新され、5年間で1億ドルの助成。
- ③エネルギー貯蔵研究共同センター (JCESR)：アルゴンヌ国立研究所がリーダー。2012年開始。2018年に更新され、5年間で1億2,000万ドルの助成。
- ④戦略材料研究所 (CMI)：エイムズ研究所がリーダー。2013年開始。
- ⑤エネルギー-水淡水化ハブ:研究アライアンスである National Alliance for Water Innovation (NAWI、ローレンス・バークレー国立研究所に本部)。安全で手頃な価格の水を提供するためにエネルギー効率が高くコスト競争力のある淡水化技術の初期段階の研究開発に焦点を当てる。研究対象は材料、新規プロセス、モデリング・シミュレーションツール、データ統合・解析。2019年開始。5年間最大1億ドルの助成及び官民捨て行くホルダーより3400万ドルのコストシェア拠出。

(4) バイオエネルギー研究センター

バイオ燃料ブームのあった2007年に設立され、3つの研究センターを対象にして10年間(2007～2017年)行われた。植物および微生物を研究対象とし、セルロースを原料にバイオエタノールや他のバイオ燃料を低コストで製造するための技術に関する基礎基盤研究の推進を目的としている。2018年からは新たに5年間の第二期が始まっており、研究センターも再編された⁵⁰。第二期はターゲットを拡大し、バイオ燃料に加えてバイオベースの化学物質やその他製品も視野に含めるとしている。第一期、第二期の研究センターは表1.2.4(2)-5の通りである。

50 Department of Energy (DOE), "Department of Energy Provides \$40 Million for 4 DOE Bioenergy Research Centers", DOE, <https://www.energy.gov/articles/department-energy-provides-40-million-4-doe-bioenergy-research-centers> (2021年2月16日アクセス)。

図表 1.2.4 (2) -5 バイオエネルギー研究センター

| 第一期 (2007~2017年) | 第二期 (2018年~) |
|--|---|
| BioEnergy Science Center (BESC) : オークリッジ国立研究所がリーダー | Center for Bioenergy Innovation (CBI) : オークリッジ国立研究所がリーダー |
| Great Lakes Bioenergy Research Center (GLBRC) : ウィスコンシン大学とミシガン州立大学がリーダー | Great Lakes Bioenergy Research Center (GLBRC) : ウィスコンシン大学とミシガン州立大学がリーダー |
| Joint BioEnergy Institute (JBEI) : ローレンス・バークレー国立研究所がリーダー | Joint BioEnergy Institute (JBEI) : ローレンス・バークレー国立研究所がリーダー |
| - | Center for Advanced Bioenergy and Bioproducts Innovation (CABBI) : イリノイ大学アーバナ・シャンペーンがリーダー |

その他のエネルギー分野の研究開発プログラム

DOEは科学局、ARPA-E以外にもプログラム部局としてエネルギー効率・再生可能エネルギー局 (EERE)、化石エネルギー局 (FER&D)、電気伝送・エネルギー信頼性局 (OE)、原子力エネルギー局 (NE) 等があり、それぞれファンディングを行っている。主なものとしては、持続可能な輸送技術 (車両技術: Co-Optima、SuperTruckII等、バイオエネルギー技術、水素・燃料電池技術)、再生可能発電技術 (太陽光: Sunshot イニシアチブ、風力、水力: HydroNEXT イニシアチブ、地熱発電: FOGGE)、家庭・ビル・産業での効率向上 (先進製造: NNMI 関連、ビルディング技術)、CCS 技術 (FEED等)、電力グリッド近代化、燃料サイクル等があり、幅広い分野にまたがる。こうした中には国立研究所主導のエネルギープログラム/コンソーシアムへの資金提供も含まれる。2020年6月にはH2@Scale Initiativeの一環として2つのコンソーシアムに5年間で1億ドルの投資を発表した。1つは大規模で安価な電解槽の開発、もう1つは大型トラック用燃料電池の開発加速の研究開発である。

またDOEは、2020年11月に「水素プログラム計画」を発表した。この計画は、水素の研究・開発・実証 (RD&D) 活動のための戦略的枠組みの一部であり、EERE、FER&D、NE、OEなど各部門が参加している。対象としている項目を以下に示す。

- ・水素製造: 化石資源、バイオマス・廃棄物資源、水分解
- ・水素輸送: 水素チューブトレーラー、パイプライン、液体水素、水素キャリア、水素ディスペンサー・給油
- ・水素貯蔵: 物理ベースおよび材料ベースのストレージ
- ・変換: 燃焼、燃料電池
- ・アプリケーション: 交通機関、化学・工業プロセス、定置・発電用途、統合ハイブリッドエネルギーシステム

DOE、商務省 (DOC)、国防総省 (DOD) 等の複数の省や機関に横断するファンディングプログラムもある。例としてはNational Network for Manufacturing Innovation (NNMI) が挙げられる。「次世代製造」

は安全保障や宇宙開発、エネルギー等と並んで2020年度のR&D予算優先事項の一つと位置づけられていた。雇用拡大の観点から、ものづくりへの回帰（製造業の復興）が打ち出されていた。Manufacturing USAと呼ばれる産学官の連携プラットフォームも作られ、積極的な取組みが見られる。

DOE以外ではNational Science Funding (NSF)におけるERC (Engineering Research Center)などの工学に関するファンディングもある。なおNSFについては改革法案としてエンドレスフロンティア法が連邦議会で審議中である(2020年末時点)。提案ではNSFをNational Science and Technology Foundation (NSTF)に改名し、5年間で1,000億ドルの追加と技術局を新設し、10の主要分野(AI、HPC、量子コンピュータ、ロボット工学など)に焦点を当てた一連の研究センターを作成するとしている。

EPAの研究開発プログラム

EPA 戦略的行動計画(2019-2022)では、それまでの6つの研究プログラムが5つの分野に再編成された。以前と比較しての変更点は、「人間の健康リスク評価」が無くなり、「大気、気候、エネルギー」が名称変更されて「大気およびエネルギー」となったことである。各プログラムが2019年から2022年に向けて取り組んでいる課題/トピックは以下の通り。

- ・大気とエネルギー：大気質の判断を科学する、エクストリームイベントとエマージングリスク、公衆衛生・環境改善のための次世代手法
- ・持続可能性のための化学物質の安全性：化学物質評価(ハイスループット毒性学、迅速暴露モデル化と線量評価、新しい材料と技術)、複雑系科学(有害事象の経路、仮想組織モデル、生態毒性評価とモデル化)、ソリューション主導の翻訳と知識提供(化学物質安全分析、インフォマティクス、総合・統合)
- ・国土安全保障：汚染物質の特性評価と影響評価、環境浄化・インフラ整備、準備と対応のためのシステムアプローチ
- ・安全で持続可能な水資源：水域、栄養素と有害な藻類の発生、水処理・インフラ
- ・持続可能で健康的なコミュニティ：汚染されたサイト、廃棄物と持続可能な材料管理、健康で回復力のあるコミュニティ

米国地球変動研究プログラム(USGCRP)

13省庁による横断的なイニシアチブ「米国地球変動研究プログラム(USGCRP)」は1989年に開始し、10年間毎に研究計画を策定・更新することとなっている。最初の2期(20年間)は主に観測や気候システムのモデリングに焦点をあてた研究を行ってきた。3期目の現在は「戦略計画2012-2021」に沿って、さらに統合化された地球システムの研究推進に加え、気候変動に関する適応策などへの対応準備を支援する情報やツールに関するプログラムを実施している。その次の計画については2020年12月段階では更新されていない。4つの目標は以下の通りである。

- 【目標1】地球システムにおける自然と人間との要素の統合の科学的知識を推進すること
- 【目標2】知らせるべき科学的知識を用意し、適用策や緩和策におけるタイムリーな決定を可能にすること
- 【目標3】気候変動影響や脆弱性について理解、予知、対応するための国民の能力について持続的に評価する力を構築すること
- 【目標4】気候変動の幅広い公衆への理解に向けたコミュニケーションと教育を進めること

同プログラムの予算は、過去5年間で24.7億ドル(2015年度)、26億ドル(2016年度)、27.9億ドル(2017年度)、24.8億ドル(2018年度)、24.4億ドル(2019年度)と安定的に推移している。

州のプログラム

連邦政府とは別に、各州は気候変動に取り組むためのプログラムを個別に構築している。特に注目すべきはカリフォルニア州である。2020年11月現在、カリフォルニア州では以下のような気候変動対策プログラムを実施している。

- ・ Cap&Trade：発電所や製油所などが、カリフォルニア州大気資源局（California Air Resources Board）の排出義務を満たすためのGHG排出枠を売買するプログラム
- ・ 気候変動スコーピングプラン：2030年までにGHG排出量を1990年比40%削減目標
- ・ 再生可能エネルギーのポートフォリオ基準：2020年までに電力の33%、2030年までに60%を再生可能エネルギーで発電することを電力事業者に義務付
- ・ 低炭素燃料基準：輸送用燃料メーカーに製品のGHG排出原単位の削減を義務付けるプログラム
- ・ グリーンビルディング基準：2030年のGHG排出量40%削減目標達成のための建築物への新しいエネルギー効率基準
- ・ GHG削減基金：Cap&Tradeプログラムの資金によるGHG排出量削減のプロジェクト投資
- ・ 先進クリーンカー・プログラム：GHGを排出する輸送車両削減、ゼロエミッション車への移行を目指すプログラム
- ・ ゼロエミッション車行政命令（Zero-Emission Vehicle Executive Order）：2035年までにすべての乗用車の販売をゼロ・エミッションにすることを義務付けるカリフォルニア州の行政命令

(3) EU（欧州連合）

■気候変動とエネルギー関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|---------|-------|---------------------|------|---|
| 2011.12 | 欧州委員会 | エネルギー・ロードマップ2050 | 2050 | 安定供給と産業競争力を維持しながらGHG排出2050年80-95%削減（1990年比）をいかに実現させるかについてシナリオベースで分析し道筋を示したもの。 |
| 2014.1 | 欧州委員会 | 2030気候およびエネルギー政策枠組み | 2030 | 2020パッケージを更新して目標値を40：27：27とした「2030パッケージ」を提示。また加盟国間のエネルギーの相互接続の割合を15%にするとの目標も含む。 |
| 2014.5 | 欧州委員会 | EUエネルギー安全保障戦略 | 2030 | ロシアの天然ガスに依存している状況等を踏まえて今後の中長期的な行動計画を策定。2030パッケージの促進（エネルギー効率向上）、EU内でのエネルギー増産、エネルギーインフラの連携等の重点5分野を提示。 |
| 2015.2 | 欧州理事会 | エネルギー同盟 | | EUエネルギー安全保障戦略と2030枠組みを補完する戦略。EU内でのエネルギー源の多様化、域内エネルギー市場の統合、再エネ開発やエネ消費効率向上等を柱とする。 |

| | | | | |
|---------|-------|----------------------------|------|--|
| 2016.2 | 欧州委員会 | エネルギー安全保障パッケージ | | エネルギー同盟の推進のための方策群を提示。ロシアからの天然ガス供給途絶への市場の強靱性を増すための国境を越えたアプローチの導入や、EUのエネルギー供給安全保障のための国家間合意がEU法と整合性を保つようするための事前チェックの導入等。 |
| 2016.11 | 欧州委員会 | 「すべての欧州市民にクリーンエネルギーを」パッケージ | 2030 | エネルギー移行を促進するため2030年までの目標をGHG排出45%削減、再エネ割合32%以上、エネルギー消費32.5%以上削減に引き上げる等の方針を示した一連の政策パッケージ。 |
| 2018.11 | 欧州委員会 | 2050長期戦略 | 2050 | 「すべての欧州市民にクリーンエネルギーを」パッケージの下でのエネルギー政策の新しい方向性を提示。2050年までに1990年比80%以上削減、更に気候中立(実質排出ゼロ)を実現するための7つの戦略分野を設定: エネルギー効率、再エネ、モビリティ、産業と循環型経済、インフラと相互接続、バイオエコノミーと自然の炭素固定、固定排出源でのCCS技術的方策、に向けた道筋を検討。 |
| 2019.12 | 欧州委員会 | 欧州グリーンディール | 2050 | 2050年までに欧州を気候中立にするための長期戦略を支える総合的な政策イニシアティブ。一連の法規制や取引制度、基金、戦略などからなる。法規制では欧州気候法の批准を目指す。2030年気候目標計画では2030年の温室効果ガス排出削減目標を1990年比で40%から少なくとも55%に引き上げることを目指す。2021年から2030年までの第4世代のEU排出量取引制度(EU-ETS)も含む。政策・プロジェクト資金はInvestEUにより管理され、2021~2027年で少なくとも6,500億ユーロの見込み。関連する戦略には後段の産業戦略、循環型経済アクションプラン、生物多様性戦略、水素戦略、エネルギーシステム統合戦略、リノベーションの波、化学品戦略、メタン戦略、Farm to Fork戦略などがある。 |
| 2020.3 | 欧州理事会 | 産業戦略 | 2030 | 学界、中小企業、企業、公的機関、各種サービス提供者、サプライヤーとの連携を促進することでEUの競争力を高めることを目的とした戦略。 |
| 2020.3 | 欧州理事会 | 循環型経済アクションプラン | 2030 | 2015年の第1次サーキュラーエコノミー行動計画に代わる新計画。 |
| 2020.5 | 欧州理事会 | 2030年に向けた生物多様性戦略 | 2030 | 2011年の戦略に代わる2030年までの新計画。2021年までに欧州の陸海の少なくとも30%に保護区を設定、法的拘束力のある自然回復目標を設定、農地での有機農業と生物多様性に富んだ景観の増加、農薬使用と有害性の50%削減、EUの河川の回復、30億本の植林などを目標として設定。 |
| 2020.7 | 欧州理事会 | 水素戦略 | 2030 | 欧州におけるクリーンな水素生産を促進し、産業、輸送、電力、建築分野での利用を促進することを目的とした戦略。 |

| | | | | |
|---------|-------|-----------------|------|---|
| 2020.7 | 欧州理事会 | エネルギーシステム統合戦略 | 2050 | エネルギー源とインフラをつなぐ、より効率的で統合されたシステムを生み出す欧州のエネルギーシステムの改革を進める戦略。 |
| 2020.10 | 欧州委員会 | リノベーションの波 | 2050 | 今後10年間で年間改修率を倍増させ居住者の生活の質向上、GHG排出量削減、建設部門のグリーン雇用創出を実現することが目標。 |
| 2020.10 | 欧州委員会 | 化学品戦略 | 2030 | 不可欠でない限り、消費者製品を含む全ての用途でパーフルオロアルキル化合物およびポリフルオロアルキル化合物(PFAS)の段階的な禁止など。 |
| 2020.10 | 欧州理事会 | メタン戦略 | 2050 | メタン排出量を最小化して大気質を改善すること、EUの世界的なリーダーシップを強化することなどが目標。 |
| 2020.10 | 欧州委員会 | Farm to Fork 戦略 | 2030 | 食品ロス・廃棄物の削減、動物福祉の向上、より良い消費パターンや農法の促進、農業の使用を最小限に抑えることで食品システムを持続可能なモデルへとシフトさせることなどを目的とした戦略。 |

■その他の環境とエネルギー関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|---------|-------|---------------|------|---|
| 2011.5 | 欧州委員会 | 生物多様性戦略 | 2020 | 2020年までに生物多様性の損失を半減させることを目指し6つの目標を設定。 |
| 2013.4 | 欧州委員会 | 気候変動適応戦略 | | 適応策に関する行動の促進を目的とした戦略。(1) EUメンバー各国の行動を促進、(2) より良い意思決定を支援するための情報集積、(3) リスクの高いセクターにおける対策支援の3つを柱とする。 |
| 2015.12 | 欧州委員会 | 循環型経済行動計画 | | 循環型経済への移行を促すための行動計画。気候変動及び環境問題への対処と同時に雇用創出や経済成長等の促進も狙いとす。食品廃棄物を2030年までに半減、肥料関連指令の改正、プラスチックに関する戦略の策定等を提示。 |
| 2018.1 | 欧州委員会 | 欧州プラスチック戦略 | 2030 | 循環型経済行動計画で策定するとされていた戦略。EU域内における全てのプラスチック包装材のリユース又はリサイクル、使い捨てプラスチックの削減、化粧品等に使われるマイクロプラスチックの使用制限等を目指す。 |
| 2018.11 | 欧州理事会 | 改正エネルギー効率指令 | 2030 | エネルギー消費効率を2030年までに少なくとも32.5%まで低減するとの目標設定。2021年からの10年間について最終エネルギー消費量0.8%減/年の省エネ達成義務提示。 |
| 2018.11 | 欧州理事会 | 改正再生可能エネルギー指令 | 2030 | 2030年目標としてEU規模の再生可能エネルギー割合32%、燃料供給者に対するエネルギーの14%以上を再生エネからの供給とする義務、土地間接利用のリスクが高いバイオ燃料を2030年までに段階的廃止とする方針などを提示。 |

| | | | | |
|---------|-------|--------------------|-----------|---|
| 2019.5 | 欧州理事会 | シングルユースプラスチック指令 | | 代替品が存在する特定の使い捨てプラスチック製品の使用禁止、循環型プラスチック経済への移行促進のための持続可能なビジネスモデル、製品、材料のためのインセンティブ付与など。 |
| 2019.4 | 欧州理事会 | 新型乗用車・小型商用車の排出ガス基準 | 2030 | 乗用車と小型商用車(バン)の排出量規制強化(企業平均規制)。2030年以降の新車のCO ₂ 排出量を2021年比で平均37.5%削減。新車のバンのCO ₂ 排出量の31%削減。2025年(～2029年は自動車とバンの両方で平均15%のCO ₂ 排出量削減。 |
| 2019.6 | 欧州理事会 | 新型トラック・大型車の排出ガス基準 | 2030 | メーカーに対し、新型トラックからのCO ₂ 排出量を2025年から19年比平均15%削減、2030年から平均30%削減とする方針提示。 |
| 2020.4 | 欧州理事会 | 改正工業用排出ガス指令 | - | 産業施設からの汚染物質排出を規制する主要な手段の改正。ゼロ汚染目標への指令の貢献を強化し、気候・エネルギー・循環型経済政策との整合性を図る。影響評価の実施も予定。 |
| 2020.11 | 欧州委員会 | 第8次環境行動計画 | 2021-2030 | EUの2030年と2050年の排出目標の達成、気候変動への耐性の強化、経済成長と資源利用の分離、大気汚染物質の排除、生物多様性の保護と回復、資源使用量の多いセクターに関連した環境や気候への圧力の軽減という6つの優先目標を通じたサーキュラーエコノミーの促進を目指す。 |

■科学技術イノベーション関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|--------|-------|--------------------------------------|-----------|---|
| 2015.9 | 欧州委員会 | 新戦略的エネルギー技術計画 Integrated SET plan | | 研究イノベーションの目標として10の優先事項を設定。技術の低コスト化を図り、エネルギーシステムと輸送部門の脱炭素化を促進することを目的とする。 |
| 2018.5 | ESFRI | ロードマップ2018-研究インフラに関する戦略レポート | | 研究インフラの利用・発展のための多国間イニシアチブの促進を目的としたロードマップ。37のランドマーク及び18のプロジェクト(新規プロジェクト6つを含む)等。 |
| 2019.1 | 欧州理事会 | Euratom2021-2025 | 2021-2025 | Euratom(2014年～。当初は2018年までだったが2020年まで延期された)の第2期方針。27加盟国から総額12億5,100万ユーロの資金提供がなされ、プログラムを通じた予算総額は17億5,700万ユーロとなる見込み。 |
| 2019.4 | 欧州委員会 | Horizon Europe | 2021-2027 | Horizon2020の後継となる研究・イノベーションプログラム。社会変革を含む気候変動への適応、がん、気候変動に左右されないスマートシティ、健康な海、沿岸・内陸水域、土壌の健康と食料の5つの重点分野を特定。 |

1. 環境・エネルギー分野および関連科学技術分野の政策立案のガバナンス（組織体制）

EUの行政機関である欧州委員会の中で省庁と同格の役割を果たすのが総局である。総局のうち研究・イノベーション総局（DGRTD）が科学技術・イノベーションを所管している。他にも内部市場・産業・起業・中小企業総局（GROW）、環境総局（ENV）、エネルギー総局（ENER）、気候変動対策総局（CLIMA）などがあり、それぞれの担当分野における科学技術・イノベーションに関連した政策を立案している。DGRTDは各総局の提案を調整し、政策提案としてまとめている。

EUの資金提供の大部分は、地域開発基金（ERDF）、社会基金（ESF）、結束基金（CF）、農業農村開発基金（EAFRD）、海洋・漁業基金（EMFF）の5つの欧州構造・投資基金（ESIF）を通じて行われている。これらの基金の利用は加盟国が欧州委員会とパートナーシップ契約を結んで管理している。これにより、EUの包括的で長期的な気候目標と加盟国の具体的な目標の両方に対して持続可能性に関連する事項への配慮が保証されている。

2. 環境・エネルギー分野の基本政策

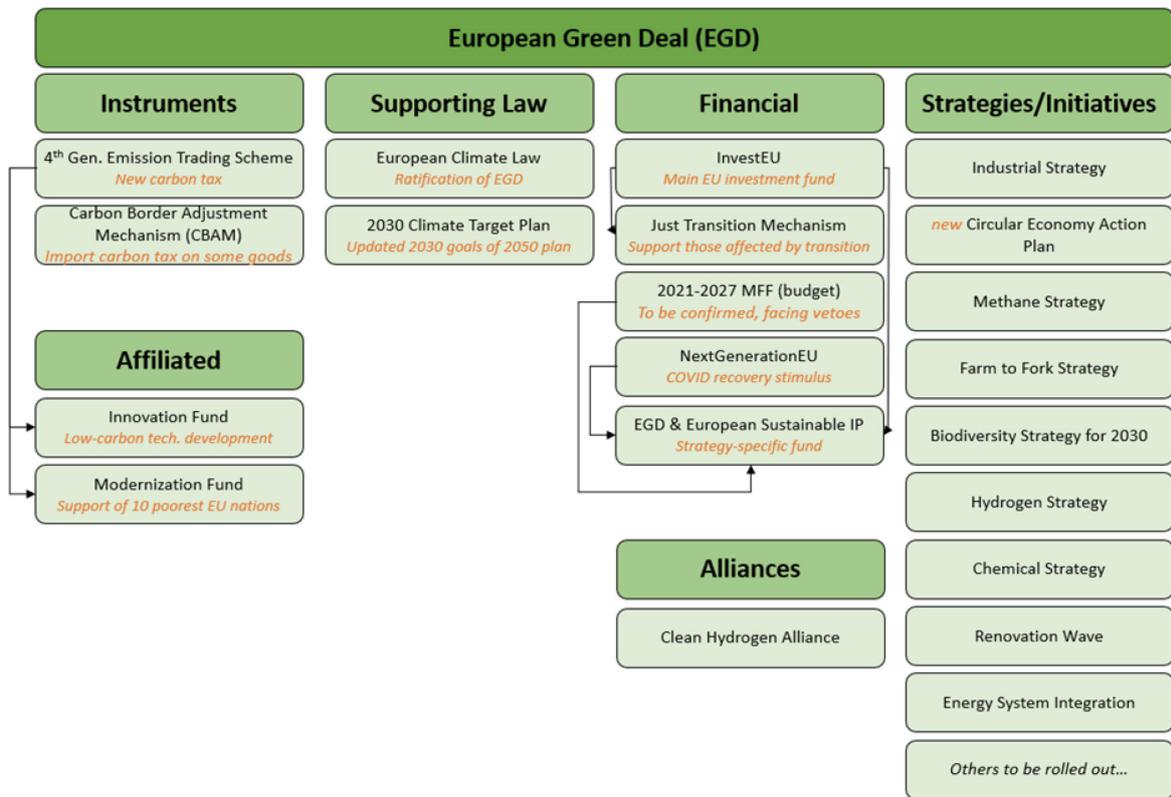
気候変動関連の政策とエネルギー政策は一体的に行われている。温室効果ガスの排出削減、エネルギーミックス全体の中での再生可能エネルギーの割合、エネルギー効率について中長期的な目標を設定しその実現に向けた方策を講じている。「すべての欧州市民にクリーンエネルギーを」パッケージの下に組み込まれた「長期戦略2050」が現在の主要な長期戦略である。この戦略は、エネルギー効率、再生可能エネルギー、モビリティ、産業とリサイクル経済、インフラ、相互接続への道筋の検討、バイオ経済と自然炭素固定化、固定源での炭素回収と貯蔵という7つの戦略分野での進展を通じて、2050年までに欧州レベルでの気候中立を目指すものである。

「2020パッケージ」「2030パッケージ」および「すべての欧州市民にクリーンエネルギーを」パッケージで設定されていた2030年の目標値は、2019年12月の「欧州グリーンディール」（EGD）により更新されている。EGDは2050年気候中立（ネットゼロエミッション）を達成するための総合的な政策イニシアチブであり、多数の法規制や取引制度、基金や戦略の導入により実現されることになる（図表1.2.4（3）-1）。EGDには2050年の気候中立と2030年の中間目標（EUにおける脱炭素化努力の新たな主眼）の両方が含まれており、クリーンエネルギー、持続可能な産業、建築・改修、農業、炭素隔離、汚染除去、持続可能なモビリティ、生物多様性などを包含する。また「欧州気候法」はEGDで示す目標達成のための気候政策をEU加盟国に法的義務を批准することを目的としている。

資金面では、「欧州グリーンディール投資計画」に基づき1兆ユーロ以上を拠出する計画としている。内訳には、EUの次期長期予算（2021年～2027年の多年度財政枠組み：MFF）からの5,030億ユーロ、2,790億ユーロの民間・公共投資、1,000億ユーロ以上の「ジャスト・トランジション・メカニズム」、1,140億ユーロの「国家共同出資構造基金」、250億ユーロ以上の「排出量取引制度基金」が含まれる。またEGDは、EUの次期長期予算と7,500億ユーロに上る復興基金「NextGenerationEU（次世代EU）」の少なくとも30%を気候変動に関連する支出に充てることを要求していた。これを受け、2020年12月11・12日の欧州理事会では、欧州気候法の改定（2030年GHG削減目標45%が少なくとも55%）とともにMFFと復興基金についての政治合意がなされた。

欧州グリーンディールを進めるためのメカニズム、手段、加盟国の貢献

「第4次EU排出量取引制度（EU ETS）」では、「炭素国境調整メカニズム（CBAM）」が導入された。



図表 1.2.4 (3) -1 欧州グリーンディールと付随する指令、戦略、ファンディング、手段の全体像

この新しいメカニズムは、EU域外から輸入される特定の商品に炭素価格を課すことで、加盟国が気候変動への野心を高め、炭素流出（カーボン・リーケージ）のリスクを低減するようインセンティブを与えるものである。カーボン・リーケージは、企業が排出量を削減するのではなく、規制の厳しい他国に排出量を移転させてしまうことであり、欧州の気候中立化の努力を打ち消すことになる。

各加盟国は、国内総生産（GDP）をはじめとするいくつかの要因に応じた貢献度目標（NDC）を設定している。その結果、所得が低い国の中には、脱炭素化の可能性が高くても目標を低く設定されている国もある。加盟国は、5年ごとに開催される会合において、長期目標に向けた全体的な進捗状況を評価するとともに、NDCを更新する必要があるかどうかを国ごとに検討することとなっている。直近では2020年末までに開催される見込みとなっていた。ここでの議論を通じて、2021年のCOP26に先駆けてEUが国際的なパートナーに高い野心と基準を伝えることを目指している。なおEGDの下では、加盟国は、2021年から2030年の間に国家目標やEUレベルの目標達成に向けた戦略やツールを詳細に示した国家エネルギー・気候計画（NECP）を策定し、提出することが求められている。

EU国内の総排出量の約60%を占めるETSの対象外となる部門について、2018年5月に実施された「努力配分規則（ESR）」には、輸送、建築物、農業、非ETS産業、廃棄物など、2021年から2030年までの拘束力のある年間GHG排出量目標が盛り込まれている。ESRセクターの大部分に排出量取引を導入することは、規制や加盟国に重大な影響を及ぼす可能性がある。そのため欧州委員会は、2021年6月に計画されているセクター別の政策イニシアチブを策定する際に、様々な脱炭素化の選択肢について協議を行う予定としている。

これまでエネルギー移行による経済的影響はEU全体としてのみ評価されてきたが、実際には加盟国レベルで影響が異なる。このためETSでは最も影響を受ける国や地域に対して経済的支援を行う2つの資金が用意されている。「ジャスト・トランジション・メカニズム」は炭素集約的なセクターを持つ地域に資金を提供する仕組みであり、2021年から2027年までに1,500億ユーロ以上を投入する予定である。「近代化基金」は、所得の低い10の加盟国におけるエネルギー移行への投資を支援し、2021年から2030年までにETSから140億ユーロが配分される予定となっている。

エネルギー安全保障への対応

欧州レベルでのエネルギー安全保障が脱炭素化の実現に向けた取り組みの重要な推進力となっている。従前よりEUはエネルギー源として天然ガスのかなりの量をロシアに依存していた（2017年は39%）。しかしロシア・ウクライナ間の問題の深刻化を受け、EU全体として気候変動対策を強化しながらも、同時にこの問題にも対応する必要性が生じた。そのような背景の下、2014年6月に欧州理事会が長期戦略の一つとして「欧州エネルギー研究同盟」を採択した。本同盟では「エネルギーの信頼性と安定供給の確保」、「手頃な価格を保証するエネルギー市場の創出」、「持続可能なエネルギー社会の実現」という3つの目的を掲げている。また、これらの目標値に加えて、「加盟国間のエネルギー相互接続比率を15%高める」という目標値が「2030パッケージ」で設定されている。こうした中長期的な目標設定の取り組みと地政学的な問題への対応の結果、2019年のEU28カ国の電源構成は以下のようにになっている⁵¹。近年は再生可能エネルギーの伸びが著しいが、依然として原子力と天然ガスが主な電源となっている。

EU28カ国全体での電源構成（2019年）：

- 再生可能エネルギー：34.6%（うち風力13.4%、水力10.8%、バイオマス6.2%、太陽光4.2%）
- 原子力発電：25.5%
- 石炭：14.6%（うち亜炭7.8%、無煙炭6.8%）
- 天然ガス：21.7%
- その他 3.6%

気候変動・エネルギー関連の目標の達成状況：2020年、2030年

欧州は、「2020パッケージ」の目標である、GHG排出量の20%削減、再生可能エネルギーシェア20%、エネルギー効率の20%向上（いずれも1990年比）という目標達成に向けた対応が進められてきた。その結果、2019年のGHG排出量は1990年比で24%の削減を達成、再生可能エネルギーシェアは19.3%を達成した（2020年は20.6%削減見込み）。エネルギー効率については、わずかではあるが目標未達と予想されている（2020年の最終エネルギー消費量の目標は1,483 Mtoeであるのに対し2019年は4.65%多い状況）。

2030年の目標値は、EGDの下に組み込まれている「2030年気候目標計画」の値に引き上げられることになっている。GHG排出量削減目標については1990年比で40%から50%以上に引き上げることを目指すとしていたが、2020年12月の欧州理事会で55%に引き上げることが政治合意された。その他の主要な目標は変

51 https://www.agora-energiawende.de/fileadmin2/Projekte/2019/Jahresauswertung_EU_2019/172_A-EW_EU-Annual-Report-2019_Web.pdf

ならず、最終エネルギー消費量の32%を再生可能エネルギー源によるものとし、2007年に設定されたベースラインと比較して32.5%のエネルギー効率化目標を設定している。

循環型経済の推進

2015年12月に「循環型経済行動計画」を発表して以降、EUでは2030年に向けて「循環型経済」という新たな経済モデルを成長戦略の中心に据えていこうとしている。一連の循環型経済パッケージに盛り込まれている廃棄物関連法案群では、廃棄物埋め立ての削減や、都市ごみや包装廃棄物のより良い管理、再利用や再資源化の向上に向けた長期目標を設定している。

象徴的な対象がプラスチックである。2018年、欧州委員会は、「欧州プラスチック戦略」を採択した。これは2030年までにEU域内における全てのプラスチック包装材のリユースまたはリサイクル、使い捨てプラスチックの削減、化粧品等に使われるマイクロプラスチック（原則として大きさ5ミリ以下の微小なプラスチック粒子）の使用制限等を目指すとした戦略である。製品のデザインから製造、使用、リサイクルまでのあらゆる段階で変革を促し、プラスチック産業全体の投資機会と雇用の創出を図る。また2019年5月の「シングルユース・プラスチック指令」は、代替品がある特定の使い捨てプラスチック製品使用を禁止し、欧州のプラスチック経済における循環性を高めるために、持続可能なビジネスモデル、製品、材料を推進するための様々なインセンティブを盛り込んでいる。

欧州のプラスチック産業は、2018年年間売上高が3,600億ユーロを超える巨大市場であり、プラスチック戦略によって構築された新たなリサイクル産業は、2030年までにさらに20万人の雇用を創出することが期待されている。戦略のアプローチとして、経済成長の促進と環境保護の2つを目指している。EUの研究・イノベーション枠組み計画「Horizon 2020」(2014～2020年)では、2018年から2020年末までの間に、プラスチック戦略を推進するために1億ユーロが拠出された。次期「Horizon Europe」における金額規模は未発表であるが、リサイクル性の高い素材の開発、より効率的なリサイクルプロセス、リサイクル製品に含まれる有害物質の除去などの技術開発が引き続き優先されると予想されている。

2020年3月にEGDの下で採択された新たな「循環型経済行動計画」(CEAP)は、持続可能な資源利用の向上と「循環型経済」と呼ばれる新たな経済モデルの推進を目指している。一連の循環型経済パッケージに含まれる廃棄物関連法案は、埋立地の削減、再利用とリサイクルの改善、自治体廃棄物、包装廃棄物、プラスチック廃棄物、繊維廃棄物、電子廃棄物のより良い管理のための長期的な目標を設定している。この計画では、循環型経済の観点から、改善が困難な製品として、電子機器や電気製品、一部のプラスチック製品、繊維製品などを特定している。

2020年9月に発表された「循環型経済に関する戦略的研究革新アジェンダ (SRIA)」は、4つの共同プログラム、「循環型都市」、「循環型産業」、「クロージング・ザ・ループ」、「領土と海の資源効率化」の形成を通じて、循環型経済アクションプランを補完することを目的としている。これらのプログラムでは、バイオマス、バイオテクノロジー、化学品、建設・解体、食品、プラスチック、原材料、廃棄物、水などの分野がイノベーションの優先分野として設定されている。SRIAは国、地域、地方の資金提供機関(研究・イノベーションプログラムの所有者)を対象としており、相互の連携・協力を促進するための枠組みとしての役割を果たすことを目的としている。現在、プラスチックに関するSRIAも開発中である。これは、2020年以降の研究・イノベーション資金の方向付けを支援するものであり、3億5,000万ユーロがこれらプロジェクトに投資されると予想されている。

その他の重要な戦略と指令

2010年11月の「産業排出量指令 (IED)」は、産業施設から大気、水、土壌への汚染物質の排出を規制するものである。EGDの導入に伴い、IEDのいくつかの分野はGHG排出量削減のための目標や方法とずれたものになっている。例えば、非有害廃棄物の生物学的処理を行う小規模施設は、現在IEDの対象外である。この指令は2021年第4四半期に改訂される予定で、その目的は、すべての産業施設に排出規制値を設定することで、ゼロエミッション目標達成を強化し、気候・エネルギー・循環経済政策との整合性を高めることにある。また、改訂では、IEDを、気候に関する法律や、ETSやESRのような手段と調整することも考えられている。さらに、複数の「Best Available Techniques (BAT)」と各々の「BAT Reference Documents (BREF)」も発行される予定である。これらのセクター別文書は、運転条件や排出率などの産業プロセスを記述しているが、エネルギー効率のような一般的なテーマについてのセクター横断的なものもある。加盟国は、一般的または特定のケースでIEDに従う際には、これらの情報を考慮することが義務付けられている。

「欧州デジタル戦略」では、データセンターやICTインフラを2030年までにカーボンニュートラルにし、電子機器寿命とリサイクル性を向上させるなどの取り組みを通じて、デジタル部門の炭素排出量を削減し、循環性を向上させることに重点を置いている。戦略の具体的な中身については情報が限定的だが、EUが資金提供しているスウェーデンのデータセンター Boden Type DC Oneのように、取り組み自体はすでに始まっている。最も効率的な施設を作ることに重点を置いており、この分野のプロトタイプとしての役割を果たしている。同様に、サーバーを効率的にするためのEcoDesign指令、データセンターのエネルギー効率に関する欧州の自主行動規範、データセンター用の燃料電池発電機セットを作る5年間のプロジェクトなどの関連プロジェクトもある。

環境分野に関する動き

環境行動計画 (EAP) は4、5年ごとに見直されてきており、2020年までは第7次EAP (2014～20年)、2021年からは第8次EAPが施行され2030年まで延長されることになっている。同計画では、6つの優先目標として、「EUの2030年と2050年の排出量目標の達成」、「気候変動への耐性の強化」、「経済成長と資源利用の分離」、「大気汚染物質の除去」、「生物多様性の保護と回復」、「資源利用の多い分野に関連した環境・気候への圧力の軽減」を掲げ、サーキュラーエコノミーを促進することを目指している。政策分野としては、大気、化学物質、循環型経済、産業、海洋・沿岸環境、自然と生物多様性、騒音、プラスチック、土壌・土地、持続可能な開発、都市環境、廃棄物とリサイクル、水が含まれている。健全な人間生活環境の醸成と資源効率の高い経済効率化を重視し、廃棄物を資源として経済活動に活用する「循環型経済」「資源」など、多くのコアとなる部分は前計画から引き継がれている。また、様々な海洋資源の持続的な利用を通じた「ブルー成長」にも力点が置かれている。2020年6月には「2020年ブルーエコノミー報告書」が発表され、海洋・沿岸環境に関連する経済セクターのパフォーマンスデータを提供している。報告書によると、2018年の売上高は7,500億ユーロ、雇用者数は500万人で、前年比11.6%増となっており、洋上風力などの自然エネルギーが大きく伸びている。

EGDの下にある「Farm to Fork戦略」は、損失や廃棄物を減らし、農薬や肥料の使用を最小限に抑え、低負荷の農法を促進することで、食料システムの持続可能性を向上させることを目的としている。この戦略では農家や森林経営者にとっての炭素隔離の重要性が強調されており、大気中のCO₂を除去する農法によって共通農業政策 (CAP) やカーボンマーケットのような官民のイニシアティブによる報酬を受けるビジネスモデ

ル例などが示されている。

欧州気候協定（ECP）の下で行われている新しい炭素農業イニシアチブは、この新しいビジネスモデルを推進し、農家に新たな収入源を提供し、他のセクターのフードチェーンの脱炭素化を支援するものである。ECPは、2020年に導入されるイニシアチブで、市民を気候行動に参加させることで、脱炭素化を追求する上でのコミュニティの役割を育成するものである。この協定は、国、地域、地方自治体から企業、組合、市民社会組織、教育機関、研究・イノベーション組織、消費者団体、個人に至るまでの人々や組織に情報を提供し、協力を拡大することを目的としている。

前述の循環経済活動計画（CEAP）には、生態系の回復、森林保護、植林、持続可能な森林管理、炭素農法による炭素隔離、あるいは循環性の向上に基づく、例えば木材建築における長期貯蔵、建築材料における鉱物化などの製品における炭素の再利用と貯蔵を通じた炭素隔離についても言及している。この計画に基づき、炭素排出の真正性を監視・検証するため、強固で透明性のある炭素会計に基づいて炭素排出を認証するための新たな規制の枠組みが開発される予定である。また農業分野では従来型の農家が環境保全型農業（regenerative agriculture）に移行しやすくするための法改正を2022年に実施する計画がある。これは、土壌中の有機物を増やすことで土壌の劣化を最小限に抑え、更に大気中の炭素を吸収しやすくするという多面的な効果を持つ農業の確立を目指すことが狙いである。

「2030年生物多様性戦略」の概要、およびその後の動向

2020年5月の「2030年のための生物多様性戦略」では、今後10年間の自然生態系と生物多様性の保全と回復のための重要な戦略が概説されている。この戦略では、2021年までにヨーロッパの陸と海の30%以上の保護区を設定し、法的拘束力のある自然回復目標を設定するとしている（現在は陸海それぞれ26%と11%）。自然のプロセスを乱さないための厳格な保護の対象は、保護地域の3分の1にもなる（すなわちEUの陸海の10%ずつ）。その他には、農地での有機農業や生物多様性に富んだ景観の実現、ミツバチなどの花粉媒介者の減少の回避、農薬の使用および有害性の半減、25,000km以上の河川の自由な流れの回復、30億本の植樹などを目指すとしている。EU加盟国において、鳥類およびその生息地についての指令をさらに強化することを通じて農林水産業、地域開発、貿易などの政策に生物多様性保全を効果的に組み込もうとするなど、自然資本の重要性が注目されている。

欧州委員会は、EGDで発表された気候と生物多様性に関するチャレンジをより密接に連携させるために、世界のバイオマスの供給・需要、バイオエネルギーの持続可能性（特にエネルギー生産のための森林バイオマスの利用）に関する評価結果を2020年末までに公表するとした。共同研究センター（JRC）によるこれらの評価結果は、欧州委員会の政策決定のための情報提供の位置づけであり、間接的土地利用変化リスクの高いバイオ燃料に関するデータ見直しや、2030年までの段階的廃止の道筋の確立などに用いられる。現在、再生可能エネルギー指令（RED）で定められている森林バイオマスの持続可能性基準については、2021年に新たな運用ガイダンスが導入される予定である。また、必要に応じてETSの野心レベルの見直しと改定、そして2021年に予定されている「土地利用、土地利用変化、林業に関する規制（LULUCF）」の見直しも推進する見込みとなっている。

3. 環境・エネルギー分野のSTI政策

科学技術イノベーションの分野には、エネルギーに関しての計画である「SETプラン」、全分野を含めた研究・イノベーション枠組み計画「Horizon Europe」、原子力研究のための「Euratom」、およびその他の

各種イニシアチブがある。具体的なプログラムについては次節で触れるため、ここではSETプランとHorizon Europeに関して記載する。

新SETプラン

欧州委員会が2007年11月に発表した欧州戦略的エネルギー技術計画「SETプラン (Strategic Energy Technologies plan)」は10年間のEUのエネルギーおよび気候政策を推進するために必要な技術戦略の柱を規定したものである。Horizon Europeの前身であるHorizon2020の支援を受けたこのSETプランでは、再生可能エネルギー (バイオ、太陽光、風力、水力地熱)、化石エネルギー (二酸化炭素の回収・貯留、精炭)、送電網、エネルギー効率、燃料電池・水素電池等に焦点をあてたものであり、エネルギー研究、実証、イノベーションのための長期的なアジェンダが設定された。

2015年9月には、新SETプラン (Integrated Strategic Energy Technology plan) が採択された。従来のSETプランの下で再生可能エネルギー導入やエネルギー効率向上が進んだが、新SETプランはこの加速を狙ったものである。重要分野には再生可能エネルギー、消費者向けスマートエネルギーシステム、エネルギー効率の改善、持続可能な輸送技術、CCS、エネルギー安全性の向上などが挙げられている。

2020年11月に開催された第14回SETプラン会議において、新SETプランの最初の5年間の進捗状況を検証する「SETプラン進捗報告書」が公表された。これは新SETプランの修正プロセスの一環であると同時に、EGDへの貢献も考慮されている。すなわち2021年から開始する3つの主要な欧州エネルギー政策イニシアチブ、具体的にはエネルギーシステム統合、水素、洋上風力、リノベーション・ウェーブへの貢献を含んでいる。

13ある実施作業部会 (IWG) のうち9つが更新必要と判断されており、うち7つはEGDとの整合性のずれが原因とされている。SETプランの107の目標のうち29%で修正が予定されている。現在改訂中のIWGには、電池、CCUS、集熱・熱、深部地熱、産業界のエネルギー効率、エネルギーシステム、海洋エネルギー、洋上風力、再生可能燃料・バイオエネルギーが含まれる。143件の研究・イノベーション活動のうち、2020～2021年に優先的に取り組むものが71件、2022～2025年に優先的に取り組むものが58件、2025年以降に向けて長期的に取り組むものが14件となっている。2017年以降、合計1203件のプロジェクトが立ち上げられ、総額132億ユーロの資金が投入されており、そのうち60%が各国当局からの資金提供、20%がEUからの資金提供、残りは国境を越えた共同研究などで構成されている。また60%のプロジェクトはTRL 4～6の技術を対象としており、残りは20%ずつTRL 1～3とTRL 7～9の技術を対象としている。

Horizon Europe

Horizon Europe (2021～2027年) はHorizon2020 (2014～2020年) に続くEU全体の研究・イノベーション枠組み計画であり、第一の柱「卓越した科学」、第二の柱「グローバルチャレンジ・欧州の産業競争力」、第三の柱「イノベティブ・ヨーロッパ」、および「参加拡大と欧州研究圏 (ERA) 強化」から構成される。現欧州委員会の最優先課題は気候変動対策であり、7年間の予算約955億ユーロのうち35% (約334億ユーロ) を気候変動対策に充てる方針としている。

第二の柱「グローバルチャレンジ・欧州の産業競争力」では6つの社会的課題群 (クラスター) が設定されており、それらは「健康」、「文化、創造性、包摂的な社会」、「社会のための市民の安全」、「デジタル、産業、宇宙」、「気候、エネルギー、モビリティ」、「食料、生物経済、資源、農業、環境」である。

また第二の柱における社会的課題群とは別に、Horizon Europeは「ミッション」を設定している。「ミッ

「ミッション」とは「分野・部門を横断した、卓越性に基づく、インパクト主導の研究・イノベーション活動の総体で、一定期間内で個々の活動では達成できないような計測可能な目標を達成し、科学技術を通じて社会・政策決定にインパクトをもたらす、幅広い欧州市民に関係するもの」と定義されている。第二の柱で設定された社会的課題群の解決には、社会の関心が高く、複数の課題に横串をさすようなミッション志向のアプローチが必要であるとの認識に基づき、ミッションが策定された。

策定されたミッションエリアおよびミッション案は以下のとおりである。予算額や具体的な目標達成手段については今後決定される。

5つのミッションエリア（ミッション案）：

1. 気候変動への適応（気候変動に強い欧州）
2. がん（がんの制圧）
3. 健全な海洋・沿岸・内陸水域（海洋と水の復活）
4. 気候中立・スマートシティ（100の気候中立都市の実現）
5. 健全な土壌・食糧（土壌のケアは命のケア）

4. 代表的な研究開発プログラム/プロジェクト

研究インフラのフレームワーク ESFRI

研究インフラに関するEU戦略フォーラム（ESFRI）は、欧州における科学的統合を発展させ、国際的なアウトリーチを強化するための戦略的ツールとして、欧州理事会の要請を受けて2002年に設立された。質の高い研究インフラへのオープンアクセスを通じて欧州の研究者の活動の質の向上を支援すると同時に、世界中の研究者を惹きつけることを目的としている。

主な活動の一つにESFRIロードマップの作成・更新がある。ロードマップに掲載されているインフラプロジェクトの継続的なフォローアップ、優先順位付け総合評価などを行う。現在は2018年作成のロードマップ2018があるが、2021年中にロードマップ2021の作成を開始予定である。ロードマップ2021では、従来プロジェクトの更新に加えて新規プロジェクトの追加、プロジェクト間のシナジーなどを扱う見込みである。イノベーションの可能性や社会経済的な便益の分析も含まれる。

欧州原子力共同体 Euratom

Horizon Europeは原子力を研究対象としていないが、EUにはEuratom（欧州原子力共同体）プログラムがある。原子力の平和的利用を目的としてEU加盟国の研究プログラムを調整するために1957年のローマ条約の下で設立された組織である。また、原子力分野の独自の共同研究センター（JRC）も持つ。Euratom規則の下で、核融合、核分裂、安全、放射線防護の研究とJRC活動がある。Euratomの新しい計画は2021年から2027年まで実施され、Horizon Europeが配分する予算は、計画期間中に合計17億5,700万ユーロが配分される予定である⁵²。

52 https://www.consilium.europa.eu/media/47567/mff-2021-2027_rev.pdf

その他イニシアチブ

欧州クリーン水素アライアンス：2020年7月にEGDの下で結成され、欧州における水素産業の発展を支援する。クリーンな水素技術は、欧州の産業脱炭素化の実現、カーボンニュートラル経済への移行を支援できるとして期待が高まっている。アライアンスは、EU内で水素に取り組むあらゆる組織に開かれており、欧州での水素とその関連インフラの構築を加速させることを中心としている。家庭用アプリケーション、水素製造、伝送・流通、モビリティ、産業用アプリケーション、エネルギーセクターの6つの柱を掲げている。これまでに500社が参加しており、2024年には1000社、2050年には2000社の参加が見込まれている。さらに、2024年までに6GWのグリーン水素を、2030年までに80GW(うち50%はEUで生産)に拡大する目標があり、2024年までに50~90億ユーロ、2030年までに260~4400億ユーロの電解装置への投資が必要とされている。

(4) ドイツ

■気候変動とエネルギー関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|---------|--|---|------|---|
| 2011.6 | 連邦環境・自然保護・原子力安全省(BMU)、連邦経済エネルギー省(BMWi) | Energy Package 2011 | 2050 | Energiewende (Energy transition) と呼ばれる。2011年3月の福島第一原子力発電所事故を受けて独内の停止中原子炉の即時閉鎖と稼働中原子炉を2022年までに段階的に閉鎖するという脱原子力の方針とEnergy Conceptを具現化する6つの法律と1つの政令。 |
| 2014.11 | 連邦環境・自然保護・建設・原子力安全省(BMUB) | 気候保護行動プログラム2020 (Climate Action Programme 2020) | 2020 | 「2020年までにGHG排出40%減(1990年比)」の目標達成に向けた包括的政策パッケージ。国家エネルギー効率行動計画、エネルギー関連以外の分野の排出削減、研究開発等を含む、9つの要素から構成。研究開発は特に再生可能エネルギーとエネルギー効率が中心的要素。 |
| 2016.11 | BMUB | 気候保護行動計画2050 (Climate Action Plan 2050) | 2050 | 気候保護行動プログラム2020では足りない長期目標に必要な追加削減に向けた施策。2050年までの中間点となる2030年のGHG削減目標を全体で最低でも55%減(1990年比)と設定。初めて部門ごとの削減目標と達成への具体的指針を示す。エネルギー部門：61~62%減、農業分野：31~34%減(主にN ₂ O)等。そのほかに土地利用や林業に対する方針等。 |
| 2019.10 | 連邦環境・自然保護・原子力安全省(BMU) | 連邦気候保護行動法 (Climate Action Law) | 2030 | 2030年目標の法制化および2020~2030年の部門毎の排出上限の割り当て。また2050年気候中立を目指す概観を示すとともに、気候関連問題に関するアドバイスを提供する専門家委員会を設置。 |
| 2019.10 | BMU | 気候保護行動プログラム2030 (Climate Action Programme 2030) | 2030 | EUETS(欧州連合域内排出量取引制度)でカバーされていない運輸および建築部門を含めた新しい全国炭素価格設定システムを提案。2030年の目標を達成するための部門毎の対策が含まれる。たとえば建物の近代化、電力コストの削減などの市民と産業を支援するための措置、および効率基準などの規制措置。 |

| | | | | |
|---------|------|---|------|---|
| 2019.12 | 連邦議会 | 連邦気候保護法 (Climate Protection Law) | 2050 | ドイツ及び欧州全体の気候保護に関する目標(主に2050年までにカーボンニュートラル)を達成するための法律。2021年にCO ₂ 1トンあたり25ユーロに設定し、毎年30ユーロ、35ユーロ、45ユーロに引き上げられる炭素税を導入。2025年には55ユーロとなる計画。 |
| 2020.6 | BMW | 国家エネルギー・気候変動計画 (National Energy and Climate Plan、NECP) | | EU全体の温室効果ガス排出目標を達成するために、EUが各加盟国に対して義務付けている2030年までの国家エネルギー・気候変動計画(NECP)の提出への対応。脱炭素化、エネルギー効率性、安全保障、研究開発、革新と競争力の観点から検討。 |
| 2020.6 | 連邦議会 | 未来パッケージ | | 1,300億ユーロ規模の経済刺激策の1つ。気候変動への対応としてモビリティとデジタル化を重視。水素関連市場の立ち上げのための予算90億ユーロも確保。 |
| 2020.6 | BMW | 国家水素戦略(NWS) | | 水素の製造・活用拡大を目指し、(1)エネルギー転換の中核要素としての水素技術の確立、(2)水素技術の市場拡大に向けた規制要件の明確化、(3)革新的な水素技術に関連する研究開発と技術輸出の促進を通じた国内企業の競争力強化、(4)製造過程でCO ₂ を発生させない水素とそれを用いた製品の供給量確保。 |
| 2020.7 | 連邦議会 | 脱石炭法、石炭地域における構造強化法 | 2038 | 2038年までに石炭火力発電を段階的に廃止する道筋を明確化。解雇となる高齢労働者への手当支給、経済的被害を受ける地域における新たな雇用創出や経済構造多様化を支援するための予算の確保も含む。 |

■その他の環境とエネルギー関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|---------|------------|----------------------------------|------|--|
| 2015.10 | 連邦環境庁(UBA) | 行動計画「積極的自然保護2020」 | 2020 | 2007年策定の生物多様性国家戦略の追加的措置。生物多様性の維持と向上、持続可能な利用を目的に10分野で40の具体的な施策を提示。 |
| 2016.11 | UBA | 第2次エネルギー資源効率化プログラム(ProgRess II) | 2020 | 資源保護の基本・行動指針を明確に打ち出した資源効率化プログラム(ProgRess)の後継。特に市場インセンティブや経済・社会における自主的取り組みの促進を強化。 |
| 2020.6 | UBA | 第3次エネルギー資源効率化プログラム(ProgRess III) | 2024 | 資源効率の重要性をより強調したProgRess IIの後継。DXの可能性とリスクの分析、輸送の検討、今後必要なアクションの優先順位について明示。 |

■科学技術イノベーション関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|--------|----------------|--|-----------|--|
| 2011.7 | BMWいほか3省 | 第6次連邦政府エネルギー研究プログラム、環境適合省庁横断型のプログラム性及び信頼性を備えたエネルギー供給のための研究 | 2011～2014 | 研究開発投資の主要課題や優先事項を提示。重点研究開発領域として、エネルギー効率、再生可能エネルギー、送電網、エネルギー貯蔵を選定。 |
| 2014.9 | 連邦教育研究省 (BMBF) | 新ハイテク戦略 | 2014～2017 | 第3期 |
| 2018.9 | BMBF | ハイテク戦略2025 | 2018～ | 第4期 |
| 2019.6 | BMBF | 第4期研究・イノベーション協定 (Fourth Pact for Research and Innovation) | 2030 | 5つの目標を軸に、ドイツの研究競争力向上を目的としたもの:1) ダイナミックな開発の促進、2) 研究に関するシステム内のネットワークの強化、3) 研究のためのインフラの改善、4) 産業界や社会との交流の強化、5) 研究のための知の結集。連邦政府と州政府は170億ユーロの資金に加えて毎年3%の増額を予定。 |

1.環境・エネルギー分野および関連科学技術分野の政策立案のガバナンス (組織体制)

科学技術・イノベーション関連の基本政策の主要所管省は連邦教育研究省 (BMBF) である。連邦政府が支出する研究開発予算の約60%を管理するとともに、外部機関からの助言・協力を得ながら各種戦略の立案も行っている。ただし分野ごとの科学技術・イノベーション政策には各所管省も大きく関与している。なかでもエネルギー政策全般を所管する連邦経済エネルギー省 (BMWい) は連邦政府が支出する研究開発予算の約20%を管理しており、BMBFに次ぐ規模である。

エネルギー政策全般の所管は前述の通りBMWいである。環境、自然保護、原子力安全政策の所管は連邦環境・自然保護・原子力安全省 (BMU) である。環境政策関連では実行機関として連邦環境庁 (UBA) もある。

2.環境・エネルギー分野の基本政策

ドイツは2010年に「Energy concept」を策定し、環境適合性、経済的なエネルギー供給、供給セキュリティをエネルギー政策の3つの柱としたが、2011年3月に発生した福島第一原子力発電所の事故を受けて脱原子力を柱に加え、「Energiewende (Energy transition)」と呼ばれる政策を改めて2011年に策定した。その後、このEnergiewendeに基づいて原子力の段階的廃止、エネルギー効率向上、再生可能エネルギーへの移行の加速が進められてきた。Energiewendeの主要な長期エネルギー目標は図表1.2.4 (4) -1のとおりである。

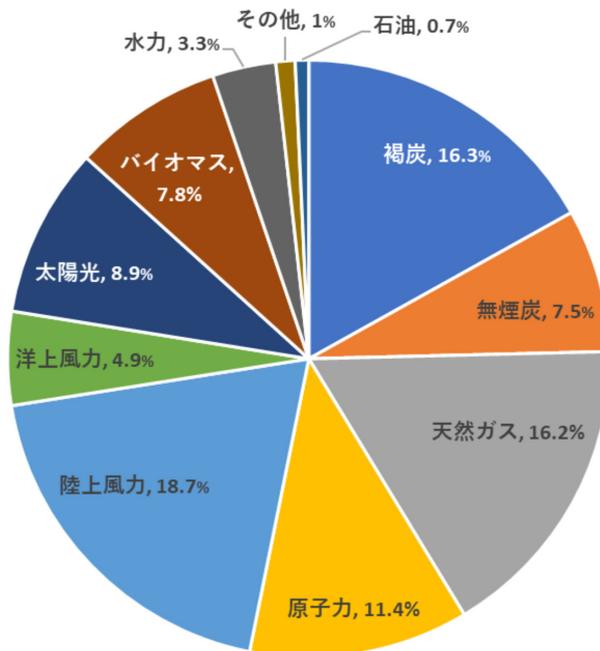
2020年時点のドイツの電源構成は図表1.2.4 (4) -2の通りである。これらを見ると、ドイツの電力供給は太陽光、風力、バイオ燃料、石炭、天然ガスや原子力など多様な電源がそれぞれ一定程度の割合を占めることによって支えられていることが分かる。再生可能エネルギー (太陽光、風力、バイオマス、水力) はエネルギー構成の44.6%を占め、原子力を含めると非化石由来の電源の割合は56%になる。一方で石炭とガスへの依存は依然として高く、長期的な温室効果ガス排出削減目標を達成するための障壁となっている。

再生可能エネルギーは、風力・太陽光を中心に固定価格買取制度 (FIT) やフィードイン・プレミアム制

図表 1.2.4 (4) -1 Energiewendeにおける長期エネルギー目標

| | 2020年 | 2030年 | 2040年 | 2050年 |
|--------------------------|-------|-------|-------|--------|
| 温室効果ガス排出削減 (1990年比) | >40% | >55% | >70% | 80-90% |
| 最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギー比率 | 18% | 30% | 45% | 50% |
| 電力消費量に占める再生可能エネルギー比率※ | >35% | >50% | >65% | >80% |
| 一次エネルギー消費量の削減 (2008年比) | >20% | -- | | >50% |

※ 再生可能電源法では2025年の目標を40-45%、2035年の目標を55-60%と設定



図表 1.2.4 (4) -2 ドイツの電源構成 (2020年時点)⁵³

度の下で安定的に伸びている。2020年には再生可能エネルギー法 (EEG: Renewable Energy Sources Act) が改正され2050年までにカーボンニュートラルを達成するという目標が法律に初めて明記された。その他には総電力消費量に占める再生可能エネルギーの割合を2030年までに65%まで増やすとの目標や、その達成に向けた具体的な導入計画も示された。ただし、再生可能エネルギーの稼働率が依然として低いこと、賦課金の拡大、送電インフラの開発など課題もまだ残ると言われている。

原子力に関しては、総発電量に対する割合が2010年は22.4%だったが2020年には11.4%まで減少した。

⁵³ BDEW, “Die Energieversorgung 2020 - neuer Jahresbericht: Die wichtigsten Entwicklungen des Jahres”, BDEW, <https://www.bdew.de/energie/die-energieversorgung-2020-neuer-jahresbericht/> (2021年2月16日アクセス)

2020年8月時点で6基の原子炉が稼働している。

石炭火力発電の段階的削減と廃止

2020年7月に「脱石炭法」と「石炭地域における構造強化法」の2法案が連邦議会（下院）と連邦参議院（上院）で可決された。これら法案では、石炭ベースの火力発電を2022年、2030年と段階的に廃止し、2038年には全廃するとしている。石炭発電所の設備容量は2017年の42.5GWから、2022年までに30GW、2030年には17GWまで削減される予定である。ただし、2038年までに石炭火力発電所を廃止とする目標ではパリ協定の目標を達成するには不十分であるとの批判もある。現在のエネルギー対策のままでは2050年までに4°Cを超えると指摘されている。

政府は石炭火力発電の削減と廃止に向けて400億ユーロ規模の支援を行うとしている。このうち260億ユーロは連邦政府と州政府によるプログラムに割り当てられる。大手エネルギー会社のRWEには26億ユーロ、Lausitz Energie Kraftwerk AGには17.5億ユーロが事業廃止に伴い支給される。また解雇せざるを得ない高齢労働者への手当支給や、石炭火力発電や石炭産業への依存が強い地域の新たな雇用の創出や経済構造多様化に向けた取組みの支援などに対しても、2038年までに総額140億ユーロを拠出するとしている。

気候変動・エネルギー関連の目標の達成状況

ドイツはEnergiewendeの下で2020年末までに温室効果ガス排出量を1990年比で40%削減するという目標を設定していた。これはCO₂換算で7億5,000万トンの削減に相当する。図表1.2.4(4)-3に示すように、1990年から2016年の間で温室効果ガス排出量は約27%削減されている。しかしながら40%減とする2020年目標までには未だ大きな開きがあり、2019年10月に発効された連邦政府の環境報告書⁵⁴では2020年目標の達成は難しいとの見解が示された。

なおドイツの1人あたりのCO₂排出量は2016年時点で8.84トンであり、EU平均の6.47トン/人よりも約25%多かった⁵⁵。排出内訳をみると、石炭由来の排出量が3.63トン/人であり、EU平均の2.00トン/人を大きく上回っていた。ディーゼル、ガソリン、天然ガスなどと比べても多いことから、CO₂排出量が多い主たる原因は石炭であると考えられる。

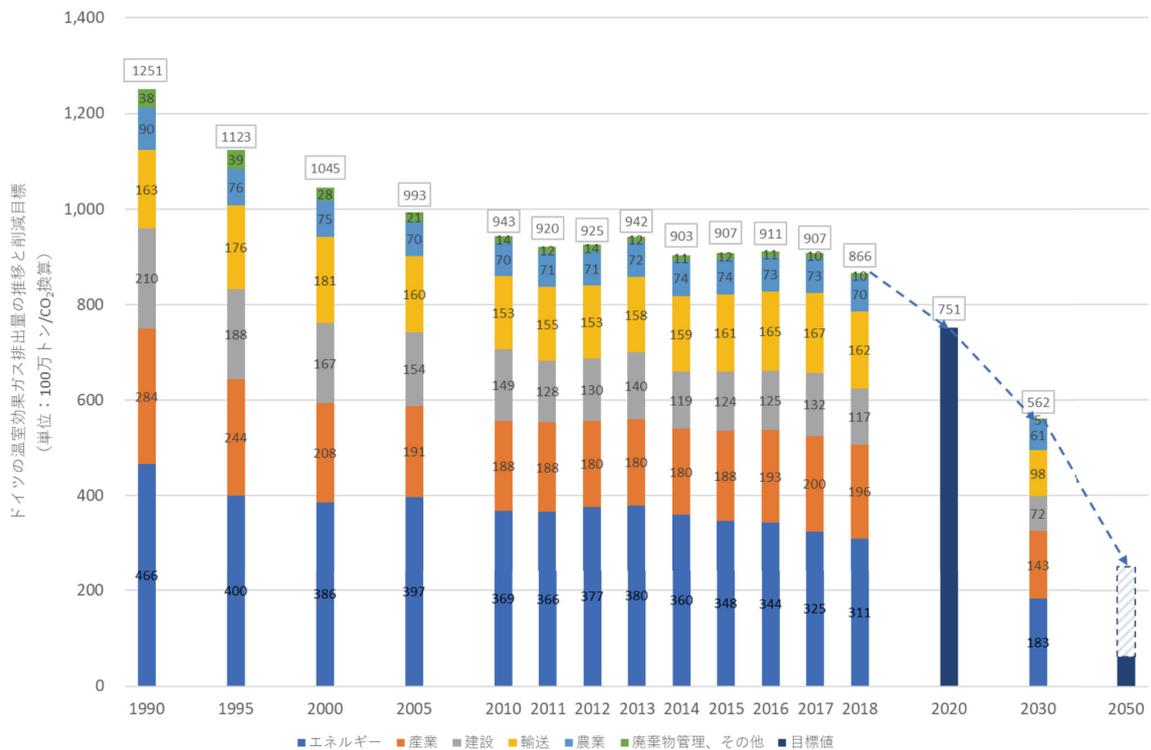
エネルギー安全保障の観点からの動き

ドイツは世界第5位の石油消費国であり、2018年の全エネルギー使用量の34.3%を占め、エネルギー消費量の23.7%がガスに由来している。主にロシア、ノルウェー、英国からエネルギーの半分以上を輸入している。天然ガスの調達にはロシアへの依存度が高く、2019年のロシアからの輸入は2017年の538億立方メートルから900億立方メートルに伸び、2034年までには1,100億立方メートルに達すると予測されている。

ロシア産天然ガスをドイツへ輸送するための海底パイプラインであるノルド・ストリーム2は年間550億立方メートルの輸送能力を持つ。オランダとノルウェーでのガス生産が縮小することは、EU全体、特にドイツ

54 ドイツ連邦議会「連邦政府による環境レポート2019年：社会的結束の基盤としての環境と自然」『ドイツ連邦議会』, <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/134/1913400.pdf> (2021年2月16日アクセス)

55 WorldData「Energy consumption in Germany」, <https://www.worlddata.info/europe/germany/energy-consumption.php> (2021年2月16日アクセス)



図表 1.2.4 (4) -3 ドイツのCO₂排出量推移実績と今後の目標 (単位: 百万トン)⁵⁶

の産業部門にとって深刻な影響を与える。その一方、ノルド・ストリーム2はロシアへの依存を深めることからポーランドやバルト三国などの東欧諸国は抵抗感を示している。

環境分野に関する動き

気候保護行動計画2050では、森林の炭素固定を促進するための土地利用と林業、持続可能な森林管理、木材利用、草地保全、湿地帯保全、自然森林形成の利用に焦点を当てている。過剰な窒素、アンモニア、亜酸化窒素の排出を削減するために、肥料の使用に関する新しい規制が提案された。

2017年には、ドイツ自然保護法の改正案がドイツ連邦議会によって承認された。同法案により、北海・バルト海での海洋保護地域の指定における連邦環境省の権限が強化される。さらに同法案では、北海とバルト海の排他的経済水域における開発に対して優先的にその対策が導入されることになる。これにより洋上風力発電設備(2018年3月以降)や石油やガスのパイプラインなど、将来実施される開発に対して補償対策や代替対策を先んじて実施することが可能になった⁵⁷。

連邦政府は、多様な原材料や再生可能資源などの天然資源の持続的な利用と経済成長の両立を実現するための目標や行動指針を定めた「ドイツ資源効率化プログラム(ProgRess)」を2012年に採択している。4

⁵⁶ ドイツ連邦環境省 (<http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/134/1913400.pdf>) のデータをもとにCRDSにて作成

⁵⁷ 環境展望台ニュース: ドイツ議会、ドイツ自然保護法案を承認、海洋保護地域の指定が簡素化, 2017年6月23日, <http://tenbou.nies.go.jp/news/fnews/detail.php?i=21921>

年ごとに更新することとなっており、2016年から第二期（ProgRess II）が進められ、2020年からは第三期（ProgRess III）が始まっている。ProgRessは原材料の確保から生産、利用に至るサプライチェーン全体を対象とするとともに、これらを支える情報通信インフラや研究・イノベーション、教育、法規制までを包含する包括的な枠組みとなっている。これに対してProgRess IIでは、特に市場インセンティブや経済・社会における自主的取り組みの促進が強化された。具体的施策として、中小企業への助言の拡充、環境マネジメントシステムの支援、資源効率の高い製品・サービスの公共調達、消費者情報の改善などが記載されている。更にProgRess IIIでは、ProgRess IIと比較して、資源効率の重要性がより強調されている。資源効率を高めるためにデジタルトランスフォーメーション（Digital Transformation：DX）を活用することの可能性とリスクの分析、資源効率の観点からの輸送部門の検討、および今後必要となるアクションの優先順位について示されている。

3. 環境・エネルギー分野のSTI政策

政府の研究開発予算は2006年ごろから大幅な伸びを示しており、現在は国内総生産の約3%を占める。この背景には、メルケル政権発足後に発表された省庁横断型の戦略である「ハイテク戦略」(2006～2009年)がある。公的資金を効率的に利用することを目指した包括的な戦略であり、ドイツの科学技術イノベーション政策の基本的な方向性を示している。その後、「ハイテク戦略2020」(2010～2013年)、「新ハイテク戦略」(2014～2017年)と続き、現在は第四期となる「ハイテク戦略2025」(2018年～)の期間内にある。

ハイテク戦略における環境・エネルギー分野の位置づけの変化

「ハイテク戦略2025」は、①社会的課題の優先分野、②鍵となる未来技術と人材、③イノベーション環境の整備の3つの柱から構成される。優先分野とする社会的課題は「持続性、エネルギー、環境」、「健康と介護」、「輸送」、「安全」、「都市と地方」、「経済4.0、労働4.0」の6つが特定されている。こうした優先分野あるいは重点分野の特定はこれまでも行われている。それらの変遷を図表1.2.4(4)-4にまとめた。前期にあたる新ハイテク戦略との比較では、「デジタル化への対応」がなくなり、「都市と地方」が新たに追加されている。環境やエネルギー、その他にも交通・輸送や安全は、期を超えて継続的に取り上げられていることが分かる。

なお社会的課題や未来技術など3つの柱に対応させる形で、より具体的な事項を12の「ミッション」とし

図表 1.2.4 (4) -4 ハイテク戦略2020、新ハイテク戦略、ハイテク戦略2025における社会的課題優先分野の変遷

| | ハイテク戦略 (2010～2013年) | 新ハイテク戦略 (2014～2017年) | ハイテク戦略2025 (2018～2025年) |
|---------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 社会的課題 優先分野 | 気候・エネルギー | 持続可能なエネルギーの生産、消費 | 持続性、エネルギー、環境 |
| | 健康・栄養 | 健康に生きるために | 健康と介護 |
| | 交通・輸送 | スマートな交通、輸送 | 輸送 |
| | 安全 | 安全の確保 | 安全 |
| | コミュニケーション | デジタル化への対応 | 都市と地方 |
| | - | イノベーションを生み出す労働 | 経済4.0、労働4.0 |

でも示している。社会的課題に対応するミッションは10あり、その中にはプラスチックごみの削減のために植物由来プラスチック製造の推進や効率的なリサイクルが可能になる物質の開発を進める、ドイツ国内での電池生産のための技術開発とサプライチェーン構築を支援する、都市と地方の格差をデジタルの力で解消する等のミッションが示されている。

ハイテク戦略2025で社会的課題とならぶ柱の1つとされている未来技術の内訳に関しては図表1.2.4 (4)-5の通りである。マイクロエレクトロニクス、材料、バイオテクノロジー、人工知能といった技術領域を「未来技術」と位置づけている。

連邦政府と州政府による研究・イノベーション協定 (Pact for Research and Innovation) があり、これに基づきマックス・プランク協会、フラウンホーファー協会、ヘルムホルツ協会、ライプニッツ協会、ドイツ研究振興協会へ資金が拠出されている。研究・イノベーションにおける競争力の向上を目的としており、研究機関としては財源確保の見通しを立てることができるため、結果として、ハイテク戦略などを考慮した長期の研究計画が立案しやすい環境となっている。

第4期研究・イノベーション協定 (Fourth Pact for Research and Innovation、PFI IV) は2019年6月に導入された。連邦政府と州政府は、研究とイノベーションのための資金として170億ユーロを拠出し、加えて年3%の増額を実施予定としている。また第4期には、①ダイナミックな開発の促進、②研究に関するシステム内のネットワークの強化、③研究のためのインフラの改善、④産業界や社会との交流の強化、⑤研究のための知の結集、の5つの目標が掲げられている。これらは第3期 (PFI III) のものと近いが、知識と技術に対してより重点が置かれている。これらを通じて学术界と中小企業間のギャップを埋め、商業化を推進し、長期的なメリットを享受できるようにしている。これらの目標は、5年間後の2025年に再び評価される予定である。連邦政府と州政府は、2021年から2030年まで、大学以外の研究機関に合計約1,200億ユーロを拠出する予定である。

4. 代表的な研究開発プログラム/プロジェクト

ここではドイツの代表的な研究開発に関する動向について述べる。今後の「ハイテク戦略2025」の代表的

図表 1.2.4 (4) -5 ハイテク戦略2025の未来技術

| 重点領域 | 要素技術 | 主たる研究開発推進方策 |
|-------------------------|---|--|
| 人工知能 | 機械学習、ビッグデータ | AI戦略 (2018年秋発表)、学習システムプラットフォーム、AIプラットフォーム他 |
| ITセキュリティ及びユーザーフレンドリーな技術 | サイバーセキュリティ、ヒューマンマシンインタラクション (HMI)、ロボット、VR | サイバーセキュリティ庁設置 |
| マイクロエレクトロニクス | 通信システム、5G通信技術 | インダストリー 4.0プラットフォーム、自動走行アクションプラン |
| 材料 | 電池、3Dプリント、軽量化、製造技術 | 電池研究・生産戦略白書 |
| 量子 | シミュレーションシステム、超精密計測技術、画像化技術 | 量子技術プログラム |
| ライフ | バイオテクノロジー、ナノテクノロジー、IT | 「バイオからのイノベーション」アジェンダ |
| 航空宇宙 | 衛星、材料 | 枠組プログラム 宇宙と物質 ErUM |

な研究開発内容について、環境・エネルギー分野関連のハイライトを示す。

「ハイテク戦略2025」で取り上げられている社会的課題のうち、「持続性、エネルギー、環境」などが挙げられている。そこで示された課題を解決するため、政府が提案している種々のプロジェクトについて示す。最新のエネルギー計画である第7次エネルギー研究プログラムでは、産業の脱炭素化のため、政府が再生可能エネルギーへの支援を決定した。この一部として、コペルニクス・プロジェクトが現在も進行中である。加えて、持続的発展のための研究フレームワークプログラム（FONA）では、循環型経済や生物多様性に対する枠組みも含めて支援されることが決定している。

Power-to-Gasプロジェクトや国家水素戦略では、再生可能エネルギーや水素の利用を促進することで、排出量削減を促している。

政府の支援プログラムの一環として、国際気候イニシアチブ（International Climate Initiative、IKI）、パリ気象協定に関するドイツとフランスの共同イニシアチブなど、気候変動関連のイニシアチブについても述べる。その他、デジタル化の促進のための、スマートエネルギーショーケース（SINTEG）、2019年設立された飛躍的イノベーション機構（SprinD）についても述べる。

ハイテク戦略2025における環境・エネルギー分野関連のハイライト⁵⁸

ドイツは、特に中小企業を対象に、技術の商業化や普及を目的としたプロジェクトを継続的に支援することで、インダストリー4.0に関する世界的な先駆者となった。技術開発においては、資源効率の高い技術、3Dなどの付加製造技術やデジタル技術を用いて、産業向けの軽量な材料開発分野などを強化していく予定である。材料や製品の設計、デジタルツインの作成、製造プロセスの制御までを含めた産業のデジタル化に向けた研究を推進している。

「ハイテク戦略2025」で掲げられている社会的課題のうち、「持続性、エネルギー、環境」では、産業部門での気候中立、循環型経済、プラスチック問題、生物多様性などに関する施策が関連づけられている。

このうちエネルギー関連では、産業部門での気候中立において、排出量抑制のためにエネルギー効率の向上と再生可能エネルギー電源への切り替えを目指している。主要なエネルギー関連のプログラムである「エネルギー研究プログラム」やエネルギー転換のためのフラッグシップ・イニシアチブである「コペルニクス・プロジェクト」、あるいは電池生産や合成燃料開発のプログラムなどの施策もこの社会的課題に含まれる。ドイツは、エネルギー貯蔵システムの研究を強化し、燃料電池や電池製造の開発を支援する戦略をとっている。電池のバリューチェーンにおいて幅広い技術的優位性を確保するため、セルの製造技術開発を支援し、電池製造まで適切な支援策を講じることを追求している。また合成燃料に関する研究にも支援を行い、市場開拓への条件を検討している。全体としての目標は革新的な技術と適切な計画により温室効果ガスの排出量を削減することである。

循環型経済では、資源効率を高めた持続可能な経済を目標としており、「ProgRess III」が含まれる。その他にも持続可能な水利用のための技術開発プログラム、廃棄物処理問題に取り組む国際連携枠組み、循環型経済実現のための技術開発プログラムなどがある。プラスチック問題では、生産・消費・リサイクルなども含めた流通経路や生物への影響などについて、社会的問題や政治的課題についても言及している。生物多様

58 Die Bundesregierung, Fortschrittsbericht zur Hightech-Strategie 2025, https://www.bmbf.de/upload_filestore/pub/Fortschrittsbericht_zur_Hightech_Strategie_2025.pdf (2021年2月22日アクセス)

性については、農業生態系の大規模モニタリングや生態系・生物多様性の研究プログラムなどが含まれる。

もう1つの社会的課題である「輸送」においては、統合された全体システムとして未来のモビリティ像を考慮している。電動化、自動化、水素利用などの推進が含まれる。また都市交通、港湾、航空、海上輸送、宇宙などに係る研究開発プログラムなどもあり、輸送全般の向上を促している。

第7次エネルギー研究プログラム

連邦政府によるエネルギー関連の主要な研究助成プログラムとして「エネルギー研究プログラム」があり、現在は2018年から2022年の期間で「第7次エネルギー研究プログラム」が進行中である。連邦政府は期間中にエネルギー技術革新の強化に約64億ユーロを投資する計画である。

エネルギー効率の向上と再生可能エネルギーの変換（蓄エネルギー）を中心的な領域とする他、デジタル化、セクターカップリング、および熱部門・産業部門・輸送部門におけるエネルギー転換などに注力する方針としている。加えて、第7次では新たに”リビング・ラボ”における技術実証にも注力している。いわゆる特区のような場において規制緩和などと組み合わせて検証・評価を進める方針である。またスタートアップ支援も積極的に行い、革新的な技術やソリューションの開発や新たな市場の創出などを支援している。

コペルニクス・プロジェクト

2016年4月に連邦教育研究省が「エネルギー転換に関するコペルニクス・プロジェクト」を発表した。プロジェクトは、マックスプランク研究所により発案され、主に①エネルギー転換を実現するための新しいネットワークの構築（ENSURE プロジェクト）、②再生可能エネルギー由来の余剰電力の貯蔵（P2X プロジェクト）、③エネルギー多消費型の産業プロセスの転換（SynErgie プロジェクト）、④エネルギー転換を進めるための政策分析やステークホルダーとのコミュニケーション（ARIADNE プロジェクト）から構成されている。ただし後述するように姉妹プロジェクトがいくつかあり、それらもコペルニクス・プロジェクトの一環として進められている。

主要なプロジェクトのうち、ENSURE プロジェクトでは集中発電及び分散発電の電力コンビネーションにより電力変換にかかるコストを削減する研究など、P2X プロジェクトでは余剰な再生可能エネルギーの90%以上を化学的原料、ガス燃料、または燃料の形で貯蔵するプロセスの研究（Power-to-X）などを実施する。2026年までに、アーヘン工科大などのアカデミア、シーメンス社などの産業界、及び市民が連携してエネルギーシステムの転換に必要な技術的、経済的解決策を生み出すことを目指している。

コペルニクス・プロジェクトは①基礎研究段階（2016～2019年）、②実用化に向けた検証段階（2019～2022年）、③実証試験での技術開発段階（2022～2025年）の3つのフェーズに分けられており、上述の4つのプロジェクトは現在フェーズIIの期間内にある。同期間におけるBMBFからのプロジェクト予算はそれぞれ約3,000万ユーロである。

また、コペルニクス・プロジェクトの一環で、P2X プロジェクトからの派生としてRheticus プロジェクトが進行している。Power-to-Xという概念の実用化を実証するため、エボニック社とシーメンス社が協同で実施している。再生可能エネルギー由来の電力を利用して水とCO₂を一酸化炭素（CO）と水素にし、さらにその合成ガスを特殊な微生物による発酵を通じてブタノールやヘキサノールへと変換するプロセスの構築を目指している。特にヘキサノールは特殊なプラスチック、サプリメント、燃料などの原料になると期待されている。「Rheticus I」は2年にわたり実施され、バイオリクターと電解槽を使った人工光合成を技術的に実現可能とする基盤の構築が行われた。2019年10月から始動した「Rheticus II」では大型のテストプラントの開

発を目指している。「Rheticu II」は2021年まで続き、BMBFより350万ユーロの助成を受ける予定である。

Power-to-Gasプロジェクト

ドイツは、コペルニクス・プロジェクトの1つであるP2Xプロジェクトが開始する以前から再生可能エネルギーの余剰電力貯蔵に取り組んでいる。その背景には、北部エリアが再生可能エネルギー資源に恵まれている一方で需要が工業地帯のある南部エリアに集中しており、北部から南部への電力の輸送が課題となっていたことがある。そこで解決策の一つとして“Power-to-Gas”プロジェクトが構想された。この概念は既に欧州全域に広がっており、再生可能エネルギーから発電した電力を主に水素や合成メタンに変換し、既存の天然ガス導管などを用いて供給する取組などがなされている。

Power-to-Gasプロジェクトは、1988年から2019年11月時点までの間に、22カ国で、約143件のプロジェクトが実施されている。2019年は、水素については56、合成メタンは38のプロジェクトが進行中である⁵⁹。国別ではドイツにおける実施件数が最も多く、全体の4割強を占めている。ドイツ以外では、風力発電の導入が進むデンマークやイギリス等において比較的多く実施されている。ドイツ国内では、Hybrid power plant Falkenhagen、Wind Gas Hamburg、Bio Power2 Gasなど、様々な再生可能エネルギーを用いたプロジェクトが行われている。

国家水素戦略

2020年6月に国家水素戦略が連邦政府によって採択され、水素関連の研究開発を強化する方針が示された。同戦略では、生成の過程で4つに分類される水素のうち、再生可能エネルギー由来電力を利用して生産された「グリーン水素」を重視しているが、CO₂回収・貯蔵プロセスの過程で生成される「ブルー水素」や、メタンの熱分解により生成される「ターコイズ水素」の利用可能性も排除していない。パリ協定の目標達成と同時に経済成長を目指すため、2023年までに実施する水素生産、交通、産業利用などにかかる38の施策が策定されている。なお前述のP2Xプロジェクトは現在第二期（2019～2021年）にあり、この国家水素戦略の推進と方向性は同じである。

持続的発展のための研究フレームワークプログラム（FONA）

2005年に発足した「持続的発展のための研究フレームワークプログラム」（FONA）は、「ハイテク戦略2025」の社会課題である「持続性、エネルギー、環境」に関連するプログラムであり、現在は第3期の枠組みプログラムFONA³が進行中である。「資源効率的な循環経済」を研究コンセプトとし、製品の長寿命化や恩恵の徹底、必要なデジタル技術、新しいビジネスモデルとデザインコンセプト、マテリアルリサイクルによる省資源に重点を置く。この機関は、2020年にフラウンホーファーシステムイノベーション研究所（ISI）によって「国際的な影響力を持つドイツでの持続可能性研究の確立に大きく貢献した」と評価された。政府機関は2020年後半に予算を40億ユーロ増やし、2025年まで支援することを決定した。

59 A Review of Global Power-to-Gas Projects To Date [INTERACTIVE], *POWER*, 2019.12, <https://www.powermag.com/a-review-of-global-power-to-gas-projects-to-date-interactive/> (2021年2月24日アクセス)

国際気候イニシアチブ (International Climate Initiative、IKI)

国際気候イニシアチブは、GHG排出緩和、気候変動影響への適応、REDD+、生物多様性保全の分野において途上国等との協力強化を目的に、国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) や生物多様性条約 (CBD)、の枠組みの一つとして、2008年にBMUBが開始した。革新的な解決策を模索し、新しい政治的、経済的、規制上のアプローチ、技術力と協力体制について検討を行い、個々のプロジェクトを超えたインパクトを与えることを目的としている。プロジェクト数は730を超え、2008年以降の総プロジェクト投資額は39億ユーロに上る。プログラム開始以来、国際的な気候および生物多様性活動のための予算は着実に増加し、2008年は約1.7億ユーロであったが、2019年には3億ユーロを上回った。2020年12月1日から、2回目となる温室効果ガス削減と気候変動適応に寄与するための国際プロジェクトを募集した。2025年までに100以上のプロジェクトが選ばれ、それぞれ最大10万ユーロ (一部は最大20万ユーロ) の資金が提供される。

スマートエネルギーショーケース (SINTEG)

BMWの資金提供プログラム「SmartEnergyShowcase-Digital Agenda for the Energy Transition」(SINTEG)により、300を超える企業やその他関係者を含む5つのモデル地域 (いわゆる「ショーケース」) で、技術的、経済的、規制上の課題に対するソリューションの開発を行っている。同プロジェクトでは、デジタルネットワーキングを通じて、再生可能エネルギー発電、電力網、エネルギー利用者を効率的に組み合わせること、また、全てのエネルギー源を効率的に統合し、電力、熱及び輸送交通利用の全体最適化を図ることを目指している。

飛躍的イノベーション機構 (SprinD) の設立

連邦政府機関は、破壊的イノベーションをもたらす可能性のある研究プロジェクトに対し、その開発と市場への参入を支援するという目的のもと、飛躍的イノベーション機構 (SprinD) を2019年12月に設立した。研究者は柔軟性を持ちながら、当初の研究計画案を進めることができ、独自に企業と連携したり、チームを編成して開発することが可能となる。SprinDの人員は約50人で、2029年までの10年間の予算は約10億ユーロとなっている。その後は、進捗状況から資金調達などを判断する予定となっている。発足時に助成を開始した3つのパイロットプロジェクトに加え、2020年には5つのプロジェクトが採択された。環境・エネルギー分野と関連が強いものとしては「高性能/低価格蓄電池開発」「超高層軽量低コスト風力発電装置開発」「マイクロバブルを利用したマイクロプラスチック除去技術の開発」「超高性能省電力アナログコンピュータ製造」などが挙げられる。

(5) 英国

■気候変動とエネルギー関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|---------|--------------------|---|------|---|
| 2008.11 | 議会 | 2008年気候変動法 (Climate Change Act 2008) | 2050 | 2050年までにGHG排出を1990年比80%削減を最終目標とした世界初の気候変動対策を規定した法律。 |
| 2009.7 | エネルギー・気候変動省 (DECC) | 低炭素移行計画 (LCTP、Low Carbon Transition Plan) | 2020 | 2008年気候変動法の行動計画として、2020年までにGHG排出を1990年比34%削減とする目標を掲げ、その達成のための計画を提示。 |

| | | | | |
|---------|-------------------------|--|------|---|
| 2011.12 | DECC | 炭素計画：低炭素未来実現に向けて (Carbon Plan : Delivering Our Low Carbon Future) | | 低炭素化を実現するための技術的観点からのシナリオを提示。 |
| 2018.7 | 議会 | ゼロ戦略への道 (Road to Zero Strategy) | 2050 | 政府が計画している46の主要なアクションを介して、車両からの温室効果ガス排出量の削減のための野心的な戦略を設定。 |
| 2019.1 | ビジネス・エネルギー・産業戦略省 (BEIS) | 統合国家エネルギー・気候計画の草案 (U.K.'s draft Integrated National Energy and Climate Plan) | | 2021年から2030年までの10年間の統合的な国家計画を起草するという欧州委員会からの要望に従って作成・提出された計画草案。国の目的や目標、政策、現在の政策効果の予測などを概説。しかし草案提出後は、最終版未提出のままEU離脱に至っている ⁶⁰ 。 |
| 2019.6 | 議会 | ネットゼロエミッション法 (Net Zero Emissions Law) | 2050 | 英国政府が温室効果ガスの純排出量を1990年比で100%削減することを義務付ける法案。これにより英国の目標はネットゼロエミッションとなる。 |

■その他の環境とエネルギー関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|--------|---------------------|--|------|--|
| 2005.3 | 環境・食糧・農村地域省 (Defra) | Securing the Future – The UK Government Sustainable Development Strategy | | 環境的限界の範囲内での生活や、強固で健全かつ公正な社会の実現を目指すことを基本的な原則とした戦略。「持続可能な消費および生産」、「気候変動とエネルギー」、「自然資源保護」、「持続可能なコミュニティ」等を優先課題として設定。 |
| 2011.8 | Defra | 生物多様性2020 (Biodiversity 2020) | 2020 | 生物多様性に関する国家戦略。2010年に名古屋で開催されたCOP10の「愛知目標」への対応も含む。 |
| 2013.7 | Defra | 国家適応プログラム 2013～2018年 (National Adaptation Programme 2013-2018) | | 気候変動適応に関する政府の取組みをまとめたもの。2008年気候変動法に基づき実施。リスクアセスメント結果を踏まえた対策の方向性を提示。 |
| 2018.1 | Defra | 25年環境計画 (25 Year Environment Plan) | | 環境の持続可能性を確保するために英国がとるべき行動をまとめた政策文書。この計画で、1) 持続可能な土地の利用と管理、2) 自然の回復と景観の美しさの向上、3) 健康と福祉を向上させるための環境と人々のつながり、4) 資源効率の向上と汚染と廃棄物の削減、5) 清潔で健康的で生産性が高く生物学的に多様な海と海洋の確保、6) 地球環境の保護と改善に関する行動、を提案。 |

60 European Commission, “National energy and climate plans (NECPs)”, European Commission, https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/national-energy-climate-plans_en (2021年2月16日アクセス)

| | | | |
|---------------|-------|---|--|
| 2018.7 | Defra | 第二次国家適応プログラム 2018～2023年 (Second National Adaptation Programme) | 気候変動適応に関する政府の取組みをまとめたもの。2008年気候変動法に基づく実施。リスクアセスメント結果を踏まえた対策の方向性を提示。 |
| 2019.1 | BEIS | クリーンエア戦略2019 | 25年環境計画やクリーン成長戦略などを補完するために策定された戦略。目的として、1) 国民の健康を守る、2) 環境を守る、3) クリーンな成長とイノベーションを確保する、4) 輸送、家庭、農業、産業からの排出量を削減する、5) 大気汚染に特に重点を置いて進捗状況を監視し、より健康的に呼吸できるようにする、を掲げる。 |
| 2021 (審議中) | 議会 | 環境法案 (Environment Bill) | 野生生物、大気汚染、廃棄物、水などの環境問題に取り組む内容の法案。(2021年1月現在、審議中) |

■科学技術イノベーション関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|---------|-------------------------|--|------|--|
| 2011.12 | ビジネス・イノベーション・技能省 (BIS) | 成長のためのイノベーション・研究戦略 (Innovation and Research Strategy) | | 科学イノベーション戦略 |
| 2014.12 | BIS | 成長計画：科学とイノベーション (Our Plan for Growth : Science and Innovation) | | 科学イノベーションに関する基本戦略。掲げられている6つの柱のうちの1つ「優先分野の決定」では、「八大技術 (Eight Great Technologies)」を特定。 |
| 2017.10 | ビジネス・エネルギー・産業戦略省 (BEIS) | クリーン成長戦略 (Clean Growth Strategy) | | GHG排出削減への取組みを柱とした成長戦略。グリーン投資推進のための環境整備、省エネのためのインセンティブ、CCUSの積極推進、GHG除去技術開発推進、エネルギー・資源効率・プロセス効率関連の研究開発への約1.6億ポンドの投資等を提示。 |
| 2017.11 | BEIS | 産業戦略 (Industrial Strategy) | 2030 | 英国がグローバルな技術革命を主導できる領域として4つのグランド・チャレンジを特定 (人工知能とデータ、高齢化社会、クリーン成長、未来の輸送手段)。 |
| 2018.11 | BEIS | CCUS展開パスウェイ (The UK carbon capture, usage and storage (CCUS) deployment pathway) | | 英国のクリーン成長戦略の一環として、2030年までに炭素回収利用・貯蔵の大規模展開を実現するために、英国政府と産業界がとるべき主要なステップの概要を示したアクションプラン。 |
| 2020.11 | BEIS | グリーン産業革命のための10項目計画 (The ten point plan for a green industrial revolution) | | 政府がグリーン・ジョブを支援し、ネット・ゼロ・エミッションへの道を加速させるための10のポイントを概説した計画。 |

1. 環境・エネルギー分野および関連科学技術分野の政策立案のガバナンス (組織体制)

環境・エネルギー分野の政策を所管するのは主としてビジネス・エネルギー・産業戦略省 (BEIS : Department for Business, Energy and Industrial Strategy) である。BEISは、英国のEU離脱に伴う

省庁再編の一環として、2016年7月にエネルギー供給や気候変動対策を担当するエネルギー・気候変動省 (DECC: Department of Energy and Climate Change) と、科学・イノベーションを担当するビジネス・イノベーション・技能省 (BIS: Department for Business, Innovation and Skills) の合併により設立された。BEIS には閣内大臣 (Secretary of State) の他、エネルギー・クリーン成長担当といった分野別に置かれた複数の閣外大臣が存在し、閣内大臣をサポートしている。また英国の科学技術行政は BEIS だけではなく複数の省庁にまたがって執り行われており、環境・エネルギー分野には環境・食糧・農村地域省 (Defra: Department for Environment, Food and Rural Affairs) も関連する。

BEISは研究開発およびイノベーションの促進を中心的に行っており複数の研究資金助成機関を傘下に有している。2017年、Higher Education and Research Act 2017に基づいて、これら研究資金助成機関を統合した組織である UK Research and Innovation (UKRI) が発足した。UKRIは、7つの研究会議 (工学・物理科学研究会議 EPSRC、自然環境研究会議 NERC 他) と、主に企業の研究開発を助成対象とした Innovate UK、そして英国内の大学への助成を担う機関として新たに発足した Research England から構成される予算規模約 60 億ポンドの組織である。

その他、気候変動関連では、2008年に制定された Climate Change Act 2008 に基づき創設された気候変動委員会 (Committee on Climate Change) がある。同委員会は、Climate Change Act 2008 で規定された 2050 年に向けた温室効果ガス排出削減やその他の気候変動対策に関する英国の取り組みに関して、政府に対して専門家としての助言を行う独立機関である。

2. 環境・エネルギー分野の基本政策

温室効果ガス排出量の中長期的な目標として、2050年までに1990年比で80%以上削減することが2008年気候変動法 (Climate Change Act 2008) により定められた。この達成のための行動計画として、2009年7月に、DECCより低炭素移行計画 (LCTP: The UK Low Carbon Transition Plan) が発表された。同計画は、2020年までにGHG排出量を1990年レベルから34%削減する目標を掲げ、その達成のための方策を示している。

2010年7月には、DECCから長期展望結果である「2050 Pathways Analysis」が公表された。ここでは、照明・家電、輸送、産業、暖房・冷房、農業・土地利用、バイオエネルギー・廃棄物、原子力、化石燃料からの炭素の回収・貯留、陸上風力、洋上風力、潮汐、波力・潮流、マイクロジェネレーション、地熱発電、水力発電、電力バランス、ネガティブ・エミッション、電力輸入など、さまざまなエネルギー発電と需要セクター・技術の軌跡を検証し、英国の2050年目標を達成するためにどのようなシナリオを追求できるかを分析・検討している。最終的に、この報告書は、英国の2050年目標を達成するための可能性のある6つの異なる道筋を強調しているが、これらの道筋は、英国政府がすべきことに対しての、単なる例示的なものにすぎないと主張している。

2011年7月にはDECCから再生可能エネルギーロードマップ (UK Renewable Energy Roadmap) が発表されている。本ロードマップでは、2020年のエネルギー消費の15%を再生可能エネルギーで賄うとする目標の達成のために重要な技術として、陸上・洋上風力、海洋エネルギー、バイオマス発電・熱利用、ヒートポンプ、輸送部門の再エネを挙げた。またこの中では洋上風力発電の資源ポテンシャルが高いことが示された。

2011年12月にDECCから発表された「炭素計画：低炭素未来実現に向けて (The Carbon Plan: Delivering Our Low Carbon Future)」では、エネルギー政策のフレームワークの中で低炭素化を実現す

るための技術シナリオについてエネルギーシステムモデルを用いて検討している。建物、輸送、産業、電気、農林・国土管理、廃棄物・資源効率の分野ごと検討を行い、その結果を示している。

2018年以降の主要な取り組み・政策としては、2018年7月の「ロード・トゥ・ゼロ戦略 (Road to Zero Strategy)」、2019年6月の「ネット・ゼロエミッション法 (Net Zero Emissions Law)」が挙げられる。

ロード・トゥ・ゼロ戦略は、自動車からの温室効果ガス排出量を削減するための英国政府の目標であり、2050年までの機会とリスクを検討している。この戦略では、普通乗用車、バン、バス、トラック、HGV (重量積載物車両) などの異なる車種と燃料オプションを横並びで比較するとともに、政府が取るべき46の行動を提示している。

ネット・ゼロ・エミッション法は、温室効果ガスの排出量に関して英国政府が追求すべき新たな目標として作成されたものであり、2008年の気候変動法の改正案となる。世界主要7か国 (G7) の中で2050年までの正味排出ゼロを法制化したのは英国が初めてとなる。同法の可決により、英国の新たな目標は2050年までのネット・ゼロ・エミッションとなった。なお同法に先立ち、2018年10月に英国政府は、ネット・ゼロを達成すべき時期など、排出削減の長期目標に関する助言を英国気候変動委員会 (Committee on Climate Change) に諮問した。これを受けて2019年5月、同委員会は、ネット・ゼロ報告書「Net Zero – The UK's contribution to stopping global warming」を公表した。同報告書では、技術的に難しくコストがかかるが、電力部門・建築物・産業の更なる低炭素化や電化率の向上、CCSの推進、運輸部門の自動車の電動化や航空部門のバイオ燃料・ハイブリッド電動航空機の導入、などの対策を織り込んだシナリオでは1990年比96%の削減が期待され、またBECCSやDACCSなどの炭素除去の拡大やカーボンニュートラル合成燃料の導入などを追加したシナリオでは100%削減も期待されるとしている。しかし、そのためには明確で継続的な政策を強力に進めることが不可欠で、現行政策では、従来の80%減の目標にも不十分と指摘している。

ネット・ゼロ・エミッション法制定後は、2020年12月9日に英国気候変動委員会が公表した報告書「第6次炭素予算」(The Sixth Carbon Budget) において、上記ネットゼロ報告書を更新する形で、100%削減を実現するための電源構成が例示された。また、2020年12月14日にはBEISの報告書「エネルギー白書」(Energy White Paper) でネット・ゼロを達成する上での2050年の電力分野の将来像が示された。これら以外にも政府関係機関から関連報告書の公表はあるが、現時点で英国の政策目標や政策として決まったものは見られない。

気候変動への適応については「国家適応プログラム (NAP)」が策定されている。気候変動法において「英国気候変動リスク評価政府報告書 (CCRA)」及び「国家適応プログラム (NAP)」の策定と5年ごとのレビューが義務付けられていることに基づいている。国家適応プログラムは、気候変動適応に関する政府の行動をまとめたもので、DefraがCCRAに基づいて、産業界、地方政府、その他の組織と連携しながら2013年に作成したものである。建築環境、インフラ、健全で強靱なコミュニティ、農業及び林業、自然環境、産業、地方政府の7つの分野について、当該分野のビジョン、CCRAにおいて当該分野で抽出されたりスクの一覧、重点領域ごとの目標と取り組みの説明及び優先度の高いリスクに対する行動が記載されている。2018年にレビューが行われ、現在は第二次NAPが進行中である。その他、環境分野関連では、2018年1月の「25年環境計画 (25 Year Environment Plan)」、2019年1月の「クリーンエア戦略 (Clean Air Strategy)」、審議中の「環境法案 Environment Bill」(2021年1月現在) などが挙げられる。現在審議が行われている環境法案はもともとは2019年10月に議会に提出されたが、COVID-19の影響で法案審議が中断され、2020年秋になって再開された。環境法案は、2050年のネットゼロエミッション目標に対応したものであり、生物多様性、大気質、水と廃棄物の分野で温室効果ガス排出削減と同様の法的拘束力を持つ文書と

なっている。

3. 環境・エネルギー分野のSTI政策

科学技術イノベーション政策としては、2017年に「産業戦略」が公開される以前は2014年12月に公表された「成長計画:科学とイノベーション」が主要な計画であった。6つの柱のうちの1つ、「優先分野の決定」では、経済成長を後押しする技術として「8大技術 (Eight Great Technologies)」が掲げられ、環境・エネルギー関連では「エネルギー貯蔵」がそのうちの1つとして挙げられていた (他の7つは、ビッグデータ、衛星、ロボティクス・自律システム、合成生物学、再生医療、農業科学、先端材料)。革新的なエネルギー貯蔵技術による社会全体へのインパクトは、電力消費量の削減 (5分の1)、風力発電の導入促進 (電力の10%)、さらには120億ポンドのビジネス収入に繋がるなどと期待されていた。

2017年に公表された「産業戦略」は、技能、産業、インフラへの投資を通じて新たな雇用の創出や国としての生産性向上を図ろうとするものであった。また同戦略では、英国がグローバルな技術革命を主導できる領域を「グランド・チャレンジ」として特定し、その具体的な目標を設定した。グランド・チャレンジは4つあり、「人工知能とデータ」、「高齢化社会」、「クリーン成長」、「未来の輸送手段」である。このうち「クリーン成長」では、低炭素技術やエネルギー効率改善技術における自国の優位性の更なる向上を目指している。また「未来の輸送手段」ではGHGやその他の大気汚染物質の排出の大幅抑制を目指している。

その他の科学技術イノベーション政策/戦略としては、2018年11月に公表された「CCUS展開パスウェイ (The UK carbon capture, usage and storage (CCUS) deployment pathway)」、2020年11月に公表された「グリーン産業革命のための10項目計画 (The ten point plan for a green industrial revolution)」などがある。

CCUS展開パスウェイは、英国のクリーン成長戦略と産業戦略の下、2030年までにCCUSを大規模に導入できるように英国政府が取るべき次のステップを概説したアクションプランである。この計画は、政策上の障壁から、供給能力、インフラ供給、イノベーション、コラボレーションに至るまで、様々な項目を扱っている。またイノベーション創出の一環としてCCUSに焦点を当てたイノベーションプログラムに4,000万ポンドを提供するとしている。

グリーン産業革命のための10項目計画では、政府は、クリーン技術への新規及び既発表の政府投資で合計120億ポンドを投資することを提案している。その中には洋上風力、低炭素水素、原子力、ゼロエミッション車、環境に優しい公共交通機関 (自転車、徒歩)、グリーンシップ、グリーンビルディング、CCUSなどの技術が含まれている。

4. 代表的な研究開発プログラム

英国の総研究開発費は、米国の約11分の1程度、日本の3分の1程度である。民間セクターの科学技術活動が比較的弱い、大学や政府出資による公的研究機関における基礎研究が強いと言われている。

英国研究・イノベーション機構 (UKRI)

2018年4月に発足したUKRIは、研究助成を担う7つの研究会議、主に産業界や企業におけるイノベーション活動を支援するInnovate UK、およびイングランド地方の大学にブロックグラントを助成するイングランド高等教育資金会議 (HEFCE) が単一の法人組織としてまとめられたものである。7つの研究会議およびInnovate UKは従来の名称で自主性・自立性を維持しつつ予算を執行しているが、UKRI全体としては以下

の6つのファンドで主要な活動を整理している⁶¹。

- ①「Global Challenges Research Fund」：途上国が抱える課題に取り組む最先端研究への支援を行うもので、予算は15億ポンドとされている。
- ②「Industrial Strategy Challenge Fund」：2017年の「産業戦略」で「グランドチャレンジ」として取り上げられた、クリーン成長、高齢化社会、未来の輸送手段、人工知能・データ経済などの課題に取り組んでいる。クリーン成長には、産業の脱炭素化、低コスト原子力エネルギー、製造業のスマート化、インテリジェントな地域エネルギーシステム、スマートで持続可能なパッケージ、建設。食品生産、基盤産業などのテーマがある。また、未来の輸送手段では、電気革命、未来の飛行、ファラデー電池チャレンジ、国家衛星実験施設、より安全な世界のためのロボット、自動運転に取り組んでいる。
- ③「Strategic Priorities Fund」：34のテーマにまたがる多面的・学際的な研究に投資を行うファンドで、予算規模は8億3,000万ポンド。34のテーマは、環境、生物学・生物医学、人工知能、生産性、インフラ、健康・福祉・人権、デジタル、生産性・技術の8つのテーマに分類されている。
- ④「Strength in Places Fund」：英国の特定地域での経済成長を促進することを目的とした研究やイノベーションプロジェクトに投資するもので、これまでに1億8,600万ポンドを投資。
- ⑤「Future Leaders Fellowships」：大学などの研究環境や企業で活躍する優秀な人材を支援。
- ⑥「Fund for International Collaboration」：国際協力を支援するための1億6000万ポンドの基金。

Innovate UK

主に産業界に対する助成を行う機関であり2007年から続いている。2019～2020年のデリバリープラン⁶²での重点投資分野は、人工知能・データ経済、高齢化社会・健康・栄養、クリーン成長とインフラ、モビリティ・製造・材料の4つとなっている。

Innovate UKが助成するエネルギー関連の主な研究プログラムに以下がある。

・カタパルト・プログラム (The Catapult centres)

世界をリードする科学技術・イノベーションの拠点構築を目指すプログラム。産学連携で最終製品に近い研究開発を行い、実用化の実現を目指す。また中小企業支援も念頭とした、最新鋭設備の提供、情報提供、人材育成の役割も果たす。英国が学術的、産業的に強みをもつ技術分野が選択される。管理・運営はInnovate UKが行い、現在9分野のセンターが稼働している。セクターの垣根を越えた挑戦がカタパルトの枠組みで行われている点が特徴である。2011年開始依頼、産業界を中心に、カタパルトブランドが確立しつつある。政府、外部資金、産業界が、3分の1ずつ資金拠出する形を理想としており、2018年度からの5年間で10億ポンドの政府資金の交付が予定されている。

2021年1月時点で、環境・エネルギーに関連するカタパルトセンターとしては次の3つがある。

61 UK Research and Innovation (UKRI), "Our main funds", UKRI, <https://www.ukri.org/our-work/our-main-funds/> (2021年2月16日アクセス)

62 Innovate UK, UK Research and Innovation (UKRI), "Delivery Plan 2019", UKRI, <https://www.ukri.org/wp-content/uploads/2020/09/INUK-250920-DeliveryPlan2019.pdf> (2021年2月16日アクセス)

- ・海上再生可能エネルギーカタパルト (Offshore Renewable Energy Catapult)
 - ・エネルギーシステムカタパルト (Energy Systems Catapult)
 - ・コネクテッド・プレイス・カタパルト (Connected places Catapult)
- ・イノベーションプラットフォーム (Innovation Platform)

主要な社会的課題に対する革新的な製品のリードマーケット構築のために、産学官共同で特定課題に取り組むプログラムとして、Innovate UKの前身であるTechnology Strategy Board時代に創設された。6つある社会的課題のうち環境・エネルギーに関連するテーマは以下の2課題である。ただし、これ以降に新テーマの更新は確認されていない。

- ・低炭素自動車 (The Low Carbon Vehicles Innovation Platform) 2007年に設置。
- ・環境に優しい建築物 (The Low Impact Building Innovation Platform) 2008年に設置。

このうち「低炭素自動車」については、EPSRCにおける基礎研究段階からInnovation Platformによる中間段階、そして先端推進システム技術センター (APC: Advanced Propulsion Centre) での市場に向けた後期段階へと研究開発の橋渡しが進んだ事例としても取り上げられている⁶³。APCは政府と自動車業界により2013年に設立された低炭素イノベーションに関する研究拠点である。

工学・物理科学研究会議 (EPSRC)

UKRI傘下の研究資金助成を行う7つの研究会議のうちの一つであり、「産業戦略」推進のための、特に基礎基盤フェーズの研究開発を担う主要機関の一つと位置づけられている。環境・エネルギー関連の資金助成領域としては、従来型および新型の発電所、エンドユースのエネルギー需要 (エネルギー効率)、核融合、原子力、グリッドと貯蔵、再生エネルギー、社会経済政策、代替燃料、燃料電池、水、インフラなど多数ある。EPSRCのポートフォリオ⁶⁴によると、環境分野およびエネルギー分野の助成件数/予算額は、それぞれ140件/277百万ポンド、および558件/1,273百万ポンドとなっている。

自然環境研究会議 (NERC)

UKRI傘下の研究資金助成を行う7つの研究会議のうちの一つである。傘下に研究施設を有し、自らも基礎・応用研究を実施している。科学研究の主要テーマとしては、気候システム、生物多様性、天然資源の持続可能な使用、地球システム科学、自然災害、環境・公害・健康、(環境関連) 技術などがある。

エネルギー技術機構 (ETI)

エネルギー効率の向上やGHG排出量の削減等に資するエネルギー技術の開発・実証・商業化を加速す

⁶³ Kevin Baughan, "Empowering Innovation", Government UK, <https://innovateuk.blog.gov.uk/2018/05/15/empowering-innovation/> (2021年2月16日アクセス)

⁶⁴ 59 Engineering and Physical Sciences Research Council, "Main Navigation", UKRI, <https://epsrc.ukri.org/research/ourportfolio/vop/> (2021年2月16日アクセス)

ることを目的として、BISやDECC、工学・物理科学研究会議（EPSRC）など政府関係組織と民間企業の官民連携で2007年に設立された。ETIが助成する進行中のエネルギー関連の主なプロジェクトは分野別に、洋上風力（7）、海洋エネルギー（8）、分散型エネルギー（2）、建物（1）、エネルギー貯蔵と分配（13）、スマートシステムと熱（15）、CCS（16）、輸送・重量車（19）、輸送・軽量車（4）、バイオエネルギー（12）、原子力（5）、となっている（括弧内はプロジェクト数）。

原子力廃止措置機関（NDA：Nuclear Decommissioning Authority）

2005年に設立された独立行政法人であり英国内の指定された原子力施設の廃止やサイトのクリーンアップなどを安全、確実、経済的に行うことを担う機関である。Innovate UKとの協働でこれまでに25を超えるプロジェクトに総額600万ポンドの研究助成を行っており、エネルギー・セクター以外の革新的な中小企業にも配賦されている。対象は例えばレーザー切断加工およびその無人化のためのロボット技術などがある。これとは別の共同事業で、2020年にNDAとInnovate UKは、核廃棄物を選別・分類するための自立型統合ツールキットの開発に最大390万ポンドの資金提供を計画している。

(6) フランス

■気候変動とエネルギー関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|-----------|-------------------------|--|------|--|
| 2009-2010 | 環境と持続的な発展省 | 環境グルネル法（I、II） | | 2009年の「環境グルネル実施計画法（グルネルI法）で気候変動の緩和、生物多様性と自然景観の保全、健全な環境への寄与に関する目標等を設定し、2010年の「環境に対する国内取組み法（グルネルII法）」で目標達成に向けた具体的施策を設定。エネルギー関連では再エネ導入促進に注力する方針を提示。 |
| 2012.2 | 経済財政産業省 | 2050年のエネルギー構想（Energies 2050） | 2050 | エネルギーに占める原子力の割合に特定の目標を設定せず、原子力について多様な選択肢を保持しながらエネルギー分野の研究開発強化を進める方針を提示。 |
| 2015.8 | 環境・持続的な発展・エネルギー省（MEDDE） | 緑の成長のためのエネルギー移行法（LTECV、Energy Transition for Green Growth Act） | 2050 | 2050年までに最終エネルギー消費を2012年比で50%削減、2030年までにGHG排出量を1990年比で40%削減および電源構成に占める再エネ比率を40%、2025年までに原子力依存度を50%に低減。 |
| 2015.10 | MEDDE | 気候のための国家低炭素戦略（SNBC、National Low-Carbon Strategy） | | エネルギー移行法の目標達成の手段として策定。2015-2018年、2019-2023年、2024-2028年の3つの期間に区切り、期間毎のGHG排出目標（Carbon budget）を設定し、かつ部門別排出上限および施策を設定。4-5年おきにレビュー・更新を行うこととした。 |
| 2016.10 | 環境・エネルギー・海洋省（MEEM） | 複数年エネルギー計画（PPE、Multiannual Energy Plan） | 2030 | エネルギー移行法に基づき策定。パリ協定の目標達成に向けた政府のエネルギー政策における優先事項を示した計画で、SNBCとも整合を図っている。当面は2016-2018年、2019-2023年の2期間を設定し、2018年にレビュー実施。 |

| | | | | |
|---------|----------------|--|------|---|
| 2017.7 | 環境連帯移行省 (MTES) | 気候プラン (Climate Plan) | 2050 | 2004年以降、数年おきに策定。今回はパリ協定への取組み加速を目的とした5ヶ年の実行計画という位置づけ。2050年までにGHG排出の実質ゼロを目指すこと、2040年までにガソリン車・ディーゼル車を国内市場からなくすこと等の長期的な目標も示し、その実現に向けた研究開発の推進やグリーンファイナンスの推奨、その他の具体方策を提示。緩和策のみならず気候変動への適応や世界の熱帯雨林の破壊につながるような製品の輸入停止なども盛り込む。 |
| 2018.6 | MTES | エネルギー移行のための水素展開計画 (Hydrogen Deployment Plan for Energy Transition) | | エネルギー移行を進めるための重要な要素の一つと位置づけ、国内の水素関連産業の強化や雇用創出を目指した計画を策定。カーボンフリー水素の産業利用の拡大、再生可能エネルギーの貯蔵容量の拡大、輸送部門におけるゼロ排出事例の創出の3つの柱から構成。2019年から産業・輸送・エネルギー部門向けに1億ユーロを投資するとした。 |
| 2019.11 | | 改正 緑の成長のためのエネルギー移行法 (LTECV、Energy Transition for Green Growth Act) | 2050 | 2030年までに17%、2050年までに50%のエネルギー消費削減。2030年までに40% (または2030年までに2012年レベルの60%) の化石燃料消費削減。賃貸住宅を対象とした省エネ基準の設定。すべての石炭火力発電所を2022年までに稼働停止等。 |
| 2020.4 | | 国家エネルギー・気候変動計画 (NECP、National Energy and Climate Plan) | 2030 | EUとしての全体的な温室効果ガス排出目標達成のため、欧州連合が各加盟国に義務付けた項目 (脱炭素化、エネルギー効率、エネルギー安全保障、内部エネルギー市場と研究、革新と競争力) に対応。2050年までにカーボンニュートラル (GHG排出の正味ゼロ) を実現することを掲げた改訂SNBCと、エネルギー部門の今後10年の政策的な優先事項を示した改訂PPEを柱とする (ともに後述)。 |
| 2020.4 | MTES | 改訂SNBC | | 2018年に実施したレビュー結果を踏まえた更新版。2050年までにカーボンニュートラルを実現するため、部門ごとの短中期の排出削減目標などを提示。 |
| 2020.4 | MTES | 改訂PPE | | レビュー結果を踏まえた更新版のPPE。エネルギー効率の向上、最終エネルギー使用量の削減、再生可能エネルギーによる生産強化を通じ、2050年カーボンニュートラル達成に向けたロードマップ。再エネは拡大 (陸上風力3倍、太陽光5倍)。原子力は2035年までに50%削減 (ただし目標達成時期は2025年から2035年に先延ばした)、同年までに14基閉鎖等を提示。 |
| 2020.9 | | フランス再生計画 (France Relaunch Plan) | | エコロジー、競争力、社会的結束という3つの重点分野を通じ、2020年から2030年にかけて国の気候回復力を再構築および強化することを目指す経済刺激策。予算1,000億ユーロのうち40%はEUによるもの。300億ユーロが割り当てられる「エコロジー」には、産業・運輸の脱炭素化、循環経済、水素を含むグリーン技術の取込み強化等が含まれる。 |

| | | | | |
|--------|----------------|---|------|---|
| 2020.9 | MTES、経済・財務・復興省 | 国家水素戦略 (National strategy for the development of carbon-free hydrogen in France) | 2030 | 2030年までに70億ユーロ(うち20億ユーロはフランス再生計画予算から)を研究開発支援や実装・産業化に投資する計画。①水電解によるカーボンフリー水素製造産業の創出と産業部門の脱炭素化、②カーボンフリー水素を燃料とする大型モビリティの開発、③研究・イノベーション・人材育成支援の3つの柱で構成。 |
|--------|----------------|---|------|---|

■その他の環境とエネルギー関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|---------|--|--|------|--|
| 2010.7 | Interministerial Committee for Sustainable Development | 第2次持続可能な開発に関する国家戦略 2010-2013 (NSDS、National Sustainable Development Strategy 2010-2013) | 2013 | 9つの戦略的挑戦課題を設定：持続可能な消費と生産；知識社会；ガバナンス；気候変動とエネルギー；持続可能な交通とモビリティ；生物多様性および自然資源の保護と管理；公衆衛生・リスクの予防と管理；人口構成・移民・社会的包摂；持続可能な開発と貧困撲滅への国際的な挑戦。 |
| 2011.7 | 環境・持続的な発展・運輸・住宅省 (MEDDTL) | 国家気候変動適応計画 2011-2015 (PNACC、National Plan for Climate Change Adaptation 2011-2015) | 2015 | 2006年に策定された国家気候変動適応戦略 (SNACC) に基づく実行計画。 |
| 2011 | MEDDTL | 生物多様性国家戦略 2011-2020 | 2020 | COP10で採択された愛知目標を受けて2004年に策定された第1次国家戦略の改訂版。6つの戦略目標の下で20のターゲットを設定。 |
| 2014 | MEDDE | 廃棄物削減・リサイクル計画 2014-2020 | 2025 | 埋め立て処分する廃棄物量を2025年までに50%削減。実現のための方策として使い捨てビニール袋の禁止措置等を提示。 |
| 2015.1 | MEDDE | 持続可能な開発に向けた生態移行国家戦略 2015-2020 (National Strategy of Ecological Transition towards Sustainable Development 2015-2020) | 2020 | NSDS 2010-2013の後継にあたる国家戦略として策定。2020年に向けた9つの目標を設定。 |
| 2018.7 | MTES | 生物多様性プラン (Biodiversity Plan) | | 気候プランに続くMTES第2の柱との位置づけ。2025年までに海洋プラスチックごみゼロほか。 |
| 2018.12 | MTES | 第2次国家気候変動適応計画 2018-2022 (PNACC-2) | | 2016～2017年にかけて評価を行った上で第2次PNACCを策定・公表。ガバナンス、予防と強靱性、保全、経済性、知識と情報、国際の観点から検討を実施。 |
| 2019.11 | | フレームワーク・モビリティ法 (Mobility framework Act) | | 運輸部門に関する広範な戦略。自動車への依存を最小限に抑えること、新しい交通手段の成長を加速すること、移行を達成すること、交通インフラへの投資を計画すること、を目的とする。 |
| 2020.2 | | 廃棄物と循環経済との闘いに関する法律 (Law No.2020-105 regarding a circular economy and the fight against waste) | | 全セクターが廃棄物に取り組み、循環経済を促進するための法律。プラスチック汚染に関するEU循環経済パッケージおよびEU指令のうち一部の条項を改訂。 |

| | | |
|--------|---|--|
| 2020.5 | 自動車産業支援計画 (Support plan for the automobile industry) | COVID-19がもたらしている経済的影響から自動車産業を支援することを目的とする。“明日の車”生産に向けた投資と革新を目標とし、困難な状況にある企業の支援と従業員の保護をおこなう。援助、投資、およびローンの見積もりは80億ユーロ。 |
|--------|---|--|

■科学技術イノベーション関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|---------|---------------------------|---------------------------------|------|---|
| 2013.4 | 大統領府 | 「イノベーションのための新原則と7の大志」報告書 | | 大統領が設置したイノベーション2030委員会の検討結果をとりまとめた報告書。「7つの戦略分野」を特定：エネルギーの貯蔵、材料のリサイクル（レアメタル）、海洋資源有効活用（金属及び海水淡水化）、植物性タンパク質と植物科学、オーダーメイド医療、シルバー経済・高齢化社会に向けたイノベーション、ビッグデータ活用。 |
| 2013.5 | 国民教育・高等教育・研究省 (MENESR) | France Europe 2020 | 2020 | 基本的な方向性を示した戦略。9つの戦略領域のうちの1つが「社会課題」への対応で、9つの課題。詳細の検討はその後に委ねるとした。 |
| 2013.9 | 製造業復興省 | 「フランスの産業再生」報告書 | | 産業競争力強化のための「34の優先領域」を特定。 |
| 2013.11 | 製造業復興省 | 「イノベーションのための新方策」報告書 | | 「7つの戦略分野」と「34の優先領域」を補完する目的で、政策に関する4つの軸に沿った40の方策を提示。 |
| 2015.3 | 高等教育・研究・イノベーション省 (MENESR) | 国家研究戦略 (SNR France Europe 2020) | 2020 | France Europe 2020を詳細化した研究開発戦略。EUのHorizon2020との整合性も考慮。社会課題は10になった。「資源管理および気候変動への対応」、「クリーンで安全で効率的なエネルギー」、「欧州のための宇宙・航空」(地球観測含む)。 |
| 2016.12 | MTES | 国家エネルギー研究戦略 (SNRE) | | エネルギー移行法に基づき、SNRのエネルギー分野を補完する目的で、SNBCとPPEに沿って研究開発戦略を策定。再エネ統合のためのシステムの柔軟性、分散型・階層型のエネルギーシステムガバナンス、消費者の役割増大、原子力の継続的改善等に関する研究開発を学際的な研究によって推進する方針を提示。 |

1.環境・エネルギー分野および関連科学技術分野の政策立案のガバナンス（組織体制）

環境・エネルギー分野の政策は環境連帯移行省（MTES）が所管している。また科学技術イノベーションの主要所管省は高等教育・研究・イノベーション省（MESRI）である。

国の研究戦略は首相直属の合議体である研究戦略会議（CSR）で立案され、その下部組織である運営委員会が戦略の執行・運営を行っている。運営委員会はMESRIが主導し、関係各省、研究連合（アリアンス）の各代表や、公的研究機関、大学、グランド・ゼコール、競争力拠点、カルノー機関といった研究関連諸機関の代表が集まる。

研究連合（アリアンス）は国立研究機関や高等教育機関の活動と政策立案をつなぐ組織である。環境、工

エネルギー、ライフサイエンス・医療、情報科学技術、人文・社会科学の各研究区分に対応する5つの研究連合がある。エネルギー分野は国家エネルギー研究調整連合（ANCRE）、環境分野は環境研究のための国家連合（AllEnvi）である。それぞれの連合は国立科学研究センター（CNRS）を含む国立研究機関、大学、行政機関等によって構成されている。各連合は、国の研究戦略の基となる情報や提言を、前述の運営委員会に対して提示する役割を持つ。

2. 環境・エネルギー分野の基本政策

フランスは第二次世界大戦直後に石炭から石油へと移行し、2004年に最後の炭鉱を閉鎖した。以来、1970年代に原子力の大規模開発を進めると同時に、1990年代には天然ガスの割合を増やした。25.6GWの設備容量および63.6TWhの年間発電量（2019年）を持つ水力発電を有するが、全体としては比較的資源の乏しい国であり、天然ガスと石油の大半、ならびに原子力発電のためのウランの半分以上を輸入に依存している。

国際エネルギー機関の国別統計によると、2019年時点の同国の電源構成は、原子力70%、再生可能エネルギー20.9%（内訳：水力11%、風力6%、太陽光2%、潮力約0.1%、バイオマスと廃棄物1.9%）、天然ガス6.7%、石炭1.1%、石油1.1%、その他約0.2%、である（<https://www.iea.org/countries/france>、2021年2月8日アクセス）。水力発電と原子力の割合が大きいため、2005年以降、温室効果ガス排出の削減と経済成長の切り離し（デカップリング）に成功しており、温室効果ガス排出量は横ばいないし減少傾向にある。他のEU諸国に比べて太陽光発電の導入に遅れをとっているが、風力発電（陸上・洋上）の容量を大きく増加させているなど、再生可能エネルギーの将来的な展開の基礎を築いている。

原子力に関しては大きな転換を迎えている。東京電力福島第一原子力発電所での事故後、2012年2月に同国は「2050年のエネルギー構想」をまとめ、エネルギー全体に対する原子力の比率について具体的な目標は設定せず、様々な選択肢を維持しながらエネルギー分野の研究開発を強化していくことを基本方針として示した。しかし、その後のオランド政権（2012年5月～2017年5月）では、電源の多様化の観点から2025年までに原子力への依存を2010年の約75%から50%に削減する方針が示された。2015年には2050年までのエネルギー政策の方針を示した「緑の成長のためのエネルギー移行法」が成立した。

これまでの目標の達成状況

フランスは、電源構成の多様化に向けて、再生可能エネルギーが占める割合を2020年までに27%まで引き上げるとの目標が設定されていたが、実際には約21%にとどまった（ただしEU規模の目標であった20%は達成）。一方で、原子力と水力によって、低炭素な電力供給は95%を超えている。原子力発電の段階的廃止の期間を延長しつつ、その間に再生可能エネルギーの発電能力を拡大するという方法で目標達成に取り組んでいる。

2030年目標に関しては、再生可能エネルギー比率について明確な目標は設定されておらず、かねてからの政策で設定された目標が残る形となっている。2015年に策定された「緑の成長のためのエネルギー移行法」では、2025年までに再生可能エネルギー比率を40%まで引き上げるとしていたが、現状のままでは達成困難であり、30%あたりまでの引き上げが現実的と見られている。最終エネルギー消費は2030年までに17%削減することを目標としていたが、2000年以降でわずか2.6%の減少に留まっており、こちらも目標達成は難しいと見られている。

気候変動への対応

EUが各加盟国に提出を義務付けた「国家エネルギー・気候変動計画（NECP）」において、フランスは、

自国版NECPを「気候のための国家低炭素戦略 (SNBC)」と「複数年エネルギー計画 (PPE)」の2つを柱とした計画としてとりまとめた。SNBCは2015年、PPEは2016年に一度策定されており、今回取り上げられているのはそれらの改訂版である。

改訂版SNBCの重要な点は、2050年までにカーボンニュートラル (GHG排出の正味ゼロ) を実現すると目標を法的に設定した点である。その下で、低炭素・循環型・持続可能な経済への移行を支援するためのガイドラインをセクター毎に用意するとともに、短中期のGHG排出削減のロードマップを示した。

改訂版PPEは、エネルギー部門における今後10年の政策的な優先事項を示している。電源構成の多様化を目指して、2030年までに再生可能エネルギーの割合を33%まで増やす一方で、2030年までに化石燃料消費を40%削減し、2035年までに原子力の割合を50%まで減らすとしている。概要は以下のとおりである。

- (1) 最終エネルギー消費量：2023年までに7%、2028年までに14%、2030年までに17%、2050年までに50%の削減。
- (2) 化石燃料消費：エネルギーミックスに占める割合を、現在の75%から、2023年までに20%、2028年までに35%、2030年までに40% (または2012年レベルの60%) まで減少。
- (3) 再生可能エネルギー (電気)：2030年までに陸上風力発電量を3倍、太陽光発電量を5倍まで引き上げ。洋上風力発電設備の新規入札を促進。再生可能エネルギー由来ガス (Power-to-Gas) を天然ガス消費量の10%まで引き上げ。
- (4) 再生可能エネルギー (熱)：廃棄バイオマス、地熱、太陽熱、ヒートポンプを利用した再生可能熱生産の促進。2028年までに40%増加 (2016年比で60%増加) を目指す。

循環経済のイニシアチブ

廃棄物と循環経済に関連する新しい政策としては、「EU循環経済パッケージ」の多くの条項を国内法に置き換えるための法律「廃棄物と循環経済との闘いに関する法律」(2020年)がある。2030年までに1人当たりの家庭ごみを15%削減、経済活動による廃棄物を5%削減などの目標を設定している。2025年までにプラスチックを100%リサイクルするとの目標も設定され、使い捨てのプラスチック容器は段階的に廃止される予定である。製品パッケージに「生分解性」や「環境への配慮」などの用語を表示することができなくなり、特定の電子製品は2021年から「修理可能性評価」を表示することが義務づけられる。またメーカーはリサイクル可能性を優先するように製品の設計を改善するよう奨励されている。

モビリティと自動車産業に関するイニシアチブ

モビリティと自動車産業に関する主要な方針は「フレームワーク・モビリティ法」(2019年)である。運輸部門における変革を促すため、①自動車への依存を最小限に抑える、②新しい輸送モードの成長を加速する、③エネルギー転換を達成する、④輸送インフラへの投資を計画する、といった目標を設定している。内燃機関を蓄電池または燃料電池に変換するための規制を定義し、継続的な投資や革新を促すための自動車産業への経済的支援を行うことを通じてこれらの目標達成に取り組んでいる。

3. 環境・エネルギー分野のSTI政策

フランスの研究・イノベーションに関する統一的な戦略としては、高等教育・研究・イノベーション省 (MENESR・当時) が2015年に公表した「国家研究戦略 (SNR: France Europe 2020)」がある。SNRは、10の社会的課題を優先的に設定し、EUの研究戦略であるHorizon 2020との整合性を重視しながら、研究

機関との協力関係と資金配分機関の年間計画を設定している。

社会的課題のうち環境・エネルギー分野に関連が深い項目としては、「資源管理および気候変動への対応」(社会的課題1)、「クリーンで安全で効率的なエネルギー」(社会的課題2)、「持続可能な輸送と都市システム」(社会的課題6)、「欧州のための宇宙・航空」(社会的課題9)などが挙げられる。課題9には地球観測が含まれている。

また社会的課題とは別に5つの横断的課題というものも設定されている。これは社会的課題には直接的には属さないものの、別途競争的資金の配分を前提としたプロジェクトにより研究を進めるべき5つのテーマとの位置づけである。5つの横断的課題のうち環境エネルギー分野と関連するものには「地球系：観測、予測、適応」がある。

SNRに加え、緑の成長のためのエネルギー移行法を踏まえた「国家エネルギー研究戦略 (SNRE)」も2016年12月に公表されている。SNRのエネルギー分野を補完する位置づけにあり、再生可能エネルギーの拡大に向けたエネルギーシステムの柔軟性、分散型・階層型のエネルギーシステムガバナンス、原子力の継続的改善などに関する研究開発を推進するための基本方針が示されている。

国家水素戦略

2020年9月に発表された経済刺激策(「フランス再生計画」)と同時期に、「国家水素戦略」が公表された。フランスは水力と原子力に支えられて低炭素な電力供給が95%を超えている。その利点を生かしてカーボンフリー水素産業の創出や産業部門の脱炭素化などを進めるため、2018年に「エネルギー移行のための水素展開計画」を公表している。今般の国家水素戦略は同計画と基本的な方向性は同じであり、国の優先事項の1つとして改めて水素を位置付けた形となる。資金面でも、フランス再生計画では全体予算1,000億ユーロの3分の1を産業の脱炭素化、循環経済、水素を含むグリーン技術の取組み強化に充てるとしているが、その一部(20億ユーロ)がこの国家水素戦略予算に充てられる予定となっている。国家水素戦略全体では2030年までに約70億ユーロを本戦略に基づく研究開発や実装・産業化の支援に充てる予定である。

戦略は3つの柱から構成される。1つ目は水電解によるカーボンフリー水素製造産業の創出および産業部門の脱炭素化である。2030年までに6.5GWの水電解装置の導入を目指す。2つ目はカーボンフリー水素を燃料とする大型モビリティの開発である。2020年からの3年間で約3.5億ユーロを水素エネルギーの製造・輸送に関わる機器やシステムなどの開発に投資する。3つ目の柱は研究・イノベーション・人材育成支援である。次世代水素技術の研究開発プロジェクトに2021年は6,500万ユーロを投じる予定としている。

その他、フランスは水素に関するドイツとの提携計画や、再生可能エネルギーについての国際的なプラットフォームの設置など、再生可能エネルギー推進のための連携強化を図っている。

4. 代表的な研究開発プログラム/プロジェクト

研究開発とイノベーションのための同国の主要な公的資金提供機関は、国立研究開発機関(ANR: French.National.Research Agency)である。資金は主に大学や国立研究機関に割り当てられている。環境・省エネルギー機構(ADEME: French.Environment.and.Energy.Management.Agency)も環境・エネルギー分野に資金を投入している。

将来への投資計画(PIA)

将来への投資計画(PIA: Investments for the Future)は、2010年に創設された、優先セクターへ

の投資と革新を奨励することによる成長促進計画であり、雇用の刺激、生産性の向上、フランス企業の競争力向上を目的としている。2010年の第一版（PIA1）では350億ユーロ、2013年の第二版（PIA2）では120億ユーロ、2017年の第三版（PIA3）では100億ユーロが割り当てられた。

経済全体のイノベーションを加速することを目的とするこの計画（PIA）における柱は、「戦略的かつ優先的な投資」と「高等教育、研究、イノベーションのための持続可能な資金調達」である。前者は、「フランスの経済と社会の移行の課題に対応する例外的な投資」への優先投資であり、グリーンテクノロジーやデジタルテクノロジー、医学研究、健康産業、気候への適応など、幅広い影響を与える将来のテクノロジーが含まれる。後者は、過去のPIAによって開発された高等教育および研究システムの効率を高め、革新的な企業をサポートすることである。

2020年9月の第4版（PIA4）では、2022年までを期間として110億ユーロが割り当てられることとなった。このPIA4は、同じく2020年9月に開始された「フランス再生計画（France Relaunch Plan）」の一環として機能するものである。PIA4により公募されているプロジェクトで、環境・エネルギー分野に関連するものには、水素の生産、輸送、およびその使用に関連する項目とシステムの開発、改善を可能にするイノベーションを支援するプロジェクトや、生態学的およびエネルギー転換で、持続可能な雇用の開発、低炭素と競争力のあるエネルギーミックス、社会の受容性を促進しながら、生産方法と消費慣行を変えるプロジェクト等がある。

大規模投資計画（GPI）

2017年9月に発表された大規模投資計画（GPI：LE GRAND PLAN D'INVESTISSEMENT 2018-2022）は、2018年から2022年までを期間とした大型投資計画である。構造改革を支援することを通じて、フランスの4大課題（カーボン・ニュートラルへのシフト、雇用の改善、イノベーションによる競争力強化、国の電子情報化）に対処することを目的に、5年間で570億ユーロを投資する。投資額の配分は、4つの重点課題に分けて次のようにおこなわれる。すなわち、環境に留意した社会への移行の加速化（200億ユーロ）、スキル社会の構築（150億ユーロ）、イノベーションによる競争力の定着化（130億ユーロ）、デジタル国家の建設（90億ユーロ）、である。

このうち、とくに環境・エネルギー分野に関連する「環境に留意した社会への移行の加速化」では、次のような取り組みが行われる。

- ・ 建物の熱源設備の大幅改良工事を開始することを通じ、一般の世帯用住宅および公共の建物のエネルギー効率の向上を図る（90億ユーロ）
- ・ 交通道路網や鉄道の主要な改良プロジェクトを支援することを通じ、フランスの日常の移動手段の改善を図る（40億ユーロ）
- ・ 再生可能エネルギーの生産能力の70%向上と同時に、個人や企業の働き方を改善するイニシアチブを支援することを通じ、将来モデルの創出することを図る（70億ユーロ）

国立研究機関（ANR）と環境・省エネルギー機構（ADEME）

ANRは基礎研究から技術移転プログラムまで、幅広く資金配分をしている。ADEMEは、ANRと比べると小規模だが、実証段階前後のフェーズを対象としている。いずれも、PIAの資金配分機関としても機能している。

ANRは、フランスの代表的な研究開発・イノベーションの公的資金配分機関である。公的部門と民間部門による共同の学際的プロジェクトを創造することを目指し、主に民間企業と連携する大学・国立研究機関を

対象に、プロジェクトベースの研究へ資金を提供している。とくに、基礎研究を支援すると同時に、学術および官民の連携を奨励し、欧州ならびに国際協力を促進する役割を担っている。

ADEMEは、再生可能エネルギー、大気、騒音管理、輸送と移動、廃棄物とリサイクル、汚染土壌と土地、環境管理などの分野を対象とした公共政策の実施を担い、環境保護とエネルギー管理に関する取り組みを促進することを目的とする機関である。国内各地にオフィスをもち、各州においては、これら取り組みの好事例の普及に向け、研究から実施までのプロジェクト資金調達を支援するなど、この分野の公的資金運営をおこなっている。同時に、企業、地方自治体、コミュニティ、政府機関、および一般市民に対して専門的な知識と助言を提供することを通じ、様々な環境に関するアクションを国として統合できるようにする役割も担っている。ADEMEは、PIAを含めて、13の特定のプログラム、5つの主要なイノベーションプログラムを実施し、エネルギーおよび環境関連プログラムと輸送システムプログラムの市場投入に向けた種々の資金規模を備えている。投資対象には、中小企業向けの技術開発を目的とした競争ファンドや投資型ファンドが含まれる。

ADEMEの主なプログラムは、1)持続可能な都市、町、地域、2)持続可能な生産と再生可能エネルギー、3)農業、森林、土壌、バイオマス、4)大気質、健康および環境への影響、5)エネルギー、環境、社会、である。エネルギーと環境は、建物、生物多様性、CCUS、生化学、廃棄物処理と産業生態学、土壌浄化、風力エネルギー、海洋エネルギー、太陽エネルギー、水、地熱、産業プロセス、スマートグリッドを含むADEMEの投資目標の中心的構成要素である。プログラムへの資金は近年増加しており、2017年の5億2400万ユーロから、2020年には7億2100万ユーロに増加している。2020年の予算構成は図表1.2.4(6)-1のとおりである。

図表1.2.4(6)-1 ADEMEの2020年予算構成(百万ユーロ)

| 項目 | 予算額 |
|--------------------|-----|
| 再生可能熱 | 350 |
| 循環経済と廃棄物 | 164 |
| 大気とモビリティ | 70 |
| 建物 | 23 |
| コミュニケーションとトレーニング | 12 |
| エネルギーと気候への領土的アプローチ | 22 |
| 汚染された場所と都市の荒地 | 21 |
| 調査 | 27 |
| その他 | 32 |

(7) 中国

■気候変動とエネルギー関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|---------|--------------------------|---------------------------|-----------|---|
| 2016.3 | 国家発展改革委員会、國務院、中国共産党中央委員会 | 国民経済・社会発展「第13次5カ年」計画綱要 | 2020 | 主要指標25項目のうち、環境・資源・エネルギー関係で10項目が設定。いずれも必ず達成する目標値として拘束性をもたせている。環境関係では、GDPあたり水使用量を2015年比23%減、飲用可能な水質の割合70%以上、SO ₂ 排出量2015年比15%減、NO _x 排出量2015年比15%減などの目標を掲げる。 |
| 2016.10 | 國務院 | 第13次5カ年温室効果ガス排出抑制行動計画 | 2020 | 石炭50億トン以内、GDPあたりエネルギー消費量2015年比15%減、非化石エネルギー割合15%に総エネルギー消費量を管理する目標を掲げる。大規模発電の単位CO ₂ 排出量は550gCO ₂ /kWh以内に抑え、水力3億4000万kW、風力2億kW、太陽光1億kW、原子力5800万kWを達成し、3000万kW以上を建設中にする目標。 |
| 2016.12 | 国家発展改革委員会、国家エネルギー局 | エネルギー発展「第13次5カ年」計画 | 2020 | エネルギー自給率80%、非化石エネルギー割合15%以上、GDPあたりエネルギー消費量を2015年比15%減、GDPあたりCO ₂ 排出を2015年比18%減等の目標を掲げる。 |
| 2016.12 | 国家発展改革委員会、国家エネルギー局 | 再生可能エネルギー発展「第13次5カ年」計画 | 2020 | 再生可能エネルギーの発電設備容量を6.8億kW、発電量は1.9兆kWhと発電量全体の27%を目指すとしている。再生可能エネルギー全体で5カ年中に2兆5000億元での新規投資を目標としている。 |
| 2016.12 | 国家発展改革委員会、国家エネルギー局 | 石炭産業発展「第13次5カ年」計画 | 2020 | 老朽化した石炭の供給設備を8億t/年削減し、炭鉱数を6000か所程度に抑制し、石炭企業を3000社に半減させ、石炭生産量を39億tなどのミッションを掲げる。 |
| 2017.1 | 國務院 | 省エネ・排出削減「第13次5カ年」総合作業計画 | - | 2020年までに、GDP1万元あたりの国内エネルギー消費量を2015年比15%減、総エネルギー消費量を標準石炭の50億トン以内に抑える目標。化学的酸素要求量、アンモニア性窒素、二酸化硫黄、窒素酸化物の総排出量は、それぞれ201万トン、207万トン、1580万トン、1574万トンの範囲内に抑える。 |
| 2017.2 | 國務院、交通運輸部、国家発展改革委員会 | 現代総合交通輸送システム「第13次5カ年」発展計画 | 2020 | 2020年をめどに安全でクリーンな現代型交通運輸システムを構築するとしている。一定規模以上の都市で公共交通車のうち新エネルギー車(NEV:中国は電気自動車、燃料電池車、プラグインハイブリッド車を新エネ車として対象。ハイブリッド車は省エネ車という別区分)を35%以上にすることを目指すとしている。 |
| 2017.4 | 工業・情報化部、国家発展改革委員会、科学技術部 | 自動車産業中長期発展計画 | 2020、2025 | NEVの年間生産・販売台数を2020年に200万台を目指し、2025年には年間生産・販売台数の20%以上を目指すとしている。 |

| | | | | |
|---------|------------------|--|-----------|--|
| 2017.7 | 国家エネルギー局 | 再生可能エネルギー発展「第13次5カ年」(2016-2020)計画の実施に関する指導意見 | 2020 | 2020年までの風力、太陽光、バイオマス発電の建設目標を設定。風力(110.41 GW)、太陽光発電(86.5 GW)、水力発電とバイオマス(23.34 GW)の建設規模、送配電網、実施ロードマップを提示。 |
| 2018.4 | 国家エネルギー局 | スマート太陽光発電産業発展行動計画 | 2020 | 太陽光発電のスマート製造をサポートするソフト、AI、5G通信、その他の新しい情報技術などのソフトと設備の競争力向上、輸出促進も掲げている。 |
| 2019.6 | 国家発展改革委員会などの関係部署 | グリーン・高効率冷却行動計画 | 2022、2030 | 2022年までに、家庭用エアコンなどのエネルギー効率水準を30%以上増加、効率的な冷凍製品の市場シェアを20%増加、年間約1,000億kWhの節電の実現を目指す。 2030年までに、大規模公共建築物の冷却エネルギー効率を30%向上、冷凍の全体的なエネルギー効率25%以上増加、効率的な冷凍製品の市場シェアを40%以上増加、年約4,000億kWhの節電の達成を目指す。 |
| 2020.4 | 財政部などの関係部署 | 新エネルギー車(NEV)を促進するための補助金適正化に関する通知 | | NEVに関する国家補助金プログラムの2020年の年次の修正。5つの大きな変更がある。1) COVID-19等への景気刺激のため、2020年末終了予定だった補助金を2022年末まで延長 |
| 2020.6 | 工業・情報化部などの関係部署 | 新エネルギー車管理規則指令(改正NEV規制) | 2023 | 普通乗用車のNEV普及促進と、既存の燃費規制を弾力化。NEVクレジット目標を2019年10%から、2023年18%に順次引き上げ。売上台数ではなく、NEVのクレジットを対象に設定。クレジットは電動航続距離、効率などの指標に応じ付与。NEVに限定していた従来の優遇方針から、燃費性能に優れたハイブリッド車種なども優遇対象に追加。 |
| 2020.10 | 国務院 | 新エネルギー自動車産業発展計画(2021-2035) | 2025 | 2025年までの目標として、新規の一般乗用車NEVの平均消費電力を12.0 kWh / 100 kmまで下げ、NEVの売上高は新車総売上高の約20%以上、高度な自動運転の、制限されたエリアや特定のシナリオのもとでの商用展開、バッテリー交換サービスの利便性の大幅な向上などを掲げている。 |

■その他の環境とエネルギー関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|--------|------|------------------|------|---|
| 2013.9 | 国務院 | 大気汚染防止行動計画(大気十条) | 2017 | 一定規模以上の都市のPM ₁₀ の濃度を2012年比10%以上減、京津冀(北京市、天津市、河北省)、長江デルタ、珠江デルタなどの地域のPM _{2.5} の濃度をそれぞれ25%、20%、15%低下などの目標を掲げ、おおむね達成の自己評価がなされた。 |

| | | | | |
|---------|--------------------|-------------------|-----------|---|
| 2015.4 | 国務院 | 水汚染防止行動計画(水十条) | 2020、2030 | 2020年までに全国水使用量を6700億m ³ 以下、都市部の汚水処理率95%以上、長江・黄河・珠江・松花江・淮河・海河・遼河の7大重点流域で水質「優良(Ⅲ類以上)」割合を70%以上などの目標を掲げ、2030年はさらに高い目標値を設定。 |
| 2016.5 | 環境保護部(現:生態環境部) | 土壤汚染防止行動計画(土十条) | 2020、2030 | 2020年までに汚染された耕地の安全利用率を90%前後、汚染されたエリアの安全利用率を90%以上などのミッションを掲げ、2030年はさらに高い目標値を設定。 |
| 2016.12 | 国務院、環境保護部(現:生態環境部) | 生態環境保護「第13次5ヵ年」計画 | 2020 | PM _{2.5} 濃度基準未達成の一定規模以上の都市でPM _{2.5} 濃度を18%以上減、大気の質が良好な日数の比率を80%以上などのミッションを掲げている。 |
| 2018.6 | 国務院 | 青空防衛戦3ヵ年作戦計画 | 2020 | 大気十条の後継計画。他の5ヵ年計画期限と整合をとるため3ヵ年計画となっている。二酸化硫黄と窒素酸化物の年間総排出量を2015年比で15%以上減、環境基準未達成都市のPM _{2.5} 濃度を2015年比で18%以上減などのミッションを掲げる。 |

■科学技術イノベーション関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|---------|--------------------|---------------------------------------|----------------|--|
| 2016.3 | 国家発展改革委員会、国家エネルギー局 | エネルギー技術革命イノベーション行動計画(2016~2030年) | 2020、2030、2050 | 石炭無害化採掘、CCUS、原子力、太陽エネルギーの高効率利用、高効率ガスタービン、蓄エネルギー、水素エネルギーと燃料電池などの15項目の重点推進分野を定めている。 |
| 2016.5 | 中国共産党中央委員会、国務院 | 国家イノベーション駆動発展戦略綱要(2016~2030年) | 2020、2030、2050 | 重点分野「産業技術体系のイノベーションの推進、発展のための新たな優位性の創造」で、10の重点領域分野として「スマート・グリーン製造技術」、「現代的農業技術」、「現代的エネルギー技術」、「資源効率利用および環境保護技術」が示されている。 |
| 2016.7 | 国務院 | 科学技術イノベーション「第13次5ヵ年」計画 | 2020 | 国が長期にわたって安定的に支援する15の重大科学技術プロジェクトのうち、「大型航空機エンジン及びガスタービンの研究開発」、「石炭のクリーン・高効率利用技術」、「スマートグリッド技術」、「京津冀地域総合的環境保全」が示されている。 |
| 2020.11 | 中国共産党中央委員会 | 国家経済・社会発展第14次5ヵ年計画と2035年長期目標の制定に関する建議 | 2025 | 基礎研究の強化、イノベーションへの焦点、学際的・統合化の促進を提案。新エネルギー、新エネルギー車、環境保護技術、航空宇宙、海洋機器産業を次世代開発加速対象に含めている。清浄、低炭素、安全、効率的なエネルギー利用を促進し、炭素排出量のピークを2030年以前にすることを目指すとしている。 |

1. 環境・エネルギー分野および関連科学技術分野の政策立案のガバナンス（組織体制）

国全体の方針を示す「中国国民経済・社会発展第13次五カ年計画」（2016～2020年）は、中国共産党の「中国共産党中央委員会の国民経済・社会発展第13次五カ年計画に関する建議」を踏まえ、国務院が起草し、全国人民代表大会での承認を経て確定されている。ただし科学技術分野の政策については、その多くが「国家中長期科学技術発展計画綱要」（2006～2020年）および「国家イノベーション駆動発展戦略綱要」（2016～2030年）の内容を踏襲した形になっている。

第14次五カ年計画の策定に向けて、2020年11月に中国共産党中央委員会は「国家経済・社会発展第14次五カ年計画と2035年長期目標の制定に関する建議」を発表した。基礎研究の強化や、イノベーションを促進する重点分野を掲げている。最も特徴的な点として、従来の五カ年計画と異なり、GDP成長率の数値目標は明示していない。また、貧困撲滅や環境汚染の改善を重視する姿勢を掲げている。習近平総書記の2019年国連総会での表明にあわせて、2030年以後は二酸化炭素の排出量を低減させていくという目標が記されている⁶⁵。

科学技術政策の実施主体は主に国務院傘下の科学技術部（MOST）が担っている。同部所管には、基礎研究だけでなく産業技術に係る研究領域も含まれている。戦略的計画、政策、規制、イノベーションシステム構築、基礎研究、ハイテク研究、技術移転、国際協力などの部門がある。MOST傘下には科学技術政策シンクタンクである中国科学技術発展戦略研究院（CASTED）や科学技術情報基盤の構築を担う科学技術情報研究所（ISTIC）が置かれている。

エネルギー分野は、国務院の国家エネルギー委員会を最高の意思決定機関としている。同委員会は、2010年に設立され、国務院総理、環境、金融、中央銀行、国家発展改革委員会など20人前後の閣僚で構成されている。エネルギー政策全般での省庁間の利害調整や、新エネルギー開発戦略の立案、エネルギー安全保障の評価、気候変動・炭素削減・エネルギー効率の国際協力調整などを行う。実際的なエネルギー政策は国家エネルギー局を擁する国家発展・改革委員会、中国国家原子エネルギー機構を擁する工業・情報化部等が所管している。国家発展改革委員会の資源節約環境保護局は持続可能な開発戦略の実施を促進するため、環境配慮の開発に関する戦略、計画、政策の実施の策定と体系化を担っている。これに加え、国務院直属機構として中国最大の研究機関である中国科学院や主としてボトムアップで主に中央政府の資金配分を行う国家自然科学基金委員会（NSFC）、トップダウン式で戦略的な研究資金を配分するMOSTハイテク研究開発センターも関与している。

環境分野に関しては、MOSTや中国環境科学院を擁する生態環境部（MEE）等が所管している。2018年3月に行政機関の大規模な組織改編が行われ、環境保護部が廃止されて生態環境部が新設された。生態環境部には環境保護部以外の組織が所管していた温室効果ガス排出削減、温暖化対策、排水規制、土壌・地下水汚染防止、農業汚染管理、海洋汚染管理等の環境政策も統合され、環境規制強化の方針が打ち出されている。なお大気汚染に関しては国家気象局もモニタリングに関与する。国務院直属機構として中国最大の研究機関である中国科学院や主としてボトムアップでの資金配分を行う国家自然科学基金委員会も環境分野の研究開発に関与する。また地方政府も地域振興策の下で環境関連技術の推進及び環境産業の創出に取り組んでいる。全分野を合計した研究開発費では、2010年以降、地方政府の総合計は中央政府を上回って

65 みずほ総合研究所「中国五カ年計画と長期目標の概要：2035年までの持続的成長に向けイノベーション強化」『みずほ総合研究所』, <https://www.mizuho-ri.co.jp/publication/research/pdf/insight/as201113.pdf> (2021年2月16日アクセス)

いる。中央政府の研究開発支出額は増えているものの、地方政府はそれを上回る増加率を示している。中国のほぼすべての州と都市は、エネルギー転換と環境保護産業の促進を強力に支援するために、生態系および環境保護に関連した政策もしくは財政的支援や事業計画を交付している⁶⁶。

2. 環境・エネルギー分野の基本政策

政府は、環境汚染と気候変動の主要因の1つはエネルギー資源の大規模な開発と利用であるとの認識を示しており、国民経済と社会の発展のためのニーズに立脚し、エネルギー、資源、環境の技術開発を優先している。エネルギー分野では「省エネと供給の多様化・拡大」、資源分野では「戦略的資源の調査・開発・利用に関する技術水準の向上」が柱に据えられている。また環境分野では「クリーンな生産と循環型経済の確立」と「脆弱な生態系の管理」が柱に据えられている。

中国における環境法体系は憲法、法律（全国人民代表大会およびその常務委員会が制定）、行政法規（国務院が制定）、部門規定（国家発展改革委員会や国家エネルギー局、生態環境部などが制定）、地方法規および地方政府規定（それぞれ地方人民代表大会と地方政府が制定）といった階層で構成されている。さらに、法令効力を有する拘束的な指標を明確に記載した通達も行動計画や決定、方案、指導意見などの名称で出されている。

環境と経済の両立が重視されつつあり、政策にそうした理念が取り込まれた象徴的な行動目標として大気十条、水十条、土十条と呼ばれる「大気汚染防止行動計画」、「水汚染防止行動計画」、「土壌汚染防止行動計画」が挙げられる。これらにより法的拘束力をもった環境浄化の指標が定められている。また環境を重点領域と位置づけた「京津冀（北京-天津-河北省）地域総合的環境保全」のような巨額のプロジェクトも存在する。

エネルギーに関する政策

エネルギー関係では、「国民経済・社会発展『第13次5カ年』計画綱要」に基づき、国家発展改革委員会と国家エネルギー局の共同により「エネルギー発展『第13次5カ年』計画」が2016年12月に策定されている。同計画では、エネルギー消費総量を管理し、安全、安定、経済的、クリーンなエネルギー産業システムを構築し、2020年までに以下7つのミッションが示されている。

| ミッション | 概要 |
|------------|--|
| ①エネルギー総消費量 | 標準炭換算でエネルギー消費量を50億トン以内とし、石炭消費量を41億トン以内とする。電力消費量を6.8～7.2兆kWhとする。 |
| ②エネルギー安全保障 | エネルギーの自給率を80%とし、エネルギー安全供給能力、エネルギーの利用効率を向上させ、グリーンエネルギーの割合を高める。 |
| ③エネルギー供給能力 | 供給能力を徐々に高め、国内の一次エネルギー生産量（標準炭換算で）を40億トンにし、そのうち、石炭は39億トン、原油は2億トン、天然ガスは2200億m ³ 、非化石エネルギーは7.5億トン（標準炭換算）を目標とする。発電容量は20億kWとする。 |
| ④エネルギー消費構造 | 非化石エネルギーの割合を15%以上、天然ガスの割合を10%、石炭の割合を58%以下にする。発電用の石炭消費量は石炭消費量全体の55%以上とする。 |

66 Prospective Industry Research Institute 「2019年全国及び各省市の環境保護産業政策の要約」『ポラリス環境保護ステーショングループ』, <http://huanbao.bjx.com.cn/news/20191023/1015328.shtml> (2021年2月16日アクセス)

| | |
|------------|--|
| ⑤エネルギー効率 | GDP当たりのエネルギー消費量は、2015年と比べて15%減少させ、1kWhの電力を生産するための石炭消費を310グラム以下とする。電気供給の損失を6.5%以内とする。 |
| ⑥低炭素目標 | GDP当たり二酸化炭素排出量は、2015年と比べて18%減少させ、エネルギー産業における環境保護能力を著しく向上させる。石炭を燃料とする火力発電所の汚染物排出量を大幅に減少させる。 |
| ⑦エネルギーサービス | エネルギーサービス水準を向上させ、エネルギー利用の便利化を図り、都市部と農村部の電気消費の差を縮小させる |

また同計画では5つの主要目標を掲げている。それらは、「クリーンで高効率の化石エネルギー技術」、「新エネルギー電力システム技術（再生可能エネルギーの高効率利用、エネルギー貯蔵、再生可能エネルギーの高い比率の送電を含む）」、「高度な核燃料技術」、「戦略的エネルギー技術（水素と燃料電池、超伝導送電、ガスタービン、メタンハイドレート、高クリーン、高エネルギー密度の特殊油を含む）」、「エネルギー材料技術（高温耐熱材料、電池材料、原子力材料、触媒、エネルギー用途の先端電子機器を含む）」の5つである。これらの目標に基づき、政府の関連部門は以下に示すような政策・計画を制定している。

- ・「エネルギー技術革命イノベーション行動計画（2016～2030年）」（2016年3月）
- ・「エネルギー技術イノベーション『第13次5カ年』計画」（2016年12月）
- ・「再生可能エネルギー発展『第13次5カ年』計画」（2016年12月）
- ・「バイオエネルギー発展『第13次5カ年』計画」（2016年10月）」
- ・「電力発展『第13次5カ年』計画」（2016年11月）
- ・「風力発電発展『第13次5カ年』計画」（2016年11月）
- ・「水力発電発展『第13次5カ年』計画」（2016年11月）
- ・「太陽エネルギー発展『第13次5カ年』計画」（2016年12月）
- ・「海洋再生可能エネルギー発展『第13次5カ年』計画」（2016年12月）
- ・「石炭産業発展『第13次5カ年』計画」（2016年12月）
- ・「天然ガス発展『第13次5カ年』計画」（2016年12月）
- ・「地熱資源開発利用『第13次5カ年』計画」（2017年1月）
- ・「クリーン・エネルギー高効率利用アクションプラン2018-2020」（2018年10月）

2020年11月、中国共産党中央委員会は「国家経済・社会発展第14次5カ年計画と2035年長期目標の制定に関する建議」を発表した。焦点の1つが、持続可能な低炭素の開発を促進、加速である。より清浄な生産プロセス、環境保護産業の育成、清浄、低炭素、安全、効率的なエネルギー利用、持続可能な建築を促進して、炭素排出量のピークを2030年以前にすることを目指している。

環境保護に向けた政策

環境分野に関しては、前述のとおり「クリーン生産と循環型経済の確立」と「脆弱な生態系の管理」が柱に据えられている。深刻な大気汚染、水質汚染、土壌汚染等の環境問題の回復を目的として、規制強化のための立法、法改正が矢継ぎ早に行われている。2014年4月24日全国人民代表大会常務委員会において「環境保護法（主席令9号）」を改正した。「大気污染防治法（主席令31号）」は2015年8月、2018年10月、「環境影響評価法（主席令48号）」は2016年9月、2018年12月と短期間で改正されている。「海洋環境

保護法」は2017年4月、「水質汚染防止法」は2017年6月、「土壤污染防治法」は2018年8月に改正が全国人民代表大会常務委員会によって可決されている。これらの法改正は環境汚染の防止に対する政府の強い意思を示している。

「国民経済・社会発展『第13次5カ年』計画綱要」(2016年)では「グリーン発展」がテーマとして掲げられ、資源節約型、環境友好型社会の構築が言及されている。「科学技術イノベーション『第13次5カ年』発展計画」における、「科学技術重大プロジェクト」の1つが水汚染のコントロールと修復である。水循環システムの回復、プロセス全体の水処理、飲料水の安全性と生態系の回復を確保するための技術開発を目指している。

- ・「大気汚染防止行動計画（大気十条）」(2013年9月、国務院)
- ・「水汚染防止行動計画（水十条）」(2015年4月、国務院)
- ・「土壤汚染防止行動計画（土十条）」(2016年5月、環境保護部)
- ・「温室効果ガス排出抑制『第13次5カ年』行動計画」(2016年10月、国務院)
- ・「国家環境保護『第13次5カ年』科技発展計画」(2016年11月、環境保護部、科学技術部)
- ・「生態環境保護『第13次5カ年』計画」(2016年12月、国務院)
- ・「省エネ・排出削減『第13次5カ年』包括的計画」(2017年1月、国務院)
- ・「青空防衛戦3カ年作戦計画」(2018年6月、国務院、生態環境部)
- ・「グリーン産業指導目録（2019年版）」(2019年2月、国家発展改革委員会、他6省庁)

深刻な大気汚染への対策として策定された大気汚染防止行動計画（大気十条）は目標年（2017年）までに一定の成果を収めた。これを受け、後継となる「青空防衛戦3カ年作戦計画」（2018～2020年）は、他の第13次5カ年計画の期限と合わせた2020年までの3か年計画として、大気浄化の目標を設定している。水、土壤についても同じく十条の浄化の目標を設定した行動計画が策定されている。

地方政府にも省・市ごとに環境保護管理部門が存在し、従来は各地方の環境行政を担っていたが、2016年に環境規制強化のための指導意見が公布された。指導意見は省レベル以下の地方政府の環境保護管理部門の監視、監督および法執行を省に「垂直管理」というものであり、2018年6月までに完全に移行した。中央政府による現地査察や汚染企業の操業停止や取締りの強化が図られている。

新エネルギー車普及政策

環境保全と産業育成を目的に新エネルギー車の普及政策も相次いで行われている。2017年4月に発表された「自動車産業中長期発展計画」では、新エネルギー車（NEV：New Energy Vehicle。電気自動車、燃料電池車、プラグインハイブリッド車が対象。ハイブリッド車は省エネ車という別区分に置かれている）の年間生産・販売台数を2020年に200万台、2025年には年間生産・販売台数の20%以上を目指すとしている（2016年の中国での自動車生産・販売実績はともに約2,800万台で、新エネルギー車の生産台数は約50万台）。とりわけ電気自動車の普及に向けて、国家エネルギー局は2015年10月に「電気自動車充電インフラ発展指南（2015～2020年）」を発表し、2020年までに交換式電気スタンド・ステーションを1.2万カ所、分散型充電スタンド・ステーションを480万本、全国範囲で500万台の電気自動車カバーする充電インフラを構築する目標を掲げている。2018年の時点ではすでに60万本の分散型充電スタンド・ステーションを建設済みであり、2020年までの目標を達成するために国家発展改革委員会は2018年に「新エネルギー車充電保障能力向上のアクションプラン（2018～2020年）」を発表した。



図表 1.2.4 (7) -1 新エネルギー車に対する中国の国家補助金プログラムの時系列⁶⁸

2020年4月23日、中国財務省（MOF）、工業情報化部（MIIT）、科学技術部（MOST）、国家発展改革委員会（NDRC）が共同で、NEVの促進のための財政補助金の最適化に関する通知^{67,68}を公表した。この通知は、NEVについての10年にわたる国家補助金プログラムに対する2020年の年次修正である。この国家補助金プログラムの歴史的経緯は図表1.2.4(7)-1に示す。2019年6月に公布された年次修正では、前回の政策の更新で公表されたNEV補助金の段階的廃止計画を反映している。この通知の新しい点は、補助金受給資格の厳格な要件の概要を示していること、補助金規模を決定する改訂公式を規定していることである。その他には地方政府とのペアでのインセンティブ付与に関するガイダンスや、プログラム全体の有効性を高めるいくつかの規定が含まれている。

2020年告知の通知は、前回の政策改正で示された政策の全体設計に基本的に従うものだが、5つの大きな変更がある。それらは、① COVID-19と2018年以降の自動車販売低迷で深刻な影響を受けている市場を刺激するため、2020年末終了予定だった補助金の支給期限を2年間延長し、2022年末までに変更すること、②受給資格の技術的基準が厳しくなること、③補助金の規模は段階的に縮小されること、④車両価格と販売制限が初めて導入されること、⑤燃料電池車（FCV）の補助金は専用の促進パッケージに置き換えられること、の5つである。

NEVに関しては、さらに2つの政策が2020年に発表された。1つは改正NEV管理規則指令（2020年6月改正）⁶⁹である。中国NEV管理規則令はNEVの促進と、既存の燃費規制に追加的な遵守事項の弾力性を与えている。この指令は普通乗用車にのみ適用され、2019年から2023年までのNEVクレジット目標を定めている。具体的には2019年10%、2020年12%、2021年14%、2022年16%、2023年18%と年度ごとのパーセンテージ目標を、NEVの売上ではなく、NEVのクレジットを対象に設定している。NEVに限定していた従

67 中華人民共和国財政部経済建設司「新エネルギー車の普及と応用のための財政補助政策の改善に関する通知」『中華人民共和国財政部』, http://jjs.mof.gov.cn/zhengcefagui/202004/t20200423_3502975.htm?from=timeline&isappinstalled=0 (2021年2月16日アクセス)

68 International Council on Clean Transportation (ICCT), “China announced 2020-2022 subsidies for new energy vehicles”, ICCT, <https://theicct.org/sites/default/files/publications/China%20NEV-policyupdate-jul2020.pdf> (2021年2月16日アクセス)

69 中華人民共和国工業情報化部、財政部、商務部、国稅総局及び市場規制国稅監理局「政令第53号「自動車会社の平均燃費と新エネルギー車のクレジットの併行管理措置の改正に関する決定」を公布」『中華人民共和国財政部』, <http://www.mofcom.gov.cn/article/b/g/202009/20200903000404.shtml> (2021年2月16日アクセス)

来の優遇方針から、燃費性能に優れたエネルギー高効率利用のハイブリッド車種など低燃費車も2021年1月から優遇対象に加える方針修正が示された。

もう1つの政策は、国務院が2020年10月に発表した新エネルギー自動車産業発展計画（2021-2035）⁷⁰である。この計画では2025年までの目標を記載している。2025年までに、新規の一般乗用車NEVの平均消費電力を12.0 kWh / 100 kmまで下げ、NEVの売上高は新車総売上高の約20%以上とし、さらに制限されたエリアや特定のシナリオのもとでの高度な自動運転の商用展開、バッテリー交換サービスの利便性の大幅な向上などを掲げている。

水素および燃料電池普及支援

最近の5年で、中国中央政府と地方政府の両方が水素産業に対する支援を増している。2015年、国務院は、中国製造2025の主要技術の1つに水素を挙げている。2019年3月の李克強首相の政府活動報告に「電気自動車充電ステーションと水素燃料電池燃料補給ステーションの建設の促進」が初めて盛り込まれ、市場や一般政策立案者に明確な合図が送られた形となった。それ以降、中国の州や都市レベルの地方自治体政府は、管轄区域内の水素バリューチェーン全体を強化するために互いに競争している。2019年末までに、少なくとも10の省・直轄市レベル（四川省や上海市、北京市を含む）、21の副省級市・地級市レベル、5つの県レベルの地方政府が水素に特化した行動計画を発表している。

資源ごみ輸入禁止などの通商に関する環境政策

国際関係における環境分野での目立った政策としては、2017年7月に「海外ごみの輸入禁止と固形廃棄物輸入管理制度改革の実施計画」を発表し、2018年より施行したことがあげられる。これを受けて、日本をはじめとした資源ごみ輸出国は環境政策の一層の強化が求められている。

中国企業の海外進出にあたり、「一帯一路生態環境保全協力計画」（2017年5月）では一帯一路の開発途上国へのインフラ整備進出では、中国国内と同じ環境保護基準を満たす基本方針としている。

3. 環境・エネルギー分野のSTI政策

科学技術イノベーションの基本的な方針は「国家イノベーション駆動発展戦略綱要」および「科学技術イノベーション『第13次5カ年』発展計画」に示されている。

「国家イノベーション駆動発展戦略綱要」は、イノベーション駆動発展を知的発展、グリーン発展を前提とし、2050年を見据えた科学技術イノベーション中長期指針である。本戦略綱要では重点8項目を設定しているが、その一つである「イノベーションの推進、発展のための産業技術体系による新たな優位性の創造」で10件の重点領域分野を指定しており、とくに環境・エネルギー分野に係わるものとして「スマート・グリーン製造技術」「現代的農業技術」「現代的エネルギー技術」「資源効率利用および環境保護技術」「海洋及び宇宙政策」「スマートシティ・デジタル社会技術」「健康技術」がある。

「科学技術イノベーション『第13次5カ年』発展計画」では、重要項目として「科学技術重大プロジェクト

70 中華人民共和国国務院弁公庁「新エネルギー自動車産業の開発と流通に関する計画に対する国務院弁公庁の通知（2021-2035年）」『中華人民共和国中央人民政府』、http://www.gov.cn/zhengce/content/2020-11/02/content_5556716.htm（2021年2月16日アクセス）

図表 1.2.4 (7) -2 環境・エネルギー分野に係わる国家重点研究開発プログラムの採択プロジェクト数

| 分野 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019* |
|------------------------------|------|------|------|-------|
| 大気汚染原因解明と制御技術 | 93 | 37 | 11 | NA |
| グリーン建築 | 21 | 20 | 18 | NA |
| 石炭高効率利用 | 17 | 23 | 21 | NA |
| グローバル気候変動と対策 | 29 | 24 | 12 | 9 |
| 新エネルギー自動車 | 19 | 20 | 26 | NA |
| スマート・グリッド技術と設備 | 19 | 20 | 19 | NA |
| 脆弱な生態系の回復と保護 | 37 | 31 | 5 | NA |
| 海洋環境保全 | 26 | 19 | 20 | NA |
| 農業の面汚染源と重金属汚染農地のための総合防止・修復技術 | 11 | 15 | 9 | NA |
| 水資源高効率利用 | 31 | 30 | 20 | NA |
| 固形廃棄物リサイクル | - | - | 38 | NA |
| 現場での土壌汚染の原因解明と管理技術 | - | - | 33 | NA |
| 緑豊かで住みやすい町村革新 | - | - | 10 | NA |

* 本書作成時点で2019年10月15日以降の情報が公開されておらず、2019年分の大部分は不明

図表 1.2.4 (7) -3 環境・エネルギー分野に係わる国家重点研究開発プログラムの助成予算
(単位：億人民元)

| 分野 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019* |
|------------------------------|-------|-------|------|-------|
| 大気汚染原因解明と制御技術 | 10.62 | 10.12 | 2.82 | NA |
| グリーン建築 | 5.97 | 3.96 | 3.08 | NA |
| 石炭高効率利用 | 4.56 | 5.00 | 3.59 | NA |
| グローバル気候変動と対策 | 5.29 | 4.74 | 1.94 | 127 |
| 新エネルギー自動車 | 10.15 | 7.16 | 9.97 | NA |
| スマート・グリッド技術と設備 | 5.81 | 3.72 | 3.76 | NA |
| 脆弱な生態系の回復と保護 | 9.89 | 4.84 | 0.56 | NA |
| 海洋環境保全 | 5.39 | 2.76 | 3.30 | NA |
| 農業の面汚染源と重金属汚染農地のための総合防止・修復技術 | 2.85 | 2.47 | 1.27 | NA |
| 水資源高効率利用 | 8.77 | 4.45 | 3.80 | NA |
| 固形廃棄物リサイクル | - | - | 8.62 | NA |
| 現場での土壌汚染の原因解明と管理技術 | - | - | 6.08 | NA |
| 緑豊かで住みやすい町村革新 | - | - | 3.47 | NA |

* 本書作成時点で2019年10月15日以降の情報が公開されておらず、2019年分の大部分は不明

の実施（国が長期に渡って安定的に支援するプロジェクト）」や「産業技術の国際競争力の向上」、「国民生活水準の向上と持続的発展可能な技術体系の構築」、「国家安全・国益に係る技術体系の構築」、「基礎研究の強化」が掲げられているが、それぞれの中で環境・エネルギー分野に係わる重点分野が示されている。

2020年11月、中国共産党中央委員会は「国家経済・社会発展第14次5カ年計画と2035年長期目標の制定に関する建議」を発表した。基礎研究の強化や、イノベーション、学際的な統合促進、産業システムの近代化、経済システムの更新の迅速化、戦略的な新興技術産業の育成、新エネルギー、新エネルギー車、環境・エネルギーに関連する持続可能な環境保全技術などの産業の発展加速を掲げている。また、2020年現在、科学技術部が、社会主義の近代化の実現、科学技術の改革発展のトップレベルのデザインの強化など、科学的技術的なニーズに焦点を当てて、今後15年間の科学技術育成計画と「科学技術イノベーション「第14次5カ年」計画」をまとめる作業を行っている。

4. 代表的な研究開発プログラム/プロジェクト

中国中央政府の環境・エネルギー分野に係わる主要なトップダウン式競争的研究資金プログラムは、2016年に「国家重点研究開発プログラム」に統合されている。「国家重点研究開発プログラム」では毎年重点プロジェクトが発表されている。以下の図表1.2.4 (7) -2、3で、2016年から2019年までの環境・エネルギー分野に関連する重点プロジェクトのまとめを示す。図表1.2.4 (7) -2は各分野で採択された重点プロジェクト数、図表1.2.4 (7) -3は各分野に割り当てられた予算総額である。

(8) 韓国

■気候変動とエネルギー関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|---------|-----------------|-----------------------------|------|--|
| 2015.12 | 関係部処庁合同 | 第2次国家気候変動適応基本計画 (2016~2020) | 2020 | 2010年策定の計画を更新。「科学的な気候変動リスク管理システムの構築」「気候変動に対して安全な社会の構築」「気候変動を活用した産業界の競争力強化」「持続可能な自然資源管理」「国内外の適応政策実施基盤の構築」の5つの政策課題に対応する適応策を提示している。 |
| 2017.12 | 産業通商資源部 (MOTIE) | 再生可能エネルギー 2030 計画 | 2030 | 2030年までにエネルギーの20%を再生可能エネルギー源から生産し、関連雇用を創出する目標。低炭素エネルギーと新しい気候枠組みに適応したエネルギーシステムガバナンスといった環境の創出を掲げる。 エネルギー供給業者向けの再生可能ポートフォリオ基準 (RPS) と小規模な再生可能エネルギー事業者向けの固定価格買取制度 (FIT)、農村地域や建物へのPVの導入、実用規模の再生可能プロジェクトへの環境エネルギー基金の調達、環境にやさしくエネルギーに依存しない都市の実証が主要トピックとして記載。 |
| 2018.7 | 環境部 (MOE) | 国家温室効果ガス排出削減ロードマップ2030 | 2030 | 2014年の国家温室効果ガス排出削減ロードマップ2020の改訂版。目標年を2020年から2030年に変え削減目標を更新。 ※2015年にパリで開催されたCOP21で2030年のGHG排出2005年BAUケース比37%減を公表。 ※2016年12月に一度公表したが、排出削減内訳を変更したものを2018年に改めて公表。 |

| | | | | |
|---------|-------------------|-----------------------------|------|---|
| 2019.1 | 産業通商資源部などの関係部処庁合同 | 韓国水素経済計画 | 2040 | 2040年までの目標として620万台の燃料電池車の生産、1200以上の充填ステーションを設置。2019年に35台以上の水素バスを路上で運用し、2022年までに2000台、2040年までに41,000台の運用を目標。2040年までに15 GWの発電用の燃料電池の供給を目標。 |
| 2019.6 | 産業通商資源部 (MOTIE) | 第3次国家エネルギー基本計画 (2019~2040年) | 2040 | 5つの分野をカバーしたエネルギーミックス計画。再生可能エネルギー：2040年までに電力構成に占める発電量の割合を30~35%に増加。原子力エネルギー：主要なエコシステムを維持。石炭：微細粉塵とGHG排出量を削減。石油：運輸利用を削減して、産業利用に増加。ガス：発電と運輸でより大きな役割を分担。エネルギー輸入を減らし、安定したエネルギー供給システムを築くため、2040年までにエネルギー消費をBAUケース比18.6%削減を目標。 |
| 2019.12 | 国務会議 | 第5次国家環境総合計画 (2020-2040) | 2040 | 石炭、内燃機関、プラスチックの段階的廃止を含む、経済的および社会的グリーン移行への全体的な方向性を提示。「持続可能でエコロジカルな国を人々とともに建設」「2040年までに環境分野のリーダー国に」といったビジョン。生命にあふれた緑の環境、生活の質を向上させる幸せな環境、経済・社会システムを変革するスマートな環境という3つの主要な目標を設定。 |
| 2020.5 | - | 第9次電力需給基本計画 | 2034 | 15カ年計画を2年ごとに更新。現在、第9次計画が最新。2034年までに30年の運転寿命が切れる全ての石炭火力発電所を閉鎖。電力不足を防ぐため、24の石炭火力発電所を液化天然ガス火力発電所への転換を計画。設備容量の再生可能エネルギー比率を、現在の15.1%から2034年までに40%に増加を目指す。ガス、石炭、原子力、そのほかの比率を、現在の32.3%、27.1%、19.2%、6.3%から、2034年に31%、15%、10%、4%にする目標。 |

■その他の環境とエネルギー関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|--------|-----------|---------------------------|------|--|
| 2014.3 | 環境部 (MOE) | 第3次国家生物多様性戦略 (2014~2018年) | 2020 | 「生物多様性の保全と生態価値の向上を通じた創造経済の牽引」を2020年までと目標と設定。 |

■科学技術イノベーション関連

| 年 | 策定主体 | 名称 | 目標年 | 主な内容 |
|---------|-----------------|-----------------------------|-----|--|
| 2014.12 | 産業通商資源部 (MOTIE) | 第3次エネルギー技術開発計画 (2014~2023年) | - | エネルギー基本計画に基づくエネルギーの効率的な使用とGHG排出削減のための最上位の技術開発計画。5年ごとに10年計画を策定。 |

| | | | | |
|--------|--------------------|-------------------------------|------|---|
| 2018.4 | 国家科学技術諮問会議 (PACST) | 第4次環境技術・産業・人材育成計画 (2018~2022) | 2022 | 「環境技術と環境産業の育成計画」と「環境技術人材育成計画」を統合し、2022年までに5兆5526億ウォンを投資し、微細粉塵の低減、生活化学物質の管理、廃棄物の発生ゼロなどに向けた技術開発、海外市場の拡大等を推進。 |
| 2018.6 | 科学技術情報通信部(MSIT) | 第4次科学技術基本計画 (2018~2022年) | 2022 | 「技術により国民生活の質を高め、人類社会の発展に貢献」を最上位ビジョンとし、「未来の挑戦のための科学技術力の拡充」「革新が活発に行われる科学技術の生態系づくり」「科学技術がリードする新産業・雇用創出」「科学技術で誰もが幸せな生活を実現」の4大戦略のもと、重点推進課題を推進。 |
| 2020.7 | 企画財政部 (MOEF) | 韓国ニューディール | 2025 | デジタルニューディールでは、D.N.A (データ、ネットワーク、AI) の強化と、教育インフラのデジタル化、非接触産業の育成、社会資本 (Social Overhead Capital : SOC) のデジタル化に重点。グリーンニューディールでは、都市空間とインフラの再改造、低炭素分散型エネルギー源の拡大、革新的なグリーンビジネスと産業の創出に重点。人的資源への投資と雇用・社会的セーフティネット構築によるセーフティネット強化によって2つのニューディールを高める。 |

1. 環境・エネルギー分野および関連科学技術分野の政策立案のガバナンス (組織体制)

韓国は大統領制であり、政権交代により大きな省庁再編が行われることが多い。2017年6月の文在寅 (ムン・ジェイン) 政権交代時には比較的小規模な変更にとどめられ、「国家科学技術審議会 (NSTC : National Science and Technology Council)」を廃止し、国家科学技術諮問会議 (PACST) に統合する組織再編が行われた。文在寅政権下では大統領直下の国家科学技術諮問会議は科学技術政策全体の総合調整や諮問機関と位置付けられている。科学技術政策は科学技術情報通信部 (MSIT : Ministry of Science, ICT) が所管している。MSITの所管の国家科学技術研究会 (NST : National Research Council of Science & Technology) には、韓国グリーンテクノロジーセンター (GTC) がある。GTCは、技術と産業の国内外のトレンド評価に基づき、気候変動に先制的に行動するために、グリーンな技術の促進に取り組んでいる。

韓国の政策調査機関である韓国科学技術企画評価院 (KISTEP : Korea Institute of S&T Evaluation and Planning) には、戦略的に将来展望を行う技術フォーサイトセンターが設けられている。その主な目的は、科学技術の進展予測、その結果の科学技術政策への活用、科学技術の発展で将来がどうなるかを国民に知らせるアウトリーチなどである。KISTEPは科学技術基本計画や国家戦略技術などの科学技術政策を設定する上で重要な役割を果たしている。科学技術基本計画は5年おきに更新され、韓国の科学技術関連政策の最上位の政策文書にあたる。韓国研究財団 (NRF : National Research Foundation of Korea) は、科学とイノベーション資金を助成している。創造的な研究を支援し、人材を育成することで、知識の向上と生活の質の向上に貢献することを目的としている。

エネルギー政策は産業通商資源部 (MOTIE : Ministry of Technology, Industry and Energy) が担当している。MOTIEの外郭機関として、韓国エネルギー公団 (KEA : Korea Energy Agency)、エネルギー管理公社 (KEMCO) が省エネ政策、エネルギー効率改善対策、気候変動緩和の推進に係る取組みを担い、韓国エネルギー経済研究院 (KEEI : Korea Energy Economic Institute) がエネルギー関連統計の収集・

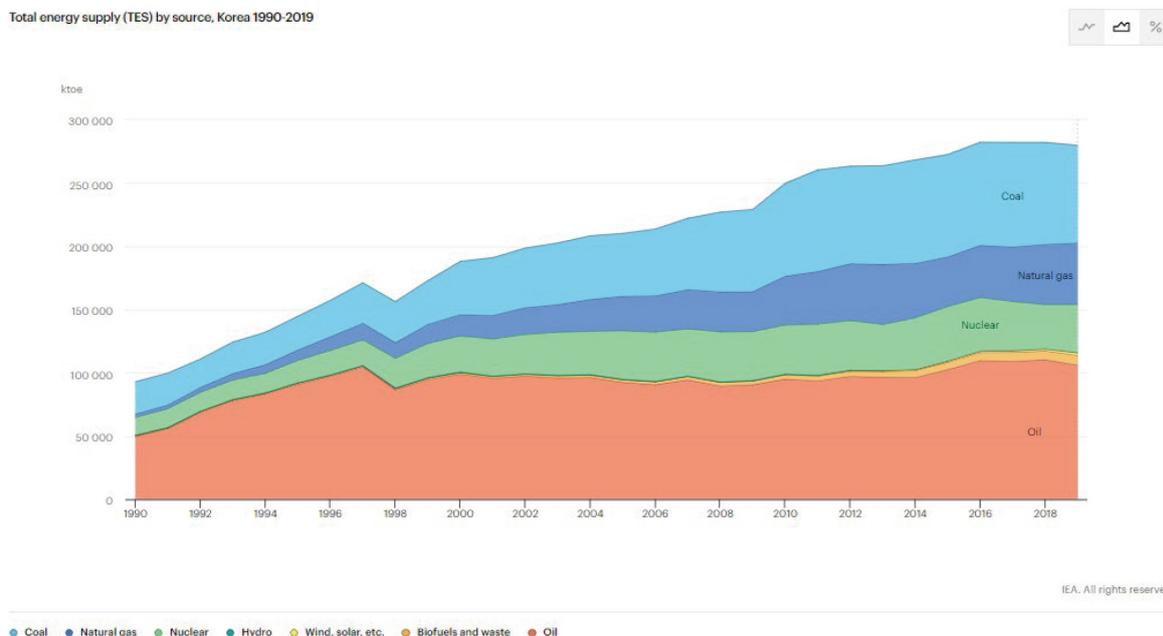
分析や需要予測等を実施している。

環境政策は環境部 (MOE : Ministry of Environment) が所管している。所管機関には国立環境科学院 (National Institute of Environmental Research) や8つの地方環境庁がある。また関係機関として環境管理公団、韓国環境資源公社等がある。

2. 環境・エネルギー分野の基本政策

韓国政府は、環境に貢献しながら国家経済を発展する「グリーン成長」の概念を掲げている。しかしながら、図表1.2.4 (8) -1に示すように原子力が韓国で唯一の低炭素エネルギー源であり、再生可能エネルギーのエネルギー占有率は非常に限定的である。

文在寅政権は主要政策課題として「国政運営5か年計画」を発表している (2017年7月20日)。5大政目標、20大政戦略、100大政課題 (487実践課題) からなる。科学技術関係としては5大政目標のうち「②共に豊かに暮らす経済」における5つの戦略の1つとして「科学技術の発展が先導する第4次産業革命」が挙げられている。科学技術の進歩と将来の成長産業のため、第4次産業革命をリードする積極的な支援が掲げられている。加えて、ダイナミックなベンチャーエコシステムの促進、創造的なベンチャー企業や革新的な起業家の育成も掲げている。そのほか、環境・エネルギー関連では「電気自動車・水素自動車の普及拡大」や「太陽光や風力などの再生可能エネルギー分野の関連規制の緩和」、「微細粉塵の発生量を任期内に30%削減」などの新産業創出に向けた取組みも掲げている。第4次産業革命に対応するため、2017年10月11日、



図表 1.2.4 (8) -1 韓国の直近30年間の総エネルギー供給量 (出典IEA)⁷¹

71 International Energy Agency (IEA), “Total energy supply (TES) by source, Korea 1990-2019”, IEA, <https://www.iea.org/countries/korea> (2021年2月16日アクセス)

大統領直属の第4次産業革命委員会が新設された。同委員会は「人中心の第4次産業革命」の推進を掲げ、政府レベルの大きな構想として「革新成長に向けた人中心の第四次産業革命対応計画」(I-KOREA4.0)を発表した(2017年11月30日)。この中で環境・エネルギー関連では以下の2件が挙げられている。

- ・エネルギー：電力効率化、スマートグリッド全国普及、温室効果ガス低減、高効率化技術の開発
- ・環境：微細粉塵の精密対応、水質最適管理スマート上下水道の普及、IoTを活用した環境監視

エネルギー分野に関しては、原子力は韓国のエネルギー供給源において重要な位置を占めている。世界原子力協会の統計によると、韓国は世界で最も著名な原子力エネルギー国の1つで、その技術を広く輸出している。韓国内では現在24基の原子炉により、電力の約2割を供給している⁷²。

文在寅大統領が選挙公約で表明していた脱原発方針に沿って、政権交代直後の2017年6月に古里(コリ)1号機永久停止式典で脱原発宣言を行った。しかし、着工済みであった新古里(シンゴリ)5・6号機については2017年10月に建設継続する方針転換がなされた。2017年12月に産業通商資源部により策定された「第8次長期電力需給基本計画」では、原発の新設は着工済みの5基(新古里5・6号機に加えて、暫定的に中止とした新古里4号機と新ハンウル1・2号機についても、社会的合意を通じて運転の是非を決定)にとどめ、運転期間を40年に限定し、11原発を停止するという方針が示された。現在24基(2250万キロワット)の原発を2030年に18基(2040万キロワット)に減らし、再生可能エネルギーやLNG発電を拡大する方針が示された。国内では脱原発を進めるものの、国内産業の補完対策として、海外への原発輸出については積極的に進める姿勢を堅持しており、併せて今後は、原発解体技術の開発を進め、原発解体産業の育成にも努める方針としている。2019年6月にMOTIEが発表した「第3次国家エネルギー基本計画」(2019~2040年対象)でも、文在寅政権の脱原発と温室効果ガス削減の方針が反映され、「老朽化した原子炉の運転をこれ以上延長しないため、原子力は段階的に廃止し、新しい原子炉は建設しない」と記述された。一方で、韓国にとっての原子力の重要性を強調し、「政府はエコシステムを維持し、長期的に安定した運用を確保し、廃炉や使用済み燃料管理などの関連産業を発展させる」と記載されている。同計画では、政府は2040年までに再生可能エネルギーの割合を全エネルギー供給量の30~35%に増やすという新しい目標を掲げている。この新しい目標割合はIEA推計の2040年世界平均40%を下回っているが、2030年までに20%という目標達成に依然として苦労している現実をみて、積極的に掲げた数字である。2020年5月に韓国政府が発表した「第9次長期電力需給基本計画」(2020~2034年)では、設備容量に占める再生可能エネルギーの割合を、現在の15.1%から2034年までに40%に増やす目標を掲げている。

環境分野に関しては、韓国がパリ協定を批准したのは2016年11月である。韓国は気候変動枠組み条約を1993年に批准していたが、2013年から温室効果ガス(GHG)の削減対象国となった。2018年に改訂された「国家温室効果ガス排出削減ロードマップ2030」は、2016年に公表された内容から排出量そのものは変わっていない。主な変更点は、国内削減分を減らし排出量取引分を増やしていること、森林吸収分が追加されていること等である。(※先進国のみ排出削減を義務とした京都議定書の枠組みと異なり、パリ協定では全ての参加国に削減目標は義務としない代わりに削減目標提出と国内施策導入の2項目を法的義務化する

72 World Nuclear Association (WNA), "Nuclear Power in South Korea", WNA, <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/south-korea.aspx> (2021年2月16日アクセス)

ことで実効性を持たせる工夫がなされている。2023年にグローバルストックテイクとして各国が現況を提出する。）

韓国の温室効果ガス排出量の最大の要因は発電部門だが、脱炭素化への取り組みが遅れており、化石燃料、特に石炭に大きく依存し続けている点が議論となっている。再生可能エネルギーに関する韓国政府の進捗状況の監視は、「新エネルギー」を「再生可能エネルギー」と同じように扱う韓国独自の分類システムでわずかながら混乱がみられる。具体的には、韓国の再生可能エネルギーに関連する法規制には石炭火力統合ガス化複合発電所（IGCC）、燃料電池、産業廃棄物焼却なども対象となっており、再生可能ではないエネルギー供給源も含まれている。

政権与党の民主党は2020年の選挙でも勝利したことから、文在寅政権は、2050年のネットゼロ目標、石炭融資の終了、炭素税の導入など、与党が掲げる韓国グリーンニューディールを推進していくとみられる。韓国政府は韓国グリーンニューディールへの投資として、電気自動車と水素自動車の充電ステーション設立や、2021年に116,000台以上の電気自動車と水素自動車の導入を計画している。

3. 環境・エネルギー分野のSTI政策

現在の文在寅政権で「第4次科学技術基本計画(2018年～2023年)」が2018年6月25日に決定されている。重点科学技術として120項目があげられているうち、環境・エネルギー関連を表1.2.4(8)-2に示す。エネルギー・資源として18項目、環境・気象として12項目があげられている。

エネルギー分野では、2019年6月、韓国政府は2040年までの国家エネルギー計画を定めた第3次エネ

図表1.2.4(8)-2 第4次科学技術基本計画に掲げられた環境・エネルギー分野の重点科学技術

| 大分類 | 中分類 | 重点科学技術 |
|----------|------------|--|
| エネルギー・資源 | 電力とエネルギー保存 | 大容量・長寿命の二次電池技術、無線電力伝送・充電技術、スマートエネルギーグリッド技術、高効率の電力輸送技術 |
| | 再生可能エネルギー | 高効率ガス発電技術、バイオと廃棄物資源エネルギー化技術、地熱エネルギー技術、高効率太陽電池技術、風力発電技術、水素・燃料電池技術、海洋エネルギー技術 |
| | 原子力 | 原子力エネルギー技術、原子力環境保護技術 |
| | 核融合・加速器 | 核融合エネルギー技術、次世代加速器技術 |
| | 資源開発と活用 | インテリジェント融合資源探査技術、ICT基盤資源開発・処理技術、二酸化炭素回収・貯蔵・利用技術 |
| 環境・気象 | 気候・大気 | 微細粉塵などの大気汚染対応技術、気候変動監視・予測・適応技術、高効率・非CO ₂ の温室効果ガス削減技術、自然災害監視・予測・対応技術 |
| | 環境・保健 | 有害要因の環境・人体リスク評価技術、生活環境の安全性診断と予防技術 |
| | 水管理 | スマート水循環と水資源の確保・管理技術、環境の監視と管理技術、水環境汚染物質超高度処理と制御技術 |
| | 土壌と生態系 | 土壌・地中環境汚染管理技術、自然生態系の保全と復元技術、廃棄物資源リサイクル技術 |

ルギー基本計画を確定した。2040年までにエネルギーミックスにより発電量を30～35%増やす計画である。韓国政府は、エネルギー輸入を減らし、安定したエネルギー供給システムを築くため、2040年までにエネルギー消費をBAU比18.6%削減するとの目標を設定している。また、2020年5月、韓国政府は「第9次長期電力需給基本計画」を発表した。2年おきに15カ年の計画を更新しており、今回は2034年の野心的な目標として、設備容量に占める再生可能エネルギーの割合を40%に増やすとしている。エネルギー技術への開発投資については、韓国政府は2014年から2023年にかけて安全で効果的なクリーンエネルギー技術の開発に20兆ウォン（約1兆9千億円）を投資する計画である。その内訳は政府12兆ウォン（約1兆1千億円）、民間部門8兆ウォン（約8千億円）である。

環境分野に関する研究開発方針は、従来の「環境技術と環境産業の育成計画」と「環境技術人材育成計画」を統合した新しい5カ年計画として「第4次環境技術・産業・人材育成計画（2018～2022）」が2018年4月に文在寅政権で決定されている。2022年までに5兆5526億ウォン（約5千億円）を投資し、微細粉塵の低減、生活化学物質の管理、廃棄物の発生ゼロなどに向けた技術開発、海外市場の拡大等を推進としている。

韓国政府が2020年7月に発表した「韓国ニューディール」⁷³では、韓国政府は2025年までに160兆ウォン（約15兆3千億円。そのうち114.1兆ウォン相当の財政投資（約11兆円））を投資して、1,901,000人の雇用を創出する計画を掲げている。デジタルニューディール、グリーンニューディール、雇用による社会的セーフティネットの強化という3つの柱を掲げており、そのうちグリーンニューディールでは、73.4兆ウォン（約7兆円。そのうち国から42.7兆ウォン（約4兆円））の投資により、659,000人の雇用を創出するとしている。気候変動対策の強化や、グリーン経済の実現を目的に以下のような投資に注力するとしている。

- ・インフラのグリーン移行（2025年までに韓国政府の12.1兆ウォン（約1兆2千億円）を含む30.1兆ウォン（約2兆9千億円）の投資）：都市、空間、生活インフラの変革のため、225,000の公共賃貸ビル、440の公共ダイケアセンター、1148の文化施設を含む226,588の古い建物からゼロエネルギーへの転換を始める。加えて、25のスマートでグリーンな都市を作る。そこでは情報通信（ICT）と人工知能（AI）を用いて、給水システム全体をスマートにする。
- ・低炭素で分散型のエネルギー供給（韓国政府の24.3兆ウォン（約2兆3千億円）を含む35.8兆ウォン（約3兆4千億円）の投資）：主な重点分野は、より効率的なエネルギー管理のためのスマートグリッド構築と、再生可能エネルギー利用の促進、電気自動車と水素自動車の供給の拡大である。113万台の電気自動車と20万台の水素自動車の供給と、116万台の古いディーゼル車の早期の廃車に支援がなされる。
- ・グリーン産業の革新（韓国政府の6.3兆ウォン（約6千億円）を含む7.6兆ウォン（約7千億円）の投資）：革新的なグリーン産業のエコシステムを構築するために、マイクロ電力網に基づく10のスマートエネルギープラットフォーム、100のスマートエコロジカルファクトリー、1,750のクリーンファクトリーを形成する。研究開発および金融セクターを通じて、グリーンイノベーションの基盤を築くことも強調している。2023年までに大規模なCCUS（炭素回収利用および貯留）の商業化テストや導入支援のための基金が

73 Ministry of Economy and Finance (MOEF), "Press Release Government releases an English Booklet on the Korean New Deal", MOEF, <https://english.moef.go.kr/pc/selectTbPressCenterDtl.do?boardCd=N0001&seq=4948> (2021年2月16日アクセス)

作られる。微細な粉塵および再製造技術に対する技術（例：古い電気材料や機械、エンジン、特殊車両の排気ガス装置の分解および再組み立て等）も強調している。

4. 代表的な研究開発プログラム/プロジェクト

韓国ニューディールのプロジェクト

韓国ニューディールの10の主要プロジェクトのうち、環境・エネルギー関連はグリーンスクールとスマートスクール、デジタルツイン、スマートでグリーンな工業団地、グリーンリモデリング、グリーンエネルギー、未来の環境にやさしいモビリティである。28のプロジェクトがあるうち、グリーンニューディールとして8つのプロジェクトが環境・エネルギー関連である（図表1.2.4（8）-3）。

図表 1.2.4（8）-3 韓国ニューディールで環境・エネルギーに関連するプロジェクト一覧

| 領域 | プロジェクト | 総額 (兆ウォン) | 雇用 (千人) |
|---------------|-------------------------------------|-----------|---------|
| インフラのグリーン移行 | 公共施設のゼロエネルギー建物化 | 6.2 | 243 |
| | 陸域、海域、都市域の生態系復元 | 2.5 | 105 |
| | 清浄で安全な水のためのマネジメントシステムの建築 | 3.4 | 39 |
| 低炭素・分散型エネルギー | 高効率エネルギーマネジメントのためのスマートグリッド建築 | 2.0 | 20 |
| | 再生可能エネルギー利用の促進と公正な移行の支援 | 9.2 | 38 |
| | 電気自動車、水素自動車の供給拡大 | 13.1 | 151 |
| グリーン産業イノベーション | グリーン産業を先導する将来事業の促進と低炭素・グリーン産業複合体の設立 | 3.6 | 47 |
| | 研究開発と金融分野を通じたグリーンイノベーション基金設置 | 2.7 | 16 |
| 合計 | | 42.7 | 659 |

済州スマートグリッド実証試験基盤

世界最大級かつ最も先進的なテストベッドの構築を通じて、スマートグリッド技術の商業化、輸出を狙うとしている。5つの領域からなり、政府が7000万USドル（約73億円）、民間が1億7000万USドル（約178億円）を出資する。

- ・ スマート電力消費：スマートメーターインフラ、エネルギーマネジメントシステム（EMS）
- ・ スマート運輸：電気自動車充電インフラ、Vehicle to Grid（V2G）
- ・ スマート再生可能エネルギー：マイクログリッド、エネルギー貯蔵、電力の品質
- ・ スマート電力グリッド：スマート送配電、スマート電力通信ネットワーク
- ・ スマート電力市場：電力取引、スマートグリッド電力市場調整

韓国エネルギー技術評価・企画院 (KETEP)

政府が策定した国家ビジョンを支援するための技術開発戦略の開発および革新的なエネルギー技術開発の推進 (ファンディング) を目的としており、広領域のエネルギー技術開発プログラムを企画、実施、管理し、研究者や大学、民間企業等を支援している。年間予算は日本円で800億円強とされている。

韓国研究財団 (NRF) の国家戦略的研究開発プログラム

韓国の最大のファンディングエージェンシーである韓国研究財団 (NRF) の支援では、環境・エネルギーに関連するものは少ない。国家的、社会的な課題に対する解決策や、ビッグサイエンスなどを支援している国家戦略的研究開発プログラムのなかで、一部だが、環境・エネルギーに関連するものを支援しており、それらを図表 1.2.4 (8) -4 に示す⁷⁴。

表 1.2.4 (8) -4 NRF 国家戦略的研究開発プログラムで環境・エネルギーに関連するプロジェクト一覧

| 名称 | 目的 | 期間 | 助成金額 |
|--------------------------------|---|---------------------------------------|---|
| 放射線技術開発プログラム | 韓国の科学技術開発の促進と、健康と産業競争力を強化するための主要な放射線技術を確保する | 3年、5年(2年+3年) (2019年7月選定) | 約2億5500万ウォン/ 年/プロジェクト |
| 核エネルギー技術開発プログラム | 国民の安全と生活を焦点にして、原子力発電所の安定性の改善と、未解決の問題を解決するための主要な核技術を開発する。 | 約5年(3年+2年) (2018年12月選定) | 1億~170億ウォン/ 年/プロジェクト |
| 宇宙・核エネルギー国際協力プログラム (韓国・英国共同研究) | 将来の主要な核技術を確保し、海外市場への参入の基礎を築くために、二国間および多国間国際協力を戦略的に強化する。 | 1年、3年、5年 (3年+2年)、9年 (2019年4月選定) | 5000万~30億ウォン/ 年/プロジェクト |
| 輸出のための 新型原子炉研究開発 | <ul style="list-style-type: none"> ・新型原子炉技術の国内検証を通じた研究用原子炉の輸出能力の強化 ・医療および産業用放射性同位体元素、同位体製品輸出のための国内需要への対応 ・新産業の創出するための基盤の構築と関連研究開発の促進 | 約7年 (2019年選定) | 2900億ウォン/ プロジェクト |
| 気候変動解決のための 技術開発プログラム | 温室効果ガスの削減と気候変動適応、リサイクル分野において、革新的な独自技術で将来の成長エンジンを創出 | 1~10年(2019年 6月選定) | 2億~174億ウォン/ 年/プロジェクト (CCS プロジェクト関連で 174億ウォン) |
| 国際核融合実験炉 ITER 韓国 プロジェクト | ITER 計画には日米欧露中印韓が建設と運用に共同参加。2050年代までの核融合エネルギーの商業化、独自技術の保全、中核的な専門家の育成などを掲げる。 | 合計18年(2007 年10月~2025年 12月) | 3000万~500億ウォン/ 年/プロジェクト |

74 National Research Foundation of Korea (NRF), "Directorate for National Strategic R&D Programs", NRF, <https://www.nrf.re.kr/eng/page/644bb6b5-1754-41e0-a5dd-e0d55ca021e9> (2021年2月16日アクセス)

1.2.5 研究開発投資や論文、コミュニティー等の動向

研究開発投資

総務省統計局の2020年（令和2年）科学技術研究調査によると、2019年度（令和元年度）の科学技術研究費総額は、19兆5,757億円だった。大学等は3兆7,202億円、非営利団体・公的機関は1兆6,435億円、企業の研究費は14兆2,121億円である。特定目的別研究費のうち「エネルギー」と「環境」の状況は、図表1.2.5-1の通りである。

図表 1.2.5-1 各主体の研究費内訳

| | 大学等 | 非営利団体・公的機関 | 企業 |
|-----------|-----------|------------|------------|
| 各主体の研究費総額 | 3兆7,202億円 | 1兆6,435億円 | 14兆2,121億円 |
| エネルギー | 621億円 | 2,776億円 | 8,257億円 |
| 環境 | 918億円 | 879億円 | 1兆1,097億円 |

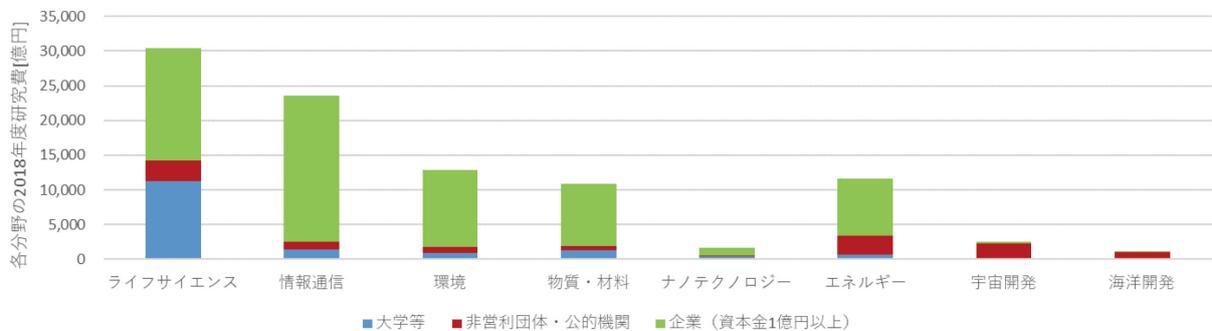
図表1.2.5-2に、科学技術研究調査結果に基づくエネルギー分野および環境分野の研究費年次推移を示す。エネルギー分野をみると、大学等および非営利団体・公的機関の研究費は2014年度と2019年度の比較ではいずれも減少が見られたが、2016年度からの直近4年間で見ると増加傾向にあった。企業の研究費は概ね増加傾向が続いている。環境分野では、2014年度と2019年度の比較では大学等の研究費に減少が見られたが、2016年度からの直近4年間では増加傾向を示している。科学技術研究調査では2016年度の減少の要因について言及されていないが、この傾向は、非営利団体・公的機関の研究費においても同様である。企業の研究費は、2016年度を境に増加しており、2019年度は前年度比630億円の増加で、2014年度の水準も上回っている。

次に特定目的別研究費で設定されている8分野の各研究費に占める研究主体ごとの研究費およびその割合を示す（図表1.2.5-3）。研究費の総額はライフサイエンス分野が最も大きく、エネルギー分野と環境分野は、ライフサイエンス分野の約三分の一程度である。また、大学等の研究費の割合が比較的多いのはライフサイエンス分野とナノテクノロジー分野であった。これに対してエネルギー分野は大学等の研究費が占める割合は1割に満たず、非営利団体・公的機関の割合が一定程度あるものの、大半は企業（資本金1億円以上）の研究費であった。環境分野も情報通信分野や物質・材料分野と並んで企業（資本金1億円以上）の研究費が8割を超える。



図表 1.2.5-2 エネルギー分野および環境分野の研究費年次推移

（総務省統計局2020年（令和2年）科学技術研究調査資料を基にCRDS作成）



図表 1.2.5-3 各分野での研究費とその割合

（総務省統計局2020年（令和2年）科学技術研究調査資料を基にCRDS作成）

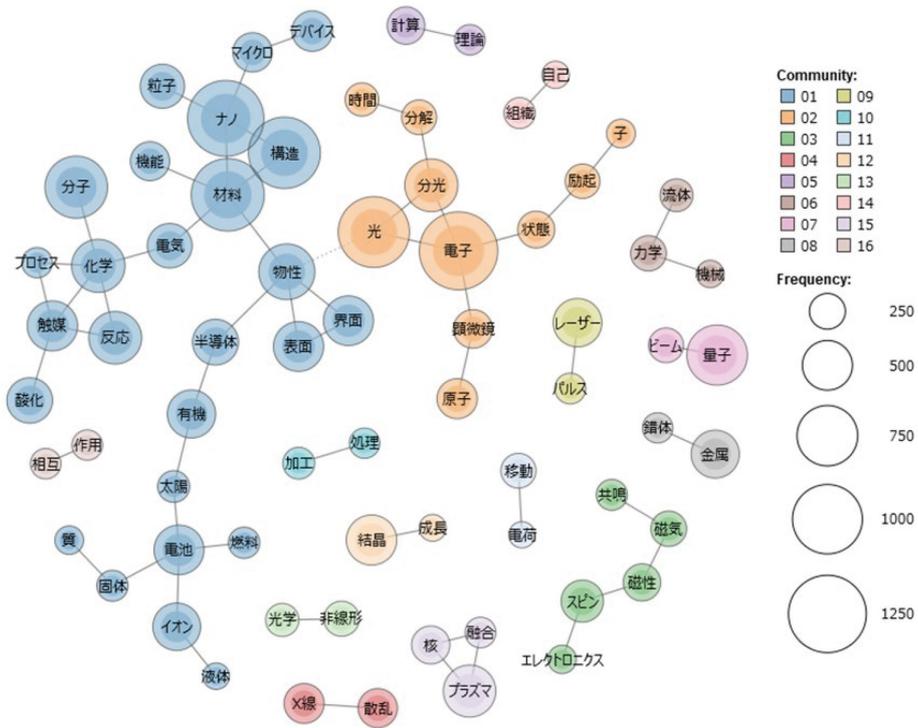
基礎研究活動の状況

科学研究費助成事業データベース（KAKEN、<https://nrid.nii.ac.jp/ja/index/>）の採択課題から環境・エネルギー分野の研究課題構成を調べた。検索条件は図表 1.2.5-4 に示す通りである。なお環境・エネルギー分野の研究開発を支える事業は科学研究費助成事業のみではない。ここで示す結果は研究開発活動全体のうちの一部、特に大学や公的研究機関等における純粋基礎研究のフェーズにあるものの状況であることに留意が必要である。

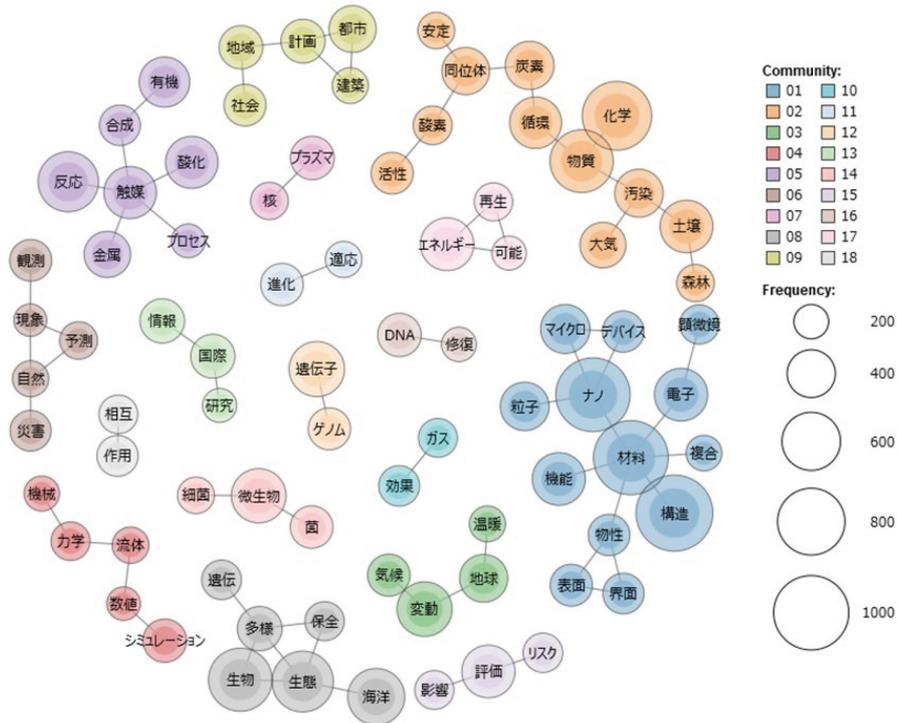
抽出された研究課題群の概観は図表 1.2.5-5 および図表 1.2.5-6 のとおりである。これらの図は研究課題ご

図表 1.2.5-4 検索条件

| | エネルギー分野 | 環境分野 |
|--------------|-------------------|---|
| 研究種目 | 基盤 S・A・B | |
| 審査区分／研究分野 | 化学、工学、総合理工 | 環境学、総合理工、数物系科学、化学、工学、総合生物、生物学、農学（但し分科の絞り込みあり） |
| 時期（研究開始年度） | 2008～2019年度（12年分） | |
| 「フリーワード」への入力 | エネルギー | 環境 |
| 検索結果 | 4,101件 | 7,652件 |



図表 1.2.5-5 キーワードの共起関係から見たエネルギー分野の研究課題群概観 (2008～2019年度)



図表 1.2.5-6 キーワードの共起関係から見た環境分野の研究課題群概観 (2008～2019年度)

とに「キーワード」として挙げられていた頻出語を対象に、それらの共起関係の程度（ある語と別の語が共に出現する程度）を調べ、程度が大きいものを抽出、図示した。

研究分野及びその下の分科ごとの採択課題件数の年次推移を図表 1.2.5-7、図表 1.2.5-8 に示す。なお表中の研究分野ごとの件数は、今回対象として選択した研究分科ごとの件数の小計である。

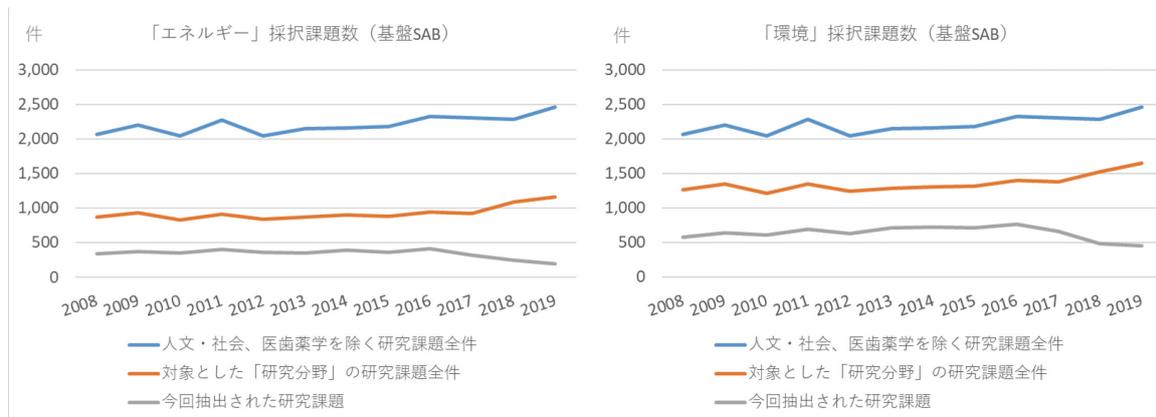
図表 1.2.5-7、図表 1.2.5-8 で示した「エネルギー」、「環境」それぞれの採択件数年次推移をグラフ化したものを図表 1.2.5-9 に示す。なお同図には、比較として、対象とした研究分野全体での件数推移、および人文・社会、医歯薬学を除く全ての研究課題の件数推移も掲載した。これらを見ると、エネルギー分野、環境分野とも理系全体、あるいは対象とした研究分野全体の採択件数は概ね上昇傾向にあるものの、今回抽出された採択課題群については、2016 年度前後から減少に転じている様子が見られた。

図表 1.2.5-7 KAKEN 検索結果における研究分科別採択件数の年次推移（エネルギー）

| 研究分野／研究分科 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 総計 |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| 化学 | 50 | 61 | 53 | 73 | 59 | 60 | 67 | 63 | 88 | 59 | 66 | 53 | 752 |
| 基礎化学 | 18 | 32 | 22 | 27 | 20 | 22 | 26 | 16 | 30 | 10 | 18 | 16 | 257 |
| 材料化学 | 16 | 14 | 15 | 19 | 21 | 18 | 14 | 22 | 23 | 25 | 16 | 6 | 209 |
| 複合化学 | 16 | 15 | 16 | 27 | 18 | 20 | 27 | 25 | 35 | 24 | 32 | 31 | 286 |
| 工学 | 184 | 213 | 201 | 216 | 196 | 180 | 197 | 192 | 204 | 164 | 108 | 96 | 2151 |
| プロセス・化学工学 | 15 | 12 | 15 | 17 | 19 | 14 | 14 | 11 | 18 | 12 | 5 | 8 | 160 |
| 機械工学 | 33 | 34 | 37 | 37 | 27 | 26 | 30 | 26 | 39 | 26 | 14 | 12 | 341 |
| 建築学 | 12 | 16 | 24 | 19 | 13 | 18 | 11 | 7 | 12 | 10 | 7 | 6 | 155 |
| 材料工学 | 30 | 45 | 29 | 40 | 34 | 33 | 44 | 39 | 40 | 32 | 25 | 20 | 411 |
| 総合工学 | 41 | 52 | 59 | 50 | 50 | 42 | 52 | 48 | 48 | 45 | 32 | 29 | 548 |
| 電気電子工学 | 34 | 40 | 27 | 37 | 42 | 36 | 34 | 48 | 30 | 28 | 16 | 19 | 391 |
| 土木工学 | 19 | 14 | 10 | 16 | 11 | 11 | 12 | 13 | 17 | 11 | 9 | 2 | 145 |
| 数物系科学 | 49 | 55 | 53 | 53 | 47 | 47 | 55 | 47 | 40 | 36 | 32 | 21 | 535 |
| プラズマ科学 | 7 | 8 | 10 | 11 | 6 | 8 | 7 | 9 | 6 | 6 | 8 | 6 | 92 |
| 数学 | 7 | 8 | 5 | 7 | 9 | 5 | 11 | 5 | 6 | 9 | 5 | | 77 |
| 物理学 | 35 | 39 | 38 | 35 | 32 | 34 | 37 | 33 | 28 | 21 | 19 | 15 | 366 |
| 総合理工 | 54 | 43 | 43 | 56 | 57 | 67 | 77 | 58 | 80 | 64 | 43 | 21 | 663 |
| ナノ・マイクロ科学 | 19 | 22 | 21 | 21 | 14 | 24 | 27 | 19 | 21 | 17 | 14 | 1 | 220 |
| 応用物理学 | 35 | 21 | 22 | 34 | 25 | 27 | 36 | 29 | 43 | 31 | 21 | 12 | 336 |
| 計算科学 | | | | | | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | | 1 | 12 |
| 量子ビーム科学 | | | | 1 | 18 | 14 | 11 | 8 | 14 | 14 | 8 | 7 | 95 |
| 総計 | 337 | 372 | 350 | 398 | 359 | 354 | 396 | 360 | 412 | 323 | 249 | 191 | 4101 |

図表 1.2.5-8 KAKEN 検索結果における研究分科別採択件数の年次推移 (環境 ; 基盤 SABのみ)

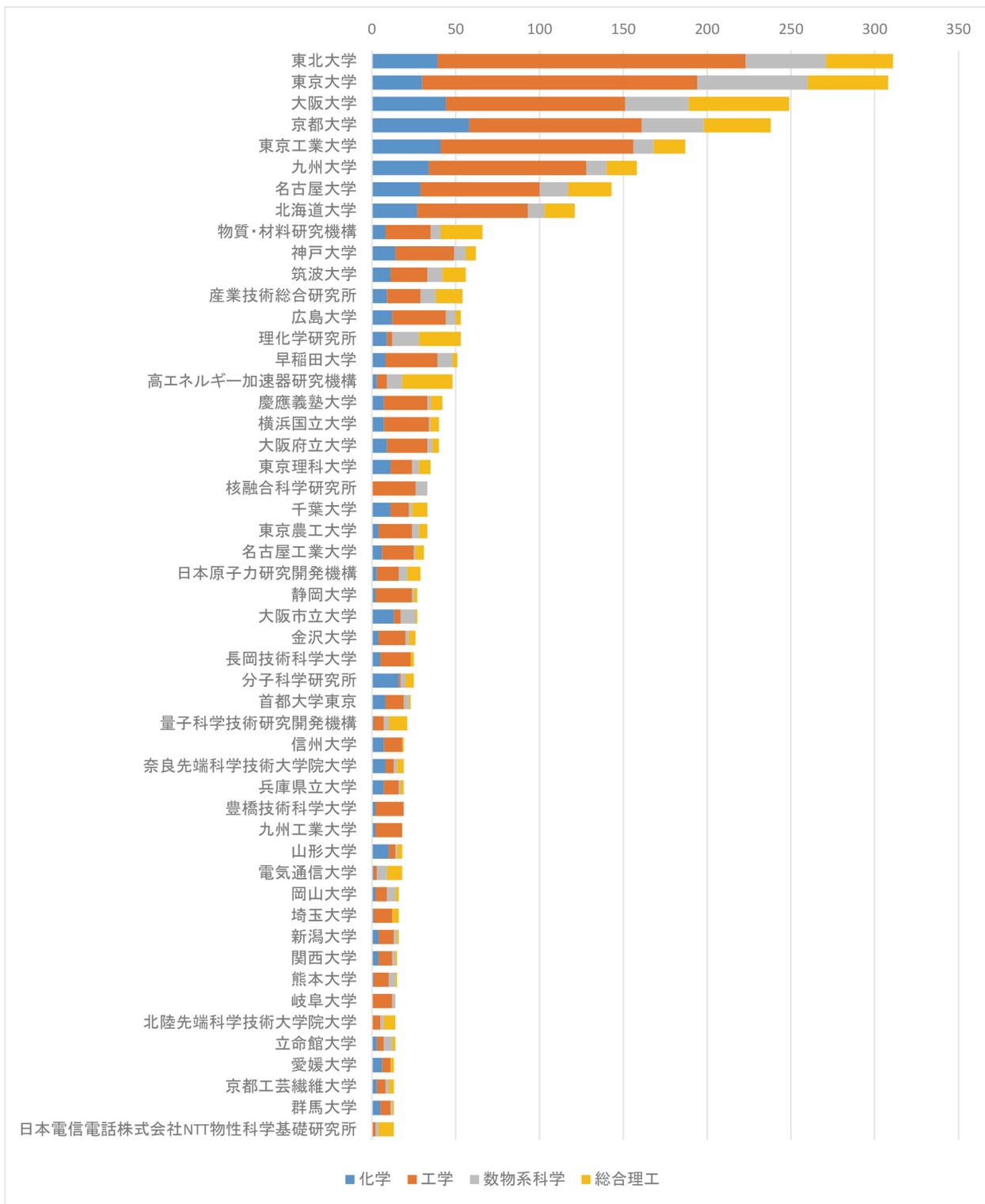
| 研究分野/研究分科 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 総計 |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| 化学 | 45 | 56 | 42 | 53 | 47 | 48 | 59 | 51 | 52 | 42 | 34 | 32 | 561 |
| 基礎化学 | 6 | 19 | 10 | 13 | 10 | 9 | 14 | 10 | 14 | 7 | 6 | 9 | 127 |
| 材料化学 | 10 | 12 | 10 | 13 | 9 | 14 | 7 | 6 | 16 | 13 | 3 | 4 | 117 |
| 複合化学 | 29 | 25 | 22 | 27 | 28 | 25 | 38 | 35 | 22 | 22 | 25 | 19 | 317 |
| 環境学 | 86 | 98 | 96 | 103 | 105 | 114 | 106 | 123 | 127 | 135 | 105 | 125 | 1323 |
| 環境解析学 | 67 | 78 | 75 | 81 | 86 | 56 | 60 | 66 | 73 | 70 | 50 | 60 | 822 |
| 環境創成学 | | | | 1 | | 38 | 26 | 32 | 31 | 42 | 22 | 27 | 219 |
| 環境保全学 | 19 | 20 | 21 | 21 | 19 | 20 | 20 | 25 | 23 | 23 | 33 | 38 | 282 |
| 工学 | 222 | 240 | 226 | 251 | 226 | 241 | 247 | 233 | 276 | 207 | 159 | 136 | 2664 |
| プロセス・化学工学 | 15 | 15 | 15 | 16 | 14 | 13 | 17 | 13 | 14 | 11 | 8 | 5 | 156 |
| 機械工学 | 35 | 29 | 30 | 31 | 34 | 38 | 37 | 34 | 49 | 23 | 27 | 20 | 387 |
| 建築学 | 37 | 30 | 41 | 39 | 28 | 35 | 36 | 33 | 37 | 32 | 25 | 32 | 405 |
| 材料工学 | 26 | 30 | 22 | 29 | 22 | 24 | 31 | 26 | 35 | 29 | 20 | 18 | 312 |
| 総合工学 | 28 | 49 | 45 | 48 | 50 | 48 | 36 | 40 | 45 | 27 | 23 | 20 | 459 |
| 電気電子工学 | 31 | 35 | 30 | 35 | 27 | 36 | 35 | 35 | 45 | 38 | 28 | 13 | 388 |
| 土木工学 | 50 | 52 | 43 | 53 | 51 | 47 | 55 | 52 | 51 | 47 | 28 | 28 | 557 |
| 数物系科学 | 38 | 45 | 49 | 48 | 44 | 44 | 47 | 50 | 43 | 36 | 23 | 29 | 496 |
| プラズマ科学 | 2 | 1 | 4 | 5 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 3 | 6 | 33 |
| 地球惑星科学 | 36 | 44 | 45 | 43 | 41 | 42 | 44 | 48 | 42 | 35 | 20 | 23 | 463 |
| 生物学 | 20 | 25 | 22 | 33 | 33 | 28 | 29 | 29 | 31 | 27 | 17 | 23 | 317 |
| 基礎生物学 | 20 | 25 | 22 | 33 | 33 | 28 | 29 | 29 | 31 | 27 | 17 | 23 | 317 |
| 総合生物 | 6 | 6 | 5 | 8 | 7 | 5 | 5 | 2 | 5 | 8 | 3 | 3 | 63 |
| 生物資源保全学 | 6 | 6 | 5 | 8 | 7 | 5 | 5 | 2 | 5 | 8 | 3 | 3 | 63 |
| 総合理工 | 22 | 19 | 20 | 29 | 29 | 46 | 40 | 46 | 49 | 30 | 27 | 13 | 370 |
| ナノ・マイクロ科学 | 13 | 7 | 11 | 13 | 9 | 22 | 12 | 16 | 21 | 12 | 14 | 6 | 156 |
| 応用物理学 | 9 | 12 | 9 | 14 | 13 | 19 | 19 | 17 | 21 | 11 | 10 | 4 | 158 |
| 計算科学 | | | | 1 | | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | | 2 | 15 |
| 量子ビーム科学 | | | | 1 | 7 | 3 | 6 | 9 | 6 | 5 | 3 | 1 | 41 |
| 農学 | 112 | 129 | 121 | 138 | 118 | 158 | 161 | 152 | 159 | 148 | 89 | 92 | 1577 |
| 境界農学 | 18 | 17 | 18 | 21 | 18 | 19 | 29 | 21 | 15 | 24 | 14 | 24 | 238 |
| 社会経済農学 | 6 | 11 | 6 | 10 | 6 | 7 | 10 | 9 | 8 | 6 | 7 | 3 | 89 |
| 森林園科学 | 21 | 24 | 21 | 31 | 21 | 25 | 18 | 20 | 25 | 19 | 14 | 9 | 248 |
| 水圏応用科学 | 12 | 15 | 16 | 15 | 13 | 16 | 21 | 17 | 19 | 18 | 7 | 11 | 180 |
| 生産環境農学 | 15 | 25 | 20 | 25 | 22 | 47 | 47 | 42 | 44 | 43 | 15 | 16 | 361 |
| 農業工学 | 22 | 19 | 20 | 22 | 20 | 21 | 15 | 23 | 26 | 22 | 16 | 17 | 243 |
| 農芸化学 | 18 | 18 | 20 | 14 | 18 | 23 | 21 | 20 | 22 | 16 | 16 | 12 | 218 |
| 複合領域 | 24 | 26 | 30 | 24 | 19 | 29 | 25 | 30 | 25 | 23 | 22 | 4 | 281 |
| 社会・安全システム科学 | 24 | 26 | 30 | 24 | 19 | 29 | 25 | 30 | 25 | 23 | 22 | 4 | 281 |
| 総計 | 575 | 644 | 611 | 687 | 628 | 713 | 719 | 716 | 767 | 656 | 479 | 457 | 7652 |



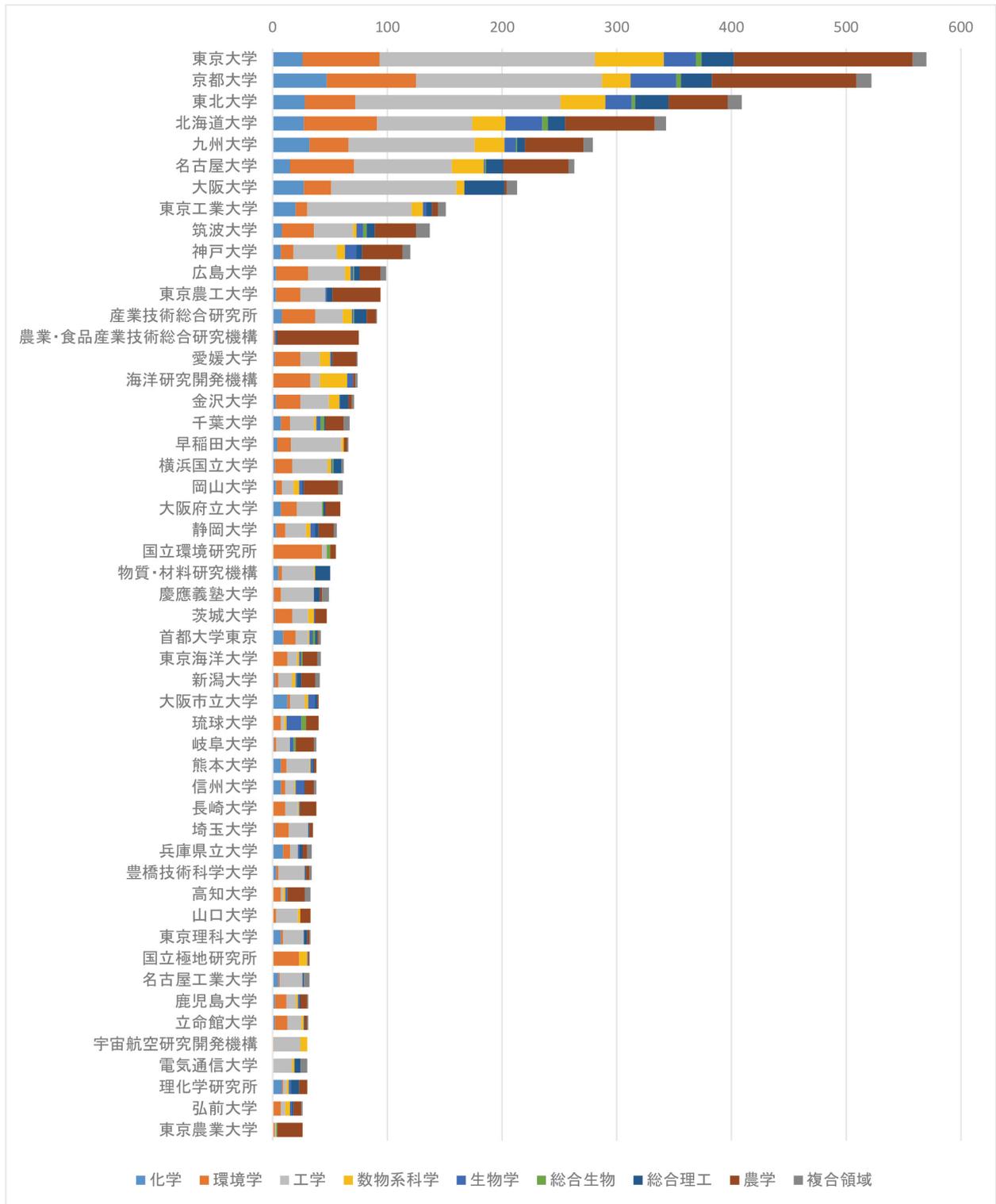
図表 1.2.5-9 エネルギー、環境に関する採択件数の年次推移（基盤 SAB）

続いて上記検索結果を母集団とした研究課題群の中で、過去10年間（2010～2019年度）での累積採択件数上位50機関を抽出し、それらの研究分野内訳を調べた（図表 1.2.5-10、図表 1.2.5-11）。過去10年分の採択課題累積が100件を超えるのはエネルギー分野では上位8機関、環境分野では上位10機関までであり、過半数は50件未満であった。

研究分野の内訳を見ると、エネルギー分野では大半が工学で、化学、総合理工と続き、環境分野では工学や農学が多くを占めることが分かった。上位機関では化学、環境学、数物系科学や生物学の割合が比較的大きかった。



図表 1.2.5-10 KAKEN 検索結果における採択件数上位 50 機関の研究分野内訳 (2010～2019年度)：エネルギー分野



図表 1.2.5-11 KAKEN 検索結果における採択件数上位 50 機関の研究分野内訳 (2010～2019年度)：環境分野

科学研究論文生産の動向

文部科学省の科学技術・学術政策研究所 (NISTEP) の「科学研究のベンチマーク2019」(2019年)では「化学」、「材料科学」、「物理学」、「計算機・数学」、「工学」、「環境・地球科学」、「臨床医学」、「基礎生命科学」各分野の科学研究論文数の動向を調査している。分野全体の傾向としては、日本は量的・質的な論文数シェアを下げている。これに準ずる形で環境・エネルギー分野と関連が深い化学、物理学、工学、環境・地球科学分野もいずれも国際的に順位を下げている。

分野別ごとの分析では、2005年から2007年までの平均値と2015年から2017年までの平均値を比べたときに、化学や工学は論文数及びTop10%補正論文数の減少が見られ、物理学では論文数の減少が見られた。

こうした論文生産を支える研究機関の内訳を見ると、いずれの分野でも国立大学が量的・質的に最も多くの論文を生産している。一方で国立大学に次ぐ機関は特殊法人・独立行政法人であることが多いが、工学だけは企業からの論文生産が量的にも質的にも大学に次ぐ順位となっている点が特徴的である。ただし量的には減少を続けており、今後の動向が気になる状況である。

学協会の会員数変化

学会名鑑 (<https://gakkai.jst.go.jp/gakkai/>) に記載されている学協会の中から環境・エネルギー分野と関連が深い国内の学協会を抽出し、その会員数動向を調査した。抽出されたのは53学協会でありエネルギー分野が31 (図表1.2.5-12)、環境分野が22 (図表1.2.5-13) だった。このうち数万人規模の学会はエネルギー分野には7学会 (日本化学会、日本建築学会、電気学会、日本機械学会、自動車技術会、日本物理学会、応用物理学会) あり、環境分野には3学会 (日本化学会、土木学会、農業農村工学会) あった。いずれの分野も大半は数千人規模の学協会だが、環境分野では1000人未満の学協会が比較的多い点が特徴的である。

2015年度と2019年度の5年間での個人会員数増減を調べると、全体的には減少傾向にあった。増加していたのはエネルギー分野では5学協会 (日本建築学会、日本セラミックス協会、日本鉄鋼協会、自動車技術会、日本計算工学会)、環境分野には4学会 (資源・素材学会、土木学会、農業農村工学会、日本LCA学会) あった。

図表1.2.5-14に、学会名鑑に記載されている学会の中から情報分野およびライフサイエンス分野の関連学会をいくつか抽出し、それぞれの2015年度末と2019年度末の個人会員数をまとめた。エネルギー分野、環境分野と同様に、情報分野では電子情報通信学会と情報処理学会の個人会員数で直近5年での減少が見られた。ライフサイエンス分野でも日本分子生物学会と日本植物生理学会で減少が見られた。日本生化学会は概ね横ばいであった。

一方、人工知能学会は直近5年で約67%の増加、CBI (The Chem-Bio Informatics Society) 学会は約117%の増加が見られた。巨大な学会の減少幅に比べると絶対数は極めて小さいが、データサイエンス関連の学会に研究者が集まってきている様子が見られた。なお図表1.2.5-12で示したように、エネルギー分野においても計算工学会が増加傾向であり、同様の背景があると考えられる。その他、自動車技術会の増加には自動運転やEV、燃料電池車など自動車を巡る様々な動きが背景にあると考えられる。

図表 1.2.5-12 エネルギー分野の関連学会個人会員数
(2015年度末～2019年度末)

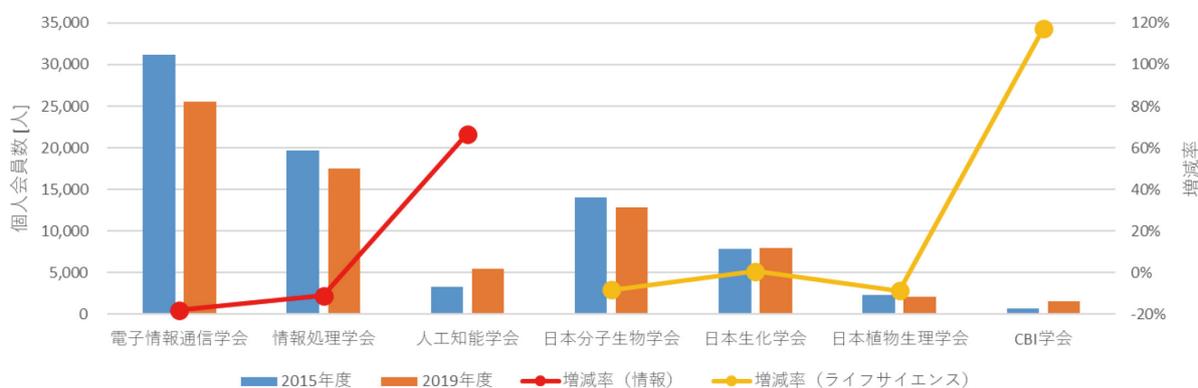
| 学会名 | 個人会員数 (人) | | | | | 増減率* |
|-------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | |
| 自動車技術会 | 44,819 | 50,900 | 50,900 | 50,953 | 51,880 | 15.8% |
| 日本機械学会 | 36,784 | 34,696 | 31,697 | 34,516 | 34,737 | -5.6% |
| 日本建築学会 | 34,022 | 33,809 | 34,848 | 34,666 | 34,488 | 1.4% |
| 応用物理学会 | 22,702 | 21,541 | 21,708 | 21,710 | 21,160 | -6.8% |
| 電気学会 | 22,350 | 19,088 | 21,366 | 20,981 | 20,698 | -7.4% |
| 日本物理学会 | 17,475 | 17,164 | 17,000 | 16,575 | 16,276 | -6.9% |
| 高分子学会 | 10,676 | 10,050 | 9,844 | 9,712 | 9,234 | -13.5% |
| 日本鉄鋼協会 | 8,758 | 9,255 | 9,400 | 9,500 | 9,488 | 8.3% |
| 日本原子力学会 | 7,545 | 7,004 | 7,188 | 7,067 | 6,474 | -14.2% |
| 化学工学会 | — | — | 6,001 | 6,090 | 5,878 | — |
| 計測自動制御学会 | 6,195 | 4,859 | 4,859 | 4,717 | 4,590 | -25.9% |
| 有機合成化学協会 | 5,198 | 4,644 | 4,523 | 4,578 | 4,513 | -13.2% |
| 日本セラミックス協会 | 4,516 | 4,489 | 4,494 | 4,515 | 4,577 | 1.4% |
| 日本金属学会 | 5,569 | 4,386 | 5,147 | 5,095 | 4,929 | -11.5% |
| 日本冷凍空調学会 | 3,917 | 4,021 | 3,968 | 3,968 | 3,800 | -3.0% |
| 電気化学会 | 4,104 | 3,998 | 4,076 | 4,076 | 4,066 | -0.9% |
| 石油学会 | 3,251 | 3,171 | 3,317 | 3,242 | 3,147 | -3.2% |
| 溶接学会 | 2,756 | 2,701 | 2,634 | 2,634 | 2,614 | -5.2% |
| 触媒学会 | 2,675 | 2,680 | 2,633 | 2,592 | 2,575 | -3.7% |
| 日本トライボロジー学会 | 2,717 | 2,629 | 2,648 | 2,684 | 2,639 | -2.9% |
| 日本材料学会 | 2,530 | 2,215 | 2,172 | 2,124 | 2,124 | -16.0% |
| 日本ガスタービン学会 | 2,018 | 2,099 | 2,051 | 2,050 | 1,962 | -2.8% |
| ターボ機械協会 | 1,383 | 1,383 | 1,183 | 1,147 | 1,197 | -13.4% |
| 日本エネルギー学会 | 1,413 | 1,320 | 1,300 | 1,300 | 1,266 | -10.4% |
| エネルギー・資源学会 | 1,397 | 1,273 | 1,175 | 1,155 | 1,071 | -23.3% |
| 日本伝熱学会 | 1,367 | 1,271 | 1,428 | 1,433 | 1,311 | -4.1% |
| 日本流体力学会 | 1,415 | 1,223 | 1,164 | 1,168 | 1,041 | -26.4% |
| 日本計算工学会 | 943 | 1,042 | 1,103 | 1,097 | 1,090 | 15.6% |
| 日本燃焼学会 | — | 800 | 930 | 930 | 930 | — |
| 日本太陽エネルギー学会 | 800 | 800 | 800 | 700 | 700 | -12.5% |
| 日本地熱学会 | 640 | 702 | 739 | 744 | 775 | 21.1% |

*2015年～2019年における会員数の増減率

図表 1.2.5-13 環境分野の関連学会個人会員数 (2015年度末～2019年度末)

| 学会名 | 個人会員数 (人) | | | | | 増減率* |
|---------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | |
| 土木学会 | 35,241 | 39,254 | 39,542 | 39,149 | 38,369 | 8.9% |
| 日本化学会 | 29,910 | 27,787 | 27,331 | 26,628 | 24,055 | -19.6% |
| 農業農村工学会 | 9,194 | 9,194 | 9,194 | 10,093 | 10,081 | 9.6% |
| 地盤工学会 | 9,186 | 7,565 | 7,437 | 7,435 | 7,435 | -19.1% |
| 日本分析化学会 | — | — | — | 4,731 | 4,546 | — |
| 日本生態学会 | 4,117 | 3,797 | 3,862 | 3,951 | 4,028 | -2.2% |
| 日本気象学会 | 3,394 | 3,257 | 3,255 | 3,279 | 3,189 | -6.0% |
| 日本水産学会 | 3,262 | 3,141 | 3,090 | 2,969 | 2,953 | -9.5% |
| 日本森林学会 | 2,705 | 2,640 | 2,586 | 2,559 | 2,523 | -6.7% |
| 廃棄物資源循環学会 | 2,586 | 2,442 | 2,347 | 2,294 | 2,189 | -15.4% |
| 日本土壌肥料学会 | 2,487 | 2,227 | 2,175 | 2,166 | 2,035 | -18.2% |
| 資源・素材学会 | 1,858 | 1,990 | 1,990 | 1,907 | 1,973 | 6.2% |
| 日本水環境学会 | 2,393 | 2,258 | 2,125 | 2,119 | 1,760 | -26.5% |
| 日本海洋学会 | — | 1,390 | 1,390 | 1,390 | 1,415 | — |
| 水文・水資源学会 | 1,317 | 1,314 | 1,297 | 1,297 | 1,284 | -2.5% |
| 日本リモートセンシング学会 | 1,100 | 1,075 | 1,096 | 1,096 | 1,096 | -0.4% |
| 環境経済・政策学会 | 1,194 | 1,131 | 1,100 | 1,100 | 1,004 | -15.9% |
| 大気環境学会 | 1,102 | 974 | 975 | 934 | 934 | -15.2% |
| 日本環境化学会 | 1,129 | 848 | 856 | 861 | 876 | -22.4% |
| 環境科学会 | 1,204 | 1,005 | 929 | 877 | 829 | -31.1% |
| 日本陸水学会 | 945 | 945 | 708 | 708 | 672 | -28.9% |
| 日本LCA学会 | 561 | 540 | 558 | 521 | 593 | 5.7% |

*2015年～2019年における会員数の増減率



図表 1.2.5-14 情報分野、ライフサイエンス分野における関連学会個人会員数 (2015年度末～2019年度末)

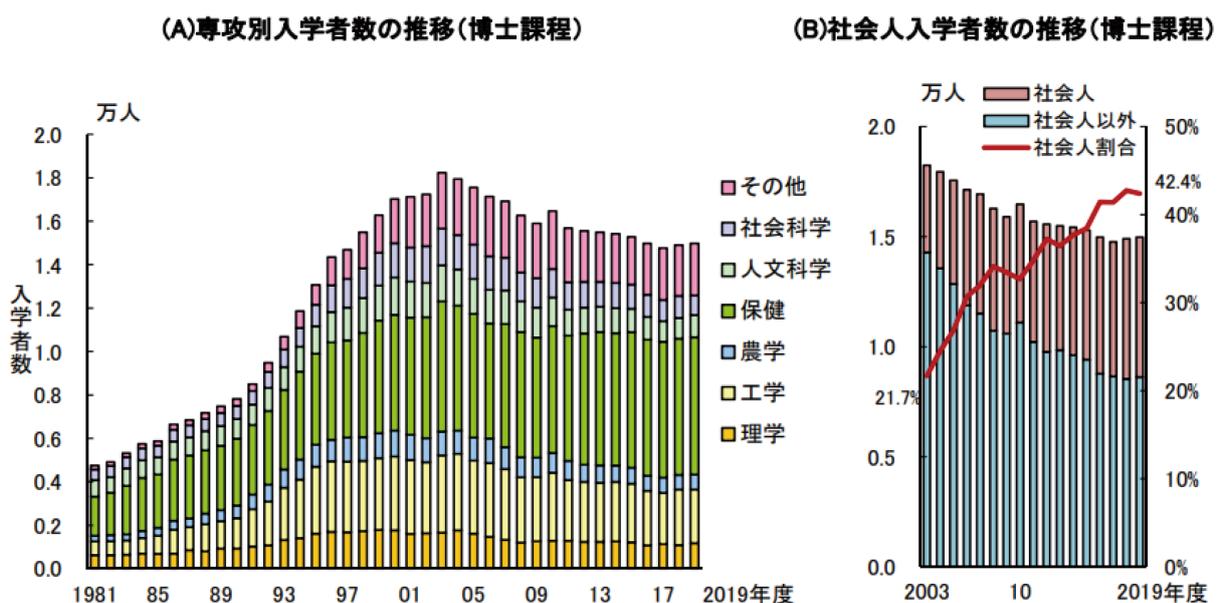
大学院入学者数の推移

前述のKAKEN 検索結果における研究分野構成からも分かるように、環境・エネルギー分野の研究者の専門分野は理学系に加えて工学系や農学系も大きな割合を占める。そこでこれらの分野への大学院進学者がどのように推移しているかを科学技術・学術政策研究所 (NISTEP) の「科学技術指標 2020」から抜粋する (図表 1.2.5-15)。

まず修士課程への入学者数及び博士課程への入学者数推移を見ると、修士課程への入学者総数は2010年度の8.2万人をピークに大きく減少していた。ここ数年は緩やかに増加の傾向がまた現れ始めているが、2019年度は7.3万人でありピーク時と比べて1万人少ない。その内訳を見ると理学が0.7万人、工学が3.1万人、農学が0.4万人である。ピーク時の2010年度からはそれぞれ200人、5,000人、700人減少しており、工学分野における減少幅が大きい。

続いて博士課程への入学者数を見ると、総数のピークは修士課程よりも早く、2003年度に見られた。2003年度の総数は1.8万人でありそこから緩やかに減少を続け2017年度は1.5万人となった。その内訳は理学、工学、農学でそれぞれ1,176人、2,479人、672人となっており、2000年度と比べて600人、1,000人、500人ずつ減少し、研究開発人材が今度どの程度まで減少するかは深刻さを増している。

こうした人材確保に関する懸念は企業にもあり、経済産業省が2018年4月に取りまとめ・公表した「理工系人材需給状況に関する調査結果概要」によれば、「5年後技術者が不足すると予想される分野」の上位に「機械工学」、「電力」、「土木工学」が並んでいる。また「不足する理由」としては「他社が当該分野の採用数を増やしているため」、「業界や自社に対する学生認知が低く、応募が集まらず採用に至らないため」に次いで、「当該分野を学んでいる学生が少ないため」が続いている。本調査結果は大学院修了者のみを対象としたものではないため先の入学者数推移と単純に関連付けることはできないが、人材確保に対する懸念の強まりが環境・エネルギー分野においても見られることが分かる。



図表 1.2.5-15 大学院入学者数の推移
(科学技術指標 2020、科学技術・政策研究所)