

国立国会図書館 調査及び立法考査局

Research and Legislative Reference Bureau National Diet Library

論題 Title	欧州連合及び米国の低炭素技術の研究開発政策
他言語論題 Title in other language	R&D Policy for Low-Carbon Technologies in the EU and the US
著者 / 所属 Author(s)	岡村 浩一郎 (OKAMURA Koichiro) / 関西学院大学商学部 教授・国立国会図書館客員調査員
書名 Title of Book	脱炭素社会の技術と諸課題 科学技術に関する調査プロジェクト報告書 (Technologies for Decarbonized Society and Related Issues)
シリーズ Series	調査資料 2021-5 (Research Materials 2021-5)
編集 Editor	国立国会図書館 調査及び立法考査局
発行 Publisher	国立国会図書館
刊行日 Issue Date	2022-03-29
ページ Pages	35-53
ISBN	978-4-87582-892-1
本文の言語 Language	日本語 (Japanese)
摘要 Abstract	低炭素技術の研究開発及び実用化の経緯・現状について、欧州連合と米国を取り上げ、関連する計画の概要や推進主体、法制、政策等を概観する

* この記事は、調査及び立法考査局内において、国政審議に係る有用性、記述の中立性、客観性及び正確性、論旨の明晰（めいせき）性等の観点からの審査を経たものです。

* 本文中の意見にわたる部分は、筆者の個人的見解です。

欧州連合及び米国の低炭素技術の研究開発政策

関西学院大学商学部 教授

国立国会図書館客員調査員 岡村 浩一郎

目 次

はじめに

I 欧州連合の低炭素技術の研究開発政策

- 1 欧州戦略的エネルギー技術計画 (SET-Plan)
- 2 フレームワークプログラム

II 米国の低炭素技術の研究開発政策

- 1 エネルギー省における低炭素技術の研究開発
- 2 近年の各政権における低炭素技術の研究開発を推進する施策及びプログラム

おわりに

【要 旨】

欧州連合（EU）では、低炭素技術の研究開発の包括的、基本的な枠組みである欧州戦略的エネルギー技術計画（SET-Plan）の下、EU全体の研究・イノベーションの計画であるフレームワークプログラムも活用しつつ低炭素技術の研究開発・実用化を推進している。そのために国や地域、あるいは部門を横断する形で張り巡らされている様々な連携が重用されている。一方、米国では、エネルギー省が低炭素技術を始めエネルギー技術の研究開発の中心的役割を務めている。気候変動問題に対する姿勢は政権の間で大きく異なってきたが、低炭素技術の研究開発・実用化については、政権間で注力する技術分野に濃淡があるものの、全体としては継続的に推進されている。

はじめに

気候変動対策として、各国・地域の政府が化石燃料からの脱却を目的とする様々なエネルギー政策、環境政策を打ち出しているが、それらはおおよそ次の三つに分類できる。

- カーボン・プライシング：経済活動に伴い排出される二酸化炭素（温室効果ガス）に価格付けし、課金をすることにより、二酸化炭素の排出者に、削減に努める経済的インセンティブを与える（例 炭素税や排出量取引）。
- 法規制：法律や基準を設定し、二酸化炭素の排出に対して制限を課す（例 自動車の燃費基準や建築物の断熱基準）。
- 低炭素⁽¹⁾技術の研究開発：二酸化炭素が排出されない、あるいは排出を低減できる低コストの新技術を開発し、社会に普及させる（例 再生可能エネルギー技術、二酸化炭素回収・貯留技術）。

カーボン・プライシングや法規制を有効に活用しつつ、経済活動と二酸化炭素の排出量削減を両立させるためにも低炭素技術の重要性は高い。しかし、低炭素技術に限らず、一般に研究開発の成果が新技術として確立、洗練されつつ、製品や装置に取り込まれ、あるいは事業化され、社会に普及（実装）されるまでの過程の不確実性は高いばかりでなく、新技術の採用や実用化が必ずしも企業などに直接の恩恵をもたらさない（感じられない）こともある。また、技術によっては実用化に近づくにつれ研究開発が大規模になり、大学や企業が研究開発・実用化に取り組むことが困難なことも少なくない。それゆえ、新技術の研究開発・実用化の主体である大学や企業などに対し、低炭素技術の研究開発・実用化を支援する施策の必要性、さらに、新技術が速やかに社会に普及、実装されるような環境整備の重要性は高く、低炭素技術の研究開発と普及（社会実装）における政府の役割は大きい。本稿では欧州連合と米国を取り上げ、それぞれの低炭素技術の研究開発政策を概観する。

* 本稿におけるインターネット情報の最終アクセス日は、令和4（2022）年1月28日である。

(1) 二酸化炭素が排出されない、あるいは排出が低減できる技術を示す用語として「低炭素技術」（あるいは低炭素化技術：low-carbon technology）と「脱炭素化技術」（あるいは脱炭素技術：decarbonization technology）が広く使用されているが、本章では前者を使用する。本章が対象とする欧州連合と米国の政策文書では専ら前者（low-carbon technology）が使用されているからである。一方、後者について、「脱炭素化する」（decarbonize）、及びその名詞形あるいは形容詞形は、対象に対する行為として使用されている（例 decarbonize transport, decarbonization of energy）。

I 欧州連合の低炭素技術の研究開発政策

「欧州連合」(European Union: EU)は、2000年代中盤から、低炭素技術の研究開発に注力している。本章では、EUにおける低炭素技術の研究開発の基本的な枠組みとしての役割を果たしている欧州戦略的エネルギー技術計画、そして、科学技術全般についてのEU全体の研究・イノベーションの計画であるフレームワークプログラムを取り上げ、低炭素技術の研究開発を推進する施策を概観する。

1 欧州戦略的エネルギー技術計画 (SET-Plan)

(1) SET-Plan の位置付け

EUの母体に当たる「欧州石炭鉄鋼共同体」(European Coal and Steel Community: ECSC)を設立したパリ条約(1951年)、原子力を共同で管理する「欧州原子力共同体」(European Atomic Energy Community: EURATOM)を設立したユーラトム条約(1957年)の頃から、EU各国の間では連携してエネルギー問題、研究に取り組む必要性が認識されていた。リスボン条約(2007年)によりEUは政治、経済の両面で統合の度合いを高めた。エネルギー政策については、従来は連携しつつも各国が独自に進めていた政策が、EUとして一つの「欧州のためのエネルギー政策」(An Energy Policy for Europe)⁽²⁾として統合された。エネルギー政策の統合に合わせ、EUにおける低炭素技術の研究開発の包括的、基本的な枠組みとして発表されたのが、「欧州戦略的エネルギー技術計画」(A European Strategic Energy Technology Plan: SET-Plan)⁽³⁾である⁽⁴⁾。同計画とその策定に向けて前年(2006年)に発表された政策文書(グリーンペーパー)、「持続可能で競争力があり安定的なエネルギーのための欧州戦略」⁽⁵⁾の中で、気候変動対策とエネルギー技術の研究開発が、他のエネルギー政策の施策項目と並び優先課題として提示されている。SET-Planは、今日まで改定されつつEUにおける低炭素技術の研究開発の包括的、基本的な枠組みとしての役割を果たしている。

(2) SET-Plan における重要な低炭素技術分野と優先課題

SET-Planでは重要な低炭素技術として表1に示す8分野が提示された⁽⁶⁾。そのうち上からの

-
- (2) Commission of the European Communities, “An Energy Policy for Europe,” COM (2007) 1 final, 2007.1.10. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52007DC0001&from=en>>
- (3) SET-Planは次の四つの政策文書から構成されている。Commission of the European Communities, “Sustainable power generation from fossil fuels: aiming for near-zero emissions from coal after 2020,” COM (2006) 843 final, 2007.1.10. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52006DC0843&from=EN>>; *idem*, “A European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan): Towards A Low Carbon Future,” COM (2007) 723 final, 2007.11.22. <[https://www.eumonitor.eu/9353000/1/j4nvke1fm2yd1u0_j9vvik7m1c3gyxp/vkcweeilvmzp/v=s7z/f=/com\(2007\)723_en.pdf](https://www.eumonitor.eu/9353000/1/j4nvke1fm2yd1u0_j9vvik7m1c3gyxp/vkcweeilvmzp/v=s7z/f=/com(2007)723_en.pdf)>; *idem*, “Investing in the Developing of Low Carbon Technologies (SET-Plan),” COM (2009) 519 final, 2009.10.7. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52009DC0519>>; European Commission, “Energy Technologies and Innovation,” COM (2013) 253 final, 2013.5.2. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0253&from=EN>>
- (4) SET-Planについては欧州委員会ウェブサイト“SETIS - SET Plan information system.” SETIS European Union website <https://setis.ec.europa.eu/index_en>に情報が集約されている。また、本節については各所で示す参考文献に加え、次の報告書も踏まえている。European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, “The strategic energy technology plan: at the heart of energy research and innovation in Europe,” 2018. <<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/064a025d-0703-11e8-b8f5-01aa75ed71a1>>
- (5) Commission of the European Communities, “GREEN PAPER: A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy,” COM (2006) 105 final, 2006.3.8. <https://europa.eu/documents/comm/green_papers/pdf/com2006_105_en.pdf>

6分野については研究開発を推進する枠組みとして「欧州産業イニシアティブ」(European Industry Initiative: EII)⁽⁷⁾が設立された⁽⁸⁾。

表1 SET-Plan が提示する重要な低炭素技術分野

SET-Plan 提示の重要な低炭素技術分野
風力エネルギー
太陽エネルギー
電力網
バイオエネルギー
二酸化炭素回収・貯留技術
原子力発電
燃料電池・水素
エネルギー効率性 (スマート・シティ)

(出典) Commission of the European Communities, “Investing in the Developing of Low Carbon Technologies (SET-Plan),” COM (2009) 519 final, 2009.10.7. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52009DC0519>> を基に筆者作成。

2015年、EU全体のエネルギー政策を更に統合する「エネルギー同盟」(Energy Union)⁽⁹⁾が発表された。エネルギー同盟の発表に合わせ、SET-Planは「統合SET-Plan」(Integrated SET-Plan)⁽¹⁰⁾として改定された。統合SET-Planでは、重要な低炭素技術分野が表2に示す6分野10優先課題として整理、提示されている。そのうち上からの8課題がEUとして取り組む課題、残りの2課題は加盟国の間で連携して取り組む課題としてそれぞれ設定されている⁽¹¹⁾。10の優先課題は更に13の実施計画に分割され、そのそれぞれにおいて研究開発や実装の計画立案、進捗評価などを担う実施検討部会が組織されている⁽¹²⁾。

(3) SET-Plan の推進施策

低炭素技術の研究開発を推進し社会実装につなげるためには国や地域、産業を横断した幅広

(6) Commission of the European Communities, “Investing in the Developing of Low Carbon Technologies (SET-Plan),” COM (2009) 519 final, 2009.10.7. このほかに、海上再生エネルギー(風力発電)、蓄熱技術、核融合などの技術に言及している。

(7) 本稿第I章第1節(3)-(i)参照。

(8) 残りの2分野、燃料電池・水素、及びエネルギー効率性(スマート・シティ)についてもそれぞれ、「共同技術イニシアティブ」(本稿第I章第1節(3)-(iv)参照)、「欧州エネルギー研究アライアンス」(本稿第I章第1節(3)-(ii)参照)により、共同研究開発が進められている。

(9) European Commission, “Energy Union Package: A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy,” COM (2015) 80 Final, 2015.2.25. <https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:1bd46c90-bdd4-11e4-bbe1-01aa75ed71a1.0001.03/DOC_1&format=PDF> 「エネルギー同盟」という名称であるが、連携や同盟ではなく、エネルギー政策、気候変動対策の包括的な政策パッケージである。

(10) European Commission, “Towards an Integrated Strategic Energy Technology (SET) Plan: Accelerating the European Energy System Transformation,” C (2015) 6317 final, 2015.9.15. <<https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/publication/Complete-A4-setplan.pdf>>

(11) 統合SET-Planの優先課題の具体的な目標や推進枠組みについては次の報告書を参照のこと。European Commission, “Transforming the European Energy System through Innovation: Integrated Strategic Energy Technology (SET) Plan Progress in 2016,” 2016. <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/set-plan_progress_2016.pdf>

(12) 統合SET-Plan策定時には14の実施計画、実施検討部会が設置されたが、そのうちの二つが統合され13となっている。

表2 統合 SET-Plan が提示する重要な低炭素技術分野、優先課題、及び実施計画（実施検討部会）

低炭素技術分野	優先課題	実施計画（実施検討部会）
再生可能エネルギー	高効率な再生可能エネルギー技術の開発と EU のエネルギーシステムへの導入	海上風力発電、光電池、地熱発電、海洋エネルギー、集光型太陽熱エネルギー
	再生可能エネルギー技術のコスト低減	
エネルギーシステム	スマート・ハウス技術の開発	エネルギーシステム
	エネルギーシステムの頑健性、安全性などの向上	持続可能な都市開発
エネルギー効率性	建造物のためのエネルギー効率の高い新素材と技術の開発	ビルのエネルギー効率性
	産業全体のエネルギー効率性と競争力の向上	産業のエネルギー効率性
持続可能な交通運輸	電気自動車向け電池技術の競争力の向上	電池
	再生可能燃料、バイオエネルギーの市場化の推進	再生可能燃料・バイオエネルギー
二酸化炭素回収・貯蔵及び利用技術	二酸化炭素回収・貯蔵及び利用技術の研究開発、実用化の推進	二酸化炭素回収・貯蔵及び利用技術
原子力発電の安全性	原子力発電の安全性向上と核融合技術研究開発の推進	原子力発電の安全性

（出典）“Implementing the actions.” SETIS European Union website <https://setis.ec.europa.eu/implementing-actions_en> を基に筆者作成。

い取組が必要である。そのために次に挙げる施策が SET-Plan として新たに開始、あるいは、フレームワークプログラムなどの既存の枠組みを活用して進められている。

（i）欧州産業イニシアティブ / 欧州技術イノベーションプラットフォーム

欧州産業イニシアティブは、表 1 中の上からの低炭素技術 6 分野を対象に、EU 各国が連携しつつ大規模な研究開発、社会実装を進めることを目的とする産学官連携の枠組みである。SET-Plan によりその設立が提案され、2010 年に発足した。2015～16 年にかけて、既存の八つの「欧州技術プラットフォーム」（European Technology Platforms: ETP）⁽¹³⁾と統合されつつ⁽¹⁴⁾、九つの「欧州技術イノベーションプラットフォーム」（European Technology Platforms: ETIP）に再編された⁽¹⁵⁾。

（ii）欧州エネルギー研究アライアンス

「欧州エネルギー研究アライアンス」（European Energy Research Alliance: EERA）は、低炭素技術の基礎研究、応用研究に従事する、EU 内外の 30 か国 250 の大学、公的研究機関から構成されている研究コミュニティである。EII と同様に SET-Plan により設立が提案され、2008 年に発足した。EERA は統合 SET-Plan における優先課題の策定や様々な研究活動の調整などの役割を担っている。

(13) ETP は、第 6 次フレームワークプログラム（FP6、2002～06 年）の下、2003 年に開始された、EU としては最初の産学官連携の枠組み、組織である。各 ETP は、産業界主導でそれぞれが対象とする技術分野について、長期的視野に立って技術を展望する「戦略的研究計画」（Strategic Research Agenda: SRA）を策定している。ETP の活動が助成対象となるとは限らない。SRA は FP を始めとする EU、あるいは各国の科学技術イノベーション政策、各種プログラムの立案実施に必要な情報源として重要な役割を務めている。

(14) European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, *op.cit.* (4), p.15.

(15) 2019 年に新たに電池技術の ETIP が発足しており、10 の ETIP が活動している。

(iii) ERA ネット、欧州パートナーシップ

EU 各国に分散している研究活動・資源の域内統合を図る概念として、2000年に発表された「欧州研究領域」(European Research Area: ERA)がある。「ERA ネット」(ERA-NET)はその実現に向け、EU 及び EU 各国の研究プログラムの調整、共同提案などを推進する枠組みとして2002年に開始された⁽¹⁶⁾。2002年に開始された。統合 SET-Plan の13の実実施計画のうち、七つの実施計画でERA ネットが活動している。枠組みとしてのERA ネットは「ホライゾン2020」(Horizon 2020)⁽¹⁷⁾で終了し、「ホライゾン・ヨーロッパ」(Horizon Europe)⁽¹⁸⁾で再編成された連携の枠組み、「欧州パートナーシップ」⁽¹⁹⁾に引き継がれている。

(iv) 欧州イノベーション・パートナーシップ、共同技術イニシアティブ / 共同実施機構

SET-Plan で提示された支援が必要な低炭素技術(表1)のうち、エネルギー効率性(スマートシティ)については、「欧州イノベーション・パートナーシップ」(European Innovation Partnerships: EIP)⁽²⁰⁾により推進されている。EIPは、社会課題の解決とEU産業の競争力向上を目的とし、産学官連携の下、EU、国、地域レベルの施策を調整することを目的とする包括的な連携の枠組みである。2010年に「イノベーション・ユニオン」(Innovation Union)⁽²¹⁾で発表された。一方、燃料電池・水素については「共同技術イニシアティブ」(Joint Technology Initiative: JTI) / 「共同実施機構」(Joint Undertaking: JU)⁽²²⁾により推進されてきている⁽²³⁾。JTIは、2007年に第7次フレームワークプログラム(FP7、2007～13年)⁽²⁴⁾で導入された、ETPが策定したSRAのうち、EUからの助成の下、EU全体で推進することが必要と判断されるものについて設立される産業界主導の産学官連携の枠組みである⁽²⁵⁾。

(v) その他

SET-Planに関する情報を集約、低炭素技術の研究開発、社会実装に関する情報を共有するために「SET情報システム」(Strategic Energy Technology Information System: SETIS)⁽²⁶⁾が運営されている。また、統合 Set-Plan の13の実実施計画のうち、八つの実施計画が、フレームワーク

(16) ERA ネットはFP6(前掲13)の下、開始された。ETPが産業界における調整の枠組みであるのに対し、ERA ネットは学術界における調整の枠組みである。European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, “The ERA-NET scheme from FP6 to Horizon 2020: report on ERA-NETs, their calls and the experiences from the first calls under Horizon 2020,” October 2014. <<https://data.europa.eu/doi/10.2777/96893>>

(17) 本稿第I章第2節(3)-(i)参照。

(18) 本稿第I章第2節(3)-(ii)参照。

(19) 本稿第I章第2節(3)-(ii)-(b)参照。

(20) 「スマートシティ・コミュニティ」(Smart Cities and Communities: EIP-SCC)として活動している。

(21) European Commission, “Europe 2020 Flagship Initiative: Innovation Union,” COM (2010) 546 final, 2010.10.6. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010DC0546&from=EN>> イノベーション・ユニオンは2020年までの欧州の成長戦略である、「欧州2020戦略」(European Commission, “EUROPE 2020: A strategy for smart, sustainable and inclusive growth,” COM (2010) 2020 final, 2010.3.3. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010DC2020&from=EN>>)の旗艦イニシアティブの一つである。

(22) JTIは「EUの機能に関する条約」(The Treaty on the Functioning of the European Union)第187条に基づく「共同実施機構」(Joint Undertaking: JU)として運営される。ホライゾン2020以降、JTIではなくJUとして表記されている。

(23) 「燃料電池・水素 JTI」(Fuel Cells and Hydrogen Joint Technology Initiative、2008～13年)、「燃料電池・水素 JU」(Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking、2014～20年)、そして欧州パートナーシップ、「欧州クリーン水素パートナーシップ」(EU Clean Hydrogen Partnership、2021年～)として活動を継続している。

(24) 本稿第I章第2節参照。

(25) Vincent Reillon, “Public-private partnerships in research,” *Briefing*, May 2017. <https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/603934/EPRS_BRI%282017%29603934_EN.pdf> なお他の連携の枠組み(EII、ETPなど)についても当文書を踏まえている。

(26) “SETIS - SET Plan information system,” *op.cit.* (4)

プログラムにおける、研究活動を支援する活動（会議の開催、研究者の派遣や研究組織間の交流、啓蒙活動等）に対する助成の枠組みである「調整支援活動」（Coordination and Support Actions: CSA）から助成を受けている⁽²⁷⁾。

2 フレームワークプログラム

(1) フレームワークプログラムの概要

EUの研究・イノベーションは、1984年以來、数年間に渡り実施される「フレームワークプログラム」（Framework Programme: FP）の下で支援（資金助成）されている⁽²⁸⁾。欧州各国は1960年代終盤頃から米国との技術ギャップに対する懸念を共有していた。フレームワークプログラムの目的は、この懸念に対処するために、各国の科学技術政策を調整し、EU全体の科学技術力と産業競争力を向上させることであった。時代が下るにつれ、EUが拡大するとともに、フレームワークプログラムが対象とする課題や分野も広がり、域内経済的不均衡の是正、社会経済的価値の重視、イノベーションを取り巻く制度等や枠組みの整備などを含むようになってきており、フレームワークプログラムの規模（予算、加盟国数）は拡大の一途をたどっている（表3）。

表3 各フレームワークプログラムの期間と規模（予算、加盟国数）

プログラム ^(注1)	FP1	FP2	FP3	FP4	FP5	FP6	FP7	H2020	HEU
期間（年）	1984 ～87	1987 ～91	1990 ～94	1994 ～98	1998～ 2002	2002 ～06	2007 ～13	2014 ～20	2021 ～27
予算規模 ^(注2) （億ユーロ）	30	50	70	130	150	190	560	770	1,000
加盟国数 ^(注3)	10	12	12	12	15	15	27	28	27

（注1）FP：フレームワークプログラム、H2020：ホライズン2020、HEU：ホライズン・ヨーロッパ。

（注2）出典元で Billion Euro の単位で表記されている予算規模を億ユーロに変更しているため、誤差がある。

（注3）各フレームワークプログラム開始時点のEU加盟国数。

（出典）European Commission, “European Commission proposes a 100 billion Euro budget for research and innovation (2021-2027),” 2018.5.7. <<https://euraxess.ec.europa.eu/worldwide/brazil/european-commission-proposes-100-billion-euro-budget-research-and-innovation>> を基に筆者作成。

(2) フレームワークプログラムにおけるエネルギー研究

気候変動問題については、既に第1次フレームワークプログラム（FP1、1984～87年）においてオゾン層破壊問題に関する研究が支援されていた。モントリオール議定書が発効（1989年）、オゾン層を破壊するフロンガスなどの製造が禁止される一方、京都議定書の採択（1997年）に示されるように、地球温暖化対策の緊急性が広く認識されるにつれ、温室効果ガスを始め気候変動問題に関する研究が重要視されるようになった⁽²⁹⁾。

しかし、フレームワークプログラムにおいて低炭素技術を含む気候変動問題に関する研究開発が本格的に支援されるようになったのは、SET-Plan 発表の後で最初に設計された「ホライ

(27) “Implementing the actions.” SETIS European Union website <https://setis.ec.europa.eu/implementing-actions_en>

(28) EUの科学技術イノベーション政策やフレームワークプログラムの詳細については、吉澤剛「EUの科学技術イノベーション政策」国立国会図書館調査及び立法考査局編『ポスト2020の科学技術イノベーション政策—科学技術に関する調査プロジェクト2019—』（調査資料2019-6）国立国会図書館，2020，pp.9-24. <https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_11472879_po_20190602.pdf?contentNo=1> を参照。

(29) European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, “Research on climate change: funded by the seventh framework programme,” 2013, p.I. <<https://data.europa.eu/doi/10.2777/30474>>

ゾン 2020」(2014～20年)からである。FP1～FP4(1984～98年)では、原子力を除くエネルギー研究にフレームワークプログラム予算の15～20%が割り当てられていた。しかし、FP5(1998～2002年)でその重要性は低下し、FP6(2002～06年)では8.9億ユーロ(FP6全支出の4.6%⁽³⁰⁾⁽³¹⁾)の水準まで低下した⁽³²⁾。FP7(2007～13年)で、原子力を除くエネルギー研究への支出は、17.1億ユーロ(FP7全予算の3.1%⁽³³⁾⁽³⁴⁾)となり、プログラム期間が5年(FP6)から7年(FP7)に拡大したことを考慮しても、持ち直した⁽³⁵⁾。

(3) フレームワークプログラムにおける低炭素技術の研究開発

フレームワークプログラムの様々な施策がSET-Planの推進に活用されている。近年のフレームワークプログラムにおける低炭素技術の研究開発について概観する。

(i) ホライゾン 2020

ホライゾン 2020(2014～20年)⁽³⁶⁾は、前述のイノベーション・ユニオンを推進する上で軸となったプログラムである。ホライゾン 2020の予算はFP7から210億ユーロ増額(40%増)されるとともに、予算の35%以上を気候関連の研究開発に割り当てる方向性が示されている⁽³⁷⁾。ホライゾン 2020は、「卓越した科学」(Excellent Science)、「産業的リーダーシップ」(Industrial Leadership)、「社会的課題」(Societal Challenges)という三つの大きな柱を基本構造としている⁽³⁸⁾。低炭素技術の研究開発については、社会的課題を構成する六つの研究課題の一つ⁽³⁹⁾である「安全、クリーンで効率的なエネルギー」(Secure, clean and efficient energy)の下で59.3億ユーロの予算(ホライゾン 2020全予算の7.7%⁽⁴⁰⁾)が割り当てられている⁽⁴¹⁾。これは、FP7から42.2億ユーロ増額(250%増)されている。

(30) 原子力エネルギー研究(EURATOM)を含むFP6全支出に占める、FP6の研究課題、持続可能なエネルギーシステム(Sustainable energy systems)への支出の割合。

(31) European Commission, “Evaluation of the Sixth Framework Programmes for research and technological development 2002-2006: report of the expert group,” 2010. <<https://data.europa.eu/doi/10.2777/84968>>

(32) Technopolis Group et al., “Evaluation of the impact of projects funded under the 6th and 7th EU Framework Programme for RD&D in the area of non-nuclear energy,” Final report, 19 June 2014. <https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/FP6-7_impact%20of%20energy%20projects.pdf>

(33) 原子力エネルギー研究(EURATOM)を含むFP7全予算に占める、FP7の研究課題、「エネルギー」(Energy)への支出の占める割合。

(34) “Commitment and coherence: Ex-post evaluation of the 7th EU Framework Programme (2007 - 2013),” November 2015. <<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7e74df87-ebb0-11e8-b690-01aa75ed71a1>>

(35) FP7の予算はFP6から大幅に増額(370億ユーロ、195%増)した(表3)。その結果、エネルギー研究への支出がFP全予算に占める割合は低下した。

(36) European Commission, “Horizon 2020 – The Framework Programme for Research and Innovation,” COM (2011) 808 final, 2011.11.30. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex:52011DC0808>>

(37) European Commission, *op.cit.* (10)

(38) 吉澤 前掲注(28), p.17.

(39) 再生可能エネルギーに限らない低炭素技術の研究課題として、他に「スマート、グリーンな統合交通」(smart, green & integrated transport. 予算 63.4億ユーロ)、気候変動のモデリング等が対象となる、「気候変動に対する活動、環境、自然資源の効率性と天然資源」(climate action, environment, resource efficiency & raw materials. 予算 30.8億ユーロ)がある。

(40) 原子力エネルギー研究(EURATOM)を含むホライゾン 2020全予算に占める、ホライゾン 2020の研究分野、安全、クリーンな高効率のエネルギー(secure, clean & efficient energy)への予算が占める割合。

(41) “Horizon 2020 structure and budget.” European Commission website <https://ec.europa.eu/research/participants/docs/h2020-funding-guide/grants/applying-for-funding/find-a-call/h2020-structure-and-budget_en.htm>

(a) 欧州イノベーション・技術機構

「欧州イノベーション・技術機構」(European Institute of Innovation & Technology: EIT) は、EUにおける起業家精神を育み、イノベーションを推進することを目的とする組織である。2008年にフレームワークプログラムとは別に設立されたが、ホライゾン 2020 からフレームワークプログラムの傘下に入った。社会的課題のその解決に向けた産学連携のコミュニティである「知識・イノベーション・コミュニティ」(Knowledge and Innovation Community: KIC) が各課題について活動している。低炭素技術については、気候変動への対応を目的とする「Climate-KIC」と、持続可能なエネルギー技術の開発を目的とする「InnoEnergy-KIC」がそれぞれ研究、教育活動を支援している⁽⁴²⁾。

(b) 共同技術イニシアティブ / 共同実施機構

ホライゾン 2020 では、燃料電池・水素 JU に加え、航空機からの二酸化炭素排出と騒音の抑制を目的とする「クリーン・スカイ 2JU」(Clean Sky 2 Joint Undertaking)⁽⁴³⁾が活動している。ホライゾン 2020 実施期間中に JTI/JU を通して官民が 50% ずつ負担して低炭素技術の研究開発に対して 120 億ドルの投資を進める方針が示されている⁽⁴⁴⁾。

(ii) ホライゾン・ヨーロッパ

ホライゾン・ヨーロッパ (2021~27 年)⁽⁴⁵⁾は、2050 年までの温室効果ガス排出が「実質ゼロ」(net-zero) の「気候中立」(climate-neutral) な経済社会の実現⁽⁴⁶⁾、2030 年までの温室効果ガス排出量の 1990 年比削減目標の 55% 減への拡大⁽⁴⁷⁾といった目標が設定されるなど⁽⁴⁸⁾、EU の気候変動問題への取組が加速し、気候変動対策と経済成長の両立を目的とする「欧州グリーン・ディール」(EU Green Deal)⁽⁴⁹⁾を始めとする一連の気候変動対策が発表されている中で策定されたプログラムである。ホライゾン 2020 と同様、ホライゾン・ヨーロッパの予算も、その前身であるホライゾン 2020 から 225 億ユーロと大幅に増額 (30% 増) されるとともに、予算の

(42) “Knowledge and Innovation Communities.” European Institute of Innovation & Technology website <<https://eit.europa.eu/our-communities/eit-innovation-communities>>

(43) クリーン・スカイ 2JU は、FP7 では「クリーン・スカイ JTI」(Clean Sky Joint Technology Initiative) として活動していた。ホライゾン・ヨーロッパでは、欧州パートナーシップの「クリーン・アヴィエイション」(Clean Aviation) として活動を継続している。

(44) European Commission, *op.cit.* (10)

(45) European Commission, “establishing Horizon Europe – the Framework Programme for Research and Innovation, laying down its rules for participation and dissemination,” COM (2018) 435 final, 2018. 6. 7. <https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b8518ec6-6a2f-11e8-9483-01aa75ed71a1.0001.03/DOC_1&format=PDF>

(46) European Commission, “A Clean Planet for all: A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy,” COM (2018) 773 final, 2018.11.28. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=en>>

(47) European Commission, “Stepping up Europe’s 2030 climate ambition: Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people,” COM (2020) 562 final, 2020. 9. 17. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0562&from=EN>>

(48) さらにこれら目的の法的裏付けとして、2021 年 6 月に欧州気候法 (European Climate Law) が成立している (European Commission, “REGULATION (EU) 2021/1119 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401 / 2009 and (EU) 2018/1999 (‘European Climate Law’),” *Official Journal of the European Union*, L243, 2021.7.9, pp.1-17.)。

(49) European Commission, “The European Green Deal,” COM (2019) 640 final, 2019.12.11. <https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF> さらに 2021 年 7 月には、欧州グリーン・ディールを推進するための包括的な施策パッケージ、フィット・フォー・55 (Fit For 55) が発表されている (European Commission, “‘Fit for 55’: delivering the EU’s 2030 Climate Target on the way to climate neutrality,” COM (2021) 550 final, 2021.7.14.)。

35%以上を気候関連の研究開発に割り当てる方針が示されている。ホライゾン・ヨーロッパの方向性や構造について、ホライゾン 2020 から大きな変更はない。ホライゾン 2020 と同じくホライゾン・ヨーロッパも三つの大きな柱を基本構造としている⁽⁵⁰⁾。低炭素技術の研究開発については第2の柱を構成する六つの研究課題の一つである「気候、エネルギー、及びモビリティ」(Climate, Energy and Mobility)の下で、151億ユーロの予算が割り当てられている⁽⁵¹⁾。

(a) 欧州ミッション

「欧州ミッション」(Europe Mission)⁽⁵²⁾は、「欧州委員会」(European Commission: EC)が設定した優先課題⁽⁵³⁾への施策として、挑戦的な課題について2030年までに具体的な成果を実現するために推進される研究助成プログラムである。18億ユーロの予算規模(2021~23年)で開始された。五つの目標(ミッション)が提示されており、そのうち「気候変動への適応」(Adaptation to Climate Change)を始め四つの目標が気候変動問題、低炭素技術に関連している。

(b) 欧州パートナーシップ

「欧州パートナーシップ」(European Partnerships)は、ERA ネット、JTI/JU など、フレームワークプログラムで運営されてきた様々な連携の枠組みを再編したものである⁽⁵⁴⁾。49のパートナーシップ候補⁽⁵⁵⁾のうち、11のパートナーシップが、ホライゾン・ヨーロッパの柱の一つである「気候、エネルギー及びモビリティ」に分類されている。

Ⅱ 米国の低炭素技術の研究開発政策

米国では「エネルギー省」(Department of Energy: DOE)が、連邦政府におけるエネルギー研究開発の中心的役割を務めている。本章では初めに DOE における低炭素技術研究開発の支援体制(部局)を概観する⁽⁵⁶⁾。続いて、バラク・オバマ(Barack Obama)政権以降(2009年1月~)の低炭素技術の研究開発政策の動向を確認する⁽⁵⁷⁾。

(50) 「卓越した科学」(excellent science)、「グローバル課題と欧州の産業競争力」(global challenges and European industrial competitiveness)、「イノベティブな欧州」(innovative Europe)の三つである。

(51) European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, “Horizon Europe, budget: Horizon Europe - the most ambitious EU research & innovation programme ever,” May 4, 2021. ホライゾン・ヨーロッパ全予算の15.1%に相当する。FP7やホライゾン2020と異なり、交通運輸が追加され、気候、エネルギー、交通運輸の3分野の合計であることに留意が必要である。

(52) European Commission, “on European Missions,” COM (2021) 609 final, 2021. 9. 29. <https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research_and_innovation/funding/documents/ec_com_heu_randi_missions_29092021.pdf>

(53) “The European Commission’s priorities.” European Commission website <https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024_en>

(54) “European Partnerships in Horizon Europe.” *ibid.* <https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/european-partnerships-horizon-europe_en#frequently-asked-questions>

(55) European Commission, Directorate-General for Research and Innovation “Horizon Europe: the next generation of European partnerships: contributing to a greener and more digital Europe,” September 3, 2021. <<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/bb4f7575-0ebc-11ec-b771-01aa75ed71a1>>

(56) DOEの活動は多岐に渡る。エネルギー分野の研究開発に加え、国立研究所や発電所・部門の運営、エネルギー分野の規制、核廃棄物管理等、幅広い役割を担っている。

(57) 科学技術イノベーション政策全般については、岡村浩一郎「米国の科学技術イノベーション政策」国立国会図書館調査及び立法考査局編 前掲注⁽²⁸⁾, pp.31-44を参照。

1 エネルギー省における低炭素技術の研究開発

(1) エネルギー研究の概況

1970年代後半まで、連邦政府は主に化石燃料、原子力分野のエネルギー研究開発を支援していた。第1次オイルショック（1973年）を受けて設立された「連邦エネルギー庁」（Federal Energy Administration. 1974年設立）と、原子力エネルギー研究開発を始めとするエネルギー関連施策を所轄していた「エネルギー研究開発局」（Energy Research and Development Administration. 1975年設立）が統合された結果設立されたのがDOE（1977年設立）である。その後、DOEにより再生可能エネルギーやエネルギー効率性に関する研究開発も行われるようになった⁽⁵⁸⁾。

DOEが推進（支援）しているエネルギー研究開発は幅広い。低炭素技術を始めとする民生用エネルギー研究開発に加え、高エネルギー物理学や超高速計算機、核融合研究、国防のための原子力エネルギー研究開発も推進している。DOEの予算規模は大きい。連邦政府研究開発費（2020年度予算）1641億ドル⁽⁵⁹⁾のうち、DOEの予算は192億ドル（連邦政府研究開発費の11.7%）である。「国防総省」（Department of Defense. 727億ドル、44.3%）、「保健福祉省」（Department of Health and Human Services. 408億ドル、24.8%）に次いで第3位である⁽⁶⁰⁾。

他省庁でもエネルギー研究開発は実施されているが、その規模はDOEと比べ極めて小さく、DOEのエネルギー研究開発が、連邦政府全体を反映していると考えてよい。DOEのエネルギー研究開発費は増減が著しい。1970年代を通してエネルギー研究開発費⁽⁶¹⁾は急速に増加、ピーク時（1979年）には年間86億ドル⁽⁶²⁾に達したものの、一転して急速に減少、1990年後半には年間20億ドルの水準まで低下した。その後、徐々に増加し2018年度には年間45億ドルの水準に回復した⁽⁶³⁾。表4にDOEのエネルギー研究開発費（累積）の推移を示す。エネルギー

表4 DOEのエネルギー研究開発累積投資額（単位10億ドル、2016年米ドル換算）

エネルギー技術分野	2009～18年度 (10年間)	1978～2008年度 (31年間)	1948～77年度 (30年間)
再生可能エネルギー	9.4	18.3	1.7
エネルギー効率性	8.2	16.5	0.4
化石燃料	10.0	27.9	17.1
原子力	13.7	44.3	51.6
電力システム	6.7	3.3	0.3
合計	48.0	110.3	71.1

(注) 各期間の区切り方（長さ）は出典に倣っている。

(出典) Corrie E. Clark, “Renewable Energy R&D Funding History: A Comparison with Funding for Nuclear Energy, Fossil Energy, Energy Efficiency, and Electric Systems R&D,” *CRS Report*, RS22858, June 18, 2018 中の Table 1. DOE Energy Technology Cumulative Funding Totals を基に筆者作成。

(58) Corrie E. Clark, “Renewable Energy R&D Funding History: A Comparison with Funding for Nuclear Energy, Fossil Energy, Energy Efficiency, and Electric Systems R&D,” *CRS Report*, RS22858, June 18, 2018.

(59) 2020年ドル換算。以下、本パラグラフについては全て2020年ドル換算値を使用。

(60) “Total R&D by Agency, 1976 - 2000,” [October 2020]. American Association for the Advancement of Science website <<https://www.aaas.org/sites/default/files/2020-10/Agencies.xlsx>>

(61) 具体的には、化石燃料、原子力エネルギー、電力システム、再生可能エネルギー、エネルギー効率性に関する研究開発費である。

(62) 2016年ドル換算。以下、本パラグラフについては全て2016年ドル換算値を使用。

(63) 2009年については、景気対策法（後掲注74）からの支出があったため130億ドルである。Clark, *op.cit.* (58)

研究開発費は、長期にわたり減少傾向にある原子力エネルギーと近年は増加傾向が見られない化石燃料を除き、総額と各技術のいずれについても増加してきている。

(2) エネルギー省における低炭素技術の研究開発関連部局

DOEにおいて低炭素技術の研究開発を推進している主要な部局（表5）を概観する。科学局基礎エネルギー科学室を除き、いずれの部局も低炭素技術の応用研究から開発、実用化（社会実装）を軸に活動している。

(i) 科学局基礎エネルギー科学室

「基礎エネルギー科学室」(Office of Basic Energy Science: BES) は「科学局」(Office of Science)⁽⁶⁴⁾の下でエネルギーに関連する基礎研究を幅広く支援している。低炭素技術の研究開発に関連するプログラムとして、「エネルギー・フロンティア研究センター」⁽⁶⁵⁾を推進し、さらに、「エネルギー・イノベーション・ハブ」⁽⁶⁶⁾の下で設立された、人工光合成、エネルギー貯蔵（蓄電池）の研究開発を進める二つのハブ（拠点）を支援している。

表5 DOEにおいて低炭素技術の研究開発を推進している主要な部局

部局名称（英文名称、2020年度部局予算）
科学局 基礎エネルギー科学室（Office of Basic Energy Science: BES、22.1億ドル）
化石エネルギー・炭素管理局（Office of Fossil Energy and Carbon Management: FECM、7.09億ドル）
原子力局（Office of Nuclear Energy: NE、11.6億ドル）
エネルギー効率・再生可能エネルギー局（Office of Energy Efficiency and Renewable Energy: EERE、20.5億ドル）
エネルギー高等研究計画局（Advanced Research Projects Agency-Energy: ARPA-E、4.25億ドル）
クリーン・エネルギー実証局（Office of Clean Energy Demonstrations: OCED、－ ^(注1) ）

(注1) 2021年12月設立。

(出典) DOE website <<https://www.energy.gov/>>; “Department of Energy R&D, 1990 - 2020,” [May 2020]. American Association for the Advancement of Science website <<https://www.aaas.org/sites/default/files/2020-05/DOE.xlsx>> を基に筆者作成。

(ii) 化石エネルギー・炭素管理局

「化石エネルギー・炭素管理局」(Office of Fossil Energy and Carbon Management: FECM)⁽⁶⁷⁾は発生源あるいは大気中からの二酸化炭素の回収技術や、貯蔵及び活用に必要な技術の開発、メタンガス削減等、大気中の温室効果ガスの削減に必要な技術開発を支援している。直近では、低コストのクリーン水素供給実現に向けた施策である「エネルギー・アースショット・イニシアチブ」(Energy Earthshots Initiative) として「水素ショット」と「カーボン・ネガティブショット」を開始している⁽⁶⁸⁾。

(64) 科学局は、エネルギー基礎研究を含め物理分野、計算機分野を中心に、米国の大学や政府研究所等における基礎研究を支援している。

(65) 本稿第Ⅱ章第2節(1)-(i) 参照。

(66) 本稿第Ⅱ章第2節(1)-(ii) 参照。

(67) 2021年7月に「化石エネルギー局」(Office of Fossil Energy) から名称が変更された。

(68) 本稿第Ⅱ章第2節(3)-(ii) 参照。

(iii) 原子力局

「原子力局」(Office of Nuclear Energy: NE)は、軽水炉や先進的原子炉、小型モジュール炉等、民生用の原子力技術の研究開発を支援している⁽⁶⁹⁾。2020年5月には、短期～中期で稼働可能な新型原子炉の開発(実証)に必要な開発費を分担し、企業を支援するプログラム「先進的原子炉実証プログラム」(Advanced Reactor Demonstration Program: ARDP)⁽⁷⁰⁾が開始された。

(iv) エネルギー効率・再生可能エネルギー局

DOEにおいて、低炭素技術の研究開発の中心的役割を果たしている部局が「エネルギー効率・再生可能エネルギー局」(Office of Energy Efficiency and Renewable Energy: EERE)である。EEREは様々な低炭素技術の研究開発を支援している⁽⁷¹⁾。また、DOE傘下の17の国立研究所のうち、唯一、再生可能エネルギーやエネルギー効率性向上技術の研究開発に注力している「国立再生可能エネルギー研究所」(National Renewable Energy Laboratory: NREL)⁽⁷²⁾を運営している。

(v) エネルギー高等研究計画局

「エネルギー高等研究計画局」(Advanced Research Projects Agency-Energy: ARPA-E)は、インターネット誕生に大きな役割を果たした「国防高等研究計画局」(Defense Advanced Research Projects Agency: DARPA)に倣い、画期的なエネルギー技術の開発・実用化を目的とする研究開発助成機関である⁽⁷³⁾。2009年に、「景気対策法」⁽⁷⁴⁾で割り当てられた予算4億ドルを基に設立された。ドナルド・トランプ(Donald J. Trump)政権(2017～20年)は廃止案(予算ゼロ)を一貫して提示していたものの、連邦議会により予算が措置されてきた。

ARPA-Eは通常、助成対象とする特定のエネルギー技術分野を限定して研究開発プロジェクトを公募しているが、約3年に一度、エネルギー技術全般を対象とした自由公募(OPEN FOA)⁽⁷⁵⁾を実施している。ジョー・バイデン(Joe Biden)政権発足間もない2021年2月には、画期的なクリーン・エネルギー技術を対象とした自由公募「OPEN2021」(予算規模1億ドル)を開始した⁽⁷⁶⁾。

(69) DOEにおいて国防用の原子力技術の研究開発は、「国家核安全保障局」(National Nuclear Security Administration: NNSA)が推進している。

(70) Office of Nuclear Energy, “Advanced Reactor Demonstration Program.” U.S. Department of Energy website <<https://www.energy.gov/ne/advanced-reactor-demonstration-program>>; *idem*, “Energy Department’s Advanced Reactor Demonstration Program Awards \$ 20 million for Advanced Reactor Concepts,” December 22, 2020. *idem* <<https://www.energy.gov/ne/articles/energy-departments-advanced-reactor-demonstration-program-awards-20-million-advanced>>

(71) EEREが支援している低炭素技術として、再生可能エネルギー技術(地熱、太陽光、風力、波力)、運輸技術(バイオ由来燃料、水素、燃料電池、蓄電池、電気自動車、高効率内燃機関等)、二酸化炭素利用技術、エネルギー効率性向上技術(先進的製造、建築物等)などが挙げられる(Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, “EERE Technology Areas and Offices.” *ibid.* <<https://www.energy.gov/eere/eere-technology-areas-and-offices>>).

(72) NRELの前身は、DOEと同年(1977年)に設立された「太陽エネルギー研究所」(Solar Energy Research Institute: SERI)である。

(73) ARPA-Eについては、岡村浩一郎「米国ARPA-Eのイノベーション・モデル」国立国会図書館調査及び立法考査局編 前掲注(28), pp.45-47を参照。

(74) American Recovery and Reinvestment Act of 2009 (Pub. Law 111-5) 通称 ARPA。

(75) Open Funding Opportunity Announcement の略。

(76) “U.S. Department of Energy Announces \$ 100 Million for Transformative Clean Energy Solutions Supporting President Biden’s Climate Innovation Agenda,” 2021.2.11. ARPA-E website <<https://arpa-e.energy.gov/news-and-media/press-releases/us-department-energy-announces-100-million-transformative-clean>>

(vi) クリーン・エネルギー実証局

「クリーン・エネルギー実証局」(Office of Clean Energy Demonstrations: OCED) は中立的な立場から実用化段階のエネルギー技術を実証、評価することを目的とする部局である。対象とするエネルギー技術は、クリーン水素製造や、二酸化炭素回収、電力貯蔵、小型モジュール原子炉等、幅広い。「インフラ投資・雇用法」⁽⁷⁷⁾(2021年11月成立)により215億ドル(5年間)の予算が割り当てられ、設立された⁽⁷⁸⁾。

(vii) 国立研究所

ここまで確認した部局は自ら研究開発に従事するのではなく、大学や企業、あるいは公的研究施設等の研究開発を支援(助成)することを目的とする組織である。これらの部局とは別に自ら研究開発に従事する機関として、現在、DOEでは17の「国立研究所」(National Laboratories)が活動している⁽⁷⁹⁾。その多くが原子力分野、物理分野等の研究開発に従事している。DOEの17の国立研究所のうち、NRELと「国立エネルギーテクノロジー研究所」(National Energy Technology Laboratory: NETL)がエネルギー技術の研究開発に注力している。NETLは、二酸化炭素回収・貯蔵技術を始め、化石エネルギー関連技術の研究開発を進めている。

2 近年の各政権における低炭素技術の研究開発を推進する施策及びプログラム

オバマ政権以降(2009年1月～)の低炭素技術の研究開発推進に関連する施策を概観する。

(1) オバマ政権期(2009～16年)の施策及びプログラム

オバマ政権において、気候変動問題は重要課題であった⁽⁸⁰⁾。国内については、政権発足後間もない時期に支持した「米国クリーンエネルギー・安全保障法案」⁽⁸¹⁾は、結局、成立しなかったものの(2009年6月)、その後も大気浄化法⁽⁸²⁾に基づき行政権限により自動車や発電所などに対し温室効果ガス排出規制を打ち出していった。一方、国際的には、温室効果ガス削減目標として、2025年までに温室効果ガス排出量の2005年比26～28%減を提示しつつ⁽⁸³⁾、パリ協定(2015年)の成立、発効に尽力している。

オバマ政権の気候変動対策に対する姿勢は、同政権の科学技術イノベーション政策から確認もできる。政権発足後間もない時期にリーマン・ショック後の浮揚策として成立した景気対策

(77) 本稿第Ⅱ章-第2節(3)-(i)参照。

(78) Department of Energy, “DOE Establishes New Office of Clean Energy Demonstrations Under the Bipartisan Infrastructure Law,” December 21, 2021. <<https://www.energy.gov/articles/doe-establishes-new-office-clean-energy-demonstrations-under-bipartisan-infrastructure-law>> 新設のOCEDが215億ドル予算相当分のエネルギー技術の実証・評価を行うことは、組織と人材の両面から難しく、そのほとんどが他部局への予算の付け替え、あるいは他部局との協業により行われると考えられる。

(79) 国立研究所は、連邦政府各省庁が出資している公的研究施設、連邦政府出資研究センターに分類される機関である。DOE以外にも国防総省や航空宇宙局を始め他の各連邦政府省庁が、それぞれ、国立研究所(連邦政府出資研究センター)を運営している。

(80) 同政権の気候変動対策については、次の文献を参照。岩澤聡「オバマ政権下の米国の気候変動対策」『レファレンス』806号, 2018.3, pp.1-30. <https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_11054849_po_080601.pdf?contentNo=1>

(81) American Clean Energy and Security Act of 2009 (H.R. 2454)。同法案に尽力した下院議員の名前から「ワックスマン-マーキー法案」(Waxman-Markey Bill)とも呼ばれる。同法案は、米国での温室効果ガスの排出量取引制度の導入や発電業者に対し再生可能エネルギー由来の電力の比率向上の義務付け、石炭火力発電所への二酸化炭素回収・貯蔵技術採用の義務付けなどを目的としたものであった。本法案は米国議会下院本会議で可決したが(2009年6月)、議会内外の強い政治対立を背景に上院で審議されることはなかった。

(82) Clean Air Act, 42 U.S.C. § § 7401-7671q.

(83) 同政権発足時の温室効果ガス削減目標は、2020年までに温室効果ガス排出量の2005年比17%減であった。

法から 900 億ドル以上がクリーン・エネルギーとその関連分野に割り当てられている⁽⁸⁴⁾。また、同政権の科学技術イノベーション政策の方向性と施策項目を示した「米国イノベーション戦略」(2009 年 7 月)⁽⁸⁵⁾において、クリーン・エネルギー、すなわち低炭素技術は「グリーン雇用」(green jobs) の創出につながるものとして、同政権の最優先項目であった。

(i) エネルギー・フロンティア研究センター

「エネルギー・フロンティア研究センター」(Energy Frontier Research Center: EFRC) は、エネルギー基礎研究の推進を目的として、BES が推進しているプログラムである⁽⁸⁶⁾。2009 年、第 1 期では全米各地に 46 の研究拠点が設置された⁽⁸⁷⁾。各拠点に対する助成期間は通常 4~5 年間であり、助成の更新(再応募)が可能である。プログラムが開始して以来、通算 88 の EFRC が設置されてきている。現在は 41 の EFRC が活動している。

(ii) エネルギー・イノベーション・ハブ

「エネルギー・イノベーション・ハブ」(Energy Innovation Hub) は、トランジスタを発明したベル研究所に倣い、産学官連携の下、様々な分野、組織の研究者を集め、エネルギー分野の基礎・応用研究から実用化まで推進することを目的とする DOE のプログラムである⁽⁸⁸⁾。2010 年に、人工光合成、エネルギー高効率な建築、先進的原子炉を対象に最初の三つのハブ(拠点)が設置された。各拠点に対する助成期間は 5 年間である。現在は、先進的原子炉、人工光合成、蓄電池、重要物質、浄水技術の分野それぞれにおいて、五つのハブが活動している。

(iii) サンショット・イニシアティブ

「サンショット・イニシアティブ」(SunShot Initiative) は、DOE が 2011 年に開始したプログラムである⁽⁸⁹⁾。2020 年までに太陽光発電コストを 75% 削減し、1kWh 当たり 6 セントの水準に下げることにより他エネルギー源と競争可能にするという目標が設定され、目標より 3 年早い 2017 年に達成された。目標達成の見通しがついた前年(2016 年)、「サンショット 2030」(SunShot 2030)として、新たに 2030 年までに 1kWh 当たり 3 セントの水準に下げるという目標が設定されている⁽⁹⁰⁾。

(2) トランプ政権期(2017~20 年)の施策、プログラム

オバマ前政権と対照的にトランプ政権は科学技術への関心が低く、気候変動問題、環境問題

⁽⁸⁴⁾ Executive Office of the President, “A Retrospective Assessment of Clean Energy Investments in the Recovery Act,” February 2016. White House website (archived) <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/page/files/20160225_cea_final_clean_energy_report.pdf>

⁽⁸⁵⁾ Executive Office of the President, “A Strategy for American Innovation: Driving Towards Sustainable Growth and Quality Jobs,” September 2009. 同戦略は 2 回(2011 年、2015 年)更新されているが、方向性は維持されつつ、より具体的、精緻なものとなっている。同戦略については、岡村浩一郎「解説:「米国イノベーション戦略」の発表」国立国会図書館調査及び立法考査局編『科学技術政策の国際的な動向—科学技術に関する調査プロジェクト—資料編』(調査資料 2010-4) 2011, pp.55-59. <https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_3050692_po_201004.pdf?contentNo=1> を参照。

⁽⁸⁶⁾ “Energy Frontier Research Centers (EFRCs).” U.S. Department of Energy Office of Science website <<https://science.osti.gov/bes/efrc/>>

⁽⁸⁷⁾ 景気対策法からの 2 億 7700 万ドルを含め、第 1 期(2009~14 年)に合計 7 億 7700 万ドルが措置された。

⁽⁸⁸⁾ Department of Energy, “Hubs.” <<https://www.energy.gov/science-innovation/innovation/hubs>>

⁽⁸⁹⁾ Solar Energy Technologies Office, “The SunShot Initiative.” U.S. Department of Energy website <<https://www.energy.gov/eere/solar/sunshot-initiative>>

⁽⁹⁰⁾ Solar Energy Technologies Office, “SunShot 2030.” *ibid.* <<https://www.energy.gov/eere/solar/sunshot-2030>>

に対しては懐疑的な姿勢をとっていた。例えば、同政権発足して間もなくオバマ前政権の気候変動対策の見直しを指示したり（2017年3月）⁽⁹¹⁾、あるいはパリ協定からの離脱を表明⁽⁹²⁾したりしている（同年6月）⁽⁹³⁾。

同政権のこのような姿勢は予算教書にも反映されており、気候変動・環境問題、エネルギー技術に関連するプログラムや省庁の予算の大幅削減を提示した。一方、連邦議会は同政権の予算教書を全く取り合わず、むしろ予算を増額させる予算案を採決させることが繰り返された。科学技術に関連する省庁や関連機関ではオバマ政権から継続している施策やプログラムが自律的に運営されている状況であったが、例外として原子力エネルギーは、国家安全保障と国際競争力の観点から重要視されていた⁽⁹⁴⁾。

(i) 原子力エネルギー・イノベーション能力法

「原子力エネルギー・イノベーション能力法」⁽⁹⁵⁾（2018年9月成立）は、先進的な原子力技術の研究開発の推進を目的とする法律である。同法に基づき、2019年8月に先進的原子炉の実証試験を支援、実用化を推進する「国立原子炉イノベーション・センター」（National Reactor Innovation Center: NRIC）がアイダホ国立研究所に設置された⁽⁹⁶⁾。

このほかに、先進的原子炉の実用化を促進するための規制、制度の改革を求める法律「原子力エネルギー・イノベーション・近代化法」⁽⁹⁷⁾が成立し（2019年1月）、また、原子力産業再興のための戦略提言「米国の原子力エネルギー優位性の回復」（Restoring America's Competitive Nuclear Energy Advantage）⁽⁹⁸⁾が作成された（2020年4月）。

(ii) 2020年エネルギー法

「2020年エネルギー法」⁽⁹⁹⁾は、2020年12月に党派を超えた支持を受け成立した。同法は、DOEを低炭素技術の研究開発及び社会実装へと方向づけるものであり、「エネルギー自立・安全保障法」（2007年）⁽¹⁰⁰⁾以来、13年ぶりのエネルギー政策の更新とみなされている⁽¹⁰¹⁾。同法

(91) 例えば Executive Order 13783, “Promoting Energy Independence and Economic Growth,” March 28, 2017.

(92) “President Trump Announces U.S. Withdrawal From the Paris Climate Accord,” June 1, 2017. White House website (archived) <<https://trumpwhitehouse.archives.gov/articles/president-trump-announces-u-s-withdrawal-paris-climate-accord/>>

(93) 同政権におけるオバマ前政権の気候変動対策、環境政策からの変更は広範囲に及ぶものであるが、次の記事に集約されている。Nadja Popovich et al., “The Trump Administration Rolled Back More Than 100 Environmental Rules. Here’s the Full List,” *New York Times*, January 20, 2021. <<https://www.nytimes.com/interactive/2020/climate/trump-environment-rollbacks-list.html>>

(94) Office of Nuclear Energy, “6 Things to Know About the Nuclear Energy FY 19 Budget Request,” March 20, 2018. U.S. Department of Energy website <<https://www.energy.gov/ne/articles/6-things-know-about-nuclear-energy-fy19-budget-request/>>; *idem*, “11 Reasons Why DOE is All in one New Nuclear,” August 28, 2019. *idem* <<https://www.energy.gov/ne/articles/11-reasons-why-doe-all-new-nuclear>>

(95) Nuclear Energy Innovation Capabilities Act of 2017 (Pub. Law 115-248)

(96) Office of Nuclear Energy, “Energy Department Launches New Demonstration Center for Advanced Nuclear Technologies,” August 15, 2019. U.S. Department of Energy website <<https://www.energy.gov/ne/articles/energy-department-launches-new-demonstration-center-advanced-nuclear-technologies>>

(97) Nuclear Energy Innovation and Modernization Act (Pub. Law 115-439)

(98) U.S. Nuclear Fuel Working Group, “Restoring America’s Competitive Nuclear Energy Advantage: A strategy to assure U.S. national security,” U.S. Department of Energy, April 23, 2020. 同戦略提言及び、同戦略を作成した核燃料ワーキンググループ (nuclear fuel working group) は、前年7月の大統領覚書 (Office of the Press Secretary, Executive Office of the President, “Memorandum on the Effect of Uranium Imports on the National Security and Establishment of the United States Nuclear Fuel Working Group,” July 12, 2019) に基づくものである。

(99) 新型コロナウイルス感染拡大下の経済対策と2021年連邦政府予算を合わせる形で成立した「2021年包括歳出法」(Consolidated Appropriations Act, 2021 (Pub. Law 116-260))のDIVISION Zが「2020年エネルギー法」(Energy Act of 2020)である。

が対象とする低炭素技術は幅広いが、その中でも特に二酸化炭素回収・貯蔵技術、原子力エネルギー（先進的原子炉）、そして ARPA-E が重要視されている⁽¹⁰²⁾。

(3) バイデン政権期（2021年～）の施策、プログラム

トランプ前政権において米国の気候変動対策は足踏み状態であった。しかし、2021年1月に発足したバイデン政権は気候変動対策を政策の軸とする姿勢を示している。例えば、同政権発足直後、トランプ政権が離脱したパリ協定に復帰する手続を開始、気候変動を国家安全保障上の優先項目としての位置付け、2035年までの発電部門の脱炭素化や、2050年までの温室効果ガスの実質排出量実質ゼロ化など、気候変動対策を進展させる一連の大統領令⁽¹⁰³⁾を出すとともに、オバマ政権が提示した温室効果ガス削減目標を大幅に引き上げ、2030年までに温室効果ガス排出量の2005年比50～52%削減するという目標を発表⁽¹⁰⁴⁾している。また、同政権発足後最初の予算案となる2022年度予算案では、裁量的経費として、低炭素技術の研究開発を始め気候変動対策のための予算を140億ドル増額することを求めている⁽¹⁰⁵⁾。

(i) インフラ投資・雇用法

「インフラ投資・雇用法」⁽¹⁰⁶⁾（2021年11月成立）は、バイデン政権が2021年3月に提示した、インフラ投資（雇用創出）と気候変動対策を軸とする経済戦略である「米国雇用計画」（American Jobs Plan）⁽¹⁰⁷⁾を基としており、そのうち、インフラ投資について成立したものである⁽¹⁰⁸⁾。同法がDOEに割り当てた予算450億ドルの三分の二（300億ドル）が低炭素技術の研究開発や

⁽¹⁰⁰⁾ Energy Independence and Security Act of 2007 (Pub. Law 110-140)

⁽¹⁰¹⁾ Senate Committee on Energy & Natural Resources, “Murkowski, Manchin, House Colleagues Reach Agreement on Energy Package for Year-End Appropriations Bill,” December 21, 2020. <<https://www.energy.senate.gov/2020/12/murkowski-manchin-house-colleagues-reach-agreement-on-energy-package-for-year-end-appropriations-bill/>>

⁽¹⁰²⁾ “Congress Passes Expansive Spending and Energy Policy Bill,” December 22, 2020. American Institute of Physics website <<https://www.aip.org/fyi/2020/congress-passes-expansive-spending-and-energy-policy-bill>>

⁽¹⁰³⁾ 大統領指令 (Executive Order 13990, “Protecting Public Health and the Environment and Restoring Science to Tackle the Climate Crisis,” January 20, 2021) では、トランプ前政権の環境政策やエネルギー政策の見直しあるいは撤回が指示され、大統領指令 (Executive Order 14008, “Tackling the Climate Crisis at Home and Abroad,” January 27, 2021) では、大統領行政府内への、気候変動対策に関連する省庁の連携・調整を担う気候変動政策局 (Office of Domestic Climate Policy) の設置や、政府調達への活用、化石燃料への助成金の廃止などを指示している。

⁽¹⁰⁴⁾ “FACT SHEET: President Biden Sets 2030 Greenhouse Gas Pollution Reduction Target Aimed at Creating Good-Paying Union Jobs and Securing U.S. Leadership on Clean Energy Technologies,” April 22, 2021. White House website <<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/04/22/fact-sheet-president-biden-sets-2030-greenhouse-gas-pollution-reduction-target-aimed-at-creating-good-paying-union-jobs-and-securing-u-s-leadership-on-clean-energy-technologies/>>。同削減目標は、バイデン大統領が主催した気候変動サミット（2021年4月22～23日）に併せて発表された。

⁽¹⁰⁵⁾ Office of Management and Budget, “[FY 2022 Discretionary Request],” April 9, 2021. *ibid.* <<https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/04/FY2022-Discretionary-Request.pdf>> なお、同予算案では、気候変動問題に対する ARPA-E の活動を補完する省庁として活動する「気候研究計画局」（Advanced Research Projects Agency-Climate: ARPA-C）設立も提案している。

⁽¹⁰⁶⁾ Infrastructure Investment and Jobs Act of 2021 (Bipartisan Infrastructure Law) (Pub. Law 117-58)

⁽¹⁰⁷⁾ “FACT SHEET: The American Jobs Plan,” March 31, 2021. White House website <<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/03/31/fact-sheet-the-american-jobs-plan/>>

⁽¹⁰⁸⁾ 同法は電力網や道路、鉄道などの社会インフラの更新、及びそれによりもたらされる雇用の創出を主な目的とする、1兆ドル規模の法律であるが、経常的経費を除く5500億ドルが新規予算項目である。米国雇用計画における気候変動対策は、企業における低炭素技術導入に対する助成（税制優遇）を軸としている。低炭素技術の研究開発は重要であるものの、開発途上の技術が実用化され、実際に二酸化炭素排出量の削減に貢献するまでには10年以上の期間を要する。そのため、短期～中期の温室効果ガス排出量削減目標達成には、既に実用化されている、あるいは実用化が近い技術を速やかに社会に実装する必要がある。「ビルド・バック・ベター法案」（Build Back Better Act (H.R. 5376) は米国雇用計画の気候変動対策と、バイデン政権が2021年4月に提示した人材育成・社会政策「米国家族計画」（American Families Plan）から構成されている法案である。同法は米国議会下院を通過（2021年11月）したものの、その後、上院で審議されないままになっている（2022年1月時点）。

産業戦略（社会実装支援）に割り振られている⁽¹⁰⁹⁾。そのうち 250 億ドルがエネルギー技術の実証プロジェクトに、その 80% 以上に当たる 215 億ドルが新設の OCED⁽¹¹⁰⁾に割り当てられている⁽¹¹¹⁾。

(ii) エネルギー・アースショット・イニシアチブ

エネルギー・アースショット・イニシアチブ（略称「エネルギー・アースショット」⁽¹¹²⁾⁽¹¹³⁾）は、2030 年までに具体的な成果を実現することを目的とする、DOE の部門横断イニシアティブである。これはオバマ政権で開始され成功を取めたサンショット・イニシアティブ⁽¹¹⁴⁾をモデルとしており⁽¹¹⁵⁾、10 年以内の低コストなクリーン・エネルギーの安定供給の実現のための技術開発の加速を目的とし、2021 年 6 月に開始された。最終的に 6～8 件のエネルギー・アースショット（プロジェクト）を実施することが提案されており、これまでに 3 件のエネルギー・アースショットが開始されている⁽¹¹⁶⁾。

おわりに

本稿では EU と米国、それぞれの低炭素技術の研究開発政策を概観した。まず、EU については、SET-Plan をロードマップとして低炭素技術の研究開発が進められており、ホライゾン 2020、ホライゾン・ヨーロッパでは、低炭素技術への研究開発投資が大幅に増額されている。EU の低炭素技術研究開発の特徴として、フレームワークプログラムで構築してきた様々な連携の枠組みを重用しており、結果として国・地域、部門を越えて様々なステークホルダーを取り込んでいることが挙げられる。

一般に新技術が既存技術を置き換えることは容易なことではない。特に複数の要素、技術が相互に連携しつつシステムとして機能しているような場合、既存技術の置き換えは困難である（技術的ロックイン）。新技術には、単に既存技術を置き換えるだけでなく、全体の機能を損なうことなく既存の技術システムに組み込まれ、利用されることも求められる。その典型的

⁽¹⁰⁹⁾ Morgan Higman, “The Infrastructure Investment and Jobs Act Will Do More to Reach 2050 Climate Targets than Those of 2030,” August 18, 2021. Center for Strategic & International Studies website <<https://www.csis.org/analysis/infrastructure-investment-and-jobs-act-will-do-more-reach-2050-climate-targets-those-2030>>

⁽¹¹⁰⁾ 本稿第Ⅱ章第 1 節(2)-(vi) 参照。

⁽¹¹¹⁾ Emily Cochrane et al., “Here’s what’s in the infrastructure bill that Biden signed today,” *New York Times*, Nov. 15, 2021. <<https://www.nytimes.com/2021/11/15/us/politics/whats-in-the-infrastructure-bill.html>>; American Institute of Physics, “New Infrastructure Law to Provide Billions to Energy Technology Projects,” November 9, 2021. American Institute of Physics website <<https://www.aip.org/fyi/2021/new-infrastructure-law-provide-billions-energy-technology-projects>>

⁽¹¹²⁾ 「アースショット」(Earthshot) は、人類初の月への有人宇宙旅行計画であるアポロ計画（1961～72 年）、すなわち「ムーンショット」(Moonshot) に倣った造語である。気候変動問題の解決に向けた野心的な目標達成を意味している。

⁽¹¹³⁾ Office of Policy, “Energy Earthshots Initiative.” U.S. Department of Energy website <<https://www.energy.gov/policy/energy-earthshots-initiative>>; *idem*, “Energy Earthshots Frequently Asked Questions.” *idem* <<https://www.energy.gov/policy/energy-earthshots-frequently-asked-questions>>

⁽¹¹⁴⁾ 本稿第Ⅱ章第 2 節(1)-(iii) 節参照。

⁽¹¹⁵⁾ “‘Earthshots’ Guide Intensifying DOE Efforts in Technology Development,” December 8, 2021. American Institute of Physics website <<https://www.aip.org/fyi/2021/%E2%80%98-earthshots%E2%80%99-guide-intensifying-doe-efforts-technology-development>>

⁽¹¹⁶⁾ クリーン水素の製造コストを 80% 以上削減し、10 年後には水素 1kg の製造コストを 1 ドルまで下げる「水素ショット」(Hydrogen Shot)、10 年以内に 10 時間以上分の電気エネルギーを貯蔵可能な電力網レベルのエネルギー貯蔵技術のコストを 90% 削減する「長時間エネルギー貯蔵ショット」(Long Duration Storage Shot)、そして、大気から二酸化炭素を回収し、100 ドル/トン未満のコストで地中やバイオベース等の何らかの形で貯蔵する「カーボン・ネガティブ・ショット」(Carbon Negative Shot) の三つである。

なものが、経済社会活動の維持に欠かせないものとして社会の隅々まで浸透しているエネルギー・システム（技術）である。EUは、様々なステークホルダーを低炭素技術研究開発に取り込むことにより、低炭素技術の社会実装、さらには低炭素社会への移行が円滑に進むように努めていると思われる。

米国については、政権の間で気候変動問題に対する姿勢は大きく異なっている上に、党派間の政治対立が続いているため、利害が異なるステークホルダーの間の連携も難しい。このような状況においては、党派間の相違が少ない政策、本稿の文脈で言えば研究開発政策の重要性が相対的に高くなる。その結果、米国の気候変動対策は、低炭素技術の研究開発を推進し、再生可能エネルギーなどの価格を下げ、市場メカニズムにより低炭素技術の実用化を推し進めるという方策に傾斜している状況になっていると考えられる。

（おかむら こういちろう）