

米国におけるデジタル技術の活用による グリーンイノベーションの推進

JETRO/IPA New York*

目次

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | バイデン政権下で大きく変わる米国の環境政策 | 1 |
| (1) | 気候変動対策で世界的リーダーを目指すバイデン政権 | 1 |
| (2) | バイデン大統領が掲げる大規模な気候変動対策 | 2 |
| a. | 政府全体で気候変動対策に取り組むバイデン政権 | 2 |
| b. | バイデン大統領の「米国雇用計画」を巡る動き | 4 |
| 2 | 加速する気候テック(Climate Tech)企業への投資とビッグテックにおける脱炭素化に向けた取り組み | 7 |
| (1) | 加速する気候テック企業への投資 | 7 |
| (2) | ビッグテックにおける脱炭素化に向けた取り組み | 9 |
| a. | Microsoft 社 | 10 |
| b. | Amazon 社 | 13 |
| c. | Google 社 | 16 |
| 3 | 米国及び世界における脱炭素の潮流で注目を集める気候テックスタートアップ | 19 |
| (1) | 植林によるカーボンオフセットの有効性を可視化するプラットフォームを提供する Pachama 社 .. | 19 |
| (2) | 大規模な空気中の炭素分離・回収ソリューションを開発する Climeworks 社 | 21 |
| (3) | 天然ガスから「ターコイズ水素」を生成する新技術の開発を手がける C-ZERO 社 | 22 |
| (4) | リチウムイオンの 10 分の 1 未満のコストで長時間蓄電が可能な送電網向け「鉄空気電池」を開発する Form Energy 社 | 23 |
| 4 | 今後の展望と課題 | 24 |

1 バイデン政権下で大きく変わる米国の環境政策

(1) 気候変動対策で世界的リーダーを目指すバイデン政権

バイデン大統領は2021年4月22日、ロシアや中国を含む世界40カ国・地域の首脳を招いてオンラインで主催した「気候サミット(Leaders Summit on Climate)」の冒頭の演説で、「現代の実存的危機を乗り越え、持続可能な未来を勝ち取るためには気候変動問題への更なる対策を講じ、共に行動することが重要だ」と訴えた¹。バイデン政権は、同サミットの開幕直前に、「2030年までに温室効果ガス(GHG)の排出量を2005年比で50~52%削減する」という新たな目標を発表しており、オバマ政権時代に設定された2025年までに2005年比で26~28%減という温室効果ガスの排出削減目標値を約2倍に引き上げる野心的な目標を打ち出すことで、前トランプ政権下で後退した気候変動政策からの大幅転換と脱炭素に向けた国際的な取り組みで米国がリードすることをアピールした²。

図表 1: 世界 40 カ国・地域の首脳を招いてオンラインで開催された気候サミットで演説するバイデン大統領



出典: U.S. Department of State³

バイデン大統領は、大統領選挙期間中に、「2050年までに米国が100%クリーンエネルギー経済となり、温室効果ガスのネット排出をゼロにする」という公約を表明⁴するなど、気候変動対策を最優先政策課題の一つに位置付けていた。大統領は就任初日に、前トランプ政権下の2017年に米国が離脱した地球温暖化対策の国際的枠組みである「パリ協定(Paris Agreement)⁵」への復帰や前トランプ政権下で後退した環境政策の見直し⁶を含む気候変動対策に係る大統領令に署名⁷するなど、政策路線の転換を急ピッチで進めた。

¹ <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/speeches-remarks/2021/04/22/remarks-by-president-biden-at-the-virtual-leaders-summit-on-climate-opening-session/>

² <https://www.cnbc.com/2021/04/22/biden-pledges-to-slash-greenhouse-gas-emissions-in-half-by-2030.html>

³ <https://www.state.gov/leaders-summit-on-climate/>

⁴ <https://joebiden.com/climate-plan/>

⁵ 世界196カ国が採択し2016年11月に発効されたパリ協定は、産業革命前と比べた世界の気温上昇を2°C未満、可能であれば1.5°Cに抑制することを目標としており、各国は5年毎に、この目標を達成するための温室効果ガス削減目標を設定(更新)し、「自国が決定する貢献(nationally determined contribution : NDC)」として国連に提出することが義務付けられている。また、国連の気候変動に関する政府間パネル(IPCC)は、2018年の特別報告書の中で、「世界の気温上昇を1.5°Cに抑えるためには、2050年までに人的活動による炭素排出量を実質ゼロにすることが必要」としている。

<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement#:~:text=The%20Paris%20Agreement%20is%20a,compared%20to%20pre%2Dindustrial%20levels>
<https://www.ipcc.ch/2018/10/08/summary-for-policymakers-of-ipcc-special-report-on-global-warming-of-1-5c-approved-by-governments/>

⁶ バイデン大統領は、連邦政府機関に対し、特に、①石油・天然ガス部門におけるメタンガスの排出規制、②自動車・小型トラックの炭素排出基準と燃費基準、③建物・機器の省エネ基準、④大気汚染規制の4項目に関連した政策の見直しを指示した。

⁷ 同大統領令において、バイデン大統領は、連邦政府機関に対し、特に、①石油・天然ガス部門におけるメタンガスの排出規制、②自動車・小型トラックの炭素排出基準と燃費基準、③建物・機器の省エネ基準、④大気汚染規制の4項目に関連し

バイデン政権は、4月22日及び23日の2日間の日程で開催された気候サミットの場で、気候変動問題を国家安全保障問題と米外交政策の中心に据えることを強調し、2021年11月にスコットランドのグラスゴーで開催予定の国連気候変動枠組条約第26回締約国会議(COP26)を前に、自国(米国)の温室効果ガス排出削減目標を大きく引き上げることで、まだ削減目標を設定していない国や先進諸国に対し既存の環境政策をより強化するよう促しており、こうした米国の動きを受けて、日本や英国、カナダを含む一部の首脳も相次いで温室効果ガスの排出削減目標の引き上げを表明した⁸。バイデン大統領は、同サミットの開催にあたり、気候変動問題担当大統領特使(Special Presidential Envoy for Climate)に任命した John Kerry 元国務長官を中国やインドなどに派遣し、米国が環境問題に真剣に取り組む姿勢に対する理解や協力を求め、環境政策に消極的なロシアやブラジルの首脳を含む招待を受けた全ての国・地域の首脳がサミットに参加した。バイデン政権下で大統領府の国家気候変動問題対策顧問(White House National Climate Advisor)に任命された Gina McCarthy 元環境保護庁(EPA)長官は、気候サミットを受けて、「前政権下で失われた4年の時を戻すことは不可能であるが、気候変動対策における大きな取り組みを進めるタイミングをこれ以上遅らせることはできない。環境政策を頑強に推し進める態勢は整っている」と述べた⁹。

(2) バイデン大統領が掲げる大規模な気候変動対策

a. 政府全体で気候変動対策に取り組むバイデン政権

バイデン大統領は、2020年11月の米大統領選挙で勝利宣言を行った直後、気候変動対策を新型コロナウイルス(COVID-19)対策、経済再建、人種的平等などと並ぶ最優先政策課題の一つに掲げ¹⁰、米国内外の気候変動政策を主導する関連閣僚ポストに、オバマ政権下で環境政策を主導し関連政策の取り纏めや調整で豊富な経験を有する人材を起用し、大統領就任後すぐに政策に着手できる体制を整えた¹¹。

図表 2: バイデン政権の気候変動対策チームを構成する主要メンバー

| 役職 | 氏名 | 経歴概要 |
|---------------|-----------------|---|
| 気候変動問題担当大統領特使 | John Kerry 氏 | オバマ政権下で国務長官を務め、パリ協定の採択における国際交渉・議論をリードした。Kerry 氏は、気候変動問題担当大統領特使として、気候変動問題に対する米国の姿勢を国際社会に伝え、国際的な取り組みをリードする役割を担っている。 |
| 国家気候変動問題対策顧問 | Gina McCarthy 氏 | 天然資源保護協議会(NRDC)プレジデントであり、オバマ政権下で環境保護庁長官を務め、既存発電所の二酸化炭素排出削減規制である「クリーン発電計画(Clean Power Plan: CPP)」等の取り組みを主導した。McCarthy 氏は Kerry 氏のカウンターパートとして米国内の気候変動対策を主導する。 |

て、トランプ前政権下で施行された政策を見直すことを指示しているほか、カナダと米国間の石油パイプライン(Keystone XL Pipeline)の建設許可撤回なども指示している。<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2021/01/20/executive-order-protecting-public-health-and-environment-and-restoring-science-to-tackle-climate-crisis/>

⁸ 日本は、2030年までに温室効果ガスの排出量を2013年度比で46%削減(これまでの26%減から引き上げ)する方針を明らかにし、英国は2035年までに1990年比で78%削減(2020年12月に2030年までに少なくとも68%減とする目標を示していた)、カナダは2030年までの温暖化ガス排出量を2005年比で40~45%削減(これまでの30%減から引き上げ)するという新たな目標を表明した。<https://www.jdsupra.com/legalnews/biden-administration-highlights-6611551/>

⁹ <https://time.com/5957983/biden-white-house-climate-summit/>
<https://www.npr.org/2021/04/22/989491975/at-climate-summit-biden-stresses-u-s-commitment-and-economic-opportunity>

¹⁰ <https://www.whitehouse.gov/priorities/>

¹¹ <https://theconversation.com/biden-plans-to-fight-climate-change-in-a-way-no-u-s-president-has-done-before-152419>

| | | |
|-----------------|---------------------|--|
| エネルギー省長官 | Jennifer Granholm 氏 | 元ミシガン州知事で、州における温室効果ガスの排出量削減に関する一連の勧告案の策定を担う気候行動協議会(Michigan Climate Action Council)の設置や、自動車産業の復興において再生可能エネルギーや電気自動車(EV)の活用などを推進していた。 |
| 内務省長官 | Deb Haaland 氏 | 2018年に先住民女性として初めて下院議員に選出(ニューメキシコ州、民主党)され、気候・環境・連邦所有地保護を積極的に推進する。 |
| 運輸長官 | Pete Buttigieg 氏 | 2012~20年までインディアナ州サウス・ベンド(South Bend)市の市長を務める ¹² 。2020年の米大統領選の民主党候補者の一人で、公約でオバマ政権時代の自動車の排ガス基準を再導入する姿勢を表明していた。 |
| 環境保護庁長官 | Michael Regan 氏 | ノースカロライナ州環境品質局の局長を務め、州の気候変動に関する庁間協議会を主導していた。 |
| 環境諮問委員会(CEQ)委員長 | Brenda Mallory 氏 | 南部環境法センター(Southern Environmental Law Center)の規制政策担当ディレクターを務める環境弁護士で、オバマ政権下でCEQの法律責任者を務めた。 |
| 国家気候変動問題対策副顧問 | Ali Zaidi 氏 | 持続可能性及び気候変動問題を専門とする弁護士で、オバマ政権時代に、行政管理予算局(OMB)の天然資源・エネルギー・科学担当次官などを務め、2017年よりスタンフォード大学の非常勤教授として教鞭をとる ¹³ 。 |

※赤枠はバイデン政権下で新設されたポスト。Kerry 氏、McCarthy 氏、Zaidi 氏以外は上院の承認に基づき任命されている¹⁴。

出典: The Conversation¹⁵、Bloomberg¹⁶等の情報を基に作成

バイデン大統領は、就任初日の大統領令の発令から1週間後の1月27日には、気候危機への対応を米国の外交政策及び国家安全保障問題の中心に据え、政府全体で気候変動対策に取り組むことを指示する内容の大統領令を発表した¹⁷。同大統領令は、「2050年までに米国全体で温室効果ガスのネット排出をゼロにする」という目標を掲げ、「遅くとも2035年までに炭素汚染のない電力部門を実現する」ことを明記しており、各連邦政府機関に対する炭素汚染のない電力や炭素排出ゼロの自動車の調達義務付けや、内務長官に対して、連邦政府の所有する土地・水域の石油・天然ガス開発のための新規リース契約を停止することなどを指示した¹⁸。バイデン大統領の気候政策は経済・雇用政策とも関連しており、大統領は民主党の大統領候補指名を確実にした2020年7月、クリーンエネルギーなどのインフラに4年間で2兆ドルを投資し数百万件の組合員職の創出を目指すグリーンインフラ・雇用計画¹⁹を発表していた²⁰。バイデン大統領が

¹² <https://www.wsj.com/articles/biden-selects-pete-buttigieg-to-lead-transportation-department-11608059207>

¹³ <https://energy.stanford.edu/people/ali-zaidi>、<https://www.stanforddaily.com/2020/12/30/adjunct-professor-ali-zaidi-chosen-as-bidens-deputy-national-climate-advisor/>

¹⁴ <https://www.whitehouse.gov/administration/cabinet/>、<https://www.whitehouse.gov/ceq/>

¹⁵ <https://theconversation.com/biden-plans-to-fight-climate-change-in-a-way-no-u-s-president-has-done-before-152419>

¹⁶ <https://www.bloomberg.com/news/features/2021-01-27/who-s-helping-joe-biden-fight-climate-change-a-bloomberg-green-guide>

¹⁷ <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2021/01/27/executive-order-on-tackling-the-climate-crisis-at-home-and-abroad/>

¹⁸ <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/01/27/fact-sheet-president-biden-takes-executive-actions-to-tackle-the-climate-crisis-at-home-and-abroad-create-jobs-and-restore-scientific-integrity-across-federal-government/>

¹⁹ <https://joebiden.com/clean-energy/>

²⁰ <https://www.cnn.com/2020/07/14/joe-biden-unveils-green-jobs-and-infrastructure-plan-during-2020-election.html>

2021年3月31日に発表した「米国雇用計画(The American Jobs Plan²¹)」は、この投資計画を基盤としており、この計画を基にした連邦議会での法案提出・審議の動きが注目されている。

b. バイデン大統領の「米国雇用計画」を巡る動き

「米国雇用計画」は、8年間で総額2兆ドル以上を充当する大規模なインフラ投資計画で、3月31日にペンシルバニア州ピッツバーグで同計画を明らかにしたバイデン大統領は、「(同計画は)皆に成功する機会を与える公平な経済を構築し、世界で最も頑強で環境の変化に対応できる革新的な経済を生み出すものだ」と説明した²²。同計画は、ポストコロナの経済強化策と位置付けられ、老朽化した橋や道路、公共運輸システム、港湾、空港などの運輸インフラの再構築や高齢者・障害者向け介護サービスの拡充などが提案されたほか、クリーンエネルギーへの移行に向けて、オバマ政権下における2009年の経済刺激策の一環で投入された900億ドルのクリーンエネルギー関連の財政支援策のおよそ7倍に上る6,500億ドルを今後10年間で最低拠出する²³など、EVやクリーンエネルギー関連の投資を中心に、米国がその野心的な温室効果ガスの排出削減目標を達成する上で重要な気候変動対策案も多数含まれている。

図表 3: バイデン大統領の2兆ドルを超える米国雇用計画の概要

| | 主な投資項目 | 気候変動対策に係る主要項目 |
|----------------------------------|--|--|
| 運輸インフラの整備 (計6,210億ドル) | 老朽化した道路や橋の修復、EV設備の整備、バス・鉄道等の公共運輸システムの近代化、空港・港湾設備の改善など | <ul style="list-style-type: none"> 電気自動車(EV)の普及を加速させるため、2030年までに全米50万カ所に充電設備を設置するほか、EVを購入した消費者へのリベート、連邦調達資金を活用しスクールバスや米郵便公社(USPS)などの連邦車両をEVにするなどの一連のEV振興策(計1,740億ドル) 補修の遅れているバス、鉄道車両、駅、線路、信号、電力システムなどの設備対応を含む公共運輸システムの近代化(計850億ドル) |
| 生活インフラの整備 (計6,500億ドル) | エネルギー(電力網)、水道設備、デジタルインフラ(高速ブロードバンドのアクセス拡充)、住宅・学校・病院等の建物の整備など | <ul style="list-style-type: none"> 2035年までに炭素汚染のない電力部門を実現するため、より耐久性の高い風力・太陽光発電システムに刷新し、クリーンエネルギーによる電力網を整備する(計1,000億ドル) 電気のエネルギー源として一定量をクリーンエネルギーから調達することを義務付けるクリーン電力基準(Clean Electricity Standard : CES)の導入を提案 省エネ効率の悪い低所得者向け住宅の改修や低・中所得者にとって合理的な価格の住宅の提供(計2,130億ドル) 「気候対策市民部隊(Civilian Climate Corps)」を創設し、自然保護のための活動を推進する(計100億ドル) |
| 製造業、研究開発、研修活動への投資 (計5,800億ドル) | 人工知能(AI)やバイオテクノロジーなどの重要技術分野やクリーンテクノロジーにおける研究開発支援、製造業の活性化(半導体などの主要製品の | <ul style="list-style-type: none"> 最先端技術に特化したインキュベーターの新設を含むクリーンテクノロジー分野の研究開発に350億ドルを投資し、気候変動問題への取り組みで鍵となる技術(炭素貯留、水素、カーボンニ |

²¹ <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/03/31/fact-sheet-the-american-jobs-plan/>

²² <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/speeches-remarks/2021/03/31/remarks-by-president-biden-on-the-american-jobs-plan/>

²³ <https://www.cnbc.com/2021/03/31/biden-infrastructure-plan-includes-corporate-tax-hike-transportation-spending.html>、<https://insideclimatenews.org/news/31032021/biden-infrastructure-plan-climate-change/>

| | | |
|-------------------------|---|---|
| | 供給網の強化を含む)、労働力開発支援など | ユートラル ²⁴ な建築資材、先進型原子炉、浮体式洋上風力等)の実証プロジェクトに150億ドルを投資する ・石油・天然ガス産業の組合員を雇用し、廃坑となった石油・天然ガス井、石炭・石材・ウラン鉱山の埋め戻しや再開発を行い、有毒物漏出などの環境汚染を防ぐために160億ドルの初期投資を行う |
| 高齢者・障害者施設の整備(計4,000億ドル) | 公的制度(メディケイド)を通じた在宅／地域社会ベースの長期医療介護サービスへのアクセス拡大など | — |
| 主な財源 | <ul style="list-style-type: none"> ・法人税率を21%から28%に引き上げる ・多国籍企業の海外収益に21%を課税する ・大企業に対する課税を強化する ・化石燃料業界に対する税額控除措置を撤廃する | |

出典:米ホワイトハウス²⁵、Inside Climate News²⁶及びCNBC²⁷の情報を基に作成

米環境保護庁(EPA)によると、2019年における米国の経済活動で温室効果ガスの排出量が最も多いのが運輸及び電力部門で、それぞれ全体の29%、25%を占める²⁸。一方で、電力部門は2035年までに炭素排出ゼロという現時点で最も大きい温室効果ガスの排出削減数値目標が掲げられており、バイデン大統領は米国雇用計画の中で、この目標実現に向けて、クリーン電力基準(CES)の設定やゼロ排出電力や蓄電への税額控除、送電網の近代化に向けた投資などを提案した。運輸部門は具体的な数値目標は掲げられていないが、温室効果ガスの排出量を2030年までに2005年レベルから半減させるという米国の野心的な目標を達成するためには、同部門で大幅な排出削減を達成する必要がある。米国雇用計画では、消費者は充電ステーションの設置が不十分な状況ではEVを購入せず、市場でEVが普及していない段階で充電ステーションを設置すると採算がとれないという「鶏が先か卵が先か」のジレンマを解消するため、連邦資金で全米50万カ所にEV充電ステーションを整備することや、リポート及び税額控除措置を通じたEV購入支援、連邦政府によるEV調達の推進などを提案した²⁹。

米国雇用計画の法案の早期可決を目指すバイデン政権は、共和党議員との協議・交渉の末、6月24日に上院の超党派議員グループと、8年間で1.2兆ドル規模のインフラ投資計画案で合意したと発表し³⁰、米議会上院は8月10日、この超党派インフラ投資計画法案を賛成69票、反対30票で可決した³¹。その後、米議会下院は11月5日、同法案を賛成228票、反対206票で可決した³²。同法案の規模は今後5年間で約1兆ドル、既に予算配分済みの支出を除く新規支出は約5,500億ドルとなっており、道路・橋、公共運輸システム、EVインフラの整備を含む輸送インフラ関連に計およそ2,840億ドル、ブロードバンドインフラ、水道、電力網の整備を含む輸送インフラ以外の項目に計およそ2,560億ドルを充当する計画である³³。

²⁴ 太陽光パネルの設置や電気自動車への乗り換えなどの他の手段を用いて排出する炭素と吸収(オフセット)する酸素を同量にすること。<https://www.cnet.com/home/energy-and-utilities/what-does-carbon-neutral-mean/>

²⁵ <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/03/31/fact-sheet-the-american-jobs-plan/>

²⁶ <https://insideclimatenews.org/news/31032021/biden-infrastructure-plan-climate-change/>

²⁷ <https://www.cnbc.com/2021/03/31/biden-infrastructure-plan-includes-corporate-tax-hike-transportation-spending.html>

²⁸ <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>

²⁹ <https://www.brookings.edu/blog/planetpolicy/2021/05/10/barriers-to-achieving-us-climate-goals-are-more-political-than-technical/>

³⁰ <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/06/24/fact-sheet-president-biden-announces-support-for-the-bipartisan-infrastructure-framework/>

³¹ <https://www.cnbc.com/2021/08/10/senate-to-pass-bipartisan-infrastructure-bill.html>

³² <https://edition.cnn.com/2021/11/05/politics/house-votes-infrastructure-build-back-better/index.html>

³³ <https://www.npr.org/2021/08/10/1026081880/senate-passes-bipartisan-infrastructure-bill>

図表 4: 超党派インフラ投資計画法案の概要

| | 輸送インフラ関連の主要投資項目 (計およそ 2,840 億ドル) | 輸送インフラ以外の主要投資項目 (計およそ 2,560 億ドル) |
|--------|--|---|
| 主な投資項目 | <ul style="list-style-type: none"> ・道路・橋その他の主要プロジェクト(1,100 億ドル) ・旅客・貨物鉄道整備(660 億ドル) ・公共交通整備(390 億ドル) ・空港整備(250 億ドル) ・港湾整備(170 億ドル) ・交通安全プログラム(110 億ドル) ・EV インフラ(75 億ドル) ・電動バス／フェリー(75 億ドル) ・コミュニティ活性化(10 億ドル) | <ul style="list-style-type: none"> ・ブロードバンドインフラ(650 億ドル) ・水道インフラ(550 億ドル) ・電力(グリッド)網(650 億ドル) ・コミュニティレジリエンス、西部貯水整備(500 億ドル) ・水・土壌汚染処理(210 億ドル) |
| 主な財源 | <ul style="list-style-type: none"> ・2020 年の新型コロナウイルス経済救済法(CARES Act)の未使用分 ・失業保険救済基金の未使用分 ・周波数帯オークションの収益 ・暗号通貨への徴税強化 | |

出典: The White House³⁴の情報を基に作成

一方で、同法案では、バイデン大統領が米国雇用計画で重視していたクリーン電力基準(CES)や数千億ドルに上る税優遇措置を含むクリーンエネルギーへの投資項目が全て抜け落ちており、民主党の幹部は、超党派インフラ投資計画法案に含まれなかったこれらの主要な気候変動対策関連項目などを別のインフラ法案に盛り込み、共和党の協力を得なくても単純過半数(51 票)で法案を可決できる財政調整(budget reconciliation)プロセスを通じて通過させたい考えを示していた³⁵。上院民主党院内総務の Chuck Schumer 議員(ニューヨーク州選出)は 7 月 13 日、上院予算委員会の民主党議員とホワイトハウス当局者との非公開協議の末、上院民主党幹部の間で 3.5 兆ドル規模の投資計画案について合意したことを明らかにした³⁶。米上院は 8 月 11 日、この投資計画案に対して、財政調整プロセスを付与した予算決議案を、賛成 50 票、反対 49 票で可決した³⁷。これに続き、米議会下院も同月 24 日、民主党の投資計画の予算決議案を賛成 220 票、反対 212 票で可決した³⁸。

しかし、民主党内では Joe Manchin 上院議員(ウェストバージニア州選出)や Kyrsten Sinema 上院議員(アリゾナ州選出)といった中道派議員が 3.5 兆ドルという大規模な歳出を行うことに懸念を示し、現状歳出案の規模縮小を要求しており、規模縮小に反対する党内左派との間で具体的な法案策定に向けた審議が難航した³⁹。民主党内の膠着状態を打開するため、バイデン大統領は 10 月 28 日、歳出規模を 1.75 兆ドルに半減させる妥協案(Build Back Better Act)を示した⁴⁰。民主党の Nancy Pelosi 下院議長(カリフォルニア

<https://www.npr.org/2021/06/24/1009923468/heres-whats-included-in-the-infrastructure-deal-that-biden-struck-with-senators>

³⁴ <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/11/06/fact-sheet-the-bipartisan-infrastructure-deal/>

³⁵ <https://www.nytimes.com/2021/06/24/climate/biden-climate-infrastructure.html>

³⁶ 同案には、2020 年 4 月 28 日にバイデン大統領が発表した子育て・教育支援に関する米国家族計画に盛り込まれているほぼ全ての項目に、メディケアの保障対象を眼科・聴覚・歯科治療まで拡大する項目が追加されたほか、超党派のインフラ投資計画案に含まれなかった気候変動対策関連の項目(米国雇用計画のクリーンエネルギー投資及び電気自動車関連の税制優遇措置や気候対策市民部隊への資金供与などの項目)が含まれ、民主党は同案の財源として、法人税や個人富裕層への増税、IRS による徴税強化などを提案している。 <https://www.reuters.com/world/us/us-senate-democrats-rush-outline-massive-infrastructure-bill-2021-07-13/>、<https://www.cnbc.com/2021/07/14/democrats-3point5-trillion-budget-package-funds-family-programs-clean-energy-medicare-expansion.html>

³⁷ <https://www.cnbc.com/2021/08/11/senate-passes-3point5-trillion-budget-resolution-after-infrastructure-bill.html>

³⁸ <https://www.reuters.com/world/us/after-setback-us-house-democrats-near-deal-biden-agenda-2021-08-24/>

³⁹ <https://thehill.com/homenews/senate/571905-democrats-brace-for-battle-on-bidens-35-spending-plan>

⁴⁰ <https://www.npr.org/2021/10/28/1049973400/biden-unveils-spending-framework-now-he-has-to-sell-it-to-house->

州選出)は、民主党左派の意向に沿って、かねてから上院が民主党のインフラ投資法案を可決するまで超党派のインフラ投資法案の採決を行わない姿勢を示していた⁴¹が、1.75兆ドル規模の民主党のインフラ投資法案については民主党内の調整に更なる時間が必要と判断し、再三にわたり延期されていた。11月5日の採決では超党派インフラ法案の可決を優先し、民主党のインフラ投資法案の採決を先送りした。民主党のインフラ投資法案の採決延期は、米議会予算局(CBO)による財政への影響分析なしでは同法案の投票には応じないという立場を示す一部の民主党中道派議員に対する譲歩であり、Pelosi 下院議長は、11月25日の感謝祭までに同法案を可決する意向を示しているが、法案の成立は依然として不透明である⁴²。民主党は、下院では4人以上、上院では1人でも民主党議員の賛同が得られなければ、議会で同法案を成立させることが不可能であり、法案の主要な気候変動対策項目への影響なども含め、今後の法案成立に向けた動きが注目される。

2 加速する気候テック(Climate Tech)企業への投資とビッグテックにおける脱炭素化に向けた取り組み

(1) 加速する気候テック企業への投資

米国を中心とする世界のベンチャー・キャピタル(VC)企業は、2006~11年にかけてクリーンエネルギー関連のテクノロジースタートアップに計250億ドル以上の資金提供を行ったが、既存の確立されたエネルギー市場で事業を成功させる上での長期的な資金ニーズを満たすことができず、最終的にVC企業は同期間に提供された資金の半分以上を失い、第一次クリーンテックブームは終了した⁴³。しかし近年、気候変動問題に対する危機感が世界的に広がる中、エネルギー産業だけでなく、温室効果ガスの排出削減又は気候変動問題に寄与する幅広い業界分野におけるテクノロジー／イノベーションスタートアップへのVC投資が加速している。「気候テック(Climate Tech)」と称されるこれらの企業は、2050年までに炭素の排出量を実質ゼロにする目標達成に向けたグローバル経済の炭素化課題に対処しようとするスタートアップを指し、エネルギー、建築環境、モビリティ、重工業、食料・土地利用といった分野における低炭素及び炭素回収・除去技術を手がける企業や、業界横断的な炭素貯留技術を開発する企業、透明性や説明責任が求められる中で炭素管理ソリューションを提供する企業などが含まれる⁴⁴。

プロフェッショナルサービス企業のPwC(PricewaterhouseCoopers)社が2020年9月に発表した調査レポート(The State of Climate Tech 2020)によると、世界のVCによる気候テックスタートアップへの投資額は、2013年の4.18億ドルから2019年には163億ドルに達し、7年間で急成長(約3,750%増)を遂げており、同資金額の成長率は、AIスタートアップ分野のおよそ3倍、VC全体のおよそ5倍の伸びとなっている⁴⁵。気候テックスタートアップへのVC資金の約半分(計290億ドル)を北米のスタートアップが占めており、次に中国(約33%、計200億ドル)、欧州(約12%、計70億ドル)が続く。PwC社によると、北米及び中国における気候テックスタートアップに対するVC資金の大半は、モビリティ及び輸送関連のソリューションを提供するスタートアップに集中している(北米:全体の44.8%、中国:同98.5%)のに対し、欧州では再生可能エネルギー発電技術(主に太陽電池)や蓄電池を手がけるスタートアップへの投資が最大の割合(全体の23%)を占めている⁴⁶。

[democrats](https://www.speaker.gov/newsroom/82421)

⁴¹ <https://www.speaker.gov/newsroom/82421>

⁴² <https://www.npr.org/2021/11/05/1052206451/house-is-poised-for-a-vote-on-its-spending-plan-but-hurdles-remain>

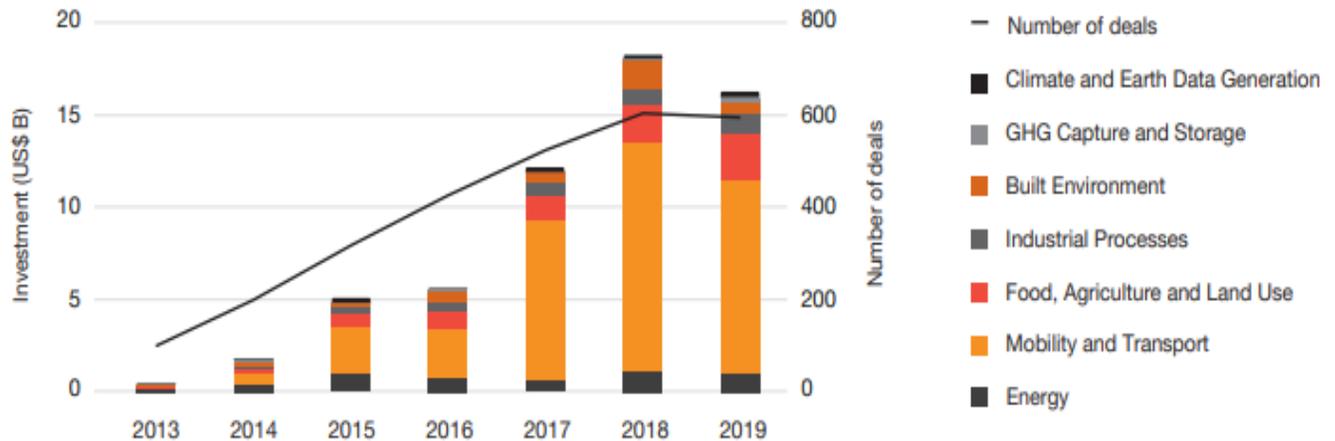
⁴³ <https://edition.cnn.com/2021/04/23/investing/clean-energy-investing-boom-bust/index.html>

⁴⁴ <https://www.pwc.com/gx/en/services/sustainability/assets/pwc-the-state-of-climate-tech-2020.pdf> (2ページ)

⁴⁵ 前の脚注(脚注44)に同じ(14ページ)

⁴⁶ 前の脚注(脚注44)に同じ(33~35ページ)

図表 5: VC による気候テック企業への(分野別)投資額及び投資件数の推移(2013~19年)



出典:PwC⁴⁷

PwC社は、気候テック分野が過去数年間で急速な成長を遂げている要因として、以下の7項目を挙げている⁴⁸。

- ① **テクノロジーとインフラの発展**— 低炭素技術(特に再生可能エネルギー電力や電池製造に関する技術)の価格が大幅に下がりより幅広い利用が可能になった。
- ② **資金調達の高まり**— 炭素排出実質ゼロに向けた事業変革へのニーズは、エネルギー業界にとどまらず、あらゆる業界分野に拡大しており、ベンチャー・キャピタリストやコーポレート・ベンチャー・キャピタル(CVC)、エンジェル投資家、慈善家、政府資金など多様な資金ソースから非常に多額の投資資金が利用可能になっている。
- ③ **政策・規制環境**— 世界120カ国の政府が経済の脱炭素化を宣言し、相応の予算を拠出し、禁止・段階的廃止措置をはじめとする規制基準を超えた政策措置や、カーボン・プライシング等の市場ベースの対策といった政策措置を講じており、気候変動問題に対処するための規制強化を推進する動きが高まっている。
- ④ **人材**— 質の高い起業家や優秀な人材が、喫緊の課題に対応するための気候テック分野に業界分野及び地理的境界線を越えて関与するようになってきている。
- ⑤ **企業需要の高まり**— 約300社のグローバル企業が2050年以前の炭素排出実質ゼロ達成に向け取り組むことを宣言すると同時に、より幅広く具体的なESG目標(環境問題、社会問題、コーポレートガバナンスに関する目標)を設定するなど、気候変動対策に関連して野心的な企業目標を設定し行動する企業が増えている。
- ⑥ **消費者需要の高まり**— 高品質な低炭素製品・サービスが消費者の注目を集め、植物由来の材料で人工肉を製造する米Beyond Meat社や米EV大手Tesla社、省エネスマートサーモスタットを提供するNest社(現Google社傘下)などの他の起業家の手本となる著名企業の創出につながっている。
- ⑦ **インスピレーションを得た起業家**— スタートアップの成功例が増えるにつれ、多数の起業家が刺激を受け、気候変動問題に取り組むようになってきている。

PwC社は、近年の気候テックの成長は、特にモビリティ・輸送、重工業の事業プロセス、温室効果ガス回収・貯留(GHGCCS)関連分野のスタートアップが牽引していると分析する。同社は、VC市場において気候テック分野はまだ新しいが今後更なる成長が期待される分野(nascent sector)と見なしており、PwC UK社の

⁴⁷ 前の脚注(脚注44)と同じ(14ページ)

⁴⁸ 前の脚注(脚注44)と同じ(42ページ)

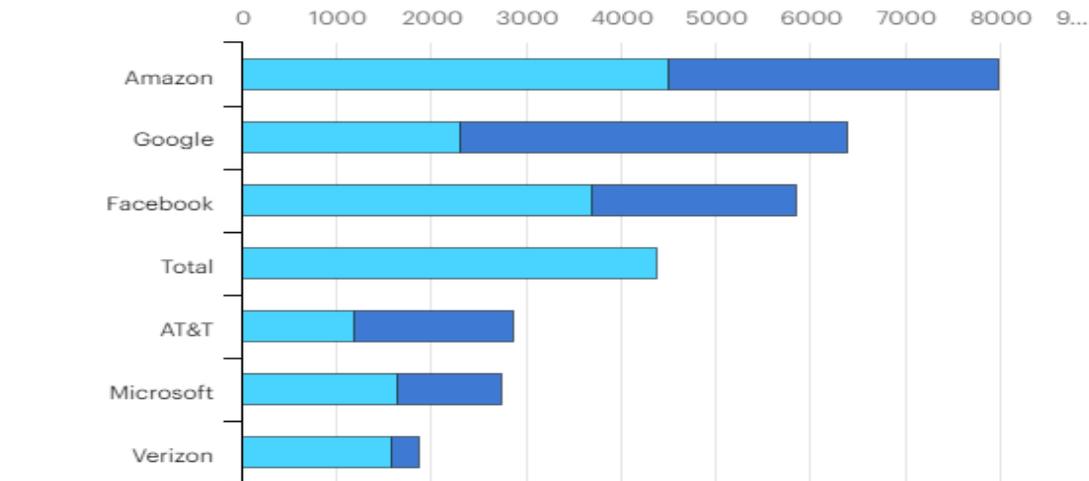
グローバルイノベーション／持続可能性リーダーを務める Celine Herweijer 氏は、「気候テック分野の継続的な成功においては、新たなソリューションへの需要を喚起する炭素排出実質ゼロに向けた企業の取り組みとイノベーションの商用化に向けた投資の両側面において、企業(CVC)の関与が鍵となり、(CVC は)財政手段のみならず、商業上のノウハウや業界ナレッジを通じて、市場に新たなイノベーションを迅速に導入し幅広く展開するまでの道をスタートアップに示すことができる」と述べている⁴⁹。

また、最近では、Microsoft 社や Amazon 社といった潤沢な資金を有する米大手テクノロジー企業が、脱炭素化に向けた革新的な気候テックを支援するファンドを立ち上げる動きもみられるようになっており、次項ではこうした企業の取り組みについて紹介する。

(2) ビッグテックにおける脱炭素化に向けた取り組み

テック企業は電気を大量に消費する。これは、サーバーを冷却するために膨大な電力を必要とするデータセンター向けエネルギーによるもので、Amazon 社、Google 社、Microsoft 社、Facebook 社、Apple 社の大手5社の年間電力使用量は合計で、ニュージーランド1国分の電力消費量にほぼ匹敵する45テラワットを超える。AI や機械学習技術によるコンピューティングパワー需要が今後高まるにつれ、テック企業の電力消費量はさらに増大する見込みである⁵⁰。こうした電力消費量の増加に伴い、大手テック企業は再生可能エネルギー電力の調達を加速しており、Amazon 社、Google 社、Facebook 社、Microsoft 社は現在では再生可能エネルギー電力調達における世界トップ企業となっている(図表6参照)⁵¹。

図表6:再生可能エネルギー電力調達における世界トップ企業(2010~2020)年における電力販売契約量、単位:メガワット)



IEA. All Rights Reserved

● Solar ● Wind

出典:IEA⁵²

⁴⁹ <https://www.pwc.com/gx/en/news-room/press-releases/2020/climate-tech-investment-report-climate-week.html>

⁵⁰ <https://www.ft.com/content/0c69d4a4-2626-418d-813c-7337b8d5110d>

⁵¹ <https://www.iea.org/commentaries/5-ways-big-tech-could-have-big-impacts-on-clean-energy-transitions>

⁵² <https://www.iea.org/commentaries/5-ways-big-tech-could-have-big-impacts-on-clean-energy-transitions>

大手テクノロジー企業による再生可能エネルギー電力の調達は、2010年にGoogle社が再生可能エネルギー電力の長期売買契約(Power Purchase Agreement: PPA)をエネルギー会社の風力発電所と締結⁵³したのをきっかけに他のテック企業にも同様の動きが広がった。世界的なエネルギー・電力会社のIberdrola社でグローバル戦略顧客部門をリードするEduardo Insunza氏は、「(ビッグテックの)1社が何かに着手すれば他のテック企業も続いて行く。ビッグテックは常に互いの行動に視線を向けており、積極的に新たな取り組みを行っている」と述べる⁵⁴。こうした再生可能エネルギーの調達に加え、大手テクノロジー企業は炭素排出に対応するために近年ますます厳格かつ野心的な企業方針を表明するようになっており、この主な理由として、IEAの首席エコノミストであるLaszlo Varro氏及びデジタル/エネルギー専門アナリストのGeorge Kamiya氏は、社会・政治的な圧力への対応のほか、若い優秀なテクノロジー人材の間で気候変動を含む社会・環境問題に責任を持つことを雇用者に求める声が高まっていることを挙げている⁵⁵。

以下では、革新的なテクノロジーに多額の資金を投資するなどし、脱炭素化に向けた自社の気候変動対策を積極的に推進しているMicrosoft社、Amazon社、Google社の取り組みの最新動向を紹介する。

a. Microsoft社

① 脱炭素化に向けたイニシアチブ

Microsoft社は2020年1月、2030年までに排出量以上の炭素を削減する「カーボンネガティブ(carbon negative)」を実現し、同社の創設年である1975年以来、同社が排出してきた二酸化炭素を2050年までに大気中から除去するという「野心的な」気候変動対策計画を発表した⁵⁶。「大胆な賭け(ムーンショット)」と称する同計画において、同社は、2025年までに再生可能エネルギーに100%シフトする(同社のデータセンター、オフィス、キャンパスにおける全ての電力源をクリーンエネルギーとする)ことや、2030年までに同社のキャンパス内で運用される車両を電気自動車にすること等を通じ、2020年代半ばまでにエネルギー利用等を含む自社拠点からの炭素排出量をほぼゼロにまで削減する。また、2012年より社内導入されている「炭素税」⁵⁷の対象を拡大することで、同社の炭素排出量の大半を占める自社製品のサプライチェーン全体における炭素排出量を2030年までに半分以上削減する方針である。

⁵³ Google社は2010年に、米アイオワ州のエネルギー会社が所有する114MW規模の風力発電所から20年間電力を購入するPPA契約を締結している。<https://sustainability.google/progress/projects/ppa/>

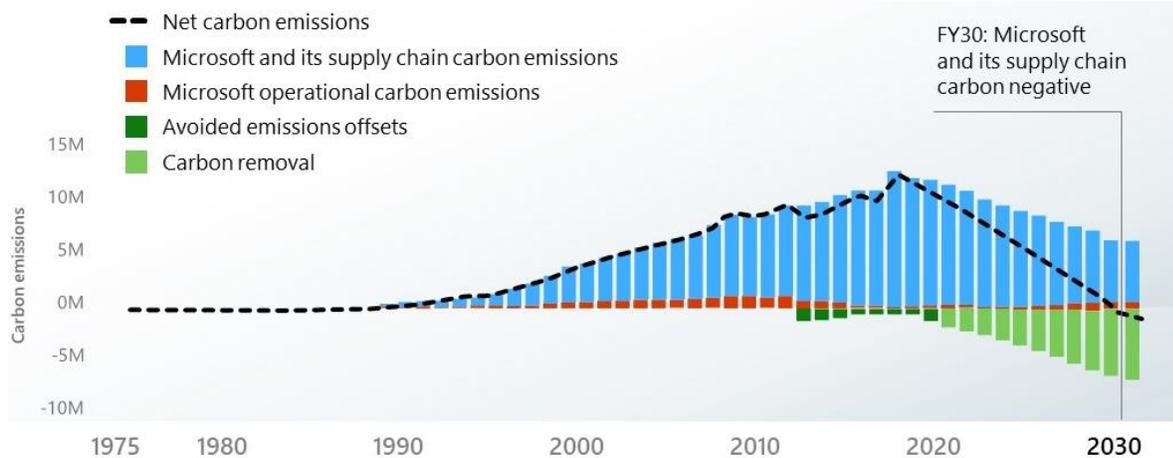
⁵⁴ <https://www.ft.com/content/0c69d4a4-2626-418d-813c-7337b8d5110d>

⁵⁵ <https://www.iea.org/commentaries/5-ways-big-tech-could-have-big-impacts-on-clean-energy-transitions>

⁵⁶ <https://blogs.microsoft.com/blog/2020/01/16/microsoft-will-be-carbon-negative-by-2030/>

⁵⁷ Microsoft社は、主にエネルギー利用等を含む自社拠点から排出される炭素に関する排出を対象に課していた1トン当たり15ドルの「炭素税」という社内炭素料金を、2020年7月から自社製品のライフサイクル(サプライチェーン)全体から排出される炭素に拡大している。<https://blogs.microsoft.com/blog/2021/01/28/one-year-later-the-path-to-carbon-negative-a-progress-report-on-our-climate-moonshot/>

図表 7: 2030年までに「カーボンネガティブ」の達成を目指す Microsoft 社の炭素排出・削減量(年間)の推移目標



出典: Microsoft⁵⁸

② 計画実現に向けた取り組み状況

Microsoft 社は、主にカーボンオフセット(二酸化炭素排出枠)を購入することで、2012年からカーボンニュートラルを達成し続けている。しかし、2050年までに創業時から排出した全ての炭素を除去する目標を掲げる同社は、カーボンニュートラルの取り組みだけでは不十分とし、今後は同社の直接・間接的な事業活動における大幅な炭素排出削減に向けた取り組みに加え、「炭素除去(carbon removal)」に焦点を当てた対策に注力する方針を明らかにしている。炭素除去対策に関連して Microsoft 社では、植林及び森林再生活動のほか、大気中から二酸化炭素を取り込み貯留する「直接空気回収(Direct Air Capture: DAC)」などの高度なテクノロジー手法にも注目している⁵⁹。

Microsoft 社は、炭素除去に関連した高度なテクノロジーの開発を加速させるため、「気候イノベーション基金(Climate Innovation Fund)」と称するファンドを2020年1月に新設し、炭素除去、先進エネルギーシステム、産業材料、水処理技術、持続可能な農業等の分野における革新的なソリューションに2020~23年の4年間で10億ドルを投資する方針を明らかにしている⁶⁰。

同社は同年7月、脱炭素化や分散化エネルギーへの移行に注力するVC企業の Energy Impact Partners 社⁶¹に、同ファンドの中から5,000万ドルを投資することを表明した⁶²。また、Microsoft 社の共同創業者である Bill Gates 氏が2016年12月に創設したクリーンテクノロジー開発支援ファンドの Breakthrough Energy

⁵⁸ 前の脚注(脚注57)に同じ。

⁵⁹ <https://blogs.microsoft.com/blog/2020/01/16/microsoft-will-be-carbon-negative-by-2030/>

⁶⁰ <https://www.microsoft.com/en-us/corporate-responsibi>

⁶¹ <https://www.energyimpactpartners.com/>

⁶² <https://blogs.microsoft.com/on-the-issues/2020/07/21/carbon-negative-transform-to-net-zero/>

Ventures (BEV)⁶³と共に、コンクリート業界向け低炭素技術を手がけるカナダのスタートアップ CarbonCure Technologies 社⁶⁴に投資している⁶⁵。

Microsoft 社は2021年1月、同社のカーボンネガティブ計画の発表から最初の1年間における取り組みの進捗状況を発表し、2020年度に同社は炭素排出量を前年比6%削減したことや、世界中の15社のサプライヤーから130万トン分に相当する炭素除去に関するソリューション/プロジェクトを調達⁶⁶したことなどを明らかにした⁶⁷。

Microsoft 社はその他にも、同社の顧客のクラウドサービスの利用状況から炭素排出総量を可視化する新ツール「Microsoft Sustainability Calculator⁶⁸」の提供、世界の様々な環境データを収集し組織活動において環境に関する意思決定を行うパートナー及び顧客を支援する「惑星コンピューター (Planetary Computer)」の開発⁶⁹、2030年までに同社の直接事業、製品、包装からの廃棄物をゼロにし⁷⁰同社が世界中で消費する水よりも多くの水を供給する「ウォーターポジティブ (water positive)」の実現といった、野心的な目標を次々と表明している⁷¹。

③ 取り組みに対する評価

Microsoft 社のカーボンネガティブ宣言は、Amazon 社などの他の大手テクノロジー企業がカーボンニュートラルを宣言する中で、一線を画した取り組みとして環境専門家の支持を集めている。ボストンに拠点を置く企業の持続可能性を推進する非営利組織 Ceres で気候・エネルギー部門のバイスプレジデントを務める Sue Reid 氏は、「(2030年までに排出量以上の炭素を削減し、2050年までに創業以来同社が排出してきた二酸化炭素を完全に除去することも目指すという)Microsoft 社の取り組みは企業の気候変動対策におけるハードルを上げるものだ」と述べている。Microsoft 社は、これまで対象に含めていなかった自社製品のサプライチェーン全体における炭素排出量にも責任を持つことや、大気中から二酸化炭素を削減・除去する最先端の炭素回収技術への投資も約束しており、企業における炭素排出量のデータ公表を支援する国際組

⁶³ BEV (<https://www.breakthroughenergy.org/>) は、Bill Gates 氏が Amazon 社の創業者で執行会長の Jeff Bezos 氏、LinkedIn 社の共同創業者である Reid Hoffman 氏、Alibaba グループの創業者である Jack Ma 氏といったテクノロジー業界の著名人や投資家を巻き込んで2016年12月に立ち上げた10億ドル規模のクリーンテクノロジー開発支援ファンド。BEV は、二酸化炭素の排出量を最低でも年間5億トン削減できる技術を有するスタートアップを投資先としており、こうしたスタートアップには、蓄電池、核融合炉、バイオ燃料、地熱発電、自然に優しい肥料など、様々な分野の企業が40社以上含まれる。BEV は2021年1月、新たに10億ドルの資金調達に成功しており、今後40~50社のスタートアップへの投資を見込んでいる。<https://www.wsj.com/articles/bill-gates-others-launch-clean-energy-fund-1481577280>、<https://www.geekwire.com/2021/gates-led-breakthrough-energy-ventures-raises-another-1b-investing-climate-saving-innovation/>、<https://www.breakthroughenergy.org/investing-in-innovation/bev-portfolio>

⁶⁴ CarbonCure Technologies 社は、コンクリートの製造過程で排出された二酸化炭素をコンクリートに注入することで、炭素排出量を削減しながらコンクリート強度を向上させるテクノロジーを開発・提供する。<https://www.carboncure.com/>

⁶⁵ <https://www.carboncure.com/news/amazon-and-breakthrough-energy-ventures-co-lead-investment-in-cleantech-company-carboncure/>

⁶⁶ Microsoft 社は2020年7月、100万トンの二酸化炭素除去を目標に提案依頼書(RFP)を公表し、世界40カ国以上における79件の応募から189件のプロジェクトの提案があったとしている。同社はこのRFPで提案された(同社が調達したものを含む)炭素除去ソリューションの内容をホワイトペーパーに取り纏め、公表している。

<https://blogs.microsoft.com/blog/2021/01/28/one-year-later-the-path-to-carbon-negative-a-progress-report-on-our-climate-moonshot/>、<https://query.prod.cms.rt.microsoft.com/cms/api/am/binary/RE4MDIc>

⁶⁷ <https://blogs.microsoft.com/blog/2021/01/28/one-year-later-the-path-to-carbon-negative-a-progress-report-on-our-climate-moonshot/>

⁶⁸ https://www.microsoft.com/en-us/sustainability/sustainability-guide/sustainability-calculator?activetab=pivot_1:primary2

⁶⁹ <https://blogs.microsoft.com/blog/2020/04/15/a-healthy-society-requires-a-healthy-planet/>

⁷⁰ <https://blogs.microsoft.com/blog/2020/08/04/microsoft-direct-operations-products-and-packaging-to-be-zero-waste-by-2030/>

⁷¹ <https://blogs.microsoft.com/blog/2020/09/21/microsoft-will-replenish-more-water-than-it-consumes-by-2030/>

織 CDP(カーボン・ディスクロージャー・プロジェクト)の特別顧問である Paula DiPerna 氏は、「非常に包括的で卓越したイニシアチブ」と高く評価している⁷²。

一方で、Microsoft 社の宣言は「偽善」と指摘する声もある。2019 年だけを見ても、Microsoft 社は大手石油会社 3 社と長期的な技術提携契約を締結しており、その内の 1 社である ExxonMobil 社は、Microsoft 社のクラウド・AI 技術を活用することで採掘業務を効率化し、1 日当たりの石油生産量を数年以内に 5 万バレル増加させることを明らかにしている。しかし、Microsoft 社が地球温暖化の一要因となっているこうした石油会社の石油(化石燃料)採掘を支援する技術を提供することによって大量の炭素が大気中に排出されることになっても、その排出分は Microsoft 社の炭素排出量に含まれない可能性が高い⁷³。Microsoft 社を含む大手クラウド企業に対し、石油・天然ガス業界の大手企業との繋がりを批判する声は近年ますます強まっている⁷⁴が、Microsoft 社は、実際問題として化石燃料が世界のエネルギーの大部分を賄っている現状にあることを指摘しつつ、同社としてカーボンネガティブの実現等に積極的に取り組むことで、ゼロカーボンの未来構築に向けてコミットする立場を表明している⁷⁵。同社は、より持続可能な未来への移行期に、化石燃料が環境に及ぼす悪影響は DAC 等の二酸化炭素回収・除去技術によってある程度相殺できると考えており⁷⁶、こうした技術を積極的に投資し活用する方針を自社の気候変動対策でも示している。他方で、これらの技術開発は初期段階にあり、規模を拡大して成功が実証されたケースはまだない⁷⁷。

二酸化炭素回収・除去技術は、Microsoft 社がカーボンネガティブ目標を達成する上で不可欠な要素の一つであることから、今後の技術の進展と導入の可能性を期待する声も多く、今後の動向が注目される。

b. Amazon 社

① 脱炭素化に向けたイニシアチブ

Amazon 社は 2019 年 9 月 19 日、Global Optimism 社⁷⁸と共同で、パリ協定での目標より 10 年早い 2040 年に炭素排出量実質ゼロの実現を目指す企業・組織のための「気候変動対策に関する誓約(気候誓約、The Climate Pledge)」を立ち上げ、その最初の署名企業となったことを発表した⁷⁹。同誓約に署名する企業・組織は以下の 3 点に同意することが必要である⁸⁰。

- 1) 温室効果ガスの排出量を定期的に計測し報告する
- 2) 省エネ等の効率化、再生可能エネルギー、原材料削減などの炭素排出削減戦略を含むビジネス変革/イノベーションを通じて、パリ協定に沿った脱炭素化戦略を実行する
- 3) 定量化できる本質的かつ永続的で社会に有益なオフセットを追加し、残りの炭素排出分をゼロにする(カーボンニュートラルを達成する)措置を講じ、2040 年までに年間炭素排出量の実質ゼロ化を実現する

⁷² <https://www.geekwire.com/2020/microsofts-ambitious-carbon-negative-climate-goal-sets-apart-amazon-tech-giants/>

⁷³ <https://www.ecosystemmarketplace.com/articles/could-microsofts-climate-crisis-moonshot-plan-really-work/>

⁷⁴ 環境保護団体のグリーンピースは 2020 年 5 月、Microsoft 社、Amazon 社、Google 社の 3 大クラウドサービス企業と石油・天然ガス業界の大手企業との繋がりに関する調査レポートの中で、カーボンネガティブに向けた Microsoft 社の環境政策を概ね評価しながらも、石油・天然ガス石油企業・との契約数は 3 社の中で同社が最も多く、「化石燃料業界を継続的に支援している同社の炭素排出量算出の方程式には大きな穴がある」と指摘している。

<https://www.greenpeace.org/usa/reports/oil-in-the-cloud/>

⁷⁵ <https://blogs.microsoft.com/on-the-issues/2020/05/19/commitment-zero-carbon-future/>

⁷⁶ <https://blogs.microsoft.com/blog/2020/01/16/microsoft-will-be-carbon-negative-by-2030/>

⁷⁷ <https://www.ecosystemmarketplace.com/articles/could-microsofts-climate-crisis-moonshot-plan-really-work/>

⁷⁸ 2010~16 年にかけて国連の気候変動枠組条約(UNFCCC)事務局長を務めた Christiana Figueres 氏らにより創設された企業で、2050 年までの炭素排出実質ゼロを実現するための社会・環境の変化を支援するためのアドバイザーサービスを提供している。 <https://globaloptimism.com/>

⁷⁹ <https://www.aboutamazon.com/news/sustainability/the-climate-pledge>

⁸⁰ <https://www.theclimatepledge.com/>

Amazon 社の創設者兼 CEO(当時)の Jeff Bezos 氏は、同誓約の発表に際し、「気候変動問題の大勢の中にいるのは終わりだ。我々は当社の規模とスケールを活用し変化を起こすことに決めた。年間 100 億以上の商品を郵送する Amazon 社のような大規模な物理インフラを持つ企業がパリ協定の定める目標を 10 年早く達成することができれば、どんな企業も達成できる」と述べた⁸¹ ⁸²。なお、気候誓約の署名企業は、現時点で 200 社を超えている⁸³。

② 計画実現に向けた取り組み状況

Amazon 社は、気候誓約の立ち上げ・署名以降、脱炭素化に向けた取り組みを積極的に推進している。気候誓約に基づいて Amazon 社がこれまでに実施している脱炭素化に向けた主な取り組みは以下の通りである。

図表 8: 気候誓約に基づく脱炭素化に向けた Amazon 社の主な取り組み内容

| 気候誓約の内容 | 主な取り組み内容 |
|--|---|
| 温室効果ガスの排出量を定期的に計測し報告する | <ul style="list-style-type: none"> 世界的に採用されている国際標準の GHG プロトコルに則り炭素排出量を測定し、米環境コンサルティング企業 Apex 社による独立監査・認証を受けている⁸⁴ 2019 年以降、炭素排出量に関する公式データを公表している⁸⁵ 2020 年 6 月、「科学的根拠に基づく目標イニシアチブ (Science-Based Targets Initiative: SBTi⁸⁶)」への参加を表明⁸⁷ |
| 省エネ等の効率化、再生可能エネルギー、原材料削減などの炭素排出削減戦略を含むビジネス変革／イノベーションを通じて、パリ協定に沿った脱炭素化戦略を実行する | <ul style="list-style-type: none"> 2025 年までに全世界における事業活動を 100%再生可能エネルギーで賄う目標を設定⁸⁸。2021 年 6 月時点で、世界中で 10 ギガワットの電力 (米一般家庭 250 万世帯分の電力供給分に相当)を生産できる計 232 の風力・太陽光発電プロジェクトを展開⁸⁹ 2030 年までにフルフィルメント、梱包、配送の全プロセスのうち 50%を炭素排出量実質ゼロにする「シッピング・ゼロ (Shipment Zero⁹⁰)」のイニシアチブの一環で、配送車の電動化を推進。2019 年、米電気トラック/SUV メーカー Rivian Automotive 社に 10 万台の EV 配送車両を特注し、2030 年までに導入予定 現在シッピング・ゼロイニシアチブに統合されているフラストレーション・フリー・パッケージ (FFP) プログラム⁹¹において 2015 年以降、出荷時の梱 |

⁸¹ <https://press.aboutamazon.com/news-releases/news-release-details/amazon-co-founds-climate-pledge-setting-goal-meet-paris>

⁸² Bezos 氏自身も 2020 年 2 月、個人資産から 100 億ドルを拠出し、気候変動対策に取り組む科学者や活動家、NGO を支援するための基金「Bezos Earth Fund」を創設するなどしている。

<https://www.cnbc.com/2020/02/17/amazons-jeff-bezos-pledges-10-billion-to-launch-earth-fund-for-combating-climate-change.html>

⁸³ <https://www.theclimatepledge.com/us/en/Signatories>

⁸⁴ <https://sustainability.aboutamazon.com/carbon-methodology.pdf?tag=1271192-shoppingamazonclimatepledge-20>
https://sustainability.aboutamazon.com/amazon_ghg_verification_statement_2019.pdf?tag=1271192-shoppingamazonclimatepledge-20

⁸⁵ <https://www.geekwire.com/2020/amazons-carbon-footprint-grew-15-2019-highlighting-challenge-net-zero-emissions/>、<https://sustainability.aboutamazon.com/environment/sustainable-operations/carbon-footprint>

⁸⁶ CDP (カーボン・ディスクロージャー・イニシアチブ)、国連グローバル・コンパクト (UNGC)、世界資源研究所 (WRI)、世界自然保護基金 (WWF) による共同イニシアチブで、企業に対し、パリ協定が求める水準と整合した温室効果ガス排出削減目標を設定することを推進している。<https://www.mainstreamingclimate.org/sbti/>

⁸⁷ <https://www.aboutamazon.com/news/sustainability/three-global-companies-join-the-climate-pledge-co-founded-by-amazon?tag=1271192-shoppingamazonclimatepledge-20>

⁸⁸ <https://sustainability.aboutamazon.com/environment/sustainable-operations/renewable-energy?energyType=true>

⁸⁹ <https://www.aboutamazon.com/news/sustainability/amazon-is-building-a-sustainable-business-for-you-and-the-planet>

⁹⁰ <https://sustainability.aboutamazon.com/environment/sustainable-operations/shipment-zero>

⁹¹ <https://www.amazon.com/b/?&node=5521637011>

| | |
|--|---|
| | 包材の重量を33%削減し、80万トン以上の梱包材(約15億個の出荷用段ボール箱に相当)を削減 ⁹² |
| 定量化できる本質的かつ永続的で社会に有益なオフセットを追加し、残りの炭素排出分をゼロにする(カーボンニュートラルを達成する)措置を講じ、2040年までに年間炭素排出量の実質ゼロ化を実現する | <ul style="list-style-type: none"> ・世界における森林、湿地、草原の再生・保護のためのファンド「Right Now Climate Fund」を2019年に立ち上げ、1億ドルを拠出⁹³ ・気候誓約に署名した企業の脱炭素化に向けた持続的なテクノロジー／サービスの開発を支援するファンド「Climate Pledge Fund」を2020年6月に創設し、初期投資として20億ドルを拠出⁹⁴ ・2021年5月、クリーンテック分野のイノベーションの急成長を促すことにフォーカスしたアクセラレータープログラム(AWS Clean Energy Accelerator)を創設⁹⁵ |

出典: 各種資料を基に作成

2020年に世界最大の再生可能エネルギー購入企業となったAmazon社であるが、これらのエネルギーだけでは2019年時の同社の電力消費量の42%しか賅うことができない。同社は2040年までの炭素排出量の実質ゼロを達成するため、クリーンエネルギーの調達拡大や電気貨物自動車への投資、カーボンオフセット／クレジットの購入等の対策を講じる方針である⁹⁶。またAmazon社は、気候誓約に署名した企業の脱炭素化を支援する革新的なテクノロジーの開発にも積極的に取り組んでおり、2020年9月、同年6月に創設したファンド(Climate Pledge Fund)を通じて、Amazon社のEV配送車両の製造を手がけるRivian社や、機械学習技術及び衛星画像を用いて森林カーボンオフセットの認証されたマーケットプレイスを手がけるPachama社(3.で後述)を含む計5社を最初の投資先として選定したことを発表している⁹⁷。

③ 取り組みに対する評価

環境政策に対する社内の批判の声が近年高まる中で気候誓約を発表し⁹⁸、大手テクノロジー企業の中ではやや遅れて脱炭素化に向けた取り組みを開始したAmazon社であるが、物流事業を行う同社の二酸化炭素排出源には、データセンターだけでなくとどまらず、フルフィルメントセンターや配送トラック等も含まれ、脱炭素化に向けた道のりは険しい。Amazon社の2019年の二酸化炭素排出量は約5,110万トン(前年比15%増)で、これはGoogle社の親会社であるAlphabet社の同年における排出量のおよそ3倍に相当し、米国の大手小売業者や大手エネルギー会社に匹敵する量である。Amazon社で持続可能性の取り組みをリードするKara Hurst氏は、「多大な投資を行って様々な手法を考案しながら進んでいく」と述べ、2040年までの炭素排出量の実質ゼロを達成するための明確な道筋はまだ立っていないことを認めている⁹⁹。そのため、

⁹² <https://www.aboutamazon.com/news/sustainability/we-are-all-in-on-the-climate-pledge-net-zero-carbon-by-2040>

⁹³ <https://sustainability.aboutamazon.com/about/the-climate-pledge/nature-based-solutions>

⁹⁴ <https://sustainability.aboutamazon.com/about/the-climate-pledge/the-climate-pledge-fund>

⁹⁵ 同アクセラレーターは、エネルギー貯蔵・監視、二酸化炭素回収・利用・貯留(CCUS)、水素発電、スマートグリッド、材料科学などを含むクリーンテック分野のスタートアップを対象としている。

<https://aws.amazon.com/blogs/publicsector/announcing-aws-clean-energy-accelerator-startups/>

⁹⁶ <https://www.ft.com/content/0c69d4a4-2626-418d-813c-7337b8d5110d>

⁹⁷ <https://www.aboutamazon.com/news/sustainability/amazon-invests-in-green-startups-to-support-development-of-sustainable-technologies>

⁹⁸ 気候誓約は、国連気候行動サミットの開催を前に、Amazon社の1,500人以上の従業員が同社に対し気候変動対策の取り組みを強化することを求めるストライキに参加することを表明した翌日に出されたものである。Amazon社の環境政策に対する社内の批判の声が近年高まっており、2019年4月には、同社の従業員およそ8,700名が署名する公開書簡を通じて、国連の気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の目標に沿った企業としての炭素排出削減目標の公表や、カーボンオフセットではなく化石燃料からの完全移行などを要求していた。<https://www.fastcompany.com/90401456/more-than-900-amazon-employees-say-theyll-walkout-to-protest-the-companys-climate-failures>
<https://amazonemployees4climatejustice.medium.com/public-letter-to-jeff-bezos-and-the-amazon-board-of-directors-82a8405f5e38>

⁹⁹ <https://www.bloomberg.com/news/features/2020-09-21/amazon-made-a-climate-promise-without-a-plan-to-cut-emissions>

環境専門家や投資家の間では、Amazon 社が気候変動対策に本格的に取り組み始めたことを高く評価する一方、目標達成に向けたより具体的なステップや成果を示すよう求める声も多い¹⁰⁰。

他方で、短期間での収益を顧みずに投資できる規模と財政力を持つ Amazon 社のような企業は、市場に存在しない技術を経済的に採算性のある形で実現することを支援できる可能性がある。例えば EV 配送車両の導入については、車両の大規模量産が可能な既存企業がなかったことから、Amazon 社自ら Rivian 社に大規模投資を行って EV 配送車両を共同開発し 10 万台を発注した。この車両の導入で、炭素排出量の 8% の削減のほか、優遇税制措置や燃料・メンテナンス費用の節減による維持費削減につながると推算されている¹⁰¹。有望なテクノロジーに対する投資は、Amazon 社が損益を注視しながら脱炭素化に向けた目標を達成するための方法として期待されており、同社が Climate Pledge Fund を通じて投資しているスタートアップを含め、今後の動きが注目される。

c. Google 社

① 脱炭素化に向けたイニシアチブ

Google 社は 2020 年 9 月 14 日、2030 年までに世界中に展開する自社のオフィスやデータセンターを常時 100%カーボンフリーな(二酸化炭素を排出しない)電力で稼働させる方針を発表した¹⁰²。この発表において同社の CEO である Sundar Pichai 氏は、「1998 年の創設以来、持続可能性を企業の『コア・バリュー(中核となる価値観)』として取り組んできた Google 社は、2007 年に大手企業の中で初めてカーボンニュートラルを達成後、年間電力使用量に相当する再生可能エネルギーの購入¹⁰³も 2017 年に達成済み」と説明し、同日時点で Google 社の「カーボンレガシー(2007 年にカーボンニュートラルとなる前に同社の事業活動で排出された二酸化炭素)」も、カーボンオフセットを購入することで全て排除、すなわち、これまでの Google 社のカーボンフットプリントをゼロにしたことを明らかにしている¹⁰⁴。

その上で Google 社は、2030 年までに、同社が世界中に展開するデータセンターやオフィスを、二酸化炭素を排出しない電力によって 24 時間 365 日運営する目標を掲げた。同社によると、現時点で年間消費電力を賄うに十分な再生可能エネルギーを購入しているとはいえ、風力発電や太陽光発電による電力供給量は変動が大きいことから、時間帯・場所によってはクリーンエネルギーでない電力を使用しているという。Google 社は、これを時間帯・場所にかかわらず、2030 年までに同社の電力を常に炭素を排出しないクリーンエネルギーで賄えるようにする方針である¹⁰⁵(図表 9 参照)。

¹⁰⁰ <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/amazon-s-emissions-increase-15-in-2019-amid-efforts-to-reduce-carbon-footprint-59261693>

¹⁰¹ <https://www.bloomberg.com/news/features/2020-09-21/amazon-made-a-climate-promise-without-a-plan-to-cut-emissions>

¹⁰² Google 社はその他にも、カーボンフリーの取り組みの一環で、2030 年までに 5 ギガワットのカーボンフリーエネルギーを生成できるようにし、同社開発の温室効果ガスの排出量を可視化する EIE (Environmental Insights Explorer) ツールの提供などを通じて、世界の 500 以上の都市で 2030 年までに年間計 1 ギガトンに上る炭素排出量(日本の年間炭素排出量に相当)の削減を支援するとしている。<https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/our-third-decade-climate-action-realizing-carbon-free-future/>

¹⁰³ Google 社は 2019 年に世界最大の再生可能エネルギー購入企業となった。<https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/our-biggest-renewable-energy-purchase-ever/>

¹⁰⁴ <https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/our-third-decade-climate-action-realizing-carbon-free-future/>

¹⁰⁵ <https://www.gstatic.com/gumdrop/sustainability/24-7-explainer.pdf>

図表 9: Google 社における脱炭素化に向けた取り組み内容比較

| | カーボンニュートラル (カーボンオフセットの 購入により二酸化炭素 排出量を相殺) | 100%再生可能エネルギー (年間消費電力を賅うに十 分な再生可能エネルギーを 購入) | 常時(24時間365日) カーボンフリー (事業活動で用いる電力 を常にクリーンエネルギー で賅う) |
|----------------------------------|--|--|--|
| Google 社における達成状況 | 2007年以降、達成し続けている | 2017年以降、達成し続けている | 2030年までの達成を目指す |
| 電力網の全面的な変革 | × | × | ○ |
| 電力消費量に関連した炭素排出量を直接削減 | × | ○ | ○ |
| 電力消費量に関連した炭素排出量を全て削減 | × | × | ○ |
| 年間消費電力と同量のクリーンエネルギーの調達 | × | ○ | ○ |
| 1時間当たりの消費電力を全てクリーンエネルギーで賅う | × | × | ○ |
| 事業地域における一部の電力網でクリーンエネルギーの量を直接増やす | × | ○ | ○ |
| 事業地域における全ての電力網でクリーンエネルギーの量を直接増やす | × | × | ○ |

出典: Google 社の発表資料¹⁰⁶を基に作成

② 計画実現に向けた取り組み状況

Google 社は、2030年までに自社の全電力を常時カーボンフリーとするという前述の目標達成に向けて、以下の3つの観点からテクノロジーイノベーションを推進している¹⁰⁷。

- 1) **既存の電力生産技術の最適化**— Google 社と同社傘下の英 AI 企業 DeepMind 社は 2019 年、米中央部に位置する 700 メガワット規模の風力発電所における気象予測とタービン稼働履歴データを活用した機械学習アルゴリズムの適用実験で、36 時間後の発電量を予測できるようになり、風力発電の効率性を 20%向上させられたと発表した¹⁰⁸。Google 社は、こうした技術的アプローチが風力発電のビジネスケースを強化することで、世界におけるカーボンフリーエネルギーの導入を後押しする考え。
- 2) **クリーンエネルギー生産技術、エネルギー貯蔵技術等の次世代技術の商用加速化**— 土地や再生可能エネルギー資源が限定的な場所で自社のオフィスやデータセンターをカーボンフリーにし、風力発電や太陽光発電による電力供給量の時期的な変動問題に対応するため、Google 社では、先進型原子力エネルギー、グリーン水素、長期エネルギー貯蔵、地熱増産システム、炭素回収・貯留などの最先端テクノロジーツールを用いて電力を得ることを模索している。Google 社は 2021 年 5 月 18 日、2022 年からネバダ州の電力網への地熱発電で得られた電力の供給を目指す次世代地熱発電システムの開発で、地熱発電技術を手がける米スタートアップ Fervo Energy 社と提携することを発表した。同プロジェクトでは、高度な掘削技術や光ファイバーセンシング技術、データ分析技術を活用することで、生産性の向上や電力需要へのより効率的な対応につながる事が期待されている

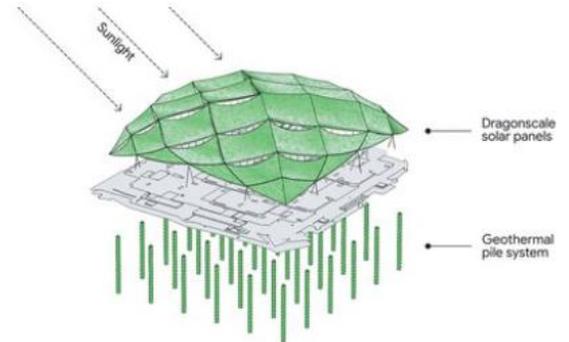
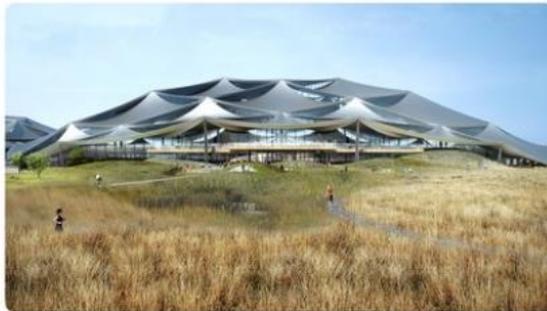
¹⁰⁶ <https://www.gstatic.com/gumdrop/sustainability/24-7-explainer.pdf>

¹⁰⁷ <https://www.gstatic.com/gumdrop/sustainability/247-carbon-free-energy.pdf>

¹⁰⁸ <https://deepmind.com/blog/article/machine-learning-can-boost-value-wind-energy>

109。また同社は同日、カリフォルニア州マウンテンビューに建設予定の同社の新キャンパスに、「北米最大規模」の地熱発電システムのほか、およそ7メガワットの発電が可能な9万枚の太陽光パネルを導入する計画も明らかにした¹¹⁰。

図表 10: 地熱発電と太陽光発電システムを導入予定の、カリフォルニア州マウンテンビューの Google 社の新キャンパスのイメージ図



出典: Google¹¹¹

- 3) 自社の電力需要を管理するスマートソリューションの開発— Google 社は 2020 年 4 月、データセンターにおいて再生可能エネルギーをより効率的に利用できるようにする新システム「カーボン・インテリジェント・コンピューティング・プラットフォーム (carbon-intelligent computing platform)」を導入した。同システムは当初、風力発電や太陽光発電による発電量が最も多い時間帯に、データセンターにおけるより多くの計算タスクの処理を自動的にシフトさせるものであった¹¹²が、2021 年 5 月には同システムをアップデートし、各地域の同社データセンターの再生可能エネルギー利用可能状況に応じて、計算タスクを処理する時間と場所を自動的にシフトさせられる(複数のデータセンター間で計算タスクを移動させられる)ようにした¹¹³。Google 社のエネルギー担当ディレクターを務める Michael Terrell 氏は、「2022 年までにデータセンターにおいて緊急を要しない計算タスクの 3 分の 1 以上を再生可能エネルギーの電力供給の余裕がある時間・場所で処理できるようにしたい」と述べている¹¹⁴。

Pichai 氏は 2021 年 4 月、「常時カーボンフリーエネルギーの達成に向けた進捗状況」と題した公式ブログにおける投稿で、Google 社の運営するデータセンターのうち、デンマーク、フィンランド、米国のアイオワ州、オクラホマ州、オレゴン州の 5 箇所が 90%以上のカーボンフリー電力で運営されていることを明らかにした。同社はこれまでに、2034 年までに全世界で 50 を超える風力発電及び太陽光発電のプロジェクトからクリーンエネルギーを約 40 億ドル分購入する契約を締結し、再生可能エネルギーの調達を進めているほか、データセンターのバックアップ電源をディーゼル発電機からバッテリーに移行する取り組みも進めている¹¹⁵。

¹⁰⁹ Google 社は、同プロジェクトの契約の一環で、地熱資源の場所の特定や再生可能エネルギー源の需要分析のために AI・機械学習技術を提供する。Fervo 社は地熱井内の光ファイバーケーブルを活用し、地熱資源の流量や温度などのデータをリアルタイムで収集、このデータに基づいて最適な地熱資源のある場所を正確に特定することが可能である。

<https://cloud.google.com/blog/products/infrastructure/google-fervo-geothermal-project-creates-carbon-free-energy>

¹¹⁰ <https://blog.google/technology/developers/io21-helpful-google/>

¹¹¹ <https://blog.google/technology/developers/io21-helpful-google/>

¹¹² Google フォトや YouTube の動画処理における新しいフィルター機能の作成、Google 翻訳への新単語の追加など、主に緊急を要しないタスクのタイミングをシフトさせている。 <https://blog.google/inside-google/infrastructure/data-centers-work-harder-sun-shines-wind-blows/>

¹¹³ <https://www.blog.google/outreach-initiatives/sustainability/carbon-aware-computing-location/>

¹¹⁴ <https://www.axios.com/google-outreach-carbon-free-energy-goal-2030-5d913b5d-8d95-44f5-a8ca-211497f3798b.html>

¹¹⁵ <https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/new-progress-toward-our-247-carbon-free-energy-goal/>

③ 取り組みに対する評価

Google 社が 2030 年までに電力供給を完全に脱炭素化するという目標を達成するためには、日が差さず風が止んでいる時も電力を貯蔵・供給できるようにするための優れた蓄電システムや、企業の電力需要を予測し省エネを実現するための AI の活用など、テクノロジー面での課題に対応する必要がある。

また、Google 社がグローバルに事業を展開する地域によっては、利用できる電力源が化石燃料を含む電源構成(エネルギーミックス)に限定されている場合も多く、同社が目指す脱炭素化に向けた健全な再生可能エネルギー市場やクリーンエネルギー政策が整備されている地域での事業運営を検討する必要性も指摘されている¹¹⁶。Google 社は、台湾やシンガポールなど、風力や太陽光発電向けに広大な土地を確保することが困難な地域において、魚の養殖場や公営住宅ビルの屋根の上にソーラーパネルを設置して一定の電力を購入する契約を締結するなどの取り組みを行っているが、グリーンピース USA のキャンペーンディレクターの Rolf Skar 氏は、「電力供給の脱炭素化に向けた解決策をすぐに得られない地域では、制度の変革を後押しすることも必要になるだろう」と述べている¹¹⁷。なお、Google 社は、電力源における化石燃料への依存を断つ取り組みを積極的に推進し、関連テクノロジーに投資することで、2025 年までに 1 万 2,000 件の新規雇用の創出及びクリーンエネルギーの活用につながると予測しており¹¹⁸、同社の取り組みを通じた投資効果に期待が集まっている。

3 米国及び世界における脱炭素の潮流で注目を集める気候テックスタートアップ

以下では、米国及び世界における脱炭素化に向けた潮流や、より厳しい炭素排出削減に動くビッグテック等による出資などを受けて、近年注目を集めている主な気候テックスタートアップの例を紹介する。

(1) 植林によるカーボンオフセットの有効性を可視化するプラットフォームを提供する Pachama 社

図表 11: Pachama 社の概要

| | |
|-------------------|--|
| 創設年 | 2018年11月 |
| 拠点 | カリフォルニア州サンフランシスコ |
| これまでの資金調達総額 | 2,430万ドル |
| 資金を調達している主な VC など | Breakthrough Energy Ventures (BEV) 社、Amazon 社 (Climate Pledge Fund)、Lowercase Capital 社、Y Combinator 社 |

出典: Crunchbase¹¹⁹

テクノロジースタートアップや投資家活動に関する市場情報を提供する米 CB Insights 社によると、世界の大手企業の 80% がこれまで任意とみなされていた持続可能性に関する報告を行っている。多くの主要企業がカーボンニュートラルの達成に向けて取り組む中、炭素排出量のモニタリング、管理、オフセットを支援するプラットフォームへの需要が高まっている。2021 年 6 月時点で、炭素排出量の算定・オフセット取引市場に関するソリューションを提供する企業の資金調達件数は 15 件、新株発行による調達資金額は総額 1 億ドルに達し、件数・資金額共に過去最高を記録している¹²⁰。

¹¹⁶ <https://www.theverge.com/platform/amp/2020/9/14/21436228/google-climate-change-pledge-2030-renewable-energy>

¹¹⁷ <https://www.cnn.com/2021/07/23/meeting-googles-climate-change-goals-stresses-out-ceo-sundar-pichai.html>

¹¹⁸ <https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/our-third-decade-climate-action-realizing-carbon-free-future/>

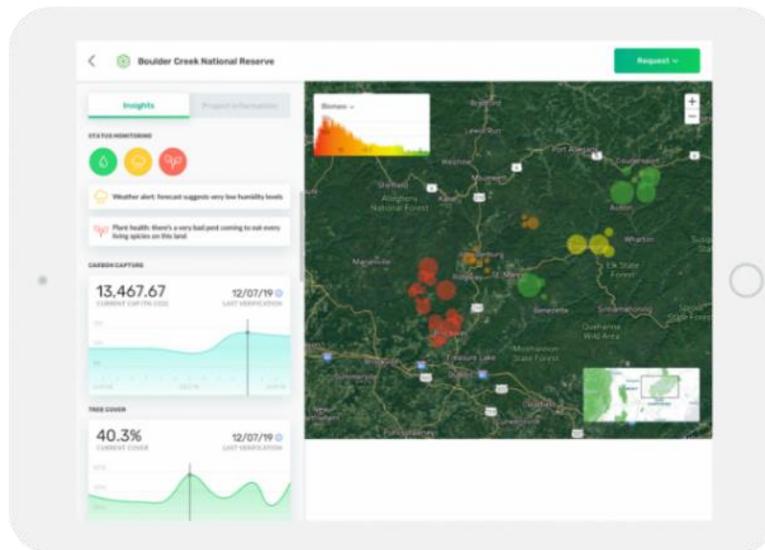
¹¹⁹ <https://www.crunchbase.com/organization/pachama>

¹²⁰ <https://www.cbinsights.com/research/carbon-accounting-offset-emissions-tracking-trends>

大手企業を中心にカーボンニュートラルの実現に向けた取り組みが加速する中、植林によるカーボンオフセットプロジェクトに対する関心も近年ますます高まっている。他方で、森林によって実際にどれだけの二酸化炭素が吸収されたかを把握するには、専門チームを現地に派遣して木の数や大きさを計測するなどの労働集約的な作業を行う必要があり、最新のデータを常に得るのが難しいという、有効性把握の上での課題もある¹²¹。

シリコンバレーに拠点を置く Pachama 社¹²²は、企業・個人が森林再生プロジェクトを通じたカーボンクレジットを購入できるマーケットプレイスを手がけるテクノロジースタートアップである。同社のプラットフォームは、機械学習とリモートセンシング技術を用いて世界中の森林が実際にどれだけの二酸化炭素を吸収したかに関するデータを検証・モニタリングできる業界初のソリューションを提供し、前述の課題に対応しようとしている。同社の機械学習アルゴリズムは、森林の衛星画像を分析することで、プロジェクトにおける二酸化炭素の貯留状況を正確に予測できる。また、同社のマーケットプレイスでカーボンクレジットを購入したユーザーは、リモートセンシング技術を用いたツール及びダッシュボードを通じて、森林による二酸化炭素の吸収状況や森林面積などを把握できるようになっている¹²³。

図表 12: 森林による二酸化炭素の吸収状況や森林面積などを把握できる Pachama 社のユーザー向けダッシュボード



出典: Global Shakers¹²⁴

Pachama 社のプラットフォームは、Microsoft 社や Shopify 社、SoftBank 社を含む 1,000 社以上の企業に利用されており¹²⁵、同社は 2021 年 4 月のシリーズ A 資金調達で Amazon 社や BEV 社などから計 1,500 万ドルの資金調達に成功¹²⁶するなど、業界で高い注目を集めている。同社の共同創業者兼 CEO の Diego Saez Gil 氏は、カーボンオフセット市場はまだ発展途上にあり、森林保全・再生プロジェクトの中には有効性を過大評価している例¹²⁷があることも認識する一方、こうした問題は、「善意に基づく環境対策を行う中で、

¹²¹ <https://www.fastcompany.com/90600400/pachama-most-innovative-companies-2021>

¹²² <https://pachama.com/>

¹²³ <https://globalshakers.com/pachama-restoring-the-worlds-forests-through-carbon-offsetting-marketplace/>

¹²⁴ 前の脚注(脚注 123)に同じ。

¹²⁵ <https://pachama.com/organizations>

¹²⁶ <https://techcrunch.com/2021/04/30/as-concerns-rise-over-forest-carbon-offsets-pachamas-verified-offset-marketplace-gets-15-million/>

¹²⁷ <https://www.reuters.com/business/environment/california-program-overestimates-climate-benefits-forest-offsets-study-2021-04-30/>

データの欠如又は規定事項に対する誤解から生じている場合が殆どである」とし、同社が導入している新たなテクノロジーが森林による炭素吸収プロジェクトの「健全性、透明性、説明責任」を担保することで、森林保全・再生プロジェクトの発展を支援できるとの考えを示している¹²⁸。

(2) 大規模な空気中の炭素分離・回収ソリューションを開発する Climeworks 社

図表 13: Climeworks 社の概要

| | |
|-----------------|---|
| 創設年 | 2009年 |
| 拠点 | チューリッヒ(スイス) |
| これまでの資金調達額総額 | 1億3,870万ドル |
| 資金を調達している主なVCなど | Swiss Entrepreneurs Foundation、チューリッヒ州立銀行、Venture Kick社 |

出典: Crunchbase¹²⁹

炭素回収技術については、米EV大手Tesla社のCEOであるElon Mask氏が2021年1月、人類が直面する重要課題の解決を目指す賞金付きコンテストを運営する米非営利のXプライズ財団(XPRIZE Foundation)主催の炭素除去技術の開発コンテスト(2021~2025年)¹³⁰に、自身の財団(Musk Foundation)を通じて1億ドルを出資することを表明し話題を集めた¹³¹。

ベンチャー企業等の金融情報サービスを提供する米PitchBook社によると、二酸化炭素回収技術分野のスタートアップに対する世界のVC投資額は2020年に3億3,650万ドルに達しており、同投資額のおよそ3分の2を石油会社や政府、企業など、非伝統的な投資家が占めている。これは、同技術に関連したプロジェクトには多大な投資が必要である場合が多く、政治的な不確実性や通常のスタートアップよりも長期の成長を見込む必要があること、財政上のインセンティブ資金(補助金)を基に回収した炭素を地中に貯留すること以外に高額の投資に見合ったビジネスモデルを考案することが容易でないことなどを背景に、将来的な可能性に懐疑的な見方を示す投資家が多いためである¹³²。他方で、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)は、2021年8月に発表したレポートにおいて、炭素回収技術の拡大展開が世界の気温上昇抑制に役立つ可能性を指摘しており¹³³、欧米スタートアップの中には、特に大気中の二酸化炭素を除去する「直接空気回収(DAC)技術」の大規模な商用設備の展開で業界の注目を集める企業も出現している。

スイスのClimeworks社¹³⁴はこうしたスタートアップの一つで、同社は2021年9月8日、アイスランドで世界最大のDAC施設「Orca」の稼働を開始した¹³⁵。Orcaは、巨大な換気扇装置を用いて空気中から二酸化炭素を直接取り込み、提携しているCarbfix社¹³⁶の技術を用いて、回収した炭素を地中深くの岩石層に恒久的に保管する。地熱発電による再生可能エネルギーのみを利用して稼働しており¹³⁷、年間4,000トン(およそ870台分のガソリン乗用車の年間二酸化炭素排出量に相当)の二酸化炭素を空気中から除去することができる。Orcaはコンテナサイズの炭素吸引装置から成るモジュラー式施設で、コンテナの積み上げが

¹²⁸ <https://www.fastcompany.com/90658983/this-startup-makes-sure-that-forestry-based-carbon-offsets-deliver-on-their-promises>

¹²⁹ <https://www.crunchbase.com/organization/climeworks>

¹³⁰ <https://www.xprize.org/prizes/elonmusk>

¹³¹ <https://techcrunch.com/2021/01/21/elon-musk-is-donating-100m-to-find-the-best-carbon-capture-technology/>

¹³² <https://pitchbook.com/news/articles/carbon-capture-is-all-the-rage-can-these-startups-make-it-profitable>

¹³³ https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf

¹³⁴ <https://climeworks.com/>

¹³⁵ <https://climeworks.com/orca>

¹³⁶ 二酸化炭素の鉱物化・地中貯留技術を手がけるアイスランドの企業。

¹³⁷ Climeworks社は、設備稼働に再生可能エネルギーを利用することで、設備建設を含むシステム稼働期間における二酸化炭素の排出量を、設備が回収する二酸化炭素の10%未満に抑制できるとしている。<https://grist.org/technology/orca-the-largest-carbon-removal-facility-to-date-is-up-and-running/>

可能であるため設備展開に広大な面積を必要としない¹³⁸。Orca の建設は、1 年半という短期間で完了しており、Climeworks 社は、十分な再生可能エネルギーと炭素貯留条件が整っていれば、世界のあらゆる場所において短期間でシステム構築が可能であるとしている¹³⁹。

図表 14: 積み上げ可能な Climeworks 社の DAC システム「Orca」



出典: Climeworks¹⁴⁰

Climeworks 社に対しては、Microsoft 社も 2021 年 1 月、1,400 トンの炭素を除去するために、気候イノベーション基金を通じて同社に投資することを明らかにしており¹⁴¹、Microsoft 社のカーボンネガティブイニシアチブをリードする Elizabeth Willmott 氏は、「Climeworks 社の DAC 技術は、我々の炭素除去に向けた取り組みにおける重要な柱の一つとなるだろう」と述べている¹⁴²。

(3) 天然ガスから「ターコイズ水素」を生成する新技術の開発を手がける C-ZERO 社

図表 15: C-ZERO 社の概要

| | |
|-------------------|---|
| 創設年 | 2020 年 |
| 拠点 | カリフォルニア州サンタバーバラ |
| これまでの資金調達総額 | 1,150 万ドル |
| 資金を調達している主な VC など | AP Ventures 社、三菱重工、Breakthrough Energy Ventures (BEV) 社 |

出典: Crunchbase¹⁴³

燃焼時に二酸化炭素を発生しない水素エネルギーは、化石燃料を代替するクリーンエネルギーとしての活用が期待されているが、現在、大部分の水素は、天然ガスを原料とした水蒸気改質による製造過程を経て生成されており、この製造過程で二酸化炭素を排出している。このようにして生成された水素は「グレー水素」と呼ばれ、製造過程で排出される二酸化炭素が課題となっている。これに対し、水素の製造過程で発生した二酸化炭素を回収・貯蔵することでクリーンな水素を生成する手法(ブルー水素)や、熱分解により二酸化炭素を排出せずに水素を生成する手法(ターコイズ水素)が、再生可能エネルギーのみを用いて水を電気分解して生成する手法(グリーン水素)と比較しても、よりコスト効率の高いカーボンニュートラルな水素製造手法として注目されている¹⁴⁴。

¹³⁸ <https://www.slashgear.com/worlds-largest-direct-air-capture-and-co2-storage-plant-goes-online-10690398/>

¹³⁹ <https://www.dezeen.com/2021/09/09/climeworks-carbon-capture-orca-plant-technology-news/>

¹⁴⁰ <https://climeworks.com/orca>

¹⁴¹ <https://blogs.microsoft.com/on-the-issues/2021/01/28/sustainability-year-progress-decade-action/>

¹⁴² <https://climeworks.com/news/this-negative-emission-plan-by-microsoft-marks-an-important>

¹⁴³ <https://www.crunchbase.com/organization/c-zero>

¹⁴⁴ <https://www.greentechmedia.com/articles/read/c-zero-raises-11.5m-to-scale-up-turquoise-hydrogen-technology>

C-ZERO 社¹⁴⁵は、「ターコイズ水素」を生成するための革新的な熱触媒技術の開発を手がける、カリフォルニア大学サンタバーバラ校発のスタートアップで、技術商用化に向けた業界の高い期待を集めている。同社の熱触媒技術は、天然ガスなどに多く含まれるメタンを水素と固定炭素に分解して抽出できるため、水素製造過程で二酸化炭素が大気中に排出されることがない。C-ZERO 社の CEO である Zach Jones 氏は、同社の製造手法を用いることで、グリーン水素の現行の製造コスト(1kg 当たり 4 ドル~)をはるかに下回る、グレー水素と大体同じコスト(1kg 当たり約 1.5ドル)で、ターコイズ水素を製造できるようになると考えている¹⁴⁶。

C-ZERO 社は、2021年2月のシリーズ A 資金調達ラウンドにおいて、BEV 社や Eni Next 社、三菱重工、英 AP Ventures 社などから計 1,150 万ドルの資金を調達することに成功している。同資金調達ラウンドをリードした BEV 社の投資ビジネスを主導する Carmichael Roberts 氏は、「C-ZERO 社の開発した技術のように、低コスト、低炭素な水素製造手法を見出すことが、農業、化学、製造、輸送などの主要分野における脱炭素化の可能性を開く」と述べている¹⁴⁷。

(4) リチウムイオンの 10 分の 1 未満のコストで長時間蓄電が可能な送電網向け「鉄空気電池」を開発する Form Energy 社

図表 16: Form Energy 社の概要

| | |
|-------------------|--|
| 創設年 | 2017 年 |
| 拠点 | マサチューセッツ州サマービル |
| これまでの資金調達額(合計) | 3 億 6,880 万ドル |
| 資金を調達している主な VC など | The Engine、Eni Next 社、Breakthrough Energy Ventures (BEV)社、ArcelorMittal 社、Prelude Ventures 社 |

出典: Crunchbase¹⁴⁸

2050 年までに温室効果ガスの排出実質ゼロを達成するために、化石燃料から再生可能エネルギーへの転換が強く求められている¹⁴⁹。しかし、風力や太陽光などの自然エネルギーは天候の影響で発電量が大きく左右されることから、必要な時に常に電力を供給できるようにするために、大規模な蓄電システムが必要と考えられている。米国では近年、送電網の再生可能エネルギー向け蓄電システムにリチウムイオン電池を導入する動きが広がっているが、コストの問題で、これらの蓄電システムは通常 4 時間程度しか電力を供給できない¹⁵⁰。先端エネルギー技術の研究開発を支援する米エネルギー省傘下のエネルギー高等研究計画局(ARPA-E)は 2018 年、計 2,800 万ドルを拠出し、送電網向けに 10~100 時間蓄電できる最先端の大規模蓄電システム技術 10 件のプロジェクトを支援している¹⁵¹。

送電網向け大規模蓄電システムの実用化においては、この ARPA-E の支援を受けているスタートアップの一つで、Tesla 社の定置型エネルギー貯蔵部門出身の Mateo Jaramillo 氏により創設された Form Energy 社¹⁵²が開発を手がける技術に期待が集まっている。同社が初の商用製品として 2021 年 7 月に発表した

¹⁴⁵ <https://www.czero.energy/>

¹⁴⁶ <https://www.greentechmedia.com/articles/read/c-zero-raises-11.5m-to-scale-up-turquoise-hydrogen-technology>

¹⁴⁷ <https://techcrunch.com/2021/02/09/a-startup-using-a-new-tech-to-make-hydrogen-extracts-cash-from-bill-gates-climate-tech-fund/>

¹⁴⁸ <https://www.crunchbase.com/organization/form-energy>

¹⁴⁹ <https://www.un.org/sg/en/content/secretary-generals-statement-the-ipcc-working-group-1-report-the-physical-science-basis-of-the-sixth-assessment>

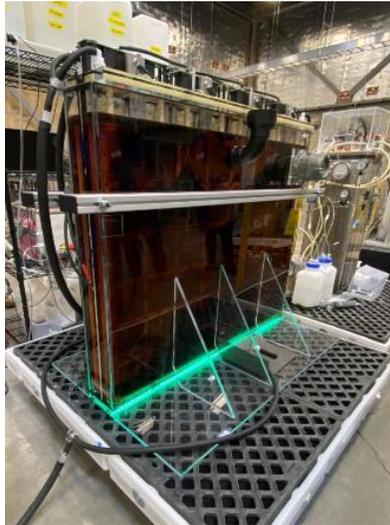
¹⁵⁰ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-03-30/big-storage-is-the-next-big-technology-in-the-climate-fight>

¹⁵¹ <https://arpa-e.energy.gov/sites/default/files/documents/files/DAYS%20Project%20Descriptions%20FINAL.pdf>

¹⁵² <https://www.formenergy.com/>

「鉄空気電池(iron-air battery)」は、送電網向けに 100 時間の電力供給が可能であり、地球上に豊富にある安価な鉄を資源として用いることで、システムコストはリチウムイオンの 10 分の 1 未満だという¹⁵³。鉄空気電池は放電時には鉄のペレットを空気に晒し酸化させる(錆びさせる)ことで電力を発生し、充電時には電流を流して酸化鉄から酸素(錆)を除去する「可逆的酸化(reversible rusting)」と呼ばれる鉄の酸化・還元反応を利用して動作する。個々の鉄空気電池は洗濯機と同じくらいの大きさで、これらの電池を数千個組み合わせることで、数メガワットの再生可能エネルギーの貯蔵を行うことができる¹⁵⁴。

図表 17: Form Energy 社が開発する長時間充電が可能な「鉄空気電池」



出典: NBC News¹⁵⁵

Form Energy 社はこれまで、マサチューセッツ工科大学(MIT)のテクノロジースタートアップ支援機関である The Engine¹⁵⁶や BEV 社、ルクセンブルクに拠点を置く世界最大級の鉄鋼メーカー ArcelorMittal 社などから資金を調達しており¹⁵⁷、2021 年 7 月のシリーズ D 投資ラウンドをリードした ArcelorMittal 社は、Form Energy 社の蓄電システムに必要な鉄材料も非独占的に供給するという¹⁵⁸。Form Energy 社は 2020 年 5 月、1 メガワットの蓄電システムを試験的に構築する契約をミネソタ州の電力会社である Great River Energy 社と締結し、現在、システム導入に向けた準備を進めている¹⁵⁹。同パイロットプロジェクトは 2023 年後半に稼働予定であり、同社の蓄電システムの技術力がプロジェクトを通じて実証されるかが注目される。

4 今後の展望と課題

米英大手企業 8 社 (Amazon 社、Disney 社、Google 社、Microsoft 社、Netflix 社、Salesforce 社、Unilever 社、Workday 社) は 2021 年 6 月 3 日、環境防衛基金 (Environmental Defense Fund)、国連環境計画

¹⁵³ <https://formenergy.com/form-energy-unveils-chemistry-of-multi-day-storage-battery-technology/>

¹⁵⁴ <https://formenergy.com/technology/battery-technology/>

¹⁵⁵ <https://www.nbcnews.com/science/environment/rust-trains-clean-energy-turning-exotic-ideas-fix-storage-problem-rcna1613>

¹⁵⁶ <https://www.engine.xyz/>

¹⁵⁷ <https://www.crunchbase.com/organization/form-energy>

¹⁵⁸ <https://formenergy.com/form-energy-unveils-chemistry-of-multi-day-storage-battery-technology/>

¹⁵⁹ <https://www.energy-storage.news/long-duration-storage-mystery-revealed-form-energy-discloses-details-of-multi-day-battery-tech/>

(UNEP)、WWF の 3 機関と連携し、パリ協定の目標達成に向けた気候変動対策へのビジネス投資を推進するための新団体「Business Alliance for Scaling Climate Solutions: BASCS¹⁶⁰」の設立を発表した¹⁶¹。IPCC によると、産業革命前と比べた世界の気温上昇を 1.5°C に抑制するためには、供給側のエネルギーシステムへの投資を 2016~2050 年の間に年間 1.6~3.8 兆ドル規模に拡大する必要があると推定されている¹⁶²が、6 月 2 日に発表された「世界のエネルギー投資 (World Energy Investment 2021)」に関する最新レポート¹⁶³を受けて、IEA の Fatih Birol 事務局長は、「2050 年以前の炭素排出実質ゼロを実現するためには再生可能エネルギーへの投資を現在の 3 倍に増やすことが必要」との見方を示している¹⁶⁴。BASCS は、パリ協定の目標達成に必要な気候変動対策へのビジネス投資を拡大するため、企業と環境専門機関が気候変動対策の拡大・向上に向けたベストプラクティスの共有や出資、研究活動などを通じて相互に学び合い、連携して行動を起こすための中立的なプラットフォームとなることを目指している。BASCS に参加する企業は、SBTi などの科学的根拠に基づく目標に沿って自社の排出量を削減する取り組みを優先することや、気候変動を抑制するために効果の高い気候変動対策への投資機会を模索することが求められている¹⁶⁵。BASCS は企業や専門機関の間で、気候変動対策の投資プロジェクト等の協力を促す橋渡しを担い、組織として特定の気候変動対策に対する資金調達・提供などは行わない¹⁶⁶。

Salesforce 社でクリーンエネルギーと炭素プログラムを統括する Max Scher 氏は、「BASCS は企業による企業のための取り組みで、現在多くの企業が推進している活動のサイロ(壁)を壊すことを狙いとしている点がユニークだ」とし、「BASCS の意図は、少数の企業グループが多数の異なる(気候変動対策の)イニシアチブに取り組むのではなく、多くの企業が腰を据えて話し、皆が同じ目標を持ち、他社がその目標を達成して初めて自社の目標の成功につながることを認識した上で、リソースを共有し共に学習しながら取り組むことで、より良い結果が出せるようにすることだ」と述べている¹⁶⁷。

また、金融市場への気候変動の影響を専門に調査する英シンクタンク Carbon Tracker の創設者兼代表取締役社長である Mark Campanale 氏は、「米国の温室効果ガス排出量を 2030 年までに半減させるというバイデン大統領の目標は、(BASCS のような)民間主導の取り組みを通じて初めて達成される。Google 社や Disney 社のような世界をリードする企業による気候変動対策を拡大させるための取り組みを、ウォールストリートの莫大な資本や新たな持続可能性に向けた取り組みと結び付けることができれば、炭素排出量の実質ゼロの達成に向けて大きく躍進する世界を止められなくなるだろう」とコメントしている¹⁶⁸。

バイデン政権下で大きな転換を迎え低炭素経済への移行を加速する米国を始め、世界中で様々な企業が脱炭素化に向けた取り組みを強化する中、BASCS のような企業の垣根を超えて連携する気候変動対策イニシアチブの動きも注目される。

※ 本レポートは、その内容に関する有用性、正確性、知的財産権の不侵害等の一切について、当組織が如何なる保証をするものではありません。また、本レポートの読者が、本レポート内の情報の利用によって損害を被った場合も、当組織が如何なる責任を負うものではありません。

¹⁶⁰ <https://scalingclimatesolutions.org/>

¹⁶¹ https://scalingclimatesolutions.org/wp-content/uploads/2021/06/BASCS_Press_Release_Final-1.pdf

¹⁶² https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/02/SR15_Chapter4_Low_Res.pdf

¹⁶³ <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2021>

¹⁶⁴ IEA によると、2021 年における世界の電力分野における投資は前年比およそ 5% 増となる 8,200 億ドル以上に達し、新たな発電分野の投資の 70% は再生可能エネルギー分野の投資に集中する見込みである。

<https://www.iea.org/news/global-energy-investments-set-to-recover-in-2021-but-remain-far-from-a-net-zero-pathway>

¹⁶⁵ https://scalingclimatesolutions.org/wp-content/uploads/2021/06/BASCS_Press_Release_Final-1.pdf

¹⁶⁶ <https://scalingclimatesolutions.org/#faq>

¹⁶⁷ <https://www.axios.com/alliance-climate-solutions-amazon-netflix-ef70bac3-af54-4189-b727-404834d21a36.html>

¹⁶⁸ <https://www.wraltechwire.com/2021/06/03/tech-titans-join-alliance-aiming-to-increase-investment-in-climate-solutions/>