

気候テックのグローバル技術動向と 日本の現状・今後



目次

はじめに	3
気候テックの技術動向分析範囲	3
Intelligent Business Analyticsについて	4
01 「エネルギー」分野	6
02 「モビリティ・輸送」分野	11
03 「気候変動管理と報告」分野	16
04 「金融サービス」分野	18
05 「GHGの回収・除去・貯留」分野	21
06 「食品・農業・土地利用」分野	23
07 「工業・製造業・資源管理」分野	25
08 「建築環境」分野	27
09 気候テック領域における日本の特徴と取り組むべき方向	29

はじめに

2015年に開催された国連気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)におけるパリ協定^{※1}の採択以降、各締約国は温室効果ガス(GHG)削減に向けた目標を設定し、地球温暖化や気候変動は国際的な課題としてより一層の注目を集めるようになりました。そのため、カーボンオフセット、カーボンニュートラル、ゼロカーボンといった取り組みや気候変動対策を目的とした気候テック(Climate Tech)の技術開発は世界各国・地域で本格的に始動しています。さらにその気候テックをより高度化し、社会実装を試みる取り組みも活発化しています。

企業活動においてもESG(環境・社会・ガバナンス)や環境配慮型の経営が重要視されており、企業価値の向上を目指す動きが高まりを見せています。また気候テックの事業化に向けて果敢にリスクをとるスタートアップに対して、積極的な投資が行われており、気候テックの世界市場は急速な成長が予測されています^{※2}。

日本では、「2050年カーボンニュートラル宣言」が発出され、カーボンニュートラル社会の実現に向けた具体的な取り組みが進められています。例えば、「地域脱炭素ロードマップ」^{※3}では、2030年度までに少なくとも100カ所の「脱炭素先行地域」を創出し、構築したモデルを全国に展開することで、2050年を待たずして脱炭素を達成する「脱炭素ドミノ」を目指しています。また改正地球温暖化対策推進法^{※4}では、脱炭素に向けた取り組み、投資、イノベーションの加速を図るとともに、企業の脱炭素経営の促進が意図されています。

このように、気候変動の影響を低減、緩和、評価するための気候テックは、世界的に注目を集めており、気候テックに関連する技術の重要性はますます高まると考えられます。

気候テックの技術動向分析範囲

気候テックとは、GHGの排出量削減および気候変動対策を目的とした技術の総称であり、ここでは、「エネルギー」「モビリティ・輸送」「気候変動管理と報告」「金融サービス」「GHGの回収・除去・貯留」「食品・農業・土地利用」「工業・製造業・資源管理」「建築環境」の8つの分野^{※5}に分類します(図表1)。これらの気候テックの技術トレンドや国・地域別の動向をPwCコンサルティング合同会社独自の分析ツール「Intelligent Business Analytics(IBA)」を活用して調査・分析を実施しました。

※1 「The Paris Agreement.」United Nations Climate Change
<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>

※2 「グローバル投資家意識調査2021——ESGへの取り組みに対する投資家の評価」PwC
<https://www.pwc.com/jp/ja/knowledge/thoughtleadership/investor-survey/2021.html>

※3 「地域脱炭素ロードマップ」2021年6月9日 内閣官房
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/datsutanso/pdf/20210609_chiiki_roadmap.pdf

※4 「地球温暖化対策推進法と地球温暖化対策計画」環境省
<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/domestic.html>

※5 「2021年版気候テックの現状 脱炭素ブレイクスルーの拡大に向けて」PwC
<https://www.pwc.com/jp/ja/knowledge/thoughtleadership/2022/assets/pdf/state-of-climate-tech.pdf>

図表1:気候テックの技術分類



出所：PwC「2021年版気候テックの現状 脱炭素ブレイクスルーの拡大に向けて」^{※5}

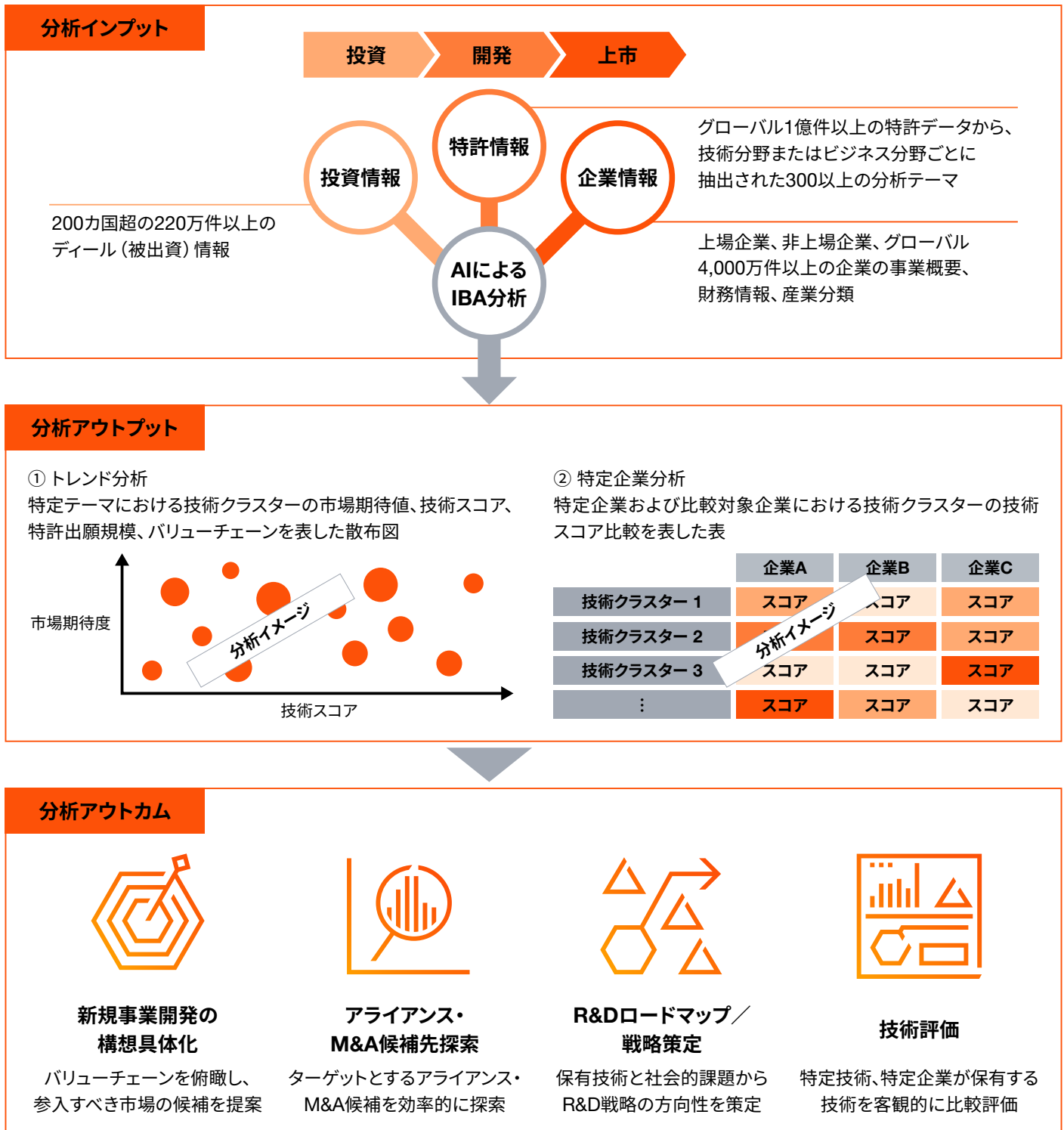
Intelligent Business Analyticsについて

IBAは、特定技術領域のグローバル特許データと企業の財務・投資情報をAIにより分析する新たな戦略分析ツールです。特許技術の質的分析と企業投資の定量分析が可能であり、技術トレンドや企業の技術ポートフォリオを市場視点で俯瞰するなど、さまざまな機能を備えています。IBAコンサルティングサービスは、マクロトレンドや各企業の技術戦略を理解し、企業の戦略検討に新たな洞察を提供します。

IBAは、特許、財務、投資に係るデータを活用しています。ビジネスデータと技術データの組み合わせにより、新規事業開発、研究開発戦略立案、アライアンスパートナーあるいはM&A候補先の探索、技術デューデリジェンスなど、さまざまなユースケースに適合します。また、個社の技術ポートフォリオを可視化するとともに、企業の財務データや特許データのドリルダウンを実施できる点も他社との差別化要素となっています。これにより、トレンド把握によるアイデア発想と仮説検証の両方が可能となり、より具体的で強固な新規事業開発や研究開発戦略立案を実現できます(図表2)。

本稿では、気候テックに関する特許情報と、企業および投資情報をIBAによって分析しました。

図表2 Intelligent Business Analyticsの概要

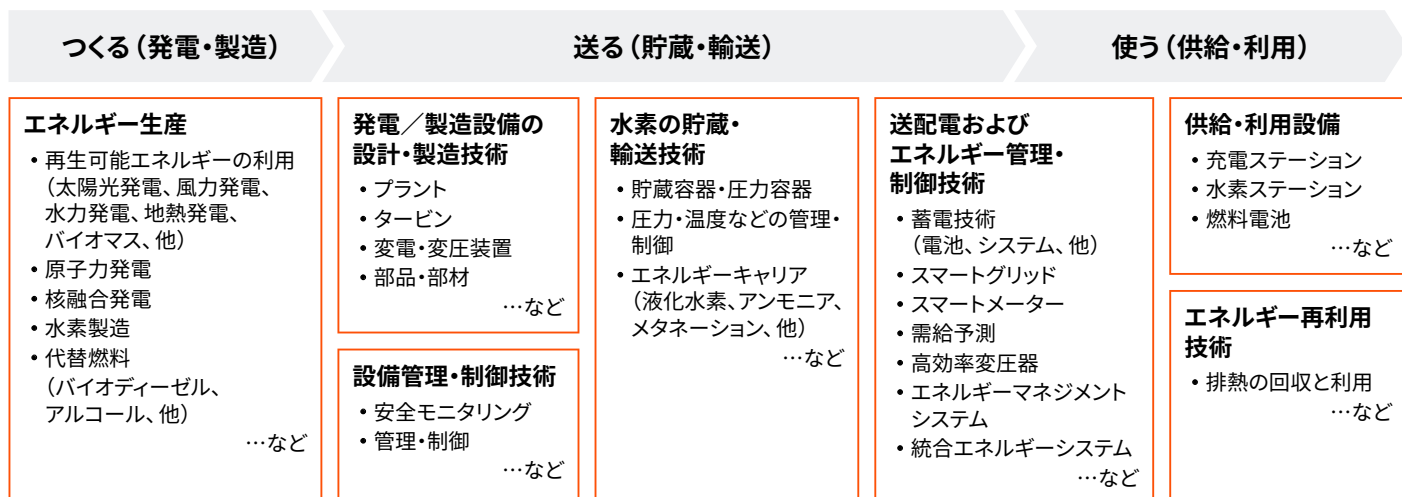


「エネルギー」分野

技術要素

「エネルギー」分野には、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギー、原子力発電や核融合発電、水素など、ゼロカーボンやカーボンオフセットに寄与する先進エネルギーに関する技術の他、その他燃料合成技術などが含まれます(図表3)。エネルギーを「つくる」段階では、発電・製造の設備、装置や部品といった設計・製造・開発に加え、これらの管理・制御技術などが含まれます。エネルギーを「送る」～「使う」段階では、送配電と制御技術の他、水素の貯蔵・輸送に関する技術、電気または多様なエネルギーを管理・制御する技術、充電ステーションや水素ステーションといったインフラ、エネルギー再利用技術などが含まれます。このように、GHG低減やエネルギーロス低減に貢献する幅広いエネルギー関連技術から構成される領域です。

図表3：「エネルギー」分野に関する技術の概観



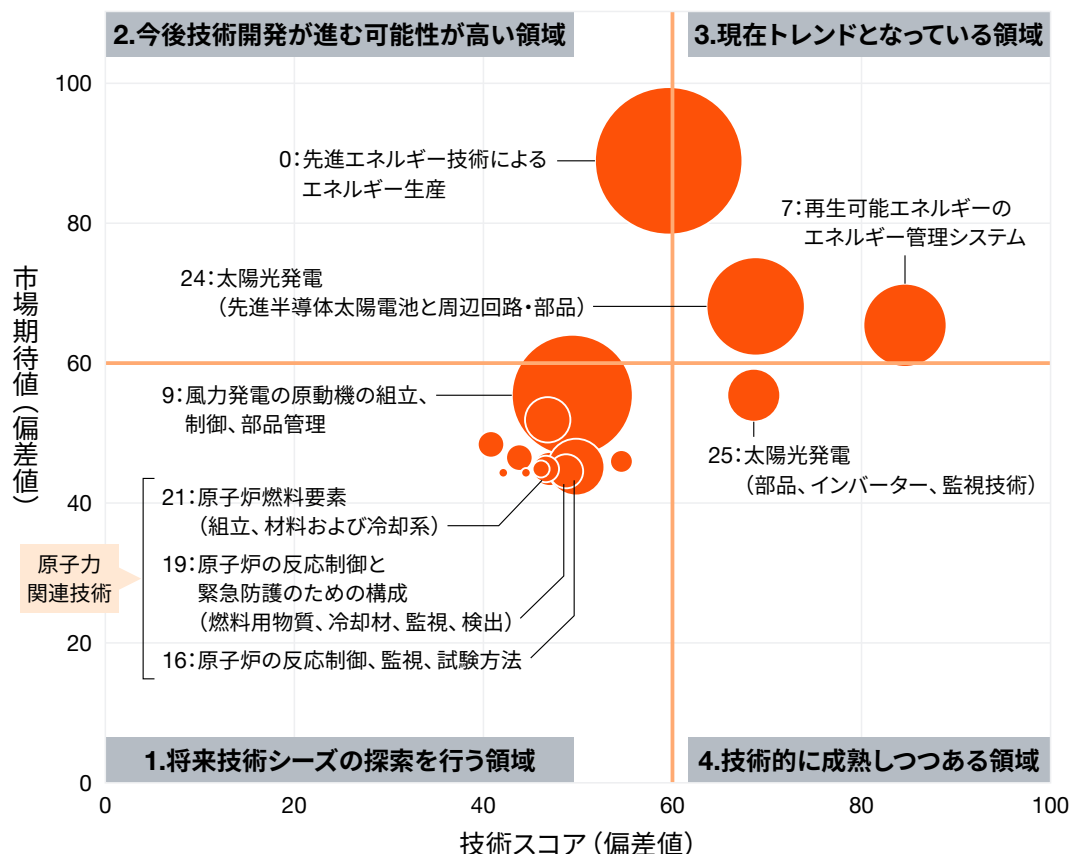
出所：PwC作成

技術トレンド

図表4は、IBAによって現在の技術トレンドを分析したもので、縦軸が技術クラスターの市場期待値(マイノリティ出資額)、横軸が技術スコア(技術の成熟度)、円の大きさが特許出願規模を表しています。このチャートは、技術スコアと市場期待値によって4つの領域に分けることができます。領域1は技術シーズの探索を行う領域、領域2は今後技術開発が進む可能性が高い領域、領域3は技術開発が進み投資も進められていて市場形成の中心となっているトレンド領域、領域4は技術開発が長く続けられており技術的に成熟しつつある領域と定義しています。

「太陽光発電(先進半導体太陽電池と周辺回路・部品)」「再生可能エネルギーのエネルギー管理システム」は技術スコア、市場期待値ともに高く、市場形成の中心となっている技術領域であることが分かります。領域2には、「先進エネルギー技術によるエネルギー生産」の技術クラスターが位置しており、技術開発の余地がまだありつつも大きな投資を集めており、今後さらに技術開発が進む可能性が高いと言えるでしょう。領域4には、「太陽光発電(部品、インバーター、監視技術)」が位置しており、技術開発が長く続けられてきた結果、技術的に成熟していると考えられます。領域1には、風力発電や数多くの原子炉関連の技術クラスターなど、技術スコアも市場期待値もまだ十分ではないものの次世代のトレンドになりうる技術クラスターが含まれます。

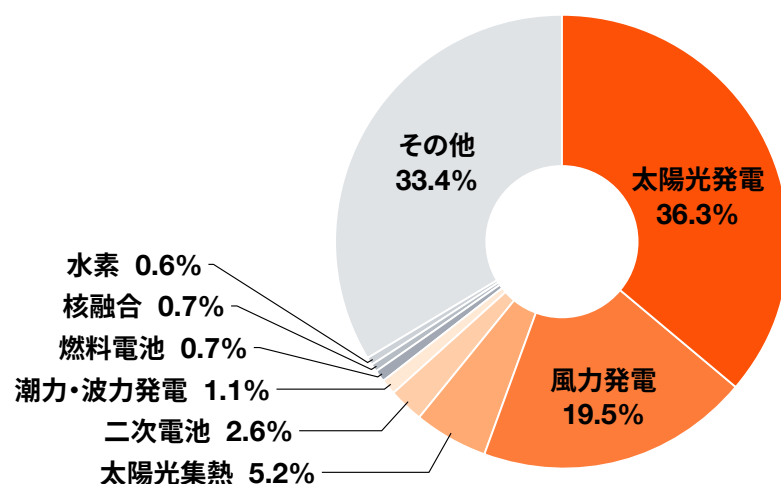
図表4：「エネルギー」分野に関する各技術の市場期待値、技術スコア、特許出願数



技術分類および各国・地域の動向

市場期待値が高いクラスター「先進エネルギー技術によるエネルギー生産」に含まれる特許について、国際特許分類(IPC)に基づき、エネルギー種類別の特許数の割合を示したものが図表5です。太陽光発電や風力発電に関連する特許の割合が高いことが分かります。再生可能エネルギーとしては他に太陽光集熱や潮力・波力発電に関する特許割合が比較的高く、電池や核融合、水素に関連する特許も含まれます。

図表5：「先進エネルギー技術によるエネルギー生産」に含まれるエネルギー種類別の特許数割合



※小数点以下第2位を四捨五入しているため、合計しても必ずしも100%とはなりません。

出所：PwC作成

同クラスターに含まれる重要特許(同一IPC分類における被引用回数の上位5%を占める特許)^{※6}について、IPCに基づくエネルギー種別ごとに、出願先国・地域を分析したものが図表6です。ここでは、影響度の高い特許に着目するために、重要特許を用いて分析しています。エネルギー種別によって出願先国・地域に特色があり、出願先国・地域の自然的要因や政策などに関連していると考えられます。

太陽光集熱関連特許は中国への出願が80%以上を占めており、日照量が多く広大な土地を生かしていること、政府が積極的に利用を促進してきたことが関係しているものとみられます。潮力・波力発電についても、中国への出願が80%以上を占めており、企業や大学が技術開発を推進していることがその背景にあると考えられます。

※6 「重要特許が企業の財務データに及ぼす影響の一考察」杉光・立元 他 2023
http://fdn-ip.or.jp/files/ipjournal/vol24/IPJ24_26_38.pdf

核融合については、米国出願が約60%を占めています。米国では、エネルギー省(DOE)が「DOE核融合エネルギー戦略2024」^{※7}を発表しました。「核融合イノベーション研究エンジン協力」などで民間への投資を強化する方針を示すとともに、AI市場の拡大に伴い見込まれる膨大な電力需要を賄ううえでも核融合を必要不可欠な技術と位置付け、政策として推進しています。なお、ITER(国際熱核融合実験炉)^{※8}に積極的に参加している欧州への出願が約10%を占めています。欧州連合関連機関(EUROfusion)が策定した「核融合エネルギー実現に向けた欧州研究ロードマップ」^{※9}においても核融合発電所の必要性が述べられています。「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」^{※10}を政府政策とし産業化のビジョンに掲げる日本も、出願先として5%を占めます。

水素関連特許は、中国出願が60%以上を占めています。中国は「水素エネルギー産業発展の中長期計画」^{※11}を公表して水素インフラの建設を推進している他、第14次5カ年計画期間には交通・エネルギー貯蔵・発電・工業の分野で産業イノベーション応用モデルプロジェクトに取り組んでいます^{※12}。次世代クリーン水素技術の研究開発、実証、利活用を推進するため6,000万ドル以上を投資するとした米国への出願が、約20%と続きます^{※13}。グリーンディール産業計画^{※14}や欧州脱炭素化政策パッケージ(Fit for 55)^{※15}などの中で水素を重要要素と位置付ける欧州、世界に先駆け水素基本戦略^{※16}を策定した日本については、出願割合としては10%未満にとどまります。

※7 「Fusion Energy Strategy 2024」U.S. DEPARTMENT of ENERGY
<https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-06/fusion-energy-strategy-2024.pdf>

※8 ITER ITER Organization
<https://www.iter.org/>

※9 「THE ROAD TO FIION ENERGY」 EUROfusion
<https://euro-fusion.org/eurofusion/roadmap/>

※10 「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」2024年8月 内閣府
<https://www8.cao.go.jp/cstp/fusion/7kai/siryo2.pdf>

※11 「水素エネルギー産業発展の中長期計画(2021~2035年)」2022年3月 中国 国家发展改革委員会・国家能源局
https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202203/t20220323_1320038_ext.html

※12 「中国における水素に関する動向」2023年4月 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 北京事務所
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/031_06_00.pdf

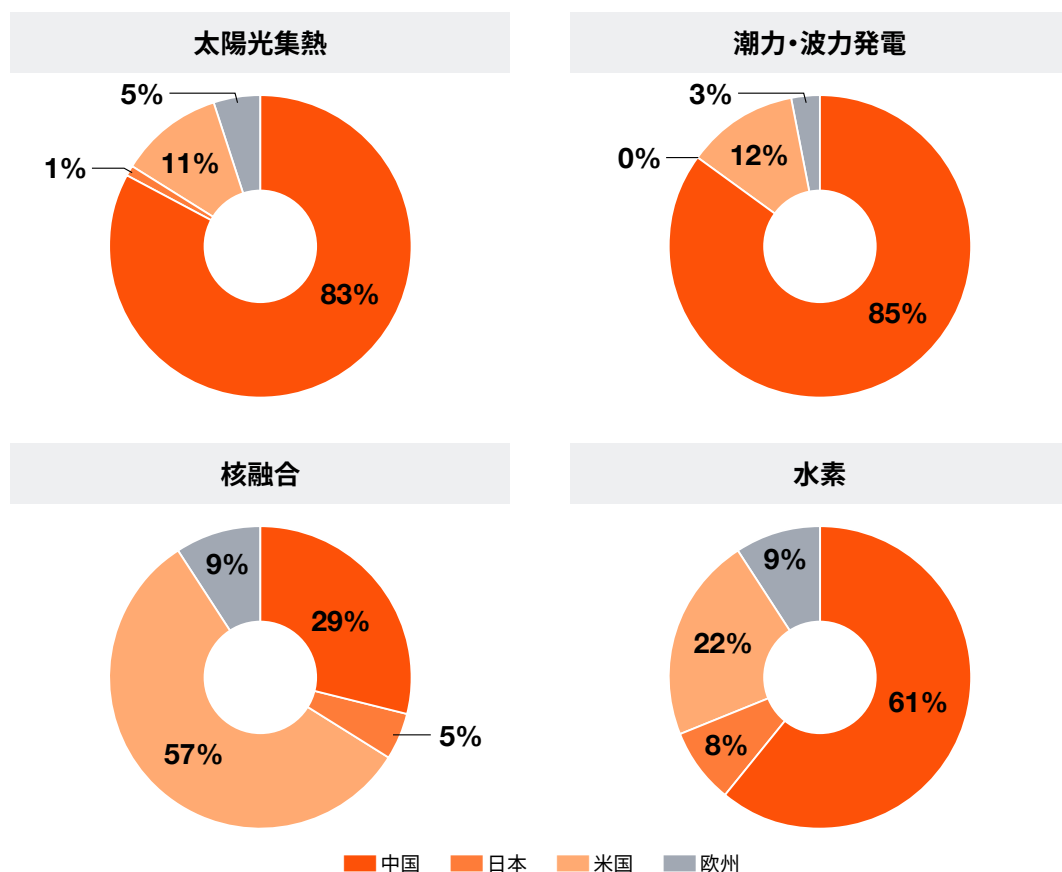
※13 「Selections for Hydrogen and Fuel Cell Technologies Office Funding Opportunity Announcement to Advance the National Hydrogen Strategy」U.S. DEPARTMENT of ENERGY
<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/selections-hydrogen-and-fuel-cell-technologies-office-funding-opportunity-0>

※14 「The Green Deal Industrial Plan Putting Europe's net-zero industry in the lead」European Commission
https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan_en

※15 「Fit for 55: Delivering on the proposals」European Commission
https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal/fit-55-delivering-proposals_en

※16 「水素基本戦略」2023年6月6日 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/20230606_2.pdf

図表6：「先進エネルギー技術によるエネルギー生産」に含まれる重要特許のエネルギー種別ごと出願先国・地域



出所：PwC作成





「モビリティ・輸送」分野

「モビリティ・輸送」分野には、車両・機体やそれを構成する装置・機器、モビリティの動力源となるエネルギーやインフラ技術、GHGの低減に貢献する運行・輸送の効率化技術が含まれています。また、移動に代わる手段としてのVRやテレワークなどの技術を含みます(図表7)。

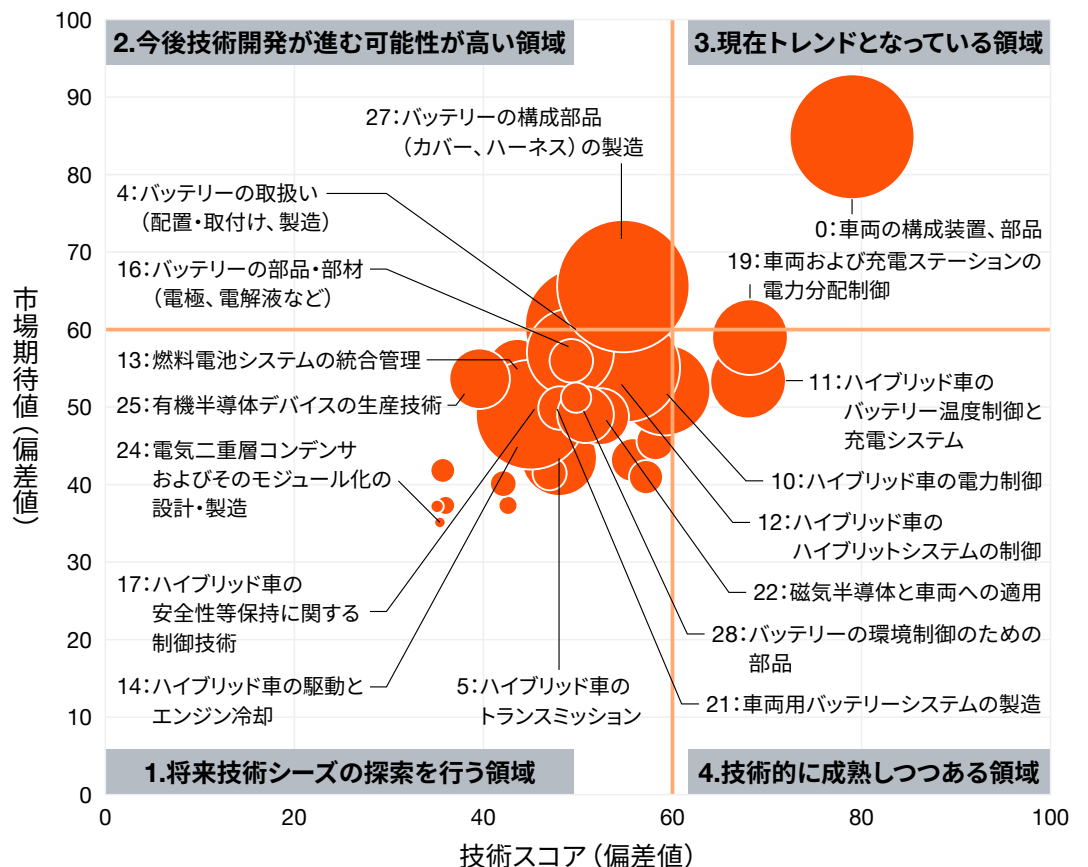
図表7：「モビリティ・輸送」関連技術の概観

車両・機体の設計と製造 <ul style="list-style-type: none">電気自動車燃料電池自動車ハイブリッド車低GHG船舶低GHG航空機マイクロモビリティ…など	運行・輸送の効率化 <ul style="list-style-type: none">バッテリーの診断と管理エネルギー効率化 (アイドリング防止、電力制御、充電管理、など)自律走行・自動運転走行管理安全管理輸送ルート最適化…など	移動に代わる手段 <ul style="list-style-type: none">VRテレワーク…など <p>※本分析では、モビリティや移動の代替と記載がある特許を分析対象とした</p>
エネルギー・インフラ <ul style="list-style-type: none">バッテリー技術充電ステーション、充電システム充電インフラの電力分配制御…など	デジタルモビリティサービス <ul style="list-style-type: none">ライドシェアマルチモーダル輸送プラットフォームモビリティアズアサービス (MaaS)…など	

技術トレンド

図表8は、IBA分析に基づく「モビリティ・輸送」分野の現在の技術トレンドを示します。「車両の構成装置、部品」が技術スコア、市場期待値ともに高く、市場形成の中心となっていることが分かります。領域2には、「バッテリーの構成部品(カバー、ハーネス)の製造」「バッテリーの取扱い(配置・取付け、製造)」の技術クラスターが位置しており、技術開発の余地がまだありつつも大きな投資を得ており、今後さらに技術開発が進む可能性が高いと言えます。領域1には、ハイブリッド車関連技術、バッテリー技術、半導体技術などが位置しており、次世代のトレンドになり得る技術クラスターが含まれています。

図表8：「モビリティ・輸送」分野の各技術の市場期待値、技術スコア、特許出願数



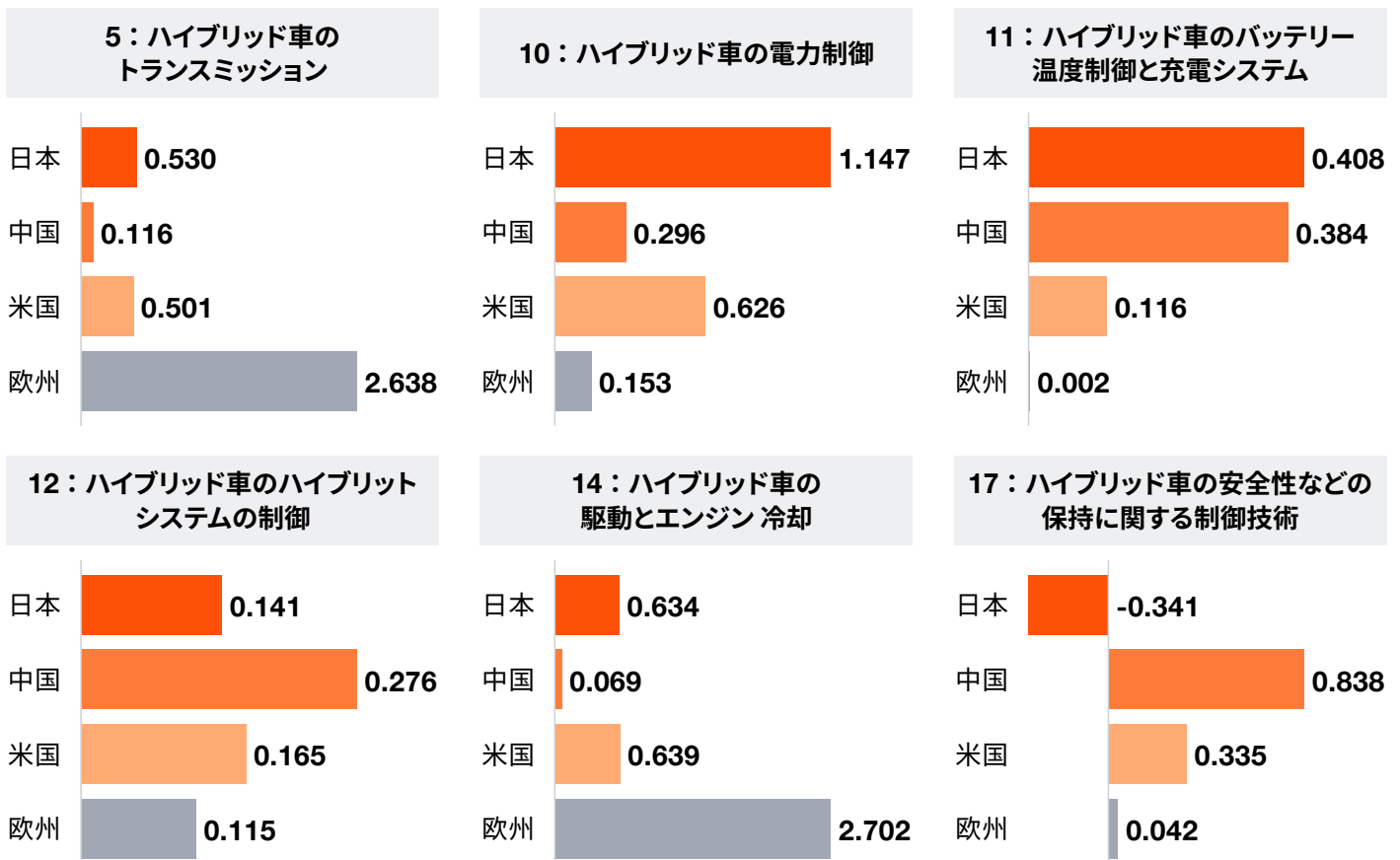
出所：PwC作成

各国・地域の技術動向

領域1、2に多く属するハイブリッド車関連技術、車両用バッテリー技術、車両用半導体技術について、各国・地域の技術動向を比較します。

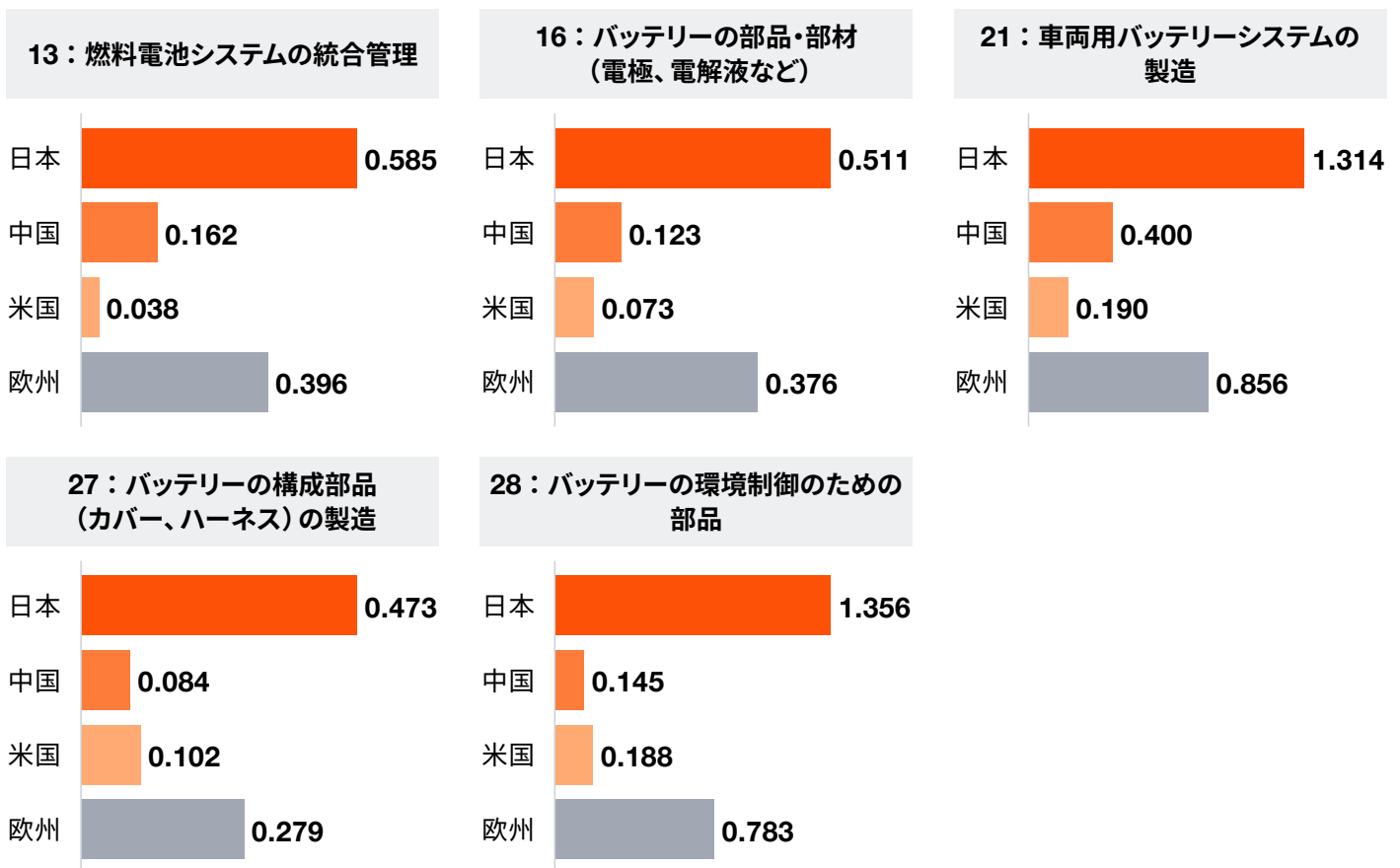
図表9は、ハイブリッド車関連技術の国・地域別の技術スコア平均値を比較したものです。日本は、電力制御、バッテリーの温度制御と充電システムの技術力が高く、欧州はトランスミッション系の技術やエンジン冷却に強みがあることが分かります。中国は、バッテリーの温度制御と充電システムにおいて日本に次ぐ技術力を示す他、ハイブリッドシステムの制御、安全性などの保持に関する制御技術において高い技術力を示しています。なお、マイナスの技術スコアは必ずしも技術競争力が低いことを示すわけではなく、トレンドと異なる方向性の技術開発を進めていることを示します。安全性などの保持に関する制御技術においてトレンドをけん引する中国の主要特許の中には、故障時に安全性を維持したまま最低限の機能を保持して安全に移動できる技術が多く含まれるのに対し、日本の主要特許中には故障や異常の発生時に特定部の機能を停止・制御することで事故やシステム被害拡大を防ぐ技術が多く含まれ、このような方向性の違いがスコアに反映されたものと考察されます。

図表9：ハイブリッド車関連技術の国・地域別技術スコア



図表10に、車両用バッテリー関連技術の国・地域別の技術スコア平均を示します。車両用バッテリーには、燃料電池、液体リチウムイオン電池、全固体電池などが含まれています。いずれの技術クラスターについても日本、次いで欧州が高い技術力を有することが分かります。

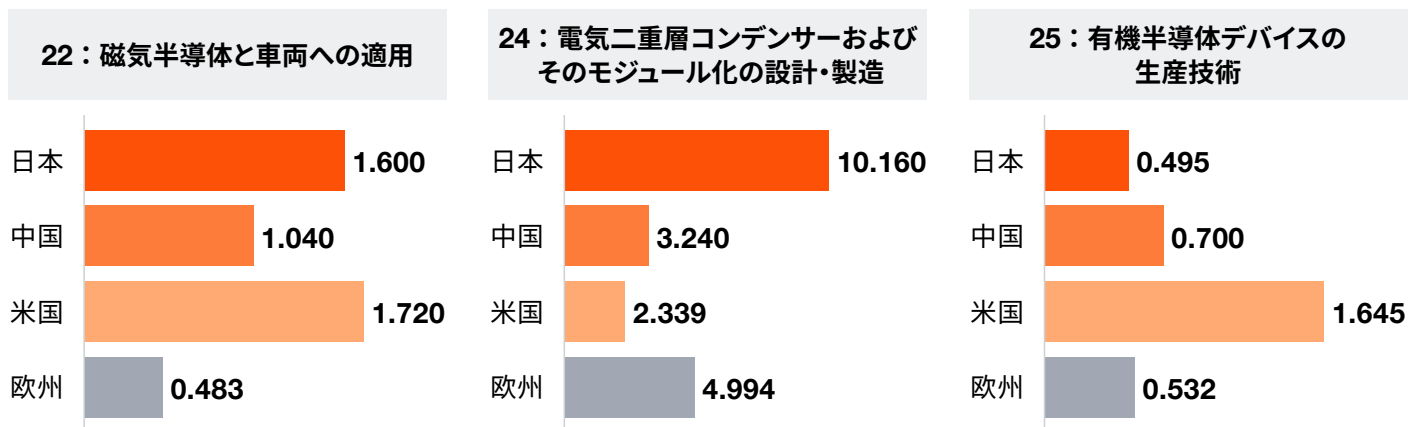
図表10：車両用バッテリー関連技術の国・地域別技術スコア



出所：PwC作成

図表11に、車両用半導体技術の国・地域別の技術スコア平均を示します。車両用半導体には、磁気半導体、電気二重層コンデンサー、有機半導体が含まれています。磁気半導体の技術力については、米国が最も高く、日本がそれに続く結果となっています。磁気半導体は車両の扉や窓の開閉検出、車高やサスペンションの調整、モーター回転数の検出、速度検知やABS（アンチロックブレーキシステム）、などに使用されます。車両のスタートストップシステムや電動車両のブレーキ回生システムなどに用いられる電気二重層コンデンサーに関する技術力は、日本が最も高い結果となっています。有機半導体デバイスで最もスコアが高いのは米国です。軽量・柔軟な性質を生かし、車内環境モニタリングやディスプレイのタッチインターフェース、計器盤などに使用される有機半導体デバイスについても、米国が高い技術力を示しています。

図表11: 車両用半導体関連技術の国・地域別技術スコア



出所：PwC作成



「気候変動管理と報告」分野

図表12に示すように、「気候変動管理と報告」分野には、企業単位の気候変動関連データを監視・管理・報告する技術と、地球単位の気候および環境に関するデータのモニタリング・分析技術が含まれます。データの分析・評価においては、画像分析や機械学習も含まれます。また、本分析では、企業単位での気候変動管理に関連し、GHG削減のための生産や製造プロセスの管理技術、エネルギー効率化も対象としています。

図表12：「気候変動管理と報告」分野のサプライチェーンにおける技術カテゴリ

企業・組織単位		地球単位
GHG削減のための管理技術 <ul style="list-style-type: none"> ・生産管理 ・製造プロセスの低環境負荷化 ・エネルギー効率化 ・データの収集・処理・分析 (IoT、機械学習を含む) …など 	気候変動関連データの監視・管理・報告技術 <ul style="list-style-type: none"> ・炭素排出量管理システム、炭素会計ツール ・環境影響アセスメントツール ・ESGリスク管理ツール ・サプライチェーン管理システム ・廃棄物の追跡管理システム …など 	気候および環境に関するデータのモニタリング・分析技術 <ul style="list-style-type: none"> ・リモートセンシング (通信技術、位置情報技術を含む) ・データ収集・分析プラットフォーム ・データの処理・分析・評価 (画像分析、機械学習を含む) ・気候シミュレーション …など

出所：PwC作成

技術トレンド

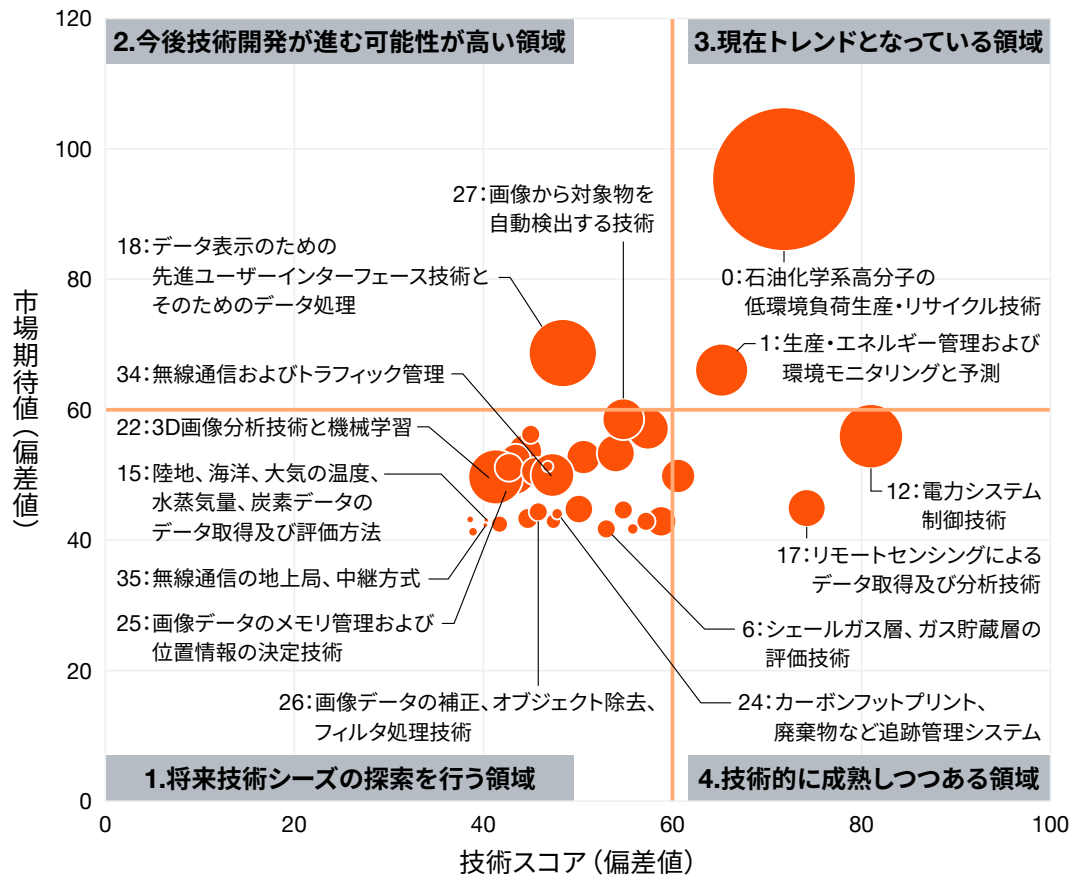
図表13は、IBAによって分析された「気候変動管理と報告」分野の技術トレンドを示します。

このチャートから「石油化学系高分子の低環境負荷生産・リサイクル技術」「生産・エネルギー管理および環境モニタリングと予測」が技術スコア・市場期待値ともに高く、市場形成の中心となっている技術領域であることが分かります。いずれも企業単位でのGHG削減のための管理技術に関するものであり、「生産・エネルギー管理および環境モニタリングと予測」には、IoTデータ収集や機械学習およびビッグデータ解析技術なども含まれます。

「リモートセンシングによるデータ取得及び分析技術」が領域4にあり、ここには、リモートセンシング技術を活用して土地利用・植生・海面温度などの環境データを収集・解析する技術や、衛星データを活用した気候予測、地表温度の再構築や都市のヒートアイランド現象の解析方法および自然災害予測などのシミュレーション・評価を行う技術が含まれます。また、リモートセンシングなどによる地球・気候データ取得、関連技術としてデータ処理や画像処理、位置情報技術、通信技術が領域1に多く含まれています。これらには、機会学習やAIを活用したデータ処理や予測技術なども含まれます。リモートセンシングおよびシミュレーションは技術的に一定成熟しているものの、より精度の高い測定や評価・シミュレーションのための技術開発が進められていることがうかがえます。

「カーボンフットプリント、廃棄物など追跡管理システム」も領域1に位置し、ここには企業単位での炭素排出量の測定および追跡システム、持続可能性指標の評価および管理、製品のトレーサビリティ支援システムやブロックチェーン技術を利用した製品認証などの技術が含まれ、機械学習やAIの活用に関する特許も見られます。規制対応や情報開示の観点からも注目が集まる技術ですが、技術的には発展段階にあり、機械学習やAIの活用によってより正確で迅速なデータ処理が実現する可能性があります。

図表13：「気候変動管理と報告」分野の各技術の市場期待値、技術スコア、特許出願数



出所：PwC作成

「金融サービス」分野

「金融サービス」分野における技術概観を図表14に示します。気候変動への対策・対応を促進する金融サービスおよび関連技術として、グリーンファイナンスやサステナブルサプライチェーンファイナンス、サステナブルファンドなどの金融活動・金融商品に関連する技術が含まれます。また、サステナビリティインデックスやカーボンフットプリント指標、サプライチェーン可視化関連技術や電力取引プラットフォームなど、金融活動の評価や支援に関するサービス・技術、およびリスク予測と保険商品開発などの気候変動関連リスクへの備えが含まれます。また、本分析では、金融サービスの気候変動への影響を低減する技術として、金融活動のデジタル化に関する技術も対象としています。

図表14：「金融サービス」関連技術の概観

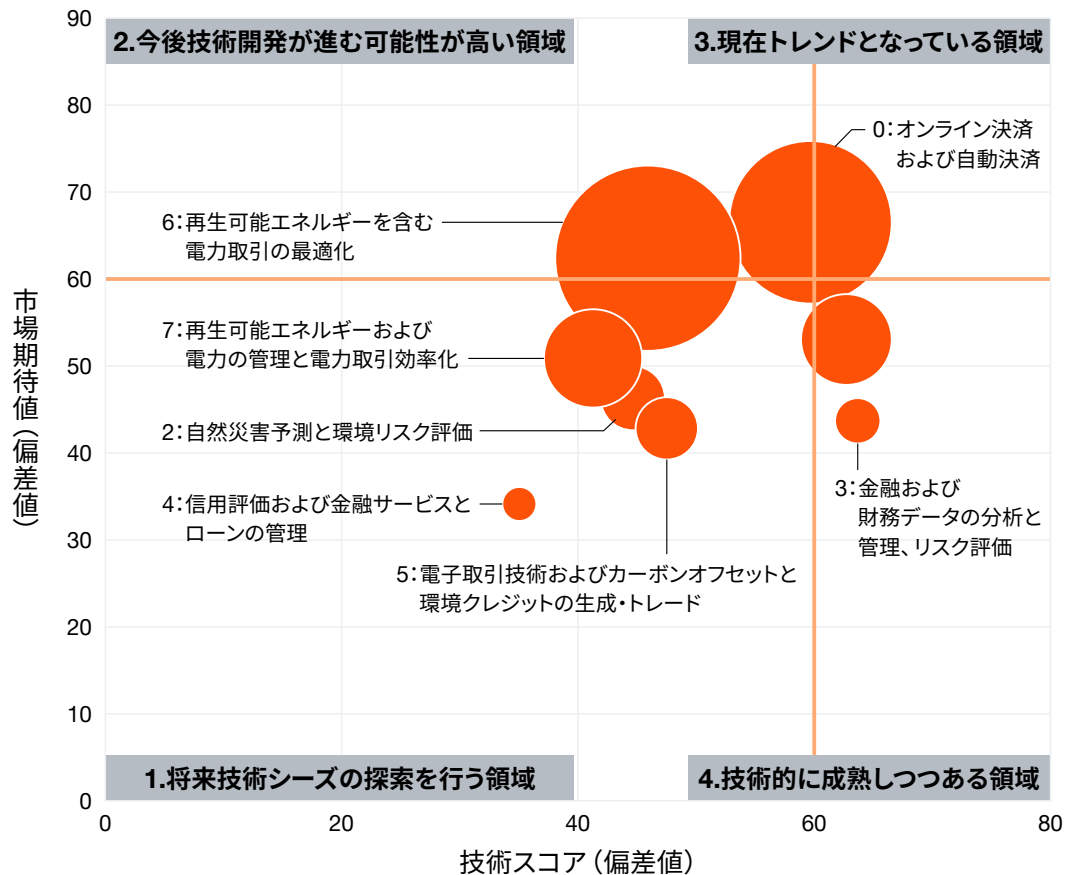
気候変動への対策・対応を促進する 金融サービスおよび関連技術		金融サービスの 気候変動への影響を 低減する技術
金融活動・金融商品の関連技術 <ul style="list-style-type: none"> ・グリーンファイナンス (グリーンボンド、サステナビリティボンド、サステナビリティ・リンク・ボンド、グリーンローン、サステナビリティ・リンク・ローン、など) ・サステナブルサプライチェーンファイナンス ・サステナブルファンド <p>…など</p>	金融活動の評価や支援に関するサービス・技術 <ul style="list-style-type: none"> ・サステナビリティインデックス ・カーボンフットプリント指標 ・サプライチェーン可視化 (デジタル製品パスポートを含む) ・電力取引プラットフォーム <p>…など</p>	金融活動のデジタル化 <ul style="list-style-type: none"> ・オンラインバンキング ・ネット銀行 ・デジタル決済 <p>…など</p>
	気候変動関連リスクへの備え <ul style="list-style-type: none"> ・InsurTech (自然災害などのリスク予測と保険商品開発) <p>…など</p>	

出所：PwC作成

技術トレンド

図表15に、気候テックに関連する「金融サービス」分野の現在の技術トレンドを示します。「オンライン決済および自動決済」は領域2にあります。市場形成の中心となる領域3に近い位置付けにあります。ここには、トランザクションのためのブロックチェーン技術も含まれます。また、「再生可能エネルギーを含む電力取引の最適化」が同様に領域2に位置し、多額の投資を受けており今後さらに技術開発が進む可能性が高いと言えるでしょう。本クラスターにおいてもブロックチェーン技術が含まれ、マルチエネルギー取引に活用されています。領域1には、「信用評価および金融サービスとローンの管理」「電子取引技術およびカーボンオフセットと環境クレジットの生成・トレード」および保険サービスにも関連深い「自然災害予測と環境リスク評価」など、気候変動への対策・対応を促進する金融サービスならびに関連技術が多く含まれます。これらのサービスへの注目度と重要性は近年増しているものの、関連する技術の技術スコアや市場期待値としてはまだシーズ段階にあることがうかがえます。いずれの技術クラスターにおいても、ブロックチェーン技術を活用して取引の透明性と安全性を向上させる技術が数多く含まれています。

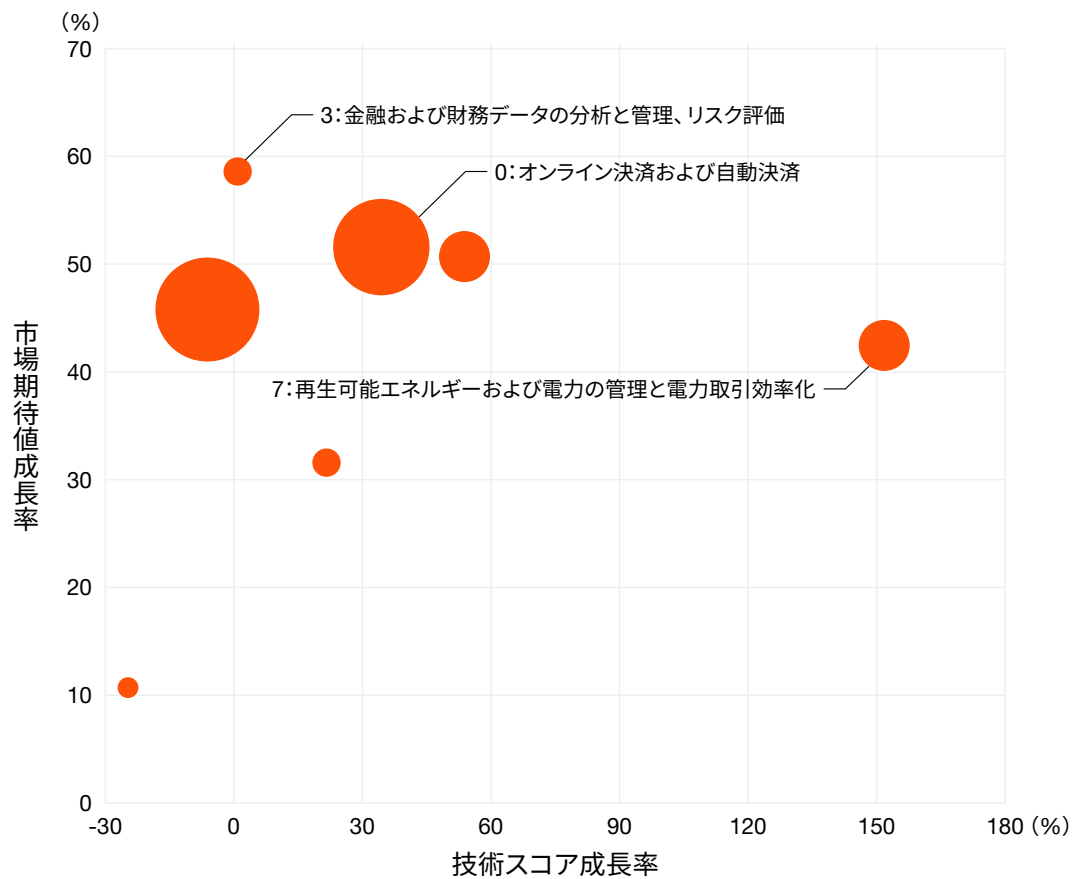
図表15：「金融サービス」分野の各技術の市場期待値、技術スコア、特許出願数



出所：PwC作成

図表16はIBAによって現在の技術スコアと市場期待値の成長率を分析したもので、横軸が技術スコア成長率、縦軸が市場期待値成長率、円の大きさが特許出願数を表しています。技術スコアの成長率は「再生可能エネルギーおよび電力の管理と電力取引効率化」において特に高く、技術的にも大きく成長していることが見て取れます。市場期待値の成長率が最も高いのは「金融および財務データの分析と管理、リスク評価」となっており、評価機関がAIを使って企業の統合報告書を評価する・金融機関など気候関連金融リスクの分析にAIを活用するといった近年の動きも反映して注目度が向上していると推察されます。

図表16：「金融サービス」分野の技術スコア、市場期待値、特許出願数



出所：PwC作成

「GHGの回収・除去・貯留」分野

図表17に示すように「GHGの回収・除去・貯留」分野は、炭素の回収・利用・貯留(CCUS)技術およびCO₂以外のGHG対策に関連する技術を含みます。CCUSにおいて、分離・回収されたCO₂は、炭酸ガス利用や原油増進回収法などによって直接利用される他、還元的または非還元的手法によってカーボンリサイクルされて高分子を含む化学品や合成燃料の製造に用いられったり、炭酸塩としてコンクリートやセメントとして利用されたりと、さまざまな用途があります。あるいは、分離・回収されたのちに安全・確実に貯留されます。

図表17：「GHGの回収・除去・貯留」関連技術の概観

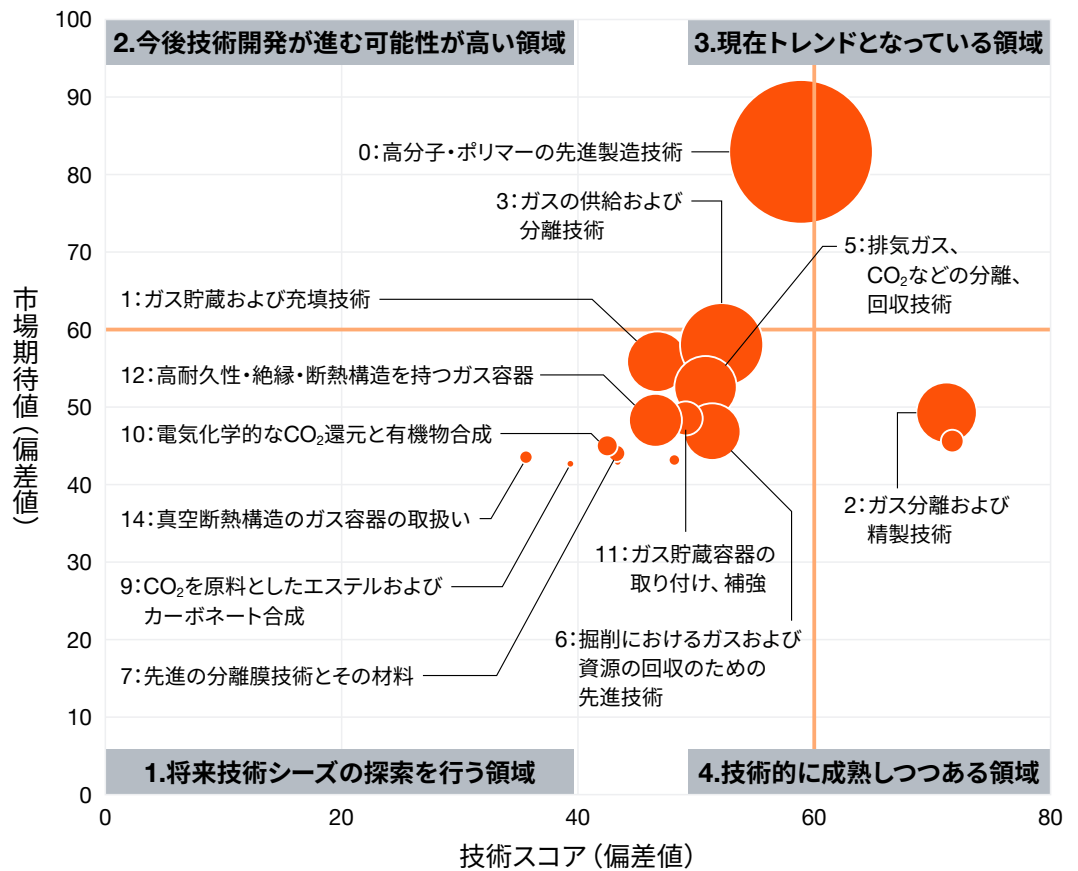
炭素の回収・利用・貯留 (CCUS)			CO ₂ 以外のGHG対策
分離・回収 <ul style="list-style-type: none"> • DAC: Direct Air Capture • 化学吸収 • 物理吸収 • 膜分離 • 吸着 • 酸素燃焼 • ケミカルルーピング …など 	利用 <ul style="list-style-type: none"> • CO₂還元による炭化水素などへの変換(メタネーション、電解合成、カルボキシル化、人工光合成、他。合成燃料製造を含む) • CO₂の非還元的手法による変換(ウレタン合成、ポリカーボネート合成、他) • 炭酸塩としての固定(コンクリート、セメント、鉄鋼スラグ、他) • 炭酸ガス(冷媒、飲料・食品、微細藻類培養、他) • CO₂-EOR: 原油増進回収法 …など 	貯留 <ul style="list-style-type: none"> • 地層貯留 • 廃油井再利用 • 地上鉱物貯留 • バイオ炭の生成と埋め立て • 生物によるCO₂の吸収固定(森林・農地土壌炭素・都市緑化・海洋生物系) • DACCS: Direct Air Capture with Carbon Storage • BECCS: Bioenergy with Carbon Capture and Storage …など 	フロン類、亜酸化窒素、メタン対策 <ul style="list-style-type: none"> • フロン回収・分解・無害化 • グリーン冷媒 • 家畜・農地由来のGHG低減 …など
輸送 <ul style="list-style-type: none"> • 圧力タンク • パイプライン …など 			

出所：PwC作成

技術トレンド

図表18に、「GHGの回収・除去・貯留」分野の現在の技術トレンドを示します。今後技術開発が進む可能性の高い領域2には、「高分子・ポリマーの先進製造技術」が位置し、化学品や鉱物としての炭素利用技術が市場からの期待を集めていることが分かります。ガスの分離・回収・精製に関わる技術は、領域1および領域4の中でも市場期待値が比較的高い位置にあります。領域1には、ガス貯蔵やガス容器に関連する技術が位置します。また、「電気化学的なCO₂還元と有機物合成」「CO₂を原料としたエステルおよびカーボネート合成」が領域1にあり、これらは別途分析した技術スコア成長率、市場期待値成長率も上位となっています。還元的手法・非還元的手法を含め、CO₂の化学品への変換技術は今後も注目すべき技術と言えるでしょう。

図表18：「GHGの回収・除去・貯留」分野の各技術の市場期待値、技術スコア、特許出願数



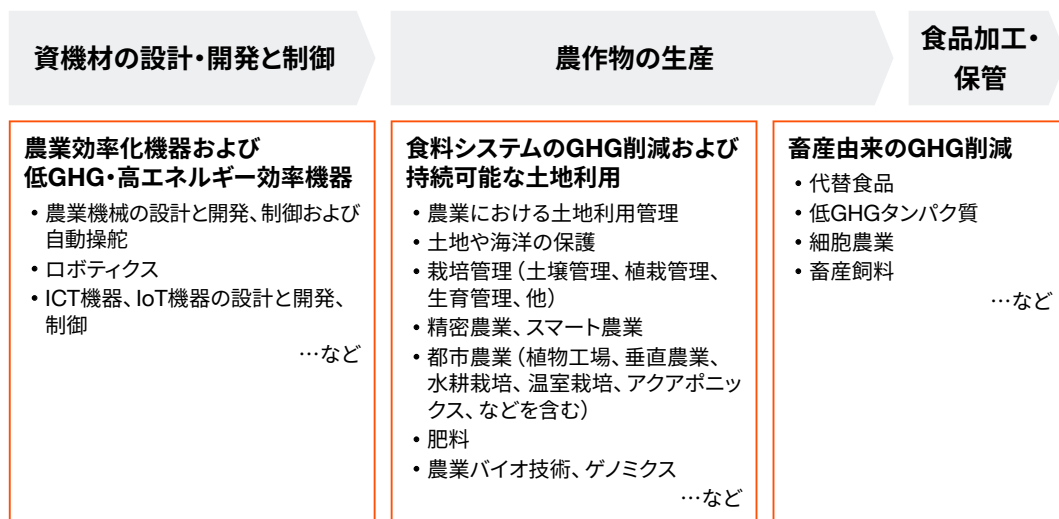
出所：PwC作成

「食品・農業・土地利用」分野

図表19に示すように、「食品・農業・土地利用」分野は、資機材の設計・開発と制御、農作物の生産、食品加工・保管関連技術を対象としています。資機材の設計・開発と制御については、農業を効率化する機器や、低GHG・高エネルギー効率機器などが対象として含まれます。農作物の生産および食品加工・保管においては、農作物の栽培技術に加えて食料システムのGHG削減および持続可能な土地利用に貢献する広範な技術を含む他、畜産由来のGHG削減に貢献する代替食品や低GHGタンパク質、細胞農業などの技術を対象とします。

なお、2024年発行の調査レポート「食卓で起きる変革と代替：ネイチャーポジティブとフードバリューチェーン」^{※17}においては、食のバリューチェーンの下流にある流通や販売・消費までを対象として分析している他、焦点が異なるためバリューチェーン上流においても本分析とは分析対象が完全には一致していない点にはご注意ください。対象とする範囲が異なるため、トレンド分析における技術クラスターの粒度や位置には両者の間で差異が生じます。

図表19：「食品・農業・土地利用」関連技術の概観



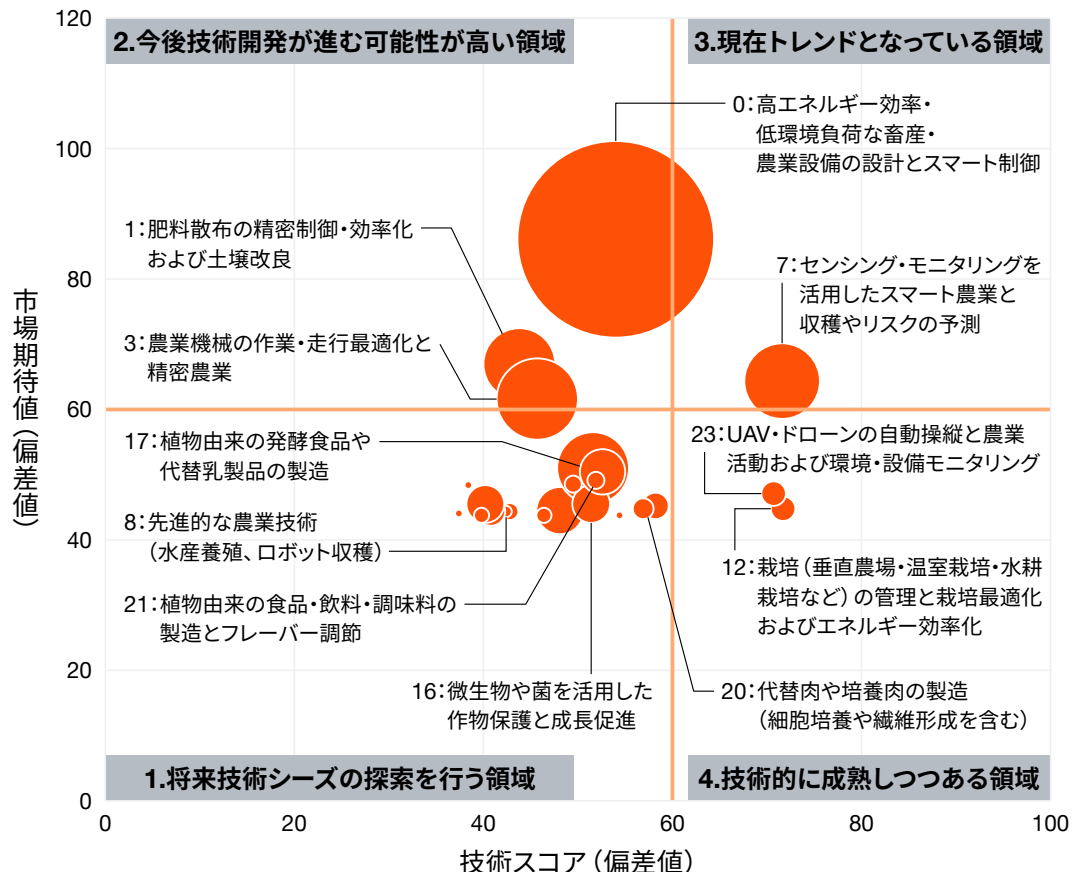
出所：PwC作成

※17 「食卓で起きる変革と代替：ネイチャーポジティブとフードバリューチェーン」2024年7月22日 PwCコンサルティング合同会社
<https://www.pwc.com/jp/ja/knowledge/thoughtleadership/nature-positive-food-value-chain.html>

技術トレンド

図表20に、「食品・農業・土地利用」分野の技術トレンドを示します。「センシング・モニタリングを活用したスマート農業と収穫やリスクの予測」が領域3にあり、技術スコア・市場期待値ともに高く、市場形成の中心となっている技術領域と言えます。ここには、ドローン、センサー、IoTの活用や、人工知能と機械学習による予測技術が含まれます。大きな投資を得ていて今後さらに技術開発が進む可能性が高い領域2には、環境モニタリングによる設備の制御を含む「高エネルギー効率・低環境負荷な畜産・農業設備の設計とスマート制御」、および「肥料散布の精密制御・効率化および土壌改良」が位置します。また、「農業機械の作業・走行最適化と精密農業」が位置し、これは農業車や農業ロボットの走行制御や自律制御、センサーや画像認識およびフィールドデータを活用した農作業精度向上技術を含みます。農業のスマート化や精密制御に関連する技術が投資を集めていると言えます。領域1には、水産養殖などの先進農業技術、微生物や菌を活用した作物保護と成長促進技術に加え、代替肉・培養肉の製造技術、植物由来の代替乳製品や食品・飲料技術に関する技術が含まれます。代替食品開発については、前述の調査レポート^{※17}において詳細を分析しています。

図表20：「食品・農業・土地利用」分野の各技術の市場期待値、技術スコア、特許出願数



出所：PwC作成

「工業・製造業・資源管理」分野

図表21に示すように、「工業・製造業・資源管理」分野には、低環境負荷の材料・製品設計、製造プロセスや生産の効率化・最適化、廃棄物の管理と処理・循環に関する技術が含まれます。これらによって、生産活動全体においてGHGの排出や廃棄物を低減することが求められます。

図表21：「工業・製造業・資源管理」関連技術の概観

設計	製造・生産	廃棄と循環
低環境負荷の材料・製品設計 <ul style="list-style-type: none"> ・低GHG化学品 ・低GHG金属（鉄・鉄鋼・アルミニウム、他） ・低GHG複合材料（コンクリート、セメント、他） ・代替プラスチック ・代替フロン ・モジュラー設計 ・ライフサイクルアセスメント …など 	製造プロセスの効率化・最適化 <ul style="list-style-type: none"> ・省エネルギーまたは高エネルギー効率のプロセス ・高資源効率のプロセス …など 生産の効率化・最適化 <ul style="list-style-type: none"> ・需給予測と生産スケジュール最適化 ・メンテナンスの効率化 …など 	廃棄物の管理と処理・循環 <ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物の分別・分離・回収 ・廃棄物の管理 ・廃棄物処理・無害化 ・リサイクル・資源循環 …など

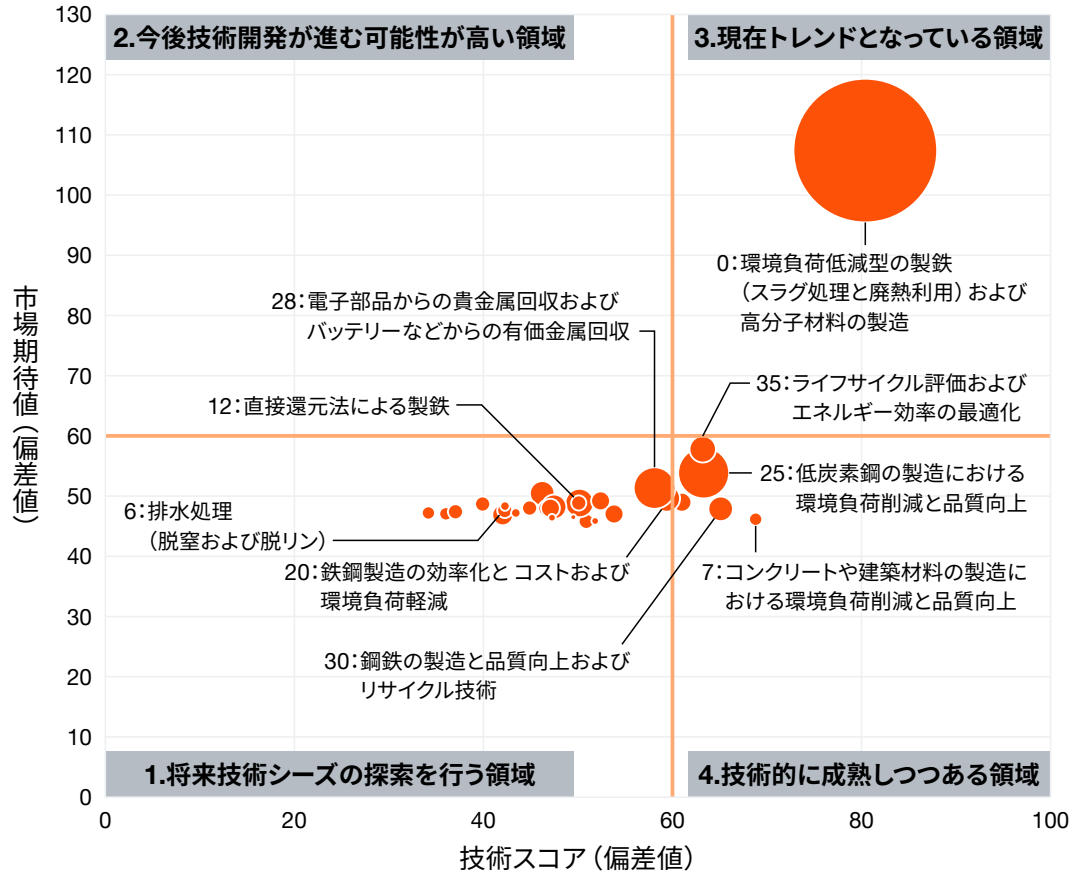
出所：PwC作成

技術トレンド

図表22に、「工業・製造業・資源管理」分野の技術トレンドを示します。「環境負荷低減型の製鉄（スラグ処理と廃熱利用）および高分子材料の製造」は特許数が最大であり、技術スコア・市場期待値ともに高く市場形成の中心となっている技術領域であることが分かります。領域4には、「低炭素鋼の製造における環境負荷削減と品質向上」「コンクリートや建築材料の製造における環境負荷削減と品質向上」「鋼鉄の製造と品質向上およびリサイクル技術」が位置しており、技術スコアが高い領域には低環境負荷の材料・製品設計および製造プロセスに関する技術が多く含まれることが分かります。また、領域4には「ライフサイクル評価およびエネルギー効率の最適化」技術も位置し、ここには、エネルギー効率化や電力供給最適化のためのバーチャルパワープラント技術も含まれています。領域1にある技術クラスターのうち、特許数が多い順に「電子部品からの貴金属回収およびバッテリーなどからの有価金属回収」「直接還元法による製鉄」「鉄鋼製造の効率化とコストおよび環境負荷軽減」が挙げられます。直接還元法による製鉄技術は、コークスを使用せず水素などのガスで直接還元するため脱炭素化の重要な技術として注目されており、日本においても技術開発に注力されています^{※18}。また、領域1には、生物学的手法を含む「排水処理（脱窒および脱リン）」技術なども含まれます。

※18 「グリーンイノベーション基金事業／製鉄プロセスにおける水素活用プロジェクト 2025年度 WG報告資料」2025年4月16日 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/energy_structure/pdf/028_04_00.pdf

表22：「工業・製造業・資源管理」分野の各技術の市場期待値、技術スコア、特許出願数



出所：PwC作成





「建築環境」分野

図表23に示すように、「建築環境」分野には、エネルギー有効活用や省エネに資する建材や備品・設備の選定、エネルギー有効活用や環境負荷低減に資する設計、建設現場の効率化・省エネ化、運用管理におけるエネルギー消費の効率化・省エネ、廃棄物の管理と処理・循環など、建築物の一連のライフサイクルにおいて環境負荷を低減するさまざまな技術が含まれます。

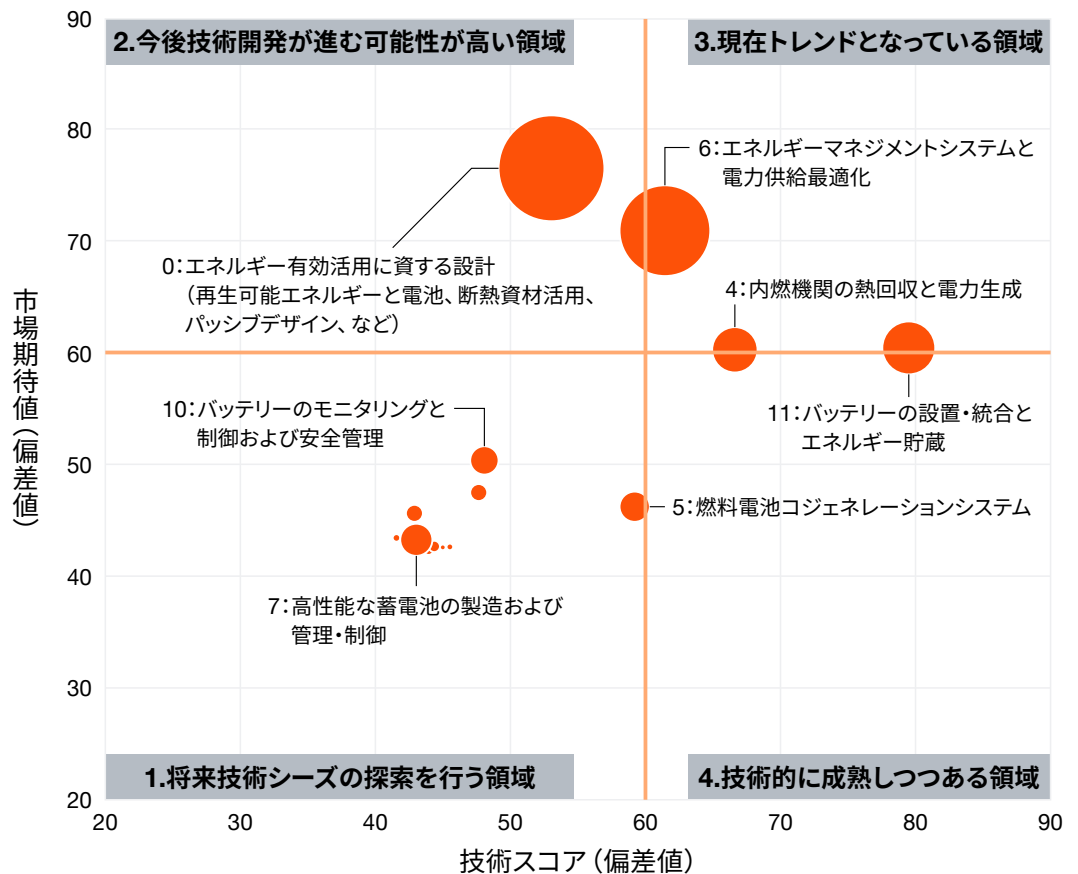
図表23：「建築環境」関連技術の概観

設計		建築	運用管理	廃棄と循環
エネルギー有効活用や省エネに資する建材や備品・設備の選定 <ul style="list-style-type: none"> 高性能断熱材 高効率な照明 低放射窓ガラス 二次電池（蓄電池）、燃料電池 蓄熱設備 ライフサイクル評価 …など 		建設現場の効率化・省エネ化 <ul style="list-style-type: none"> ICT活用による施工の効率化 省燃費運転や次世代燃料の使用による重機のCO₂排出削減 …など 	エネルギー消費の効率化・省エネ <ul style="list-style-type: none"> スマートビルディングシステム（HVACシステム：暖房・換気・空調を含む。他、照明、エレベータ動作、などの制御） 備品・デバイスのスマート管理 エネルギーマネジメントシステム 都市空間・コミュニティ全体のエネルギー効率化 …など 	廃棄物の管理と処理・循環 <ul style="list-style-type: none"> 廃棄物の分別・分離・回収 廃棄物の管理 廃棄物処理・無害化 リサイクル・資源循環（セメントにおけるCO₂固定化を含む） …など

技術トレンド

図表24に、「建築環境」分野の技術トレンドを示します。技術スコア・市場期待値ともに高く市場形成の中心となっている領域3には、「エネルギーマネジメントシステムと電力供給最適化」技術が位置します。ここには、スマートメーターやビッグデータ分析を活用したエネルギー需給予測、スマートグリッドによる電力制御などが含まれます。また、領域3には「バッテリーの設置・統合とエネルギー貯蔵」「内燃機関の熱回収と電力生成」が含まれます。ここでの内燃機関とは、主に大型施設のコージェネレーションシステムや非常用発電機、自家用車などのモビリティに該当します。市場期待値が高く今後さらに技術開発が進む可能性が高い領域2には、「エネルギー有効活用に資する設計（再生可能エネルギーと電池、断熱資材活用、パッシブデザイン、など）」技術が位置します。領域1には、特許数が多い順に「高性能な蓄電池の製造および管理・制御」「燃料電池コージェネレーションシステム」「バッテリーのモニタリングと制御および安全管理」が含まれます。バッテリーについては、性能や安全性の向上の開発が続けられている他、高効率なエネルギーシステムへの活用が進められていることが分かります。

図表24：「建築環境」分野の各技術の市場期待値、技術スコア、特許出願数



気候テック領域における 日本の特徴と取り組むべき方向

ここまで、気候テックに関して分野別にグローバル技術動向や国・地域別の傾向を見てきました。ここで、プレイヤー（大学・研究機関、スタートアップ、スタートアップを除く企業〈以下、企業〉）の観点から分析を行い、日本の特徴と取り組むべき方向性について考察します。

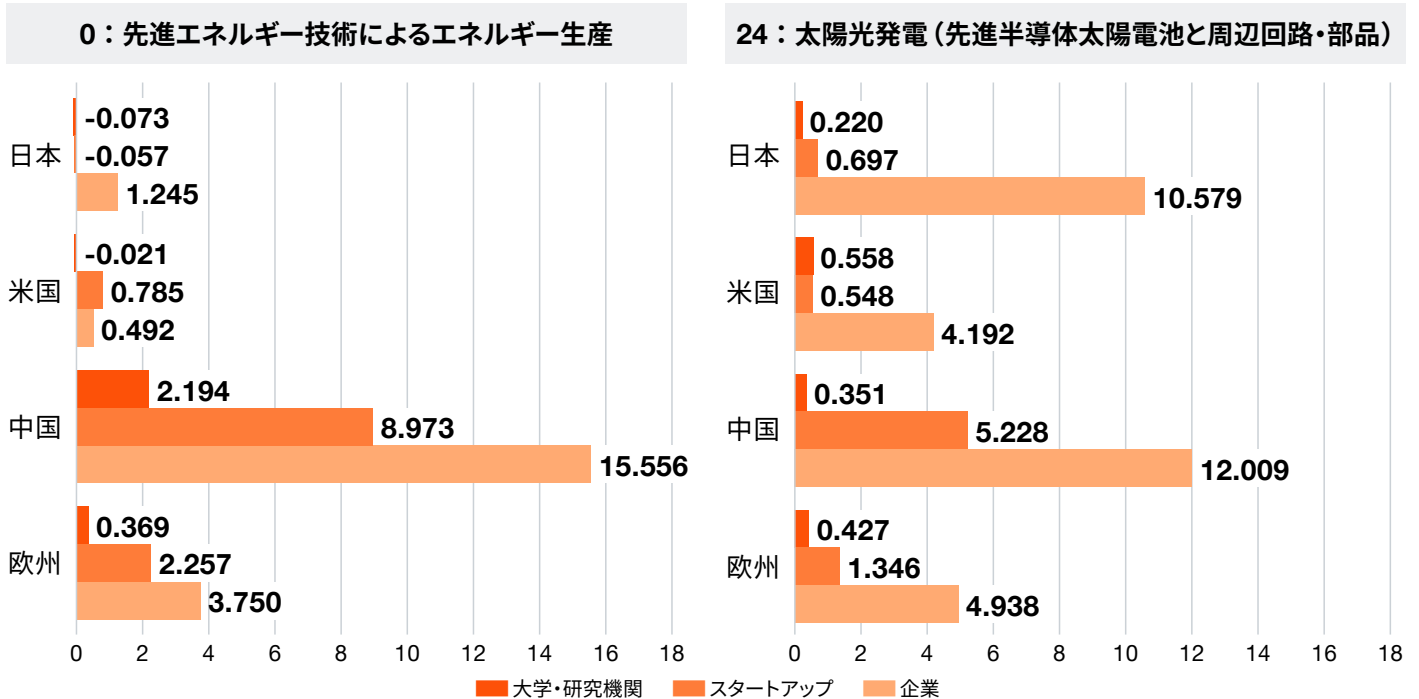
分析対象として、気候テック投資に関するレポート^{※19}に基づく近年のセクター別投資先として注目を集めている「エネルギー」にフォーカスしました。「エネルギー」分野のうち、IBA分析結果より市場期待値が上位の技術クラスター「先進エネルギー技術によるエネルギー生産」および「太陽光発電（先進半導体太陽電池と周辺回路・部品）」について、国・地域別の技術スコア平均値をプレイヤーの種類ごとに示したものが図表25です。各技術クラスターごとに、国・地域別に大学・研究機関、スタートアップ、企業それぞれについて技術スコア上位30プレイヤーを抽出し、それぞれ技術スコアを平均化しています。

いずれの技術クラスターにおいても、日本は他の国・地域と比較して、企業のスコア平均値に対するスタートアップのスコア平均値が小さいことが見て取れます。「先進エネルギー技術によるエネルギー生産」については、日本の企業スコア平均値に対して、大学・研究機関およびスタートアップのスコア平均値はマイナスの値となっています。米国の企業スコア平均値は日本と比較して低い値ですが、スタートアップのスコア平均値がこれを上回っている点を踏まえると、相対的な差は顕著です。「太陽光発電（先進半導体太陽電池と周辺回路・部品）」においては、いずれの国・地域についても企業スコア平均値が最大である点は共通していますが、それに対するスタートアップのスコア平均値は、日本では顕著に小さいと言えます。大学・研究機関のスコア平均値も、米国や欧州に比較して相対的に小さいことが分かります。

これらの結果から、少なくとも市場期待値が高いこれらの技術に関して、日本では大企業が技術開発をけん引しており、大学・研究機関およびスタートアップの相対的な技術力が育っていないと推測されます。少子高齢化と人口減少によって日本の経済規模の縮小や国際競争力の低下が懸念される中、企業、大学・研究機関、スタートアップの競争力を総合的に高め、それぞれが連携することによって、効率的に国際競争力を向上させていく必要があると考えられます。

※19 「2024年版気候テックの現状 ディールが減速する中で競争優位を目指すには」2025年3月3日 PwC
<https://www.pwc.com/jp/ja/knowledge/thoughtleadership/climate-tech-investment-adaptation-ai.html>

図表25: 国・地域別の技術スコア平均値のプレイヤー種類間比較



※各技術クラスターにおいて、国・地域ごとに、大学・研究機関、スタートアップ、企業（スタートアップを除く）それぞれの技術スコア上位30プレイヤーを抽出し、それぞれ技術スコアを平均化

出所：PwC作成

関連する施策として、文部科学省は2023年度より、「革新的GX技術創出事業(GteX)」および「先端的カーボンニュートラル技術開発(ALCA-Next)」といった基礎研究や人材育成および産学連携を支援する事業を開始しています^{※20}。また、日本における気候テック分野のスタートアップが諸外国と比較して少ないことへの懸念やスタートアップ振興の重要性については、産業立地政策の観点からも議論されています^{※21}。日本では高度成長期以降、政府主導で産業構造・立地に係る政策を推進してきましたが、不確実性が高まる状況を踏まえ、競争力強化を目指す企業を主体とし、それらを政府が支援する方針が議論されています^{※22}。こういった中で産業立地においては、インフラとの整合性や、スタートアップやベンチャー企業などの参入を含む計画の競争力・成長性、自治体などによるコミットメントが重視されると見込まれます^{※22}。このような背景を踏まえ、データに基づき客観性ある技術動向や競争力の分析も活用しながら、企業やスタートアップ、大学・研究機関、自治体が一体となって戦略的にビジョンを策定し、気候テックやGX技術の開発と産業立地による競争力強化に取り組んでいく必要があるのではないのでしょうか。

※20 「GX実現に向けて アカデミアに求められる研究開発の 方向性について(議論の中間まとめ)」2024年10月 革新的GX技術開発小委員会
https://www.mext.go.jp/content/20241031-mxt_kankyou-000038563-1.pdf

※21 「GX産業構造実現のためのGX産業立地政策について -第4回 GX産業構造実現のためのGX産業立地ワーキンググループ事務局資料-」令和7年8月5日 内閣官房GX実行推進室
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/sangyoritchi_wg/dai4/shiryo.pdf

※22 「エネルギー・GX産業立地政策の論点」令和6年10月3日 内閣官房GX実行推進室
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/senmonka_wg/dai8/siryou2.pdf



PwC Japanグループ

<https://www.pwc.com/jp/ja/contact.html>



www.pwc.com/jp

PwC Japanグループは、日本におけるPwCグローバルネットワークのメンバーファームおよびそれらの関連会社（PwC Japan有限責任監査法人、PwCコンサルティング合同会社、PwCアドバイザリー合同会社、PwC税理士法人、PwC弁護士法人を含む）の総称です。各法人は独立した別法人として事業を行っています。

複雑化・多様化する企業の経営課題に対し、PwC Japanグループでは、監査およびブローダーアシュアランスサービス、コンサルティング、ディールアドバイザリー、税務、そして法務における卓越した専門性を結集し、それらを有機的に協働させる体制を整えています。また、公認会計士、税理士、弁護士、その他専門スタッフ約13,500人を擁するプロフェッショナル・サービス・ネットワークとして、クライアントニーズにより的確に対応したサービスの提供に努めています。

PwCは、クライアントが複雑性を競争優位性へと転換できるよう、信頼の構築と変革を支援します。私たちは、テクノロジーを駆使し、人材を重視したネットワークとして、世界136カ国に364,000人以上のスタッフを擁しています。監査・保証、税務・法務、アドバイザリーサービスなど、多岐にわたる分野で、クライアントが変革の推進力を生み出し、加速し、維持できるよう支援します。

発刊年月：2026年1月

管理番号：I202509-10

© 2026 PwC. All rights reserved.

PwC refers to the PwC network member firms and/or their specified subsidiaries in Japan, and may sometimes refer to the PwC network. Each of such firms and subsidiaries is a separate legal entity. Please see www.pwc.com/structure for further details.

This content is for general information purposes only, and should not be used as a substitute for consultation with professional advisors.