

世界のGX関連技術 分析からみた日本の 現在と未来

2023年4月

“

「水素技術」への注目度が世界的に高まる中、日本はモビリティ分野で先行、水素供給や利用に焦点を当てた技術開発に注目が集まる

はじめに：企業の技術開発とGXとの一体化

2023年3月に公表された気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change、IPCC）の第6次統合報告書で「温暖化が21世紀の間に1.5℃を超える可能性が高い」との発表がありました※¹。世界的に気候変動、自然災害、環境汚染などの環境問題が深刻化しています。今、地球環境を守りながら経済発展を実現するための、持続可能な社会の実現に向けた取り組みの1つとして、再生可能エネルギーの使用を増やし、炭素排出量を削減することを目的としたグリーン・トランスフォーメーション（GX）に高い関心が集まっています。

また、2021年6月には、上場企業の企業統治の実現に資するためのコーポレートガバナンス・コードが改訂されました※²。上場企業は、気候変動に係るリスクと収益機会が自社の事業活動や収益などに与える影響および知的財産への投資について開示を求められています。このような状況から、特許庁は2022年6月、GXに関する特許技術を俯瞰する新たな技術区分を作成し、それらに紐づけられた特許検索式と併せてGreen Transformation Technologies Inventory（GXTI）として公表しました※³。

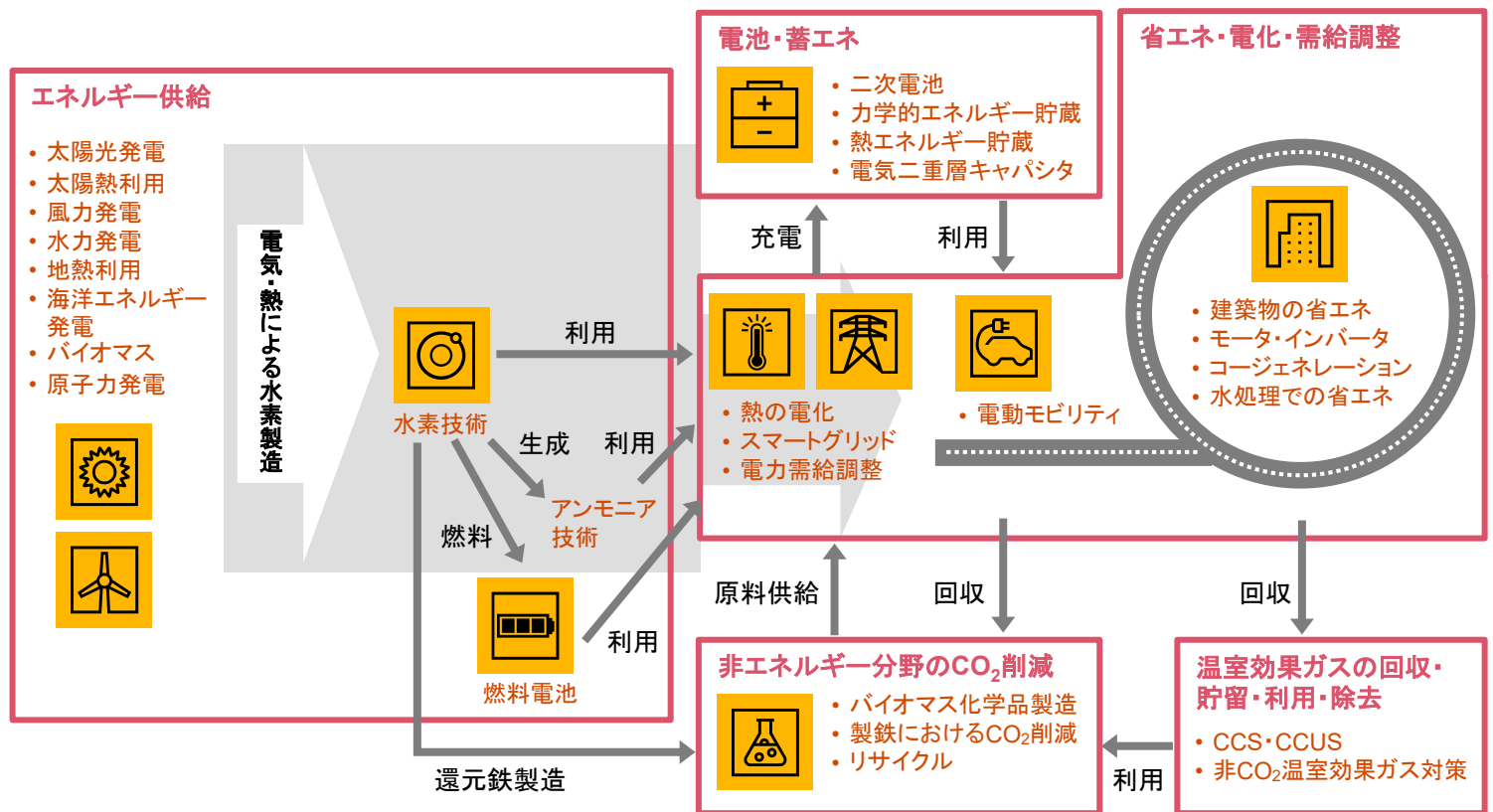
今後、日本企業もGXの潮流を捉えた技術開発戦略を立て、開示していく必要があり、環境問題に対処し新たな事業機会を創出していくことが期待されています。



さまざまな産業にまたがり相互に関連するGX

GXTIが対象とする技術は、エネルギー産業、製造業、交通産業、建築業など、幅広い産業にまたがっています。GXTIの5つの大区分「エネルギー供給」「省エネ・電化・需給調整」「電池・蓄エネ」「非エネルギー分野のCO₂削減」「温室効果ガスの回収・貯留・利用・除去」および下位の28の中区分は、「エネルギー供給」のさまざまな発電技術を起点に、「水素技術」および「スマートグリッド」をハブとして相互に関連しています。

図表1: GXTIの大区分・中区分の相関



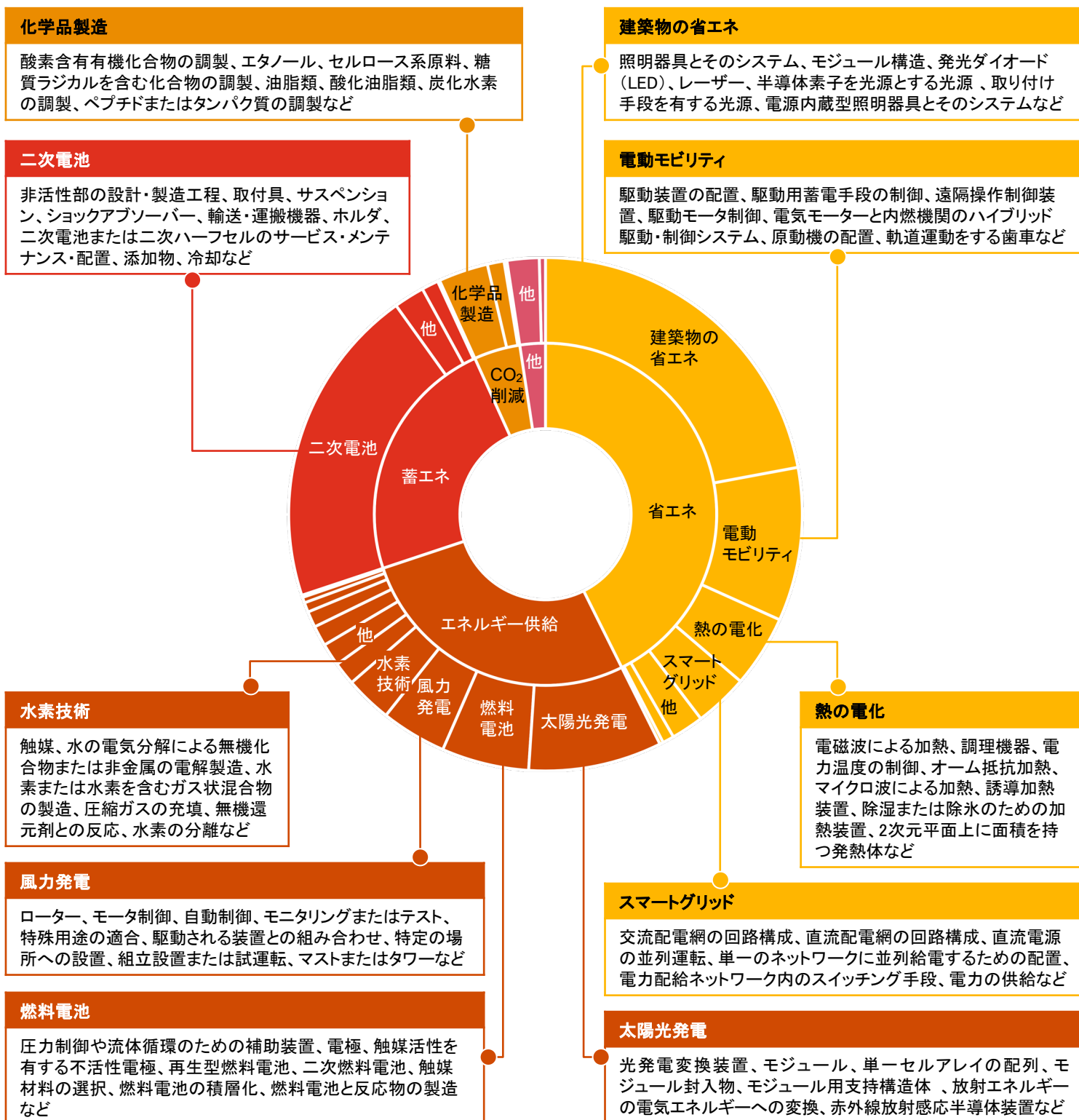
出所: 特許庁資料に基づきPwCコンサルティング合同会社作成



GXの主要分野

GXの主要分野としては、グローバル特許出願件数※4に基づく区分別比率で多くを占める「建築物の省エネ」「二次電池」「電動モビリティ」「太陽光発電」「燃料電池」「熱の電化」「風力発電」「スマートグリッド」「化学品製造」「水素技術」が挙げられます。「建築物の省エネ」に区分される特許発明は、従来の光源に代わって広く一般照明となったLEDに関連する技術を対象としています。また、「二次電池」に区分される特許発明は、携帯機器から電気自動車までさまざまな電子機器に実用化されてきたリチウムイオン蓄電池に関連する技術を対象としています。このように特許出願件数が際立って多い分野は、いずれもその技術開発の歴史が長く、特許発明に係る製品またはサービスがライフサイクルにおける成熟期に入っています。そのため、今後はより成長性のある分野に着目する必要があります。

図表2: グローバル特許出願件数の区分別比率

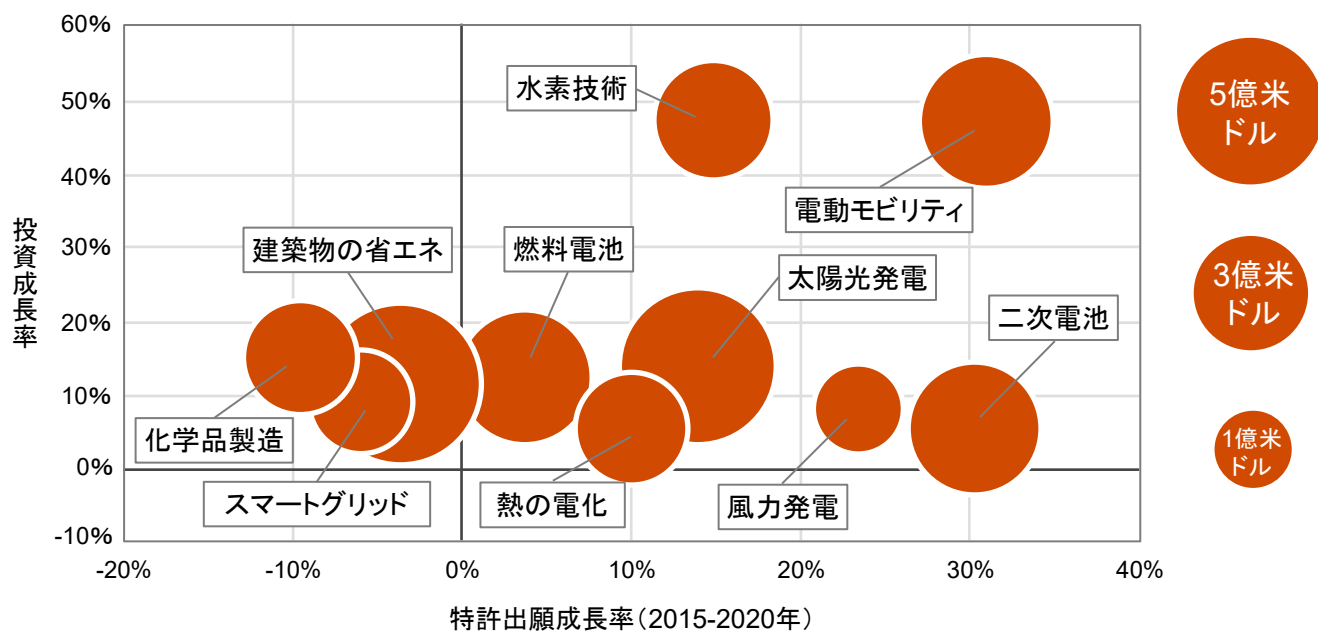


出所: 特許庁資料に基づきPwCコンサルティング合同会社作成

「水素技術」への注目が世界的に高まる

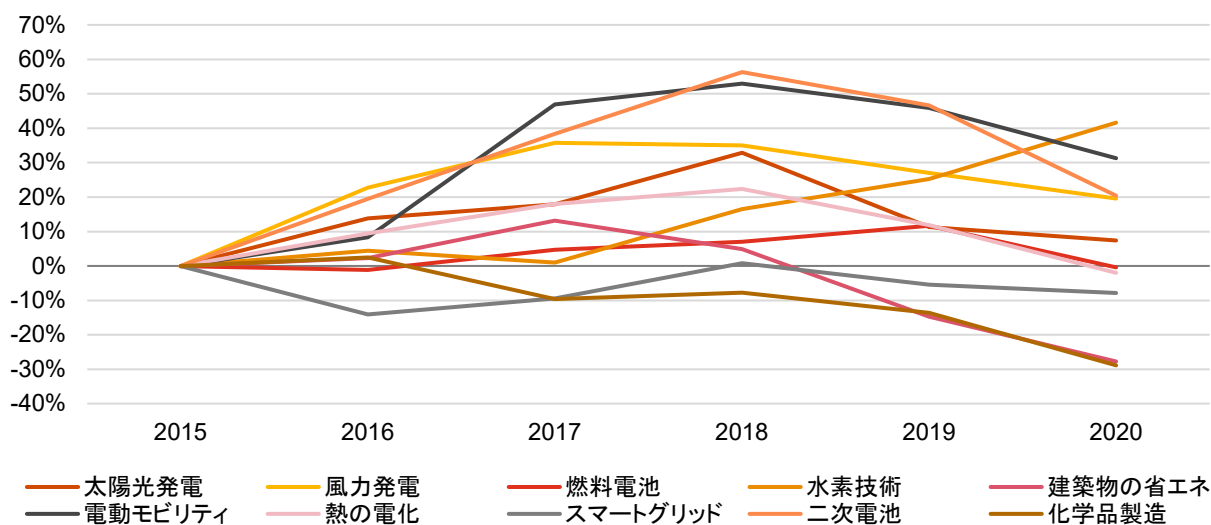
GXの主要分野を特許出願成長率、特許保有企業への投資成長率※5および投資額※6から見た場合、2015～2020年で、「電動モビリティ」「二次電池」が30%以上、「風力発電」が23%、「水素技術」が15%、「太陽光発電」が14%という、高い特許出願成長率を維持しています。いずれの主要分野も一定程度の投資額がありますが、その中でも「水素技術」と「電動モビリティ」の投資成長率が年50%弱と非常に高く、今後ますます成長することが期待されます。また、「水素技術」は、特許出願増減率で唯一増加傾向が続いています。特許出願成長率および投資成長率が高く、特許出願増減率の2017年以降の伸びが顕著であることから、次世代技術として「水素技術」への注目度が高まると考えられます。

図表3: 世界の2015～2020年の特許出願成長率、投資成長率、投資額



出所: IBA分析結果に基づきPwCコンサルティング合同会社作成

図表4: 世界の2015～2020年の特許出願増減率



出所: IBA分析結果に基づきPwCコンサルティング合同会社作成

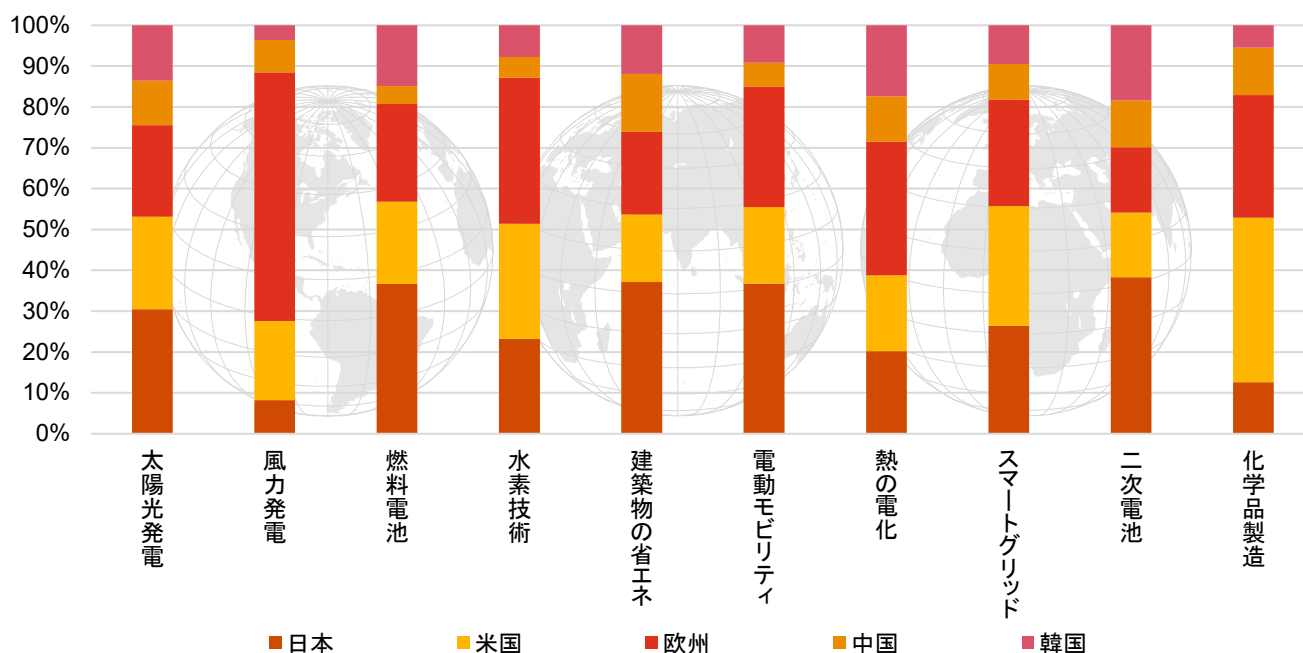
特許出願件数で後退する日本

GXの主要分野の各国・地域のグローバル特許出願件数比率から、日本は、「太陽光発電」「燃料電池」「建築物の省エネ」「電動モビリティ」「二次電池」のグローバル特許出願件数が割合として多いため、これらの技術開発を牽引してきたことがうかがえます。また、米国は「化学品製造」で、欧州は「風力発電」「水素技術」「熱の電化」でフロントランナーであると言える結果が表れています。中国と韓国は今のところどの主要分野においても目立ってはいない状況です。

これまで日本は、GXの主要分野の特許出願を先導してきたと言えますが、2016年以降日本の特許出願増減率は減少しており、特に2018年以降急激に減少しています。これに伴い、GXの主要分野における日本の特許出願シェアも年々落ちていきます。これについては、2016年から2020年にかけて日本の出願件数上位100社の特許出願件数が減った(2016年13.7万件→2020年11.2万件)ことが影響して、日本の全特許出願件数が減少した(2016年31.8万件→2020年28.8万件)と考えられています※7。そのため、GXの主要分野に深く関係する出願件数上位100社の特許出願件数の減少がGXの主要分野の特許出願件数の減少にもつながったと考えられます。

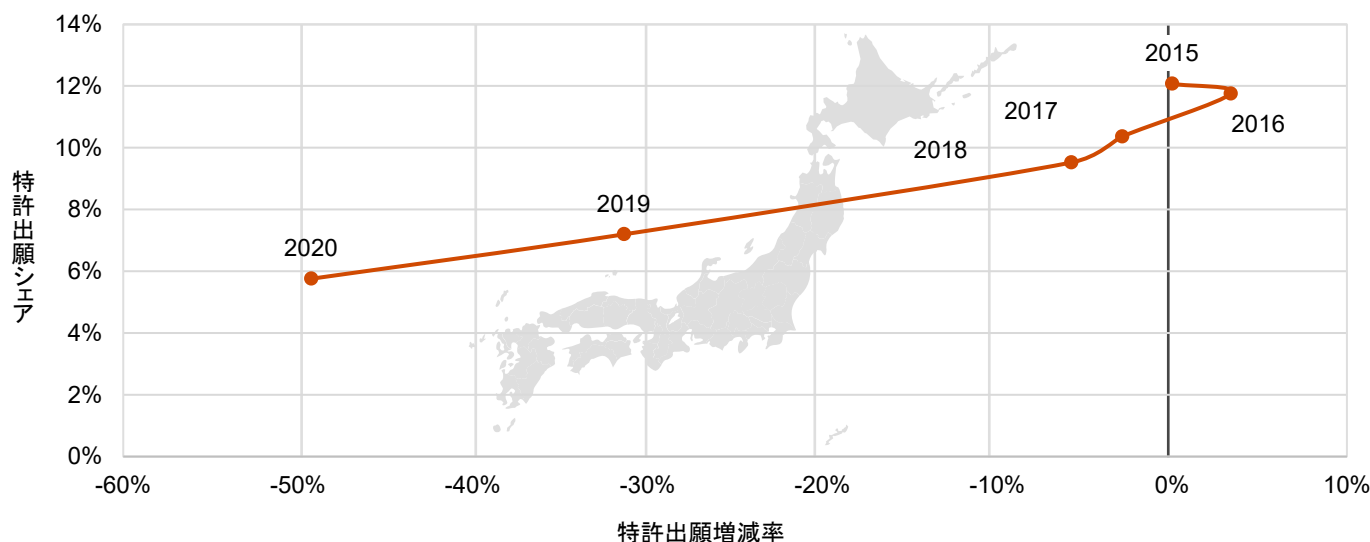
今後、GXの主要分野の中でも特に重点を置くべき分野において、戦略的に投資および事業展開を行っていく必要があります。

図表5: 各国・地域のグローバル特許出願件数比率



出所: IBA分析結果に基づきPwCコンサルティング合同会社作成

図表6: 日本の特許出願増減率、特許出願シェア



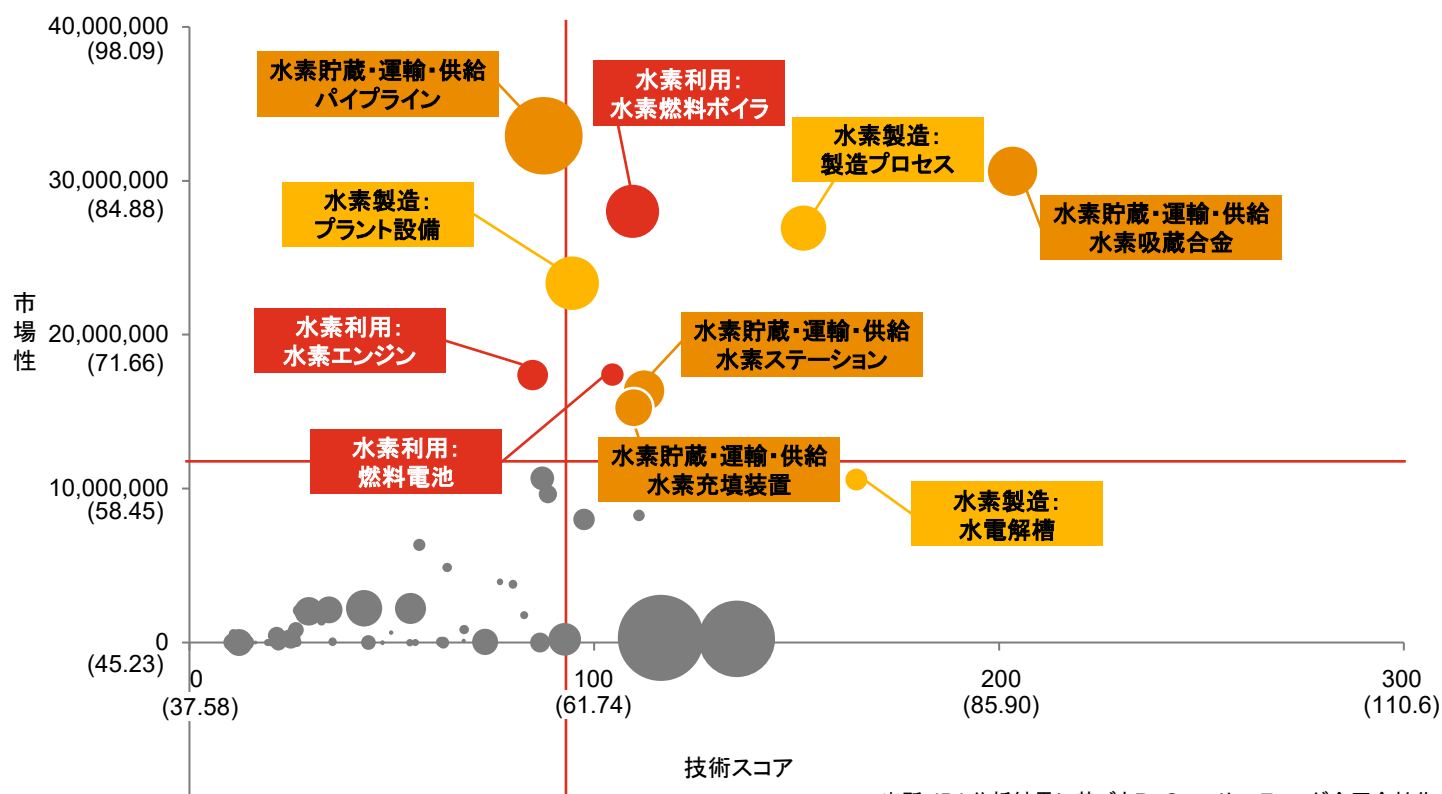
出所: IBA分析結果に基づきPwCコンサルティング合同会社作成

「水素技術」の注目される技術要素

今回の調査では、世界的に投資成長率が高い一方で、日本のグローバル特許出願件数比率が低く、日本としてキャッチアップが必要な「水素技術」に着目し、Intelligent Business Analytics (IBA)を用いてより詳細な分析を行いました。

技術力を特許出願の量ではなく質である技術スコア※8で捉え、市場性※9と併せて分析したトレンド分析では、「水素技術」の技術スコアおよび市場性が高い技術要素として、水素製造に関わる「プラント設備」「水電解槽」、水素貯蔵・運輸・供給に関わる「水素吸蔵合金」「パイプライン」「水素ステーション」「水素充填装置」、水素利用に関わる「FCV水素貯蔵供給」「水素エンジン」「水素タービン」が抽出されました。

図表7:「水素技術」の技術スコアと市場性



モビリティが先行する日本、 水素の社会実装を促進する欧州

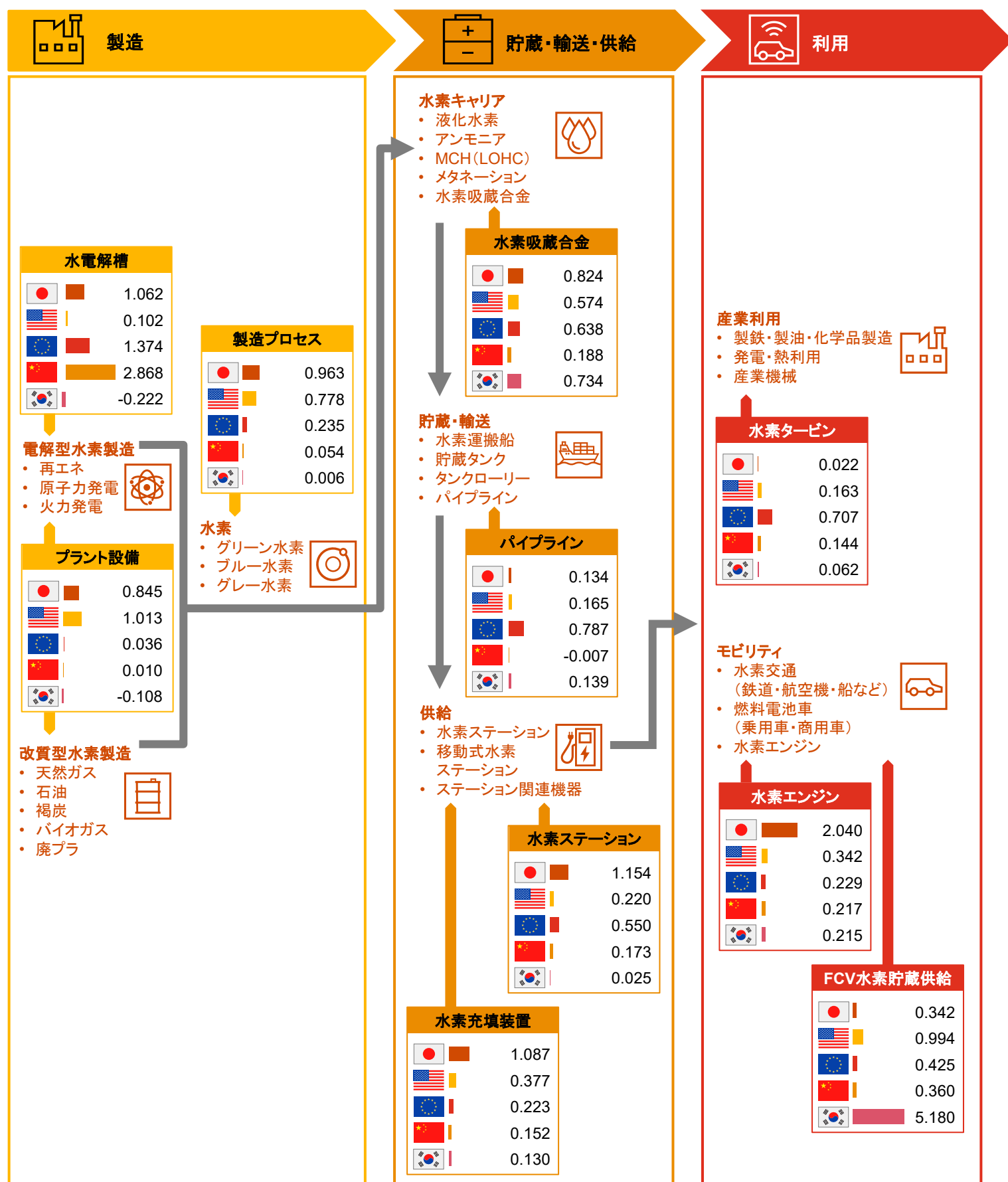
先ほど見た通り、水素技術のグローバル特許出願件数比率は、欧州、日本、米国の比率が高く、中国、韓国の比率が低い結果となりました。他方、トレンド分析による水素の製造、貯蔵・運輸・供給、利用のそれぞれのフェーズの各技術要素における各国・地域企業の技術スコアの平均から、各国・地域の技術力の差異およびその特徴が明らかとなりました。

日本は、全ての技術要素で一定程度の技術力を維持しており、特に、水素の供給と利用に関わり、自動車メーカーが牽引する「水素エンジン」「水素ステーション」「水素充填装置」および水素の製造に関わり、化学、製鉄、エネルギープラントメーカーが牽引する「製造プロセス」で高い存在感を示しています。「パイプライン」および「水素タービン」では欧州、「プラント設備」では米国、「水電解槽」では中国、「FCV水素貯蔵供給」では韓国の技術力が高い結果となりました。

総じて、日本では、モビリティ分野が先行しており水素の利用と供給に焦点を当てた技術開発がされている様子が見て取れます。他方、欧州では、本格的な社会実装を進めるために必要な貯蔵・輸送を中心に、産業利用においても技術開発が進んでいると分析されます。また、米国、中国では水素の製造に力を入れていることが分かります。



図表8:「水素技術」のバリューチェーンの各技術要素における各国・地域企業の技術スコア



出所: IEA、IRENA資料などとIBA分析結果に基づきPwCコンサルティング合同会社作成

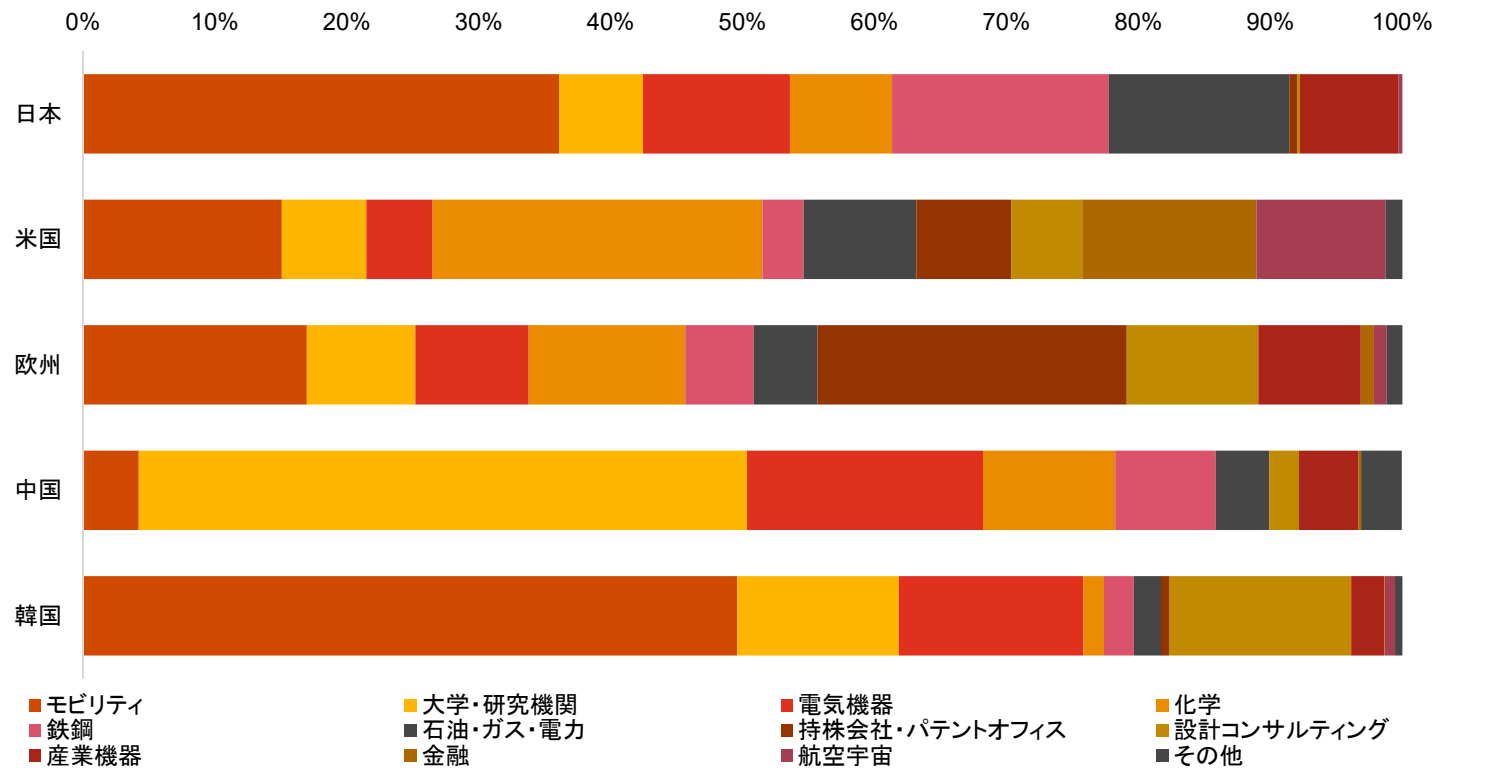
基礎研究を進める中国、 社会実装を加速させる欧州

水素関連ビジネスには、化学、モビリティ、電気機器、産業機器などの製造業、石油、ガス、電力などのエネルギー産業、大学・研究機関、設計コンサルティングなど多種多様な業種の企業や組織が参画しています。

「水素技術」の各国・地域の業種別技術スコア比率から、欧州はバランスよく各種業種が参画しており、日本と韓国はモビリティ企業が他の業種に比較して優位であり、米国は化学メーカーが、中国は大学・研究機関が他の業種に比較して優位である様子が見られました。ここから、欧州は社会実装で、中国は基礎研究で先行していると言えるでしょう。また、日本および韓国は水素利用分野での技術開発でリードしており、モビリティ企業が国際的にも優位性を持つ一方で、米国は製造に強みを持ち、化学メーカーが技術開発をリードしていることがうかがえます。

他に特徴的な点として、日本以外の国・地域では金融機関の参画が見られます。水素ビジネスを考慮した場合に、それを支える金融面での制度や枠組みの構築が求められていると考えられます。さらに米国では、航空宇宙における比率が大きく出ました。宇宙開発投資を積極的に進める米国の技術開発戦略の特徴が、水素技術の業種比率でも垣間見えます。

図表9:「水素技術」の各国の業種別技術スコア比率



出所: IBA分析結果に基づきPwCコンサルティング合同会社作成

世界各国における水素政策と IBAによる分析結果の相関

日本は、2017年12月に、世界初の水素に関する国家戦略「水素基本戦略」を策定し^{※10}、水素をカーボンフリーなエネルギーの新たな選択肢として位置づけ、政府全体として施策を展開していくための方針を示しました。また、2019年3月に「水素・燃料電池戦略ロードマップ」を^{※11}、2019年9月に「水素・燃料電池技術開発戦略」を策定し^{※12}、重点的に取り組むべき技術開発3分野10項目を挙げています。さらに、2023年2月に、「GX実現に向けた基本方針」が閣議決定され、水素の導入拡大を見据えた施策が加速されています^{※13}。IBAの分析結果で日本の強みとして見えてきた技術は、重点的に取り組むべき技術開発3分野10項目の「水素サプライチェーン」分野に含まれる2項目「大規模水素製造」「水素ステーション」の項目と合致します。他方、重点的に取り組むべき技術開発3分野10項目のうち、「燃料電池」分野に含まれる3項目「車載用燃料電池」「定置用燃料電池」「補機・タンク等関連システム」と、「水素サプライチェーン」分野に含まれる2項目「輸送・貯蔵技術」「水素発電」、さらに「水電解・その他」分野に含まれる3項目「水電解技術」「産業利用などアプリケーション」「非連続な革新技術」では、今のところ他の国や地域と比較して技術スコアは低い状況です。

これは、これまで、日本が水素の製造、貯蔵・輸送・供給、利用で幅広く水素戦略を提唱してきた一方で、国家政策と企業戦略が合致し、国際的な影響力を発揮できている分野には偏りがあることが要因になっているものと考えられます。加えて、積極的な補助金、助成金、税額控除などの優遇措置や具体的な支援制度が実行されていないこと、投資の機運の高まりが他の主要国ほど感じられないことなども影響していると考えられます。

それでは他国・地域の状況はどうでしょうか。

欧州は、2020年7月に「欧州の気候中立に向けた水素戦略(The hydrogen strategy for a climate-neutral Europe)」を発表し、グリーン水素の推進を明確にしています^{※14}。さらに、2022年3月、「REPowerEU」により水素の製造供給体制を整えることを目指すと発表し^{※15}、2022年7月および9月の「Important Projects of Common European Interest(IPCEI)」により官民で総額約3.76兆円の投資を行っています^{※16、17}。2022年12月には、「炭素国境調整メカニズム(Carbon Border Adjustment Mechanism、CBAM)」に水素を追加^{※18}、2023年2月の「グリーンディール産業計画(The Green Deal Industrial Plan)」により今後約35兆円の支援を表明しています^{※19}。欧州ではこれらの政策を通じて、再生エネルギーで発電した電力を水素に変換して貯蔵し利用するPower-to-Xの社会実装が進められています。また、欧州大陸全体への輸送を可能にする基幹水素パイプラインの整備、オランダ・ロッテルダム港を水素輸出入ハブとする構想の推進など、水素社会の実現に向けた先進的な取り組みを進めています。このような背景からも、欧州の水素戦略とIBAの分析結果で欧州が優位となっている技術要素「パイプライン」および「水素タービン」との相関が確認されます。

米国は、2020年12月に水素の製造や輸送、貯蔵、アプリケーションごとにターゲットを示し、研究開発・実証を推進する「Hydrogen Program Plan」を発表し^{※20}、2021年8月から継続的に「Hydrogen Shot Summit」を開催しています^{※21}。また、2021年11月に「超党派インフラ投資雇用法(Bipartisan Infrastructure Investment and Jobs Act)」を^{※22}、2022年8月には「インフレ抑制法(Inflation Reduction Act、IRA)」を制定し^{※23}、水素関連プロジェクトを促進しています。特にIRAでは、クリーン水素製造に対して最大10年間3米ドル/kgという世界最大規模の税額控除を実施しており、水素製造コストの低減を最優先事項として水素戦略を展開しています。これら米国の水素政策とIBAの分析結果から、米国の強みとなっている技術要素「プラント設備」との関連性がうかがえます。

中国では、2022年3月に「水素エネルギー産業発展中長期計画」を発表しており^{※24}、モデル都市群における実証事業で成果を上げるとしています。本計画では、特に、クリーンエネルギーによる水素製造と水素エネルギーの貯蔵・輸送技術の進歩を掲げています。また、2022年6月に発表された「第14次5カ年再生可能エネルギー発展計画」から、2009年以後の再エネの大規模導入を今後さらに拡大し、水素エネルギー産業技術を有効な手段としてカーボンピークアウトの目標実現を図るとしています^{※25}。足元のビジネスでは、高いコスト競争力を生かし、大きなコスト要素となる水電解装置の研究開発に力を注いでいます^{※26}。政策との方向性で差異があるものの、中国の水素ビジネスの現状と、中国の強みは「水電解装置」であるというIBAの分析結果では一致が見られました。

環境問題への対策が待ったなしの状況で、今後は、再生可能エネルギー資源が潤沢な国・地域と再生可能エネルギー由来のグリーン水素の需要が膨む国・地域との間で輸出入が増えることにより、水素の国際取引が盛んになることが予想されます※^{27, 28}。

欧州は、多様な国際協定を結びインフラを整備拡大することによって、水素の社会実装を力強く推し進めています。米国および中国は、水素の製造に多額の政府予算を付与し、水素産業のバリューチェーンを上流から押さえる方策を取っています。日本が水素社会を実現するためには、(水素の製造は他国が担う、水素の利用は国内で想定されているにしても、)水素の強固な国際輸送網を構築すること、早急に国内インフラを整備していくことが必要となります。

このような状況に鑑み、日本政府や日本企業には、水素産業のサプライチェーンにおいて国境や業界を越えて企業同士が協業・連携し共存していくエコシステムを構築し、国際取引で必須となる貯蔵や輸送においても影響力を高めること、また、国内での供給体制の整備を進めることが強く求められます。具体的には以下のように、日本政府においては、戦略的グローバルパートナーシップの構築が必須となり、日本企業においては、グローバル企業との連携が必須となります。

- 日本の化学産業における外部企業との連携によって、水素製造プラントにおけるエンジニアリング技術を獲得し、国際的な競争力を向上させる
- モビリティで培った水素技術を核としたクロスボーダーなバリューチェーン間での技術提携を行い、より効率的で持続可能な水素社会を実現する
- 海上輸送を含めた新たな輸送利用のための水素貯蔵輸送技術を強化して水素供給網を構築し、新興国などへも国際展開することとで、より広範な地域での水素社会の実現を促進する

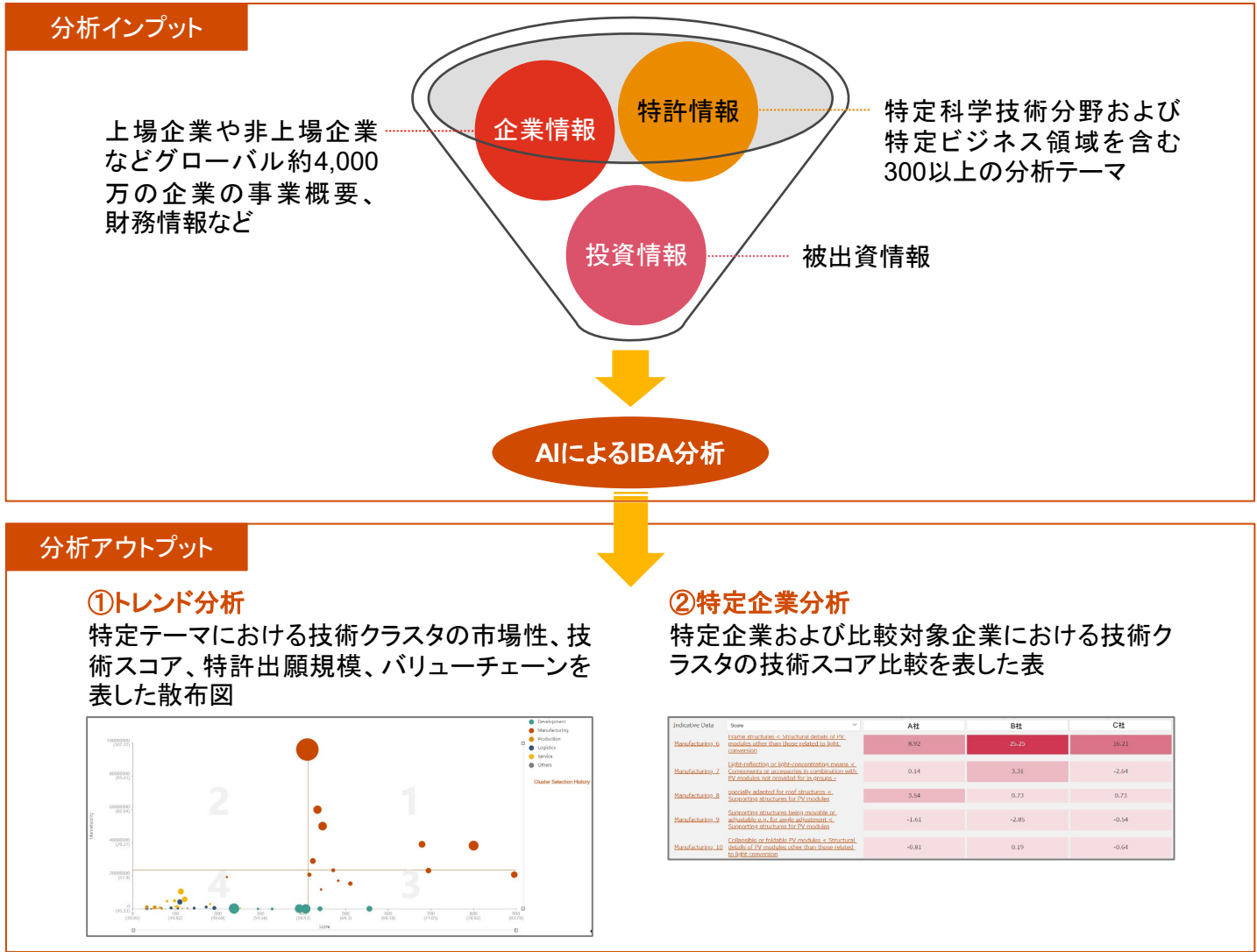
これらの必要な対応のために、他国から技術導入を積極的に行ったり人材交流を活性化したりすることや、規制緩和により水素関連ビジネスへの参入障壁を下げてスタートアップのビジネス参入機会を増やしていくことも考えられます。このように日本政府および日本企業には今後、日本の技術力における強みを生かし、社会全体として水素エネルギーを利用する水素社会実現のための条件を整え、水素産業のグローバルサプライチェーンをリードしていくことが期待されています。



Intelligent Business Analytics (IBA)による分析

世界中で環境問題や社会問題が深刻化する中、重点を置くべき分野において、環境負荷の低減と社会的ニーズに配慮し、長期的な視点で投資を行い、効果的な事業展開を行うことが必要不可欠となっています。IBAは、300以上の分析テーマからなる「特許情報」、4,000万以上のグローバル企業の事業概要および財務情報を含む「企業情報」、被出資情報からなる「投資情報」に基づき、AI分析を行うことにより、特定テーマにおける「トレンド分析」、特定企業および比較対象企業における「特定企業分析」を迅速かつ効率的に行うことができます。IBAにより、技術や市場のトレンドに焦点を当てたマクロ分析および個々の企業や特許に焦点を当てたミクロ分析が可能となり、新規事業開発の構想具体化、アライアンス・M&A候補先探索、R&DロードマップおよびR&D戦略策定、技術評価のようなユースケースに活用できます。

図表10: Intelligent Business Analytics (IBA)の概要



- ※1 「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第6次評価報告書 統合報告書の公表について」 環境省 2023年3月20日
https://www.env.go.jp/press/press_01347.html
- ※2 「改訂コーポレートガバナンス・コードの公表」 東京証券取引所 2021年6月11日
<https://www.jpx.co.jp/news/1020/20210611-01.html>
- ※3 「GX技術の特許情報に基づいて分析するための技術区分表を作成」 経済産業省 2022年6月23日
<https://www.meti.go.jp/press/2022/06/20220623001/20220623001.html>
- ※4 グローバル特許出願件数:複数の国・地域へ出願された発明の数。PCT出願については、2カ国以上に国内移行されたものをカウント。特許庁資料では国際展開発明件数とされる
- ※5 投資成長率:特許保有企業へのマイノリティ出資額の推移に基づき計算
- ※6 投資額:特許保有企業へのマイノリティ出資額の累計で累計バブルの大きさを示される
- ※7 「特許行政年次報告書2021年版 企業等における知的財産活動」特許庁
<https://www.jpo.go.jp/resources/report/nenji/2021/document/index/honpen0102.pdf>
- ※8 技術スコア:IBAにより技術の中心性を定量化しスコア化したもので、技術開発の進展度を示す
- ※9 市場性:クラスタに含まれる企業への出資額の累計
- ※10 「水素基本戦略」再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議 2017年12月26日
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisei_energy/pdf/hydrogen_basic_strategy.pdf
- ※11 「水素・燃料電池戦略ロードマップ」水素・燃料電池戦略協議会 2019年3月12日
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/roadmap_hyoka_wg/pdf/002_s05_00.pdf
- ※12 「水素・燃料電池技術開発戦略の策定について」経済産業省 2019年9月11日
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/017_03_01.pdf
- ※13 「GX実現に向けた基本方針を閣議決定」経済産業省 2023年2月10日
<https://www.meti.go.jp/press/2022/02/20230210002/20230210002.html>
- ※14 “The hydrogen strategy for a climate-neutral Europe” European Commission 2020年7月
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0301>
- ※15 “REPowerEU: affordable, secure and sustainable energy for Europe” European Commission
https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en
- ※16 “State Aid: Commission approves up to €5.4 billion of public support by fifteen Member States for an Important Project of Common European Interest in the hydrogen technology value chain” European Commission 2022年7月15日
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_4544
- ※17 “State Aid: Commission approves up to €5.2 billion of public support by thirteen Member States for the second Important Project of Common European Interest in the hydrogen value chain” European Commission 2022年9月21日
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_5676
- ※18 “EU climate action: provisional agreement reached on CBAM” European Council and Council of the European Union 2022年12月13日
<https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2022/12/13/eu-climate-action-provisional-agreement-reached-on-carbon-border-adjustment-mechanism-cbam/>

- 
- ※19 “The Green Deal Industrial Plan: putting Europe’s net-zero industry in the lead” European Commission 2023年2月1日
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_510
 - ※20 “Hydrogen Program Plan” The U.S. Department of Energy
<https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/hydrogen-program-plan-2020.pdf>
 - ※21 “Hydrogen Shot Summit” The U.S. Department of Energy
<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-shot-summit>
 - ※22 “Bipartisan Infrastructure Investment and Jobs Act” The White House 2021年8月2日
<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/08/02/updated-fact-sheet-bipartisan-infrastructure-investment-and-jobs-act/>
 - ※23 “Inflation Reduction Act of 2022” The U.S. Department of Energy
<https://www.energy.gov/lpo/inflation-reduction-act-2022>
 - ※24 「水素エネルギー産業発展中長期計画」 国家発展改革委員会 2022年3月23日
https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202203/t20220323_1320038.html?code=&state=123
 - ※25 「第14次5カ年再生可能エネルギー発展計画」 国家発展改革委員会 2022年3月23日
https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202203/t20220323_1320038.html?code=&state=123
 - ※26 「中国、高性能な大型電解槽を開発」 国家発展改革委員会 2022年7月28日
https://www.ndrc.gov.cn/fggz/jjyxtj/mdyqy/202207/t20220728_1331873.html
 - ※27 「水素を取り巻く国内外情勢と水素政策の現状について」 資源エネルギー庁 2022年6月23日
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/energy_structure/pdf/009_04_00.pdf
 - ※28 「水素を取り巻く国内外情勢と水素政策の現状について」 資源エネルギー庁 2023年2月13日
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/energy_structure/pdf/014_04_00.pdf

＜主要メンバー＞

三治 信一郎

PwCコンサルティング合同会社
パートナー

お問い合わせ先

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あらた有限責任監査法人、PwC京都監査法人、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、監査およびアシュアランス、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10,200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、社会における信頼を構築し、重要な課題を解決することをPurpose（存在意義）としています。私たちは、世界152カ国に及ぶグローバルネットワークに約328,000人のスタッフを擁し、高品質な監査、税務、アドバイザリーサービスを提供しています。詳細はwww.pwc.comをご覧ください。

発刊年月：2023年4月 管理番号：I202304-06

©2023 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.