令和４年度
特許出願技術動向調査報告書

カーボンニュートラルに向けた水素・アンモニア技術
（製造から利用まで）

令和５年３月

特　許　庁

巻頭言

エネルギー資源に乏しい日本では、省エネルギー技術や燃料電池など、カーボンニュートラル関連技術に関する研究開発が従来から盛んであり[1]、日本企業が技術的な強みを保有する分野も多い。こうした技術を最大限活用し、グリーン・トランスフォーメーション（GX）を加速させることは、世界各国のカーボンニュートラル実現に貢献するだけでなく、エネルギー自給率の向上など、日本のエネルギーの安定供給につながるとともに、経済を再び成長軌道へと戻す起爆剤としての可能性も秘めている[2]。

既に、欧米各国は国家を挙げて、カーボンニュートラル投資への支援策や、新たな市場やルール形成の取組を加速させており、欧州連合（EU）は、2030 年までに官民協調で少なくとも 1 兆ユーロ（約 140 兆円）程度の投資実現を目標とした支援策「欧州グリーンディール投資計画」を定めた[3]。米国は、2031 年までに約 3,700 億ドル（約 50 兆円）程度の国によるエネルギー対策を含む「インフレ削減法」を定めた[2,4]。

カーボンニュートラル関連技術の中でも、燃焼時や燃料電池での発電時に CO_2 を排出しない水素・アンモニアは、2023 年 2 月に閣議決定された「GX 実現に向けた基本方針」において、発電・運輸・産業など幅広い分野での活躍が期待され、エネルギー自給率の向上や再生可能エネルギーの出力変動対応にも貢献することからエネルギーの安定供給にも資する、カーボンニュートラルの実現に向けた突破口となるエネルギーの一つと位置付けられている[2]。欧米においても、欧州グリーンディールの一環としての「欧州の気候中立に向けた水素戦略（2020 年 7 月）」の策定や、米国エネルギー省（DOE）による「水素プログラム計画（2020 年 11 月）」の発表がされる等、注目されている[5,6]。

このように、水素・アンモニアに関する各国・地域の政策及びそれに伴う技術開発は 2020 年以降に大きなターニングポイントを迎えている。本調査では、最新の技術開発状況を踏まえた技術区分表を作成するとともに、当該技術区分表に基づいて、2012 年～2020 年における国内外の特許出願動向及び 2012 年～2021 年における研究開発動向を定量的に把握し、日本の研究開発戦略の策定や国際調和を推進する際などに、基礎資料として活用されることを目的として、「水素・アンモニアの製造・貯蔵・輸送・供給・利用（燃焼・燃料電池）」に関する特許情報（いつ、どのような技術を、どの国籍の誰が、どこの国へ出願したのか）などの調査を行った。

本調査の結果、水素・アンモニアの製造においては、欧米と比較して、日本国籍の出願人は豪州等の水素製造拠点として考えられる国・地域への特許出願が十分でない可能性が

---

[1] 資源エネルギー庁，令和 3 年度 エネルギーに関する年次報告，p. 74，102，
https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2022/pdf/whitepaper2022_all.pdf

[2] GX 実行会議，GX 実現に向けた基本方針～今後 10 年を見据えたロードマップ～，令和 5 年 2 月，
https://www.meti.go.jp/press/2022/02/20230210002/20230210002_1.pdf

[3] EU，The European Green Deal Investment Plan and Just Transition Mechanism explained，2020 年 1 月，
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_24

[4] THE WHITE HOUSE，Inflation Reduction Act Guidebook，2022 年 8 月，
https://www.whitehouse.gov/cleanenergy/inflation-reduction-act-guidebook/

[5] A Hydrogen Strategy for a climate neutral Europe
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/865942/EU_Hydrogen_Strategy.pdf.pdf

[6] Hydrogen Program Plan
https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/hydrogen-program-plan-2020.pdf

示唆された。一方、貯蔵・輸送・供給においては、特に水素の容器や水素ステーションに関しては、日本国籍の出願人の特許出願が多く見られる技術区分が確認された。利用、特に燃料電池においては、日本国籍出願人の特許出願が多く確認された。燃焼利用については、現時点では、どの国籍・地域の出願人においても目立った規模の特許出願は確認されなかった。また、出願件数は低調であるものの、日本国籍の大学は海外への出願を意識していることが示唆された。一方、論文の被引用数の多い技術分野において海外への出願があまり行われていないことが確認された。

以上のように、本調査によって、日本のさまざまな強みや課題が定量的に浮き彫りとなった。本報告書では、上記の他にも合計 700 近くに区分された各技術区分についての特許・論文調査結果について紹介し、特筆すべきテーマ（例えば、水素製造におけるサプライチェーン構築段階に合わせた出願先国・地域、大学・研究機関による事業化を見据えた技術の海外への特許出願、等）について提言も行っている。本報告書が、カーボンニュートラル実現へ向けた今後の水素・アンモニアの各種技術分野における研究開発戦略立案に資するものになり、さらには各企業等において自社の経営情報等と併せて参照されることで特許戦略や事業戦略を立案する際の一助となることを望む。

要　　約

第１章　調査概要

第１節　調査目的

世界的なカーボンニュートラルの流れがある中、各国において、2050 年頃には脱炭素を目指した国家方針が示されている。そして、発電・産業・運輸・建物等の各部門における脱炭素化を目指して、燃焼時に二酸化炭素排出がない、石油・ガス・石炭に代わる燃料として水素やアンモニアの利用検討が本格的に進められている。

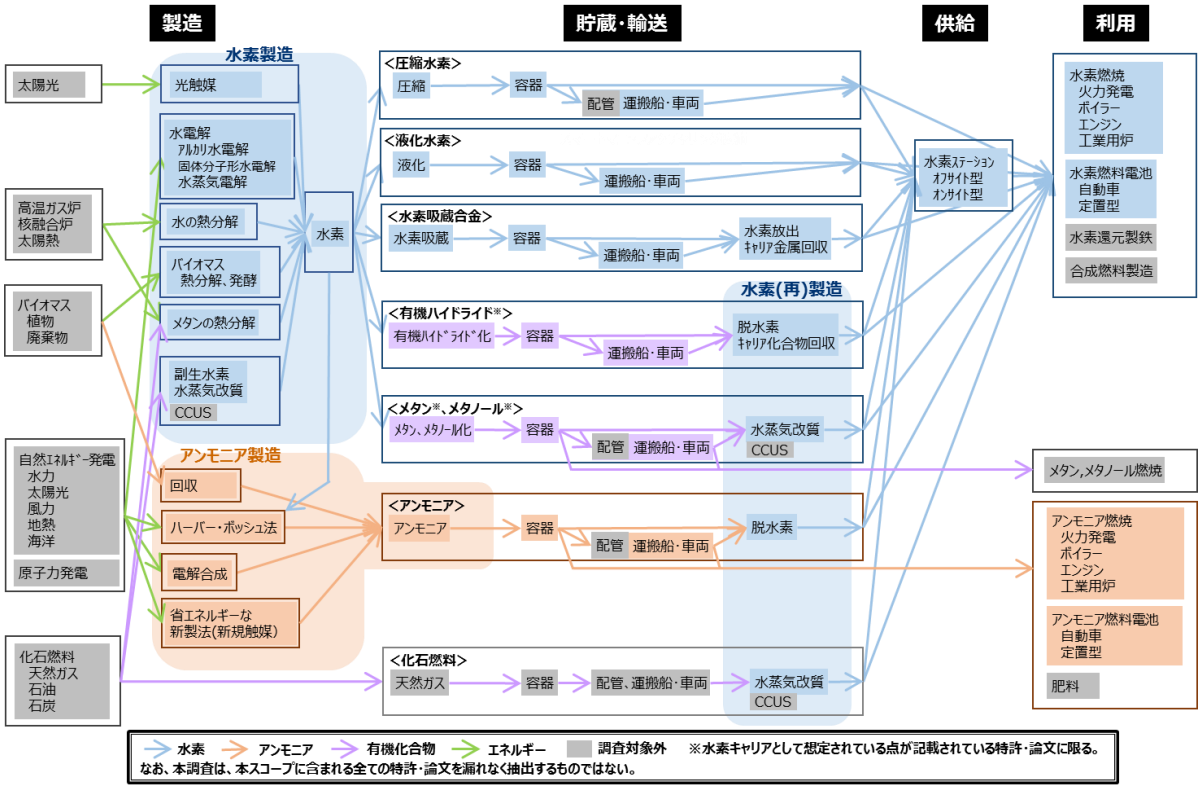
本調査では、水素・アンモニアの製造、貯蔵・輸送・供給及び利用の一連のバリューチェーンに係る技術について、日本の今後の技術開発や政策の方向性等の検討に資するよう、最新の市場動向、政策動向、特許出願動向、研究開発動向等を分析し、その分結果を発信することを目的とする。

第２節　調査対象と技術俯瞰図

本調査の技術的な調査対象範囲を技術俯瞰図（図 1-1-1）に示す。水素・アンモニアに関わる技術のうち、本調査では、製造、貯蔵・輸送・供給、燃焼利用、燃料電池について調査する。一方で、図中、灰色で網掛した技術（水素・アンモニアの製造原料や製造するためのエネルギーを生み出す技術、パイプライン（配管）を用いた輸送技術、燃焼利用・燃料電池以外の用途など）については調査対象外である。

このような技術的な調査対象範囲に基づいて、特許出願動向、論文発表動向から見た研究開発動向について調査を行った。

図 1-1-1　技術俯瞰図



第３節　技術概要（製造）

１．水素製造技術

水素は、多様な方法によって製造することが可能であるが、それぞれの製造方法には、安全性や二酸化炭素排出量、経済性などの面でメリット、デメリットがある。水素は、天然ガスなどの化石燃料を用いた改質法による製造が主流であり、製鉄所やソーダ工業からの副生水素も存在する。将来的には、水電解による製造が期待されているほか、光触媒、バイオマス、水やメタンの熱分解を用いた製造が研究開発されている。製造方法について、技術概要を以下に示す。

（１）化石燃料改質

天然ガスやナフサなどの化石燃料を改質して水素を製造する技術であり、工業分野で広く利用されている。改質方法としては、水蒸気改質や、部分酸化改質、その両方をミックスしたオートサーマル改質がある。現在主流な技術としては、水蒸気改質であり、特に天然ガス（メタン）を原料に用いるものを水蒸気メタン改質（SMR：Steam Methane Reforming）と呼ぶ。水蒸気メタン改質における反応を以下に示す。

$$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$$

水蒸気メタン改質は、800℃程度の高温下において触媒が反応すると、水蒸気がメタンと反応し、一酸化炭素と水素が生成される。吸熱反応であるため、外部からの熱の供給が必要である。

また、より多くの水素を製造するために、一酸化炭素と水蒸気から水素と二酸化炭素を生成するシフト反応を行っている。

$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$$

また、水素を高純度にするために、改質後に高圧下で水素以外を吸着剤に吸着させ、減圧して物質を脱離することで分離する圧力スイング吸着法（PSA：Pressure Swing Adsorption）が用いられている。

（２）水電解

水電解とは、電力を用いて水を水素と酸素に分解して水素を生成する製造方法である。水のイオン化を促進する目的で電解質が用いられ、電解質の種類によって電極反応が異なり、アルカリ水電解や固体高分子形水電解（PEM 型水電解）、アニオン交換膜型水電解（AEM 型水電解）、水蒸気電解に大きく分けられる。

アルカリ水電解は、電解質に水酸化カリウムなどのアルカリ水溶液を用いる製造方法であり、工業用として大規模な水素製造装置も存在する。電極触媒としては、カソードはニッケル系又は鉄系、アノードはニッケルなどの比較的安価な材料が使用されている。固体高分子型水電解よりも低コストである一方、アルカリ水溶液を使うため、電極が腐食しやすいといったデメリットがある。

固体高分子形水電解（PEM 型水電解）とは、固体高分子電解質膜を電解質として用いる製造方法である。電極触媒としては、アノード、カソードともに白金系などの貴金属が使用されている。アルカリ水電解よりも電流密度が高いため、小型化が可能であるが、固体高分子電解質膜や貴金属触媒などの高価な材料を使用するため高コストである。

アニオン交換膜型水電解（AEM 型水電解）とは、アニオン交換膜を電解質として用いる製造方法である。電極触媒として、卑金属を利用することができ、高固体分子形水電解よりもコスト削減が可能である。電解質膜の耐久性に課題があるため、電解質膜の材料の研究開発がされている。

水蒸気電解とは、電解質に安定化ジルコニアなどの固体酸化物電解質を用いる製造方法である。電極触媒としては、カソードは Ni 系や Ce 系、アノードはペロブスカイト形のランタンコバルト酸化物系が主に使用されている。固体電解質が実用的なイオン伝導性を示すためには、一般に 700～1,000℃程度を必要とするので、水は高温水蒸気として供給される。また、固体酸化物形燃料電池（SOFC）の熱エネルギーを有効活用し、電解時に利用する固体酸化物形水電解セル（SOEC）が研究されている。水の解離に必要なエネルギーの一部を熱エネルギーとして供給することで、他の水電解に比べて理論電解電圧を低くできるため、高効率化が可能であるが、現時点での研究開発ではまだ効率が低いため、さらなる効率向上が必要である。また、高温での長時間耐久性も課題とされている。

近年では、再生可能エネルギーの余剰電力を活用して、二酸化炭素を排出せずに水電解を行う技術が研究開発されており、この技術により発生した水素はグリーン水素と呼ばれている。

（３）副生水素

副生水素は、工業プロセスにおいて、副産物として生成される水素である。副生水素の例としては、苛性ソーダの製造過程で発生する水素やコークスの製造過程で発生

する水素が挙げられる。特に、苛性ソーダ製造による副生水素は、比較的高純度であるために外販されている。

（４）バイオマス

木材や食品廃棄物などのバイオマスを活用して水素を生成する技術である。具体的には、木材などを乾留（無酸素下で熱分解）することで水素や一酸化炭素などのガスから水素を分離精製する技術、食品廃棄物を可溶化した後、発酵することで水素を生成する。乾留技術については、バイオマスの回収コストを含めたコスト低減が課題となる。

（５）水の熱分解

ヨウ化水素や臭化水素などを介して、間接的に水の熱分解を行うことで、水素を製造する技術である。現在、研究が進められている技術であり、日本においては、水にヨウ素と酸化硫黄を反応させてヨウ化水素と硫酸を合成し、ヨウ化水素の熱分解で水素を、硫酸の熱分解で酸素を生成する硫黄-ヨウ素サイクル（IS サイクル）が考えられている。水の熱分解のサイクルは他にも提案されており、臭素、酸化鉄を用いたサイクル（UT-3 サイクル）や硫化酸素、硫酸を用いたサイクル（ハイブリッドサルファーサイクル）などがある。

（６）メタン熱分解

メタンを 800～900℃程度で直接分解することで固体炭素と水素とに分離して水素を製造する技術である。二酸化炭素を排出しないターコイズ水素として期待されており、触媒や反応器などの研究開発が行われている。また、生成される炭素は高純度であるため、工業材料として活用することも検討されている。

（７）光触媒

酸化物や窒化物などの半導体粒子の光触媒を利用し、太陽光により水を水素と酸素に分解して水素を生成する技術である。研究事例としては、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO、以降、NEDO とする）の人工光合成プロジェクトにおいて、人工光合成化学プロセス技術研究組合と NEDO は、水素・酸素ガス分離モジュールと太陽光水分解光触媒パネル反応を組み合わせたソーラー水素製造の実証実験や半導体光触媒の開発を行っている。

２．アンモニア製造技術

ハーバー・ボッシュ法は、アンモニア製造技術として確立されており、100 年以上の歴史がある。しかし、窒素と水素を高温高圧下で反応させているため、二酸化炭素が多く発生されやすい。また、再生可能エネルギーの電力を利用して水電解によって製造した水素を利用する場合、供給される水素は、低温低圧かつ供給量が変動するため、高温高圧下かつ一定の水素供給量を必要とするハーバー・ボッシュ法に適用するには不適である。そのため、低温低圧かつ供給量変動のある水素にも対応できるアンモニア合成プロセスの新規開発が必要となる。

ハーバー・ボッシュ法に代わる技術を開発すべく、アンモニア合成プロセスの研究が多様に行われている。例えば、アンモニア電解合成、光触媒、金属錯体触媒、プラズマ法などである。以下に、アンモニア製造方法の技術概要を示す。

（１）ハーバー・ボッシュ法

ハーバー・ボッシュ法（HB 法、以降、HB 法とする）は 1913 年に確立され、ドイツの BASF により商業化された。HB 法は、水素と窒素を触媒存在下で以下のように反応させることでアンモニアを製造する。触媒としては鉄系触媒が使用されている。HB 法においては、高温高圧下で反応させている過程で、二酸化炭素が多く発生されるほか、原料の炭化水素を分解して水素を生成する過程においても二酸化炭素が排出されている。

$$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$$

HB 法よりも低温低圧下の条件でアンモニアを合成する触媒が研究開発されている。例えば、ルテニウム系触媒は、低温下でアンモニア合成することが 1970 年代に初めて報告された。ルテニウム系触媒は、大気圧下 300～400℃の条件で鉄触媒よりはるかに高い触媒活性を示すが、350℃以下の条件では水素による被毒の影響を受けるために、鉄系触媒よりもむしろ低い触媒活性を示すという欠点がある。したがって、水素との親和性が高いルテニウムのような金属を用いる場合、低温化における水素被毒が課題となる。

（２）アンモニア電解合成法

風力や太陽光などにより生成された再生可能エネルギーを活用できるのが、アンモニア電解合成法である。アンモニア電解合成法は、高温域（450℃以上）、中温域（100～450℃）及び低温域（100℃以下）の三つの温度領域で検討されている。高温域としては、ペロブスカイト型酸化物などの固体酸化物電解質を用いた例があり、電解質の安定性やアンモニア生成速度としては有利であるが、生成反応の熱化学的に不利である。低温域としては、電解質に固体高分子膜を用いた例が報告されているが、電解質にアンモニアが溶解・反応する問題が生じる。そのため、アルカリ交換膜を用いることも検討されているが、アンモニア生成速度に課題がある。中温域としては、酸素酸塩や溶融塩を用いた例があり、速度及び熱力学の両面から効率的なアンモニア合成として期待されている。

（３）光触媒

光触媒を用いてアンモニアを光電気化学的に合成する試みは古くから行われている。近年では、イリジウム光酸化還元触媒と水素供与体であるジヒドロアクリジンを用いた常温常圧下でのアンモニア合成が報告されている。

（４）金属錯体触媒

近年では金属錯体触媒、特に遷移金属窒素錯体を用いたアンモニア合成法が研究されている。1965年にルテニウムに窒素分子が配位した錯体が報告された後、モリブデンやタングステン等の窒素分子配位錯体を用いた常温常圧下でのアンモニア合成が報

告されている。

（５）プラズマ法

プラズマ法は、反応器を減圧した後、水素と窒素の混合気体を投入してマイクロ波を照射することでプラズマを生成しアンモニアを合成する方法である。HB法より多くのエネルギーを必要とするため、実用化するには大幅な効率向上が課題となる。

要約

第４節　技術概要（貯蔵・輸送・供給）

水素の貯蔵・輸送・供給に関する技術としては、以下の１．～２．のように水素をそのまま貯蔵・輸送する技術のほか、３．～６．のように水素を含む化合物によって貯蔵・輸送する技術がある。

１．圧縮水素

水素ガスを高圧で圧縮して運ぶ方法は、水素の輸送手段としてはもっとも多く用いられており、特に陸上で水素を輸送する場合、圧縮して輸送するのが一般的である。例えば、水素を燃料として走行する燃料電池自動車（FCV）は、高圧の水素を容器内部に保管しており、実験用などの小規模な利用が想定される水素は、高圧容器に保管された状態で販売されている。

２．液化水素

液化水素輸送も、大規模水素輸送では実績がある技術である。水素を液体で運ぶ場合、まずは水素が液体になるまで低温に冷却する必要がある。主な方法は、水素を気体のまま液化窒素などで冷却したあと、さらに圧縮→冷却→膨張を繰り返すことで液化するー253℃まで温度を低下させる。液化水素の体積は、常温・1 気圧の水素ガスと比べ 800 分の 1 程度になるため、同じ大きさの容器では圧縮水素より大量に水素を輸送できるメリットがある。

３．水素吸蔵合金

水素吸蔵合金は可逆的に水素と反応して金属水素化物を生成する。水素吸蔵合金が吸蔵可能な水素量は、水素吸蔵合金重量の 1～3%程度のものがほとんどであり、重量当たりの水素量は液化水素や圧縮水素よりも少なくなる。しかし、1%の水素吸蔵率であっても、圧縮水素や液化水素よりも体積当たりの水素量は多くなる。よって、輸送を伴わない水素貯蔵施設の貯槽などの用途に適しているといえる。なお、水素の吸蔵・放出を繰り返すと、水素脆化により水素吸蔵率が低下するなどの課題もある。

４．有機ハイドライド

有機ハイドライド輸送は、芳香族系有機化合物を水素キャリアとして用いるものである。水素の体積は、常圧状態に比べて 500 分の 1 程度となり、また、液体化するため、ケミカルタンカーやケミカルローリーを用いることができる。

複数の系があるが、安全性や利便性などの点からメチルシクロヘキサン＝トルエン系の実用化が進められている。この系は、常温常圧で安定した液体の汎用化学品であり、

貯蔵や輸送に特別な容器は不要で、水素のハンドリングが容易となる。この系では、脱水素化反応段階における転化率と寿命が課題であるが、耐久性が高く、選択性に優れた脱水素触媒が日本で開発され、実用化の見通しが立っている。

５．メタン、メタノール

水素を、生産活動などによって排出される CO_2 と反応させてメタン化（メタネーション）し、合成されたメタンを水素キャリアとして用いることが検討されている。メリットとしては、既存の天然ガスインフラを利用した貯蔵・輸送が可能であることが挙げられる。一方で、脱水素時のエネルギーの消費などが課題となっている[1,2]。

メタノールは基礎化学品として幅広い用途を持ち、近年ではメタノールからエチレンやプロピレンへ転換する用途が伸長する他、メタン同様、水素キャリアもしくはカーボンニュートラル燃料としても期待されている。カーボンニュートラル燃料としては、船舶燃料やボイラー燃料などのエネルギー用途への展開が期待されている[3]。

６．アンモニア

アンモニア（NH_3）は常温常圧では気体として存在する。アンモニアは 20℃で 0.86MPa まで加圧すれば液化し、液化することによって、コンパクトで容易に貯蔵や輸送が可能となる。液化したアンモニアは、液化アンモニア、もしくは液安と呼ばれる[4,5]。

第５節　技術概要（燃焼利用）

１．燃焼利用の概要

第３節で述べたように、水素やアンモニアを燃料とすることの主な利点として、水素やアンモニアは燃焼時に二酸化炭素排出がないことが挙げられる。一方で、水素を燃料とすることの課題として、火炎の温度が高いという水素の特性から、有害物質である窒化酸化物（NOx）の発生量が多くなる点や[6]、燃焼速度が速いという水素の特性から、燃焼が不安定になるという点が挙げられる[7]。また、アンモニアを燃料とすることの課題として、アンモニアの体積当たりの発熱量が軽油や重油の３分の１程度と小さい点[8]や、アン

---

[1] 資源エネルギー庁，「第２回国内メタネーション事業実現タスクフォース」，2022 年５月
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methanation_suishin/kokunai_tf/pdf/002_03_00.pdf

[2] 富山大学 阿部孝之，「水素キャリアとしてのメタン利用」，2017 年，
https://www.jst.go.jp/tt/west/list/detail/ao01.html

[3] 三井ガス化学，「「環境循環型メタノール構想」による脱炭素社会への取組み」，2017 年，
https://www.mgc.co.jp/corporate/news/2021/210330.html

[4] 日本肥料アンモニア協会，「アンモニアのご紹介」，http://www.jaf.gr.jp/ammonia.html

[5] 日経 XTECH，「水素社会は実は“アンモニア社会”、用途の広さで浸透」，2021 年１月，
https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/01513/00004/

[6] 中外炉工業　HP　バーナ・燃焼制御機器
https://chugai.co.jp/hydrogen-burner/

[7] 日本自動車輸送技術協会　技術解説
https://www.ataj.or.jp/technology/alternative_fuel_vehicle/alternative_fuel_vehicle6.html

[8] 令和２年(第２０回)海上技術安全研究所研究発表会　アンモニア混焼ディーゼルエンジンの現状と課題
https://www.nmri.go.jp/event/presentation/R2/lecture_13.pdf

モニアの着火温度が 651℃と高く、着火温度が 250～380℃である重油に比して難燃性である点などが挙げられる[1]。

２．容積型内燃機関

容積型内燃機関は、燃焼ガスの膨張を利用する内燃機関であり、主に自動車や船舶の動力として用いられる。容積型内燃機関は、燃焼によるエネルギーを直線運動に変換したのちに回転運動へ変換するレシプロエンジンと、燃焼によるエネルギーを直接回転運動へ変換するロータリエンジンと、に大別される。水素を燃料とする容積型内燃機関においては、筒内圧力を上回る高い圧力で筒内直噴できるインジェクタの開発が特に進められており[2]、アンモニアを燃料とする容積型内燃機関においては、燃焼率を向上させるための混合気の形成に関する開発が進められている。運転の工程の一部において燃焼がおこなわれるような間欠的な燃焼によって動作するため、一般に速度型内燃機関に比して熱効率が高い。

３．速度型内燃機関

速度型内燃機関は、燃焼ガスが高速で流れることを利用する内燃機関であり、主に航空機や船舶や発電機の動力として用いられる。速度型内燃機関は、燃焼ガスの流れによりタービンを回して回転エネルギーを得るガスタービン内燃機関と、燃焼ガスを噴射して直線的なエネルギーを得るジェット内燃機関と、に大別される。水素を燃料とするガスタービン内燃機関においては、三菱重工業や川崎重工業などが主に開発を進めている[3]。また、水素を燃料とするジェット内燃機関においては、日本の宇宙航空研究開発機構（JAXA）や欧州のエアバスが主に開発を進めている[4]。連続的な燃焼によって動作することから、大量の燃料を処理することができるため、一般に速度型内燃機関に比して高出力が得られる。

４．熱源

水素の燃焼による熱源は、バーナーやボイラー等に利用される。水素を熱源とするバーナーのメリットとして、水素ガスの持つ還元作用で対象物に酸化物が形成されにくいことが挙げられる[5]。

第６節　技術概要（燃料電池）

１．水素燃料電池

図 1-6-1 に各種燃料電池の原理を示す。

---

[1] ChallengeZero　アンモニア直接燃焼技術「舶用ディーゼルエンジンへの適用」
https://www.challenge-zero.jp/jp/casestudy/74

[2] JSAE ENGINE REVIEW　水素エンジン
https://www.jsae.or.jp/engine_rev/backnumber/11-08/11-08-02.html

[3] 水素を取り巻く国内外情勢と水素政策の現状について
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/energy_structure/pdf/014_04_00.pdf

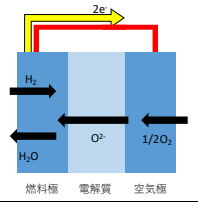
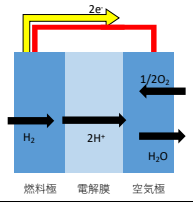
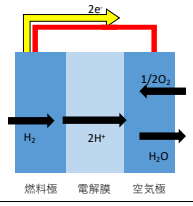
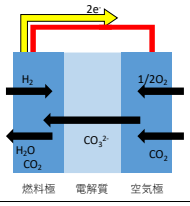
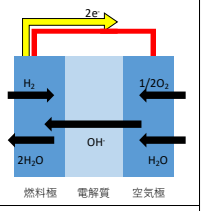
[4] 次世代の航空機エンジン、文科省とＪＡＸＡが開発へ…水素燃料で CO_2 排出ゼロ
https://www.yomiuri.co.jp/science/20220217-OYT1T50253/

[5] 水素ガスバーナー用途事例　ロー付け
https://premium.ipros.jp/sunwell/product/detail/2000235568/

水素燃料電池は、燃料の供給方式によって大きく 2 種類に分類される。1 つは純水素ガスを直接供給するもの、もう 1 つは水素原子を含む化合物ガスを供給し、燃料電池の上流に配置された改質器によって水素ガスに改質されたものを燃料電池に供給するものである。

また、燃料電池は電解質の種類によって大きく 5 種類に分類される。5 種類とは、主に水酸化カリウム水溶液を電解質とするアルカリ形燃料電池（AFC）、主にフッ素樹脂系のイオン交換膜を電解質とする固体高分子形燃料電池（PEFC）、リン酸を電解質とするリン酸形燃料電池（PAFC）、溶融した炭酸塩を電解質とする溶融炭酸塩形燃料電池（MCFC）、イオン伝導性セラミックを電解質とする固体酸化物形燃料電池（SOFC）を指すが、その他にも微生物を用いるバイオ燃料電池なども存在する。

図 1-6-1　各種燃料電池の原理

種類		固体酸化物形 (SOFC)	固体高分子形 (PEFC)	りん酸形 (PAFC)	溶融炭酸塩形 (MCFC)	アルカリ形 (AFC)
電解質		セラミック	陽イオン交換膜 (フッ素樹脂系)	リン酸	リチウム・カリウム炭酸塩 リチウム・ナトリウム炭酸塩	水酸化カリウム水溶液
作動温度		600～1000℃	60～120℃	190～200℃	600～700℃	50～150℃
使用可能燃料		都市ガス、LPガス、石油、メタノール、石炭ガス、純水素、等				純水素
動作原理						
反応式	燃料極	$O_2^- + H_2 \rightarrow H_2O + 2e^-$	$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$	$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$	$CO_3^{2-} + H_2 \rightarrow H_2O + CO_2 + 2e^-$	$H_2 + 2OH^- \rightarrow 2H_2O + 2e^-$
	空気極	$1/2O_2 + 2e^- \rightarrow O_2^-$	$1/2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$	$1/2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$	$1/2O_2 + CO_2 + 2e^- \rightarrow CO_3^{2-}$	$1/2O_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^-$
	全体	$H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$	$H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$	$H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$	$H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$	$H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$
主な用途		・家庭用(小規模発電) ・産業・業務用 ・可搬用 ・事業用(大規模発電)	・家庭用(小規模発電) ・携帯・可搬用 ・車載用	・産業・業務用 ・事業用(大規模発電) ・非常電源用	・産業・業務用 ・事業用(大規模発電) ・非常電源用	・宇宙開発等特殊用途

出典：各種燃料電池の原理　HP を基にを基にトヨタテクニカルディベロップメント株式会社にて作成[1]

アルカリ形燃料電池（AFC）は、炭化水素系の燃料から改質した水素を燃料とする場合にはアルカリ性電解液が炭酸塩を生じて劣化してしまうため、純水素ガスを燃料として使用することが望ましい。酸化剤についても同様に二酸化炭素を含む空気を使用すると劣化してしまうことから、純水素、純酸素を用意する必要がある。燃料と酸化剤の制約を除けば最もシンプルな構造であるため、空気の取り込みができない宇宙空間での用途として検討されることが多い燃料電池である。

固体高分子形燃料電池（PEFC）は、起動が早く、運転温度も他の燃料電池と比較すると低い温度であるため、燃料電池自動車や家庭用コジェネレーション装置など様々な用途で用いられる燃料電池である。ただし、水素を燃料とする場合には触媒材料として白金を使用する必要があるため、高コストが課題として挙げられることが多い。

リン酸形燃料電池（PAFC）は、電解質が酸性であることから高純度の水素を燃料として使用する必要がなく、液化天然ガス（LNG）、液化石油ガス（LPG）、ナフサ、メタノール

[1] 各種燃料電池の原理と特徴
https://www.jema-net.or.jp/Japanese/res/fuel/images/syurui_01.pdf

等を改質した水素リッチガスを燃料電池として使用することができる。PEFC と同様に触媒材料として白金を使用する必要がある。既にオンサイト型コジェネレーションシステムとして 100/200kW 級のものが実用化されている。

溶融炭酸塩形燃料電池（MCFC）は、純水素のみならず天然ガスや石炭ガスを燃料とすることが可能な燃料電池である。動作温度は 600～700℃と比較的高温であるが、触媒材料として白金などの貴金属を使用する必要がなく、一酸化炭素による被毒の心配がない点が利点として挙げられる。コジェネレーションシステムとして下流に蒸気タービンを設置することで更なる発電効率の上昇を見込むこともできるが、耐久性に課題が残る。

固体酸化物形燃料電池（SOFC）は、動作温度が 700～1,000℃と非常に高いため、発電と同時に給湯を行うコジェネレーションシステムで用いられることが多い燃料電池である。MCFC などと同様に触媒材料として白金などの貴金属を使用する必要はないが、前述の通り高温で動作することから耐熱性材料でスタックを形成する必要があり、起動にかかる時間も長いことから燃料電池自動車などの ON/OFF を頻繁に行う発電システムには不向きとされている。

２．アンモニア燃料電池

アンモニア燃料電池は、改質器を介することなく水素以外の燃料であるアンモニアを供給する形式となるため、種類としては直接形燃料電池（DFC）に分類される。

３．燃料電池の研究開発における論点

燃料電池の将来的な市場拡大が予測される中、どのような論点で研究開発が進められているのかを記載する。

（１）高効率発電技術開発

高効率発電技術開発においては、貴金属使用量を低減させた高活性触媒や高プロトン伝導性電解質等の開発によるセル電圧の向上、燃料利用率の高いモノジェネレーション技術など、高効率発電を実現するための技術開発が求められる。

（２）高負荷運転開発

高負荷運転開発においては、貴金属使用量を低減させた高活性触媒、高酸素透過性アイオノマの開発等、電解質膜やアイオノマのプロトン伝導性向上など、高負荷運転を実現するための技術開発が求められる。

（３）高耐久起動停止等技術開発

高耐久起動停止等技術開発においては、高電位やその繰り返しに高い耐性を有する貴金属使用量を低減させた触媒、担持体や電解質等の開発、新規の耐熱構造・材料の開発など、電位変動や熱衝撃に安定な、起動停止に耐久性を有する技術開発が求められる。

（４）極限環境下劣化防止等技術開発

極限環境下劣化防止等技術開発においては、白金触媒溶出及び凝集の抑制、安定な非白金触媒、酸素還元反応活性が低く且つ水素酸化反応活性が高い触媒、高耐久な電解質及びセパレータ、ガスリーク抑制、高温・高圧運転に耐えうる材料、被毒体制の高い触媒など、高温・高電位・低 pH 等の厳しい環境下における劣化防止技術の開発が求められる[1]。

[1] NEDO, 2022 年度「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100182.html

第２章　市場動向調査

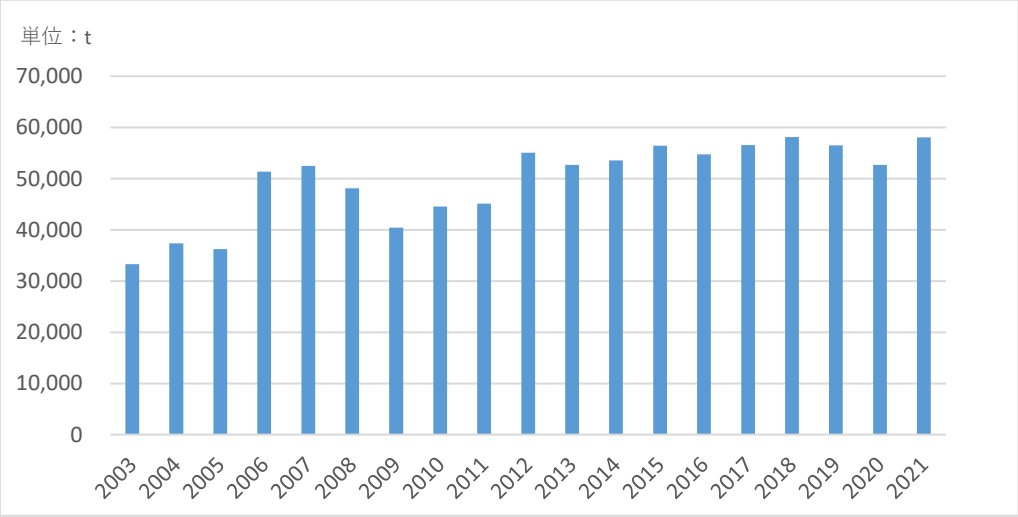
第１節　水素・アンモニアの市場動向

１．製造

（１）水素製造の現況

水素は、これまで、主に石油製品製造の石油精製プロセスにおける脱硫や水素化分解などの工業用途で利用されてきたが、近年ではエネルギー用途としての期待が高まっている。水素に関する技術としては、例えば、燃料電池自動車、定置用燃料電池等の燃料電池技術や液体水素やメタン、有機ハイドライド等の水素貯蔵・輸送技術、水素ガスタービンなどの水素利用技術がある。日本における水素製造量を図 2-1-1 で示す。日本の水素製造量は、2003 年からは増加しているものの、直近は横ばいである。

図 2-1-1　日本における水素製造量推移

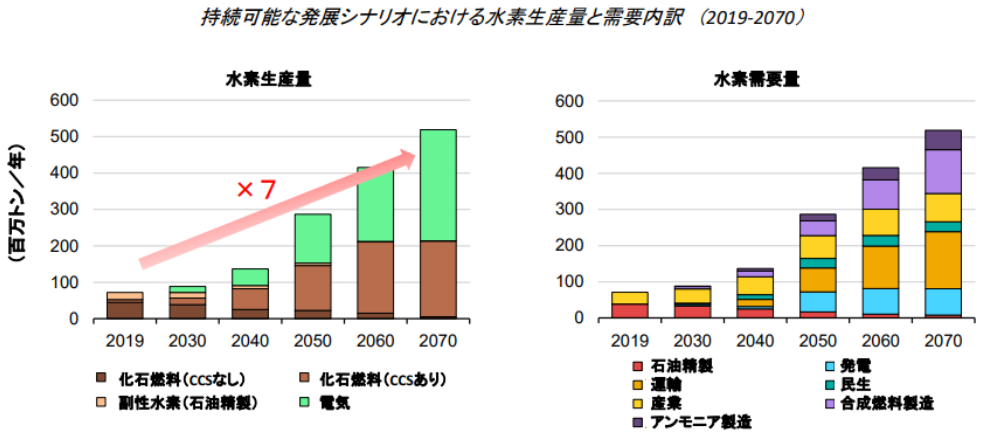


出典：経済産業省生産動態統計年報（2021 年報）を基にトヨタテクニカルディベロップメント株式会社にて作成

（２）水素の将来の需要予測

国際エネルギー機関（International Energy Agency、以降、IEA とする）が発表した持続可能な開発シナリオにおける水素生産量と水素需要量の内訳を図 2-1-2 に示す。水素生産量および水素需要量は、増加していく見込みであり、2070 年には約 5.2 億トンの需要となる予測をしている。水素製造に関しては、現在の主流となる、二酸化炭素回収・有効利用・貯留（Carbon dioxide Capture Utilization and Storage、以降、CCUS とする）を考慮しない化石燃料改質や副生水素で製造した水素製造は減少し、CCUS を組み合わせた化石燃料改質や再生可能エネルギーを活用した水分解などの二酸化炭素を排出しない水素製造が主流になっていくと考えられている。また、水素の需要に関しては、石油精製や産業以外にも、運輸、合成燃料製造、発電等の用途が増加することから、様々な用途で水素が活用されていくと考えられている。

図 2-1-2　IEA 発表の世界の水素生産量および水素需要量



出典：資源エネルギー庁　今後の水素政策の課題と対応の方向性中間整理（案）　IEA　Energy Technology　Perspectives　2020 のデータを基にトヨタテクニカルディベロップメント株式会社にて作成

（３）水素製造のキープレーヤー

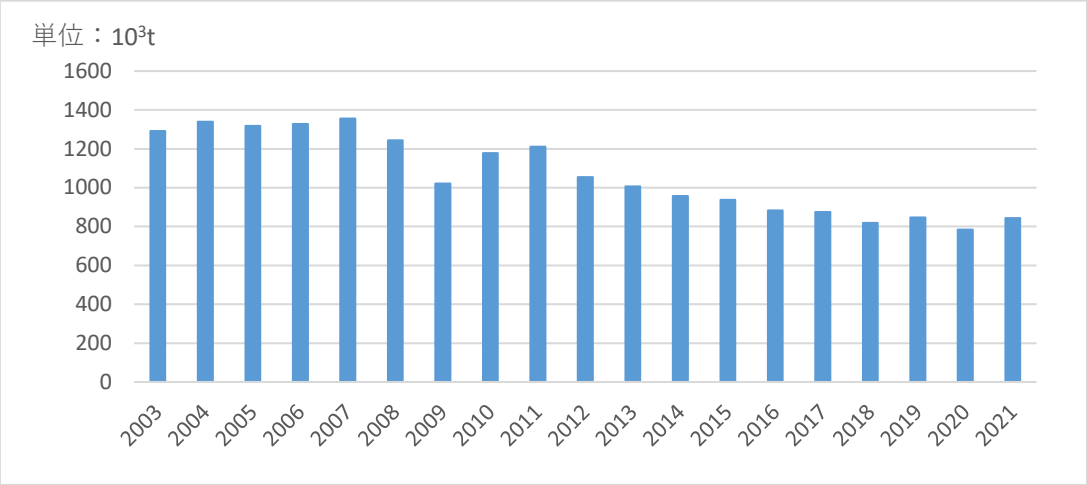
水素製造において、現在主流とされている製造方法である化学燃料改質は、ハイドロエッジ、エア・ウォーター、三菱化工機、大阪ガス、住友精化（ここまで日本国籍）、エアリキード（フランス国籍）、リンデ(ドイツ国籍)、エアプロダクツ（米国籍）などによって実施されている。また、苛性ソーダ製造による副生水素は、岩谷瓦斯（日本国籍）などによって実施されている。また、将来的に実用化が期待される水素製造方法である水電解の日本のキープレーヤーとしては、大規模アルカリ水電解装置の研究開発を行っている旭化成や日揮ホールディングス、大規模高固体分子形水電解装置の研究開発を行っている東レ、日立造船、東京電力のほか、高固体分子形水電解メーカーの神鋼環境ソリューション、高温水蒸気電解の東芝エネルギーシステムズなどが挙げられる。水電解の海外のキープレーヤーとしては、アルカリ水電解では、Hydrogenics（カナダ国籍）、ネル（ノルウェー国籍）、固体高分子形水電解では、ITM power（イギリス国籍）、Proton Energy Systems(米国籍)、シーメンス（ドイツ国籍）などが挙げられる。光触媒やバイオマス、水やメタンの熱分解に関して、研究事例はいくつかあるが、基礎研究段階であるため、キープレーヤーとなる企業は見当たらない。

（４）アンモニア製造の現況

アンモニアは、肥料として約 8 割消費され、残りが工業用として使用されている。具体的に工業用途としては、硝酸などの基礎化学品、ナイロン繊維などの原料として広く利用されている。

日本におけるアンモニア製造量を図 2-1-3 に示す。日本では、2003 年以降のアンモニア製造量を見ると、緩やかな減少傾向が見られる。これは硝酸などの需要低迷が関係していると思われる。

図 2-1-3　日本におけるアンモニア製造量



出典：経済産業省生産動態統計年報（2021 年報）を参考にトヨタテクニカルディベロップメント株式会社にて作成

（５）アンモニアの将来の需要予測

アンモニアは肥料や工業用途のみならず、水素と同様、近年ではエネルギー用途としての期待が高まっている。アンモニアの燃焼利用は 1960 年代から研究されてきたが、燃焼が安定しない、燃焼時に窒素酸化物や未燃アンモニアが発生するなどの欠点があったため、実用化はされてこなかった。水素キャリアとしてのアンモニア研究が進められている中で、アンモニアを燃料として直接用いる研究も進められた。例えば、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の一つ「エネルギーキャリア」ではアンモニアの直接燃焼が研究開発のテーマの一つとなっており、産総研再生可能エネルギー研究所（産総研、以降、産総研とする）では 2014 年に 50kW 級アンモニア・灯油混焼マイクロガスタービンによる発電、2015 年にはアンモニア・メタン混焼、アンモニア専焼発電に世界ではじめて成功した[1]。また NEDO は、アンモニアを混焼した火力発電のバーナーの安定燃焼と NOx 排出量の抑制に成功した。

また、燃料アンモニアの導入と活用拡大を図るため、日本では、2019 年に一般社団法人クリーン燃料アンモニア協会、2020 年に燃料アンモニア導入官民協議会を設立した。アンモニア導入官民協議会の 2021 年中間とりまとめ[2]では、2030 年には、現在の生産量の約 3 倍になる年間 300 万トン、2050 年には国内で年間 3,000 万トンのアンモニア需要を想定している。したがって、将来的に、アンモニアは、燃料アンモニアとしての需要が増加すると考えられる。

（６）アンモニア製造のキープレーヤー

日本におけるアンモニア製造プレーヤーとしては、レゾナック、宇部興産、日産化学、三菱ガス化学、三井化学、東洋エンジニアリングが挙げられる。また、海外におけ

[1] 東北大学「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）終了報告書 アンモニア直接燃焼」 https://www.jst.go.jp/sip/dl/k04/end/team6-0.pdf

[2] アンモニア導入官民協議会 「アンモニア導入官民協議会 中間とりまとめ」（2021 年 2 月） https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/nenryo_anmonia/pdf/20200208_1.pdf

るアンモニア製造プレーヤーとしては、KBR（米国籍）、BASF（ドイツ国籍）といった企業やグリーン水素利用のアンモニア製造を研究開発している Hydrogenics（カナダ国籍）、ネル（ノルウェー国籍）、ITM power（イギリス国籍）、ティッセンクルップ（ドイツ国籍）、TOPSOE（デンマーク籍）、CASALE（スイス籍）などがプレーヤーとして挙げられる。アンモニア製造方法における常套手段であるハーバーボッシュ法以外の製法を活用した新規プロセスについては、研究事例がいくつかあるが、現時点では実用化に至ってない。

TOPSOE やティッセンクルップ、CASALE といった一部の欧州企業は、アンモニア製造について消耗部材提供やメンテナンスサービス提供によるビジネスやライセンスビジネスを展開している。例えば、アンモニア製造のライセンサーである TOPSOE においては、他社にアンモニア製造の技術提供を行っており、アンモニア製造設備の消耗部品交換やメンテナンスなどのサービスを提供するビジネスを行っている[1,2]。

２．貯蔵・輸送・供給

（１）水素の貯蔵方法、輸送方法

水素は体積あたりのエネルギー密度が低く（天然ガスの 3 分の 1 程度）、これをどのような手段で高い密度に維持しつつ、貯蔵・輸送するかが課題となる。これに加え、水素の製造方法や利用方法、供給地と需要地の距離などによって、様々な貯蔵・輸送方法が検討されている。

水素の輸送分野では、すでに高圧ガス輸送、液化水素輸送が実用化されており、これに加えて新規の輸送技術として有機ハイドライド輸送の実証試験が行われている[3]。水素の貯蔵分野では、燃料電池自動車のようなスペースに制限のある用途に対しては、体積エネルギー密度が高い水素吸蔵合金の活用も期待されるが、現状ではまだ研究開発段階であり、一層の低コスト化が必要とされている。日本では、将来において水素発電事業などの用途で大量の水素需要が生じることも想定されるため、世界的な水素供給チェーンの構築・実用化が期待されている[4]。

（２）水素の貯蔵・輸送におけるキープレーヤー

液化水素、有機ハイドライドによる海外からの水素の長距離輸送・貯蔵技術については、海外でも商用化の例が無い中で、川崎重工業、千代田化工建設といった日本企業が世界に先行して技術開発を進めている[5]。

---

[1]TOPSOE 「UCC Shchekinoazot successfully operates IMAP™ methanol and ammonia co-production plant for two years」
https://www.topsoe.com/press-releases/operates-imap-methanol-ammonia-plant?hs_amp=true
[2]TOPSOE 「Services | Topsoe」
https://www.topsoe.com/our-resources/knowledge/our-services
[3] NEDO, 世界初、水素を輸送する国際実証試験を本格開始,
https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101322.html
[4] 新エネルギー・産業技術総合開発機構（2014）,NEDO 水素エネルギー白書 2014,
https://www.nedo.go.jp/content/100567362.pdf
[5] NEDO,水素分野の技術戦略策定に向けて, 2015 年 10 月,
https://www.nedo.go.jp/content/100763658.pdf

（３）アンモニアの貯蔵方法、輸送方法

液化アンモニアは海外で多く製造され、多目的 LPG 船、LPG/LAG 船により国内へ輸送されており、現時点では主に 2.5 万トン型、2 万トン未満型による輸送が中心である。

現在、生産されているアンモニアは大半が肥料として利用されており、燃料アンモニアの需要拡大に対応するためには、製造設備の拡大に加え、貯蔵・輸送分野における大規模化や高効率化も必要である[21]。

（４）アンモニアの貯蔵・輸送におけるキープレーヤー

国内企業でのアンモニアの貯蔵・輸送におけるキープレーヤーとして、貯蔵タンクの設計・建設を手掛ける IHI[1]、液化アンモニア容器やローリーの製造を手掛ける岩谷産業[2,3]、液化アンモニアのローリー車の保有台数日本一の楠原輸送[4]、輸送船の運行を手掛ける商船三井[5]・三菱造船[6]・日本郵船[7]がある。

（５）水素ステーションの普及

水素ステーションは、ガソリン車がガソリンスタンドで燃料を補給するように、燃料電池自動車へ燃料となる水素を補給する場所である。水素ステーションは水素の供給方法等の違いによって、3 つの種類がある。1 つ目は、オンサイト方式で、水素ステーション内で、都市ガスや LP ガス等からの水素製造、燃料電池自動車向けの水素の充填販売までを行う。2 つ目は、オフサイト方式で、外部で製造された水素を調達・購入し、燃料電池自動車向けの水素充填・販売を行う。3 つ目は、移動式で、トラックの荷台に水素充填装置を搭載する水素ステーションである[8]。

国内の水素ステーションの普及数として、2022 年 5 月時点では、オンサイト方式が 29 か所、オフサイト方式が 94 か所、移動式が 38 か所に整備されている。また、国内における水素ステーションのキープレーヤーとして水素ステーションの整備・運営を行うエネオスや岩谷産業、東京ガス、大阪ガス、エアリキードなどが挙げられる[9]。さらに、水素ステーションの整備・運営を行うインフラ事業者、自動車メーカー、金融投

---

[1] IHI，アンモニアの大規模サプライチェーンの実現に向けた，アンモニア受入・貯蔵技術の拡充による大型アンモニア受入基地の開発を開始，
https://www.ihi.co.jp/ihi/all_news/2021/resources_energy_environment/1197535_3345.html

[2] 岩谷産業，産業ガス-取扱産業ガス-アンモニア，https://industry.iwatani.co.jp/industrial-gas/lineup/247/

[3] 岩谷産業，ローリー（低温液化ガス輸送車），https://industry.iwatani.co.jp/gas-equipment/lineup/ce-lorry/#id-gas-equipment-293

[4] 楠原輸送，トラック輸送，https://www.kusuhara.co.jp/service/track/

[5] 商船三井，注目されるアンモニア 知っておきたい 5 つの事，https://www.mol-service.com/ja/blog/ammonia

[6] 三菱造船，三菱造船、「アンモニア・液化 CO_2 兼用輸送船」のコンセプトスタディーを完了アンモニアと LCO_2 の輸送需要増に対応，https://www.mhi.com/jp/news/22041801.html

[7] 日本郵船，アンモニア燃料国産エンジン搭載船舶の社会実装に向けた実証事業を開始，
https://www.nyk.com/news/2021/20211026_03.html

[8] JHyM,日本水素ステーションネットワーク合同会社，水素ステーションの概要，
https://www.jhym.co.jp/station/

[9] 一般社団法人次世代自動車振興センター，水素ステーション整備状況（2022 年 5 月時点），
http://www.cev-pc.or.jp/suiso_station/index.html

資家等によって、2018 年 2 月に日本水素ステーションネットワーク合同会社（JHyM）が設立された[1]。

（６）貯蔵に関する日本の法規制等

・水素に関する法規制等について[2]

水素は、高圧ガス保安法において「第二種ガス」、「可燃性ガス」、「高圧ガス（状態による）」に該当する。表 2-1-1 は、水素の取扱いに関し、特に留意すべき法規制等を水素サプライチェーンの流れに沿って記載した表である。水素の取扱いに関する法規制等は常に見直しが行われていることから、最新の法規制等を適宜確認する必要がある。

表 2-1-1　貯蔵・輸送・供給における水素の法規制等一覧

貯蔵・輸送・供給における水素サプライチェーンの流れ		規制の名称
①施設の設置	水素を製造・貯蔵するにあたっての届出/許可の要否	高圧ガス保安法
		危険物の規制に関する政令
	水素を取り扱う際の換気対策	労働安全衛生法
	水素を取り扱う際の防災対策	石油コンビナート等災害防止法
	水素ステーション等の設備設置に関する地域制限	建築基準法
		港湾法
	水素を取り扱う港湾の施設の建設等	港湾法
②海上輸送	船舶を用いた海上輸送	船舶安全法
		港則法
③貯蔵	タンクを用いた貯蔵	一般高圧ガス保安規則
		倉庫業法施行規則
④供給	陸上輸送での供給	道路法
	水素ステーションを活用した供給（改質装置を含む）	高圧ガス保安法、危険物の規制に関する規則

出典：国土交通省　カーボンニュートラルポート（CNP）形成に向けた検討会 関係法令等を基にトヨタテクニカルディベロップメント株式会社にて作成

・アンモニアに関する法規制等について[3]

アンモニアは水素同様、高圧ガス保安法において「第二種ガス」、「可燃性ガス」、「高圧ガス（状態による）」、一般高圧ガス保安規則において「毒性ガス」等に該当するため、これらの法律または規則による規制が適用される。一方で、アンモニアは労働安全衛生法においては「特定化学物質」、毒物及び劇物取締法においては「劇物」等として指定され、これらの法律による規制も適用される。アンモニアの取扱いに関して特に留意すべき法規制等をサプライチェーンの流れに沿ってまとめた結果を表 2-1-2 に示す。アンモニアの取扱いに関する法規制等は常に見直しが行われているこ

[1] JHyM（日本水素ステーションネットワーク合同会社），JHyM について，https://www.jhym.co.jp/nav-about/

[2] 国土交通省，カーボンニュートラルポート(CNP)形成に向けた検討会 関係法令等，https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001447259.pdf

[3] 国土交通省，カーボンニュートラルポート(CNP)形成に向けた検討会 関係法令等，https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001447259.pdf

とから、最新の法規制等を適宜確認する必要がある。

表 2-1-2　貯蔵・輸送・供給におけるアンモニアの法規制等一覧

貯蔵・輸送・供給におけるアンモニアサプライチェーンの流れ		規制の名称
①施設の設置	アンモニアを製造・貯蔵するにあたっての届出/許可の要否	高圧ガス保安法
	アンモニアを取り扱う際の換気対策	労働安全衛生法
	アンモニアを取り扱う際の防災対策	石油コンビナート等災害防止法
		危険物の規制に関する政令
	アンモニア供給設備の設置	建築基準法
		港湾法
		消防法
		労働安全衛生法 特定化学物質障害予防規則
		毒物及び劇物取締法
		悪臭防止法
	アンモニアを取り扱う港湾の施設の建設等	港湾法
②海上輸送	船舶を用いた海上輸送	船舶安全法
		消防法
		危険物の規制に関する政令
		危険物の規制に関する規則
		港則法
③貯蔵	タンクを用いた貯蔵	消防法
		一般高圧ガス保安規則
		倉庫業法施行規則
④供給	陸上輸送での供給	道路法
		道路法施行令
		道路法施行規則

出典：国土交通省　カーボンニュートラルポート（CNP）形成に向けた検討会 関係法令等を基にトヨタテクニカルディベロップメント株式会社にて作成

３．燃焼利用

（１）水素の用途

水素の利用量は 2019 年から増加傾向にある。図 2-1-4 は、国際輸送における世界のエネルギー消費と CO_2 排出量との関係性を示す図である。当該図に示す通り、国際輸送の場面においては水素の利用割合を拡大していくことで CO_2 を削減するシナリオが公開されており今後も利用量は拡大していくことが予想される。

水素の燃焼利用先には容積型内燃機関（エンジン）、速度型内燃機関（タービン）、ボイラー、工業炉などがあげられる。容積型内燃機関（エンジン）は主に乗用車や商用車、トラック、船舶やロケットに用いられているエンジンである。乗用車や商用車向けの水素エンジンの開発は、日欧において民間主導で進められている[1,2,3]。速度型内燃機関（タービン）は火力発電やジェット機に用いられているタービンである。ボイラ

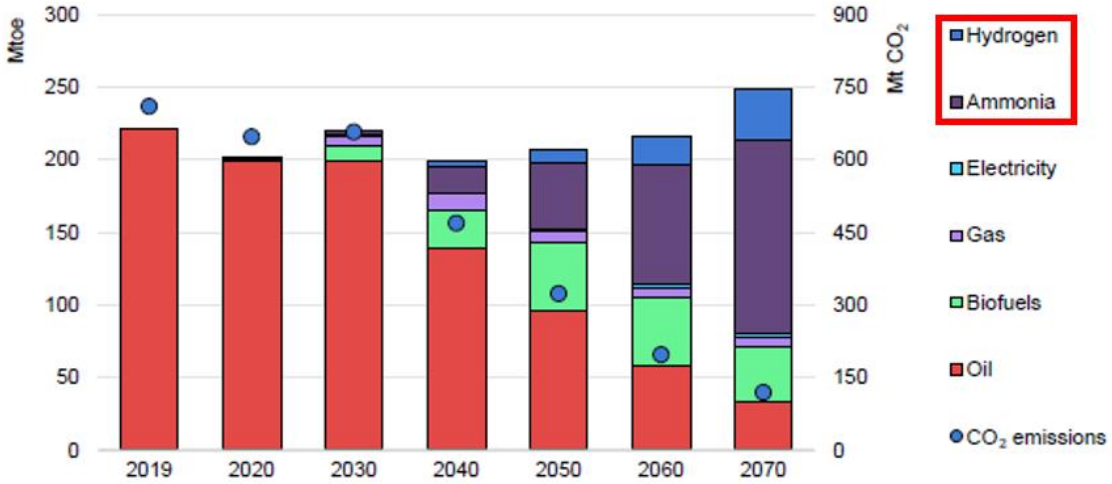
[1] トヨタ、モータースポーツを通じた「水素エンジン」技術開発に挑戦
https://global.toyota/jp/newsroom/corporate/35209944.html
[2] EV 重視の欧州、水素エンジン真っ盛りの不思議
https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/00138/060700814/
[3] BMW などのコンソーシアム、トラック用水素エンジンの開発に着手
https://www.jetro.go.jp/biznews/2022/10/7914c5b85a9bd257.html

ーは火力発電、コジェネレーションや工業用の熱源として用いられているボイラーである。工業炉は金属や硝子等を加工する工場に用いられる工業炉である。

（２）アンモニアの用途

燃料としてのアンモニアの利用量は近年増加傾向にある。前出の図 2-1-4 に示す通り、国際輸送の場面においては水素と共にアンモニアの利用割合を拡大していくことで CO_2を削減するシナリオが公開されている。消費されるエネルギー全体に対するアンモニアの目標消費割合は水素よりも大きく設定されており水素以上に利用量が拡大していくことが予想される。アンモニアの燃焼利用先にはエンジン、タービン、ボイラー、工業炉などが挙げられる。エンジンは主に船舶に用いられているエンジンである。タービンは火力発電やジェット機に用いられているタービンである。ボイラーは火力発電、コジェネレーションや工業用の熱源として用いられているボイラーである。工業炉は金属や硝子等を加工する工場に用いられる工業炉である。

図 2-1-4　IEA 発表の CO_2削減シナリオ



出典：IEA　Energy　Technology Perspectives2020

第２節　燃料電池の市場環境

１．燃料電池の用途（エネファーム、FCV）

燃料電池の用途は、主に以下の用途がある。

・産業・業務用
・家庭用（エネファーム）
・燃料電池車（FCV）
・駆動用（フォークリフト、バス、トラック・商用車）
・ポータブル/バックアップ用、携帯機器用

２．FCV の市場規模

FCV の市場は、2018 年度が約 210 億円であり、2030 年度には約 89.8 倍の 1 兆 9,031 億円に大きく伸長することが予測されている。[1]

[1] 燃料電池システムの世界市場. https://www.enplanet.com/Ja/Market/Data/y263.html

2020 年に販売されたトヨタ自動車の新型「MIRAI」や現代自動車の「NEXO」の販売が好調であり、今後は中国や欧州の自動車メーカーの参入が市場拡大のポイントとされている。各自動車メーカーの量産技術・体制が確立されることにより FCV の価格水準が下がるとみられる。2025 年度以降、世界的な脱炭素化の動きと環境規制などの政策を受けて、FCV の急速な普及が予想される。水素インフラの整備が進む日本や欧州、米国、中国、韓国を中心に市場は大きく拡大することが予測される。また FCV のほか、燃料電池トラック（FC トラック、以降、FC トラックとする）や燃料電池バス（FC バス、以降、FC バスとする）、船舶や鉄道、ドローンなどで燃料電池の利活用が進むことが予測され、さらなる市場成長が期待されている[1]。

３．国別・企業別の市場シェアの情報

2018 年度の見込みでは北米が市場の約 5 割を占めていたが、2030 年度にはアジアが市場の 4 割以上を占めることが予測されている。市場が大きく拡大しているアジア（中国）、欧州では、FC トラック・バスの市場が活性化している。特に中国では、普及目標が掲げられ、FC バス・トラックの普及が加速し、市場をけん引するとみられる[2]。

第３節　標準化動向

１．水素関連技術

水素関連技術の国際標準を議論する ISO/TC197 がある[3]。ISO/TC197 は、エネルギー利用を目的とした水素の製造、貯蔵運搬、測定及び利用に関するシステム・装置に関わる標準化を推進している。ISO/TC197 の議長は 2021 年まではカナダであったが、2022 年 1 月～2024 年 12 月までの期間における議長は日本である。

日本は、2023 年 2 月現在、水素ステーション関連を含む複数の国際標準を新規提案している。その中には、日本企業の高い技術力が生かされている事例もある。例えば、髙石工業が販売する水素のリーク防止用 O リングは、米国や欧州の水素ステーションでも採択されている。さらに、高圧水素ガスを充填するためのディスペンサーについては、安全性能に係る構造要件等の試験について、日本メーカーの意見を直接取り入れることを試みている。

また、2022 年から ISO/TC197 に新たな分科委員会が設置され、燃料電池自動車や水素ステーションに加えて、大量輸送・貯蔵、サプライチェーン、商用車、鉄道、船、航空機等に係る水素関連テーマを取り扱うことが予定されている。サプライチェーンの構築に向けた日本の標準化の取組として、川崎重工業の液化水素用ローディングアームの例が挙げられる。現在、国が技術開発支援を行い、ISO における標準化作業に向けた取組が行われている。

燃料電池自動車、特に大型車の車載水素タンクに関しては、国連の協定規定第 134 号（UNR134）の改正およびこれに伴う国内法令（一般高圧ガス保安規制等）の改正に

[1] 2021 年版 燃料電池関連技術・市場の将来展望 プレリリース. https://www.fuji-keizai.co.jp/file.html?dir=press&file=22013.pdf&nocache

[2] 拡大する燃料電池システム市場、2030 年度は 5 兆円規模か――富士経済予測. https://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1901/23/news048.html

[3] ISO/TC197　Hydrogen technologies https://www.iso.org/committee/54560.html

より、2022 年 6 月以降、充填可能期限が 15 年から 20 年まで延長される。そのため、それに見合うだけの耐久性を保持したタンクを提供することが製造会社の使命となり、さらなる耐久性が求められることになる[1]。

２．アンモニア関連技術

燃料アンモニアの利用を広く普及させるためには、アンモニア品質の差異や輸送方法の相違をなくし、誰もが同条件でアンモニアを取り扱う環境があることが望ましい。そのため、国際的な基準の策定を進めることが重要とされている。クリーン燃料アンモニア協会では、基準に関するワーキンググループを立ち上げ、基準内容について検討を進めている。同協会は、例えば、燃料アンモニアの活用を進めていく上で、水分濃度やアンモニア純度などの燃料アンモニアの仕様や燃料アンモニアの輸送方法の基準を検討しており、燃料アンモニアの混焼・専焼に関する技術の安定化や不正燃料の販売防止を狙っている。また、同協会は、他国でもアンモニア混焼技術が導入されるように、燃焼時の窒素酸化物排出や評価方法の基準を検討している。同協会は、これらの基準が、国際的に採用され、日本の国際競争力の向上に繋げることを目指している。

３．燃料電池関連技術

燃料電池発電システムの国際標準化は IEC/TC105 にて行われており、ここでは様々なタイプの燃料電池についての審議が行われている。審議対象となる燃料電池は、例えば、家庭用燃料電池、産業用燃料電池、定置 FC システム、移動体の推進に使用される燃料電池、レンジエクステンダー、補助電源ユニット、ポータブル燃料電池、マイクロ燃料電池、フローバッテリーシステムと水電解モード燃料電池によるエネルギー貯蔵システムが含まれる[2]。また IEC/TC105 設立後、産業車両用燃料電池を除き、自動車用燃料電池の標準化は ISO に移行した。燃料電池に関連する標準規格一覧は、参考として資料編に掲載する。

---

[1] 経済産業省，一般高圧ガス保安規則等の一部改正について，2022 年 6 月 27 日，
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2022/06/20220627_kouatsu_1.html

[2] https://www.iec.ch/ords/f?p=103:29:16747957142463::::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:1309,25#1
International Electrotechnical Commission HP （アクセス：2022 年 9 月 6 日）

要約

第３章　政策動向調査

第１節　日本

水素について、日本は 2017 年 12 月に世界初の水素基本戦略を策定した。2018 年 4 月に発表された第 5 次「環境基本計画」においては、重点戦略のなかに、再生エネルギー由来の水素の技術開発や定置用燃料電池、燃料電池車の技術開発/普及促進が取り上げられている。また、2019 年 3 月には水素・燃料電池戦略ロードマップを発表した[1]。一方、アンモニアについて、2019 年 4 月に設立されたクリーン燃料アンモニア協会が設立され、アンモニアの供給から利用までのバリューチェーン構築を目指して、技術開発・国際連携などの実施を掲げている。そのような経緯のなか、2020 年 10 月、日本政府は 2050 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、カーボンニュートラルを目指すことを宣言した。本宣言の後においては、水素やアンモニアについて、多くの政策を発表している。

2020 年 12 月に発表された「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」においては、「経済と環境の好循環」を作っていく産業政策が記載されており、その中で水素・アンモニア産業が重点項目の 1 つに挙げられている[2]。

2021 年 6 月に発表された第 26 回水素・燃料電池戦略協議会資料「水素政策の最近の動向等について」によると、2015 年 7 月に閣議決定した規制改革実施計画に盛り込まれた燃料電池に関わる規制の項目は 37 項目あり、2021 年 4 月時点ではそのうち 28 項目がすでに措置されている[3]。また、燃料電池自動車の普及拡大に向けて、事務手続きの合理化による事業者及びユーザの利便性向上を目的として燃料電池自動車等の規制の在り方について検討が行われている。具体的には「道路運送車両法」と「高圧ガス保安法」における関連規制の一元化が進められている[4]。

2021 年 10 月に発表した第 6 次「エネルギー基本計画」においては、水素化等による非化石エネルギーの導入拡大や火力発電における水素・アンモニアの混焼を 2030 年に向けた政策対応として位置付けている[5]。その他、「グリーンイノベーション基金（2 兆円）事業」として、“再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造”、“大規模水素サプライチェーンの構築”、“燃料アンモニアサプライチェーンの構築”、“次世代船舶の開発”が採択されている。

2021 年 12 月には国土交通省が、2050 年に向けた先進的な取組の支援として LNG 燃料船・水素の燃料電池船・バッテリー船等の実証・導入や、水素燃料船・アンモニア燃料船の開発・実証を掲げている[6]。

---

[1] 経済産業省　資源エネルギー庁　水素・燃料電池戦略ロードマップ
https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/suiso_roadmap.html

[2] 経済産業省　2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略
https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005-3.pdf

[3] 第 26 回　水素・燃料電池戦略協議会資料「水素政策の最近の動向等について」.
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/026_01_00.pdf（作成日：2021 年 6 月 25 日）

[4] 第 25 回水素・燃料電池戦略協議会資料「水素政策の最近の動向等について」
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/025_01_00.pdf（作成日：2021 年 3 月 22 日）

[5] 経済産業省　資源エネルギー庁　第 6 次エネルギー基本計画
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/20211022_01.pdf

[6] 国土交通省　船舶の脱炭素化

2022 年 8 月には、経済産業省及び国土交通省が共同で、「航空機の脱炭素化に向けた新技術官民協議会」を開催した。当該議会では、安全基準の策定や国際標準化において、日本の企業が主導的な役割を果たすための戦略的な取組の検討が進められた[1]。

2023 年 1 月に開催された資源エネルギー庁の水素政策小委員会の中間整理において、国際水素サプライチェーン構築について言及されている。例えば、「豪州における水素プロジェクト」において日本企業が地元企業と組み、再エネを用いて水素を製造する取組が進められており、マレーシア、中東などでもプロジェクト組成の動きがあることが記載されている[2]。

2023 年 2 月に閣議決定された「GX 実現に向けた基本方針」[3]では、「世界規模での GX の実現に貢献すべく、クリーン市場の形成やイノベーション協力を主導していく。」と言及されている。水素・アンモニアの国内導入量は 2030 年で水素 300 万トン、アンモニア 300 万トン（アンモニア換算）、2050 年で水素 2,000 万トン、アンモニア 3,000 万トン（アンモニア換算）と想定される。そのような想定の下、「GX 実現に向けた基本方針」には、今後 10 年でサプライチェーン構築支援制度や拠点整備支援制度を通じて、大規模かつ強靭なサプライチェーン（製造・輸送・利用）を構築することが記載されている。褐炭から製造した液化水素を輸送する日豪褐炭水素サプライチェーンの実証のほか、マレーシアとの水素サプライチェーン構築も進められていることも記載されている[1]。

１．水素産業における工程表

水素の利用、輸送や貯蔵、製造における成長戦略の工程表を図 3-1-1 に示す。利用に関して、水素は、発電（燃料電池、タービン）、輸送（自動車、船舶、航空機、鉄道等）、産業（製鉄、化学、石油精製等）等の様々な分野の脱炭素化を行うことが期待されているが、日本企業が優れた技術を保有し、成長が期待される水素発電タービン、FC トラック等の商用車、水素還元製鉄といった分野を中心に、国際競争力を強化していくと言及されている。輸送や貯蔵について、日本は、輸入水素の活用に注力しており、液化水素やメチルシクロヘキサン（MCH）を用いた海上輸送技術・インフラの技術開発・実証をし、世界で初めて液化水素輸送船を建造するなど、技術で世界をリードしている、とされている。今後はいかに早期の商用化を図っていくかが課題であると言及されている。製造に関して、今後重要となるのは、水素を水の電気分解から作る水電解装置である。再生可能エネルギー（再エネ）や電解装置のコスト低下に伴い、2050 年には化石燃料を燃やして発生する二酸化炭素を回収して貯留するとともに再度利用する“化石燃料＋二酸化炭素回収・貯留（CCUS）/カーボンリサイクル”で製造する水素よりも安価に水素を製造することが可能となる地域が出てくる見込みであると言及されている。

---

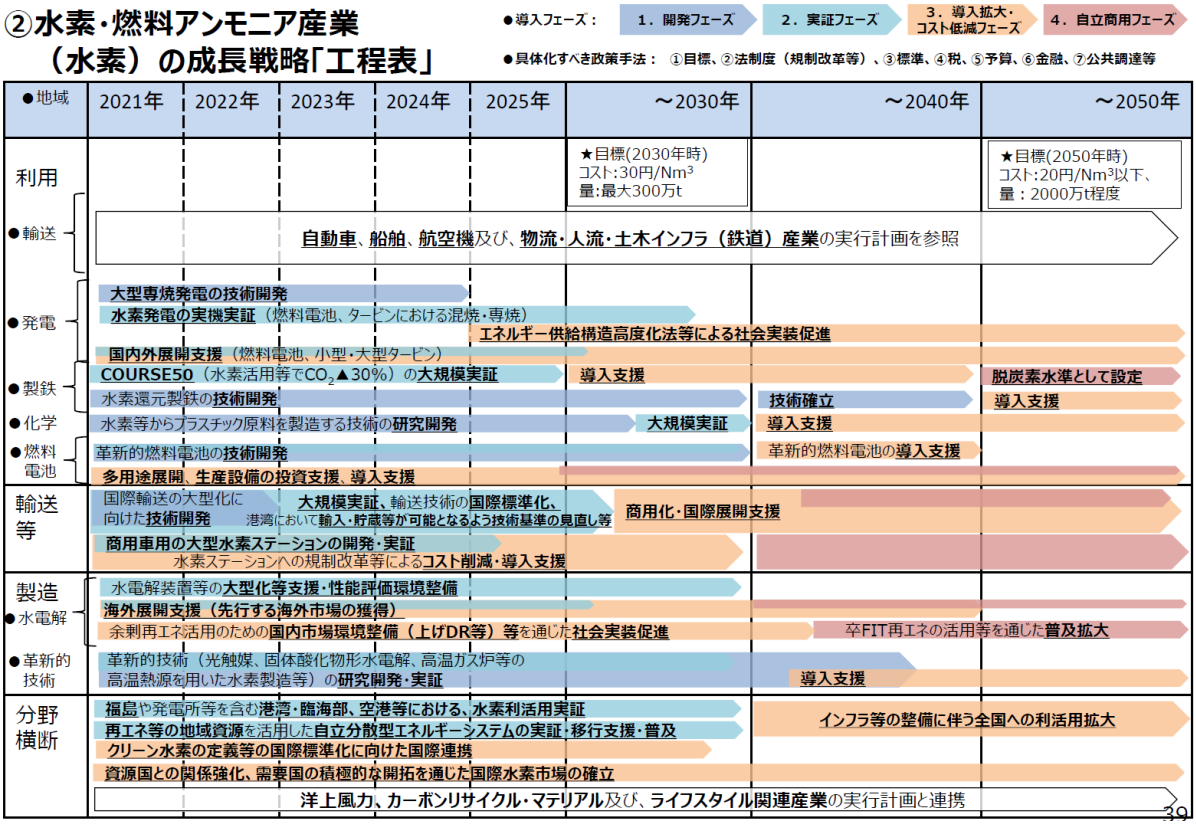
https://www.mlit.go.jp/common/001447792.pdf

[1] 航空機産業をとりまく情勢と 社会実装に向けた取り組み https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/industrial_restructuring/pdf/008_04_00.pdf

[2] 経済産業省 資源エネルギー庁 「水素政策小委員会/アンモニア等脱炭素燃料政策小委員会 合同会議 中間整理」https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/20230104_1.pdf

[3] 第 5 回 GX 実行会議 資料 1, ４．国際展開戦略(2) 今後の対応 https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/dai5/siryou1.pdf

図 3-1-1　水素産業における工程表



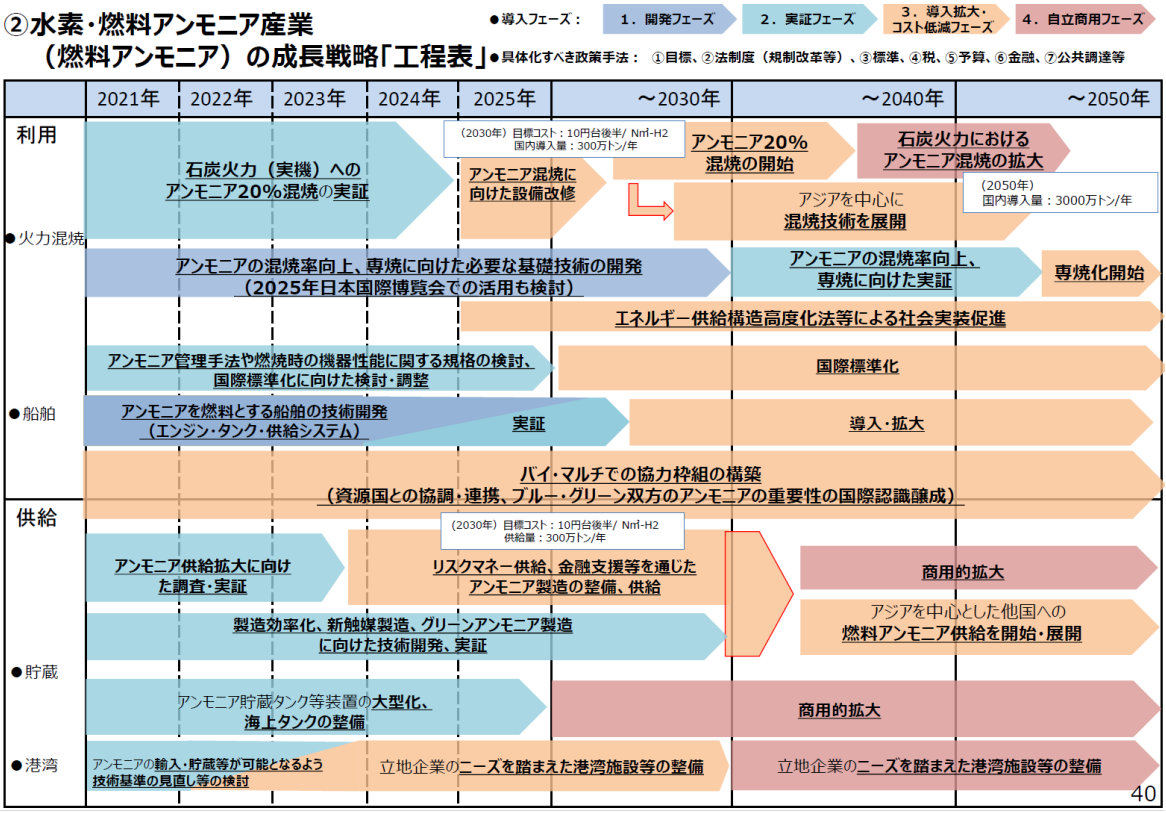
出典：経済産業省　カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略

https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-2.pdf より転載

2．アンモニア産業における工程表

アンモニアの利用、供給、製造における成長戦略の工程表を図 3-1-2 に示す。利用に関して、アンモニアは、短期的（～2030 年）には、石炭火力発電への 20%アンモニア混焼の導入や普及を目標としている。長期的（～2050 年）には、収熱技術開発を含めた混焼率の向上（50%～）や専焼化技術の開発を積極的に進め、既存の火力発電の改修による実用化を目指す。その技術をゼロエミッション火力発電として、東南アジアのみならず世界全体にその技術を展開し、世界全体の脱炭素を加速化させるとともに、我が国のグリーン産業の成長を促進すると言及されている。供給に関して、アンモニア生産は世界全体で年間約 2 億トン程度であり、大半が肥料用途で地産地消されている状況である。今後、例えば、国内主要電力会社のすべての石炭火力で 20%の混焼を実施した場合、年間約 2,000 万トンのアンモニアが必要となり、現在の世界全体の貿易量に匹敵する。そのため、これまでの肥料製造に利用される目的の原料用アンモニアとは異なる燃料アンモニア市場の形成やサプライチェーンの構築と、それを通じた安価な燃料アンモニアの供給が課題だと言及されている。

図 3-1-2　アンモニア産業における工程表



出典：経済産業省　カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略

https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-2.pdf より転載

3．NEDO の取組み

2050 年カーボンニュートラルは極めて困難な課題であり、これまで以上に野心的なイノベーションへの挑戦が必要であるとされている。NEDO のグリーンイノベーション基金事業概要のウェブページには、「グリーンイノベーション基金事業により、NEDO に 2 兆円の基金を造成し、官民で野心的かつ具体的な目標を共有した上で、これに経営課題として取り組む企業等に対して、10 年間、研究開発・実証から社会実装までを継続して支援」する旨記載されている[1]。

その他、燃料電池や水素に関わる NEDO の取組みとして、水素利用等先導研究開発事業、水素社会構築技術開発事業、超高圧水素インフラ本格普及技術研究開発事業、燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業が挙げられる[2]。水素社会構築技術開発事業では、発電等に用いられる速度型内燃機関における燃焼について取り上げられ、研究開発が行われている[3]。燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通

[1] グリーンイノベーション基金事業概要
https://green-innovation.nedo.go.jp/about/
[2] NEDO，燃料電池・水素の事業・プロジェクト
https://www.nedo.go.jp/activities/introduction8_01_05.html
[3] NEDO，水素社会構築技術開発事業
https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100096.html

課題解決型産学官連携研究開発事業の基本計画には、日本の競争優位を維持し、燃料電池の社会実装を実現する観点から、取り組むべき種々の技術課題が挙げられている[1]。

要約

４．JOGMEC の取組み

2022 年 11 月 14 日に「独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構法」改正法が施行され、JOGMEC に水素・アンモニア等の製造・貯蔵及び CCS（Carbon dioxide Capture and Storage：二酸化炭素回収・貯留）に対するリスクマネー支援業務並びに洋上風力発電のための地質構造調査業務等が追加され、JOGMEC の正式名称が「独立行政法人 エネルギー・金属鉱物資源機構」に変更された。

今後の脱炭素燃料の中心を担っていく水素・アンモニア等の安定供給に資するべく、海外及び本邦における水素・アンモニア等の製造・貯蔵事業への出資・債務保証事業を新たに開始するとしている。

（１）インドネシアにおけるブルーアンモニア調査

2021 年 3 月、インドネシアのクリーン燃料アンモニア生産のための二酸化炭素回収・貯留（CCS、以降、CCS とする）の共同調査の了解覚書を、JOGMEC とバンドン工科大学、パンチャ・アマラ・ウタマ社、三菱商事との間で締結した[2]。今後、貯留候補地層のデータ収集、シミュレーション、分析及び評価等を実施し、クリーン燃料アンモニア生産の実現可能性を検討する。

（２）オーストラリアから日本へのクリーン燃料アンモニアサプライチェーン構築に関する事業化調査

2021 年 7 月より、丸紅株式会社、北陸電力株式会社、関西電力株式会社および Woodside Energy Ltd.との間で、オーストラリアで生産するクリーン燃料アンモニアについて、日本への海上輸送、発電用・船舶用燃料用途としての利活用およびファイナンスの検討等を含めたサプライチェーン全体の事業化調査を共同で実施した[3]。

（３）アブダビにおけるクリーン・アンモニア生産事業の事業化可能性に関する共同調査[4]

2021 年 7 月 8 日に、株式会社 INPEX、株式会社 JERA、JOGMEC、アブダビ国営石油会社との間で、アラブ首長国連邦アブダビ首長国におけるクリーン・アンモニア生産事業の事業化可能性に関する共同調査契約を締結した。

（４）西豪州におけるクリーン燃料アンモニア生産を見据えた CCS 共同調査の実施

JOGMEC は、三井物産 100％子会社である Mitsui E&P Australia Pty Ltd（MEPAU）と西

---

[1] NEDO　燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業 https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100182.html

[2] 独立行政法人 エネルギー・金属鉱物資源機構, https://www.jogmec.go.jp/news/release/news_15_000001_00062.html, 2021 年 3 月

[3] 独立行政法人 エネルギー・金属鉱物資源機構, https://www.jogmec.go.jp/news/release/news_15_000001_00079.html, 2021 年 7 月

[4] 独立行政法人 エネルギー・金属鉱物資源機構, https://www.jogmec.go.jp/news/release/news_15_000001_00077.html, 2021 年 7 月

豪州における二酸化炭素排出を低減したクリーン燃料アンモニアの将来的な生産を見据えて、CCS に関する共同調査を実施している[1]。具体的には、同社がオペレーターとして50%権益を有するウェイトシアガス田で生産される天然ガスを改質して得られる水素を元にアンモニアを合成し、その過程で排出される二酸化炭素を枯渇ガス田に貯留することにより、クリーン燃料アンモニアを製造・輸出することを検討する。

（５）サウジアラムコとの包括協力協定締結

JOGMEC は、サウジアラビア国営企業サウジアラムコとが、水素・アンモニアの製造・貯蔵のプロジェクト支援や技術開発などを連携していくと発表している[2]。

５．水素保安戦略の策定に係る検討会

経済産業省において水素保安の全体戦略とサプライチェーン全体を見渡した保安の在り方を検討する観点から、水素保安戦略の策定に係る検討会が開催されている[3]。

水素保安戦略の策定に係る第 5 回検討会では、水素保安戦略の策定に係る検討報告書－水素保安戦略－（案）の取りまとめが行われており、その第 3 章第 3 節「水素利用環境の整備」の「3. 各国動向の把握、規制の調査・国際規格の策定に向けた取組」では、官民が連携して水素保安規則の国際調和に向けた議論を進めて行くための今後の取組として、技術基準の共通化や国際標準化を行う分野の特定が挙げられている[4]。

第２節　米国

１．気候変動とエネルギー関連

米国の気候変動とエネルギー関連の政策としては、大統領府やエネルギー省（DOE）が策定する、全方位的エネルギー戦略（All-of-the-Above Energy Strategy）[5]、クリーンパワープラン（Clean Power Plan）[6]、4 年毎のエネルギー計画見直し（Quadrennial Energy Review）[7]、米国脱炭素に向けた長期戦略（United States Mid-Century Strategy for Deep Decarbonization）[8]、米国第一エネルギー計画（The America First Energy Plan）

---

[1] 独立行政法人 エネルギー・金属鉱物資源機構, https://www.jogmec.go.jp/news/release/news_15_000001_00085.html, 2021 年 10 月

[2] 独立行政法人 エネルギー・金属鉱物資源機構「サウジアラムコとの包括協力協定（MOC）締結～水素・燃料アンモニアの製造・貯蔵に係るプロジェクト支援、技術開発、人材育成等で連携～」https://www.jogmec.go.jp/news/release/news_10_00054.html

[3] 経済産業省, 水素保安戦略の策定に係る検討会水素保安戦略の策定に向けた主な論点と今後の対応方針案について, 2022 年 11 月 28 日, https://www.meti.go.jp/shingikai/safety_security/suiso_hoan/pdf/004_01_00.pdf

[4] 経済産業省, 水素保安戦略の策定に係る検討会報告書－水素保安戦略－（案）, 2022 年 12 月 26 日, https://www.meti.go.jp/shingikai/safety_security/suiso_hoan/pdf/005_01_00.pdf

[5] THE WHITE HOUSE, New Report: The All-of-the-Above Energy Strategy as a Path to Sustainable Economic Growth, https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2014/05/29/new-Report-all-above-energy-strategy-path-sustainable-economic-growth

[6] EPA, Electric Utility Generating Units: Repealing the Clean Power Plan, https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/electric-utility-generating-units-repealing-clean-power-plan

[7] DOE, Quadrennial Technology Review 2015, https://www.energy.gov/quadrennial-technology-review-2015

[8] United States Mid-Century Strategy FOR DEEP DECARBONIZATION, https://unfccc.int/files/focus/long-

[1]、水素プログラム計画（Hydrogen Program Plan）[2]などが挙げられる[3]。

２．水素プログラム計画[69,70]

米国エネルギー省（DOE）は、2020 年 11 月に「水素プログラム計画（Hydrogen Program Plan)」を発表した。この計画は、水素の研究・開発・実証活動のための戦略的枠組みの一部であり、エネルギー効率・再生可能エネルギー部(EERE)、化学エネルギー局(FER&D)、原子力エネルギー局（NE)、電気伝送・エネルギー信頼性局（OE）など各部門が参加している。本計画において、発電時間が 25,000 時間以上で重負荷や長距離輸送に耐えられる燃料電池の発電コストを 1kW あたり 80 ドルとする目標が設定されている。

３．インフラ投資・雇用法（the Infrastructure Investment and Jobs Act）[70,4]

2021 年 11 月に成立したインフラ投資・雇用法により、DOE におけるクリーンエネルギー関連事業に 620 億ドル、うちクリーンエネルギー技術の研究開発や実証プログラムに 215 億ドルが措置された。これに合わせて DOE は、クリーン水素、先進原子力、地熱などの新興技術の実証プロジェクトを監督するクリーンエネルギー実証局を立ち上げた。

４．インフレ削減法（Inflation Reduction Act）[70,5]

2022 年 8 月、バイデン政権が取りまとめたインフレ削減法案が可決された。2031 年までの間に、総額約 4,300 億ドルのうち、約 85%にあたる約 3,700 億ドル（約 50 兆円）を、国によるエネルギーなどの気候変動対策費用に当てられることが定められた。

第３節　欧州

１．欧州連合

2020 年 7 月に発表された欧州理事会の「欧州の気候中立に向けた水素戦略(A Hydrogen Strategy for a climate neutral Europe)」は、欧州グリーン・ディールの一環と位置付けられ、同日に発表された「エネルギーシステム統合戦略」を補完するものである。2050 年までのロードマップによると、再生可能な水素の電解槽の設置規模と再生可能な水素の生産量を、2024 年までに少なくとも 6GW（ギガワット）と 100 万トン、2030 年までに 40GW と 1,000 万トンに、それぞれ引き上げることを目標とする[6]。

同戦略では、以下の 3 つのフェーズが設定されている [7]。

---

term_strategies/application/pdf/mid_century_strategy_report-final_red.pdf

[1] THE WHITE HOUSE, Energy & Environment, https://trumpwhitehouse.archives.gov/issues/energy-environment/

[2] DOE, Department of Energy Hydrogen Program Plan, https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/hydrogen-program-plan-2020.pdf

[3] 科学技術振興機構, 研究開発の俯瞰報告書 環境・エネルギー分野(2021 年), 2020 年 3 月, https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2020/FR/CRDS-FY2020-FR-01.pdf

[4] THE WHITE HOUSE, UPDATED FACT SHEET: Bipartisan Infrastructure Investment and Jobs Act, https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/08/02/updated-fact-sheet-bipartisan-infrastructure-investment-and-jobs-act/

[5] THE WHITE HOUSE, Inflation Reduction Act Guidebook, 2022 年 8 月, https://www.whitehouse.gov/cleanenergy/inflation-reduction-act-guidebook/

[6] 日本貿易振興機構, https://www.jetro.go.jp/biznews/2020/07/a648d349ecec0a1e.html, 2020 年 7 月

[7] 一般財団法人 石油エネルギー技術センター, 欧州水素戦略～気候中立に向けた水素の役割～, https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2021/01/JPEC_report_No.210101.pdf, 2021 年 1 月

（１）1st フェーズ（2020-2024）

化学原料など既存用途向けの水素生産の脱炭素化を進め、重工業向けをはじめとする産業用原料などの新しい需要開拓を進展させる。

電解装置の大型化（最大 100MW）、既存の水素製造装置の脱炭素化推進、水素ステーションの普及、インフラ整備計画の推進、規制や投資枠組みの確立などが課題として設定されている。

（２）2nd フェーズ（2024-2030）

水素が統合エネルギーシステムの主要な一部になる必要があり、そのために再生可能エネルギーによって生成された水素のコスト競争力を徐々に高める段階。

欧州連合（EU）全体の物流インフラの整備、水素の地域実証（水素バレー）の展開、オープンで競争力のある EU 水素市場の完成、国際取引の進展、化石由来水素製造における炭素回収技術の更なる進展、需要促進のための政策策定、水素市場スケールアップのための投資促進の継続などが課題として設定されている。

（３）3rd フェーズ（2031-2050）

再生可能エネルギーによって生成された水素は技術が成熟し需要拡大とともに大規模展開され、他の代替手段が実現できないか、コストが高くなる可能性のあるすべての脱炭素化が困難な産業部門に導入される段階。

再生可能エネルギー由来の電力の発電量の大幅な増加、水素と炭素中立な CO_2 からなる合成燃料のより広い経済範囲への浸透、水素原料を天然ガスからバイオガスへの置換、バイオメタンの漏洩の回避などが課題として設定されている。

欧州委員会が 2021 年 10 月に発表した「Fit for 55 package」では、航空機や海運における使用燃料を転換することを促している。これによれば、航空機は持続可能な航空燃料として注目されている SAF 燃料への切り替えについて言及されており、航空機は 2030 年までに 5%、2050 年までに 63%を SAF 燃料に切り替えることとされている[1]。海運については 2030 年まで 6%に、2050 年までに 75%をカーボンニュートラル燃料に切り替えることとされている。「Fit for 55 package」の構成を図 3-3-1 に示す[2]。

[1] 日本貿易振興機構，https://www.jetro.go.jp/biznews/2020/07/52b44d26726f2790.html，2021 年 12 月
[2] 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構，欧州におけるエネルギー関連 政策の動向，https://www.nedo.go.jp/content/100951960.pdf，2022 年 9 月

図 3-3-1　Fit for 55 package の構成

出典：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「欧州におけるエネルギー関連 政策の動向」

2．ドイツ

（1）国家水素戦略

ドイツ連邦政府は、2020 年 6 月に国家水素戦略（Die Nationale Wasserstoffstrategie）を発表した[1]。2030 年までに 5GW の水素製造プラント建設を目指す。水素関連の研究開発を強化し、水素が一般利用可能なように手配するために必要な総コストを引き下げ、世界の水素市場でドイツがリードする方針が示された。当該戦略では、再生可能エネルギー由来電力を利用して生産された「グリーン水素」を重視している。しかしながら、CO_2 回収・貯蔵プロセスの過程で生成される「ブルー水素」や、メタンの熱分解により生成される「ターコイズ水素」の利用可能性も排除していない。パリ協定の目標達成と同時に経済成長を目指すため、2023 年までに実施する水素生産、交通、産業利用などにかかる 38 の施策が策定されている。当該施策は「水素生産」「水素の利用（交通・工業分野・熱利用）」「インフラと供給」「研究・教育・イノベーション」「欧州レベルで必要な行動」「国際水素市場と国外との経済的連携」に分けられている。

（2）水素・燃料電池イノベーション国家プログラム

水素・燃料電池イノベーション国家プログラムは 2007 年から始まったプログラム[2]

---

[1] 日本貿易振興機構，
https://www.jetro.go.jp/ext_images/_Reports/01/a31db630cadce992/20210004.pdf，2021 年 4 月
[2] 日本貿易振興機構，

であり、水素と燃料電池に対する各種の支援策を統合して、学術界、産業界、政官界が共同で取り組むものである。2008 年にはプログラムを管理する国家水素・燃料電池技術機関が設立された。

2016 年には、2026 年まで第 2 フェーズとして 10 年間の延長を決め、実用化前の水素・燃料電池技術の研究・開発に加えて、適切なインフラの構築、初期の製品や技術の市場投入の支援も対象としている。連邦交通・デジタル・インフラ省は水素と燃料電池の技術の支援として 2016～2022 年に 4 億 8,000 万ユーロを拠出する。連邦経済・エネルギー省は、第 7 次エネルギー研究プログラムの一環として、水素と燃料電池の技術の応用研究開発に年に約 2,500 万ユーロを支援している。

３．イギリス

（１）水素戦略

2021 年 8 月、イギリス政府は水素戦略[1]を発表した。イギリス政府が産業界と協力して、2030 年までに 10GW の低炭素水素製造能力の目標を満たす方法の基盤を設定する。同目標は、英国の約 300 万世帯の家庭が毎年消費する天然ガスの量に相当する。グリーン水素と低炭素水素の両方を開発の中心に据え、CCUS についても戦略に明記されている。2030 年代までを複数のステップに区切り、水素の生産、供給、利用のそれぞれを戦略的に拡大するとしている。

①2020 年代初頭（2022 年～2024 年）

・水電解製造能力を 20MW に拡大
・水素専用パイプラインの開発、水素輸送トラック等供給網の拡充
・産業分野での実証試験、輸送モードでの利用の拡大
・低炭素水素の規格化

②2020 年代半ば（2025 年～2027 年）

・水電解による水素製造能力を 100MW に拡大
・CCUS に対応した水素製造施設の設置
・2025 年までに水素生産能力を計 1 GW に拡大
・小規模な水素専用供給網の構築
・産業・発電・輸送部門（船舶含む）での利用拡大
・ガス供給網を活用した水素混合ガスの供給

③2020 年代後半（2028 年～2030 年）

・水素生産能力を計 5GW に拡大
・CCUS に対応した 500MW 以上の大規模水素製造施設の設置
・40GW の洋上風力発電の導入
・大規模な水素供給網、貯蔵施設の開発
・発電・産業・輸送部門（船舶含む）での利用の更なる拡大

---

https://www.jetro.go.jp/ext_images/_Reports/01/a31db630cadce992/20210004.pdf, 2021 年 4 月

[1] GOV.UK, https://www.gov.uk/government/publications/uk-hydrogen-strategy, 2022 年 12 月

（２）ネットゼロ戦略

2021 年 10 月、イギリス政府は、2050 年までにネットゼロエミッションを達成するというコミットメントをどのように実現するかを定めた「ネットゼロ戦略[1]」を発表した。企業と消費者によるクリーンエネルギーとグリーン技術への移行を支援する方法について、イギリス政府は、経済全体の包括的な計画を示した。本戦略により、輸入化石燃料への依存を減らし、クリーンエネルギーが後押しされる。2030 年までに最大 900 億ポンドの民間投資を呼び込み、44 万人の雇用を確保することが期待されている。

イギリス政府は、1 億 4,000 万ポンドの「産業の脱炭素化・水素の収益支援のスキーム」を通じて、産業用の炭素回収と水素の活用を促進する。これにより産業向けのガスと水素のエネルギー価格差を埋め、グリーン水素プロジェクトを支援するとしている。

（３）グリーン産業革命のための 10 項目の計画

2020 年 11 月、イギリス政府は、グリーン産業革命のための 10 項目の計画[2]を発表した。この 10 項目の計画では、最大 25 万人の雇用を創出あるいは支援するために、政府から 120 億ポンドを出資する。この 10 項目の中には、「低炭素水素の成長」や「ネットゼロの航空機、環境に優しい船舶」が含まれる。

４．フランス

（１）国家水素戦略

2020 年 9 月、フランス政府は、国家水素戦略[3]を発表した。2020 年から 2030 年までの間に水素関連のプロジェクトに 70 億ユーロを投資する。2030 年までに 6.5GW のクリーン水素製造設備の設置と 600 万トンの CO_2 排出量の削減を目指す。国家水素戦略は、水電解によるクリーン水素製造セクターの創出と製造業の脱炭素化、クリーン水素を燃料とする大型モビリティ（トラック、バス、列車、船舶、航空機などの輸送機器）の開発、水素エネルギー分野の研究・イノベーション・人材育成支援、の 3 つの柱からなる。2020～2023 年に約 34 億ユーロを拠出するが、このうち 54%が製造業の脱炭素化、27%がクリーン水素モビリティ開発、19%が研究・イノベーション・人材育成に充てられる。クリーン水素の製造については、「欧州クリーン水素アライアンス」の一環として、国内に水素製造設備を建設する。

---

[1] GOV.UK, https://www.gov.uk/government/news/uks-path-to-net-zero-set-out-in-landmark-strategy?utm_medium=email&utm_campaign=govuk-notifications&utm_source=36f30e26-79f6-47ca-a667-73742daaa963&utm_content=immediately, 2021 年 10 月

[2] GOV.UK, https://www.gov.uk/government/publications/the-ten-point-plan-for-a-green-industrial-revolution/title, 2020 年 11 月

[3] GOUVERNEMENT, https://minefi.hosting.augure.com/Augure_Minefi/r/ContenuEnLigne/Download?id=5C30E7B2-2092-4339-8B92-FE24984E8E42&filename=DP%20-%20Strat%C3%A9gie%20nationale%20pour%20le%20d%C3%A9veloppement%20de%20l%27hydrog%C3%A8ne%20d%C3%A9carbon%C3%A9%20en%20France.pdf, 2020 年 9 月

（２）フランス 2030

2021 年 10 月、フランス政府は、投資計画としてフランス 2030[1]を発表した。フランス 2030 では 10 の目標が計画されている。目標の 1 つには、グリーン水素製造についての目標もある。2030 年にはフランス国内に少なくとも 2 つのギガファクトリーの水電解槽を建設するとされており、原子炉の小型化や脱炭素化の目標を含めて、少なくとも 80 億ユーロを投資するとされている。

第４節　中国

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

第５節　韓国

韓国では、産業通商資源部がエネルギーに関する政策を担当しており、2019 年に「水素経済活性化ロードマップ」を発表して以降、水素経済の活性化に積極的に取り組んでいる。本計画では、2040 年には FCV の生産規模 を 620 万台、水素ステーションを 1200 か所まで拡大する目標を掲げている。

また、2020 年 2 月に世界初の「水素経済育成及び水素安全管理に関する法律（以降、水素法とする）」を制定した。水素法では、水素経済の推進体制の整備、企業の育成など水素経済の支援施策、水素製造設備や移動型燃料電池、定置用燃料電池などの安全規定の整備などが規定されている。

さらに、2021 年 11 月に「第 1 次水素経済移行基本計画」を発表した。本計画では、韓国の水素需要は 2030 年に約 390 万トン、2050 年に約 2790 万トンであるとし、2050 年水素需要の約 82%を海外から導入する計画をしている。自給率を高めるために韓国企業は水素製造が可能な国へ進出して開発・製造に取り組み、韓国に水素を導入することを推進している。また、水素・アンモニア発電を拡大し、鉄鋼・石油化学・セメントなど産業での水素活用を考えている。表 3-5-1 に、「第 1 次水素経済移行基本計画」の内容を示す。

[1] ELYSEE, https://www.elysee.fr/emmanuel-macron/france2030, 2022 年 3 月

表 3-5-1　1 次水素経済移行基本計画

戦略	内容
日常生活における活用	・水素発電拡大 ・世界水素モビリティ市場をリード ・産業分野の水素活用基盤構築
強固なインフラ構築	・水素流通インフラ構築 ・水素パイプライン構築 ・水素ステーション拡大
国内外クリーン水素生産をリード	・グリーン水素製造 ・ブルー水素製造 ・海外クリーン水素製造
生態系基盤強化	・技術開発/人材育成/標準化 ・世界トップの水素安定性確保 ・グローバル協力主導 ・水素専門企業育成及び金融活発化 ・水素クラスター、都市、規制特区拡大 ・政策基盤構築及び国民コンセンサス獲得

出展：INVEST KOREA　グローバルクリーン水素経済をリードするファースト・ムーバー（First-Mover）　https://www.investkorea.org/ik-jp/bbs/i-685/detail.do?ntt_sn=491257&clickArea=jpmain00019 の情報を基にトヨタテクニカルディベロップメント株式会社にて作成

第４章　特許出願動向調査

第１節　調査対象と調査方法

１．調査対象

本調査における技術俯瞰図は第１章の調査概要でも示したとおりである。

２．技術区分表の設定

図 1-1-1 の技術俯瞰図で調査対象とした技術について、アドバイザリーボードからの助言を踏まえて調査対象技術を体系的かつ網羅的に分類するための技術区分を検討し、技術区分表を作成した。作成した技術区分表を表 4-1-1～表 4-1-4 に示す。

なお、第５節及び第７節において、集計の内容をわかりやすく表記する観点から、「表 4-1-3　燃焼利用の技術区分とその説明」に定義されたいくつかの技術区分をまとめて集計したものを、技術区分「水素の燃焼利用」、「アンモニアの燃焼利用」と称して記載している箇所がある。

「水素の燃焼利用」は、「表 4-1-3 燃焼利用の技術区分とその説明」の大区分「燃料」に含まれる小区分「水素のみ（専焼）」、「水素とアンモニアを両方燃料として投入（専焼）」、「水素＋炭素を含む燃料や化石燃料（混焼）」、及び「ブラウンガス」を集計対象とした。

また、「アンモニアの燃焼利用」は、「表 4-1-3 燃焼利用の技術区分とその説明」の大区分「燃料」に含まれる小区分「アンモニアガスのみ（専焼）」、「アンモニアガスのみ（専焼）」、「水素とアンモニアを両方燃料として投入（専焼）」、「アンモニアガス＋炭素を含む燃料や化石燃料（混焼）」、及び「アンモニア液＋炭素を含む燃料や化石燃料（混焼）」を集計対象とした。

そして、上記「水素の燃焼利用」または「アンモニアの燃焼利用」の記載がない場合には、上記「水素の燃焼利用」及び「アンモニアの燃焼利用」に加えて、「表 4-1-3 燃焼利用の技術区分とその説明」の大区分「燃料」に含まれる小区分「その他」及び「限定無」も集計対象とした。

表 4-1-1　製造の技術区分とその説明

大区分	中区分	小区分	説明（小区分）
水素製造	製造方法	水蒸気改質	
		部分酸化改質	
		オートサーマル改質	
		副生水素（ソーダ電解ガス）	ソーダ電解ガスから水素を得る技術（副生水素）
		副生水素（石油オフガス）	石油オフガスから水素を得る技術（副生水素）
		副生水素（コークス炉ガス）	コークス炉ガスから水素を得る技術（副生水素）
		アルカリ水電解	電解質として、KOH,NaOH等の液体電解質を用いて、OH-が移動することにより水を電気分解し水素を製造する技術
		水蒸気電解	水蒸気を電気分解することで水素を製造する技術。電解質として、主に固体酸化物を用いる場合が多いが、限定せず、抽出する。
		アニオン交換膜水電解	電解質として、アニオン交換膜（AEM)を用いて、OH-が移動することにより水を電気分解し水素を製造する技術
		固体高分子形水電解	電解質として、固体高分子膜（PEM）等のプロトン交換体を用いて、H+が移動することにより水を電気分解し水素を製造する技術
		光触媒	半導体光触媒を利用し、光を水に照射して水素を製造する技術
		バイオマス	バイオマスを熱分解・発酵することで水素を製造する技術
		ISプロセス	ヨウ化水素を介して、間接的に水の熱分解することで水素を製造する技術
		その他水の熱分解	ISプロセス以外に水の熱分解することで水素を製造する技術
		メタン熱分解	メタンを熱分解することで固体炭素と水素とを製造する技術
		水素回収・分離	
		その他	
	触媒	Ni系触媒	
		Pt系触媒	
		Ru系触媒	
		Fe系触媒	
		Ir系触媒	
		La系触媒	
		光触媒	
		その他	
		限定無	具体的な触媒に限定されていないが、触媒に特徴がある技術。
	電解質	水酸化ナトリウム	
		水酸化カリウム	
		パーフルオロエチレンスルホン酸	Nafion等
		その他フッ素樹脂系	
		炭化水素	
		安定化ジルコニア	
		ペロブスカイト酸化物	
		セリア系セラミックス	
		その他	
		限定無	具体的な電解質に限定されていないが、触媒に特徴がある技術。
	構造的特徴	電解セル	
		水素分離	水素分離膜等も含む
		CO2、CO分離	水素製造で発生したCO2、COを分離する構造
		気液分離	
		その他分離	上記以外の分離構造
		反応器	光触媒、ISプロセス等の水素製造過程で化学反応を発生させる装置
		改質器	
		凝縮器	
		熱交換器	
		蒸発器	
		純水装置	
		蒸気加熱器	
		圧縮機	
		パージ設備	
		不純物除去	水素製造に伴い発生した不純物を除去する構造
		水素乾燥	
		電源回路	
		その他	上記以外の装置の構造に関するもの
	制御的特徴	温度制御	
		圧力制御	
		原料	水素やアンモニア生成に用いられる原料を制御するもの
		生成物	生成された水素やアンモニアの供給量等を制御するもの
		電力制御	
		その他	上記以外の制御に関するもの
	脱炭素化対応	再生可能エネルギー利用	発電施設の電力や太陽光などの再生可能エネルギーを利用してアンモニアを合成する技術
		CCUS利用	化石燃料を改質する等の過程で排出される二酸化炭素を回収・有効利用・貯留する技術(CCS・CCSU)
		その他	
	課題	高効率	製造効率、触媒の性能向上などに関するもの
		純度	水素やアンモニアの純度向上に関するもの
		高圧化	製造の高圧化に関するもの
		低圧化	製造の低圧化に関するもの
		耐久性	製造装置や触媒の耐久性に関するもの
		安全性	製造の安全性に関するもの
		低温化	製造の低温化に関するもの
		高温化	製造の高温化に関するもの
		温度	装置の作動温度に関するもの
		負荷変動対応	製造の負荷変動対応に関するもの
		低コスト化	装置や触媒の低コスト化に関するもの
		大型化	装置の大型化に関するもの
		小型化	装置の小型化に関するもの
		CO2削減	

表 4-1-1　製造の技術区分とその説明（続き）

大区分	中区分	小区分	説明（小区分）
アンモニア製造	製造方法	熱化学的手法	触媒を用いて窒素を水素と熱化学的に反応させてアンモニアを合成する技術（ハーバーボッシュ法も含む）
		電解合成法	水と窒素を電解することでアンモニアを合成する技術
		光触媒	光触媒を用いた製法
		金属錯体触媒	金属錯体触媒を用いた製法
		プラズマ法	
		アンモニア回収・分離	下水等からアンモニアを回収する技術
		量子コンピュータを使用するもの	量子コンピュータを使用して、シミュレートするもの
		その他	
	触媒	Fe系触媒	主にHB法にて使用される触媒
		Ru系触媒	
		Co系触媒	
		その他遷移金属触媒	Fe、Ru、Co以外の遷移金属
		光触媒	
		金属錯体触媒	
		その他	上述以外の触媒に特徴がある技術。
		限定無	具体的な触媒に限定されていないが、触媒に特徴がある技術。
	電解質	溶融塩	
		酸素酸塩	
		セリア系酸化物	
		ジルコニア系酸化物	
		その他固体酸化物	セリア系酸化物、ジルコニア系酸化物以外の固体酸化物
		パーフルオロエチレンスルホン酸	Nafion等
		その他	上述以外の触媒に特徴がある技術。
		限定無	具体的な電解質に限定されていないが、触媒に特徴がある技術。
	構造的特徴	電解セル	
		反応器	
		CO2、CO分離	アンモニア製造で発生したCO2、COを分離する構造
		アンモニア分離	アンモニアを分離する分離装置、分離膜
		凝縮器	
		熱交換器	
		圧縮機	
		パージ設備	
		不純物除去	水素製造に伴い発生した不純物を除去する構造
		電源回路	
		その他	上記以外の装置の構造に関するもの
	制御的特徴	温度制御	
		圧力制御	
		原料	水素やアンモニア生成に用いられる原料を制御するもの
		生成物	生成された水素やアンモニアの供給量等を制御するもの
		電力制御	
		その他	上記以外の制御に関するもの
	脱炭素化対応	再生可能エネルギー利用	発電施設の電力や太陽光などの再生可能エネルギーを利用してアンモニアを合成する技術
		CCUS利用	化石燃料を改質する等の過程で排出される二酸化炭素を回収・有効利用・貯留する技術(CCS・CCSU)
		その他	
	課題	高効率	製造効率、触媒の性能向上などに関するもの
		純度	水素やアンモニアの純度向上に関するもの
		高圧化	製造の高圧化に関するもの
		低圧化	製造の低圧化に関するもの
		耐久性	製造装置や触媒の耐久性に関するもの
		安全性	製造の安全性に関するもの
		低温化	製造の低温化に関するもの
		高温化	製造の高温化に関するもの
		温度	装置の作動温度に関するもの
		負荷変動対応	製造の負荷変動対応に関するもの
		低コスト化	装置や触媒の低コスト化に関するもの
		大型化	装置の大型化に関するもの
		小型化	装置の小型化に関するもの
		CO2削減	

表 4-1-2　貯蔵・輸送・供給の技術区分とその説明

大区分	中区分	小区分	説明
圧縮水素 （気体の水素）	圧縮方法	機械式ポンプ	
		電気化学式ポンプ	
		熱化学式ポンプ	
		その他	
		限定無	
	容器	貯槽	非輸送用の地面に固定されている容器
		タイプ1	金属タンク
		タイプ2	金属ライナーのフープラップ複合容器
		タイプ3	金属ライナーのフルラップ複合容器
		タイプ4	樹脂ライナーのフルラップ複合容器
		タイプ5	オールコンポジットのライナーレスの複合容器
		カートリッジ	
		その他	
		限定無	
	輸送方法	輸送船	
		輸送車両	圧縮水素トレーラ、カードルなど
		車載型	FCEV、水素エンジン車などの燃料タンク
		その他輸送機器搭載型	FC、水素エンジン駆動の列車、船舶、航空機などの燃料タンク
		その他	
液化水素 （液体の水素）	液化方法	ガス冷凍	気体圧縮液化法
		磁気冷凍	
		その他	
		限定無	
	容器	貯槽	非輸送用の地面に固定されている容器
		超低温液化ガス容器（LGC）	
		コンテナ	
		その他	
		限定無	
	輸送方法	輸送船	
		輸送車両	液化水素ローリーなど
		車載型	FCEV、水素エンジン車などの燃料タンク
		その他輸送機器搭載型	FC、水素エンジン駆動の列車、船舶、航空機などの燃料タンク
		その他	
水素吸蔵合金	吸蔵金属	AB5型希土類系合金	LaNi5、CaCu5、MmNi5など
		AB2型ラーベス相合金	MgZn2、ZrNi2、ZrCr2など
		AB型チタン合金	TiFe、TiCoなど
		A2B型マグネシウム系合金	Mg2Ni、Mg2Cuなど
		固溶体型BCC合金	Ti-V、V-Nb、Ti-Crなど
		その他	
		限定無	
	吸蔵方法	昇圧	
		冷却	
		その他	
	放出方法	減圧	
		加熱	
		常温	
		その他	
	容器	ガスタンク	
		カートリッジ	
		ポリマー内包	
		その他	
		限定無	
	輸送方法	車載型	FCEV、水素エンジン車などの燃料タンク
		脱水素後金属の静脈物流	
		その他	
有機ハイドライド	有機ハイドライド種類	ベンゼン→シクロヘキサン	
		トルエン→メチルシクロヘキサン（MCH）	
		キシレン→ジメチルシクロヘキサン	
		ナフタレン→デカリン	
		その他	
		限定無	
	有機ハイドライド化方法	電解還元	
		触媒	
		昇圧	
		冷却	
		その他	
	脱水素方法	触媒	
		減圧	
		加熱	
		分離膜	
		脱水素後キャリアの回収	
		その他	
	容器	貯槽	非輸送用の地面に固定されている容器 ※対象：水素の記載があるもの
		液体タンク	※対象：水素の記載があるもの
		その他	※対象：水素の記載があるもの
		限定無	※対象：水素の記載があるもの
	輸送方法	輸送船	
		輸送車両	
		車載型	FCEV、水素エンジン車などの燃料タンク
		脱水素後キャリアの静脈物流	
		その他	

表 4-1-2　貯蔵・輸送・供給の技術区分とその説明（続き）

メタン・メタノール	キャリア	メタン	炭化水素一般は除く
		メタノール	
	キャリア変換方法	サバティエ反応	H2+CO2
		共電解メタネーション	H2+CO
		COとH2を触媒でメタノール合成	CO+2H2→CH3OH
		限定無	
		その他	
	脱水素	メタン・メタノール化水素の水素再製造	一旦メタン・メタノール化された水素の水素再製造の記載がある技術。単なるメタン・メタノールからの水素製造は化石燃料改質による水素製造に付与
	容器	貯槽	非輸送用の地面に固定されている容器 ※対象：水素の記載があるもの
		ガスタンク	※対象：水素の記載があるもの
		液体タンク	※対象：水素の記載があるもの
		その他	※対象：水素の記載があるもの
		限定無	※対象：水素の記載があるもの
	輸送方法	輸送船	
		輸送車両	タンクローリーなど
		車載型	FCEV、水素エンジン車などの燃料タンク
		その他	
アンモニア貯蔵	アンモニア貯蔵方法	昇圧液化	液体のアンモニア
		冷却液化	液体のアンモニア
		液化手段限定のない液化アンモニア	
		吸蔵物質	塩化カルシウムなど
		その他	気体のアンモニアも含む
	脱水素方法	電気分解	
		熱分解	
		常温	
		触媒	
		分離膜	
		その他	
	脱アンモニア方法	減圧	アンモニア吸蔵物質を用いる場合
		加熱	
		その他	
		限定無	
	容器	貯槽	非輸送用の地面に固定されている容器
		昇圧タンク	
		冷却タンク	
		カードリッジ	
		その他	
		限定無	
	輸送方法	輸送船	
		輸送車両	
		車載型	FCEV、アンモニアエンジン車などの燃料タンク
		その他輸送機器搭載型	FC、アンモニアエンジン駆動の列車、船舶、航空機などの燃料タンク
		その他	
水素ステーション	インプット	圧縮水素	気体の水素
		液化水素	液体の水素
		形態限定のない水素	
		金属吸蔵水素	
		有機ハイドライド	
		メタン・メタノール	
		アンモニア	
		その他	
	アウトプット	圧縮水素	
		液化水素	
		その他	
		限定無	
	種類	圧縮機昇圧型	液化水素貯槽→気化器→圧縮機→蓄圧器→ディスペンサ
		液化水素ポンプ昇圧型	液化水素貯槽→ポンプ→蒸発器→蓄圧器→ディスペンサ
		その他	
	特徴部	冷却機器	
		圧縮機	
		気化器	
		蓄圧器	
		ディスペンサ	
		水素充填コネクタ	
		その他	
	設置場所	一般道路沿い	
		施設内	空港内など
		ガソリンスタンド・充電ステーション併設	
		移動式	
		その他	

表 4-1-2　貯蔵・輸送・供給の技術区分とその説明（続き）

供給先および用途	輸送機器	移動式水素ステーション	
		乗用車	水素ステーションからの供給先
		二輪車	バイクなど。
		大型車、商用車	バス、トラックなどの商用車
		船舶	ヨットなどを含む
		鉄道	
		有人航空機	ヘリコプターなどを含む
		無人航空機	ドローンなど
		作業用車、特殊自動車	フォークリフト、牽引車、トラクター、工事用車両等。
		宇宙機	月面車両、ロケット、宇宙探査機など宇宙用はこちらに付与
		モバイル用	携帯機器など
		容器単体	カートリッジなど、輸送機器非搭載容器への直接供給
		その他	
	固定式	水素ステーション	
		車庫、空港	
		商工業施設	発電所、工場、ショッピングモールなど
		住宅	
		その他	
課題	効率向上	大容量化	大容量化による効率化等について記載があるもの
		軽量化	
		長距離輸送化	
		移送圧力向上	
		高密度化	密度増大（吸蔵物質の吸蔵容量増大を含む）による効率化などについて記載があるもの
		高純度化	反応性向上
		純度・濃度の向上	反応・吸蔵・放出・速度、反応効率など
		ボイルオフガス対策	
		冷熱利用	中間熱媒体式水素気化器など
		その他	上述以外、必要に応じて新たな分類を付与する
	低コスト化	材料	
		小型化	
		部品点数削減	
		その他	上述以外、必要に応じて新たな分類を付与する
	耐久性	剛性向上	
		劣化	
		錆、腐食	脆化など
		メンテナンス	検査などメンテナンスや、メンテナンス性向上等について記載があるもの
		その他	上述以外、必要に応じて新たな分類を付与する
	安全性	漏れ	警報なども含む
		悪臭	
		毒性	
		可燃性	火炎の視認性が悪い課題なども含む
		熱対策	除熱、遮熱、放熱
		その他	上述以外、必要に応じて新たな分類を付与する
	管理運営（監視、遠隔システムなど）	充填・放出の計測・最適化	充填・放出量の精度向上、効率化など
		残量管理	
		使用状況監視	設備の使用状況・異常の監視、遠隔システムなど
		その他	上述以外、必要に応じて新たな分類を付与する
	利便性	利用容易性	
		組付搭載性	
		その他	
	環境性	省エネ	
		CO2削減	
		その他	上述以外、必要に応じて新たな分類を付与する

表 4-1-3　燃焼利用の技術区分とその説明

大区分	中区分	小区分	説明（小区分）
利用の種類	容積型内燃機関 (車のエンジンなど)	２ストローク	２ストロークで駆動するものを抽出
		４ストローク	４ストロークで駆動するものを抽出
		レシプロエンジン	レシプロエンジンでエンジン駆動するもの
		ロータリーエンジン	ロータリーエンジンでエンジン駆動するものを抽出
		エンジンその他	オットーエンジン、ディーゼルエンジンなど 判断できない場合もこちら
	速度型内燃機関 (ガスタービンなど)	ガスタービン	
		コンバインドサイクル発電	
	その他の種類	ボイラー	
		工業炉	
		バーナー	
		その他	
燃料		水素のみ（専焼）	※水素に空気など非化石燃焼を混ぜる場合も含む
		アンモニアガスのみ（専焼）	※アンモニアに空気など非化石燃焼を混ぜる場合も含む
		アンモニア液のみ（専焼）	※アンモニアに空気など非化石燃焼を混ぜる場合も含む
		水素とアンモニアを両方燃料として投入（専焼）	例：着火は水素、連続運転はアンモニア （※アンモニアは着火し難い） アンモニアを分離して水素燃料として使用するものもこちらに付与。
		水素＋炭素を含む燃料や化石燃料（混焼）	水素と炭素を含む燃料を使用する場合
		アンモニアガス＋炭素を含む燃料や化石燃料（混焼）	アンモニアと炭素を含む燃料を使用する場合
		アンモニア液＋炭素を含む燃料や化石燃料（混焼）	アンモニアと炭素を含む燃料を使用する場合
		その他	上述のパターン以外の燃料
		ブラウンガス	水などを電気分化して得られる酸素と水素の混合ガスを利用する場合
		限定無	燃料に関して、専焼と混焼特に限定の無いものはこちらに付与する
構造的な特徴	容積型内燃機関 (車のエンジンなど)の特徴	燃料タンク	燃料タンクに特徴があるもの
		気化器	液体を気化することに特徴があるもの
		ピストン	各部品に特徴があるもの
		ムービングパーツ	コンロッド、カムシャフト、クランクシャフトに特徴がある技術はこちらに付与
		ポート噴射式	
		直噴射式（低圧噴射）	
		直噴射式（高圧噴射）	
		直噴射式（低圧か高圧か判断不可能）	低圧か高圧か、判断付かない場合はこちら付与
		噴射（限定無し）	直噴、ポート噴射に限定しないもの
		点火プラグ、点火装置	
		水素供給路	
		アンモニア供給路	
		その他の燃料供給	その他の燃料を運ぶ配管など
		インマニ、吸気系	
		燃焼室	
		燃焼予備室	燃えにくい場合等使用する予備室
		過給機	ターボのこと
		EGR（排気ガスの再循環）	
		エキマニ、排気系	
		排ガス処理装置	
		アンモニアから水素分離機	
		冷却構造	冷却のほか、放熱関係もこちらに付与する。
		その他	同階層の技術区分には該当しないが特定のものに限定されているときに付与
	速度型内燃機関 (ガスタービンなど) ボイラー 工業炉 バーナーの特徴	軸流圧縮機	
		遠心圧縮機	
		燃料タンク	燃料タンクに特徴があるもの
		気化器	液体を気化することに特徴があるもの
		水素供給路	
		アンモニア供給路	
		その他の燃料供給路	
		酸素や空気の供給路	
		ノズル（噴射口）	ノズルや噴射口に特徴があるもの
		スプレー式	特にスプレーにて液体を噴射することに特徴があるもの
		点火	点火に特徴があるもの
		燃焼室	燃焼室に特徴があるもの
		燃焼予備室	燃えにくい場合等使用する予備室
		タービンブレード	タービンブレードに特徴があるもの
		回転軸	回転軸に特徴があるもの
		ボイラ室	ボイラ室に特徴があるもの
		直接加熱型	被加熱物に蒸気などを直接接触させ加熱させるもの
		間接加熱型	被加熱物を熱交換器などで間接的に加熱するもの
		排気ガス処理（煙突も含む）	排気ガス処理に特徴があるもの
		その他	同階層の技術区分には該当しないが特定のものに限定されているときに付与

表 4-1-3　燃焼利用の技術区分とその説明（続き）

用途	輸送機器	乗用車	トラックなど大型車以外の自動車に付与
		二輪車	バイクなど。
		大型車、商用車	バス、トラックなどの商用車
		船舶	ヨットなどを含む
		鉄道	鉄道に特徴がある技術
		有人航空機	ヘリコプターなどを含む
		無人航空機	ドローンなど
		作業用車、特殊自動車	フォークリフト、牽引車、トラクター、工事用車両等。
		宇宙機	月面車両、ロケット、宇宙探査機など宇宙用はこちらに付与
		輸送機器その他	同階層の技術区分には該当しないが特定のものに限定されているときに付与
	固定式	発電	発電に特徴がある技術
		コジェネレーション	コジェネレーションに特徴がある技術
		熱源	発電以外の用途において、加熱物を加熱するもの
		金属加工向け	金属加工向けの技術はこちらに付与
		プラスチック加工向け	プラスチック加工向けの技術はこちらに付与
		ガラス加工向け	ガラス加工向けの技術はこちらに付与
		固定式その他	同階層の技術区分には該当しないが特定のものに限定されているときに付与
課題		効率化	燃焼効率など効率について記載があるもの
		メンテナンス性	作業性やメンテナンス性について記載があるもの
		寿命	寿命の予期や高寿命化について記載があるもの
		コスト	コストダウンなどについて記載があるもの
		エミッション（NOx）	NOxについて記載があるもの。N2Oも含まれることに注意。
		エミッション（H2O2）	H2O2について記載があるもの
		エミッション（その他）	その他、エミッションについて記載があるもの
		排気系への水たまり	排気系の水を課題にするものはこちらに付与
		燃焼異常	
		未燃焼	未燃焼について記載があるもの
		希薄燃焼	理論空燃比よりも薄い（燃料に対して空気が過剰な）混合気の燃焼。 リーンバーンとも呼ばれる。
		燃焼速度	未燃焼混合気に対する火炎面の相対速度（火炎の伝搬について課題があるもの）
		着火	着火し難いことについて記載があるもの
		失火	失火について記載があるもの
		金属の脆化	金属など部品の水素脆性などについて記載があるもの（吸着しにくくする、脱水素する、など）
		その他の脆化	金属以外の部品の水素脆性などに対する対策（吸着しにくくする、脱水素する、など）
		換気	ベントシステムのようにガス燃料の蓄積を抑制するものなど
		錆	金属部品の加熱などによる錆について記載があるもの。錆の原因に限定はしない。
		付着物の対応	堆積物（錆以外）について記載があるもの
		エマルション化、乳化	水の混入による潤滑油のエマルション化など、エマルションや乳化について記載があるもの。 温度制御でエマルションを利用する場合もある。
		ガス漏れ、ガス検出	水素、アンモニア漏れ時の対策、漏れ時のフェールセーフなど ガス検出関連技術もこちらに付与する
		プレイグニッション	早期着火。点火プラグによる点火以前に燃料の混合ガスが自己着火する現象。
		バックファイヤ	燃焼しきれなかった燃料が、吸気側で燃焼する
		アフターファイア	燃焼しきれなかった燃料が、排気口で燃焼する
		異音(ノッキング)、振動	ノッキングや燃焼音を含め、エンジンの音や振動を生じるものはこちらに付与
		耐衝撃性	耐衝撃性向上技術に関するもの。
		窒化	アンモニアのみに発生する金属などの窒化
		冷却	冷却に対する対策。
		その他	同階層の技術区分には該当しないが特定のものに限定されているときに付与

表 4-1-4　燃料電池の技術区分とその説明

大区分	中区分	小区分	説明（小区分）
燃料供給	水素	水素直接供給	水素を直接供給する技術に関するもの。
		アンモニアの改質による水素	アンモニアを改質して取り出した水素を供給する技術に関するもの。
		改質（アンモニア除く）による水素	アンモニア以外の燃料を改質して取り出した水素を供給する技術に関するもの。
		その他	
		限定無	
	アンモニア	アンモニア直接供給	アンモニアを直接供給する技術に関するもの。
		その他	
		限定無	
	その他	その他	燃料電池への燃料供給に関するもののうち、上記に含まれないもの。
	種類	固体酸化物形	電解質材料としてジルコニア系材料を使用するもの。
		固体高分子形	電解質材料として高分子イオン交換膜を使用するもの。
		リン酸形	電解質材料としてリン酸を使用するもの。
		溶融炭酸塩形	電解質材料として溶融炭酸塩を使用するもの。
		アルカリ形	電解質材用としてアルカリ性水溶液を使用するもの。
		限定無	
		その他	上記の種類とは異なる燃料電池の種類であるもの。
製造に特徴	単セル内	電極触媒層	触媒層やインクの製造方法に関する請求項の記載があるもの。
		電解質膜	電解質膜の製造方法に関する請求項の記載があるもの。
		拡散層	拡散層の製造方法に関する請求項の記載があるもの。
		複合体(MEGA)	電解質、触媒、拡散層を複合したものの製造方法に関する請求項の記載があるもの。
		セパレータ	触媒を複合したものの製造方法に関する請求項の記載があるもの。
		発電体	セパレータと複合体とを組み合わせて単セルを製造する方法に関する請求項の記載があるもの。
	モジュール	スタック	セパレータと複合体とを重ね合わせて発電スタックを製造する方法に関する請求項の記載があるもの。
		周辺機器	燃料電池の周辺機器の製造方法に関する請求項の記載があるもの。
		その他	製造方法に関する請求項の記載があるもののうち、上記に含まれないもの。
材料に特徴	単セル内	金属系電極触媒	金属系の電極触媒材料に関するもの。
		非金属系電極触媒	非金属系の電極触媒材料に関するもの。
		触媒用カーボン粒子	
		電解質	電解質材料に関するもの。
		金属系拡散層	金属系の拡散層材料に関するもの。
		非金属系拡散層	非金属系の拡散層材料に関するもの。
		複合体(MEGA)	複合体の材料に関するもの。
		金属系セパレータ	金属系セパレータの材料に関するもの。
		非金属系セパレータ	非金属系セパレータの材料に関するもの。
		その他	
	モジュール	スタックケース	スタックケースの材料に関するもの。
		燃料改質器	
		冷却液	
		周辺機器	燃料電池の周辺機器の材料に関するもの。
		その他	材料に関するもののうち、上記に含まれないもの。
機械的構造に特徴	単セル内	電極触媒層	電極触媒層の構造に関するもの。
		電解質膜	電解質膜の構造に関するもの。
		拡散層	拡散層の構造に関するもの。
		複合体(MEGA)	電解質、触媒、拡散層を複合したものの構造に関するもの。
		セパレータ	セパレータの構造に関するもの。
		単セル	単セルの構造に関するもの。
		リバーシブルセル	電解（水素製造）と発電の両方の機能を有するセルの構造に関するもの。
		単セル内シール構造	単セル内のシール構造に関するもの。
		単セル間シール構造	単セル間のシール構造に関するもの。
		その他	
	モジュール	スタック	積層構造、スタックケースの構造に関するもの。
		周辺機器	燃料電池の周辺機器の構造に関するもの。
		燃料改質器	
		水素ポンプ	
		エアコンプレッサ	
		ラジエータ	
		オフガス処理部	
		その他	構造的特徴に関するもののうち、上記に含まれないもの。

表 4-1-4　燃料電池の技術区分とその説明（続き）

システムに特徴	出力制御	出力電力制御	燃料電池からの出力制御技術および電圧昇降に関するもの。
		アプリケーション連携	電力供給先との連携技術に関するもの。
	スタック状態制御	温度調整	燃料電池の過熱抑制技術および凍結抑制技術に関するもの。
		排熱利用	発電時の熱を他に活用する技術に関するもの。
		排水利用	発電時の生成水を他に活用する技術に関するもの。
		燃料排ガス制御	燃料電池システム外に排出される燃料ガスを制御する技術に関するもの。
		酸化剤排ガス制御	燃料電池システム外に排出される酸化剤ガスを制御する技術に関するもの。
		燃焼排ガス制御	発電によって生じる燃焼ガスを燃料電池システム外に排出する技術に関するもの。
		湿度制御	燃料電池の湿度を調整する技術に関するもの。
		燃料電池内の圧力制御	燃料電池内の圧力制御技術に関するもの。燃料と酸化剤のバランスを調整するもの、発電量の調整により燃料電池内の圧力を制御するものを含む。
		燃料供給時の圧力制御	燃料電池に燃料を供給する際の圧力を制御する技術および燃料供給元と燃料電池とを接続する配管内の圧力を制御する技術に関するもの。
		燃料供給時の燃料濃度制御	
		酸化剤供給時の圧力制御	燃料電池に酸化剤を供給する際の圧力を制御する技術および酸化剤供給元と燃料電池とを接続する配管内の圧力を制御する技術に関するもの。
		センシング	燃料電池の性能を可視化する技術に関するもの。
		その他	スタック状態制御に関するもののうち、上記に含まれないもの。
	周辺機器制御	燃料改質器制御	
		水素ポンプ制御	
		エアコンプレッサ制御	
		ラジエータ制御	
		オフガス処理部制御	
		他電源との協調	
		その他	
	搭載	燃料電池配置	燃料電池そのものの配置に関するもの。
		周辺機器配置	燃料電池の周辺機器の配置に関するもの。
課題	発電効率	触媒材料	触媒材料や組成を工夫することで出力向上を実現するもの。
		部品の抵抗抑制	部品の電気抵抗や接触抵抗を抑制することで出力向上を実現するもの。
		温度制御	燃料電池の温度を望ましい状態へ制御することで出力向上を実現するもの。
		湿度制御	燃料電池の湿度を望ましい状態へ制御することで出力向上を実現するもの。
		濃度制御	燃料電池の濃度を望ましい状態へ制御することで出力向上を実現するもの。
		オフガス再利用	燃料オフガスに含まれる燃料の再利用率を向上することで燃費向上を実現するもの。
		補機電力抑制	補機（温度調整装置や燃料バルブ等）の使用電力を抑制することで燃費向上を実現するもの。
		燃料利用率	
		空気利用率	
		その他	出力向上を目的とするもののうち、上記に含まれないもの。
	長寿命化	触媒被毒抑制	触媒の被毒を抑制したり、触媒を再活性化することで被毒状態を改善したりすることで長寿命化を実現するもの。
		部品劣化抑制	触媒以外の部品の劣化を抑制することで長寿命化を実現するもの。
		その他	長寿命化を目的とするもののうち、上記に含まれないもの。
	低コスト化・小型化	触媒材料	触媒材料や組成を工夫することで低コスト化を実現するもの。
		触媒以外の部品の材料	材料の低コスト化を目的とするもののうち、触媒材料以外を対象とするもの。
		部品点数削減	部品点数の削減を行うことで低コスト化・小型化を実現するもの。
		3R	部品を3R利用することで低コスト化を実現するもの。
		その他	低コスト化・小型化を目的とするもののうち、上記に含まれないもの。
	安全性向上	ガスリーク	セルやスタックからのガスリーク抑制技術およびオフガス内の燃料濃度抑制技術に関するもの。
		耐衝撃性	耐衝撃性向上技術に関するもの。
		凍結抑制	燃料電池内の水分の凍結を抑制する技術に関するもの。
		電力異常	電流・電圧異常および漏電に対する技術に関するもの。温度調整媒体のイオン交換技術を含む。
		その他	安全性技術に関するもののうち、上記に含まれないもの。

表 4-1-4　燃料電池の技術区分とその説明（続き）

用途	定置用	一般家庭や工場などへの電力供給を目的とした燃料電池への限定があるもの。
	乗用車	車両への電力供給を目的とした燃料電池への限定があるもの。レンジエクステンダーを含む。
	二輪車	バイクなど。
	大型車、商用車	バス、トラックなどの商用車
	船舶	ヨットなどを含む。船舶への電力供給を目的とした燃料電池への限定があるもの。
	鉄道	鉄道に特徴がある技術
	有人航空機	ヘリコプターなどを含む
	無人航空機	ドローンなど
	作業用車、特殊自動車	フォークリフト、牽引車、トラクター、工事用車両等。
	宇宙機	月面車両、ロケット、宇宙探査機など宇宙用はこちらに付与
	モバイル用	携帯機器への電力供給を目的とした燃料電池。
	その他	その他に特徴がある技術

３．　特許文献の調査範囲

（１）調査期間

2012 - 2020 年（優先権主張年ベース）

（２）調査対象文献

PCT（特許協力条約）に基づく国際出願（以降、「PCT 出願」とする。）
日本、米国、欧州、中国、韓国をはじめとする各国・地域への特許出願及び登録特許

（３）調査対象国・地域［出願先国・地域］

日本、米国、欧州、中国、韓国

（４）解析対象

解析の対象とした出願人国籍・地域は、日本、米国、欧州、中国、韓国の 5 カ国・地域であり、それ以外は「その他」とした。

出願人国籍・地域を「欧州籍」とする国は、以下に示す EPC（欧州特許条約）加盟国 38 カ国（2022 年 6 月現在）である。モンテネグロは 2022 年 10 月に EPC 加盟国となったため、本調査の欧州籍には含まれないことに注意する。また、出願先として「欧州」とするのは、EPC 加盟国のうち以下に示す Orbit Intelligence 収録国である 36 カ国（2022 年 6 月 7 日現在）と欧州特許庁（EPO）である。

【「欧州籍」とする EPC 加盟国 38 カ国】
アルバニア、オーストリア、ベルギー、ブルガリア、スイス、キプロス、チェコ、ドイツ、デンマーク、エストニア、スペイン、フィンランド、フランス、イギリス、ギリシャ、モナコ、クロアチア、ハンガリー、アイルランド、アイスランド、イタリア、リヒテンシュタイン、リトアニア、ルクセンブルグ、ラトビア、マケドニア、マルタ、オランダ、ノルウェー、ポーランド、ポルトガル、ルーマニア、スウェーデン、スロヴニア、スロヴァキア、サン・マリノ、トルコ、セルビア

【「欧州への出願先国・地域」となる EPC 加盟国 36 カ国】
オーストリア、ベルギー、ブルガリア、スイス、キプロス、チェコ、ドイツ、デンマーク、エストニア、スペイン、フィンランド、フランス、イギリス、ギリシャ、モナコ、クロアチア、ハンガリー、アイルランド、アイスランド、イタリア、リヒテンシュタイン、リトアニア、ルクセンブルグ、ラトビア、マルタ、オランダ、ノルウェー、ポーランド、ポルトガル、ルーマニア、スウェーデン、スロヴニア、スロヴァキア、サン・マリノ、トルコ、セルビア

（５）使用したデータベース

国内外特許文献とも Questel 社が提供する特許検索データベース Orbit Intelligence で検索を行った。検索式を表 4-1-5 に示す。検索を実施したのは 2022 年 6 月 7 日である。各国での公開からその情報がデータベースへ収録されるまでには、発行国からのデータ提供にかかるタイムラグがあったり、当該データを入手したデータベース会社のデータベース収録作業時間が必要であったりする。また、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。したがって、本調査報告における 2019 年および 2020 年の出願のデータは真の数値より少ない可能性があることに留意されたい。

（６）その他の留意事項

出願先国・地域別 - 出願人国籍・地域別出願件数などの解析を実施する場合、出願先国・地域として、オーストラリア、サウジアラビア、チリ、ASEAN を加える場合がある。オーストラリアやチリ、ASEAN はデータベースにデータが収録されている一方、サウジアラビアは 2019 年より未収録である点について、留意されたい。また ASEAN は、ブルネイ、カンボジア、インドネシア、ラオス、マレーシア、ミャンマー、フィリピン、シンガポール、タイ、ベトナムである。

パテントファミリー件数（以降、ファミリー件数とする）とは、国内国外を通じて、少なくとも一つの共通の優先権を持ち、 技術内容が完全または部分的に一致する関係を有する特許文献群を 1 件とカウントしたものである。

これに対して、国際パテントファミリー（International Patent Family、以降 IPF とする）件数とは、複数の国・地域への出願を含むパテントファミリー、又は、欧州特許庁への出願や PCT 出願（複数の国・地域での権利取得意志に基づくと推定される出願）を含むパテントファミリーを 1 件とカウントしたものである。国際パテントファミリー件数は、欧州特許庁への出願を 1 件としてカウントするものであるため。欧州籍の出願件数が多くカウントされ易い特徴があることに留意されたい。ただ国際パテントファミリーとしてカウントされる出願は、出願人が多大な出願関連費用・時間をかけても複数の国・地域に出願しようとする発明であり、価値がある重要な発明であると考えられる。

また、出願件数は、一つまたは複数の国（地域）へ出願した件数を合計したものである。分割出願や継続出願などの影響により、ファミリー件数と件数が必ずしも一致しないことに留意されたい。

表 4-1-5　検索式

説明	式番号	Orbit検索式
ア．水素の製造	1	(C25B-001/02 OR C25B-001/04+ OR C25B-001/06 OR C25B-001/08 OR C25B-001/10 OR C25B-001/12)/IPC AND (HYDROGEN+ OR H2)/TI/ABS/CLMS
	2	(C01B-003/+)/IPC
	3	(B01D-053/22 OR B01D-061/+ OR B01D-063/+ OR B01D-065/+ OR B01D-067/+ OR B01D-069/+ OR B01D-071/+)/IPC AND ((HYDROGEN+ OR H2) 5D (SEPARAT+))/TI/ABS/CLMS
	4	(F25J-003/+)/IPC AND ((HYDROGEN+ OR H2) 5D (SEPARAT+))/TI/ABS/CLMS
イ．水素の貯蔵・輸送・供給・水素ステーション	5	(F17B+ OR F17C+)/IPC AND (HYDROGEN+ OR H2)/TI/ABS/CLMS
	6	(B63B-025/08 OR B63B-025/10 OR B63B-025/12 OR B63B-025/14 OR B63B-025/16)/IPC AND (HYDROGEN+ OR H2)/TI/ABS/CLMS
	7	(H02J-015/+)/IPC AND (HYDROGEN+ OR H2)/TI/ABS/CLMS
	8	(F25J-001/+)/IPC AND ((HYDROGEN+ OR H2) 5D (LIQUEFY+))/TI/ABS/CLMS
	9	(B65D-088/12 OR B65D-088/14)/IPC AND (HYDROGEN+ OR H2)/TI/ABS/CLMS
	10	(C22C-001/+ OR C22C-014/+ OR C22C-019/+ OR C22C-038/+ OR C22F-001/+)/IPC AND ((HYDROGEN+ OR H2) 1D (ABSORB+ OR STOR+))/TI/ABS/CLMS
	11	(C07C-001/04 OR C07C-001/06 OR C07C-001/08 OR C07C-001/12)/IPC AND ((HYDROGEN+ OR H2) 1D (ABSORB+ OR STOR+ OR TRANSPORT+ OR STATION+))/TI/ABS/CLMS
	12	(C07C-009/04 OR C07C-031/04)/IPC AND ((HYDROGEN+ OR H2) 1D (ABSORB+ OR STOR+ OR TRANSPORT+ OR STATION+))/TI/ABS/CLMS
	13	(C07C-005/02 OR C07C-005/367)/IPC AND ((HYDROGEN+ OR H2) 1D (ABSORB+ OR STOR+ OR TRANSPORT+ OR STATION+))/TI/ABS/CLMS
	14	(C07C-005/42 OR C07C-005/44 OR C07C-005/46 OR C07C-005/48 OR C07C-005/5+)/IPC AND ((HYDROGEN+ OR H2) 1D (ABSORB+ OR STOR+ OR TRANSPORT+ OR STATION+))/TI/ABS/CLMS
	15	(C07C-015/04 OR C07C-015/06 OR C07C-015/24)/IPC AND ((HYDROGEN+ OR H2) 1D (ABSORB+ OR STOR+ OR TRANSPORT+ OR STATION+))/TI/ABS/CLMS
	16	(B60S-005/02 OR F17C-005/04 OR F17C-005/06)/IPC AND (HYDROGEN+ OR H2)/TI/ABS/CLMS
ウ．水素の燃焼による利用（水素エンジン車等）	17	(B60K-008/+)/IPC AND (HYDROGEN+ OR H2)/TI/ABS/CLMS
	18	(F02B-043/+ OR F02B-045/+ OR F02B-053/10 OR F02B-055/+ OR F02D-019/02 OR F02M-025/+ OR F02M-027/+ OR F02M-037/+)/IPC AND (HYDROGEN+ OR H2)/TI/ABS/CLMS
	19	(F03G-007/+)/IPC AND (HYDROGEN+ OR H2)/TI/ABS/CLMS
	20	(F01N-003/+)/IPC AND ((HYDROGEN+ OR H2) 5D (FUEL+))/TI/ABS/CLMS
	21	(F02B-001/+ OR F02B-003/+ OR F02B-011/+ OR F02B-019/+ OR F02B-023/+ OR F02F-001/+ OR F02F-003/+)/IPC AND ((HYDROGEN+ OR H2) 5D (FUEL+))/TI/ABS/CLMS
	22	(F02M-045/+ OR F02M-047/+ OR F02M-051/06 OR F02M-051/08 OR F02M-057/+ OR F02M-061/+ OR F02M-69/04)/IPC AND ((HYDROGEN+ OR H2) 5D (FUEL+))/TI/AB/CLMS
	23	(F23D-014/+ OR F23K-005/+)/IPC AND (HYDROGEN+ OR H2)/TI/ABS/CLMS
	24	(F22B+ OR F22D+ OR F22G+)/IPC AND (HYDROGEN+ OR H2)/TI/ABS/CLMS
エ．燃料電池	25	(H01M-004/86 OR H01M-004/88 OR H01M-004/90 OR H01M-004/92 OR H01M-004/94 OR H01M-004/96 OR H01M-004/98)/IPC
	26	(H01M-008/+)/IPC
	27	(B60L-050/70 OR B60L-050/71 OR B60L-050/72 OR B60L-050/75)/IPC
	28	(B60K-006/32)/IPC
オ．アンモニアの製造	29	(C01C-001/00)/IPC
	30	(C01C-001/02 OR C01C-001/04 OR C01C-001/08 OR C01C-001/10 OR C01C-001/12 OR C01C-001/14)/IPC
	31	(C25B-001/+)/IPC AND ((AMMONIA OR NH3) 5D (SYNTHES+ OR PRODUC+ OR GENERAT+ OR MANUF+))/TI/ABS/CLMS
	32	(C25B-001/27)/IPC
	33	(B01D-053/22 OR B01D-061/+ OR B01D-063/+ OR B01D-065/+ OR B01D-067/+ OR B01D-069/+ OR B01D-071/+)/IPC AND ((AMMONIA OR NH3) 5D (SEPARAT+))/TI/ABS/CLMS
	34	(F25J-003/+)/IPC AND ((AMMONIA OR NH3) 5D (SEPARAT+))/TI/ABS/CLMS
	35	(C12P-003/+)/IPC AND ((AMMONIA OR NH3) 5D (SYNTHES+ OR PRODUC+ OR GENERAT+ OR MANUF+))/TI/ABS/CLMS
カ．アンモニアの貯蔵・輸送	36	(F17B+ OR F17C+)/IPC AND (AMMONIA OR NH3)/TI/ABS/CLMS
	37	(B63B-025/08 OR B63B-025/10 OR B63B-025/12 OR B63B-025/14 OR B63B-025/16)/IPC AND (AMMONIA OR NH3)/TI/ABS/CLMS
	38	(F25J-001/+)/IPC AND ((AMMONIA OR NH3) 5D (LIQUEFY+))/TI/ABS/CLMS
	39	(B65D-088/12 OR B65D-088/14)/IPC AND (AMMONIA OR NH3)/TI/ABS/CLMS
キ．アンモニアの燃焼による利用	40	(B60K-008/+)/IPC AND (AMMONIA OR NH3)/TI/ABS/CLMS
	41	(F02B-043/+ OR F02B-045/+ OR F02B-053/10 OR F02B-055/+ OR F02D-019/02 OR F02M-025/+ OR F02M-027/+ OR F02M-037/+)/IPC AND (AMMONIA OR NH3)/TI/ABS/CLMS
	42	(F03G-007/+)/IPC AND (AMMONIA OR NH3)/TI/ABS/CLMS
	43	(F01N-003/+)/IPC AND ((AMMONIA OR NH3) 5D (FUEL+))/TI/ABS/CLMS
	44	(F02B-001/+ OR F02B-003/+ OR F02B-011/+ OR F02B-019/+ OR F02B-023/+ OR F02F-001/+ OR F02F-003/+)/IPC AND ((AMMONIA OR NH3) 5D (FUEL+))/TI/ABS/CLMS
	45	(F02M-045/+ OR F02M-047/+ OR F02M-051/06+ OR F02M-051/08 OR F02M-057/+ OR F02M-061/+ OR F02M-69/04)/IPC AND ((AMMONIA OR NH3) 5D (fuel+))/TI/ABS/CLMS
	46	(F23D-014/+ OR F23K-005/+)/IPC AND (AMMONIA OR NH3)/TI/ABS/CLMS
	47	(F22B+ OR F22D+ OR F22G+)/IPC AND (AMMONIA OR NH3)/TI/ABS/CLMS
最先優先年・国・種別	48	EPRD>=2012 AND EPRD<=2020 AND (WOA? OR WOB? OR JPA? OR JPB? OR JPC? OR US OR CNA? OR CNB? OR CNC? OR KRA? OR KRB? OR EP OR AL OR ATA? OR ATB? OR BE OR BGA? OR BGB? OR CH OR CY OR CZA? OR CZB? OR DEA? OR DEB? OR DEC? OR DED? OR DER? OR DKA? OR DKB? OR DKC? OR DKD? OR DKL? OR EEA? OR EEB? OR ESA? OR ESB? OR ESD? OR FIA? OR FIB? OR FIC? FIL? OR FR OR GB OR GRA? OR GRB? OR HRA? OR HRB? OR HRC? OR HUA? OR HUB? OR HUD? OR HUP? OR IE OR IS OR ITA? OR ITB? OR ITD? OR LT OR LU OR LV OR MC OR MK OR MT OR NL OR NO OR PLA? OR PLB? OR PTA? OR PTB? OR ROA? OR ROB? OR ROC? OR RSA? OR RSB? OR SE OR SKA? OR SKB? OR SI OR SMA? OR SMB? OR TRA? OR TRB?)/PN
詳細解析のための母集合	49	48 AND (1 OR 2 OR 3 OR 4 OR 5 OR 6 OR 7 OR 8 OR 9 OR 10 OR 11 OR 12 OR 13 OR 14 OR 15 OR 16 OR 17 OR 18 OR 19 OR 20 OR 21 OR 22 OR 23 OR 24 OR 25 OR 26 OR 27 OR 28 OR 29 OR 30 OR 31 OR 32 OR 33 OR 34 OR 37 OR 38 OR 39 OR 40 OR 41 OR 42 OR 43 OR 44 OR 45 OR 46 OR 47)

注:/IPC は、検索フィールドが国際特許分類(International Patent Classification)の意。

注：/TI は、検索フィールドがタイトルの意。

注：/AB は、検索フィールドが要約の意。

注：/CLMS は、検索フィールドが全請求項の意。

注：/EPRD は、検索フィールドが最初の優先権主張日の意。

注：+は、トランケーションであり、任意の文字数（0 文字も含む）を置き換える検索。

注：nD は、演算子であり、左右の単語間で最大 n 語（5D であれば 5 語、入力した単語の語順は問わない）までを許容とし、隣接して存在するレコードを検索。

注:/PN は、検索フィールドが公報番号の意。CC=発行国記号、KK=公報種別記号として、CC/PN で発行国、CCKK/PN で発行国および公報種別を検索する。"?"は 1 又は 0 文字の任意の文字。

（７）調査手法

第１節と第２節の条件に従って特許出願を検索した結果、特許文献約 75,000 件（パテントファミリー）を取得し、特許請求の範囲、明細書、図面、要約等の読み込みにより、詳細解析を行った。その結果、本調査の対象となる文献約 59,400 件（パテントファミリー）を抽出した。

詳細解析における技術区分への付与は、多観点付与方式（1 つの案件に対して複数の技術区分に該当する場合、該当する全ての技術区分に観点付与を実施）を採用した。

出願人に関する調査は、共同出願の分析以外は筆頭出願人のみを対象とした。出願人国籍・地域は、公報に記載されている出願人の住所を出願人の国籍・地域とし、出願人が共同出願人の場合は筆頭出願人の住所を採用した。

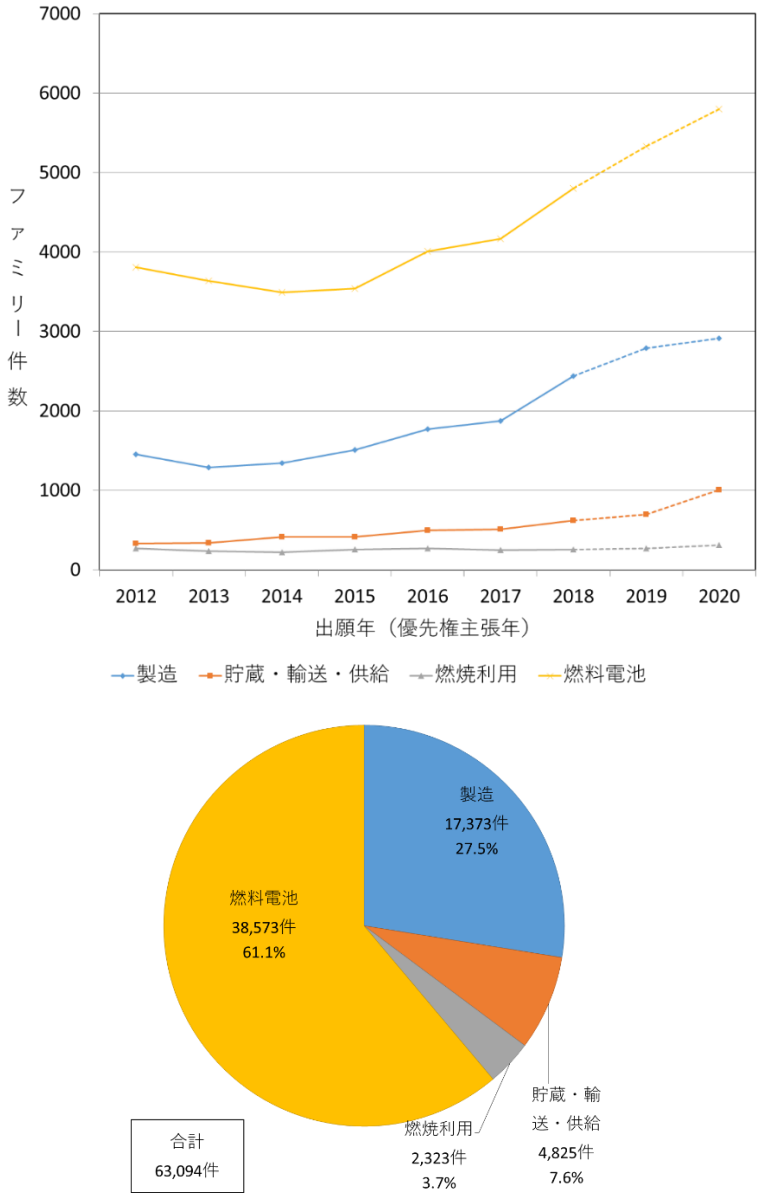
第２節　全体動向調査

１．パテントファミリー件数年次推移及びファミリー件数比率

技術区分（製造、貯蔵・輸送・供給、燃焼利用、燃料電池）別のパテントファミリー件数推移及びパテントファミリー件数比率を図 4-2-1 に示す。2015 年以降は燃料電池の技術分野が増加傾向であり、2013 以降は製造と貯蔵・輸送・供給の技術分野が増加傾向であるが、燃焼利用の技術分野は、継続して出願が見られるものの増加傾向ではない。

燃料電池のファミリー件数比率が最も高い。燃料電池のファミリー件数比率は、61.1%を占めており、次いで、製造（27.5%）、貯蔵・輸送・供給（7.6%）、燃焼利用（3.7%）となっている。

図 4-2-1　技術区分（製造、貯蔵・輸送・供給、燃焼利用、燃料電池）別のファミリー件数年次推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

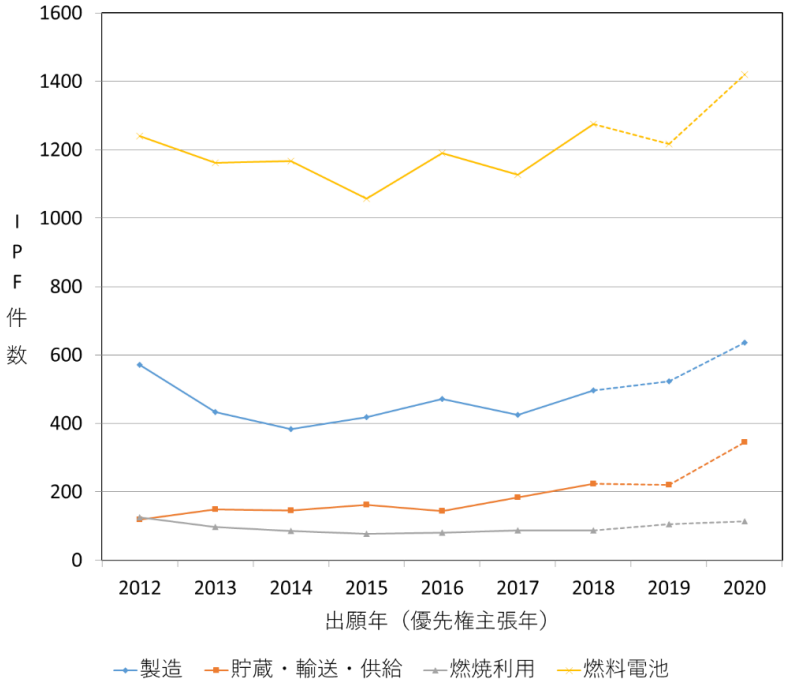


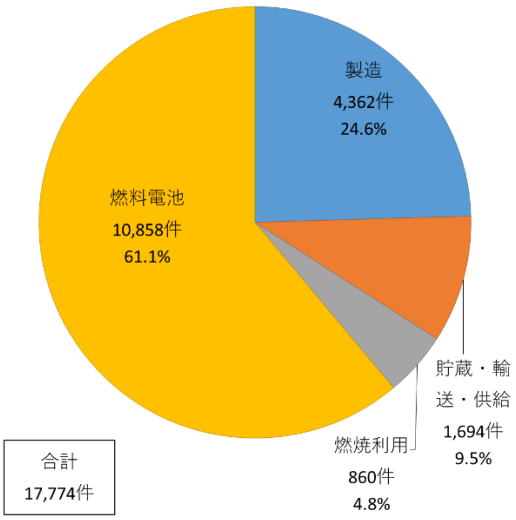
注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

２．国際パテントファミリー件数年次推移及び国際パテントファミリー件数比率

技術区分（製造、貯蔵・輸送・供給、燃焼利用、燃料電池）別の国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率を図 4-2-2 に示す。2015 年以降は燃料電池の技術分野が増加傾向であり、2013 年以降は製造と貯蔵・輸送・供給の技術分野が増加傾向であるが、燃焼利用の技術分野は、継続して出願が見られるものの増加傾向ではない。燃料電池の IPF 件数比率が最も高い。燃料電池の IPF 件数比率は、61.1%を占めており、次いで、製造（24.6%）、貯蔵・輸送・供給（9.5%）、燃焼利用（4.8%）となっている。

図 4-2-2　技術区分（製造、貯蔵・輸送・供給、燃焼利用、燃料電池）別の国際パテントファミリー件数年次推移及び国際パテントファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）





注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

第３節　製造における特許動向調査

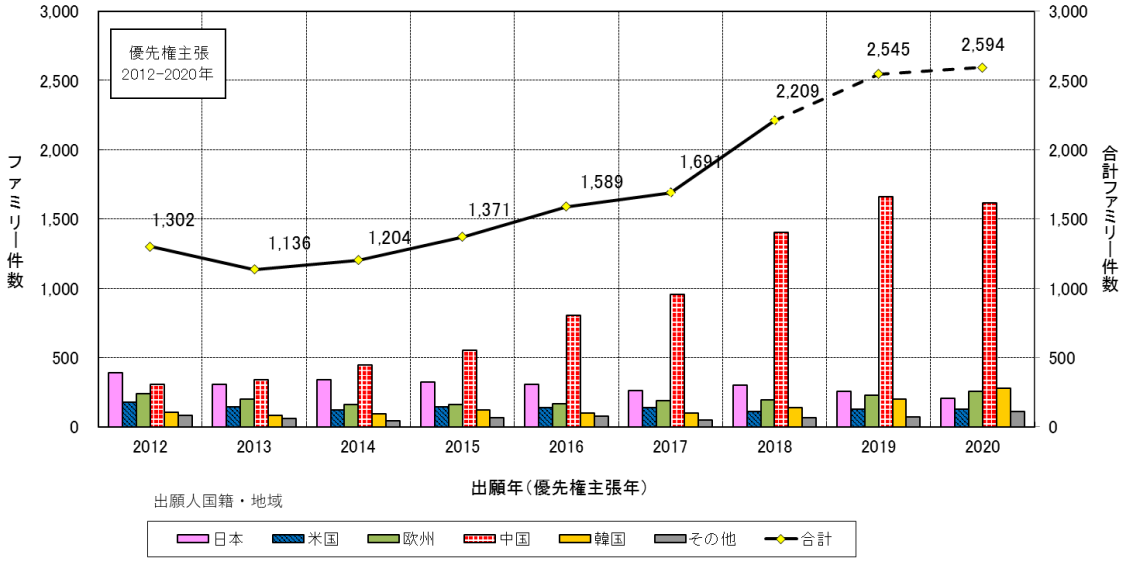
１．出願人国籍・地域別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率

（１）水素製造

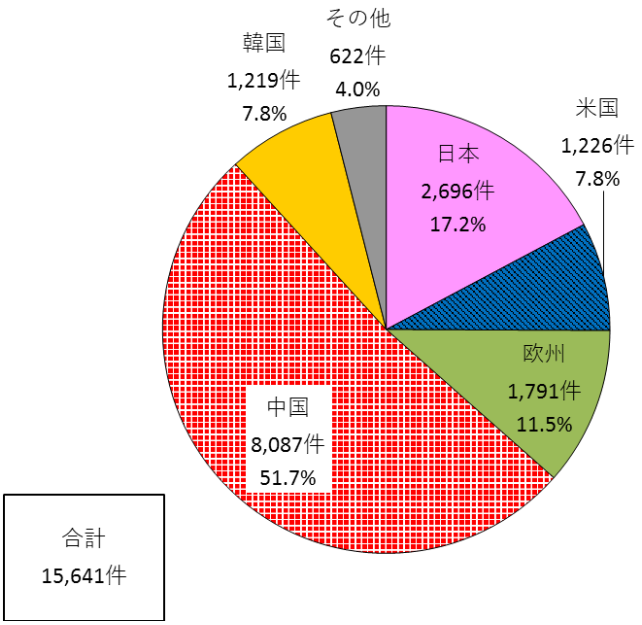
水素製造における出願人国籍・地域別のファミリー件数推移及びファミリー件数比率を図 4-3-1 に示す。2015 年以降、中国籍のファミリー件数が急激に増加しているが、日本国籍の件数は 2012 年をピークに減少傾向である。

中国籍によるファミリー件数比率が 51.7%と半数以上を占めており、次いで、日本国籍（17.2%）、欧州籍（11.5%）、米国籍（7.8%）、韓国籍（7.8%）となっている。

図 4-3-1　技術区分（水素製造）の出願人国籍・地域別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

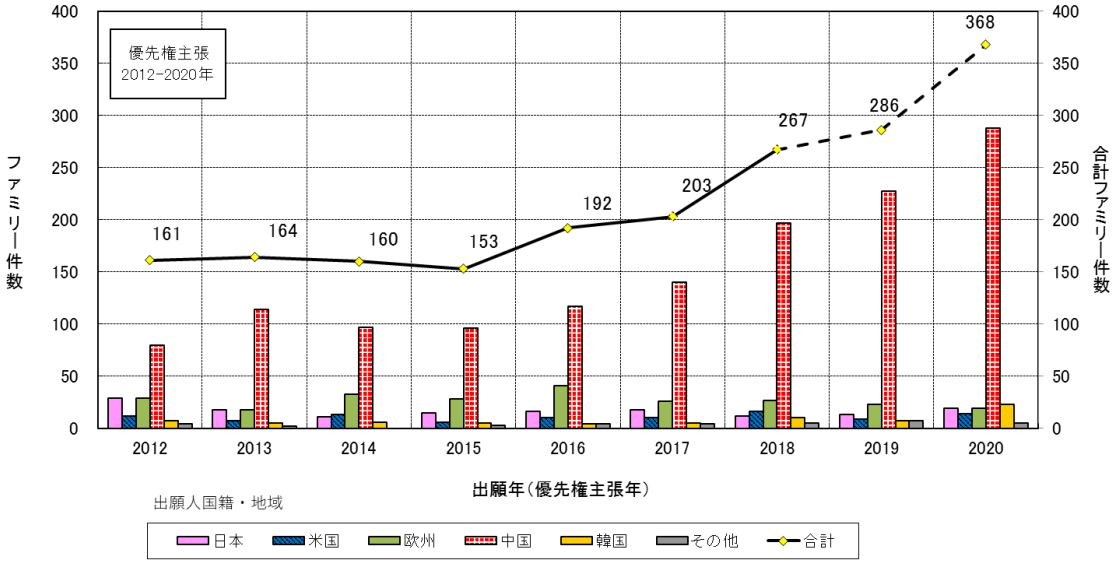


（２）アンモニア製造

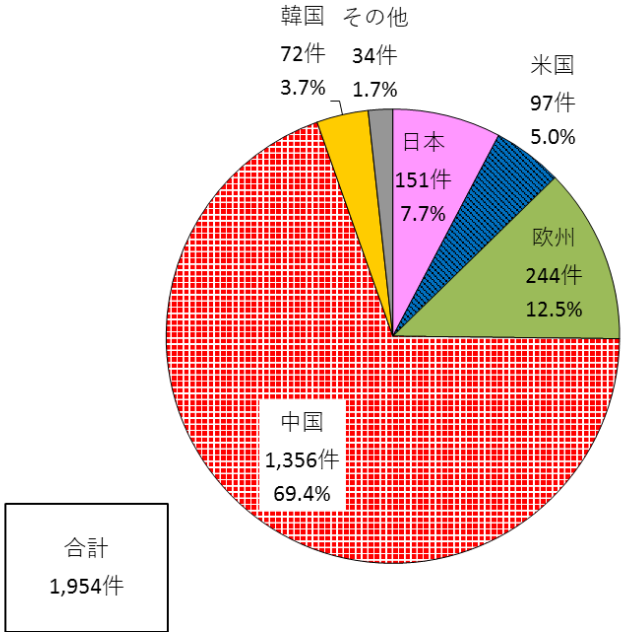
アンモニア製造における出願人国籍・地域別のファミリー件数推移及びファミリー件数比率を図 4-3-2 に示す。2018 年以降に中国籍のファミリー件数が急激に増加している。一方で、日本国籍の件数は 2012 年以降、減少傾向である。

中国籍によるファミリー件数比率が 69.4%と半数以上を占めており、次いで、欧州籍（12.5%）、日本国籍（7.7%）、米国籍（5.0%）、韓国籍（3.7%）となっている。

図 4-3-2　技術区分（アンモニア製造）の出願人国籍・地域別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



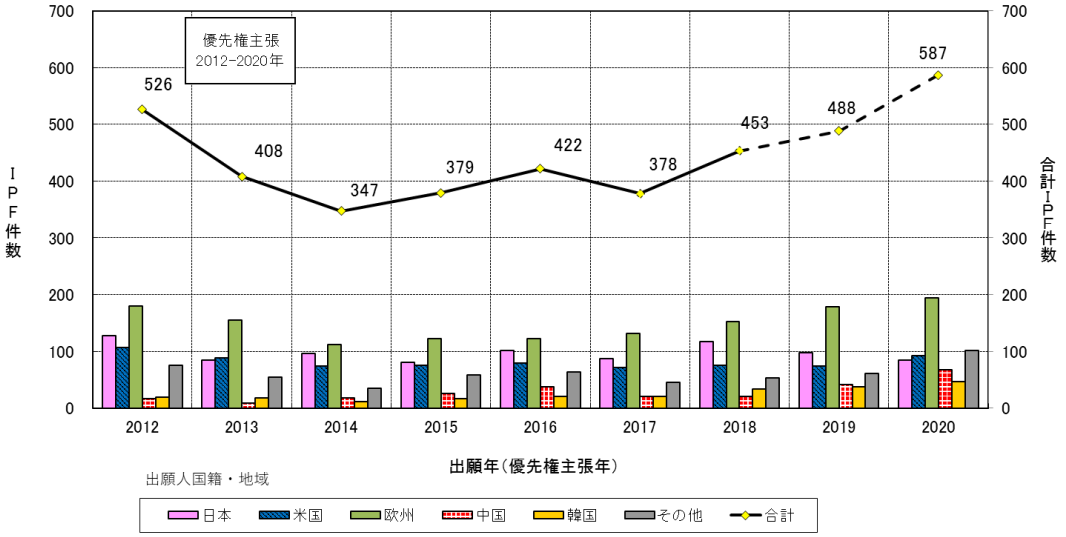
２．出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率

（１）水素製造

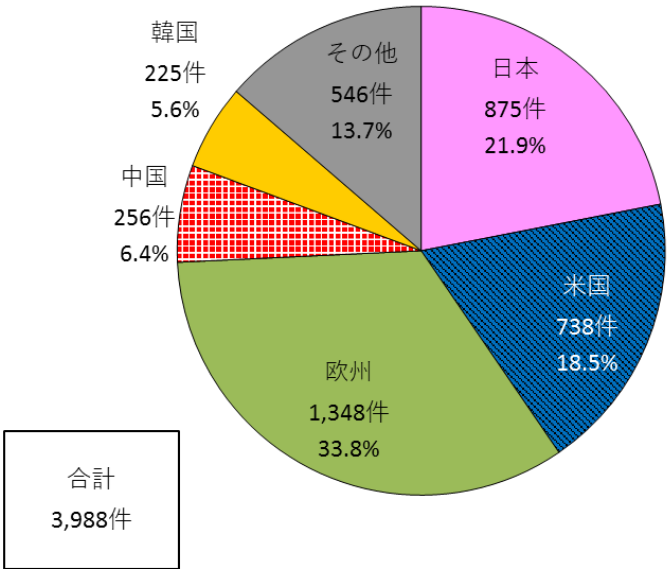
水素製造における出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率を図 4-3-3 に示す。2016 年以降、欧州籍の IPF 件数が増加傾向であり、日本国籍の IPF 件数は 2012 年～2018 年まで横ばいである。

欧州籍による IPF 件数比率が最も高く、33.8％を占めており、次いで、日本国籍（21.9％）、米国籍（18.5％）、中国籍（6.4％）、韓国籍（5.6％）となっている。

図 4-3-3　技術区分（水素製造）の出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

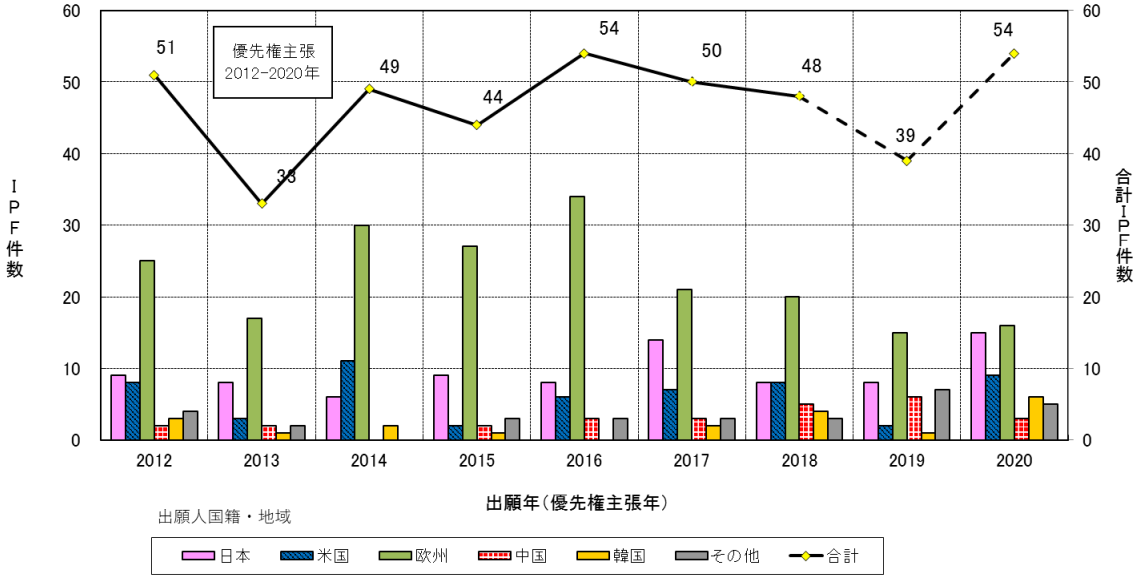


（２）アンモニア製造

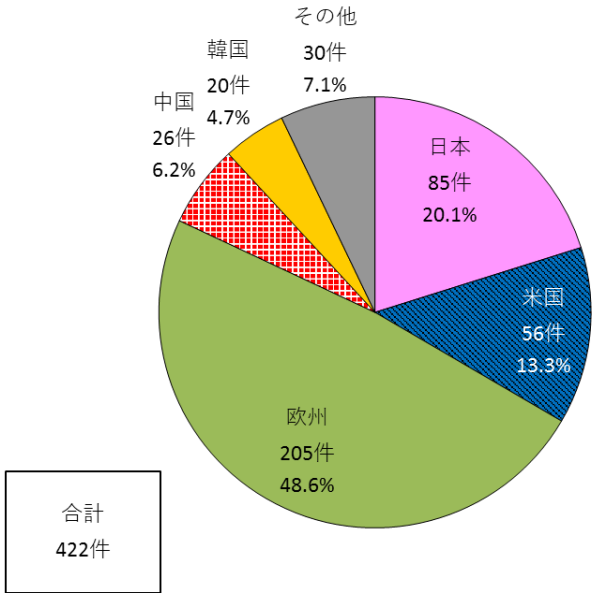
アンモニア製造における出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率を図 4-3-4 に示す。2016 年以降、欧州籍の IPF 件数が減少傾向である一方、日本国籍の IPF 件数は 2012 年以降、横ばいである。

欧州籍による IPF 件数比率が最も高く 48.6%を占めており、次いで、日本国籍(20.1%)、米国籍（13.3%）、中国籍（6.2%）、韓国籍（4.7%）となっている。

図 4-3-4　技術区分（アンモニア製造）の出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

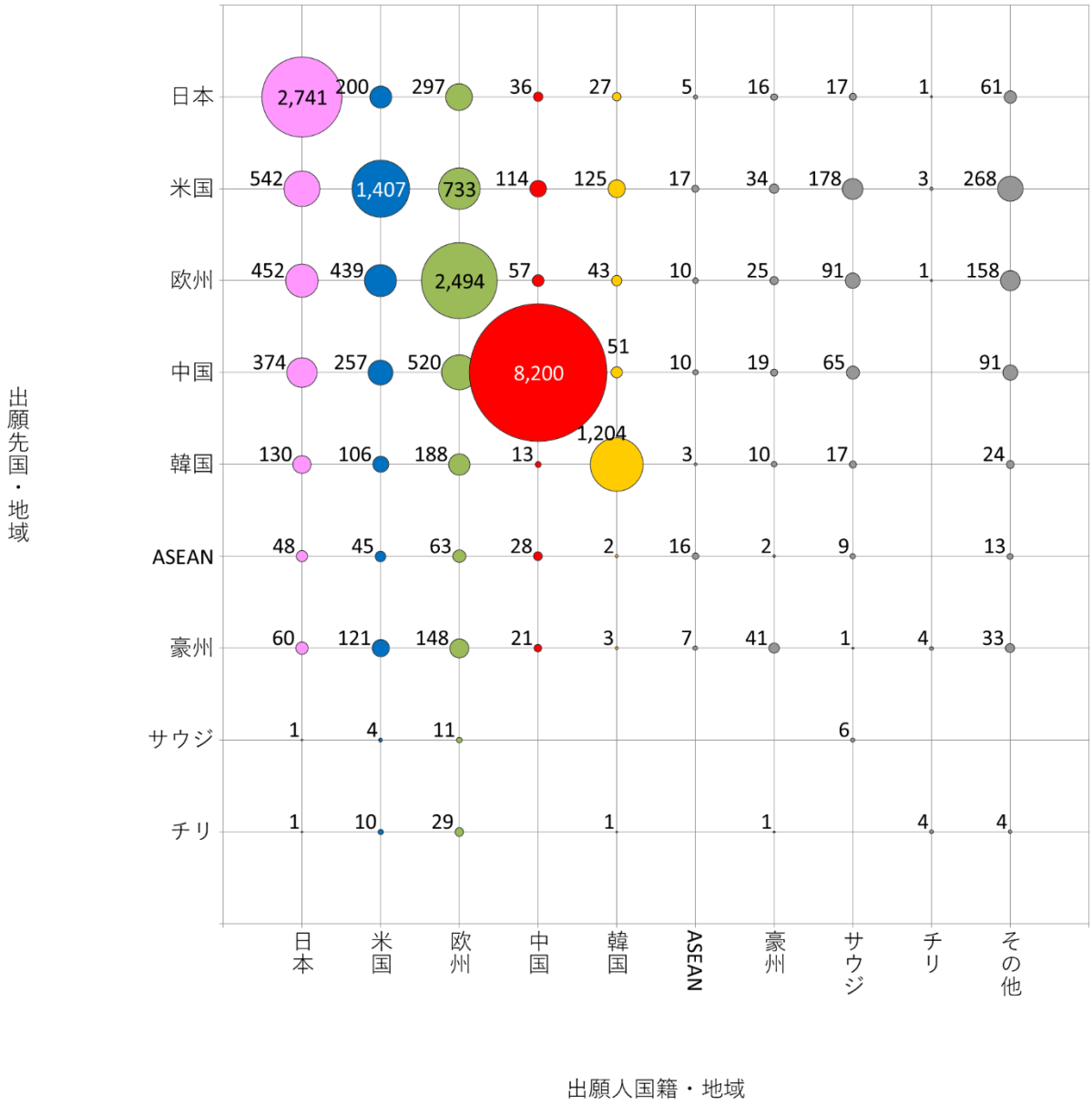


３．出願先国・地域別－出願人国籍・地域別出願件数

（１）水素製造

水素製造における出願先国・地域と出願人国籍・地域別出願件数の相関を図 4-3-5 に示す。各国籍・地域の自国・自地域への出願を比べると、日本国籍の自国への出願は米国籍や欧州籍よりも多い。また、日本国籍の他の国・地域への出願について、米中韓での出願件数は、自国籍出願人を除くと、日本国籍が欧州籍の次に多い一方で再生可能エネルギー資源国とされる豪州への出願については、欧米籍より少ない。また、産油国であるサウジアラビアへの出願については、日米欧籍出願人のいずれもほとんど出願を行っていない。中国籍については、自国への出願が最も多い一方、他の国・地域への出願は、日本国籍と比較すると、全体的に少ない傾向である。

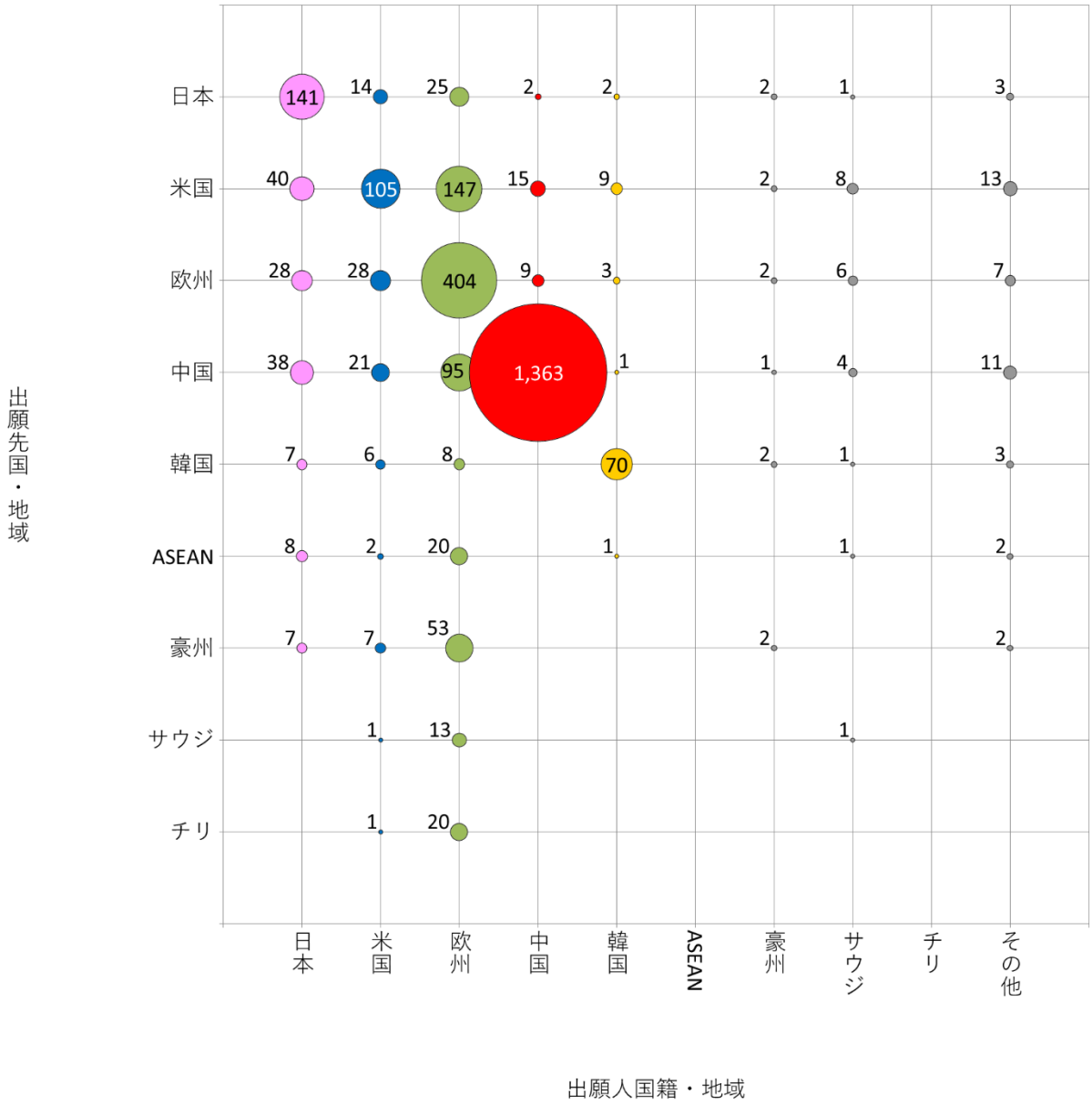
図 4-3-5　技術区分（水素製造）の出願先国・地域別 - 出願人国籍・地域別出願件数（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



（２）アンモニア製造

アンモニア製造における出願先国・地域と出願人国籍・地域別出願件数の相関を図 4-3-6 に示す。各国籍・地域の自国・自地域への出願を比べると、日本国籍の自国への出願は欧州籍よりも少ない。また、日本国籍の他の国・地域への出願について、欧米中韓及び豪州やサウジアラビアでの出願件数は、欧州籍よりも少ない。中国籍については、自国への出願が最も多い一方、他の国・地域への出願は、日本国籍と比較すると、全体的に少ない傾向である。

図 4-3-6　技術区分（アンモニア製造）の出願先国・地域別 - 出願人国籍・地域別出願件数（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

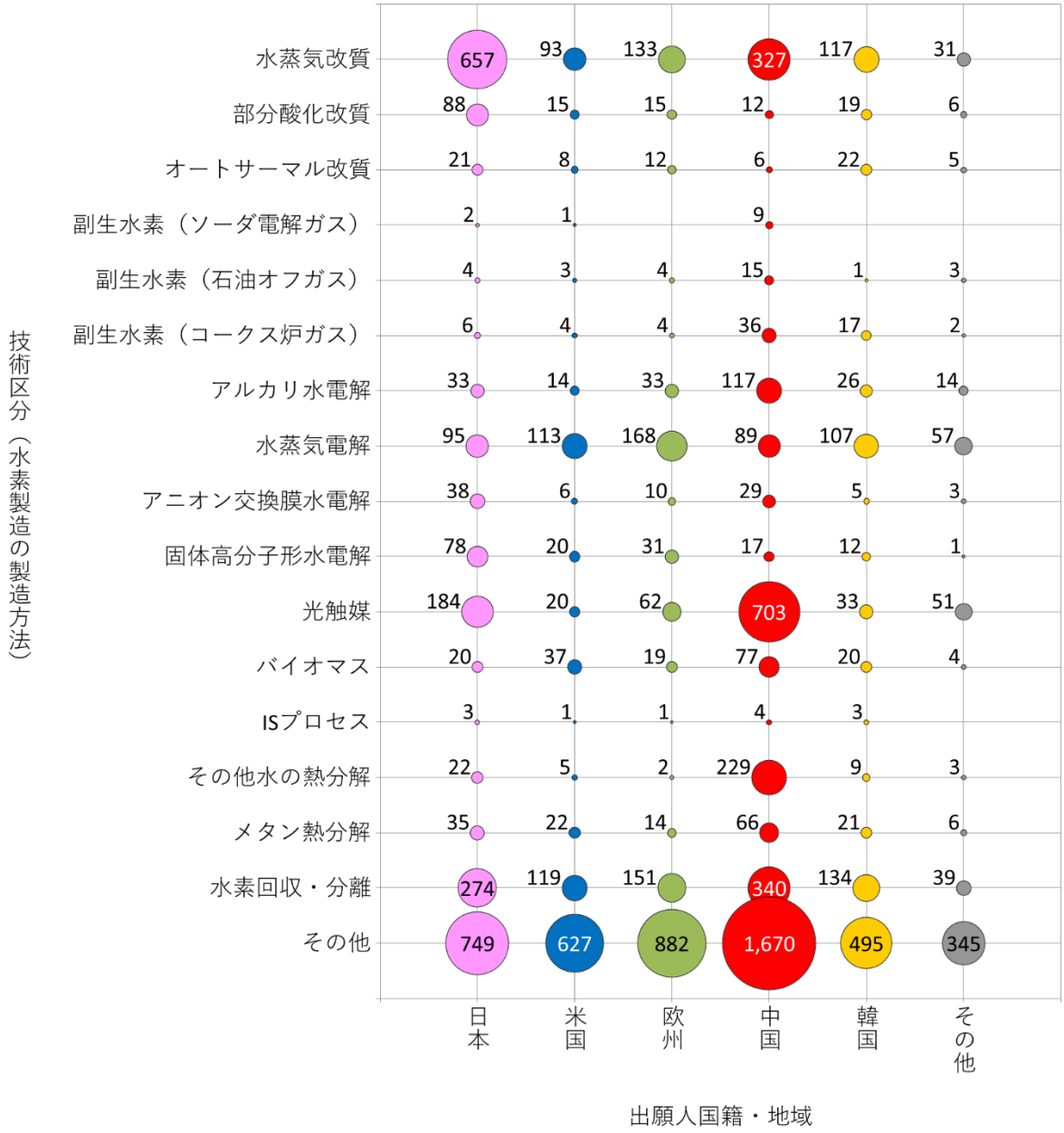


４．技術区分別動向調査

（１）水素製造

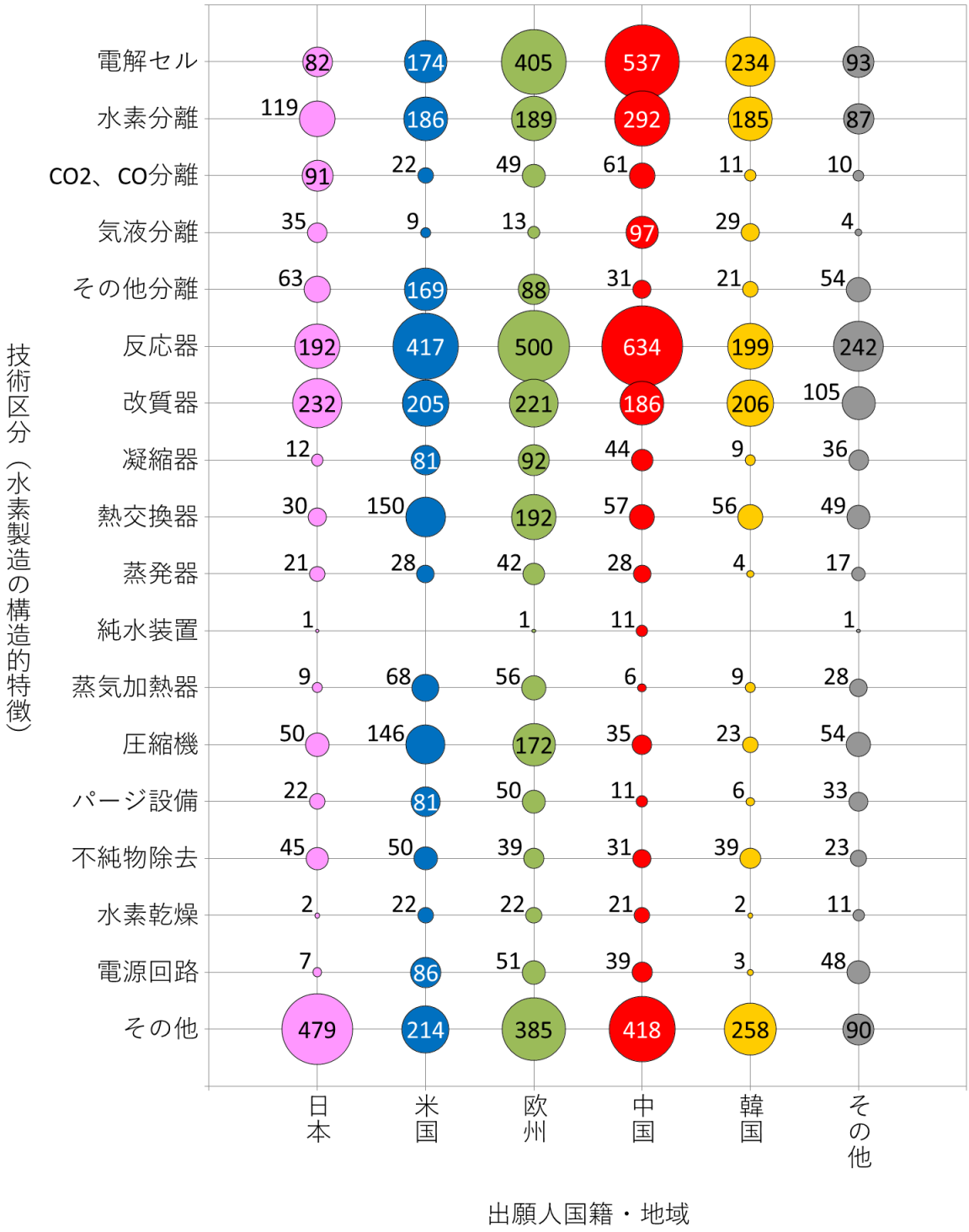
水素製造の製造方法別の出願人国籍・地域別出願件数を図 4-3-7 に示す。水蒸気改質、部分酸化改質、アニオン交換膜水電解、固体高分子形水電解については、日本国籍のファミリー件数が最も多い。一方で、水蒸気電解については、日本国籍よりも米国籍、欧州籍、韓国籍のファミリー件数のほうが多く、アルカリ水電解については日本国籍よりも中国籍が多い。

図 4-3-7　技術区分（水素製造の製造方法）別 - 出願人国籍・地域別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



水素製造の構造的特徴別の出願人国籍・地域別ファミリー件数を図 4-3-8 に示す。凝縮器と熱交換器については欧米籍の出願件数が突出して多い。

図 4-3-8　技術区分（水素製造の構造的特徴）別 - 出願人国籍・地域別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



さらに、水蒸気改質、部分酸化改質の特許出願に限定した場合の水素製造の触媒及び構造的特徴別の出願人国籍・地域別ファミリー件数について、それぞれ、図 4-3-9, 4-3-10 に示す。また、アニオン交換膜水電解、固体高分子形水電解の特許出願に限定した場合の水素製造の触媒及び構造的特徴別の出願人国籍・地域別ファミリー件数について、それぞれ、図 4-3-11, 4-3-12 に示す。

図 4-3-9～図 4-3-12 より、日本国籍出願人は、改質では Ni, Pt, Ru, Ir 系触媒や CO_2・CO 分離（膜）、反応器、改質器において、電解では Pt, Ru 系触媒や CO_2・CO 分離（膜）、気液分離、圧縮機、不純物除去において、他国籍・地域出願人をリードしている。

図 4-3-9　技術区分（触媒）別 - 出願人国籍・地域別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（水素製造方法を水蒸気改質、部分酸化改質へ限定）

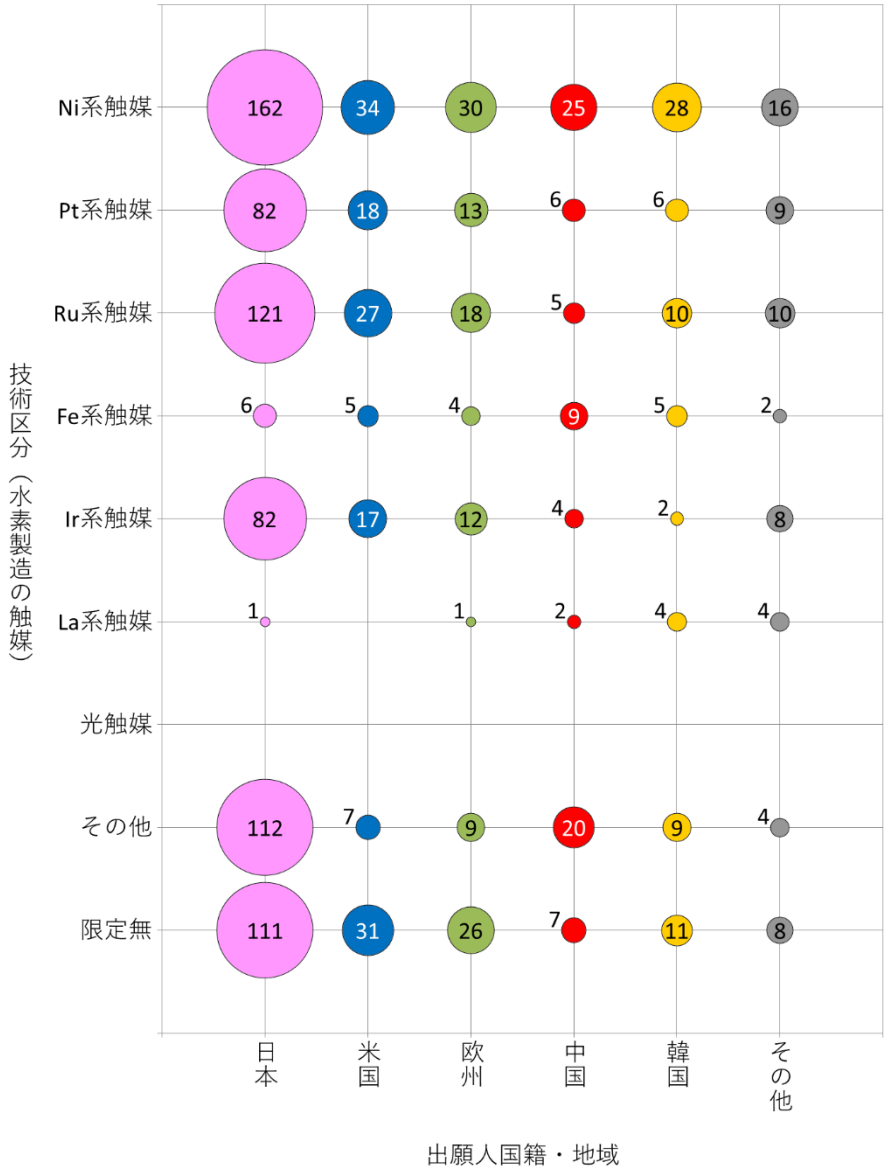


図 4-3-10　技術区分（構造的特徴）別 - 出願人国籍・地域別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（水素製造方法を水蒸気改質、部分酸化改質へ限定）

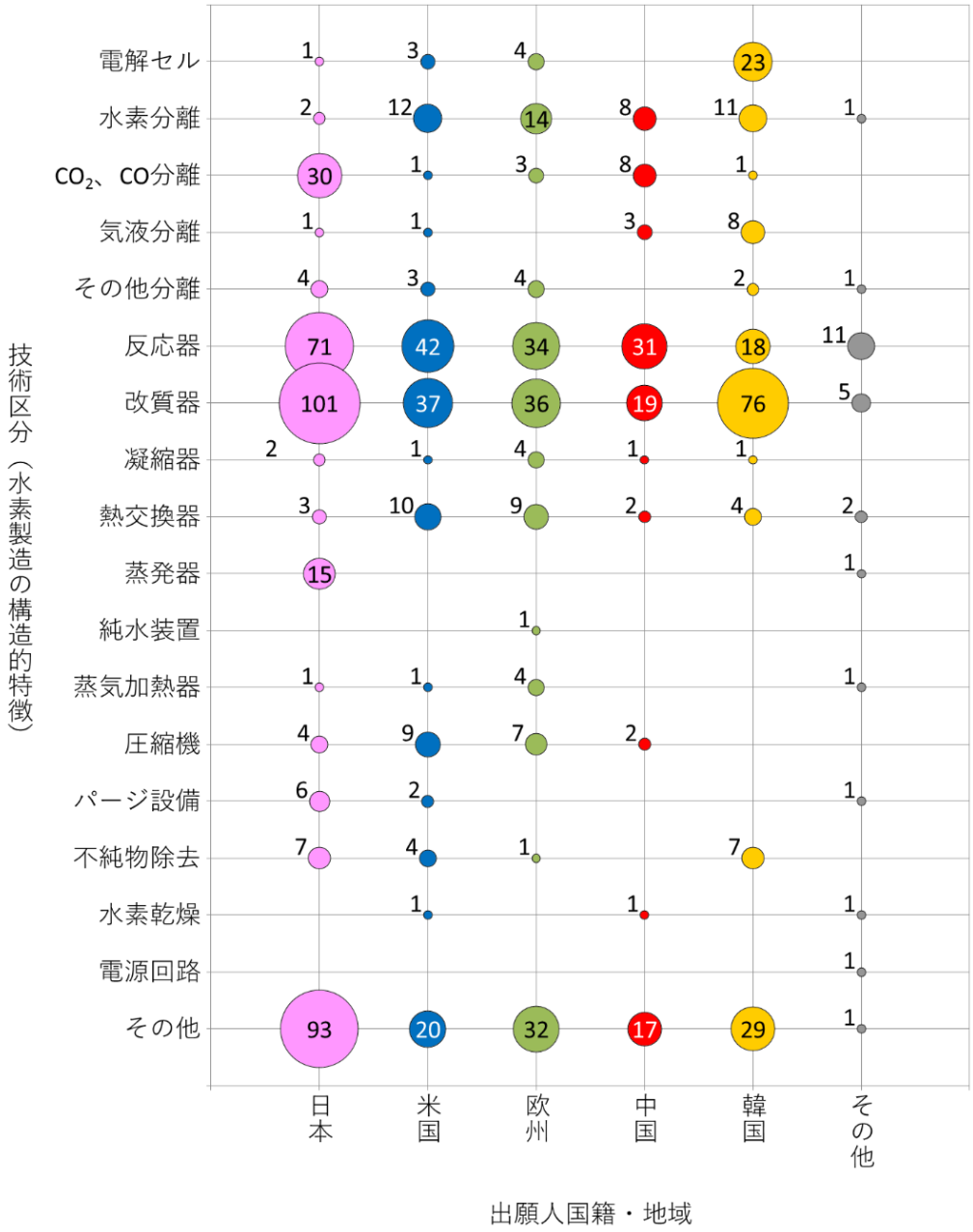


図 4-3-11　技術区分（触媒）別 - 出願人国籍・地域別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（水素製造方法をアニオン交換膜水電解、固体高分子形水電解へ限定）

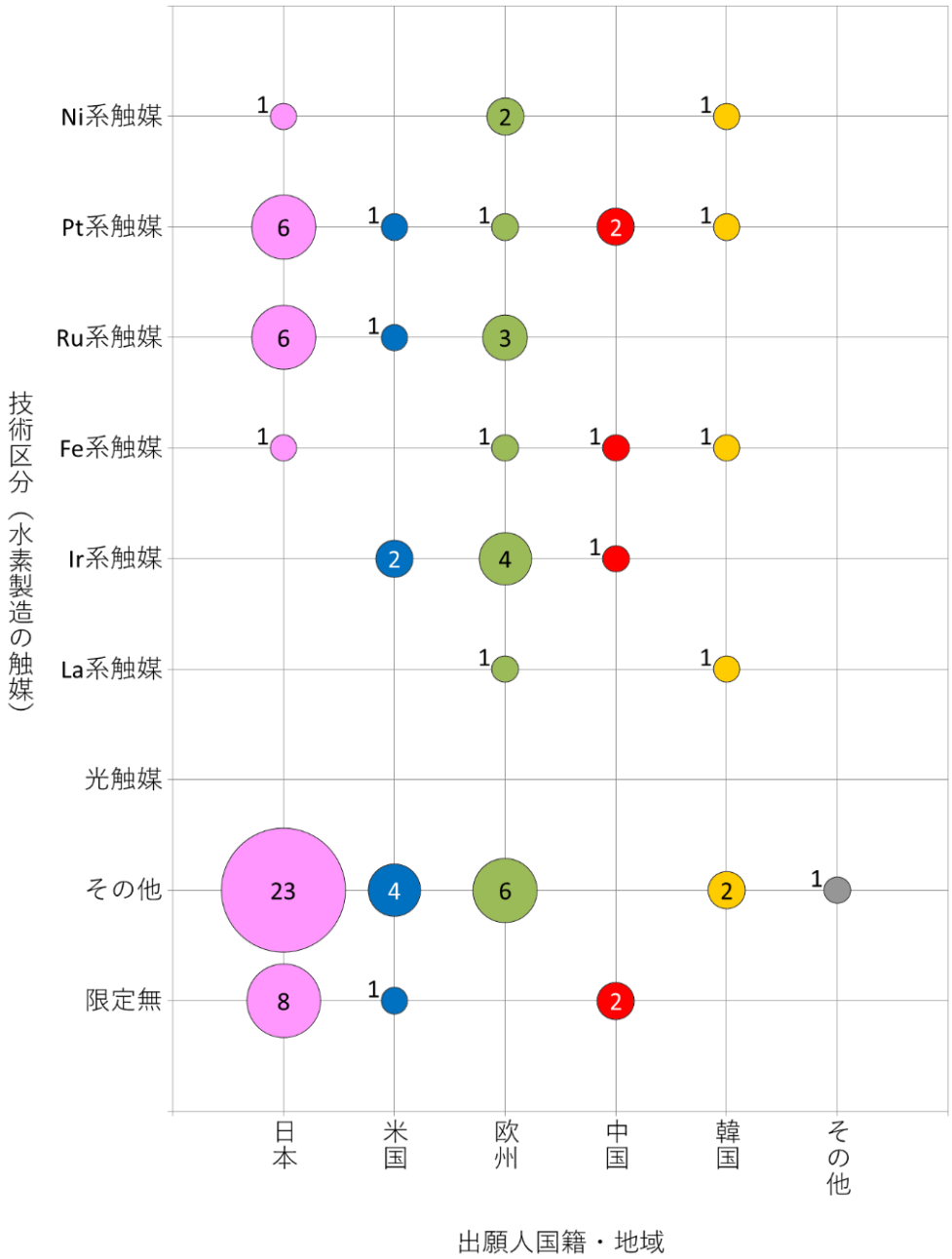
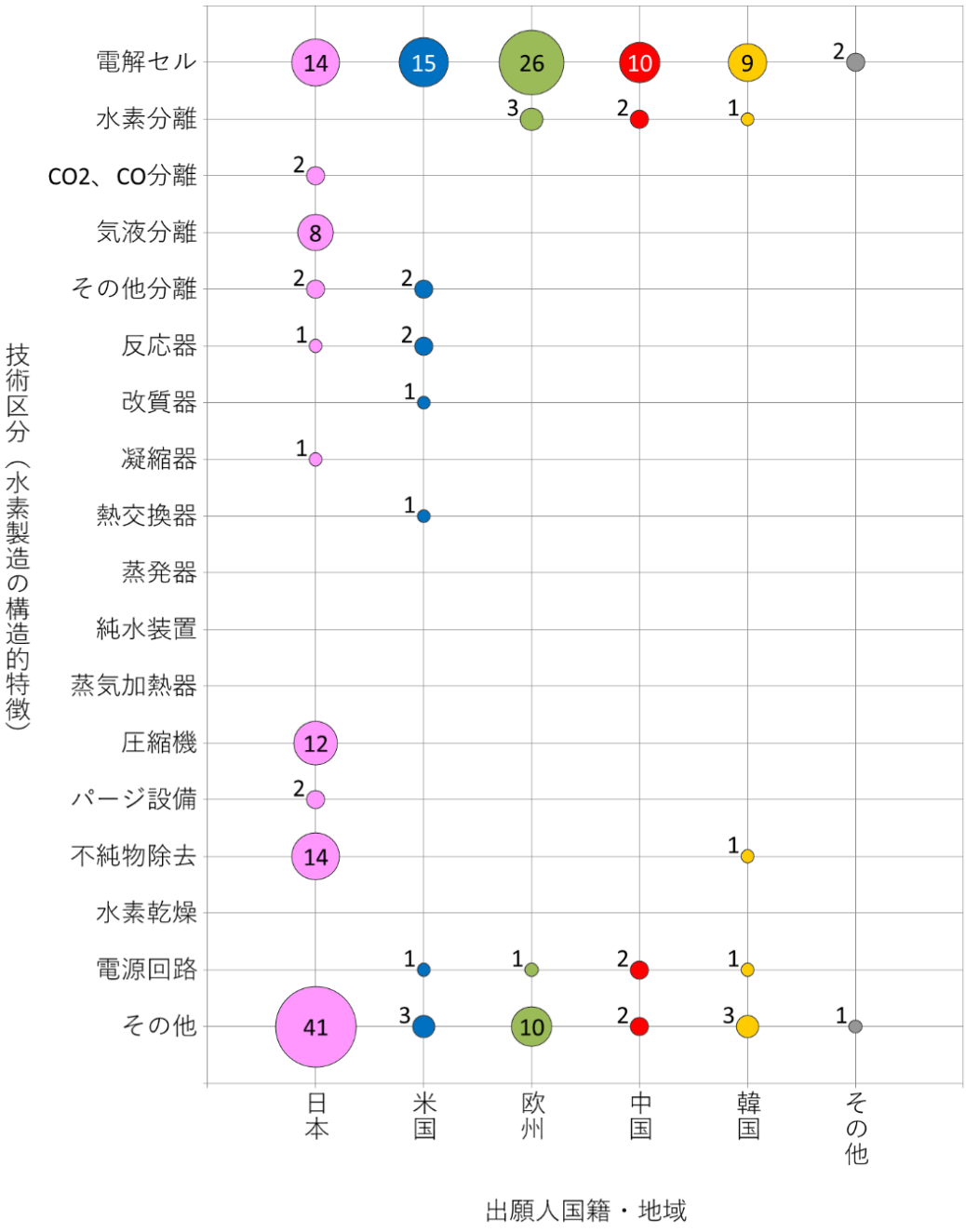


図 4-3-12　技術区分（構造的特徴）別 - 出願人国籍・地域別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（水素製造方法をアニオン交換膜水電解、固体高分子形水電解へ限定）



そして、出願人国籍・地域ごとの水素製造の構造的特徴と課題の相関を図 4-3-13～図 4-3-17 に示す。図 4-3-13～図 4-3-17 より、CO_2・CO 分離（膜）の高効率や耐久性に関する出願、改質器の耐久性に関する出願について、日本国籍出願人は他国籍・地域出願人よりも多い傾向となっている。

図 4-3-13　水素製造の技術区分（構造的特徴）別 - 課題別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（日本国籍）

図 4-3-14　水素製造の技術区分（構造的特徴）別 - 課題別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（米国籍）

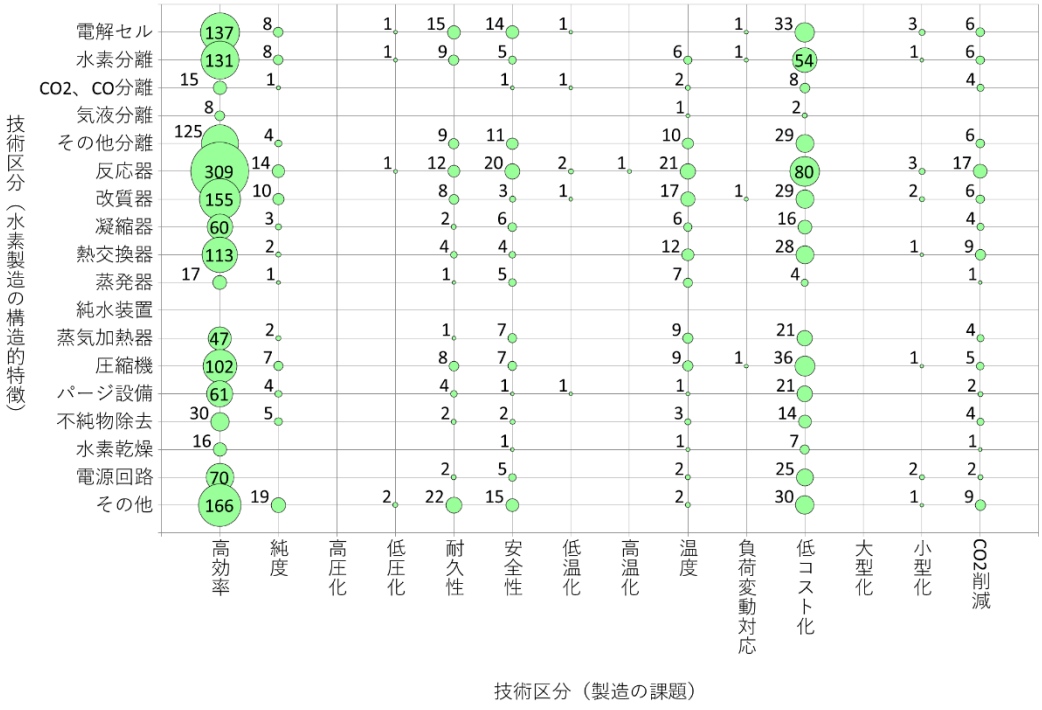


図 4-3-15　水素製造の技術区分（構造的特徴）別 - 課題別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（欧州籍）

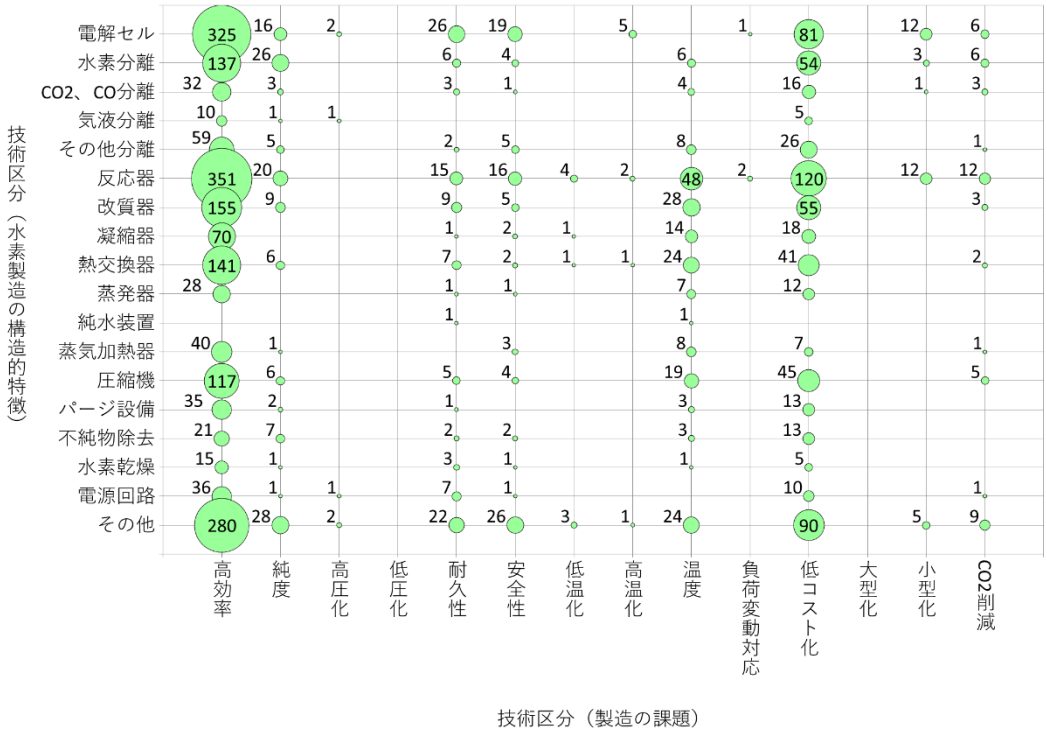


図 4-3-16　水素製造の技術区分（構造的特徴）別 - 課題別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（中国籍）

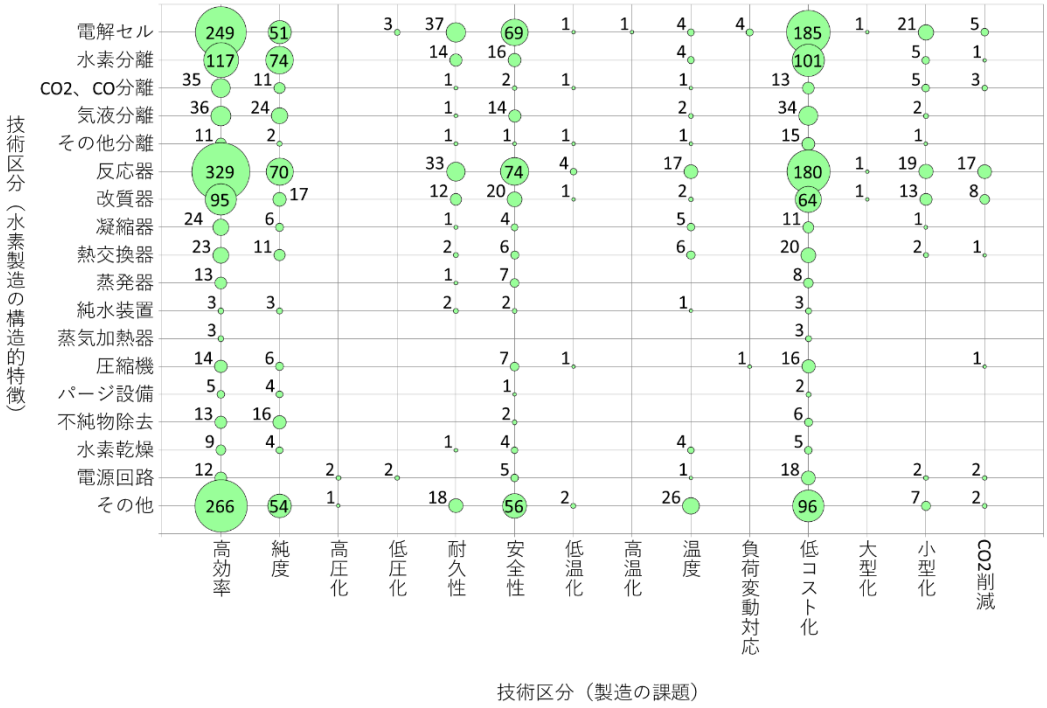
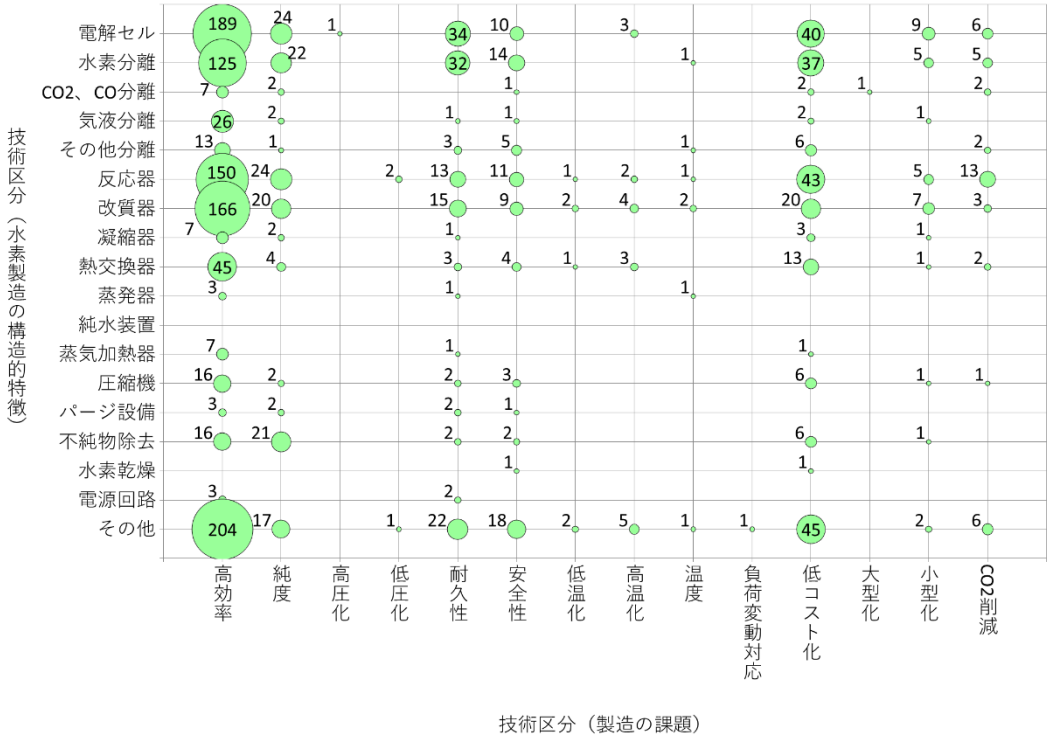


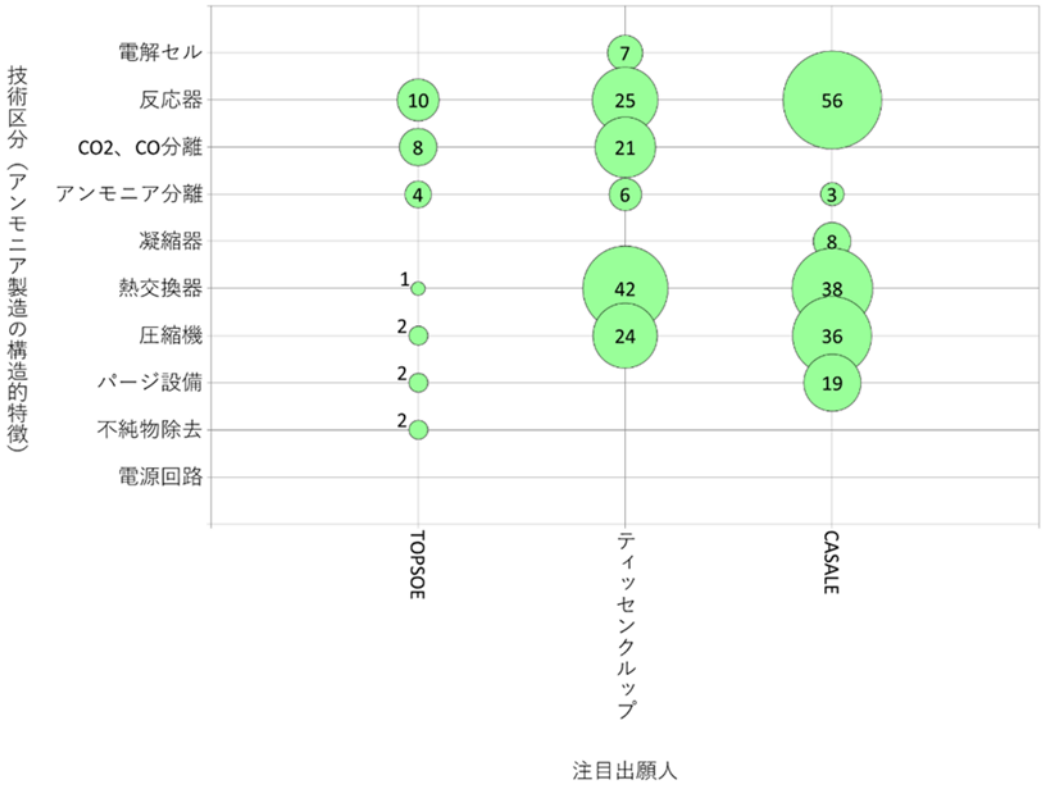
図 4-3-17　水素製造の技術区分（構造的特徴）別 - 課題別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（韓国籍）



（２）アンモニア製造ライセンサー

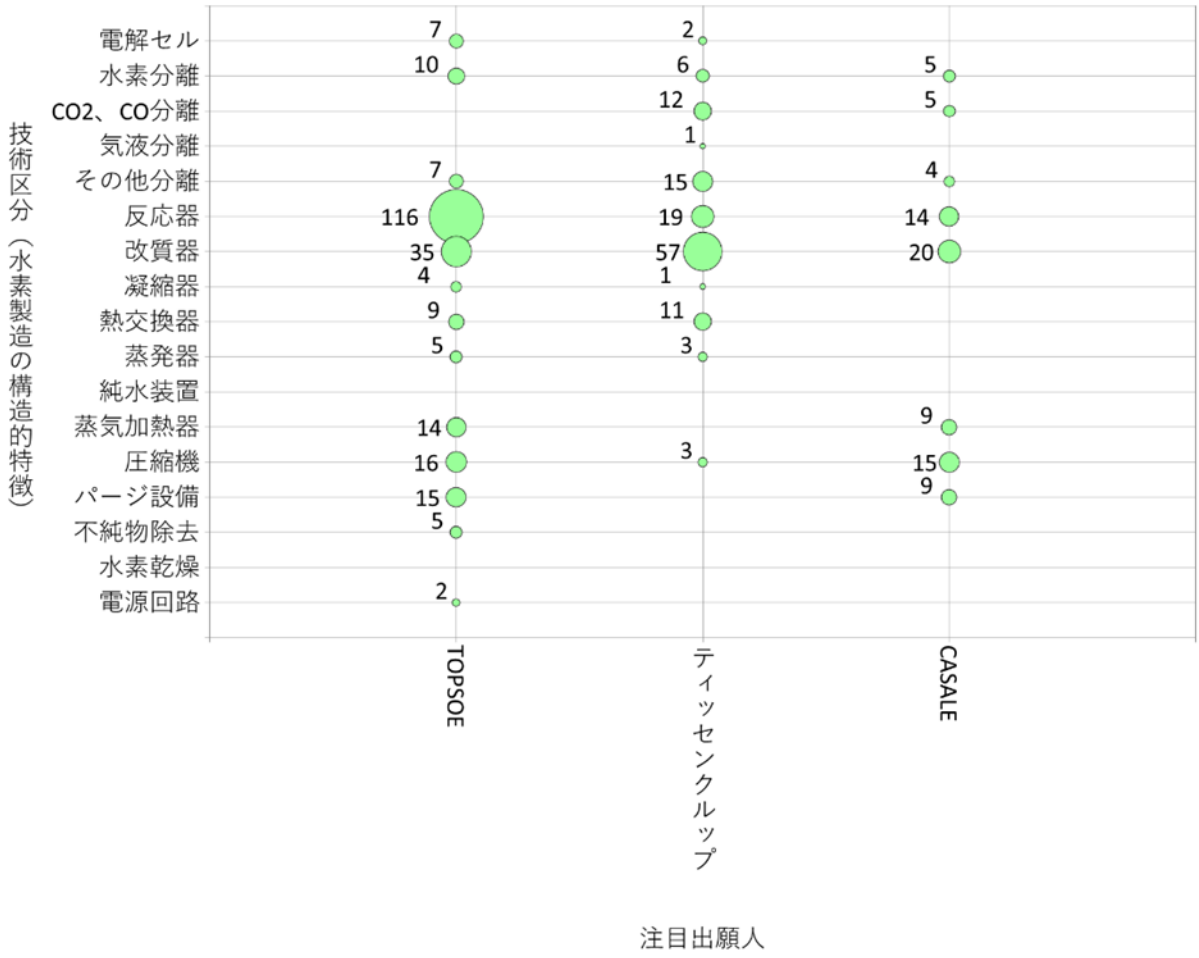
アンモニア製造の構造的特徴とアンモニア製造ライセンサーである TOPSOE、ティッセンクルップ、CASALE の 3 社（以降、欧州企業とする）別出願件数の相関を図 4-3-18 に示す。ティッセンクルップは CO_2・CO 分離（膜）、反応器、熱交換器、圧縮機等を主に出願しており、熱交換器に関する出願件数が最も多い。CASALE は反応器、熱交換器、圧縮機等を主に出願しており、反応器に関する出願件数が最も多い。TOPSOE は他の 2 社と比較すると、各技術区分における出願件数は少ない。

図 4-3-18　技術区分（アンモニア製造の構造的特徴）別 - 欧州企業別出願件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



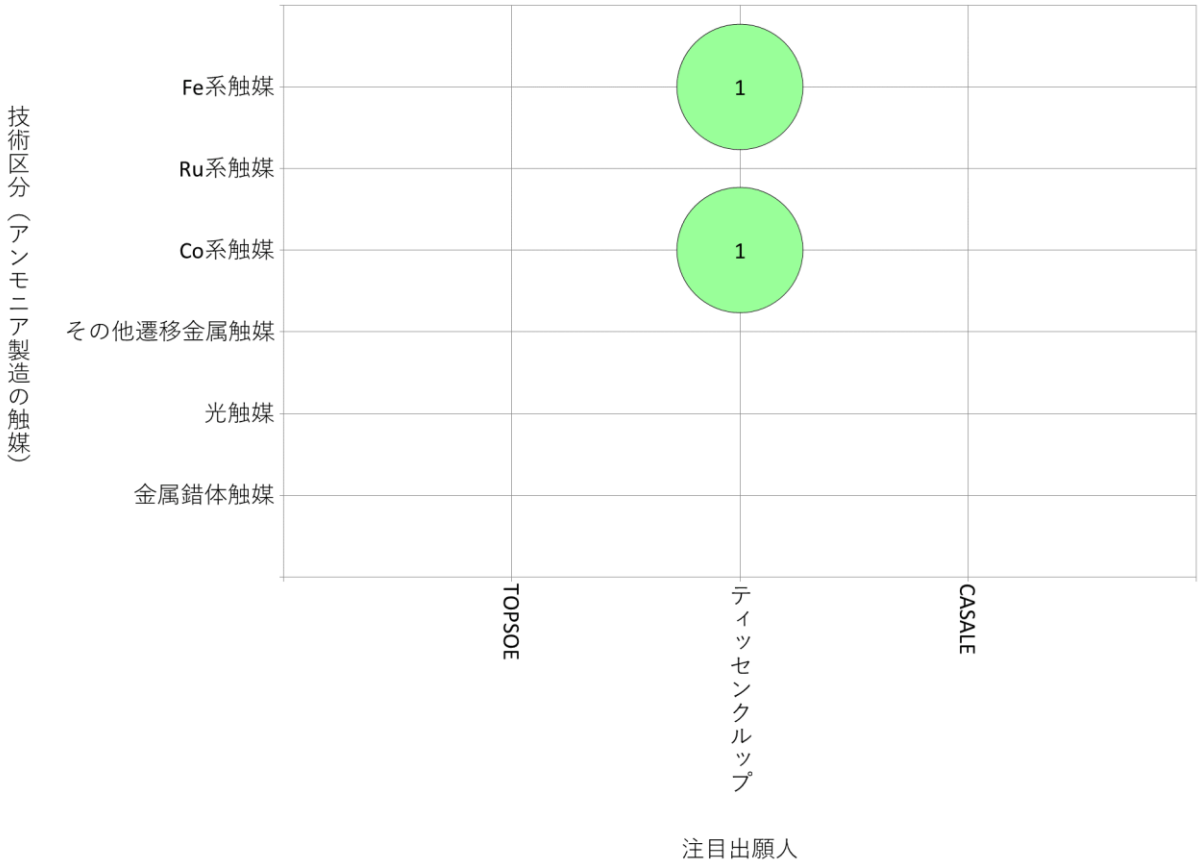
水素製造の構造的特徴と欧州企業別出願件数の相関を図 4-3-19 に示す。3 社の各技術区分の累計出願件数を比較したときに、TOPSOE の出願件数が最も多く、その中でも反応器に関する出願が特に多い。また、改質器については、3 社とも出願しているのに対し、蒸気加熱器とパージ設備については TOPSOE、CASALE のみが出願している。

図 4-3-19　技術区分（水素製造の構造的特徴）別 - 欧州企業別出願件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



アンモニア製造の触媒と欧州企業別出願件数の相関を図 4-3-20 に示す。いずれの欧州企業も触媒に関する出願件数は少ない。

図 4-3-20　技術区分（アンモニア製造の触媒）－欧州企業別出願件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

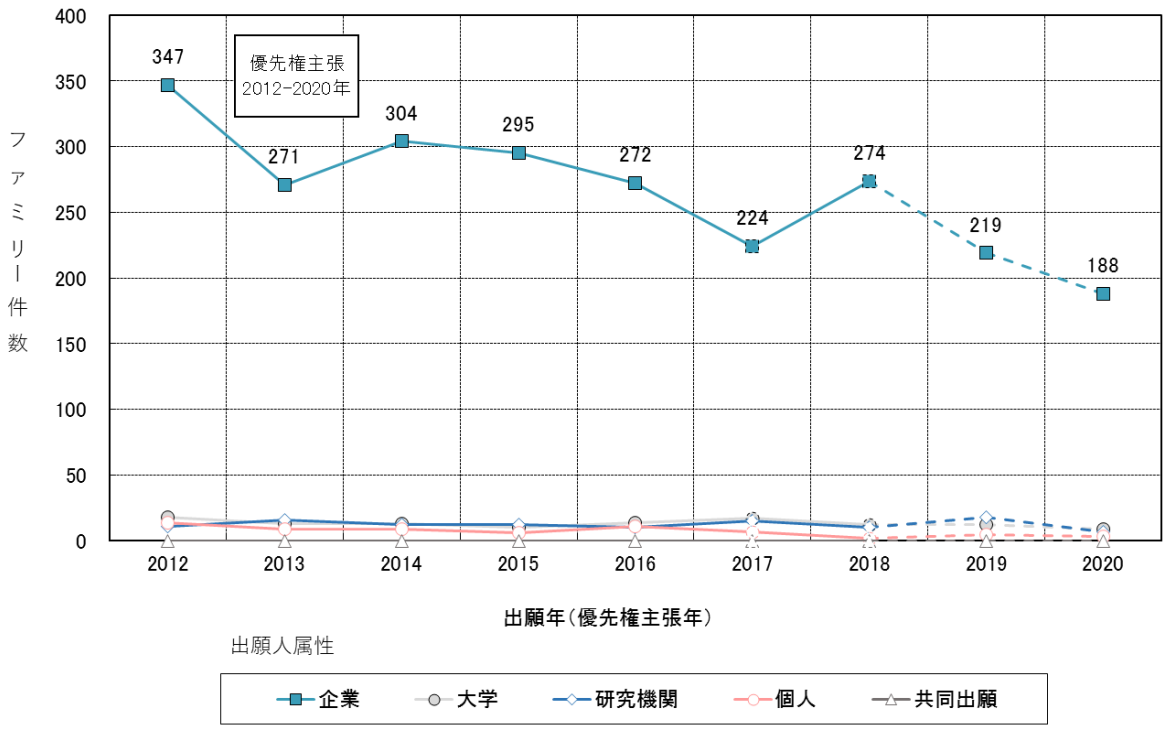


5．出願人国籍・地域別の出願人属性別特許出願動向調査

（1）水素製造

水素製造における出願人国籍・地域別の出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率を図 4-3-21～図 4-3-25 に示す。日本国籍、米国籍、欧州籍のファミリー件数について、企業がほとんどを占めている。一方で、中国籍、韓国籍のファミリー件数は、企業のほか、大学や研究機関も多い。日本国籍の企業におけるファミリー件数は、2012 年以降、減少傾向である。一方、欧州籍の企業、中国籍、韓国籍の企業・大学・研究機関におけるファミリー件数は増加傾向である。

図 4-3-21　技術区分（水素製造）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（日本国籍）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

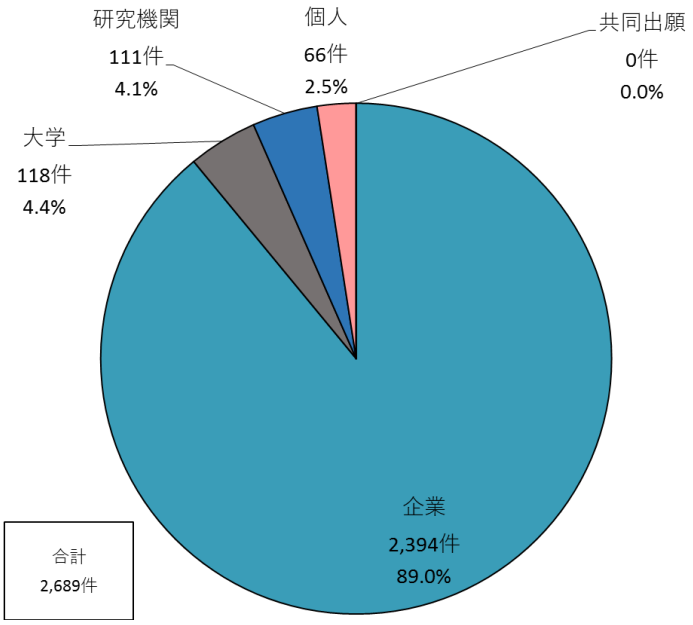
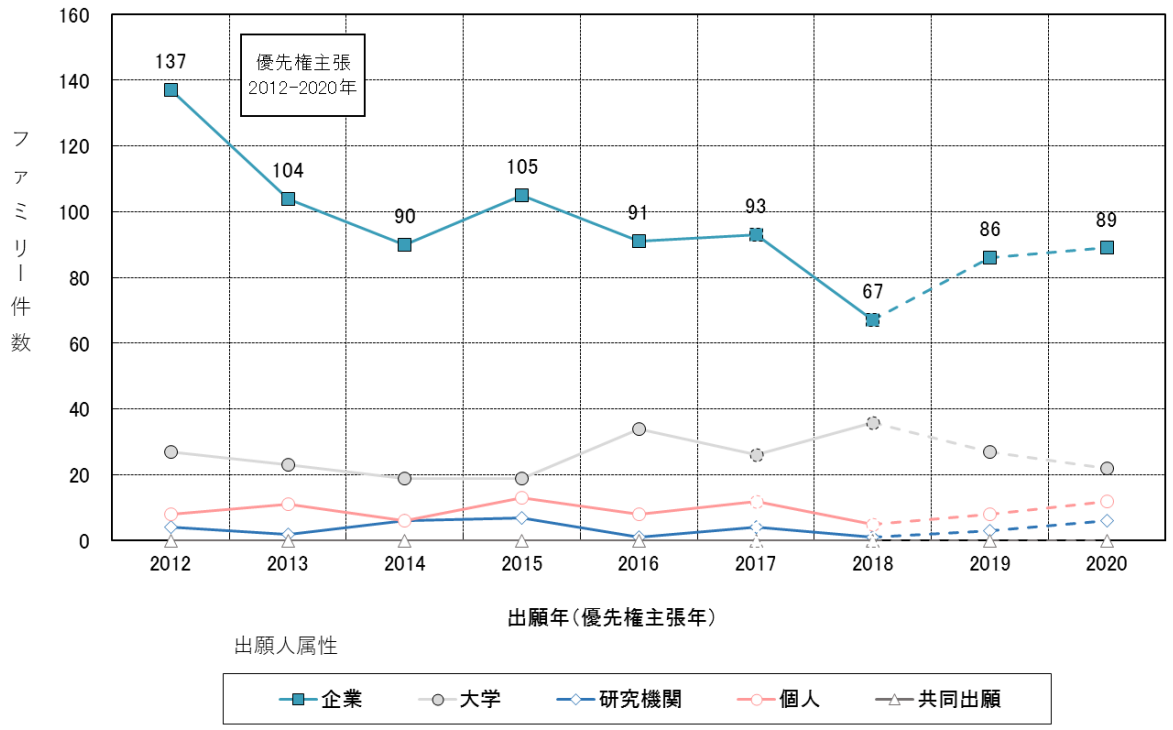


図 4-3-22　技術区分（水素製造）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（米国籍）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

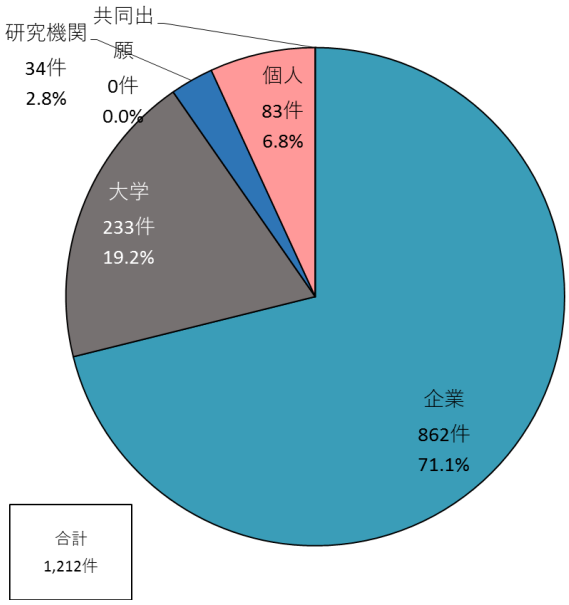
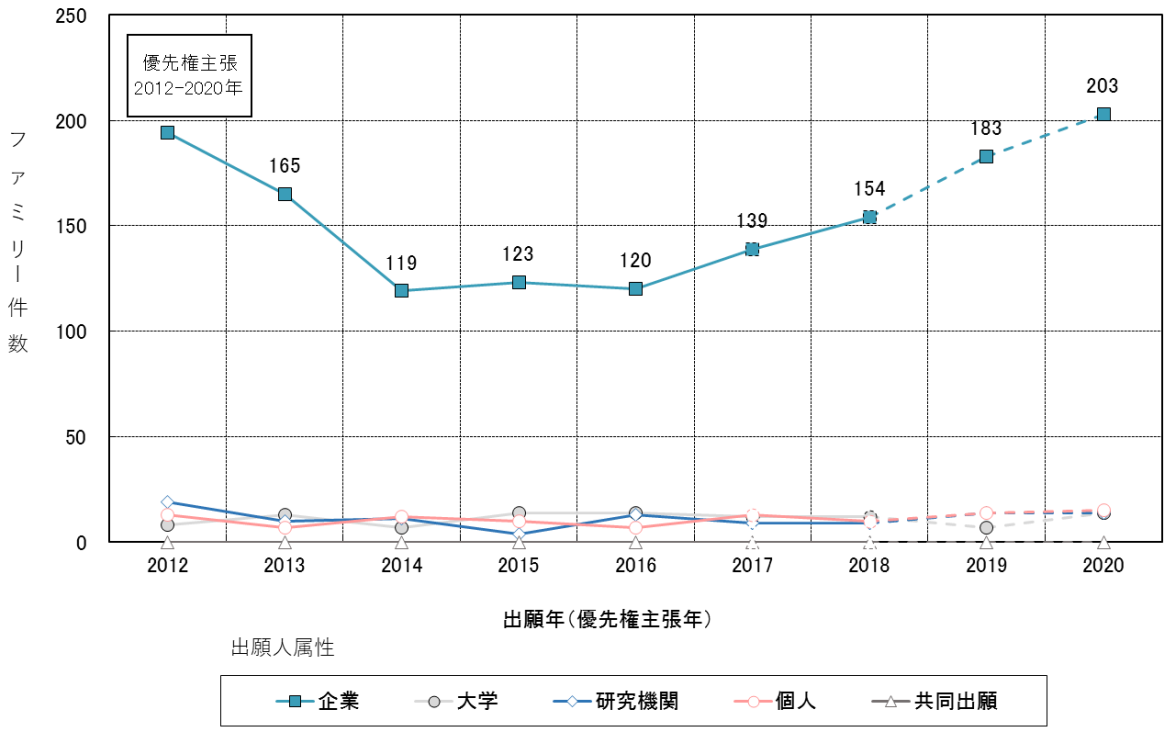


図 4-3-23　技術区分（水素製造）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（欧州籍）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

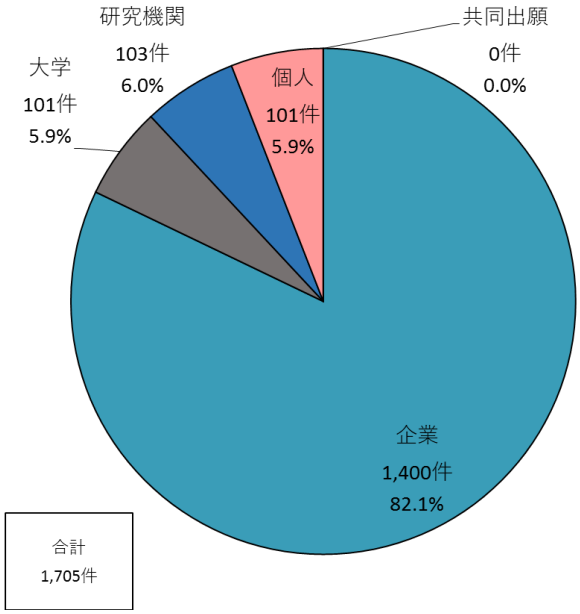
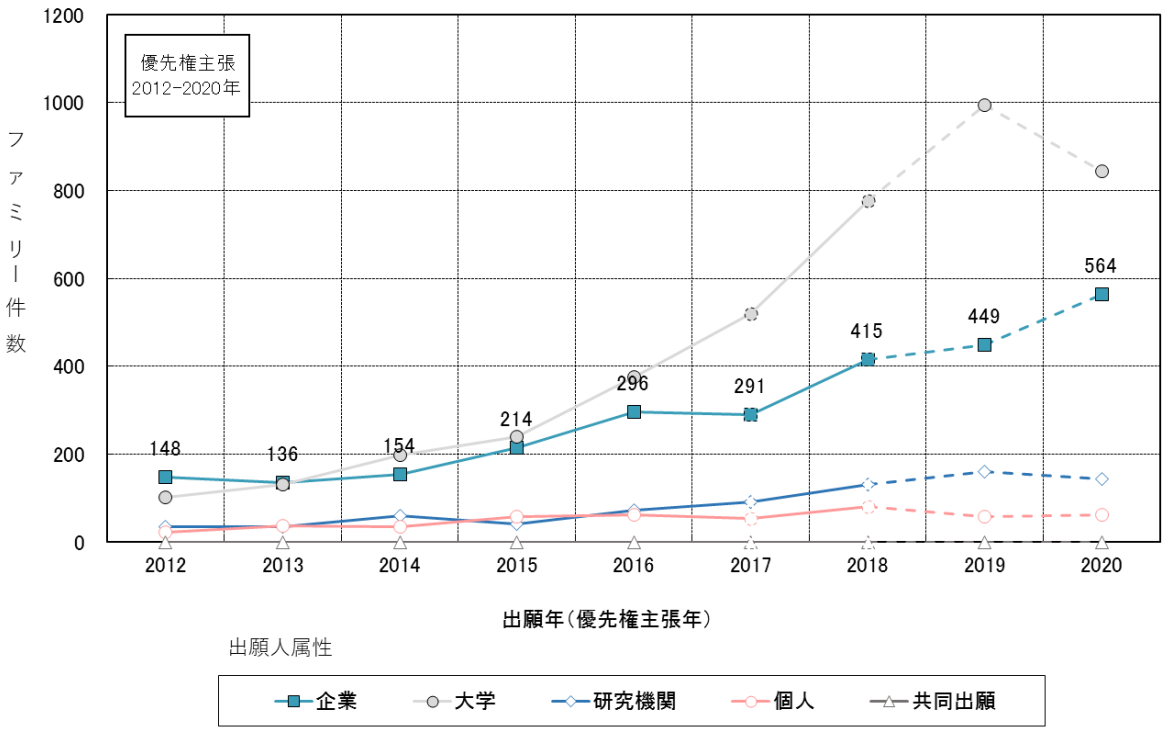


図 4-3-24　技術区分（水素製造）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（中国籍）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

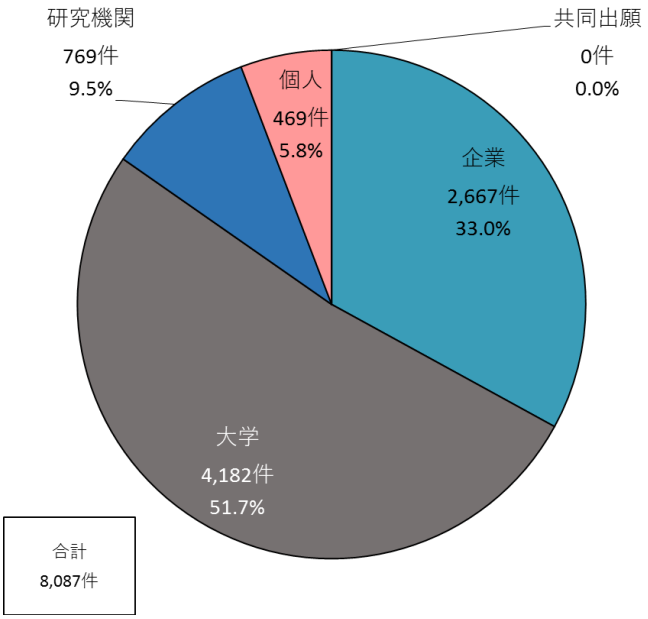
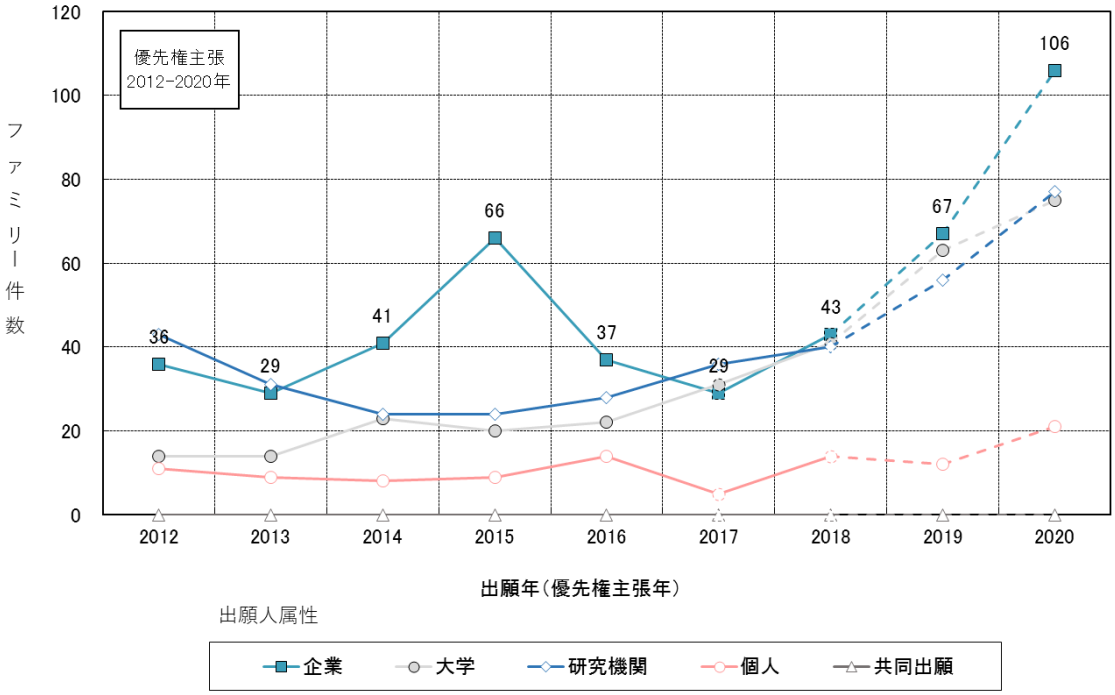
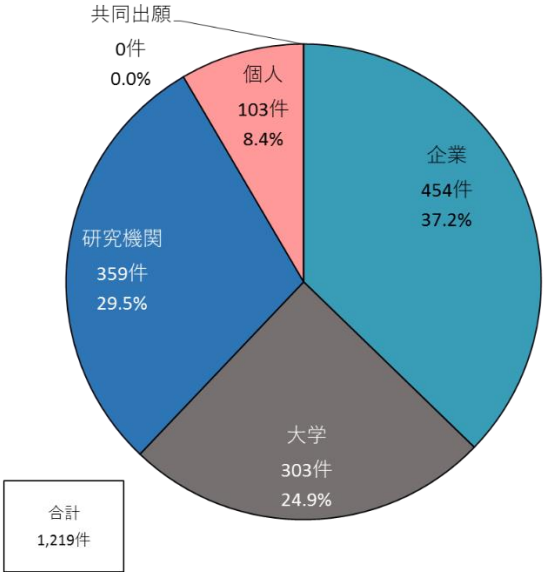


図 4-3-25　技術区分（水素製造）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（韓国籍）



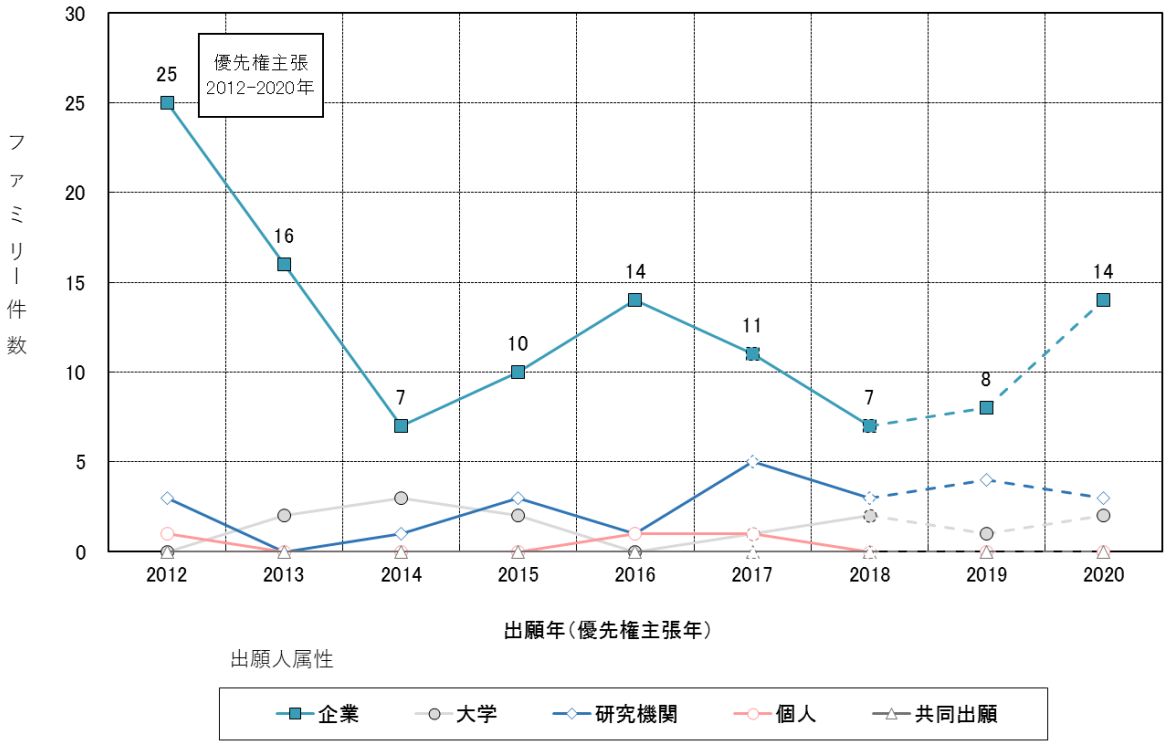
注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



（２）アンモニア製造

アンモニア製造における出願人国籍・地域別の出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率を図 4-3-26～図 4-3-30 に示す。日本国籍、欧州籍のファミリー件数について、企業がほとんどを占めている。一方で米国籍、中国籍、韓国籍のファミリー件数は、企業のほか大学や研究機関も多い。日本国籍の企業におけるファミリー件数は、2012 年以降、減少傾向にある。一方、中国籍の企業及び大学におけるファミリー件数は増加傾向である。

図 4-3-26　技術区分（アンモニア製造）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（日本国籍）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

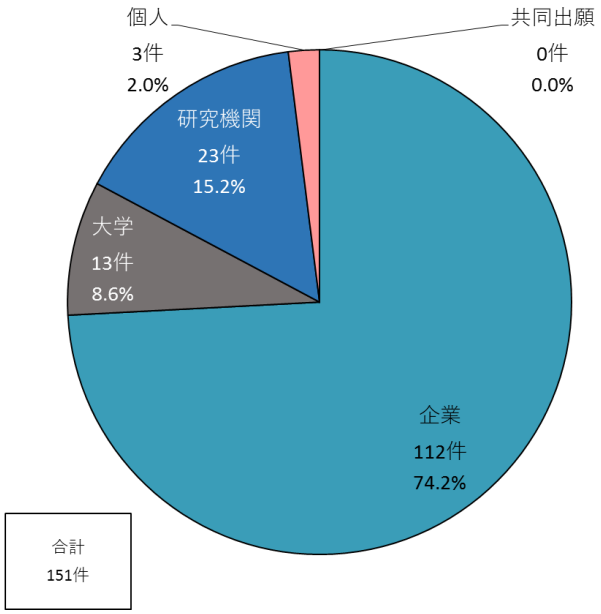
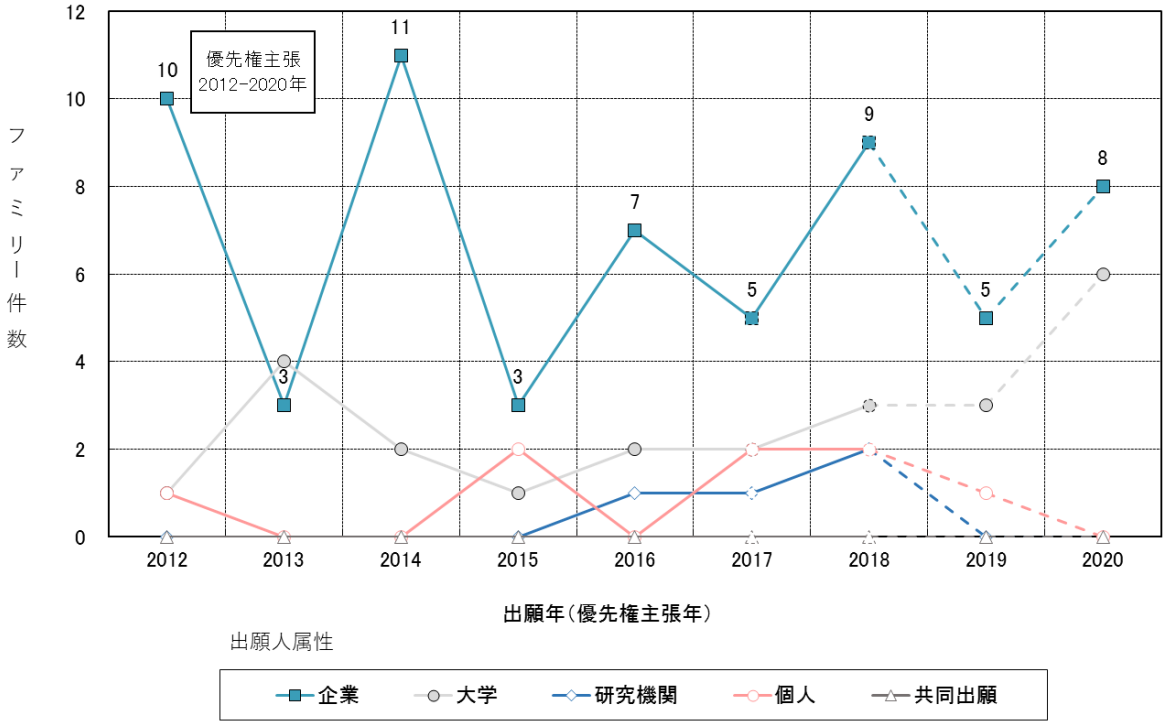


図 4-3-27　技術区分（アンモニア製造）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（米国籍）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

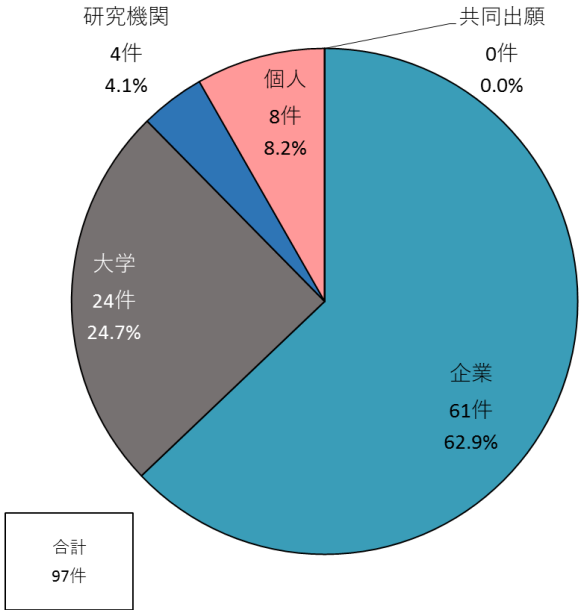
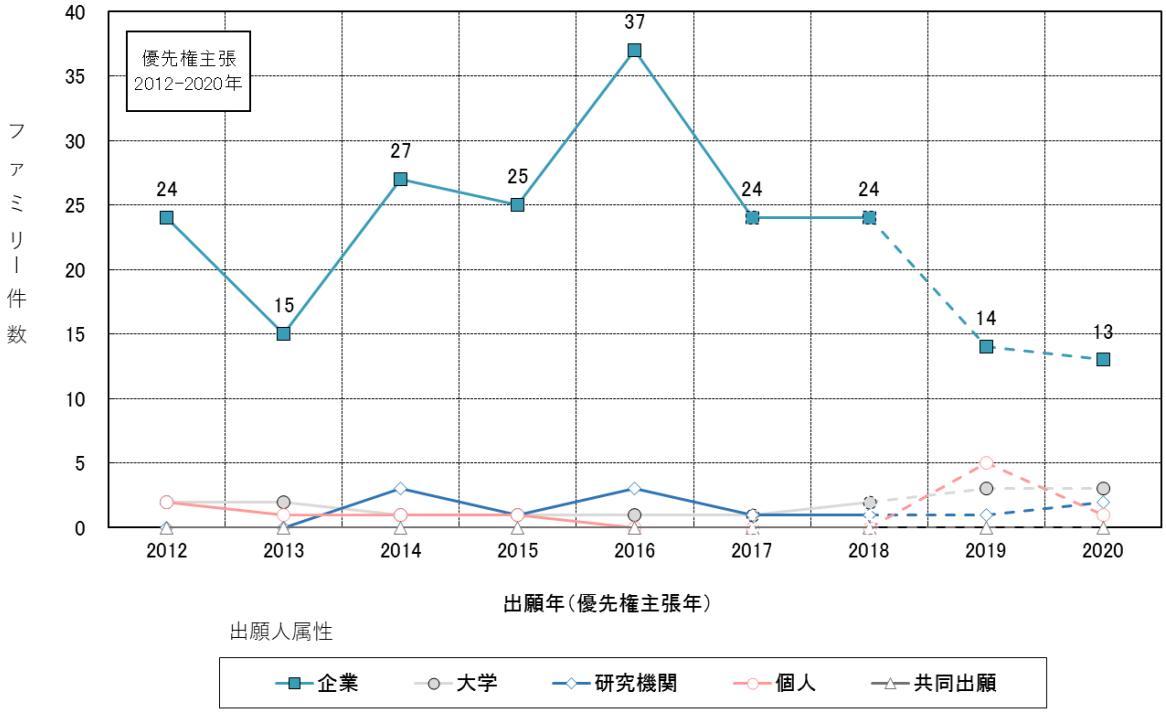


図 4-3-28　技術区分（アンモニア製造）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（欧州籍）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

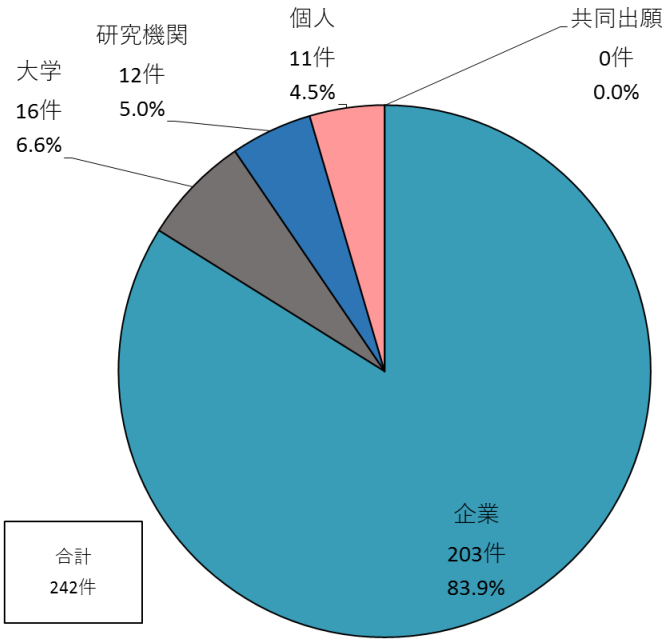
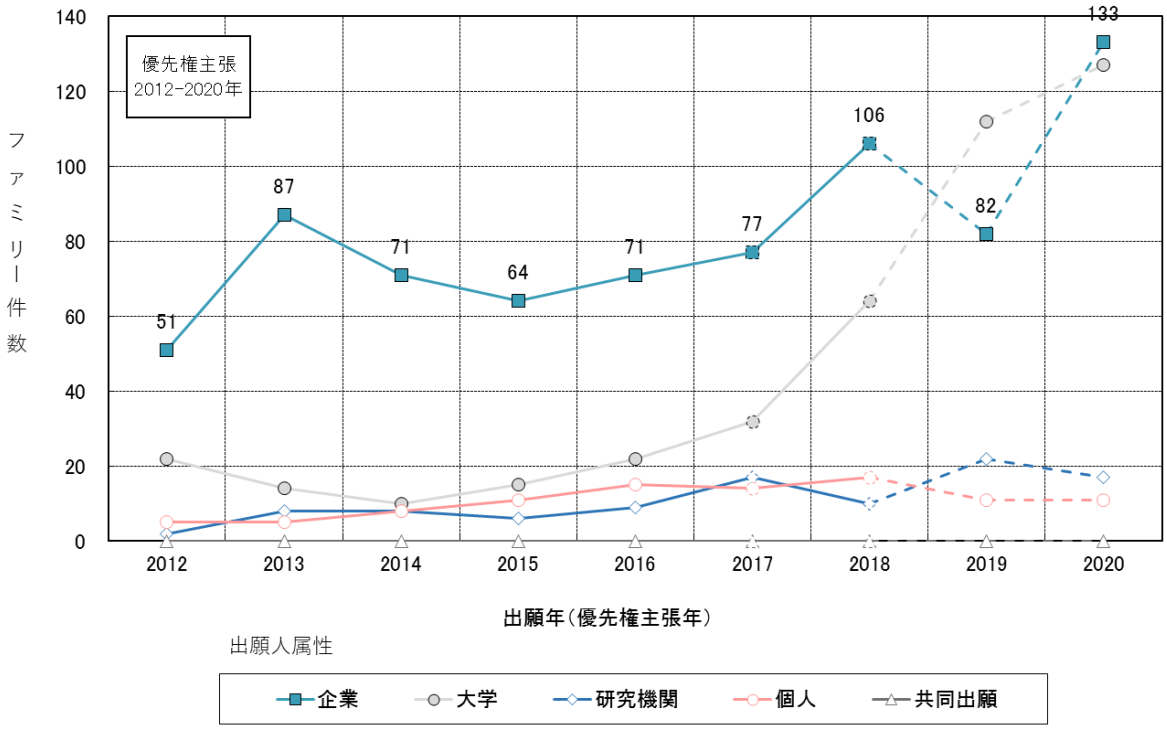


図 4-3-29　技術区分（アンモニア製造）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（中国籍）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

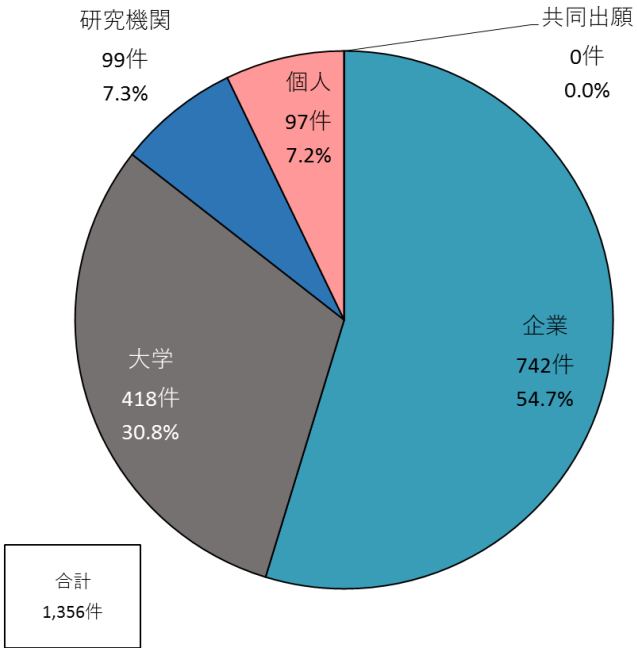
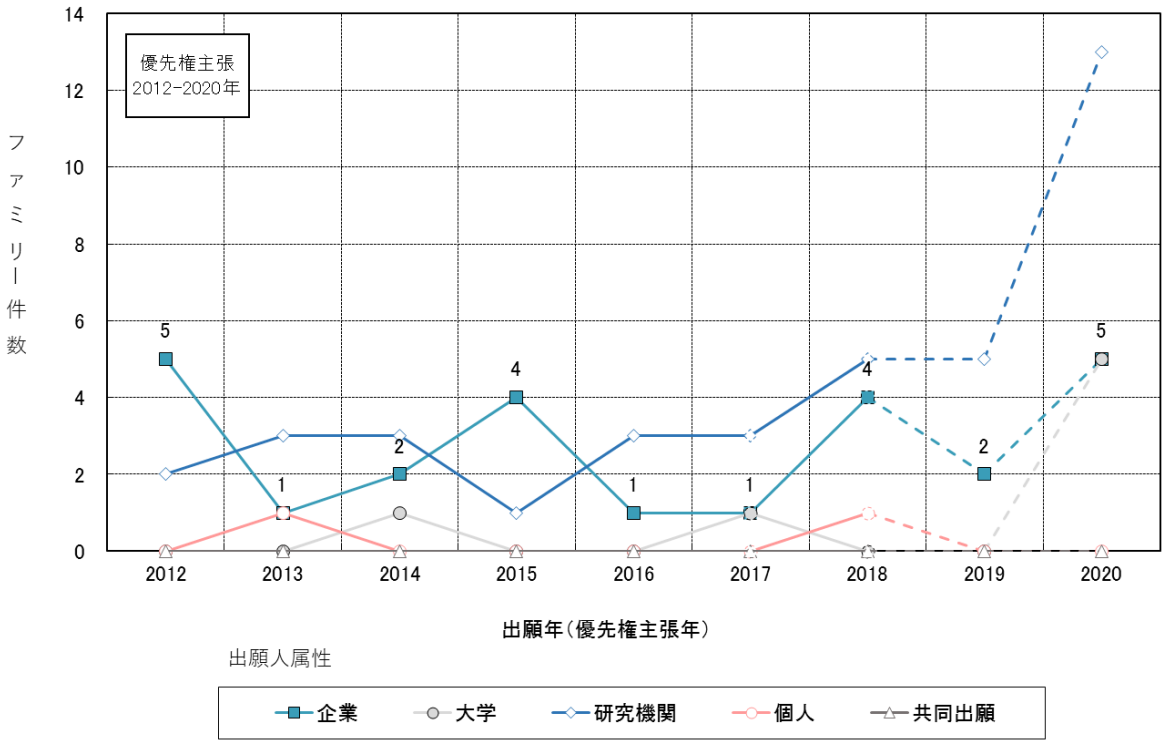
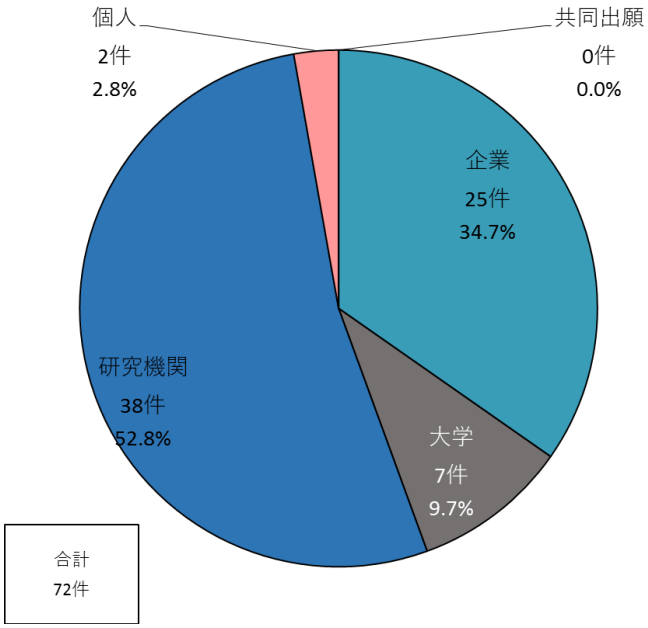


図 4-3-30　技術区分（アンモニア製造）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（韓国籍）



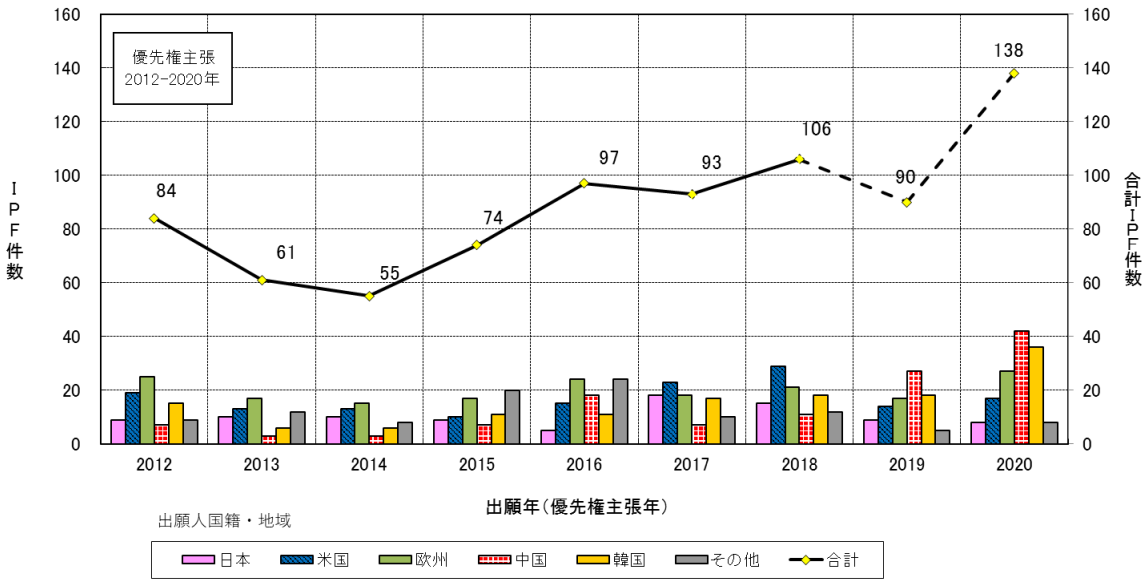
注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



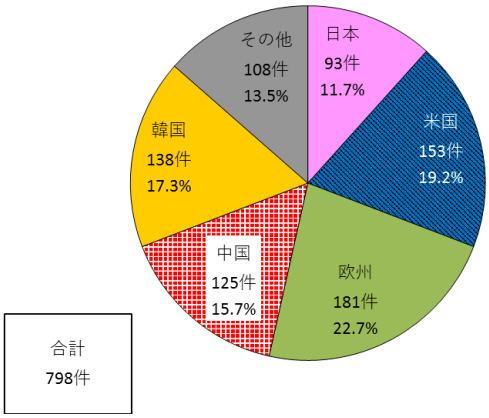
（３）出願人属性を大学・研究機関に限定した特許出願動向調査

「知的財産推進計画 2022～意欲ある個人・プレイヤーが社会の知財・無形資産をフル活用できる経済社会への変革～」[1]には、大学の外国出願支援の強化が記載されており、大学等の外国出願に対する支援を抜本的に拡充するための新しいスキームが検討されている。そこで、日本籍の大学や研究機関における国際パテントファミリー（IPF）を調査した。製造における大学や研究機関の特許出願動向を図 4-3-31 に示す。

図 4-3-31　出願人属性を（大学・研究機関）に限定した技術区分（製造）の出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



[1] 首相官邸，知的財産推進計画 2022～意欲ある個人・プレイヤーが社会の知財・無形資産をフル活用できる経済社会への変革～
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/titeki2/kettei/chizaikeikaku2022.pdf

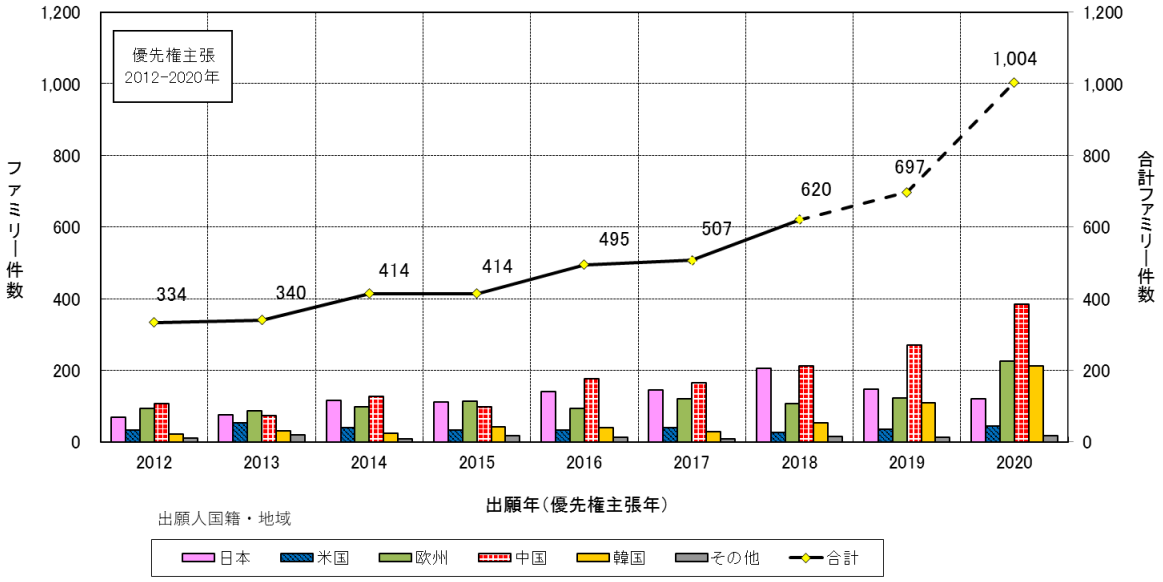
第４節　貯蔵・輸送・供給における特許動向調査

１．出願人国籍・地域別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率

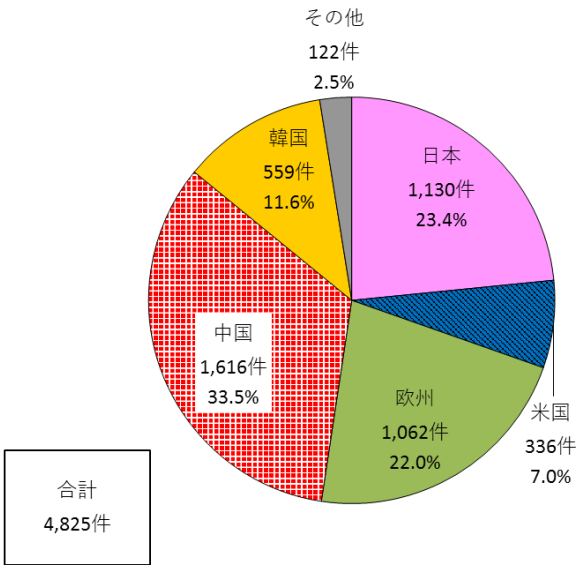
貯蔵・輸送・供給における出願人国籍・地域別のファミリー件数推移及びファミリー件数比率を図 4-4-1 に示す。2017 年以降、中国籍の件数が増加傾向である。

中国籍によるファミリー件数比率が最も高く 33.5%を占めており、次いで、日本国籍（23.4%）、欧州籍（22.0%）、韓国籍（11.6%）、米国籍（7.0%）となっている。

図 4-4-1　技術区分（貯蔵・輸送・供給）の出願人国籍・地域別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

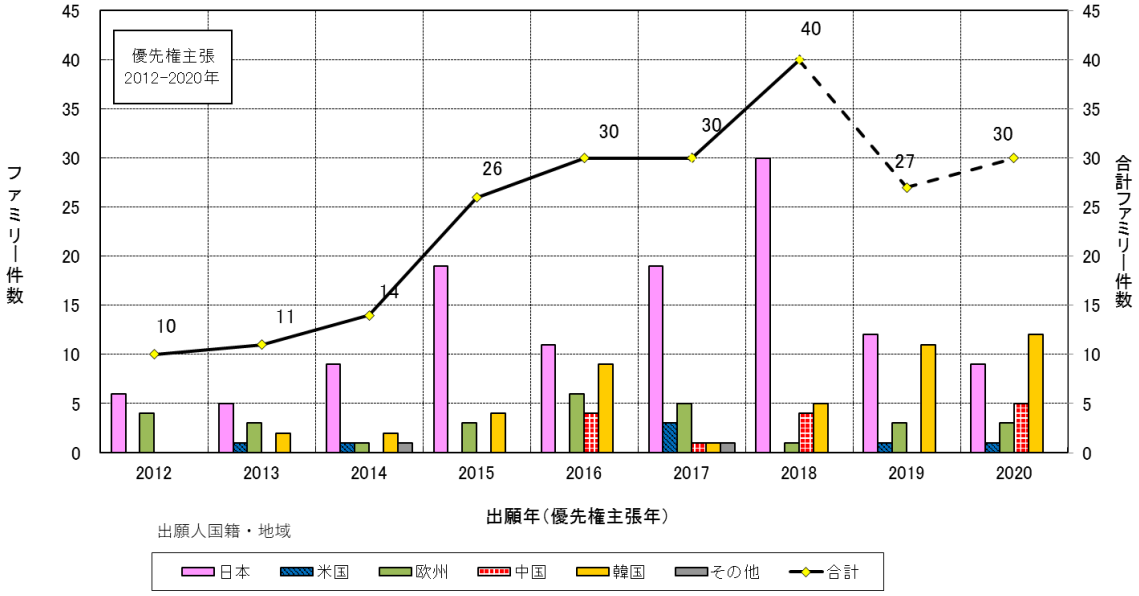


注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

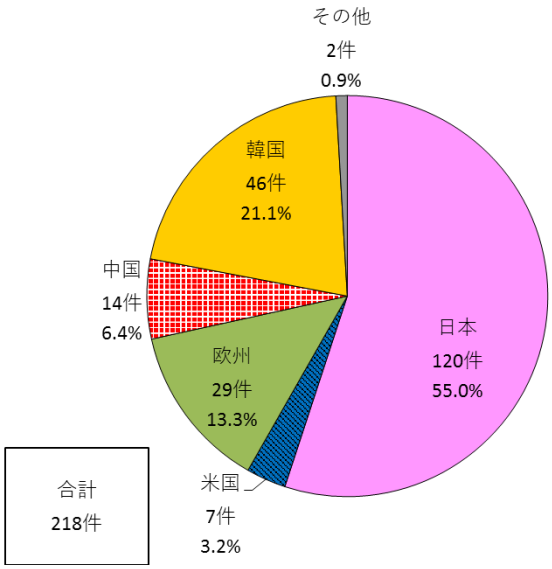


水素ステーションの課題（管理運営）における出願人国籍・地域別のファミリー件数推移及びファミリー件数比率を図 4-4-2 に示す。日本国籍によるファミリー件数比率が最も高く 55.0%を占めており、次いで、韓国籍(21.1%)、欧州籍(13.3%)、中国籍(6.4%)、米国籍（3.2%）となっている。

図 4-4-2　技術区分（[水素ステーション]×[管理運営]）の出願人国籍・地域別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

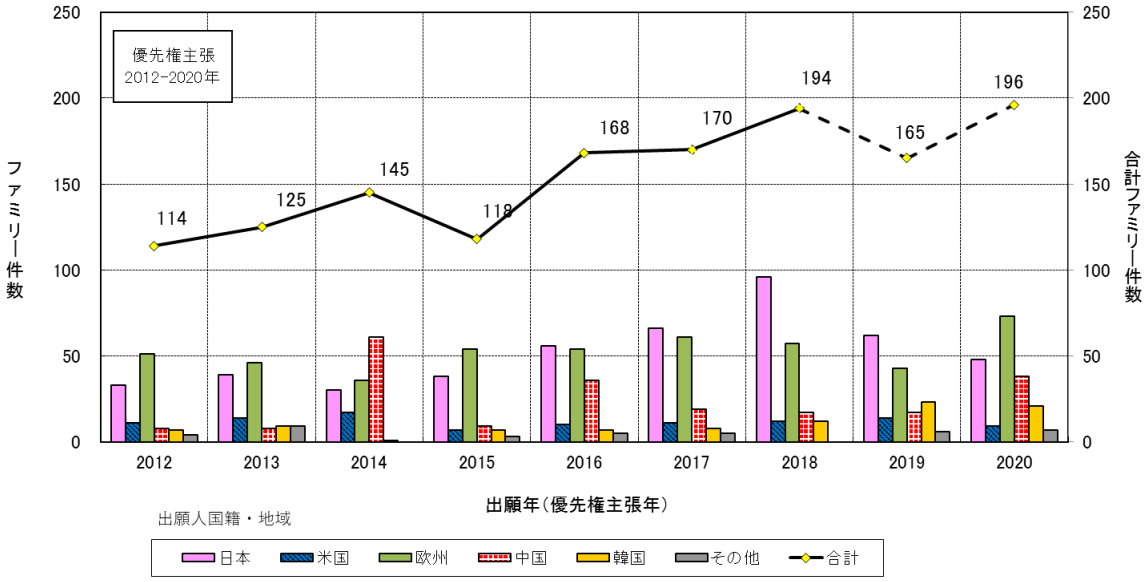


注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

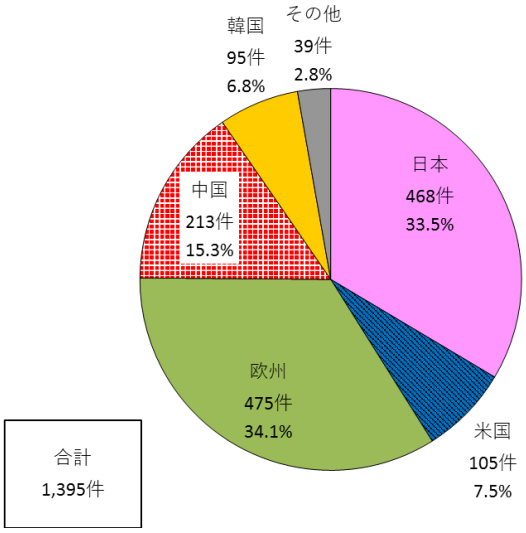


圧縮水素の容器（固定された貯槽を除く）における出願人国籍・地域別のファミリー件数推移及びファミリー件数比率を図 4-4-3 に示す。日本国籍によるファミリー件数比率が最も高く 33.5%を占めており、次いで、欧州籍（34.1%）、中国籍（15.3%）、米国籍（7.5%）、韓国籍（6.8%）となっている。

図 4-4-3　技術区分（[圧縮水素]×[容器(固定された貯槽を除く)]）の出願人国籍・地域別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

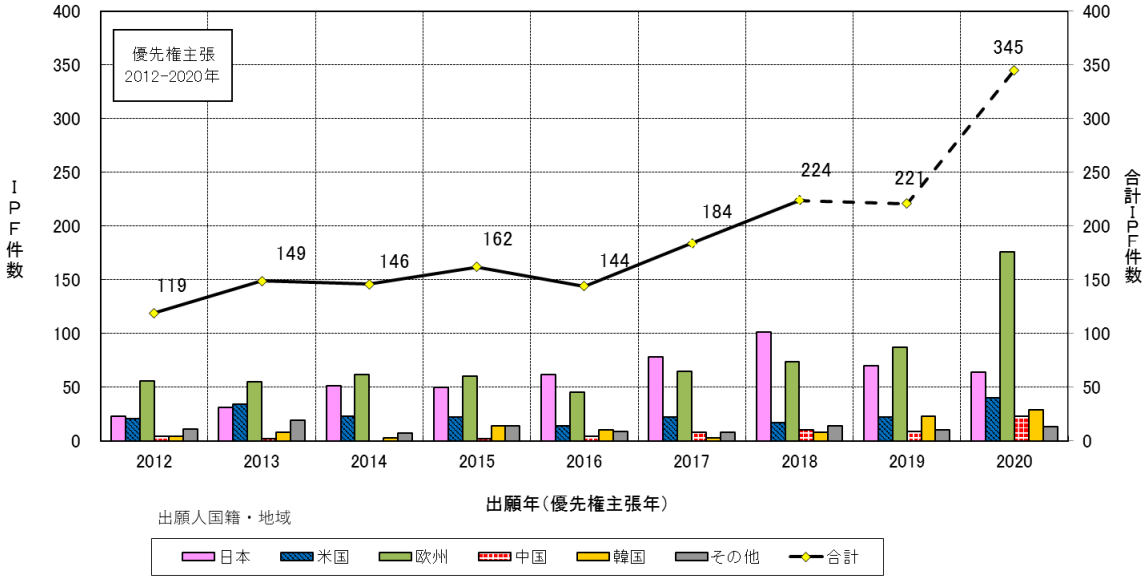


２．出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率

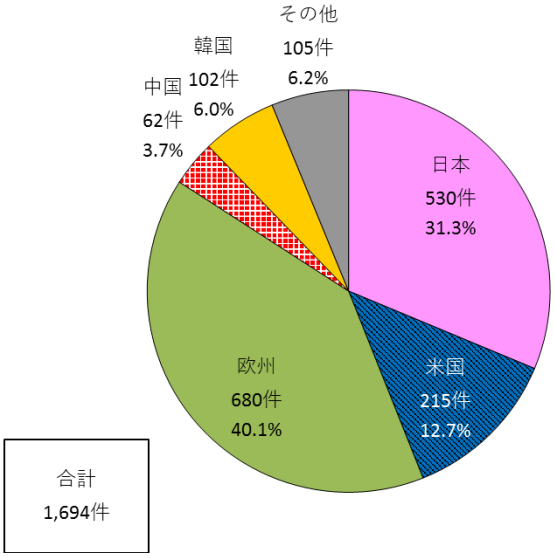
貯蔵・輸送・供給における出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率を図 4-4-4 に示す。2016 年以降、日本国籍の IPF 件数が増加傾向である。また、2017 年以降、欧州籍の IPF 件数が増加傾向である。

欧州籍による IPF 件数比率が最も高く、40.1％を占めており、次いで、日本国籍（31.3％）、米国籍（12.7％）、韓国籍（6.0％）、中国籍（3.7％）となっている。

図 4-4-4　技術区分（貯蔵・輸送・供給）の出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



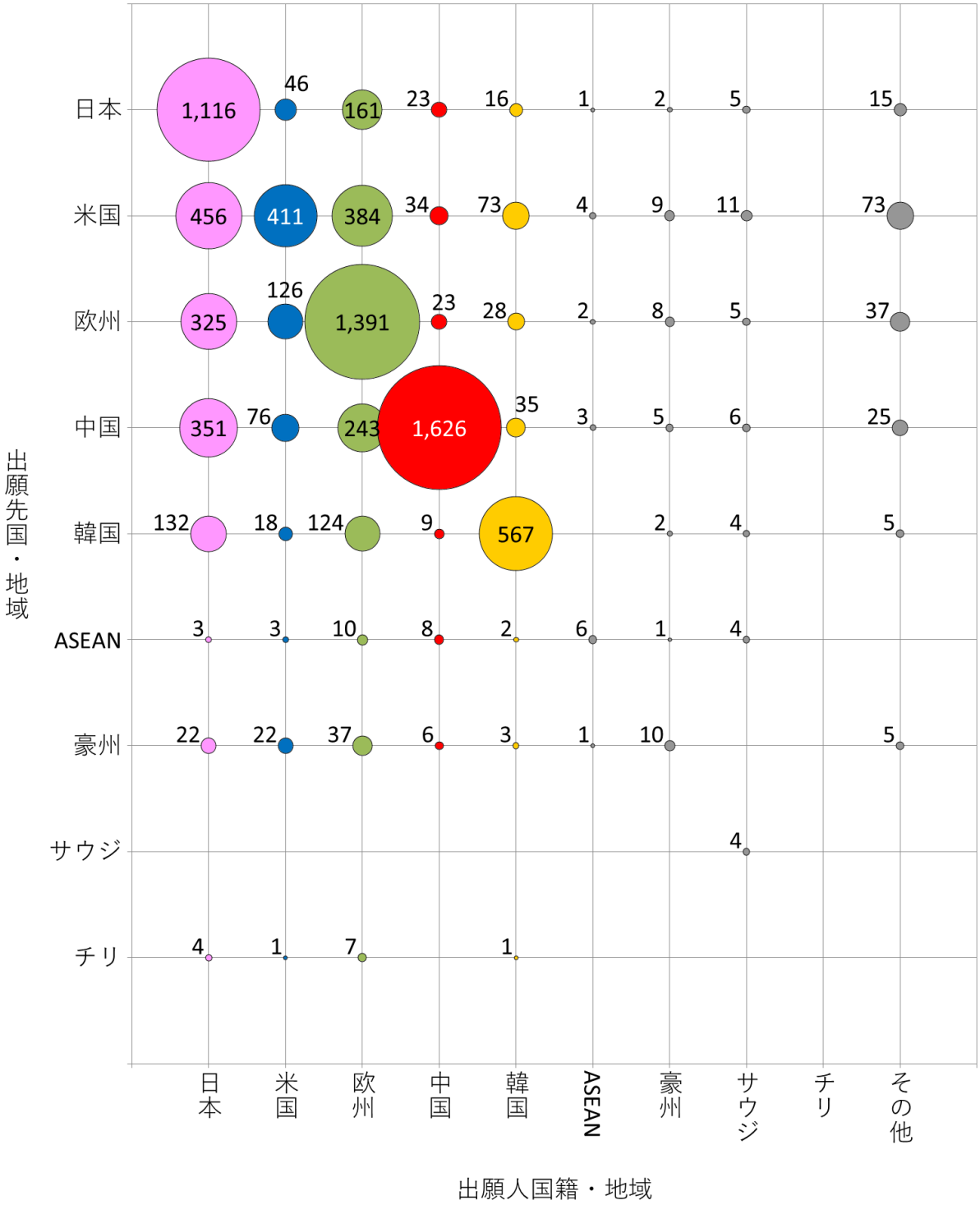
注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



３．出願先国・地域別－出願人国籍・地域別出願件数

貯蔵・輸送・供給における出願先国・地域と出願人国籍・地域との出願件数の相関を図 4-4-5 に示す。出願件数は、いずれの国籍・地域も自国・地域への出願件数が最も多くなっている。

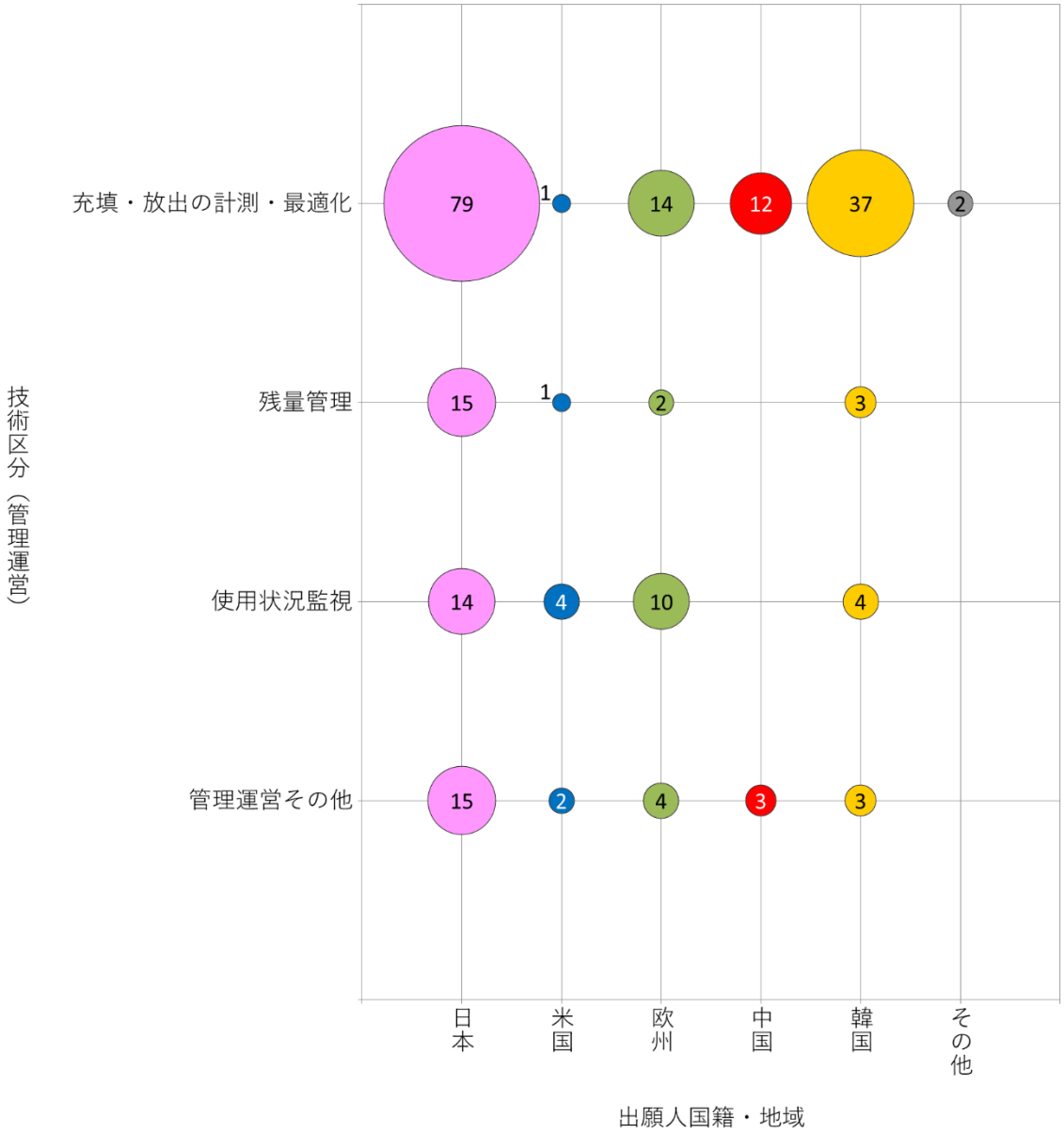
図 4-4-5　技術区分（貯蔵・輸送・供給）の出願先国・地域別 - 出願人国籍・地域別出願件数
（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



4．技術区分別動向調査

水素ステーションの管理運営別の出願人国籍・地域ごとのファミリー件数を図 4-4-6 に示す。どの技術区分も、日本国籍の件数が最も多い。日本国籍の件数が最も多い技術区分の中でも、特に充填・放出の計測・最適化については件数が多く、2 位である中国の約 2 倍の出願をしている。

図 4-4-6　技術区分（[水素ステーション]×[管理運営]）別 - 出願人国籍・地域別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



日本国籍の出願人に限定した水素ステーションの管理運営別の出願先国・地域ごとの出願件数を図 4-4-7 に示す。どの技術区分も、日本国籍の出願人は米欧中へ出願していることが確認できる。また、日本国籍の出願人に限定した水素ステーションの管理運営と出願先国・地域ごとの登録件数の相関を図 4-4-8 に示す。使用状況監視を除く技術区分について、日本国籍の出願人は米欧中で権利化できていることが確認できる。

図 4-4-7　技術区分（[水素ステーション]×[管理運営]）別 - 出願先国・地域別特許出願件数（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（日本国籍）

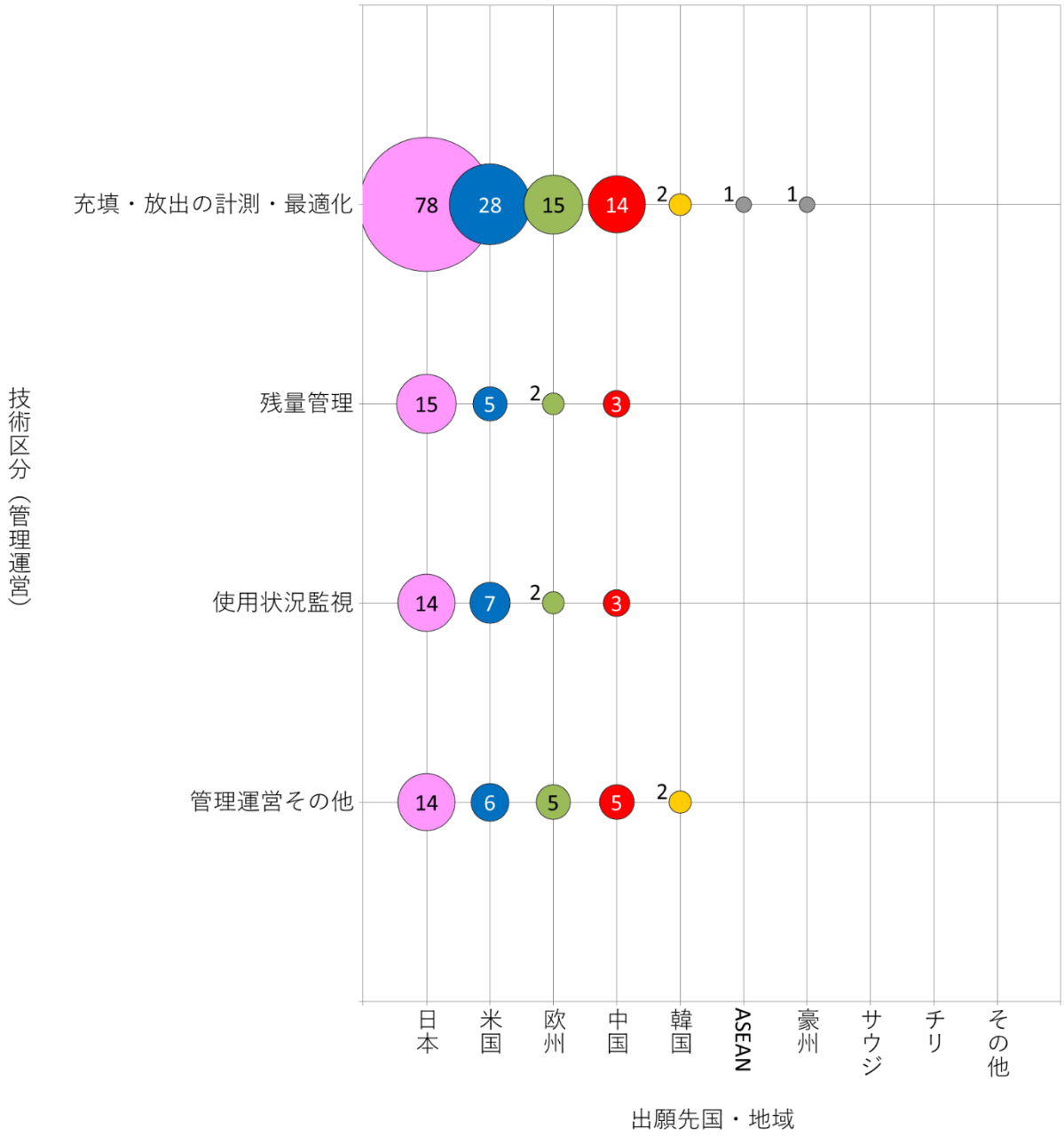
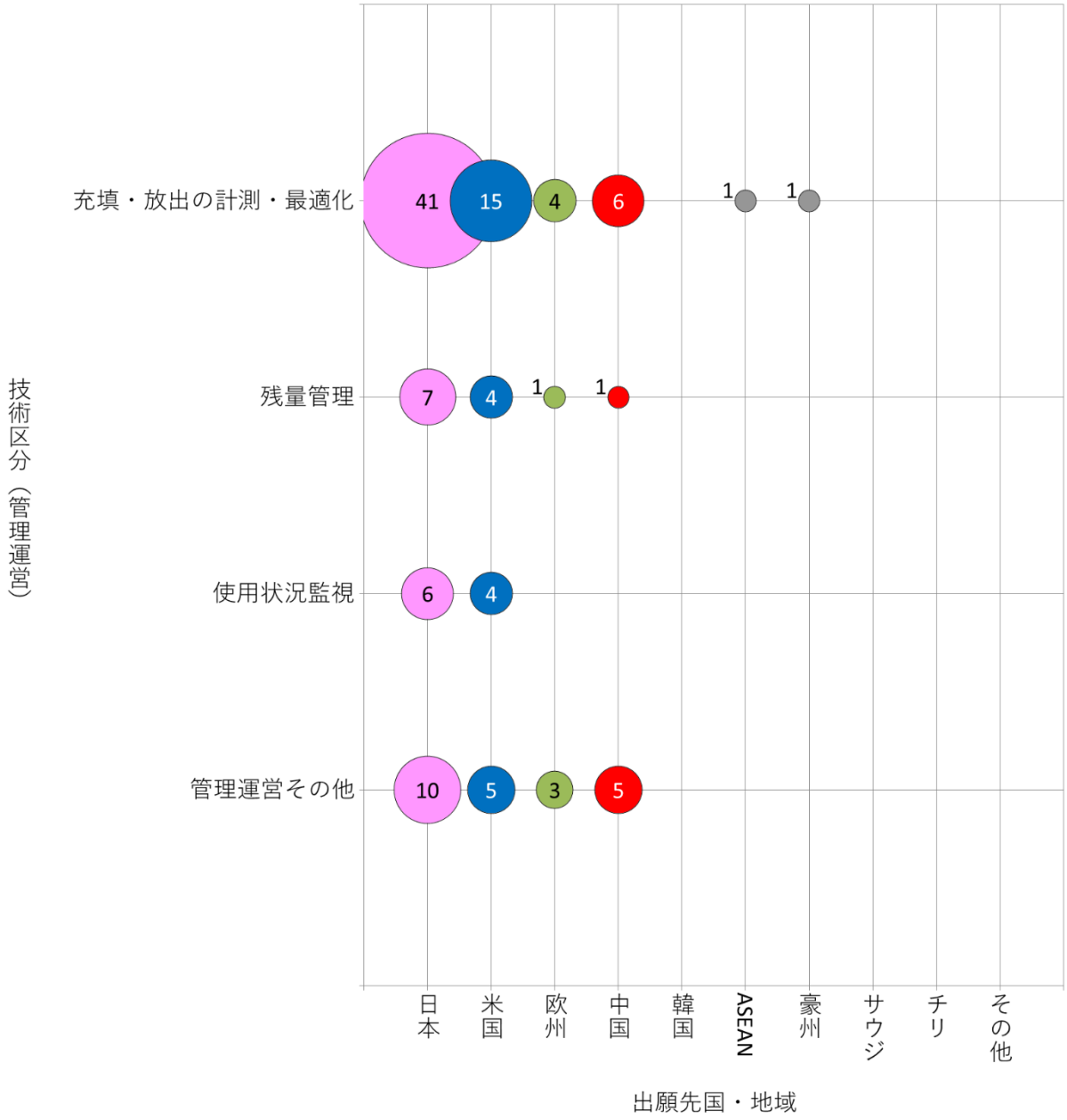


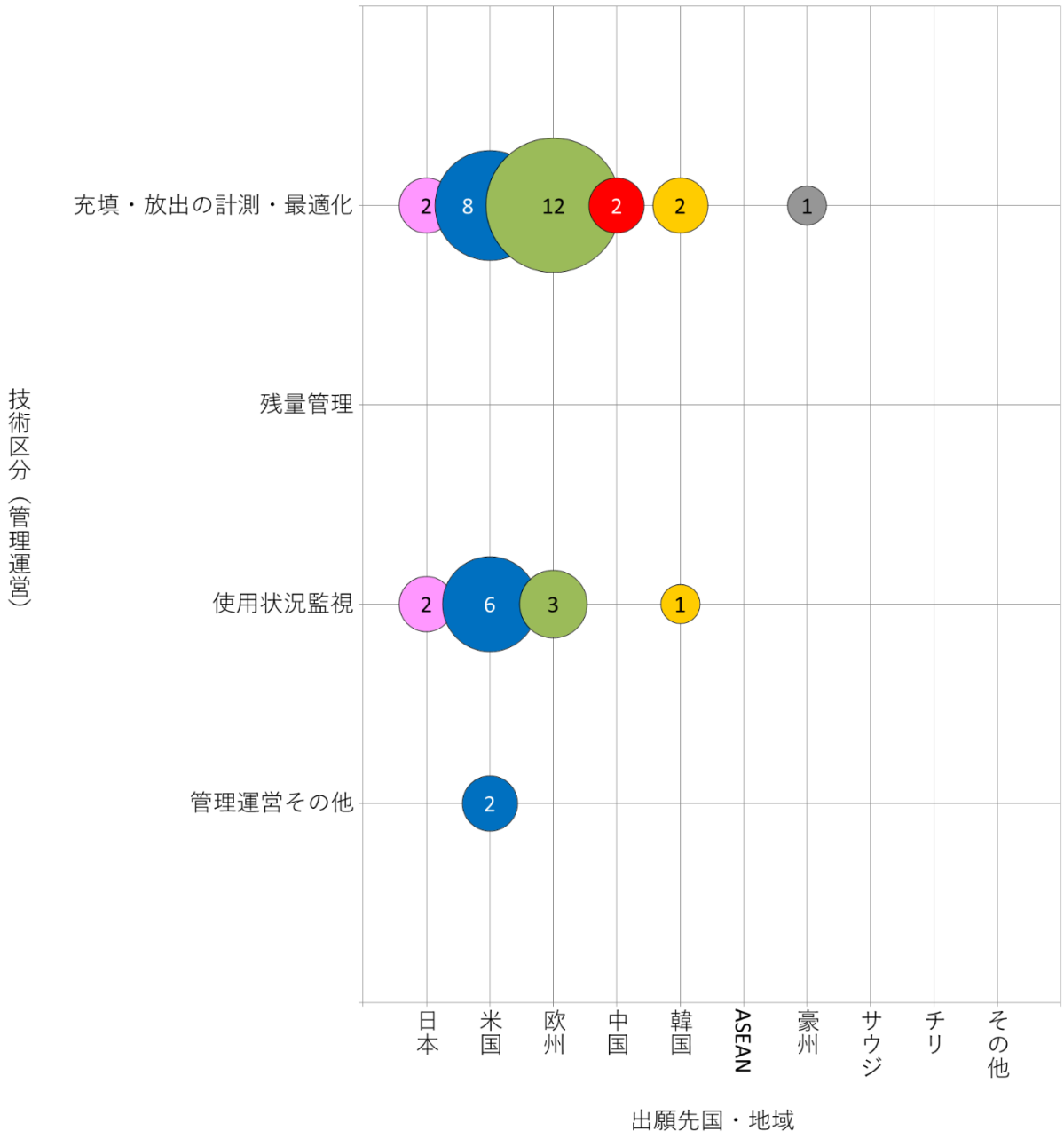
図 4-4-8　技術区分（[水素ステーション]×[管理運営]）別 - 出願先国・地域別特許登録件数（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（日本国籍）



欧州籍の出願人に限定した水素ステーションの管理運営別の出願先国・地域ごとの出願件数を図 4-4-9 に示す。残量管理を除く技術区分について、欧州籍の出願人は日米韓へ出願していることが確認できる。また、欧州籍の出願人に限定した水素ステーションの管理運営と出願先国・地域ごとの登録件数の相関を図 4-4-10 に示す。充填・放出の計測・最適化と使用状況監視の技術区分について、欧州籍の出願人は日米韓で権利化していることが確認できる。

図 4-4-9　技術区分（[水素ステーション]×[管理運営]）別 - 出願先国・地域別特許出願件数（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（欧州籍）

図 4-4-10　技術区分（[水素ステーション]×[管理運営]）別 - 出願先国・地域別特許登録件数（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（欧州籍）



韓国籍の出願人に限定した水素ステーションの管理運営別の出願先国・地域ごとの出願件数を図 4-4-11 に示す。充填・放出の計測・最適化の技術区分について、韓国籍の出願人は米欧中へ出願していることが確認できる。また、韓国籍の出願人に限定した水素ステーションの管理運営と出願先国・地域ごとの登録件数の相関を図 4-4-12 に示す。充填・放出の計測・最適化の技術区分について、韓国籍の出願人は、米欧中で権利化していることが確認できる。

図 4-4-11　技術区分（[水素ステーション]×[管理運営]）別 - 出願先国・地域別特許出願件数（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（韓国籍）

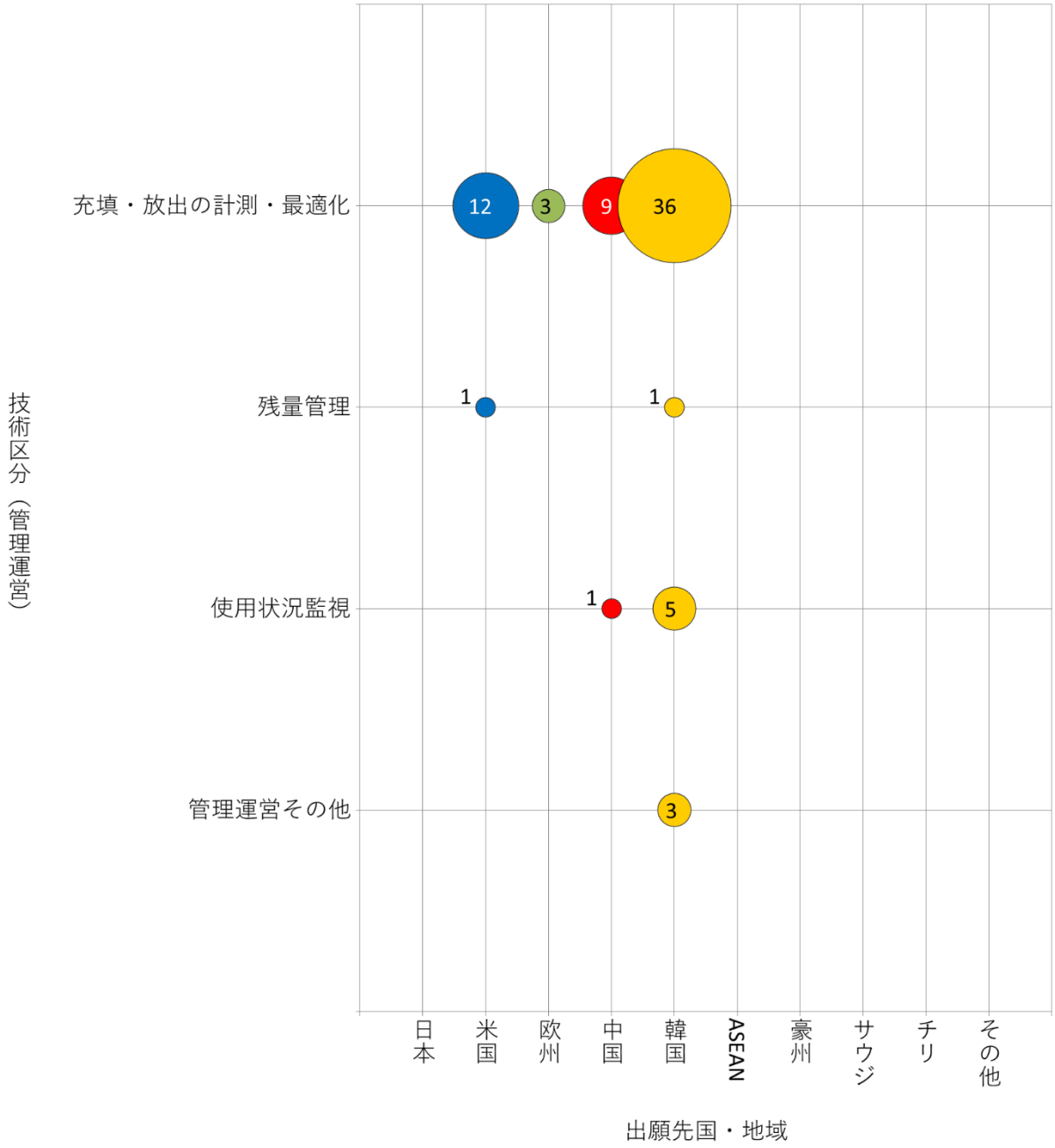
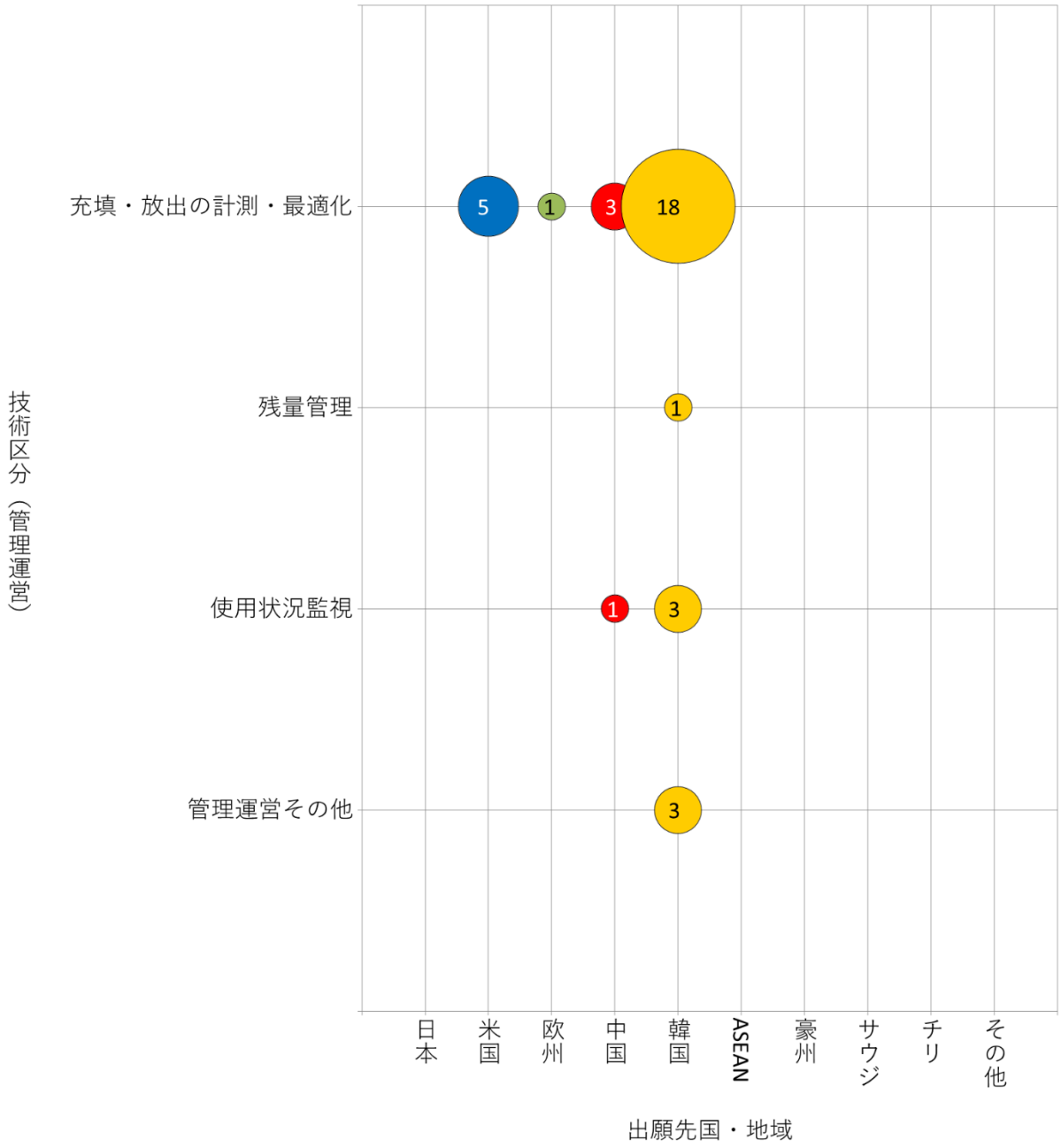
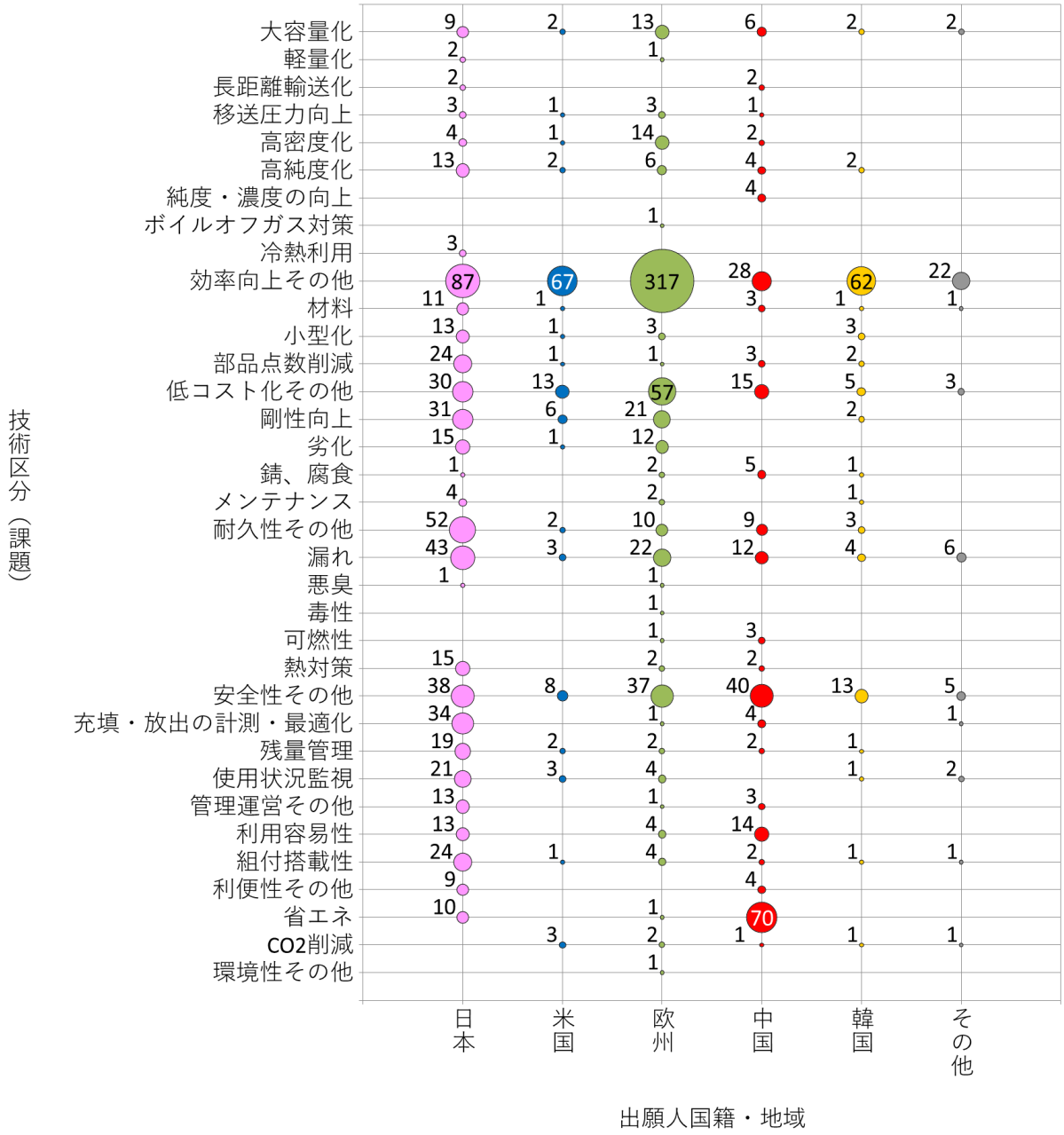


図 4-4-12　技術区分（[水素ステーション]×[管理運営]）別 - 出願先国・地域別特許登録件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（韓国籍）



圧縮水素の容器（固定された貯槽を除く）別の出願人国籍・地域ごとのファミリー件数を図 4-4-13 に示す。低コスト化、耐久性、安全性、管理運営、利便性については日本国籍のファミリー件数が最も多く、効率向上については欧州籍のファミリー件数が最も多い。

図 4-4-13　技術区分（[圧縮水素]×[容器(固定された貯槽を除く)]）別 - 出願人国籍・地域別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



日本国籍の出願人に限定した圧縮水素の容器(固定された貯槽を除く)別の出願先国・地域ごとの出願件数を図 4-4-14 に示す。ほとんどの技術区分について、日本国籍の出願人は米欧中韓へ出願していることが確認できる。また、日本国籍の出願人に限定した圧縮水素の容器（固定された貯槽を除く）と出願先国・地域ごとの登録件数の相関を図 4-4-15 に示す。効率向上や低コスト化、耐久性、安全性、管理運営、利便性といった技術区分について、日本国籍の出願人は米欧中で権利化できていることが確認できる。

図 4-4-14　技術区分（[圧縮水素]×[容器(固定された貯槽を除く)]）別 - 出願先国・地域別特許出願件数（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（日本国籍）

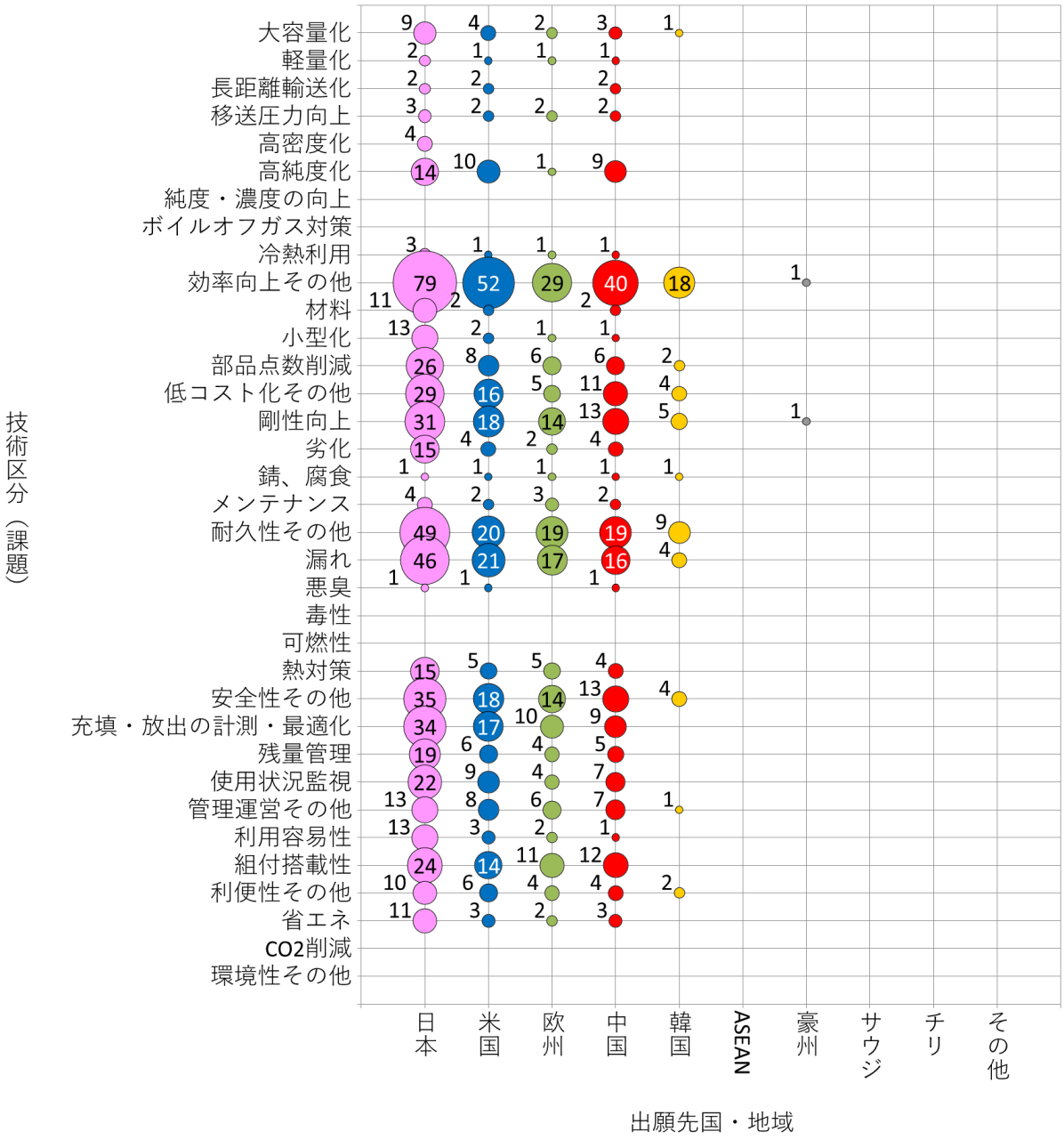
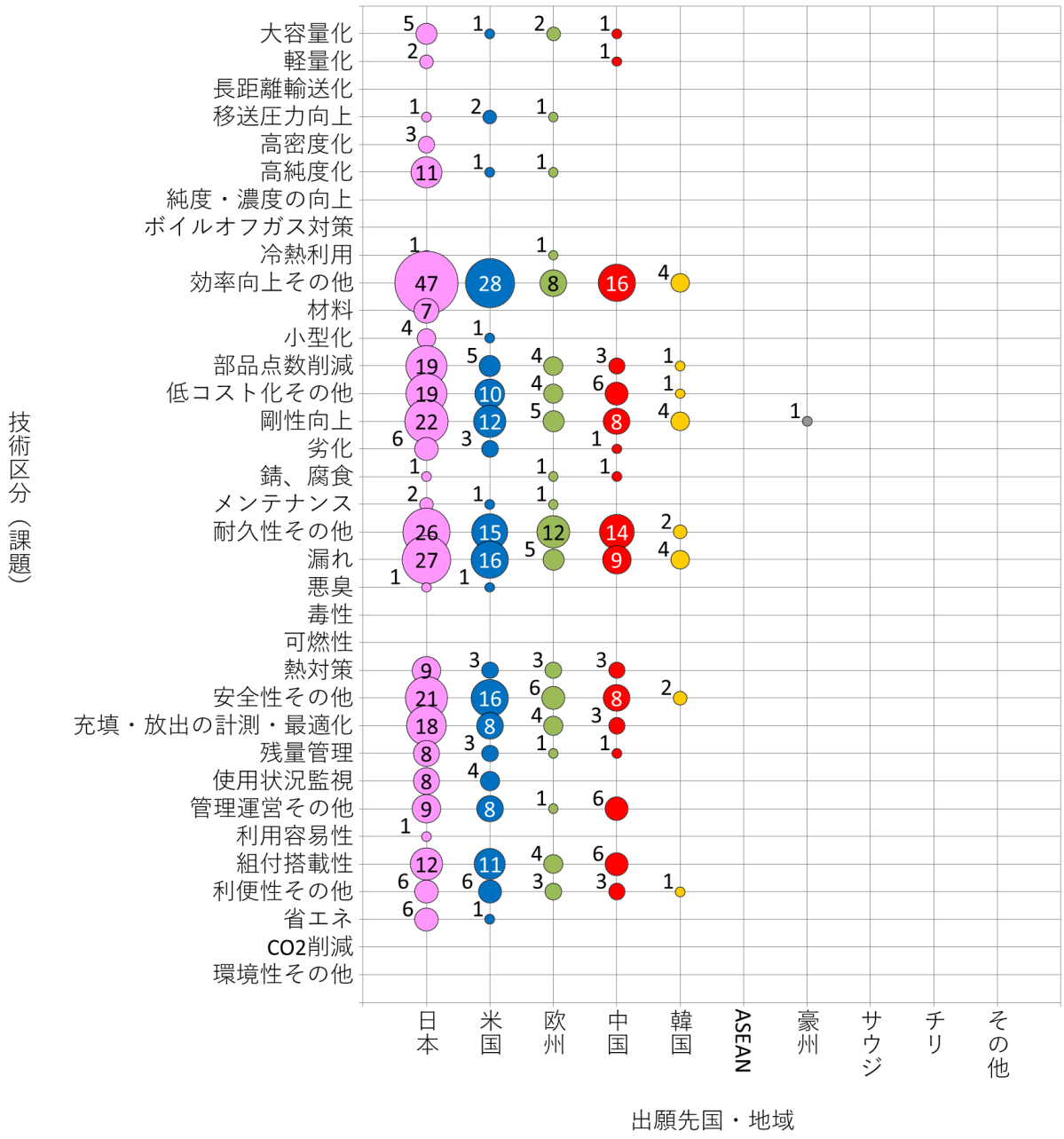


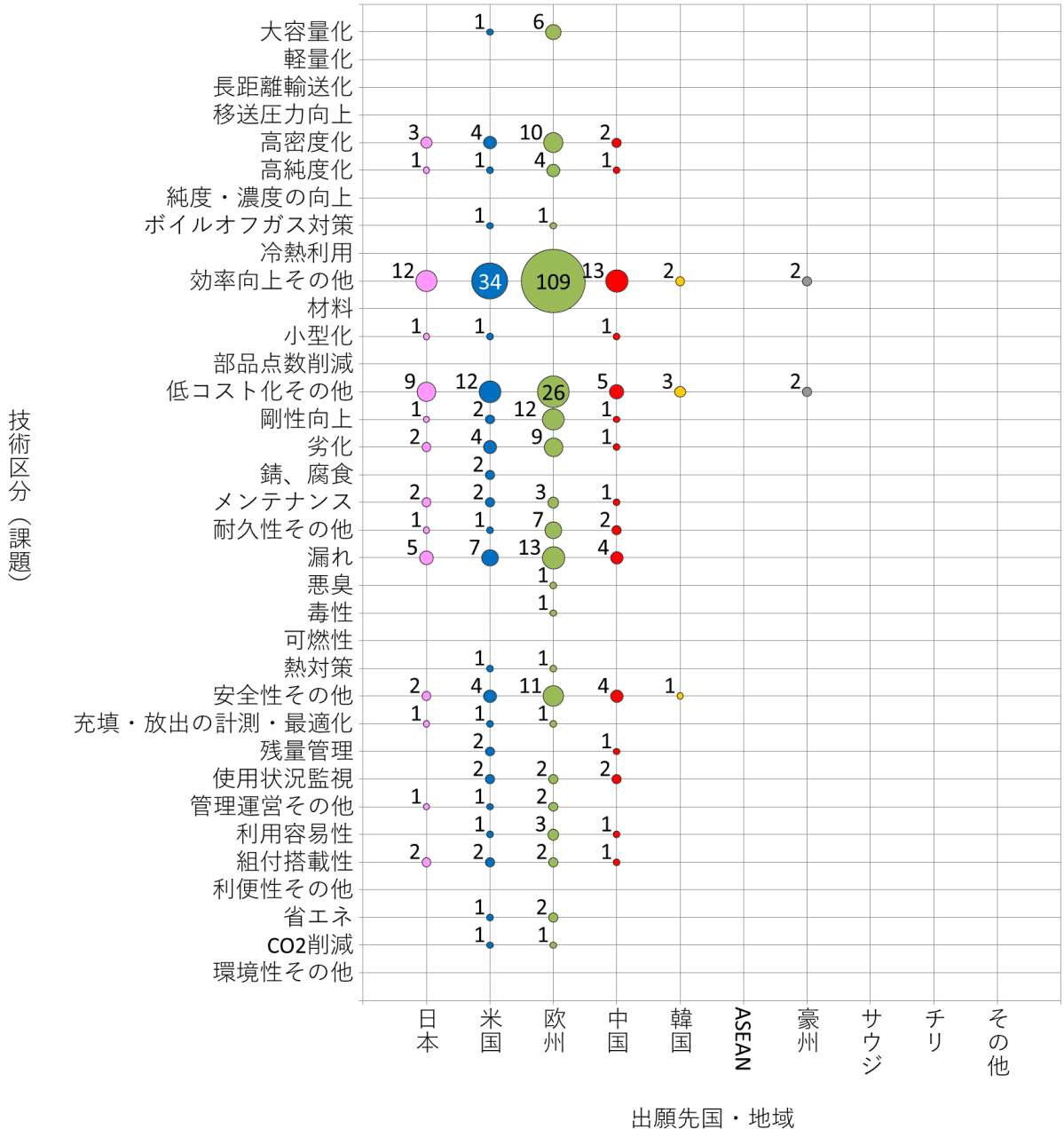
図 4-4-15　技術区分（[圧縮水素]×[容器(固定された貯槽を除く)]）別 - 出願先国・地域別特許登録件数（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（日本国籍）



欧州籍の出願人に限定した圧縮水素の容器（固定された貯槽を除く）別の出願先国・地域ごとの出願件数を図 4-4-16 に示す。ほとんどの技術区分について、欧州籍の出願人は日米中韓へ出願していることが確認できる。また、欧州籍の出願人に限定した圧縮水素の容器（固定された貯槽を除く）と出願先国・地域ごとの登録件数の相関を図 4-4-17 に示す。効率向上や低コスト化、耐久性、安全性、管理運営、利便性といった技術区分について、欧州籍の出願人は日米中で権利化していることが確認できる。

図 4-4-16　技術区分（[圧縮水素]×[容器(固定された貯槽を除く)]）別 - 出願先国・地域別特許出願件数（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（欧州籍）

図 4-4-17　技術区分（[圧縮水素]×[容器(固定された貯槽を除く)]）別 - 出願先国・地域別特許登録件数（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（欧州籍）

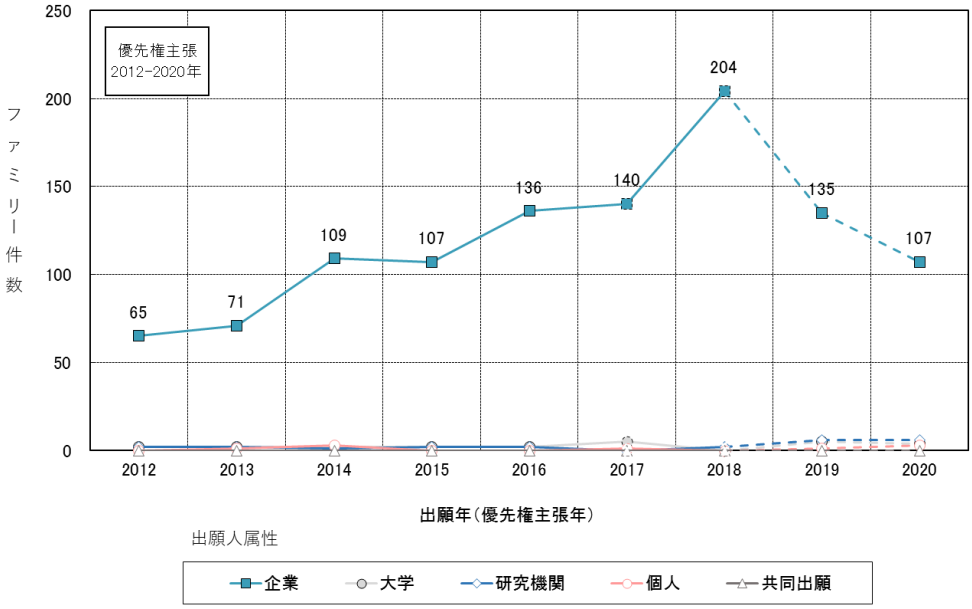


5．出願人国籍・地域別の出願人属性別特許出願動向調査

（1）貯蔵・輸送・供給

貯蔵・輸送・供給における出願人国籍・地域別の出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率を図 4-4-18～図 4-4-22 に示す。日本国籍、米国籍、欧州籍の件数比率について、企業がほとんどを占めている。日本国籍の企業において、2013 年以降、件数は増加傾向にある。一方、米国籍、欧州籍、中国籍、韓国籍、の企業は 2018 年以降、件数を伸ばしている。なお、中国籍については大学の件数も増加傾向である。

図 4-4-18　技術区分（貯蔵・輸送・供給）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（日本国籍）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

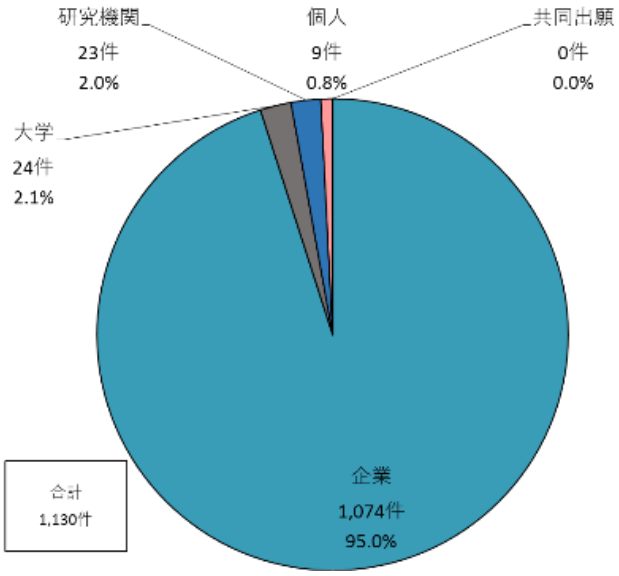
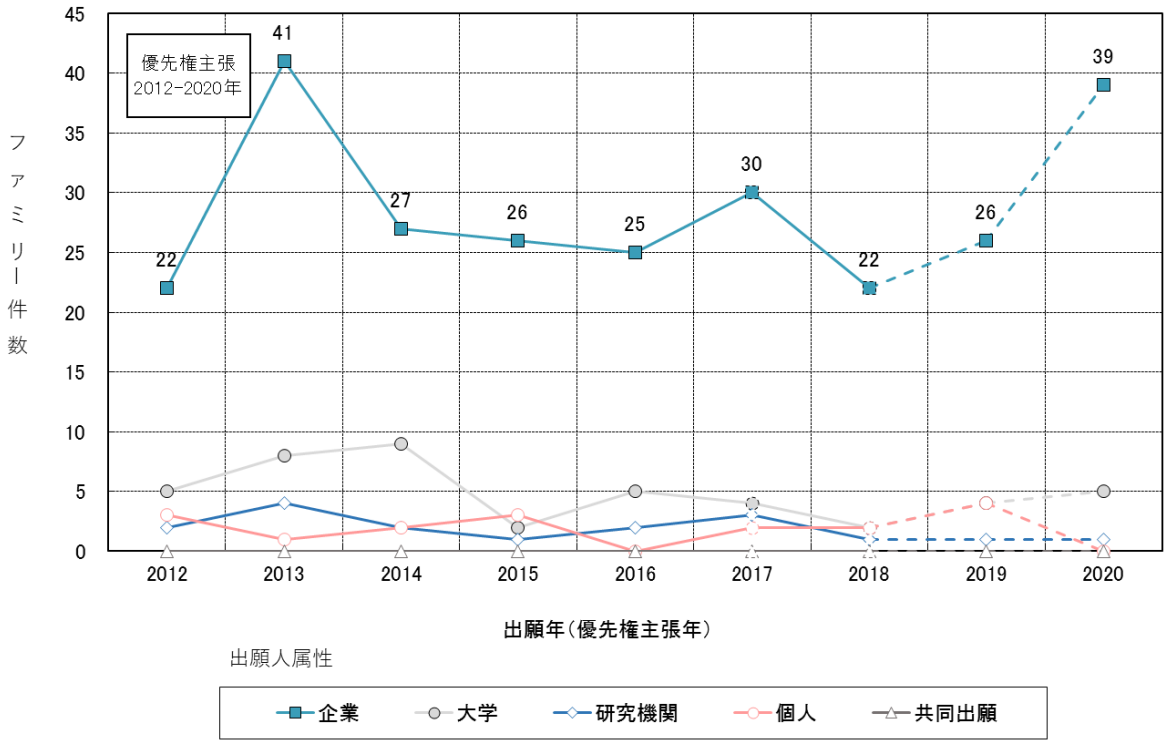


図 4-4-19　技術区分（貯蔵・輸送・供給）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（米国籍）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

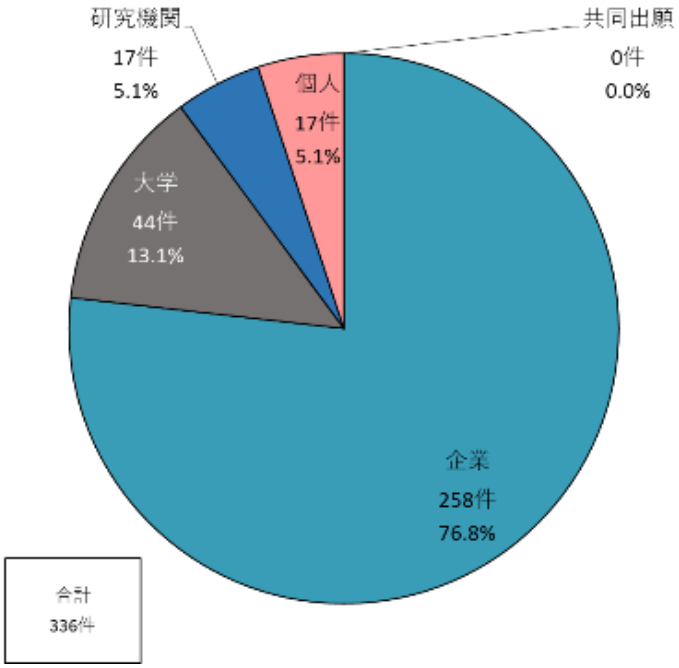
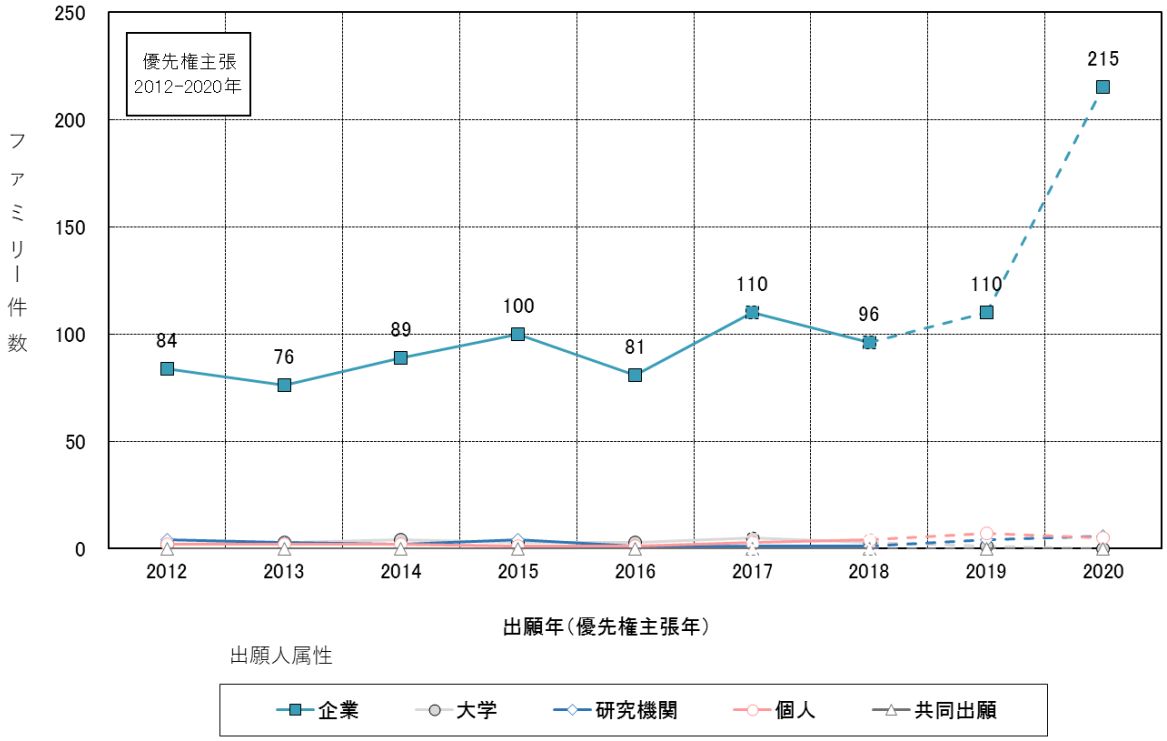


図 4-4-20　技術区分（貯蔵・輸送・供給）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（欧州籍）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

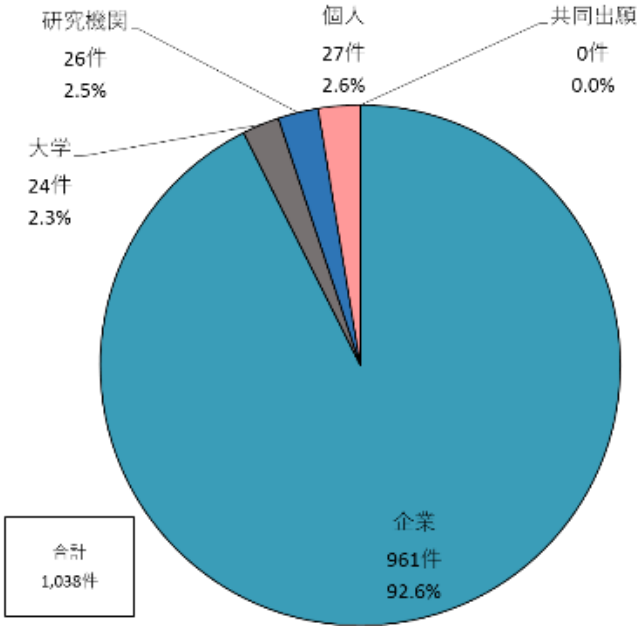
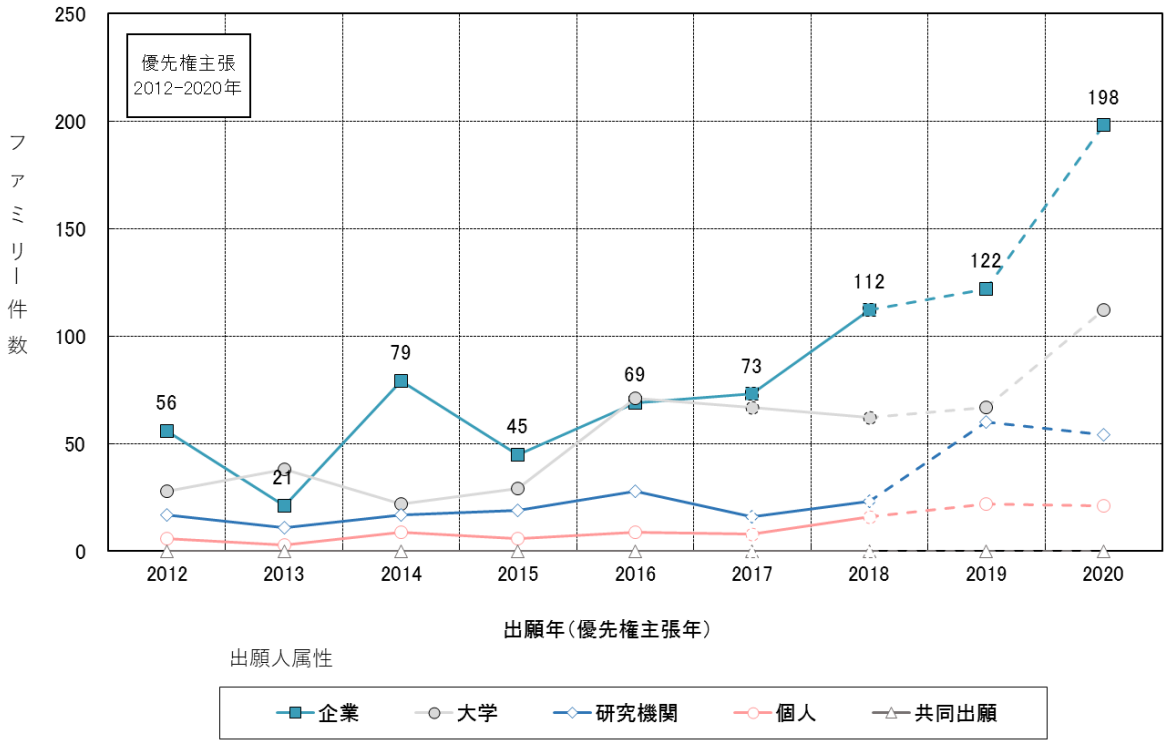


図 4-4-21　技術区分（貯蔵・輸送・供給）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（中国籍）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

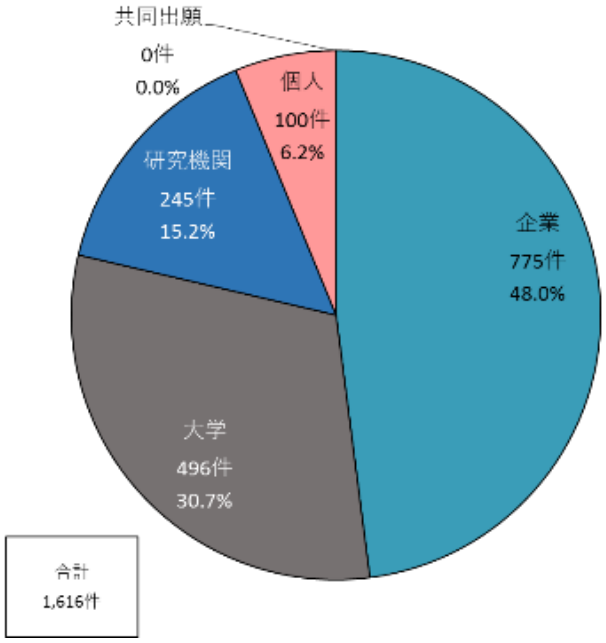
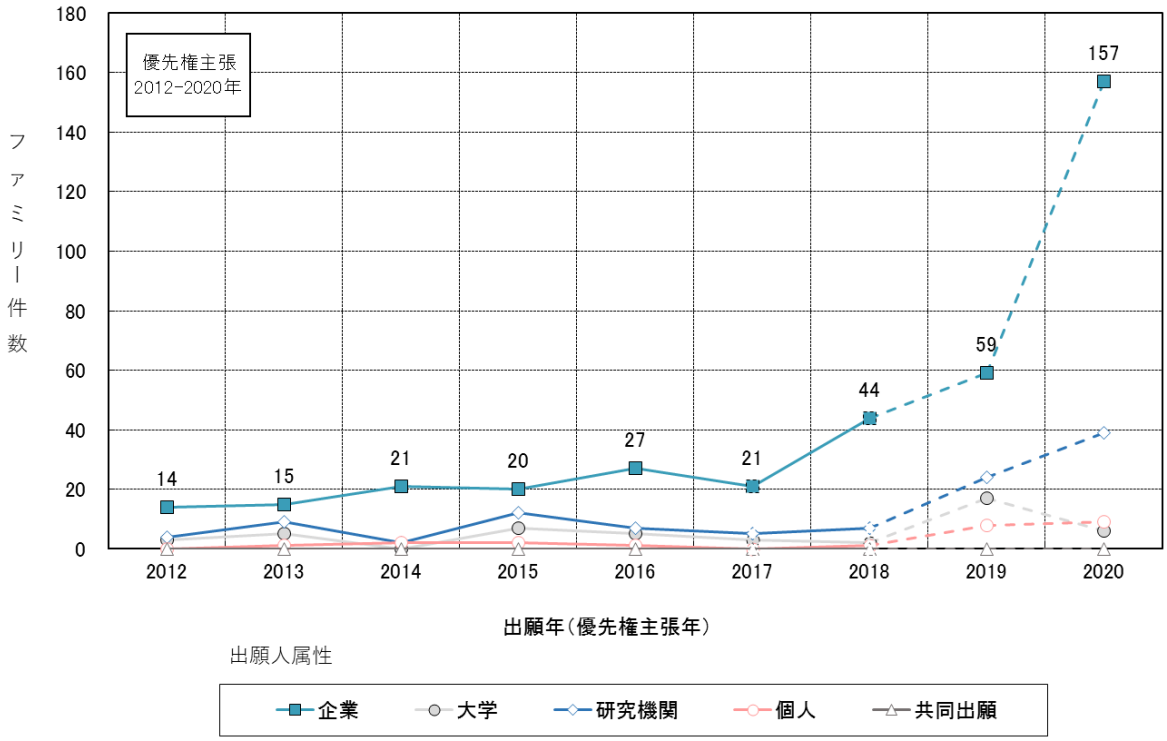
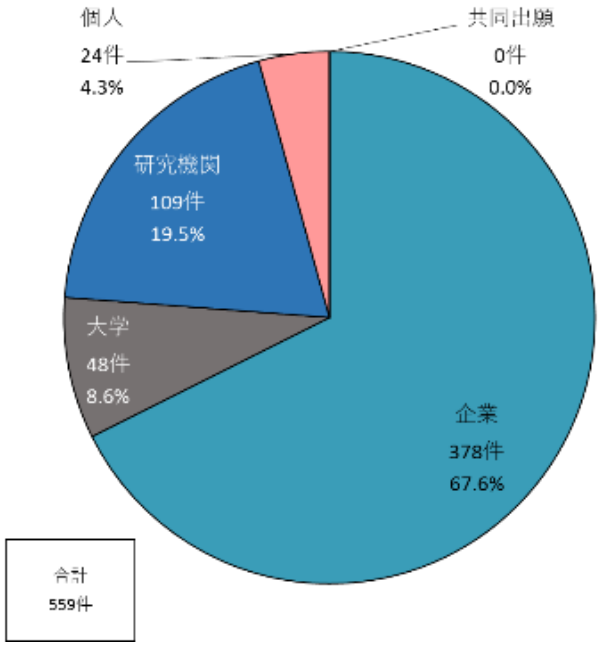


図 4-4-22　技術区分（貯蔵・輸送・供給）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（韓国籍）



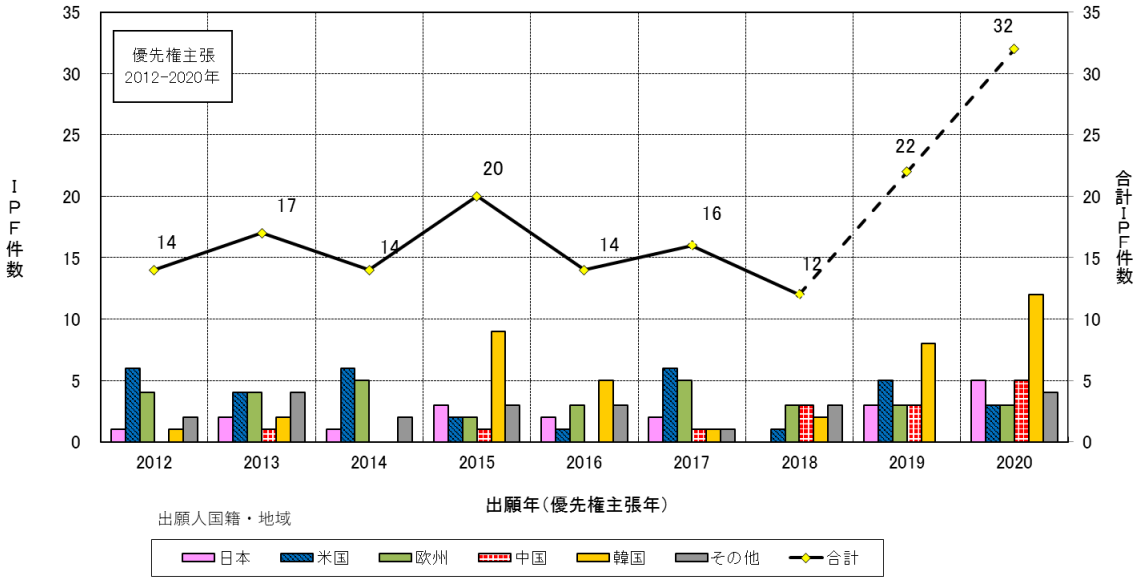
注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



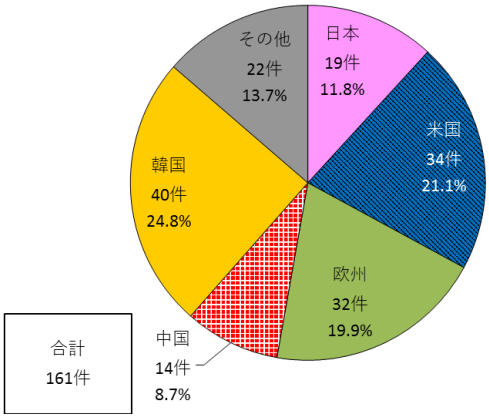
（２）出願人属性を大学・研究機関に限定した特許出願動向調査

前節に示した知的財産推進計画 2022 を背景に、日本籍の大学や研究機関における国際パテントファミリー（IPF）の件数推移をはじめとした特許出願動向を調査した。貯蔵・輸送・供給における大学や研究機関の特許出願動向を図 4-4-23 に示す。

図 4-4-23　出願人属性を（大学・研究機関）に限定した技術区分（貯蔵・輸送・供給）の出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

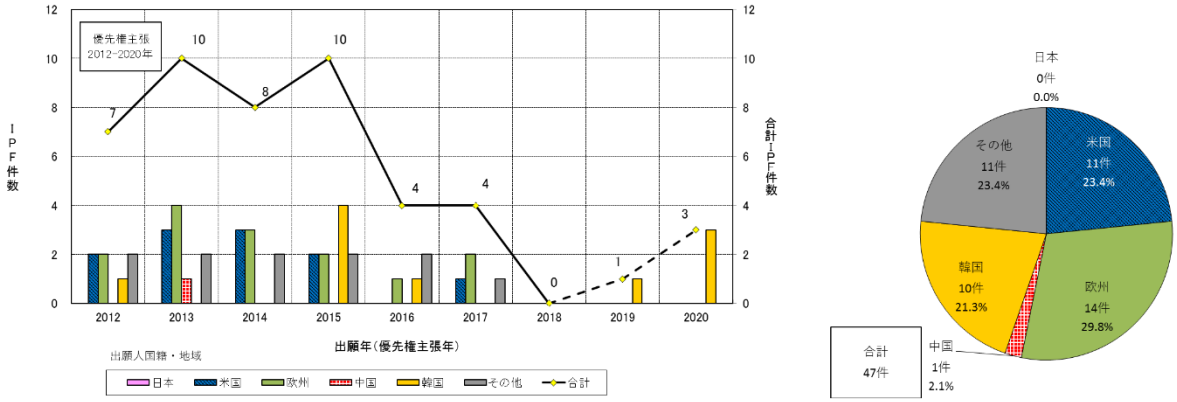


注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



水素吸蔵合金における大学や研究機関の IPF 件数推移および比率を図 4-4-24 に示す。

図 4-4-24　出願人属性を（大学・研究機関）に限定した技術区分（水素吸蔵合金）の出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率



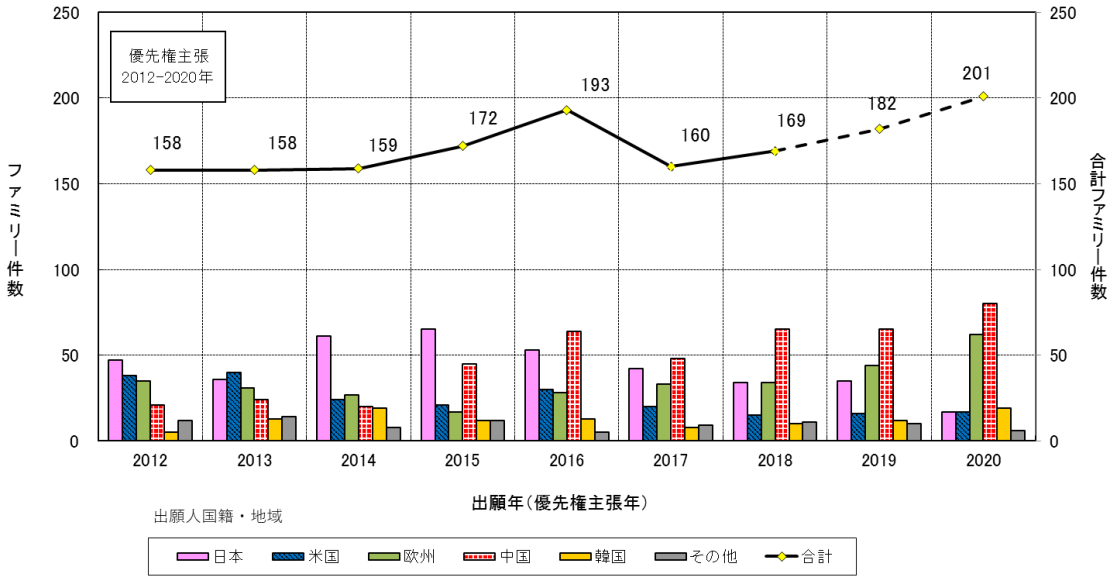
第５節　燃焼利用における特許動向調査

１．出願人国籍・地域別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率

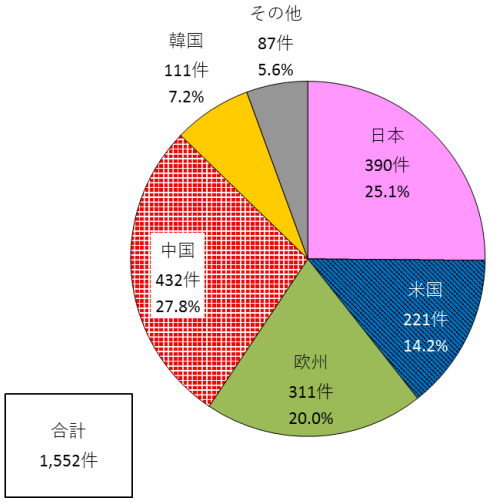
水素の燃焼利用における出願人国籍・地域別のファミリー件数推移及びファミリー件数比率を図 4-5-1 に示す。2017 年以降、中国籍と欧州籍の件数が増加傾向であるが、日本国籍の件数は 2015 年をピークに減少傾向である。

中国籍によるファミリー件数比率が最も高く 27.8%を占めており、次いで、日本国籍（25.1%）、欧州籍（20.0%）、米国籍（14.2%）、韓国籍（7.2%）となっている。

図 4-5-1　技術区分（水素の燃焼利用）の出願人国籍・地域別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



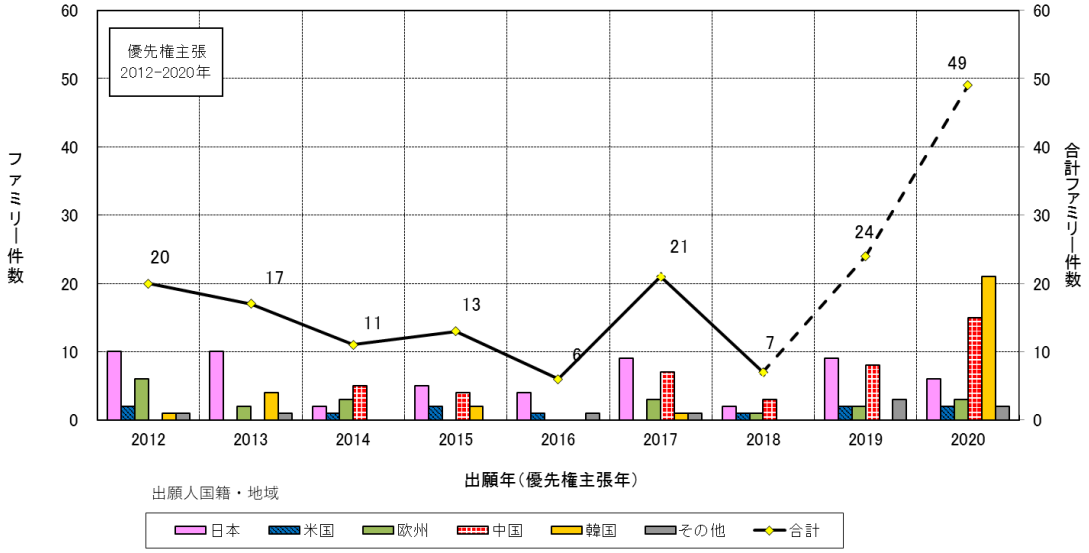
注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



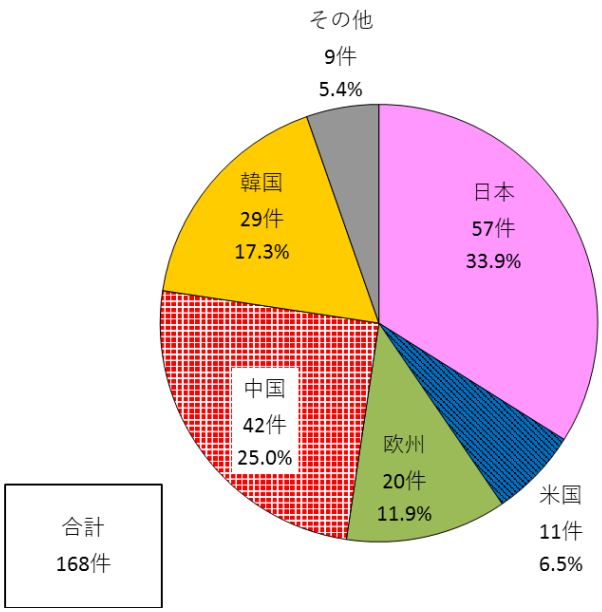
アンモニアの燃焼利用における出願人国籍・地域別のファミリー件数推移及びファミリー件数比率を図 4-5-2 に示す。日本国籍の件数が最も多いものの、近年は中国籍、韓国籍の件数が増加している。

日本国籍によるファミリー件数比率が最も高く 33.9%を占めており、次いで、中国籍（25.0%）、韓国籍（17.5%）、欧州籍（11.9%）、米国籍（6.5%）となっている。

図 4-5-2　技術区分（アンモニアの燃焼利用）の出願人国籍・地域別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



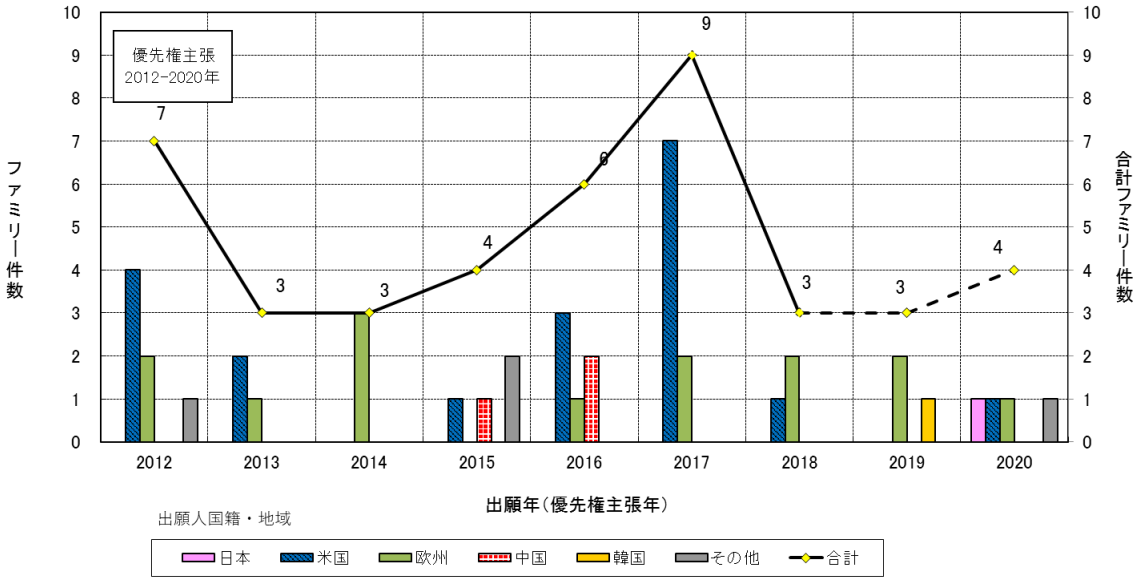
注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



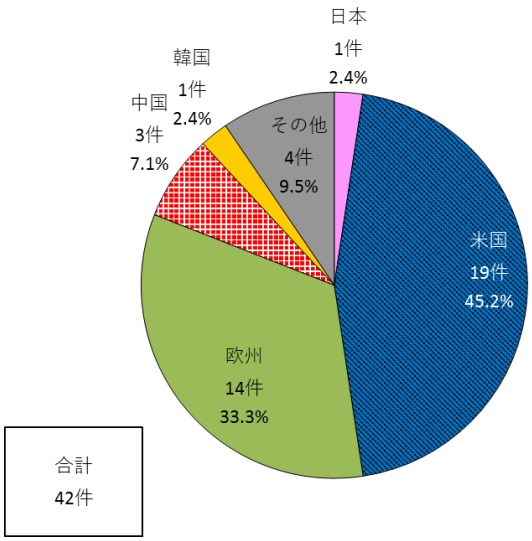
航空機への水素の燃焼利用における出願人国籍・地域別のファミリー件数推移及びファミリー件数比率を図 4-5-3 に示す。いずれの国籍・地域も出願が少なく、最も出願が多く見られたのが 2017 年である。

米国籍によるファミリー件数比率が最も高く 45.2%を占めており、次いで、欧州籍（33.3%）、中国籍（7.1%）、日本国籍（2.4%）、韓国籍（2.4%）となっている。

図 4-5-3　技術区分（[航空機]×[水素の燃焼利用]）の出願人国籍・地域別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



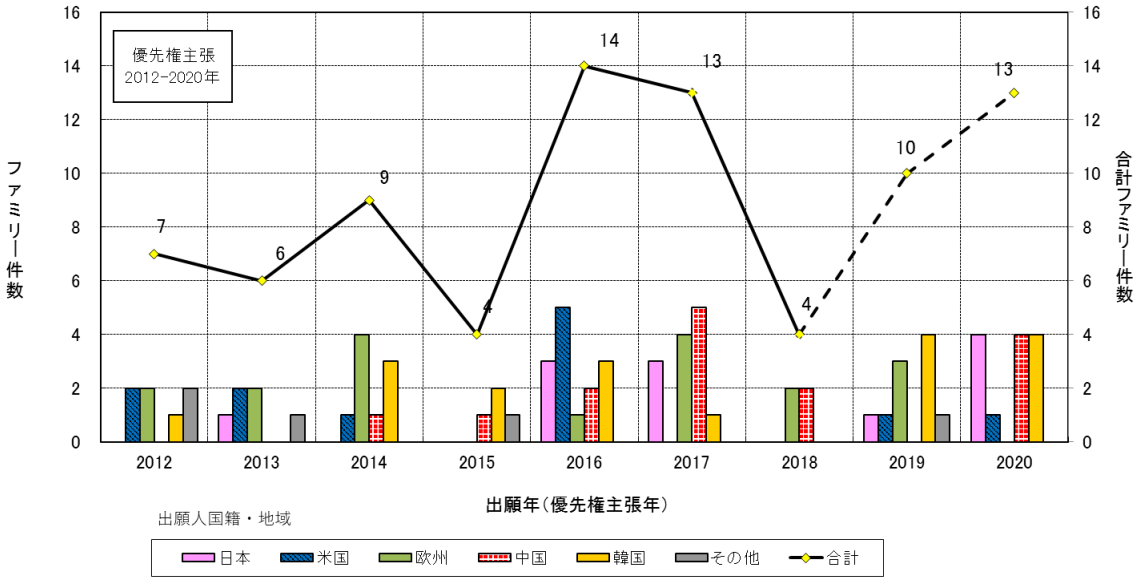
注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



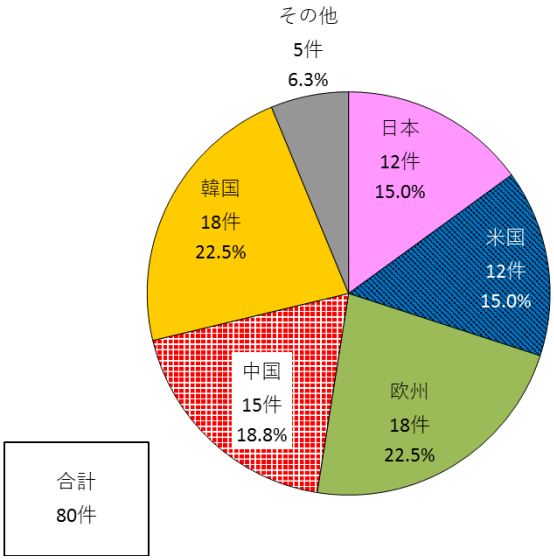
船舶への水素の燃焼利用における出願人国籍・地域別のファミリー件数推移及びファミリー件数比率を図 4-5-4 に示す。ファミリー件数は 2016 年には 10 件を超えたものの、2018 年にはいったん減少し、2019 年以降は 10 件以上の水準に戻っている。

欧州籍と韓国籍によるファミリー件数比率が最も高く、それぞれ 22.5%を占めており、次いで、中国籍（18.8%）、日本国籍（15.0%）、米国籍（15.0%）となっている。

図 4-5-4　技術区分（[船舶]×[水素の燃焼利用]）の出願人国籍・地域別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



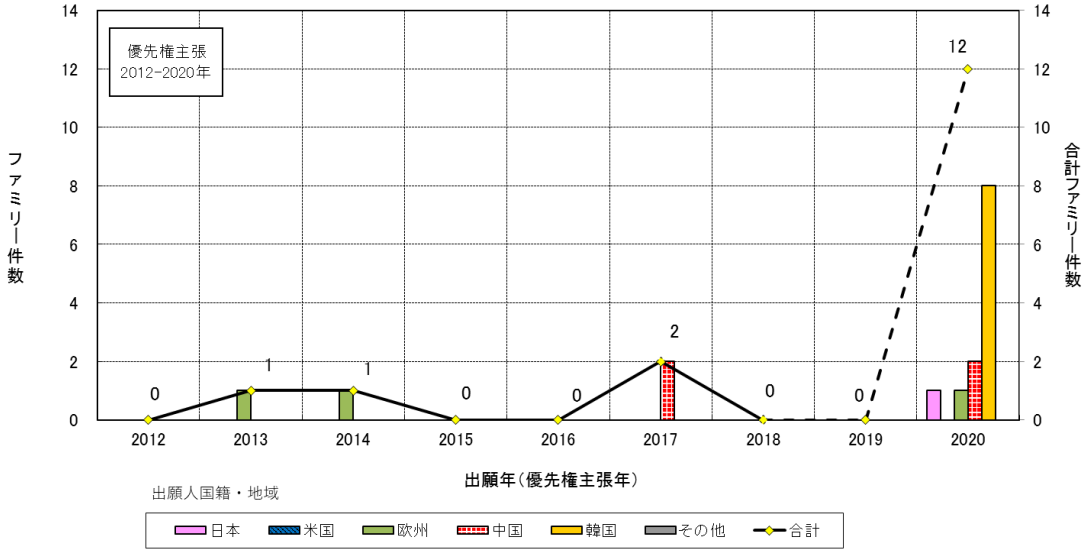
注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



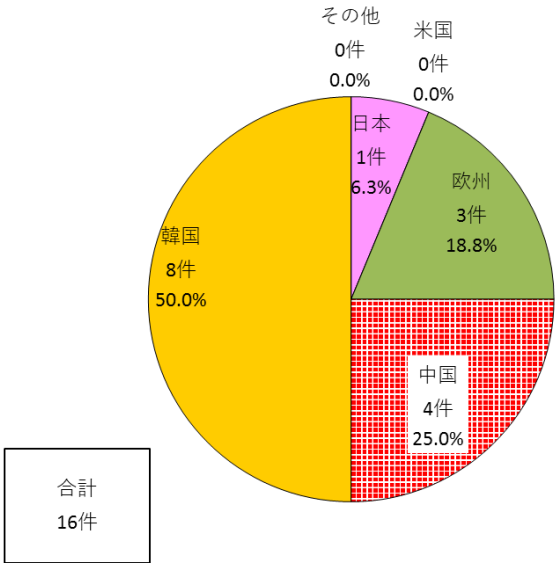
船舶へのアンモニアの燃焼利用における出願人国籍・地域別のファミリー件数推移及びファミリー件数比率を図 4-5-5 に示す。件数は少ないものの、2020 年に韓国籍の件数が急増している。

韓国籍によるファミリー件数比率が最も高く、50.0%を占めており、次いで、中国籍（25.0%）、欧州籍（18.8%）、日本国籍（6.3%）、米国籍（0.0%）となっている。

図 4-5-5　技術区分（[船舶]×[アンモニアの燃焼利用]）の出願人国籍・地域別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



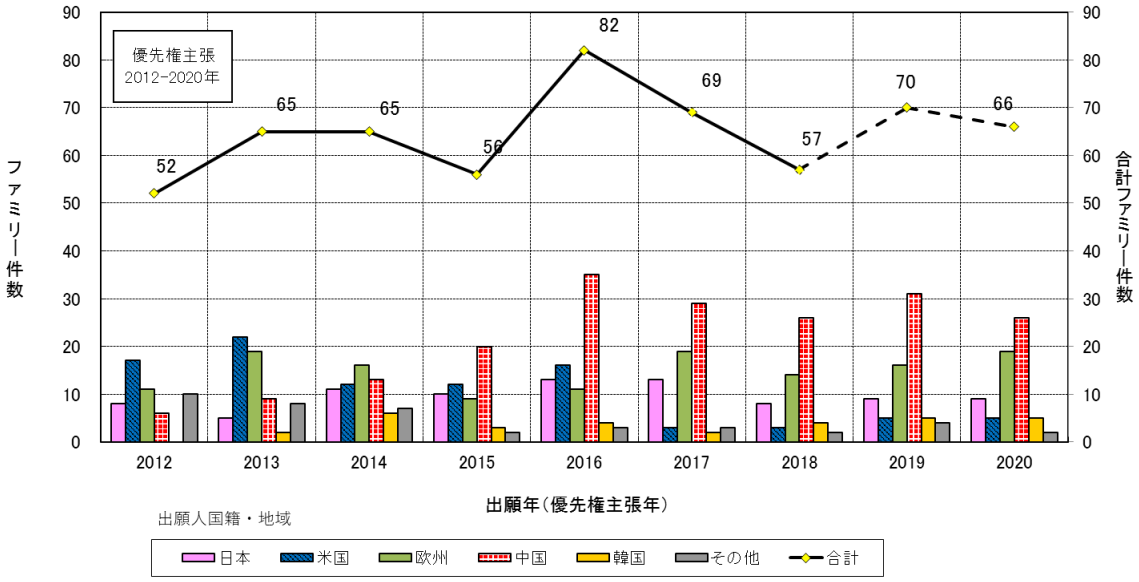
注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



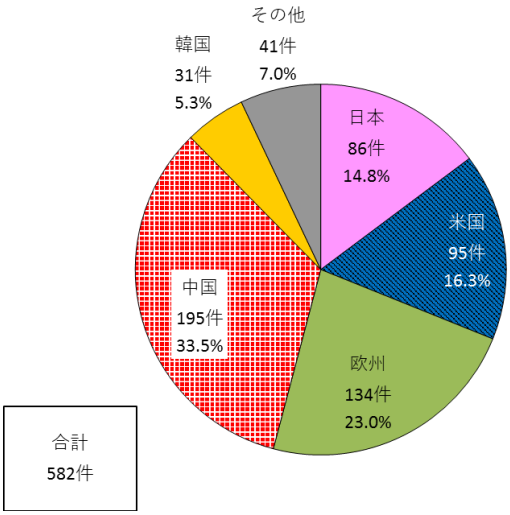
乗用車への水素の燃焼利用における出願人国籍・地域別のファミリー件数推移及びファミリー件数比率を図 4-5-6 に示す。2016 年以降、日本籍、欧州籍、中国籍は横ばいである。

中国籍によるファミリー件数比率が最も高く、33.5%を占めており、次いで、欧州籍（23.0%）、米国籍（16.3%）、日本国籍（14.8%）、韓国籍（5.3%）となっている。

図 4-5-6　技術区分（[乗用車]×[水素の燃焼利用]）の出願人国籍・地域別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



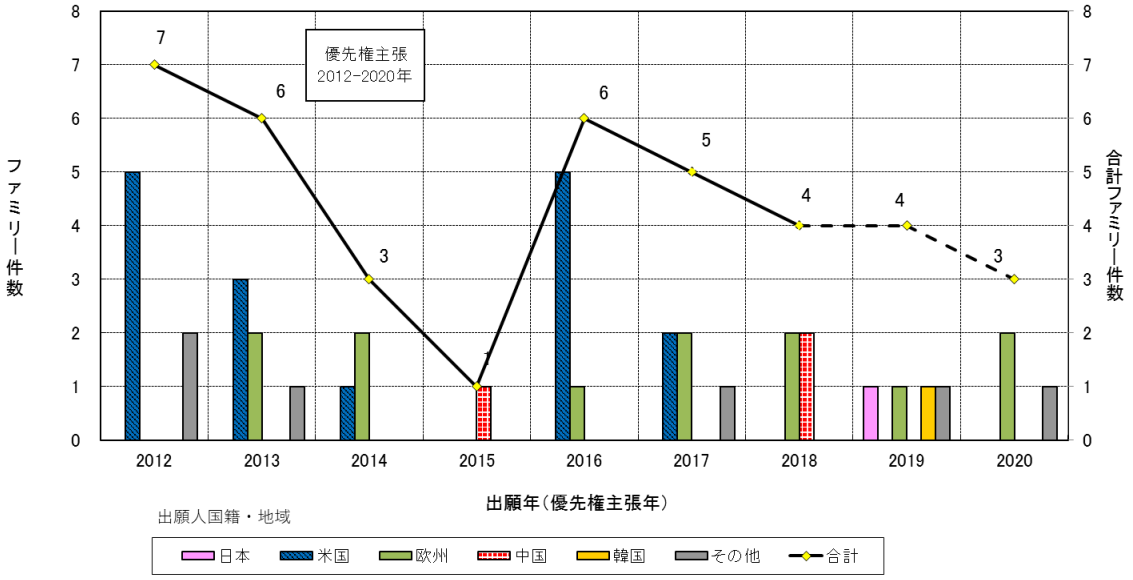
注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



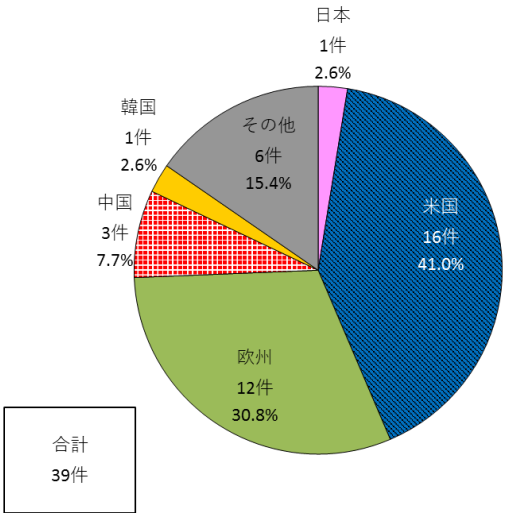
大型車、商用車への水素の燃焼利用における出願人国籍・地域別のファミリー件数推移及びファミリー件数比率を図 4-5-7 に示す。いずれの国籍・地域も出願が少なく、最も出願が多く見られたのが 2012 年である。

米国籍によるファミリー件数比率が最も高く、41.0%を占めており、次いで、欧州籍（30.8%）、中国籍（7.7%）、日本国籍（2.6%）、韓国籍（2.6%）となっている。

図 4-5-7　技術区分（[大型車、商用車]×[水素の燃焼利用]）の出願人国籍・地域別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

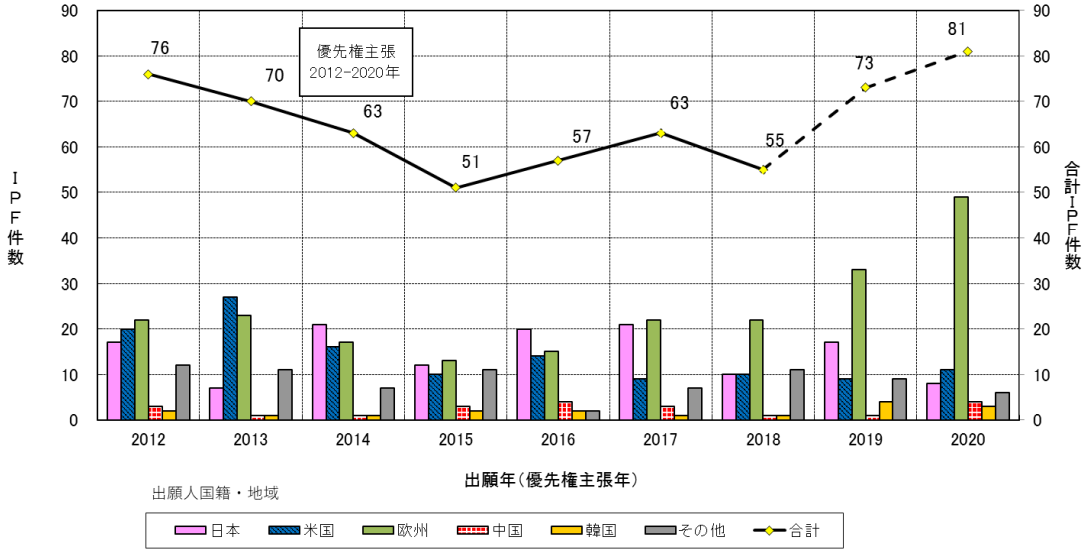


２．出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率

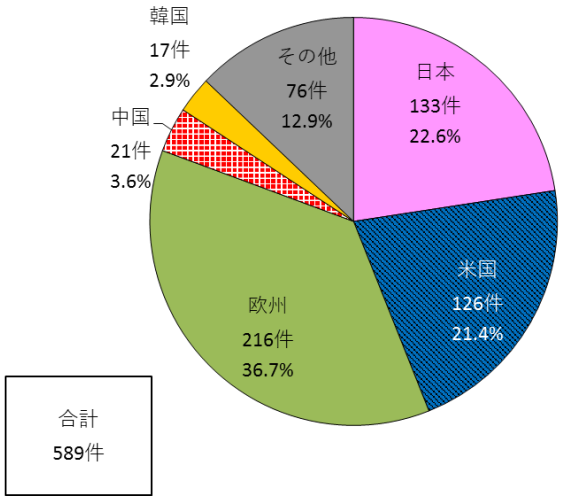
水素の燃焼利用における出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率を図 4-5-8 に示す。2016 年以降、欧州籍の IPF 件数が増加傾向である。

欧州籍による IPF 件数比率が最も高く、36.7%を占めており、次いで、日本籍(22.6%)、米国籍（21.4%）、中国籍（3.6%）、韓国籍（2.9%）となっている。

図 4-5-8　技術区分（水素の燃焼利用）の出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



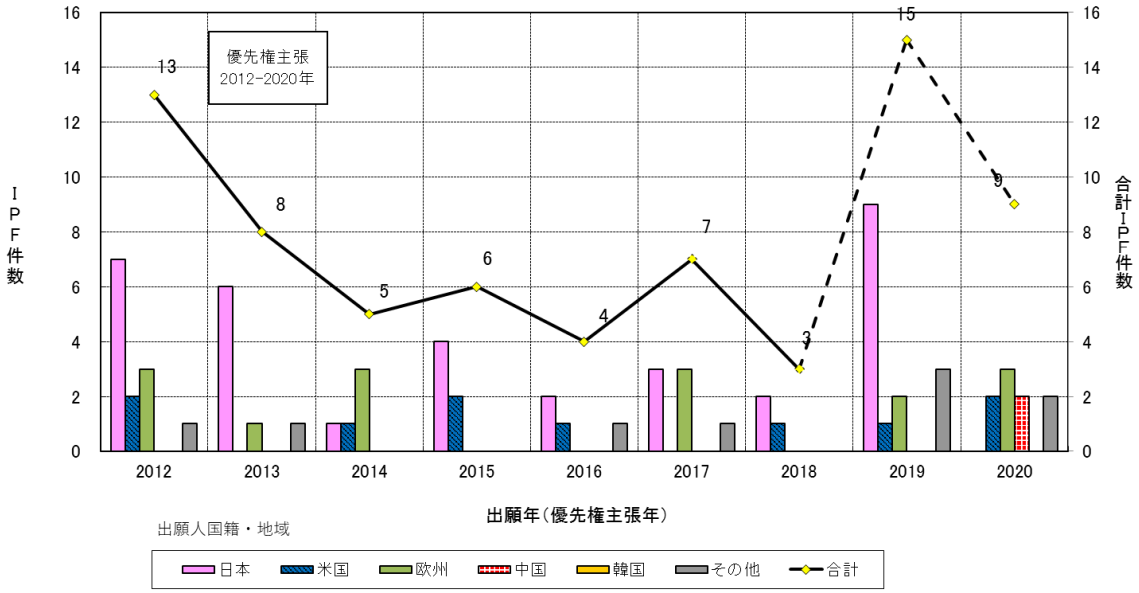
注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



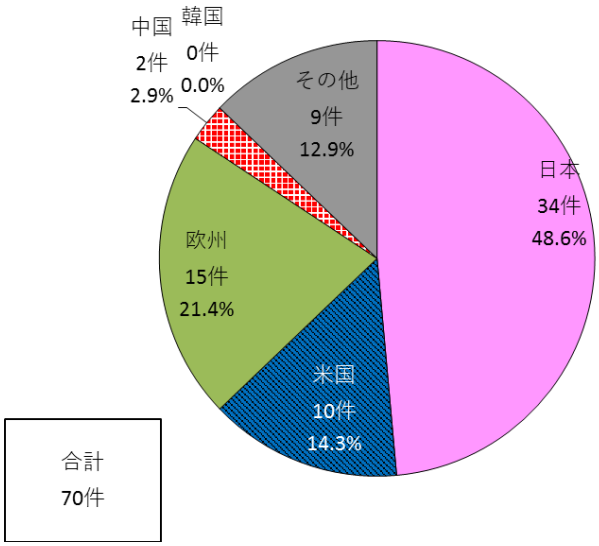
アンモニアの燃焼利用における出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率を図 4-5-9 に示す。日本国籍の出願人が 2012 年から毎年出願しているが、増加傾向とは言えない。いずれの国籍・地域も IPF 件数が少ない。

日本国籍によるファミリー件数比率が最も高く、48.6%を占めており、次いで、欧州籍（21.4%）、米国籍（14.3%）、中国籍（2.9%）となっている。

図 4-5-9　技術区分（アンモニアの燃焼利用）の出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



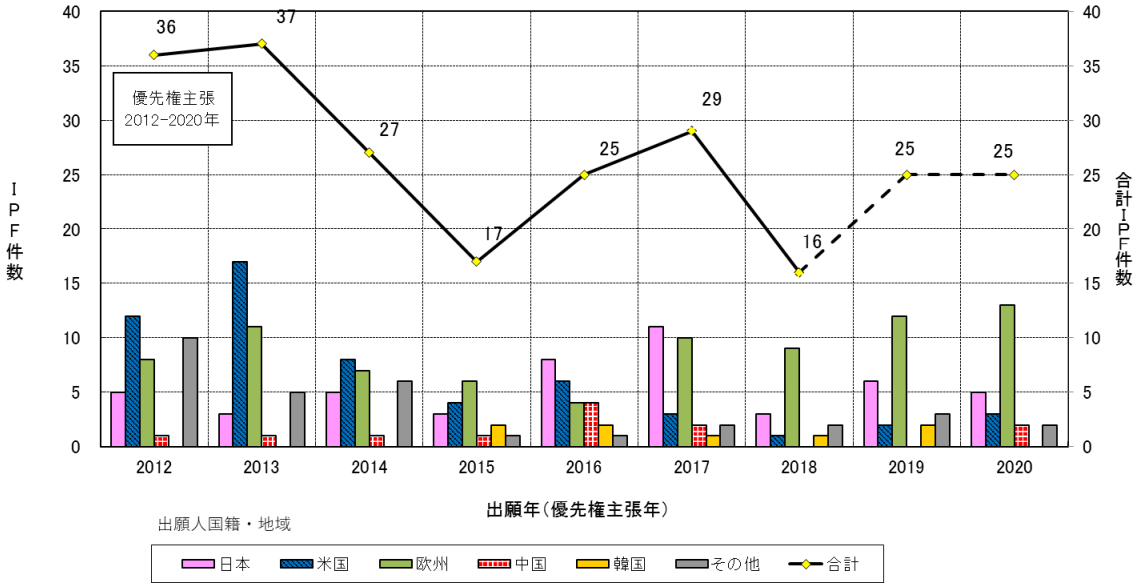
注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



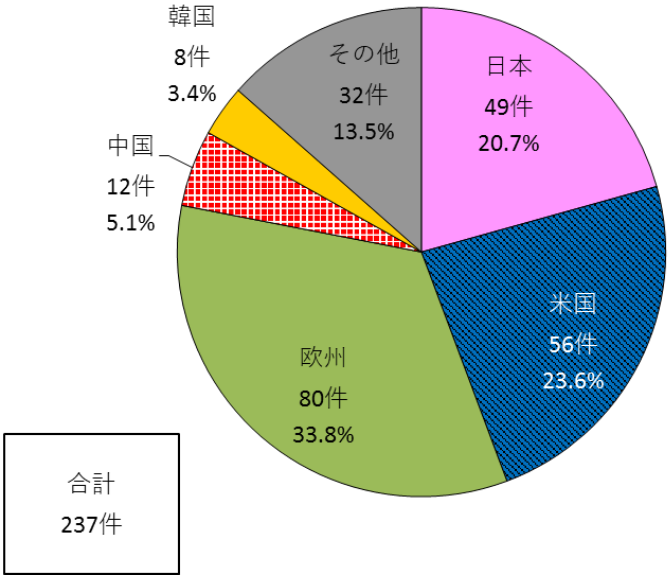
乗用車への水素の燃焼利用における出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率を図 4-5-10 に示す。

欧州籍による IPF 件数比率が最も高く、33.8 を占めており、次いで、米国籍（23.6%）、日本国籍（20.7%）、中国籍（5.1%）、韓国籍（3.4%）となっている。

図 4-5-10　技術区分（[乗用車]×[水素の燃焼利用]）の出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



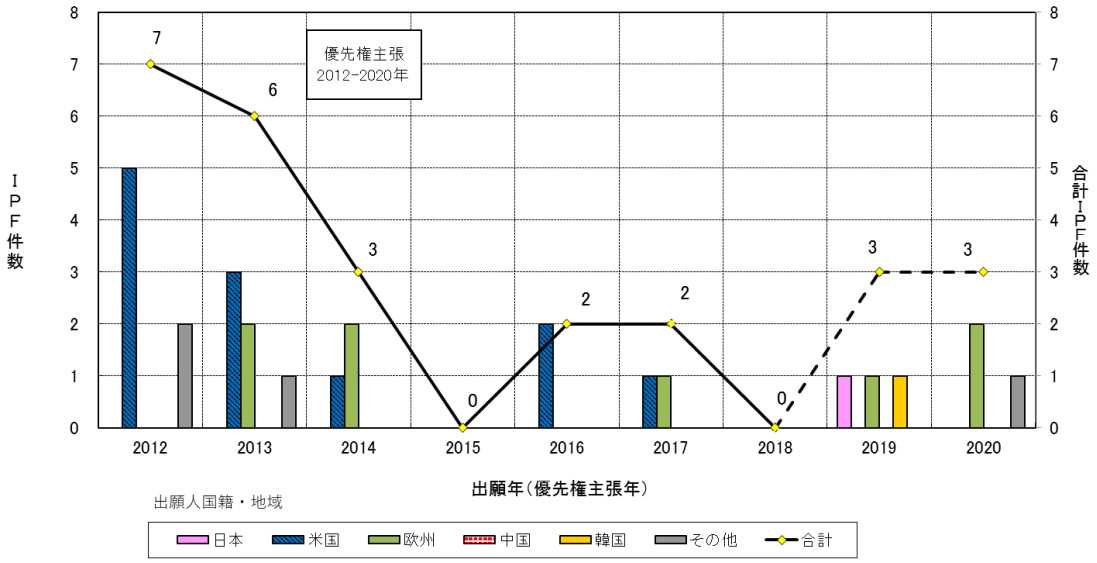
注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



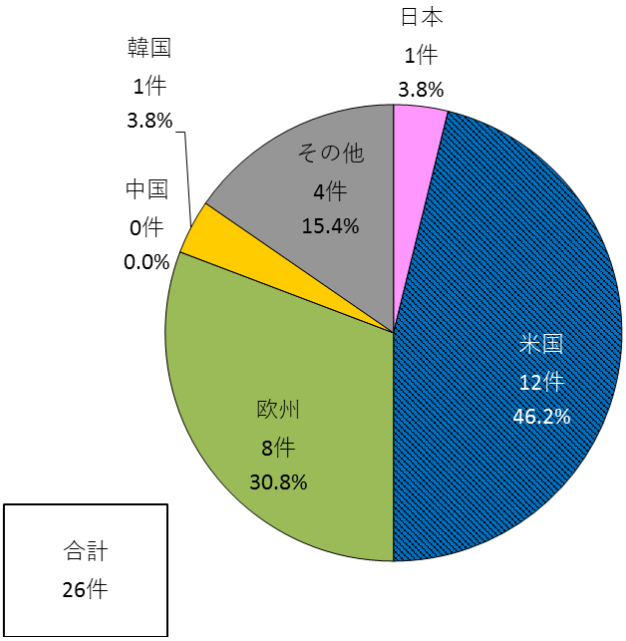
大型車、商用車への水素の燃焼利用における出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率を図 4-5-11 に示す。いずれの国籍・地域も IPF 件数が少なく、最も多く見られたのが 2017 年である。

米国籍による IPF 件数比率が最も高く、46.2%を占めており、次いで、欧州籍(30.8%)、日本国籍（3.8%）、韓国籍（3.8%）、中国籍（0.0%）となっている。

図 4-5-11　技術区分（[大型車、商用車]×[水素の燃焼利用]）の出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



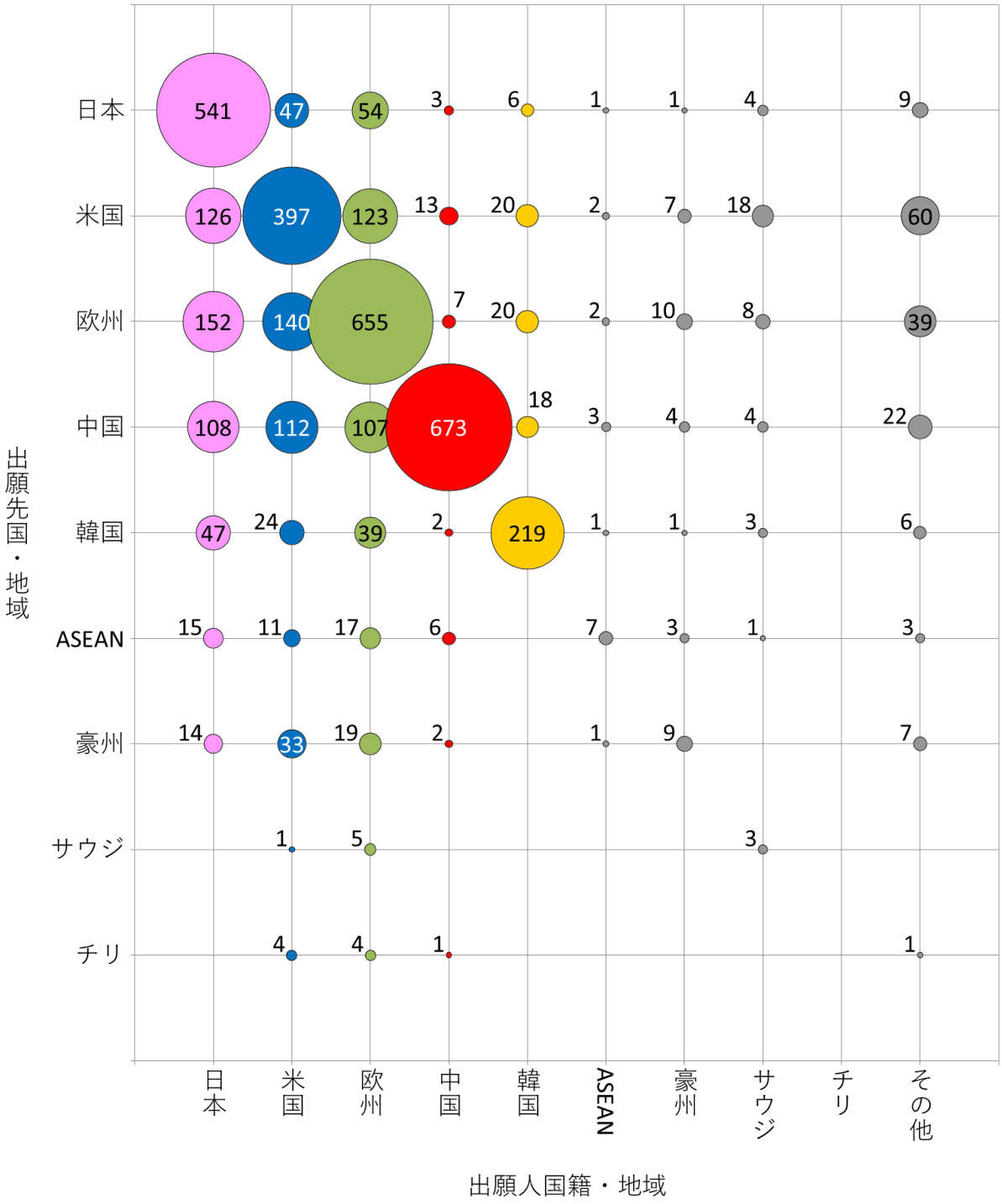
注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



３．出願先国・地域別－出願人国籍・地域別出願件数

燃焼利用における出願先国・地域と出願人国籍・地域との出願件数の相関を図 4-5-12 に示す。出願件数は、いずれの国・地域籍も自国・地域への出願件数が最も多くなっている。

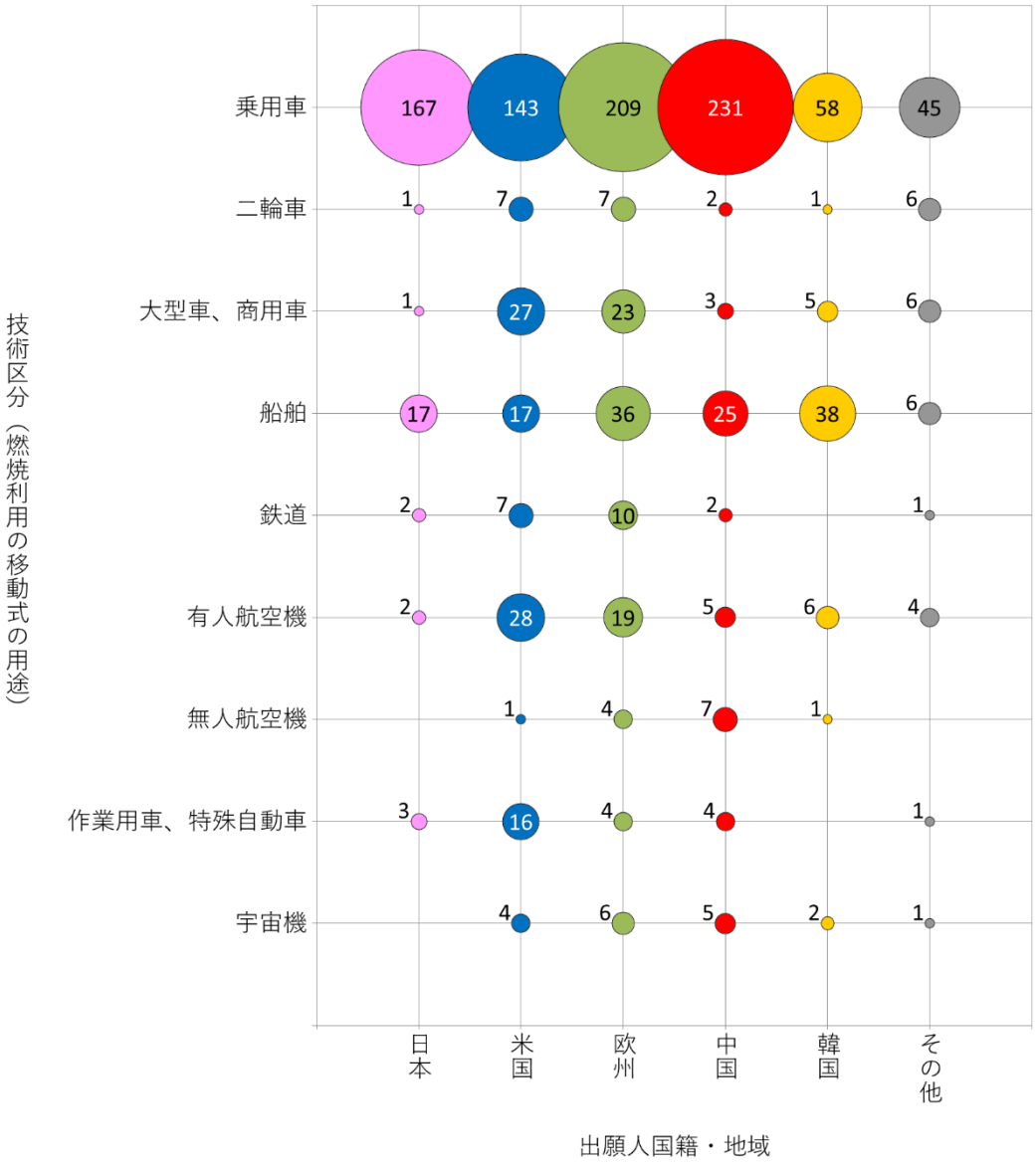
図 4-5-12　技術区分別（燃焼利用）の出願先国・地域別 - 出願人国籍・地域別出願件数（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



4．技術区分別動向調査

燃焼利用の移動式の用途別の出願人国籍・地域ごとのファミリー件数を図 4-5-13 に示す。乗用車については中国籍のファミリー件数が最も多く、船舶については韓国籍のファミリー件数が最も多く、有人航空機については米国籍のファミリー件数が最も多い。

図 4-5-13　技術区分（燃焼利用の移動式の用途）別 - 出願人国籍・地域別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



船舶への燃焼利用における、容積型内燃機関の特徴の種類別の出願人国籍・地域ごとのファミリー件数を図 4-5-14、図 4-5-15 に示す。水素、アンモニアともに、いずれの国・地域のいずれの技術区分においてもファミリー件数が 3 件前後であり、全体的に件数が少ない。

図 4-5-14　技術区分（[船舶]×[容積型内燃機関の特徴]×[水素の燃焼利用]）別 - 出願人国籍・地域別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

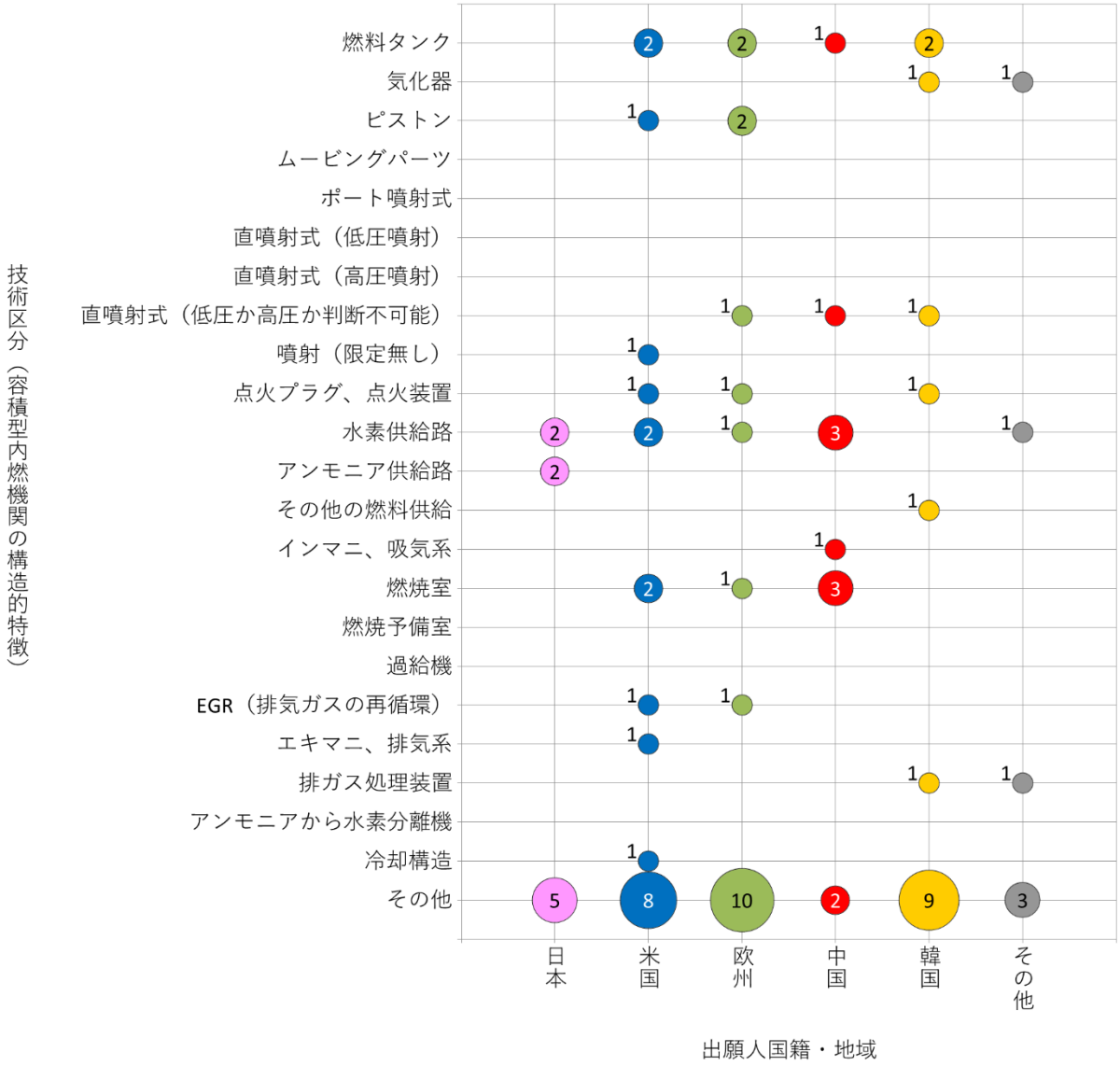
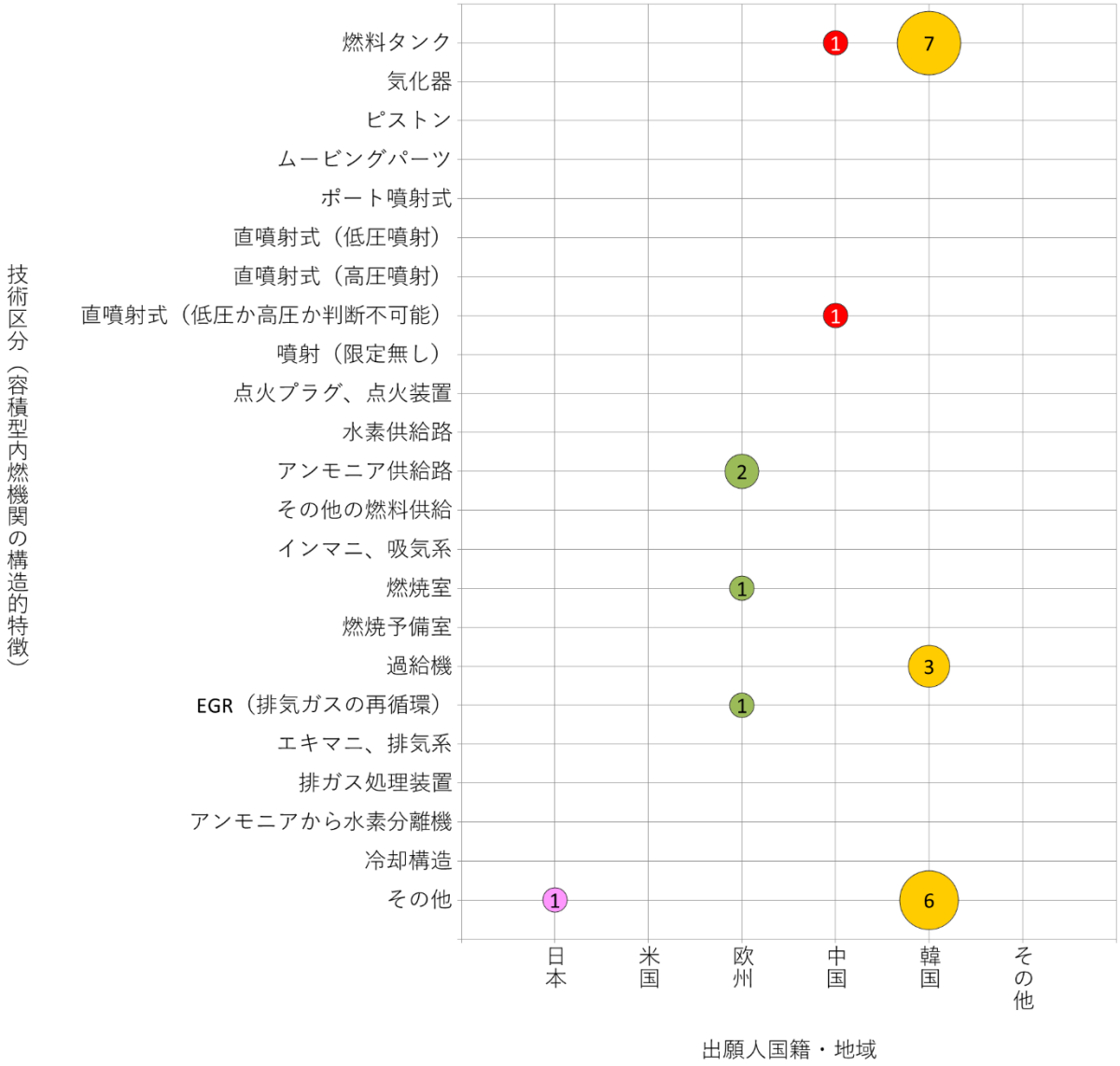


図 4-5-15　技術区分（[船舶]×[容積型内燃機関の特徴]×[アンモニアの燃焼利用]）別 - 出願人国籍・地域別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



各国籍・地域における、燃焼利用の燃料別の燃焼利用の用途ごとののファミリー件数を図 4-5-16～図 4-5-20 に示す。水素発電等で利用される速度型内燃機関の燃焼の利用について、日本国籍は 18 件で、他国籍・地域と比べて多くの出願がされていない状況であるが、他国籍・地域も 40～60 件程であり、特許出願件数の蓄積は見られない。

図 4-5-16　技術区分（燃焼利用の用途）別 - 技術区分（燃焼利用の燃料）別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（日本国籍）

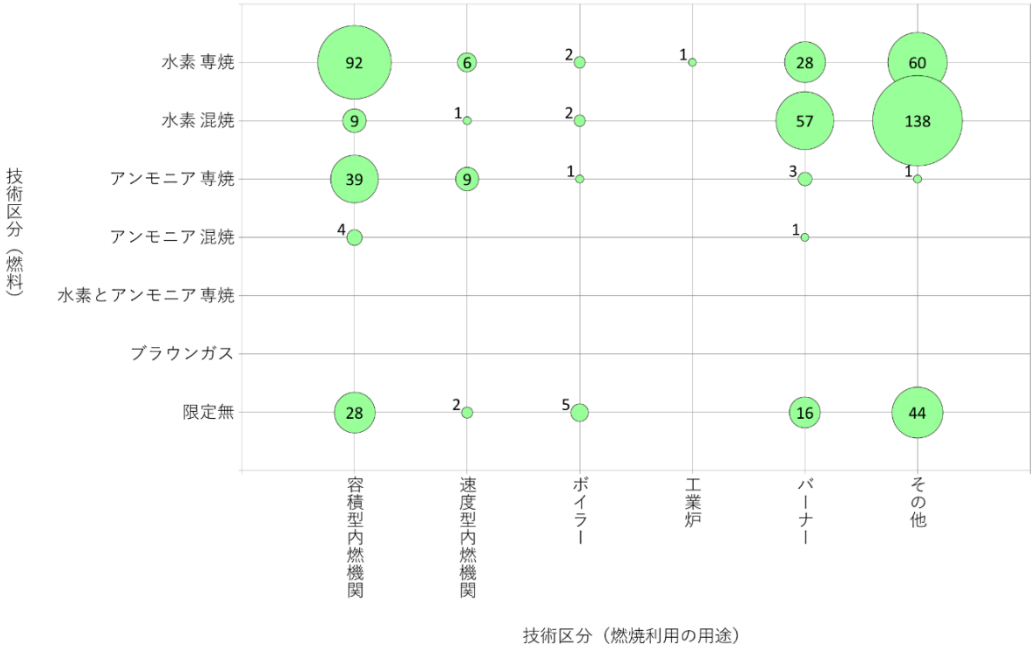


図 4-5-17　技術区分（燃焼利用の用途）別 - 技術区分（燃焼利用の燃料）別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（米国籍）

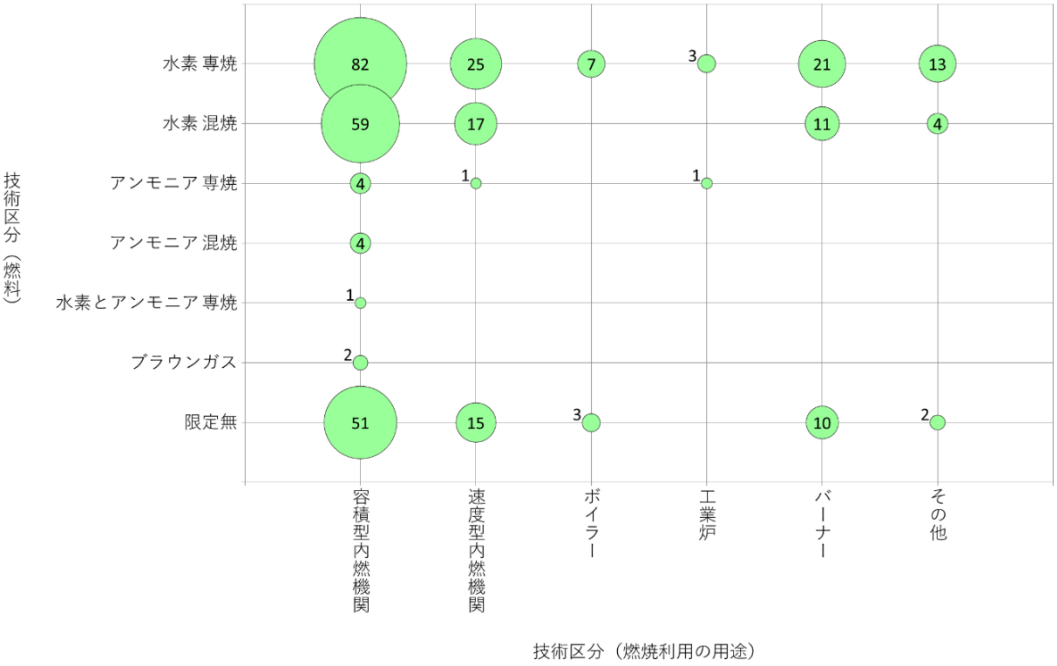


図 4-5-18　技術区分（燃焼利用の用途）別 - 技術区分（燃焼利用の燃料）別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（欧州籍）

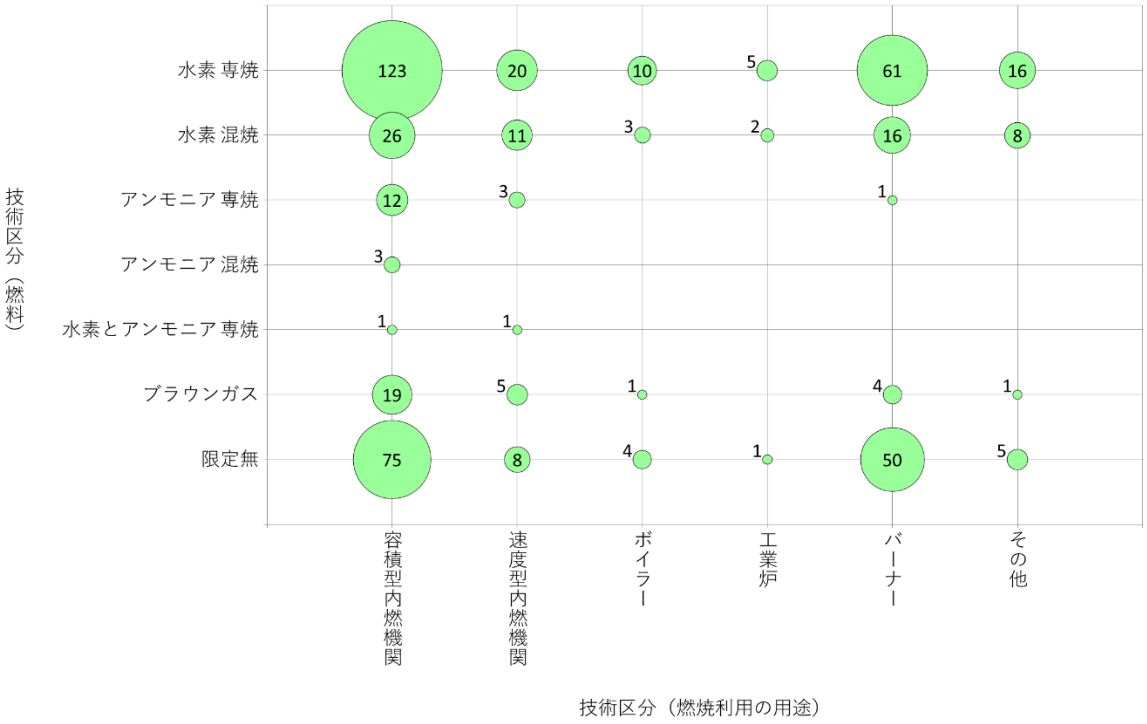
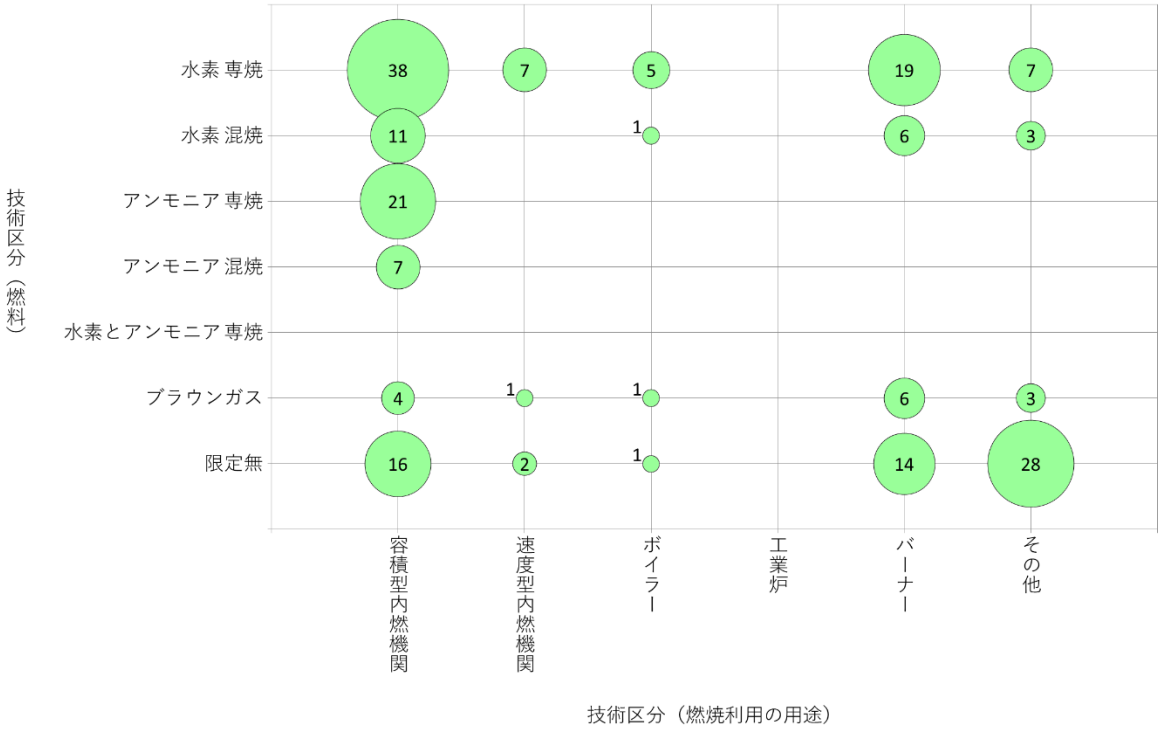


図 4-5-19　技術区分（燃焼利用の用途）別 - 技術区分（燃焼利用の燃料）別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（中国籍）

図 4-5-20　技術区分（燃焼利用の用途）別 - 技術区分（燃焼利用の燃料）別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（韓国籍）

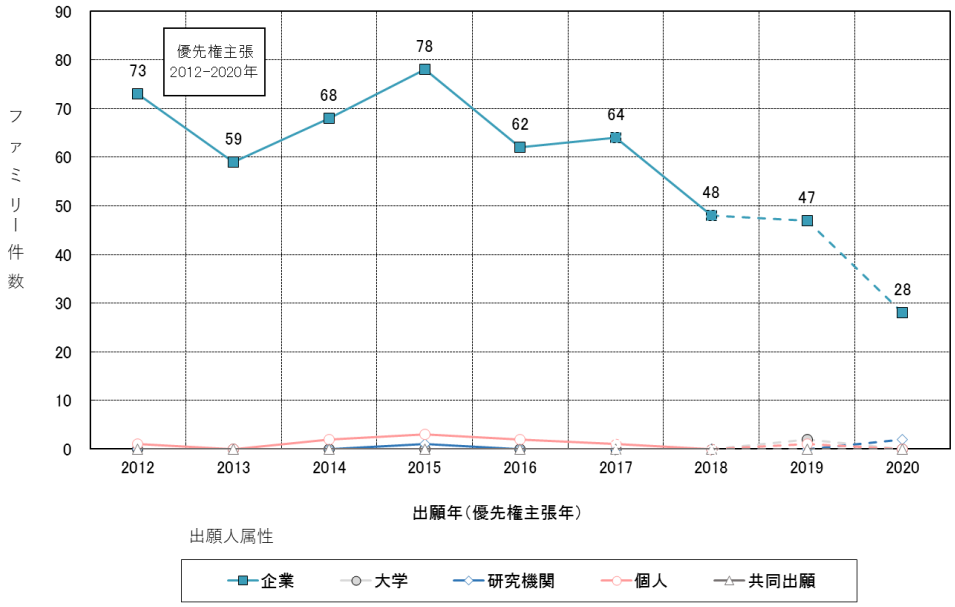


5．出願人国籍・地域別の出願人属性別特許出願動向調査

（1）燃焼利用

燃料利用における出願人国籍・地域別の出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率を図 4-5-21～図 4-5-25 に示す。日本国籍、米国籍、欧州籍、の件数について、企業がほとんどを占めている。日本国籍の企業において、2015 年以降は件数が減少傾向にある。一方、欧州籍、中国籍、韓国籍の企業は件数を伸ばしており、今後、日本国籍の企業の件数と他の国・地域籍の企業の件数との差が拡大していくことが懸念される。なお、中国籍については大学の件数も増加傾向である。

図 4-5-21　技術区分（燃焼利用）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（日本国籍）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

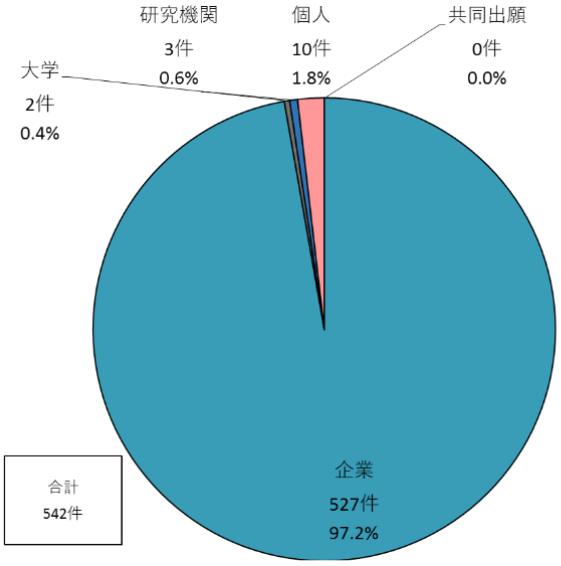
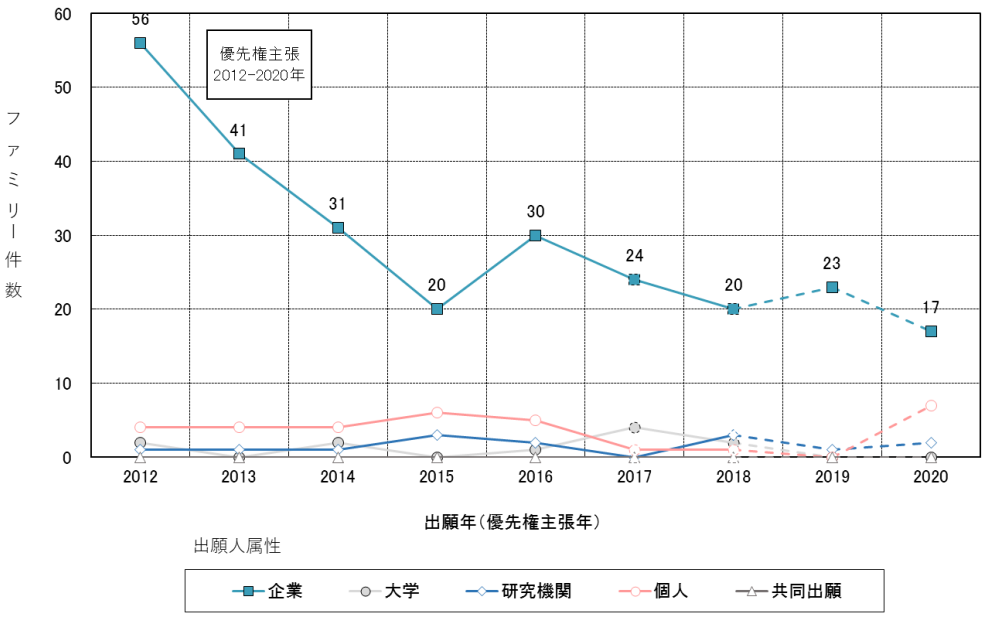


図 4-5-22　技術区分（燃焼利用）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（米国籍）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

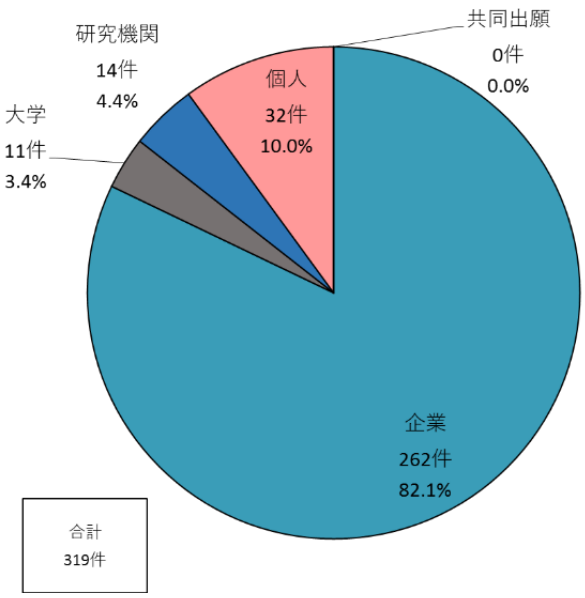
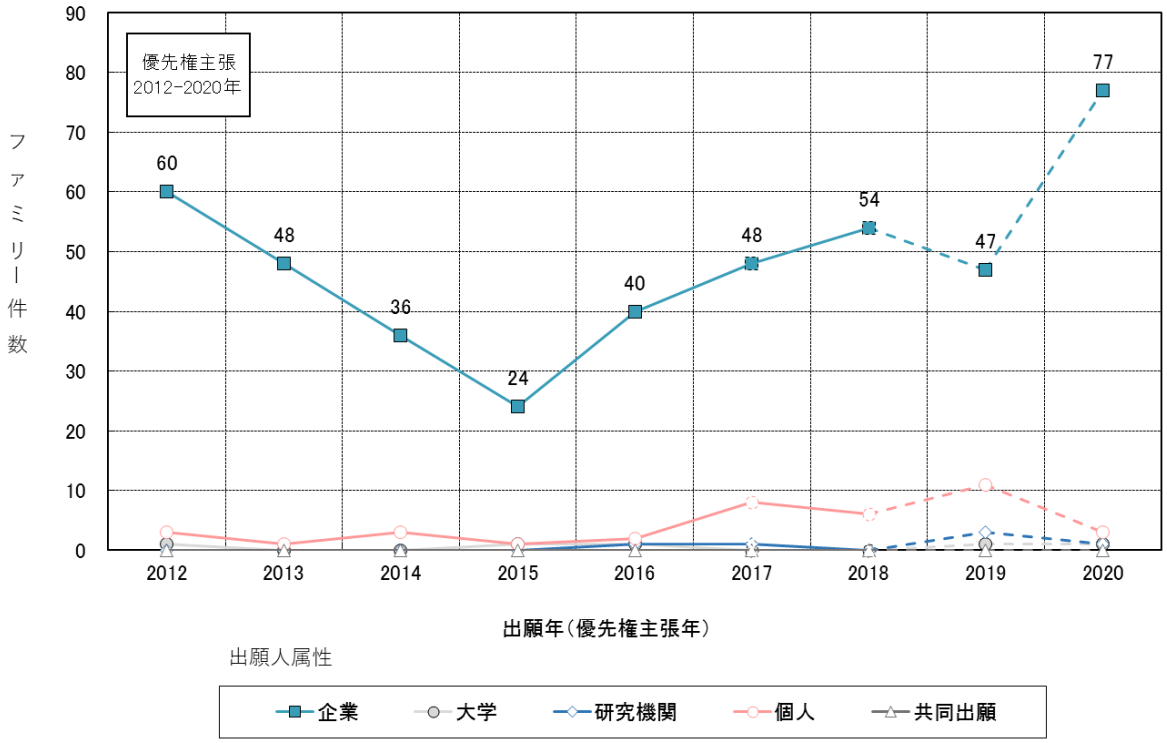


図 4-5-23　技術区分（燃焼利用）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（欧州籍）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

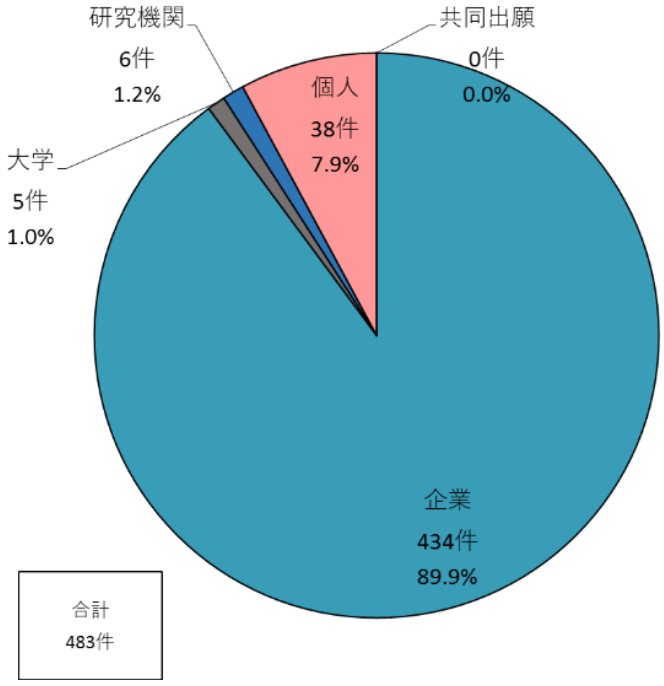
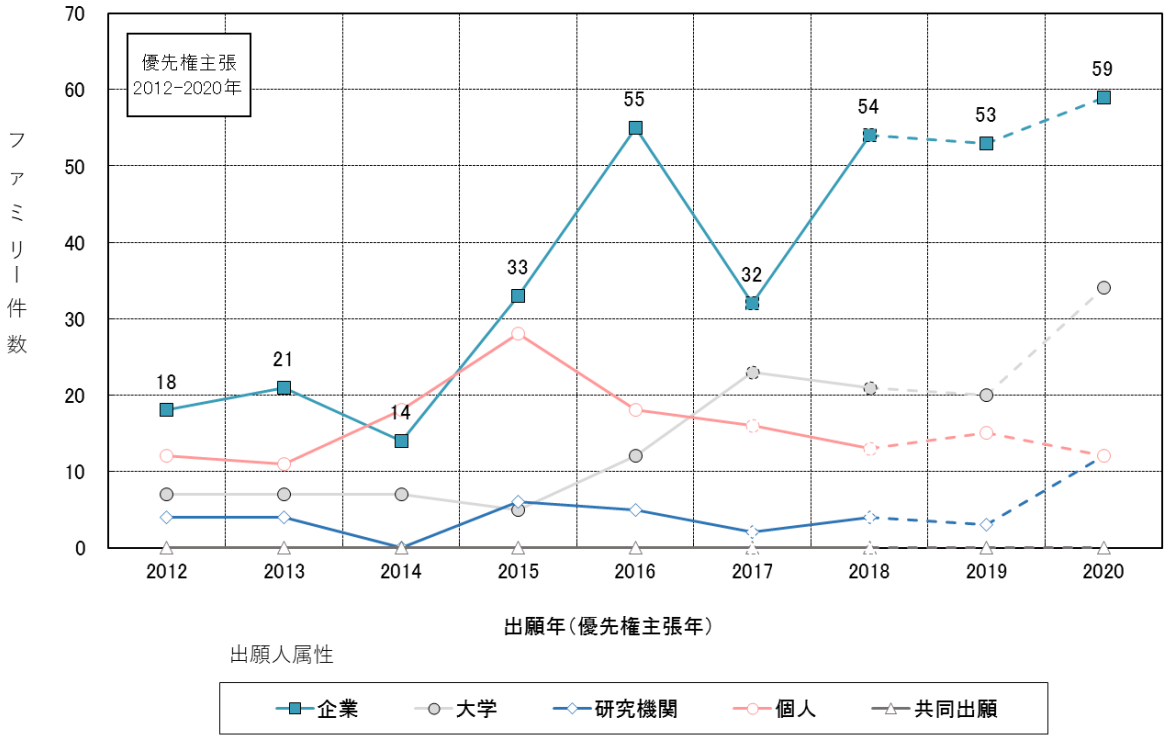


図 4-5-24　技術区分（燃焼利用）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（中国籍）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

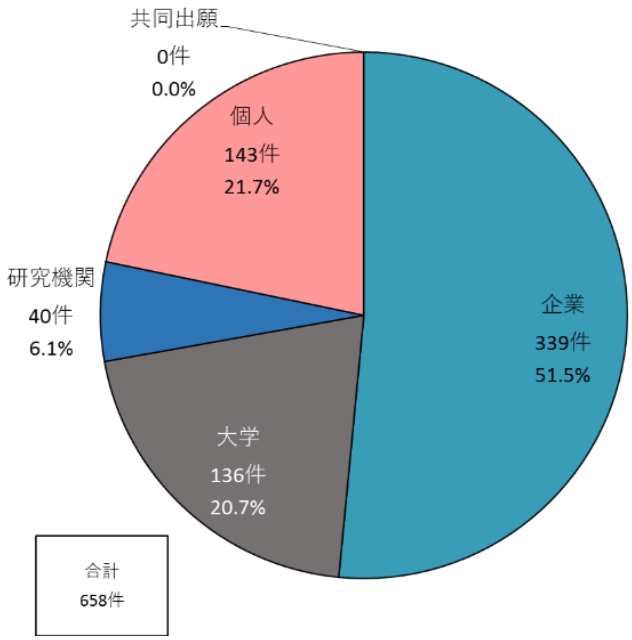
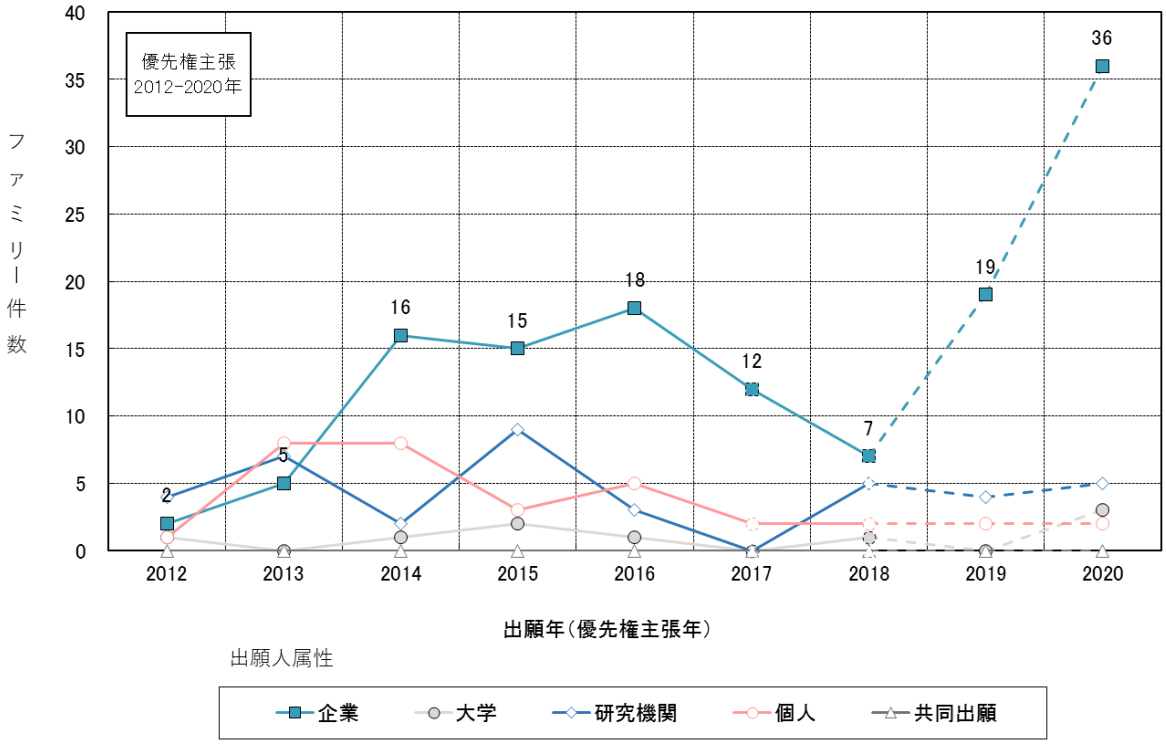
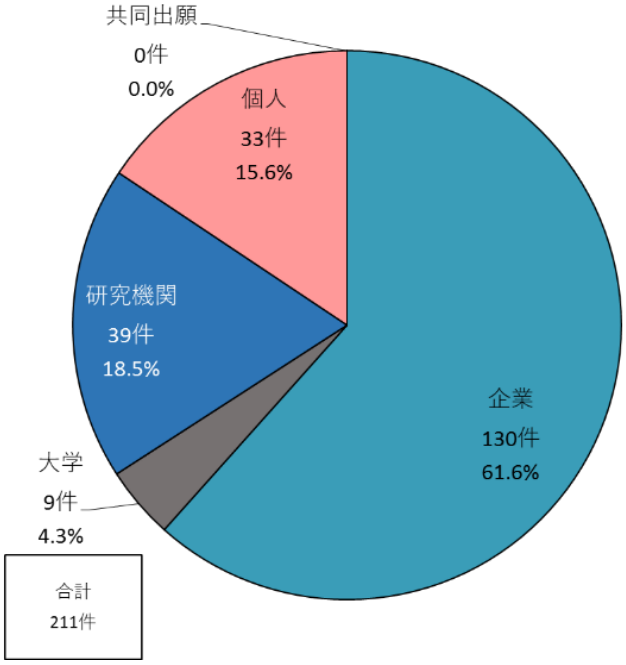


図 4-5-25　技術区分（燃焼利用）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（韓国籍）



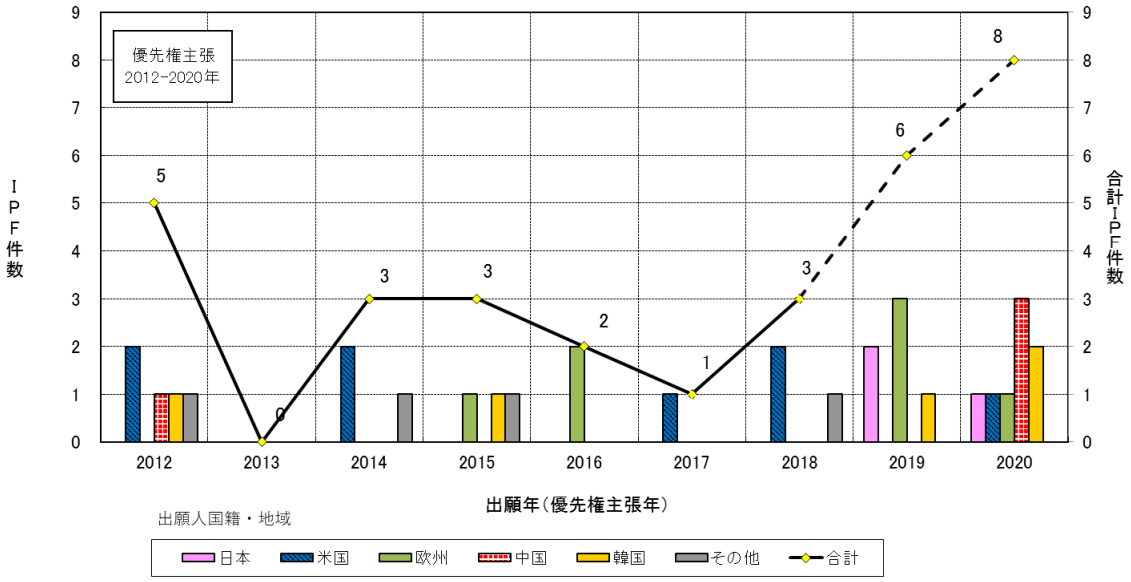
注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



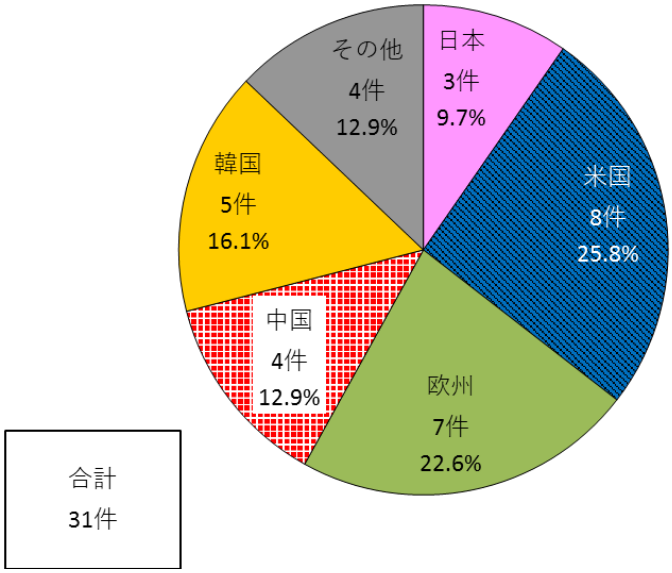
（２）出願人属性を大学・研究機関に限定した特許出願動向調査

前節に示した知的財産推進計画 2022 を背景に、日本籍の大学や研究機関における国際パテントファミリー（IPF）の件数推移をはじめとした特許出願動向を調査した。燃焼利用における大学や研究機関の特許出願動向を図 4-5-26 に示す。

図 4-5-26　出願人属性を（大学・研究機関）に限定した技術区分（燃焼利用）の出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

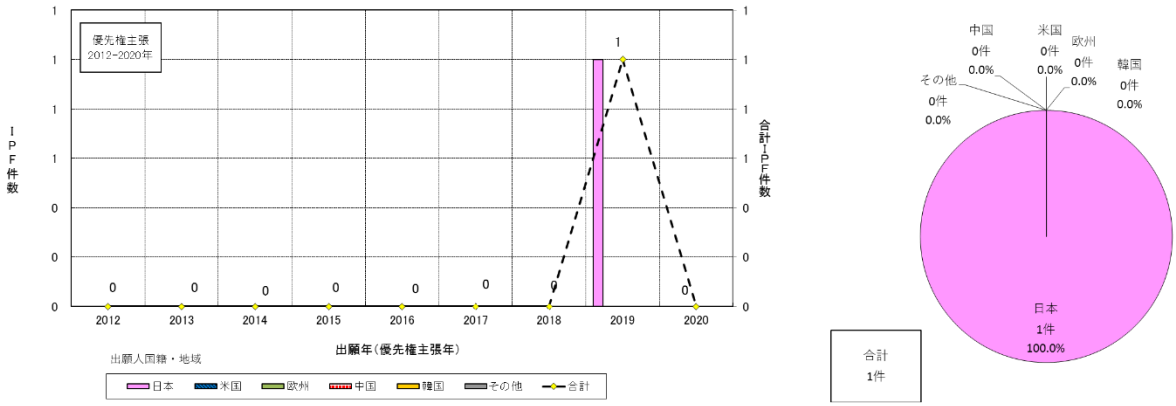


注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



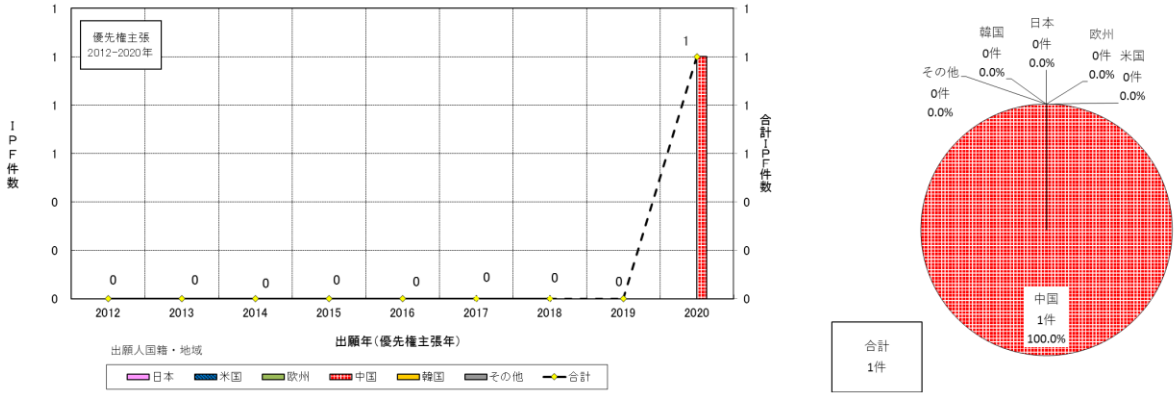
アンモニアの専焼利用における大学や研究機関のIPF件数推移および比率を図4-5-27に示す。

図 4-5-27　出願人属性を（大学・研究機関）に限定した技術区分（アンモニアの専焼利用）の出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率



アンモニアの混焼利用における大学や研究機関のIPF件数推移および比率を図4-5-28に示す。

図 4-5-28　出願人属性を（大学・研究機関）に限定した技術区分（アンモニアの混焼利用）の出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率



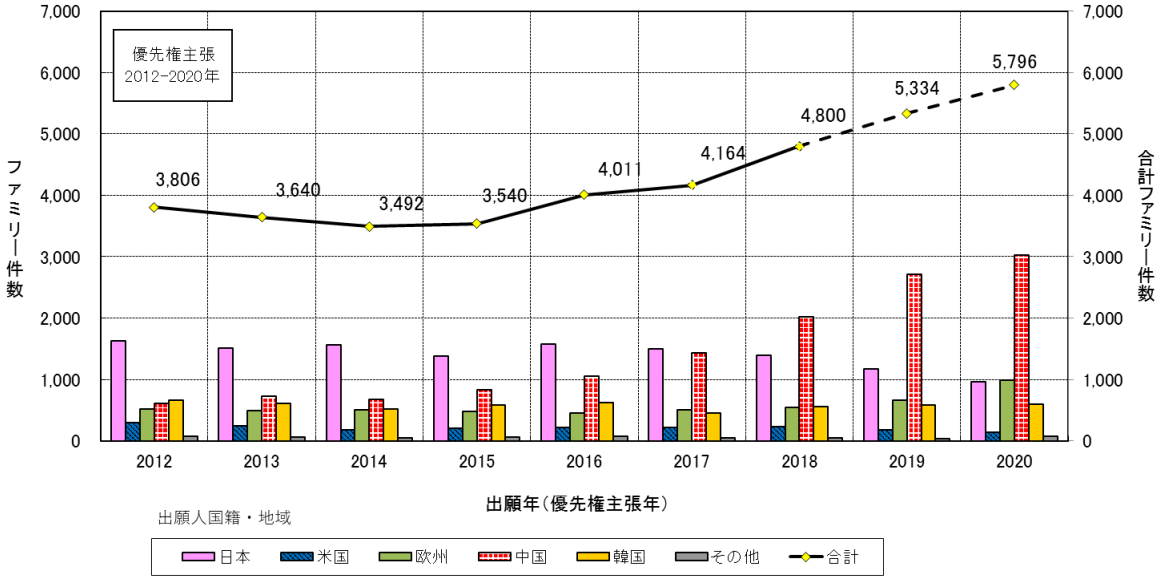
第６節　燃料電池における特許動向調査

１．出願人国籍・地域別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率

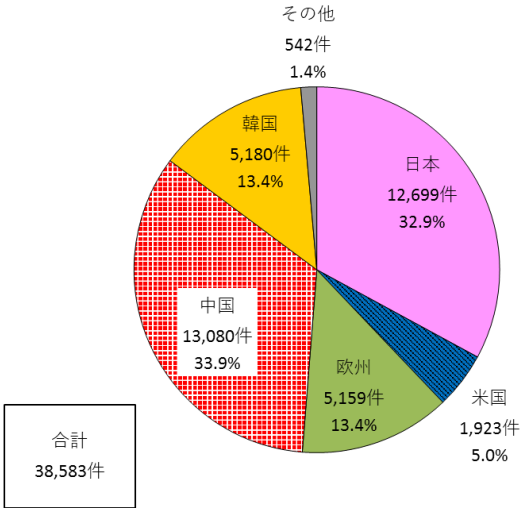
出願人国籍・地域別のファミリー件数推移及びファミリー件数比率を図 4-6-1 に示す。出願件数を見ると 2014 年以降は増加傾向にあり、特に中国籍、欧州籍の出願増加が目立つ。2017 年までは日本国籍出願人のファミリー件数が最も多かったが、2018 年以降は中国籍出願人の出願件数が最も多くなっている。

中国籍によるファミリー件数比率が最も高く 33.9%を占めており、次いで、日本国籍（32.9%）、同率で韓国籍および欧州籍（13.4%）、米国籍（5.0%）となっている。

図 4-6-1　技術区分（燃料電池）の出願人国籍・地域別のファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

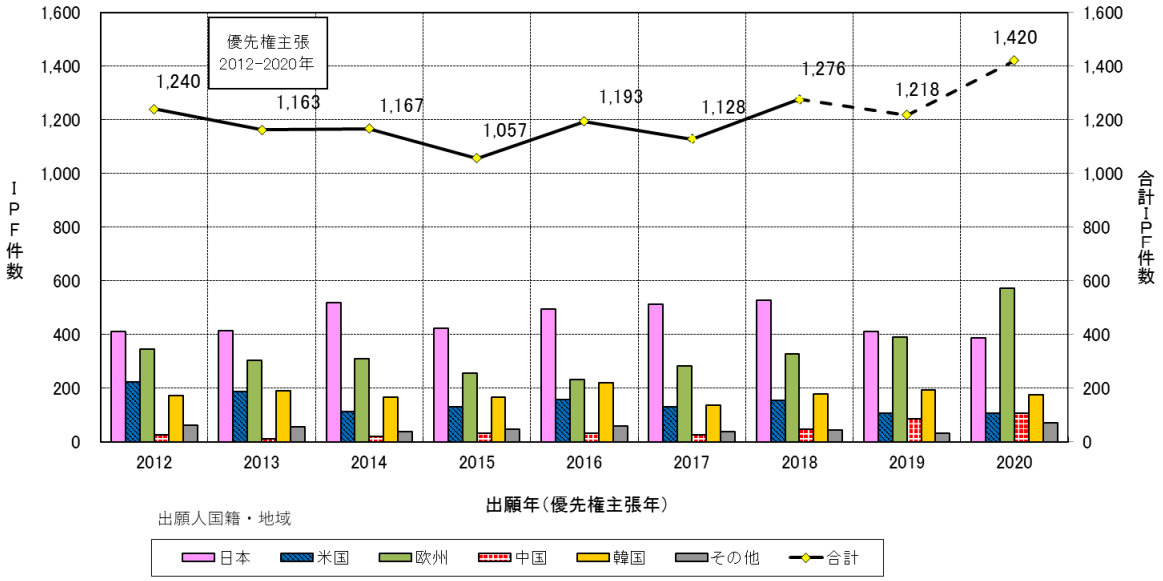


２．出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率

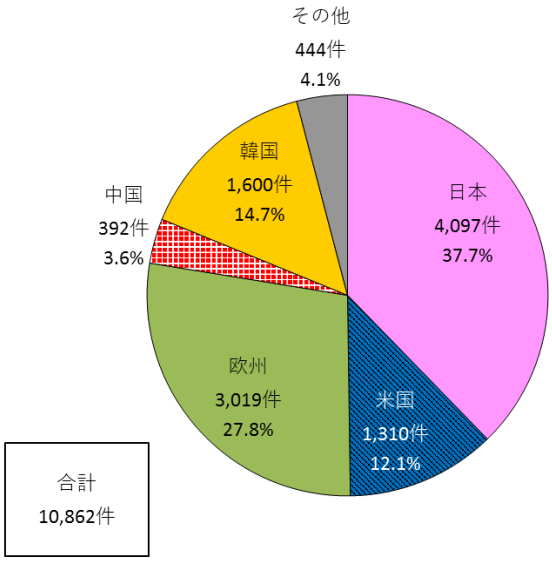
出願人国籍・地域別の国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率を図 4-6-2 に示す。IPF 件数推移を見ると 2017 年までほぼ横ばい傾向にあるが、2018 年以降は増加傾向となっており、特に欧州籍の増加が目立つ。中国籍は、ファミリー件数と比較すると IPF 件数は減少するが、2019 年以降は増加傾向にある。

日本国籍による国際パテントファミリー件数比率が最も高く 37.7%を占めており、次いで、欧州籍（27.8%）、韓国籍（14.7%）、米国籍（12.1%）、中国籍（3.6%）となっている。

図 4-6-2　技術区分（燃料電池）の出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012 年～2020 年）



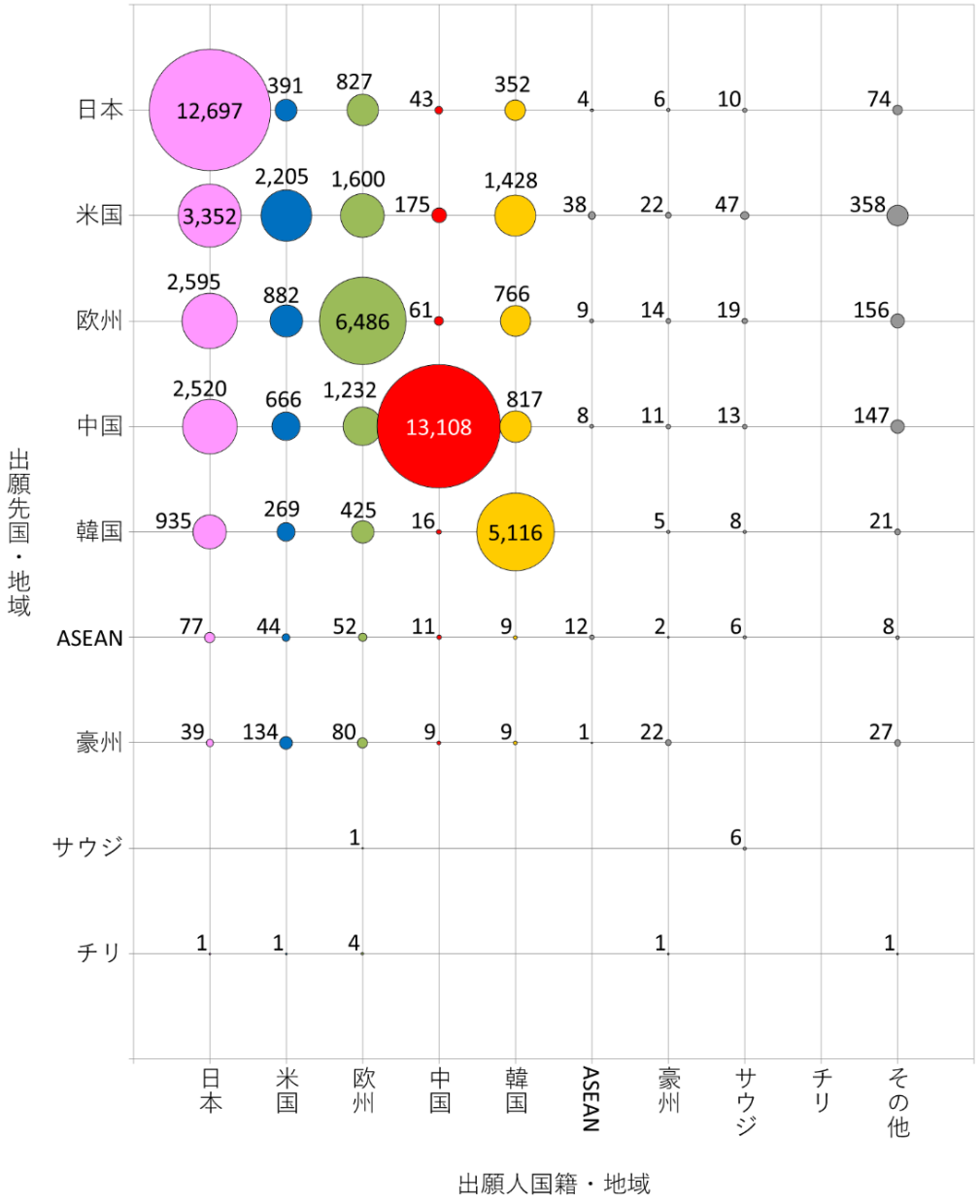
注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



３．出願先国・地域別－出願人国籍・地域別出願件数

燃料電池技術の出願人国籍・地域と出願先国・地域との出願件数の相関を図 4-6-3 に示す。

図 4-6-3　技術区分（燃料電池）の出願人国籍・地域別 - 出願先国・地域別出願件数（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

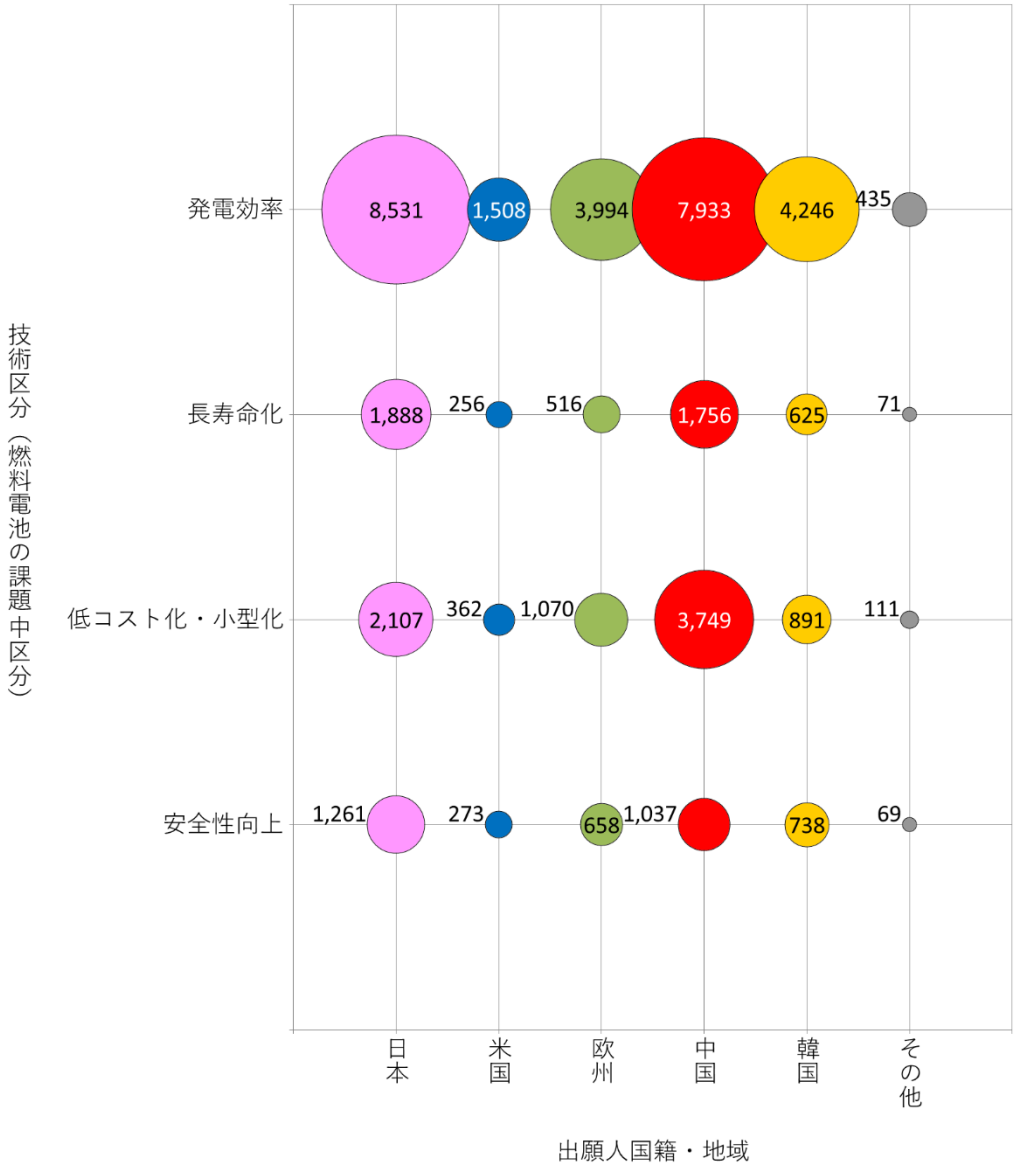


４．技術区分別動向調査

（１）技術区分別の出願人国籍・地域ごとのファミリー件数

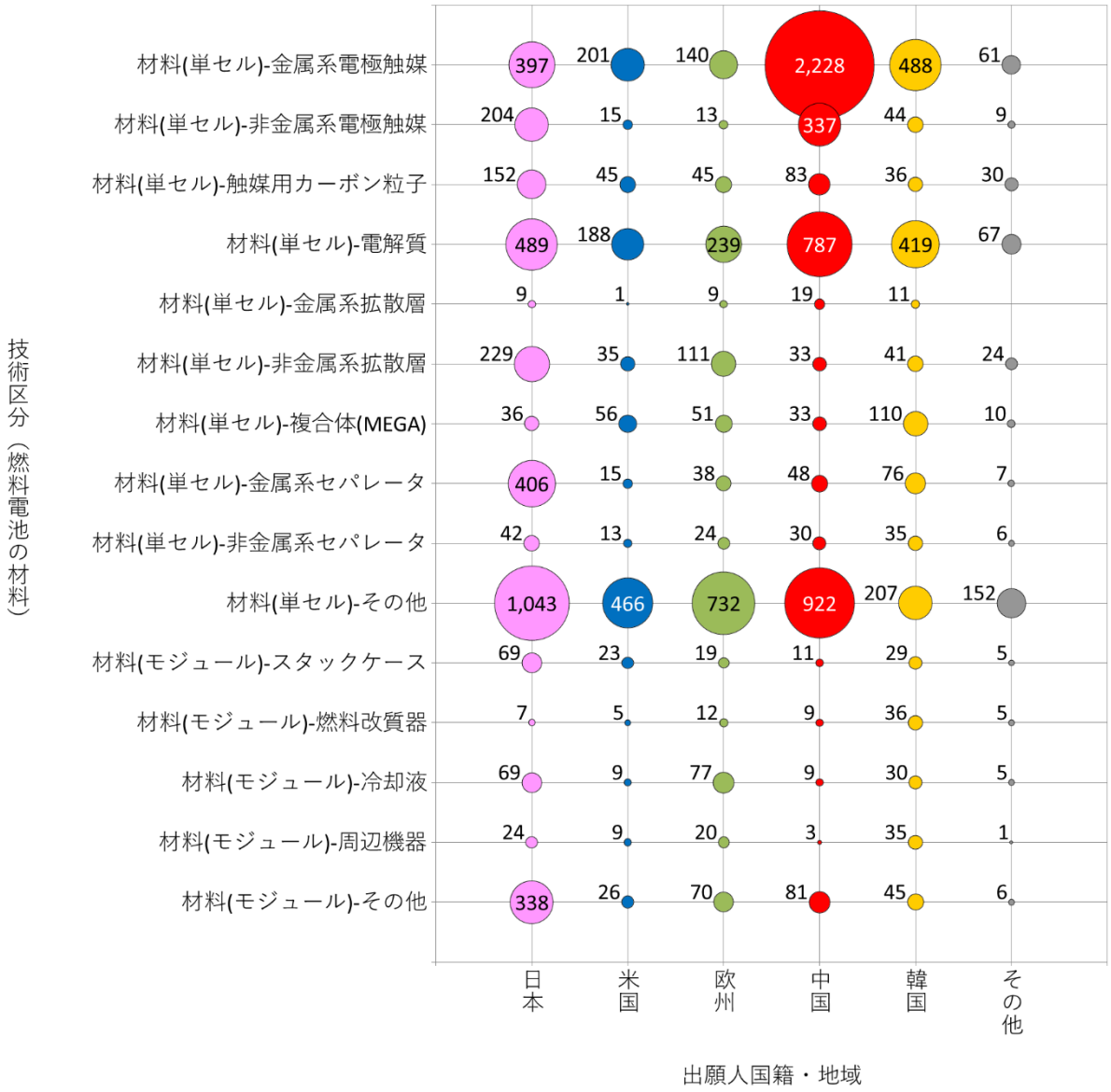
燃料電池の課題中区分別の出願人国籍・地域ごとのファミリー件数を図 4-6-4 に示す。発電効率、長寿命化、安全性向上を課題とした出願は日本国籍の件数が最も多いが、低コスト化・小型化を課題とした出願は中国籍の件数が最も多い。

図 4-6-4　技術区分（燃料電池の課題）別 - 出願人国籍・地域別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



燃料電池の材料別の出願人国籍・地域との出願件数を図 4-6-5 に示す。金属系電極触媒では中国籍からの出願件数が日本国籍からの出願件数の 5 倍以上となっているが、一方で金属系セパレータ、非金属系拡散層、触媒用カーボン粒子の分野では日本国籍からの出願件数が最も多くなっている。

図 4-6-5　技術区分（燃料電池の材料）別 - 出願人国籍・地域別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



（２）技術区分×技術区分の相関

燃料電池の部品ごとの製造技術と低コスト化・小型化の課題との相関を図 4-6-6 から図 4-6-10 に示す。いずれの国籍・地域においても電極触媒層の製造による低コスト化・小型化技術の件数が多い。特に中国籍では全体のファミリー件数に対する電極触媒層の製造による低コスト化・小型化技術の件数比率が非常に高い。対して 3R 技術はいずれの国籍・地域においてもファミリー件数が少なく、米国籍および韓国籍では 0 件であった。

図 4-6-6　技術区分（部品ごとの製造技術）別 - 技術区分（低コスト化・小型化の課題）別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（日本国籍）

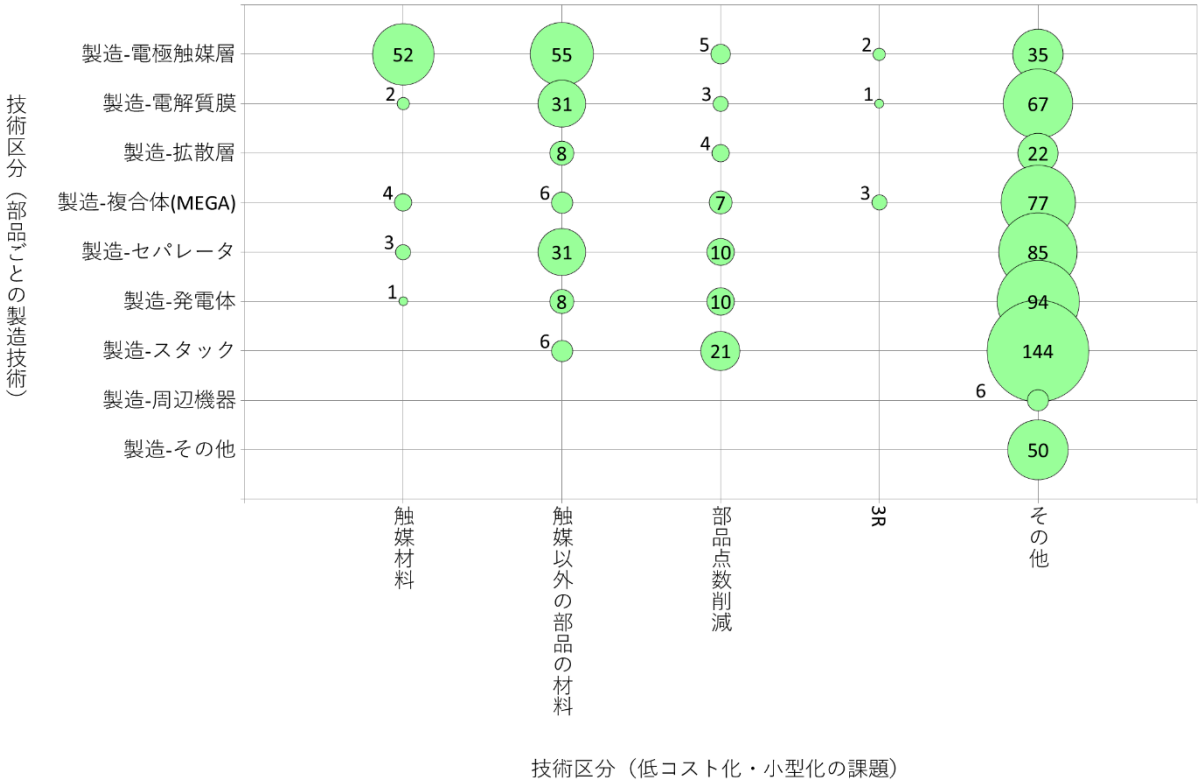


図 4-6-7　技術区分（部品ごとの製造技術）別 - 技術区分（低コスト化・小型化の課題）別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（米国籍）

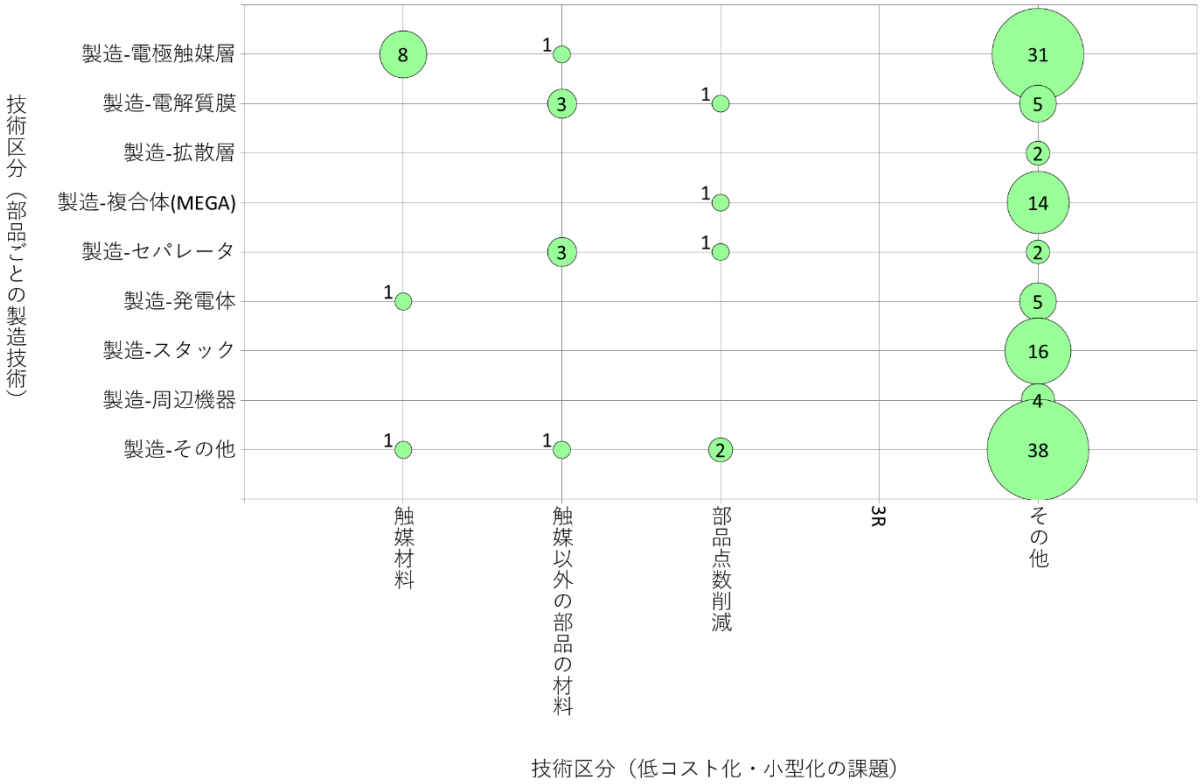


図 4-6-8　技術区分（部品ごとの製造技術）別 - 技術区分（低コスト化・小型化の課題）別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（欧州籍）

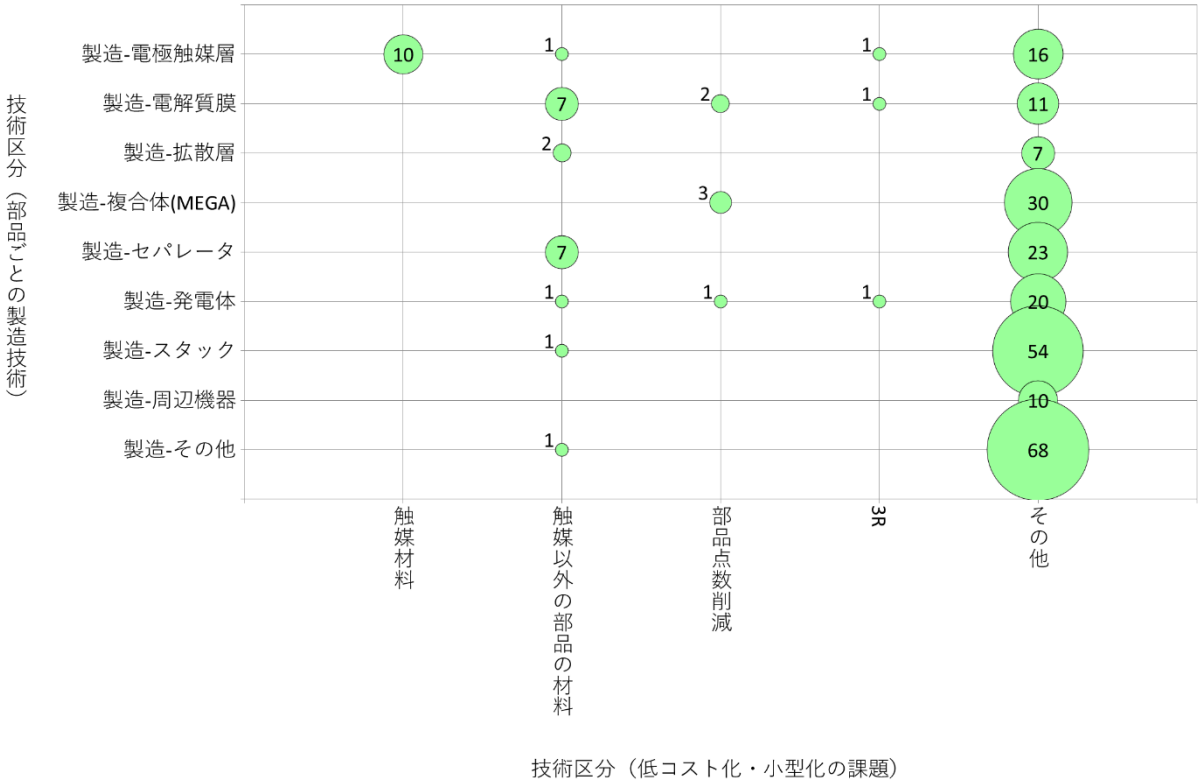


図 4-6-9　技術区分（部品ごとの製造技術）別 - 技術区分（低コスト化・小型化の課題）別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（中国籍）

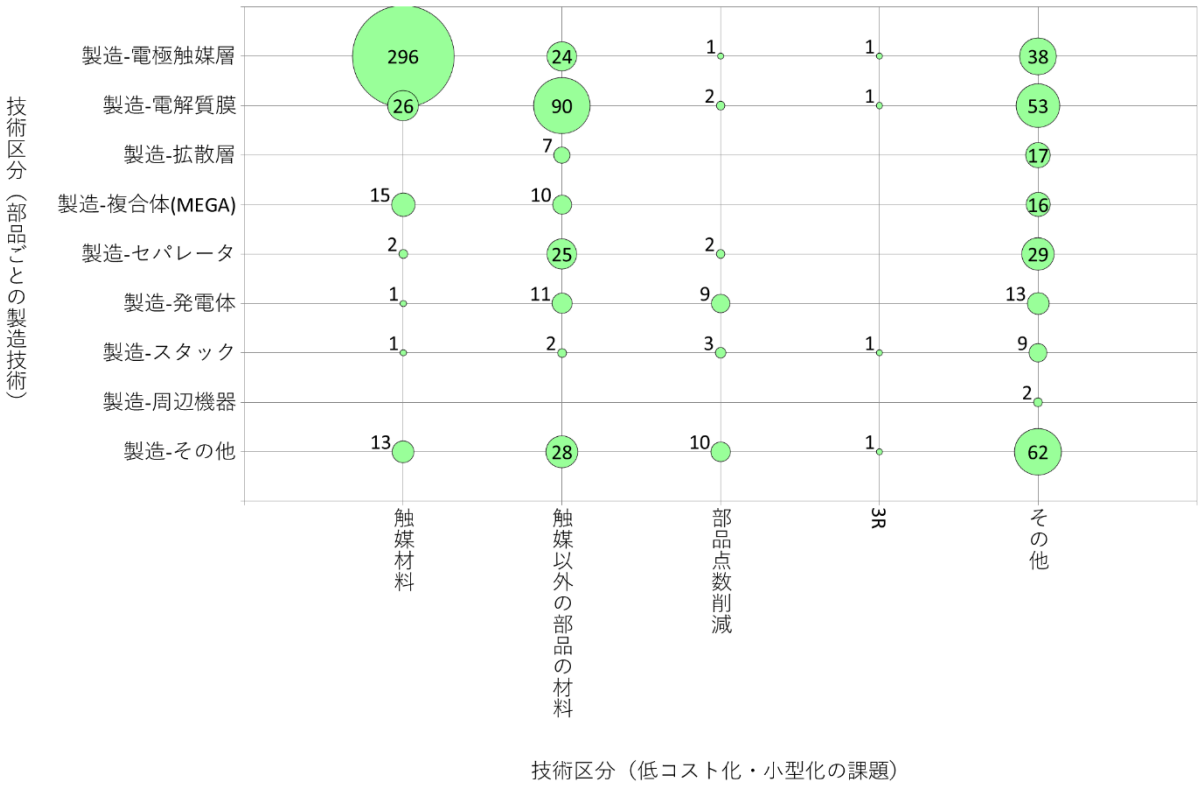
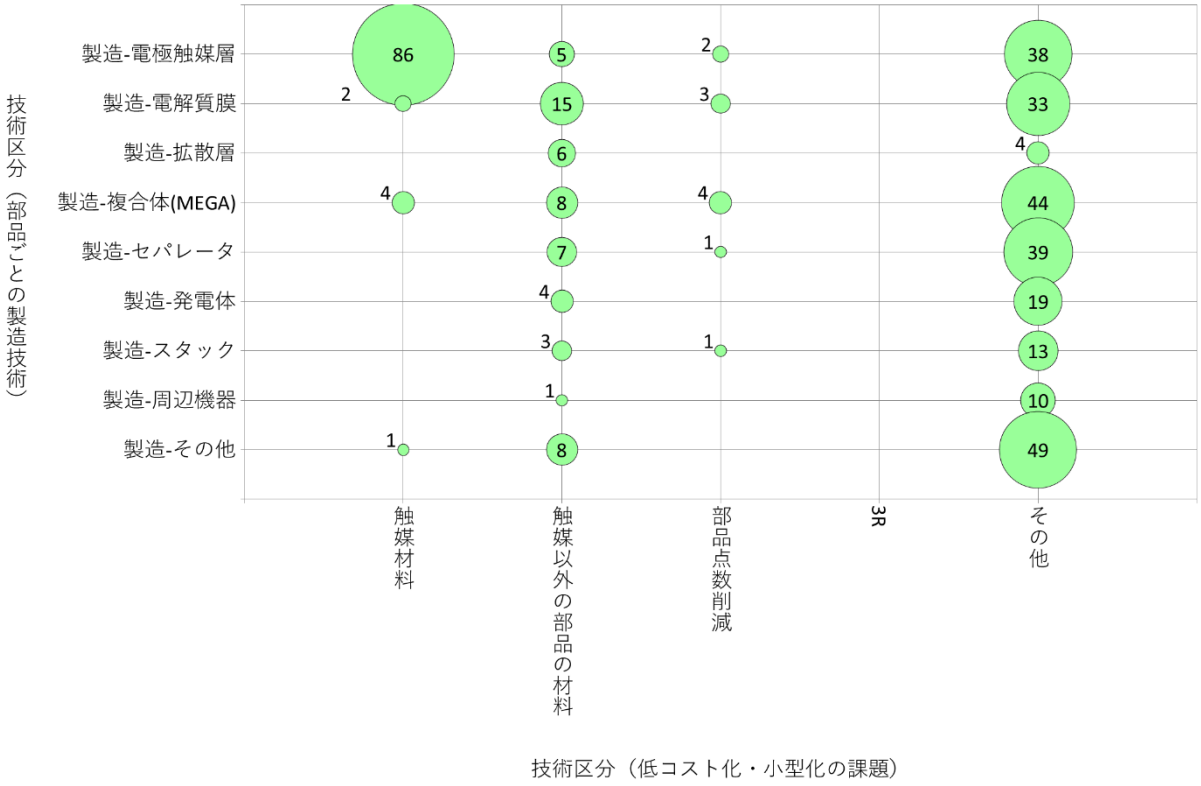


図 4-6-10　技術区分（部品ごとの製造技術）別 - 技術区分（低コスト化・小型化の課題）別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（韓国籍）



燃料電池の部品ごとの材料と低コスト化･小型化の課題との相関を図 4-6-11 から図 4-6-15 に示す。部品ごとの製造技術と同様に、いずれの国籍・地域においても電極触媒層の材料による低コスト化・小型化技術の件数が多い。

図 4-6-11　技術区分（部品ごとの材料）別 - 技術区分（低コスト化・小型化の課題）別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（日本国籍）

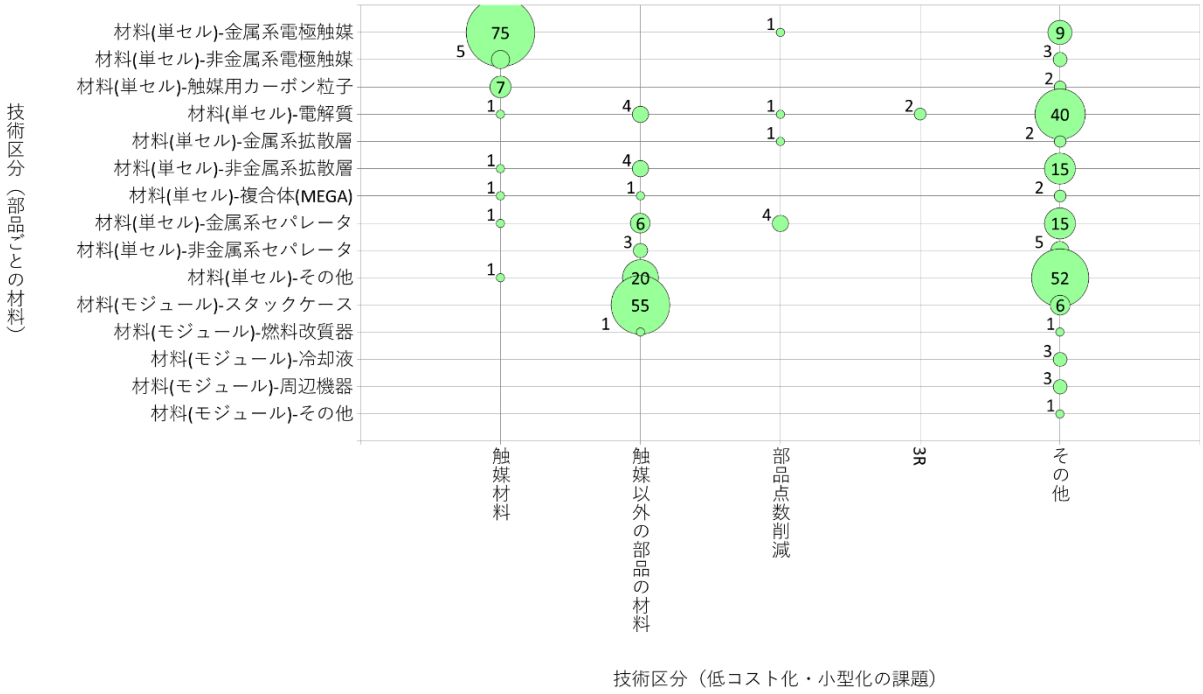


図 4-6-12　技術区分（部品ごとの材料）別 - 技術区分（低コスト化・小型化の課題）別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（米国籍）

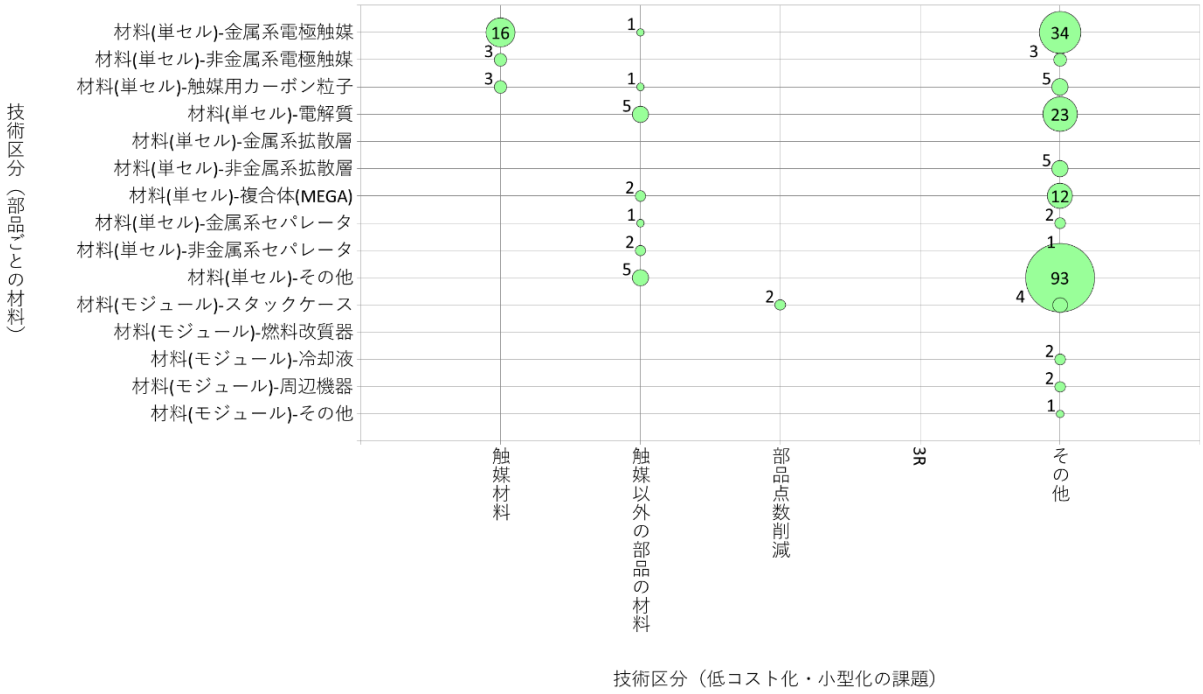


図 4-6-13　技術区分（部品ごとの材料）別 - 技術区分（低コスト化・小型化の課題）別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（欧州籍）

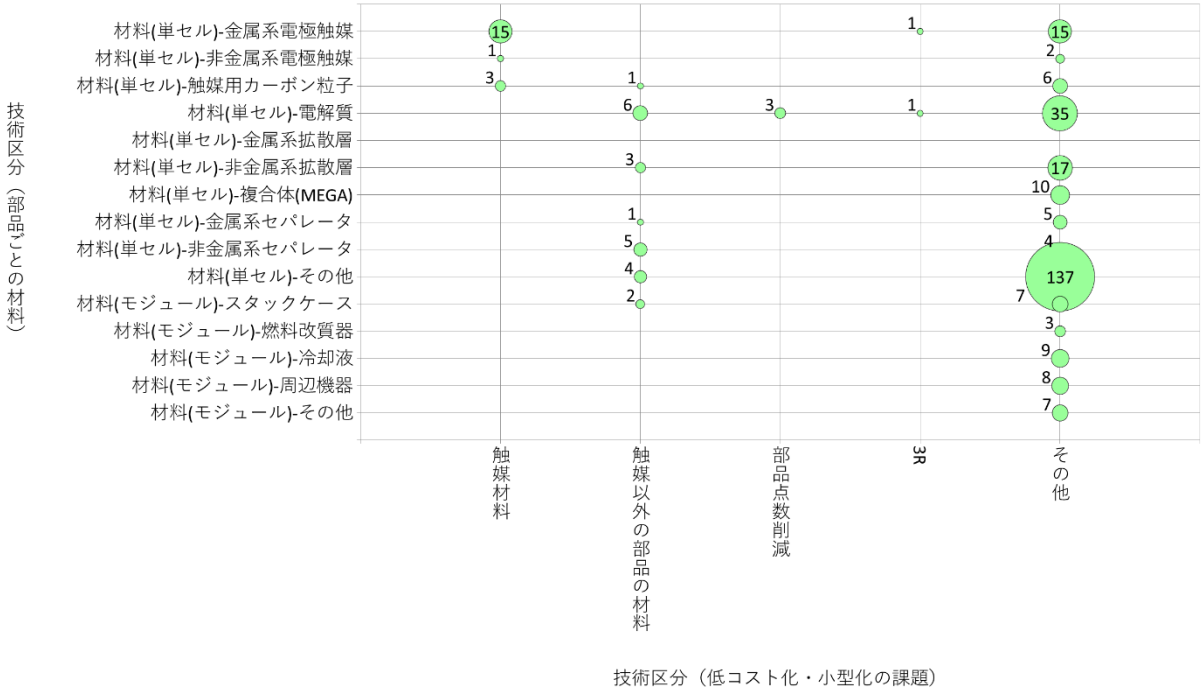
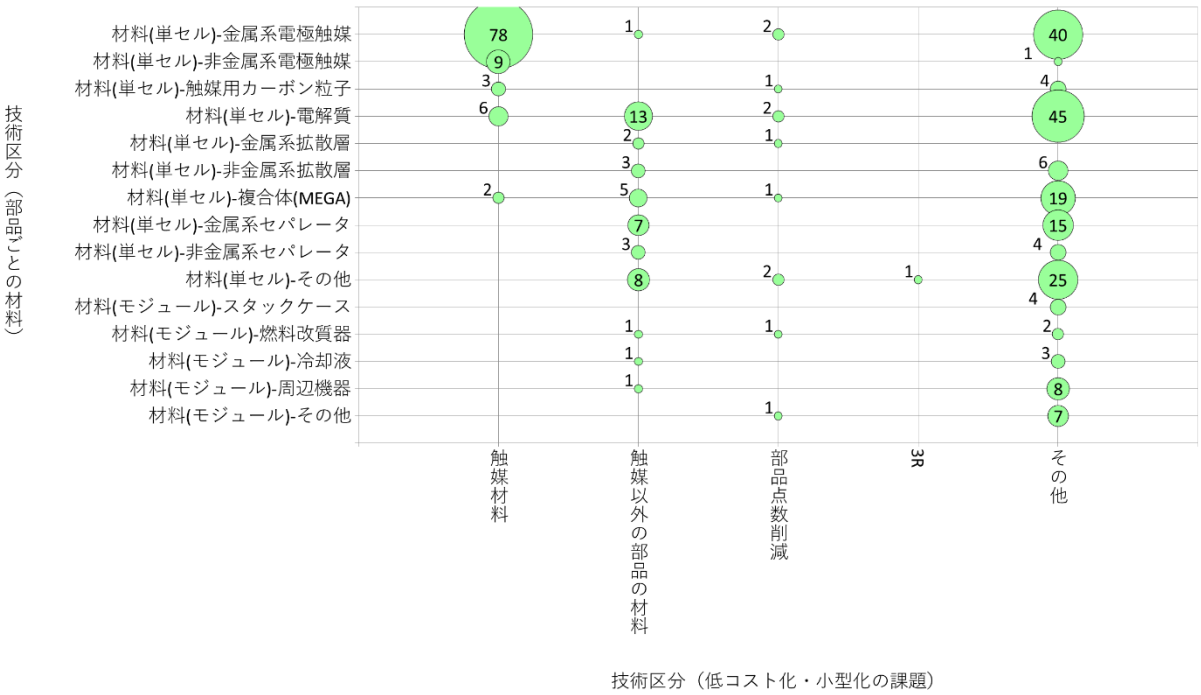


図 4-6-14　技術区分（部品ごとの材料）別 - 技術区分（低コスト化・小型化の課題）別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（中国籍）

図 4-6-15　技術区分（部品ごとの材料）別 - 技術区分（低コスト化・小型化の課題）別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（韓国籍）



燃料電池の部品ごとの材料と発電効率・長寿命化・安全の課題との相関を図 4-6-16～図 4-6-20 に示す。国籍・地域ごとに傾向が異なっており、日本国籍、中国籍、韓国籍では金属系電触媒材料による発電効率向上、米国籍では単セル材料による温度制御、欧州籍では単セル材料による湿度制御のファミリー件数がそれぞれ多い。

図 4-6-16　技術区分（部品ごとの材料）別 - 技術区分（発電効率・長寿命化・安全の課題）別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（日本国籍）

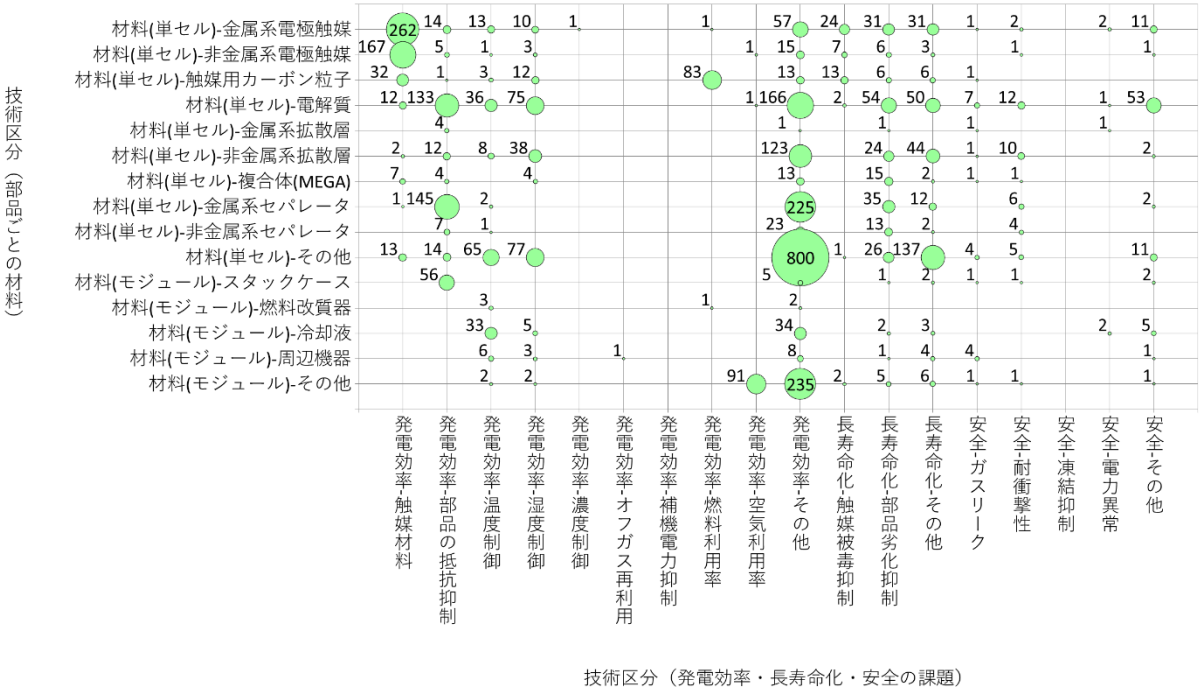


図 4-6-17　技術区分（部品ごとの材料）別 - 技術区分（発電効率・長寿命化・安全の課題）別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（米国籍）

図 4-6-18　技術区分（部品ごとの材料）別 - 技術区分（発電効率・長寿命化・安全の課題）別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（欧州籍）

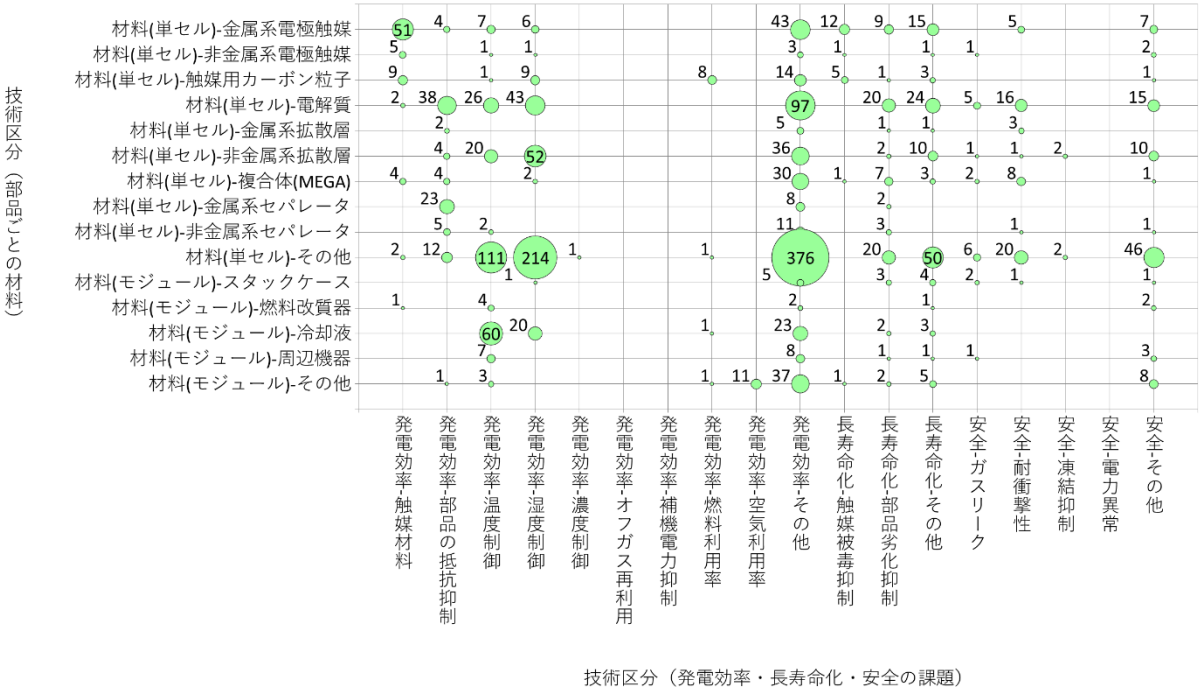
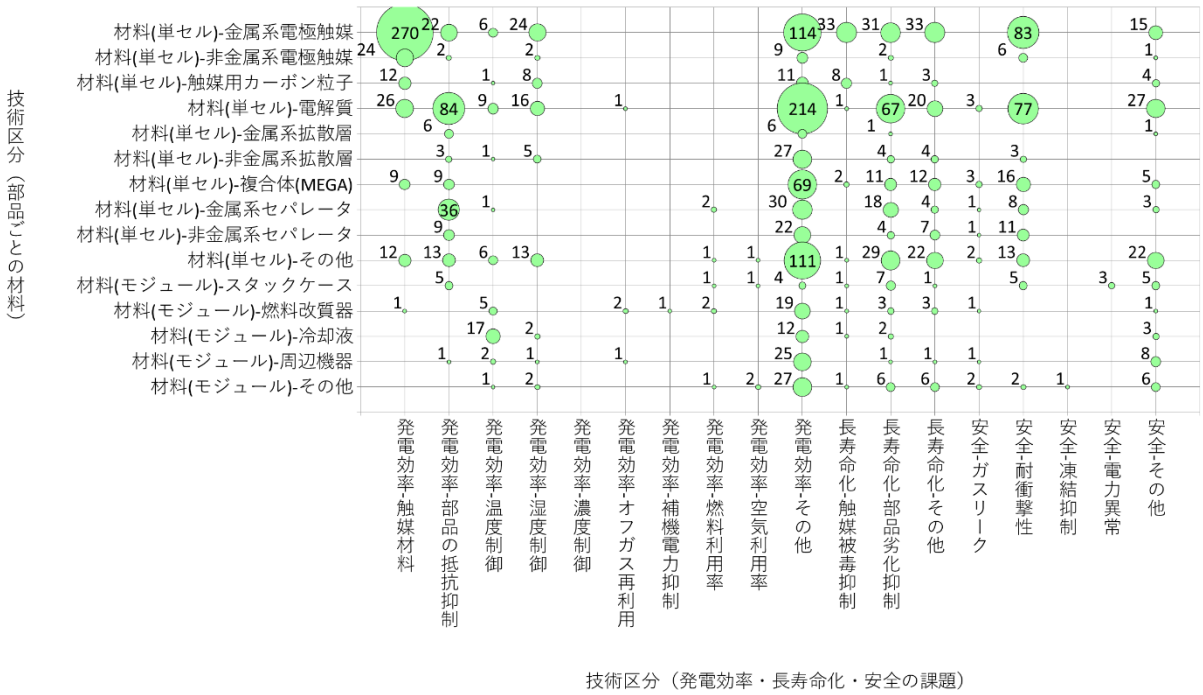


図 4-6-19　技術区分（部品ごとの材料）別 - 技術区分（発電効率・長寿命化・安全の課題）別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（中国籍）

図 4-6-20　技術区分（部品ごとの材料）別 - 技術区分（発電効率・長寿命化・安全の課題）別ファミリー件数（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（韓国籍）



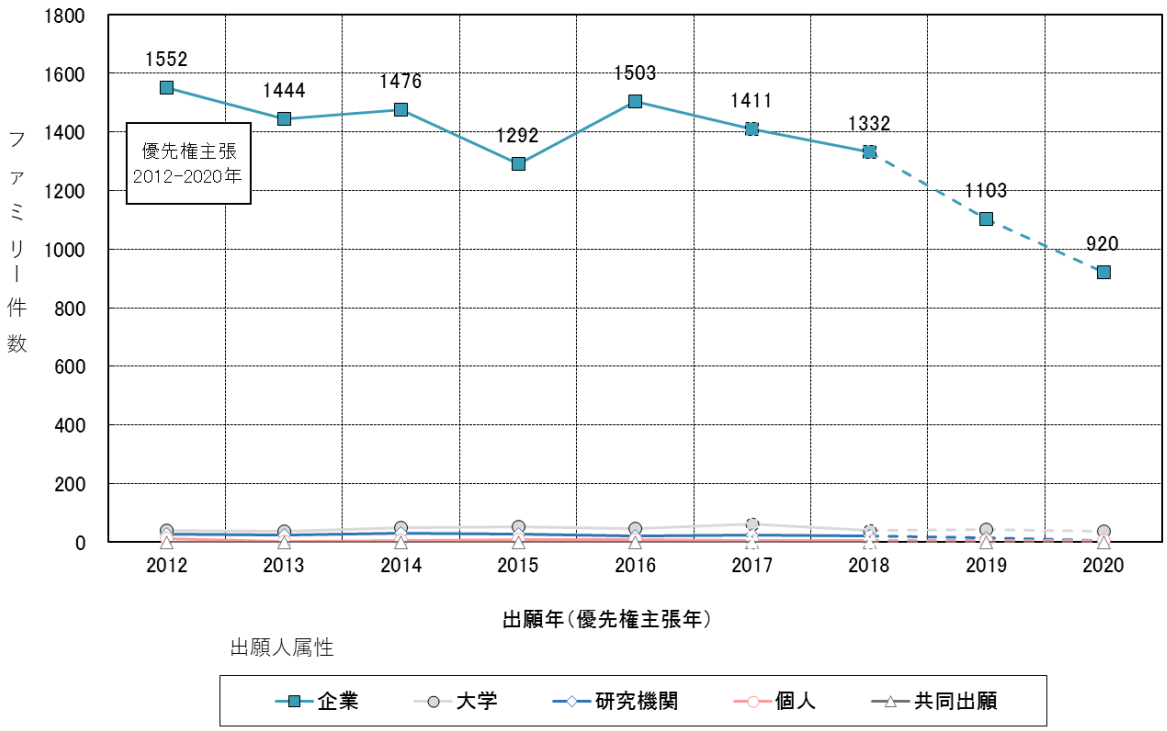
5．出願人国籍・地域別の出願人属性別特許出願動向調査

（1）燃料電池

日本国籍、米国籍、欧州籍、中国籍、韓国籍の出願人における出願人属性別のファミリー件数推移及びファミリー件数比率を図 4-6-21～図 4-6-25 に示す。

日本国籍のファミリー件数推移を見ると企業による出願が 2016 年をピークに減少している。米国籍のファミリー件数推移を見ると企業による出願は 2012 年から 2014 年にかけて減少しているが、2015 年以降は再び増加している。欧州籍のファミリー件数推移を見ると企業による出願は 2017 年までは 400 件/年程度だが、2018 年以降は増加傾向であり、2020 年では現在公開されているファミリー件数だけを参照しても、2017 年までの合計件数の倍以上の件数となっている。中国籍のファミリー件数推移を見ると 2018 年までは企業による出願よりも大学による出願が多いが、2019 年以降は現在公開されているファミリー件数だけを参照すると、大学による出願よりも企業による出願の方が多くなる。韓国籍のファミリー件数推移を見ると 2016 年までは企業のファミリー件数は 400 件前後となっているが、2017 年は 300 件を切り 292 件となり、2018 年は 379 件となる。

図 4-6-21　技術区分（燃料電池）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（日本国籍）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

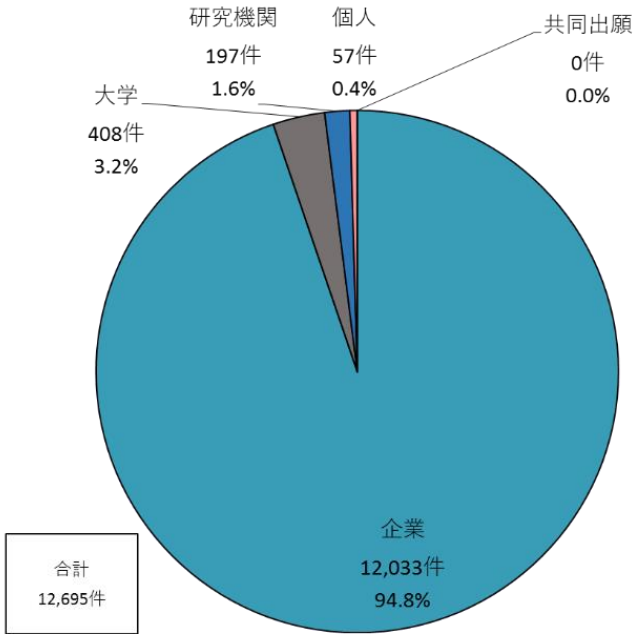
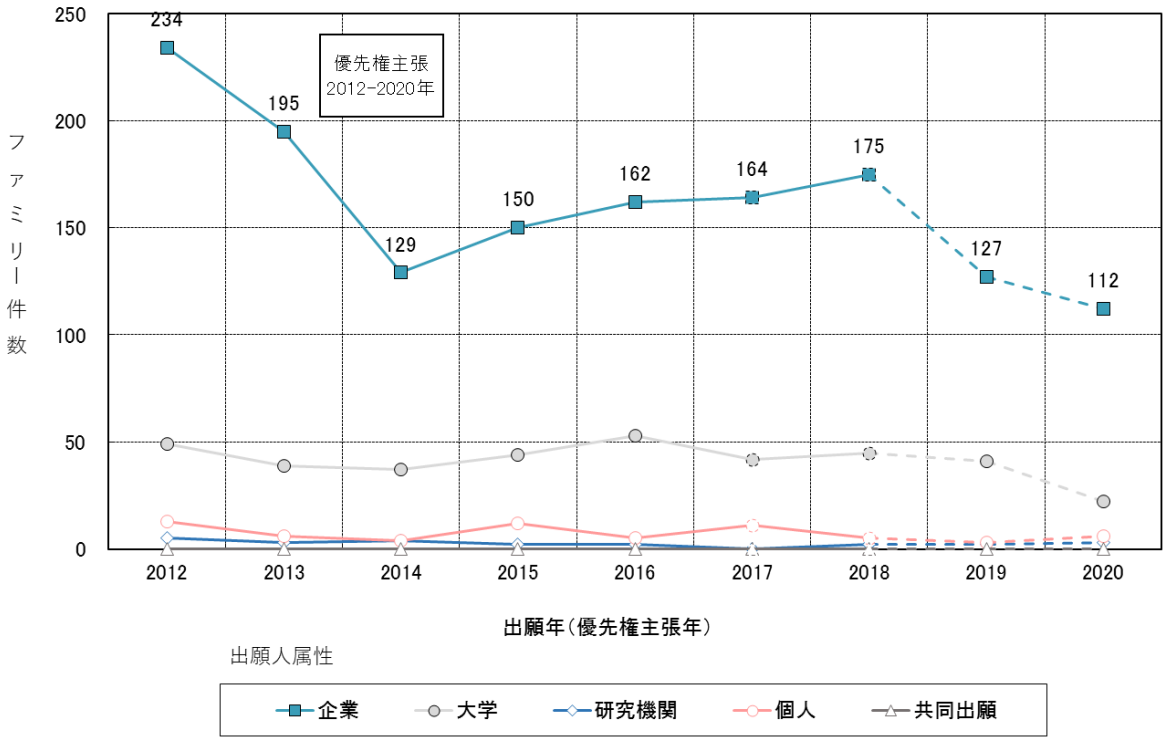


図 4-6-22　技術区分（燃料電池）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（米国籍）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

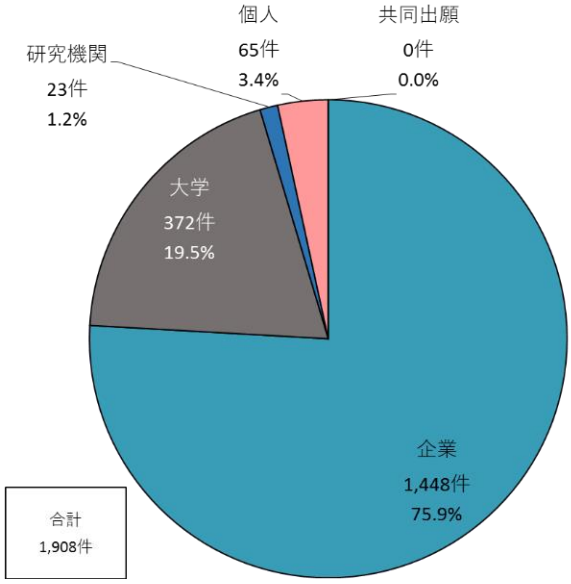
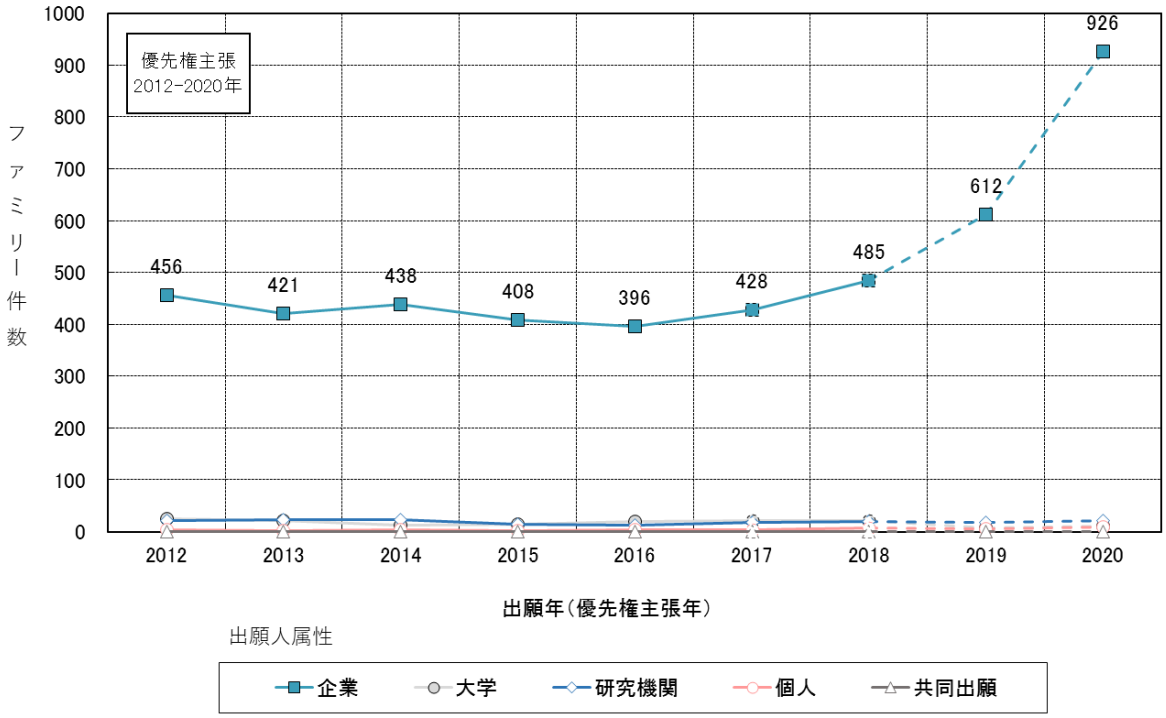


図 4-6-23　技術区分（燃料電池）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（欧州籍）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

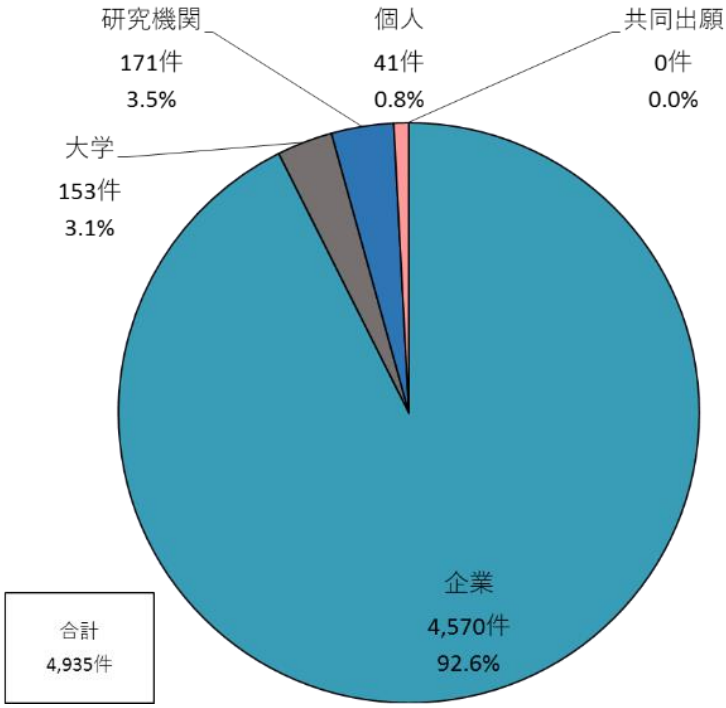
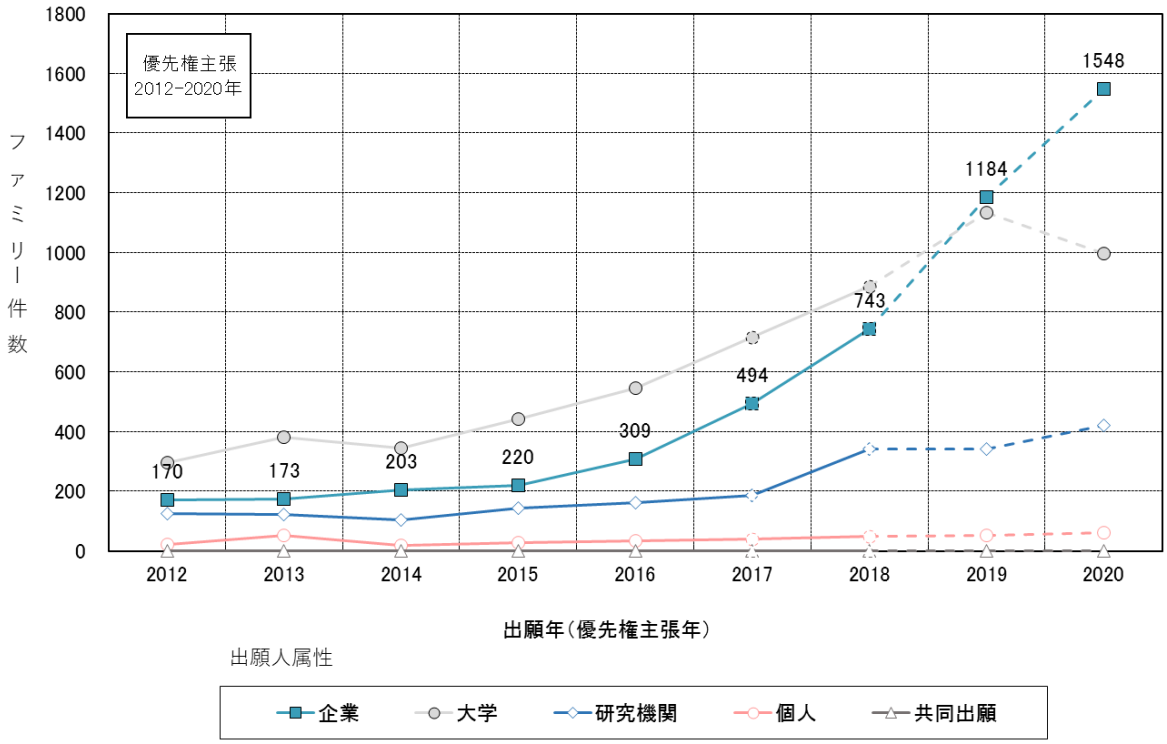


図 4-6-24　技術区分（燃料電池）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（中国籍）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。

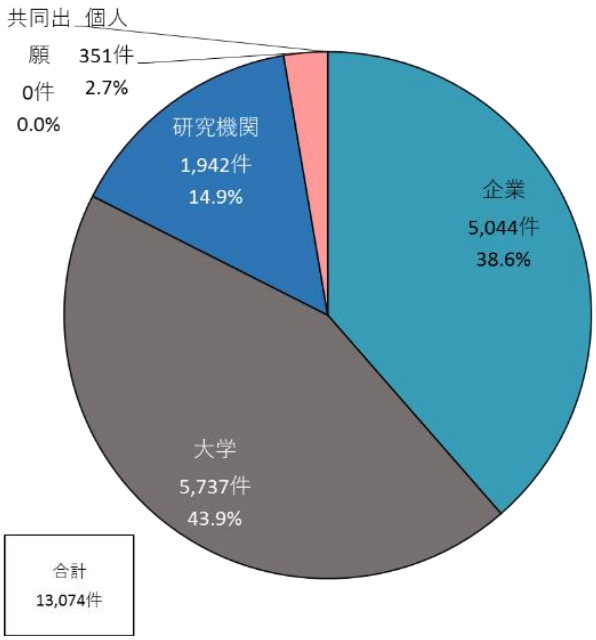
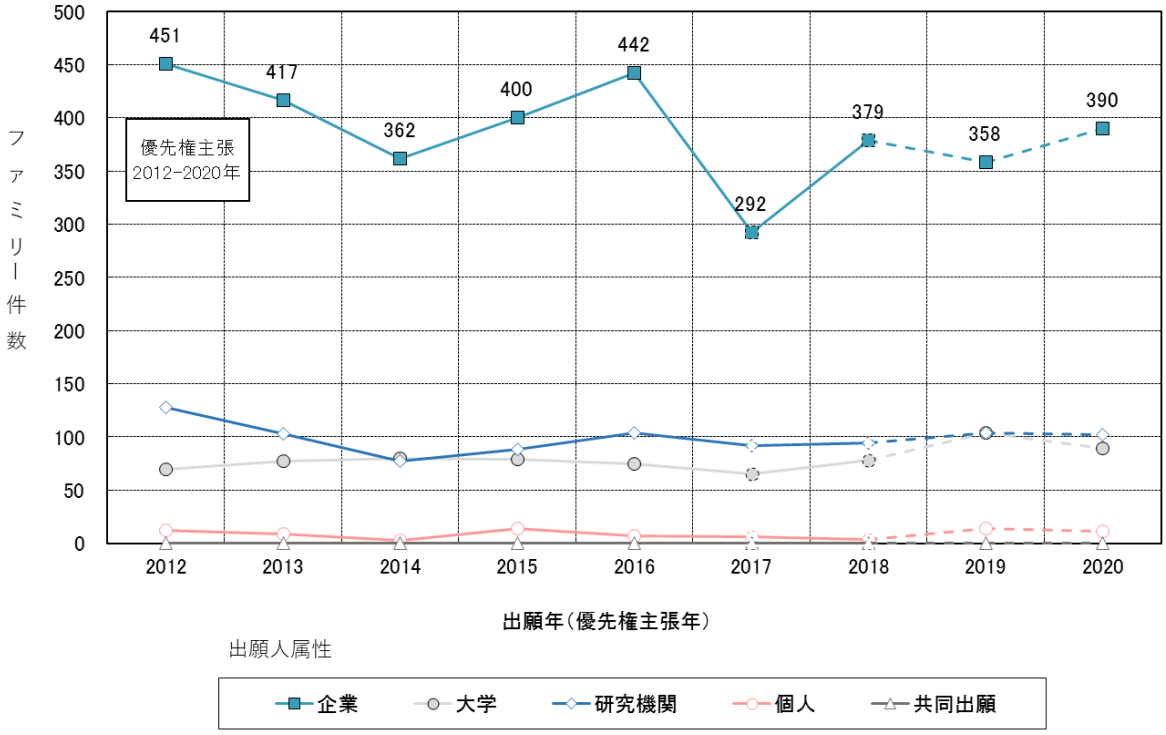
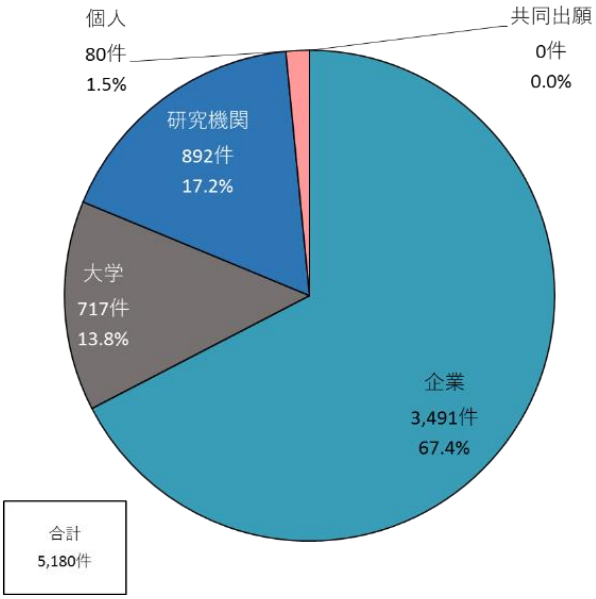


図 4-6-25　技術区分（燃料電池）の出願人国籍・地域別 - 出願人属性別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）（韓国籍）



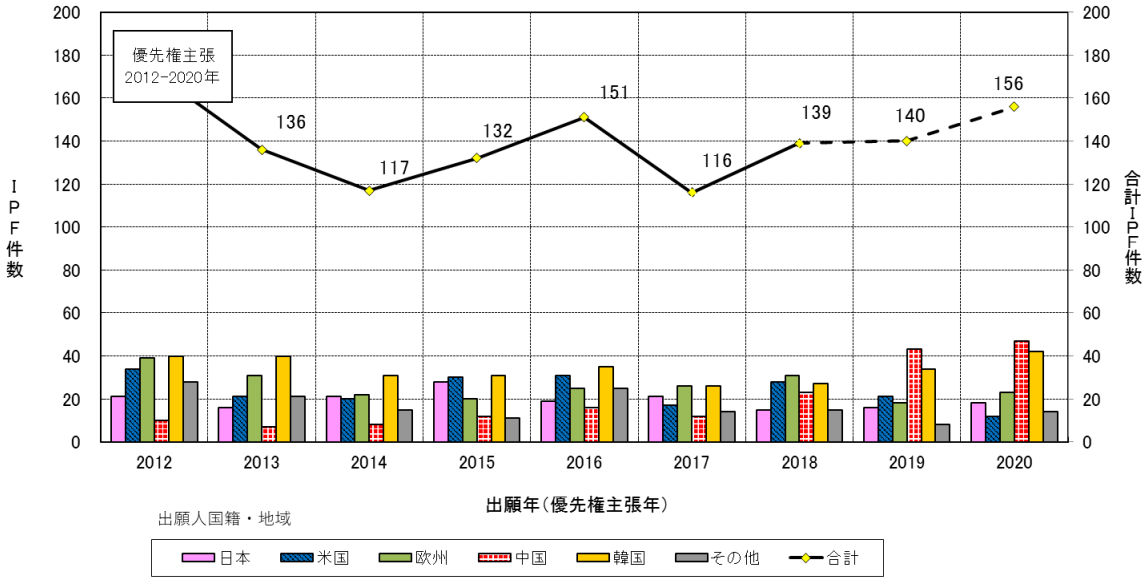
注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



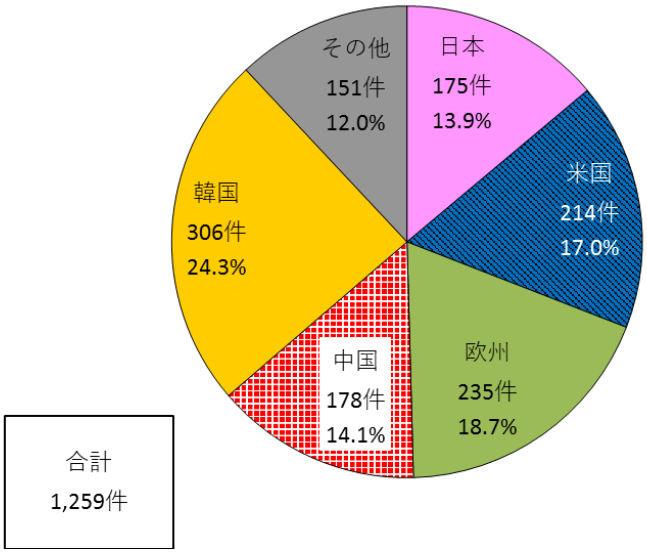
（２）出願人属性を大学・研究機関に限定した特許出願動向調査

前節に示した知的財産推進計画 2022 を背景に、日本籍の大学や研究機関における IPF 件数推移および比率を調査した。燃料電池における大学や研究機関の IPF 動向を図 4-6-26 に示す。

図 4-6-26　出願人属性を（大学・研究機関）に限定した技術区分（燃料電池）の出願人国籍・地域別国際パテントファミリー件数推移及び国際パテントファミリー件数比率（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性があるため、破線にて示す。



第７節　出願人別動向調査

１．　技術区分別ファミリー件数上位ランキング

（１）水素製造

水素製造におけるファミリー件数上位ランキングを表 4-7-1 に示す。1 位のパナソニックは 2 位の中国石油化工の約 2 倍の件数である。出願人として、中国籍の大学および研究機関が多い。

表 4-7-1 技術区分（水素製造）の出願人別ファミリー件数上位ランキング（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

水素製造				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	パナソニック	日本	企業	535
2	中国石油化工	中国	企業	210
3	中国科学院(大连化学物理研究所)	中国	研究機関	192
4	アイシン	日本	企業	130
4	韓国エネルギー技術研究院	韓国	研究機関	130
6	天津大学	中国	大学	115
7	エアリキード	欧州	企業	113
7	TOTO	日本	企業	113
9	江蘇大学	中国	大学	105
10	陝西科技大学	中国	大学	90
11	華南理工大学	中国	大学	89
11	東京ガス	日本	企業	89
13	原子力・代替エネルギー庁	欧州	その他	86
14	福州大学	中国	大学	84
14	浙江大学	中国	大学	84
16	SHANGHAI HEJI DEDONG HYDROGEN MACHINE	中国	企業	81
17	本田技研工業	日本	企業	80
18	リンデ	欧州	企業	77
18	韓国科学技術研究所	韓国	研究機関	77
20	TOPSOE	欧州	企業	76
20	吉林大学	中国	大学	76

水素製造の中には、化石燃料から水素を生成する改質技術と、水の電気分解によって水素を生成する水電解技術とが含まれる。改質技術と水電解技術とを分けたファミリー件数上位ランキングを表 4-7-2 へ示す

表 4-7-2 技術区分（水素製造（改質）、水素製造（水電解））の出願人別ファミリー件数上位ランキング（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

水素製造（改質）				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	アイシン	日本	企業	258
2	TOTO	日本	企業	221
3	パナソニック	日本	企業	196
4	エアリキッド	欧州	企業	181
5	本田技研工業	日本	企業	111
6	IFPEN	欧州	研究機	89
7	韓国エネルギー技術研究院	韓国	研究機	65
8	WATT FUEL CELL	米国	企業	64
9	ダイニチ	日本	企業	52
9	韓国造船海洋	韓国	企業	52
11	PRAXAIR TECHNOLOGY	米国	企業	49
12	森村SOFCテクノロジー株式会社	日本	企業	48
13	大阪ガス	日本	企業	44
14	京セラ	日本	企業	41
15	東京ガス	日本	企業	39
15	ジョンソン・マッセイ	欧州	企業	39
15	SHANGHAI HEJI DEDONG HYD	中国	企業	39
15	BASF	欧州	企業	39
19	TOPSOE	欧州	企業	38
20	FUEL CELL ENERGY	米国	企業	35
20	CASALE	欧州	企業	35

水素製造（水電解）				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	原子力・代替エネルギー庁	欧州	その他	229
2	パナソニック	日本	企業	179
3	コニカミノルタ	日本	企業	79
4	DE NORA ELETTRODI	欧州	企業	56
5	住友電気工業	日本	企業	48
6	本田技研工業	日本	企業	43
7	HSIN YUNG LIN	中国	個人	40
8	シーメンス	欧州	企業	39
9	LAWRENCE BERKELEY NATIOI	米国	企業	35
9	マサチューセッツ工科大学	米国	大学	35
11	中国科学院(大連化学物理研究所	中国	研究機	33
12	ENAPTER	欧州	企業	29
13	TOKUYAMA	日本	企業	27
14	AQUAHYDREX	オース	企業	24
15	旭化成	日本	企業	23
16	KEYWARD	米国	企業	22
16	EDF - ELECTRICITE DE FRANC	欧州	企業	22
18	DE NORA PERMELEC	日本	企業	21
18	UKHAN KAJDI INDZHINIRING T	中国	企業	21
18	リンデ	欧州	企業	21

（２）アンモニア製造

アンモニア製造におけるファミリー件数上位ランキングを表 4-7-3 に示す。CASALE、ティッセンクルップなどのアンモニア製造ライセンサーが上位であり、上位 4 つの出願人のファミリー件数に大きな差はない。出願人として、中国籍の大学および研究機関が多い。

表 4-7-3 技術区分（アンモニア製造）の出願人別ファミリー件数上位ランキング（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

アンモニア製造				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	CASALE	欧州	企業	39
2	ティッセンクルップ	欧州	企業	34
3	中国石油化工	中国	企業	33
3	福州大学	中国	大学	33
5	中国科学院(大连化学物理研究所)	中国	研究機関	20
6	浙江工業大学	中国	大学	19
7	韓国エネルギー技術研究院	韓国	研究機関	15
8	TOPSOE	欧州	企業	14
9	ジョンソン・マッセイ	欧州	企業	13
10	済南大学	中国	大学	12
10	ANHUI JINGHE INDUSTRY	中国	企業	12
12	トヨタ自動車	日本	企業	11
12	YANG HAO	中国	個人	11
12	ACRE COKING & REFRACTORY ENGINEERING CONSULTING	中国	企業	11
12	SHAANXI QINGLANG WANCHENG ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGY	中国	企業	11
12	SUZHOU JINHONG GAS	中国	企業	11
17	南京理工大学	中国	大学	10
17	吉林大学	中国	大学	10
17	リンデ	欧州	企業	10
20	浙江大学	中国	大学	9
20	科学技術振興機構	日本	研究機関	9
20	FUJIAN SANJU FUDA NATIONAL FERTILIZER CATALYST ENGINEERING RESEARCH CENTER	中国	大学	9

（３）貯蔵輸送供給

貯蔵・輸送・供給におけるファミリー件数上位ランキングを表 4-7-4 に示す。上位の 10 位までの内 3 つの出願人が日本国籍であり、1 位のトヨタ自動車は 2 位のエアリキードの約 2.7 倍の件数である。また、ほとんどの出願人の属性が企業であり、企業以外の出願人は上位 20 位までの中で 3 つである。

表 4-7-4　技術区分（貯蔵・輸送・供給）の出願人別ファミリー件数上位ランキング（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

貯蔵・輸送・供給				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	トヨタ自動車	日本	企業	329
2	エアリキード	欧州	企業	129
3	パナソニック	日本	企業	99
4	BMW	欧州	企業	93
5	ボッシュ	欧州	企業	80
6	DAEWOO SHIPBUILDING & MARINE ENGINEERING	韓国	企業	71
7	リンデ	欧州	企業	70
8	サムスン重工業	韓国	企業	67
9	現代自動車	韓国	企業	58
10	本田技研工業	日本	企業	55
11	SHANGHAI HUAPENG EXPLOSION PROOF TECHNOLOGY	中国	企業	53
12	浙江大学	中国	大学	43
13	ダイムラー	欧州	企業	40
14	CELLCENTRIC	欧州	企業	39
14	中国石油化工	中国	企業	39
16	GENERAL RESEARCH INSTITUTE FOR NONFERROUS METALS	中国	研究機関	37
16	タツノ	日本	企業	37
18	天津師範大学	中国	大学	34
18	神戸製鋼	日本	企業	34
20	中国第一汽車集団	中国	企業	32

（４）水素の燃焼利用

水素の燃焼利用におけるファミリー件数上位ランキングを表 4-7-5 に示す。上位の 4 つの出願人が日本国籍であり、4 位のパナソニックは 5 位の SHANGHAI KELAIPU ENERGY TECHNOLOGY の約 3 倍の件数である。また、ほとんどの出願人の属性が企業であり、企業以外の出願人は上位 20 位までの中で 3 つである。

表 4-7-5　技術区分（水素の燃焼利用）の出願人別ファミリー件数上位ランキング（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

水素の燃焼利用				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	TOTO	日本	企業	76
2	アイシン	日本	企業	59
3	トヨタ自動車	日本	企業	56
4	パナソニック	日本	企業	54
5	SHANGHAI KELAIPU ENERGY TECHNOLOGY	中国	企業	16
6	北京工業大学	中国	大学	15
7	ボッシュ	欧州	企業	14
7	三浦工業	日本	企業	14
9	韓国機械研究院	韓国	研究機関	13
9	キャタピラー	米国	企業	13
9	三菱パワー	日本	企業	13
12	ゼネラル・エレクトリック	米国	企業	11
12	豊田自動織機	日本	企業	11
14	WESTPORT FUEL SYSTEMS	その他	企業	10
14	AVL LIST	欧州	企業	10
14	デンソー	日本	企業	10
14	シーメンス	欧州	企業	10
18	SOUTHWEST RESEARCH INSTITUTE	米国	研究機関	9
19	サムスン重工業	韓国	企業	8
19	プジョー	欧州	企業	8
19	エアリキード	欧州	企業	8
19	FORD	米国	企業	8

（5）アンモニアの燃焼利用

アンモニアの燃焼利用におけるファミリー件数上位ランキングを表 4-7-6 に示す。上位の 10 の出願人のうち半数が日本国籍である。また、企業以外の出願人が上位 20 位までの中で 6 つと、水素の燃焼利用に比して多い。

表 4-7-6　技術区分（アンモニアの燃焼利用）の出願人別ファミリー件数上位ランキング（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

アンモニアの燃焼利用				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	トヨタ自動車	日本	企業	28
2	サムスン重工業	韓国	企業	14
3	いすゞ自動車	日本	企業	9
4	厦門大学	中国	大学	5
4	JFEエンジニアリング	日本	企業	5
4	IHI	日本	企業	5
4	現代重工業	韓国	企業	5
4	韓国エネルギー技術研究院	韓国	研究機関	5
9	STURMAN DIGITAL SYSTEMS	米国	企業	3
9	太陽日酸	日本	企業	3
9	WANG HAIBIN	中国	個人	3
12	ARAMCO SERVICES	サウジ	企業	2
12	ハルビン工程大学	中国	大学	2
12	西安交通大学	中国	大学	2
12	AVL LIST	欧州	企業	2
12	韓国造船海洋	韓国	企業	2
12	ソウル大学校	韓国	大学	2
12	MAN DIESEL	欧州	企業	2
12	DEEPAK NITRITE	その他	企業	2
12	豊田自動織機	日本	企業	2
12	ALZCHEM	欧州	企業	2
12	ADVANCED GREEN INNOVATIONS	米国	企業	2

（６）燃料電池

燃料電池におけるファミリー件数上位出願人ランキングを表 4-7-7 に示す。上位 3 出願人はいずれも自動車関連メーカーであり、1 位のトヨタ自動車のファミリー件数は 2 位の現代自動車のファミリー件数の 2 倍以上である。また、4 位のパナソニックや 11 位の京セラなどは定置用燃料電池のメーカーとして知られている。上位 20 出願人のうち、企業が 9 割を占めている。

表 4-7-7　技術区分（燃料電池）の出願人別ファミリー件数上位ランキング（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

燃料電池				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	トヨタ自動車	日本	企業	2551
2	現代自動車	韓国	企業	1202
3	ボッシュ	欧州	企業	1022
4	パナソニック	日本	企業	920
5	本田技研工業	日本	企業	855
6	中国科学院(大連化学物理研究所)	中国	研究機関	820
7	アウディ	欧州	企業	757
8	日産自動車	日本	企業	597
9	LGグループ	韓国	企業	434
10	日本ガイシ	日本	企業	411
11	京セラ	日本	企業	361
12	アイシン	日本	企業	338
13	ダイムラー	欧州	企業	319
14	デンソー	日本	企業	306
15	森村SOFCテクノロジー株式会社	日本	企業	261
16	韓国エネルギー技術研究院	韓国	研究機関	251
16	大阪ガス	日本	企業	251
16	BMW	欧州	企業	251
19	東京ガス	日本	企業	243
20	GM	米国	企業	235

2．　技術区分別出願先国・地域別の出願人別出願件数上位ランキング

（1）水素製造

水素製造の出願先国・地域別出願人別出願件数上位ランキングを表 4-7-8 に示す。日本および中国への出願件数上位は、すべて自国の国籍の出願人である。同様に、欧州と韓国への出願件数上位は、ほぼすべて自国の国籍の出願人である。一方で、米国への出願件数上位は、自国以外の国籍の出願人がほぼ半数含まれている。日本の出願人ランキングで 1 位のパナソニックは米国のランキングで 1 位、欧州のランキングで 4 位となっている。

表 4-7-8　技術区分（水素製造）の出願先国・地域別出願人別出願件数上位ランキング（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

日本への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	パナソニック	日本	企業	544
2	アイシン	日本	企業	130
3	TOTO	日本	企業	119
4	東京ガス	日本	企業	91
5	本田技研工業	日本	企業	79
6	産業技術総合研究所	日本	研究機関	63
7	JX日鉱日石エネルギー	日本	企業	62
8	東芝	日本	企業	52
9	トヨタ自動車	日本	企業	48
10	大阪ガス	日本	企業	39

米国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	パナソニック	日本	企業	107
2	エアリキード	欧州	企業	77
3	ユニバーサルオイル	米国	企業	53
3	TOPSOE	欧州	企業	53
5	サウジ基礎産業公社	サウジ	企業	51
6	本田技研工業	日本	企業	46
6	原子力・代替エネルギー庁	欧州	その他	46
8	ARAMCO SERVICES	サウジ	企業	45
9	エアー・プロダクツ・アンド・ケミカルズ	米国	企業	44
10	インテリジェントエネルギー	欧州	企業	42

欧州への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	原子力・代替エネルギー庁	欧州	その他	175
2	エアリキード	欧州	企業	143
3	リンデ	欧州	企業	98
4	パナソニック	日本	企業	97
5	シーメンス	欧州	企業	73
6	ティッセンクルップ	欧州	企業	65
7	TOPSOE	欧州	企業	64
8	IFPEN	欧州	研究機関	54
9	サウジ基礎産業公社	サウジ	企業	51
10	ボッシュ	欧州	企業	46
10	エアー・プロダクツ・アンド・ケミカルズ	米国	企業	46

中国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	中国石油化工	中国	企業	213
2	中国科学院(大連化学物理研究所)	中国	研究機関	192
3	天津大学	中国	大学	115
4	江蘇大学	中国	大学	107
5	陝西科技大学	中国	大学	90
6	華南理工大学	中国	大学	89
7	浙江大学	中国	大学	85
8	福州大学	中国	大学	84
9	SHANGHAI HEJI DEDONG HYDROGEN MACHINE	中国	企業	81
10	吉林大学	中国	大学	76

韓国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	韓国エネルギー技術研究院	韓国	研究機関	129
2	韓国科学技術研究所	韓国	研究機関	75
3	蔚山科学技術院	韓国	大学	45
4	サムスン重工業	韓国	企業	41
5	TOPSOE	欧州	企業	40
6	韓国造船海洋	韓国	企業	37
7	成均館大学校	韓国	大学	26
7	DAEWOO SHIPBUILDING & MARINE ENGINEERING	韓国	企業	26
9	韓国化学研究所	韓国	研究機関	25
10	全南大学校	韓国	大学	24

水素製造の中には、化石燃料から水素を生成する改質技術と、水の電気分解によって水素を生成する水電解技術とが含まれる。改質技術と水電解技術とを分けた出願先国・地域別出願人別出願件数上位ランキングを表 4-7-9 へ示す

表 4-7-9　技術区分（水素製造（改質）、水素製造（水電解））の出願先国・地域別出願人別出願件数上位ランキング（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

水素製造（改質）の出願先国・地域別出願人別出願件数上位ランキング

日本への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	アイシン	日本	企業	197
2	TOTO	日本	企業	179
3	パナソニック	日本	企業	132
4	本田技研工業	日本	企業	39
5	ダイニチ	日本	企業	28
6	東京ガス	日本	企業	27
7	森村SOFCテクノロジー株式会社	日本	企業	22
8	大阪ガス	日本	企業	21
9	JX日鉱日石エネルギー	日本	企業	19
10	テキサス・インスツルメンツ	米国	企業	18
10	産業技術総合研究所	日本	研究機	18

米国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	エアリキッド	欧州	企業	42
2	本田技研工業	日本	企業	30
3	パナソニック	日本	企業	21
4	PRAXAIR TECHNOLOGY	米国	企業	17
5	IFPEN	欧州	研究機	14
6	WATT FUEL CELL	米国	企業	12
7	TOTO	日本	企業	10
7	韓国エネルギー技術研究院	韓国	研究機	10
7	24M TECHNOLOGIES	米国	企業	10
7	ELEMENT 1	米国	企業	10

欧州への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	エアリキッド	欧州	企業	71
2	アイシン	日本	企業	58
3	IFPEN	欧州	研究機	44
4	パナソニック	日本	企業	32
5	本田技研工業	日本	企業	28
6	エアー・プロダクツ・アンド・	米国	企業	18
6	ジョンソン・マッセイ	欧州	企業	18
8	TOTO	日本	企業	16
9	旭化成	日本	企業	14
10	原子力・代替エネルギー庁	欧州	その他	13

中国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	SHANGHAI HEJI DEDONG HYD	中国	企業	38
2	エアリキッド	欧州	企業	28
3	GUANGDONG HYDROGEN ENE	中国	企業	26
4	中国石油化工	中国	企業	16
5	中国科学院(工程熱物理研究所)	中国	研究機	14
6	TOTO	日本	企業	13
7	IFPEN	欧州	研究機	12
7	中国科学院(大連化学物理研究所	中国	研究機	12
9	昆明理工大学	中国	大学	11
9	浙江大学	中国	大学	11

韓国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	韓国造船海洋	韓国	企業	52
2	韓国エネルギー技術研究院	韓国	研究機	47
3	パナシア	韓国	企業	20
4	サムスン重工業	韓国	企業	15
5	ソウル大学校	韓国	大学	14
6	全南大学校	韓国	大学	12
7	FUEL CELL ENERGY	米国	企業	10
8	エアリキッド	欧州	企業	9
9	WATT FUEL CELL	米国	企業	8
10	韓国ガス コーリア・ガス	韓国	企業	7
10	韓国化学研究所	韓国	研究機	7

水素製造（水電解）出願先国・地域別出願人別出願件数上位ランキング

日本への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	パナソニック	日本	企業	98
2	コニカミノルタ	日本	企業	47
3	原子力・代替エネルギー庁	欧州	その他	43
4	本田技研工業	日本	企業	26
5	住友電気工業	日本	企業	10
6	DE NORA PERMELEC	日本	企業	9
6	マサチューセッツ工科大学	米国	大学	9
8	DE NORA ELETTRODI	欧州	企業	8
9	九州大学	日本	大学	6
9	トヨタ自動車	日本	企業	6
9	TONAMI TRANSPORTATION	日本	企業	6
9	EXERGY POWER SYSTEMS	日本	企業	6
9	ボッシュ	欧州	企業	5

米国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	原子力・代替エネルギー庁	欧州	その他	43
2	パナソニック	日本	企業	23
3	本田技研工業	日本	企業	13
4	ボーイング	米国	企業	10
4	US NAVY	米国	企業	10
4	マサチューセッツ工科大学	米国	大学	10
7	コニカミノルタ	日本	企業	9
8	UNIVERSITY OF PITTSBURGH	米国	大学	8
8	元智大学	その他	大学	8
8	QWTIP	米国	企業	8
8	LAWRENCE BERKELEY NATIOI	米国	企業	8

欧州への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	原子力・代替エネルギー庁	欧州	その他	119
2	シーメンス	欧州	企業	19
2	ENAPTER	欧州	企業	19
4	LAWRENCE BERKELEY NATIOI	米国	企業	17
5	パナソニック	日本	企業	13
6	住友電気工業	日本	企業	12
7	コニカミノルタ	日本	企業	11
8	リンデ	欧州	企業	10
8	DE NORA ELETTRODI	欧州	企業	10
8	EDF - ELECTRICITE DE FRANC	欧州	企業	10

中国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	中国科学院(大連化学物理研究所	中国	研究機	33
2	パナソニック	日本	企業	19
3	陝西科技大学	中国	大学	12
4	吉林大学	中国	大学	9
4	北京化工大学	中国	大学	9
6	住友電気工業	日本	企業	8
7	山東大学	中国	大学	7
7	武漢工程大学	中国	大学	7
7	東南大学	中国	大学	7
7	中山大学	中国	大学	7
7	DE NORA ELETTRODI	欧州	企業	7

韓国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	韓国エネルギー技術研究院	韓国	研究機	13
2	蔚山科学技術院	韓国	大学	12
3	東義大学校	韓国	大学	8
4	DE NORA ELETTRODI	欧州	企業	7
4	淑明女子大学校	韓国	大学	7
6	高等技術研究院	韓国	研究機	6
6	韓国電力	韓国	企業	6
6	蔚山大学校	韓国	大学	6
9	西江大学校	韓国	大学	5
9	ソルコバイオメディカル	韓国	企業	5
9	住友電気工業	日本	企業	5
9	韓国科学技術研究所	韓国	研究機	5

（２）アンモニア製造

水素製造の出願先国・地域別出願人別出願件数上位ランキングを表 4-7-10 に示す。日本、欧州、中国並びに韓国への出願件数上位は、ほぼすべて自国の国籍の出願人である。一方で米国への出願件数上位は、自国以外の国籍の出願人がほぼ半数含まれている。欧州の出願人ランキングで１位の CASEL は米国並びに中国のランキングで１位である。

表 4-7-10　技術区分（アンモニア製造）の出願先国・地域別出願人別出願件数上位ランキング（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

日本への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	トヨタ自動車	日本	企業	10
2	科学技術振興機構	日本	研究機関	7
2	ORGANO	日本	企業	7
4	日本パイオニクス	日本	企業	6
4	産業技術総合研究所	日本	研究機関	6
6	三菱パワー	日本	企業	5
6	IHI	日本	企業	5
8	豊田自動織機	日本	企業	4
8	三菱重工	日本	企業	4
10	パロアルト研究所	米国	企業	3
10	ティッセンクルップ	欧州	企業	3
10	テキサス・インスツルメンツ	米国	企業	3
10	フランス国立科学研究センター	欧州	研究機関	3
10	日本触媒	日本	企業	3
10	人工光合成化学プロセス技術研究組合	日本	研究機関	3
10	NOK	日本	企業	3
10	千葉大学	日本	大学	3
10	旭化成	日本	企業	3
10	味の素	日本	企業	3
10	JGC	日本	企業	3

米国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	CASALE	欧州	企業	44
2	ジョンソン・マッセイ	欧州	企業	13
2	ティッセンクルップ	欧州	企業	13
4	TOPSOE	欧州	企業	8
4	科学技術振興機構	日本	研究機関	8
6	イナジー・オートモーティブ・システムズ	欧州	企業	6
6	トヨタ自動車	日本	企業	6
8	エアリキード	欧州	企業	5
8	リンデ	欧州	企業	5
10	COLORADO SCHOOL OF MINES	米国	大学	4
10	KELLOGG BROWN & ROOT	米国	企業	4
10	シーメンス	欧州	企業	4
10	ゼネラル・エレクトリック	米国	企業	4
10	UNIVERSITY OF MINNESOTA	米国	大学	4
10	三菱重工	日本	企業	4
10	ARAMCO SERVICES	サウジ	企業	4
10	GRANNUS	米国	企業	4
10	パロアルト研究所	米国	企業	4
10	ARORA VINOD KUMAR	米国	個人	4
10	韓国科学技術研究所	韓国	研究機関	4

欧州への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	CASALE	欧州	企業	73
2	ティッセンクルップ	欧州	企業	66
3	ジョンソン・マッセイ	欧州	企業	40
4	シーメンス	欧州	企業	15
5	イナジー・オートモーティブ・システムズ	欧州	企業	10
5	リンデ	欧州	企業	10
7	TOPSOE	欧州	企業	8
7	YARA	欧州	企業	8
9	CUMMINS	米国	企業	6
9	科学技術振興機構	日本	研究機関	6

中国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	CASALE	欧州	企業	36
2	中国石油化工	中国	企業	33
2	福州大学	中国	大学	33
4	中国科学院(大連化学物理研究所)	中国	研究機関	20
5	浙江工業大学	中国	大学	19
6	済南大学	中国	大学	12
6	ANHUI JINGHE INDUSTRY	中国	企業	12
8	YANG HAO	中国	個人	11
8	SHAANXI QINGLANG WANCHENG ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGY	中国	企業	11
8	ACRE COKING & REFRACTORY ENGINEERING CONSULTING	中国	企業	11
8	SUZHOU JINHONG GAS	中国	企業	11

韓国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	韓国エネルギー技術研究院	韓国	研究機関	15
2	韓国機械研究院	韓国	研究機関	6
3	韓国科学技術研究所	韓国	研究機関	5
4	韓国化学研究所	韓国	研究機関	4
5	高等技術研究院	韓国	研究機関	3
5	蔚山科学技術院	韓国	大学	3
7	住友精化	日本	企業	2
7	POSCO	韓国	企業	2
7	DAEWOO SHIPBUILDING & MARINE ENGINEERING	韓国	企業	2
7	MONASH UNIVERSITY	豪州	大学	2
7	日本パイオニクス	日本	企業	2
7	パロアルト研究所	米国	企業	2
7	全南大学校	韓国	大学	2
7	ECO PROGEIM	韓国	企業	2
7	RIST（産業技術総合研究所）	韓国	研究機関	2
7	現代自動車	韓国	企業	2
7	INVISTA	欧州	企業	2

（３）貯蔵輸送供給

貯蔵・輸送・供給における出願先国・地域別の出願人別出願件数上位ランキングを表 4-7-11 に示す。出願先国が日欧中韓である出願人別出願件数上位ランキングについては、10 位まで自国の国籍の出願人が多数を占めている。出願先国が米国である出願人別出願件数上位ランキング 10 位までにについて、自国以外の国籍の出願人が 8 割を占め、日本国籍のトヨタ自動車の件数が 1 位となっている。

表 4-7-11　技術区分（貯蔵・輸送・供給）の出願先国・地域別出願人別出願件数上位ランキング（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

日本への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	トヨタ自動車	日本	企業	327
2	パナソニック	日本	企業	102
3	エアリキード	欧州	企業	50
4	本田技研工業	日本	企業	48
5	神戸製鋼	日本	企業	35
6	タツノ	日本	企業	33
7	スズキ	日本	企業	30
8	JX日鉱日石エネルギー	日本	企業	28
9	東芝	日本	企業	20
10	デンソー	日本	企業	17
10	豊田自動織機	日本	企業	17

米国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	トヨタ自動車	日本	企業	150
2	エアリキード	欧州	企業	82
3	パナソニック	日本	企業	58
4	本田技研工業	日本	企業	43
5	現代自動車	韓国	企業	33
6	神戸製鋼	日本	企業	22
7	リンデ	欧州	企業	20
7	エアバス	欧州	企業	20
7	ハネウェル	米国	企業	20
10	PRAXAIR TECHNOLOGY	米国	企業	17
10	住友電気工業	日本	企業	17

欧州への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	エアリキード	欧州	企業	190
2	BMW	欧州	企業	105
3	トヨタ自動車	日本	企業	90
4	ボッシュ	欧州	企業	89
5	リンデ	欧州	企業	85
6	原子力・代替エネルギー庁	欧州	その他	55
7	CELLCENTRIC	欧州	企業	42
8	ダイムラー	欧州	企業	40
9	パナソニック	日本	企業	38
10	ハイドロジーニアス	欧州	企業	33

中国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	トヨタ自動車	日本	企業	123
2	SHANGHAI HUAPENG EXPLOSION PROOF TECHNOLOGY	中国	企業	53
3	エアリキード	欧州	企業	48
4	浙江大学	中国	大学	44
5	パナソニック	日本	企業	42
6	中国石油化工	中国	企業	39
7	GENERAL RESEARCH INSTITUTE FOR NONFERROUS METALS	中国	研究機関	37
8	天津師範大学	中国	大学	34
9	中国第一汽車集団	中国	企業	32
10	GUANGDONG HYDROGEN ENERGY SCIENCE & TECHNOLOGY	中国	企業	28

韓国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	DAEWOO SHIPBUILDING & MARINE ENGINEERING	韓国	企業	71
2	サムスン重工業	韓国	企業	67
3	現代自動車	韓国	企業	56
4	エアリキード	欧州	企業	39
5	韓国造船海洋	韓国	企業	25
6	トヨタ自動車	日本	企業	24
7	韓国機械研究院	韓国	研究機関	17
7	HYLIUM INDUSTRIES	韓国	企業	17
9	韓国エネルギー技術研究院	韓国	研究機関	16
10	韓国科学技術研究所	韓国	研究機関	15

（４）水素の燃焼利用

水素の燃焼利用における出願先国・地域別の出願人別出願件数上位ランキングを表 4-7-12 に示す。出願先国が日米中韓である出願人別出願件数上位ランキングについては、10 位まで自国の国籍の出願人が多数を占めている。出願先国が欧州である出願人別出願件数上位ランキングについては、自国以外の国籍の出願人が半数ほど含まれている。また、日本以外の国・地域が出願先国である出願人別出願件数上位ランキングは、日本国籍のトヨタ自動車の件数が 1 位となっている。

表 4-7-12　技術区分（水素の燃焼利用）の出願先国・地域別出願人別出願件数上位ランキング（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

日本への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	TOTO	日本	企業	81
2	アイシン	日本	企業	59
3	トヨタ自動車	日本	企業	55
4	パナソニック	日本	企業	54
5	三菱パワー	日本	企業	14
5	三浦工業	日本	企業	14
7	豊田自動織機	日本	企業	11
8	デンソー	日本	企業	10
9	ゼネラル・エレクトリック	米国	企業	8
10	IZUMI KANJI	日本	個人	6

米国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	トヨタ自動車	日本	企業	37
2	ADVANCED GREEN INNOVATIONS	米国	企業	15
3	ゼネラル・エレクトリック	米国	企業	11
3	WESTPORT FUEL SYSTEMS	その他	企業	11
3	キャタピラー	米国	企業	11
6	DYNACERT	その他	企業	9
6	SOUTHWEST RESEARCH INSTITUTE	米国	研究機関	9
8	PLASMA IGNITER	米国	企業	7
9	ARAMCO SERVICES	サウジ	企業	6
9	パナソニック	日本	企業	6

欧州への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	トヨタ自動車	日本	企業	35
2	アイシン	日本	企業	22
3	ボッシュ	欧州	企業	17
4	AVL LIST	欧州	企業	15
5	ゼネラル・エレクトリック	米国	企業	13
6	プジョー	欧州	企業	11
6	WESTPORT FUEL SYSTEMS	その他	企業	11
8	パナソニック	日本	企業	10
8	VAILLANT	欧州	企業	10
8	シーメンス	欧州	企業	10

中国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	トヨタ自動車	日本	企業	35
2	SHANGHAI KELAIPU ENERGY TECHNOLOGY	中国	企業	16
3	北京工業大学	中国	大学	15
4	WESTPORT FUEL SYSTEMS	その他	企業	10
4	ゼネラル・エレクトリック	米国	企業	10
6	中国科学院(工程熱物理研究所)	中国	研究機関	6
6	LIU BAOJUN	中国	個人	6
8	FORD	米国	企業	5
8	NINGBO JIHONG CHUNQING POWER TECHNOLOGY	中国	企業	5
8	WANG HAIBIN	中国	個人	5
8	浙江大学	中国	大学	5
8	三菱パワー	日本	企業	5

韓国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	トヨタ自動車	日本	企業	26
2	韓国機械研究院	韓国	研究機関	12
3	サムスン重工業	韓国	企業	8
4	現代自動車	韓国	企業	6
5	DS TECHNO	韓国	企業	5
5	現代重工業	韓国	企業	5
5	SYN NECH & TECHNOLOGY	韓国	企業	5
5	韓国造船海洋	韓国	企業	5
9	KWON, Hyok Dae	韓国	個人	4
10	WATT FUEL CELL	米国	企業	3
10	PRAXAIR TECHNOLOGY	米国	企業	3
10	エアリキード	欧州	企業	3
10	順天大学校	韓国	大学	3
10	IM, HAE MUN	韓国	個人	3

（５）アンモニアの燃焼利用

アンモニアの燃焼利用における出願先国・地域別の出願人別出願件数上位ランキングを表 4-7-13 に示す。出願先国が日欧韓である出願人別出願件数上位ランキングについては、10 位まで自国の国籍の出願人が多数を占めている。出願先国が中国である出願人別出願件数上位ランキングについては、自国以外の国籍の出願人が半数ほど含まれている。出願先国が米国である出願人別出願件数上位ランキングについては、ほとんどが自国以外の出願人である。また、韓国以外の国・地域が出願先国である出願人別出願件数上位ランキングは、日本国籍のトヨタ自動車の件数が 1 位となっている。

表 4-7-13　技術区分（アンモニアの燃焼利用）の出願先国・地域別出願人別出願件数上位ランキング（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

日本への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	トヨタ自動車	日本	企業	28
2	いすゞ自動車	日本	企業	9
3	IHI	日本	企業	5
3	JFEエンジニアリング	日本	企業	5
5	ADVANCED GREEN INNOVATIONS	米国	企業	3
5	太陽日酸	日本	企業	3
7	MAN DIESEL	欧州	企業	2
7	豊田自動織機	日本	企業	2
9	中国電力	日本	企業	1
9	IWAI YOSHIRO	日本	企業	1
9	CSIRO - COMMONWEALTH SCIENTIFIC & INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION	豪州	企業	1
9	ORGANO	日本	企業	1
9	イナジー・オートモーティブ・システムズ	欧州	企業	1
9	岐阜大学	日本	大学	1
9	ARAMCO SERVICES	サウジ	企業	1
9	RESCUE OF EARTH JOINT STOCK	日本	企業	1
9	Dubo Biscuit, Jennady DUBOVITSKIY, Gennady	その他	企業	1

米国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	トヨタ自動車	日本	企業	17
2	ADVANCED GREEN INNOVATIONS	米国	企業	9
3	IHI	日本	企業	5
4	ARAMCO SERVICES	サウジ	企業	3
5	HEGGEN LARS HARALD	欧州	企業	2
5	豊田自動織機	日本	企業	2
5	DEEPAK NITRITE	その他	企業	2
8	NEW WAVE HYDROGEN	その他	企業	1
8	CONTINENTAL AUTOMOTIVE	欧州	企業	1
8	ティッセンクルップ	欧州	企業	1
8	いすゞ自動車	日本	企業	1
8	CSIRO - COMMONWEALTH SCIENTIFIC & INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION	豪州	企業	1
8	EXXON CHEMICAL	米国	企業	1
8	KELLOGG BROWN & ROOT	米国	企業	1
8	8 RIVERS CAPITAL	米国	企業	1
8	中国電力	日本	企業	1
8	岐阜大学	日本	大学	1
8	ER BR ENERGIAS RENOVAVEIS	その他	企業	1
8	キャタピラー	米国	企業	1
8	HANSON MATTHEW VERNON	米国	企業	1
8	TENNECO AUTOMOTIVE OPERATING	米国	企業	1
8	シーメンス	欧州	企業	1
8	RESCUE OF EARTH JOINT STOCK	日本	企業	1
8	イナジー・オートモーティブ・システムズ	欧州	企業	1
8	Dubo Biscuit, Jennady DUBOVITSKIY, Gennady	その他	企業	1

欧州への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	トヨタ自動車	日本	企業	19
2	IHI	日本	企業	5
2	SCANIA CV	欧州	企業	5
2	リンデ	欧州	企業	5
5	AVL LIST	欧州	企業	3
5	シーメンス	欧州	企業	3
5	ティッセンクルップ	欧州	企業	3
8	ALZCHEM	欧州	企業	2
8	MAN DIESEL	欧州	企業	2
8	ADVANCED GREEN INNOVATIONS	米国	企業	2
8	太陽日酸	日本	企業	2
8	プジョー	欧州	企業	2
8	HEGGEN LARS HARALD	欧州	企業	2

中国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	トヨタ自動車	日本	企業	13
2	HEPU TECHNOLOGY DEVELOPMENT	中国	企業	5
2	WANG HAIBIN	中国	個人	5
2	厦門大学	中国	大学	5
5	IHI	日本	企業	4
6	太陽日酸	日本	企業	2
6	MAN DIESEL	欧州	企業	2
6	西安交通大学	中国	大学	2
6	豊田自動織機	日本	企業	2
6	ハルビン工程大学	中国	大学	2

韓国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	サムスン重工業	韓国	企業	14
2	韓国造船海洋	韓国	企業	13
3	韓国エネルギー技術研究院	韓国	研究機関	5
3	現代重工業	韓国	企業	5
5	IHI	日本	企業	4
6	ソウル大学校	韓国	大学	2
6	ADVANCED GREEN INNOVATIONS	米国	企業	2
6	MAN DIESEL	欧州	企業	2
9	JUNG WOO ENE	韓国	企業	1
9	CSIRO - COMMONWEALTH SCIENTIFIC & INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION	豪州	企業	1
9	CONTINENTAL AUTOMOTIVE	欧州	企業	1
9	イナジー・オートモーティブ・システムズ	欧州	企業	1
9	トヨタ自動車	日本	企業	1
9	JFEエンジニアリング	日本	企業	1
9	ARAMCO SERVICES	サウジ	企業	1

（６）燃料電池

燃料電池における出願先国・地域別の出願人別出願件数上位ランキングを表 4-7-14 に示す。日本への出願人別出願件数上位ランキングについては、10 位までは自国の国籍の出願人のみとなっている。韓国への出願人別出願件数上位ランキングについては、自国の国籍の出願人が多数を占めている。欧州への出願人別出願件数上位ランキングについては、自国以外の国籍の出願人が半数弱ほど含まれている。米国、中国への出願人別出願件数上位ランキングについては、自国以外の国籍の出願人が半数以上を占めている。また、いずれの国・地域の出願人別出願件数上位ランキングにおいても、日本国籍のトヨタ自動車が 10 位以内となっている。

表 4-7-14　技術区分（燃料電池）の出願先国・地域別出願人別出願件数上位ランキング（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

日本への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	トヨタ自動車	日本	企業	2523
2	パナソニック	日本	企業	918
3	本田技研工業	日本	企業	876
4	日産自動車	日本	企業	530
5	日本ガイシ	日本	企業	446
6	京セラ	日本	企業	373
7	アイシン	日本	企業	336
8	デンソー	日本	企業	307
9	森村SOFCテクノロジー株式会社	日本	企業	288
10	大阪ガス	日本	企業	255

米国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	トヨタ自動車	日本	企業	940
2	現代自動車	韓国	企業	793
3	本田技研工業	日本	企業	430
4	日産自動車	日本	企業	247
5	GM	米国	企業	243
6	パナソニック	日本	企業	208
7	アウディ	欧州	企業	173
8	LGグループ	韓国	企業	158
9	ブルーム・エナジー	米国	企業	145
10	インテリジェントエネルギー	欧州	企業	130

欧州への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	ボッシュ	欧州	企業	1077
2	アウディ	欧州	企業	798
3	トヨタ自動車	日本	企業	692
4	現代自動車	韓国	企業	435
5	原子力・代替エネルギー庁	欧州	その他	427
6	ダイムラー	欧州	企業	317
7	BMW	欧州	企業	267
8	CELLCENTRIC	欧州	企業	230
9	GM	米国	企業	223
10	インテリジェントエネルギー	欧州	企業	215

中国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	中国科学院(大連化学物理研究所)	中国	研究機関	820
2	トヨタ自動車	日本	企業	815
3	現代自動車	韓国	企業	471
4	本田技研工業	日本	企業	246
5	GM	米国	企業	226
6	ボッシュ	欧州	企業	204
7	日産自動車	日本	企業	198
8	清華大学	中国	大学	188
9	ハルビン工業大学	中国	大学	164
10	大連理工大学	中国	大学	160
10	天津大学	中国	大学	160

韓国への出願				
順位	出願人	国籍	属性	件数
1	現代自動車	韓国	企業	1187
2	LGグループ	韓国	企業	429
3	トヨタ自動車	日本	企業	276
4	韓国エネルギー技術研究院	韓国	研究機関	248
5	韓国科学技術研究所	韓国	研究機関	163
6	POSCO	韓国	企業	148
7	コーロン	韓国	企業	142
8	韓国科学技術院	韓国	研究機関	93
9	DAEWOO SHIPBUILDING & MARINE ENGINEERING	韓国	企業	85
10	サムスン重工業	韓国	企業	71

第８節　注目出願人別動向調査

１．　技術区分別ファミリー件数推移

前節（第３節）では、アンモニア製造のライセンサーである TOPSOE、ティッセンクルップ、CASALE といった欧州企業に対して解析を行った。それらに加え、貯蔵・輸送・供給、燃焼利用や燃料電池を含めた利用といった分野においても同じように海外企業に対して注目出願人別の動向調査を行う。貯蔵・輸送・供給の注目出願人として出願件数の多いエアリキードを、利用の注目出願人として出願件数の多いボッシュをそれぞれ選択する。

TOPSOE の技術区分（製造、貯蔵・輸送・供給、燃焼利用、燃料電池）におけるファミリー件数の推移を図 4-8-1 に示す。

図 4-8-1　注目出願人（TOPSOE）の技術区分（製造、貯蔵・輸送・供給、燃焼利用、燃料電池）別ファミリー件数推移（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

ティッセンクルップの技術区分（製造、貯蔵・輸送・供給、燃焼利用、燃料電池）におけるファミリー件数の推移を図 4-8-2 に示す。

図 4-8-2　注目出願人（ティッセンクルップ）の技術区分（製造、貯蔵・輸送・供給、燃焼利用、燃料電池）別ファミリー件数推移（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

CASALE の技術区分（製造、貯蔵・輸送・供給、燃焼利用、燃料電池）におけるファミリー件数の推移を図 4-8-3 に示す。

図 4-8-3　注目出願人（CASALE）の技術区分（製造、貯蔵・輸送・供給、燃焼利用、燃料電池）別ファミリー件数推移（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

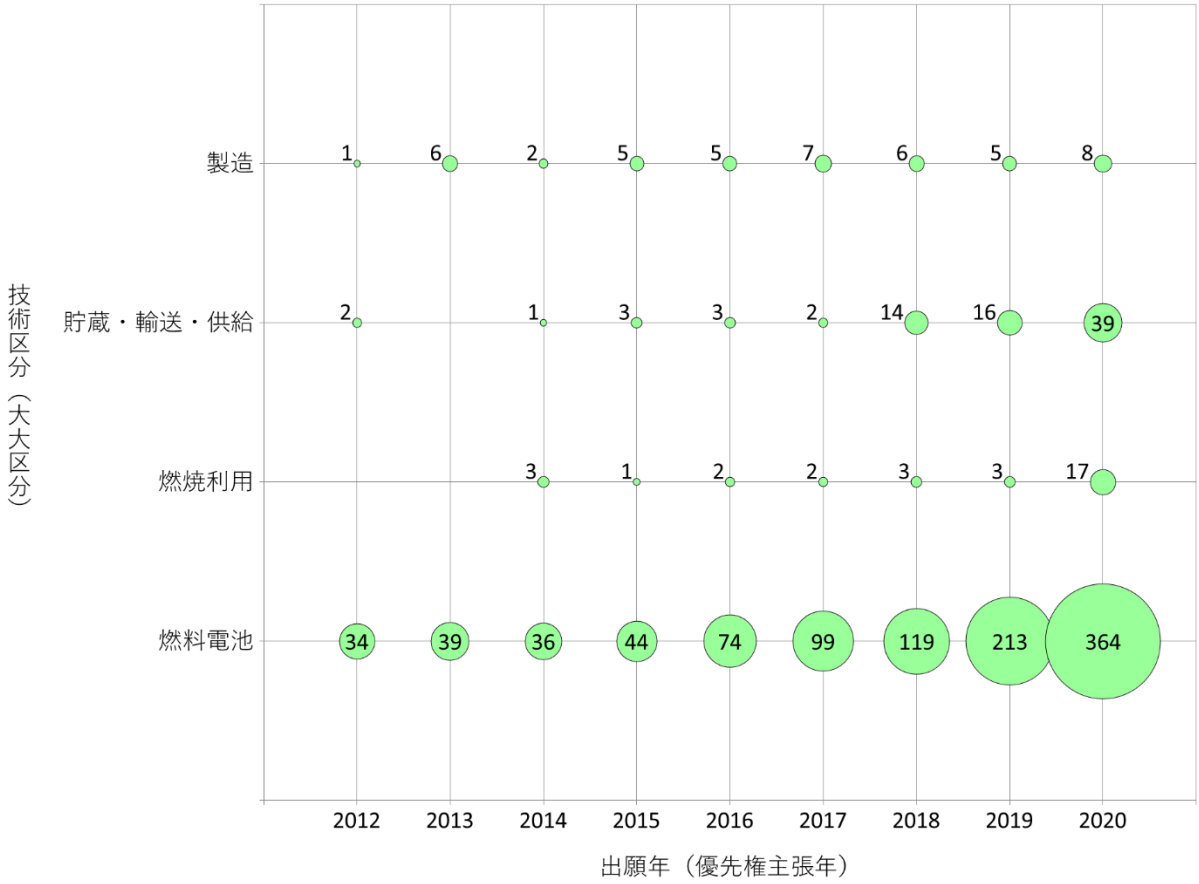
エアリキードの技術区分（製造、貯蔵・輸送・供給、燃焼利用、燃料電池）におけるファミリー件数の推移を図 4-8-4 に示す。

図 4-8-4　注目出願人（エアリキード）の技術区分（製造、貯蔵・輸送・供給、燃焼利用、燃料電池）別ファミリー件数推移（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）

注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

ボッシュの技術区分（製造、貯蔵・輸送・供給、燃焼利用、燃料電池）におけるファミリー件数の推移を図 4-8-5 に示す。

図 4-8-5　注目出願人（ボッシュ）の技術区分（製造、貯蔵・輸送・供給、燃焼利用、燃料電池）別ファミリー件数推移（日米欧中韓 WO への出願、出願年（優先権主張年）：2012～2020 年）



注：2019 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全データを反映していない可能性がある。

第５章　研究開発動向調査

第１節　調査対象と調査方法

１．調査対象

本調査における技術俯瞰図は第１章の調査概要でも示したとおりである。

２．技術区分の設定

第４章特許動向調査において用いられた技術区分に加えて、表 5-1-1 に示す技術区分を追加した。

第５節及び第７節において、集計の内容をわかりやすく表記する観点から、「表 4-1-3 燃焼利用の技術区分とその説明」に定義されたいくつかの技術区分をまとめて集計したものを、技術区分「水素の燃焼利用」、「アンモニアの燃焼利用」と称して記載している箇所がある。「水素の燃焼利用」、「アンモニアの燃焼利用」、及びいずれの記載もない場合の集計対象は、第４章と同様である。

表 5-1-1　追加技術区分

大区分	中区分	小区分	説明（小区分）
水素製造	製造方法	水電解その他	水電解による水素製造技術のうち、同階層の技術区分には該当しないが特定のものに限定されているときに付与する
	構造的特徴	カチオン分離膜（PEM）	カチオン分離膜（PEM）に特徴があるもの
	課題	圧力の製造条件　1MPa以上	1MPa以上の製造条件で水素製造するもの
		圧力の製造条件　5MPa未満	5MPa未満の製造条件で水素製造するもの
		圧力の製造条件　5-10MPa	5-10MPaの製造条件で水素製造するもの
アンモニア製造	課題	温度の製造条件　150°C未満	150°C未満の製造条件でアンモニア製造するもの
		温度の製造条件　150-400°C	150-400°Cの製造条件でアンモニア製造するもの

３．技術文献の調査範囲

（１）調査期間

2012 年－2021 年

（２）調査対象文献

調査対象文献は日本及び外国における学術雑誌や専門誌、学術会議で発表された論文である。調査対象文献の選定について、研究開発動向を国籍・地域にかかわらず同じ条件で比較するため、本調査に関する論文が掲載された論文誌の中から、国際的な主要論文誌と認められるものを選定し、これら主要論文誌に掲載された論文に限定して集計し比較を行うこととした。このようにして選定した国際的な主要論文誌の一覧を表 5-1-2 に示す。

表 5-1-2　調査対象論文誌一覧

論文誌一覧
International Journal of Hydrogen Energy
Journal of Power Sources
Applied Energy
Energy
Fuel
ASME Conference Proceedings
Energies (Web)
Energy Conversion and Management
International Journal of Energy Research
Energy & Fuels
Energy & Environmental Science
Combustion and Flame
Journal of Materials Chemistry A. Materials for Energy and Sustainability
Electrochimica Acta
Renewable & Sustainable Energy Reviews
Renewable Energy
Applied Thermal Engineering
Applied Surface Science
Applied Catalysis. B: Environmental
Proceedings of the Combustion Institute
Journal of Membrane Science
Journal of Engineering for Gas Turbines and Power
Physical Chemistry Chemical Physics
Journal of Alloys and Compounds
Advanced Functional Materials
ACS Applied Materials & Interfaces
IOP Conference Series: Materials Science and Engineering
Chemical Engineering Journal
Journal of the Electrochemical Society
IEEE Conference Proceedings
Journal of Cleaner Production
Journal of Physics: Conference Series
Journal of Physical Chemistry C
Catalysts (Web)
SAE Technical Paper Series (Society of Automotive Engineers)
IOP Conference Series: Earth and Environmental Science
Industrial & Engineering Chemistry Research
ACS Sustainable Chemistry & Engineering
AIP Conference Proceedings
Bioresource Technology
Catalysis Today
Journal of Energy Storage
Journal of the Japan Institute of Energy
Sustainable Energy & Fuels
Acta Astronautica
Fuel Processing Technology
Solar Energy
Energy Procedia
Applied Catalysis. A: General
Nano Energy
Applied Sciences (Web)
Advanced Materials
RSC Advances (Web)
Materials Today: Proceedings
Electrochemistry Communications
Energy Technology
Solar Energy Materials and Solar Cells
Aerospace Science and Technology
Frontiers in Energy Research (Web)
Nanoscale
Fuel Cells

（３）解析対象

解析の対象とした研究者所属機関の国籍（地域）は、日本、米国、欧州、中国、韓国の５カ国・地域であり、それ以外は「その他」とした。

所属機関国籍を「欧州籍」とする国は、以下に示す EPC（欧州特許条約）加盟国 38 カ国（2022 年 6 月現在）である。

論文の研究者所属機関の国籍（地域）は第一著者の所属する研究機関の所在地を基準とした。

「欧州籍」とする EPC 加盟国 38 カ国】

アルバニア、オーストリア、ベルギー、ブルガリア、スイス、キプロス、チェコ、ドイツ、デンマーク、エストニア、スペイン、フィンランド、フランス、イギリス、ギリシャ、モナコ、クロアチア、ハンガリー、アイルランド、アイスランド、イタリア、リヒテンシュタイン、リトアニア、ルクセンブルグ、ラトビア、マケドニア、マルタ、オランダ、ノルウェー、ポーランド、ポルトガル、ルーマニア、スウェーデン、スロヴニア、スロヴァキア、サン・マリノ、トルコ、セルビア

（４）使用したデータベース

本調査のデータベースにはジー・サーチ社の JDreamⅢを使用した。JDreamⅢは JST コードによる技術分類を利用した検索が可能である点が特徴である。調査対象論文の検索は JST コードとキーワードを用いた検索式から行った。表 5-1-3 に検索式、表 5-1-4 に JST コード表を示す。

表 5-1-3　論文検索式

式番号	JdreamⅢ検索式
L1	(YE02030F/CC+XD02120Z/CC+XE02020T/CC+XE02030E/CC)*((水電解+水素製造+水素生成+アンモニア合成+アンモニア製造)/AL+(hydrogen|ammonia(1W)synthesis|product?|generat?)/ALE)
L2	((UA11050J+UA11060U+LC01010J+LC01020U+LC02000F)/CC*((水素+アンモニア)/AL+(hydrogen+ammonia)/ALE))
L3	(((TB01070C+RB05060R)/CC)*((水素|アンモニア(5A)貯蔵|輸送|ステーション)/AL+(hydrogen|ammonia(1A)absorb?|stor?|transport?|station)/ALE))
L4	(YE02060M/CC)*(水素(5A)圧縮|高圧|メタン/AL+hydrogen(1A)compress?|"high pressure"|"high-pressure"|methane/ALE)
L5	((PA03020G/CC+PD03000T/CC+PD04000A/CC+PD05000H/CC)*(水素|アンモニア(5A)液化|液体/AL+hydrogen|ammonia(1A)liquefy?/ALE))
L6	((YE03000F/CC)*(水素|アンモニア(5A)貯蔵|輸送|ステーション/AL+hydrogen|ammonia(1A)absorb?|stor?|transport?|station/ALE))
L7	(((QJ05013K+UA11030N)/CC)*(水素/AL+アンモニア/AL+hydrogen/ALE+ammonia/ALE))
L8	(BK06000V/CC OR BL06022C/CC) AND (水素(5A)吸蔵|貯蔵/AL OR hydrogen(1A)absorb?|stor?/ALE)
L9	(CB02022X/CC OR CB02032I/CC OR CB02040L/CC) AND (水素(5A)吸蔵|貯蔵/AL OR hydrogen(1A)absorb?|stor?/ALE)
L10	(CF04050W/CC OR CF05020W/CC OR CF06020D/CC) AND (水素(5A)貯蔵|輸送|ステーション/AL OR hydrogen(1A)absorb?|stor?|transport?|station/ALE)
L11	(CF03020I/CC) AND (メタン/AL OR methane/ALE) AND (水素(5A)貯蔵|輸送|ステーション/AL OR hydrogen(1A)absorb?|stor?|transport?|station/ALE)
L12	(CF03090H/CC) AND (メタノール/AL OR methanol/ALE) AND (水素(5A)貯蔵|輸送|ステーション/AL OR hydrogen(1A)absorb?|stor?|transport?|station/ALE)
L13	(PA03010V/CC OR XE04010W/CC OR XE04020H/CC OR XE04030S/CC OR PB01000Z/CC OR PB01010K/CC OR PB01020V/CC OR PB01030G/CC OR PB01040R/CC OR PB02010R/CC OR PB02020C/CC OR PB02030N/CC OR PB02040Y/CC OR PB02060U/CC OR PB02050J/CC OR PB03000N) AND (水素(5A)燃料/AL OR アンモニア(5A)燃料/AL OR hydrogen(1A)fuel/ALE OR ammonia(1A)fuel/ALE)
L14	((YB04040V/CC)*(水素(5A)燃料/AL+アンモニア(5A)燃料/AL+hydrogen(1A)fuel/ALE+ammonia(1A)fuel/ALE))
L15	(L1+L2+L3+L4+L5+L6+L7+L8+L9+L10+L11+L12+L13+L14)*(2012-2021/PY)*AB/FA

表 5-1-4　JST コードの説明

技術区分	JSTコード	説明
製造	YE02030F	有機化学工業，燃料工業(C1200)>気体燃料(C1204)>気体燃料の製造
	XD02120Z	化学工学(C0800)>流体処理・操作(C0804)>膜分離
	XE02020T	化学工学(C0800)>電気化学的操作・装置(C0807)>電解理論
	XE02030E	化学工学(C0800)>電気化学的操作・装置(C0807)>電解装置
貯蔵輸送供給	UA11050J	燃料(S0200)>燃料の運搬及び貯蔵(S0203)>陸地貯蔵
	UA11060U	燃料(S0200)>燃料の運搬及び貯蔵(S0203)>海洋貯蔵
	LC01010J	電力及びエネルギー貯蔵(S0400)>電池及びエネルギー変換素子(S0401)>エネルギー変換一般
	LC01020U	電力及びエネルギー貯蔵(S0400)>電池及びエネルギー変換素子(S0401)>エネルギー変換装置
	LC02000F	電力及びエネルギー貯蔵(S0400)>エネルギー貯蔵(S0404)>エネルギー貯蔵
	TB01070C	運輸・交通工学(M1400)>道路輸送(M1402)>輸送方法・施設
	RB05060R	各種建築物(A0700)>工場・発電所建築，運輸・倉庫建築(A0706)>工場，発電所，運輸・倉庫建築
	YE02060M	有機化学工業，燃料工業(C1200)>気体燃料(C1204)>気体燃料の輸送，供給，貯蔵
	PA03020G	熱工学，燃焼装置(M0400)>熱工学(M0401)>熱交換器，冷却器
	PD03000T	冷凍・空気調和(M0700)>冷凍・低温装置(M0701)>冷凍装置
	PD04000A	冷凍・空気調和(M0700)>冷凍・低温装置(M0701)>冷凍機応用
	PD05000H	冷凍・空気調和(M0700)>冷凍・低温装置(M0701)>低温工学
	YE03000F	有機化学工業，燃料工業(C1200)>液体燃料(C1205)>液体燃料工業
	QJ05013K	船舶(M1200)>商船(M1205)>液体運搬船，ばら積貨物船
	UA11030N	運輸・交通工学(M1400)>水上輸送(M1404)>タンカ輸送
	BK06000V	金属学(G0200)>結晶構造(G0201)>金属の結晶構造
	BL06022C	金属学(G0200)>拡散(G0204)>金属中の拡散
	CB02022X	物理化学(C0200)>化学熱力学，熱化学(C0205)>金属，合金の化学熱力学（純物質）
	CB02032I	物理化学(C0200)>化学熱力学，熱化学(C0205)>金属，合金の化学熱力学（混合系）
	CB02040L	物理化学(C0200)>化学熱力学，熱化学(C0205)>熱化学
	CF04050W	有機化学(C0600)>単環脂環式化合物(C0604)>シクロヘキサン系
	CF05020W	有機化学(C0600)>芳香族単環化合物(C0605)>芳香族単環炭化水素
	CF06020D	有機化学(C0600)>炭素多環化合物(C0606)>ナフタレン
	CF03020I	有機化学(C0600)>脂肪族化合物(C0603)>アルカン
	CF03090H	有機化学(C0600)>脂肪族化合物(C0603)>脂肪族アルコール
燃焼利用	PA03010V	熱工学，燃焼装置(M0400)>燃焼装置(M0402)>燃焼装置一般
	PB01000Z	熱機関(M0500)>熱機関一般
	PB01010K	熱機関(M0500)>熱機関一般，蒸気動力(M0501)>蒸気動力一般
	PB01020V	熱機関(M0500)>熱機関一般，蒸気動力(M0501)>ボイラ
	PB01030G	熱機関(M0500)>熱機関一般，蒸気動力(M0501)>ボイラ付属装置
	PB01040R	熱機関(M0500)>熱機関一般，蒸気動力(M0501)>蒸気タービン
	PB02010R	熱機関(M0500)>内燃機関(M0502)>内燃機関一般
	PB02020C	熱機関(M0500)>内燃機関(M0502)>火花点火機関
	PB02030N	熱機関(M0500)>内燃機関(M0502)>圧縮点火機関
	PB02040Y	熱機関(M0500)>内燃機関(M0502)>ガスタービン
	PB02060U	熱機関(M0500)>内燃機関(M0502)>（内燃機関）排ガス処理
	PB02050J	熱機関(M0500)>ロケット機関(M0503)>ロケットエンジン
	PB03000N	熱機関(M0500)>その他の熱機関(M0504)>その他の熱機関
燃料電池	YB04040V	無機化学工業(C1000)>電池(C1004)>**燃料電池**

（５）調査手法

表 5-1-3 に示す検索式に従って論文を検索した結果、国際的に主要な論文誌から約 15,000 件の文献が得られた。この約 15,000 件に対して詳細解析を実施し、そのうちインパクトファクターが付与された国際的に主要な論文誌に限定した約 10,000 件を用いて研究開発動向調査を行った。インパクトファクターは、ジャーナルの相対的な影響力の大きさを測る指標であり、ジャーナルに収録された論文の被引用数を元に算出される。従って、全ての論文を調査しているわけではなく、一部を対象とした調査となっている点に留意したい。

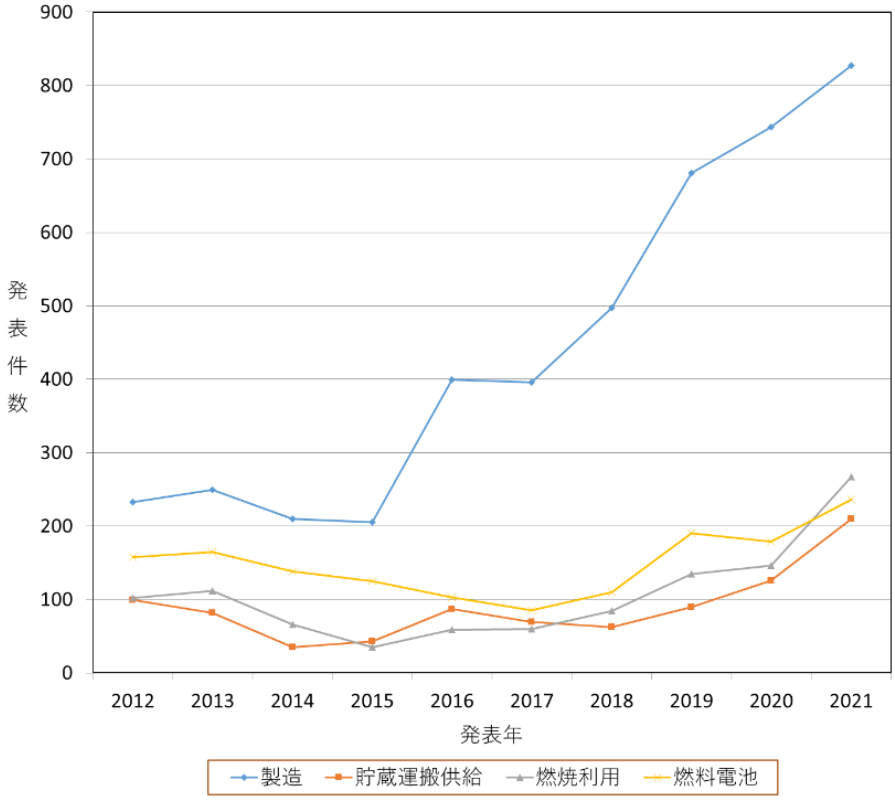
論文を国籍・地域別に日本、米国、欧州、中国、韓国の５ヶ国・地域に分類し、５ヶ国・地域以外の国は「その他」とした。論文の研究者所属機関の国籍（地域）は第一著者の所属する研究機関の所在地を基準とした。詳細解析における技術区分への付与は、多観点付与方式（１つの案件に対して複数の技術区分に該当する場合、該当する全て

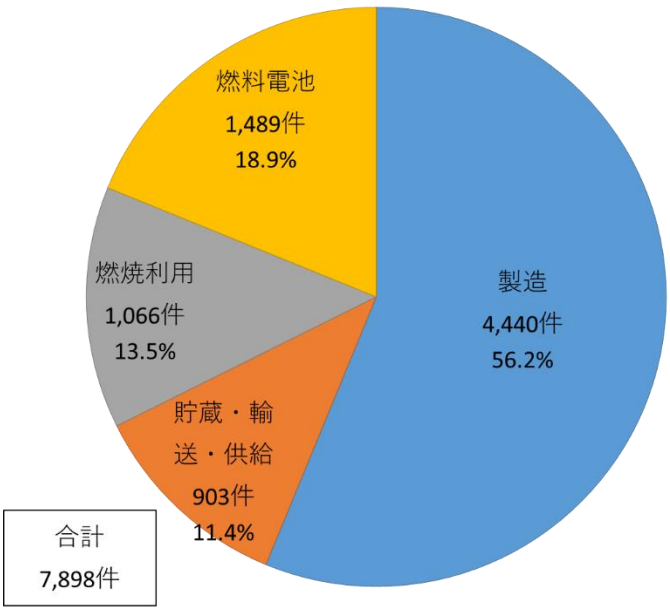
の技術区分に観点付与を実施）を採用した。

第２節　全体動向調査

技術区分（製造、貯蔵・輸送・供給、燃焼利用、燃料電池）別の論文発表件数推移及び論文発表件数比率を図 5-2-1 に示す。2015 年以降は製造の技術分野が増加傾向であり、2018 年以降は燃料電池、燃焼利用、貯蔵・輸送・供給の技術分野が増加傾向である。製造の論文発表比率が最も高く、56.2%を占める。次いで、燃料電池（18.9%）、燃焼利用（13.5%）、貯蔵・輸送・供給（11.4%）となっている。

図 5-2-1　技術区分（製造、貯蔵・輸送・供給、燃焼利用、燃料電池）別の論文発表件数年次推移及び論文発表件数比率（発表年：2012～2021 年）





第３節　製造における研究開発動向調査

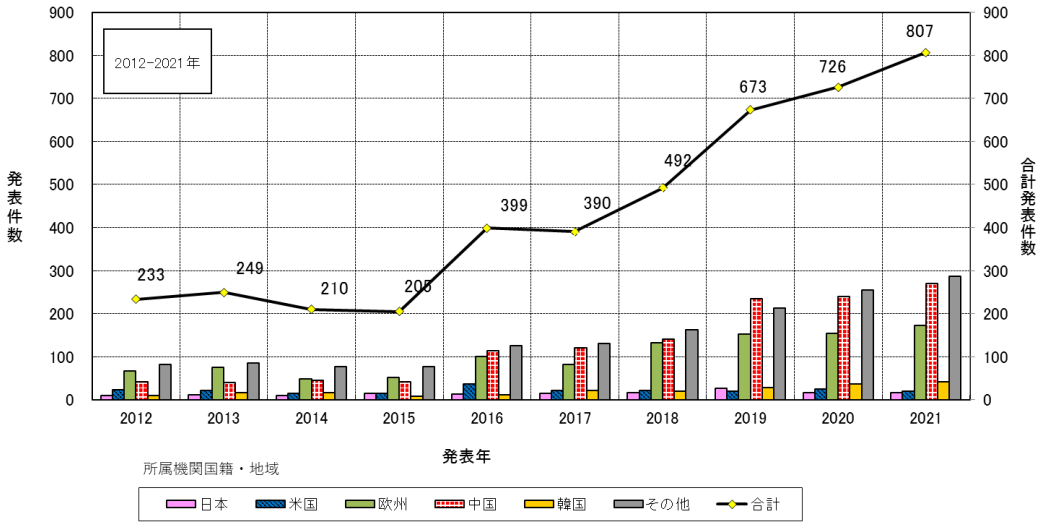
１．論文発表件数推移及び論文発表件数比

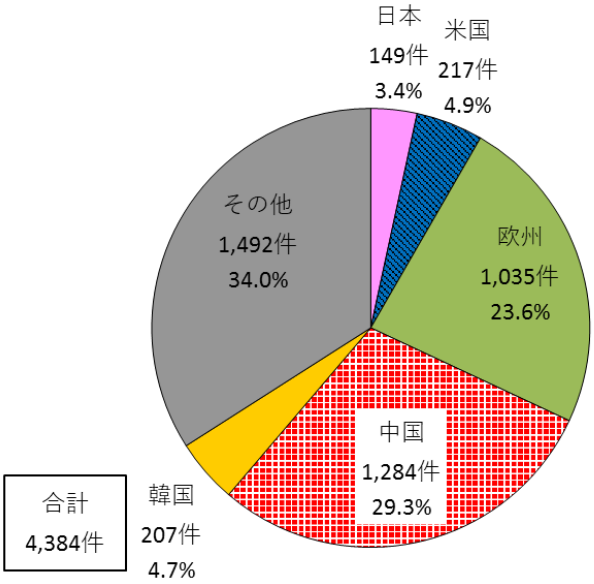
（１）水素製造

水素製造における研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数の推移と比率を図 5-3-1 に示す。論文発表件数は、特に、欧州籍、中国籍の論文発表件数が急激に増加しており、韓国籍も増加傾向である。

中国籍による論文発表件数比率が最も高く 29.3%を占めており、次いで欧州籍（23.6%）、米国籍（4.9%）、韓国籍（4.7%）、日本国籍（3.4%）となっている。

図 5-3-1　技術区分（水素製造）の研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）



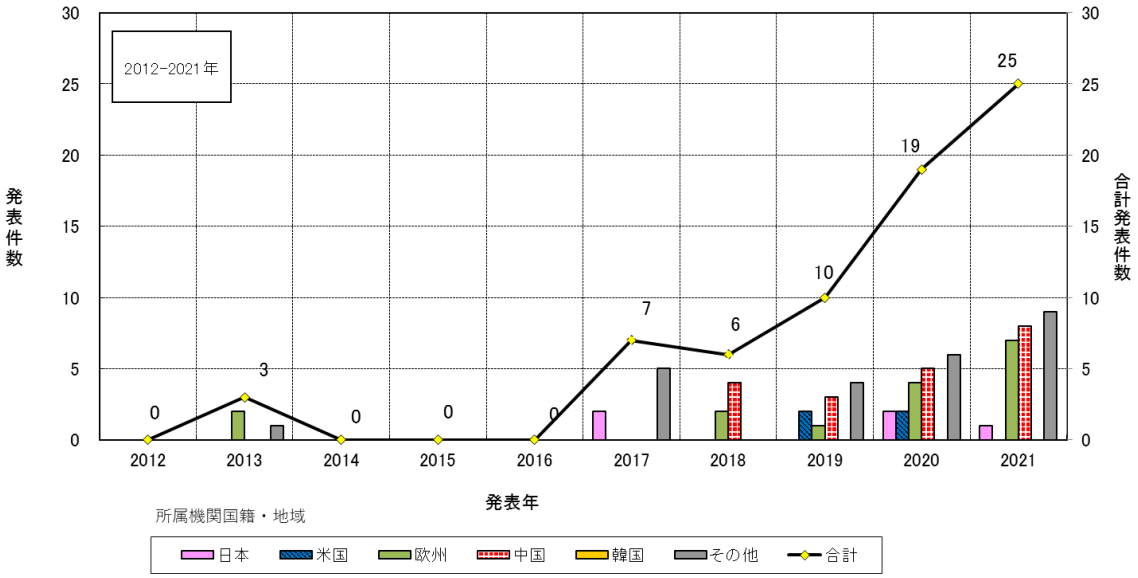


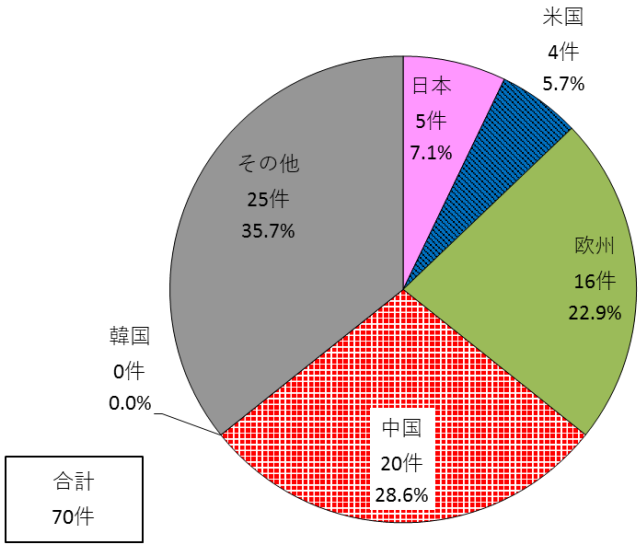
（２）アンモニア製造

アンモニア製造における研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数の推移と比率を図 5-3-2 に示す。論文発表件数は、2018 年以降、欧州籍、中国籍の論文発表件数が増加している。

中国籍による論文発表件数比率が最も高く 28.6%を占めており、次いで、欧州籍（22.9%）、日本国籍（7.1%）、米国籍（5.7%）となっている。

図 5-3-2　技術区分（アンモニア製造）の研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）

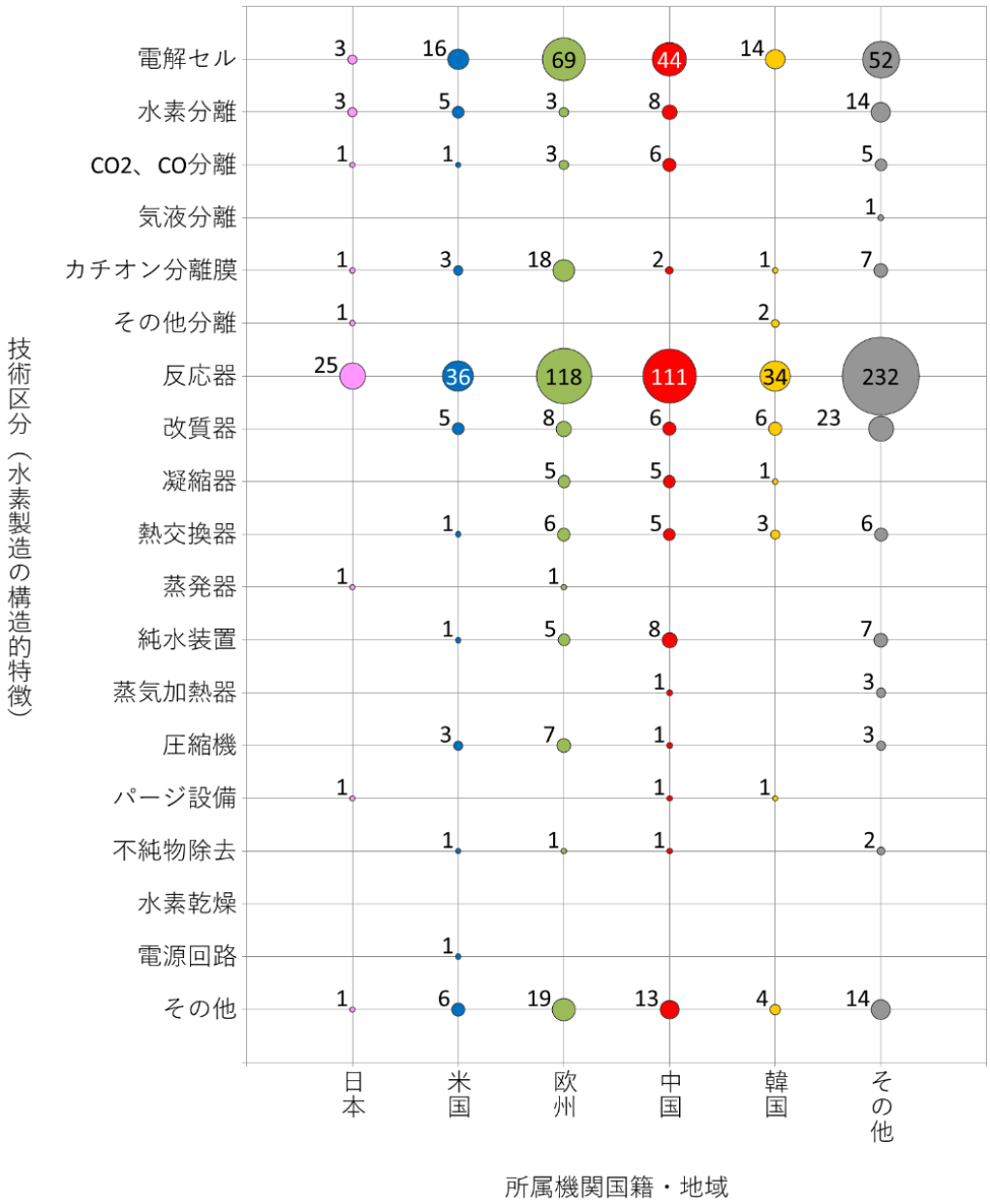




２．技術区分別動向調査

水素製造の構造的特徴別の研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数を図 5-3-3 に示す。各技術区分の論文発表件数について、欧米籍の研究者が日本国籍の研究者よりも多い又は拮抗している傾向である。

図 5-3-3　技術区分（水素製造の構造的特徴）別－研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数（論文発表年：2012～2021 年）

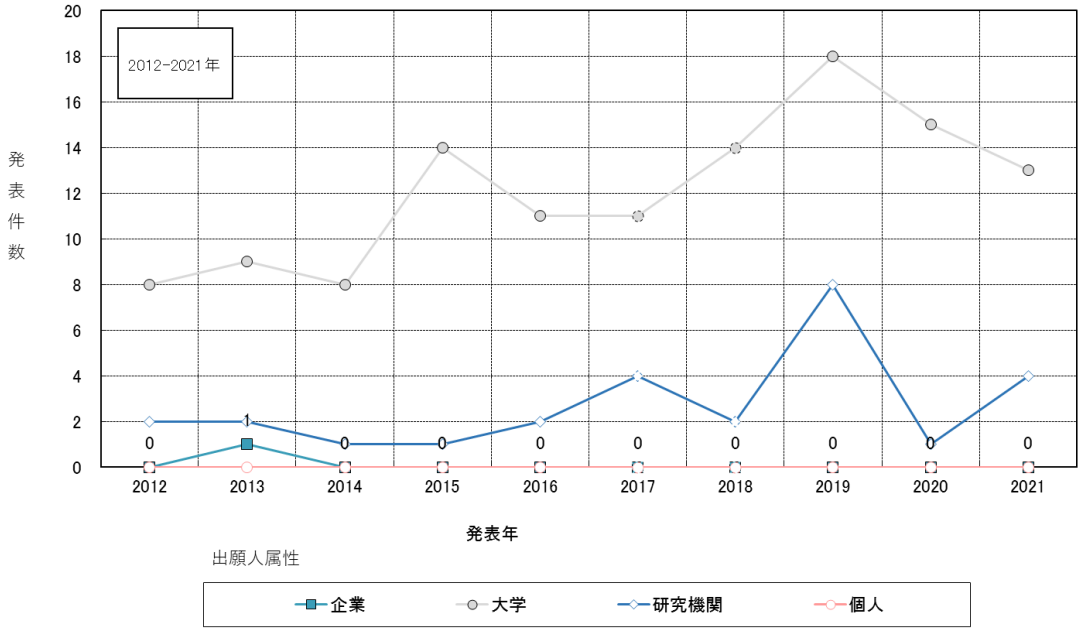


３．研究者所属機関属性別論文動向調査

（１）水素製造

水素製造における研究者所属機関属性別の論文発表件数推移及び論文発表件数比率を図 5-3-4～図 5-3-8 に示す。論文発表件数について、どの国・地域籍においても、大学が半数以上を占めており、欧州籍、中国籍、韓国籍の発表件数は増加傾向にある。

図 5-3-4 技術区分（水素製造）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（日本国籍）



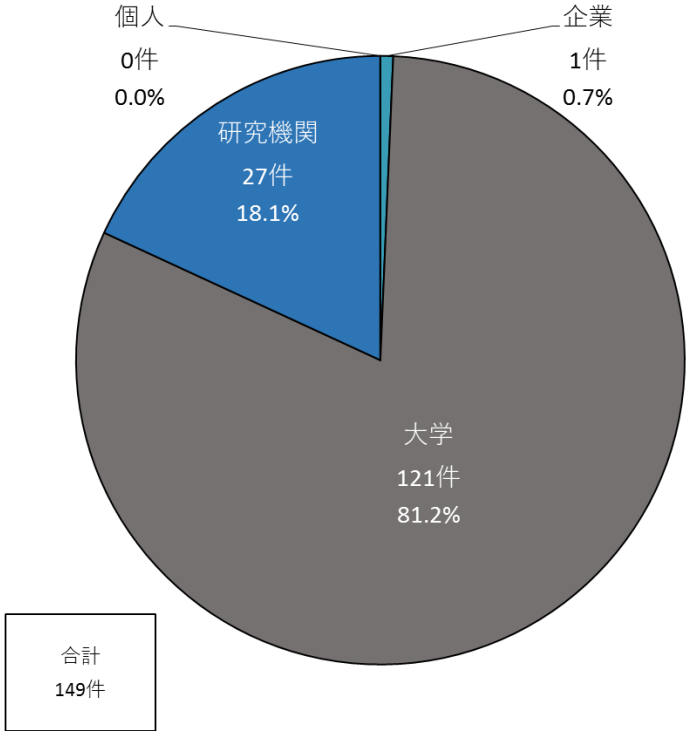
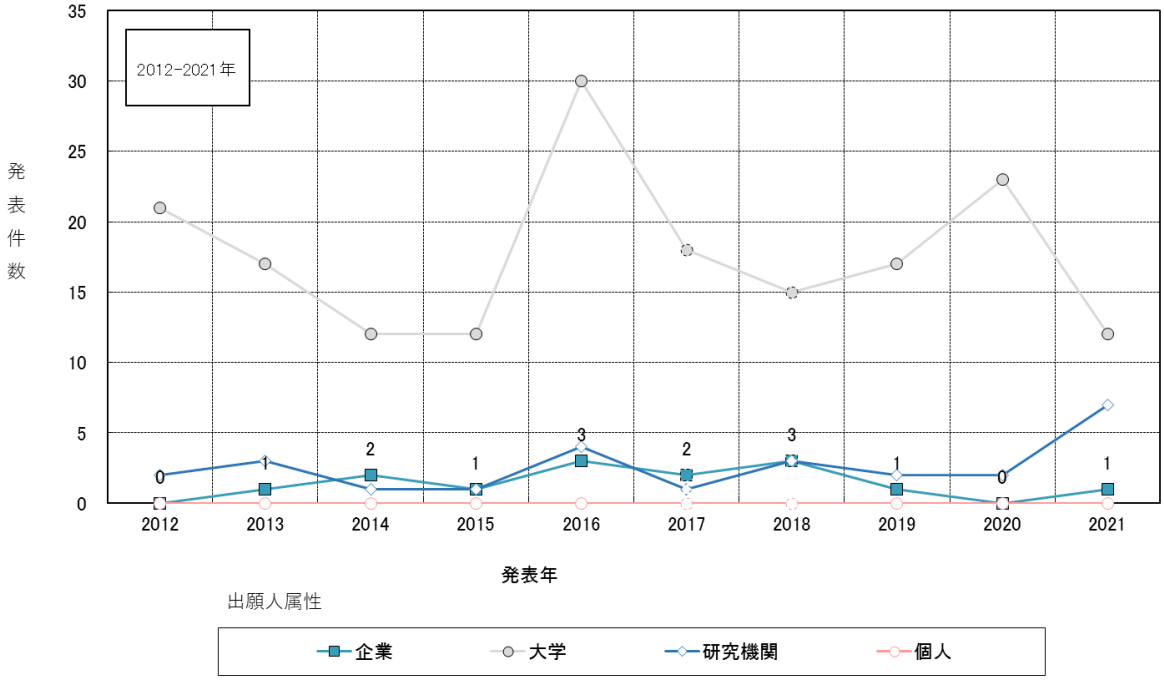


図 5-3-5 技術区分（水素製造）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（米国籍）



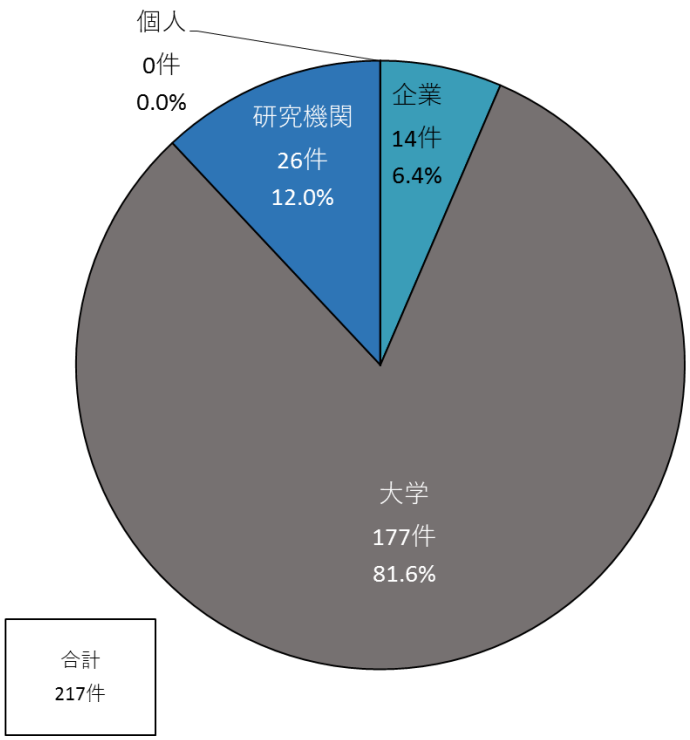
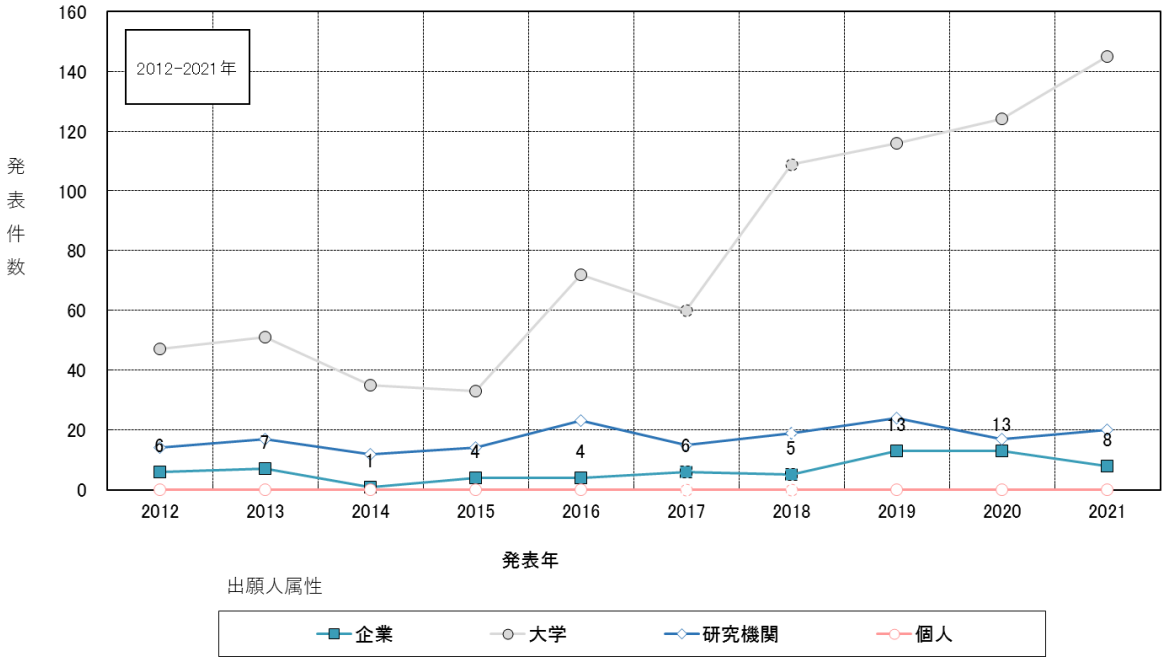


図 5-3-6 技術区分（水素製造）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（欧州籍）



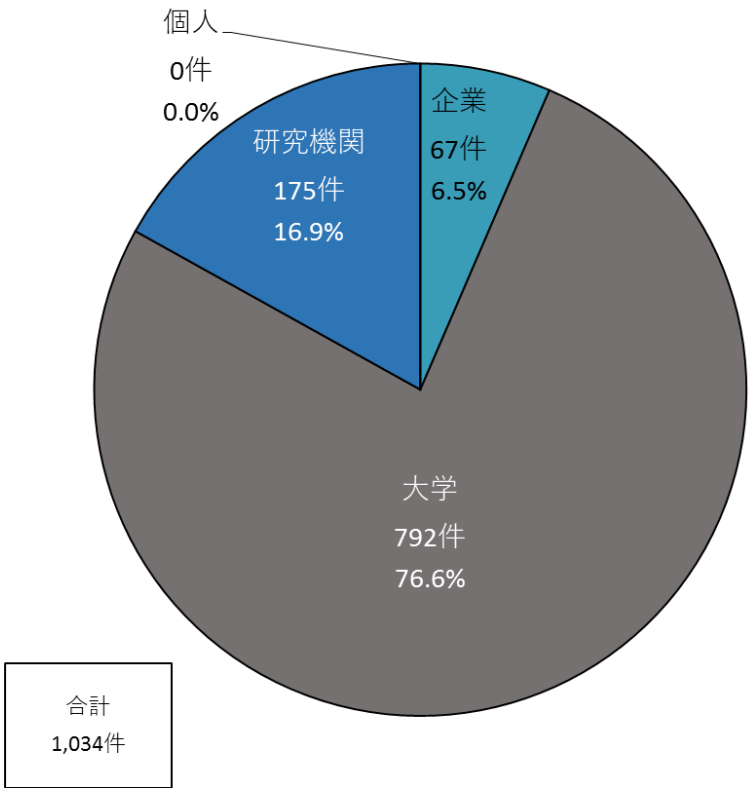
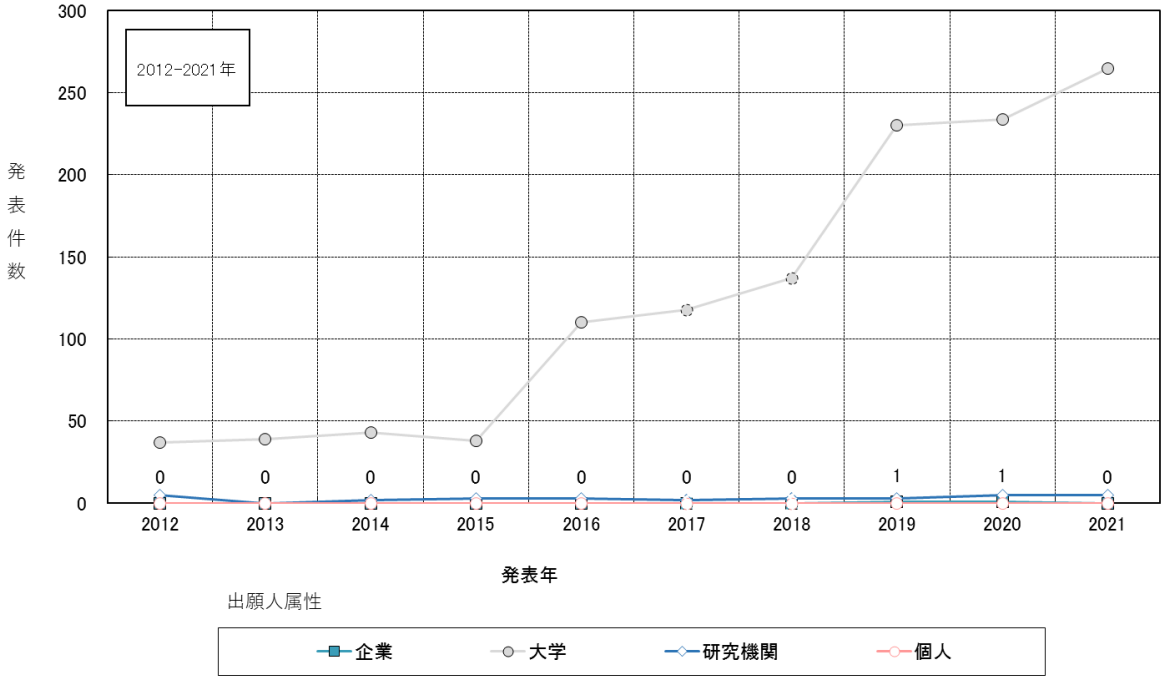


図 5-3-7 技術区分（水素製造）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（中国籍）



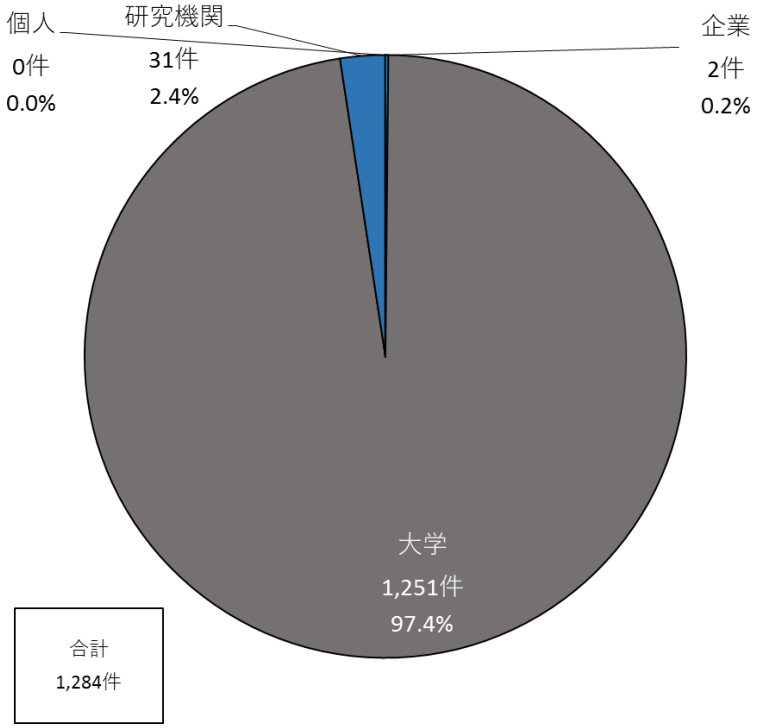
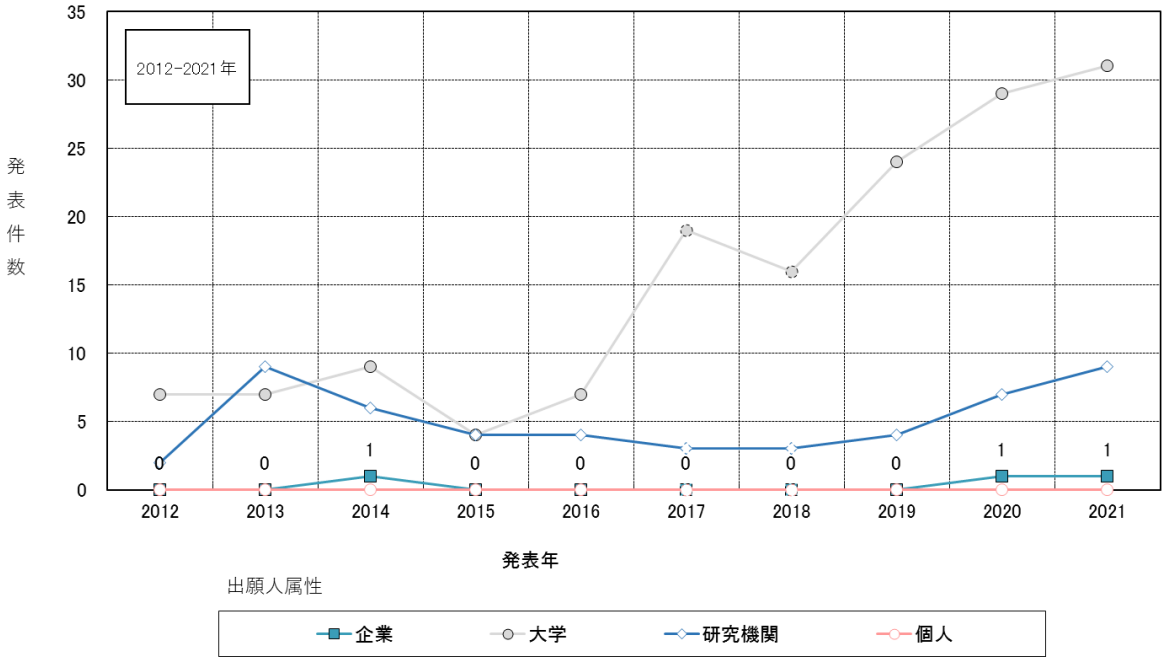
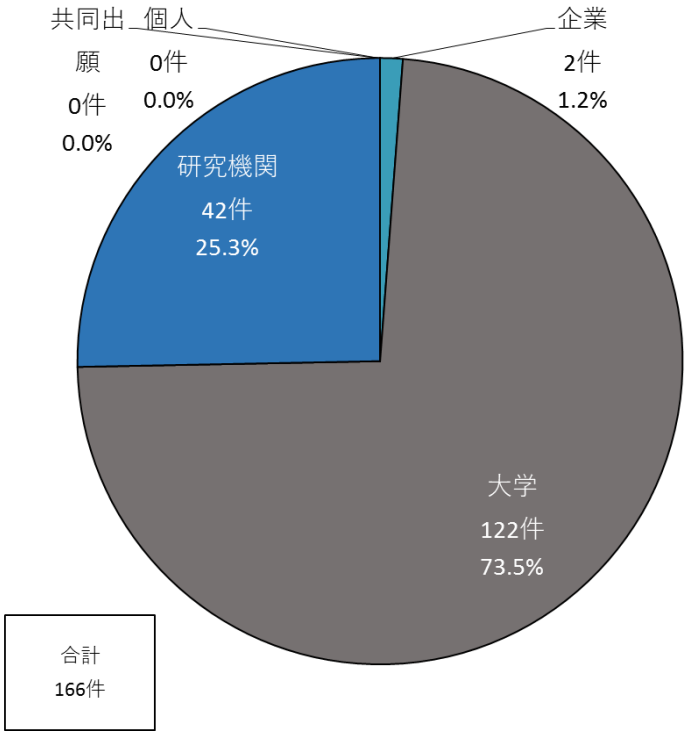


図 5-3-8 技術区分（水素製造）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（韓国籍）





（２）アンモニア製造

アンモニア製造における研究者所属機関属性別の論文発表件数推移及び論文発表件数比率を図 5-3-9～図 5-3-13 に示す。大学の論文が半数以上を占めており、欧州籍、中国籍の論文発表件数は増加傾向である。

図 5-3-9 技術区分（アンモニア製造）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（日本国籍）

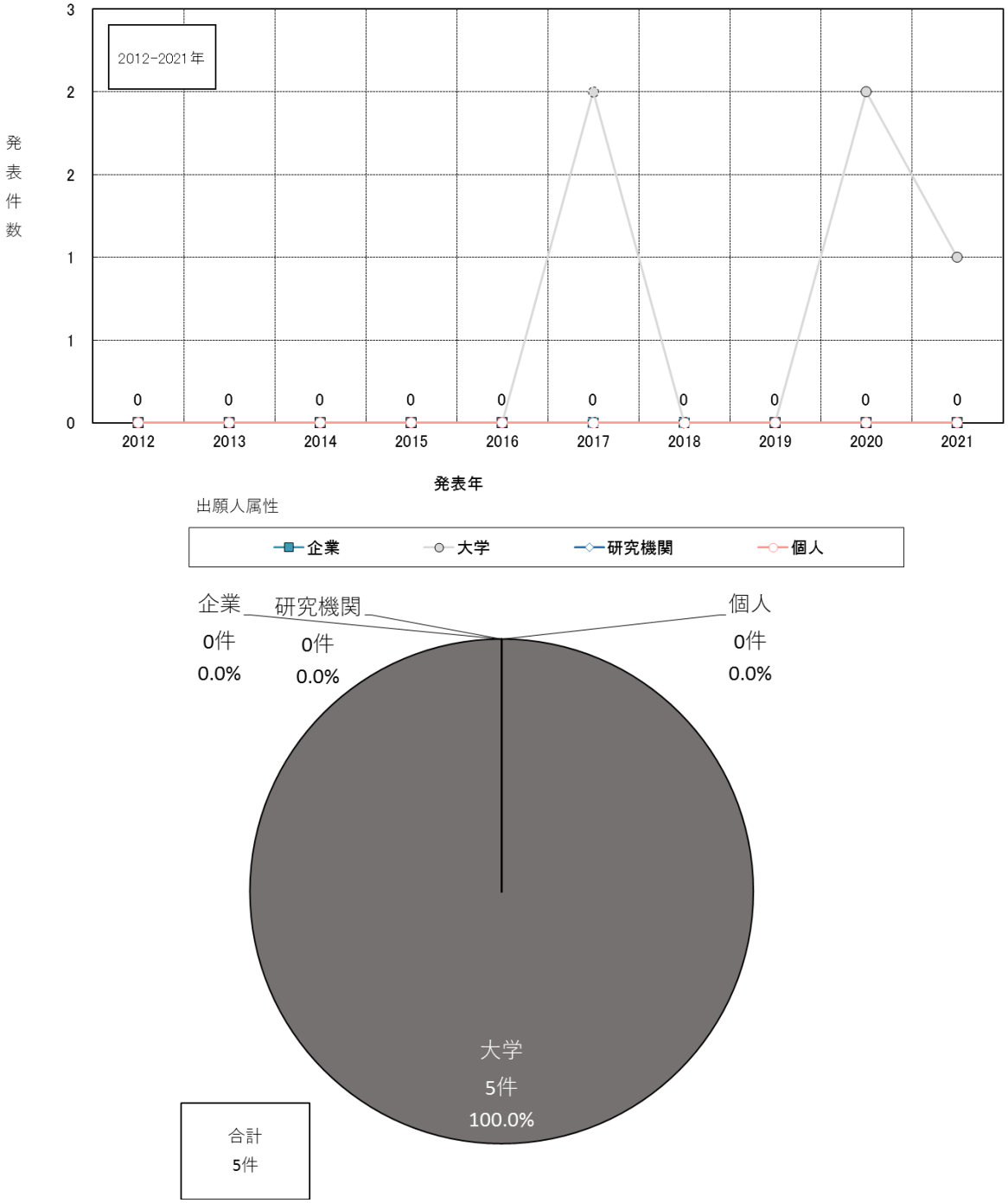
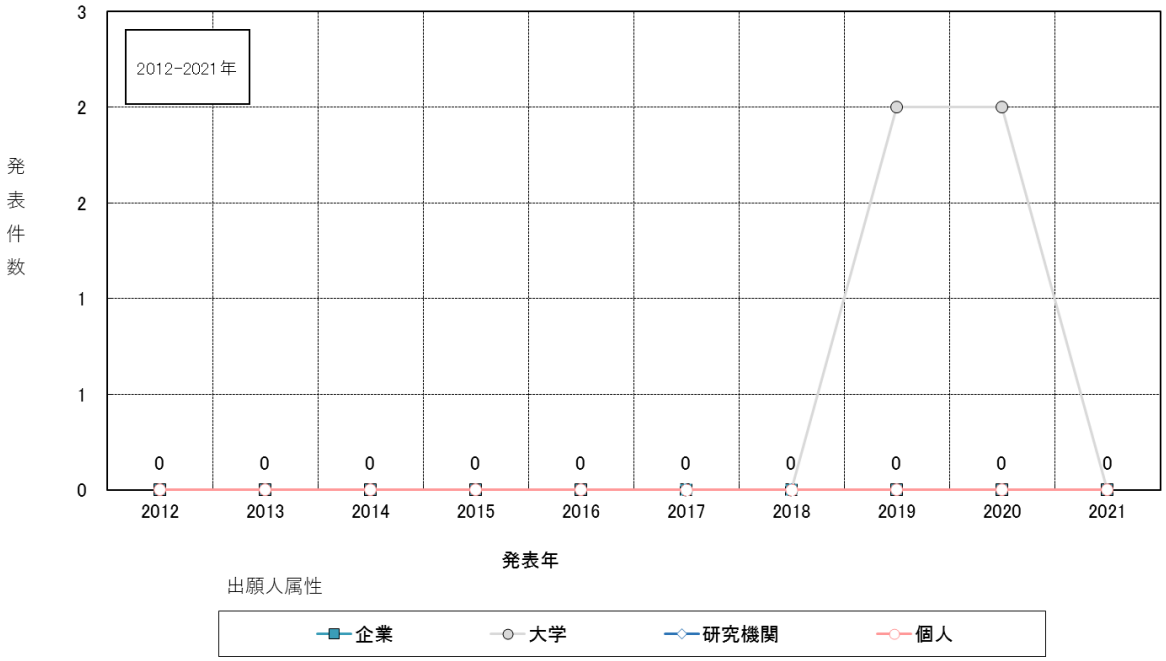


図 5-3-10 技術区分（アンモニア製造）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（米国籍）



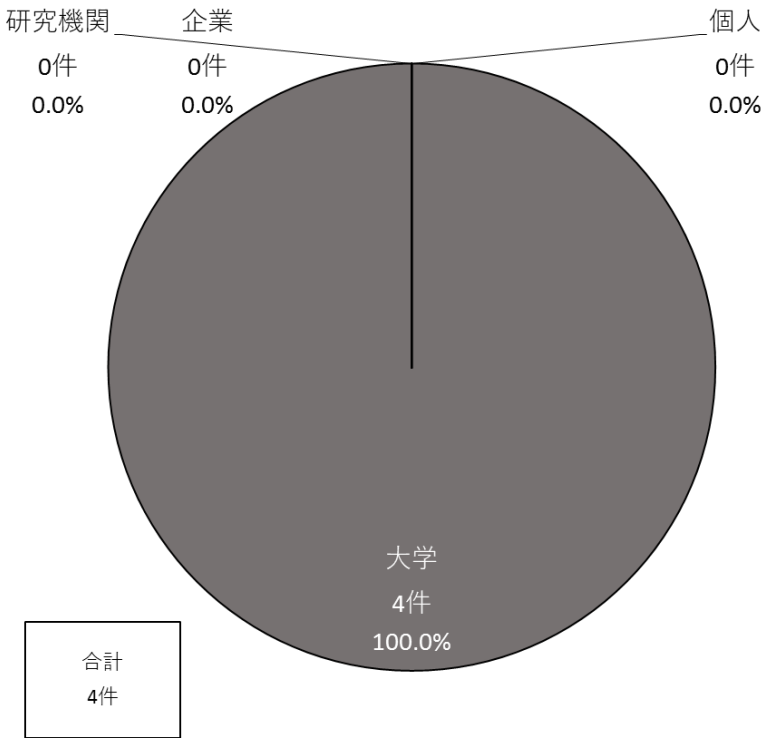
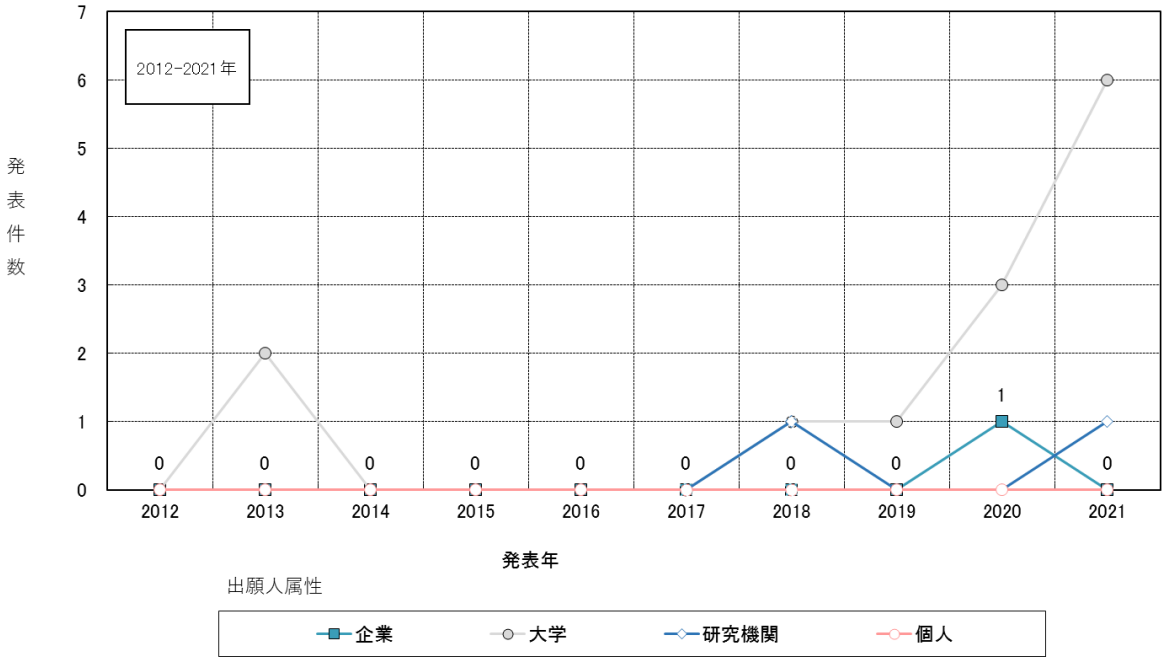


図 5-3-11 技術区分（アンモニア製造）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（欧州籍）



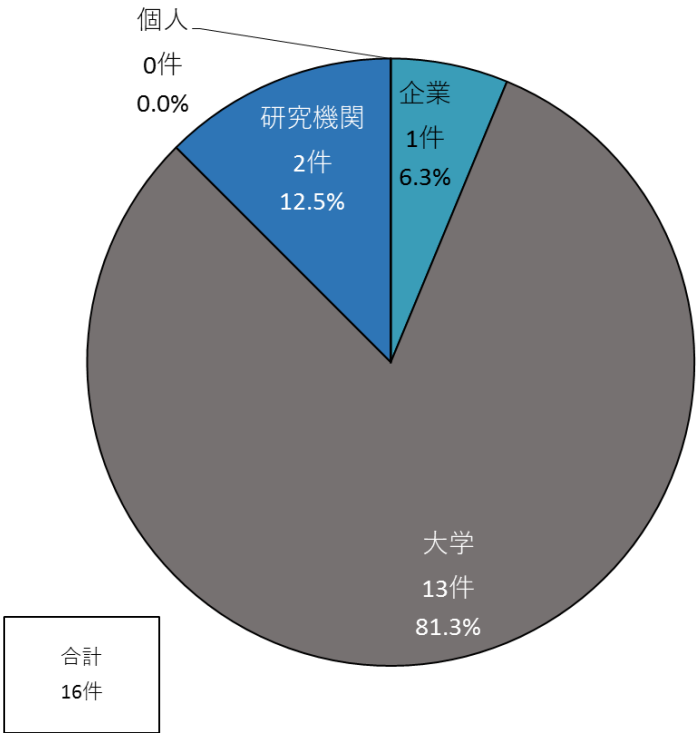
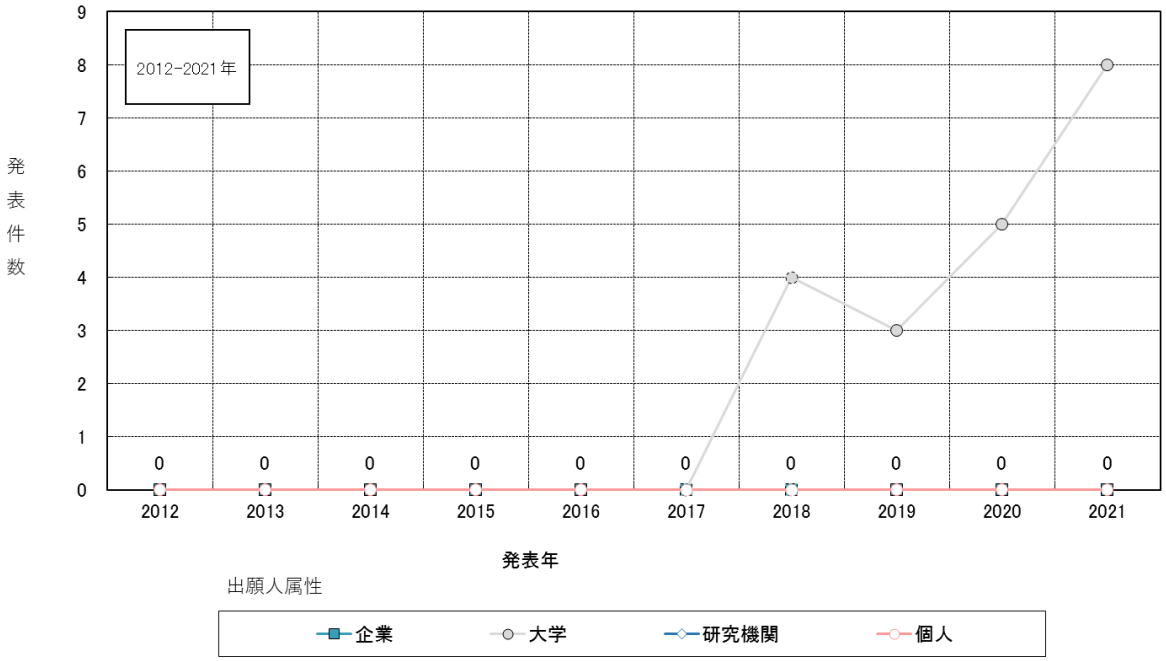


図 5-3-12 技術区分（アンモニア製造）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（中国籍）



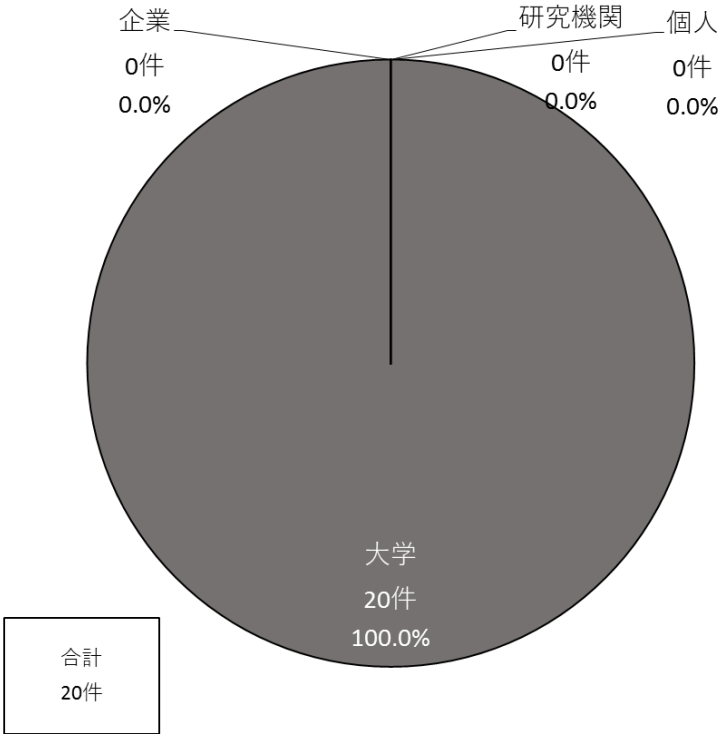
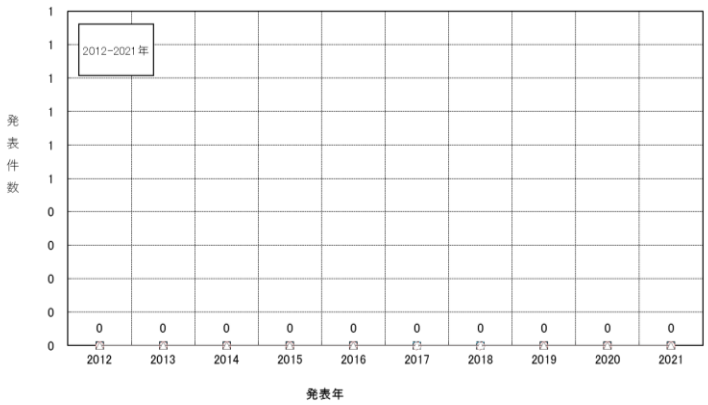


図 5-3-13 技術区分（アンモニア製造）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移（論文発表年：2012～2021 年）（韓国籍）

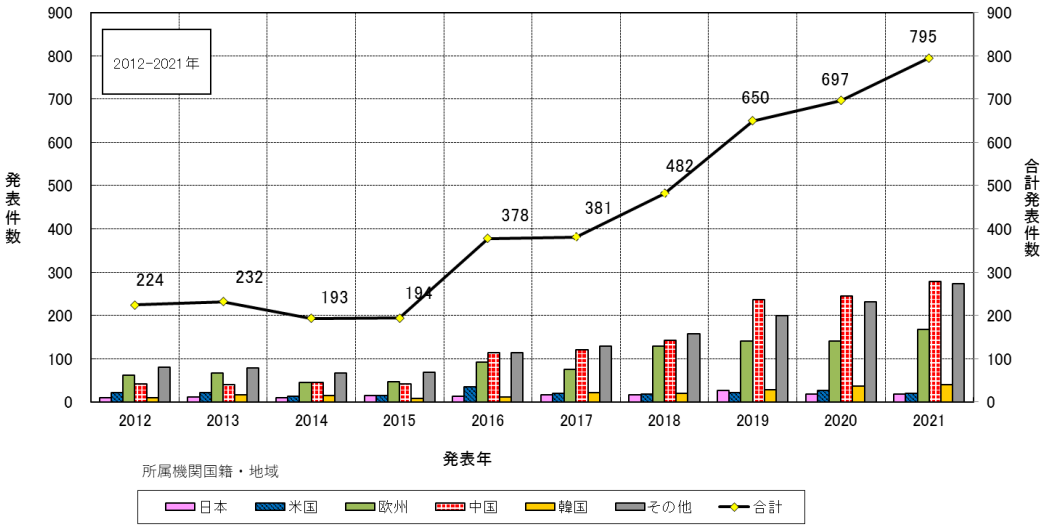


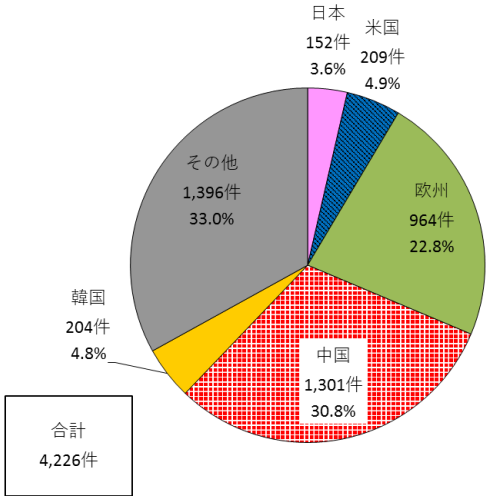
※韓国籍出願人の論文発表件数が 0 件であり、論文発表件数比率の掲載は省略

（３）その他動向調査

製造における大学や研究機関の論文発表動向を図 5-3-14 に示す。

図 5-3-14　所属機関属性を（大学・研究機関）に限定した技術区分（製造）の研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）





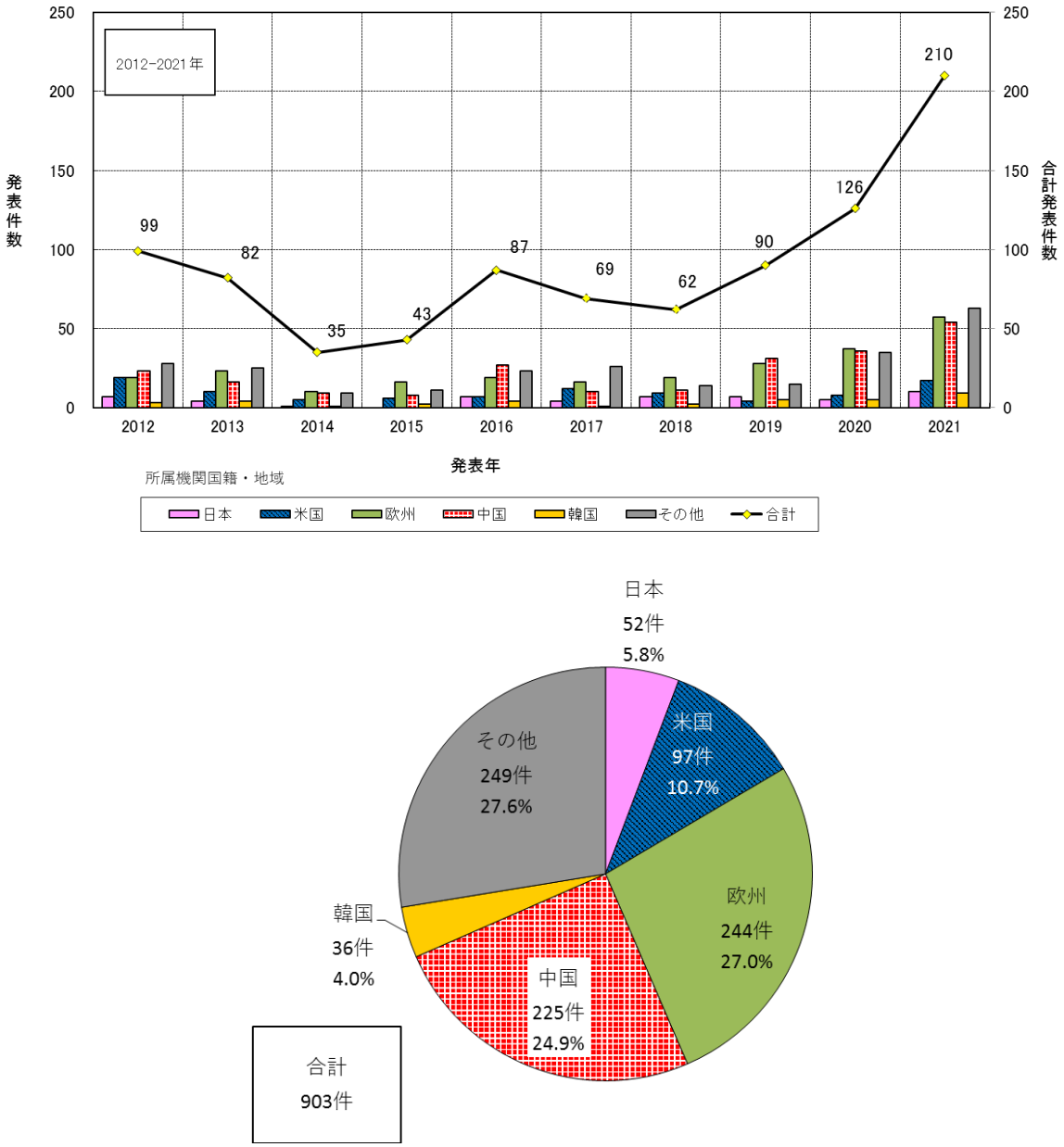
第４節　貯蔵・輸送・供給における研究開発動向調査

１．論文発表件数推移及び論文発表件数比

貯蔵・輸送・供給における研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数の推移と比率を図 5-4-1 に示す。全体の件数は増加傾向であり、特に欧州籍、中国籍の件数が増加傾向である。

欧州籍による論文発表件数比率が最も高く 27.0%を占めており、次いで、中国籍（24.9%）、米国籍（10.7%）、日本国籍（5.8%）、韓国籍（4.0%）、となっている。

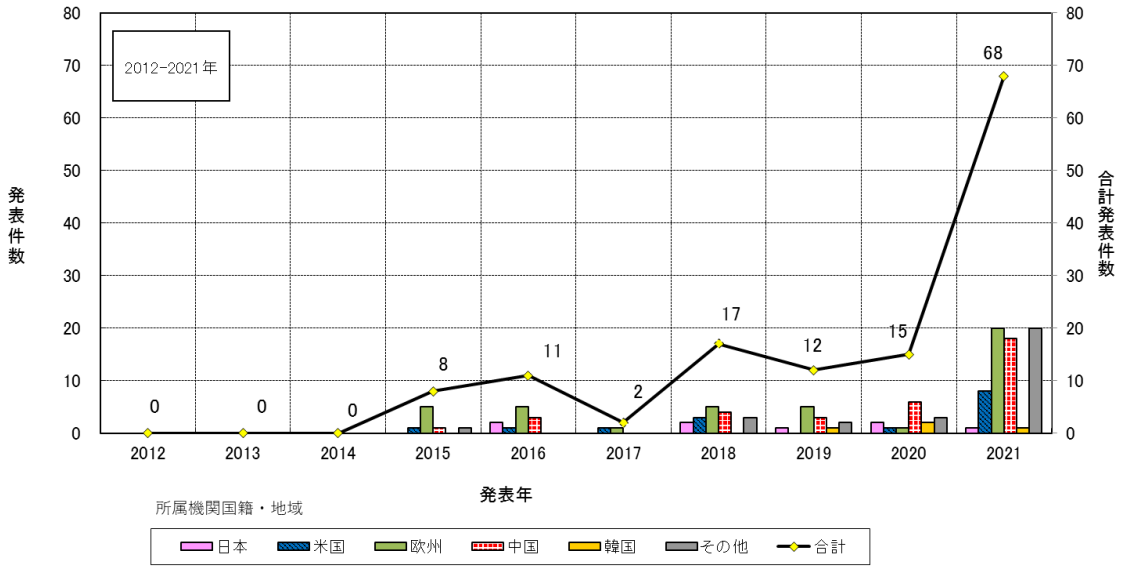
図 5-4-1　技術区分（貯蔵・輸送・供給）の研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）

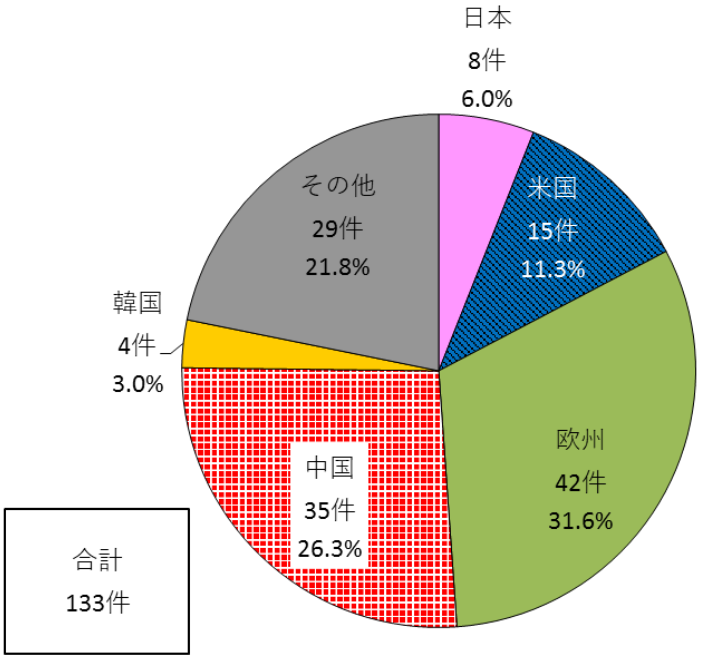


圧縮水素の容器(固定された貯槽を除く)における研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数の推移と比率を図 5-4-2 に示す。全体の件数は増加傾向であり、特に欧州籍、中国籍の件数が増加傾向である。

欧州籍による論文発表件数比率が最も高く 31.6%を占めており、次いで、中国籍(26.3%)、米国籍(11.3%)、日本国籍(6.0%)、韓国籍(3.0%)、となっている。

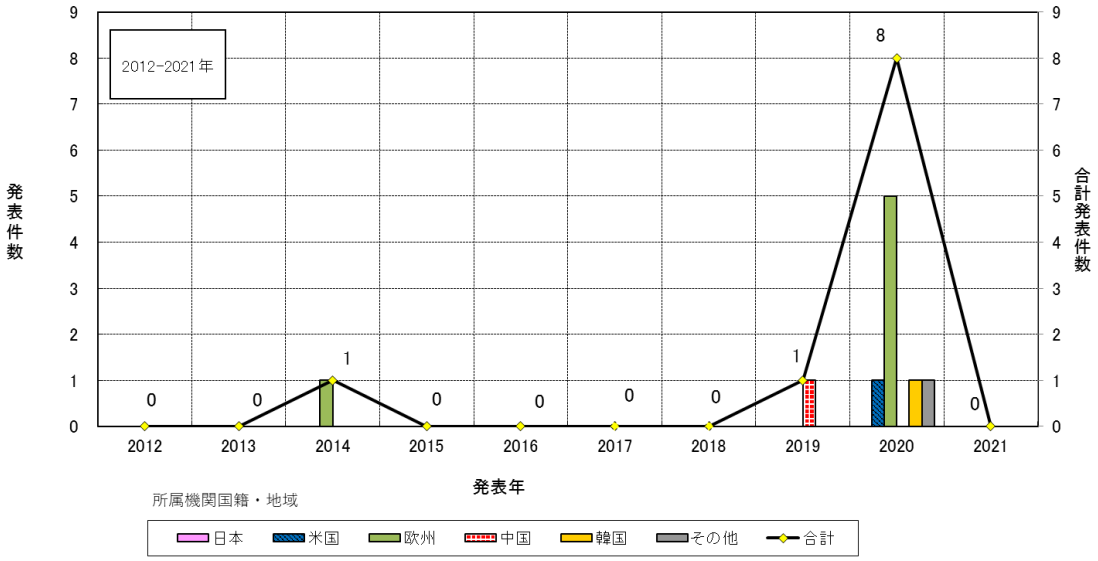
図 5-4-2　技術区分([圧縮水素]×[容器(固定された貯槽を除く)])の研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率(論文発表年:2012～2021 年)

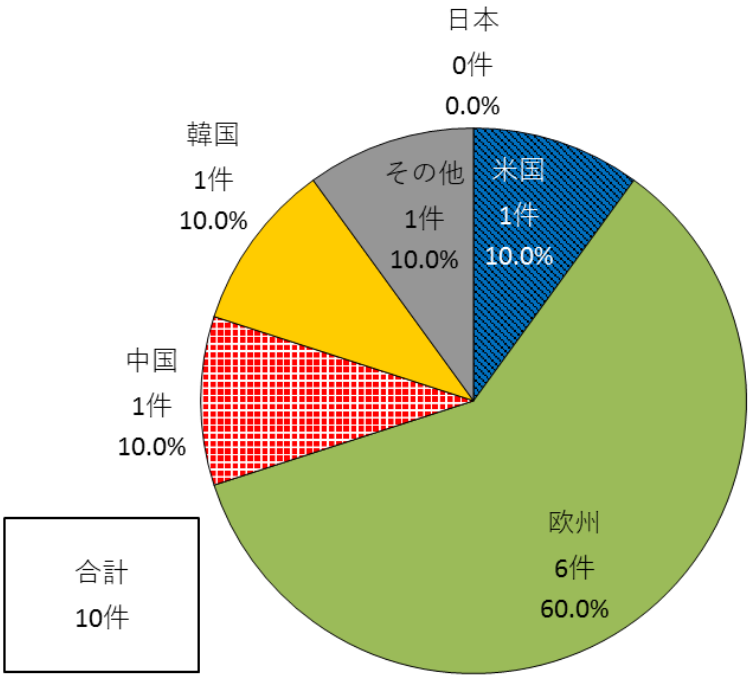




水素ステーションの管理運営における研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数の推移と比率を図 5-4-3 に示す。全体の件数が少なく、傾向について特にコメントは無い。欧州籍による論文発表件数比率が最も高く 60.0%を占めているが全体の件数が少なく参考値程度である。

図 5-4-3　技術区分（[水素ステーション]×[管理運営]）の研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）





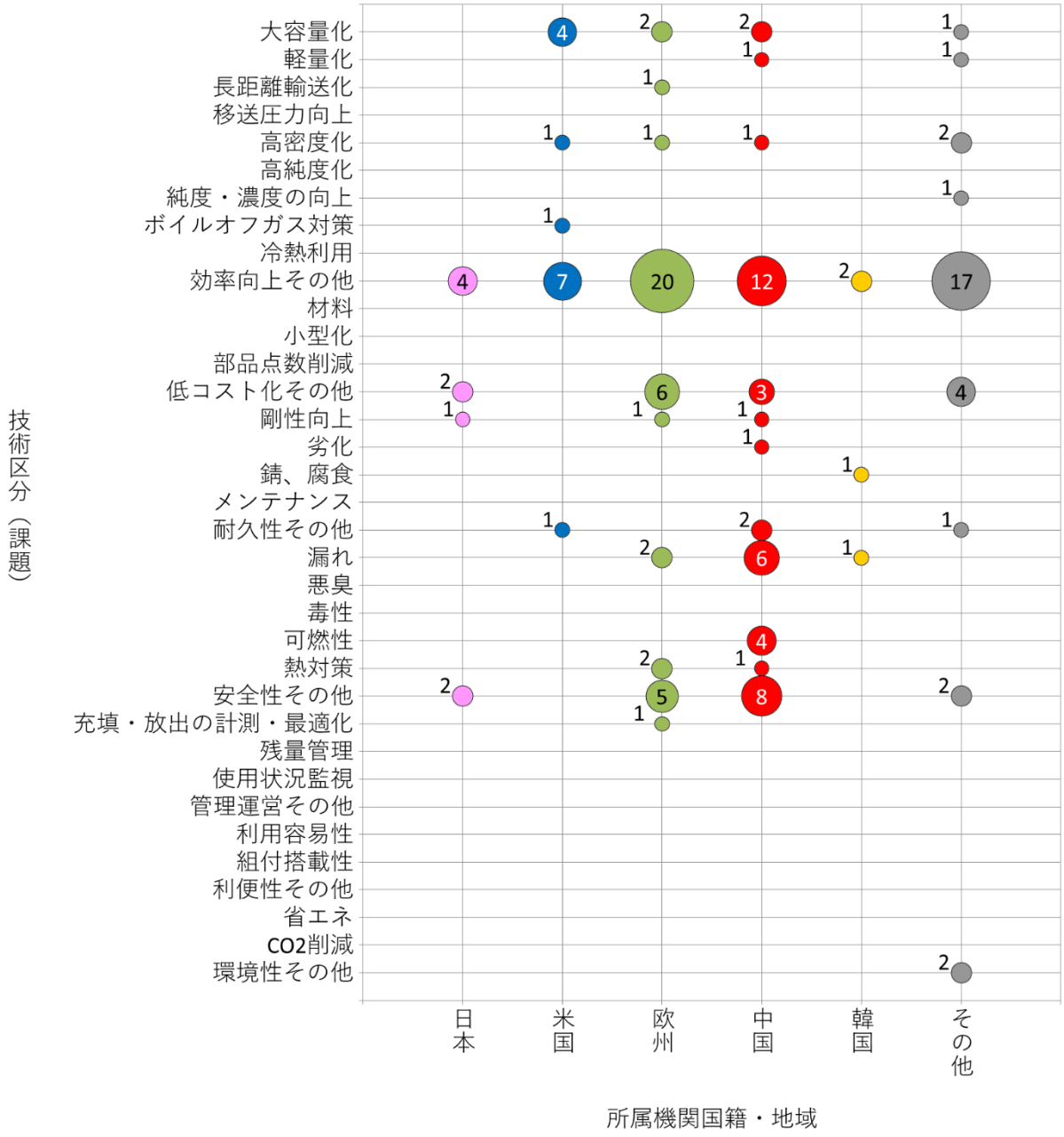
２．技術区分別動向調査

水素ステーションの管理運営別の研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数を図 5-4-4 に示す。充填・放出の計測・最適化、使用状況監視、管理運営その他に対して、欧州籍の発表が一番多い。残量管理に対してはどの国籍・地域も発表が見られない。

図 5-4-4　技術区分（[水素ステーション]×[管理運営]）別 - 研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数（論文発表年：2012～2021 年）

圧縮水素の容器(固定された貯槽を除く)における課題別の研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数を図 5-4-5 に示す。効率向上、安全性に対して、欧州籍、中国籍の発表が多い。

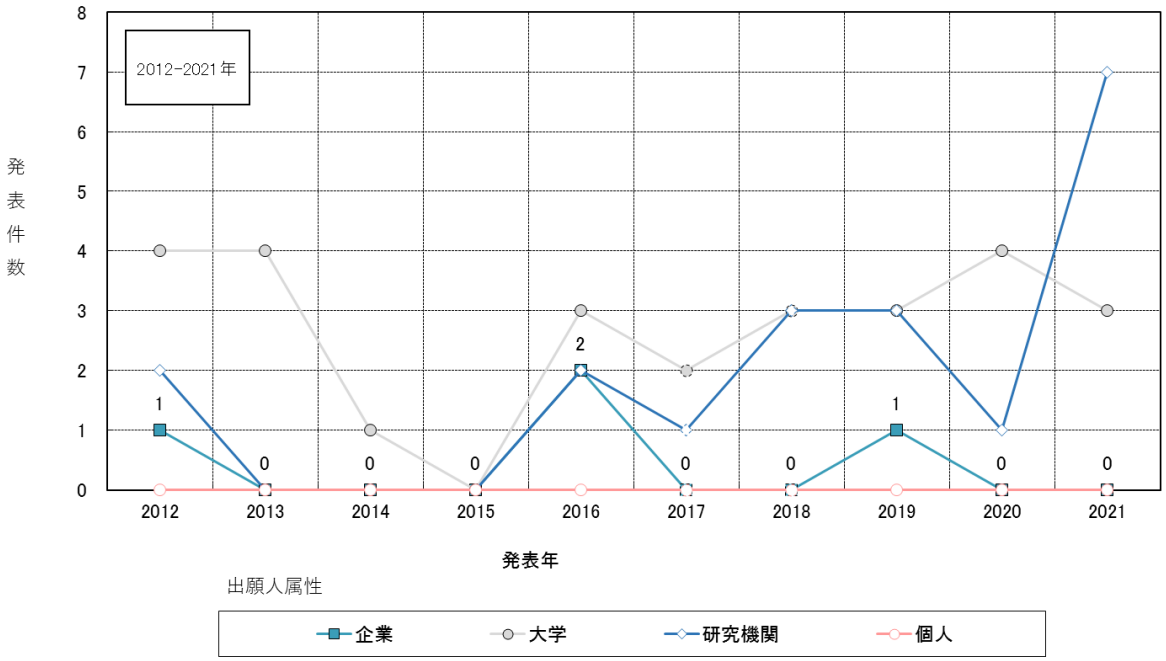
図 5-4-5　技術区分（[圧縮水素]×[容器(固定された貯槽を除く)]）別 - 研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数（論文発表年：2012～2021 年）



３．研究者所属機関属性別論文動向調査

貯蔵・輸送・供給における研究者所属機関属性別の論文発表件数推移及び論文発表件数比率を図 5-4-6～図 5-4-10 に示す。日米欧中韓の論文発表件数について、半分以上を大学が占めているが、欧州籍、中国籍、韓国籍の大学の発表件数は増加傾向にある。

図 5-4-6　技術区分（貯蔵・輸送・供給）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（日本国籍）



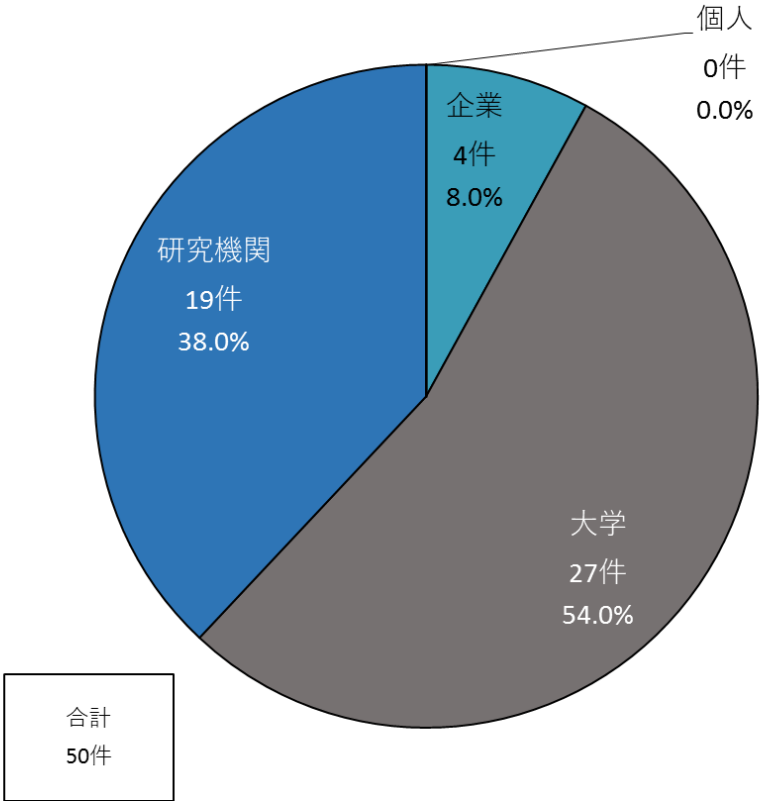
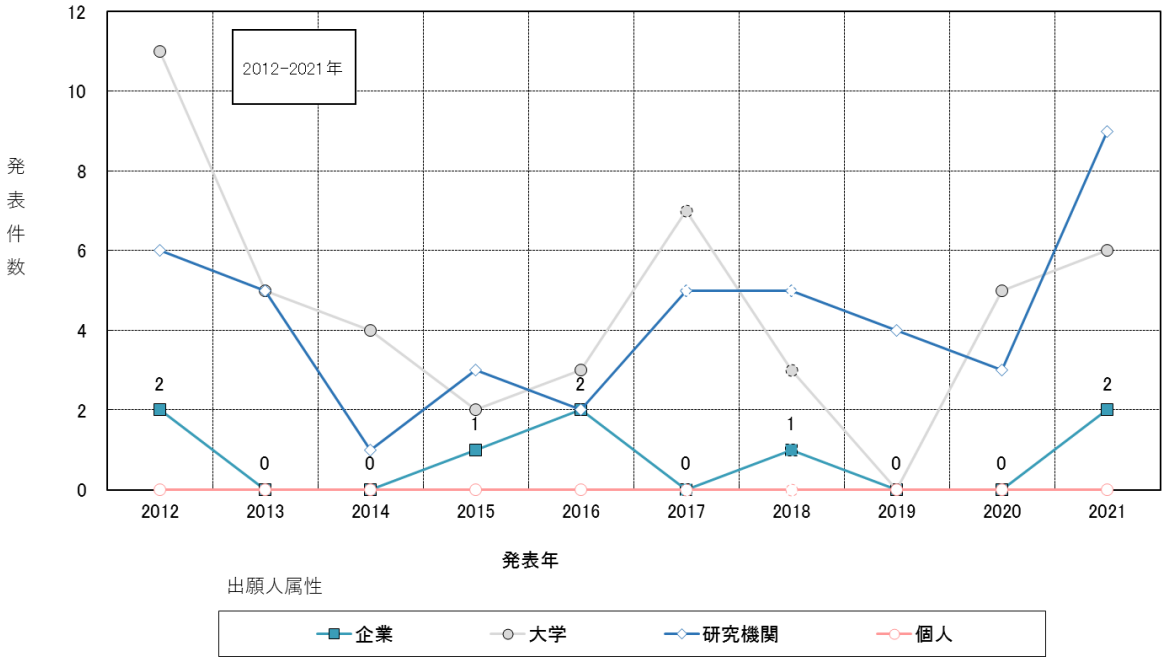


図 5-4-7　技術区分（貯蔵・輸送・供給）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（米国籍）



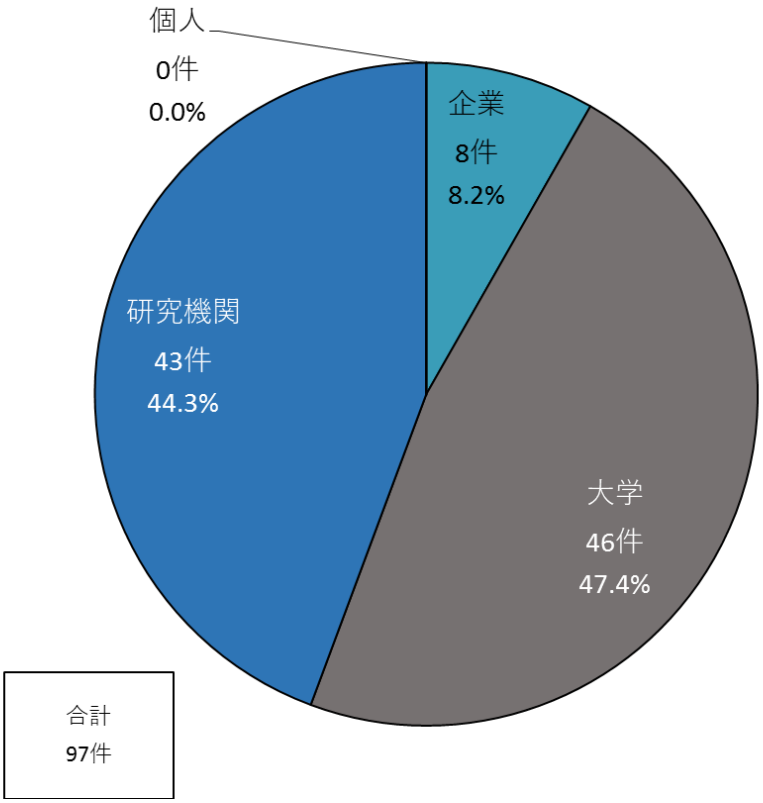
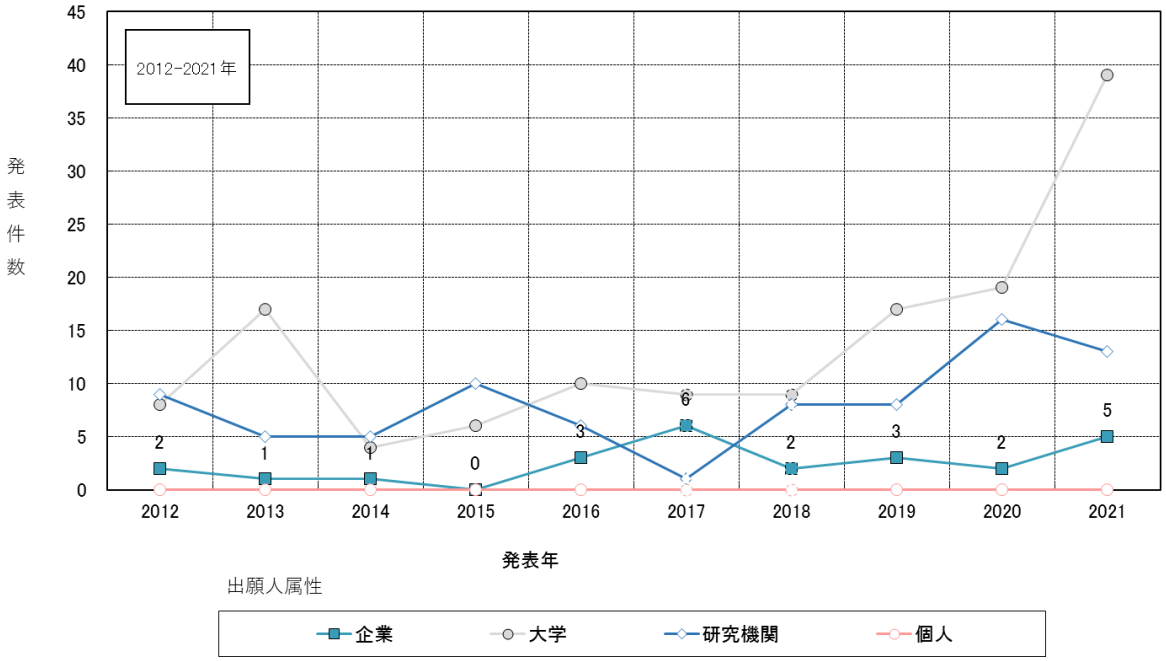


図 5-4-8　技術区分（貯蔵・輸送・供給）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（欧州籍）



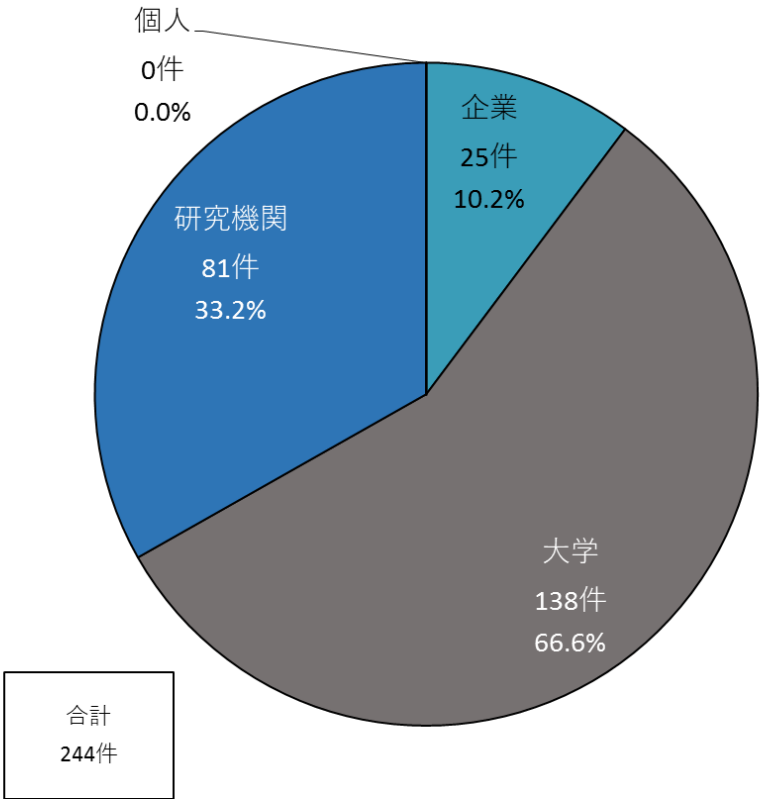
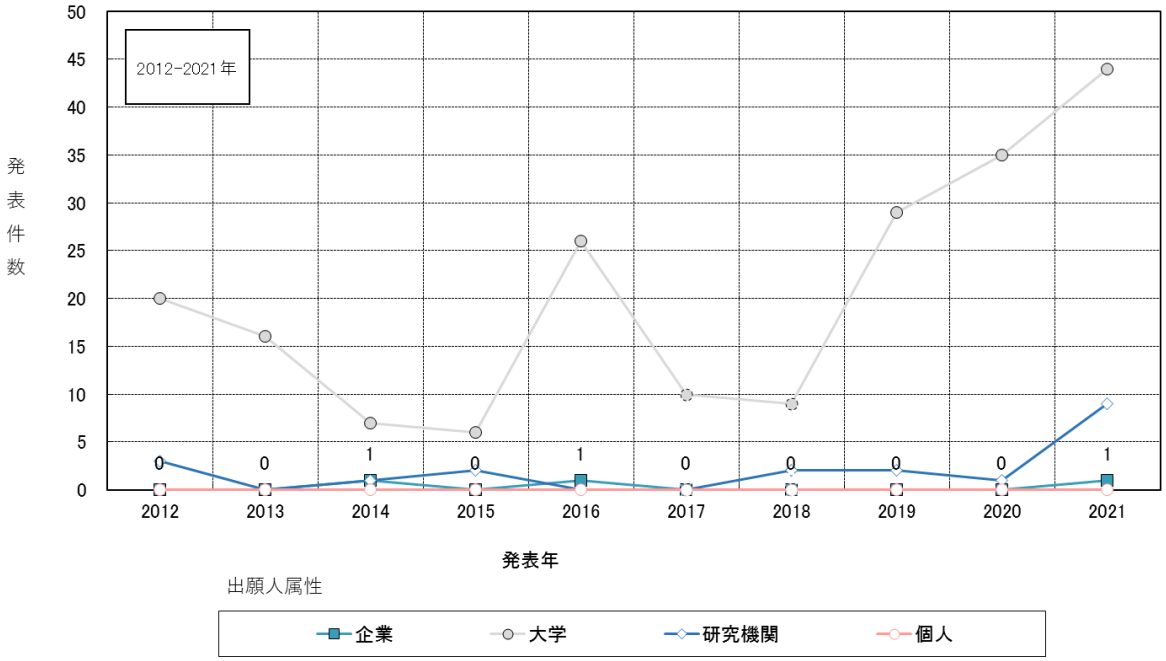


図 5-4-9　技術区分（貯蔵・輸送・供給）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（中国籍）



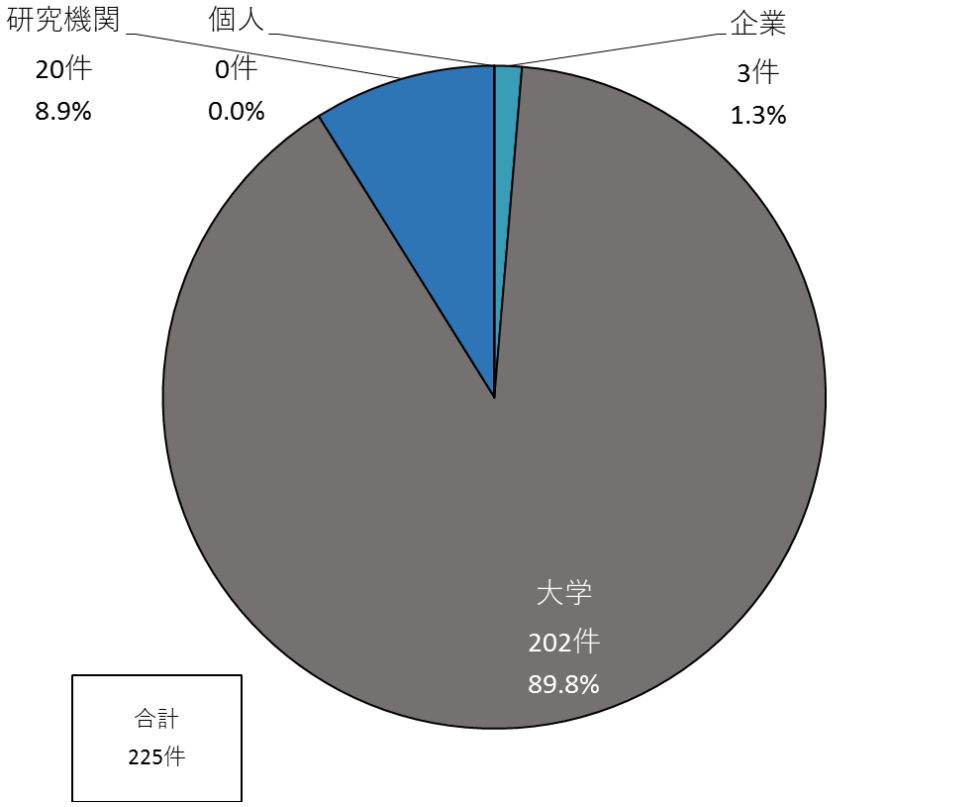
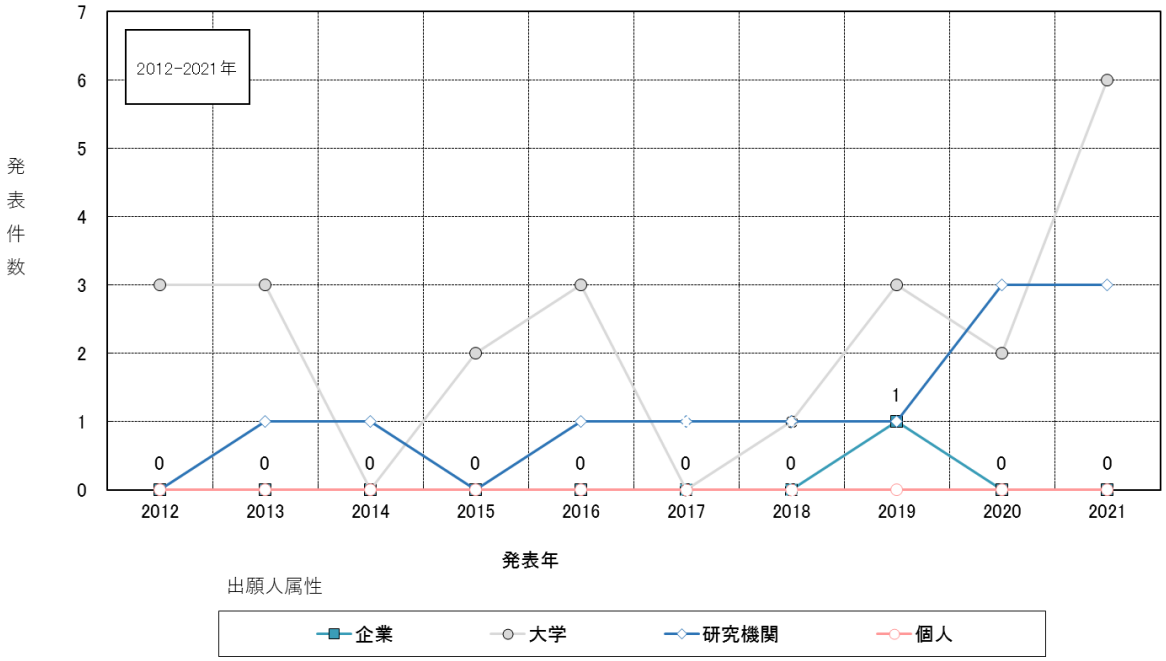
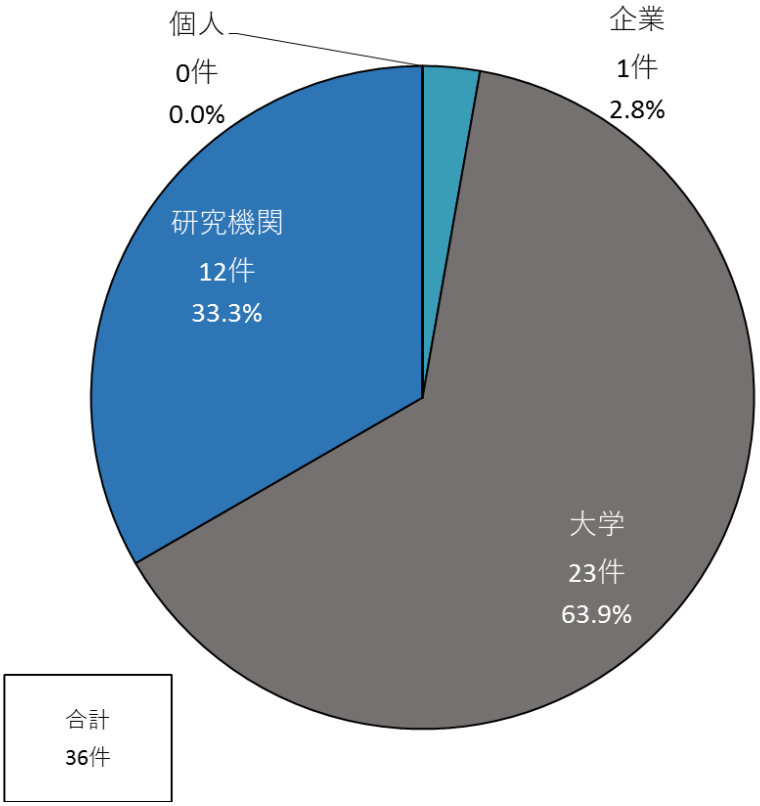


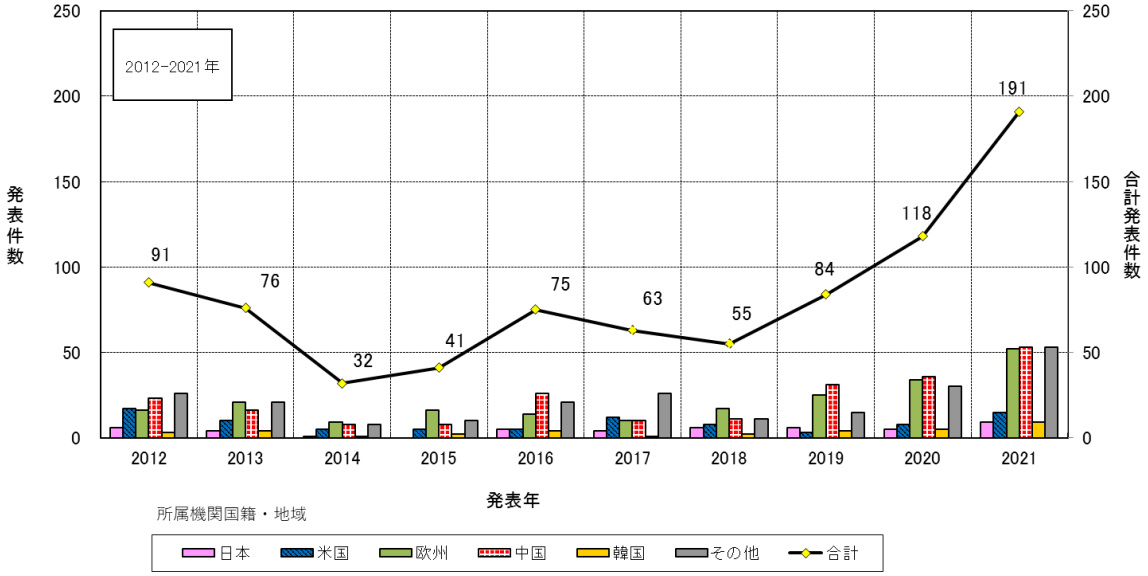
図 5-4-10　技術区分（貯蔵・輸送・供給）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（韓国籍）

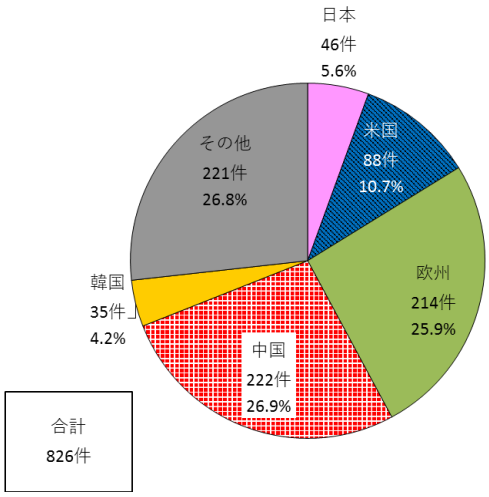




貯蔵・輸送・供給における大学や研究機関の論文発表動向を図 5-4-11 に示す。

図 5-4-11　所属機関属性を（大学・研究機関）に限定した技術区分（貯蔵・輸送・供給）の研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）





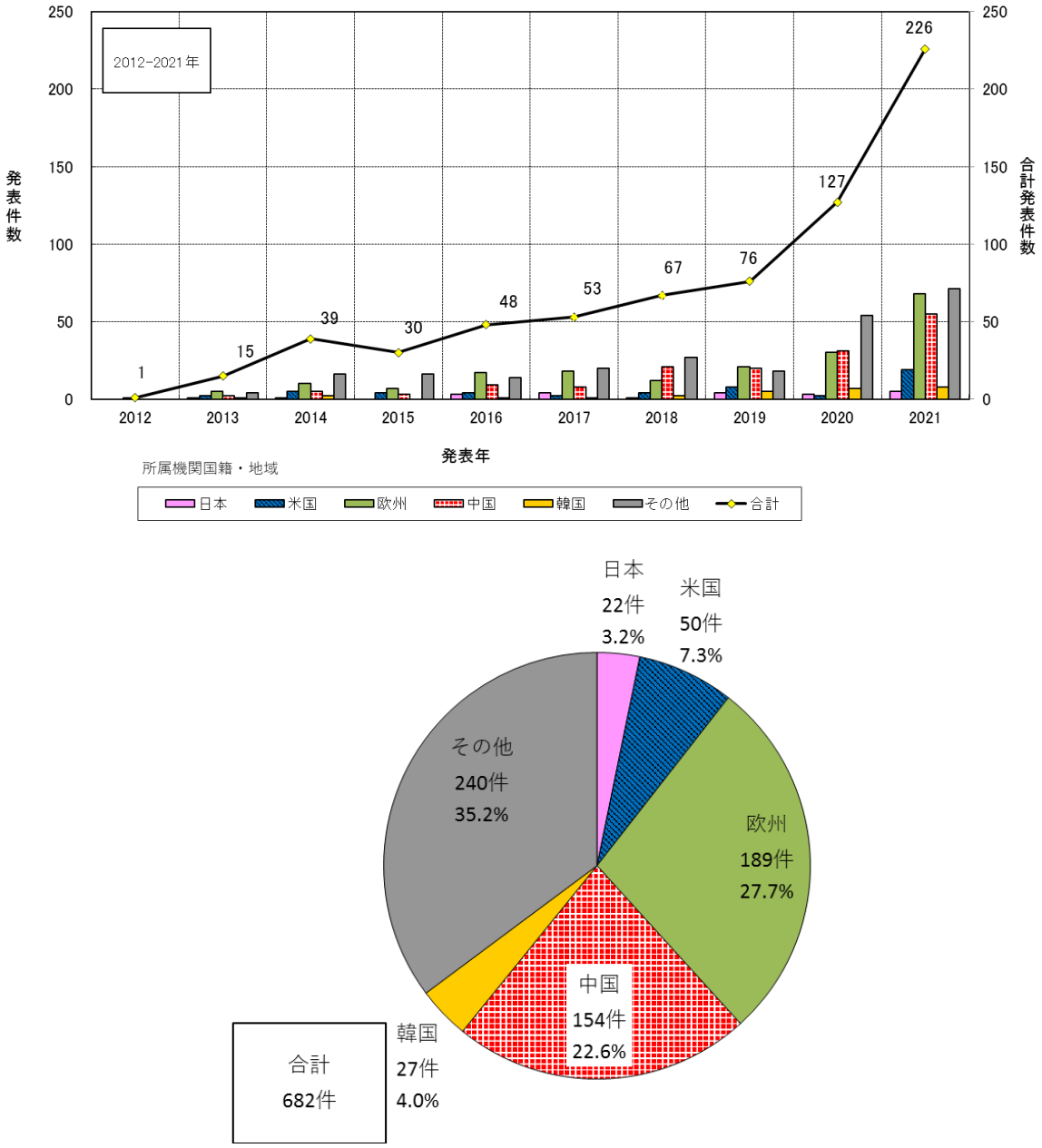
第５節　燃焼利用における研究開発動向調査

１．論文発表件数推移及び論文発表件数比

水素の燃焼利用における研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数の推移と比率を図 5-5-1 に示す。全体の件数は増加傾向であり、特に欧州籍、中国籍の件数が増加傾向である。

欧州籍による論文発表件数比率が最も高く 27.7%を占めており、次いで、中国籍（22.6%）、米国籍（7.3%）、韓国籍（4.0%）、日本国籍（3.2%）となっている。

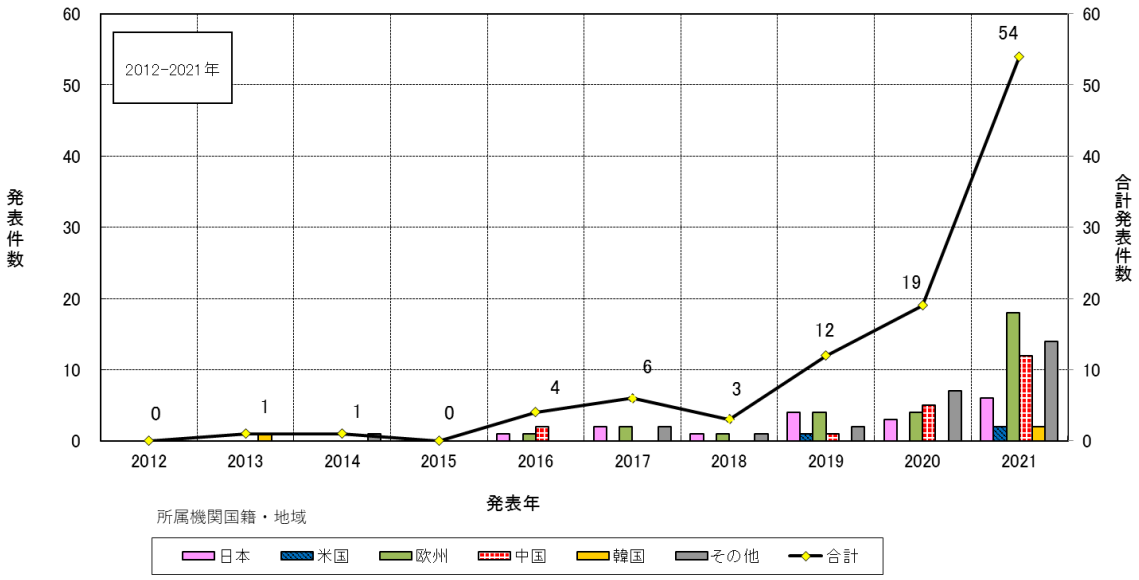
図 5-5-1　技術区分（水素の燃焼利用）の研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）

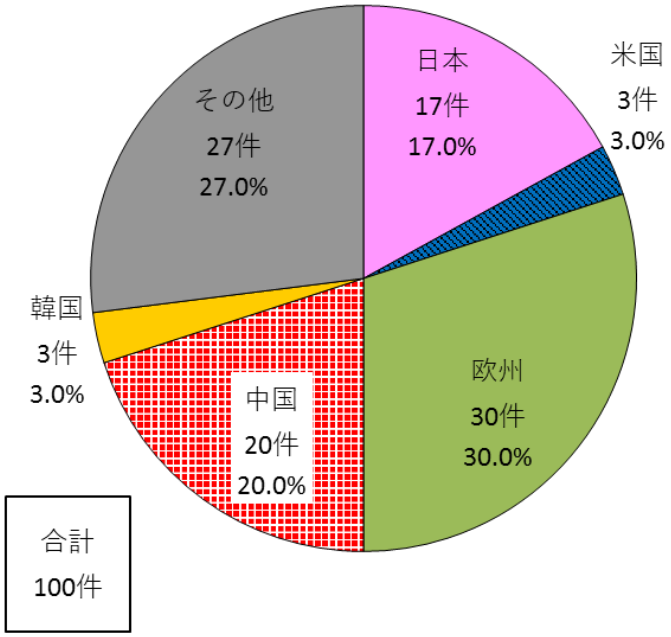


アンモニアの燃焼利用における研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数の推移と比率を図 5-5-2 に示す。全体の傾向としては増加傾向であり、特に欧州籍の研究者所属機関の件数が増加傾向にある。

欧州籍によるファミリー件数比率が最も高く、30.0%を占めており、次いで、日本国籍（17.0%）、中国籍（20.0%）、米国籍（3.0%）、韓国籍（3.0%）となっている。

図 5-5-2　技術区分（アンモニアの燃焼利用）の研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）

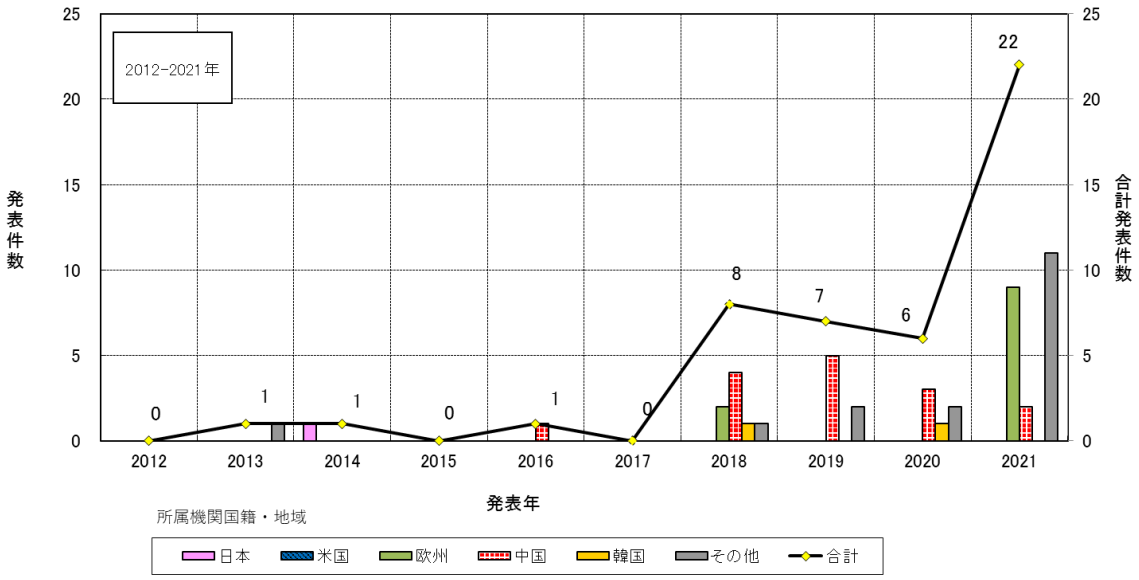


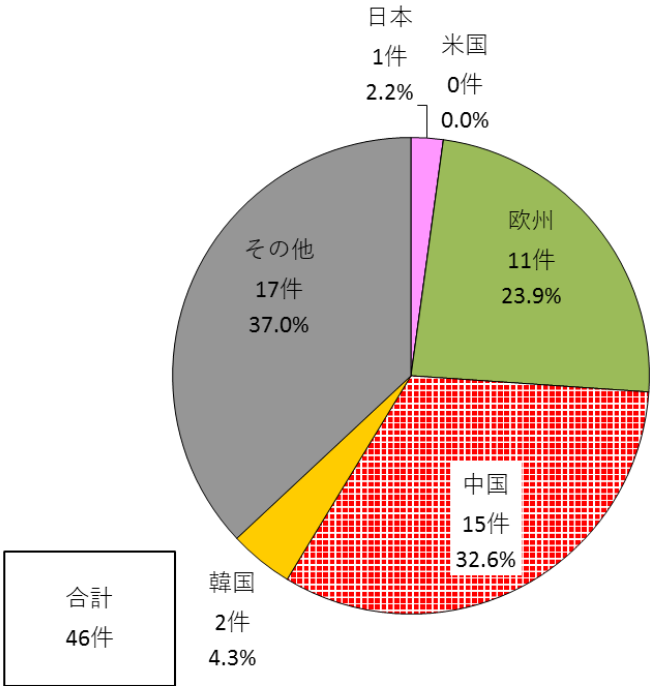


航空機への水素の燃焼利用における研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数の推移と比率を図 5-5-3 に示す。全体の件数は 2018 年以降増加傾向であり、特に直近では欧州の発表件数が急増している。

中国籍による論文発表件数比率が最も高く 32.6%を占めており、次いで、欧州籍（23.9%）、韓国籍（4.3%）、日本国籍（2.2%）、米国籍（0.0%）となっている。

図 5-5-3　技術区分（[航空機]×[水素の燃焼利用]）の研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）

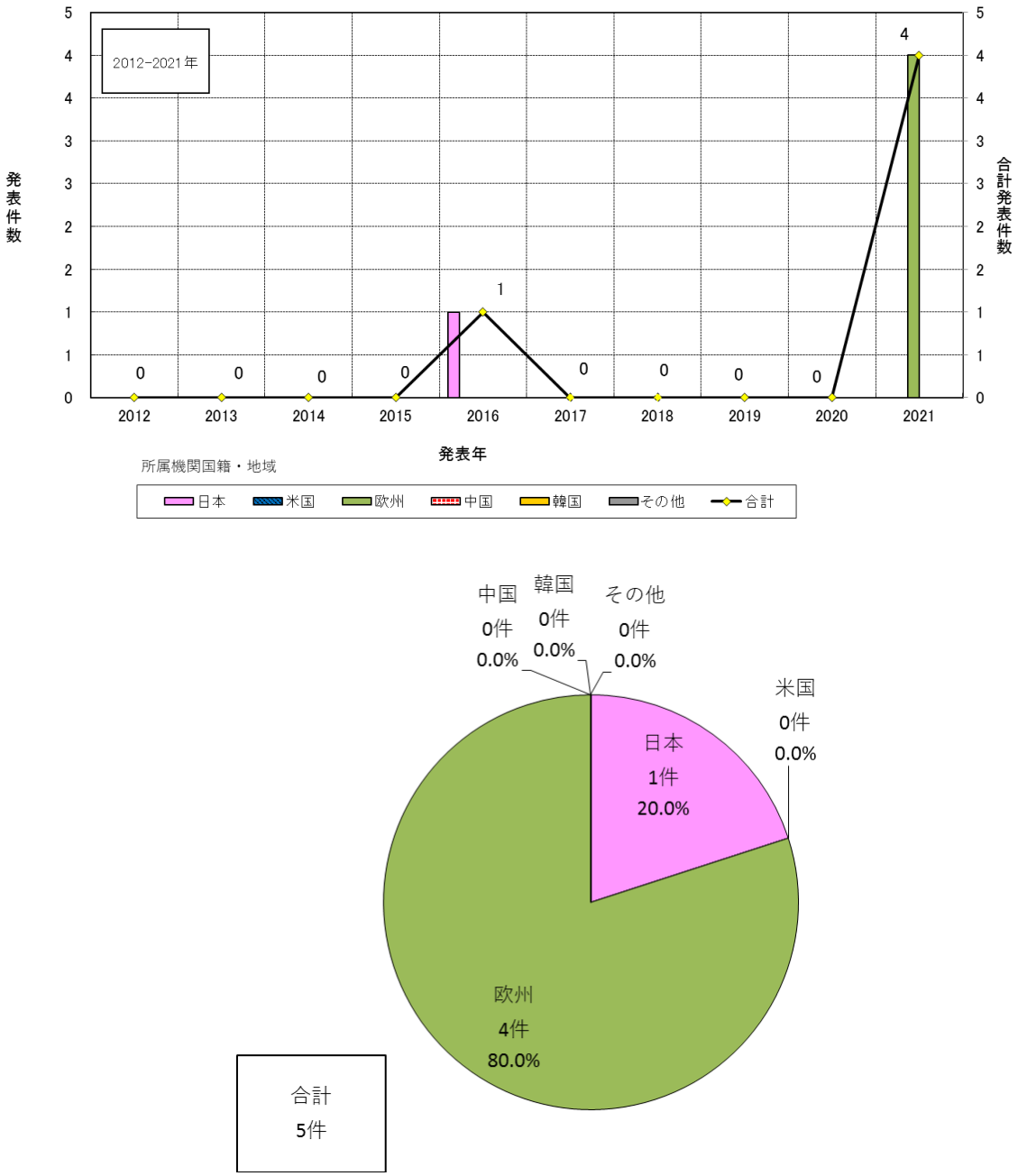




船舶への水素の燃焼利用における研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数の推移と比率を図 5-5-4 に示す。日本国籍と欧州籍の研究者所属機関のみが発表をしており、日本国籍、欧州籍ともに件数が少ない。

日本国籍と欧州籍の研究者所属機関のみが発表をしており、日本国籍が 1 件、欧州籍が 4 件の発表となっている。

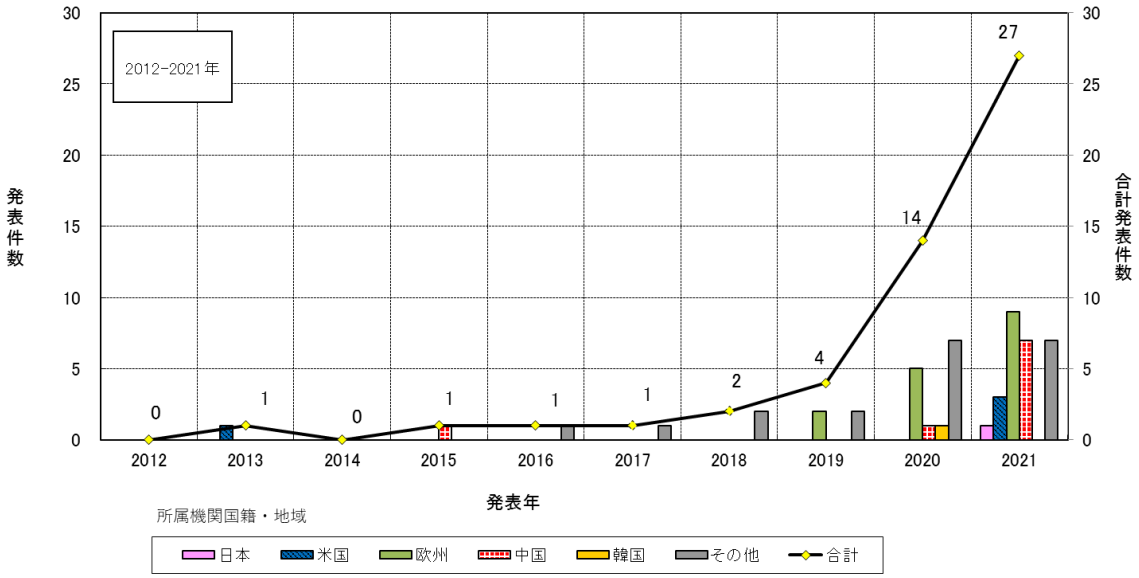
図 5-5-4　技術区分（[船舶]×[水素の燃焼利用]）の研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）

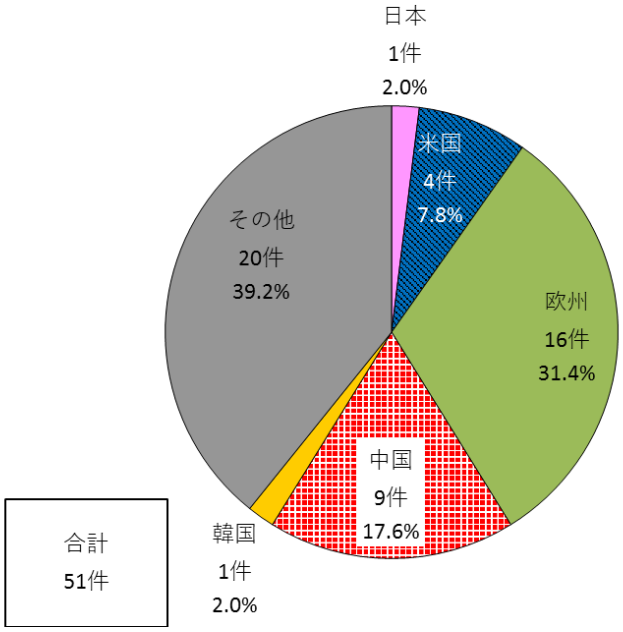


乗用車への水素の燃焼利用における研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数の推移と比率を図 5-5-5 に示す。欧州籍と中国籍の研究者所属機関の件数が増加傾向である。

欧州籍によるファミリー件数比率が最も高く、31.4%を占めており、次いで、中国籍（17.6%）、米国籍（7.8%）、日本国籍（2.0%）、韓国籍（2.0%）となっている。

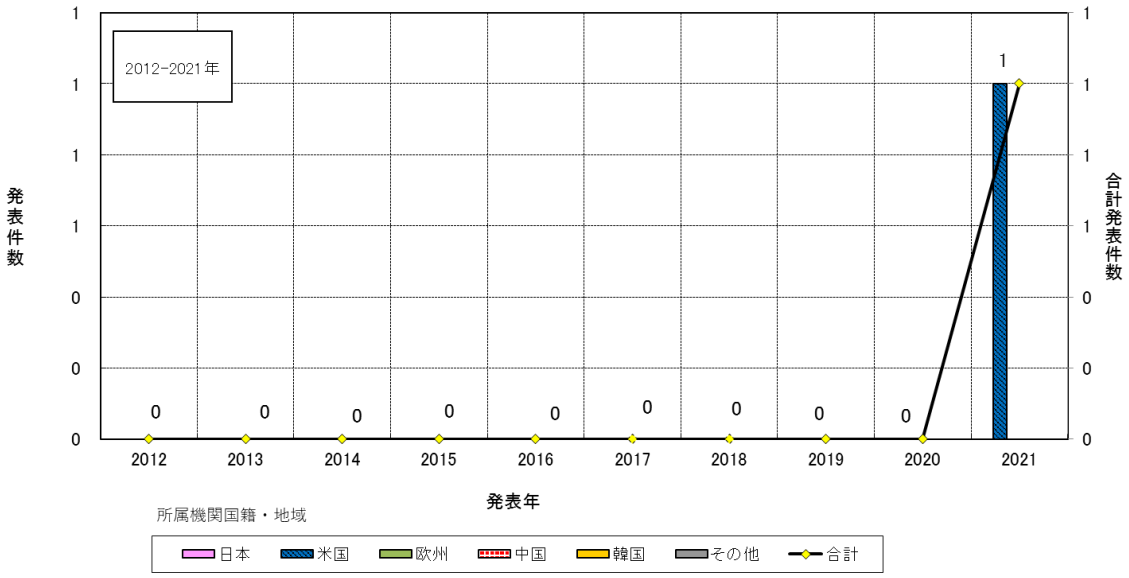
図 5-5-5　技術区分（[乗用車]×[水素の燃焼利用]）の研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）

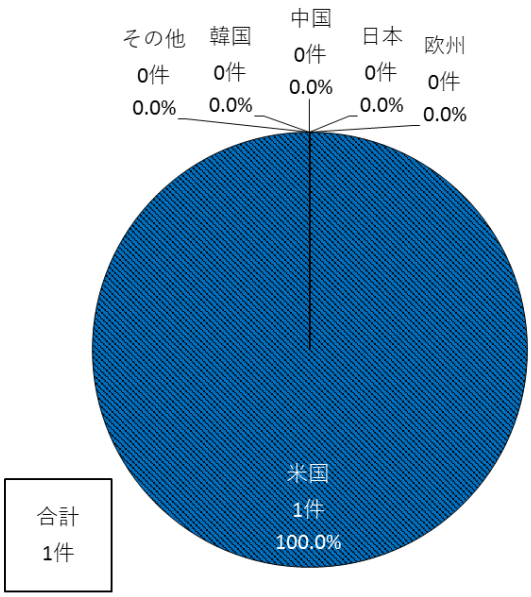




大型車、商用車への水素の燃焼利用における研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数の推移と比率を図 5-5-6 に示す。発表は米国籍の 1 件のみと少ない。

図 5-5-6　技術区分（[大型車、商用車]×[水素の燃焼利用]）の研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）

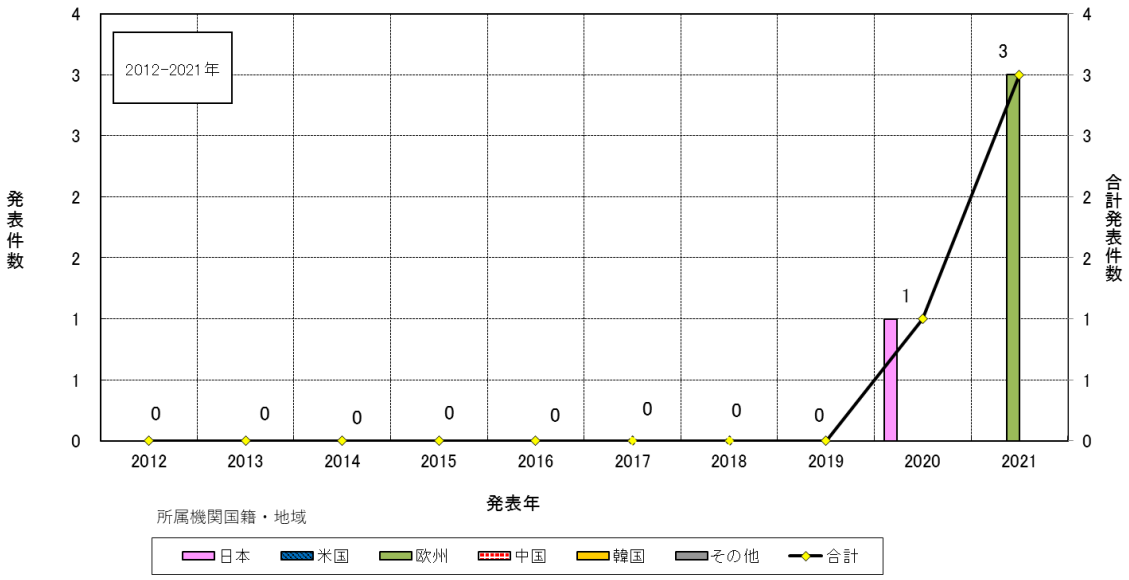


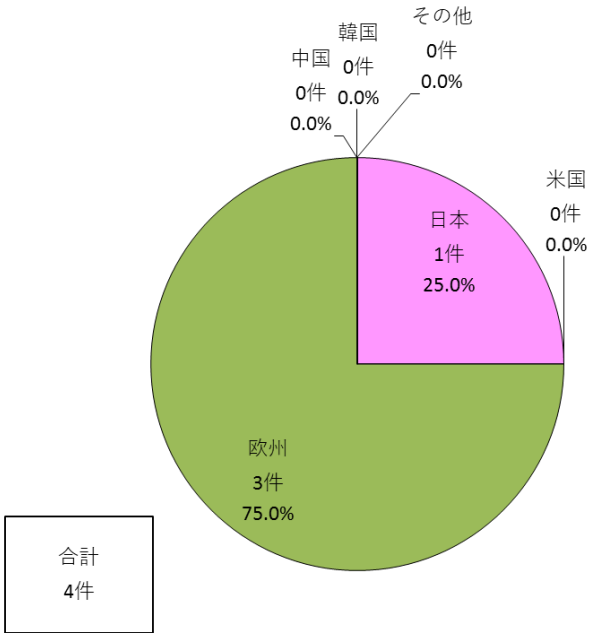


船舶におけるアンモニアの燃焼利用における研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数の推移と比率を図 5-5-7 に示す。日本国籍と欧州籍の研究者所属機関のみが発表をしており、日本国籍、欧州籍ともに件数が少ない。

欧州籍による論文発表件数比率が最も高く、75.0%を占めており、次いで、日本国籍（25.0%）となっている。

図 5-5-7　技術区分（[船舶]×[アンモニアの燃焼利用]）の研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）

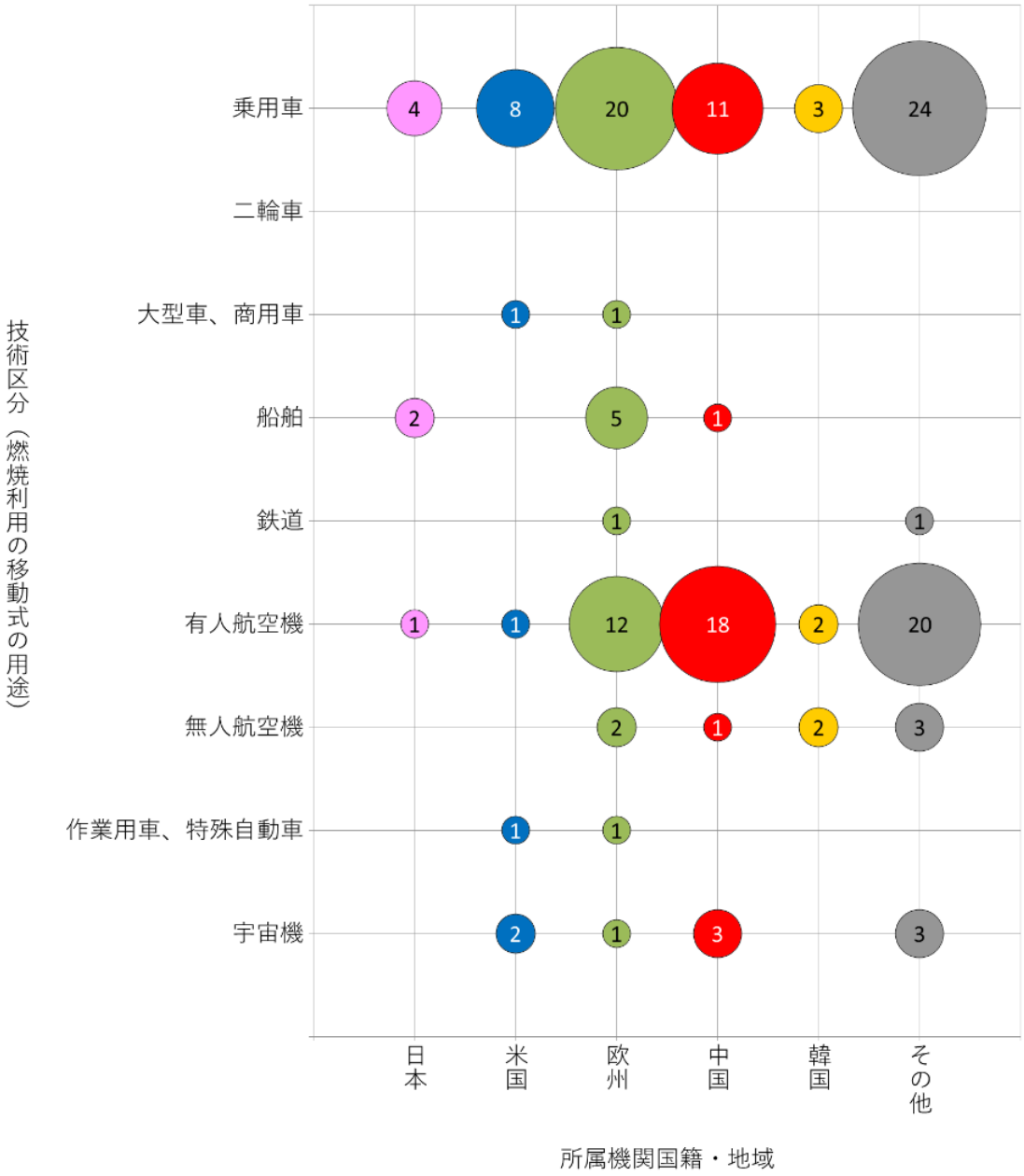




２．技術区分別動向調査

燃焼利用の移動式の用途別の研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数を図 5-5-8 に示す。乗用車、船舶については欧州籍の発表件数が最も多く、有人航空機については中国籍の発表件数が最も多い。

図 5-5-8　技術区分（燃焼利用の移動式の用途）別 - 研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数（論文発表年：2012～2021 年）



船舶への燃焼利用における、容積型内燃機関の特徴の種類別の研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数を図 5-5-9、図 5-5-10 に示す。水素、アンモニアともに、いずれの国・地域のいずれの技術区分においても発表件数が 3 件前後であり、全体的に件数が少ない。

図 5-5-9　技術区分（[船舶]×[容積型内燃機関の特徴]×[水素の燃焼利用]）別 - 研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数（論文発表年：2012～2021 年）

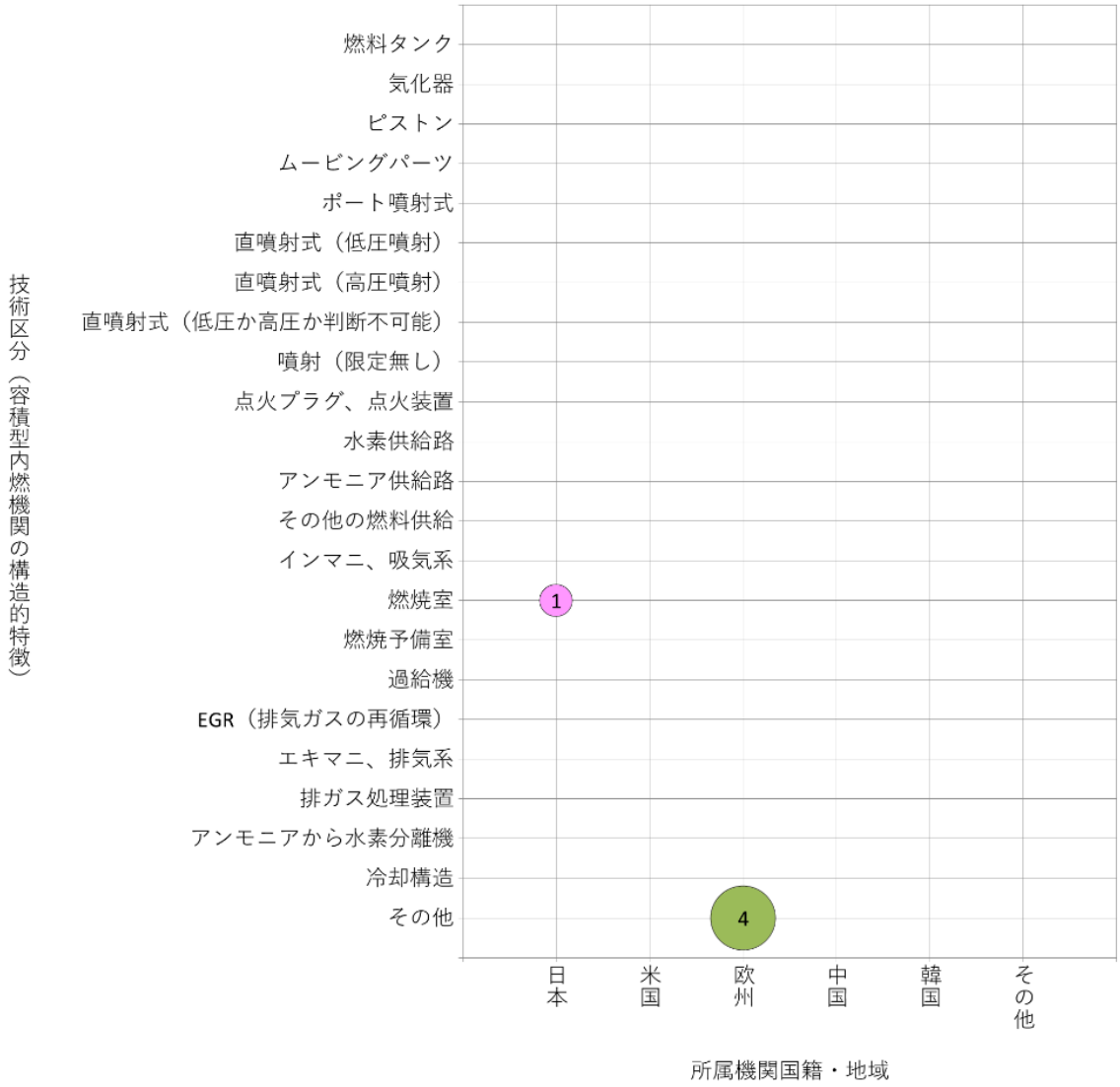
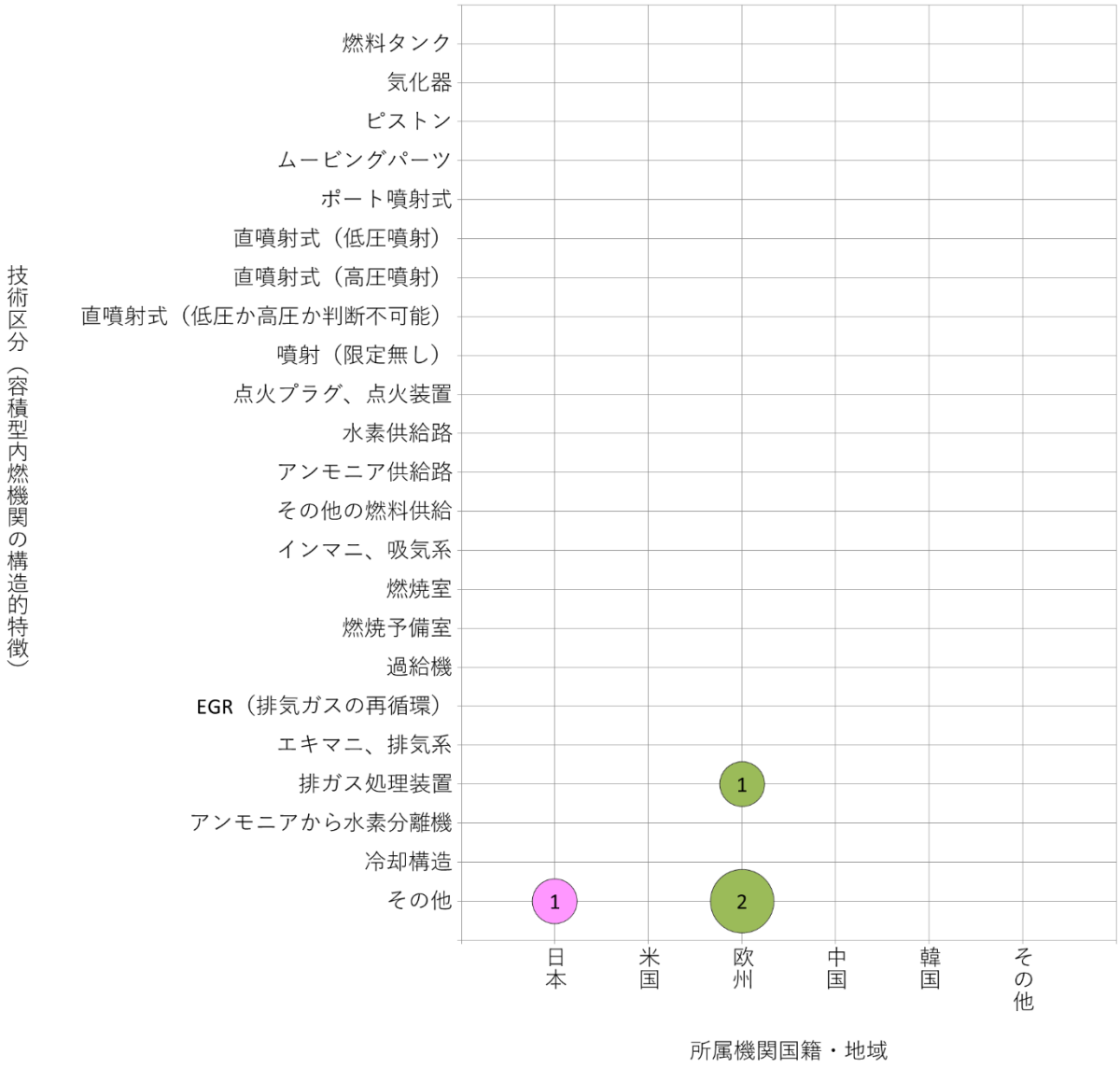


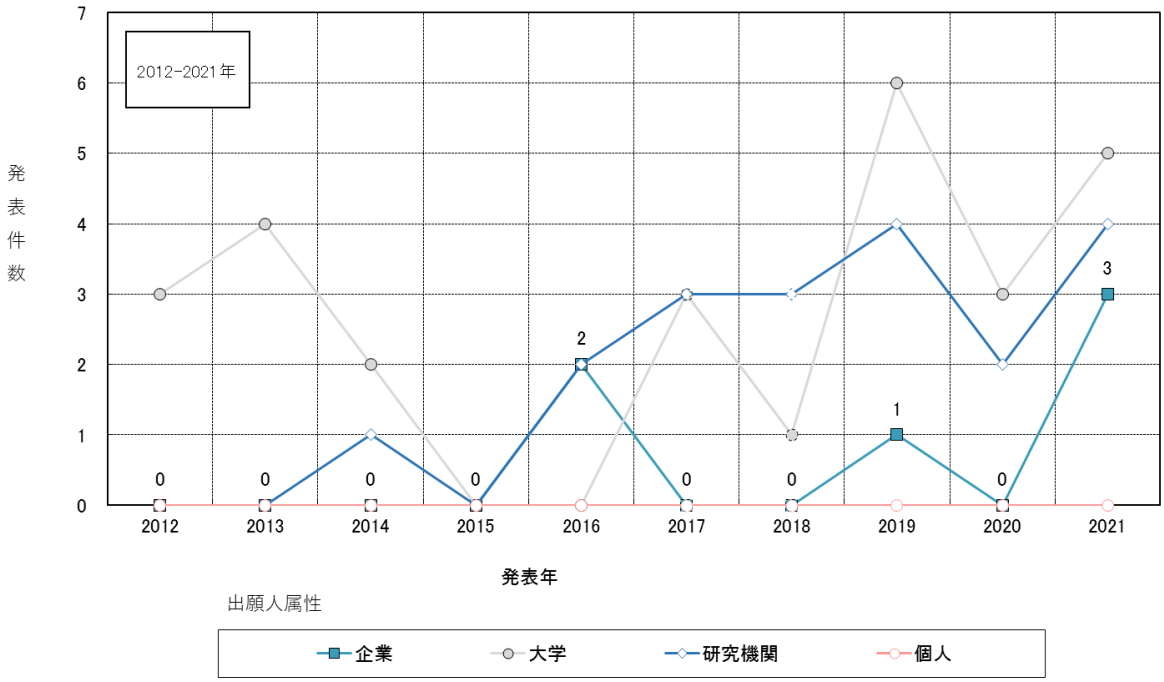
図 5-5-10　技術区分（[船舶]×[容積型内燃機関の特徴]×[アンモニアの燃焼利用]）別 - 研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数（論文発表年：2012～2021 年）



３．研究者所属機関属性別論文動向調査

燃焼利用における研究者所属機関属性別の論文発表件数推移及び論文発表件数比率を図 5-5-11～図 5-5-15 に示す。米国籍、欧州籍、中国籍の発表件数について、半分以上を大学が占めており、米国籍、欧州籍、中国籍の大学の発表件数は増加傾向にある。

図 5-5-11　技術区分（燃焼利用）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（日本国籍）



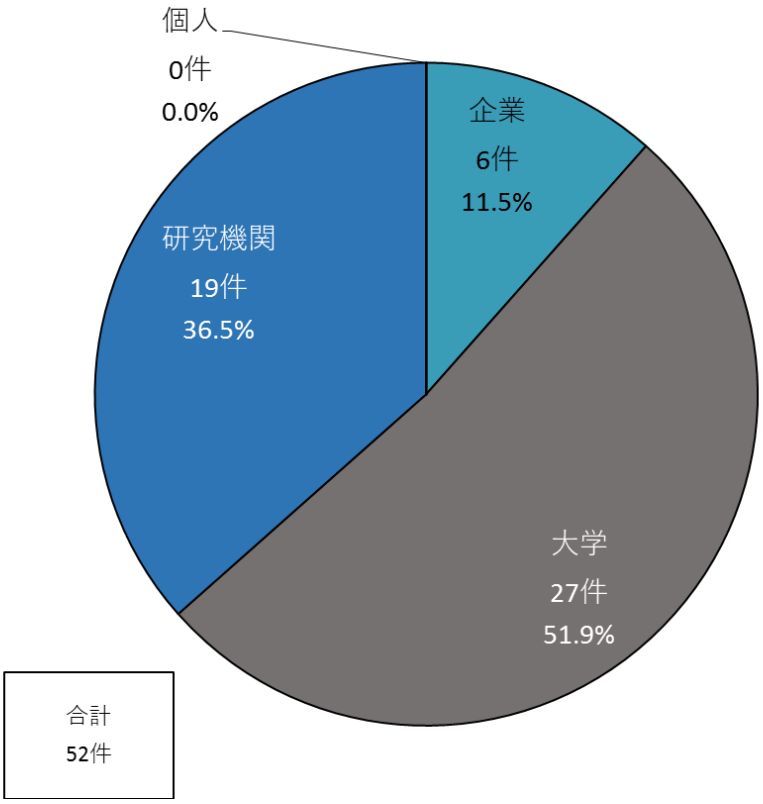
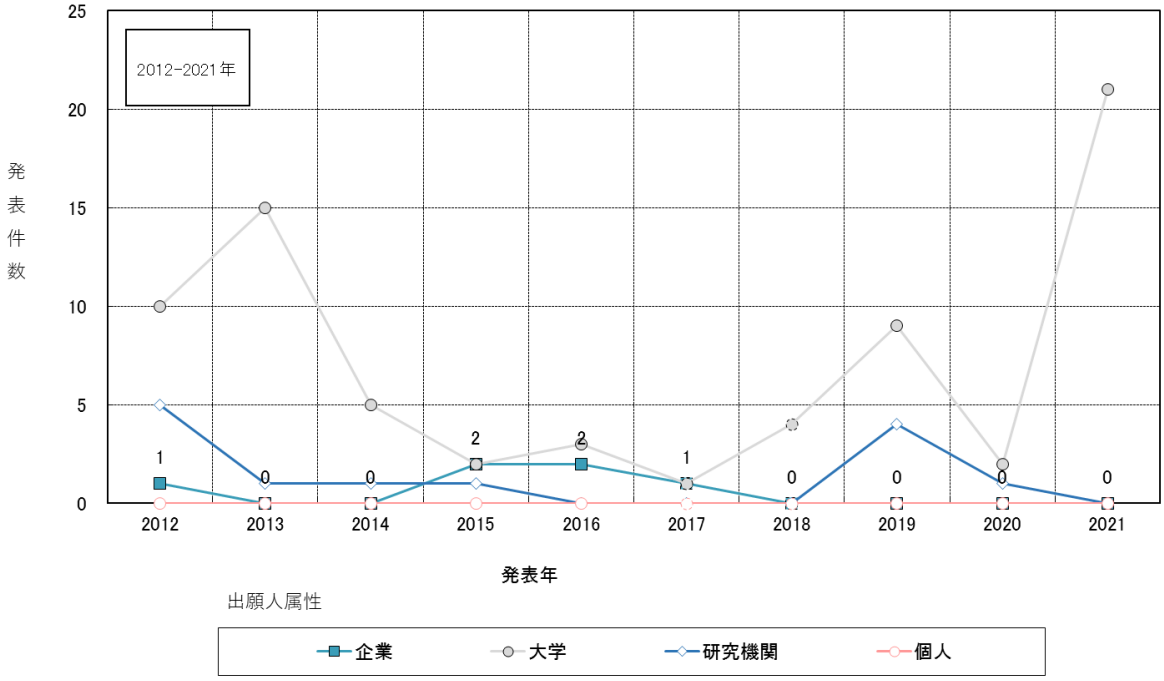


図 5-5-12　技術区分（燃焼利用）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（米国籍）



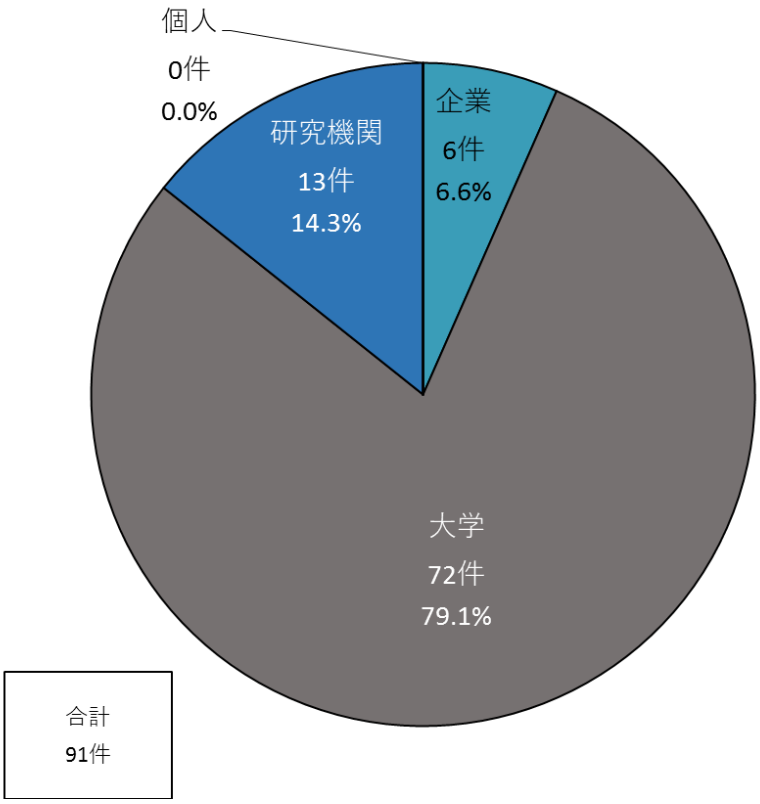
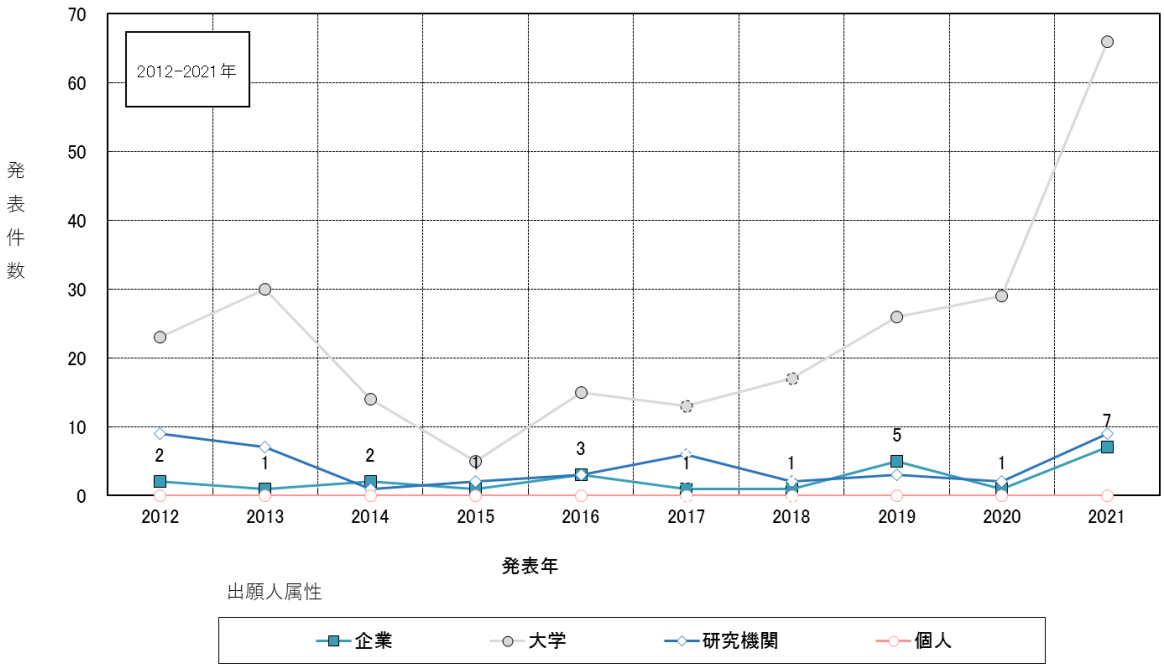


図 5-5-13　技術区分（燃焼利用）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（欧州籍）



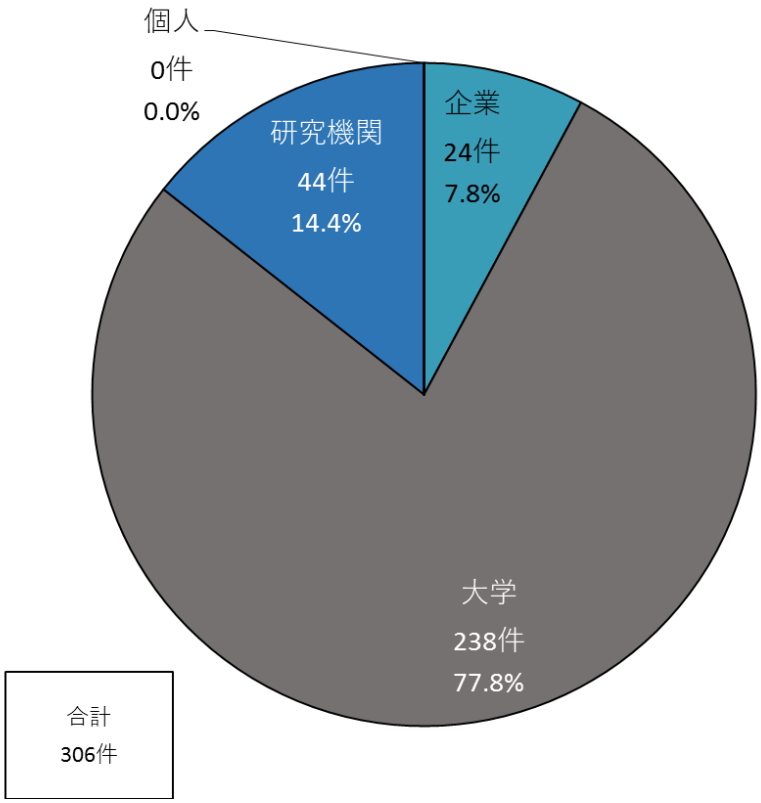
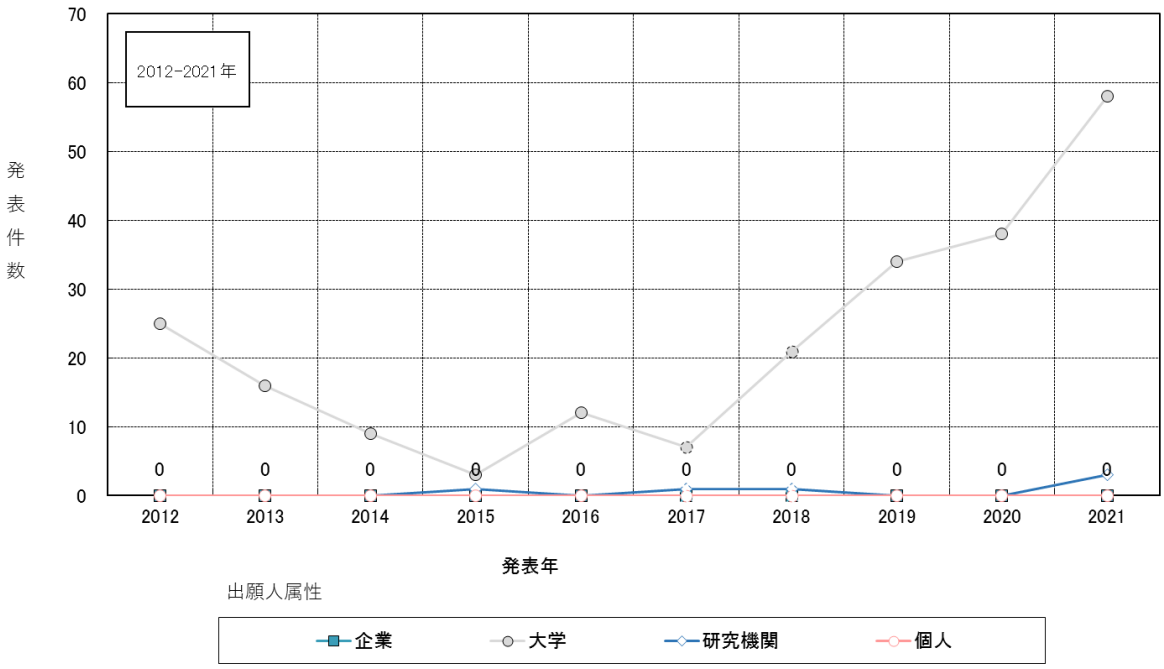


図 5-5-14　技術区分（燃焼利用）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（中国籍）



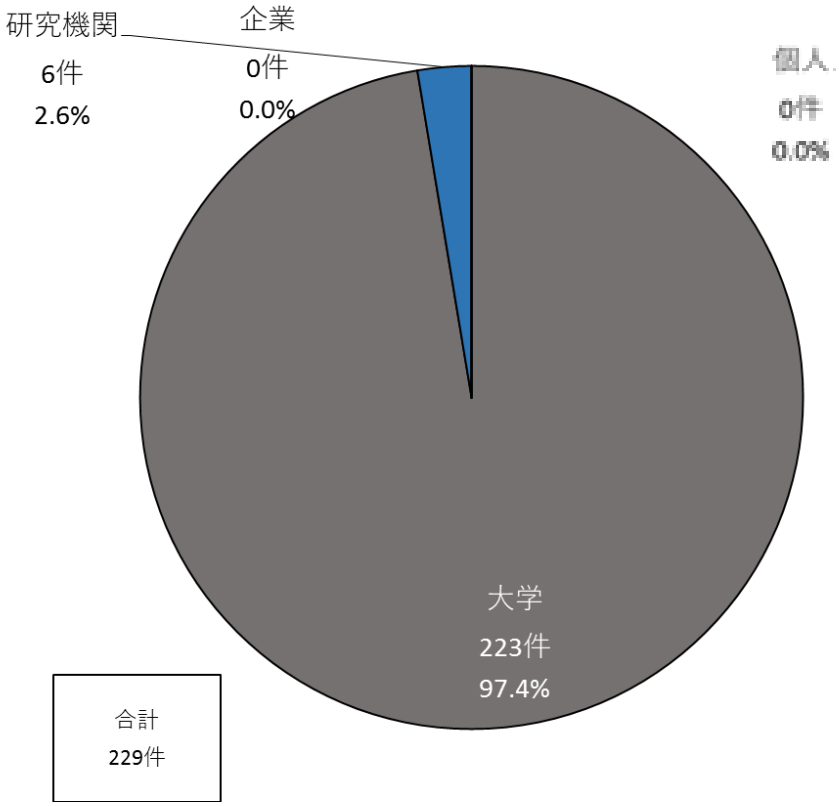
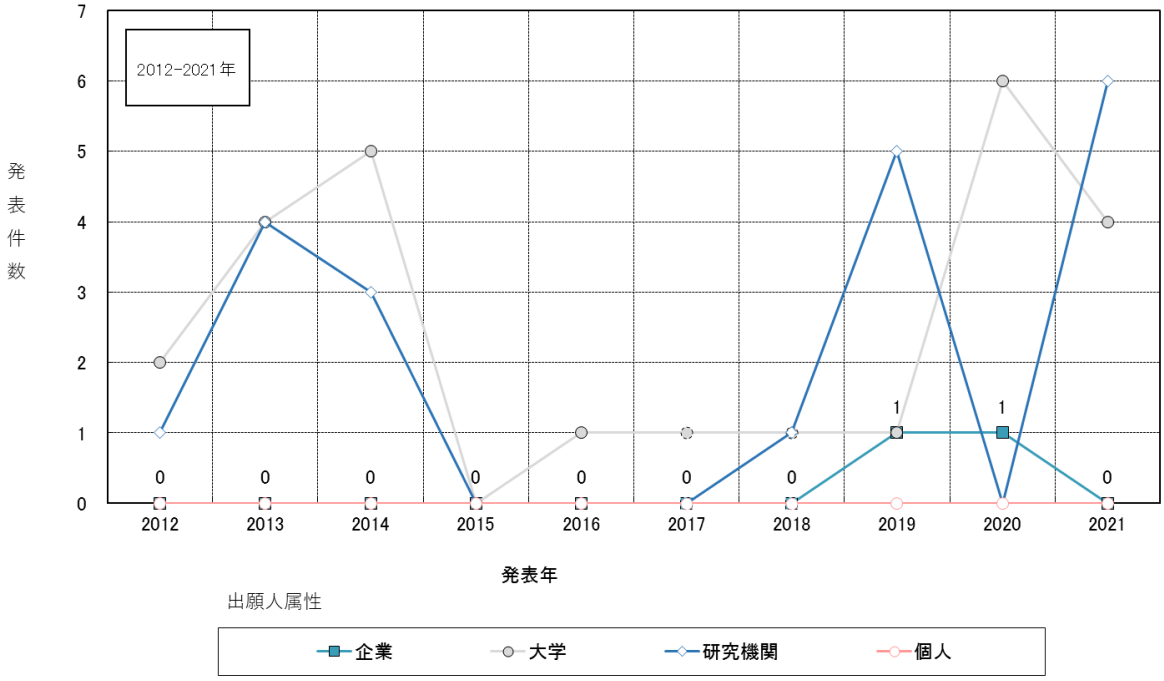
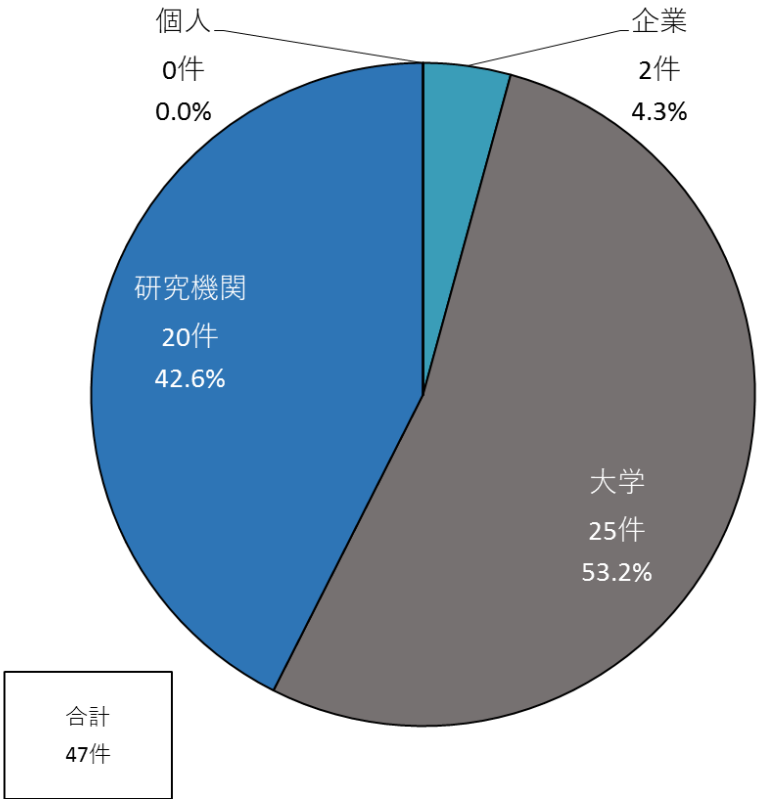


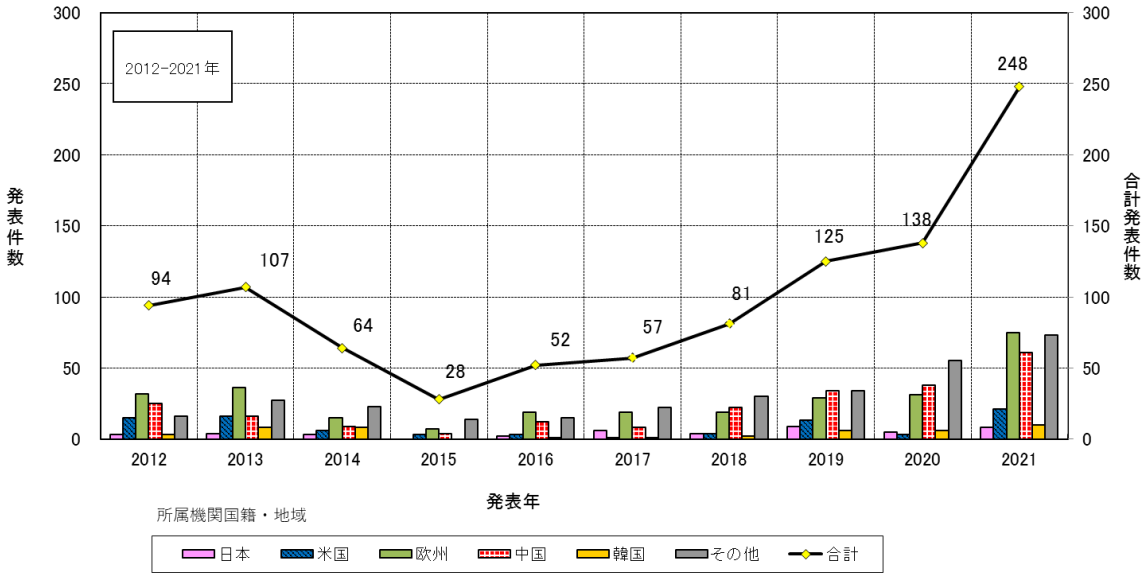
図 5-5-15　技術区分（燃焼利用）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（韓国籍）

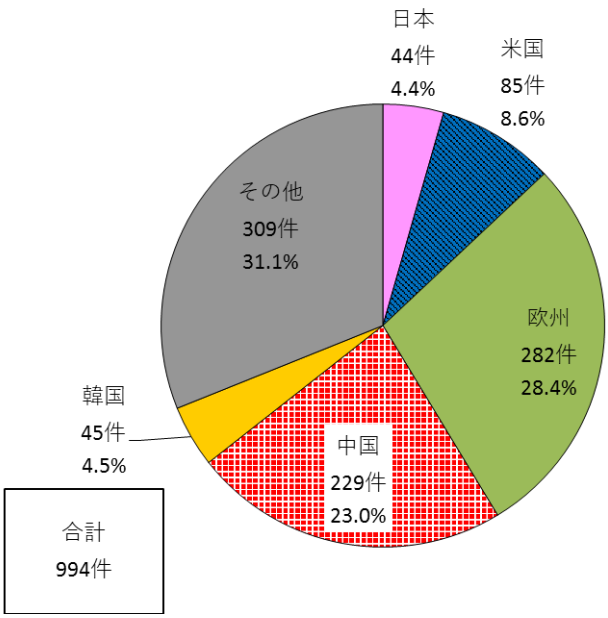




燃焼利用における大学や研究機関の論文発表動向を図 5-5-16 に示す。

図 5-5-16　所属機関属性を（大学・研究機関）に限定した技術区分（燃焼利用）の研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）





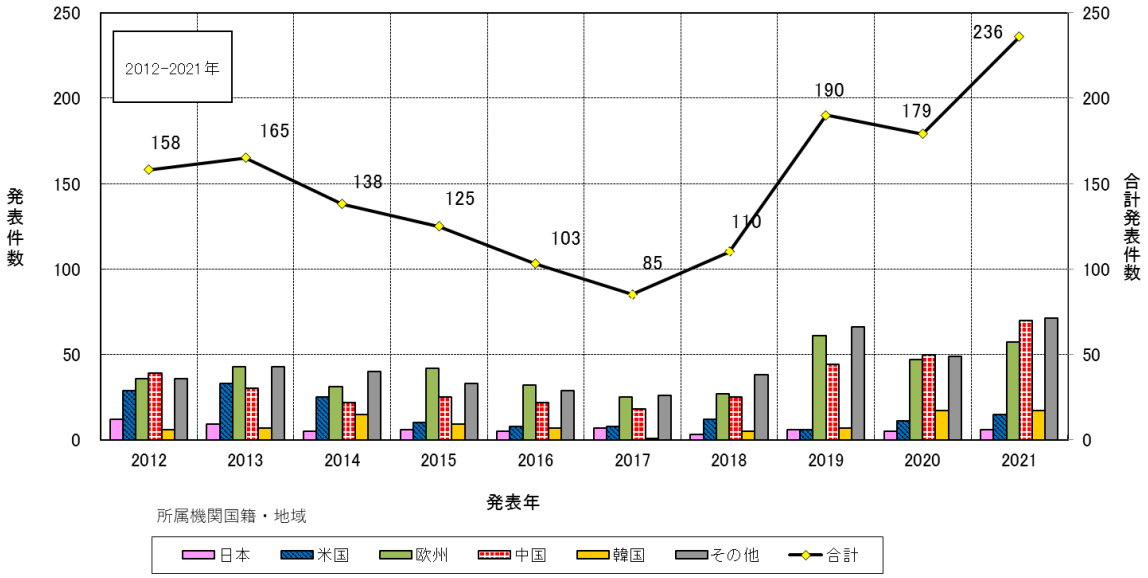
第６節　燃料電池における研究開発動向調査

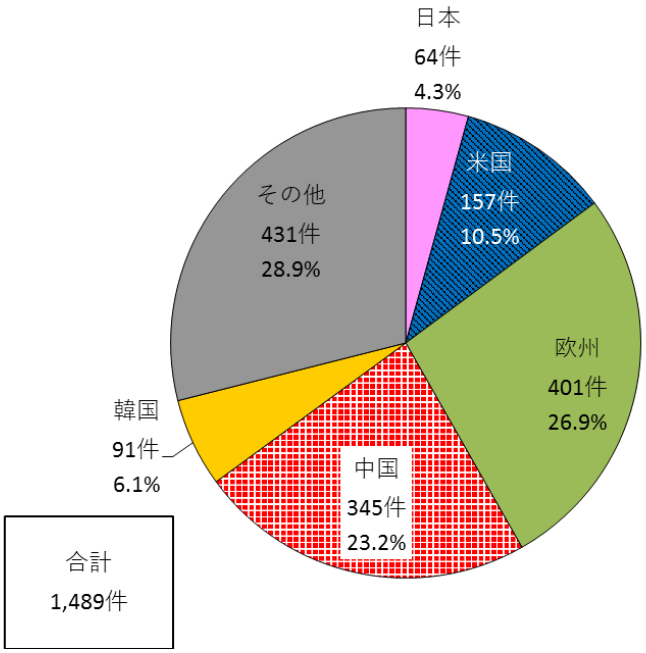
１．論文発表件数推移及び論文発表件数比率

燃料電池における研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数の推移と比率を図 5-6-1 に示す。2013 年から 2017 年にかけて減少傾向にあったが、2018 年以降は増加傾向にある。特に欧州籍、中国籍の件数の増加が顕著である。

欧州籍による論文発表件数比率が最も高く 26.9%を占めており、次いで、中国籍（23.2%）、米国籍（10.5%）、韓国籍（6.1%）、日本国籍（4.3%）となっている。

図 5-6-1　技術区分（燃料電池）の研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）

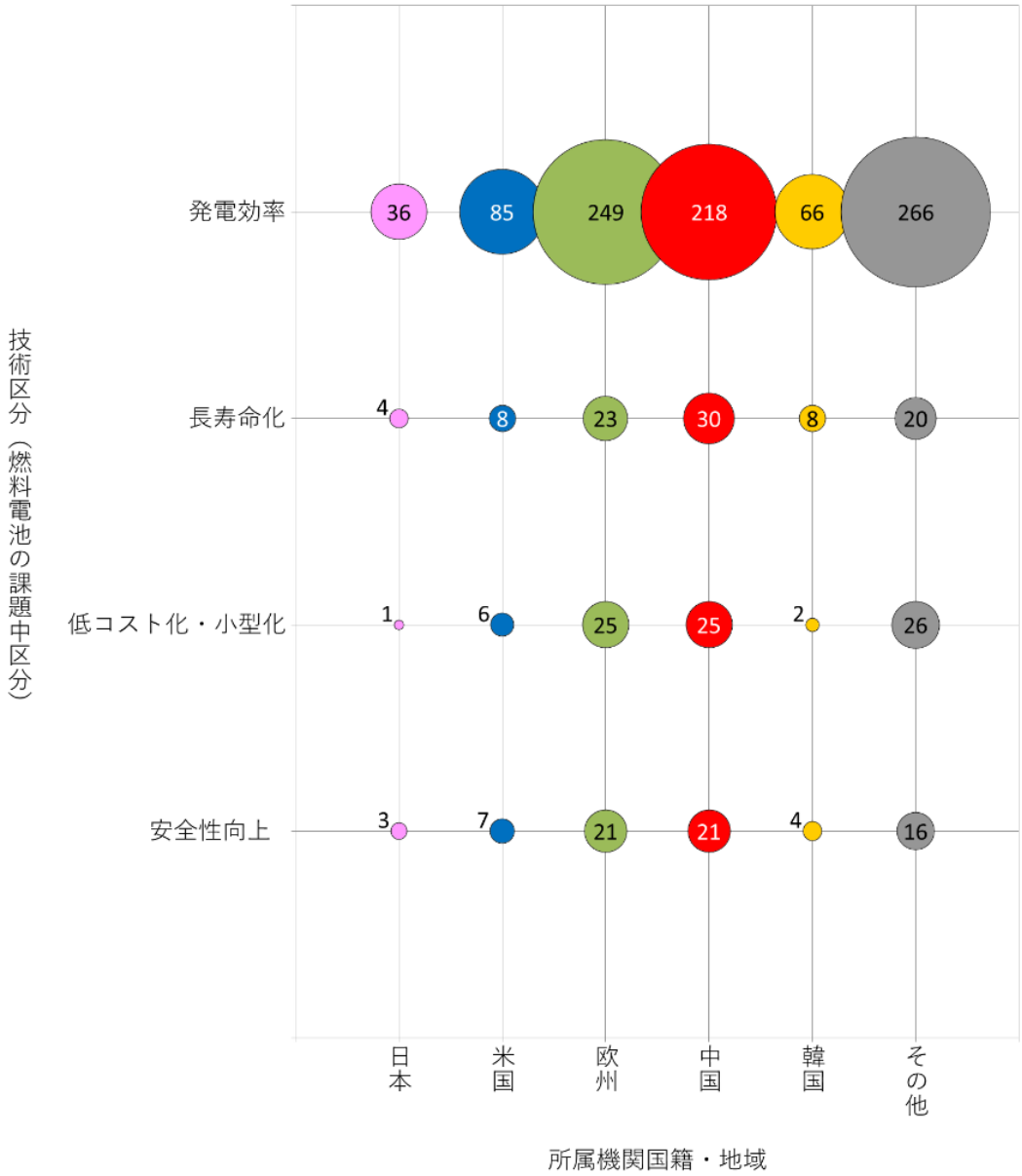




２．技術区分別動向調査

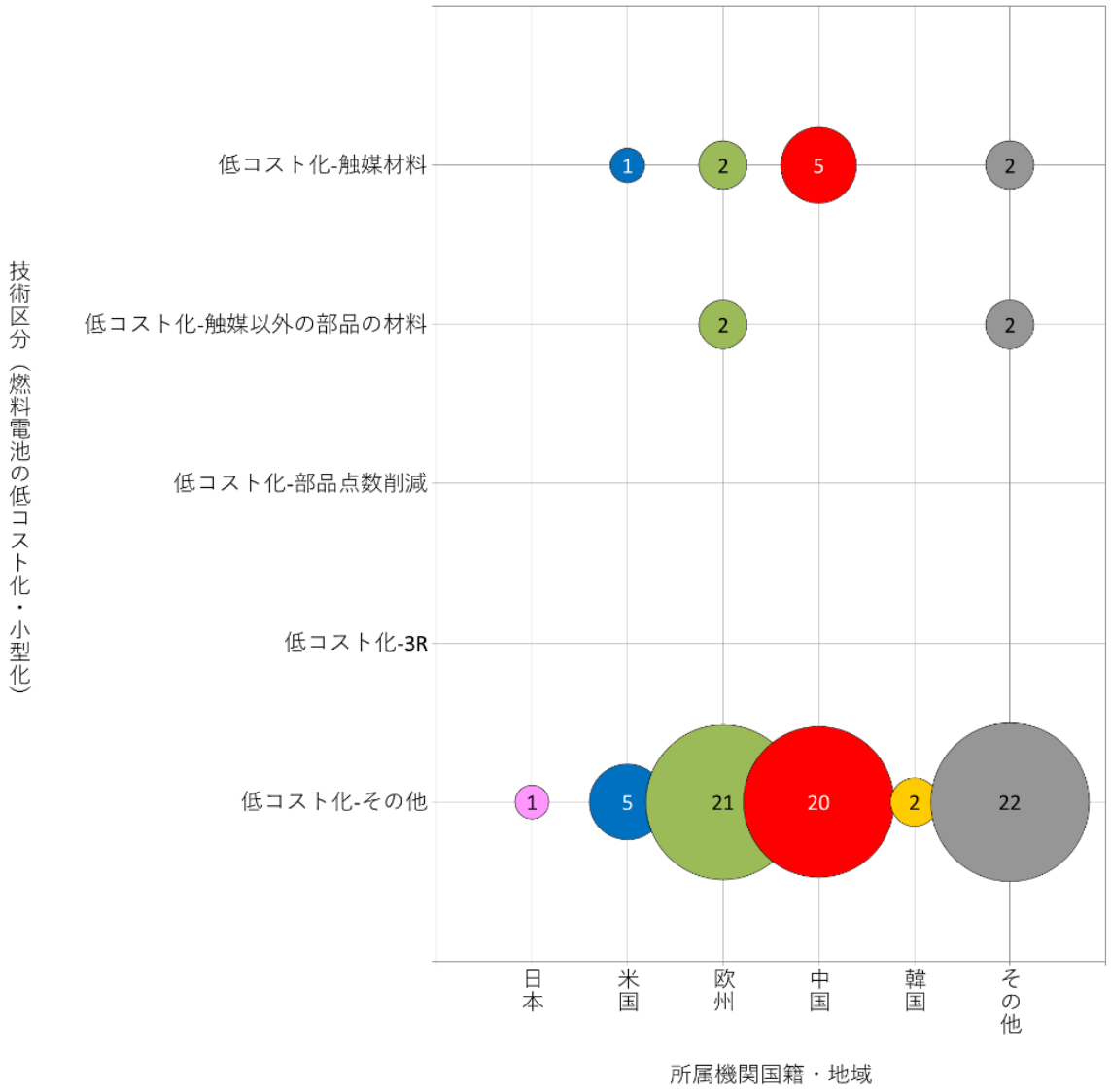
燃料電池の課題中区分と研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数の相関を図 5-6-2 に示す。いずれの課題中区分においても欧州籍、中国籍が上位となっている。課題中区分ごとの件数としてはいずれの国籍・地域においても発電効率に関する課題が最も多い。日本国籍の論文発表件数は全体的に少ない。

図 5-6-2　技術区分（燃料電池の課題中区分）別 - 研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数（論文発表年：2012～2021 年）



燃料電池の低コスト化・小型化を実現するための技術区分別の研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数を図 5-6-3 に示す。触媒材料の低コスト化・小型化については中国籍で 3 件、欧州籍で 2 件、米国籍で 1 件の論文発表があったが、日本国籍の論文発表は 0 件であった。

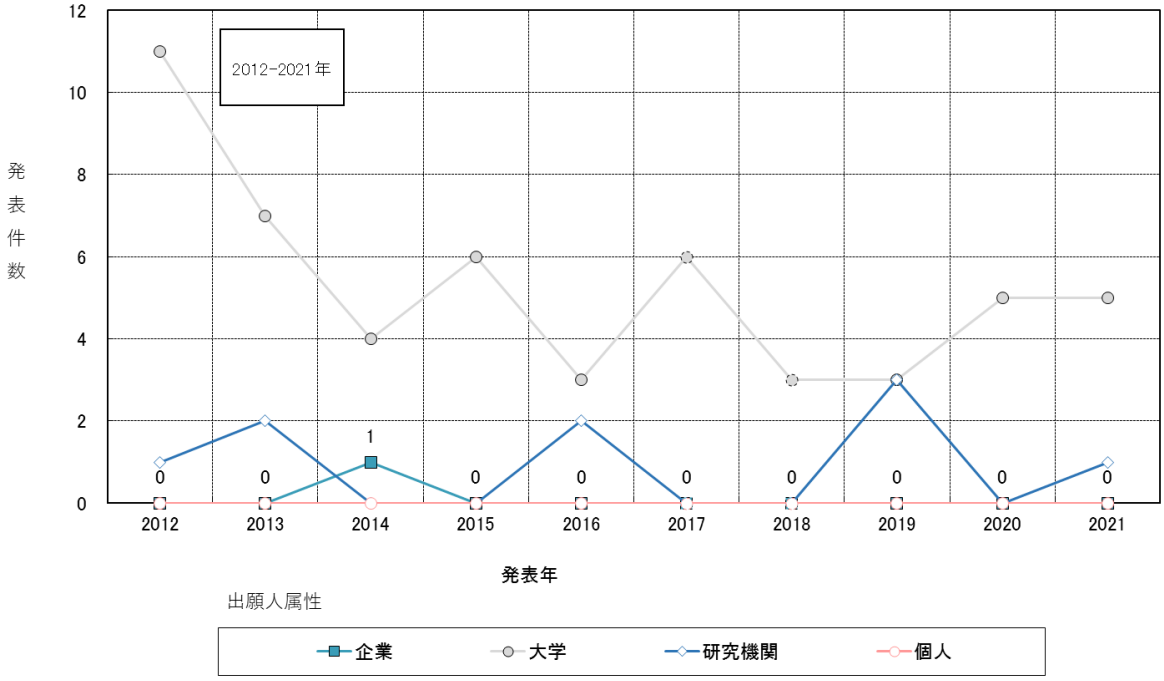
図 5-6-3　技術区分（燃料電池の低コスト化・小型化を実現するための技術）別 - 研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数（論文発表年：2012～2021 年）



３．研究者所属機関属性別論文動向調査

燃料電池における研究者所属機関属性別の論文発表件数推移及び論文発表件数比率を図 5-6-4～図 5-6-8 に示す。いずれの国・地域においても大学からの論文発表件数が最も多くなっている。特に中国籍では大学からの論文発表件数が 90%以上となっている。

図 5-6-4　技術区分（燃料電池）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（日本国籍）



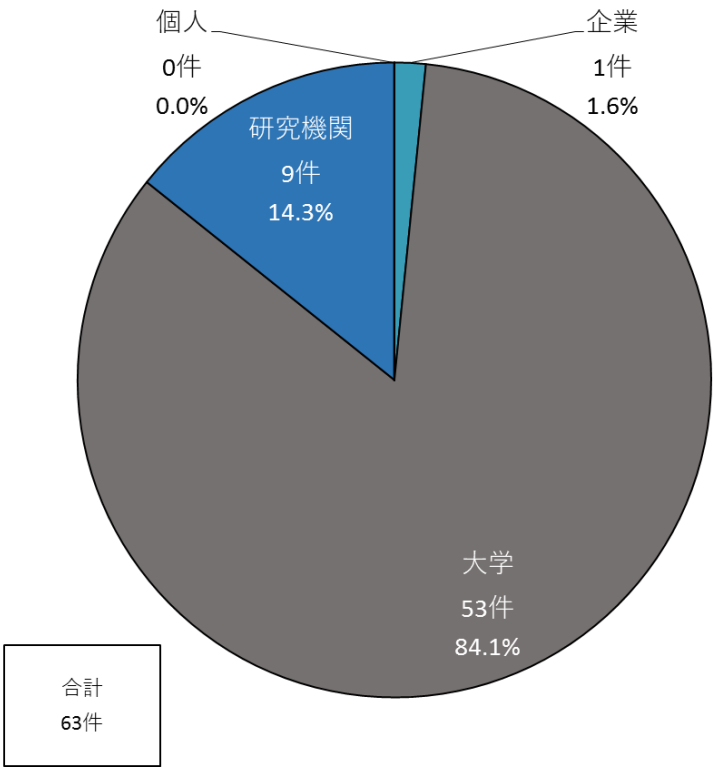
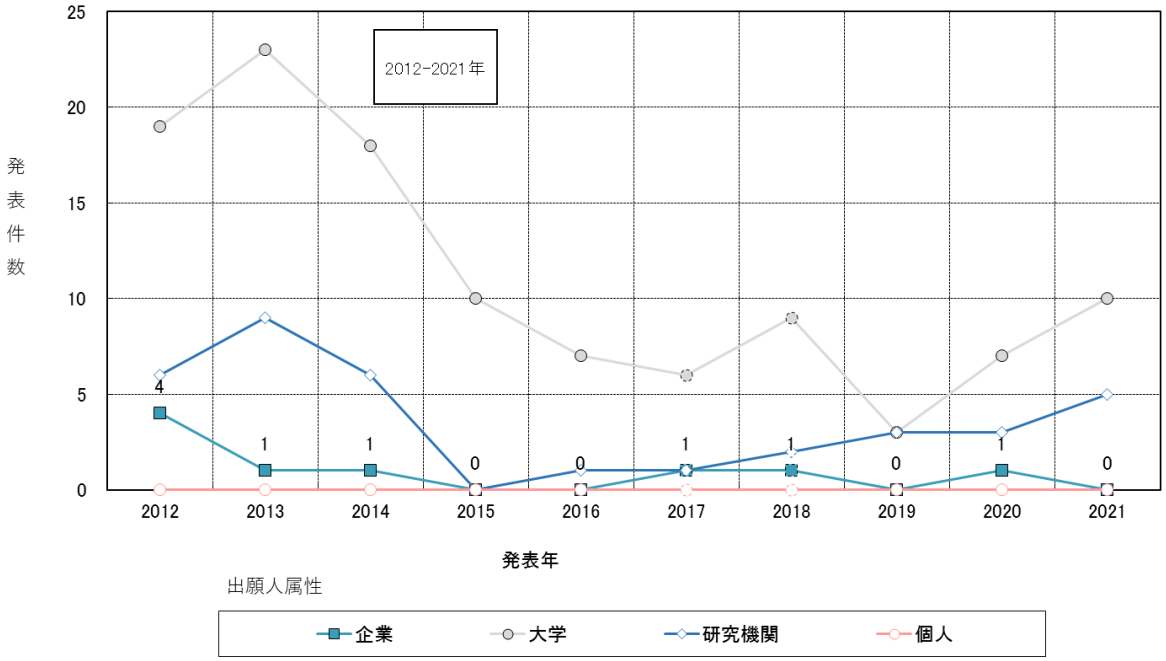


図 5-6-5　技術区分（燃料電池）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）米国籍）



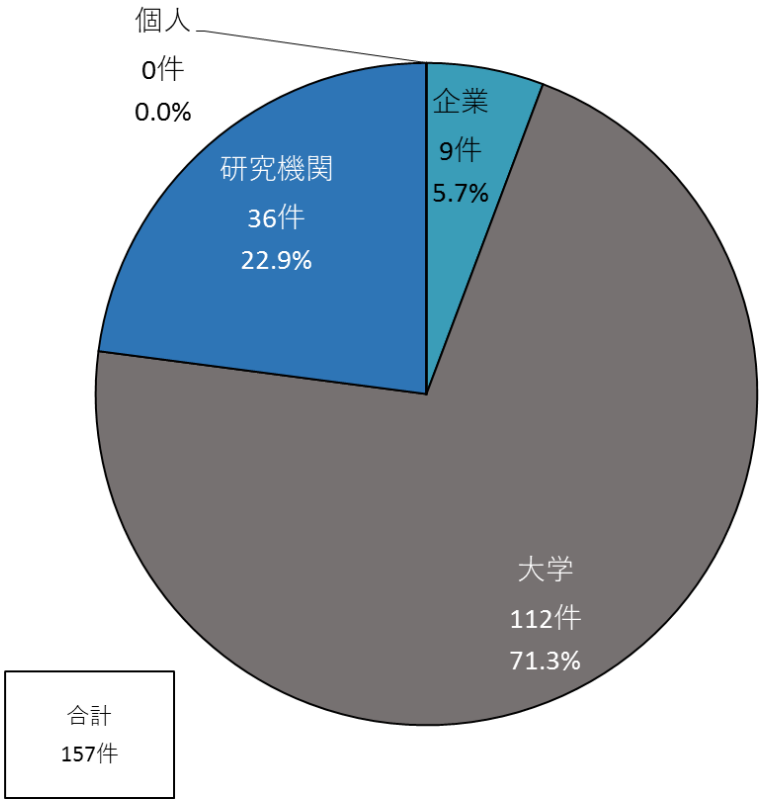
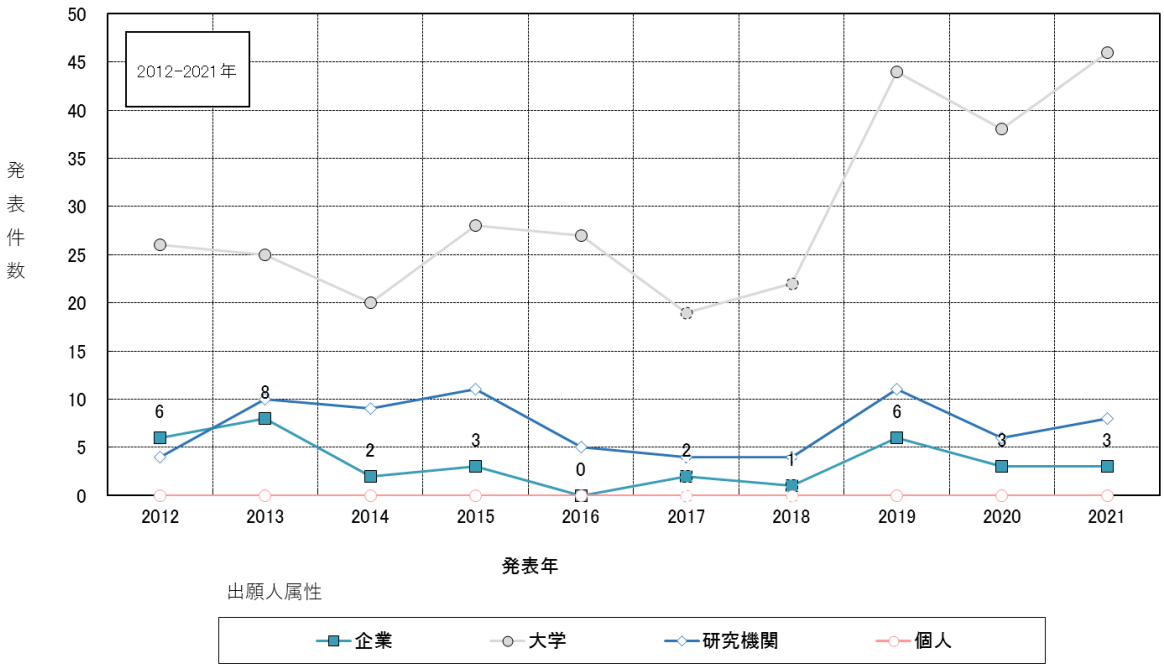


図 5-6-6　技術区分（燃料電池）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（欧州籍）



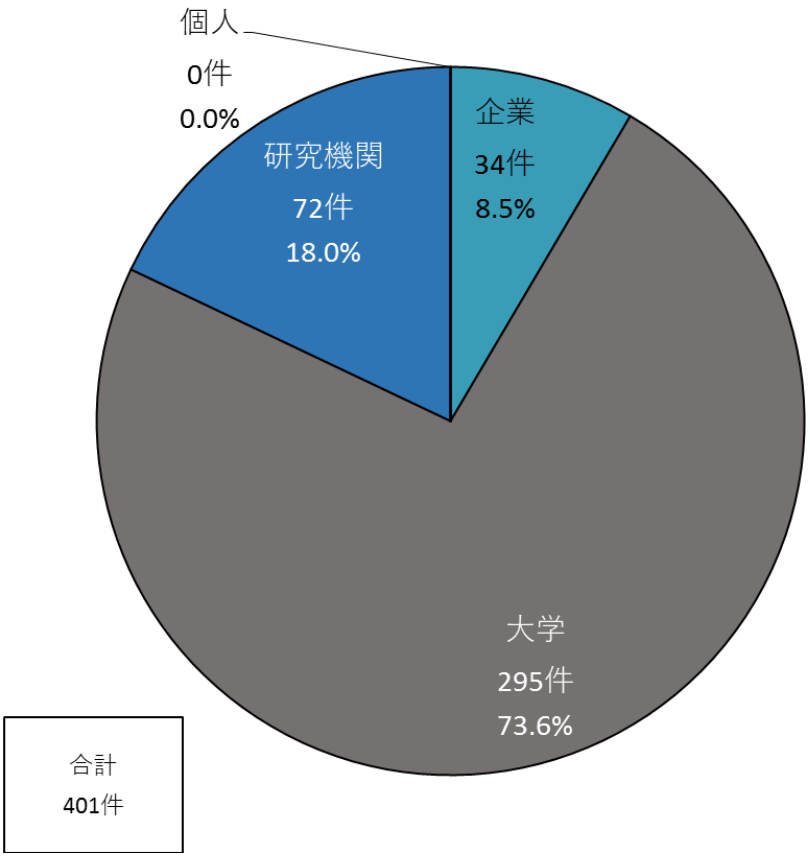
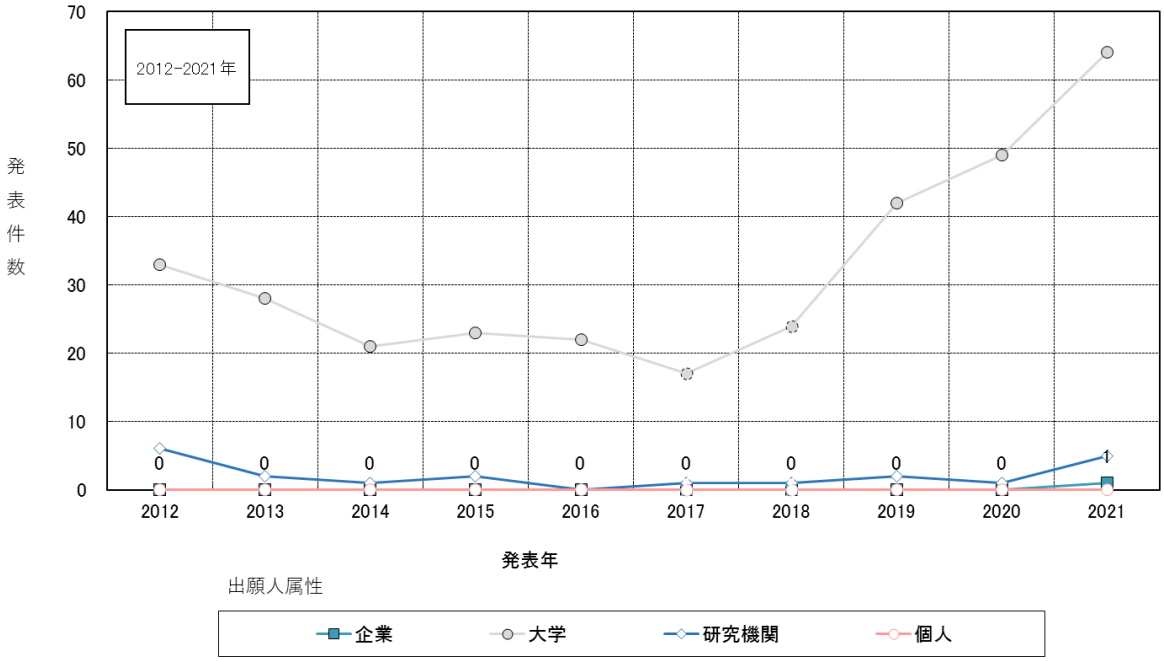


図 5-6-7　技術区分（燃料電池）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（中国籍）



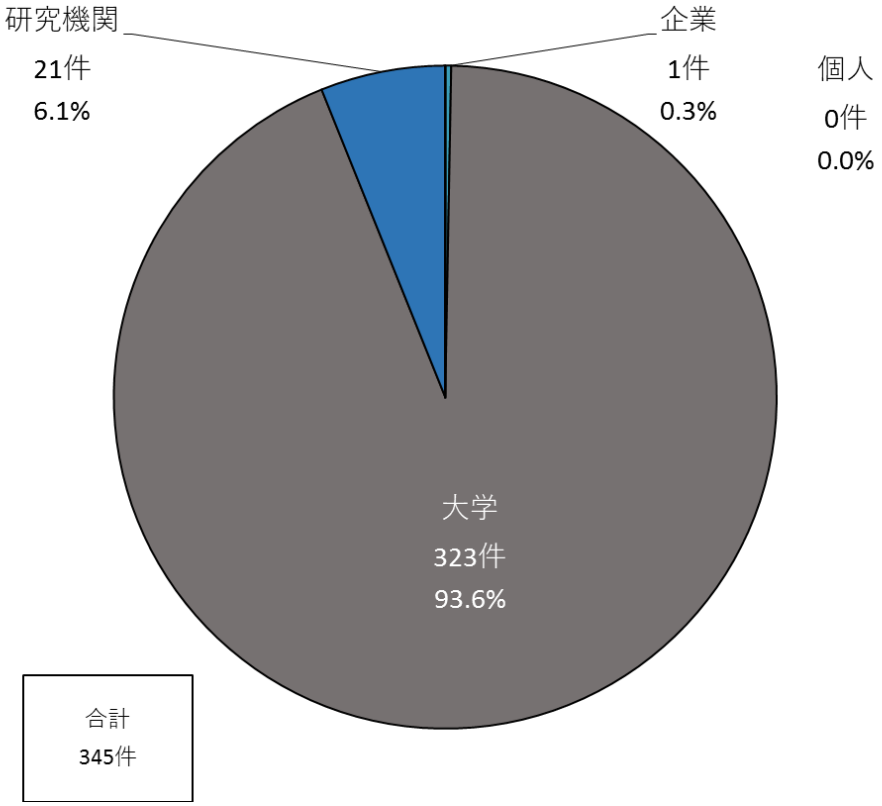
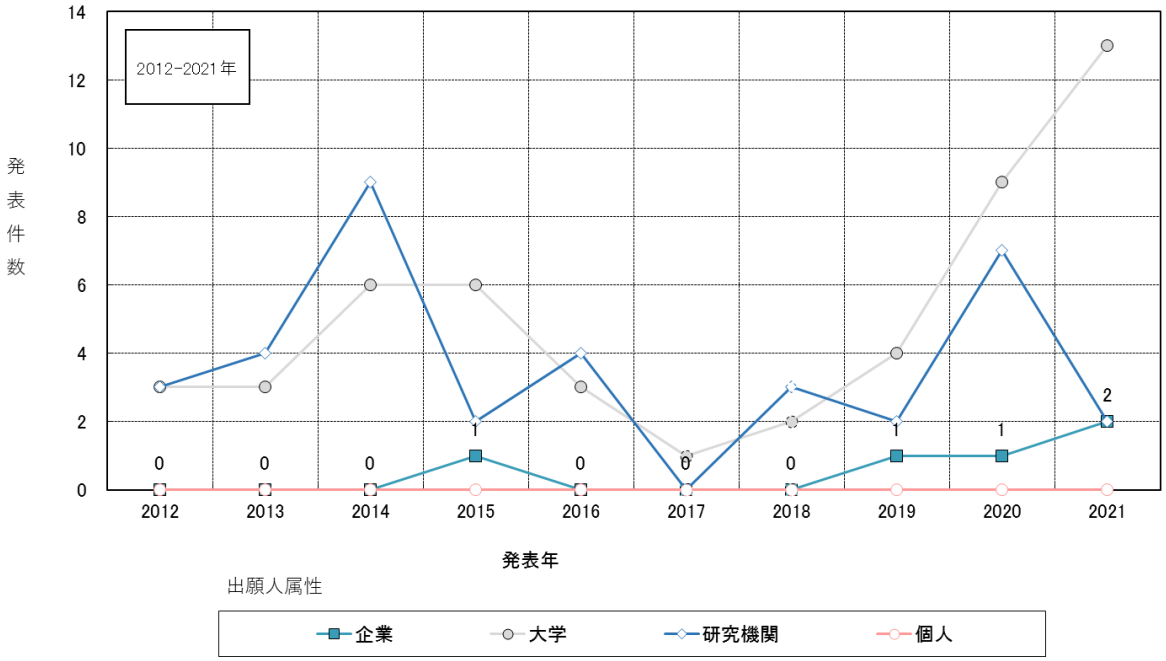
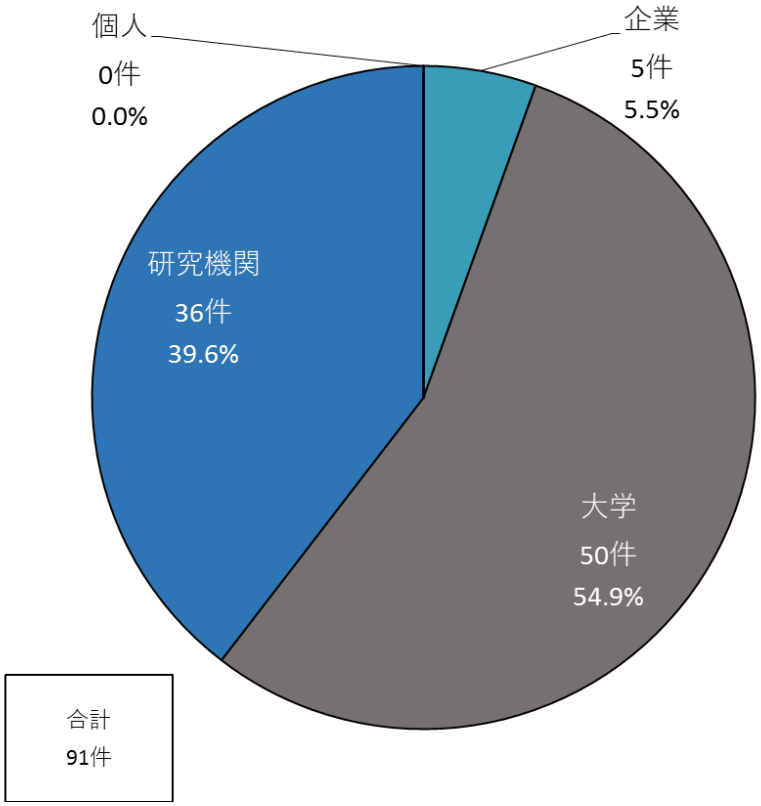


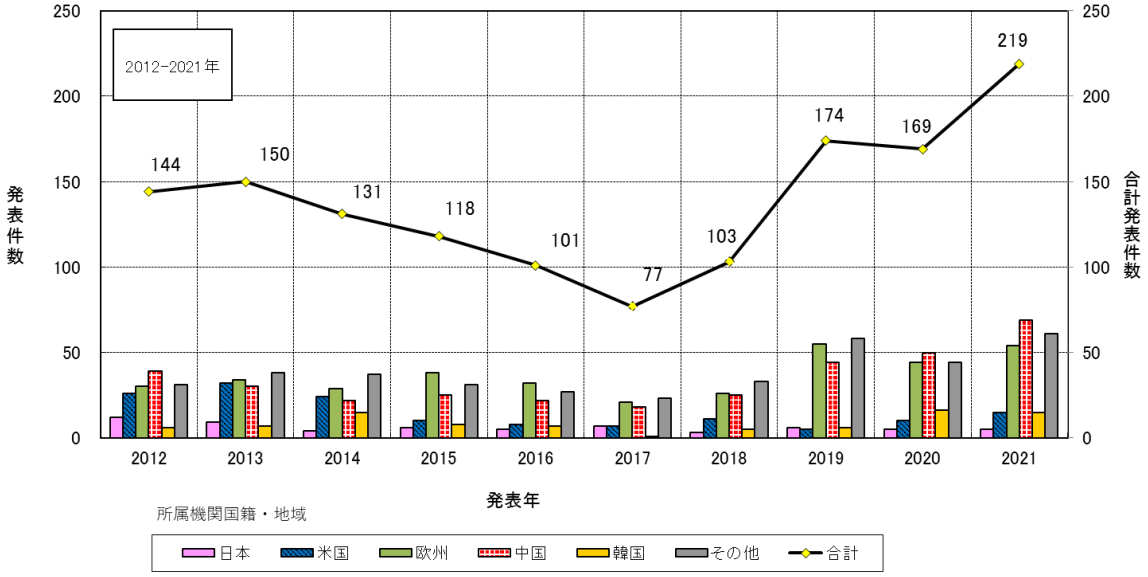
図 5-6-8　技術区分（燃料電池）の研究者所属機関属性別研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）（韓国籍）

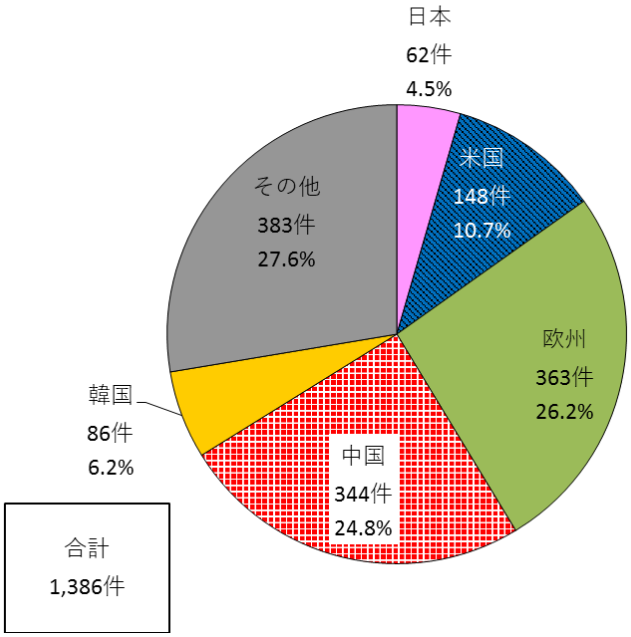




燃料電池における大学や研究機関の論文発表動向を図 5-6-9 に示す。

図 5-6-9　所属機関属性を（大学・研究機関）に限定した技術区分（燃料電池）の研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（論文発表年：2012～2021 年）





第７節　所属機関別動向調査

１．技術区分別研究者所属機関別論文発表件数上位ランキング

（１）水素製造

水素製造における研究者所属機関別の論文発表件数上位ランキングを表 5-7-1 に示す。カナダ国籍のオンタリオ・テック大学が 1 位であり、2～6 位は中国籍の大学である。また、大学が上位 10 位までを占めている。

表 5-7-1　技術区分（水素製造）の研究者所属機関別論文発表件数上位ランキング（論文発表年：2012～2021 年）

水素製造				
順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	オンタリオ・テック大学	その他	大学	104
2	中国科学院（大連以外）	中国	大学	67
3	西安交通大学	中国	大学	62
4	ハルビン工業大学	中国	大学	52
5	清華大学	中国	大学	45
6	浙江大学	中国	大学	38
7	インド工科大学	その他	大学	36
8	華南理工大学	中国	大学	33
9	天津大学	中国	大学	32
10	マレーシア工科大学	ASEAN	大学	25

（２）アンモニア製造

アンモニア製造における研究者所属機関別の論文発表件数上位ランキングを表 5-7-2 に示す。カナダ国籍のオンタリオ・テック大学が 1 位である。また、大学が上位 10 位までを占めており、上位 10 位のうち、5 つが中国籍の大学である。

表 5-7-2　技術区分（アンモニア製造）の研究者所属機関別論文発表件数上位ランキング（論文発表年：2012～2021 年）

アンモニア製造				
順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	オンタリオ・テック大学	その他	大学	9
2	浙江工業大学	中国	大学	4
2	ハマド・ビン・ハリーファ大学	その他	大学	4
4	Isparta University of Applied Sciences	欧州	大学	2
4	東京大学	日本	大学	2
4	中国科学院（大連以外）	中国	大学	2
4	ミネソタ大学	米国	大学	2
4	厦門大学	中国	大学	2
4	浙江大学	中国	大学	2

（３）貯蔵輸送供給

貯蔵・輸送・供給における研究者所属機関別の論文発表件数上位ランキングを表 5-7-3 に示す。（大連化学物理研究所を除く）中国科学院を浙江大学が 1 位であり、中国籍の機関が上位 10 位までの約半数を占める。また、大学と研究機関が上位 10 位までを占めている。

表 5-7-3　技術区分（貯蔵・輸送・供給）の研究者所属機関別論文発表件数上位ランキング（論文発表年：2012～2021 年）

貯蔵・輸送・供給				
順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	中国科学院（大連以外）	中国	大学	17
1	浙江大学	中国	大学	17
3	西安交通大学	中国	大学	11
4	産業技術総合研究所	日本	研究機関	9
4	インド工科大学	その他	大学	9
4	デンマーク工科大学	欧州	大学	9
7	武漢理工大学	中国	大学	8
7	カーティン大学	豪州	大学	8
9	サンディア国立研究所	米国	研究機関	7
9	ローレンス・リバモア国立研究所	米国	研究機関	7
9	ヘルムホルツ協会	欧州	研究機関	7
9	フランス国立科学研究センター	欧州	研究機関	7
9	華南理工大学	中国	大学	7

（４）水素の燃焼利用

水素の燃焼利用における研究者所属機関別の論文発表件数上位ランキングを表 5-7-4 に示す。インド国籍のインド工科大学が 1 位であり、中国籍の機関が上位 10 位までの半数を占める。また、大学と研究機関が上位 10 位までを占めている。

表 5-7-4　技術区分（水素の燃焼利用）の研究者所属機関別論文発表件数上位ランキング（論文発表年：2012～2021 年）

水素の燃焼利用				
順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	インド工科大学	その他	大学	22
2	北京理工大学	中国	大学	14
2	アーヘン工科大学	欧州	大学	14
2	カリフォルニア大学	米国	大学	14
5	北京工業大学	中国	大学	13
6	中国科学院（大連以外）	中国	大学	12
7	清華大学	中国	大学	9
7	ロシア科学アカデミー	その他	研究機関	9
9	オンタリオ・テック大学	その他	大学	8
9	南京理工大学	中国	大学	8
9	韓国機械研究院	韓国	研究機関	8

（５）アンモニアの燃焼利用

アンモニアの燃焼利用における研究者所属機関別の論文発表件数上位ランキングを表 5-7-5 に示す。サウジアラビア国籍のキング・アブドゥーラ科学技術大学、日本国籍の産業技術総合研究所、が 1 位であり、上位 10 位は日欧中の国籍の機関が多数を占めている。また、大学と研究機関が上位 10 位までを占めている。

表 5-7-5　技術区分（アンモニアの燃焼利用）の研究者所属機関別論文発表件数上位ランキング（論文発表年：2012～2021 年）

アンモニアの燃焼利用				
順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	キング・アブドゥッラー科学技術大学	サウジ	大学	6
1	産業技術総合研究所	日本	研究機関	6
3	カンタベリー大学	その他	大学	5
3	オンタリオ・テック大学	その他	大学	5
5	東北大学(日本)	日本	大学	4
5	上海交通大学	中国	大学	4
5	北京工業大学	中国	大学	4
8	カーディフ大学	欧州	大学	3
9	清華大学	中国	大学	2
9	University Orleans	欧州	大学	2
9	成均館大学校	韓国	大学	2
9	ハルビン工業大学	中国	大学	2
9	豊田中央研究所	日本	研究機関	2
9	西安交通大学	中国	大学	2
9	北海道大学	日本	大学	2
9	ロンドン大学	欧州	大学	2

（６）燃料電池

燃料電池における研究者所属機関別の論文発表件数上位ランキングを表 5-7-6 に示す。上位 11 機関のうち中国籍の機関が 5 つを占めており、1 位も中国籍の中国科学院であった。大学が上位 9 機関を占めている。

表 5-7-6　技術区分（燃料電池）の研究者所属機関別論文発表件数上位ランキング（論文発表年：2012～2021 年）

燃料電池				
順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	中国科学院（大連以外）	中国	大学	32
2	オンタリオ・テック大学	その他	大学	27
3	南京大学	中国	大学	15
3	インド工科大学	その他	大学	15
3	清華大学	中国	大学	15
6	ハルビン工業大学	中国	大学	14
6	京都大学	日本	大学	14
6	浙江大学	中国	大学	14
9	デンマーク工科大学	欧州	大学	13
10	韓国科学技術研究所	韓国	研究機関	12
10	ユーリヒ総合研究機構	欧州	研究機関	12

２．技術区分別研究者所属機関別論文発表被引用件数上位ランキング

大学や研究機関の研究者所属機関別論文発表被引用件数上位ランキングを表 5-7-7 に示す。

表 5-7-7　所属機関属性を（大学・研究機関）に限定した研究者所属機関別論文発表被引用件数上位ランキング（論文発表年：2012～2021 年）

全体				
順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	東北大学(日本)	日本	大学	38
2	ユーリヒ総合研究機構	欧州	研究機関	37
3	産業技術総合研究所	日本	研究機関	34
4	中国科学院（大連以外）	中国	大学	32
5	オンタリオ・テック大学	その他	大学	30
5	武漢理工大学	中国	大学	30
7	九州大学	日本	大学	24
8	日本原子力研究開発機構	日本	研究機関	19
9	南京大学	中国	大学	18
10	南洋理工大学	ASEAN	大学	17

（１）水素製造

水素製造における研究者所属機関別の論文発表被引用件数上位ランキングを表 5-7-8 に示す。上位 10 位においては、中国籍、欧州籍の大学・研究機関が多い。水素製造の論文発表件数において 1 位であるカナダ国籍のオンタリオ・テック大学については、2 位となっている。日本籍においては、産業技術総合研究所が最も多い。

表 5-7-8　技術区分（水素製造）の研究者所属機関別論文発表被引用件数上位ランキング（論文発表年：2012～2021 年）

水素製造				
順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	ユーリヒ総合研究機構	欧州	研究機関	34
2	オンタリオ・テック大学	その他	大学	26
3	武漢理工大学	中国	大学	25
4	中国科学院（大連以外）	中国	大学	22
5	フアン・カルロス王大学	欧州	大学	16
6	シーラーズ大学	その他	大学	14
6	カラブリア大学	欧州	大学	14
6	産業技術総合研究所	日本	研究機関	14
9	南洋理工大学	ASEAN	大学	13
9	浙江大学	中国	大学	13
9	ブルックヘブン国立研究所	米国	企業	13

（２）アンモニア製造

アンモニア製造における研究者所属機関別の論文発表被引用件数上位ランキングを表 5-7-9 に示す。アンモニア製造の論文発表被引用件数が全体的に少ない傾向である。オーストラリアの大学・研究機関が、1 位と 3 位となっている。

表 5-7-9　技術区分（アンモニア製造）の研究者所属機関別論文発表被引用件数上位ランキング（論文発表年：2012～2021 年）

アンモニア製造				
順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	オーストラリア連邦科学産業研究機構	豪州	研究機関	4
2	東京大学	日本	大学	2
2	モナシュ大学	豪州	大学	2
4	オンタリオ・テック大学	その他	大学	1
4	浙江工業大学	中国	大学	1
4	広島大学	日本	大学	1
4	厦門大学	中国	大学	1
4	ノースウェスト大学(南アフリカ)	その他	大学	1
4	カラブリア大学	欧州	大学	1
4	Interuniversity Research Center on Pollution and Environment "Mauro Felli"(CIRIAF)	欧州	大学	1

（３）貯蔵輸送供給

貯蔵・輸送・供給における研究者所属機関別の論文発表被引用件数上位ランキングを表 5-7-10 に示す。日本国籍の機関が 10 位以内の半分を占めている。また、大学と研究機関が上位 10 位までを占めている。

表 5-7-10　技術区分（貯蔵・輸送・供給）の研究者所属機関別論文発表被引用件数上位ランキング（論文発表年：2012～2021 年）

貯蔵・輸送・供給				
順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	SAIAMC	その他	大学	13
2	東北大学(日本)	日本	大学	12
3	マレーシアプトラ大学	ASEAN	大学	11
4	九州大学	日本	大学	10
4	武漢理工大学	中国	大学	10
6	広島大学	日本	大学	8
6	産業技術総合研究所	日本	研究機関	8
8	ヘルムホルツ協会	欧州	研究機関	7
9	Military University of Technology	欧州	大学	6
9	日本原子力研究開発機構	日本	研究機関	6

圧縮水素、液化水素、水素吸蔵合金、メタン・メタノール、有機ハイドライト、アンモニア貯蔵における大学や研究機関の研究者所属機関別論文発表被引用件数上位ランキングを表 5-7-11 に示す。

表 5-7-11　所属機関属性を（大学・研究機関）に限定した技術区分（圧縮水素、液化水素、水素吸蔵合金、メタン・メタノール、有機ハイドライト、アンモニア貯蔵）の研究者所属機関別論文発表被引用件数上位ランキング（論文発表年：2012～2021 年）

圧縮水素

順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	マレーシアプトラ大学	ASEAN	大学	11
2	ヘルムホルツ協会	欧州	研究機関	4
3	ロイヤルメルボルン工科大学	欧州	大学	3
4	Politecnico di Milano	欧州	大学	2
5	Kuwait Institute for Scientific Research	その他	研究機関	1
5	University of Pavia	欧州	大学	1
5	東北大学(日本)	日本	大学	1
5	武漢理工大学	中国	大学	1
5	University of Coimbra	欧州	大学	1
5	Friedrich Schiller University Jena	欧州	大学	1

有機ハイドライド

順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	National Environmental Engineering Research Institute (NEERI)	その他	研究機関	3

アンモニア貯蔵

順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	ハルビン工程大学	中国	大学	2
2	メキシコ国立自治大学	その他	大学	1
2	スウェーデン王立工科大学	欧州	大学	1

液化水素

順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	University of Helsinki	欧州	大学	4
2	BITS Pilani University	その他	大学	1
2	スウェーデン王立工科大学	欧州	大学	1

水素吸蔵合金

順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	SAIAMC	その他	大学	12
2	九州大学	日本	大学	10
3	東北大学(日本)	日本	大学	8
4	Military University of Technology	欧州	大学	6
4	武漢理工大学	中国	大学	6
6	兵庫県立大学	日本	大学	5
6	Royal Military College of Canada	その他	大学	5
6	産業技術総合研究所	日本	研究機関	5
9	University of Vienna	欧州	大学	4
9	広島大学	日本	大学	4
9	Department of Nanotechnology	欧州	研究機関	4
9	フランス国立科学研究センター	欧州	研究機関	4

メタン・メタノール

順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	スウェーデン王立工科大学	欧州	大学	1

（４）水素の燃焼利用

水素の燃焼利用における研究者所属機関別の論文発表被引用件数上位ランキングを表5-7-12に示す。欧州籍の機関が10位以内の半分近くを占めている。日本籍においては、東京大学が最も多く、2位となっている。

表5-7-12　技術区分（水素の燃焼利用）の研究者所属機関別論文発表被引用件数上位ランキング（論文発表年：2012～2021年）

水素の燃焼利用				
順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	Polytechnic of Bari	欧州	大学	5
2	東京大学	日本	大学	4
3	ノルウェー科学技術大学	欧州	大学	3
3	University of Trieste	欧州	大学	3
3	56040 Crespina (PI)	欧州	企業	3
3	University Autonoma de Barcelona	欧州	大学	3
7	University Malaysia Pahang	ASEAN	大学	2
7	Center for Pulse Detonation Combustion	その他	企業	2
7	IIT Delhi	その他	大学	2
7	University Lille Nord de France	欧州	大学	2
7	The University of Sydney	豪州	大学	2
7	Scientific Research Institute for System Studies Russian Acad. of Sciences	その他	研究機関	2
7	延世大学校	韓国	大学	2
7	日本原子力研究開発機構	日本	研究機関	2
7	Department of Production Engineering	その他	大学	2

水素の専焼、水素の混焼における大学や研究機関の研究者所属機関別論文発表被引用件数上位ランキングを表 5-7-13 に示す。

表 5-7-13　所属機関属性を（大学・研究機関）に限定した技術区分（水素専焼、水素混焼）の研究者所属機関別論文発表被引用件数上位ランキング（論文発表年：2012～2021 年）

水素 専焼				
順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	Polytechnic of Bari	欧州	大学	5
2	東京大学	日本	大学	4
3	University Autonoma de Barcelona	欧州	大学	3
3	University of Trieste	欧州	大学	3
5	Scientific Research Institute for System Studies Russian Acad. of Sciences	その他	研究機関	2
5	延世大学校	韓国	大学	2
5	日本原子力研究開発機構	日本	研究機関	2
5	University Lille Nord de France	欧州	大学	2
5	The University of Sydney	豪州	大学	2
5	Department of Production Engineering	その他	大学	2

水素 混焼				
順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	ノルウェー科学技術大学	欧州	大学	3
2	IIT Delhi	その他	大学	2
3	アメリカ国立標準技術研究所	米国	研究機関	1
3	ナショナル工科大学	その他	大学	1
3	University Malaysia Pahang	ASEAN	大学	1
3	Yildiz Technical University	欧州	大学	1

（５）アンモニアの燃焼利用

アンモニアの燃焼利用における研究者所属機関別の論文発表被引用件数上位ランキングを表 5-7-14 に示す。欧州籍の機関が 10 位以内の半分以上を占めている。日本籍の東北大学は 1 位であり、2 位の 5 倍以上の引用がされている。

表 5-7-14　技術区分（アンモニアの燃焼利用）の研究者所属機関別論文発表被引用件数上位ランキング（論文発表年：2012～2021 年）

アンモニアの燃焼利用				
順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	東北大学(日本)	日本	大学	21
2	DICMAPI-Universita degli Studi di Napoli Federico II	欧州	大学	4
2	産業技術総合研究所	日本	研究機関	4
2	オーストラリア連邦科学産業研究機構	豪州	研究機関	4
5	ヒティット大学	欧州	大学	3
6	カーディフ大学	欧州	大学	2
7	オンタリオ・テック大学	その他	大学	1
7	オルレアン大学	欧州	大学	1
7	University Libre de Bruxelles	欧州	大学	1

アンモニアの専焼、アンモニアの混焼における大学や研究機関の研究者所属機関別論文発表被引用件数上位ランキングを表 5-7-15 に示す。

表 5-7-15　所属機関属性を（大学・研究機関）に限定した技術区分（アンモニア専焼、アンモニア混焼）の研究者所属機関別論文発表被引用件数上位ランキング（論文発表年：2012～2021 年）

アンモニア 専焼				
順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	東北大学(日本)	日本	大学	21
2	オーストラリア連邦科学産業研究機構	豪州	研究機関	4
2	DICMAPI-Universita degli Studi di Napoli Federico II	欧州	大学	4
4	ヒティット大学	欧州	大学	3
5	カーディフ大学	欧州	大学	2
6	オンタリオ・テック大学	その他	大学	1

アンモニア 混焼				
順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	産業技術総合研究所	日本	研究機関	4

（６）燃料電池

燃料電池における研究者所属機関別の論文発表被引用件数上位ランキングを表 5-7-16 に示す。論文発表件数のランキングとは異なり、中国籍の機関は上位 10 位以内には含まれておらず、日本国籍と欧州籍の機関が半数を占めている。

表 5-7-16　技術区分（燃料電池）の研究者所属機関別論文発表被引用件数上位ランキング（論文発表年：2012～2021 年）

燃料電池				
順位	所属機関	国籍	属性	件数
1	Monash University	豪州	大学	16
2	Energy Institute at the Johannes Kepler University Linz	欧州	大学	14
3	京都大学	日本	大学	12
3	American University Sharjah	その他	大学	12
5	産業技術総合研究所	日本	研究機関	11
6	University Queensland	豪州	大学	10
7	インペリアル・カレッジ・ロンドン	欧州	大学	9
7	シンガポール国立大学	ASEAN	大学	9
7	University Wisconsin - Milwaukee	米国	大学	9
7	CNR ITAE	欧州	研究機関	9

第６章　総合分析

第１節では、第１章から第５章までの調査結果について、４つの大区分（製造、貯蔵・輸送・供給、燃焼利用、燃料電池）毎に分析する。第２節では、出願人属性別に分析する。第３節では、第１節及び第２節の分析を踏まえて提言を述べる。

第１節　大区分別の分析

製造

（１）全体動向

第２章（市場動向調査）及び第３章（政策動向調査）において示したとおり、水素とアンモニアは、エネルギー用途としての期待が高まっており、いずれも需要が今後増えると予想されている。

水素の製造方法については、現在主流の天然ガスなどの化石燃料を用いた改質法、実用化が期待されている再生可能エネルギーを活用して水素を製造する水電解法等が存在し、第３章に示したとおり、各国政府も水電解をはじめとした種々の製造方法の研究開発を後押ししている。

一方、アンモニアの製造方法は、100 年以上の歴史があるハーバー・ボッシュ法が常用されており、ハーバー・ボッシュ法以外の製造プロセスは研究されているものの実用化にいたっていない。

このような背景のためか、第４章に示した主要国・地域における水素製造に関する国際パテントファミリー件数（図 4-3-3）をみると、各国籍・地域を合計した件数では 2013 年から 2017 年においては年間 400 件程度で推移していたものの、2018 年以降は増加傾向を示している。一方、主要国・地域におけるアンモニア製造に関する国際パテントファミリー件数推移（図 4-3-4）では、各国籍・地域を合計しても年間 50 件程度で横ばいである。

この傾向は、第５章に示した論文発表件数にも示されており、水素製造に関する論文発表件数（図 5-3-1）について各国籍・地域を合計すると数百件規模であり、かつ、2012 年の 200 件程度から 2021 年には 800 件程度まで増加しているのに対し、アンモニア製造に関する論文発表件数（図 5-3-2）について各国籍・地域を合計しても、近年増加しているとはいえ、数十件規模である。

各国籍・地域別動向については、2012 年から 2020 年における水素製造に関する国際パテントファミリー件数比率（図 4-3-3）によると、欧州籍による国際パテントファミリー件数比率が最も高く 33.8%を占めており、次いで、日本国籍（21.9%）、米国籍（18.5%）、中国籍（6.4%）、韓国籍（5.6%）となっている。また、国際パテントファミリー件数推移（図 4-3-3）をみると、欧州籍出願人、中国籍出願人、韓国籍出願人の国際パテントファミリー件数が近年増加傾向である。同様にしてアンモニア製造に関する国際パテントファミリー件数に基づく特許出願動向をみると、2012 年から 2020 年における国際パテントファミリー件数比率（図 4-3-4）では、欧州籍によるファミリー件数比率が最も高く 48.6%を占めており、次いで、日本国籍（20.1%）、米国籍（13.3%）、中国籍（6.2%）、韓国籍（4.7%）となっている一方、国際パテントファミリー件数推移（図 4-3-4）をみると、欧州籍出願人の国際パテントファミリー件数は近年減少傾向

にある。

また、第４章に示した出願先国・地域別－出願人国籍・地域別出願件数によると、水素製造（図 4-3-5）については、日本国籍出願人・米国籍出願人・欧州籍出願人が積極的に他の国・地域に出願していることが把握でき、また、再生可能エネルギー国とされる豪州については、欧州籍出願人（約 150 件）と米国籍出願人（約 120 件）が、日本国籍出願人(60 件)の 2 倍程度出願している。同様にしてアンモニア製造(図 4-3-6)については、第３章に示したとおりアンモニアの用途が大半が肥料用途で地産地消されているところ、欧州籍出願人が農地面積が広い国・地域に出願している傾向が見て取れる。アンモニア製造の出願人別ファミリー件数上位ランキング（表 4-7-3）において、欧州籍出願人として CASALE、ティッセンクルップ、TOPSOE が上位にランクインしており、これらの企業は第２章で示したとおりアンモニア製造のライセンサーとして知られている。

（２）技術区分別動向

日本国籍出願人は、水素製造に関わる水蒸気改質や部分酸化改質、固体高分子水電解、アニオン交換膜水電解といった燃料電池を背景とするパテントファミリー件数が他国籍・地域と比較して多い（図 4-3-7)。

米国籍出願人は、水素製造に関わる反応器や電解セル、圧縮機など製造設備の部品に関わるパテントファミリー件数が欧州に次いで多い（図 4-3-8)。

欧州籍出願人は、水蒸気電解による水素製造のパテントファミリー件数が他国籍・地域と比較して多い（図 4-3-7)。水素製造設備の部品に関わる出願において、反応器や電解セルのパテントファミリー件数が中国籍に次いで多く、圧縮機、凝縮器のパテントファミリー件数や論文発表は他国籍・地域と比較して多い（図 4-3-8、図 5-3-3)。反応器や電解セルの論文発表は他国籍・地域と比較して多い（図 5-3-3)。

中国籍出願人は、アルカリ水電解による水素製造のパテントファミリー件数が他国籍・地域と比較して多い（図 4-3-7)。光触媒のパテントファミリー件数が他国籍・地域と比較し非常に多い。2 位の日本国籍出願人の約 3.8 倍のパテントファミリー件数となっている（図 4-3-7)。水素製造設備の部品に関わるパテントファミリー件数において、反応器や電解セルのパテントファミリー件数が他国籍・地域と比較して多い（図 4-3-8)。反応器や電解セルの論文発表は欧州籍に次いで多い（図 5-3-3)。

韓国籍出願人は、水素製造設備の部品に関わるパテントファミリー件数において、改質器のパテントファミリー件数が欧州籍、日本国籍に次いで多い（図 4-3-8)。

貯蔵・輸送・供給

（１）全体動向

第２章（市場動向調査）及び第３章（政策動向調査）で示したとおり、日本においては、水素関連技術の技術基準の共通化等の取組が検討されている。

第４章に示した主要国・地域における水素及びアンモニアを合わせた貯蔵・輸送・供給に関する国際パテントファミリー件数推移（図 4-4-4）は、各国籍・地域を合計す

ると 2012 年は年間 120 件程度だったものの、2017 年から増加傾向となり、2018 年には年間 200 件を超え、その後も増加している。

各国籍・地域別動向については、2012 年から 2020 年における国際パテントファミリー件数比率（図 4-4-4）では、欧州籍によるファミリー件数比率が最も高く 40.1%を占めており、次いで、日本国籍（31.3%）、米国籍（12.7%）、韓国籍（6.0%）、中国籍（3.7%）となっている。また、2012 年から 2018 年までは、日本国籍及び欧州国籍は概ね増加傾向であり、50～100 件程度の件数となっている。

出願先国・地域別―出願人国籍・地域別出願件数を見ると、日本国籍出願人が積極的に、他国・地域で特許権の取得を目指していることが把握できる。

（２）技術区分別動向

日本国籍出願人は、タイプ 1 からタイプ 4 といった圧縮水素の容器に関する技術や水素ステーションの充填・放出の計測・最適化、残量管理、使用状況監視といった管理運営技術に関わる技術について、各国・地域への特許出願・登録件数が他国籍・地域と比較して多い（図 4-4-3、図 4-4-6）。

欧州籍出願人は、圧縮水素の容器に関わるパテントファミリー件数が他国籍・地域と比較して多い（図 4-4-3）。

中国籍出願人は、圧縮水素の容器に関わるパテントファミリー件数が欧州籍と日本国籍に次いで多い（図 4-4-3）。

韓国籍出願人は、水素ステーションにおいて、充填・放出の計測・最適化、残量管理に関わるパテントファミリー件数が日本国籍に次いで多い（図 4-4-6）。

燃焼利用

（１）全体動向

第２章から第３章で示したとおり、水素の燃焼利用先として、飛行機や船舶、自動車が想定されている。

第４章に示した主要国・地域における水素の燃焼利用に関する国際パテントファミリー件数推移（図 4-5-8）は、各国籍・地域を合計すると年間 50 件から 80 件程度を推移している。同様にして、アンモニアの燃焼利用に関する国際パテントファミリー件数推移（図 4-5-9）は、各国籍・地域を合計すると多い年でも年間 10 件程度であり、ほとんど出願されていない。

一方で、論文発表件数の各国籍・地域を合計件数についてみると、水素の燃焼利用に関する論文発表件数（図 5-5-1）は、2019 年の 76 件から 2021 年には 226 件へと急増している。アンモニアの燃焼利用に関する論文発表件数（図 5-5-2）も同様に、2019 年の 12 件から 2021 年には 54 件と急増している。

各国籍・地域別動向については、2012 年から 2020 年における水素の燃焼利用に関する国際パテントファミリー件数比率（図 4-5-8）では、欧州籍によるファミリー件数比率が最も高く 36.7%を占めており、次いで、日本国籍（22.6%）、米国籍（21.4%）、韓国

籍（2.9%）、日本国籍（3.6%）となっている。欧州籍出願人、日本国籍出願人、米国籍出願人は、10～20 件程度で推移してきたが、近年欧州籍出願人が急増し、欧州籍出願人の 2020 年の暫定値は約 50 件となっている。論文発表件数比率（図 5-5-1）をみると、欧州籍出願人が首位で約 30%、2 位が中国出願人で約 20%、3 位が米国出願人で約 7%であり、日本出願人は韓国出願人に次いで約 3%となっている。

2012 年から 2020 年におけるアンモニアの燃焼利用に関する国際パテントファミリー件数比率（図 4-5-9）によると、日本国籍出願人によるファミリー件数比率が最も高くは約 48.6%を占めている。ただし、国際パテントファミリー件数推移（図 4-5-9）では、どの国籍・地域出願人も年間 10 件未満である。論文発表件数比率（図 5-5-2）をみると、欧州籍出願人が約 30%、2 位が中国籍出願人で約 20%、3 位が日本国籍出願人で約 17%となっている。論文発表件数推移（図 5-5-2）をみると、2020 年まではどの各国籍・地域出願人も 10 件未満であったが、2021 年は欧州籍出願人及び中国籍出願人は 10 件を超える発表を行っている。

日本国籍の大学や研究機関は、アンモニアの燃焼利用において論文発表被引用件数が多い（表 5-7-14）。

水素及びアンモニアの燃焼利用に関する出願先国・地域別―出願人国籍・地域別出願件数（図 4-5-12）によると、日本国籍出願人・米国籍出願人・欧州籍出願人が積極的に、他国・地域で特許権の取得を目指していることが把握できる。

（２）技術区分別動向

日本国籍出願人は、アンモニアの燃焼利用については、全体的に特許出願件数および論文発表件数が多いとは言えないものの、国際パテントファミリー件数が他国・地域よりも多く、論文の被引用数も多いことから、一定の技術力を有すると考えられる（図 4-5-9、表 5-7-14）。

米国籍出願人は、有人飛行機や大型車、商用車の燃焼利用に関わるパテントファミリー件数が他国籍・地域と比較し多い（図 4-5-13）。

欧州籍出願人は、水素の燃焼利用について、IPF 件数や論文発表が他国籍・地域と比較して多い（図 4-5-8、図 5-5-1）。船舶の燃焼利用に関わるパテントファミリー件数が韓国籍に次いで多く、論文発表は他国籍・地域と比較し多い（図 4-5-4、図 5-5-8）。

燃料電池

（１）全体動向

第２章に示したとおり、燃料電池は、家庭用のほか、燃料電池車（FCV）や燃料電池トラック・バス（FC トラック、FC バス）、船舶、鉄道、そしてドローン等で利活用が進むことが予想されている。そして、中国や欧州では、FC トラック・バスの市場が拡大している。

第４章に示した主要国・地域における燃料電池に関する国際パテントファミリー件数推移（図 4-6-2）によると、各国籍・地域を合計すると年間 1050 件程度から 1250 件程度を推移し、概ね横ばいである。2020 年は 1400 件程度の暫定値となっており、2019 年の 1200 件程度の暫定値から増加している。

各国籍・地域別動向については、日本国籍出願人は、毎年 400 から 500 件程度で推移しており、2018 年までは各年における国際パテントファミリー件数で日本国籍出願人は首位であり、2012 年から 2020 年の国際パテントファミリー件数の合計でも日本国籍出願人が 4097 件と、他国・地域籍出願人を大きく凌駕している（2 位の欧州籍は 3019 件）（図 4-6-2）。

また、出願先国・地域別でみても、日本国籍出願人は、各国・地域においても 2 番目に多い（それぞれの国・地域の出願人に次ぐ）件数の出願を行っていることが判明した（図 4-6-3）。しかし、近年では欧州籍出願人の IPF 件数が増加している（図 4-6-2）。

（２）技術区分別動向

日本国籍出願人は、燃料電池に関わる出願において、IPF 件数は、他国籍・地域よりも多い（図 4-6-2）。燃料電池の課題として発電効率や長寿命化、安全性向上に関わるパテントファミリー件数が他国籍・地域と比較して多い（図 4-6-4）。また、金属系セパレータなどの技術区分において他国・地域を大きく超えるパテントファミリー件数となっており、燃料電池に関する技術は全般的に日本の強みと言える（図 4-6-5、図 4-6-16～図 4-6-20）。

欧州籍出願人は、燃料電池の課題として発電効率に関わる論文発表が他国籍・地域と比較して多い（図 5-6-2）。

中国籍出願人は、燃料電池の課題として低コスト化に関わるパテントファミリー件数が他国籍・地域と比較して多い（図 4-6-4）。触媒材料の低コスト化や金属系触媒の発電効率に関するパテントファミリー件数が他国籍・地域と比較して多い（図 4-6-11～図 4-6-15、図 4-6-16～図 4-6-20）。

韓国籍出願人は、金属系触媒の発電効率について、中国籍に次いでパテントファミリー件数が多い（図 4-6-11～図 4-6-15、図 4-6-16～図 4-6-20）。

第１節の特に技術区分別動向の結果を踏まえて、各国籍・地域における注力技術を示す。

表 6-1-1　各国籍・地域における特許出願および研究開発の注力技術区分一覧

	製造	貯蔵・輸送・供給	燃焼利用	燃料電池
日本	水素製造に関わる水蒸気改質や部分酸化改質、固体高分子水電解、アニオン交換膜水電解といった燃料電池を背景とするパテントファミリー件数が他国籍・地域と比較して多い（図 4-3-7）。 論文発表件数は他国籍・地域と比較し少ない（図 5-3-1、図 5-3-2）。	貯蔵において、圧縮水素の容器に関わるパテントファミリー件数が欧州に次いで多い（図 4-4-3）。 水素ステーションにおいて、充填・放出の計測・最適化、残量管理、使用状況監視といった管理運営技術に関わる技術について、各国・地域への特許出願・登録件数が他国籍・地域と比較して多い（図 4-4-6～図 4-4-12）。論文発表件数は他国籍・地域と比較し少ない（図 5-4-1、図 5-4-2、図 5-4-3）。	件数は少ないが、アンモニアの燃焼利用に関わる IPF 件数が他国籍・地域と比較して多く、論文の被引用件数も多い（図 4-5-9、表 5-7-14）。 論文発表は欧州籍、中国籍に次いで多い（図 5-5-2）。	燃料電池に関わる出願において、IPF 件数は、他国籍・地域よりも多い（図 4-6-2）。 燃料電池の課題として発電効率や長寿命化、安全性向上に関わるパテントファミリー件数が他国籍・地域と比較して多い（図 4-6-4）。 金属系セパレータに関するパテントファミリー件数が他国籍・地域よりも多い（図 4-6-5、図 4-6-16～図 4-6-20）。 論文発表件数は他国籍・地域と比較し少ない（図 5-6-1）。
米国	水素製造に関わる反応器や電解セル、圧縮機など製造設備の部品に関わるパテントファミリー件数が欧州に次いで多い（図 4-3-8）。論文発表件数は欧州籍、中国籍と比較し少ない（図 5-3-3）。	特許、論文において目立った傾向が見当たらない。	有人航空機や大型車、商用車の燃焼利用に関わるパテントファミリー件数が他国籍・地域と比較し多い（図 4-5-13）。	特許、論文において目立った傾向が見当たらない。

欧州	水蒸気電解による水素製造のパテントファミリー件数が他国籍・地域と比較して多い（図 4-3-7）。 水素製造設備の部品に関わる出願において、反応器や電解セルのパテントファミリー件数が中国籍に次いで多く、圧縮機、凝縮器のパテントファミリー件数他国籍・地域と比較して多い（図 4-3-8）。 反応器や電解セルの論文発表は他国籍・地域と比較して多い（図 5-3-3）。	貯蔵において、圧縮水素の容器に関わるパテントファミリー件数が他国籍・地域と比較して多い（図 4-4-3）。	水素の燃焼利用について、IPF 件数や論文発表が他国籍・地域と比較して多い（図 4-5-8、図 5-5-1）。 船舶の燃焼利用に関わるパテントファミリー件数が韓国籍に次いで多く、論文発表件数は他国籍・地域と比較し多い（図 4-5-13、図 5-5-8）。	燃料電池の課題として発電効率に関わる論文発表が他国籍・地域と比較して多い（図 5-6-2）。特許については目立った傾向は見当たらない。
中国	アルカリ水電解による水素製造のパテントファミリー件数が他国籍・地域と比較して多い(図 4-3-7)。 光触媒のパテントファミリー件数が他国籍・地域と比較し非常に多い。2 位の日本国籍の約 3.8 倍のパテントファミリー件数となっている（図 4-3-7）。 水素製造設備の部品に関わるパテントファミリー件数において、反応器や電解セルのパテントファミリー件数が他国籍・地域と比較して多い。(図 4-3-8)	貯蔵において、圧縮水素の容器に関わるパテントファミリー件数が欧州籍と日本国籍に次いで多い（図 4-4-3）。	水素の燃焼利用について、パテントファミリー件数が他国籍・地域と比較して多く、論文発表件数は欧州に次いで多い（図 4-5-1、図 5-5-1）。	燃料電池の課題として低コスト化に関わるパテントファミリー件数が他国籍・地域と比較して多い（図 4-6-4）。 触媒材料の低コスト化や金属系触媒の発電効率について、他国籍・地域と比較しパテントファミリー件数が多い（図 4-6-11～図 4-6-15、図 4-6-16～図 4-6-20）。

	反応器や電解セルの論文発表は欧州籍に次いで多い。(図 5-3-3)			
韓国	水素製造設備の部品に関わるパテントファミリー件数において、改質器のパテントファミリー件数が欧州籍、日本国籍に次いで多い（図 4-3-8)。	水素ステーションにおいて、充填・放出の計測・最適化、残量管理に関わるパテントファミリー件数が日本国籍に次いで多い（図 4-4-6)。	特許、論文において目立った傾向が見当たらない。	触媒材料の低コスト化や金属系触媒の発電効率について、中国籍に次いでパテントファミリー件数が多い（図 4-6-11～図 4-6-15、図 4-6-16～図 4-6-20)。

第２節　出願人属性別の分析

本節では、特に、大学および研究機関について、国際パテントファミリー及び論文発表件数との関係について分析する。

水素及びアンモニアの製造における 2012 年から 2020 年の大学・研究機関に限定した国際パテントファミリー件数推移・比率（図 4-3-31）によると、各国籍・地域を合計した全体動向では、2015 年以降、増加し、2014 年に約 60 件だった国際パテントファミリー件数が、2020 年には暫定値で約 140 件となっている。

各国籍・地域についてみると、国際パテントファミリー件数比率では、欧州籍が最も高く 22.7%を占めており、次いで、米国籍（19.2%）、韓国籍（17.3%）、中国籍（15.7 %）、日本国籍（11.7%）となっている。国際パテントファミリー件数推移についてみると、2017 年までは国際パテントファミリー件数が多い国籍・地域出願人でも 20 件程度であったが、多い国籍・地域出願人で 2020 年には 40 件程度となっている。

水素及びアンモニアの製造における 2012 年から 2021 年の大学・研究機関に限定した研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移・比率（図 5-3-14）によると、各国籍・地域を合計した全体動向では、2016 年以降、急激に増加し、2015 年に約 200 件だった発表件数が、2021 年には約 800 件となっている。

各国籍・地域についてみると、中国籍による論文発表件数比率が最も高く 30.8%を占めており、次いで、欧州籍（22.8%）、米国籍（4.9%）、韓国籍（4.8%）、日本国籍（3.6%）となっている。論文発表件数推移についてみると、2012 年から 2015 年まではどの国籍・地域も 100 件未満であったが、2016 年以降は、中国籍が 100 件を超える論文発表を行い、2018 年以降は、欧州籍も 100 件を超える論文発表を行っている。

水素及びアンモニアの貯蔵・輸送・供給における 2012 年から 2020 年の大学・研究機関に限定した国際パテントファミリー件数推移・比率（図 4-4-23）によると、各国籍・地域を合計した全体動向では、2018 年までは 15 件程度であったが、以降、増加し、2020 年には暫定値で約 30 件となっている。

各国籍・地域についてみると、国際パテントファミリー件数比率では、韓国籍が最も高く 24.8%を占めており、次いで、米国籍（21.1%）、欧州籍（19.9%）、日本国籍（11.8%）、中国籍（8.7%）となっている。国際パテントファミリー件数推移についてみると、2018 年までは国際パテントファミリー件数が多い国籍・地域出願人でも 5 件程度であったが、2020 年には首位の韓国籍出願人が 10 件を超えている。

水素及びアンモニアの貯蔵・輸送・供給における 2012 年から 2021 年の大学・研究機関に限定した研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移・比率（図 5-4-11）によると、各国籍・地域を合計した全体動向では、2019 年以降、急激に増加し、2018 年に約 60 件だった発表件数が、2021 年には約 190 件となっている。

各国籍・地域についてみると、中国籍による論文発表件数比率が最も高く 26.9%を占めており、次いで、欧州籍（25.9%）、米国籍（10.7%）、日本国籍（5.6%）、韓国籍（4.2%）となっている。論文発表件数推移についてみると、2012 年から 2020 年まではどの国籍・

地域も 50 件未満であったが、2021 年は、中国籍及び欧州籍が 50 件を超える論文発表を行った。また、2018 年以降、中国籍・欧州籍の論文発表件数が増加している。

水素及びアンモニアの燃料利用における 2012 年から 2020 年の大学・研究機関に限定した国際パテントファミリー件数推移・比率（図 4-5-26）によると、どの国籍・地域出願人もほとんど国際パテントファミリーを有しておらず、最も多い米国籍出願人も 8 件にとどまっている。

水素及びアンモニアの燃焼利用における 2012 年から 2021 年の大学・研究機関に限定した研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移・比率（図 5-5-16）によると、各国籍・地域を合計した全体動向では、2016 年以降、急激に増加し、2015 年に約 30 件だった発表件数が、2021 年には約 250 件となっている。

各国籍・地域についてみると、欧州籍による論文発表件数比率が最も高く 28.4%を占めており、次いで、中国籍（23.0%）、米国籍（8.6%）、韓国籍（4.5%）、日本国籍（4.4%）となっている。論文発表件数推移についてみると、2012 年から 2020 年まではどの国籍・地域も 50 件未満であったが、2021 年は、中国籍及び欧州籍が 50 件を超える論文発表を行った。また、2017 年以降、中国籍の論文発表件数が増加し、2019 年以降、欧州籍の論文発表件数が増加している。

水素及びアンモニアの燃料電池における 2012 年から 2020 年の大学・研究機関に限定した国際パテントファミリー件数推移・比率（図 4-6-26）によると、各国籍・地域を合計した全体動向では、調査期間中ほぼ横ばいで 140 件程度である。

各国籍・地域についてみると、国際パテントファミリー件数比率では、韓国籍が最も高く 24.3%を占めており、次いで、欧州籍（18.7%）、米国籍（17.0%）、中国籍（14.1%）、日本国籍（13.9%）となっている。国際パテントファミリー件数推移についてみると、調査期間を通して、国際パテントファミリー件数が多い国籍・地域出願人でも 40 件程度である。

水素及びアンモニアの燃料電池における 2012 年から 2021 年の大学・研究機関に限定した研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移・比率（図 5-6-9）によると、各国籍・地域を合計した全体動向では、2018 年以降、急激に増加し、2017 年に約 80 件だった発表件数が、2021 年には約 220 件となっている。

各国籍・地域についてみると、欧州籍による論文発表件数比率が最も高く 26.2%を占めており、次いで、中国籍（24.8%）、米国籍（10.7%）、韓国籍（6.2%）、日本国籍（4.5%）となっている。論文発表件数推移についてみると、2012 年から 2018 年まではどの国籍・地域も 50 件未満であったが、2019 年は欧州籍、2021 年は欧州籍及び中国籍が 50 件を超える論文発表を行った。また、2017 年以降、欧州籍及び中国籍の論文発表件数が増加傾向である。

上述の結果をみると、製造、貯蔵・輸送・供給、燃焼利用、燃料電池のいずれの技術区分においても、日本の大学および研究機関の論文件数比率は 5%程度である一方で、出願

人国籍・地域別の国際パテントファミリー件数比率でみると、日本の大学・研究機関は10%程度であり、海外への出願が意識されているといえる。

日本の論文発表件数の少ない原因については、アドバイザリーボードからは、日本における博士課程の学生や博士研究員の数が減少していること、技術開発が対象となっているプロジェクトに従事する研究者は実験・評価に多くの工数を割くことになるため、インパクトの高いジャーナル論文を執筆するための時間的余裕が減少してしまうこと、が挙げられた。

なお、技術区分別ファミリー件数上位ランキング（表 4-7-1～表 4-7-7）において、中国籍の大学・研究機関がライクインしている点については、アドバイザリーボードからは、中国国内の大学の特許出願を奨励しており、中国の大学の先生がベンチャー企業を自分で作りそこから収入を得られる、というビジネスライクな大学の運営がされていることや、研究プロジェクトでの特許出願の奨励などの可能性が示された。

第１節及び第２節の結果を踏まえて、日本の強みと課題を表 6-1-2 に示す。

表 6-1-2　日本の強みと課題の一覧

区分	日本の強み	課題	提言
製造	日本国籍出願人が従来から注力してきた燃料電池との関係が深い技術区分（水蒸気改質、アニオン交換膜水電解）において、他国籍・地域の出願人をリードしている。（図 4-3-7）	日本国籍出願人は、水素製造、特に水電解の技術について、欧米と比較して水素製造国など海外への出願があまり出来ていないこと。	提言１
		将来の国内活用を見据えて、特に再エネ電源を活用できる水電解技術については国内での活用を見据えた出願・権利化を継続して強化すること。	提言２
		水素製造プラントを考えたとき、欧州や米国が設備備品の特許を水素製造国に多く出願していることを日本の企業などが認識していく必要があること。	提言３
貯蔵・輸送・供給	水素ステーションの管理運営技術やタイプ 1～タイプ 4 といった水素の容器に関する技術については、日本国籍出願人の各国・地域への特許出願・登録件数が多く、日本が技術的に先行している。（図 4-4-7～図 4-4-12、図 4-4-14～図 4-4-	海外展開にあたって、有益であるなら国際調和を図る必要があること。	提言４

	17)		
燃焼利用	全体的に特許出願件数および論文発表件数が多いとは言えず、本件調査において、特許および研究開発動向調査から言える日本の強みは見当たらない。(図 4-5-1、図 4-5-2、図 5-5-1、図 5-5-2)	飛行機や船舶、自動車など移動体向けの用途について、件数は多く無いが、特許・論文ともに欧州籍にリードされていること。	提言 6
燃料電池	日本国籍出願人が、例えば金属系セパレータなどの技術区分において他国・地域を大きく超える出願を行っており、燃料電池に関する技術は全般的に日本の強みと言える。(図 4-6-5、図 4-6-16～図 4-6-20)	日本の特許出願傾向は近年減少傾向である一方、欧州籍出願人や中国籍出願人は近年出願件数が伸びてきていること。	提言 5
大学	特にアンモニア燃焼利用や水素吸蔵合金の分野で、論文の被引用数が多く、特に影響力が大きいと考えられる。(表 5-7-11、表 5-7-14)	影響力が大きいと考えられる技術分野について、海外への出願があまり行われていない。(図 4-4-24、図 4-5-27、図 4-5-28)	提言 7

第３節　提言

本調査を進めるにあたって設けられたアドバイザリーボードの助言、有識者へのヒアリング結果等を踏まえ、日本の目指すべき方向性に関して検討した結果を、提言１ないし７でまとめた。

提言１：今後水素製造の拠点となり得る国・地域へ向けた特許出願を検討すべきではないか

資源エネルギー庁の水素政策小委員会の中間整理において、国際水素サプライチェーン構築について言及されている。例えば、「豪州における水素プロジェクト」において日本企業が地元企業と組み、再エネを用いて水素を製造する取組が進められており、マレーシア、中東などでもプロジェクト組成の動きがあることが記載されている。

水素製造技術の海外への展開に際しては、展開先の国・地域で特許出願を行うと考えられるところ、本調査では、豪州、サウジアラビア、ASEAN 諸国等に向けた特許出願を調べた。

その結果、水素製造について、再生可能エネルギー資源国とされる豪州への出願については、欧米籍出願人より少ないことが判明した（図 4-3-5）。また、産油国であるサウジアラビアへの出願については、日米欧籍出願人のいずれもほとんど出願を行っていないことが分かった。ASEAN への出願については、日本国籍出願人は欧米籍出願人と同等の規模の出願をしていることが分かった。

一方で、発明の拠点である自国・地域への出願件数について、日本国籍出願人は欧米籍出願人よりも多く出願していること、米中韓への出願件数について、自国籍出願人を除くと、日本国籍出願人が欧州籍出願人の次に多い（日本国籍出願人は欧州籍出願人の 7 割程度の件数）こと、が分かった（図 4-3-5）。

すなわち、日本国籍出願人は、自国や米中韓には水素製造技術の出願を欧米籍出願人と比肩できる程度に行っているにもかかわらず、豪州やサウジアラビアといった国・地域には進んで出願を行っていない。国際水素サプライチェーン構築に向けて、豪州、ASEAN、中東等において水素製造技術を展開する際には、水素製造の拠点となる国・地域で必要な出願・権利化を行うべきではないか。

提言２：サプライチェーンの構築段階に応じた特許出願を検討すべきではないか

本調査の結果、水素の製造方法について 2012 年から 2020 年の累積ファミリー件数を比較すると、日本国籍出願人は化石燃料から水素を生成する改質技術のうち水蒸気改質及び部分酸化改質、水電解技術のうちアニオン交換膜水電解及び固体高分子形水電解において、他国籍・地域出願人に対してリードしていることが分かった（図 4-3-7）。特に改質では Ni,Pt,Ru,Ir 系触媒や CO_2・CO 分離（膜）、反応器、改質器において、電解では Pt,Ru 系触媒や CO_2・CO 分離（膜）、気液分離、圧縮機、不純物除去において、他国籍・地域出願人をリードしていることが分かった（図 4-3-9～図 4-3-12）。これら技術は、日本が従来から注力してきた燃料電池と関連するものである。

2023 年 2 月 10 日に閣議決定された「GX 実現に向けた基本方針」には、「大規模かつ強靭なサプライチェーンを国内外で構築」することが記載されている。また、水素政策小委員会の

中間整理においては、2030 年までに国際水素サプライチェーン（例えば、再エネ電源を用いた水電解及び天然ガス等の改質により生産された水素の輸入）を構築すると共に、2050 年までに国内の再エネ拡大と両輪での国内水素製造基盤の拡大を行うこととされている。
日本が強みとする改質技術は化石燃料資源国・地域と親和性が高く、水電解技術は再エネ資源国・地域と親和性が高い。当面行うべき国際水素サプライチェーン構築にあたり、日本が強みを有する技術の各技術に親和性の高い国・地域への出願・権利化が望まれる。また、将来の国内活用を見据えて、特に再エネ電源を活用できる水電解技術については国内での活用を見据えた出願・権利化を継続して強化すべきではないか。

提言３：水素の製造設備のみならず消耗部材等に関する技術の開発を進めるべきではないか

水素サプライチェーン構築にあたり、水素製造技術のうち特にどのような技術の特許が重要になるのか把握すべく、本調査では、既にサプライチェーンが構築されているアンモニア製造の技術においてリードしている欧州企業がどのような物品やサービスを提供しているか、どのような特許出願を行っているかを調査した。

調査の結果、上記欧州企業は、アンモニア製造について消耗部材提供やメンテナンスサービス提供によるビジネスやライセンスビジネスを展開していることが判明した。また、特許出願を調査した結果、一部の上記欧州企業はアンモニア製造において、CO_2・CO 分離（膜）、アンモニア分離（膜）、反応器、凝縮器、熱交換器、圧縮機、パージ設備といった製造設備の消耗部材やメンテナンスサービス提供が必要と考えられる部材について、多く出願していることが判明した（図 4-3-18）。

さらに、上記欧州企業について、水素製造における特許出願を調査した結果、水素分離（膜）、CO_2・CO 分離（膜）、反応器、改質器、蒸気加熱器、圧縮機、パージ設備といった製造設備の消耗部材等やメンテナンスサービス提供が必要と考えられる部材等（以下、「消耗部材等」という。）について多く出願を行っていることが判明した（図 4-3-19）。つまり、上記欧州企業は水素製造とアンモニア製造とで類似した特許戦略をとっていると考えられる。

上記を踏まえ、水素製造における消耗部材等に関連した技術区分の特許出願動向について、国籍・地域別に調査を行った。その結果、2012 年から 2020 年の累積ファミリー件数でみると、CO_2・CO 分離（膜）（特に、耐久性、高効率化に関するもの）、改質器（特に、耐久性に関するもの）では日本国籍出願人は他国籍・地域出願人よりも多い件数となっている（CO_2・CO 分離（膜）は 2 位の中国籍出願人の 1.5 倍程度、改質器は 2 位の欧州籍出願人の 1.05 倍程度）が、その他の消耗部材等の出願では欧米籍出願人が日本国籍出願人よりも多くの出願を行っていることが分かった（図 4-3-8、図 4-3-13～図 4-3-17）。特に、熱交換器・凝縮器について、欧米籍出願人が突出して多い出願を行っていることが判明した。

日本においても、水素サプライチェーン構築に向けて、製造設備のみならず消耗部材等に関する技術の開発を、スピード感をもって進めるべきではないか。

提言４：規制の調和の検討にあたっては、特許出願動向を参照することが求められる場面があることに注意すべきではないか

経済産業省の水素保安戦略の策定に係る検討会で取りまとめが行われている水素保安戦略の策定に係る検討会報告書－水素保安戦略－（案）の「3. 各国動向の把握、規制の調和・国際規格の策定に向けた取組」では、官民が連携して水素保安規制の国際調和に向けた議論を進めて行くための今後の取組として、技術基準の共通化や国際標準化を行う分野の特定が挙げられている。

本調査では、技術基準の共通化や国際標準化を行う分野の特定や議論の参考となるように、水素ステーションの管理運営技術及び圧縮水素の容器技術について、主要国・地域の特許出願・登録情報について調査した。

2015 年 6 月に国連規則として成立した水素燃料電池自動車の相互承認のための協定規則（UNR134）など共通の技術基準が存在する圧縮水素の容器技術全般に関しては、2015 年以降で主要国の特許出願が増加している。日本国籍出願人は、日本国外に積極的に出願・登録しているものの、欧州籍出願人も同様に欧州域外で出願・登録しており、特許出願・登録状況の観点からは、日本国籍出願人と欧州籍出願人は拮抗している（図 4-4-3、図 4-4-13～図 4-4-17、図 5-4-2、図 5-4-5）。

他方、国際調和が必ずしも図られていない水素ステーションの管理運営技術については、日本国籍出願人以外の出願件数の顕著な増加は認められない。そして、日本国籍出願人は、他国籍・地域よりも出願・登録件数が多く、日本国外へも積極的に出願し、グローバルにビジネスを展開することを念頭に権利化をしていることが判明した（図 4-4-2、図 4-4-6～図 4-4-12、図 5-4-3、図 5-4-4）。

このため、水素ステーションの管理運営技術については、他国籍・地域出願人よりも日本国籍出願人が注力している技術であるといえ、議論をリードできる可能性があるものの、一方で日本国籍出願人のみが独自の方向に進む可能性があることにも留意すべきである。このような状況を把握する観点からも、規制の調和の検討にあたっては、特許出願動向を参照することが求められる場面があることに注意すべきではないか。

提言５：他国・地域に対して技術優位性のある燃料電池の技術開発を着実に続けるべきではないか

本調査において、燃料電池の分野全体における IPF 件数推移を調べたところ、2018 年までは日本国籍出願人が他国籍・地域出願人よりも多く、2012 年～2020 年の IPF 件数の合計でも日本国籍出願人が 4097 件と最も多いことが分かった（2 位の欧州籍は 3019 件）（図 4-6-2）。また、出願先国・地域別でみても、日本国籍出願人は、各国・地域においても 2 番目に多い（それぞれの国・地域の出願人に次ぐ）件数の出願を行っていることが判明した（図 4-6-3）。しかし、近年では欧州籍出願人の IPF 件数が増加しており、日本国籍出願人の IPF 件数を追い抜く可能性がある（図 4-6-2）。

次に、技術区分別の動向を見ると、例えば、低コスト化・コンパクト化・耐衝撃性などの観点で注目されている金属系セパレータの分野においては他国籍・地域出願人に先んじて日本国籍出願人が多くの出願を行っていることが分かった（図 4-6-5）。特に、金属系セパレータの

抵抗抑制の分野においては 2 位の韓国籍出願人（36 件）と大きな差をつけて日本国籍出願人（145 件）の出願が多い(図 4-6-16、図 4-6-20)。金属系セパレータの抵抗抑制の課題は、燃料電池の研究開発がある程度進んでから生じるものとされているところ、日本国籍出願人の燃料電池研究の先進性が示唆される。

以上のような日本国籍出願人の出願動向は、これまでの研究開発の積み重ねが反映されており、今後重要になると思われる技術についても優位性を確保していることが示唆された。しかし、欧州籍等出願人の出願は近年徐々に増加しているため、世界的な優位性を保ち続けるために、燃料電池技術の研究開発と知的財産の獲得を着実に続けるべきではないか。

提言６：水素・アンモニアの燃焼を利用した航空機・船舶、乗用車・商用車、発電等で利用される速度型内燃機関において、技術開発を加速すべきではないか

2023 年 2 月 10 日に閣議決定された「GX 実現に向けた基本方針」の参考資料によると、次世代航空機のコア技術として水素技術が例示されるとともに、水素・アンモニア燃料船等の開発についても例示されている。フランスの国家水素戦略やイギリスの水素戦略においても、航空機や船舶における水素の活用に言及している。また、乗用車・商用車向けの水素エンジンの開発が、日欧において民間主導で進められている。発電等に用いられる速度型内燃機関における燃焼については、NEDO の水素社会構築技術開発事業等で取り上げられ、研究開発が行われている[1]。

本調査では、航空機、船舶、乗用車を含む移動式用途に向けた水素・アンモニアの燃焼利用について、日米欧中韓をはじめとした主な国・地域の特許出願及び国際的に著名な論文誌に投稿された論文動向について国籍・地域別の調査を行った。

その結果、有人・無人航空機向けの水素・アンモニアの燃焼利用に関する特許出願は、2012 年から 2020 年の累積ファミリー件数でみると、最も件数が多い米国籍出願人でも 28 件（有人航空機向け）であり、いずれの国籍・地域も出願件数が少ないことが判明した（図 4-5-13)。また、船舶向けの水素・アンモニアの燃焼利用に関する特許出願は、2012 年から 2020 年の累積ファミリー件数でみると、件数が比較的多い欧中韓籍出願人でも 30 件程度であり、日米国籍出願人は 17 件であった。乗用車向けの水素・アンモニアの燃焼利用に関する特許出願については、累積ファミリー件数で見ると、日本国籍出願人が 167 件、米国籍出願人が 143 件、欧州籍出願人が 209 件、中国籍出願人が 229 件であった。また、商用車向けの水素・アンモニアの燃焼利用に関する特許出願は、2012 年から 2020 年の累積ファミリー件数でみると件数が比較的多い米欧籍出願人で 30 件未満であった（図 4-5-13)。一方で、論文については航空機における水素燃焼、船舶におけるアンモニア燃焼、乗用車における水素燃焼のいずれも欧州籍の機関による発表が近年増えている（図 5-5-3、図 5-5-5、図 5-5-7)。

航空機・船舶における水素・アンモニアの燃焼利用は、特許出願件数の蓄積がみられない一方で、近年は論文発表が行われ始めており、国内外ともに利用拡大の目標の設定も進めら

[1] NEDO, 水素社会構築技術開発事業
https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100096.html

れている、開拓領域であると考えられる。このため、水素・アンモニアの燃焼利用技術の実用化に向けた技術開発を加速すべきではないか。

また、乗用車・商用車については特に水素燃焼が想定されるところ、乗用車・商用車における水素燃焼に関する IPF 件数推移を見ると、2012 年から 2020 年まで通して日米欧籍出願人が各年 10 件程度以下の出願を行っていることが分かった（図 4-5-10、図 4-5-11）。乗用車における水素燃焼に関する論文発表件数については、日本の機関による発表がほとんどされていない一方で、2019 年以降欧州籍の機関による発表件数が急増していることが判明した（図 5-5-5）。

乗用車向けへの水素の燃焼利用技術について、欧州籍の機関が論文の発表を活発に行っていることから、欧州籍出願人は今後さらに特許出願を加速させる可能性がある。日本国籍出願人も技術開発を加速すべきではないか。

また、水素発電等で利用される速度型内燃機関の燃焼の利用について、2012 年から 2020 年の累積ファミリー件数でみると、日本国籍出願人は 18 件で、他国籍・地域出願人と比べて多くの出願がされていない状況であるが（図 4-5-16～図 4-5-20）、他国籍・地域出願人も 40～60 件程度であり、特許出願件数の蓄積は見られない。一方、NEDO の水素社会構築技術開発事業などで取り上げられているところ、技術開発の加速が期待される。

提言７：日本の大学・研究機関は国の支援等の活用も視野にいれつつ、事業化を見据えた技術の海外への特許出願を行うべきではないか

本調査では、日米欧中韓における大学や研究機関の特許出願動向及び国際的に著名な論文誌における論文発表動向を調査した。

その結果、製造等の大きな分野別に見ると、日本の大学・研究機関の論文件数比率が 5%程度であるのに対し（図 5-3-14、図 5-4-11、図 5-5-16、図 5-6-9）、日本国籍の大学・研究機関の IPF 件数比率は 10%程度であることが分かった（図 4-3-31、図 4-4-23、図 4-5-26、図 4-6-26）。したがって、全体としては海外への出願も意識されていると考えられる。一方で、日本の大学・研究機関は、特にアンモニア燃焼利用や水素吸蔵合金の分野で、論文の被引用数が大きく、特に影響力が大きいと考えられる技術分野については海外への出願があまり行われていないことが分かった（図 4-4-24、図 4-5-27、図 4-5-28、表 5-7-11、表 5-7-14）。

知的財産戦略本部において決定された「知的財産推進計画 2022」では、重点 8 施策の１つに、大学における事業化を見据えた権利化の支援を挙げている。特許庁においても、海外特許出願に対する支援を行っている。大学・研究機関は国の支援等の活用も視野に入れつつ、事業化を見据えた技術の海外への特許出願を行うべきではないか。

非　売　品
禁無断転載

令和４年度
特許出願技術動向調査報告書
－カーボンニュートラルに向けた水素・アンモニア技術
（製造から利用まで）－

発　行　　令和５年３月

発行者　　特　許　庁
〒100-8915　東京都千代田区霞が関３－４－３
電　話　　０３－３５８１－１１０１（代表）

請負先　　トヨタテクニカルディベロップメント株式会社

乱丁、落丁がございましたら、上記までご連絡下さい。