

令和7年度
特許出願技術動向調査報告書
(要約)

－低炭素燃料エンジン－

令和8年3月

特許庁

巻頭言

近年、カーボンニュートラル社会の実現に向けた取組みは世界的に加速しており、運輸分野や発電分野においても低炭素燃料を活用する技術開発が急速に進展しています。水素、アンモニア、合成燃料、バイオ燃料、天然ガスといった多様な燃料の利用が検討される中で、内燃機関は今なおエネルギー利用の中核を担う技術であり、その低炭素化の方向性を明らかにすることは極めて重要な課題となっています。

本調査は、低炭素燃料エンジンに関する市場環境、特許出願動向、研究開発動向を網羅的に把握し、国内外の技術発展の状況、日本の技術・産業競争力の強みと弱み、さらには今後取り組むべき課題を整理することを目的としています。調査にあたっては、詳細な特許・論文分析を通じて、技術区分ごとの進展状況を俯瞰するとともに、企業や大学・研究機関の研究開発活動を可視化しました。

低炭素燃料エンジンは、カーボンニュートラルの実現に向けて、電動化と並ぶ現実的かつ有効な選択肢であり、自動車を始め、船舶、航空機、発電設備といった幅広い分野での適用が検討されており、調査結果から、特に直近数年でその技術開発が加速していることが分かりました。さらに、低炭素燃料エンジンは必ずしも電動化と対立・棲み分けするものではなく、ハイブリッド車（HEV）、プラグインハイブリッド車（PHEV）やレンジエクステンダーBEVとの統合などにより、エネルギーシステム全体の最適化に寄与する可能性が示されました。燃料別では、天然ガスやバイオ燃料が最も成熟し、水素やアンモニアは発展途上、メタノールは中国などで商用化が進展しています。一方で、燃料供給インフラの整備や安全性確保、国際標準化、コスト競争力、燃料規格や認証制度といった課題も存在し、技術開発だけでなく政策・制度面との連携も不可欠です。

その中で日本は、タービンやアンモニア燃焼など大型用途に必要な基盤技術で強みを持ち、発電・船舶分野で国際競争力を発揮できる可能性があります。特にタービンを含む発電用エンジンはベースロード電源や需給調整電源として国家の経済活動と社会基盤を支える根幹であり、船用エンジンは日本にとって生命線となる資源・食料・物資の国際海運に必要不可欠な技術であるため、両分野における低炭素燃料エンジンは国家安全保障の面からも重要な技術と考えられます。

その一方、日本の自動車部門では、近年の低炭素燃料×レシプロエンジンに関わる特許出願が増加傾向にはあるものの、相対的な優位性が確立しているとは言いえない状況であると見られます。日本の自動車産業が将来に向けて国際競争力をさらに向上させていくためには、低炭素燃料技術に関する特許戦略強化も必要と考えられます。

さらに、今後はこれらの分野において「基盤技術×国際規格×安全性」を軸に、政策・規格・認証制度と連動した知財戦略を構築するとともに、研究活動強化、特に研究機関や大学での論文活動強化も重要と考えられます。

本報告書が、産業界、研究機関、行政における研究開発戦略や知財戦略の策定に資するとともに、日本が世界的な技術競争の中で存在感を高め、持続可能な社会の実現

に貢献する一助となることを期待します。

最後に、本調査の遂行にあたり膨大な特許文献・論文を精査いただいた受託事業者の皆様、ヒアリングなどにご協力いただいた関係各位に深く感謝申し上げます。

令和7年度特許出願技術動向調査－低炭素燃料エンジン－
アドバイザーボード委員一同

目次

卷頭言

目次

第 1 章 調査概要	1
第 1 節 調査目的.....	1
第 2 節 技術概要.....	2
第 3 節 技術俯瞰図	3
第 4 節 技術区分.....	6
第 2 章 市場環境調査	12
第 1 節 低炭素燃料エンジンの燃料・用途別の市場規模と展望.....	12
第 2 節 主要プレイヤーの動向	13
第 3 節 低炭素燃料の需要と生産動向および供給インフラの整備状況	14
第 4 節 各国・地域の政策動向	17
第 5 節 規格化・標準化の動き	17
第 3 章 特許動向調査	18
第 1 節 調査方法.....	18
第 2 節 全体動向調査.....	20
第 3 節 技術区分別動向調査.....	21
第 4 節 注目出願人の出願動向調査	42
第 5 節 検索式のみによる全体動向調査調査	54
第 6 節 注目特許の調査	59
第 4 章 研究開発動向調査	61
第 1 節 調査方法.....	61
第 2 節 全体動向調査.....	63
第 3 節 技術区分別動向調査.....	64
第 4 節 研究者所属機関・研究者別動向調査	67
第 5 節 注目論文の調査	67
第 6 節 検索式のみによる全体動向調査.....	69
第 5 章 総合分析	77
第 1 節 調査結果の総括	77
第 2 節 今後の展望	80
第 3 節 調査結果を踏まえた示唆	87
(参考)	89
(参考)	91
アドバイザーボード名簿	133

要約

第1章 調査概要

第1節 調査目的

特許情報から技術全体を俯瞰し、経済情報・産業情報を踏まえた技術開発の進展状況・方向性を把握することは、特許庁における審査体制の構築や的確かつ効率的な審査などのための基礎資料の整備、産業政策、科学技術政策の基礎資料の整備をする上で必要である。

また、今後、わが国の産業が持続的に発展していくためには、新規事業の創出が不可欠であり、そのためには、企業や大学・公的研究機関などの技術開発、知財戦略策定を支援していく必要がある。特許情報はこれら企業などの研究開発動向、知財戦略の表れであり、技術開発、知財戦略の方向性を決定していく上でも重要なものである。

カーボンニュートラル実現に向けて様々な取組が求められているところであり、CO₂排出量の主要な発生源である運輸（交通輸送）分野・発電分野の中核技術であるエンジン（内燃機関）において、低炭素燃料を活用する技術開発が進められている。

運輸分野では、これまで車両の電動化（例えば、HEV、PHEV、BEV、FCEV¹化）をけん引していた欧州委員会が、2035年以降のエンジン搭載車の新車販売禁止措置を撤回する案を、2025年12月に明らかにした。これにより、ハイブリッド車や低炭素燃料エンジン車の開発がさらに活発化する可能性が高まっている。また、船舶では比較的炭素な天然ガスが活用されており、さらに、水素およびアンモニアの活用に向けた研究開発が進んでいる。

また、発電分野では従来のLNG火力発電の脱炭素化に向けて、水素およびアンモニアを活用するガスタービンエンジンの開発が進んでいる。

このような背景のもと、低炭素燃料を用いた内燃機関（ガスタービン含む）技術によりカーボンニュートラルを実現する「低炭素燃料エンジン」に関する技術革新の状況、技術競争力の状況、今後の展望などについて検討する必要がある。

本事業では、低炭素燃料エンジンに係る技術に関する市場動向、特許動向、研究開発動向などの最新の動向について、調査・分析する。

そして、本調査の分析結果に基づいて、

- (1) 本テーマにおける国内外の技術発展状況、研究開発状況を含む技術動向を明らかにすること、
- (2) 本テーマにおける日本および外国の技術競争力、産業競争力を明らかにすること、
- (3) 本テーマにおいて日本企業・政府機関が取り組むべき課題を整理し、日本の強み・弱みについて言及を行うこと、

を目的とする。

¹ HEV : Hybrid Electric Vehicle : ハイブリッド車

PHEV : Plug-in Hybrid Electric Vehicle : プラグインハイブリッド車

BEV : Battery Electric Vehicle : 電池式電動車。単にEV（電動車）とも言う。

FCEV : Fuel Cell Electric Vehicle : 燃料電池式電動車。単にFCV（燃料電池車）とも言う。

第2節 技術概要

1. 定義

本調査において、低炭素燃料エンジンとは、水素、アンモニア、合成燃料（e-Fuel）、バイオ燃料、天然ガスなどの低炭素燃料を用いた内燃機関を指す。ただし、ガスタービンのうち、天然ガス炊きの発電用大型タービンは含まない。また、ロケットエンジンも対象外とする。

(1) 低炭素燃料

低炭素燃料とは、従来から使われてきた化石燃料由来の燃料（ガソリン、軽油、灯油、重油など）に対して、二酸化炭素（CO₂）、メタン（CH₄）、一酸化二窒素（N₂O）といった GHG（温室効果ガス）排出量の低減を目指す燃料である。気体燃料と液体燃料に大別される。また、燃料の種類ではないが、Dual Fuel（二元燃料）という技術もある。

① 気体燃料

代表的な気体燃料としては、天然ガス、水素、アンモニア、石油ガスがある。これらは常温常圧で気体であるが、燃料として貯蔵、運搬するために高圧あるいは低温にして液化ガスとして供給する場合もある。

代表的な液化ガス燃料としては、LNG（液化天然ガス）、LPG（液化石油ガス）などがある。また、最近になって脱炭素燃料として注目を集めている水素やアンモニアも、気体燃料であるが液化して輸送、貯蔵、供給される場合がある。

② 液体燃料

液体の低炭素燃料としては、バイオ燃料（主としてバイオメタノール、バイオディーゼル油）、e-Fuel などがある。また、アンモニアを液体のままエンジンに注入（噴射）する場合は液体燃料と考える。

SAF（Sustainable Aviation Fuel：持続可能な航空燃料）も代表的な低炭素燃料²であるが、これは既存のエンジンで使用することを目的として開発された燃料なので、エンジン側で特許に値するような新技術や改造は不要の筈である。よって、本調査では SAF は燃料分類の対象とはしなかった。

この他に、ガソリンあるいはディーゼル油に一定の割合でアルコールなどを添加した混合燃料もある。混合燃料は燃料タンクに入れる時点ですでに混合されて、一つの燃料として扱われる。

③ Dual Fuel

低炭素燃料どうし、あるいは従来燃料と低炭素燃料を状況に応じて使い分けるエンジン技術である。典型的な例としては以下が挙げられる。①低炭素燃料使用を基本とするが、低炭素燃料の供給を受けられない場合も少なくないので、そのときは従来燃料を使う、②負荷状況（始動時、高負荷など）によって

² SAF は、ASTM-D7566 で規定されているとおり、8種類の低炭素燃料の総称である。SAFに含まれる個々の低炭素燃料は、低炭素燃料として検索式に含まれているが、SAF という括りでは調査対象としていない。

は、低炭素燃料での運転が難しい場合があり、そのときは従来燃料を使う、③低炭素燃料（特に水素、アンモニア）の着火性の悪さを補うため点火用に別の燃料（ディーゼル油など）を使う（パイロット燃料）、④低炭素燃料の燃焼性の悪さを補うために別の燃料を使う（助燃材）。

（２）エンジン（内燃機関）

本調査で取り扱う「エンジン」は内燃機関であり、以下、本報告書内で「エンジン」と記す場合は、特に断らない限り内燃機関を指す。ここでいう「内燃機関」には、タービン（ガスタービン）、レシプロエンジン、ロータリーエンジン、自由ピストンエンジン、およびこれらに分類されない新奇な内燃機関が含まれる。

タービン（turbine）とは、水・蒸気・風・ガスなどの流体のエネルギーを、羽根車（ブレード）を回転させることで機械的な動力（回転エネルギー）に変える装置一般を指すが、本調査では特に断らない限りは、ガスタービン（流体として燃焼ガスを利用するタービン）を指す。航空機用ではジェットエンジンとも呼ばれる。また、航空機用に開発されたジェットエンジンを定置式のガスタービンとして使う場合もある（「航空転用タービン」などという）。ジェットエンジンにプロペラを付けたような「ターボプロップ」も、本調査ではガスタービンに含める。ラムジェットは広義の内燃機関であるが、用途がほぼ軍事用に限られることから、本調査では対象外とする。

LNG 火力発電所で多用される LNG タービンは代表的なガスタービンであるが、すでに確立された技術であり、むしろ脱炭素を目指して水素タービンやアンモニアタービンで置き換えるべき存在であることから、本調査では対象外とする。

レシプロエンジン（以下、「レシプロ」と略記する）はさらに、空気と燃料の混合ガスを圧縮して火花で点火するガソリン型と、空気を圧縮して高温になったところに燃料を吹き込んで着火させるディーゼル型に分類される³。

ロケットエンジンも広義の内燃機関になるが、用途が限られるので本調査では対象外とする。

第 3 節 技術俯瞰図

本調査の対象とする技術分野の具体的な全体像を図 1-1 に示す。ここでは低炭素燃料エンジンのイメージ図（下段中央）を中心に、本調査の対象を 5 つの切り口で説明する図を配置している。

左下から時計回りに、

形式：調査対象とするエンジンおよび対象外とするエンジンの典型的な形式を示している。また、下半分は、エンジン本体以外に調査対象に含める周辺機器・システムを示している。

³ IPC（International Patent Classification：国際特許分類）の日本語版ではそれぞれ「火花点火」、「圧縮点火」と記される。

燃料：調査対象とする「低炭素燃料」の典型例を示している。これらの燃料を使用するエンジンが、「低炭素燃料エンジン」の必要条件であるが、十分条件ではない。既存のエンジンそのまま使える低炭素燃料も多種あり、その場合は既存エンジンを「低炭素燃料エンジン」に分類はしない。


用途：エンジンは様々な分野で利用され、用途によってエンジンに対する要求事項も変わり、ひいては多用されるエンジンの形式も変わってくる。ここでは、エンジンが利用される典型的な用途を示している。

課題：ここでは、低炭素燃料を使うための課題、既存エンジンでは対応できず、改造あるいは新型のエンジンや部品の開発による解決が求められる課題を挙げている。これらの課題とその解決策こそ「低炭素燃料エンジン」の本質とも言うべき部分である。

解決策：低炭素燃料を使うための課題に対するエンジン側（周辺機器・システムを含む）での解決策の典型例を示している。ここで問題にしているのはあくまでもエンジン側での解決であり、低炭素燃料の側での成分調整や添加剤による解決は本調査の対象外である。

図 1-1 技術俯瞰図

～燃料～



水素 アンモニア 合成燃料 (e-Fuel) バイオ燃料 天然ガス (除:ガスタービン)

- ・気体燃料 (水素、アンモニア等)
- ・液体燃料 (e-Fuel、バイオディーゼル等)
- ・混合燃料 (ガソリン×バイオエタノール、アンモニア×水素等)
- ・燃料切替 (Dual-fuel 等)

～用途～



発電 運輸 産業 民生

- ・発電 (系統用電源、自家発電等)
- ・運輸 (乗用車、大型商用車、船舶、航空等)
- ・産業 (工作機械、土木機械・建築機械等)
- ・民生 (小型携帯動力機器、コージェネレーションユニット等)

～課題～



排出ガス 環境負荷 エンジン性能 耐久性 安全性 コスト・経済性 制御・電子化

LCA 空力・軽量化
排ガス貯蔵 エネルギーインフラ

- ・排出ガス・環境負荷
- ・燃料特性への適応
- ・エンジン性能・耐久性
- ・安全性
- ・コスト・経済性
- ・制御・電子化

～形式～

・エンジン本体



レシプロ タービン ロータリー 自由ピストン 外燃機関 ロケットエンジン

- ・レシプロエンジン
- ・非容積型エンジン (タービン)
- ・ロータリーエンジン
- ・自由ピストンエンジン
- ・改修型 (レトロフィット) 内燃機関

低炭素燃料



低炭素燃料エンジン



H₂ NH₃ Synthetic Fuel Biofuel

・周辺システム



監視・制御系

吸気 エンジン本体 燃料系 排ガス処理 排気 潤滑系 冷却系

- ・(吸気系)：燃焼速度の適応、混合気形成の最適化
- ・(燃料系)：高圧燃料対応、漏洩防止
- ・(排ガス処理・排気系)：排出ガス対策 (NO_x、PM、CO₂の低減)、異常燃焼の抑制
- ・(潤滑系)：摩擦耐性、効率向上 (長期耐久性と効率の両立)
- ・(冷却系)：熱管理：高温燃料に対応する冷却、異常燃焼防止
- ・(監視・制御系)：ECU (電子制御ユニット)、センサ・アクチュエータの高精度化、自動燃料切替システム、ソフトウェア制御の最適化

低炭素社会への移行に向けたエンジン技術 (カーボンニュートラル燃料への対応)

図の赤枠が今回の対象技術の調査範囲

～解決策～



環境負荷対策 燃料適応技術 性能強化技術 安全設計 経済性改善 電子制御高度化

燃料インフラ サプライチェーン 標準化・制度化

- ・排出ガス・環境負荷対策 (高性能触媒の導入、燃焼制御による低排出化、始動時・低温時の排出抑制)
- ・燃料適応技術 (着火支援技術、噴射制御の最適化、空燃比および希薄燃焼制御)
- ・性能・耐久性強化技術 (出力・効率向上技術、ノッキング抑制設計、熱・摩擦耐性材料の採用)
- ・安全設計・制御 (高圧燃料対応構造設計、漏洩検知・封止技術、有毒ガス対応設計)
- ・経済性改善 (燃料コスト低減、エンジン構成の簡素化・共通化、レトロフィット簡素化技術)
- ・電子制御高度化 (ECU の多燃料対応化、センサ群の高精度化、ソフトウェア制御の最適化)

第4節 技術区分

1. 技術区分表

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作成し、「技術区分表」として取りまとめ、特許動向調査および研究開発動向調査の詳細解析において利用した。今回調査に用いた技術区分は、5の大区分、34の中区分、135の小区分からなる。

大区分は、低炭素燃料エンジン技術の多面的な構造を把握するため、表 1-1 に示すような分類軸とした。ここで、特許の対象物は、エンジン形式 (B) × 燃料 (C) のマトリクスで把握し、さらに、対象物と用途 (A)、課題 (D) および解決策 (E) からなるマトリクスで特許を分類することを意図している。

表 1-1 技術区分の分類軸

分類軸 (大区分)	分類対象	説明
A:用途	発電、運輸、産業、民生など	技術の適用先を社会実装視点で網羅的に分類
B:形式	レシプロ、タービン、ロータリー、自由ピストンなど	エンジン構造の原理・形態に基づく技術分類
C:燃料	気体、液体、混合、燃料切替など	多様な脱炭素燃料の特性と供給形態を反映
D:課題	排出、性能、安全性、経済性、制御など	技術開発上の主要な課題を整理・明示
E:解決策	触媒、材料、制御技術など	各課題に対応する具体的技術的打ち手を体系的に整理

さらに、各大区分 (A~E) に対し、中区分・小区分の階層構造を導入することで、技術の粒度に応じた柔軟な分析を可能にする。小区分まで含めた技術区分表の全体を表 1-2~表 1-4 に示す。

2. 技術区分の付与

詳細解析は、検索式により抽出された全文献を解析者が読み込み、各々に該当する技術区分を付与した。技術区分付与に当たり、以下のルールを適用した。

- ・ 各特許および論文には、大区分 A~E のそれぞれの中から、少なくとも一つの小区分を付与する。
- ・ 一つの大区分の中で複数の小区分を付与することは問題ない。この場合、付与する小区分は1つの中区分に属しても、複数の中区分に散らばっていても構わない。
- ・ 技術区分表内に該当する具体的な技術区分がない場合は、各大区分内の「不特定」あるいは「その他」という技術区分を付与する。
- ・ ここで「不特定」は、具体的な用途（あるいは、形式、燃料）に言及がないことを意味する。例えば、汎用エンジンの特許など。
- ・ 小区分の「その他」は、当該特許が具体的な用途（あるいは、形式、燃料、課題、解決策）を挙げているが、該当する技術区分が技術区分表にない場合に付与する。

表 1-2 技術区分表 (1 / 3)

大区分	中区分		小区分	備考				
A 用途	A01	発電	A0101	系統用電源	電力系統に接続することを主目的とする電源。			
			A0102	自家発電	工場や大規模事業所における自家消費のための電源。			
			A0103	分散型電源	地域自立型エネルギー、再生エネルギー、等。			
			A0104	非常用電源	災害対応、レジリエンス政策との接続性が高く、政策支援の対象にもなっている。			
			A0108	不特定の発電	発電用ではあるが適用場面が特定されていない場合。			
			A0199	その他の発電	上記A0101～0104以外の発電用途が特許文献に明示されている場合。			
	A02	運輸	A0201	乗用車・二輪車	水素ICE・e-Fuel・HEVなど、多様な技術が集中する最大市場。			
			A0202	大型商用車(HDV)	商用大型車(トラック・バス等)。国際的にも注目のCO ₂ 排出源。			
			A0203	船舶	アンモニア燃料や大型エンジン系統で開発・出願が進行中。			
			A0204	鉄道	水素+FCとのハイブリッド導入、ディーゼル代替市場で再注目。			
			A0205	航空・ドローン	SAF (Sustainable Aviation Fuel) 対応ICEが明確な戦略対象。			
			A0206	港湾搬送機器	港湾でのICE動力フォークリフト、RTG(トランスレーナ)など。政策的重点領域として分離できる可能性のある技術領域。			
			A0207	モビリティサービス用	自動運転やカーシェア向けなど、特殊な制御技術を要する新興運輸力テグロ。可視化できると興味深い。			
			A0208	不特定の運輸	運輸用ではあるが適用場面が特定されていない場合。			
			A0299	その他の運輸	上記A0201～0207に分類されない運輸用動力源の用途が特許文献に明示されている場合。			
	A03	産業	A0301	工作機械	工場内動力源・定置型機械等。			
			A0302	土木・建築	建設機械(ブルドーザー、油圧ショベル等)は水素ICEやレトロフィットの応用領域として国際的にも注目。			
			A0303	鉱山	過酷環境下でのICE利用が継続。大型・耐久・遠隔制御型技術が特許集中領域。			
			A0304	農業	トラクタ、コンバイン等。携帯型の小型草刈り機などは民生の小型携帯動力。			
			A0305	林業	海外で見られる大型林業機械(クローラ付きの伐採・枝打ち機など)。携帯用・小型機器(チェーンソー等)は民生の小型携帯動力に含める。			
			A0306	漁業	小型船舶におけるバイオ燃料・e-Fuel対応。沿岸部向け低出力ICEや改修技術に特許集中傾向。			
			A0308	不特定の産業	産業用ではあるが適用場面が特定されていない場合。			
			A0399	その他の産業	上記A0301～0306に分類されない産業用途が特許文献に明示されている場合。			
	A04	民生	A0401	小型携帯動力機器(草刈り機など)	ICEが今なお主流。住宅用・農業用の両方にまたがる需要あり。日本市場特有の応用例として非常に重要。			
			A0402	発電機(家庭・小規模事業者用)	災害時・アウトドア需要。e-Fuel/水素対応発電機の出願あり。			
			A0403	コージェネレーションユニット	家庭用・集合住宅向けの熱電供給。ENE-FARM(燃料電池)以外のICE型、Micro gas turbine等。			
			A0408	不特定の民生	民生用ではあるが適用場面が特定されていない場合。			
			A0499	その他の民生	上記A0401～0403に分類されない民生用途が特許文献に明示されている場合。			
	A08	不特定の用途	A0808	不特定の用途	用途が特定されていない場合。			
	A09	その他の用途	A0999	その他の用途	上記A01～04に分類されない用途が特許文献に明示されている場合。			
	B 形式	B01	非容積型(タービン)	B0101	非容積型(タービン)	ガスタービンなど。水素・アンモニア対応燃焼器の技術出願。		
				B02	レシプロ	B0201	ガソリン型	火花点火方式を主とするレシプロICE。マルチ燃料対応・e-Fuel適合が焦点。
						B0202	ディーゼル型	圧縮着火方式。大型車両・発電・船舶等に対応。バイオディーゼル・水素混焼の出願。
		B0203	不特定のレシプロ			ガソリン型(火花点火方式)かディーゼル型(圧縮着火方式)かが不明な場合。		
		B03	ロータリー	B0301	ロータリーエンジン			
		B04	自由ピストンエンジン	B0401	自由ピストンエンジン	発電・推進分離型の新型レイアウト。構造簡素化・応答性に優れた技術の出願。		
		B05	改修型(レトロフィット)内燃機関	B0501	改修型(レトロフィット)内燃機関	既存ICEの燃料・部品変更による適応。水素・アンモニア・e-Fuel等への転換技術を含む。		
	B08	不特定の形式	B0808	不特定の形式	エンジン形式が記載されていない場合。			
	B09	その他の形式	B0999	その他の形式	上記B01～04に分類されない形式が特許文献に記載されている場合。非従来型熱機関等。			
C 燃料	C01	気体燃料	C0101	天然ガス	広義のLNG、CNG、e-メタンを含む。ICEでの脱炭素化燃料として安定した出願対象。			
			C0102	水素	低CO ₂ 排出で注目。高圧・異常燃焼制御が技術課題。			
			C0103	アンモニア	直燃焼においては燃焼不安定性とNOx排出の制御が技術的焦点。			
			C0104	電解ガス(水素+酸素)	ブラウンガス、Oxy-Hydrogen等。小規模発電や実証で活用。			
			C0108	不特定の気体燃料	気体燃料であるが種類が示されていない場合。			
			C0199	その他の気体燃料	上記C0101～0104以外の気体燃料が示されている場合。			

(続く)

表 1-3 技術区分表 (2 / 3)

大区分	中区分		小区分	備考	
C	燃料 (続き)	液体燃料	C0201	メタノール	合成燃料・燃料電池用水素を得るための改質原料としても注目。既存ICEとの適合出願も多数。
			C0202	エタノール	バイオ由来アルコール。ガソリン代替として実用化進展。
			C0203	その他アルコール類(1-ブタノール等)	高エネルギー密度、ディーゼル代替可能性あり。将来展開を見据え分類。
			C0204	液化アンモニア	気化させずに直接エンジンで燃焼させる。
			C0205	e-Fuel	脱炭素合成燃料の代表。CO ₂ +H ₂ から人工的に製造されるガソリン・軽油相当燃料。欧州を中心に出願多数。
			C0206	バイオディーゼル油	FAME(脂肪酸メチルエステル)系、軽油代替。欧米・ブラジル等で広く普及しており、ICEへの直接適用が可能。HVO(水素化植物油、バイオディーゼルの上位互換)も含める。
			C0207	DME	ジメチルエーテル。低圧液化可能。着火性良好だが材料・漏洩安全性に課題。
			C0208	不特定の液体燃料	液体燃料であるが種類が示されていない場合。
			C0209	その他の液体燃料	上記C0201～0207以外の液体燃料が示されている場合。SAF(持続可能な航空燃料(Sustainable Aviation Fuel))など。
			混合燃料	C0301	ガソリン×バイオエタノール
	C0302	水素×ガソリン		ノック抑制、熱効率向上。多くの研究事例・出願あり。	
	C0303	水素×ディーゼル		商用車や船舶用途で研究進展。既存ICEとの相性も良い。	
	C0304	LPG×ガソリン(またはCNG)		LPGを一方の燃料とし、ガソリンまたはCNGとの組み合わせで利用される二元燃料車両やスウィッチングシステムに利用される。	
	C0305	アンモニア×水素		燃焼補助として水素を混合。特許・研究増加中。	
	C0306	アンモニア×重油		ディーゼル着火。船用アンモニアエンジンでは重油を組み合わせるのが主流。	
	C0307	天然ガス×水素			
	C0308	不特定の混合燃料		低炭素燃料を含む混合燃料であるが種類指定がない場合。	
	C0399	その他の混合燃料		上記C0301～0307に含まれない新興燃料組み合わせ(例:e-fuel×水素、ディーゼル×バイオディーゼル(FAME))など。	
	燃料切替(Dual-fuelなど)	C0401		Dual Fuel	例えば、アンモニア/メタノール切り替え。運転状況に応じて燃料種を切り替える設計。二段噴射などの技術要素を含む。
		C0402	無段階混合	燃料混合比を指定しない。例えば、ガソリン:エタノール=100:0～0:100まで無段階に利用可能。	
C08		不特定の燃料	燃料種別が示されていない場合。		
C09	その他の燃料	C0999	その他の燃料	上記C01～04に該当しない低炭素燃料技術。	
D	課題	排出ガス・環境負荷	D0101	NOx(窒素酸化物)	高温燃焼によって生成される酸化窒素。規制強化が進む中心的排出物質。
			D0102	PM・PN	PM(粒子状物質)、PN(粒状物質数)。タールや煤煙など、ディーゼルやバイオ燃料での不完全燃焼に由来。
			D0103	未燃スリップ	未燃メタン、アンモニアなどの大気放出。メタンは温暖化係数がCO ₂ の20倍以上。アンモニアは毒性がある、など、CO ₂ よりも問題多い場合もある。
			D0104	始動時・低温時の排ガス	起動時には未燃成分や有害物質が出やすく、触媒も機能しにくい。ただし、低炭素燃料の問題でなければ今回は対象外。
			D0199	その他の排ガス課題	上記D0101～0104に該当しない排ガス課題。
		燃料供給	D0201	燃料供給系の課題	例えば、液化ガス燃料はエンジンに送り込む前に気化が必要。その他、温度、圧力調整の必要性など(あれば)。
			燃焼特性	D0301	着火性
		D0302		燃焼速度	水素やアルコールなど燃焼速度が早すぎる/遅すぎる燃料の燃焼安定化制御(ノッキング対策など)。
		D0303		吸気	燃料による空気消費量、理論空燃比、などの違いによって生じる課題。
		D0399		その他の燃焼特性課題	上記D0301～0303に該当しない燃焼特性による課題。沸点差、密度差、酸素含有率などに起因する燃焼変動、制御補正など。
	エンジン性能・耐久性	D0401	出力・効率向上	燃焼改善、熱マネジメントなどで効率確保。	
		D0402	燃焼安定性	レシプロのノッキング、タービンのバックファイアなど、異常燃焼の抑制。高圧縮比エンジンにおいてノッキング抑制や燃焼安定性の観点から重要。	
		D0403	耐熱・摩耗・腐食	既存燃料とは違う雰囲気下での熱疲労、腐食、摩耗の長期対策。オイル劣化・燃料希釈といった問題もある。	
		D0404	水素脆化	水素浸透による金属材料の破壊。	
		D0405	始動性・低温時の性能保持	冷間始動対応、水素・アルコール燃料で顕著。	
		D0406	高水分量	燃料の組成や含水率によって、燃焼に伴う水分生成量が増える場合がある。燃焼温度低下・着火遅延・燃費悪化、潤滑油希釈による摩耗等、他の課題の原因となりうる。	
		D0407	タービン停止	高温部の冷却(熱膨張による歪みや部品劣化の防止)、軸の歪み防止(冷却後も低速回転を維持、など)などの課題。	
	D0499	その他の性能課題	上記D0401～0407に該当しないエンジン性能・耐久性の課題。		
	安全性	D0501	高圧燃料の取扱安全	水素・アンモニア等の高圧供給・配管における設計安全。ただし、タンクは対象外。	
		D0502	高温部・熱害の保護設計	低炭素燃料の仕様により、エンジンや排気系が従来よりも高温になる場合には対策が必要。それ以外の、既存燃料でも必要な高温対策は対象外。	
D0503		漏洩量の低減	毒性(アンモニアなど)や環境負荷の高い(メタンなど)燃料を扱う場合には、漏洩量の低減が必要。(従来燃料と比べて小さい許容漏洩量)。		
D0599		その他の安全性課題	上記D0501～0503に該当しない安全性の課題。		

(続く)

表 1-4 技術区分表 (3 / 3)

大区分		中区分		小区分		備考
D	課題 (続き)	D06	コスト・経済性	D0601	燃料コスト低減	熱効率の向上(D0401)によって燃料消費量(燃料費)を抑える技術。燃料自体の単価を下げる技術は対象外。
				D0602	エンジンコストの低減	エンジンや周辺機器の製造、改造や取付け・据付け、維持管理、廃棄などにかかわるコスト。
		D09	その他の課題	D0699	その他の経済性課題	上記D0601～0602に該当しないコスト・経済性の課題。
				D0999	その他の課題	上記D01～06に該当しない課題。
E	解決策	E01	エンジン全体設計	E0101	レトロフィットの簡素化	低炭素燃料に対応するためのエンジン側の改造を最小限にとどめる技術。
				E0199	その他のエンジン全体設計	ユニット化、モジュール化、部品の共通化、汎用部品の利用、なども含む。
		E02	レシプロ構成要素	E0201	本体系	シリンダブロック、シリンダライナ、クランクケース、シリンダヘッド、シリンダガスケットなど。
				E0202	吸排気動弁系	吸気系: インテークマニホールド、吸気ポート、気流制御バルブなど、排気系: エグゾーストマニホールド、排気ポートなど、EGR系: EGR配管、EGRバルブ、EGRクーラなど、過給系: ターボチャージャー、インタークーラ、配管など、動弁系: 吸排気バルブ、カムシャフト、HLA、バルブプリフタ、ロッカーアーム、電動駆動機構など。
				E0203	点火系	点火プラグ、イグニッションコイル、イグナイタ、ディストリビュータ、ハイテンションコードなど。
				E0204	燃料噴射系	燃料噴射弁(インジェクタ)、燃料ポンプ、デリバリーパイプ、コモンレールなど。
				E0205	運動部品系	ピストン、キャビティ(燃焼室)、ピストンリング、ピストンピン、クランクシャフト、コネクティングロッド(コンロッド)、フライホール、バランスシャフト。
				E0206	潤滑系・冷却系	潤滑系(オイル、オイルポンプ、オイルパン、オイルスレーナ、オイルフィルタなど)、冷却系(ウォーターポンプ、ジャケット冷却など)。
				E0207	排気後処理系	三元触媒、酸化触媒、燃料添加弁、GPF、DPF、排気ブレーキ、尿素添加システム、A/Fセンサ、水素センサ、アンモニアセンサ、温度センサなど。
				E0299	その他のレシプロ構成要素	上記E0201～0207に該当しないレシプロ構成要素。
		E03	タービン構成要素	E0301	燃焼器	
				E0302	予燃焼器	
				E0303	パーナーチップ	
				E0304	タービンブレード	
				E0399	その他のタービン構成要素	上記E0301～0304に該当しないタービン構成要素。
		E04	周辺機器	E0401	配管、バルブ	燃料切替用、遮断用、圧力調整用など。エンジンの一部ではないもの。
				E0402	加圧装置	オイルポンプ、燃料ポンプ、圧縮機、空気圧縮機、過給機など。
				E0403	熱交換器	液化ガス燃料の気化器など。
				E0404	封止構造	ラピンス構造などのほか、パッキン、シール、ガスケットなど。
				E0405	フィルター	吸気フィルタ、排気フィルタ、燃料フィルタ、ストレーナなど。DPF(ディーゼル微粒子捕集フィルター)を含む。
				E0406	レシプロ以外の潤滑・冷却系	レシプロ(E0206)に限定できない場合。
				E0407	レシプロ以外の排気後処理系	レシプロ(E0207)に限定できない場合。
				E0408	センサー類	
		E0499	その他の周辺機器類	上記E0401～0408に該当しない周辺機器。		
		E05	材料	E0501	鋼材	耐熱、耐食、耐摩耗鋼など。高合金鋼や特殊鋼も含む。
				E0502	非鉄金属	
				E0503	非金属材料	プラスチック、ゴムなど。パッキンで多用される。
				E0504	塗装	塗装や保温、ラギングなど。
				E0505	触媒	3元触媒、SCR(選択触媒還元装置: 厳密には材料ではないが)などを含む。
				E0599	その他の材料	上記E0501～0505に該当しない材料。
		E06	燃焼方式	E0601	希薄燃焼(リーンバーン)	
				E0602	EGR(排気再循環)	
				E0603	過給+高圧噴射	
				E0699	その他の燃焼方式	上記E0601～0603に該当しない燃焼方式。
		E07	制御	E0701	燃料判別	燃料成分・性状などを、燃料タンクに設置したセンサーで検知。
				E0702	混合比制御	蒸気圧・気化特性の異なる燃料に対する吸気・噴霧・噴射制御や空燃比の最適化(マルチインジェクション等)。
				E0703	燃料噴射制御	シリンダや燃焼器内への燃料噴射のタイミングや噴射量の制御。
				E0704	燃料切り替え	複数種類の燃料から選択と切り替え。
				E0705	点火制御	点火タイミングなどの制御。
				E0706	制御ロジック	上記E0701～0706やそれ以外の制御要素も含めて総合的に制御する上位アルゴリズムあるいはAなど。
		E0799	その他の制御技術	上記E0701～0706に該当しない制御。		
		E09	その他の解決手段	E0999	その他の解決手段	上記E01～07に該当しない解決手段。

要約

3. 技術区分の付与に関する補足説明（特記事項）

（1）エンジンの範囲

本調査ではエンジンの周辺システム（吸気系、排気系、冷却系、潤滑系、燃料供給系）も対象とする。燃料供給系は燃料タンクを出てからエンジンに至る系統であり、原則として燃料タンクは含めない。ただし、燃料タンクが燃料供給に能動的な機能を果たす場合（例えば加温して液化ガスを再ガス化・加圧する、など）は解析対象とする。

（2）低炭素燃料自体の技術

本調査はエンジンが対象であるため、低炭素燃料自体の成分・性状、製造、貯蔵、輸送、供給（燃料タンクまで）に関する特許は解析対象外（ノイズ）とする。

（3）不特定の燃料

本調査の対象は、「低炭素燃料を使用する」エンジンであるため、燃料種を特定しない「不特定の燃料」は原則としてノイズである。ただし、レアケースと思われるが、「低炭素燃料」と記しつつ、具体的な燃料種に言及のない特許があれば「不特定の燃料」を付与する。

（4）燃料供給系

上記（1）に加えて、低炭素燃料を含む複数種の燃料を切り替える（Dual Fuel）、あるいは混合するような機能は燃料供給系のものなので、対象範囲内とする。

（5）システム

複数のエンジンや燃料電池を組み合わせたシステムの特許は、エンジン自体の発明を含んでいなければノイズとする。

（6）混合燃料と Dual Fuel

混合燃料は、複数種類の燃料を、何らかの技術的な必要性あるいは制限に応じて同時に使用する場合をいう。混合燃料は原則として、混合した状態で一つの燃料タンクに積載され、一つの燃料供給系統を通してエンジンに供給される。例えば、混合した状態を一つの燃料種として規格化したもの（ガソリン×バイオエタノールの E10、E85、一部の SAF）など。

Dual Fuel は、複数の燃料を使い分ける技術で、原則として、それぞれの燃料ごとにタンクと供給系統を持つ。例えば助燃材、パイロット燃料、起動時や高負荷時のみ高発熱量燃料を使用、低炭素燃料が入手できない場合に従来燃料でバックアップ、など。

（7）液化ガス

LNG（液化天然ガス）や LPG（液化石油ガス）は常温常圧では気体であるが、貯蔵や輸送の都合で液化されたもの。液体として燃料タンクに供給・貯蔵されるが、エンジンに供給される時は再ガス化されているので、燃料種別としては「気体燃料」に分類する。液化ガスを液体のままエンジンに供給するのであれば液体燃料であり、中区分「液体燃料」の下に適切な選択肢がない場合は、「その他の液体燃料」を付与する。

(8) 燃料の成分

LNGの主成分はメタンであり、e-メタンやバイオメタンも同様である。エンジン技術から見ると、メタンに違いはないので、一つの技術区分にまとめた。ただし、e-メタンやバイオメタンに固有の課題（例えば、原料や製造プロセスに起因する不純物や微量成分による問題）を解決する特許であれば、「その他の燃料（液体あるいは気体）」とする。

(9) 鉄道

日本の法規上、車両は自転車から自動車、鉄道車両までを含む⁴。よって、用途に「車両」とある特許には、技術区分としては中区分 A02「運輸」の中から、A0201「乗用車・二輪車」、A0202「大型商用車（HDV）」および、A0204「鉄道」の3つの小区分を付与する。

特許文献では自動車の意味で「車両」と記載する場合も多いが、上記に従って技術区分を付与した結果、用途の内、A0204「鉄道」が過大評価されている恐れがある。また、英語の **vehicle** はより広く「乗り物」の意味であるが⁵、日本語に訳すときにはしばしば「車両」とされるため、同様に A0204「鉄道」の過大評価につながっている恐れがある。

そこで、A0204「鉄道」を付与された特許の中で、明示的に「鉄道」に言及しているパテントファミリー⁶の件数をチェックすると、以下のとおりとなった。

	日本語文献	日本語以外	合計
技術区分=A0204「鉄道」	279	991	1,270
鉄道を明示する特許	18	147	165

鉄道を明示する特許の検索条件： 技術区分 A0204 AND (①OR②)

- ① キーワード（全文検索）： railway, railcar, train, locomotive (OR)
- ② IPC = B61C 5/00 内燃機関（ディーゼルなど）

日本語文献で明らかに鉄道関係と考えられるのは18件（7%弱）、日本語以外で147件（15%）、合計で1,270件中165件（13%）なので、A0204「鉄道」は過大評価されている可能性がある。

ただし、未電化路線の低炭素化を目的として鉄道車両に搭載する低炭素燃料エンジンの特許も出ていることは間違いない。

⁴ 道路交通法による「車両」とは、自動車、原動機付自転車、軽車両（自転車など）およびトロリーバスである（同法第二条第一項第八号）。一方、鉄道営業法では下位法令である「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」の中で「車両」とは、機関車、旅客車、貨物車および特殊車であって、鉄道事業の用に供するもの、と定義されている（同省令第二条第一項第一二号）。

⁵ ただし、「自動車」の意味で使われることも多い。特に「自動車」と明示したい場合は、**motor vehicle**、**passenger vehicle**、**road vehicle** などという。

⁶ 一つの発明がある国へ出願された後に、その出願を基に優先権を主張して海外の他の国・地域に出願された「複数の出願から成るグループ」のこと。

第2章 市場環境調査

第1節 低炭素燃料エンジンの燃料・用途別の市場規模と展望

低炭素燃料エンジンは、現状ではエンジンの市場全体の一部を占めるにとどまっているものの、世界的なカーボンニュートラル実現に向けた取り組みを背景に、今後大きく成長していくことが見込まれている。

1. 運輸分野

(1) 用いられる低炭素燃料

運輸分野で用いられる主な低炭素燃料としては、既存のエンジンに比較的容易に対応させることが可能な e-Fuel、バイオ燃料（バイオエタノールやバイオディーゼル油など）がまず挙げられる。しかしながら、燃焼効率や排出性能の向上のためには、これらの燃料に最適化されたエンジンの開発が求められている。なお、航空業界では、SAF と総称されるバイオ由来、非バイオ由来の低炭素燃料を従来燃料と混合して使用するようになっているが、SAF は既存のエンジンで使用する燃料であることから低炭素燃料エンジンの開発には寄与しないと考えられる。

また、主に船舶に用いられるメタノール、天然ガスについては、既存のエンジンの改造、または従来燃料との併用で既存のエンジンに対応可能とされることもあるが、これらの燃料に対応した専用エンジンの開発も進められている。アンモニア、水素については、対応した新型のエンジンの開発が求められるが、前者は毒性、腐食性、燃焼制御の難しさ、後者は貯蔵・供給技術、安全性、コストが主な課題として挙げられる。

(2) 市場規模と展望

運輸分野で用いられる低炭素燃料エンジンのうち、バイオ燃料、水素、アンモニアに対応したエンジンの市場規模について、既存の公開資料をもとにまとめた。

バイオ燃料については、運輸分野向けの市場は拡大し続け、自動車向けは 2030 年には約 307 億米ドル規模に、船舶向けは 2030 年代には導入率は 5~10% に達して市場規模は約 75 億米ドルに、現在でも一部の定期便で使用されている航空機向けの SAF は、2030 年には約 2~5% の導入率となり市場規模は約 256 億米ドルに達するものとみられている。こうした運輸向けのバイオ燃料の市場規模の拡大は、対応するエンジンの市場の拡大を伴うものと考えられる。

水素エンジンは、自動車、船舶の分野は今後大きく市場が拡大することが期待されている。自動車は、2030 年で出荷台数は 58,000 台、2040 年で 40 万台以上に採用されるとの予測がみられる。船用エンジンについては、市場規模は 2033 年までに 61.1 億米ドルに達するとの予測がみられる。航空機については、FAA（米国連邦航空局）によると、水素エンジン搭載機の地上試験・飛行試験の支援が行われるのは 2028 年から 2032 年となる予定であり、商用化されたのちの市場規模については明らかではない。

アンモニアエンジンは、同エンジンで航行する船舶について市場規模予測の公

開情報を得ることができる。その市場規模は、2025年で9.5億米ドル、2035年で33.1億米ドルとの予測がみられ、市場拡大を牽引するのは主に欧州勢であるものとみられている。

船用LNGエンジンの市場規模は、2024年で28億米ドル、2034年には72億米ドルに拡大するとの予測がみられる。

2. 発電分野

(1) 用いられる低炭素燃料

発電用エンジンに用いられる主な低炭素燃料としては、バイオガス・バイオメタン、水素、アンモニアが挙げられる。バイオガス・バイオメタンについては安価に効率的に回収する仕組み、水素については高温燃焼によるNO_x排出、逆火リスク、貯蔵・輸送インフラ、アンモニアについては燃焼性が低い点、NO_x排出が多い点、がそれぞれ解決すべき主な課題となっている。

(2) 市場規模と展望

再生可能エネルギーによる発電量の増加を牽引するのは、主に太陽光、風力、水力であり、バイオエネルギー、集光型太陽熱発電（CSP）、地熱などを含む「その他の再生可能エネルギー」のシェアは2030年においても3%未満にとどまるものと予測されている。このためバイオ燃料発電用エンジンの需要は限定的なものにとどまるものと考えられる。

一方、水素・アンモニアを燃料とするエンジンによる発電容量は、ネットゼロ排出シナリオでは2030年の349GWから2050年の987GWと、大きく伸びていくことが予測されている。

第2節 主要プレイヤーの動向

1. 運輸分野

(1) 自動車

① バイオ燃料・e-Fuel 対応車の開発状況

日本では商用車向けのバイオ燃料・e-Fuel 対応エンジンの開発例を見出しにくい。一方、世界ではあまり見られない二輪車向けの開発が進められている点が、日本の特徴として指摘できる。

米国では商用車向けのエンジン開発に重点が置かれている。

欧州ではバイオ燃料と並行して e-Fuel 対応のエンジン開発にも力が入れられていることが特徴として挙げられる。また欧州は商用車向けだけでなく乗用車向けのエンジン開発の水準の高さも注目される。なお、欧州では企業と大学などアカデミアの産学官連携による研究開発コンソーシアムの動きが注目される。

中国はEV化を国家戦略としていることから、新エンジンの開発はPHEV（Plug-in Hybrid Electric Vehicle：プラグインハイブリッド車）に用いることを前提としたものが目立つ。

韓国のバイオ燃料対応エンジンの開発は商用車中心である。

② 水素燃料対応車の開発状況

主要メーカーの開発状況をみると、水素燃料対応車については商用車向けの開発を行う例を多くみることができる。

しかし、日本では商用車だけでなく、乗用車、二輪車向けのエンジン開発にも力が入られている。このような難度の高い分野の技術開発にも力を入れているのは、日本の特徴の1つとして指摘できる。

(2) 船舶

日米欧の主要メーカーの共通の課題としては、①燃料供給インフラの整備、②安全性（毒性、腐食性、爆発性）への対応、③エンジンの耐久性と効率、④国際規格（IMO）への準拠、⑤コストと商業化の見通し、の5点が挙げられる。なお、中国、韓国のメーカーも力をつけてきており、中国のCSSC（中国船舶工業）や韓国のHanwha Engineのように、アンモニアやメタノールを燃料とするエンジン開発を進めているところも見られる。

(3) 航空機

国際的にはICAO（国際民間航空機関）のCORSA（Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation）制度により、SAF導入や排出量オフセットが義務化されつつある。このため各国とも2030～2050年を目標に、SAF、水素、電動推進への対応に向けた技術開発を加速している。

2. 発電分野

米国、欧州の主要メーカーによる低炭素燃料発電用エンジンの開発は水素を燃料としたものが中心だが、日本のメーカーは水素だけでなくアンモニアを燃料とした発電用エンジンにも注力している。運輸分野と同様に中国企業、韓国企業も発電分野において低炭素燃料を用いるエンジンの開発を進める動きがみられる。

第3節 低炭素燃料の需要と生産動向および供給インフラの整備状況

1. 需要の実績と予測

(1) バイオ燃料

バイオ燃料の需要は順調に拡大し続け、2022年に1,643億Lであったのが主要ケース（Main case）では2028年には2,020億L、さらに成長が加速した場合の「加速ケース（Accelerated case）」では2,671億Lになると予測されている。

こうしたバイオ燃料が今後安定的・低コストに供給される上での主な課題としては、①製造コスト削減のための技術開発、②原料の確保、③サプライチェーンの整備、④市場価格の安定化が挙げられる。

(2) 水素

水素の需要量は、2019年で71百万トンであったのが大きく増加し続け、2070

年には 519.1 百万トンと 7 倍以上の規模となると予測されている。

需要別に見ると、最大の水素の需要先であった「石油精製」は減少を続け、2019 年で 38.4 百万トンであったのが 2070 年には 7.8 百万トンと 5 分の 1 近い水準となる一方、2030 年から 2070 年にかけて「輸送」は 1.6 百万トンから 158.2 百万トン、「合成燃料製造」は 6.9 百万トンから 121.5 百万トン、「発電」は 4.7 百万トンから 72.9 百万トンと、エネルギー向けの需要が大きく拡大することが予測されている。

水素が燃料として今後安定的・低コストに供給される上での主な課題としては、①製造コスト削減のための技術開発、②再生可能エネルギーの安定供給、③サプライチェーンの整備、④認証制度・規格などの整備、⑤経済性の確保が挙げられる。

(3) アンモニア

アンモニアの需要量の今後の推移について窒素ベースの重量で見ると、2020 年で 152 百万トンであったのが、ネットゼロエミッションシナリオでは 2030 年に 244 百万トンと大きく増加し、需要別に見ると船舶用燃料と発電用燃料の需要が急増するものと見込まれ、両者を合わせた燃料需要は、2030 年に 75 百万トン、2050 年に 273 百万トンに達するものと見込まれている。

なお、アンモニアが燃料として今後安定的・低コストに供給される上での主な課題としては、①製造コスト削減のための技術開発、②再生可能エネルギーの安定供給、③サプライチェーンの整備、④認証制度・規格などの整備が挙げられる。

(4) LNG（船舶用燃料として）

LNG は船舶用燃料の水素・アンモニアへの移行に至るまでの「移行期の主要燃料」として位置づけられており、その需要は今後増大していくものと思われる。既存の公開資料では、LNG を船舶用燃料として利用する市場については 2024 年が約 63.4 億米ドル、2033 年は約 128.8 億米ドルと 10 年間で倍増するとの予測がみられる。

なお、船舶用燃料としての LNG の課題としては、①貯蔵・輸送のための技術開発、②サプライチェーンの整備、③市場価格の安定化、④温室効果ガス削減効果の限定性、⑤ライフサイクルでの環境負荷が挙げられている。

2. 主要国での生産動向、供給インフラの整備状況

(1) 主要国での生産動向

低炭素燃料のうち重要度が高いと思われるバイオ燃料、水素、アンモニア、そして参考までに e-Fuel について、主要国での生産量および生産計画の動向を以下に示す。

① バイオ燃料

バイオ燃料の生産上位国・地域としては、米国、ブラジル、インドネシア、中

国、インド、欧州が挙げられる。うち米国ではトウモロコシ、ブラジルでは従来のサトウキビに加えてトウモロコシ、インドネシアではパーム油に由来する燃料の生産能力の増強が進められている。中国では廃棄物系、インドではサトウキビ、廃棄物、非食用油、欧州では菜種油・廃食油をそれぞれ原料とする燃料の生産能力の増強が進められている。

② 水素

現時点で生産されている水素の大半はいずれの国でも化石燃料由来のグレー水素である。サウジアラビアで計画されている「NEOM」をはじめ、大型のグリーン水素の生産プロジェクトが計画されており、今後のグリーン水素の供給増加が期待される。

③ アンモニア

アンモニアの生産上位国・地域としては、中国、インド、ロシア、米国、サウジアラビアが挙げられる。

現時点で生産されているアンモニアの大半はいずれの国でも化石燃料由来のグレーアンモニアであるが、これらの国々では再生可能エネルギーを利用したグリーンアンモニア、CCUSを活用したブルーアンモニアの大型の生産プロジェクトが計画されており、今後のグリーンアンモニア、ブルーアンモニアの供給増加が期待される。

④ e-Fuel

e-Fuelの生産については2025年時点では計画段階にとどまっているプラントが大半である。生産しているプラントとしては、英国のZero Petroleum（30L/日）、チリのHIF Chile（Haru Oni）（350トン/年）と限られており、いずれもデモプラントであり商用化段階には入っていない。

しかし、欧州、米国、チリにおいて計画されているe-Fuelのプラントの生産規模は大きく、今後の供給増加が期待される。

(2) 主要国での供給インフラの整備状況

低炭素燃料のうち、バイオ燃料、およびe-Fuelは液体燃料であり、既存の石油インフラを活用できるため、追加整備は限定的とされる。以下では水素、アンモニア、LNGについて供給インフラの整備状況を整理した。

① 水素

日本は、2030年以降の商用化に向けて川崎、神戸などで受入基地の建設が進行している。一方、欧米や中国は、まだ規格整備、安全基準策定、港湾インフラ検討の段階であり、日本が一步先行している状況にある。

しかしパイプラインについてみると、日本は専用水素パイプラインは未整備な状況にある。これに対し、欧州は天然ガス網の転用も含めてEU域内の国際幹線の構築を標榜しており、米国は既存の化学産業用の水素パイプラインがあるほ

か、再生可能エネルギー水素輸送網を構築することを構想している。

一方、水素を車両に充填する水素ステーションの整備状況を主要国についてみると、2024年末で日本は約161か所で世界第3位となっている。世界最大の水素ステーションのネットワークを整備しているのは中国（約384か所）、次いで韓国（約198か所）である。

② アンモニア

水素の輸送キャリアとしてのアンモニアの供給インフラの整備状況は、港湾・ターミナルは欧州、日本、韓国が先行しており、中でもロッテルダムは欧州最大のアンモニア輸入ハブとなっている。

③ LNG

アジアの港湾の中ではシンガポールがLNGバンカリングハブとして突出しており、中国は沿岸部でLNGバンカリングインフラの整備を加速させ、韓国も釜山港を中心に国際競争力強化を目指していると指摘されている。こうした中、アジア地域内における日本の港湾のLNGバンカリング拠点の役割は、これらの国々の港湾に比して相対的に低下しているものと思われる。

第4節 各国・地域の政策動向

各国・地域の政策動向では、欧州委員会が、「2035年以降のエンジン車の新車販売を実質的に禁止する」措置を緩和する案を、2025年12月に明らかにしたことが注目される。一方、米国は再生可能燃料基準（RFS）で燃料の脱炭素化を推進し、日本はGX政策で水素・アンモニアを次世代エネルギーの柱としている。中国は再生可能エネルギーを活用した水素・アンモニア製造拠点整備を推進し、韓国は国内外での水素生産・インフラ整備・利用拡大を戦略化している。

第5節 規格化・標準化の動き

低炭素燃料の普及に向けて、国際貿易や市場拡大を視野に入れた安全性・品質基準の国際標準化がISOや欧州規格を中心に進展している。わが国もこれらの動きと協調しつつ、各燃料ごとに省庁・業界団体が主導して国内規格の整備を進めている。

第3章 特許動向調査

第1節 調査方法

1. 特許情報検索

特許情報データベースは、Clarivate Analytics が提供する Derwent Innovation を用いた。対象期間は優先権主張年ベースで 2012～2023 年とした。出願先国・地域は、日本、米国、欧州⁷、中国、韓国および PCT 出願とした。

特許が公開されてから Derwent Innovation にデータが収録されるまでには、発出国からデータベース会社にデータ提供されるまでの期間と、データベース会社の作業期間を要する。また PCT 出願の各国移行のずれなどで全データを反映していない可能性が高い。したがって、本調査報告書における 2022 年以降のデータは、真の数値より少ないであろうことに留意されたい。

検索を実施したのは 2025 年 6 月 25 日である。特許検索式と検索結果を表 3-1 に示す。検索結果の 21,910 ファミリーのうち、以下を除いて 20,768 ファミリーを調査対象とした。

- | | |
|-----------------------------|-------------|
| ・アクセッション番号 ⁸ なし | 1,128 ファミリー |
| ・最先優先権主張年が対象外 | 10 ファミリー |
| ・一つの出願番号が二つのアクセッション番号を持っていた | 4 ファミリー |

2. 全体動向調査、出願人別動向調査の方法

特許データの解析にあたっては、まず低炭素燃料エンジンに関係のない特許を除外する、いわゆるノイズ落としを行った。ノイズ落としに当たっては上記の調査対象 20,768 ファミリーすべてを一件ずつ人力で評価した。その結果、ノイズは 6,803 件でノイズ率は約 33%であった。

残った 13,965 件が全体動向調査の対象となる。出願人国籍、属性などの分析は筆頭出願人のデータを用いた。出願人別出願件数ランキングと共同出願分析は、全出願人を分析対象とした。

3. 技術区分別動向調査の方法

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作成し（第 1 章第 4 節で述べたとおり）、上記の対象特許ファミリー 13,965 件を一件ずつ人力で読み込んで、該当する技術区分を付与した。その結果を集計することで、技術区分ごとに該当する特許の件数を把握し、さらに書誌情報を加味することで、技術区分ごとの件数の年次推移、出願先国や出願人国籍ごとの件数などを算出し、可視化した。

⁷ 本調査における「欧州への出願」は欧州特許庁（EPO）への出願および EPC 加盟国（ただし、使用するデータベースに収録されている国に限る）への出願とした。出願人国籍を「欧州籍」とする国々は、2022 年 1 月現在の EPC 加盟国 38 カ国である。

⁸ DWPI によるファミリー識別番号

表 3-1 低炭素燃料エンジン技術の特許検索式と検索結果

No	技術要素	検索式	DWPI ファミリー数	備考
1	FI、CPC、IPC (低炭素燃料を用いた内燃機関) ・ガス状の燃料で動作することに特徴のある機関 ・非液体燃料を機関に供給する装置	FI=((F02B004300A) OR (F02B004310 OR F02B004310A OR F02B004310B OR F02B004310Z) OR (F02D001902A) OR (F02D001906A) OR (F02D001906B) OR (F02M002102G) OR (F02M002102L))	3, 231	対象の低炭素燃料: 水素ガス、アンモニアガス、プラウングス、木炭ガス、消化ガス、メタノール、エタノール、 液化炭素ガス、液化天然ガス、液化石油ガス、メタンガス、アセチレンガスなど
2	燃料噴射装置 ・燃焼機関の制御	CPC=((F02B004310 OR F02B004312 OR F02B0043103 OR F02B0043106) OR (F02D0019064) OR (F02D0019067) OR (F02M0021026) OR (F02M0021027))	8, 917	
3		IG=((F02B004310 OR F02B004312))	4, 115	検索対象範囲の注意: ・エンジンの周辺システムも対象 ・内燃機関のためボイラは対象外 ・低炭素燃料自体の特許は対象外 (成分、性状、製造方法、輸送貯蔵方法など) ・潤滑油も同様に対象外 ・低炭素燃料以外でも通用する特許は対象外 (単なるエンジンの改良など)
4		1 OR 2 OR 3	12, 797	
5	CPC (内燃機関全般) ・燃焼機関一般	CPC=((F01D) OR (F01L) OR (F01M) OR (F01N) OR (F01P) OR (F02) OR (F23R))	468, 977	
6	・非容積形機械または機関 ・周期的に動作する機械または機関用弁 ・内燃機関の潤滑 ・ガス流消音装置または排気装置 ・内燃機関の冷却 ・高圧または高速の燃焼生成物の生成 (ガスタービン燃焼室など) x	CPC=((Y02E006030 OR Y02E006032 OR Y02E0060321 OR Y02E0060322 OR Y02E0060324 OR Y02E0060325 OR Y02E0060327 OR Y02E0060328 OR Y02E006034 OR Y02E006036 OR Y02E0060369 OR Y02E006050 OR Y02E006052 OR Y02E0060521 OR Y02E0060522 OR Y02E0060523 OR Y02E0060525 OR Y02E0060526 OR Y02E0060527 OR Y02E0060528 OR Y02E006056 OR Y02E0060563 OR Y02E0060566) OR (Y02T001030 OR Y02T001032 OR Y02T001034 OR Y02T001036 OR Y02T001038) OR (Y02T0050678) OR (Y02T00705218 OR Y02T00705236 OR Y02T00705245 OR Y02T00705254) OR (Y02T00705245) OR (Y02T00705254) OR (Y02T009040 OR Y02T009042 OR Y02T009044 OR Y02T009046))	280, 816	
7	CPC (省エネ技術関連) ・エネルギーの発電、送電、配給における水素の利用 ・交通における代替燃料、非化石燃料、炭素集約度の低い燃料、水素の利用	5 AND 6	24, 187	
8	CPC、IPC、FI (内燃機関全般、タービン系除く) ・内燃式ピストン機関	CPC=((F01L) OR (F01M) OR (F01N) OR (F01P) OR (F02B) OR (F02D) OR (F02F) OR (F02M) OR (F02N) OR (F02P))	484, 616	
9	・周期的に動作する機械または機関用弁 ・内燃機関の潤滑	IG=((F01L) OR (F01M) OR (F01N) OR (F01P) OR (F02B) OR (F02D) OR (F02F) OR (F02M) OR (F02N) OR (F02P))	446, 624	
10	・ガス流消音装置または排気装置 ・内燃機関の冷却	FI=((F01L) OR (F01M) OR (F01N) OR (F01P) OR (F02B) OR (F02D) OR (F02F) OR (F02M) OR (F02N) OR (F02P))	392, 963	
11	・燃焼機関の制御 ・燃焼機関の密封装置の構成 (シリンダ、ピストン、ケーシングなど) ・燃焼機関への可燃混合物またはその成分の供給 ・燃焼機関の始動 x キーワード (低炭素燃料関連) Hydrogen, Brown gas, Oxyhydrogen, Knallgas, Ammonia, Methane, Ethane, Propane, Butane, LNG, CNG, LPG, Alcohol, Ethanol, Methanol, Ethyl, Methyl, Ether, Biomass, Ferment*, Organic, Digest*, Synthesis*, Compos*, Alternative, Substitut*, Renewable, Non fossil, Green, Clean, e-fuel, Hydrotreated vegetable oil, Low carbon, Decarbonization, Zero carbon, Carbon neutral*, Carbon Reduction, Carbon free, Low carbon	CTB=(Hydrogen OR H2 OR (Brown* ADJ gas*) OR oxyhydrogen OR knallgas OR (knall ADJ gas) OR HHO OR Ammonia OR NH3 OR Methane OR CH4 OR Ethane OR C2H6 OR Propane OR C3H8 OR Butane OR C4H10 OR (Natural ADJ gas*) OR LNG OR (Liquefied ADJ Natural ADJ gas*) OR CNG OR (Compressed ADJ Natural ADJ gas*) OR LPG OR (Liquefied ADJ Petroleum ADJ Gas*) OR (LP ADJ gas*) OR Alcohol OR Ethanol OR Methanol OR Ethyl OR Methyl OR Ether OR Bio OR Biomass OR (Biomass ADJ resource*) OR Ferment* OR Organic OR Digest* OR Synthesis* OR Compos* OR Alternative OR Substitut* OR Renewable OR Non-fossil OR (Non ADJ fossil) OR Green OR Clean OR e-fuel OR HVO OR (Hydrotreated ADJ Vegetable ADJ Oil) OR (Low ADJ carbon) OR Decarbonization OR (Zero ADJ carbon) OR (Carbon ADJ neutral*) OR (Carbon ADJ Reduction) OR (Carbon ADJ free) OR (Low ADJ carbon))	896, 861	
12	Digest*, Synthesis*, Compos*, Alternative, Substitut*, Renewable, Non fossil, Green, Clean, e-fuel, Hydrotreated vegetable oil, Low carbon, Decarbonization, Zero carbon, Carbon neutral*, Carbon Reduction, Carbon free, Low carbon	ALL=((Hydrogen NEAR2 fuel) OR (H2 NEAR2 fuel) OR ((Brown* ADJ gas*) NEAR2 fuel) OR (oxyhydrogen NEAR2 fuel) OR (knallgas NEAR2 fuel) OR (knall ADJ gas NEAR2 fuel) OR (HHO NEAR2 fuel) OR (Ammonia NEAR2 fuel) OR (NH3 NEAR2 fuel) OR (Methane NEAR2 fuel) OR (CH4 NEAR2 fuel) OR (Ethane NEAR2 fuel) OR (C2H6 NEAR2 fuel) OR (Propane NEAR2 fuel) OR (C3H8 NEAR2 fuel) OR (Butane NEAR2 fuel) OR (C4H10 NEAR2 fuel) OR (Natural ADJ gas* NEAR2 fuel) OR (LNG NEAR2 fuel) OR (Liquefied ADJ Natural ADJ Gas* NEAR2 fuel) OR (CNG NEAR2 fuel) OR (Compressed ADJ Natural ADJ Gas* NEAR2 fuel) OR (LPG NEAR2 fuel) OR (Liquefied ADJ Petroleum ADJ Gas* NEAR2 fuel) OR (LP ADJ gas* NEAR2 fuel) OR (Alcohol NEAR2 fuel) OR (Ethanol NEAR2 fuel) OR (Methanol NEAR2 fuel) OR (Ethyl NEAR2 fuel) OR (Methyl NEAR2 fuel) OR (Ether NEAR2 fuel) OR (Bio NEAR2 fuel) OR (Biomass NEAR2 fuel) OR (Biomass ADJ resource* NEAR2 fuel) OR (Ferment* NEAR2 fuel) OR (Organic NEAR2 fuel) OR (Digest* NEAR2 fuel) OR (Synthesis* NEAR2 fuel) OR (Compos* NEAR2 fuel) OR (Alternative NEAR2 fuel) OR (Substitut* NEAR2 fuel) OR (Renewable NEAR2 fuel) OR (Non-fossil NEAR2 fuel) OR (Non ADJ fossil NEAR2 fuel) OR (Green NEAR2 fuel) OR (Clean NEAR2 fuel) OR (e-fuel NEAR2 fuel) OR (HVO NEAR2 fuel) OR (Hydrotreated ADJ Vegetable ADJ Oil NEAR2 fuel) OR (Low ADJ carbon NEAR2 fuel) OR (Decarbonization NEAR2 fuel) OR (Zero ADJ carbon NEAR2 fuel) OR (Carbon ADJ neutral* NEAR2 fuel) OR (Carbon ADJ Reduction NEAR2 fuel) OR (Carbon ADJ free NEAR2 fuel) OR (Low ADJ carbon NEAR2 fuel))	358, 108	
13		(8 OR 9 OR 10) AND (11 AND 12)	29, 130	
14	CPC、IPC (タービン系) ・非容積形機械または機関	CPC=((F01D) OR (F02C) OR (F02G) OR (F02K) OR (F23R))	248, 710	本調査では「天然ガスタービン」を対象外とするため、キーワードでMethane, Ethane, Propane, Butane, LNG, CNG, LPG, Alcohol, Ethanol, Methanolを考慮しない
15	・ガスタービン設備の空気吸込ジェット推進部における燃料供給制御	IG=((F01D) OR (F02C) OR (F02G) OR (F02K) OR (F23R))	324, 684	
16	・ジェット推進設備 (ジェットパイプ、プロペラなど)	CTB=((F01D) OR (F02C) OR (F02G) OR (F02K) OR (F23R))	63, 312	
17	・高圧または高速の燃焼生成物の生成 (ガスタービン燃焼室など) x キーワード (低炭素燃料関連) Hydrogen, Brown gas, Oxyhydrogen, Knallgas, Ammonia, Biomass, Ferment*, Organic, Digest*, Synthesis*, Compos*, Alternative, Substitut*, Renewable, Non fossil, Green, Clean, e-fuel, Hydrotreated vegetable oil, Low carbon, Decarbonization, Zero carbon, Carbon neutral*, Carbon Reduction, Carbon free, Low carbon	CTB=(Hydrogen OR H2 OR (Brown* ADJ gas*) OR oxyhydrogen OR knallgas OR (knall ADJ gas) OR HHO OR Ammonia OR NH3 OR Bio OR Biomass OR (Biomass ADJ resource*) OR Ferment* OR Organic OR Digest* OR Synthesis* OR Compos* OR Alternative OR Substitut* OR Renewable OR Non-fossil OR (Non ADJ fossil) OR Green OR Clean OR e-fuel OR HVO OR (Hydrotreated ADJ Vegetable ADJ Oil) OR (Low ADJ carbon) OR Decarbonization OR (Zero ADJ carbon) OR (Carbon ADJ neutral*) OR (Carbon ADJ Reduction) OR (Carbon ADJ free) OR (Low ADJ carbon))	895, 667	
18	Digest*, Synthesis*, Compos*, Alternative, Substitut*, Renewable, Non fossil, Green, Clean, e-fuel, Hydrotreated vegetable oil, Low carbon, Decarbonization, Zero carbon, Carbon neutral*, Carbon Reduction, Carbon free, Low carbon	ALL=((Hydrogen NEAR2 fuel) OR (H2 NEAR2 fuel) OR ((Brown* NEAR0 gas*) NEAR2 fuel) OR (oxyhydrogen NEAR2 fuel) OR (knallgas NEAR2 fuel) OR (knall ADJ gas NEAR2 fuel) OR (HHO NEAR2 fuel) OR (Ammonia NEAR2 fuel) OR (NH3 NEAR2 fuel) OR (Bio NEAR2 fuel) OR (Biomass NEAR2 fuel) OR (Biomass ADJ resource* NEAR2 fuel) OR (Ferment* NEAR2 fuel) OR (Organic NEAR2 fuel) OR (Digest* NEAR2 fuel) OR (Synthesis* NEAR2 fuel) OR (Compos* NEAR2 fuel) OR (Alternative NEAR2 fuel) OR (Substitut* NEAR2 fuel) OR (Renewable NEAR2 fuel) OR (Non-fossil NEAR2 fuel) OR (Non ADJ fossil NEAR2 fuel) OR (Green NEAR2 fuel) OR (Clean NEAR2 fuel) OR (e-fuel NEAR2 fuel) OR (HVO NEAR2 fuel) OR (Hydrotreated ADJ Vegetable ADJ Oil NEAR2 fuel) OR (Low ADJ carbon NEAR2 fuel) OR (Decarbonization NEAR2 fuel) OR (Zero ADJ carbon NEAR2 fuel) OR (Carbon ADJ neutral* NEAR2 fuel) OR (Carbon ADJ Reduction NEAR2 fuel) OR (Carbon ADJ free NEAR2 fuel) OR (Low ADJ carbon NEAR2 fuel))	278, 539	
19		(14 OR 15 OR 16) AND (17 AND 18)	7, 086	
20		4 OR 7 OR 13 OR 19	52, 967	低炭素燃料エンジンに関する母集団全体
優先権主張年、出願先国により限定				
21		PRD=((20120101) AND PRD<=(20231231))	957, 232	最先の優先権主張日: 2012~2023年
22		20 AND 21	23, 289	
23		CC=(JP OR US OR AL OR AT OR BE OR BG OR CH OR CY OR CZ OR DE OR DK OR EE OR ES OR FI OR FR OR GB OR GR OR HR OR HU OR IE OR IS OR IT OR LI OR LT OR LU OR LV OR MC OR MK OR MT OR NL OR NO OR PL OR PT OR RO OR RS OR SE OR SI OR SK OR SM OR TR OR EP OR CN OR KR OR WO)	957, 109	出願先国: 日米欧中韓WO ※欧州は2022年1月現在のEPC加盟国38カ国 ※WOは国際出願 1回の出願により、全てのPOT条約加盟国に同時に出願したことを同じ効果を与える出願制度 検索対象の母集団
24		22 AND 23	21, 910	

要約

第 2 節 全体動向調査

IPF（国際特許ファミリー）⁹件数では米国籍と欧州籍が拮抗している。日本国籍はやや差のある 3 番手となっている。中国籍、韓国籍は少ない。年次変化では、2010 年代全体としては微減傾向にあり、2021 年から急激に増加に転じている（図 3-1）。

出願人の国籍別の出願先別出願件数を図 3-2 に示す。これらから読み取ることができる出願人の国籍ごとの出願の傾向と、推測される戦略を表 3-2 にまとめた。

図 3-1 [出願人国籍・地域別][IPF]国際特許ファミリー件数年次推移及び国際特許ファミリー件数比率

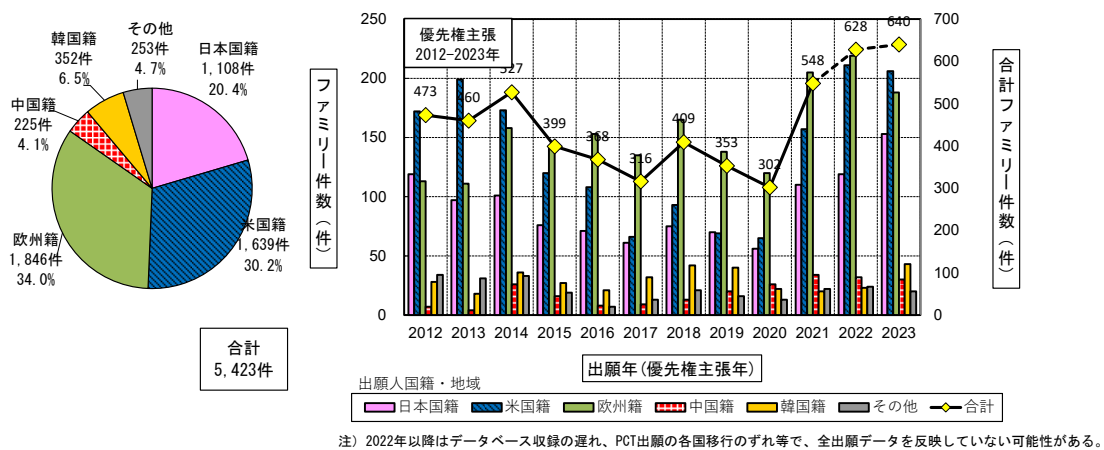
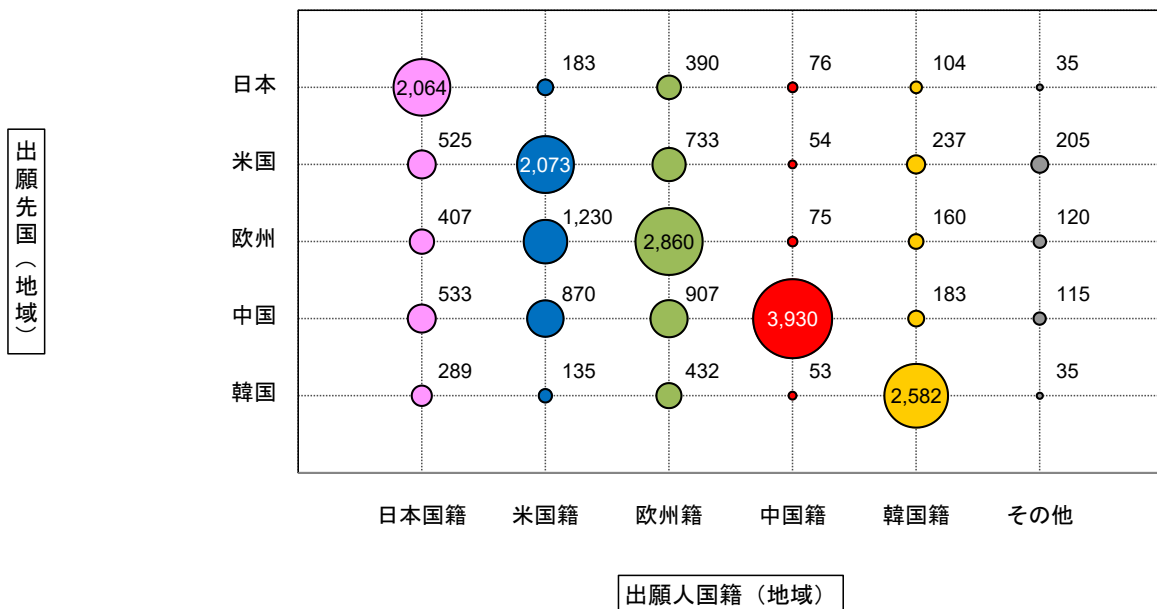


図 3-2 [出願先国・地域別—出願人国籍・地域別]出願件数



⁹ International Patent Family。複数の国・地域への出願を含む特許ファミリー、又は、欧州特許庁（EPO）への出願若しくは 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）を含む特許ファミリー、を意味する。

表 3-2 出願人の国籍ごとの特徴

出願人国籍	戦略類型	主な特徴	日本市場への注力
日本国籍	国内基盤 + 国外バランス 戦略	自国市場を最大拠点とし、米国・中国・欧州へもバランスよく出願。	日本は最大の出願先（国内企業にとっての基盤市場）。
米国籍	国内基盤 + 欧中二極重視 戦略	米国が最大拠点。国外では欧州と中国に厚く、日本は相対的に小さい。	日本は主要ターゲットではなく、補助的市場に留まる。
欧州籍	域内重視 + 米中二極重視 戦略	欧州域内が最大。国外では中国と米国を重点に、日本は限定的。	日本は周辺の市場であるが、日本向け出願件数は米中韓国籍ほど極端に少ない訳ではない。
中国籍	徹底した国内 志向戦略	中国国内に圧倒的集中。	日本は事実上ターゲット外。
韓国籍	国内基盤 + 国外バランス 戦略	韓国国内への依存度が高く、国外出願は中国・米国・欧州。日本への出願は相対的に少ない。	日本への注力は小さい。

第 3 節 技術区分別動向調査

技術区分別動向の解析は、第 1 章第 4 節に記載した技術区分に従って行った。技術区分（大区分）ごとの全体動向と注目出願人の動向の概観を表 3-3 に示す。

表 3-3 技術区分（大区分）ごとの概観

大区分	全体動向	注目出願人の動向
A: 用途	運輸が突出。発電は点在的、民生は散発。2019 年以降に山。日本向け出願は総じて少ない。	出願人（企業）ごとに対象領域（用途）は比較的明瞭である。 乗用車：トヨタ、Ford、VW、現代自動車 HDV：Cummins、VW (MAN) 自動車部品：デンソー、PHINIA、Bosch 船舶：ヤンマー、Wärtsilä、CSSC、Hanwha 航空：GE (Aerospace)、RTX、Rolls-Royce 発電：MHI、KHI、IHI、GE (Vernova) 産業：Caterpillar、民生：ヤンマー
B: エンジン形式	レシプロが主戦場で件数・参入社数ともに優勢。タービンは航空・発電に限定し安定。20 年以降ピストン急伸。	タービンに関する特許出願は少なく、航空機用ジェットエンジンや発電用ガスタービンを主要事業とする企業群。レシプロに関する特許出願は、全体として件数規模が圧倒的に多く、低炭素燃料技術の主戦場。
C: 燃料	気体燃料（H ₂ 、NG、NH ₃ ）は 2019～23 年に急増し他を圧倒。液体燃料（e-Fuel、バイオ、低炭素ガソリン/軽油）は長期安定・改良積み上げ型。メタノール系の技術開発が近年活発。	気体燃料に関する特許出願は、2010 年代前半に一時期盛んであったが、2019 年以降に再び急速に活発化し、2020 年から 2023 年にかけて大きな増加。水素を中心とする新燃料の採用に向け、複数の企業が同時期に出願を積み上げ。
D: 課題	出願の中心は、燃焼関連技術（燃焼特性、燃焼制御）とエンジン性能・耐久性であり、全地域で圧倒的多数を占め、実用化に不可欠な要素が重視されている。	欧州企業：燃料供給系で存在感。 米国企業：エンジン性能・耐久性で強い。 日本企業：トヨタを中心にバランスの良い出願を展開。 韓国企業：燃料供給系で一定の存在感を示す。
E: 解決策	レシプロ要素＝吸排気動弁・燃料噴射系に集中。周辺機器＝配管・バルブ・加圧・熱交換器が多数。制御と後処理の併用が主流。地域差は小さい。	サプライヤ（BOSCH、デンソー）＝噴射・弁・センサ/アクチュエータ。OEM＝システム統合・制御。重工＝材料・冷却・燃焼器最適化。

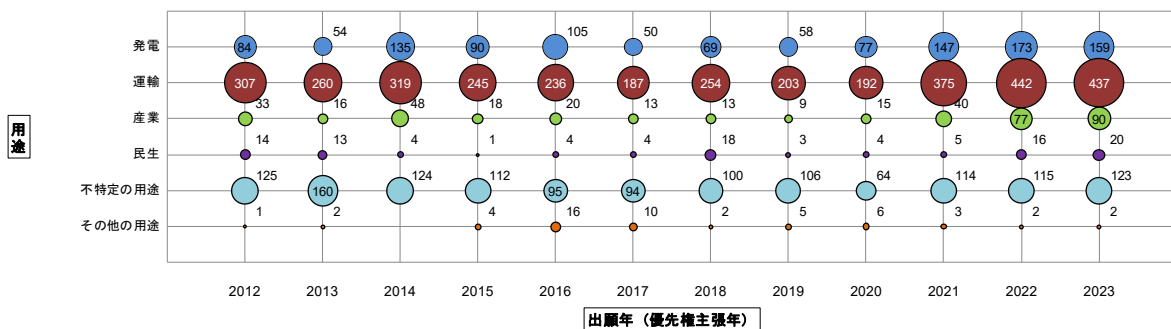
1. 用途の特徴

用途ごとの IPF 件数の年次推移を図 3-3 に示す。低炭素燃料エンジン技術の用途として、発電、運輸、産業、民生という区分を設けたが、この図から明らかに、主戦場は「運輸」であり、続く発電とは大きな差がある。産業、民生はさらに少ない。よって、以下では主として発電・運輸分野を中心に分析する。

全体に、2018 年から 2019 年にかけて減少傾向があり、2021 年から急激に増加に転じている。

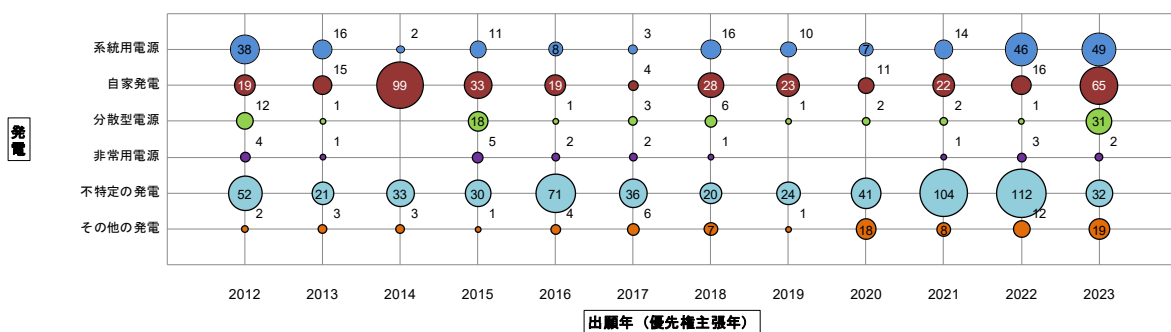
発電および運輸の中の小区分ごとの IPF 件数の年次推移を図 3-4 および図 3-5 に示す。発電の中では系統用電源と自家発電が主である。IPF 件数は年によってばらつき、明瞭な傾向は読み取りにくい、敢えて読むと、全体動向と同じように 2010 年代は減少傾向で、2010 年代終わりごろから増加に転じている。運輸は上述のとおり低炭素燃料エンジン技術の主戦場であり、特に自動車（乗用・商用）分野が圧倒的な比率を占めている。全体動向と同じく、2010 年代終わりごろを底として減少から増加に転じる傾向を示している。

図 3-3 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別][IPF]国際 Patent ファミリー件数年次推移（大区分 A「用途」内の中区分）



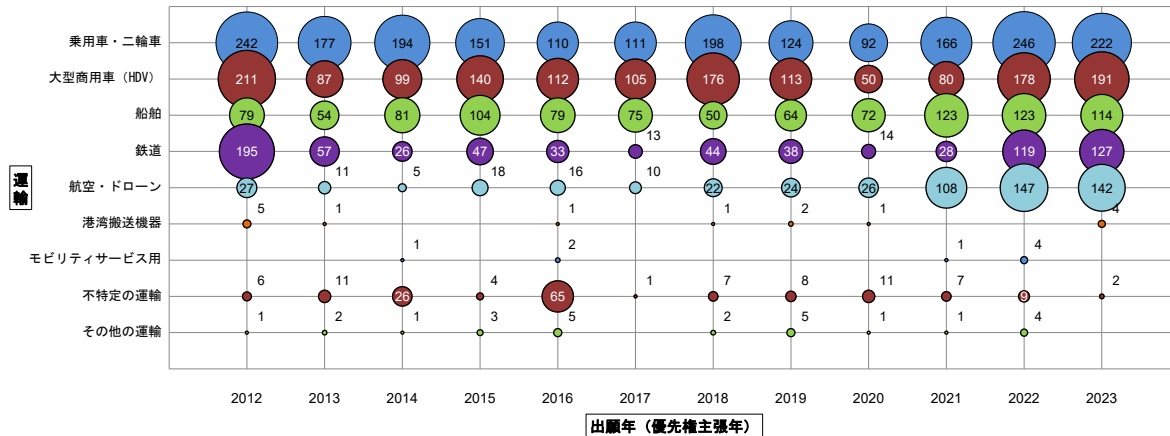
注) 2022年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

図 3-4 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別][IPF]国際 Patent ファミリー件数年次推移（中区分 A01「発電」内の小区分）



注) 2022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、全出願データを反映していない可能性がある。

図 3-5 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別][IPF]国際 Patent ファミリー件数年次推移（中区分 A02「運輸」内の小区分）



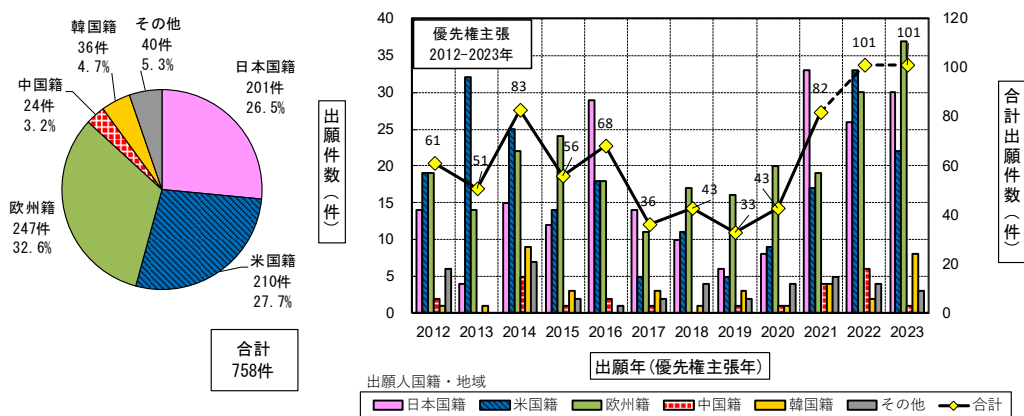
注) 2022年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

(1) 発電

用途の内、中区分「発電」の PCT 出願の出願人国籍・地域ごとの件数比率および年次推移を図 3-6 に示す。また、その中の小区分である「系統用電源」と「自家発電」の PCT 出願の出願人国籍・地域ごとの件数比率および年次推移を図 3-7 および図 3-8 に示す。

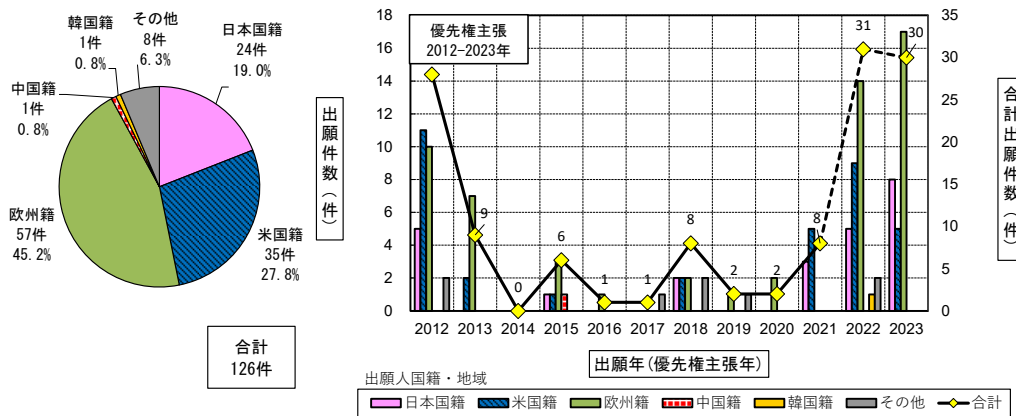
総じて欧州籍が多く、次いで米国籍、日本国籍。米国籍と日本国籍の差は小さい。

図 3-6 [PCT 出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT 出願件数年次推移及び PCT 出願件数比率（中区分 A01「発電」）



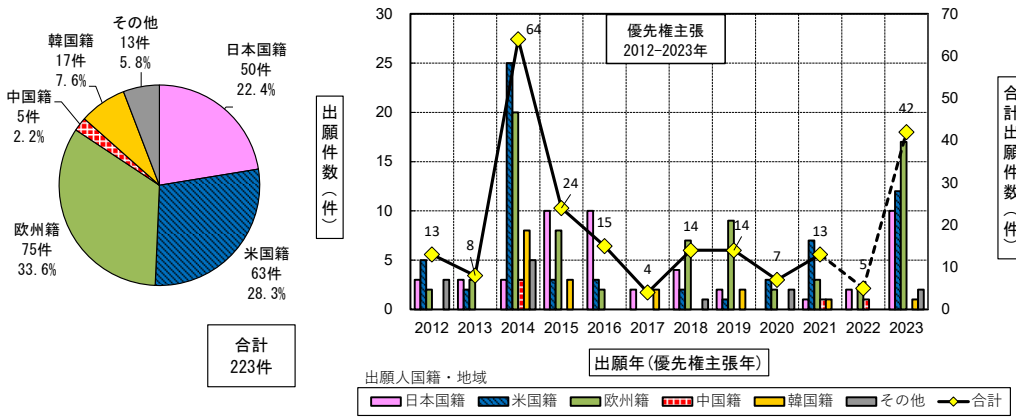
注) 2022年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

図 3-7 [PCT 出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT 出願件数年次推移及び PCT 出願件数比率 (小区分 A0101「系統用電源」)



注) 2022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、全出願データを反映していない可能性がある。

図 3-8 [PCT 出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT 出願件数年次推移及び PCT 出願件数比率 (小区分 A0102「自家発電」)



注) 2022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、全出願データを反映していない可能性がある。

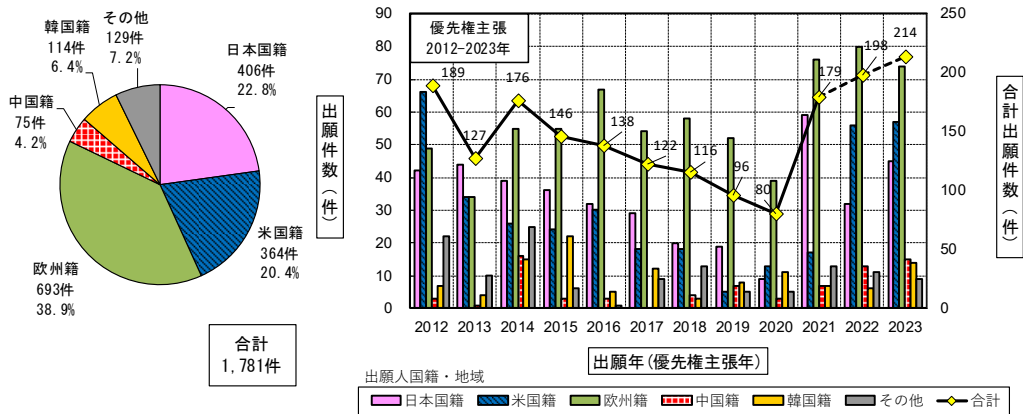
(2) 運輸

用途の内、中区分「運輸」の PCT 出願の出願人国籍・地域ごとの件数比率および年次推移を図 3-9 に示す。また、その小区分である「乗用車・二輪車」、「大型商用車 (HDV)」、「船舶」、「鉄道」、および「航空・ドローン」の PCT 出願の出願人国籍・地域ごとの件数比率および年次推移を図 3-10～図 3-14 に示す。

全体に欧州籍が主導して、米国籍と日本国籍が続き、中国籍と韓国籍は僅かであるが、船舶に関しては、日本国籍が首位であり僅差で欧州籍が続く。米国籍は少なく、韓国籍が 3 番手に入っている。鉄道と航空・ドローンについては米国籍と欧州籍がそれぞれ 3 割強のほぼ同率で首位となっている。

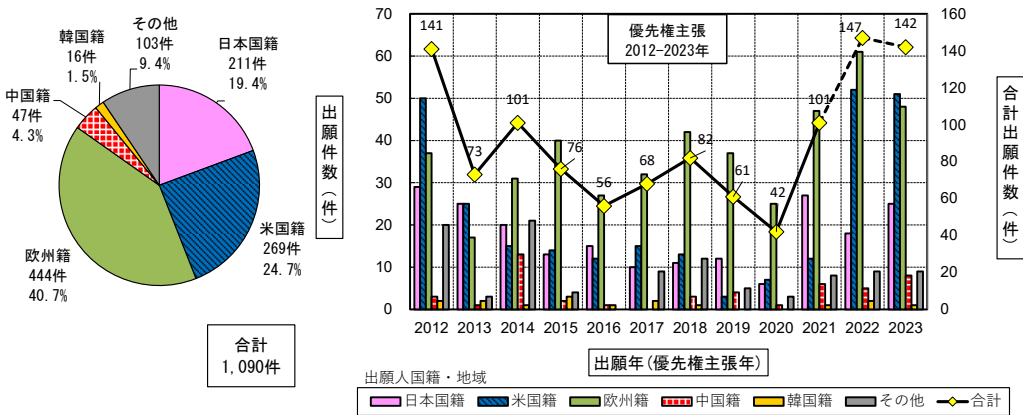
なお、鉄道については、「車両」という用途を、自動車と鉄道車両の両方を含むものとして計数したため、主として自動車用を意図した特許も含んでいる (件数を過大評価している) 可能性がある。

図 3-9 [PCT 出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT 出願件数年次推移及び PCT 出願件数比率 (中区分 A02「運輸」)



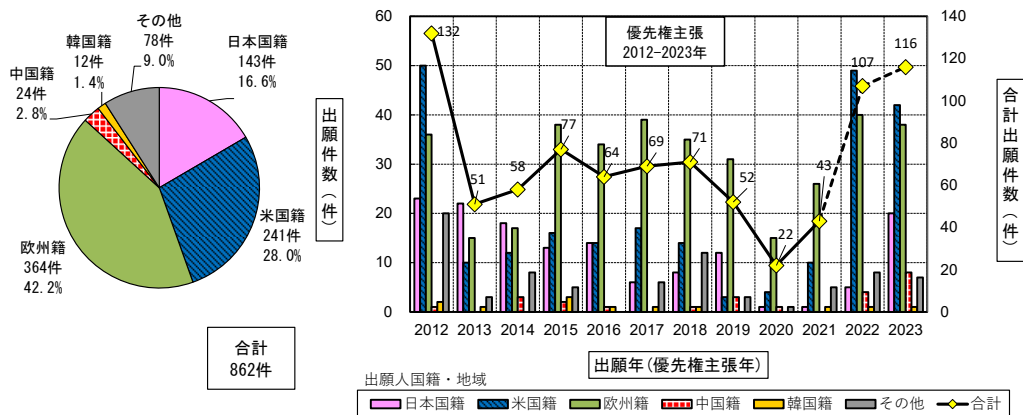
注) 2022年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

図 3-10 [PCT 出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT 出願件数年次推移及び PCT 出願件数比率 (小区分 A0201「乗用車・二輪車」)



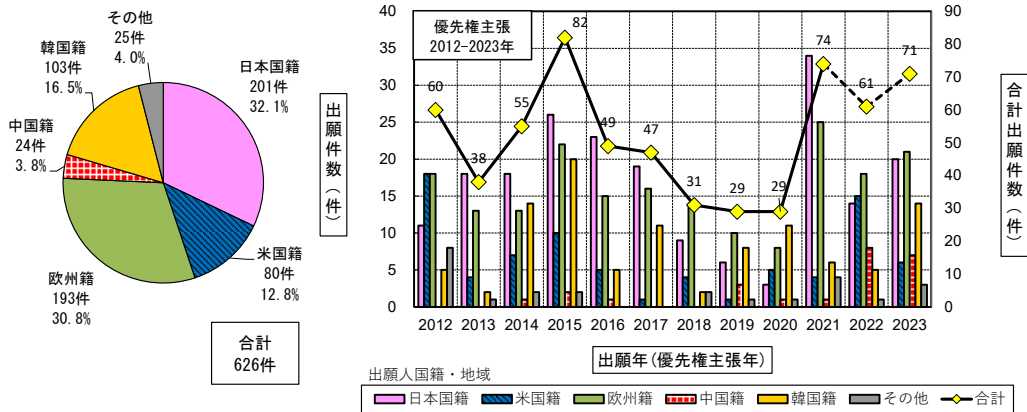
注) 2022年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

図 3-11 [PCT 出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT 出願件数年次推移及び PCT 出願件数比率 (小区分 A0202「大型商用車 (HDV)」)



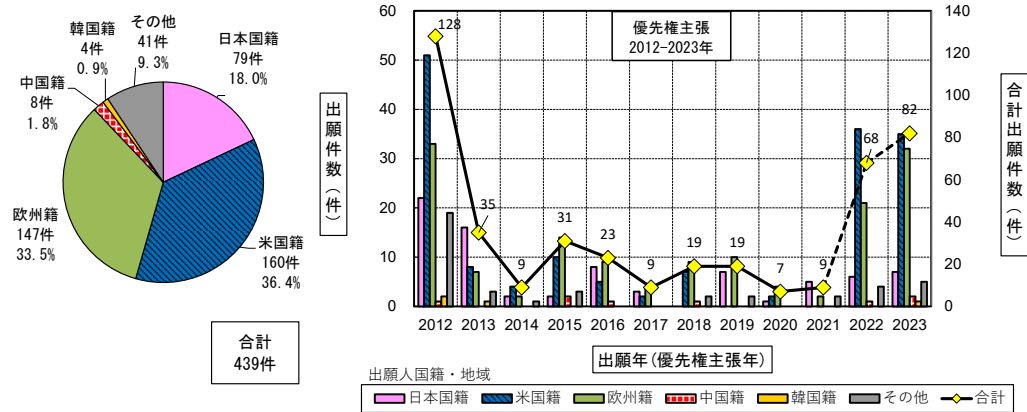
注) 2022年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

図 3-12 [PCT 出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT 出願件数年次推移及び PCT 出願件数比率 (小区分 A0203 「船舶」)



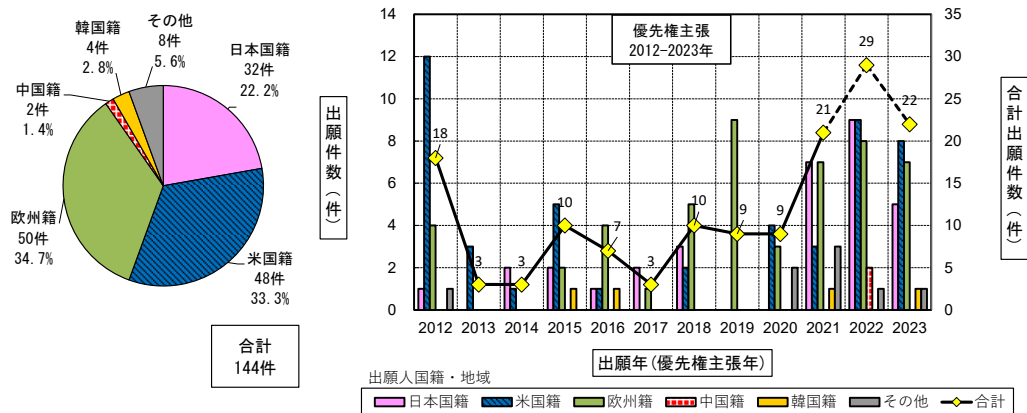
注) 2022年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

図 3-13 [PCT 出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT 出願件数年次推移及び PCT 出願件数比率 (小区分 A0204 「鉄道」)



注) 2022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、全出願データを反映していない可能性がある。

図 3-14 [PCT 出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT 出願件数年次推移及び PCT 出願件数比率 (小区分 A0205 「航空・ドローン」)



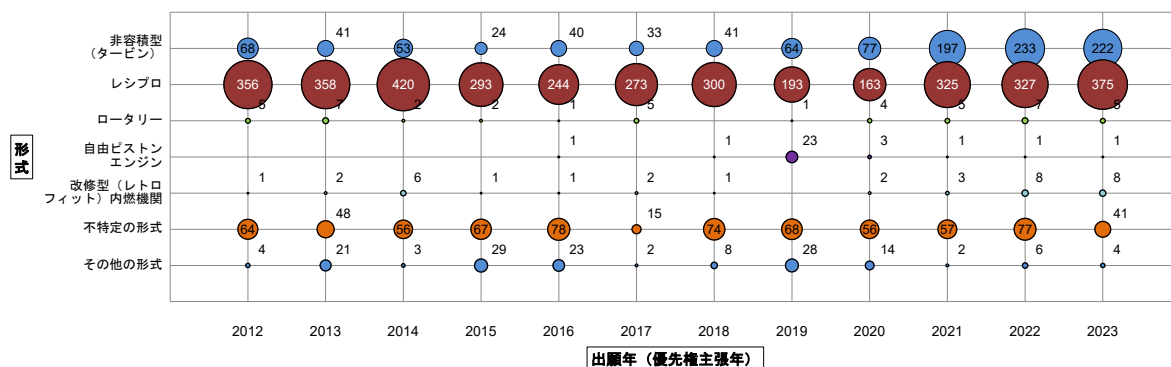
注) 2022年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

2. エンジン形式の特徴

エンジン形式ごとの IPF 件数の年次推移を図 3-15 に示す。低炭素燃料エンジンの形式としてはレシプロが大半を占めている。非容積型（タービン）は大差の 2 番手であるが、直近の数年で急速に件数を増やしている。全体に、2018 年から 2019 年にかけて減少傾向があり、2020 年ごろから急激に増加に転じている。

レシプロはさらに、ガソリン型（火花点火）とディーゼル型（圧縮着火）に分類できるが、特許上はガソリン型・ディーゼル型を特定しないものも多い。

図 3-15 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別][IPF]国際 Patent ファミリー件数年次推移（大区分 B「形式」内の中区分）



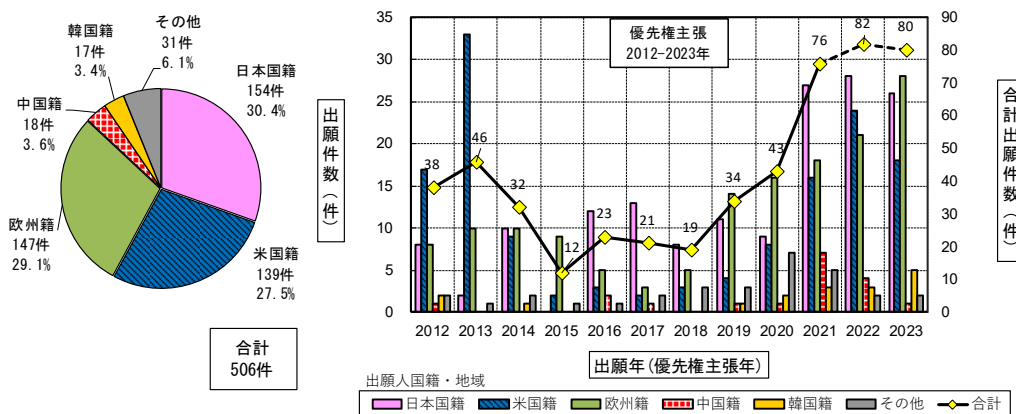
注) 2022年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

(1) 非容積型（タービン）

「非容積型（タービン）」の PCT 出願の出願人国籍・地域ごとの件数比率および年次推移を図 3-16 に示す。

件数比率では日米欧が拮抗しており、僅差で日本国籍が首位である。2012、2013 年は米国籍が支配的であったが、その後日本国籍と欧州籍が大幅に件数を増やしており、これがタービンに関する PCT 出願の 2019 年以降の急激な増加をもたらしている。

図 3-16 [PCT 出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT 出願件数年次推移及び PCT 出願件数比率（小区分 B0101「非容積型（タービン）」）



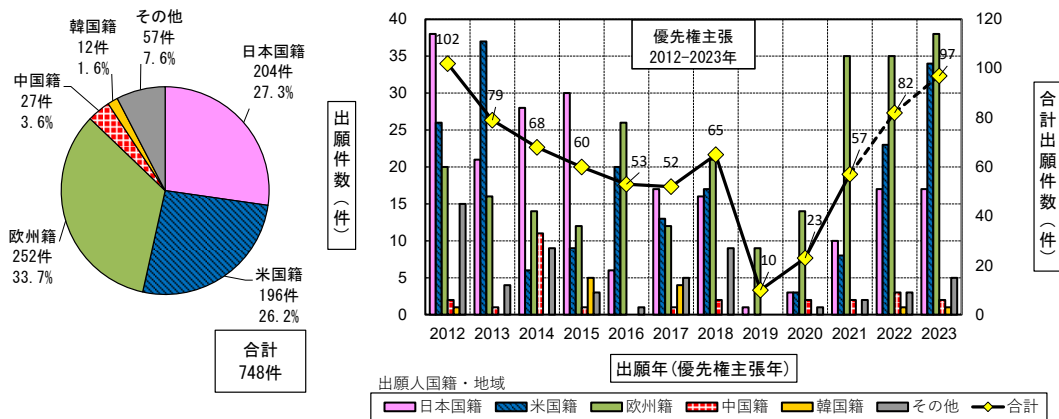
注) 2022年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

(2) レシプロ

「レシプロ」のPCT出願の出願人国籍・地域ごとの件数比率および年次推移をガソリン型（火花点火）とディーゼル型（圧縮着火）ごとに図 3-17 および図 3-18 に示す。

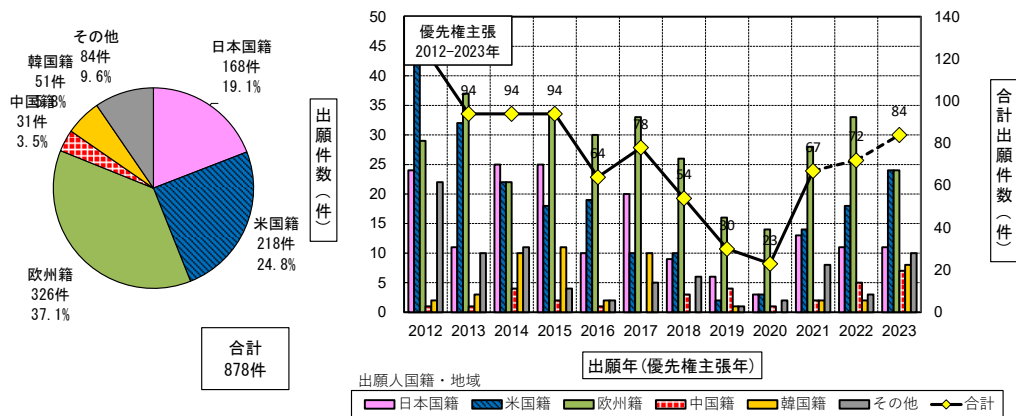
合計件数ではガソリン型とディーゼル型はほぼ半々の規模感である。両者とも欧州籍が首位で、日米国籍が続いている。ディーゼル型では特に欧州籍の比率が高いことが分かる。日本国籍と米国籍の差は小さい。ガソリン型、ディーゼル型共に 2010 年代は減少傾向にあり 2019 年、2020 年には一桁まで落ち込んでいるが、その後 2021 年以降、急激な増加が見られる。

図 3-17 [PCT 出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT 出願件数年次推移及び PCT 出願件数比率（小区分 B0201「ガソリン型」）



注) 2022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、全出願データを反映していない可能性がある。

図 3-18 [PCT 出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT 出願件数年次推移及び PCT 出願件数比率（小区分 B0202「ディーゼル型」）



注) 2022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、全出願データを反映していない可能性がある。

(3) 用途との組合せ

主要なエンジン形式（タービン、ガソリン型、ディーゼル型、不特定のレシプロ）と主要な用途との組合せによる IPF 件数を図 3-19 に示す。

発電はタービンが優勢であるが、自家発電ではディーゼル型も多い。

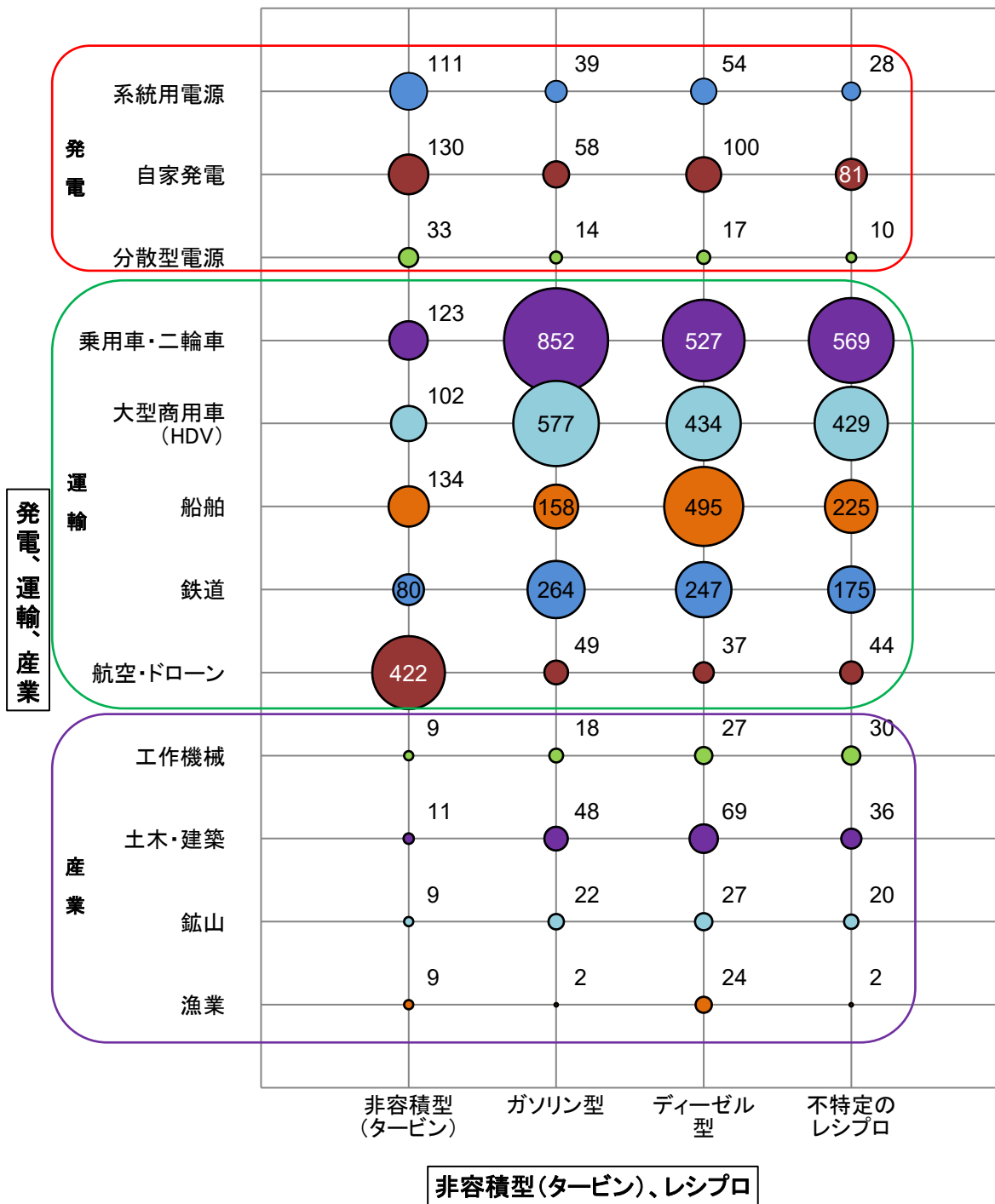
乗用車・二輪車、大型商用車用はレシプロが主流である。特に、乗用車・二輪車用のガソリン型は全体の中でも最も比重の高い技術区分である。大型商用車用には一般にディーゼル型が向いていると言われるが、今回の結果ではガソリン型の方がやや多い。

船用エンジンは従来からディーゼル型が主流であった。低炭素燃料用でもディーゼル型が 6 割以上を占めている。

鉄道は乗用車・二輪車、大型商用車と同様の傾向を示している。

航空用エンジンは殆どがタービンである。これも従来と変わらない傾向である。産業用（工作機械、土木・建築、鉱山、漁業）関係の特許は発電、運輸に比べるとごく少数である。大型の産業用機器のエンジンは大型商用車用と共通のものも多いと推察される。また、漁業用は船舶で計数されている可能性がある。

図 3-19 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別クロス分析][IPF]国際パテントファミリー件数（中区分 A01「発電」・A02「運輸」・A03「産業」内の小区分×中区分 B01「非容積型（タービン）」・B02「レシプロ」内の小区分）

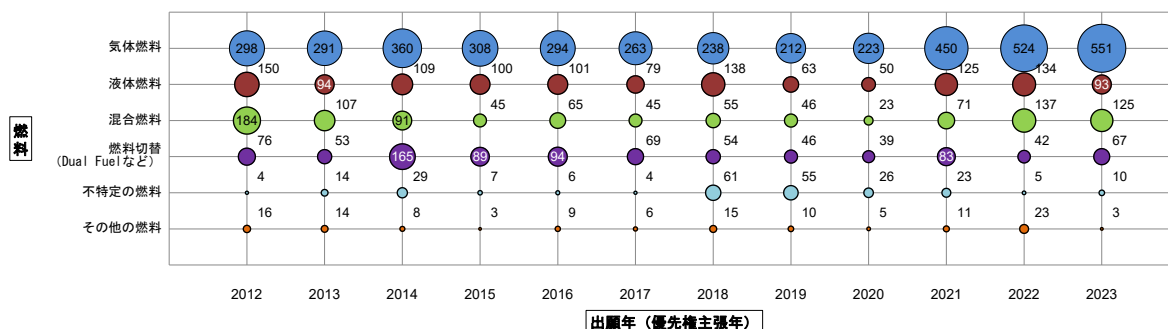


3. 燃料の特徴

燃料の中区分ごとの IPF 件数の年次推移を図 3-20 に示す。ここでは中区分として気体燃料、液体燃料、混合燃料、燃料切替（Dual Fuel など）を設定しているが、気体燃料および液体燃料は必ずしも単独で使用されるとは限らず、混合燃料や燃料切替で使用されている場合も件数として計数している。

特許の対象となっている低炭素燃料エンジンは気体燃料用が多いことが分かる。ただし、これはあくまでもエンジン側の技術開発要素を反映したものであり、低炭素燃料としての注目度とは必ずしも一致しないであろうことは留意すべきである。

図 3-20 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別][IPF]国際パテントファミリー件数年次推移（大区分 C「燃料」内の中区分）



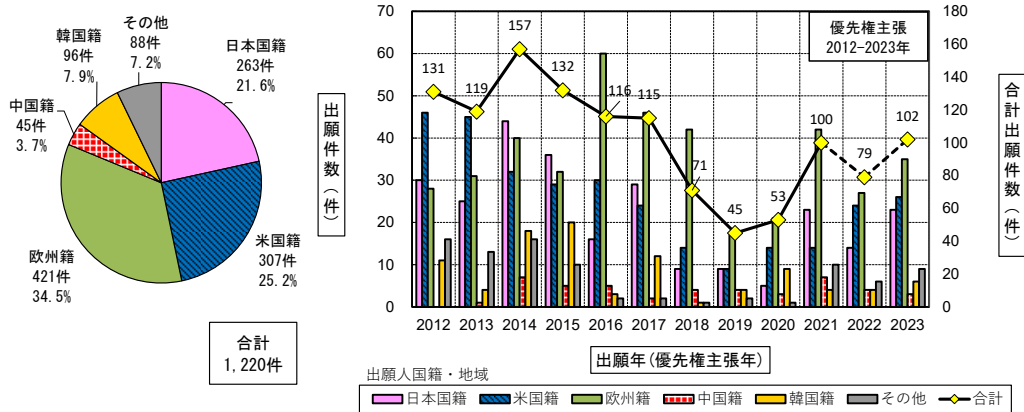
注) 2022年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

(1) 気体燃料

気体燃料では、天然ガス、水素およびアンモニアが多い。この3種について、PCT 出願の出願人国籍・地域ごとの件数比率および年次推移を図 3-21～図 3-23 に示す。

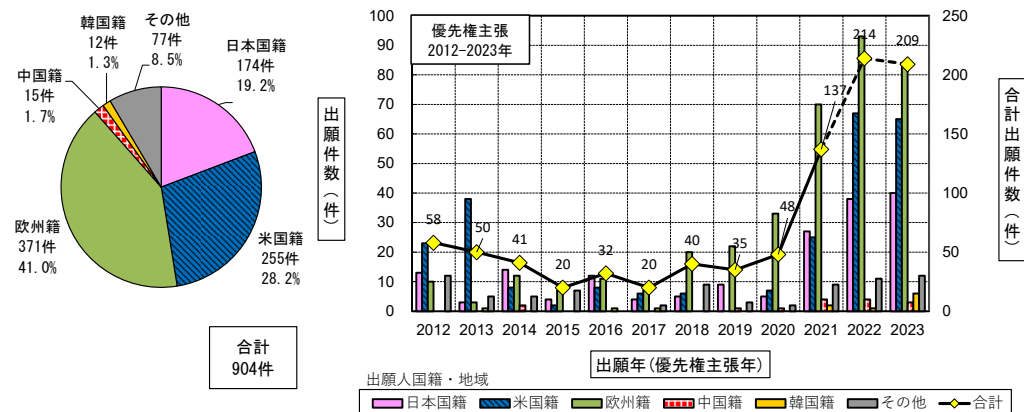
天然ガスは 2010 年代を通して若干減少傾向を見せるものの、全期間を通じて活発な出願が見られる成熟した技術であり、過渡期燃料として重要性を持つことが示唆される。水素とアンモニアは、件数の絶対値は水素の方が多いが、2020 年代に入って急激に件数が増加している傾向は共通している。出願人国籍別でみると、天然ガスと水素は欧州籍が多く、米国籍と日本国籍が続いているが、アンモニアは日本国籍が最も多い。

図 3-21 [PCT 出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT 出願件数年次推移及び PCT 出願件数比率 (小区分 C0101 「天然ガス」)



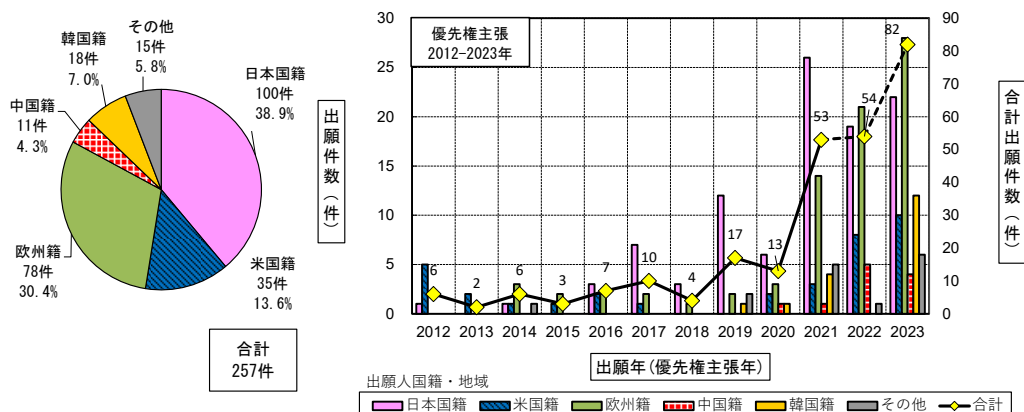
注) 2022年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

図 3-22 [PCT 出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT 出願件数年次推移及び PCT 出願件数比率 (小区分 C0102 「水素」)



注) 2022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、全出願データを反映していない可能性がある。

図 3-23 [PCT 出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT 出願件数年次推移及び PCT 出願件数比率 (小区分 C0103 「アンモニア」)



注) 2022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、全出願データを反映していない可能性がある。

(2) 液体燃料

液体燃料ではエタノールとメタノールが多く、バイオディーゼル油がこれに続いている。この3種について、PCT出願の出願人国籍・地域ごとの件数比率および年次推移を図3-24、図3-25および図3-26に示す。いずれも2010年代を通じて減少傾向にあるが、メタノールとエタノールは2020年から急増に転じている。バイオディーゼル油はこれに比べると件数自体が少なく、2021年以降に増加の気配を見せているが顕著ではない。

国籍別にみると、米国籍が最も多く、欧州籍が僅差で2番手である。日本国籍はエタノール、バイオディーゼル油で3位であるが2位の欧州籍とは差が開いており、メタノールでは中国籍に次ぐ4位となっている。

図3-24 [PCT出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT出願件数年次推移及びPCT出願件数比率(小区分C0201「メタノール」)

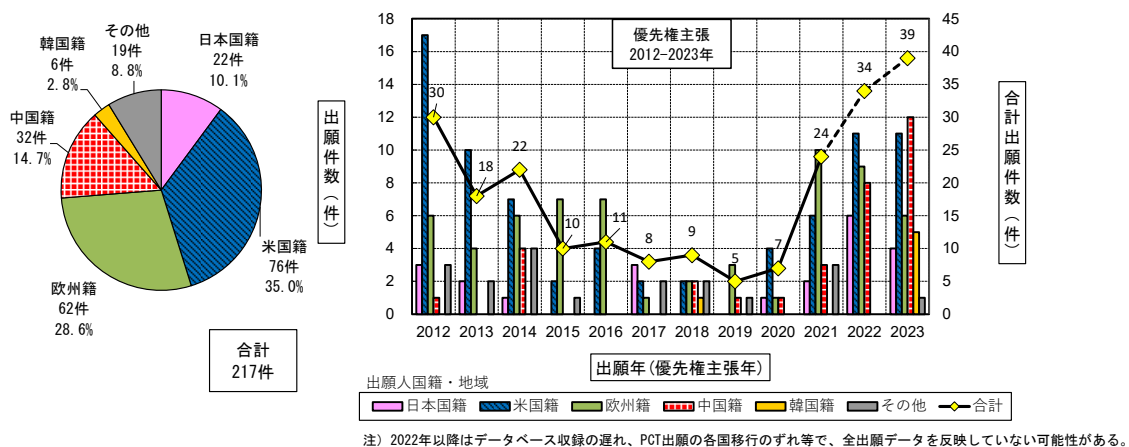


図3-25 [PCT出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT出願件数年次推移及びPCT出願件数比率(小区分C0202「エタノール」)

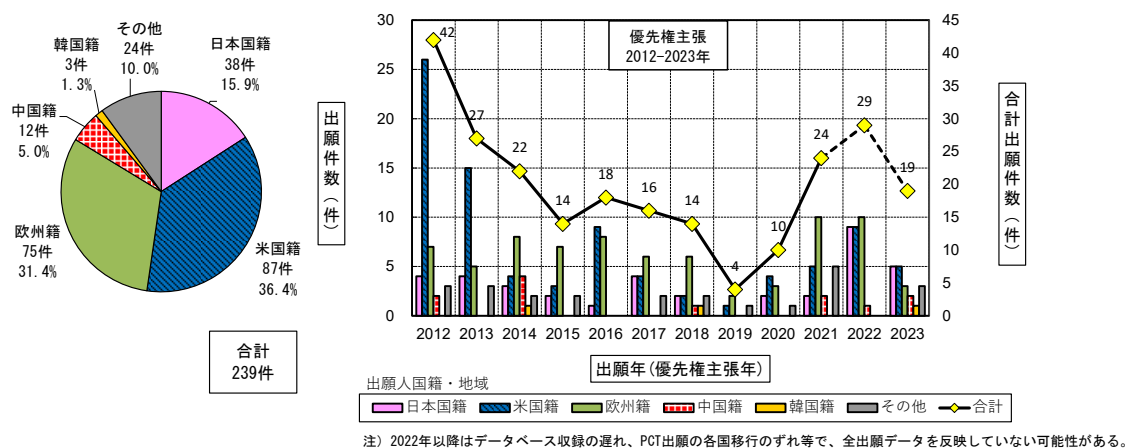
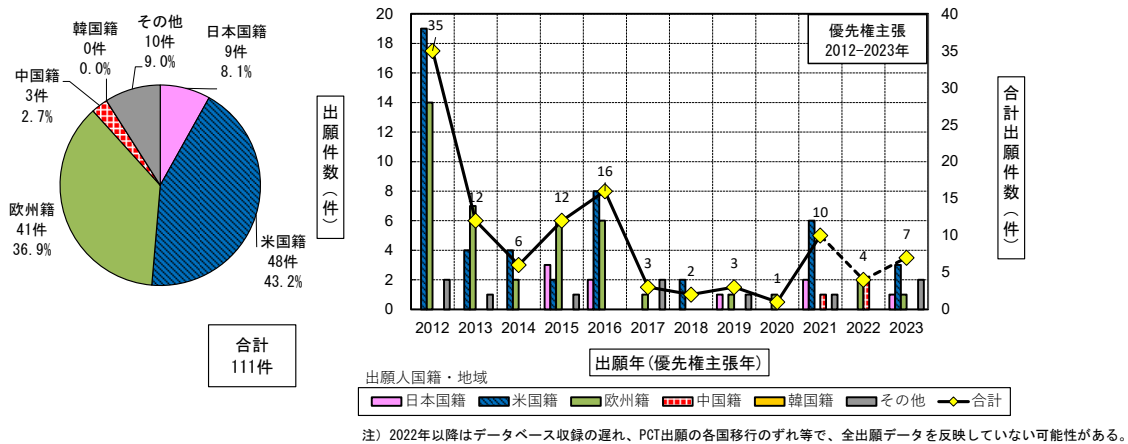


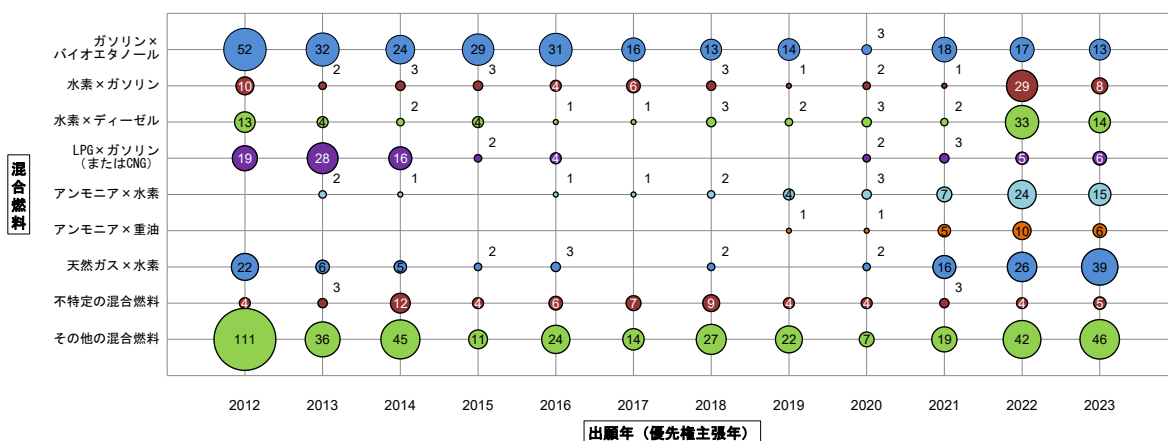
図 3-26 [PCT 出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT 出願件数年次推移及び PCT 出願件数比率 (小区分 C0206 「バイオディーゼル油」)



(3) 混合燃料

混合燃料としては、ガソリンなど既存の燃料にバイオエタノールのような低炭素燃料を混ぜるパターン（液体燃料に多い）と、アンモニアのような低炭素燃料の燃焼特性を改善するために助燃材を混ぜるパターン（気体燃料に多い）に大別されると思われるが、組合せは多岐にわたるためすべてを評価することは難しい。ここでは主要な組合せと考えられるものを小区分として集計した（図 3-27）。これによると、ガソリンとバイオエタノールの組合せは、2010年代を通じて減少傾向ではあるもののある程度の出願数を維持しており、2020年代に入って増加に転じる気配を見せている。それ以外の組合せも 2020年頃から増加の気配を見せている。

図 3-27 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別][IPF]国際パテントファミリー件数年次推移 (中区分 C03 「混合燃料」内の小区分)



PCT 出願の出願人国籍・地域ごとの件数比率および年次推移を個別に見ると、ガソリン×バイオエタノールは日本国籍が最も多いが、欧州籍、米国製も僅差で続いている（図 3-28）。

LPG とガソリンの組合せでは日本国籍が最も多いが、件数の絶対値は少なく、2010 年代を通じて減少傾向にある（図 3-29）。

アンモニア×水素、と天然ガス×水素は日本国籍主導で 2020 年ごろから急激な増加を見せている（図 3-30 および図 3-31）。

図 3-28 [PCT 出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT 出願件数年次推移及び PCT 出願件数比率（小区分 C0301「ガソリン×バイオエタノール」）

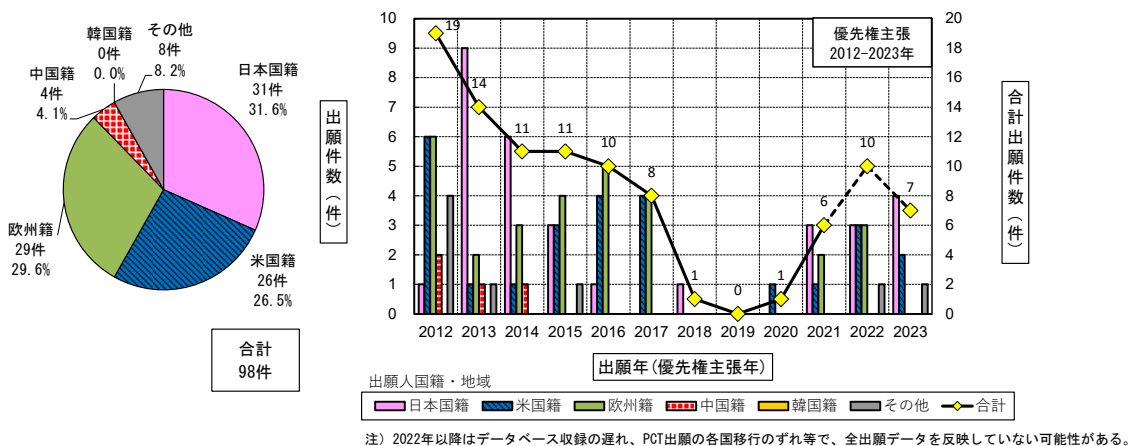


図 3-29 [PCT 出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT 出願件数年次推移及び PCT 出願件数比率（小区分 C0304「LPG×ガソリン（または CNG）」）

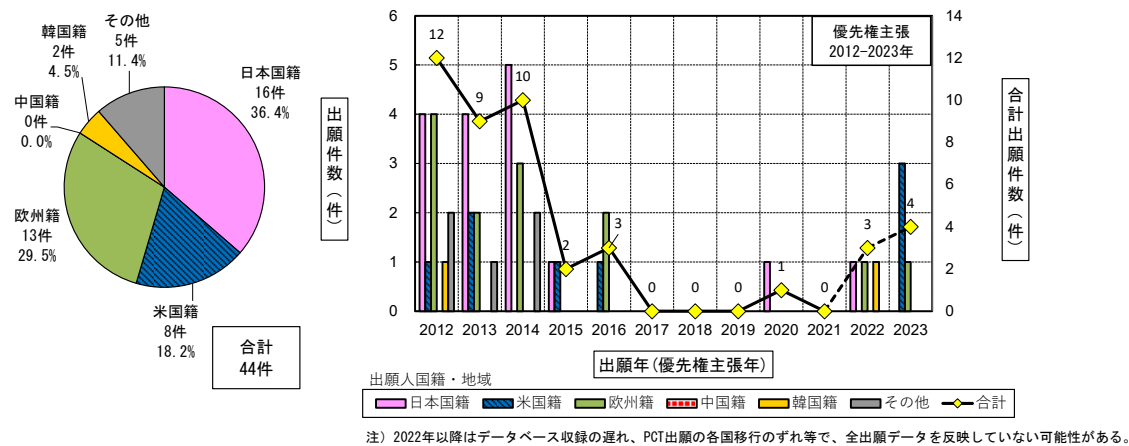


図 3-30 [PCT 出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT 出願件数年次推移及び PCT 出願件数比率 (小区分 C0305「アンモニア×水素」)

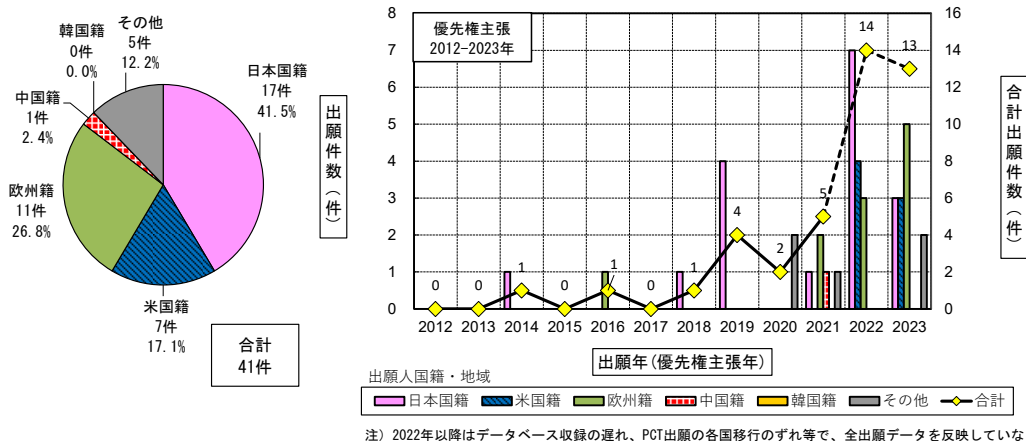
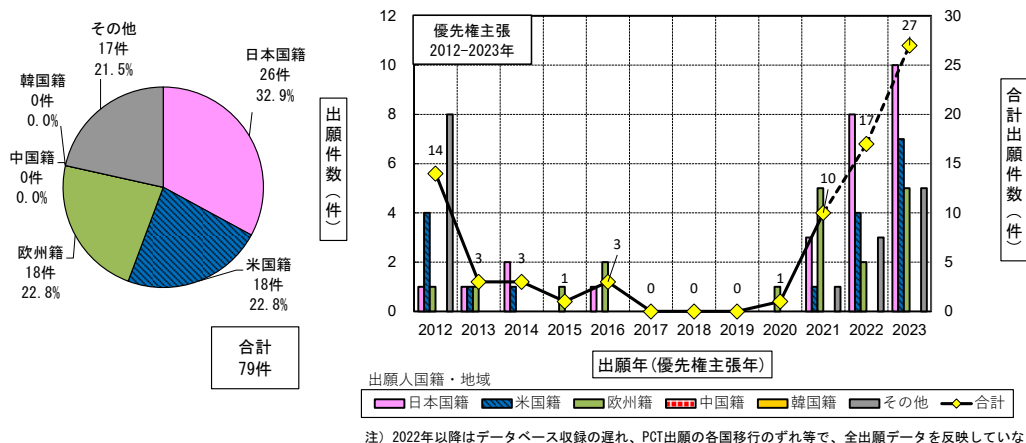


図 3-31 [PCT 出願][技術区分別][出願人国籍・地域別]PCT 出願件数年次推移及び PCT 出願件数比率 (小区分 C0307「天然ガス×水素」)



(4) 用途、エンジン形式との組合せ

上記 (図 3-19) に示した用途とエンジン形式の主要な組合せに対応する燃料の IPF 件数を図 3-32 に示す。

どの用途でも天然ガスと水素の比重が高いことが分かる。アンモニアは毒性があるため、運輸用燃料としては不利と言われるが、船用エンジンでは、ほかの用途に比べると検討が進んでいるようである。また、発電用タービン燃料としては未だ天然ガスや水素に比べると特許数は少ないが、一般人が立ち入らない系統用電源設備であれば安全管理は比較的容易であると思われ、低炭素燃料としてアンモニアを使うタービンは今後の発展が期待される。

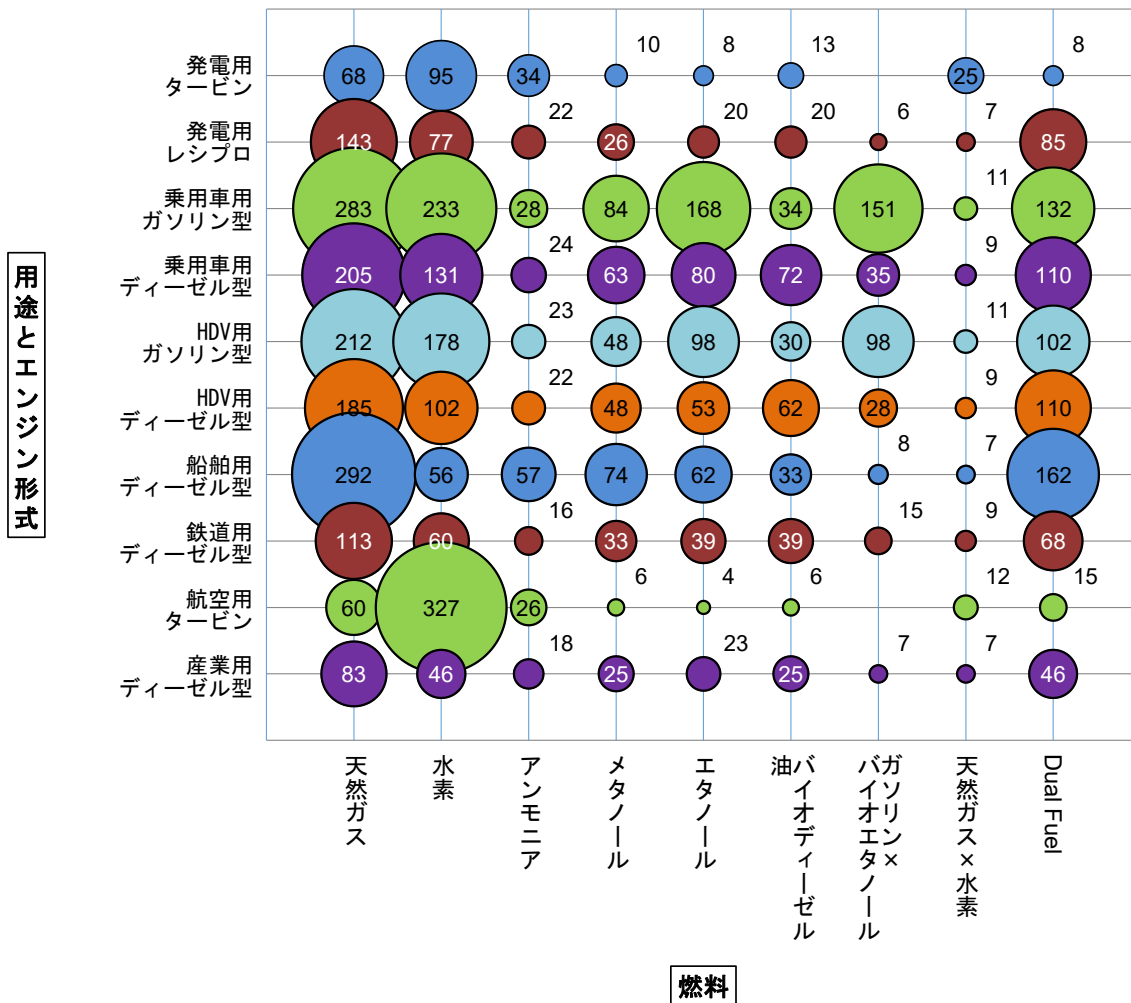
船用エンジンは、水素利用が目立って少ない。商業目的で経済性を重視する船用エンジンの分野では、極超低温の液体で取り扱いが難しく、高コスト、また、多くの港で補給の目途が立っていない水素は、実用的な観点からは、魅力に乏しい可能性がある。一方、航空用タービンでは天然ガスが少ない。天然ガスは、水素ほどではないが低温液体で取り扱いが難しく、その割には CO₂ 排出がゼロにな

るわけでもないなので魅力に乏しいのかもしれない。一方、水素エンジンについては多数の特許が出ている。重量当たりのエネルギー密度が高いことが、航空燃料として魅力的である可能性はある。ただし、実用化が始まっている船用天然ガスエンジンと違い、航空用水素タービンは研究が始まったばかりの段階と言われており、既存技術の層が薄い分、特許が出しやすい可能性もある。

液体燃料を使う低炭素燃料エンジンの特許は比較的少ない。これは、一つには液体燃料が多種多様であるため、個々の燃料種についての特許件数は少なく見えるためと思われる。もう一つは、これらの液体燃料はそもそも従来燃料の代替品として、既存エンジンでそのまま使うことを前提に開発されたものが多い、ということがある。例えば、SAF（持続可能な航空燃料）は典型的な「低炭素燃料」であるが、既存の航空エンジンで使うことを前提としているため、エンジン側での新しい技術、特許が出てくる余地は少ないと思われる。そのため、本調査ではSAFは対象外としている。

タービン（発電用、航空用）を除くと、Dual Fuel についてはどの用途でも多くの特許が出ている。一つには、低炭素燃料の燃焼特性を補うための助燃材やパイロット燃料を使うエンジンが多いためと思われる。もう一つは、低炭素燃料の供給網が必ずしも整備されておらず、港によっては従来燃料しか補給できない可能性を念頭に、低炭素燃料と従来燃料のどちらでも運転できるエンジンが開発される、という側面もあると思われる。

図 3-32 主要用途×エンジン形式と燃料のクロスマップ (IPF 件数)



4. 課題と解決策の特徴

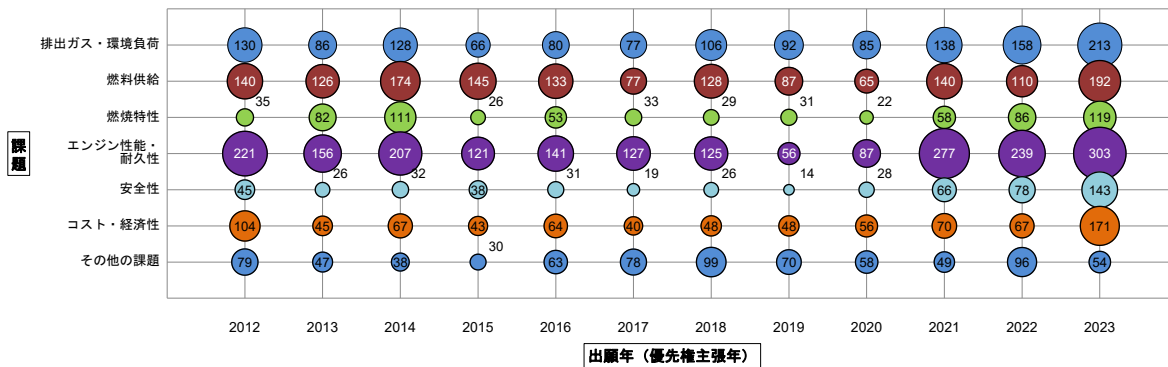
課題ごとおよび解決策ごとの IPF 件数の年次推移を図 3-33 および図 3-34 に示す。全体の傾向としては 2010 年代を通じて微減し、直近数年で急増、というのは共通している。

課題については、いずれの中区分でもそれなりの IPF 件数が見られる。特に、エンジン性能・耐久性、排出ガス・環境負荷および燃料供給が多い。

解決策としてはレシプロ構成要素、周辺機器と制御が多く、また、タービン構成要素と材料は絶対数では劣るが 2020 年以降は他の項目を上回る増加率を見せている。

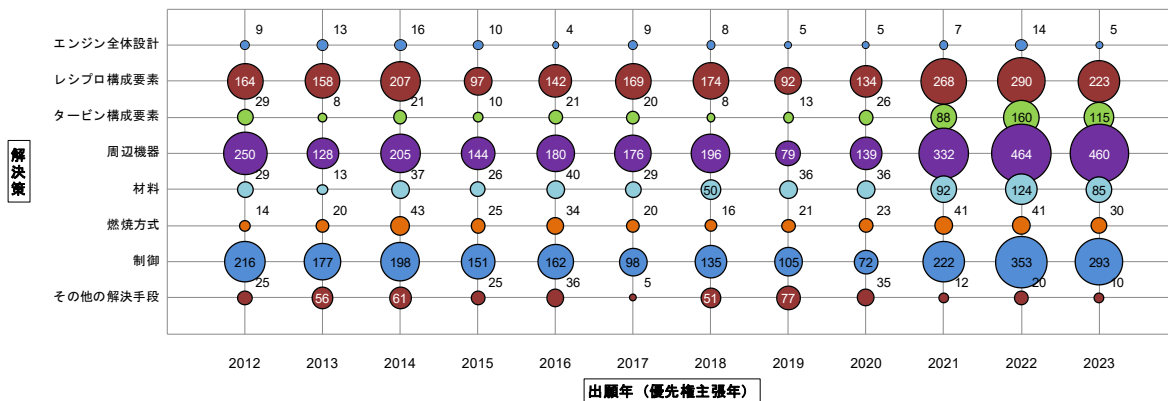
タービンとレシプロでは技術体系が異なるため課題と解決策の組合せも異なると予想される。そこで、タービンとレシプロを分離して、それぞれについて課題と解決策の組合せについて IPF 件数を調べた結果を図 3-35 および図 3-36 に示す。主要課題はタービン、レシプロとも同様であるが、解決策が、タービンでは燃焼器以外には周辺機器に依るものが多いのに対して、レシプロはエンジン本体の構成要素である燃料噴射系や、その制御に依るものが多い。

図 3-33 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別][IPF]国際パテントファミリー件数
年次推移（大区分 D「課題」内の中区分）



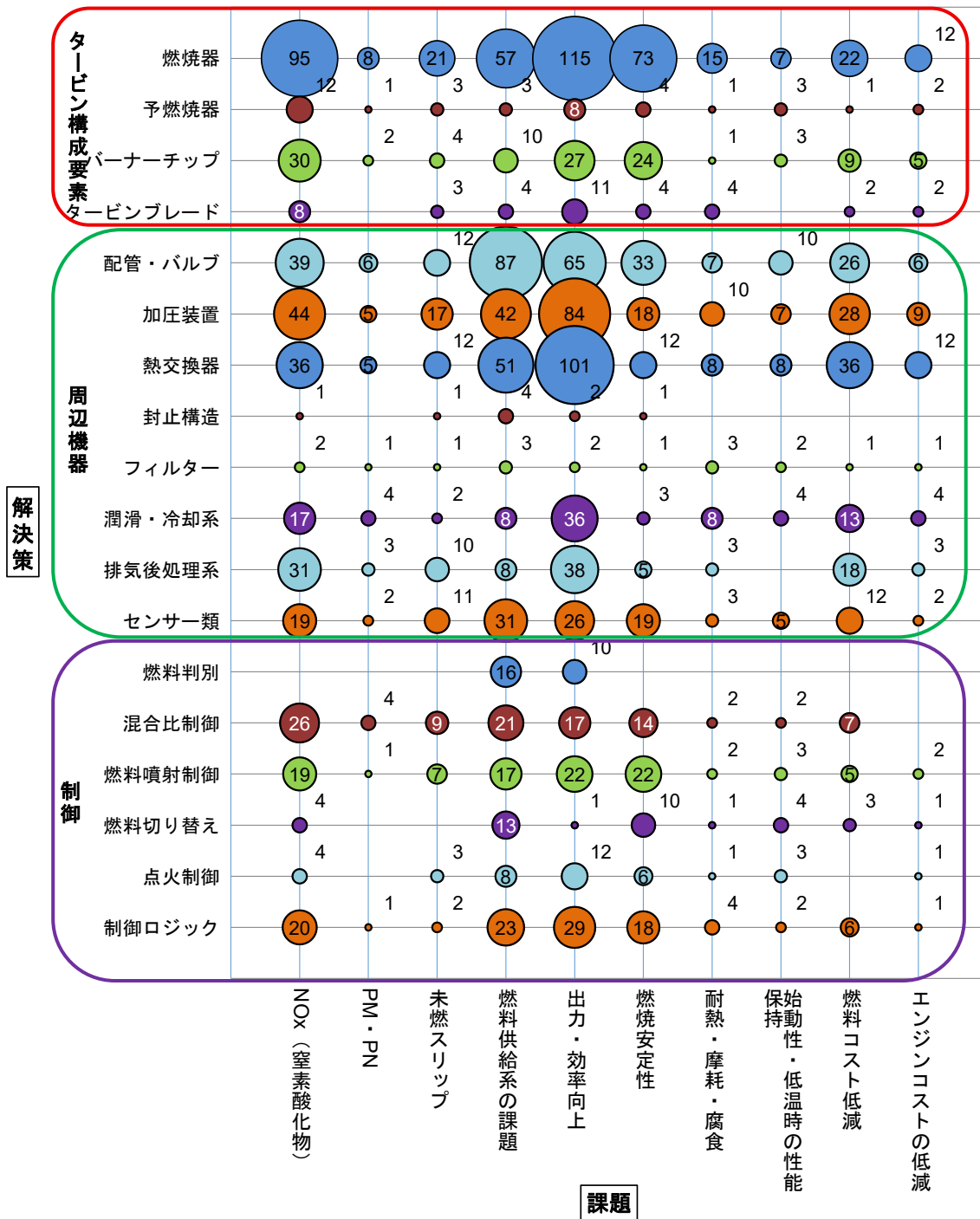
注) 2022年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

図 3-34 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別][IPF]国際パテントファミリー件数
年次推移（大区分 E「解決策」内の中区分）



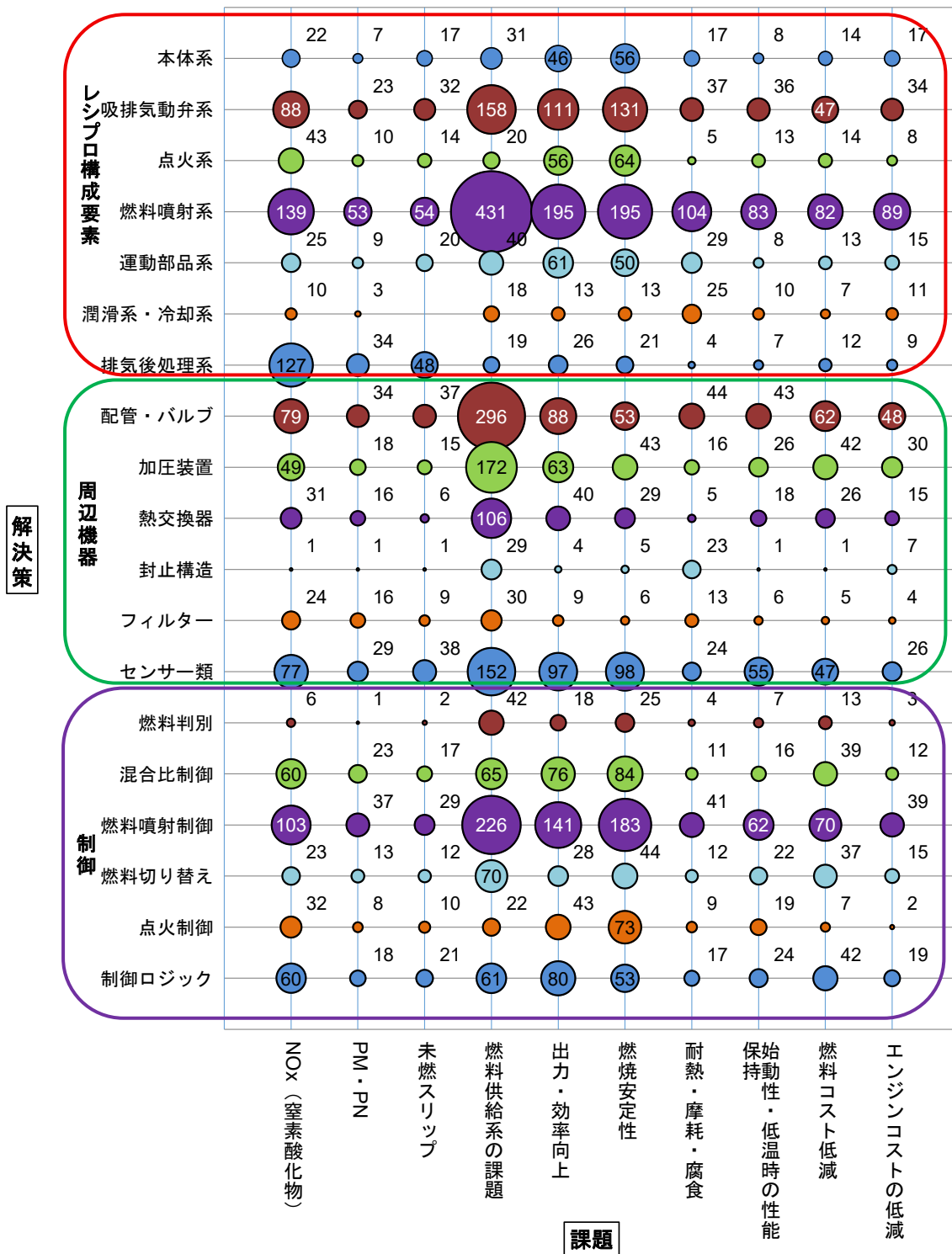
注) 2022年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、全出願データを反映していない可能性がある。

図 3-35 タービンの課題と詳細解決策のクロスマップ (IPF 件数)



要約

図 3-36 レシプロの課題と詳細解決策のクロスマップ (IPF 件数)



第4節 注目出願人の出願動向調査

1. 全体動向

注目出願人は、IPF 件数ランキングを中心として、パテントファミリー件数ランキングや引用件数の指標を考慮し、さらに、各技術区分の代表的な出願人を含むように 20 者を選定した。結果的には、IPF 件数ランキング上位 20 者が選ばれた。

表 3-4 注目出願人一覧

No.	出願人名称	国籍・地域	属性	IPF		PF		被引用数		分野		
				順位	件数	順位	件数	順位	指標	用途	形式	燃料
1	ボッシュ(BOSCH)グループ	EP	企業	1	376	3	567	10	300	自動車	部品	
2	キャタピラー(Caterpillar)グループ	US	企業	2	291	4	455	4	616	建機	ディーゼル	
3	フォード(FORD)グループ	US	企業	3	216	10	246	9	301	自動車	レシプロ	
4	フォルクスワーゲン(VW)グループ	EP	企業	4	205	8	277	22	112	自動車	レシプロ	
5	ゼネラル・エレクトリック(GE)グループ	US	企業	5	193	11	238	7	386	航空	タービン	
6	三菱重工業グループ	JP	企業	6	177	12	225	14	154	発電	タービン	水素
7	トヨタ自動車(TOYOTA)グループ	JP	企業	7	157	5	403	15	152	自動車	レシプロ	水素
8	RTXグループ	US	企業	8	142	16	153	2	727	航空・宇宙		
9	現代自動車グループ	KR	企業	9	130	14	207	19	120	自動車	レシプロ	
10	Rolls-Royce(ロールスロイス)グループ	EP	企業	10	115	15	188	11	234	航空	タービン	
11	カミンズ(Cummins)グループ	US	企業	11	98	17	134	34	67	自動車・船舶	ディーゼル	
12	バルチラ(WÄRTSILÄ)グループ	EP	企業	12	91	23	91	20	114	船舶	ディーゼル	
13	川崎重工業グループ	JP	企業	13	90	21	113	26	97	発電・船舶	タービン・レシプロ	水素
14	ボルボ(Volvo)グループ	EP	企業	14	76	28	78	100	19	自動車		
15	CSSC(中国船舶工業)グループ	CN	企業	15	74	7	290	6	392	船舶		
16	デンソー(DENSO)グループ	JP	企業	16	73	20	115	31	69	自動車	部品	
17	ハンファ(Hanwha)グループ	KR	企業	17	69	1	710	1	881	船舶	ディーゼル	
18	PHINIA グループ	US	企業	18	61	34	61	94	21	自動車・発電	部品	水素
19	IHIグループ	JP	企業	19	59	26	82	48	48	発電	タービン	NH3
20	ヤンマー(YANMAR)グループ	JP	企業	20	58	27	81	202	10	民生	レシプロ	水素

注目出願人 20 者それぞれのパテントファミリー件数年次推移、IPF 件数年次推移、および出願先国・地域別出願件数をそれぞれ図 3-37、図 3-38、および図 3-39 に示す。

IPF、パテントファミリーともに、ほぼ全ての出願人に共通して 2020 年前後に件数の落ち込みがある。それ以外では、比較的安定して出願を続けている出願人、2010 年代を通じて件数が減少傾向にある出願人、2020 年以降で急激に件数を増やしている出願人、といった違いが見られる。

件数を減らしている出願人の中には、デンソーのように、内燃機関よりも燃料電池に注力する方針を明示している企業や、Ford のように、明示的ではないが電動車への軸足の移動を窺わせる企業もある。

出願先国・地域別出願件数(図 3-39)によると、いずれの出願人も自国への出願が多い中、米欧中へは殆どの出願人が出願している一方で、日本と韓国向けには出願をしていない企業も散見される。

ハンファ(Hanwha)グループと CSSC(中国船舶工業)グループはそれぞれ韓国と中国の大手造船企業であるが、パテントファミリー件数(図 3-37)と IPF 件

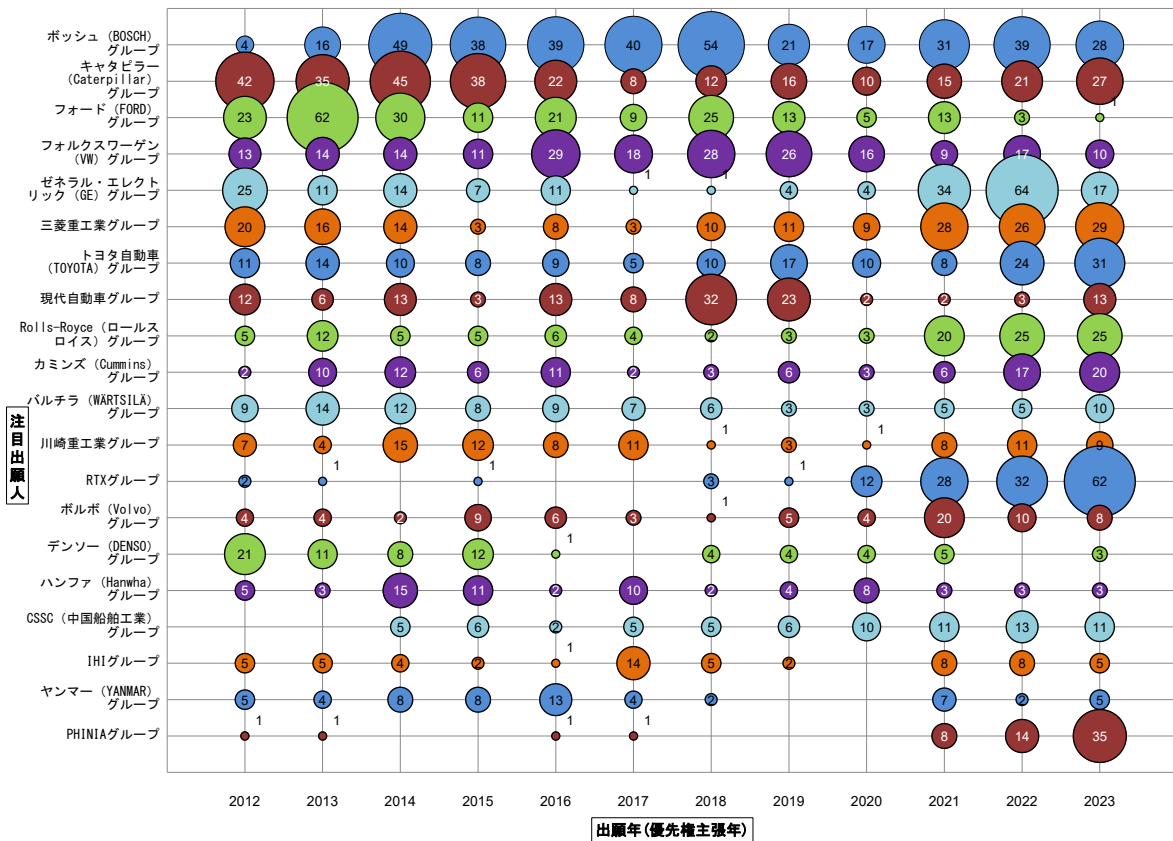
数（図 3-38）の比較から分かるように、出願の殆どが国内向けであり、IPF 件数は非常に限られている。

各企業が自国市場を基盤としながらも、中国市場を戦略的に重視しているという傾向が見られる。米国企業や欧州企業は、最大の出願先を自国地域に置く一方で、第二の重点市場として中国を選択するケースが多い。例えば、BOSCH や Volkswagen、GE、Caterpillar、Cummins といった欧米大手は、自地域での出願件数が最大であるものの、日本よりも中国での出願件数を厚く積み上げている。これは中国市場の成長性と、知的財産権確保の必要性が極めて高いと認識されていることを示す。

一方、日本企業は自国出願を主軸とし、国外出願では米国や中国、欧州に分散させる戦略が見られる。トヨタは日本における出願件数が最も多いが、国外では米国を最重視し、次いで中国、欧州と続いている。同様に三菱重工業や川崎重工業、デンソーも日本に強く依存しつつ、中国や欧州を補完的にカバーしている。韓国企業はさらに極端で、現代自動車や Hanwha は韓国国内への出願が圧倒的に大きく、他国への出願は限定的である。

全体を通じて、日本は日本企業にとっては依然として最大の出願先であるが、国外企業にとっては相対的に小さな市場に留まっている。これに対し、中国は多くの国際的企業にとって、日本よりも大きな出願先となっており、グローバルな競争市場として確固たる地位を築いていることが読み取れる。したがって、この図は「各社は本拠地市場を最優先としつつ、中国を第二の主戦場として積極的に権利化を進めている」現状を端的に示している。

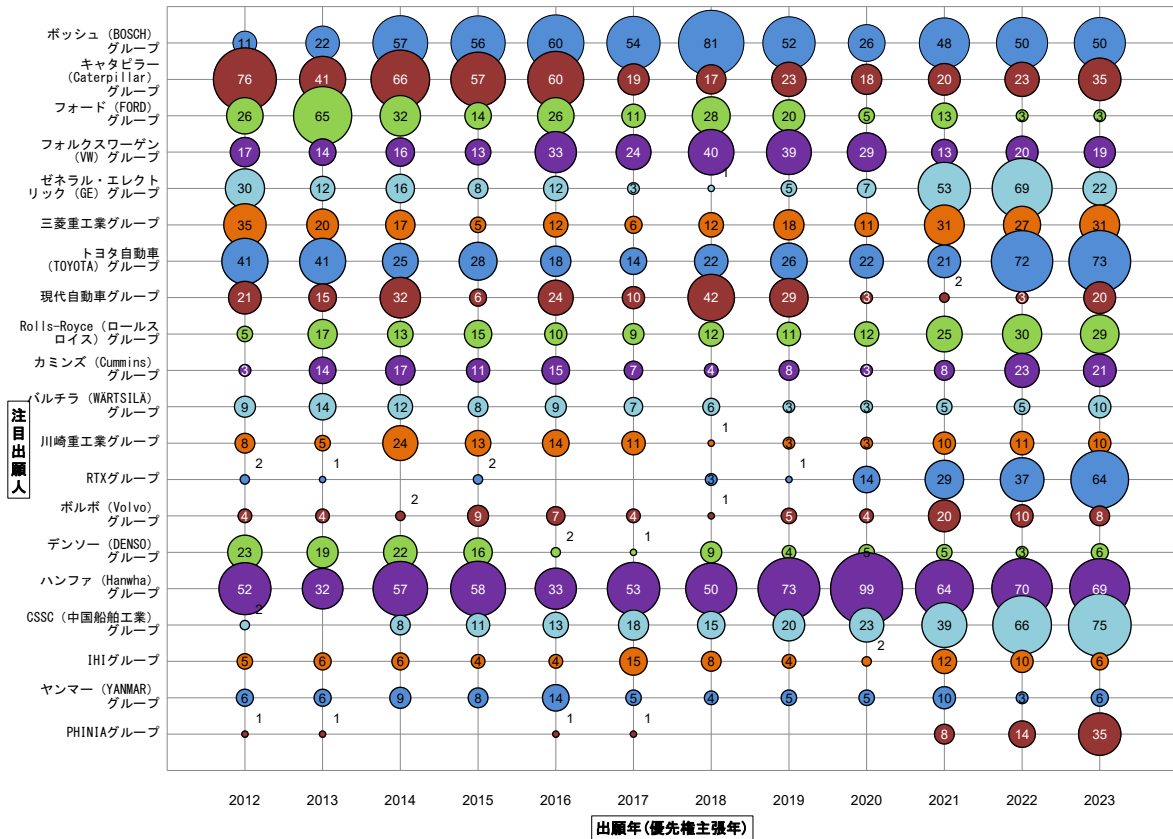
図 3-37 [出願先：日米欧中韓 WO][注目出願人別][IPF]国際 Patent ファミリー件数年次推移



注) 2022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、全出願データを反映していない可能性がある。

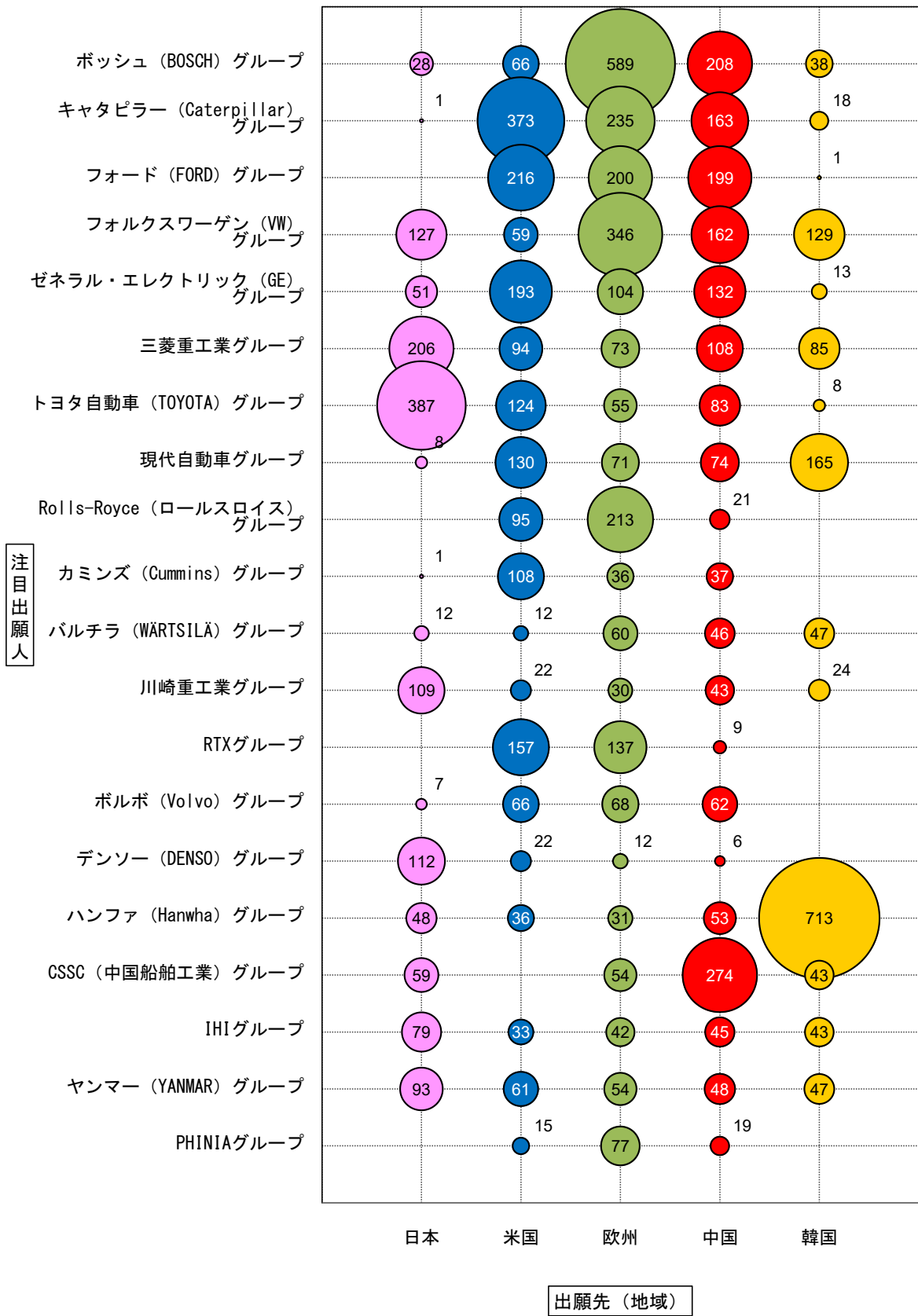
要約

図 3-38 【出願先：日米欧中韓 WO】[注目出願人別]パテントファミリー件数年次推移



注) 2022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、全出願データを反映していない可能性がある。

図 3-39 [出願先：日米欧中韓][注目出願人別—出願先国・地域別]出願件数



2. 技術区分別動向

各注目出願人の主要な事業領域や技術的な特徴を概観するため、技術区分ごとのパテントファミリー件数を総括して図 3-40～図 3-43 に示す。

用途とエンジン形式には各社の主要事業領域が明瞭に表れている。日本企業のうちでは、トヨタとデンソーが自動車（乗用車・二輪車と大型商用車）用に集中しているのに対して、三菱重工業、川崎重工業、IHI とヤンマーは船舶のパテントファミリー件数が多い。また、三菱重工業は発電用途の件数も多い（図 3-40）。一方、エンジン形式では、トヨタとデンソーは自動車用エンジンの主流であるレシプロが多いのに対して、三菱重工業はタービンが多い。川崎重工業と IHI は一見タービンが多いが、レシプロの合計（ガソリン型+ディーゼル型+不特定のレシプロ）の方が多（図 3-41）。

図 3-40 注目出願人の用途主要小区分ごとのパテントファミリー件数

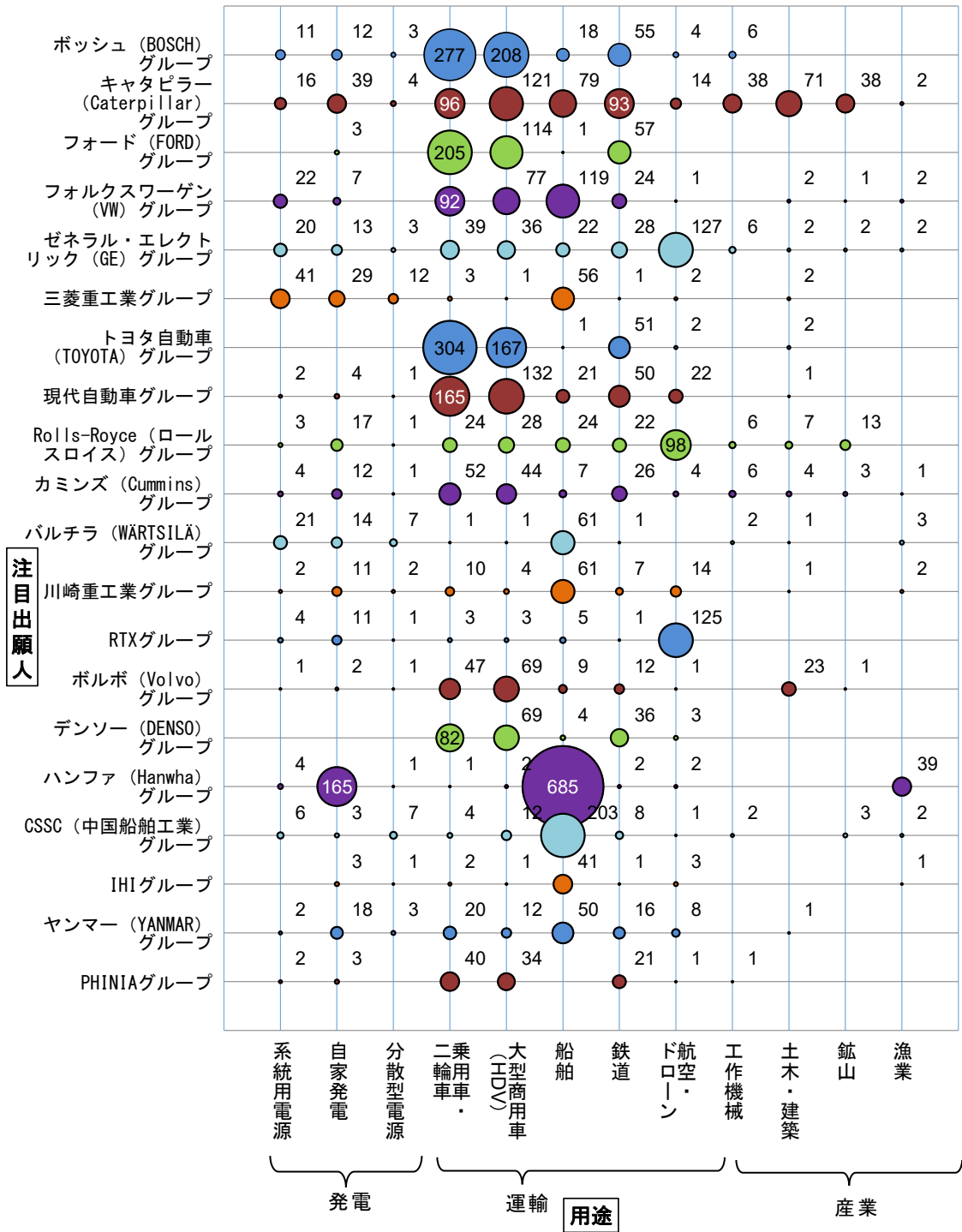
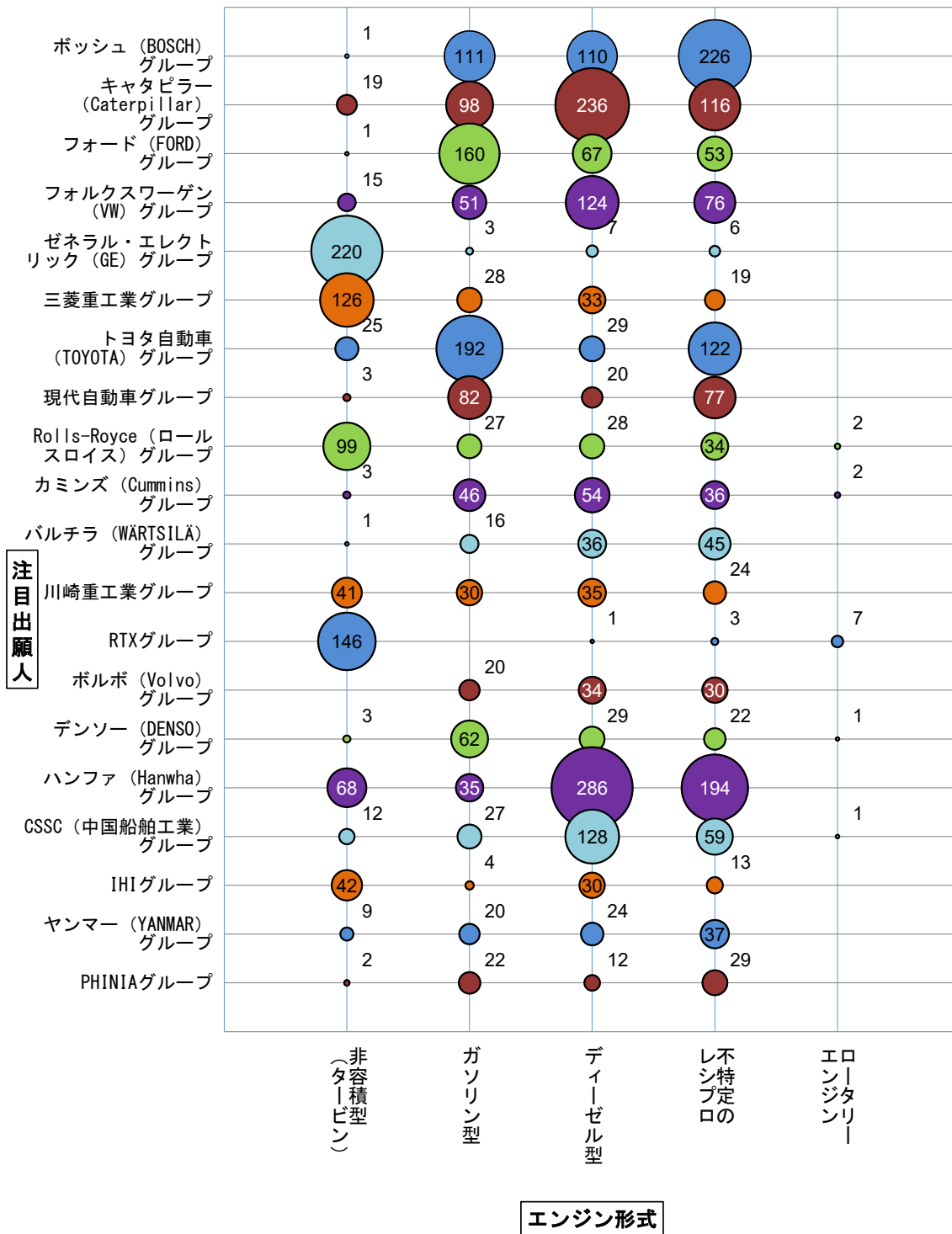


図 3-41 注目出願人のエンジン形式主要小区分ごとのパテントファミリー件数



要約

図 3-42 注目出願人の燃料主要小区分ごとのパテントファミリー件数

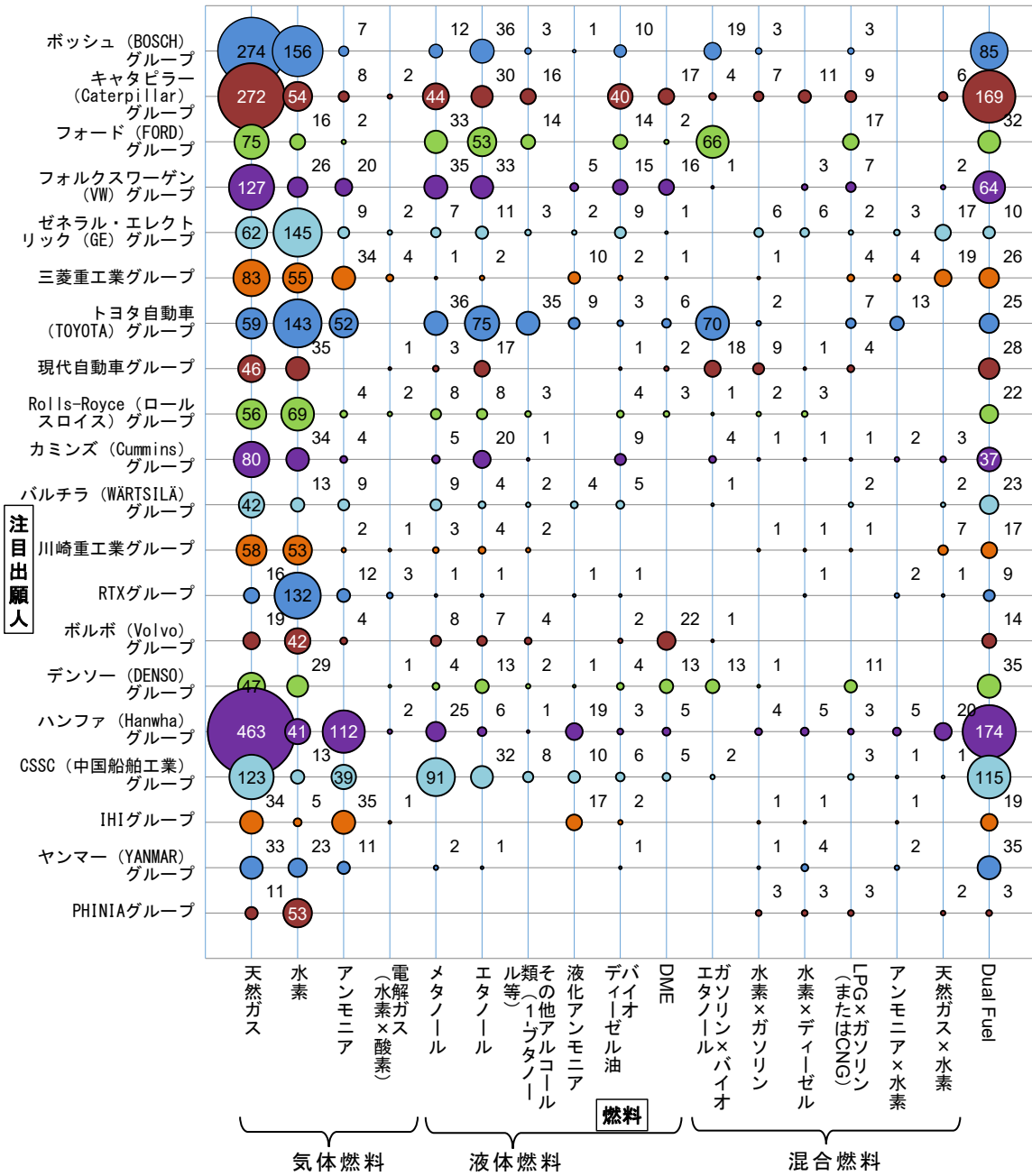


図 3-43 注目出願人の課題主要小区分ごとのパテントファミリー件数

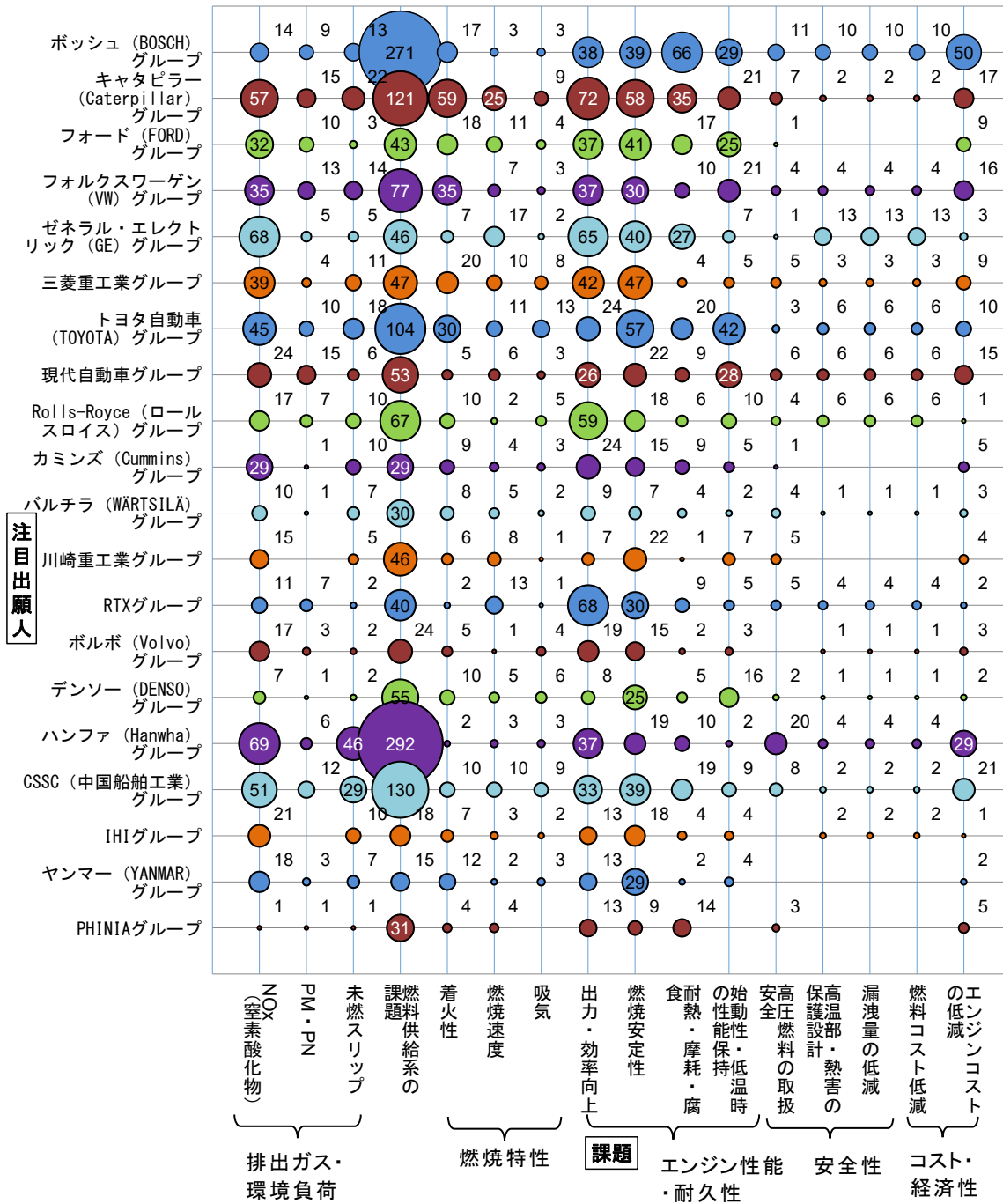


図 3-44 注目出願人の解決策主要小区分ごとの特許ファミリー件数 (その1)

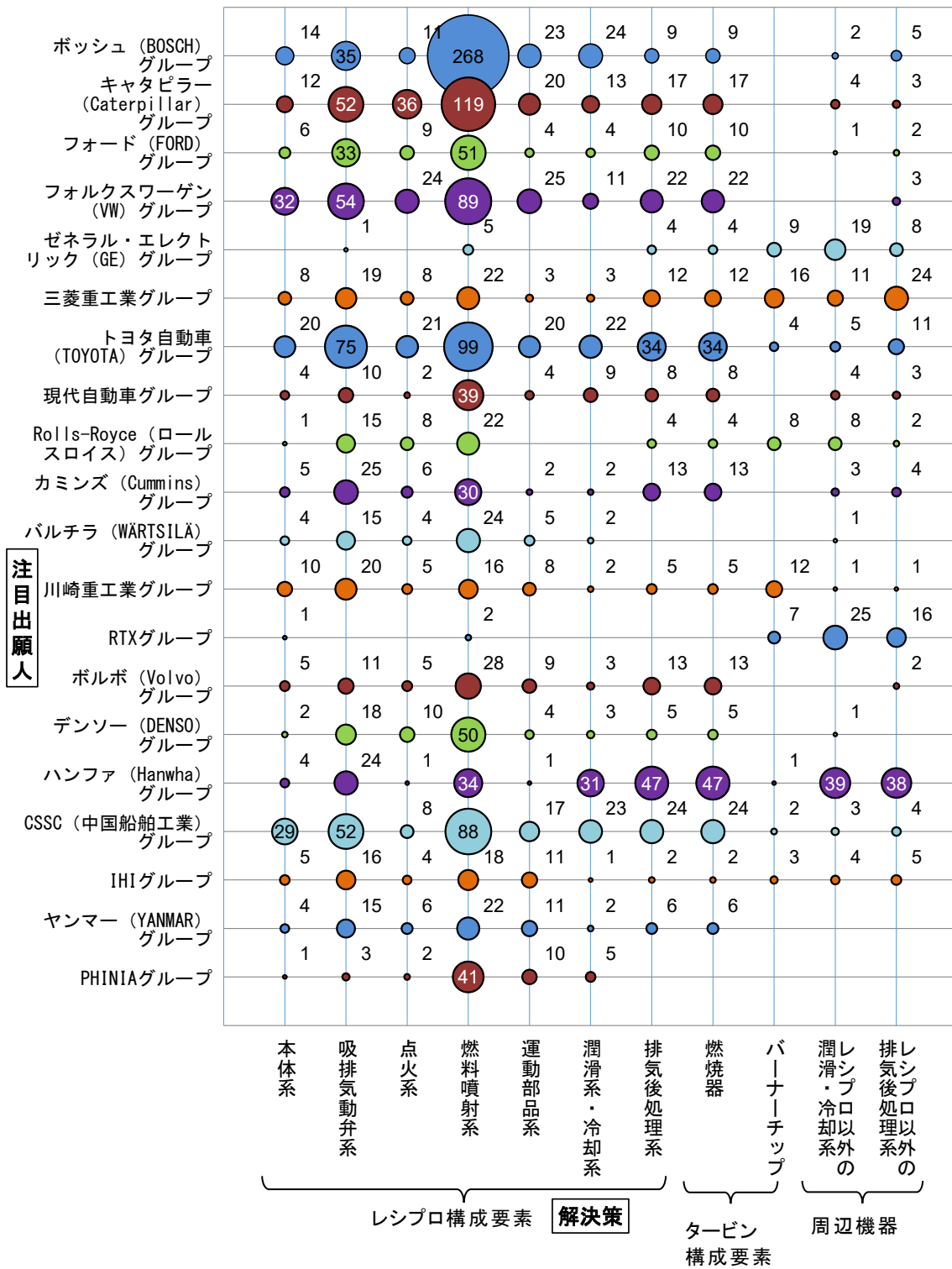
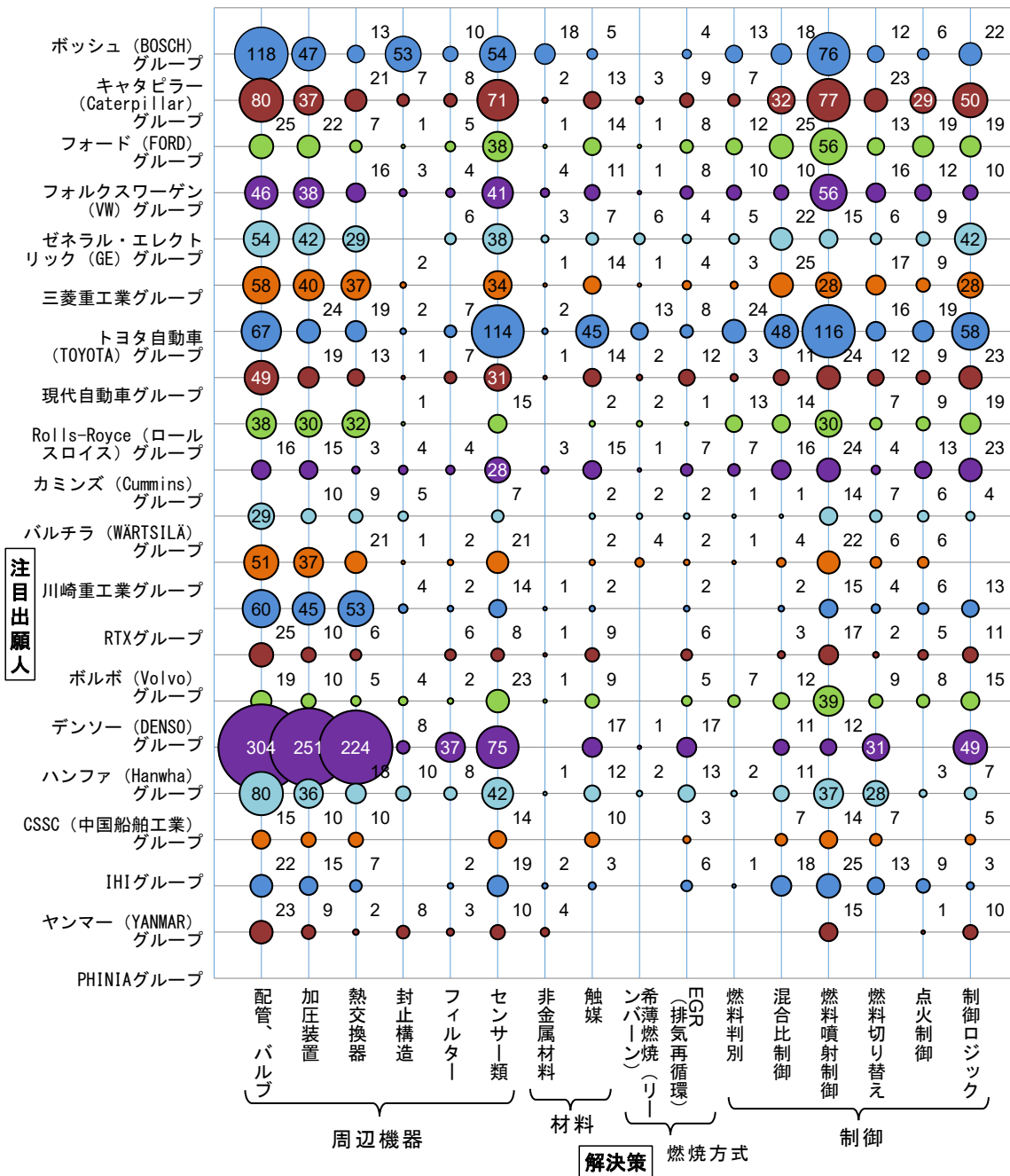


図 3-45 注目出願人の解決策主要小区分ごとのパテントファミリー件数 (その2)



第 5 節 検索式のみによる全体動向調査調査

検索式のみによる調査では、エンジン形式（ガソリン型、ディーゼル型、タービン）と燃料種（水素、アンモニア、天然ガス、エタノール、メタノール）を掛け合わせた 15 技術区分により、次の観点を体系的に明らかにすることを目的とした。

- ・燃料ごとの適用領域と用途の違い
- ・時代による研究開発ターゲットの変遷
- ・国・地域ごとの戦略的重点領域
- ・日本の位置付けと国際比較上の優位性

さらに、近年注目されているハイブリッド車両に特化した低炭素燃料エンジンの動向を把握するために 1 技術区分を追加し、合計で 16 技術区分を調査対象とした。

また、各技術区分の長期的なトレンドを把握するため、1990～2023 年の長期間を調査対象とした。

1. 燃料種別の消長

図 3-46 にエンジン形式ごとに燃料種別のパテントファミリー件数の年次変化を示した。エンジン形式にはあまり拠らずに、燃料種別ごとに年次推移の傾向が見られる。

水素は 1990 年代から特許が出続けているが、2000 年代後半に一つのピークを形成し、2010 年代に減少傾向を見せた後、2020 年ごろから再度急増している。

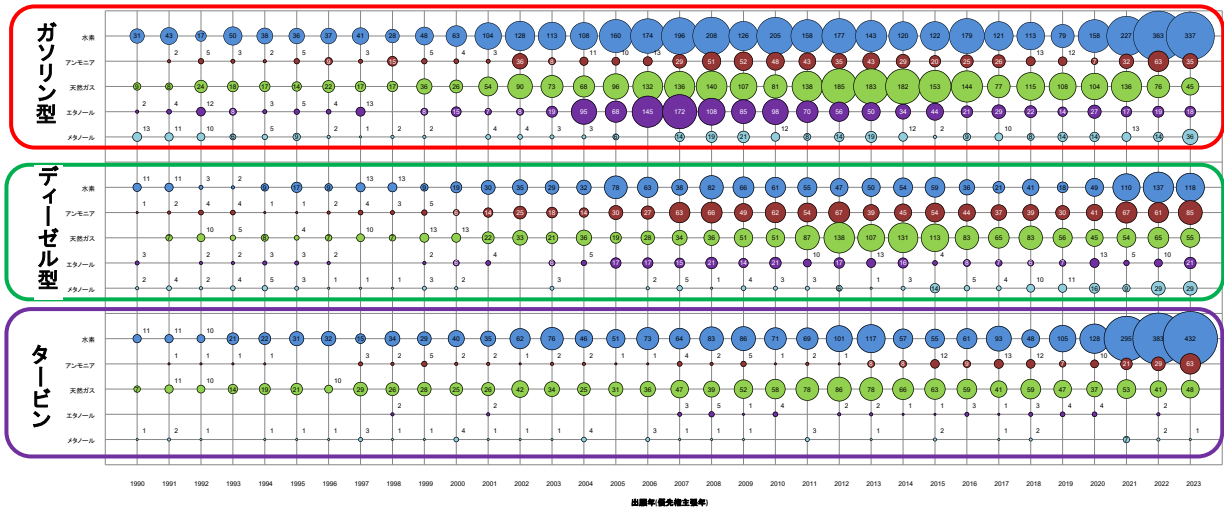
アンモニアは、1990 年代から出ているが、目立ち始めるのは 2000 年代に入ってからで、水素にやや遅れて 2010 年代初頭に一度ピークを迎えている。その後 2010 年代を通じてやや減少傾向にあるが、水素と同様に 2020 年以降は急増している。

天然ガスは 1990 年代から出ており、2010 年代前半にピークに達した後、微減傾向を示しており、2020 年以降も急増傾向は見せていない。

エタノールは殆どがレシプロ用であり、そのうちでもガソリン型が大半である。2000 年代後半にピークを見せた後、2010 年代以降は少数の出願が続いており、ガソリン型では増加の兆候は示していないが、ディーゼル型では絶対数は少ないものの 2020 年代に入って増加の傾向を示している。

メタノールもほぼガソリン型用である。他の 4 燃料と比べても絶対数ははるかに少なく、2010 年前後のピークも読みとれないが、2020 年代に入ってレシプロ、特にディーゼル型で増加傾向を見せている。

図 3-46 [燃料区分別]パテントファミリー件数年次推移



2. 出願人国籍別

燃料 5 種×エンジン形式 3 種の 15 技術区分について出願人国籍別のパテントファミリー件数を図 3-47 に、またその年次推移を図 3-48～図 3-52 に示す。米国籍が多く、日本国籍、欧州籍と中国籍が続くが 3 者の差は小さい。ただし、年次推移を見ると、日米欧州籍と中国籍ではパターンに違いがある。日米欧州籍は 2000 年代～2010 年代前半にかけてピークがあり、その後いったん減少した後に 2020 年頃から再度増加に転じている。一方、中国籍は 2020 年頃からの急増分がパテントファミリー件数のうちの大きな部分を占めている。2010 年代にいったんピークを示している技術区分もあるが、日米欧州籍に比べるとやや遅い時期で、件数も限られている。

韓国籍は少なく、IPF 比率の低さも考えると、この分野で韓国籍の過去長期にわたる貢献は少ないと思われる。

日本国籍はアンモニアが多いことが特徴である。ガソリン型のアンモニアは米国籍に比べて件数は少ないが、日本国籍のパテントファミリーの中での比率で見るとやはり日本はアンモニアに注力していることが推定される。

図 3-47 [エンジン形式別][燃料種別] 出願人国籍ごとのパテントファミリー件数

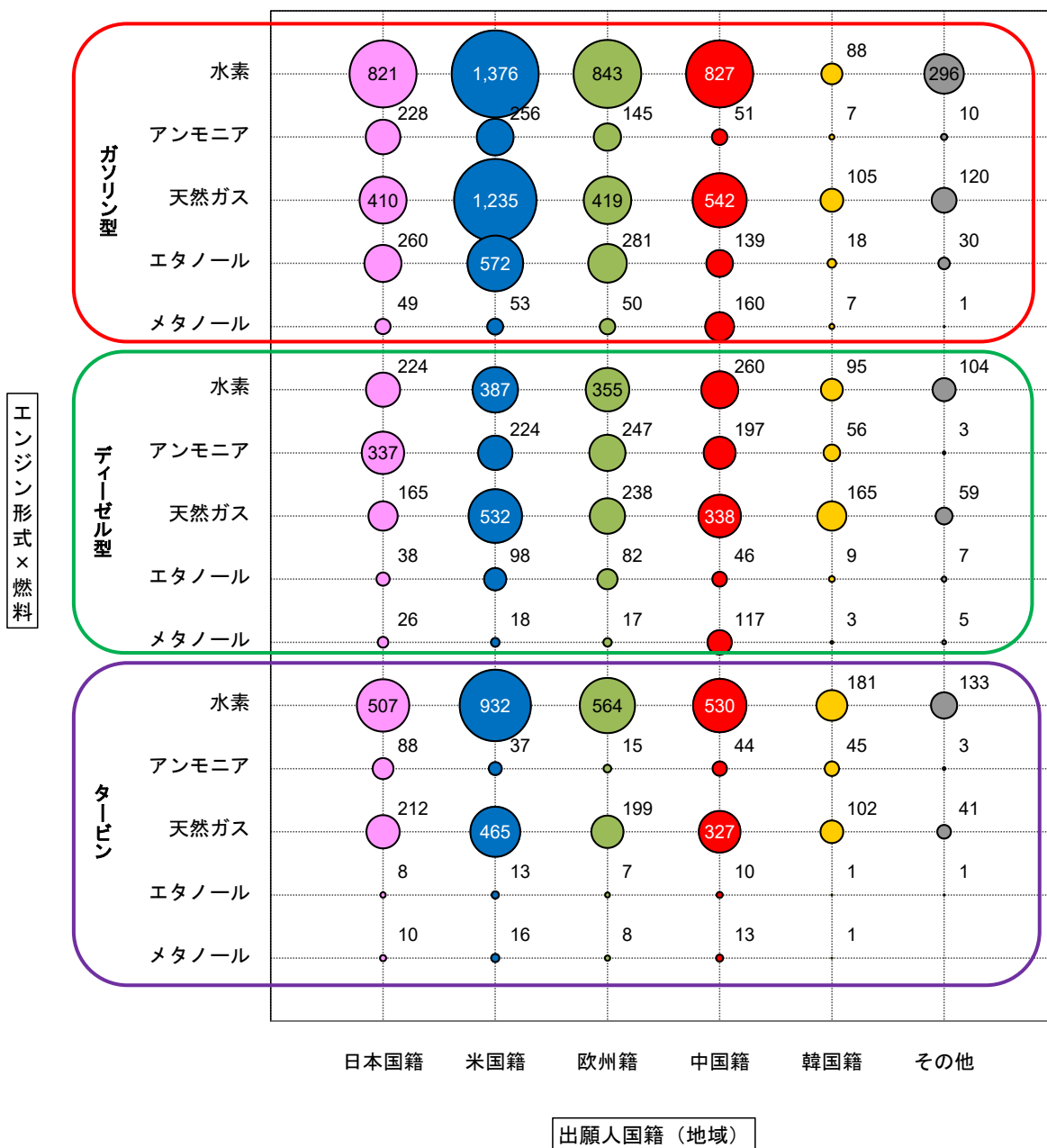


図 3-48 燃料=水素 エンジン形式×出願人国籍ごとのパテントファミリー件数の年次変化 (1990~2023)

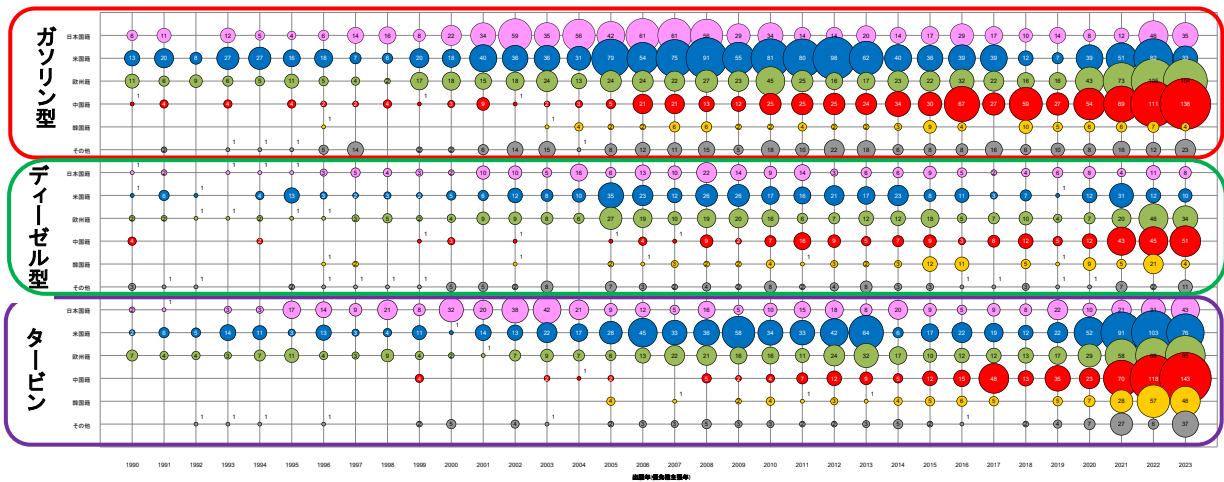


図 3-49 燃料=アンモニア エンジン形式×出願人国籍ごとのパテントファミリー件数の年次変化 (1990~2023)

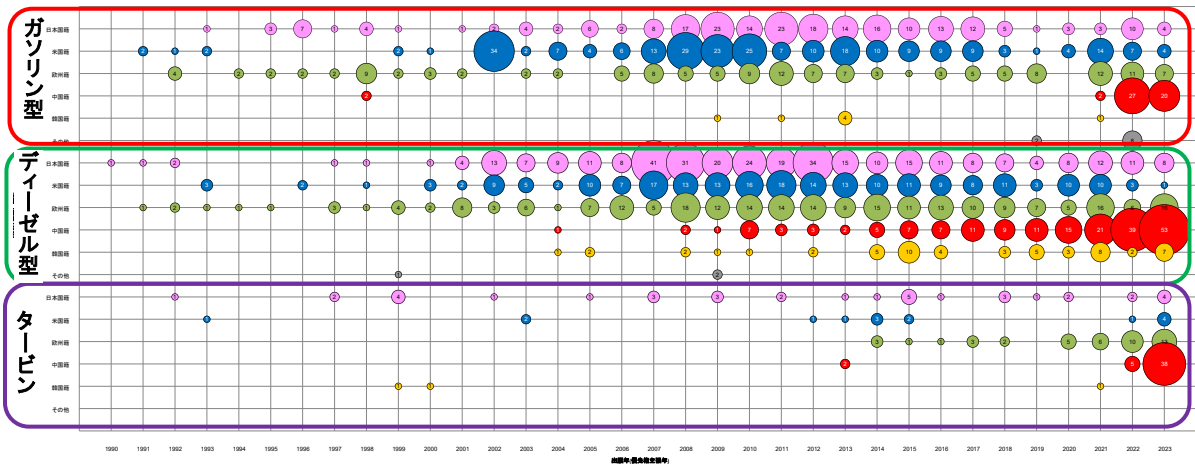


図 3-50 燃料=天然ガス エンジン形式×出願人国籍ごとのパテントファミリー件数の年次変化 (1990~2023)

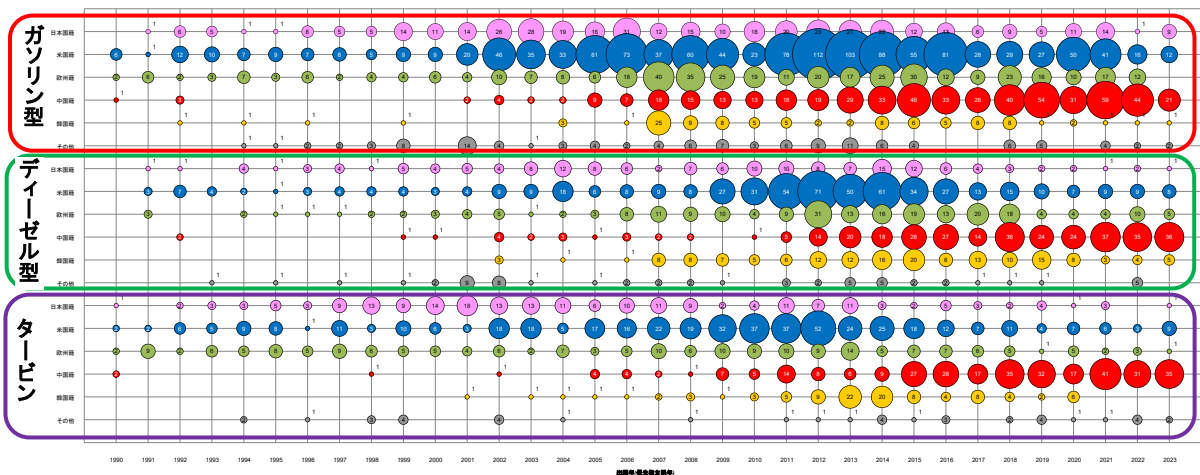


図 3-51 燃料=エタノール エンジン形式×出願人国籍ごとのパテントファミリー件数の年次変化 (1990~2023)

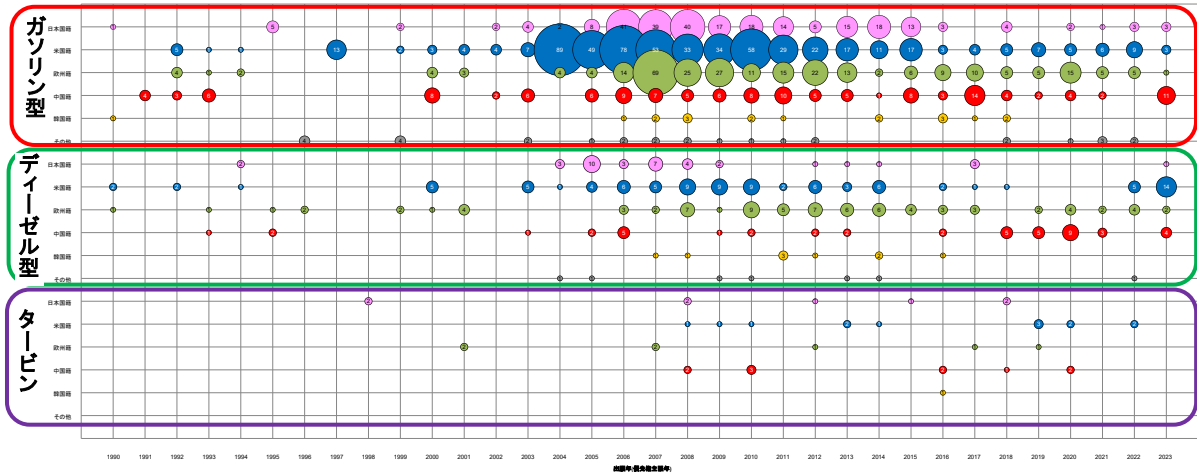
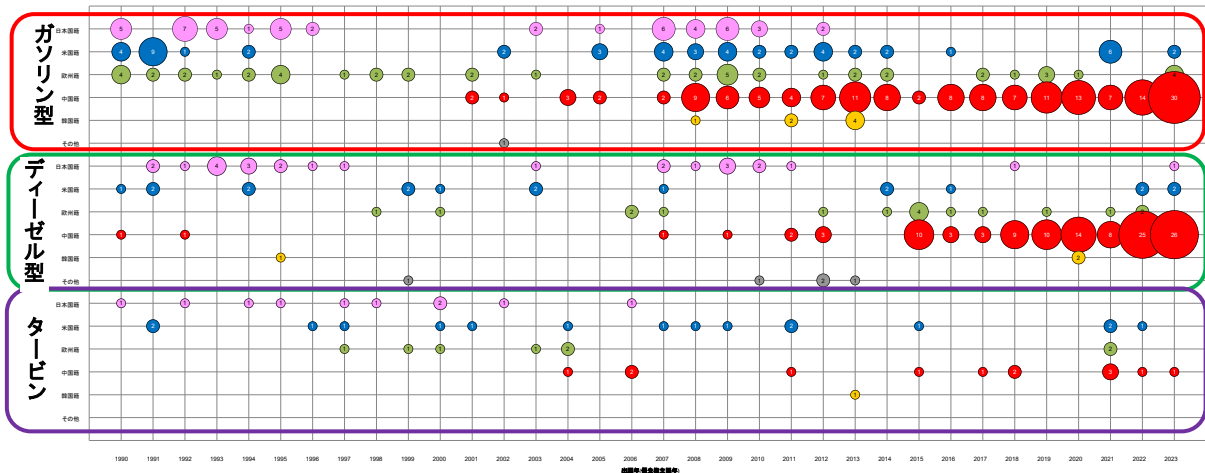


図 3-52 燃料=メタノール エンジン形式×出願人国籍ごとのパテントファミリー件数の年次変化 (1990~2023)



3. 電動化に特化した低炭素燃料エンジン

電動化に特化した低炭素燃料エンジン（DHE：Dedicated Hybrid Engine、ハイブリッド専用エンジン）¹⁰における出願人国籍・地域別パテントファミリー件数年次推移を図 3-53 に示す。全体としては、2005 年以降増加し 2011 年にピークを迎え、2015 年はピーク時の 3 分の 1 程度となったが、その後も毎年 20~30 件程度の出願数を維持している。出願人国籍・地域別に累積件数を集計すると、図 3-54 のとおり、日本国籍が最も多く、米国籍と韓国籍が続く。欧州籍、中国籍、その他はやや少ない。

日本国籍は 2000 年以降増加し 2007 年にピークを迎えた後減少したが、近年再び増加傾向にある。

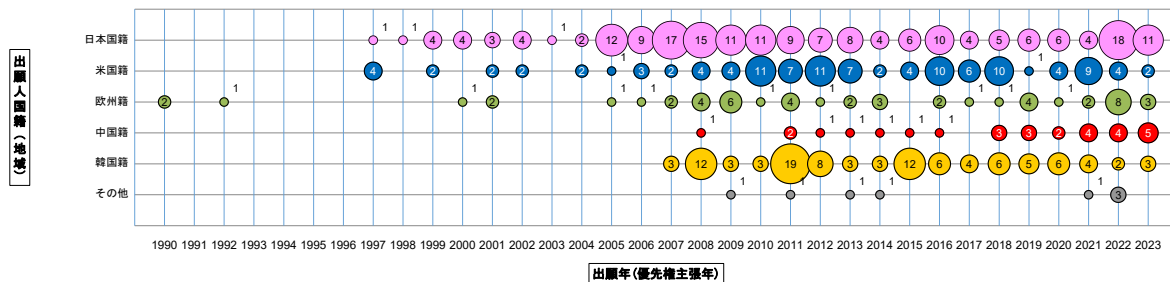
米国籍、欧州籍は 2000 年代後半以降増加し 2010~2012 年にピークを迎えており、2010 年代後半以降は増減を繰り返している。

¹⁰ 電動モーターとエンジン（内燃機関）の組合せからなる複合型パワートレインでの利用に特化したエンジン

中国籍は他国と比較すると絶対数は少ないが、2010年代後半頃から増加している。

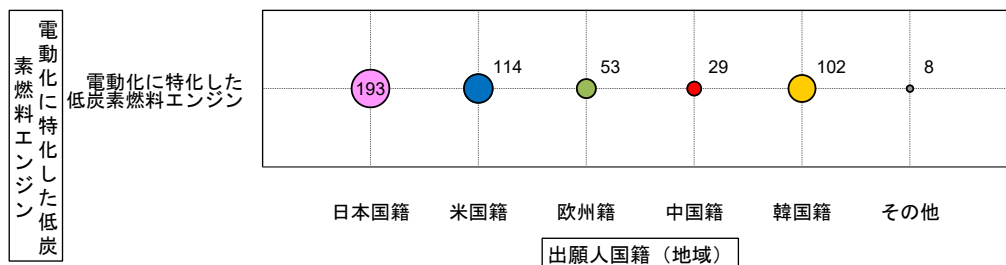
韓国籍は2007年以降急増し、2011年にピークを迎え他国を大きく上回る出願数となっているが、近年少しずつ減少している。

図 3-53 【出願人国籍・地域別】パテントファミリー件数年次推移（電動化に特化した低炭素燃料エンジン）



注) 2022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、全出願データを反映していない可能性がある。

図 3-54 【出願人国籍・地域別】パテントファミリー件数（電動化に特化した低炭素燃料エンジン）



第 6 節 注目特許の調査

注目特許の選定に当たっては、注目出願人により複数国・地域に出願された特許であることを基本条件として、その中で本調査の対象範囲における主要な技術分野を網羅することを重視した。

本調査の対象範囲を大別すると、用途としては発電、自動車、船舶、航空、汎用、が挙げられる。エンジン形式は、タービンおよびレシプロ（ガソリン型とディーゼル型）が主要な分野である。また、燃料としては天然ガス、水素、アンモニア、（低炭素の）液体燃料、およびこれらと重複するが Dual Fuel（二元燃料）、となる。ここで液体燃料は、低炭素燃料であるアルコール類や合成燃料、バイオ燃料を含む。

選定した注目特許 10 件の概要を表 3-5 に示す。

表 3-5 注目特許リスト

No.	代表文献	出願番号	公開番号	国際特許分類 (IPC)	発明の名称	発明の要点	出願人・譲受人	出願人国籍・地域	パテントファミリーの出願先国・地域
1	JP07403698B1	特願2023-64706 (P2023-64706)		F02C 9/40 F02C 3/22 F02C 7/22	ガスタービン制御装置、ガスタービン制御方法、及び、ガスタービン制御プログラム	フラッシュバックや燃焼振動の発生防止	三菱重工業株式会社	日本国籍	JP, WO
2	JP06830884B2	特願2017-223232 (P2017-223232)	特開2018-59510 (P2018-59510A)	F02M 61/08 F02M 43/04 F02M 57/02 F02M 61/16	ターボ過給式大型2行程自己着火内燃エンジンの燃焼室に燃料を噴射するための燃料弁	燃料噴射弁からの低引火点燃料漏洩を防ぐ	Everlence SE Denmark	デンマーク (欧州籍)	EP, JP, CN, DK, RU, KR
3	JP07288433B2	特願2020-514535 (P2020-514535)	特表2020-532681 (P2020-532681A)	F02D 19/02 F02D 41/34 F02M 21/02	ガスエンジンの作動方法	ガス燃料直噴により、吸気管でのフラッシュバックを防止	Keyou GmbH	ドイツ (欧州籍)	DE, WO, EP, CN, US, JP
4	EP4006327B1	EP2020210581A		F02M 21/02 F02M 51/06 F02M 61/12	流体流量制御用噴射弁及び該噴射弁を備えたエンジン	燃料噴射弁を組み込み、簡素化したエンジン設計によりコストを低減	Schaeffler Technologies AG & Co. KG	ドイツ (欧州籍)	EP
5	JP07189962B2	特願2020-550121 (P2020-550121)	特表2021-516749 (P2021-516749A)	F17C 9/04 B63B 25/16 F02M 21/02 F17C 13/00 F17C 13/02	ガス供給アセンブリ	BOG圧縮機を常温で運用できるように熱交換器の配置を工夫	バルチラ(WÄRTSILÄ)	フィンランド (欧州籍)	WO, CN, KR, EP, JP
6	JP07649433B2	特願2024-574482 (P2024-574482) PCT/JP2024/001987	2024/162125	F01M 13/00 F01N 3/08 F02D 19/06 F02M 21/02	レシプロエンジン	ブローバイガス(未燃アンモニアをクランクケースから回収して排気処理装置で処理)	株式会社IHI原動機	日本国籍	WO, JP
7	EP3048281B1	EP2015202120A		F02C 3/22 F01D 25/32 F02C 7/143 F02C 7/224	閉サイクル式及び凝縮器を含む航空機推進システム	閉サイクル発電システムの冷媒として超臨界CO2を使用。また、燃料LNGの冷熱も利用する。	Rolls-Royce Plc	英国 (欧州籍)	EP
8	JP07428467B2	特願2018-127456 (P2018-127456)	特開2020-7923 (P2020-7923A)	F02D 19/08 F02D 19/06 F02D 41/04 F02D 41/14 F02D 41/20 F02D 41/38 F02D 45/00	エンジン	負荷トルクが変動した際に、回転数を一定に保つ機構を追加	ヤンマーホールディングス株式会社	日本国籍	WO, JP
9	EP2998553B1	EP2014185221A		F02D 41/10 F01L 13/00 F02D 13/02 F02D 41/00	内燃機関およびその運転方法	負荷に応じて切り替える運転モードの内、ガスモードを更に3段階に細分し、負荷に追従しながら効率向上を図る。	キャタピラー (Caterpillar)	ドイツ (欧州籍)	EP
10	US20220162989A1	US16953661A		F02C 3/22 C01B 3/04 F02C 3/04	改質アンモニア燃料を使うエンジン	タービンで、燃料アンモニアを加熱することで出力増大と環境負荷低減を実現。	RTX コーポレーション	米国籍	UZ, EP

第 4 章 研究開発動向調査

第 1 節 調査方法

1. 論文情報検索

非特許文献など（以下、「論文」という。）を調査するためのデータベースは Elsevier 社の Scopus を用いた。論文のタイプは Scopus が分類する Article（原著論文）および Conference Paper（会議論文）を対象とし、Review や単行本は除外した。対象期間は 2012～2024 年とした。

検索を実施したのは 2025 年 6 月 25 日である。論文検索式と検索結果を表 4-1 に示す。

2. 全体動向調査、研究者所属機関・研究者別動向調査の方法

人力評価によるノイズ落としの結果、母集団 21,329 件中ノイズは 5,893 件で、ノイズ率は約 28%であった。残った 15,436 件を詳細解析の対象とした。

3. 技術区分別動向調査の方法

第 3 章第 1 節 3 と同様の方法により集計・可視化した。

表 4-1 低炭素燃料エンジン技術の論文検索式と検索結果

番号	検索式 対象：論文タイトル、抄録、キーワード 論文発表年：2010-2024年	件数	備考
#1	(Hydrogen W/5 fuel) or (H2 W/5 fuel) or ("Brown Gas" W/5 fuel) or (oxyhydrogen W/5 fuel) or (knallgas W/5 fuel) or ("knall gas" W/5 fuel) or (HHO W/5 fuel) or (Ammonia W/5 fuel) or (NH3 W/5 fuel) or (Methane W/5 fuel) or (CH4 W/5 fuel) or (Ethane W/5 fuel) or (C2H6 W/5 fuel) or (Propane W/5 fuel) or (C3H8 W/5 fuel) or (Butane W/5 fuel) or (C4H10 W/5 fuel) or ("Natural gas" W/5 fuel) or (LNG W/5 fuel) or ("Liquefied Natural Gas" W/5 fuel) or (CNG W/5 fuel) or ("Compressed NaturalGas" W/5 fuel) or (LPG W/5 fuel) or ("Liquefied Petroleum Gas" W/5 fuel) or (LPgas W/5 fuel) or (Alcohol W/5 fuel) or (Ethanol W/5 fuel) or (Methanol W/5 fuel) or (Ethyl W/5 fuel) or (Methyl W/5 fuel) or (Ether W/5 fuel) or (Bio W/5 fuel) or (Biomass W/5 fuel) or ("Biomass resource" W/5 fuel) or (Ferment* W/5 fuel) or (Organic W/5 fuel) or (Digest* W/5 fuel) or (Synthe* W/5 fuel) or (Compo* W/5 fuel) or (Alternative W/5 fuel) or (Substitut* W/5 fuel) or (Renewable W/5 fuel) or (Nonfossil W/5 fuel) or ("Non fossil" W/5 fuel) or (Green W/5 fuel) or (Clean W/5 fuel) or e-fuel or (HVO W/5 fuel) or ("Hydrotreated Vegetable Oil" W/5 fuel) or ("Low-carbon" W/5 fuel) or (Decarbonization W/5 fuel) or ("Zero carbon" W/5 fuel) or ("Carbon-neutral" W/5 fuel) or ("Carbon Reduction" W/5 fuel) or ("Carbon free" W/5 fuel) or (Lowcarbon W/5 fuel)	169,132	各種の低炭素燃料
#2	"combustion engine"	30,957	内燃機関一般
#3	"spark ignition engine" or "S.I. engine" or "SI engine" or "gasoline engine"	12,635	火花点火機関、ガス機関、ガソリン機関
#4	"compression ignition engine" or "CI engine" or "diesel engine"	57,713	圧縮点火機関、ディーゼル機関
#5	"gas turbine"	42,238	ガスタービン
#6	(power W/5 generat*) W/10 (engine or "gas turbine")	4,928	内燃機関発電、ディーゼル発電、ガスタービン発電
#7	#2 or #3 or #4 or #5 or #6	133,392	内燃機関（ガスタービン含む）合計
#8	#1 and #7	25,474	解析対象論文検索式 内燃機関×低炭素燃料
#9	#8をオリジナル論文（article と conference paper）に限定。レビュー論文や解説論文は除く。	23,372	
#10	"flue gas" or "exhaust gas"	64,984	排出ガス
#11	#1 and #10	6,869	低炭素燃料×排出ガス
#12	#7 and #10	15,349	内燃機関×排出ガス （解析対象範囲が広すぎる）
#13	#8 or #11	28,576	内燃機関×低炭素燃料 又は低炭素燃料×排出ガス 検査式として不可（#14）
#14	#13 and not #8	3,102	#8との#13との差分。90%がノイズ。排ガス処理皆無、排ガス発生量など10%
#15	#9を発表年 2012～2024年に限定 （特許と対象期間を合わせる）	21,329	調査対象論文母集団

要約

第 2 節 全体動向調査

「低炭素燃料エンジン」に関する研究者所属機関の国籍・地域別の論文発表件数年次推移および論文発表件数比率を図 4-1 に、論文発表件数ランキングを表 4-2 にそれぞれ示す。欧州の機関からの論文発表件数がトップであるが、国別では、インドからの発表件数が 3,714 件と圧倒的に多く、中国、米国、欧州諸国に加えて、マレーシア、イラン、ブラジル、ロシア、カナダ、インドネシア、サウジアラビア、オーストラリアが上位 20 位までに入っており、「低炭素燃料エンジン」に関する研究開発が、広範な国・地域において、活発に実施されていることを示している。

図 4-1 [研究者所属機関国籍・地域別]論文発表件数年次推移及び論文発表件数比率

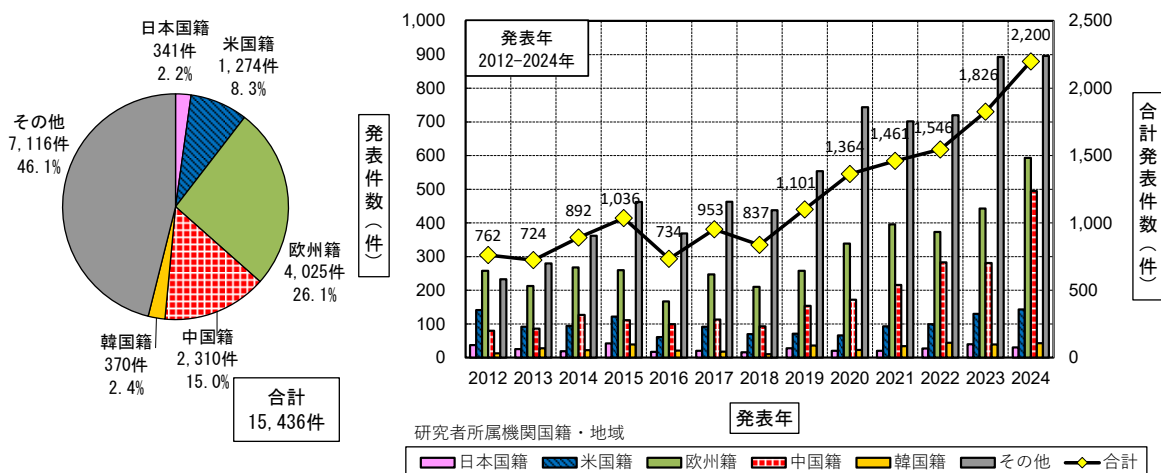


表 4-2 研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数ランキング (2012~2024 年)

順位	研究者所属機関 国籍・地域	論文発表 件数
1	インド	3,714
2	中国	2,310
3	米国	1,274
4	イタリア	598
5	ドイツ	575
6	トルコ	541
7	マレーシア	495
8	英国	455
9	韓国	370
10	ポーランド	355
11	日本	341
12	イラン	324
13	ブラジル	300
14	ロシア	272
15	スペイン	241
16	カナダ	235
17	インドネシア	229
18	サウジアラビア	188
19	オーストラリア	171
20	スウェーデン	146

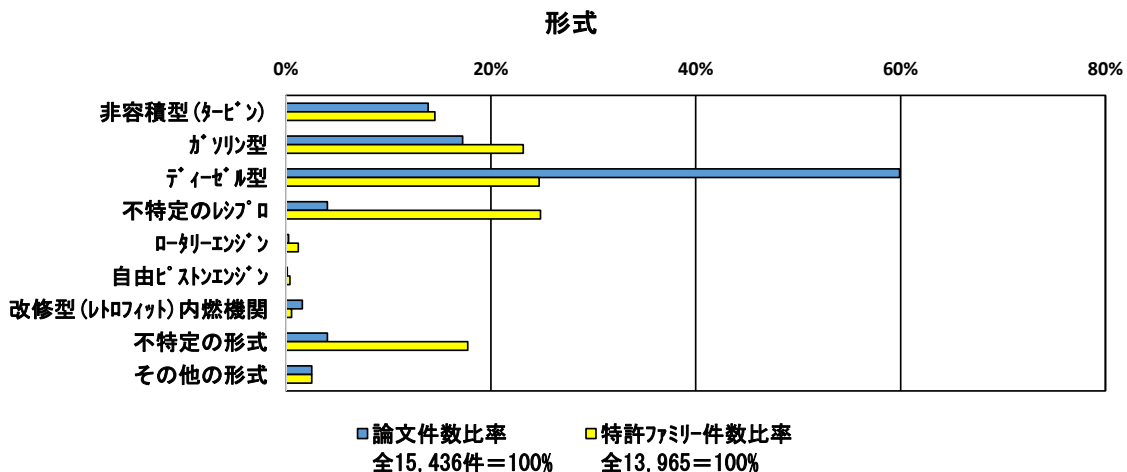
第 3 節 技術区分別動向調査

「低炭素燃料エンジン」の技術区分の大区分「用途」「形式」「燃料」「課題」「解決策」における、論文と特許ファミリーとの件数比率¹¹の比較を図 4-2 に示し、その結果を表 4-3 にまとめた。論文では、「形式」として「ディーゼル型」が多く、「燃料」では「その他の混合燃料」と「バイオディーゼル油」が多いが、これは、第 5 節で述べるように、インドなどのこの分野に関する論文発表件数が多いためである。また、「課題」は「排出ガス・環境負荷」と「エンジン性能・耐久性」が中心である。一方、特許では「燃料供給系の課題」が多く、「解決策」として「周辺機器」が多いことが特徴である。

表 4-3 「低炭素燃料エンジン」の技術区分解析における論文と特許との特徴

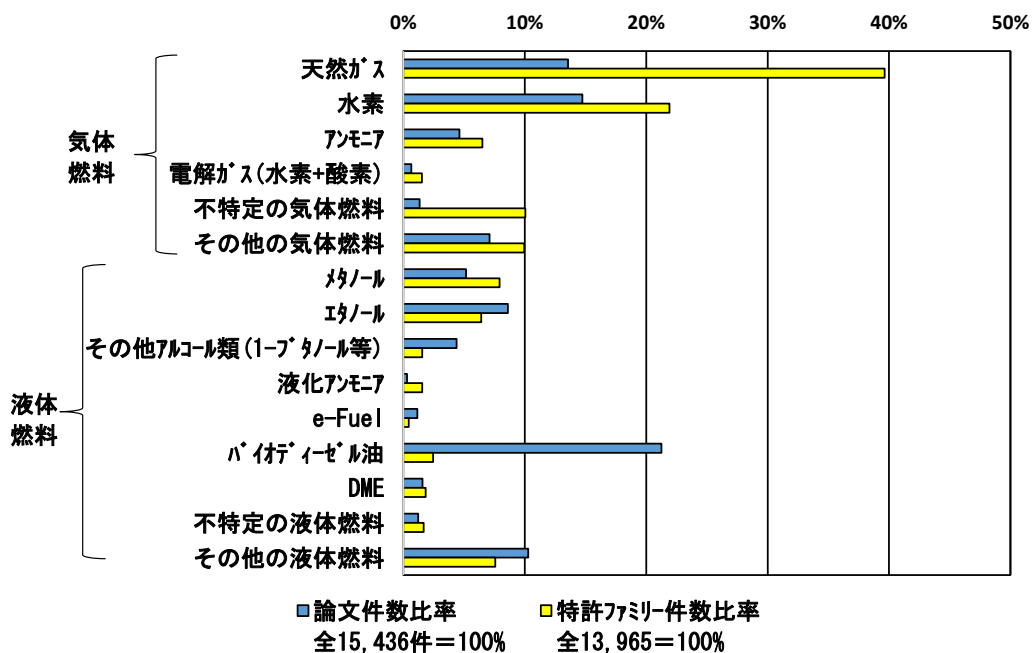
技術区分	論文の特徴	特許の特徴
「用途」	用途を特定しない論文が多い。	「運輸」が比較的多く、内訳は「乗用車・二輪車」「大型商用車」「船舶」が主である。
「形式」	<u>「ディーゼル型」が多く</u> 、「ガソリン型」「非容積型(タービン)」と続く。	「ディーゼル型」「ガソリン型」「非容積型(タービン)」「不特定のレシプロ」「不特定の形式」がそれぞれ一定程度ある。
「燃料」	<u>「その他の混合燃料」と「バイオディーゼル油」が多い。</u>	「水素」「天然ガス」が多く「Dual Fuel」も少なくない。「バイオディーゼル油」は少ない。
「課題」	<u>「排出ガス・環境負荷」と「エンジン性能・耐久性」</u> が多く、「燃焼特性」が続く。	「課題」の中区分の各項目について、バランスよく出願されているが、 <u>特に「燃料供給系の課題」が多い。</u>
「解決策」	「レシプロ構成要素」「制御」「その他の解決手段」が多い。	<u>「周辺機器」が最も多く</u> 、「レシプロ構成要素」「制御」が続く。「その他の解決手段」は少ない。

図 4-2 論文と特許との技術区分別件数比率比較

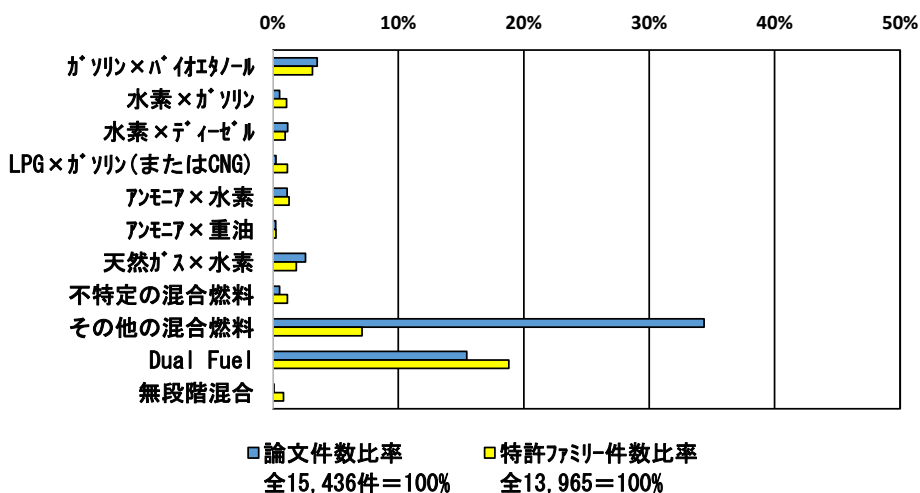


¹¹ 論文発表件数比率(%)=(当該技術区分の論文発表件数/15,436件)×100
 パテントファミリー件数比率(%)=(当該技術区分のパテントファミリー件数/13,965件)×100
 15,436件と13,965件は、それぞれ全論文発表件数と全パテントファミリー件数(いずれもノイズを除く)である。

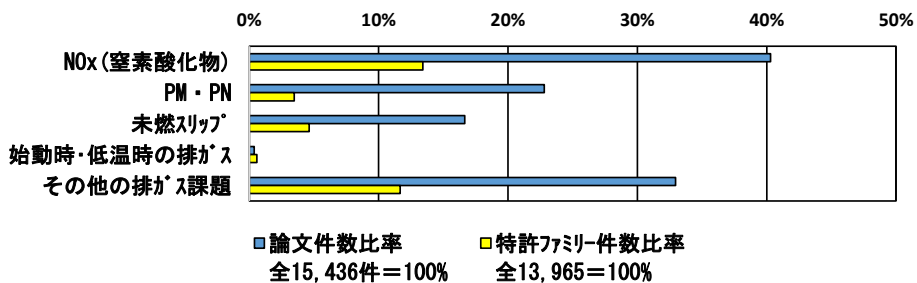
気体/液体燃料

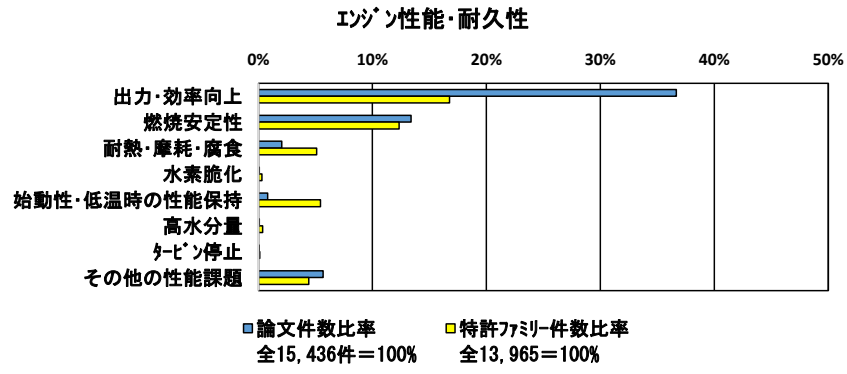


混合燃料/燃料切替



排出ガス・環境負荷





第4節 研究者所属機関・研究者別動向調査

研究者所属機関別および研究者別の論文発表件数ランキング¹²を、表 4-4 に併記した。研究者所属機関はインドの機関がランキング上位に位置しているが、研究者別ランキングには、広範な国・地域の機関に所属する研究者が入っている。

表 4-4 研究者所属機関別および研究者別の論文発表件数ランキング

順位	研究者所属機関	発表件数	順位	研究者 (論文筆頭著者)	主な所属機関	発表件数
1	インド工科大学 (IIT) グループ (インド)	377	1	Likhanov V. A.	Vyatka State Agrotechnological University(ロシア)	35
2	天津大学 (中国)	228	2	García A.	バレンシア工科大学 (スペイン)	25
3	上海交通大学 (中国)	173	2	Boretti A.	個人 (ニュージーランド)	25
4	ベロール工科大学 (VIT) (インド)	161	4	Yilmaz N.	ハーワード大学 (米国)	22
5	江蘇大学 (中国)	156	5	Liu J.	江蘇大学 (中国)	21
6	イタリア学術会議 (GNR) グループ (イタリア)	140	5	Agarwal A. K.	インド工科大学 (IIT) グループ (インド)	21
7	アンナ大学 (インド)	131	7	Irimescu A.	イタリア学術会議 (GNR) グループ (イタリア)	16
7	清華大学グループ (中国)	115	7	Ramalingam S.	アンナ大学 (インド)	16
9	西南交通大学グループ (中国)	112	7	Park C.	韓国機械研究院 (KIMM) (韓国)	16
10	アーヘン工科大学 (RWTH Aachen) (ドイツ)	88	7	Karagoz Y.	イスタンブールメデニエツト 大学 (トルコ)	16
11	吉林大学 (中国)	87	7	Soloiu V.	ジョージア・サザン大学 (米国)	16
12	バレンシア工科大学 (スペイン)	85	12	Viswanathan K.	Sri Krishna College of Engineering and Technology(インド)	15
12	マレーシア・パハン大学 (UMP) (マレーシア)	85	12	Catapano F.	イタリア学術会議 (GNR) グループ (イタリア)	15
12	サタヤバマ科学技術研究所 (インド)	83	12	Gainey B.	クレムソン大学 (米国)	15
15	ハルビン工程大学 (中国)	79	12	Mancaruso E.	イタリア学術会議 (GNR) グループ (イタリア)	15
16	マラヤ大学 (マレーシア)	77	12	Hemanandh J.	サタヤバマ科学技術研究所 (インド)	15
16	ヴェルテック大学 (Vel Tech) (インド)	77	17	Szpica D.	ビャウリストク工科大学 (ポーランド)	14
18	カリフォルニア大学グループ (米国)	74	17	Yao C.	天津大学 (中国)	14
19	キング・アブドラ科学技術大学 (KAUST) (サウジアラビア)	69	19	Cameretti M. C.	ナポリ大学フェデリコ2世 (イタリア)	13
20	ミュンヘン工科大学 (TUM) (ドイツ)	68	19	Rimkus A.	ヴィリニウス・ゲディミナス 工科大学 (リトアニア)	13
			19	Teoh Y. H.	マレーシアサインス大学 (マレーシア)	13
			19	Devarajan Y.	サヴェーサ医学・技術科学大 学 (SIMATS) (インド)	13
			19	Liu J.	ウェストバージニア大学 (米国)	13
			19	Seyam S.	オンタリオ工科大学 (UOIT) (カナダ)	13
			19	Yousefi A.	カナダ国立研究評議会 (NRC) (カナダ)	13
			19	Gad M. S.	ファユーム大学 (エジプト)	13

第5節 注目論文の調査

詳細解析対象の論文 15,436 件 (ノイズを除く) から、被引用回数の多い論文 130 件を注目論文候補として抽出し、その内容をエンジン形式×低炭素燃料の区分で分類した (表 4-5)。この結果を踏まえ、表中の色を付けて強調表示した技術区

¹² 論文の筆頭著者所属機関および筆頭著者のみをカウントした。

分から代表的な論文 12 件を選び、注目論文とした（表 4-6）。

表 4-5 注目論文候補 130 件の内容分類

（エンジン形式×低炭素燃料）

エンジン形式	ガスタービン	ガソリン型	ディーゼル型	特定せず	合計
注目論文候補の件数	20	18	79	13	130
低炭素燃料 × エンジン形式の件数（多元燃料はそれぞれをカウント）					
水素	6	8	8	7	29
アンモニア	16	10	17	7	50
天然ガス	2	1	4	0	7
メタノール	0	1	8	0	9
エタノール バイオアルコール	0	2	12	1	15
バイオディーゼル油	0	0	39	1	40

表 4-6 注目論文リスト

	論文の内容	文献タイトル	発表年	出版物名	巻	号	論文番号/頁	被引用回数	国籍・地域
1	水素燃焼タービン: 水素対応能力を向上させた低NOx燃焼システム開発の概要	Assessment of current capabilities and near-term availability of hydrogen-fired gas turbines considering a low-carbon future	2021	Journal of Engineering for Gas Turbines and Power	143	4	41002	113	米国
2	水素直噴ガソリン型エンジン: 直近の開発状況レビュー	A review of hydrogen direct injection for internal combustion engines: Towards carbon-free combustion	2019	Applied Sciences (Switzerland)	9	22	4842	337	豪州
3	水素添加デュアル燃料ディーゼル型エンジン: 水素添加率とエンジン特性および排ガス挙動	Experimental analysis on the performance, combustion/emission characteristics of a DI diesel engine using hydrogen in dual fuel mode	2024	International Journal of Hydrogen Energy	52		843	80	マレーシア, インドネシア, チェコ, 豪州
4	アンモニア/メタンタービン: 専用燃焼器開発データとして燃焼・排ガス特性をモデル計算併用で評価	Experimental and numerical study of the laminar burning velocity of CH4-NH3-air premixed flames	2018	Combustion and Flame	187		185	759	日本
5	アンモニア/水素タービン: NH3/H2/空気予混合旋回炎の希薄燃焼条件でのN2O生成評価	Evolution of N2O production at lean combustion condition in NH3/H2/air premixed swirling flames	2022	Combustion and Flame	244		112299	97	イギリス, 日本, 伊ク
6	アンモニア/水素ガソリン型エンジン: エンジン性能・燃焼特性・汚染物質排出量を評価。水素は主に点火促進剤として作用	Experimental study on ammonia/hydrogen/air combustion in spark ignition engine conditions	2020	Fuel	269		117448	420	フランス, ベルギー
7	アンモニア/ディーゼルドュアル燃料エンジン: アンモニア比の燃焼、排出ガス、性能への影響を評価	Effects of ammonia on combustion, emissions, and performance of the ammonia/diesel dual-fuel compression ignition engine	2023	Journal of the Energy Institute	107		101158	203	ホーランド, ルウエー
8	水素補助バイオディーゼル油エンジン(船舶用): シリンダ圧力、温度、熱効率、NOx・CO排出量への影響を評価	Effect of assisted hydrogen on combustion and emission characteristics of a diesel engine fueled with biodiesel	2022	Energy	254		124269	115	中国

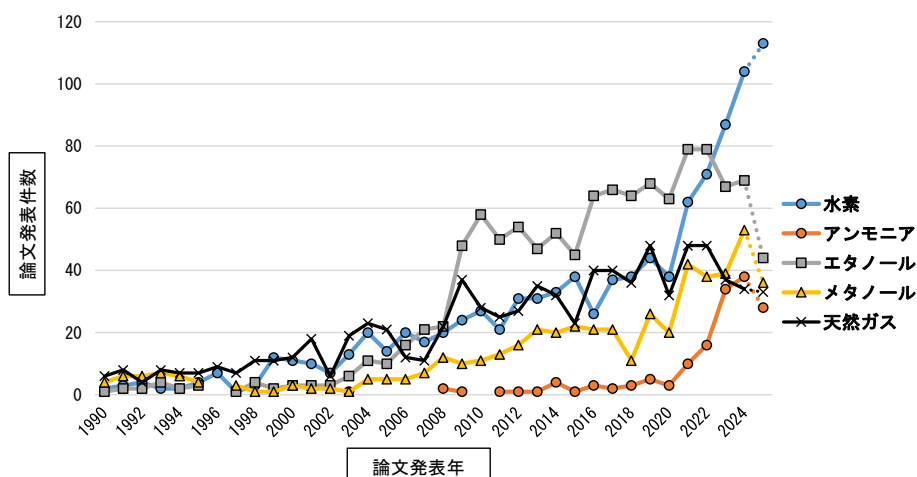
9	ハイオディーゼル油/ディーゼル燃料/エタノール直噴ディーゼル型エンジン: TRCC燃焼室形状が性能と燃焼特性の向上に優れる	Combined effect of influence of nano additives, combustion chamber geometry and injection timing in a DI diesel engine fuelled with ternary (diesel-biodiesel-ethanol) blends	2019	Energy	174		386	299	インド
10	圧縮天然ガス ガソリン型エンジン: ピストントップ形状と圧縮比を組み合わせ、高い燃焼効率を実現	Performance and combustion characteristics of a retrofitted CNG engine under various piston-top shapes and compression ratios	2024	Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects	46	1	13417	44	ベトナム
11	エタノール・ガソリン混合 ガソリン型エンジン: 性能と排出ガスに与える影響を評価	Effect of ethanol-gasoline blends on SI engine performance and emissions	2021	Case Studies in Thermal Engineering	25		100891	151	イラク
12	メタノール/ディーゼルデュアル燃料エンジン: NOx排出量増加メカニズムを解明	Investigation of the mechanism behind the surge in nitrogen dioxide emissions in engines transitioning from pure diesel operation to methanol/diesel dual-fuel operation	2024	Fuel Processing Technology	264		108131	44	中国, 米国

第 6 節 検索式のみによる全体動向調査

1. 「低炭素燃料」×「エンジン形式」

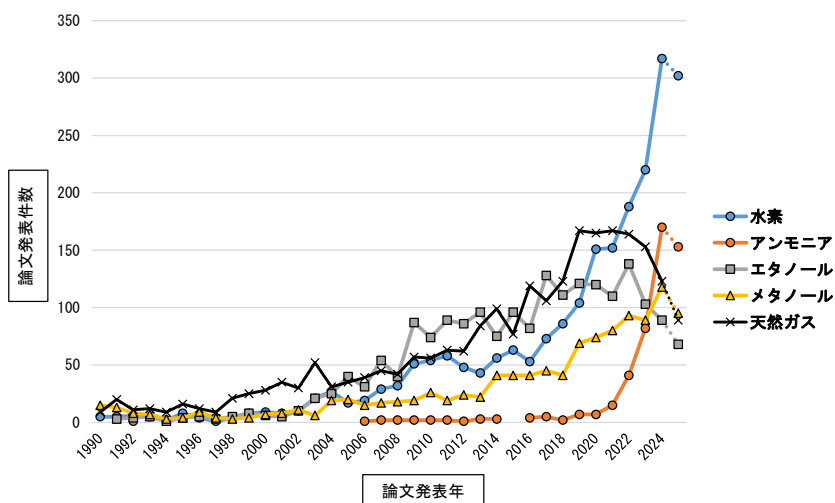
「低炭素燃料エンジン」論文について、論文発表年を 1990～2025 年に広げて、「低炭素燃料」×「エンジン形式」の技術区分について、検索式のみによる解析を実施した。結果、特に水素およびアンモニアが、ガソリン型、ディーゼル型、タービンとも、2020 年以降で急激に論文発表件数が増えていることが確認された（図 4-3～図 4-5）。

図 4-3 ガソリン型での主要低炭素燃料の論文発表件数推移



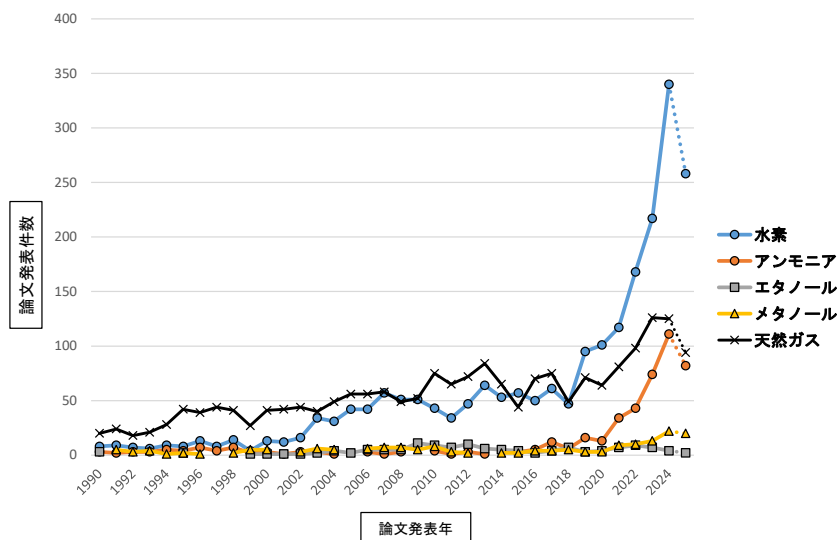
注) 2025年は検索時(10月6日)までにデータベースに収録されたデータであり、同年全体を反映していない。

図 4-4 ディーゼル型での主要低炭素燃料の論文発表件数推移



注) 2025年は検索時(10月6日)までにデータベースに収録されたデータであり、同年全体を反映していない。

図 4-5 タービンでの主要低炭素燃料の論文発表件数推移



注) 2025年は検索時(10月6日)までにデータベースに収録されたデータであり、同年全体を反映していない。

2. インドを加えた[研究者所属機関国籍・地域別] 論文発表件数比率

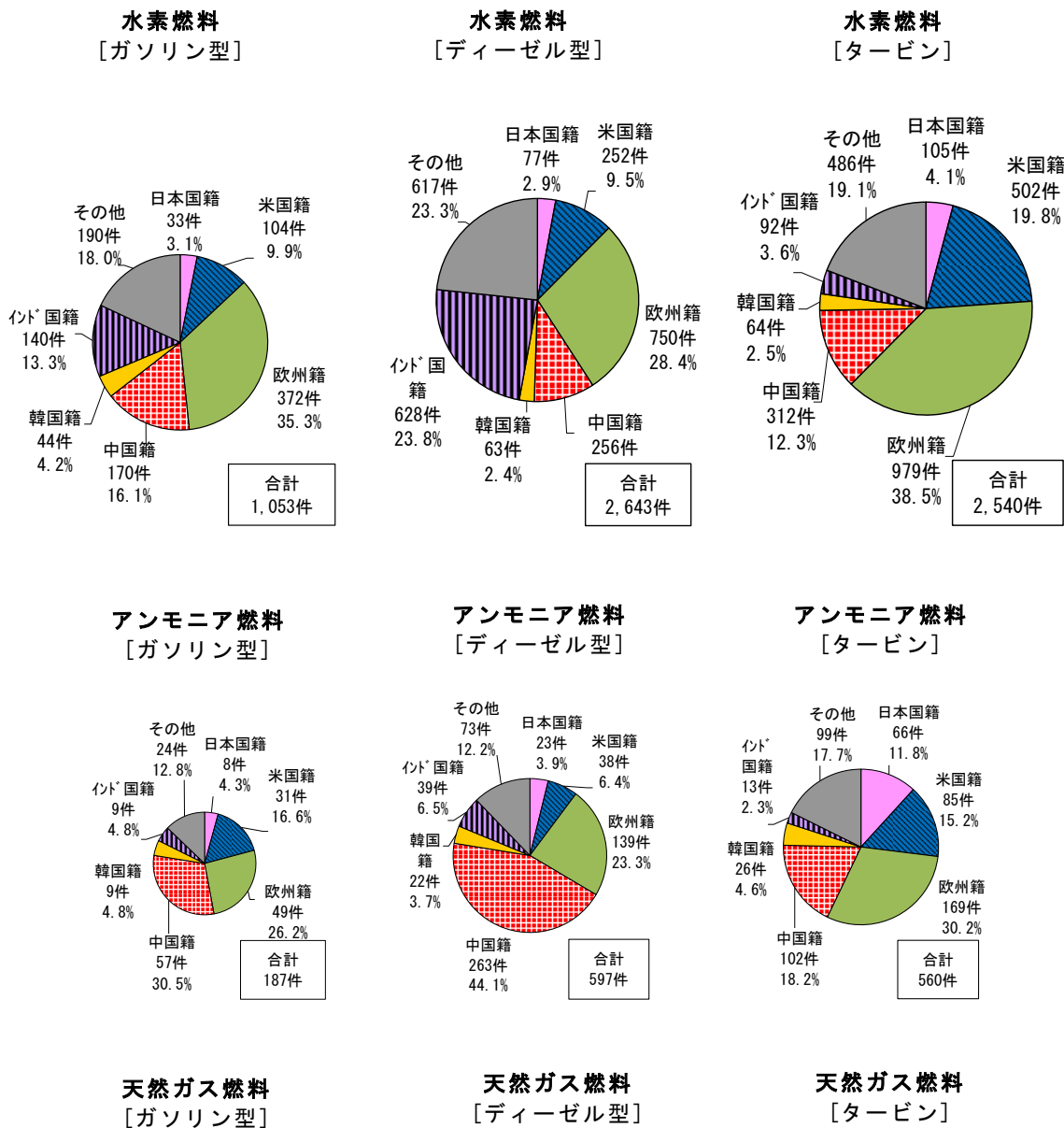
論文では、その他の国・地域、特にインドの研究者所属機関による発表件数が非常に多いことが判明した。このため、日米欧中韓にインドを加えた主要国・地域の技術動向比較を、[研究者所属機関国籍・地域別] 論文発表件数比率(技術区分「エンジン形式×低炭素燃料」)で行った(図 4-6)。

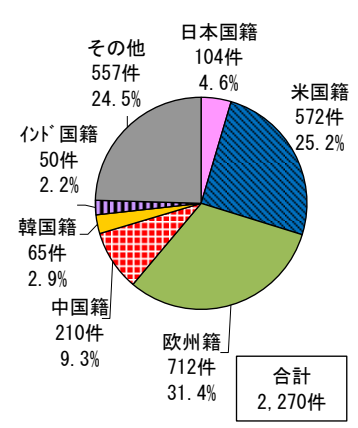
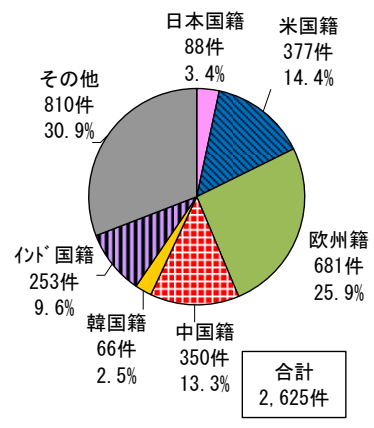
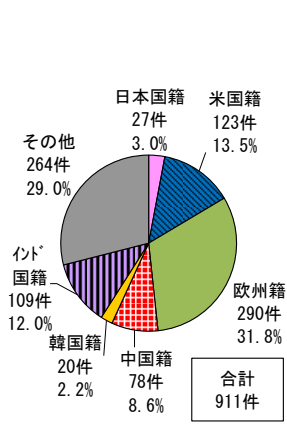
要点は次の通り。

- ・インド：バイオディーゼル油、エタノール、メタノールなどのバイオマス由来燃料に注力。水素も取り組んでいるが、タービンは少ない。
- ・日本：アンモニアでは比較的高い比率を占める。特にタービンに注力。
- ・米国：水素、天然ガス、エタノールに注力。アンモニアはタービン中心。
- ・欧州：低炭素燃料、エンジン形式とも全方位戦略で取り組んでいる。

- ・ 中国：メタノールやアンモニア×ディーゼル型に特徴あり。
- ・ 韓国：あまり特徴はないが、バイオマス由来燃料は比較的少ない。

図 4-6 [研究者所属機関国籍・地域別] 論文発表件数比率：エンジン形式×低炭素燃料

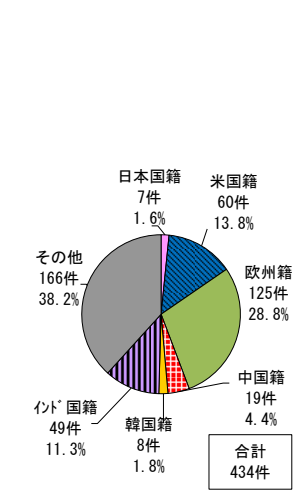
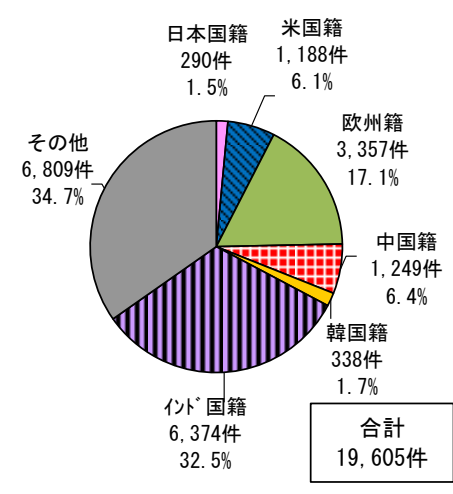
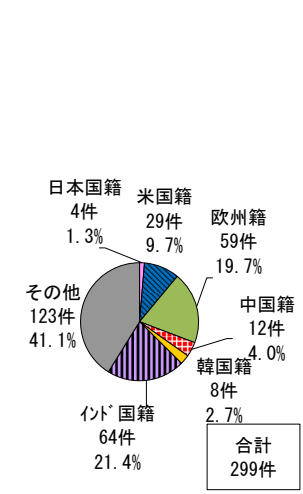




バイオディーゼル油燃料
[ガソリン型]

バイオディーゼル油燃料
[ディーゼル型]

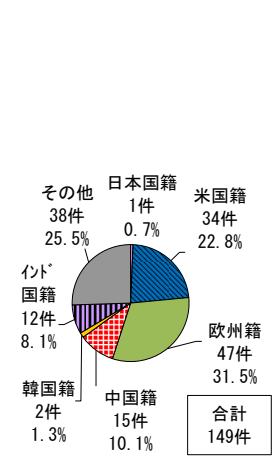
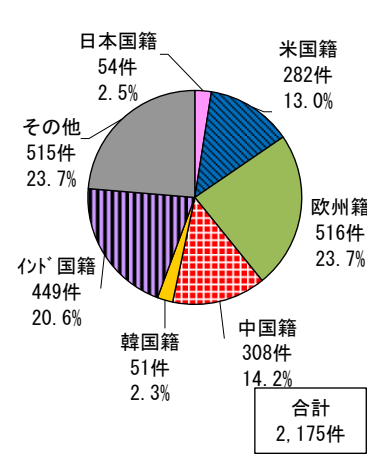
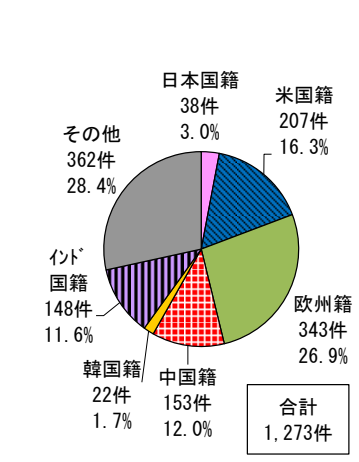
バイオディーゼル油燃料
[タービン]



エタノール燃料
[ガソリン型]

エタノール燃料
[ディーゼル型]

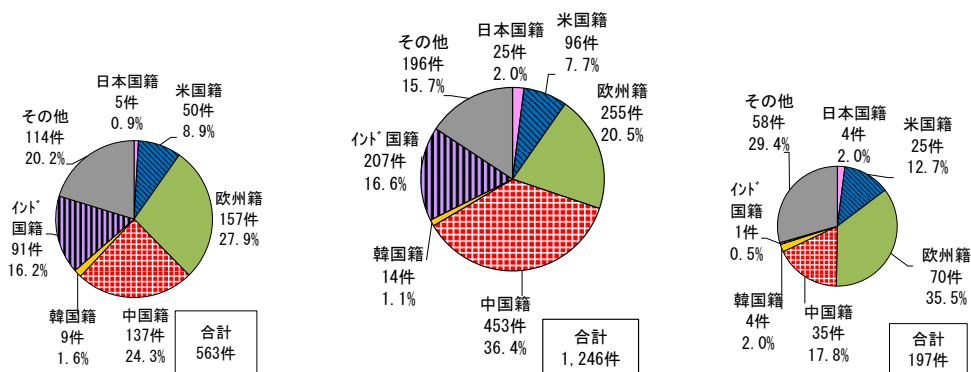
エタノール燃料
[タービン]



メタノール燃料
[ガソリン型]

メタノール燃料
[ディーゼル型]

メタノール燃料
[タービン]



3. [研究者所属機関国籍・地域別] 論文発表件数ランキング

インド以外のその他の国・地域の技術動向は、技術区分「エンジン形式×低炭素燃料」での国籍・地域別論文発表件数ランキング¹³（表 4-7）において、概要が見てとれる。例えば、マレーシアは、天然ガス、バイオディーゼル油、エタノールに注力し、メタノール燃料のガソリン型や水素燃料のディーゼル型にも取り組んでいる。インドネシア、ベトナム、タイ、ブラジルも、バイオマス由来燃料への取り組みが顕著である。サウジアラビアは、水素、アンモニア、天然ガス、エタノール、メタノールと、低炭素燃料について広範に取り組んでいる。

表 4-7 [研究者所属機関国籍・地域別]論文発表件数ランキング：エンジン形式×低炭素燃料

水素燃料×ガソリン型 (全1,053件)			水素燃料×ディーゼル型 (全2,643件)			水素燃料×タービン (全2,540件)		
	国・地域	件数		国・地域	件数		国・地域	件数
1	中国	170	1	インド	628	1	米国	502
2	インド	140	2	中国	256	2	中国	312
3	米国	104	3	米国	252	3	ドイツ	247
4	イタリア	75	4	トルコ	151	4	英国	206
5	英国	60	5	英国	133	5	イタリア	175
6	トルコ	55	6	サウジアラビア	117	6	日本	105
7	韓国	44	7	日本	77	7	カナダ	98
8	スペイン	37	8	イタリア	76	8	インド	92
9	ドイツ	36	9	カナダ	71	9	スイス	84
10	日本	33	10	ドイツ	70	10	サウジアラビア	74
11	カナダ	31	11	イラン	65	10	スウェーデン	74
12	ポーランド	28	12	韓国	63	12	ノルウエー	71
13	オーストラリア	26	13	マレーシア	59	13	韓国	64
13	ベルギー	26	14	ポーランド	58	14	ロシア	60
15	フランス	25	15	スペイン	51	15	フランス	59
			16	オーストラリア	49	16	オランダ	50
			17	フランス	35	17	イラン	40
			18	ロシア	34	18	スペイン	35
			19	エジプト	29	18	トルコ	35
			20	スウェーデン	28	20	ベルギー	29

¹³日、米、欧州特許条約締約国、中、韓、インドに加えて、ASEAN 各国も色分け(茶色)した。

アンモニア燃料xガソリン型 (全187件)		
	国・地域	件数
1	中国	58
2	米国	31
3	フランス	15
4	英国	12
5	インド	9

アンモニア燃料xディーゼル型 (全597件)		
	国・地域	件数
1	中国	263
2	インド	39
3	米国	38
4	日本	23
4	サウジアラビア	23
4	英国	23
7	ポーランド	22
7	韓国	22
9	スウェーデン	15
10	ドイツ	14

アンモニア燃料xタービン (全560件)		
	国・地域	件数
1	中国	102
2	米国	85
3	日本	66
4	英国	55
5	イタリア	36
6	韓国	26
7	サウジアラビア	23
8	ドイツ	22
9	スウェーデン	21
10	ノルウェー	20

天然ガス燃料xガソリン型 (全911件)		
	国・地域	件数
1	米国	123
2	インド	109
3	中国	78
4	イタリア	74
5	イラン	40
6	カナダ	38
7	ポーランド	34
8	フランス	32
8	マレーシア	32
10	ドイツ	31

天然ガス燃料xディーゼル型 (全2,625件)		
	国・地域	件数
1	米国	377
2	中国	350
3	インド	253
4	カナダ	134
5	イタリア	124
6	イラン	89
7	日本	88
8	英国	76
9	ドイツ	69
10	ポーランド	68
11	韓国	66
12	ロシア	64
12	トルコ	64
14	マレーシア	61
15	フランス	49
16	エジプト	44
16	インドネシア	44
18	スウェーデン	38
19	オーストラリア	37
20	ブラジル	36

天然ガス燃料xタービン (全2,270件)		
	国・地域	件数
1	米国	572
2	中国	210
3	ドイツ	181
4	英国	136
5	イタリア	133
6	日本	104
7	カナダ	70
8	韓国	65
9	ロシア	56
10	イラン	53
10	スイス	53
12	インド	50
13	スウェーデン	48
14	サウジアラビア	42
15	フランス	40
15	ノルウェー	40
17	ブラジル	28
18	スペイン	25
19	オランダ	23
20	マレーシア	22

バイオディーゼルの油xディーゼルの型 (全19,605件)		
	国・地域	件数
1	インド	6374
2	中国	1249
3	米国	1188
4	マレーシア	949
5	トルコ	824
6	サウジアラビア	468
7	イギリス	441
8	ブラジル	400
9	イラン	375
10	オーストラリア	363
11	韓国	338
12	インドネシア	324
13	日本	290
14	エジプト	285
15	スペイン	282
16	ベトナム	241
17	タイ	235
18	イタリア	233
19	ポーランド	220
20	ナイジェリア	206

バイオディーゼルの油xガソリン型 (全299件)		
	国・地域	件数
1	インド	64
2	米国	29
3	イギリス	14
4	中国	12
5	イラン	8
5	マレーシア	8
5	韓国	8
5	トルコ	8

バイオディーゼルの油xタービン (全434件)		
	国・地域	件数
1	米国	60
2	インド	49
2	マレーシア	49
4	イギリス	40
5	イタリア	20
6	中国	19
7	ブラジル	13
8	ドイツ	11
9	オーストラリア	10
10	ハンガリー	9

エタノール燃料xディーゼルの型 (全2,175件)		
	国・地域	件数
1	インド	449
2	中国	308
3	米国	282
4	トルコ	111
5	ブラジル	91
6	英国	65
7	マレーシア	62
8	日本	54
9	カナダ	53
10	韓国	51
11	オーストラリア	46
12	イタリア	45
12	ポーランド	45
14	イラン	43
14	スペイン	43
14	スウェーデン	43
17	フランス	41
17	タイ	41
19	ドイツ	39
20	サウジアラビア	32

エタノール燃料xガソリン型 (全1,273件)		
	国・地域	件数
1	米国	207
2	中国	153
3	インド	148
4	イギリス	82
5	ブラジル	72
6	ドイツ	63
7	トルコ	52
8	オーストラリア	50
9	イタリア	43
10	日本	38
11	マレーシア	37
12	サウジアラビア	34
13	インドネシア	33
14	イラン	32
15	フランス	28

エタノール燃料xタービン (全149件)		
	国・地域	件数
1	米国	34
2	中国	15
3	インド	12
4	カナダ	9
4	イタリア	9
4	英国	9

メタノール燃料xガソリン型 (全563件)		
	国・地域	件数
1	中国	137
2	インド	91
3	米国	50
4	トルコ	45
5	ドイツ	26
6	イタリア	20
6	英国	20
8	サウジアラビア	19
9	ベルギー	18
9	マレーシア	18

メタノール燃料xディーゼル型 (全1,246件)		
	国・地域	件数
1	中国	453
2	インド	207
3	米国	96
4	トルコ	52
5	スウェーデン	42
6	ロシア	32
7	英国	30
8	ドイツ	26
9	日本	25
10	ポーランド	22

メタノール燃料xタービン (全197件)		
	国・地域	件数
1	中国	35
2	米国	25
3	イタリア	22
4	カナダ	12
5	オランダ	11

第5章 総合分析

第1節 調査結果の総括

1. 市場環境調査

近年、世界的なカーボンニュートラル社会の実現に向けた取組が加速する中、低炭素燃料エンジン市場は多様化しつつ拡大して見込まれている。

運輸分野では、バイオ燃料（バイオエタノール、バイオディーゼル油など）、e-Fuel、水素、アンモニア、メタノール、天然ガスなど多様な燃料が用途別に開発・導入されており、各燃料の特性に応じた専用エンジンの開発も進行している。バイオ燃料の市場規模は、自動車分野では、2030年には約307億米ドル、船舶向けは約75億米ドル、航空機向けSAFは約256億米ドルに達する見込みである。水素エンジンは、自動車で2030年に5.8万台、2040年には40万台以上に採用されると予測され、船舶用は2033年までに61億米ドル規模に達すると見込まれている。アンモニアエンジンは、同エンジンで航行する船舶の市場規模は2025年で9.5億米ドル、2035年で33.1億米ドルとの予測がみられ、欧州勢が市場拡大を牽引するものとみられている。船用LNGエンジンも2034年には72億米ドル規模に拡大するとの予測がみられる。

発電用エンジンに用いられる主な低炭素燃料としては、バイオガス・バイオメタン、水素、アンモニアが挙げられる。中でも水素、アンモニアを燃料とするエンジンによる発電容量は2050年に987GWまで拡大すると予測されている。

低炭素燃料の生産については、バイオ燃料は米国、ブラジル、インドネシア、中国、インド、欧州が牽引している。水素は現時点で生産されているのはいずれの国でも化石燃料由来のグレー水素であるが、サウジアラビアなどで大型のグリーン水素の生産プロジェクトが計画されている。アンモニアも現時点で生産されているのはいずれの国でも化石燃料由来のグレーアンモニアであるが、様々な国々でグリーンアンモニア、ブルーアンモニアの大型の生産プロジェクトが計画されている。

低炭素燃料の供給インフラについては、日本が水素受入基地や水素ステーション整備で先行し、欧州は天然ガスパイプライン網転用による水素パイプライン構築を進めている。LNGバンカリング設備はシンガポール、中国、韓国がアジアで競争力を強化しており、日本の港湾の役割は相対的に低下している。

政策面では、欧州委員会が、「2035年以降のエンジン車の新車販売を実質的に禁止する」措置を緩和する案を、2025年12月に明らかにしたことが注目される。一方、米国は再生可能燃料基準（RFS）で燃料の脱炭素化を推進し、日本はGX政策で水素・アンモニアを次世代エネルギーの柱としている。中国は再生可能エネルギーを活用した水素・アンモニア製造拠点整備を推進し、韓国は国内外での水素生産、インフラ整備、利用拡大を戦略化している。低炭素燃料の安全性・品質基準の国際標準化は、ISOや欧州規格を中心に国際貿易や市場拡大を視野に入れつつ進展している。

2. 特許動向調査

(1) 全体動向

低炭素燃料エンジン全体の IPF（国際パテントファミリー）の出願人国籍別件数では欧州籍が 34% で首位、米国籍が僅差の 30% で 2 位、日本国籍は 20% とやや差のある 3 位である。中国籍、韓国籍およびその他国籍の IPF 件数は少ない（それぞれ、4%、7%、5%）。

技術区分ごとに見たときに日本国籍が存在感を示しているのはアンモニアタービンと船用エンジンの領域である。

件数の年次推移としては、2010 年代はやや減少傾向にあるが、2020 年ごろから急増に転じている。

(2) 用途別動向

用途別に IPF 件数を見ると運輸が支配的である。中でも自動車が多い。全用途を通じてみても、自動車（乗用車、大型商用車）が低炭素燃料エンジンの主用途であると言える。

次いで多いのが同じく運輸の中の船舶である。

鉄道は IPF 件数が多いが、自動車関連を重複計数している可能性もある。

航空は 2021 年以降の急増が目立つ。

運輸に続くのが発電であるが、IPF 件数の合計で航空を僅かに上回る程度である。発電の中では系統用電源と自家発電が多い。

(3) エンジン形式別動向

エンジン形式別に IPF 件数を見ると自動車用では、乗用車、大型商用車ともにガソリン型（火花点火）が最多で、ディーゼル型（圧縮着火）が僅差で続く。船舶用の殆どがディーゼル型である。

航空用は殆どがタービンである。

発電用の内、系統用電源はタービンが多く、自家発電はディーゼル型が多い。

(4) 燃料別動向

燃料種別の IPF 件数をレシプロ用、タービン用ごとに見ると以下のとおりとなる。

① レシプロ用

レシプロ用の燃料としては天然ガスが多く、次いで水素が多い。やや差が開いてメタノール、エタノールが続いている。年次推移をみると天然ガスは 2010 年代前半をピークにして微減傾向を示しており、水素とアンモニアは同じく 2010 年代後半で減少するが直近数年で急増している。ただし、絶対数は水素の方が多。また、水素はガソリン型、アンモニアはディーゼル型が比較的多い。前者は自動車用、後者は船舶用が主流である。エタノールは 2000 年代前半にガソリン型の件数が多いがその後は減少、メタノールはまだ絶対数は少ないが、直近数年でレシプロ用が急増しており、これらは中国籍の自動車用が多い。

② タービン用

タービン用の燃料としては航空、発電ともに水素が多く、直近数年で急増している。また、アンモニアも絶対数は少ないが、直近数年で急増しており、日

本のアンモニア燃料の発電用タービンの寄与が大きい。

(5) 課題と解決策の動向

タービン、レシプロ共に目立つ課題は、①エンジン性能・耐久性、②燃料供給、③排出ガス・環境負荷である。燃料の燃焼特性（従来燃料と異なる燃焼特性への対応）と安全性がこれに続いている。

解決策としては、本体構成要素の他、周辺機器と制御による解決を目指す特許が多い。

タービンの解決策の中心は本体構成要素の一つである燃焼器である。周辺機器の配管・バルブ、加圧装置、熱交換器による解決がこれに続いている。

一方、レシプロでは、課題のうちでは燃料供給系の割合が突出しており、これに対する解決策としては、本体構成要素で燃料噴射系と周辺機器の配管・バルブの比重が大きい。

(6) 電動化に特化した低炭素燃料エンジン

電動化に特化したエンジン（Dedicated Hybrid Engine : DHE）の内、低炭素燃料エンジン関連の特許の動向を見ると、全体としては、1990年代後半から出願が始まり、2011年にピークを迎えた後、いったん減少するが、直近数年で再び増加の傾向を示している。

出願人国籍・地域別のパテントファミリー件数では日本国籍が最も多く、米国籍、韓国籍が僅差で続き、欧州籍、中国籍、その他国籍と続いている。

3. 研究開発動向調査

(1) 「低炭素燃料エンジン」研究のグローバルな広がり

「低炭素燃料エンジン」に関する論文発表件数は、研究者所属機関の国・地域別では、「その他（国・地域）」（7,116件）、欧州（4,025件）、中国（2,310件）、米国（1,274件）と続き、日本と韓国はそれぞれ341件、370件と比較的少ない。「その他（国・地域）」ではインドが3,714件と圧倒的に多く、マレーシア、イラン、ブラジル、ロシア、カナダ、インドネシア、サウジアラビア、オーストラリアが上位20位までに入っており、「低炭素燃料エンジン」に関する研究開発が、広範な国・地域において、活発に実施されていることを示している。

一方、研究開発の対象分野は、国・地域によって違いがある。

- ・インド：バイオディーゼル油、エタノール、メタノールなどのバイオマス由来燃料に注力。水素も取り組んでいるが、タービンは少ない。
- ・日本：アンモニア、水素燃料が主。特にタービンに注力。
- ・米国：水素、天然ガス、エタノールに注力。アンモニアはタービン中心。
- ・欧州：低炭素燃料、内燃機関とも全方位戦略で取り組んでいる。
- ・中国：メタノールやアンモニア×ディーゼル型に特徴あり。
- ・韓国：あまり特徴はないが、バイオマス由来燃料は比較的少ない

(2) 論文の研究開発対象の特徴

特許が主に企業での技術開発を反映しているのに対して、論文は主に大学や公的研究機関での研究開発に基づいている。企業と大学・公的研究機関とは、活動目的・使命が異なっており、そのため、研究開発対象も異なっている。

これに加えて、今回の特許動向は、対象とする出願先国を日本、米国、欧州、中国、韓国に限定しており、世界の論文を対象とする研究開発動向とは、違いが出ている。

論文の研究開発対象の特徴を、本調査の技術区分ごとの発表件数の多寡で示すと次のとおり。

- ・「形式」:「ディーゼル型」が多い。
- ・「燃料」:「その他の混合燃料」と「バイオディーゼル油」が多い。
- ・「課題」:「排出ガス・環境負荷」と「エンジン性能・耐久性」が多く、「燃焼特性」が続く。

(3) 日本の研究開発動向の特徴

日本の研究開発動向の特徴として、次の2点が挙げられる。

- (1) 企業からの論文発表件数の比率が、他の国・地域に比べて大きい。
- (2) アンモニアや水素を燃料とするタービンやその燃料供給・燃焼特性に関する論文の比率が、他の国・地域と比べて大きく、この分野に注力していることを示している。

第2節 今後の展望

1. 市場・社会環境の展望

カーボンニュートラルに向けて電動化が注目を集めているが、長距離輸送、建設機械、農業機械、発電など、エンジンが不可欠な領域があり、低炭素燃料を用いたエンジンはこれらの領域での活用が期待される。世界的にも、これらの分野で水素、アンモニア、e-Fuelなど複数の低炭素燃料に対応するエンジンが並行して開発されている。一方、自動車産業においては電動化の進展に伴いハイブリッド専用エンジンに加え、PHEVやBEVとの協調を前提とした技術開発が進んでいる。

今回の調査から、低炭素燃料エンジンの役割については、以下の4点で整理できる。

- ①電動化が届かない領域での実用的脱炭素
- ②電動化との融合によるエネルギーマネジメント最適化
- ③地域資源を活かしたエネルギー安全保障
- ④CO₂・NO_x・未燃成分など多面的環境負荷の同時削減

(1) 電動化潮流と需要領域

乗用車を中心に電動化が加速する一方、輸送・産業分野では用途特性により電動化では置換できない領域が存在する。大型商用車は長距離・高稼働・積載量制約からBEV化が困難であり、船舶・航空もバッテリー推進が難しい状況である。特許や研究開発動向からも、運輸分野でのエンジン技術への投資や低炭素燃料の燃焼研究が拡大しており、電動化の進展下においても、代替困難な用途領域を対象としてエンジン技術が強化されている状況が確認される。

(2) 低炭素燃料技術の併存と共進化

低炭素燃料は燃焼特性・安全性・インフラ適合性が異なり、特許出願動向からも示されるように、単一燃料に収束せず用途別に併存していく構造を持つ。自動車・船舶・航空機ごとにバイオ燃料、e-Fuel、水素、アンモニアなど多様な燃料

が模索されており、用途ごとに最適な燃料・エンジンシステムを選択できる柔軟性が求められ、政策・インフラ・サプライチェーンも多軸での整備が求められる。

(3) 電動化との統合

乗用車は電動化が急速に進展しているが、商用車は長距離・高負荷・連続運転が求められるため、バッテリーEVでは現実的な選択肢になりにくい。そのため、エンジン機能を電動システム側に統合する電動化アーキテクチャが、有力な選択肢として位置づけられている。特許・研究開発動向からも、電動化の進展後においても発電用エンジンやハイブリッド専用エンジンの研究開発が継続・強化されており、電動駆動を中心にエンジンを最適配置する「統合型パワートレイン」が、過渡的対応ではなく持続的な技術潮流として形成されつつあることが示唆される。

(4) エネルギー安全保障と地域資源活用

各国はパーム油や農業残渣、廃食用油など地域バイオマス資源を活用したバイオ燃料政策を推進し、化石燃料輸入依存度を下げる施策を進めている。特許動向からも、バイオ燃料に加えて合成燃料（e-Fuel）を含む多様な低炭素燃料を前提としたエンジン開発が地域戦略と結びついて進んでおり、燃料供給リスクの分散を通じてエネルギー安全保障を高める戦略的技術として位置付けられる。

(5) 環境負荷低減への包括的アプローチ

燃料ごとに異なる環境課題（水素ガスタービンのNO_x排出、アンモニアのNO_x・N₂O排出増加、バイオガスの回収効率など）があり、燃料固有の制約に応じた環境対応が不可欠である。近年は特許・研究開発動向からも、CO₂対策に加えてNO_x、微粒子、未燃成分など複数の環境指標を同時に低減する技術開発が拡大しており、燃料特性に応じて燃焼・排出特性を一体で最適化する包括的アプローチが強まっている。

2. 政策・規制の方向性

主要国・地域は運輸分野の電動化を進める一方で、運輸分野・発電分野の中核技術であるエンジンにおいて低炭素燃料の活用に注力している。欧州ではFit for 55を中核とする電動化政策が維持される一方、e-Fuelなどの低炭素燃料の活用可能性を踏まえ、エンジン技術の扱いについては、2035年以降のエンジン車新車販売を禁止する措置を撤回する案が、2025年12月に明らかにされ、結論は今後の制度設計に委ねられている。米国はRFS（Renewable Fuel Standard：再生可能燃料基準）・LCFS（Low Carbon Fuel Standard：低炭素燃料基準）を軸に液体燃料の脱炭素化を推進、日本はGX政策の下で水素・アンモニア・合成燃料を次世代エネルギーの柱とし、中国はEV化を国家戦略としつつ地域固有燃料を併存、韓国は海運・造船を基盤に水素・アンモニア燃料を重視している。これらの政策動向は、電動化を主軸としつつ低炭素燃料エンジンを補完的に併存させる「多経路

（Multi-path）型移行」が、主要国・地域で共通の方向性として形成されつつあることを示している。

(1) 欧州：多経路型脱炭素戦略

欧州では、「Fit for 55」を基本枠組みとして、2035年以降の新車に対しCO₂排出実質ゼロを求める規制が設定されている一方、その具体的な達成手段や制度運用については見直し・調整が議論されている。その中で、合成燃料（e-Fuel）を用いる車両については、一定の条件の下で制度的な位置付けが与えられている。航空および海運分野では、再生可能非生物由来燃料（RFNBO）としてのe-Fuelの利用が制度上位置付けられている。液体燃料技術を含む低炭素燃料関連の技術開発は継続している。これらの制度設計と技術動向は、電動化を主軸としつつも、e-Fuelを含む低炭素燃料エンジンを補完的に位置付け、産業基盤の連続性を確保する「多経路型脱炭素戦略」として整理できる。

(2) 米国：RFS・LCFSを中心とした液体燃料脱炭素政策

米国では、再生可能燃料基準（RFS）、低炭素燃料基準（LCFS）を中心とした低炭素燃料政策が継続している。RFSの改定により、バイオマス系燃料の義務量が設定されている。液体燃料の脱炭素化を政策的に支援する制度構造があり、特許動向では、メタノール、エタノール、バイオディーゼル油などに関する技術開発が継続している。研究開発動向では、低炭素燃料とエンジンを組み合わせた研究において、米国籍機関の発表が一定数みられる。これらの政策・特許・研究開発動向は、車両規制ではなく燃料供給制度を軸に液体燃料の脱炭素化を進め、バイオ燃料・合成燃料対応エンジンの改良と活用が継続するという、米国特有の「燃料側アプローチ」を反映した構造として整理できる。

(3) 日本：GX戦略と水素・アンモニア活用方針

日本では、GX政策の下で、水素およびアンモニアを中核としつつ、既存エネルギーインフラや内燃機関の活用を可能とする合成燃料が、次世代エネルギーの一つとして位置付けられている。水素基本戦略や水素社会推進法に基づき、燃料導入に向けた制度やロードマップが整理されている。特許動向では、アンモニア燃料技術に関して日本国籍の出願が一定の比率を占めている。水素およびアンモニアを用いるエンジン技術については、電動化と組み合わせた形での技術開発が進められている。これらの政策・特許・研究開発動向は、日本が電動化一辺倒ではなく、水素・アンモニアを基軸とした多燃料型エンジン技術を変容させながら活かす多経路型GX戦略を進めていることを示している。

(4) 中国：地域固有燃料の併存

中国では、電動化を政策の中核に据えつつ、地域資源を活用した燃料を併存させる政策体系が維持されている。バイオエタノール、バイオディーゼル油、SAFなどについて、制度上の位置付けが与えられている。特許および研究開発動向では、メタノール燃料に関する技術開発において、中国籍機関の出願・発表が多い。これらの動向は、中国が電動化を国家戦略として進める一方で、メタノールやバイオ燃料、SAFといった地域固有燃料を併存させる二層型・多経路の脱炭素戦略を採っていることを、政策・特許・研究の三側面から裏付けている。

(5) 韓国：海運・造船を基盤とした水素・アンモニア燃料戦略

韓国では、海運・造船分野を中心に、水素およびアンモニア燃料に関する政策が進められている。水素経済ロードマップに基づき、水素供給網の整備が位置付けら

れている。特許動向では、船舶分野に関連する制御技術や供給系技術に関する出願が一定割合を占めている。これらの政策・特許動向は、韓国が造船・海運産業を基盤に、水素・アンモニアを核とした次世代燃料技術を重点的に育成し、海運脱炭素を中核とする分野特化型戦略を進めていることを示している。

(6) 共通点：電動化と低炭素燃料エンジンの併存 (Multi-path) 型政策設計

主要国・地域では、運輸分野の電動化を進める一方で、運輸分野・発電分野の中核技術であるエンジンにおいて、低炭素燃料の活用に注力している。この併存は、用途適合性や燃料供給条件を前提とした制度上の位置付けとして整理でき、国・地域によって適用範囲や対象分野が異なる。これらの動向は、政策・特許・研究の三側面から、電動化を基軸としつつ低炭素燃料エンジンを補完的に併存させる「多経路型 (Multi-path)」の脱炭素戦略が、主要国・地域で共通構造として形成されつつあることを示している。

3. 地域別にみた低炭素燃料エンジン技術の展望

各地域の運輸分野で電動化とエンジンの棲み分け・補強・融合が進み、用途や燃料体系に応じた多角的な技術経路が展開されている。

欧州：e-Fuel 対応エンジンや水素直噴エンジンが用途限定で発展

米国：バイオ燃料適合エンジンが農業・物流と結びつき拡張

日本：水素・アンモニアエンジンと電動化融合技術の実証展開

中国：メタノールエンジンを国家戦略の下で試行的に推進

韓国：水素・アンモニアエンジンの商用化を視野に入れた技術展開

(1) 欧州：バランスの取れた低炭素燃料エンジンの開発

欧州では、特定の分野への集中は見当たらない一方、低炭素燃料エンジン関連の特許出願は主要国・地域の中でも比較的多く、燃料種別・用途別に偏りの小さい技術開発が進められていることが伺われる。2020 年ごろから低炭素燃料エンジン関連の特許出願は増加傾向を示しており、2035 年のエンジン車制限の撤回案が 2025 年 12 月に公表されたことを受けてさらに加速するものと考えられる。

航空、海運、産業用途では、液体燃料を前提としたエネルギー利用が継続している。水素直噴エンジンは、水素供給体制の構築を見据えた技術として検討が進められている。特許および研究開発動向では、燃料特性への適合や燃焼・排出特性の改善に関する技術開発が進められている。

(2) 米国：バイオ燃料適合エンジンの拡張

米国では、再生可能燃料基準 (RFS) に基づき、バイオエタノールや再生可能ディーゼルなどの液体燃料が、電動化を補完する低炭素化手段として利用されている。これらの燃料は、既存のエンジンおよび燃料供給インフラを前提として用いられている。特許および研究開発動向では、燃料特性への適合や燃焼・排出特性の改善に関する技術が中心となっている。

(3) 日本：水素・アンモニアエンジンと電動化融合技術の実証展開

日本では、発電、船舶、産業用途などを中心に、水素およびアンモニアを用いたエンジン技術の検討や実証が進められている。また、車両システムの中で、低炭素燃料エンジンは、エネルギー供給機能を担う構成要素として位置付けられている。

特許動向では、低炭素燃料に対応した DHE に関する日本国籍からの出願が、絶対数では未だ少ないが、調査対象国・地域の中で最大件数であることが分かった。

(4) 中国：メタノールエンジンを国家政策として推進

中国では、国家政策と国内資源を背景としたメタノール供給体制を前提に、メタノール燃料エンジンの導入が進められている。特許および研究開発動向では、メタノール燃料に関する出願や研究発表が多い。実車導入を前提とした技術検討が進められている。電動化政策と併存する形で、地域固有燃料を活用した燃料利用が進められている。

(5) 韓国：造船が主導する水素・アンモニアエンジンの商用化

韓国では、水素社会戦略を中核とする国家政策の下、造船・発電分野を中心とした中大型・高出力用途を主対象として、水素およびアンモニア燃料を用いたエンジン技術の検討・実証が進められている。特許動向では、船舶分野や気体燃料（天然ガス、水素、アンモニア）に関する国内出願が積み上がっており、特にアンモニア燃料については継続的な技術検討が確認される。研究開発動向においても、水素・アンモニア燃料を主対象に、タービンを含む高稼働機器への適用を意識した研究が一定数継続しており、発電・船舶用途を念頭に置いた用途特化型の技術成熟を通じて、段階的な商用化を狙う戦略の下で位置付けられている。

(6) 共通示唆：地域燃料体系に応じた多元的低炭素燃料エンジンの併存

各地域では、電動化を脱炭素化の主軸としつつ、地域ごとの燃料供給条件、産業基盤および用途特性に応じて、低炭素燃料エンジンが用途限定で併存する構造が形成されている。すなわち、量産乗用車領域では電動化が進展する一方、中大型・高稼働用途や既存インフラ依存領域では、低炭素燃料エンジンが電動化を補完・拡張する多元的な技術経路として位置付けられている。

4. 技術成熟度の俯瞰

低炭素燃料エンジン技術は、燃料種別ごとに技術成熟度が大きく異なる。バイオ燃料適合エンジンは既存インフラとの高い親和性を背景に最も成熟した領域に位置付けられる一方、水素エンジンは、燃焼・制御・耐久といった要素技術の高度化が進む発展途上段階にある。アンモニアエンジンは発電・船舶用途を中心に実証段階にあり、メタノールエンジンは中国を中心に既に実用・商用段階へと移行している。このように、低炭素燃料エンジンは用途・燃料に応じた異なる成熟度を持ちながら併存し、電動化を補完する現実的な技術ポートフォリオとして位置付けられる。

(1) バイオ燃料適合エンジンおよび天然ガスエンジン：最も成熟した低炭素燃料エンジン領域

バイオ燃料に適合したエンジン技術は、既存のガソリンおよびディーゼルエンジンを基盤として利用されており、製油所、貯蔵設備、給油所といった既存インフラを活用できる点から、低炭素燃料エンジンの中で最も成熟した商用化段階に位置付けられる。技術開発は、既存エンジンへの直接適用を前提に、燃料特性への対応や燃焼・排出特性の改善を中心として進められている。天然ガスエンジンについては、移行期における実効的な排出削減手段として一定の役割を担ってきたが、長期

的な脱炭素目標や制度的持続性の観点では制約を有する。

(2) e-Fuel (合成燃料) 適合エンジン：制度整備とスケールアップが最大の課題

e-Fuel に適合したエンジン技術は、燃料側の制度要件や供給体制が導入段階を規定している。LCA 認証や燃料供給スケールの未整備が前提条件として挙げられている。エンジン側の技術開発は、燃料特性への適合や燃焼・排出特性の改善といった改良型の取り組みが中心であり、普及の可否は技術進展よりも政策設計や産業インフラ整備に強く依存する燃料経路として整理される。

(3) 水素エンジン：ステーション拡充と高圧貯蔵技術が普及のボトルネック

水素エンジンは、燃焼時に CO₂を排出しない特性を有し、エンジン技術としては発展段階に近づきつつあるものの、社会実装の観点では用途により実証段階に位置付けられている。普及に向けた制約として、水素ステーション整備を含む供給インフラや、燃料貯蔵方式（高圧・液化）に関する課題が挙げられている。技術開発の内容としては、燃焼制御、NO_x 低減、耐久性確保など、実用化を見据えたエンジン側課題への対応が中心となっている。

(4) アンモニアエンジン：発電・船舶での実証段階

アンモニアを燃料とするエンジン技術は、主に発電および船舶分野を対象とした実証段階に位置付けられている。既存の大型燃焼設備（ガスタービン、大型エンジンなど）を活用した導入が想定されている。技術的課題として、反応性の低さや NO_x 排出への対応が挙げられており、水素や軽油を併用する混合燃料方式（Dual Fuel）による設計が検討されている。

(5) メタノールエンジン：自動車・船舶の両分野で実用段階に到達した低炭素燃料エンジン

メタノールエンジンは、中国を中心に自動車および船舶分野の双方で既に実用段階に到達している低炭素燃料エンジンである。中国では、既存の化学産業インフラを背景に、燃料供給および混合燃料の給油体制が整備されている。国際海運分野においても、液体燃料として既存の貯蔵・荷役設備を活用できる点が整理されている。

(6) 水素、アンモニアタービン：発電用として日本で実証段階

水素タービンについては、三菱重工業、GE、Siemens Energy などが天然ガスとの混焼運転を中心に実証を進めている。さらに、川崎重工業は水素専焼タービンの開発を進め、実機レベルでの製品化および顧客向け納入を通じて、発電用途における実証・初期実装段階を先行して示している。アンモニアタービンについては、IHI が世界で初めてアンモニア専焼タービンの実証に成功しており、日本における発電用途を起点としたアンモニア燃焼技術の実装可能性を示す重要な成果と位置付けられる。

5. 社会実装とインフラの見通し

低炭素燃料エンジンの社会実装速度は、技術成熟度に加え、燃料供給網の成立性に代表されるインフラ依存度によって大きく左右される。バイオ燃料やメタノール

は既存インフラを活用でき即時導入性が高い一方、水素・アンモニア・e-Fuel は新規インフラや制度整備が必要で普及は中長期的である。混合燃料は、こうしたインフラ制約を緩和する現実的な導入経路として重要である。

(1) バイオ燃料：既存インフラを活用できる即時導入性

バイオ燃料は、既存の製油所、貯蔵タンク、パイプライン、給油所といったガソリン・ディーゼル燃料の供給インフラをそのまま活用できるため、追加的なインフラ投資をほとんど必要とせず、低炭素燃料の中で最も即時導入性が高い燃料として位置付けられている。既に商用燃料として流通しており、短期的には既存の燃料供給体系の一部として、最も広範な導入拡大が見込まれる。

(2) e-Fuel：制度整備と大規模供給網の構築が必要な段階

e-Fuel の普及には、LCA 基準、燃料認証、税制やクレジット制度などの制度要件が前提条件として挙げられている。供給インフラは、再生可能エネルギー由来水素の製造および CO₂ 回収・合成プロセスを含む多段構成であり、大規模な供給網の確立が課題として挙げられている。このため、社会実装は制度整備と供給網構築を前提に、2030 年前後以降の中期に段階的に進む燃料として整理される。

(3) 水素：ステーション整備を中心とするインフラ構築が決定要因

水素の社会実装においては、水素ステーションの整備状況が重要な条件とされている。水素供給設備の構成が複雑であり、既存の給油所と比較して設備整備のハードルが高い点が挙げられている。供給形態については、高圧水素、液化水素、パイプラインなど複数の方式が併存しており、用途や地域条件に応じた選択が進行中の段階にある。

(4) アンモニア：発電・船舶向け港湾インフラが主軸

アンモニアは、発電および船舶用途を中心に、港湾や大型設備を起点とした供給体制が想定されている。肥料用途などで国際的な大量輸送の実績があり、大型貯蔵タンクや荷役設備といった既存港湾インフラとの親和性が高い燃料である。このため、社会実装は発電所や港湾といった限定用途から段階的に進む構造にある。

(5) メタノール：中国を中心に地域供給網が確立

メタノールについては、中国を中心に、既存の化学産業インフラを活用した燃料供給および混合燃料の給油体制が整備されている。国際海運分野においても、液体燃料として既存の貯蔵・荷役設備を活用できる点が挙げられている。メタノールは、インフラ制約によって普及が阻害される段階を既に通過した燃料として位置付けられる。

(6) 横断的示唆：社会実装速度は“インフラ依存度”で決まる

燃料種ごとに既存インフラの活用可能性や、新規インフラ整備の必要性が大きく異なる。社会実装の進展は、技術成熟度に加え、既存インフラをどの程度流用できるかというインフラ依存度によって左右される。このため、バイオ燃料やメタノールは比較的速く導入が進む一方、水素・アンモニア・e-Fuel は中期から中長期にかけて段階的に普及する燃料として整理できる。

6. 用途別シナリオ

低炭素燃料エンジンの主な用途は、乗用車、商用車、発電用途、船舶の 4 分野で

あり、脱炭素体系の中で、用途条件に応じて補完・融合・棲み分けの形で位置付けられている。

(1) 乗用車：電動化を含む多経路型対応

乗用車分野では、BEV および PHEV を中心とした電動化が進展している。一方で、地域特性や用途条件、エネルギー供給制約への対応として、低炭素燃料を用いたエンジンが併存して用いられる。電動化を主軸とする車両システムの中では、低炭素燃料エンジンは駆動源だけでなく、エネルギー供給機能を補完する要素として組み込まれる。

(2) 商用車（トラック・バス）：運用要件に対応した燃料多様化

商用車では、航続距離、稼働率、積載重量、補給時間といった運用要件が厳しく、BEV のみでの代替が困難な用途が存在する。用途に応じて、電動化と低炭素燃料エンジンが併存して用いられる。低炭素燃料エンジンは、車両構成に応じて、駆動用途およびエネルギー供給用途の双方で用いられる可能性が検討されている。

(3) 発電用途：アンモニア燃焼を軸としたタービン・レシプロ技術の展開

発電用途では、既存の火力発電設備を前提として、低炭素燃料の導入が検討されている。アンモニア燃焼は、既存火力設備を前提に、混焼から専焼への段階的な導入を想定した燃料として取り上げられており、タービンに加えてレシプロ発電を含む幅広い発電用途で検討が進められている。再生可能エネルギーと組み合わせた運用や、需給調整を担う用途での利用も取り上げられている。

(4) 船舶：メタノール・アンモニア・e-Fuel が主流化

船舶分野では、国際的な燃料規制を背景として、燃料転換が進められている。短期的にはメタノールなど既存インフラと親和性の高い液体燃料の利用が取り上げられている。アンモニアについては、混焼や Dual-Fuel 方式を含む段階的な導入が取り上げられている。e-Fuel については、既存エンジン技術との互換性を前提としつつ、供給チェーンの確立を前提とした中長期以降の本格導入燃料として整理されている。

(5) 用途横断的にみた“電動化との補完・統合”の位置づけ

低炭素燃料エンジンと電動化は単純な置換関係ではなく、用途条件やインフラ制約の下で役割分担しながら併存・融合する多経路型の構造として捉えられる。エンジンは電動化を補完・統合する機能要素として再定義され、システム全体の最適化の中で価値を発揮する。

第3節 調査結果を踏まえた示唆

- ・低炭素燃料エンジンは電動化と競合する技術ではなく、電動化と統合して脱炭素動力体系を補完・拡張する技術
- ・用途や運用条件に応じた需要の位置付けと、適用領域の明確化が重要
- ・電動化との統合によるパワートレインが持続的な技術形態となる可能性
- ・燃料横断型の基盤技術と、政策・規制の設計を見据えて構築される知財戦略が、国際競争力の鍵
- ・社会実装を加速するにはインフラ整備と制度設計の整合が不可欠
- ・日本はタービン・アンモニア技術で強みを持ち、電動化を前提とした低炭素燃料

レシプロ技術でも戦略的投資が必要

1. 需要と適用領域の明確化

本調査の結果、電動化が進展する状況においても、低炭素燃料エンジンが適用される領域が明確に存在することが確認された。特に、長距離輸送、高負荷連続運転、重量・積載制約が厳しい用途、ならびに充電・燃料供給インフラの整備が限定的な地域において、電動化単独での対応には制約がある。これらの条件下では、大型商用車、船舶、発電、産業機械などを中心に、低炭素燃料エンジンが脱炭素技術体系の一部として位置付けられる。

2. 運輸分野における電動化との統合

運輸分野、特に乗用車における低炭素燃料エンジンは、電動化を前提としたエネルギーシステムの中で組み合わされる技術として位置付けられる。具体的には、エンジンが駆動用途またはエネルギー供給用途のいずれかで用いられる場合においても、加速・減速などで必要出力が急に変わる場面や、走行条件により必要な駆動力が上下する場面において、バッテリー残量（SOC）を適正範囲に保ちながらエネルギー供給を調整する制御が重要となる。こうした制御を通じて、パワートレイン全体の運用安定性や効率向上に寄与する構成が検討されている。

3. 市場・社会環境を踏まえた技術開発の焦点と知財戦略

燃料種別の違いにかかわらず、噴霧・混合、着火・燃焼制御、NO_x低減、熱マネジメント、材料耐性、制御系最適化といった燃料横断型の共通基盤技術が、技術競争力を左右する要素として位置付けられている。加えて、燃料認証制度や国際標準、安全規格との整合を含め、制度・規格と連動した技術・知財戦略の重要性が増している。

4. 社会実装を加速するインフラ接続と制度との連動

社会実装の進展は、要素技術の成熟度のみならず、燃料供給インフラや制度設計の整備状況に強く依存する。充填・補給設備、港湾インフラ、燃料製造拠点などの供給網と、認証・支援制度との整合が、導入速度や適用範囲に影響を与える構図が整理される。用途適合性、共通基盤技術、燃料規格・認証、供給網整備の各要素を併せて把握することが、社会実装の検討において重要となる。

5. 日本の強みを生かした技術・特許戦略

日本は、発電・船舶分野を中心とした高温・高負荷・高信頼性が求められる用途において、タービン技術やアンモニア燃焼技術をはじめとする低炭素燃料関連技術の蓄積を有している。一方、乗用車分野では、電動化を中核としたパワートレイン構成の見直しの中で、エンジンを活用する位置付けが検討されており、燃焼制御やシステム統合といった基盤技術の活用が論点となっている。今後の日本の技術・特許戦略は、タービン技術やアンモニア燃焼技術を代表例とする強み領域の深化が重要である。並行して、低炭素燃料レシプロ技術についても、電動化との統合を含む多様なシステム構成を念頭に置いた技術開発が求められる。さらに、低炭素燃料エンジン技術全体として燃料横断型の基盤技術、制御・信頼性、ならびに制度・規格との接続を意識した知財ポートフォリオを構築することで、低炭素燃料エンジン技術全体としての国際競争力と市場対応力を高めていくことが重要である。

(参考)

(参考)

1. 特許動向調査

(1) 全体動向調査

全体動向調査の参考情報として、出願人国籍・地域別に集計した結果をそれぞれ示す。

具体的には、特許ファミリー件数年次推移および特許ファミリー件数比率、PCT 出願件数年次推移および PCT 出願件数比率、IPF（国際特許ファミリー）件数と特許ファミリー件数の比較、出願件数収支、登録件数収支、出願人属性別特許ファミリー件数年次推移および特許ファミリー件数比率を示す。

図-参-1 [出願先：日米欧中韓 WO][出願人国籍・地域別]特許ファミリー件数年次推移および特許ファミリー件数比率

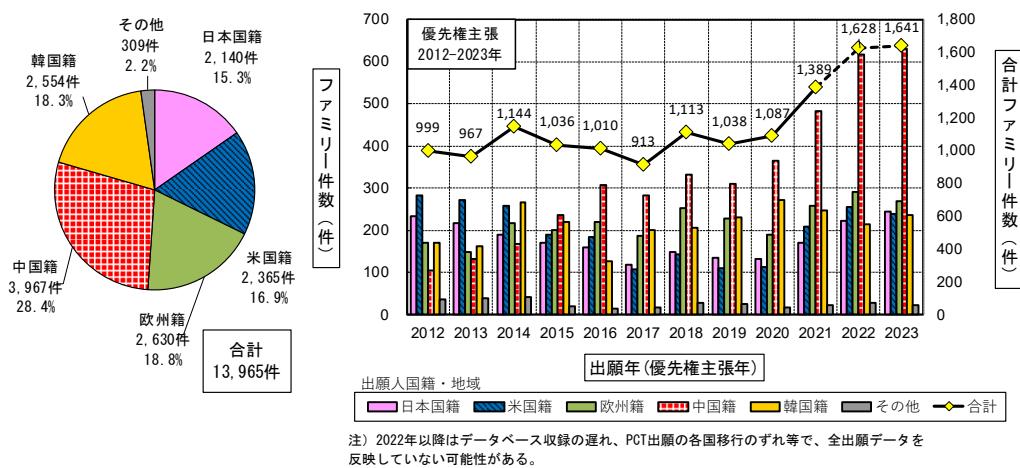


図-参-2 [PCT 出願][出願人国籍・地域別] PCT 出願件数年次推移および PCT 出願件数比率

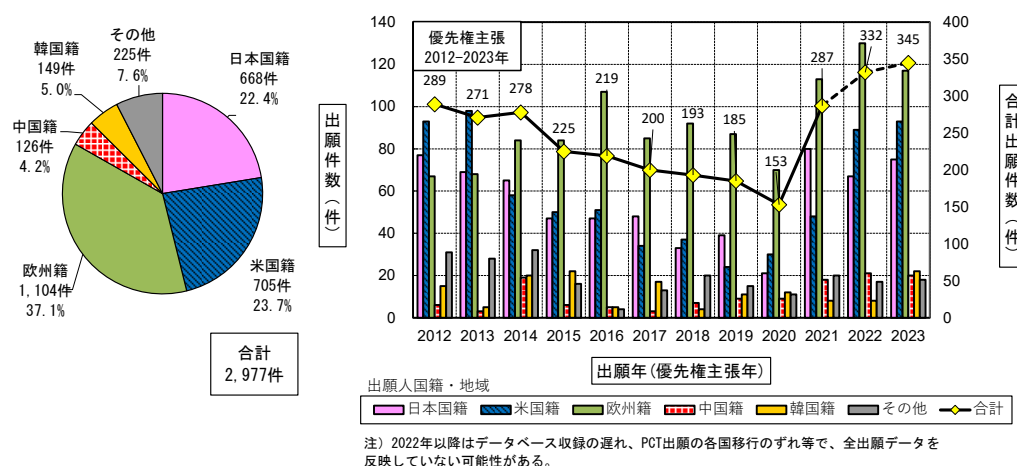


図-参-3 [出願先：日米欧中韩 WO][出願人国籍・地域別]IPF 件数とファミリー件数の比較

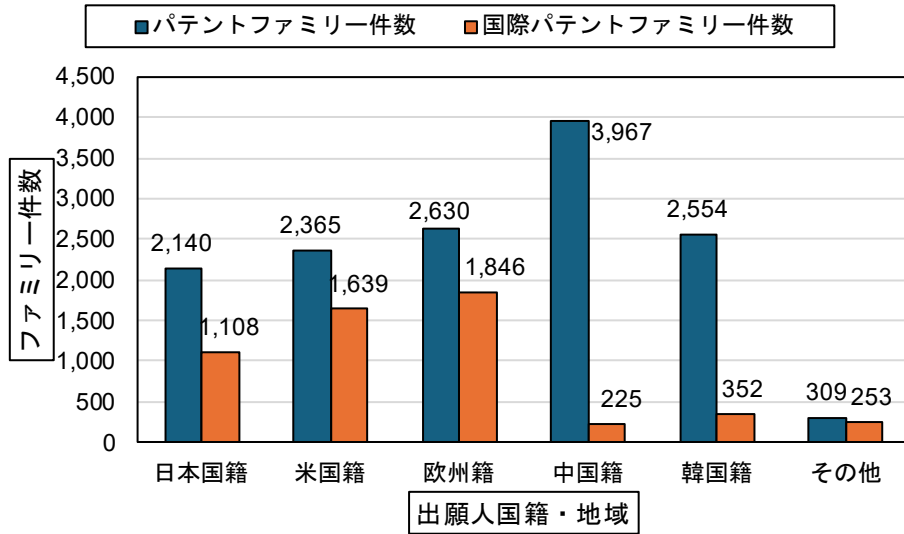
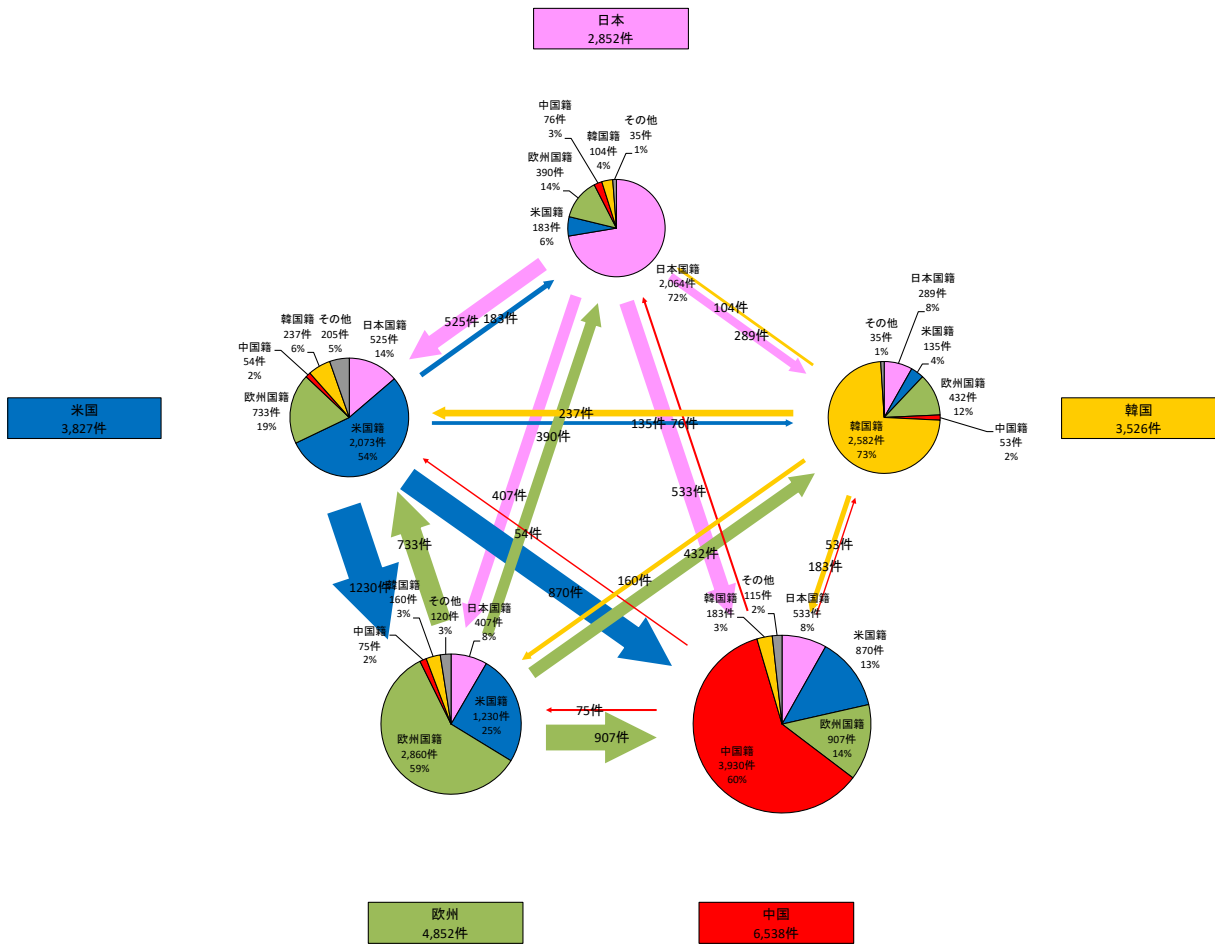
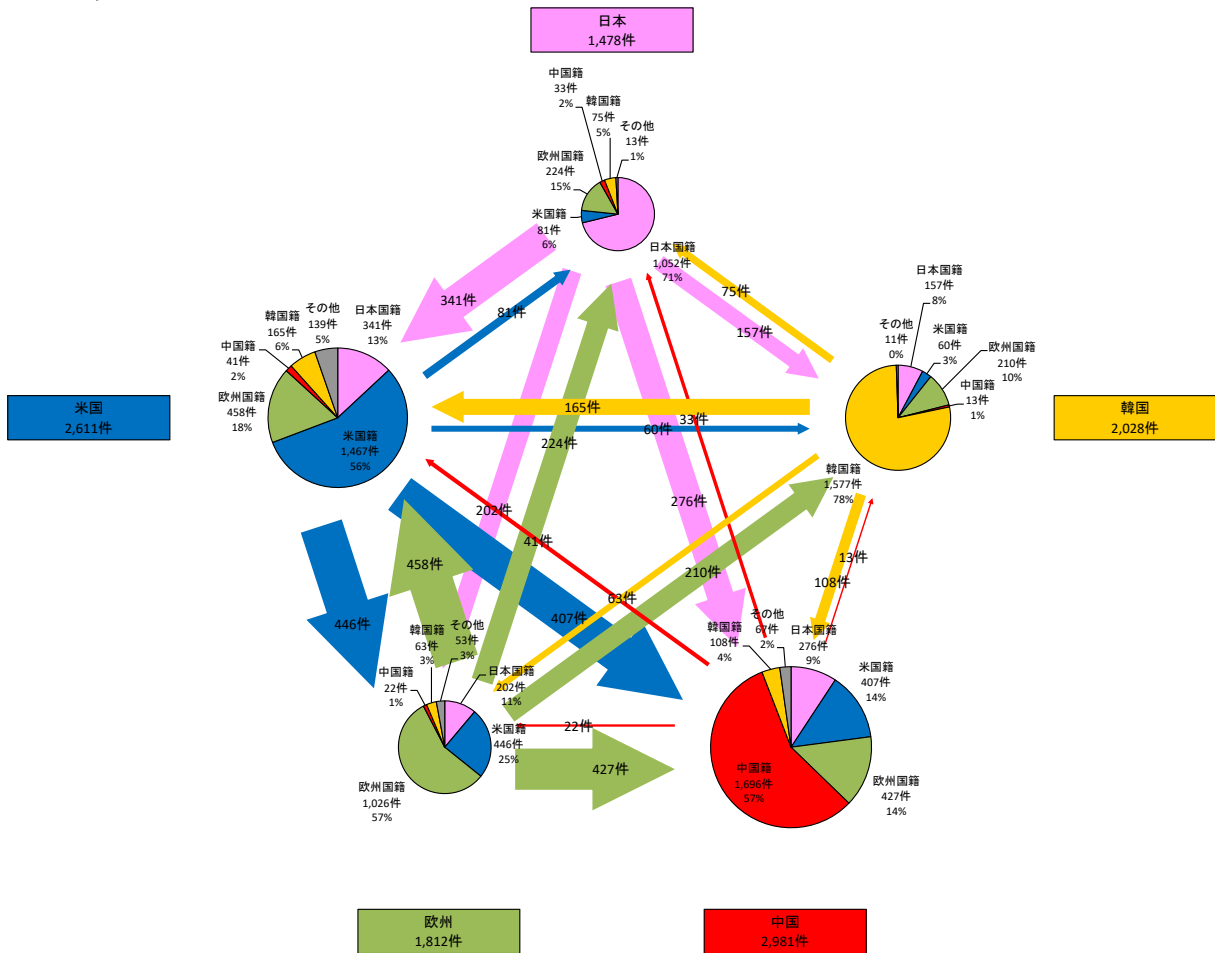


図-参-4 [出願先：日米欧中韩][出願先国・地域別][出願人国籍・地域別]出願件数収支



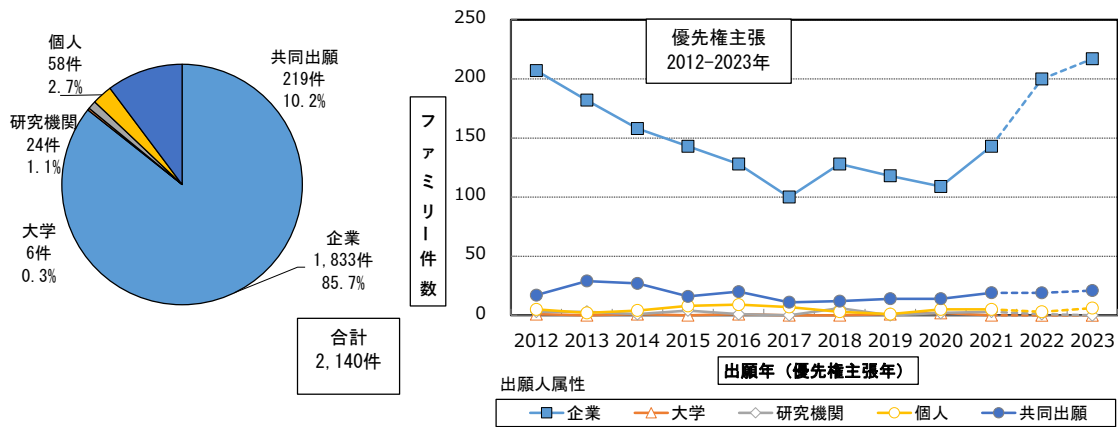
参考

図-参-5 [出願先：日米欧中韩][出願先国・地域別][出願人国籍・地域別]登録件数収支



参考

図-参-6 [出願先：日米欧中韩 WO][出願人国籍・地域別][出願人属性別]パテントファミリー件数年次推移およびパテントファミリー件数比率（出願人国籍・地域：日本）



注) 2022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、全出願データを反映していない可能性がある。

図-参-7 [出願先：日米欧中韓 WO][出願人国籍・地域別][出願人属性別]パテントファミリー件数年次推移およびパテントファミリー件数比率（出願人国籍・地域：米国）

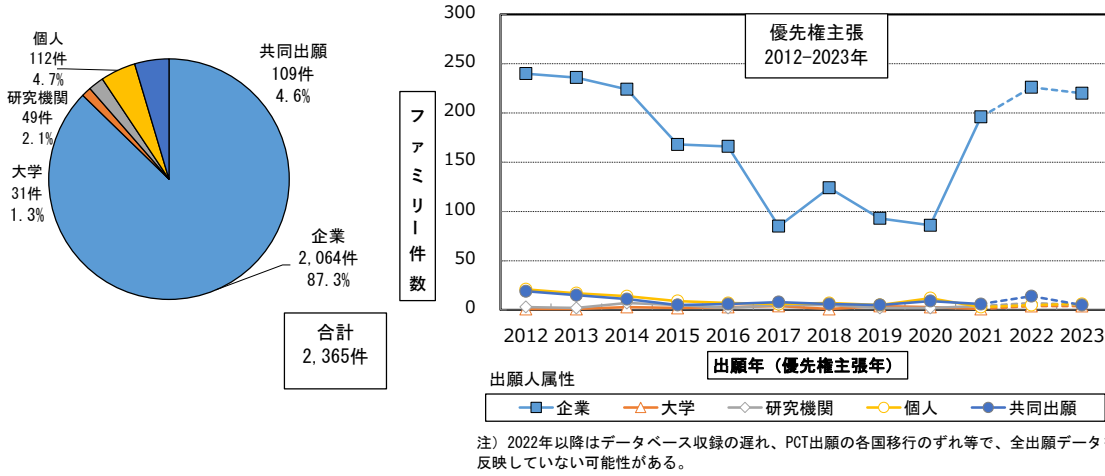


図-参-8 [出願先：日米欧中韓 WO][出願人国籍・地域別][出願人属性別]パテントファミリー件数年次推移およびパテントファミリー件数比率（出願人国籍・地域：欧州）

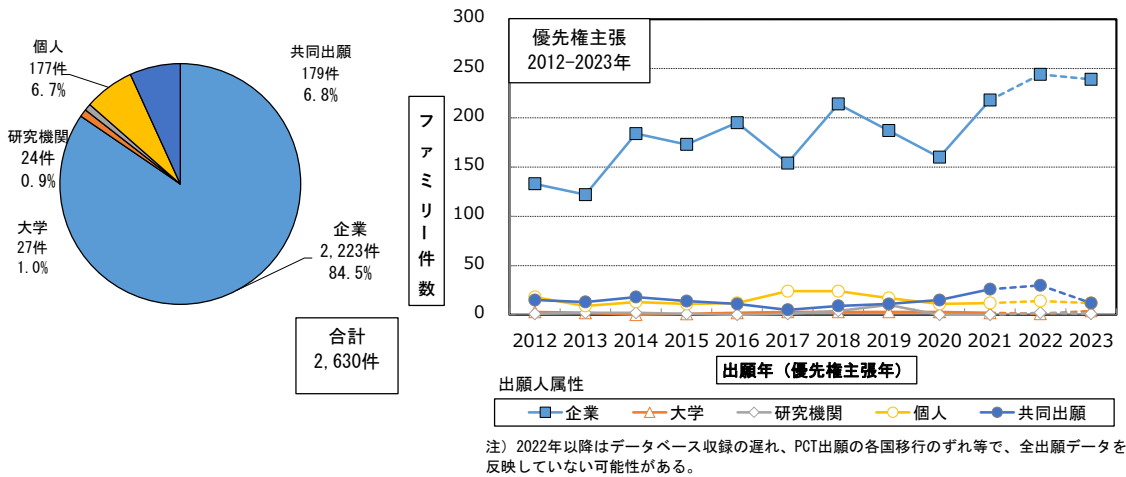
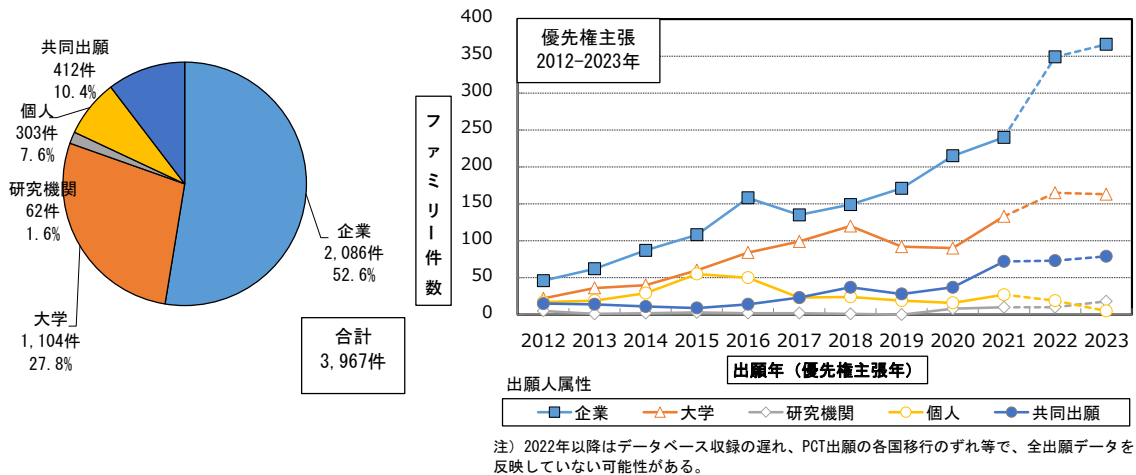
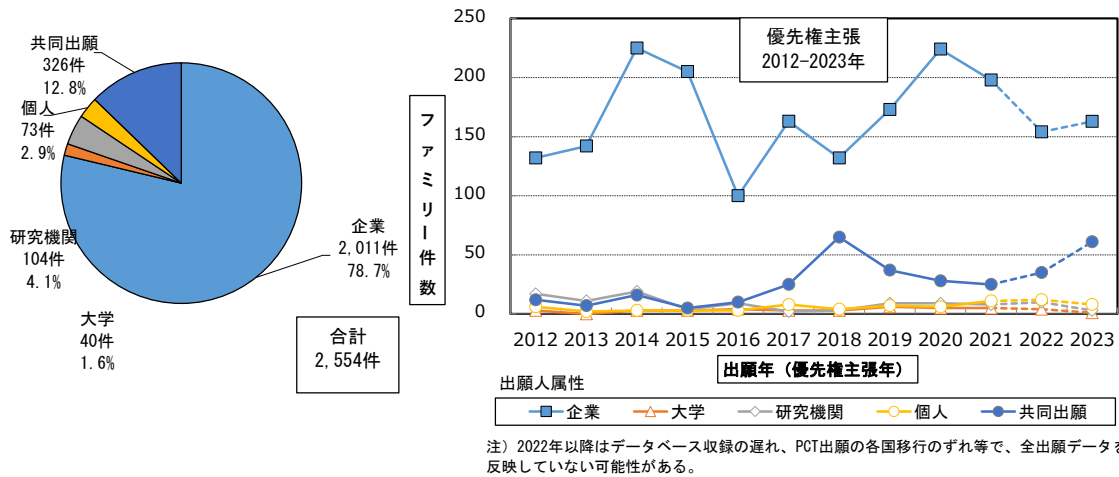


図-参-9 [出願先：日米欧中韓 WO][出願人国籍・地域別][出願人属性別]パテントファミリー件数年次推移およびパテントファミリー件数比率（出願人国籍・地域：中国）



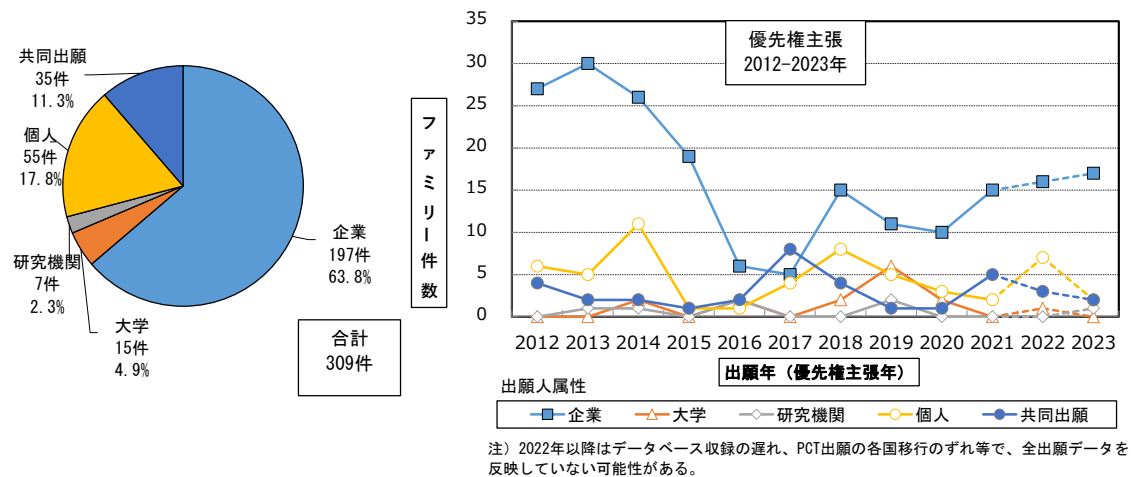
参考

図-参-10 [出願先：日米欧中韓 WO][出願人国籍・地域別][出願人属性別]パテントファミリー件数年次推移およびパテントファミリー件数比率（出願人国籍・地域：韓国）



参考

図-参-11 [出願先：日米欧中韓 WO][出願人国籍・地域別][出願人属性別]パテントファミリー件数年次推移およびパテントファミリー件数比率（出願人国籍・地域：その他国籍）



(2) 技術区分別動向調査

各小区分を付与されたパテントファミリー件数および IPF の件数とその比重 (PF/IPF 全件数に対する比率) を表-参-1~表-参-3 に示す。

ここでは、パテントファミリー件数および IPF 件数の比重のいずれかが 1%以上である小区分およびそれを含む中区分を詳細分析対象とした。こうして選んだ詳細分析対象は表-参-1~表-参-3 において黄色で塗りつぶしている。

表-参-1 各小区分の比重 (1/3)

大区分 Code	内容	中区分 Code	内容	小区分 Code	内容	PF 13,965件		IPF 8,512件	
						件数	比重	件数	比重
A	用途	A01	発電	A0101	系統用電源	399	2.9%	220	2.6%
				A0102	自家発電	917	6.6%	354	4.2%
				A0103	分散型電源	175	1.3%	78	0.9%
				A0104	非常用電源	70	0.5%	21	0.2%
				A0108	不特定の発電	1,194	8.5%	576	6.8%
				A0199	その他の発電	186	1.3%	84	1.0%
				A02	運輸	A0201	乗用車・二輪車	4,798	34.4%
		A0202	大型商用車 (HDV)	3,401	24.4%	1,542	18.1%		
		A0203	船舶	3,490	25.0%	1,018	12.0%		
		A0204	鉄道	1,270	9.1%	741	8.7%		
		A0205	航空・ドローン	893	6.4%	556	6.5%		
		A0206	港湾搬送機器	32	0.2%	15	0.2%		
		A0207	モビリティサービス用	11	0.1%	8	0.1%		
		A0208	不特定の運輸	330	2.4%	157	1.8%		
		A0299	その他の運輸	56	0.4%	25	0.3%		
		A03	産業	A0301	工作機械	138	1.0%	82	1.0%
		A0302	土木・建築	236	1.7%	145	1.7%		
		A0303	鉱山	138	1.0%	66	0.8%		
		A0304	農業	127	0.9%	59	0.7%		
		A0305	林業	28	0.2%	20	0.2%		
		A0306	漁業	133	1.0%	34	0.4%		
		A0308	不特定の産業	206	1.5%	117	1.4%		
		A0399	その他の産業	78	0.6%	35	0.4%		
		A04	民生	A0401	小型携帯動力機器 (草刈り機など)	62	0.4%	13	0.2%
		A0402	発電機 (家庭・小規模事業者用)	52	0.4%	30	0.4%		
		A0403	コージェネレーションユニット	113	0.8%	48	0.6%		
		A0408	不特定の民生	32	0.2%	14	0.2%		
		A0499	その他の民生	33	0.2%	12	0.1%		
		A08	不特定の用途	A0808	不特定の用途	3,316	23.7%	1,332	15.6%
		A09	その他の用途	A0999	その他の用途	132	0.9%	53	0.6%
B	形式	B01	非容積型 (タービン)	B0101	非容積型 (タービン)	2,028	14.5%	1,093	12.8%
				B0201	ガソリン型	3,234	23.2%	1,350	15.9%
				B0202	ディーゼル型	3,452	24.7%	1,438	16.9%
				B0203	不特定のレシプロ	3,470	24.8%	1,320	15.5%
		B03	ロータリー	B0301	ロータリーエンジン	165	1.2%	44	0.5%
		B04	自由ピストンエンジン	B0401	自由ピストンエンジン	52	0.4%	31	0.4%
		B05	改修型 (レトロフィット) 内燃機関	B0401	改修型 (レトロフィット) 内燃機関	73	0.5%	35	0.4%
		B08	不特定の形式	B0808	不特定の形式	2,475	17.7%	701	8.2%
		B09	その他の形式	B0999	その他の形式	348	2.5%	144	1.7%

表-参-2 各小区分の比重 (2 / 3)

大区分 Code	内容	中区分 Code	内容	小区分 Code	内容	PF 13,965件		IPF 8,512件			
						件数	比重	件数	比重		
C	燃料	C01	気体燃料	C0101	天然ガス	5,536	39.6%	2,024	23.8%		
				C0102	水素	3,060	21.9%	1,618	19.0%		
				C0103	アンモニア	910	6.5%	383	4.5%		
				C0104	電解ガス(水素+酸素)	214	1.5%	88	1.0%		
				C0108	不特定の気体燃料	1,403	10.0%	563	6.6%		
				C0199	その他の気体燃料	1,391	10.0%	553	6.5%		
				C02	液体燃料	C0201	メタノール	1,106	7.9%	391	4.6%
						C0202	エタノール	894	6.4%	516	6.1%
						C0203	その他アルコール類(1-ブタノール等)	216	1.5%	131	1.5%
		C0204	液化アンモニア			218	1.6%	68	0.8%		
		C0205	e-Fuel			61	0.4%	27	0.3%		
		C0206	バイオディーゼルの油			340	2.4%	207	2.4%		
		C0207	DME			256	1.8%	119	1.4%		
		C0208	不特定の液体燃料			232	1.7%	105	1.2%		
		C0299	その他の液体燃料			1,057	7.6%	375	4.4%		
		C03	混合燃料			C0301	ガソリン×バイオエタノール	442	3.2%	262	3.1%
				C0302	水素×ガソリン	154	1.1%	72	0.8%		
				C0303	水素×ディーゼル	136	1.0%	82	1.0%		
				C0304	LPG×ガソリン(またはCNG)	161	1.2%	85	1.0%		
				C0305	アンモニア×水素	182	1.3%	60	0.7%		
				C0306	アンモニア×重油	35	0.3%	23	0.3%		
				C0307	天然ガス×水素	262	1.9%	123	1.4%		
				C0308	不特定の混合燃料	162	1.2%	65	0.8%		
				C0399	その他の混合燃料	993	7.1%	404	4.7%		
				C04	燃料切替(Dual-fuelなど)	C0401	Dual Fuel	2,627	18.8%	842	9.9%
		C0402	無段階混合			118	0.8%	48	0.6%		
		C08	不特定の燃料	C0808	不特定の燃料	408	2.9%	244	2.9%		
		C09	その他の燃料	C0999	その他の燃料	271	1.9%	123	1.4%		
		D	課題	D01	排出ガス・環境負荷	D0101	NOx(窒素酸化物)	1,874	13.4%	787	9.2%
						D0102	PM・PN	485	3.5%	216	2.5%
						D0103	未燃スリップ	646	4.6%	252	3.0%
						D0104	始動時・低温時の排ガス	80	0.6%	35	0.4%
						D0199	その他の排ガス課題	1,628	11.7%	527	6.2%
						D02	燃料供給	D0201	燃料供給系の課題	4,427	31.7%
				D03	燃焼特性	D0301	着火性	837	6.0%	394	4.6%
						D0302	燃焼速度	596	4.3%	212	2.5%
						D0303	吸気	270	1.9%	87	1.0%
						D0399	その他の燃焼特性課題	307	2.2%	125	1.5%
						D04	エンジン性能・耐久性	D0401	出力・効率向上	2,340	16.8%
				D0402	燃焼安定性	1,724	12.3%	674	7.9%		
				D0403	耐熱・摩耗・腐食	712	5.1%	354	4.2%		
				D0404	水素脆化	41	0.3%	24	0.3%		
				D0405	始動性・低温時の性能保持	760	5.4%	269	3.2%		
				D0406	高水分量	52	0.4%	26	0.3%		
				D0407	タービン停止	17	0.1%	8	0.1%		
				D0499	その他の性能課題	615	4.4%	212	2.5%		
D05	安全性			D0501	高圧燃料の取扱安全	245	1.8%	104	1.2%		
				D0502	高温部・熱害の保護設計	146	1.0%	89	1.0%		
				D0503	漏洩量の低減	579	4.1%	262	3.1%		
				D0599	その他の安全性課題	422	3.0%	152	1.8%		
D06	コスト・経済性			D0601	燃料コスト低減	1,342	9.6%	445	5.2%		
				D0602	エンジンコストの低減	667	4.8%	255	3.0%		
				D0699	その他の経済性課題	690	4.9%	194	2.3%		
D09	その他の課題			D0999	その他の課題	2,386	17.1%	761	8.9%		

参考

表-参-3 各小区分の比重 (3 / 3)

大区 Code	内容	中区分 Code	内容	小区分 Code	内容	PF 13,965件		IPF 8,512件	
						件数	比重	件数	比重
E	解決策	E01	エンジン全体設計	E0101	レトロフィットの簡素化	127	0.9%	38	0.4%
				E0199	その他のエンジン全体設計	200	1.4%	68	0.8%
		E02	レシプロ構成要素	E0201	本体系	692	5.0%	254	3.0%
				E0202	吸排気動弁系	1,566	11.2%	579	6.8%
				E0203	点火系	667	4.8%	283	3.3%
				E0204	燃料噴射系	2,960	21.2%	1,238	14.5%
				E0205	運動部品系	548	3.9%	271	3.2%
				E0206	潤滑系・冷却系	393	2.8%	163	1.9%
				E0207	排気後処理系	771	5.5%	304	3.6%
				E0299	その他のレシプロ構成要素	423	3.0%	122	1.4%
		E03	タービン構成要素	E0301	燃焼器	633	4.5%	374	4.4%
				E0302	予燃焼器	45	0.3%	32	0.4%
				E0303	バーナーチップ	172	1.2%	87	1.0%
				E0304	タービンレード	67	0.5%	35	0.4%
				E0399	その他のタービン構成要素	300	2.1%	188	2.2%
		E04	周辺機器	E0401	配管、バルブ	3,163	22.6%	1,125	13.2%
				E0402	加圧装置	1,772	12.7%	716	8.4%
				E0403	熱交換器	1,605	11.5%	542	6.4%
				E0404	封止構造	283	2.0%	121	1.4%
				E0405	フィルター	429	3.1%	150	1.8%
				E0406	レシプロ以外の潤滑・冷却系	312	2.2%	148	1.7%
				E0407	レシプロ以外の排気後処理系	385	2.8%	163	1.9%
				E0408	センサー類	1,923	13.8%	765	9.0%
				E0499	その他の周辺機器類	3,029	21.7%	1,063	12.5%
				E05	材料	E0501	鋼材	99	0.7%
		E0502	非鉄金属			95	0.7%	49	0.6%
		E0503	非金属材料			129	0.9%	86	1.0%
		E0504	塗装			65	0.5%	27	0.3%
		E0505	触媒			687	4.9%	337	4.0%
		E0599	その他の材料			309	2.2%	135	1.6%
		E06	燃焼方式	E0601	希薄燃焼(リーンバーン)	157	1.1%	54	0.6%
				E0602	EGR(排気再循環)	392	2.8%	183	2.1%
				E0603	過給+高圧噴射	107	0.8%	49	0.6%
E0699	その他の燃焼方式			227	1.6%	71	0.8%		
E07	制御	E0701	燃料判別	217	1.6%	123	1.4%		
		E0702	混合比制御	898	6.4%	366	4.3%		
		E0703	燃料噴射制御	2,023	14.5%	805	9.5%		
		E0704	燃料切り替え	723	5.2%	245	2.9%		
		E0705	点火制御	537	3.8%	251	2.9%		
		E0706	制御ロジック	900	6.4%	455	5.3%		
		E0799	その他の制御技術	1,379	9.9%	654	7.7%		
E09	その他の解決手段	E0999	その他の解決手段	1,255	9.0%	413	4.9%		

参考

技術区分別動向調査の参考情報として、技術区分別一出願人国籍・地域別パテントファミリー件数、技術区分別パテントファミリー件数年次推移、技術区分別分布図（縦軸を拡大係数、横軸を特化係数とする）をそれぞれ示す。

図-参- 12 【出願先：日米欧中韓 WO】[技術区分別一出願人国籍・地域別]パテントファミリー件数（大区分 A「用途」内の中区分）

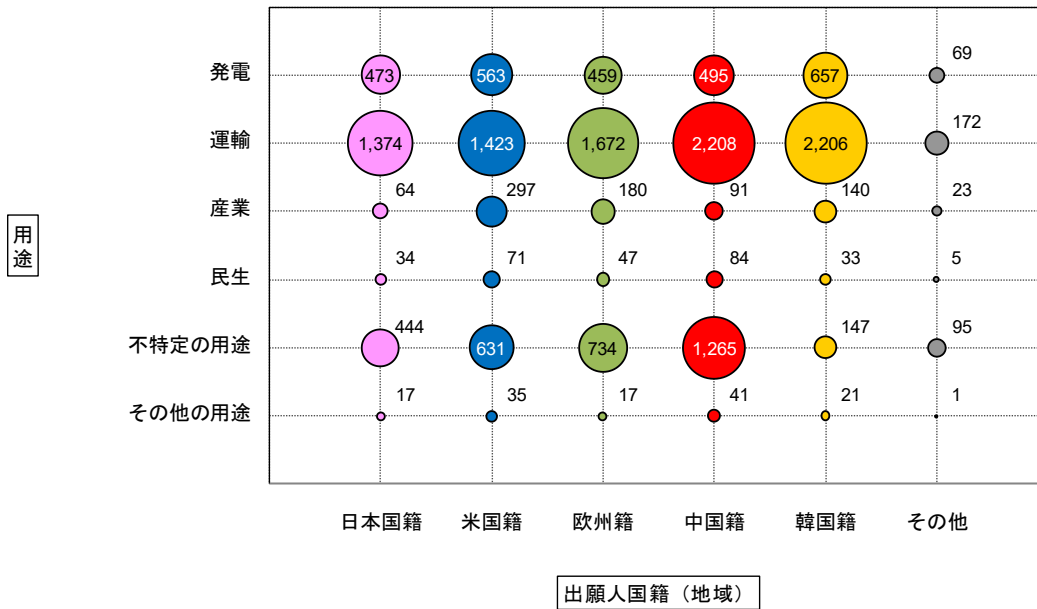
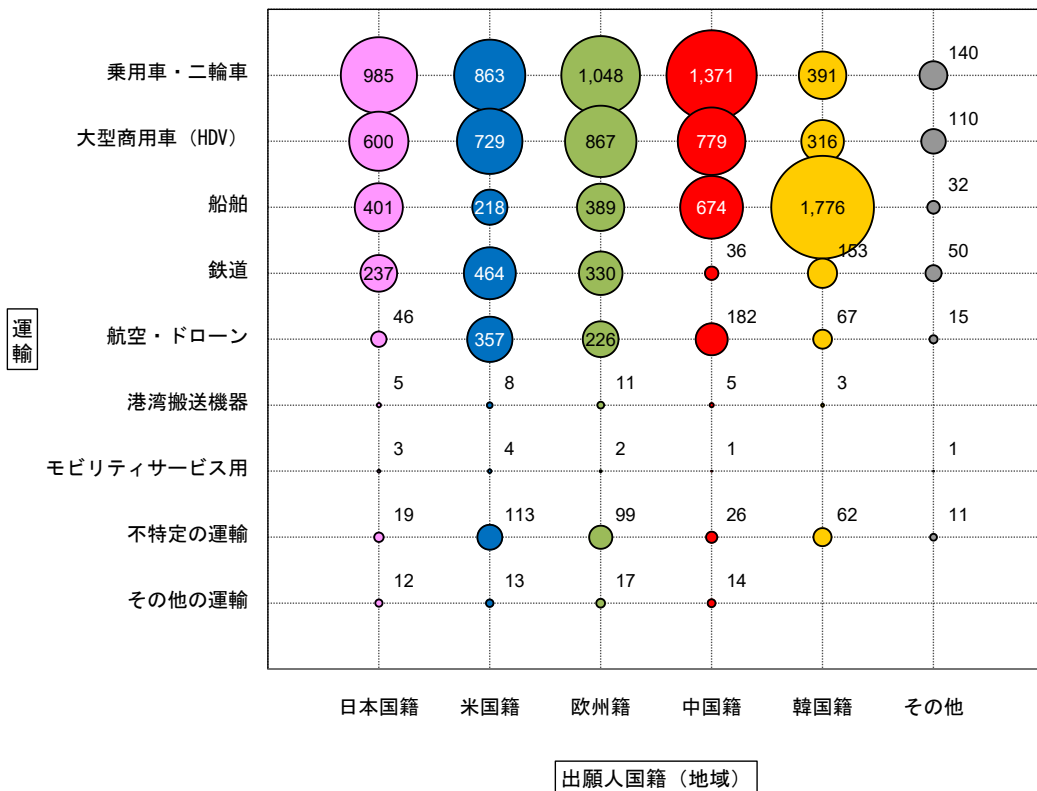


図-参- 13 【出願先：日米欧中韓 WO】[技術区分別一出願人国籍・地域別]パテントファミリー件数（中区分 A02「運輸」内の小区分）



参考

図-参-14 日米欧中韓 WO[技術区分別-出願人国籍・地域別]パテントファミリー件数（大区分 B「形式」内の中区分）

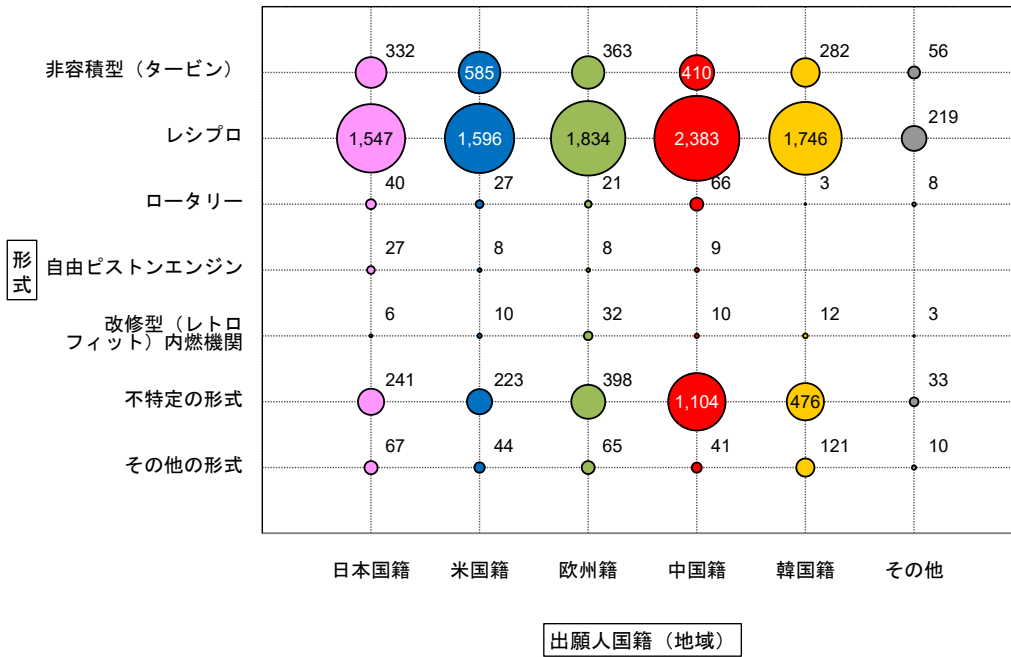
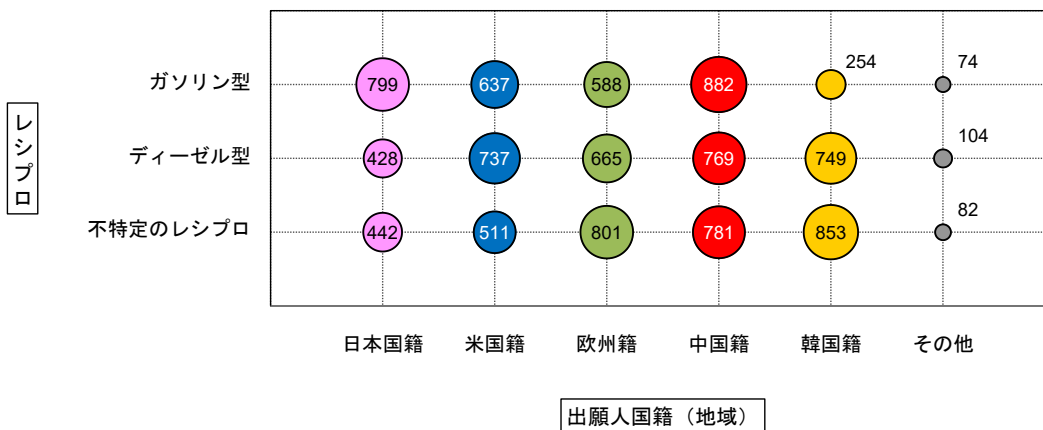


図-参-15 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別-出願人国籍・地域別]パテントファミリー件数（中区分 B02「レシプロ」内の小区分）



参考

図-参-16 【出願先：日米欧中韓 WO】[技術区分別－出願人国籍・地域別]パテントファミリー件数（大区分 C「燃料」内の中区分）

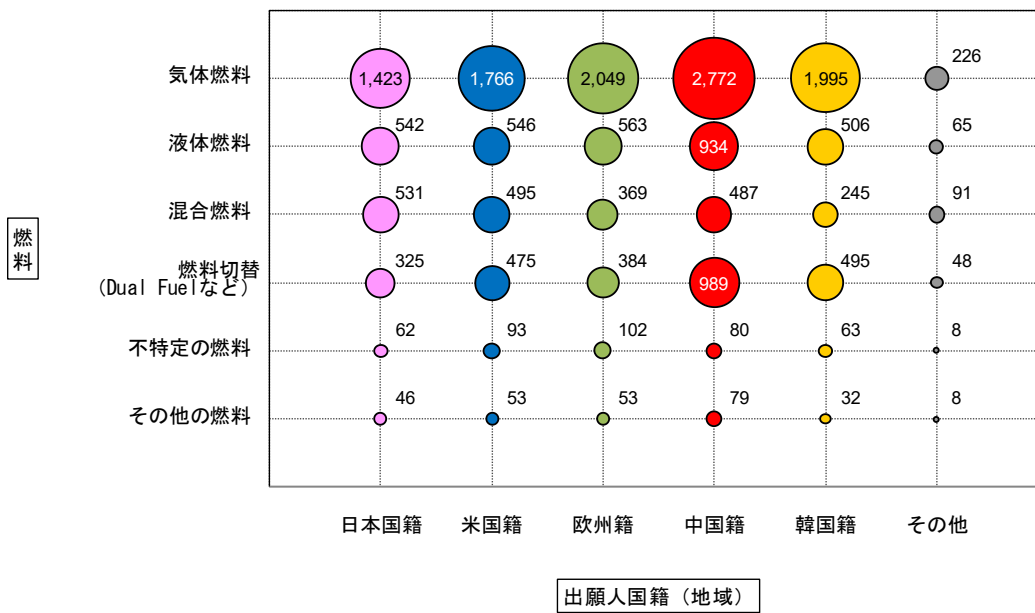
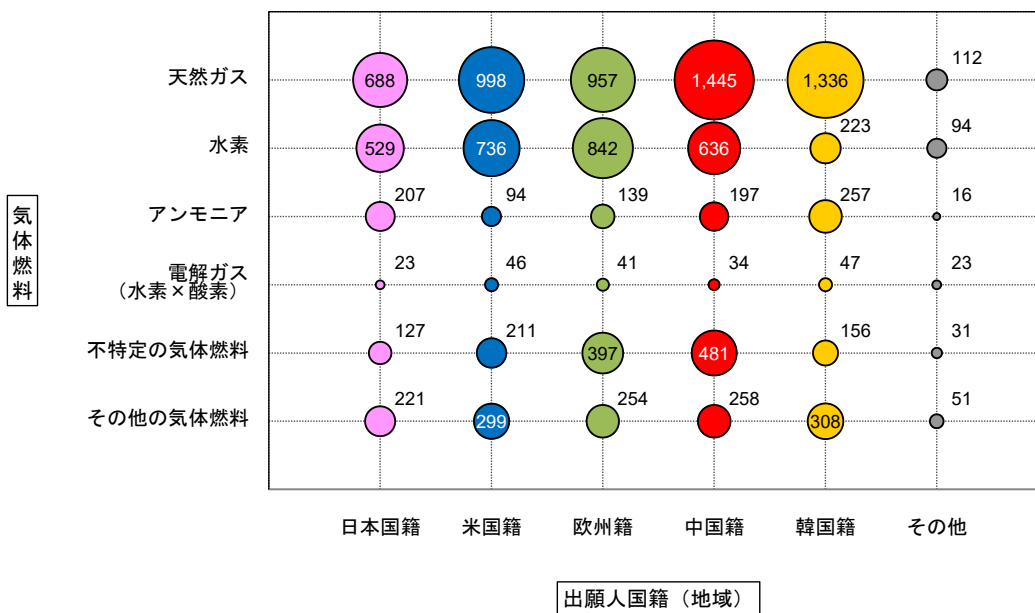


図-参-17 【出願先：日米欧中韓 WO】[技術区分別－出願人国籍・地域別]パテントファミリー件数（中区分 C01「気体燃料」内の小区分）



参考

図-参-18 【出願先：日米欧中韩 WO】[技術区分別—出願人国籍・地域別]パテントファミリー件数（中区分 C02「液体燃料」内の小区分）

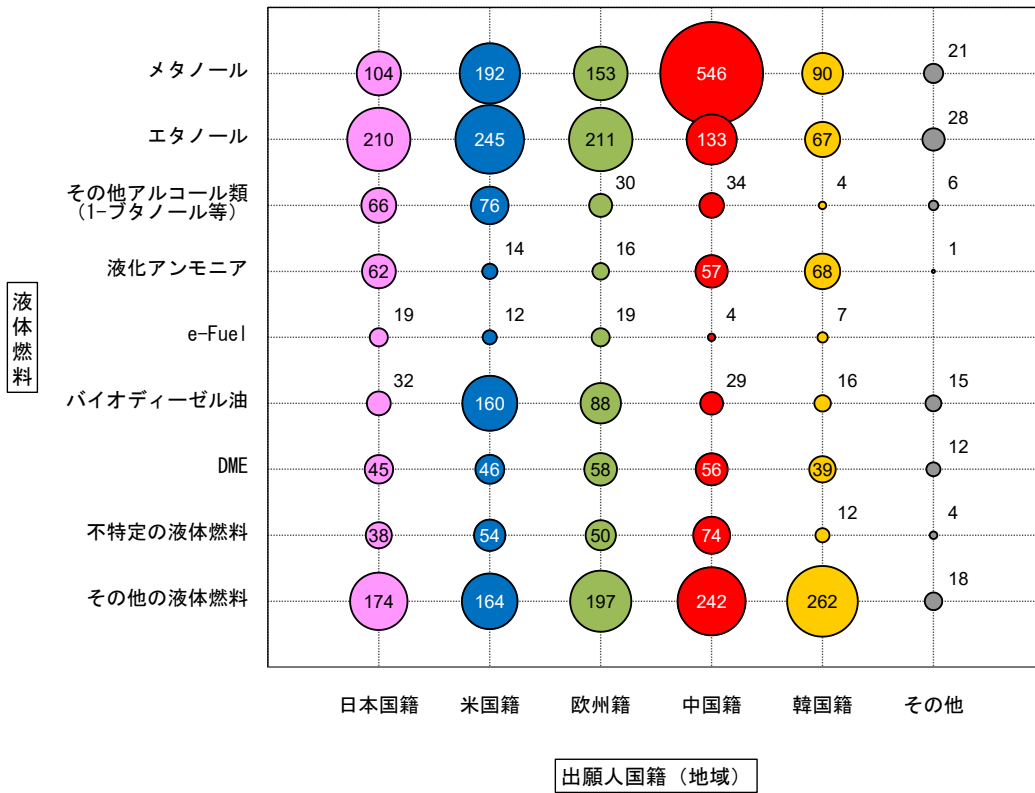
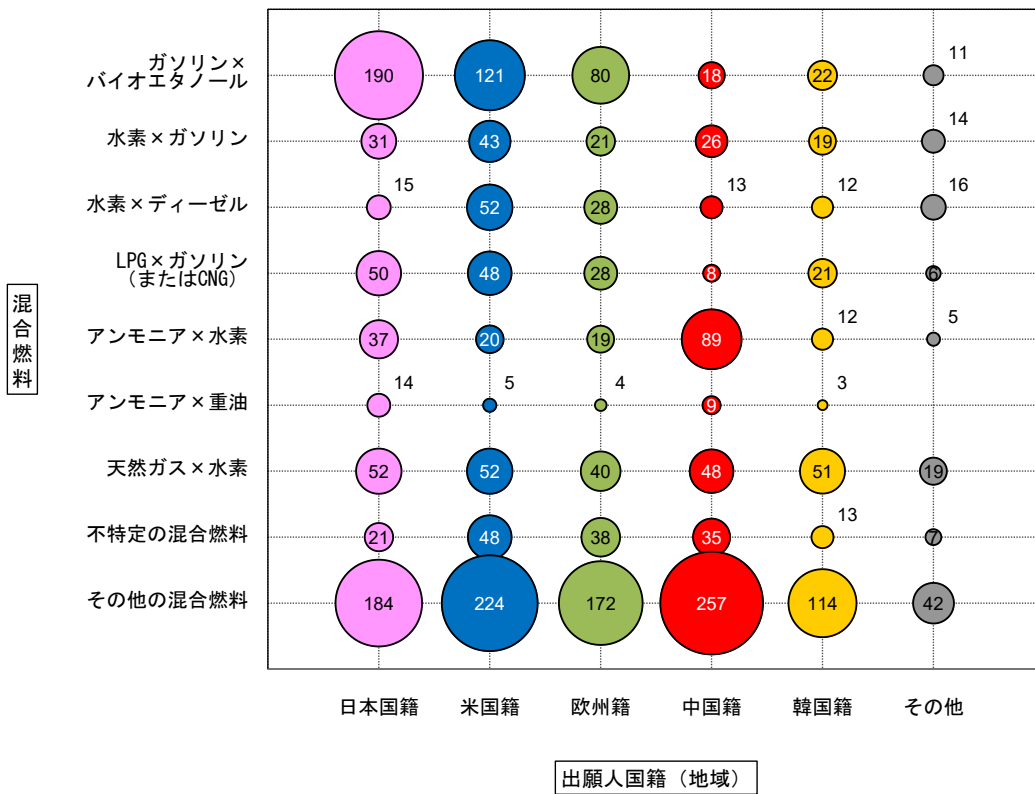
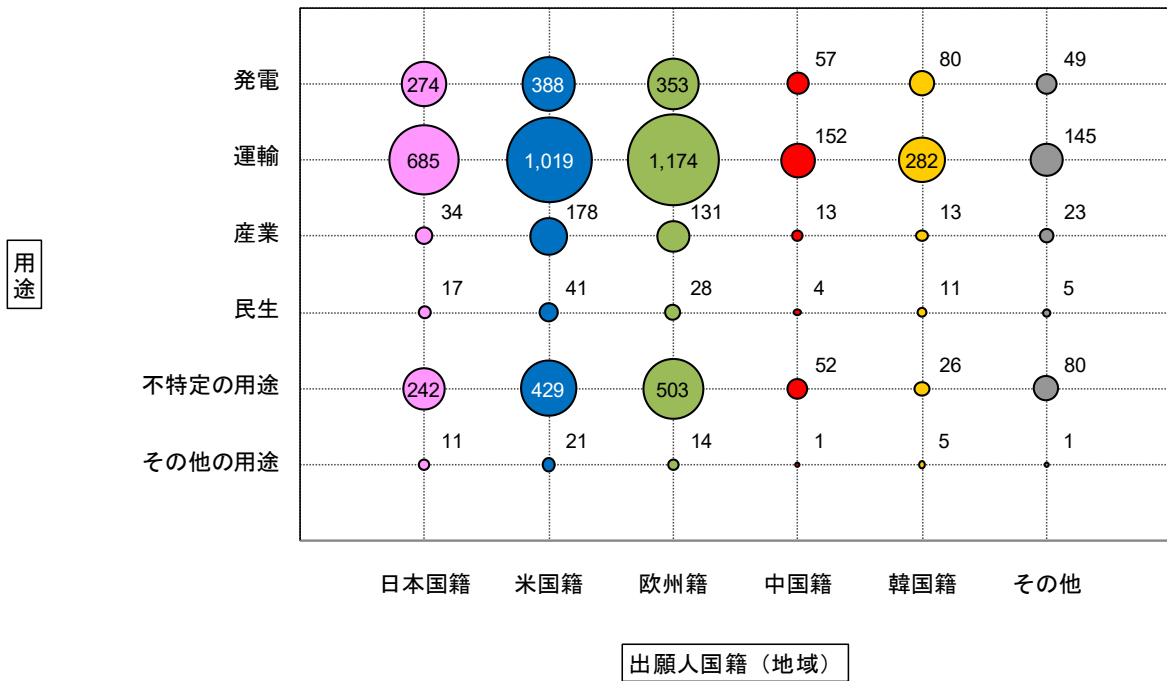


図-参-19 【出願先：日米欧中韩 WO】[技術区分別—出願人国籍・地域別]パテントファミリー件数（中区分 C03「混合燃料」内の小区分）



参考

図-参-20 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別—出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
テントファミリー件数（大区分A「用途」内の中区分）



参考

図-参-21 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別—出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
テントファミリー件数（中区分A01「発電」内の小区分）

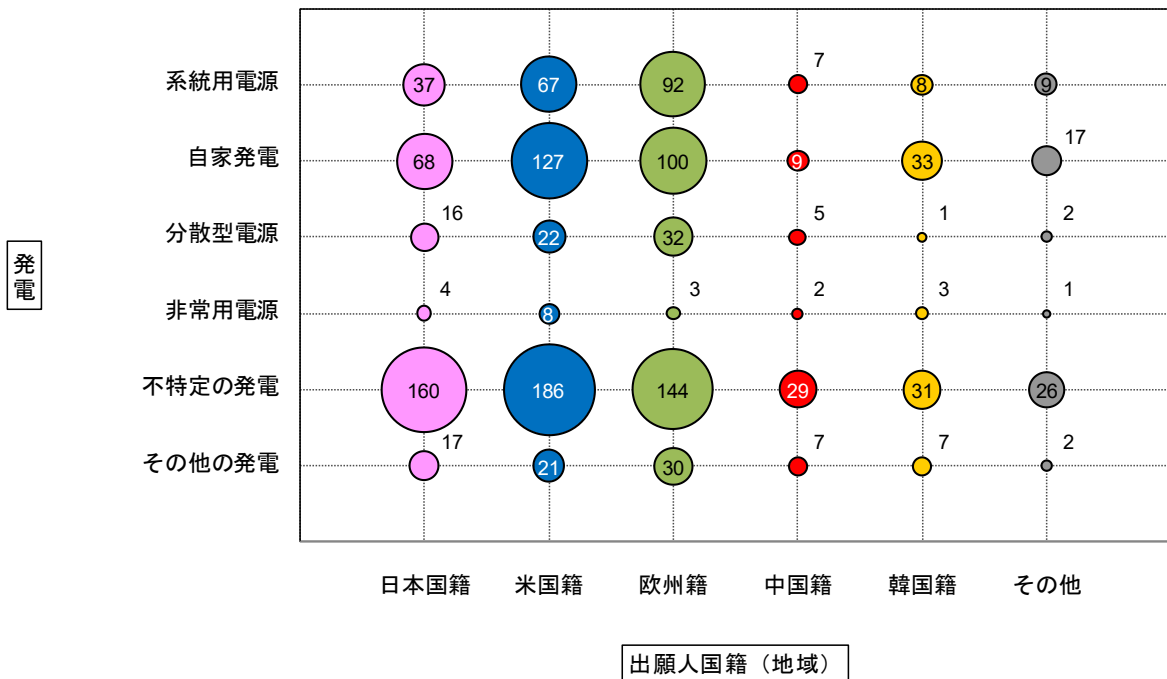


図-参- 22 【出願先：日米欧中韩 WO】[技術区分別—出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
テントファミリー件数（中区分 A02「運輸」内の小区分）

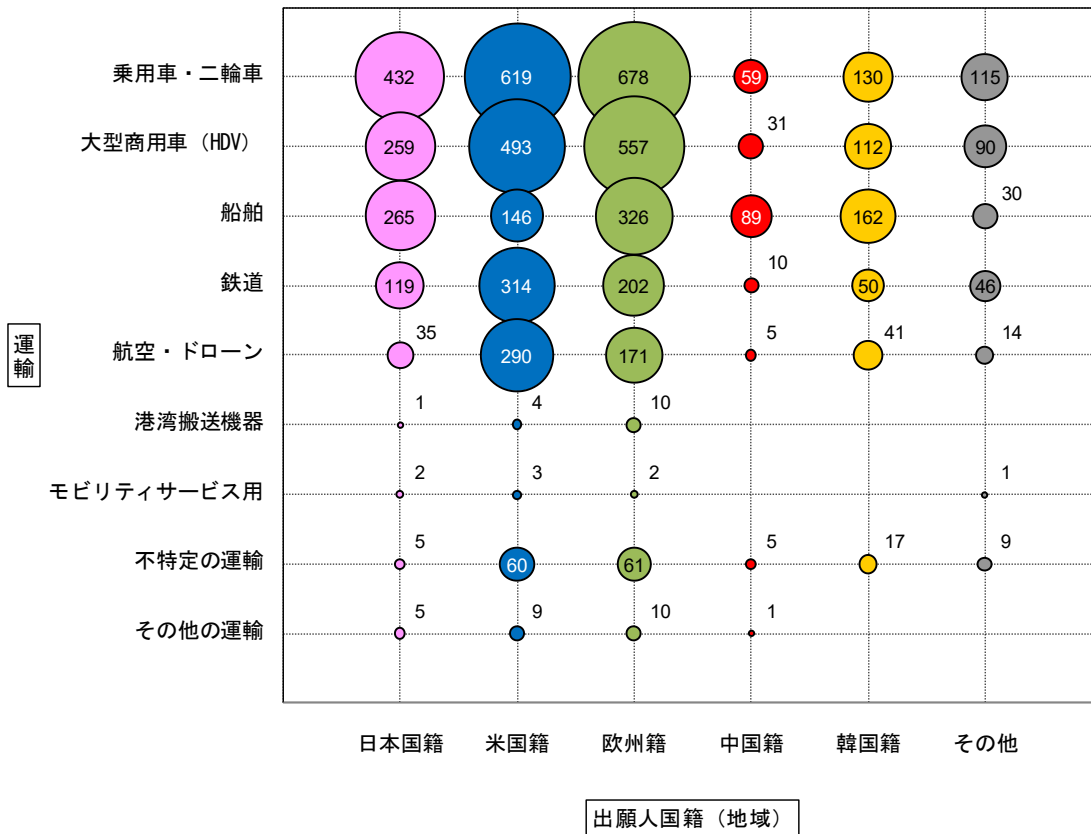
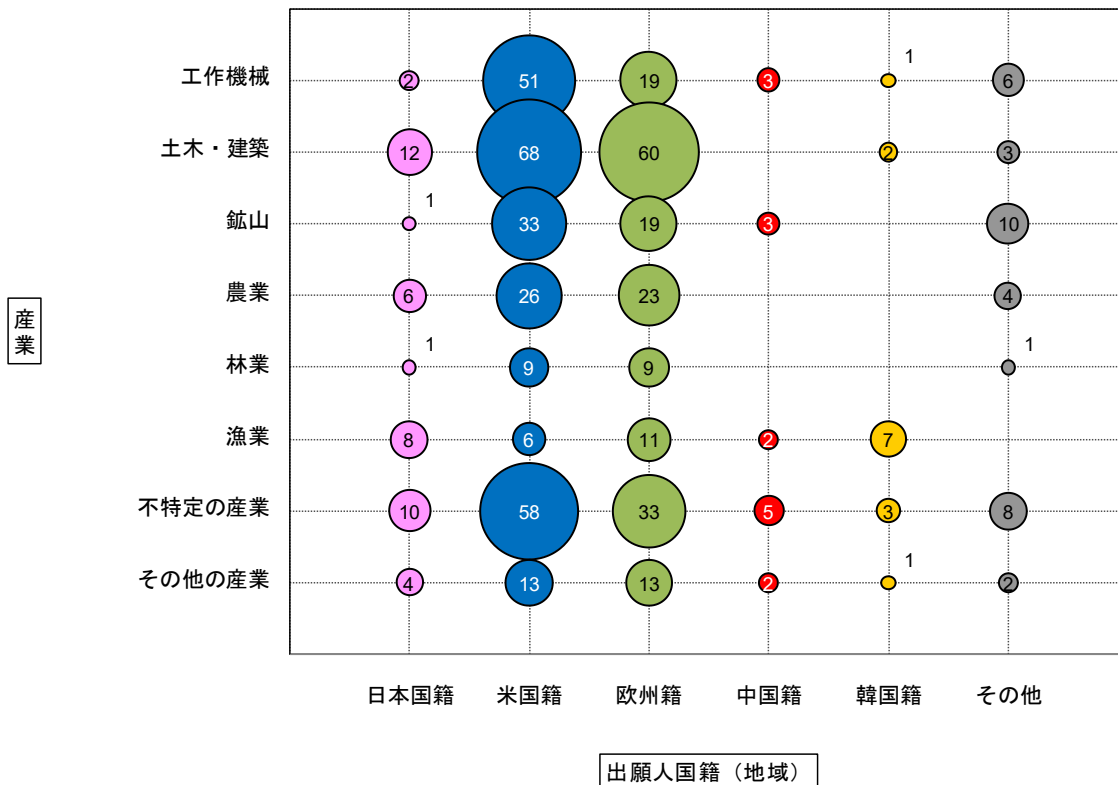


図-参- 23 【出願先：日米欧中韩 WO】[技術区分別—出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
テントファミリー件数（中区分 A03「産業」内の小区分）



参考

図-参-24 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別－出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
テントファミリー件数（大区分 B「形式」内の中区分）

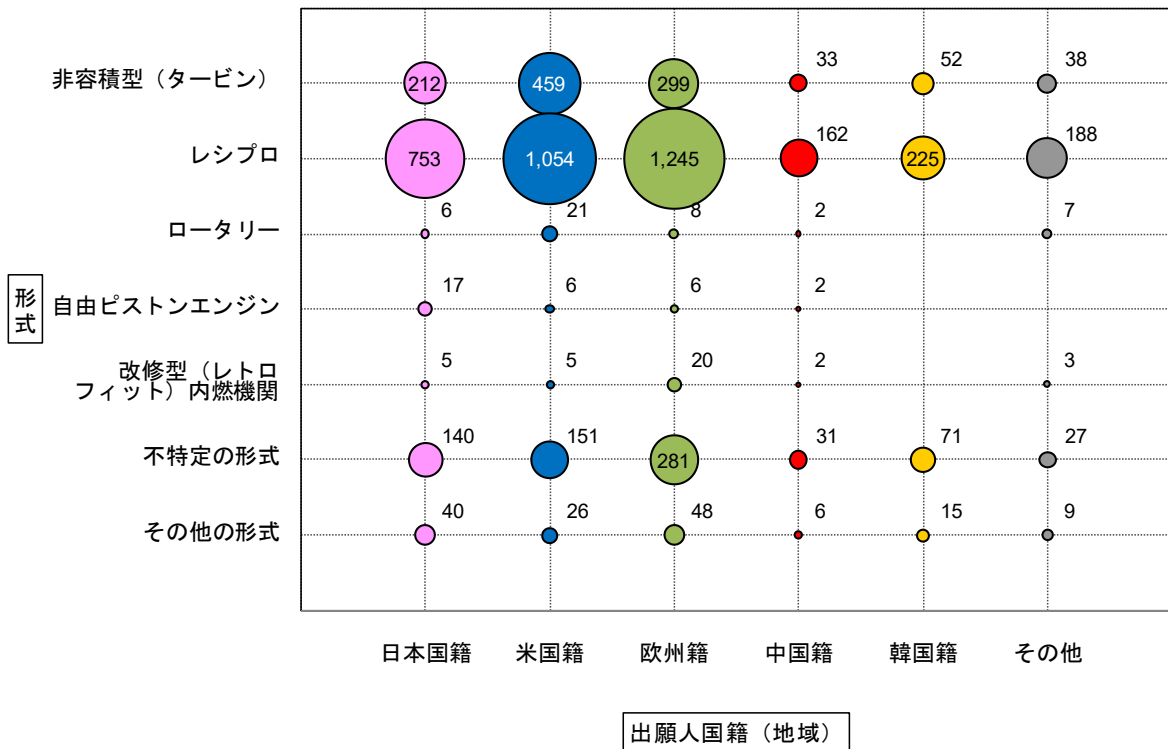


図-参-25 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別－出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
テントファミリー件数（中区分 B02「レシプロ」内の小区分）

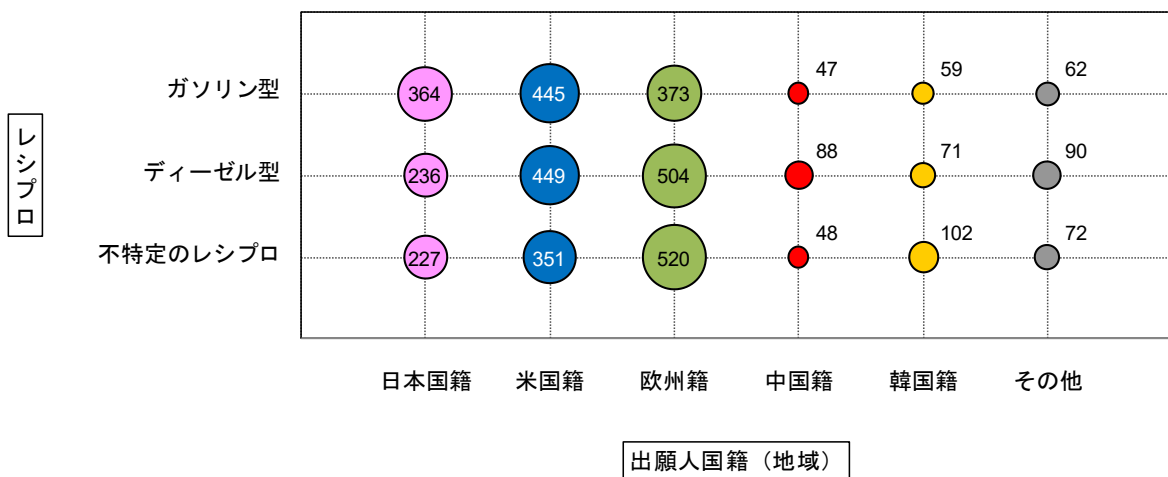


図-参-26 [出願先：日米欧中韩 WO][技術区分別—出願人国籍・地域別][IPF]国際パテントファミリー件数（大区分C「燃料」内の中区分）

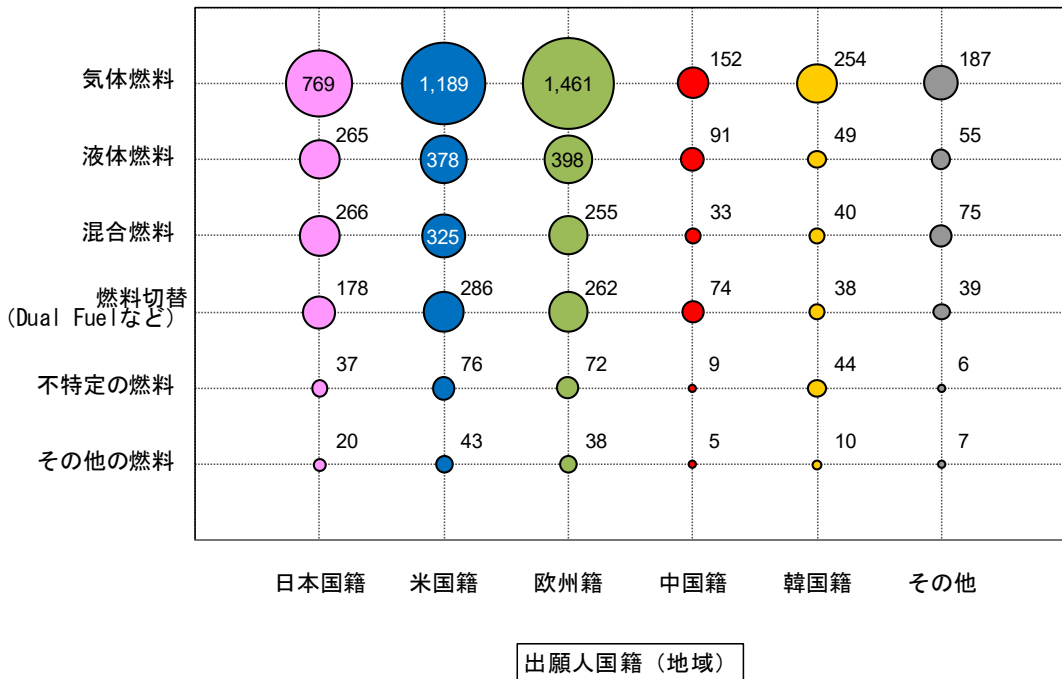
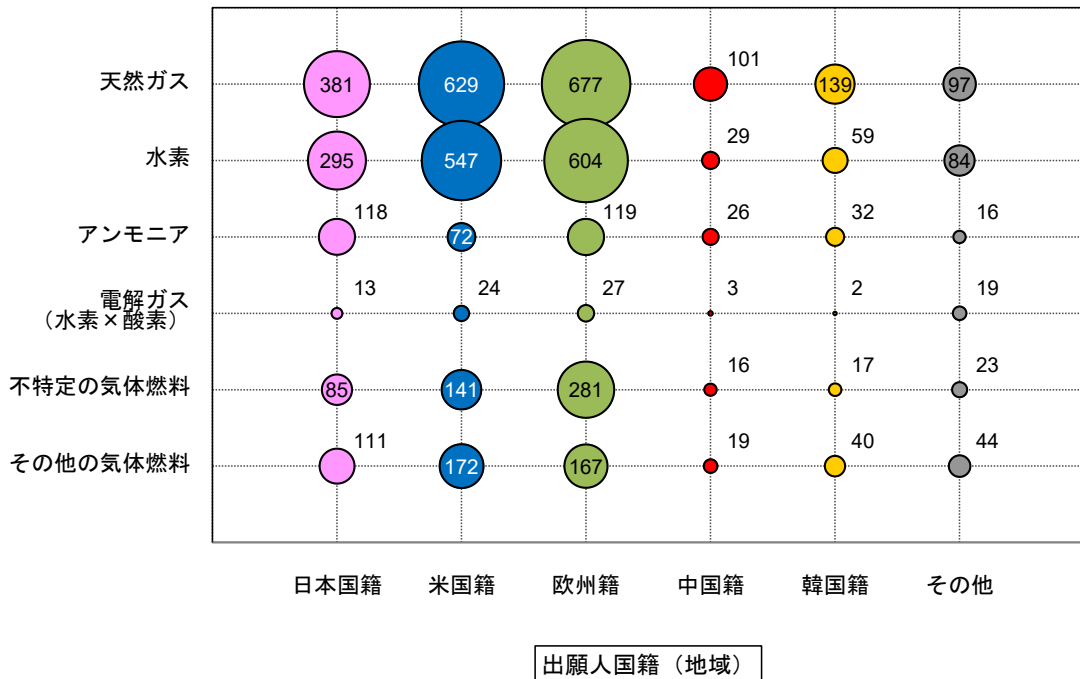
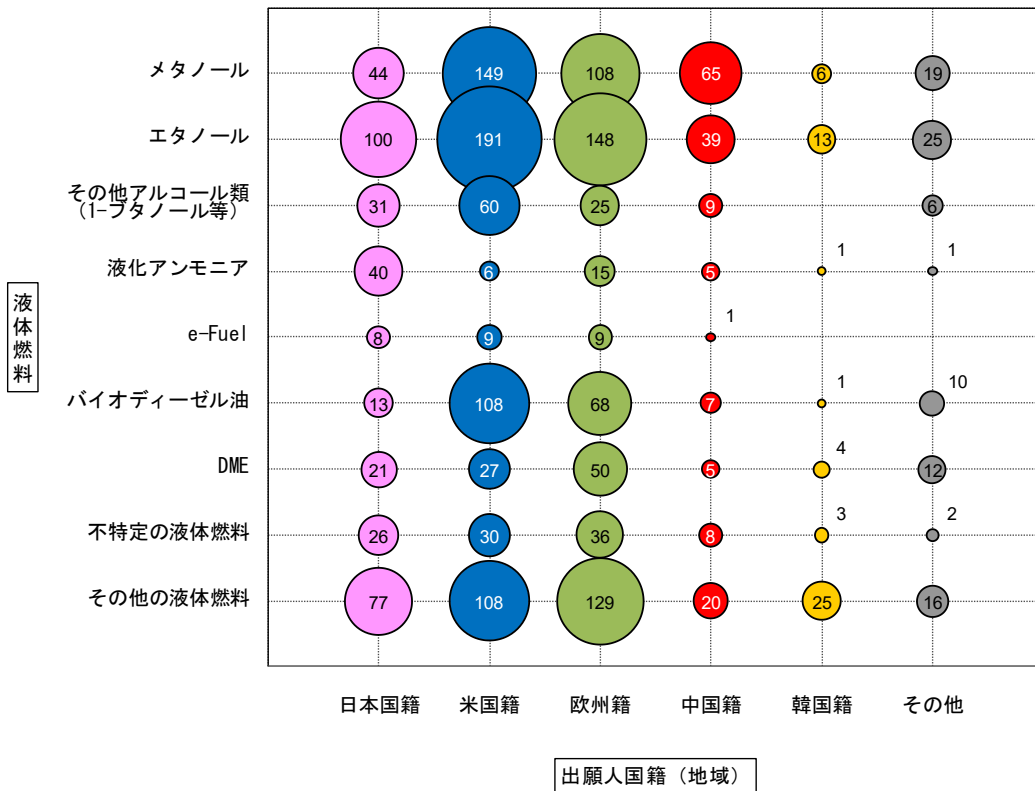


図-参-27 [出願先：日米欧中韩 WO][技術区分別—出願人国籍・地域別][IPF]国際パテントファミリー件数（中区分C01「気体燃料」内の小区分）



参考

図-参-28 [出願先：日米欧中韩 WO][技術区分別—出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
テントファミリー件数（中区分 C02「液体燃料」内の小区分）



参考

図-参-29 [出願先：日米欧中韩 WO][技術区分別—出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
テントファミリー件数（中区分 C03「混合燃料」内の小区分）

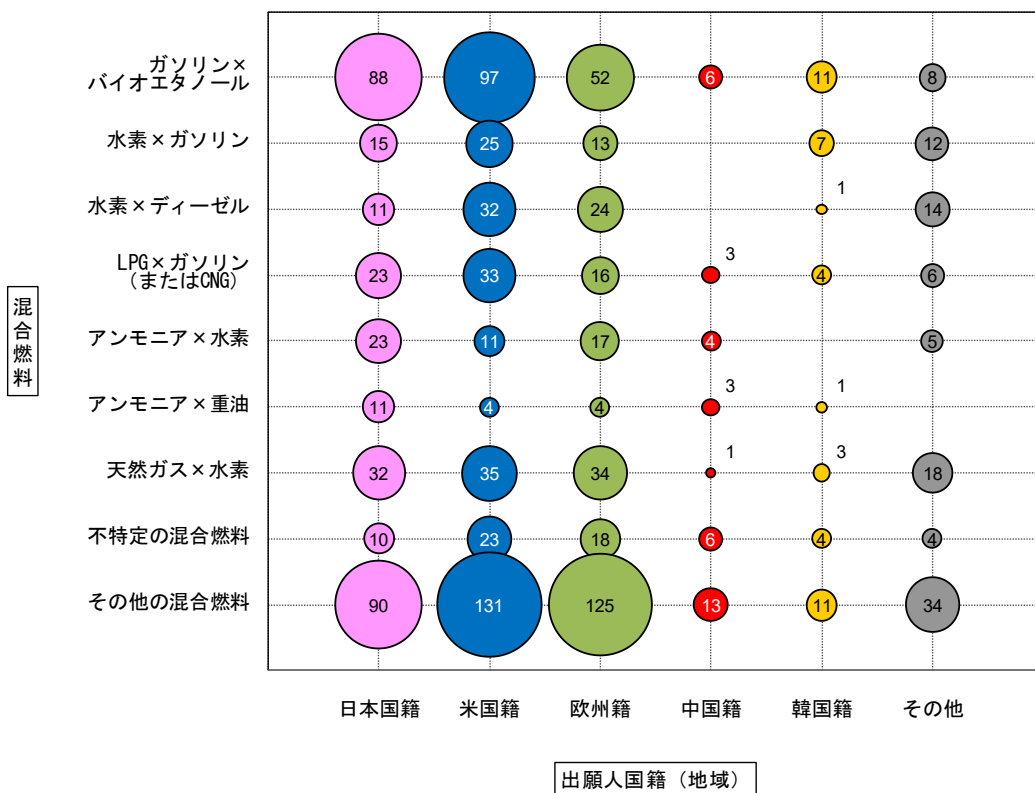


図-参-30 [出願先：日米欧中韩 WO][技術区分別－出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
テントファミリー件数（中区分 C04「燃料切替（Dual Fuel など）」内の小区分）

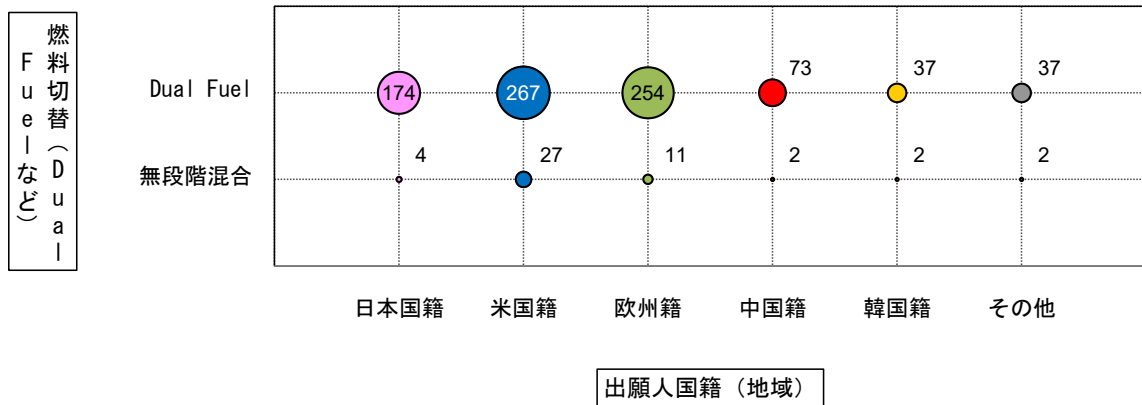
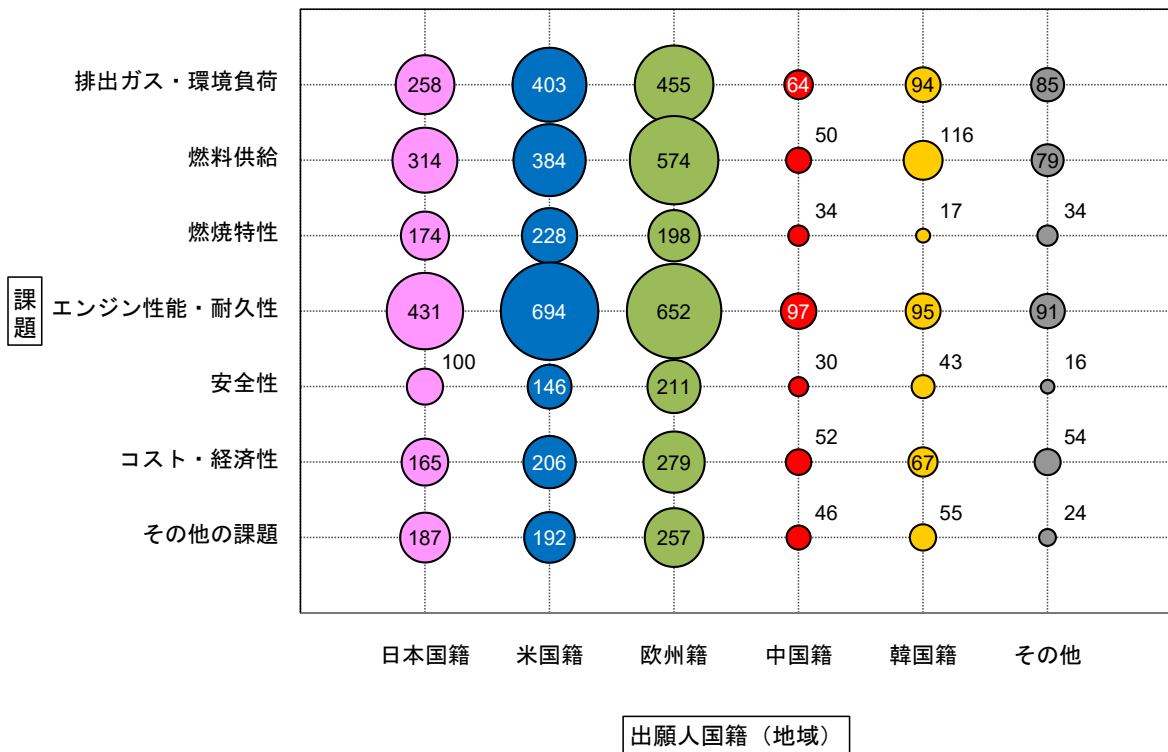
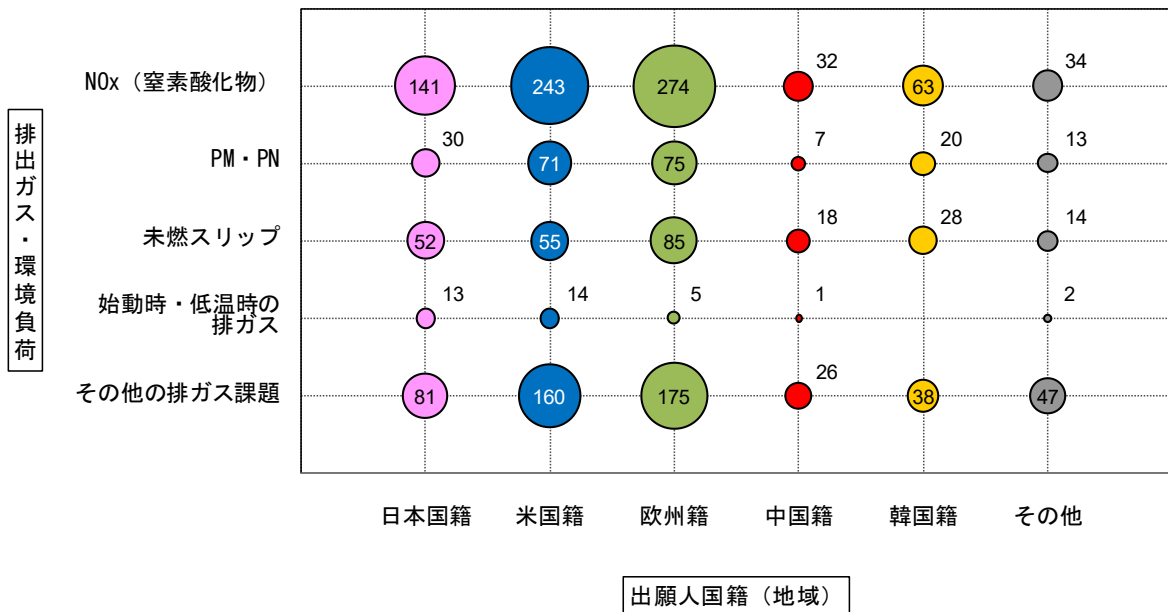


図-参-31 [出願先：日米欧中韩 WO][技術区分別－出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
テントファミリー件数（大区分 D「課題」内の中区分）



参考

図-参- 32 【出願先：日米欧中韩 WO】[技術区分別－出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
テントファミリー件数（中区分 D01「排出ガス・環境負荷」内の小区分）



参考

図-参- 33 【出願先：日米欧中韩 WO】[技術区分別－出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
テントファミリー件数（中区分 D03「燃焼特性」内の小区分）

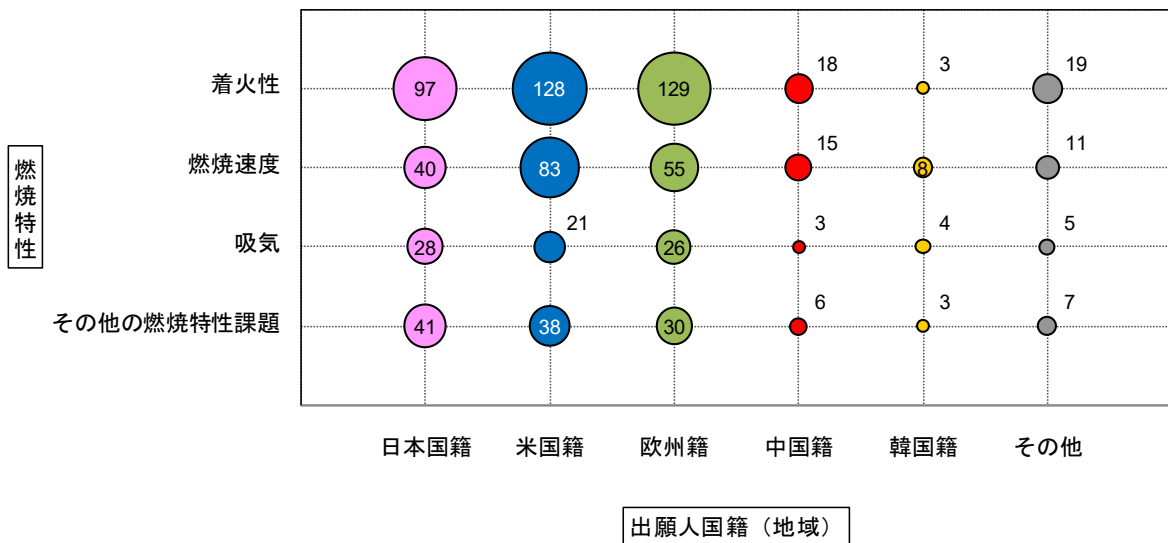


図-参-34 【出願先：日米欧中韓 WO】[技術区分別－出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
テントファミリー件数（中区分 D04「エンジン性能・耐久性」内の小区分）

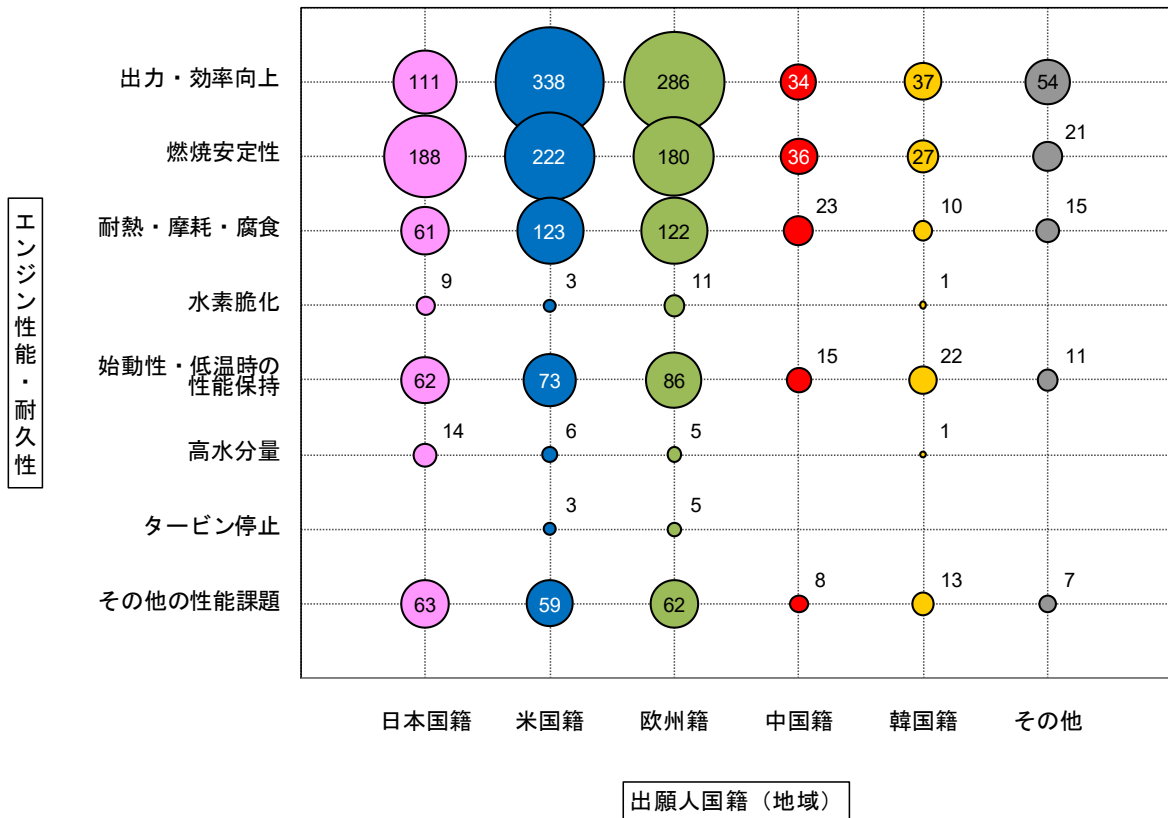


図-参-35 【出願先：日米欧中韓 WO】[技術区分別－出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
テントファミリー件数（中区分 D05「安全性」内の小区分）

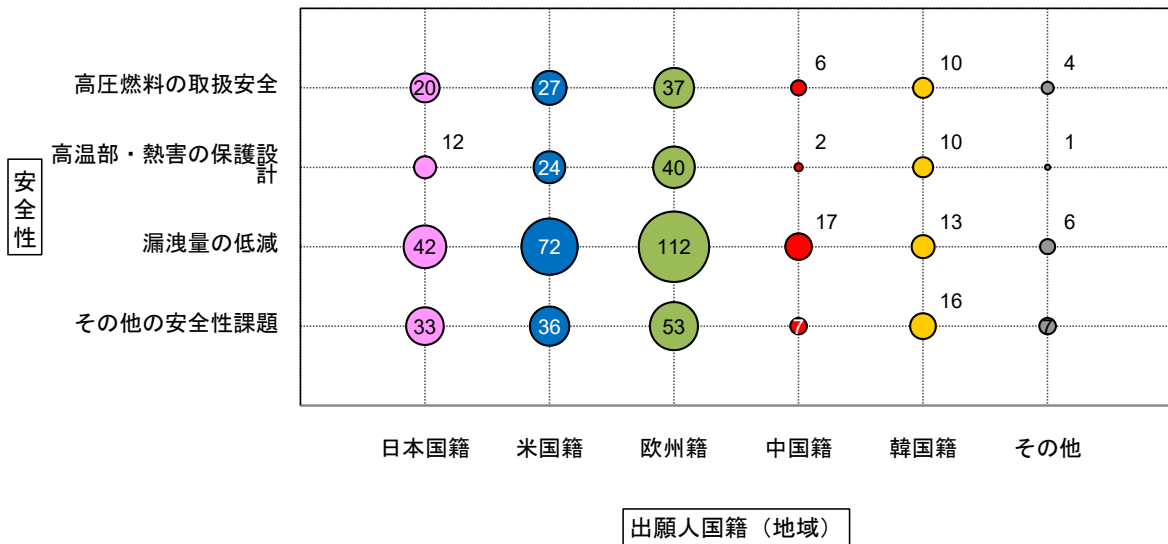
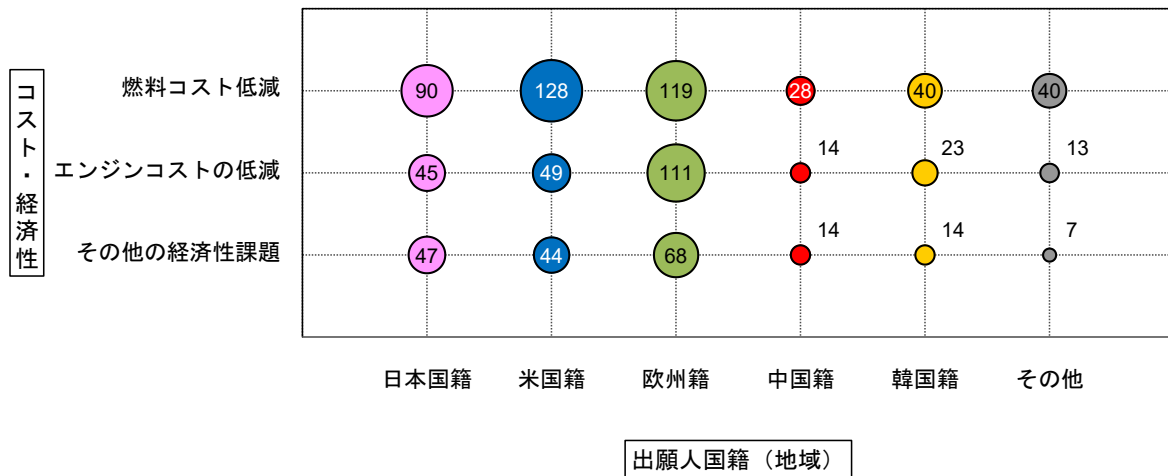


図-参- 36 [出願先：日米欧中韩 WO][技術区分別－出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
テントファミリー件数（中区分 D06「コスト・経済性」内の小区分）



参考

図-参- 37 [出願先：日米欧中韩 WO][技術区分別－出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
テントファミリー件数（大区分 E「解決策」内の中区分）

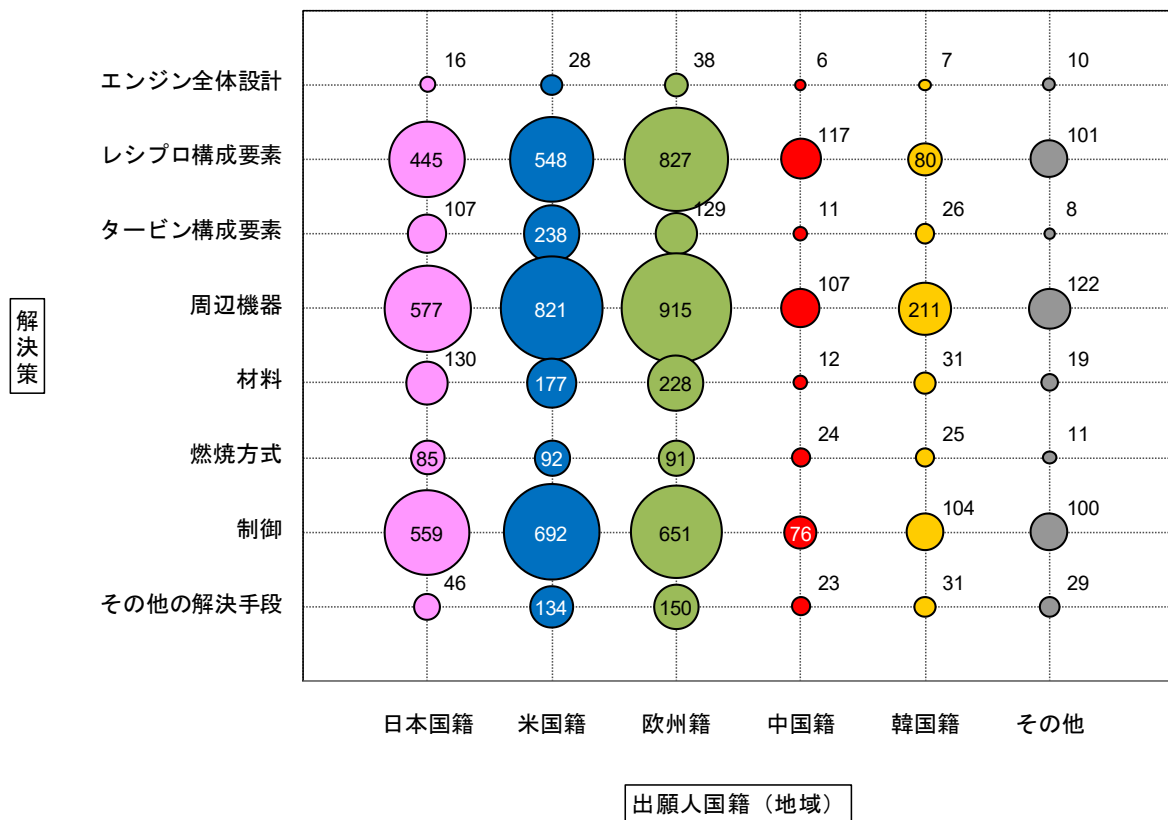


図-参- 38 【出願先：日米欧中韩 WO】[技術区分別－出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
 テントファミリー件数（中区分 E02「レシプロ構成要素」内の小区分）

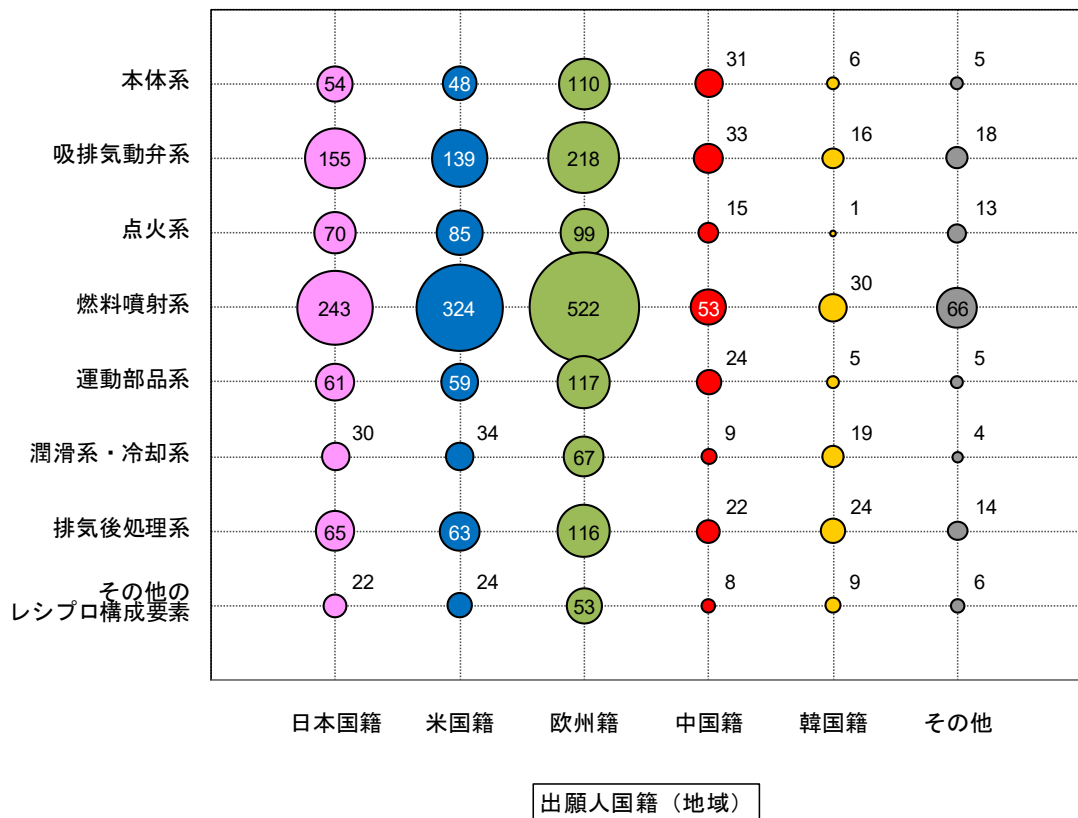
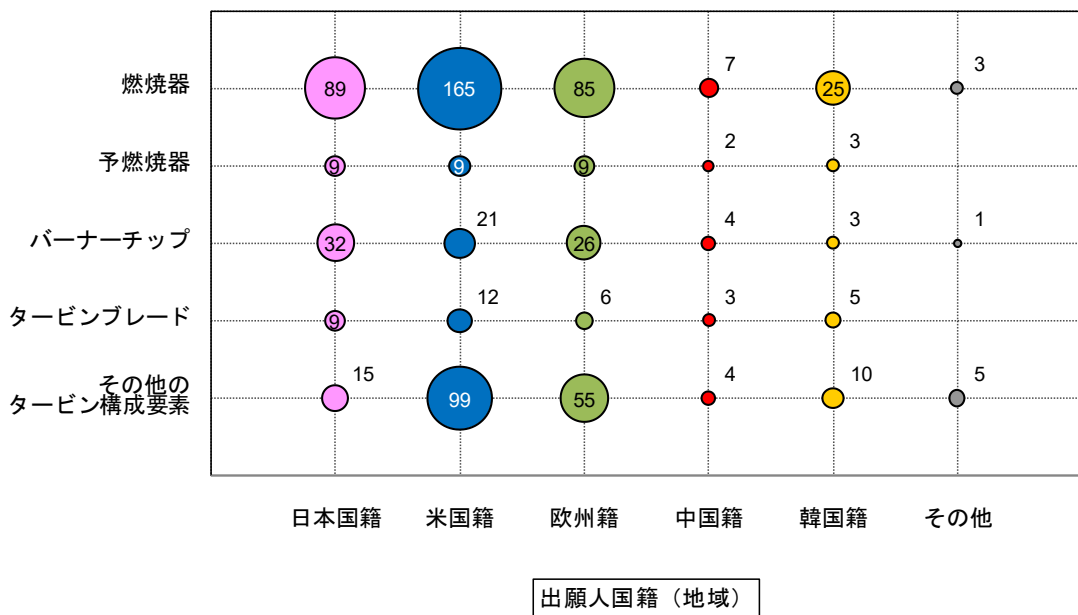


図-参- 39 【出願先：日米欧中韩 WO】[技術区分別－出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
 テントファミリー件数（中区分 E03「タービン構成要素」内の小区分）

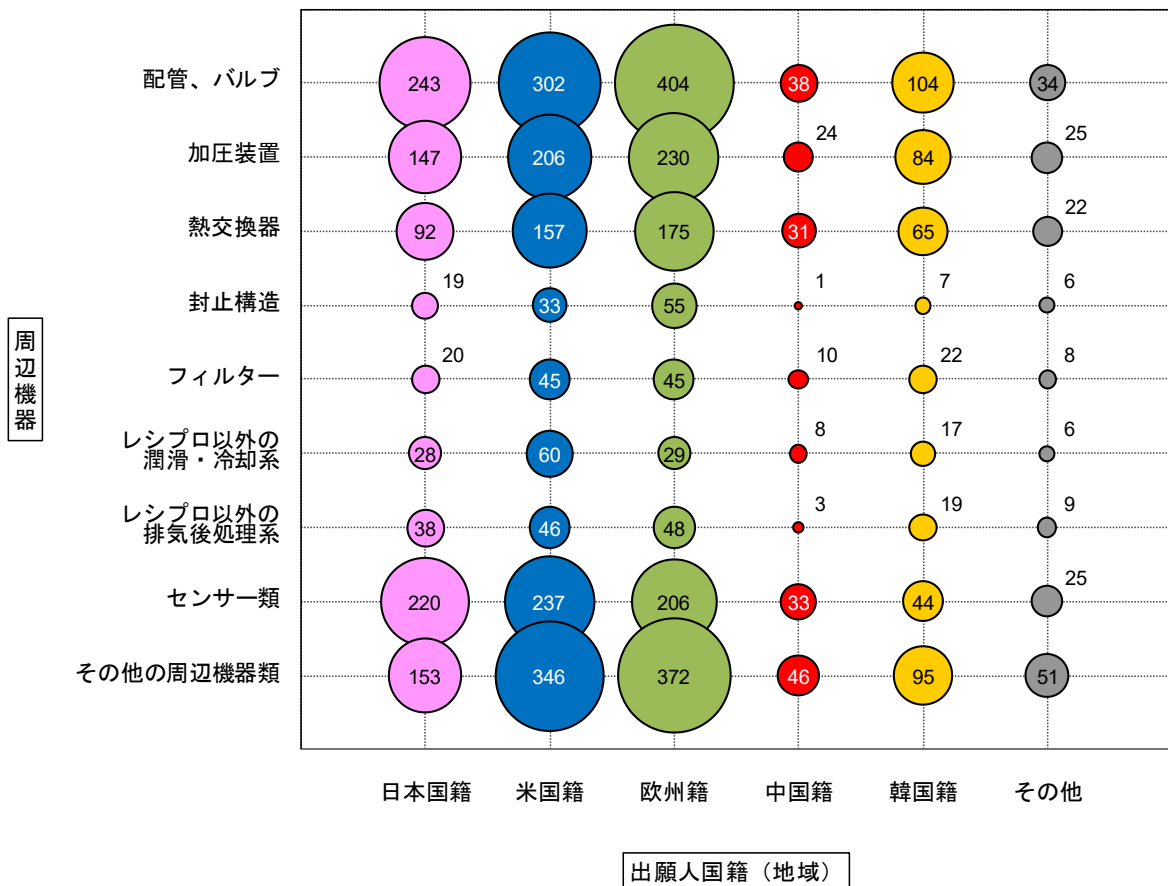


参考

レシプロ構成要素

タービン構成要素

図-参-40 【出願先：日米欧中韓 WO】[技術区分別－出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
 テントファミリー件数（中区分 E04「周辺機器」内の小区分）



参考

図-参-41 【出願先：日米欧中韓 WO】[技術区分別－出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
 テントファミリー件数（中区分 E05「材料」内の小区分）

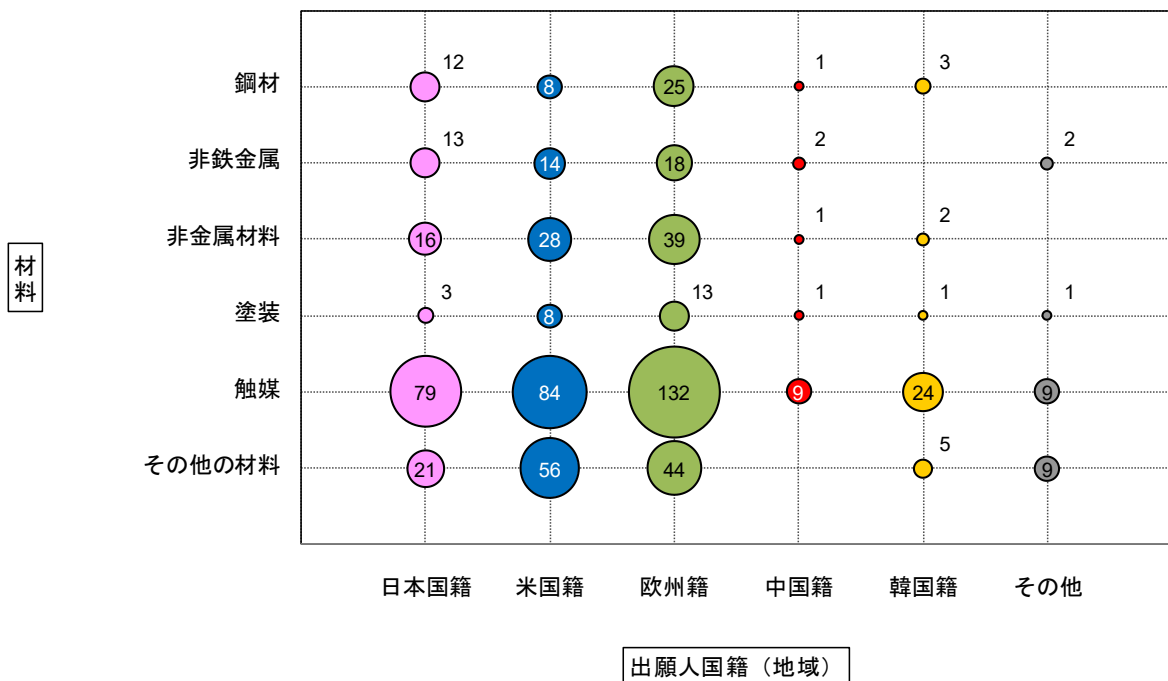


図-参- 42 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別－出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
テントファミリー件数（中区分 E06「燃烧方式」内の小区分）

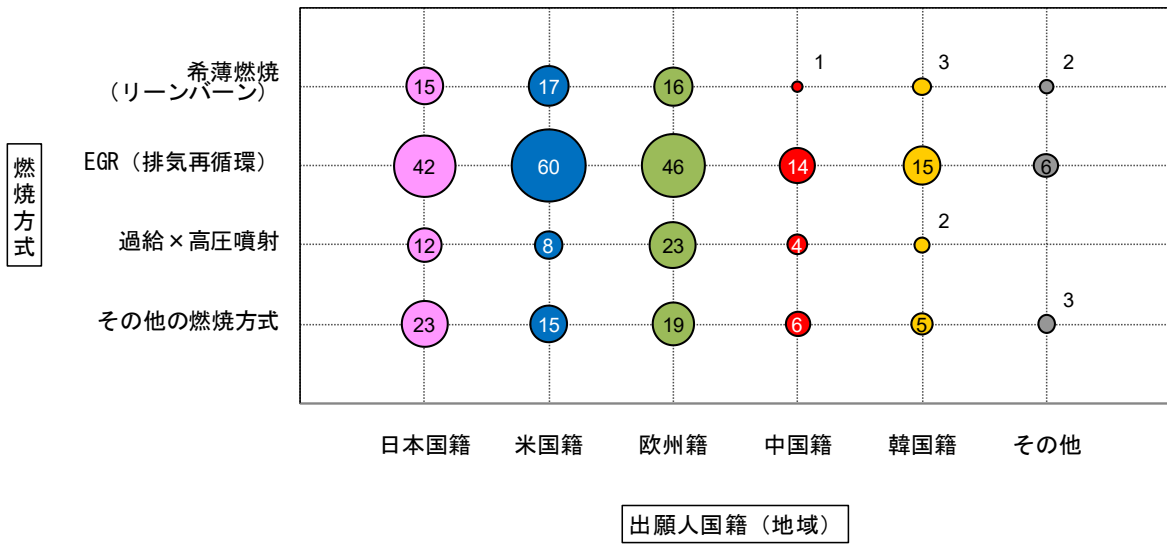
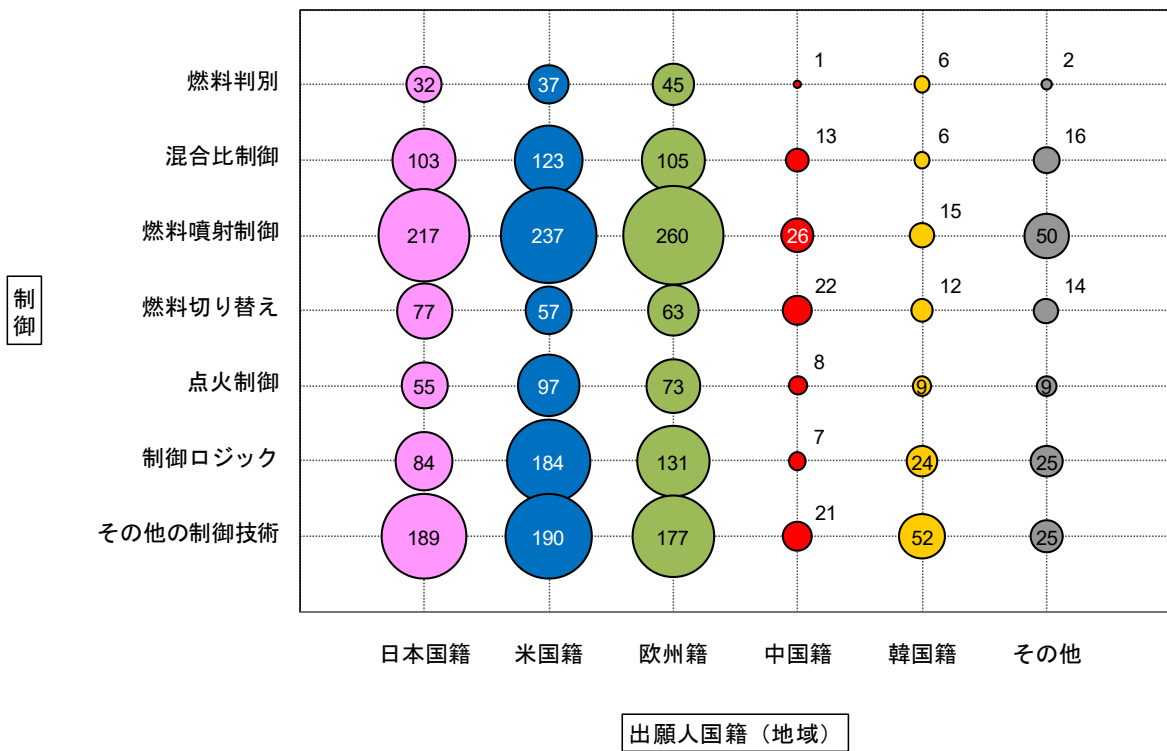
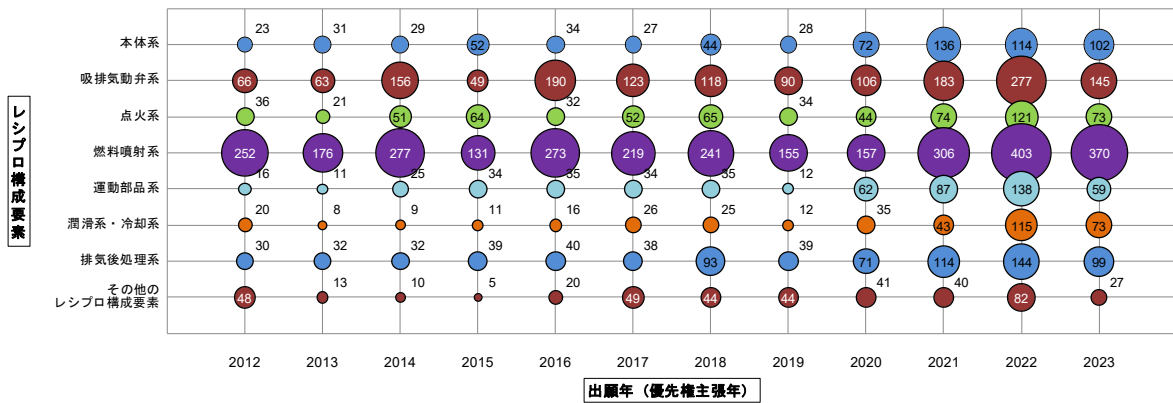


図-参- 43 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別－出願人国籍・地域別][IPF]国際パ
テントファミリー件数（中区分 E07「制御」内の小区分）



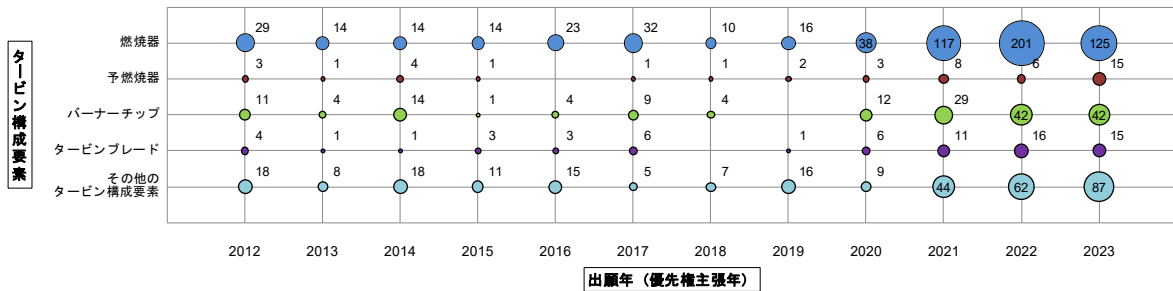
参考

図-参-44 【出願先：日米欧中韓 WO】[技術区分別]パテントファミリー件数年次推移
(中区分 E02「レシプロ構成要素」内の小区分)



注) 2022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、全出願データを反映していない可能性がある。

図-参-45 【出願先：日米欧中韓 WO】[技術区分別]パテントファミリー件数年次推移
(中区分 E03「タービン構成要素」内の小区分)



注) 2022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、全出願データを反映していない可能性がある。

図-参-46 【出願先：日米欧中韓 WO】[技術区分別]縦軸を拡大係数、横軸を特化係数とした、各技術区分の分布図 (中区分 A01「発電」)

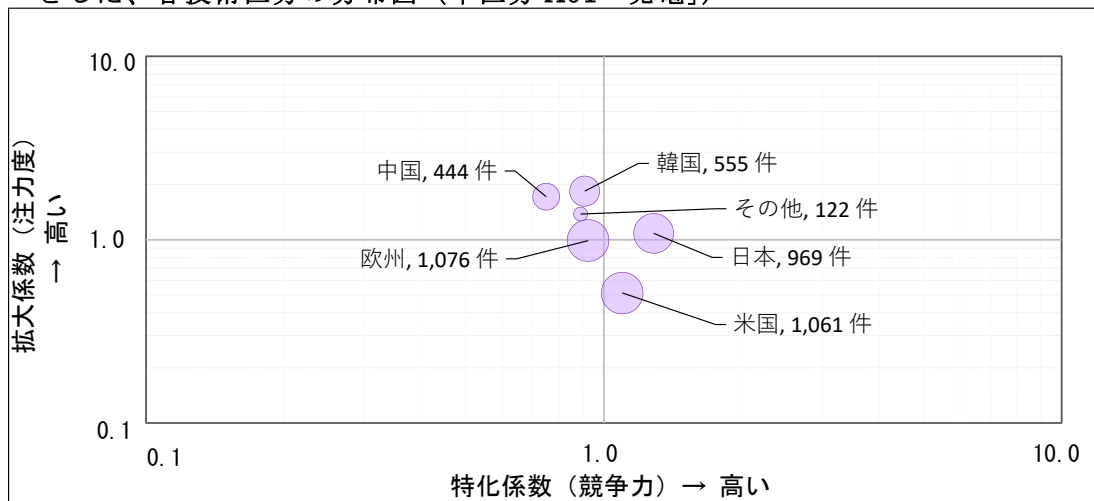


図-参-47 【出願先：日米欧中韓 WO】[技術区分別]縦軸を拡大係数、横軸を特化係数

参考

とした、各技術区分の分布図（中区分 A02「運輸」）

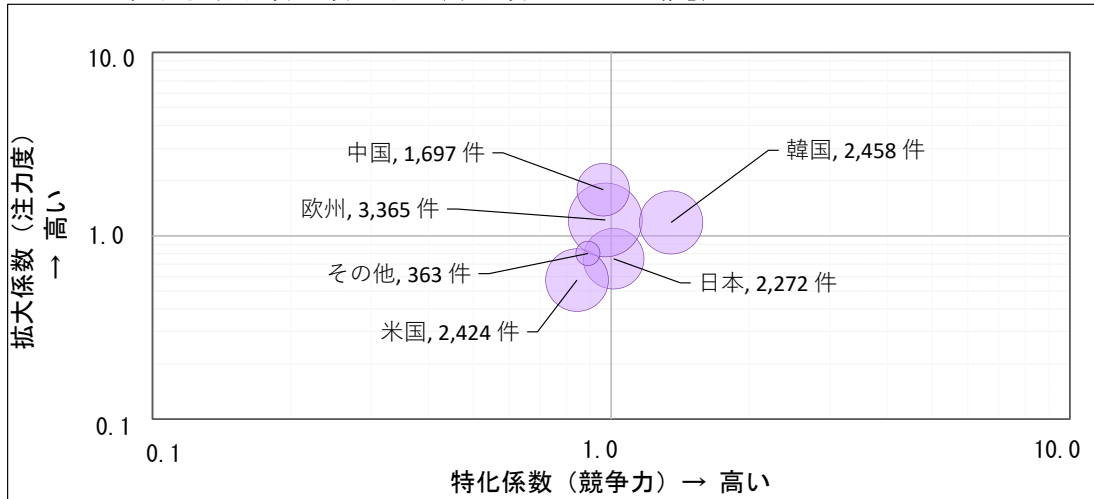


図-参- 48 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別]縦軸を拡大係数、横軸を特化係数とした、各技術区分の分布図（中区分 B01「非容積型（タービン）」）

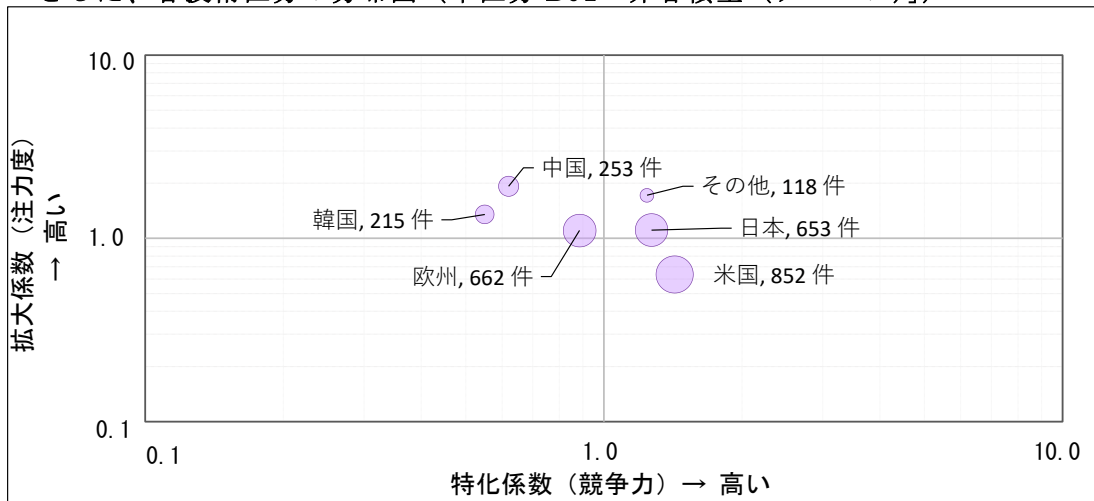


図-参- 49 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別]縦軸を拡大係数、横軸を特化係数とした、各技術区分の分布図（中区分 B02「レシプロ」）

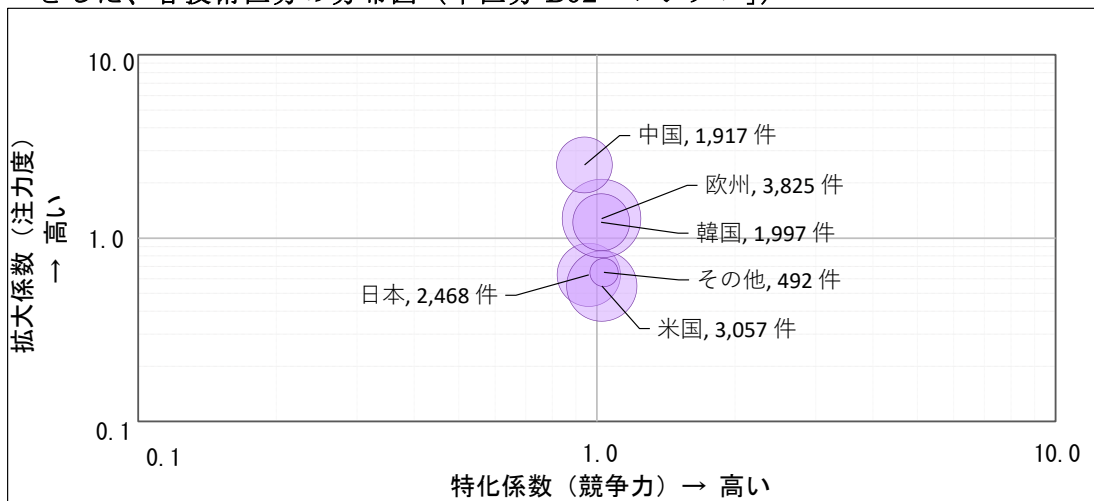


図-参- 50 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別]縦軸を拡大係数、横軸を特化係数とした、各技術区分の分布図（中区分 C01「気体燃料」）

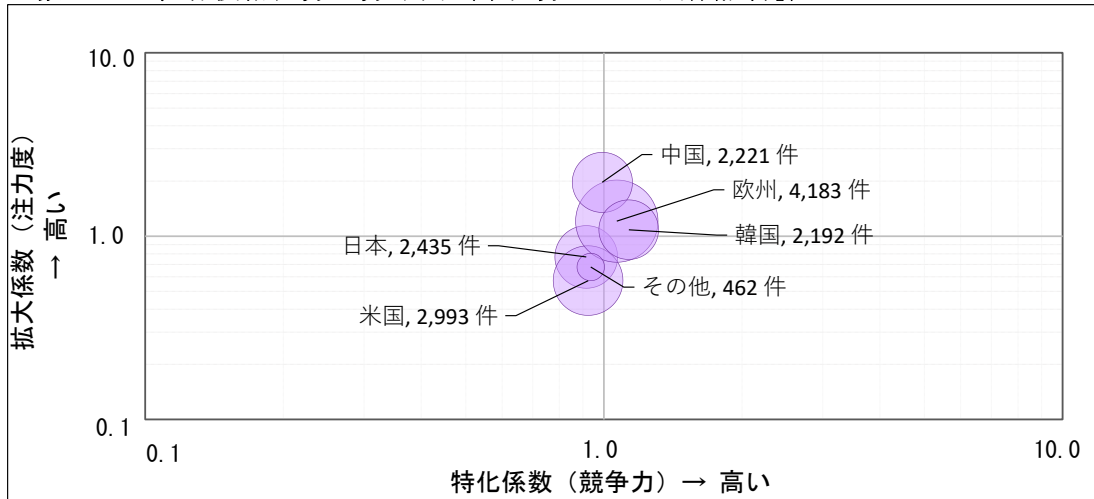
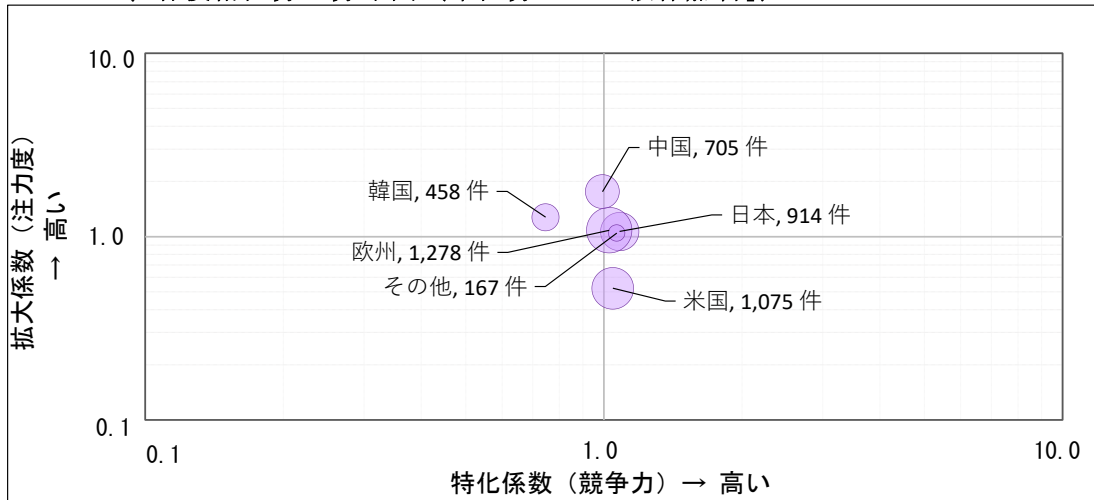


図-参- 51 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別]縦軸を拡大係数、横軸を特化係数とした、各技術区分の分布図（中区分 C02「液体燃料」）



参考

(3) 出願人別動向調査

出願人別動向調査の参考情報として、パテントファミリー件数上位出願人ランキング、国際パテントファミリー件数上位出願人ランキング、技術区分別パテントファミリー件数上位出願人ランキングをそれぞれ示す。

表-参-4 【出願先：日米欧中韓 WO】パテントファミリー件数上位出願人ランキング（全体）

2012年-2023年		
順位	出願人名称	ファミリー件数
1	ハンファ (Hanwha) グループ (韓国)	710
2	HD現代 (HD Hyundai) グループ (韓国)	590
3	ボッシュ (BOSCH) グループ (ドイツ)	567
4	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	455
5	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	403
6	サムスングループ (韓国)	339
7	CSSC (中国船舶工業) グループ (中国)	290
8	フォルクスワーゲン (VW) グループ (ドイツ)	277
9	ハルビン工程大学 (中国)	262
10	フォード (FORD) グループ (米国)	246
11	ゼネラル・エレクトリック (GE) グループ (米国)	238
12	三菱重工業グループ	225
13	Weichai (潍柴) グループ (中国)	210
14	現代自動車グループ (韓国)	207
15	Rolls-Royce (ロールスロイス) グループ (英国)	188
16	RTXグループ (米国)	153
17	カミンズ (Cummins) グループ (米国)	134
18	FAW (第一汽車) グループ (中国)	129
19	Geely (吉利) グループ (中国)	121
20	デンソー (DENSO) グループ	115

参考

表-参-5 [出願先：日米欧中韩 WO][IPF]国際パテントファミリー件数上位出願人ランキング (全体)

2012年-2023年		
順位	出願人名称	ファミリー件数
1	ボッシュ (BOSCH) グループ (ドイツ)	376
2	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	291
3	フォード (FORD) グループ (米国)	216
4	フェルクスワーゲン (VW) グループ (ドイツ)	205
5	ゼネラル・エレクトリック (GE) グループ (米国)	193
6	三菱重工業グループ	177
7	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	157
8	RTXグループ (米国)	142
9	現代自動車グループ (韓国)	130
10	Rolls-Royce (ロールスロイス) グループ (英国)	115
11	カミンズ (Cummins) グループ (米国)	98
12	バルチラ (WARTSILA) グループ (フィンランド)	91
13	川崎重工業グループ	90
14	ボルボ (Volvo) グループ (スウェーデン)	76
15	CSSC (中国船舶工業) グループ (中国)	74
16	デンソー (DENSO) グループ	73
17	ハンファ (Hanwha) グループ (韓国)	69
18	PHINIAグループ (米国)	61
19	IHIグループ	59
20	ヤンマー (YANMAR) グループ	58

表-参-6 [出願先：日米欧中韩 WO][技術区分別]パテントファミリー件数上位出願人ランキング (小区分 B0101「非容積型 (タービン)」)

非容積型 (タービン)		
順位	出願人名称	ファミリー件数
1	ゼネラル・エレクトリック (GE) グループ (米国)	220
2	RTXグループ (米国)	146
3	三菱重工業グループ	126
4	Rolls-Royce (ロールスロイス) グループ (英国)	99
5	ハンファ (Hanwha) グループ (韓国)	68
6	HD現代 (HD Hyundai) グループ (韓国)	63
7	斗山 (Doosan) グループ (韓国)	59
8	シーメンス (Siemens) グループ (ドイツ)	46
9	IHIグループ	42
10	川崎重工業グループ	41
11	AECC (中国航発) グループ (中国)	30
12	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	25
13	CAS (中国科学院) グループ (中国)	22
13	ハルビン工業大学グループ (中国)	22
15	Ansaldo Energiaグループ (イタリア)	21
15	北京航空航天大学グループ (中国)	21
17	SPIC (国家電投) グループ (中国)	19
17	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	19
19	CHINA HUANENG (中国華能) グループ (中国)	18
20	エアバス (Airbus) グループ (フランス)	17

表-参-7 [出願先：日米欧中韩 WO][技術区分別]パテントファミリー件数上位出願人
ランキング（中区分 B02「レシプロ」）

レシプロ		
順位	出願人名称	ファミリー 件数
1	ハンファ (Hanwha) グループ (韓国)	480
2	HD現代 (HD Hyundai) グループ (韓国)	438
3	ボッシュ (BOSCH) グループ (ドイツ)	407
4	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	382
5	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	328
6	フォルクスワーゲン (VW) グループ (ドイツ)	234
7	フォード (FORD) グループ (米国)	225
7	サムスングループ (韓国)	225
9	CSSC (中国船舶工業) グループ (中国)	202
10	ハルビン工程大学 (中国)	176
11	現代自動車グループ (韓国)	171
12	Weichai (潍柴) グループ (中国)	151
13	カミンズ (Cummins) グループ (米国)	115
14	デンソー (DENSO) グループ	100
15	HONDAグループ	98
16	Geely (吉利) グループ (中国)	96
17	FAW (第一汽車) グループ (中国)	88
18	バルチラ (WÄRTSILÄ) グループ (フィンランド)	86
19	ボルボ (Volvo) グループ (スウェーデン)	75
20	いすゞ自動車グループ	74

表-参-8 [出願先：日米欧中韩 WO][技術区分別]パテントファミリー件数上位出願人
ランキング（中区分 C01「気体燃料」）

気体燃料		
順位	出願人名称	ファミリー 件数
1	ハンファ (Hanwha) グループ (韓国)	602
2	ボッシュ (BOSCH) グループ (ドイツ)	484
3	HD現代 (HD Hyundai) グループ (韓国)	458
4	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	349
5	サムスングループ (韓国)	274
6	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	226
7	ハルビン工程大学 (中国)	207
7	フォルクスワーゲン (VW) グループ (ドイツ)	207
9	CSSC (中国船舶工業) グループ (中国)	202
10	ゼネラル・エレクトリック (GE) グループ (米国)	200
11	三菱重工業グループ	185
12	Weichai (潍柴) グループ (中国)	160
13	RTXグループ (米国)	143
14	Rolls-Royce (ロールスロイス) グループ (英国)	142
15	カミンズ (Cummins) グループ (米国)	114
16	FAW (第一汽車) グループ (中国)	110
17	川崎重工業グループ	107
18	現代自動車グループ (韓国)	102
19	フォード (FORD) グループ (米国)	92
20	デンソー (DENSO) グループ	74

参考

表-参-9 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別]パテントファミリー件数上位出願人ランキング (小区分 C0101「天然ガス」、C0102「水素」、C0103「アンモニア」)

天然ガス			水素			アンモニア		
順位	出願人名称	ファミリー件数	順位	出願人名称	ファミリー件数	順位	出願人名称	ファミリー件数
1	ハンファ (Hanwha) グループ (韓国)	463	1	ボッシュ (BOSCH) グループ (ドイツ)	156	1	ハンファ (Hanwha) グループ (韓国)	112
2	HD現代 (HD Hyundai) グループ (韓国)	348	2	ゼネラル・エレクトリック (GE) グループ (米国)	145	2	HD現代 (HD Hyundai) グループ (韓国)	57
3	ボッシュ (BOSCH) グループ (ドイツ)	274	3	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	143	3	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	52
4	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	272	4	RTXグループ (米国)	132	4	サムスングループ (韓国)	40
5	サムスングループ (韓国)	213	5	Rolls-Royce (ロールスロイス) グループ (英国)	69	5	CSSC (中国船舶工業) グループ (中国)	39
6	フォルクスワーゲン (VW) グループ (ドイツ)	127	6	三菱重工グループ	55	6	IHIグループ	35
7	ハルビン工程大学 (中国)	125	7	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	54	7	三菱重工グループ	34
8	CSSC (中国船舶工業) グループ (中国)	123	8	川崎重工グループ	53	8	ハルビン工程大学 (中国)	31
9	Weichai (潍柴) グループ (中国)	107	8	PHINIAグループ (米国)	53	9	フォルクスワーゲン (VW) グループ (ドイツ)	20
10	三菱重工グループ	83	10	北京工業大学 (中国)	49	10	斗山 (Doosan) グループ (韓国)	15
11	カミンズ (Cummins) グループ (米国)	80	11	FAW (第一汽車) グループ (中国)	43	11	シーメンス (Siemens) グループ (ドイツ)	14
12	フォード (FORD) グループ (米国)	75	12	ボルボ (Volvo) グループ (スウェーデン)	42	12	Transportation IP Holdings LLC (米国)	13
13	ゼネラル・エレクトリック (GE) グループ (米国)	62	13	ハンファ (Hanwha) グループ (韓国)	41	12	天津大学 (中国)	13
14	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	59	14	斗山 (Doosan) グループ (韓国)	36	14	RTXグループ (米国)	12
15	川崎重工グループ	58	15	現代自動車グループ (韓国)	35	15	ヤンマー (YANMAR) グループ	11
16	いすゞ自動車グループ	56	16	カミンズ (Cummins) グループ (米国)	34	16	バルチラ (WARTSILÄ) グループ (フィンランド)	9
16	Rolls-Royce (ロールスロイス) グループ (英国)	56	17	FEVグループ (ドイツ)	32	16	ゼネラル・エレクトリック (GE) グループ (米国)	9
18	FAW (第一汽車) グループ (中国)	54	18	リーベヘル (Liebherr) グループ (スイス)	30	16	Despira (カナダ)	9
19	デンソー (DENSO) グループ	47	19	デンソー (DENSO) グループ	29	19	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	8
20	現代自動車グループ (韓国)	46	20	マツダ (MAZDA) グループ	27	19	Dongfeng (東風汽車集団) グループ-Geely Automobile (吉利汽車) グループ (中国)	8

参考

表-参-10 [出願先：日米欧中韓 WO][技術区分別]パテントファミリー件数上位出願人ランキング (中区分 C02「液体燃料」)

液体燃料		
順位	出願人名称	ファミリー件数
1	ハンファ (Hanwha) グループ (韓国)	146
2	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	123
3	CSSC (中国船舶工業) グループ (中国)	113
4	HD現代 (HD Hyundai) グループ (韓国)	108
5	サムスングループ (韓国)	103
6	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	102
7	Geely (吉利) グループ (中国)	101
8	ボッシュ (BOSCH) グループ (ドイツ)	89
9	フォード (FORD) グループ (米国)	86
10	フォルクスワーゲン (VW) グループ (ドイツ)	77
11	HONDAグループ	52
12	現代自動車グループ (韓国)	44
13	ハルビン工程大学 (中国)	43
14	ゼネラル・エレクトリック (GE) グループ (米国)	42
15	Weichai (潍柴) グループ (中国)	41
16	デンソー (DENSO) グループ	37
17	Rolls-Royce (ロールスロイス) グループ (英国)	32
17	ボルボ (Volvo) グループ (スウェーデン)	32
19	IHIグループ	28
20	カミンズ (Cummins) グループ (米国)	27

表-参- 11 [出願先：日米欧中韩 WO][技術区分別]パテントファミリー件数上位出願人ランキング (小区分 C0201「メタノール」、C0202「エタノール」、C0203「その他アルコール類 (1-ブタノール等)」、C0204「液化アンモニア」、C0206「バイオディーゼル油」、C0207「DME」)

メタノール			エタノール			その他アルコール類 (1-ブタノール等)		
順位	出願人名称	ファミリー件数	順位	出願人名称	ファミリー件数	順位	出願人名称	ファミリー件数
1	Geely (吉利) グループ (中国)	95	1	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	75	1	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	35
2	CSSC (中国船舶工業) グループ (中国)	91	2	フォード (FORD) グループ (米国)	53	2	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	16
3	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	44	3	HONDAグループ	37	3	フォード (FORD) グループ (米国)	14
4	HD現代 (HD Hyundai) グループ (韓国)	38	4	ボッシュ (BOSCH) グループ (ドイツ)	36	4	Transportation IP Holdings LLC (米国)	10
5	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	36	5	フォルクスワーゲン (VW) グループ (ドイツ)	33	5	CSSC (中国船舶工業) グループ (中国)	8
6	フォルクスワーゲン (VW) グループ (ドイツ)	35	6	CSSC (中国船舶工業) グループ (中国)	32	6	HONDAグループ	7
7	フォード (FORD) グループ (米国)	33	7	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	30	7	ヤマハ発動機株式会社	6
8	Weichai (潍柴) グループ (中国)	31	8	サムスングループ (韓国)	22	8	CLEARFLAME ENGINES INC. (米国)	5
9	ハンファ (Hanwha) グループ (韓国)	25	9	ステランティス (Stellantis) グループ (オランダ)	21	9	ボルボ (Volvo) グループ (スウェーデン)	4
10	天津大学 (中国)	19	10	カミンズ (Cummins) グループ (米国)	20	10	ボッシュ (BOSCH) グループ (ドイツ)	3
11	大連理工大学 (中国)	15	11	現代自動車グループ (韓国)	17	10	ゼネラル・エレクトリック (GE) グループ (米国)	3
12	Mealister Technologies LLC (米国)	13	12	HD現代 (HD Hyundai) グループ (韓国)	16	10	Mealister Technologies LLC (米国)	3
13	ボッシュ (BOSCH) グループ (ドイツ)	12	13	マツダ (MAZDA) グループ	13	10	MayMaan Research LLC (米国)	3
14	Transportation IP Holdings LLC (米国)	10	13	Transportation IP Holdings LLC (米国)	13	10	Rolls-Royce (ロールスロイス) グループ (英国)	3
14	HONDAグループ	10	13	日立製作所グループ	13	15	江蘇大学 (中国)	2
16	バルチラ (WARTSILA) グループ (フィンランド)	9	13	デンソー (DENSO) グループ	13	15	Afton Chemical Corporation (米国)	2
16	ExxonMobilグループ (米国)	9	17	ExxonMobilグループ (米国)	11	15	フラウンホーファー研究機構グループ (ドイツ)	2
16	江蘇大学 (中国)	9	17	ゼネラル・エレクトリック (GE) グループ (米国)	11	15	バルチラ (WARTSILA) グループ (フィンランド)	2
16	サムスングループ (韓国)	9	19	Mealister Technologies LLC (米国)	10	15	デンソー (DENSO) グループ	2
20	ボルボ (Volvo) グループ (スウェーデン)	8	19	シェフラー (Schaeffler) グループ (ドイツ)	10	15	胡松平 (HU Song-ping) (中国)	2

液化アンモニア			バイオディーゼル油			DME		
順位	出願人名称	ファミリー件数	順位	出願人名称	ファミリー件数	順位	出願人名称	ファミリー件数
1	サムスングループ (韓国)	25	1	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	40	1	サムスングループ (韓国)	22
2	ハンファ (Hanwha) グループ (韓国)	19	2	フォルクスワーゲン (VW) グループ (ドイツ)	15	1	ボルボ (Volvo) グループ (スウェーデン)	22
3	HD現代 (HD Hyundai) グループ (韓国)	17	3	フォード (FORD) グループ (米国)	14	3	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	17
3	IHIグループ	17	4	ボッシュ (BOSCH) グループ (ドイツ)	10	4	フォルクスワーゲン (VW) グループ (ドイツ)	16
5	ハルビン工程大学 (中国)	13	5	Transportation IP Holdings LLC (米国)	9	5	デンソー (DENSO) グループ	13
6	CSSC (中国船舶工業) グループ (中国)	10	5	Hytech Power Inc. (米国)	9	6	いすゞ自動車グループ	12
6	三菱重工業グループ	10	5	カミンズ (Cummins) グループ (米国)	9	7	武漢科技大学 (中国)	7
8	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	9	5	ゼネラル・エレクトリック (GE) グループ (米国)	9	8	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	6
9	フォルクスワーゲン (VW) グループ (ドイツ)	9	9	ExxonMobilグループ (米国)	6	8	北京工業大学 (中国)	6
9	三井E&Sグループ	9	9	American CNG LLC (米国)	6	8	大連理工大学 (中国)	6
11	FAW (第一汽車) グループ (中国)	4	9	ゼネラルモーターズ (GM) グループ (米国)	6	11	CSSC (中国船舶工業) グループ (中国)	5
11	バルチラ (WARTSILA) グループ (フィンランド)	4	9	CSSC (中国船舶工業) グループ (中国)	6	11	日本電装株式会社	5
13	U.S. BANK TRUST COMPANY NATIONAL ASSOCIATION (米国)	3	13	バルチラ (WARTSILA) グループ (フィンランド)	5	11	Transportation IP Holdings LLC (米国)	5
13	天津大学 (中国)	3	13	同濟大学 (中国)	5	11	ハンファ (Hanwha) グループ (韓国)	5
13	滬東重機有限公司 (Hudong Heavy Machinery Co. Ltd.) (中国)	3	13	Afton Chemical Corporation (米国)	5	15	Cespira (カナダ)	4
13	愛三工業株式会社	3	16	いすゞ自動車グループ	4	16	ユミコア (Umicore) グループ (ベルギー)	3
13	株式会社ジャパンエンジンコーポレーション	3	16	デンソー (DENSO) グループ	4	16	Rolls-Royce (ロールスロイス) グループ (英国)	3
18	ダイハツ (DAIHATSU) グループ	2	16	Rolls-Royce (ロールスロイス) グループ (英国)	4	16	Westportグループ (カナダ)	3
18	Amphenol Temperature Measuring Co. Ltd. (米国)	2	19	日立製作所グループ	3	16	周継光 (ZHOU Ji-guang) (中国)	3
18	Dongfeng (東風汽車集団) グループ-Geely Automobile (吉利汽車) グループ (中国)	2	19	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	3	16	上海交通大学 (中国)	3

参考

表-参-12 【出願先：日米欧中韓 WO】[技術区分別]パテントファミリー件数上位出願人ランキング（中区分 C03「混合燃料」）

混合燃料		
順位	出願人名称	ファミリー件数
1	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	126
2	フォード (FORD) グループ (米国)	108
3	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	92
4	ハンファ (Hanwha) グループ (韓国)	74
5	HONDAグループ	59
6	ゼネラル・エレクトリック (GE) グループ (米国)	50
7	ボッシュ (BOSCH) グループ (ドイツ)	47
8	三菱重工業グループ	45
9	マツダ (MAZDA) グループ	39
10	現代自動車グループ (韓国)	35
10	フォルクスワーゲン (VW) グループ (ドイツ)	35
12	ハルビン工程大学 (中国)	32
12	HD現代 (HD Hyundai) グループ (韓国)	32
14	日立製作所グループ	30
15	CSSC (中国船舶工業) グループ (中国)	29
15	デンソー (DENSO) グループ	29
17	カミンズ (Cummins) グループ (米国)	23
18	清華大学グループ (中国)	21
19	Westportグループ (カナダ)	19
20	川崎重工業グループ	18

表-参-13 【出願先：日米欧中韓 WO】[技術区分別]パテントファミリー件数上位出願人ランキング（小区分 C0301「ガソリン×バイオエタノール」、C0302「水素×ガソリン」、C0303「水素×ディーゼル」、C0304「LPG×ガソリン（またはCNG）」、C0305「アンモニア×水素」、C0307「天然ガス×水素」）

ガソリン×バイオエタノール			水素×ガソリン			水素×ディーゼル		
順位	出願人名称	ファミリー件数	順位	出願人名称	ファミリー件数	順位	出願人名称	ファミリー件数
1	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	70	1	現代自動車グループ (韓国)	9	1	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	11
2	フォード (FORD) グループ (米国)	66	2	マツダ (MAZDA) グループ	8	2	ゼネラル・エレクトリック (GE) グループ (米国)	6
3	HONDAグループ	35	3	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	7	3	H2DIESEL INC. (米国)	5
4	マツダ (MAZDA) グループ	23	4	ゼネラル・エレクトリック (GE) グループ (米国)	6	3	ハンファ (Hanwha) グループ (韓国)	5
5	ボッシュ (BOSCH) グループ (ドイツ)	19	5	日立製作所グループ	5	5	Transportation IP Holdings LLC (米国)	4
6	現代自動車グループ (韓国)	18	5	アメリカ合衆国エネルギー省 (米国)	5	5	日立製作所グループ	4
7	ステランティス (Stellantis) グループ (オランダ)	14	7	ハンファ (Hanwha) グループ (韓国)	4	5	ヤンマー (YANMAR) グループ	4
8	デンソー (DENSO) グループ	13	8	PHINIAグループ (米国)	3	8	Rolls-Royce (ロールスロイス) グループ (英国)	3
9	日立製作所グループ	12	8	ボッシュ (BOSCH) グループ (ドイツ)	3	8	PHINIAグループ (米国)	3
10	ヤマハ発動機株式会社	10	8	Lorts Anthony Richard (米国)	3	8	Cespira (カナダ)	3
11	シェフラー (Schaeffler) グループ (ドイツ)	9	11	重慶望江摩托車制造有限公司 (中国)	2	8	アメリカ合衆国エネルギー省 (米国)	3
11	ゼネラルモーターズ (GM) グループ (米国)	9	11	Westportグループ (カナダ)	2	8	フォルクスワーゲン (VW) グループ (ドイツ)	3
13	Westportグループ (カナダ)	5	11	火伝利能科技股份有限公司 (Huoli Chuanneng Technology Co. Ltd.) (台湾)	2	13	The Hydrogen Group Inc. (米国)	2
13	JAC (江淮汽車) (中国)	5	11	Rolls-Royce (ロールスロイス) グループ (英国)	2	13	Hytech Power Inc. (米国)	2
15	コンチネンタル (Continental) グループ (ドイツ)	4	11	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	2	13	U.S. BANK TRUST COMPANY NATIONAL ASSOCIATION (米国)	2
15	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	4	11	スズキ株式会社	2	13	Westportグループ (カナダ)	2
15	カミンズ (Cummins) グループ (米国)	4	11	Transportation IP Holdings LLC (米国)	2	13	HD現代 (HD Hyundai) グループ (韓国)	2
15	三菱工業株式会社	4	11	Applied Resonance Technology LLC (米国)	2	13	ARNOLD WEESE & DAVID MOSS C・O THE EVANNS LAW FIRM (米国)	2
19	StepOne Tech Oy (フィンランド)	3	11	長城汽車 (GREAT WALL) (中国)	2	13	Saudi Aramcoグループ (サウジアラビア)	2
19	FEVグループ (ドイツ)	3	11	趙宏偉 (ZHAO Hong-wei) (中国)	2	13	Fuelsave GmbH (ドイツ)	2

参考

LPG×ガソリン（またはCNG）			アンモニア×水素			天然ガス×水素		
順位	出願人名称	ファミリー件数	順位	出願人名称	ファミリー件数	順位	出願人名称	ファミリー件数
1	フォード (FORD) グループ (米国)	17	1	清華大学グループ (中国)	13	1	ハンファ (Hanwha) グループ (韓国)	20
2	デンソー (DENSO) グループ	11	1	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	13	2	三菱重工業グループ	19
3	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	9	3	天津大学 (中国)	8	3	ゼネラル・エレクトリック (GE) グループ (米国)	17
4	スズキ株式会社	7	3	ハルビン工程大学 (中国)	8	4	マツダ (MAZDA) グループ	9
4	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	7	5	北京工業大学 (中国)	7	5	斗山 (Doosan) グループ (韓国)	8
4	フォルクスワーゲン (VW) グループ (ドイツ)	7	6	ハンファ (Hanwha) グループ (韓国)	5	6	ハルビン工程大学 (中国)	7
7	日立製作所グループ	6	7	同済大学 (中国)	4	6	HD現代 (HD Hyundai) グループ (韓国)	7
8	HD現代 (HD Hyundai) グループ (韓国)	4	7	ハルビン工業大学グループ (中国)	4	6	Westportグループ (カナダ)	7
8	三菱重工業グループ	4	7	株式会社セイブ・ザ・プラネット	4	6	川崎重工業グループ	7
8	現代自動車グループ (韓国)	4	7	FIRST AMMONIAグループ (米国)	4	10	韓国機械研究院 (KIMM) (韓国)	6
8	Westportグループ (カナダ)	4	7	FAW (第一汽車) グループ (中国)	4	10	Ansaldo Energiaグループ (イタリア)	6
12	PHINIAグループ (米国)	3	7	三菱重工業グループ	4	10	Cespira (カナダ)	6
12	Lorts Anthony Richard (米国)	3	13	Transportation IP Holdings LLC (米国)	3	10	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	6
12	ハンファ (Hanwha) グループ (韓国)	3	13	ゼネラル・エレクトリック (GE) グループ (米国)	3	10	シーメンス (Siemens) グループ (ドイツ)	6
12	ボッシュ (BOSCH) グループ (ドイツ)	3	13	東芝グループ	3	15	西南交通大学グループ (中国)	3
12	Champion Power Equipment Inc. (米国)	3	13	武漢理工大 (中国)	3	15	サムスングループ (韓国)	3
12	CSSC (中国船舶工業) グループ (中国)	3	13	Cespira (カナダ)	3	15	カミンズ (Cummins) グループ (米国)	3
18	奇瑞汽車 (Chery Automobile) (中国)	2	13	佛山仙湖實驗室 (Foshan Xianhu Laboratory) (中国)	3	15	東邦ガス株式会社	3
18	大阪ガス株式会社	2	19	カミンズ (Cummins) グループ (米国)	2	15	CHINA HUANENG (中国華能) グループ (中国)	3
18	バルネラ (WARTSILA) グループ (フィンランド)	2	19	ダイハツ (DAIHATSU) グループ	2	15	SPIC (国家電投) グループ (中国)	3

表-参-14 【出願先：日米欧中韓 WO】[技術区分別]パテントファミリー件数上位出願人ランキング（中区分 E02「レシプロ構成要素」）

順位	出願人名称	ファミリー件数
1	ボッシュ (BOSCH) グループ (ドイツ)	310
2	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	219
3	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	194
4	CSSC (中国船舶工業) グループ (中国)	169
5	ハルビン工程大学 (中国)	166
6	フォルクスワーゲン (VW) グループ (ドイツ)	155
7	ハンファ (Hanwha) グループ (韓国)	104
8	HD現代 (HD Hyundai) グループ (韓国)	97
8	フォード (FORD) グループ (米国)	97
10	Weichai (潍柴) グループ (中国)	89
11	FAW (第一汽車) グループ (中国)	77
12	現代自動車グループ (韓国)	68
13	デンソー (DENSO) グループ	64
13	Geely (吉利) グループ (中国)	64
15	カミンズ (Cummins) グループ (米国)	62
16	三菱重工業グループ	56
17	HONDAグループ	51
18	天津大学 (中国)	50
18	サムスングループ (韓国)	50
20	ボルボ (Volvo) グループ (スウェーデン)	48

表-参- 15 【出願先：日米欧中韓 WO】[技術区分別]パテントファミリー件数上位出願人ランキング（中区分 E03 「タービン構成要素」）

タービン構成要素		
順位	出願人名称	ファミリー件数
1	ゼネラル・エレクトリック (GE) グループ (米国)	135
2	RTXグループ (米国)	93
3	三菱重工業グループ	61
4	斗山 (Doosan) グループ (韓国)	46
5	Rolls-Royce (ロールスロイス) グループ (英国)	40
6	IHIグループ	29
7	シーメンス (Siemens) グループ (ドイツ)	23
8	川崎重工業グループ	22
9	AECC (中国航発) グループ (中国)	21
10	北京航空航天大学グループ (中国)	20
11	Ansaldo Energiaグループ (イタリア)	17
12	CAS (中国科学院) グループ (中国)	13
13	西安熱工研究院有限公司 (中国)	12
14	西南交通大学グループ (中国)	11
15	トヨタ自動車 (TOYOTA) グループ	10
15	ハルビン工程大学 (中国)	10
17	HD現代 (HD Hyundai) グループ (韓国)	8
17	SPIC (国家電投) グループ (中国)	8
17	キャタピラー (Caterpillar) グループ (米国)	8
17	ハンファ (Hanwha) グループ (韓国)	8

参考

(4) 検索式のみによる全体動向調査

検索式のみによる全体動向調査の参考情報として、検索式とその検索結果を示す。

表-参-16 検索式のみによる全体動向調査のための検索式とその検索結果 (特許)

No	検索対象	検索式	DWPI ファミリー数	備考
1	レシプロエンジン(火花点火)	(A1C=((F02P0001) OR (F02P0003) OR (F02P0005) OR (F02P0007) OR (F02P0009) OR (F02P0011) OR (F02P0013) OR (F02P0015) OR (F02P0017) OR (F02B000102 OR F02B000104 OR F02B000106 OR F02B000108 OR F02B000110) OR (F02B000302 OR F02B000304) OR (F02B0005) OR (F02B000906 OR F02B000908 OR F02B000910) OR (F02B001912) OR (F02B002308 OR F02B002310))) OR (F1C=((F02P0001) OR (F02P0003) OR (F02P0005) OR (F02P0007) OR (F02P0009) OR (F02P0011) OR (F02P0013) OR (F02P0015) OR (F02P0017) OR (F02B000102 OR F02B000104 OR F02B000106 OR F02B000108 OR F02B000110) OR (F02B000302 OR F02B000304) OR (F02B0005) OR (F02B000906 OR F02B000908 OR F02B000910) OR (F02B001500A) OR (F02B001908A) OR (F02B001910A OR F02B001910D OR F02B001910F) OR (F02B001912) OR (F02B001916F) OR (F02B002308 OR F02B002310))) OR (((A1C=((F01L) OR (F01M) OR (F01N) OR (F01P) OR (F02B) OR (F02D) OR (F02F) OR (F02M) OR (F02N) OR (F02P))) OR (F1C=((F01L) OR (F01M) OR (F01N) OR (F01P) OR (F02B) OR (F02D) OR (F02F) OR (F02M) OR (F02N) OR (F02P)))))) AND (CTB=((Spark OR External OR Positive) NEAR2 Ignit*) OR ((S. I. OR SI) ADJ Engine*) OR (Spark* NEAR2 Plug*) OR (Gasoline NEAR2 (Fuel* OR Oil OR Engine* OR Inject*)) OR (Otto NEAR2 (Cycle OR Engine*))))	143, 160	・「火花点火、外部点火、外部式点火」というワードを含む特許分類 ・レシプロエンジン関連の特許分類×火花点火関連のキーワード 特許分類は詳細解析用検索式より引用
2	エンジン形式区分(5種類)	レシプロエンジン(圧縮着火)		
3	タービン	(A1C=((F02B000112 OR F02B000114) OR (F02B000306 OR F02B000308 OR F02B000310 OR F02B000312) OR (F02B0007) OR (F02B000902 OR F02B000904) OR (F02B001302 OR F02B001304) OR (F02B001914) OR (F02B002302 OR F02B002304 OR F02B002306) OR (F02B0049) OR (F02D001910))) OR (F1C=((F02B000112 OR F02B000114) OR (F02B000306 OR F02B000308 OR F02B000310 OR F02B000312) OR (F02B0007) OR (F02B000902 OR F02B000904) OR (F02B001302 OR F02B001304) OR (F02B001914) OR (F02B001908B) OR (F02B001910P) OR (F02B001914) OR (F02B001916J) OR (F02B002302 OR F02B002304 OR F02B002306) OR (F02B0049) OR (F02B005514E) OR (F02D001910))) OR (((A1C=((F01L) OR (F01M) OR (F01N) OR (F01P) OR (F02B) OR (F02D) OR (F02F) OR (F02M) OR (F02N) OR (F02P))) OR (F1C=((F01L) OR (F01M) OR (F01N) OR (F01P) OR (F02B) OR (F02D) OR (F02F) OR (F02M) OR (F02N) OR (F02P)))))) AND (CTB=((Compress* NEAR2 Ignit*) OR ((C. I. OR CI) ADJ Engine*) OR (Diesel NEAR2 (Fuel* OR Oil OR Engine* OR Inject* OR Cycle*))))	131, 586	・「圧縮着火」というワードを含む特許分類 ・レシプロエンジン関連の特許分類×圧縮着火関連のキーワード 特許分類は詳細解析用検索式より引用
4	水素	(CTB=(Hydrogen OR H2)) AND (ALL=((Hydrogen OR H2) NEAR5 (Fuel* OR Engine*)))	131, 992	・燃料種×エンジンのキーワード 詳細解析用検索式より引用
5	アンモニア	(CTB=(Ammonia OR NH3)) AND (ALL=((Ammonia OR NH3) NEAR5 (Fuel* OR Engine*)))	13, 125	同上
6	天然ガス	(CTB=(Methane OR CH4 OR (Natural ADJ gas*) OR LNG OR (Liq* ADJ Natural ADJ Gas*) OR CNG OR (Compressed ADJ Natural ADJ Gas*)) AND (ALL=((Methane OR CH4 OR (Natural ADJ gas*) OR LNG OR (Liq* ADJ Natural ADJ Gas*) OR CNG OR (Compressed ADJ Natural ADJ Gas*)) NEAR5 (Fuel* OR Engine*)))	57, 502	同上
7	エタノール	(CTB=(Ethanol OR C2H5OH OR C2H6O OR CH3CH2OH OR (Ethyl ADJ Alcohol))) AND (ALL=((Ethanol OR C2H5OH OR C2H6O OR CH3CH2OH OR (Ethyl ADJ Alcohol)) NEAR5 (Fuel* OR Engine*)))	17, 295	同上
8	メタノール	(CTB=(Methanol OR CH3OH OR CH4O OR (Methyl ADJ Alcohol))) AND (ALL=((Methanol OR CH3OH OR CH4O OR (Methyl ADJ Alcohol)) NEAR5 (Fuel* OR Engine*)))	24, 057	同上
9	電動化に特化した低炭素燃料エンジン	低炭素燃料エンジン 詳細解析用検索式	53, 861	・詳細解析用検索式(低炭素燃料エンジン)×ハイブリッド車両関連のキーワード(タイトルのみ)
10	ハイブリッド車両	T1=(HV OR HEV OR PHV OR PHEV OR (Hybrid NEAR2 (Vehicle OR Car* OR Bus OR Buses OR Truck* OR Train* OR Ship* OR Vessel* OR Watercraft* OR Airplane* OR Aeroplane* OR Aircraft* OR Drone*)))	92, 769	
優先権主張年、出願先国により限定				
11	優先権主張年：1990～2023年	PRD>=(19900101) AND PRD<=(20231231)	950, 947	
12	出願先国：日米欧中韓W	CC=(JP OR US OR AL OR AT OR BE OR BG OR CH OR CY OR CZ OR DE OR DK OR EE OR ES OR FI OR FR OR GB OR GR OR HR OR HU OR IE OR IS OR IT OR LI OR LT OR LU OR LV OR MC OR MK OR MT OR NL OR NO OR PL OR PT OR RO OR RS OR SE OR SI OR SK OR SM OR TR OR EP OR CN OR KR OR WO)	951, 558	※欧州は2022年1月現在のEPC加盟国38カ国 ※WOは国際出願 1回の出願により、全てのPCT条約加盟国に同時に国際出願したと同じ効果を与える出願制度
16区分				
①	レシプロエンジン(火花点火)×水素	(1 AND 4) AND 11 AND 12	1, 960	
②	レシプロエンジン(火花点火)×アンモニア	(1 AND 5) AND 11 AND 12	568	
③	レシプロエンジン(火花点火)×天然ガス	(1 AND 6) AND 11 AND 12	2, 209	
④	レシプロエンジン(火花点火)×エタノール	(1 AND 7) AND 11 AND 12	1, 020	
⑤	レシプロエンジン(火花点火)×メタノール	(1 AND 8) AND 11 AND 12	652	
⑥	レシプロエンジン(圧縮着火)×水素	(2 AND 4) AND 11 AND 12	1, 790	
⑦	レシプロエンジン(圧縮着火)×アンモニア	(2 AND 5) AND 11 AND 12	1, 433	
⑧	レシプロエンジン(圧縮着火)×天然ガス	(2 AND 6) AND 11 AND 12	2, 787	
⑨	レシプロエンジン(圧縮着火)×エタノール	(2 AND 7) AND 11 AND 12	765	
⑩	レシプロエンジン(圧縮着火)×メタノール	(2 AND 8) AND 11 AND 12	710	
⑪	タービン×水素	(3 AND 4) AND 11 AND 12	2, 144	
⑫	タービン×アンモニア	(3 AND 5) AND 11 AND 12	356	
⑬	タービン×天然ガス	(3 AND 6) AND 11 AND 12	2, 029	
⑭	タービン×エタノール	(3 AND 7) AND 11 AND 12	87	
⑮	タービン×メタノール	(3 AND 8) AND 11 AND 12	173	
⑯	電動化に特化した低炭素燃料エンジン	(9 AND 10) AND 11 AND 12	654	

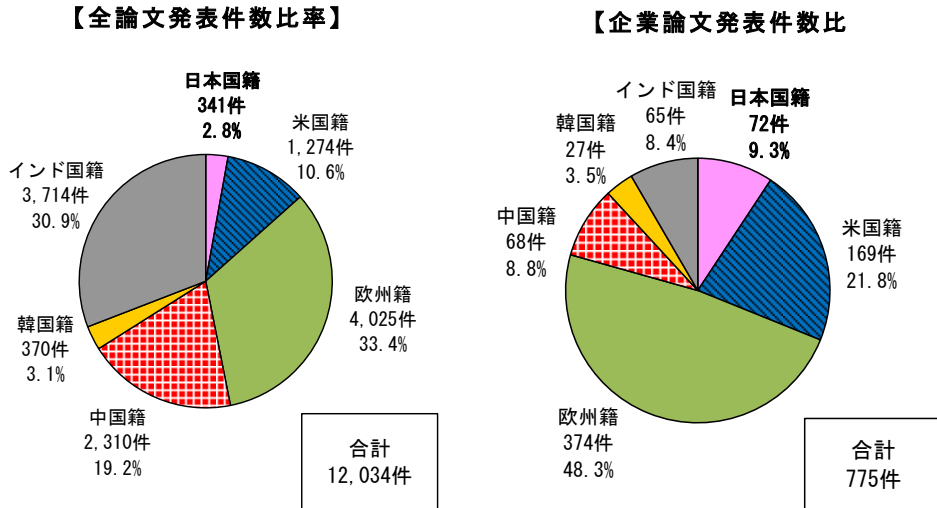
参考

2. 研究開発動向調査

(1) 全体動向

全体動向調査の参考情報として、各国・地域における論文発表件数とそのうち論文発表者の所属機関が企業である論文発表件数の比率をそれぞれ示す。

図-参- 52 日米欧中韓インドの各国・地域（その他を除く）における全論文発表件数と企業の論文発表件数の比率



(2) 技術区分別動向調査

技術区分別動向調査の参考情報として、技術区分別論文発表件数年次推移、研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数をそれぞれ示す。

図-参- 53 「形式」論文発表件数年次推移

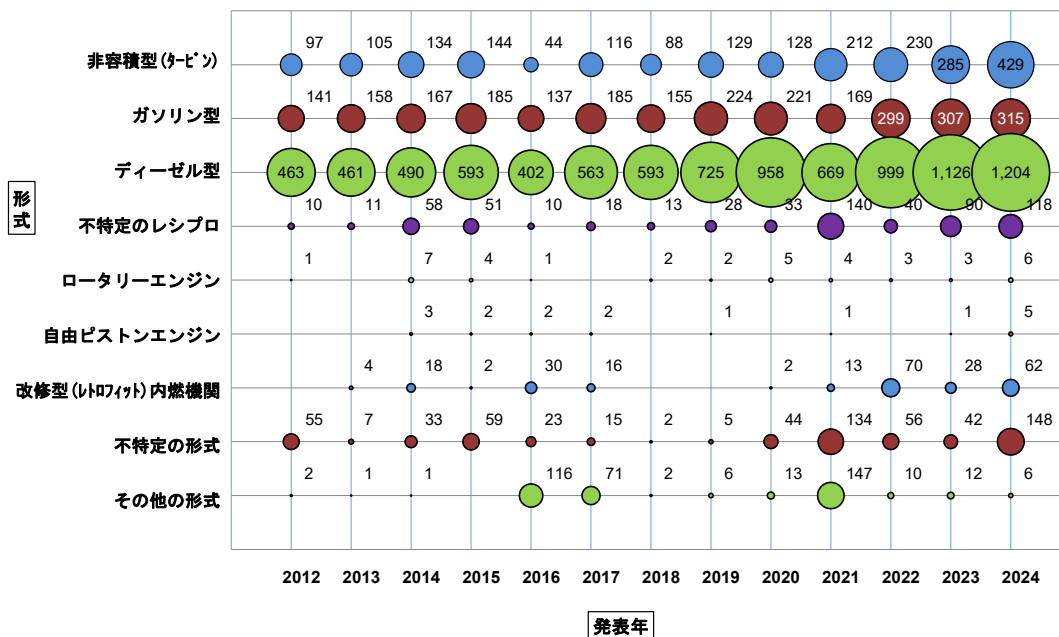
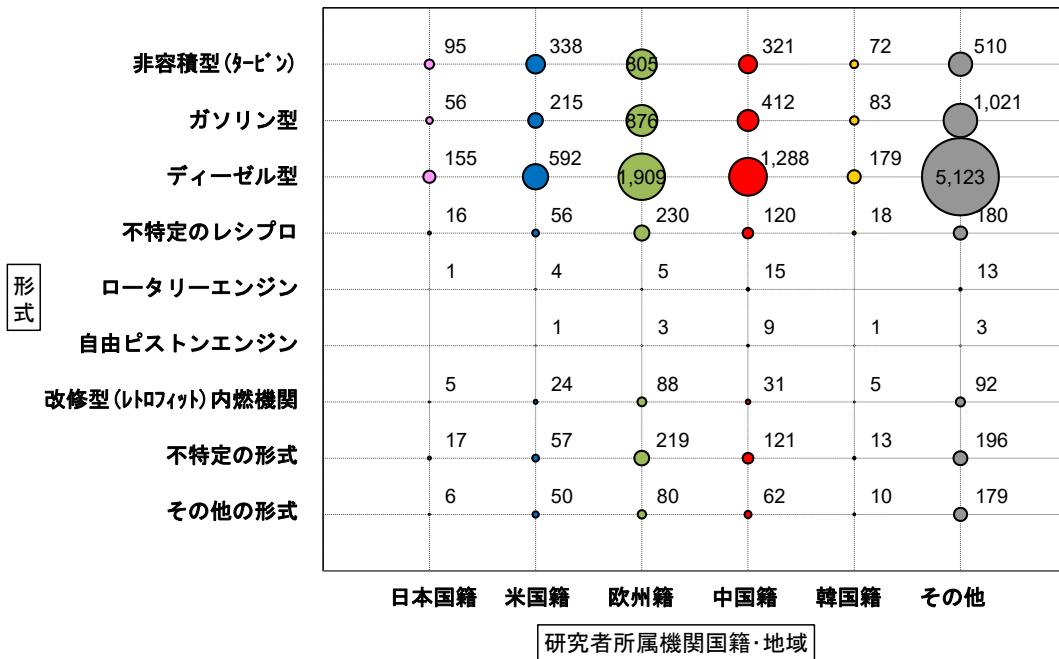


図-参- 54 「形式」 [研究者所属機関国籍・地域別] 論文発表件数



参考

図-参- 55 「燃料」 論文発表件数年次推移

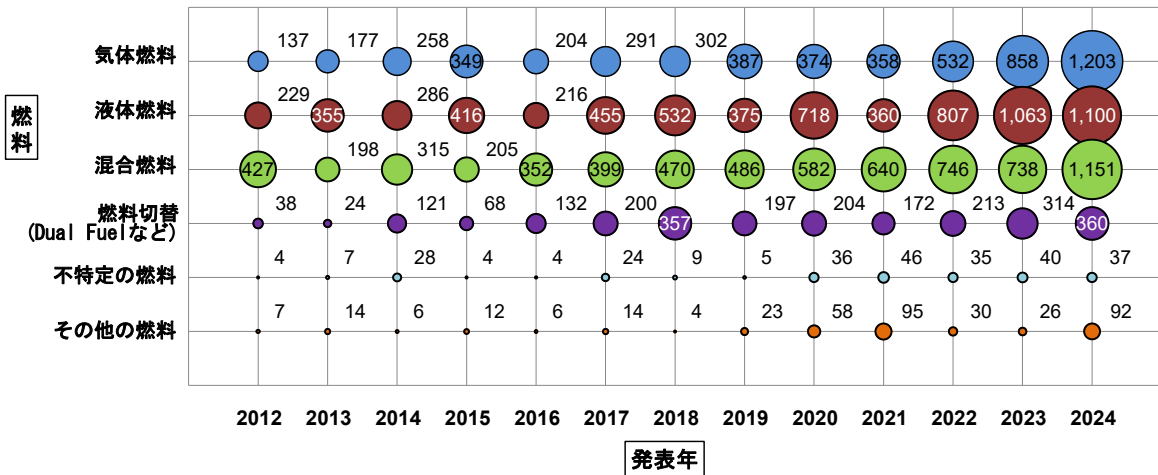


図-参- 56 「燃料」 [研究者所属機関国籍・地域別] 論文発表件数

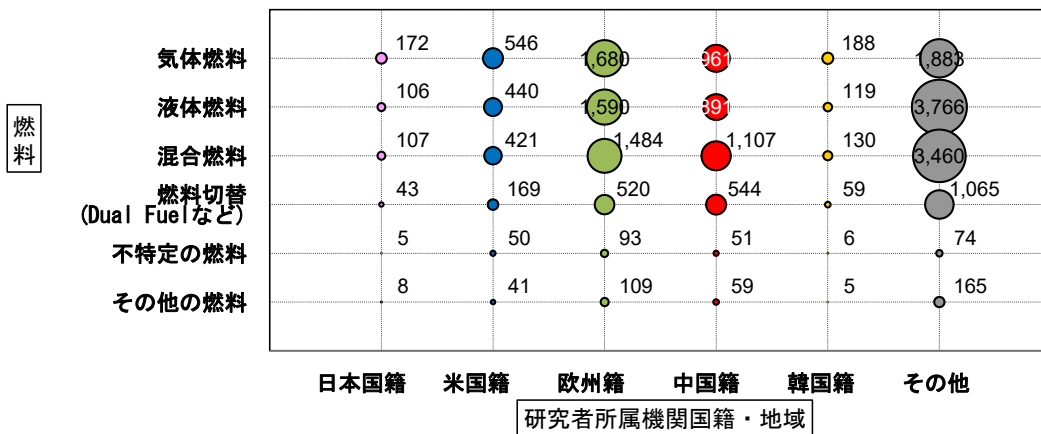
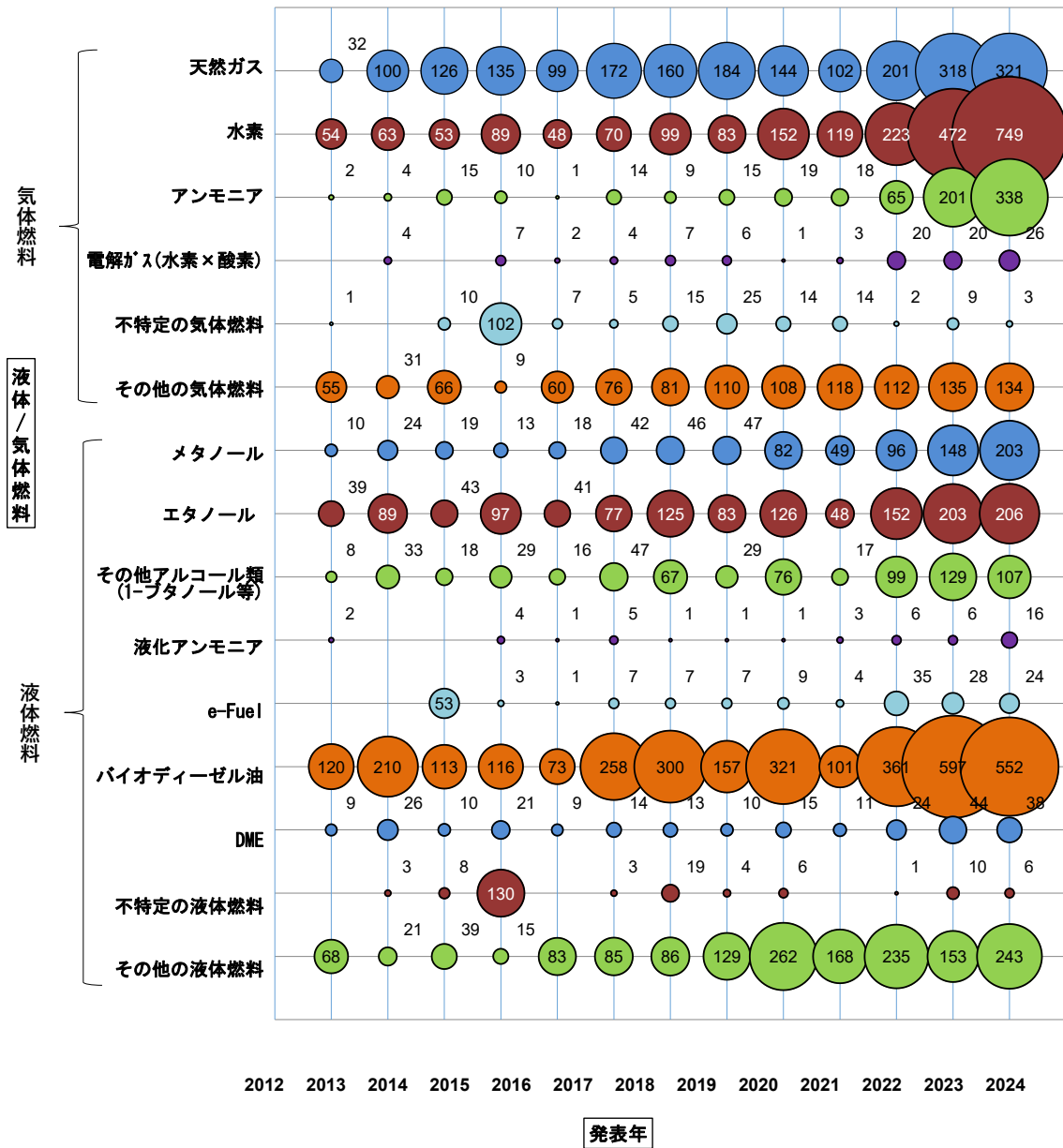
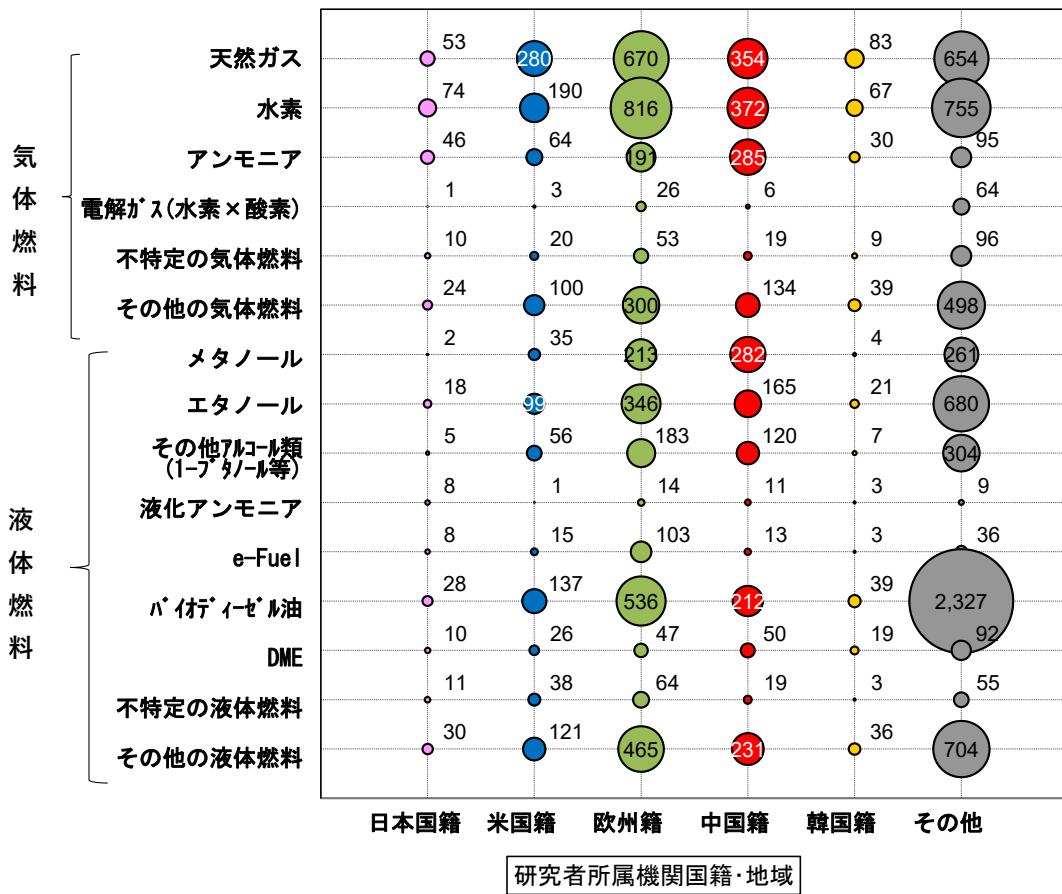


図-参- 57 「気体/液体燃料」論文発表件数年次推移



参考

図-参- 58 「気体/液体燃料」[研究者所属機関国籍・地域別] 論文発表件数



(3) 検索式のみによる全体動向調査

検索式のみによる全体動向調査の参考情報として、検索式とその検索結果を示す。

参考

表-参-17 検索式のみによる全体動向調査のための検索式とその検索結果（論文）

技術区分	番号	検索式 対象：論文タイトル、抄録、キーワード 論文発表年：1990-2025年	件数	備考
ガソリン型 (火花点火エンジン)	#1	"spark ignition engine" or "S.I. engine" or "SI engine" or "gasoline engine"	20,815	火花点火エンジン、ガスエンジン、ガソリンエンジン
ディーゼル型 (ディーゼルエンジン)	#2	"compression ignition engine" or "CI engine" or "diesel engine"	88,907	圧縮点火エンジン、ディーゼルエンジン
タービン	#3	"gas turbine"	78,899	ガスタービン
水素燃料	#4	(Hydrogen W/5 fuel) or (H2 W/5 fuel)	53,100	水素燃料
アンモニア燃料	#5	(Ammonia W/5 fuel) or (NH3 W/5 fuel)	4,801	アンモニア燃料
エタノール燃料	#6	(Ethanol W/5 fuel)	13,679	エタノール燃料
メタノール燃料	#7	(Methanol W/5 fuel)	16,758	メタノール燃料
天然ガス燃料	#8	(Methane W/5 fuel) or (CH4 W/5 fuel) or ("Natural gas" W/5 fuel) or (LNG W/5 fuel) or ("Liquefied Natural Gas" W/5 fuel) or (CNG W/5 fuel) or ("Compressed Natural Gas" W/5 fuel)	23,744	天然ガス燃料 (LPG除外)
バイオディーゼル油	#9	biodiesel or bio-diesel or "Fatty acid methyl ester" or "Vegetable Oil"	123,942	バイオディーゼル油
ガソリン型 x 水素燃料	#10	#1 and #4	999	
ガソリン型 x アンモニア燃料	#11	#1 and #5	156	
ガソリン型 x エタノール燃料	#12	#1 and #6	1,134	
ガソリン型 x メタノール燃料	#13	#1 and #7	500	
ガソリン型 x 天然ガス燃料	#14	#1 and #8	828	
ディーゼル型 x 水素燃料	#15	#2 and #4	2,247	
ディーゼル型 x アンモニア燃料	#16	#2 and #5	510	
ディーゼル型 x エタノール燃料	#17	#2 and #6	1,944	
ディーゼル型 x メタノール燃料	#18	#2 and #7	1,130	
ディーゼル型 x 天然ガス燃料	#19	#2 and #8	2,360	
タービン x 水素燃料	#20	#3 and #4	2,193	
タービン x アンモニア燃料	#21	#3 and #5	470	
タービン x エタノール燃料	#22	#3 and #6	133	
タービン x メタノール燃料	#23	#3 and #7	177	
ガスタービン x 天然ガス燃料	#24	#3 and #8	2,050	
ガソリン型 x バイオディーゼル油	#25	#1 and #9	232	
ディーゼル型 x バイオディーゼル油	#26	#2 and #9	15,053	
タービン x バイオディーゼル油	#27	#2 and #9	320	
e-メタン, バイオメタン	#28	e-methane or biomethane or bio-methane	6,811	e-メタン, バイオメタン
低炭素燃料	#29	文献読取り解析用の検索式#1と同じ	169,464	各種の低炭素燃料
	#30	e-fuel or ethanol or ammonia or biofuel or bio-fuel or methanol or ("carbon neutral" or Nonfossil or "Non fossil")	963,138	低炭素燃料KWの補充
DHE	#31	"Dedicated Hybrid Engine" or "hybrid-dedicated engines"	45	(DHE) Dedicated Hybrid Engine
DHE x 低炭素燃料	#32	#31 and (#29 or #30)	10	

参考

アドバイザーボード名簿

(敬称略、前任者を除く所属・役職は令和8年2月現在)

委員長

三原 雄司 東京都市大学 理工学部 機械工学科 教授

委員

田中 光太郎 茨城大学 カーボンリサイクルエネルギー研究センター 教授

古野 志健男 株式会社 SOKEN エグゼクティブフェロー

宮本 世界 川崎重工業株式会社 技術開発本部 技術研究所

エネルギーシステム研究部 研究三課 課長

山崎 由大 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 人間環境学専攻 教授

*委員は五十音順に記載

特許庁オブザーバ

五閑 統一郎 審査第二部動力機械 審査監理官

星名 真幸 審査第二部動力機械 主任上席審査官

上田 真誠 審査第二部動力機械 主任上席審査官 (前任)

堀内 亮吾 審査第二部動力機械 上席審査官

津田 真吾 審査第二部動力機械 先任上席審査官 (前任)

村山 美保 審査第二部動力機械 上席審査官 (前任)

家喜 健太 審査第二部動力機械 審査官

酒井 駿斗 審査第二部動力機械 審査官補

藤島 孝太郎 審査第二部審査調査室 主査

芝井 隆 審査第二部審査調査室 主査 (前任)

西畑 智道 審査第二部審査調査室 副査

大橋 俊之 審査第二部審査調査室 副査 (前任)

池田 匡利 審査第二部審査調査室 副査

中村 俊之 総務部 企画調査課 知財動向班 知財動向班長

馬場 亮人 総務部 企画調査課 知財動向班 知財動向班長 (前任)

温井 脩市 総務部 企画調査課 知財動向班 技術動向係長

井上 瞳 総務部 企画調査課 知財動向班 技術動向係員

松田 恭典 総務部 企画調査課 知財動向班 工業所有権調査員

オブザーバ

<国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)>

寒川 泰紀 イノベーション戦略センター 環境・化学ユニット 主任研究員

原 重樹 イノベーション戦略センター サステナブルエネルギーユニット

ユニット長

加藤 浩瑞	イノベーション戦略センター	サステナブルエネルギーユニット	主事
川島 啓介	バイオ・材料部		主査
杉 信一郎	バイオ・材料部		主査
愛知 且英	バイオ・材料部		主査
植松 義尊	バイオ・材料部		主査
根角 昌伸	バイオ・材料部		主査
山本 愛弓	バイオ・材料部		主査
高橋 遥	バイオ・材料部		主任
田中 拓磨	バイオ・材料部		主任
金澤 和志	バイオ・材料部		主事
金子 耕大	バイオ・材料部		主事
高津 亮太	航空・宇宙部		主査
山本 研吾	航空・宇宙部		主査
伊藤 孝一	航空・宇宙部		主査
佐藤 浩之	航空・宇宙部		チーム長
平野 潤也	航空・宇宙部		主査
森 健吾	航空・宇宙部		主査

○本調査の実施と報告書の作成に当たっては、本調査のために設置された上記委員から構成されるアドバイザーボードの助言を活用した。

非 売 品
禁無断転載

令和7年度
特許出願技術動向調査報告書
－低炭素燃料エンジン－

発 行 令和8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 日鉄テクノロジー株式会社

乱丁、落丁がございましたら、上記までご連絡下さい。

