

令和２年度

特許出願技術動向調査 結果概要

プラスチック資源循環

令和３年２月

特 許 庁

問い合わせ先
特許庁総務部企画調査課 知財動向班
電話：０３－３５８１－１１０１（内線２１５５）

令和 2 年度特許出願技術動向調査

－ プラスチック資源循環 －

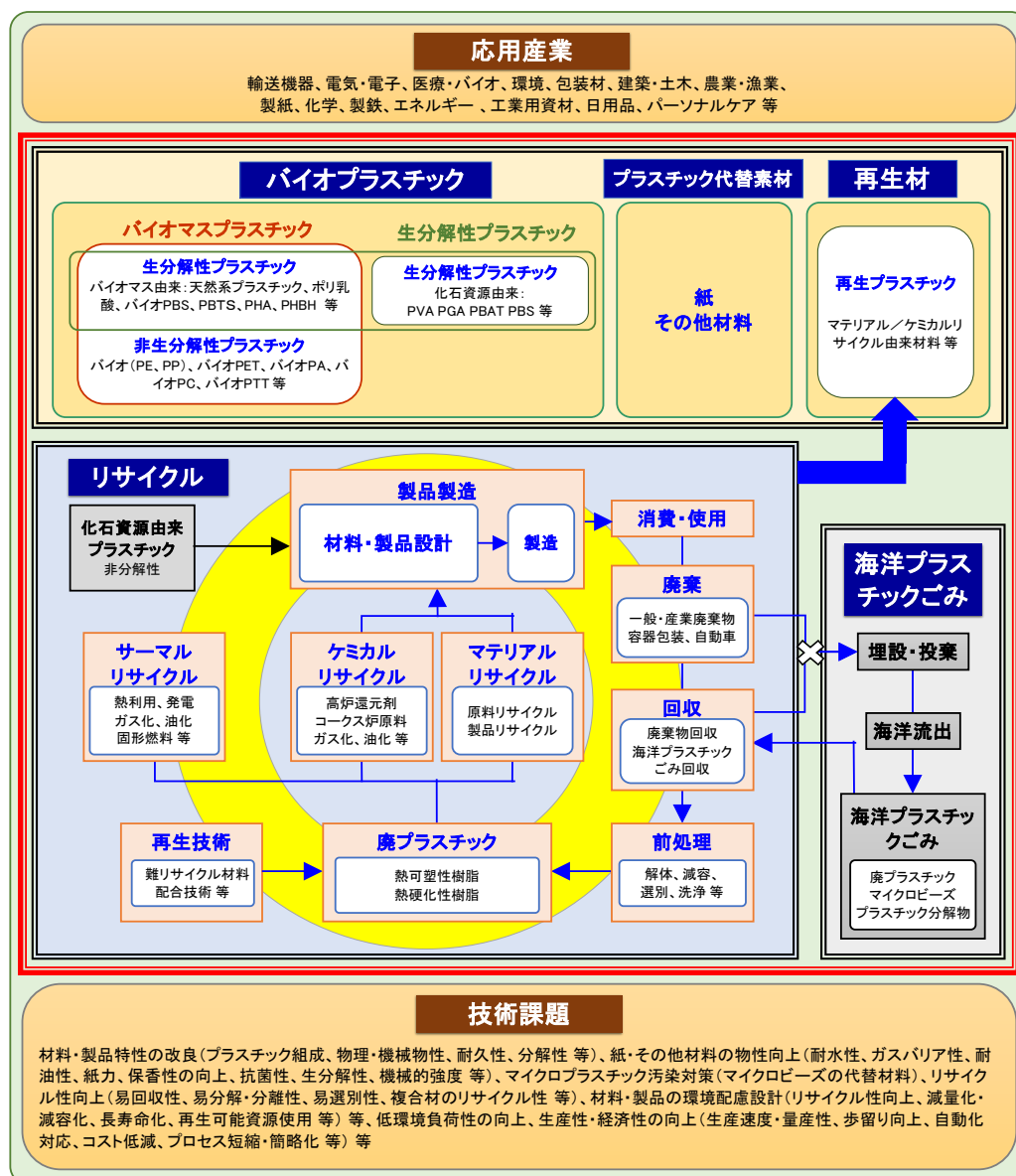
1. はじめに

(1) 調査の背景・目的

本調査では、近年、特に注目されている「プラスチック資源循環」の分野について調査分析を行った。地球規模での資源・廃棄物制約や海洋プラスチックごみ問題への対応が求められており、世界全体の取組として、プラスチック資源循環体制を構築するとともに、海洋プラスチックごみによる汚染防止を進めることが必要となっている。さらに、アジア各国による廃棄物の輸入規制が拡大しており、これまで以上に国内資源循環体制の構築も不可欠となっている。このため、バイオマスプラスチック、紙等の化石資源由来プラスチック代替品の開発や転換、リサイクル技術の開発、海洋生分解性プラスチックの開発・利用など、プラスチック資源循環に関する技術がますます重要になると考えられる。我が国においても、国内対策を推進することはもとより、我が国発の技術を積極的に海外展開し、世界全体の海洋プラスチックごみ流出の削減と 3R（リデュース、リユース、リサイクル）・適正処理の推進に貢献することが求められる。このような背景のもと、プラスチック資源循環に関する我が国技術の世界的位置づけ、及びプラスチック資源循環に関する技術の動向について把握するために、プラスチック資源循環に関する特許の動向を調査し、技術革新の状況、技術競争力の状況と今後の展望について検討した。

(2) 調査の方法

プラスチック資源循環における技術俯瞰図を図 1 に示した。本調査における主要な対象技術分野は、(1) 生分解性プラスチック（微生物の働きによって最終的に水と二酸化炭素にまで分解されるプラスチック）及びバイオマスプラスチック（植物等の再生可能な有機資源を原料として製造したプラスチック）からなるバイオプラスチック、(2) 紙素材や天然素材を原料とするプラスチック代替素材、(3) 廃プラスチックのリサイクル技術、及び、(4) 廃プラスチックリサイクルにより得られる再生プラスチック（再生材）である。



注）本調査の対象範囲は赤色二重線の範囲内である。

図 1【プラスチック資源循環の技術俯瞰図】

出典：三菱ケミカルリサーチ（MCR）が作成

(3) 調査範囲・手法

本調査では、特許文献について、以下の範囲・手法により調査を行った。

① 調査範囲

出願年（優先権主張年）：2005～2018 年

出願先国・地域：日本、米国、欧州、中国、韓国の 5 か国・地域

使用した商用データベース：Derwent Innovation (Derwent World Patents Index¹)

② 調査手法

キーワードや分類を用いて、商用データベースで本調査の対象となる特許文献の母集合を得た後、母集合に含まれる特許文献を 1 件ずつ読み込み、あらかじめ本調査のために独自に設定した技術区分に分類した。

¹ キャメロット ユーケイ ビッドコ・リミテッドの登録商標

2. 本調査の結果概要

(1) 市場動向

海洋プラスチックごみ問題への対応として、食品・飲料メーカーや小売などの消費者と接点のある企業によるバイオプラスチック・紙・再生プラスチック等採用の動きが活発化している。世界のバイオプラスチック生産能力は、2019年の約212万トンから2024年には約243万トンに増加すると予測されている。各国におけるプラスチックリサイクル比率はまだ低い状況である。ケミカルリサイクルでは、日米欧企業により、廃プラスチックや一般ごみを原料としたガス化、油化等の技術開発が活発化している。

(2) 政策動向

国内動向としては、2019年5月に「3R+Renewable（持続可能な資源）」を基本原則とする「プラスチック資源循環戦略」が策定され、我が国は、該戦略に基づいて技術開発を推進していく方針である。また、2019年6月のG20大阪サミットにおいて、海洋プラスチックごみによる新たな汚染を2050年までにゼロにすることを目指すという「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」を各国間で共有した。

(3) 特許動向

プラスチック資源循環分野全体における特許ファミリー件数比率は、中国籍出願人からの出願が48.1%で最も高く、次いで日本国籍出願人（25.4%）、韓国籍出願人（8.3%）、米国籍出願人（8.2%）、欧州国籍出願人（7.6%）の順である。出願人を年代別で詳細にみると、2013年までは日本企業が化学企業を中心に出願人別ファミリー件数ランキング上位を占めており、世界の技術開発をリードしていた。一方で、2014年以降、中国の大学、研究機関がランキングの上位を占めており、中国が積極的に技術開発を推進していることがうかがえる。技術区分別では、バイオマスプラスチック、ケミカルリサイクルの出願は日本国籍出願人からの出願が最多である。各素材・リサイクル原料に着目すると、特に生分解性プラスチック、紙、その他材料、再生プラスチックの出願が2010年以降増加しており、技術開発が活発化していることがうかがえる。また、応用産業に着目すると、自動車、包装フィルム、建築材料、食品容器の順に多く、いずれも増加傾向である。

3. 市場動向

(1) プラスチック生産量（廃棄物発生量）の推移(図2)

1950年代以来、プラスチックの生産量は大幅に伸びており、2015年には約3億トンのプラスチックが生産されている。2018年時点でのプラスチックの累積生産量は約83億トンであり、このうち廃棄物になっているのは約8割の約63億トンと推定される。

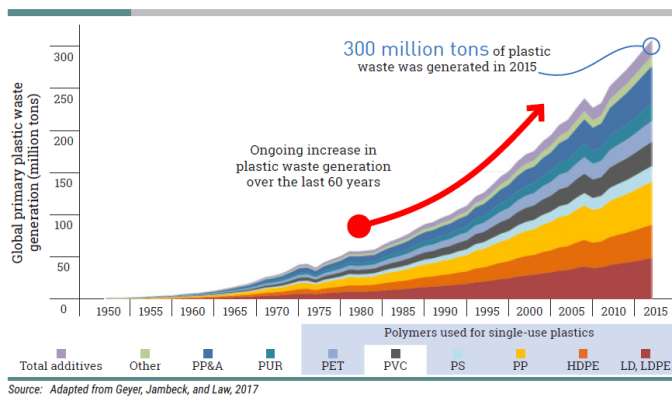


図2 プラスチック生産量（廃棄物発生量）の推移（1950年～2015年）

出典：国連環境計画 国際環境技術センター「SINGLE-USE PLASTICS:A Roadmap for Sustainability」

<https://www.unenvironment.org/ietc/ja/node/53?%2Fresources%2Fpublication%2Fsingle-use-plastics-roadmap-sustainability=>

(2) 世界のプラスチックフロー（図3）

2018年における世界のプラスチック生産量は3.6億トン、プラスチック廃棄物は3億トンである。廃棄物に対する処理の内訳は、リサイクルは9%、焼却・熱回収は12%、埋め立て処分が79%である。

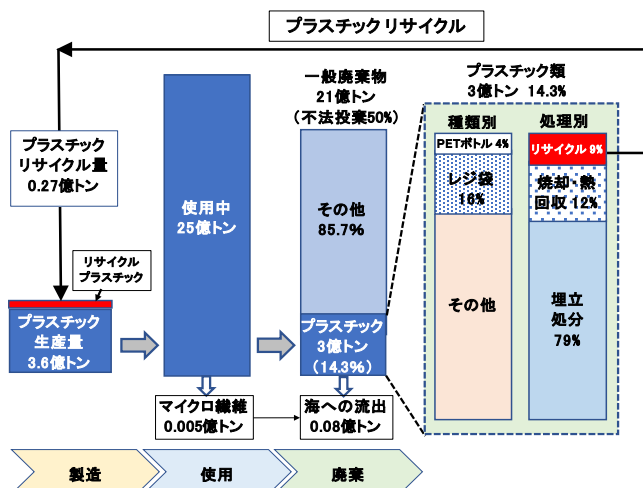


図3 世界のプラスチックフロー（2018年）

出典：株式会社シーエムシー出版「プラスチックの資源循環に向けたグリーンケミストリーの要素技術（2019）、P37」

(3) プラスチック代替製品

海洋プラスチックごみ問題への対応として、食品・飲料メーカーや飲食業界、小売業界（コンビニ）などの消費者と接点のある企業によるバイオプラスチック・紙・再生プラスチック等採用の動きが活発化している。

(4) 世界のバイオプラスチックの生産能力（図4）

世界のバイオプラスチック生産能力は、2019年の約212万トンから2024年には約243万トンに増加すると予測されており、毎年生産されるプラスチック全体（約3.6億トン）の1%程度を占める。環境問題への意識の高まりとともに、バイオプラスチックの市場も増加傾向で推移すると予測されている。

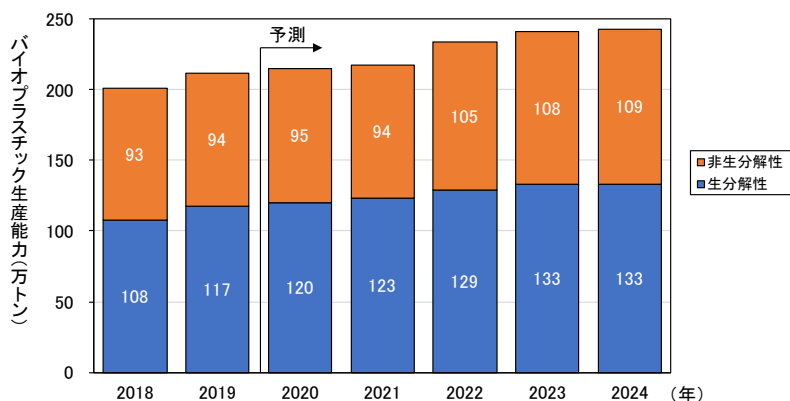


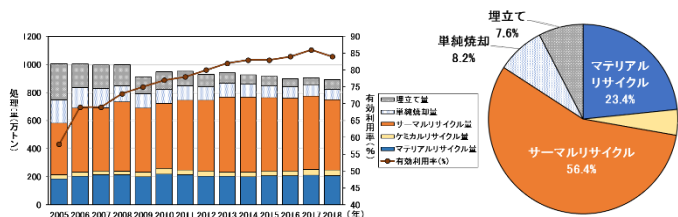
図4 世界のバイオプラスチックの生産能力

出典：European Bioplastics ウェブサイト、<https://www.european-bioplastics.org/market/>

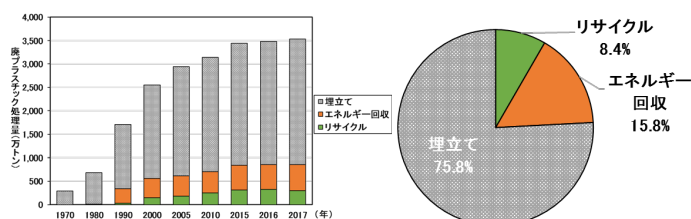
(5) 各国・地域のプラスチックのリサイクル状況(図5)

各国・地域のプラスチックのリサイクル状況は、日本はサーマルリサイクル（エネルギー回収）56.4%、リサイクル 27.8%（マテリアル 23.4%、ケミカル 4.4%）、米国は埋立て 75.8%、エネルギー回収 15.8%、リサイクル 8.4%、欧州は埋立て 24.9%、エネルギー回収 42.6%、リサイクル 32.5%、中国は埋立て 48.0%、焼却 27.0%、リサイクル 25.0%となっている。

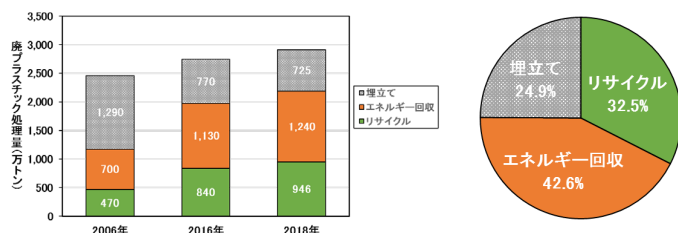
【日本】（処理量比率 2018 年）



【米国】（処理量比率 2017 年）



【欧州】（処理量比率 2018 年）



【中国】（処理量比率 2018 年）

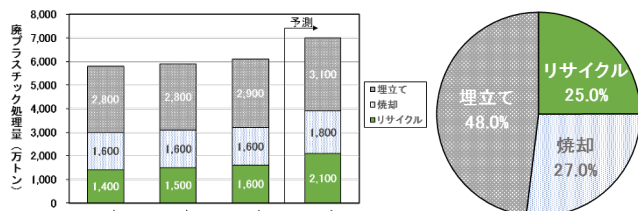


図5 各国・地域のプラスチックの処理処分方法別の処理量²の推移と処理量比率

出典：一般社団法人プラスチック循環利用協会「2018 プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処分処理の状況」、EPA「Facts and Figures about Materials, Waste and Recycling」、Europe「Plastics-the Facts 2019」、
「Plastic Waste Management Market-Forecast To 2024」[Report code: PK 3870] (M&M 社のデータベース Knowledge Store)

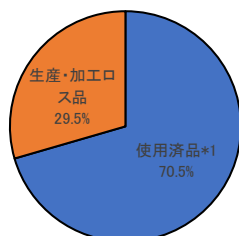
(6) 日本のマテリアルリサイクルの状況(図6)

2018 年の日本におけるマテリアルリサイクル（再生利用）された廃プラスチックの量は 208 万トンであった。マテリアルリサイクル向け原料の排出源別内訳は、使用済品が 147 万トン、生産・加工ロス品が 62 万トンであった（図6（1））。樹脂種類別では、指定

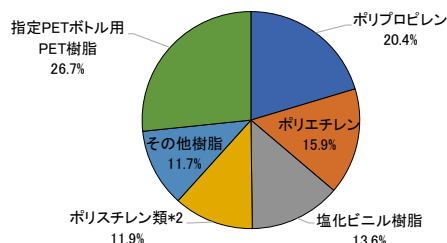
² 米国、欧州及び中国における「廃プラスチック処理量」は、処理された廃プラスチックの重量

PET ボトル用 PET 樹脂が最も多く、次にポリプロピレン、ポリエチレン、塩化ビニル樹脂、ポリスチレン類が続いている（図 6（2））。さらに、使用済み品（147 万トン）の由来について内訳を見ると、PET ボトル 53 万トン、包装用フィルム 24 万トン、家電・筐体等 21 万トン、農業用プラスチック 8 万トンなどとなっており、容器包装リサイクル法や家電リサイクル法など各種リサイクル法に基づく取組が着実に進んでいることが理解できる（図 6（3））。

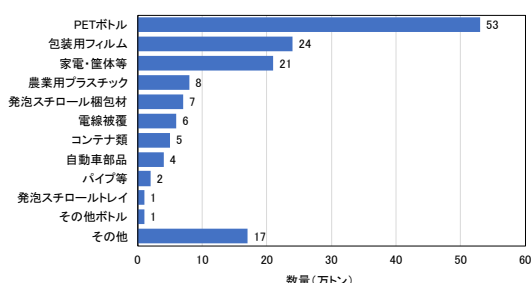
(1) 排出源別（再生利用 208 万トン）



(2) 樹脂種類別（再生利用 208 万トン）



(3) (1) の使用済み品（147 万トン）の由来



*1 うち一般系廃棄物使用済み品 71 万トン

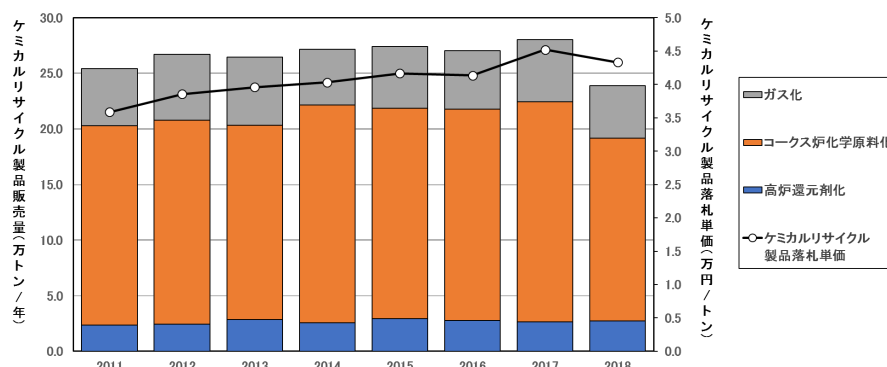
*2 ポリスチレン類：AS、ABS 含む

図 6 マテリアルリサイクル向け原料の内訳

出典：一般社団法人プラスチック循環利用協会「2018 プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処分処理の状況」

(7) 日本のケミカルリサイクルの状況(図 7、表 1)

2018 年度の日本におけるケミカルリサイクル製品の比率は、コークス炉化学原料化が大部分で 69.1%、次にガス化が 19.8%、高炉還元剤化が 11.4%であった。油化によるリサイクル製品の販売はなかった。2018 年度のケミカルリサイクル製品の落札単価は 43,299 円／トンであった。



*ケミカルリサイクル製品落札単価とは、容器包装リサイクル協会がケミカルリサイクル事業会社に処理委託料として支払う金額

図 7 プラスチック製容器包装のケミカルリサイクル製品の再商品化手法別販売量と落札単価*の推移

出典：公益財団法人日本容器包装リサイクル協会ウェブサイト「ケミカルリサイクル製品（再商品化製品利用製品）内訳」、<https://www.jcpa.or.jp/recycle/recycling/tabid/433/index.php>

また、ケミカルリサイクル（ガス化・油化）関連の開発・実用化された技術の一覧を下記表 1 に示す。廃プラスチックや一般ごみを原料としたガス化や油化等に関する技術開発が活発に行われている。

表 1 ケミカルリサイクル（ガス化・油化）関連の開発・実用化された技術の一覧

方法	実施機関	樹脂	技術	備考
ガス化	昭和電工	廃プラスチック	EUP 技術導入	
	イーユーピー		加圧 2 段ガス化	
	日本製鉄／ダイセル		塩び含有製品の熱分解	
	ジャパンリサイクル		サーモセレクト方式ガス化溶融炉	
	エネルケム(カナダ)	一般ごみ	一般ごみをガス化し、合成ガスからメタノール、エタノールにケミカルリサイクルする技術	
	積水化学／INCJ		一般ごみをガス化し、このガスを微生物によりエタノールに変換する技術	検討中
油化	歴世礦油	廃プラスチック	2 段階熱分解技術	撤退
	道央油化センター		3 段階熱分解技術	撤退
	札幌プラスチックリサイクル		4 段階熱分解技術	撤退
	JX ホールディングス		廃プラスチックからナフサや灯油を再生	撤退
	環境エネルギー		触媒による接触分解により廃プラスチックを油化する実用機を開発	計画
	BASF(ドイツ)、クアンタフューエル(ノルウェー)		廃プラスチックの熱分解油から化学品製造	計画
	サビック(サウジアラビア)、プラスチックエネルギー(イギリス)		廃プラスチックの熱分解油から化学品製造	計画
	ダウ(米国)、フェニックス(オランダ)		廃プラスチックの熱分解油から化学品製造	計画
	シェル(オランダ・イギリス)		廃プラスチックの熱分解油から化学品製造	計画
	ネクススフューエル(米国)			
	ライオンデルバゼル(オランダ)		廃プラスチックの熱分解油から化学品製造	計画
	ネステオイル(フィンランド)			
	アールプラスジャパン		廃プラスチックから直接化学品を製造する技術	計画
その他				

4. 政策動向

(1) プラスチック資源循環戦略の概要(図 8)

2019 年 5 月に、日本は循環型社会形成推進基本法に基づき、「プラスチック資源循環戦略」を策定した。該戦略は、「3R+Renewable（持続可能な資源）」を基本原則とし、重点戦略として、「プラスチック資源循環（リデュース等の徹底、効率的・効果的で持続可能なリサイクルの実施、再生材・バイオプラスチックの利用促進等）」、「海洋プラスチック対策（廃プラスチック海洋流出の防止・回収等）」、「国際展開（途上国への対策支援等）」、「基盤整備（リサイクルインフラ整備などの基盤確立等）」が示された。

背景

- ◆廃プラスチック有効利用率の低さ、海洋プラスチック等による環境汚染が世界的課題
- ◆我が国は国内で適正処理・3Rを率先し、国際貢献も実施。一方、世界で2番目の1人当たりの容器包装廃棄量、アジア各国での輸入規制等の課題

重点戦略

基本原則：「3R+Renewable」

【マイルストーン】

リデュース等	- ワンウェイプラスチックの使用削減(レジ袋有料化義務化等の「価値づけ」) - 石油由来プラスチック代替品開発・利用の促進	<リデュース> ①2030年までにワンウェイプラスチックを累積25%排出抑制 <リユース・リサイクル> ②2025年までにリユース・リサイクル可能なデザインに ③2030年までに容器包装の6割をリユース・リサイクル ④2035年までに使用済プラスチックを100%リユース・リサイクル等により、有効利用 <再生利用・バイオマスプラスチック> ⑤2030年までに再生利用を倍増 ⑥2030年までにバイオマスプラスチックを約200万トン導入
リサイクル	- プラスチック資源の分かりやすく効果的な分別回収・リサイクル - 漁具等の陸域回収徹底 - 連携協働と全体最適化による費用最小化・資源有効利用率の最大化 - アジア禁輸措置を受けた国内資源循環体制の構築 - イノベーション促進型の公正・最適なリサイクルシステム	
再生材 バイオプラ	- 利用ポテンシャル向上（技術革新・インフラ整備支援） - 需要喚起策（政府率先調達（グリーン購入）、利用インセンティブ措置等） - 循環利用のための化学物質含有情報の取扱い - 可燃ごみ指定袋などへのバイオマスプラスチック使用 - バイオプラ導入ロードマップ・静脈システム管理との一体導入	
海洋プラスチック対策	プラスチックごみの流出による海洋汚染が生じないこと（海洋プラスチックゼロエミッション）を目指した - ポイ捨て・不法投棄撲滅・適正処理 - 海岸漂着物等の回収処理 - 海洋ごみ実態把握（モニタリング手法の高度化）	- マイクロプラスチック流出抑制対策（2020年までにスクラップ製品のマイクロビーズ削減徹底等） - 代替イノベーションの推進
国際展開	- 途上国における実効性のある対策支援（我が国のソフト・ハードインフラ、技術等をオーダーメイドパッケージ輸出で国際協力・ビジネス展開） - 地球規模のモニタリング・研究ネットワークの構築（海洋プラスチック分布、生態影響等の研究、モニタリング手法の標準化等）	
基盤整備	- 社会システム確立（ソフト・ハードのリサイクルインフラ整備・サプライチェーン構築） - 技術開発（再生可能資源によるプラ代替、革新的リサイクル技術、消費者のライフスタイルのイノベーション） - 調査研究（マイクロプラスチックの使用実態、影響、流出状況、流出抑制対策） - 連携協働（各主体が一つの旗印の下取組を進める「プラスチック・スマート」の展開）	- 資源循環関連産業の振興 - 情報基盤（ESG投資、エシカル消費） - 海外展開基盤

- ◆アジア太平洋地域をはじめ世界全体の資源・環境問題の解決のみならず、経済成長や雇用創出⇒持続可能な発展に貢献
- ◆国民各界各層との連携協働を通じて、マイルストーンの達成を目指すことで、必要な投資やイノベーション（技術・消費者のライフスタイル）を促進

図8 プラスチック資源循環戦略の概要

出典：環境省「プラスチック資源循環戦略」の策定について、<https://www.env.go.jp/press/106866.html>

(2)「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」の共有（表2）

2019年6月に、日本が議長国を務めるG20大阪サミットにて「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」として、海洋プラスチックごみによる新たな汚染を2050年までにゼロにするという年限付きの数値目標が各国間で共有された。

表2 「G20大阪サミット」の主な成果内容

1. 大阪ブルー・オーシャン・ビジョン - G20首脳が、共通のグローバルなビジョンとして共有 - 他の国際社会のメンバーにもビジョンを共有するよう求める 2050年までに海洋プラスチックごみによる追加的な汚染をゼロにすることを目指す
2. G20海洋プラスチックごみ対策実施枠組み - G20持続可能な成長のためエネルギー転換を地球環境に関する関係閣僚会合で採択 - 下記をG20が承認
(1) G20各国は、以下のような自主的な取組を実施し、効果的な対策と成果を共有、更新 - 適切な廃棄物管理 - 海洋プラスチックごみの回収 - 革新的な解決策（イノベーション）の展開 - 各国の能力強化のための国際協力
(2) G20各国は、協調して以下を実施するとともに、G20以外にも展開 - 国際協力の推進 - イノベーションの推進 - 科学的知見の共有 - 多様な関係者の関与と意識向上など
3. 資源効率性対話 - 実施枠組みを成果の共有の場として活用 2019年10月、G20資源効率性対話の場にて、G20海洋プラスチックごみ対策実施枠組みフォローアップ会合及び関連イベントを開催

出典：G20大阪サミット2019結果概要、Webサイト、<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/g20/osaka19/jp/overview/>

5. 特許出願動向

(1) 全体動向（図 9）

2005 年以降、ファミリー一件数³は増加傾向で推移し、中国籍出願人によるファミリー一件数が 2010 年以降増加傾向で推移している（図 9 左）。他方、日本国籍出願人によるファミリー一件数は減少傾向又は横ばいである。調査期間全体の合計では、中国籍出願人からの出願が最も多く、全体の 48.1%を占めている。次いで日本国籍出願人、韓国籍出願人、米国籍出願人、欧州国籍出願人の順になっている（図 9 右）。

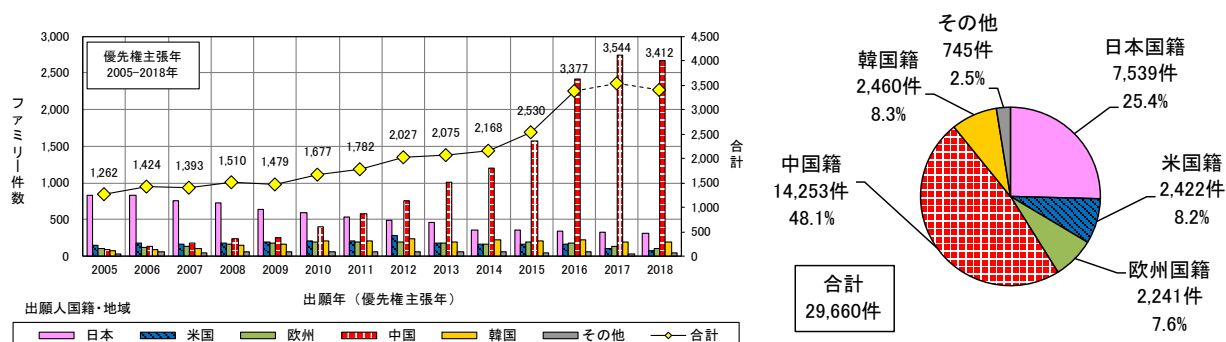


図 9 【プラスチック資源循環（全体）】左：出願人国籍・地域別のファミリー一件数推移、右：ファミリー一件数比率（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2005 年～2018 年）

(2) 出願先国・地域別一出願人国籍・地域別出願件数収支（図 10）

日本国籍出願人からは、米国、中国、欧州への出願が多く、他の国・地域から日本へは、米国籍出願人、欧州国籍出願人からの出願が多い。米国籍出願人は欧州、中国、日本への出願が多く、欧州国籍出願人は米国、中国、日本への出願が多い。中国籍出願人は、自国への出願が大部分である。

³ ファミリー一件数とは、同じ発明を複数の国へ特許出願する場合、各国（自国も含む）へ特許出願した「特許出願のまとまり」をパテントファミリーと呼び、このファミリーを 1 件とカウントした件数

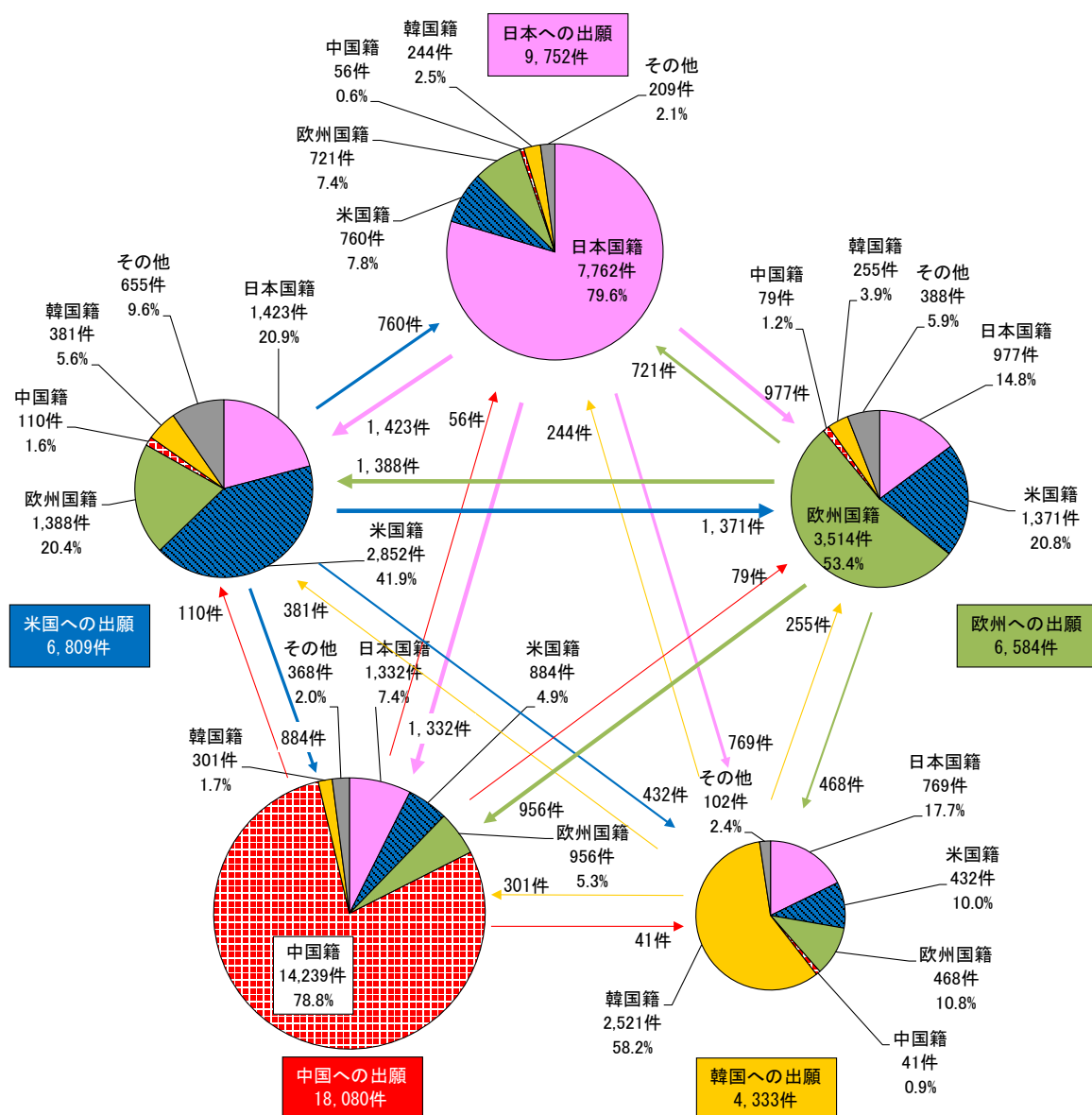


図 10 【プラスチック資源循環（全体）】出願先国・地域別一出願人国籍・地域別出願件数収支（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2005 年～2018 年）

(3) 技術区分別の出願動向

①素材・リサイクル原料（図 11）

「素材・リサイクル原料（大・中分類）」の技術区分別ファミリー件数比率では、生分解性プラスチック⁴（59.0%）が最も多く、次いで廃プラスチック（リサイクル原料）（15.9%）、紙（8.8%）、その他材料（6.2%）、バイオマスプラスチック⁴（5.1%）、再生プラスチック（5.0%）の順である（図 11 左下）。出願人国籍・地域別でも、日米欧中韓国出願人共に、ほぼ同様の傾向である（図 11 右上）。バイオマスプラスチックは、日本国籍出願人からの出願が最多であるが、それ以外の素材項目では、中国籍出願人から

⁴ 「生分解性プラスチック」には、「化石資源由来生分解性プラスチック」及び「バイオマス由来生分解性プラスチック（例：ポリ乳酸）」を分類し、「バイオマスプラスチック」には「バイオマス由来非生分解性プラスチック（例：バイオポリエチレン）」を分類。

の出願が最多である。また、ファミリー件数推移では、各素材・リサイクル原料の項目の出願件数はいずれも増加傾向にあるが、特に生分解性プラスチック、紙、その他材料、再生プラスチックの出願のファミリー件数が2010年以降顕著に増加している(図11左上)。

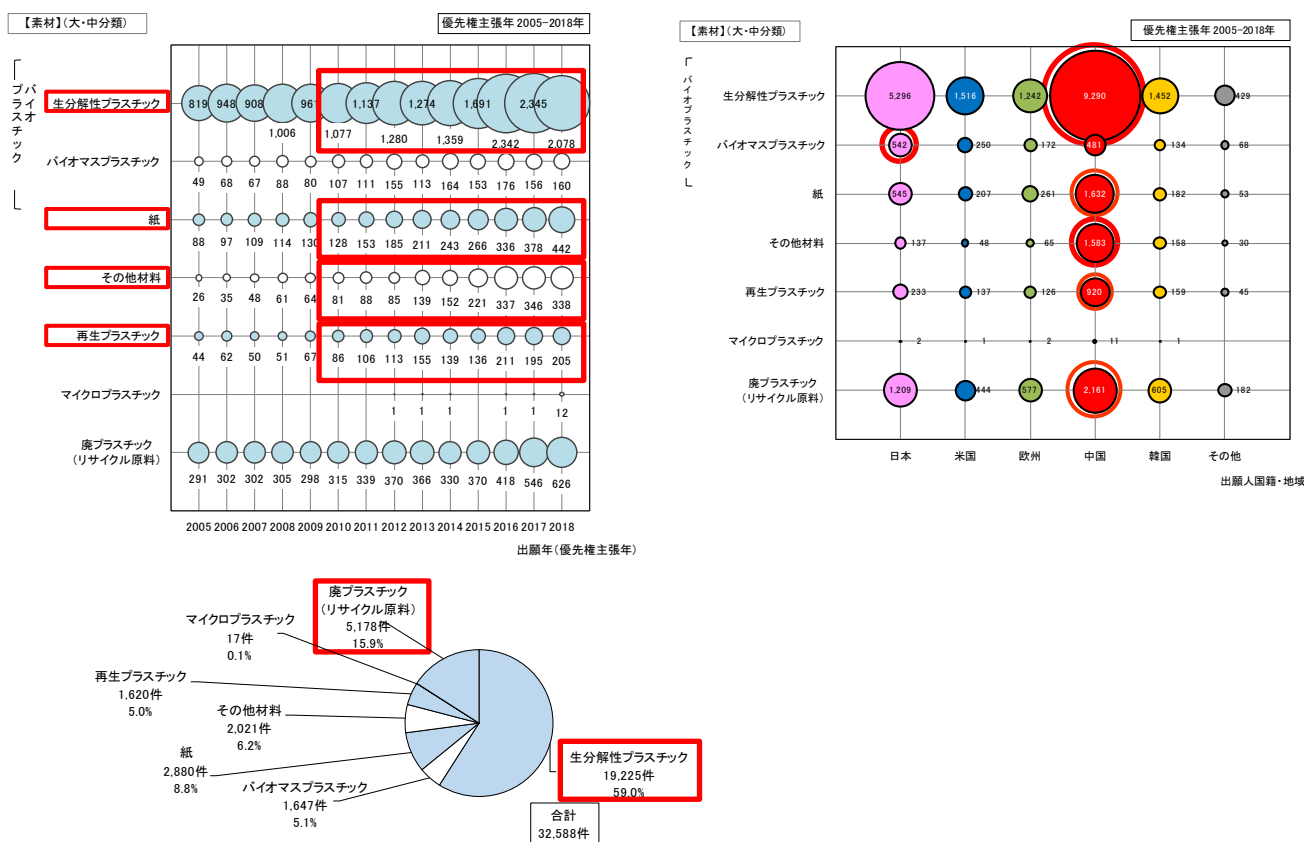


図11 【プラスチック資源循環(全体)】左上：技術区分別(素材・リサイクル原料)ファミリー件数推移、左下：技術区分別ファミリー件数比率、右上：技術区分別出願人国籍・地域別ファミリー件数(出願年(優先権主張年)：2005年～2018年)

②素材(図12)

素材(中・小分類)について詳細分析すると、生分解性プラスチックの中では、日米欧中韓国籍出願人共にポリ乳酸が最も多く、次いで日欧中韓国籍出願人はセルロース誘導体、米国はPHA(ポリヒドロキシアルカン酸)に関するファミリー件数が多い。バイオマスプラスチックの中では、日本国籍出願人はバイオPE、米欧国籍出願人はバイオポリエステル、中国籍出願人はバイオPTT、韓国籍出願人はバイオポリウレタンが最も多い。紙の種類では、日米欧中国籍出願人は塗工紙、韓国籍出願人は多層紙が多く、その他材料では、日米欧中韓国籍出願人共に天然素材が最も多い。再生プラスチックでは、日米欧中韓国籍出願人共にマテリアルリサイクルによるものが多い。中国籍出願人は、その他材料の天然素材や再生プラスチックのマテリアルリサイクルによるもののファミリー件数が多いという特徴がある。

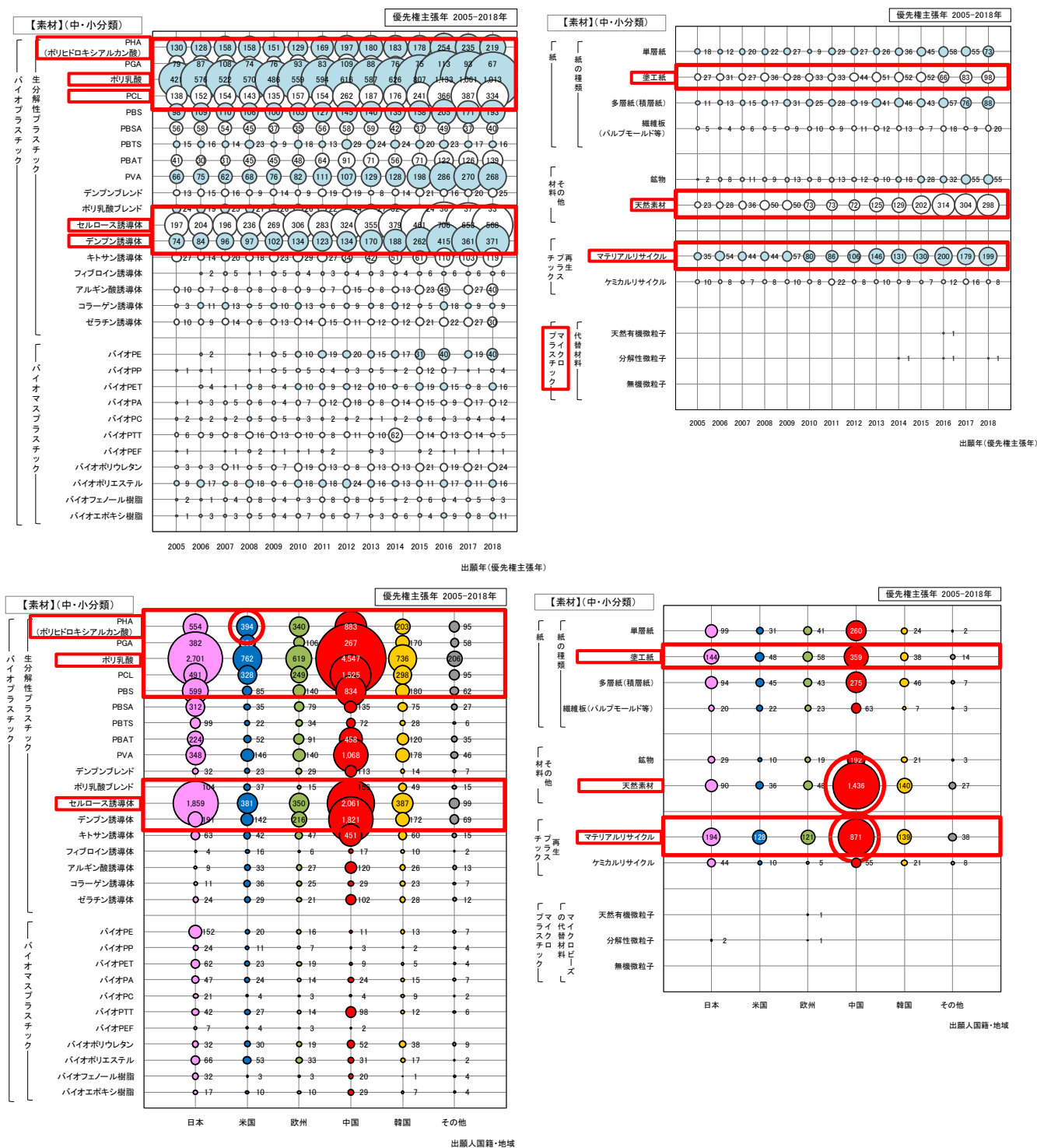


図 12【素材】上：技術区分別ファミリー件数推移、下：技術区分別出願人国籍・地域別ファミリー件数（出願年（優先権主張年）：2005 年～2018 年）

③廃プラスチック（リサイクル原料）（図 13）

廃プラスチック（リサイクル原料；小・詳細分類）について詳細分析すると、全体では混合プラスチックが最も多い。熱可塑性樹脂の中ではポリエチレン、PET、ポリプロピレンの順で多く、熱硬化性樹脂の中ではポリウレタンが多い。日本国籍出願人は混合プラスチック、ポリスチレン系樹脂、ポリエチレン、米国国籍出願人はPET、ポリエチレン、ポリプロピレン、欧韓国籍出願人は混合プラスチック、ポリエチレン、ポリプロピレン、中

国籍出願人はポリエチレン、混合プラスチック、PETが多い。

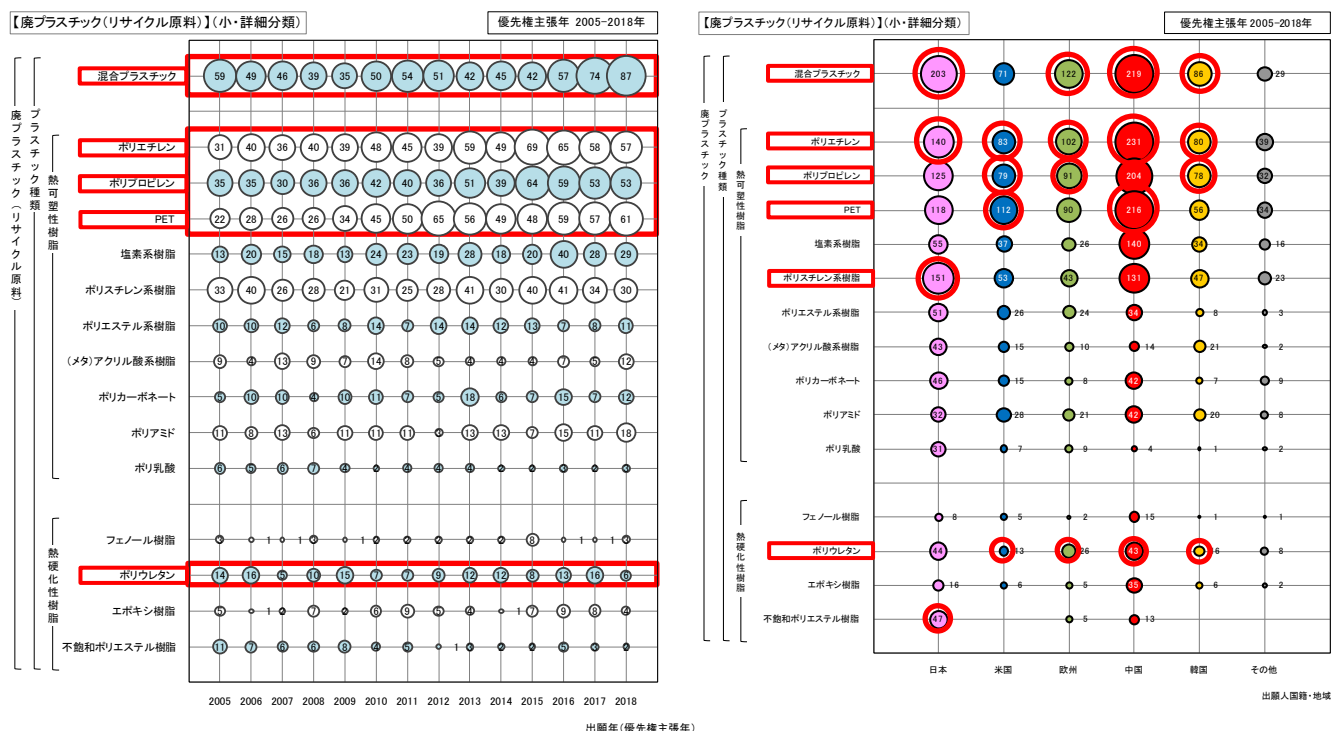


図 13 【廃プラスチック（リサイクル原料）】左：技術区分別ファミリー件数推移、右：技術区分別出願人国籍・地域別ファミリー件数（出願年（優先権主張年）：2005 年～2018 年）

④要素技術（製造技術、リサイクル技術）（図 14）

「要素技術（中分類）」の技術区分別ファミリー件数推移をみると、プラスチックの製造技術では、プラスチック組成の開発技術、成形技術、物性改良技術の出願が多く、いずれも増加傾向である（図 14 左）。出願人国籍・地域別では、日米中韓国籍出願人はプラスチック組成の開発技術、欧州国籍出願人は成形技術が最も多い（図 14 右）。紙の製造技術では塗工、その他材料の加工技術では成形加工が、日米欧中韓国籍出願人共に最も多い。リサイクル技術では、日欧国籍出願人はケミカルリサイクル、米国籍出願人はマテリアルリサイクル、中韓国籍出願人は廃プラスチック前処理が最も多い。

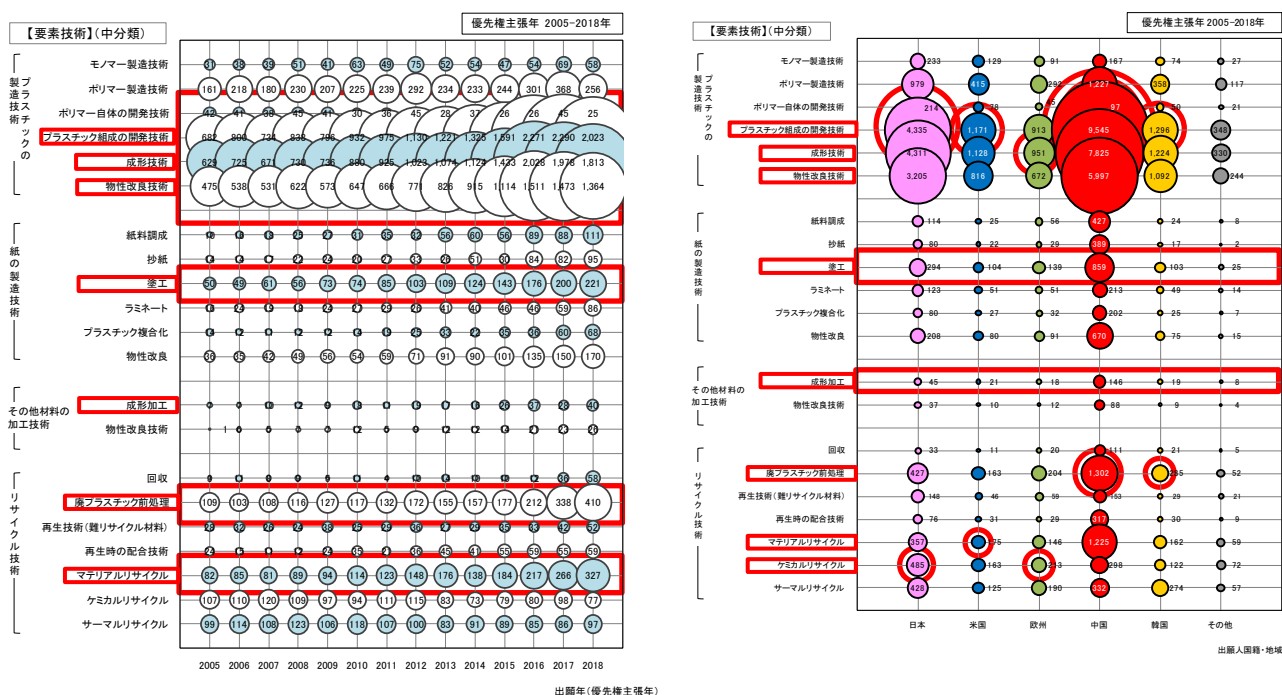


図 14 【プラスチック資源循環（全体）】 左：技術区分別（要素技術）ファミリー一件数推移、右：技術区分別出願人国籍・地域別ファミリー一件数（出願年（優先権主張年）：2005 年～2018 年）

⑤要素技術（プラスチックの製造技術）（図 15）

プラスチックの製造技術（小分類）について、バイオプラスチック（生分解性プラスチック及びバイオマスプラスチック）を対象として詳細分析すると、日米欧中韓国籍出願人共にプラスチック組成の開発技術の添加剤の使用、ポリマー混合割合の調節が多い。また、中国籍出願人は、複合体の成形技術が多いという特徴がある。日本国籍出願人は、生分解性プラスチックを対象とする場合、積層体、繊維の成形技術が他の国籍・地域出願人よりも多く（図 15 左）、バイオマスプラスチックを対象とする場合、フィルム・シート、積層体、‘フィルム・シート、繊維以外の成形体’の成形技術が他の国籍・地域出願人よりも多い（図 15 右）。このことから、日本国籍出願人は、フィルム・シート、積層体、繊維、及び、‘フィルム・シート、繊維以外の成形体’等の成形技術の出願が比較的多いという特徴があることがうかがえる。

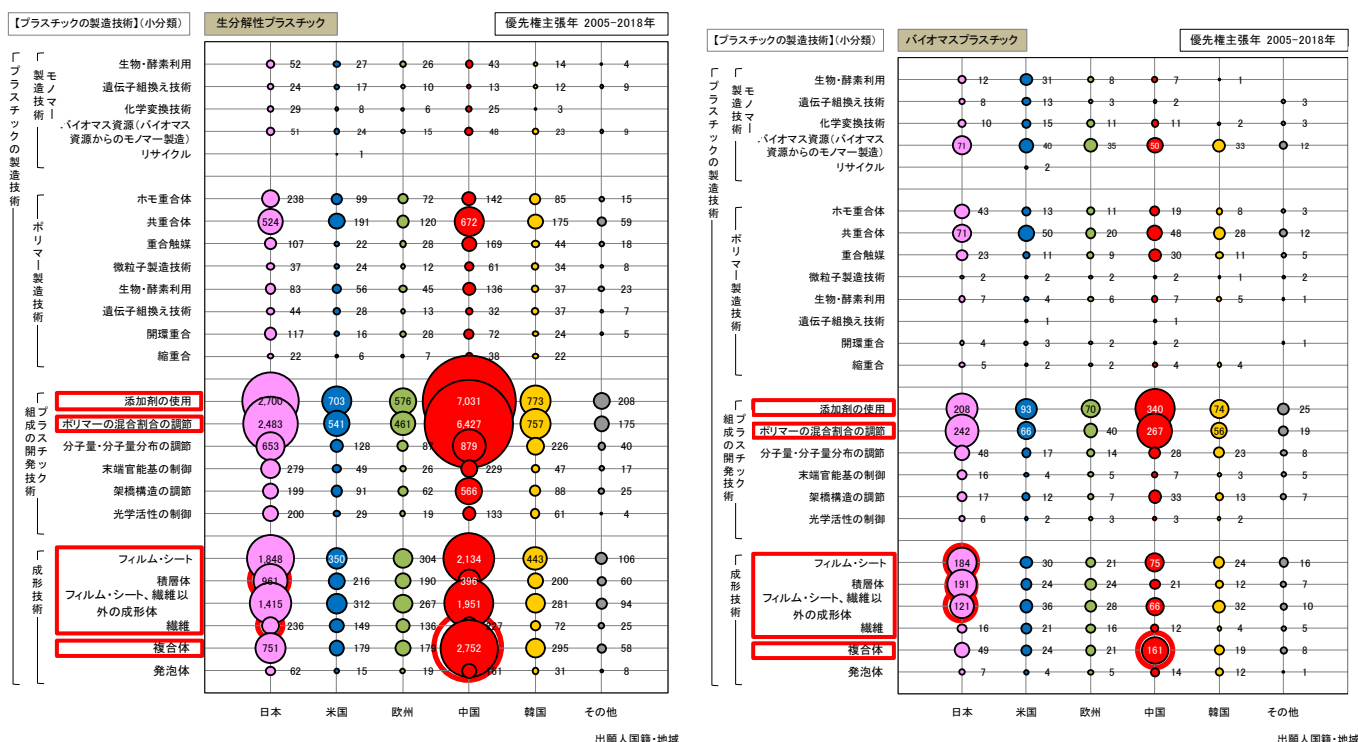


図 15 【要素技術（プラスチックの製造技術）・バイオプラスチック】技術区分別出願人国籍・地域別ファミリー件数（左：生分解性プラスチック、右：バイオマスプラスチック）（出願年（優先権主張年）：2005 年～2018 年）

⑥課題（図 16）

素材別に調査を行った「課題（大・中分類）」の技術区分別ファミリー件数推移をみると、材料・製品特性の改良（プラスチック）に関する課題では、ファミリー件数が多い上位 3 項目は強度・剛性・弾性率、分解性、耐熱性・熱安定性に関する出願であり、いずれも増加傾向である（図 16 左上）。

さらに、出願人国籍・地域別ファミリー件数をみると、材料・製品特性の改良（プラスチック）に関する課題では、米欧中韓国籍出願人は、分解性、強度・剛性・弾性率、耐熱性・熱安定性に関する出願のファミリー件数の比が大きいのに対し、日本国籍出願人は耐熱性・熱安定性、強度・剛性・弾性率、着色や外観に関する出願のファミリー件数の比が大きい傾向にある（図 16 左下）。このことから、日本は、着色や外観の改良技術が強みであると考えられる。紙・その他材料の物性向上に関する課題では、日米欧中韓国籍出願人共に耐水性に関する出願が最も多く、次に日本国籍出願人は耐油性、米欧国籍出願人はガスバリア性、中韓国籍出願人は紙力に関する出願のファミリー件数が多い（図 16 右下）。リサイクル性向上に関する課題では、日本国籍出願人はケミカルリサイクル性、米中国籍出願人はマテリアルリサイクル性、欧韓国籍出願人はサーマルリサイクル性に関する出願のファミリー件数が多い（図 16 右下）。

全ての素材を調査対象としたプロセスに関する課題としては、低環境負荷性の向上（プロセス）、コスト低減、材料・製品の環境配慮設計の再生可能資源（バイオプラスチック、紙、その他材料）使用が多い（図 16 右上、右下）。

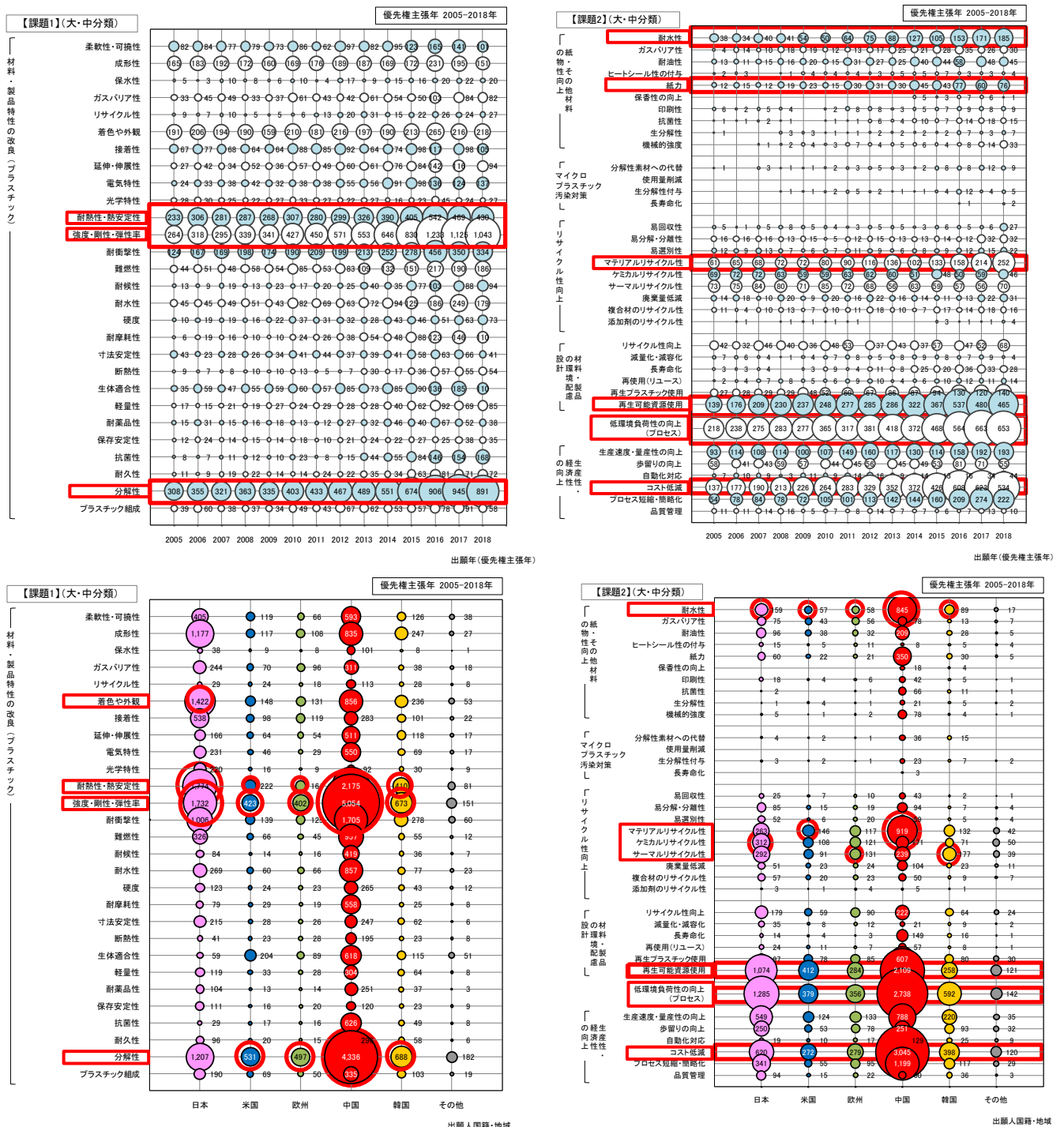


図 16 【プラスチック資源循環（全体）・素材別】上：技術区分別（課題⁵）ファミリー件数推移、下：技術区分別出願人国籍・地域別ファミリー件数（出願年（優先権主張年）：2005 年～2018 年）

⑦応用産業（図 17）

「応用産業（中分類）」の出願人国籍・地域別ファミリー件数について分析すると、日

⁵ 各課題が対象とする技術分野は以下のとおり。

課題「材料・製品特性の改良（プラスチック）」は、素材「バイオプラスチック」・「その他材料」・「再生プラスチック」・「化石資源由来プラスチック（材料・製品の環境配慮設計）」を対象。課題「紙・その他材料の物性向上」は、素材「紙」・「その他材料」、課題「リサイクル性の向上」は素材「廃プラスチック（リサイクル原料）」を対象。プロセスに関する課題（「マイクロプラスチック汚染対策」・「材料・製品の環境配慮設計」・「低環境負荷性の向上（プロセス）」・「生産性・経済性の向上」）は、全素材を対象。

本国籍出願人は自動車、光学フィルム、包装フィルム、表示材、食品容器の分野、米国籍出願人は生体材料、包装フィルム、建築材料、自動車の分野、欧州国籍出願人は包装フィルム、建築材料、食品容器、自動車の分野、中国籍出願人は包装フィルム、建築材料、自動車、農業フィルム・シートの分野、韓国籍出願人は自動車、建築材料、包装フィルムの分野のファミリー件数が多い（図 17 下）。また、ファミリー件数推移をみると、自動車、包装フィルム、食品容器、建築材料を主要な応用産業として活発に技術開発が行われており、これらの分野の出願はいずれも増加傾向である（図 17 上）。

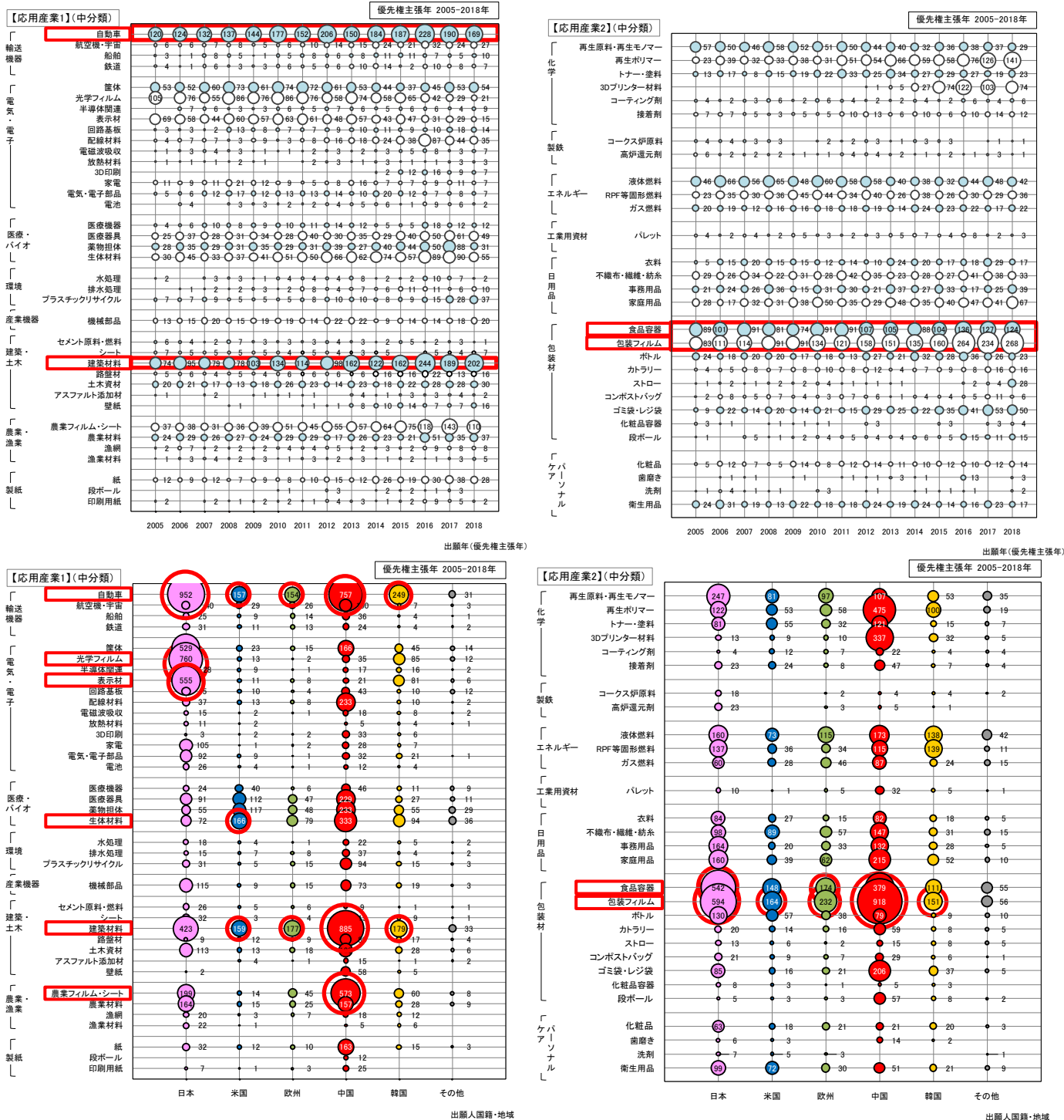


図 17【プラスチック資源循環（全体）】上：技術区分別（応用産業）ファミリー件数推移、下：技術区分別出願人国籍・地域別ファミリー件数（出願年（優先権主張年）：2005 年～2018 年）

⑧化石資源由来プラスチックを主原料とする材料・製品の環境配慮設計、AI、IoT の活用
(図 18、表 3)

化石資源由来プラスチックを主原料とする「材料・製品の環境配慮設計」では、主原料の種類がポリエチレン、ポリプロピレンであるファミリー件数が多い。主原料の種類を出願人国籍別にみると、日本国籍出願人はポリプロピレン、米国籍出願人は PET、欧中国籍出願人はポリエチレンが多い。

プラスチック資源循環分野で「AI、IoT の活用」に関する出願⁶は少なく、各国籍出願人による出願数に大きな差はない。リサイクル工程、製造工程、製品設計に関する出願が行われている。「AI、IoT の活用」に分類された出願の概要を表 3 に示す。

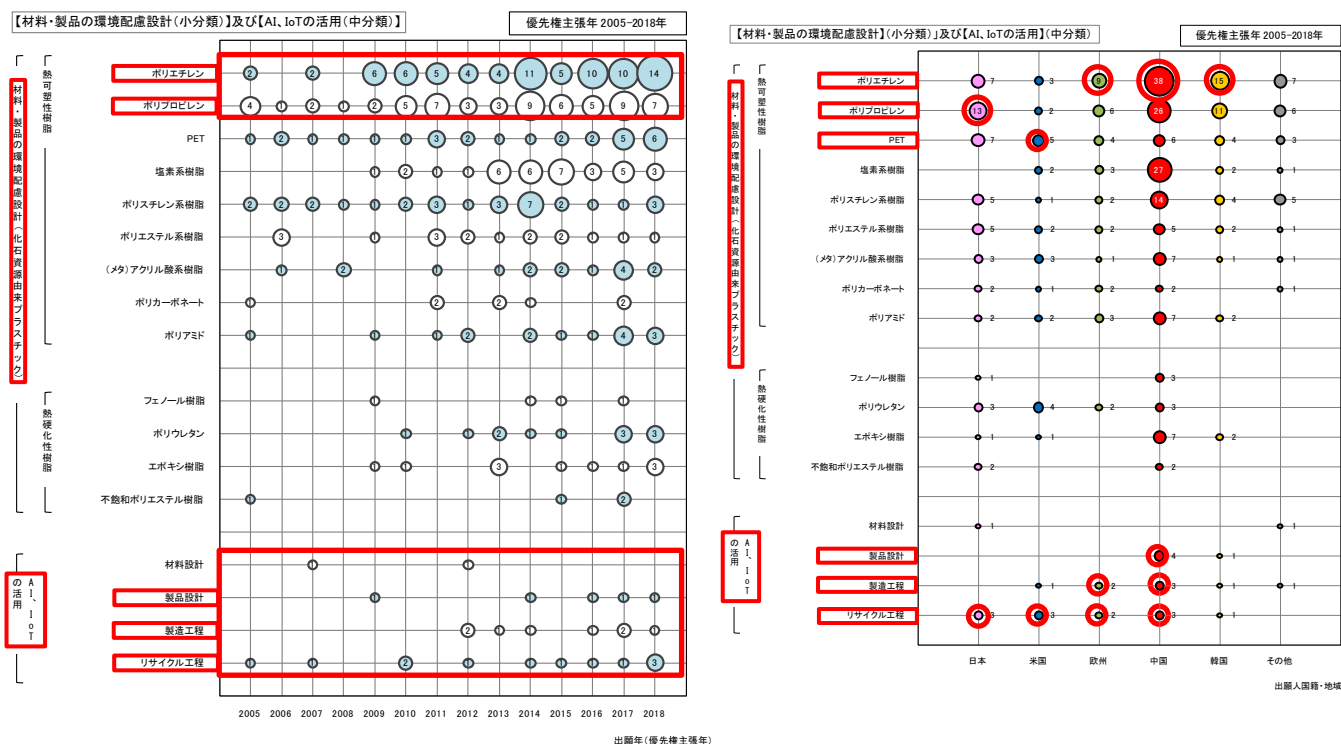


図 18 【プラスチック資源循環（全体）】 左：技術区分別（化石資源由来プラスチックを主原料とする材料・製品の環境配慮設計、AI、IoT の活用）ファミリー件数推移、
右：技術区分別出願人国籍・地域別ファミリー件数（出願年（優先権主張年）：2005 年～2018 年）

表 3 「AI、IoT の活用」に分類された出願の概要

材料設計	プラスチックの分解寿命予測 プラスチックの分解期間に適合する分解剤配合制御
製品設計	3D プリンターによる製品設計の 3 次元制御、3D プリンターによる医療材料の製品設計の 3 次元制御 食品鮮度のためのプラスチックの気密性制御、プラスチックの耐久性予測モデル 電磁シールドの 3D 形状デザイン
製造工程	製造プログラム制御システム、材料・添加剤供給等の工程制御 プロセスユニット全体で、人間を介入しない高生産効率と製品の安定製造ができる高生産効率システム制御 マスターバッチの最適処理条件制御、ダブルステージタンデムシングルスクリーンロッド押出システム制御
リサイクル工程	画像情報による形状認識手段、回収材料のばらつきの各工程の運転条件への反映 廃材選別制御、回収制御、プロセスフロー制御、コンピューター制御、リサイクル比率管理 多段ガス化システム全体(ケミカルリサイクル)のガス流体制御 インテリジェントな環境保護タイプの廃プラスチック処理装置、作業自動化による省力化

⁶ 「AI、IoT の活用」には、AI や IoT の活用につながる計算科学やシミュレーションに関連する特許を抽出し、分類。

(4) 出願人別⁷出願動向（表 4、表 5、表 6）

①プラスチック資源循環分野全体、全期間（表 4）

出願人別ファミリー件数上位ランキングでは、1 位に東レ、2 位に中国科学院（中国）、3 位に三菱ケミカルがランクインしている。上位 20 者のうち日本が 14 者、中国が 4 者、韓国が 1 者、欧州が 1 者である。上位ランキングの企業の業種は、日本は化学、コンバーター⁸、電気・電子、製紙であり、中国、韓国及び欧州は化学である。中国は研究機関が 1 者、大学が 2 者、企業が 1 者ランクインしている。この結果より、日欧中韓の化学企業と中国の研究機関、大学を中心に技術開発が行われていることがうかがえる。

表 4【出願人別ファミリー件数上位ランキング】（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2005 年～2018 年）

順位	出願人(国籍・地域)	件数
1	東レ	451
2	中国科学院(中国)	325
3	三菱ケミカル	295
4	富士フイルム	276
5	ユニチカ	206
6	大日本印刷	203
7	帝人	199
8	山東理工大学(中国)	189
9	コニカミノルタ	163
10	パナソニック	149
11	富士ゼロックス	148
12	花王	139
12	LG ケミカル(韓国)	139
14	カネカ	138
15	住友化学	128
15	BASF(ドイツ)	128
17	シノペック(中国)	124
18	華南理工大学(中国)	113
19	王子ホールディングス	109
19	凸版印刷	109

②技術区分別、全期間（表 5）

技術区分別のランキングには、生分解性プラスチックでは、日本の化学、電気・電子の企業と、中国の研究機関、大学、韓国の化学企業がランクインしている。一方、バイオマスプラスチックでは、日本のコンバーター、化学企業、米国の化学、電気・電子の企業と中国の研究機関、大学及び企業がランクインしている。紙では、日本の製紙、コンバーター企業、中国の製紙企業、大学、欧州の化学、製紙企業がランクインし、その他材料では、中国の企業、大学、研究機関が独占している。また、再生プラスチックでは、日本の化学、

⁷ 特許出願の出願人別動向において、出願人別の件数をカウントする際に共同出願の場合は筆頭出願人のみをカウントしている。

⁸ コンバーターとは、プラスチックフィルム・シートや紙・板紙、アルミ箔、不織布、合成紙などの薄物基材に、コーティング、ラミネーティング、印刷、スリット、シーティングなどの加工をする企業の総称である。

電気・電子の企業と中国の企業、大学、韓国の自動車企業が、廃プラスチック（リサイクル原料）では、日本の電気・電子、製鉄、セメント、化学の企業がランクインしている。

表 5 【技術区分別一出願人別ファミリー件数上位ランキング】（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2005 年～2018 年）

【生分解性プラスチック】

順位	出願人(国籍・地域)	件数
1	東レ	392
2	富士フイルム	259
2	中国科学院(中国)	259
4	三菱ケミカル	254
5	ユニチカ	202
6	山東理工大学(中国)	187
7	帝人	168
8	コニカミノルタ	152
9	富士ゼロックス	141
10	LG ケミカル(韓国)	133

【バイオマスプラスチック】

順位	出願人(国籍・地域)	件数
1	大日本印刷	124
2	デュボン(米国)	35
3	東レ	29
4	中国科学院(中国)	27
5	三菱ケミカル	24
6	青島嘉陽産業貿易(中国)	22
7	旭化成	21
8	ゼロックス(米国)	18
9	インビスタ(米国)	16
9	青島欣展プラスチック(中国)	16
11	帝人	15

【紙】

順位	出願人(国籍・地域)	件数
1	王子ホールディングス	68
2	大王製紙	58
3	日本製紙	50
4	凸版印刷	41
5	杭州特殊紙業(中国)	38
6	大日本印刷	27
7	三菱製紙	26
8	陝西科技大学(中国)	25
9	BASF(ドイツ)	22
9	ストラ・エンソ(フィンランド)	22
9	華南理工大学(中国)	22

【その他材料】

順位	出願人(国籍・地域)	件数
1	広西豊達三維科技(中国)	17
2	中国科学院(中国)	15
3	南京林業大学(中国)	14
4	福建農林大学(中国)	13
5	華南理工大学(中国)	12
6	安徽科邦樹脂科技(中国)	11
7	黒龍江鑫達企業集団(中国)	10
7	山東霞光実業(中国)	10
7	華南農業大学(中国)	10
10	東北林業大学(中国)	9
10	西南科技大学(中国)	9

【再生プラスチック】

順位	出願人(国籍・地域)	件数
1	東レ	17
2	大日本印刷	16
2	合肥傑事傑新材料(中国)	16
4	広西豊達三維科技(中国)	15
5	東洋紡	14
6	パナソニック	12
6	蘇州市科学技術ポリマー(中国)	12
8	瀋陽化学技術大学(中国)	9
8	四川プラスチック技術(中国)	9
8	現代自動車(韓国)	9

【廃プラスチック（リサイクル原料）】

順位	出願人(国籍・地域)	件数
1	パナソニック	85
2	JFEスチール	45
3	シャープ	34
4	太平洋セメント	29
4	中国科学院(中国)	29
6	サビック(サウジアラビア)	27
7	東レ	25
8	日本製鉄	24
9	三菱ケミカル	22
10	東芝	21

③プラスチック資源循環分野全体、年代別（表 6）

2005 年から 2018 年の特許出願を三期（優先権主張年：2005～2009 年、2010～2013 年、2014～2018 年）に分けた出願人別ファミリー件数上位ランキングでは、2005 年から 2009 年においては、1 位に東レ、2 位に三菱ケミカル、3 位に富士フイルムがランクインしている。上位 10 者すべて日本である。次に、2010 年から 2013 年においては、1 位に東レ、2 位に中国科学院（中国）、3 位にコニカミノルタがランクインしている。上位 10 者のうち日本が 6 者、中国が 1 者、欧州が 1 者、韓国が 2 者である。そして、2014 年から 2018 年においては、1 位に山東理工大学（中国）、2 位に中国科学院（中国）、3 位に大日本印刷がランクインしている。上位 10 者のうち中国が 7 者、日本が 3 者である。このことから、2013 年までは日本企業が化学企業を中心に、出願人別ファミリー件数ランキング上位

を占めており、世界の技術開発をリードしていたが、2014 年以降、中国の大学、研究機関がランキングの上位を占めており、中国が積極的に技術開発を推進していることがうかがえる。

表 6【年代別一出願人別ファミリー件数上位ランキング】（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2005 年～2018 年）

優先権主張年:2005～2009 年			優先権主張年:2010～2013 年			優先権主張年:2014～2018 年		
順位	出願人(国籍・地域)	件数	順位	出願人(国籍・地域)	件数	順位	出願人(国籍・地域)	件数
1	東レ	232	1	東レ	168	1	山東理工大学(中国)	188
2	三菱ケミカル	179	2	中国科学院(中国)	109	2	中国科学院(中国)	167
3	富士フイルム	164	3	コニカミノルタ	98	3	大日本印刷	118
4	帝人	134	4	富士フイルム	83	4	黒龍江鑫達企業集団(中国)	101
5	パナソニック	110	5	ユニチカ	81	5	シノベック(中国)	93
6	ユニチカ	101	6	三菱ケミカル	66	6	富士ゼロックス	80
7	カネカ	76	7	BASF(ドイツ)	55	6	華南理工大学(中国)	80
8	コニカミノルタオプト	70	8	帝人	51	8	四川大学(中国)	72
9	花王	67	8	LG ハウシス(韓国)	51	9	江南大学(中国)	61
10	旭化成	56	10	LG ケミカル(韓国)	49	10	王子ホールディングス	60

6. 提言・示唆

調査・分析結果を基に、日本の技術競争力、産業競争力について分析を加えるとともに、本調査を進めるに当たって設けられた委員会の助言、有識者へのヒアリングを踏まえ、プラスチック資源循環分野において、日本の企業等が競争で優位に立つため、日本が目指すべき研究開発、技術開発等の方向性についての提言・示唆を、以下の【提言・示唆 1】、【提言・示唆 2】にまとめた。

■目指すべき研究開発、技術開発の方向性

【提言・示唆 1】＜バイオプラスチック・紙・その他材料＞

○環境意識の高まりを受け、今後もバイオプラスチック、紙等のプラスチック代替素材の市場は拡大し、化学企業、製紙企業等による市場競争が加速することが予想される。日本は、強みである成形技術や加工技術、着色・外観等の特性改良技術、包装技術を活かし、バイオマスプラスチックや生分解性プラスチックの素材について、用途に適した高機能化（成形性、加工性、着色・外観等）を迅速に進め、市場に投入することが望まれる。また、生分解性プラスチックについては、「生分解する」という機能性を活かすための用途開発、用途に適し、環境に配慮した「生分解性」の付与、生分解が求められる場面等への適切な利用の促進も必要である。

○紙素材については耐水性・耐油性等の機能性が向上した新規紙素材の開発・高機能化に加え、開発した新規紙素材のリサイクル性を向上するための技術開発が望まれる。また、日本の強みを活かして新規紙素材の包装性や加工性等の機能性を向上するとともに、新規紙素材の包装加工技術の開発も望まれる。

【提言・示唆 2】＜リサイクル技術・再生プラスチック＞

○未利用廃プラスチックの有効活用のため、分別が容易で単一種類で回収可能なプラスチック等、マテリアルリサイクルに適したプラスチック資源に関しては、マテリアルリサイ

クルを推進することが好ましい。また、混合プラスチックのような種類ごとの分別が難しいプラスチック資源についてはケミカルリサイクルを推進することが好ましい。

○日本のケミカルリサイクルではコークス炉化学原料化、ガス化、高炉原料化によるものが多く、引き続き活用が望まれる。一方、ケミカルリサイクルの油化技術について、日本は実用化に先行し、長年の技術の蓄積があるものの、廃プラスチックの安定調達の問題や高コストの問題から撤退するケースが多かったこともあり、ケミカルリサイクル率は低い値にとどまっている。今後、技術の蓄積を活かすとともに原料の安定調達やコストの問題を解決し、油化技術を用いたケミカルリサイクルを推進することが望まれる。また、目的とする化学原料を選択的に高効率で製造するような、新たなケミカルリサイクル技術の開発も望まれる。

○化石資源由来プラスチック使用量を減らすため、再生プラスチックの市場拡大や高品質化が望まれる。再生プラスチックを高品質化するためのリサイクル技術として、廃プラスチックに含まれる異物・ハロゲン等の検出・除去技術、再生されたプラスチックのペレット化技術、廃プラスチック収集段階におけるトレーサビリティ技術の活用に関する技術開発が重要である。一方で、プラスチックからハロゲンを除去することなく二次資源として活用する技術の開発も必要である。さらに、リサイクル前処理工程を効率化・省人化するため、日本のリサイクル産業に蓄積されてきたリサイクル技術やオペレーションノウハウと、AI・IoT 技術との組み合わせ等による技術開発が望まれる。