

平成 2 1 年度
特許出願技術動向調査報告書

導電性ポリマー関連技術
(要約版)

<目次>

第 1 章 導電性ポリマー関連技術の技術概要.....	1
第 2 章 導電性ポリマー関連技術の特許動向調査.....	7
第 3 章 導電性ポリマー関連技術の研究開発動向調査.....	28
第 4 章 導電性ポリマー関連技術の政策動向調査.....	39
第 5 章 導電性ポリマー関連技術の市場環境調査.....	43
第 6 章 調査結果の分析.....	44
第 7 章 提言.....	49

平成 2 2 年 4 月

特 許 庁

問い合わせ先

特許庁総務部企画調査課 技術動向班

電話：03-3581-1101（内線2155）

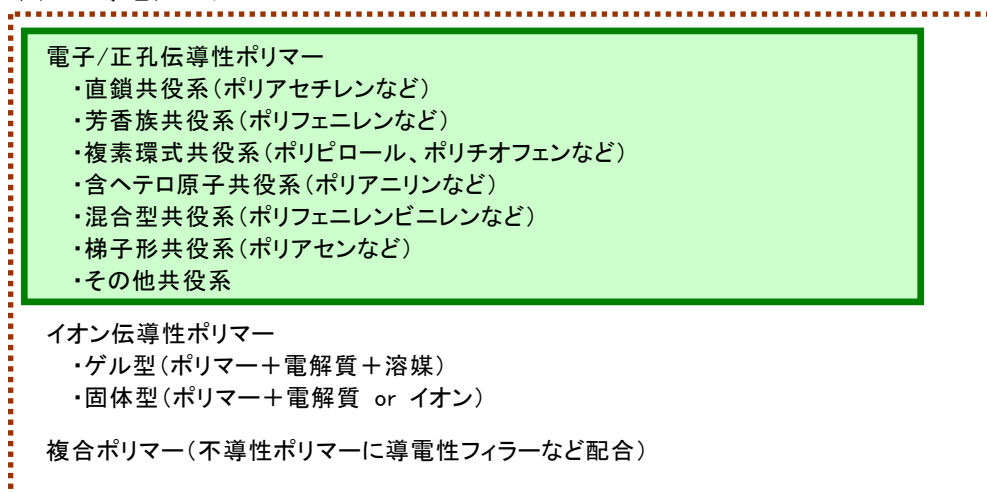
第 1 章 導電性ポリマー関連技術の技術概要

本調査は、コンデンサを始め有機 EL や有機太陽電池などの主として有機エレクトロニクス製品の高性能化、高生産性などに寄与する導電性ポリマーに関するものである。

従来、ポリマーは電気を通さない絶縁材料と考えられていたが、1977 年に白川英樹らにより、ポリアセチレンにハロゲンをドーピングすることにより金属並みの導電性が発現することが見出され、導電性ポリマーに関する研究が活発化した。この導電性ポリマーの発見により、白川らは 2000 年にノーベル化学賞を受賞している。現在、ノーベル賞の受賞対象になった導電性ポリマーの技術が、溶液塗布法の進展によりフレキシブルでプリンタブルな有機エレクトロニクス製品の低コスト製造を可能としつつあり、電子部品の勢力圏を塗り替えつつある。

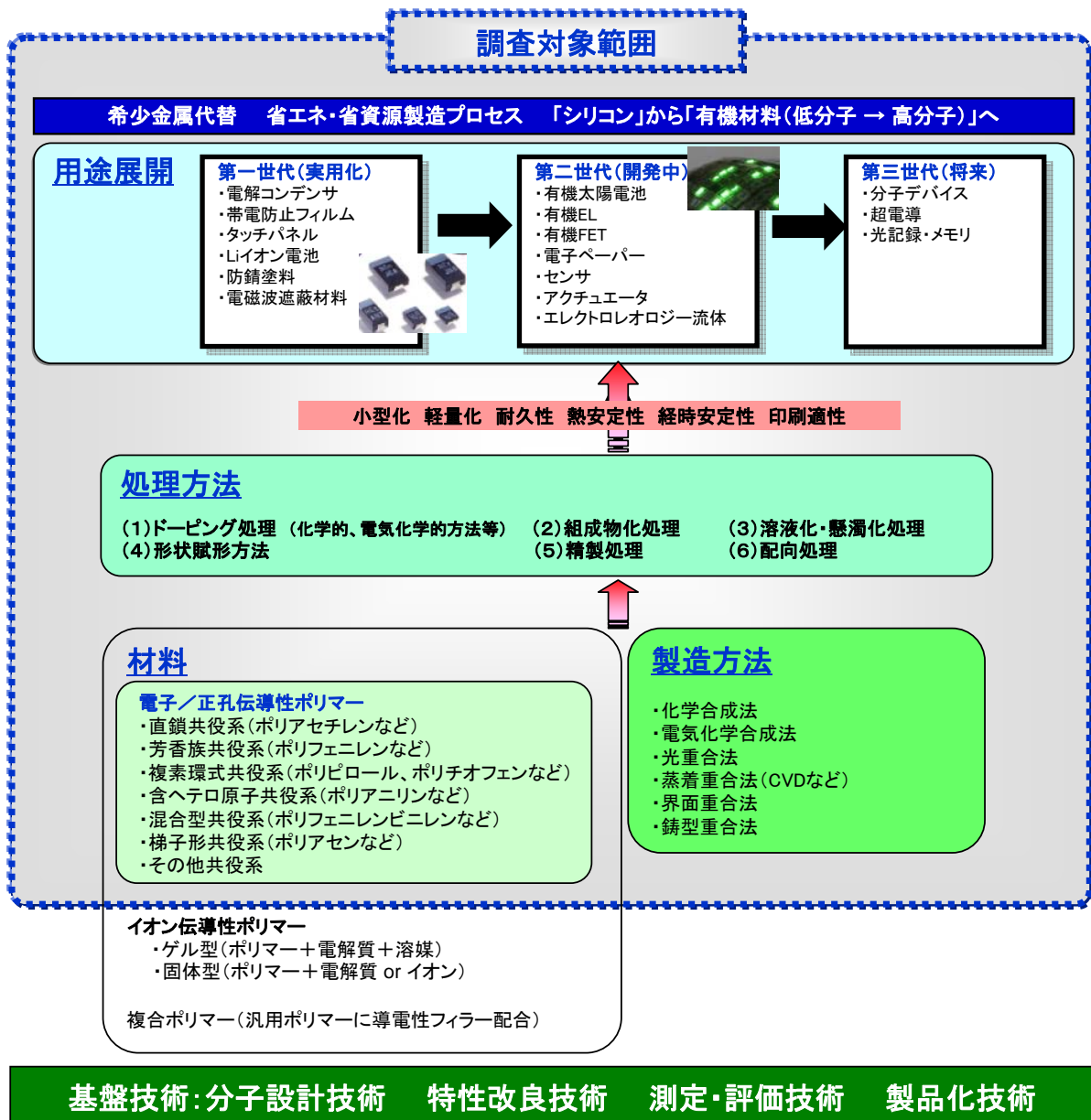
導電性ポリマーを図 1 に示し、本調査の対象である導電性ポリマーを緑色の枠内に示した。本調査では、導電性ポリマー材料として、それ自体が固有な導電性を有している電子／正孔伝導性の共役系ポリマーを調査対象とする。

図 1 導電性ポリマー



本調査の技術俯瞰図を図 2 に示した。導電性ポリマー関連技術の調査対象は、「材料」、「製造方法」、「処理方法」及び「用途展開」の 4 技術に大別される。

図2 導電性ポリマー関連技術の技術俯瞰図



この調査では、図2の技術俯瞰図に対応した技術区分を設定し、特許及び論文の技術区分別動向解析を行っている。技術区分の中で大分類の構成と、その定義を表1に、また詳細な技術区分表を表2に示した。

表1 技術区分大分類の構成とその定義

大分類	定義及び分類付与法
1.導電性ポリマーの材料	・共役構造を持つポリマーについて適用し、直鎖共役系（直鎖状ポリマー）、芳香族共役系（主鎖に芳香環が結合）、複素環式共役系（環内にヘテロ原子を含むもの）、含ヘテロ原子共役系（主鎖の中にヘテロ原子を含むもの）、混合型共役系（脂肪族と芳香環・複素環が共存する交互共重合体）、梯子形共役系（複数の共役系の組合せ）、その他共役系などに分類する。
2.導電性ポリマーの製造法	・導電性ポリマーの各種合成法に関する。 ・化学合成法、電気化学合成法（電解重合）、光重合法、蒸着重合法、界面重合法、鋳型重合法などに分類する。
3.導電性ポリマーの処理方法	・導電性ポリマーの処理方法に関する詳細技術項目。 ・ドーピング処理、組成物化処理、溶液化・懸濁化処理、形状賦形化処理、精製処理、配向処理などに分類する。
4.導電性ポリマーの用途展開	・導電性ポリマーの用途展開に関する詳細技術項目。 ・エレクトロニクス分野、産業資材分野、バイオ・医療分野、環境・生活分野などに分類する。

表2 技術区分表

大分類	中分類	小分類	備考	
材料	直鎖共役系 (直鎖状ポリマー)	ポリアセチレン		
		誘導体	置換基の導入など	
		共重合体		
		ポリジアセチレン		
		誘導体	置換基の導入など	
		共重合体		
		ポリイン		
		誘導体	置換基の導入など	
		共重合体		
		その他	ポリヘプタジインなど	
		芳香族共役系 (主鎖に芳香環が結合)	ポリフェニレン	
			誘導体	置換基の導入など
	共重合体			
	ポリナフタレン			
	誘導体		置換基の導入など	
	共重合体			
	ポリフルオレン			
	誘導体		置換基の導入など	
	共重合体			
	ポリアントラセン			
	誘導体		置換基の導入など	
	共重合体			
	ポリピレン			
	誘導体		置換基の導入など	
	共重合体			
	ポリアズレン			
	誘導体	置換基の導入など		
	共重合体			
	その他			
	複素環式共役系 (環内にヘテロ原子を含むもの)	ポリピロール		
		誘導体	置換基の導入など	
		共重合体		
		ポリチオフェン		
誘導体		置換基の導入など 例: ポリエチレンジオキシチオフェン (PEDOT)		
共重合体				
ポリフラン				
誘導体		置換基の導入など		
共重合体				
ポリセレノフェン				
誘導体	置換基の導入など			

大分類	中分類	小分類	備考	
材料		共重合体		
		ポリイソチアナフテン		
		誘導体	置換基の導入など	
		共重合体		
		ポリオキサジアゾール		
		誘導体	置換基の導入など	
		共重合体		
	その他	ポリイソナフトチオフェン、ポリジチエノチオフェン、ポリテルロフェンなど		
	含ヘテロ原子共役系 (主鎖の中にヘテロ原子を含むもの)	ポリアニリン		
		誘導体	置換基の導入など	
		共重合体		
		ポリチアジール		
		誘導体	置換基の導入など	
		共重合体		
	混合型共役系 (脂肪族と芳香環・複素環が共存する交互共重合体)	その他		
		ポリフェニレンビニレン		
		誘導体	置換基の導入など	
		共重合体		
		ポリチエニレンビニレン		
	梯子形共役系 (複数の共役系の組合せ)	誘導体	置換基の導入など	
		共重合体		
		ポリフェナントレン		
		誘導体	置換基の導入など	
		共重合体		
		ポリペリナフタレン		
		誘導体	置換基の導入など	
		共重合体		
		その他	ポリナフタレンビニレンなど	
		その他共役系 (部分共役系)	ポリアセン	
	誘導体		置換基の導入など	
	共重合体			
	ポリフェナントレン			
	誘導体		置換基の導入など	
	導電性ポリマー一般	共重合体		
		ポリペリナフタレン		
		誘導体	置換基の導入など	
		共重合体		
		その他	ポリアセノアセン、ポリペリレン、ポリシアノアセチレン、ポリシアノジエンなど	
		チオフェン		
		アニリン		
		フルオレン		
		フェニレン		
		フェニレンビニレン		
	その他			
	製造方法	化学合成法	酸化重合	過硫酸アンモニウム、硫酸セリウムなどの酸化剤使用
			還元重合	遷移金属錯体触媒使用
			ラジカル重合	
イオン重合				
配位重合				
メタセシス重合			開環重合など	
その他				
電気化学合成法 (電解重合)		酸化重合	陽極上にポリマーが重合(酸化反応)	
		還元重合	陰極上にポリマーが重合(還元反応)	
光重合法				
蒸着重合法			プラズマ CVD など	
界面重合法				
鋳型重合法				
その他				
処理方法	ドーピング処理	化学的方法(気相・液相法)		
		アクセプタドーパント		
		ハロゲン	I ₂ , Br ₂ , Cl ₂ など	
		酸	ClO ₃ , BF ₃ , FeCl ₃ , PF ₅ , AsF ₅ , SbF ₅ , SO ₃ , 硫酸、過塩素酸、カンファースルホン酸、ベンゼンスルホン酸、ナフタレンスルホン酸など	

大分類	中分類	小分類	備考
処理方法		ポリマースルホン酸	ポリスチレンスルホン酸 (PSS)、ポリビニルスルホン酸 (PVS) など
		有機アクセプタ分子	テトラシアノエチレン、テトラシアノキノジメタン、クロラニル、2,3-ジクロロ-5,6-ジシアノ-p-ベンゾキノンなど
		ドナードーパント	
		アルカリ金属類	アルカリ金属：Li, Na, K, Rb, Cs アルカリ土類金属：Ca, Sr, Ba, Ra
		電気化学的方法	
		陰イオン	過塩素酸イオン、塩素イオン、臭素イオン、硝酸イオン、硫酸イオン、硫酸水素イオン、テトラクロロ鉄(Ⅲ)酸イオン、テトラクロロ銅(Ⅱ)酸イオン、テトラプロモ鉄(Ⅲ)酸イオン、テトラプロモ銅(Ⅱ)酸イオン、テトラフルオロホウ酸イオン、トルエンスルホン酸イオンなど
		陽イオン	Li ⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , アンモニウムイオン、テトラエチルアンモニウムイオン、テトラブチルアンモニウムイオンなど
		電界効果法	
		光法	
		その他	
		組成物化処理	導電性ポリマー・オリゴマー
	非導電性ポリマー・オリゴマー		
	色素・蛍光物質		
	その他の有機化合物		
	カーボンナノチューブ・ワイヤ・コイル		
	フラーレン		
	その他の無機化合物		
	溶液化・懸濁化処理	水	
		有機溶剤	
		その他の溶剤(イオン性液体など)	
	形状賦形化処理	押出成形(フィルム・シートなど)	
		射出成形	
		紡糸	
		コーティング・塗装	
		スピンコート・キャスト法	
		印刷法(インクジェットなど)	
		その他	
その他			
精製処理		副生物・不純物除去など	
配向処理		延伸法など	
その他			
用途展開	エレクトロニクス分野	帯電防止部材	
		フィルム	
		シート	
		電磁波遮蔽部材	
		熱電変換部材	
		光記録・メモリ部材	
		配線部材	
		透明電極部材	
		分子素子部材	
		分子配線(ナノワイヤ)	分子サイズの幅の電線
		分子スイッチ	
		超電導部材	
		有機半導体部材	
		コンデンサ	
		タッチパネル	
二次電池			

大分類	中分類	小分類	備考
用途展開		リチウムイオン電池	
		有機太陽電池	有機薄膜型、色素増感型
		液晶ディスプレイ	
		有機 EL (エレクトロルミネッセンス)	有機 LED
		有機 FET (電界効果型トランジスタ)	
		電子ペーパー	
		エレクトロクロミック表示素子	
		電子写真の感光体	種々の画像形成用部品など
		センサ	
		臭気センサ	
		バイオセンサ	
		その他	
		その他	
	産業資材分野	防錆塗料	
		エレクトロレオロジー (ER) 流体	自動車のエンジンマウントなどを中心に各種機械装置の振動制御、クラッチ、高速応答弁などへの適用
		RFID タグ (無線タグ)	物体の識別に利用される微小な無線 IC チップ、バーコードに代わる商品識別・管理として活用
		その他	
	バイオ・医療分野	高分子アクチュエータ	
		人工筋肉	
		その他	
	環境・生活分野	環境浄化	光触媒作用
		導電性繊維	
		その他	
	その他		

第2章 導電性ポリマー関連技術の特許動向調査

第1節 全体動向調査

本調査の特許検索は、日本特許では PATOLIS（株式会社パトリスの登録商標）¹⁾、外国特許では WPINDEX²⁾ (STN) を用いた。調査期間（優先権主張年 1977～2007 年）における日本、米国、欧州³⁾、中国及び韓国への出願件数総数はノイズ除去後で 23,135 件であった。出願人国籍別の出願件数推移を図 3 に示した。本調査では、1977 年～2007 年の調査期間を 3 期に分け、1977 年～1987 年を第Ⅰ期、1988 年～1997 年を第Ⅱ期、1998 年～2007 年を第Ⅲ期とした。第Ⅰ期（1977 年～1987 年）では出願件数の増大が見られたが、第Ⅱ期（1988 年～1997 年）の出願件数の増減が見られない時期を経て、第Ⅲ期（1998 年～2007 年）では特許出願件数が急増している特徴がある。出願人国籍では日本が 46.9% と最も多く、欧州、米国と続いており、中国、韓国からの出願件数は少ない。しかし、第Ⅲ期（1998 年～2007 年）では、韓国からの出願の割合が大きくなっている。

なお、2006 年以降のデータは、PCT 出願が国内段階に移行するまで最大約 30 ヶ月かかるため国内段階での公報発行が遅れることや、データベースへの収録が遅れることなどにより、実数を反映していない可能性があることに留意が必要である。

出願先国別に出願人国籍別の出願件数を基に出願件数収支を解析した結果を図 4 に示した。日本への出願件数は全体で 9,764 件（全体の 42.2%）、日本国籍出願人による出願件数比率が 82.1% と多かった。米国への出願件数は全体で 4,965 件（全体の 21.5%）、米国籍出願人による出願件数比率は 45.1%、また欧州への出願件数は全体で 5,002 件（全体の 21.6%）、欧州国籍出願人による出願件数比率は 57.2% であった。中国、韓国への出願件数はそれぞれ 1,378 件（全体の 6.0%）、2,026 件（全体の 8.8%）と少なかった。

日本の欧州への出願件数は、欧州の日本への出願件数とほぼ拮抗している。一方、日本からの米国、中国、韓国への出願は、米国、中国、韓国からの日本への出願件数を大きく上回っている特徴がある。米国の欧州、韓国への出願件数は、これらの国からの対米国出願件数とほぼ拮抗している。

特許出願件数に関し、日本、米国、欧州の三極に注目して三極すべてに出願された特許出願件数（三極コア出願件数）を調査した。日本、米国、欧州の三極すべてに出願された特許出願は出願人が世界への事業展開を考える上で重視している特許出願と考えられる。図 5 には三極コア出願（1 ファミリー単位を 1 発明とする発明単位）に対する分析結果を示した。三極コア出願件数は 1,282 件である。全調査期間において、三極コア出願件数の増加が見られ、特に、第Ⅲ期（1998 年～2007 年）では出願件数が急増している。出願人国籍別の出願件数では、欧州籍出願人が日本国籍出願人よりも多いが、日米欧の出願件数はほぼ同じ割合に近づきつつある。

1) PATOLIS：日本特許庁より公開された公開公報などを採録したパトリス社のデータベース

2) WPI：Thomson Reuters 社提供の世界 41 ヶ国+2 特許機関発行の特許出願を採録したデータベース

3) 欧州への出願とは、オーストリア、ベルギー、スイス、チェコ、ドイツ、デンマーク、スペイン、フィンランド、フランス、イギリス、ハンガリー、アイルランド、イタリア、ルクセンブルグ、オランダ、ポルトガル、ルーマニア、スウェーデン、スロバキア、ノルウェーへの出願、及び EPC 出願とする。

図3 出願人国籍別出願件数推移と出願件数比率（全期間、期間別）
 （日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：1977年～2007年）
 合計出願件数：23,135件

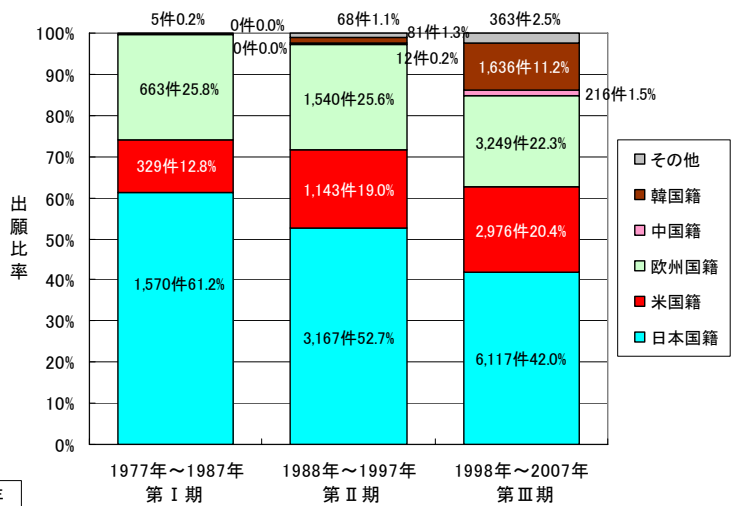
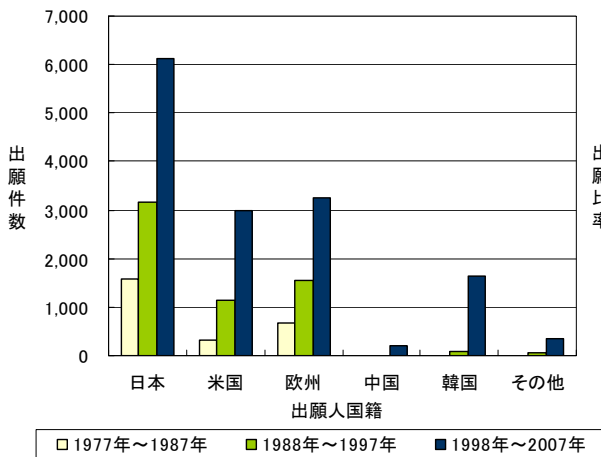
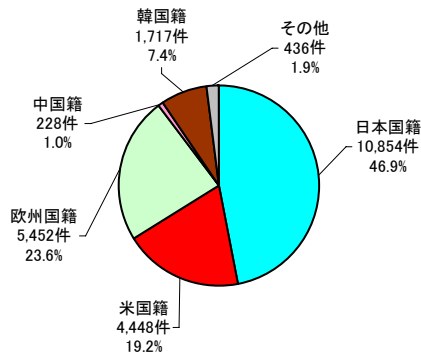
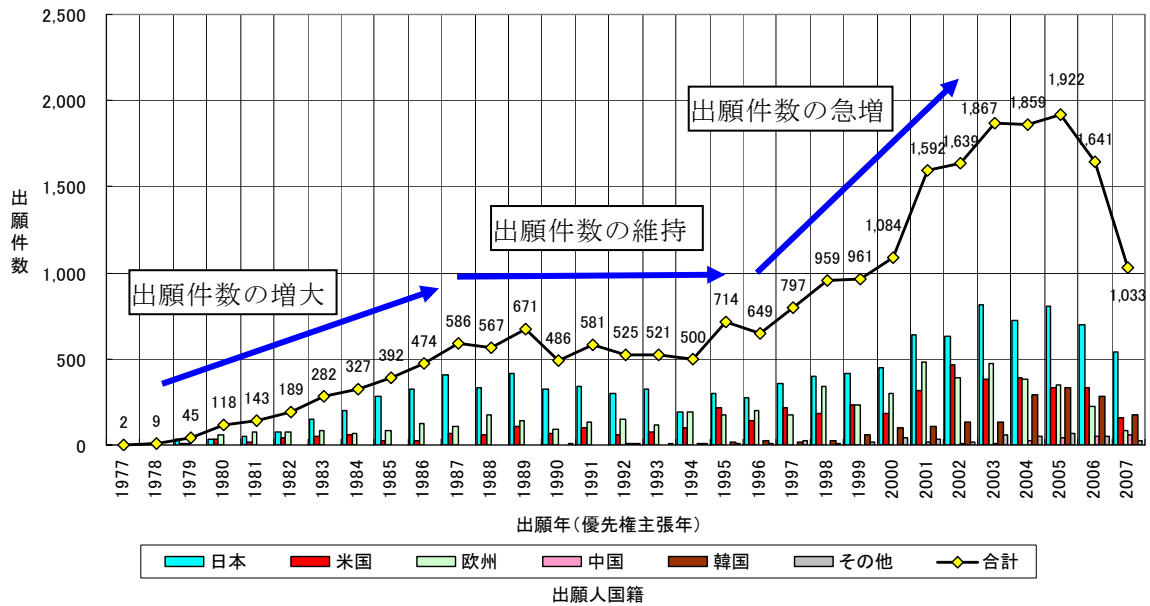


図4 出願先国別出願人国籍別出願件数収支(日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年):1977年~2007年)

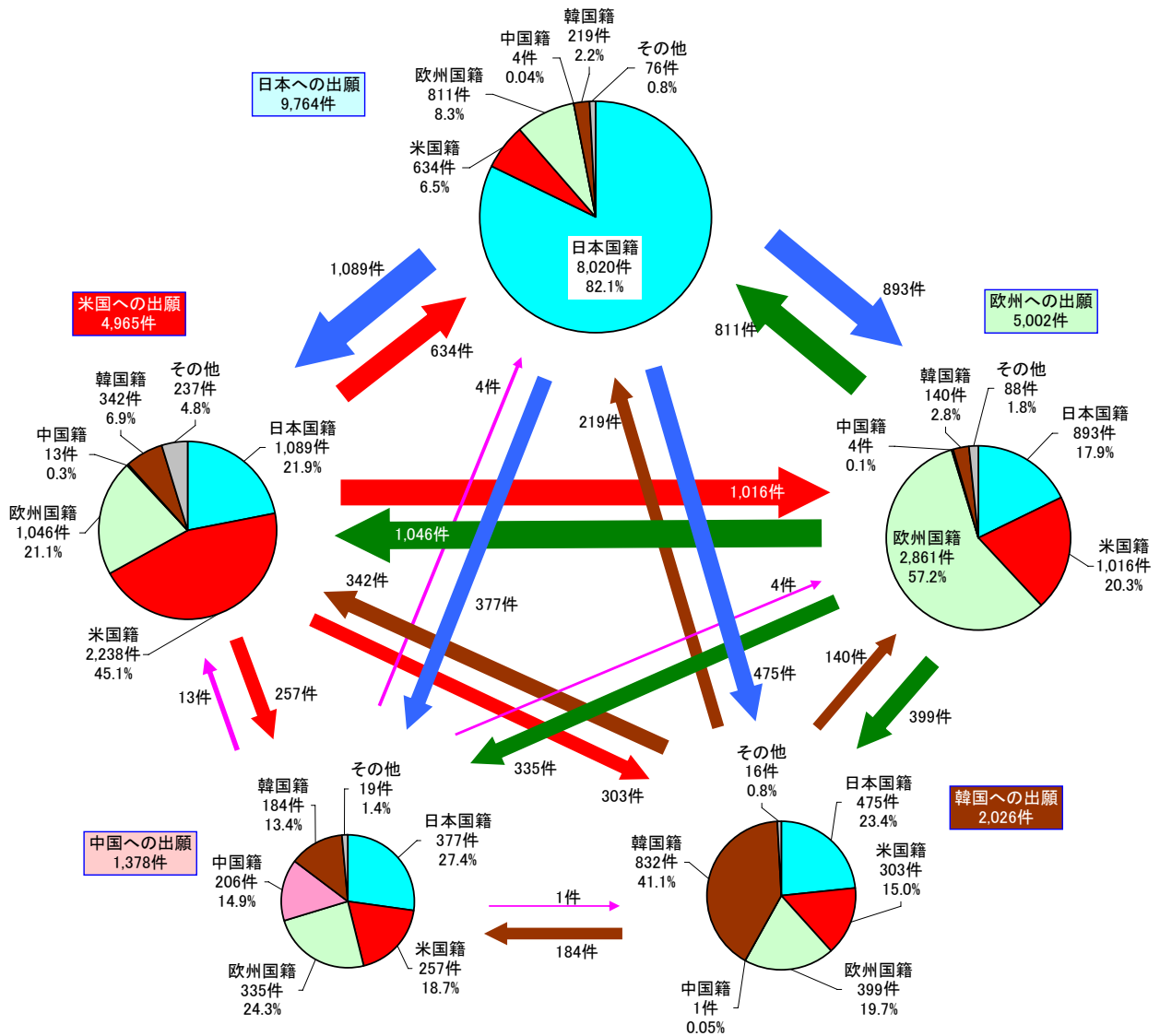
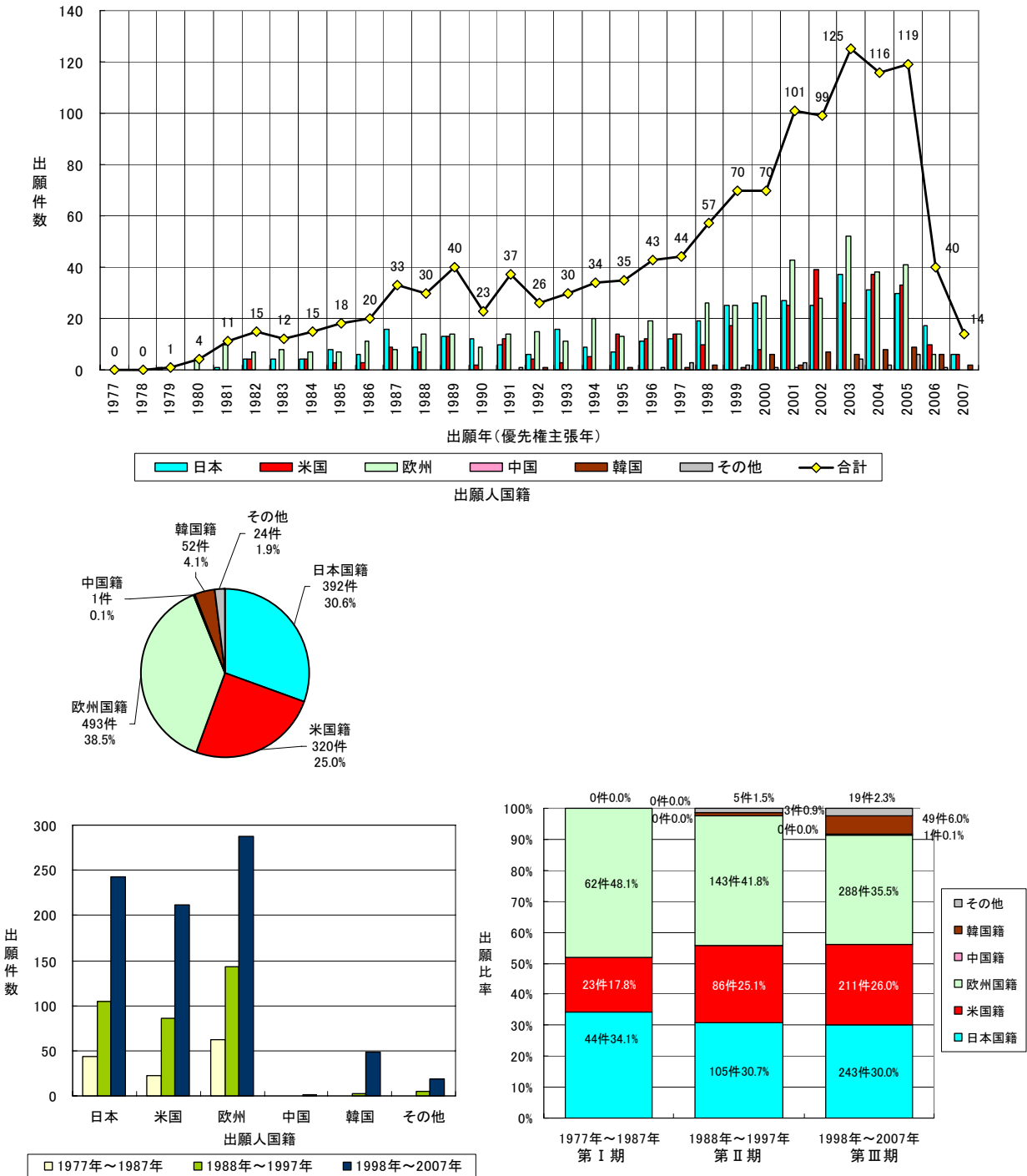


図5 三極コア出願件数推移と出願件数比率（全期間、期間別）（三極コア出願、出願年（優先権主張年）：1977年～2007年）

合計出願件数：1,282件（特許出願のファミリー単位で集計）



第2節 技術区分別動向調査

表2の技術区分表に基づいて全特許文献について技術区分別の解析を行った。

図6は、導電性ポリマーの技術区分について出願人国籍別の出願対象比較分析結果を示した。技術区分の大分類（材料、製造方法、処理方法、用途展開）は、特許1件ごとに必ずどれか1つ付与されている。

導電性ポリマーの技術区分に関して、日米欧中韓その他の出願人国籍とも、「用途展開」に関する出願件数が最も多い。次いで「処理方法」と「材料」が続いている。調査期間の第Ⅰ期（1977年～1987年）よりも第Ⅲ期（1998年～2007年）の方が、「用途展開」に関する出願の割合が大きくなっている。また、1998年以降、用途展開に関する韓国籍出願人の出願件数の増加が見られる。

図6 技術区分別出願人国籍別出願件数（[大分類]）
（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：1977年～2007年）

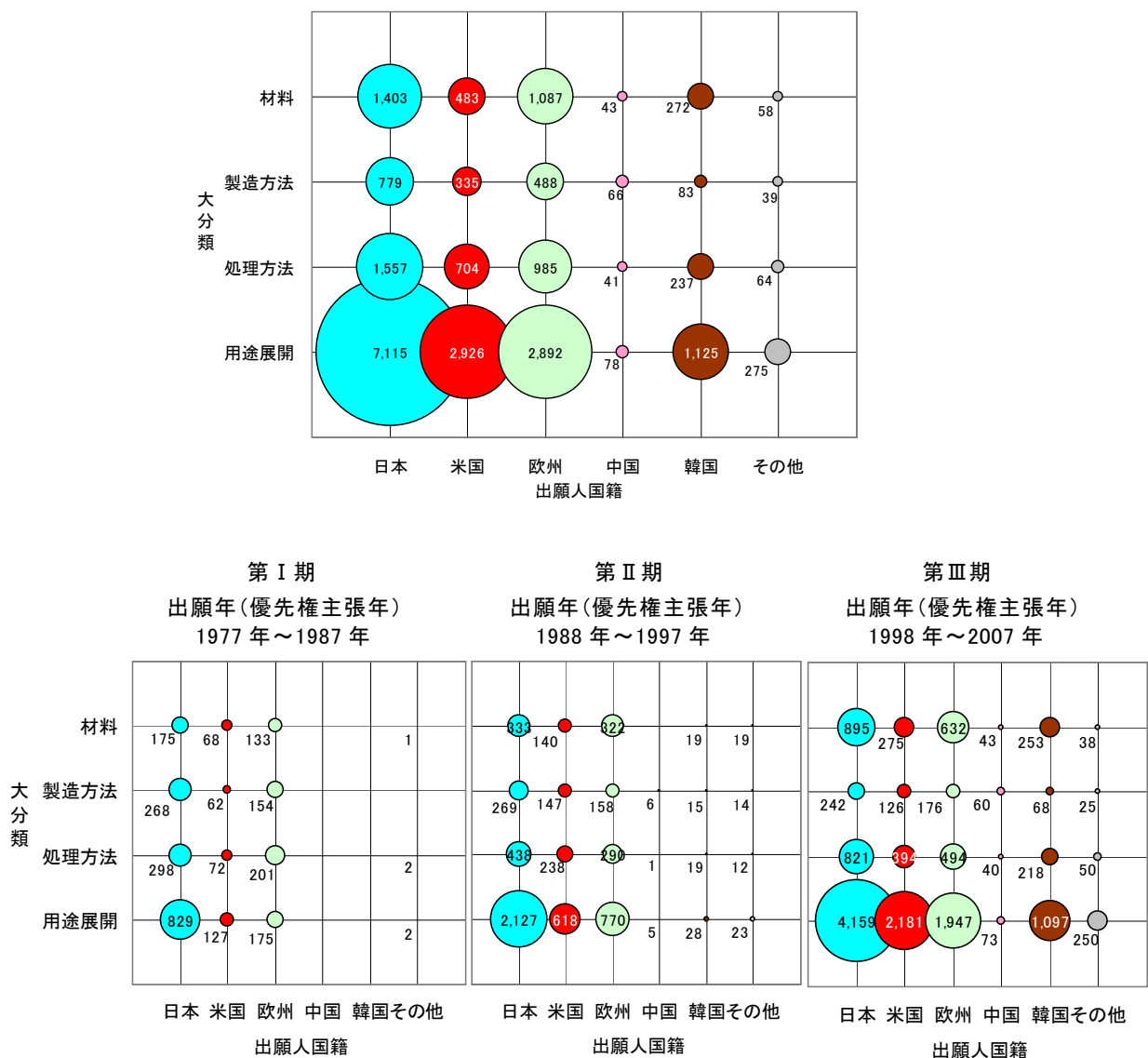


図7には、技術区分表の導電性ポリマーの中分類の項目について出願人国籍別の分析結果を示した。中分類は、1特許に複数の技術が記載されている場合は、複数付与されている。

導電性ポリマーの材料に関しては、日本、米国、欧州、韓国籍出願人ともポリチオフェンやポリピロールなどの「複素環式共役系ポリマー」に関する出願件数が最も多い。次いでポリアニリンなどの「含ヘテロ原子共役系ポリマー」となっている。

導電性ポリマーの製造方法に関しては、どの国籍出願人とも「化学合成法」に関する出願件数が最も多く、次いで「電気化学合成法」に関する出願となっている。

導電性ポリマーの処理方法に関しては、日本国籍出願人はフィルム形成などの「形状賦形処理」に関する出願件数が最も多いが、欧米では複合化などの「組成物化処理」に関する出願が多くなっている。

導電性ポリマーの用途展開に関しては、どの国籍出願人とも「エレクトロニクス分野」に関する出願件数が最も多くなっている。

図7 技術区分別出願人国籍別出願件数（[中分類]）
（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：1977年～2007年）

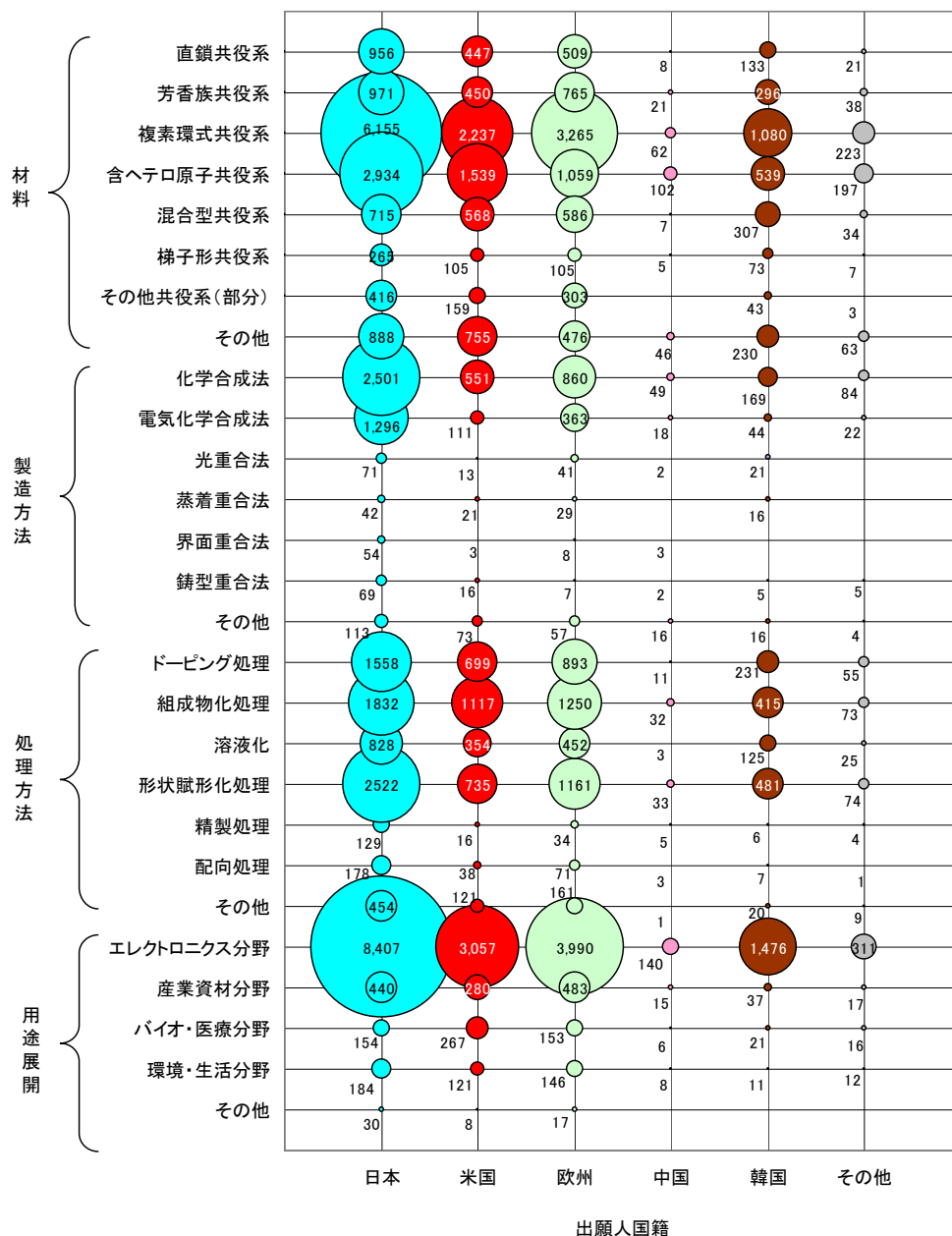
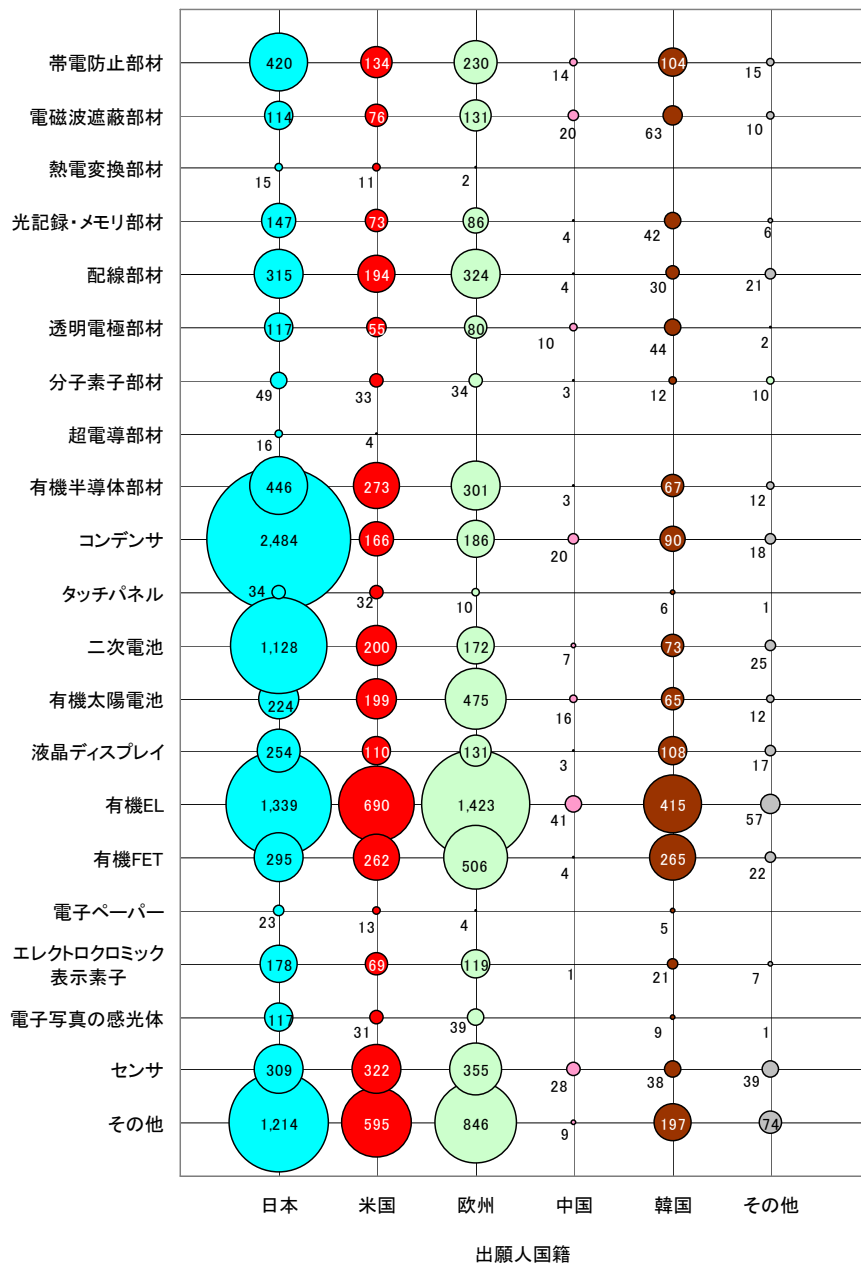


図8には、図7のエレクトロニクス分野について、技術区分表の導電性ポリマーの小分類の項目に基づいて細分化した出願人国籍別の分析結果を示した。小分類についても、中分類と同様に1特許に複数付与されている。

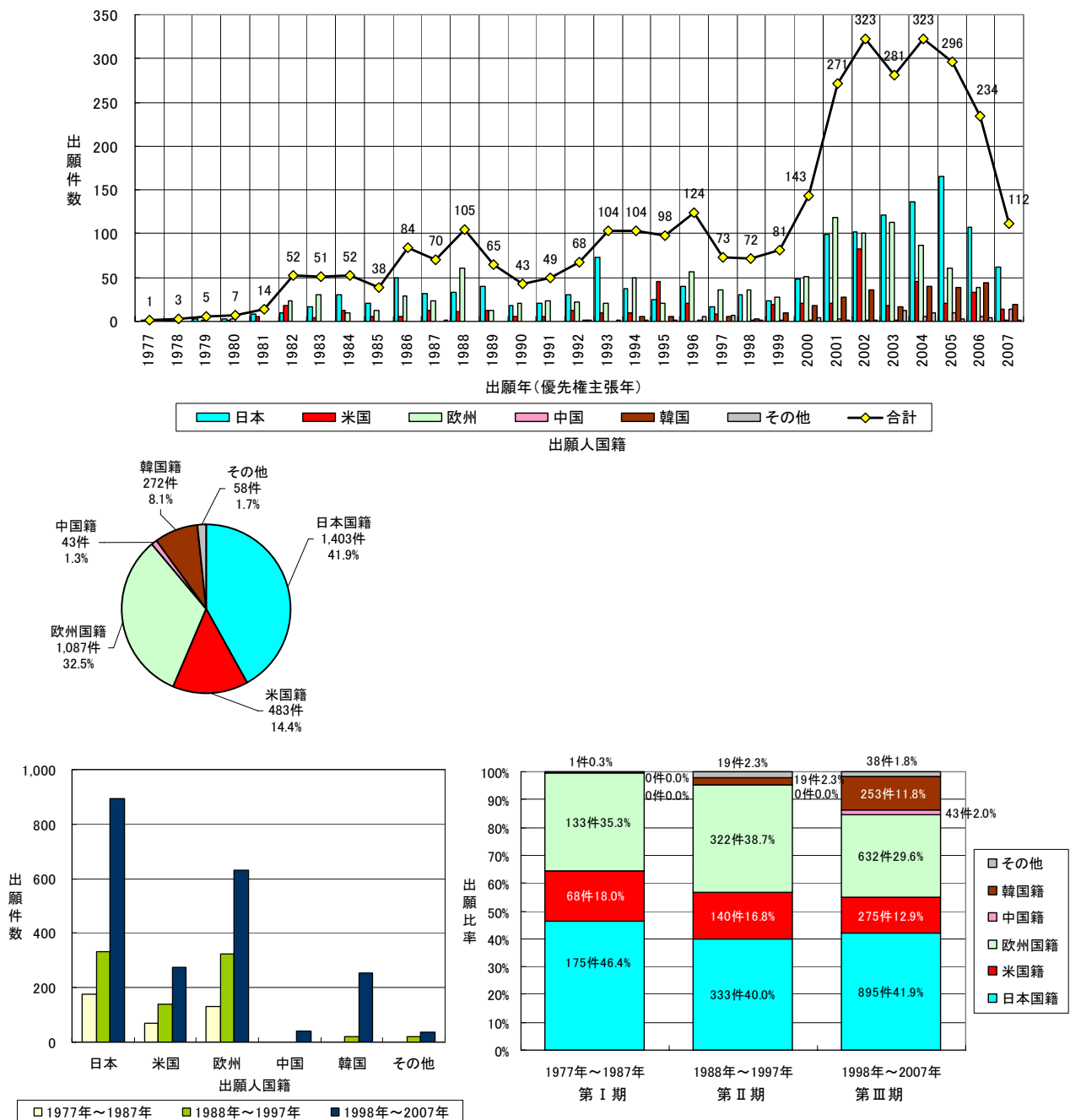
中分類「エレクトロニクス分野」の小分類では、日本国籍出願人は、「コンデンサ」に関する出願件数が最も多く、次いで「有機EL」に関する出願となっている。一方、米欧中韓の国籍出願人では、「有機EL」に関する出願件数が最も多くなっている。

図8 技術区分別出願人国籍別出願件数（[小分類：用途展開・エレクトロニクス分野]
（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：1977年～2007年）



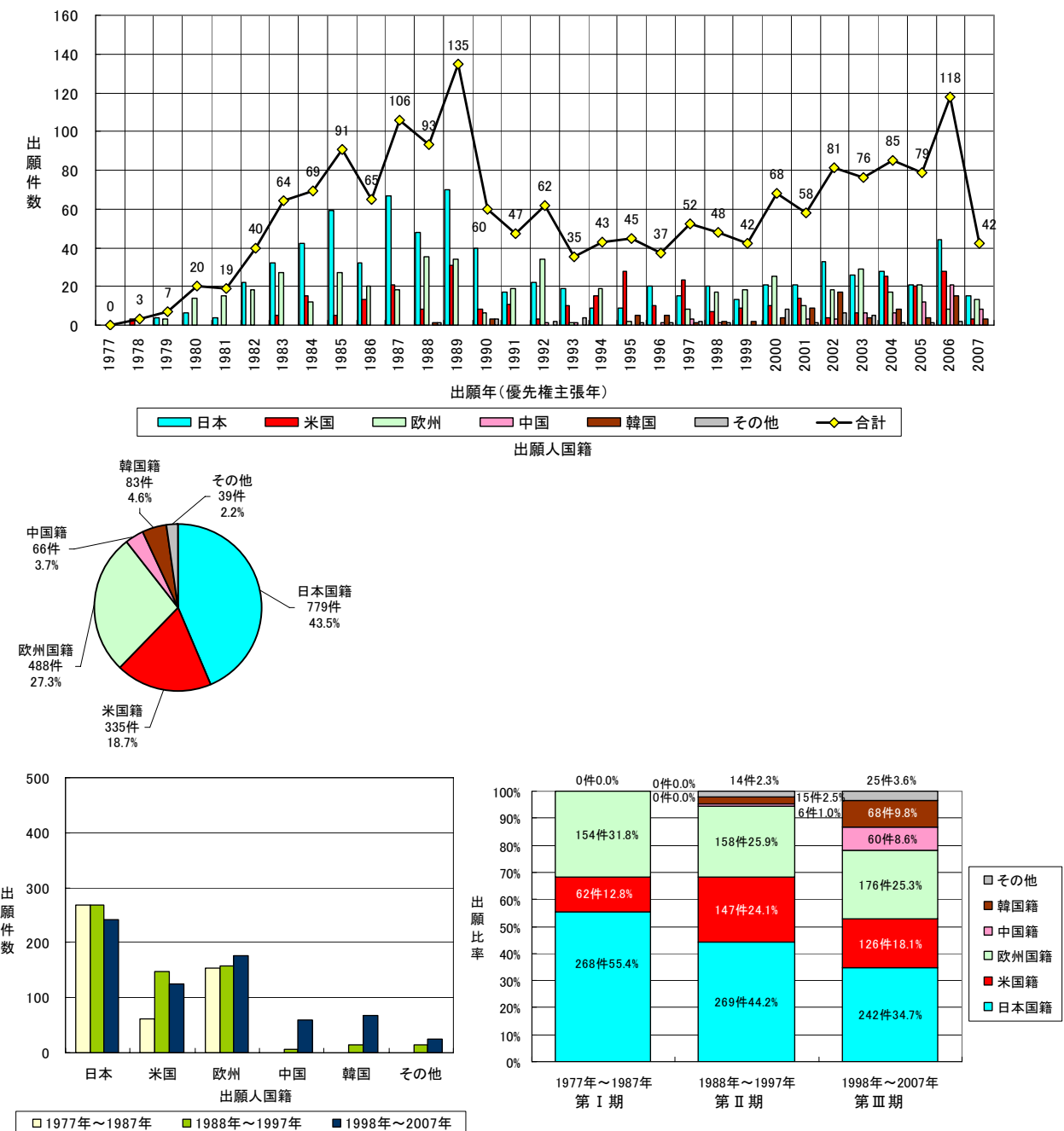
[大分類 1]導電性ポリマーの材料について出願人国籍別出願件数の推移を解析した。出願件数は3,346件で、出願件数推移を図9に示した。出願件数推移は2000年頃まではほぼ安定していたが、2001年頃から出願件数が大幅に増加している。日本国籍出願人の出願が全出願件数の41.9%と半分弱を占めており、次いで欧州、米国、韓国、中国と続いている。最近、日本国籍出願人の出願件数が大幅に増加している。また、韓国籍出願人の出願件数が増加している。

図9 技術区分別—出願人国籍別出願件数推移と出願件数比率（全期間、期間別）
 ([大分類 1]材料) (日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年): 1977年~2007年)
 合計出願件数: 3,346件



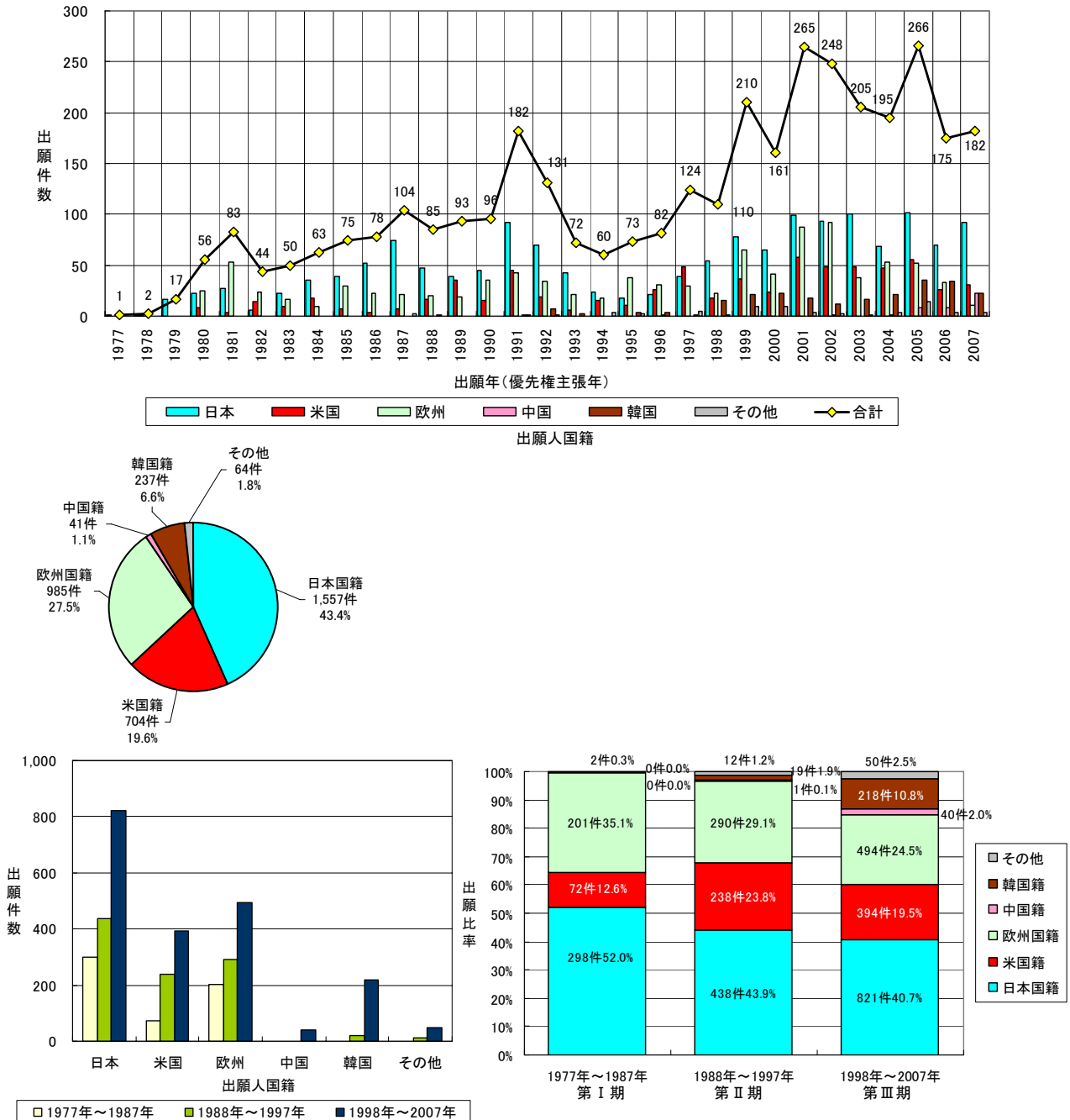
[大分類 2]導電性ポリマーの製造方法の出願人国籍別出願件数推移(図10)では、合計出願件数は1,790件で、この技術区分においても調査期間を通して日本国籍出願人による出願件数が最も多かった。[大分類 1]導電性ポリマーの材料での出願件数推移と異なり、1980年代後半に出願件数の増大が見られたが、その後、安定した推移を見せている。出願件数比率では、日本国籍出願人が43.5%で、次いで欧州、米国の順となった。日本の出願件数比率は減少傾向にある一方、中国、韓国の出願件数比率が増加する傾向にある。

図10 技術区分別一出願人国籍別出願件数推移と出願件数比率(全期間、期間別)
 ([大分類 2]製造方法)(日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年):1977年~2007年)
 合計出願件数:1,790件



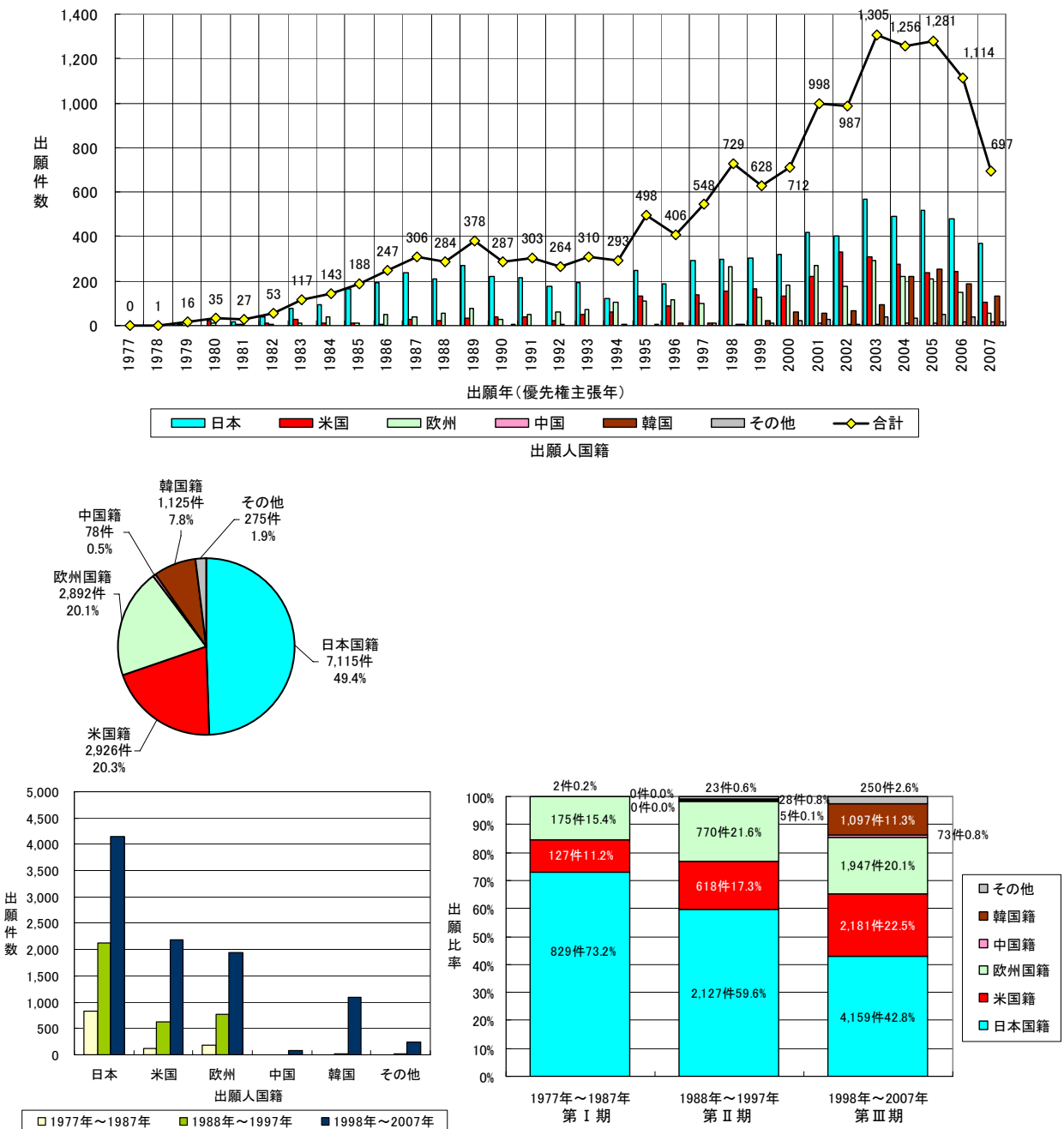
[大分類 3]導電性ポリマーの処理方法の出願人国籍別出願件数推移(図 11)では、合計出願件数は 3,588 件で、この技術区分においても調査期間を通して日本国籍出願人による出願件数が最も多かった。出願件数推移では、1990 年代半ばに出願件数の減少が見られたが、出願件数は増加傾向で推移している。出願件数比率では、日本国籍出願人が 43.4%で、次いで欧州、米国の順となった。処理方法でも、韓国籍出願人の出願件数比率が増加している。

図 11 技術区分別一 出願人国籍別出願件数推移と出願件数比率(全期間、期間別)
 ([大分類 3]処理方法)(日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年):1977年~2007年)
 合計出願件数:3,588件



[大分類 4]導電性ポリマーの用途展開の出願人国籍別出願件数推移(図 12)では、合計出願件数は 14,411 件で、この技術区分においても調査期間を通して日本国籍出願人による出願件数が最も多かった。[大分類 1]導電性ポリマーの材料での出願件数推移と同様、2001 年頃からの出願件数の大幅な増加が見られる。出願件数比率では、日本国籍出願人が 49.4%で、次いで米国、欧州の順となった。日本国籍出願人の出願件数が大幅に増加しているものの出願件数比率では減少している。一方、米国籍出願人及び韓国籍出願人の出願件数比率が増加している。

図 12 技術区分別－出願人国籍別出願件数推移と出願件数比率(全期間、期間別)
 ([大分類 4]用途展開)(日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年):1977 年～2007 年)
 合計出願件数:14,411 件



[大分類 4]導電性ポリマーの用途展開の中の主要な用途である小分類「有機半導体部材」、
「コンデンサ」、「二次電池」、「有機EL」、「有機FET」について、どのような小分類「材料」
が使用されているかを図13に示した。「有機半導体部材」や「有機FET」ではポリチオフェン
や「有機EL」ではポリチオフェン、次いで、ポリフルオレンやポリフェニレンビニレン、「コ
ンデンサ」ではポリピロール、次いで、ポリチオフェン、「二次電池」ではポリアニリンの材
料が多く使用されていることが分かる。

図13 用途展開と材料の相関関係（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：1977年～2007年）

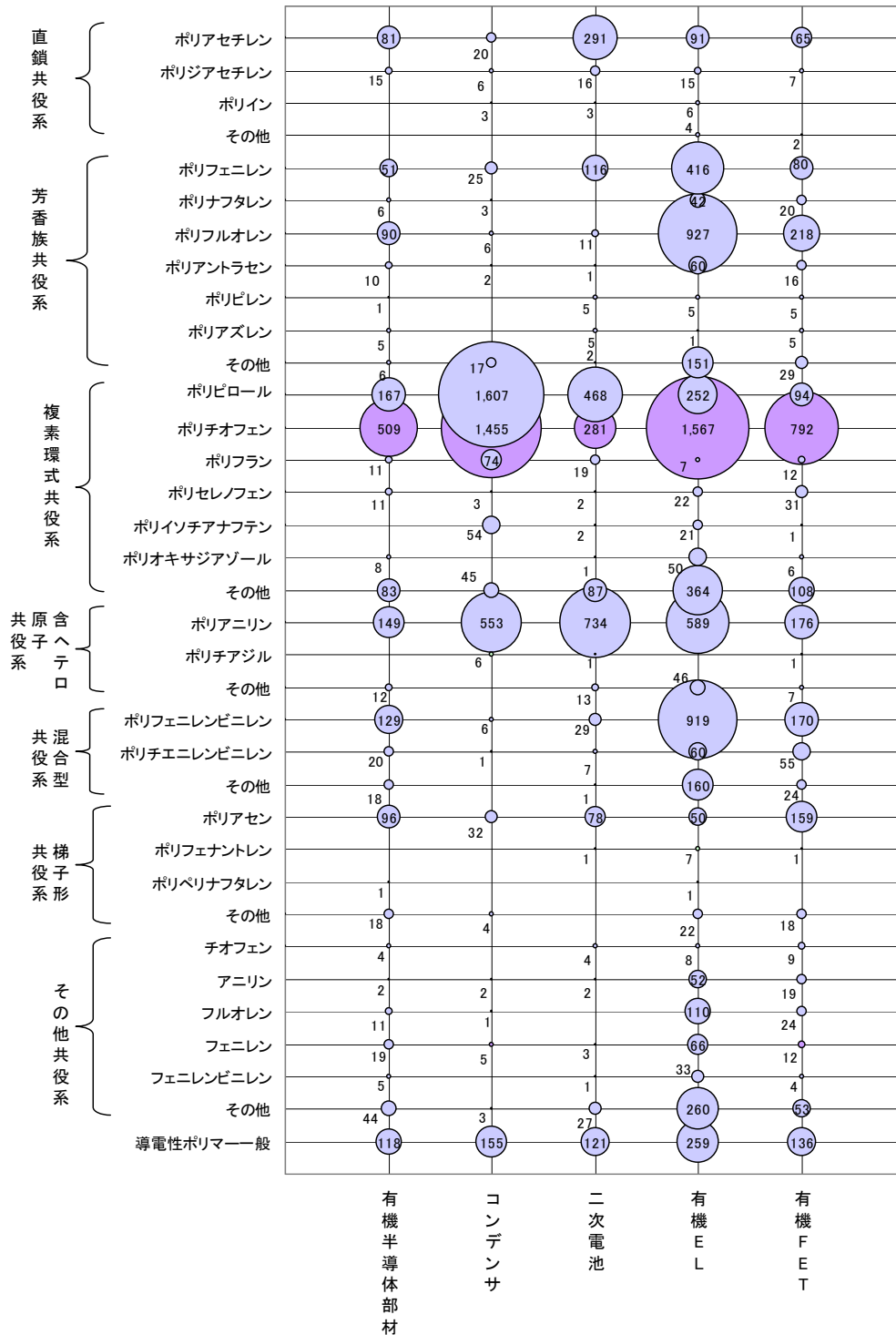
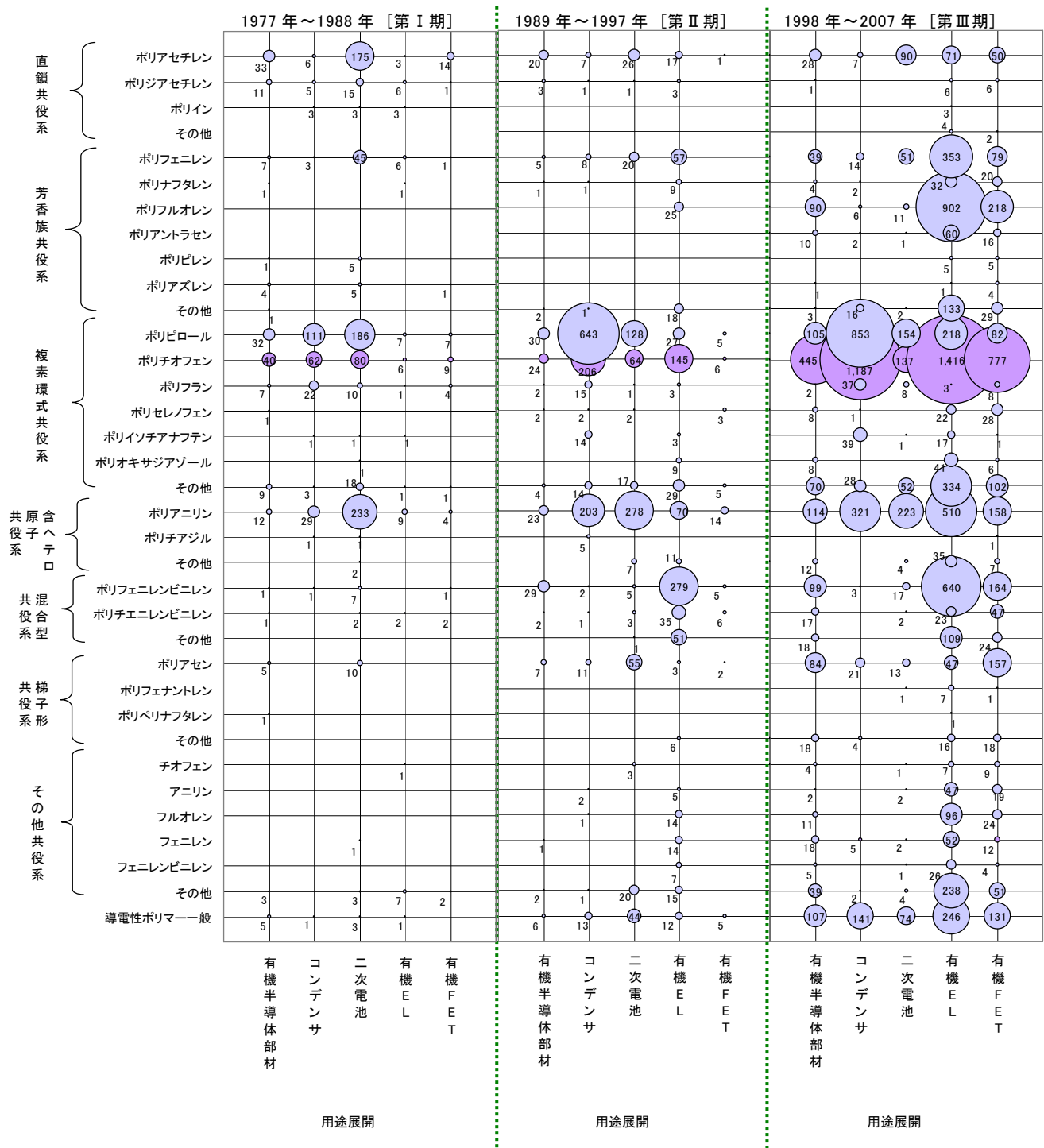


図 14 には、全調査期間（1977 年～2007 年）である図 13 を 3 期に分けて解析した主要用途に使用されている材料動向を示した。コンデンサ用途に使用される材料は、初期の頃はポリピロロールが主体であったが、第Ⅲ期（1998 年～2007 年）では、ポリチオフェンの使用が多くなっている。ポリチオフェン誘導体である PEDOT が商品化され、PEDOT を使用したタンタル固体電解コンデンサなどの開発が進められたことに対応している。また、有機 EL の輸送層に PEDOT を使用する検討が、第Ⅲ期（1998 年～2007 年）におけるポリチオフェンの特許出願件数の増大につながっていると考えられる。ポリフルオレンも有機 EL での発光層での使用検討が第Ⅲ期（1998 年～2007 年）における特許出願件数増大に結びついていると考えられる。

図 14 用途展開と材料の相関関係（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：1977 年～2007 年、期間別）



第3節 注目研究開発テーマの動向調査

導電性ポリマー関連技術の注目研究開発テーマとして、委員会での議論などを踏まえて次の3件を選択してその動向を調査した。

- ・A: 新しい導電性ポリマーの材料設計
- ・B: 導電性ポリマーの高次構造制御
- ・C: 高いキャリア移動度が要求される用途での展開

【注目研究開発テーマ A: 新しい導電性ポリマーの材料設計】は、新規な導電性ポリマーの開発に関する。置換基などの導入による「誘導体」化、又は「共重合体」化によってポリマー材料の特性向上や信頼性向上を図る出願を抽出し、「誘導体」、「共重合体」に分けて解析を行った。

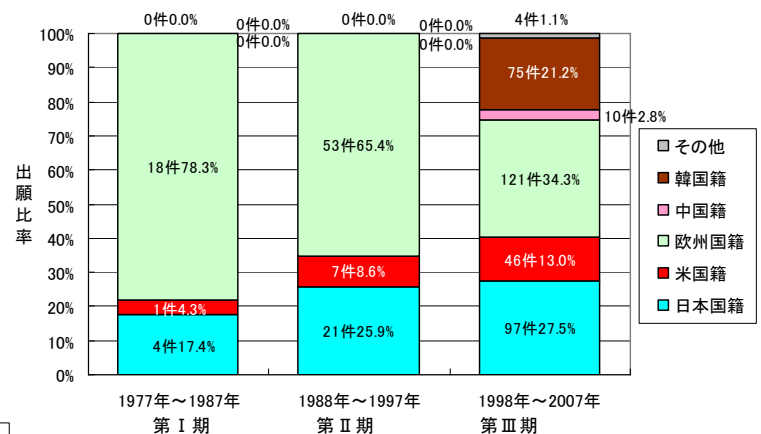
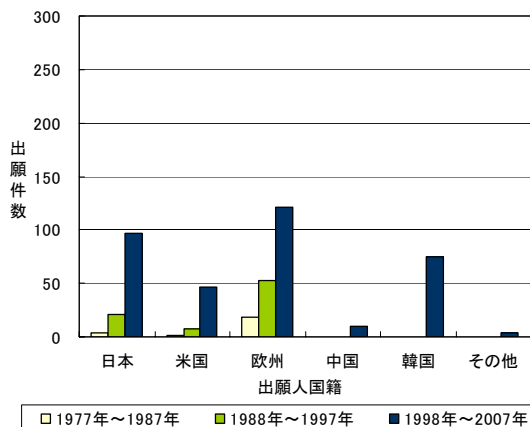
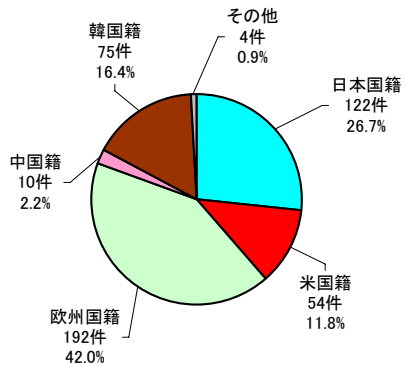
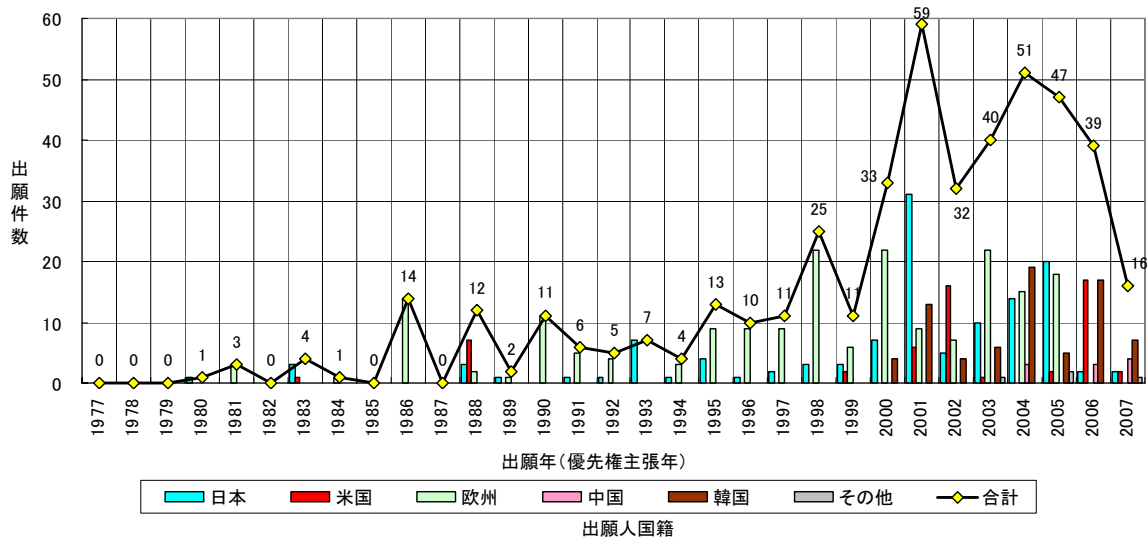
まず、特性向上や信頼性向上を図るためのポリマー誘導体に関する特許出願件数は、調査期間（優先権主張年 1977 年～2007 年）において 658 件であった。出願人国籍別の出願件数推移、及び出願人国籍別の出願件数比率を図 15 に示した。特許出願件数推移では、1999 年末頃までは大きな変化が見られなかったが、2000 年頃から出願が大幅に増加している。第Ⅰ期（1977 年～1987 年）では、ほとんどが日本国籍からの出願であったが、第Ⅱ期（1988 年～1997 年）では、欧州国籍からの出願人の出願件数が急激に増大している。第Ⅲ期（1998 年～2007 年）では、韓国籍からの出願件数が増えている。

調査期間における出願人国籍別出願件数比率では日本 41.2%、米国 9.4%、欧州 41.6% であり、図 3 の全体での比率（日本 46.9%、米国 19.2%、欧州 23.6%）と比較すると、欧州の出願件数比率が高く、米国が低いことを示している。

り、図3の全体での比率（日本 46.9%、米国 19.2%、欧州 23.6%）と比較すると、欧州の出願件数比率が高く、日本や米国が低いことを示している。しかしながら、3期に分けると、日本の出願件数比率は、徐々に増加している。

図16 【注目研究開発テーマA：新しい導電性ポリマーの材料設計・共重合体】の出願人国籍別出願件数推移と出願件数比率（全期間、期間別）（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：1977年～2007年）

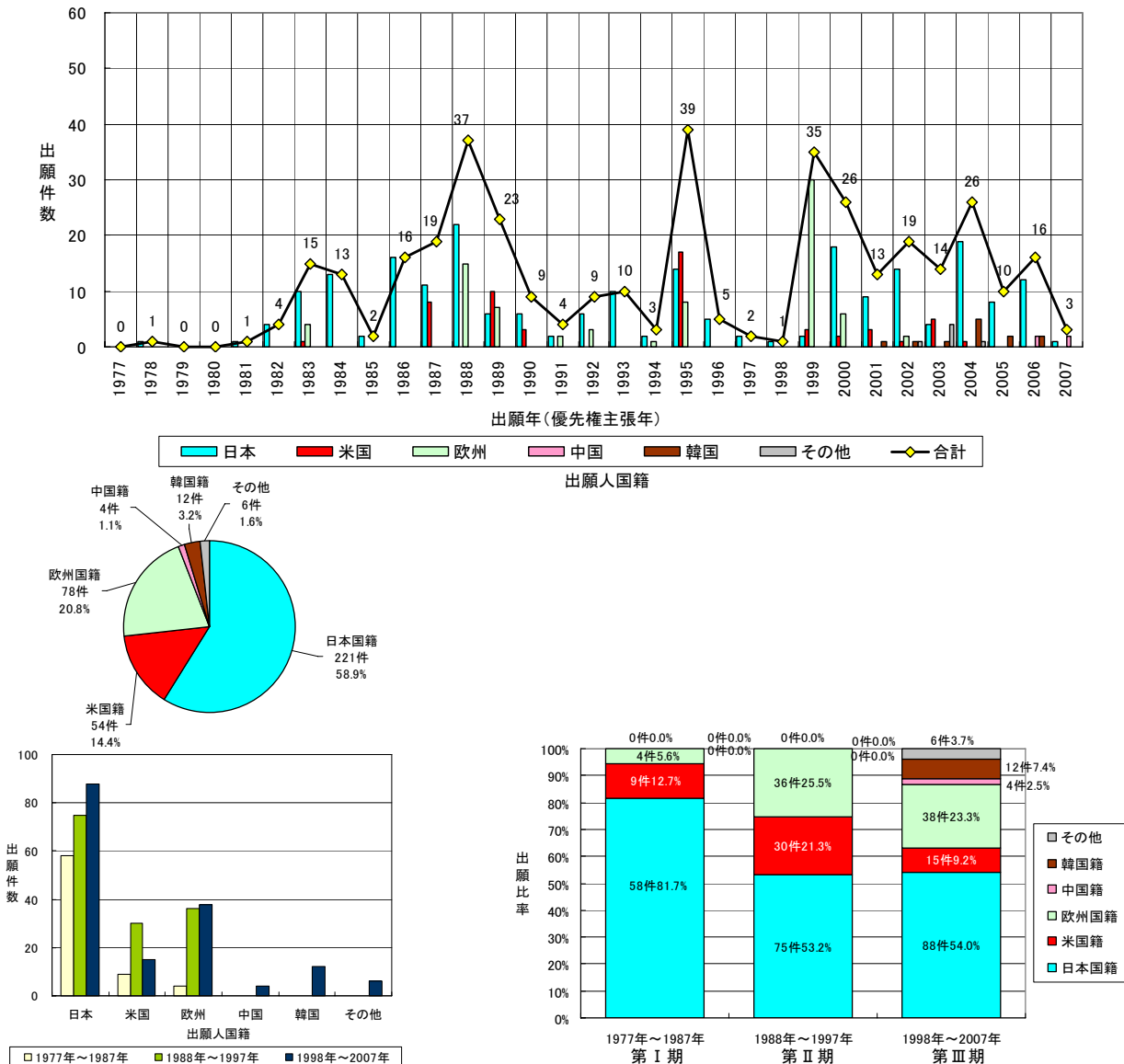
合計出願件数：457件



注) 検索条件：【技術的課題：特性向上または信頼性】 × 【解決手段：材料の共重合体】

【注目研究開発テーマ B：導電性ポリマーの高次構造制御】では、導電性ポリマーの[中分類]製造方法・鋳型重合法と [中分類]処理方法・配向処理に注目して分析した。調査期間（優先権主張年 1977 年～2007 年）における特許出願件数は 375 件であった。出願人国籍別の出願件数推移、及び出願人国籍別の出願件数比率を図 17 に示した。特許出願件数推移では、年によって大きな変動があるものの、第Ⅰ期（1977 年～1987 年）の出願件数 71 件、第Ⅱ期（1988 年～1997 年）の出願件数 141 件に比較して、第Ⅲ期（1998 年～2007 年）の出願件数が 163 件と増加している。出願人国籍の比率では日本国籍出願人の出願件数比率が 58.9%と高く、欧州 20.8%、米国 14.4%と続いている。図 3 の導電性ポリマー関連技術全体の出願件数比率（日本 46.9%、米国 19.2%、欧州 23.6%）と比較すると、導電性ポリマーの高次構造制御に関連して日本国籍出願人の貢献が極めて大きいといえる。年次推移では、韓国籍の出願人の寄与が大きくなりつつある。

図 17 【注目研究開発テーマ B：導電性ポリマーの高次構造制御】の出願人国籍別出願件数推移と出願件数比率（全期間、期間別）（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：1977 年～2007 年）
合計出願件数：375 件

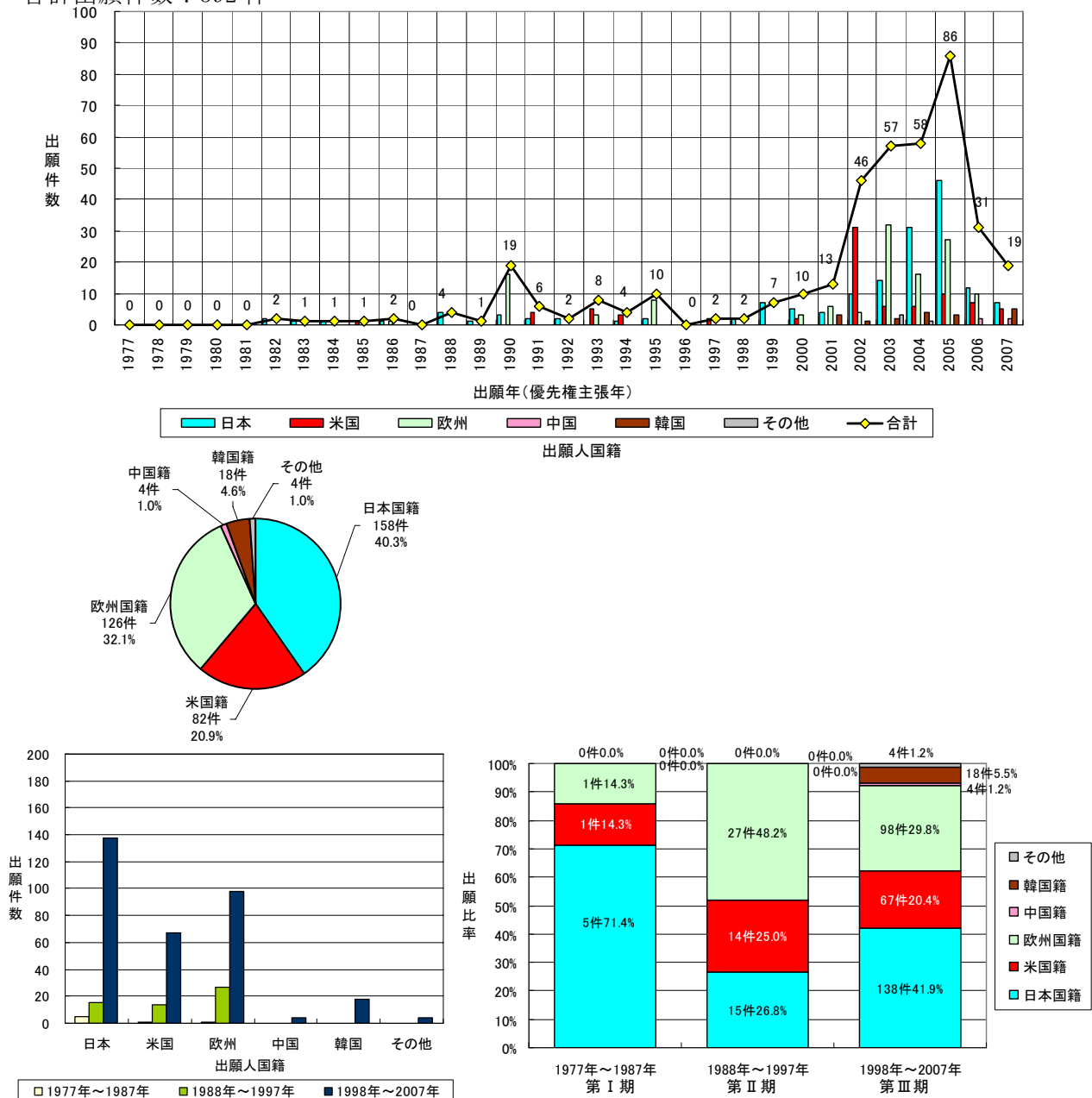


注) 検索条件: 【中分類: 製造方法・鋳型重合法】 + 【中分類: 処理方法・配向処理】

【注目研究開発テーマC:高いキャリア移動度が要求される用途での展開】では、キャリア移動度の向上や低バンドギャップに着目して分析した。調査期間（優先権主張年 1977年～2007年）における特許出願件数は392件であった。出願人国籍別の出願件数推移、及び出願人国籍別の出願件数比率を図18に示した。特許出願件数推移では、2002年頃から出願件数が大幅に増加している。出願人国籍の比率では、日本国籍出願人の出願件数比率が40.3%と最も多く、欧州32.1%、米国20.9%と続いている。日本国籍出願人の出願件数比率が第Ⅱ期（1988年～1997年）には一時低下したが、第Ⅲ期（1998年～2007年）では回復傾向にある。

図18 【注目研究開発テーマC:高いキャリア移動度が要求される用途での展開】の出願人国籍別出願件数推移と出願件数比率（全期間、期間別）（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：1977年～2007年）

合計出願件数：392件

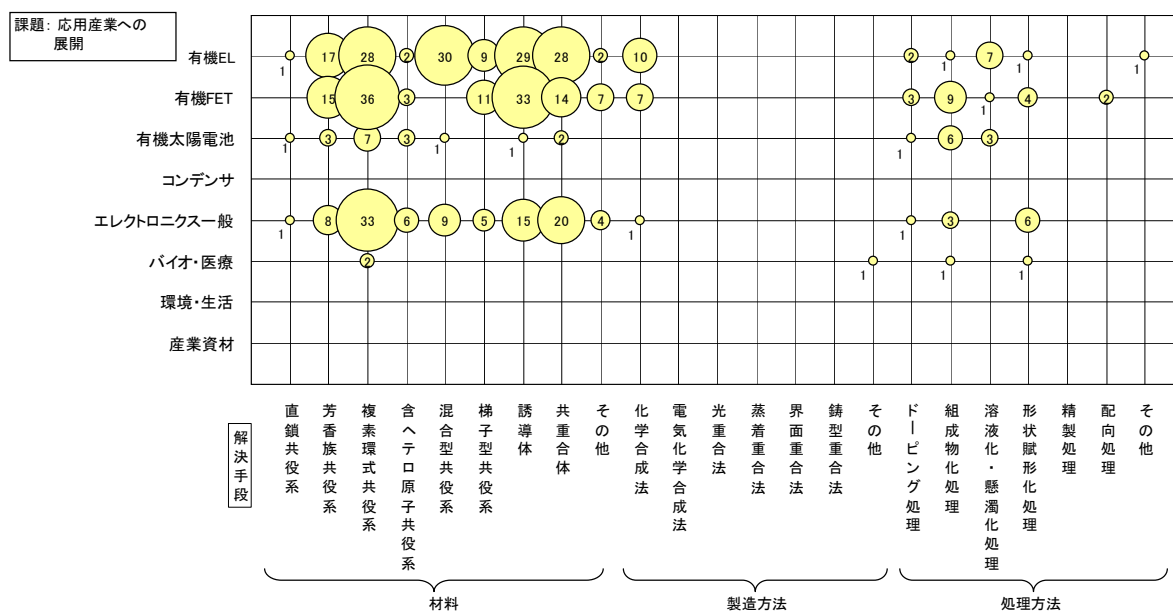


注）検索条件：【技術的課題：物性向上・{(キャリア)移動度+低バンドギャップ}】

キャリア移動度の向上や低バンドギャップの課題に関する特許について、各用途展開における出願件数を図 19 に示した。複素環式共役系ポリマーの誘導体や共重合体による有機 EL や有機トランジスタへの応用が多く、混合型共役系ポリマーによる有機 EL への適用も多い。

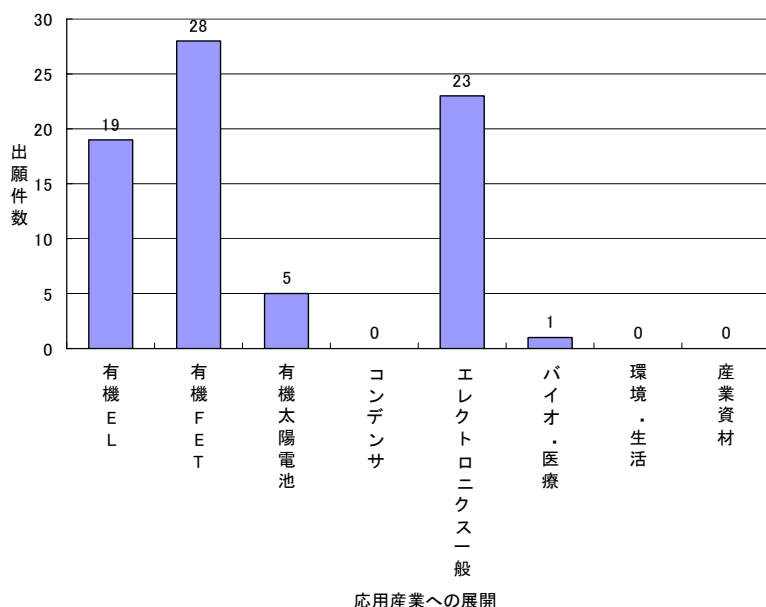
また、複素環式共役系ポリマーについて、キャリア移動度の向上を目指した特許の各用途展開における出願件数を図 20 に示した。有機 FET やエレクトロニクス一般（電極材などを含む有機 EL、有機 FET、有機太陽電池、コンデンサ以外のエレクトロニクス分野）への展開が多い。

図 19 キャリア移動度向上・低バンドギャップ課題に関する特許の応用産業への展開が図られている出願件数（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：1977 年～2007 年）



注) 検索条件：【技術的課題：物性向上（（キャリア）移動度＋低バンドギャップ）】×【技術的課題：応用産業への展開】

図 20 複素環式共役系ポリマーにおけるキャリア移動度向上を目指した特許の応用産業への展開が図られている出願件数（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：1977 年～2007 年）



注) 検索条件：【技術的課題：複素環式共役系における物性向上（（キャリア）移動度）】×【技術的課題：複素環式共役系における応用産業への展開】

第4節 出願人別動向調査

導電性ポリマー関連技術全体での出願人別出願件数上位ランキングを表3に、また日本、米国、欧州、中国、韓国の出願先国別ランキングを表4に示した。表3においてパナソニック、住友化学と日本企業が最上位にあり、上位10社の内6社を占める。外国企業では、韓国 Samsung が3位、ドイツ Merck Patent が6位、ドイツ BASF が7位に入っている。調査期間を3期に分けた解析では、パナソニックは順調に出願件数を増加させているが、それ以上に韓国 Samsung の出願件数の増加が顕著である。

出願先国別のランキング（表4）において、日本への出願では、パナソニック、昭和電工などの企業が上位にあり、日本の企業が10位まで独占している。一方、米国、中国、韓国への出願では、韓国 Samsung が1位を占めている。また、欧州への出願では、ドイツ BASF が1位となっている。

表3 出願人別出願件数上位ランキング（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：1977年～2007年）

出願年（優先権主張年）：1977年～2007年		
順位	出願人	出願件数
1	パナソニック(日)	1,017
2	住友化学(日)	923
3	Samsung Corp(韓)	844
4	昭和電工(日)	677
5	日本電気(日)	508
6	Merck Patent GmbH(ドイツ)	497
7	BASF SE(ドイツ)	454
8	三洋電機(日)	429
9	日立製作所(日)	361
10	Bayer AG(ドイツ)	353

第Ⅰ期 出願年（優先権主張年）：1977年～1987年			第Ⅱ期 出願年（優先権主張年）：1988年～1997年			第Ⅲ期 出願年（優先権主張年）：1998年～2007年		
順位	出願人	出願件数	順位	出願人	出願件数	順位	出願人	出願件数
1	BASF SE(ドイツ)	272	1	パナソニック(日)	400	1	Samsung Corp(韓)	818
2	昭和電工(日)	239	2	日本電気(日)	239	2	住友化学(日)	708
3	日立製作所(日)	166	3	住友化学(日)	189	3	パナソニック(日)	523
4	パナソニック(日)	94	4	Celanese(米)	172	4	Merck Patent GmbH(ドイツ)	470
5	産業技術総合研究所(日)	89	5	リコー(日)	139	5	昭和電工(日)	314
6	Bayer AG(ドイツ)	72	6	昭和電工(日)	124	6	DuPont(米)	302
6	トヨタ自動車(日)	72	7	Bayer AG(ドイツ)	119	7	三洋電機(日)	284
8	ブリヂストン(日)	65	8	富士通(日)	118	8	日本電気(日)	263
9	三井化学(日)	61	9	IBM(米)	115	9	セイコーエプソン(日)	234
10	三洋電機(日)	55	10	BASF SE(ドイツ)	102	10	H. C. Starck GmbH(ドイツ)	229

表4 出願先国別－出願人別出願件数上位ランキング

(日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年)：1977年～2007年)

日本への出願			米国への出願			欧州への出願			中国への出願			韓国への出願		
順位	出願人	件数	順位	出願人	件数	順位	出願人	件数	順位	出願人	件数	順位	出願人	件数
1	パナソニック(日)	765	1	Samsung Corp(韓)	224	1	BASF SE(ドイツ)	277	1	Samsung Corp(韓)	130	1	Samsung Corp(韓)	298
2	昭和電工(日)	360	2	住友化学(日)	161	2	住友化学(日)	267	2	Merck Patent GmbH(ドイツ)	73	2	住友化学(日)	118
3	住友化学(日)	305	3	DuPont(米)	117	3	Bayer AG(ドイツ)	201	3	住友化学(日)	72	3	Merck Patent GmbH(ドイツ)	95
4	日立製作所(日)	298	4	パナソニック(日)	114	4	Merck Patent GmbH(ドイツ)	164	4	昭和電工(日)	55		LG Corp(韓)	77
5	三洋電機(日)	294	5	昭和電工(日)	109	5	Celanese(米)	159	5	DuPont(米)	41	5	昭和電工(日)	58
6	日本電気(日)	283	6	Eastman Kodak Co(米)	103	6	Commissariat Energie Atomique (フランス)	113	6	三洋電機(日)	40	6	DuPont(米)	53
7	日本ケミコン(日)	270	7	Xerox Corp(米)	101	7	昭和電工(日)	95	7	パナソニック(日)	39	7	H. C. Starck GmbH(ドイツ)	48
8	リコー(日)	237	7	IBM(米)	101	8	H. C. Starck GmbH(ドイツ)	90	8	H. C. Starck GmbH(ドイツ)	31	8	日本電気(日)	42
9	日本カーリット(日)	169	9	日本電気(日)	81	9	日本電気(日)	84	9	Philips Corp (オランダ)	24	9	Bayer AG(ドイツ)	39
10	富士通(日)	167	10	Merck Patent GmbH(ドイツ)	74	10	Philips Corp (オランダ)	83	10	LG Corp(韓)	22	10	3M Innovative Properties Co (米)	28

第3章 導電性ポリマー関連技術の研究開発動向調査

特許出願動向の解析とともに、学術論文の発表動向から導電性ポリマーに関する研究開発動向を調査した。調査対象期間は、論文掲載誌の発行年ベースで1977年から2008年とし、調査期間を3期に分け、1977年～1987年を第Ⅰ期、1988年～1997年を第Ⅱ期、1998年～2008年を第Ⅲ期とした。

論文の検索に使用するデータベースとして JSTPlus(JDreamⅡ)、JST7580(JDreamⅡ)、HCA(STN)を使用し、特定の46誌について検索を行った。国際的な比較を行うにあたっては、国際的な主要論文誌を選定して、その範囲内での集計を行った。選定した主要国際誌10誌を表5に示した。なお、解析対象論文数は、全体で8,361件、主要国際誌10誌に限定すると4,115件(49.2%)である。

表5 主要国際誌の論文件数(論文発行年:1977年～2008年)

順位	論文名	件数
1	Synth Met	2,072
2	Macromolecules	596
3	Advanced Materials	391
4	Applied Physics Letters	340
5	Physical Review B	321
6	Chem Mater	126
7	J Phys Chem	108
8	J Am Chem Soc	83
9	Nature	51
10	Science	27

第1節 全体動向調査

図21(全体)、図22(主要国際誌)には研究者所属機関国籍別論文件数推移を解析して示した。

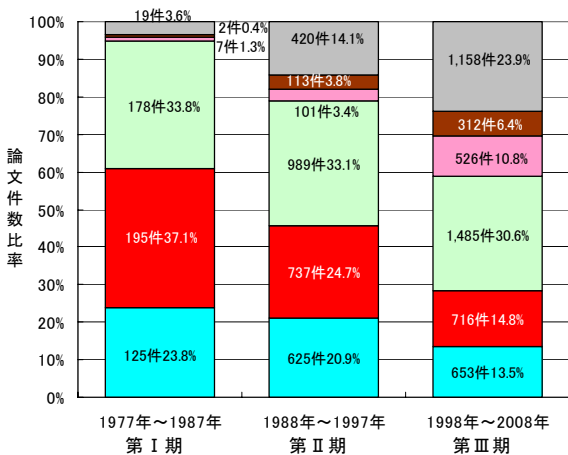
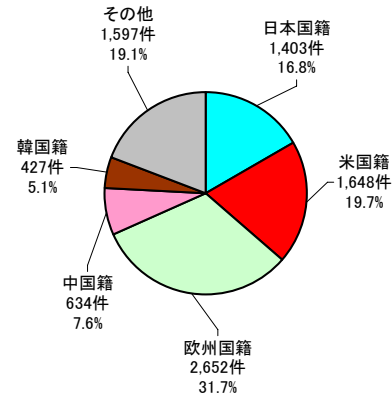
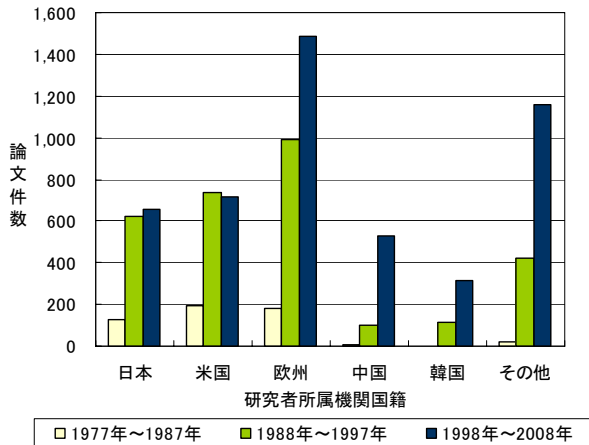
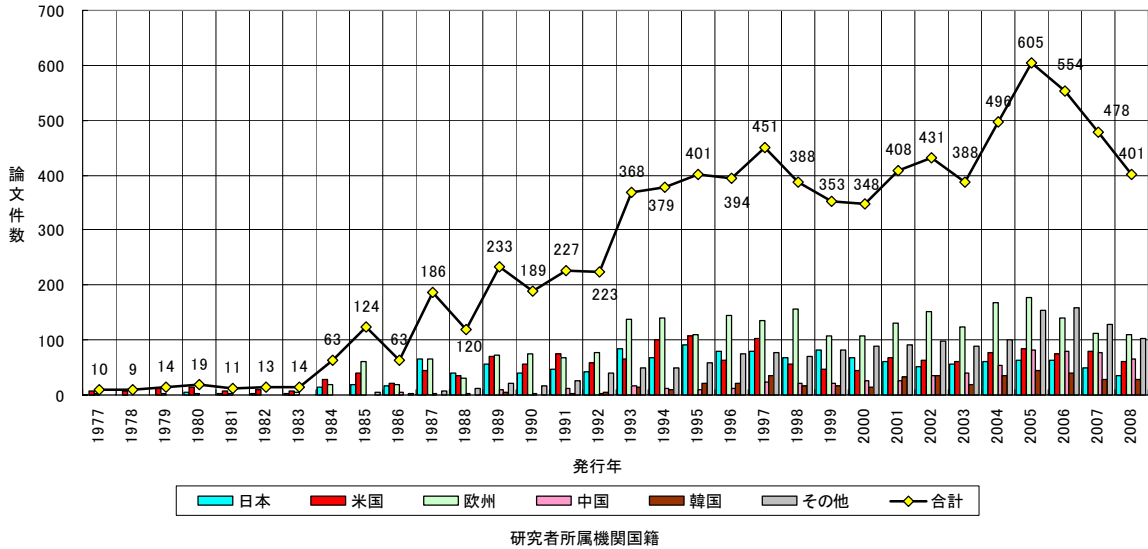
図21において、調査期間内で論文件数が増加傾向にあり、研究開発が活発に行われている。研究者所属機関国籍別では、日本からの論文数は、全体の16.8%(特許出願件数では全体の46.9%)と、特許出願に比べて日本の割合が低い。欧州からの論文件数が一番多く、次いで米国からの論文件数が多い。特に、欧州と中国は、第Ⅲ期(1998年～2008年)において論文件数が増大している。また、その他の国(インド、台湾など)からの論文件数が急増している。

図22(主要国際誌)では、論文件数の推移は増加傾向にあるが、研究者所属機関国籍別では、研究論文全体の動向と同じく欧州からの論文発表件数が多く、全体の34.8%であった。日本からの論文の割合は13.5%に過ぎなかった。

特許出願件数(図3)と論文件数(図21)の推移を図23において比較した。特許出願件数は調査期間の1990年から1994年まで横這いで推移していたが、論文件数については調査期間全体にわたり増加傾向が続いている。

図 21 研究者所属機関国籍別論文件数推移と論文件数比率（全期間、期間別）
（論文発行年：1977年～2008年）

合計件数：8,361件



(その他の内訳)

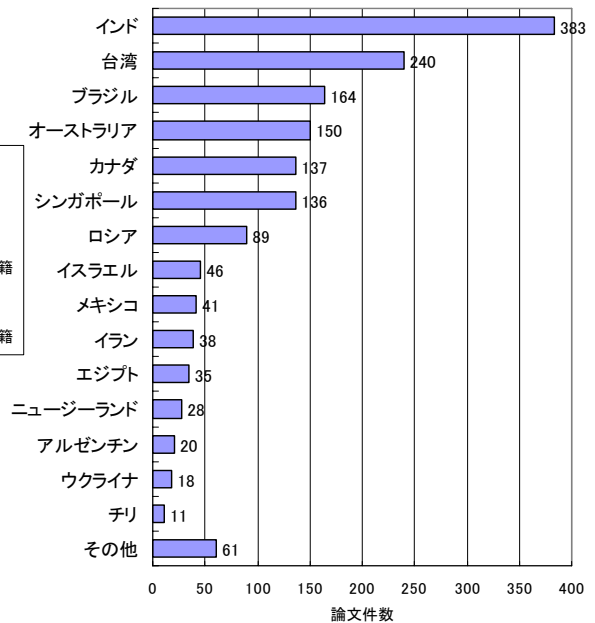
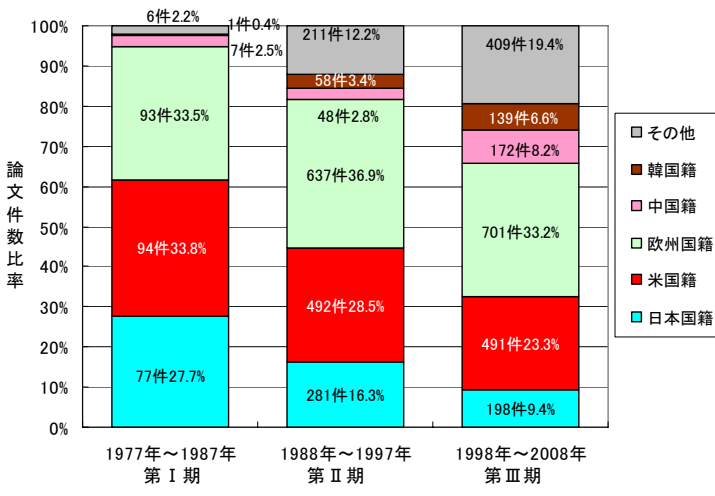
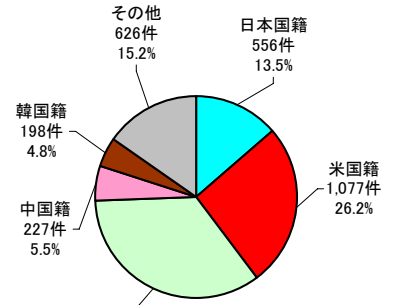
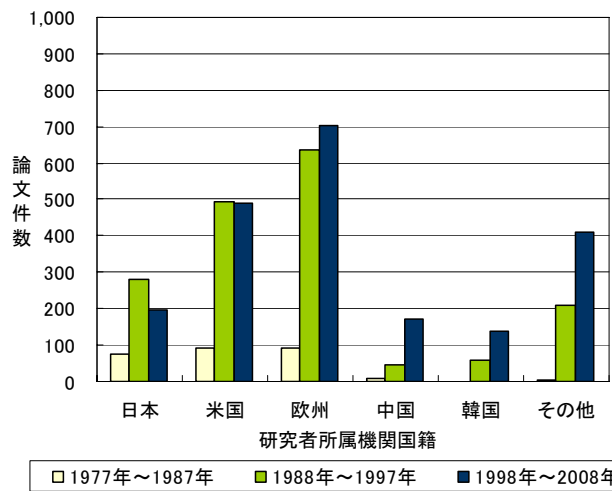
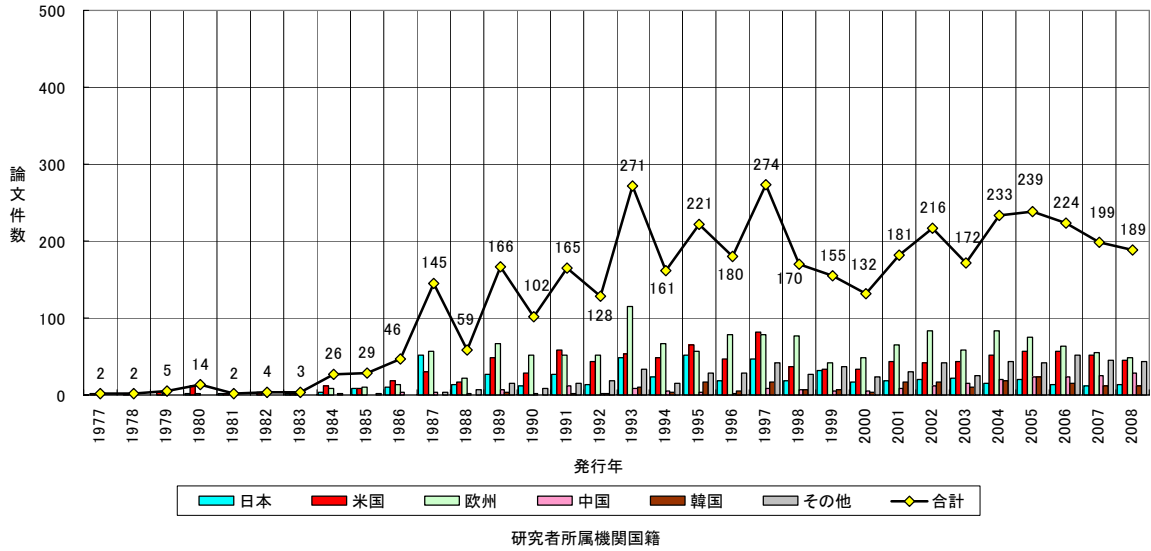


図 22 主要国際誌の研究者所属機関国籍別論文件数推移と論文件数比率（全期間、期間別）
（論文発行年：1977年～2008年）

合計件数：4,115件



(その他の内訳)

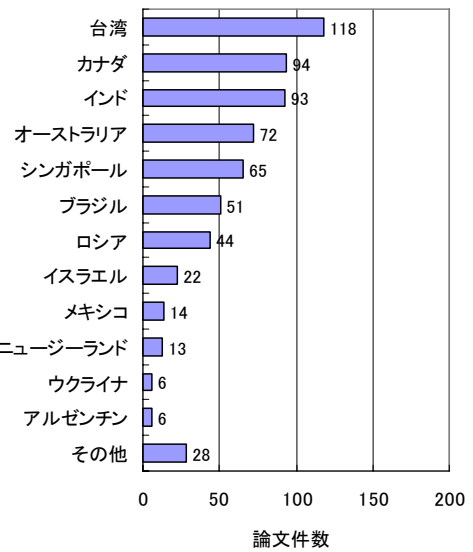
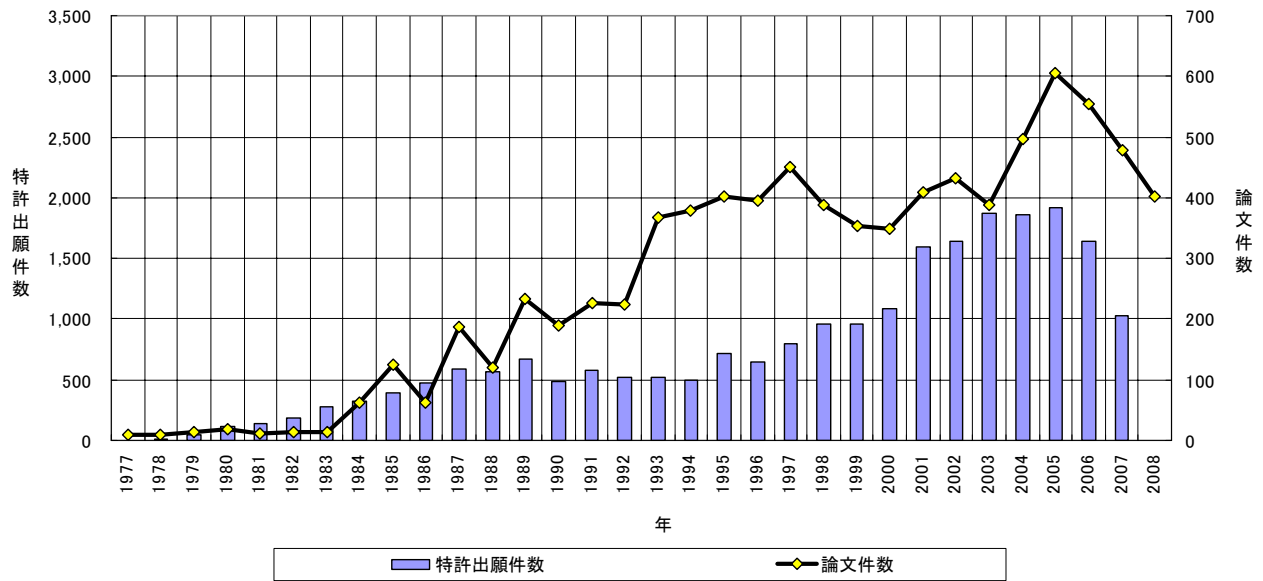


図 23 特許出願件数と論文発行件数の推移
 (特許出願年(優先権主張年): 1977年~2007年、論文発行年: 1977年~2008年)



第2節 技術区分別動向調査

導電性ポリマーの技術に関連した論文全件数について、表2に基づく技術区分作業を行い、技術区分ごとに研究者所属機関国籍別の論文件数と件数推移を解析した。

特許動向調査の技術区分別動向調査と同様に、導電性ポリマーの技術区分（大分類）について、研究論文の技術区分別動向の分析を行った。特許動向調査では、用途展開に関する出願が多かったが、図24に示すように論文では、材料に関するものが多い。図25の主要国際誌でも同様な傾向が見られる。一方、調査期間の第Ⅰ期（1977年～1987年）と第Ⅱ期（1988年～1997年）では、材料に関する論文の件数が多いが、第Ⅲ期（1998年～2008年）では、特に欧米及びその他の国において用途展開に関する論文の方が多くなっている。この傾向は主要国際誌についてもいえる。

図24 技術区分別—研究者所属機関国籍別論文件数（[大分類]）（論文発行年：1977年～2008年）

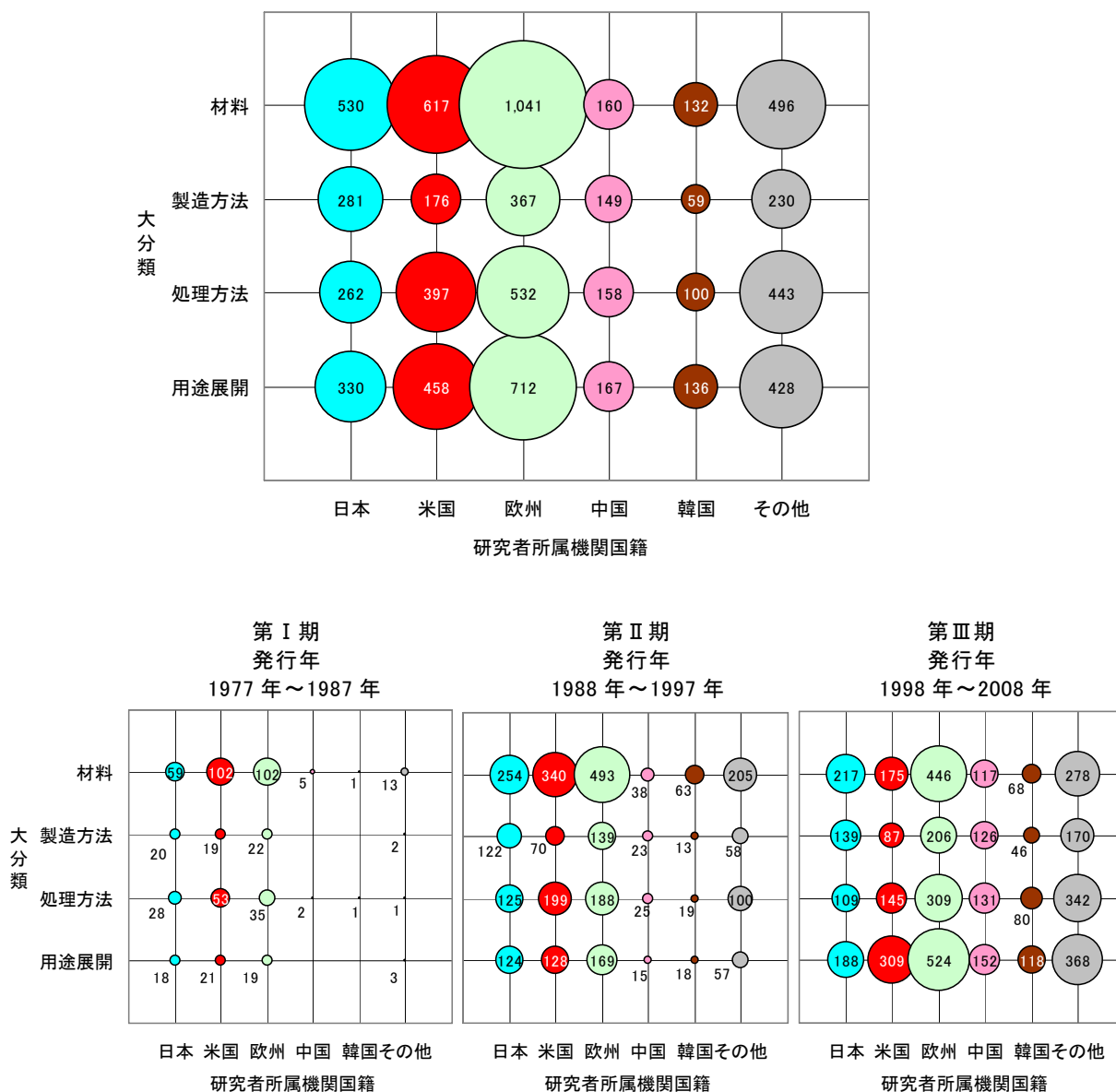


図 25 主要国際誌の技術区分別—研究者所属機関国籍別論文件数（〔大分類〕）
（論文発行年：1977年～2008年）

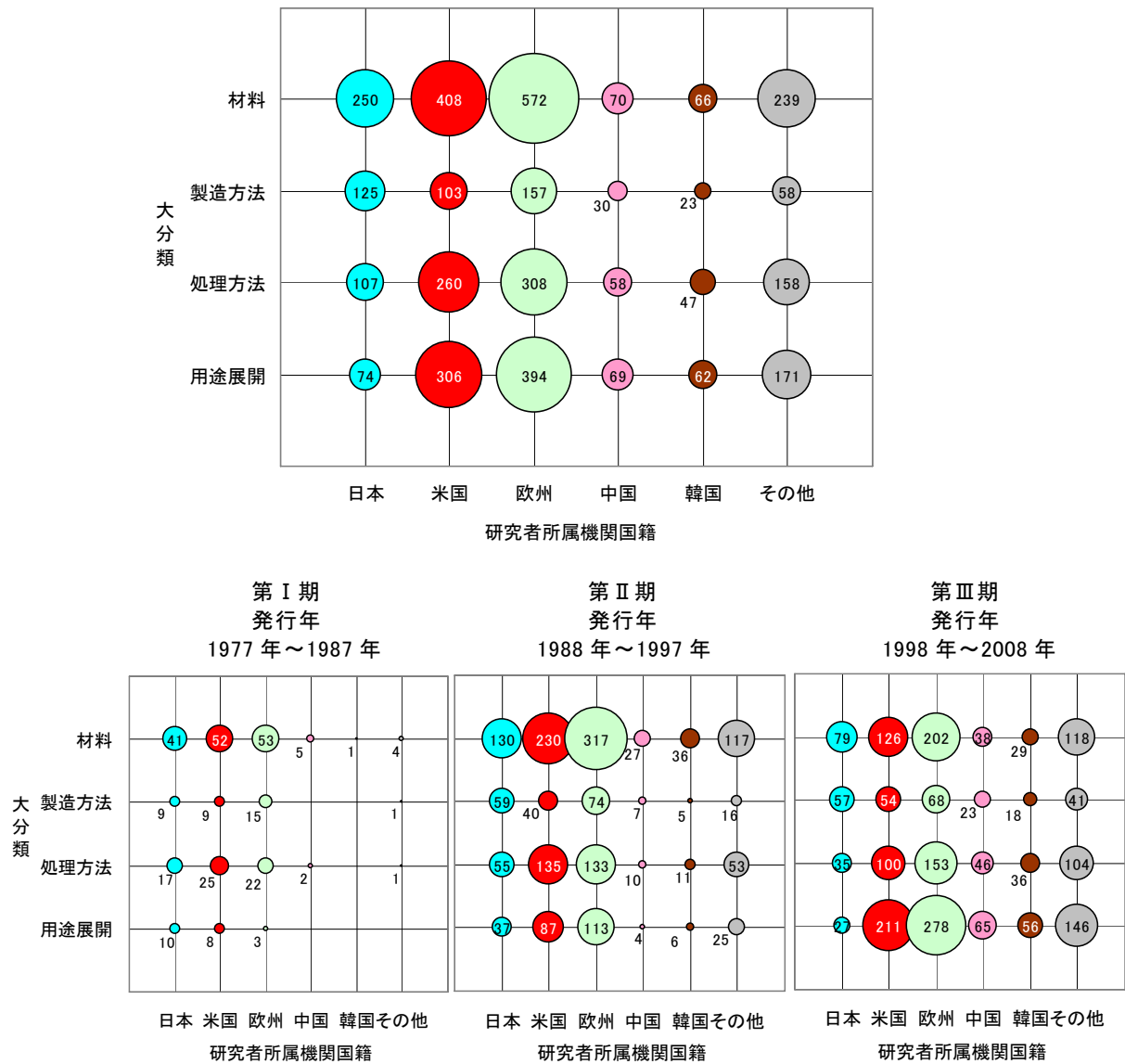


図 26 には、技術区分表の導電性ポリマーの中分類の項目について研究者所属機関国籍別の分析結果を、図 27 には主要国際誌について同様の分析結果を示した。

また、図 28 には、図 26 のエレクトロニクス分野について、技術区分表の小分類の項目に基づいて細分化した研究者所属機関国籍別の分析結果を、図 29 には主要国際誌について同様の分析結果を示した。

用途面では、特許の場合と同様に有機 EL に関するものが多い。一方、特許の場合と異なるのは、特許ではセンサに関するものはそれほど多くなく、特に、日本国籍出願人からはコンデンサの特許出願が多かったが、論文では、研究者所属機関国籍に関係なく、センサに関するものが増えている特徴がある。

図 26 技術区分別－研究者所属機関国籍別論文件数（[中分類]）（論文発行年：1977 年～2008 年）

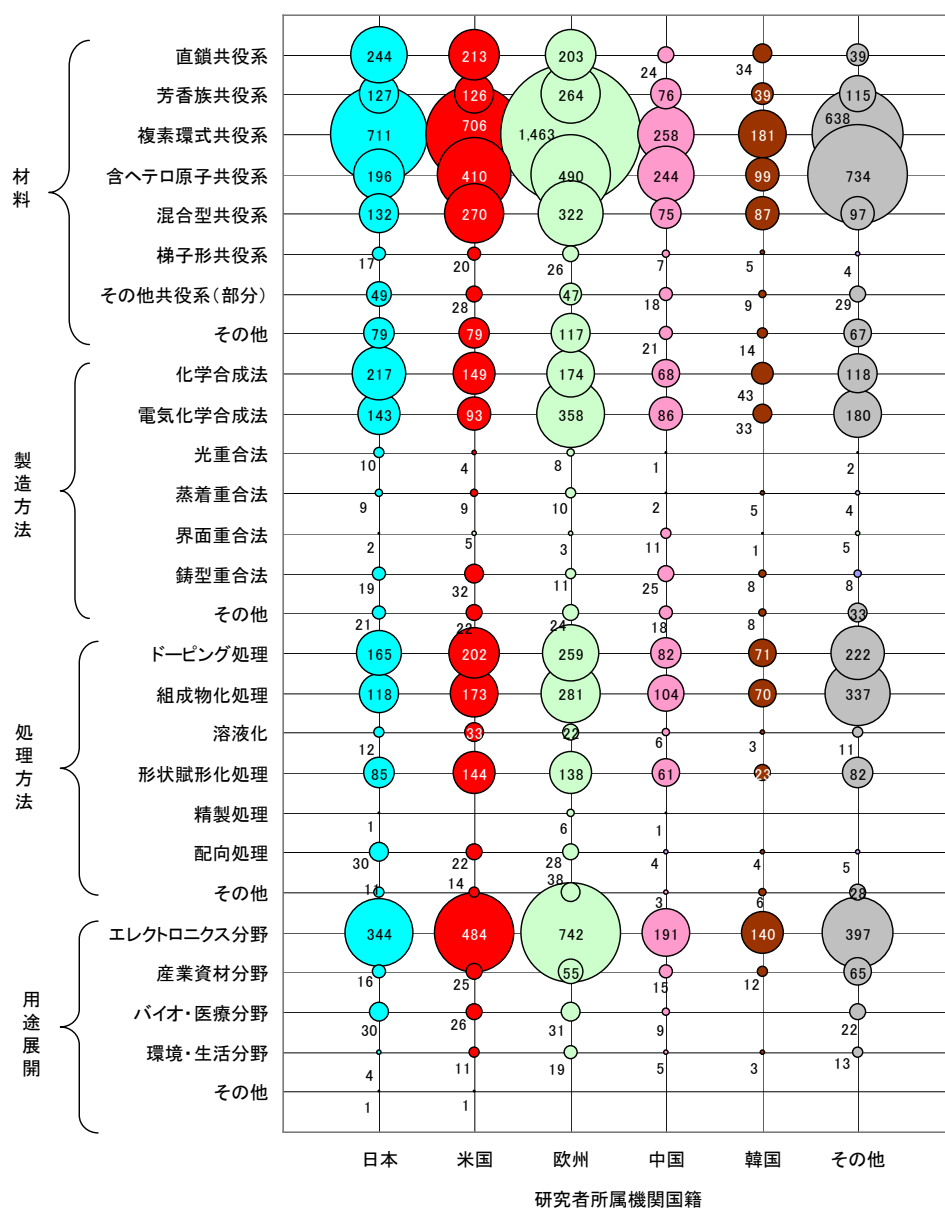


図 27 主要国際誌の技術区分別—研究者所属機関国籍別論文件数（〔中分類〕）
 （論文発行年：1977年～2008年）

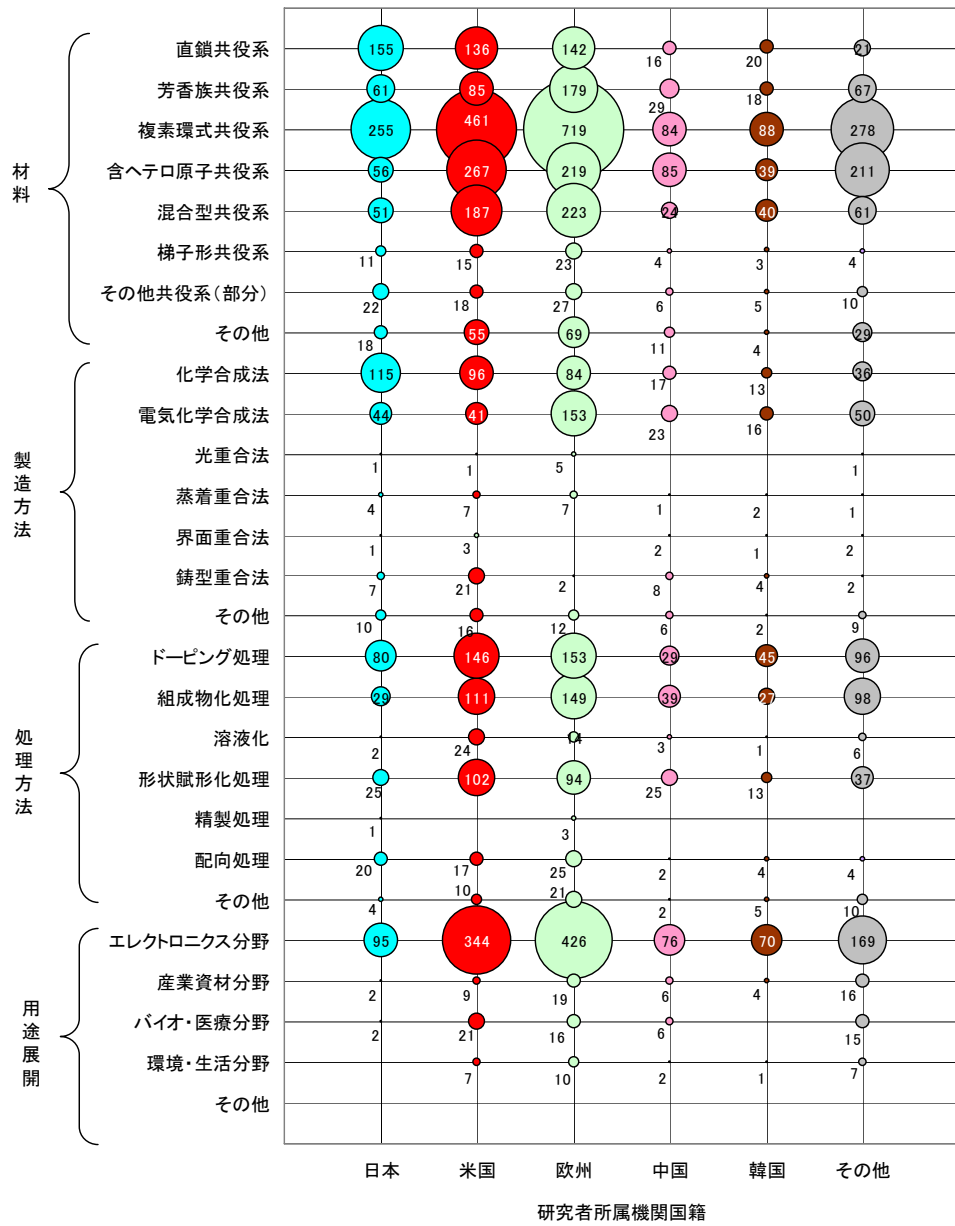


図 28 技術区分別－研究者所属機関国籍別論文件数
 ([小分類：用途展開・エレクトロニクス分野]) (論文発行年：1977年～2008年)

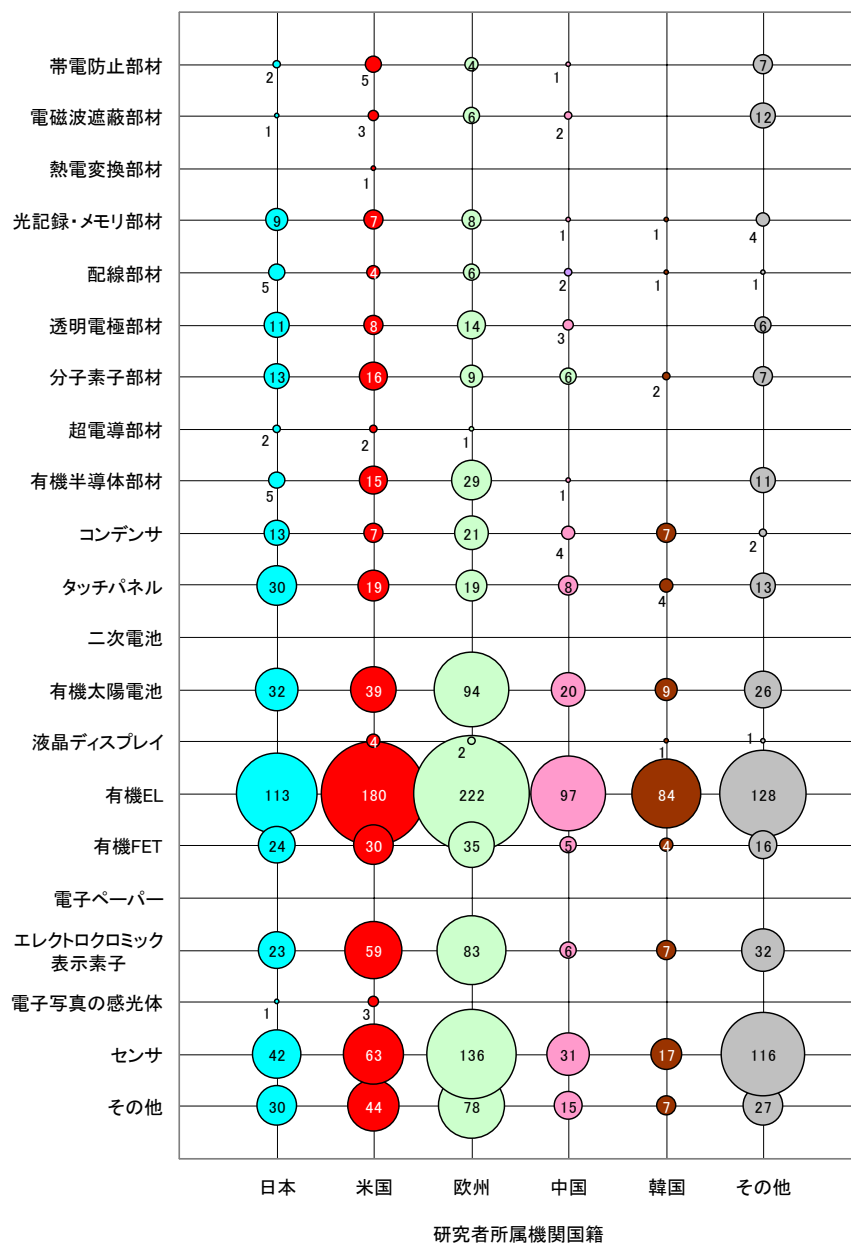
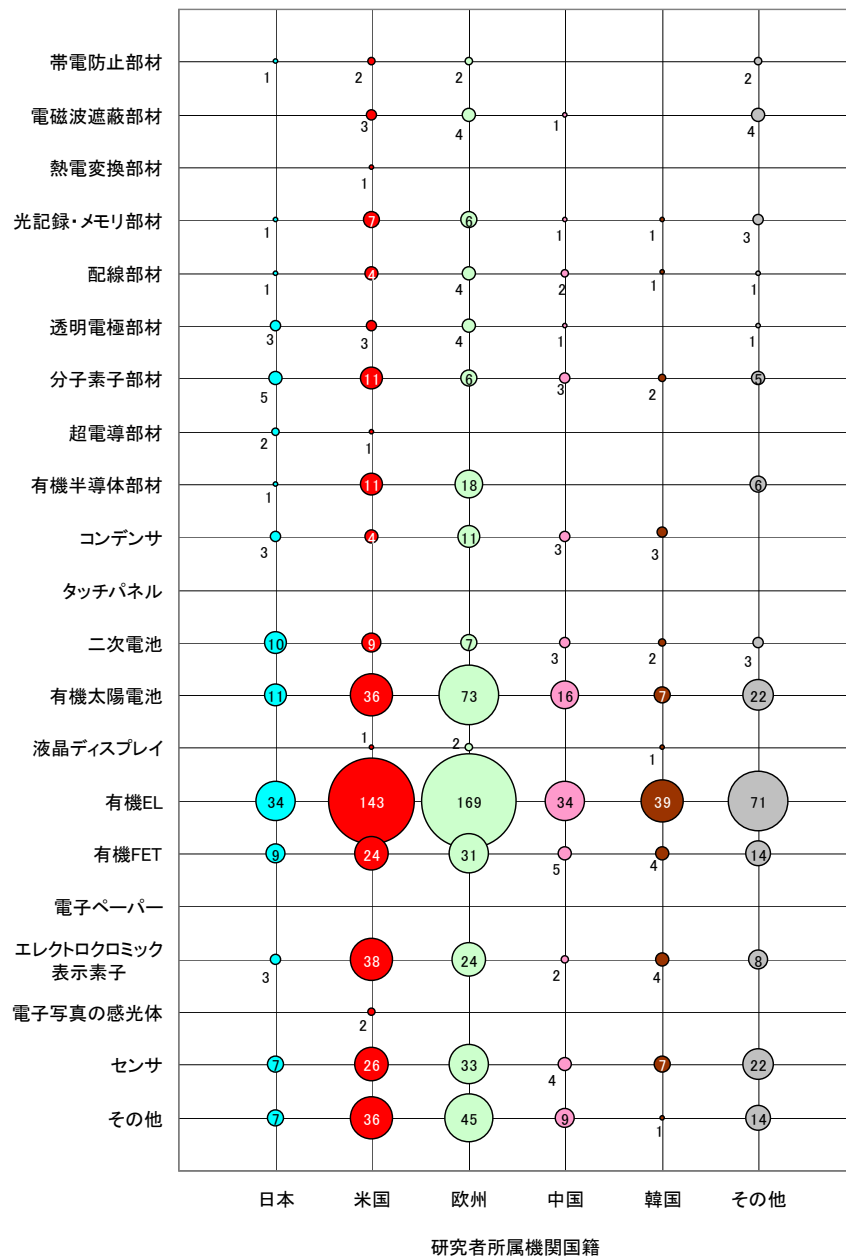


図 29 主要国際誌の技術区分別－研究者所属機関国籍別論文件数
 ([小分類：用途展開・エレクトロニクス分野]) (論文発行年：1977年～2008年)



第3節 研究者所属機関別動向調査

論文発表件数の多い研究者所属機関を表6に示した。論文件数1位は米国のCalifornia大学であり、日本の大阪大学、東京工業大学が続いている。その他上位には、多様な国の大学や研究機関が入っている。表7には、主要国際誌での解析結果を示した。California大学、筑波大学、Pennsylvania大学が上位にあり、日米の大学が研究開発面でこの分野をリードしていると考えられる。

表6 研究者所属機関別の論文発表件数上位ランキング（論文発行年：1977年～2008年）

順位	研究者所属機関	論文件数
1	Univ. California(米国)	294
2	大阪大学(日本)	229
3	東京工業大学(日本)	209
4	Chinese Academy of Sciences(中国)	189
5	筑波大学(日本)	176
6	Univ. Pennsylvania(米国)	162
7	Centre National de la Recherche Scientifique(CNRS)(フランス)	138
8	京都大学(日本)	127
9	Consiglio Nazionale Delle Ricerche(イタリア)	126
10	Middle East Technical Univ(トルコ)	125

表7 主要国際誌の研究者所属機関別発表件数上位ランキング（論文発行年：1977年～2008年）

順位	研究者所属機関	論文件数
1	Univ. California(米国)	231
2	筑波大学(日本)	121
3	Univ. Pennsylvania(米国)	109
4	東京工業大学(日本)	90
5	Chinese Academy of Sciences(中国)	87
6	Max-Planck Inst.(ドイツ)	84
7	Ohio State Univ.(米国)	83
7	Univ. Linköping(スウェーデン)	83
9	京都大学(日本)	82
9	Consiglio Nazionale Delle Ricerche(イタリア)	82
9	Centre National de la Recherche Scientifique(CNRS)(フランス)	82

第4章 導電性ポリマー関連技術の政策動向調査

地球温暖化防止が各国政府の重要な政策と認識されるようになって、世界の産業政策は高エネルギー効率機関や、省エネルギー技術の開発や導入の促進、再生可能エネルギーの普及に傾斜してきた。導電性ポリマー関連では、導電性を生かした電極などの応用以外に共役系ポリマーの電気・光変換機能を生かした有機EL、太陽光発電などが注目されており、日・米・欧を中心に熾烈な競争が行われている。有機ELは、小型のディスプレイに採用され、大型のフレキシブルディスプレイへの応用を目指した研究が精力的に行われている。また、さらに照明分野への応用も並行して進められている。一方、導電性ポリマーは、有機薄膜太陽電池としても応用が進められており、次世代太陽光発電システムとして変換効率の向上のための技術開発が加速している。また、地球温暖化防止の観点から、電子機器や自動車用途などの産業用にコンデンサ、二次電池の高性能化・小型化が検討されており、同分野での導電性ポリマーの開発が進められている。

表8には、日米欧中韓など主要国における導電性ポリマー関連の政策・プロジェクト動向を示した。日本は、欧米諸国に先駆け、1981年に「導電性高分子材料」研究開発プロジェクトを立ち上げ、材料開発をリードした。その後、導電性ポリマーの用途展開の模索が続いていたが、導電性ポリマーを有機ELの輸送層や発光層に使用するフレキシブルエレクトロニクスへの展開の出口が見え始めたことを契機として、有機エレクトロニクス製品における材料開発の一躍を担う形で有機EL開発を中心としたいくつものプロジェクトが進行している。

日本では、新エネルギー産業技術総合開発機構（NEDO）において、平成14年度から有機EL素子関係で4件の技術開発プロジェクトが進められている。これらは高効率有機デバイスの開発、次世代ディスプレイの開発、高効率照明技術の開発などを目指したものである。

- ・高効率有機デバイスの開発（平成14年度～平成18年度）
- ・高分子有機EL発光材料開発プロジェクト（平成15年度～平成17年度）
- ・次世代大型有機ELディスプレイ基盤技術の開発（平成20年度～平成24年度）
- ・次世代高効率・高品質照明の基盤技術開発（平成21年度～平成25年度）

米国では、エネルギー省が中心となり、「WOLEDs Containing Two Broad Emitters」や「Efficient Large Area WOLED Lighting」などの多くの照明用有機EL素子に関する研究開発プロジェクトが進められている。

欧州では、科学技術研究開発への財政的支援制度である「フレームワークプログラム」の下、照明用有機EL素子開発を目指した「OLLA」や「Fast2Light」などの大学と企業が参画した多数の大型プロジェクトが推進されており、企業と大学とのコンソーシアム形成による効率的な開発体制を組んだ開発が進行している。

表9には、導電性ポリマーに関連したナノテクノロジー・材料 グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術マップを示す。また、図30、図31には、エネルギー分野における技術ロードマップを示した。

表 8 主要国の導電性ポリマー関連の政策・プロジェクト動向

年	日本	米国	欧州
1981	・導電性高分子材料研究開発		
1984			・第1次フレームワーク(FP1)
1985			・ユーレカ計画
1987			・第2次フレームワーク(FP2)
1990			・第3次フレームワーク(FP3)
1993	・環境基本法 ・省エネ法改正(省エネリサイクル法)		
1994			・第4次フレームワーク(FP4)
1995	・科学技術基本法		
1996	・第1期科学技術基本計画		
1997			・再生可能エネルギーの戦略・行動計画に関する白書
1998	・省エネ法改正 ・地球温暖化対策推進法		・第5次フレームワーク(FP5)
2000	・環境六法 ・国家産業技術戦略 ・ミレニアムプロジェクト		
2001	・第2期科学技術基本計画 ・固体高分子形燃料電池／水素エネルギー利用プログラム(新エネルギー技術開発プログラム)		・第6次環境行動計画
2002	・産業発掘戦略・技術革新 ・高効率有機デバイスの開発		・第6次フレームワーク計画(FP6)
2003	・フォーカス 21 ・高分子有機EL発光材料開発	・DOE 太陽光発電新5ヵ年プログラム	
2004	・新産業創造戦略	・「イノベート・アメリカ」国家イノベーション戦略報告	・OLLA(Organic LEDs for Lighting Applications)
2005	・地球温暖化対策推進法 ・改正省エネ法 ・次世代共役ポリマーの超階層制御と革新機能	・エネルギー政策法 ・強まる嵐を越える(オーガスティン・レポート)	・EU 新リスボン戦略
2006	・第3期科学技術基本計画政策	・米国競争カイニシアティブ ・ソーラー・アメリカ・イニシアティブ	・Creating Inovative Europe(EU 独立専門グループ報告書)
2007	・イノベーション 25 ・美しい星 50	・米国競争力法	・第7次フレームワークプログラム(FP7) ・競争カイノベーションイニシアティブ(CIP)
2008	・低炭素社会づくり行動計画 ・太陽光発電の導入拡大のためのアクションプラン		・OLED100.eu

年	中国	韓国	世界
1988		・新再生エネルギー技術開発事業	
1993	・科学技術進歩法		
1995			・COP1
1997	・科学技術基本法改正		・COP3(京都議定書)
1999		・国家指定研究室事業	
2002		・科学技術基本計画 ・ナノ素材技術開発事業	
2005			・COP11,MOP1
2006	・国家中長期科学技術発展計画 ・第十一次五ヵ年計画	・国家 R&D 事業の総合ロードマップ(国家研究開発事業中長期発展戦略)	
2008		・未来有望パイオニア事業 ・第2次科学技術基本計画	

注) COP: 国連気候変動枠組条約(UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change)の締結国会議(Conference of Parties to the Convention: COP)の略

表9 ナノテクノロジー・材料 グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術マップ

サステイナビリティ	技術項目 (グレー は重要技術項目)	テーマNo (*は重要テーマ)	テーマ名	研究課題	キーワード	CO ₂ 削減効果 中:数10万トン以下 大:50万トン以上	実用時期 短期:2015年ごろ 中期:2020年以降 長期:2030年以降	期待される市場規模 (億円/年)	関連市場分野
エネルギー	再生可能エネルギー	G019*	有機半導体型太陽電池材料の開発	・p型半導体ポリマー、n型フラーレンなど ・家電など補助電源用システム ・発電のカスケード利用など材料の開発	新エネルギー	中	中期	1,000	照明、電子材料、住宅、オンサイトエネルギー産業
	代替材料 (軽量・高強度材料)	G026	金属代替超軽量材料の開発	・有機無機ハイブリッド材料 ・超高密度高分子材 ・超軽量、超高強度を有する航空宇宙材料 ・導電性高分子材料	代替材料	大	中期、長期	1,000	建材、電子材料、機械材料、航空機及び自動車など筐体など
	省エネのための化学品 (生活環境材料)	G035	省電力照明材料の開発(再掲)	・超微量レアメタルによる次世代LED、有機EL、無機ELなど材料 ・低価格発光材料の開発による普及:ZnO 薄膜、ナノ材料	省エネ	大	短期、中期	1,000	街灯、ビル照明、コンビナート、住宅など
生活	日用品の快適性向上と低消費化	G035*	省電力照明材料の開発(再掲)	・超微量レアメタルによる次世代LED、有機EL、無機ELなど材料 ・低価格発光材料の開発による普及:ZnO 薄膜、ナノ材料	省エネ	大	短期、中期	1,000	街灯、ビル照明、コンビナート、住宅など
	快適な省資源型ロングライフ住宅	G035*	省電力照明材料の開発(再掲)	・超微量レアメタルによる次世代LED、有機EL、無機ELなど材料 ・低価格発光材料の開発による普及:ZnO 薄膜、ナノ材料	省エネ	大	短期、中期	1,000	街灯、ビル照明、コンビナート、住宅など

注)技術戦略マップ2009(経済産業省、2009年4月):4/20、5/20、6/20及び16/20から該当部分を抜粋

図 30 エネルギー エネルギー分野 ①「総合エネルギー効率の向上」に寄与する技術の技術ロードマップ

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030~
1352A 1352A 1352A 1352A 1352A 1352A 1352A 1352A 1352A 1352A 1352A	35.高効率照明 次世代照明 発光効率(有機EL) 15lm/W 寿命(有機EL) 1千時間			100 lm/W		200 lm/W 6万時間
				高輝度白色EL		高効率高演色白色光源
				高効率化 長寿命化 大面積化		マイクロキャビティ クラスター発光 蓄光技術、燐光材料 光伝送技術
1362A 1362A 1362A 1362A 1362A 1362A 1362A 1362A 1362A 1362A 1362A 1362A	36.省エネ家電・ 業務機器 有機ELディスプレイ			発光効率 70lm/W 寿命 5万時間		
				携帯情報機器用 発光効率改善	大面積化	
					フレキシブル化 長寿命化	

注)技術戦略マップ 2009 (経済産業省、2009年4月) : 10/13 から該当部分を抜粋

図 31 エネルギー エネルギー分野 ③「新エネルギーの開発・導入促進」に寄与する技術の技術ロードマップ

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030~
3105B 3105B 3105B 3105B 3105B 3105B 3105B 3105B 3105B 3105B 3105B	10.太陽光発電 有機系材料太陽電池 モジュール製造コスト モジュール変換効率 8%(色素増感)			10%	40円/W 15%	
				大面積化	高効率化	高効率固体型色素増感太陽電池 量子ナノ等新構造太陽電池
				新色素・高効率セル構造 モジュール製造技術	多接合化技術	

注)技術戦略マップ 2009 (経済産業省、2009年4月) : 1/11 から該当部分を抜粋

第5章 導電性ポリマー関連技術の市場環境調査

現在、導電性ポリマー市場を形成している材料は、チオフェン系、ピロール系、アニリン系の3種類であり、多くはチオフェン系の材料である。主要な用途は固体電解コンデンサ向けであり、次いで、帯電防止あるいは導電性コーティング向けである。開発中の用途として、ITO代替などの電極材料や有機EL、有機太陽電池などがあり、有機エレクトロニクス分野の機能材料としての展開が期待されている。

現在の導電性ポリマーの市場規模の推移を表10に、主要メーカーの販売量の推移を表11に示した。2008年時点で全世界における販売量が年間約600トン、販売額が年間130～140億円と見積もられている。チオフェン系が数量ベースで7割程度を占め、H.C. Starckがほぼ独占的に供給している。ピロール系は、数量ベースで約2割強を占め、その大半を日本カーリットが生産している。残りをアニリン系とその他が占め、三菱レイヨンなどの数社が生産している。金額ベースでは、9割以上がチオフェン系となっている。

表10 導電性ポリマーの世界市場（自消分含む）の推移 販売量:トン 金額:百万円

		2005年	2006年	2007年	2008年	2009年見込み
全体市場	販売量	323	424	510	593	562
	金額	6,405	9,170	11,360	13,910	13,050
チオフェン系	販売量	184	274	344	429	398
	金額	5,520	8,220	10,320	12,870	11,940
ピロール系	販売量	120	130	145	142	135
	金額	600	650	725	710	675
アニリン系他	販売量	19	20	21	22	29
	金額	285	300	315	330	435

出典：(株) 矢野経済研究所「2009年版導電性高分子市場の展望と戦略」 金額は、上記データを基に推定

表11 導電性ポリマー主要メーカーの販売量（モノマーなどを含む）推移 単位:トン

メーカー	種類	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年見込み
H.C. Starck	チオフェン系	350	500	550	630	400
日本カーリット	ピロール系	95	100	110	107	100
アキレス	ピロール系	25	30	35	35	35
三菱レイヨン	アニリン系	13	14	15	16	17
日産化学工業	アニリン系	—	—	—	一部	10
その他	—	10	10	10	15	30

出典：(株) 矢野経済研究所「2009年版導電性高分子市場の展望と戦略」より抜粋

導電性ポリマーは、供給モノマーを重合する場合や分散液あるいは溶液として供給されたものを塗布して使用される場合などがある。導電性ポリマー市場の4割位はモノマーとして供給され、その多くはコンデンサメーカーにおいてコンデンサ製造過程で重合されている(表12)。導電性ポリマーの主な用途はコンデンサとプロテクトフィルムの帯電防止コーティング用途である。

表12 タイプ別 導電性ポリマー世界市場の推移（自消分含む） 単位:トン

	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年見込み
全体市場	323	424	510	593	562
モノマー	170	220	250	250	220
ポリマー(コンデンサ)	10	30	50	100	150
ポリマー(帯電防止)	120	150	180	200	150
その他	23	24	30	43	42

出典：(株) 矢野経済研究所「2009年版導電性高分子市場の展望と戦略」より抜粋

第6章 調査結果の分析

第1節 特許動向分析の総括

1. 全体動向調査

調査期間（1977年～2007年）における導電性ポリマー関連技術の特許出願件数は23,135件であった（図3）。

日米欧中韓への特許出願について、出願件数推移（図3）を見ると、調査期間を3期に分けた第Ⅰ期（1977年～1987年）において出願件数の増大が見られた。1977年のポリマーの導電性機能発現の発見を契機として、導電性ポリマーをいかに製造する観点での製造法が活発に研究された要因が大きいと考えられる。化学重合法や電解重合法などの製造技術がほぼ確立した時期である第Ⅱ期（1988年～1997年）においては、出願件数の増減がほとんどなかった。一方、第Ⅲ期（1998年～2007年）において、特許出願件数の急激な増大が続いている。この要因として、導電性ポリマー用途の出口として、有機ELなどの有機エレクトロニクスへの展開が具体的に見えてきたことが大きいと考えられる（図14）。

出願人国籍別では、日本国籍出願人の出願件数が46.9%と全体の半分弱を占めており（図3）、特に用途展開において日本の存在感が大きい（図6）。これは、導電性ポリマーのコンデンサへの実用化が日本で行われ、現在も導電性ポリマーを使用したコンデンサにおいて圧倒的な競争力を保っていることと日本には国際競争力の高いエレクトロニクス製品があり、コスト競争力を高めるための導電性ポリマー適用が活発に検討されているためである。

日本、米国、欧州の三極コア（日本、米国、欧州の三極いずれにも出された出願：発明単位）への特許出願件数は1,282件で、2000年以降急激な増加傾向にある（図5）。これは、導電性ポリマーの有機エレクトロニクスへの展開という用途が明確になった要因が大きく、ビジネス展開を活発に進めることと関連していると考えられる。

2. 技術区分別動向調査

技術区分別の出願件数解析を行った。

導電性ポリマーの技術区分に関して、日米欧中韓その他の国籍出願人とも「用途展開」に関する出願件数が最も多い。次いで「処理方法」と「材料」が続いている。調査期間の第Ⅲ期（1998年～2008年）において、「用途展開」に関する出願の割合が増加している（図6）。

導電性ポリマーの材料の中分類に関しては、日本、米国、欧州、韓国籍出願人とも有機ELやコンデンサ用途への展開を目指したポリチオフェンやポリピロールなどの「複素環式共役系ポリマー」に関する出願件数が最も多い。次いでポリアニリンなどの「含ヘテロ原子共役系ポリマー」となっている（図7）。

導電性ポリマーの製造方法の中分類に関しては、どの国籍出願人とも触媒の特性を生かした重合が可能な「化学合成法」に関する出願件数が最も多く、次いで「電気化学合成法」に関する出願となっている（図7）。

導電性ポリマーの処理方法の中分類に関しては、日本国籍出願人はフィルム形成などの「形状賦形化処理」に関する出願件数が最も多いが、欧米では複合化などの「組成物化処理」に関する出願が多くなっている（図7）。

導電性ポリマーの用途展開の中分類に関しては、どの国籍出願人とも「エレクトロニクス

分野」に関する出願件数が最も多くなっている（図 7）。中分類「エレクトロニクス分野」の小分類（図 8）では、日本国籍出願人は、「コンデンサ」に関する出願件数が最も多く、日本において製品化された固体電解コンデンサに関する豊富な技術力が反映されている。次いで「有機 EL」に関する出願となっている。一方、欧米中韓の国籍出願人では、今後の有機エレクトロニクスの展開として、「有機 EL」に関する出願件数が最も多くなっている。

大分類「用途展開」出願のうち、主要な用途である小分類「有機半導体部材」、「コンデンサ」、「二次電池」、「有機 EL」、「有機 FET」について解析した。「有機半導体部材」や「有機 FET」では高導電機能を生かしたポリチオフェン、「有機 EL」では輸送層に使用されるポリチオフェンや発光層に使用されるポリフルオレンやポリフェニレンビニレン、「コンデンサ」では初期の頃はポリピロールが主体であったが、近年では、耐熱特性に優れたポリチオフェンの使用が多くなっており、「二次電池」ではポリアニリンの材料が多く使用されている（図 13、図 14）。

3. 注目研究開発テーマの動向調査

注目研究開発テーマとして【A: 新しい導電性ポリマーの材料設計】、【B: 導電性ポリマーの高次構造制御】、【C: 高いキャリア移動度が要求される用途での展開】の 3 テーマを選択し、解析した。

【A: 新しい導電性ポリマーの材料設計・誘導体】では、日本からの出願件数比率（41.2%）と欧州からの出願件数比率（41.6%）がほぼ同等であり、日本と欧州が大きな割合を占めており（図 15）、加工特性の改良を目指した置換基導入などによる可溶性向上の取組みが行われている。

【A: 新しい導電性ポリマーの材料設計・共重合体】では、欧州からの出願件数比率（42.0%）が多く、日本（26.7%）、韓国（16.4%）と続いており、米国の寄与は小さい（図 16）。欧州では、共重合体の新規材料開発により、導電率向上や酸化安定性を向上させた有機エレクトロニクスへの展開を目指した開発が活発に行われている。

【B: 導電性ポリマーの高次構造制御】では、日本からの出願件数比率が 58.9%と圧倒的に高く、欧州が 20.8%と続いている（図 17）。日本では、導電性ポリマー開発当初からフィルム延伸などによる高分子鎖の配向を高める高次構造制御の検討が行われてきた技術的な蓄積が大きい。

【C: 高いキャリア移動度が要求される用途での展開】では、日本（40.3%）が多く、欧州（32.1%）、米国（20.9%）が続いている（図 18）。高いキャリア移動度が要求される有機 EL のキャリア輸送層や有機トランジスタなどの分野における開発での日本の寄与が大きい。

4. 出願人別動向調査

特許出願件数全体では、パナソニックや住友化学などの日本企業が上位にあり、韓国企業の Samsung、ドイツ企業の Merck Patent や BASF が上位ランキングに登場した（表 3）。調査期間の第Ⅲ期（1998 年～2007 年）では、Samsung が 1 位になっており、半導体 DRAM、液晶テレビに続いて有機エレクトロニクス分野でも追い上げが急になっている。

出願先国別の導電性ポリマー関連技術全体での出願件数ランキングの分析を行った（表 4）。日本への出願では、パナソニック、昭和電工などの導電性ポリマーによるコンデンサを製品化した企業が上位にあり、日本の企業が 10 位までを独占している。一方、米国への出願では、韓国 Samsung が 1 位を占めており、特に米国市場を重視したマーケット戦略が行われていると考えられる。また、欧州への出願では、ドイツ BASF が 1 位となっている。

第2節 研究開発動向分析の総括

1. 全体動向調査

導電性ポリマーの研究開発動向を調査した。JSTPlus(JDreamⅡ)、JST7580(JDreamⅡ)及びHCA(STN)での検索を行って解析した。総説、ノイズを除いた解析対象論文件数は8,361件であり、主要国際誌10誌に絞った件数は4,115件(全体の46.9%)であった。

論文件数は調査期間において着実に増加し、主要国際誌での論文件数も増加傾向にあった(図21、図22)。研究者所属機関国籍別比較では日本は全論文数の16.8%であり、特許出願件数での日本国籍出願人の件数比率46.9%に比較すると低かった。欧州は論文件数比率で米国より高い31.7%であり、また、インドや台湾などの「その他の諸国」では、特許出願件数は少なかったが、論文件数は大きく増加していた(図21)。諸外国に比べて相対的に日本からの論文が減っている要因として、共役系ポリマーの材料研究者が相対的に減っていることや用途開発に携わる研究者が少ないことも一要因であると推察される。また、欧州では、最初に導電性ポリマーを用いた有機ELを開発したFriendの研究チームの有機ELを主力とした研究の寄与が大きいと考えられる。主要国際誌に限定すると、日本の論文件数比率は13.5%と少なく、欧州は34.8%と高くなっている。また、中国の論文件数比率は近年増加傾向にあった。

2. 技術区分別動向調査

特許出願動向では、用途展開に関する出願が多かったが、論文では、応用面よりも基礎研究の観点から材料に関するものが多い(図24)。調査期間を3期に分けた解析から、第Ⅰ期(1977年～1987年)と第Ⅱ期(1988年～1997年)では、材料に関する論文の件数が多いが、第Ⅲ期(1998年～2008年)では、特に欧米及びその他の国において有機エレクトロニクスを中心とした用途展開に関する論文が多くなっている。

用途面では、特許の場合と同様に有機ELに関するものが多く、基礎研究の面からも有機ELに関する検討が積極的に行われている。一方、特許の場合と異なるのは、特許ではセンサに関するものはそれほど多くなかったが、論文では、センサに関するものが増えている特徴がある(図28)。導電性ポリマーを使用した今後の展開を目指すガスセンサやバイオセンサなどのセンサに関する基礎的な検討が行われていると考えられる。

3. 研究者所属機関別動向調査

論文では、研究者所属機関別発表件数によると、日本はトップ10のうち4大学が占め(表6)、主要国際10誌に限ってもトップ10に3大学が占めており(表7)、国内の主要大学からの論文発表が多い。2000年にノーベル化学賞を受賞した白川英樹が所属していた東京工業大学や筑波大学などの主要大学を中心に国内の大学の貢献が大きい。今後も大学を中心とした研究機関での新規導電性ポリマーなどの開発が期待される。

第3節 政策動向分析の総括

導電性ポリマーに関する産業政策について、日米欧及びアジアの状況を調査した。

日本においては、諸外国に先駆け、昭和56年度から平成2年度の10年間にわたり「導電性高分子材料」プロジェクトが実施され、金属並みの導電度を示す導電性ポリマーの材料開発などの進展に大きく貢献した。また、平成17年度から平成20年度にかけて、「次世代共役ポリマーの超階層制御と革新機能」プロジェクトが実施され、導電性ポリマーの電子・光・磁気機能を高め、有機エレクトロニクス展開の促進が期待された。

さらに、今後の展開が期待される有機ELに関して、NEDO主導による「高分子有機EL発光材料開発」や「次世代大型有機ELディスプレイ基盤技術の開発」などの各種技術開発プロジェクトが実施され、日本における有機EL開発の促進が期待されている。

米国では、エネルギー省（DOE）が中心となり、「WOLEDs Containing Two Broad Emitters」などの多くの照明用有機EL素子に関する研究開発プロジェクトが進められている。

欧州では、可溶性導電性ポリマーを使用した印刷方式による照明用有機EL素子開発を目指した「OLLA」や「Fast2Light」などの大学と企業が連携した多くの大型プロジェクトが推進され、大学と企業とのコンソーシアム形成による効率的な開発が進行している。

太陽光発電の普及・促進の施策としては、2001年10月に「EU域内電力市場における再生可能エネルギー源より生産された電力の促進」に関する欧州議会及び理事会指令が出され、加盟各国はグリーン電力消費量の目標値を設定してその実現に動いている。

中国及び韓国においても、国家による再生可能エネルギーの開発と普及促進策があり、太陽電池の製造コストダウンと導入量増加策が進められている。

中国では、資源・エネルギーの生産拡大を最重要課題と位置づけ、資源節約型の社会構築を目指す方針の下、エネルギー原単位30%削減の目標を設定し、2006年4月には、「再生可能エネルギー中長期発展計画」に基づき太陽光発電の研究開発を行っている。

韓国では、通商・産業・エネルギー省が、「新エネルギー及び再生可能エネルギー技術開発及び普及第2次基本計画」を2003年12月に発表し、新エネルギー及び再生可能エネルギーのシェアを2012年までに5%とすることを目標としている。

第4節 市場環境分析の総括

現在、導電性ポリマー市場を形成している材料は、導電性能、加工特性、安定性などに優れるチオフェン系、ピロール系、アニリン系の3種類が主流であり、固体電解コンデンサや帯電防止あるいは導電性コーティングの用途に使用されている。今後、有機ELや有機太陽電池などの有機エレクトロニクス分野の機能材料としての展開が期待されている。

導電性ポリマーの主用途である固体電解コンデンサにおける日本企業のシェアは高く、現在、導電性ポリマーの多くは日本で消費されている。

現在の導電性ポリマーの市場は、2008年時点で、全世界で販売量が年間約600トン、販売金額が年間130～140億円と見積もられている（表10）。導電性ポリマーの種類別では、販売量ベースで、チオフェン系が7割程度を占め、その生産はH. C. Starckがほぼ独占している（表11）。ピロール系は、市場の2割強を占め、その大半を日本カーリットが生産している。金額ベースでは、9割以上がチオフェン系となっている。

第5節 日本の国際競争力・他国との比較について

1. 導電性ポリマーの加工処理技術及び新規材料開発について

日本は、導電性ポリマーの高次構造制御や低ギャップポリマーに関する特許出願に強みを発揮しており（図 17、図 18）、技術面では世界レベルで優位に立っているが、有機エレクトロニクスの展開などを目指した共重合体による材料設計では、欧州勢の活発な開発や韓国の存在が大きくなりつつあり（図 16）、日本の競争力が一部低下傾向にある。

2. 日本の産業競争力について

導電性ポリマーの大きな用途となっている固体電解コンデンサ市場では、日本の有力メーカー数社で市場をほぼ占めている。小型化傾向のコンデンサ製造では、複雑な工程、不純物管理など高度な生産技術が要求され、製造技術に優れた日本メーカーが優位に立っている。今後、ますますコンデンサの小型化が進む方向であり、当面、日本メーカーの優位は揺るがないものと考えられる。

有機 EL、太陽電池部材の開発については、欧州を中心に企業と大学とのコンソーシアム形成による効率的な開発体制を組んだ開発が進行している。可溶性導電性ポリマーを使用した印刷方式による製造技術の確立など、激しい競争が続いている。欧州では、EU が補助金を出す多くの有機 EL に関するプロジェクトが進行しており、日本が技術開発で立ち後れる可能性が出てきた。

有機エレクトロニクス製品の製造プロセスでは、NEDO と次世代モバイル用表示材料技術研究組合は、複数の膜部材を Roll to Roll 法により、1 部材に集積する技術を開発しており、今後、有機エレクトロニクス製品の製造工程を大幅に削減し、製造面での競争力強化を図ることが期待されている。

3. 日本の技術開発力、研究開発力について

導電性ポリマーは、日本で見出された技術であり、材料技術、製造技術、処理技術に関して高いレベルにある。一方、用途展開に関して、コンデンサ用途では、他国を寄せ付けない強みを示しているが、今後の有機エレクトロニクス製品への展開について、競争が激しくなっており、研究開発が活発に行われ、論文件数の増大など基礎研究の一層の推進が求められる。

【提言1】

産学官連携による効率的な開発体制を通して、コンデンサの高性能化、有機ELや有機太陽電池などへの用途に向けた新規産業創出のための導電性ポリマー材料の開発・事業化が望まれる。

市場環境分析における導電性ポリマーの主要メーカーの販売量のデータ（表11）に見られる様に、コンデンサ用途を始め多くの用途に使用されているポリチオフェン誘導体（PEDOT）は、H.C. Starck が独占的に供給しており、製品開発において優位に立っている。現在も新規の導電性ポリマー材料の開発が図15、図16に示すように行われているが、今後、研究開発を進める上で、コンデンサの高性能化、有機ELや有機太陽電池などの応用展開において、H.C. Starck の事例のようにスタンダードとなる高性能導電性ポリマー材料の開発、事業化を行い、新たな産業を創出することが期待される。

導電性ポリマーが発見されてからおよそ30年が経っており、導電性ポリマー材料の物性など、可能性を探る初期の時代から、近年では導電性ポリマーの応用展開まで開発が進んでいる。導電性ポリマーの様々な可能性が分かってきた今、材料を開発する側と使用する側とが連携し、有機ELや有機太陽電池などの応用展開に対する目標を明確化し、自在に分子設計できるポリマーならではのメリットを生かし、より高性能、高機能、金属代替を実現できる新規材料の開発を加速させることが望まれる。

このためには、川下産業（電気メーカー）と川上産業（化学材料メーカー）との連携による効率的な開発の取組みが必要である。また、導電性ポリマーの新合成法の開発や新機能の探索などを含めた産学官連携での取組みが効率的であり、産学官を巻き込んだ開発体制の構築が必要とされる。

【提言2】

導電性ポリマーは、その特徴を生かした省資源、低消費電力、生産性を大幅に向上させる印刷法などの加工処理技術の一層の進展により、低環境負荷の有機エレクトロニクス製造プロセスの革新に寄与することが望まれる。また、研究対象が材料開発から応用研究まで広がり、製品開発の基盤となる研究開発を牽引することが望まれる。

図7や図8に見られるように、各国とも導電性ポリマーのエレクトロニクス分野への展開に力を入れており、特に有機ELや有機太陽電池は、これからの導電性ポリマーの基礎及び応用研究をリードするフラッグシップとしての役割を担っている。

今後、大きな進展が見込まれている有機エレクトロニクス分野への適用のためには、新規導電性ポリマー材料自体の開発のみならず、ポリマーの特徴を生かした印刷法や配向処理法などの加工処理技術、製造プロセスの開発が重要であり、それによって、従来にない省資源、低消費電力、生産性の向上が可能となる。例えば図17や図18に見られる様に、鋳型重合や配向処理などによる導電性ポリマーの高次構造制御や高いキャリア移動度を持った導電性ポ

リマーの技術開発が進められており、厳しい競争が繰り広げられている。また、導電性ポリマーの複合化や製膜技術などの処理技術に関する論文も多く出されている。

今後も、研究対象が材料開発から応用研究まで広がり、製品開発の基盤となる研究開発を牽引するような特許出願、論文の増加が望まれ、導電性ポリマーのこれまでの研究蓄積をさらに生かしていく取組みが重要である。

【提言 3】

固体電解コンデンサの技術開発では、海外に対して優位性を確保しており、今後も引き続き世界をリードしていくことが期待される。

導電性ポリマーを使用した固体電解コンデンサの製造に関して、図 8 に示されるように諸外国に比べ日本の特許出願件数が多く、固体電解コンデンサ製造に関する技術を蓄積している。また、固体電解コンデンサ市場は成長を続けており、日本企業の販売実績も相当なものである。

今後もこの傾向を維持・向上するためには、用途拡大での大きな障害になっている長年の課題である固体電解コンデンサの耐電圧特性向上に向けた取組みが求められている。耐電圧に関する基本的なメカニズムの解明が十分に行われていないため、基礎に遡っての耐電圧特性向上に向けての研究開発が、日本の国際競争力を維持・向上する上で重要であると考えられる。

【提言 4】

導電性ポリマーをベースとした高度な機能を発揮する有機エレクトロニクス製品や分子エレクトロニクス材料の創造により、導電性ポリマーは、電子機器の革新をリードし、産業構造の新たな変革に寄与することが期待される。

今後の実用化が期待される有機 EL などの有機エレクトロニクス製品や次世代の用途展開が期待される分子素子素材などの分子エレクトロニクス材料に関する特許や論文が出されている。

これらの開発が進んでいけば、新たなコンセプトの商品として、例えば、柔軟な照明形状や面光源の特長を生かした上質な照明空間を実現する有機 EL 照明の誕生が期待される。また、導電性ポリマーを使った印刷法などの製造プロセスを確立することにより、圧倒的な低コスト化が実現でき、これを無線タグに適用することによって製品物流の革新に寄与できる可能性がある。さらに、分子の形態、分子間の結合状態などを記憶する特性を生かしてメモリとし、これらの状態間の変化などをスイッチとする高度な機能を発揮する分子レベルの分子素子、デバイスを開発し、従来の半導体デバイスを凌駕する大幅な小型化、情報処理の高速化などを可能とし、電子機器の高性能化をもたらすことが期待される。

こうした導電性ポリマーの特長を生かしてイノベーションが創出され、新しいビジネスモデルが生まれ、産業構造の変革を引き起こすことが期待される。