

平成22年度
特許出願技術動向調査報告書（概要）

電気化学キャパシタ

平成23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 調査の概要

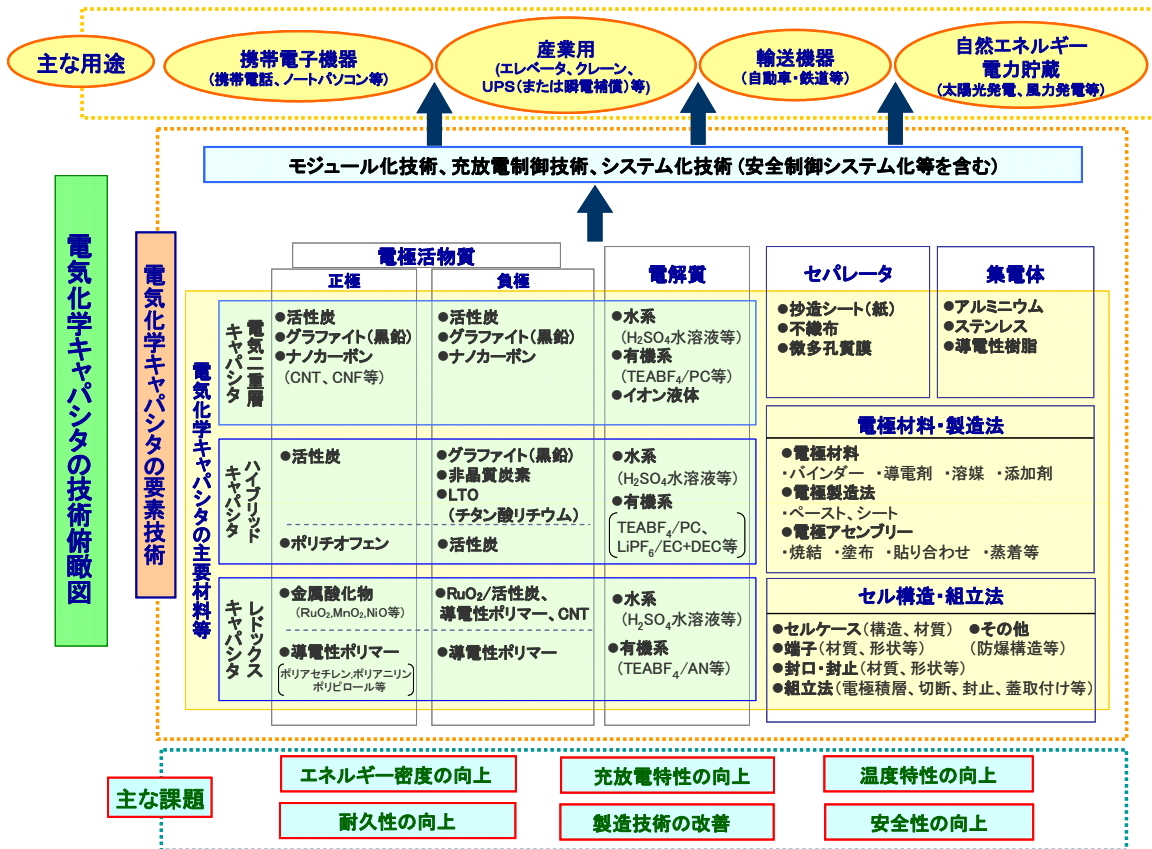
電気化学キャパシタは、大容量でありながら急速充放電が可能である等の特徴を有しているため、ハイブリッド自動車等の補助電源や回生電力貯蔵装置、二次電池の代替デバイスや太陽光発電のエネルギーバッファ等に用いられており、近年、特に注目されているデバイスである。技術的にも急速に開発が進んでおり、特に、電極・集電体、電解質、セパレータについて、技術の高度化、複雑化が進んでいる。

このような背景のもと、電気化学キャパシタに関する特許出願動向を調査し、技術革新の状況や現状の技術競争力を把握して、今後の展望について検討した。

第1節 電気化学キャパシタに関する技術の俯瞰と調査範囲

電気化学キャパシタの技術俯瞰図を図1-1に示す。電気化学キャパシタは、電極活物質（正極及び負極）、電解質（電解液を含む）、セパレータ、集電体、電極材料・製造法、及びセル構造・組立法等の要素技術から構成される。電極材料・製造法には、電極材料（バインダー、導電剤、溶媒等）及び電極製造法（ペーストやシートの製造方法）、電極アSEMBリー（焼結、塗布等のプロセス技術）が含まれている。セル構造・組立法には、コイン型、円筒型、角型等の各種セルケースの材質・構造やセルの組立法等が含まれる。そこで、当調査研究は、電極活物質、電解質、セパレータ、集電体、電極材料・製造法、及びセル構造・組立法に関する

図1-1 電気化学キャパシタに関する技術俯瞰図



る技術を調査対象とした。

キャパシタセルは、複数個をパッケージ化することで、キャパシタモジュールを構成する。モジュール化技術は、原則として調査対象の範囲外としたが、自動車等に求められる大容量化に向けたセルのパッケージ技術については調査対象範囲とした。また、電気化学キャパシタは充放電において充放電制御装置（例えば、充放電時における電圧平準化装置、エネルギー損失の低減のための制御装置）が必要であるが、今回の調査では、こういった充放電制御技術やシステム化技術（安全制御システム化技術等）は、調査対象外とした。

第2節 電気化学キャパシタの種類

電気化学キャパシタは、電極（正極、負極）の界面において、電極と電解質（電解液）中のイオンとの間で電子の授受が伴わない非ファラデー反応、あるいは電子の授受が伴うファラデー反応に起因して発現する容量を利用したキャパシタである。電気化学キャパシタは、電気二重層キャパシタ、レドックスキャパシタ及びハイブリッドキャパシタの3種類に大別され、電気化学キャパシタの種類は、正極及び負極に用いられる電極材料の組合せと密接に関連している。

電気二重層キャパシタの電極は、正極、負極ともに活性炭が最も一般的であるが、活性炭以外にもナノカーボン材料（カーボンナノチューブ、カーボンナノファイバ）等が開発されている。電気二重層キャパシタでは、電極と電解質（電解液）中のイオンとの間で電子の授受は行われず（非ファラデー反応）、物理的なイオンの吸脱着のみによって容量が形成される。電解質（電解液）は、水系（硫酸水溶液等）及びプロピレンカーボネート（PC）等の有機溶媒に電解質（例えば、第四級アンモニウム塩）を添加した有機系が使用されている。最近、耐電圧性の向上等を目指して、イオン液体（常温熔融塩ともいう）を電解質へ応用する研究が進められている。

レドックスキャパシタでは、電極材料として金属酸化物（酸化ルテニウム、酸化マンガン、酸化ニッケル等）及び導電性高分子（ポリアセチレン、ポリアニリン、ポリピロール、ポリチオフェン等）が使用されている。近年は、これ以外に、インターカレーション化合物、金属酸化物のナノ粒子、有機無機ナノコンポジット（導電性高分子／金属酸化物ナノコンポジット等）の電極も開発されている。レドックスキャパシタは電子の授受が伴うファラデー反応においてキャパシタの容量が発現する。この容量を擬似容量という。レドックスキャパシタの電解質（電解液）は、電極に金属酸化物が用いられる場合は水系が主体であり（有機系が皆無ではない）、電極に導電性高分子が用いられる場合は、水系よりも有機系（PC やアクリロニトリル（AN）等の有機溶媒）が使用される。

ハイブリッドキャパシタは、正極、負極のどちらか一方に電気二重層キャパシタの電極材料と同様の活性炭等を使用し、もう一方の電極にファラデー反応が起こる金属酸化物や導電性高分子を用いる。ファラデー反応が起こる電極として、金属酸化物の他、インターカレーション化合物（グラファイトやチタン酸リチウム等）等も検討されている。電解質（電解液）には、水系（硫酸水溶液）や、有機溶媒（PC、エチレンカーボネート（EC）とジエチルカーボネート（DEC）の混合溶媒等）に電解質（フッ素化合物等）を溶解させた有機系が多く使用されている。近年、ハイブリッドキャパシタの一種であるリチウムイオンキャパシタが注目されている。リチウムイオンキャパシタは正極に活性炭を、負極にリチウムイオン吸蔵可能

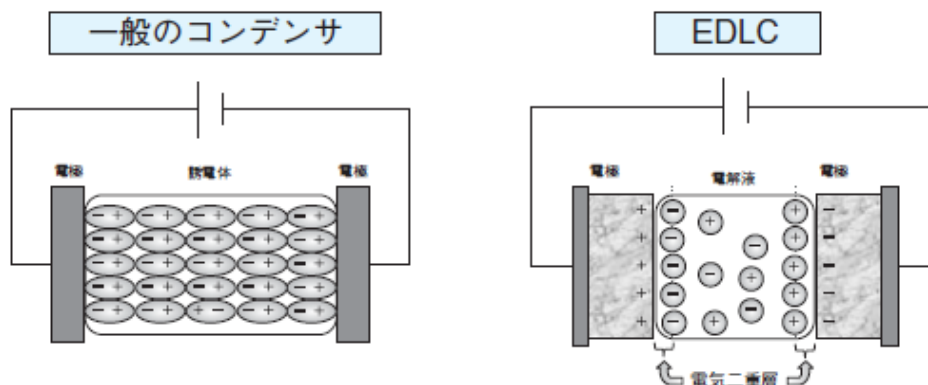
な炭素系材料を用いる。リチウムイオンをあらかじめ負極に吸蔵させることにより、電気二重層キャパシタで主に使用されている活性炭電極に比べて負極の静電容量が大幅に高められるので、セル容量が大幅に増加し、電気二重層キャパシタより高エネルギー密度と高パワー密度を同時に実現させることができる。また、二次電池に比べて短時間で充放電ができ、劣化しにくく、有害物質を含まないというメリットがある。

第3節 電気化学キャパシタの原理

代表的な電気化学キャパシタである電気二重層キャパシタ¹⁾の原理と基本構成について述べる。電気二重層キャパシタは、電気二重層という界面現象を利用したキャパシタであり、誘電体を用いた一般のコンデンサとはその原理が異なる。電気二重層キャパシタの原理を図1-2に示す。

一般に電気二重層は、異なる2つの相、例えば固体電極と電解液が接触する界面において、極めて短い距離を隔てて正の電荷と負の電荷が対向して配列した状態をいう。一对の固体電極を電解液に浸漬し直流電圧を印加すると、プラスに分極された電極にはマイナスイオンが、マイナスに分極された電極にはプラスイオンが静電気力により引きつけられ、それぞれの電極の界面に電気二重層が形成される。電気二重層キャパシタは、電解液中のイオンを電極に物理的に吸着させることによって電荷を蓄えるデバイスである。

図1-2 電気二重層キャパシタの原理



出典：日本ケミコンのホームページより引用

第4節 電気化学キャパシタの応用産業

電気化学キャパシタは、1978年に松下電器産業（現パナソニック）が生産を開始し、発売当初はメモリのバックアップ用として市場を確立してきた。1990年代に入り大容量キャパシタの開発が活発化し、現状では1ファラッド（以後、1Fという）以下の小容量から5,000F以上の超大容量に至る様々な電気化学キャパシタが開発、生産されている。

現状、依然としてメモリのバックアップ用等の小容量キャパシタの比率が高いが、自動車等の分野で大容量キャパシタの用途開拓が鋭意進められており、今後大容量キャパシタ市場の急速な拡大が期待されている。日本メーカーは小容量キャパシタでは海外勢に先行したが、大容量キャパシタでは米国のマックスウェル・テクノロジーズ等の海外メーカーが早期に市

¹⁾ 電気二重層キャパシタをEDLC (Electric Double Layer Capacitor) と略すことがある。

場参入しており、日本メーカーは苦戦を強いられている。日本メーカーは、キャパシタモジュールあるいはデバイスとして、自動車用大容量システム等に力を入れることが期待されている。

(1) 小容量キャパシタ (0.1~0.5F、コイン型)

コイン型の小容量電気化学キャパシタは、1980年代から1990年代にかけて0.5F程度の大型コインが主力であり、腕時計、AV機器(テレビ、オーディオ、ビデオ等)等の電子機器のRCT用、メモリバックアップ用として使用されてきた。2000年以降は0.5F以下の小型コインを中心に、携帯電話、デジタルカメラ等の携帯電子機器のメモリバックアップ用電源に応用されている。

(2) 中容量キャパシタ (1~500F、小型捲回型)

中容量キャパシタは、1980年代から1990年代にかけて瞬間湯沸器、給湯機器の安全電磁ホルダー、電動工具、玩具等に用いられてきた。2000年以降は家電機器や自動車への応用、道路標識、携帯電話基地局等へ用途が拡大している。自動車への応用として、電子制御ブレーキシステム(break by wire)が実用化されている。また、複写・プリンタ複合機に電気化学キャパシタを搭載することで、省エネと使い勝手の良さを両立させることができるようになった。

(3) 大容量キャパシタ (500~5,000F、大型捲回型)

2000年以降、瞬時電圧低下や瞬時停電等の対策として、大容量キャパシタによるUPS、非常用電源が実用化されている。また、大容量キャパシタはエレベーター、自動ドア、新幹線等の各種産業用機器への応用が進められている。自動車用では、アイドリングストップ対策用に電気化学キャパシタが採用されている。さらに、太陽光発電や風力発電に電気化学キャパシタを組み合わせた蓄電システムが開発されている。これは、自然エネルギーを利用することに起因して、太陽光発電や風力発電のエネルギーレベルが変動するので、電気化学キャパシタを用いてロードレベリング(電力平準化)を図ったものである。

(4) 超大容量キャパシタ (5,000F以上、超大型捲回型及び角型)

ハイブリッド自動車(HEV、PEV)分野では、高出力で小型の電源が求められており、超大容量キャパシタの大きなターゲットとなっている。次世代HEV、PEVへの適用に先立ち、現在、ハイブリッドバスやハイブリッドトラック用電源への適用が先行して検討されている。バスやトラックでは充放電回数が100万回を越す場合があるため、通常の二次電池ではこれだけの寿命は難しく、電気化学キャパシタの実用化が有力視されているのである。

燃料電池はエネルギー密度が大きいが出力密度が小さく、一方、電気化学キャパシタは、エネルギー密度が小さく、出力密度が大きいという特徴があり、燃料電池と電気化学キャパシタは補完関係にある。また、自動車等のブレーキ時における回生エネルギーを回収、貯蔵し、必要なときに再利用できるようにするシステムが検討されているが、この回生エネルギーを、再使用しやすい電力として貯蔵するには、短い時間で充電できる電気化学キャパシタが有効であると考えられている。

(5) 超小容量キャパシタ (0.1F 以下)

Chip/Thin 型キャパシタや Card 型キャパシタは、面実装 (SMT/SMD) 型の次世代電気化学キャパシタとして、現在研究開発段階にあり、2010 年以降に製品化が検討されている。ユビキタス時代の小型電子機器に搭載されることが期待されている。

第2章 電気化学キャパシタに関する特許動向調査

第1節 調査方法と対象とした特許

1. 調査方法

電気化学キャパシタに関する特許出願動向について、全体動向調査（特許出願及び登録特許）、技術区分別動向調査、注目研究開発テーマの動向調査、出願人別動向調査及び注目特許調査を行った。

（1）調査対象とした出願先国

今回調査した特許の出願先国は、日本、米国、欧州、中国及び韓国である。欧州への出願については、欧州特許庁への出願（EPC出願）だけでなく、EPC加盟国の内で使用したデータベース（後述）に収録された出願先国²⁾への出願も対象とした。

（2）使用したデータベース

特許出願検索に使用したデータベースは、日本への出願及び外国への出願ともに Derwent World Patents Index (WPINDEX (STN)、以下 WPI とする) である。

（3）調査対象期間

調査対象とした特許文献は、優先権主張年を基準に 1988 年から 2008 年に出願されたものとした。検索の結果、日本への特許出願は 7,947 件、米国、欧州、中国及び韓国への特許出願は合計 3,237 件であった。登録特許についても優先権主張年を基準に 1988 年から 2008 年に出願されたものを調査対象とした。

（4）調査対象技術範囲と技術分類

調査対象とした電気化学キャパシタに関する技術の範囲は、電極（正極、負極）、電解質（電解液）及びセパレータ等の要素技術、及び、これらを組み合わせた改良技術とした。充放電制御技術やシステム化技術は対象外とした。

検索された特許文献の内容から、要素技術に分類し、要素技術ごとに分析軸を設けて技術分類を行った。要素技術については、重複して分類することを認めた。また、特許文献に示された用途及び発明が解決すべき課題を、表 2-1 に示す分析軸（上位分類項目のみ抜粋）に基づいて分類した。複数の課題が示されている場合は、主となる課題を 1 項目選定した。

電気化学キャパシタの種類に関し、リチウムイオンキャパシタはハイブリッドキャパシタの 1 種ではあるが、特に注目して抜き出して分類した。リチウムイオンキャパシタを除くハイブリッドキャパシタに関する出願を、ハイブリッドキャパシタ一般として分類した。

²⁾ 使用したデータベース (WPI) に収録された EPC 加盟国は、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、ルクセンブルク、オランダ、ノルウェー、ポルトガル、ルーマニア、スウェーデン、スロバキアの 20 か国である。

表 2-1 技術分類に用いた分析軸（上位分類項目のみ抜粋）

大分類	中分類	大分類	中分類	
キャパシタ種別	電気二重層キャパシタ	電解質	水系電解質	
	レドックスキャパシタ		有機電解質	
	ハイブリッドキャパシタ		有機電解質溶媒	
	ハイブリッドキャパシター一般		有機電解質溶質	
	リチウムイオンキャパシタ		イオン液体(常温溶融塩)	
その他	電解質の特性			
課題	エネルギー密度の向上		添加剤	
	充放電特性向上(出力特性向上)		その他	
	その他電氣的特性の向上		電解質製造法・ゲル電解質	製造方法
	耐久性向上			ゲル電解質
	製造技術の改善	ポリマー電解質		
	安全性の向上	無機系固体電解質		
	その他の課題	セパレータ	セパレータ材料	
活物質－材料	炭素質活物質材料(分極性)		セパレータ構造	
	その他分極性活物質材料		セパレータ製造法	
	複合化		セパレータ特性	
	ファラデー反応電極活物質	セル構造・組立法	セルケース構造	
活物質－特性・製造法	活物質の特性		セルケース材質	
	電極活物質の製造法		端子	
電極材料製造法	電極材料		封口・封止	
	電極製造方法		その他	
	電極アセンブリー		セル組立法	
	特性	複数の素子・パッケージ	複数素子の組み合わせ	
	その他		セルの電気接続	
集電体	集電体一般		素子配列	
	集電体材質		積層	
	集電体形状		隣接素子との関係	
	集電体製造方法		電池等との組み合わせ	
	集電体の特性	その他		
	集電体その他	利用形態	携帯機器用バックアップ	
利用形態	UPS、非常用電源		建設機械、フォークリフト等	
	鉄道車両用		電力貯蔵用 (太陽光発電、風力発電)	
	自動車用		その他	

(5) その他の留意事項

①出願人国籍は、日本国籍、米国籍、欧州国籍、中国籍、韓国籍及びその他の国籍に分けて集計した。出願人国籍は原則として筆頭出願人の住所を採用した。なお、香港(HK)は中国籍に合算し、台湾(TW)はその他の国籍として集計した。

②出願人国籍別出願動向において、欧州国籍の出願とは、2010年7月1日現在のEPC加盟国である37か国³⁾の国籍の出願人からの出願とした。

③特許の出願先国によってデータベースに収録されるまでの時間差があるため、全ての特許データが収録されている期間が各国で異なっている。このため、特に2006年以降は全データが取得されていない可能性があることに留意が必要である。さらにPCT出願については、国内段階へ移行するまでの期間が長く(国内段階移行手続期間(国内書面提出期間):優先日か

³⁾ <EPC加盟国(2010年7月1日現在)> オーストリア、ベルギー、ブルガリア、クロアチア、キプロス、チェコ、デンマーク、エストニア、フィンランド、フランス、ドイツ、ギリシア、ハンガリー、アイスランド、アイルランド、イタリア、ラトビア、リヒテンシュタイン、リトアニア、ルクセンブルク、マルタ、モナコ、オランダ、ノルウェー、ポーランド、ポルトガル、ルーマニア、サンマリノ、スロバキア、スロベニア、スペイン、スウェーデン、スイス、マケドニア旧ユーゴスラビア、トルコ、イギリス、アルバニアの37か国である。

ら30月以内)、国内書面提出期間の経過後となる公表公報発行時期は、通常の国内出願の公開公報発行時期（出願から1年6か月）より遅くなる。

④米国特許は、2000年11月29日に公開制度が開始されたため、それ以前は、特許出願件数として集計できるのは登録された件数に限られることに留意が必要である。

⑤登録件数の推移については、審査請求制度の有無、特許出願から審査請求までの期間、及び審査にかかる期間が各国で異なることを念頭において評価する必要がある。

2. 調査対象特許件数

調査対象の特許出願は、検索された特許出願から、調査対象外の技術に関する特許出願を除いたものとし、この調査対象の出願に対して、上記分析軸（表2-1参照）を用いて技術分類した。調査対象とした特許の出願先国別の出願件数を表2-2に示す。調査対象とした登録特許は、調査対象の特許出願のうち登録されたものとした。

表2-2 出願先国別調査対象特許出願件数

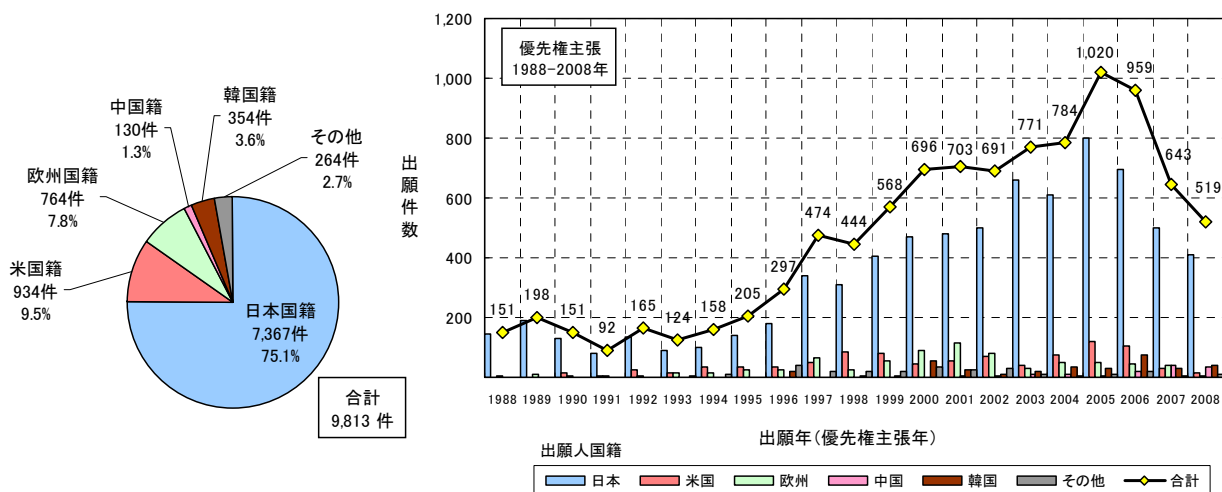
出願先国	日本	米国	欧州	中国	韓国	合計
出願件数	5,253	1,649	1,328	821	762	9,813

第2節 全体動向調査

1. 日米欧中韓への特許出願及び登録状況

日米欧中韓への出願における、出願人国籍別出願件数の年次推移と出願件数比率を図2-1に示す。

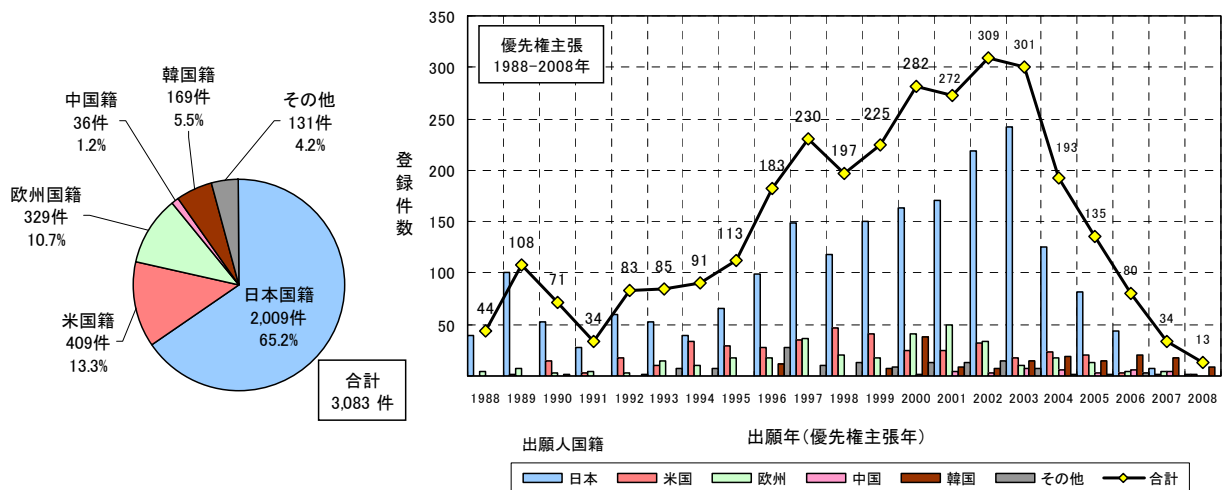
図2-1 出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率（日米欧中韓への出願）



特許出願件数を出願人国籍別にみると、日本国籍が最も多く全体の75.1%を占めている。次いで米国籍出願人が9.5%、欧州国籍出願人が7.8%となっている。また、1988年から2008年における出願件数は合計9,813件で、1988年から1995年までは毎年100~200件前後で推移しており、その後増加傾向を示し、2005年には1,020件となっている。

日米欧中韓に出願された特許出願のうち、登録に至った件数推移と登録された件数比率を図2-2に示す。登録件数は合計3,083件で、1988年から1995年までは年間30~110件前後で推移しており、その後増加傾向を示し、2002年は309件となっている。登録件数の比率を出願人国籍別でみると、日本国籍が最も多く全体の65.2%を占めている。次いで米国籍出願人が13.3%、欧州国籍出願人が10.7%となっている。なお、登録件数の推移については、審査請求制度の有無、特許出願から審査請求までの期間、及び審査にかかる期間が各国で異なること、また、現在審査中のものが数多くあることを念頭において評価する必要がある。

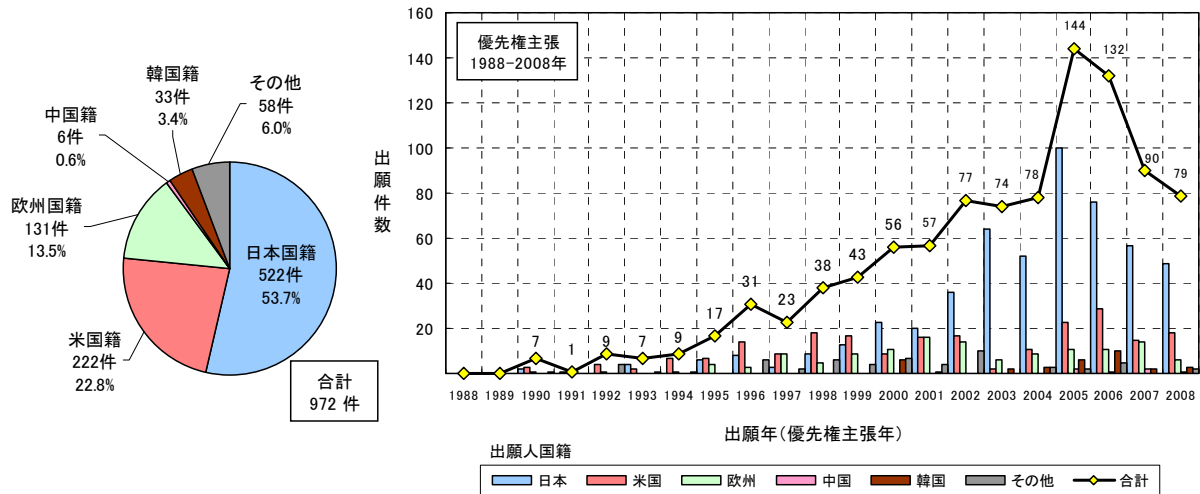
図2-2 出願人国籍別登録件数推移及び登録件数比率（日米欧中韓での登録）



2. PCT 出願動向

特許協力条約 (PCT) に基づく国際出願は、複数の国への出願を念頭においた重要な特許出願であると考えられる。そこで、出願人国籍別の PCT 出願件数の年次推移と PCT 出願件数比率を図2-3に示す。出願人国籍は日本国籍が最も多く全体の53.7%を占めている。次いで米国籍出願人が22.8%、欧州国籍出願人が13.5%となっている。PCT 出願件数は合計972件で、1988年から2004年までおおむね増加傾向を示し、2005年に大きく増加して144件となっている。なお、同時期の日米欧中韓への出願件数が9,813件であることから、PCT 出願は特許出願全体の9.9%にあたる。

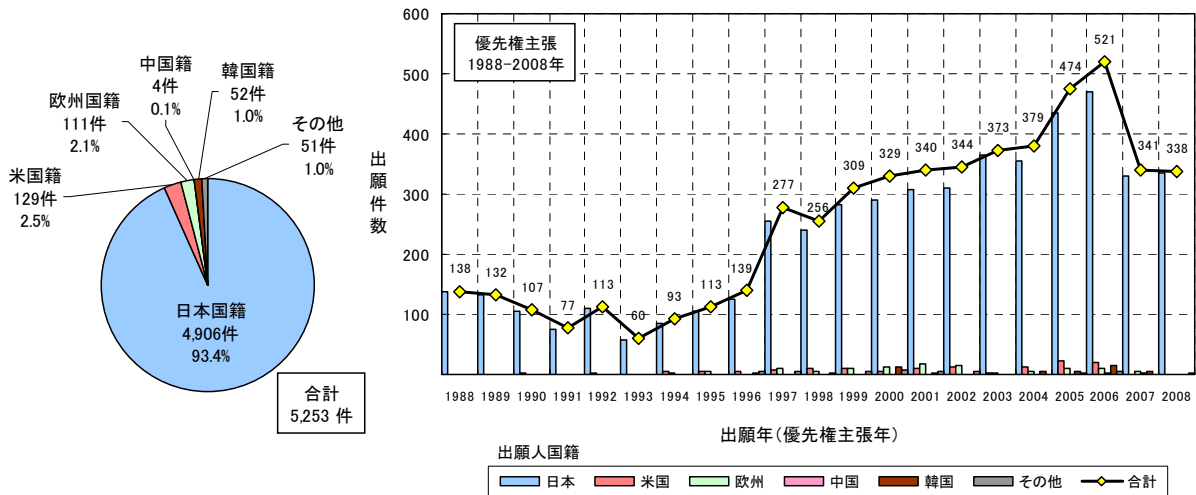
図 2-3 出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率（PCT 出願）



3. 出願先国別—出願人国籍別出願動向

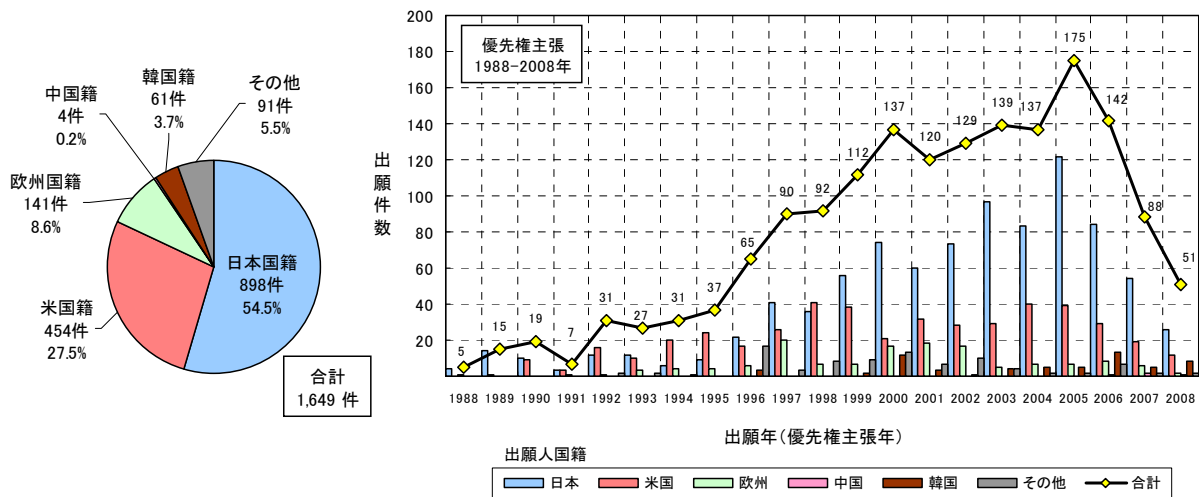
日本への出願における出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率を図 2-4 に示す。日本への出願件数は合計 5,253 件で、1988 年から 1996 年は 100 件前後で推移し、1997 年に大きく増加している。その後も 1999 年から 2006 年まで継続して増加しており、2006 年には 521 件に達している。出願人国籍別で見ると、日本国籍の出願人による出願が 4,906 件 (93.4%) と圧倒的に多い。

図 2-4 出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率（日本への出願）



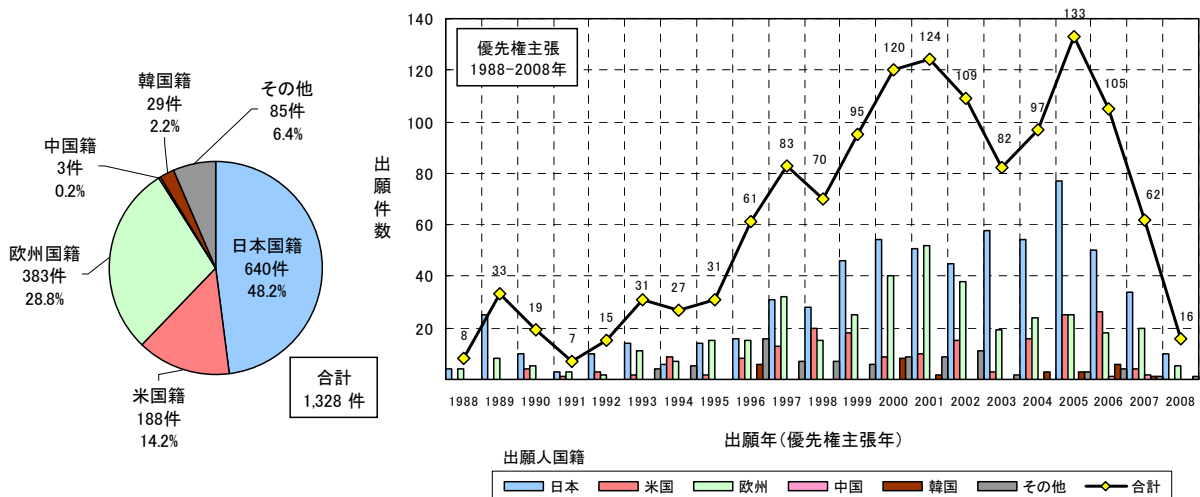
米国への出願における出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率を図 2-5 に示す。米国への出願件数は合計 1,649 件で、1988 年から 2005 年にかけておおむね増加傾向にあり、2005 年に 175 件でピークを示している。出願人国籍別でみると、日本国籍の出願人による出願が 898 件 (54.5%) で最も多く、次いで米国籍が 454 件 (27.5%)、欧州国籍が 141 件 (8.6%) となっている。これを出願年別に分析すると、1992 年、1994 年、1995 年及び 1998 年は米国籍の出願人による出願が最も多く、その他の年次で日本国籍が最も多くなっている (1991 年は、米国籍と日本国籍の出願人による出願件数は同数)。

図 2-5 出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率 (米国への出願)



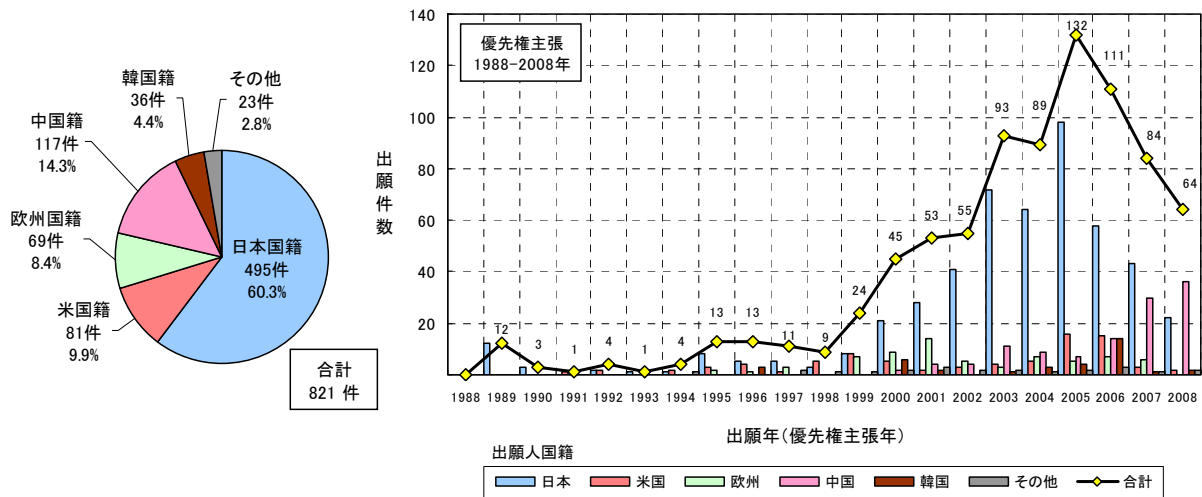
欧州への出願における出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率を図 2-6 に示す。欧州への出願件数は合計 1,328 件で、年ごとに増減がみられるが 2001 年までおおむね増加傾向を示している。その後 2003 年にかけて減少するが、再び増加して 2005 年に 133 件でピークを示している。出願人国籍別でみると、日本国籍の出願人による出願が 640 件 (48.2%) で最も多く、次いで欧州国籍が 383 件 (28.8%)、米国籍が 188 件 (14.2%) となっている。

図 2-6 出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率 (欧州への出願)



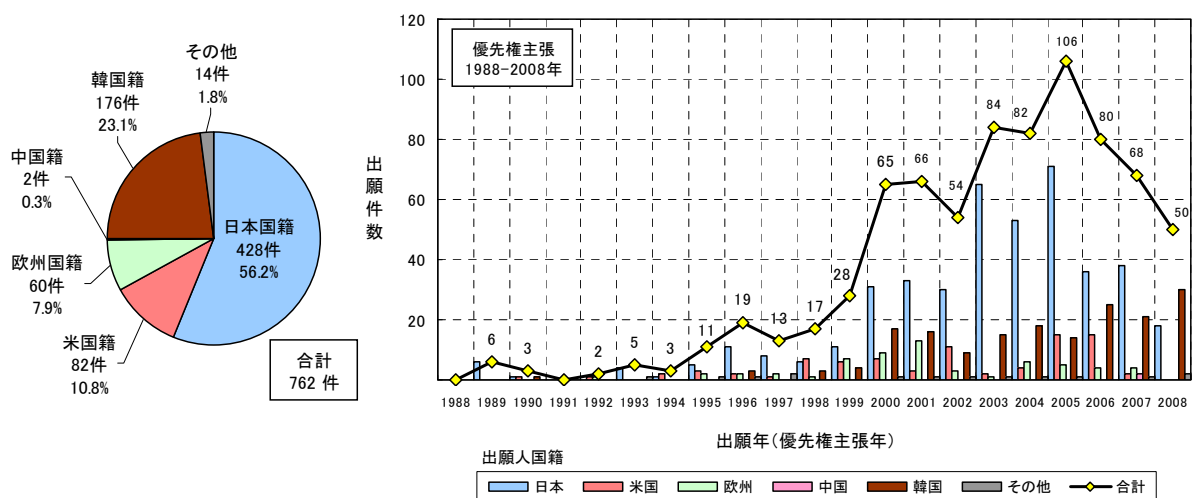
中国への出願における出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率を図 2-7 に示す。中国への出願件数は合計 821 件で、1998 年までは 10 件前後あるいはそれ以下であるが、1999 年から増加し、2005 年に 132 件でピークを示している。出願人国籍別にみると、日本国籍の出願人による出願が 495 件（60.3%）で最も多く、次いで中国籍が 117 件（14.3%）、米国籍が 81 件（9.9%）となっている。2003 年以降は中国国内の出願人からの出願件数が増加している。

図 2-7 出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率（中国への出願）



韓国への出願における出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率を図 2-8 に示す。出願件数は合計 762 件で、1994 年までは 6 件以下の出願件数であるが、1995 年以降増加し、2005 年に 106 件でピークを示している。出願人国籍別にみると、日本国籍の出願人による出願が 428 件（56.2%）で最も多く、次いで韓国籍が 176 件（23.1%）、米国籍が 82 件（10.8%）となっている。2000 年以降は韓国国内の出願人からの出願件数が増加している。

図 2-8 出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率（韓国への出願）

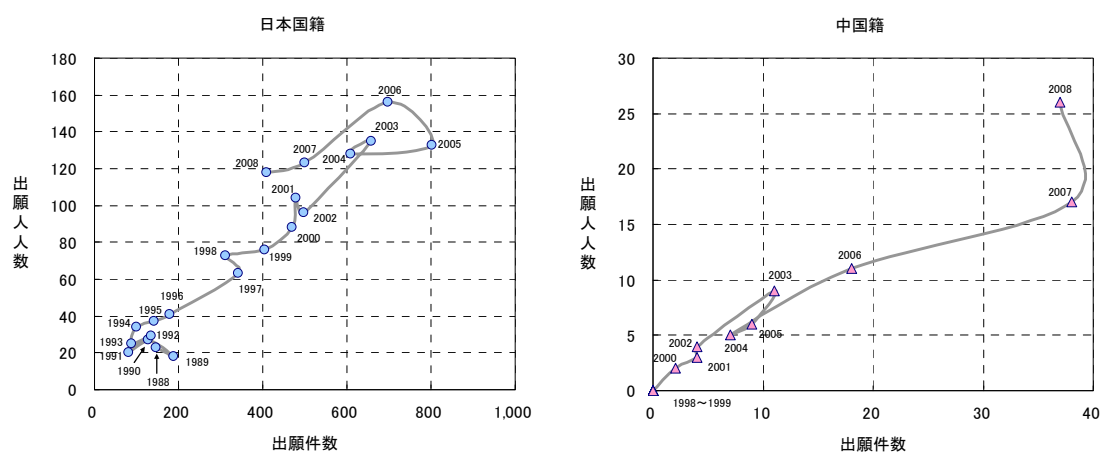


4. 全体動向のまとめ

1) 出願件数と出願人人数の関係の推移

日米欧中韓への出願における、出願人国籍別の出願件数と出願人人数の関係の推移を図2-9に示す。日本国籍出願人に関しては、1997年に日本国籍の出願人による出願件数と、日本国籍の出願人人数が共に増加し、その後も双方増加傾向にあり、出願件数では2005年に、出願人人数では2006年にピークを示している。中国籍出願人についても、中国籍の出願人人数が増加傾向にあり、2007年から2008年にかけても依然として出願人人数が増加していることから、新規出願人による参入が続いていることを示唆している。

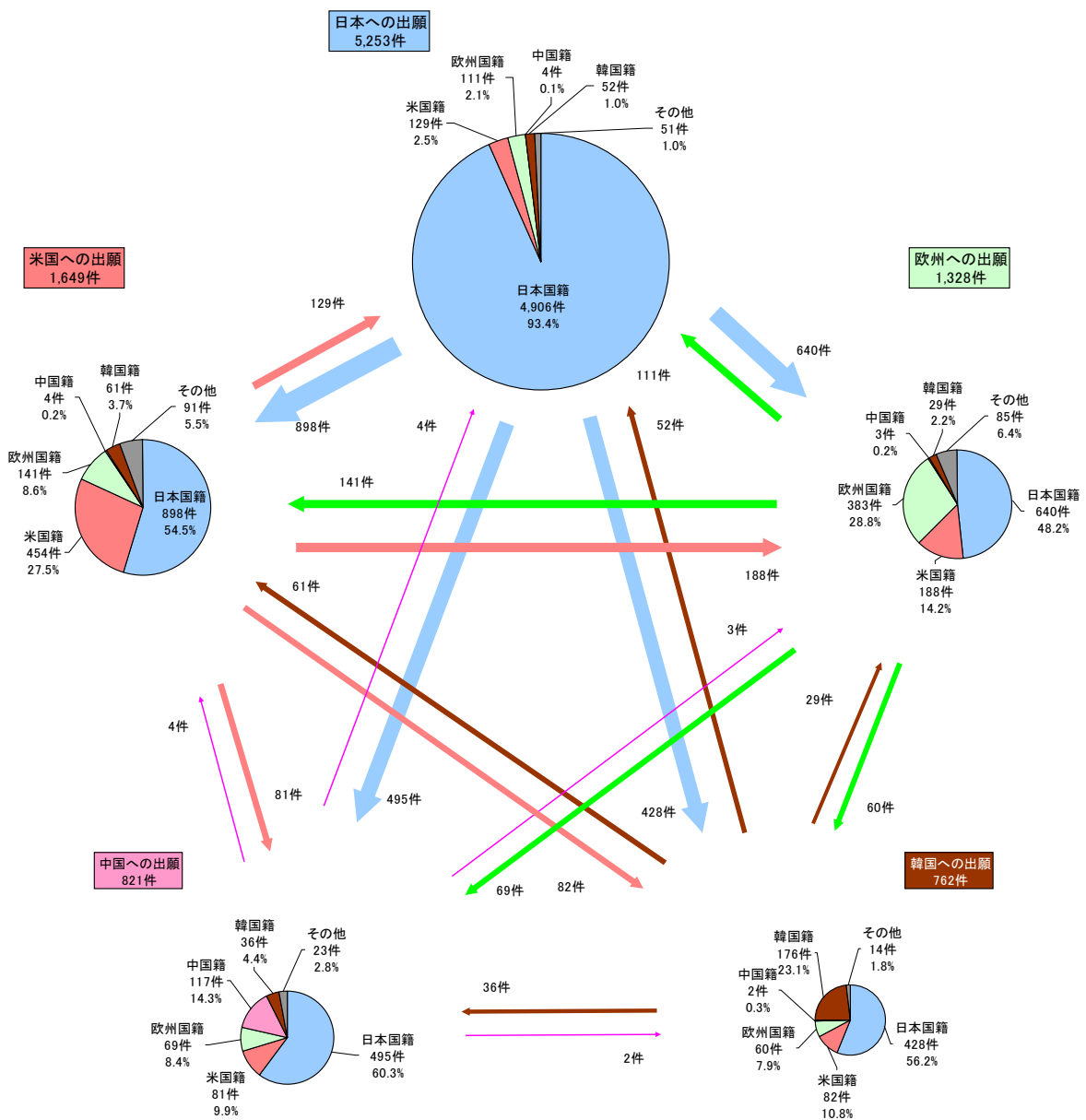
図 2-9 出願人国籍別出願件数－出願人人数の推移（日米欧中韓への出願）



2) 出願先国別－出願人国籍別出願件数収支

日本、米国、欧州、中国及び韓国への出願における、出願先国別の出願人国籍別出願件数収支を図 2-10 に示す。日本国籍出願人から米欧中韓への各出願件数は、いずれも米欧中韓国籍出願人から日本への出願件数より多い。また、米国籍出願人の欧中韓への各出願件数は、いずれも欧中韓国籍出願人から米国へ出願された件数より多い。一方、中国籍出願人による日米欧韓への出願件数はいずれも 2～4 件と少なく、どれも日米欧韓国籍出願人から中国への出願件数より少ない。韓国籍出願人の日米欧への各出願件数は、いずれも日米欧国籍出願人から韓国へ出願された件数より少ない。

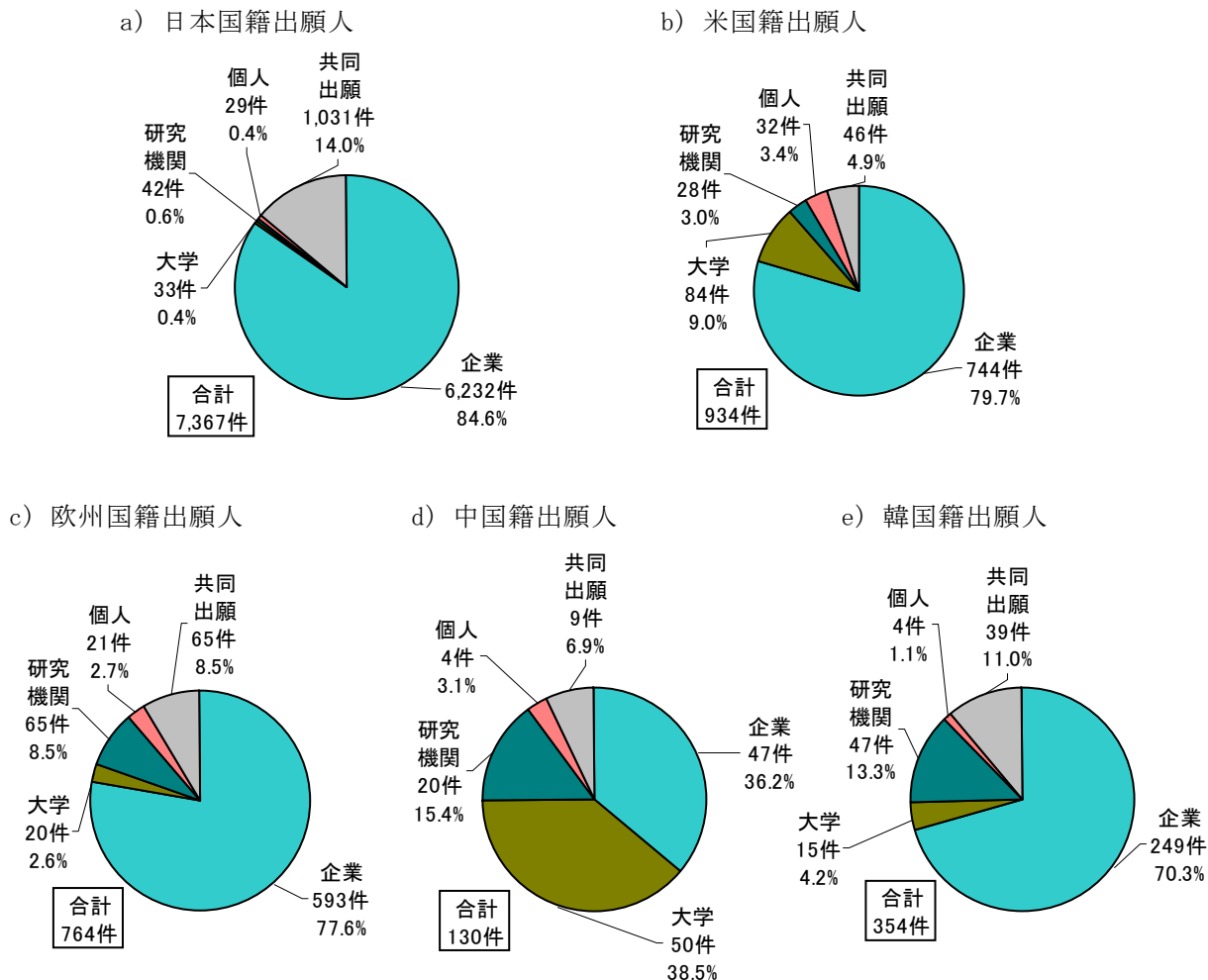
図 2-10 出願先国別－出願人国籍別出願件数収支



3) 出願人国籍別—属性別出願件数比率

出願人の属性を、企業、大学、研究機関、個人及びこれらの共同出願に分け、出願人国籍別に、各属性の出願件数比率を図 2-11 に示す。日米欧韓国籍出願人では、企業の出願が最も多く、70～85%を占めているが、中国籍出願人では企業よりも大学からの出願の方が多い。

図 2-11 出願人国籍別—属性別出願件数比率

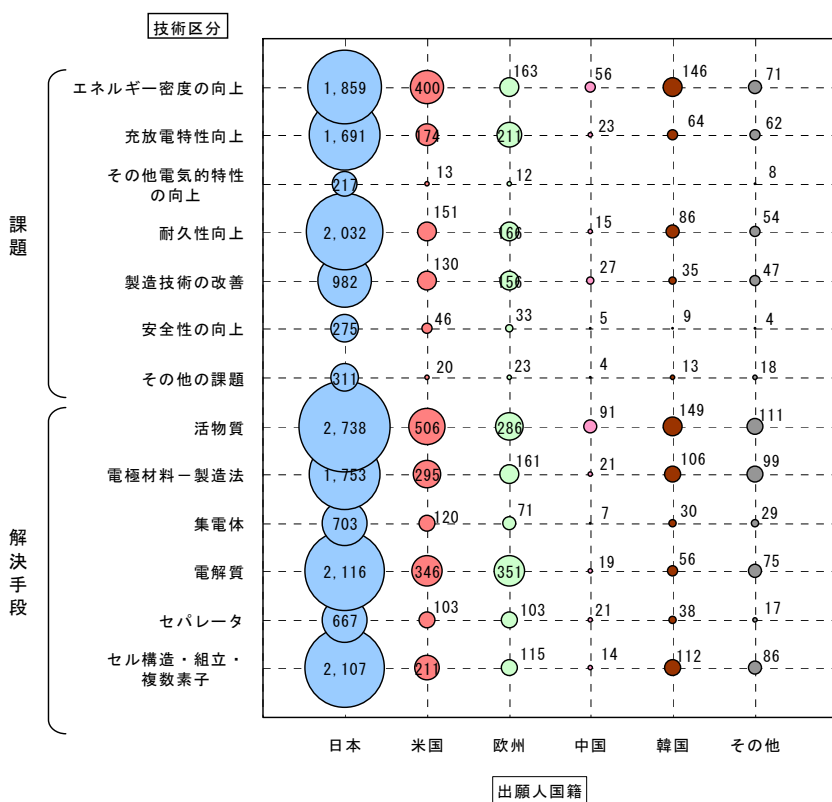


第3節 技術区分別動向調査

1. 技術区分別一出願人国籍別出願件数

日米欧中韩への出願における、技術区分（解決すべき課題と課題の解決手段）別一出願人国籍別出願件数を図2-12に示す。解決すべき課題に関しては、日本国籍出願人は耐久性の向上を課題とする出願件数が最も多く、米中韓国籍出願人ではエネルギー密度の向上、欧州国籍出願人では充放電特性の向上が、それぞれ最も多い課題である。課題の解決手段については、日米中韓国籍出願人では活物質に関する技術が最も多く、欧州国籍出願人では電解質に関する技術による解決手段が最も多い。

図2-12 技術区分（課題と解決手段）別一出願人国籍別出願件数（日米欧中韩への出願）



キャパシタの種類別の出願人国籍別出願件数を図2-13に、キャパシタの種類別の出願件数推移を図2-14に、キャパシタの種類別の出願人国籍別出願件数の年次推移を図2-15に示す。電気化学キャパシタの中では電気二重層キャパシタが、今回調査した期間の全体にわたって多く出願されており、中でも日本国籍出願人から電気二重層キャパシタについて特に多く、継続的に出願されていることが分かる。レドックスキャパシタについては、米国籍出願人が先行して出願しており、その後、欧州国籍と日本国籍の出願人からの出願件数が増えている。2005年以降は、韓国籍や中国籍出願人からの出願件数が増えている。

図 2-13 キャパシタの種類別—出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願）

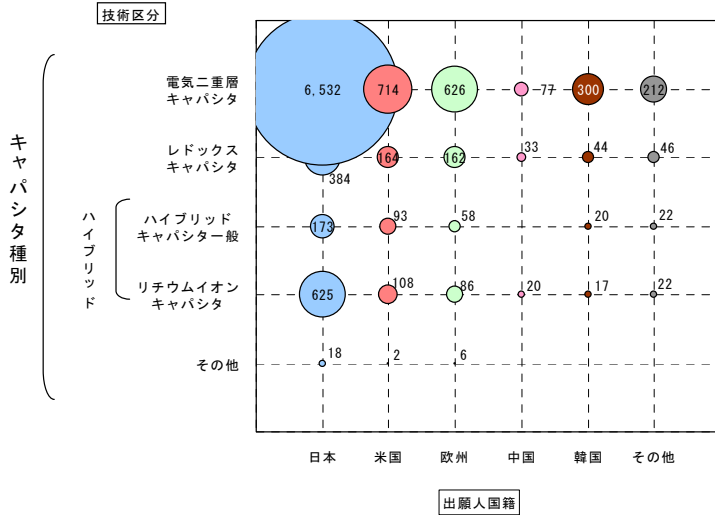


図 2-14 キャパシタの種類別出願件数推移（日米欧中韓への出願）

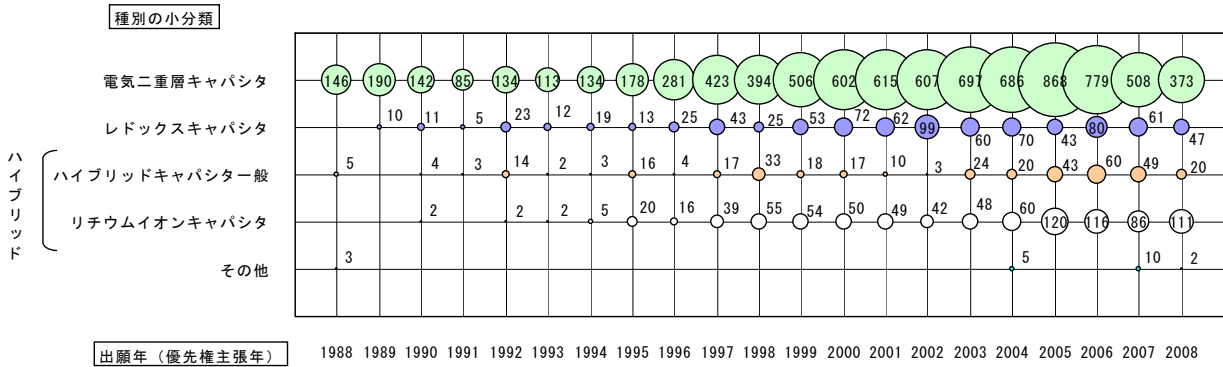
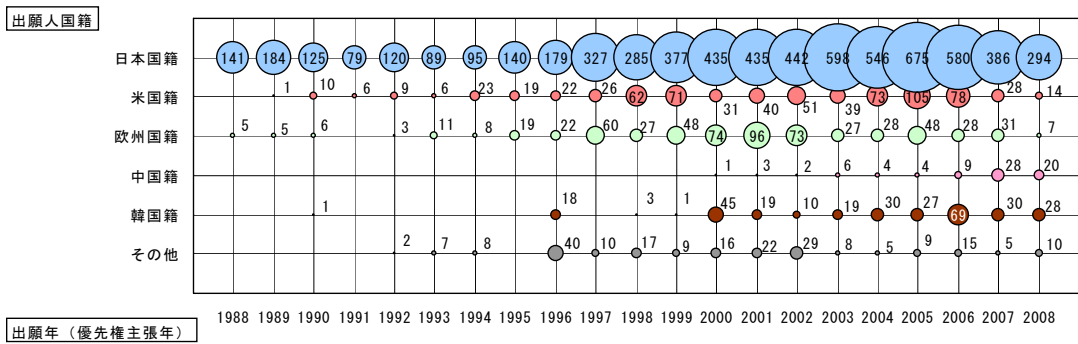
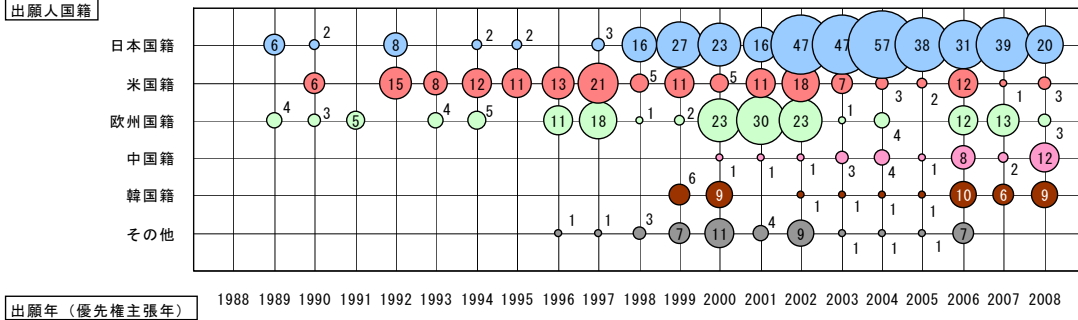


図 2-15 キャパシタの種類別の出願人国籍別出願件数推移

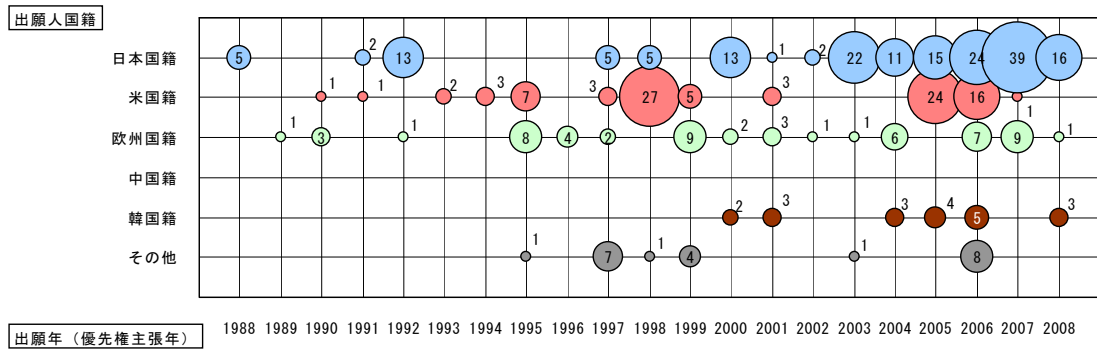
a) 電気二重層キャパシタ



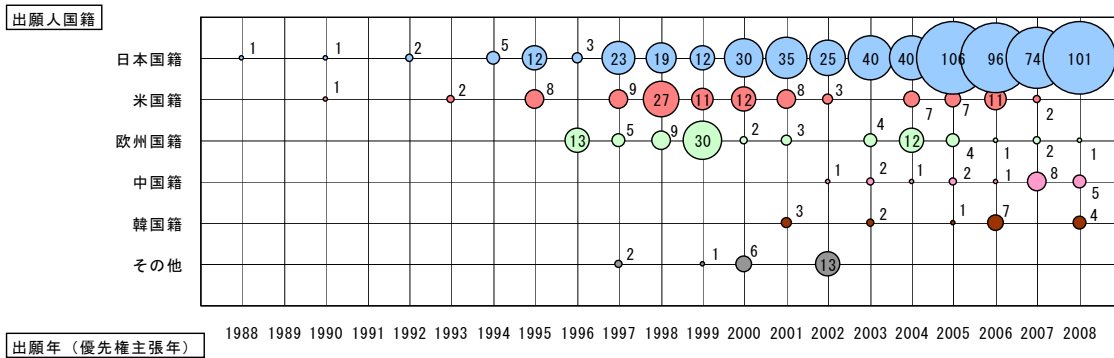
b) レドックスキャパシタ



c) ハイブリッドキャパシタ一般



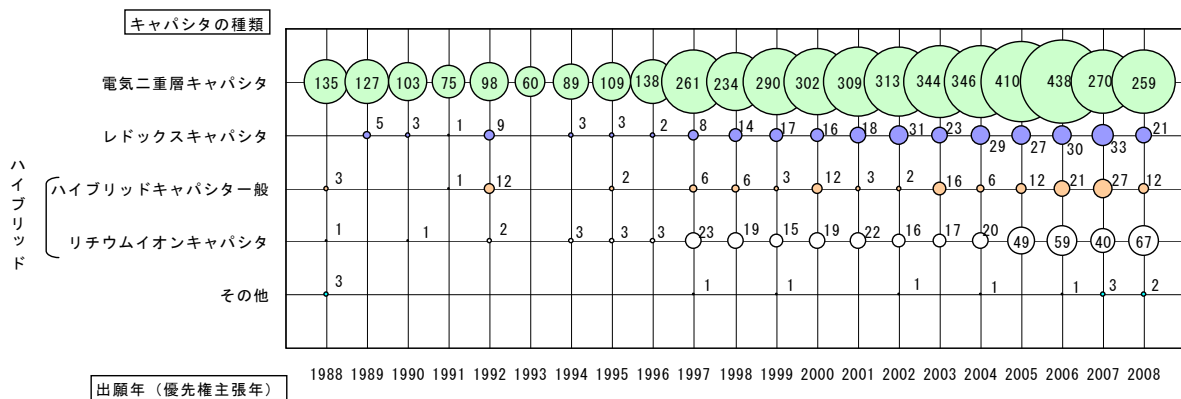
d) リチウムイオンキャパシタ



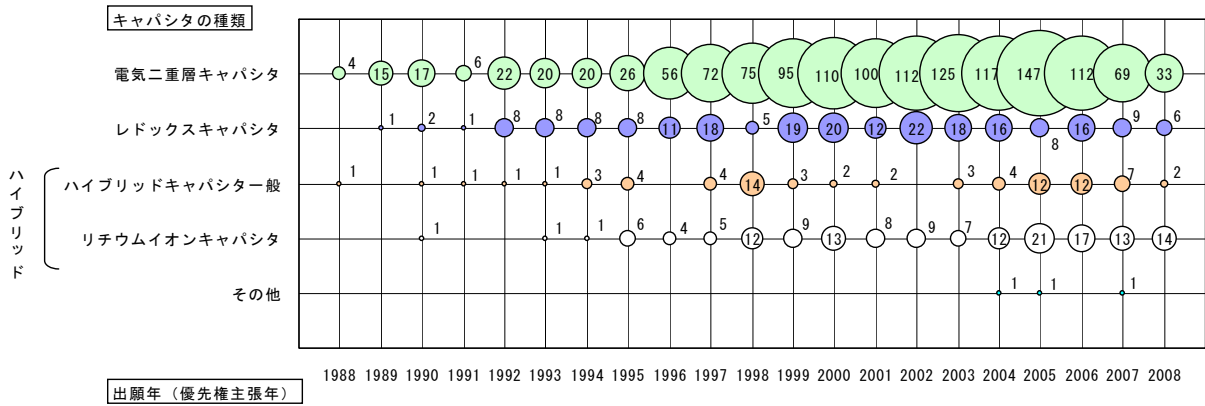
出願先国別のキャパシタの種類別出願件数推移を図 2-16 に示す。いずれの出願先国においても電気二重層キャパシタに関する出願が多く、日本への出願では 1988 年に既に 135 件の出願がある。米国と欧州への出願では 1996 年頃から増加しており、中国と韓国への出願は 2000 年頃から増加している。レドックスキャパシタは、米国への出願が先行しており、1992 年に 8 件の出願がある。レドックスキャパシタに関する欧州への出願は、1996 年から 2002 年頃に集中している。2000 年以降、中国と韓国への出願が増えている。

図 2-16 キャパシタの種類別の出願先国別出願件数推移

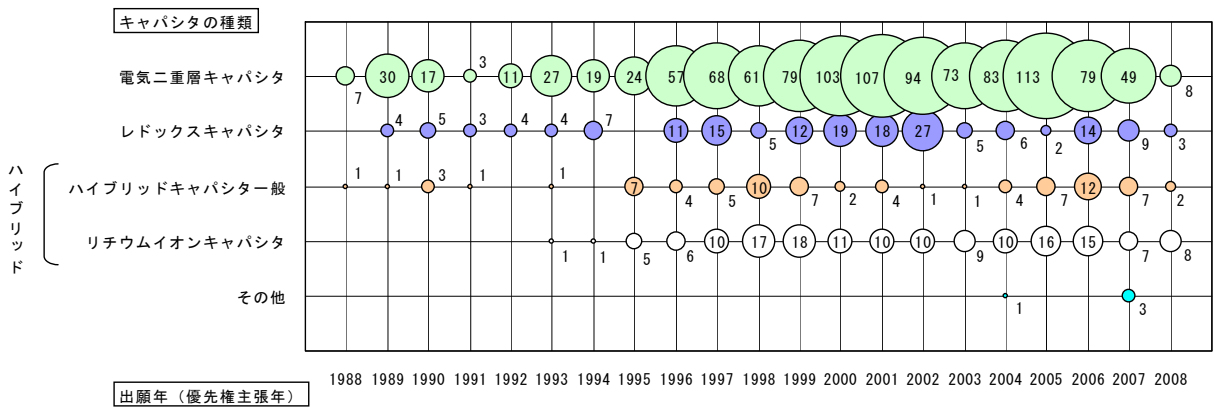
a) 日本への出願



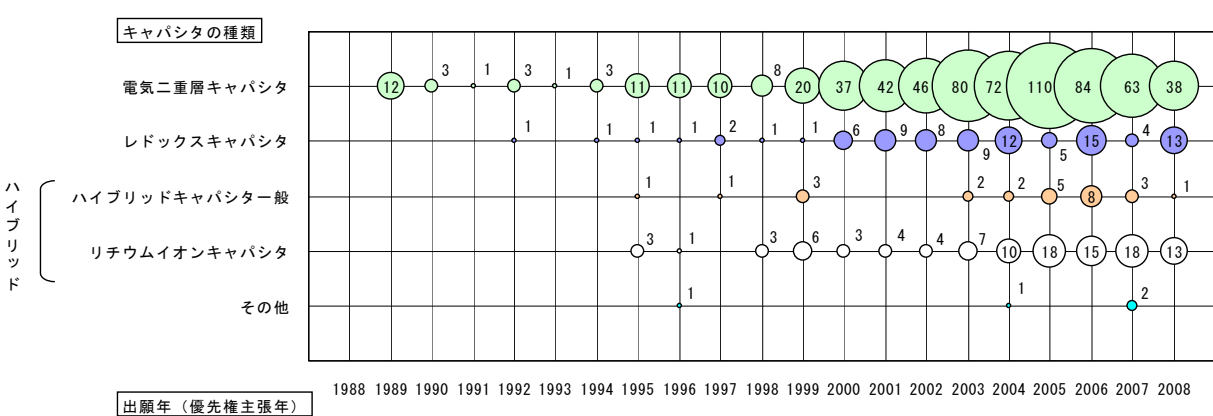
b) 米国への出願



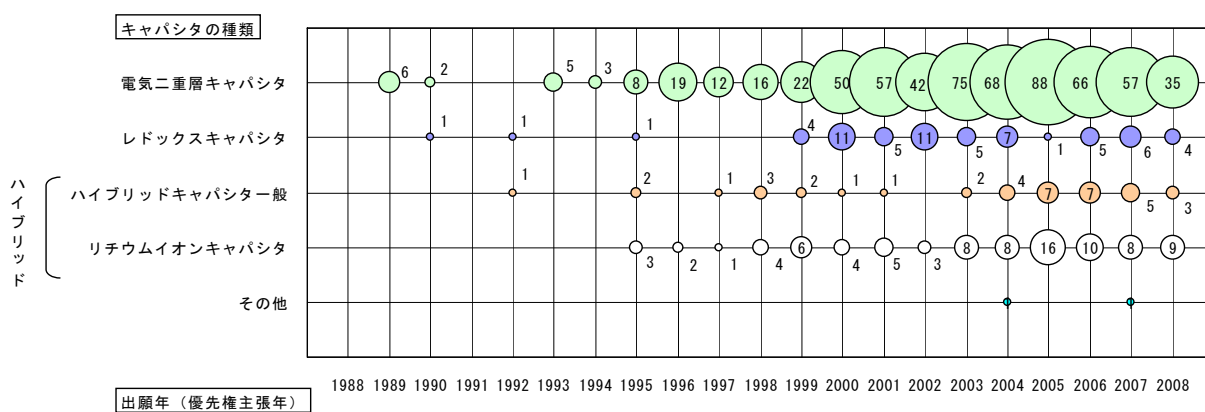
c) 欧州への出願



d) 中国への出願



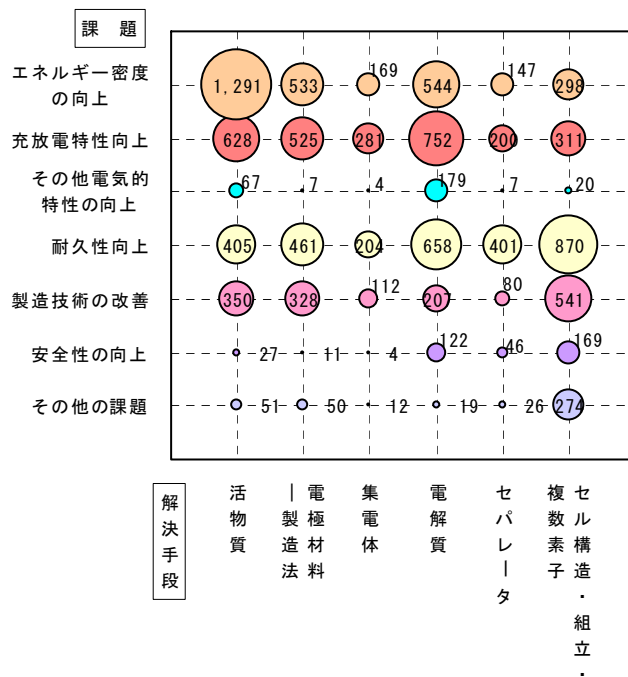
e) 韓国への出願



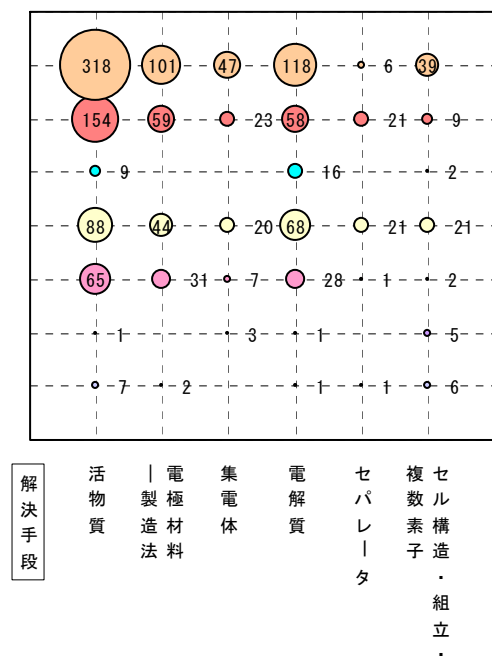
次に、電気化学キャパシタの種類別に、解決すべき課題と課題の解決手段の関係を図 2-17 に示す。この図では、課題は特許文献ごとに選択した主となる課題を使って集計している。いずれの種類電気化学キャパシタにおいても、エネルギー密度向上といった課題を、活物質に関する技術で解決するものが最も多い。次に多いのは、電気二重層キャパシタでは、耐久性の向上を、セル構造・組立・複数素子に関する技術を用いて解決を図るものである。レドックスキャパシタで 2 番目に多いのは、充放電特性向上の課題を、活物質に関する技術で解決するものである。ハイブリッドキャパシタ一般とリチウムイオンキャパシタでは、エネルギー密度向上の課題を、電極材料・製造法の技術で解決するものが 2 番目に多い。

図 2-17 キャパシタの種類別—課題と解決手段の関係（日米欧中韓への出願）

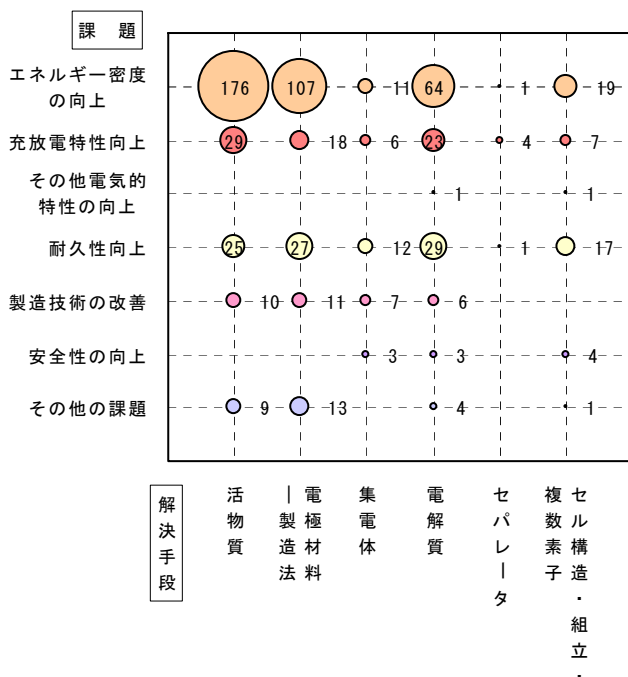
a) 電気二重層キャパシタ



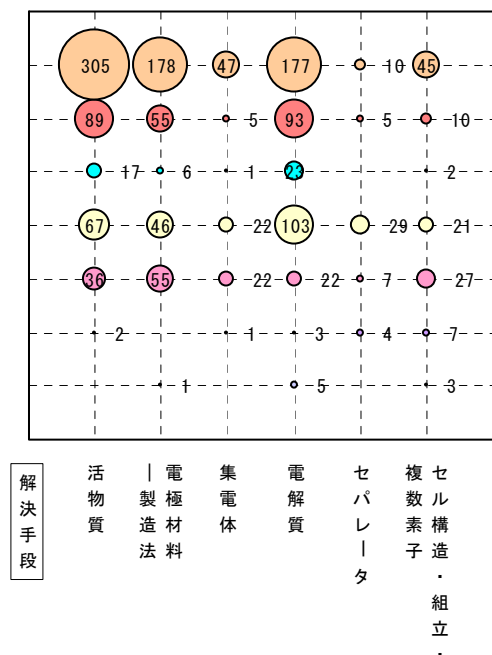
b) レドックスキャパシタ



c) ハイブリッドキャパシタ一般



d) リチウムイオンキャパシタ



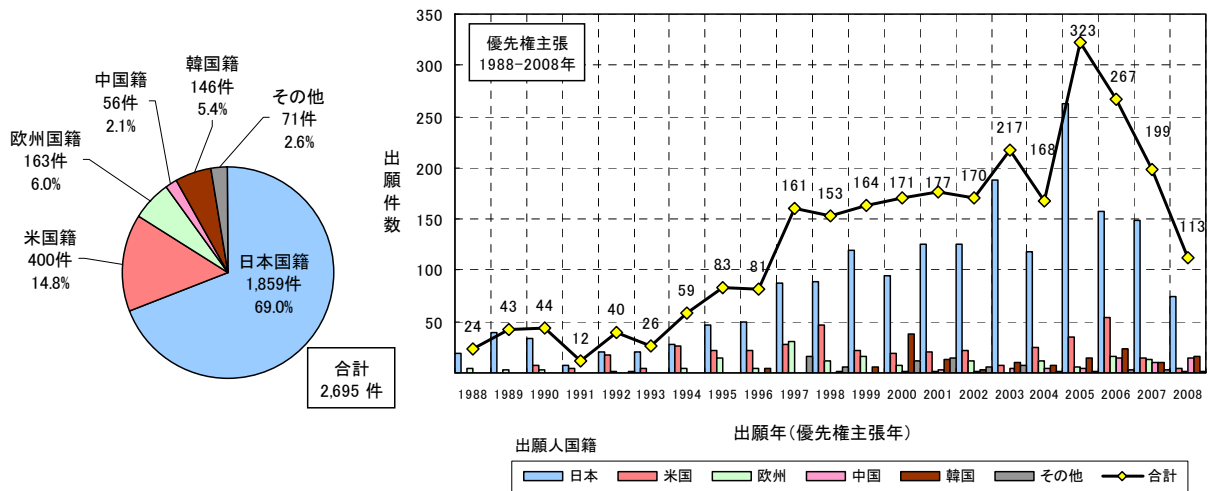
2. 技術区分別—出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率

日米欧中韓への出願における、技術区分（解決すべき課題）別—出願人国籍別出願件数の年次推移と出願件数比率を図 2-18 に示す。

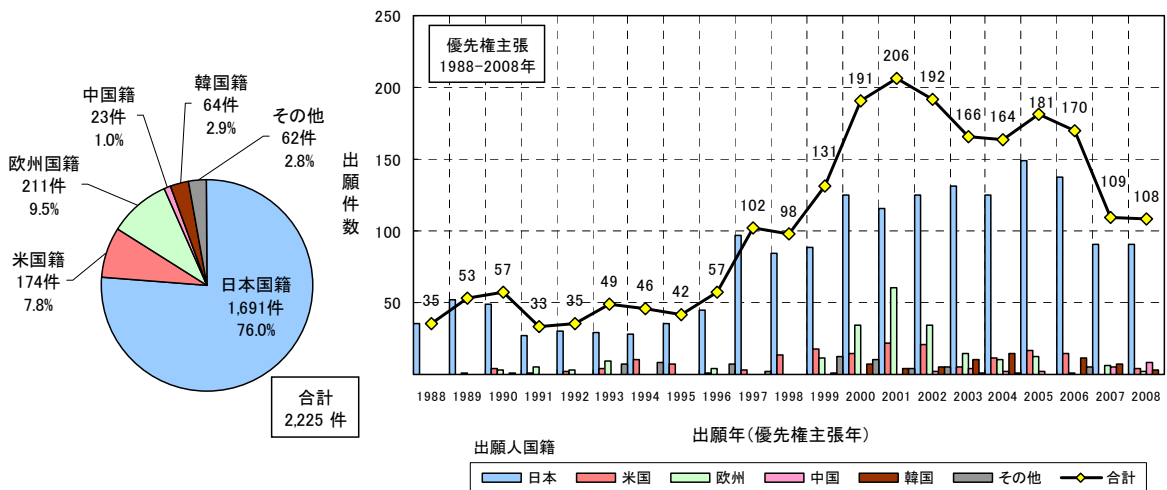
エネルギー密度の向上を課題とする出願は、1991 年以降、増加傾向にあり、2005 年に 323 件でピークを示している。充放電特性向上を課題とする出願は、1988 年から 1996 年にかけては 50 件前後で推移し、その後 1997 年から増加して 2001 年に 206 件でピークを示している。

図 2-18 技術区分（課題）別—出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率（日米欧中韓への出願）

a) エネルギー密度の向上



b) 充放電特性向上



第4節 注目研究開発テーマ別特許出願動向調査

電気化学キャパシタに関する注目研究開発テーマとして、活物質として注目されるナノカーボン、電解質として注目されるイオン液体、及び活物質の製造法として重要な賦活法を取り上げ、これらについて出願動向を調査した。

1. ナノカーボン（活物質）

ナノカーボンをカーボンナノチューブ、フラーレン、グラフェン、カーボンナノファイバ及びその他の種類に分け、種類別の出願件数の年次推移を図2-19に示す。カーボンナノチューブに関する出願は、2000年以降顕著に増加し、2007年には48件に達している。グラフェンについては、2002年以降増加して2005年には20件となっている。

ナノカーボンに関する出願先国別の出願人国籍別出願件数を図2-20に示す。いずれの国籍の出願人も自国への出願が最も多いが、日米欧韓の出願人は、自国以外にもある程度の特許出願を出願している。

出願人国籍別に、ナノカーボンの種類別の出願件数を図2-21に示す。いずれの国籍の出願人もカーボンナノチューブに関する出願が最も多い。フラーレンに関する出願は日本と米国に、グラフェンについては日本と中国に集中している。

図2-19 ナノカーボン（活物質）に関する出願件数推移（日米欧中韓への出願）

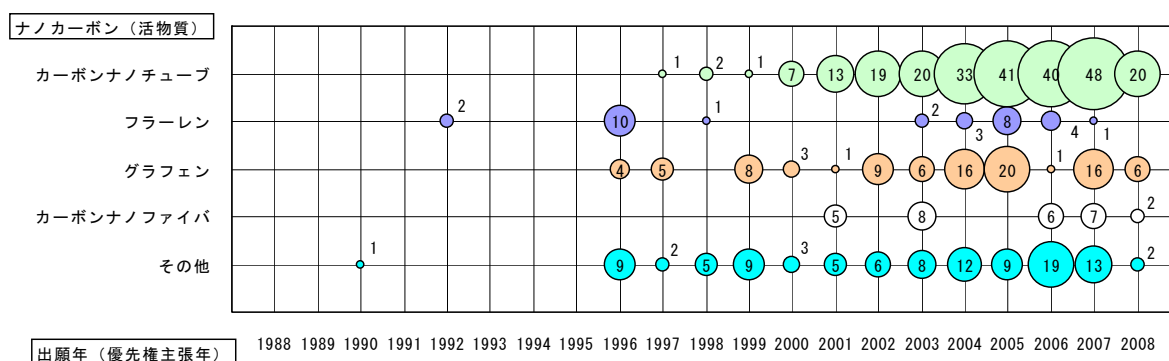


図2-20 ナノカーボンに関する出願先国別—出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願）

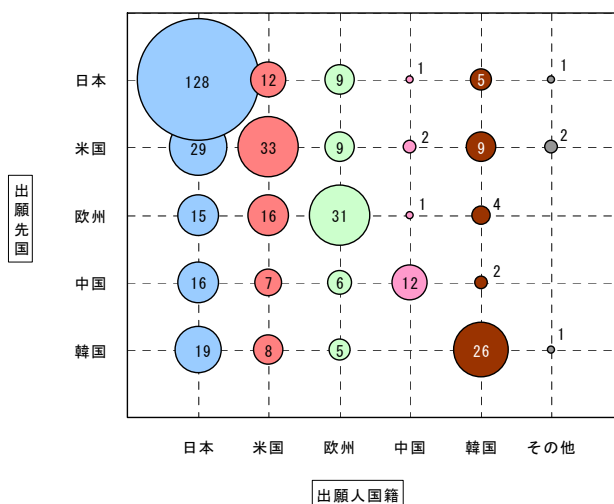
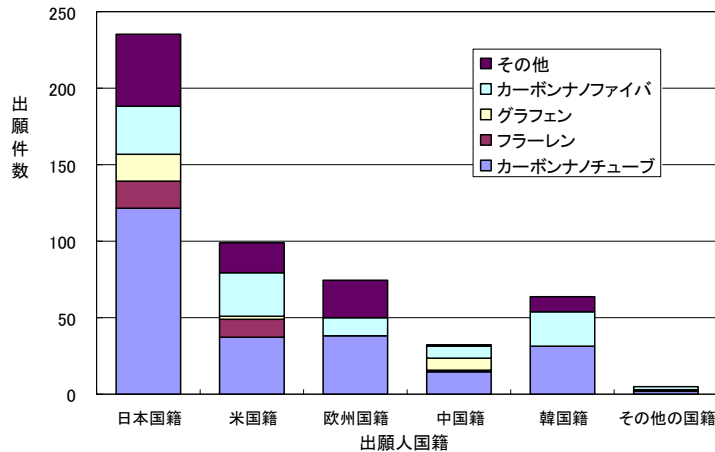


図 2-21 ナノカーボンの種類別の出願人国籍別出願件数（種類指定の重複あり・日米欧中韓への出願）



2. イオン液体（電解質）

イオン液体の種類別に出願件数の年次推移を図 2-22 に示す。電気化学キャパシタにイオン液体を用いた特許出願は、イオン液体の種類によって出願され始めた時期が異なるものの、多くのものが 2000 年以降定常的に出願されている。

イオン液体に関する出願先国別の出願人国籍別出願件数を図 2-23 に示す。いずれの国籍の出願人も自国への出願が最も多い。日米欧出願人は、日米欧中韓へ、合計して数十件以上の特許出願を行っているが、中国、韓国及びその他の国籍の出願人からの出願件数はまだ少ない。

出願人国籍別に、イオン液体の種類別の出願件数を図 2-24 に示す。日本国籍出願人から 700 件近い特許が出願されており、出願件数の多さが目立つ。日本国籍出願人による出願の中では、イオン液体一般、イミダゾリウム及びフッ素系アニオンに関する出願が多い。

図 2-22 イオン液体（電解質）に関する出願件数推移（日米欧中韓への出願）

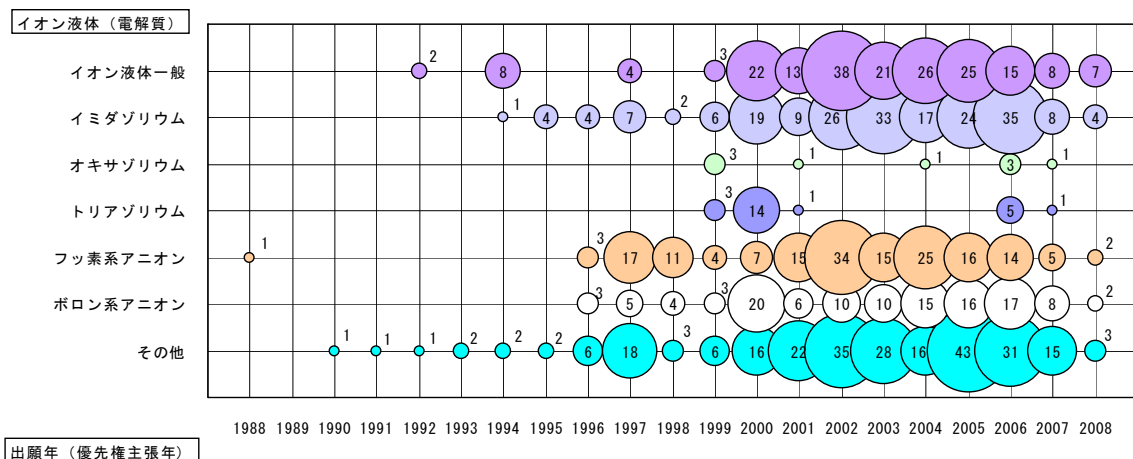


図 2-23 イオン液体に関する出願先国別一出願人国籍別出願件数（日米欧中韓への出願）

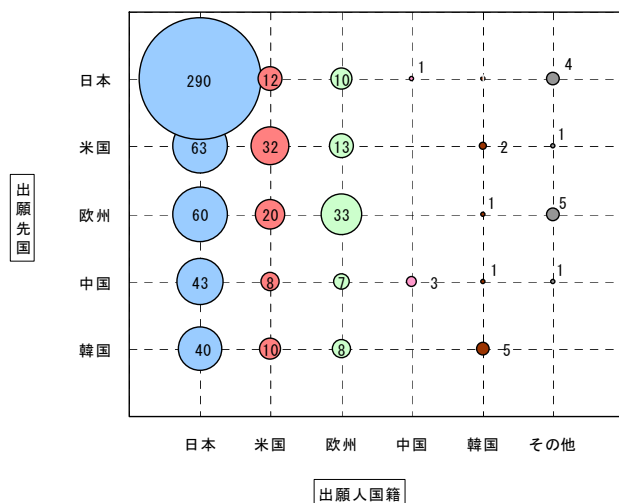
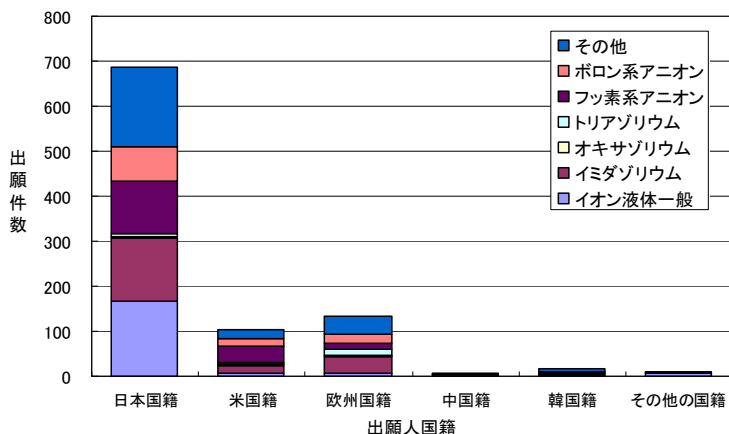


図 2-24 イオン液体の種類別の出願人国籍別出願件数（種類指定の重複あり・日米欧中韓への出願）



3. 賦活法（活物質の製造法）

賦活法の手法別に、出願件数の年次推移を図 2-25 に示す。活物質の賦活法に関する特許出願は、アルカリ賦活に関する出願が 1996 年以降、毎年 10 件以上出願されている。

賦活法に関する出願先国別の出願人国籍別出願件数を図 2-26 に示す。いずれの国籍の出願人も自国への出願が最も多く、日本国籍以外の出願人はいずれの出願先へも数件の出願に留まっている。一方、日本国籍出願人は、自国へ 313 件、米欧中韓へも数十件以上の特許出願を行っている。

出願人国籍別に、賦活法の手法別の出願件数を図 2-27 に示す。日本国籍出願人からの出願件数の多さが際立っている。日本国籍出願人からの賦活法に関する出願の中では、アルカリ賦活に関する特許出願が 300 件近くあり、全体の半数近くを占めている。次いで賦活条件に関する特許出願が 100 件以上となっている。

図 2-25 賦活法（活物質の製造法）に関する出願件数推移（日米欧中韓への出願）

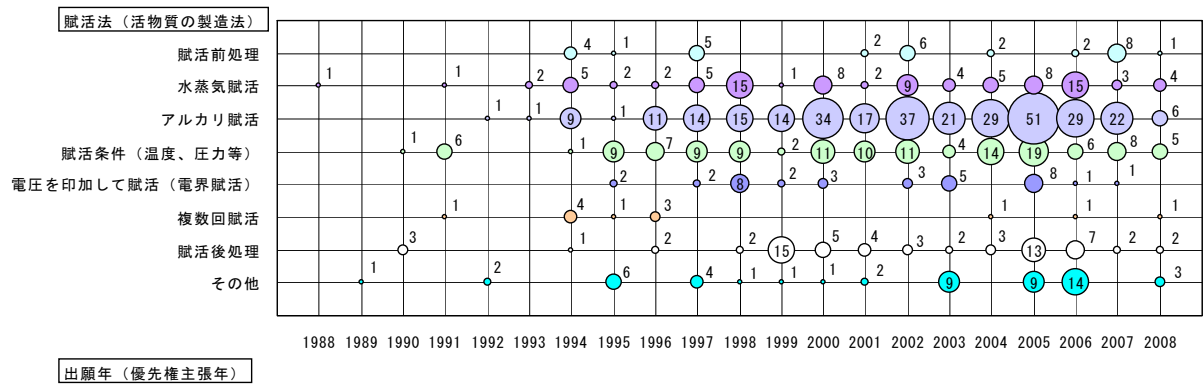


図 2-26 賦活法に関する出願先国別一出願人国籍別出願件数

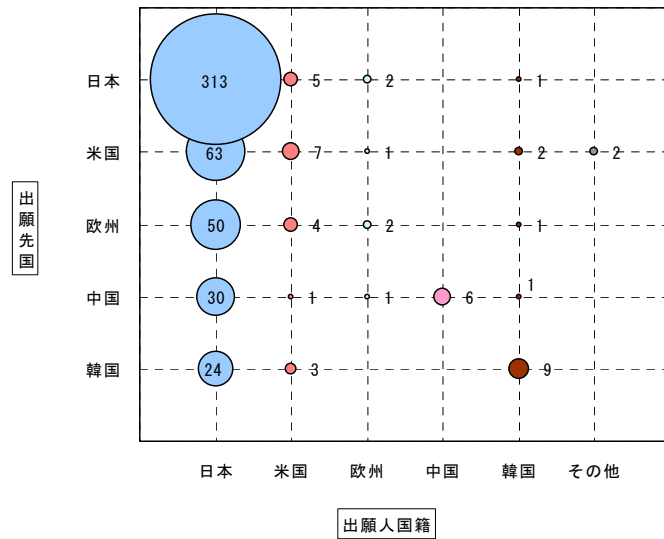
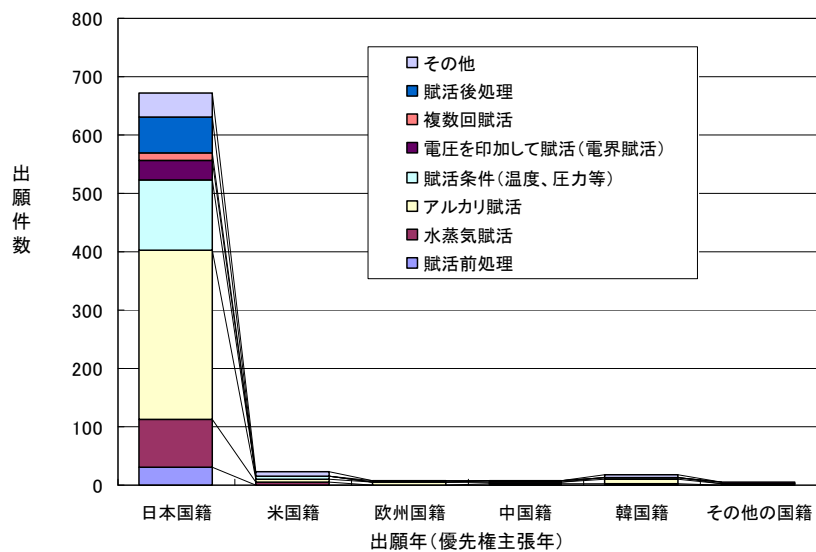


図 2-27 賦活法の手法別の出願人国籍別出願件数（手法指定の重複あり・日米欧中韓への出願）



3章 電気化学キャパシタに関する研究開発動向調査

第1節 調査方法と対象とした論文

電気化学キャパシタに関する論文発表動向からみた研究開発動向について、論文データベース（JSTPlus）を用いて調査対象案件を検索、抽出し、全体発表動向調査、技術区分別動向調査、注目研究開発テーマの動向調査及び研究者所属機関・研究者別動向調査を行った。

検索の対象とした論文は、1988年～2009年発行された論文誌に掲載されたものとし、4,734件の論文（原著論文、抄録有）が抽出された。これらの日本語抄録をもとに、特許出願動向調査と同様の分析軸で技術分類を行った結果、電解コンデンサに関する論文等、調査対象外の論文が含まれており、調査対象である電気化学キャパシタに関する論文は3,348件（70.7%）であった。

検索に使用したデータベースが日本の雑誌を多く収録しているため、研究者所属機関国籍別に集計すると日本国籍の研究者所属機関にとって有利となる可能性がある。そこで、論文発表動向を、国籍にかかわらず同じ条件で比較するため、電気化学キャパシタに関する論文を掲載した論文誌の中から、国際的に主要論文誌と認められるものを委員会で選定し、国際比較を行う際は、これら主要論文誌に掲載された論文に限定して比較することとした。国際的な主要論文誌として選定した44誌を表3-1に示す。これら主要論文誌44誌に掲載された論文は2,153件で、上記4,734件の論文全体の45.5%を占めている。なお、論文の研究者所属機関の国籍は、第一著者の所属する研究機関の所在地を基準とした。また、研究者所属機関別及び研究者別ランキングの集計では、共同研究の場合はそれぞれ別々にカウントした。

表3-1 国際的な主要論文誌に選定した論文誌

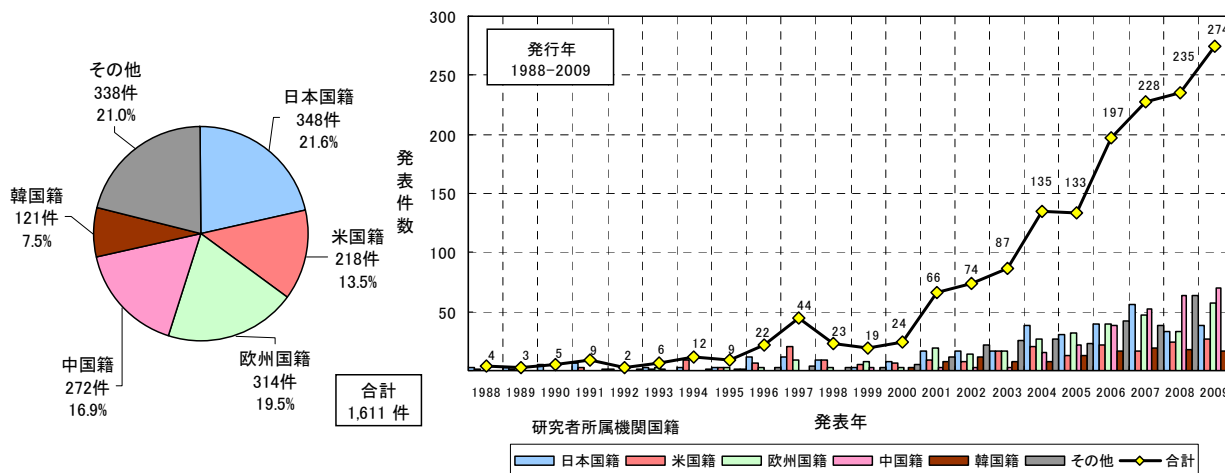
番号	論文誌名	番号	論文誌名
1	Journal of Power Sources	23	SAE Technical Paper Series
2	Journal of the Electrochemical Society	24	Solid State Ionics
3	Electrochimica Acta	25	AD Report
4	電気化学および工業物理化学	26	Chemistry of Materials
5	Electrochemistry Communications	27	Conference Record of the IEEE Industry Applications Conference
6	Carbon	28	Electrochemical capacitor 2
7	Journal of Electroanalytical Chemistry	29	Diamond and Related Materials
8	Electrochemical & Solid State Letters	30	Materials Letters
9	Journal of Solid State Electrochemistry	31	IEEE Transactions on Industrial Electronics
10	Journal of Applied Electrochemistry	32	IEEE Transactions on Power Electronics
11	Materials Chemistry and Physics	33	IEEE Transactions on Vehicular Technology
12	Journal of Physical Chemistry : C	34	Intelec
13	Langmuir	35	Journal of Materials Science
14	Journal of Physical Chemistry : B	36	JETI
15	Conference Proceedings. IEEE Annual Power Electronics Specialists Conference	37	Science
16	Journal of Colloid and Interface Science	38	Nature (London)
17	Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society	39	Nature Materials
18	炭素	40	Nature Nanotechnology
19	Analytical Chemistry	41	Interface; The Electrochemical Society
20	Applied Physics Letters	42	Electronics Letters
21	Corrosion Science	43	Physical Review Letters
22	Synthetic Metals	44	Solid-State Electronics

第2節 全体動向調査（論文）

国際的な主要論文誌に限定した場合の、研究者所属機関国籍別論文発表件数推移と国籍別件数比率を図3-1に示す。論文発表件数は、1993年から徐々に増加し、1997年には44件と

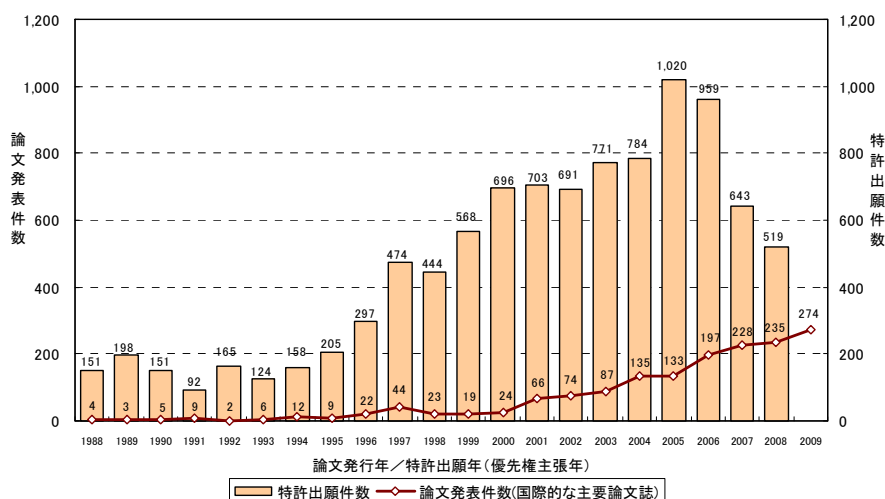
なっている。その後、若干の増減があるものの増加傾向を維持しており、2006年以降は顕著に増加し、2009年には274件に達している。研究者所属機関国籍別でみると、日本国籍の研究者所属機関によるものが21.6%で最も多いものの、欧米中国籍との比率の差は、特許出願動向と比較して小さい。2006年以降、中国とその他の国籍の研究者所属機関による発表件数が増加しており、2008年と2009年には日本国籍の研究者所属機関による発表件数を上回っている。なお、その他の国籍としては、台湾とインドが多い。

図 3-1 研究者所属機関国籍別論文発表件数推移と国籍別件数比率（国際的な主要論文誌）



論文発表件数（国際的な主要論文誌）と特許出願件数（日米欧中韓への出願）の年次推移を同じ軸で比較したものを図 3-2 に示す。電気化学キャパシタに関する特許出願件数が 1997 年頃から立ち上がっているのに対して、この技術に関する論文発表件数の立ち上がりは 2001 年頃からである。電気化学キャパシタの分野では、論文発表よりも特許出願が先行したと考

図 3-2 論文発表件数（国際的な主要論文誌）と特許出願件数（日米欧中韓への出願）の比較

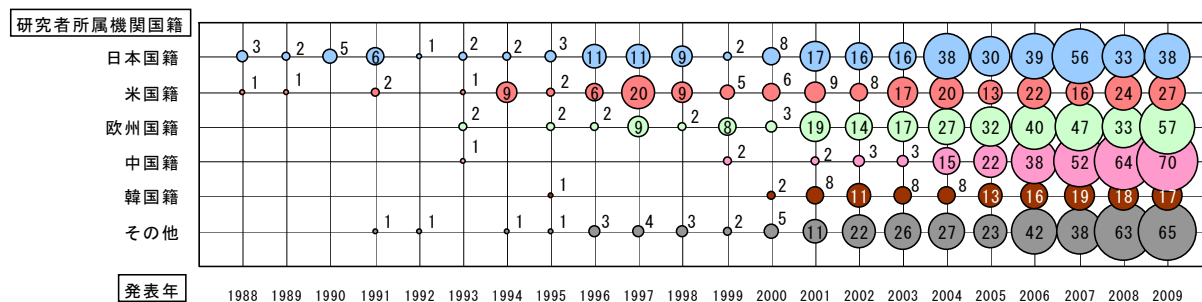


えられる。

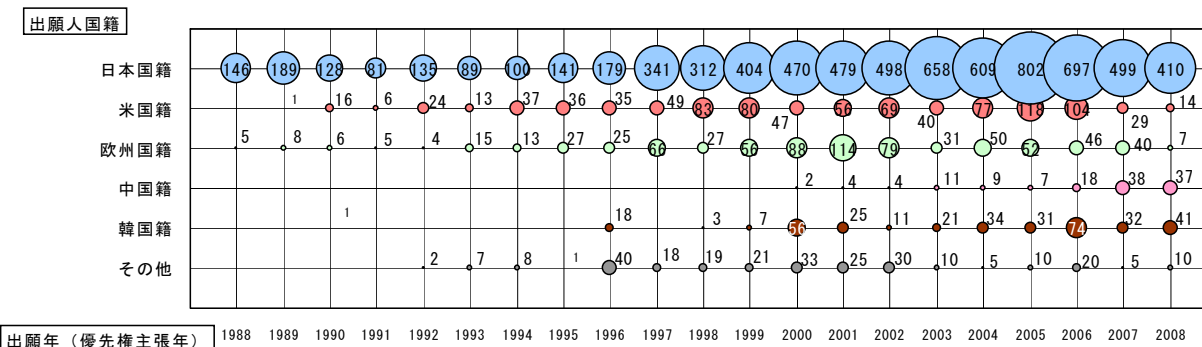
論文の発表件数と特許の出願件数のそれぞれに対して、国籍別に件数推移を示したものが図 3-3 である。特許出願件数では、日本国籍出願人が他の国籍の出願人を圧倒しているが、論文の発表件数では圧倒的に多い研究者所属機関国籍や年次はみられない。なお、2006 年以降は中国籍とその他の国籍の研究者所属機関による論文発表が急増している。

図 3-3 論文の研究者所属機関国籍別発表件数推移と特許の出願人国籍別出願件数推移の比較

a) 論文の研究者所属機関国籍別発表件数推移（国際的な主要論文誌）



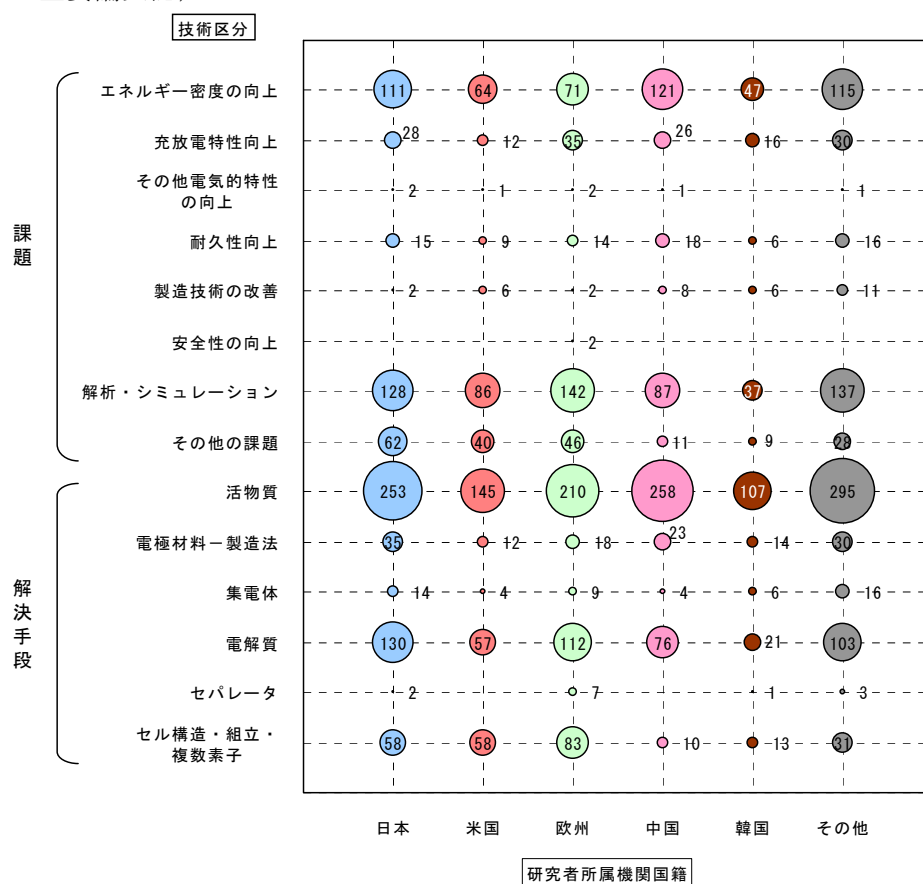
b) 特許の出願人国籍別出願件数推移（日米欧中韓への出願）



第3節 技術区別動向調査（論文）

研究者所属機関の国籍別の、電気化学キャパシタの技術区別論文発表件数を図3-4に示す。解決すべき課題では、論文の解析で新たに設定した技術区分である解析・シミュレーション⁴⁾が多く、次いでエネルギー密度の向上が多い。その他の課題が多いが、これは、論文は特許出願と違って必ずしも課題を解決するための技術を示しているわけではなく、むしろ開発の歴史や試作品の実証テスト報告、新規応用分野の提案等が多い。こういった類がその他の課題に含まれているからである。解決手段では、活物質に関する技術を解決手段とする論文が最も多く、次いでセル構造・組立・複数素子と電解質に関する技術が多い。

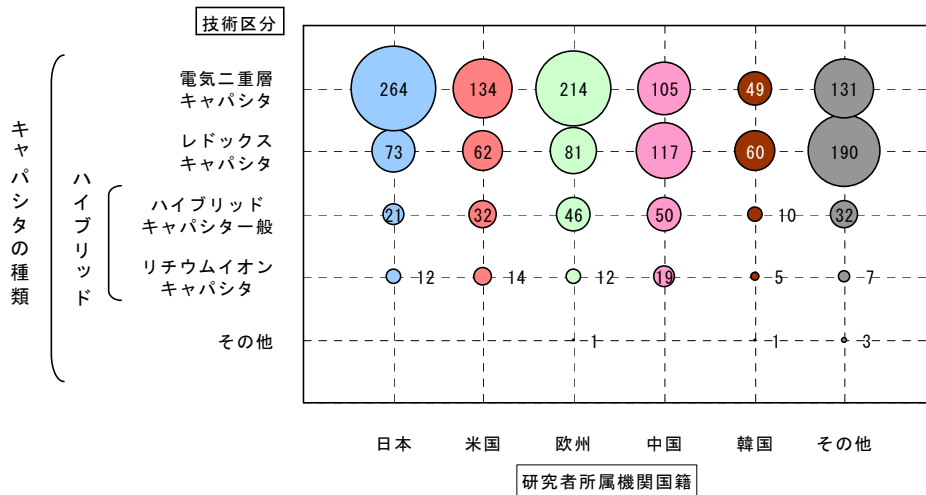
図3-4 電気化学キャパシタの技術区別—研究者所属機関国籍別論文発表件数（国際的な主要論文誌）



電気化学キャパシタの種類別の研究者所属機関国籍別論文発表件数を図3-5に示す。日米欧国籍の研究者所属機関による論文発表は電気二重層キャパシタに関するものが最も多いが、中韓とその他国籍の研究者所属機関による論文発表は、電気二重層キャパシタよりもレドックスキャパシタに関する論文発表の方が多い。

⁴⁾ 論文特有の課題として「解析・シミュレーション」を追加設定して分類した。

図 3-5 電気化学キャパシタの種類別—研究者所属機関国籍別論文発表件数（国際的な主要論文誌）

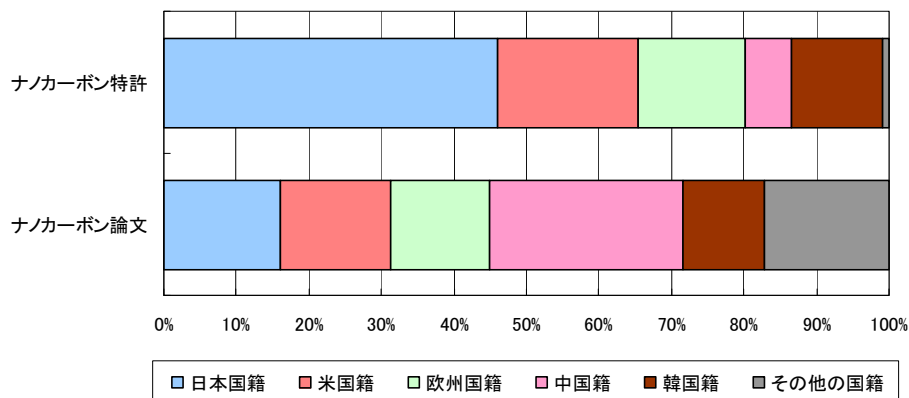


第 4 節 注目研究開発テーマの論文発表動向と特許出願動向の関係

1. ナノカーボン（活物質材料）

ナノカーボンに関する論文の研究者所属機関国籍別発表件数比率と特許出願の出願人国籍別出願件数比率を比較して図 3-6 に示す。特許出願では日本国籍出願人の比率が半数近くを占め最も多いが、論文発表では中国籍の研究機関の比率が最も多い。

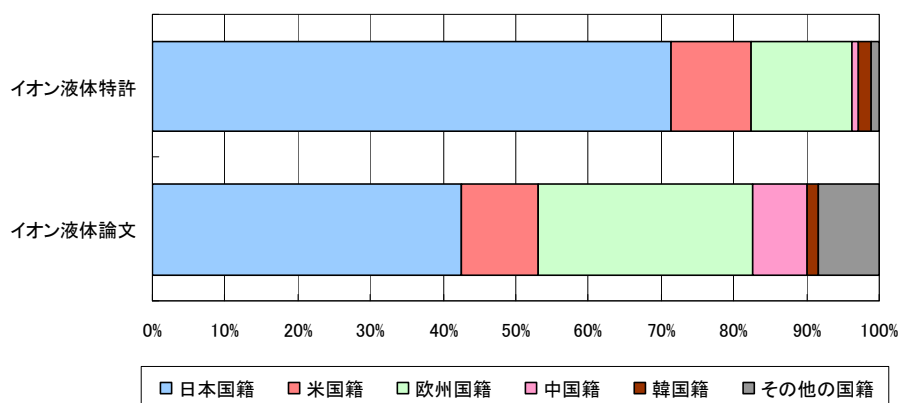
図 3-6 ナノカーボンに関する特許出願件数と論文発表件数の国籍別比率の比較



2. イオン液体（電解質）

イオン液体に関する論文の研究者所属機関国籍別発表件数比率と特許出願の出願人国籍別出願件数比率を比較して図 3-7 に示す。特許出願では日本国籍出願人の比率が 70%以上を占めて最も多いが、論文発表では日本国籍の研究機関の比率が 40%強にとどまっており、欧州国籍の研究機関の比率が 30%近くある。

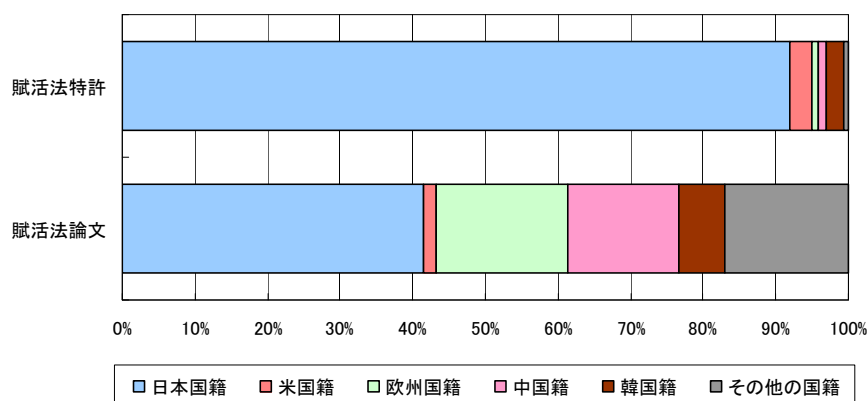
図 3-7 イオン液体に関する特許出願件数と論文発表件数の国籍別比率の比較



3. 賦活法（活物質の製造法）

活物質の賦活法（製造法）に関する論文の研究者所属機関国籍別発表件数比率と特許出願の出願人国籍別出願件数比率を比較して図 3-8 に示す。特許出願では日本国籍出願人の比率が 90%以上を占めて最も多いが、論文発表では日本国籍の研究機関の比率が 40%強にとどまっており、欧州国籍と中国籍の研究機関がそれぞれ十数%を占めている。また、韓国籍の研究機関の比率も、特許出願における韓国籍出願人の比率より多い。

図 3-8 賦活法に関する特許出願件数と論文発表件数の国籍別比率の比較



第4章 電気化学キャパシタに関する産業政策動向調査

第1節 日本の産業政策

政府の産業政策の一環として日本の蓄電池及び蓄電システムの開発が本格的に始まったのは、1980年から1991年まで行われた「新型電池電力貯蔵システムの研究開発」（いわゆるムーンスライト計画）からである。この計画によって電力貯蔵・負荷平準化用途の蓄電システムの開発が始まり、次いで1992年から2001年までの「分散型電池電力貯蔵技術開発」（通称LIBES、いわゆるニューサンシャイン計画）により、太陽光をはじめとする様々な分散型の電力源の平準化・安定活用を目的としたリチウムイオン電池の開発が本格的に始まった。また時を同じくして脱石油・電気自動車化の流れが急速に進み、自動車用途の蓄電システムの開発がリチウムイオン電池を中心として立ち上がった。このような技術開発の流れを考慮して電気化学キャパシタの技術開発の方向を大別すると、（1）①負荷平準化用途や②自動車用途等において、他の蓄電システムと組み合わせて実証検討を行う開発プロジェクトと、（2）活性炭、ナノカーボン等新規の電極や新規の材料及びそれらを用いたキャパシタ性能の開発プロジェクトの2つの方向がある。我が国の開発政策で選ばれる研究テーマもこのいずれかにあたる。

以下に、関連する主な開発プロジェクト名、推進母体、実施期間及び実施機関を示す。

1. 他の蓄電システムと組み合わせて実証検討を行う開発プロジェクト

①負荷平準化用途

- ・「負荷平準化用キャパシタシステムの実証調査」NEDO（1997～1999年度）実施機関：エネルギー総合工学研究所、パワーシステム
- ・「分散型エネルギーシステムの平準化基盤技術研究開発」産総研（2003～2006年度）実施機関：産業技術総合研究所（以下この章では、産総研とする。）
- ・「系統連系円滑化蓄電システム技術開発」NEDO（2006～2010年度）実施機関：日清紡績
- ・「太陽光発電システム等高度化系統連系安定化技術国際共同実証開発事業／マイクログリッド高度化系統連系安定化システム実証研究（PV＋補償装置）」NEDO（2008年11月から）実施機関：清水建設
- ・「太陽光発電システム等出力安定化制御技術実証開発（PV＋小水力＋キャパシタ）」NEDO（2007～2010年度）実施機関：沖縄電力
- ・「蓄電複合システム化技術開発」NEDO（2010～2014年度）実施機関：多数の企業、大学、研究機関が参画している。
- ・「リチウムイオンキャパシタを適用した太陽光発電の出力安定化に関する技術開発」NEDO（2010～2011年度）実施機関：環境総合研究所、アドバンスト・キャパシタ・テクノロジーズ、早稲田大学

②自動車用途

- ・「ハイブリッド電気自動車用レドックススーパーキャパシタの研究開発」NEDO（1996年度）実施機関：電子技術総合研究所（現産総研）、埼玉工業大学、三井造船
- ・「キャパシタハイブリッドCNGバスの開発」NEDO（1997～2001年度）実施機関：日産ディ

ーゼル工業（現 UD トラックス）

・「自動車用キャパシタに関する標準化事業」NEDO（2005～2009 年度）実施機関：日本自動車研究所

2. キャパシタ用電極・材料及びそれらを活用した高性能キャパシタの開発プロジェクト

・「新規電解液を用いるハイパワー電気二重層キャパシタに関する研究」NEDO（1999～2002 年度）実施機関：関西大学、東洋紡、ダイソー

・「炭素三重結合を起源とする大容量電気化学キャパシタ用多孔性炭素材料の開発」NEDO（2000～2003 年度）実施機関：群馬大学

・「高効率パワーキャパシタとエネルギー貯蔵の研究開発」NEDO（2001～2003 年度）実施機関：パワーシステム

・「異種元素導入による電気化学キャパシタ用高性能炭素電極の開発」NEDO（2001～2004 年度）実施機関：産総研

・「フラーレン・スーパーキャパシタの開発」NEDO（2002～2005 年度）実施機関：静岡大学

・「高ステージインターカレーション反応系大容量キャパシタ炭素電極の開発」産総研（2004～2007 年度）実施機関：産総研

・「将来型電気エネルギー社会を支えるキャパシタ型蓄電システムの開発」文部科学省（2004～2008 年度）実施機関：関西大学を中心に企業 3 社、ベンチャー 1 社

・「CNT（カーボンナノチューブ）応用大容量キャパシタの製造技術の開発」財団法人地球環境産業技術研究機構（RITE:Research Institute of Innovative Technology for the Earth）（2004～2006 年度）実施機関：日立造船、利昌工業

・「疑似二重層容量を利用したスーパーキャパシタの開発」NEDO（2005～2007 年度）実施機関：信州大学

・「活性炭の高性能化技術開発」経済産業省製造産業局繊維課（2005～2007 年度）実施機関：クラレケミカル

・「炭素系電気化学キャパシタの高電圧化」NEDO（2006～2009 年度）実施機関：群馬大学

・「光蓄電型電気化学キャパシタの高性能化の研究開発」科学技術振興機構（JST）（2006～2008 年度）実施機関：ペクセルテクノロジーズ、東京大学

・「カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト」NEDO（2006～2010 年度）実施機関：日本ゼオン、日本ケミコン、産総研、東京農工大学、岡山大学

・「ハイブリッドナノカーボン電極による水系電気化学スーパーキャパシタの開発」NEDO（2008～2011 年度）実施機関：大分大学、産総研、NEC トーキン、東洋炭素

・「電気エネルギー高効率利用社会を実現する新材料技術の開拓」文部科学省（2009～2013 年度）実施機関：関西大学

・「次世代リチウムイオンキャパシタ（LIC）の実用化開発」NEDO（2010～2012 年度）実施機関：JSR、東京エレクトロン、イビデン

第2節 外国の産業政策

1. 米国の産業政策

2009年4月、バラク・オバマ政権による「2009年アメリカの経済回復・再投資法」の一環として、アメリカ合衆国エネルギー省（United States Department of Energy：DOE）が発表したスマートグリッド計画における「スマートグリッド実証イニシアチブ」（6億1,500万ドル）に「ウルトラキャパシタの実証テスト」が盛り込まれた。

また、2009年8月には、総額24億ドルの車載用二次電池関連の資金供与がDOEから発表されており、この中に、「ウルトラキャパシタ用の高密度ナノカーボンの製造」として、EnerG2 Inc.に21百万ドルが供与された。

さらに、2009年10月、同じくDOEの「野心的エネルギー研究プロジェクト」において、マサチューセッツ工科大学（MIT）による、電極にカーボンナノチューブを用いた「カーボンナノチューブウルトラキャパシタ」に関するプロジェクトが助成対象に選ばれた。助成金は5.3百万ドルである。

2. 欧州の産業政策

欧州では、欧州連合の研究開発プロジェクト（Frame Work Project）のFP6（2002年から2006年度）の中で、「HyHEELS プロジェクト（Hybrid High-Energy Electrical Storage：ハイブリッド高エネルギー電気貯蔵装置）」及び「ILHYPOS プロジェクト（Ionic Liquid-based Hybrid Power Supercapacitors：イオン液体を用いたハイブリッドパワースーパーキャパシタ）」の2つの研究開発プロジェクトが行われた。いずれも2006年から開始されたFP7に引き継がれており、共に2008年度に終了している。

3. その他

韓国では、2004年から5年間の計画で政府主導の大型国家プロジェクトが開始され、高容量型のリチウム二次電池及び電気二重層キャパシタの開発が行われてきた。また、2005年には韓国電気研究院と企業数社とで自動車向けの電力変換システム用のフィルムキャパシタの国産化を目指した共同開発が始まっている。

オーストラリアでは、連邦科学産業研究機構（CSIRO）が従来の鉛蓄電池の負極に非対称キャパシタを電極レベルで組み込んだウルトラバッテリーを発明し、日本の古河電池との共同開発で実用化と量産化に向けた検討が行われている。

第5章 電気化学キャパシタの市場動向

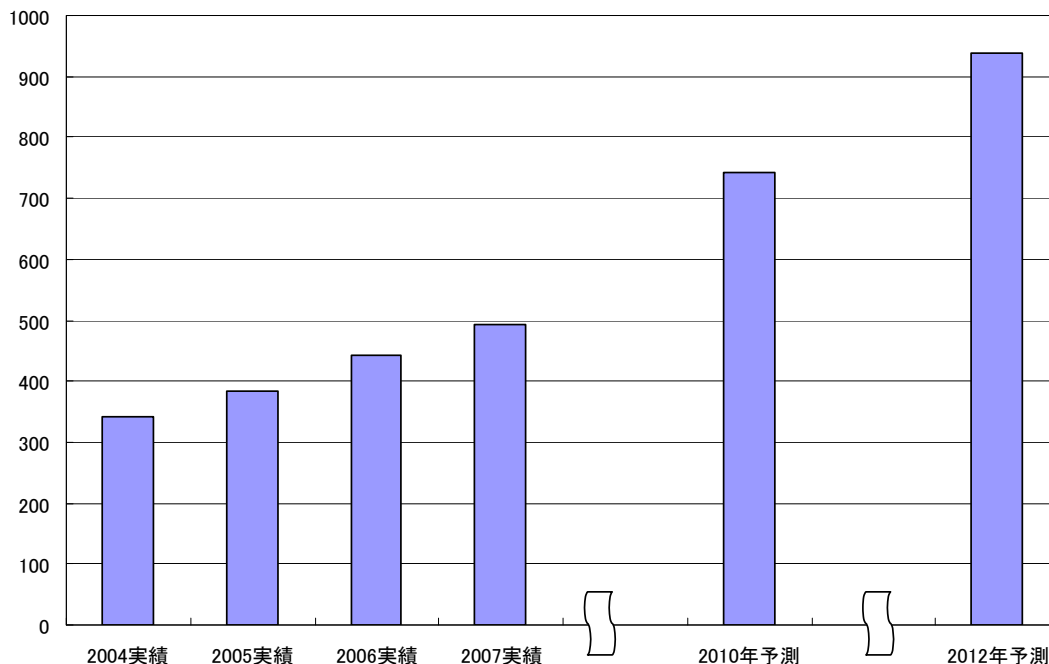
第1節 電気化学キャパシタの世界市場

電気化学キャパシタのうち、電気二重層キャパシタの金額ベースの世界市場推移を図5-1に示す⁵⁾。2004年から2007年までは実績、2010年及び2015年については予測である。

電気二重層キャパシタの世界市場（金額ベース）は、2004年には約341億円であったが、2007年には約492億円（前年比で11.6%増）に拡大した。2007年は世界的な電子機器・電子部品産業の好況を受けて、携帯電話やデジタルカメラ等の携帯機器用途の電気二重層キャパシタの需要が増加した。また、自動車分野においても安全性・快適性を追及する形で電装化が一段と進み、バッテリーアシストや非常電源用キャパシタに用いられる電気二重層キャパシタの需要が拡大した。

このように、2007年における電気二重層キャパシタの世界市場（金額ベース）は490億円に拡大し、生産数量は12億個に達したが、さらに、2010年には金額で740億円、数量で20億個、2012年には金額で939億円、数量で27億個に達するであろうと予測されている。この間の平均年間成長率は約17%と予測されており、電気二重層キャパシタ市場は、2007年以降も年15%前後の伸び率が見込まれている。

図5-1 電気二重層キャパシタの世界市場推移（金額ベース）
億円



出典：産業情報調査会「2008年版 電気二重層キャパシタ市場」

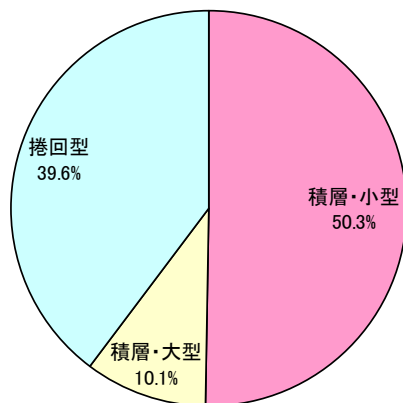
⁵⁾ 電気化学キャパシタで製品化されているもののほとんどが電気二重層キャパシタであり、リチウムイオンキャパシタが2006年～2007年頃から量産化が始まったところである。ここでは、電気二重層キャパシタを主体に電気化学キャパシタ市場を俯瞰する。

第2節 電気化学キャパシタの種類別生産動向

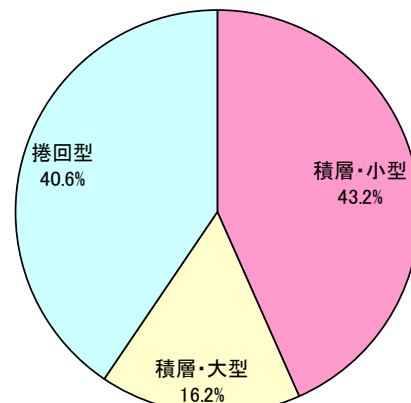
2007年における電気二重層キャパシタの種類別生産動向（金額ベース、実績）と、2012年における種類別生産動向（金額ベース、予測）を図5-2に示す。

電気二重層キャパシタの種類別の生産動向は、2007年には積層・小型が約50%を占め最も多かったが、2012年には約43%に減少すると予想されている。一方、積層・大型は2007年の約10%から2012年には約16%へと大幅な増加が予想されている。また、巻回型は2007年の約40%から2012年の約41%へと横ばいから若干の増加が予測されている。

図5-2 電気二重層キャパシタの種類別生産動向
2007年実績（金額ベース）



2012年予測（金額ベース）



出典：産業情報調査会「2008年版 電気二重層キャパシタ市場」

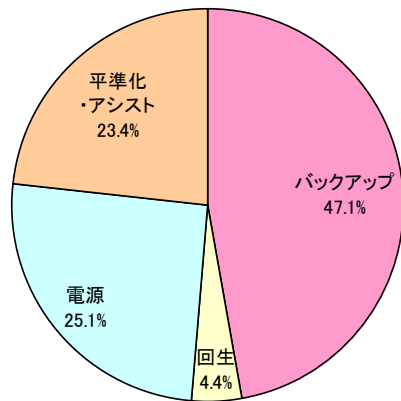
第3節 電気化学キャパシタの用途別生産動向

電気二重層キャパシタの用途は、バックアップ、回生、電源、平準化・アシストの四つの用途に大別される。

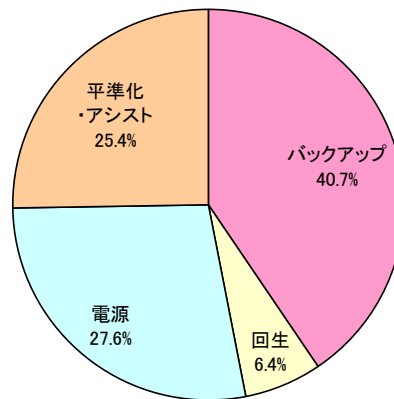
2007年における電気二重層キャパシタの用途別生産動向（金額ベース、実績）と、2012年の用途別生産動向（金額ベース、予測）を図5-3に示す。

2007年では、バックアップ用途が主体で約47%と最も多く、次いで、電源用、平準化・アシスト用と続いていたが、2012年にはバックアップ用途は約41%に減少し、電源用が約25%から約28%へ、平準化・アシスト用が約23%から約25%へ増加すると予想されている。回生用も約4%から約6%への増加が予想されている。

図 5-3 電気二重層キャパシタの用途別生産動向
2007 年実績（金額ベース）



2012 年予測（金額ベース）



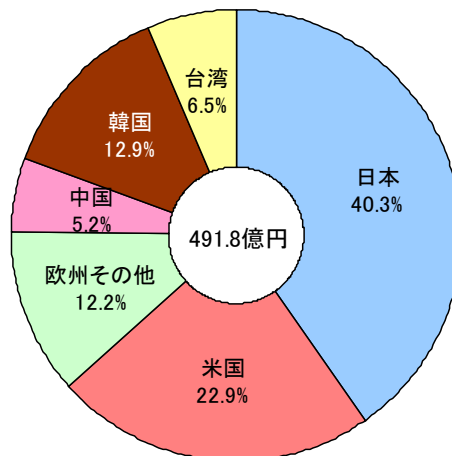
出典：産業情報調査会「2008 年版 電気二重層キャパシタ市場」

第 4 節 電気化学キャパシタの国別生産比率

電気二重層キャパシタの国籍別世界市場シェア（2007 年：金額、生産ベース）を図 5-4 に示す。

2007 年における電気二重層キャパシタの国籍別世界市場シェアは、日本国籍のメーカーが約 40%を占め、次いで、米国籍のメーカーが約 23%を占めている。以下、韓国籍が約 13%、欧州その他の国籍が約 12%、台湾籍が約 7%、中国籍が約 5%と続いている。

図 5-4 電気二重層キャパシタの国籍別世界市場シェア（2007 年、金額ベース）



出典：産業情報調査会「2008 年版 電気二重層キャパシタ市場」

日本メーカーは、これまでバックアップ用途の積層・小型を中心に、携帯電話やデジタルカメラ等の小型電子機器の市場拡大に伴って成長を続けてきた。しかし、今後は、自動車、産業分野の電力回生、アシスト用途の大容量製品が注目される。特に、自動車向けの大容量市場は、ハイブリッド車や電気自動車、燃料自動車の実用化とともに、本格的な拡大が期待されている。

各国のキャパシタ市場に目を向けると、米国におけるキャパシタ市場は、金額・数量とも

年率 20%前後の成長を続けている。用途別にみた場合、自動車用、産業用（建設機械、自然エネルギー発電）、軍事用（電子機器の電源、バックアップ）等の市場が大きく、小型電子機器中心の日本と比べて大容量品の需要が大きいとみられる。欧州市場も米国市場と同様、巻回型や積層型の大容量品の需要が大きいのが特色である。用途別では、産業用や自動車用、自然エネルギー発電用の回生、アシスト用途の割合が大きい。

国籍別に電気二重層キャパシタメーカーの動向をみると、中国メーカーによる電気二重層キャパシタの生産は、この数年間、年率 30%前後の大幅な伸び率を示している。中国では、2005 年以降に市場に参入したメーカーが多く、急激な生産の拡大が続いているようである。今後も年率 30%～50%の拡大が続くと期待されている。

韓国メーカーによる電気二重層キャパシタの生産は、小・中容量の巻回型の比率が高い。生産数量では、積層・小型と巻回型が中心で生産の 90%以上を占めるとみられている。用途別では、携帯機器のバックアップが中心であるが、現在、各メーカーは自動車用の大容量品（積層、巻回型）の開発を進めており、今後、回生、アシスト用市場も拡大していくと予想されている。

台湾メーカーは、積層・小型と巻回型の電気二重層キャパシタの生産が中心で、積層の大型品はほとんど生産されていない。用途別では現地生産のパソコンや小型電子機器向けのバックアップ用が多いとみられている。

第6章 総合分析

第1節 特許出願動向調査の総括

電気化学キャパシタに関する特許出願動向を調査した結果、以下の特徴がみられた。

- ・特許出願件数は、2000年頃から増加し始め、2005年まで増加傾向を示している。出願年（優先権主張年）が1988年から2008年の全調査期間において、日本国籍出願人による出願件数が75.1%を占めており、日本国籍出願人が他の国籍出願人を圧倒している（図2-1）。
- ・出願先国別の出願件数では、日本国籍出願人は日本への出願で93.4%を占めているだけでなく、米欧中韓への出願においても半数前後を占めている（図2-4～図2-8）。
- ・電気化学キャパシタの種類別では、どの種類においても日本国籍出願人による出願が最も多いが（図2-13）、レドックスキャパシタでは米国籍出願人が先行して出願しており、2006年以降は中国籍や韓国籍出願人の出願件数が増えている（図2-15）。

第2節 研究開発動向調査の総括

電気化学キャパシタに関する研究開発動向を調査した結果、以下の特徴がみられた。

- ・電気化学キャパシタに関する論文の発表件数は、2000年以降顕著に増加し、2008年から2009年においても増加傾向を維持している（図3-1）。
- ・研究者所属機関国籍別では、全調査期間では日本国籍の研究機関による発表件数が21.6%を占めて最も多いが、2006年以降は中国籍とその他の国籍の研究機関による発表が急増している（図3-1、図3-3）。
- ・特許出願件数と比較すると、論文発表件数は特許出願件数の数分の1程度である。特許出願の件数が増加し始めた時期は、論文発表件数のそれよりも早く、企業からの出願を主体とした特許出願が先行した分野である（図3-2）。

第3節 政策動向調査の総括

- ・電気化学キャパシタの技術開発に関する国家プロジェクトは、日本では多数行われており、負荷平準化用途や自動車用途、新材料の探索等のテーマで、きめの細かい施策が行われている。
- ・米国、欧州、韓国及びオーストラリアでもそれぞれ国家プロジェクトが進められているが、日本のプロジェクトと比較して、注目されるものは少ない。

第4節 市場動向調査の総括

- ・電気化学キャパシタの中で、すでに市場が形成されているのは電気二重層キャパシタのみであり、レドックスキャパシタやリチウムイオンキャパシタは、まだ市場が形成されるに至っていない。
- ・電気二重層キャパシタの世界市場は、2007年において500億円程度、2012年には900億円程度に拡大すると予測されている（図5-1）。
- ・電気二重層キャパシタの用途は、バックアップが主体で約47%と最も多く、次いで、電源用、平準化・アシスト用と続いている（図5-3）。
- ・2007年における電気二重層キャパシタの国籍別生産比率は、日本籍のメーカーが約40%を占め、次いで、米国籍のメーカーが約23%を占めている。以下、韓国籍が約13%、欧州その他の国籍が12%、台湾籍が約7%、中国籍が約5%と続いている（図5-4）。

第5節 電気化学キャパシタに関する提言

電気化学キャパシタの技術分野において、我が国の競争優位性拡大のため、日本が取り組むべき課題を整理し、日本が目指すべき研究開発、技術開発の方向性について、以下の事項を提言する。

提言1.

事業の利益を確保して市場シェアの拡大に結び付けるために、経営戦略と特許戦略とを結び付け、研究開発における成果物を経営戦略とのズレが生じないように権利化することによって、事業の優位性を創り出していくことが望まれる。

電気化学キャパシタは特許出願件数、論文発表件数とも右肩上がりであり、伸びている技術分野であり、特許出願件数では、日本国籍出願人による特許出願が全体の約75%を占めており、米国籍、欧州国籍、中国籍、韓国籍、その他の国籍の出願人を圧倒している（図2-1、図3-1。2007年と2008年の特許出願件数の低減は、データベースの収集状況に起因するものと考えられる。）

一方、電気化学キャパシタ市場に目を向けてみると、電気化学キャパシタ分野全体では、日本勢のシェアは約40%と首位を維持している（図5-4）。しかし、自動車や自然エネルギーのための電力貯蔵用等の産業分野に用いられる大容量キャパシタ市場では海外勢が先行している等、電気化学キャパシタ分野全てにおいて日本勢が優位な立場にあるわけではない。このように、日本国籍出願人の特許出願件数は圧倒的な件数を占めているのにもかかわらず、その勢いが日本勢の市場シェアに十分反映されていない一因としては、経営戦略と特許戦略との間にズレが生じている可能性や、特許権を取得すること自体が目的となっている可能性が考えられる。特に大容量キャパシタは、今後市場拡大が期待される分野であることから、こういった分野における高い市場シェアを獲得すべく、新たなニーズや用途を掘り起こすマーケティング戦略等の経営戦略と、日本市場のみならず海外市場への展開を視野に入れた特許戦略を適切に結び付けることが求められているのである。

したがって、事業の利益を確保して市場シェア拡大に結び付けるために、経営戦略と特許戦略とを結び付け、研究開発における成果物を経営戦略とのズレが生じないように権利化することによって、事業の優位性を創り出していくことが望まれる。

提言 2.

国際競争力を高めるために、企業は、大学・研究機関等との共同研究・共同特許出願を一層積極的に行い、大学・研究機関等との研究成果を権利化することによって、活発に行われている大学・研究機関等の研究成果を特許の分野に反映させて取り込むことが望まれる。同様に、大学・研究機関等においても、企業との共同研究等を一層積極的に行って連携を深め、研究成果を特許の分野に十分に反映させるとともに、研究成果と企業ニーズをマッチングさせることが望まれる。

日本の大学・研究機関等に属する日本国籍の研究者が行う論文発表の件数は、米国、欧州、中国、韓国、その他の国（台湾、インド等）と比較して多いことから、米国、欧州、中国、韓国、その他の国以上に電気化学キャパシタの研究開発が活発に行われていることが分かる（図 3-1）。

一方、特許出願の出願件数では、日本国籍出願人による出願が、米国籍、欧州国籍、中国国籍、韓国国籍、その他の国籍の各出願人によるものに対して圧倒的に多いが、日本の大学・研究機関等が関連する出願の比率が他国に比べて低いことから（図 2-11）、我が国の大学・研究機関等で活発に行われている研究成果が権利化されず、特許の分野で十分に反映されていないと考えられる。この原因の一つとしては、研究成果の実用性及び将来性の判断が大学・研究機関等単独では難しく、権利化までの費用負担等が大きいことが挙げられる。

国際競争力を高めるためには、研究開発のスピードを向上させてその成果を適切に保護することが重要なポイントの一つである。企業が、大学・研究機関等と共同研究・共同特許出願を行って、大学・研究機関等の研究成果を活用することは、企業の研究開発のスピードの向上に大きく寄与すると考えられる。大学・研究機関等においても、企業との連携を積極的に図ることで研究成果の実用性及び将来性を判断する際の材料が増え、また、権利化までの費用負担等を軽減することができ、これまで以上に研究成果を特許の分野に十分に反映させることが可能になると考えられる。さらに、共同研究によって企業ニーズを把握することは、研究成果と企業ニーズのマッチングにも大きく寄与すると考えられる。

これらから、企業は、大学・研究機関等との共同研究・共同特許出願を一層積極的に進めることで大学との連携を深め、大学・研究機関等との研究開発の成果を権利化して特許の分野に反映させることが望まれる。同様に、大学・研究機関等においても、企業との共同研究等を一層積極的に行って連携を深め、研究成果を特許の分野に十分に反映させるとともに、研究成果と企業ニーズをマッチングさせることが望まれる。

提言 3.

電気化学キャパシタの世界市場において電気二重層キャパシタの産業分野だけでなく、新たに立ち上がると予想されているレドックスキャパシタやリチウムイオンキャパシタを含むハイブリッドキャパシタの産業分野においても大きなシェアを獲得するために、我が国の企業は各国の産業分野ごとの現在の研究開発状況を把握するとともに、産業分野ごとの市場動向を調査し、これを経営戦略及び特許戦略に反映させ、さらに研究開発にフィードバックさせることが望まれる。

レドックスキャパシタやリチウムイオンキャパシタを含むハイブリッドキャパシタの産業分野は、近年、エネルギー密度の向上等を目的として研究が盛んに行われており（図 2-17）、市場が立ち上がりつつある産業分野である。これに対して、電気二重層キャパシタの産業分野は、レドックスキャパシタやリチウムイオンキャパシタを含むハイブリッドキャパシタの産業分野よりも以前から研究が盛んに行われており（図 2-15）、エネルギー密度の向上はもとより、低コスト等の製造技術の改善といったこと等を課題とした研究も多くなされ、市場の動向によって研究課題が変化していると認められる。

研究開発の状況を概観すると、日本は、電気化学キャパシタの種類別の論文発表件数において、電気二重層キャパシタの分野の論文発表数が7割を占めており、特許出願件数においても、米国籍、欧州国籍、中国籍、韓国籍、その他の国籍の出願人を圧倒しており、電気二重層キャパシタの分野の研究開発が積極的に行われていることが分かる（図 3-5）。一方、中国籍及び韓国籍の研究機関では、レドックスキャパシタの分野の論文発表件数の割合がいずれも4割を超えて最も多く、レドックスキャパシタの分野の研究開発が積極的に行われていることから（図 3-5）、市場が立ち上がりつつある産業分野の研究開発を積極的に行っており、国ごとに研究開発が積極的に行われている分野が異なっていることが分かる。

そして、出願先国別件数においては、近年は各国とも中国、韓国への出願が増加していることから（図 2-16）、中国及び韓国が市場及び製造・販売の重要な拠点の一つであるという認識の下、積極的な経営戦略を展開していることが分かる。

したがって、世界市場において電気二重層キャパシタの産業分野だけでなく、新たに立ち上がると予想されているレドックスキャパシタやリチウムイオンキャパシタを含むハイブリッドキャパシタの産業分野においても大きなシェアを獲得するために、我が国の企業は各国の産業分野ごとの現在の研究開発状況を把握するとともに、産業分野ごとの市場動向を調査し、これを経営戦略及び特許戦略に反映させ、さらに研究開発にフィードバックさせることが望まれる。