

平成20年度 特許出願技術動向調査報告書

電気推進車両技術 (要約版)

<目次>

第1章 電気推進車両技術の概要.....	1
第2章 特許動向調査.....	8
第3章 研究開発動向調査.....	30
第4章 政策動向調査.....	38
第5章 市場環境調査.....	39
第6章 提言.....	43

平成21年4月

特 許 庁

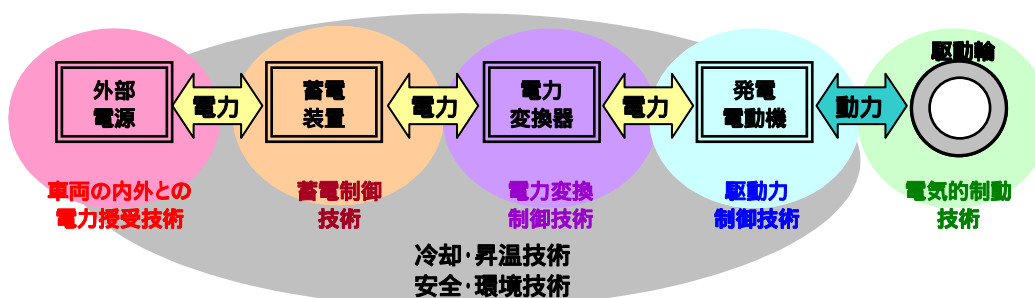
問い合わせ先
特許庁総務部企画調査課 技術動向班
電話：03 - 3581 - 1101 (内線2155)

第1章 電気推進車両技術の概要

電気推進車両の基本構成は第1-1図に示す通り、蓄電装置、電力変換器、発電電動機、駆動輪から成り、発電機能を備えない電気推進車両に関しては外部電源が必須となる。上記構成から成る電気推進車両を走行させる為の要素技術は、「駆動力制御技術」「電氣的制動技術」「電力変換制御技術」「蓄電制御技術」「車両の内外との電力授受技術」「冷却・昇温技術」「安全・環境技術」に大別できる。電気推進車両の車両種別としては、電気自動車、ハイブリッド自動車（シリーズハイブリッド、パラレルハイブリッド、シリーズ・パラレルハイブリッド）、燃料電池自動車、鉄道用電気車両、作業車（フォークリフト、建設作業車、農作業車）、カート、車椅子等が挙げられる。

これら電気推進車両のうち、鉄道用電気車両、フォークリフト、カート、車椅子は古くから実用化されており、運輸・旅客業、製造業、医療・福祉産業等に広く普及している。電気自動車、ハイブリッド自動車、燃料電池自動車は近年の原油価格高騰の影響や温室効果ガス排出削減への対応策として市場では大きな注目を浴びており、特にハイブリッド自動車は一般ユーザをはじめ、運輸・旅客業、官公庁の公用車、民間企業の社用車等に急ピッチで普及している。

第1-1図 電気推進車両の基本構成



現在、電気推進車両の中で著しく技術の発展を遂げているのはハイブリッド自動車や燃料電池自動車である。ハイブリッド自動車は1997年に量産車が発売されて以降、現在では複数の自動車メーカーから発売され、急速な普及を遂げている。また、未だハイブリッド自動車の生産台数の少ない自動車メーカーにおいても、各社、多種多様なハイブリッド自動車の開発に注力しており、ハイブリッド自動車の開発や市場シェア拡大は今後も当分続くものと予測される。

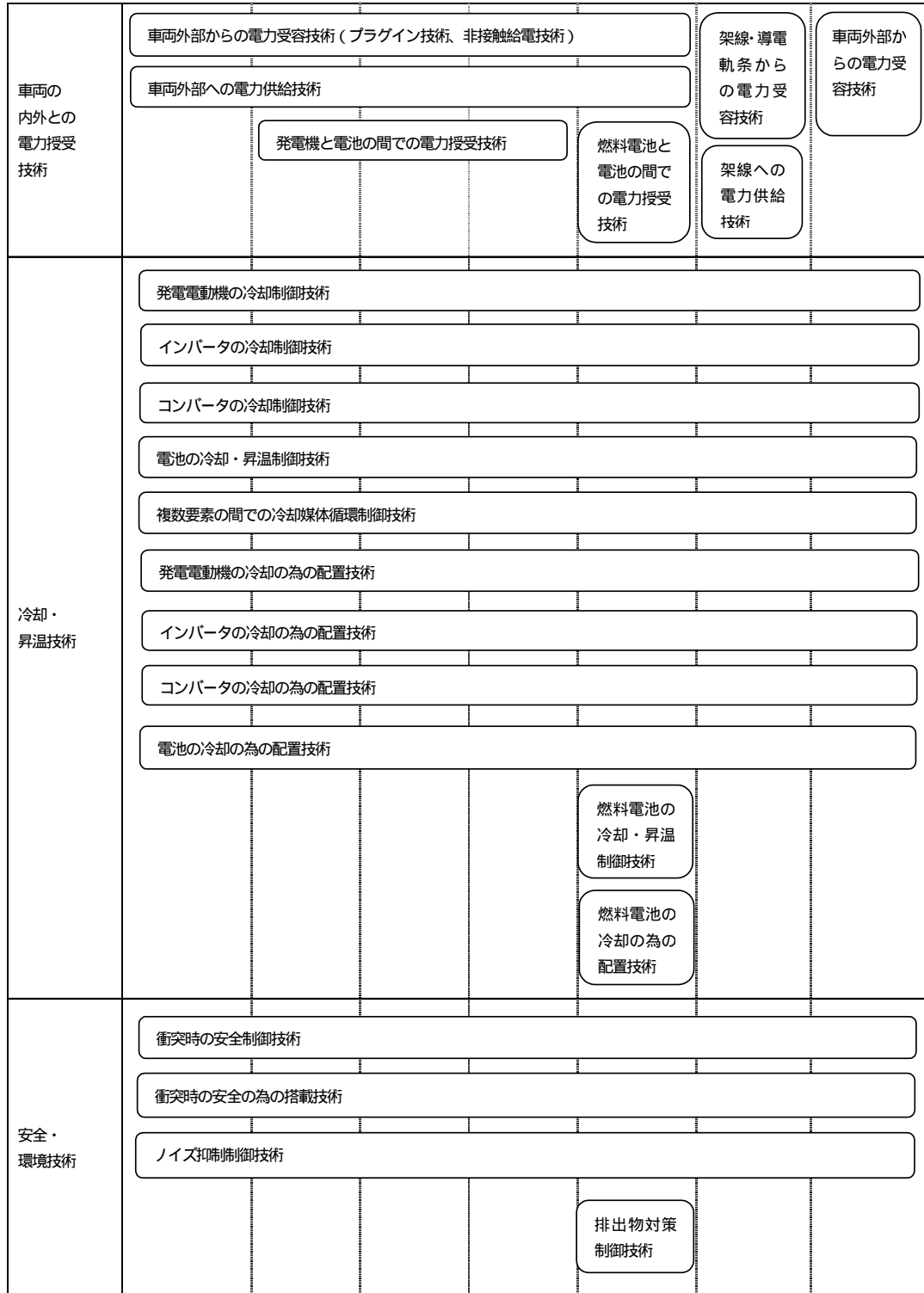
燃料電池自動車は“究極のエコカー”として呼び声が高いが、コストや水素貯蔵技術、インフラ整備、氷点下起動等、実用化・普及に向けての課題が多く、実際に実用化・普及に至るのは2015年頃と言われている。なお、上述のハイブリッド自動車と燃料電池自動車は、二次電池、電力変換器、電動機等で共通する要素が多く、ハイブリッド自動車の開発で培った技術は燃料電池自動車の開発にも大きく貢献している。

これらハイブリッド自動車や燃料電池自動車は、原油価格が高騰する中、燃料コスト低減を目的として注目が集まっている。また、地球温暖化抑制への取り組みとして、企業のイメージアップ戦略に利用される風潮も見受けられる。

電気推進車両技術の技術俯瞰図を、第1-2図に示す。

第 1-2 図 電気推進車両技術の技術俯瞰図

技術区分	車両種別	ハイブリッド自動車			燃料電池自動車	鉄道用電気車両	作業車/カート/車椅子/その他
		電気自動車	シリーズ	パラレル			
駆動力制御技術		電動機のトルク・回転速度制御技術					
		各車輪への駆動力配分技術					
		変速制御					変速制御
		電動機の保護技術(過電圧、過電流、過負荷、温度)					
		電動機と燃焼機関間の駆動力配分技術					
電氣的制動制御技術		回生制動技術(回生不可能時の制御技術、回生制動と機械的制動の併用技術、主電池以外の電源への回生技術)				発電制動技術	
						回生制動技術	
		回生制動と機関ブレーキの併用技術				電氣的制動と機械的制動の併用技術	
電力変換制御技術		インバータ制御技術(PWM制御技術、過変調PWM制御技術、矩形波制御技術)				VVVF制御技術	PWM制御技術
		コンバータ制御技術(昇圧制御技術、降圧制御技術)					
		電力変換器の保護技術(過電圧、過電流、過負荷、温度)					
		漏電抑制技術					
蓄電制御技術		電池のSOC制御技術(SOC検出制御技術、上下制限制御技術、均等化制御技術、劣化抑制技術)					
		ナビゲーション装置との連携技術					
		補機用電池関連技術(補機用電池を車両駆動電源として用いる技術、補機用電池と主電池との間の電力授受技術)				補機用電池関連技術	
		電池の保護技術(過電圧、過電流、過負荷、温度)					



本調査では、第 1-2 図の技術俯瞰図に示したように、電気推進車両技術の「駆動力制御技術」「電氣的制動技術」「電力変換制御技術」「蓄電制御技術」「車両の内外との電力授受技術」「冷却・昇温技術」「安全・環境技術」を主な調査対象としている。電気推進車両を用いた関連産業、関連ビジネスは調査対象から除外する。また、充電ステーションや水素ステーション等、インフラに関係する技術やビジネスモデル等も調査対象から除外するものとする。

電気推進車両技術の技術内容を解析するため、第 1-2 図の技術俯瞰図に基づいて第 1-1 表に示す電気推進車両技術の技術区分と第 1-2 表に示す電気推進車両技術の車両種別を設定した。大区分として「発電電動機の制御技術」、「電力制御技術」、「電氣的制動技術」、「冷却技術」、「安全・環境技術」を設定し、前述の技術区分に含まれない技術を「その他」としている。大区分は、更に中区分、小区分の技術区分を設けている。

電気推進車両の主要な要素技術である「発電電動機の制御技術（大区分）」、「インバータ・コンバータ技術（中区分）」、「電池制御技術（中区分）」は、基本的に制御技術を対象としているが、例外的に下位の技術区分である「発電電動機（ハード）」、「インバータ・コンバータ技術（ハード）」、「電池（ハード）」を設けている。ハード関連に特徴を有する特許および論文情報については、これらのハードの技術区分としている。

電気推進車両技術の車両種別は、第 1-2 表に示すように「電気自動車」、「ハイブリッド自動車」、「燃料電池自動車」、「鉄道用電気車両」、「作業車／カート／車椅子／その他」としている。なお、リニアモーターカーは、調査対象から除外するものとする。

第 1-1 表 電気推進車両技術の技術区分 (1 / 3)

大区分	中区分	小区分	
発電電動機の制御技術	駆動力配分技術	発電電動機とそれ以外の駆動力源との間での駆動力配分技術	
		複数の発電電動機の間での駆動力配分技術	
		発電電動機とエンジンとの間での駆動力配分技術 (エンジン側の制御技術)	
		変速時の駆動力配分技術	
		車両の各車輪への駆動力配分技術	
		変速制御技術	
	インバータ・コンバータ技術	昇降圧制御技術	
		P W M 制御技術	
		過変調 P W M 制御技術	
		矩形波制御技術	
		インバータ・コンバータ故障時制御技術 (故障検出を含む)	
		漏電制御技術	
		V V V F 制御技術	
		上記以外のインバータ・コンバータ技術	
	回転速度制御技術	インバータ・コンバータ技術 (ハード)	
		起動時のトルク変動制御技術	
		トルク変動制御技術 (起動時以外)	
		過渡状態での車体揺動制御技術	
		ギヤ機構での歯打ち音防止技術	
		制限トルク算出技術	
	保護技術	目標要求トルク算出技術	
		発電電動機故障時制御技術	
		過電圧	
		過電流	
	上記以外の発電電動機の制御技術	過負荷	
		温度	
		発電電動機 (ハード)	

第 1-1 表 電気推進車両技術の技術区分 (2 / 3)

大区分	中区分		小区分	
電力制御技術	電池制御技術	電池のSOC制御技術	SOC検出制御技術	
			上下制限制御技術	
			均等化制御技術	
			ナビゲーション装置との連携技術	
			電池の劣化制御技術	
			温度制御技術	
			負荷への充放電制御技術	
			上記以外のSOC制御技術	
		複数の主電池の協調制御技術		
		補機用電池関連技術	補機用電池を車両駆動電源として用いる技術	
			補機用電池と主電池との間の電力授受技術	
		電池の故障検出・故障対応技術		
		リチウムイオン電池の制御技術		
		ニッケル水素電池の制御技術		
	電池(ハード)			
	上記以外の電池制御技術			
	車両の内外との電力授受技術		車両外部からの電力受容技術(プラグイン技術)	
			車両外部への電力供給技術	
			車両搭載発電機と車両搭載電池との間での電力授受技術	
	発電機の発電出力制御技術(ハイブリッド自動車特有)			
	燃料電池の発電出力制御技術(燃料電池自動車特有)			
発電電動機以外の電力系統の保護技術		過電圧		
		過電流		
		過負荷		
		過温度		
電源起動技術				
電源回路技術				
航続距離向上技術(電池対象を含む)				

第 1-1 表 電気推進車両技術の技術区分 (3 / 3)

大区分	中区分	小区分
電氣的制動技術	回生制動技術	回生トルク制御技術
		回生不可能な場合の制御技術
		車両の主電池とは異なる電源へ回生する技術
	発電制動技術	
	逆転制動技術	
	複数の制動方法の併用技術	複数の電氣的制動方法の併用技術
		電氣的制動と機械的制動の併用技術
電氣的制動と機関ブレーキの併用技術 (ハイブリッド自動車特有)		
冷却技術	発電電動機の冷却制御技術	
	インバータ・コンバータの冷却制御技術	
	電池の冷却制御技術	
	燃料電池の温度制御技術 (燃料電池自動車特有)	
	発電電動機・インバータ・コンバータ・電池それぞれの冷却のための配置技術	
	燃料電池の冷却のための配置技術 (燃料電池自動車特有)	
	複数要素の間での冷却媒体循環制御技術	
安全・環境技術	衝突時の安全制御技術	
	衝突安全のための搭載技術	
	ノイズ抑制制御技術	
	排出物対策制御技術 (燃料電池自動車特有)	
	故障検出・故障対応技術 (インバータ・コンバータ、電池、発電電動機以外)	
	上記以外の安全・環境技術	
その他		

第 1-2 表 電気推進車両技術の車両種別

車両種別	電気自動車
	ハイブリッド自動車
	燃料電池自動車
	鉄道用電気車両
	作業車 / カート / 車椅子 / その他

第2章 特許動向調査

第1節 特許調査の範囲及び特許文献の解析法

電気推進車両技術の調査対象の範囲は、以下のように設定した。

特許検索のデータベースとして、日本特許は HYPAT-i (株式会社 発明通信社)、外国特許は WPI (World Patent Index、THOMSON REUITER 社) を用い、調査対象とする特許文献 (公開特許公報、公表特許公報等) として、国際特許分類 (IPC 第 8 版) において下記の分類が付与されているものを抽出した。また、本調査では、特許出願、特許登録の優先権主張日が 1995 年から 2006 年までのものを対象に検索を行い、特許文献の統計的な解析を行い、さらに、詳細な解析を行った。

国際特許分類 : B60L1/00-3/12, B60L7/00-13/00, B60L15/00-15/42

対象特許文献 : 日本 13,939 件、米国 7,756 件、欧州 5,671 件、中国 2,993 件、韓国 2,387 件、オーストラリア 923 件、カナダ 670 件

また、特許出願については、優先権主張年をベースに件数をカウントした。ここで、優先権主張年とは、優先権主張の基となった最先の出願年をいう。

出願人の国籍は、出願人の住所などから判明する場合は、その国籍とし、不明な場合は、優先権の基となる出願国先の特許庁がある国を出願人の国籍とみなした。

「欧州国籍」は、2008 年 1 月 1 日時点での EPC 加盟国である下記の国籍の出願人を欧州国籍とした。

欧州国籍 :

オーストリア (AT)、ベルギー (BE)、ブルガリア (BG)、スイス (CH)、キプロス (CY)、チェコ (CZ)、ドイツ (DE)、デンマーク (DK)、エストニア (EE)、スペイン (ES)、フィンランド (FI)、フランス (FR)、イギリス (GB)、ギリシア (GR)、クロアチア (HR)、ハンガリー (HU)、アイルランド (IE)、アイスランド (IS)、イタリア (IT)、リヒテンシュタイン (LI)、リトアニア (LT)、ルクセンブルク (LU)、ラトビア (LV)、マルタ (MC)、モナコ (MT)、オランダ (NL)、ノルウェー (NO)、ポーランド (PL)、ポルトガル (PT)、ルーマニア (RO)、スウェーデン (SE)、スロバキア (SI)、スロベニア (SK)、トルコ (TR)

また、「欧州への出願」は、欧州特許庁への出願、及び EPC 加盟国のうち、WPI に収録されている国への出願とした。

欧州への出願 :

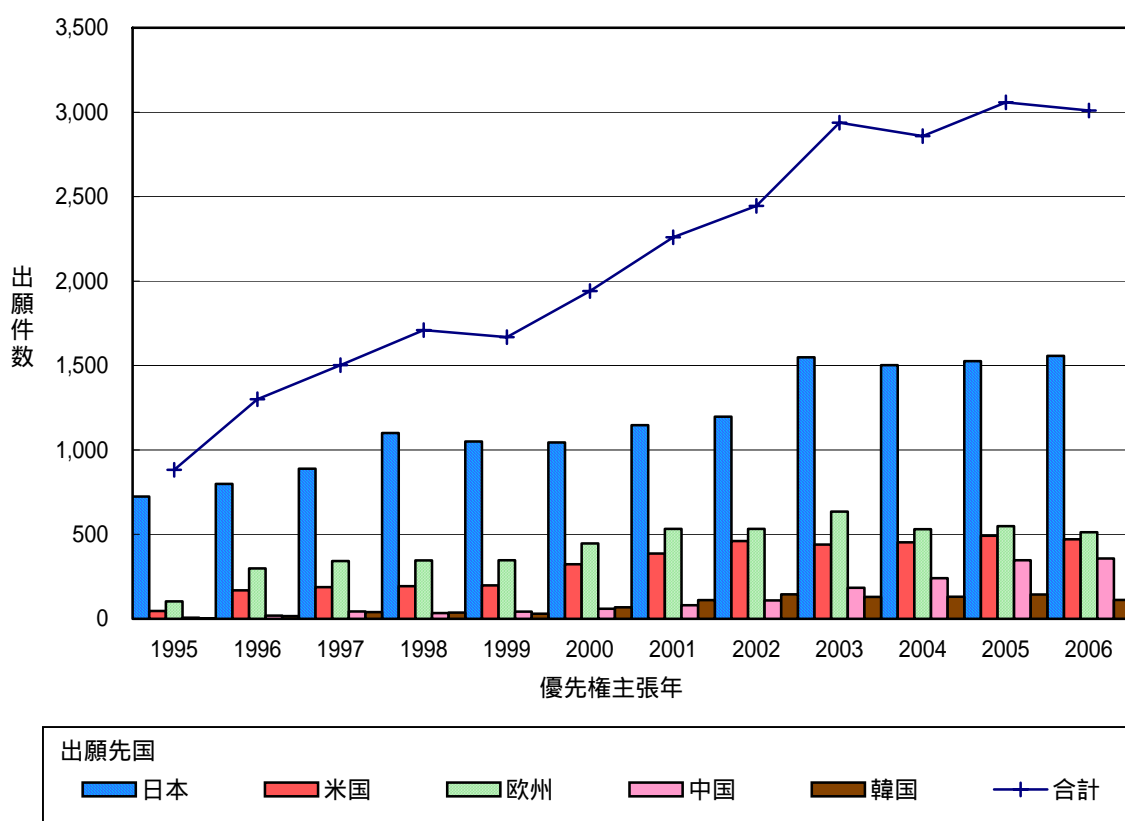
オーストリア (AT)、ベルギー (BE)、スイス (CH)、チェコ (CZ)、ドイツ (DE)、デンマーク (DK)、スペイン (ES)、フィンランド (FI)、フランス (FR)、イギリス (GB)、ハンガリー (HU)、アイルランド (IE)、イタリア (IT)、ルクセンブルク (LU)、ノルウェー (NO)、オランダ (NL)、ポルトガル (PT)、ルーマニア (RO)、スウェーデン (SE)、スロバキア (SK)、及び欧州特許庁 (EP) への出願

第2節 出願先国別出願件数推移

調査期間における「電気推進車両技術」の出願状況を出願先国別に公報単位での合計件数で解析を行った。出願先を日米欧中韓とした特許出願件数推移を第1-3図に示した。出願先を日米欧中韓とした公報単位の合計出願件数推移は、全体として増加傾向が続いており、近年も高い水準で推移している。出願先として、出願件数は日本、欧州、米国の順になっている。出願先を中国とした出願件数は特に増加している。

なお、優先権主張年が2004年以降のデータはデータベースの収録が遅れている可能性がある点で注意を要する。

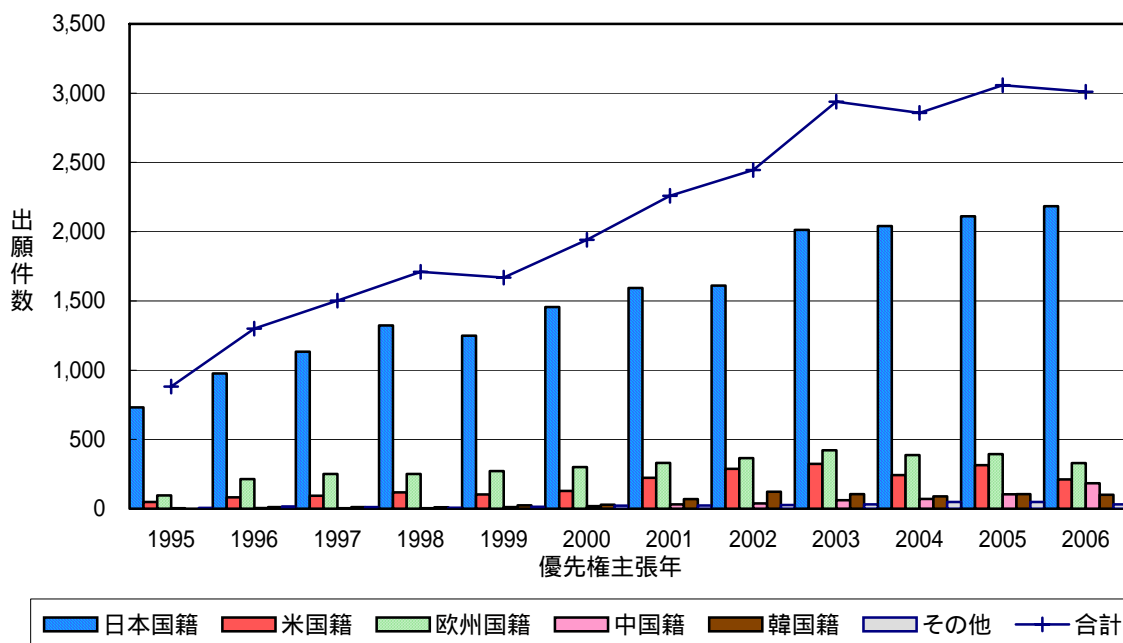
第1-3図 [出願先：日米欧中韓] 出願先国別出願件数推移



第3節 出願人国籍別出願件数推移

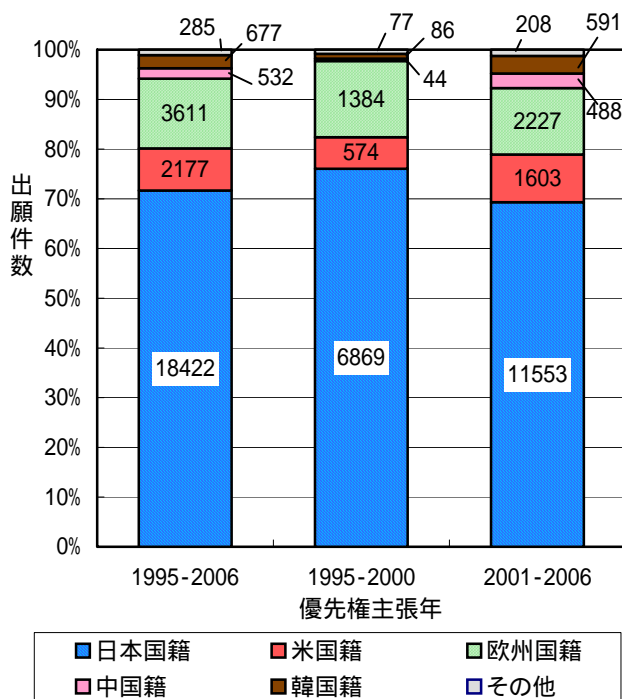
出願先を日米欧中韓とした公報単位の特許出願件数推移を出願人国籍別で第1-4図に示した。出願先を日米欧中韓とした出願人国籍別の出願件数は、日本国籍の出願人の出願件数が他国籍の出願人の出願件数と比較して多い。合計出願件数推移は、1995年から1998年と1999年から2003年にかけて増加しており、全体として増加傾向にある。また、日本国籍の出願人の出願件数推移は概ね増加している。米国籍、欧州国籍、および韓国籍の出願人による出願件数は、近年、2002年頃から、横這いまたは若干の減少である。中国籍の出願人による出願件数は、近年、急増している。

第 1-4 図 [出願先：日米欧中韓] 出願人国籍別出願件数推移



出願人国籍別出願件数シェアを全期間(1995年から2006年)前半(1995年から2000年)後半(2001年から2006年)で比較して第 1-5 図に示した。日本国籍の出願人の出願件数は、第 1-4 図に示したように増加傾向にあるが、出願件数シェアで見ると前半と比較して後半は減少している。前半に対して後半は、他国籍出願人の出願件数の増加が大きいことがわかる。

第 1-5 図 [出願先：日米欧中韓] 出願人国籍別出願件数シェア

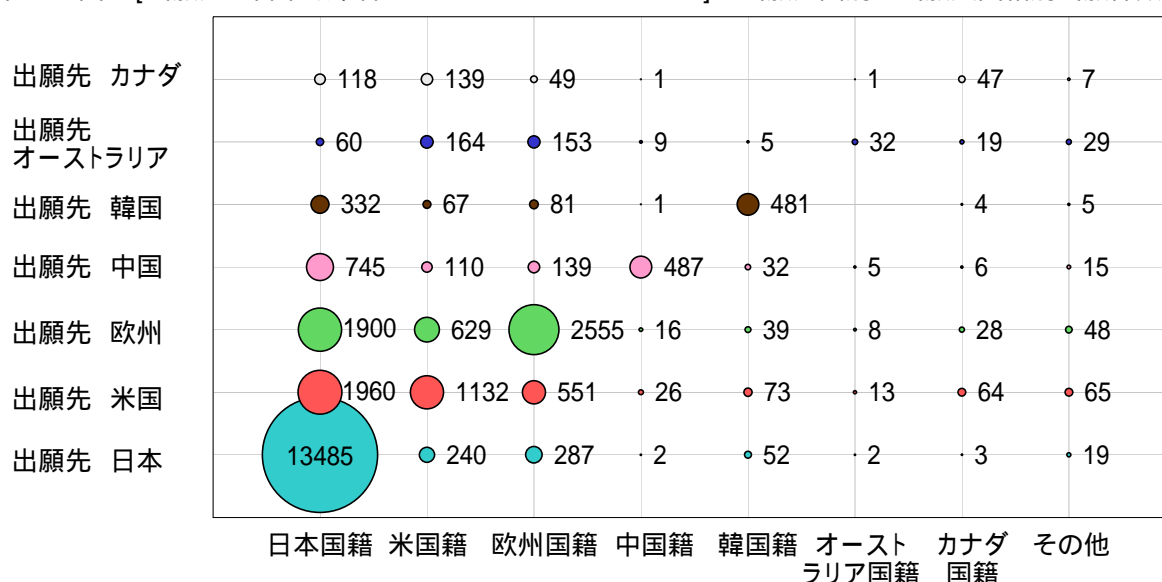


第4節 出願先国別 - 出願人国籍別出願件数・登録件数

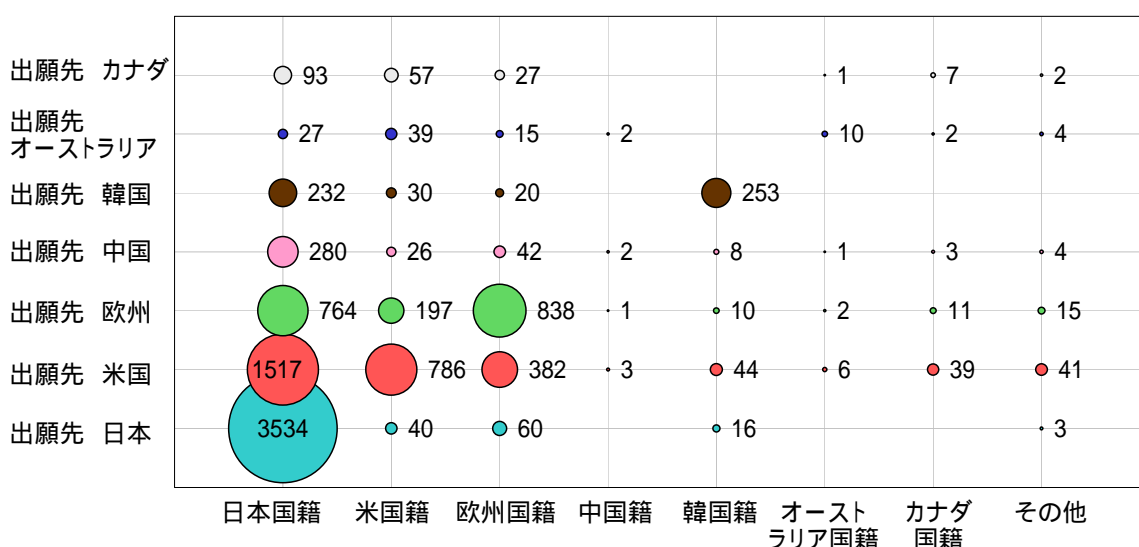
出願先を日米欧中韓とした出願先国別の出願人国籍別特許出願件数を第1-6図、出願先国別の出願人国籍別特許登録件数を第1-7図に示した。出願件数および登録件数ともに各国籍の出願人は自国（または地域）での件数が最も多い。出願先国別に見ると、日本、米国、中国への出願件数および登録件数は日本国籍出願人の件数が最も多い。欧州への出願件数および登録件数は欧州国籍出願人が最も多く、韓国への出願件数および登録件数は韓国国籍出願人が最も多い。オーストラリアおよびカナダへの出願件数は米国籍出願人の出願件数が最も多い。

以上のように、出願先国別に最も出願件数および登録件数の多い出願人国籍が異なっており、必ずしも日本国籍出願人が全ての国（および地域）で他国籍出願人を圧倒しているとは言えない状況と推測される。

第1-6図 [出願先：日米欧中韓・オーストラリア・カナダ] 出願先国別 - 出願人国籍別出願件数



第1-7図 [出願先：日米欧中韓・オーストラリア・カナダ] 出願先国別 - 出願人国籍別登録件数

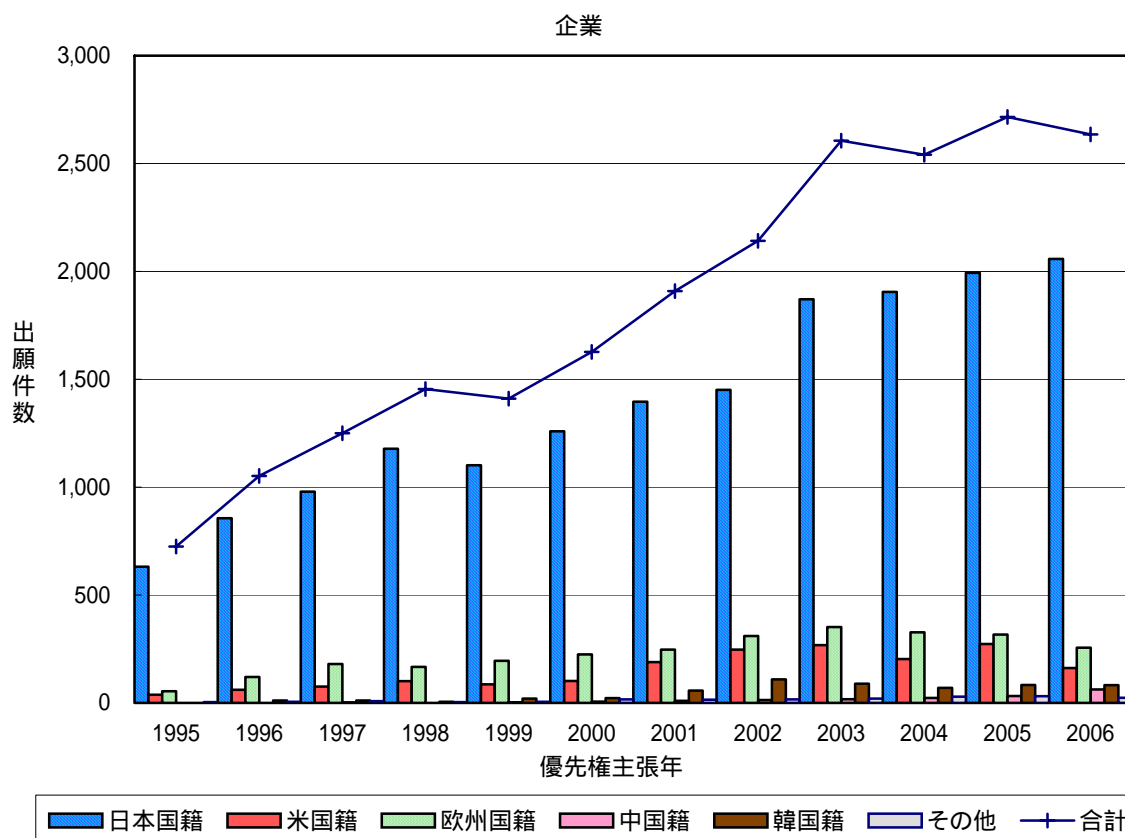


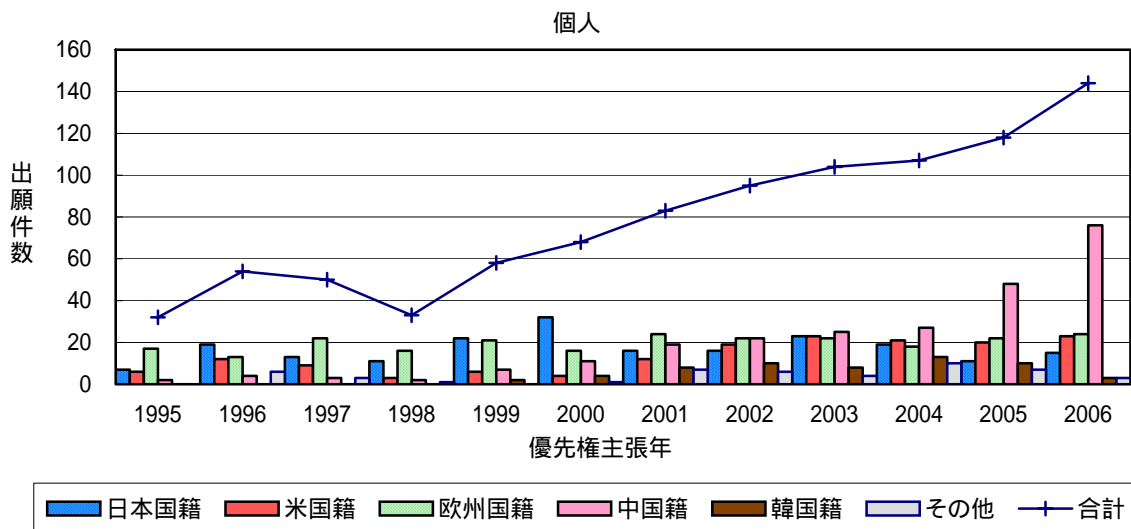
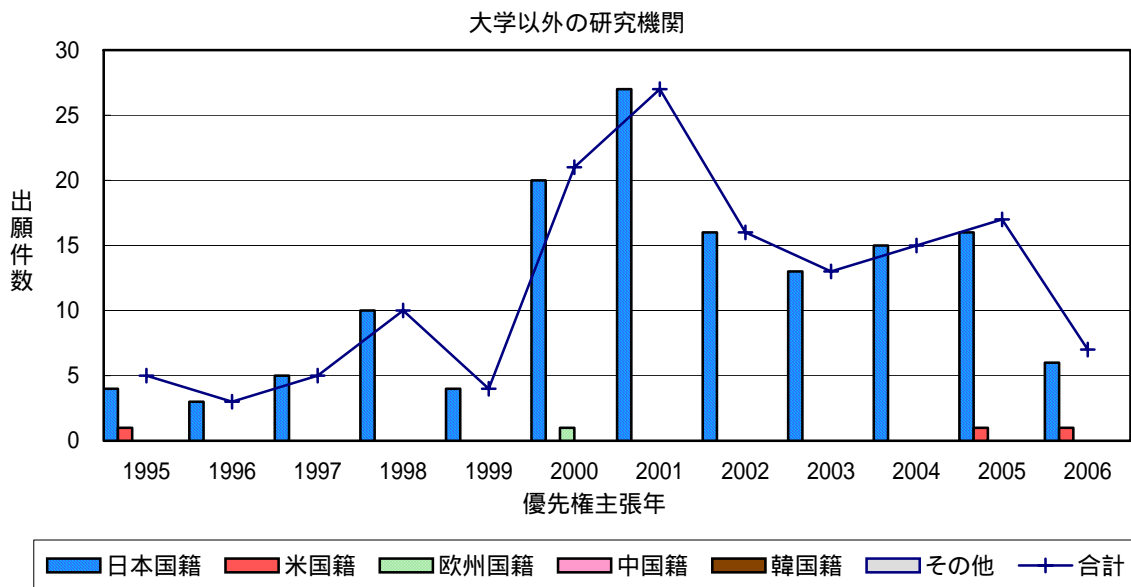
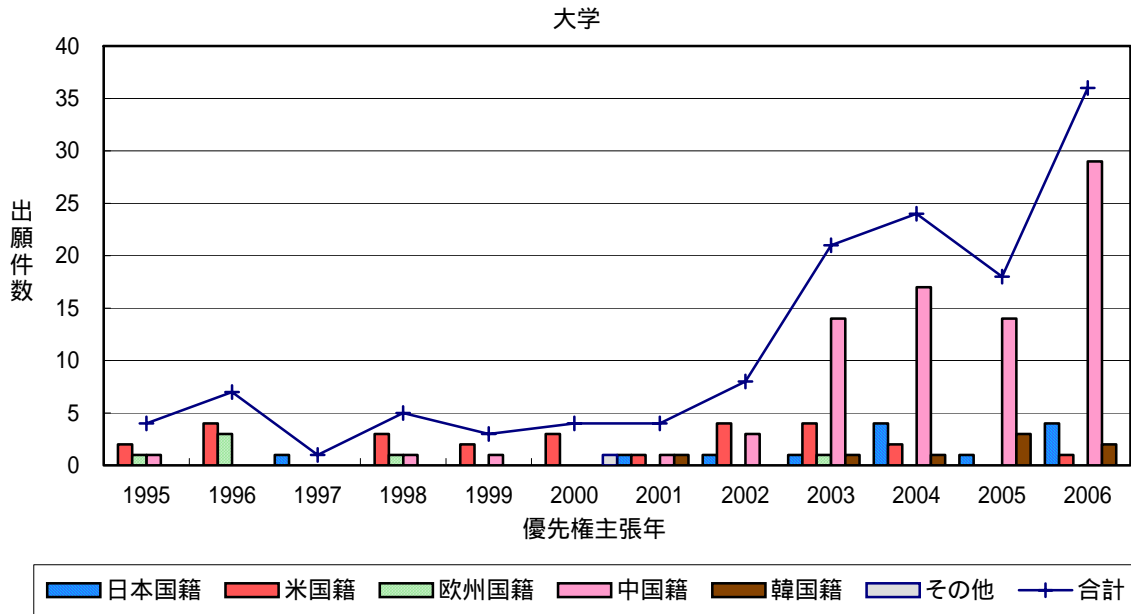
第6節 出願人国籍別 - 出願人属性別出願件数

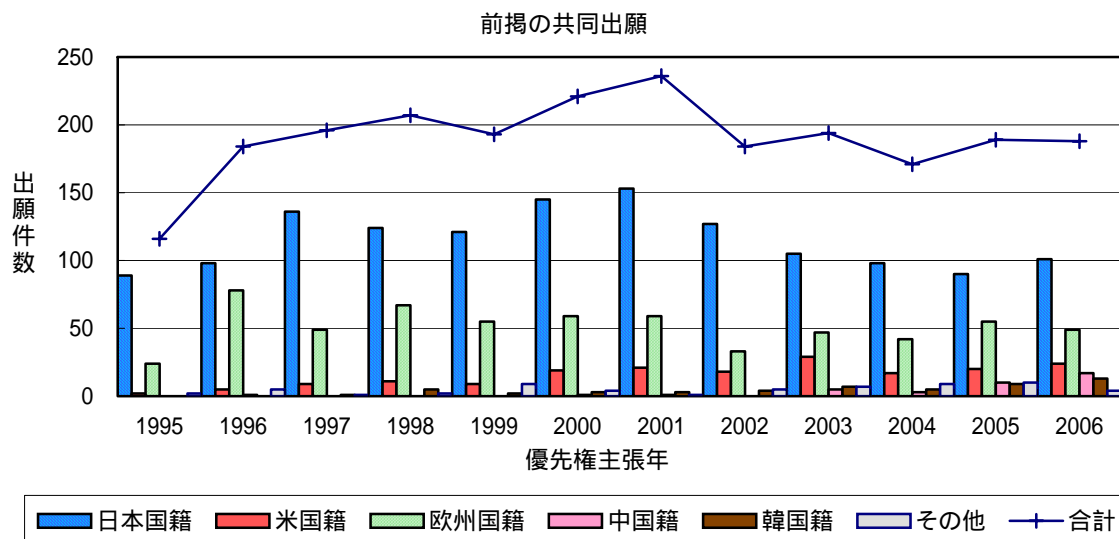
第1-9図に出願先を日米欧中韓とした出願人国籍別の出願人属性（企業、大学、大学以外の研究機関、個人）別の出願件数推移を示した。米国の公開公報は出願人情報の記載が存在せず、発明者情報のみが記載されている場合があるため、米国公開公報をファミリーに含み、米国以外のファミリー特許が存在する場合は、米国公開公報以外のファミリー特許の出願人情報を用いて出願人属性を判断した。なお、米国公開公報のみが存在し、そのファミリーの存在が確認できなかった場合には出願人属性を個人としてカウントしている点に留意が必要である。また、大学は大学名またはTLOが出願人に含まれている場合にカウントしている。

出願人属性別に比較すると圧倒的に企業の出願件数が多い。大学からの出願は近年、中国籍出願人の出願件数が増加している。大学以外の研究機関からの出願は、日本国籍出願人の出願件数が最も多い。特に鉄道総合技術研究所からの出願件数が多い。個人からの出願は、近年増加傾向にあるが、前述した米国公開公報の出願人属性の判断方法により個人としてのカウントが増えている可能性がある。

第1-9図 [出願先：日米欧中韓] 出願人国籍別 - 出願人属性（企業、大学、大学以外の研究機関、個人、前掲の共同出願）別出願件数推移



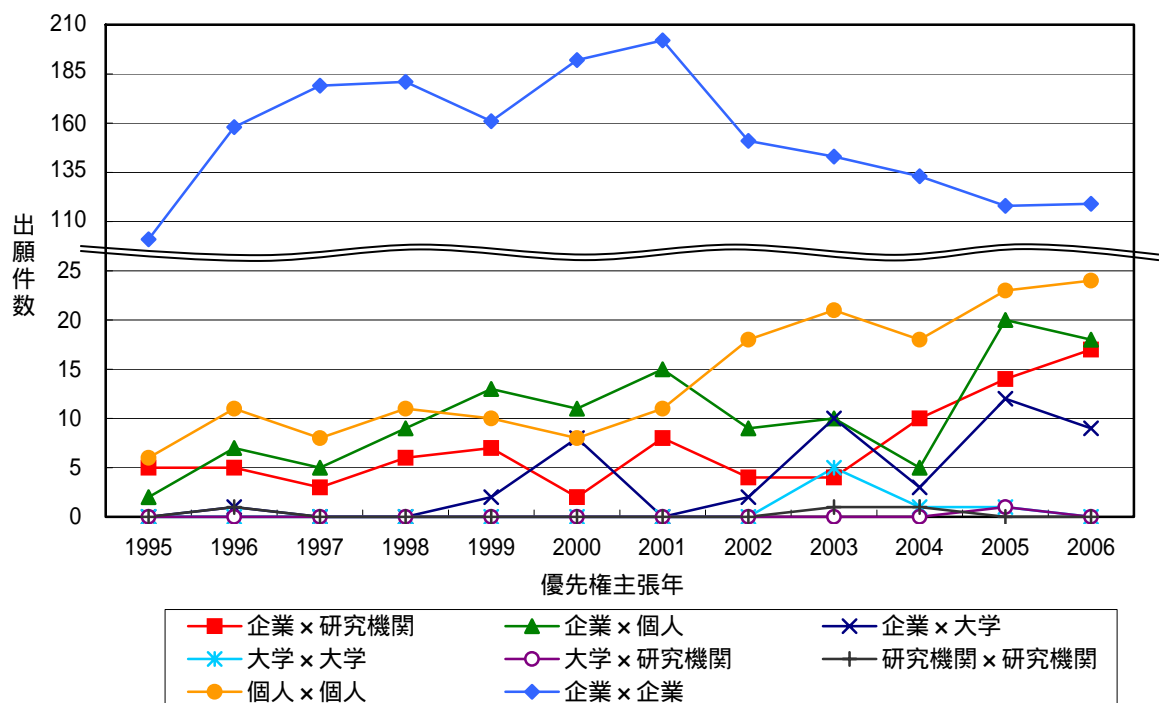




第 1-10 図に出願先を日米欧中韓とした前掲の出願人属性の共同出願内訳として、出願人属性（企業、大学、大学以外の研究機関、個人）別の出願件数推移を示した。

出願人属性別に比較すると圧倒的に企業と企業との共同による出願件数が多いが、近年その件数は減少傾向にある。その一方で、近年企業と大学以外の研究機関との共同による出願件数が増加している。

第 1-10 図 [出願先：日米欧中韓] 共同出願内訳 出願人属性（企業、大学、大学以外の研究機関、個人）別出願件数推移

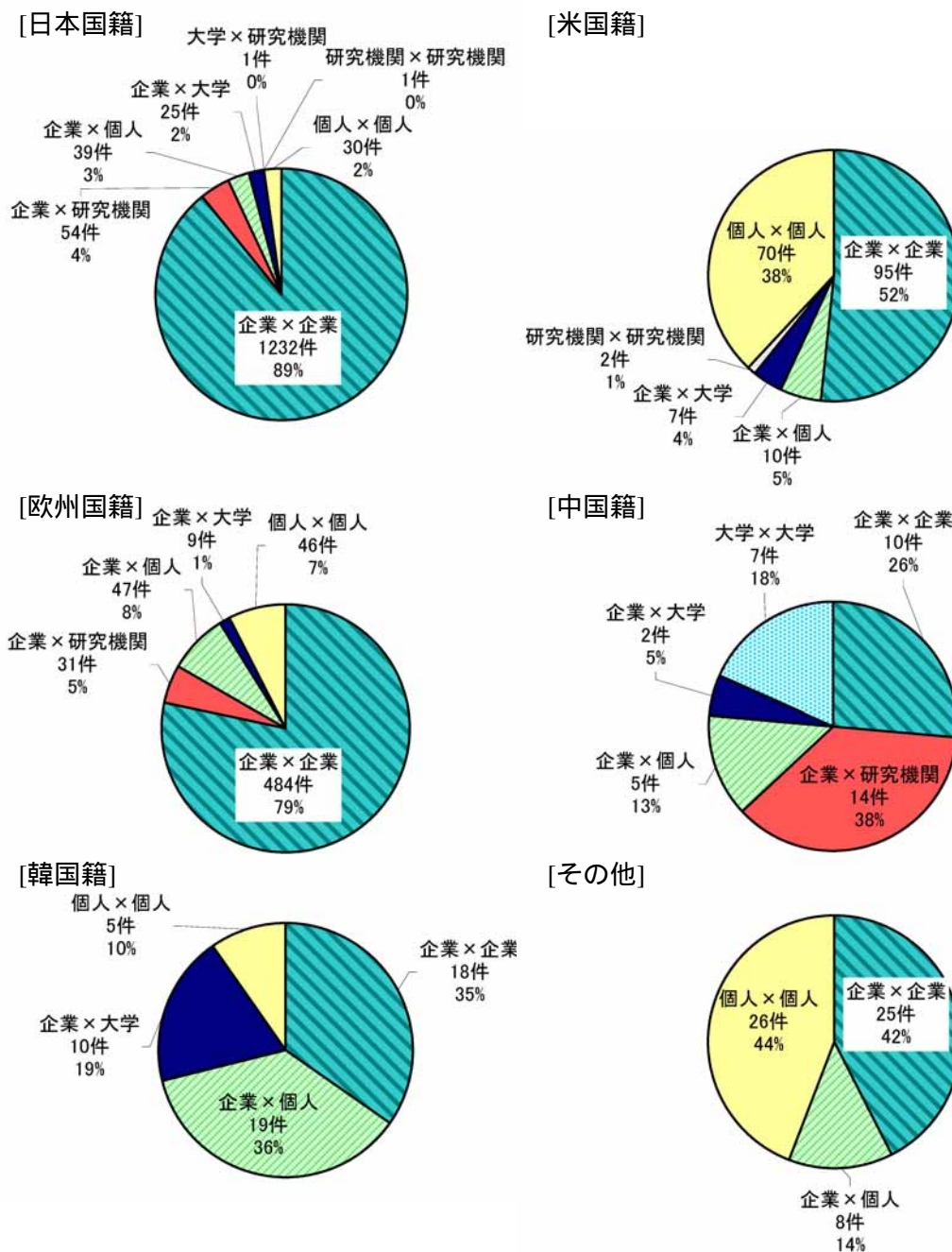


企業 × 研究機関 × 個人	1995	2 件
	1996	1 件
	1997	1 件
企業 × 大学 × 研究機関	2006	1 件

第 1-11 図および第 1-3 表には、出願先を日米欧中韓とした出願人国籍別の出願人属性(企業、大学、大学以外の研究機関、個人)別の出願件数の共同出願内訳を示した。

日本国籍企業、欧州国籍企業は、共同出願を行う相手が企業である割合が高いのに対して、中国国籍企業、韓国国籍企業は、共同出願を行う相手が企業以外である割合が高い。なお、米国籍出願人に関しては、個人と個人との共同による出願の割合が高いが、前述した米国公開公報の出願人属性の判断方法(P.13 参照)によって高くなっている可能性がある。

第 1-11 図 [出願先：日米欧中韓] 共同出願内訳 出願人国籍別 - 出願人属性(企業、大学、大学以外の研究機関、個人)別出願件数



第 1-3 表 [出願先：日米欧中韓] 共同出願内訳 出願人国籍別 - 出願人属性(企業、大学、大学以外の研究機関、個人)別出願件数

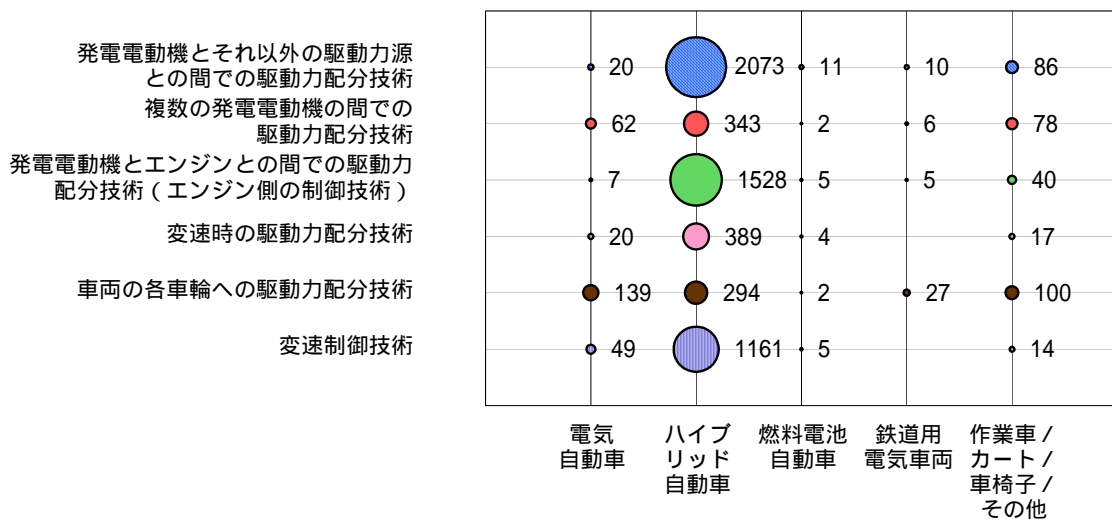
属性	出願件数	日本国籍	米国籍	欧州国籍	中国籍	韓国籍	その他
企業×企業	1838	1232	95	484	10	18	25
企業×研究機関	85	54	0	31	14	0	0
企業×研究機関×個人	4	4	0	0	0	0	0
企業×個人	124	39	10	47	5	19	8
企業×大学	47	25	7	9	2	10	0
企業×大学×研究機関	1	1	0	0	0	0	0
研究機関×研究機関	3	1	2	0	0	0	0
個人×個人	169	30	70	46	0	5	26
大学×大学	7	0	0	0	7	0	0
大学×研究機関	1	1	0	0	0	0	0

第 7 節 技術区分(車両種別)別 - 出願人国籍別出願件数

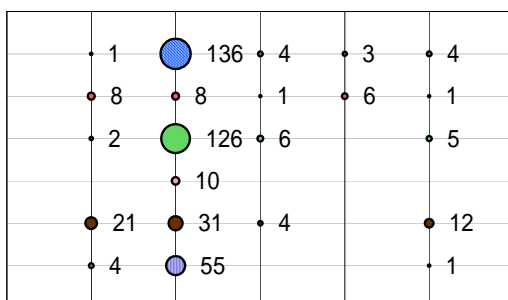
出願人国籍別に車両種別毎の発電電動機の制御技術(大区分) - 駆動力配分技術(中区分)の出願件数を第 1-12 図に示した。駆動力配分技術は、日本、米国、欧州、中国、韓国の各国籍出願人ともにハイブリッド自動車の出願件数が多い。

第 1-12 図 [出願先：日米欧中韓] 技術区分(車両種別)別 - 出願人国籍別出願件数
発電電動機の制御技術 - 駆動力配分技術

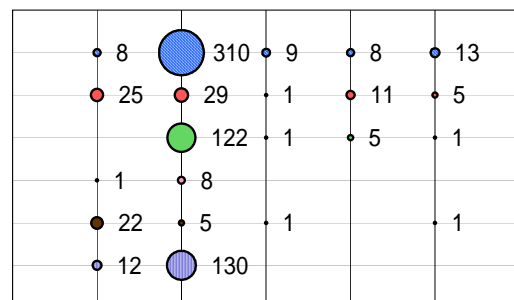
[出願人国籍：日]



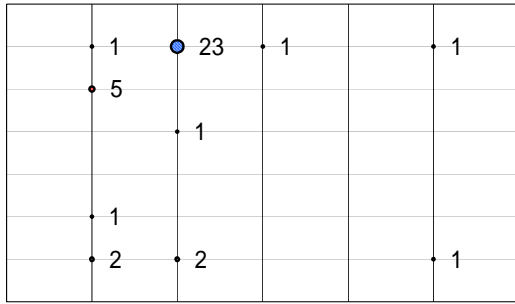
[出願人国籍：米]



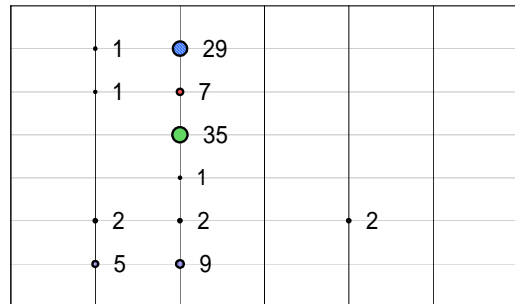
[出願人国籍：欧]



[出願人国籍：中]



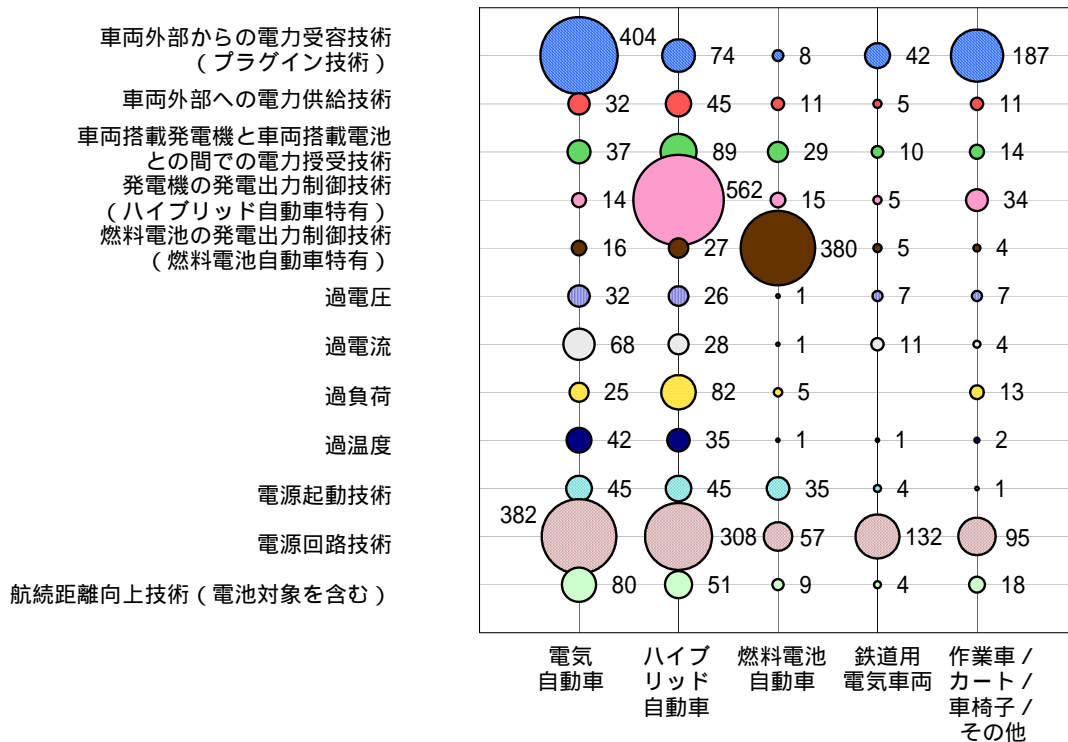
[出願人国籍：韓]

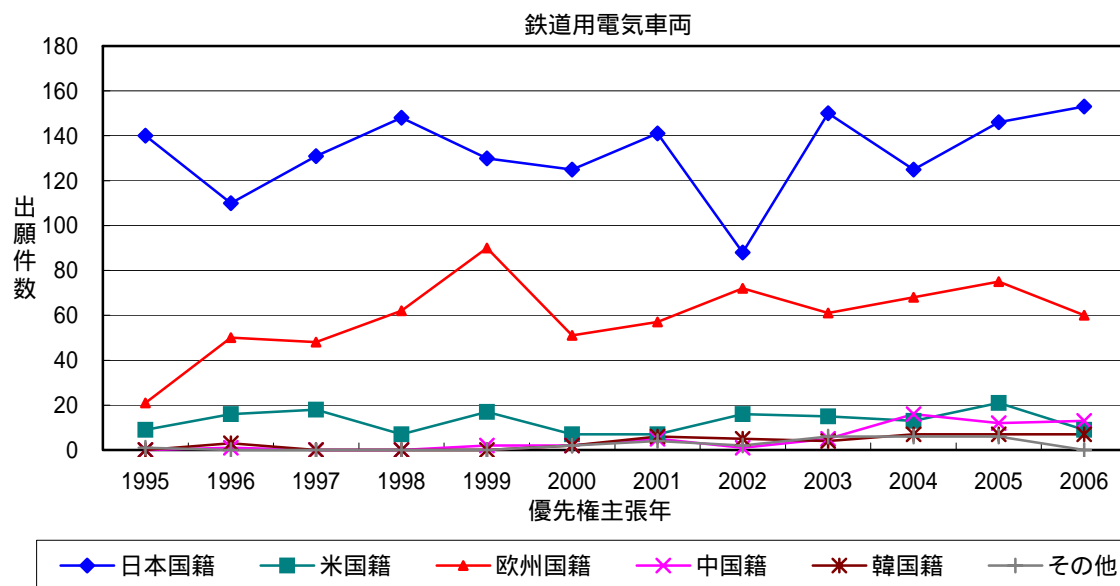
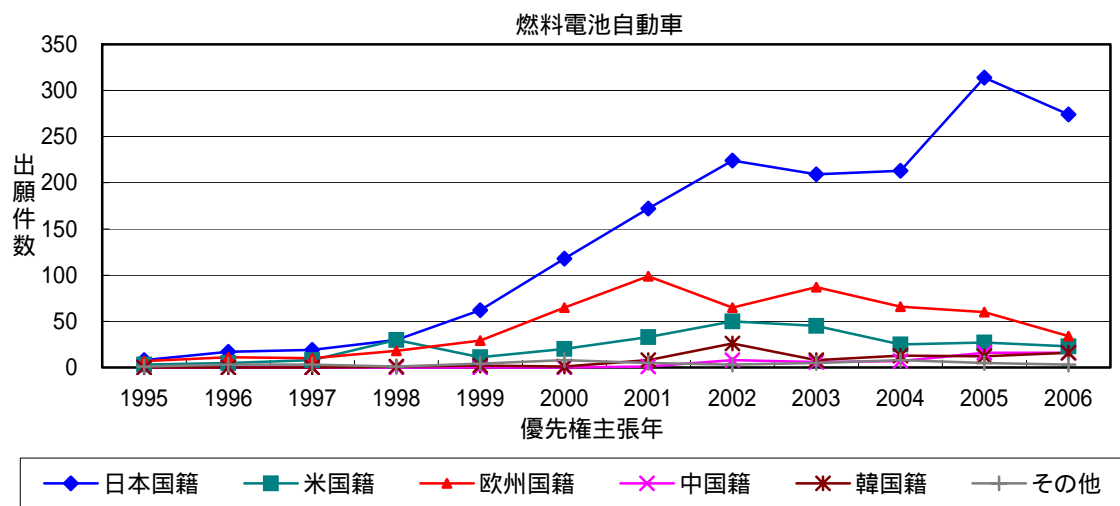
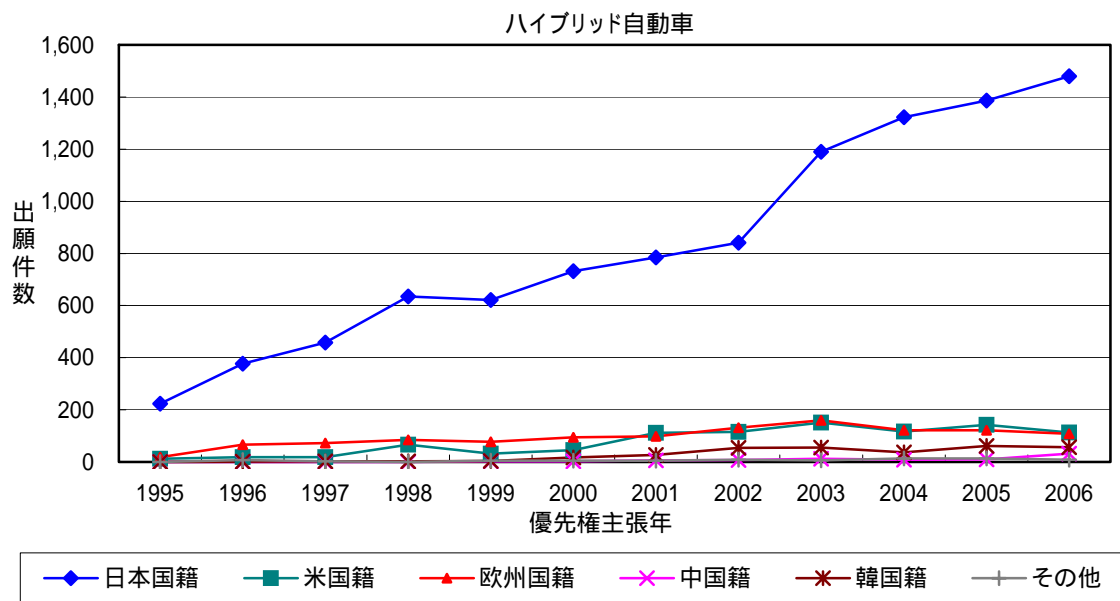


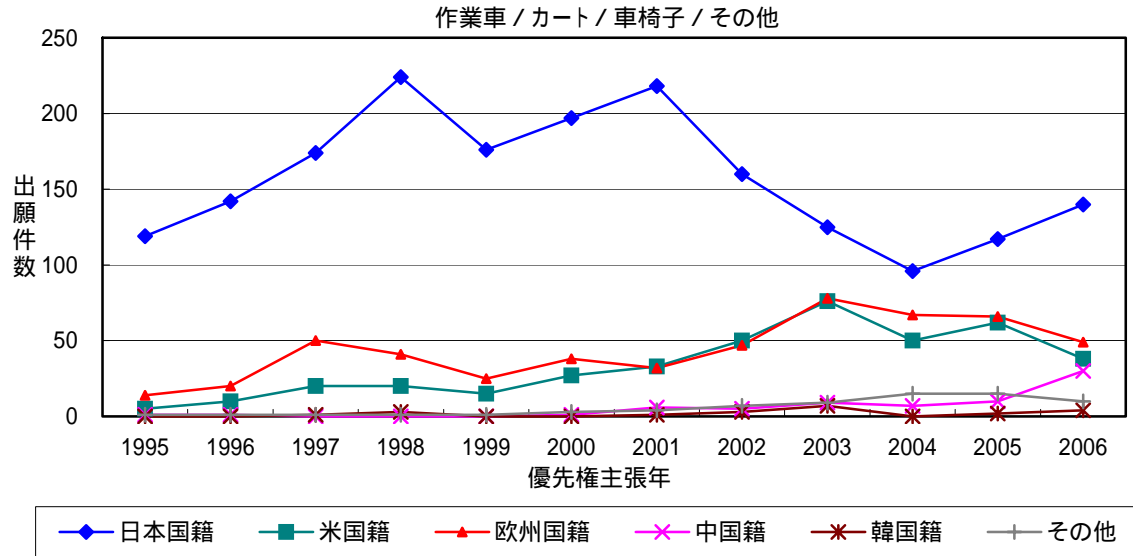
出願人国籍別に車両種別毎の電力制御技術（大区分） - 小区分の一部の出願件数を第 1-13 図に示した。電力制御技術は、各車両種別毎に特有の技術、例えば、ハイブリッド自動車の発電機の発電出力制御技術（ハイブリッド自動車特有）、燃料電池自動車の燃料電池の発電出力制御技術（燃料電池自動車特有）などへの出願件数が多い。特に日本国籍出願人による発電機の発電出力制御技術（ハイブリッド自動車特有）の出願件数が際立って多い。

第 1-13 図 [出願先：日米欧中韓] 技術区分（車両種別）別 - 出願人国籍別出願件数
電力制御技術

[出願人国籍：日]





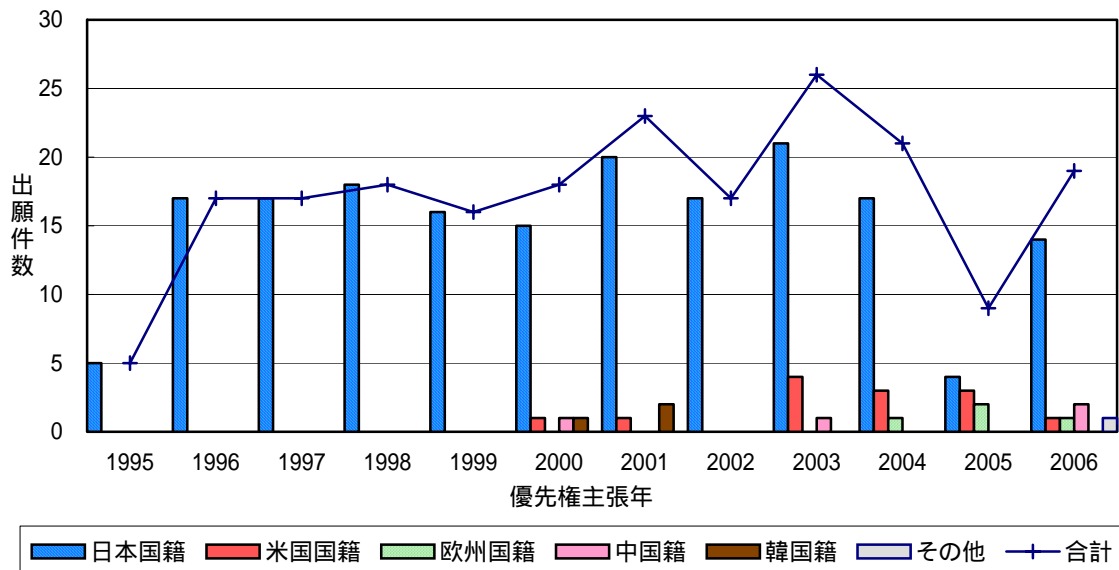


第9節 注目研究開発テーマの動向調査

1. 注目研究開発テーマ：リチウムイオン電池の制御技術に関する動向

リチウムイオン電池の制御技術について日米欧中韓全体での出願人国籍別出願件数推移を第1-15図に示した。電気推進車両技術を対象とした本調査では、出願件数の大きな伸びは見られず、1996年以降は略横這い状態と言える。ただし、電気推進車両に限定しない電池制御を対象とした特許出願が多く存在する可能性がある。出願人国籍別では日本国籍出願人の出願件数が他国籍出願人に比べて圧倒的に多い。2000年以降では、件数は少ないものの米国籍、欧州国籍、韓国籍出願人の出願が見受けられる。

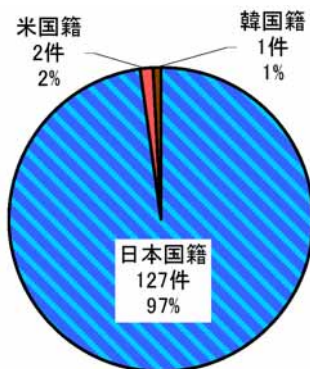
第1-15図 [出願先：日米欧中韓] リチウムイオン電池の制御技術 出願人国籍別出願件数推移



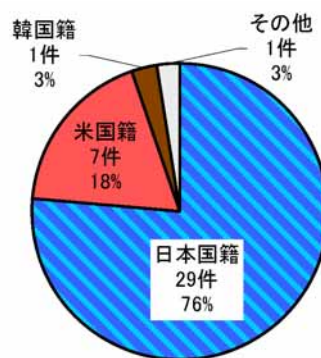
リチウムイオン電池の制御技術について出願先国別の出願人国籍別出願件数を解析し、結果を第 1-16 図に示した。出願先国では日本への出願件数が圧倒的に多く、次いで米国、欧州の順となっている。各出願先国での出願人国籍に着目すると、全ての出願先国において日本国籍出願人の出願件数が自国籍出願人の出願件数を上回っている。出願件数が日本に次いで多い米国、欧州においても、その 70 パーセント以上が日本国籍出願人によるものであり、これらの事から日本国籍出願人の活発な出願がうかがえる。

第 1-16 図 [出願先：日米欧中韓] リチウムイオン電池の制御技術 出願先国別 - 出願人国籍別出願件数

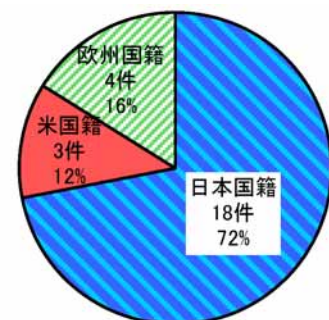
a) 日本への出願 130 件



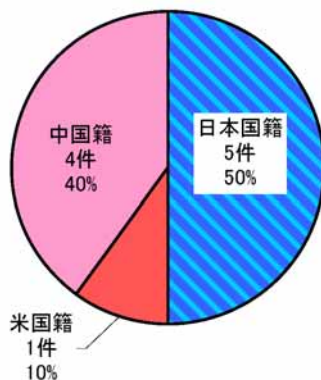
b) 米国への出願 38 件



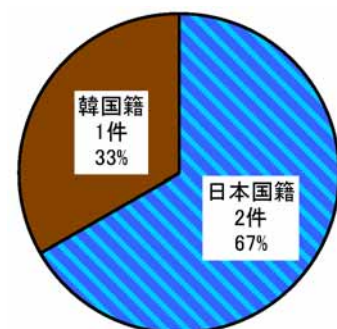
c) 欧州への出願 25 件



d) 中国への出願 10 件

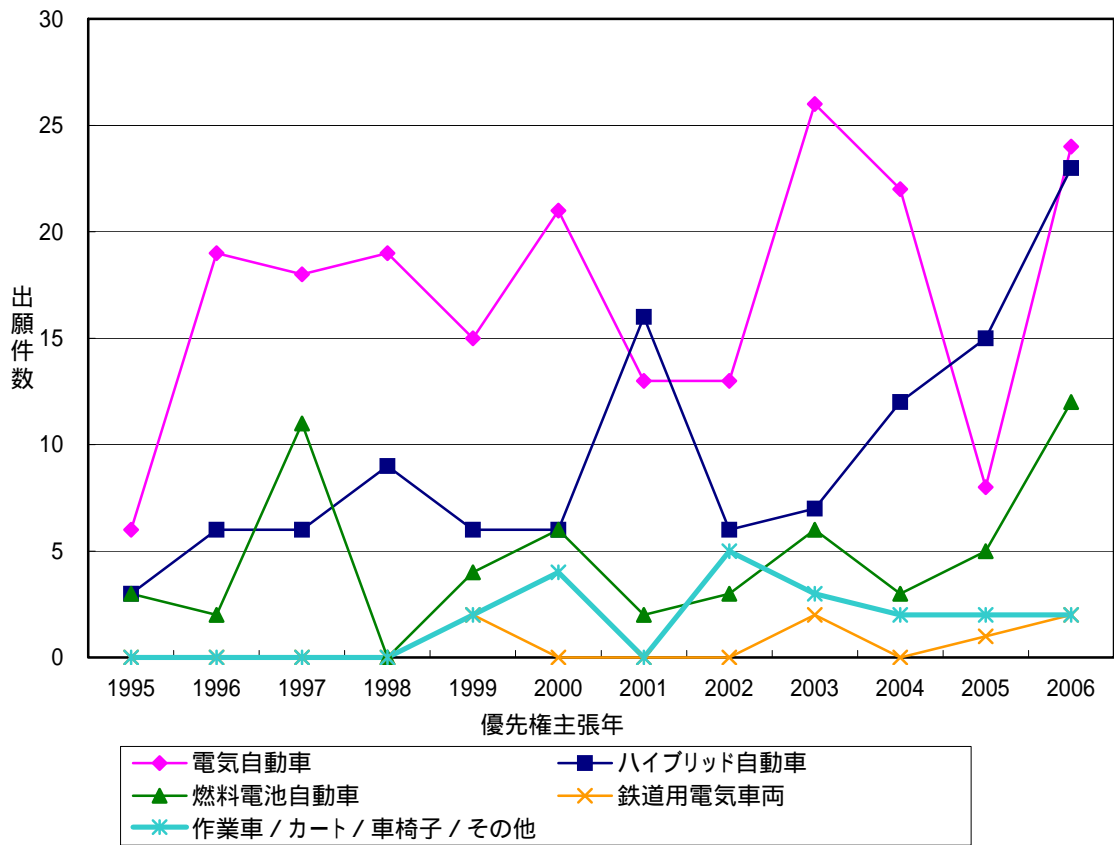


e) 韓国への出願 3 件



リチウムイオン電池の制御技術について車両種別の出願件数推移を解析し、結果を第 1-17 図に示した。車両種別では電気自動車とハイブリッド自動車とで全体出願件数の大半を占めており、特に電気自動車に関する出願件数が高水準を保っている。鉄道用電気車両や作業車 / カート / 車椅子 / その他に関する出願件数は殆ど見受けられない。

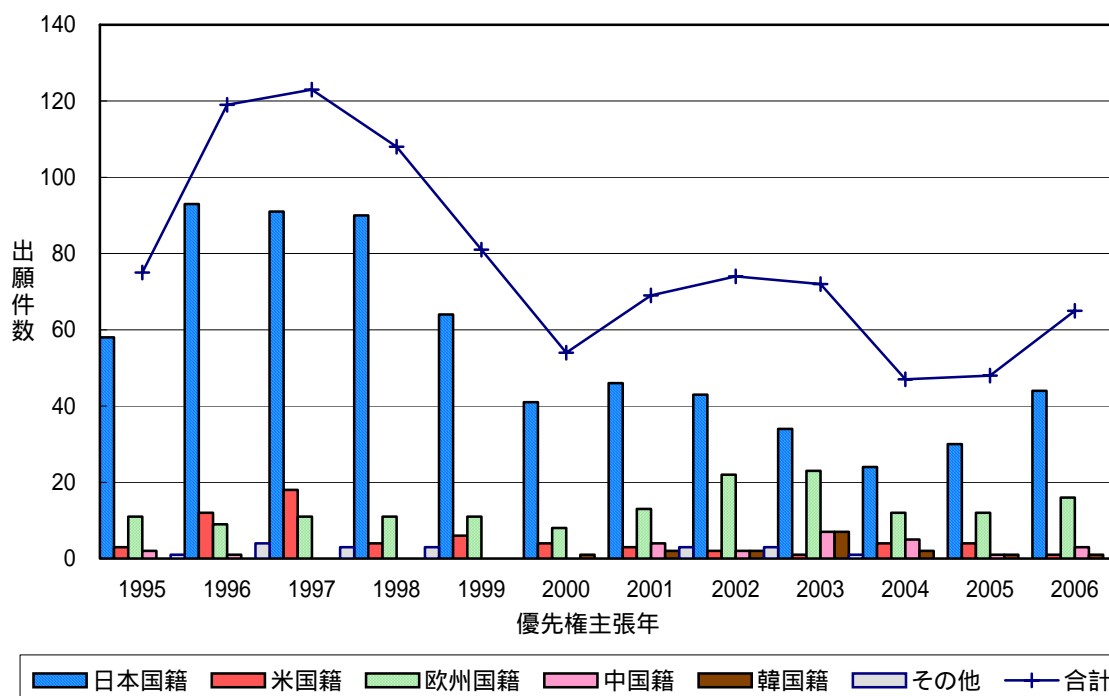
第 1-17 図 [出願先：日米欧中韓] リチウムイオン電池の制御技術 車両種別 - 出願件数推移



2. 注目研究開発テーマ：車両外部からの電力受容技術（プラグイン技術）に関する動向

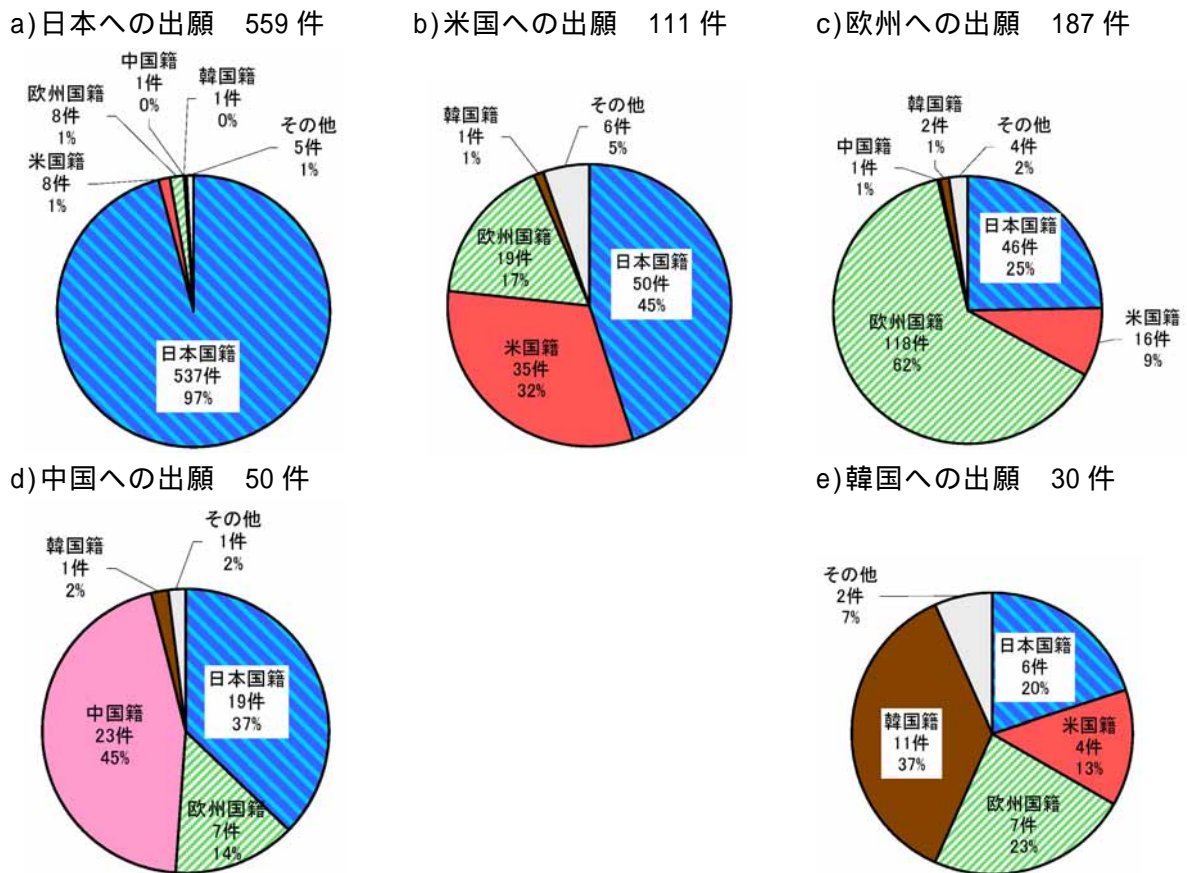
車両外部からの電力受容技術（プラグイン技術）について日米欧中韓全体での出願人国籍別出願件数推移を第 1-18 図に示した。日米欧中韓全体での出願件数推移は 1990 年代後半をピークに 2000 年代初期に減少傾向となり、その後 2000 年代中盤から増加傾向の兆しがうかがえる。出願人国籍別では日本国籍出願人の出願件数が圧倒的に多く、次いで欧州国籍、米国籍の順となっている。2000 年以降では件数は少ないものの韓国籍出願人の出願も見受けられる。出願人国籍別での出願件数推移は日本国籍、米国籍出願人の出願が日米欧中韓全体での出願件数推移と類似の傾向を示しているが、欧州国籍出願人の出願はこれに当てはまらず、2000 年代初期に増加傾向が見受けられる。

第 1-18 図 [出願先：日米欧中韓] 車両外部からの電力受容技術（プラグイン技術） 出願人国籍別出願件数推移



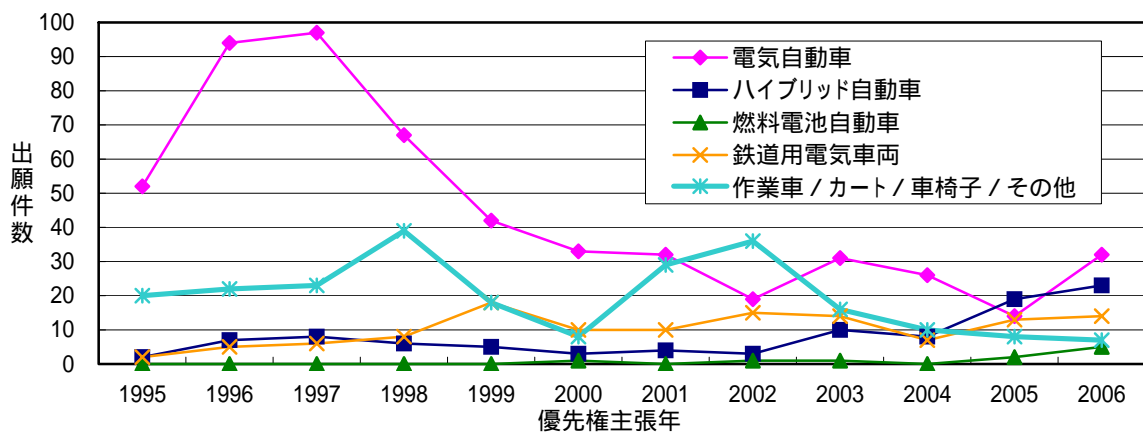
車両外部からの電力受容技術（プラグイン技術）について出願先国別の出願人国籍別出願件数を解析し、結果を第 1-19 図に示した。出願先国では日本への出願件数が圧倒的に多く、次いで欧州、米国の順となっている。日本国籍出願人の他国への出願傾向に着目すると、欧州、米国へは略同数を出願しており、中国と韓国とでは中国への出願の方が多くなっている。欧州国籍、米国籍出願人には韓国よりも中国への出願が多い傾向は見られず、この傾向は日本国籍出願人に特有の傾向となっている。

第 1-19 図 [出願先：日米欧中韓] 車両外部からの電力受容技術（プラグイン技術） 出願先
 国別 - 出願人国籍別出願件数



車両外部からの電力受容技術（プラグイン技術）について車両種別毎の出願件数推移を解析し、結果を第 1-20 図に示した。2000 年以前では電気自動車に関する出願件数が他に比べて非常に多く、第 1-18 図で示した日米欧中韓全体での出願件数推移と共通の傾向を示している。ハイブリッド自動車に関する出願件数は 2003 年頃から増加し始め、2004 年には作業車 / カート / 車椅子 / その他に関する出願件数を抜き、近年の増加傾向が顕著に出ている。

第 1-20 図 [出願先：日米欧中韓] 車両外部からの電力受容技術（プラグイン技術） 車両種別 - 出願件数推移



第10節 出願人別出願件数上位ランキング

1. 電気推進車両技術の出願件数上位ランキング

第1-4表は、全期間、期間別で、日本、米国、欧州、中国、韓国全体の出願件数上位ランキングを示したものである。

全期間では、日本の自動車メーカーを筆頭に、日本の電気機器メーカーや部品メーカーが上位を占めている。海外メーカーでは、韓国の自動車メーカーである HYUNDAI MOTOR、欧州の部品メーカーである SIEMENS が上位となっている。

期間別で見ると、1995-2000年では、上位9社が日本メーカーであったが、2001-2006年では、HYUNDAI MOTOR が5位、SIEMENS が9位、FORD GLOBAL TECHNOLOGIES が10位となっており、海外メーカーが入り込んできている。

第1-4表 [出願先：日米欧中韓] 出願件数上位ランキング

全期間			1995-2000			2001-2006		
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	トヨタ自動車株式会社	4835	1	トヨタ自動車株式会社	1243	1	トヨタ自動車株式会社	3592
2	日産自動車株式会社	2512	2	本田技研工業株式会社	842	2	日産自動車株式会社	1964
3	本田技研工業株式会社	2075	3	株式会社日立製作所	557	3	本田技研工業株式会社	1233
4	株式会社日立製作所	1134	4	日産自動車株式会社	548	4	株式会社日立製作所	577
5	株式会社デンソー	601	5	株式会社デンソー	273	5	HYUNDAI MOTOR CO LTD (韓国)	377
6	株式会社東芝	521	6	株式会社東芝	215	6	アイシン・エイ・ダブリュ株式会社	334
7	アイシン・エイ・ダブリュ株式会社	492	7	ヤマハ発動機株式会社	161	7	株式会社デンソー	328
8	HYUNDAI MOTOR CO LTD (韓国)	418	8	三菱自動車工業株式会社	158	8	株式会社東芝	306
9	SIEMENS AG (欧州)	402	9	アイシン・エイ・ダブリュ株式会社	158	9	SIEMENS AG (欧州)	250
10	ヤマハ発動機株式会社	365	10	SIEMENS AG (欧州)	152	10	FORD GLOBAL TECHNOLOGIES LLC (米国)	247

2. 技術区分別の出願件数上位ランキング

・電気自動車

第 1-5 表は、日本、米国、欧州、中国、韓国全体の電気自動車の出願件数上位ランキングを示したものである。

電気自動車に関する出願は、上位 10 社が日本のメーカーであり、自動車メーカーを筆頭に、電気機器メーカーが上位を占めている。

第 1-5 表 [出願先：日米欧中韓] 電気自動車 - 出願件数上位ランキング

順位	出願人	出願件数
1	トヨタ自動車株式会社	1119
2	日産自動車株式会社	601
3	本田技研工業株式会社	450
4	株式会社日立製作所	263
5	株式会社デンソー	210
6	三洋電機株式会社	147
7	パナソニック株式会社	141
8	三菱自動車工業株式会社	114
9	矢崎総業株式会社	107
10	ヤマハ発動機株式会社	104
10	住友電装株式会社	104

・ハイブリッド自動車

第 1-6 表は、日本、米国、欧州、中国、韓国全体のハイブリッド自動車の出願件数上位ランキングを示したものである。

ハイブリッド自動車に関する出願は、トヨタ自動車が多岐に多く、これに日本国籍の各自動車メーカーが続いており、それ以外では、日本の電気機器メーカーや部品サプライヤが上位となっている。海外メーカーでは、HYUNDAI MOTOR、FORD GLOBAL TECHNOLOGIES、が上位となっている。

第 1-6 表 [出願先：日米欧中韓] ハイブリッド自動車 - 出願件数上位ランキング

順位	出願人	出願件数
1	トヨタ自動車株式会社	3712
2	日産自動車株式会社	1670
3	本田技研工業株式会社	1176
4	株式会社日立製作所	510
5	アイシン・エイ・ダブリュ株式会社	421
6	株式会社デンソー	396
7	HYUNDAI MOTOR CO LTD (韓国)	257
8	FORD GLOBAL TECHNOLOGIES LLC (米国)	212
9	富士重工業株式会社	199
10	三菱自動車工業株式会社	166

・燃料電池自動車

第 1-7 表は、日本、米国、欧州、中国、韓国全体の燃料電池自動車の出願件数上位ランキングを示したものである。

燃料電池自動車に関する出願は、日本の自動車メーカーが上位 3 位を占め、これに欧米韓国の自動車メーカーが続いている。それ以外では、カナダの燃料電池メーカーである BALLARD POWER SYSTEMS が上位に入っている。

第 1-7 表 [出願先：日米欧中韓] 燃料電池自動車 - 出願件数上位ランキング

順位	出願人	出願件数
1	トヨタ自動車株式会社	550
2	日産自動車株式会社	385
3	本田技研工業株式会社	328
4	RENAULT SAS (欧州)	115
5	DAIMLER AG (欧州)	84
6	BALLARD POWER SYSTEMS AG (カナダ)	70
7	GENERAL MOTORS CORP (米国)	69
8	SIEMENS AG (欧州)	68
9	HYUNDAI MOTOR CO LTD (韓国)	66
10	株式会社デンソー	57

・鉄道用電気車両

第 1-8 表は、日本、米国、欧州、中国、韓国全体の鉄道用電気車両の出願件数上位ランキングを示したものである。

鉄道用電気車両に関する出願は、日本の電気機器メーカーのほか、SIEMENS、ABB DAIMLER-BENZ TRANSPORTATION DEUT、BOMBARDIER TRANSPORTATION などの欧州メーカーが上位に入っている。

第 1-8 表 [出願先：日米欧中韓] 鉄道用電気車両 - 出願件数上位ランキング

順位	出願人	出願件数
1	株式会社東芝	436
2	株式会社日立製作所	376
3	SIEMENS AG (欧州)	188
4	三菱電機株式会社	172
5	財団法人鉄道総合技術研究所	112
6	日本信号株式会社	109
7	ABB DAIMLER-BENZ TRANSPORTATION DEUT GMBH (欧州)	76
8	BOMBARDIER TRANSPORTATION GMBH (欧州)	71
9	東洋電機製造株式会社	66
10	東日本旅客鉄道株式会社	65
10	GENERAL ELECTRIC CO (米国)	65

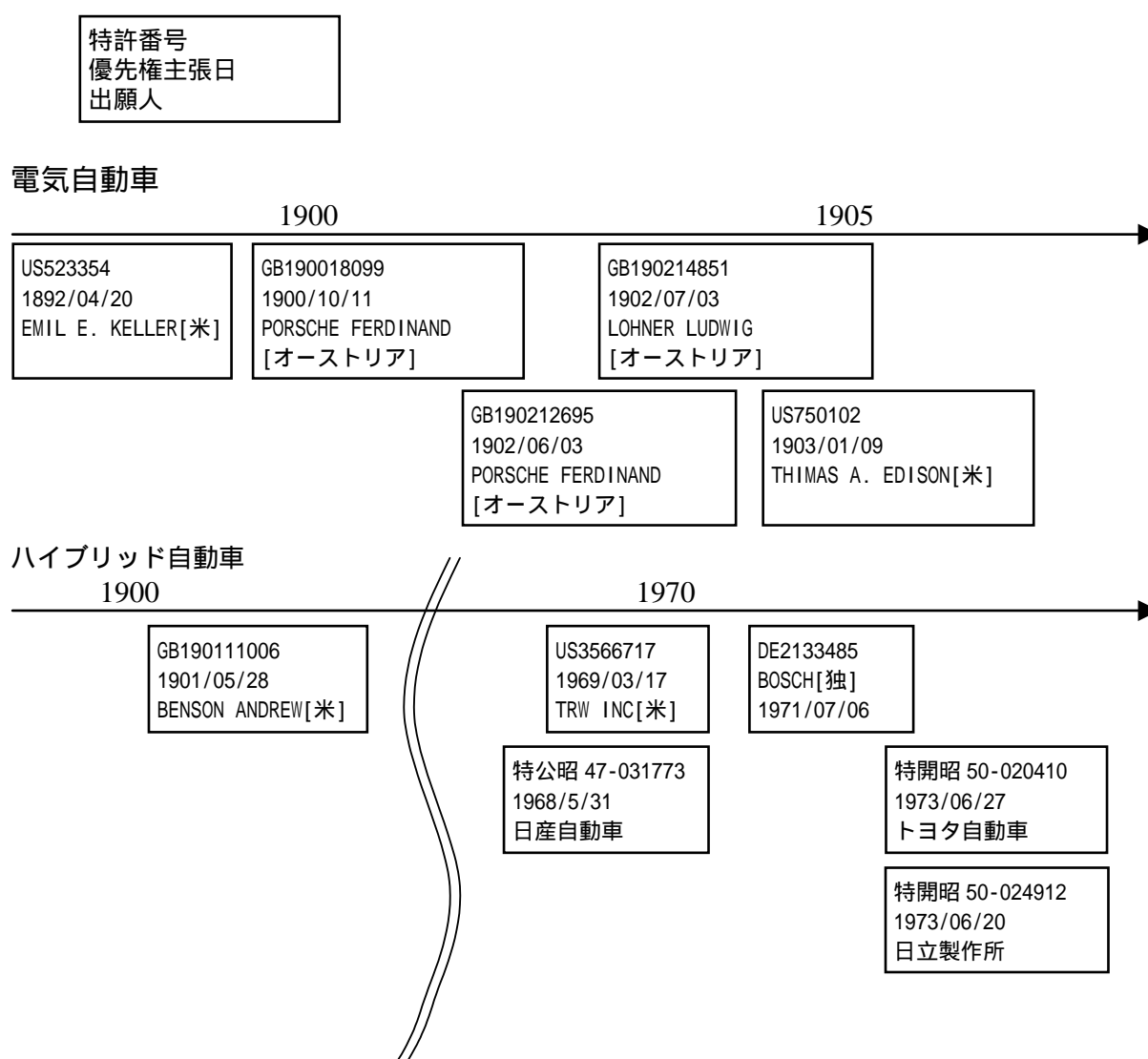
第 1 1 節 基本特許の変遷

電気推進車両技術の基本特許の変遷については、出願規模の大きいハイブリッド自動車、電気自動車について解析を行った。

電気自動車の歴史は 100 年以上の歴史を持ち、19 世紀後半から複数の特許が存在している。本調査では、文献、インターネット情報等で電気推進車両技術の歴史、開発企業、開発者名の情報を基にデータベースによる検索を複数回実施し、基本的な構成について開示されている特許を抽出した。

解析結果を第 1-9 表に示した。

第 1-9 表 基本特許の変遷



第3章 研究開発動向調査

第1節 調査の対象

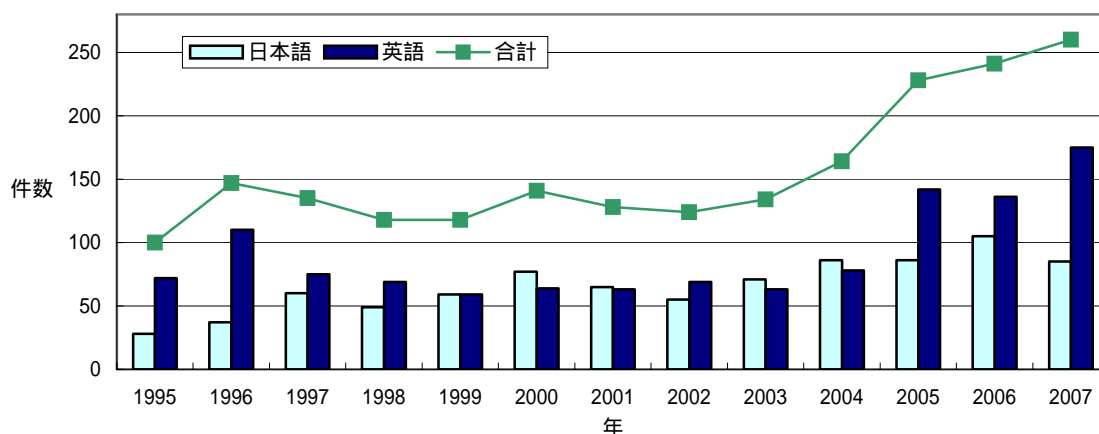
電気推進車両に関する技術については、企業のみならず大学やその他の研究機関においても研究開発が行われていると考えられる。そこで、特許動向との対象分野の違いや傾向を把握するため、研究発表論文から大学や研究機関、各国の研究開発動向について、非特許文献を調査対象として分析した。

日本語文献のデータベースとしては JSTPlus を、英語文献のデータベースとしては Compendex を利用した。これらのデータベースに収録される文献のうち、発行年が1995年から2007年までの文献を対象に電気推進車両に関するものの抽出を行い、日本語文献863件、英語文献1,175件、合計2,038件の文献について分析をおこなった。

第2節 全体動向

日本語文献、英語文献の双方について、文献全体の件数推移を第1-21図に示す。1995年から2003年ごろまでは、多少の変化があるもののほぼ横ばいの状態であるが、2004年ごろから急速に文献数が増加している。

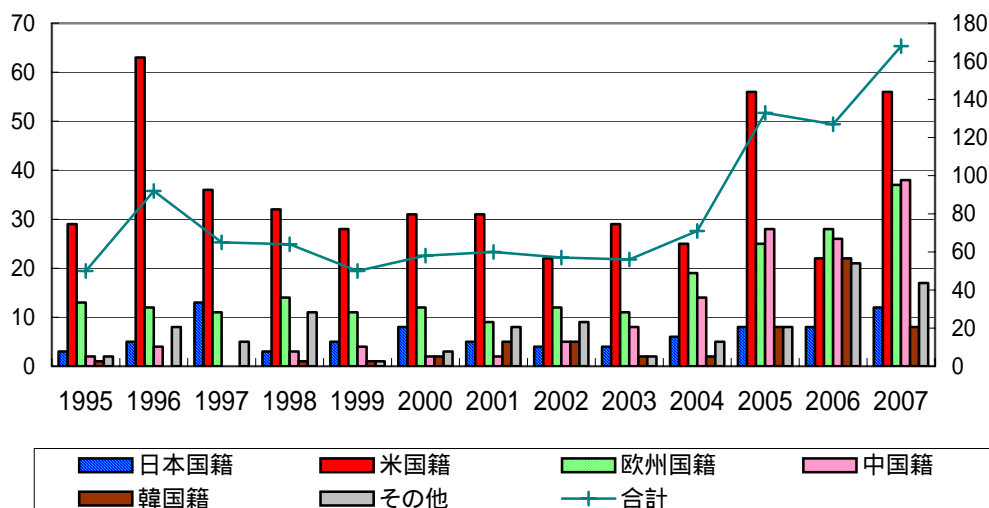
第1-21図 文献数全体の推移



文献の著者が所属する機関の所在する国（研究者所属機関国籍）に基づいた国別の分析では、日本語文献はすべて日本国籍の機関から発表されていた。英語文献については、米国籍の機関の発表件数（290件、31%）が最も多い。ついで、欧州国籍（211件、23%）、日本国籍（119件、13%）、中国籍（112件、12%）、韓国籍（72件、8%）、その他の国籍と続く。

さらに、英語文献の研究者所属機関国籍別シェアに関して、年別の件数の推移を第 1-22 図に示した。2004 年以降は欧州国籍や中国籍の件数が顕著に伸びている。ただし、主要論文に限ると中国籍の件数は大幅に減少し、米国籍、欧米国籍からの発表件数が安定している。

第 1-22 図 年別研究者所属機関国籍別推移



第 3 節 技術区分別動向調査

論文の抄録を読み込み、対象となる車両種別、技術区分について分類を実施した。分析に用いた技術区分については特許動向調査に用いたものと同様とし、車両種別の分類についても特許動向調査と同様の 5 分類（電気自動車、ハイブリッド自動車、燃料電池自動車、鉄道用電気車両、その他）とした。

1. 全体傾向

車両種別・技術区分（小区分）別の件数を第 1-10 表に示す。車両種別では電気自動車に関する文献がもっとも多く、ハイブリッド自動車がそれに続く。技術区分別では発電電動機や電池のハードに関する文献数が多くなっている。

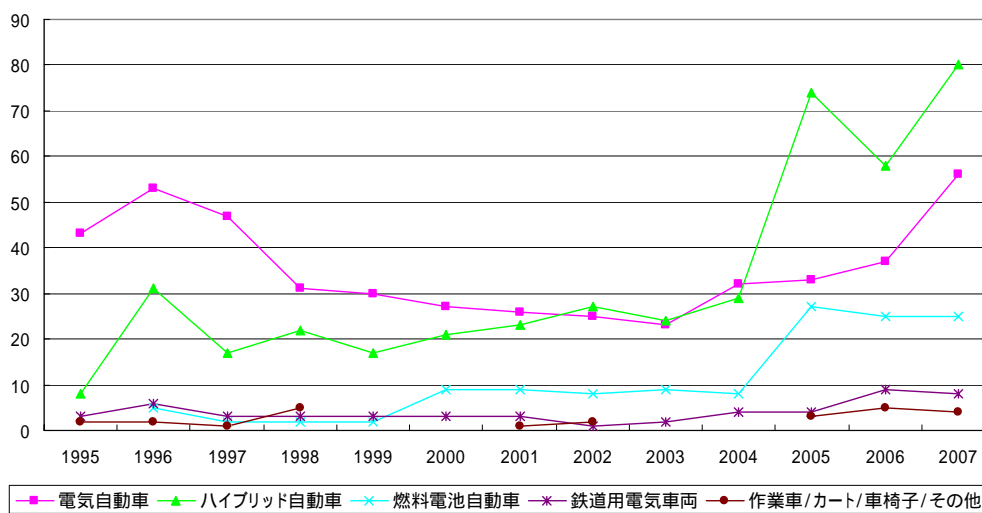
第 1-10 表 車両種別・技術区別文献件数

大区分	中区分	小区分	電気自動車	ハイブリッド自動車	燃料電池自動車	鉄道用電気車両	作業車/カート/車椅子/その他	合計	
発電電動機の制御技術	駆動力配分技術	発電電動機とそれ以外の駆動力源との間での駆動力配分技術	5	77	1	1	0	83	
		複数の発電電動機の間での駆動力配分技術	57	16	0	7	0	78	
		発電電動機とエンジンとの間での駆動力配分技術（エンジン側の制御技術）	1	19	0	0	1	21	
		変速時の駆動力配分技術	0	4	1	0	0	5	
		車両の各車輪への駆動力配分技術	66	10	0	12	3	91	
		変速制御技術	21	29	3	5	0	55	
	インバータ・コンバータ技術	昇降圧制御技術	10	6	8	10	1	32	
		PWM制御技術	13	5	4	17	1	39	
		過変調PWM制御技術	4	0	0	3	0	7	
		矩形波制御技術	2	0	0	0	0	2	
		インバータ・コンバータ故障時制御技術（故障検出を含む）	3	1	0	0	0	4	
		過電圧制御技術	1	0	0	0	0	1	
		VVVF制御技術	2	0	1	6	0	8	
		上記以外のインバータ・コンバータ技術	20	14	3	17	0	62	
		インバータ・コンバータ技術（ハード）	22	19	9	6	0	46	
		回転速度制御技術	起動時のトルク変動制御技術	6	16	2	0	0	23
	トルク変動制御技術（起動時以外）		46	28	4	25	4	105	
	過渡状態での車体揺動制御技術		3	5	0	0	0	8	
	ギヤ機構での歯打ち音防止技術		0	3	0	0	0	4	
	制限トルク算出技術		5	1	0	0	0	10	
	目標要求トルク算出技術		6	2	1	1	0	9	
	保護技術	過電圧	0	2	0	1	0	3	
		過電流	1	2	0	1	0	4	
		過負荷	0	0	0	0	0	0	
		温度	2	4	1	1	0	8	
	上記以外の発電電動機の制御技術	45	23	3	2	5	76		
	発電電動機（ハード）	56	49	10	6	3	111		
	電力制御技術	電池のSOC制御技術	SOC検出制御技術	32	22	2	0	1	54
			上下限制限制御技術	1	5	0	0	0	6
			均等化制御技術	10	2	1	0	0	13
			ナビゲーション装置との連携技術	0	5	0	0	1	6
			電池の劣化制御技術	32	7	0	0	2	37
			温度制御技術	11	3	0	0	0	14
			負荷への充放電制御技術	32	13	13	2	0	56
			上記以外のSOC制御技術	7	6	1	0	0	11
複数の主電池の協調制御技術			複数の主電池の協調制御技術	12	12	10	1	2	32
			補機用電池 補機用電池を車両駆動電源として用いる技術	0	1	0	0	0	1
			関連技術 補機用電池と主電池との間の電力授受技術	4	2	0	0	1	5
			電池の故障検出・故障対応技術	4	1	0	0	0	4
			リチウムイオン電池の制御技術	27	20	2	1	0	44
		ニッケル水素電池の制御技術	27	18	5	0	2	46	
車両の内外との電力授受技術		車両外部からの電力授受技術（プラグイン技術）	37	0	0	27	2	65	
		車両外部への電力供給技術	1	1	0	4	0	6	
		車両搭載発電機と車両搭載電池との間の電力授受技術	0	9	17	1	0	26	
		車両の内外との電力授受技術	0	10	0	0	0	10	
		燃料電池の発電出力制御技術（燃料電池自動車特有）	0	1	29	0	0	29	
		発電電動機以外の電力系統の保護技術	過電圧	1	1	0	1	0	3
			過電流	2	1	0	1	0	4
			過負荷	0	0	0	0	0	0
			過温度	2	1	0	0	0	3
		電源起動技術	0	2	0	0	0	2	
		電源回路技術	22	17	6	2	1	42	
	航続距離向上技術（電池対象を含む）	9	9	4	1	0	20		
電気的制動技術	再生制動技術	32	27	5	14	1	73		
	再生不可能な場合の制動技術	1	0	0	2	0	3		
	車両の主電池とは異なる電源へ回生する技術	7	6	0	2	1	13		
	発電制動技術	0	1	0	3	0	4		
	逆転制動技術	1	0	0	0	0	1		
冷却技術	複数の制動方法の併用技術	複数の電気的制動方法の併用技術	0	0	0	5	5		
		電気的制動と機械的制動の併用技術	4	10	0	4	0	18	
		電気的制動と機関ブレーキの併用技術（ハイブリッド自動車特有）	0	0	0	1	0	1	
	発電電動機の冷却制御技術	6	7	3	4	0	17		
	インバータ・コンバータの冷却制御技術	4	8	0	1	0	13		
	電池の冷却制御技術	5	4	0	2	0	9		
安全・環境技術	燃料電池の温度制御技術（燃料電池自動車特有）	0	0	1	0	0	1		
	発電電動機・インバータ・コンバータ・電池それぞれの冷却のための配置技術	1	3	0	1	0	5		
	燃料電池の冷却のための配置技術（燃料電池自動車特有）	0	0	0	0	0	0		
	複数要素の間での冷却媒体循環制御技術	0	1	0	1	0	2		
	衝突時の安全制御技術	4	2	4	1	0	9		
その他	衝突安全のための搭載技術	1	0	1	1	0	3		
	ブイズ抑制制御技術	13	7	2	20	2	42		
	排出物対策制御技術（燃料電池自動車特有）	0	0	11	0	0	11		
	故障検出・故障対応技術（インバータ・コンバータ、電池、発電電動機以外）	4	0	4	14	0	22		
上記以外の安全・環境技術	10	5	15	11	5	46			
その他		48	42	55	26	55	217		

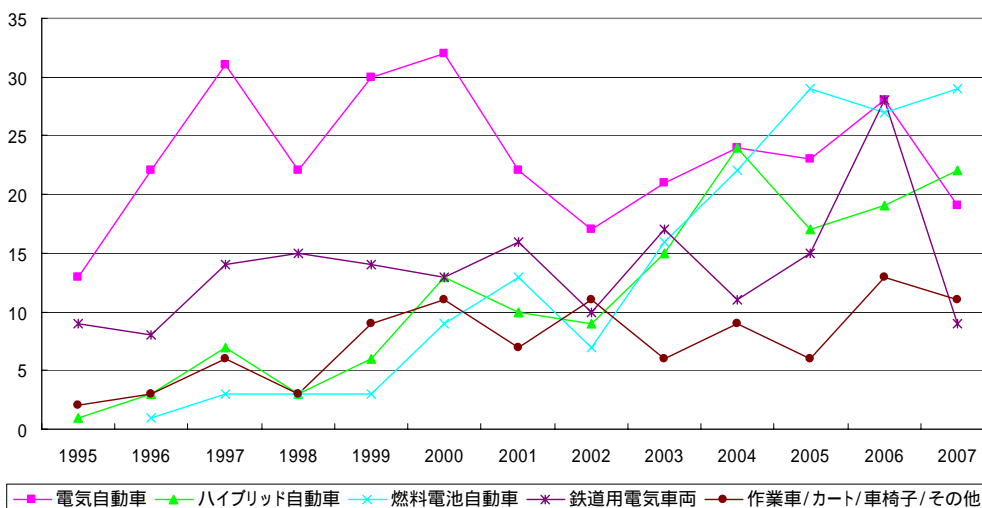
2. 車両種別動向

車両種別毎の英語論文件数の年別推移(第1-23図)では、電気自動車に関する文献が2000年前後にいったん減少した後、2003年ごろから再び増加している。ハイブリッド自動車、燃料電池自動車に関する英語文献は近年増加を続けている。日本語文献(第1-24図)でも同様にハイブリッド自動車、燃料電池自動車に関する文献数の増加が見られる。また、鉄道、その他(特に車椅子)の割合が比較的高いことも日本語文献の特徴である。

第1-23図 車両種別毎の論文件数推移(英語文献)



第1-24図 車両種別毎の論文件数推移(日本語文献)



第4節 技術区分別研究者所属機関国籍別動向

英語文献に関して技術区分（大・中区分）別に研究者所属機関国籍別の動向を分析した。結果を第1-11表に示す。いずれの技術区分においても米国籍、欧州国籍の発表件数が多い。

第1-11表 技術区分別研究者所属機関国籍別文献件数

技術分類(大区分および中区分)	日本国籍	米国籍	欧州国籍	中国籍	韓国籍	その他
発電電動機の制御技術	50	172	82	74	41	46
駆動力配分技術	22	65	34	29	17	13
インバータ・コンバータ技術	10	43	20	12	4	5
回転速度制御技術	6	22	8	11	9	9
発電電動機故障時制御技術	0	4	0	0	0	2
保護技術	0	0	0	0	0	0
上記以外の発電電動機の制御技術	3	18	9	14	3	7
発電電動機(ハード)	9	20	11	8	8	10
電力制御技術(電池制御技術)	12	87	58	22	6	35
電池のSOC制御技術	4	39	31	11	4	17
複数の主電池の協調制御技術	0	14	5	3	0	3
補機用電池関連技術	0	0	0	0	0	0
電池の故障検出・故障対応技術	0	1	1	0	0	2
リチウムイオン電池の制御技術	2	8	2	1	0	1
ニッケル水素電池の制御技術	2	5	1	1	2	2
電池(ハード)	4	18	14	3	0	8
上記以外の電池制御技術	0	2	4	3	0	2
電力制御技術(電池制御技術以外)	4	54	26	16	5	9
車両の内外との電力授受技術	3	21	15	6	1	3
発電機の発電電力制御技術	0	4	1	3	0	0
燃料電池の発電出力制御技術(燃料電池自動車特有)	0	9	6	2	2	1
発電電動機以外の電力系統の保護技術	0	0	0	2	0	0
電源起動技術	0	1	0	0	0	1
電源回路技術	0	14	3	2	2	4
航続距離向上技術(電池対象を含む)	1	5	1	1	0	0
電氣的制動技術	5	9	10	20	11	2
回生制動技術	2	8	7	16	6	2
発電制動技術	1	0	1	0	0	0
逆転制動技術	0	0	0	0	0	0
複数の制動方法の併用技術	2	1	2	4	5	0
冷却技術	0	16	7	1	0	0
発電電動機の冷却制御技術	0	5	3	0	0	0
インバータ・コンバータの冷却制御技術	0	7	1	0	0	0
電池の冷却制御技術	0	3	1	0	0	0
燃料電池の温度制御技術(燃料電池自動車特有)	0	0	0	1	0	0
発電電動機・インバータ・コンバータ・電池それぞれの冷却のための配置技術	0	1	1	0	0	0
燃料電池の冷却の為の配置技術(燃料電池自動車特有)	0	0	0	0	0	0
複数要素の間での冷却媒体循環制御技術	0	0	1	0	0	0
安全・環境技術	4	14	11	8	2	2
衝突時の安全制御技術	0	3	1	1	0	0
衝突安全の為の搭載技術	0	1	0	1	0	0
ノイズ抑制制御技術	1	5	3	2	1	0
排出物対策制御技術(燃料電池自動車特有)	0	2	1	0	0	0
故障検出・故障対応技術(インバータ・コンバータ、電池、発電電動機以外)	0	1	2	1	1	1
上記以外の安全・環境技術	3	2	4	3	0	1
その他	6	43	17	15	9	8

各技術区分（大区分）別の文献数推移は以下の通り。

- ・ 発電電動機の制御技術：

各国を通じて最も発表件数の多い区分である。そのうち、日本語文献については、おおよそ横ばいの傾向が見られる。英語文献では、近年中国籍、欧州国籍で増加傾向が見られる。

- ・ 電力制御技術（電池制御技術）：

日本語文献は1999年ごろ、2004年ごろにピークがある。英語文献については、中国籍は2000年あたりから緩やかに増加し、2007年、米国籍や欧州国籍において急増している。その一方、日本国籍や韓国籍ではこの10数年間ほとんど論文は出されず横ばい状態にある。

- ・ 電力制御技術（電池制御技術以外）：

日本語文献については1999年ごろ、2004年ごろの2回、発表数の増加が見られる。英語文献については中国籍、欧州国籍で2004年から増加している一方、日本国籍や韓国籍はほぼゼロで推移している。

・電気的制動技術：

日本語文献の発表数は2000年にピークを迎えており、近年は減少傾向である。英語文献について、日本国籍、米国籍、欧州国籍からの報告が全期間を通じて散見される程度である一方で、中国籍で2004年から急増している。また、韓国籍においても近年増加傾向が見られる。

・冷却技術：

日本語文献については1~4件で推移している。英語文献については、日本国籍、中国籍、韓国籍ではほぼゼロの水準が継続している。米国籍についても1~3件で推移しておりほぼ横ばいの傾向である。欧州国籍は2000年から発表がない。

・安全・環境技術：

日本語文献は2002年以降増加傾向が見られる。英語文献は全体に件数が少なく、傾向は見られないが、中国籍、韓国籍などは2002年以前の発表はない。

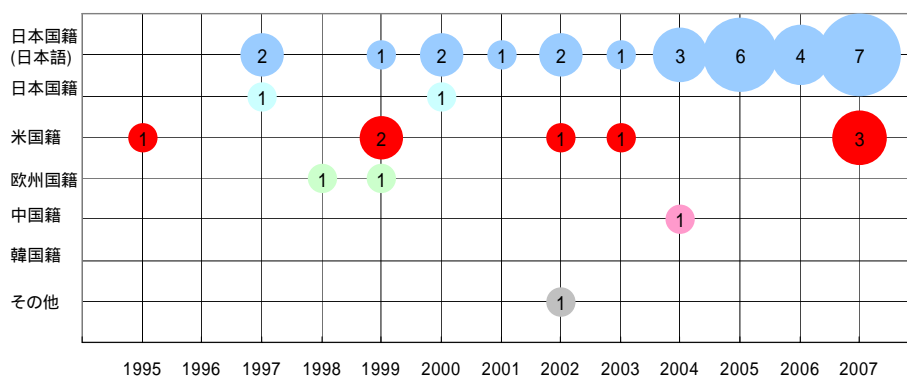
・その他：

日本語および英語の双方の文献数において、全体の文献数の推移とおおよそ同様の傾向が見られる。

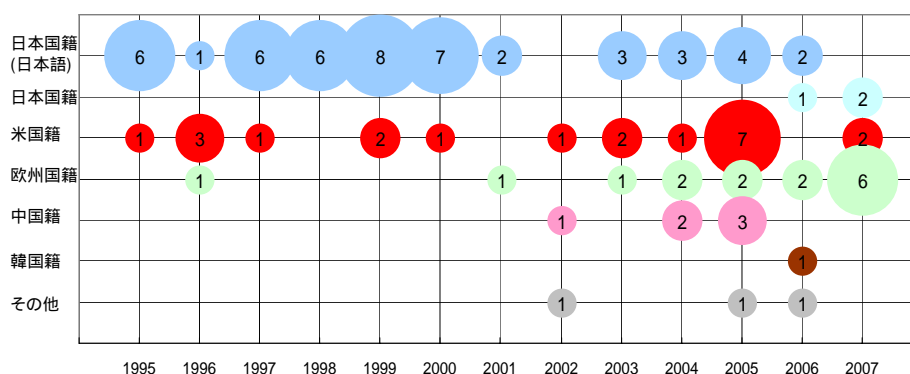
第5節 注目研究開発テーマ

各大区分に含まれる技術中区分のうち、特許動向調査において注目研究テーマとして取り上げた中区分「リチウムイオン電池の制御技術」と、小区分「車両外部からの電力受容技術(プラグイン技術)」（これを含む中区分「車両の内外との電力授受技術」）に関して、研究者所属機関国籍別件数推移を第1-25図、第1-26図に示す。

第1-25図 研究者所属機関国籍別件数推移：中区分 リチウムイオン電池の制御技術



第 1-26 図 研究者所属機関国籍別件数推移：中区分 車両の内外との電力授受技術



リチウムイオン電池の制御技術では、日本語文献が 2005 年ごろから増加している。英語文献では各国籍において低水準で推移しており、特に韓国籍では 1995 年から発表のない状態が続いている。

車両の内外との電力授受技術に関しては、日本語文献が 2000 年頃まで 7~8 件、それ以降は 3 件前後で推移している。英語文献については欧州国籍では 2002 年から増加傾向であり、2005 年には米国籍で急増が見られる。日本国籍、韓国籍では低水準で推移している。

第 6 節 ランキング

1. 日本語文献の機関別発表件数ランキング

日本語文献の機関別発表件数ランキング(第 1-12 表)では、鉄道総合技術研究所、日本自動車研究所の両研究機関からの文献数が多い。また、第 3 位の東京大学を始め、東海大学、早稲田大学などが登場し、大学に所属する研究者の存在感を示している。一方、産業界では自動車メーカ、電機メーカなどが名を連ねている。全体では企業からの発表が 564 件、41%、大学からの発表が 494 件、36%、その他研究機関からの発表が 314 件、23%となっている。なお、日本語文献の第一著者について調査したところ、研究機関に所属している著者が多く見られた。研究機関の多くは定期刊行物を発行しており、所属する研究者が機関誌に複数投稿していると考えられる。

第 1-12 表 日本語文献の機関別発表件数ランキング

順位	件数	機関名
1	101	財団法人 鉄道総合技術研究所
2	61	財団法人 日本自動車研究所
3	38	東京大学
4	32	本田技研工業株式会社
5	30	株式会社 東芝
6	29	トヨタ自動車株式会社
6	29	東海大学
8	24	早稲田大学
9	22	三菱電機株式会社
10	21	財団法人 電力中央研究所
10	21	株式会社 日立製作所

2. 英語文献の機関別発表件数ランキング

英語文献の機関別発表件数ランキング(第1-13表)では、米国籍の機関が比較的上位を占めている。全体的に大学が多いが、企業やその他の研究機関からの発表も多く見られる。なお、英語文献の第一著者について調べたところ、上位33名の中に5名の日本人研究者が見られた。

第1-13表 英語文献の機関別発表件数ランキング

順位	件数	機関名	地域
1	27	フォード・モーター・カンパニー	米国
2	13	東京大学	日本
3	11	哈爾濱工業大学	中国
4	10	成均館大学校	韓国
5	9	北京理工大学	中国
6	7	カリフォルニア大学	米国
7	6	コンコーディア大学	米国
7	6	Electro Standards Laboratories	米国

第7節 まとめ

< 技術種別 >

・電力授受技術では、走行中の鉄道用電気車両における接触型の給電についての文献が多い。自動車を対象とした給電技術では、停車中の接触給電の報告が多かったが、非接触給電技術の報告も見られた。

・電池制御技術では、リチウムイオン電池技術の発展が期待、予想される。鉛蓄電池からニッケル水素、リチウムイオン電池というおおまかな技術の流れは見られたが、明確な動向であるとはいえない。

・駆動力制御については、ハイブリッド自動車のインホイールモータの開発や多軸駆動車の開発に関する報告が見られた。

・回生制動技術に関しては、トラクションコントロールによる姿勢制御や車輪空転の防止といったより高度な制御を志向したものが多く見られた。

・研究動向調査全体の技術傾向としては、ハードウェアの開発そのものよりも、ハードウェアを取り込んだシミュレーションやシステム最適化のためのシミュレーションが多く見られた。安全性や故障対応といったより実用的な技術が少なかったのも特徴といえる。

< 車両種別 >

・燃料電池自動車の技術関係では、車両そのものの技術に加え、エネルギー源である水素の貯蔵や輸送に関する報告が多く見られた。

・鉄道用電気車両に特徴的な報告は、< 技術種別 >でも述べた給電部分の技術のほかに、空転制御(粘着制御)特に高速車両の走行時や減速時の制御について、活発に検討されている。

・電動車椅子に関する論文では、人が操作する部分であるインターフェースに関する報告が見られた。

< 研究者所属機関国籍別 >

・ハイブリッド自動車、燃料電池自動車や（高速）鉄道などの分野に技術の蓄積と強みをもつため、全体的に日本が存在感を示しているが、海外への論文投稿は多いとはいえない。一方で活発に海外への論文投稿を行っている日本人研究者も見られた。

・英語論文全体の動向としては、近年中国への投稿件数が確実に増えてきており、勢いを感じられる。主要な論文誌に盛んに発表しているわけではないが、今後の動向には注目が必要である。

第4章 政策動向調査

第1節 電気推進車両の推進政策

電気推進車両の開発を促進するための政策としては、日本のJHFCプロジェクト（2002～）、EV・pHV タウン構想（2008～2013 予定）、米国の次世代自動車パートナーシップ（1993～2004）、Freedom CAR（2002～2008）、欧州のCUTE（2001～2005）、CEP（2003～2006）、第7次FP（2006～2012）などが各国で実施されている。また、直接的な開発の促進政策とは別に、市場普及促進策が企業の市場参入を促し、結果として研究開発の促進等につながることもあり、各国において税制の優遇措置や補助金の交付などが行われている。

第2節 規制政策

化石燃料資源枯渇の可能性や地球温暖化問題の高まりを受けて、近年では効率的な化石燃料の消費という観点から燃費に対する達成目標値が定められるようになってきている。ハイブリッド自動車は通常の内燃機関自動車と比較して高い燃費効率を示すため、このような燃費の規制はハイブリッド自動車開発のインセンティブとなっている。

第5章 市場環境調査

第1節 クリーンエネルギー自動車の技術動向

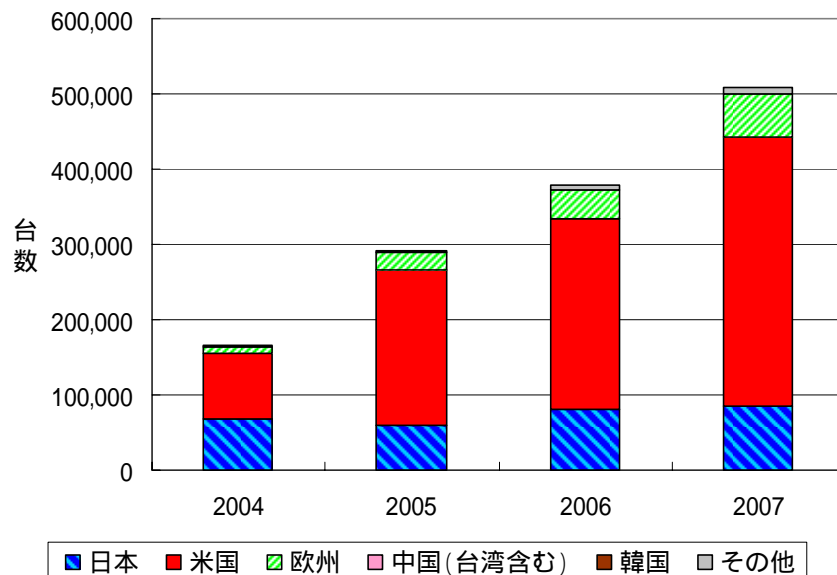
電気推進車両は、経済産業省の技術戦略マップ 2008（以下、技術戦略マップ）では、クリーンエネルギー自動車に分類されている。ハイブリッド自動車に関しては、既に普及段階に入っているが、その他電気推進車両については普及段階となるのは2010年以降としている。電気自動車や燃料電池自動車については普及に向けた課題が存在することも述べられている。

第2節 電気推進車両の市場環境

1. 世界のハイブリッド自動車市場

世界のハイブリッド自動車の地域別販売台数の推移を第1-27図に示す。米国を中心として日米欧でほぼすべての市場が形成されている。2007年には世界での販売台数が50万台を越えたが、そのうち約7割が米国内で販売されている。2004年当時、日本は市場の約4割を占めていたが、2007年にはシェアが17%まで低下した。逆に欧州は市場シェアを2004年の5%から2007年は11%まで倍増させている。その他の国では、オーストラリア、イスラエルなどでの販売数が増加している。

第1-27図 世界のハイブリッド自動車地域別販売台数



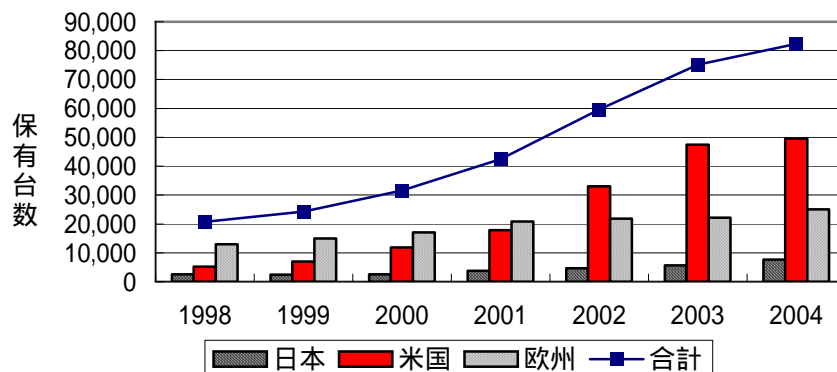
出典：マークラインズ社資料より作成

2007年におけるメーカー別販売台数ではトヨタ自動車が大きなシェア（414,646台、82%）を占めており、そのうち43,189台、約11%がレクサスブランドでの販売台数である。本田技研工業が2番手、それに日産自動車や北米のメーカーが続いている。

2．世界の電気自動車市場

世界の電気自動車保有台数の推移を第 1-28 図に示す。2000 年ごろから米国の市場拡大により急速に拡大したがその勢いは続かず、2003 年ごろから成長が鈍化している。

第 1-28 図 世界の電気自動車保有台数推移



出典：各国統計資料より作成

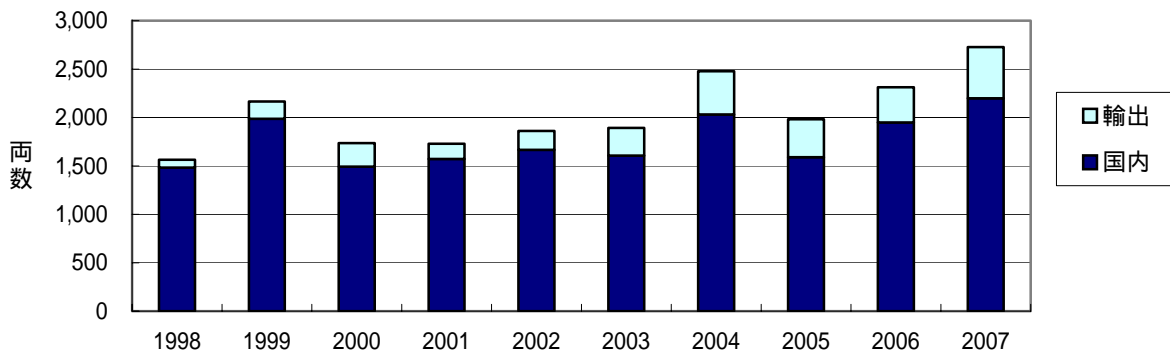
3．世界の燃料電池自動車市場

燃料電池自動車は商業化にむけた実証試験の段階にあり、日米欧の各市場における普及台数は数十台程度と市場を形成するには至っていない。日本市場では、トヨタ自動車、本田技研工業、日産自動車が主に法人に対してリース販売を行っている。米国市場では、米国メーカーに加えて日本メーカーも市場開拓に参加しており、2008 年に本田技研工業が燃料電池自動車「FCX クラリティ」の個人に対するリース販売を始めた。欧州市場では、DAIMLER AG 社のメルセデス部門が開発を進めており、日本や米国、ドイツなどで燃料電池乗用車の実走行プロジェクトを行っている。また、燃料電池バスについても EU 各国などで実証試験を実施している。

4. 鉄道用電気車両の市場

鉄道用電気車両の市場については、国内における鉄道車両^{*1}の生産数と市場推移（国内・海外）を第1-29図に示す。輸出部分でのゆるやかな増加が見られるほかは、ここ数年1,500～2,500台で推移しており、市場規模の大きな変化は見られない。

第1-29図 鉄道車両の生産数



出典：国土交通省 鉄道車両等生産動態統計調査より作成

5. その他の電気推進車両市場

ハイブリッド自動車、電気自動車、燃料電池自動車、鉄道用電気車両以外の電気推進車両には、電動車椅子や電動アシスト自転車などがあげられる。国内における電動車椅子の市場推移はハンドル型の三輪・四輪車の出荷が減少しており、市場全体も縮小傾向にある。その一方で、国内における電動アシスト自転車の出荷台数と、自転車全体の出荷台数に占める割合（構成比率）はともに増加傾向が見られる。

第3節 電気推進車両の市場予測

2008年に発表された長期エネルギー需給見通しでは、最大導入ケースにおいて「家庭では2020年において新車の2台に1台が次世代自動車」とされている。社団法人日本自動車工業会の統計によると、2007年度における乗用車需要がおよそ450万台であった。2020年には年に200万～250万台の次世代自動車が導入されることとなる。これには天然ガス自動車やLPG自動車などの内燃機関自動車も含まれるが、その大半が電気推進車両であると考えられる。

電気推進車両のうち燃料電池自動車については、各メーカーの開発状況から2012～2015年頃に市場に本格投入されるものと予測されるが、インフラ整備の問題もあり、急速な普及は見込めない。一方、主にリチウムイオン電池を搭載し航続距離を伸ばした第2世代の電気自動車や家庭用電源からの充電が可能なプラグインハイブリッド自動車については、各国のメーカーが開発や市場投入の予定を発表しており、今後大きな市場を形成していくものと予想される。

^{*1} 電気機関車、ディーゼル機関車、電車、新幹線、ディーゼル車、客車、貨物車、特殊車両を含む。統計の区分上、鉄道用電気車両のみを正確に抽出できないため、合計両数で示した。

第4節 国内メーカーの開発体制

電気推進車両に搭載される二次電池に関しては電機会社との協力のもと、開発・生産が進められている。自動車メーカーと電機会社との共同出資によってオートモーティブエナジーサプライ、パナソニック EV エナジー、リチウムエナジージャパンといった会社が設立され、大規模な投資を実施しながら量産を始める予定となっている。

第5節 電気推進車両の周辺市場

1. マクロ要因

(1) 原油価格

内燃機関自動車にとって、原油価格は重要な指標のひとつである。原油価格が高騰し、ガソリンや軽油の価格が上昇するほど、電気推進車両のような低燃費車両の相対的な経済性が上昇する。2009年2月現在、一時期の高値は落ち着きを取り戻しているものの、米国エネルギー省の原油価格予測では長期的には上昇傾向が続くとされている。

(2) 資源制約

電気推進車両の製造には埋蔵量の少ないレアメタルが必要になることが多い。レアメタルは資源としての偏在が激しくその産出国が限られるため、供給不足やそれに伴う高騰が懸念される。このリスクの回避、安定供給の実現に向け文部科学省では「元素戦略プロジェクト」、経済産業省では「希少金属代替材料開発プロジェクト」が実施され、代替材料の探索などが行われている。

2. インフラの整備

ハイブリッド自動車を除く電気推進車両は、既存のガソリンスタンド以外から駆動力源を補給する必要がある。そのため、電気推進車両の普及のためにはインフラの整備が欠かせない。電気自動車に関しては、公共施設やショッピングセンターなどに充電スタンドを整備することが検討されている。燃料電池自動車に関しては、燃料である水素を補給するための水素ステーションを整備することが検討されている。日本ではJHFCプロジェクトの一環として全国12箇所に水素ステーションが設置されている。

3. その他の自動車

電気推進車両は従来の内燃機関自動車と比較した場合に、環境負荷が低いことが特長である。一方で内燃機関自動車においても、環境への影響を抑えるためにさまざまな開発が行われている。

そのひとつが、バイオ燃料としてのエタノールを利用可能なエタノール自動車である。米国におけるE85(エタノールを85%混合したガソリン)用自動車の保有台数は30万台に及び、近年においても市場は拡大を続けている。また、ブラジルではエタノールとガソリンの双方

が使用可能なフレックスフューエル自動車（FFV）が普及している。全販売台数（ガソリン自動車、アルコール自動車、ディーゼル自動車、FFV の合計）に対する FFV の販売台数の割合は、2005 年当初 25%程度であったがその年末にはおよそ 70%に達し、2008 年では 80%を超えている。

一方、欧州では、環境規制への対応としてディーゼル車の開発に積極的であった。新車販売台数に占めるディーゼル自動車の割合は 50%近い。

第 6 章 提言

日本は電気推進車両技術において、ハイブリッド自動車の技術開発をはじめとして大きな存在感を示している。日米欧中韓への特許出願においては、日本国籍出願人による出願件数は最も多く、車両種別、技術区分別における特許出願件数についても、他国と比較して優位な状況にある。また、ハイブリッド自動車の市場シェア、各国の CO₂ 排出量規制や燃費達成基準等への対応技術、例えば航続距離向上のための技術の開発においても、他国と比較して優位な状況にある。

しかしながら、電気推進車両技術には、航続距離の向上、レアメタルの確保、インフラ整備、コスト低減等、解決すべき課題が多く残っている。また、電気推進車両技術は、要素技術となる電池、電動機、インバータのハード技術の進歩に密接に関係しているため、要素技術の革新的なブレークスルーによって優位性が大きく変動する可能性があることに注意が必要である。また、本調査では、電気推進車両技術の全般ではなく、制御技術とその関連分野を主な調査対象としていて、電気推進車両技術全体を分析の対象にしたのではない点に注意する必要がある。

日本の優位性を今後も維持・拡大するために、主に制御技術面から見た電気推進車両技術についての提言を以下にまとめる。

提言 1 . 複数の車両種別への対応も考慮した電気推進車両の性能を向上する技術の開発

近年、都市環境の保全や地球温暖化の回避、化石エネルギー枯渇問題への対応策として、電気推進車両技術への期待が高まり、その開発が活発に行なわれている。1996 年にはこれまでの電気自動車に比べて格段に性能が向上した第 2 世代電気自動車と呼ばれる高性能車両が登場し、1997 年には量産型のハイブリッド自動車が発売された。米国カリフォルニア州のゼロエミッション規制に代表される法規制、税制優遇措置なども相まって、複数の自動車メーカーから電気自動車やハイブリッド自動車が発売されており、普及が始まっている。燃料電池自動車については、コストや水素貯蔵技術、インフラ整備、氷点下起動等、実用化・普及に向けての課題が多いため、普及には至っていないが、2002 年からは燃料電池自動車のリース販売も開始されるなどの動きもある。鉄道用電気車両は、大量輸送が可能である点と単位輸送量あたりの二酸化炭素排出量が比較的少なくできる点で、注目を集めている。都市環境の保全・地球温暖化の防止・化石エネルギーの枯渇の回避策などとして、電気推進車両の技術開発は近年ますます重要になってきている。

今後、電気推進車両を格段に普及させるためには、内燃機関車両と比較して遜色ない性能をもった電気推進車両が必要となる。車両の走行性能の向上に向けて、「発電電動機の制御技

術 - 駆動力配分技術 - 車両の各車輪への駆動力配分技術」と「発電電動機の制御技術 - 回転速度制御技術 - 過渡状態での車体揺動制御技術」に関する出願件数が増加しており、技術開発が、競って進められていることがうかがえる。性能向上には多くの課題があるが、電気自動車や燃料電池自動車の場合は、航続距離の延長が特に重要な課題であるとの指摘もある。航続距離延長のための技術に関しては、日本の特許出願件数が多く、我が国の技術開発の優位性をうかがわせる。また、「回生制動によるエネルギー回収」も、航続距離の延長と燃費向上に有効な技術であるから、より一層の技術開発が望まれる。

電気自動車や燃料電池自動車は、高電圧の二次電池・水素燃料・燃料電池など安全面に配慮が必要なユニットを搭載している。このため、安全確保のための技術開発が重要である。この安全関連技術に関して日本と海外を比較すると、日本国籍出願人による出願件数は、他国籍出願人に劣ってはいないが、他国籍出願人による安全関連技術への出願比率（全体に対する注力度）は日本国籍出願人より高い状況にある。電気自動車や燃料電池自動車の普及には、安全性確保は重要課題であるから、今後は一層の技術開発が望まれる。

電気推進車両の多様な車両種の間相互比較に関しては、車両種別毎に、単なる燃費比較だけではなく、Well-to-Wheel（一次エネルギーの採掘から車両走行による消費まで）のエネルギー消費量や二酸化炭素排出量の比較・検討が行われている。これらの指標に加えて、コスト・安全性・インフラの充実度など多くの要素の優劣によって、今後主流となる車両種別が決まると考えられる。現時点での車両種別の出願件数では、どの種別でも出願件数が増加または横這い状態にあり、市場においても特定の車両種別が支配的に普及している状況ではないため、将来の主流となる電気推進車両の種別は確定していない状況にある。

小型車や航続距離の短い用途には電気自動車を用い、航続距離の長い用途にはハイブリッド自動車を用い、商用車には燃料電池自動車を用いるなど、車両種別毎の特性に応じた使い分けがなされ、複数の車両種別が共存することも想定される。よって技術開発の際には、複数の車両種への適用可能性を視野に入れることが重要である。例えば、先述した「回生制動によるエネルギー回収」は、航続距離を延長するためや、エネルギー消費量を節減するため、ひいてはCO₂排出量削減のための重要な技術であり、電気自動車や燃料電池車に限らず、ハイブリッド自動車や鉄道用電気車両等、全ての車種に幅広く適用が可能である。

したがって、電気推進車両の様々な車両種別への適用も考慮しながら、航続距離延長の技術、エネルギー消費量節減の技術、安全関連の技術など、電気推進車両普及に向けて重要な技術についてさらなる開発が期待される。

提言2．注目技術の開発促進（プラグイン技術、リチウムイオン電池関連技術）

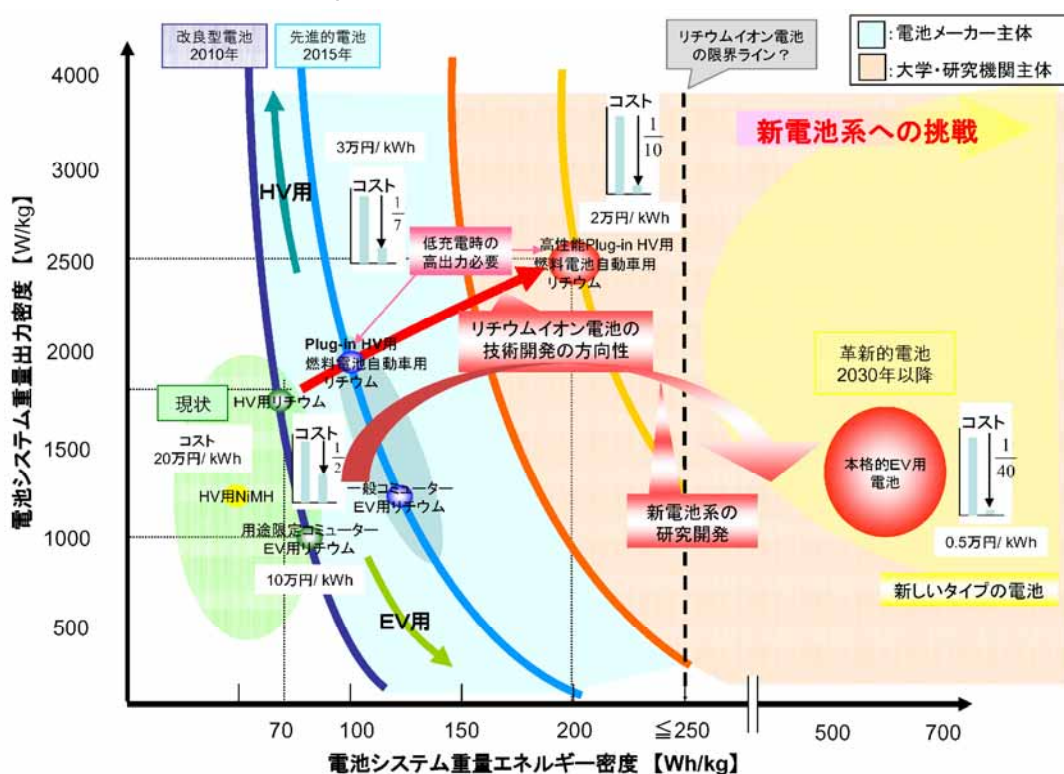
プラグイン技術は、深夜電力の利用により車両のランニングコストを低減できる技術として注目されている。「車両外部からの電力受容技術（プラグイン技術）」に関する特許出願の状況によると、近年、ハイブリッド自動車に関する出願件数が急増しており、関連する技術開発が活発になっていると考えられる。関連技術の開発競争は今後も続く可能性の高いことが、有識者から指摘されており、この注目技術に関する技術開発の強化が望まれる。

また、ハイブリッド自動車用の電池は、市場環境調査結果からも普及の進行が確認されており、現時点では充電容量と安全性の面からニッケル水素電池が主流となっている。しかし、リチウムイオン電池は、ニッケル水素電池よりもエネルギー密度に優れ、高容量化や小型化

が可能なため、近い将来には、電気推進車両用電池はリチウムイオン電池が主流となると予測されている。リチウムイオン電池の制御技術は、電気自動車とハイブリッド自動車の両者において重要であり、出願が継続的になされている。また、日米欧の多くの自動車メーカ、電機メーカ、部品メーカからリチウムイオン電池の開発成果や販売計画などが発表されている。「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」(経済産業省)(第1-30図参照)においても、自動車用電池としてリチウムイオン電池が取り上げられており、電気推進車両普及のためには、リチウムイオン電池技術が重要な役割を果たすものと考えられる。

現状では、関連特許の出願件数ランキングで上位に日本の自動車メーカ、電機メーカ、部品メーカが並んでおり、電気推進車両の技術分野は、様々な日本企業の努力により、我が国が優位に開発を進めている状況にある。先に示したように、プラグイン技術やリチウムイオン電池関連技術などの重要術に関し、異業種の企業が連携することにより、相互の強みを活かした技術開発が一層推進・進展されることが期待される。

第1-30図 自動車用電池の開発の方向性(「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」(経済産業省)において、改良・先進・革新という3つのフェーズに分けた電池の開発戦略における開発目標を鳥瞰図に表したもの)



出典：経済産業省「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」

提言3. 産学官の連携

様々な車両種別に渡る幅広い技術開発には、膨大な開発費用の投資と技術力の投入が不可欠である。論文発表件数ランキングでは、大学が上位に位置しており、電気推進車両に関する基礎研究や先進的な研究が大学で推進されているものと思われる。そこで、大学が生み出す成果を社会に還元できるように、産学官が連携して戦略的に技術開発を推進していくことが

重要である。

また、充電スタンドや水素ステーションなどの電気推進車両向けのインフラ整備も、電気推進車両普及のための重要な課題である。社会インフラの整備には産学官の連携が重要であり、日本ではJHFCプロジェクトによる水素ステーション設置などが行われている。これらのインフラ整備のための活動について、引き続き産学官の連携が望まれる。

提言4．知的財産戦略

日米欧中韓での出願件数収支(第1-8図)からわかるように、電気推進車両技術において、日本国籍出願人による出願件数は、出願先各国で多い。なお、1995-2006年(優先権主張日)での出願件数のシェアは、米国で50%(1位)、欧州で36%(2位)、中国で48%(1位)、韓国で34%(2位)と高い値を示している。しかし、米国籍や欧州国籍の出願人に比較すると、国内への特許出願件数の割には他国への出願比率が低い。また、他国籍出願人は自国への出願件数が最も多く、また、欧州や韓国では、欧州国籍と韓国籍の出願人の出願件数が最も多い状況にあり、必ずしも日本国籍の出願人が全ての国で他国籍の出願人を圧倒している状況にはない。

したがって、日米欧中韓いずれの国・地域においても、電気推進車両技術に関する特許の出願件数が増加している状況の中で、電気推進車両技術に関する日本の産業競争力を維持・拡大するためには、国内に加えて海外への戦略的な特許出願の推進が重要である。車両種別、技術分野の両面から、漏れのない特許戦略を進め、電気推進車両技術の知的財産を守るために、各国で活用できる知財ポートフォリオを構築していくことが望まれる。