

電気推進 車両技術

特許審査第二部一般機械（制動・機械要素）
小野田 達志

電気推進車両は、急速に普及しつつあるハイブリッド自動車や、鉄道などに代表される、電力で走行する車両のことです。平成20年度の特許出願技術動向調査「電気推進車両技術」では、この電気推進車両の、特に制御技術に注目して、特許出願動向などを調査しました。本稿では、その調査結果の一部を紹介させていただきます。

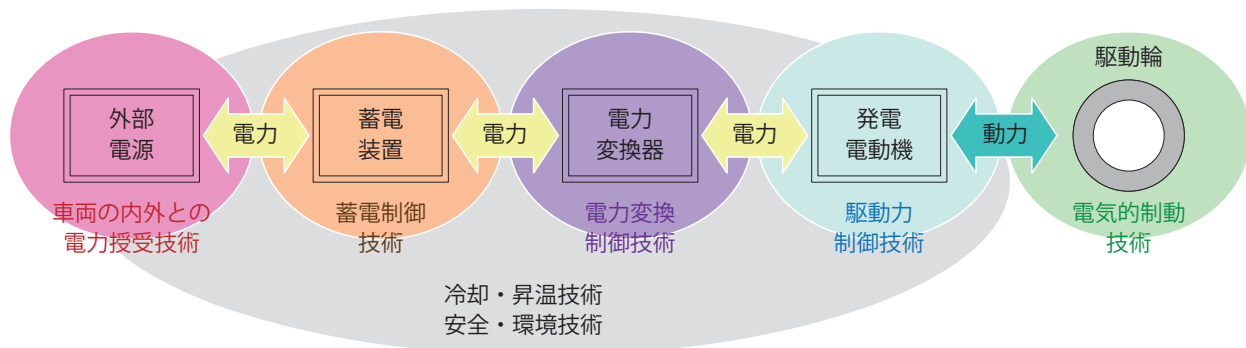
1. 電気推進車両技術とは

(1) 電気推進車両技術の概要

電力で走行する電気推進車両としては、トヨタ自動車のプリウスに代表されるハイブリッド自動車や、電気自動車、燃料電池自動車のほか、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、車椅子などが挙げられます。

これらのうち、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・福祉産業などに広く普及しています。ハイブリッド自動車、電気自動車、燃料電池自動車は、近年の原油価格高騰の影響やCO₂排出量削減への対応策として大きな注目を浴びています。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ます。

電気推進車両の基本構成は、蓄電装置、電力変換器、発電電動機、駆動輪から成ります（第1図）。また、発電機能を備えない電気推進車両の場合は、外部電源が必須となります。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には、「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」が挙げられます。



第1図 電気推進車両の基本構成・要素技術

(2) 電気推進車両技術の歴史と開発状況

電気推進車両の歴史は古く、1830年代に電気機関車や電気自動車は初めて製作されたのを皮切りに、1873年に初めての実用電気自動車が製造され、1879年には本格的な鉄道電気機関車も製造されました。

19世紀末当時の自動車分野では、ガソリン自動車の開発はまだ初期段階だったため、走行性能や取り扱い易さに優れた電気自動車が多く生産されました。米国の電気自動車保有台数のピークは1900年頃で、約4,000台の自動車生産台数のうち、電気自動車が約40%を占めていたそうです。しかしその後、ガソリン自動車の進歩・普及を受けて、電気自動車は影をひそめてしまいます。転機は1965年頃で、モータリゼーションの急激な進展に伴って大気汚染や騒音などの自動車公害が大きな社会問題となったため、電気自動車の開発が再開されました。電力会社の電気自動車開発への参入や、(財)日本電動車両協会の設立、通商産業省の大型プロジェクトによる多額研究開発資金の投入、国立研究機関による研究・評価など、産／学／官が一体となって普及への取組みが推進されました。しかしこの時は、ガソリン自動車の排出ガス浄化技術が進歩したこともあり、高価格で性能が劣る電気自動車はまたも衰退してしまいます。次の転機は1990年代に入ってからで、都市環境や地球温暖化、化石エネルギー枯渇問題への対応策として、再び電気自動車の開発が活発になりました。1996年には従来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車が発売されました。それ以後現在に至るまで、市場での関心・認知度の増大や、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、急速な普及を遂げています。また、2002年からは燃料電池自動車のリース販売も開始されていますが、現在のところ、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年頃以降と言われています。ただし、電気自動車やハイブリッド自動車と燃料電池自動車とは、二次電池、電力変換器、電動機等で共通する要素が多く、電気自動車や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ます。近年では、これまでの電気自動車やハイブリッド自動車用電池としての主流であるニッケル水素電池に替わる次期電池として、リチウムイオン電池が脚光を浴びており、自動車メーカーと電池メーカーとの共同開発が活発化しています。更に、ハイブリッド自動車においては、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CO₂排出量を削減でき、深夜電力の利用によりユーザのランニングコストが低減できる技術としてプラグインハイブリッド自動車が注目を集めており、複数の自動車メーカーで開発が進められています。

鉄道用電気車両の開発は低電圧の直流電化により始まり、高電圧直流電化、単相交流電化の技術開発が進みましました。ドイツでは商用交流を用いる技術の開発が進められ、第二次世界大戦後はその技術を接収したフランスにより50Hz単相25kV電化として実用化されました。日本では1960年代以降にチョップパ制御、インバータ回生制御などの交流電気機関車の技術開発が進められ、直流電車の半導体によるチョップパ制御の実用化はパワーエレクトロニクスや半導体技術を基盤にして日本が先駆けとなりました。1970年代後半になると、マイクロコンピュータ技術の進歩によりVVVF (Variable Voltage, Variable Frequency) インバータ制御による誘導モータが登場し、現在、多くの鉄道用電気車両に採用されています。なお、鉄道用電気車両分野においてもハイブリッド化の動きは一部で見られ、鉄道用ハイブリッド車両の営業運転や試験走行が相次いで開始されています。鉄道用電気車両は大量輸送と環境性に優れており、今後も更なる技術開発が期待されています。

電気推進車両技術は、電気自動車、ハイブリッド自動車、燃料電池自動車、鉄道用電気車両の他にも作業車(フォークリフト、建設作業車、農作業車)、カート、車椅子等にも適用されており、運輸・旅客業に留まらず、製造業、建設業、農業、医療・福祉産業と多方面で活用されると共に、研究開発が進められています。

2. 特許出願動向

本項では、日本、米国、欧州、中国、韓国の主要5カ国／地域への出願のうち、優先権主張年が1995年～

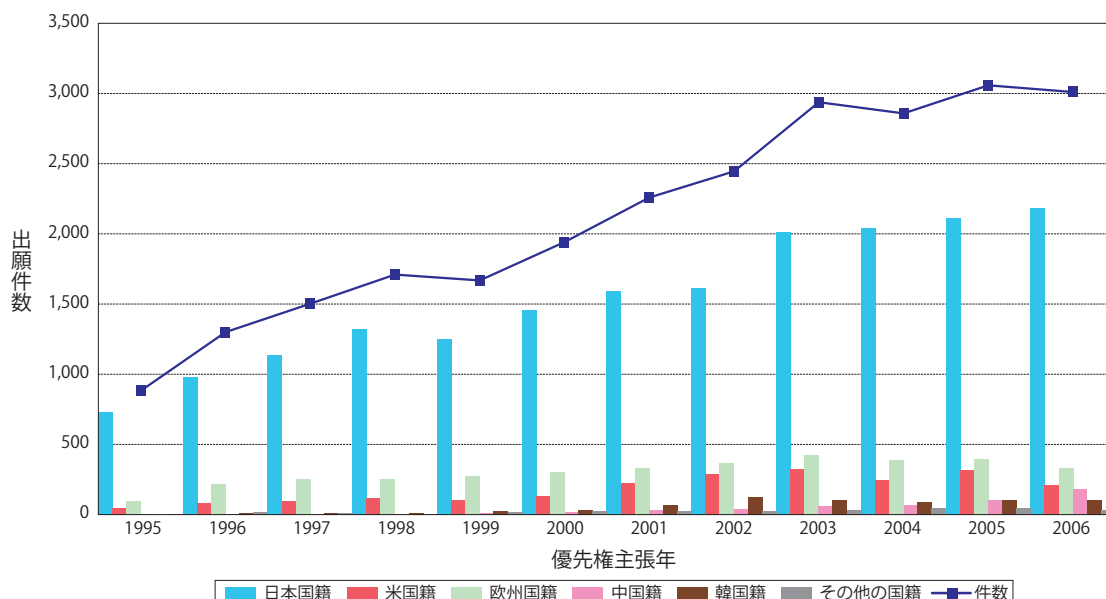
2006年の出願を対象に解析した調査結果を紹介させていただきます。

(1) 出願人国籍別の出願件数推移

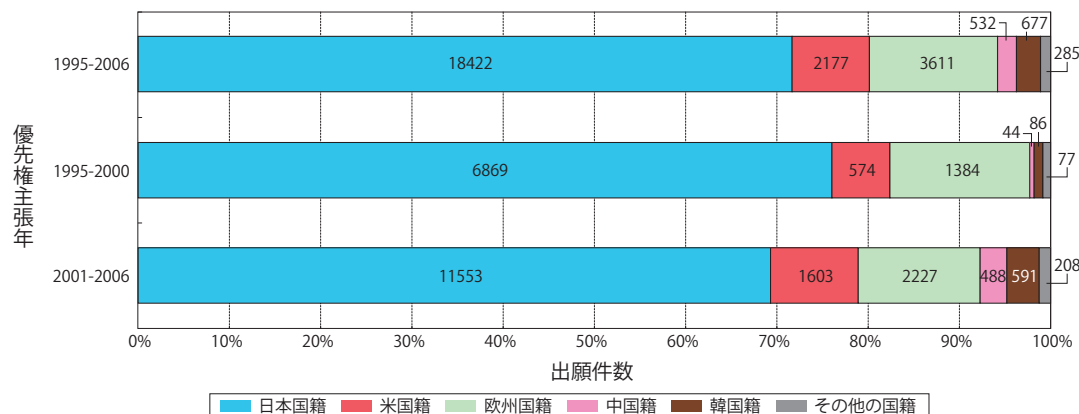
特許出願件数の推移を、出願人国籍別で第2図に示します。日本国籍の出願人の出願件数が、他国籍の出願人の出願件数と比較して多いこと、出願件数が全体として

増加傾向にあることがわかります。

出願人国籍別の出願件数シェアを、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3図に示します。日本国籍の出願人の出願件数は、第2図に示したように増加傾向にあります。出願件数シェアは減少しており、他国籍出願人の出願件数の増加が大きいことがわかります。



第2図 出願人国籍別出願件数推移

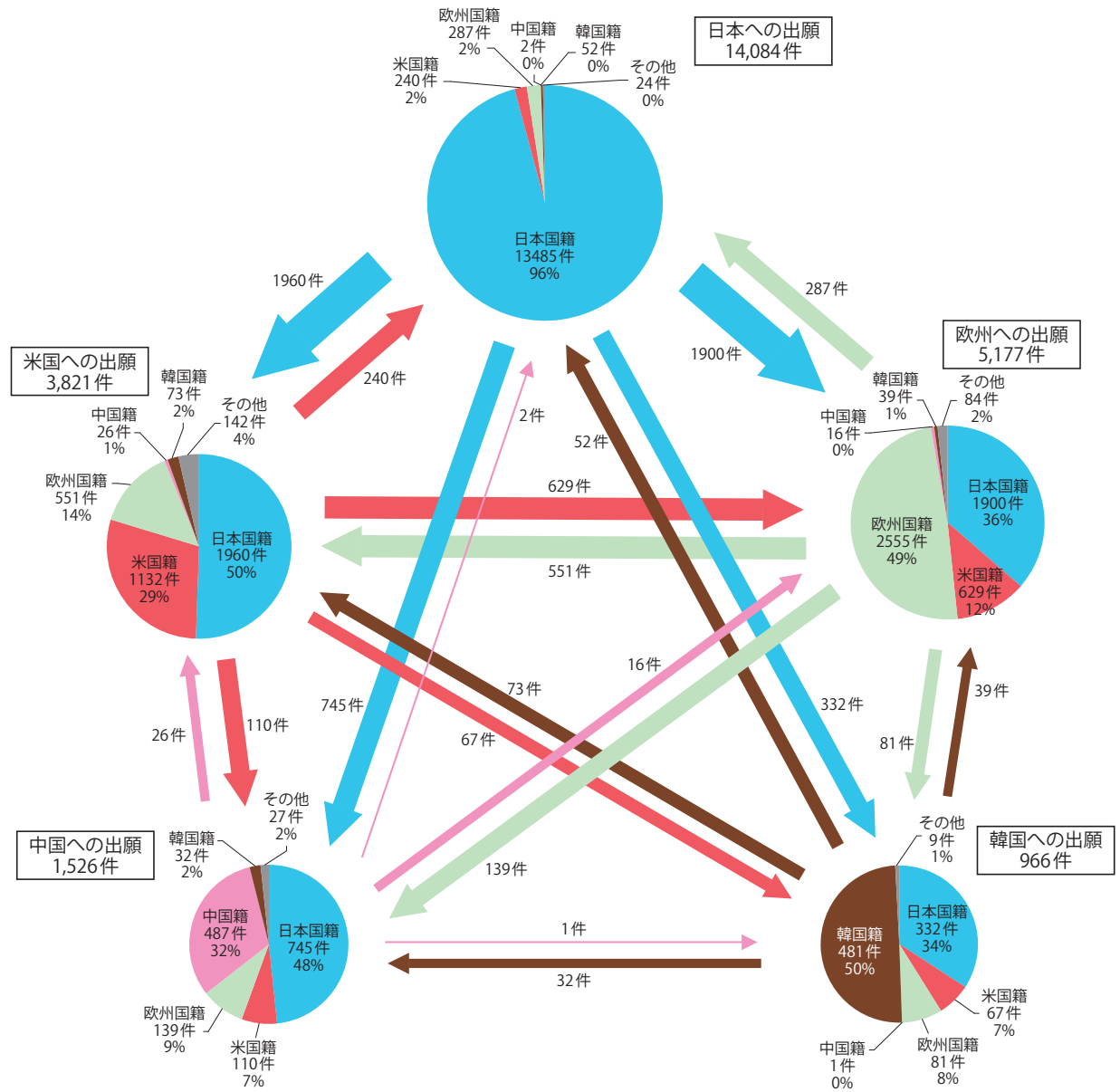


第3図 出願人国籍別出願件数シェア

(2) 出願先国別—出願人国籍別の出願件数収支

出願先国別—出願人国籍別の出願件数収支を第4図に示します。日本国籍出願人による他国への出願件数は、他国籍出願人による日本への出願件数を大きく上回っています。各国内における出願人国籍別の出願件数シェ

アでも、1位もしくは2位を占めており、日本国籍出願人の優位がうかがえます。とはいえ、日本国籍出願人による日本への出願件数に比べれば、日本国籍出願人による他国への出願件数は、割合としては高いとはいえません。

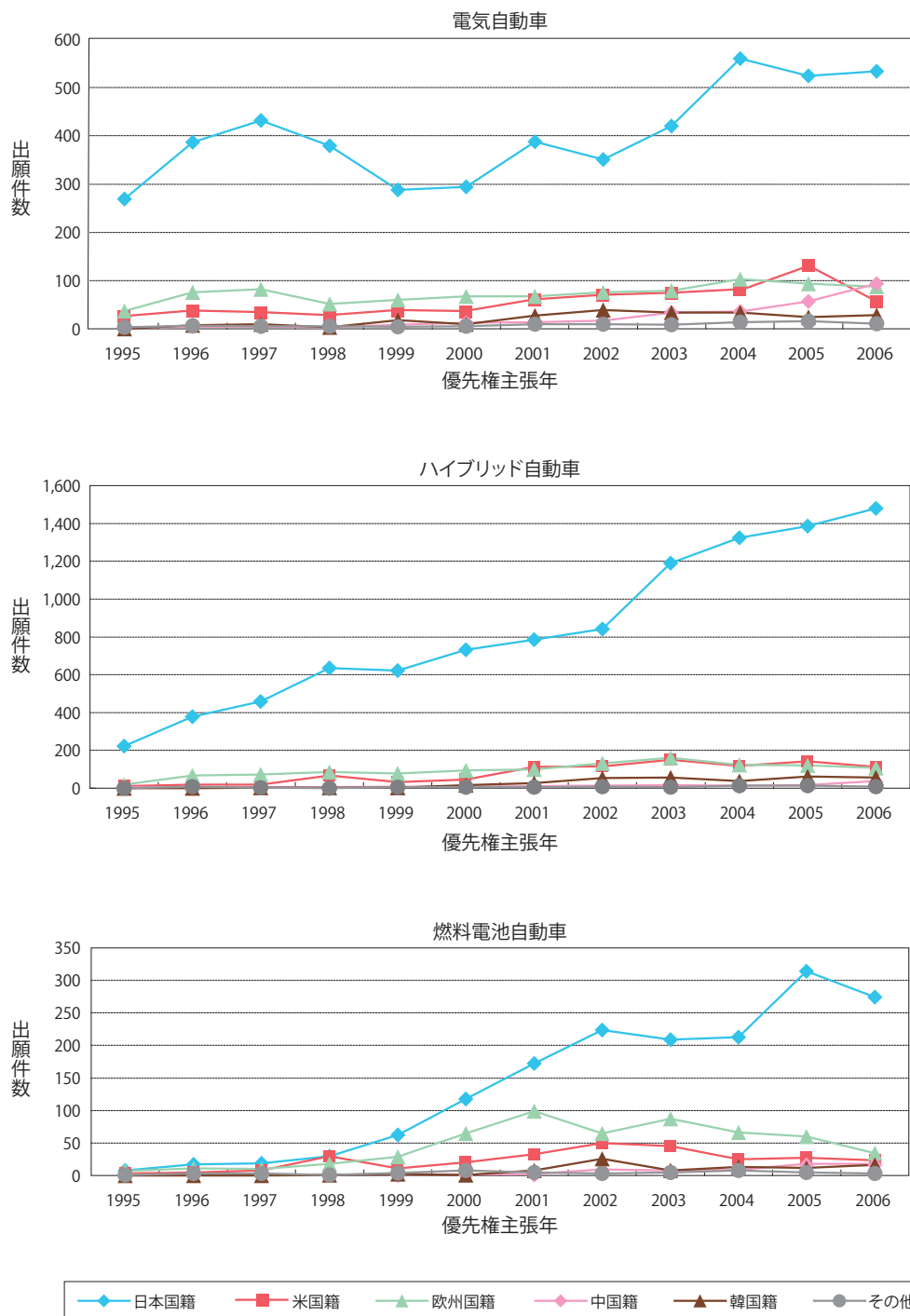


第4図 出願先国別—出願人国籍別出願件数収支

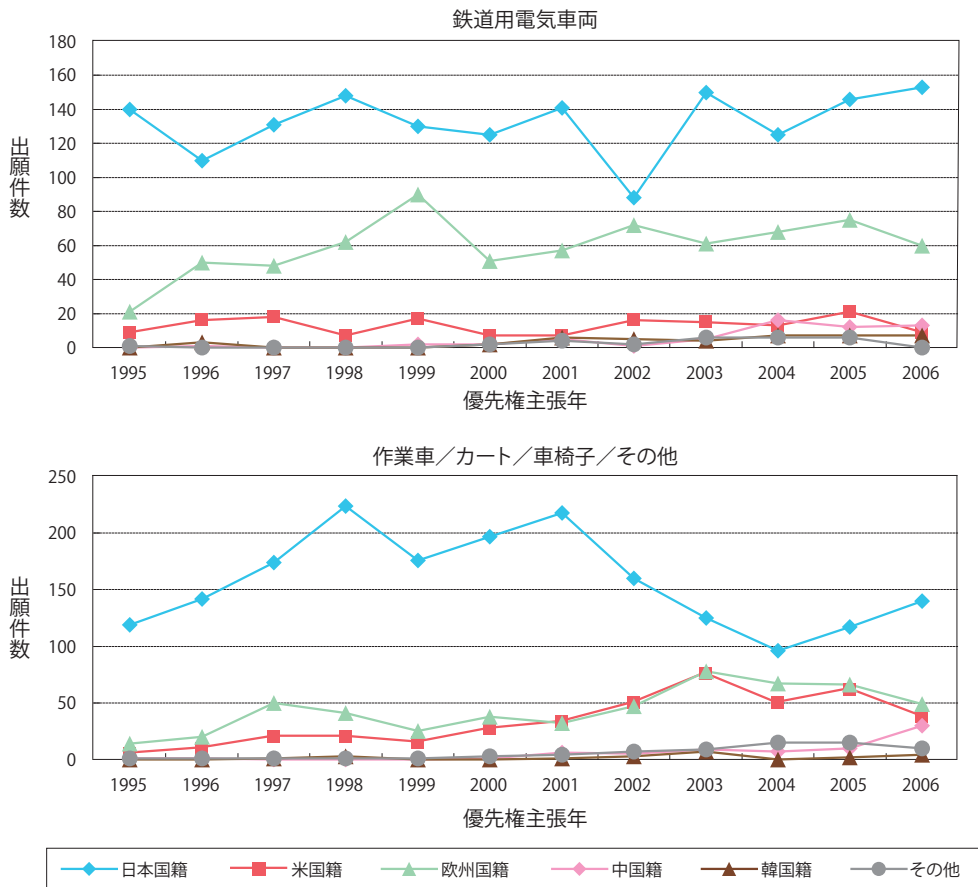
(3) 出願人国籍別—車両種別—出願件数推移

車両種別毎に、出願人国籍別の出願件数推移を第5図に示します。日本国籍出願人は、特にハイブリッド自動車などの自動車において、出願件数の伸びが顕著です。

鉄道用電気車両では、他の車両種別に比べて、欧州国籍出願人の出願件数が多くなっています。また、近年、電気自動車やその他の車両において、中国籍出願人の件数増加が著しいようです。



第5図-1 出願人国籍別—車両種別—出願件数推移



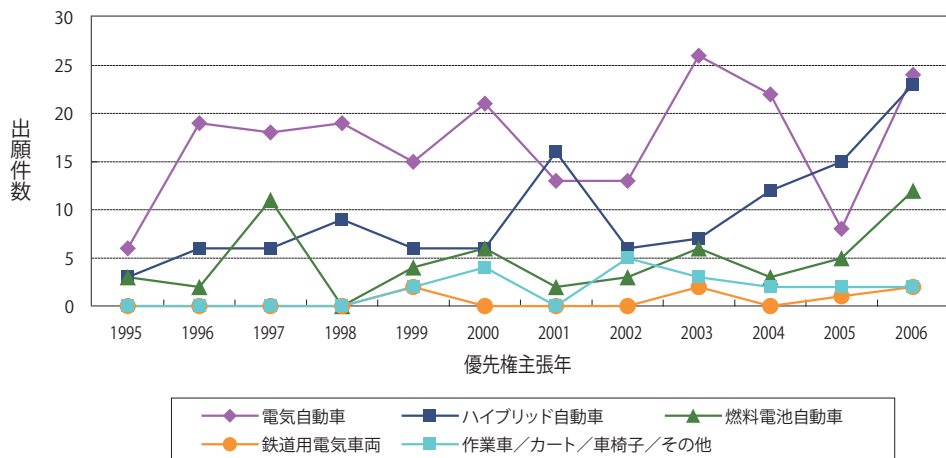
第5図-2 出願人国籍別—車両種別—出願件数推移

(4) 注目研究開発テーマの動向調査

①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は、現在主流のニッケル水素電池に比べてエネルギー密度に優れており、将来主流になる

と期待されています。そのリチウムイオン電池の制御技術について、車両種別毎の出願件数推移を第6図に示します。電気自動車などは横這いですが、ハイブリッド自動車は増加傾向にあるようです。

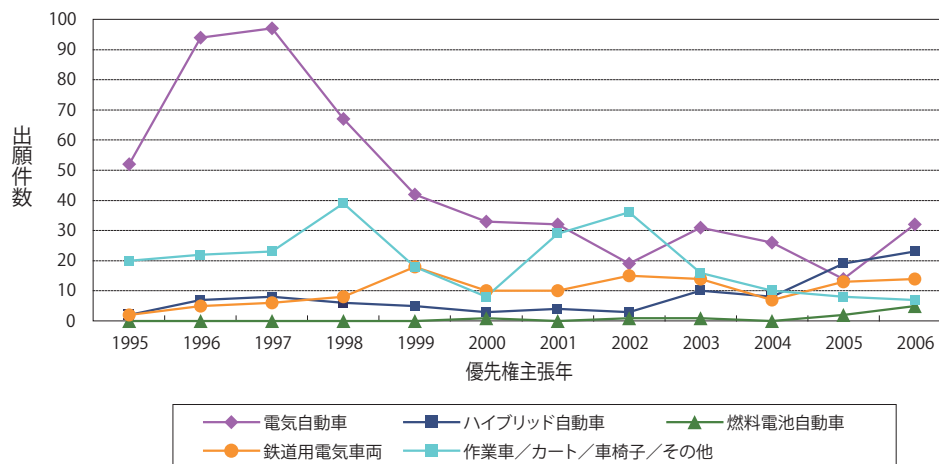


第6図 リチウムイオン電池の制御技術 車両種別—出願件数推移

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

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などとして注目されています。プラグイン技術について、車両種別毎の出願件数

推移を第7図に示します。2000年以前では、電気自動車
が他の車両種別に比べて非常に多かったのですが、現在
では他と変わらない程度まで件数を減らしました。逆に
ハイブリッド自動車は、2003年頃から着実に件数を伸
ばしています。



第7図 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

(5) 出願人別出願件数上位ランキング

第1表は、出願人別の出願件数上位ランキングを示したものです。全期間では、日本の自動車メーカを筆頭に、日本の電気機器メーカや部品メーカが上位を占めています。期間別で見ますと、1995-2000年では、上位9社が

日本メーカでしたが、2001-2006年では、HYUNDAI MOTORが5位、SIEMENSが9位、FORD GLOBAL TECHNOLOGIESが10位に入るなど、海外メーカが躍進しています。

第1表 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

3. 政策動向

電気推進車両に関する政策には、開発・普及を直接的に支援する促進政策と、低いCO₂排出量などを義務付ける規制政策とがあります。

(1) 促進政策

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ます。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ます。

(2) 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ました。ハイブリッド自動車などは、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、開発のインセンティブとなっています。

4. 市場動向

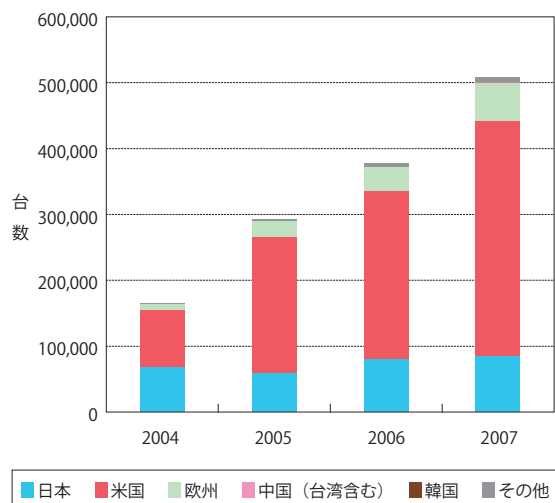
(1) 世界のハイブリッド自動車市場

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8図に示します。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ます。2007年には世界での販売台数が50万台を越えましたが、そのうち約7割が米国内で販売されています。日本は、2004年には市場の約4割を占めていましたが、2007年にはシェアが17%まで低下しました。逆に欧州は市場シェアを2004年の5%から2007年は11%まで倍増させています。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ます。

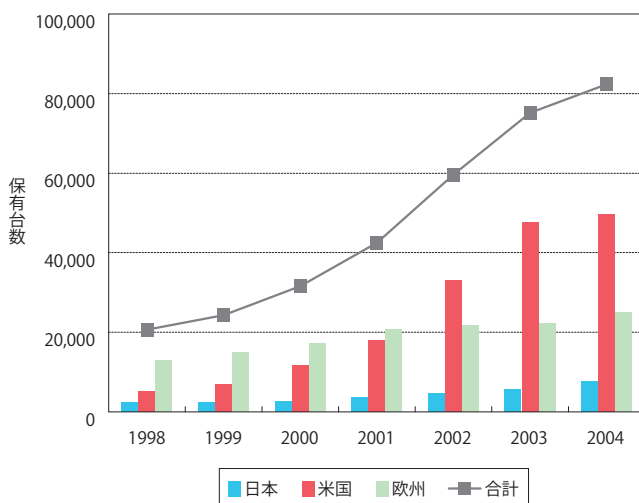
(2) 世界の電気自動車市場

世界の電気自動車保有台数の推移を第9図に示します。2000年ごろから米国の市場拡大により急速に台数を伸ばしま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ます。

第8図 世界のハイブリッド自動車地域別販売台数



第9図 世界の電気自動車保有台数推移



(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です。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ます。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ました。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、ドイツなどで実走行プロジェクトを行っています。

(4) 電気推進車両の市場予測

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ますが、インフラ整備の問題もあり、急速な普及は困難との見方があります。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既に発表しており、今後大きな市場を形成していくものと予想されます。

5. 提言

電気推進車両技術で日本は、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ます。特許出願でも、日本国籍出願人による出願件数は最多で、他国と比較して優位な状況にあります。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ます。

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

電気推進車両の多様な車両種別の相互比較に関しては、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

れています。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ます。現時点では、どの車両種別も、出願件数は増加または横這い状態にあり、市場で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、将来主流となる電気推進車両の種別は確定していない状況です。

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ます。そのため技術開発では、複数の車両種別への適用可能性を視野に入れることが重要です。例えば、回生制動によるエネルギー回収（モータを発電機として作動させ、車両の運動エネルギーを電気エネルギーに変換して回収し、ブレーキをかける技術）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す。

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となる技術について、さらなる開発が期待されます。

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などとして注目されています。近年、プラグインハイブリッド自動車に関する出願件数が伸びており、関連する技術開発が活発になっていると考えられます。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も指摘されており、この注目技術に関する技術開発の強化が望まれます。

また、ハイブリッド自動車用の電池は、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ます。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のため、近い将来にはリチウムイオン電池が主流になると予測されています。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ます。また、日米欧の多くの自動車メーカー、電機メーカー、部品メーカー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ます。

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ー、電機メーカー、部品メーカーが並んでおり、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ります。プラグイン技術やリチウムイオン電池制御技術などの重要技術に関し、異業種の企業が連携することで、相互の強みを活かした技術開発が期待されます。

提言3.知的財産戦略

第4図の出願件数収支からもわかるように、電気推進車両技術において、日本国籍出願人は各国へ多数の出願を行っています。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状況です。また、欧州・韓国では、欧州国籍・韓国籍出願人の出願件数が最も多く、必ずしも日本国籍の出願人が、全ての国で他国籍出願人を圧倒している状況にはありません。

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出願件数が増加している状況の中で、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出願の推進が重要といえるでしょう。

6. 最後に

本稿では、電気推進車両の制御技術について、技術動向調査結果の一部を紹介させていただきました。今年3月の調査終了後も、いわゆるエコカー減税を追い風にハイブリッド自動車が売り上げを伸ばすなど、電気推進車両は自動車業界を中心に盛り上がりを見せています。本

調査が、電気推進車両に対して皆様が更なる関心を抱いていただく一助となれば幸いです。なお、平成20年度の特許出願技術動向調査「電気推進車両技術」については、特許庁HPから要約版を入手いただけますので、少しでも関心を持たれた方は、そちらの方もご参照いただければと存じます。

profile

小野田 達志 (おのだ たつし)

平成13年4月 特許庁入庁 (審査第二部生産機械)

平成20年7月 特許審査第二部審査調査室

平成21年7月 現職