

燃料電池自動車の市場導入に向けた開発と知的財産活動

トヨタ自動車株式会社 加藤 広章
トヨタ自動車株式会社 高橋 健太郎

抄 録

地球温暖化や大気汚染等の環境問題の深刻化に伴い、より環境に配慮した自動車が期待されている。燃料電池自動車は、これらの環境問題解決や石油だけに頼らないエネルギー多様化へのポテンシャルの高さと、現状のガソリンエンジン車と同等の利便性とを兼ねそなえており、トヨタ自動車ではサステイナブルなモビリティ社会の実現に貢献する究極のエコカーまたクリーンカーとして開発を推進している。そしてトヨタ自動車は、2014年6月25日にセダンタイプの新型FCVを日本では2014年度内に販売を開始することを発表した。本稿では、このFCVにおける市場導入に向けたトヨタ自動車の開発状況およびそれを支援する知的財産活動について紹介する。

1. はじめに

地球温暖化や大気汚染の深刻化に伴い、より環境に配慮した自動車が今後一層求められていくことは言うまでもない。従来の内燃機関の効率改善、車両の軽量化や走行抵抗低減、ハイブリッド車（以下HVと称す）の導入拡大による省エネルギー・低エミッション化はもちろんのこと、更に根本的な解決の為に、CO₂の排出をゼロとするエネルギー源（電気・水素等）の活用を積極的に進めていく必要がある。

トヨタ自動車では、脱石油依存社会を目指し、図1に示すような省エネルギー、燃料多様化への対応、エコカーの普及促進による環境への貢献を基本スタンスとして技術開発に取り組んでいる。特に燃料電池自動車（以下FCVと称す）は、これらの環境問題解決やエネルギー多様化へのポテンシャルの高さを持ち合わせており、究極のエコカーまたクリーンカーとして期待されている。

ここではトヨタ自動車のFCVの市場導入に向けた開発状況およびそれを支援する知的財産活動を紹介する。

省エネルギー

燃料多様化への対応

エコカーは、普及してこそ環境への貢献

図1 トヨタの基本スタンス

2. パワートレーンの多様化について

図2に自動車用燃料に対応するパワートレーンのバリエーションを示す。

石油だけに頼らない燃料多様化の対応が次世代技術開発のキーと位置付けてはいるが、当分の間は、石油が主流の時代が続くと考えられる。その為、省エネルギーに向けた取り組みでは、まずは石油を節約して使うこと、すなわち、自動車の燃費を向上していくことが最も重要である。従って、自動車の燃費を向上していくことをグローバルな基礎技術として位置付け、従来のエンジンとモーターの二つの動力源を最適に制御するハイブリッド技術を更に磨きをかけるとともに、コンパクトからラージまで、さらには、SUV、ミニバン、商用車も含め、全カテゴリーにHVをラインアップし、HVの普及促進に努めている。

2012年以降は、HVの年間の世界での販売台数が100万台を超え、2013年12月末には、世界での累計販売台数が、600万台を超えており、HVも本格普及のフェーズに入っている。

次に燃料多様化に向けた取り組みであるが、主な石油代替燃料として、電気・水素・バイオ燃料・天然ガス等がある。これらの燃料の特徴を図3に示すが、どの燃料にも一長一短があるため、現時点では、将来の燃料を一つに絞るのは難しい。

そこで現在は、それぞれの燃料の特徴を活かしたパワートレーンとして、プラグインハイブリッド（PHV）、電気自動車（以下EVと称す）、FCVの開発を進めている。

このPHV、EV、FCVも、図4に示す通り、HVに搭載さ

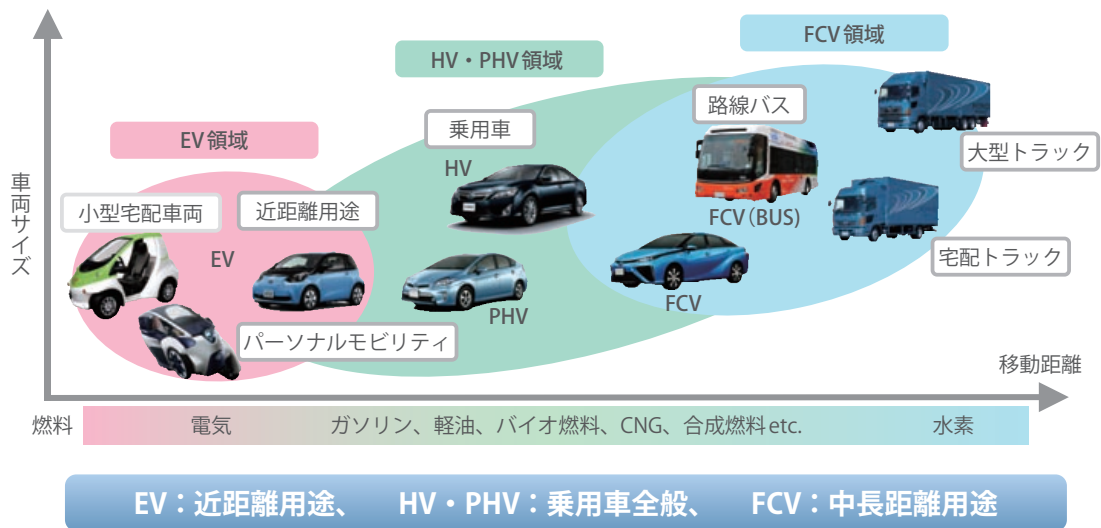


図5 モビリティの棲み分けイメージ

れているモーター、バッテリー等が使われており、またPHV、EV、FCVの基本的な車両制御技術は、HVの制御技術と同様の部分が多い。従って、現在のHV技術は、PHV、EV、FCVの「コア技術」とも位置づけることができ、HVで培った技術やノウハウを、これら次世代技術に迅速かつ容易に適用することが可能である。

3. 次世代技術（EV,PHV,FCV）の位置付け

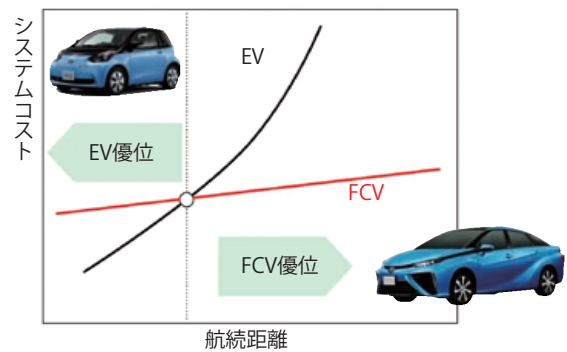
将来の自動車用燃料が多様化すると、それに伴って、パワートレイン也多様化していく。図5に、燃料多様化に対応するEV、PHV、FCVの棲み分けイメージを示す。

車両のサイズや移動距離のニーズと、燃料に応じたパワートレインがクルマの棲み分けとなる。

EVは、走行中の排出ガスがゼロであり、家庭で充電ができるといった従来車とは違う楽しみがある。一方で、航続距離が短い、電池のコストが高い、充電時間が長い、そして、充電、特に急速充電に関してはインフラ整備が必要といった制約がある。このような特徴のEVは、近距離用途が中心となり、車格的にも小型車やパーソナルモビリティに適していると考えられる。

また、PHVは、日常用途は電気だけで走行できるうえ、充電電力を使い切れれば、そのままHVとして走ることができる。電池切れにより走行できなくなるといった問題もないことから、現在の乗用車全般に適していると考えられる。

一方、FCVはEVに比べ航続距離が長く、水素充填時間も短いため、小型から大型までのあらゆる用途への可能性を持っている。これは、水素は電池に比べて、エネルギー密度が高い上に、航続距離確保のためにタンクの容量を増やしてもEVのバッテリーを増やすといった極端なコスト増にはならないため、同じゼロエミッションであっても、図6に示すように一定距離以上はFCVのメリットが大きくなる。



FCVは航続距離増に対するコスト増が少ない
⇒ 中長距離ではFCVが優位

図6 EVとFCVのシステムコスト比較

しかしながら、EVもFCVも今後更なるコストダウンが課題のひとつであり、また、それぞれ充電インフラや水素インフラの課題も大きい。そのため、HVや、短距離走行時にはEVで電池がなくなると通常のHVとして機能するPHVが、現時点では省エネルギーの主流と考えられる。

但し、将来的には、走行中はCO₂や環境負荷物質を排出することなく、現状のガソリンエンジン車と同等の利便性を兼ねそなえるFCVを究極のエコカーと位置付けている。

4. FCVのうれしさ

究極のエコカーとなり得るFCVの主な特徴を図7に示す。

燃料となる水素は、多様な一次エネルギーから作ることができ、且つ走行中はCO₂排出がゼロである。また、EVにも共通した特徴ではあるが、モーター駆動ならではの滑らかな走りや静粛性、発進から低中速域の加速の良さがFCVにも備わっている。さらに、FCVの嬉しさとして、約700kmと航続距離が長く、水素の充填時間も、従来のガ



図7 FCVのうれしさ

ソリンエンジン車と同等の3分程度と使い勝手の良さがあげられる。

また、東日本大震災以降の新たな要求である非常時（災害時）などに電源として家庭や避難所に電気を供給することについても、EVに比べて4～5倍程度大きい能力を持っている。例えば、FCVおよびFCバスから外部へ給電した場合、水素が満タンと仮定すると、FCVでは一般家庭へ1週間程度、また、FCバスでは避難所と想定される体育館に約5日程度給電でき、水素を補充すればさらに長時間の給電が可能である。

5. FCVの技術開発の進化

これよりトヨタ自動車におけるFCVの開発の変遷を紹介する。

トヨタ自動車ではFCVの開発を1992年からスタートさせており、現在まで20年以上の歴史がある。

1996年10月の第13回電気自動車シンポジウム

（EVS13）で、大阪・御堂筋をパレードにて初めてFCVを走行させている。ここで走行したFCVは、SUVタイプの車両に燃料電池と水素吸蔵合金タンクを搭載した車両であった。

図8に示すように2002年12月には、FC基礎技術はほぼ確立（大臣認定）し、世界に先駆け、SUVタイプのFCV「トヨタFCHV」を日米において限定ユーザーへのリース販売を開始した。

そして、2005年7月には国内で初めて新型自動車届出制度に基づく認可（俗に型式認証）を取得し、法規上は普通の車としての扱いとなった。すなわち車検を取っていつでも乗り続けることが可能であり、そのための最低限の基本的な法整備が行われたのである。

2008年6月のFCHV - advでは、コストを除き性能的には従来のガソリンエンジン車レベルまで飛躍的な進化を達成した。航続距離は330kmから830km（10・15モード）と大幅に向上した。また、-30℃でも始動・走行できるように寒冷地性能を向上させた。

2002年モデル（12月～）

世界に先駆け日米で限定販売開始

2005年モデル（7月～）

国内で初めて型式認証取得

2008年モデル（6月～）

航続距離・氷点下始動性を大幅向上



2008年モデル
TOYOTA FCHV-adv

最高速度	155 km/h
航続距離	830 km (10・15モード、 トヨタ測定値)
乗車人員	5人
最高貯蔵タンク圧力	70MPa
燃料電池出力	90kW

日米で100台以上のFCV走行実績が、200万キロを突破

図8 トヨタFCV開発の歴史

以下、2008年6月のFCHV - adv販売までに解決してきた主要な課題について説明する。

低温始動・走行性能

FCVの大きな課題のひとつが、発電時に排出される生成水が氷点下で凍結して発電が継続できなくなることであった。しかし、現在では -30°C 以下になるような寒冷地でも従来のガソリン車にほぼ近い時間(30秒程度)で始動走行できるレベルになっている。これは、FCスタックの各要素設計の改良、材料の変更や制御の工夫による生成水の排出性の向上や燃料電池自身の早期暖機性の確保によって達成された。

実用航続距離

燃料電池自身は効率が非常に高いが、燃料の水素の方はガソリン等の液体燃料に比較して体積エネルギー密度が1/3000程度と非常に小さい。車両の限られたスペースでは、十分な水素が搭載できず、一回の充填での航続距離も大きな課題であった。しかしながら、燃料電池システム効率の大幅な向上や水素タンクの70MPaへの高圧化と設計改良による水素搭載量の増加により、2008年FCHV - advモデルでは、国内の燃費試験モード(10.15モード)基準で約830kmを達成した。ちなみに前年の2007年にはエアコン作動など実使用条件下で大阪から東京まで約560kmを途中充填なしで走破し、ガソリン車並みの実用航続距離を実証した。

燃料電池スタック

燃料電池スタックの耐久性の主な課題は、電解質膜での亀裂やピンホールの発生や劣化により反応ガスがガス膜を透過してしまうクロスリーク量の増大、加えて電極触媒の劣化による燃料電池出力性能の低下である。耐クロスリーク性はここ数年間で大幅に改良され、現在は耐クロスリーク性を維持しつつ、膜厚を薄くして性能向上を図る検討が進められている。また、電極触媒の劣化による性能低下も着実に改善されてきており、2008年FCHV - advモデルでは、日米欧で100台以上(走行距離200万km以上)の走行実績を挙げた。こうした市場でのデータを開発にフィードバックし、燃料電池スタックの耐久性を飛躍的に向上させてきている。

このように2008年に発売した現行モデルFCHV - advでは、図9に示す通り、限定導入期として根本的な技術課題の解決を進めた。

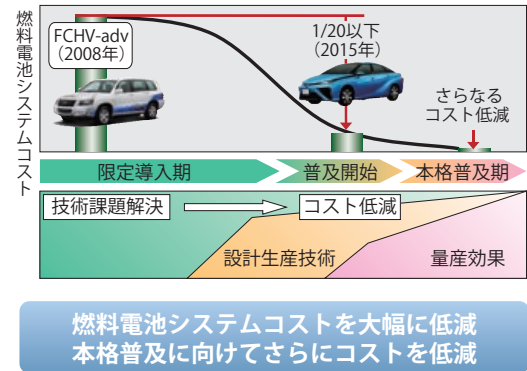


図9 燃料電池システムコスト

現在は普及開始のフェーズに入っており、トヨタ自動車は、全力を挙げ、更なる信頼性向上・商品性向上・低コスト化に取り組んでいる。

燃料電池スタック

新型の燃料電池スタックは、図10に示す通りFCHV - advに対して出力密度が2倍以上向上し世界トップレベルの3.0kW/Lを達成した。出力に関しても100kW以上の高出力を確保できるようになった。こうした燃料電池スタックの能力を大幅に向上させたことにより、燃料電池スタック自身の小型化が達成でき車両のシート下への配置が可能となった。

- 出力密度 2倍以上向上 (TOYOTA FCHV-adv比) → 3.0kW/L 達成 (世界トップレベル)
- 出力100kW以上
- 小型化 → シート下配置を実現



燃料電池の性能向上と小型化を実現

図10 新型燃料電池スタックの開発状況

高圧水素タンク

次に図11に高圧水素タンクの開発状況を示す。

- タンク貯蔵性能 約20%向上 (TOYOTA FCHV-adv比) → 5.7wt% 達成 (世界トップレベル)
- 車両搭載本数 4本 → 2本 → 低コスト化
- 材料、製造工程の見直し



燃料電池の性能向上と小型化を実現

図11 高圧水素タンクの開発状況

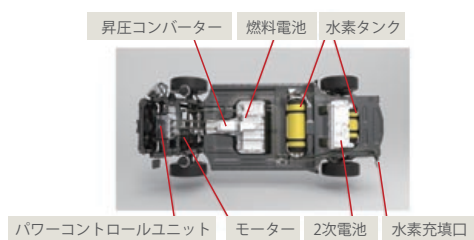
サプライヤーから高压水素タンクを調達することにより、自社開発を行わないメーカーが多いが、トヨタ自動車では自社での開発を続けている。そして高压水素タンクの貯蔵性能を、世界トップレベルとすることにより、従来必要だった搭載本数を4本から2本にし、大幅な材料費や製造工程の見直しを図ってコスト低減を進めている。

燃料電池システム

次に図12に燃料電池システムの開発状況を示す。

燃料電池は一般的に空気に湿度を与えて運転する必要がある。そのため、FCHV-advでは燃料電池システムに、加湿器を備えていた。この加湿器は高価な部品であったが、加湿器レス制御を導入することにより、加湿器を取り除くことが可能となり、信頼性向上、小型・軽量化、低コスト化を実現した。さらに、燃料電池とモーターとの間に昇圧コンバーターを設置することにより、燃料電池のセル枚数の削減、モーターの小型化を実現している。

- 加湿器レス → 信頼性向上、小型・軽量化、低コスト化
- 昇圧コンバーター採用 → FCセル枚数削減、モーター小型化



燃料電池システムを大幅に進化

図12 燃料電池システムの開発状況

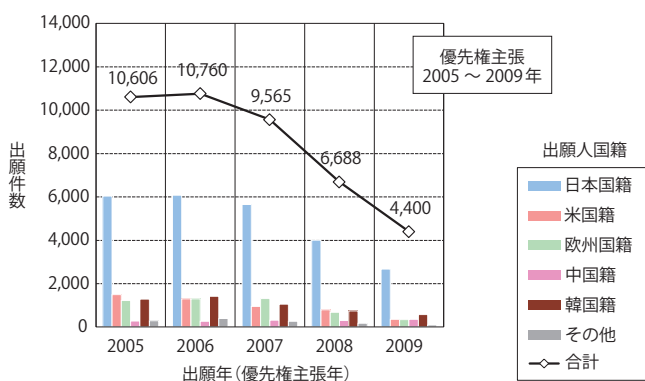
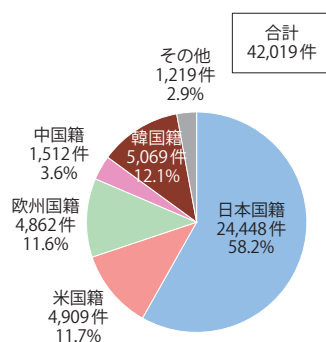


図13 出願人国籍別の出願件数推移及び出願件数比率*

特技懇No268 燃料電池—平成23年度 特許出願技術動向調査図2-1 引用

※対象となる特許文献は、出願日(優先権主張日)を基準として2005年～2009年の特許出願件数としている。出願先は、日本、米国、欧州、中国、韓国への出願を対象としている。出願件数推移のデータを見る際には、特許文献のデータベースへの収録までの時間差やPCT出願が各国の国内段階へと移行するまでの時間差のために、2008年以降の件数は全データを反映してない可能性がある点の注意が必要である。

以上述べてきたように、20年以上の開発期間を経て、FCVの技術は着実に進化してきた。これらの先端技術を結集し、トヨタ自動車は、2014年6月25日に「セダンタイプの新型FCVを日本では2014年度内に販売開始する」ことを発表した。当面は、水素ステーションの整備が予定されている地域及びその周辺地域の販売店が中心となる見込みであるが、これをスタートとして水素社会の実現に向けて動き出す。

6. 燃料電池に関する特許動向

次にFCVに関する知的財産活動状況について説明する。

まずは図13に主要国である日米欧中韓における燃料電池の出願人国籍別の出願件数推移及び出願件数比率を示す。

図13から、出願件数比率では、日本国籍が58.2%と最多で、次いで韓国籍、米国籍、欧州国籍がそれぞれ12.1%、11.7%、11.6%と拮抗し、中国籍は3.6%と低率である。ここから、燃料電池領域において日本勢が海外勢に比べ盛んに研究開発を行っていることが分かる。個別の出願人国籍別推移を見ると、中国籍がほぼ横ばいであるのを除いて、日米欧韓は概ね全体と同じ減少傾向にあるが、日本勢は依然海外勢の3倍近い出願件数を維持していることが分かる。

次に表1に主な出願人(出願人別出願件数上位ランキング)を示す。

出願人の国籍を見ると、上位30位中、日本国籍が21社と7割を占める。他は韓国国籍が5社、米国国籍と欧州国籍が2社、中国籍はゼロ社である。業種を見ると、上位5位のうち自動車会社が4社を占める。トヨタ自動車の出願件数5,871件は、2位サムスンSDIの約3倍、全体に占める割合で14.0%であり、これは、トヨタ自動車が環境問題へ

表1 出願人別出願件数上位ランキング

順位	出願人名称	出願件数	順位	出願人名称	出願件数
1	トヨタ自動車	5,871	16	住友化学	332
2	サムスンSDI (韓国)	1,971	17	大日本印刷	326
3	本田技研工業	1,931	18	新日本石油	295
4	日産自動車	1,576	19	LG化学 (韓国)	274
5	ゼネラルモーターズ (米国)	1,401	20	ソニー	267
6	東芝	1,357	21	エクス・リサーチ	256
7	パナソニック	1,235	22	TOTO	252
8	現代自動車 (韓国)	699	23	三洋電機	250
9	アイシン精機	454	24	サムスン電機 (韓国)	231
10	カシオ計算機	427	25	富士電機	215
11	ダイムラー (ドイツ)	411	26	サムスン電子 (韓国)	202
12	京セラ	389	27	豊田中央研究所	198
13	日立製作所	371	28	凸版印刷	183
14	キャノン	351	29	関西電力	182
15	フランス原子力庁 (フランス)	341	30	ゼネラル・エレクトリック (米国)	172

特技懇No268 燃料電池—平成23年度 特許出願技術動向調査—表1 引用

の取り組みとして、長年燃料電池の開発を推し進めてきた成果と言える。

次に、自動車メーカー、機械・重工メーカーを中心に、出願件数ランキングの上位から選定した主要出願人6社の出願先国別出願件数推移及び比率を図14～図19に示す。

自国への出願比率に注目すると、日本国籍の3社は、トヨタ自動車68.0%、本田技研工業72.3%、日産自動車86.2%と、いずれも60%以上を占めている。対して韓国籍2社は、サムスンSDI43.7%、現代自動車55.8%、米国籍1社はゼネラルモーターズ35.8%と、いずれも自国への出願は60%未満となっており、各社の出願戦略は相違している。

出願件数の推移を見ると、全体的に減少傾向にある中で、現代自動車が2008年まで増加し、本田技研工業とゼネラルモーターズの2社がほぼ横ばいとなっている。他にはサムスンSDIが2006年にほぼ横ばいの後、2007年に前年比約3分の1に激減している。

トヨタ自動車は、2007年を境に、ある程度開発の方向性が見えてきたため、多くの領域に多くの出願をする戦略から、ある程度絞り込まれた領域に質の高い出願を行う戦略に変更した結果、トップを継続しつつも単年毎の出願件数は減少している。

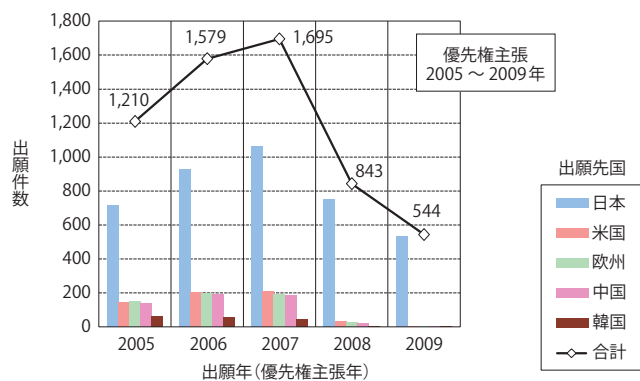
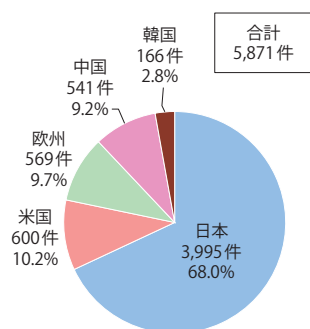


図14 出願先国別出願件数推移及び比率 (トヨタ自動車)

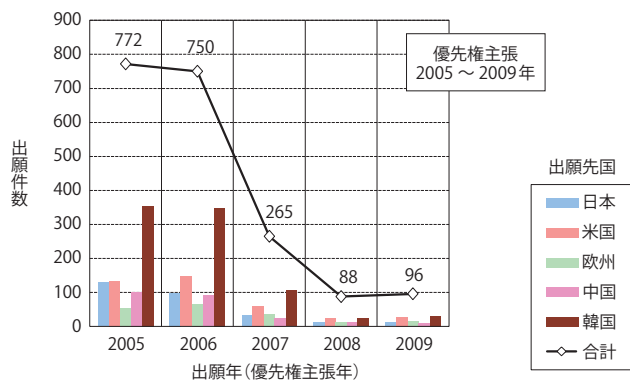
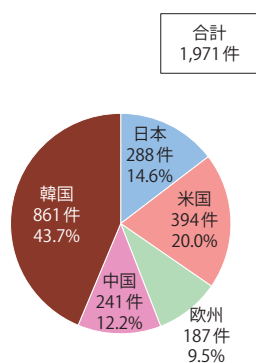


図15 出願先国別出願件数推移及び比率 (サムスンSDI)

特技懇No268 燃料電池—平成23年度 特許出願技術動向調査—図2-7～図2-8 引用

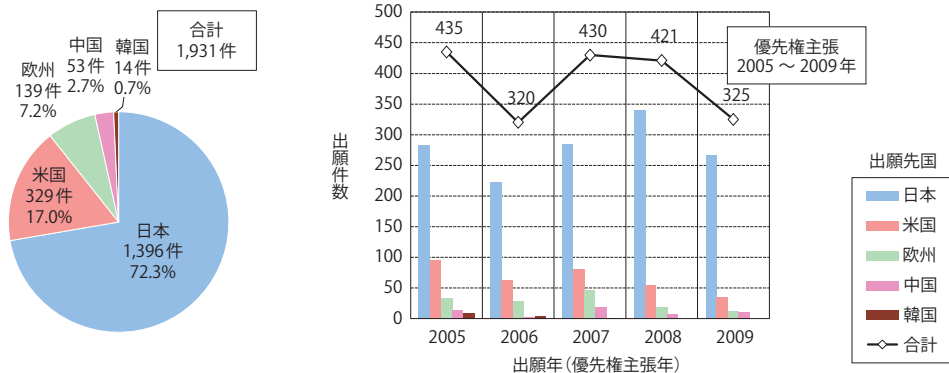


図 16 出願先国別出願件数推移及び比率 (本田技研工業)

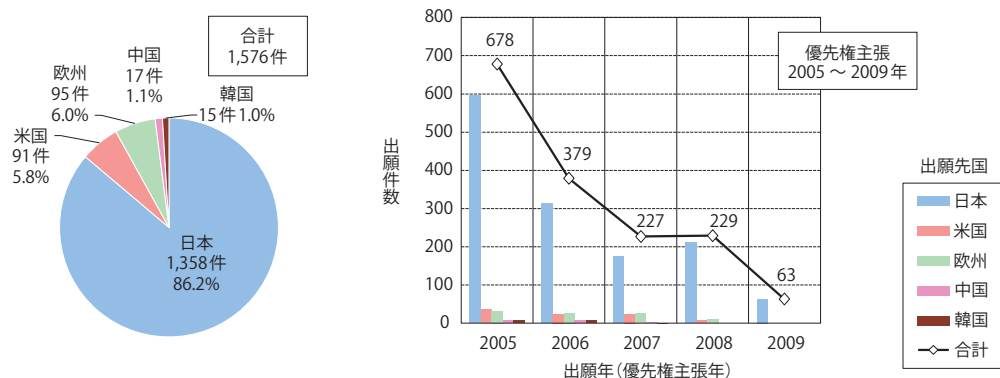


図 17 出願先国別出願件数推移及び比率 (日産自動車)

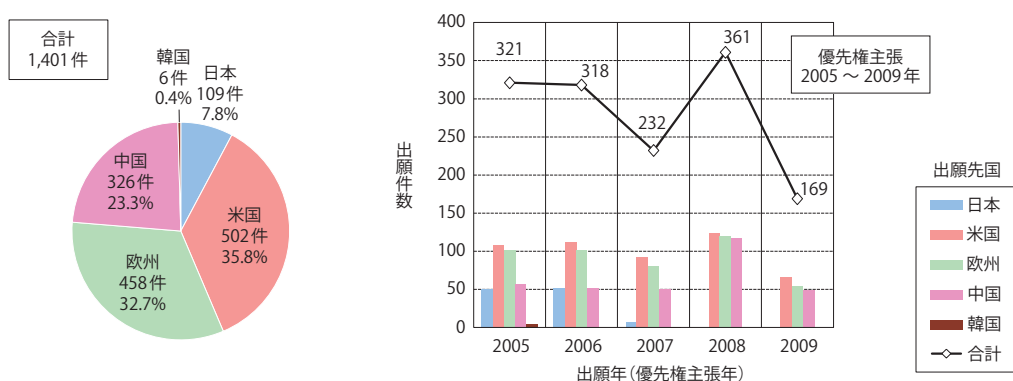


図 18 出願先国別出願件数推移及び比率 (ゼネラルモーターズ)

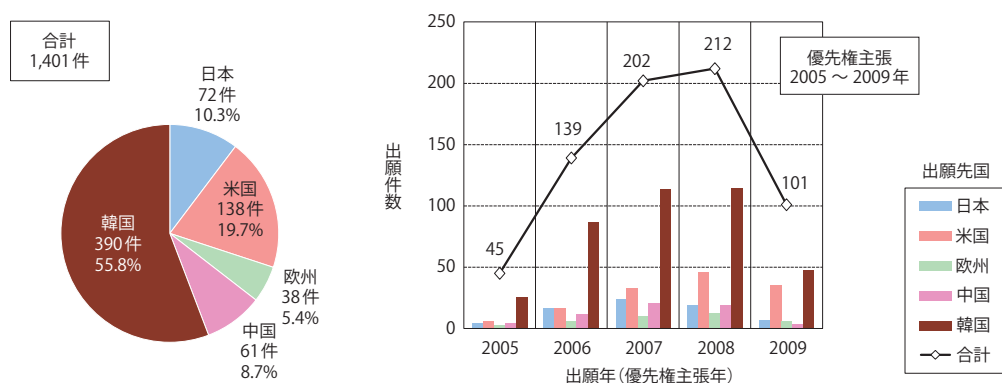


図 19 出願先国別出願件数推移及び比率 (現代自動車)

7. トヨタ自動車のFCVに関する知財戦略

以下にトヨタ自動車のFCVに関する知財戦略を説明する。

特許は、一般的に出願から数年で権利が確定するが、その権利期間は20年と長いため、技術の変遷を見据え、長い目で見て権利活用可能な権利を得ることが重要である。特にFCVについては市場が成熟していないこともあり、今後主流となる技術が見えづらく、技術動向をしっかりと踏まえた出願・権利化活動が必要となる。

FCVに採用される技術の確実な保護として、開発の特定フェーズ毎にそのタイミングにおいて採用が決定されている技術、または採用が有力視されている技術、さらにこれらから派生することが予想される技術を洗い出し、それらを漏れなく出願するという活動をしている。これにより、FCVに採用された技術をしっかりと特許により保護する体制を構築している。

一方、5年後、10年後を見据えた技術についても、2014年度の市場導入のために開発している技術と同様に、精力的に研究開発している。これらの技術に対しては自社他社を含む将来的な技術動向が見えづらいことから、特定のポイントに絞って単発で出願および権利化を狙うよりも、ある有望そうな技術があれば、その技術のコアな部分については勿論のこと、そのコアな部分を取り巻く周辺の技術についても漏れなく特許を出願・権利化することで特許網を構築することが必要である。そこで出願時には最終的に出来上がる特許網を意識しながら、各出願がその特許網においてどのような位置付けにあるのかを把握しつつ出願活動を行っている。

また、実際に審査が行われる段階になったら、出願時から技術動向が変わっている可能性があるため、特許網そのものの重要性、更には各特許網内における各出願の位置付けの見直しを行い、また必要に応じて現時点で出願済みの案件から現在の技術動向にあった新しい特許網の構築という活動をしている。具体的には出願済みで、かつ、登録前の案件を技術領域、技術分野、すでに形成されている特許網などの切り口をもとに抽出し、抽出された特許の出願時の

狙いと現在の技術動向がマッチしているかを確認し、出願時の狙いと現在の技術動向がマッチしていない場合には個々の案件の請求項の見直し、分割出願の検討、PCT出願やEP出願においては移行国の増減の検討を行う。なお、このような対応を実際の審査段階で行うためには、出願時において現在の技術の技術動向のみならず、将来の技術動向についても出来る限り予想し、将来的に必要なに応じて補正や分割出願できるように提案書の内容を充実させた上で出願することが必要である。また、権利化を狙っていた技術自体が陳腐化した場合には権利化のとりやめも検討する。このような活動を行うことにより、出願時に予想した技術動向と異なる技術動向となったとしても出来る限りその時々でより良い権利を得ることが出来る。

ところで、市場導入を目前に控えると当然他社の特許を侵害していないかの事前調査の重要性も増してくる。他人の特許権を無断で侵害したまま製品を世に送り出すことを避けるべく、2014年度に市場導入されるFCVについてはもちろん、将来採用される技術についても公開・登録公報を調査し、市場導入に際し問題となるような特許が無いことを随時確認している。具体的にはある期間において公開された公開・登録公報をチェックし、その内容に対し市場導入車に採用予定のある技術や現在開発中の将来技術が抵触しそうか否かを判断、抵触しそうな場合は特許の有効性を確認し、必要に応じて設計変更を行ったり特許権者に対しライセンスの申し込みを行ったりする。このチェック作業は市場導入車に採用予定のある技術については全件行う必要があるため、年間を通して延べ数千件の公開・登録公報をチェックしている。

8. 特許取得された代表的な技術の紹介

上記のような活動を行ってきた結果、取得された代表的な特許を紹介する。

トヨタ自動車のFCVの特徴として昇圧コンバーターが挙げられる。燃料電池から出力される電圧はセル1枚あたりの出力電圧×セルの枚数によって求めることが出来る。

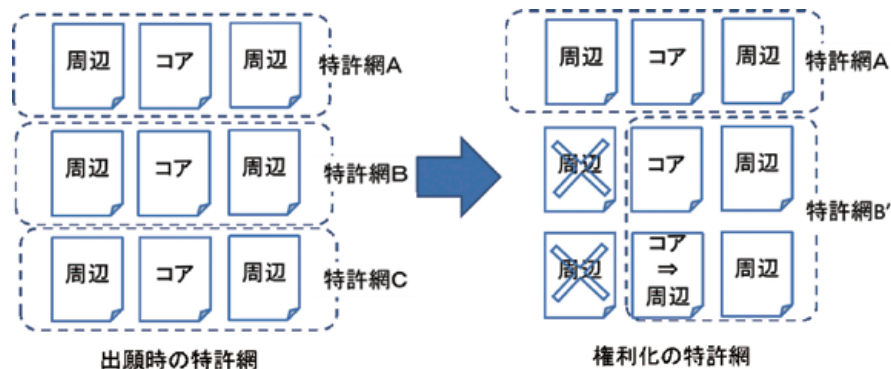


図20 特許網再構築イメージ

ところで、モーターの出力向上を考えた場合、モーターは高電圧で駆動されることが望ましいが、その高電圧を燃料電池で発生するとセル1枚あたりの出力電圧を上げるか、セルの枚数を増やす必要がある。セル1枚当たりの出力電圧の向上にもある程度の限界がある点を踏まえると、どうしてもセルの枚数の増加に頼らざるを得ず、その結果燃料電池本体の大型化を招いてしまうという課題があった。これに対し燃料電池の出力電圧を昇圧コンバーターを用いて高電圧まで昇圧することでセルの枚数を増加せずに、また、場合によってはセルの枚数を既存のものよりも減らしたとしても所望の高電圧を得ることが出来る。特に車両に燃料電池を搭載する場合、搭載可能なスペースが限られている関係上、燃料電池本体は出来る限り小型化した方が好ましい。昇圧コンバーターを用いることで、このような車両特有の課題を解決することが出来る。

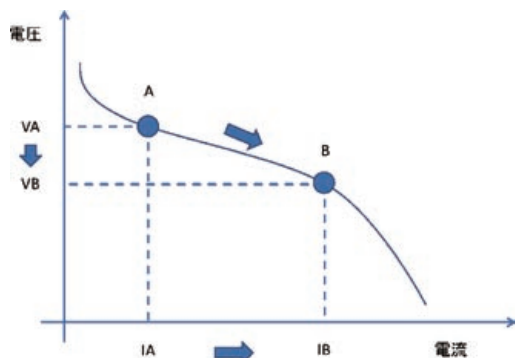


図21 燃料電池のIV特性説明図

更に、昇圧コンバーターを用いて燃料電池から取り出す電流値をコントロールすることで、燃料電池の発電電圧を制御することが出来る。燃料電池には電流値が増加するにしたがって電圧値が減少する、または電流値が減少するにしたがって電圧値が増加するという特徴がある（図21参照）。例えば、現在動作点Aで燃料電池が作動されているとする。ここで昇圧コンバーターを用いて燃料電池から取り出す電流値をIAからIBに変更したとする。すると、動

作点はAからBに移り、燃料電池の電圧はVAからVBへと変化する。ここで、燃料電池の動作点と発電効率の関係を示すと図22のようになる。燃料電池は投入された水素および酸素を熱および電力に変換するが、その割合は模式的に「動作点よりも上側が熱、動作点よりも下側が電力」として変換されると示すことが出来る。したがって一般的にはこの熱の割合が少なくなるようになるべく電圧が高い動作点において動作させることが好ましい。しかし、例えば冷間始動時など燃料電池を運転に適した温度まで暖機したい場合においては、この動作点を意図的に下側にし、発生する熱量を増加させることで暖機時間の短縮を図る（低効率運転）ということが行われる。ただし、この場合、必要とする熱量のみに着目し動作点を変更すると車両を運転するのに必要な電力が発生出来ない可能性がある。これは実験室レベルでは問題とならないかもしれないが、実際に燃料電池を車両に搭載することを考えると商品性に対し大きな影響を与えるため必ず解決しなくてはならない課題である。また、その逆に必要とする熱量のみに着目した結果、過剰な電力が発生してしまう可能性もある。過剰な電力の発生は無駄なエネルギーの発生にほかならず、同様に商品性に影響を与える恐れがある。

このような課題に対し開発を進めた結果、燃料電池に対して必要とされる熱量と燃料電池に要求される出力とから動作点を決定し、その動作点となるように電流・電圧をコントロールすることで、最適な動作点において良好に燃料電池を運転することが出来るようになった。具体的には、まず必要熱量 Q_{FC} と要求される出力 P_{FC} とから以下の図式に基づき動作点（電流値及び電圧値）を決定し、その動作点となるように昇圧コンバーターおよび酸素の供給量をコントロールするのである。

$$I_{FC} = \frac{(P_{FC} + Q_{FC})}{FC \text{ スタックの最大発電電圧}}$$

$$V_{FC} = \frac{P_{FC}}{I_{FC}}$$

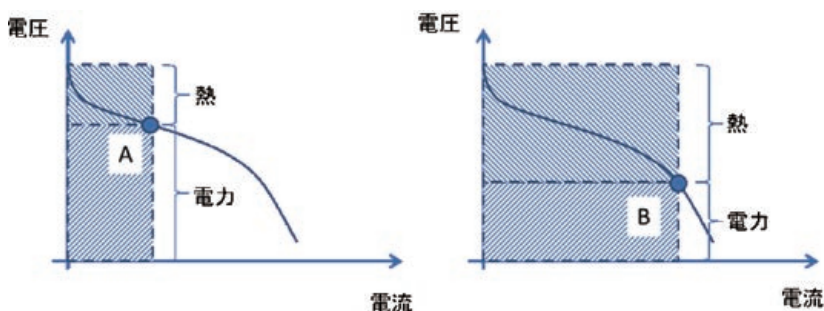


図22 燃料電池の発電式模式図

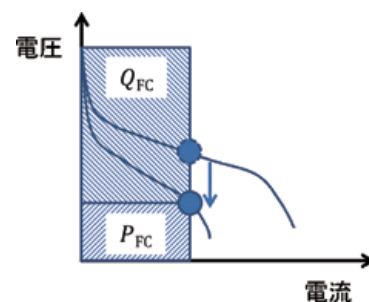


図23 燃料電池の動作点決定説明図

このように、暖機に必要とされる熱量のみならず、車両を駆動するに当たり必要とされる要求出力をも満たすような動作点で運転させるため、低温環境下においても良好に燃料電池車両を始動させることが出来るようになり、その結果、燃料電池車両の長年の課題であった低温環境下における始動性向上に大きく貢献することが出来た。この発明は燃料電池を車両搭載する場合には必須の技術であり、また、数千件にも上るトヨタの燃料電池特許網の中でも中核に位置づけられている。トヨタはこの発明を日、米、欧、中、韓国、カナダに出願しており、審査継続中の米国を除きすべての国で特許として既に権利化している。

以上、燃料電池を車両に搭載することを検討すると、実験室等では問題とならなかった数々の問題に取り組む必要性が出てくる。それらの課題を解決するようなアイデアをいち早く出願・権利化し、またこのようなアイデアを取り巻く周辺のアイデアについても漏れなく特許を出願・権利化することで特許網を構築している。

また、これ以外にも燃料電池に関する課題は存在するが、それらの課題を解決すべく生み出されるさまざまな技術に対し、採用が見込まれる技術については漏れ無き出願活動を、将来的な技術については特許網を構築する出願活動を、さらにこれら出願に対し技術の動向を見極め適切な権利化活動を行うことで、短期から長期にわたって安定的に必要な特許権を保有するという体制を構築している。

9. FCVの今後の展開

FCVは地球環境問題・エネルギー多様化への対応等から早期の普及拡大が期待されている。2014年度内での一般への普及開始とともに地球環境問題への寄与のためには、本格的な量的拡大が必要である。そのためには、一層の技術開発と規制の見直し等の周辺基盤整備を進めていく必要がある。エネルギーメーカーや自動車メーカーはじめ関係業界・関係機関の緊密な連携のもとで相互理解を深めるとともに、政府や地方自治体の適切なサポートも重要である。

2011年1月には、自動車会社3社とエネルギー供給会社10社の計13社が2014年度内からのFCV普及とそのための水素供給インフラ整備に向けて共同声明が出されている。

自動車会社はFCV量産車をお客様の要求に合わせて4大都市圏から販売すること、また、エネルギー供給会社は水素ステーションをまず100基程度を4大都市圏とそれを結ぶ高速道路に設置していくことを公表した。これを受けて経産省や福岡などの各自治体もこれらの活動を支援していくことを公表していただき、まさに官民一体となった普及に向けた具体的な取り組みがスタートしている。

経済産業省は水素・燃料電池戦略協議会を2013年12月に立ち上げ、2014年6月に水素・燃料電池戦略ロードマップを発表した。その中でFCVについて“2025年に同車格

のHV同等の価格競争力を有する車両価格の実現”と“東京オリンピック競技大会での活用”が謳われている。2013年には水素ステーションに関する補助金制度が創設され、19箇所の水素ステーションが建設中である。2014年は水素ステーション30～40基分の予算が計上された。並行して低コスト水素ステーション開発に向けた取り組みや、規制見直しが行われており、水素インフラ整備促進が加速している。

FCVはこれからの新しいモビリティ社会に向けた提案である。そして水素が当たり前の社会、FCVが普通のクルマになるための長いチャレンジの始まりである。

profile

加藤 広章 (かとう ひろあき)

1967年生まれ
1990年 (株)トヨタテクノサービス入社
(現：トヨタテクニカルディベロップメント(株))
主に特許情報 調査解析業務に従事
2014年 トヨタ自動車(株) 出向
知的財産業務に従事

profile

高橋 健太郎 (たかはし けんたろう)

1976年生まれ
2001年 トヨタ自動車(株) 入社
知的財産業務に従事