

電気自動車用二次電池

日本電気株式会社 知的財産本部長 西本 裕

抄録

地球環境を保全するために、地球温暖化に影響すると考えられているCO₂の排出量がより少なく、限りある石油資源の消費がより少ない自動車の開発が求められています。電気自動車はエネルギー源として再生可能エネルギーを利用することが可能なため、次世代の自動車として有望視されていますが、その普及には航続距離やコスト等の課題もあります。本編では、これらの課題と密接な関係がある電気自動車用二次電池を中心にその周辺技術に関する開発の経緯や、現状、そして課題、さらには知的財産の状況等を解説します。

1. はじめに

地球環境を保全するために、地球温暖化に影響すると考えられているCO₂の排出量がより少なく、限りある石油資源の消費がより少ない自動車の開発が求められています。エンジンの高効率化や車体の軽量化、低転がり抵抗のタイヤの採用等でガソリン自動車の燃費は年々向上しています。国土交通省の自動車燃費一覧¹⁾によると、ガソリン自動車の10・15モード燃費平均値は2000年には13.2km/Lであったのが、2012年には21.1km/Lと50%以上改善されました。しかし、ガソリン自動車の燃費はガソリンエンジンの熱効率で制限されるため40%を超えるのは難しいと言われています。そのため、ガソリン自動車による化石燃料消費量の削減には限界があります。一方、ガソリンエンジンをモーターに置き換えると、そのエネルギー源として化石燃料だけでなく太陽光や風力などの再生可能エネルギーを用いることが可能になり、もし、全てを再生可能エネルギーに置き換えた場合には走行による化石燃料の消費をゼロにまで抑えることができます。そのため、近年、モーターを動力源とする電気自動車が注目されています。電気自動車は環境、エネルギーの観点からは未来が明るい反面、現状ではまだ価格が高く、航続距離が短いことや、さらには充電設備が足りないことなど、技術的・経済的な課題がいくつかあります。そして、これらの課題には二次電池の性能や量産技術が深く関わっています。本記事では、電気自動車用二次電池を中心に、その開発の歴史や現状そして周辺技術を含む課題等を解説します。

2. 電気自動車

電気自動車やハイブリッド車にはいくつかの種類があり、それぞれに特徴があります。そして、その特徴によって、二次電池に求められる性能が異なります。それらを概観するために、まず、電気自動車の歴史と特徴を説明します。

2-1. 電気自動車の歴史

電気自動車の歴史はガソリン自動車よりも古く、ドイツ人のゴットリープ・ダイムラーが1886年に4ストロークエンジンを載せた四輪車を開発する10年以上前の1873年に、イギリスでロバート・ダビットソンが実用的な電気自動車を作ったのが始まりです。また、1899年に史上初の時速100km超えを達成したのも電気自動車のジャム・コンタント号で、その時の記録は105.9km/hでした。その後も電気自動車の開発は続けられていましたが、1908年に米国のフォードがT型フォードを開発し、ガソリン自動車の性能が飛躍的に高まったことから電気自動車は市場から姿を消してしまいました。戦時中のガソリン不足や高度成長期に大気汚染が深刻化した際には、電気自動車への期待が高まりましたが、ガソリン自動車との圧倒的な技術力の差を埋めることができず、普及には至りませんでした。しかし、1990年代以降、地球環境問題が深刻になって来たため、米国カリフォルニア州の排ガスを厳しく制限するゼロエミッションビークル法(ZEV法)などが制定され、電気自動車の開発が急速に進んでいます。

1) 国土交通省の自動車燃費一覧 <http://www.mlit.go.jp/common/001031306.pdf>

2-2. 電気自動車の特徴

我々がこれまで身近に接してきたガソリン自動車と電気自動車にはいくつかの違いがあります。一番大きな違いはエネルギー源の違いです。ガソリン自動車はエンジンでガソリンを燃焼して走行します。そのため、温室効果ガスの二酸化炭素や人体に有害な窒素酸化物、PM2.5等を排出します。そして、現時点では、ガソリン自動車はガソリンが持つエネルギーの20%しか走行に使うことができません。一方、電気自動車は二次電池に蓄えた電気力でモーターを動かすため電気自動車そのものは、排気ガスを放出しません。電気自動車は電気エネルギーの80%を走行に使うことができますが、その電気は発電所で発電されます。ですから、電気自動車が使われている地域が、風力、太陽光などの再生可能エネルギーや、原子力で発電する割合が高い場合には、ガソリン自動車よりも二酸化炭素の排出量を削減することが可能です。例えば、フランスだと90%、日本でも50%以上削減することが可能だと見積もられています。また、電気自動車はガソリン自動車よりも構造をシンプルにやすく、修理やメンテナンスも容易にすることができます。

このように、電気自動車にはガソリン自動車と比べて環境面や構造上のメリットがありますが、いくつかの課題があるため、まだ広範には普及していません。最も大きな課題は航続距離です。1回の充電で走行できる距離は200kmから500km程度ですが、電池が切れた場合の充電時間が長いため、ガソリン自動車のように連続で長距離を移動することが難しいのです。1回の充電で走行できる距離が制限される主な理由は、ガソリンと電池のエネルギー密度の違いにあります。単位重量に蓄えられるエネルギー量をエネルギー密度と言いますが、ガソリンは12000wh/kgであるのに対し、リチウムイオン電池では高くても200wh/kg程度とガソリンの数十分の一しかありません。電気自動車は効率が良いのですが、電池のエネルギー密度が圧倒的に低いため、ガソリン自動車と同様の距離を走るためには大量の電池が必要となります。現在販売されている乗用車には400kg以上の電池を積んでいるものもありますが、あまりに重い電池を積み込むと、車の性能が悪くなったり、電池を使い切った時の充電時間が長くなったりするため、逆に使いにくくなることも考えられます。

これらの課題に対処するため、純粋にモーターだけで走行する電気自動車だけでなく、エンジンを併用して走行するハイブリッド車等のいくつかの種類の自動車が検討されています。

2-3. 二次電池で走行する自動車の種類

現在、二次電池で走行する自動車の主なものには、電気

自動車、ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車があります。それらの特徴を以下に説明します。

2-3-1. 電気自動車 (EV : Electron Vehicle)

EVの走行に関する基本的な構造はガソリン自動車と同じですが、エンジンの代わりにモーター、ガソリンの代わりに二次電池が使われており、エンジンは搭載していません。二次電池に充電した電気によってモーターを動かしますが、それに加えて、より効率的にエネルギーを使うために、ブレーキをかけて減速させる時にモーターを発電機として作動させ、減速で生じるエネルギーを二次電池に蓄えることができる、回生ブレーキという仕組みも用いられています。EVでは車の大きさや用途に応じて、搭載されている電池の量や航続距離等が異なるモデルが開発されています。例えば、小型のEVである日産リーフは、約300kgのリチウムイオン電池を搭載しているため、航続距離は200km程度ですが、30分で80%の急速充電が可能です。スポーツタイプのEVであるテスラモーターズのタイプSは、450kgのリチウムイオン電池を搭載し、500kmの航続距離、200km/hオーバーの最高速を出すことが可能で、充電時間は4時間程度です。現時点では、航続距離や、充電時間、充電のインフラが十分整備されていない、価格が高い等の課題があるため、普及は限定的になっています。

2-3-2. ハイブリッド車 (HEV : Hybrid Electric Vehicle)

EVの課題である航続距離を伸ばす取り組みの中で生まれた電気自動車がHEVです。自動車そのものに発電する能力を持たせてしまえば、普通の車と同じように燃料を補充することによって発電をして走り続けることができると考えて開発されました。HEVはエンジンとモーターの2つの動力源を持ち、これらを組み合わせることで走行します。エンジンはある一定の回転数が保たれている時に最も効率よく動きますが、HEVでは、動力源が2つあるため、その状態を作り出すことが可能です。また、電気自動車と同様に回生ブレーキも用いているため、ガソリン自動車と比べて燃費を向上させることができます。エンジンとモーターの使い方によって、シリーズ方式、パラレル方式、シリーズ・パラレルハイブリッド式に分類され、さらに直接充電できるものはプラグインハイブリッド車 (PHV : Plug-in hybrid vehicle) と呼ばれています。

① シリーズ方式 (直列方式)

シリーズ方式では、エンジンが発電のためだけに用いられ、そこで発電された電力をいったん二次電池に貯え、その電力でモーターを動かして車を走らせます。エンジン、発電装置、二次電池、モーターという流れが直列になっていることからシリーズ式と呼ばれます。二次電池の充電源がエンジンであることを除けば、基本的な構造はEVと同じです。

②パラレル方式

パラレル方式ではエンジンとモーターの両方が車を走行させるための動力として使われ、それらを状況に応じて使い分けています。エンジンは先にも述べたように、ある一定の回転数が保たれている時に最も効率よく動き、低速走行が続く場合や発車や停車などで加速や減速が多いと、その効率が悪くなってしまいます。また、エンジンはアクセルを踏んで燃料の供給量を増やしても回転数が上がり動力が増えるまでに時間差が生まれてしまいます。一方、モーターは供給される電力が増えれば瞬時に反応して動力を上げることができますが、回転数が高まるとその力が弱まってきます。パラレル方式では、このようなエンジンやモーターのそれぞれの長所と短所を使い分けることで燃費を向上させています。

③シリーズ・パラレルハイブリッド式

シリーズ・パラレルハイブリッド式はシリーズ式とパラレル式を組み合わせた仕組みです。車が発車する際や低速走行などエンジンでは効率が悪い状況では、モーターによるEV走行を行い、一定の速度に達したらエンジンを中心とした走行に切り替え、必要に応じてモーターがアシストします。モーターだけによるシリーズハイブリッド、モーターとエンジンを併用するパラレルハイブリッドを組み合わせているため、シリーズ・パラレルハイブリッドと呼ばれています。トヨタのプリウスがこの方式を採用しています。

2-3-3. プラグインハイブリッド車 (PHV : Plug-in hybrid vehicle)

直接コンセントから充電することもできるタイプのハイブリッド車をプラグインハイブリッド車と呼びます。PHVはプラグインではないハイブリッド車に比べ電池を多く搭載しているため電気のみでより長距離を走行できます。ガソリンエンジン車の長距離航続性能を残しながら、電気自動車により近い効率を持つハイブリッド車というメリットがありますが、短時間で充電をするためには、200V以上の充電設備が必要になります。そのため、HEVはガソリン自動車と同様のインフラで導入が可能なのに対し、PHVは充電インフラの整備が必要なため、導入コストがかかる課題があります。

これまで述べてきたように、電気自動車には様々な形式がありますが、その形式によって電池に求められる特性も変わってきます。例えば、EVのように電池ですべての動力を賄う場合は、エンジンによるサポートが無いため、高負荷がかかる際にはモーターに電気を高出力で供給する必要があります。また、電池切れ等になった時のために、急速充電が必須となり、二次電池もそれに対応する必要があります。一方、HEVでは、エンジンとモーターの balan

スを取ることができるため、電池にはそれほど高出力であることは求められませんし、急速充電への対応も不要です。また、形式によらず、電気自動車用の電池には、低温から高温まで過酷な自然環境変化に耐える必要があり、自動車事故の際にも安全性が確保されるような高い性能が求められます。次章では二次電池の開発の歴史と特徴について説明します。特にリチウムイオン電池についてはその特性等を詳しく述べます。

(<http://www.nies.go.jp/social/traffic/pdf/7-all.pdf>)

3. 二次電池

3-1. 開発の経緯

人類最初の電池は、イラクのバクダッドで発掘された「バクダッド電池」と呼ばれる土器であるという説があります。しかし、この土器は本当に電池として使われていたのか、宗教行事用の器具だったのか、それともメッキ用の器具だったのか、本当のところはわからないようです。それゆえ、現在の電池の原型となる確かなものは「バクダッド電池」よりも1000年以上後の1800年にボルタによって発明された電池です。この電池は、銅と亜鉛を希硫酸に浸けることによって1.1Vの起電力を発生させることができました。

ボルタが電池を発明してから約60年後の1859年にはフランスのガストン・ブランテが最初の再充電可能な二次電池である鉛蓄電池を発明しました。これは正極に二酸化鉛、負極に鉛を用いており、これらを絶縁して希硫酸の中で充放電することによって2.0Vの起電力を得ています。ブランテの鉛蓄電池では少量ながら水の分解反応が起こるため、電解液が減少する問題がありました。しかし、1970年代に電極等の開発が進みこれらの課題が解消されてメンテナンスフリーとなり、現在も基本的には同じ構造の鉛蓄電池が車のバッテリーとして一般に用いられています。

携帯機器の二次電池として最初に用いられるようになったニッケルカドミウム電池(ニッカド電池)は1899年にスウェーデンのユングナーが発明しました。この電池は正極にニッケルの化合物、負極にカドミウムが用いられており、電解液はアルカリ溶液という構成です。1960年初頭に米国で商品化され、日本でも1963年から64年にかけて、三洋電機、松下電器産業が民生用として相次いで量産化しました。ニッカド電池は乾電池とほぼ同じ1.2Vの起電力を持っており、過放電、長期放置に強く、大電流が得られるという特性から、携帯音楽プレーヤー、電動工具、シェーバーなどに広く使われました。

ニッカド電池が発明されてからしばらくの間、新たな二次電池の開発は停滞していましたが、1960年代から水素

吸蔵合金の開発が活発になり、その成果を活かした電池が発明されました。それがニッケル水素電池です。水素吸蔵合金による電極開発では東芝が進んでいましたが、1990年に世界で最初に商品化したのは松下電池工業と三洋電機でした。ニッカド電池は電極に有害物質であるカドミウムを使用している問題がありましたが、ニッケル水素電池は電極にカドミウムを含まないことから環境面で評価されています。また同じ体積に蓄えることができるエネルギー（体積エネルギー密度）がニッカド電池よりも大きいので、電池を小さくすることができます。これらの特徴からニッケル水素電池はニッカド電池に変わって携帯機器に用いられるようになり、性能もどんどん向上しました。その結果、従来から自動車に用いられている鉛蓄電池の数倍ものエネルギーを出力できる新型電池に進化し、電池を自動車の駆動源として使用できる可能性が一気に増しました。そして、1997年にニッケル水素電池を用いた、世界初の本格的ハイブリッド車として発売されたのがトヨタ自動車のプリウスです。当初は競合他車と比較して割高だったこともあり、売上はあまり伸びませんでした。モデルチェンジによる洗練と環境意識の高まりや各種の優遇施策によって売り上げが伸び、日本自動車販売協会連合会の車名別年間販売ランキング（1-12月）では2009年から4年連続でトップでした。また、現在でも多くの車にニッケル水素電池は使われています。

ニッカド電池の販売開始からニッケル水素電池の販売開始に至るには20年以上を要しましたが、それに続く新型電池であるリチウムイオン二次電池（リチウムイオン電池）は1991年に販売が開始されました。リチウムイオン電池はニッケル水素電池よりも多くの点で優れており、今後しばらくの間は電気自動車用の電池として主役の座に座り続けそうです。そこで、次はリチウムイオン電池の特性を詳しく説明いたします。

3-2. リチウムイオン電池の特性

リチウムイオン電池の基本的な構造は図1のようになっており、主な構成材料は正極、負極、セパレーターおよび電解液です。電池の起電力やエネルギー密度等の基本的な性能は主に正極と負極の材料の組み合わせによって決まります。従来から金属リチウムは起電力やエネルギー密度を高くしたりすることが可能な電極材料として着目されてきました。しかし、金属リチウムを用いて電池を作ると、充放電によって電極に樹枝状の金属が成長して、それが電池の性能を不安定にしたり、安全性を損わせたりする問題がありました。樹枝状の金属は最悪の場合、電池をショートさせ高熱を発生させるのです。ところが、リチウムと遷移金属の合金の酸化物を正極に、負極に炭素を用いるとこれらの問題が解決されることがわかりました。現在のリチウ

ムイオン電池にはそれらの電極が用いられています。セパレーターは正極と負極が接触してショートしないようにする役割と、正極と負極をリチウムイオンが行き来して電気を流す通路の役割を果たしています。セパレーターは有機材料の薄膜でできていますが、電池に異常が生じて温度が上昇した場合には、薄膜が溶融してリチウムイオンが通り抜ける通路を遮断し、電池の反応を止める安全装置の役割も担っています。リチウムイオン電池の電解液は水分を含まない有機溶媒でできています。水は1.23V以上の電圧がかかると電気分解されて酸素と水素が発生します。気体が発生すると電池の安定性や安全性に影響するため、3Vを超える起電力を持つリチウムイオン電池は電解液に水分を含まない有機溶媒を用いる必要があるのです。また、鉛蓄電池では電気を発生するための電極の化学反応に必要な、ある程度の量の電解液が必要でしたが、リチウムイオン電池ではこの反応に電解液は関わっていないため、イオンが移動するのに必要な最小限の量で良く、電池を軽量化することが可能です。

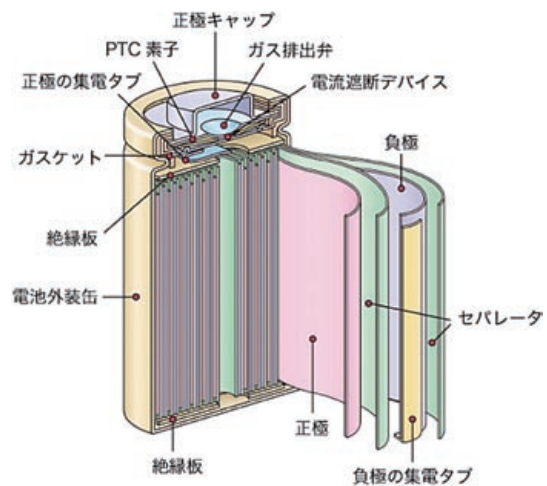


図1. リチウムイオン電池の構造

<http://www.jpo.go.jp/shiryu/pdf/gidou-houkoku/24litium.pdf>

3-3. リチウムイオン電池の特徴

リチウムイオン電池はニッカド電池やニッケル水素電池と比べて、自動車用二次電池に適しているいくつかの特徴があります。

①電圧が高い

ニッカド電池やニッケル水素電池の起電力は約1.2Vですが、リチウムイオン電池の起電力は約3.7Vです。そのため、直列に電池をつないで自動車に必要な高電圧を作り出す場合に必要な電池の本数を約1/3にすることができます。

②エネルギー密度が高い

同じ重さの電池に蓄えられるエネルギー（重量エネルギー密度）がニッカド電池の約5倍、ニッケル水素電池の約3倍、同じ体積に蓄えられるエネルギー（体積エネルギー密度）がニッカド電池の約5倍、ニッケル水素電池の約2倍あります。そのため同じエネルギーを蓄えるために必要な電池の重さや体積を小さくすることができます。

③メモリー効果がない

ニッカド電池やニッケル水素電池は使い切る前に充電をする（継ぎ足し充電）をすると電池の容量が見かけ上減少してしまいます。この現象をメモリー効果と呼びます。この現象は一度完全に放電させてから充電する、いわゆる「リフレッシュ」を行うと回復することができますが、リチウムイオン電池はメモリー効果がほとんどないため、リフレッシュの必要がありません。そのため、メモリー効果を気にせず、継ぎ足し充電をすることができます。

④サイクル寿命が長い

二次電池は充放電を繰り返すと容量が徐々に減少しますが、その減少量が一定の割合になるまでの間に使用できる充放電回数をサイクル寿命と呼びます。リチウムイオン電池はこのサイクル寿命がニッカド電池やニッケル水素電池よりも長い特徴があります。そのため電池の寿命が長くなり、電池交換の頻度を小さくすることができます。

表1にこれまで述べてきた、電気自動車に使われる二次電池と鉛蓄電池の比較を示します。これらの値は電池の構造や測定条件等によって変わる参考値ではありますが、それでもそれぞれの電池の特性が大きく異なることが分かります。

表1 電気自動車に使われる二次電池と鉛蓄電池の比較*

二次電池の種類	鉛	ニッケル水素	リチウムイオン
重量エネルギー密度 (Wh/kg)	35	60	200
起電力	2	1.2	3.7
サイクル寿命	3150	2000	3500
メモリー効果	無	有	無

※これらの数字は電池の構造等によって変わるのであくまで参考値
参考：蓄電池戦略 <http://www.cmaj.jp/news/view/54>

4. 電気自動車および二次電池の課題

環境の観点から電気自動車の普及が望まれており、その主要部品である二次電池の性能は近年急速に向上しています。しかし、電気自動車の普及にはまだいくつかの課題が残っています。

4-1. 電気自動車の課題

①連続して走ることができる距離が短い

ガソリン自動車は1回の給油で500km程度走ることができ、その後、数分間の給油でまたすぐに走ることができます。したがって、ガソリン自動車が連続して走ることができる距離は車の性能で決まるのではなく、むしろ、ドライバーや乗員の休憩時間などに依存します。一方、電気自動車は1充電当たりの走行距離は200～500km程度ですが、充電に時間がかかります。通常の充電だと4～10時間程度、急速充電でも80%の充電に30分ほど要します。そして、現状では急速充電ができる充電スタンドの数が不十分です。そのため、連続して長距離を走るを考えると、ガソリン自動車の利便性にはまだ追いついていません。この問題が解決されるまでの間は主に近距離の移動に向けた車として利用されると思われます。

②価格が高い

電気自動車の価格はガソリン自動車よりも高価格ですが、それは二次電池の値段が高い事が一因です。コスト低減と売上増にはわとりと卵の関係にありますが、補助金や優遇措置などを含めた対策が期待されています。

③実質的なCO₂の削減効果は発電所に依存

電気自動車そのものはクリーンなのですが、電気自動車に電気を供給する発電所がCO₂等を排出していると実質的な削減効果はあがりません。したがって、環境への負荷を低減させるには、発電に再生可能エネルギーを活用するなど、トータルに考える必要があります。

このほかにも、現在は理想的な状況における航続距離が議論されていますが、実際に寒冷地でヒーターを用いると航続距離が減少するなどの実用的な走行に関する課題もあります。

4-2. リチウムイオン電池の課題

①高出力、高容量化

リチウムイオン電池はニッカド電池、ニッケル水素電池と比較して多くの点で優れていますが、電気自動車用の電池としてはまだ、出力や容量が十分とは言えません。高出力化を図るためには例えば、電池内部の抵抗を下げる必要があります。高容量化のためにはエネルギー密度の改善や軽量化が必要です。電気自動車では、航続距離を伸ばそうとすると、電池の重量が増えて自動車としての性能が落ちるので、この課題は特に重要です。

②安全性の強化

電気自動車に使う際にはモバイル用途よりもさらに高い

安全性が求められます。交通事故などのアクシデントがあっても発火しないように、セパレーターや電解液をより燃えにくい材料に変えるなど、耐久性・安全性を高めなければなりません。また、出力を高めたり、容量を増やしたりするために電池を組み合わせてバッテリーパックとして使用する場合には、各電池の内部抵抗の違い等によって個々の電池が過充電・過放電して発熱する等の問題を防止するため、バッテリーマネジメントによるバラツキの解消をより高める必要があります。

③低価格化

電気自動車の低価格化に最も影響するのが、二次電池のコストです。従来のリチウムイオン電池は正極材料に高価なコバルトが含まれていましたが、電池の特性を落とさずにより低価格な材料を用いることが求められています。また、量産効果による価格低減も期待されています。

5. 充電インフラ

電気自動車の普及には、電気自動車の性能向上やコスト低減だけでなく、充電インフラの整備が大きく影響します。本章では現状と課題を説明します。

5-1. 充電インフラの現状

HEVに必要なインフラはガソリン自動車とほぼ同じなので、HEVが開発された当初はコストが高いことが主な課題でした。当時は環境意識が高まっていたこともあり、補助金等による購入金額の低減等による施策によって徐々に普及が進みました。他方、EVは走行距離を伸ばすためには充電インフラの充実が必須で、インフラの整備なしに普及を図ることは困難です。

しかし、充電インフラには充電の方式を1つに決めることが難しいという問題があります。ガソリンは世界中どこでもほぼ同質なものが得られますが、電気は電圧、電流、周波数などが国によって異なり、さらには交流か直流かによって、充電時間や必要な設備が大きく異なります。そのため、各国から提案されている充電の方式にはいくつかの種類があり、状況は複雑になっています。一般家庭で使用されている交流電力が単層である日本や米国は、交流電力充電器の規格も単相に対応した「タイプ1」と呼ばれるものが提案されています。一方、欧州では日米とは異なる3相供給方式が広く用いられています。そのため、欧州では単相と3相に対応した充電器が提案されており、さらに、それは、ドイツ・メネケス社の提案する「タイプ2」とフランス・イタリア企業連合の提案する「タイプ3」に分かれています。しかし、欧州内で異なるタイプの充電方式が普及すると、国を跨いで旅行する利用者にとって非常に不便な

ため、EU全域で使用する充電器としてタイプ2を採用することが2013年1月に決定しました。この決定により、EUの各加盟国はタイプ2方式の共通充電プラグを導入することが義務付けられました。

タイプ1～タイプ3の交流の充電方式は、電気自動車に交流の電気を供給し、電気自動車に搭載されたコンバーターによって交流を直流に変換して電池を充電します。そのため、充電設備は簡易なもので済み、設置者の負担が小さい特徴があります。しかし、充電時間が数時間から十数時間と長くかかってしまうデメリットがあります。そこで、充電設備側で交流を直流に変換し、さらにはより高電圧にした電流を電気自動車に供給することで充電時間を短くする、急速充電が提案されています。急速充電では電気自動車の二次電池に負担がかからないように充電制御を行います。その際の通信に用いるプロトコルや交流充電方式との組み合わせなどによっていくつかの方式が提案されています。それらの内、日本が推進している規格はCHAdeMOです。CHAdeMOは直流のみの急速充電の規格であるため、交流での充電も併用する場合には交流のプラグ(例えばSAE J1772)が別に必要です。一方、欧米は直流の急速充電と交流充電の双方を一体化したコンボ方式を推進しています。さらに米国のテスラモーターズは2012年9月にCHAdeMOともコンボ方式とも異なる「Tesla Supercharger」という独自規格を発表し、整備事業に乗り出しました。自身が提唱した規格が標準になると、その規格に準拠した自動車の普及が容易になるため、各国・各企業が自身の規格を標準にするために活発にロビー活動等を繰り返しています。

5-2. 充電インフラの課題

現時点で、充電設備の設置があまり進まない理由の1つに、上記のように、いくつかの規格が併存していることがあります。しかし、規格の違いだけでなく、充電器の性能や設置費用、コスト構造が問題であり、そのため充電器を設置しても経済的に成り立たないとの意見もあります。つまり、電気自動車が増えた場合には、充電時間が長いことから多数台の充電器が必要となり、さらには電気代がガソリン代よりも格段に安いため、電気代の徴収による利益を上げにくいと推測されているのです。この問題を解決するためには、現在よりも高容量の充電電池とより高速な充電設備を低価格に実現したり、電気代を誰が負担するのかといったビジネスモデルを検討したりする必要があります。

充電インフラの整備については、このように、いくつかの方式が併存している問題や経済的な問題などがありますが、最近、これらの問題を乗り越えるための動きが起っています。具体的には、各国が環境保護の観点から政策的に普及を進めようとしているのです。例えば、米国の

NESCAUM (北東部州大気調整管理同盟) がカリフォルニア、オレゴンの西部2州と、ニューヨーク、マサチューセッツ、メリーランド、コネチカット、バーモント、ロードアイランドの当部6州、合わせて8州を取りまとめ、2014年5月に排ガスゼロ車 (ZEV) 普及のための11のアクションプランを発表しました²⁾。その内容は2025年までに330万台の普及を目指し、職場での充電施設の設置、充電施設の表示の改善、民間企業のZEV導入の促進、州政府、地方自治体等の率先したZEVの使用、充電設備設置の障害の解消、目標達成に向けた進捗の確認、などです。欧州でも同様の目標が設定されており、これらの政策によって電気自動車のインフラ整備や電気自動車の生産の投資がなされ、電気自動車を含むZEVの普及が加速されると思われます。

6. 自動車用二次電池の知的財産

電気自動車用二次電池はコンシューマー製品で、さらに「物」で構成されています。そのため、特許の観点から見ると企業向けの製品やサービス関連商品よりも侵害確認しやすい特徴があります。また、その構成材料や構造によって安全性や性能が左右されるので、それらの特許を取得することは非常に重要です。

現在最も注目されているリチウムイオン二次電池については、特許庁が特許出願動向を調査しています。「平成24年度特許出願技術動向調査—リチウム二次電池—」によると、優先権主張年が2006年から2010年の日米欧中韓への出願件数の合計は22,068件です。そして、毎年出願件数はこのデータの範囲では増える傾向にあります。(図2) また、出願先国および出願人の国籍はともに日本が多

く、日米欧中韓の5極間での特許出願件数の収支は日本が大幅にプラスになっています。

このように、リチウムイオン電池だけで2万件以上の特許が出ているので、他社の特許を完全に回避し、自社の特許権の範囲内で製品を作る事は非常に困難です。さらには、電気自動車にはリチウムイオン電池の周辺だけでも充電機器、充電制御のための通信など様々な特許が関わります。したがって、この領域でもライセンスやクロスライセンスそして非侵害補償等の契約などを含めて知財をどのように活用するのかを考えることが重要です。この記事執筆している間にも電気自動車の知財にも関わるニュースが2件ほどありました。1つがテスラモーターズの特許オープン化、もうひとつが充電システムに関する協業のニュースです。

米国のテスラモーターズのCEOであるイーロン・マスク氏は2014年6月12日に公式ブログでテスラモーターズが所有する電気自動車の特許をオープン化すると発表しました。具体的には「誠意をもって私たちの技術を使いたいという人たちに対し、テスラモーターズが特許訴訟を起こすことはありません。」³⁾ ということです。また、2014年6月15日にFinancial Timesは、「日産、BMW、テスラモーターズが充電方式の統合について協議している」と報道しました。先に述べたように日産はCHAdeMO、BMWはコンボ方式、テスラモーターズはTesla Superchargerを急速充電方式としてそれぞれ提案しています。これらの協議が進むと知財を用いた標準化にも議論が及ぶと思われます。

特許のオープンクローズ戦略はIT業界では一般に活用されており、市場を広げたり仲間を作ったりする際には特許を他者に開放するオープン戦略を取り、自社の技術を守ったり、利益を自社に導くために他社に特許を使わせな

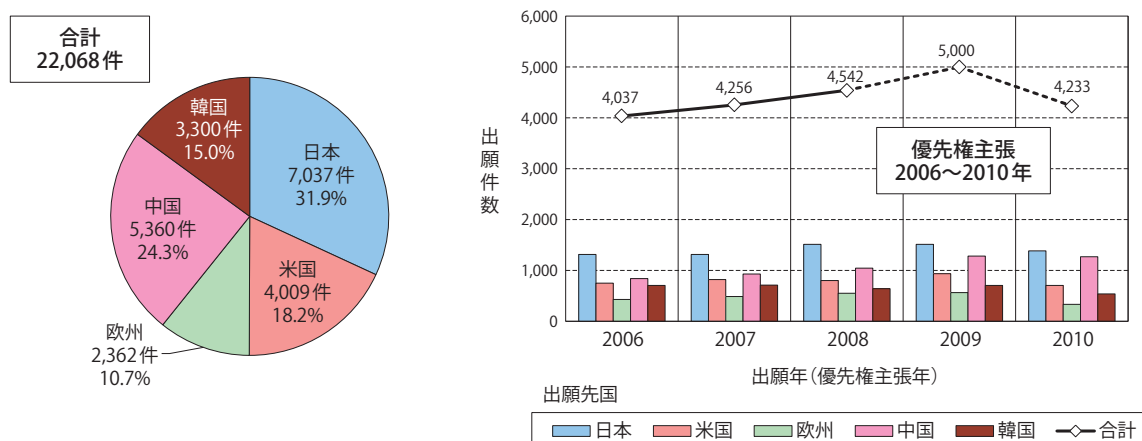


図2 出願先別出願件数の内訳と推移
<https://www.jpo.go.jp/shiryoutu/pdf/gidou-houkoku/24lithium.pdf>

2) ZEVの対象車はバッテリー方式の電気自動車、プラグインハイブリッド車、水素燃料による燃料電池車、であり、HEVは含まれていない
<http://governor.maryland.gov/documents/MultiStateZEVActionPlan.pdf>
 3) Tesla Motors Japan掲載の抄録http://japan.teslamotors.com/2014/06/blog-post_14.html#!/2014/06/blog-post_14.htm

いクローズ戦略を取ったりしています。また、標準化技術間の競争は例えばDVDにおいてHD-DVDとBlu-rayが争ったように、コンテンツ業界まで巻き込んで競争がなされました。まだ、先行きは見えていませんが、電気自動車においても知財を用いた市場拡大のための特許オープン化や充電方式の標準化などの取り組みが進展しています。

7. 電気自動車以外の次世代自動車

電気自動車は地球環境の保全に有望な自動車ですが、電気自動車以外にも次世代の自動車と考えられ、研究開発されているものがあります。それは例えば、燃料電池自動車やクリーンディーゼル自動車です。

燃料電池自動車は燃料電池に蓄えた水素もしくは改質水素と空気中の酸素を反応させて発電し、その電力で走行する自動車です。反応で排出されるのは水のみですから、電気自動車と同様、走行時にCO₂やCO、NO_x、SO_xなどの有害な排気ガスを出しません。1990年代までのディーゼル車は黒煙をまき散らし、エンジン音がうるさいイメージがありましたが、燃料である軽油とエンジンの改良により、ガソリン自動車とほぼ変わらないレベルにまでこれらの課題を克服しました。現状においてもクリーンディーゼルエンジンはガソリンエンジンよりも高効率であるため、CO₂の排出量が少ないのですが、日本ではさらに2010年と比較して2020年にはCO₂の排出量を30%削減する計画を立てています⁴⁾。

電気自動車の増加による電力需要の増大のために、火力発電所を増設した場合には、CO₂排出量の削減効果が小さくなってしまいますが、同様に、燃料電池自動車やクリーンディーゼル自動車によるCO₂排出量の削減も自動車だけではなくトータルで考えなければなりません。燃料電池に使われる水素は、現在主に石油や天然ガスから作っています。そのため、製造過程で大量のCO₂を排出し、エネルギーの消費も大きい課題があります。したがって、燃料電池自動車に関するトータルでの効率化、低CO₂化を図るためには、CO₂排出量が少ない水素の製造方法(例えば、バイオマス)などを組み合わせる必要があります。また、電気自動車に充電スタンドの拡充が課題であると同様に、燃料電池自動車では水素スタンドの設置、水素の運搬供給にも課題があります。

一方、クリーンディーゼルエンジンでは軽油を用いますが、ディーゼルエンジンの普及のみを進め、軽油の消費だけが多くなると、トータルの効率は下がります。原油からはナフサ、ガソリン、軽油、ケロシン、ジェット燃料、重油等が得られますが、これらの消費の割合が最適になるよ

うに設計しないと、原油の利用効率が下がり、トータルでのCO₂排出量が増えてしまうのです。したがって、とにかくディーゼルということではなく、ガソリンの消費量などと合わせてトータルに設計する必要があるのです。

電気自動車の普及はこれまで述べてきたように二次電池の性能向上や充電スタンドの設置等の電気自動車に関わる課題がどのくらい達成されるのかということに加えて、これらの次世代自動車の動向にも左右されるので、今後も注目していく必要があります。

8. おわりに

電気自動車用二次電池を中心にその周辺技術に関する開発の経緯や、現状、そして課題等を解説いたしました。電気自動車の性能は二次電池によるところが大きく、二次電池の性能は材料の発見によるところが大きい特徴があります。近年、環境の意識が高まったところで、リチウム水素電池やリチウムイオン電池の開発が進んだことから、電気自動車は大きな進化を遂げました。しかし、その実用化にあたっては、電気自動車だけでなく、充電スタンドを含めた社会インフラの整備や発電所を含めたトータルなエネルギーや環境負荷を考える必要があります。また、電気自動車を普及させるためには、充電設備の標準化を含む知財戦略、ビジネスモデルの工夫も重要です。

profile

西本 裕 (にしもと ひろし)

1983年 東京工業大学修士課程終了(電子システム専攻)。
同年日本電気株式会社(光エレクトロニクス研究所)に入社。
1995年まで研究所、事業部門にて光通信用コンポーネント関係の開発、生産を遂行。
その後、経営企画部、研究企画部、知的資産R&D企画本部などに所属し、事業再編や再構築を行うとともに、技術、研究、知的財産の戦略立案と実行、並びにマネジメントを遂行し、現在に至る。

4) クリーンディーゼルエンジン技術の高度化に関する研究開発事業 <http://search.e-gov.go.jp/servlet/PcmFileDownload?seqNo=0000110867>