

EV & HEV用鉛蓄電池

Lead-Acid Battery for EV and HEV Use

高嶋 皓一郎*

Koichiro Takashima

1. はじめに

環境保全の問題から1990年10月に米国カリフォルニア州で制定された、「カリフォルニア州低公害車、低公害燃料プログラム」および、これに類似する他の法律の制定によって、近年急速に電気自動車（EV）の開発が進められている¹⁾。また一方では、地球温暖化の原因となるCO₂を削減するための提案として、日野自動車のHIMR（Hybrid Inverter and Motor Retarder System）、トヨタ自動車のプリウスに代表される、内燃機関と電気的動力を同時に、あるいは、交互に使用するハイブリッド自動車（HEV）の開発・発表が盛んになってきている。

このような、低公害自動車の開発の世界的動向の中で、国内外の電池メーカ各社が、EV用およびHEV用鉛電池の開発に携っており、一部実用化を含めて各種成果を上げてきている。

本文では、これらEVおよびHEV用としての鉛電池について、他の新型電池との比較を含めながら、これまでの研究開発を通じて得られた成果等について述べる。

2. EV&HEV用電池としての鉛電池の位置づけ

1990年代前半までのEVは、主に鉛電池を動力源として搭載していたが、最近ではトヨタ自動車のLAV4-EVや日産自動車のプレーリージョイEVの様に、ニッケル水素（Ni-MH）電池やリチウムイオン（Li-ion）電池等の新型電池を動力源として搭載するようになってきた。これらのEVは、1回の充電で走行可能な距離が200km以上と、内燃機関を用いた自動車の走行可能な距離（300km以上）に近付きつつある

ことを示している。このような走行可能な距離の増加は、表1²⁾に示すように、搭載されている新型電池の特徴である大きなエネルギー密度（重量や体積当たりの充電放電可能な電力：Wh/kg, Wh/l）による部分が大きい。従って、これらの車両に同じ重量の鉛電池を搭載したと仮定すると、計算上の走行可能な距離は100km程度と新型電池に対して半減してしまう。事実、小型自動車に鉛電池を搭載して走行試験を行ったところ、計算値と同様100km程度の走行距離であった。

しかしながら、現在使用されている内燃機関の自動車の使われ方においては、図-1³⁾、図-2⁴⁾に示すように1日で走行する距離のほとんどは50km以下といわれている。従って、日常の通勤や買い物あるいは官公庁や企業等で用いられる定期巡回車などの、比較的短距離の走行に限定した用途に、鉛電池を動力源として搭載したEVを用いることは、走行距離的には何ら大きな問題にはならないと考えられる。

さらに、前述の新型電池には、現時点で高価な水素吸蔵合金や資源的に制約があるコバルトを材料に用いていることもあり、寿命性能を含めたコストでも鉛電池の5倍以上になる問題を有している。また、資源のリサイクルという観点でも、鉛電池は市場において90%以上が回収され、またその部品中の95%以上（電解液のリサイクルを含む）がリサイクル可能であるのに対して、新型電池では、これから新しく構築される場所であり、どのようになるか現時点では見えない点が多い。

これらの観点から総合的に将来のEV像を考えると、これまで言われてきた様に、ある特定の電池が全てのEVの電池として独占的に使われるのではなく、走行距離やユーザーの使用条件などに応じて、それぞれの住みわけが成立すると思われる。従って、鉛電池を搭載したEVについては、低コストという最大の利点とエネルギー密度が小さいという観点から、2人乗り程

* ㈱ユアサコーポレーション 研究開発センター企画管理部長
〒569-0065 大阪府高槻市城西町6-6

表1 EV用に開発されている各種電池の性能比較²⁾

電池系	重量エネルギー密度 (Wh/kg)	体積エネルギー密度 (Wh/l)	出力密度 (W/kg)	一充電走行距離 (km)
鉛電池	35	95	~200	~100
Ni-MH	65~80	115~190	150~220	>200
Li-イオン	100	160	~300	>200

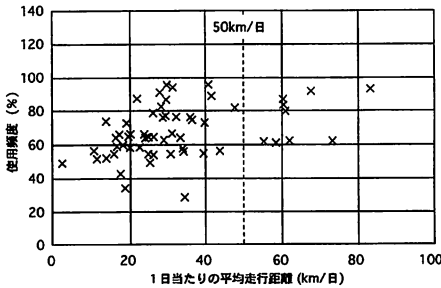


図-1 九州電力で記録された内燃機関自動車の使用状態の分布³⁾

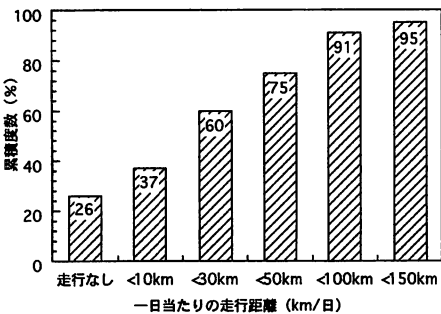


図-2 ドイツにおける内燃機関自動車の使用状態⁴⁾

度の小形のコンピューターカー的なEVへ発展していくことが想像される。また、このようなEVこそが都市部の空気を汚染しない車であるとも考えられる。

もちろん、HEVに関しても、同様の理由で電池の住みわけが生じると思われる。ただHEVの場合、同じサイズの車両ならばEVとくらべて搭載する電池が小型、あるいは少量で良く、鉛電池のコストメリットが出にくいので、電池を大量に搭載するトラックやバスといった大型車両のHEVに用いられる方が鉛電池にとって有利であり、また、その方向に進むと考えられる。

3. EV&HEV用電池に対する要求

電池に貯えられた電力を用いて車両を動かすという発想は、鉛電池の100年以上にわたる歴史とともに進展してきた。古くは自動車の創世期の時代から、現在

表2 従来より電動車両に用いられている液式鉛電池の性能

重量エネルギー密度 (Wh/kg)	体積エネルギー密度 (Wh/l)
27~32	50~60

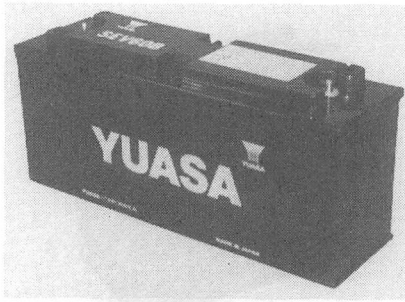
では電動フォークリフトや無人搬送車、またはゴルフカート等の動力源として実用化され、当社においてもこれらの用途の鉛電池を生産・販売している。しかしながら、これらの鉛電池を現在の進化したEVに用いるには、表2に示す様に、エネルギー密度が小さく「重い電池」であると同時に、電解液（水）の量を常に管理しなければならないという、メンテナンス上の煩雑さが伴うため、これらの問題を解決した新しい鉛電池の開発が要求されている。

一方、HEV用の電池には、自動車の加速時などに内燃機関の補助をするために、瞬間的に大きな出力が得られることが要求されている。一般的に鉛電池は、表1に示す様に、他の新型電池と比較しても、重量当たりの出力（出力密度：W/kg）には遜色がなく、この点での問題は少ない。しかしながら、HEV用の電池には、もう一つの要求、すなわち、加速に使用したエネルギーを回収する能力がある。つまり、回生充電の受け入れ性能（W/kg）が良くなければならないという要求である。現在では、この回生充電の受け入れ性能が、鉛電池をHEV用として実用化するためのキーポイントとなっている。

電池メーカー各社において、これらの要求を満たすために、電池の密閉化や電極の改良等の様々な改良を行い、後述するようなEVやHEV用の鉛電池を提案して一部実用化に至っている。

4. EV用鉛電池

EV専用の鉛電池として、現在国内の電池専門メーカーの5社とそれ以外の1社、および海外の1社の合計7社が開発を進めている電池が、写1で示すJEVA（日本電動車両協会）の規格で定められた形状の電池である。このJEVAの規格はまた、SAE（Society



写1 ユアサSEV60Bの外観 (JEVA規格)

of Automotive Engineers) で電気自動車用の電池として認められた形状と同一のものである。

この電池は、これまでの電気自動車用の鉛電池と違い、VRLA (Valve Regulated Lead-Acid Battery) と呼ばれる密閉形構造をとっており、充電時に生じる電解液の電気分解による減少が極めて少ないため、その寿命に至るまで全く補水を必要としないメンテナンスフリーの電池である。

また、軽量、小形化に対して特別に注意をはらって設計されており、実用の密閉形電池として、このサイズとしては最高の35Wh/kg、90~95Wh/lのエネルギー密度を達成している。

この他にも、急速充電に対する受け入れ性能や、充電不足状態での寿命性能の向上など、実用時に必要となる様々な性能改善を各社とも行い、さらなる信頼性向上を目指している。

当社もこの規格のEV用鉛電池 (SEV60B) を開発しており、その外観と性能の諸元を前出の写1と表3に示している。この電池は、重量が20kgと他社の同規格のものより約1kg軽いことが特徴であり、車載時の組電池になった場合の総重量で10~26kgの軽量化が可能である。この軽量化は、電極の集電体にエキスパンド方式を採用することにより達成すると共に、

表3 ユアサ密閉形電気自動車用鉛電池SEV60Bの各種諸元表

サイズ (L×W×H)	(mm)	388×116×175
重量	(kg)	20
公称電圧	(V)	12
容量 (3時間率)	(Ah)	60
重量エネルギー密度	(Wh/kg)	35
体積エネルギー密度	(Wh/l)	90
出力密度	(W/kg)	125/210*
寿命	(サイクル)	500

*出力密度については、用途に応じての2種類の電池がある。

表4 ユアサ密閉形電気自動車用鉛電池SEV75の各種諸元表

サイズ (L×W×H)	(mm)	388×116×175
重量	(kg)	18
公称電圧	(V)	12
容量 (3時間率)	(Ah)	75
重量エネルギー密度	(Wh/kg)	50
体積エネルギー密度	(Wh/l)	114
目標寿命	(サイクル)	1000

その材料となる鉛合金に耐食性が高いものを採用して、長寿命化を図っている。さらに、セル間の接続部や電槽のヒートシール部に新しい工夫を施し、これまでにない小形化を実現している。

その他にも、この電池は実用上で起こりうる条件として、放電末期状態で長期間放置される、いわゆる過放電放置に対して強い電池という特徴を有している。一般に鉛電池は、過放電された状態で長期間放置されることが1回でもあると、その後の充電が入りにくくなり、当初の容量が得られなくなるが、このSEV60B電池は、過放電放置を数回繰り返しても所定の容量まで回復するという優れた能力を有している。

また、当社ではこのSEV60Bと設計思想を同じくした120Ahおよび135Ah (3時間率容量) の電池 (SEV120, SEV150) の開発も行っており、これらのEV用電池は軽バンや小形自動車のEVに搭載され、現在100台近くのEVとして走行している。

当社ではさらに、現在より一層の軽量化と高容量化を進めた、JEVAおよびSAEの規格で75Ah (50Wh/kg) の鉛電池も開発中⁵⁾ であり、昨年東京モーターショーで発表されたスズキエスクードEVにSEV75 (表4) として搭載された。

5. HEV用鉛電池

トヨタのプリウスが発売されるまでは、HEVで日本で唯一実用に供されていたのが日野自動車が開発した、HIMRと呼ばれるシステムのトラックおよびバスである (写2)。このシステムはパラレル型のハイブリッドの一種であり、発進などの加速時にモーターが作動してエンジン出力の補助となり、減速時は逆にモーターからの回生電流で電池を充電するシステムである。これにより、HIMRシステムを搭載した車両は、加速時の二酸化炭素や黒煙の排出が抑制され、かつ燃費向上も図れるものである。

このHIMRに搭載されている鉛電池には、35Ah級



写2 日野自動車製HIMRトラックの外観



写3 ユアサSEH35の外観

と65Ah級の2種類の密閉形鉛電池がある。これらの電池の内、前者がトラック用で後者がバス用であり、当社ではそれぞれSEH35（写3参照）、SEH65型電池と呼んでいる。

これらの電池には、前述の様に回生充電の受け入れ性能が最も重要な要素のひとつとして要求されているため、当社においては、特別な活物質処方を施した電極を開発することによって、これまでにない充電受け入れ性能を達成している。これにより、既に数年の寿命性能を有することが実車で確認され使用されている^{6, 7)}。

6. EV&HEV用電池としての鉛電池の今後の展開

以上の様に、鉛電池はEVおよびHEV用電池としての開発を通じて、これまでにない進化を遂げ、小形軽量、高出力、長寿命といった性能の向上が急速に進んできた。現在、当社においてもさらなる高性能化を

達成するための研究開発を行っており、その一端を以下に紹介する。

鉛電池は、その電気化学反応の特性から、放電が深くなればなるほど出力が低下し、また、放電が浅い時には、充電の受け入れ能力が減少する性質を有している。このことは、電池を利用しているEVやHEVから見れば、走行距離が伸びる程加速が鈍り、また走行を始めてすぐにはエネルギーの回収効率が悪いため、エネルギーを無駄にすることになる。特に、後者の場合は、HEVの燃費の悪化を引き起こす可能性があり、この特性の改善が、より効率の良いEVやHEVを市場に提供するために必要であると考えている。

当社では、以前からこれらの改善に取り組み、既に図-3に示す様な出力・回生密度ともに、これまで使用されている鉛電池の約2倍の性能を有する鉛電池の開発に成功している⁸⁾。一方、これらの特性をもたらす電気化学反応について、詳細な研究を行ったところ、これまでに文献などで発表もされていない新規な情報が確認されている。そこで得られた知見は、随時これらの電池にフィードバックして、さらなる性能向上を図っている。

7. おわりに

これまで述べてきたように、EVおよびHEV用鉛電池は、着実に改善されている。しかし、さらなる改善の余地が大きいことも最近分かってきた。今後とも、この改善を進めることによって、鉛電池は他の新型電池と同様にEVおよびHEV用の電池としての重要な役割を果たすものと考えている。

当社においても地球環境および資源の保全のために、低コストで高性能なEVおよびHEVの実用化が一日も早く実現できることを願いながら、日夜、研究開発を進めている。

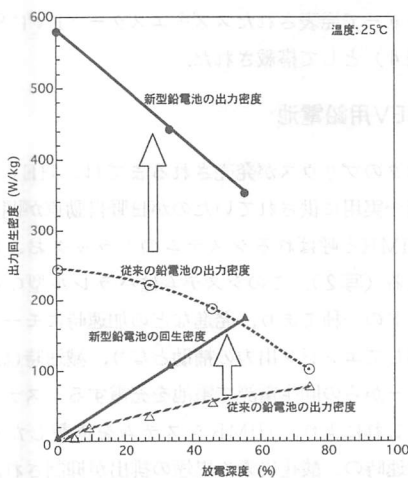


図-3 当社で開発された新型鉛電池と従来形鉛電池の出力回生密度の比較

参考文献

1) 石谷 久, ユアサ時報, No. 83, (1997), 1~5
 2) 生駒宗久, 第2回 電気自動車用電池の先端技術に関する国際シンポジウム, (1997), 37~46
 3) Fumimasa Anan, Toshihiko Sato, The 13th International Electric Vehicle Symposium, Vol. 1, (1996), 367~371
 4) Bernd Sporeckmann, The 13th International Electric Vehicle Symposium, Vol. 1, (1996), 171~177
 5) Masaaki Sasaki, Toru Horii, Masahiro Arakawa,

Tatsuo Nagayasu, and Yasuhide Nakayama, The 13th International Electric Vehicle Symposium, Vol. 2, (1996), 649~652
 6) 松本修明, 北條英次, 中山恭秀, 小幡篤臣, ユアサ時報, No. 76, (1994), 4~9
 7) 松本修明, 高橋さわ子, 北條英次, 中山恭秀, 古池哲夫, ユアサ時報, No. 83, (1997), 6~10
 8) 長谷川圭一, 細川正明, 松本修明, 山田信治, 高橋さわ子, 中山恭秀, ユアサ時報, No. 82, (1997), 34~38

公 募

「東京大学生産技術研究所教官候補者」

1. 公募人員：教授1名
2. 所 属：生産技術研究所第二部
3. 専門分野：生産システム学または
環境保全機器学
4. 研究・業務内容：
FA, CAD/CAM, CIM, FMS, 物流工学, メンテナンスなどの生産システムに係わる研究, あるいは廃棄物処理技術, 水質汚濁防止技術, 大気汚染防止技術などの環境保全機器に係わる研究を行う。
5. 応募資格：博士の学位を有し, 上記のいずれかの専門分野の研究・教育に十分な熱意と業績を有し, 大学の運営と学生指導に十分な日本語能力を有する50才前後の方。
6. 着任時期：平成11年4月1日(予定)
7. 応募締切：平成10年9月末日
8. 提出書類：
 - (1)上記の専門分野におけるこれまでの研究内容および今後の研究計画の概要(4000字程度).....2部
 - (2)履歴書.....2部
 - (3)業績リスト.....2部
9. 書類提出先および問い合わせ先：
〒106-8558 東京都港区六本木7-22-1
東京大学 生産技術研究所 第二部
主任教授 増沢 隆久
Tel 03-3402-6231 内線2270
Fax 03-3478-0216