

芦屋大学論叢 第78号

(令和5年3月8日)抜刷

## 自動車用鉛式 Battery への常時補充電システム導入

—常時トリクル充電状態を保つ—

齋 藤 治



# 自動車用鉛式 Battery への常時補充電システム導入

ー常時トリクル充電状態を保つー

<技術論文>

齋藤 治

芦屋大学経営教育学部教授

## 1. はじめに

内燃機関エンジンを原動力とする一般的な乗用車では、エンジン起動時はもとより、走行時での電装負荷供給時には、オルタネーター<sup>1)</sup>から発電された電気エネルギーを鉛バッテリーに充放電動作をさせ、2次電池としての自動車用鉛バッテリー<sup>2)</sup>は、安定した性能を持ったものが、古くから今日まで使用されている。近年製造搭載されはじめた自動車電装系制御では、交差点停止時などの信号待ち状態を検知したエンジン停止モードのアイドリングストップ機能<sup>3)</sup>や加速走行時での燃費向上のための加速時充電カット機能<sup>4)</sup>など、運転走行時であっても自動車に装備されているメインバッテリーは、絶えず放電傾向状態にある場合が多くなってきている。それに加え、目的地や自宅などへ到着後、エンジン停止後での、ドライバーが車を離れ、次に自動車を運転を再始動開始するまでの長時間が経過した状態、例えば駐車状態が長引く環境下において、昨今の自動車が消費する待機電流の問題が露呈をしてくれている。これは、電子コントロールによるセキュリティ付加装置<sup>5)</sup>やエンジンコンピュータをはじめとする各種電装装置の、これら消費電流が常時通電状態となっているという、いわゆる待機電流や暗電流<sup>6)</sup>が、気づけば日増しに増加傾向となっており、便利な電子付加装置の利便性の代償として、自動車バッテリーの短命化に直結する事案が日増しに増加傾向となっているからである。

本来、旧来から存在する自動車鉛バッテリーの製品設計の寿命は10年程度以上あるといわれていたが、使用者が日常的な頻度にて乗用車を使用し、定期的な保守点検の際に自動車整備士からバッテリー性能低下を指摘されて交換を奨められるサイクルでは、標準的な利用シーンでは2~3年程度と、本来自動車バッテリーが持つ製品本来が持つ設計寿命より遥かにその寿命年月が短くなってきている。また、バッテリー交換シーンで特に顕著なのは、自動車利用が殆ど頻度が少ない極端な事例での利用形態では、最短3か月、あるいはこれよりもっと短期間で新品へのバッテリー交換を余儀無くされるケースもあり、自動車に乗らない時間が多くなるほどバッテリー寿命の短命化が、現在の自動車では、より拍車のかかる現象となってきている。

本技術論文は、本来、自動車鉛バッテリーが持つ設計寿命にいかに近づけるかについての考察や解決手段の技術的方法、工夫について論じ、筆者が利用する自動車利用環境を事例に、自動車バッテリーの長寿命化対策に関するアタッチメントの付加装置状況やその運用状況について報告をする。

## 2. 自動車鉛バッテリーが劣化する原因とその対策の検討

### 2.1 鉛バッテリーの理想的保存状態を保つ製品寿命と現実的な利用状態での寿命感覚との乖離

自動車用鉛バッテリーの本来持つ設計寿命は、10年以上ある、と冒頭セクションに筆者は記載をした。この10年もの設計寿命を保ってくれる自動車鉛バッテリーでの利用状態とは、簡単に申せば、下記のような条件となる。

2.1.1) エンジン停止後は、鉛バッテリー残容量はほぼ満容量状態の99%以上であって、その後一切の消費電流負荷がなく、バッテリー自身だけの自然放電状態<sup>7)</sup>である。

2.1.2) 自然放電状態であっても定期的な微少補充電状態を保った定期的な管理を行い、いわゆるトリクル充電状態<sup>8)</sup>を定期的に維持をしている。

2.1.3) バッテリー自身の補水不要型バッテリーも含め、適正な電極液面状態や温度管理などを絶えず保っている。

このような、いわば鉛バッテリーを極力劣化をさせないような理想的環境保存状態を維持し続けることにより、鉛バッテリーの製品寿命が持つ経年変化を軽減させることが可能となる。実運用的な装置環境で申せば、例えばネットワーク無停電電源室に設置された蓄電池、あるいは移動電話基地局などに設置されたフローティング充電状態<sup>9)</sup>にあるバッテリー装置が、この状態での環境下にあるといえる。

さて現実的には、自動車鉛バッテリーの利用状況から鑑み、理想的な鉛バッテリー維持状態からどのように外れていくかの状態要素を取り上げると下記のとおりとなる。

2.1.4) エンジン完全停止後での、メインバッテリーから微少放電する待機電流は、1990年頃以前のいわゆる機械式制御がメインだった時代での自動車電装装置では、せいぜいクォーツ式車両時計を装備し、駆動するための極少電流（通常は2~3）mA程度以下の自然放電電流に近似できる、ほぼ無接続状態に近い状態であった。

2.1.5) ECG（エンジンコンピュータ）搭載以降、待機電流である暗電流が増加をはじめ、昨今では10~20 mA程度にまで上昇し、いわゆる内部時計類の維持以外、各種センサ類動作の作動維持をする待機電流、関連する電子回路動作での暗電流が徐々に上昇をしてきた。また付加電装装置であるカーナビ装置類も同様、内部時計類維持のため常時通電を必要としている。ODB<sup>10)</sup>コネクタに接続された付加電子装置でも、こうした常時通電で消費する電子電装回路が存在する。

2.1.6) 近年の自動車電装装置構成では、付加防犯セキュリティ装置や、キーレスエントリーといった、電波や赤外線受信センサ類が常時受信をするために稼働しており、キーレスエントリーと呼ばれるタッチセンサと組み合わせたこれら便利な電子装置を内蔵させている自動車電装モデルに至っては30 mA程度の待機電流があってもメンテナンス現場においては、もはや正常範囲とされてきている。

2.1.7) ドライブレコーダーなど駐車場で待機中でもセキュリティを維持するオプション拡張をメインバッテリーから供給するようドライバーのユーザー自身が増設した場合などでは、トータルで50 mAを超える待機電流の状態も存在してきている。

つまり、現代の自動車電装装置が抱える待機電流の増加は、メカニカルな自動車制御時代での鉛バッテリーの自然放電電流状態とは明らかに異なってきており、放電電流となる電流量が激増となった待機電流の状態となっている。この傾向はコンパクトでコストパフォーマンスが高いといわれている軽自動車であっても同様の傾向であって、大容量バッテリーを推奨搭載し、製造メーカーが推定寿命として掲げる3年10万キロという謳い文句での自動車鉛バッテリーの製品寿命の目安として掲げてはいるものの、自動車利用者目線からの現実的なバッテリー交換頻度の寿命実態とは、ある意味乖離している感覚を感じている自動車利用ユーザは少なくないはずである。

## 2.2 待機暗電流増加と短寿命化への原理

では、なぜ、自動車鉛バッテリー寿命がこれほどまで短命化をしてきているのかをもう少し考察をすると、アイドリングストップ後での再エンジン起動後は、急速に充電電流を増加させて満充電領域まで充電制御をしているのが通常の充電動作であるため、走行中での過放電状態でのバッテリー劣化というのは、充電装置系統での異常動作など、別の原因でこの劣化を生じる。この現象は、むしろ昨今の自動車ではECUエラーコードに記録をすることにより判明ができ、メンテナンスコード解析により車載電装装置不良の問題箇所抽出と交換対策などによって比較的容易に診断、弁別対応がなされる。本論で述べる劣化原因というのは、いわゆる走行中での放電傾向というよりむしろエンジン停止後からの、こうした常時消費をする電装装置が持つ待機電流の増加によって、鉛バッテリーに対する暗電流とされる待機電流での負荷電流増大が原因であることは、まず疑いの余地がない。そもそも鉛バッテリーがなぜ、放電傾向になると短寿命化に直結するのかといえば、下記の理由が該当をする。

2.2.1) 鉛バッテリーは、放電状態となると、電極にイオン移動が生じ、それとともに電極に付着する電解物質中の結晶化、いわゆるサルフェーション<sup>11)</sup>を生じやすい環境が生成される。

2.2.2) サルフェーション結晶は、放電深度が深まるほど生成をしやすく、生成後は電極へ付着をしていき、電極の通電面積を次第に拡大をしていく。

2.2.3) いったん電極へ付着したサルフェーション結晶は、物理的に電極へ機械的な振動などを与えて、いわゆる電極の離脱に該当するがごとく荒治療に相当することをしない限り、電極に付着したサルフェーション結晶除去は困難である。しかも機械的除去という作業はバッテリーを分解して電極を取り出す行為そのものであるため、いわば、鉛バッテリーの寿命相当の作業に相当する状態に等しい。

2.2.4) 上記2.2.3に至るまでの、最近ではパルス充電方式<sup>12)</sup>にてサルフェーション付着軽減動作をする充電装置も今日では出てきてはいるが、放電深度が進んだ鉛バッテリーについては、鉛バッテリーへのパルス信号の強度増強やパルス周期などの工夫が必要となり、電極に付着してしまったサルフェーション結晶を除去するためには、相応の装置導入と除去のための対策や工夫が必要となる。

つまり、鉛バッテリーの劣化を極力避けるためには、前述2.1.1～2.1.3で述べた理想的環境下での常時維持を続けていくことが、長寿命の基本的な対策となる。未然にサルフェーション結晶が電極に付着しない状態を絶えず維持していくことが鉛バッテリーの長寿命化に対し、いかに大事であることが分かる。

### 3. 常時微少充電維持のための装置動作原理

#### 3.1 満充電状態を維持する方法への装置導入への検討

では、エンジン停止後での自動車鉛バッテリーを絶えず満充電状態に保つ状態には、考え方として、おおまかに次の実現方法が考えられる。

##### 3.1.1 自動車運転後に、直ちにその都度ボンネットを開け、充電装置を装着し、補充電状態とする方法

この方法では、自宅などに到着した際、車庫にコンセントがすぐ隣にある場合などは簡便な方法である。ただし、都度ボンネットを開けて充電装置の接続作業をする必要があり、屋根がない車庫でのケースや雨天時天候などでのケースでは、日常的なワークとして、ある意味、毎回、憂鬱な作業となってくる。発車時にはこれら装置の撤収作業も必要であり、また、そもそも、コンセントが車庫にない賃借駐車場などのケースでは、充電装置すら導入利用をすることができない。

##### 3.1.2 運転終了後、鉛バッテリーの端子をスパナにて外す方法（通常、電極を外すのはマイナス極側）

微少放電を完全にストップをさせるだけの目的であるのなら、この手法は、容易かつ完全である。ただし、昨今の自動車は、バッテリーを一度外してしまうと多くの場合、ECUなどに設定されていたデータが消失してデータなどが初期化をしてしまい、走行状態を学習した履歴がほぼクリアされてしまう。また、多くの自動車電装装置では、電動窓の再リセット作業、いわゆる原点調整セッティングとか、高級自動車グレードに至ってはバッテリー交換の際、ディーラー紹介コード認証など、いわゆる盗難セキュリティ装置のリセット解除作業も含まれている場合もあり、半年間以上など長期不在のため自動車の運転をしないとといったケースを除き、これらワークは推奨する現実的な選択肢とはならない。また、スパナで端子を外す代わりに大電流スイッチ相当のパーツを装着する事例もあるが、セルスターター起動時には一瞬1000A程度のピーク電流が流れることもあるため、スイッチ品質管理<sup>13)</sup>の上からも、この方式はあまり望ましいとはいえない。

##### 3.1.3 日中、太陽光線がある駐車場待機での事例での場合、太陽パネルを補充電デバイスとして活用

補充電用の太陽電池パネルが最近、自動車アクセサリ用品店などにて見かけるようになってきている。青空駐車場に駐車している場合では、この選択肢は有用候補の1つとなり、筆者も当初はその実施をしていた。ただし冬や梅雨などの季節で長期雨や曇天候などのケースでは太陽光が十分当たらないときもあり、そもそも地下駐車場などの利用ケース事例では、太陽電池利用でのケースでは、無発電状態となる。また、通常、ダッシュボードに設置する小型サイズの太陽光パネルが大体主流となっているようだが、実運用での補充電電流量から鑑みると、真夏の太陽光が太陽パネルに垂直に注いでいる状態以外では実発電量が意外と小さく、補充電電流が心もとない（数mA程度）状態である。筆者は無負荷開放電圧24V、負荷電流1A規模での太陽電池パネル（約20×50cm単結晶18W）を運転終了後、ダッシュボードへ設置し利用をしていたが、曇空や雨模様になると、もはや充電に必要な電流が取り出せない状態となり、発電は天候次第での運用となる。当然、夕刻日没以後での夜間で太陽光発電は無用となる。太陽電池パネルを運転終了後すぐにセットし、運転開始時に取り込む、あるいは発電電流増加のために午前と午後、太陽パネルの向きを都度変えるなど、発電効率を向上させるための向きの調整操作をしていた時期もあったが、突然の雨模様の気象変化など、駐車場へのアクセスを含め、時間的な余裕がないと、この操作もいずれ、面倒なワークルーチンへと化してしまう。

これら 3.1.1~3.1.3 のさまざまな経験的プロセスを経て、現在筆者が継続して実施しているのは、幸いにして、自宅にはコンセントが設置されている環境下のため、夜間では 3.1.1 を応用展開した手法を取り入れている。日中での、主に通勤利用という、朝と夕刻に自動車を運転する利用環境下では、3.1.3 をより積極的に拡張をし、地下駐車場に待機をしても絶えず、メインの鉛バッテリーへの微少充電を継続しうる装置を搭載することにより、鉛バッテリー劣化を防ぐための理想的な環境を手に入れることを実現している。

## 4. 装置搭載の概要

### 4.1 補充電装置装着導入前での検討事項

筆者の自動車が待機している待機時間時間帯でのケースでは、自宅へ帰宅後の自動車は概ね、運転手が夜、睡眠時間帯などを含め、自宅駐車場へ到着してから翌朝までの間。例えば通勤などで自動車を運転開始するまでの週末などで長い場合では 12 時間以上、自宅に駐車していることが多くある。自動車を運転しないケースでは、駐車後での運転再開時間が 2 日間を跨ぐこともあったりする。しかし筆者の通常での自動車利用スタイルでは、平日の通勤以外でも週末日曜においては、地方都市特有での自動車を利用した生活スタイル（買物利用など）で自家用車が運転再開するまでの時間は、所有者のライフスタイルタイムにより、さまざまな運転再開時間を経過している。自動車ユーザーでの個々での長期間時間の例では、駐車場に置いて暫くの期間が経過することがあり、よくあるケースとして飛行場などへ自動車を預け、長期旅行などへ出掛けたケースなどでは 1 週間程度以上、運転再開期間が空く場合もあり得る。

前述ケースでの 1 週間もの間、補充電装置を無しの状態で経過する、という事例では、いわゆる週末でのサンデードライバーユーザー使用頻度の事例とよく似ていて、メイン鉛バッテリーの残存容量を、例えば暗電流が 50 mA と仮定して積算消費電流量を計算するならば、1 日間で  $24 \times 0.05 \text{ A} = 1.2 \text{ AH}$ 、1 週間経過後では 8.4 AH が消費される計算となる。

最近の自動車用鉛メインバッテリーの容量からすれば、例えば JIS D 5301 規格で性能ランク 44 の場合、5 時間率で 34 AH 相当の容量と表記しているバッテリーの場合、1 週間でバッテリー残存容量は、ほぼ 1/4 程度放電している状態とも換算ができる。ただし放電時間率が微少で放電をしているので、実際は残存容量はもう少し多くて多分、8 割程度は残存しているかと思われるが、1 週間経過で 2 割程度も消費をしていく。1 か月、このまま放置継続をすれば残存容量分がちょうどとなり、鉛バッテリーは、ほぼ空の容量状態であると推定がされる。

ここでの問題は、前述 2.2 章で述べたサルフェーション生成の進行具合は、放電と共に増大をし、なおかつ放電経過後の時間軸に比例をするわけで、1 か月を無対策状態で待機電流を流し放題状態を経過した鉛バッテリーの電極面には、おそらく間違いないなくサルフェーション結晶が電極面を覆っているはずであり、1 ヶ月後、充電器を接続して充電を急いで再開、開始をしたとしても、充電器が満充電状態を示す時間がやたら短くなってしまい、おそらく表記バッテリー容量での充電時間容量に比例した充電時間を経過せず充電完了ランプが点灯するバッテリー状態となっている筈である。

つまり、新品鉛バッテリーに交換後であっても、1 か月後には殆ど使い物にならない完全放電後の不良バッテリーがここに出現することになる。

この 1 回だけで使えなくなる 2 次電池という新品バッテリーの寿命状態は、サルフェーション結晶がいかかに放電状態に対して電極に付着して鉛バッテリー容量を減少させるかを如実に物語っており、暗電流という

待機電流とはいえども、バッテリーへの寿命影響が大きいかを物語っている。残念ながら、いったんサルフェーション結晶が付着したバッテリー電極は、自動車からバッテリーを取り外し、専門的な再生処理をするなどをしない限り再利用の道は開けず、車載状態のままこの再生処理を継続することは、他の電子装置が接続された状態の自動車電子回路系への過電圧等での悪影響があるため、バッテリーを外してでの交換以外に対処は困難である。

しかるに、とにもかく放電させない状態を簡便に、かつ容易に実現するためにはちょっとした工夫が肝要となる。

#### 4.2 常時充電システム…まずは自宅帰宅時から発車までの間での補充電装置の設計

前述 3.1 章で述べた、バッテリー充電器をボンネットを開けて装着、という毎回での作業自体が、いずれ面倒となるわけであり、これを最低限に少なくするため、AC プラグをコンセントに差し込んだら完了、とするだけの作業とするならば、相当便利なものとなる。そのために AC アダプタを車載バッテリーへ接続する部分も含め、直結するような仕掛けを設ければよい。さて、その補充電の電流値に注目を見ると、最大でも 300 mA 程度あれば補充電充電量としては、十分な値となる。すなわち、アダプタから出力できる電流容量としては、最大でも 400 mA までに絞ったアダプタを準備すればよいことになる。具体的には、筆者の場合、AC アダプタを出力電圧が 12 V、電流容量 400 mA と単純に考えたらいいか、といえ、それは間違いであり、AC アダプタの電圧はバッテリー電圧より少しでも高く設定をしないと鉛バッテリーへは全く充電がされない。つまり自動車の鉛バッテリーの満充電電圧はおよそ 14 V 台を超えたあたりとあるので、最低での AC アダプタ出力電圧は 15 V 程度以上の出力電圧が必要となる。

#### 4.3 停電時やアクシデント時でのセーフティプロテクション

設計の基本的な考え方では前述 4.2 の規格を満たす方法にてバッテリー接続をしたらいいという感じで設計をするならば、そのときは接続し、上手くいったとしても、下手をすると車輛火災のリスクを同時に抱えるシーン、タイミングが存在をする。それではなくても、万一 AC アダプタの故障などによって自動車電装回路側の保護ヒューズをも切断してしまうことに直結することになる。まず、補充電という充電回路の基本部分は、メインバッテリーの充電終了終端電圧状態でトリクル充電状態を常にキープしておく設計が肝要であり、例えば AC アダプタを間違えてコンセントから抜いてしまった状態、あるいは停電時などではバッテリーから AC アダプタへ電流が逆に流れ込むことになるため、このときの対策も必要となる。

筆者の場合、補充電接続部位に、常時+…すなわちバッテリーが常時通電しているラインへ通電ポイント箇所を設け、これは、カーナビ配線の箇所からその接続ポイントを分岐している。また、常時+からの系統から、AC アダプタ接続へ電気が逆流をしないよう、1 A 程度の電流容量を持つ汎用整流シリコンダイオードを介して接続し、電流容量が 2 A ヒューズを介して接続をしている。つまり、補助充電ラインの常時+からは、一切車両本体側からの電圧が加わることがなく、しかも、補助充電の規格以上の電流は流れないよう保護されている部分があるため、安全対策が講じられた設計となっている。

#### 4.4 メーター電球 14 V 1.4 W を利用した制限電流回路とした定電流設計

通常、定電流回路を構成する装置としては、昨今、半導体利用での定電流 Di などを用いて接続するのが一般的となっている。筆者は、定電流 Di を用いる方法も検討をしたが、実運用での運用、特に故障などのケースを考えた際、市販品で比較的入手容易なコンパクトなメーター電球の一番小さいものを用いて定電流回路



を実装の方がベターとの判断をした。電球を用いた負荷電流特性では、電圧の上昇とともにフィラメント抵抗値が温度変化とともに電流減少の正の抵抗増加傾向をする特性を持ち、バッテリー充電での定電流用途などには、ある意味最適な特性を有している。自動車電球ラインナップの中で 14 V 1.4 W というメーター球は、定格電圧 14 V のとき電流値が 100 mA となっているので、補充電電流としては、暗電流分を差し引くと、ある意味、うってつけの値となっている。筆者の乗用車で装着している鉛バッテリー容量は、"145"規格、100 AH 実容量のため、トリクル充電容量から換算すると、メーター球を 2 個並列接続した、200 mA 程度の定電流値を供給すべく設計の選定をした。すなわち、自宅待機時においては自動車への鉛バッテリーへは出力電圧が 24 V、負荷電流が 100 mA 程度、つまり AC 側から見た消費電流環境は、AC アダプタ出力は約 10 W 程度の消費電力で自動車鉛バッテリーに絶えず満充電状態となるようトリクル充電をしている。

AC アダプタでの消費電力は約 10 W 程度と一見高いようにも感じるが、鉛バッテリーの劣化を防止するシステムとしては、真冬の氷点下気温下でも満充電維持状態を保っている観点から鑑み、決して多い電力とは筆者は思っていない。補充電電力としては必備なエネルギーであると筆者は考えている。

#### 4.5 自宅駐車場以外での補充電システム装置

AC コンセントが容易に確保できている筆者事例のような自宅環境下以外、まず、補充電としての環境がまず無いことは、前述述べたとおりである。つまり、出先での駐車環境下でも、この補充電環境をどのように担保するかは、補充電バッテリー装置を搭載した、いわゆるポータブル電源装置の導入がまず頭に浮かぶ。

現在、ポータブル電源市場は、ますます活況を帯びたものとなっており、多くは DC-AC インバータ<sup>14)</sup> を搭載したキャンプ用電源装置が多く目につく市場状態となってきたことも選択肢が多く存在してきている。

予算に余裕があれば、これらポータブル電源を車内に持ち込んでの 100 V 商用電源経由での AC アダプタを接続しても問題はない。しかし導入コストや変換効率とのバランス、もっと踏み込めばポータブル電源装置の基幹部品、そのバッテリー性能が次の性能評価でのターゲットとなる。

#### 4.6 リン酸鉄リチウムイオン (LiFePO<sub>4</sub>) 電池<sup>15)</sup> を用いたバッテリー補充電システム

鉛を使った自動車用バッテリーで、例えばキャンプ用途目的など、従前ではディープサイクル鉛バッテリー<sup>16)</sup> がある。この鉛バッテリーは性能的に過放電に強い、と品質の表現にはうたっているが、バッテリー電極の素材が鉛であるが故、過放電状態になれば、ただちに充電を開始しないと寿命が短くなる場所は構造上、全く同じである。補充電用として、このディープサイクル鉛バッテリーを利用、導入するメリットは薄いと見える。他の素材でのバッテリーとして、リチウムイオンが最近多く利用されるようになってきているが、まだ、サイクル寿命が 500 回程度という性能のようである。その中で、サイクル寿命が 3000 回以上の充放電でも残存容量が 8 割以上もある、リン酸鉄リチウムイオン電池というものが最近、目を見張る勢いで出現をしている。筆者は、このリン酸鉄リチウムイオン電池をサブ充電のためのベース基幹電池として採用し、絶えず補充電であるトリクル充電動作を維持するシステムとしての構築をした。

#### 4.7 リン酸鉄リチウムイオン電池動作の概要と装置の適用

リン酸鉄リチウムイオン電池は同等の鉛バッテリー容量で重量が遥か 1/3~1/4 程度である。しかも内部電池ユニットセル 1 つ 1 つに接続された BMS<sup>17)</sup> とよばれる電子制御で充放電管理により、過充電や過放電から、バッテリーアクシデント範囲を超える領域から保護をしている。また、BMS が持つ過充電保護の回

路特性は鉛バッテリーのように細かな制御をする充電装置回路もある意味においては不要で、セル間バランスをも自動的にバッテリー状態を均質化する優れた制御装置が装着された、ある意味、次世代良質バッテリーである。加えて、製品寿命が 3,000 回以上もの充放電を経ても劣化が少ないとなれば、これを採用しない手はなく、まさに、蓄電池業界のイノベーションを実現した次世代バッテリーのコアパーツである。

筆者はこの 12.6V 出力でのリン酸鉄リチウムイオン電池容量の 20 AH のものを購入し、前述の AC アダプタ 24V 装置と同じような装置となるべく、昇圧型 DC-DC コンバータをこのバッテリーへ接続をし、出力電圧を 24V に設定した後、前述 14 V 1.4 W 電球を 2 並列での直列結線にて、メインバッテリーへ接続をしている。

筆者がリン酸鉄リチウムイオン電池導入運用開始当初は、助手席の足元に置いて 1 日の運転終了都度毎に充電器へ接続のための取り外し作業をし、自宅内での充電作業を連日、繰り返していた。しかし乗り降りの度にこの装着脱着作業には、やはりその手間を感じるようになったため、走行時にリン酸鉄リチウムイオン電池に自動的に充電する装置を付加し、外出時からの駐車場始動時には、エンジン始動とともに自動的にリン酸鉄リチウムイオン電池への充電がされるよう装置を付加工夫をした。

この自動的な充電装置にも DC-DC インバータを接続、活用しており、回路的に工夫を要した箇所は、シガーソケットの定格出力電流である 10 A を超えない範囲にて DC-DC コンバータの動作電流を制限させるための調整をおこなったところにある。そのキーパーツには制限抵抗体を用い、ヘアドライアに装着されたニクロムヒータの一部をカットした電流制限装置に若干工夫を加えた。この定電流回路そのものの機能は DC-DC コンバータ内部回路にも一部装備はされてはいるものの、バッテリーという内部抵抗値が極めて低い状態での負荷条件下では、単純負荷の電球とか抵抗とかでは問題なく作動をするが、制限電流というリミッタが上手く作動をしないためである。当初 12 V 50 W というハイビーム電球の負荷を制限抵抗として直列結線をして実験調査をしていた時期もあったが、夜間走行時での自動車車内での電球の光漏れを含め、発熱が多い電球での選定は、制限電流素子としての設計として明らかに選定ミスであり、前述記載のとおり、ニクロム線負荷によって無事ジャストフィットな動作を実現している。

この電流設定条件には DC-DC 出力が 16 V、ドロップ電圧 1~2 V といった微妙な範囲レンジでリン酸鉄リチウムイオン電池に 8 A~9 A 程度の負荷電流量を提供し、元のシガーソケット電流を 10 A 程度に収めて調整しているのが動作上での工夫ポイントである。つまり一般的な車内アクセサリ配線許容電流範囲内のギリギリに出力最大電流の設定をさせることで、リン酸鉄リチウムイオン電池を充電する時間をより短くすることが可能となる。筆者の場合、例えば日中、外出時での駐車時間が約 10 時間程度経過したとするならば、サブバッテリーの容量が約 4 AH 程消費をしているので、駐車場に戻りエンジン始動時から約 30 分程度、8 A での充電電流で走行をすると、この 4 AH 分がちょうど満充電となって自宅に到着した頃には、サブバッテリーであるリン酸鉄リチウムイオン電池の残容量が満充電された状態となっている。つまり 20 AH でのリン酸鉄リチウムイオン電池で外出時、自動車メイン鉛バッテリーを満充電状態に維持可能な連続動作時間は約 40 時間程度となり、約 2 日間程度の外出駐車時間にも対応する容量という換算となる。

もっと長期間駐車をする事例での補充電設計を考える場合、筆者での計算事例では 1 日あたり 10 AH 程度の容量を必要日数分、リン酸鉄リチウムイオン電池の装着によって、満充電状態をキープすることが計算上可能となる。1 週間から 10 日程度、例えば空港駐車場などに連続駐車をする場合の利用例ではサブバッテリー容量は 100 AH 程度の容量があれば対応できることになる。このケースでは、もちろん走行時だけでの回復充電は充電電流量からは不可能に近いので、別途、専用の充電装置にてリン酸鉄リチウムイオン電池の充電を実施する必要があることはもちろんである。

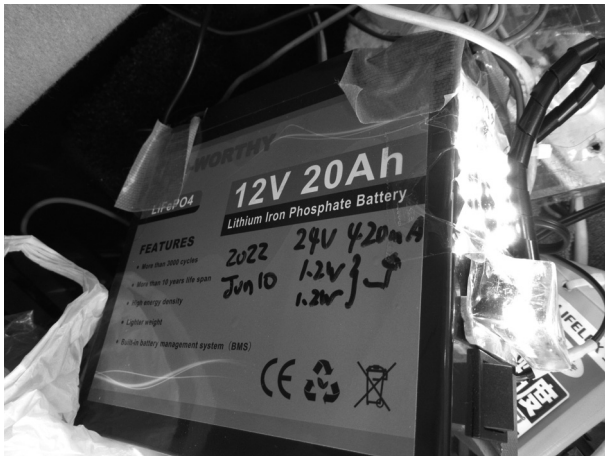


写真 1) LiFePO<sub>4</sub> 電池ケース内部へ DC-DC インバータ, 電球など装着した

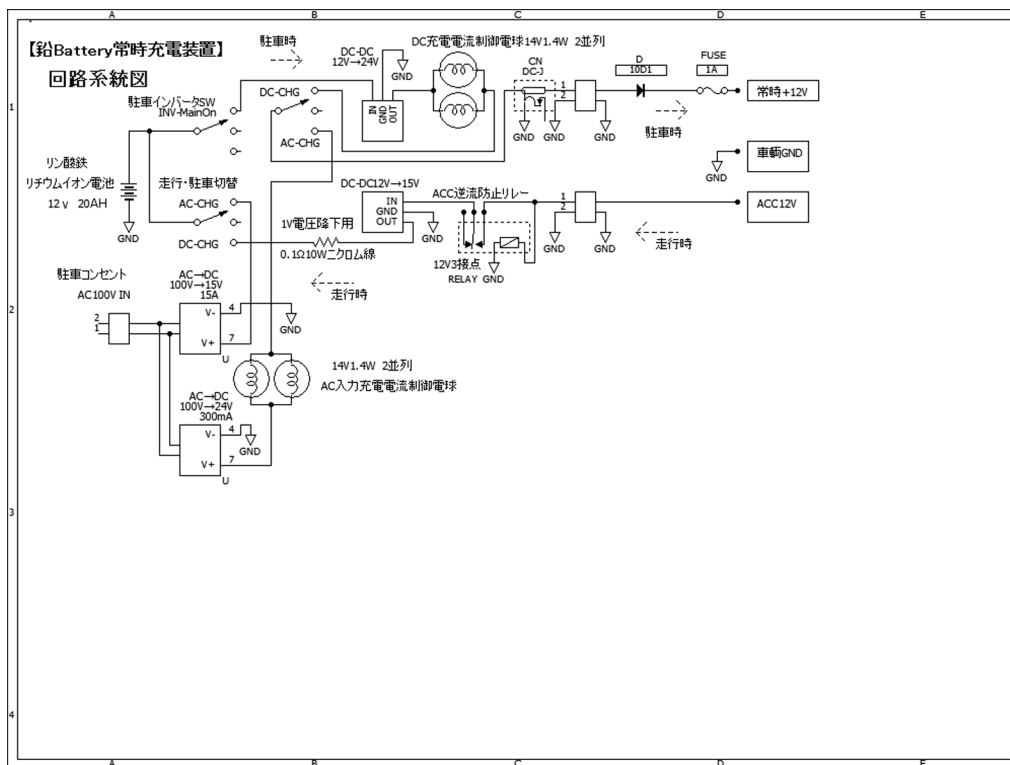


図 1 バッテリー常時補充電システム系統図

## 5. 性能と評価結果

### 5.1 装置を操作運用する上での留意点など

以上のようにメインの自動車鉛バッテリーでの筆者が工夫対策をした付加回路装置により、自動車メイン鉛バッテリーを絶えず満充電状態で常にキープをしている。これら付加装置システム装着後での運用経過について、執筆をしている現時点で3カ月以上経過をしているが、CCA テスタ<sup>18)</sup> によるバッテリー容量チェックにおいてもメイン鉛バッテリーは満充電状態を常に示し、実容量での、特に性能に関しての問題点は見つかってはいない。なお、この補充電システムでは電流制御のための印加電圧が無負荷時で 24 V という電圧

を扱っているため、補充電バッテリー充電動作中での際、間違えてメインの鉛バッテリーコネクタを外すような事態となった場合は要注意である。その理由は、常時+回路には24Vの印加電圧が加わることでECU電子装置などへ定格電圧を超える過電圧印加状態となるためである。整備時などでメイン鉛バッテリーの電極を外して点検操作などをする際、必ず付加装置の補充電回路動作の停止オフ状態の確認が必要となる。また、本システムではDC-DCコンバータを車内で多用しているため、AMラジオなど、受信周波数によっては充電動作の際、若干のコンバータ動作ノイズ<sup>19)</sup>が生じることも予想される。

## 5.2 付加装置での電子部品故障に備えたその他の装着上での安全対策

このトリクル充電を常時稼働実現する付加装置を用いた運用では、導入コストを優先的に設計したスタンスで装着を実現しているため、例えばDC-DCコンバータの突然の電子回路部品故障時や制限電流値オーバーなどで他の車載電子装置への悪影響が若しあった場合、その車載電子回路系へのダメージは、やはり大きなものになり、走行安全上などでも不安要因となり得る要素となる。車両火災防止での第1要素となる過電流保護は定格設計電流を超えた場合に確実に切断してくれるヒューズの存在、また半導体故障によって、多くはショートモードで故障状態となった場合での過電流状態がリスクであり、その際でも巻き添えとならない未然の対策設計というものは、毎日日常的に使用する自動車でのセーフティプライオリティそのものである。筆者の場合、現在は濡れた傘が不用意に車内へ持ち込まれて、この水滴がこれら助手席下に配置している電子装置に直接水が掛からないよう一応保護カバーをかけているものの、放熱穴などから侵入した水滴が万一、電子回路に接続した場合はあまり宜しくない設置状態であることは認識をしている。どの装置部品が故障してもすぐ交換できる装置設計は、単純構成でも優れた設計とのバランスで成り立っている。自動車での電装回路装置は、産業用という用途である以上、部品保護のためのクオリティへのハードルは必然的に高くなっていくわけで、実運用での実装面での工夫はもっと改良を加えていく必要がある。

## 6. まとめ

本論では、鉛バッテリー自動車が持つ暗電流の増加傾向によるバッテリー交換頻度が高くなる対策として、常時補充電付加装置を導入し、鉛バッテリーが本体持つ性能寿命を保つための交換頻度を下げるとの工夫や実装装置導入とその経過について報告をした。リン酸鉄リチウムイオン電池の性能は、まさにこうした旧来から存在する安定した性能鉛バッテリーの特徴、そしてリン酸鉄リチウムイオン電池の優れた充放電回数サイクル寿命を上手く組み合わせた装置を併用的に活用することにより、本来の性能を有する鉛バッテリーの性能維持、寿命を延ばしていくことである。すなわち整備交換コスト上昇を抑えるだけではなく、SDG'sにも呼応した環境にも優しく、ちょっとした賢いテクノロジーの応用の1つであると筆者は考えている。待機電流が日々上昇していくのは、昨今の電子装置が複雑化して多系統装備されているため、ある意味仕方ない側面はある。内燃機関エンジン始動が不要となった電気自動車がメインとなった環境下でも、充放電サイクル寿命がとりわけ優れているリン酸鉄リチウムイオン電池を使った数多くの応用製品群はこれから、ますます出現していくことと予想される。従前からある鉛バッテリーでの特徴を活かしつつ、リン酸鉄リチウムイオン電池の特徴を併用した、こうしたシステムの応用活用により、少しでもリソースでの有効活用していくことは、筆者は大事であると考えている。

**<注釈>**

- 1) オルタネーター…エンジンにプーリーベルト駆動された三相交流発電により車輻へ電源供給がなされる。
- 2) 自動車用鉛バッテリー…電極に二酸化鉛を用い、希硫酸電解液を用いた化学反応で充放電する。
- 3) アイドリングストップ機能…交差点での信号待ちシーンでのエンジンを停止させる機能。
- 4) 加速時充電カット機能…自動車の加速時には燃料消費が必然的に多くなるため、オルタネーター出力供給を一時的にカットして燃費向上の制御装置が動作する車種が多くなってきている。
- 5) セキュリティ付加装置…駐車時での車輻振動検知や動画・写真記録などを行っているものがある。
- 6) 待機電流や暗電流…常時通電動作をしている装置での電流値。
- 7) 自然放電状態…自己放電とも。鉛 Battery の場合、気温が高い程、自己放電が多い傾向であり、自然放電だけで 1 カ月で 2 割程度も容量低下となるケースがある。
- 8) トリクル充電状態…満充電状態を絶えず維持するための微量充電。バッテリー容量に対し概ね 0.1 C(容量に対し 1/100)以下といわれている。筆者例(約 100 AH)では 200 mA 以下の電流値を設定している。
- 9) フローティング充電状態…バッテリーへ常時通電を継続し満充電状態を維持出来ている状態。
- 10) OBD…車載式故障診断装置 (OBD : On-Board Diagnostics) のこと。最近では OBD 2 規格となっている。
- 11) サルフェーション…鉛バッテリーは放電深度が進み、また時間が経過するにつれ電極面への結晶付着が進行しやすくなる。
- 12) パルス充電方式…鉛バッテリー電極面へのサルフェーション結晶付着を極力防ぐために高電圧パルスを印加させる手法にて充電する方式。通電開始時にインピーダンス測定後、動作させることが多い。
- 13) スイッチ品質管理…直流大電流が流れる箇所でのスイッチ性能には溶着現象などがあり、注意が必要。
- 14) DC-AC インバータ…直流バッテリーから交流電源を生成する変換装置。キャンプ用品分野での利用が伸びてきている。
- 15) LiFePO<sub>4</sub> 電池…リン酸鉄リチウムイオン電池は、充放電サイクル寿命が 3000 回以上もあり、主要バッテリーとして昨今、普及がすすんでいる。
- 16) ディープサイクル鉛バッテリー…自動車用鉛バッテリーより深い放電深度があっても元の性能を保ちやすい電極構造を有している。
- 17) BMS…Battery Management System の略。バッテリーセル単位にて電圧電流の監視をしている。
- 18) CCA テスタ…バッテリーの内部抵抗を測定するテスタ。原理は交流インピーダンスにて測定をする。サルフェーション結晶が電極面へ付着すると、実容量が見事に低下する数値を示す。
- 19) コンバータ動作ノイズ…車載バッテリーにも実はパルス発生装置を装着しており、ECU ノイズマージン安全のため、走行時には動作停止するよう付加リレーを装備した。

**<引用・参考文献>**

- [1] 岡田仁史：水魚堂 BSch 3 V 回路図エディタ。 <https://www.suigyodo.com/online/schsoft.htm>
- [2] みんなカ：ヤフー株式会社。自動車専門 SNS。 <https://minkara.carview.co.jp/>

