

定置用蓄電システムと評価技術



エレクトロニクス事業部
技術部
渡部 孝

日本政府が掲げたCO₂排出量1990年比25%減の目標を達成するため、脱化石燃料依存社会を目指し、クリーン&グリーンエネルギーといった再生可能エネルギー設備の普及・一般化が推進されている。また、太陽光発電や燃料電池といった小型分散型エネルギー源付きのマンションや戸建ての定置用蓄電システム開発が進められており、各都道府県に最適な日本版スマートグリッド構想が現実味を帯びてきた^{*1)} ^{*2)}。これをサポートするためには50Ahセル、100Ahセルといった大容量のセルからなる蓄電モジュールの信頼性・安全性試験、不良原因究明の技術が重要である。

本稿では大容量化が進むリチウムイオン電池(LIB)のモジュールの信頼性・安全性試験と試作・解体分析調査について紹介する。

F-1 エネルギーマネジメントシステム

アメリカのオバマ政権が発表した「グリーン・ニューディール政策」の柱に据えられた「スマートグリッド」とは、発電所から一方的に供給されるだけだった電力に対して、家庭や企業・学校・病院などと双方向のネットワークを構築し、電力の流れを最適化する次世代の電力網のことである。

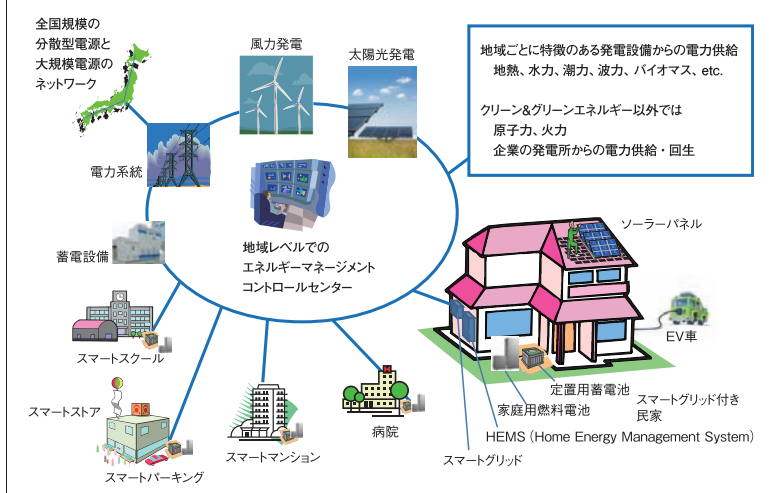
第1図は現在資源エネルギー庁を中心として日本で行われている地域におけるエネルギー

マネジメントシステムの概略図である^{*1)}。日本の基幹電力網は停電などの事故率が極めて低く、世界トップレベルにある。日本版「スマートグリッド」は、蓄電設備を駆使して太陽光発電や風力発電、そして余剰電力の蓄電と売買など、「再生可能エネルギーとの連携」に主眼を置いている^{*2)}。

現在は各家庭の太陽光発電で電気をつくり、余った分を売却し電力網に流しているが、天候に左右されやすく、発電量も一定ではない。電力網に

は消費量と同じ量の電力しか流せないため、不安定な太陽光発電や風力発電を送電するには、情報通信網を活用し需用家の情報を収集するなどしながらバランスを図り、効率的な運用を行うシステムの構築が必要になる。たとえば、電力消費量が多い時間帯には太陽光発電などで蓄電していた電力を供給し、逆に消費量が少ない時間帯には電力を蓄電池に貯蔵するといったことを可能にする^{*2)}。

第1図 地域におけるエネルギーマネジメントシステムの概念図



F-2 蓄電モジュールの信頼性・安全性試験

住宅やマンション等に蓄電池を設置する場合、安全性が重要な課題となるため、安全性に関する規格の策定や試験・検査方法に関する標準化が必要である。現在、系統用蓄電池の最適制御に関する規格はIEC61850-7、IEEE1547が定められているが、定置型の電池パックおよびシステムの信頼性・安全評価試験については国際標準化機構(ISO)において検討されており、性能・安全性評価試験は、国

際電気標準化会議(IEC)において検討中である^{*3)}。また、日本では定置用蓄電池の評価基準はNEDOが『系統連系円滑化蓄電システム技術開発』^{*4)}として取り組み中であるが、まだ試験基準は確立されていない。それぞれ、近い将来には策定される見込みである。

一方で、各メーカーは先行的に定置用蓄電池の開発・評価を進めている。当社は先行する車載用

参考文献

- *1) 資源エネルギー庁:蓄電池システム産業のあり方について、pp3、pp8、pp29-32、p39(2010)
- *2) テレコムフォーラム 2010年8月号 特集 pp4-7(2010)
- *3) 資源エネルギー庁 次世代エネルギーシステムに係る国際標準化へ向けて pp4-10(2010)
- *4) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、系統連系円滑化蓄電システム技術開発、スマートコミュニティ部:次世代蓄電システム実用化戦略技術開発「系統連系円滑化蓄電システム技術開発」基本計画、pp1-9(2006)

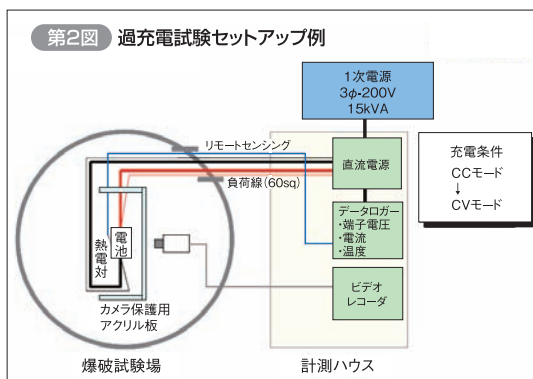
- *5) UN Recommendations on the transport of Dangerous Goods Model Regulations, Manual of Tests and Criteria, 5th revised edition, Subsection 38.3. [Lithium metal and lithium ion batteries] (2009)
- *6) UL 2580 Outline of Investigation for BATTERIES FOR USE IN ELECTRIC VEHICLE (2009)
- *7) ISO/TC 22/SC 21 ISO12405-1:2010(E) Electrically propelled road vehicles—Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems—part 1: High power applications. (2010)

蓄電池の試験規格をベースとした試験を提案・実施している。蓄電池の安全性・信頼性試験の主流は電気自動車(EV車)やハイブリッド車(HV車)用のセル・モジュールについての試験である。ここでは国連(UN)勧告試験*5)、UL規格試験(UL2054、UL2580、UL1642、UL2271)*6)、ISO規格試験(ISO 12405-1:2010(E))*7)の中で、定置用のセル・モジュールの信頼性・安全性試験に有用な試験を第1表にまとめた*6)。

このうち、定置用蓄電池において特に重要と考えられる過充電試験について第2図に試験のセットアップ例を紹介する。発火・爆発が起きても問題ないドーム型のコンクリート壁の試験場の中心にモジュールをセットし、計測ハウスから遠隔操作で満充電まで充電操作する。次に、所定の電流値において定電流モードにて過充電を行い、規定時間内にガス噴出、発火が生じないかどうかを調べる。一連の挙動をビデオレコーダで映像に収め、電圧・電流値、モジュール表面と側面の温度をデータロガーで記録する。試験後は1次側電源を切り、COセンサーによるガス発生の有無と熱電対や

サーモグラフィーによりモジュール表面温度が室温程度(40~35℃)に下がっていることを確認し、防護服とゴーグル、防毒マスク、耳栓を着用して中に入り、ケーブルを切断するなどして回収する。

本試験は外部の試験場を借用して行っていたが、2010年11月当社の高砂事業所に大型セル/モジュールの安全性試験用の新しいチャンパー(本号の「新技術・新製品のご紹介」を参照ください)が完成したことから、今後は第1表のほとんどの試験は当社の高砂事業所で可能になった。



第1表 LIBセルとモジュールの信頼性試験・安全性試験*6)

種類	項目	試験条件	判定	個数	
				セル	モジュール
電氣的試験	過充電試験	電池残量(SOC)が200%に達するかultimate結果になるまで行う。爆発、発火、噴出、またはセル温度あるいはモジュールケーシング温度が室温あるいは一定状態を示し、7時間経過するまで。	試験体の爆発や発火がないこと。	0	2
	短絡試験	正極ターミナルと負極ターミナルをトータル抵抗で5ミリオーム以下で短絡させる。発火または爆発が起こるまで、または完全放電するまで。	試験体の爆発や発火がないこと。	0	2
	部分短絡試験	セルモジュール内の1対の並列セルブロックまたはバッテリーパック内の1対の並列モジュールで、端子を5ミリオーム内で短絡させる。セルブロックまたはモジュールラインが、発火または爆発が起こるまでまたは完全放電するまで放電。	試験体の爆発や発火がないこと。	0	2
	過放電試験	放電終了状態(EODV)になったら、サンプルは1.0/n(A)でさらに30分放電させる。30分放電後、サンプルはさらに1時間静置する。(ここで、 $I_n(A) = Cn(Ah) / 1h$ は試験電流、 n は時間、 Cn はセルまたはモジュールの容量)	試験体の爆発や発火がないこと。	0	0
	不均等充電試験	満充電されたセルモジュールでそのうちひとつのセルブロックが放電された状態とする。未放電セルを約50% SOCまで放電させる。	不均等セルモジュールの充電中にセルブロックの上限電圧を超えないこと。	0	2
		サンプルはメーカー仕様に従い充電させる。充電しながら、セルの電圧リミットを超えないか、部分充電されたセルブロックをモニタする。			
逆充電試験	直列接続セルが不慮の逆充電で耐えられるか試験する。	試験体の爆発や発火がないこと。	2	0	
	セルはテスト前に完全放電させておく。 セルは、逆充電を定電流定格アンペアレートで90分間行う。				
機械試験	衝撃試験	セルモジュールが機械的ショックに耐えられるか試験。	機械的ショック試験で、発火、爆発、セル破裂による漏れがないこと。	0	2
		満充電されたセルモジュールサンプルをサンプル全面を覆うように試験機に堅く固定する。			
		サンプルは「UL2054」に従いショック試験される。			
釘刺し試験	外来物による突然の破裂を想定してセルを評価する。	釘刺しの結果、発火や爆発が起こらないこと。	2	0	
	満充電されたセルを「SAE J2464」に従って試験する。				
衝突試験	交通事故等破壊でバッテリーが丈夫か、満充電したバッテリーで試験する。セルを有するモジュールは「UL1642」のクラッシュ試験と衝撃試験を行う。	試験体の爆発や発火がないこと。	3	2	
	「SAE J2464」に示される対面とクラッシュされる。				
	13±0.78kN、1.5cm/sでクラッシュする。クラッシュは3方向(各90度)でいずれの方向もセルのセンターに1分間荷重する。サンプルは1回のクラッシュに1個用いる。				
環境試験	熱異常試験	満充電セルを用いて温度上昇に対する負荷試験を行う。	試験体の爆発や発火がないこと。	2	0
		初期温度20±5℃から重力対流式または循環式恒温槽でセルを加熱する。オープン温度を5±2℃/分で上昇させ、150±2℃まで加熱して、60分保持する。			
		サンプルはテストチャンバ内で室温近く、20±5℃まで放冷する。			
	発火試験	模擬炎または自動車火災に暴露させてセルモジュールを評価する。	モジュールが爆発しないこと。	0	1
満充電したモジュールをその底面をモジュールの長手に均一な炎源に曝す。炎の中心はモジュールの中心に位置すること。テスト中26.4に示される温度が供給されればどのような燃料源でもいい。					
テスト中、モジュール内のセルとモジュールケーシングの表面温度をモニタする。セルモジュールケーシングの熱電対は、モジュールの底から25mmの位置にセットする。直接炎による影響をさけるため熱電対には金属シールドを使う。 点火から5分以内に少なくともひとつの熱電対が最低590℃を示すこと。この最低温度が20分間維持されること。					

注：UL試験実施にあたり、認証機関に提供しなければならない情報*6)

<セルの場合> 仕様書、分解手順書(強制内部短絡試験を実施する場合)、構造図・部品表(セルケース材、正負極材料、電解液、セパレータ、保護素子など)
<モジュールの場合> 回路図、パターン図、部品表(部品の認証情報含む)、ラベル図、外觀図/アセンブリ図面、保護素子の情報(スペック・データシートなど)

F-3 不良原因究明のための試作・分析評価

定置用蓄電モジュールの不良原因究明では通信用インターフェースボードや過充電防止のための安全回路等、電池そのもの以外も調査の対象となるが、ここでは電池に絞って解説する。

モジュールにおいて所定の電気特性が発現しない、寿命が著しく短い、または充電中に発火が生じたというような異常を究明するためには、異常品と正常品、あるいは劣化品と新品のセルを解体分析して各部材を比較することで原因が判明することもある。しかし、最近の大型化したモジュールでは、その中に存在する不良セルを見つけること、また、その不良セルの中でどの箇所が異常かを発見することは困難な作業を伴う。発煙・発火したような場合には比較的特定しやすいが、そのセルを解体してもすでに燃えカスとなっていて、よほど大きい異物が存在しない限り原因の特定は難しい。また、たとえば解体後に電極材がポロポロに崩れていた場合、そもそもバインダー問題であったのか発生した熱によりバインダーが分解したのか判別が難しい、といった様々な解決すべき課題を抱えている。

このような状況を打開するために、一つはサーモビューアを活用した異常発熱セルおよびセル中の異常発熱箇所の特定が有効であるが、別の有力な方法として、第3図に示すような大型電池の各部材の性能を調査可能な積層型ラミネートセルの試作・特性評価、安全性評価があげられる。

携帯用のセルを対象とする2極式セルや対向型単極ラミネートセルの試作と特性評価については前号で紹介された*8)が、大型電池の特性を再現するに

は容量が十分ではない。大型電池の特性評価には~20Ah程度の容量が必要であり、ラミネートセルで実現するためには積層型でなければならない。

第3図の写真とデータはエレクセル株式会社から提供されたものである。問題となっているモジュールに使われているセルの素材にあわせ、オーダーメイドでラミネートセルを作製する。積層ラミネートセルの試作と第3図中に示す特性の評価、サイクル試験や釘刺し試験などの信頼性・安全性評価、不良の再現試験、不良セルの解体分析試験を組み合わせることで、たとえばプロセスを変えて作製したセパレータの空孔率と厚みの関係によりマイクロショートが起きやすいか否かの判別が可能になる。

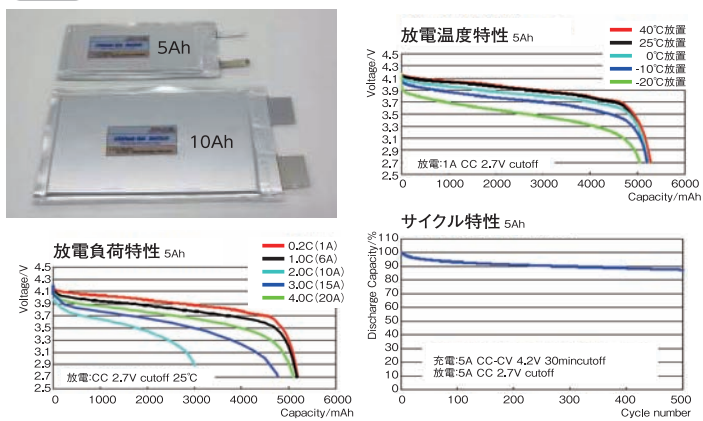
また、モジュールの中から発見された膨らんだ異常セルのガスを採取し、無機系のガスをGC/TCD、有機系のガスをGC/FIDやGC/MSなどのガスクロマトグラフィー分析にかけることにより、第4図のような発生部材の特定が可能になる。

この図に取り上げている各部材の材料の種類はLIBセルのすべての種類のものを網羅しているわけではなく、代表例を紹介している。試験の際に守秘契約を結ぶ等して、対象セルの構成材料や組成の情報、塗工プロセス等、各プロセス中に用いた溶剤の情報をできうる限り提供いただく、あるいはその情報がない場合には解体・組成分析をあらかじめ行うことがガス発生箇所の特定を容易にし、セル作製プロセスにフィードバックする有益なデータ抽出につながる。

参考文献

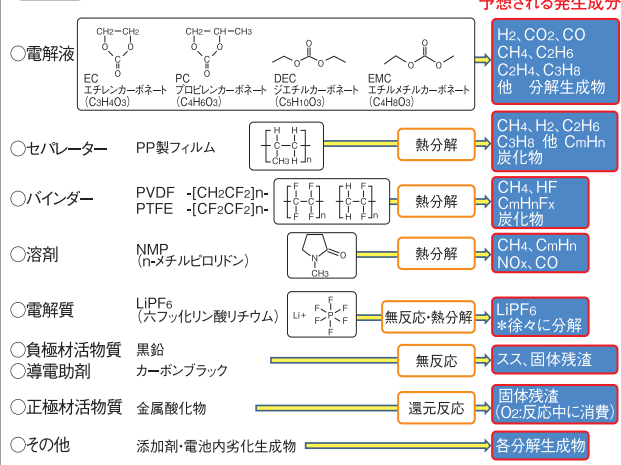
- *8) 坪田 隆之: こべるにくす, No.37, May (2010)、pp4-6

第3図 積層型ラミネートセルの試作と特性試験



注: 資料提供 エレクセル株式会社 枚葉積層と九十九折り積層に対応。正極材、負極材、セパレータ、電解液、その他部材もオーダーメイド製作。最大~20Ahのセルを試作。(写真とデータは5AhのLMO系のセル)

第4図 セルの構成材料と分解生成物の関係



2011年にはエコ住宅、スマートマンションと題してLIB付きの住宅・マンションが販売される。また、現行の太陽光発電による太陽光サーチャージ制度が見直される予定である。さらに、同時期にISOやIEEEといった定置用蓄電池の規格が整備されることもあり、いよいよスマートグリッドと定置用蓄電池を活用した次世代エネルギーシステム

が本格的に動き始める時代になりそうだ。信頼性・安全性試験における各都道府県の最適システムにおけるニーズの把握と大容量電源の確保、大容量のセル/モジュール/パックの試験に対応したさらなる設備投資・評価技術開発を怠らなければならない。