

PS-23 船用リチウムイオン電池の安全性に関する研究

環境・動力系 平田 宏一 *関口 秀紀 柳 東勲

1. はじめに

地球温暖化に代表される環境問題、また燃料費高騰などの経済的事情に伴い、エネルギーの効率的活用が重視されている。そのため、エネルギー変動の平滑化や自然エネルギー利用などに利用できるリチウムイオン電池が一部の船舶で利用されている。産業用リチウムイオン電池に関しては、JIS C 8715により安全性要求事項が規格化されており、現状で使われているほとんどのリチウムイオン電池はその規格に適合していると考えられる。しかし、陸上輸送機関や航空機のように、十分に安全回路を設けたシステムであっても使用中に不慮の不具合が生じ、発火に至ることがある。

そのため、本研究では、船舶でのリチウムイオン電池の安全利用・選定のための知見を得るため、入手可能な多種類のリチウムイオン電池セルを用いて、JIS C 8715の安全性要求事項を上回る加熱試験並びに過充電試験等の安全性評価試験を行った。

2. 試験装置及び試験方法

図-1に電池セルの安全性評価試験に使用した試験装置の基本構成を示す。試験は、二酸化炭素消火剤による自動消火設備や防火構造を有する恒温槽の内部で行っており、電池セルの充放電は、パソコン制御の直流電源および直流電子負荷を使用した。

(1) 加熱試験

JIS C 8517-2による加熱試験では、単電池を室温で安定させた後、周囲温度を 5 ± 2 ℃/分の昇温速度で 85 ± 5 ℃の温度まで上昇させ、その後、電池セルを同温度で3時間保持し、異常の有無を確認することとされている。

本研究における加熱試験では、電池セルを室温の状態から、周囲設定温度 $100\sim 130$ ℃の温度まで上昇させた。なお、電池セルの種類によって加熱時の状況が異

なるため、目視により電池セルの変形や損傷を観察しながら、保持時間や最高設定温度を適宜設定した。また、一部のラミネート型電池においては、セル内部で発生したガスの発火性を調べるため、高温状態を維持した状態で、外部から金属製の針を刺し、故意に内部短絡をさせた。

(2) 過充電試験

JIS C 8517-2による過充電試験では、放電した電池セルを、最大充電電流値で定電流充電をし、上限充電電圧の120%に電池セルの電圧が到達した時点で定電流充電を停止する。そして、電池セルの表面温度を継続して測定し、表面温度が30分間で 10 ℃以内の温度変化にとどまるまで、または周囲温度にほぼ一致するまで測定を継続し、異常の有無を確認することとされている。

本研究における過充電試験では、放電した単電池を1Cの電流値で定電流充電する。そして、上限充電電圧まで達した後、1Cの最大電流を制限しつつ、 4.0 V、 4.5 V、 5.0 Vのように段階的に電圧を上昇させて定電圧充電をする。なお、電池セルの種類によって過充電時の状況が異なるため、設定電圧および充電継続時間は、電池セルの膨らみ方や損傷、充電電流を見ながら、適宜決めて設定した。

3. 試験結果

本研究では、約20種類の電池セルに対して、加熱試験および過充電試験を実施した。以下、代表的な2つの電池セルに対する試験結果を紹介する。

(1) セル A

図-2に示すセル A は、パソコン等の補助電源用に市販されている電池である。電池セルの構成材料等の詳細は不明であるが、公称電圧 3.7 V、公称容量 4 Ahのマンガン系リチウムイオン電池である。

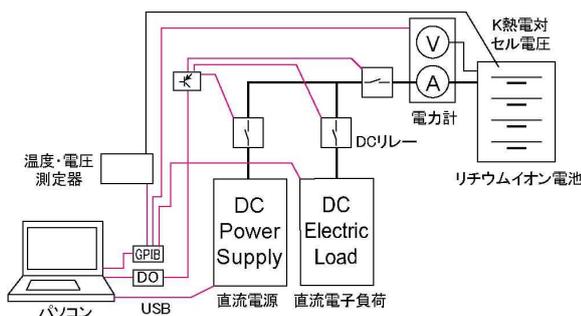


図-1 電池セルの安全性評価試験装置



図-2 セル A の外観



図-3 加熱試験後の針刺しで発火しているセル A

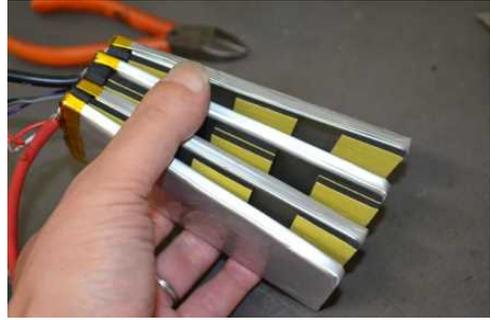


図-5 セル B の外観



図-4 過充電試験によって発火しているセル A



図-6 加熱試験後のセル B

本電池セルは、130℃状況を約3時間維持した加熱試験においても発火には至らなかった。しかし、その後の針刺しにより発火している（図-3）。また、過充電試験時には、電圧を5.5Vに上げた際に急激に膨らみ、発火に至っている（図-4）。両者を比べると、発火時の状況が異なっていることが確認された。すなわち、加熱試験時と過充電試験時では内部で発生するガスや発火要因が異なるものと考えられる。

(2) セル B

図-5に示すセル B は自動二輪車用鉛蓄電池の代替品として市販されているリン酸鉄系リチウムイオン電池である。電池セルの詳細は不明であるが、公称電圧は3.2V、公称容量は3Ah程度であると推定される。

本電池セルについては、加熱試験および過充電試験において発生するガスの分析等を含めて、いくつかの電池セルの試験を行っている。加熱試験においては最高130℃の温度条件、過充電試験においては電圧6.0V、保持時間2時間程度の条件で試験を行っているが、いずれの場合でも発火・発煙は確認されていない。図-6は加熱試験後の電池セルであり、ラミネートが大きく変形し、側部が破けていることがわかる。

セル B の過充電試験においては、断続的にガス分析を実施した。ガス分析は、真空パック内で電池セルの過充電試験を行い、ラミネートが破損した後のパック内のガスを採取した。ガスの発生が過渡的であることから、分析データから発生ガスの成分や濃度分布を正確に求めることは難しいが、最大18%程度の水素濃度が検出される等、有効な知見が得られている。

4. まとめ

以下、本研究におけるリチウムイオン電池セルの安全性評価試験によって得られた結果をまとめる。

(1) 約20種類の電池セルを使用した一連の試験において、JIS C 8715の安全性要求事項を上回る加熱試験、過充電試験および試験後の針刺し（内部短絡）によって発火に至った電池セルは5種類であり、いずれもリン酸鉄系リチウムイオン電池ではなかった。ただし、リン酸鉄系リチウムイオン電池からも可燃性ガスが発生することが確認されており、条件を整えば発火すると考えられる。

(2) 一連の加熱試験において、130℃の温度に耐えられず、発火に至った電池セルは1種類である。

(3) 本研究で実施した加熱試験並びに過充電試験において、それぞれの電池セルによって、挙動（温度変化、電圧変化、セルの変形）が大きく異なることが確認された。また、加熱試験並びに過充電試験において、ラミネート型電池セルや角形電池セルはともに膨らむが、その発火状態は異なり、内部で発生するガスや発火要因は異なるものと考えられる。

謝辞

本研究開発は、渦潮電機株式会社、海上技術安全研究所、一般財団法人日本海事協会との共同研究体制により実施すると共に、同協会の「業界要望による共同研究スキーム」による支援を受けて実施しました。ここに謝意を表します。