

海外調査報告：

INTELEC ROME '07 出張報告



バッテリー技術部長 市村雅弘

1. はじめに

本報告は、2007年9月30日から10月4日にイタリアのローマ市郊外、ローママリOTTパークホテル（写真1、2）で開催された第29回国際電子通信エネルギー会議（The 29th International Telecommunications Energy Conference，略称INTELEC ROME '07）に参加し、最近の技術動向を調査した結果を述べたものである。発表された論文について分野別、国別に整理し、最近のトレンドを調査するとともに、当国際会議で発表した筆者の論文を含め、おもに通信用二次電池に関する論文の中から興味深い内容のものをいくつか取り上げて紹介する。

2. INTELEC ROME '07の概要

INTELECは現在および将来における通信用エネルギー・電源に関する情報交換のための国際フォーラムであり、電源装置の設計製造会社、通信会社そして末端のユーザが一同に会して、様々な分野におけるトピックスを直接意見交換できる場を提供しており、今回で29回を数える。

図1は事前参加登録者名簿をもとに、国別に参加人数を調べたものであり、現地での登録者等は含まれていない。参加登録者は46カ国、636人であり、上位5カ国を見ると開催国のイタリアが188人（30%）と最も多く、米国、ドイツ、スウェーデン、日本、フランスと続き、1人参加の国まで世界5大陸の各地から参加している。

図2に国別発表件数を示す。ここでもイタリアが30件と最も多く、ついで日本21件、アメリカ15件、フランス11件、ドイツ9件と続いている。日本からはNTT、NTTファシリティーズ、NTTファシリティーズ総研、九州大学、長崎大学、東京理科大学、大分大学、オリジン電気、日立製作所、NECインフロンティア、松下電池など、ユーザ、研究機関、製造メーカーと幅広い方面からの参加であった。図3に分野別発表件数を示す。

件数的にはコンバータ関係が38件と最も多く、ついで蓄電池診断・監視15件、省エネ設計12件、新エネルギー9件と続いている。燃料電池関係6件はすべてイタリア

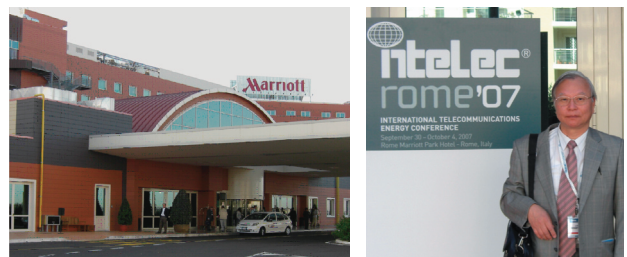


写真1 国際会議場となったローマ市郊外ローママリOTTパークホテル玄関にて（筆者）



写真2 国際会議場風景

からの発表であった。筆者が今回発表した分野であるリチウムイオン電池関連は4件とやや少ない。

3. 発表論文紹介

3.1 携帯電話用リチウムイオン電池の安全性と釘刺し試験（筆者の発表論文¹⁾）

現在、実用化されているリチウムイオン電池は、本質的に過充電したり過熱すると最悪発火や破裂をともなう熱逸走を引き起こす危険性を秘めていると考えられる。したがって、ほとんどのリチウムイオン電池パックにはIC保護回路やPTC素子（異常電流や異常温度上昇時に抵抗が上昇し電流が流れなくなる）を搭載して、充放電時に危険な状態にならないよう考慮されている。しかし、これら電池外部に搭載される各種保護素子をして、電池の内部短絡までは防止できない。したがって、内部短絡を起こした時の電池の熱安定性を試験することは重要不可欠である。

電池の内部短絡時の挙動を調べる試験としては、従来より2.5mmφ等の釘を用いた釘刺し試験が広く実施さ

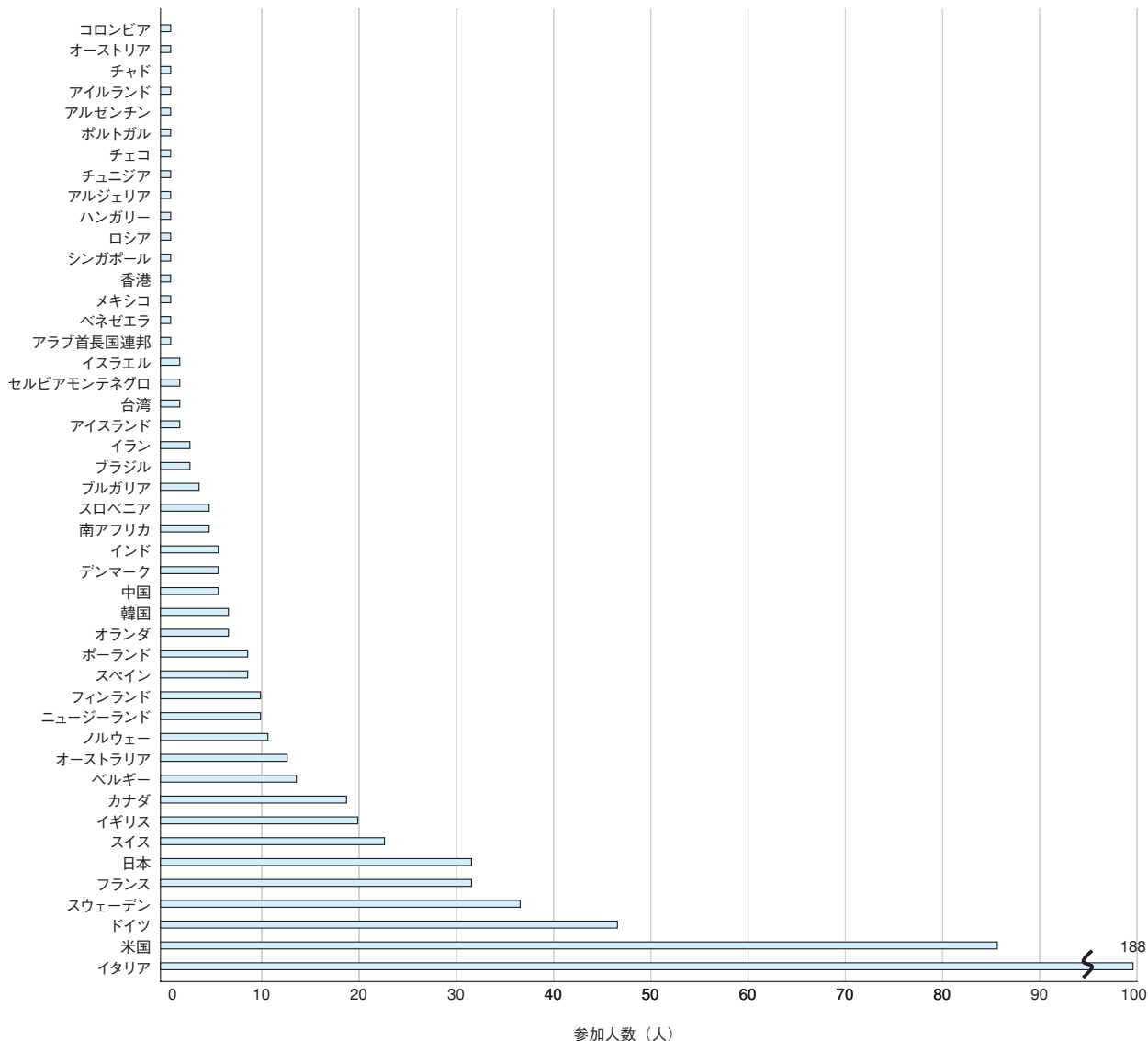


図1 国別参加者数 (事前参加登録名簿による)

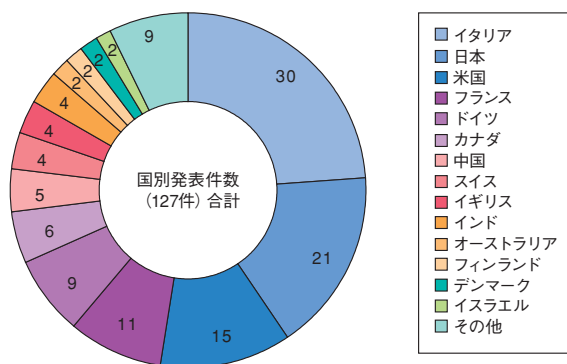


図2 国別参加者数 (事前参加登録名簿による)

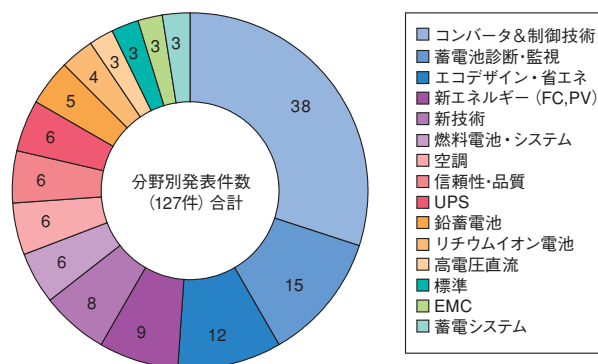


図3 分野別発表件数 (事前参加登録名簿による)

れ、試験結果も短絡耐性を相対評価する手段として有用であると考えられる。本発表では、簡単な断熱モデルによる計算の結果、内部短絡抵抗が電池の内部抵抗に等しい時、短絡部における発熱が最大になり最も危険なることを明らかにした (図4, 5)。2.5mm φ 釘刺し試験 (全貫通) は、数10m Ω の内部抵抗を有する携帯機器用電池パックに対しては、上記最大発熱ポイントに比

べてはるかに低抵抗の内部短絡 (図5の左側) になっており、短絡による発熱は大きいものの電池全体を加熱している状況であり、昨今ノート PC 用リチウムイオン電池で大問題となった導電性異物混入による一連の発熱・発火事故のような内部短絡を必ずしも十分模擬していない。最近、日本国内では電池の中身を取り出した上でL字状の微小金属体を正負極間に挟み込み、押しつぶす試

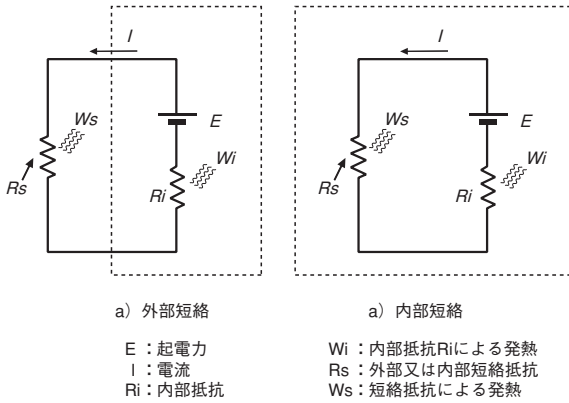


図4 内部短絡時の等価回路

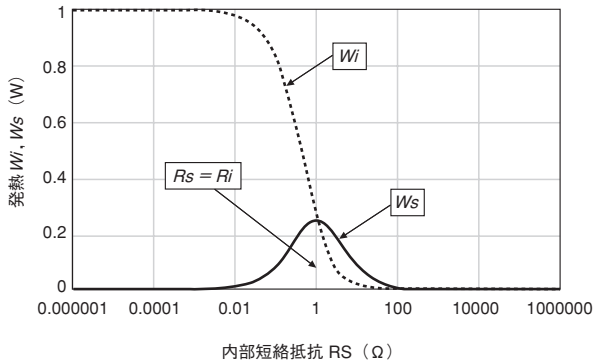


図5 内部短絡部による局部発熱 W_s と内部抵抗による電池全体発熱 W_i

験が採用されつつある。より微小内部短絡を模擬した試験になっていると考えられるが、ユーザが簡単に実施できる試験ではなく、さらなる新試験法の検討（細針による1層釘刺し、部分圧壊など）と規格化が待たれる。なお、本論文の詳細内容についてはNTTファシリティーズ総研レポートNo.18（2007年6月）28ページに関連記事が掲載されている。

3.2 シール鉛蓄電池に替わる新しい通信用電池

現在、通信用バックアップ電源にはシール鉛蓄電池（Valve Regulated Lead-Acid 電池）が広く使用されているが、床荷重やコンパクト性の点から、新しい電池が検討されている。今回のINTELECではNTTからニッケル水素蓄電池を搭載した電源システム、NTTファシリティーズからリチウムイオン電池を搭載した電源システムの試験結果が発表されているので並べて紹介する。

NTTの北野ら²⁾は屋外設置のバックアップ用電源として、円筒形ニッケル水素電池搭載の電源を開発し（図6）、室内および屋外での試験結果を報告している。バックアップ時間は20℃環境下、200VA出力で15時間である。使用する電池は円筒形ニッケル水素電池で、71Wh/kg、223Wh/lのエネルギー密度を有する。図6のニッケル水素モジュールは、12V（電池セル10本）、

95Ahであり、15l、20kgを3セット使用する。モジュールとしてのエネルギー密度は57Wh/kg、76Wh/lであり、同等の性能を有するシール鉛蓄電池システムと比較すると重量で42%、体積で76%と高エネルギー密度化されているとしている。

NTTファシリティーズの松島ら³⁾は、角形据置用リチウムイオン電池搭載の電源を開発し、室内試験および無線基地局での実用試験を実施した結果を報告している。

バックアップ時間は、48V30A出力で6時間である。図7の公称電圧3.8Vの80Ahリチウムイオン電池を12直2並列で使用する。電池セル単体のエネルギー密度は74Wh/kg、143Wh/lである。リチウムイオン電池システムに特異な個別セル充電コントロール部分を考慮しても、同等の性能を有する鉛蓄電池システムのバッテリー部分と比較すると、約3倍のエネルギー密度を持っているとしている。

Modular Energy Devices社のS. Eavesら⁴⁾は、2時間以上のバックアップに適した電源としてRKU100シリーズ（60、100、および180Ah）と、5～20分のバックアップに適したPNU100シリーズ（3～18Ah）とを発表し

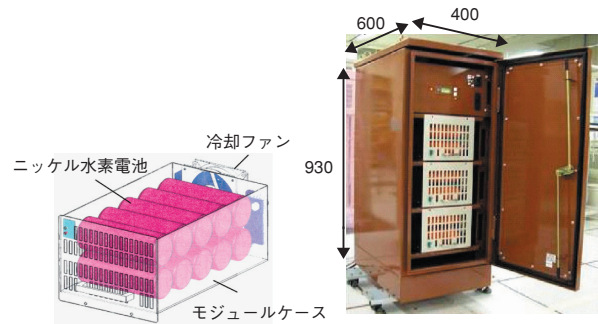


図6 ニッケル水素蓄電池搭載電源システム（NTT）

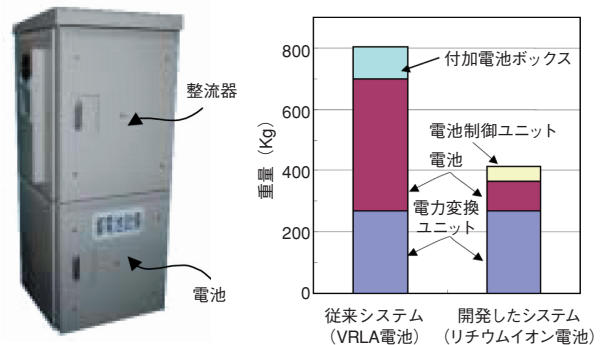
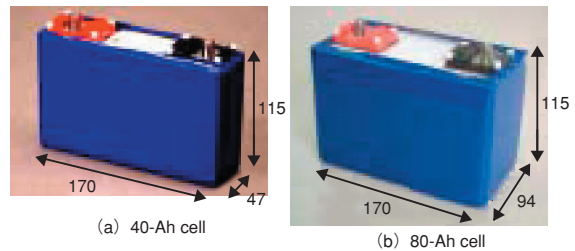


図7 リチウムイオン電池搭載電源システム（NTTファシリティーズ）

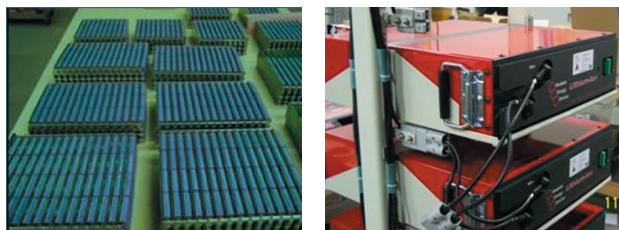


写真3 小容量リチウムイオン電池を多数使用する電源システム RKU シリーズ (Modular Energy Devices 社)

た(写真3)。これらのシステムのコンセプトはULの安全規格を通った比較的小容量の量産電池をアレー状に搭載することにより、①低価格と安全性を両立させ、②さらに電子的、機械的保護を加えて種々のレベルの安全性と信頼性を確保し、③個々のセルの故障を特定、分離して従来の大容量セルによるシステムに比べて信頼性を向上させ、④エネルギーを分散させることによりセルの故障時の爆発的エネルギー放出の可能性を小さくすることであり、エネルギー密度的にも遜色はないとしている。

新しい電池の導入に関連し、サービス開始後、多数の火災事故を起こし回収することになったAT&T社U-Verse用リチウムポリマー電池は記憶に新しいところであるが⁵⁾、上記の新しい2種類の電池は鉛蓄電池に替わる優れた特性を持つことが実証されつつあり、今後本格的導入に向けて、限界状態における電池の挙動確認を含めたさらなる安全性向上、最適化による性能向上、低価格化、量産時の品質安定性を確保するための量産技術の確立など、重要かつ難しい課題を解決していく必要がある。

3.3 シール鉛蓄電池の故障・劣化診断

シール鉛蓄電池のフロート・トリクル使用時の劣化モードはおもに正極格子の腐食であることは広く知られているが、サイクル使用も考慮したシステムや、定期的な劣化診断のための充放電サイクルの影響が無視できないシステムでは、サイクル使用時の劣化モードの考慮や、早期容量低下(Premature Capacity Loss)対策が必要である。

NTTファシリティーズの大貫ら⁶⁾は、設置して3～4年で発生することが多いPCL(図8)を認識するためには、内部抵抗の測定や温度の管理だけでは限界があり、放電特性も含めてデータベース化しトレンド管理する必要があるとした。

Hawker社のX. Muneretら⁷⁾は純鉛格子を採用したシール鉛蓄電池およびPbCaSn合金格子を用いた電池のサイクル特性を調べ、室温でのサイクル試験では両者の劣化モードが正極格子の腐食ではなく、正極活物質の軟化であること、前者が後者の約半分のサイクル寿命しかなく、その理由が格子と活物質との密着性の差によるものであるとしている。

また、鉛格子電池の45℃サイクル試験の場合、通常の2.35V充電では初期100サイクルまでの間に取得容量が

約70%まで低下するが、充電電圧を2.35Vに変更すると約20サイクルでほぼ初期の容量まで回復し(図9)、その原因が充電不足であり、フロートと充電における均等充電と同様、高めの電圧による充電がサイクル特性を改善させることを示した。

China Mobile Communications Group社のJ.Gaoら⁸⁾は、シール鉛蓄電池の管理に電池の内部コンダクタンスの経時的管理と、専用ソフトウェアによる容量試験データとコンダクタンスデータとの収集による回帰曲線のアップデートが重要であるとしている。同様に、NTTファシリティーズのT. Tsuzikawaら⁹⁾も容量試験データと内部抵抗測定データをインターネットを通してデータベース上の回帰式を更新することにより内部抵抗による容量推定誤差10%以下にできることを示した。

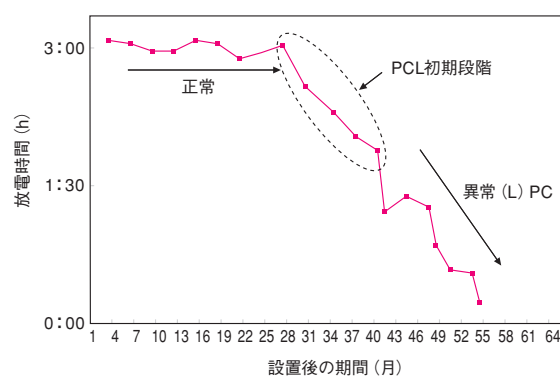


図8 放電時間と設置してからの期間との関係 (NTTファシリティーズ)

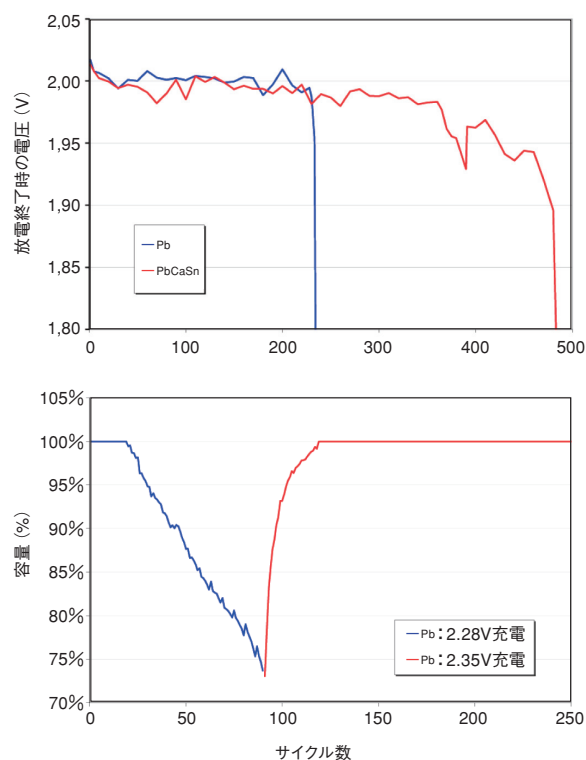


図9 純鉛格子およびPbCaSn合金格子を使用したシール鉛蓄電池の室温サイクル特性(上)および高DODサイクル試験における充電電圧の影響(下)(China Mobile Communications Group社)

4. おわりに

INTELEC は通信用エネルギー・電源に関する情報交換のための最大の国際フォーラムであり、今後も継続的に参加し、蓄電池やエネルギーに関する最新動向を把握することは有意義であると考えられる。

〔参考文献〕

- 1) M. Ichimura, "The Safety Characteristics of Lithium-ion Batteries for Mobile Phones and the Nail Penetration Test", Proceedings of the International Telecommunications Energy Conference, pp. 687-692(2007.10)
- 2) R. Kitano, *et al.* "Charge/Discharge Characteristics of a Backup Power Supply System Using Nickel Metal Hydride Batteries", *ibid.*, pp. 614-620(2007.10)
- 3) T. Matsushima, *et al.* "Field Trials on DC-power-supply System Equipped with 80-Ah Stationary Lithium-ion Secondary Batteries", *ibid.*, pp. 693-700(2007.10)
- 4) S. Eaves, *et al.* "Lithium-ion Batteries for Telecom Applications", *ibid.*, pp. 708-712(2007.10)
- 5) <http://blog.tmcnet.com/blog/tom-keating/triple-play/att-verse-batteries-exploding.asp>(2008/5)
- 6) K. Ohnuki, *et al.* "Evolution of VRLA Battery Maintenance Technologies at NTT", *ibid.*, pp. 90-96(2007.10)
- 7) X. Muneret *et al.* "Corrosion Resistance and Cycling Behavior of Pure Lead Gravity Cast Thick Plate AGM VRLA Reserve Power Batteries", *ibid.*, pp. 794-800(2007.10)
- 8) J. Gao *et al.* "Use of Battery Ohmic Testing to Improve Network Reliability and Decrease Battery Maintenance Cost", *ibid.*, pp. 194-202(2007.10)
- 9) T. Tsujikawa *et al.* "Development of VRLA Battery Capacity Estimation System", *ibid.*, pp. 788-793(2007.10)