

二次電池充放電検査装置のご紹介

Charge/Discharge Inspection Equipment for Rechargeable Battery



三浦 哲朗
Tetsurou Miura

電計事業本部
商品ソリューション事業部
充放電検査部



狩野 利晴
Toshiharu Karino

電計事業本部
商品ソリューション事業部
充放電検査部



湊 泰徳
Hironori Minato

電計事業本部
商品ソリューション事業部
充放電検査部



齋藤 茂
Shigeru Saitou

電計事業本部
商品ソリューション事業部
充放電検査部長

2050 年カーボンニュートラルを目指し、自動車の電動化および家庭用・産業用蓄電設備の導入が加速されており、二次電池（充放電が可能な電池）の需要も今後益々拡大することは必須である。また電池のローコスト化に向けた生産スケール拡大の動きも顕著となっており、電池製造設備への投資も拡大してきている。

当社では約 25 年に渡り二次電池の充放電検査装置を、国内外の電池メーカー・自動車メーカーに納入してきた。本稿では電池セルを製造する過程で行う充放電検査装置とその周辺装置も含めた量産用全自動検査ライン、及び電池の開発や品質検証に使用される充放電特性試験装置について紹介する。

With the goal of being carbon neutral by 2050, the electrification of automobiles and the introduction of energy storage facilities for home and industrial use are accelerating. The demand for rechargeable batteries (batteries that can be charged and discharged) is also expected to increase in the future. In addition, there is a noticeable trend to expand the scale of production in order to reduce the cost of batteries, and investment in battery manufacturing facilities is also increasing.

For about 25 years, we have been supplying charge/discharge inspection equipment for rechargeable battery to battery manufacturers and automobile manufacturers in Japan and overseas. This paper introduces a fully automated inspection line for mass production, including charge/discharge inspection equipment and peripheral equipment used in the process of manufacturing battery cells, as well as charge/discharge characteristic test equipment used for battery development and quality verification.

1. はじめに

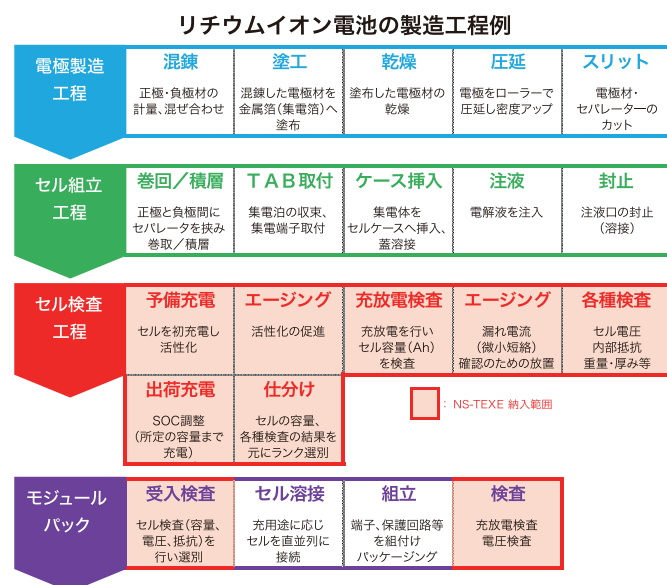
当社は、充放電可能な蓄電素子（二次電池、キャパシタ等）の充放電検査装置を開発・製作し、電池メーカー・自動車メーカー等に納入してきた。この事業に参入して25年以上が経過し、その間国内だけに留まらずアジア、欧州、北米にも納入の実績があり、多種多様なユーザー様からの要望を装置に反映させノウハウを蓄積してきた。その中でもキーとなる技術は、①充放電電源およびその制御コントローラ、②電極への通電機構、である。元々鉄鋼のフィールドで培った制御技術、アナログ多点計測技術、設備安全技術をベースに、これらの全てを自社開発・設計することで、フレキシブルにユーザーニーズに応じてきた。また環境に配慮し、業界ではいち早く電池の放電エネルギーを系統へ戻す回生方式を採用したこともあり、国内では大きなシェアを獲得している。

充放電検査装置には、電池生産工程の初充電、容量確認のための充放電、出荷充電などの量産用充放電検査ラインと、電池の研究開発、品質管理等を行う特性評価用充放電検査装置があり、充放電検査の中核をなす充放電電源、電極コンタクト、検査ステージと、これらに付帯する電池搬送システム・管理システムも併せて以下に紹介する。

2. 電池検査の重要性

電池製造工程は大きく極板製造、セル組立、封入・注液、検査となっている（図1）。我々はその中で検査工程の初充電および最終検査工程の設備を提供している。電池にエネルギーを充填し活性化させた後、電池の容量（Ah）や内部抵抗が規格通りか、電池内部に微小な短絡など無いか等を検査選別しており、不良セルを市場に出さないための重要な役割を担っている。

また、研究開発や品質保証部門のために、電池の特性を詳細に測定する充放電特性評価装置の提供も行っており、新たな電池開発や品質改善にも一役買っている。



3. 充放電検査装置概要

▶3.1 電池量産用充放電検査ライン

電池の組立、注液が完了した後のセル検査工程には、初充電、エージング、容量確認充放電、電圧検査、抵抗検査、出荷充電、仕分け等の工程があり、当社はこれらの装置を設計製作、納入している（図2）。また、これら各工程間を結んでパレットやトレイに収納されたセルを搬送するための、コンベア、昇降装置、パレット段積・段ばらし装置、セル採取・挿入装置等も設計製作している。併せて搬送用パレット・トレイや膨らみ防止用拘束治具、通電用ピンやクリップもセル形状（円筒、角型、ラミネート）や通電電流値に応じたものを開発、納入している。

生産能力に合わせ、各検査ステージ数や装置タクトをシミュレーションし、全自動の最適なライン構成を提案するとともに、生産管理システムや品質管理システムの提案、構築も行っている。

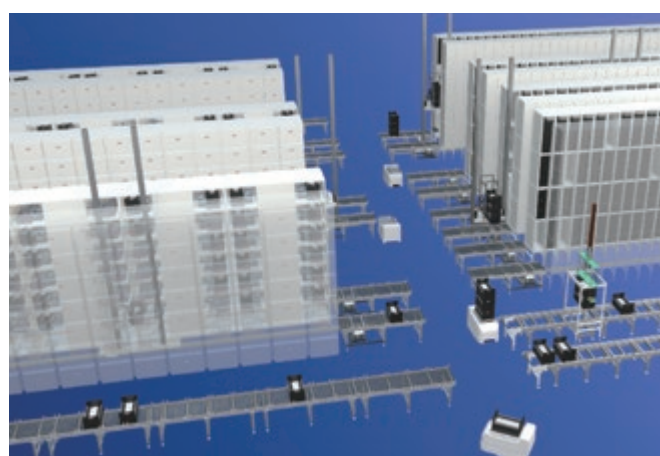


図2：充放電検査ライン イメージ

▶3.2 電池特性評価用充放電検査装置

電池はその用途に合った特性が必要である。低出力で長時間使用するのか、単発的に大出力を求められるかによって、材料や製造方法も異なってくる。電池メーカーの研究開発部門や品質管理部門では、電池の詳細な特性測定や寿命評価を行う必要がある。当社は複雑な充放電パターンや繰り返し充放電を行い、様々な電池の特性データを測定することができる充放電検査装置を開発、設計、納入している（図3）。



図3：特性評価充放電検査装置 イメージ

電池の特性は温度に大きく影響されるため、恒温恒湿槽や各種温度センサーを用い環境データと併せて電池特性データを集集し評価する。電池収納棚や電池ホルダーも電池形状に合わせた設計で提案している。電池は発熱・破裂等の可能性もあるため、電池収納部の放圧構造や煙・ガス検知、温度監視を行うとともに、水・CO₂消火装置や排気ダンパーを装備する場合もある。

また、事故時の電池安全性や挙動確認のために、充放電以外の電池破壊検査装置（釘刺し・圧壊、落下、加熱試験等）も納入している。

4. 電池検査事業の技術

▶4.1 充放電電源

電池検査に於いて最も重要なアイテムは充放電電源である。充電・放電を行いながら高速で高精度の電圧・電流の計測を求められる。当社は本事業参入当時から、電池の放電エネルギーを抵抗や電子負荷で消費することなく、一次側系統へ戻す回生方式の双方向充放電電源を採用した。カーボンニュートラルが叫ばれる中、今ではそれが業界のスタンダードとなっている。

また、充放電電源技術を活用し、燃料電池評価装置の負荷電源としても当社の電源が採用されている。この電源にも回生機能を持たせることで、燃料電池の発電エネルギー（直流）を交流に変換し一次側系統へ戻すことで、評価試験時のエネルギーロスを抑えることに貢献している。

当社は生産ライン用電源から、単セル、モジュール、パック電池の検査装置まで、あらゆる充放電検査ニーズに対応してきたため、多種多様の電源バリエーションを揃えていることも特徴である。これまで電圧：5～900V、電流：10 μ A～1200Aの試験装置の納入実績がある（図4）。複数種類の電源の混在システムや、電源並列接続による電流容量アップ等、バリエーションに富んだ構成が可能となっている。

昨今、世界的に電子部品入手が困難な状況が続いていることもあり、各電源の部品共通化やモジュール電源化を進めているところであり、製造納期短縮に繋げていきたい。

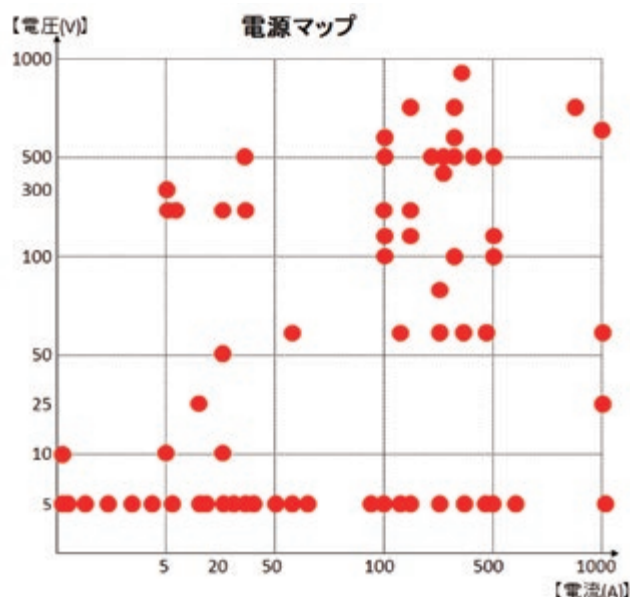


図4：充放電電源ラインナップ

当社電源は、複数種が同じ筐体に装着できる構造となっているため、チャンネル増や電流容量アップ時にも容易に対応が可能となっている。（写真1、2）



写真1：5V60A12ch



写真2：5V240A3ch

▶4.2 電極コンタクト

二次電池は、モバイル機器や自動車のみならずあらゆる機器に活用され、搭載デバイスに合わせて電池形状、容量、通電電流等も多様化している。それらの電池を精度良く充放電検査をするためには、電極形状、電流値にマッチした接触子の開発が不可欠である。接触不良による電極のスパーク痕や接触子による押し疵により出荷できない不良品を生んだり、最悪は測定誤検知による破裂等の事故にも成りかねないためである。

また、接触子は消耗品であり劣化や汚れで交換する必要もあるため、メンテナンスが容易なことも要求される。

我々はお客様の電池電極の形状、材質、設置スペース等を考慮し、接触面の材質や形状、可動部の耐久性など複数の試作と耐久テストを繰り返し、最適な接触子を提供している。

従来大電流プローブピンはハーネスとピンを強固にねじ止めするため、交換が容易では無かったが、写真3のピンは、大電流用でありながら消耗品であるピン先端のみを交換出来る構造としたことで、特許を取得した製品である。先端と本体の通電接合面を工夫したことで、接触抵抗を低く抑えることに成功したため、大電流仕様であってもピンの分割構造が実現可能となった。



写真3：大電流プローブピン

またラミネートタイプ電池のように電極がダブ形状の電池には、図5のような通電クリップを移動・開閉させてコンタクトさせる機構も採用している。（図6）

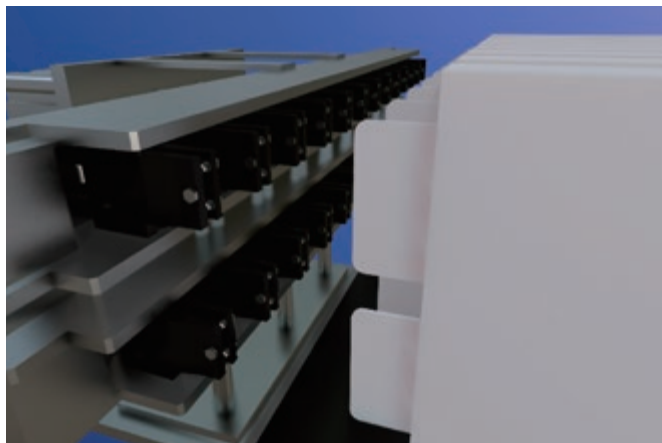


図5：クリップ イメージ

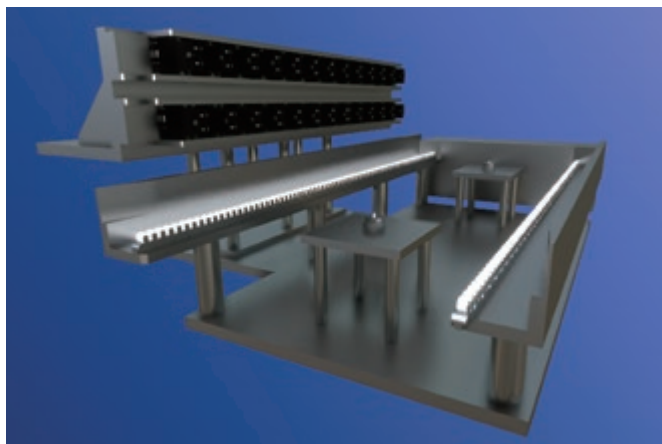


図6：クリップ方式ステージ イメージ

▶4.3 充放電検査・電圧／抵抗検査ステージ

生産ラインでは、電池はトレイやパレット、拘束治具に積載され検査ステージへ搬送される。自動で検査するためにステージには昇降、横行、開閉等の機構を設けて電源と電池を接触させている。各社電池種類によって形状、トレイ等への入数、電極形状／位置、検査電圧／電流、安全仕様も様々であるため、ライン毎に設置スペースやレイアウトを考慮し、ステージ機構を個別設計している。(図7)

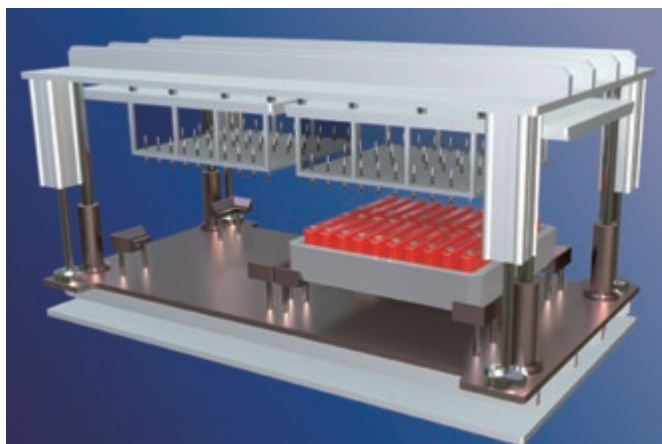


図7：充放電ステージ イメージ

異機種種の混在操業を可能とする機構や、将来の機種変更を容易に実現できる機構についても設計に盛り込むケースも有り、今まで数多くの充放電ステージを納入した実績により、その設計ノウハウや技術資産を多く蓄積していることも強みの一つである。

検査ステージには各種安全機構も装備している。要求される安全カテゴリ分類に則った機構・機能設計にも多くの対応実績があり、入庫口にシャッターを設けたり、熱・煙・ガス監視によりCO₂・水消火機能や水没槽を備えることもある。

強度・歪解析(図8)や送風／排気シミュレーション(図9)により冷却能力を確認する等、常に最適な提案を心掛けている。

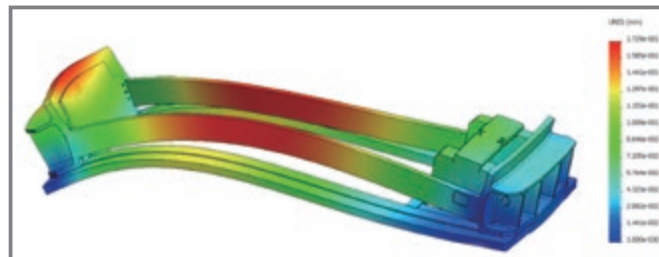


図8：拘束治具 強度・歪解析

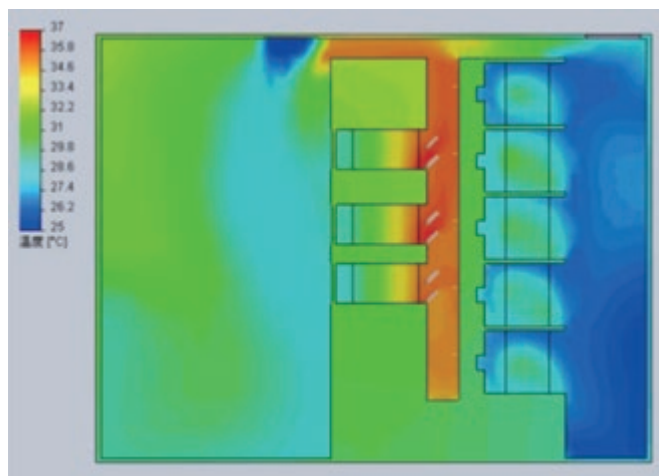


図9：充放電架台 熱解析

▶4.4 電池搬送システム

電池検査ラインに許された設置スペース、電池生産能力、各検査工程での試験時間、装置駆動タクト、設備コスト、将来の増設、機種変更への対応等様々な要件を考慮してライン構想を練り、物流シミュレーションを実施することで、搬送経路、搬送機(ローダーや搬送台車)台数、動作速度等を最適設計している。

(図10)

設備コストを抑えながら搬送タクトを上げるために、複数フォークのスタックークレーンを採用したり、コンベアに昇降、反転、段積、ゴンドラ等のあらゆる搬送手段を組み合わせた提案を行っている。

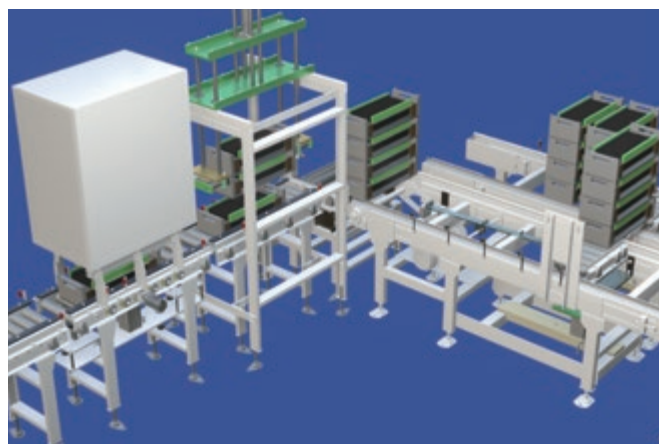


図10：搬送装置 イメージ

▶4.5 管理システム

当社納入設備である充放電検査工程の検査スケジュール管理（製造日、品種、ロット、生産量等）、各設備制御、搬送制御、物流制御（仕掛品管理、在庫管理、パレット管理等）、実績収集（製造実績、稼働実績、品質実績等）を行うことはもちろん、他設備メーカー納入の極板工程、組立工程、出荷工程まで含めた材料、品質、稼働管理、実績管理にも対応可能である。各管理データの検索や実績のグラフ化等、お客様のニーズに合わせたカスタマイズを提供している。

現在『操業／メンテナンス支援機能の拡充』をテーマに、以下のよ
うな新サービスの提供を展開しているところである。

(図11)

- ①設備停止短縮支援
- ②操業データの集約と活用
- ③遠隔監視
- ④事後・予防・予兆保全
- ⑤点検支援 等

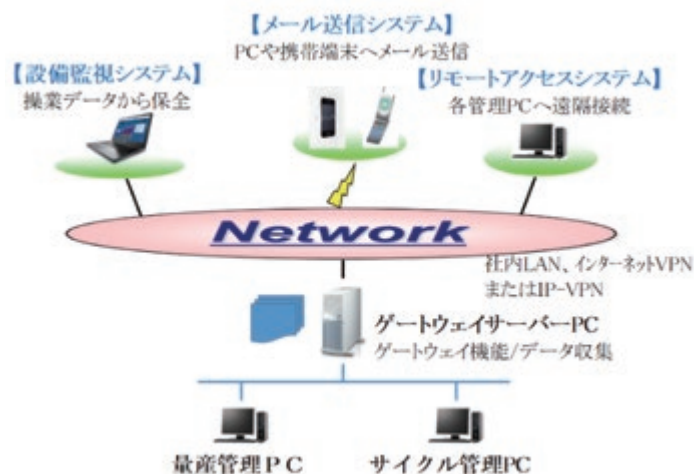


図11：支援システム構成

各管理PCとゲートウェイサーバーを接続し、操業情報の収集やリモートアクセスを実施することで、操業停止時間の短縮やコンタクトピン交換時期予測等の予兆保全を進めている。

(図12)

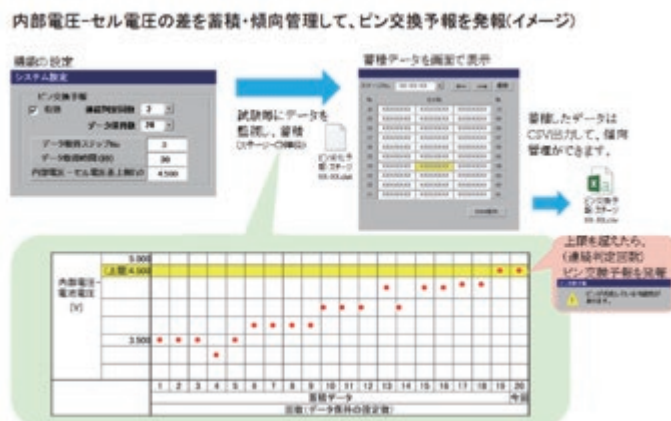


図12:ピン交換予報(例)

5. おわりに

本稿では、当社が納入している二次電池の充放電検査装置について紹介しました。

世界的にカーボンニュートラルが推し進められる中、CO₂削減に向け益々二次電池の需要が増大しています。また、中古電池のリビルド・リユース需要も増えていきます。そのような中で、お客様に求められるより安全で高品質な設備・装置を目指すとともに、付加価値のある設備の設計・開発に今後も取り組んでまいります。電池自体の価格競争も激化してきており、私たちのお客様がその競争に負けないよう、設備コストダウンについても提案を行うことで、お客様のベストパートナーとなり、社会の発展に貢献していく所存です。

- *リビルド：パック電池内の各セルの劣化程度を判定し、良い物だけを集めて再パッケージして利用すること。
- *リユース：ある程度劣化したセルを使用条件を落として別用途として再利用すること。

お問い合わせ先

電計事業本部 営業部

TEL 03-6860-6625