

革新NiMH電池 トレサビシステムの開発

Nickel-metal Hydride Battery Traceability System Development

杉本 貴久^{*1}

本多 潤^{*1}

佐藤 公大^{*1}

藤井 崇史^{*1}

森田 健^{*1}

中島 浩貴^{*1}

Takahisa Sugimoto

Jun Honda

Kimihiro Sato

Takafumi Fujii

Takeshi Morita

Koki Nakajima

*1 電池事業室 生産技術三室

1 はじめに

カーボンニュートラル社会の実現に向けて、電動車両の普及が拡大している。電池事業室では、駆動用電池として世界初(当社調べ)となるバイポーラ型NiMH電池をトヨタ自動車(株)と共同開発し、2021年5月から生産を開始している。現在は、共和工場、石浜工場で3本のラインが稼働しており、アクア、クラウン(クロスオーバ、スポーツ)、アルファード／ヴェルファイア、レクサスRX、LM、LBXに搭載され、年間72万台(アクア台数換算)まで生産能力を高めている。

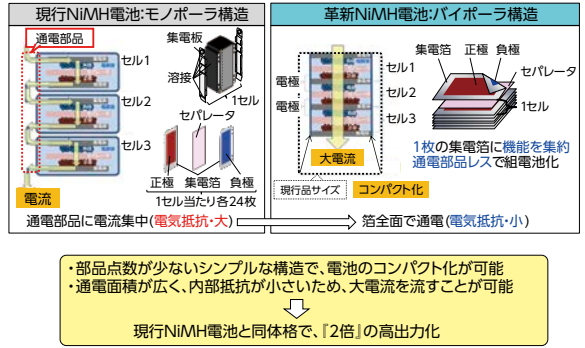


図1 革新NiMH電池 バイポーラ構造
Fig.1 Structure of Bipolar Battery

革新NiMH電池の生産工程は、負極材料を小粒径化する負極後処理からパック組立まで、大きく分けると15の工程があり、全ての工程でトレサビリティデータを取得している。

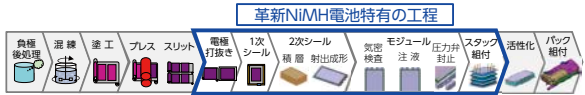


図2 革新NiMH電池 工程フロー
Fig.2 Process Flow of Bipolar Battery

2 トレサビシステム開発の狙い

電池は、自工程完結での品質保証が困難な製品である。例えば、電極表面に付着した異物や1次シール樹脂の微小な穴は、He気密検査や充放電検査(活性化工程)で検出される。そのため、試作ラインでの設計、工法開発の段階から、トレサビリティを取得して、不良がどの工程で発生しているのか調査、考察できるように、システム開発も並行して進めてきた。現在では、ワークIDの取得だけでなく、品質、生産に関係する様々なデータを取得し、品質保証、不良率低減、可動率向上に活用している。

3 トレサビシステムの開発フェーズ

フェーズ1:

データ収集、蓄積を目的に、全設備との通信ネットワーク、データベースを構築。ID体系、取得データを規格化。

フェーズ2:

技術部、生産技術部、生産管理部、品質保証部の間接部門での活用を目的に、サーバからのデータダウンロード機能提供、エクセルでのデータ解析のためのマクロ(データ抽出、表、グラフの作成)のサポートを実施。

フェーズ3:

製造現場での活用を目的に、WEBでのリアルタイムグラフ、生産管理板などのアプリケーションを提供。

4 通信ネットワーク構築

全工程の約180設備からデータを収集するに

あたり、通信規格は、当時のPLC(Programmable Logic Controller)の標準機としていた三菱電機(株)MELSEC-Qシリーズが対応する通信規格の中から、信頼性とリアルタイム性に優れているものを候補として抽出した。MCT(Machine Cycle Time)が約3秒の高速な設備もあり、動作遅延を招くパケットロス時の再送処理を排除すること、迅速にデータを送受信し、その後のロギング処理時間を確保すること、それらに加えて、データ点数、ネットワーク実装性、開発性、コストから、CC-Link IE Fieldを採用した。

表1 通信規格の比較
Table1 Comparison of Facility Network

項目	規格	CC-Link IE Field		Ethernet/IP		FL-net	
		構成	最大数	構成	最大数	構成	最大数
通信データ	通信方式	マスター/スレーブ	121	TCP/IP, CIP	256	トークンバス	254
	指定形式	ビット、ワード	121	バイト	256	ワード	254
	サイズ	ビット送受信 各16k点 ワード送受信 各8k点	121	制限なし (帯域依存)	256	ビット 8k点 ワード 8k点	254
	サイズ (設備側)	ビット送受信 各2k点 ワード送受信 各1k点	121	1444バイト (ワード722点相当)	256	全体上限まで	-
速度	リンク速度	1000Mbps	121	10/100Mbps	256	10/100Mbps	254
	占有帯域	47Mbps/100Mbps	121	55Mbps/100Mbps	256	2.1Mbps/100Mbps	254
実装性	伝送経路	スター、ライン	121	スター、ライン	256	バス、スター	254
	伝送LAN	対応(Cat5e以上)	121	対応(Cat5以上)	256	対応(Cat5以上)	254
開発性	設定	三菱ツール	121	三菱+外部ツール	256	三菱ツール	254
	デバッグ	上記専用機能	121	外部ツール機能	256	上記汎用機能	254
コスト	ユニット	三菱製・安価	121	三菱製・高価	256	パナソニック製・高価	254

また、NiMHの工程は、ワークへの銅異物付着を防止する必要があるため、汎用Ethernetと無線を導入して、制御盤を開けずに(銅を飛散させずに)設備PLCにアクセスし、設定等を行えるようにした。汎用Ethernetを経由して、PC設備からのトレサビリティデータの回収も行っている。無線については、稼働管理システム側でタブレット端末にアンドンを表示する用途としても使用している。

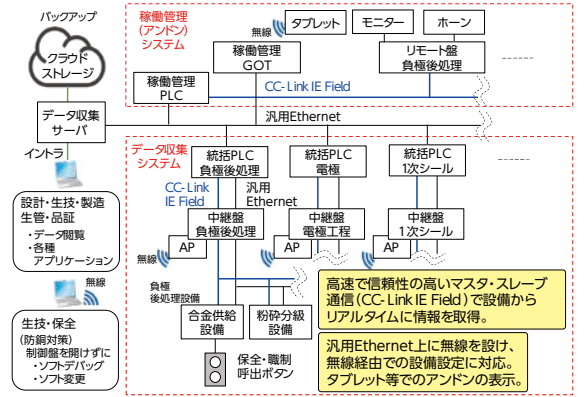


図3 システム構成図
Fig.3 System Diagram

5 通信ネットワークの保全

ネットワークに接続されている機器は、約450台になり、経路は工場全体に広がっている。その上、配線長の規格や中継ハブのポート数などの物理的な制約により、複雑に交錯している。これらのネットワーク機器やデータベースは、生産設備と違い、製造・保全での異常処置、故障対応が困難であるため、下記のような考え方で設計、運用している。

- ①異常時でも、データをロストしないシステムを構築する。システムの復旧は、システム担当者が昼勤で行う。
- ②通信ルートを設備からサーバへの一方向とし、ネットワークやサーバがダウンしても、システム側からの信号待ちで、生産ラインが停止しないようにする。

①の対策として、設備のPLCでCPUロギング機能を使用して、最低限のトレサビリティデータをローカルで収集することで、ネットワークがダウンした場合に後からデータを補完できるようにした。

②について、他工程のデータが必要な場合は、データベースを経由せず関連設備間で通信を組み、製造・保全で復旧できるようにした。ある程度まとまったデータを保存できるようにして、復旧までの時間、他の工程を停止させないような、工夫も入れている。

また、通信ネットワークの保守管理のため、中継ハブのポート単位の接続表を整備し、経路を把握。インテリジェントハブを導入して重要な経路の二重化・ループ化を施すとともに、監視ソフトでネットワーク状態とログを可視化し、重障害の発生時にはメール通知するシステムを構築した。

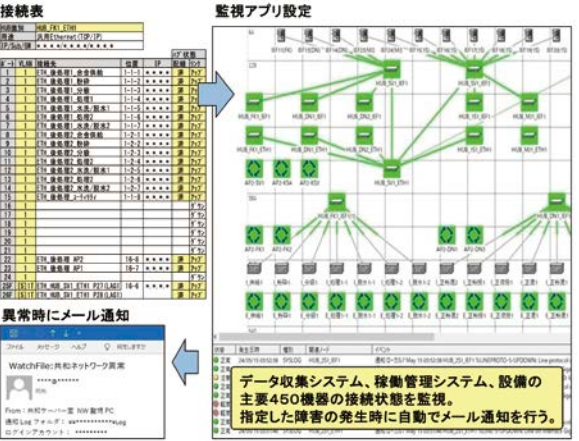


図4 ネットワーク異常監視機能
Fig.4 Network Error Detection Diagram

6 ID体系の構築

ワークID(各工程の仕掛品に付与する重複のない識別番号)はトレーサビリティのキーとなる情報で、工程をまたいで整合性を持たせる必要がある。

図2の工程フローで示すように、粉体、リール、打抜き後電極、モジュール、スタック、パックと製品形態が変化していくため、IDを生成する工程、IDを前工程から引継ぐ工程を明確にし、設計変更、工程変更を判別できるようにバージョン情報も付与した、重複がないID体系を整備し、追跡を可能にした。

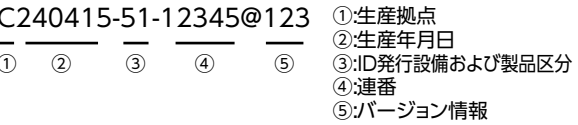


図5 ワークIDの付与規定
Fig.5 ID Naming Conventions

7 取得データの規格化

全設備が必ず取得する標準データと各設備が自由に設定し、取得する個別データがあり、標準データは、①ワークIDと品質情報、②稼働情報、③異常コードと規定している。

①は、ユーザがデータを解析する際に、工程内IDと品質情報を容易に紐づけできるように、工程の払出完了をトリガにして、一つの単位にまとめて取得している。②は、設備状態(自動運転中、異常停止中、処置中など)を時間単位での集計、解析ができるように、1分周期で収集している。③は、頻発停止の集計、解析ができるように、異常発生をトリガにして、異常コードを収集している。

個別データの例として、設備の設定値、マスタでの検査結果、設備維持管理のための計測値(圧力や電流)などがあり、各設備の状況に応じて、収集できるようにしている。これらの取得データに関するアドレスマップ、データ項目名、収集条件、データ属性は、設備担当者と齟齬が生じないよう、共通のフォーマット表で管理している。

8 データベース構造

データ収集の目的に適した、拡張性のあるデータベースのテーブル設計をしている。マスタテー

ブルを持たず、設備から収集するデータの形式と、データベースの形式を一致させ、トリガはテーブル、収集項目はカラムという一対一の関係にしている。これにより、収集データが増えた場合でも、データベースの基本構造を変化させる必要がなく、テーブル、カラムの追加という単純作業のみで追従することが可能となった。データベースは、トヨタグループ向けのOracle包括契約を利用して、安価に構築している。

9 アプリケーション ソフトウェア開発

1) データ閲覧ソフトウェア

より多くの方々に、データを活用してもらえるように、下記のコンセプトで開発を行った。

①全てのデータにアクセスできること

『保存場所が工程ごとに分散して、データがどこにあるか分からない、アクセス方法が面倒』と感じさせないよう、一つの閲覧アプリケーションで全工程の全データにアクセスできるようにした。

②ソフトウェアを扱うための知識が不要なこと

市販のデータ閲覧ソフトウェアをそのまま導入すると、そのソフトウェアの操作方をユーザが習得する必要がある。誰でも扱えるよう、閲覧ツール側にグラフ表示などの高度な機能は持たせず、CSVファイルのダウンロードのみとし、ユーザがエクセルで自分が描写したいグラフを自由に作成できるように、データ提供に特化した。

③操作がシンプルであること

シンプルを具体的に『ユーザの処理は3クリック以下』と定義して、閲覧画面を設計した。



図6 データ閲覧ソフトウェア(3クリック操作)
Fig.6 Data Browsing Software (3-Click Operation)

直感的な操作と設備データの全てにアクセス可能という利便性により、導入後、早い段階から間接部門のみならず、製造部でも積極的に活用されている。また、データベースの変化に追従する機能も開発している。データベース上のテーブルが増えれば閲覧画面が自動生成され、項目が増えれば表示項目および検索条件が自動生成される。この機能により、設備改造後から追加データ閲覧までの時間が短縮され、メンテナンス工数も大幅に削減された。

2) ID追跡ソフトウェア(バッチ処理ソフト)

不良が発生した工程を調査するため、不良品が流出した際に直ちに波及範囲を特定するために、データ追跡ソフトウェアを品質保証部、製造部に提供している。

スタックIDを起点にそれ以前のモジュール、積層体、打抜き電極、リール、材料のIDをデータベースから取得し、エクセルの一覧表にして、所定の共有フォルダに出力している。これらの機能は、アプリ専用サーバ上で、定期的にバッチ処理を実行することで、実現している。緊急時には、任意のタイミング、特定のスタックでも検索、ファイルが出力できるようにしている。

3) WEBリアルタイムグラフ

前述の閲覧ツールは、利用の際に少なからず、PC操作(ダウンロード、エクセルでのグラフ表示操作)が必要なため、製造現場向けに、自動的に最新のデータを取得し、グラフ表示するWEBページを作成した。処理が重くならないようJavaScriptでコーディングし、設計期間の短縮を図るため、グラフ描画にはオープンソースを活用した。また、無数のクライアントからデータ更新要求が行われてしまう事態を避けるため、データ更新のタイミングはサーバ側で制御している。



図7 WEBリアルタイムグラフ(1次シール)
Fig.7 WEB Real-Time Graphs(Seal Position)

共和 モジュール 注液

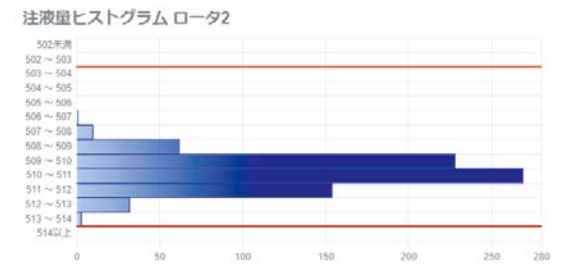
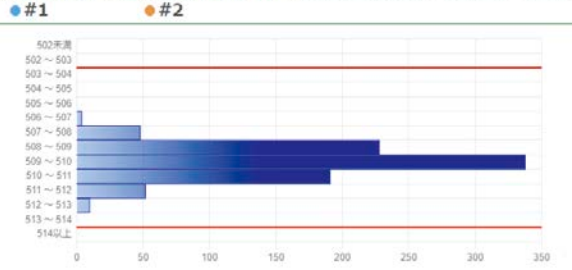


図8 WEBリアルタイムグラフ(中駅)
Fig.8 WEB Real-Time Graphs(Electrolyte Injection Volume)

アプリケーションは、製造現場や関係各署からの依頼に応え、現在では表2の数まで増加している。

表2 アプリケーション数(共和、石浜工場の合計)
Table2 Number of Applications

アプリケーション	数量
VBS,PowerShell,バッチ処理	350
WEBリアルタイムグラフ	5059

10 まとめ

最後に製造現場での活用事例、今後の法規対応について紹介する。電池の設備は、やわらかく変化しやすい材料をハイサイクルで生産するため、維持管理が難しい。そのため、製造部では、WEBリア

ルタイムグラフと現物（ワーク、設備の状態）から、不良の原因を推定し、処置ができる人材育成教育（トップガン教育）を実施している。受講者が他の作業者に教育することで、現場でのデータ活用が広がっている。

法規対応については、近年、世界各国で車載電池に対する環境規制が強化されており、特に欧州では、電池の製造段階から廃棄されるまでのCO₂排出量の宣言が、2025年から義務付けられる見通しである。これに対応するため、PE部の工場計測管理システムと接続して、電力、エア、ガス、工水の使用量を取得し、電池パック1個当たりのCO₂排出量を算出するシステムを構築中である。設備ごとの使用量が見える化できるので、法規規制への対応だけでなく、工程改善ツールとしての活用を考えている。今後、経産省が主導するバッテリートレーサビリティプラットフォームと連携して、電池のライフサイクル全体のCO₂排出量の低減に貢献していく。

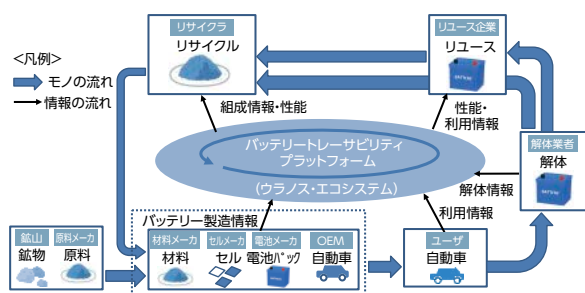


図9 バッテリートレーサビリティプラットフォーム[1]
Fig.9 Figure of Battery Traceability Platform

参考文献

[1]NTTデータ バッテリープラットフォーム
ニュースサイト

■著者紹介■



杉本 貴久 本多 潤 佐藤 公大 藤井 崇史



森田 健 中島 浩貴