

鉄道車両用MT形アルカリ蓄電池の減液特性改善

Development of MT Type Alkaline Battery with Low Water Consumption for Train Applications

江黒高志*1 鈴木孝光*2 阿部勲*1 白井隆*1
 Takashi Eguro Takamitsu Suzuki Isao Abe Takashi Shirai

Abstract

MT series of vented Ni-Cd alkaline battery was commercialized in 1998. It was featured in the superiority of battery performance and serviceability, which was mainly due to its sintered electrode construction. Keeping these features, new MT series was developed, which was planned and conducted in order to cope with the increasing demands of higher performance in battery's energy density and maintenance period. Electrode's compositions and surface structures were optimized through the analysis of their polarization characteristics. Serviceability of maintenance-free over 8 years was demonstrated based on both the actual train operation and simulation study by using the yearly climate data of Tokyo metropolitan area.

1. はじめに

ベント（開放）形ニカド電池のMTシリーズは、1998年に保守低減に的を絞ったコストパフォーマンスの優れたローメンテナンスタイプ蓄電池として商品化した。MTシリーズの主要な設計要素は図1に要約される通りであり、これらにより次の特長を可能にした¹⁾。

- (1) 補水間隔の延長（従来電池の約3倍の液量）
- (2) 保守点検作業の安全確保，清掃容易性（カバーによる金属端子部露出防止）
- (3) 補水作業の効率化（定液面機能を有した2括補水装置の採用）
- (4) 焼結式電池による高性能維持

図2にMTシリーズの組電池写真（一例）を示す。しかし、最近になって市場ニーズがつぎのように変化した。

- (i) 車両負荷増大に伴う大容量化；40、50Ah級から80Ah級へ
- (ii) 鉄道運転規則の一部改正による検査周期の延長；整備間隔3年から4年へ

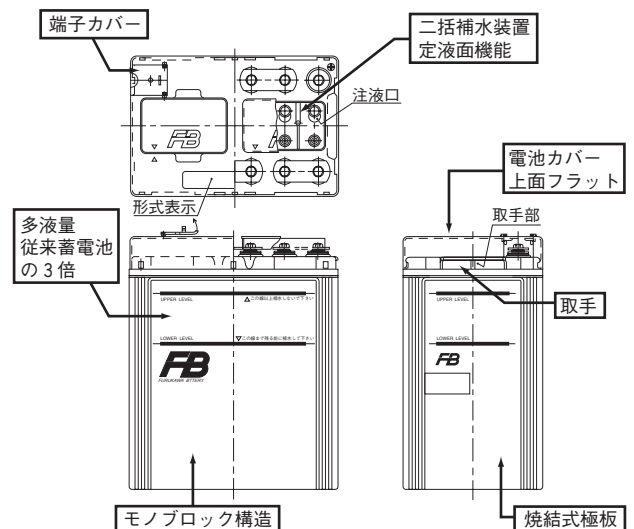


図1 MTシリーズ電池の特長
 Fig.1 Major design features of MT series battery

そこで、このような市場ニーズに応えるため，特性改善は「浮動充電時のさらなる減液特性の改善」に絞り，第1段階として80Ah蓄電池で補水間隔4年以上の減液性能を速やかに実現し、更に第2段階として80Ah蓄電池で補水間隔8年以上の減液性能への改善に取り組んだので，その結果を報告する。

*1 Eチーム

*2 産業電池事業部 アルカリ電池部



図2 MTシリーズの組電池
Fig.2 MT series battery assembly

2. 検討と結果の概要

2.1 目標

「減液特性の改善」は以下の条件を満たすことを目標とした。

- ・ 基本特性, 寿命性能の維持
- ・ 品質, 信頼性の維持
- ・ 車両搭載要件の維持 (従来品との互換性)

2.2 改善内容

2.2.1 過電圧の増大

ベント (開放) 形電池の浮動充電 (定電圧充電) において減液量を低減するには、過充電時における水の電解電流を低減する必要がある。

図3に電解電圧と電解電流の関係を示す。充電電圧は、水の理論分解電圧と、正極および負極の過電圧の和であるから、電解電圧の中の過電圧部分を増大させることにより、電解電流を大幅に低減できる。

正極、負極の分極によって発生する過電圧の特徴は以下の通りである。

- 1) 過電圧は条件にもよるが概ね電流密度の対数に比例する (ターフェル式)。
- 2) 過電圧は電極を構成する金属種に依存し、例えば水素過電圧は一般的に Hg, Cd, Zn, Sn

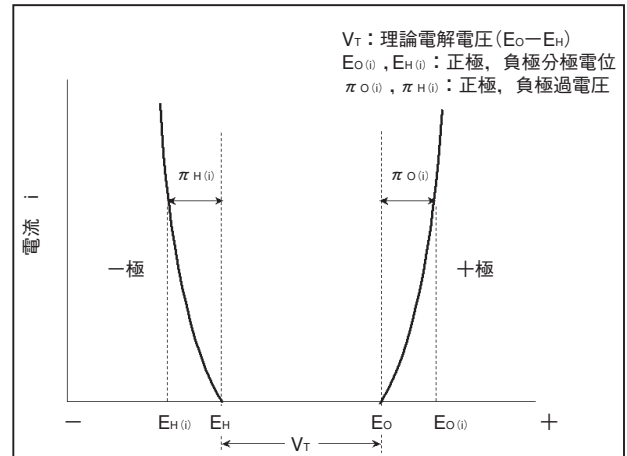


図3 電解電圧と電解電流との関係 (様式図)
Fig.3 Model of decomposition voltage and current

が大きく, Ag, Ni, Ptは小さい。

- 3) 過電圧は電極の表面の状態によって著しく異なり、一般に平滑な表面の方が粗い表面よりも大きい。

これらの特徴を応用することが開発のポイントである。

2.2.2 正極の酸素過電圧

図4に種々のNi極の過充電V-I特性を示す。

正極の過電圧増大の具体的手段として、高過電圧金属を添加する方法と、焼結基板を作製するスラリー材料を変更し、より孔径が均一となる方法を用いた。

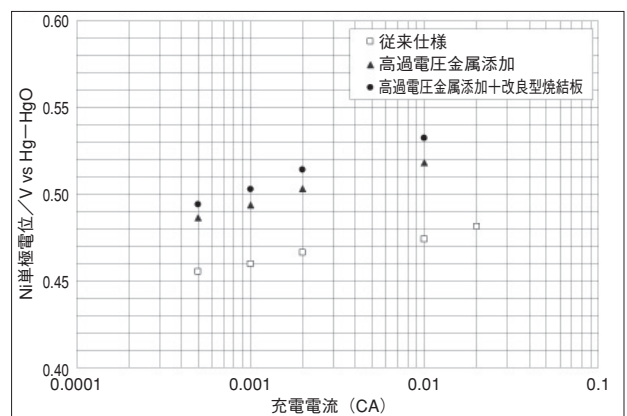


図4 種々のNi極の酸素過電圧 (25°C)
Fig.4 Charge voltage - charge current characteristics of Ni electrode (25°C)

一般にニッケル正極は主たる構成元素であるNiの酸素過電圧が低いため、充電末期に電解により酸

素が発生しやすいが、高過電圧金属を添加することにより過電圧を効果的に増大させることができる。また、孔径がより均一な焼結基板を用いることにより、電極表面性状が均質化され、更に過電圧の増大を図ることができた。

2.2.3 負極の水素過電圧

図5に種々のCd極の過充電V-I特性を示す。

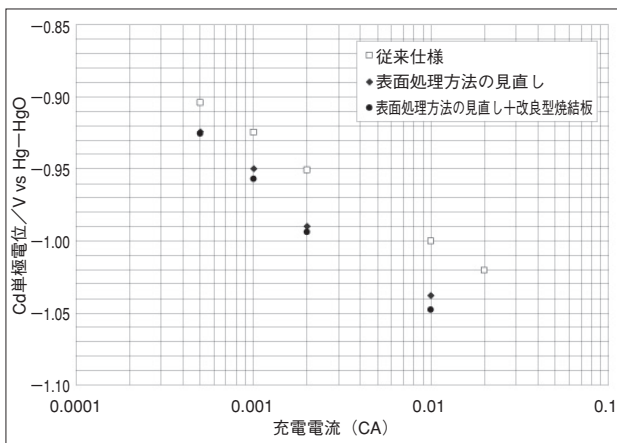


図5 Cd極の過充電V-I特性比較 (25℃)
Fig.5 Charge voltage - charge current characteristics of Cd electrode(25℃)

負極は水素過電圧の低いNi（焼結基板）と水素過電圧の高いCd（活物質）が混在していることから、電極の表面状態の改善により過電圧の増大を図り、正極と同様に電極表面性状の均質化により過電圧の増大を図った。

2.2.4 電流密度の増大

更にこれらに加えて、

- (i) 活物質充填密度の向上
- (ii) 極板厚みの増大

などにより電流密度の増大と、それにとまなう過電圧の増大を図った。

2.3 評価結果

前述した2.2.2項の検討結果を基に改善1の試作評価を、続いて2.2.3項と2.2.4項の検討結果を基に改善2の試作評価を実施した。一例を次に示す。

2.3.1 過充電V-I特性

前述の図4, 5の正負極の分極特性を合成して電池の充電電圧-充電電流の関係を半対数グラフにプ

ロットした結果を図6に示す。

この図から、例えば1.43V/セルの充電電圧における充電電流値を比較すると、正極のみ改善を図った改善1は、従来品の約1/3、正極、負極共に改善した改善2は従来品の約1/6の充電電流になることが予想される。

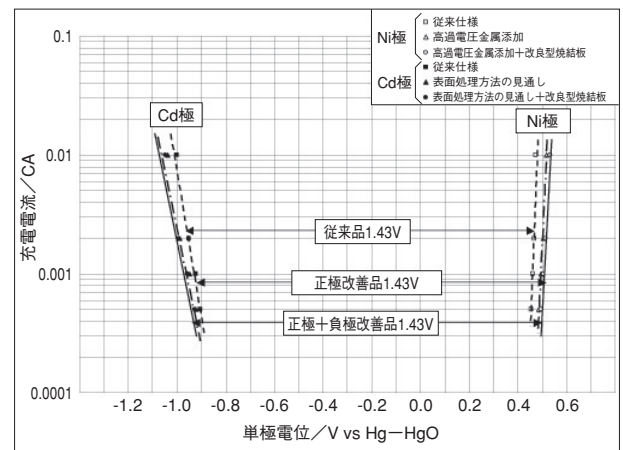


図6 過充電V-I特性比較 (25℃)
Fig.6 Charge voltage - charge current characteristics of MTcells(25℃)

2.3.2 充電電流と減液特性

図7に35℃で1.43V/セル（103.0V/72セル）で連続定電圧充電した場合の充電電流の推移を、図8に電池の質量変化、すなわち減液特性をそれぞれ示す。

従来品の充電電流は初期に大きく、その後急速に減少するため、初期の減液量がやや大きい。正極を改善した改善1は初期から充電電流が低く、その後も安定しているため、減液量も少なく初期において従来品の約1/3、その後も約1/2で推移している。正極と負極を共に改善した改善2の充電電流は従来品のそれよりも大幅に少なく、質量変化は約1/4であり、減液性能が大幅に改善されていることが判る。

2.3.3 その他の評価

表1に実施した評価の一覧を示す。

ここでは特に、極板ストレス試験などを主体とした寿命評価及び鉄道車両用電池として必要な機械試験などのスペックに留意した評価を行なった。

この結果から改善1及び2の仕様は車両用電池と

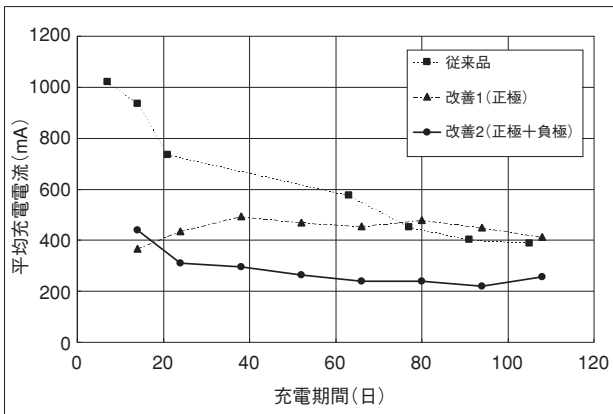


図7 定電圧充電時の充電電流変化 (103V-35°C)
Fig.7 Changes of charge current during constant voltage charging(103V-35°C)

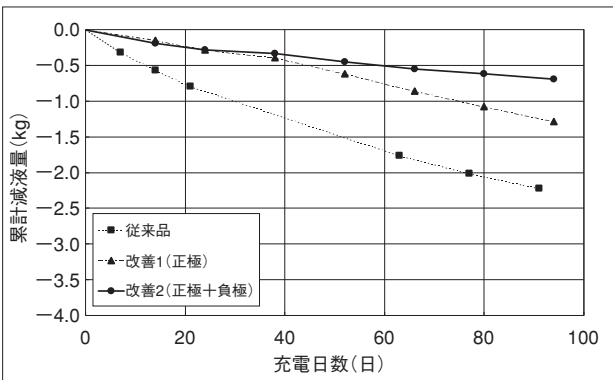


図8 定電圧充電時の保守液量変化 (103V-35°C)
Fig.8 Changes of service mass during constant voltage charging (103V-35°C)

して具備すべき性能を満たしており、基本特性、寿命性能、信頼性が維持されていることを確認した。尚、極板部品以外の変更点は無く、従来品との互換性は維持されている。

2.4 シミュレーションによる減液量の推定と実証

2.4.1 前提条件

このシミュレーションは、以下の前提条件のもとに行った。

i) 年間の電池温度予測：

理科年表の東京の気象データから日別最高気温の月毎平均値と今まで実施した実車試験時の電池液温との関係を照合したところ、概ね一致したため、これを採用した。

ii) 車両運用の状況から1日の稼動(充電)時間

表1 その他の評価試験

Table1 List of test items

分類	評価項目	開発時	改善1	改善2	評価項目
設計 検証	質量	○	○	○	極柱、通電部設計は変わらないため、省略 防沫構造は変わらないため、省略。 実使用は定電流サイクルよりも定電圧であるため、省略。 開発時6M80Tで評価済み。質量は開発時とほぼ同一であり、省略。
	容量	○	○	○	
	高率放電性能 (25°C)	○	○	○	
	低温高率放電性能 I (5°C)	○	○	○	
	低温高率放電性能 II (-5°C)	○	○	○	
	最大放電電流	○	—	—	
	容量保存性能	○	○	○	
	防沫性能	○	—	—	
	サイクル寿命性能	○	—	—	
	定電圧充電性能	○	○	○	
	絶縁性能	○	○	○	
	貯蔵性能	○	○	○	
	耐振性能 (JIS E 4031 2B)	○	○	○	
	耐衝撃性能 (JIS E 4032 1A)	○	—	—	
妥当性 確認	V-I 充電特性試験	○	○	○	高率放電 (25, 5, -5°Cの1C, 2Cデータで代用)
	AH放電性能	○	—	—	
	実車試験	○	○	○	
	高温トリクル寿命	—	○	○	
	シミュレーション 極板ストレス試験	—	○	○	

○評価判定合格 —評価未実施

を16時間、一ヶ月の稼動日数を30日とした。

2.4.2 方法

シミュレーション方法の概要は次の通りである。

a.定電圧連続充電試験により、実際の浮動充電時で測定された減液量を求める。

b.減液理論値(充電電流がファラデー則に従って水の電気分解に100%消費されたと仮定した場合の減液量)と実際の減液量は、負極でのガス吸収反応や水の蒸発などの影響から一致しないため、実際の減液量と理論値との比をRとして算出し、充電電流とRの関係を求める。

・浮動充電電流は温度、電圧によって変化するため、試験から温度/電圧/電流の関係を求めた上で、Rの温度・電圧テーブルを作成する。

・このテーブルから各月の平均最高気温及び各設定電圧における電流とRから毎月の減液量を算出することができる。

2.4.3 結果と実証

図9に、充電電圧100Vにおける80Ah電池の年間液面低下の推定結果を示す。

1年間の減液量は従来品に対し、改善1で約1/4、改善2で約1/8のシミュレーション結果が得られた。

尚、このシミュレーション結果は実際の実車試験のデータと概ね一致しており、信頼のおける方法と判断できる。

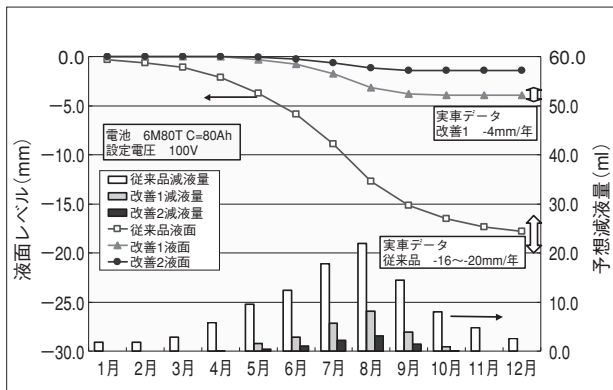


図9 1年間の保守液量の減少予測 (100V-80Ah セル)
Fig.9 Estimated yearly reduction of electrolyte mass(100V-80Ah cell)

3. まとめ

以上、述べたことをまとめると次の通りである。

- (1) 減液特性は改善1では80Ah蓄電池で補水間隔4年以上、改善2では80Ah蓄電池で補水間隔8年以上に改善できた。
- (2) 安全構造、2括補水方式等現行MT電池と同一外観、構造を踏襲することにより、MT電池の特長をそのまま維持できた。
- (3) 一連の評価試験、実車試験により、基本特性、信頼性、寿命性能を維持できた。

今回、MT電池の浮動充電時における減液特性を従来品に比べ大幅に改善することが確認できた。そして改善1は2000年9月に、更に改善2を2001年10月に商品化した。

MTシリーズは開発から約3年経過したが、車両メーカー及び電鉄各社に数多くの納入実績をあげることができ、今回改善したMTシリーズはさらに満足して使用していただけるものと確信している。

今後も市場ニーズにマッチする車両用蓄電池を改善・開発を進めていく所存である。

謝辞

おわりに、MTシリーズは各納入先での実車試験等において、貴重なフィールドデータを蓄積することができたものであり、データ取得に御協力を頂いた各納入先の関係各位に謝意を表します。

(参考文献)

- 1) 富田行雄, 石川幸嗣, 鈴木孝光, 小野秀伸「鉄道車両用低保守タイプMT形アルカリ蓄電池の開発」, テクニカルニュース, No.55, p.5-10 (2000.1.1)