

配電工事高所作業車用ニッケル・水素電源システムの開発

Development of a Ni-MH Energy Storage System of Aerial Lift Vehicles for Construction of Electrical Distribution Lines

江黒高志 *
Takashi Eguro

白井隆 *
Takashi Shirai

Abstract

Following the initial stage of development works for environment-friendly aerial lift vehicle reported in 1998, Ni-MH energy storage system was constructed and vehicle tests were successfully conducted, resulting in the commercial utilization in 2001. The system included Ni-MH battery pack of 95Ah-48V in 2parallel series, active air cooling and charge controlling functions. In addition to the freeness from noise and exhaust gas which were inherent to conventional ICE-driven system, Ni-MH system showed the compact design due to its specific energy in volume and over 3 times of operation time length even in winter season due to its low temperature performance in comparison to lead acid battery system.

1. はじめに

既報¹⁾で報告したように東北電力株式会社殿、株式会社アイチコーポレーション殿と弊社は、96年度から高性能なニッケル・水素電池を搭載した配電工事用高所作業車の開発に取り組んできた。

配電工事用高所作業車の作業用ユニットは、環境対応として排気ガスや騒音を低減するため、従来のエンジン式から鉛電池を動力源とする電池式へ転換が進んでいるが、鉛電池式作業用ユニットは、1) エンジン式に比べて作業時間が短い、2) 蓄電池の定期的メンテナンスが必要、といった問題があった。

97年度に完成したニッケル・水素電源システム搭載型研究試作車両 U463-03(以下 U463 型車両という)は、各種作動性能試験において従来の鉛電池搭載型車両を大きく上回る作業性能を有することを確認した¹⁾⁴⁾。

その後、U463 型車両によるフィールドテストを実施し、実作業における様々な課題抽出と解決を図った。

これらの開発成果を基に 98 年度から高所作業車の実用化に向けた取組みを進め、01 年に実用化に至った。本報では既報¹⁾に続き、配電工事高所作業車用

ニッケル・水素電源システムの実用化に向けた取組み内容について、その概要と実施例を述べる。

2. 開発内容

2.1 車両

実用化に向けて試作したニッケル・水素電源システム搭載型高所作業車 U488-02(以下 U488 型車両という)の主要諸元を U463 型車両型と比較して表 1 に示す。また U488 型車両の車両外観を図 1 に、搭載したニッケル・水素電池の主要諸元を表 2 に示す。ニッケル・水素電池は電気自動車用に市場で広く用いられている電池を使用し評価を行なった。

実用化にあたって、搭載車両として U488 型車両が選択された理由は、表 1 に示すように U488 型車両は先に試作した U463 型車両に比べて小型であるため、鉛電池では搭載可能な電池容量が少なく、必要な作業時間が確保できない、工具などの積載スペースが狭いといった問題があり、ほとんど電池式が普及していないことから、ニッケル・水素電池の利点(小型軽量)を最も効果的に活用できるからである。

* LE チーム

表 1 ニッケル・水素電源システム搭載型配電作業車主要諸元

Table.1 Specification of aerial lift vehicle for the construction of electrical distribution lines equipped with Ni-MH energy storage system

型式		U463-03	U488-02	
車両諸元	名称・種類	総合配電作業用高所作業車	活線引き込み用高所作業車	
	寸法	長さ [mm]	5,780	4,920
		幅 [mm]	1,900	1,740
		高さ [mm]	3,290	2,820
質量	総質量 [kg]	7,230	6,330	
	最大積載質量 [kg]	400	250	
ユニット	バケット	最大地上高さ [m]	15.0	10.6
		最大作業半径 [m]	11.0	6.9
		最大積載荷重 [kg]	250	200
		最大吊上げ荷重 [kg]	490	—

表 2 U488 型高所作業車用電池諸元

Table.2 Specification of battery for the type U488 aerial lift vehicle for the construction of electrical distribution lines

種類	ニッケル・水素電池	鉛電池
公称電圧	48V	48V
定格容量	190Ah / 5HR	160Ah / 5HR
モジュール電池の定格 *1	12V-95Ah	12V-160Ah
組電池構成	2 並列 × 4 モジュール直列	4 モジュール直列
モジュール電池の寸法 [mm]	116W × 388L × 175H	220W × 505L × 210H
モジュール電池の質量 [kg]	19	57
組電池容積 *2 [l]	63	93
組電池質量 *2 [kg]	152	228

*1: 蓄電池を構成する単位電池。

*2: 組電池収納箱や付属品は除く。



図 1 ニッケル・水素電源システム搭載型高所作業車 U488-02

Fig.1 Aerial lift vehicle for the construction of distribution lines with Ni-MH energy storage system

2.2 電源システムの構成

開発した電源システムは組電池、充電器、電池管理装置、空冷システムから構成されている。以下に電源システムの主要な開発内容について述べる。

2.2.1 組電池

前述したように U488 型は U463 型に比べて電池搭載スペースの余裕が少なく、電池は車両後部の荷台に搭載されている。

表 2 には、既製の配電高所作業車に使用されている鉛電池の諸元も比較のために記載してある。鉛電池を用いた場合、高さが高いため荷台上部に突出してしまい、工具などの積載に不都合が生じていた。

一方、ニッケル・水素電池を用いた場合は高さが低く荷台下にコンパクトに収納することが可能で、工具積載の利便性を図ることができた。図 2 に示すように荷台の下にニッケル・水素電池が搭載され、外観からは電池式には見えない。組電池は、定格 12V-95Ah のモジュールを 4 個直列接続し、さらにこれを 2 並列に接続した 48V-190Ah の組電池構成とした。

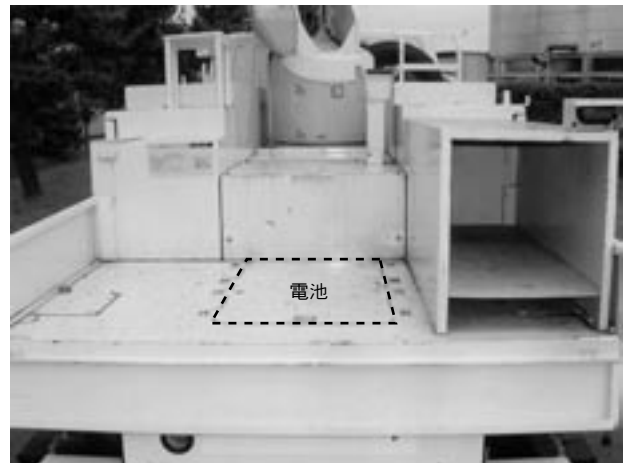


図 2 ニッケル・水素電源システム搭載型高所作業車 U488-02 (荷台)

Fig.2 Aerial lift vehicle for the construction of distribution lines (carrier)

2.2.2 並列電池の管理

開発した電源システムの特徴のひとつに、4 直列のモジュールの 2 並列化があり、この並列接続モジュールの管理が重要な開発アイテムの一つであった。

そこで、2 つのモジュールを並列に接続し、一方

のモジュールを加速劣化させた場合に生ずるそれぞれのモジュールの充放電電流や温度挙動の違いを調べた。

A, B2つのモジュールの空冷条件を変えて温度環境を変えた並列接続サイクル寿命試験における容量の推移を図3に示す。

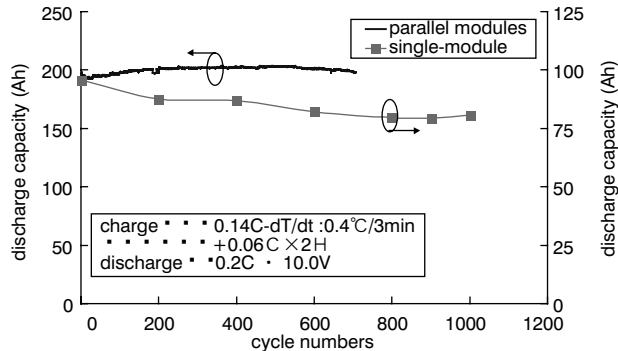


図3 空冷条件の異なる並列接続モジュールと単独モジュールのサイクル寿命試験
Fig.3 Cycle life test of the module in parallel connection under different air-cooling conditions (in comparison with the single module)

図3からサイクル中の容量の推移は比較的良好であることがわかる。図3には、比較のため、温度の高いモジュールAと同程度の温度(35°C)で行った

単独モジュールのサイクル寿命試験の結果を併記したが、単独モジュールの場合はサイクル中の容量低下がやや大きい。このことから、並列接続することによって仮に一方のモジュール(この場合はA)が性能劣化しても、他方の劣化の小さいモジュール(この場合はB)が性能を補うため、全体としては大きな劣化とはならないことが判る。

図4に並列接続サイクル試験の277サイクル目と695サイクル目の電池温度と充放電電流の挙動を示す。277サイクル目におけるA, Bの2つモジュールの充電電流挙動はほとんど同一である。放電電流は多少変動しているが、放電容量は両者共にほぼ同じ(約102.5Ah)である。

一方、695サイクル目では、A, B2つのモジュールの充放電電流の変動が大きくなり、放電容量にも差が生じている。

この時、モジュールAとBの温度差は、277サイクル目と695サイクル目とではほとんど同じであり、温度から性能劣化を検知することは難しい。一方、電流挙動の相違は顕著であり、特に充電時の電流挙動は277サイクル目と695サイクル目とでは明らかに異なる。

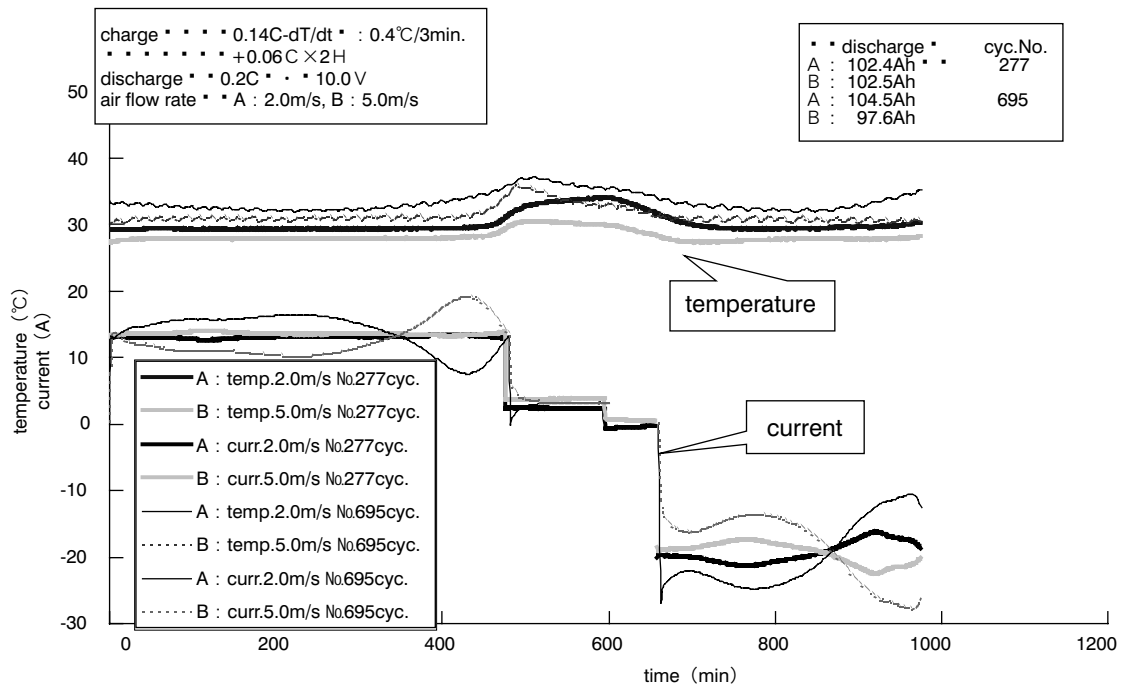


図4 空冷条件の異なる並列接続モジュールサイクル寿命試験(温度と電流の挙動)
Fig.4 Cycle life test of the module in parallel connection under different air-cooling conditions (behavior of temperature and current)

よって、この2 並列接続したモジュールの充電電流挙動の変化を把握することで電池の劣化を検知することが可能であり、開発した電池システムの電池管理装置の寿命検知機能に利用することとした。

2.2.3 空冷システム

今回試作した車両では、後部荷台下に電池が一段積みに収納され、かつ組電池の上部に冷却ファンが配置され、冷却風を供給する構造となっている。しかし、組電池上部は配線類などがあることから、冷却風を組電池下部に導入し、下から各モジュールのセル間に送風する空冷経路設計を行ったが、空冷経路の圧損が大きく、一方、使用する冷却ファンは設置スペースの制限から容易に風量アップはできないことから、空冷均一化設計が必要となった。

モジュール電池の配置図と送風経路を図5に示す。組電池を専用充電器で充電した際のセル間風速分布を3次元的に図6, 7に示す。図6は風向調整処置無し、図7は風向調整処置有りの場合の測定結果である。

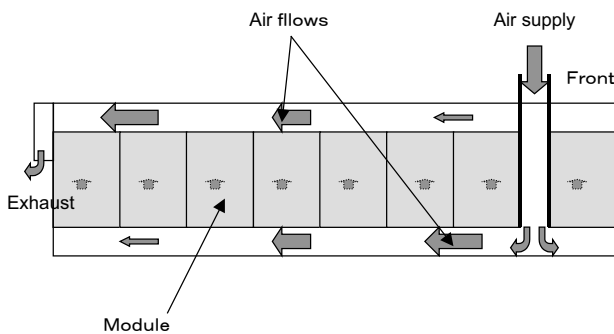


図5 組電池送風経路
Fig.5 Air flows in the battery pack

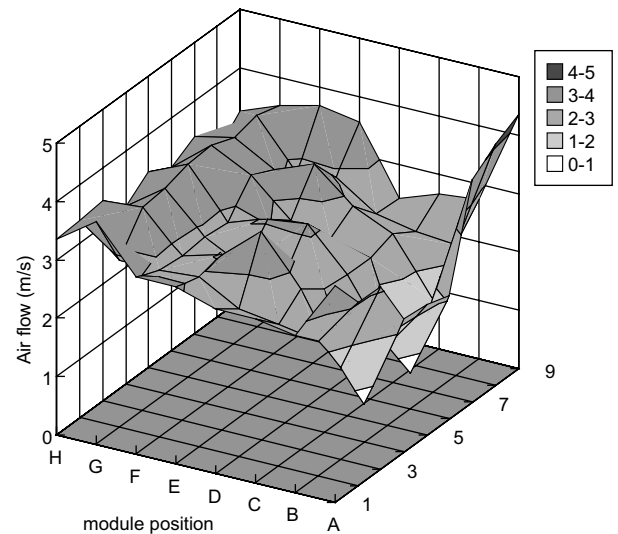


図6 風向調整していない組電池の充電末期風速分布
Fig.6 Air flow distribution of the Ni-MH battery pack, without wind-direction adjustment

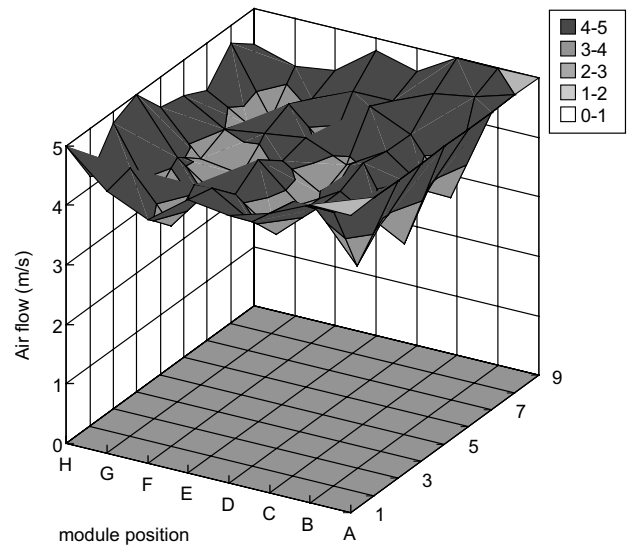


図7 風向調整している組電池の風量分布
Fig.7 Air flow distribution of the Ni-MH battery pack, with wind-direction adjustment

図6のように風向調整を行わない場合、各電池へ送風される風量は不均一が生じた。このことは電池間に温度不均一が生じ充電効率のばらつきをもたらすため、好ましくない。

そこで、収納箱底面の送風経路に風向調整機能を持たせ各電池へ送風される風量の均一化を図った。その結果、図7のように各セル間の空冷風速分布をかなり均一化することができた。

3. 実車評価

開発した U488 型車両は、(株) アイチコーポレーション殿によって車両の基本性能試験が行われた。また、東北電力(株) 仙台南営業所殿と米沢営業所殿においてフィールドテストが行われた。

3.1 基本性能試験

基本性能の確認を行った基準作動パターン試験結果を表 3 に示す。この試験では鉛電池との比較を行うため、160Ah のニッケル・水素電池と鉛電池 (EB160) とを用いて行った。基準作動パターンとは、バケットの昇降・伸縮など、バケットの基本動作を評価するための基準パターンで、各基準パターン動作時の負荷電流は 120 ~ 200A、時間は 0.5 ~ 約 1 分である。

表 3 U488-02 基本性能試験結果
Table.3 Results of standard performance tests of U488-02

	Ni-MH	Pb-acid
定格容量	160Ah	160Ah
作業時間	約 5.3h	約 1.7h
放電容量	177.69Ah	69.37Ah
周囲温度	-6.0℃	-3.1℃

冬季に行われた基準作動パターン試験で、ニッケル・水素電池駆動の場合は、鉛電池駆動の場合の約 3 倍の作業時間を得ることができた。これは、鉛電池は 0℃において今回のような負荷電流 (120 ~ 200A) では、放電容量が 25℃の半分以下に低下するのに対し、ニッケル・水素電池は 0℃においても 25℃とほとんど差の無い放電容量が得られるためである。

以上の試験結果から、ニッケル・水素電源システムを搭載した U488 型車両は、鉛電池駆動の場合の課題である冬季の性能低下がほとんどなく、年間を通して安定した作業性を実現できることを確認した。

3.2 フィールドテスト

東北電力(株) 仙台南営業所殿、米沢営業所殿におけるフィールドテストの結果を表 4 に示す。

表 4 U488-02 フィールドテスト結果
Table. 4 Results of the field tests in practical use of U488-02

	仙台南営業所	米沢営業所
試験期間	H11.4 ~ H12.2	H12.9 ~ H12.12
稼働日数	72 日	22 日
平均使用容量	38Ah	42Ah
最大使用容量	125Ah	110Ah

U488 の 1 日当たりの電池使用量は平均 30 ~ 40Ah、最大 120Ah であり、搭載電池の容量は十分に余裕がある。鉛電池駆動の場合には、3.1 項の基本性能試験において冬季においては 70Ah しか得られなかったことから、作業に支障をきたすことが予想される。

4. まとめ

今回開発した配電工事高所作業車用ニッケル・水素電源システムの特長を以下にまとめる。

① 電池の積載条件の厳しい中型車両である U488 型活線引き込み作業用高所作業車において、ニッケル・水素電池はその容積効率の良さを生かし、工具などの積載スペースをほとんど減じること無く、荷台下にコンパクトに収納することができた。

② 4 直列モジュールを 2 並列とする構造では、仮に一方の 4 直列モジュールに性能劣化が生じた場合でも、他方の 4 直列モジュールがより多くの負荷を負担し、組電池の寿命延命が図られる。また、4 直列モジュールの電流挙動を監視することで寿命劣化を検知できる電池管理システムを構成した。

③ 空冷経路設計の最適化により、組電池の均一な空冷が可能となった。

④ ニッケル・水素電池は、鉛電池に比較して低温性能が優れているため、冬季において従来の鉛電池搭載型の約 3 倍の作業が可能となることを確認した。

⑤ フィールドテストにおいてニッケル・水素電源システム搭載型配電工事高所作業車は、十分な作業時間を得ることができた。

⑥ 開発した U488 型ニッケル・水素電源システム搭載型配電工事高所作業車は、主に住宅地における活線引き込み作業を主体としていることから、住宅地における騒音、排気ガスなどの環境問題防止に期待ができる。

謝辞

本共同研究を遂行するにあたり、多大なご協力とご教示を頂いた(株)北日本アイチ殿,東北電力(株)仙台南営業所殿,並びに米沢営業所殿に、深く感謝いたします。

(参考文献)

- 1) 江黒高志：“ニッケル・水素電池搭載の配電工事用高所作業車の開発”，FB テクニカルニュース，No.53，1 (1998)
- 2) 永野貢，佐藤文夫，小山 健，田沢秀徳：電機現場技術，37 6月，26 (1998)
- 3) 佐藤文夫，小山 健，永野貢，齊藤清隆，大平彰彦，江黒高志：平成 11 年度電気関係学会東北支部連合大会講演論文集，262 (1999)
- 4) 永野貢：『まてりあ』，41，82 (2002)