

# Ni-MH 電池の大型化に適した新規電池構造の開発と性能実証

西村 和也 (川崎重工業株式会社 ギガセル電池センター, nishimura\_kazuya@khi.co.jp)

高崎 智昭 (川崎重工業株式会社 ギガセル電池センター, takasaki\_t@khi.co.jp)

境 哲男 (独立行政法人産業技術総合研究所 コピキタスエネルギー研究部門, sakai-tetsuo@aist.go.jp)

## Development of Ni-MH battery with a new structure suitable for scaling-up and verification test

Kazuya Nishimura (GIGACELL Battery Center, Kawasaki Heavy Industries, Ltd., Japan)

Tomoaki Takasaki (GIGACELL Battery Center, Kawasaki Heavy Industries, Ltd., Japan)

Tetsuo Sakai (Research Institute for Ubiquitous Energy Devices, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan)

### 要約

大容量の産業用電池として安全性の高いニッケル水素電池が検討されているが、従来構造である集電タブのある捲回式電池を大型化すると発熱が多くなり現実的ではない。そこで、筆者らは、高容量化と高出力化、低コスト化を実現できる新規電池構造として、電極と集電体は溶接せず接触のみで導通を保持しつつ、多数の電極を大面積の金属板で集電する方式を提案した。この電池構造の有用性を確認するために、0.77 Ah×単セル (1 Wh)、141 Ah×30セル (5 kWh)、1,200 Ah×10セル (14 kWh) と電池の大型化を行い、電池を大型化しても内部抵抗は一定の値を示すことを確認し、新規電池構造は大型化に適した電池構造であることを確認した。

### キーワード

電池構造, 大型化, 大容量化, 内部抵抗, 発熱

### 1. はじめに

産業革命以降、人類は化石燃料から電気エネルギーを得る方法を発明した。近代工業化による大量生産・大量消費、IT技術の発達による情報化社会への移行によって、電気エネルギーの消費量は加速度的に増大している。これに伴い、化石燃料の枯渇、大気汚染や地球温暖化といった環境問題も浮上している。

グリーンニューディール政策の世界展開によって、わが国でも代替エネルギーや省エネルギーなどの新しい技術に大きな関心が集まっている (Sakai, 2010)。今後は、太陽光や風力など、再生可能エネルギーの発電に占める割合が増大すると考えられる。また、自動車のみならず、電車などの公共交通機関においても、蓄電デバイスを用いた省エネルギー化が盛んに進められている (Nishimura and Tsutsumi, 2007; Tsutsumi, 2008; Tsutsumi and Matsumura, 2009; Yamazaki et al., 2010; Ogura et al., 2010)。

石油代替エネルギーの普及や省エネルギー化を進める上でのキーテクノロジーの一つが蓄電デバイスである。特に、発電や公共交通機関の負荷変動を吸収するためには、高出力で大容量な蓄電池が不可欠である。この要求に応じるためには、ニッケル水素電池のように安全性が高く、高出力で高エネルギー密度な蓄電池について、さらなる耐久性確保が必要と考える。

産業用途では、大容量を得るためにセル容量を大きくし、また、高電圧を得るために複数のセルを直列積層して用いる。1,000 A程度の大電流で充放電すると大量のジュール熱が発生するため、効率的に排熱しないと電池温度が上昇し、電池寿命が短くなる。これが、10～15年の長期耐久性を要求される産業用途での大きな課題となっている。

従来の電池構造では、電極に金属タブを溶接して、集電端子を取り出す方法が一般的である。この方法では、電極を大型化すると、タブから離れた部分では分極が大きくなり抵抗が増大する。一方、電極数を増やすと、溶接箇所が増大して、工程管理やコスト増大につながる。

筆者らは、高容量化と高出力化、低コスト化を実現できる新規電池構造として、電極と集電体は溶接せず接触のみで導通を保持しつつ、多数の電極を大面積の金属板で集電する方式を提案した。この電池構造の有用性を確認するために、0.77 Ah×単セル (1 Wh)、141 Ah×30セル (5 kWh)、1,200 Ah×10セル (14 kWh) と電池の大型化を行い、電池性能の評価を行ったので報告する。

### 2. 実験

図1に新構造電池単セルの概念図を示す。プリーツ加工したセパレータに短冊状正極板と短冊状負極板を交互に装填

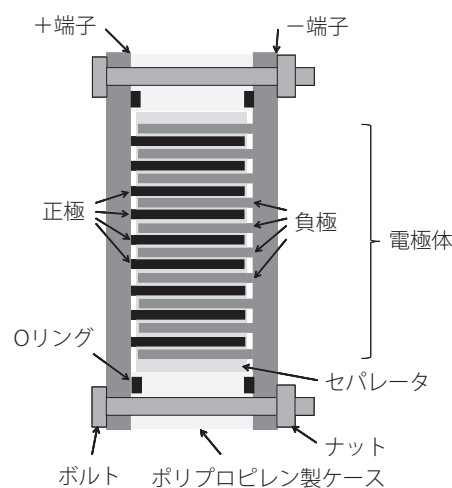


図1: ギガセル構造セルの概念図

表1：各電池容量の電極寸法と装填枚数

電池名称	電池容量(Ah)	電極サイズ	装填枚数		積層数	電力量(kWh)
			正極	負極		
a	0.77	29 × 60 mm	3枚	4枚	1	0.0009
b	141	29 × 230 mm	150枚	151枚	30	5.1
c	1200	29 × 230 mm	1200枚	1208枚	10	14.4

し、同じ極性の極板は同じ面にして電極体とする。この電極体をポリプロピレン製のセル枠にはめ込み、次いで、正極側と負極側にそれぞれニッケルメッキを施した鋼板を配置し集電体とする。電極と集電体の接触を保持するため、集電体外側に固定板を配置し、電極体を圧縮する方向に固定した構造である。この構成では、電極と鋼板は溶接されておらず、押しつけ力だけで集電する構造となっており、大容量化した際でも容易に製造可能な構造とした。この溶接せず接触のみの新集電方式をギガセル構造と称し、これによって得た電池をギガセル型電池と称する。

正極は、水酸化ニッケル粉末を導電助剤とバインダーを混合したスラリーを発泡状ニッケルに充填する方法で作製した。すなわち、水酸化ニッケル(100 wt%) に対して、5 wt%の炭素粉末(CB)と5 wt%のエチレンビニルアセテート(EVA)と、キシレン20%を混合しスラリーとし、発泡ニッケルに含浸した後、乾燥、プレスすることで、厚さ0.35 mmのシート状電極とした。得られたシート状電極は230 mm長さで29 mm幅に裁断し、短冊状電極とした。

負極は合金粉末を導電助剤やバインダーと混合したスラリーをパンチングメタルに塗布する方法で作製した。すなわち、水素吸蔵合金として5元系(MmNi<sub>3.7</sub>Co<sub>0.7</sub>Mn<sub>0.3</sub>Al<sub>0.3</sub>)水素吸蔵合金(100 wt%) に対して、増粘剤としてカルボキシルメチルセルローズ(0.2 wt%)、バインダーとしてスチレンブタジエンゴム(0.5 wt%)を用いて水性スラリーとし、パンチングメタルに塗布、乾燥およびプレス処理によって厚さ0.35 mmのシート状電極とした。得られたシート状電極は230 mm長さで29 mm幅に裁断し、短冊状電極とした。

負極(N)と正極(P)の容量比(N/P)は3.7(合金容量を300

mAh/gとして正極の3.7倍)としてある。電解液は4.8 N-KOH、1.2 N-NaOHの2元系とし、セパレータは親水化処理したポリプロピレン製不織布を用いブリーツ状セパレータとした。

表1に各電池の仕様を示す。

図2にギガセル構造電池の大型化概念図を示す。30積層電池、10積層電池に関しては、バイポーラ構造とし、セルとセルの間に放熱板としてアルミ製多孔管を配置し、ファンによる強制空冷構造とした。

図3に各電池の外観を示す。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 0.77Ah × 単セル電池の評価

図4に0.77 Ah単セル電池の0.5 C-1.5 Cにおける放電曲線を表す。1 C (= 0.77 A)の電流で定格容量である0.77 Ahまで充電を行った後、各レートで放電を行った。1.5 C (= 1.155 A)放電時にも約1.2 Vの放電電圧と0.7 Ah以上の放電容量が観測された。

図5に、放電開始後10秒の電流値と電圧値のプロットを示す。この傾きから電池の内部抵抗は31.6 mΩと算出できる。

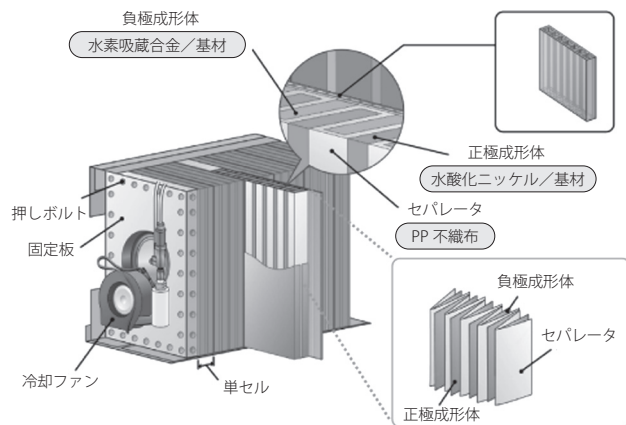
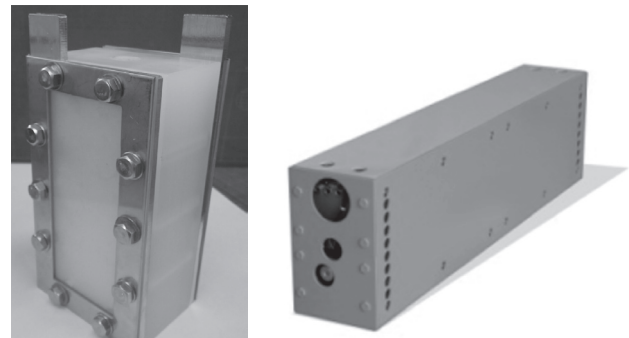
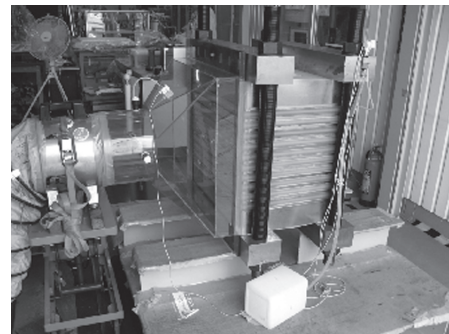


図2：ギガセル構造の概念図



(a) 0.77 Ah × 単セル

(b) 141 Ah × 30セル



(c) 1,200 Ah × 10セル

図3：各電池の外観

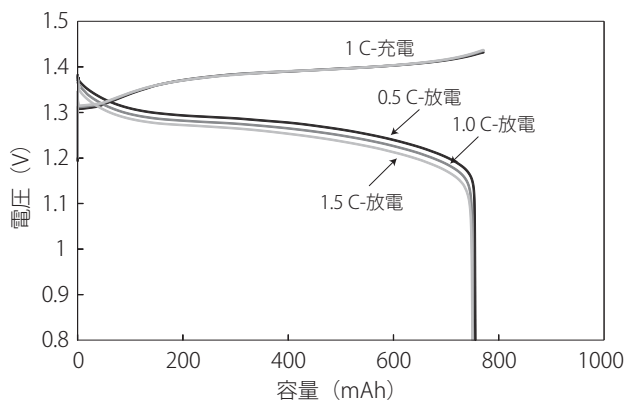


図4：0.77 Ah×単セルの充放電特性

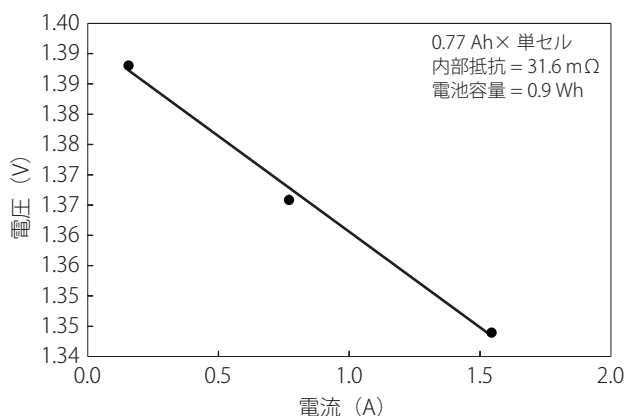


図5：0.77 Ah単セルの放電開始後10秒の電流と電圧の関係

図6に、電池容量を約2倍に大きくした1.3 Ah×単セルのサイクル試験結果を示す。2C充電で1.3 Ahまで充電し、2Cにて0.8Vまで放電した。サイクル初期から、Ah効率(放電量/充電量)は99%以上であり、1,000サイクルくらいまで保持された。1,000サイクル以降から徐々に効率が低下し始め、1,900サイクルにて約85%まで低下した。

### 3.2 141 Ah × 30 セル積層電池の評価

図7には141 Ah × 30積層電池の充放電グラフを示す。0.2C (= 28.2 A) の電流で定格容量である141 Ahまで充電を行った

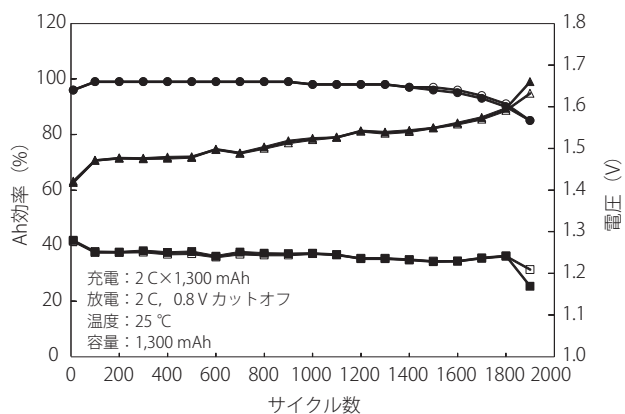


図6：1.3 Ah単セルのサイクル試験結果

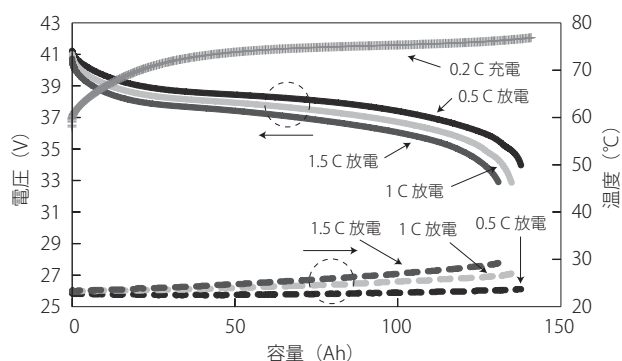


図7：141 Ah×30積層電池の充放電特性

後、各レートで放電を行った。1.5C (= 211.5 A) 放電時にも約1.2Vの放電電圧と130 Ah以上の放電容量が観測され、温度上昇は約8℃であった。

図8に放電開始後10秒の電圧値と電流値のプロットを示す。この直線の傾きから内部抵抗は6.1 mΩと算出できる。

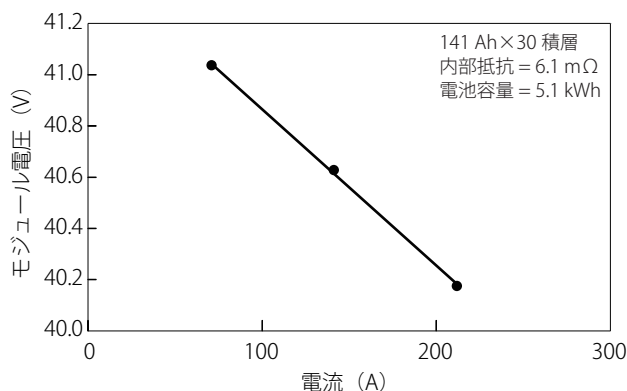


図8：141 Ah×30積層電池の放電開始後10秒の電流と電圧の関係

### 3.3 1,200 Ah × 10 積層電池の評価

図9に同電池の0.5-1.5Cにおける放電曲線を表す。0.2C (= 240 A) の電流で定格容量である1,200 Ahまで充電を行った後、各レートで放電を行ったところ、1.5C (= 1,800 A) 放電時でも約1.24Vの放電電圧と1,100 Ah以上の放電容量が観測され、温度上昇は約5℃であった。

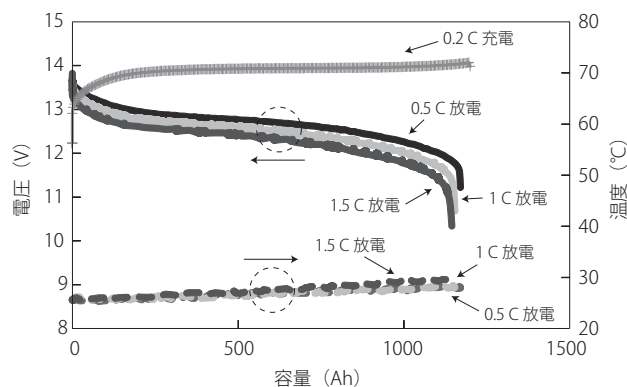


図9：1,200 Ah×10積層電池の充放電特性

図10に放電開始後10秒の電圧値と電流値のプロットを示す。この傾きから内部抵抗は0.25 mΩと算出できる。

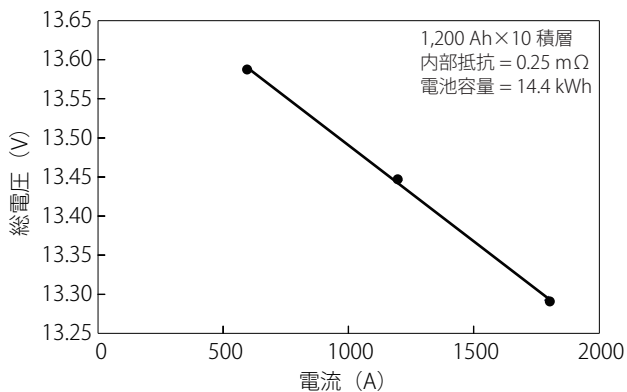


図10：1,200 Ah × 10積層電池の放電開始後10秒の電流と電圧の関係

### 3.4 各電池の比較

電池容量や積層数が異なる電池の内部抵抗値の大きさを直接比較するために、抵抗値を規格化してmΩ・Ah/セルとした。

図11に各電池の電池容量と内部抵抗を示す。電池容量が大きくなっても内部抵抗は同程度の値を示し、大型化しても内部抵抗の増大はほとんどないことが分かった。

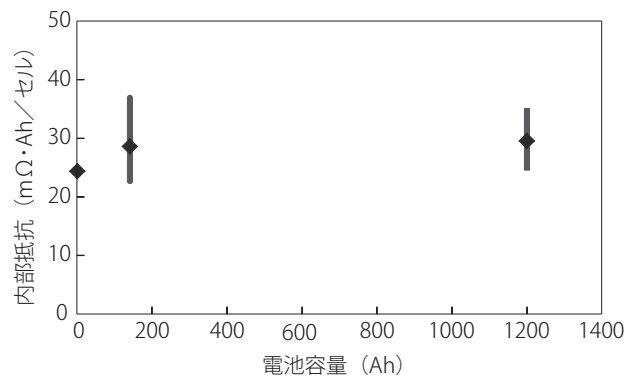


図11：電池容量と内部抵抗の関係

図12に141 Ah及び1,200 Ah積層電池における各セルの内部抵抗のバラツキを示す。141 Ah × 30積層電池では30 mΩ Ah ± 7 mΩ Ah、1,200 Ah × 10積層電池では30 mΩ Ah ± 5 mΩ Ahであり、大型化してもセル間のバラツキを少なくできることが分かる。

以上より、ギガセル構造の電池は、電極と集電体が溶接によらず接触のみの構造としているが、大容量化しても内部抵抗の増大がなく、温度上昇も少ないことが実証できた。

### 4. まとめ

電池を大容量化するには発熱を極力抑える必要がある。ニッケル水素電池において、電池の内部抵抗を低減する新たな手法を見いだした。溶接によらず接触のみで集電するギガセルと名付けた構造にすることで、電池を大容量化しても内

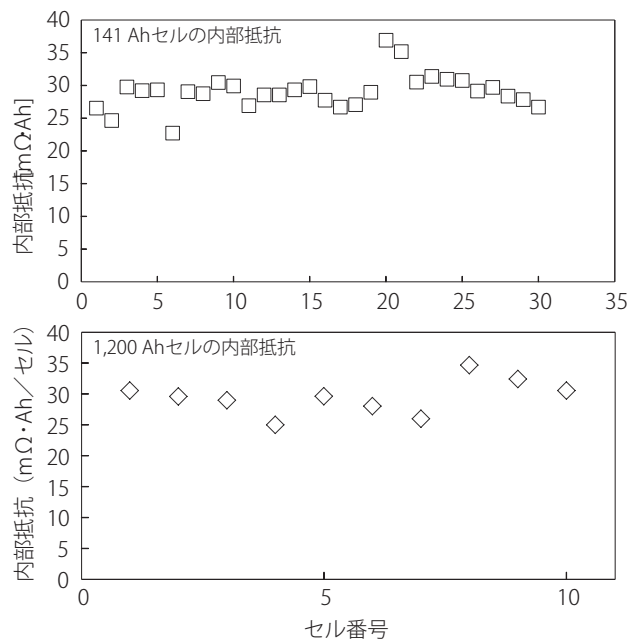


図12：各電池容量での再現性確認

部抵抗は一定の値を示すことを確認した。また、ファンによる強制空冷とすることで、電池の温度上昇が小さい電池となった。性能試験によって、このギガセル構造は大型電池に適した電池構造であることを確認した。なお、現在商品化しているギガセルは改良を重ね、セル内部抵抗のバラツキは解消している。

### 引用文献

- Nishimura, K. and Tsutsumi, K. (2007). A wet synthesis sealing up battery. *Powder Science and Engineering*, Vol. 39, No. 7, 1-6.
- Ogura, K., Matsumura, T., Tonda, C., Nishimura, K. and Kataoka, M. (2010). Effective utilization of energy from train regenerative braking: Battery power system for railways. *Kawasaki Technical Review*, Vol. 170, 24-27.
- Sakai, T. (2010). The role of battery technologies for reducing carbon dioxide emission. *Funtai Gijutsu*, Vol. 2, 17-24.
- Tsutsumi, K. (2008). The latest energy saving technology development on railway system. *Journal of the Japan Institute of Energy*, Vol. 87, No. 7, 506-509.
- Tsutsumi, K. and Matsumura, T. (2009). Revolution in storage battery technology and adoption by electric railways. *Science & Technology in Japan*, Vol. 26, 21-24.
- Yamazaki, H., Akiyama, S., Hirashima, T., Kataoka, M. and Matsuo, K. (2010). Urban transportation that is friendly for people and the environment: SWIMO-X Low-floor battery-driven light rail vehicle. *Kawasaki Technical Review*. Vol. 170, 16-19.

(受稿：2013年9月10日 受理：2013年10月4日)