

# 次世代無線監視装置 (Gen.2)

## Next Generation Wireless Battery Monitoring System (Gen.2)

向谷 一郎 *Ichiro Mukaitani*

開発統括本部 電池技術開発センター 産業電池開発部

工藤 彰彦 *Akihiko Kudoh* 宮本 良雄 *Yoshio Miyamoto*

開発統括本部 電池技術開発センター システム開発部

早田 幸嗣 *Koji Hayata* 上城 貴嗣 *Takashi Kamijo*

エネルギー事業本部 産業電池システム事業部

### 1 概要

バックアップ用に使用される鉛蓄電池は、携帯電話の基地局などの通信機器をはじめ、UPS\*に数多く採用されており、特にデータセンターなどの信頼性が高く大規模なサイトに使用される場合が増えている。近年、データセンターはさらに大形化が進んでおり、使用される蓄電池の点検は、人手ではなく自動計測化が望まれている。当社は、鉛蓄電池を自動計測する無線監視装置 (Gen.1) を上市済で、改良を加えた次世代の監視装置 (Gen.2) を現在開発中である。今回、この監視装置について紹介する。

\*UPS: Uninterruptible Power Supply 無停電電源装置を示し、日本では一般的に交流出力のものを示す。

The lead acid battery used for backup use is adopted in communications equipment for the use of UPS, such as cell phone base station. The UPS needs are especially growing for the use in large scale sites requiring high reliability, as in data centers, which are increasing their size continuously. On the other hand, the lead storage battery of the staff and the maintenance of the automation to measure were expected very much. Therefore, we develop a monitoring system in the next generation called Gen.2 in substitution for the system which was developed before being called Gen.1. This paper takes a flow and next generation monitoring system called Gen.2.

### 2 新製品 (Gen.2) の特長

- 蓄電池に設置した子機で蓄電池の電圧・インピーダンスおよび(近傍の)温度を自動計測し、無線で親機にデータを通信し、そこからクラウドサーバにデータを送信して、クラウドサーバ上で蓄電池の状態を監視する構成を基本オプションとした。ただし、一部の顧客ではセキュリティの関係上外部との通信が制限される場合がある。そのような場合を想定し、Gen.1と同様にオプションで上位PCを設置して運用することも可能なオプションの構成とした。
- 親機で複数のアンテナを切り替えて通信する機能と通信異常時の周波数変更機能を組み入れ、親機と子機間の無線通信の信頼性を向上させた。
- 通常の内抵抗の他に低い周波数でのインピーダンスを測定し、放電特性の容量推定等状態検知の機能を高めることができる構成とした。
- 電池電圧を均等化し、蓄電池の状態を安定化させるバランス機能が可能構成とした。

### 3 開発の背景

バックアップ用の産業用鉛蓄電池は、固定電話、携帯電話の通信基地局から、基幹ネットワークの通信インフラ、発電所・ビルの直流電源、データセンターの給電まで多岐に渡って使用されている<sup>1)2)</sup>。特にe-shopping(インターネットビジネス)の普及、取引の電子化・グローバル化、スマホの普及<sup>3)</sup>による通信容量の増加に伴いデータセンターが大規模化しており、蓄電池のさらなる高信頼性が望まれている。また、通信・電力などの社会インフラに使用される設備では、バックアップ電源として使用されている蓄電池が正常な状態であるか、災害が起きたときに使用可否を遠隔地から確認する手段が必要とされている。その蓄電池の異常を検知する手段としては、蓄電池の温度、電圧および内部抵抗の測定による傾向管理が一般的に用いられている。また、従来の人手による測定から自動測定による状態監視の要求も大きい。さらに蓄電池設備の更新にはコスト・時間が掛かる、更新時期を適切に知る必要がある。そこで当社ではGen.1の無線監視装置で、大規模な蓄電池設備へ自動測定を適用し、設置工事の軽減・ハーネスの簡素化とハーネス接触による絶縁破壊の回避など安全を配慮した自動測定と、カレンダーによる更新時期表示機能の対応をした。さらに近年普及してきたIoTへの対応を考慮して複数の設置拠点のデータを遠隔監視とするために、クラウドサーバを用いて常時遠隔監視を前提としたGen.2を開発することにした。また、Gen.1で対応できない単セル測定の対応と通信の信頼性向上も図ることにした。

## 4 技術内容

図1にバックアップ用途電池の使用期間と内部抵抗およびトリクル電流変化の一例を示す。この図に示されるように、鉛蓄電池は寿命期を超えて使用すると、内部抵抗・トリクル電流は使用開始と共に低下した後徐々に上昇する期間を経た後、急激に上昇する。この状態でさらに使用を継続すると、発熱・発煙などの可能性がある<sup>4)</sup>。そのため、急激に上昇する現象を捉え、更新時期をアナウンスするなどの適切な管理が必要である。なお、使用期間の相対比率は設計寿命を100%としたときの相対値である。

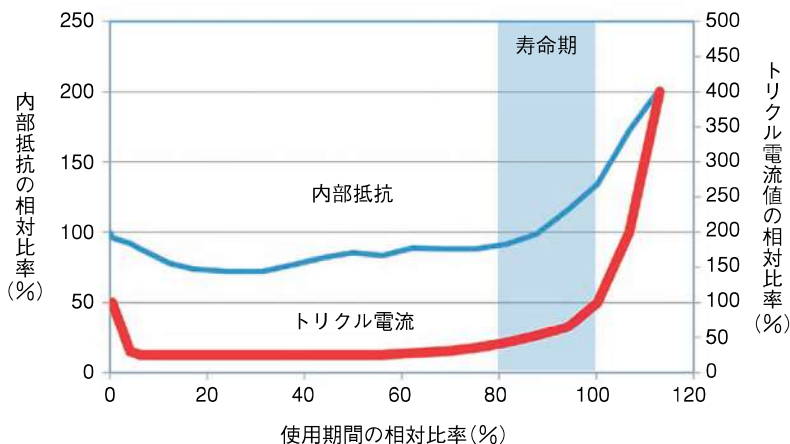


図1 バックアップ用途電池の使用期間とトリクル電流および内部抵抗の関係例

Figure 1 Typical characteristics diagram of impedance and trickle current

Gen.1およびGen.2無線監視装置では、使用期間によって標準の更新時期をアナウンスするとともに、常時監視された蓄電池の電圧・温度および内部抵抗を傾向管理し蓄電池の健全性を確認している。

図2にGen.2のシステム構成図を、表1にシステム仕様を示す。

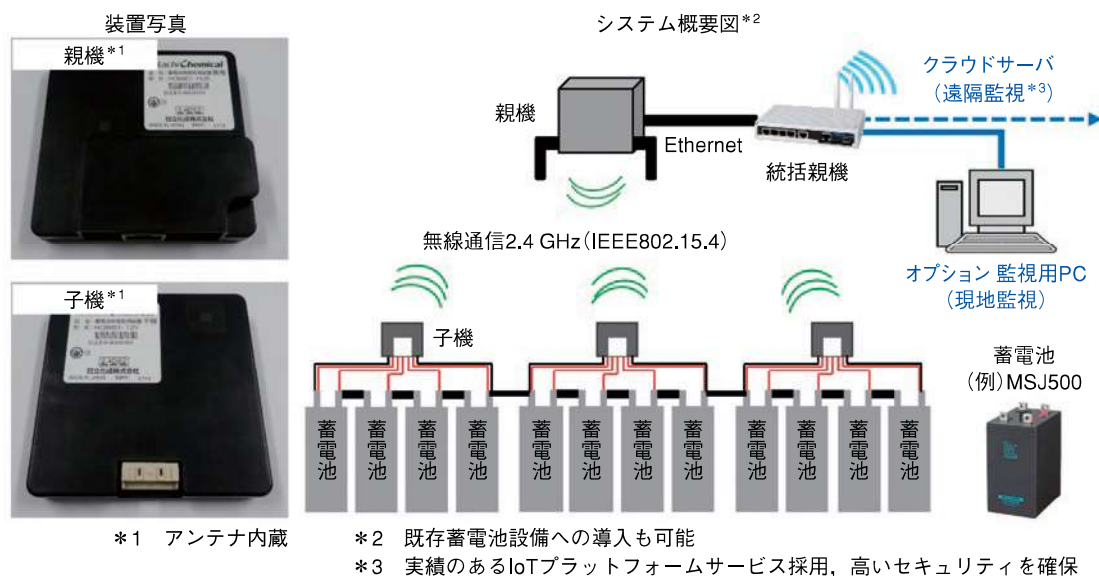


図2 Gen.2無線監視システムの構成図

Figure 2 Equipment configuration of wireless monitoring system of storage batteries states

表1にGen.2のシステムの仕様を示す。

表1 Gen.2システム仕様  
Table 1 Specification of the developed system

| 項目                        | 内容                           |                             |                 |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| 構成装置                      | 基本構成                         | 親機, 子機, 統括親機                |                 |
|                           | オプション                        | クラウドサーバ, 上位コントローラ           |                 |
| 無線通信方式                    | IEEE802.15.4 (2.4GHz)        |                             |                 |
| 対応電池                      | モノブロックタイプ                    | 12V系                        | UP, HSE/MSE/MSJ |
|                           |                              | 6V系                         | HSE/MSE/MSJ     |
|                           | 単セルタイプ                       | 2V系                         | MSE/MSJ MU系     |
| 監視可能電池個数<br>(統括親機 1 台当たり) | モノブロックタイプ<br>(6V/12Vタイプ)     | 2160個<br>(8親機×270子機×1電池/子機) |                 |
|                           | 単セルタイプ<br>(2Vタイプ)            | 8640個<br>(8親機×270子機×4電池/子機) |                 |
| 監視項目                      | 電圧, 温度, 内部抵抗(インピーダンス: 複数周波数) |                             |                 |

Gen.2システムは、無線子機、無線親機、統括親機とクラウドサーバもしくは上位コントローラから構成される。無線子機は蓄電池に接続され、蓄電池(近傍の)温度、電池電圧および内部インピーダンスを測定し、データは無線通信で親機に送信される。そのデータはEthernetで接続された統括親機に送られて格納され、そこからクラウドサーバあるいは上位コントローラに転送される。クラウドサーバあるいは上位コントローラは測定データを管理し、測定データの傾向管理・閾値管理により蓄電池の劣化および異常状態を判定する。今回の開発システムはクラウドサーバを基本としており、顧客とサービス(管理)部門とのデータ共有が可能となる。しかし、一部の顧客ではセキュリティの関係上、外部との通信が制限される場合がある。そのような場合を想定し、オプションで上位コントローラを設置して運用することも可能な構成とした。

表2に現行品(Gen.1)と開発品(Gen.2)の仕様比較表を示す。

表2 現行品と開発品の比較  
Table 2 Comparison between Gen.1 and Gen.2

| No. | 項目    |              | 現行品(Gen.1)   | 本開発品(Gen.2)                      |                                    |
|-----|-------|--------------|--|----------------------------------|------------------------------------|
| 1   | 機器性能  | 通信方式         | 無線2.4GHz帯<br>IEEE 802.15.4                           | 無線2.4GHz帯<br>IEEE 802.15.4       |                                    |
| 2   |       | 測定対象電池       | ・12V/6Vモノブロック電池<br>・2V電池(3直列か4直列単位で測定) <sup>注)</sup> | ・12V/6Vモノブロック電池<br>・2V電池         |                                    |
| 3   |       | 測定電池データ数     | 1620以下   | 2160以下(6V/12V電池)<br>8640以下(2V電池) |                                    |
| 4   |       | 電圧           | 範囲(V)  | 4.0~15.5                         | 1.5~15.5                           |
|     |       |              | 精度(mV)   | ±200以下                           | ±50以下                              |
| 5   |       | 温度           | 範囲(°C)   | -10~60                           | -10~60                             |
|     |       |              | 精度(%)  | ±1.5以下                           | ±1.5以下                             |
| 6   |       | 内部抵抗         | 範囲(mΩ)   | 0.1~20                           | 0.1~30                             |
|     |       |              | 精度(%)  | ±3.0(FSR)                        | ±3.0(FSR)                          |
| 7   |       | 消費電流(子機: mA) |  | 平均 2 以下                          | 平均 2 以下                            |
| 8   |       | 異常検知         |  | 電圧, 温度<br>内部抵抗, 通信               | 電圧, 温度<br>内部抵抗, 通信                 |
| 9   |       | 寿命予測         |  | 設計寿命参照<br>(温度補正無し)               | 設計寿命参照<br>(温度補正あり開発中)<br>予兆診断(開発中) |
| 10  |       | 付加価値         | 高率放電容量推定   | 未対応                              | 開発中                                |
| 11  |       |              | 電圧バランス   | 未対応                              | 開発中                                |
| 12  | 遠隔監視  |              | 未対応  | 対応                               |                                    |
| 13  | 通信安定性 |              | アンテナダイバシティ   | 未対応                              | 対応                                 |
|     |       |              | Ch変更 タイミング管理   | 未対応                              | 対応                                 |
| 14  |       |              |  |                                  |                                    |

注)2V電池は3個か4個直列で擬似的なモノブロック電池として監視

図3はGen.2子機(単セル用)の内部構成図である。

Gen.1では子機1台で1つの電池電圧と内部抵抗しか測定できなかった。

Gen.2の子機では、単セルの電圧とインピーダンスを測定するために、複数のセルの端子電圧をマルチプレクサ(MUX)で切り替えてADCで測定している。また、Gen.1ではチップアンテナを搭載した市販の無線通信モジュールを用いているが、図4に示すようにGen.2ではコスト低減のために無線回路部をオンボード化し、アンテナもパターンアンテナを採用した。なお、Gen.2の無線親機では、1/2波長離れたパターンアンテナを2個有し、両方のアンテナで通信することで通信の信頼性を高めた構成としている。

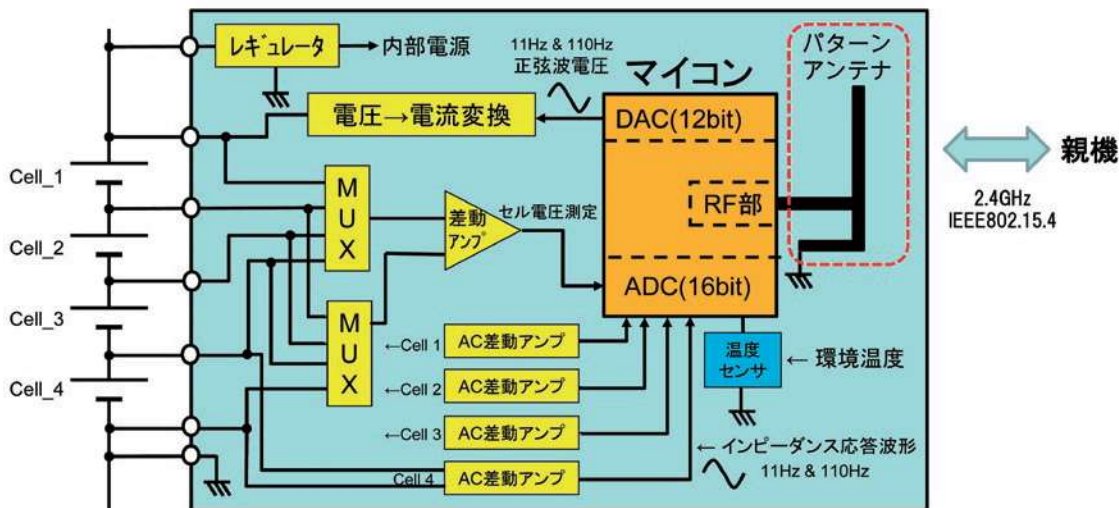


図3 Gen.2子機の内部構成図  
Figure 3 Block diagram of the Gen.2 wireless slave monitoring device



図4 Gen.2の子機(左)および親機(右)の基板  
Figure 4 Photographs of wireless slave monitoring device (left) and master monitoring device (right)

表3に子機の仕様を示す。今回子機は複数のタイプがある。それは、単セル用とモノブロック用である。前者は単セル電池を複数直列した組電池を1ユニットと見なし、単セルごとに計測するものである。単セルごとに子機を設置することも考えられるが、その場合には子機数が多くなり、コストアップと共に無線通信時の輻輳、電波干渉の原因となるためこのような形とした。さらに、電波干渉を考慮し、親機に2個のアンテナを切り替えて通信する機能、通信異常時に周波数を変更する周波数切り替え機能、親機と複数の子機間の通信が重複しないようにする通信タイミング調整機能を組み入れた。表4は無線親機の仕様である。1親機は最大270台の子機を監視可能である。表5は統括親機の仕様であり、最大8台の親機の取り纏めが可能である。

表3 子機仕様

Table 3 Specification of slave monitoring device

| 項目           | 単セル用                  |                       | モノブロック                |                       |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|              | 3セル用                  | 4セル用                  | 6Vタイプ                 | 12Vタイプ                |
| 監視電圧範囲(V)    | 1.400~3.000           | 1.400~3.000           | 4.20~9.00             | 8.40~18.0             |
| 監視温度範囲(℃)    | -10.0~60.0            | -10.0~60.0            | -10.0~60.0            | -10.0~60.0            |
| 監視内部抵抗範囲(mΩ) | 0.100~10.000          | 0.100~10.000          | 1.00~30.00            | 1.00~30.00            |
| 入力電圧(V)(DC)  | 4.2~12.0<br>(蓄電池より供給) | 4.2~12.0<br>(蓄電池より供給) | 4.2~18.0<br>(蓄電池より供給) | 4.2~18.0<br>(蓄電池より供給) |
| 消費電流(mA)     | ≤2.0                  | ≤2.0                  | ≤2.0                  | ≤2.0                  |
| 外形寸法(mm)     | W:86.0×H:86.0×D:13.0  | W:86.0×H:86.0×D:13.0  | W:86.0×H:86.0×D:13.0  | W:86.0×H:86.0×D:13.0  |

表4 親機仕様

Table 4 Specification of master monitoring device

| 項目           | 各タイプ共通                      |
|--------------|-----------------------------|
| 最大接続可能子機数(台) | 270                         |
|              | DC:4.5-5.5                  |
| 入力電圧(V)      | AC100V(小形UPS)<br>ACアダプタより給電 |
| 消費電流(A)      | 0.5                         |
| 外形寸法(mm)     | W:86.0×H:86.0×D:13.0(突起部除く) |

表5 統括親機仕様

Table 5 Specification of main control monitoring device

| 項目           | 各タイプ共通                      |
|--------------|-----------------------------|
| 最大接続可能親機数(台) | 8                           |
|              | DC:12.0~20.0                |
| 入力電圧(V)      | AC100V(小形UPS)<br>ACアダプタより給電 |
| 消費電流(A)      | 3/12V                       |
| 外形寸法(mm)     | W:117.0×H:92.0×D:35.0       |
| Ethernetポート  | RJ45(10BASE-T, 100BASE-TX)  |

次にソフトウェアの特長を示す。

- ① 親機と子機の通信の信頼性を確保するため、親機は常時2本のアンテナを切り替えて子機と通信すると共に、通信不良時には通信周波数を切り替える方式を取り入れた<sup>5)6)</sup>。また、複数の子機と通信するため、親機が子機との通信タイミングを管理する方式とした。
- ② セル電圧を均等化するため、単セル用では単セルごとにバランスング回路を制御し、モノブロック用では内部抵抗の測定機能を使用してバランスング制御する機能も付与した。
- ③ 統括親機に汎用のLinuxゲートウェイを使用し、ソフトウェアの開発工数を短縮した。
- ④ 汎用のIoTプラットフォームを用い、(公共の)モバイル通信を使用しながらセキュリティを担保した状態でクラウドサーバに接続が可能である。
- ⑤ 統括親機では通信にModbus TCP仕様を採用しており、統括親機はスレーブとしてデータ通信ができる。Modbus TCPのマスターとして動作するソフトウェアを開発すれば、既存の監視システムを用いることも可能である。
- ⑥ 蓄電池あるいは周囲温度を計測し、アレニウス則に基づいて蓄電池の使用期間を温度換算し蓄電池の交換時期をアナウンスする機能を付与した。
- ⑦ インピーダンス測定の耐ノイズ性を高めた。

ソフトウェアの特長⑦を説明する。実運用では内部インピーダンス測定値にリプル電圧が影響する場合がある。それは使用されているUPSや直流電源の種類に依存し、その大きさと周波数成分は電源の種類により異なる<sup>4)7)</sup>。Gen.2では商用電源のノイズ<sup>7)8)</sup>を考慮して周波数110 Hzと11 Hzでインピーダンスを測定することとした。なお、過去の計測データの互換性も考慮して1 kHzの値を求める機能も付与する予定である。

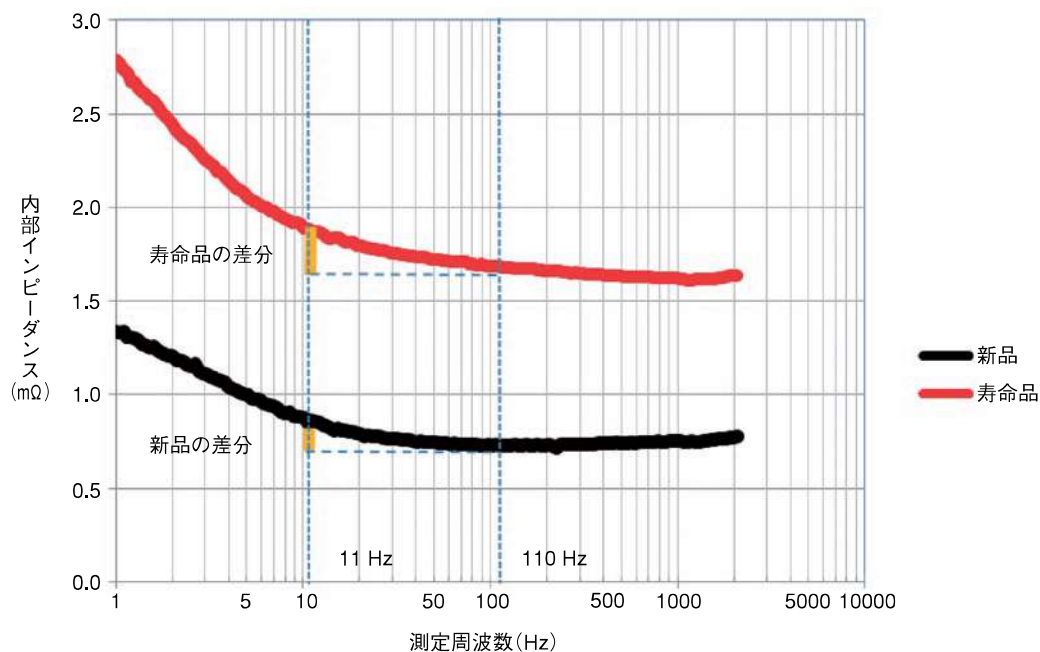


図5 測定周波数とインピーダンスの特性例  
Figure 5 Typical characteristics diagram of impedance and measurement frequency

次に周波数5 Hz～100 Hzの低周波でのインピーダンスを説明する。鉛蓄電池の高率放電特性は負極の有効反応表面積に依存しており<sup>9)10)</sup>、その指標として電気二重層容量および電荷移動抵抗があることが判明している。Gen.2で測定する5 Hz～100 Hzの領域の低周波数のインピーダンス(今回は11 Hz)と110 Hzの高周波のインピーダンスの差分は、上述の負極の電荷移動抵抗に相当するので、この値より高率放電容量が推定できる。

このように、Gen.2では高率放電の推定に有効な低周波でのインピーダンスを測定するとともに、Gen.1や蓄電池業界標準の1 kHzのインピーダンス値との互換性・継続性も考慮した仕様とした。

## 5 今後の展開

- ・製品化
- ・信頼性のさらなる向上
- ・蓄電池の寿命予測・予兆診断の高精度化
- ・海外対応(無線認証・法規対応)

### 【参考文献】

- 1) (一財)建築コスト管理システム研究所・新技術調査検討会 “定置用蓄電池の動向について” 建築コスト研究 No.81 2013年4月
- 2) I. Mukaitani, et.al: “Positive electrode corrosion elongation analysis Using CAE with Corrosion deformation transformed into thermal phenomenon.” Journal of Power Sources., 14, p528(2005)
- 3) 平成29年版情報通信白書 第1部 スマートフォン社会の到来
- 4) (社団)日本電機工業会 “情報化社会に安心を与えるUPS” 2007年11月
- 5) 再公表特許 W2015/145622 2015年10月
- 6) 公開特許公報 2016-96623 2016年5月
- 7) 例えば、インバータの上手な使い方(電気ノイズ予防対策), JEMA, 平成20年
- 8) 水杉真也, 他: “産業用鉛蓄電池の無線による状態監視システム” 新神戸テクニカルレポート, No.23, p15- 2013年3月
- 9) 武部智紀, 他: “ハイレート長寿命制御弁式鉛蓄電池HD形の開発” 新神戸テクニカルレポート, No.16, p27- 2006年2月
- 10) 木村隆之, 他: “リグニン構造が与える鉛蓄電池の負極性能への影響” 新神戸テクニカルレポート, No.17, p3- 2007年2月