

六ヶ所再処理工場における蓄電池点検の高度化への取組み

Approach to advanced diagnosis of rechargeable batteries at Rokkasho reprocessing plant

(株)ジェイテック	平内 彰良	Akira HIRANAI	(Non-Member)
(株)ジェイテック	佐々木 崇文	Takahumi SASAKI	(Non-Member)
(株)ジェイテック	奥島 一洋	Kazuhiro OKUSHIMA	(Non-Member)
日本原燃(株)	加藤 大樹	Daiju KATOU	(Non-Member)

Many number of rechargeable batteries are installed as an electrical power supply system to maintain the function of the Rokkasho Reprocessing Plant. These batteries have an important role to keep the safety of the plant, so at the case of loss of normal and external alternating power supply, electrical circuits should be switched to battery powered system automatically and instantaneously.

Exchange and replacement plan of these batteries are scheduled mainly based upon the capacity test data checked by battery vendors, expected life length, and the periodical inspection data. However it is difficult to remove all batteries from circuits and send them to battery vendor's facilities at the same time to diagnose their capacity whether plant is in service or not.

The authors introduce the advanced inspection technology as called "Short time discharge voltage measurement of batteries" which realize to diagnose the capacity of all them without removing off from the circuits.

Keywords ; rechargeable battery, power supply, capacity check, diagnosis of the capacity

1. 緒言

六ヶ所再処理工場の電気設備には、外部電源喪失時や所内停電時などに備え、バックアップ電源として蓄電池設備が設置されている。蓄電池設備は、健全性維持のため、外観確認、比重および内部抵抗の測定などを定期的実施しており予防保全がなされている。

また、必要に応じて蓄電池設備から数個の蓄電池を抜取り、蓄電池メーカーで容量試験(以下、「メーカー容量試験」)を実施することで、定期点検では測定することが出来ない蓄電池の残存容量値を測定し、設備の健全性を確認している。

蓄電池の残存容量値を知ることは、設備の健全性維持の為に非常に重要である。しかし、メーカー容量試験を実施する際には、設備から蓄電池を切離す作業が必要となる。蓄電池は常に負荷へ接続した状態であり、電源隔離および直流設備の停止は運用上容易で無く、メーカー容量試験の実施には、検討の余地がある。

連絡先：平内 彰良

〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村尾駱字沖付 4-91

株式会社ジェイテック

電気・計装保修部 電気グループ J-BEST チーム

e-mail: akira-hiranai@j-tech66.co.jp

本稿は、設備から切離すことなく蓄電池の残存容量値を全数測定できる「短時間放電電圧測定」を導入した蓄電池点検の高度化について紹介する。

2. 再処理工場における蓄電池設備の概要

2.1 電源設備の構成

再処理工場内の機器は、安全上重要な施設の安全機能確保のため電源が必要な機器(以下、「安全上重要な負荷」)と、その他の機器で電源が必要な機器に区分し、それぞれ非常用母線、常用母線または運転予備用母線に接続されている。また、安全上重要な負荷は、非常用母線の単一故障があっても、安全機能が損なうことが無いよう多重性をもたせ、系統ごとに独立して非常用母線に接続されている。

また、常に確実なる電源を必要とする負荷に給電するための所内電源の一つとして、充電器および蓄電池で構成される直流電源設備がある(図1参照)。蓄電池は、非常用母線および運転予備用母線からの電源供給が停止するなどの非常時に備えバックアップ電源として設置されており、設備の安全を確保している。

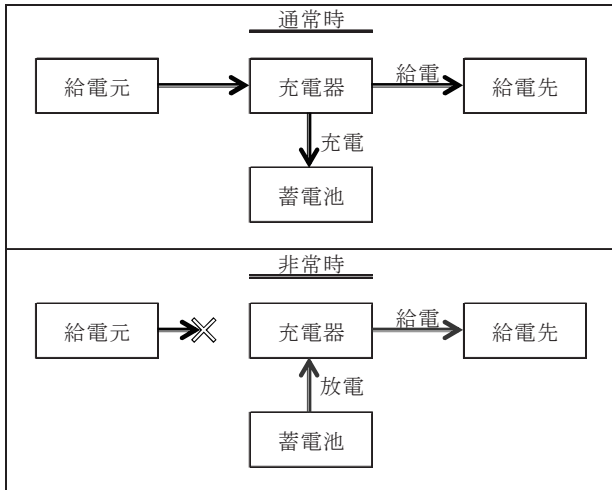


図1 直流電源設備の構成

2.2 蓄電池設備について

再処理工場には、約 8000 個の蓄電池が設置されており、使用されている蓄電池形式は、ベント形蓄電池(CS形、HS形、AHH形など)や制御弁式蓄電池(MSE形など)がある。点検は、1ヶ月毎の日常点検と6か月毎の定期点検を実施している。

蓄電池の期待寿命は、蓄電池形式により異なる(表1参照)。また、同じ形式の蓄電池でも環境条件(温度、湿度、気圧、雰囲気など)、使用条件および保守条件などにより寿命は大きく左右されることから蓄電池の寿命は、一律に決めることができない。そこで、これらの更新計画は、期待寿命値、定期点検時の測定値およびメーカー容量試験値を考慮したうえで立案されている。

表1 各蓄電池の期待寿命について

蓄電池形式		期待寿命 ※
ベント形	CS形	10～14年
	HS形	5～7年
	AHH形	12～15年
制御弁式	MSE形	7～9年

※端子電圧 1～2 Vの蓄電池期待寿命

3. 蓄電池設備の保守管理

3.1 従来の蓄電池点検について

ベント形蓄電池は、使用すると正極板の格子または心金が徐々に腐食される。このとき、格子または心金中のアンチモンが負極板へ析出する。析出したアンチモンは負極板の自己放電を増加させ、自己放電の増加は、端子電圧および電解液比重を低下させる(図2参

照)。このため、ベント形蓄電池では、総電圧、蓄電池単体の浮動電圧のほか比重計を用いた比重の測定を行う(図3参照)。

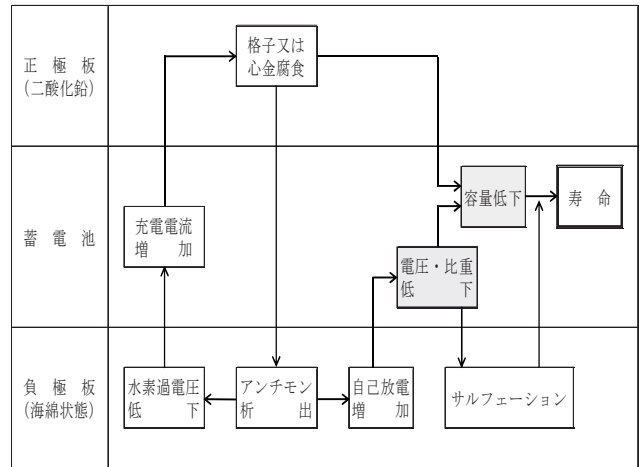


図2 ベント形蓄電池の基本劣化パターン

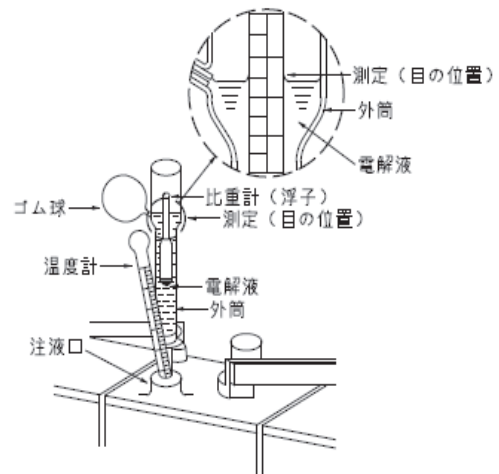
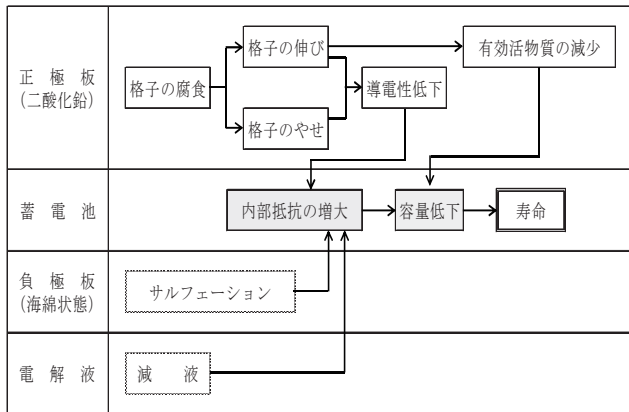


図3 比重計測定方法

制御弁式蓄電池は、使用すると浮動充電電流で正極板の格子が徐々に腐食され、格子が伸びるにつれ活物質との密着性が低下することから、内部抵抗が増大し容量低下が生じる(図4参照)。このため、制御弁式蓄電池では、総電圧、蓄電池単体の浮動電圧のほか内部抵抗の測定を行う。



□ 通常の使用状態で起る故障モード
□ まれに起る故障モード

図4 制御弁式蓄電池の基本劣化パターン

日常点検では、主に外観点検や指示値などの確認をしている。また、定期点検では、日常点検項目に加え各種測定を行っている(表2参照)。各種測定は、浮動充電状態にて行われ、測定値は、判定値(メーカー推奨値)から外れていないことを確認している。

表2 定期点検の主な点検内容

形式	定期点検内容				
ベント形	総電圧	浮動電圧	比重	電解液温度	外観
制御弁式	総電圧	浮動電圧	内部抵抗値	蓄電池温度	外観

3.2 メーカー容量試験について

メーカー容量試験は、蓄電池メーカーにて試験機を用いて蓄電池単体の残存容量値を測定する試験である。残存容量値は、蓄電池に可変抵抗を接続し一定電流で規定の放電終止電圧に達するまで放電させ、放電終止電圧までの持続時間から求める。

メーカー容量試験を行う場合、以下の課題がある。

- 蓄電池設備を停止し蓄電池を切離し、蓄電池メーカーへ輸送しなければならない。
- 蓄電池の選定は、蓄電池メーカー推奨により数個を設備から抜取る。この方法は、設備から抜き取っていない蓄電池の評価はできないため、劣化した蓄電池を見逃す可能性がある。

4. 短時間放電電圧測定の取組み

4.1 短時間放電電圧測定の導入

そこで当社では、設備から切離すことなく蓄電池の残存容量値を全数測定できる、短時間放電電圧測定装置を用いた点検に取り組むこととした。この点検方法は以下の特長がある(表3参照)。

表3 短時間放電電圧測定とメーカー容量試験の比較

	短時間放電電圧測定	メーカー容量試験
電源隔離	不要 (オンライン)	必要 (オフライン)
蓄電池の切離し	不要	必要
蓄電池の輸送	不要	必要
蓄電池の選定	全数	メーカー推奨 (数個)
残存容量値の確認	当日	メーカーによる

4.2 短時間放電電圧測定装置の原理

短時間放電電圧測定装置の原理は、浮動充電中の蓄電池単体に対して測定装置を並列に接続し設定した放電電流で短時間放電させ、その時の蓄電池単体の端子電圧から残存容量値を求めるものである(図5、図6参照)。

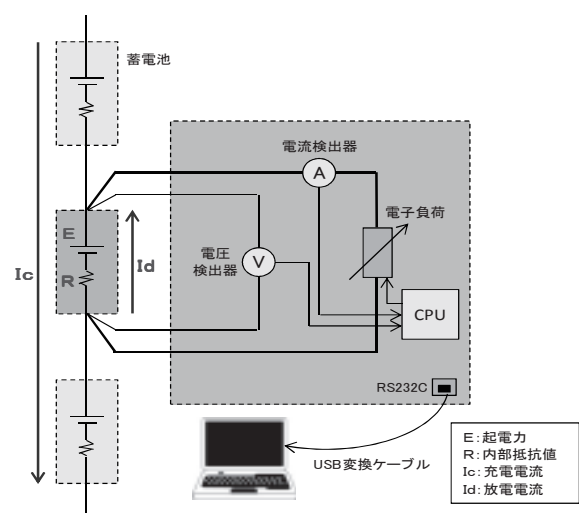


図5 短時間放電電圧測定装置の原理



図6 短時間放電電圧測定時の写真

測定する際の放電電流は、蓄電池の容量により異なり、数十(A)～数千(A)の電流値で設定される。放電時の端子電圧の変動は、浮動充電時の端子電圧 $V_B = E + (I_C \times R)$ 、放電時の端子電圧 $V_{B1} = E - (I_d \times R)$ 、放電後の回復電圧 $V_{B2} = E$ となる(図7参照)。図7のグラフは、縦軸に端子電圧、横軸に放電時間とする。グラフは、蓄電池単体を放電させた時の放電開始、放電終了および放電後の端子電圧をプロットした放電特性グラフである。

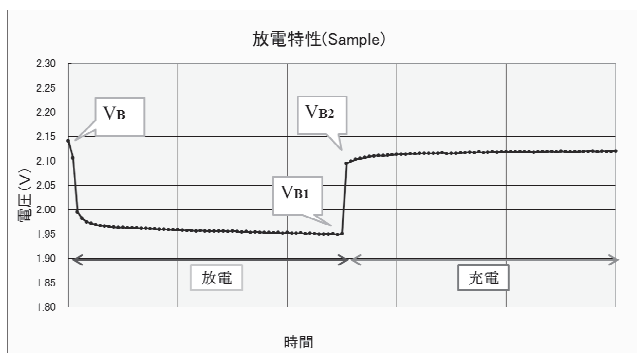


図7 放電電圧 (Sample)

短時間放電電圧測定装置では、浮動電圧値、放電電圧値および内部抵抗値を測定し、比重値は演算で求められる。残存容量値は、放電時の端子電圧 V_{B1} の値から求められる。

4. 3 短時間放電電圧測定の判定基準

残存容量値の判定基準は、測定器メーカーが設定した

- ・良好：残存容量値 80%以上
 - ・要注意：残存容量値 80%未満～50%以上
 - ・容量低下：残存容量値 50%未満
- とした。以下に事例を示す。

図8は、良好な蓄電池と劣化が見られる蓄電池の放電特性グラフである。良好な蓄電池であれば放電電圧 V_{B1} が要注意ラインより上を示し、劣化が見られる蓄電池であれば要注意ラインを下回る。

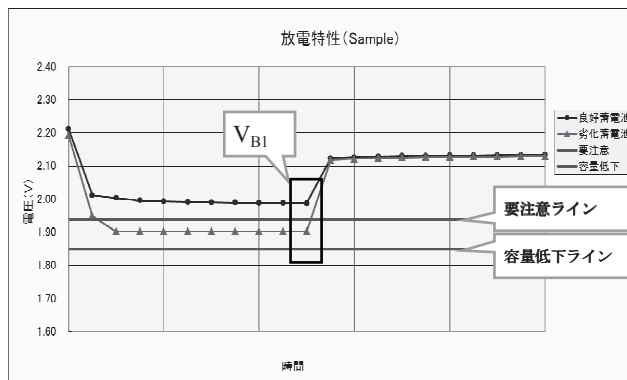


図8 放電特性 (Sample)

図9は、10個の蓄電池の内部抵抗値および比重値をグラフ化したものである。この図では、No.6蓄電池で内部抵抗値が高く比重値は低いことがわかり、他の蓄電池と比較し劣化が見られる蓄電池と判断できる。

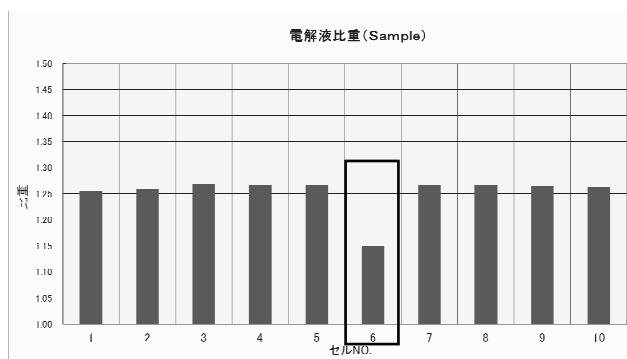
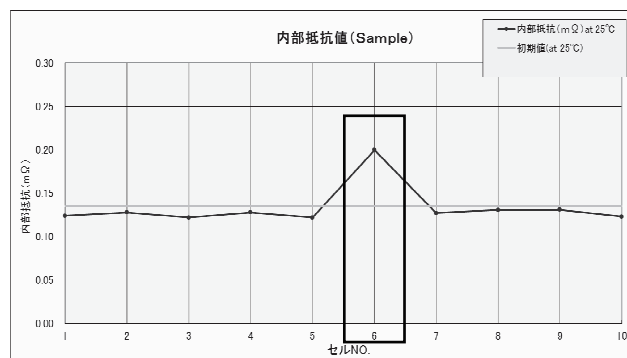


図9 内部抵抗値 (Sample) と電解液比重 (Sample)

短時間放電電圧測定では放電特性が確認できることから、主に残存容量値に着目し、蓄電池の劣化傾向を観察することができる。

5. 短時間放電電圧測定の取組み

5.1 短時間放電電圧測定の実績

当社は、短時間放電電圧測定装置を用いた蓄電池点検の業務委託を請負い、12ヶ月に1度測定している。

初回測定結果を基に以降の測定値を比較し、蓄電池全数の経年劣化傾向の確認に取り組んでいる。経年劣化傾向としては、主に以下の3パターンが見られた。

- ① 連続で良好な蓄電池
- ② 良好から要注意となった蓄電池
- ③ 連続で要注意な蓄電池

パターン別の端子電圧グラフを図10～図14に示す。グラフは、縦軸を端子電圧とし横軸を蓄電池番号とする。蓄電池単体の浮動電圧 V_B と放電電圧 V_{B1} および回復電圧 V_{B2} をプロットし、最新の測定値と前回測定値を比較したグラフである。

パターン①では、浮動電圧、放電電圧および回復電圧に前回測定値から大きな変動が見られず、現状では良好な蓄電池であると判断できる。今後も測定値の比較を継続し経年劣化の傾向を観察する(図10参照)。

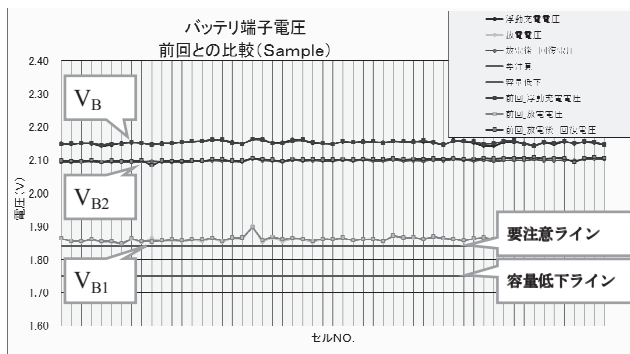


図10 端子電圧 前回との比較パターン①

パターン②では、残存容量値は前回測定値と異なり要注意となったものの、残存容量値は判定基準とした80%付近で推移していることを確認した(図11参照)。これは、蓄電池単体の容量低下も考えられるが、残存容量値が若干変動することは、測定環境などによる蓄電池内部の変化も要因の一つと考えられるため、今後も継続して測定値を比較し、経過観察が必要である。

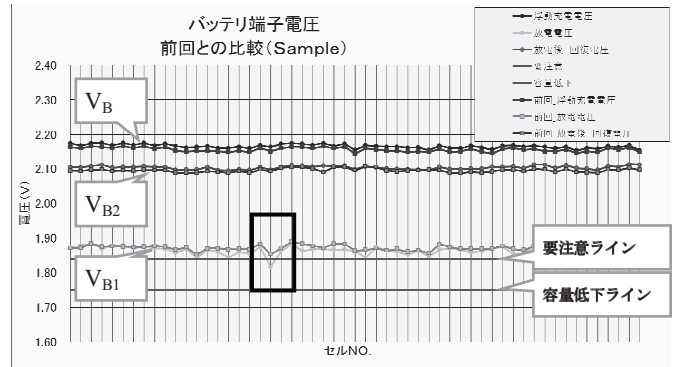


図11 端子電圧 前回との比較パターン②

パターン③では、残存容量値が前回測定値と同じく連続で要注意となったことから、劣化が見られる蓄電池と考えられる(図12参照)。このような、要注意の割合が低い設備に対しては蓄電池単体の交換を推奨し、要注意の割合が高い設備に対しては蓄電池設備更新計画を推奨した。

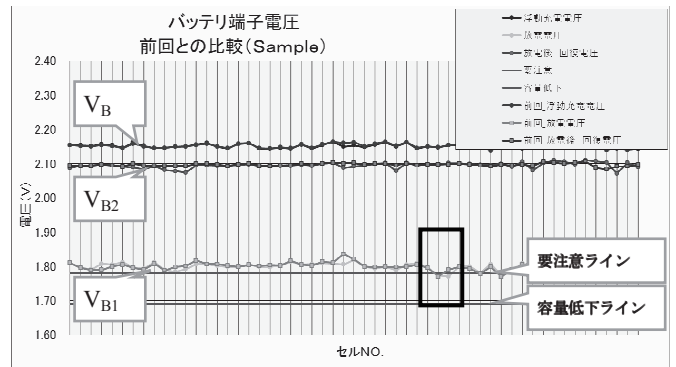


図12 端子電圧 前回との比較パターン③

5.2 短時間放電電圧測定の事例①

事例①では、計画的な蓄電池設備更新をした蓄電池(新しい蓄電池)に対して短時間放電電圧測定を実施したところ、蓄電池全数で良好であり、初期不良蓄電池が無いことを確認できた(図13参照)。

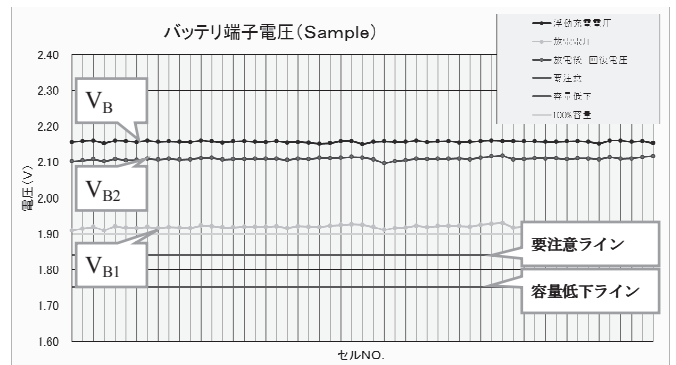


図13 初期不良蓄電池が無いことを確認できた例

5. 3 短時間放電電圧測定の事例②

事例②では、前述のパターン①良好と判断した設備の中で、ほとんどの蓄電池は残存容量値 100%程度であったが、数個で残存容量値 80%台の蓄電池があった(図 14 参照)。定期点検で測定した内部抵抗値は、判定基準内であり他の蓄電池と比較しても同等であった。このことから蓄電池の劣化傾向は、内部抵抗測定だけでは見つけにくい、放電特性を見ることにより確認することができた。

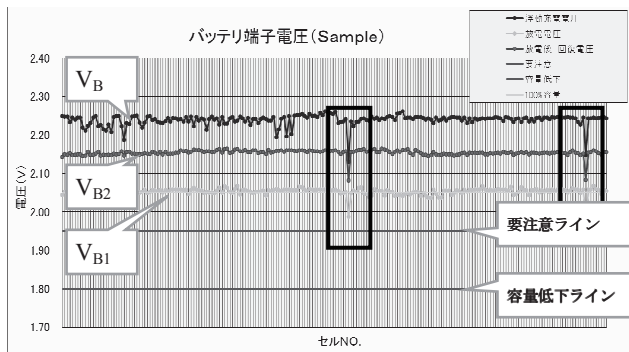


図 14 設備内で劣化傾向が見られる蓄電池が確認出来た例

5. 4 短時間放電電圧測定の成果

取組みの成果として、蓄電池全数の残存容量値、内部抵抗値および比重値の測定データを蓄積することができた。さらに、蓄積した残存容量値の比較から経年劣化傾向をパターン別に分類する事により、蓄電池単体の交換や蓄電池設備更新を提案することができた。これは、設備の健全性の維持・向上に繋がる有用な成果と考える。

6. まとめ

短時間放電電圧測定の導入により、以下の通り蓄電池点検の高度化が図れた。

- ① 従来ではメーカー容量試験を実施しなければ測定出来なかった残存容量値を設備から切離すことなく算出できた。
- ② 抜き取りでは無く蓄電池全数の測定が可能ことから、劣化した蓄電池を見逃す確率が極めて低い。
- ③ 従来の定期点検で測定している浮動電圧値、内部抵抗値および比重値も求めることができた。
- ④ 求められた測定値は、パソコンに転送して一元管理ができるため、適切な記録報告が可能となった。

今後、蓄積した測定データの比較により、経年劣化傾向の確認ができ、これまでよりも高度な予防保全が可能になる。引き続き当社は、短時間放電電圧測定を用いた設備の健全性の維持・向上に取り組んでいく。

参考文献

- [1] 蓄電池設備整備資格者講習テキスト
一般社団法人 電池工業会
- [2] 一般社団法人 電池工業会 各指針
SBA G 0605 蓄電池設備の定期点検項目および点検周期に関する指針
SBA G 0606 蓄電池設備—劣化診断の技術指針
SBA G 0303 ベント形据置鉛蓄電池 保守・取扱いの技術指針
SBA G 0304 制御弁式据置鉛蓄電池の保守・取扱いに関する技術指針
SBAS 0601 据置蓄電池の容量算出法
SBA R 0602 据置蓄電池の短絡電流について