

原子力発電所における安全関連据置鉛蓄電池の寿命劣化に係る懸案事項  
“Potential issues in terms of capacity degradation of safety related batteries  
for stationary application to nuclear power plants”

令和4年（2022年）8月31日

概 要

本文書は、第53回技術情報検討会（令和4年5月26日）にて報告された原子力発電所（NPP）における蓄電池の劣化に関する国際調査結果から、原子力規制庁が抽出した安全関連据置鉛蓄電池の寿命劣化に係る懸案事項を通知するものである。国際調査結果によると、海外のNPPでは、据付け後の蓄電池とその充電装置に対して、寿命劣化状態や能力を確認する目的で、定期的な容量試験や能力確認試験が行われている。一方、国内NPPの標準的な保安規定には、蓄電池とその充電装置に対するサーベイランス試験項目に、定期的な容量試験や能力確認試験の定めがない。原子力情報公開ライブラリー（NUCIA）を用いた事象検索からは、安全関連据置鉛蓄電池等の寿命劣化問題は顕在化していないとみられるが、国内NPPにおける蓄電池とその充電装置の寿命劣化状態等に係る保守管理の参考となる知見である。

1 主に関連する被規制者

発電用原子炉設置者（ただし廃止措置計画が認可された施設を除く。）

2 目的

本文書は、第53回技術情報検討会（令和4年5月26日）にて報告されたNPPにおける蓄電池の劣化に関する国際調査結果<sup>2</sup>から、原子力規制庁が抽出した安全関連据置鉛蓄電池とその充電装置の寿命劣化や能力に係る懸案事項を通知するものである。主に関連する被規制者におかれては、こうした懸案事項について、国内NPPにおける同種の問題を検討する際の参考になると考える。なお、本件に関して、対象となる被規制者に作為又は不作為を求めるものではない。

3 事案概要

3. 1 関連する基準、ガイド、規格等

- 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈
- 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈
- （一社）日本電機工業会、JEM1431「原子力発電所用据置鉛蓄電池の試験方

<sup>1</sup> 本文書を出典として引用する場合の表記例は以下のとおりとする。

“原子力規制庁 被規制者向け情報通知文書「原子力発電所における安全関連据置鉛蓄電池の寿命劣化に係る懸案事項」NIN2-20220831-nu”

<sup>2</sup> 第53回技術情報検討会、資料53-2-5 原子力発電所における蓄電池の劣化に関する国際調査結果（案）

法」

- REGULATORY GUIDE 1.129, Revision 3, MAINTENANCE, TESTING, AND REPLACEMENT OF VENTED LEAD-ACID STORAGE BATTERIES FOR NUCLEAR POWER PLANTS
- Institute of Electrical and Electronics Engineers, (IEEE) Standard 450-2010, IEEE Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Vented Lead-Acid Batteries for Stationary Applications

### 3. 2 背景

OECD/NEA傘下の原子力施設安全委員会（CSNI）の作業会（WG）の一つである電源系統作業会（WGELEC）では、メンバー国間での情報共有目的で、NPPの安全関連据置蓄電池の劣化加速や不良及び対策に関する情報や経験を収集する国際調査を行った。その調査結果である「直流電源系統に関する技術報告書」<sup>3</sup>において、4つの推奨事項が示された。

- 1) 被規制者が新しく蓄電池を調達する場合は腐食劣化問題、特に、蓄電池の寿命を保証するように材料と製造の品質管理がなされているかどうかに焦点を置くべきである。
- 2) 急速充電サイクル中に発する熱によって、鉛蓄電池の寿命は著しく劣化し得ることを被規制者は考慮しなければならない。
- 3) 蓄電池セルの不良早期発見を可能にし、先行管理型の蓄電池交換を行えるよう、被規制者は月例の目視検査と2～5年間隔の定期容量試験を検討すべきである。
- 4) 高信頼性が求められる直流電源系統では、蓄電池とその関連機器（充電器など）にも多様性を考慮すべきである。

これらの推奨事項を受け、国内NPPの安全関連据置蓄電池及びその充電装置の動作可能性を確認する目的の保安規定上の直流電源に係るサーベイランス要求について日米比較調査を行うこととした。なお、原子力情報公開ライブラリー（NUCIA）の情報検索機能を使って、国内NPPにおける蓄電池・充電装置のトラブルまたは保全品質情報を検索したが、事例は1件も見つからなかった。国内NPPでは、安全関連蓄電池・充電装置の劣化問題は顕在化していないと考えられる。

### 3. 3 安全関連蓄電池に関する規則と保安規定

はじめに、NPPの安全関連蓄電池に対する国内規則を確認する。「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」の第14条及び「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」の第16条にそれぞれ下記の記載がある。

<sup>3</sup> The CSNI Working Group on Electrical Power Systems (WGELEC), Technical Report on: Activity-4 “DIRECT CURRENT POWER SYSTEMS,” Draft 09/2021

(全交流動力電源喪失対策設備)

第十四条 発電用原子炉施設には、全交流動力電源喪失時から重大事故等に対処するために必要な電力の供給が交流動力電源設備から開始されるまでの間、発電用原子炉を安全に停止し、かつ、発電用原子炉の停止後に炉心を冷却するための設備が動作するとともに、原子炉格納容器の健全性を確保するための設備が動作することができるよう、これらの設備の動作に必要な容量を有する蓄電池その他の設計基準事故に対処するための電源設備（安全施設に属するものに限る。）を設けなければならない。

(全交流動力電源喪失対策設備)

第十六条 発電用原子炉施設には、全交流動力電源喪失時から重大事故等（重大事故に至るおそれがある事故（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故を除く。以下同じ。）又は重大事故をいう。以下同じ。）に対処するために必要な電力の供給が交流動力電源設備から開始されるまでの間、発電用原子炉を安全に停止し、かつ、発電用原子炉の停止後に炉心を冷却するための設備が動作するとともに、原子炉格納容器の健全性を確保するための設備が動作することができるよう、これらの設備の動作に必要な容量を有する蓄電池その他の設計基準事故に対処するための電源設備を施設しなければならない。

なお、国内規則においては蓄電池の試験方法を定めていないが、日本電機工業会が、JEM1431「原子力発電所用据置鉛蓄電池の試験方法」を発行している。また、原子力規制庁による実用発電用原子炉施設に係る新規制基準対応の使用前検査において、蓄電池に関する外観検査と系統運転性能検査が行われている。

一方、米国では規制ガイドRG1.129更新3「NPPのベント型鉛蓄電池の保守、試験と交換」が規定され、国際標準であるIEEE450-2010「据置ベント型鉛蓄電池の保守、試験と交換に対する推奨使用」をエンドースしている。

表1に直流電源システムの保安規定のサーベイランス試験項目についての日米比較を示す。国内保安規定は、PWR向け標準保安規定<sup>4</sup>ならびにJEM1431を参考にし、米国情報は、Westinghouse PWRプラントの標準技術仕様書<sup>5</sup>を参考にしている。

表1 直流電源システムの保安規定のサーベイランス試験項目についての日米比較

国内	米国
	SR3.8.6.1：[7日]ごとに、各蓄電池浮動電流が[2A]以下であることを確認する。

<sup>4</sup> (独)原子力安全機構、原子炉施設保安規定に係る技術資料に関する報告書(その2)、平成17年

<sup>5</sup> US NRC NUREG-1431, Standard Technical Specifications Westinghouse Plants, Revision 4.0, Volume 1, Specifications

国内	米国
第 77 条 2. (1) [発電室長] は、定期検査時に、非常用直流電源の健全性を確認する。	SR3.8.6.2 : [31 日] ごとに、各蓄電池パイロットセルの浮動電圧が [2.07V] 以上であることを確認する。
JEM1431 (ベント型、運用中定期点検)	SR3.8.6.3 : [31 日] ごとに、各蓄電池セルの電解液液位が、設計限界値以上であることを確認する。
- 外観検査 : 日常、6 か月、1 か年	SR3.8.6.4 : [31 日] ごとに、各蓄電池パイロットセルの温度が設計限界値以上であることを確認する。
- 比重 / 温度測定 : 6 か月、1 か年	SR3.8.6.5 : [92 日] ごとに、各蓄電池セルの浮動電圧が [2.07V] 以上であることを確認する。
- 液面位測定 : 日常、6 か月、1 か年	
- 電圧測定 : 日常、6 か月、1 か年	SR3.8.4.1 : [7 日] ごとに、蓄電池端子電圧が最小浮動充電電圧以上であることを確認する。
- 接続部点検 : 1 か年	
第 77 条 2. (2) [当直課長] は、モード 1、2、3 及び 4 において、1 週間に 1 回、浮動充電時の蓄電池端子電圧が [127.1V] 以上であることを確認する。	
(該当なし)	SR3.8.4.2 : [18 か月] ごとに、最小浮動充電電圧以上で [4 時間] 以上、充電器が [発電所供用系用は 400A、DG 系用は 100A] 以上供給することを確認する。 または、設計基準事象に対する放電後に多様な通常連続負荷の最大デマンドを供給しつつ、充電器が蓄電池を [24] 時間以内にフル充電できることを確認する。
(該当なし)	SR3.8.4.3 : [18 か月] ごとに、蓄電池供用試験における設計負荷サイクルで要求される非常時負荷を蓄電池容量が供給、維持するに十分であることを確認する。
JEM1431	注 1) 改良性能放電試験 (SR3.8.6.6) を実施することで、本 SR を実施したとみなせる場合がある。
- 想定負荷放電試験 : 工場試験時	注 2) 本 SR は、モード [1、2 及び 3] には通常適用されない。ただし、プラントの安全性が維持、向上されていることを仮定して、動作可能性を再評価する際に、本サーベイランスの一部を実施する場合がある。計画外事象に対して、この SR を満足することが求められる場合がある。
(該当なし)	SR3.8.6.6 : [60 か月] ごとに、性能放電試験または改良放電試験の際に、蓄電池容量が製造者定格の [80%] 以上であることを確認する。
JEM1431	

国内	米国
<p>- 容量試験：工場試験時、経年劣化確認時  （蓄電池の使用年数が想定寿命年数の 60%程度以降に実施することが望ましい）</p>	<p>- 期待寿命の [85%] に到達しかつ容量が製造者定格の 100%未満の場合：12 か月ごと。  - 期待寿命の [85%] に到達しかつ容量が製造者定格の 100%以上の場合：24 か月ごと。  注) 本 SR は、モード [1、2 および 3] には通常適用されない。ただし、プラントの安全性が維持、向上されていることを仮定して、動作可能性を再評価する際に、本サーベイランスの一部を実施する場合がある。計画外事象に対して、この SR を満足することが求められる場合がある。</p>

[ ] は、NPPごとに異なる。

### 3. 4 蓄電池の容量及び能力確認

IEEE450-2010には、蓄電池の容量及び能力を確認する目的の 4 種類の放電試験が言及されている。試験のそれぞれの位置づけを表 2 に示す。

表 2 据置鉛蓄電池の放電試験の種類と位置付け

放電試験と目的	試験頻度、放電時間と放電流、補足
<p>受入試験  目的：容量確認</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工場試験もしくは初期据付試験としての容量試験。</li> <li>放電時間は負荷サイクルと同程度を推奨。</li> <li>放電流は製造者定格／調達仕様に基づく一定電流もしくは一定負荷。</li> </ul>
<p>性能放電試験  目的：容量確認</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>供用開始から 2 年以内に実施する容量試験。定期試験も追加すべき。</li> <li>放電時間は負荷サイクルと同程度を推奨。</li> <li>放電流は製造者定格／調達仕様に基づく一定電流もしくは一定負荷。</li> <li>設計寿命や運転温度を加味し、試験間隔は期待供用寿命の 25%以下。</li> <li>劣化兆候ありもしくは供用寿命の 85%に到達したら年毎。</li> <li>劣化兆候あり：前回試験から 10%以上容量低下または製造者容量定格の 90%未満。</li> </ul>
<p>改良性能放電試験  目的：容量及び能力確認</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>負荷サイクルに関連付けて電流を増加させた一定電流容量試験。</li> <li>供用試験と／または性能放電試験の代わりとして、どの時期でも実施可。</li> <li>試験間隔は 24 か月を超えてはならない。</li> <li>放電時間は負荷サイクルに蓄電池選定で使用した経年劣化係数を乗じたものを推奨。</li> </ul>
<p>供用試験</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>蓄電池 (as found) が負荷サイクルを満足するかどうか確認する試験。</li> </ul>

放電試験と目的	試験頻度、放電時間と放電流、補足
目的：能力確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 性能放電試験の合間で、使用者の裁量で決めた頻度<sup>6</sup>で実施。劣化兆候ありでも、頻度は変えない。</li> <li>● システム試験設計者が、試験手順と許容基準を決める。蓄電池は as found 条件で試験され、温度や使用年数による補正は行わない。</li> <li>● 負荷サイクルのクリティカルな期間の電圧トレンドから、設計要求を満たさなくなる時期を予測可。</li> <li>● IEEE485 で選別された蓄電池の場合は、温度、負荷、経年劣化に対応したマージンのおかげで、供用寿命にわたって十分な容量がある。</li> </ul>

#### 4 考察

国際調査結果によると、海外NPPでは、据付け後の安全関連据置蓄電池とその充電装置に対して、寿命劣化状態や能力を確認する目的で、定期的な容量試験や能力確認試験が行われている。一方、国内NPPの標準的な保安規定には、蓄電池とその充電装置に対するサーベイランス試験項目に、定期的な容量試験や能力確認試験の定めがない。NUCIAを用いた事象検索からは、蓄電池等の寿命劣化問題は顕在化していないとみられるが、国内NPPにおける蓄電池とその充電装置の下記項目について保守管理の参考とすることが期待される。

- 1) 蓄電池寿命劣化事象経験
- 2) 急速充電実施実態及びその方法と影響
- 3) 蓄電池交換頻度とその技術的妥当性
- 4) 以下の試験の実施頻度及び適用規格基準
  - 蓄電池の劣化状態を確認する目的の定期容量試験（放電試験）
  - 蓄電池の能力を確認する目的の定期供用試験（想定負荷放電試験）
  - 充電器の能力を確認する目的の定期充電能力確認試験

#### 5 発出責任者

原子力規制庁 長官官房技術基盤グループ 技術基盤課  
 遠山 眞 課長  
 片岡 一芳 専門職（担当者）

<sup>6</sup> RG1.129 Rev.3 では、供用試験は性能試験に追加して実施しなければならない。試験間隔は 24 か月を超えてはならないと補足されている。