

「原子力発電所の非常用電源システムの蓄電池の劣化加速」 に関する事業者の状況(中間報告)

令和5年1月31日

技術基盤課

1. 背景

海外の原子力発電所(NPP)において、非常用直流電源システムの蓄電池の容量試験により、技術仕様書の規定より早く電圧降下(劣化加速)する蓄電池が複数見つかったことが報告されている。OECD/NEAの電源システム作業会(WGELEC)による国際調査報告では、蓄電池の劣化の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、原子力発電事業者に2から5年間隔の定期容量試験の実施を検討すべきと推奨している。

以上の報告を受け、国内原子力発電所の非常用直流電源等の蓄電池の容量を対象とした規則と標準的保安規定につき調査することとした^a。次いで、国内原子力発電所等における非常用直流電源の蓄電池の容量劣化管理の実態を調査することとした。

2. 規則と保安規定

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とその解釈における全交流動力電源喪失対策設備に係る規則と解釈を表1に示す^b。これらの規則では、全交流動力電源喪失対策設備としての蓄電池には、必要な容量を有すること、すなわち、必要とする電気容量を一定時間確保できることが求められている^c。

比較のため、保安電源設備に係る規則と解釈を表1に示す。非常用電源設備及びその附属設備に対しても、蓄電池と同様に、十分な容量を有することが要求されている。さらに、解釈には、「十分な容量」が「非常用ディーゼル発電機(EDG)等の7日連続運転に必要な燃料貯蔵容量」と具体的に定量化されている。一方で、蓄電池の容量に対しては、EDGに対する燃料貯蔵量のような測定可能な静的状態量が解釈として与えられていない。

^a 第53回技術情報検討会 資料53-2-5

^b 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とその解釈にも、ほぼ同内容の規則と解釈がある。

^c 重大事故等が発生した場合においては、所内常設蓄電式直流電源設備(3系統目を含む)は、負荷切り離しを行わずに8時間、必要な負荷以外を切り離して16時間の合計24時間にわたり、電気の供給を行うことが求められている。

表 1 直流電源及び非常用電源に係る規則と解釈

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	同解釈
<p>(全交流動力電源喪失対策設備)</p> <p>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。</p>	<p>第14条(全交流動力電源喪失対策設備)</p> <p>1 第14条について、全交流動力電源喪失(外部電源喪失及び非常用所内交流動力電源喪失の重畳)に備えて、<u>非常用所内直流電源設備は、原子炉の安全停止、停止後の冷却及び原子炉格納容器の健全性の確保のために必要とする電気容量を一定時間(重大事故等に対処するための電源設備から電力が供給されるまでの間)確保できること。</u></p>
<p>(保安電源設備)</p> <p>第三十三条 発電用原子炉施設は、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するため、電力系統に連系したものでなければならない。【中略】</p> <p>7 非常用電源設備及びその附属設備は、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保し、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものでなければならない。【以下省略】</p>	<p>第33条(保安電源設備)</p> <p>【中略】</p> <p>7 第7項に規定する「十分な容量」とは、7日間の外部電源喪失を仮定しても、<u>非常用ディーゼル発電機等の連続運転により必要とする電力を供給できることをいう。非常用ディーゼル発電機等の燃料を貯蔵する設備(耐震重要度分類Sクラス)は、7日分の連続運転に必要な容量以上を敷地内に貯蔵できるものであること。</u></p> <p>【以下省略】</p>

表 2 に、標準的な保安規定^aの非常用直流電源に対するサーベイランス要件(SR)について、日米比較する。参考のため、ディーゼル発電機の燃料油等に対するSRを表3に示す。表2と表3から、日米ともにEDGの燃料油の量を確認するSRが存在する一方で、蓄電池の容量を確認するSRは国内の標準的な保安規定にはないことがわかる。米国では、供用試験、性能放電試験または改良放電試験を行うことで、蓄電池容量を確認することとしている。これらの蓄電池の試験は、米国規制ガイドRG1.129改訂3^bに規定されており、同ガイドはIEEE基準450-2010^cをエンドースしている。

なお、米国と異なり、国内の標準的な保安規定には、具体的な技術仕様・品質の確認に関するSRが含まれていない場合がある。蓄電池容量の確認方法については、電池工業会規格SBA G 0606「蓄電池設備—劣化診断の技術指針」^dが、据置蓄電池の容量劣化を診断する方法と基

^a 国内原子力発電所の保安規定は非公開のため、標準的なPWR向け保安規定情報が記載された「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)」(原子力安全基盤機構, 2005)を参照した。米国情報には、ウェスチングハウス社PWRの標準技術仕様書<Standard Technical specifications>を参照した。

^b REGULATORY GUIDE 1.129, Revision 3, MAINTENANCE, TESTING, AND REPLACEMENT OF VENTED LEAD-ACID STORAGE BATTERIES FOR NUCLEAR POWER PLANTS, 2013

^c 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, 2011

^d 2022年版が令和4年11月11日に発行された。

準を示している(表 4)。本技術指針は、据付け後の蓄電池の放電時間を把握する目的の容量試験は簡単に実施できないことを考慮し、蓄電池の使用期間が適切に定めた取替え目安年数未満の場合に限り、代用特性の把握で蓄電池の容量推移を推定することを認めている。ただし、蓄電池の使用期間が取替え目安年数以上の場合は、全数を新品に交換(更新)することが前提条件となっている。

表 2 標準的な保安規定における非常用直流電源のサーベイランス要件

国内	米国 ^a
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。	SR3.8.6.1:[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。
	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。
	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。
	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。
	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。
第 77 条2. (2):[当直課長]は、モード 1、2、3 および 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。	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。
第 78 条2. (1):[当直課長]は、モード 5、6 および照射済燃料移動中において、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。	
国内には該当するものがない米国のサーベイランス要件^b	
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。	
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。	
SR3.8.6.6:[60 か月]ごとに、ただし、期待蓄電池寿命の [85%] に到達しかつ容量が製造者定格の 100% 未満の場合は 12 か月ごとに、期待蓄電池寿命の [85%] に到達しかつ容量が製造者定格の 100% 以上の場合は 24 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。	

[] は、NPP ごとに異なる。

^a Westinghouse Plants, Rev. 5 STS (NUREG-1431), Vol. 1, Specifications

^b 注書きを省略した。

表 3 ディーゼル発電機の燃料油、潤滑油および始動用空気のサーベイランス要件

国内	米国
第 76 条 2. (1): [当直課長]は、1 ヶ月に 1 回、所要のディーゼル発電機の燃料油貯油そうの油量、潤滑油タンクの油量および始動用空気だめ圧力を確認する。 燃料油貯油そうの油量(保有油量): [226 m ³]以上	SR3.8.3.1: [31 日]ごとに、各燃料油貯蔵タンクの保有油量が、燃料供給 7 日分以上であることを確認する。
国内には該当するものがない米国のサーベイランス要件	
SR3.8.3.3: 燃料油試験プログラムに定める頻度で、新燃料油及び貯蔵油の性状を同プログラムに基づいて検査されていることを確認する。	
SR3.8.3.3: [31 日]ごとに、各燃料油貯蔵タンクに蓄積された水分をチェックし、除去する。	

[]は、NPP ごとに異なる。

表 4 SBA G 0606:2022 の劣化診断の手順(抜粋)

考え方	劣化の判定	据置蓄電池は、劣化の進行に伴い容量が減少する。基本的には、次回の点検までに所定の放電時間が満足できなくなる時点で更新(全数を新品に交換)するのがよい。
	容量試験	蓄電池の放電時間を把握するには、容量試験を実施するのが望ましい。ただし、現在運用している負荷を切り離すなど、簡単に実施することができない場合には、代用特性の把握で蓄電池の容量推移を推定し、不良セルの交換・補修を行う、又は適切な更新時期を見定める。
手順	一般	診断レベルごとの診断項目、診断方法、評価・判定基準による診断結果と不良セル数との割合(累積故障率)、取替えの目安年数から、不良セルの交換、補修又は更新の措置を決める。
	使用期間の確認	使用期間と取替えの目安年数を比較し、目安年数以上の場合は蓄電池を更新する。目安年数未満の場合は、日常点検では一次劣化診断を、定期点検では二次劣化診断をそれぞれ行う。
	取替え目安年数/期待寿命 ^{*1)}	ベント形クラッド式(CS 形): 10 年/10-14 年 長寿命制御弁式(長寿命 MSE 形): 13 年/13-15 年
一次劣化診断	項目/周期/不満足時措置	①浮動充電中の総電圧、②外観、③電解液面、④蓄電池温度、⑤架台などの収納部/1 か月/二次劣化診断の要否判断。不要判断の場合は、不良セルの交換又は補修が望ましい。
二次劣化診断	項目/周期/異常時措置	①浮動充電中の総電圧とセル電圧、②電解液比重 ^{#1)} 、③蓄電池温度、④浮動充電中のセル内部抵抗 ^{#2)} 、⑤蓄電池部品/6 か月/1) 累積故障率が全体の 10%未満の時は、不良セルの交換又は補修する。2) 10%以上の時は更新する ^{#3)} 。

*1) 一定条件下における高温加速試験や経験をもとに予想される設計上の寿命。製品寿命を保証するものではない。

#1) 制御弁式据置蓄電池は除く。

#2) ベント式据置鉛蓄電池は除く。

#3) SBA G 0606:2013 では、「10%以上の時は三次劣化診断(容量試験)を実施する」と記載されている。この診断では、JIS C 8704-1^{a)}、JIS C 8704-2-1^{b)}、JIS C 8704-2-2^{c)}等に準拠した容量試験を実施し、結果が定格容量の 80%以上である場合は不良セルを交換し、80%未満の場合は全セル更新を行う。

^{a)} JIS C 8704-1:2006、据置鉛蓄電池- 一般的要求事項及び試験方法- 第 1 部: ベント形

^{b)} JIS C 8704-2-1:2019、第 2-1 部: 制御弁式- 試験方法

^{c)} JIS C 8704-2-2:2019、第 2-2 部: 制御弁式- 要求事項

3. 蓄電池の容量劣化管理の実態と課題

事業者と面談を行い^{a,b}、安全関連直流電源で使用している蓄電池の容量劣化管理の実態について情報を得た。蓄電池は、電池工業会規格 SBA G 0606:2013「蓄電池設備－劣化診断の技術指針」等を参考にしつつ、電圧や電解液の液位や比重等の代用特性の把握により蓄電池の容量推移を推定できるとの考えにのっとり、事業者ごとに異なる劣化管理（蓄電池取替え）手法を用いて、蓄電池が必要な容量を有することを推定しているが、事業者ごとに行っている劣化管理手法が必要な容量を有することを確認する方法として妥当であるかについては、説明されていない。（表 5）。

表 5 蓄電池の取替目安と技術的妥当性、容量試験実績

事業者	型式	取替目安 (メーカー推奨)	技術的妥当性、容量試験実績
北海道	ベント式	17年 (10-14年)	<ul style="list-style-type: none"> 他部門の使用実績の平均をとり17年に設定。 13年使用した安全系蓄電池及び17年使用した同型式蓄電池の容量試験を実施し、設計容量以上であることを確認。 これまでの定期点検結果から、機能性能上問題ないことを確認。 使用期間8年以降に不定期の容量試験を実施(実績あり)。
東北	ベント式	15年 (10-14年)	<ul style="list-style-type: none"> メーカー推奨を参考に、日常点検等の結果を踏まえ、交換を計画。 使用期間13年を目途に不定期の容量試験を実施(実績あり)。
東京 HD	ベント式	14年 (10-14年)	<ul style="list-style-type: none"> 社内交換基準ガイド(電池工業会指針ならびに工場試験データをもとに策定) 容量低下が見受けられないときは取替目安年を延長可能。 使用期間8、10、12、14年及び15年以降に毎年容量試験を実施。
	制御弁式	14年 (13-15年)	
北陸	ベント式	15年 (10-14年)	<ul style="list-style-type: none"> メーカー推奨。過去に一部の蓄電池に対して容量試験を行い、取替時期・頻度は妥当と評価。 容量試験は実施していない。
中部	ベント式	10年以降 (10-14年)	<ul style="list-style-type: none"> 容量試験の結果に応じて取替え。 使用期間10年以降、蓄電池の点検周期に合わせて容量試験を実施。
関西	ベント式	15年 (10-14年)	<ul style="list-style-type: none"> メーカー推奨を考慮し、過去の供用期間中の容量試験結果ならびに火力部門及び他電力原子力プラントのベンチマーク結果を踏まえ設定。 容量試験は実施していない。
中国	ベント式	10-14年 (10-14年)	<ul style="list-style-type: none"> 定期点検結果を踏まえ、メーカー推奨を考慮。 容量試験は実施していない。
	制御弁式	13-15年 (13-15年)	
四国	ベント式	15年 (10-14年)	<ul style="list-style-type: none"> 同型式の経年使用後の容量試験結果。 保全実績から、機能性能上問題ないことを確認。 使用期間9年を目途に不定期の容量試験を計画(実績なし)。
九州	ベント式	10-14年 (10-14年)	<ul style="list-style-type: none"> JEM1431^cに基づき、メーカー取替推奨の60%程度以降に実施する容量試験の結果。 使用期間10~14年を目途に不定期の容量試験を計画(実績なし)。

^a 国内原子力施設における蓄電池の劣化に関する原子力エネルギー協議会等との面談、令和4年08月26日、
<https://www2.nra.go.jp/data/000403006.pdf>

^b 国内原子力施設における蓄電池の劣化に関する原子力エネルギー協議会等との面談、令和4年12月22日、
<https://www2.nra.go.jp/data/000418547.pdf>

^c (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法、2008年

事業者	型式	取替目安 (メーカー推奨)	技術的妥当性、容量試験実績
原電	ベント式	10-14年 (10-14年)	<ul style="list-style-type: none"> 設置後 10-14 年間に容量試験を行い、その結果についてメーカーと協議した結果。 使用期間 10~14 年を目途に不定期の容量試験を実施(実績あり)。
	制御弁式	13-15年 (13-15年)	<ul style="list-style-type: none"> 3ヵ月毎の電圧、内部抵抗測定を実施し、劣化兆候を把握するとともに、メーカー推奨を考慮。
電発	—	未設置	—
原燃	ベント式	18年/15年 (18年/15年)	<ul style="list-style-type: none"> 蓄電池性能、環境影響を考慮したメーカー推奨年。 社内マニュアルに基づき、日常点検、定期点検を実施し状態監視。 容量試験は実施していない。

4. 今後の対応案

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 及び原燃サイクル施設における蓄電池・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。事業者面談で示された情報でも、使用期間 10 年以降に実施した蓄電池容量試験で単セルの容量劣化が確認された事例以外には容量劣化に係る情報はない。したがって、蓄電池の劣化及び劣化評価に関して、緊急の規制対応の必要性はないと考えられる。

しかしながら、「蓄電池が必要な容量を有すること、すなわち、必要とする電気容量を一定時間確保できること」という規制要求に対して、米国と異なり国内の標準的な保安規定には、国内外の据置蓄電池の規格・指針等に準拠して容量・劣化確認するといった具体的なサーベイランス要件が含まれていないことがわかった。一方で、事業者は、事業者ごとに異なる劣化管理(蓄電池取替え)手法を用いて、蓄電池が必要な容量を有することを推定している。

しかし、この事業者独自の劣化管理手法が、特に経年蓄電池が必要な容量を有することを確認する方法として妥当であるかどうか及びその手法を適切に事業者が運用しているかどうかについては、さらなる確認が必要である。このため、経年蓄電池が必要な容量を有することを確認する方法の妥当性、その手法を適切に事業者が運用しているか等について、引き続き調査することとしたい。

「国内原子力施設における蓄電池の劣化管理」 に関する実態調査結果について (追加回答)

2022年12月
原子力エネルギー協議会

1. はじめに

7/4の面談にて調査依頼があった、国内原子力施設の安全関連直流電源で使用している蓄電池の劣化管理の実態について、次頁のとおり報告する。

<質問項目>

Q1. 以下の発生経験及びその事象概要

- ① 蓄電池容量劣化事象
- ② 非安全関連も含めた蓄電池の劣化に伴う火災・過熱事象

Q2. 急速充電実施実態及びその方法と影響

Q3. 蓄電池交換頻度とその技術的妥当性

Q4. 以下の実施頻度及び適用規格基準

- ① 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）
- ② 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）
- ③ 充電器の能力を確認する目的の定期充電能力確認試験

2. 質問回答

Q1. 以下の発生経験及びその事象概要
① 蓄電池容量劣化事象

A1 ①. 運転プラントにおいて、安全系蓄電池に機能影響を与える容量劣化事象は確認されなかった。一方、蓄電池としての機能は満足するものの、単セルで容量低下が発生した事象（1件）を確認した。

発電所名	発生年月	対象設備	事象概要
浜岡 3	2020年7月	B-125V蓄電池	使用開始10年以降、定期的な容量試験を実施した結果、単セルの容量低下（蓄電池定格容量の80%未満）を確認した。当該セルは交換を実施。 なお、系統電圧は基準を満足しており、容量については他の全てのセルの比重と他の代表セルの容量試験結果により系統として十分確保されていることを確認している。

<補足>

- ✓ 容量低下セルは、容量試験対象選定時に比重が他セルと比較して低めであったため代表とした。容量試験を継続する中で、容量低下傾向を把握し経過を注視していたもの。
- ✓ 長期停止中のため、維持点検にあわせて容量試験を行っており、10年目、12年目、18年目、19年目と実施し、21年目の容量試験で80%を下回ったもの。
- ✓ SBA G 0606:2013において、容量低下時に現れる主たる兆候は「電圧低下」と「比重低下」とされていることから、二次劣化診断の中で、電圧・比重低下の傾向を監視し、不良セルが認められた場合は、当該セルの交換を実施した上で、他の全てのセルの電圧・比重が問題ないことをもって、系統全体の容量に問題がないことを確認。

2. 質問回答

Q1. 以下の発生経験及びその事象概要
② 非安全関連も含めた蓄電池の劣化に伴う火災・過熱事象

A1 ②. 安全系蓄電池での火災・過熱事象は確認されていない。非安全系蓄電池については、調査の結果、以下 2 件を確認した。

発電所名	発生年月日	件名	事象概要
島根 (管理事務所)	2021年 5月18日	管理事務所における火災	火災管理区域外（管理事務所）に保管中の投光器用バッテリー（1台）から発煙したことにより、火災感知器が動作。 【NUCIA通番：2021-中国-M001】 当該バッテリーは、満充電できない劣化兆候が確認されていたことから、資機材としてのバッテリー必要数のカウント対象から外し、別に保管していたもの。推定原因が長期使用による経年劣化であるため、劣化管理として新たな点検項目を追加し、基準を満たさない場合は交換することとした。また、劣化の有無に関わらず、定期的な取替を行うこととした。
再処理工場	2006年 2月14日	再処理工場 使用済受入れ・貯蔵管理建屋 2階常用空調機室（管理区域外）における火災の調査結果について	常用空調機室（管理区域外）において、排煙設備のバッテリーからの火災（発煙および発火）を確認。 【NUCIA通番：2005-原燃-M007】 バッテリー押え金具の取付け方の誤りを起因とした地絡が発火原因であった。

2. 質問回答

Q2. 急速充電実施実態及びその方法と影響

A2. 急速充電の実績なし。

2. 質問回答

Q3. 蓄電池交換頻度とその技術的妥当性

A3. 蓄電池の型式に応じたメーカー交換推奨時期をベースに、各社で設置環境や実績を踏まえて取替頻度を設定している。経年使用した蓄電池に容量試験を実施し、継続使用可否を判断する場合もある。

会社名	型式	取替頻度 (目安)	メーカー推奨 (目安)	技術的妥当性
北海道	ベント式	17年	10～14年	<ul style="list-style-type: none"> 他部門の使用実績14年～20年の平均をとり17年に設定している。 13年使用した安全系蓄電池及び17年使用した同型式蓄電池の容量試験を実施した結果、設計容量以上あることを確認し、取替頻度が妥当であると評価している。 また、これまでの定期点検結果から、機能性能上問題ないことを確認している。
東北	ベント式	15年	10～14年	<ul style="list-style-type: none"> メーカー推奨の取替時期を参考に、日常点検等の結果を踏まえ、交換を計画している。
東京HD	ベント式	14年 (容量低下が見受けられないときは延長可能としている)	10～14年	<ul style="list-style-type: none"> 社内交換基準ガイドに基づき、「使用年数が8年以上経過した電池群において全セルの8%以上を交換した場合」または「蓄電池の使用開始後14年以上経過した場合」のいずれかに該当する場合に交換。 全セル交換基準は、『2セル抜取りの容量試験（20%以上の低下）』、『比重測定（1.205未満×セル数8%以上）』、『電圧測定（2.10V未満×セル数8%以上）』。 上記社内ガイドはSBA（電池工業会指針）並びに工場試験データの分析結果をもとに策定。
	制御弁式		13～15年	

(次頁へ続く)

2. 質問回答

Q3. 蓄電池交換頻度とその技術的妥当性

A3. (前頁から続き)

会社名	型式	取替頻度 (目安)	メーカー推奨 (目安)	技術的妥当性
北陸	ベント式	15年	10～14年	・メーカー推奨の取替時期を踏まえ取替えることとしており、過去に一部の蓄電池に対して容量試験を行い、残存容量から取替時期・頻度は妥当であったと評価している。
中部	ベント式	10年以降、容量試験結果に応じて取替	10～14年	容量試験の結果に応じて、機能が確保できる期間内に交換する運用としている。
関西	ベント式	15年	10～14年	メーカー推奨の取替時期を考慮し、過去供用期間中に実施した容量試験の結果並びに火力部門及び他電力原子力プラントのベンチマーク結果を踏まえ、取替周期を設定している。
中国	ベント式	10～14年	10～14年	定期点検の結果を踏まえ、メーカー推奨の取替時期（目安）を考慮した時期で交換を実施している。
	制御弁式	13～15年	13～15年	
四国	ベント式	15年	10～14年	・同型式の経年使用後の容量試験を踏まえ、取替周期を設定している。 ・これまでの保全実績から、機能性能上問題ないことを確認している。

2. 質問回答

Q3. 蓄電池交換頻度とその技術的妥当性

A3. (前頁から続き)

会社名	型式	取替頻度 (目安)	メーカー推奨 (目安)	技術的妥当性
九州	ベント式	10～14年	10～14年	JEM1431に基づき、想定される寿命年数（メーカー取替推奨）の60%程度以降に実施する容量試験の結果を踏まえ、交換時期を決定することとしている。
原電	ベント式	10～14年	10～14年	設置後10年～14年の間に容量試験（放電試験）を行い、その結果についてメーカーと協議した結果を踏まえ交換時期を設定している。
	制御弁式	13～15年	13～15年	3か月に1回の頻度で電圧、内部抵抗測定を実施し、劣化兆候を把握するとともに、メーカー推奨の取替時期を考慮して交換を計画
電発	—	安全系蓄電池は未設置	—	—
原燃	ベント式	18年（A社製） 15年（B社製）	18年（A社製） 15年（B社製）	・取替頻度はメーカー推奨を参考に設定しており、社内マニュアルに定めている。更新までの期間においては、同マニュアルに基づき、日常点検、定期点検を実施し状態監視している。 ・メーカーとの協議において、蓄電池性能、環境影響を考慮したメーカーとしての更新推奨年に基づき交換を計画している。

2. 質問回答

Q4. 以下の実施頻度及び適用規格基準

① 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）

A4①. 容量試験については納入時に実施している。また、メーカー取替推奨期間や過去の運転実績を超えて使用する場合の交換時期検討のために、定期又は不定期で供用中に容量試験を実施している会社もある。なお、容量試験を実施していない会社※1は、メーカー推奨期間をベースに各社設定した取替頻度で取替を実施している。

実施状況	会社名	実施頻度（目安）	適用規格基準
定期的に実施している	東京HD	8,10,12,14年及び15年以降毎年実施※2	JEM1431 JIS C 8704-1 JIS C 8704-2 ※4
	中部	10年以降、蓄電池の点検周期に合わせて実施※3	
実施状況	会社名	実施時期（目安）	適用規格基準
不定期に実施（又は計画）している	北海道	8年以降に実施（実績あり）	JEM1431 JIS C 8704-1 JIS C 8704-2 ※4
	東北	13年を目途に実施（実績あり）	
	四国	9年を目途に実施（実績なし）	
	原電	10～14年を目途に実施（実績あり）	
	九州	10～14年を目途に実施（実績なし）	

※1 北陸、関西、中国、原燃

※2 6か月に1回の頻度で実施する電圧測定、内部抵抗測定、比重測定により劣化傾向が確認されない場合はSBA G 0606:2013に基づき、容量試験の対象外としている蓄電池あり。

※3 試験結果によっては次の定期点検での容量試験は不要とする場合あり。

※4 JEM1431「原子力発電所用据置鉛蓄電池の試験方法（日本電機工業会規格_2008年）」

JIS C 8704-1「据置鉛蓄電池 一般的要求事項及び試験方法 第1部：ベント形」

JIS C 8704-2「据置鉛蓄電池 第2-1部：制御弁式 試験方法」



2. 質問回答

Q4. 以下の実施頻度及び適用規格基準

① 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）

A4①. （前頁から続き）

また、過去に実施した容量試験の実績（一例）については以下のとおり。

会社名	使用年数	対象セル	試験結果	適用規格基準
北海道	13年	比重が最も低い2セルに対して実施	良	JEM1431 JIS C 8704-1 JIS C 8704-2 ※1
東北	13年	比重が最も低い1セルに対して実施	良	
東京HD	11年	比重が最も低い2セルに対して実施	良	
中部	17年	比重の最も低いセルと平均的なセルの2つに対して実施	良	

※1 JEM1431「原子力発電所用据置鉛蓄電池の試験方法（日本電機工業会規格_2008年）」

JIS C 8704-1「据置鉛蓄電池 一般的要求事項及び試験方法 第1部：ベント形」

JIS C 8704-2「据置鉛蓄電池 第2-1部：制御弁式 試験方法」

2. 質問回答

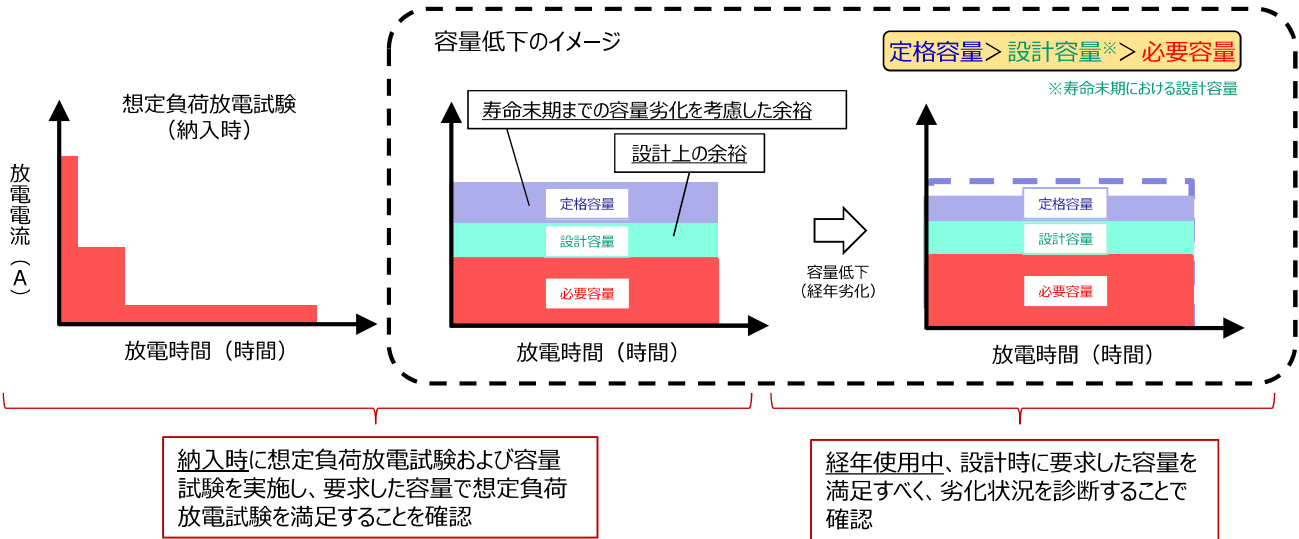
Q4. 以下の実施頻度及び適用規格基準

② 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）**

A4②. 想定負荷放電試験については納入時に実施している（供用中は実績なし）

想定負荷放電試験の目的

運用中の負荷条件に等しい放電パターンで放電を行い、設計上決定された蓄電池電圧以上であることを確認する。



2. 質問回答

Q4. 以下の実施頻度及び適用規格基準

③ 充電器の能力を確認する目的の**定期充電能力確認試験**

A4③. 各社とも、定期的に均等充電を実施し、充電機能の確認を行っている。

均等充電の目的

- ◆ 蓄電池を長期間使用している場合、各セル間で自己放電の違いにより充電状態が不均一になるため、浮動充電電圧よりも高い電圧をかけ、充電状態を均一にする。
 - ◆ 均等充電操作時のパラメータ（充電前後の蓄電池電圧、充電電流等）を確認し、充電動作に異常がないことを確認する。
- 充電器の機能が維持されていることを確認

3. 実態調査結果

- ◆ **運転プラントにおいて、安全系蓄電池に機能影響を与える容量劣化事象は確認されなかった。**一方、蓄電池としての機能は満足するものの、使用開始10年以降、定期的な容量試験を実施したプラントにおいて、**単セルにおける容量低下（管理80%未満）を1件確認した。**
- ◆ 火災・過熱事象について、**安全系蓄電池では確認されていない。**なお、**非安全系蓄電池**では、国内プラントで**2件確認**されている（いずれも非管理区域）。
- ◆ 鉛蓄電池の寿命低下の原因となり得る**急速充電**については、**国内プラントで実績がない**ことを確認した。
- ◆ **供用中の容量試験（放電試験）**については、一部のプラントにおいて、**メーカー取替推奨期間や過去の運転実績を超えて使用する場合の交換時期検討のために実施**している実態を確認した。
- ◆ **供用試験（想定負荷放電試験）**については、**各社とも納入時のみ実施し、現地設置以降は実績がない**ことを確認した。
- ◆ **充電能力確認試験**については、**国内プラントで実績がない**ことを確認した（各社とも均等充電により充電機能を確認）。

4. まとめ

- ◆ 国内プラントにおいては、SBA G 0606:2013 蓄電池設備の劣化診断指針（電池工業会規格）に基づいて蓄電池の保守管理を行っており、**「容量試験」**は以下の通り明記されている。

蓄電池の放電時間を把握するには容量試験を実施するのが望ましい。ただし、**現在運用している負荷を切り離すなど、簡単に実施することができない場合には、代用特性の把握で蓄電池の容量推移を推定し、不良セルの交換・補修を行う、又は適切な更新時期を見定める。**

また、劣化状況を診断する場合は、

- ✓ 一次劣化診断（総電圧、液位、温度等）
- ✓ 二次劣化診断（セル電圧、比重等）
- ✓ 三次劣化診断（容量試験）

と段階的にレベルを高めて実施することが望ましいと示されている。

国内プラントの安全系蓄電池において、**上記劣化診断により過年度使用によるセルの容量低下についても管理できており、安全上の問題はない**と考える。

- ◆ **「想定負荷放電試験」**について、国内プラントではJEM1431 原子力発電所用据置鉛蓄電池の試験方法（日本電機工業会規格）に従い**納入時に実施し、負荷放電パターンでの容量を満足することを確認**している。また、寿命末期までの容量劣化分および設計上の余裕を考慮した十分な蓄電池容量を確保する設計としていることに加え、メーカー取替推奨期間や過去の運転実績を超えて使用する場合は、上記劣化診断により**容量低下傾向を管理していることから、安全上の問題はない**と考える。
- ◆ 米国で要求されている**「充電能力確認試験」**の国内プラントでの**実績はないが、定期的に均等充電を行い、充電機能を有していることを確認**している。

5. 追加の質問項目について

9/7に追加で調査依頼があった、以下の国内原子力施設の安全関連直流電源で使用している蓄電池の劣化管理の実態調査について、次頁のとおり報告する。

<質問項目>

追Q1. SBA G 0606:2022について

- ① 今年10月に発行されるようだが、**2013年版との変更点**について把握しているか。
- ② **2022年版**を各事業者の蓄電池劣化診断ガイドに**取入れる計画**はあるか。

追Q2. 一次、二次、三次劣化診断について

- ① SBA G 0606:2013では、**蓄電池の使用期間が取替えの目安年数（R）または温度寿命年数（R'）以上の場合、劣化診断することなく蓄電池全数の更新を推奨**している。面談資料によれば、**RまたはR'以上でも劣化診断して更新を判断**しているの見受けられる。この違いはどのような理由によるものか。
- ② 同規格の**二次劣化診断の電圧測定や比重測定は全セルが対象**。面談資料によれば、**一次劣化診断で不適となったセル（代表セル）のみが二次診断対象**となっている。この違いはどのような理由によるものか。
- ③ 同規格の**三次劣化診断すなわち定格容量試験実施要否の判断基準は、二次診断結果にもとづき、全セルに対する不良セル数が10%以上とされている**。面談資料によれば、**判断基準は代表セルの二次診断結果により判断する**とされている。この違いはどのような理由によるものか。
- ④ 同規格の**三次劣化診断すなわち定格容量試験の対象は、蓄電池全体及び全セルと読める**（不良セルを見つけるため）。面談資料によれば、**容量試験対象は、二次診断で不良とみなされたセルのみ**。この違いはどのような理由によるものか。

追Q3. 整流装置及び逆変換装置の劣化診断

- ① SBA G 0606:2013では、**整流装置など**に対しても**予防保全を推奨**している。面談資料によれば、**充電器に対して同規格を適用していない**ようだが、この違いはどのような理由によるものか。

5. 質問回答

追Q1. SBA G 0606:2022について

- ① 今年10月に発行されるようだが、**2013年版との変更点**について把握しているか。

追A1①. 2013年版からの変更点は以下のとおりと認識している。

- (a) 蓄電池の劣化診断フローの二次劣化診断見直し及び三次劣化診断の削除
- (b) 蓄電池の期待寿命の意味の明確化
- (c) 整流装置及び逆変換装置の劣化診断手法の一部改正

- ② **2022年版**を各事業者の蓄電池劣化診断ガイドに**取入れる計画**はあるか。

追A1②. 必要により社内ガイド類への取り入れを検討する（2022年版での主な変更点は、三次劣化診断の削除及び記載の明確化）。

5. 質問回答

SBA G 0606 : 2013 蓄電池設備の劣化診断（電池工業会規格）における「**追Q2. 一次、二次、三次劣化診断**について」に関する事業者の基本的な考え方については以下の通り。

- ◆ SBA G 0606については指針であり、**各社が自主的に判断して、取捨選択できるものである。**
- ◆ 事業者は、**本指針に基づき蓄電池の劣化診断を実施して、適宜有効性評価を実施して内容を取捨選択し、運用実績を蓄えてきた。**
- ◆ **事業者は指針と同等以上に一次診断、二次診断を実施して、蓄電池の状態を確認して、劣化傾向管理に努めており、不適合の少なさからもこれらは妥当なものとして評価している。**

劣化診断	診断項目	頻度		対象	
		指針	事業者	指針	事業者
一次	・盤面計器パラメータ確認 蓄電池電圧または出力電圧 ・電解液面確認 ・外観（変色・腐食・損傷）確認	1 M	1 d	全セル	全セル
二次	・セル電圧確認 ・電解液比重測定 ・蓄電池温度測定 ・蓄電池各部外観（変色・腐食・損傷）確認	6 M	1 M ～ 6 M	全セル	全セル
三次	容量確認	頻度の規定なし	P8参照	対象の規定なし	代表セル

5. 質問回答

追Q2. 一次、二次、三次劣化診断について

- ① SBA G 0606:2013では、**蓄電池の使用期間が取替えの目安年数（R）または温度寿命年数（R'）以上の場合、劣化診断することなく蓄電池全数の更新を推奨**している。面談資料によれば、**RまたはR'以上でも劣化診断して更新を判断**していると見受けられる。この違いはどのような理由によるものか。

追A2 ①. SBA G 0606 : 2013では、「蓄電池が寿命期になり、容量80%まで低下すると、その後は加速的に容量が減少するため、寿命は定格容量の80%になったときを目安とする」とされていることから、劣化診断により更新要否の判断を行っている（これに該当する事業者の考え方を以下に示す）。

会社名	更新判断のための対応
東京HD	メーカー推奨期間を超えて蓄電池を使用する場合は、社内ガイドに基づき、 定期的に劣化診断（電圧・比重測定、容量試験）を実施し、必要な性能が維持されていることを確認 した上で過年度使用を実施している。 実際の運用実績においても、電圧・比重の管理値を満足していれば、使用開始からメーカー期待寿命を超過したものでも、容量基準値を満足していることを確認している。
中部	使用開始10年以降の蓄電池については、 以下の点検により、取替が必要な容量低下を示す傾向が認められないことから、ガイド推奨の期待寿命よりも長い実力を持っていることを確認 している。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 定期的な容量試験による、容量低下傾向の確認 ✓ 1カ月毎のパイロット点検（全体の10%の電圧・比重測定） ✓ 6カ月毎の全数点検（全セルの電圧・比重測定） 上記より、蓄電池の使用年数が更新目安年数（R）または温度寿命年数（R'）を超えているものの、 蓄電池容量の実力を見極めて更新判断が出来ているもの と考える。

5. 質問回答

追Q2. 一次、二次、三次劣化診断について

- ② 同規格の二次劣化診断の電圧測定や比重測定は全セルが対象。面談資料によれば、一次劣化診断で不適となったセル（代表セル）のみが二次診断対象となっている。この違いはどのような理由によるものか。

追A2②. SBA G 0606：2013では一次、二次、三次劣化診断の段階的な実施が推奨されていることから、資料中に記載したものである。実態としては、一次劣化診断（全セルの巡視点検）、二次劣化診断（全セルの比重測定、電圧測定）を定期的実施し、劣化傾向の把握に努めている。

(参考) 劣化診断の実施頻度

- 一次劣化診断（全セルの巡視点検）： 1回/日
- 二次劣化診断（全セルの比重測定、電圧測定）： 1回/1ヵ月～6ヵ月※

※一次劣化診断で劣化傾向が確認できれば、点検周期に関わらず二次劣化診断を実施。

5. 質問回答

追Q2. 一次、二次、三次劣化診断について

- ③ 同規格の三次劣化診断すなわち定格容量試験実施要否の判断基準は、二次診断結果にもとづき、全セルに対する不良セル数が10%以上とされている。面談資料によれば、判断基準は代表セルの二次診断結果により判断するとされている。この違いはどのような理由によるものか。

追A2③. 二次劣化診断（比重測定、電圧測定）については、全セルを対象として定期的実施している（追A2②参照）。全セルに対する不良率に関わらず、二次劣化診断の結果、劣化傾向が確認されたセルに対しては、三次劣化診断または単セルの交換を実施していく。

5. 質問回答

追Q2. 一次、二次、三次劣化診断について

- ④ 同規格の三次劣化診断すなわち定格容量試験の対象は、蓄電池全体及び全セルと読める（不良セルを見つけるため）。面談資料によれば、容量試験対象は、二次診断で不良とみなされたセルのみ。この違いはどのような理由によるものか。

追A2 ④. SBA G 0606 : 2013において、容量低下時に現れる主たる兆候は電圧低下及び比重低下とされている。また、蓄電池は寿命期（容量80%）までは緩やかな低下傾向となるため、「巡視点検」「1カ月以内のパイロット点検」「1～6カ月ごとの全数点検」と、規格要求以上の点検を実施することで、蓄電池の劣化傾向を把握することができるため、現状の容量試験の考え方で問題ないと判断している。

5. 質問回答

追Q3. 整流装置及び逆変換装置の劣化診断

- ① SBA G 0606:2013では、整流装置などに対しても予防保全を推奨している。面談資料によれば、充電器に対して同規格を適用していないようだが、この違いはどのような理由によるものか。

追A3 ①. 整流装置等の充電器については、浮動充電用整流装置の保全について取りまとめた「SBA G 0901 浮動充電用整流装置の保守・取扱い指針（電池工業会規格）」と同等の点検内容で予防保全を行っている。

また、劣化診断についても、「SBA G 0606 蓄電池設備の劣化診断指針（電池工業会規格）」をベースとした、メーカ推奨による予防保全を実施している。