

# 蓄電池劣化管理に係る今後の対応について

2024年2月8日

原子力エネルギー協議会

# はじめに

## ■ 概要

第60回技術情報検討会（令和5年7月27日）における事業者説明資料の通り、国内の安全系蓄電池は現状の保全で容量管理は出来ていると考えているが、各社で取替頻度等の考え方に違いが見られたことを踏まえて、事業者共通的に適用できる、より適切と考えられる保守管理方法について検討することとしていた。

規格や運用実態等の海外調査結果も踏まえ、対応方針について整理を行ったことから、次頁以降で報告する。

海外情報については、米国NEI（Nuclear Energy Institute）を通じて、蓄電池に関する海外OE情報やそれに対する取組みの実態調査を行った。【全9社（米7社、南ア1社、英1社）】

	項目	内容
1	国内外における蓄電池の比較整理	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全系蓄電池に係る規格類の比較整理</li> <li>安全系蓄電池の製造品質、使用条件、保守の比較整理</li> </ul>
2	保守管理の対応方針	経年化した安全系蓄電池の保守管理方針
3	まとめ	—
—	参考	第60回技術情報検討会（令和5年7月27日）における事業者説明資料 一式

# 1. 国内外における蓄電池の比較整理（ベント式：全体概要）

- 国内外の安全系蓄電池に係る規格類及びそれに基づく保守等の実態（製造品質、使用条件、保守）について調査を行い、以下に比較整理を行った。

項目	海外		日本	
	規格	実態	規格	実態
(1) 製造品質	①材料・形状	IEEE/EPRI TR 極板合金材料と形状の種類を記載	・鉛カルシウムが使用されている事業者有り ・ペースト式を使用している可能性有り	SBA 劣化メカニズム上に鉛アンチモンを記載 材料：鉛アンチモン 形状：クラッド式 →腐食耐性有り、長寿命
	②極板（容量に寄与）の製造方法	記載なし	不適合の多さより日本と比較して品質にバラつきがある	記載なし 不適合の少なさから安定した品質である
	③工場検査	IEEE 容量試験or 想定負荷放電試験	IEEEに規定されていることから実施しているものと想定	JEM ・容量試験 ・想定負荷放電試験
(2) 使用条件	①設置環境温度	IEEE/EPRI TR 基本は25℃	不具合事象あり	SBA 基本は25℃ 建屋空調にて年間を通じて良好な状態
	②充電電圧	IEEE/EPRI TR 充電電圧の記載有り	不具合事象あり	SBA 基本は単セル2.15V 適正な充電電圧が保たれている
	③放電サイクル	EPRI TR 年間の放電上限回数を規定	全セル容量試験により劣化が進む	規定なし 抜き取りで稀頻度であり劣化しづらい
(3) 保守	①供用検査	IEEE/EPRI TR 各種検査を規定	・全セル比重測定 ・全セル容量試験／想定負荷放電試験 ・放電時間に関しては各社でバラつき有り	SBA ・一次診断 ・二次診断 →容量試験/想定負荷放電試験の要求無し ・全セル比重測定 ・容量試験は必要に応じて抜き取り実施 ・放電時間が長く試験としては日本がより保守的
	②推奨取替年数	EPRI TR 一般的に寿命20年	12～20年であることを聞き取りにて確認	SBA 10～14年 運用実績を踏まえて個別に設定
	③取替基準	IEEE/EPRI TR ・80%下回った場合等 ・メーカー耐用年数	概ね実施していることを確認	SBA ・二次診断でNG ・経年10年到達 取替周期に基づき取替or劣化兆候を確認しながら取替を判断

# 1. 国内外における蓄電池の比較整理（ベント式：詳細）

## ◆ 製造品質の比較

項目	海外		日本		
	規格	実態	規格	実態	
(1) 製造品質	①材料・形状	IEEE535(1.1) EPRI TR-100248(2.3.1) 極板合金材料に指定はないもの以下の材質を挙げている。 ・鉛アンチモン ・鉛カルシウム ・鉛セレン ・鉛錫（EPRI TRのみ）  EPRI TR-100248(2.3.1.5) 極板形状についてもペースト式（平板）とクラッド式（管状）を挙げており、クラッド式（管状）は大容量放電に不向きとしている	・鉛カルシウムが極板合金で使用されている事業者も有り ・短時間大容量放電試験に対応するためにペースト式（平板）を使用している可能性有り	SBAG0606 極板合金材料の指定はないものの劣化メカニズム上に鉛アンチモンを挙げている。	極板合金材料： 鉛アンチモン →鉛カルシウムより補水回数が増えるものの鉛アンチモンの方が腐食耐性がある  極板形状： クラッド式（EF・CS、管状） →ペースト式（平板）と比較して構造上クラッド式（管状）の方が活物質が脱落しづらく長寿命
	②極板（容量に寄与）の製造方法	記載なし	製造ノウハウのため詳細不明だが、不適合の多さより品質にバラつきがあると思われる。 ・海外事業者への聞き取り結果 8件（9社より回答有り）	記載なし	製造ノウハウのため詳細不明だが、不適合の少なさから安定した品質である →ニューシア、事業者不適合情報で確認済
	③工場検査	IEEE450(6.2) IEEE535(A) ・容量試験or想定負荷放電試験（IEEE450に準拠）	IEEEに規定されていることから実施しているものと想定	JEM1431 ・容量試験（JIS 8704-1に準拠） ・想定負荷放電試験	・容量試験については全セル工場で実施

- 材料・形状において**長寿命のものを選定**
- 蓄電池の不適合の少なさから**製造品質が高い**

# 1. 国内外における蓄電池の比較整理（ベント式：詳細）

## ◆ 使用条件の比較

項目	海外		日本		
	規格	実態	規格	実態	
(2) 使用条件	①設置環境温度	IEEE535(6) EPRI TR-100248(2.3.7/3.2.1) 基本は25℃	設置環境温度に係る不具合事象あり	SBAG0606 基本は25℃	建屋空調にて年間を通じて良好な状態
	②充電電圧	IEEE450(C.2) EPRI TR-100248(3.2.3/4) 充電電圧が高すぎても低すぎてもだめとの記載有り	充電電圧管理に係る不具合事象あり	SBAG0606 基本は単セル2.15V	充電電圧を確認し適正な充電電圧が保たれている
	③放電サイクル	EPRI TR-100248(3.2.2) 年間の放電上限回数を規定 →放電時間が長いほど過酷のためより回数が制限される	定期的に全セル容量試験を実施しており、日本と比較して一般的に劣化が進むと思われる	規定なし (加速劣化試験では年3~4回の容量試験を想定)	・充放電を繰り返す使用状況になく、劣化しにくい ・容量試験を実施するとしても抜き取りで稀頻度であり、海外と比較して一般的に劣化しづらい

- **設置環境温度／充電電圧が適切に管理**されている
- **容量試験が稀頻度**であり海外と比較して**劣化しづらい**

# 1. 国内外における蓄電池の比較整理（ベント式：詳細）

## ◆ 保守の比較

項目	海外		日本		
	規格	実態	規格	実態	
(3) 保守	① 供用検査	IEEE450, EPRI TR-100248 ○月次点検(5.2.1/9.4) ・セル・架台外観確認 ・電解液面確認 ・浮動充電電圧確認 ・パイロットセルの電解液温と電圧 ○3ヵ月点検(5.2.2/9.4) ・各セル電圧 ・全体セルのうち10%の比重 ○年次点検(5.2.3/9.4) ・全セル比重 ・端子間接続抵抗 ○容量検査(7.4/14.1) ・全セル容量試験 ・初回は2年以内 ・想定寿命の1/4毎, 想定寿命20年であれば5年毎 ・劣化兆候が見られれば毎年。 ・例えば120セル以上であれば分割実施 ・1時間未満か1時間以上を選択できる。 ○想定負荷放電試験(7.5/14.2) ・負荷サイクルに応じた放電レートで実施 ○トレンド監視(A.4/2.3.1.1) ・アンチモンはフロート電流の監視も重要	・全セル比重測定について、頻度はバラつき(3~6ヵ月)があるが、海外事業者聞き取り9社中8社実施していることを確認。 →有意な差は無し ・全セル容量試験/想定負荷放電試験について、海外事業者聞き取り9社全て定期的に実施していることを確認。 ・放電時間に関しては各社でバラつきがある(2~5時間)。	SBAG0606 ○一次診断(1ヵ月) ・全セル・架台外観確認 ・全セルの電解液面確認 ・浮動充電電圧確認 ○二次診断(6ヵ月) ・各セル電圧 ・各セル比重 ・蓄電池部品(液栓、接続ボルト等)の外観点検、他 ・各セル温度 ○三次診断(更新計画立案時等必要に応じて)※ 容量試験 (JISC8704-1準拠) JISC8704-1 容量試験における放電時間(5時間率と10時間率)を規定 ※SBAG0606-2013より	・安全系蓄電池に対する保守管理として、SBA G0606の劣化診断手法を参考に、日々の巡視点検(一次劣化診断, 毎日)を実施しつつ、容量と相関の高い電圧・比重について全セル定期的に測定(二次劣化診断, 1~6ヵ月)することで劣化傾向を把握しており、不具合が極めて少ない状態を維持している。 ・容量試験を実施する場合はJISに則って実施しており、海外と比較して放電時間が長い(5時間率or10時間率)ため、バラつきも少なく、かつ試験としてはより保守的な条件となる ・想定負荷放電試験は定格容量未満の放電試験であるのに対して、容量試験は放電終始電圧まで放電させる試験であり、より保守的
	② 推奨取替年数	EPRI TR-100248(3) 一般的に寿命20年以上	各社バラつき(12~20年)はあるものの概ね20年であることを海外事業者聞き取りにて確認	SBAG0606 10~14年	各社の運用実績を踏まえて取替周期を個別に設定
	③ 取替基準	IEEE450(8) EPRI TR-100248(15.1) ・80%下回った場合または下回ることが1年内で想定される場合 ・メーカー耐用年数	海外事業者聞き取りにて、概ね実施していることを確認	SBAG0606 ・二次診断あるいは三次診断でNGあるいは ・経年10年到達した場合	・各社の運用実績を踏まえて取替周期に基づき取替 ・一部の事業者は、運用実績を踏まえて劣化兆候(2次診断トレンド等)を確認しながら取替を判断

- 日本の方が容量試験の放電時間については長く、試験としてはより保守的
- 日本の方が推奨取替年数が短く保守的

# 1. 国内外における蓄電池の比較整理（制御弁式：全体概要）

▶ 制御弁式についても同様に、以下に比較整理を行った。

項目	海外		日本		
	規格	実態	規格	実態	
(1) 製造品質	①材料・形状	IEEE/EPRI TR 極板合金材料と形状の種類を記載	・鉛カルシウムが使用されている事業者あり ・ペースト式を使用している可能性あり	SBA 正極格子として鉛カルシウムを記載	材料：鉛カルシウム 形状：ペースト式
	②極板（容量に寄与）の製造方法	記載なし	不具合事象が発生しており、日本と比較して品質にバラつきがあると考えられる	記載なし	<b>不適合の少なから安定した品質である</b>
	③工場検査	IEEE 容量試験または想定負荷放電試験	IEEEに規定されていることから実施しているものと想定	JEM ・容量試験 ・想定負荷放電試験	・容量試験については全セル工場で実施
(2) 使用条件	①設置環境温度	IEEE/EPRI TR 基本は25℃	不具合有り	SBA 基本は25℃	<b>建屋空調にて年間を通じて良好な状態</b>
	②充電電圧	IEEE/EPRI TR 充電電圧の記載有り	不具合有り	SBA 基本は単セル2.23V	<b>適正な充電電圧が保たれている</b>
	③放電サイクル	EPRI TR 年間の放電上限回数を規定	全セル容量試験により劣化が進む	規定なし	<b>抜き取りで稀頻度であり劣化しづらい</b>
(3) 保守	①供用検査	IEEE/EPRI TR 各種検査を規定	・全セル容量試験／想定負荷放電試験 ・放電時間に関しては各社でバラつき有り	SBA ・一次診断 ・二次診断 →容量試験/想定負荷放電試験の要求無し	・全セル内部抵抗測定 ・容量試験は必要に応じて抜き取り実施 ・ <b>放電時間が長く試験としては日本がより保守的</b>
	②推奨取替年数	EPRI TR 4～7年が現実的	7～14年であることを聞き取りにて確認	SBA <b>MSE形は7～9年 長寿命MSE形は13～15年</b>	運用実績を踏まえて個別に設定
	③取替基準	IEEE/EPRI TR ・80%下回った場合または下回る可能性がある場合 ・容量試験時に満足する結果が得られなかった場合	概ね実施していることを確認	SBA ・二次診断でNG ・MSE形は7年、長寿命MSE形は13年到達した場合	取替周期に基づき取替or劣化兆候を確認しながら取替を判断

# 1. 国内外における蓄電池の比較整理（制御弁式：詳細）

## ◆ 製造品質の比較

項目	海外		日本		
	規格	実態	規格	実態	
(1) 製造品質	①材料・形状	<p>IEEE1184(4.1.2) EPRI TR-100248(2.4.2)</p> <p>極板の格子に使用する材料に指定はないもの以下の材質を挙げている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・鉛カルシウム格子</li> <li>・鉛アンチモン格子</li> <li>・セレンウム・カドミウム格子</li> <li>・純鉛格子</li> <li>・ハイブリッド格子（正極と負極で異なる合金を使用する設計。主にアンチモン合金を正極に、カルシウム合金を負極に使用する）</li> </ul> <p>IEEE1184(4.1.1)</p> <p>極板形状についてペースト式（平板）とプレート式（平板）、管状プレート式を挙げており、管状プレート式は大容量放電に不向きとしている</p>	<p>・短時間大容量放電試験に対応するためにペースト式（平板）を使用している可能性有り</p>	<p>SBAG0606</p> <p>極板合金材料の指定はないものの正極格子として鉛カルシウムを挙げている。</p>	<p>極板合金材料： 制御弁式は補水ができないため、鉛カルシウムを使用しているが、錫を添加すること等により長寿命化を実現している。</p> <p>極板形状： ペースト式（平板）</p> <p>その他： エレメント（極板群）を適度に加圧（圧迫）することで、活物質が脱落しないよう工夫している（長寿命化に寄与）</p>
	②極板（容量に寄与）の製造方法	記載なし	製造ノウハウのため詳細不明だが、EPRI TRより不適合が多い模様	記載なし	製造ノウハウのため詳細不明、各社の運用実績も少ないが市場不適合は少なく製造品質は高い
	③工場検査	<p>IEEE1188(7.5)</p> <p>・容量試験or想定負荷放電試験（IEEE1188に準拠）</p>	IEEEに規定されていることから実施しているものと想定	<p>JEM1431</p> <p>・容量試験（JIS 8704-2-1に準拠）</p> <p>・想定負荷放電試験</p>	<p>・容量試験については全セル工場実施</p>

- 材料等において**長寿命化を実現**
- 蓄電池の不適合の少なさから**製造品質が高い**



# 1. 国内外における蓄電池の比較整理（制御弁式：詳細）

## ◆ 使用条件の比較

項目	海外		日本		
	規格	実態	規格	実態	
(2) 使用条件	①設置環境温度	IEEE1184(6) 基本は25℃	設置環境温度に係る不具合事象あり	SBAG0606 基本は25℃	建屋空調にて年間を通じて良好な状態
	②充電電圧	IEEE1184(6) EPRI TR-100248(3.4.1) 充電電圧が高すぎても低すぎてもだめとの記載有り	充電電圧管理に係る不具合事象あり	SBAG0606 基本は単セル2.23V  SBAG0304 取扱説明書に記載された単電池電圧にセル数を乗じた電圧	充電電圧を確認し適正な充電電圧が保たれている
	③放電サイクル	EPRI TR-100248(3.2.2) 年間の放電上限回数を規定 →放電時間が長いほど過酷のためより回数が制限される	定期的に全セル容量試験を実施しており、日本と比較して一般的に劣化が進むと思われる	規定なし (加速劣化試験では年3～4回の容量試験を想定)	<ul style="list-style-type: none"> <li>充放電を繰り返す使用状況になく、劣化しにくい</li> <li>容量試験を実施するとしても抜き取りで稀頻度であり、海外と比較して一般的に劣化しづらい</li> </ul>

**制御弁式においても以下についてはベント式と同じと言える。**

- **設置環境温度／充電電圧が適切に管理**されている
- **容量試験が稀頻度**であり海外と比較して**劣化しづらい**

# 1. 国内外における蓄電池の比較整理（制御弁式：詳細）

## ◆ 保守の比較

項目	海外		日本		
	規格	実態	規格	実態	
(3) 保守	① 供用検査	IEEE1188, EPRI TR-100248 ○月次点検(5.2.1/9.4) ・セル・架台外観確認 ・浮動充電電圧確認 ・周囲温度と空調およびその監視装置の状態確認 ○3ヵ月点検(5.2.2/9.4) ・内部抵抗値 ・セル温度 ○年次点検(5.2.3/9.4) ・セル間・端子間接続抵抗 ○容量検査(6.3/14.1) ・全セル容量試験 ・初回はメーカーもしくは設置時に実施。 ・劣化兆候が見られるまで毎年。 ・劣化は前回の試験から10%以上の容量低下またはメーカー公称値の90%を下回ることを指す。 ○想定負荷放電試験(7.6/14.2) ・実際の負荷サイクルに可能な限り合わせた条件を設定し、試験を実施する。	・全セル容量試験／想定負荷放電試験について、海外事業者聞き取り9社全て定期的実施していることを確認。 ・放電時間に関しては各社でバラつきがある（2～5時間）。	SBAG0606 ○一次診断（1ヵ月） ・全セル・架台外観確認 ・浮動充電電圧確認 ○二次診断（6ヵ月） ・各セル電圧 ・内部抵抗値 ・蓄電池部品（液栓、接続ボルト等）の外観点検、他 ○三次診断（更新計画立案時等必要に応じて）※ 容量試験 （JISC8704-2-1準拠） JISC8704-2-1 容量試験における放電時間（10時間率）を規定 ※SBAG0606-2013より	・安全系蓄電池に対する保守管理として、SBA G0606の劣化診断手法を参考に、日々の巡視点検（一次劣化診断、毎日）を実施しつつ、容量と相関の高い内部抵抗について全セル定期的に測定（二次劣化診断、1～6ヵ月）することで劣化傾向を把握しており、不具合が極めて少ない状態を維持している。 ・容量試験を実施する場合はJISに則って実施しており、海外と比較して放電時間が長い（10時間率）ため、バラつきも少なく、かつ試験としてはより保守的な条件となる ・想定負荷放電試験は定格容量未滿の放電試験であるのに対して、容量試験は放電終始電圧まで放電させる試験であり、より保守的
	② 推奨取替年数	EPRI TR-100248(3.4.2) セルサイズに関係なく4～7年が現実的	7～14年であることを聞き取りで確認	SBAG0606 MSE形は7～9年 長寿命MSE形は13～15年	各社の運用実績が少なく、これからの運用実績を基に取替周期を検討
	③ 取替基準	IEEE1188(8) EPRI TR-100248(15.1) ・80%下回った場合または下回る可能性がある場合 ・容量試験時に満足する結果が得られなかった場合 ・バッテリー寿命付近での部分交換は推奨しない。	海外事業者聞き取りにて、概ね実施していることを確認	SBAG0606 ・二次診断あるいは三次診断でNGあるいは ・MSE形は7年、長寿命MSE形は13年に到達した場合	・各社の運用実績が少なく、これからの運用実績を基に取替周期を検討

- 日本の方が容量試験の放電時間については長く、試験としてはより保守的
- 推奨取替年数は、過去の不具合より海外の方がやや保守的

# 1. 国内外における蓄電池の比較整理（海外OE情報）

## ■ 海外における安全系蓄電池の不具合事象について

米国NEIを通じて確認した、蓄電池に関する海外OE情報の実態調査を行った結果、以下11件の機能性能に影響する不具合事象が確認された。【全9社（米7社、南ア1社、英1社）】

プラント名（国名）	事象概要	備考
海外プラントの 非公開情報		製造欠陥
		施工不良
		製造欠陥
		管理不備
		製造欠陥
		製造欠陥
		製造欠陥
		施工不良
		施工不良
		管理不備
		管理不備

国内の安全系蓄電池においては、機能性能に係る不具合は確認されておらず、劣化管理は適切に実施されているものとする。

# 1. 国内外における蓄電池の比較整理（まとめ）

## (1) 製造品質

- 材料・形状において**長寿命のものを選定**
- 蓄電池の不適合の少なさから**製造品質が高い**

## (2) 使用条件

- **設置環境温度／充電電圧が適切に管理**されている
- **容量試験が稀頻度**であり海外と比較して**劣化しづらい**

## (3) 保守

- 日本の方が**容量試験の放電時間については長く、試験としてはより保守的**
- 日本の方が**推奨取替年数が短く保守的（制御弁式は海外の方がやや保守的）**

海外との比較の結果、上記の違いにより全セルの容量試験を定期的に実施せずとも**期待寿命内であれば十分な容量が保たれているものと判断する。**

## 2. 保守管理の対応方針

- 安全系蓄電池の保守管理の実態調査を行った結果、いずれも適切に管理されており、劣化管理上の問題とはならないが、各社の保守管理の考え方（容量試験の実施状況、蓄電池一式の取替頻度）にバラつきが確認された。
- 各社の保守管理内容については、プラントの設置環境やこれまでの運転実績を踏まえ、メーカーと協議のうえ設定されたものであり、過去に安全系蓄電池の機能・性能に影響を与えるトラブルは発生していないことから、保守管理上の問題とはならない。
- 海外との比較の結果からも、国内原子力発電所に設置されている安全系蓄電池は製造品質・使用条件・保守に優れていること、ならびにこれまでの保守実績を踏まえると、全セルの容量試験を定期的に実施せずとも期待寿命内であれば十分な容量が保たれているものと判断する。
- 一方、長期使用の蓄電池に対する知見拡充の観点から、経年化した蓄電池に容量試験を実施することは重要である。これらを踏まえて、原子力発電所における安全系蓄電池の保守管理については次頁にしたがい今後実施していく。

## 2. 保守管理の対応方針

### <期待寿命内の保守管理>

- これまでの保守管理を継続し、**期待寿命の期間で使用する範囲においては、一次劣化診断、二次劣化診断により容量管理**を行う。
- 特に、期待寿命（※）の下限以降については、管理値との比較だけでなく、過去データとの比較を行い性能の低下傾向がないことを確認する。  
※ ベント式（CS形）：10～14年、制御弁式（MSE形）：7～9年、制御弁式（長寿命MSE形）：13～15年

### <期待寿命を超える保守管理>

- **期待寿命を超えて使用する場合は、一次劣化診断、二次劣化診断に加えて容量試験を実施**し、取替時期を決定する。
- **容量試験の方法**は以下の通りとする。なお、対象セルの数については最も二次劣化診断結果が悪かった2セルとし、3セル以上の実施については事業者判断による。  
ベント式：**比重が最も低いセルを含む複数セル**に対して容量試験を行い、**80%以上**であることを確認する。  
制御弁式：**内部抵抗が最も高いセルを含む複数セル**に対して容量試験を行い、**80%以上**であることを確認する。
- **容量試験の開始時期と頻度**としては、下記の通りとする。  
ベント式：運用実績が豊富であることから、期待寿命を超えてから定検の都度容量試験を実施する。  
制御弁式：運用実績が乏しいことから、期待寿命を超えるまでに初回の容量試験を開始し、以降は定検の都度容量試験を実施する。  
なお、当該点検にて取替を実施する場合は合理的な保守の観点から容量試験は任意とする。

### (移行措置)

本運用は、2024年度から2025年度にかけて開始することとするが、至近で取替（2025年度迄）を計画している対象については合理的な保守の観点から容量試験の開始時期は任意とする。

- **交換したセル数（不良セル数）が全セル数の10%を超えた場合は、SBA G0606に従い蓄電池一式の更新**を計画する。

## 2. 保守管理の対応方針

### <今後の取組みについて>

項目	対応方針
目的	長期使用の蓄電池に対する知見拡充の観点から、経年化した蓄電池に容量試験を実施する
運用開始時期	2024年度から運用開始
対象設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・運転プラント</li> <li>・長期停止プラント（保安規定要求設備のみ）</li> <li>・廃止措置プラント（機能維持設備のみ）</li> </ul>
実施方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・容量試験はJIS C 8704-1, JIS C 8704-2に基づき実施</li> <li>・対象セルは以下を含む2セル以上を抜き取り。            ベント式：比重が最も低いセル。            制御弁式：内部抵抗が最も高いセル。</li> </ul>
至近の試験実施予定（見込み）	現時点の実施予定は以下の通り※。 2024年度～2025年度 対象ユニット数：11（系統数：18） 2026年度 対象ユニット数：2（系統数：2） ※更新時期の見直しにより対象が増減となる可能性あり。

- 経年化した安全系蓄電池の容量試験の実施については、各社において保全プログラムへの取り込みを行う。
- 保全プログラムに容量試験を追加した後は、その対応状況については原子力規制検査の中で確認いただくことが可能となる。
- 各プラントで得られた容量試験の結果については、ATENA-WGの場で1年に1回共有し、継続的にデータの拡充を行う。
- 本取組みを実施する中で、産業界として解決すべき共通の技術課題が確認された際は、ATENAにて対応方針を整理し、原子力規制庁へ報告する。

# 参 考 資 料

(7/20提出資料)



# 1. はじめに

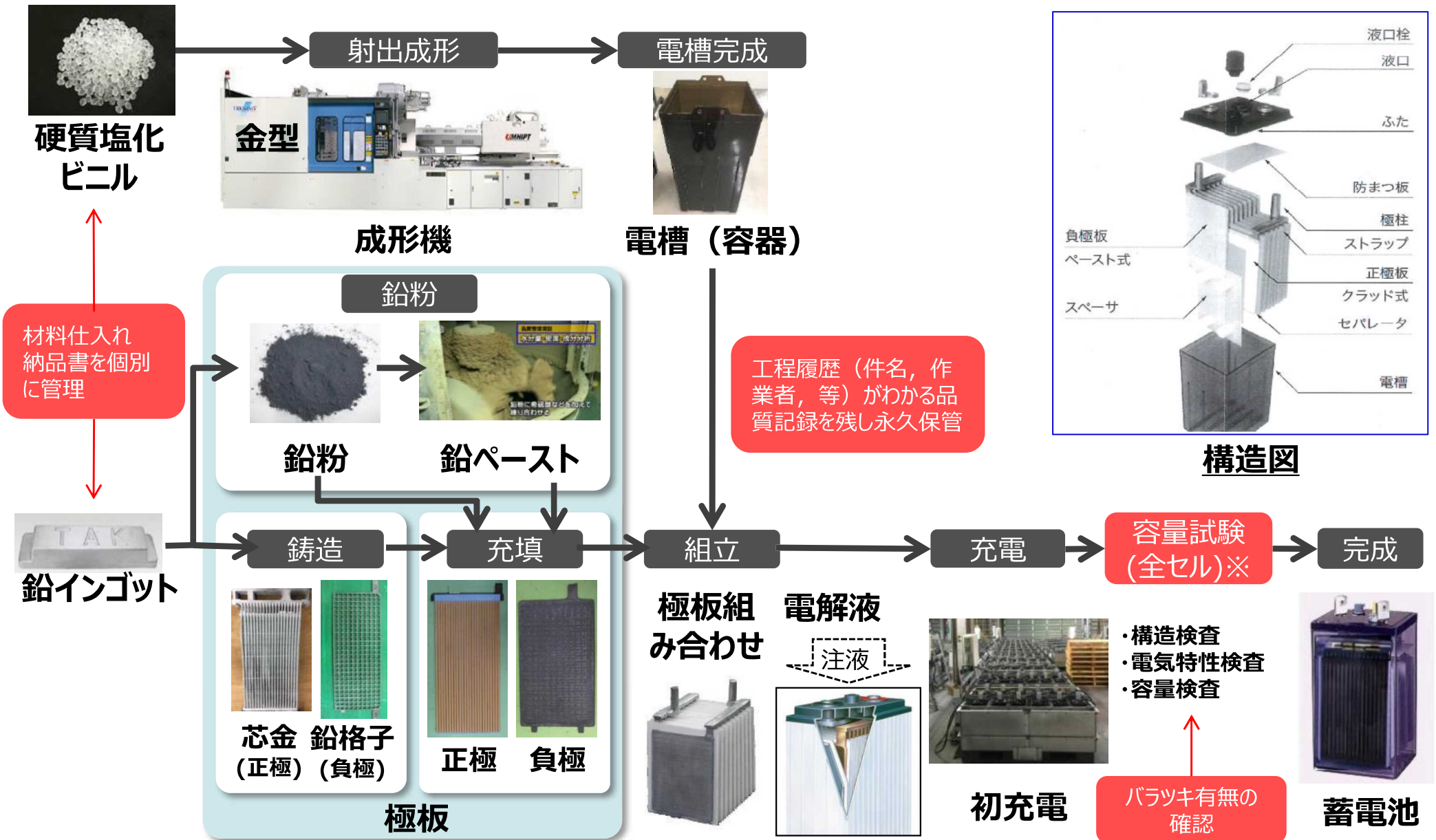
## ■ 概要

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、「原子力発電所における蓄電池の劣化に関する国際調査結果」に基づき、国内の事業者に対して安全系蓄電池の保守管理の実態調査の依頼があったことから、安全系蓄電池に係る以下の項目について報告する。

	項目	内容
1	蓄電池の構造・原理	<ul style="list-style-type: none"> <li>蓄電池の構造及び製造の流れについて</li> <li>蓄電池の原理について</li> </ul>
2	蓄電池の劣化メカニズム	<ul style="list-style-type: none"> <li>ベント式、制御弁式蓄電池の基本劣化パターン</li> </ul>
3	蓄電池の品質管理、保守管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>工場（メーカー）での実施状況</li> <li>発電所（事業者）での実施状況</li> </ul>
4	ベント式蓄電池の容量管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>各社の容量試験(単セル)の実績</li> <li>「容量-比重」、「容量-電圧」の相関について</li> </ul>
5	各社の保守管理状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>蓄電池の取替頻度等</li> </ul>
6	まとめ	—
—	参考	<ul style="list-style-type: none"> <li>各社で採用している蓄電池メーカーについて</li> <li>単セルの容量低下事象について</li> <li>蓄電池保守管理の基本的な考え方について</li> </ul>

# 1. 蓄電池の構造・原理 (1/2)

安全系ベント式鉛蓄電池の構造と製造の流れは以下の通り (■ は国内A社における原子力QC例)



※ 容量試験(全セル)は、容量試験装置の放電容量に応じて数セル単位で組み合わせて実施

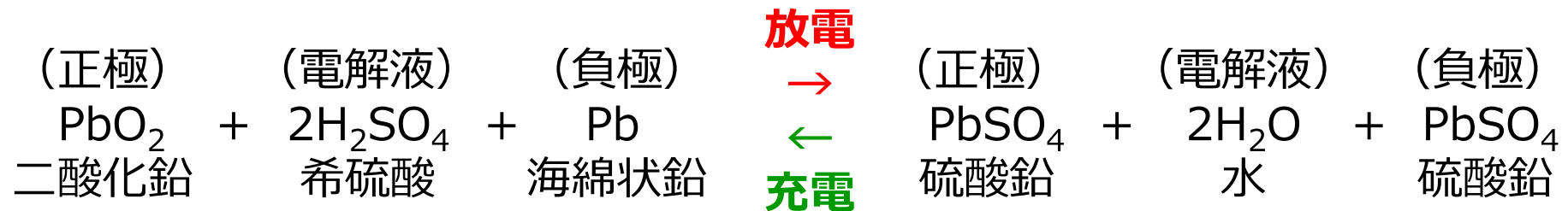
# 1. 蓄電池の構造・原理 (2/2)

## ■ 蓄電池の原理

### 鉛蓄電池の基本反応は下式の通り

(電池工業会指針 SBA G0303「ベント形据置鉛蓄電池－保守・取扱いの技術指針」より)

<鉛蓄電池の電気化学反応>

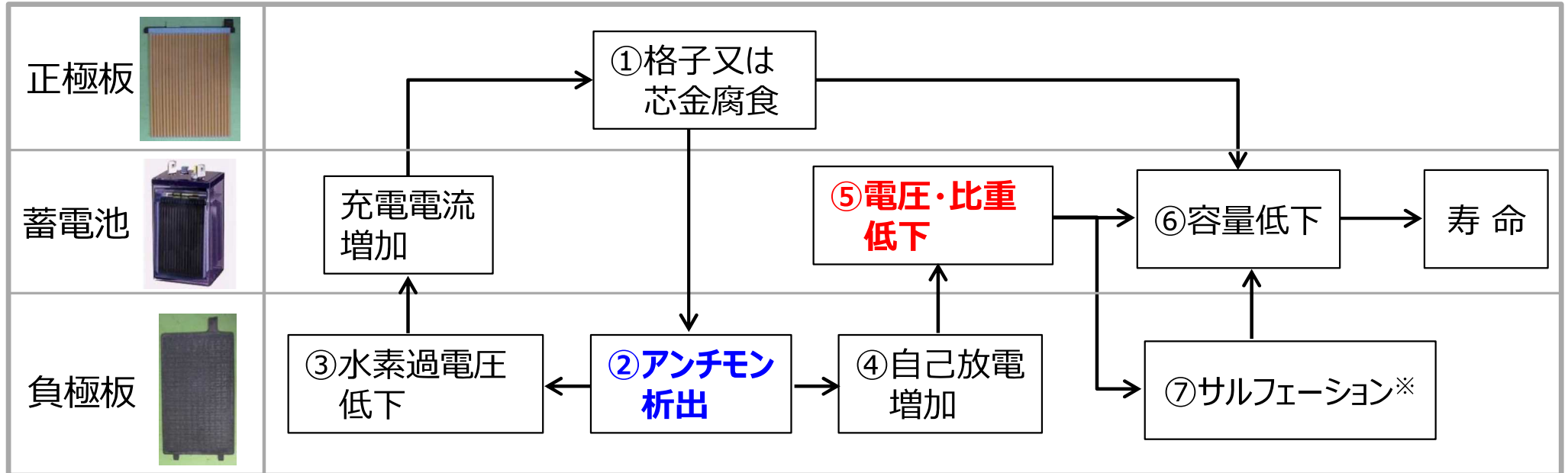


- ✓ 鉛蓄電池は、正極に二酸化鉛 ( $\text{PbO}_2$ ) を、負極に海綿状の鉛 ( $\text{Pb}$ ) を使用している。また、電解液に希硫酸 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) を使用し、正極、負極と反応して起電反応に関与するほか、正極－負極間の電気伝導の回路の役目をしている。
- ✓ **放電**すると、正極と負極が硫酸鉛になり、希硫酸が水に変化する。
- ✓ **充電**すると、放電時とは逆の反応となり、正極が二酸化鉛に、負極が鉛になり、水が希硫酸に変化する。
- ✓ **放電**すると、電解液の硫酸分が消費されて比重がほぼ直線的に低下し水に近づき、蓄電池電圧が低下する。よって、**鉛蓄電池の保守管理として、蓄電池の電圧及び比重を定期的に確認**している。

## 2. 蓄電池の劣化メカニズム（ベント式）

### ■ ベント式蓄電池の基本劣化パターン

（電池工業会指針 SBA G0606「蓄電池設備－劣化診断の技術指針」より）



#### <ベント式鉛蓄電池の容量低下に至るメカニズム>

- ①正極板の格子又は芯金（鉛-アンチモン系合金）が徐々に腐食
- ②アンチモンが負極板に析出（電圧・比重低下の要因）
- ③水素過電圧が低下し、鉛より水の電気分解が促進
- ④負極板の自己放電増加
- ⑤電圧・比重低下
- ⑥容量低下
- ⑦負極表面で硫酸鉛が結晶化  
（頻繁な充放電や充電されずに放電されると起きやすい）

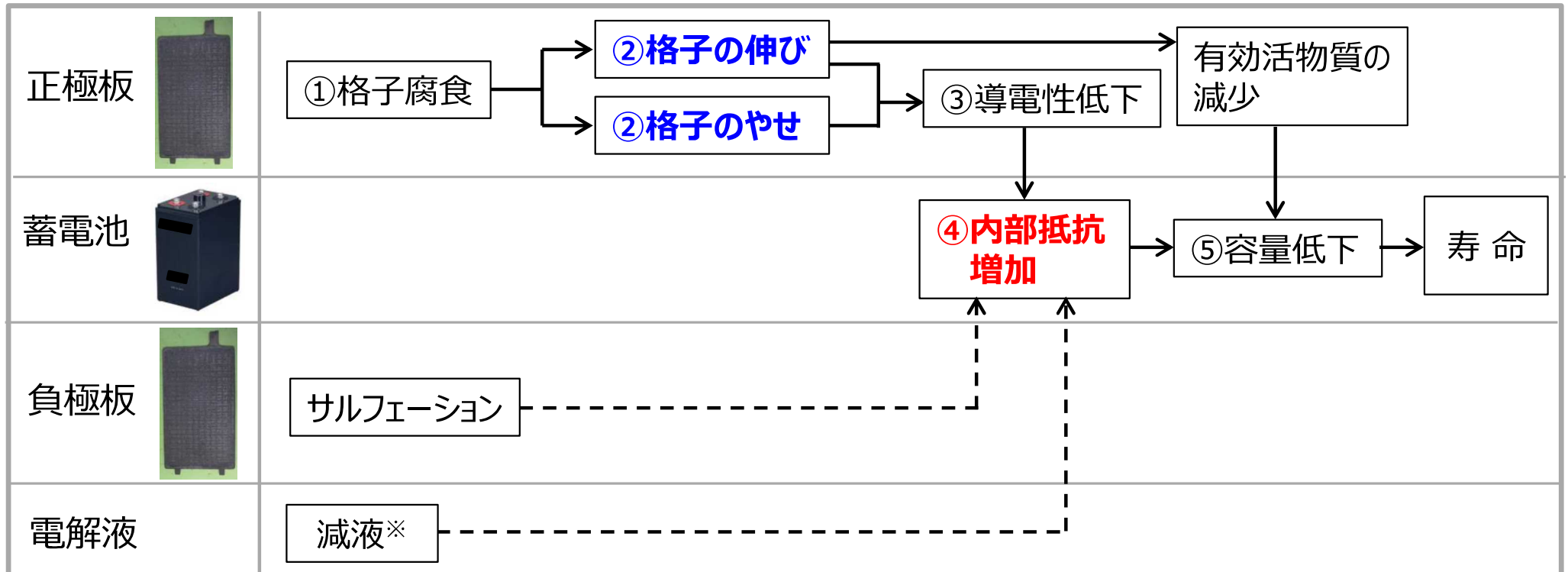
#### ※サルフェーションとは

負極では放電によって鉛から硫酸鉛に変化するが、過放電又は長期の充電不足などの原因により、安定した結晶構造に変化し、充電しても鉛に戻らなくなる現象のこと。これが負極表面に付着することで、電極と電解液の反応面積が小さくなり（内部抵抗増加）、電解液中の硫酸イオンも硫酸鉛から元に戻れない（電解液の濃度低下）ことから、電池電圧が低下し、充電しても初期の電圧に戻らなくなる。

## 2. 蓄電池の劣化メカニズム（制御弁式）

### ■ 制御弁式蓄電池の基本劣化パターン

（電池工業会指針 SBA G0606「蓄電池設備－劣化診断の技術指針」より）



※ 上図点線のパターンはまれに起こる故障モード

### <制御弁式鉛蓄電池の容量低下に至るメカニズム>

- ①正極板の格子（鉛－カルシウム系合金）が徐々に腐食
- ②格子の導電部の減少・やせ（内部抵抗増加の要因）
- ③有効活物質の減少に伴う導電性低下
- ④内部抵抗増加
- ⑤容量低下

#### ※減液とは

温度が高くなると、過充電により電解液中の水の電気分解が促進され、電池内部で吸収しきれないガスが外部に放出されることで、必要な電解液量が低下する現象。

### 3. 蓄電池の品質管理、保守管理について（1/3）

蓄電池の寿命は、外部要因である**製造条件**、**使用条件**、**保守条件**によって、大きく左右されることが知られており、規格「SBA G0606」にも明記されている。

#### ■ **製造条件：工場（メーカ）での実施事項**

- ✓ 安全系蓄電池は、国内メーカの厳しい品質管理（原子力QC）のもと、**工場での出荷試験として容量試験(全セル)を実施し規定値以上あることを確認**している。
- ✓ したがって、**出荷時に容量は担保されており、かつ製品品質のバラつきも少ない。**

（工場試験項目の例）

試験項目	内容
構造検査	外観：ひび・割れ・著しい変形がないことを確認 寸法：総高さ、電槽高さ、幅及び長さの最大箇所を測定
電解液測定(ベント式)	純度測定、比重確認、液面位確認
内部抵抗測定(制御弁式)	内部抵抗を測定する
電圧測定	電圧の計測
容量試験	容量試験(全セル)の実施
想定負荷放電試験	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

**製造条件**は蓄電池の寿命・性能に対し良好な状況である。

### 3. 蓄電池の品質管理、保守管理について (2/3)

#### ■ 使用条件：発電所（事業者）での設置環境等

①**使用温度**：蓄電池使用環境温度が蓄電池の寿命・性能に影響を与える。

- ・**温度が高いと**、正極格子または芯金の腐食が促進され、**寿命が短くなる**。
- ・**温度が低いと**、化学反応が緩慢になり、蓄電池の**容量が低下**する。

発電所の蓄電池室は、建屋空調にて**年間を通じて温度管理を行っている**。

②**充電状況**：通常使用状態（浮動充電時）における充電電圧値が寿命に影響を与える。

- ・**充電電圧が低すぎると充電不足**となり、長期間継続すると、正極板格子または芯金の腐食および負極板の自己放電で活物質が劣化し、**寿命が短くなる**。
- ・**充電電圧が高すぎると過充電**となり、正極格子または芯金の腐食による劣化で**寿命が短くなる**。

蓄電池浮動充電中の総電圧を1回/日確認し、充電電圧を確認し**適正な充電電圧が保たれている**。

③**使用状況**：蓄電池の充放電を繰り返すと蓄電池の寿命に影響を与える。

発電所において直流負荷は**通常は充電器から供給**されており、**蓄電池の放電は極めて少ない**ため、**充放電を繰り返す使用状況になく、劣化しにくい**。

蓄電池の寿命・性能に影響を与える**使用条件（使用温度、充電状況、使用状況）**はいずれも適切に維持されており、良好な状況である。



### 3. 蓄電池の品質管理、保守管理について (3/3)

#### ■ 保守条件：発電所（事業者）での保守内容

- ✓ 安全系蓄電池に対する保守管理として、SBA G0606の劣化診断手法を参考に、**日々の巡視点検（一次劣化診断）**を実施しつつ、**容量と相関の高い電圧・比重**について**全セル定期的に測定（二次劣化診断）**することで劣化傾向を把握しており、**不具合が極めて少ない状態を維持**している。

全セルの巡視点検（一次劣化診断） 【実施頻度：1回／日】	全セルの比重・電圧測定（二次劣化診断） 【実施頻度：1回／1ヵ月～6ヵ月※】
【外観点検】 <ul style="list-style-type: none"> <li>・全セルの外観の損傷、漏液等の異常がないことを確認</li> <li>・全セルの電解液面を確認（ベント式）</li> </ul> 【電圧】 <ul style="list-style-type: none"> <li>・浮動充電中の総電圧</li> </ul> 【その他】 <ul style="list-style-type: none"> <li>・架台の外観点検、他</li> </ul>	【蓄電池温度】 <ul style="list-style-type: none"> <li>・蓄電池の各セル温度</li> </ul> 【蓄電池電圧】 <ul style="list-style-type: none"> <li>・蓄電池の各セル電圧</li> </ul> 【蓄電池比重】 <ul style="list-style-type: none"> <li>・蓄電池の各セル比重（ベント式）</li> </ul> 【蓄電池内部抵抗】 <ul style="list-style-type: none"> <li>・蓄電池の各セル内部抵抗（制御弁式）</li> </ul> 【その他】 <ul style="list-style-type: none"> <li>・蓄電池部品（液栓、接続ボルト等）の外観点検、他</li> </ul>

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

適切に保守管理されており、**保守条件**は蓄電池の寿命・性能に対して良好な状況である。



## 4. ベント式蓄電池の容量管理について（1/4）

- **容量試験(全セル)**については、メーカー工場において**納入時に実施**している。
- **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(単セル)を実施**している会社もある。なお、容量試験(単セル)を実施していない会社※1は、メーカー取替推奨期間※2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	東京HD	8,10,12,14年及び15年以降毎年実施※3	JEM1431 JIS C 8704-1
	中部	10年以降、蓄電池の点検周期に合わせて実施※4	JIS C 8704-2 ※5

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）	北海道	8年以降に実施（実績あり）	JEM1431 JIS C 8704-1 JIS C 8704-2 ※5
	東北	13年を目途に実施（実績あり）	
	北陸	13年目に実施（実績あり）	
	関西	13年目に実施（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（実績あり）	

※1 中国、原燃

※2 一定の使用頻度において容量80%以上を満足するとメーカーが想定する期間

※3 6カ月に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に基づき、容量試験(単セル)の対象外としている蓄電池あり。

※4 試験結果によっては次の定期点検での容量試験(単セル)は不要とする場合あり。

※5 日本電機工業会規格 JEM1431「原子力発電所用据置鉛蓄電池の試験方法」  
日本産業規格 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」  
日本産業規格 JIS C 8704-2「据置鉛蓄電池 第2-1部：制御弁式 試験方法」

## 4. ベント式蓄電池の容量管理について (2/4)

■ 過去に実施した、容量試験の実績（一例：ベント式（CS形））については以下のとおり。

会社名	発電所名	実施時期	使用年数	対象セル	対象セルの選定基準	試験方法	試験結果 (容量値※1)	判定基準 ※2	試験方法の 適用規格基準
北海道	泊1号	2000年 10月	13年	比重が最も低い 2セルを選定	メーカーや施工 業者と協議 のうえ決定 (工事要領 書等)	満充電状 態から放電 を開始し、 放電終止 電圧に至る までの放電 時間から容 量を算出	良 (113%,115%)	80%以上	JEM1431、 JIS C 8704-1
東北	女川1号	1996年 1月	13年	比重が最も低い 1セルを選定			良 (102% ※3)		
東京HD	柏崎刈羽 3号	2017年 12月	11年	比重が最も低い 2セルを選定			良 (114%,115%)		
中部	浜岡5号	2019年 9月	14年	比重が最も低いセル と中間値のセルの 2セルを選定			良 (109%,109%)		
九州	川内1号	2013年 4月	14年	電圧・比重を測定し、 測定値が劣っている 3セルを選定			良 (116%,118%, 119%)		

※1 定格容量100%に対する値

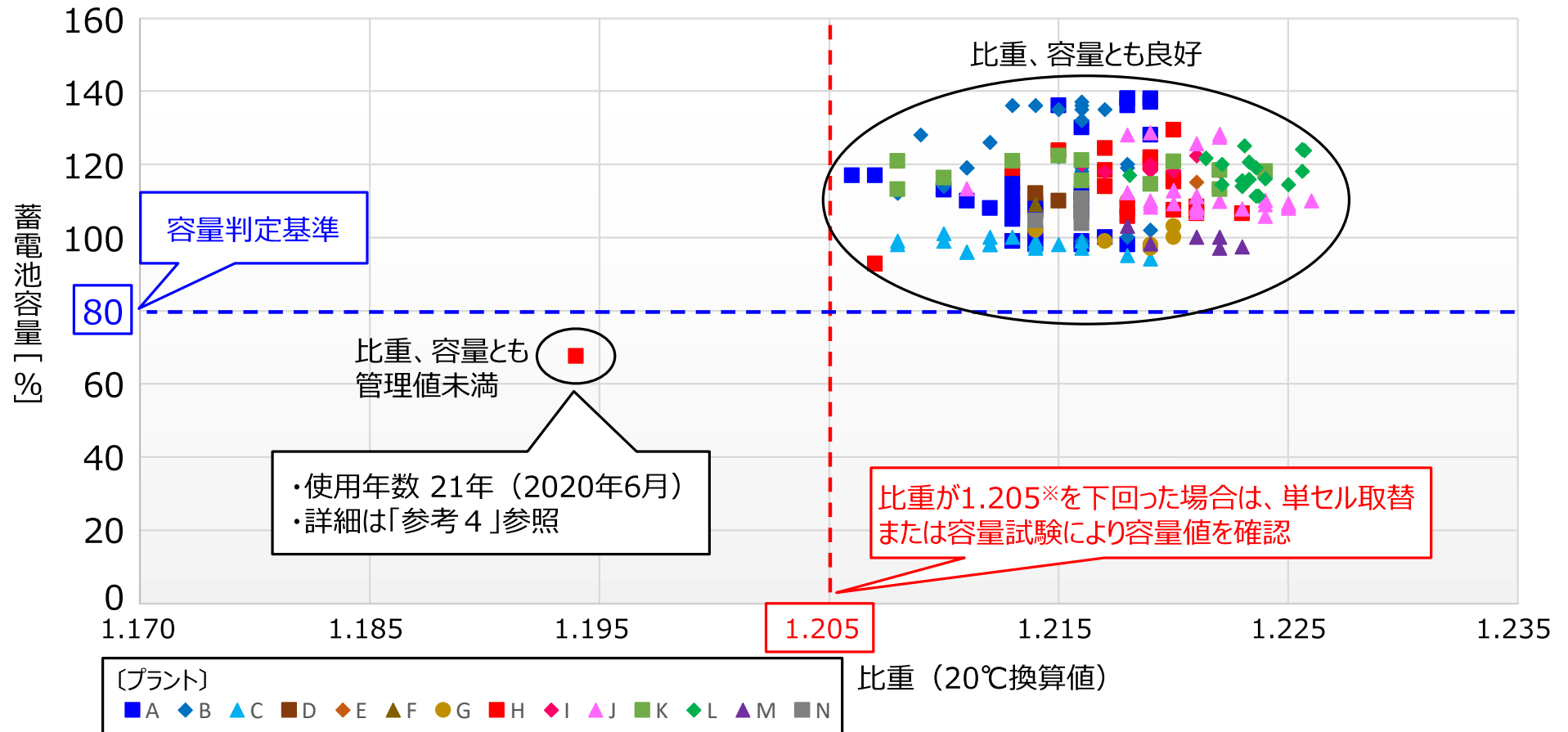
※2 SBA G 0606の4.1.1では、寿命は「容量の減少が加速する定格容量の80%未満」とされているため、据置蓄電池の寿命以上の値を目安として管理。

※3 更新時に、参考として既設蓄電池の容量確認を目的に実施しているため、試験結果は参考値

**蓄電池の寿命（ベント式（CS形）：10年～14年）に達した蓄電池においても、容量が十分あることを確認。**

## 4. ベント式蓄電池の容量管理について (3/4)

- 過去に実施した単セルでの容量試験の結果（容量、比重の測定実績）を以下に示す。  
〔 P9の測定実績の一例を含む 〕



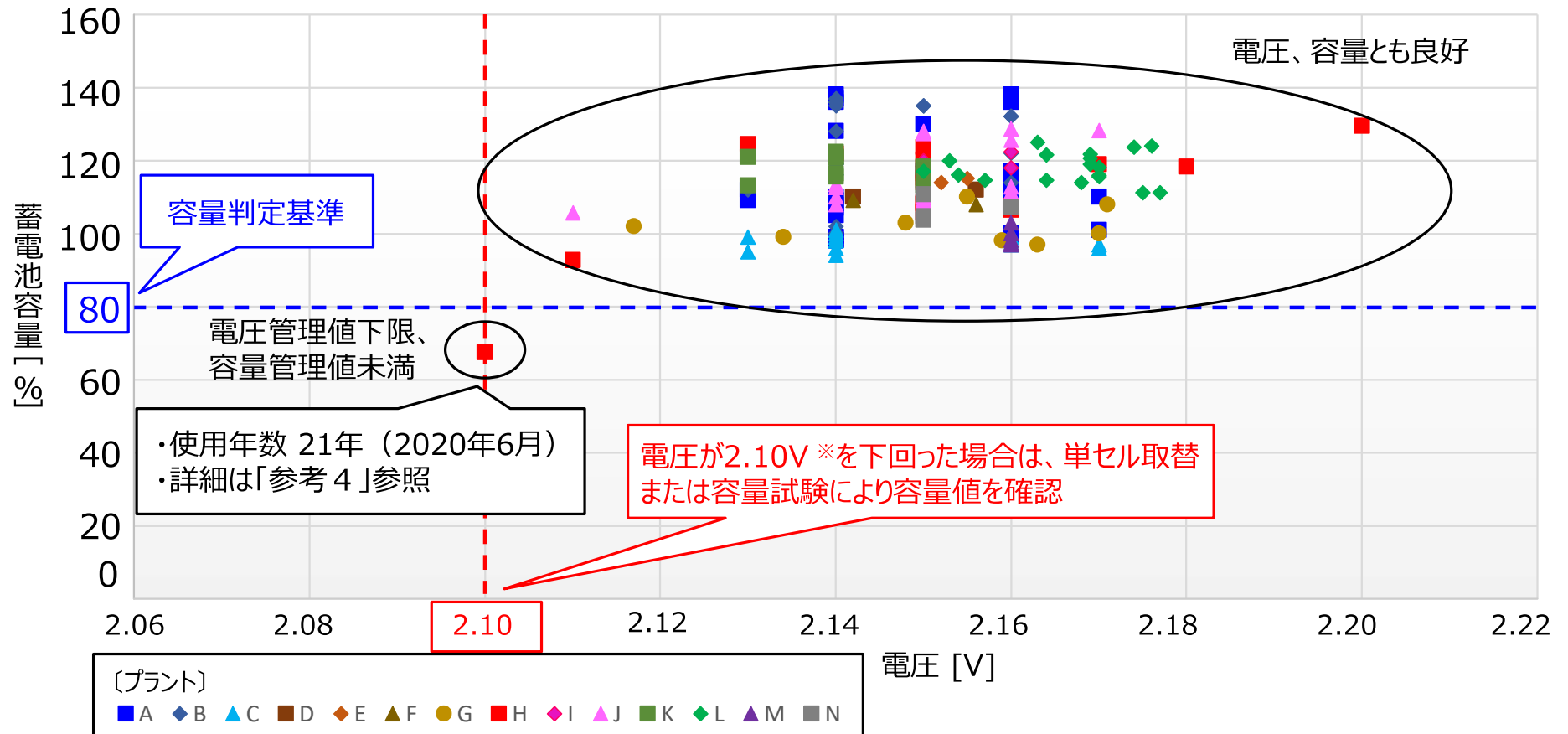
※ : SBA G0606に準拠 (CS形 1.215-0.01以上)

過去に実施した容量試験において、蓄電池比重が判定基準（1.205）を上回ったものについては、蓄電池容量が判定基準（80%）を下回った事例はなく、現状の保守管理方法により、蓄電池の容量管理はできていると考える。

## 4. ベント式蓄電池の容量管理について (4/4)

- 過去に実施した単セルでの容量試験の結果（容量、電圧の測定実績）を以下に示す。

〔 P9の測定実績の一例を含む 〕



※ : SBA G0606に準拠 規定値(2.15) - 0.05V/セル以上

**過去に実施した容量試験において、蓄電池電圧が判定基準（2.10V）を上回ったものについては、蓄電池容量が判定基準（80%）を下回った事例はなく、現状の保守管理方法により、蓄電池の容量管理はできていると考える。**

## 5. 各社の保守管理状況（1/3）

- 全社とも全セルに対して比重・電圧測定を定期的に行い保守管理を実施している。そのうえで、定期的に交換している会社、容量管理を行って交換している会社がある。
  - ✓ 定期的に交換している会社は、メーカー推奨の頻度を参考に、劣化兆候が見られる前段階で保守的に取替を実施。
  - ✓ 容量管理を行って交換している会社は、比重・電圧の測定結果を踏まえ、必要により容量試験(単セル)も実施することで、容量の減少が加速（容量80%未満）する前段階で取替を実施。
- 以上については、いずれも容量の減少が加速（容量80%未満）する前段階で取替を実施していることから劣化管理上の問題とはならない。

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 (CS形)	17年	10～14年	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>
東北	ベント式 (CS形)	15年	10～14年	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> </ul>
東京 HD	ベント式 (CS形)	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"> <li>・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。</li> <li>・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）』。</li> <li>・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。</li> </ul>
	制御弁式 (長寿命 MSE形)		13～15年	

## 5. 各社の保守管理状況 (2/3)

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 (CS形)	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 (CS形)	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 (CS形)	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 (CS形)	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 (長寿命 MSE形)	13～15年	13～15年	
四国	ベント式 (CS形)	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。

## 5. 各社の保守管理状況 (3/3)

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 (CS形)	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 (CS形)	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 (長寿命 MSE形)	13～15年	13～15年	3カ月に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 (CS形)	18年（A社製） 15年（B社製）	18年（A社製） 15年（B社製）	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>



## 6. まとめ

### ■ 高い製造品質

安全系蓄電池については、国内メーカーの原子力QCのもと、工場で全数の容量試験を実施し規定値以上あることおよび品質にバラツキがないことを確認している。

### ■ 劣化が進展しにくい使用状況

建屋空調にて年間を通じて温度管理されており、適正な電圧で充電され、繰り返し充放電による劣化はほぼなく、劣化が進展しにくい使用状況にある。

### ■ 適切な保守管理

過去の試験実績より、比重・電圧が低下すると容量が低下することを確認しており、電池工業会指針 SBA G0606「蓄電池設備-劣化診断の技術指針」の劣化診断手法を参考に、全社とも比重・電圧測定を含む保守管理を適切に実施している。

以上の結果より、これまでの容量試験(単セル)において1件を除き(※)容量の低下が見られた安全系蓄電池はなく、火災・過熱事象の発生もないことから、定期的な容量試験(全セル)を実施せずとも適切に維持管理できていると考えられるものの、国内外の取り組み状況、運転経験を踏まえて、より適切と考えられる蓄電池保守管理の方法を検討し、その検討状況については、適宜原子力規制庁へ報告する。

(※) 長期停止中に試験的に21年間供用した蓄電池

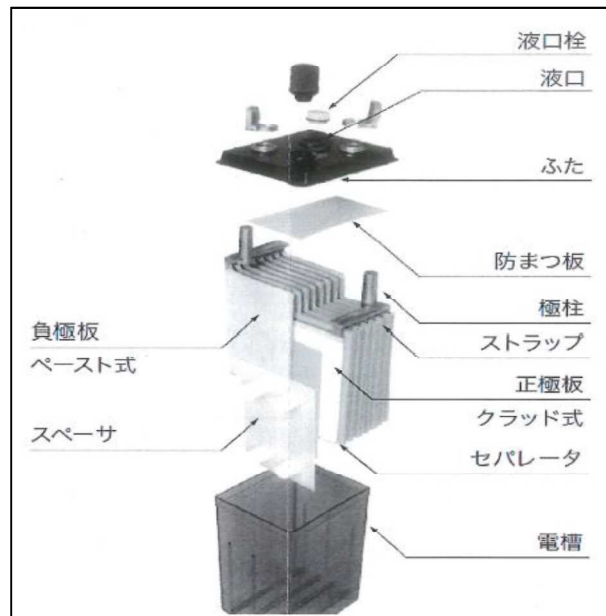


## 参考 1 蓄電池の外観及び構造

### ■ 鉛蓄電池の外観及び構造について

#### <ベント式（CS形）鉛蓄電池>

電気分解および蒸発による生成物を単電池から大気中に自由に放出できる開口部をふたに備えた蓄電池。



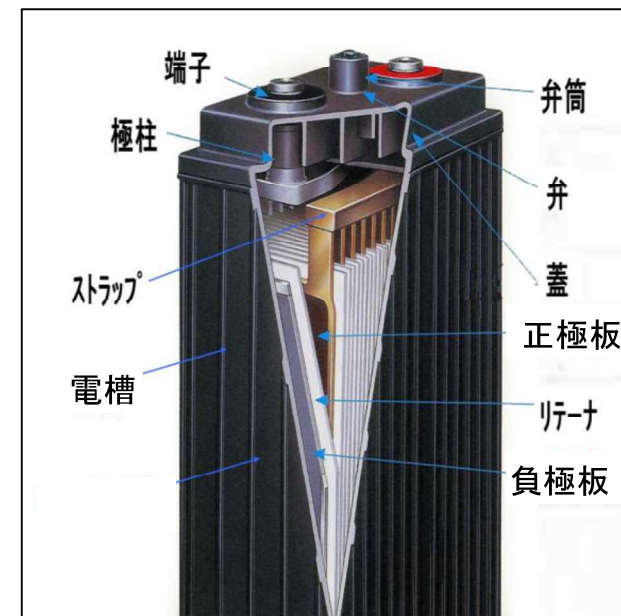
ベント式（CS形）鉛蓄電池の構造図

#### ベント式（CS形）鉛蓄電池の外形寸法※

	長さ	幅	高さ	重さ
2000Ah	390mm	300mm	800mm	約180kg
3000Ah	330mm	430mm	990mm	約300kg

#### <制御弁式（長寿命MSE形）鉛蓄電池>

内部圧力が規定値を超えるとガスを放出する制御弁を備えた鉛蓄電池。



制御弁式（長寿命MSE形）鉛蓄電池の構造図

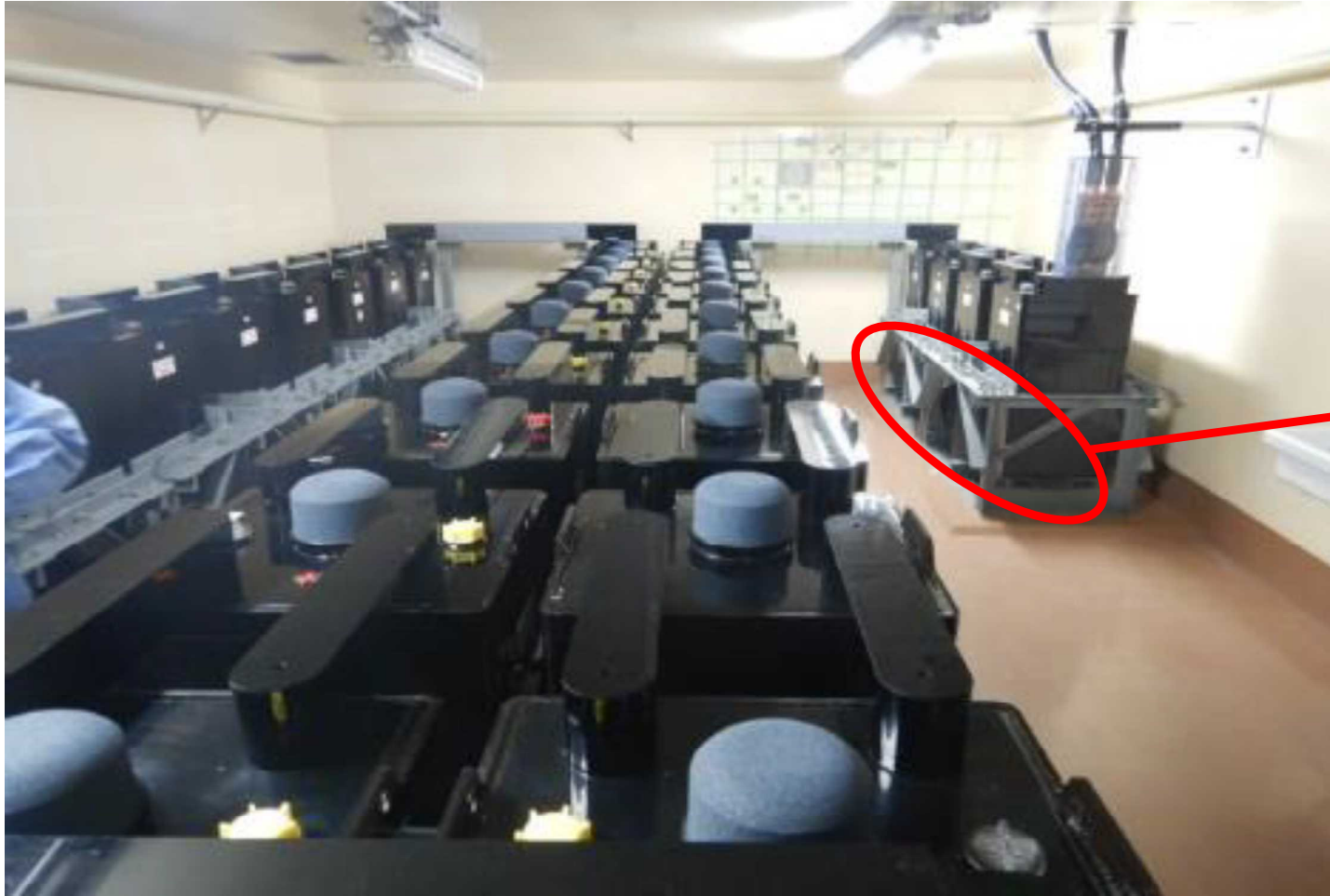
#### 制御弁式（長寿命MSE形）鉛蓄電池の外形寸法※

	長さ	幅	高さ	重さ
2000Ah	480mm	340mm	380mm	約150kg
3000Ah	700mm	340mm	380mm	約220kg

※JIS C 8704-1/2-2より引用

## 参考2 蓄電池の設置状況

### ■ A社 125V (A) 系蓄電池室



耐震架台

1セルあたり3000Ahの蓄電池が60セル設置されており、安全系蓄電池は耐震架台によって強固に固定されている。

## 参考3 国内原子力発電所に使用されている蓄電池について

### ■ 蓄電池メーカーについて

国内原子力発電所の安全系蓄電池に使用されているメーカーは、GSユアサ、エナジーウィズ、古河電池の3社となっている。

会社名	使用メーカー	会社名	使用メーカー
北海道	GSユアサ	中国	GSユアサ、エナジーウィズ
東北	GSユアサ	四国	GSユアサ
東京	GSユアサ、エナジーウィズ	九州	GSユアサ
北陸	GSユアサ、エナジーウィズ、古河電池	原電	GSユアサ、エナジーウィズ
中部	GSユアサ	電発	エナジーウィズ（予定）
関西	GSユアサ、エナジーウィズ	原燃	GSユアサ、エナジーウィズ

### ■ 安全系蓄電池の取替方法について

安全系蓄電池の計画的な取替については、1回で全セル取替を実施しており、部分的にローテーションで取替を行うなどはしていない。

## 参考 4 国内原子力発電所に使用されている蓄電池について

### ■ 安全系蓄電池の容量低下事象

- 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ような容量劣化事象等のトラブルは確認されていない。**
- 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）は確認されている。

発電所名	発生年月	対象設備	事象概要
浜岡 3	2020年6月	B-125V蓄電池	使用開始10年以降、定期的な容量試験(単セル)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(単セル)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(単セル)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。
- ✓ 容量低下に至る原因として支配的なものは、SBA G 0606において「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している。

**蓄電池容量**：満充電状態の蓄電池を規定する電流で放電させたとき、規定する蓄電池電圧（放電終始電圧）に低下するまでに放電できる電気量。

**容量試験**：満充電状態の蓄電池を放電し、規定する容量を満足することを確認する試験。  
（蓄電池の充放電を繰り返すと蓄電池の寿命に影響を与える）

### <容量試験について>

$$\text{容量}[\%] = \text{放電量 } C_t[\text{Ah}] / \text{蓄電池定格容量}[\text{Ah}] \times 100$$

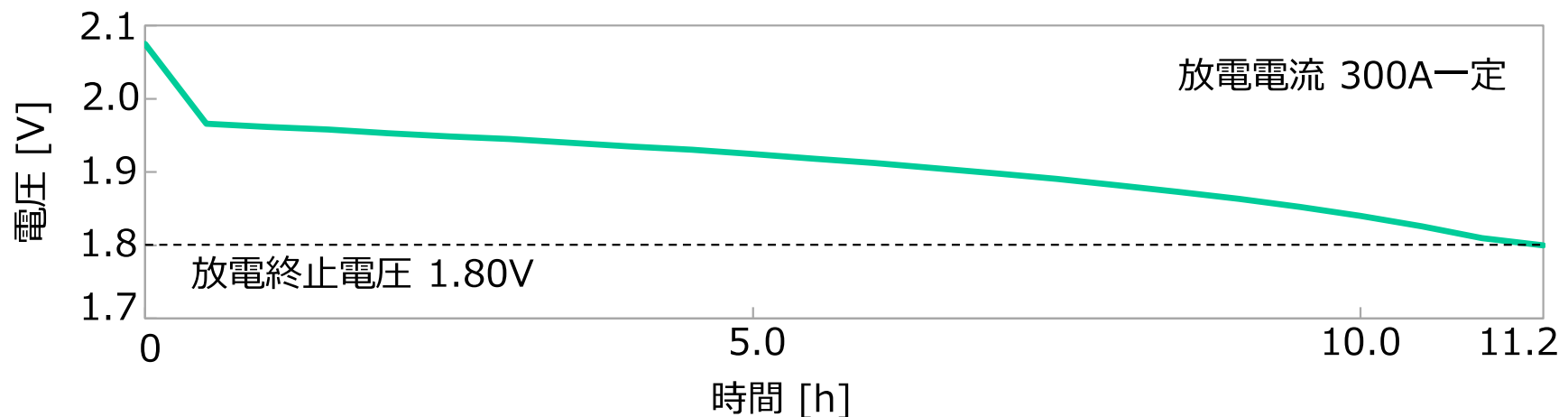
$C_t[\text{Ah}]$ ：放電電流[A](10時間率放電電流or5時間率放電電流)×放電時間※[h]

※放電終止電圧（10時間率の場合1.80V, 5時間率の場合1.75V）までの時間

### ○A社 蓄電池定格容量3000Ahの容量試験結果（実例）

10時間放電電流（3000Ah/10=300A）で実施した場合の放電時間が11.2[h]

$$\text{放電量}(300[\text{A}] \times 11.2\text{h}) / \text{蓄電池定格容量}3000\text{Ah} \times 100 = \underline{112\%}$$



## 参考6 蓄電池の容量設計について

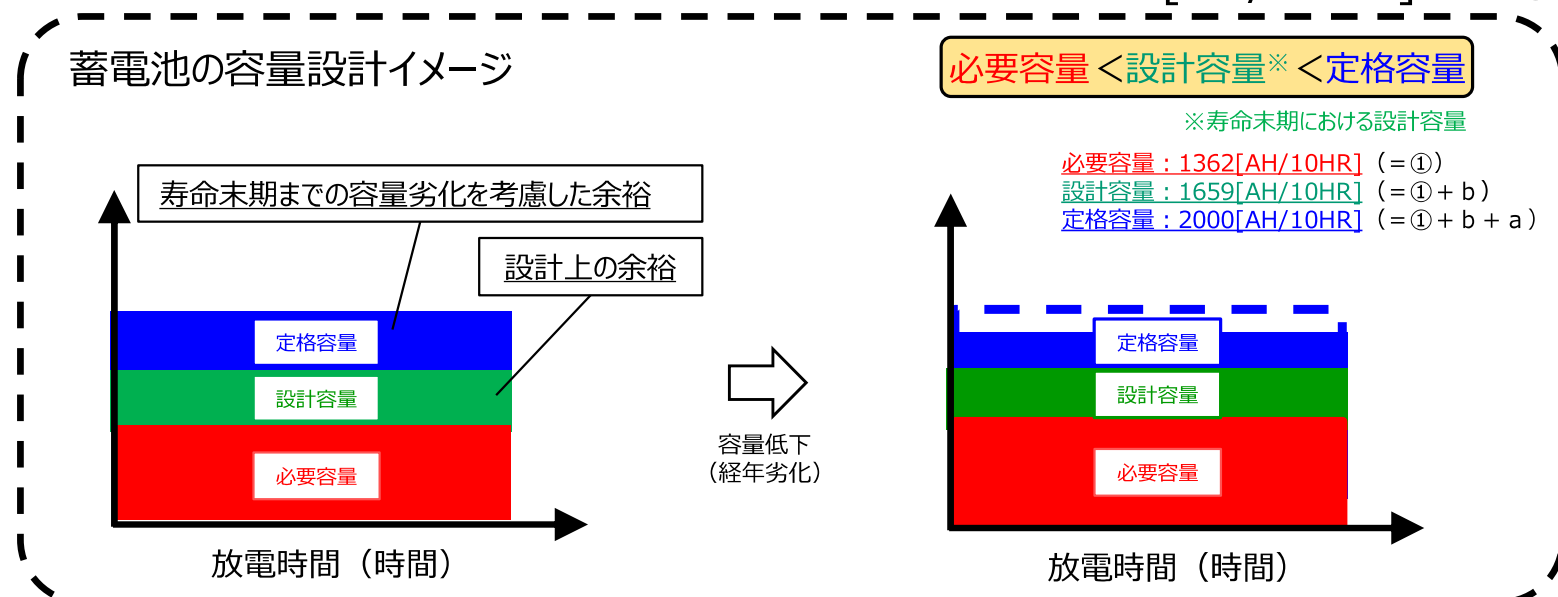
### ■ 蓄電池の容量設計（例）

- 蓄電池の定格容量は、①→②→③の順で選定している。

① 蓄電池システムの負荷に対する必要容量	1362[AH/10HR]
② ①の容量に対して、保守率(※1)を考慮して算出した必要容量	1703[AH/10HR]
※1 寿命末期までの容量劣化を考慮した補正值（ここでは容量の減少が加速する80%を使用）	
③ ②の容量に対して、上位の定格容量の蓄電池を選定	2000[AH/10HR]

- ③で選定した蓄電池の容量設計時に考慮している余裕は次のとおり。

a 寿命末期までの容量劣化を考慮した余裕	341[AH/10HR] (= ② - ①)
b 設計上の余裕	297[AH/10HR] (= ③ - ②)



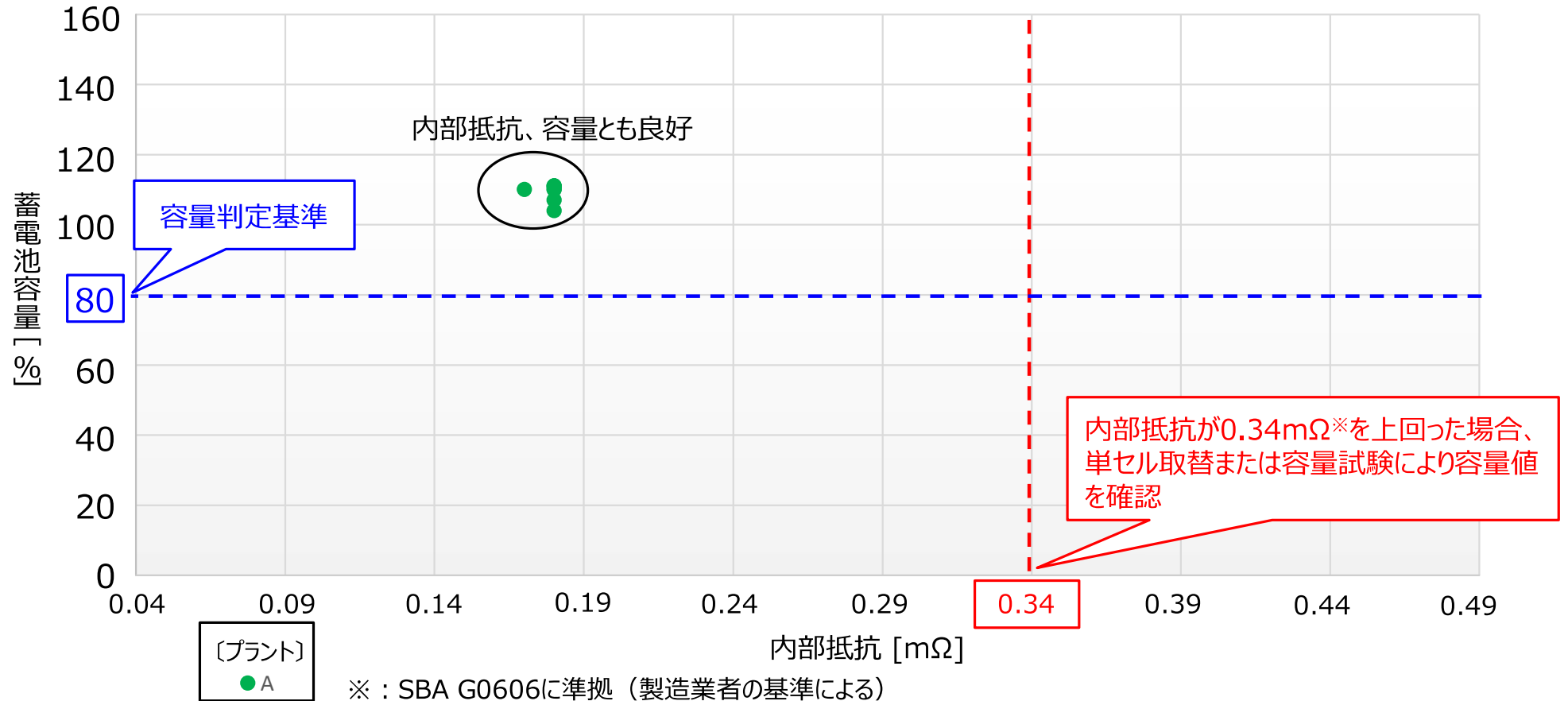
- ③で選定した蓄電池の容量が80%まで低下しても①の必要容量を下回らないように蓄電池の容量を選定しているため、全ての蓄電池が80%となった場合でも必要な機能を維持できる。

$$1600 \text{ [AH/10HR]} (= ③ \times 80\%) > 1362 \text{ [AH/10HR]} (= ①)$$

## 参考7 制御弁式蓄電池の容量試験について (1/2)

- 過去に事業者で実施した単セルでの容量試験の結果（容量値、内部抵抗の測定実績）を以下に示す。

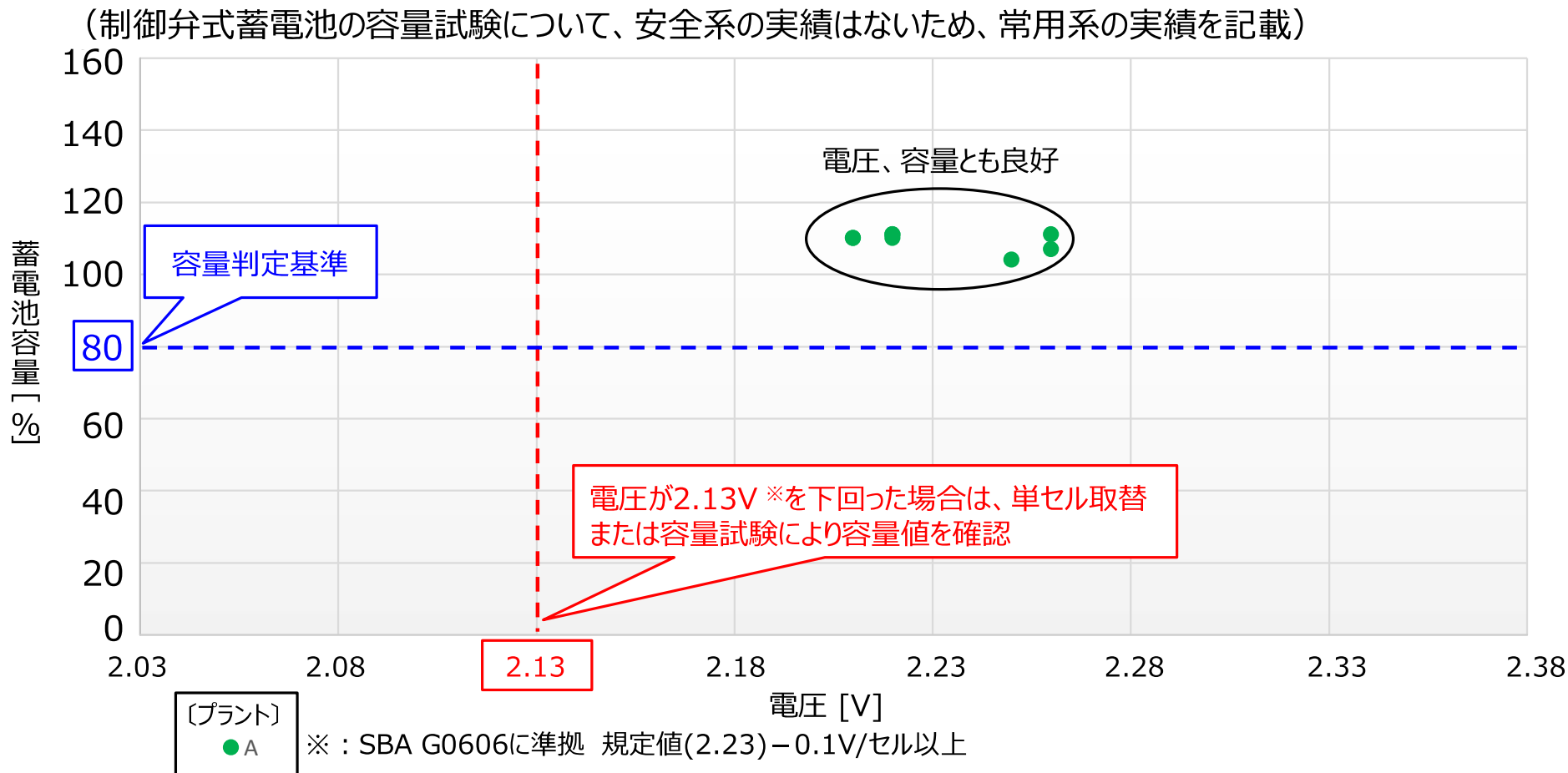
（制御弁式蓄電池の容量試験について、安全系の実績はないため、常用系の実績を記載）



データ数はベント式と比較して少ないものの、過去に実施した容量試験において、蓄電池内部抵抗が判定基準（0.34mΩ）を下回ったものについては、蓄電池容量が判定基準（80%）を下回った事例はなく、現状の保守管理方法により、蓄電池の容量管理はできていると考える。



- 過去に事業者で実施した単セルでの容量試験の結果（容量値、電圧値の測定実績）を以下に示す。



データ数はベント式と比較して少ないものの、過去に実施した容量試験において、蓄電池電圧が判定基準（2.13V）を上回ったものについては、蓄電池容量が判定基準（80%）を下回った事例はなく、現状の保守管理方法により、蓄電池の容量管理はできていると考える。



## 参考 8 14年超使用した蓄電池の容量試験実績

- 容量試験のうち、14年超使用したベント式（CS形）蓄電池の実績（一例）については以下のとおり。

（常用系の実績含む）

会社名	発電所名	実施時期	使用年数	対象セル	対象セルの選定基準	試験方法	試験結果 (容量値※1)	判定基準 ※2	試験方法の適用規格基準
北海道	泊1号	2004年 8～9月	17年	比重が最も低い 2セルを選定	メーカーや施工業者と協議のうえ決定 (工事要領書等)	満充電状態から放電を開始し、放電終了電圧に至るまでの放電時間から容量を算出	良 (130%,128%)	80%以上	JEM1431、 JIS C 8704-1
北海道	泊2号	2005年 8月	17年	比重が最も低い 2セルを選定			良 (136%,135%)		
中部	浜岡3号	2017年 3月	18年	比重が最も低いセルと中間値のセルの 2セルを選定			良 (120%,118%)		
中部	浜岡4号	2021年 3月	17年	比重が最も低いセルと中間値のセルの 2セルを選定			良 (122%,118%)		
中部	浜岡5号	2019年 10月	17年	比重が最も低いセルと中間値のセルの 2セルを選定			良 (128%,127%)		

※1 定格容量100%に対する値

※2 SBA G 0606の4.1.1では、寿命は「容量の減少が加速する定格容量の80%未満」とされているため、据置蓄電池の寿命以上の値を目安として管理。

**14年超使用した蓄電池においても、容量が十分あることを確認。**

## 参考9 各社の安全系蓄電池保守管理の基本的な考え方について

- 安全系蓄電池の保守管理の実態調査を行った結果、P13～15に示す通りいずれも適切に管理されており、劣化管理上の問題とはならないが、**各社の保守管理の考え方（容量試験の実施状況、蓄電池一式の取替頻度）にバラつきが確認**された。
- 各社の保守管理内容については、**プラントの設置環境やこれまでの運転実績を踏まえ、メーカーと協議のうえ設定されたもの**であり、**過去に安全系蓄電池の機能・性能に影響を与えるトラブルは発生していない**ことから、保守管理上の問題とはならない。
- 各社の保守実績から、**期待寿命内であれば十分な容量が保たれている**ことは分かってきた一方、**長期使用の蓄電池に対する知見拡充の観点から、経年化した蓄電池に容量試験を実施することは重要**である。これらを踏まえて、**原子力発電所における安全系蓄電池の保守管理について、より適切と考えられる方法を検討**していく。

### <安全系蓄電池保守管理の基本的な考え方（案）について>

- ✓ 原子力発電所でのこれまでの保守管理の実績では、蓄電池メーカーの期待寿命（例 ベント式（CS形）：～14年）内では必要容量を下回った実績はなく、適切に保全されている。そのため、この保守管理を継続し、**期待寿命の期間で使用する範囲においては、一次劣化診断、二次劣化診断により容量管理**を行う。特に、10年目以降については、管理値との比較だけでなく、過去データとの比較を行い、性能の低下傾向がないことを確認する。
- ✓ **メーカーの期待寿命を超えて使用する場合は、一次劣化診断、二次劣化診断に加えて容量試験を実施**し、取替時期を決定する。
- ✓ **容量試験の方法**は以下の通りとする。なお、対象セルの数については事業者の判断による。
  - 〔ベント式〕：**比重が最も低いセルを含む複数セル**に対して容量試験を行い、**80%以上**であることを確認する。
  - 〔制御弁式〕：**内部抵抗が最も高いセルを含む複数セル**に対して容量試験を行い、**80%以上**であることを確認する。
- ✓ **交換したセル数（不良セル数）が全セル数の10%を超えた場合は、SBA G0606に従い蓄電池一式の更新**を計画する。