

原子力発電所における非常用電源系統蓄電池の 保守管理について

原子力エネルギー協議会

2024.7.25

1. はじめに	2
2. 調査結果（概要）	3
3. 1 保守管理の対応方針 実施事項	4
3. 2 保守管理の対応方針 フローチャート（ベント式）	5
3. 3 保守管理の対応方針 フローチャート（制御弁式）	6
4. 今後の取り組み	7
別紙 1. 容量試験および取替頻度の状況	8
別紙 2. 蓄電池の温度管理状況と容量試験の結果	13
別紙 3. 国内外における蓄電池の比較整理	16
別紙 4. 製造・使用状況・保守管理の調査結果	19
参考	30

- ✓ 原子力規制委員会の53回技術情報検討会（2022年5月）において、OECD/NEA傘下の電源系統作業会がまとめた技術報告書の内容について議論され、蓄電池保守管理に係る推奨事項と今後国内原子力発電所における実態調査を進めていく見解が示された。
- ✓ これを受け、2022年7月、ATENAは「蓄電池健全性確認サブワーキンググループ（SWG）」を立ち上げ、蓄電池保守管理に係る実態調査を進めてきた。
- ✓ 今般、蓄電池健全性確認SWGにおいて、蓄電池の共通的な保守管理の対応方針を取り纏めた。

2. 調査結果（概要）

- ✓ 非常用電源系統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、これまでにトラブルはなく、劣化管理上の問題はなかったが、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）にばらつきがあることを確認した。【別紙 1 参照】
- ✓ 蓄電池の温度管理について、使用可能温度の45度以下で管理されているが、必ずしも寿命上最適とされる25℃での温度環境下とはなっていないことを確認した。しかしながら、これまでに実施した容量試験の結果では、期待寿命中および期待寿命を超えた場合においても顕著な容量の低下が起きていないことを確認した。【別紙 2 参照】
- ✓ 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非常用電源系統蓄電池は製造品質が優れ、使用条件のうち充電電圧管理および放電サイクル頻度の少なさにより不具合発生件数が圧倒的に少ないこと、ならびにこれまでの保守管理実績を踏まえると、全セルの容量試験を定期的の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と判断できる。【別紙 3、4 参照】
- ✓ 以上より、各社の非常用電源系統蓄電池の保守管理方法に問題となる点はなかったものの、長期使用の蓄電池の知見拡充および取替時期を決めることを目的に、共通的な保守管理を実施していく。

<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（※）内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、二次劣化診断時に管理値との比較だけでなく、過去データとの比較を行い問題の有無を確認する。

※ ベント式（C S形）：10～14年、制御弁式（M S E形）：7～9年、制御弁式（長寿命M S E形）：13～15年

<期待寿命を超えて使用する場合の保守管理>

- **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、より確実に容量を把握するために容量試験を実施する。**あわせて、**蓄電池温度履歴にも着目**してデータ拡充を図るとともに、取替時期を決定する。
- **容量試験**は以下の通り実施する。なお、対象セルの数については二次劣化診断結果がもっとも悪かった2セルを必須とし、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**であれば、蓄電池全セルの容量が必要容量以上であると判断する。

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**であれば、蓄電池全セルの容量が必要容量以上であると判断する。

容量試験の結果が80%未満であれば、当該単セルを取替えし、次回定検時の全セル取替えまでは継続使用する。

- **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、期待寿命の上限を超えた定検以降、毎定検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、期待寿命の上限を超える前の定検で初回の容量試験を開始し、以降は毎定検容量試験を実施する。

なお、当該定検にて全セル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。

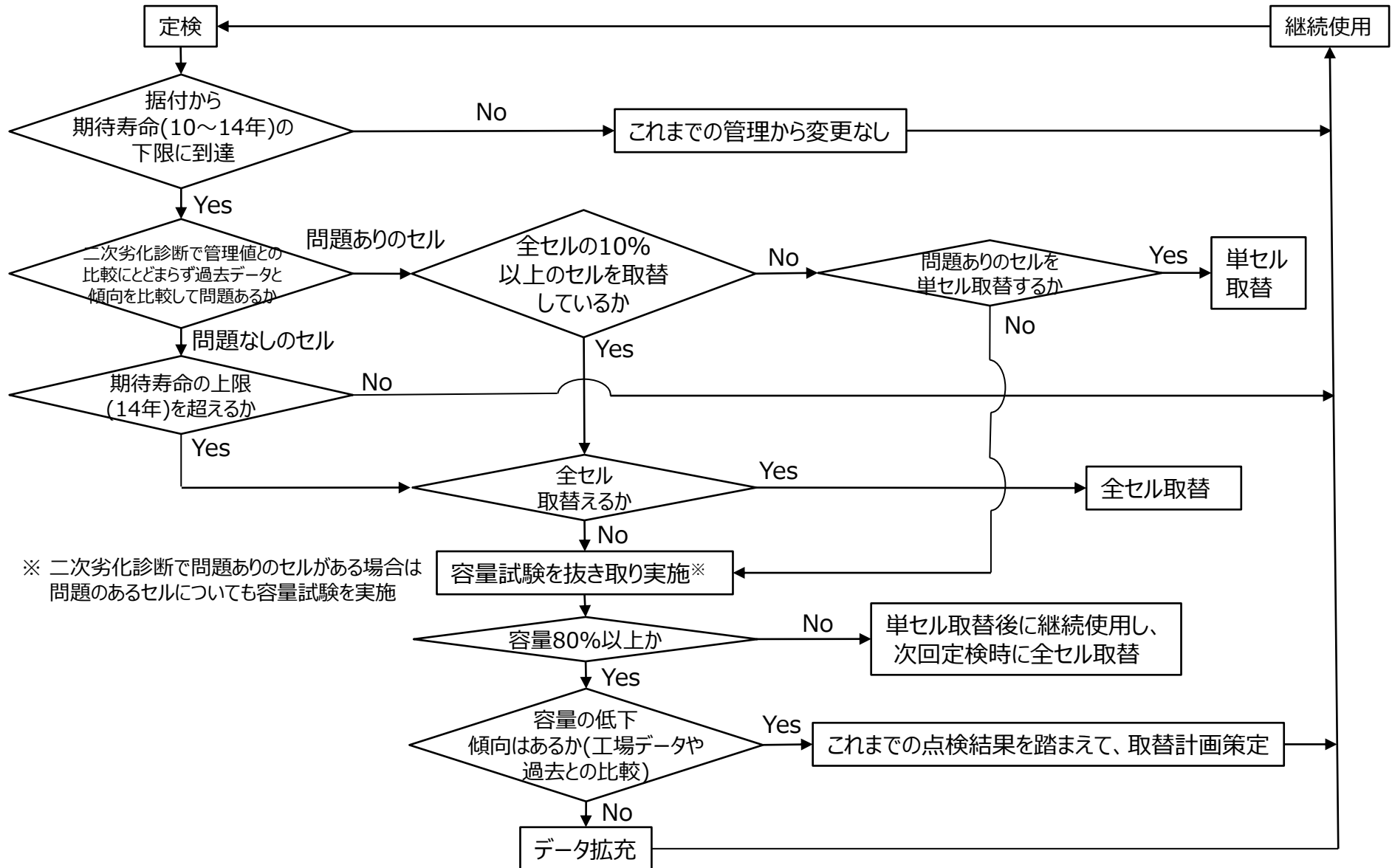
（移行措置）

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。

- **二次劣化診断で問題ありのセルについて、単セル取替あるいは全セル取替しない場合は容量試験を実施する。**

3.2 保守管理の対応方針 フローチャート（ベント式）

5





4. 今後の取り組み

- 各社は、ATENAからの安全対策実施要求を受けて、**非常用電源系統蓄電池の共通的な保守管理の対応方針を自社の保全プログラムに取り込む**。また、**全社の保全プログラム取込みが完了次第、ATENAホームページに公表**する。
- **各プラントで得られた蓄電池温度履歴や容量試験の結果**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。
- 本取り組みの実施に加えて、国内外の最新知見を継続的に収集する中で、**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**する。

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、蓄電池の温度履歴に着目した管理を行い、経年化した蓄電池の容量試験を実施する
運用開始時期	2024年度から運用開始（建設中プラントは運転開始までに実施）
対象設備	・ 運転プラント ・ 長期停止プラント（保安規定要求設備のみ） ・ 廃止措置プラント（機能維持設備のみ）
実施方法	・ 容量試験はJIS C 8704-1, JIS C 8704-2に基づき実施 ・ 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。
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 対象ユニット数：7（系統数：13） 2025年度 対象ユニット数：5（系統数：7） 2026年度 対象ユニット数：4（系統数：5） ※更新時期の見直しにより対象が増減となる可能性あり。

<蓄電池の容量管理の実施状況について (1/2) >

- **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：ペント形」

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」

<蓄電池の容量管理の実施状況について (2/2) >

■ 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。

<各社の保守管理状況について (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	・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年使用した非常用電源系統蓄電池及び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 (CS形)	15年	10～14年	・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 (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	・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 (長寿命MSE形)		13～15年	

<各社の保守管理状況について (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。

<各社の保守管理状況について (3/3) >

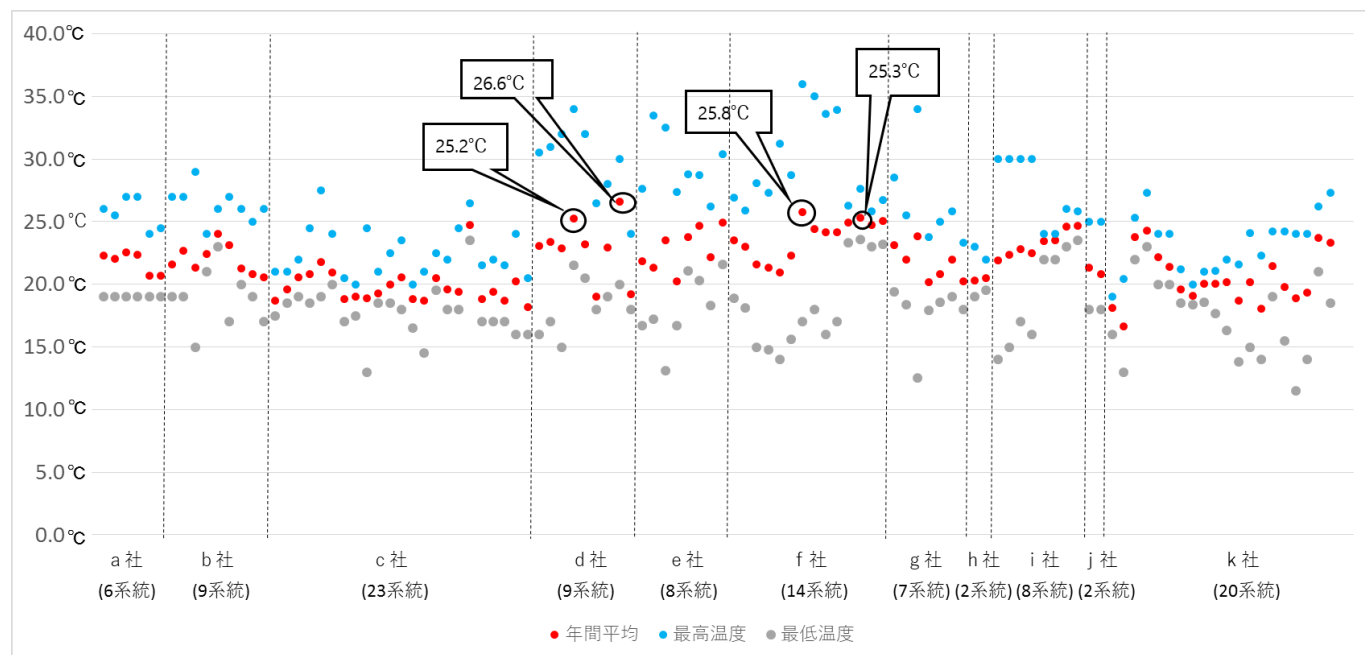
会社名	型 式	取替頻度 (目安)	メーカー推奨 (目安)	技術的妥当性
九州	ベント式 (CS形)	10～14年	10～14年	JEM1431に基づき、想定される寿命年数（メーカー取替推奨）の60%程度以降に実施する容量試験の結果を踏まえ、交換時期を決定することとしている。
原電	ベント式 (CS形)	10～14年	10～14年	設置後10年～14年の間に容量試験（放電試験）を行い、その結果についてメーカーと協議した結果を踏まえ交換時期を設定している。
	制御弁式 (長寿命 MSE形)	13～15年	13～15年	3カ月に1回の頻度で電圧、内部抵抗測定を実施し、劣化兆候を把握するとともに、メーカー推奨の取替時期を考慮して交換を計画
電発	—	非常用電源系統 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）	- 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。

＜非常用電源系統蓄電池の設置環境温度＞

蓄電池の温度（環境条件）は、25℃を超えた場合に腐食が促進され、寿命に影響を及ぼすおそれがあることから、適切な温度管理が重要である。

2次劣化診断（1回／1～6ヵ月）時に、非常用電源系統蓄電池室の温度を記録していることから2020年度～2022年度の非常用電源系統蓄電池室温度を確認した。

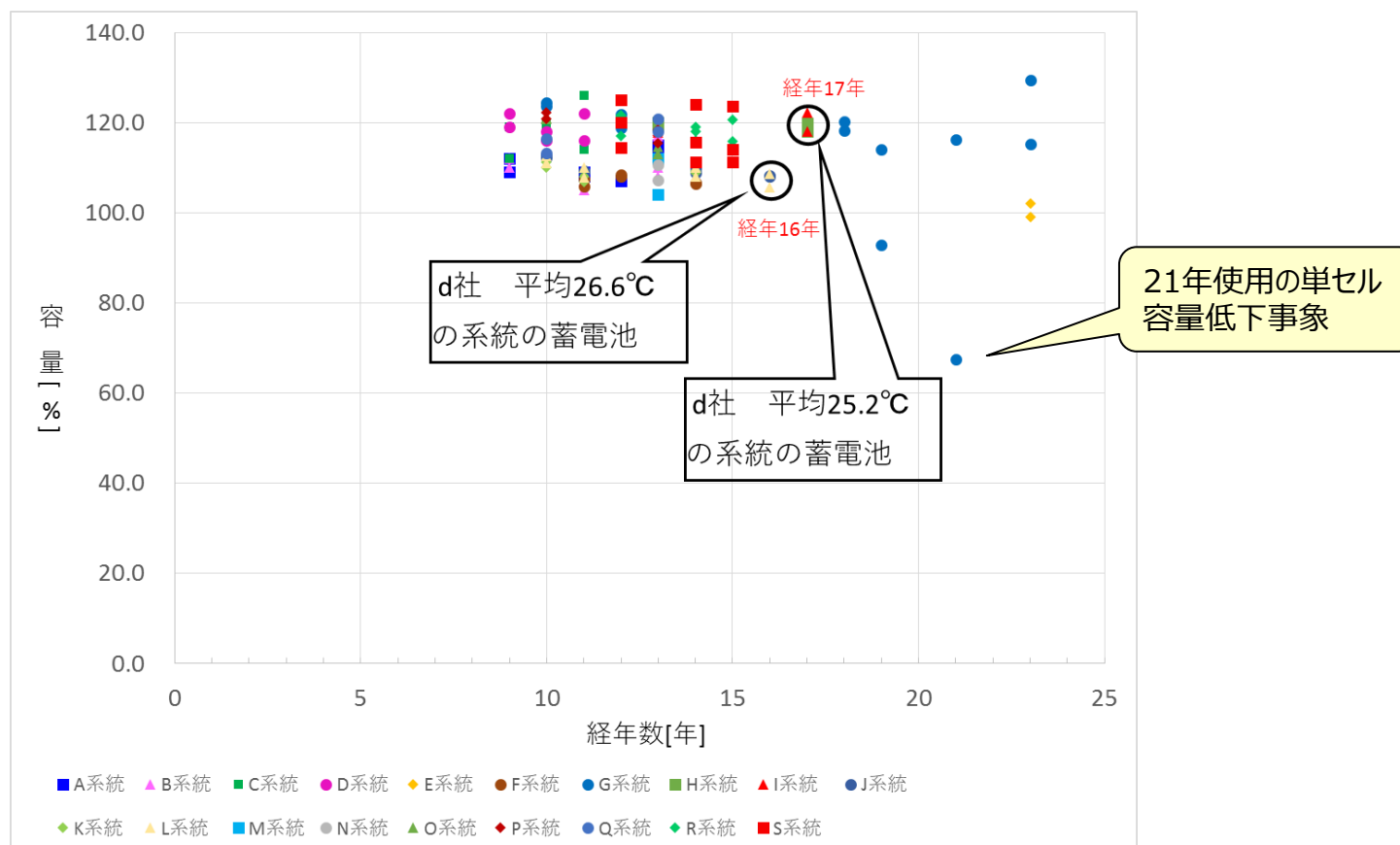
（廃止措置プラントを除く，取替等で2次劣化診断を実施していない系統を除く11社108系統）



- ✓ 一時的に25℃を超える系統は約半数(57/108)あるが，平均25℃を超えるのは4系統のみであった（蓄電池使用可能温度の45℃以下に対して、概ね10～40℃の範囲で管理できている）。

＜設置環境温度が25℃を超える系統の経年数と容量の相関＞

容量試験を実施している非常用電源系統蓄電池（14ユニット30系統）のうち、一時的に25℃を超えていた19系統の容量試験結果は以下の通り（平均25℃を超える2系統の結果を含む）。



- ✓ 一時的に25℃を超えても、経年9～23年（21年使用の単セル容量低下事象1件を除く）にかけて十分な容量があることが確認できる

＜既存の試験結果から得られている知見＞

- ・これまでの容量試験の結果では、期待寿命中及び期待寿命を超えた場合においても、顕著な容量の低下は見られないことを確認した。
⇒**充放電を繰り返す使用環境ではないため、著しい容量低下が起きていないものと考えられる。**
 - ・一時的に25℃を超える系統の容量試験結果（平均25℃を超える系統の結果を含む）においても、顕著な容量の低下は見られないことを確認した。
⇒**主に、温度を測定しているのは、昼間の気温が高くなる時間帯であり、25℃を超えている期間は限定的であることから、温度による著しい容量低下が起きていないものと考えられる。**
- 以上より、これまでの試験結果を踏まえると、蓄電池の期待寿命中において、著しく容量が低下する**おそれはない**と考えられることから、以下のとおり保守管理を実施していくこととする。
- なお、蓄電池設置場所の温度環境による劣化傾向を把握することを目的として、“**蓄電池温度履歴**”にも着目して**データ拡充を図る**こととする。

海外との比較結果から、国内原子力発電所に設置されている非常用電源系統蓄電池は以下の特長があると考えられる

- ✓ 製造品質が優れている
- ✓ 使用条件のうち充電電圧管理および放電サイクル頻度の少なさにより不具合が圧倒的に少ない
- ✓ 保守においても内容が異なる規格で実施していることから単純な比較は困難であるが内容自体に有意な差は無し

項 目		海外との比較結果	
		ベント式	制御弁式
(1) 製造品質	①材料・形状	材料（鉛アンチモン）・形状（クラッド式）において長寿命化を実現	材料（錫添加）他（エレメント加圧）において長寿命化を実現
	②極板（容量に寄与）の製造方法	蓄電池の不具合の少なさから製造品質が高いと考えられる	
	③工場検査	有意な差は無し	
(2) 使用条件	①設置環境温度	室温管理に係る不具合がない	
	②充電電圧	充電電圧が適切に管理されている	
	③放電サイクル	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	①供用検査	内容が異なる規格で保守を実施していることから単純な比較は困難であるが内容自体に有意な差は無し	
	②期待寿命		
	③取替基準		

- 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。

国内外における蓄電池（ベント式）の比較整理

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	SBA 劣化メカニズムに鉛アンチ モン析出を記載	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	製造欠陥に係る不具合事象が多い	記載なし	不具合が少ない
	③工場検査	IEEE 容量試験or修正容量試験	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、想定負荷放電試験 を工場で実施
(2) 使用 条件	①設置環境温度	IEEE/EPRI TR 基本は25℃	室温管理に係る不具合事象あり	SBA 基本は25℃	室温管理に係る不具合がない
	②充電電圧	IEEE/EPRI TR 充電電圧の記載有り	充電電圧管理に係る不具合事象あり	SBA 充電電圧の記載有り	適正な充電電圧が保たれているため 充電電圧管理に係る不具合がない
	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	容量試験は抜き取りで稀頻度であり 海外と比較して劣化しづらい
(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 あるいは修正容量試験を実施	SBA ・一次診断 ・二次診断 ・三次診断	・全セル比重測定 ・容量試験は必要に応じて抜き取り 実施
	②期待寿命	EPRI TR 5～20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 あるいは ・メーカー耐用年数	概ね実施していることを確認	SBA 使用期間10年以上 または 二次診断あるいは三次診断で NG	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

➤ 制御弁式についても同様に、以下に比較整理を行った。

国内外における蓄電池（制御弁式）の比較整理

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 極板合金材料と形状の種類を記載	材料・形状については回答得られず	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	EPRI TRより不具合が多い模様	記載なし	不具合が少ない
	③工場検査	IEEE 容量試験	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、想定負荷放電試験を 工場で実施
(2) 使用 条件	①設置環境温度	IEEE 基本は25℃	室温管理に係る不具合事象あり	SBA 基本は25℃	室温管理に係る不具合がない
	②充電電圧	IEEE/EPRI TR 充電電圧の記載有り	充電電圧管理に係る不具合事象あり	SBA 充電電圧の記載有り	適正な充電電圧が保たれているため充電 電圧管理に係る不具合がない
	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	容量試験は抜き取りで稀頻度であり海外 と比較して劣化しづらい
(3) 保 守	①供用検査	IEEE/EPRI TR 各種検査を規定	・全セル容量試験／想定負荷放電試験を実施	SBA ・一次診断 ・二次診断 ・三次診断	・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
	②期待寿命	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 MSE形は7～9年 長寿命MSE形は13～15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 あるいは ・メーカー耐用年数	概ね実施していることを確認	SBA ・使用期間7年以上(MSE)or13 年以上(長寿命MSE) あるいは ・二次診断あるいは三次診断 でNG	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

国内調査の結果、**高い製造品質かつ劣化が進展しにくい使用状況により、容量試験の結果から期待寿命（※）より長寿命であることを確認した。**

※：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。電池工業会指針（SBA）に型式毎に記載されておりメーカー共通。

■ 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。

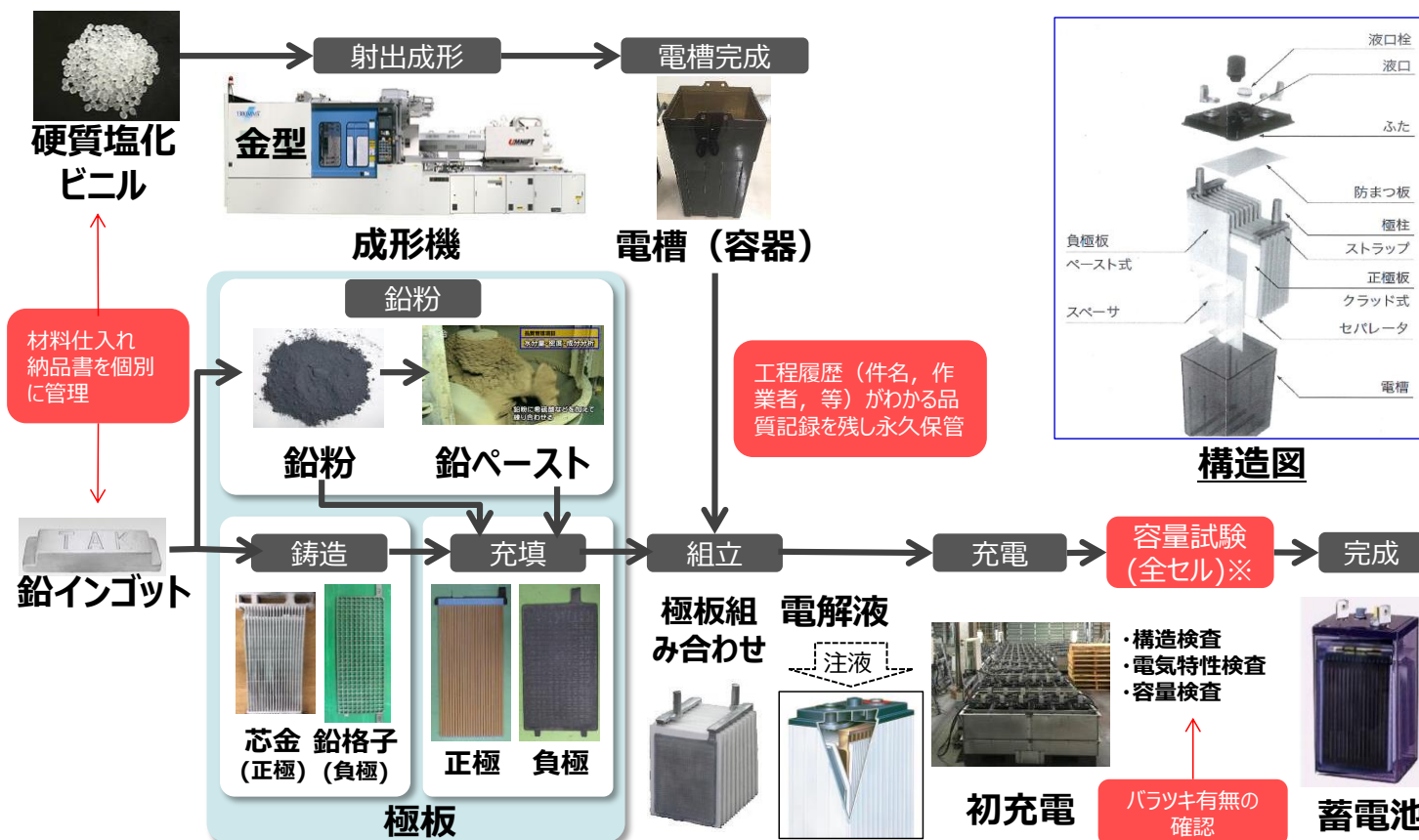
また、**SBAに基づき劣化診断を実施することで、蓄電池の容量低下傾向を監視**していることを確認した。

■ 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。

■ 高い製造品質

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

- ✓ 安全系蓄電池は、国内メーカーの厳しい品質管理（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。

■ 劣化が進展しにくい使用状況

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。

- 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 終止電圧 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。

期待寿命上限の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。

■ 適切な保守管理

- ✓ 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。

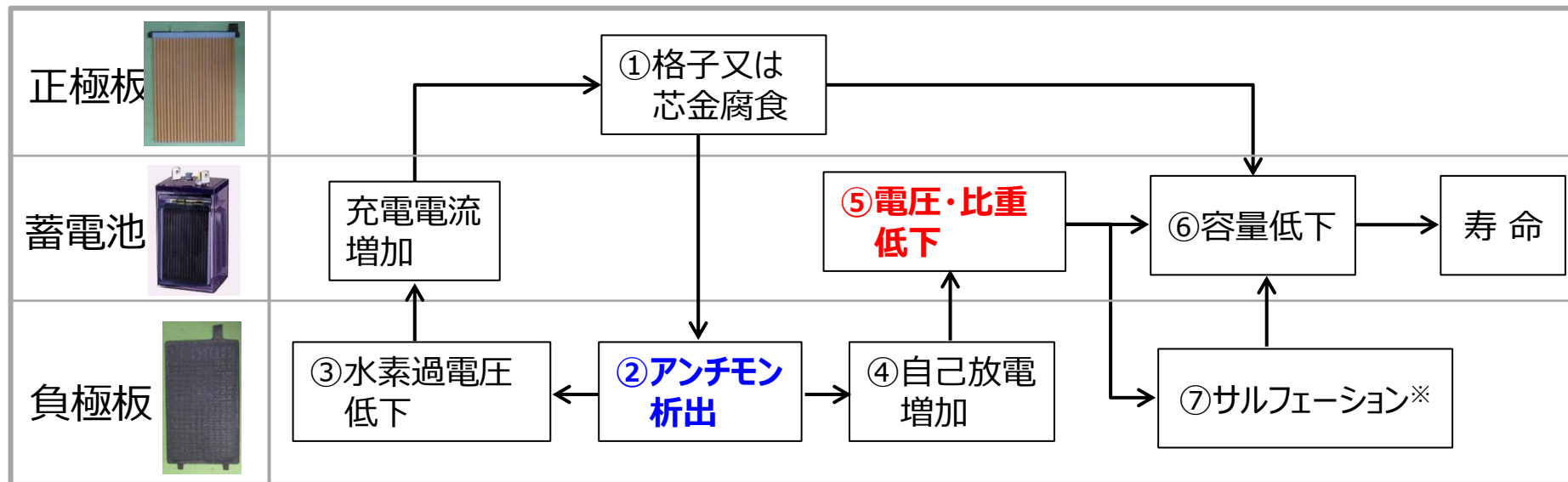
全セルの巡視点検（一次劣化診断） 【実施頻度：1回／日】	全セルの比重・電圧測定（二次劣化診断） 【実施頻度：1回／1ヵ月～6ヵ月※】
【外観点検】 ・全セルの外観の損傷、漏液等の異常がないことを確認 ・全セルの電解液面を確認（ベント式） 【電圧】 ・浮動充電中の総電圧 【その他】 ・架台の外観点検、他	【蓄電池温度】 ・蓄電池の各セル温度 【蓄電池電圧】 ・蓄電池の各セル電圧 【蓄電池比重】 ・蓄電池の各セル比重（ベント式） 【蓄電池内部抵抗】 ・蓄電池の各セル内部抵抗（制御弁式） 【その他】 ・蓄電池部品（液栓、接続ボルト等）の外観点検、他

※ 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。

■ 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>

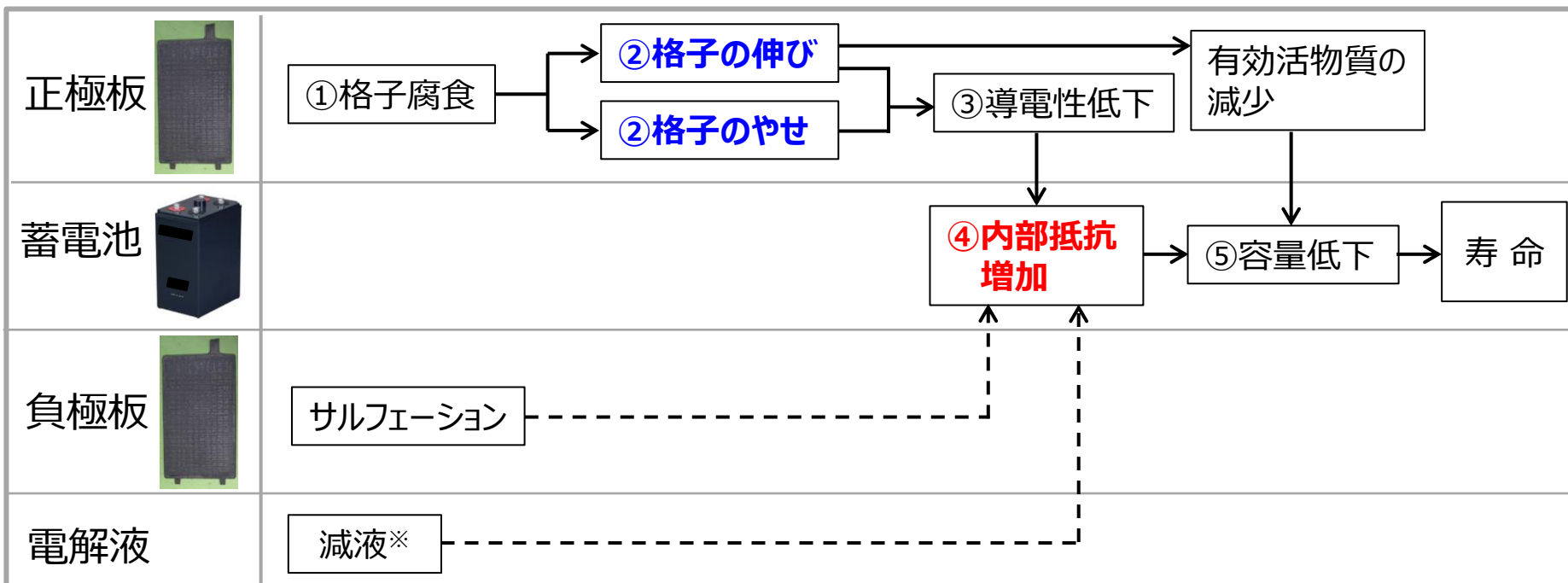
- ①正極板の格子又は芯金（鉛－アンチモン系合金）が徐々に腐食
- ②アンチモンが負極板に析出（電圧・比重低下の要因）
- ③水素過電圧が低下し、鉛より水の電気分解が促進
- ④負極板の自己放電増加
- ⑤電圧・比重低下
- ⑥容量低下
- ⑦負極表面で硫酸鉛が結晶化
(頻繁な充放電や充電されずに放電されると起きやすい)

※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。

■ 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)



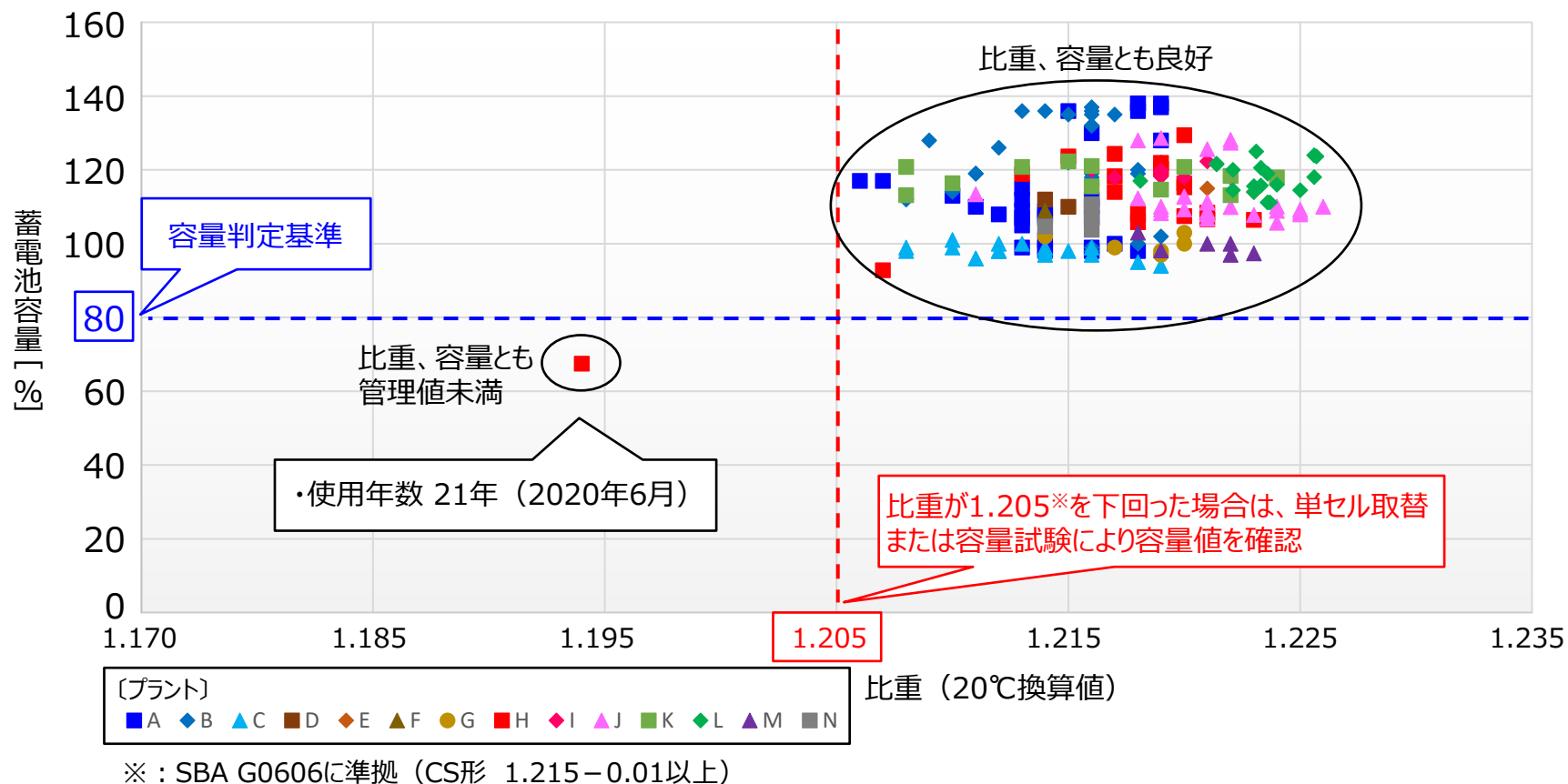
<制御弁式鉛蓄電池の容量低下に至るメカニズム>

- 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

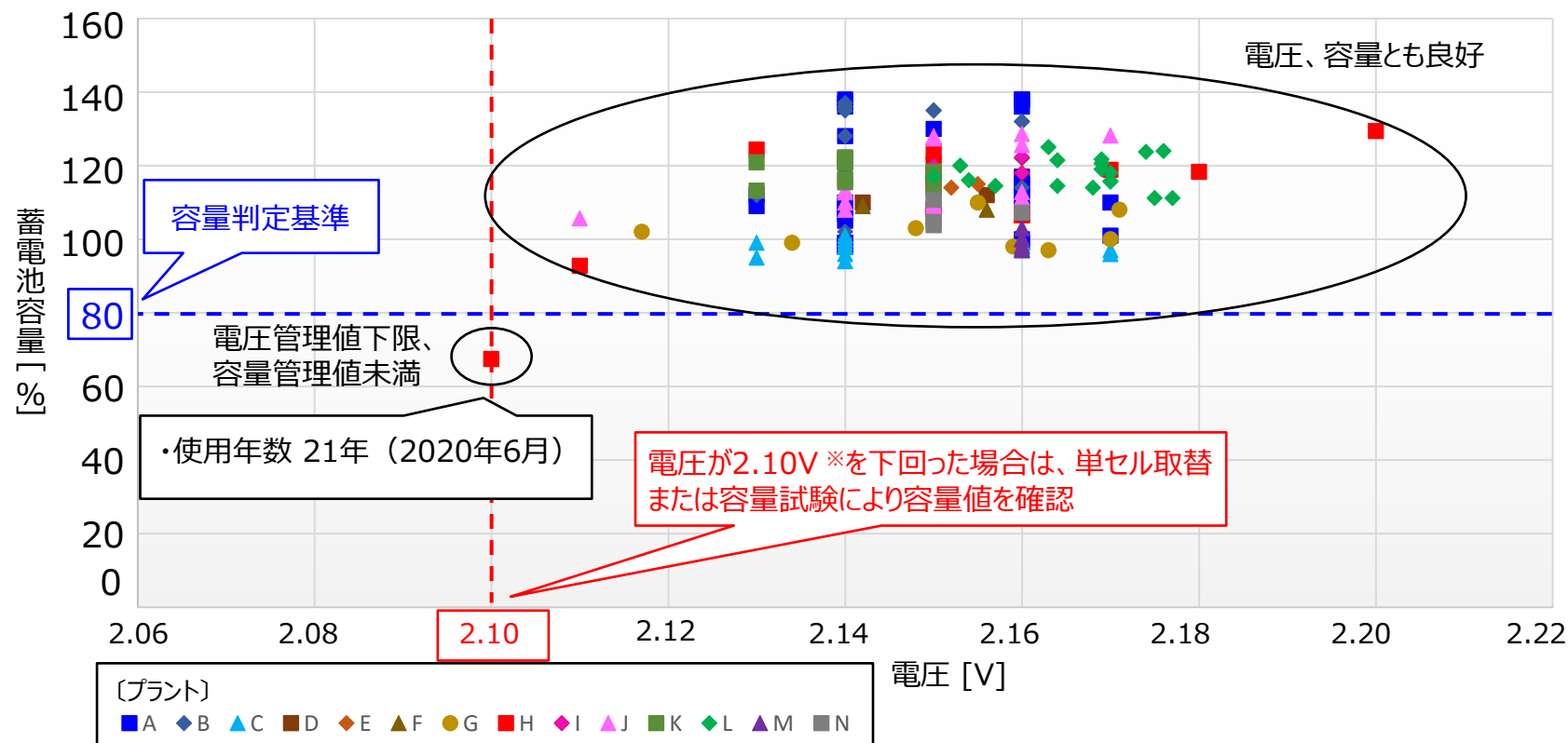
温度が高くなると、過充電により電解液中の水の電気分解が促進され、電池内部で吸収しきれないガスが外部に放出されることで、必要な電解液量が低下する現象。

- ベント式蓄電池の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。



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い。

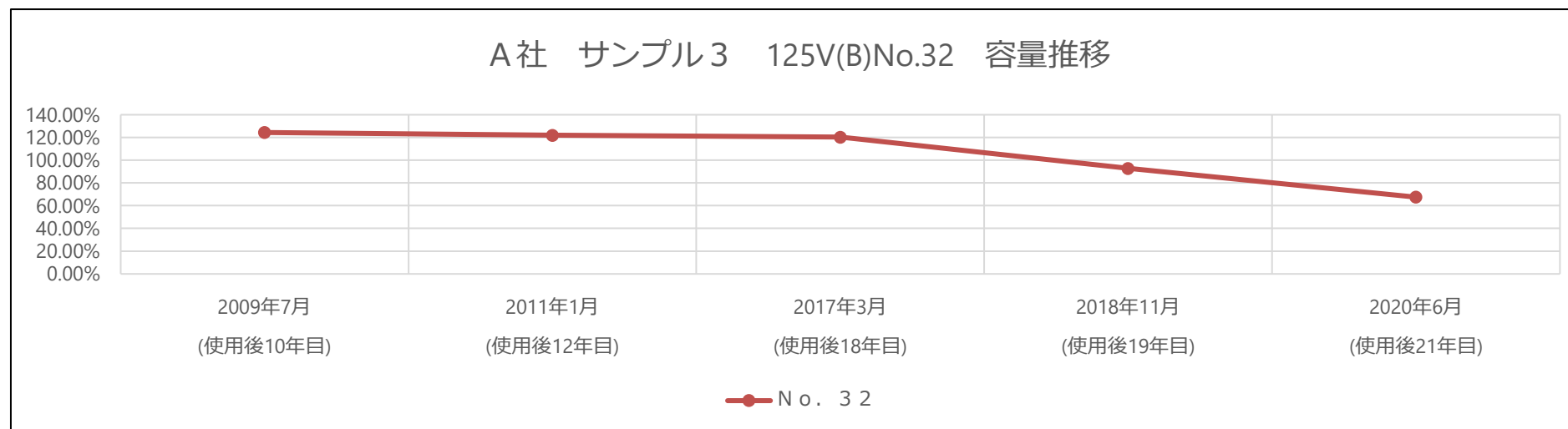
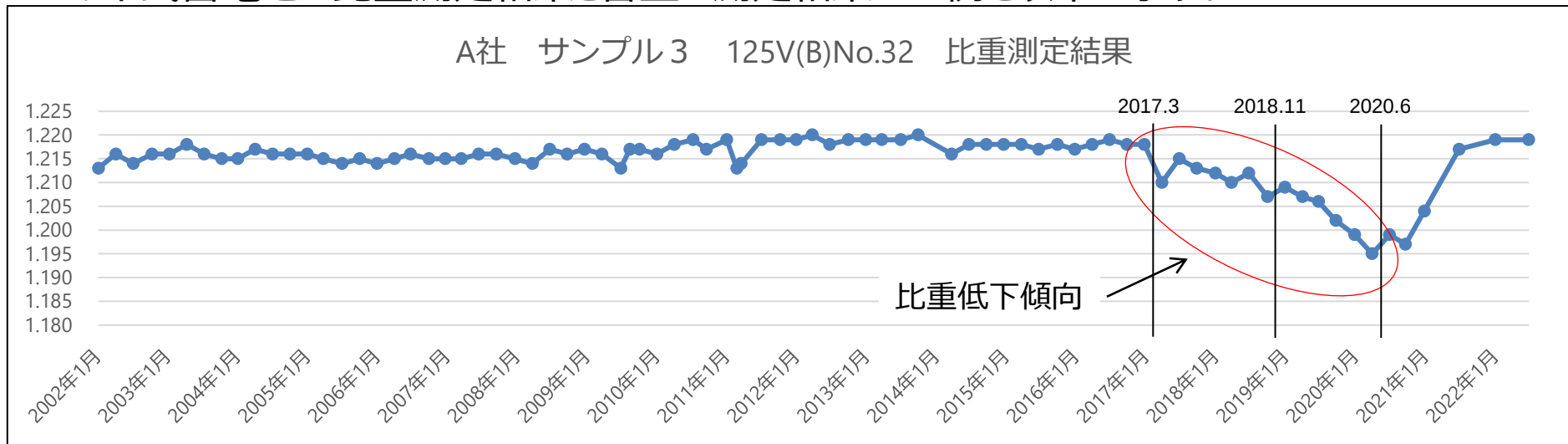
- ベント式蓄電池の過去に実施した単セルでの容量試験の結果（容量、電圧の測定実績）を以下に示す。



※：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い。

■ ベント式蓄電池の比重測定結果と容量の測定結果の一例を以下に示す。



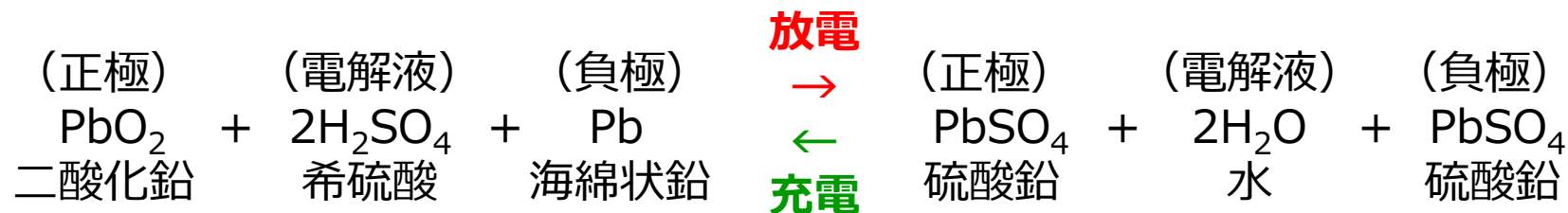
比重低下傾向を把握することで容量の蓄電池の容量低下傾向は監視可能

■ 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>



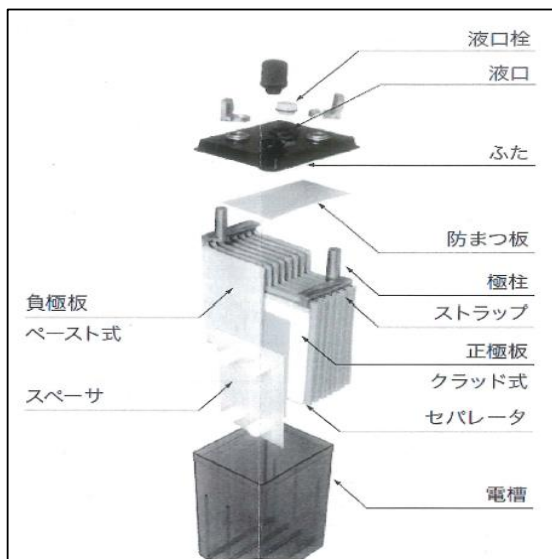
- ✓ 鉛蓄電池は、正極に二酸化鉛（ PbO_2 ）を、負極に海綿状の鉛（ Pb ）を使用している。また、電解液に希硫酸（ H_2SO_4 ）を使用し、正極、負極と反応して起電反応に関与するほか、正極－負極間の電気伝導の回路の役目をしている。
- ✓ 放電すると、正極と負極が硫酸鉛になり、希硫酸が水に変化する。
- ✓ 充電すると、放電時とは逆の反応となり、正極が二酸化鉛に、負極が鉛になり、水が希硫酸に変化する。
- ✓ 放電すると、電解液の硫酸分が消費されて比重がほぼ直線的に低下し水に近づき、蓄電池電圧が低下する。よって、**鉛蓄電池の保守管理として、蓄電池の電圧及び比重を定期的に確認**している。

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。



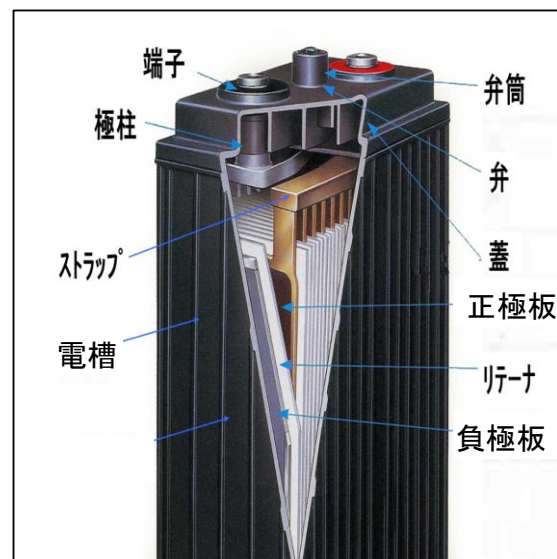
ベント式（CS形）鉛蓄電池の構造図

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、
非常用電源系統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非常用電源系統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

■ 非常用電源系統蓄電池の取替方法について

非常用電源系統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。

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>

容量[%]=放電量 C_t [Ah]／蓄電池定格容量[Ah]×100

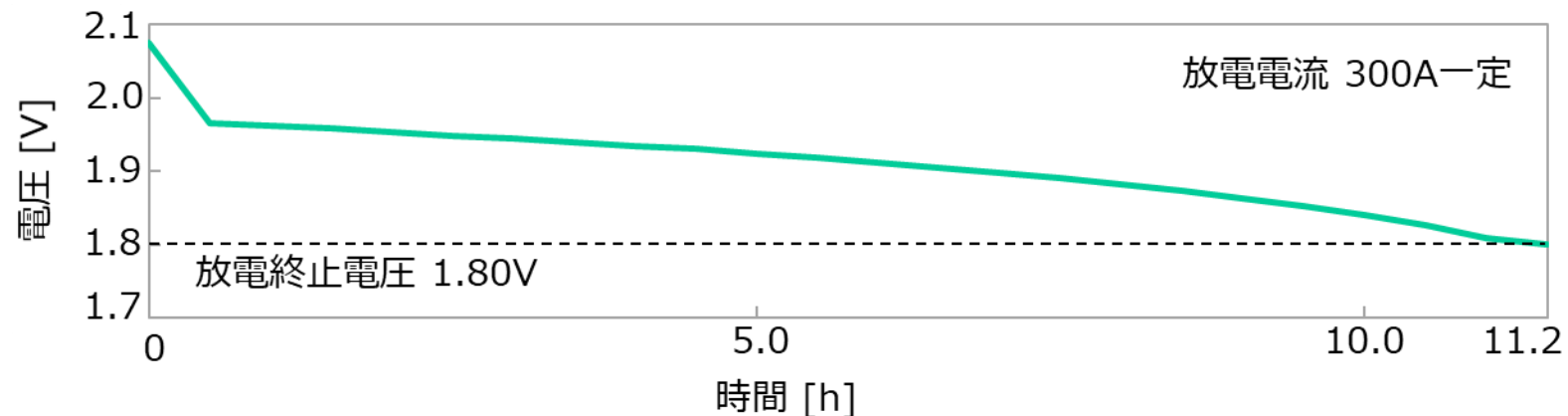
C_t [Ah]：放電電流[A](10時間率放電電流or5時間率放電電流)×放電時間※[h]

※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]

放電量(300[A]×11.2h)／蓄電池定格容量3000Ah×100=112%



■ 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]

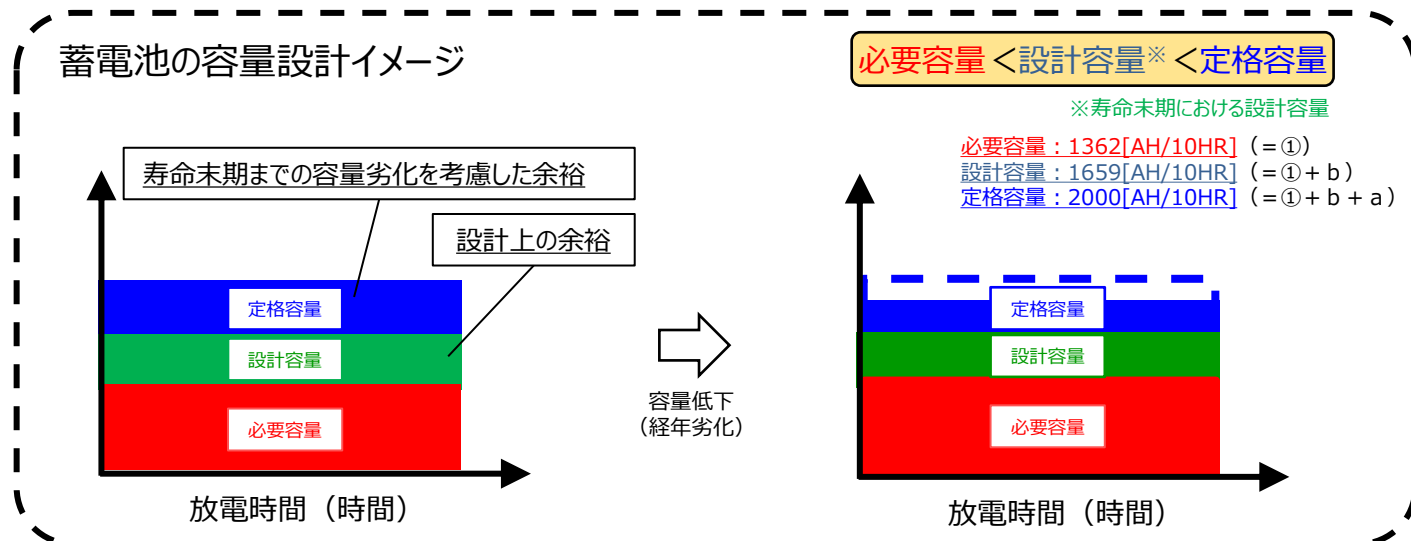
※1 寿命末期までの容量劣化を考慮した補正值（ここでは容量の減少が加速する80%を使用）

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[AH/10HR] (= ③×80%) > 1362[AH/10HR] (= ①)

実施時期	実施対象
2024年度	柏崎1(A,B,H), 2(A,H), 3 (B), 4(A,B), 5(A) 浜岡3(A,B), 4(A,B)
2025年度	女川1(A,B), 2(H) 柏崎3(A), 5(B) 島根1(A,B)
2026年度	柏崎刈羽3(H), 4(H), 5(H) 敦賀1(A,B)

【温度測定を 1 回／月とした場合の問題】

年間を通じて設計使用温度範囲内か，劣化管理上寿命に影響を及ぼす 25°C を超えている月がどの程度あるのか，正確には把握できない（もともとは正確に把握する必要性を感じていなかった）

【今後の蓄電池（蓄電池室含む）の温度管理】

NRA 面談・技術情報検討会での関心の高さを踏まえて，非常用電源系統蓄電池室について，更なる取り組みとして最高最低温度計を設置して月毎の記録をとる。

（設置箇所）

原則，非常用電源系統蓄電池が設置されている部屋毎とする。

（採取データと記録頻度）

月毎に最高温度と最低温度を記録する。

（採取データの共有）

容量試験を実施した場合は，容量試験結果（％）と最高温度履歴（月値，年間平均値）を，年度末に蓄電池 SWG を通じて共有する。

最低温度 最高温度



リセットボタン

最高最低温度計の例