

# NAS 電池の性能向上と再エネ促進

## NAS battery improvement and contribution in renewable penetration

山上僚太\*

### 1. はじめに

ナトリウム・硫黄電池（以下 NAS 電池）は、固体電解質として $\beta''$ アルミナ（ベータダブルプライムアルミナ、以下ベータアルミナ）を使用した高温動作型の二次電池である。

2002 年の事業化後、これまでに大電力・大容量貯蔵用の定置型蓄電池として世界 250 ヶ所以上に約 700MW（4900MWh）の NAS 電池を納入している。

これまで電力事情の変化とともに NAS 電池の用途も変化し、増え続ける電力需要に対応するロードレベリングから、電力需要増の鈍化によりその用途は大口需要家のデマンド抑制や非常電源などに変化してきた。近年は太陽光発電や風力発電といった再生可能エネルギーの増加により引き起こされる出力変動や太陽光の出力抑制などへの対策として期待されている。

本稿では NAS 電池の原理と性能向上開発について紹介した後、太陽光発電との連携例などについて紹介する。

### 2. NAS 電池とは

#### 2.1 基本原理

NAS 電池は負極のナトリウムと正極の硫黄を固体電解質のベータアルミナで分離した構造の二次電池である。

ベータアルミナはナトリウムイオン（ $\text{Na}^+$ ）のみを通す特殊なセラミックであり、図 1 に示すように放電時はベータアルミナを通ったナトリウムイオンが正極で硫黄と結合し、多硫化ナトリウムを生成する。充電時はその逆で、多硫化ナトリウムが分解し、ナトリウムと硫黄になる。

放電時に生成する多硫化ナトリウムの融点は  $250^\circ\text{C}$  以上であり、電池反応を円滑にするため運転時の温度を約  $300^\circ\text{C}$  としている。

#### 2.2 NAS 電池の構成

NAS 電池の基本構成単位は、直径 90mm × 高さ 500mm 程度の円筒状の単電池である。袋管状のベータアルミナの内側に負極：ナトリウム、外側に正極：硫黄を配した構造である（図 2）。

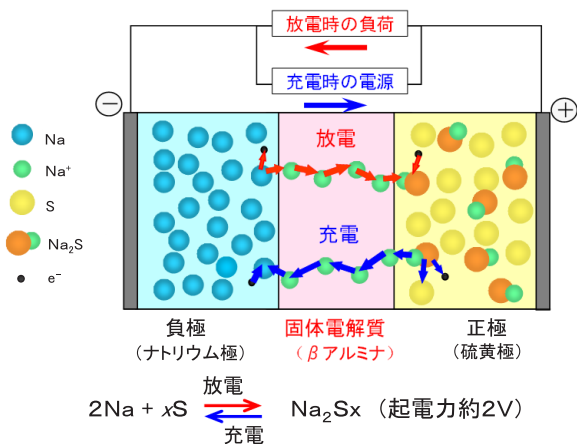


図1 NAS電池の原理

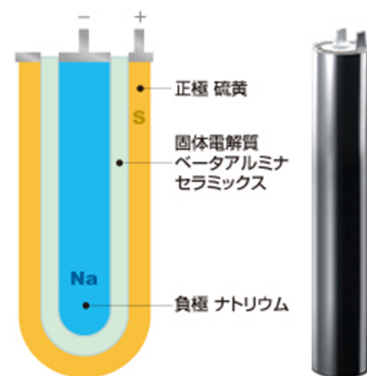


図2 単電池の構造と外観

\* 日本ガイシ(株) エナジーストレージ事業部 技術部

正極部材である硫黄は絶縁体のため、カーボンフェルトに硫黄を含浸させ電子の授受を行っている。

単電池を集合化して温度を管理したものがモジュール電池である。図3に構成を示す。昇温・保温用のヒータの他に、過電流から単電池を保護するヒューズや内容物漏洩時の吸収剤として、珪砂等の安全機構も具備している。

NAS 電池は高温動作型電池であるため、電池温度を維持するためのヒータ電力が重要となる。そのため、収納容器には真空断熱構造を採用し、待機時の保温電力を低減する一方、運転時に内部で発生する余剰熱量は冷却ファンにより排熱する。

20 フィートコンテナに前述のモジュール電池6台を制御装置とともに格納した電池パッケージにてユーザーサイトに設置される(図4, 表1)。モジュール間の接続や電圧・温度計測線と制御装置間の配線は工場で完了しているため、設置場所への工事は短期間に終わることができる。このコンテナ型パッケージを単機または複数を直列に接続して電池ユニットとし、交直変換装置(以下 PCS)と組合せることにより必要とするシステム規模を構成する。DC1,000kW 電池ユニットの場合はコンテナ型パッケージを2段積みし、2セットでユニットを構成する。このユニットを直並列に組み合わせることでシス



図3 モジュール電池の構成

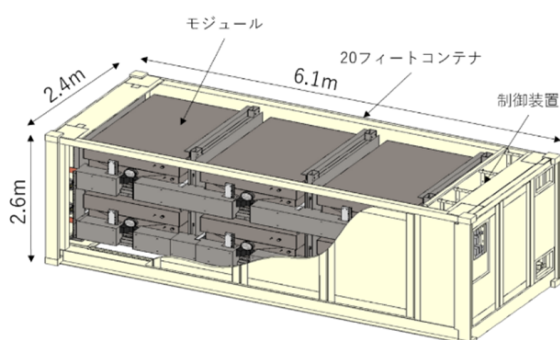


図4 コンテナ型パッケージの外形

テムの大型化が可能である。

応答スピードも十分速く PCS を含めて1秒以下で100%出力することができ、急峻な変動にも対応が可能である。

また高温、砂塵等の設置環境の厳しい地域では、蓄電池は屋内に設置される場合が多いが、環境耐性の高い NAS 電池コンテナ型パッケージは直接屋外設置できるためドバイでの砂漠地域・酷暑環境での設置やモンゴルのような極寒地帯でも屋外設置の実績をもっている。

### 3. 単電池およびモジュールの性能向上開発

2.2 項に記載したコンテナ型パッケージは、定格出力(DC200kW)での放電時間に制限があり、それは電池内部抵抗により発生するジュール熱と放電時の反応熱による温度上昇が原因である。温度上昇を抑制するには断熱容器の断熱性を下げることで容易に解決できるが、ヒータ電力の消費が大きくなりオペレーションコストの増加につながる。断熱性を確保しつつ放電時間を延ばすには、経年劣化による抵抗上昇を抑制すること、冷却ファン稼働時の放熱効率を向上させることが必要となる。

これらの改善課題に対して、ドイツの総合化学メーカー BASF とも協業し、モジュール電池の放熱量設計強化、および単電池の抵抗・容量の劣化抑制設計を進めてきた。そして2024年6月に設計を完了させ「NAS MODEL L24」として海外市場に向けて改良型 NAS 電池の販売を開始した。国内市場へは、国内規制への対応が完了次第、販売を開始する予定である。

改良型 NAS 電池は、保有する電力量のほぼ全てを連続した定格電力で供給ができる上、劣化により目減りする充放電電力量も抑制されるため、例えば15年後の容量を確保するために初期に積み増す量を削減することができる(表2)。

ファン稼働時の放熱量増加は、単電池の周囲にヒートパイプを追加する事で達成した。図5に従来と改良型の放熱設計の模式図を示す。従来は冷却ファンにより取込まれた空気は冷却ダクト内を通り

表1 コンテナ型パッケージの仕様

最大充放電電力		DC250kW
放電可能容量	初期	DC1,450kWh
	末期	DC921kWh
重量		21t
周囲温度		-40~55°C

モジュール上部でのみ熱交換を行っていた。改良型電池では、モジュール下部からもパイプを伝熱し熱交換される設計のため放熱量が2倍以上増加した。一方、冷却ファン非稼働時は従来通り真空断熱構造の容器により保温されるため、熱損失を最小にしつつ、放電時間を増加させることができた。図6に従来電池と改良型電池の電池内部の温度特性を示す。放熱量の増加により定格放電末において改良型電池の方が20℃ほど低い。ただし充放電完了後の温度を比較すると差は10℃以下と縮まっており、不要な熱のみを放熱する機構となっている。

単電池の抵抗上昇と容量低下の抑制は、耐腐蝕性能の改善により達成した。抵抗上昇と容量低下は正極容器内表面の多量化ナトリウムによる腐蝕が原因である。腐蝕により生成した金属硫化物が充放電反応を阻害し、充電時に負極に戻るナトリウム量が減少する事で容量が低下する。また、この金属硫化物は高抵抗であるため単電池全体として抵抗が上昇する。従来単電池も耐蝕性の高い材料で内表面をコーティングする事で腐蝕を防いできたが、改良型NAS電池に用いている単電池では、耐蝕構造の改

善により図7に示すとおり、1000サイクル時点で従来単電池では20%ほど抵抗増加していたものが10%以下となり、寿命末でも従来品の半分以下の増加率となる見込みで放電時の温度上昇抑制にも効果がある。

## 4. NAS 電池の安全性

一般的に電力貯蔵用蓄電池は高いエネルギー密度を有するため、安全性、特に火災防止は非常に重要である。NAS電池は単電池が燃焼した場合でも自己消火性を維持できるよう、多重防護の考え方を取り入れた安全設計としている。

- (1) 単電池を延焼させない
- (2) 断熱容器の貫通溶損させない
- (3) コンテナ外部に火炎等を漏洩させない

### 4.1 日本国内における安全性評価

NAS電池は、内部に第二類の危険物である硫黄と第三類の危険物であるナトリウムを収容しており、取扱う危険物の数量が指定数量以上となるため危険物の一般取扱所に該当する。1999年の消防危第53号通知にはNAS電池の設置に係る安全基準が規定されており、定められた安全性能を満足することを検証している（表3）。

表2 従来電池と改良型電池の比較

項目		従来電池	改良型電池
連続定格放電時間	初期	約5時間	約7時間
	末期	約3時間	約6時間
寿命末容量		DC921kWh	DC1,190kWh

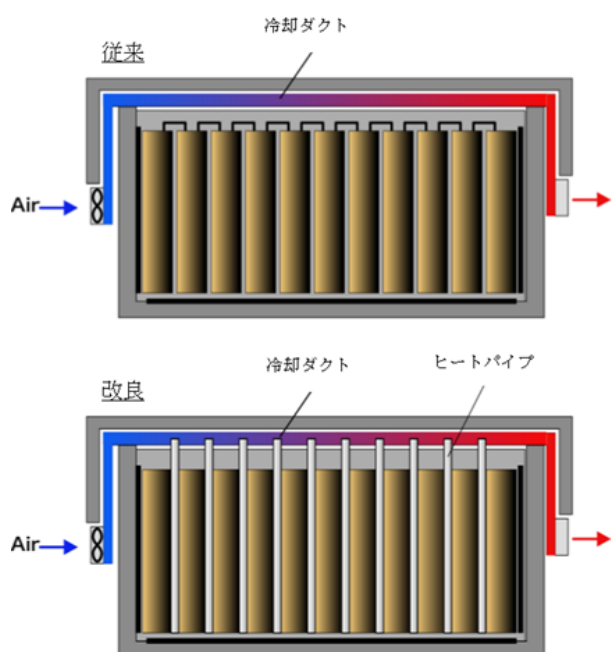


図5 放熱設計の違い

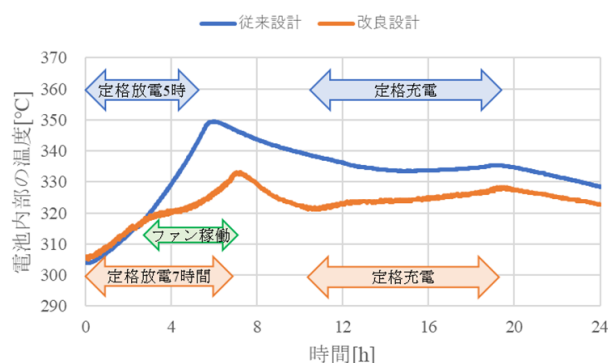


図6 従来電池と改良型電池の温度特性

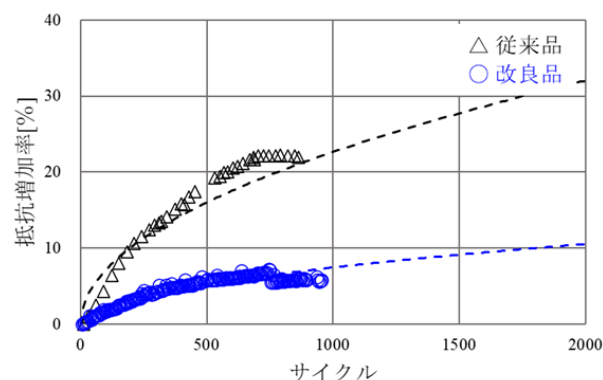


図7 サイクル経過による単電池の抵抗推移



改良型 NAS 電池においても、国内への市場投入を進めるべく従来電池と同等の火災安全性能を有することを確認する評価申請を進めている。

#### 4.2 国際規格への対応

欧州の製品流通では各国間の自由流通での安全性標準に対する担保として CE マーキングが採用されている。CE マーキングは主に機械構造安全、電気安全、操作安全等が審査対象で IEC 規格に対応した製品設計、製品検証が求められる。NAS 電池は、従来から CE マーキングへの対応を考慮した製品設計を行っている。

また、世界的な第三者安全科学機関である UL Solutions による評価プログラムを通じ、定置用蓄電池の安全規格 UL1973 の UL 認証（単電池・モジュール）を取得している。また、バッテリーおよび蓄電池システム内の火災リスクを検証する試験規格である UL9540A 規格に基づく試験レポート（単電池・モジュール・設置レベル）を取得し、UL9540A 規格に基づく要件への準拠を確認している。

### 5. NAS 電池の寿命

これまで、NAS 電池は使用期間を 15 年、充放電サイクル 4500 サイクルとし、運用期間中どちらか早く到達した時点をも寿命末と考え、使用を継続する場合は交換、それ以外は撤去としていた。一方、太陽光発電用パネルの一般的な寿命としては約 20 年とされており、ライフサイクルにずれが生じてしまう。そのため電池寿命の 20 年延長について取り組んでおり、高耐久、耐腐蝕部品の設計や劣化度合いの詳細調査を実施してきた。各種部品の加速評価に加えて、ユーザーサイトにて最長 15 年充放電運転が行われた製品を持ち帰り、単電池を解体し腐蝕状況の確認および各種部品の耐久性評価を実施した。その結果、充放電機能、過充電・外部短絡時などの安全性、ナトリウム・硫黄電池の安全上の封止構造に不足はないことが分かったため、20 年耐久に向け国内規制改定を進めている。

表 3 消防危 53 号通知で規定された安全性評価

対象	試験	目的
単電池	過充電	過充電が発生した際の安全性確認
	外部短絡	外部で短絡が発生した場合の安全性確認
	昇降温	昇降温を行った場合の安全性確認
モジュール電池	外部加熱	外部で火災が発生した場合の安全性確認
	水没放置	浸水した場合の安全性確認
	落下	落下等外的衝撃を受ける場合の安全性確認
	外部短絡	外部で短絡が発生した場合の安全性確認
	自己消火	内部単電池が燃焼した場合の安全性確認

### 6. 太陽光発電への NAS 電池の適応

太陽光は天候によりその出力が変動する。曇りの場合は出力変動が大きく、その変動吸収は主に火力発電が行っているが、その他に揚水発電や電力貯蔵システムでも実施している。再生可能エネルギーが増加する一方で老朽化した火力発電が減少していく中で、需要と供給を調整する蓄電池による電力貯蔵システムは短工期で設置場所の制限が少ないことから、今後ますます役割が大きくなっていく。

NAS 電池を利用した再生可能エネルギーの有効活用事例について紹介する。

#### 6.1 需要家への設置例

日本ガイシの工場に設置されている NAS 電池の事例を紹介する。図 8 は NAS 電池と太陽光発電を含む一般的な単線結線図である。停電が発生した場合には NAS 電池から重要負荷へ電力供給できるように配電線から切り離し非常電源として機能する。またピークカット機能として受電電力が契約電力を超えないように NAS 電池は自動で放電を行う。さらにアグリゲーターからの依頼を受けエネルギーマネージメントシステム（EMS）により NAS 電池の充放電で受電電力を制御する。

図 9 は太陽光発電の稼働率を向上させた事例である。

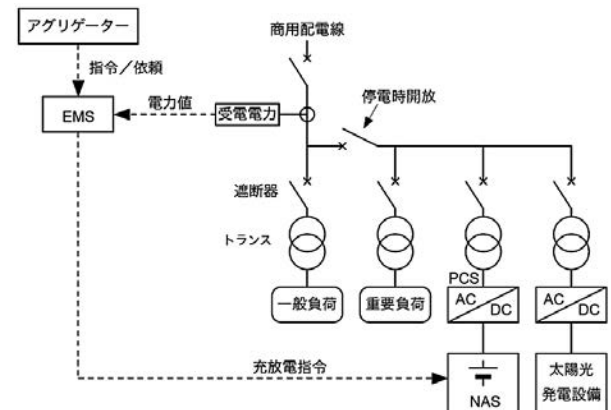


図 8 需要家の単線結線図例



図 9 工場内太陽光発電の有効利用例

る。休日には電力需要が減り太陽光発電量の方が大きくなってしまふことがある。多くの需要家は逆流契約をしていないので、太陽光発電出力を低減しなければならない。しかしながら、NAS 電池に余剰の電力を貯め逆流回避することで、有効に太陽光の電力を使用することができ、CO<sub>2</sub> 削減に貢献することができる。

## 6.2 系統への設置例

2026 年運転開始を予定しているサーラエナジー株式会社のサーラ浜松蓄電所に設置された NAS 電池は 69.6MWh の容量を持ち、需給調整を行うことで再生可能エネルギーの促進に貢献することを目指している。資源エネルギー庁が支援事業を委託している一般社団法人 環境共創イニシアチブの「令和 4 年度補正 系統用蓄電システム・水電解装置導入支援事業」にサーラエナジーが採択され導入されるものである<sup>1)</sup>。

## 6.3 マイクログリッドへの設置例

地域マイクログリッドは、地域内の蓄電設備や再生可能エネルギーなどによって電力を地産地消する仕組みである。有事の際には、配電網から独立して地域内で電力を安定的に供給することが可能である。恵那電力株式会社やあばしり電力株式会社では、太陽光発電設備と NAS 電池を自社保有し、再生可能エネルギー固定価格買取制度 (FIT) に依存しない、再生可能エネルギーの地産地消モデルの確立を目指している (図 10)。平常時は、太陽光発電による再生可能エネルギーの安定的な利用、NAS 電池を活用した太陽光発電のエネルギーシフトにより、夜間にも太陽光発電で得られた電力を供給、また自然災害などによる非常時には、防災拠点へ自営線に

よる電力供給を行うなど、近年ますます激甚化する自然災害への対応力を強化している。

## 7. 今後の展望

再生可能エネルギーが増加するにつれ、需要と供給のバランスをとる電力貯蔵システムの重要性が増してくる。また、ブロックチェーン技術を電力取引に応用する試みもなされており<sup>2)</sup>、近い将来、蓄電池に貯蔵されたエネルギーについてグリーン電力を区別し、取引するようなことも期待される。

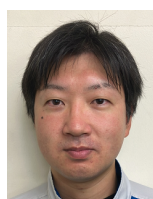
今後の競争を増していく蓄電池市場で NAS 電池の需要を高めていくためにはコストダウンが必須である。NAS 電池では、ベータアルミナの主原料であるアルミナ粉や、ナトリウム・硫黄といった資源が豊富で比較的安価な材料を主原料としている。一方、他の蓄電池と同様に、その機能を維持する為の補機として、電圧・温度を測定するための計測機器や、内部温度を動作温度付近に保つためにヒータや断熱容器が必要となる。近年の優れた材料開発における新材料の利用や、新型の制御装置の採用による制御システムの高度化により、これら補機についても材料、部品点数の低減により大胆なコストダウンを計画している。

[脚注] NAS は日本ガイシ株式会社の登録商標です

## 参考文献

- 1) サーラエナジー (株) ホームページ 再生可能エネルギーの普及促進に向けた「系統用蓄電池」事業への参入について (accessed Sep.20 2024), <https://www.salaenergy.co.jp/press/20230707/>
- 2) 株式会社リコーニュースリリース ブロックチェーン技術を活用したリアルタイム電力取引管理システムの実証実験を開始 (accessed Sep.20 2024), [https://jp.ricoh.com/release/2020/0821\\_1](https://jp.ricoh.com/release/2020/0821_1)

## 著者略歴



山上 僚太 (ヤマガミ リョウタ)  
2019 年 3 月鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科工学専攻修了、同年 4 月日本ガイシ (株) 入社、NAS 電池の性能評価、主に断熱設計に従事。

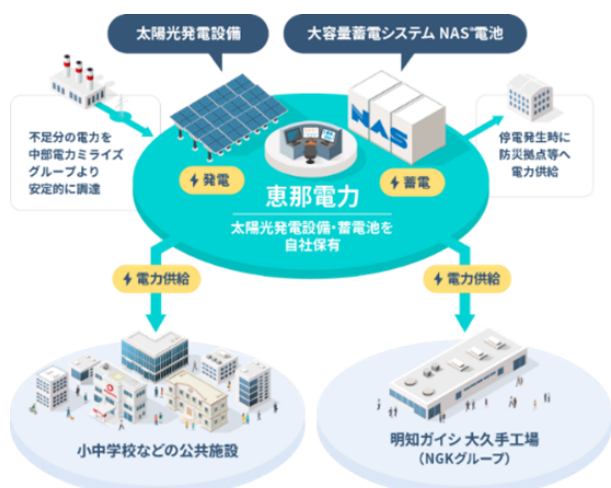


図 10 マイクログリッドの概要図