

# ナトリウム硫黄電池

(2002年～現在)

ナトリウム硫黄電池は Na イオンのみを選択的に透過するベータアルミナを用いた高エネルギー密度、高効率電池である。日本では 1980 年代から開発が本格化し、高性能ベータアルミナ管の材料技術や生産技術開発により工業製品が実現した。製品の実用化はカーボン正極材料、耐腐蝕性金属材料、金属/セラミックス接合技術、安全構造等の単電池材料、生産技術は元より、モジュール化技術や電池、システム制御技術等の数多くの技術開発の集積により実現した。数十MWh 規模の大電力貯蔵が可能なナトリウム硫黄電池は現在、多くの電力需要家や再生可能エネルギー（風力発電・太陽光発電）の変動緩和・エネルギーシフトに使用されており、今後、電力需給調整等にも用途は拡大しつつある。

## 1. 製品適用分野

電力需要家のピークカット、非常電源、再エネの変動緩和・エネルギーシフト等

## 2. 適用分野の背景

ナトリウム硫黄電池の基本原理は 1967 年米国フォードモーター社が出願した特許にさかのぼる。

日本では 1969 年通産省工業技術院において電気自動車用新型電池の開発プロジェクトが発足し、1980 年から NEDO のムーンライト計画として電力貯蔵用新型電池の開発が始まった。

開発が始まった 1980 年代は、真夏の昼間の最大電力は毎年 5% 程度伸びており、新たな発電所や電力流通設備の建設を回避するために、都市近郊の大規模な電力貯蔵が有効とされていた。

この電力貯蔵にはシステムの充放電効率 75% 以上、15 年以上の耐久性、揚水発電所の建設費以下のコスト等が必要とされた。

過去から営々と各企業、研究者が研究開発してきたナトリウム硫黄電池が工業製品として完成し、市場に投入できた背景には電池心臓部の固体電解質（ベータアルミナ管）の材料技術、量産技術の成功がある。ベータアルミナ管の低抵抗化により大型の高効率電池が可能となり、また電池生産技術の開発で工業製品としてのコストダウンが可能となった。

図 1 にナトリウム硫黄電池システム<sup>注1)</sup>と基本ユニットであるモジュール電池<sup>注2)</sup>を示す。

## 3. 製品の特徴と仕様

ナトリウム硫黄電池は、Na と硫黄をそれぞれ負極と正極の活物質に用い、活物質のセパレータに固体電解質ベータアルミナセラミックスを用いた高温作動型の二次電池である。電池の作動温度はベータアルミナのイオン伝導性、活物質の融点から、約 300℃ 近傍で運転する。15 年耐久設計であり、交直変換装置 (PCS)

を含めたシステム全体の充放電効率は 75% 以上、モジュール電池のエネルギー密度は 85kWh/m<sup>3</sup> 以上の高密度、高効率電池である。

図 2 に、単電池の内部構造と単電池の要素技術を示す。

単電池は Na およびその収納部品からなる負極、

Key-words : ベータアルミナ、電池、電力貯蔵

注1 モジュール電池、交直変換装置、変圧器からなる電力貯蔵システム、系統の交流電力を直流電力に変換して電池に電力を貯蔵する。

注2 ナトリウム硫黄電池の管理単位である。断熱構造の容器に多数の単電池（起電力約 2.1V）を直並列に配列する。電圧、電流にあわせて直並列構成を変更する。電池は高温動作型のためヒータにより昇温する。



図1 33kW モジュール電池と 200kW システム

モジュール電池は複数の単電池を直並列に接続し、動作温度を維持するための断熱容器に収納した構造である。システム出力、電力量に応じてモジュール電池を直並列に接続して、交直変換装置 (PCS) と組み合わせてシステムを構成する。コンテナ型システムは、200kW 級の可搬型コンテナユニットを現地で直並列に接続する方式であり、1 ユニットは、海上輸送の規格に対応した 20 フィートコンテナにモジュール電池 6 台及び制御装置類を収納した構成となっており、予め工場で作成した電池や制御装置類を全てコンテナ内に組込んでおくことにより、設置期間の短縮および、工事費用の削減が可能である。

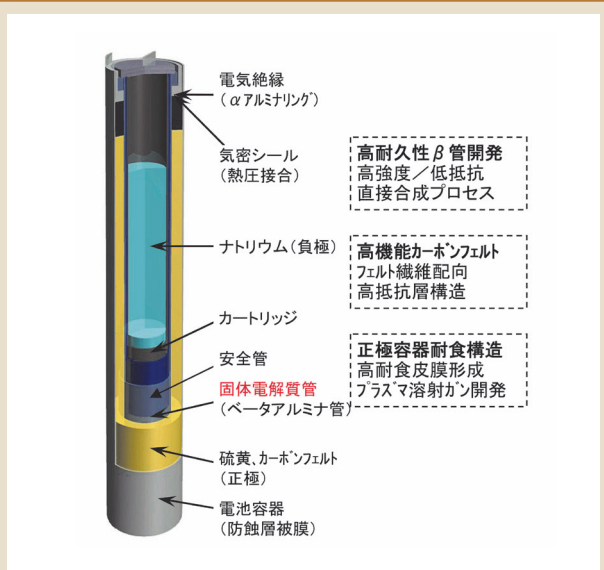


図2 単電池内部構造

有底のベータアルミナ固体電解質管，内部のナトリウムと収容部品からなる負極，硫黄，カーボンフェルトからなる正極で構成され完全気密シールしている。

硫黄，電極構造材のカーボンフェルトからなる正極，負極，正極を分離する固体電解質のベータアルミナ管および正極集電極を兼ねた正極容器等から構成される。単電池は完全気密構造であり，ベータアルミナ管内部には安全管と称するアルミニウム製の有底管を配し，ベータアルミナ管とのギャップを制御することにより，万が一の固体電解質破損時にも，ナトリウム，硫黄同士の直接反応を極小化し安全設計に寄与している。

また，高効率，高密度な単電池が可能となった背景には，ベータアルミナ管の開発以外に，カーボンフェルト電極構造材，金属/セラミック気密接合技術，活物質に対する高温防蝕材料の開発とその薄膜形成技術開発等の多くの技術開発ブレークスルーがある。

ベータアルミナはβ型 ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3$ ) とβ'型 ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot 5-7\text{Al}_2\text{O}_3$ ) の結晶構造があり，結晶を安定化させるために添加するMg, Li量によりNa量が変わる不定比化合物である。β'型はβ型に比較してNa含有量が多く，Naイオン伝導抵抗が低い特徴を持つ。歴史的には当初Li添加したβ型から開発を始め，生産で取扱に優れたMg添加したβ'型をベースに組成の最適化し，材料としての低抵抗化，高強度の両立を図ってきた。

またベータアルミナは六角板状結晶でありNaイオン伝導の異方性を持っている。したがって多結晶焼結体のベータアルミナ管を構造体として低抵抗化するために結晶形状の制御，する材料開発，結晶を均質化する材料技術を開発してきた。

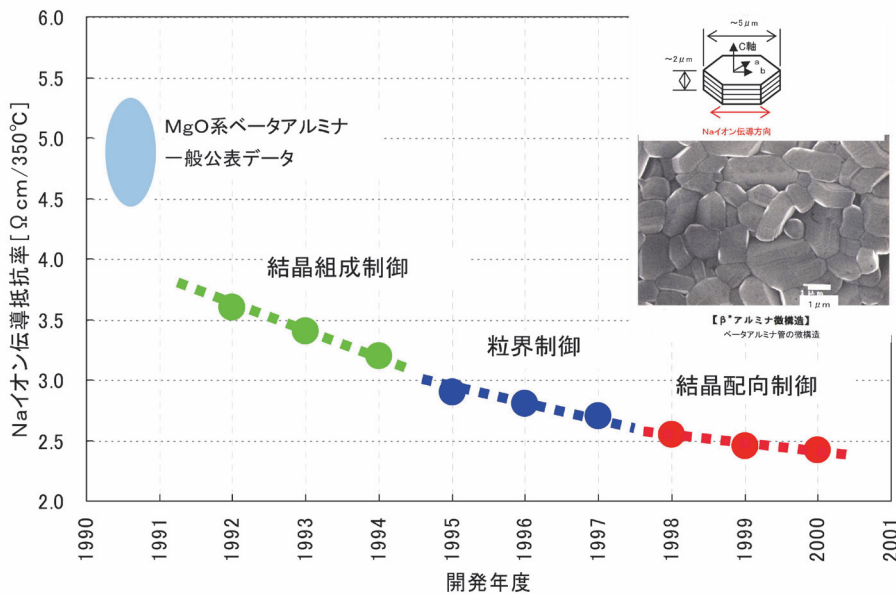


図3 Naイオン伝導抵抗とベータアルミナ結晶構造

ベータアルミナ結晶は異方性を持った結晶構造であり，結晶c軸と垂直方向にNaイオン伝導性を持つ。ベータアルミナ管の低抵抗化は結晶組成（化学組成），結晶粒界抵抗低減と結晶配向（並び）を制御することで実現した。

表1 ベータアルミナ管性能

寸法[mm]	φ59×470mm
Naイオン伝導抵抗率[Ω cm at 623K]	2.2
材料強度(圧環強度)[MPa]	>300
嵩密度[gcm <sup>-3</sup> ]	3.24

高性能で且つ工業製品のベータアルミナ管を開発す

るために、以下の技術的なブレークスルーを達成した。

- ①高いNaイオン伝導性と高強度の両立（結晶配向制御、結晶均質化）
- ②工業生産の量産プロセスに適した材料
- ③大型、薄肉ベータアルミナ管の量産プロセスの開発

**表1**にベータアルミナ管の緒言を示す。

**図3**にベータアルミナ低抵抗化の推移を示す。

#### 4. 製造工程

ナトリウム硫黄電池の製造工程は、主要部品（セラミックスと正負極部品）の製造と単電池およびモジュール電池組立の2つのプロセスから構成される。主要部品の内、ベータアルミナセラミックスはナトリウム硫黄電池のキーテクノロジーであり、焼成中にベータアルミナを直接合成する製法の導入や焼成後の厳しい寸法精度を実現することで、セラミックスの量産化に成功した。カーボンフェルトに硫黄を注入した正極部品やナトリウムを金属容器に充填した負極部品も内作り、セラミックスと他の多くの金属部品とを組み合わせることで単電池を製造する。正負極部品と単電池製造工程では製品品質向上と省人化のため、多くの自動

組立装置を導入している。電池を運転温度まで昇温するためのヒータを予めセットした、断熱性能に優れた容器へ単電池を所定数量挿入し、モジュール電池が完成する。最後に運転温度まで昇温した後、充放電特性や電気容量などの性能検査を実施してモジュール電池が完成する。

#### 5. 将来展望

ナトリウム硫黄電池は数十MWh規模の大電力を安定的に貯蔵できる電力貯蔵設備である。

開発が本格化した80年代と電力を取り巻く環境は変化し、当初目的にしてきた負荷平準化、電気料金削減、非常電源用途に加え、再生可能エネルギーの変動緩和、電力需給調整等へと用途は拡大してきた。

今後も、機能性セラミックスを応用した高効率、高密度電池として、電力需給の安定化と再エネの普及促進、カーボンニュートラルな社会の実現に貢献していくことが期待される。

[連絡先]

日本ガイシ(株)  
エネルギー&インダストリー事業本部  
エナジーストレージ事業部  
〒467-0871 名古屋市瑞穂区須田町2-56



図4 ナトリウム硫黄電池の製造工程