

# NAS 電池の概要と太陽光発電への適用

## NAS battery technology and its application with PV

玉越富夫\*

### 1. はじめに

地球温暖化対策として再生可能エネルギーの導入が世界中で進められている。特に太陽光発電は急激に増加しており、アメリカでは朝夕にピークが現れるダックカーブが予想よりも早く進む結果となっている。また日本では九州において出力抑制を行うまでに太陽光発電の導入が進んでいる。

系統における再生可能エネルギーの比率が大きくなるにしたがって、需給調整として導入されていた短時間容量の電力貯蔵システムは、エネルギーシフト機能も重要度が増し、長時間容量の電力貯蔵システムが必要となってきた。

本稿では長時間放電を基本とする NAS<sup>®</sup> 電池の概要について述べるとともに、太陽光発電との組み合わせに関する用途について述べる。

### 2. NAS 電池について

#### 2.1 基本原理

単電池は負極活物質のナトリウムと正極活物質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。寸法は直径 90mm × 高さ 500mm 程度であり、開路電圧は約 2V から 1.8V まで変化し、定格容量は 700Ah である。

ベータアルミナはナトリウムイオン (Na<sup>+</sup>) を通す特殊なセラミックスであり、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 (図 1)。液体のナトリウム極と硫黄極間にある固体電解質のベータアルミナをナトリウムイオンが行き来するのみで、その過程において不可逆な生成物が発生したりするようなことがなく、毎日放電末まで運用するような場合でも、容量の劣化が少な

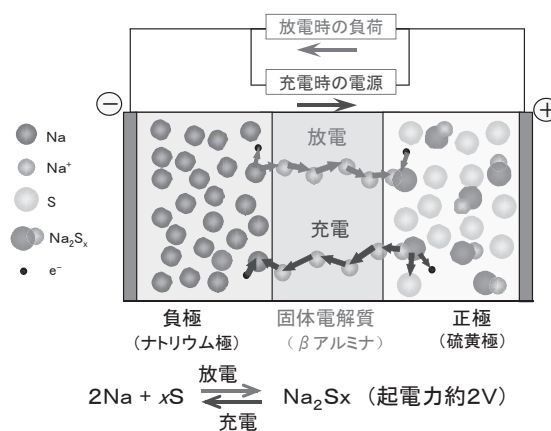


図 1 NAS 電池の原理

い。

放電時に生成される多硫化ナトリウムの融点は組成比によって変化するが、最高 285℃ であるため、活物質を液体状態に維持するために運転時の温度を約 300℃ としている。

放電は発熱反応、充電は吸熱反応であり、通電中のジュール熱と相まって放電末に最高温度となる。多硫化ナトリウムの腐食は温度が高いほど進むので、15年にわたって安定して使うために日常の運用においては最高温度 340℃ 程度を推奨している。

#### 2.2 特徴

NAS 電池は以下に示す特徴を有している。

- 1) 大容量：数時間程度の定格放電が可能
- 2) 高エネルギー密度：鉛蓄電池の約 3 倍
- 3) 高速応答性：電池の応答は 1ms 以下
- 4) 長寿命：15 年 (年 300 回の定格充放電)  
短時間充放電に回数の制約無し
- 5) 自己放電が無く単電池間のバランス補正不要
- 6) 外気温の影響がなく換気のみで空調設備は不要

\* 日本ガイシ株式会社 エナジーストレージ事業部

7) 高温動作型：保温用ヒータを内蔵

2.3 応答性

NAS 電池の応答性を測定した結果を図 2 に示す。0 から 100% への放電は 1ms 以下で可能である。瞬低対策用途や太陽光発電の変動吸収などにおいて十分な応答性を持っている。

2.4 長期性能

図 3 に単電池を毎サイクル定格容量の放電を繰り返した場合の長期性能検証の結果を示す。容量の減少はほぼリニアで、寿命末期の 4500 サイクル定格放電実施後でも定格容量の 105% を維持している。なお、放電量が少ない場合は、劣化は軽減される。

2.5 モジュール電池の構造

モジュール電池は、保温構造を有した断熱容器内に単電池を直並列接続し集合化した構造であり、昇温・保温用ヒータの他に、過電流から単電池を保護

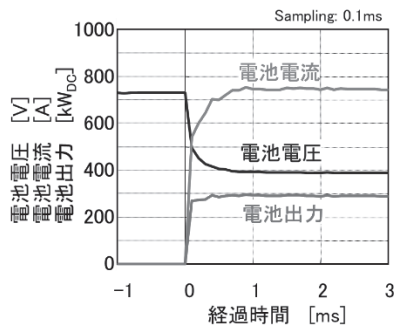


図 2 NAS 電池の応答性

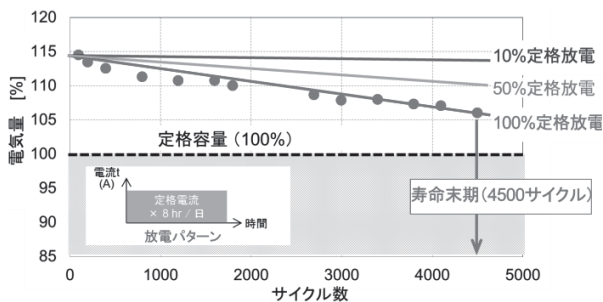


図 3 単電池の耐久性検証

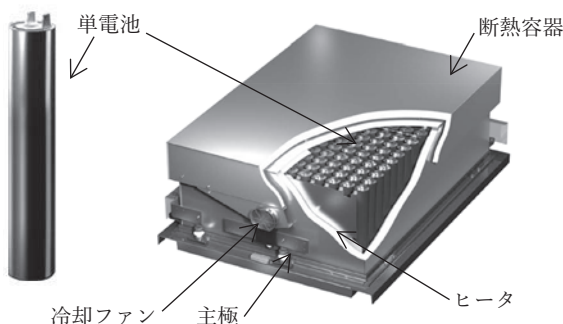


図 4 モジュール電池の構成

するヒューズや活物質漏洩時の吸収材としての砂等の安全機構も具備している。

電池は制御装置によって温度が 300℃ 以下にならないようヒータで維持されている。また、電池の電圧、電流を常時監視しており、放電末および充電末を自動検出した場合には交直変換装置 (PCS) へ充放電停止信号を送信したり、過電流となった場合にはシステム停止指令を送信したりする。さらに、その上の安全設計コンセプトとして、単電池が燃焼した場合でも安全性が確保できることを現在のモジュール電池では基本としている。図 5 に示すように、各セルに耐火材を巻いて区画化し、万一単電池が燃焼したとしても、物理的に延焼しない対策がとられている。

2.6 電池パッケージ

NAS 電池は、基本的に屋外設置を標準としており、電池収納設備として現地組立型、コンテナ型の 2 種類の設置形態 (電池パッケージ) を用意している。

組立型パッケージは、600kW を最小単位としており、600kW 単位で増設することが可能である。組立型パッケージを用いた 600kW NAS 電池システムは、K30 型モジュール電池 20 台と制御装置から構成される。図 6 および表 1 に 1,200kW NAS 電池システムの仕様および外観を示す。現地での組み立て工事があるものの、後述するコンテナ型パッケージよりも設置面積が 15% 少ないことが利点である。

コンテナ型パッケージは、予め工場 で電池や制御

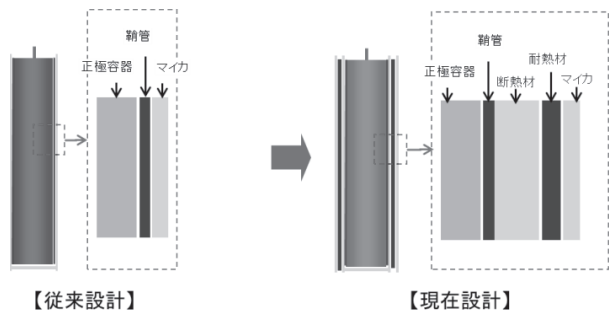


図 5 延焼防止構造



図 6 1,200kW NAS 電池システムの外観

表1 1,200kW NAS 電池システムの仕様

モジュール電池	K30型
モジュール電池構成	20直列 x 2並列
定格放電電力	DC1260kW
定格充電電力	DC1140kW
定格容量	DC9080kWh
寸法	W10xD4.5xH5.0m
重量	130t
周囲温度	-25 ~45°C

表2 コンテナ型パッケージの仕様

モジュール電池	L33型
モジュール電池構成	6台直列
定格放電電力	DC210kW
定格充電電力	DC190kW
定格容量	DC1250kWh
寸法	W6.1xD2.4xH2.6m
重量	21t
周囲温度	-45 ~55°C

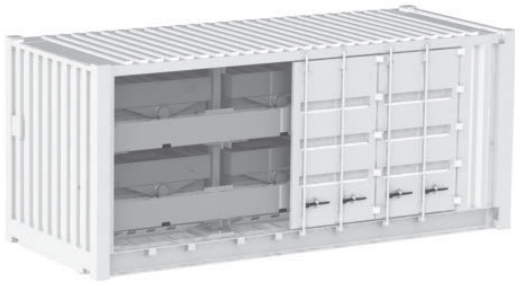


図7 200kW コンテナパッケージの外観

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。

コンテナ型パッケージは、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放熱量可変型モジュール電池6台および制御装置類を収納した構成とした。

表2および図7にコンテナ型パッケージを用いたNAS電池システムの仕様と外観を示す。

### 3. 太陽光発電への適用

#### 3.1 余剰電力の吸収

太陽光発電の導入が進むにつれ、発電量が需要を超過するが発生してくる。特に需要の低い春秋においては顕著である。太陽光発電の比率の高い九州電力管内においては2018年度に26回の太陽光出力制限が発生しており、今後も出力制限は増加していくと思われる。

経済産業省の「大型蓄電システムによる需給バラ

ンス改善実証事業」として、2016年3月より50MW/300MWh NAS電池の運用を九州電力にて実施している。

昼間に発生する太陽光の余剰電力を貯蔵し、需要のピークとなる朝夕に放電するといった運用が基本となる。しかしながら、図8に示すように太陽光の電力は日射状況により急激に低下する場合があるので、そのような場合には充電を停止する、あるいは充電から放電を行うことによって需給のバランスをとることができる。つまり50MW NAS電池の場合、100MWの調整力を持っていると言える。

実際の需給運用について図9に示す。太陽光発電のピークを迎える正午には、需要の66%にあたる電力が太陽光・風力から供給されている。余剰電力は揚水発電とNAS電池に吸収されているが、NAS電池には全体の2%が充電されている。貯蔵されたエネルギーは夕方以降に放電されている。

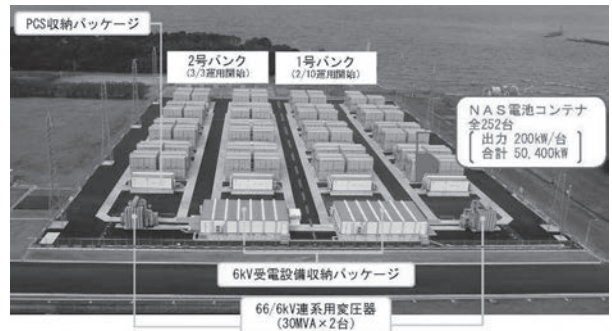


写真1 50MW/300MWh NAS電池の外観

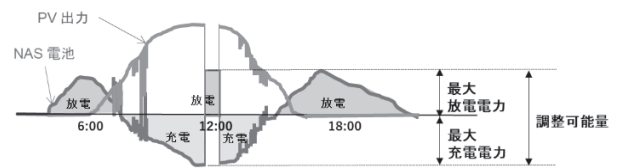


図8 バッテリーの調整可能量

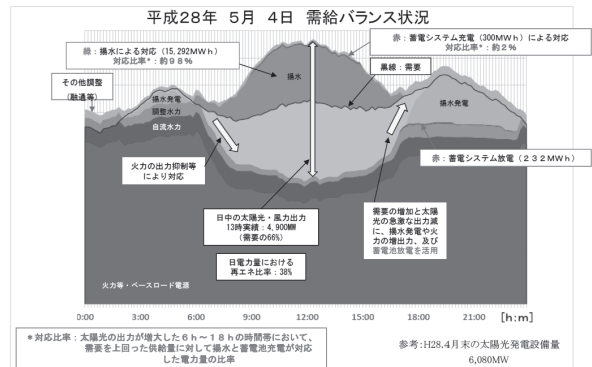


図9 平成28年5月4日需給バランス状況<sup>(1)</sup>  
 (「大型蓄電システム実証事業に係る成果報告会」資料より  
<http://www.nepc.or.jp/topics/2018/0320.html>)

本実証では需給バランスの改善のほか、無効電力制御による系統電圧制御やLFC制御信号に基づく周波数調整機能などが検証され、有効であることが確認されている。

### 3.2 太陽光+ NAS 電池での自立運用<sup>(2)</sup>

2018年9月に発生した北海道地震では長時間にわたって停電が発生した。2009年より稼働した稚内の5MWメガソーラー<sup>(2)</sup>には1.5MWのNAS電池が併設されているが、停電発生から系統が安定するまでの間、約1週間停電が続いた。幸いにも地震発生後は天気がよく太陽光により発電することが可能であったので、昼間に太陽光で発電された電力を充電して夜間に所内電源と自営線で接続された公園等の施設への電源供給を1週間行うことに成功した。

図10は5MWの太陽光発電所と1.5MW NAS電池の写真である。1.5MW NAS電池は屋外に設置された1MWと屋内に設置された500kWに分かれており、今回は1MW NAS電池が自立運転(PCSの電圧制御)を行って所内の電圧を確立し、太陽光発電がその電圧をもとに並列接続した。

図11は自立運転を行っていた1MW NAS電池の

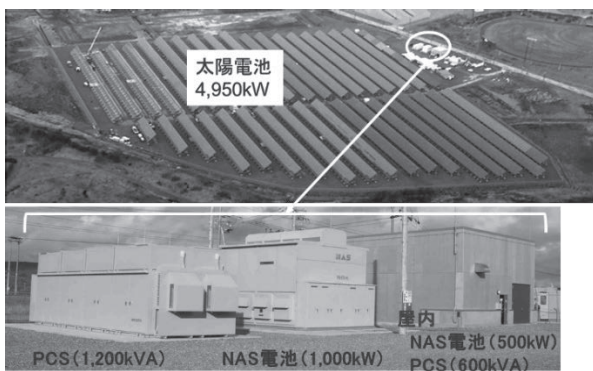


図10 稚内メガソーラーとNAS<sup>®</sup>電池

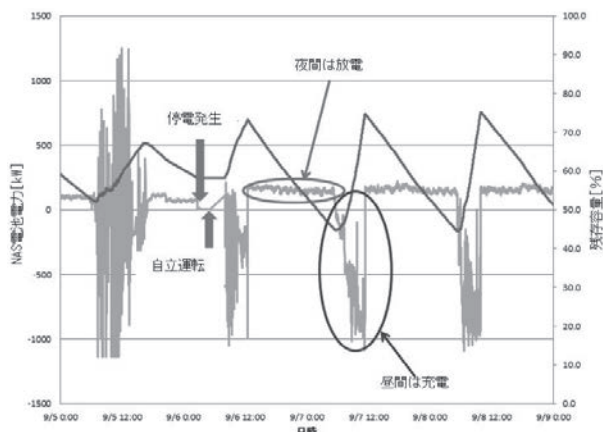


図11 自立運転時のNAS<sup>®</sup>電池電力と残存容量の推移

充放電電力と残存容量の推移である。停電発生前は太陽光発電の変動吸収を行っていたため、充電と放電とを繰り返していた。停電が発生した後、自立運転を開始し、その後太陽光発電が並列投入されて以降、電池は充電されている。残存容量が75%に到達した時点で過充電を避ける目的で太陽光発電は手動停止され、同時に電池から負荷へ電力供給を行っている。翌朝には残存容量は40%程度まで低下し、再度太陽光を手動起動して充電を行っている。なお、太陽光発電の最大値はNAS電池の充電電力の上限を超えないように1.2MW以上は発電しないように操作された。

今回は緊急対応であったため手動にて操作を行ったが、あらかじめエネルギーマネージメントシステムに太陽光の出力制御と電池の残存容量のモニタ機能を装備していれば、自動で同様のことを行うことが可能である。

このようなシステムは、災害時の電力供給(BCP)や小規模離島のように燃料費の高いような場所でも有効な自立した電力供給手段となりうる。

### 3.3 需要家でのPV, NAS 電池設置の検討

需要家にPVおよび電池を設置する場合について、ある建屋負荷と太陽光データをもとに検討した。需要家に太陽光と電池を設置する目的としては以下が考えられる。

- ①太陽光発電によるCO<sub>2</sub>削減
- ②NAS電池による契約電力削減
- ③NAS電池による短時間のバックアップ
- ④太陽光発電とNAS電池による長期間のバックアップ

まず①について考えてみる。単純にCO<sub>2</sub>削減だ

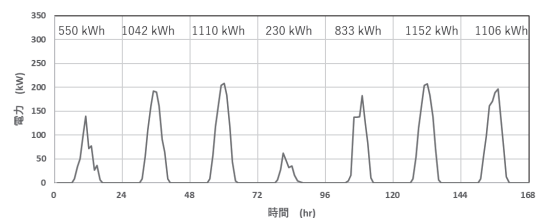


図12 太陽光発電電力

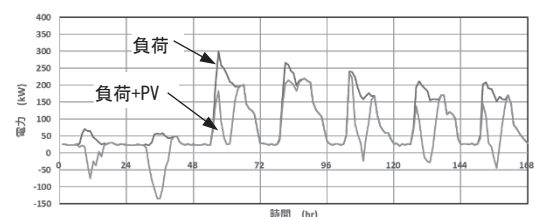


図13 ビル負荷

けが目的であるとすれば、充放電ロスを伴う電池は設置しないほうが良い。図 12 は検討に使用する太陽光発電データで、実データをもとにピークを 200kW 程度に比例倍している。1 日目と 4 日目は天候が悪いため発電量は少なくなっている。検討に使用する負荷を図 13 に示す。最初の 2 日間 (48 時間) は休日で、その後は平日のデータである。ビルの負荷について、休日明けは空調負荷が大きくなっているが、徐々に週末に向かって低下傾向にある。この条件で、電池のない場合の再生可能エネルギーの比率は表 3 に示すような値となる。逆潮ありの場合が最も比率が高く 38% となるが、逆潮なしの場合は 32% に低下する。逆潮分を電池に貯蔵し有効利用したとしても、充放電ロスや電力変換ロスが生じるので 38% に到達することはできない。

次に②、③の 200kW/1, 200kWh NAS 電池による契約電力の低減と短時間バックアップを検討する。図 12 の 4 日目の発電にみられるように、天候によっては太陽光発電出力をほとんど得られない日もある。したがって、契約電力の低減についてはまずは太陽光発電を除く負荷電力のみで検討するのが良い。

図 14 は 200kW NAS 電池によって 300kW のピークを持つ負荷を 150kW ピークに低減したものである。SOC は最低で 27% 残存しており、324kWh の残存するエネルギーは停電時の非常電源として使用

表 3 負荷および PV 電力量と比率

	負荷電力量	PV 電力量	RE 比率
逆潮あり	15840 kWh	6023 kWh	38%
逆潮なし	15840 kWh	5036 kWh	32%

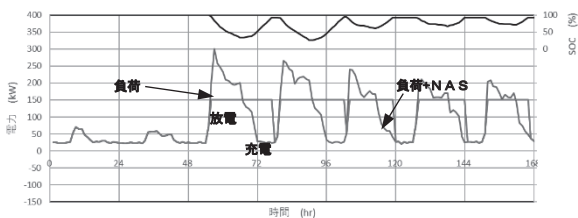


図 14 契約電力低減のシミュレーション

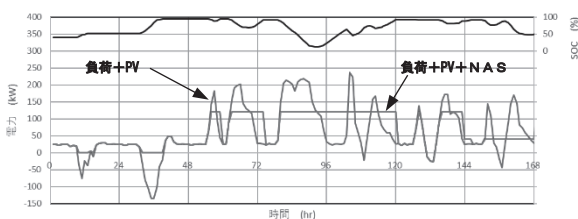


図 15 太陽光発電と NAS 電池運用シミュレーション

が可能である。

実際の運用としては太陽光も加わるので、図 15 に示すような運用となる。休日に発生する逆潮電力については NAS 電池に貯蔵し、平日はピークカットを行う。平日最終日には翌休日に発生する逆潮に備えて、放電を行う設定としている。逆潮に備えて放電を行うかどうかについては、気象情報をもとに判断することとなるであろう。なお、ピーク電力は 120kW に低減している。

この時の電力量収支は表 4 に示すとおりである。比較として逆潮なしでの負荷 + PV の値を記載している。電池の充放電損失、PCS 変換損失およびヒータ損失を PV 発電量から差し引いたもので太陽光発電比率 (RE 率) を算出した結果、3% 程度低下している。比率の低下を改善するには NAS 電池の断熱性能の向上によるヒータ損失の低減や、直流連系による PCS 変換損失の低減などが考えられる。

さて、さらに太陽光を増設した場合について検討する。図 16 のように発電電力のピークを 300kW とした場合の 200kW/1200kW NAS 電池の運用を図 17 に示す。2 日目の余剰電力は 200kW を超えており、若干電池の定格電力を上回っている。また、天候がよく太陽光発電量の大きい日には極力放電を行うよ

表 4 太陽光と NAS 電池の併用における各種電力量

	負荷+PV	負荷+PV+NAS	備考
負荷電力量	15840 kWh	15840 kWh	
PV 電力量	5036 kWh	6023 kWh	逆潮なし
放電電力量	-	2444 kWh	
充電電力量	-	3257 kWh	
ヒータ電力量	-	552 kWh	
PV+電池損失	-	4657 kWh	
RE 比率	32%	29%	

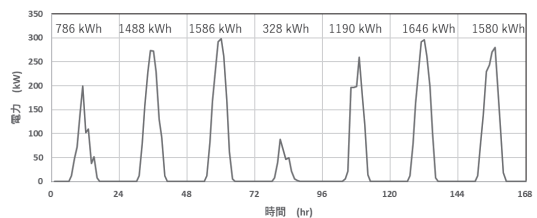


図 16 太陽光 300kW ピークでの発電電力

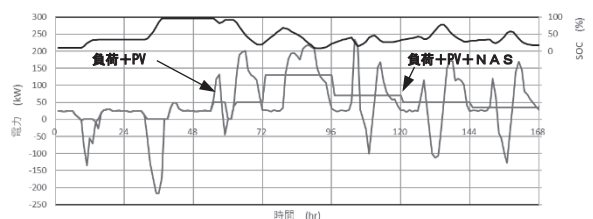


図 17 増設太陽光発電と NAS 電池運用シミュレーション

表5 増量太陽光とNAS電池併用における各種電力量

	負荷+PV	負荷+PV+NAS	備考
負荷電力量	15840 kWh	15840 kWh	
PV電力量	6325 kWh	8604 kWh	逆潮なし
放電電力量	-	3564 kWh	
充電電力量	-	4685 kWh	
ヒータ電力量	-	348 kWh	
PV+電池損失	-	7135 kWh	
RE比率	40%	45%	

うにしている。実運用においては気象予測が重要な役割を担い、4日目のように天候が悪い日には系統から充電を行って負荷のピークカットを行えるようにしておき、一方太陽光発電が見込めるような日の前日には放電末にしておく必要がある。このシミュレーションにおいては、太陽光発電の比率(RE比率)は表5に示すように、電池を設置しない場合より電池を設置した方が大きくなっている。

最後に④の長期停電における太陽光発電とNAS電池によるバックアップについて検討する。図12に示すように太陽光での発電電力は天候によって変化する。太陽光での発電量は合計6032kWhであるが、NAS電池システムの総合効率は約78%であるため、さらにヒータ電力も7日間で約500kWhは要するので、使用できる電力量は約4200kWh(=6023×0.78-500)となり、1日あたり600kWhが期待できる。この値は図12での発電に対する平均値であり、悪天候が続くことなども想定していく必要がある。

#### 4. 今後の開発

現在進めているNAS電池の開発は主に以下の2つである。

##### ①高出力化

##### ②寿命延長

高出力化については現在の定格の1.2～1.5倍まで行うことを目指している。高出力化を行うことにより、充電時間の短縮や太陽光発電電力の吸収量が向上する。また、15年の寿命を20年まで延長する研究を行ってきており、単電池の各部品が20年使用に耐えうる事が明らかになりつつある。太陽光発電の寿命も20年程度であり、同じ寿命とすることは投資において有利となる。

#### 5. 謝辞

本稿を作成するにあたり、名古屋地区での太陽光発電データをソーラーフロンティア株式会社殿からいただきました。ここに感謝いたします。

#### 6. 参考文献

- 1) 中澤 雅明, 九州電力(株), 「豊前蓄電池変電所における大型蓄電システムによる需給バランス改善実証の成果について」, (一社)新エネルギー導入促進協議会「大型蓄電システム実証事業にかかる成果報告会」資料より, 2018年3月20日
- 2) 資源エネルギー庁, 北海道胆振東部地震等における電力需給の状況について, 2018年10月

#### 著者略歴



玉越富夫 (タマコシ トミオ)

1988年3月名古屋大学大学院電気専攻修了, 同年4月日本ガイシ(株)入社, NAS電池の性能評価, システム設計, 大規模貯蔵システムのプロジェクトマネージャー等に従事。技術士(電気電子部門)