
2022年の技術と成果

Technical Progress and Results in 2022

〔1〕 研究・開発

カーボンニュートラルの実現に向け、再生可能エネルギー（以下、再エネ）の導入が加速している。加えて、自然災害の激甚化、頻発化に対する災害時のエネルギー確保についても議論、取り組みが進んでおり、国内でも再エネを有効に活用しながら非常時には安定したエネルギー確保ができるよう、蓄電池と組み合わせたマイクログリッドの実証が進められている⁽¹⁾。国際情勢の不安定さもあり、エネルギーの安定供給に対するニーズは高まっていることから、これまで以上に再エネのさらなる導入と蓄電池も含めたエネルギーの効率的な運用が必要になると考えられる。

当社は、中核製品である受変電設備や長年培ってきた系統技術、監視・制御技術、パワエレ技術を駆使し、再エネをはじめとする多様な分散型電源を組み合わせることで、電力の安定供給を実現するソリューションを「SPSS^(*) (Smart Power Supply Systems)」として提供してきた。そのSPSSの適用範囲を拡充すべく、2019年に半導体直流遮断器（DCCB）、直流変圧器（DC-DCコンバータ）を組み合わせた「直流配電実証システム」を社内施設に導入した。本実証システムは、太陽光発電、蓄電池、EV急速充電器で構成されており、地産地消の実現、CO₂ゼロエミッションへの貢献を目指し、実証を進めている。同実証では、小容量の蓄電池でも目的の地産地消、CO₂ゼロエミッションを実現することで、高価な蓄電池を最小限の容量に抑え、初期投資を抑えることを目指した研究も進めている。

また、再エネの有効利用に加え、災害時の電力供給源としても期待される蓄電池システム（以下、BESS）の導入が進んでいる。現在はリチウムイオン電池の採用が主流であり、充放電の繰り返しや周囲環境による経年劣化特性を把握することは、システムを運用していく上で非常に重要である。当社ではオンサイトかつリアルタイムで蓄電池の劣化状態を診断する技術の開発を目的に、電池固有の過渡応答特性に基づく電池劣化診断技術の開発を産学連携で推進中であり、研修センターのBESSに適用して実証運転中である。

一方、製品の品質を向上するためには、材料の反応特性や材質劣化特性などを把握する材料技術開発・基盤技術開発が重要である。当社ではシミュレーション技術の一つである、量子化学や分子動力学などの「分子シミュレーション技術」を有しており、これにより把握した材料特性に基づく材料選定をはじめ、製品設計や材料設計など社内の製品開発への適用を進めている。

以下に、2022年の各研究成果を紹介する。

1. 1 当社研修センター内直流配電システムにおけるCO₂ゼロエミッション運転の実証

2050年カーボンニュートラルの実現に向けた再エネの主力電源化、自然災害の激甚化に対応した電力レジリエンス強化のそれぞれに対して、太陽光発電と蓄電池を組み合わせた直流配電システムが有効な対応方法の一つになると考えられる。当社では、直流電力利活用の主要コンポーネントであるDCCB、DC-DCコンバータの開発を進め、国際規格IECの直流低圧区分の最大値DC1500Vと国内基準（電気設備技術基準）の直流低圧区分に準拠したDC600Vの2クラスが混在した直流配電実証システムを本社に隣接した研修施設『日新アカデミー研修センター』に設置し、実証運用を開始している⁽²⁾。

本実証システムでは、これまでに直流の制御の容易さという利点を活用して、以下の技術を開発し実証を進めてきた⁽³⁾⁽⁴⁾。

- (1) 長時間停電の発生時に電力を供給し続ける技術（電力レジリエンス強化）
- (2) 再エネ電源増加、EV普及（急速充電）に伴う系統への影響対策技術（需給調整機能）

現在、小容量の直流電源（太陽光発電、蓄電池）によるエネルギーの地産地消の実現と、蓄電池充電残量を考慮したDC1500VシステムとDC600Vシステムの電力融通（エネルギーマネジメント）を実装した長期間連続運転によるCO₂ゼロエミッション運転の実証を行っている。直流配電実証システムの構成とDC1500Vシステムを介した電力融通時の運用例（エネルギーマネジメントディスプレイ）を図1に示す。

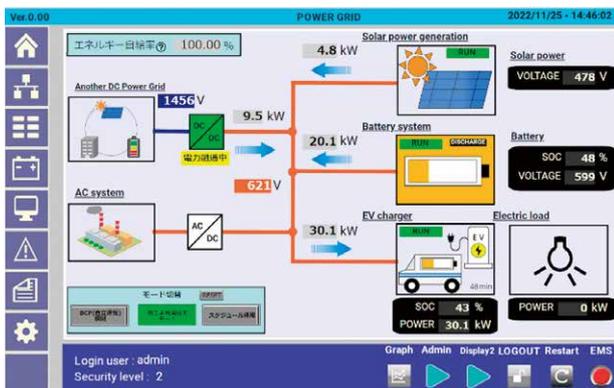


図1 直流配電実証システムの構成とDC1500Vシステムを介した電力融通時の運用例

実証試験の一例として、本実証システムでのある1日の運用実績例を図2に示す。

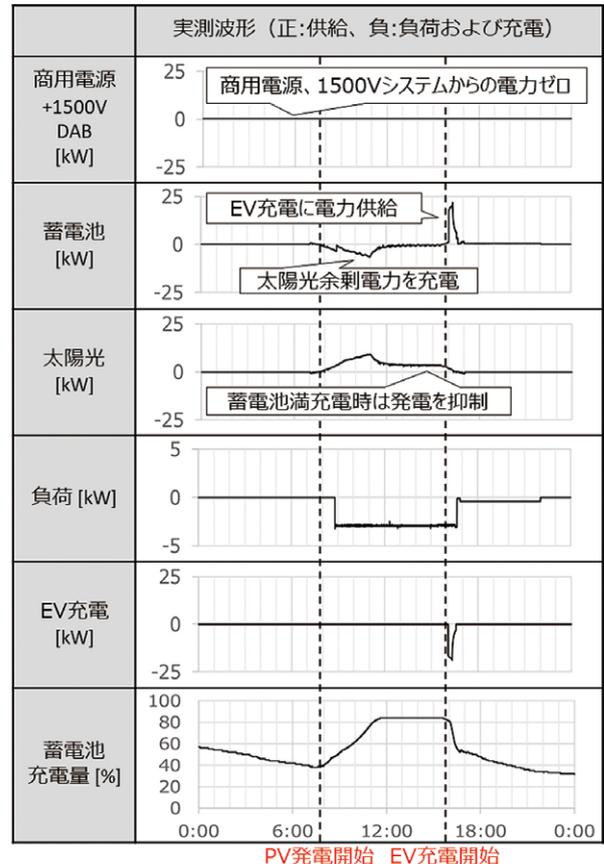


図2 CO₂ゼロエミッション運転時の1日の運用実績例

本実証システムでは昼間、太陽光発電の余剰電力を蓄電池への充電に活用する。なお、蓄電池充電残量が増加して満充電になると充電が停止し、太陽光発電の発電電力抑制制御が動作する仕様としている。

そして夜間は、EV充電を含めた負荷に対して蓄電池に昼間充電された電力を放電し、CO₂ゼロエミッション運転を実現している。なお、天候による充電量低下時にはDC1500Vシステムから電力融通を優先して、商用系統からの電力使用をゼロにする運用が可能であることも検証している。

さらに、動作が不要な電源（DC-DCコンバータ）を自動判定して停止させることで変換ロスを削減でき、小容量の直流電源でも、DC1500Vシステムとの併用により、商用電源からの電力に依存することなく、CO₂ゼロエミッション運転が達成できることを確認した。

また、本実証システムの1日の運用実績は前述のエネルギーマネジメントディスプレイでも確認することが可能である。

今後は運用条件を変更しながら運用データを収集して、小容量の蓄電池によるCO₂ゼロエミッション運転の長期的な評価を行う予定である。また、これまでに

開発してきた停電対応技術、交流系統への影響対策技術を協調した運用により、再エネの主力電源化、自然

災害の激甚化に対応した電力レジリエンス強化の実現に貢献していく所存である。

1. 2 電池劣化診断技術の開発

当社では、再エネや分散型電源の拡大を背景として、導入が拡大しているBESSに適用されるリチウムイオン電池の健全性を判定する電池劣化診断装置を同志社大学との共同研究の成果を活用して開発した（図3）。



図3 電池劣化診断装置のメイン基板

これまで蓄電池の劣化診断には、運転を停止して残容量を確認する容量確認試験や、電池を取り外して精密診断する交流インピーダンス法が用いられてきたが、いずれも長期間の蓄電池システムの運用停止を伴い、頻繁な実施は困難であった。新たに開発した電池劣化診断装置は、蓄電池に固有の過渡応答特性を利用し、内部インピーダンスを等価回路解析により回路定数として算出し、劣化に伴う内部抵抗 R_i の増加を観察することで、電池の劣化を診断する装置であり、システムを運用しながらオンサイト & リアルタイムで蓄電池の劣化診断を可能とするものである（図4）。本装置の開発にあっては、これまでに当社で培ってきた

蓄電池関連事業の経験を活かし、同志社大学で開発された過渡応答解析法に適した急峻な電圧変動を伴う充放電パターンを運用中の充放電データから抽出する技術を確立することで、高精度で内部抵抗を算出することが可能となった。

今回開発した電池劣化診断装置は、日新アカデミー研修センターに設置されている蓄電池で実証試験を実施中であり、安定した内部抵抗値の算出が可能であることを確認している。

本装置を活用することで、多様な分散型電源を組み合わせることで省エネと電力の安定供給を実現する当社の「SPSS」において、蓄電池の電池劣化診断に対応することが可能となり、今後もさまざまなソリューションの提供を行っていく所存である。

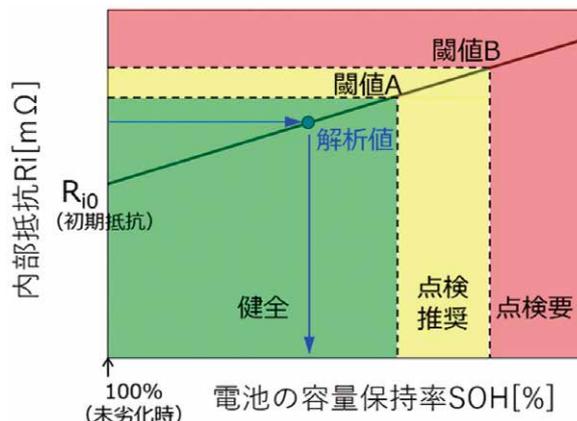


図4 過渡応答解析による内部抵抗値と容量保持率の依存性

1. 3 分子シミュレーション技術開発

近年、原子・分子レベルのミクロな物理・化学現象を対象とした分子シミュレーション技術が実用可能なレベルにまで進歩しており、当社においても、材料特性の把握や最適材料の選定などに積極的に活用している。

ここでは一例として、結晶の潮解特性に関するシミュレーション事例を紹介する。潮解とは、結晶が気相中の水蒸気を吸収して自発的に水溶液になる現象のことであり、製品の性能や品質を高めるため、潮解特性の把握が重要になる。なお、結晶の潮解のしやすさは、溶解のしやすさと等しく、溶解のしやすさは、「水和エネルギー $E_{水和}$ 」と「格子エネルギー $E_{格子}$ 」の差により決まる。よって、潮解特性は水和エネルギーと格子エネルギーが分かれば計算によって把握することが可能である。

今回、水への溶解度に差のある3種類の結晶（表1）を対象とし、そのそれぞれについて分子シミュレーション技術の一つである量子化学計算により、結晶やイオンのエネルギーを求め、水和エネルギーと格子エネルギー各々を計算する技術を確立した（図5、図6）。潮解特性の指標となる、水和エネルギーと格子エネルギーの差についても、文献値と対応する計算結果が得られている。当社では、今回確立した潮解特性の把握技術を研究開発中の製品の材料選定に活用予定である。

表1 水への溶解度

| 結晶 | 溶解度 |
|-------------------|-------------------------------------|
| CaF ₂ | 0.016 [g/L] (20[°C]) ⁽⁵⁾ |
| NaCl | 377.8 [g/L] (20[°C]) ⁽⁵⁾ |
| CaCl ₂ | 745 [g/L] (20[°C]) ⁽⁶⁾ |

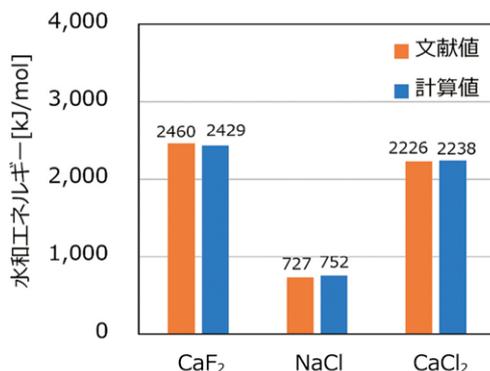


図5 水和エネルギー（絶対値） $E_{水和}$

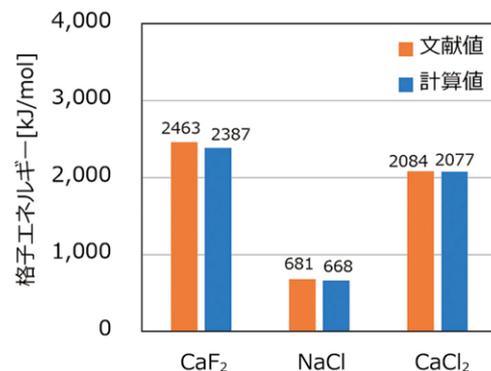


図6 格子エネルギー（絶対値） $E_{格子}$

参考文献 [1] 研究・開発

- (1) 環境省：「今後10年を見据えた取組の方向性」経済産業省 第9回 産業構造審議会 産業技術環境分科会 グリーントランスフォーメーション推進小委員会／総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 2050年カーボンニュートラルを見据えた次世代エネルギー需給構造検討小委員会 合同会合 開催資料[資料2] (2022)
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/green_transformation/009.html (参照：2022/11/24)
- (2) 黒田、加茂、牧、栗尾、高野：「直流配電システムの開発」, 日新電機技報, Vol.65 No.1, pp.33-41 (2020.4)
- (3) 「2020年の技術と成果 [1] 研究・開発」, 日新電機技報, Vol.66 No.1, pp.2-5 (2021.6)
- (4) 「2021年の技術と成果 [1] 研究・開発」, 日新電機技報, Vol.67 No.1, pp.2-6 (2022.5)
- (5) 日本化学会：「化学便覧 基礎編 改訂5版」, 丸善出版 (2004)
- (6) International Programme on Chemical Safety (IPCS) INCHEM
<https://incchem.org/documents/icsc/icsc/eics1184.htm> (参照：2022/11/25)

(*) 「SPSS」は、日新電機株の登録商標です。