
2020年の技術と成果

Technical Progress and Results in 2020

〔1〕 研究・開発

2020年7月に各地で発生した集中豪雨を始め、異常気象による災害が頻発している。これらの災害は、温室効果ガス（二酸化炭素など）の排出量増加による地球温暖化が原因ともいわれている。持続可能な社会の実現を狙って、環境負荷低減技術を用いた製品や災害対策・BCP（事業継続計画）の実証実験などが、当社も含め様々な企業から発表されている。

日本政府より「2050年に温室効果ガス排出ゼロを目指す」ことが打ち出され、その手段の一つとして「再生可能エネルギーを最大限導入する」ことが表明された。当社は中核製品である受変電設備や長年培った系統連系技術を駆使し、再生可能エネルギーを始め多様な分散型電源を組み合わせ、省エネと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の適用範囲を更に拡充すべく、現在、社内施設を活用し、太陽光発電による余剰電力と蓄電池を組み合わせた「直流配電システム」の構築を進めている。このシステムでは、より効果的に太陽光発電を活用し、省エネを促進させることができ、更に、停電時には蓄電池を非常用電源として用いることで、BCP対策としても活用することが可能になる。

一方、受変電機器に使用している絶縁材料を環境負荷の低い材料に変更するための材料技術開発や、変更した材料を長い期間、安定的に使用するための基盤技術開発が重要である。「電磁界解析、熱流体解析」に加え、量子化学と分子動力学を組み合わせた「分子シミュレーション」基盤技術の構築を進めており、製品設計や材料設計など社内の製品開発への応用を目指している。

更に当社は、電力事業分野以外に、長年培ってきた高電圧技術と真空応用技術を活用したイオン注入装置や薄膜形成装置を始めとするビーム・真空応用事業へも展開している。この事業分野の基盤技術開発として、プラズマ技術やそれを用いた製品の効果的な設計や開発スピードアップを図るべく、「プラズマシミュレーション」技術の開発を推進している。

以下に、2020年の各研究成果を紹介する。

1. 1 研修センターにおける直流配電システム実証

低炭素化社会の実現に向け、再生可能エネルギー（以下、再エネ）の主力電源化への取り組みが進むなか、直流配電が再エネの有効利用と高効率を実現する次世代の電力供給システムとして、注目を集めている。

太陽光発電や蓄電池など複数の分散電源を組み合わせた直流配電システムは、商用電源の瞬低補償と停電時は自立運転で、電力安定供給継続が可能であり、電力レジリエンス強化、BCP実施に適した電源システムと

して、近年、実証事例が増加傾向にある。

当社では、本社研修施設『日新アカデミー研修センター（以下、研修センター）』において、太陽光発電（92.4kW）と蓄電池（リチウムイオン電池、27.4kWh）を組み合わせた直流配電システムを構築し、実証試験を行い運用効果や課題とその対策検証を進めている。

1. 実証試験

実証試験の一例として、商用電源停電時の自立運転と再連系試験の結果を紹介する（図1、2）。

試験では商用電源から直流回路へ電力を供給し、蓄電池の充電と直流負荷への給電を行っている状態から、経過時間（T）11.5秒時点にて商用電源との接続点で交流遮断器開放による模擬停電を発生させた。

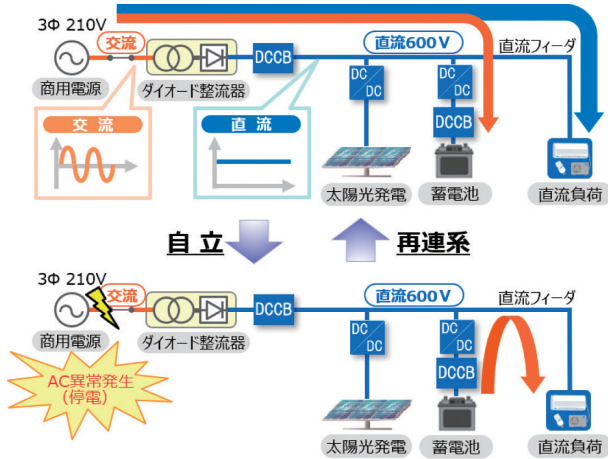


図1 商用電源停電時の自立運転と再連系

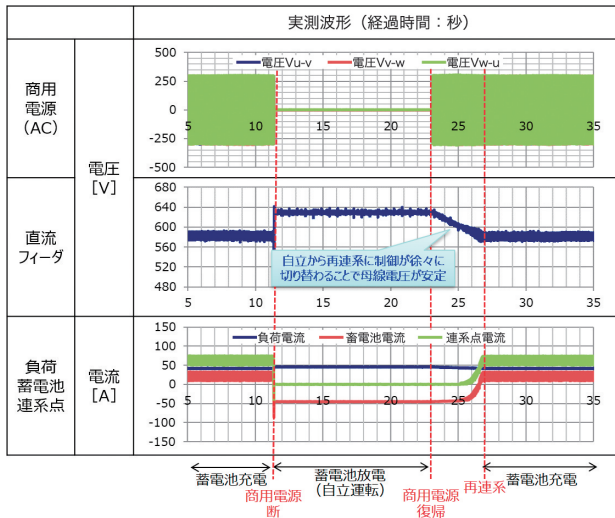


図2 商用電源停電時の自立運転と再連系の試験結果

停電が発生すると、蓄電池用DC-DCコンバータが直流フィーダの電圧低下を検知し、自立運転モードに移行している。

また、自立運転中は直流フィーダ電圧を停電前よりも高めに制御することで、商用電源復電後の再連系時の商用電源から直流回路への突入電流を未然に防止している。

T=23秒時点で交流遮断器の再投入により、商用電源が復電（再連系）すると、蓄電池用DC-DCコンバータが直流フィーダ電圧をダイオード整流器出力電圧に等

しくなるよう制御し、T=27秒時点で自立運転から商用電源による給電、蓄電池充電へとなめらかに戻っていることが分かる。

このように本システムでは、商用電源側で事故などによる停電が発生しても直流側から商用電源事故点への逆潮流が無く、安定的に自立運転への移行と再連系が可能であることが、実証試験により確認されている。

2. エネルギー・ゼロエミッションへの取り組み

蓄電池を活用したエネルギー・ゼロエミッションへの取り組みの一環として、太陽光発電の昼間の余剰電力を蓄電池に蓄え、夜間に有効利用することで商用電源からの夜間の買電電力を削減し、自家消費率を向上させる取り組みを開始した（図3）。

夜間に給電する負荷には、研修センター入口通路・玄関、中庭、研修センターに隣接する当社厚生施設である日新倶楽部嵯峨野荘の入口や庭園のLED照明などを選定し、これらに、太陽光発電により蓄電池に蓄えた電力を活用している（図4）。

今後も実証運転をとおして、直流のメリットを活かしたシステムの構築、提案を進めていく所存である。

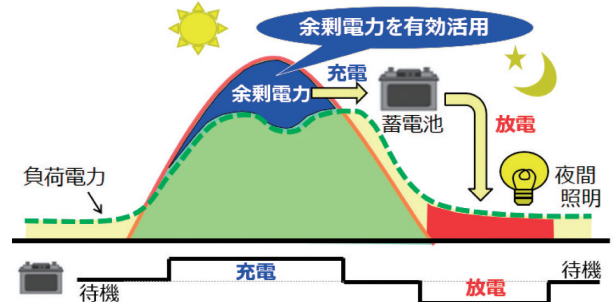


図3 蓄電池による太陽光余剰電力の有効利用



図4 研修センター・嵯峨野荘正面から見た夜間照明（直流配電システムから太陽光余剰電力を給電）

1. 2 プラズマシミュレーション技術の開発

当社では、プラズマ技術を応用した装置開発を行っている。その中で、装置設計の段階でプラズマ中の物理・化学現象を把握し、装置開発期間の短縮及び品質の向上を狙い、プラズマシミュレーション技術開発を実施している。ここでは、開発中の高周波誘導結合プラズマ計算コード（RF-ICP計算コード）の計算機能と、プラズマCVD（Chemical Vapor Deposition）装置への適用事例について紹介する。

まず、当社プラズマCVD装置の概略図を図5に示す。本装置は、装置内部にアンテナを配置することで、アンテナに流れる高周波電流で高密度のプラズマを生成し、効率的に原料ガスを分解、薄膜を形成することを特長としている。

本RF-ICP計算コードでは、マクスウェル方程式、プラズマ反応式及び拡散方程式を用いて、①アンテナに高周波電流を通電、②アンテナ周囲に発生する磁界及び誘導電界、③誘導電界による電子の加速、④加速された電子とガス分子の衝突・電離、⑤電離によって生じたプラズマの拡散、⑥プラズマ密度・電子温度及び壁面へのフラックスを計算しており、電磁場・プラズマ密度・電子温度・フラックスの各分布を確認可能である。

次に、本RF-ICP計算コードをプラズマCVD装置へ適用した場合の計算結果例を図6に示す。このように測

定が困難な装置内部全域におけるプラズマ分布をシミュレーションによって把握できるようになった。

今後はRF-ICP計算コードの機能強化を図り、ノウハウを蓄積して、各種プラズマ応用装置開発へ展開していく所存である。

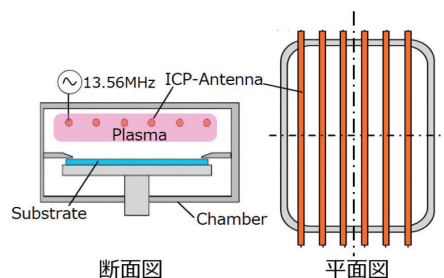


図5 プラズマCVD装置の概略図

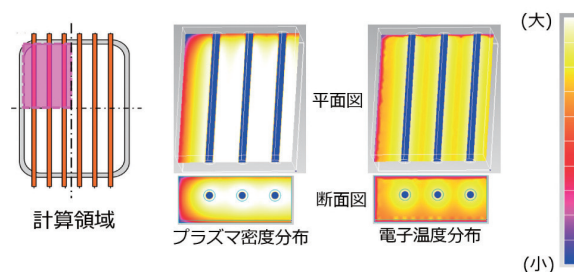


図6 プラズマ計算結果例

1. 3 材料設計に貢献する分子シミュレーション

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、ガス絶縁開閉装置に用いるゼオライトの吸着特性に関するシミュレーション事例を紹介する。ゼオライトは、別名「沸石」とも呼ばれる結晶性の物質であるが、微細な空隙が多数開いており、それらの空隙の中にガス分子を取り込み、吸着する機能がある。ガス絶縁開閉装置では、絶縁物から時間をかけて徐々に放出される水分や、開閉動作時のアーク放電により生成される分解ガスを吸着除去するために用いられる。ゼオライトは、種類により吸着できるガス種や吸着量が異なるため、最適なゼオライトの選定が必要になる。今回、吸着エネルギーの計算により、吸着除去できるか否かを予測する技術の確立に取り組んだ。

量子化学計算により、図7に示した計算モデルを用

いて、ガス分子の吸着前後のエネルギー差（吸着エネルギー）を計算した。

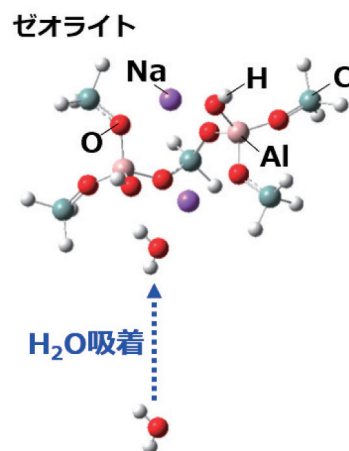


図7 量子化学計算に用いた計算モデル（例：H₂O吸着）

図8に吸着エネルギー計算結果と、実験による吸着率測定結果の関係を示す。その結果、吸着エネルギーと吸着率には正の相関が認められ、吸着エネルギーが大きいガス分子は、吸着率が高いことを確認できた。これらの結果を踏まえ、吸着エネルギーの閾値を決定し、吸着除去できるか否かの予測技術を確立した。

現在、この予測技術をゼオライト選定に活用し、機器の信頼性を高めた製品の開発を進めている。

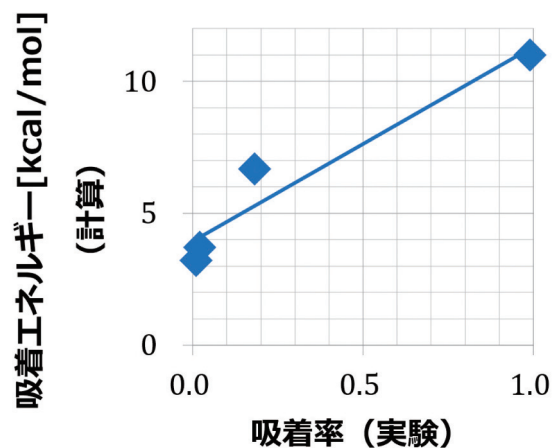


図8 吸着エネルギー計算結果と
実験による吸着率測定結果の関係

※吸着率 = 吸着除去されたガス量 / ガス全量

(*1) 「SPSS」は、日新電機株式の登録商標です。(p.2)