
2025年の技術と成果

Technical Progress and Results in 2025

〔1〕 研究・開発

2024年4月に「日新住電エネルギーシステム開発センター」を開設して約2年が経ち、住友電気工業株式会社（以下、住友電工）の研究部門と、さまざまな技術において交流・連携を推進し、組織として強化を進めている⁽¹⁾。例えば電力・環境システム事業の分野では、当社と住友電工のシナジーを発揮し、系統解析・電力制御・電気材料・機器診断などの既存技術に新たな材料技術・解析技術を融合させて、開発の加速、用途拡大などを進めている。ビーム・プラズマ事業の分野においても、解析・評価技術を進化させるとともにグループ内での連携を強化し、新規分野への用途探索を進めている。また当社の基盤技術力を押し上げるべく、人工知能（AI）を含むDXについても住友電工との技術連携を強化している。

2025年の技術と成果として以下の3つを紹介する。1つ目は、マイクログリッド等の安定化に資するグリッドフォーミングインバータ（GFMインバータ）制御技術の開発である。カーボンニュートラルを背景に、離島などの小規模系統において再生可能エネルギー（以下、再エネ）の導入が進んでいるが、再エネ比率が高まることで系統全体の慣性が低下する課題があり、それを補うことのできるインバータの開発を進めた。その結果を報告する。2つ目は、生分解性油の開発である。近年、環境配慮の観点などから、従来の鉱物油に代わり植物油を適用した電力用変圧器の導入が拡大しており、当社としても油入機器に生分解性電気絶縁油の適用を進めてきた⁽²⁾。今回は、その材料である天然エステル油の加熱劣化試験を行い、その劣化挙動の検討について報告する。3つ目は、プラズマ表面改質技術の開発である。材料表面の濡れ性および密着性改善、不純物除去などの表面改質に当社プラズマ技術が有効であることを実証した。本技術を全固体電池に適用した事例を紹介する。

また、2025年6月、PVTを用いたマイクロ変電所をインドに導入し、実証試験を開始した（詳細は、本誌掲載の一般論文「特別高圧（66kV）から低圧電力を直接取得可能な大容量PVTを活用したマイクロ変電所」を参照）。

以下に、2025年の各研究成果を紹介する。

1.1 ミニモデルによるGFM制御原理検証

近年、カーボンニュートラルを背景に、離島などの小規模システムにおいて再生可能エネルギー（再エネ）の導入が進んでいる。再エネ比率が高まることで、システム全体の慣性が低下するため、それを補うことができるインバータが必要となる。さらに、再エネ比率100%を目指す場合、安定した自立・並列運転を行うインバータも求められる。今回は、これらの課題解決のためグリッドフォーミングインバータ（GFMインバータ）の制御技術を開発し、小規模検証設備（ミニモデル）によってその有効性を確認した。

ミニモデルでは10kVA定格のGFMインバータを2つ用意しており、各GFMインバータは内部パラメータによって疑似慣性を付加することができる構成となっている。図1に今回検証したミニモデルの回路構成を示す。スイッチ（SW1）のみをONすることで、疑似慣性を大きく設定したインバータ（INV1）のみを動作させることができ、スイッチ（SW2）のみをONすることで、疑似慣性を小さく設定したインバータ（INV2）のみを動作させることができる。さらに、SW1とSW2を両方ONすることで、INV1とINV2を並列接続することができる。各構成において、抵抗負荷を2kWから3kWに急増させた際の周波数変化率の様子を検証した。

図2 (a) の実線（青）はINV1（疑似慣性大）のみを動作させた場合の周波数変化率（RoCoF）のグラフを示す。ここでは、RoCoFが3.4Hz/secとなった。一方で、図2 (a) の点線（赤）はINV2（疑似慣性小）のみを動作させた場合である。ここでは、RoCoFが6.0Hz/secとなり、疑似慣性が小さくなることで周波数変化率が大きくなっていることがわかる。

図2 (b) の点線（赤）はINV2（疑似慣性小）のみを動作させた場合であり、図2 (a) の点線（赤）と同様のグラフである。これに対して実線（青）はINV2にINV1（疑似慣性大）を並列接続した場合の周波数変化率のグラフとなる。ここでは、RoCoFが2.3Hz/secとなり、INV2を並列接続することによって疑似慣性が増加し、周波数変化率が抑制されることを確認した。

今回は、GFMインバータのミニモデルを用いて検証を実施し、疑似慣性による周波数変化率の改善効果を実証することができた。引き続き、小規模システムの主電源としてのニーズに合わせて、電力品質改善や系統短絡故障時の保護協調などについて、開発・検証を進めていく。

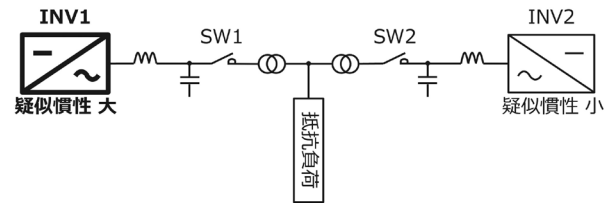
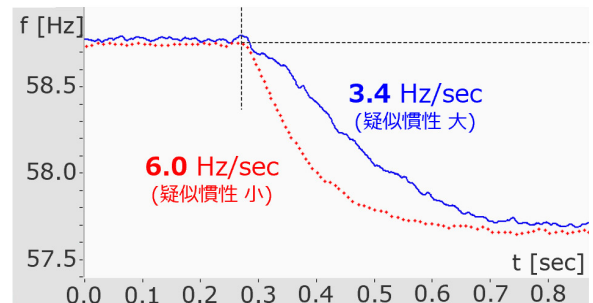
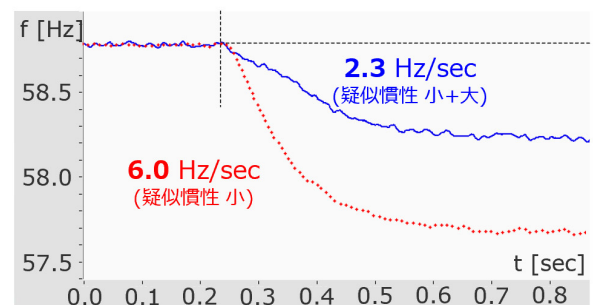


図1 ミニモデルの回路構成



(a) 疑似慣性小と疑似慣性大の比較



(b) 疑似慣性小と疑似慣性小+大の比較

図2 周波数変化率の改善効果

1. 2 天然エステル油の加熱劣化挙動

近年、環境配慮の観点などから、従来の鉱物油に代わり、植物油を適用した電力用変圧器の導入が拡大している。しかしながら、国内では、まだ運転年数が短いこともあり、運転中の機器における絶縁油の保守管理値については、基準を検討されている状況である。そこで、天然エステル油における実運転環境での保守管理項目や基準値の検討に向けて、天然エステル油の加熱劣化試験を行い、その劣化挙動について検討を行った⁽³⁾。

一連の加熱劣化試験においては、酸価と動粘度について悪化が認められ、それらは相関性を示した(図3)。一方で、油中水分量や絶縁破壊電圧は、一時的な悪化は認められたものの、最終的には初期値と大差ない結果であった。

また、これらの特性は、油量に対する気相面積の比が大きくなるほど悪化する傾向であった(図4)。

酸価については、絶縁油の酸化を表す指標の1つで、油中水分による天然エステル油が加水分解することで上昇し、さらにそれに伴って動粘度が上昇していると考えられる。一方、水分や絶縁破壊電圧は、加水分解により油中水分が消費されるため、顕著な特性悪化が生じなかったと考えられる。

よって、実運転環境での天然エステル油においては、特に酸価や動粘度を劣化指標として重要となることが想定される。引き続き、追加検証を行い、保守管理基準値の検討を進めていく。

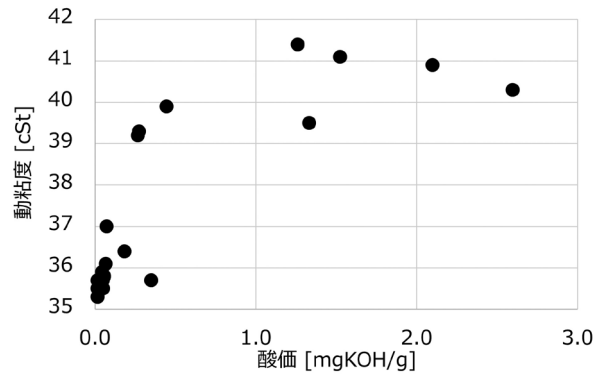


図3 酸価と動粘度の相関

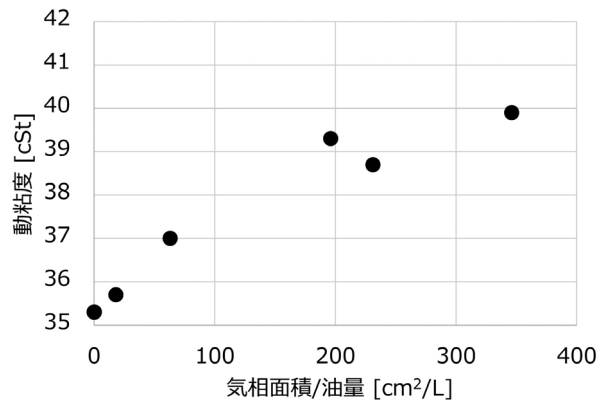
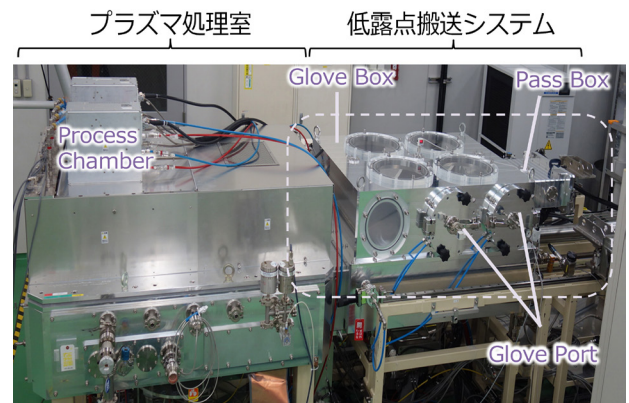


図4 油量に対する気相面積比の影響

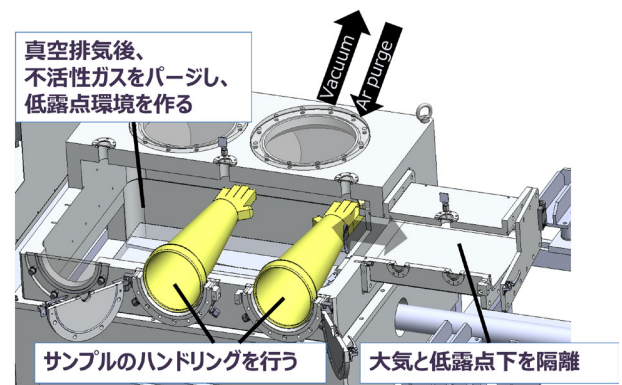
1.3 プラズマ表面改質技術

当社はこれまでに、生産性向上と環境負荷低減に適した高密度の誘導結合プラズマを、大面積かつ均一に生成する装置技術を開発してきた。本年度は、材料表面の濡れ性および密着性改善、不純物除去などの表面改質に適用できることを実証した。今回はその技術を全固体電池へ適用した事例を紹介する⁽⁴⁾。

エネルギー密度や充放電速度、安全性の面から次世代電池として期待される全固体電池において、低抵抗かつ均一な固体/固体界面の形成が重要課題の一つとなっている。例えば、電極の乾燥工程時、バインダーが電極/固体電解質界面に偏析することが知られており、抵抗増加や歩留まり低下を引き起こす可能性がある。今回、正極複合体電極表面にプラズマ処理を行うことで、余剰バインダーが除去され、全固体電池を低抵抗化できることを確認した。また、X線光電子分光法（XPS）などを用いた分析により、プラズマ処理による硫化物固体電解質の変質が最表面の数十nm程度と限定的であり、処理条件による制御性があることも確認できた。これらの結果から、電池特性や歩留まり改善に適用可能と判断し、実用サイズで全固体電池のデモ評価を行うため、低露点搬送システムを備えたプラズマ表面改質装置（図5）を開発した。この装置は、最大600×800mmのサンプルサイズまで対応可能であり、今後、事業化に向けた顧客評価を進めていく。



(a) 外観



(b) 低露点搬送システムの概略

図5 低露点搬送システムを備えたプラズマ表面改質装置

参考文献〔1〕 研究・開発

- (1) 日新電機ニュースリリース「日新住電エネルギーシステム開発センターの開設について」（2024/3/29）
<https://nissin.jp/news/240329-2/>（参照：2026/1/13）
- (2) 日新電機ニュースリリース「油入機器に生分解性電気絶縁油を適用 ～技術力を活かした環境配慮製品で環境負荷低減を推進～」(2020/6/8) <https://nissin.jp/news/200608/>（参照：2026/1/13）
- (3) 佐本祥子 他：「天然エステル油の加熱劣化挙動」，電気学会静止器研究会（2025）
- (4) 岩苔翼 他：「硫化物系正極複合体への酸素プラズマ処理による電池特性の改善」，第66回電池討論会要旨集,1A18（2025）