

日新電機グループ技術論文誌

日新電機技報

The Nissin Electric Review

2026 Vol. 71 No. 1
(Serial No.165)

特集 2025年の技術と成果



各論文に付与しているSDGsのアイコンは、それぞれのSDGsに貢献する、あるいは貢献しようとするアイコンを付与しています。

○論文に使用のSDGs (Sustainable Development Goals) のアイコンについて

日新電機技報に掲載のSDGsのアイコンは、国連事務局*より許諾を得て使用しております。

なお、使用しているアイコンの選定を含め、各論文の内容には、国連は関係していません。

*SDG Permissions

○NOTICE : About the SDGs (Sustainable Development Goals) icons used in the treatise

The content of this publication has not been approved by the United Nations

and does not reflect the views of the United Nations or its officials or Member States.

○国連SDGs Web Site (右のQRコードからもアクセスできます。)

▷ <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>



目 次

巻頭言 (1)

西 村 陽

特集:2025年の技術と成果

〔1〕 研究・開発 (2)
〔2〕 電力用設備 (6)
〔3〕 産業用設備 (8)
〔4〕 水処理用設備 (10)
〔5〕 交通施設用設備 (13)
〔6〕 海外向け設備 (14)
〔7〕 電子線照射装置・高電圧試験装置 (16)
〔8〕 イオン注入装置 (22)

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 (26)

岡 賢太郎 高橋良宗 牧 尚子
村井正樹 平本 学 水野 聡

フラットパネルディスプレイ製造用イオン注入装置iG8の開発 (33)

宇井利昌 川瀬一貴 川村昌充
永尾友一 高橋元喜 土肥正二郎

通巻120号から今号までの「日新電機技報」は、
下記URLまたは右記QRコードからご利用いただけます。

<https://nissin.jp/technical/index.html>

バックナンバー : <https://nissin.jp/technical/technicalreport/index.html>

(今号)



(バックナンバー)



CONTENTS

Message (1)
Nishimura Akira

Technical Progress and Results in 2025

[1] Progress and Results in R&D Project (2)
[2] Electrical Equipment for Power Generation and Distribution (6)
[3] Electrical Equipment for Industrial Plant (8)
[4] Water Treatment System (10)
[5] Equipment for Transportation (13)
[6] Equipment for Overseas Market (14)
[7] Electron beam Processing System and High Voltage Test Equipment (16)
[8] Ion Implantation System (22)

Technical Papers

**Large-Capacity PVT Utilization for a Micro Substation Capable of Directly
Obtaining Low-Voltage Power from Special High Voltage (66 kV)** (26)
Oka Kentaro , Takahashi Yoshimune , Maki Naoko ,
Murai Masaki , Hiramoto Gaku , Mizuno Satoshi

Development of Ion Implanter iG8 for Flat-Panel Display Processing (33)
Ui Toshimasa , Kawase Kazuki , Kawamura Masamitsu ,
Nagao Tomokazu , Takahashi Genki , Dohi Shojiro

巻頭言

代表取締役社長 **西村 陽**
Nishimura Akira



平素より当社製品・サービスをご愛顧賜り、厚く御礼申し上げます。

2021年度から取組んできた中長期計画VISION2025は、当初の計画を上回る実績を上げ、次期成長につながる成果を得ることができました。これは、皆様のご支援、ならびに社員一人ひとりの努力の結集によるものであり、心より感謝いたします。

2026年度からは、次期中期計画を始動します。国際情勢の不安定化など、不確実性が一段と高まる中にあるとしても、2050年カーボンニュートラルへの歩みは確実に続いていくと考えています。再生可能エネルギー拡大と電力安定供給の両立、レジリエンスの強化、デジタル化・省人化の加速など、社会からの要請はますます高度化しています。こうした要請に対し、当社は高電圧・系統解析・精密加工・制御技術といった独自技術をさらに磨き上げ、持続可能な社会の実現に貢献する「トータルエネルギーソリューションカンパニー」を目指していきます。

次期中期計画では、次の三点に注力してまいります。

第一は、事業運営の大前提である安全体質の強化です。「安全はすべてに優先する」という不動の原則のもと、「安全はみんなの力で！」を合言葉に、設備・ルール・教育・風土を一体で高め、ゼロ災を継続する組織を目指します。あわせて工場の職場環境改善も進め、より安心して働ける現場づくりを進めます。

第二は、環境社会の進展に応える新製品・新サービスの提供です。当社独自の技術に加え、住友電気工業株式会社とのシナジーも活用し、系統の安定化や分散エネルギーの最適運用に資するエネルギーソリューションを拡大するとともに、環境配慮型製品やリモートメンテナンス・スマート保安のラインアップを拡げます。またイオン注入装置や電子線照射装置についても、顧客の競争力強化に貢献する製品ポートフォリオの拡充を進めます。

第三は、十年先を見据えた強い基盤づくりです。生産基盤の強化、現場力の継承と人材育成を体系的に進めるとともに、設計・製造・調達・サービスにまたがるデータ連携を強化します。業務革新と生産性向上を全社で展開し、あわせて強靱なサプライチェーンを構築することで、生産力の向上を図ります。また装置部品ソリューション事業では、顧客のQCD（Q：品質、C：コスト、D：納期）要求に応えるグローバルな受託体制を構築します。

本号では、特集「2025年の技術と成果」として、電力設備分野におけるさまざまな用途への展開に加え、電子線照射装置、高電圧試験装置、イオン注入装置についての取組みを紹介しています。さらに、当社固有技術であるPVT（電源用計器用変圧器）を活用したマイクロ変電所の事例や、FPD（フラットパネルディスプレイ）製造向けに新たに開発したイオン注入装置に関する一般論文も収録しました。ぜひご高覧いただければ幸いです。

皆様から賜りましたご意見・ご指導を迅速に現場へ反映し、より良い製品・サービスの提供に一層努めてまいります。今後とも、日新電機グループへの変わらぬご支援を賜りますようお願い申し上げます。皆様のご健勝とご発展を祈念し、本技報の巻頭に当たってのご挨拶といたします。

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。

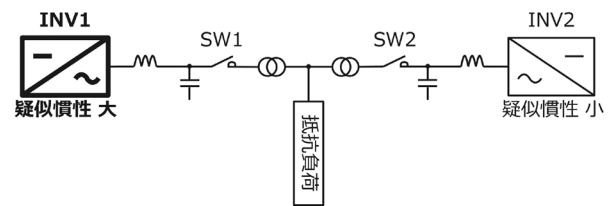
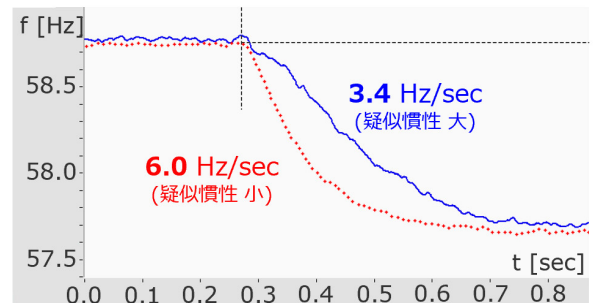
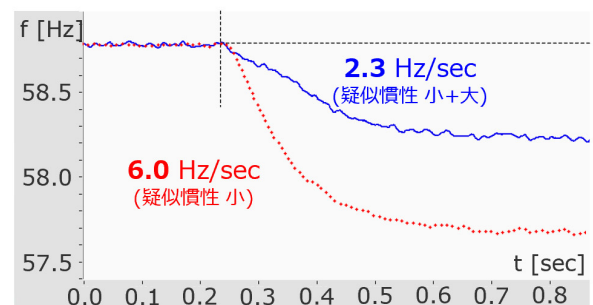


図1 ミニモデルの回路構成



(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。

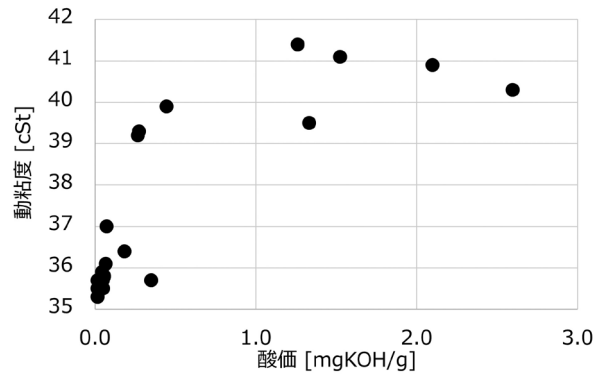


図3 酸価と動粘度の相関

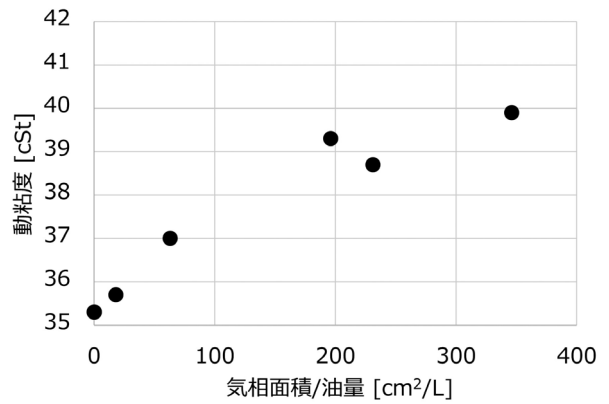
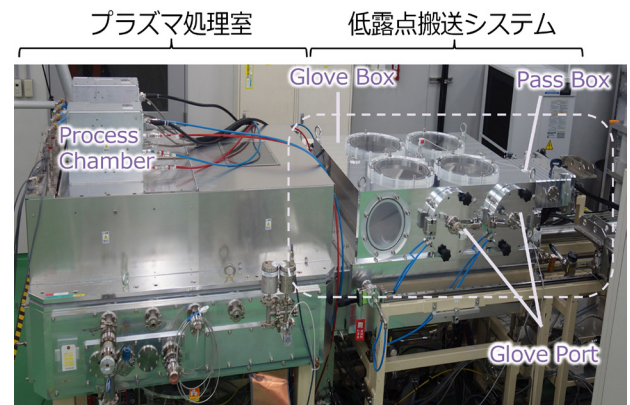


図4 油量に対する気相面積比の影響

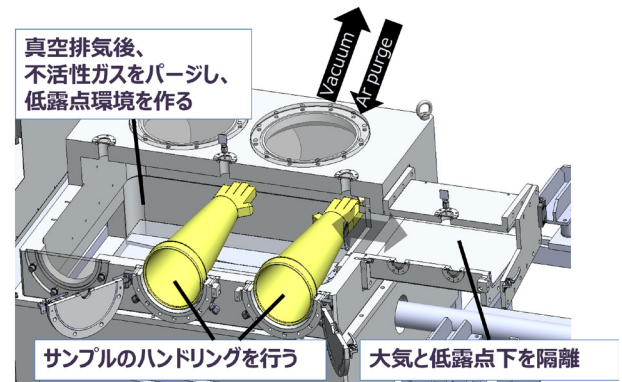
1.3 プラズマ表面改質技術

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）

〔2〕 電力用設備

近年、電力会社を取り巻く環境の変化は著しく、取り組むべき課題は多岐にわたっている。

具体的には、カーボンニュートラルに向けた再生可能エネルギー導入拡大に伴う電力系統の増強・安定化対策や電力品質対策、加えて託送料金制度改革に向けた高経年設備に対する最適な予防保全技術の開発などが挙げられる。

このような状況下において、当社は2025年も顧客のニーズに応え、特徴ある受変電設備製品の開発・改良を行い、製品を納入することができた。

調相設備分野では、77kV電力系統の高調波対策を目的とした委託研究による系統解析を実施し、対策機器の仕様を選定・提案した。提案内容は採用され、既存バンク変圧器を活用した6.6kV母線設置による高調波抑制設備を納入した。本設備により77kV側の高調波を効果的に抑制するとともに、省スペース化および工期短縮を実現し、電力品質の維持に寄与した。

保護リレーシステム分野では、変電所向けに電力用コンデンサ保護リレー装置を納入した。コンデンサ素子の1素子故障検出が可能である極性電圧付オープンデルタ方式の採用と、Webブラウザを利用したHI-PC方式を採用し、さらなる信頼性と保守性の向上に寄与している。

2026年も引き続き、電力会社の新たなニーズに応えるべく開発・改良を推進していく所存である。

2. 1 調相設備

2. 1. 1 高調波フィルター設備

中部電力パワーグリッド株式会社 黒谷変電所において、6.6kV 回路用高調波フィルター設備として1000kvarを4台納入した (図1)。

本案件は、中部電力パワーグリッドからの電力系統の高調波対策に関する照会を受けてスタートし、委託研究にて系統解析による高調波対策機器の仕様選定を行い、提案する形で進められた。

これらのフィルターは、既存のバンク変圧器を高調波フィルター専用とし、変圧器の2次側 (6.6kV母線) に設置して、1次側 (77kV母線) への高調波抑制効果を持たせる仕様としている。このアプローチにより、77kV 母線への高調波フィルター設置と比較して、設置面積の低減および工期の短縮を実現した。

また、中部電力パワーグリッド向けのユニバーサルタイプの高調波フィルターは今回が初の納入となり、黒谷変電所特有の積雪2m仕様に対応した新規性の高い製品である。

この高調波フィルターの導入により、電力系統の高調波問題に即応し、電力品質の維持に寄与することが期待される。

今後も顧客のニーズに対応した新たな提案パターンを拡張しながら、電力系統の品質維持に貢献し続ける所存である。

以下に設備の概要を紹介する。

【概要】

- ・ 6.6kV 回路用高調波フィルター 4台
(6.6kV 3φ 60Hz 1,000kvar)



図1 6.6kV 回路用高調波フィルター設備

2. 2 保護リレーシステム

2. 2. 1 電力用コンデンサ保護リレー装置

沖縄電力株式会社 松田変電所に電力用コンデンサ保護リレー装置を納入した (図2)。

本装置は縮小形コンデンサ設備の新設に伴って納入したものであり、縮小形コンデンサ設備を保護するために、三相に設置するコンデンサの放電コイル二次回路をオープンデルタ接続し、コンデンサ素子故障発生時の差電圧を検出する方式を適用している。

従来品では単純にオープンデルタ回路に発生する差電圧値のみで故障判定する方式を採用していた。しかし、今回の納入に際しては、各相コンデンサ静電容量の初期容量偏差によってオープンデルタ回路に生じる差電圧の影響を受けない極性電圧付オープンデルタ方式の差電圧保護リレーを採用した。これによって、コンデンサ素子の1素子故障検出を可能とした。また、一部機能の変更も行い、保守性向上も図った。

以下に変更した機能の特徴を紹介する。

【特徴】

- (1) 本装置に内蔵されている高調波過負荷保護 (第5調波過電流検出) リレーは、専用の単要素形リレーユニットを適用せず、複合形デジタルリレーユニットに保護要素を内蔵することで機能集約した。
- (2) Webブラウザを利用したHI-PC方式 (パソコンによるヒューマンインターフェイス仕様) を採用し、ネットワーク経由で遠方からの装置状態確認および運用設定変更操作を可能とした。
- (3) 保護リレー動作時の電圧、電流入力波形記録用データ保存処理を追加し、コンデンサ設備故障時の様相解析機能を向上した。



図2 電力用コンデンサ保護リレー装置

〔3〕 産業用設備

2025年は、「国際博覧会（Expo 2025 大阪・関西）」の開催により、来場者数延べ約2902万人を記録し、日本の文化・技術力を世界に発信するとともに、大きな経済波及効果をもたらした年となった。一方、市場環境に目を向けると、ウクライナ情勢といった地政学的リスクや、米国の関税政策、中国経済の減速懸念などにより、国際情勢の不透明感は一層強まりをみせた。そのような中でも国内では、生成AIの急速な普及に伴うデータセンター需要の拡大や、再生可能エネルギーの導入増大に対応した需給調整市場の立ち上がりなど、設備投資は全般的に堅調に推移している。電気の流通設備分野においては、省エネや環境配慮、事業継続計画（BCP）対応への関心が高まるとともに、保守・点検分野では人手不足を背景に、スマートメンテナンスへのニーズが拡大している。こうした環境のもと、当社は、コンパクト性と短工期を特長とする66/77kV A-XAE^{(*)1}（Advanced-XAE^{(*)2}）受変電システムや、SF₆ガスレス絶縁開閉装置、生分解性・超高効率変圧器を採用した環境配慮型ECSS^{(*)3}（Environment & Compact SubStation）受変電システムを提供し、多様化・高度化する顧客ニーズに柔軟に対応していく。

さらに、長年培ってきた系統解析技術およびパワーエレクトロニクス技術を基盤としたシステムエンジニアリング力を活かし、系統安定化装置、エネルギー管理システム（EMS〈Energy Management System〉）、蓄電池システム（BESS〈Battery Energy Storage System〉）など一括ソリューション提案により、カーボンニュートラル社会の実現に向け、引き続き持続可能な社会づくりに貢献していく所存である。

以下では、2025年における代表的な納入事例および主な取組みの成果について紹介する。

3. 1 66kV特高受変電設備

住友重機械工業株式会社田無製造所にて生産能力強化を目的とした設備更新が実施され、当社は66kV特高受変電設備を納入した（図1）。

超縮小形ガス絶縁開閉装置（XAE7^{(*)4}）やユニット形コンデンサなどのコンパクト機器によって変電所を省スペース化することで、当該顧客の推進する敷地内への植樹や緑地保全に貢献している。また、防音壁と低騒音機器により敷地境界線付近での騒音値を大きく低減し、市の規制値を遵守するだけでなく、周囲環境と調和した

変電所を実現している。

一部機器の監視制御には、音声ガイダンスやテロップ表示などのアシスト機能を備えたタッチパネルを採用し、当該顧客の保守省力化を図っている。また、コンデンサにはスーパーユニバーサルマルチ^{(*)5}を採用しており、運用実態に応じて3つの異容量コンデンサを組み合わせた7段階の細やかな制御を行うことで、省エネや力率改善による電気料金の削減に寄与している。

納入設備の概要は以下のとおりである。

- (1) 72kV超縮小形ガス絶縁開閉装置（XAE7）
- (2) 66kV 5MVA 油密封式高効率形特高変圧器（低騒音仕様）
- (3) 7.2kV高圧スイッチギヤ（タッチパネル監視盤含む）
- (4) 6.6kVユニット形コンデンサ設備（スーパーユニバーサルマルチ）
- (5) 中央監視制御システム（FACTMATE^{(*)6} -s1 EX）



図1 66kV特高受変電設備

3. 2 66kV受変電設備

京セラ株式会社は、さらなる成長発展のため長崎県諫早市に新工場を建設し、当社は72kV受変電設備を納入した。

当該顧客では鹿児島霧島工場、滋賀東近江工場でも同設備を採用いただいた実績から今回の納入に至った。新工場は将来の電気設備の増設・改造・更新に向けて柔軟に対応するために、設備構成・機器配置に工夫を凝らしている（図2）。

設備は、66kV設備にコンパクトな超縮小形ガス絶縁開閉装置「XAE7」を採用し設備の縮小化を図るとともに、変圧器についても超高効率仕様品を採用することで省エネやCO₂排出削減を考慮したものとなっている。

納入設備の概要は以下のとおりである。

- (1) 72kV超縮小形ガス絶縁開閉装置（XAE7）
- (2) 66kV超高効率変圧器（GIS直結形）2台
- (3) 7.2kVスイッチギヤ



図2 66kV特高連系変電設備

(*1) 「A-XAE」は、日新電機(株)の登録商標です。
 (*2) 「Advanced-XAE」は、日新電機(株)の登録商標です。
 (*3) 「ECSS」は、日新電機(株)の登録商標です。
 (*4) 「XAE7」は、日新電機(株)の登録商標です。
 (*5) 「スーパーユニバーサルマルチ」は、日新電機(株)の登録商標です。
 (*6) 「FACTMATE」は、日新電機(株)の登録商標です。

〔4〕 水処理用設備

下水道事業は、生活環境の改善や公共用水域の水質保全といった重要な役割を担う公共事業である。しかしながら、人口減少に伴う持続的な使用料収入の減少、施設の急速な老朽化、そして事業を支える人材不足という喫緊の課題に直面している。下水道施設の多くは高度経済成長期に整備されたもので、耐用年数を超過した管路や設備が急速に増加している。これにより、道路陥没などの事故が多数発生しており、予防保全型の維持管理への転換が急務となっている。また、下水道事業に携わる地方公共団体の職員数は、ピーク時と比較して約6割にまで減少しており、技術継承や人材確保も大きな課題となっている。これらの課題を克服し、持続可能な下水道事業を実現するためには、広域化・共同化や官民連携の推進、ICTや新技術の導入による効率化、維持管理・更新費用の低減、そして下水汚泥の肥料化やエネルギー化といった資源の有効活用など、多角的な取組みが不可欠である。

このような状況の中、本稿では、下水処理場への監視制御システム納入事例として、老朽化した監視制御設備の段階的更新による信頼性・維持管理性向上、ならびに新たな技術導入による維持管理効率化事例を紹介する。

4. 1 LCD監視制御装置

神奈川県大和市北部浄化センター向けに、LCD監視制御システムAQUAMATE^(*)-8500を納入した。

本施設は計画処理水量44,000m³/日、標準活性汚泥法による水処理設備、濃縮設備、脱水設備による汚泥処理設備、汚泥焼却設備を有し、大和市の北部地区を処理区域とした下水処理施設である。

本浄化センターにおいては、監視制御設備はこれまでAQUAMATE-4500が稼働しており、2023年には施設改築工事に合わせてAQUAMATE-7500への部分更新を実施している。今回、残存するAQUAMATE-4500を新LCD監視制御システムであるAQUAMATE-8500へ改築した(図1、2)。今回導入したLCD監視制御システムの特徴は次のとおりである。

(1) 異なる監視システムとの相互通信

異なる監視システムを接続する場合、ゲートウェイ装置が必要となるが、AQUAMATE-8500はAQUAMATE-7500との接続・相互通信が可能である。

(2) アンモニア計を活用した送気量制御

反応タンクの前段と後段に設置したアンモニア計により計測するNH₄-N濃度に基づき必要送気量をリアルタイムで算出、送風機の送気量を自動制御することで処理水質の安定化と省エネに貢献する。

アンモニア制御運転支援装置(ASU)は本制御の運用をサポートする負荷風量特性グラフの自動作成を行う。

(3) 設備管理台帳PC

設備の保守管理データを蓄積し点検計画や修繕計画に活用でき、LCD監視制御システムとデータ連携することで維持管理の効率化に貢献する。

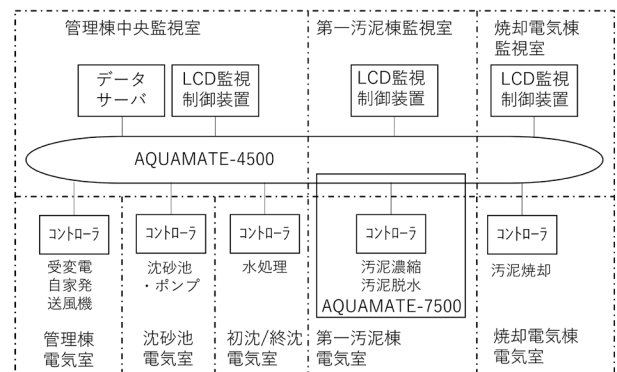


図1 既設システム構成図

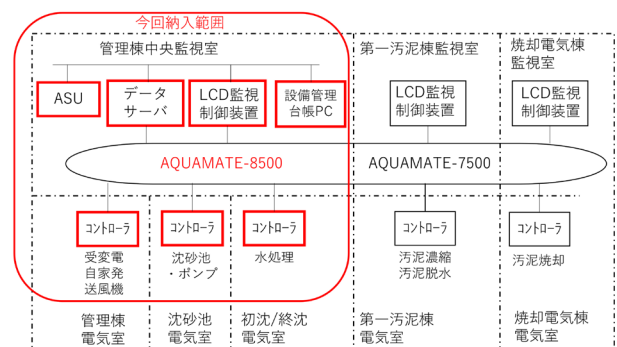


図2 更新後システム構成図

4. 2 汚泥処理用監視制御設備

京都市の鳥羽水環境保全センターは、京都市の西南部、鴨川と桂川にはさまれた上鳥羽に位置し、1939年4月に供用を開始した。その後、処理区域の拡大、生活水準の向上、産業の発展などに伴い、下水量は増加し、これに対応するため、施設の拡張を順次行ってきた。また、下水処理工程で発生する汚泥については、従来から行われてきた吉祥院支所から鳥羽水環境保全センターへの圧送に加え、2013年4月から伏見・石田の両水環境保全センターからの汚泥も集約を開始した。これにより、現在は鳥羽水環境保全センターで一括しての汚泥処理を行っている。

本水環境保全センターは、2024年度末時点では、処理人口は770,900人、日量954,000m³の処理能力を有する京都市最大規模の下水処理場である。

今回、汚泥処理課の監視制御装置の老朽化による改築・更新工事において、当社はLCD監視制御システム「AQUAMATE-8500」を納入した（図3）。

AQUAMATE-8500の特徴は次のとおりである。

(1) 段階的・継続的なシステム更新

AQUAMATE-8500は、接続用の機器を必要とせずに既設監視制御システムAQUAMATE-4500との接続・相互間通信を実現可能である。このように、世代を超えた施設運用環境を提供できるシステムである。

(2) 高い信頼性

データウェイにループ方式の光制御LANを採用し、データウェイ上にデータサーバ（二重化）を配置することでデータ処理の分散化と高い信頼性を実現した。

また、コントローラを収納する自立盤には、加圧機能付き腐食性ガス除去フィルタユニットを取り付けて、盤内加圧を行うことで腐食性ガス侵入防止・除去を行う対策を施し、シーケンスコントローラにはコーティング処置を施すことで汚泥処理施設においても長期的な安定稼働を確保している。

(3) 維持管理性の向上

本監視制御システムでは、各水環境保全センターの施設統括管理のために、ご要望に応じた統一フォーマットの帳票を作成することができる。このように柔軟に施設運用の効率化に寄与できるシステムである。

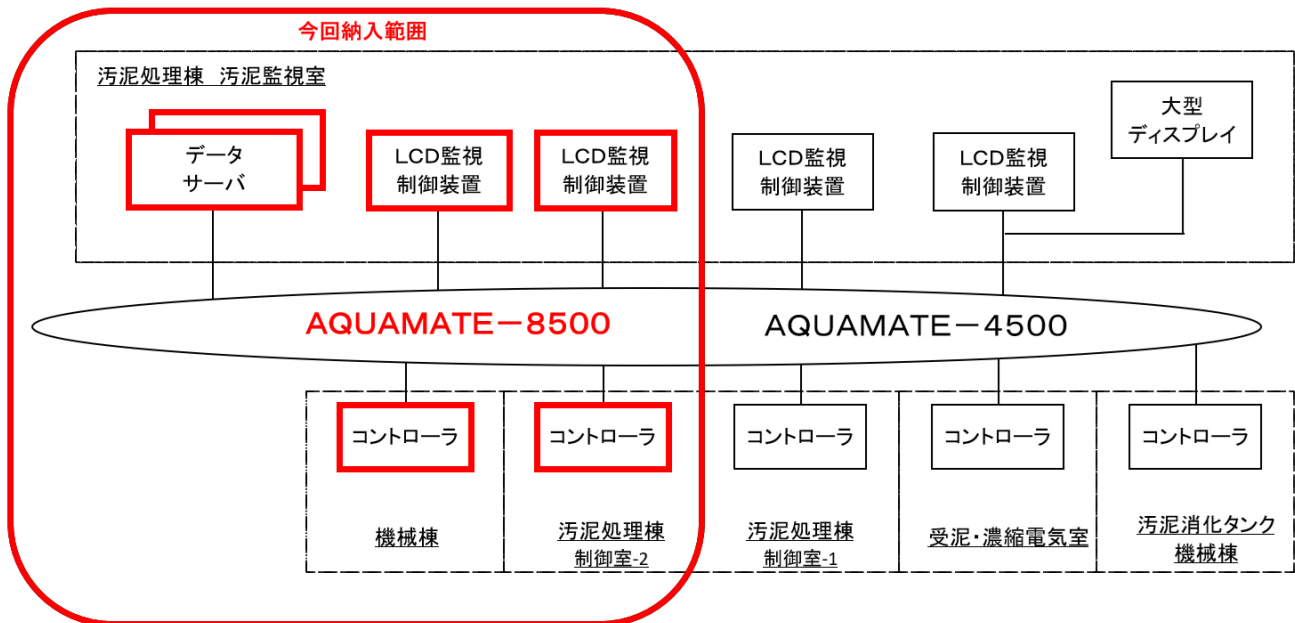


図3 更新後システム構成図

(*) 「AQUAMATE」は、日新電機㈱の登録商標です。

〔5〕 交通施設用設備

当社では日本の物流を支えるとともに、国際コンテナ戦略港湾にも定められている横浜港（港湾別貿易額ランキング第3位（2023年））へ、特高・高圧受変電設備をこれまで継続的に納入してきた。近年では、自然災害など、予期せぬ事態に対応するため、BCP（事業継続計画）への意識が高まっている。その中でも、安定的な電力供給は重要な観点である。横浜港においても、老朽化した設備の更新や新たな技術の採用など、さらなる安定した電力供給に向けての対策が課題となっている。

本稿では、このような顧客のニーズを取り入れた設備の納入実績を紹介する。

5. 1 高圧受変電設備

当社は、横浜港の主要コンテナターミナルである本牧ふ頭D-5ターミナルに高圧受変電設備を納入した（図1）。本設備は、ガントリークレーン^{※1}やリーファーコンテナ^{※2}、ヤード照明など、港湾運営に不可欠な機器へ安定した電力を供給するための中核的な役割を担っている。

今回の導入における最大の特徴は、構内設備の絶縁劣化や故障を早期に検知する監視システムを組み込んだ点である。これにより、電力供給の信頼性を高めるだけでなく、予防保全の強化による運用コストの低減と安全性の向上を実現した。

また、D-5ターミナルは、耐震強化岸壁や大型ガントリークレーンを備えた重要な国際物流拠点である。当社の設備は、大規模な電力需要に対応するために、効率性と耐久性を重視した設計が採用されている。さらに、将来的なスマート保安や遠隔監視への拡張性を考慮している。横浜港では、荷役機器の電動化などカーボンニュートラルも視野に入れた設備計画が進行中であり、当社は、このような持続可能な港湾運営に貢献していく。

当社は今後も、社会インフラを支える高品質な受変電ソリューションを提供し、安心・安全な電力供給を通じて顧客の事業価値向上に寄与していく所存である。



図1 高圧受変電設備

用語集

※1 ガントリークレーン

コンテナ船からコンテナを積み下ろしするために使用される大型のクレーンで、岸壁に沿ってレール上を走行する。高い揚程と広い作業範囲を持ち港湾での荷役作業を支える主要設備である。

※2 リーファーコンテナ

冷蔵・冷凍設備を備えたコンテナで、食品や医薬品など温度管理が必要な貨物を輸送する際に使用される。港湾では、リーファーコンテナ専用の電源設備に接続して、適切な温度を維持しながら保管される。

〔6〕 海外向け設備

2025年はウクライナ危機の長期化、米国トランプ政権発足による関税政策の影響や資材高騰、円安の継続等、前年に続き先行きの不安定さが残る一年となった。一方で、AI関連の半導体やデータセンターへの投資、カーボンニュートラル達成に向けた投資は堅調であった。

地域別に見ると、アジアやアフリカ等のグローバル・サウスと呼ばれる地域は、設備の老朽化や増強の必要性等、インフラ整備面で課題を抱えており、日本政府も積極的に援助を行っている。ASEAN諸国においては、カーボンニュートラルの達成やデータセンターへの電源供給を目的とした再生可能エネルギーの導入が拡大しており、送電網の強化や系統安定化対策が社会的課題となっている。本稿では2025年の成果として、これら地域において、現地ニーズに対応した設備を納入した実績を紹介する。

今後も顧客ニーズに即した技術提案を進め、インフラ整備や設備需要に対応していく所存である。

6. 1 単独運転検出装置

政府開発援助（ODA）の「小水力発電設備計画」において、アフリカ南部に位置するレソト王国の同国最大規模のカツェダム向けに単独運転検出装置を納入し、26年8月予定で現地試験を行う（図1）。

単独運転検出装置は、再生可能エネルギーなどの分散型電源を逆潮流有りで電力系統に接続する場合に必要な系統連系を保護する装置である。

本装置は、能動または受動方式の単独運転検出以外にも系統連系保護に必要な要素（過電圧・不足電圧・短絡方向・地絡過電圧・周波数上昇・周波数低下）も備えている。また、能動方式は当社独自の次数間高調波注入方式を採用することで、確実に単独運転を検出ことができ、電力品質に影響を与えない。

本装置は、これまで国内を中心に600台以上の納入実績がある。持続可能な社会の実現に向けて再生可能エネルギーの普及が拡大する中で、本装置の導入により、更なる電力系統安定化に貢献していく所存である。

【納入設備】

- ・ 単独運転検出装置 1式



図1 単独運転検出装置

6. 2 キュービクル形コンデンサ設備

マレーシアでは政府主導による再生可能エネルギー比率の引き上げに加え、大規模データセンターを中心とした電力需要の増加を背景に、太陽光発電所の建設が拡大している。このような状況のもと、発電所から送電系統へ連系する変電所に設置される33kVキュービクル形コンデンサ設備を変電所に納入した（図2）。

太陽光発電所の系統連系では、運用条件に応じて無効電力の調整が求められ、力率の低下が課題となる場合がある。本設備は無効電力を補償することにより、発電所の力率改善・維持に寄与する。

当社コンデンサ設備は、高温多湿環境に適した耐環境性と安定した補償性能を備えており、再生可能エネルギー分野を中心に国内外で多数の納入実績がある。

今回の導入により、マレーシアにおける太陽光発電所の力率改善および電力品質向上に貢献していく所存である。

【納入設備】

- ・キュービクル形コンデンサ設備
33kV 三相50Hz 2Mvar (1ステップ) ×1群



図2 キュービクル形コンデンサ設備

〔7〕 電子線照射装置・高電圧試験装置

1952年に電子線照射によるポリエチレンの架橋反応が発見されたことに端を発した電子線照射技術により、ポリエチレンやポリ塩化ビニル等の電線被覆を架橋させ、耐熱性の改善や、熱収縮チューブの形状記憶効果の安定化、タイヤ用ゴムシートの流動性の改善など、これまで多くのプロセスが実用化されている。当社は、これらの用途に使用される広範なエネルギー領域（数百kV～5MV）の電子線照射装置（EPS: Electron beam Processing System）を、国内はもとより世界各国の顧客に多数納入してきた。また、当社は国内3拠点（京都、前橋、鳥栖）に保有するEPSを使用して、顧客のニーズに応じた多様な機能の付加などを目的とした実験照射や、顧客の各種部材や製品の受託照射加工を行っている。

2025年は、世界経済成長が鈍化し、地政学リスクが常態化する中で、米国の追加関税などにみられるように保護主義が強まった年となった。しかしながら、当社における装置販売事業は2024年に引き続き、自動車のEV化が進み、バッテリーケーブルやセンサー用ケーブルが増加傾向にあること、また、1970年代・1980年代に設置されたEPSが更新時期を迎えていることなどから、電線用途向けEPSの受注が増加した。当社では市場の要求に応えと共、新たに低エネルギー分野で設置スペースや導入コストの低減を図ることができる非常にコンパクトなEPSの開発を進めた。この分野に対してもEPSの導入を提案していく。

また当社では、電子線照射技術の普及と用途拡大のため、新たな照射製品の開発にも力を入れている。2025年は、電子線（EB）架橋技術を用いたフッ素樹脂代替材料開発を着手し、新たな工業利用の可能性を模索した。今後、電子線照射のさらなる用途拡大につながるよう、推進する所存である。

高電圧電源および高電圧電源応用製品については、関係会社である日新パルス電子株式会社（NPE）が事業を展開している。NPEが代理店を務めるヘフリー社製のEPS：Electronic Power Supplyは、電力用変圧器の試験用電源として従来の電動発電機（MG：Motor Generator）に代わる、新たな試験用電源として電子化・高精度化・省スペース化を実現しており、注目を集めている。

当社は、今後も社会の多様なニーズに応えられる技術と製品を開発し、提供していく所存である。
(株式会社NHVコーポレーション)

7. 1 小型EPS「Table EB」の開発

今日、電子線照射装置（以下EPS）は多岐にわたる産業分野に適用されている。特に低エネルギー分野は、塗膜硬化や殺菌滅菌などの表面改質に関する分野での新市場展開が期待できる。しかし、設置スペースや導入コストの問題により、小規模な施設や企業においては経済的な負担が大きな障壁となっている。

当社では、そうしたニーズに対応するため、導入が比較的容易であるテーブルサイズのEPS「Table EB⁽⁴⁾」を開発した。

この「Table EB」は、従来型の装置に比べ、省スペース

スでの設置・購入コストの低減が可能となる。

当社の同定格帯である150kVの従来型EPSは照射ヘッド部直径がφ560mmであるのに対し、「Table EB」（250mAタイプ）は直径φ320mmと、大幅な小型化を達成した（図1）。

一般的に、照射ヘッドに印加する電圧を変えずに直径を小さくすると電界強度が増加するため、照射ヘッド内で放電が発生し、安定してEPSを使用できなくなる。しかし、「Table EB」では以下の改良を行うことで、出力の安定化と小型化を両立させることに成功した。

- ①高い電界強度に面する箇所の表面処理には「電解複合研磨」を用い、より微細な表面を形成することにより、放電の原因を排除した。
- ②照射ヘッド内部は真空状態であり、清浄度が求められる。部材の清浄度を徹底して高めることで、内部真空度を1桁以上向上して、より高電界を印加しても放電が発生しない状態を実現した。
- ③内部構造物（電子の発生源）の構成も見直し、小型化を図った。

これらの改良により、「Table EB」は出力の安定性を維持しながら小型化を実現した。今後は、小型化された

照射ヘッド部を表面改質装置へ組み込むなど、低エネルギー分野での市場拡大を図っていく所存である。



図1 Table EB照射ヘッド部のモデル（左）と従来型装置の照射ヘッド部（右）の外観図

7.2 フッ素樹脂の代替材料開発における電子線照射技術の活用

EB照射は、高分子材料に高エネルギーの電子を照射することで、材料にさまざまな効果をもたらす。主な効果として、EB照射によって高分子鎖同士が結合し、橋掛け構造を形成させることで、材料の耐熱性や機械的強度が向上する「架橋」がある。この架橋技術は、従来から工業用途で広く利用されてきた。

近年、有機フッ素化合物（PFAS）に対する規制の強化により、フッ素樹脂（PTFEなど）の代替材料開発が急務となっている。代替となる高分子材料の中でも、PMP（ポリメチルペンテン）は耐熱性や透明性などの特長からPTFEの代替候補として注目されており、さらなる耐熱性の向上が求められている。

そこで、本稿はEB照射による架橋反応技術を活用してPMPの耐熱性を高めることで、フッ素樹脂の代替としての可能性について報告する。

1. 架橋の原理

EB照射による架橋反応とは、高分子材料にEBを照射してエネルギーを与えると励起し、結合が切れて活性点（ラジカル）が生成されるというものである。これらのラジカル同士が反応することで分子鎖間に新たな結合（架橋）が形成される（図2）。これにより高分子材料は三次元的な網目構造となり、分子鎖の動きが抑制されることで、熱による変形や軟化が抑えられ、耐熱性が向上する。

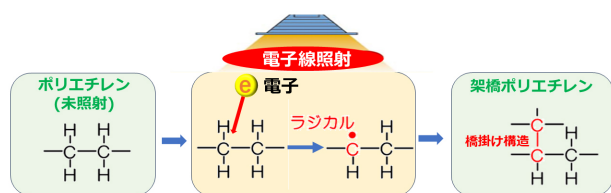


図2 EB照射による架橋反応の概要

2. PMPのフッ素樹脂代替における課題とEB架橋の意義

PMPは、低比重・高透明性・良好な電気特性を持つ高分子材料であり、PTFEの代替候補として注目されている。しかし、耐熱温度は一般に220～240℃とPTFE（～270℃）よりやや低く、高温用途への展開にはさらなる耐熱性の向上が必要である。EB架橋技術を適用することで、PMPの分子鎖間に橋掛け構造を形成し、耐熱性および高温機械特性の向上が期待できる。

そこで、PTFEに相当する270℃以上の耐熱性を有するPMPの開発に着手した。

3. 試験方法および評価方法

試験サンプルは、PMPペレットに架橋剤（トリアリルイソシアヌレート：TAIC）を二軸混練押出機^{※1}で混練したのち、熱プレスにより所定の厚さに成形したシート試料を用いた。EB照射は当社のEPSを用い、適切な照射条件を設定したうえで、所定の吸収線量（以下、線量）を照射した。

架橋度合の評価は、ゲル分率測定を用いた。キシレンなどの溶剤に対して不溶となる成分（ゲル）が増えていけば、架橋が進んでいる。架橋度合はサンプル全体に対してこのゲル成分が占める割合（ゲル分率）で架橋度合を評価できる。すなわち架橋しているほど、ゲル分率が高いということである。なお、測定方法はJIS K 6796に記載された方法に従った。

また、熱的特性の評価として吊り下げ加熱試験と動的粘弾性（DMA）による貯蔵弾性率を測定した。貯蔵弾性率は、材料が外力を受けた時に示す弾性を測定できるものである。貯蔵弾性率が小さくなるほど、材料が柔らかくなり、弾性的な変形能力が低下していることを表す。

4. EB架橋の評価結果

4.1 EB照射による架橋度合いの影響

図3に照射線量によるゲル分率の変化を示す。

架橋剤未添加のPMPサンプルにEB照射した（架橋剤未添加EB照射PMP）場合、250kGy以上の線量でゲル分率が50%付近になることが確認できた。線量増加に伴いゲル分率は頭打ちになっており、500kGy照射では脆化が顕著となった。これは過度な線量により分解反応が進行するためと考えられる。

一方、架橋剤入りのPMPサンプルにEB照射した（架橋剤添加EB照射PMP）場合、架橋剤未添加EB照射PMPと比較して低線量で立ち上がりが見られ、10kGyで架橋剤未添加EB照射PMP250kGy以上とほぼ同等のゲル分率と架橋を確認することができ、架橋剤の効果が明確となった。さらに線量を上げた100kGyではゲル分率が83.5%となり、架橋剤により低線量ではゲル分率が向上することが確認できた。

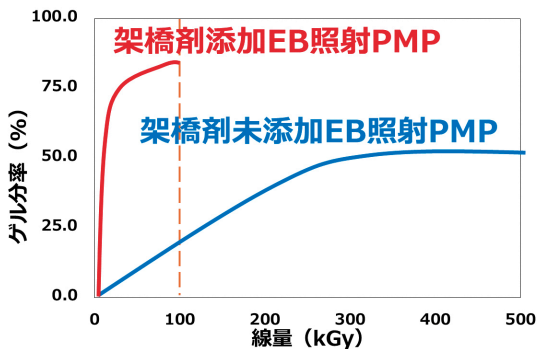


図3 EB架橋による架橋度合いの比較

4.2 EB架橋PMPの熱的特性

架橋剤を添加したEB架橋PMPの熱的特性を評価するため、高温下での吊り下げ試験を行った。吊り下げ試験の概略図を図4に示す。

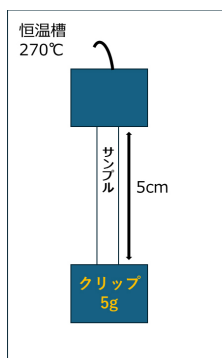


図4 吊り下げ試験の概略図

まず、10cm×2cmの厚さ1cmのPMPサンプル片を、クリップ間の距離を5cmにした状態で270℃の恒温槽内に5分間吊り下げる。そして、5分後のつかみ具間の距離の伸び率 $[= (加熱後のつかみ具間の距離 - 5cm) / 5cm] \times 100$ を測定した。

比較として架橋剤未添加のEB未照射PMP（架橋剤未添加EB未照射PMP）は融点以上の温度のため伸び切ってしまったが、架橋剤未添加EB照射PMPと架橋剤添加EB照射PMPは270℃でも伸び率は0%と伸びが抑えられた。架橋剤未添加EB照射PMPの方は架橋と同時に崩壊も起こり、加熱途中でサンプルが切断されたが、架橋剤添加EB照射PMPは切断することなく形状を維持していたことから高温での機械特性が向上したことを確認した。

さらに、動的粘弾性（DMA）試験を行い、架橋剤未添加EB未照射PMPと架橋剤添加EB照射PMPの温度掃引^{*2}における貯蔵弾性率（E'）の変化を比較した（図5）。EB未照射品は融点（220℃）近傍で軟化し、E'が0.06MPaとなった。一方、EB架橋PMPは融点近傍でもE'が0.3MPaと高く、250℃までE'が急降下せず維持され、形状が維持できていることが確認できた。

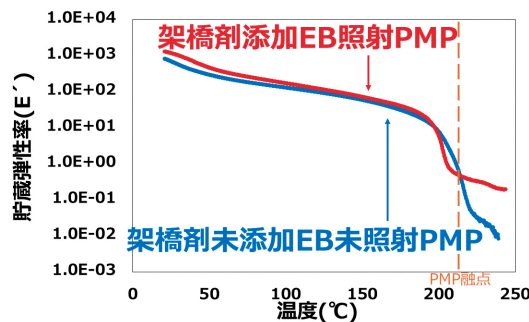


図5 EB照射による貯蔵弾性率への影響

5. まとめ

本稿では、EB照射を用いてPMPに反応させることで、ゲル分率83.5%という高い架橋度を達成した。また、熱的特性の向上とPTFEに近い耐熱性を実現できる条件を確認した。架橋剤の添加により低線量で効率的な架橋が可能となり、270℃という高温環境下でも形状保持性と機械的強度の向上が認められた。

これらの成果は、PFAS規制強化を背景としたフッ素樹脂代替材料の開発において、PMPへのEB照射技術が有効であることを示している。今後は、さらに高温域での物性安定化や連続成形プロセスへの適用などを進めることで、電線チューブや高温透明部材などへの実用展開が期待される。

7.3 ヘフリー社製EPSを用いた変圧器試験システム

電力用変圧器の試験用電源として、従来は既設モータ・ジェネレータ（電動発電機：以下MG）方式が広く用いられてきた。しかし、MG方式には以下のような課題がある。

- ・大型で重量がある
- ・可動部に起因する保守の負荷が大きい
- ・故障時の停止リスク
- ・波形品質の制約
- ・50/60Hzと200Hz帯の出力を1台でカバーできない

本稿では、MG方式の変圧器試験設備を、ヘフリー社製Electronic Power Supply（以下EPS）および計測システム（以下TMS）へ置き換えることで、試験用電源の電子化・高精度化・省スペース化を実現する技術の妥当性について述べる。

EPSは500kVAユニットの並列構成により最大12MVAまで拡張可能で、故障時の継続運用や保守の容易性を実現する。二次側分圧器を用いた波形歪みフィードバック補正機能や、部分放電測定時には高圧フィルタによる20kHz～2MHzで-40dBのノイズ減衰機能を備える。また、容量別の置換提案に対しては、EPSの選定根拠と補償コンデンサ容量の推奨を示し、TMSによる計測精度と運用性を確認する。

1. 変圧器試験システムの概要

試験システムは主にヘフリー社製のEPSとTMSにより構成される。図6に試験システムの基本構成を示す。主要試験項目は以下のとおりである。

- ・短絡インピーダンス、負荷損失測定
- ・無負荷損失、電流測定

- ・零相インピーダンス測定（YN/ZN巻線）
- ・負荷時タップ切替器試験
- ・誘導耐電圧試験
- ・部分放電測定を伴う誘導耐電圧試験

また、システムの構成は、制御信号を介することにより、昇圧変圧器や補償コンデンサなどの既存設備との組み合わせが可能である。これにより、顧客の事情に応じて継続して使用したい機器をそのまま活用できる提案をすることが可能となる。

2. EPSの構成と機能

EPSはコントロールキャビネットとインバータ電源ユニット（EPU）で構成され、1ユニット当たり500kVAで最大24台接続することができ12MVAまで拡張可能である。入力電圧は三相480V（47-63Hz）、出力電圧は三相480V、出力周波数範囲は、変圧器試験で使用される50Hz～200Hzであり、さらに欧州の鉄道用途の16.66Hzもカバーしている。

長所として、(1) ユニット化による省スペース化、(2) 故障ユニットの切り離しにより継続運転が可能、(3) 機械可動部の少なさによる保守の容易性、(4) 同じ電源を使用して50/60Hzでの測定と任意の周波数での誘導耐電圧試験が可能であることが挙げられる。

さらに、二次側分圧器を用いた波形歪みのフィードバック補正機能を備え、試験中の電圧波形品質の向上が図れる。部分放電測定時のノイズ抑制のための高圧フィルタは、バックグラウンドノイズを20kHz～2MHzで約-40dBの減衰を提供する。

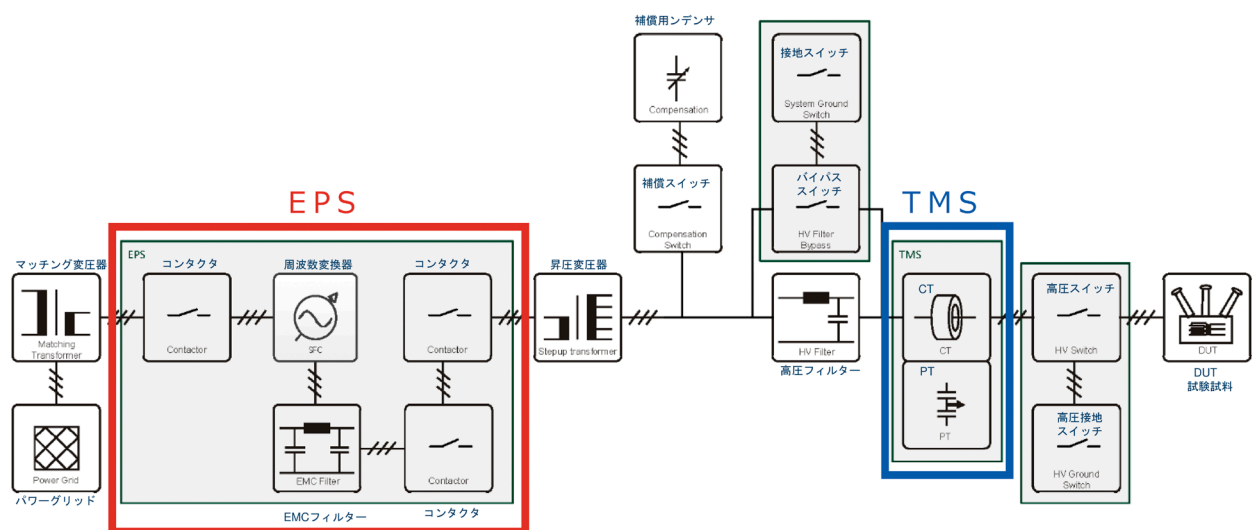


図6 変圧器試験システムの基本構成

3. 既設MG方式からの置換提案

更新対象のMGセットの容量定格はラインアップに基づいている場合があり、また構成におけるモーターの電力定格が実質的に試験のために供給できる有効電力である。実際の試験条件を聞き取り、適切に補償コンデンサを組み込むことで、より小さな最適化された容量のEPSでの提案が可能となる。以下にEPSおよび補償コンデンサの容量の選定例を示す。

- 【24MVA MG置換】実際の試験条件としてヒートラン3.6MW、誘導耐電圧試験4.6MVを踏まえ、さらに既存コンデンサ補償ステップを考慮してEPS6000 (6MVA) を提案する。このとき必要な補償コンデンサ容量は300MVAとなる。
- 【5MVA MG置換】ヒートラン468kWを踏まえ、EPS1000 (1MVA) を提案する。このとき必要な補償コンデンサ容量は7.2MVAとなる。
- 【1MVA MG置換】ヒートラン108kWを踏まえ、EPS500 (500kVA) を提案する。このとき必要な補償コンデンサ容量は3.3MVAとなる。
- 屋外設置のために空調機付き20ftコンテナ内に収納する (最大2MVAシステムまで可能)。

4. レイアウトと拡張性

ユニットの並べ替えにより、多様なレイアウトが可能であり、設置環境に応じたフレキシブルな構成を実現できる。表1にEPSのモデル例と、図7にレイアウト例を示す。

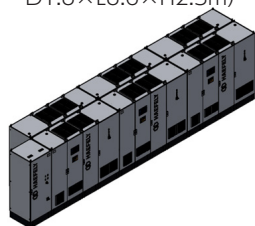
表1 EPSモデル例 (横一列とした場合)

モデル例	皮相電力	奥行	長さ	高さ	質量	EPS台数
EPS 500	500kVA	0.86m	4m	2.3m	約2,100kg	1台
EPS 3000	3MVA		16m		約11,600kg	6台
EPS 12000	12MVA		64m		約45,800kg	24台

○実際にはユニットを並び替えて自由に配置可能 (EPS12000 上面図、D4.6×L32.6×H2.3m)



(EPS3000 俯瞰図、D1.8×L8.6×H2.3m)



(屋外コンテナ)

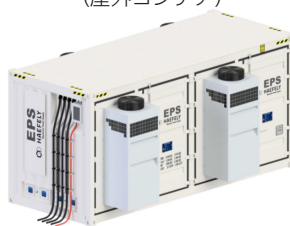


図7 EPSレイアウト

5. 計測システム TMS

TMSは、負荷・無負荷損失、ヒートラン中の電力、誘導電圧試験中の電圧、零相インピーダンスの測定に対応し、ワットメーター機能を内蔵する。

セルフチェックにより電圧・電流チャンネルの全レンジを校正可能で、標準周波数50Hz、力率0.05の指定電力において最大±0.21%の高い測定精度を達成する。

一般的なOSのユーザーインターフェース (図8) にすることにより、再配線不要・リモートレンジ選択・レポート自動生成など、試験スループットの向上に寄与する。

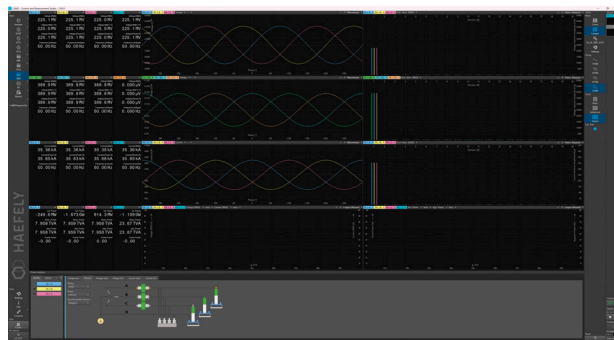


図8 計測システム TMS

6. MG方式との比較検討

MG方式は機械回転を用いるため大型・重量・騒音・振動の課題があり、故障時は停止が必要となる。EPSはユニット式で省スペース、故障ユニットを切離すことができるため、継続運転が可能で、全高調波歪 $\leq 5\%$ の電源品質、分圧器フィードバックによる波形補正、高圧フィルタによる高周波ノイズ低減を実現する。コントロールソフトによるリモート操作性、保守点数の少なさによるランニングコスト低減も優位点である。表2に既設MGとEPSの比較表を示す。

表2 既設MGとEPS比較表

項目	既設MG (モータ・ ジェネレータ)	EPS (ヘプリー社製)	根拠/備考
設置面積	大型(容量依存による大型化の傾向)	ユニット化により小型化が可能	EPSはユニット化により小型化を実現
拡張性	機械式のため容量拡張は困難	ユニット追加で最大12MVAまで拡張可能	EPSはEPU最大24台で12MVAに拡張可能
可用性	単一機器故障時の継続運用は困難	ユニット切離しにより継続運用が可能	EPSは各EPUが独立しているため、故障時も運用可能
保守	機械可動部が多く保守負担が大きい	可動部が少なく保守が容易、ランニングコスト低減	
波形品質	負荷条件で歪み補正は限定的	分圧器フィードバックで波形歪みを補正	EPSはフィードバック機能により波形品質を向上可能
ノイズ対策	高周波ノイズ抑制は別途対策が必要	高電圧フィルタにより20kHz~2MHzで-40dBの抑制	
操作性	手動および現地操作が中心	コントロールソフトにより電圧・周波数をリモート操作可能	コントロールソフトにより操作性が向上 海外からリモートでトラブルシューティングを実施可能

7.まとめ

ヘプリー社製 EPSとTMSを用いた変圧器試験システムは、既設MG方式に対して省スペース性、冗長性、保守の容易性、波形品質、測定精度の観点で優位性を示している。容量別の置換提案により、試験要件に応じた最適な構成が選定可能であり、実運用における試験品質と生産性の向上が図れる。

用語集

- ※1 二軸混練押出機
二本のスクリューを用いて、樹脂と添加剤を熔融状態で均一に混合・分散させる押出混練装置。
- ※2 温度掃引
動的粘弾性 (DMA) 試験において、一定条件下で温度を変化させながら、貯蔵弾性率 (E') などの粘弾性特性の温度依存性を評価する測定方法。

(*) 「Table EB」は、(株)NHVコーポレーションの登録商標です。

〔8〕 イオン注入装置

日新イオン機器株式会社（NIC）は、フラットパネルディスプレイ（FPD）向けイオン注入装置事業、半導体向けイオン注入装置事業、およびこれら装置を納入した後に顧客にアフターサービスを提供するフィールドサポート（FS）事業、の3つを大きな柱としている。

FPD向けイオン注入装置事業は、10年以上にわたって市場を独占しており、第8.6世代ガラス基板（サイズ：2290×2620mm）に対応する装置であるiG8の開発を行ってきた。ガラス基板の大型化に追随して本装置のイオン源も大型化した。当社は新たにイオン源メンテナンスユニットを開発し、これまで複雑で技能と経験が必要とされていたメンテナンス作業をより安全に、かつ短時間で出来るようにした。

半導体向けイオン注入装置事業では、近年成長が著しい分野のひとつにパワーデバイスがある。電気自動車市場の急成長にともない、より高性能で安価なパワーデバイスを生産するため、生産性の高いイオン注入装置が求められるとともに、新しい注入プロセスの導入が模索されるようになってきている。当社はこの動きに対応すべく新しい技術の開発を進めている。本稿で紹介するパワーデバイス向けイオン注入装置IMPHEAT^(*)-IIのチャネリング注入技術はそのひとつである。このほか、大電流イオン注入装置LUXiON^(**)においてはイオン源長寿命化とダスト対策のための改良をすすめ、装置の生産性と注入品質の向上に大きな成果を得ることができた。本装置は大型のイオン源からビームを引き出して輸送するという当社にしかない技術を用いており、原理的に他社製品よりも大電流ビームを作り出すことに長けている。今後、本装置の適用範囲が拡大していくことが期待される。

FS事業では、消耗品の販売と装置のメンテナンス、故障時の修理サービスが主な事業であるが、経年したイオン注入装置のリニューアル改造も行っている。本リニューアルにより、経年したイオン注入装置の中に使われている販売終了品となった装置構成部品が新しいものに置き換えられて万一の故障の不安が取り除かれるだけでなく、より高い生産性と安定性を持つ装置に生まれ変わる。この改造は顧客にとって装置の買い替えよりも経済的で魅力のある選択肢となっている。

これら3つの事業を柱としながら第4の柱を打ち立てるべく、当社コア技術であるプラズマ・イオンを使い、変革の速い半導体・FPD市場で新たに市場を開拓するために複数の社外組織と共同研究・評価を進めている。当社は今後も引き続き顧客が求める製品とサービスをタイムリーに供給することを通じ、社会の発展と人々の幸せな暮らしに貢献していく所存である。

（日新イオン機器株式会社）

8. 1 8.6世代基板対応イオン源メンテナンスユニット (Ion Source Maintenance Unit, ISMU) の開発

当社では、FPD用途で使用されるガラス基板大型化のニーズに伴い、8.6世代向け（基板サイズ：2290×2620mm）イオン注入装置 iG8の開発を行ってきた。ユニット全体が大型化しており、プラズマを生成するイオン源も、他ユニット同様に大型化している。

イオン源は装置の中で最もメンテナンス頻度が高いユニットであり、イオン源内部の部材は約1か月ごとの交換が必要となる。

既存装置においては、装置に内蔵されたクレーンを操作しイオン源の交換作業を行っているが、イオン源を近くで目視しながら細かな位置調整を手動で行うため、作業には事前の訓練に基づく技能や経験が必要とされている。

そこでiG8ではイオン源のメンテナンス作業をセミオートで行うイオン源メンテナンスユニット (Ion Source Maintenance Unit : ISMU) の開発を行った(図1)。また、図2にISMUによるイオン源搬出時の様子を示す。

ISMUは、イオン源を装置に固定するための空気圧クランプ機構、遠隔で吊り上げる電動フック、フックの昇降・走行を行う動作ユニット、作業者が操作を行う操作盤で構成される。

イオン源は、電動フックで吊り上げた後、クランプ機構がアンクランプ状態になり、動作ユニットで設定された位置座標へ移動させることで、メンテナンス可能位置まで半自動的に移動することができる。

これにより、作業者はイオン源から十分な安全距離を保持しながら作業を行うことができ、細密な手動操作も不要となった。結果として、イオン源メンテナンスにおける安全性の向上および作業効率化が達成された。

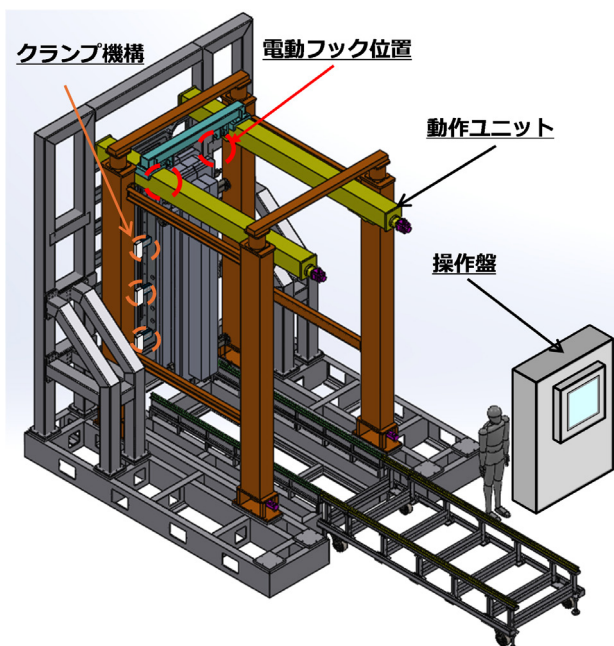


図1 ISMUの外形図

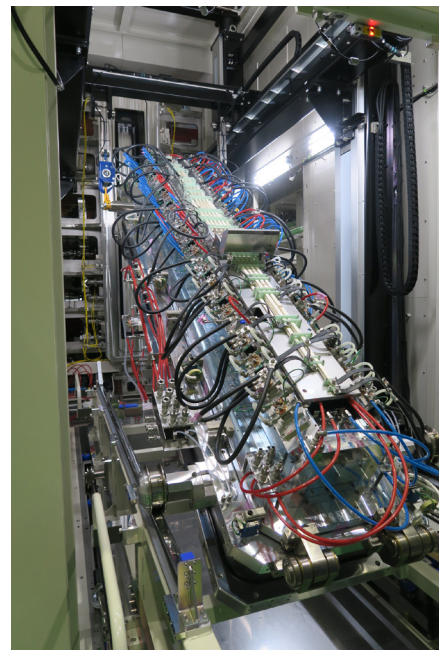


図2 ISMUによるイオン源搬出時の様子

8. 2 炭化シリコン (SiC) パワーデバイス向けチャネリング注入対応装置の開発

SiCパワーデバイスは、シリコンパワーデバイスと比較して、電力損失が大幅に少なく、より優れた耐熱性と耐電圧性を示し、カーボンニュートラルを達成するための重要なコンポーネントとして急速に成長している。近年、SiCパワーデバイスは、電気自動車向けバッテリーの充電時間短縮や、太陽光発電や風力発電による再生可能エネルギーシステムにおける高効率な電力変換、さらにはシステムの小型化等を背景に、より高耐圧・小型化を目指して従来の横型から縦型の構造へと移行している。特にスーパージャンクション構造^{*}などの高度に設計された縦型デバイスに注目が集まっており、その製造には深い領域へのイオン注入が必要とされている。

従来、深い領域へのイオン注入には高エネルギーイオン注入装置が用いられてきた。しかし、ウェーハの結晶格子軸に沿ってイオンを注入するチャネリング注入技術を使えば、ウェーハを構成する原子と注入イオンの衝突と横方向へのイオンの拡散を抑制しながら、低エネルギーで深い領域への注入が実現できる。これにより注入工程回数の削減やオン抵抗の改善、ゲートピッチ幅の削減やマスク厚みの低減などデバイス性能や製造プロセスにおいて、さまざまなメリットが得られる。チャネリング注入では、ウェーハの結晶格子軸の角度に対して正確にイオンを注入することが求められるが、結晶格子軸の角度はウェーハごとにばらつきを持っており、これが正確なチャネリング注入を阻害する要因となり、量産への実装における大きな懸念事項となっていた。

これに伴い、正確なチャネリング注入の実現に向け、各ウェーハの結晶格子軸の角度をX線回折装置 (XRD: X-ray Diffractometer) で測定し、注入角度へのフィードフォワード制御を実現するシステムを開発した。ウェーハごとに連続した波長範囲を持つX線を照射し、

ウェーハの結晶構造に応じた回折パターンより結晶格子軸の角度を分析し、注入角度を制御する。

この度、これらの改良技術を当社製品であるSiCパワーデバイス向けのイオン注入装置「IMPHEAT-II」に搭載し (図3)、パワーデバイスメーカーに納入した。今後も、成長を続けるデバイス技術に対応すべく、継続して開発を進めていく所存である。



図3 XRD装置搭載「IMPHEAT-II」

8.3 大電流イオン注入装置 LUXiON 装置性能・生産性改善

半導体デバイス製造用大電流イオン注入装置として開発されたLUXiON（図4）は2017年に初号機が顧客工場へ納入された。その後も特にイメージセンサ製造用途として、国内各地のデバイス工場に通算15台以上納入され、昨今の旺盛な半導体需要に欠かせない装置として現在も稼働を続けている。大電流イオン注入装置は、ウェーハに高濃度に不純物を注入する工程で使用される。LUXiONは大型のイオン源から発生する非常に高いビーム電流によって、高濃度の不純物を短時間で注入することが可能である。顧客である半導体デバイスメーカーからも、この高い生産性を評価されている。

納入当初から高生産性を評価されていたLUXiONであるが一方で、高出力のイオンビームを発生させ続けるイオン源を頻繁にメンテナンスする必要が生じ、稼働時間の向上が当初よりの課題であった。LUXiONは大型のイオン源から縦長のイオンビームを引き出してウェーハに照射する。長時間イオンビームの発生を続けるとイオン源の消耗・汚染により、引き出されたイオンビーム電流の分布が不均一になる。ウェーハへ照射されるイオンビーム電流分布が不均一になると、ウェーハ面内で不純物濃度のバラつきが発生し生産される半導体デバイスの歩留りが低下する。このためビーム電流分布が不均一になると、生産を停止しイオン源を交換する必要がある。この課題に対してイオン源のイオンビーム引出部やイオン源内部の形状変更を実施することで、ビーム電流密度分布を均一に維持できる時間を延長した。現在は初号機納入時に比較して2倍以上のイオン源交換周期を達成している。

また、半導体製造においてイオン注入処理中のウェーハ表面にナノメートルオーダーの微小なダストが付着し

た場合も、付着した部分に不純物が注入されず、歩留まり低下の原因となる。このダストの多くはウェーハが処理される真空チャンバー内に堆積した膜等が剥がれ落ちてウェーハに付着する。このため半導体生産工場ではウェーハにイオンビームが照射される真空チャンバーを定期的に清掃しているが、この清掃時間中は生産を停止せざるを得ない。このような状況を改善するため、ウェーハ処理が行われる真空チャンバー壁面の防着板表面に特殊な処理を施すことで、真空チャンバー内に堆積した膜を剥離しにくくした。この改善により、現在は真空チャンバー清掃の周期を初号機納入時の2倍に延長することが可能になった。

これらの改善に加えて、各種駆動部分の信頼性・メンテナンス性の向上を行い、LUXiONは市場投入時からの高い生産性をさらに高めてきた。今後も情報化社会の発展を支える装置として、さらに多くの半導体工場への進出を目指す所存である。



図4 大電流イオン注入装置「LUXiON」

用語集

※ スーパージャンクション構造

耐圧を維持しながらオン抵抗を低減できるデバイス構造。従来の構造で課題となっている耐圧とオン抵抗のトレードオフを克服することができる。

(*1) 「IMPHEAT」は、日新イオン機器(株)の登録商標です。

(*2) 「LUXiON」は、日新イオン機器(株)の登録商標です。

一般論文

関連するSDGs



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

Large-Capacity PVT Utilization for a Micro Substation Capable of Directly Obtaining Low-Voltage Power from Special High Voltage (66 kV)

岡 賢太郎
Oka Kentaro

高橋 良宗
Takahashi Yoshimune

牧 尚子
Maki Naoko

村井 正樹
Murai Masaki

平本 学
Hiramoto Gaku

水野 聡
Mizuno Satoshi

概要

新興国においては、未だ配電網が脆弱な地域が数多く存在し、安定した電力供給が課題となっている。そこで、そうした地域においても送電線が存在するエリアが多いことに着目し、送電線から電源供給用に大容量化した電源用計器用変圧器 (Power Voltage Transformer (PVT))^{*1}を用いて直接低圧電力を供給可能なマイクロ変電所を有効な対策として開発を進めてきた。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ので紹介する。

なお、本活動は、NEDO (国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構) の国際実証事業 (JPNP 93050) として実施したものである。

Synopsis

In developing countries, many areas still exist where the distribution network is weak, making stable power supply a challenge. Therefore, focusing on the fact that transmission lines exist even in many such regions, we have been developing a micro-substation capable of directly supplying low-voltage power using a large-capacity Power Voltage Transformer (PVT)^{*1}. In June 2025, we began demonstration tests of the micro-substation introduced in India.

This project was conducted as an international demonstration project (JPNP 93050) under the auspices of the New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO).

キーワード: PVT、Power Voltage Transformer、電源用計器用変圧器、マイクロ変電所

1. はじめに

新興国では未だ配電網が脆弱な地域が数多く存在し安定した電力供給が課題となっているが、そういった地域においても送電線については整備されているケースが少なくない。

そのような地域では、送電線からPVTを用いて直接低圧の電力を供給するマイクロ変電所が有効な対策となり

得ると考え、主要な新興国の一つであるインドの電力会社に本技術を提案したところ、高い評価を得た。

本稿は、配電用変電所を介することなく特別高圧^{*2}送電線から小規模な需要家集落へ低圧電力を供給することのできる“PVTマイクロ変電所”^{*3}の有効性について、市場ニーズが見込まれるインドにて実施中の実証試験をもとに紹介する。

2. マイクロ変電所のコンセプト

2.1 概要

配電網が脆弱かつ、小規模な需要家への電力供給手段として、従来型変電所の建設、ディーゼル発電機導入が挙げられる。しかし、従来型変電所の建設には、広大な設置スペースが必要なことに加え、多大な設備コストが必要となる。またディーゼル発電は、燃料の輸送や定期的な保守が発生するため運用コストが大きくなる。加えて、二酸化炭素(CO₂)の排出量も多い。

そこで当社は66kV以上の特別高圧送電線から電圧を測定する計器用変圧器^{*4}の技術を応用し電力供給用に大容量化を実現したPVTを用いて、100kVA程度の電力を需要家(低圧)へ供給するための変電所を提案する。図1は、マイクロ変電所による電力供給イメージを示しており、点線で囲まれたシステム(避雷器、保護装置/開閉装置、PVT、配電盤)をマイクロ変電所と称する。

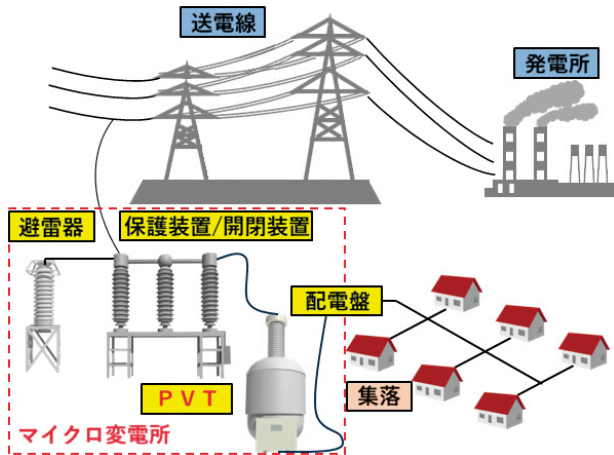


図1 マイクロ変電所による電力供給イメージ

表1 配電網未整備地域向け電力供給システムの特性比較

	マイクロ変電所	従来型変電所	ディーゼル発電
設備コスト	○(中)	△(高)	◎(低)
運用コスト	◎(低)	◎(低)	△(高)
設置スペース	◎(小)	△(大)	◎(小)
CO ₂ 排出量*	192ton-CO ₂ /年		569ton-CO ₂ /年
出力容量	△(100kVA)	◎(20MVA)	○(数百kVA)

※100kVA設備での比較

最大負荷100kW、平均負荷50kWの電力を365日24時間供給した場合の年間CO₂排出量で評価したもの

※電力系統のCO₂排出原単位:0.439kg-CO₂/kWh

(出展 電力65社からなる「電気事業低炭素社会協議会」2020年度CO₂排出実績(速報値)発表値)

※100kWクラスのディーゼル発電機のCO₂排出原単位:1.30kg-CO₂/kWh

(出典 Indicative simplified baseline and monitoring methodologies)

2.2 マイクロ変電所の特長

配電網未整備地域への電力供給手段としてのマイクロ変電所は、従来型変電所やディーゼル発電機による電力供給システムに比べて、コストとスペース、CO₂排出量で利点がある。表1に、配電網未整備地域への電力供給を想定したシステムにおける特性比較を示す。

(1) 低コスト

従来型変電所の設備コストに比べ、マイクロ変電所の目標設備コストは約1/3未満と利点がある。

ディーゼル発電機への燃料補給や頻繁なメンテナンスが不要なため運用コストを抑制可能。

(2) 省スペース

マイクロ変電所はシンプルなシステム構成となり、その設置スペースは8m×10mで、一般的な66kV従来型変電所の最小設置スペース50m×50mと比較してコンパクトであることから、スペースの確保が容易である。

(3) 低環境負荷

100kVA程度の小型ディーゼル発電と比べて約70%のCO₂削減が可能である。

マイクロ変電所は、出力容量が100kVAであることより、送電線が整備されている地域において配電網が十分整備されていない小規模集落への電力供給に適していると判断する。

3. マイクロ変電所システムの基本設計

3.1 マイクロ変電所 実証試験システムの基本設計

本システムは100kVA PVT1台を66kV送電線(1相)に接続したシンプルな電気設備で、需要家へ単相240Vを供給する。従来型変電所と同様に、PVT一次側・二次側および負荷側の各所において事故が発生した場合に備えた各装置(遮断器: Molded Case Circuit Breaker (MCCB)、過電流継電器: Over Current Relay (OCR)など)の保護協調をとり、事故時に電力系統運用や需要家(負荷)への影響を最小限に抑える構成とする。

3.2 システム基本設計での留意点

本実証試験システムは、国際規格IEC(International Electrotechnical Commission)ならびにインドの電力規格(IS規格: Indian Standard)に準拠したシステム設計を採用した。IS規格への準拠については、当社は経験が不足していたため、TATA Power-Delhi Distribution Limited(以下、TATA Power-

DDL)との協議を通し対応した。また、保安対策のため、一部TATA Power-DDLの社内規定に則っている。

近年インドでは50℃に達する猛暑を記録しているため、このような厳しい気象条件にもシステムを適合させる必要があった。

以下に、システムの基本設計時に留意した点を説明する。

(1) 保護協調

マイクロ変電所における事故発生時に送電線側へ影響を及ぼさないようにするため、送電線側保護リレー検出時間および、PVT二次側MCCB 動作、ガス遮断器 (GCB)、過電流継電器 (OCR) による遮断特性等の保護協調を確立した。

(2) 保安対策

TATA Power-DDLからの要求に則り、断路器 (DS) をGCB の一次側と二次側の両方に取付けた二重化構造とした。これによりGCBのメンテナンスなど、より安全性の高いシステム保安対策を実現した。

(3) 電力品質対策

PVTは、通常の変圧器と異なり電圧調整用のタップを有していないため、電圧変動対策として負荷側に電圧調整装置 (Voltage Stabilizer) を設置した。

(4) 遠隔監視システム

実証試験システムでは、データロガや電力品質アナライザにて電圧・電流・電力量・周波数など常時計測を行っている。各測定器はネットワークで接続され、インターネット回線を経由して日本側にて状態監視ならびに計測データをダウンロードすることができる。インターネット環境のセキュリティを確保するため、多要素認証、TLS暗号化通信を行い、安全な通信を確立している。

上記を踏まえて設計した実証試験システム構成図を図2に示す。

3.3 機器選定

(1) 実証試験用PVTの開発

PVTは、特別高圧から低圧へ直接変換し電圧を計測する計器用変圧器の技術がベースとなっている。本機器は、当社が計器用変圧器で培った信頼性の高い絶縁技術をベースに100kVA まで電力を供給できるように大容量化したものである。

構造は、アルミニウム製の容器に鉄心とコイルを収納しており、各気密部の保持にはOリングガスケットを使用している。

本実証試験システム向けに開発したPVTを図3に示

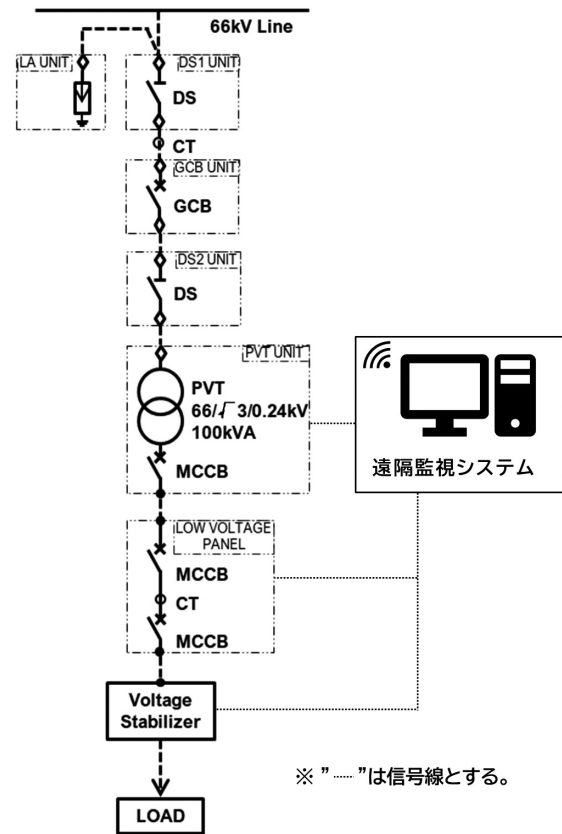


図2 実証試験システム構成図

す。PVT二次側コイルには、主に大型変圧器で使用される転位電線を採用した。当社は、転位電線の巻線作業における、高い技術を有しており、これを活用し大容量化を実現した。

以下に、実証試験用PVTを開発する際に留意した点を説明する。

① 大容量化

大容量化するためPVT 二次コイルは転位電線を複数条並列にしたコイルとした。これは当社が保有する転位電線の巻線技術を活かしている。



図3 実証試験用PVT (66kV, 100kVA)

- ② 冷却構造
放熱効率を上げるため容器体を冷却フィンとした。インドの過酷な気温(約50℃)においても問題なく稼働できる設計としている。
- ③ 損失低減
PVT 二次コイルに転位電線を採用し、電流を均等に流して循環電流の発生を低減することで損失を低減し、効率を向上させる。

上記を踏まえて開発された実証試験用PVTの仕様を表2に示す。

表2 実証試験用のPVT仕様

送電線電圧	66kV
定格一次電圧	$66/\sqrt{3}$ kV
二次電圧	240V
定格容量	100kVA
効率	97.1% (負荷25kVA時)
周波数	50Hz
周囲温度	-25~50℃
外形寸法	$\phi 1,285\text{mm} \times \text{H}3,010\text{mm}$
質量	3,500kg

(2) PVT以外の主要機器

PVTを除くと、マイクロ変電所は次の主要機器で構成されている。

- ・避雷器 (Lightning Arrester (LA))
- ・断路器 (Disconnect Switch (DS))
- ・遮断器 (Gas Circuit Breaker (GCB))
- ・低電圧配電盤 (Low Voltage Panel)
- ・電力調整装置 (Voltage Stabilizer)

今回の実証試験では、TATA Power-DDLの要望によりPVT以外の受変電設備を現地のインドメーカーにて取り揃えた。GCB以外については、メーカー標準品を採用した。GCBについては、通常、三相遮断器が主流であることより、単相遮断器の取扱いメーカーがなかったことから、十分な品質を確保できるGCBメーカーを二社選定し交渉を行い、当該技術がインドの課題である電力の安定供給に効果があることをご理解いただけたため、単相遮断器製作の実現に至った。

4. インドにおける実証試験の構築

本実証事業は、NEDO(国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)の国際実証事業として行うものである。2024年度に国際実証事業の体制構築を行い、システム設計ならびに機器仕様の選定・調達を実施。2025年度よりマイクロ変電所の建設工事に着手。

工事完了後、実証試験を開始しデータの計測、分析・評価という計画で進めた。

2025年6月にTATA Power-DDLが保有するデリー郊外の変電所にマイクロ変電所を構築し、運転開始式を開催した。運転開始後は、実証データを測定し、分析・評価することでシステムの有効性を確認している。

4.1 建設工事

TATA Power-DDLの所掌の下に、2025年4月より基礎工事を開始し、2025年6月に機器の据付工事を完了した。

建設地であるインド・デリーは、気温50℃に及ぶ猛暑により工事の作業時間が十分に確保できず、遅延が発生したものの、その後、現地の関係者と高頻度に打合せを行い、工程の綿密な見直しを行った。5月下旬には、当社より熟練の現場作業員を派遣して工事を進めることで作業工程をリカバリーし、2025年6月にマイクロ変電所の実証試験システム建設を完了した。図4は、完成した実証試験システムとなる。

4.2 運転開始式

2025年6月18日にPVT マイクロ変電所の運転開始式を、TATA Power-DDLのSmart Grid Lab および、マイクロ変電所建設地で開催した。

当社、TATA Power-DDL側の挨拶を行った後、主要ゲストより挨拶を頂戴し、マイクロ変電所を視察いただいた。図5に運転開始式の様子を示す。



図4 実証試験システム外観



図5 運転開始式の様子

5. 実証試験データ分析・評価

本実証試験の目的は、PVTマイクロ変電所から需要家へ安全・安定した電力を供給できることを確認することである。そのため、本実証試験システムの常時運用データを計測し、これらのデータをもとに供給している電力について分析・評価を行った。本章では、その詳細を説明する。

5.1 供給電力の状況

2025年6月から運転を開始した実証試験は、当初、システムの信頼性を確認するために需要家を2世帯に限定し、システム動作確認からスタートした。その後、安定した電力供給状況を確認できたため、9月17日より需要家15世帯での運用を開始している。本節では、需要家数を拡大した2025年9月17日～10月21日（5週間）の計測データ分析結果について報告する。

表3、表4に、9月下旬と10月中旬の1週間における需要家の消費電力（供給電力）ならびに気温に注目し、負荷特性について比較分析した結果を示す。主な負荷は照明・エアコンである。

9月は1週間（休日／平日）を通してほぼ同様の消費電力を示している。消費電力のピークは、日中（16時頃）だけでなく深夜（24時）に現れる特性を示している。一方、10月は1週間を通してほぼ同様の傾向を示しているものの、気温の低下により需要家の消費電力は1日を通して平準化してきた。エアコンの利用頻度が下がったことが推測できる。

この分析から、実証試験システムは、気温約40℃となる過酷な環境下においても負荷変動に応じて安定して電力を供給していることが確認できた。

表3 9月の消費電力・気温の特性

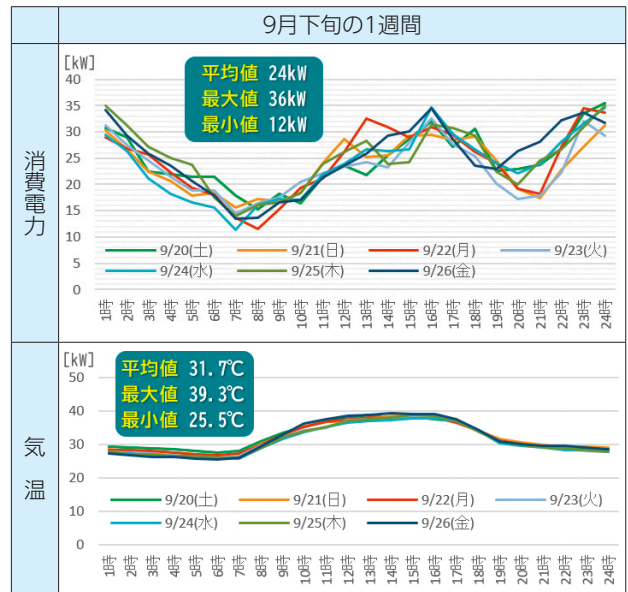
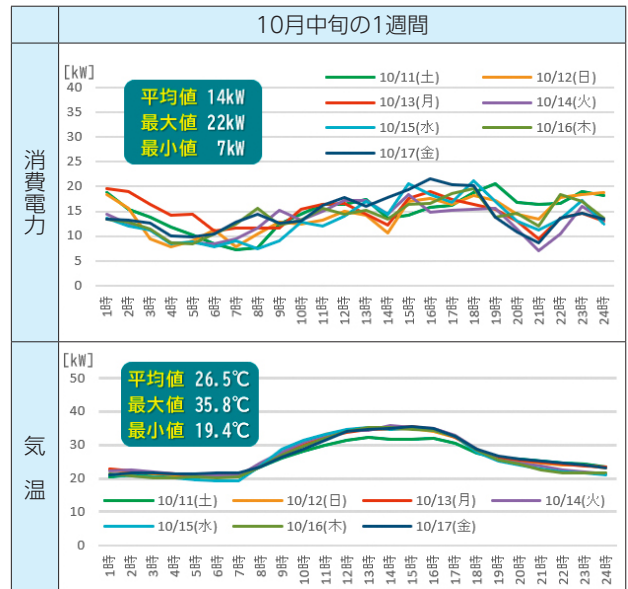


表4 10月の消費電力・気温の特性



5.2 供給電圧の規定電圧値240V±6%範囲における時間滞在率：供給電力の信頼性

インドにおける需要家への供給電圧（240V）は、規定値240V±6%（254.4～225.6V）範囲内での運用が求められている。本実証試験では、この条件を満たす運用が実現されているかを検証する。

2025年6月の運転開始から、インド電力系統（PVT一次側）の停電はなく、常時、安定した電力をマイクロ変電所へ送電している。一方、マイクロ変電所では対象期間（2025年9月17日～10月21日）の9月19日（金）に約2時間の作業停電を行った。そのため、この作業停電の期間データを分析・評価の対象外とした。

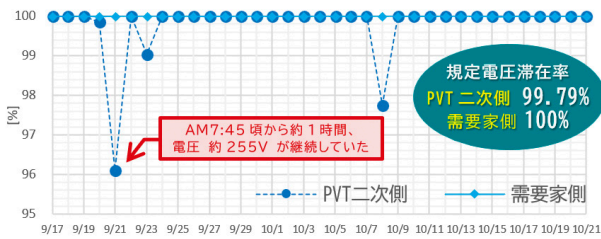


図6 電圧規定値240V±6%範囲の時間滞在率

図6は供給電圧が、PVT二次側と需要家側の2カ所の計測地点において、規定値240V±6% (254.4～225.6V) の範囲におさまる時間滞在率を示している。

本システムには、PVT二次側～需要家間に電圧調整装置を設置している。図6の結果から、PVT二次側の電圧は規定値240V±6% (254.4～225.6V) から多少逸脱しているものの規定電圧滞在率は99.79%であり、需要家側の電圧は電圧調整により規定値から逸脱はみられず、電力が安定供給されていることがわかる。

5.3 供給電力の状況：システム効率

システム効率は、“PVT 効率”ならびに“送電効率”にて算出する。また、本システムには電圧調整装置を導入しているため“電圧調整装置の効率”を考慮する必要がある。ここで、PVT効率は工場試験成績書から97.1% (負荷25kVA時) を採用した。

計測データから、実証試験システム効率は90.1%であることを確認した。参考までに、インドの発電所から需要家までの電力損失 (AT&C Losses) は2023年に17%であり、運用効率として83%となる。この指標と比較すると実証試験システムの効率 (90.1%) は高く、効率的な運用ができてしていると評価できる。

なお、本システムには電圧調整装置が導入されており、この装置の効率は95% (メーカー仕様値) である。この電圧調整装置を設置しない場合、システム効率は90.1%から94.8% へ向上することになり、より効果的な運用ならびに導入コストの削減が実現できる。

今後、装置の必要性について現地と議論していきたい。

5.4 評価結果

運転開始以降、インド電力系統 (PVT一次側) は標準電圧範囲内66kV±10%で運用され、電力系統側の停電は確認されておらず、特高送電線からPVTマイクロ変電所を経由して直接、低圧需要家へ安全・安定した電力を供給できることを確認した。

6. おわりに

2025年6月から開始したインドにおける電源用計器用変圧器 (PVT) を用いたマイクロ変電所の実証試験について紹介した。

引き続き、実証試験を継続して知見を深めていくとともに、今後、インドだけでなく世界中の配電網未整備地域へ電力を供給すべく、マイクロ変電所の普及展開に努めていく所存である。

用語集

- ※1 電源用計器用変圧器 (PVT)
Power Voltage Transformerの略で、交流高電圧を測定するために特別高圧を低圧に変換する変成器の技術を応用し、特別高圧から直接低圧に変換して電力を供給できるよう大容量化した計器用変圧器。
- ※2 特別高圧
7kV (7,000V) を超える電圧のこと。高圧は直流で750V～7000V以下、交流で600～7000V以下、低圧は直流で750V以下、交流で600V以下を指す。
- ※3 PVTマイクロ変電所
66kV以上の特別高圧送電線から、電圧を測定する変成器の技術を応用し電力供給用に大容量化を実現したPVTを用いて、10kVA～100kVA程度の低圧電力を直接取得するための変電所のこと。
- ※4 計器用変圧器
交流高電圧を測定するために特別高圧を低圧に変換する機器。

参考文献

- (1) 「電源供給用に大容量化した計器用変圧器を用いたマイクロ変電所の基本設計」、日新電機技報 (2020年12月)
Available : <https://nissin.jp/technical/technicalreport/pdf/2020-154/2020-154-07.pdf>
- (2) 「100kVA電源用PVTの開発」、日新電機技報 (2020年12月)
Available : <https://nissin.jp/technical/technicalreport/pdf/2020-154/2020-154-06.pdf>
- (3) ANNUAL REPORT 2024-25 (Ministry of Power, Government of India)
- (4) Indicative simplified baseline and monitoring methodologies
Available : https://cdm.unfccc.int/Panels/ssc_wg/meetings/036/ssc_036_an03.pdf

執筆者紹介



岡 賢太郎 Oka Kentaro
住友電気工業株式会社
送配電機器・エネルギーソリューション事業本部
日新住電エネルギーシステム開発センター
システム技術開発部 主任



高橋 良宗 Takahashi Yoshimune
電力・環境システム事業本部
電力機器事業部



牧 尚子 Maki Naoko
住友電気工業株式会社
送配電機器・エネルギーソリューション事業本部
日新住電エネルギーシステム開発センター
電力技術開発部



村井 正樹 Murai Masaki
電力・環境システム事業本部
システムエンジニアリング事業部
グループ長



平本 学 Hiramoto Gaku
電力・環境システム事業本部
工事業部 グループ長



水野 聡 Mizuno Satoshi
株式会社NHVコーポレーション
営業部長

一般論文

関連するSDGs



フラットパネルディスプレイ製造用 イオン注入装置iG8の開発

Development of Ion Implanter iG8 for Flat-Panel Display Processing

宇井利昌
Ui Toshimasa

川瀬一貴
Kawase Kazuki

川村昌充
Kawamura Masamitsu

永尾友一
Nagao Tomokazu

高橋元喜
Takahashi Genki

土肥正二郎
Dohi Shojiro

本稿は「MRS Advances, Volume 10 (2025) 244-248.」に掲載された論文を加筆・修正したものである。

概要

有機ELディスプレイを中心とするIT製品向け大型ガラス基板に対応したイオン注入装置iG8を開発した。本装置は、量産実績のある従来機iG6のビームラインコンセプトを継承しつつ、8世代ガラス基板に対応した装置である。本装置は、均一で高密度なイオンビームの注入が可能であり、プラズマ生成部の電子を発生させるカソードの寿命延長およびイオンビームを効率的に出力させる磁場分布を実現し、メンテナンス性も向上できた。さらに、装置構成をユニット化したことで機能拡張の容易性が向上した。

本稿では、本装置の基本コンセプトおよびこれらを実現するため導入した3つの要素技術について紹介する。これらの要素技術を有するiG8は、高ビーム密度・均一性、カソード寿命延長によるメンテナンス性向上、機能拡張性が実現でき、今後のIT製品市場の拡大に貢献していく。

Synopsis

We developed the ion implanter iG8 for large glass substrates used in IT products with OLED displays. The iG8 inherits the beamline concept of the conventional iG6 system with proven mass-production performance, while extending applicability to 8th generation glass substrates. The system enables uniform, high-density ion beam implantation and improves maintainability by extending the lifetime of the electron-emitting cathode in the plasma source and by optimizing the magnetic field distribution for efficient beam extraction. In addition, a modularized system architecture enhances flexibility for functional expansion. The iG8 achieves high productivity and uniformity, supporting the expanding IT products market.

キーワード：フラットパネルディスプレイ (FPD)、8世代ガラス基板、iG8

1. はじめに

OLED：有機発光ダイオード（有機EL）を用いたフラットパネルディスプレイ（FPD）の市場は、IT製品と呼ばれ

るスマートフォン、スマートウォッチ、スマートTV、タブレット、PC、拡張現実（AR）/仮想現実（VR）グラスなどの発展・改良により急速に拡大している。それに伴い、

高解像度、低消費電力、高電子移動度、透明性、柔軟性といったディスプレイ機能への要求も高まっている。これらの要求に対応するためには、低温多結晶シリコン⁽¹⁾⁽²⁾や酸化物半導体⁽³⁾⁽⁴⁾を用いた薄膜トランジスタ (TFT) 作製プロセスの開発・改良が重要である。TFTのソース/ドレインやチャンネルと呼ばれる部分の作製に不可欠な当社のFPD用イオン注入装置iGシリーズは、これらTFT作製プロセスの開発・改良に貢献しており、学術的分野における寄与のみならず、産業界でも実証・応用されている。一方、ディスプレイメーカーは、多彩なOLED IT機器の大量生産能力確保、コスト削減の観点から、8世代 (Gen.8) ガラス基板 (サイズ: 約2200mm×2500mm×0.5mm) の生産ライン構築を始めている。図1にOLEDパネル工場のガラス基板世代別の半導体製造装置投資割合を示す⁽⁵⁾。2019年頃はテレビ向けにGen.8ガラス基板用イオン注入装置 (Gen.8装置) へ投資がされており、IT製品向け設備投資は当社のiG6を含むGen.6ガラス基板 (サイズ: 約1500mm×1800mm×0.5mm) 対応のイオン注入装置が主流であった。2024年からは、IT製品向けのGen.8装置への投資が大半を占めるようになり、今後も需要増大が予測されている。これを受け、当社は図2に示す大型ガラス基板に対応した新しいイオン注入装置「iG8」を開発した。本装置のビームラインの設計コンセプトは、量産で実績のあるGen.5ガラス基板対応の装置iG5やiG6とほぼ同じである⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾。具体的には、リボンのように横に広がったイオンビームをプラズマ生成部からガラス基板まで輸送することにより、大面積ガラス基板に対して、注入イオン密度の高い均一性を実現しやすい構成としている。また、一度に処理可能な面積を大きく取ることができるため、高い量産性が実現可能なビームラインである。このコンセプトを基に、さらに大面積ガラス基板に対し、高密度イオンビーム (高ビーム電流) の注入が可能で、高イオン注入量 (高ドーズ) が必要な用途でも高生産性を実現できる装置「iG8」を開発した。

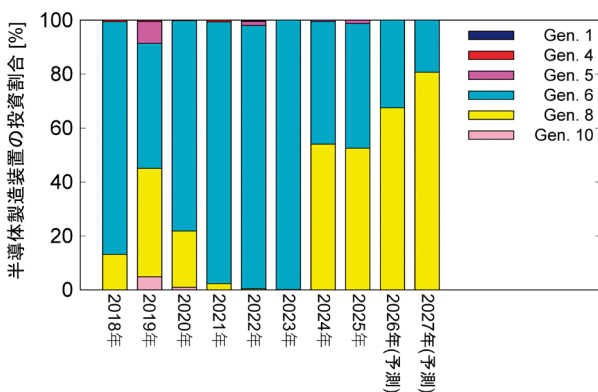


図1 OLEDパネル工場におけるガラス基板世代別の半導体製造装置の投資額割合の推移⁽⁵⁾

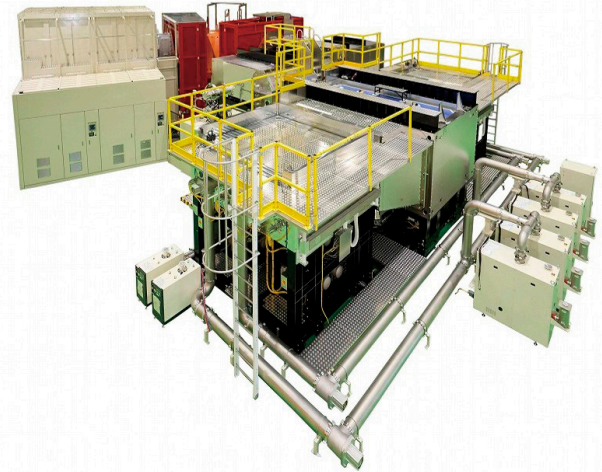


図2 Gen. 8ガラス基板用イオン注入装置「iG8」

2. iG8の基本コンセプトと装置概要

2.1 基本コンセプト

1章に記載したビームラインコンセプトを基本として、以下のコンセプトのもと、開発に着手した。

- ①高ビーム電流での注入が可能であること
- ②高ビーム電流の利点を活かし、高ドーズ量が求められる用途でも高いスループットを実現可能であること
- ③プラズマ生成用カソード部材の寿命延長技術を追加することで、ビームユニットのメンテナンス頻度が低減し、装置の非生産時間 (ダウンタイム) を削減すること
- ④iG6と同等またはそれ以上の生産性を達成すること

2.2 装置概要

図3 (a) にiG8の概略図を示す。また、比較のために図3 (b) にイオン注入装置iG6の概略図も示す。iG8 (図3 (a)) はイオン源とイオン質量分離マグネットからなるビームユニット、ガラス基板へのイオン注入用スキャンユニット、ガラス搬送ユニットの3つのユニットで構成されている。各ユニットのサイズはGen.8基板サイズに強く依存しており、全体の幅、奥行き、高さはそれぞれ20m、15m、5.5mであり、iG6と比べて幅1.45倍、奥行き1.75倍、高さ1.5倍と巨大である。次にiG8のコア技術であるビームラインの概要について述べる。イオン源から高さ2200mmを超える大型イオンビームがイオン質量分離マグネットに導入され、選択されたイオン種のみがビームユニットを通過してスキャンユニットに到達する。スキャンユニット上に到達したビームは、2200mmを超えるガラスに十分な高さで、ガラスのスキャン方向

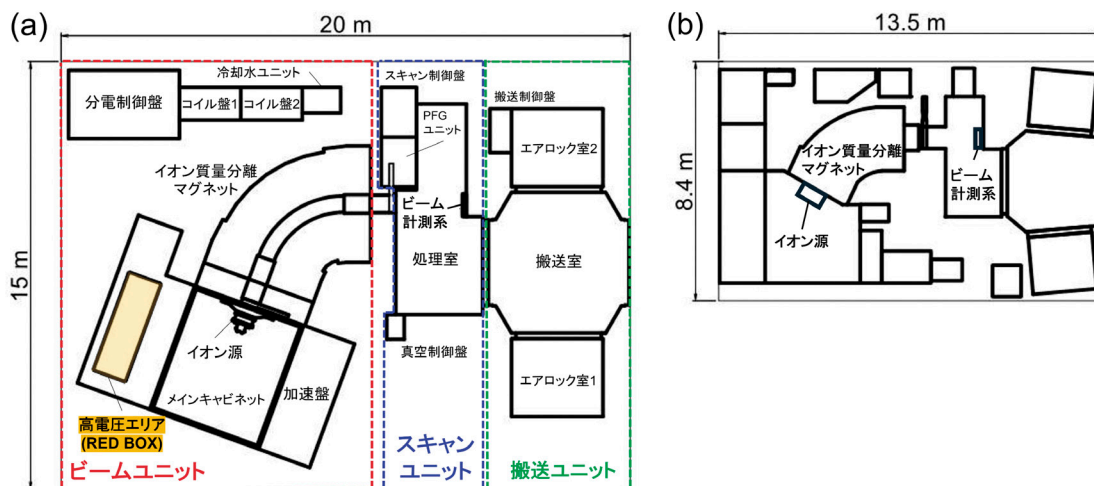


図3 (a) iG8の概略図 (b) Gen.6ガラス基板用イオン注入装置iG6の概略図

に垂直な方向で良好な均一性を有する。

Gen.8ガラス基板搬送方法については、複数のガラス基板が搬送ユニットのエアロック室から搬送室を経由しつつ、スキャンユニットの処理室に導入される。ガラスはプラテンと呼ばれる基板保持部によって直立し、イオンビームが到達する位置に搬送され、ガラス上の半導体デバイスにイオン注入される。さらに、ガラスはビームに対して前後に水平移動する。この動きを制御することで、所望の注入条件を実現できる。

3. iG8の要素技術

FPD業界における最終製品メーカーのIT製品生産量、ディスプレイ製造を専門とするファウンドリ^{*1}企業の実生産量、iG8以外の半導体製造装置スペック、iG8構成のための部材メーカーが生産可能な部品スペックとの整合性、いわゆる業界全体の要求あるいは都合により、iG8に求められる性能はさまざまなものがある。具体的には以下に示すものなどがある。

- ①Gen.8.6 (2290×2620mm²) ガラス基板対応のビーム・ガラス保持ユニット
- ②2290mm以上のビーム高さ
- ③ビーム電流密度の均一性3%以下
- ④三フッ化ホウ素 (BF₃) あるいはホスフィン (PH₃) ガス使用によるBあるいはPを含むイオンビーム出力
- ⑤ビーム電流密度400 μA/cm以上の大電流ビーム輸送
- ⑥イオン注入量10¹²-10¹⁶ions/cm²、従来カソード寿命の延長による装置の非生産時間削減
- ⑦システムのユニット化による装置生産および改造の容易化 (機能拡張性の保持)

本章では、これらを実現するため、当社が開発した3つの重要要素技術について説明する。

3. 1 Gen.8ガラス基板用の大型ビームユニットとスキャンユニット技術

3. 1. 1 大型ビームユニット

本項ではFPD業界からの要求①のビームユニットおよび②を実現するための大型ビームユニットの開発について述べる。ビームユニットを構成する主要要素としてはイオン源およびイオン質量分離マグネットがある。前者について、図4 (a) にiG8イオン源の3次元モデルを示す。比較のため、図4 (b) にiG6イオン源モデルも示す。iG8イオン源は、iG6イオン源をさらにイオンビーム高さ方向に伸ばした形に設計されている。また、プラズマ生成部およびイオンビーム加速のための構造の多くをiG6と共通にすることで、量産実績のあるビーム電流密度およびビーム均一性を保ちながら、2500mmの高さのイオンビームを出力することが可能である。一方、後者のイオン質量分離マグネットについて、図3 (a) および (b) を比較すると、基板サイズの違いからiG5・iG6のビームラインと同条件の設計ができないため、ビーム高さのみならず、イオン源とGen.8基板 (基板はビーム計測系とほぼ同じ位置) との距離も増加しており、ビームの発散や密度不均一が生じやすい。これらを抑制しつつイオンビームを搬送できるよう、イオンを質量分離する電磁石コイルを大型化し、ビーム発散や密度不均一抑制を目的とした磁場制御のための小型コイルをビームライン上に多数配置した。以上により、高さ2290mm以上でありながらも、均一なイオンビームを輸送する技術を実現した。

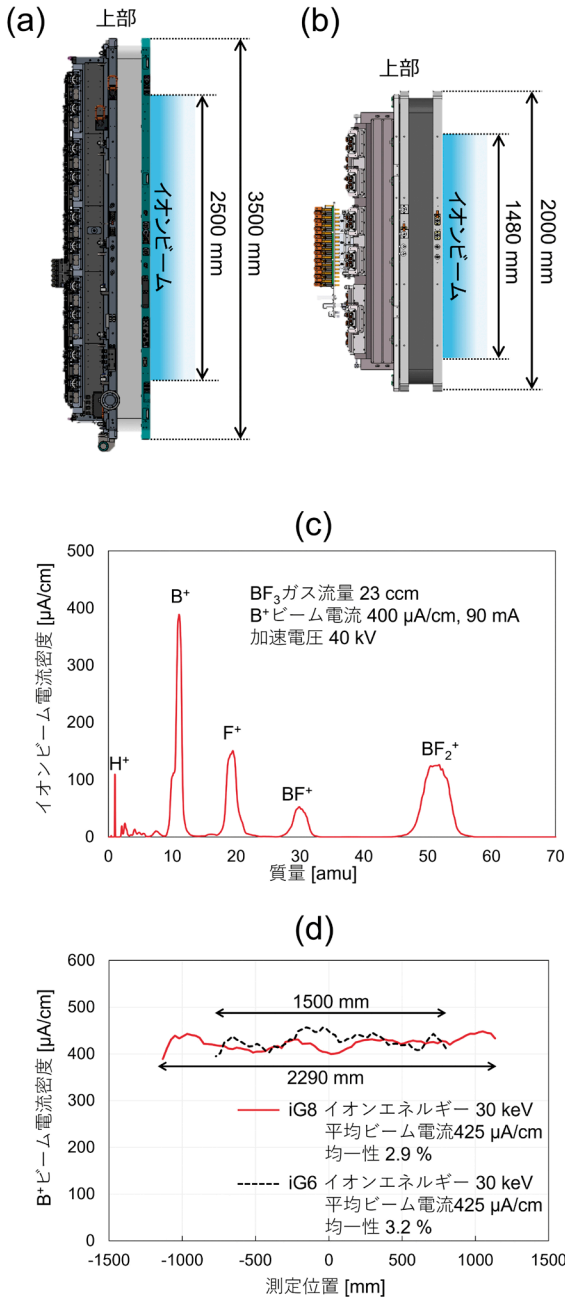


図4 (a) iG8のイオン源3Dモデル (b) iG6のイオン源3Dモデル (a) (b) 高さ2500mmと1480mmのイオンビームを出力可能 (c) iG8におけるBF₃ガス源プラズマから抽出されたイオン質量スペクトル (d) iG8およびiG6の測定位置ごとのビーム電流密度 イオン種B⁺

3. 1. 2 ビーム性能評価

本項では、要求③～⑤への対応として、ビーム性能評価と結果を述べる。前提として、ガラス基板に均一なビーム電流密度でイオン注入を行うためには、当然ながら基板表面付近に均一なイオンビーム密度を形成する必要がある。一方、イオンビームはイオン源および質量分離マグネットを通過する過程で、電場・磁場の影響を受けつつ、加速されたり曲げられたりする。

また、イオン源内部には複数種のイオンが共存しており、プラズマ密度は本質的に不均一である。このため、基板表面でのビーム均一性は、イオン源内部のプラズマ分布を直接反映したものではなく、ガス流量（圧力）、イオン源の電極配置および電圧、イオン質量分離マグネットの磁場分布など、複数のパラメータを総合的に制御することで実現されている。iG8ではiG6と比較してビーム高さが増大しており、ビーム制御はより複雑となる。そのため、均一なビームを安定的に生成するためのガス圧力条件や、イオン源および質量分析マグネットにおける電場・磁場分布を再検討した。検討結果を以降に示す。図4 (c) は、iG8でBF₃ガスを用いた場合のイオンビームのイオン質量スペクトルを示している。ここで、BF₃ガス流量23ccm、カソードとプラズマ生成部内壁の電位差（アーク電圧）約100V、イオンビーム加速電圧40kVである。このスペクトルから、純粋なB⁺ビーム400 $\mu\text{A}/\text{cm}$ のイオンビームを実現できることが分かる。以上より、iG8用のB⁺イオン質量分離と大電流ビーム搬送の基礎技術が得られている。さらに、図4 (d) は、iG6およびiG8のイオンビームがガラス基板に当たるすぐ傍のビーム計測系位置におけるビーム電流密度を示している。ここで、イオン種はB⁺、イオンエネルギーは30keV、両者の平均ビーム電流密度は425 $\mu\text{A}/\text{cm}$ である。iG8のビーム計測系は90個のビーム電流計測素子で構成されており、iG6の1.5倍の素子数でありつつ、iG8のビーム電流の均一性は3%以内であり、iG6のビーム均一性と同じである。したがって、この結果は、これまでにないビーム高さを有する大型イオンビームをガラス基板全体へ均一に注入可能であり、当社の優れたビーム制御技術の一例を示している。

3. 1. 3 大型スキャンユニット

ここからは、要求①のガラス保持のための大型スキャンユニットの技術開発について述べる。まず、Gen.8ガラス基板の厚みは0.5mm程度であり、面積に対して非常に薄い。このため、iG8のガラス搬送やイオン注入中のスキャンユニットの歪み、例えばガラス保持システム（プラテン）の変形を抑制する必要がある。これは、大きな歪みはガラス基板表面へのイオン注入角度誤差の増大、およびガラスの破損を引き起こす可能性があるためである。また、iG6プラテンをGen.8ガラスサイズにスケールアップした場合、プラテン変形量が大幅に増加し、ガラス搬送すらできなくなるため、新たな設計が必要となった。図5に設計したiG8用プラテン3Dモデルにおけるプラテンおよびガラスの変形シミュレーション結果を示す。プラテ

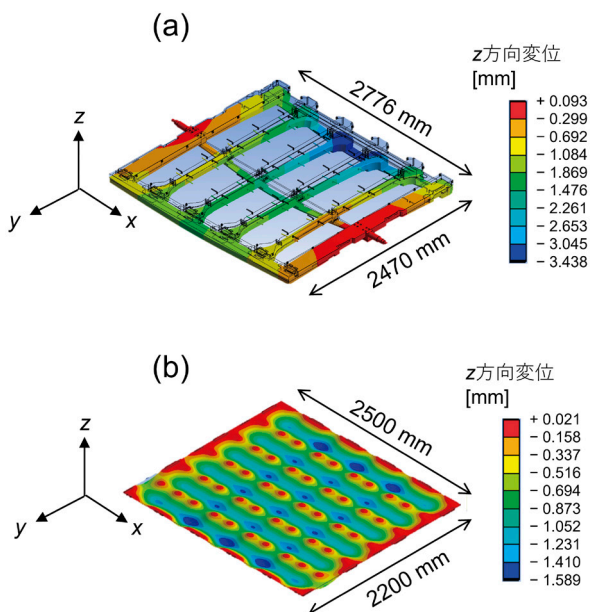


図5 (a) Gen.8ガラス保持システム(プラテン)本体のz方向の変位シミュレーション (b) プラテン上のGen.8ガラス基板のz方向の変位シミュレーション結果

ンの剛性向上・たわみ抑制のための骨組み構造を改良し、歪み低減可能な形状にした。さらに、プラテンの変形許容値よりも、ガラス基板の変形許容値はさらに小さいため、プラテン剛性の向上に加え、プラテンとガラス基板間のピン構造についても見直しが不可欠であった。よって、プラテンおよびピン構造を一体で再設計し、構造シミュレーションによる検証を行った。検証結果として、プラテンと業界要求であるガラスのz方向（ガラス表面に垂直方向）変形許容値はそれぞれ5mmと1.6mmに対し、構造シミュレーション結果においては、プラテンの変形量は約3.5mm、ガラス基板の変形量は1.6mmとなり、両者ともに許容値内に収まった。当社はこのシミュレーション結果を基にiG8用スキャンユニットに適用するプラテンを作製した。

3. 2 装置の非生産時間削減のための技術

本節では、要求⑥への対応として、カソード交換などに伴う装置の非生産時間削減の技術について述べる。非生産時間の削減は量産性向上に大きく寄与するため、当社の競争力確保において非常に重要である。一方、 PH_3 プラズマと比較して、 BF_3 プラズマ中のカソード寿命はかなり短く、この寿命が非生産時間に大きく寄与するため、 BF_3 プラズマに対する長寿命カソードを開発した。加えて、従来よりも少ないプラズマ密度でビーム出力可能な改良マルチカスプイオン源^{*2}も開発した。前者については、iG6を参考にして、カソード形状と電源システムを再

設計した。図6 (a) はカソード寿命の推移を示す。2005年に開発された従来カソードの形状を変更しつつ、対応する電源容量を増大させることで、寿命が伸長した。なお、プラズマ生成部の大型化に伴い、生成すべきプラズマ体積も増加している。その結果、プラズマ生成を支援するカソード数を大幅に増やす必要がある。一方、カソード数の増加は、カソードを制御する電源の増加を伴うので、結果としてユニットサイズの大型化につながってしまい、装置の保守性、信頼性などにデメリットがある。そこで、カソード制御用の

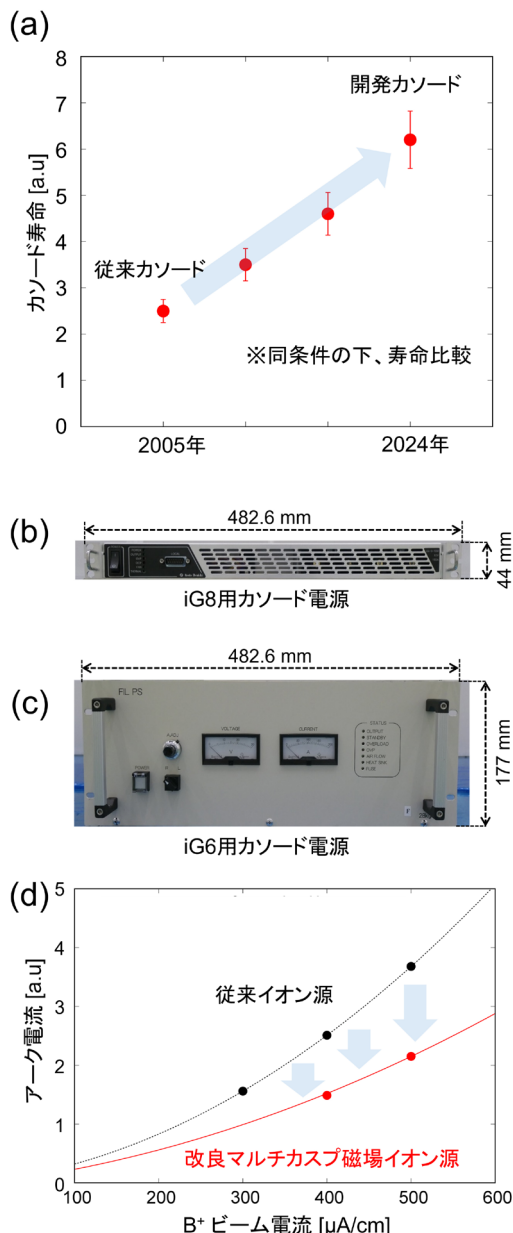


図6 (a) 試作カソード寿命の推移 (b) シリコンカーバイド (SiC) スイッチングデバイスを使用したiG8のカソード電源 (定格直流電流は150A) (c) Siスイッチングデバイスを使用したiG6のカソード電源 (定格直流電流は130A) (d) 従来型イオン源と改良型マルチカスプイオン源における、 B^+ ビーム電流に対する BF_3 プラズマアーク電流の関係

電源サイズを大幅に縮小(図6 (b)) することで、ユニットサイズ増大を抑制した。さらに、シリコンカーバイド (SiC) スイッチングデバイスを用いた新しい回路を設計し、導入することで高負荷による電源の故障率も低減できている。図6 (b) はiG8カソード電源であり、高さ44mm、幅482.6mm、奥行き432mm、重量7kg、定格直流150Aである。一方、比較のために示すiG6のカソード電源(図6 (c)) はSiスイッチングデバイスを使用し、高さ177mm、幅482.6mm、奥行き550mm、重量28kg、定格直流130Aである。これにより、従来のカソードと比較してBF₃プラズマに対して1.5倍以上の寿命を実現できるようになった。後者については、磁場分布の変更による磁場のカस्प全幅⁽⁹⁾の縮小、プラズマ生成部の内壁形状を大幅に変更するなどし、改良型マルチカスパイオン源を開発した。図6 (d) にB+ビーム電流に対するBF₃プラズマアーク電流を示す。ここから、改良型マルチカスパイオン源は従来型のイオン源と比較して、同じイオンビーム電流を取り出すのに必要なアーク電流(プラズマ量に比例)が大幅に低減できていることが分かる。これらの技術を組み合わせることで、カソード寿命は2倍以上になると期待している。

3.3 システムのユニット化技術

本節では要求⑦への対応として、システムのユニット化について述べる。図3 (a) に示すようにiG8は3ユニットに分割されている。一方、図7は、装置を構成するユニットおよび部品(機構システム)の制御を担うシステム(制御システム)間のネットワーク構成を示している。iG8の制御システムも3ユニットに分割された構成を採用しており、各ユニットはネットワークを介し、接続されている。各ユニットにはコントローラが配置された独立した制御ネットワークが存在しており、各々で生産・調整・改良できるよう設計

されている。具体的には、これらネットワークは2台のPCと5台のコントローラで制御され、互いにイーサネットケーブルで接続されている。また、ネットワーク内の高電圧領域の接続(図3 (a)、図7)においては、サージなどによる機器故障を防ぐため、光ファイバーを採用している。一方、各ユニットはコントローラによって独立操作でき、電源、センサー、モーター、ロボット、ポンプなどの電気部品を個別に制御できる。各ユニットにコントローラを配置することで、例えばiG8のビームユニットのみで新しいイオンビームの設計開発、イオン注入用スキャンユニットのみで基板温度変更機能などの設計開発ができるようになり、従来よりも大きな追加機能拡張性を有するようになった。さらに、ユニット化により、生産に必要な面積を分割することができるため、今後の安定した生産システム構築への貢献も期待できる。

4. まとめ

当社は、第8.6世代ガラス用のイオン注入装置「iG8」を開発した。ビームラインの基本コンセプトの多くは、量産で実績のあるiG5およびiG6と変わらない。一方で、業界の要求に応じて、Gen.8基板用の大型ビームユニットとスキャンユニット技術、装置のダウンタイム短縮技術、システムのユニット化技術という3つの構成技術を開発・検証した。その結果、iG8は大型基板でもiG5やiG6と同等あるいはそれ以上のスペックのイオン注入が可能であり、カソード寿命の延長によるダウンタイム削減、機能拡張性を備えた装置となった。よって、iG8は、さまざまなIT製品の開発・生産において非常に有用であると期待される。今後も当社は技術力の向上に努め、FPD製造用イオン注入装置の提供を通じて業界の発展に貢献していく所存である。

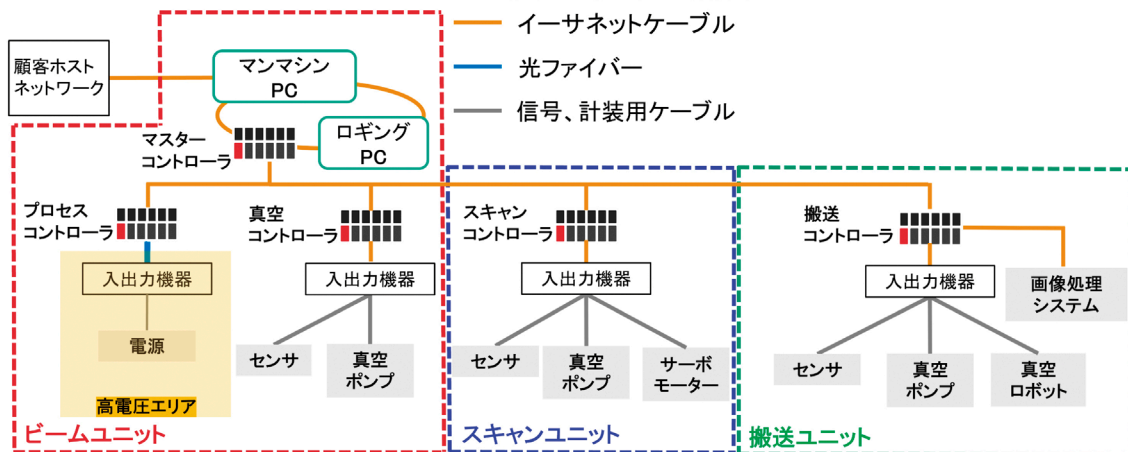


図7 iG8を構成する部品(機構システム)の制御を担うシステム(制御システム)間のネットワーク

用語集

- ※1 ファウンダリ
自社で設計を行わず、他社からブランド製品などを受託して、製造のみを専門に行う企業や業態
- ※2 マルチカスプイオン源
イオン源内部で、イオンあるいはプラズマが閉じ込められる磁場分布 (カスプ磁場) となるように磁石を配置した構造を有し、プラズマを安定して大量に閉じ込め、高電流・均一なイオンビームを作るための磁石付きプラズマ発生装置

参考文献

- (1) T. Sameshima, K. Yasuta, M. Hasumi, T. Nagao, and Y. Inouchi, Appl. Phys. A 124 (2018) 228.
- (2) T. Nagao, Y. Inouchi, J. Tatemichi, M. Hasumi, and T. Sameshima, The 30th International Workshop on Active Matrix Flatpanel Display and devices (2023) 118.
- (3) T. Ui, K. Yasuta, Y. Yamane, and J. Tatemichi, ECS Transactions 109 (2022) 67.
- (4) Y. Yamane, K. Yasuta, T. Ui, and J. Tatemichi, The 30th International Display Workshops (2023) 282.
- (5) Counterpoint Research 2025 4Q Reports (2025).
- (6) T. Matsumoto, K. Imai, I. Nishimura, Y. Inouchi, S. Dohi, G. Takahashi, M. Tanii, J. Tatemichi, M. Konishi and M. Naito, Proc. of 19th International Conference on Ion Implantation Technology (2012) 324.
- (7) Y. Inouchi, T. Matsumoto, J. Tatemichi, M. Konishi, and M. Naito, Proc. of 19th International Conference on Ion Implantation Technology (2012) 328.
- (8) S. Dohi, H. Kai, T. Nagao, T. Matsumoto, M. Onoda, K. Nakao, Y. Inouchi, J. Tatemichi, M. Nukayama, The Nissin Electric Review 62 (2017) 17.
- (9) A. T. Forrester, Large Ion Beams (1988).

執筆者紹介



宇井 利昌 Ui Toshimasa
日新イオン機器株式会社
FPD装置事業部 主任
博士(マテリアルサイエンス)



川瀬 一貴 Kawase Kazuki
日新イオン機器株式会社
FPD装置事業部



川村 昌充 Kawamura Masamitsu
日新イオン機器株式会社
FPD装置事業部



永尾 友一 Nagao Tomokazu
日新イオン機器株式会社
FPD装置事業部
主任



高橋 元喜 Takahashi Genki
日新イオン機器株式会社
FPD装置事業部
主任



土肥 正二郎 Dohi Shojiro
日新イオン機器株式会社
FPD装置事業部
執行役員

社名「日新」の由来

「日新」という社名の由来は、中国の古典である四書の一つ「大学」に記された、殷王朝（紀元前17～11世紀）の創始者である湯王（とうおう）が使っていた盤（洗面器）の銘文にあります。

名高い聖天子であった湯王は、毎朝使う洗面器に「苟（まこと）に日に新にせば、日に日に新に。又日に新なり」と刻み、自らを戒めました。1日自分を新しくすることに努力した後は、次の1日1日も新たにし、さらに毎日新たにしてい

く一つまり、「少しでも新しくしようとする努力を、途切れなく続けなくてはいけない」という意味が込められています。

この精神に則って、日々独創的な技術を生み出し、人と技術の未来をひらくことを志し、「日新」と名づけました。

湯之盤銘曰 苟日新 日日新 又日新

中国の四書の一つ「大学」から

複写される方へ

日新電機株式会社では、複写転載、転載複製及びAI利用に係る著作権を一般社団法人学術著作権協会に委託しています。当該利用をご希望の方は、(社)学術著作権協会 (<https://www.jaacc.org/>) が提供している複製利用許諾システムもしくは転載許諾システムを通じて申請ください。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が公益社団法人日本複製権センター（(社)学術著作権協会が社内利用目的の複写に関する権利を再委託している団体）と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません（社外頒布目的の複写については、許諾が必要です）。

権利委託先： 一般社団法人学術著作権協会
〒107-0052 東京都港区赤坂9丁目6-41 乃木坂ビル2F

日新電機技報 第71巻 第1号 (通巻165号)

2026年 Vol. 71 No. 1 (Serial No. 165)

2026年5月29日発行

発行人 宇都宮 里 佐

印刷所 土山印刷株式会社

発行所 日新電機株式会社

生産技術本部 知的財産部 技術管理グループ

〒615-8686 京都市右京区梅津高畝町47番地

電話 (075)864-8341 (直通)

FAX (075)864-8433

技報編集委員会

委員長 川上 重男

副委員長 宇都宮里佐

委員 石倉 定幸 大久保 章 蒲生 善英

小松 宣夫 洲崎 智之 相馬 功

平良 直樹 高橋 剛貴 中本 哲也

松本 武 松村 文彦 水谷 睦

吉岡 久

事務局 中東 孝浩 井上 恭代 北川恵美子

© 2026 Nissin Electric Co., Ltd., Printed in Japan

禁無断転載(非売品)

日新電機技報 <https://nissin.jp/technical/>

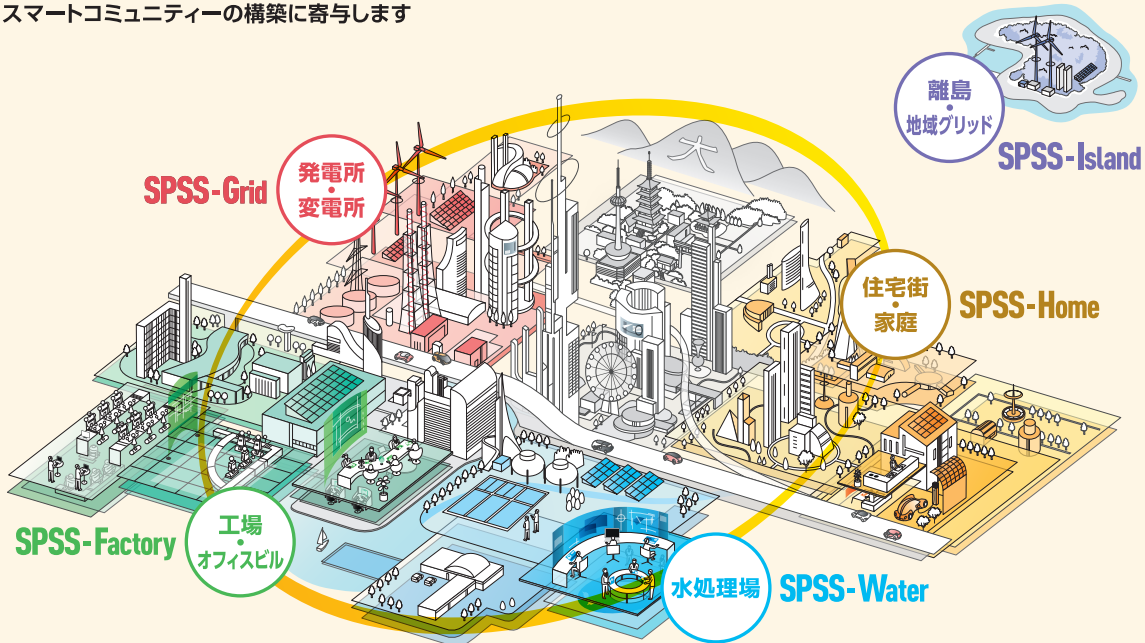
本誌掲載の商品名称は、それぞれ各社が高標として使用している場合があります。
本誌掲載の国名・地域名は、発刊時点での日本国内における通称・略称で記載している場合があります。

電力の安定的な確保、省エネ、省コスト、CO₂排出量削減を解決するトータルソリューション

日新電機はSPSS®で豊かなエネルギー社会に貢献します!

SPSS (Smart Power Supply Systems : スマート電力供給システム)

発電所から家庭・離島までの5つの市場にSPSSを提案し、
スマートコミュニティの構築に寄与します



人と技術の未来をひらく
日新電機株式会社

日新電機株式会社 国内営業支社・支店

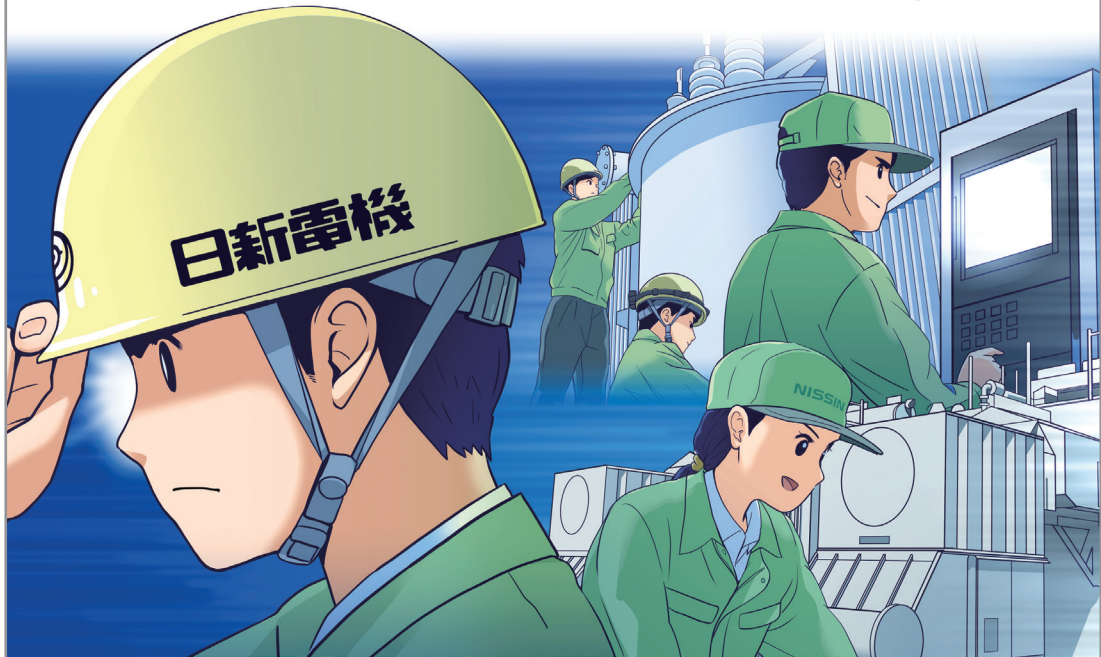
北海道支店	〒060-0042 北海道札幌市中央区大通西8丁目2番地(住友商事フカミヤ大通ビル5階)	TEL (011) 221-3589・FAX (011) 271-3844
東北支店	〒980-0021 宮城県仙台市青葉区中央2丁目9番27号(プライムスクエア広瀬通6階)	TEL (022) 221-6516・FAX (022) 225-5473
東京支社	〒101-0054 東京都千代田区神田錦町2丁目2番地1(KANDA SQUARE 19階)	TEL (03) 6739-9700・FAX (03) 6739-9090
中部支社	〒450-0002 愛知県名古屋市市中村区名駅四丁目8番18号(名古屋三井ビルディング北館15階)	TEL (052) 561-5511・FAX (052) 561-0369
関西支社	〒530-6129 大阪市北区中之島3丁目3番23号(中之島ダイビル29階)	TEL (06) 6444-7540・FAX (06) 6444-6081
中国支店	〒730-0037 広島市中区中町7番23号(住友生命広島平和大通り第2ビル3階)	TEL (082) 246-9701・FAX (082) 242-0051
四国支店	〒760-0017 香川県高松市番町1丁目6番1号(両備高松ビル14階)	TEL (087) 822-5561・FAX (087) 822-7719
九州支店	〒812-0011 福岡市博多区博多駅前3丁目30番23号(博多管絃ビル4階)	TEL (092) 451-6931・FAX (092) 472-2667
沖縄支店	〒900-0033 沖縄県那覇市久米1丁目4番25号(翔ビル4階)	TEL (098) 866-3268・FAX (098) 866-9318

国内関係会社

株式会社NHVコーポレーション	〒615-8686 京都市右京区梅津高畷町47番地	TEL (075) 864-8801・FAX (075) 882-1520
株式会社日新ビジネスプロモート	〒615-8686 京都市右京区梅津高畷町47番地	TEL (075) 864-8521・FAX (075) 864-8856
日新電機商事株式会社	〒101-0054 東京都千代田区神田錦町2丁目2番地1(KANDA SQUARE 19階)	TEL (03) 6739-9716・FAX (03) 6739-9720
株式会社日新システムズ	〒600-8482 京都市下京区堀川通綾小路下ル綾堀川町293-1(堀川通四条ビル)	TEL (075) 344-7880・FAX (075) 344-7901
日新イオン機器株式会社	〒601-8438 京都市南区西九条東比永城町75 GRAND KYOTO 4F	TEL (075) 632-9700・FAX (075) 632-9701
日本アイ・ティ・エフ株式会社	〒601-8205 京都市南区久世殿城町575番地	TEL (075) 931-6040・FAX (075) 931-6166
日新パルス電子株式会社	〒278-0022 千葉県野田市山崎2744番3	TEL (04) 7123-0611・FAX (04) 7123-0620
日新ハートフルフレンド株式会社	〒615-8686 京都市右京区梅津高畷町47番地	
株式会社オーランド	〒615-8686 京都市右京区梅津高畷町47番地	TEL (075) 882-5991・FAX (075) 882-6001



きょうの、あたりしさを、越えてゆく。



**NISSIN
ELECTRIC**

**SUSTAINABLE
DEVELOPMENT
GOALS**

日新電機グループは持続可能な開発目標 (SDGs) を支援しています



人と技術の未来をひらく
日新電機

京都市右京区梅津高畝町47番地

人と技術の未来をひらく
日新電機株式会社

〒615-8686 京都市右京区梅津高畝町47番地
TEL(075)861-3151 (代表) FAX(075)864-8312 <https://nissin.jp/>

