

2012年の技術と成果

Technical Progress and Results in 2012

[1] 研究・開発

東日本大震災の発生以降、原子力発電所の運転停止に伴う慢性的な電力不足が継続し、電力、エネルギー分野を取り巻く環境は大きく変化している。電力の安定供給を維持していく為、高経年化した電力機器の保守・診断技術の確立や、電力機器の耐震性向上等、より高い信頼性が求められるようになった。一方で、再生可能エネルギーの固定価格買取制度が施行され、太陽光発電を始めとする再生可能エネルギーの導入が拡大し、社会全体で効率的にエネルギーを活用する為のスマートコミュニティにも注目が集まっている。

当社は、電力系統や需要家における電力安定供給を維持、改善するための設備やシステムで強みを発揮してきた。スマートコミュニティは、電力、エネルギーに止まらず、通信、交通、水環境等の社会インフラ全体で新たな技術やソリューションを訴求するものであり、当社ではスマートコミュニティの実現に貢献する為、電力機器の信頼性向上や電力貯蔵、及び水処理関連技術の研究開発を進めている。

また、当社は社会基盤を支える半導体デバイス、機能材料の製造プロセスの開発等、ビーム・真空応用分野にも注力しており、以下に電力機器、エネルギー・環境、ビーム・真空応用の各ドメインにおける2012年の研究成果を紹介する。

1. 1 大型ニッケル水素電池を用いた多機能電力貯蔵装置／電力需給制御システムの開発

関西電力株式会社殿、川崎重工業株式会社殿と当社はニッケル水素電池を用いた多機能電力貯蔵装置と電力需給制御システムを共同で開発し、高速かつ高出力の電池充放電特性を生かした制御・運用方式の研究・開発と機能検証を行っている。

多機能電力貯蔵装置は、電力ピークシフト機能、瞬低・停電補償機能を持ち、中小規模のビル、工場需要家側における設備投資や契約電力の抑制、電力品質の向上を目的としている。今年度は、夏期の節電要請に対応し

た本社構内の電力ピークカット運用のほか、太陽光発電システム、工場負荷と本装置を組み合わせた構内検証試験では仮想的なデマンド制御を組み合わせた試験を実施した。電力変換装置（当社製）の定格出力は±50kW、電池容量は102kWhである。

また、太陽光発電などの再生可能エネルギーが大量普及した場合、天候変化による出力変動が周波数、電圧等の電力品質に影響を及ぼす可能性があることに鑑み、この課題に対応するため、関西電力株式会社殿の堺太陽光

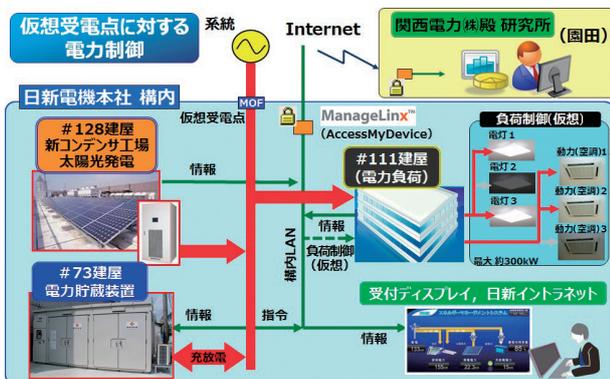


図1 多機能電力貯蔵装置 構内検証 (日新電機本社)

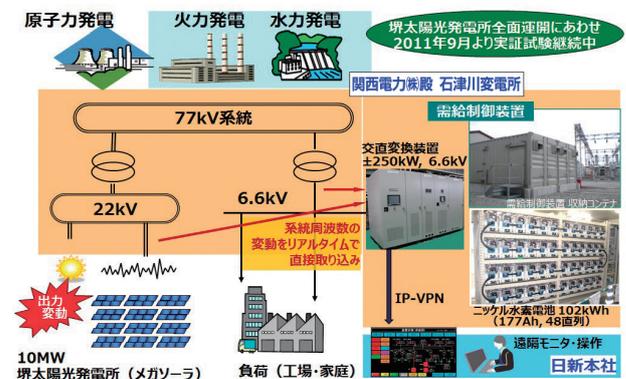


図2 電力需給制御システム 実証試験設備の構成概要

発電所が連系する石津川変電所構内において蓄電池を用いた電力需給制御システムの実証試験を行っている。交直変換装置（当社製）の定格出力は±250kW、電池容量

は多機能電力貯蔵装置と同じく102kWhである。

研究期間は電力貯蔵装置が2013年度上期まで、需給制御システムは2013年度末までの予定である。

1. 2 次世代型パワーコンディショナの開発

再生可能エネルギーの固定価格買取制度施行（2012年7月～）に伴い、特に太陽光発電の導入量が加速的に増加している。太陽光発電が電力系統に大量導入された場合に発生する問題を解決する図3に示す機能を備えた次世代型パワーコンディショナ（スマートパワコン）の開発に取り組んでいる。

太陽光発電の導入量が増加すると、電力需要の少ない

時期（軽負荷期）に、ベース供給力（原子力・水力・火力最低出力）と太陽光発電の合計発電量が電力需要を上回り、余剰電力が発生する。

経済産業省補助事業「次世代型双方向通信出力制御実証事業」（図4に実証試験構成を示す）において、余剰電力を抑制する双方向通信出力制御機能を備えたパワーコンディショナの開発を行った。

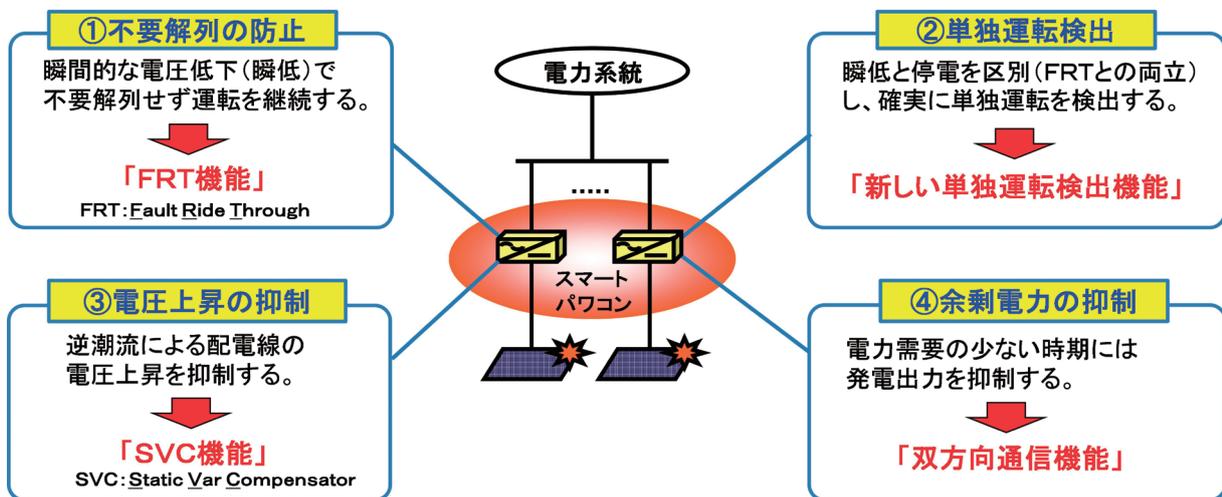


図3 次世代型パワーコンディショナの機能

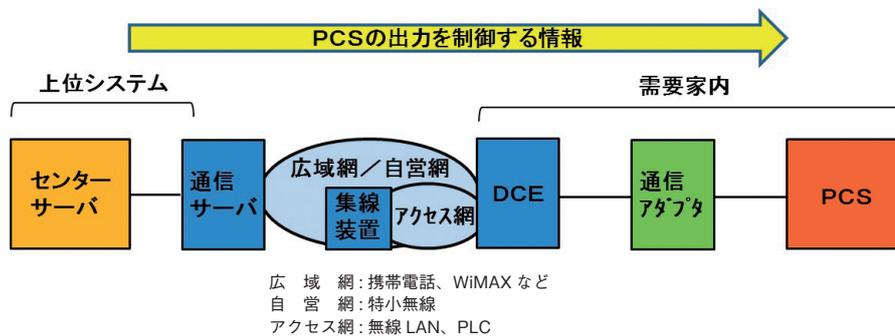


図4 双方向通信出力制御機能の実証試験構成

1. 3 FDTD (Finite Difference Time Domain) 解析法による部分放電評価手法の開発

高経年化した電力設備の維持管理や電力安定供給をはかる上では、保守の円滑な運用と信頼性の確保が重要となる。当社はこれまでにGIS管路内部で発生する部分放電を独自技術のUHF電磁波法により高感度・高信頼で捉える装置開発を行ってきた。これにより保守管理に要する時間や労力の大幅な削減に貢献してきたが、更なる保守の高度化ニーズに対応するためFDTD法を取り入れた部分放電の評価手法の開発に取り組んでいる。

図5に84kV GISを想定したFDTD解析モデル（T字分岐考慮）を示す。GISモデルの解析空間は一辺1cmの

立方体セルで分割し、観測点（G、H）における内装スロットアンテナによる部分放電信号の実測値と模擬電流波形によるFDTD解析結果に離散フーリエ変換を適用して求めた周波数応答について比較を行った。実測値と解析結果における主要な周波数成分は比較的良く一致した。

今後は、外部センサによる実機データと解析モデルとの比較評価やそのデータ蓄積を進め、部分放電の定量的評価や様相・位置標定など、保守の高度化ニーズに対応する評価手法を開発していく予定である。

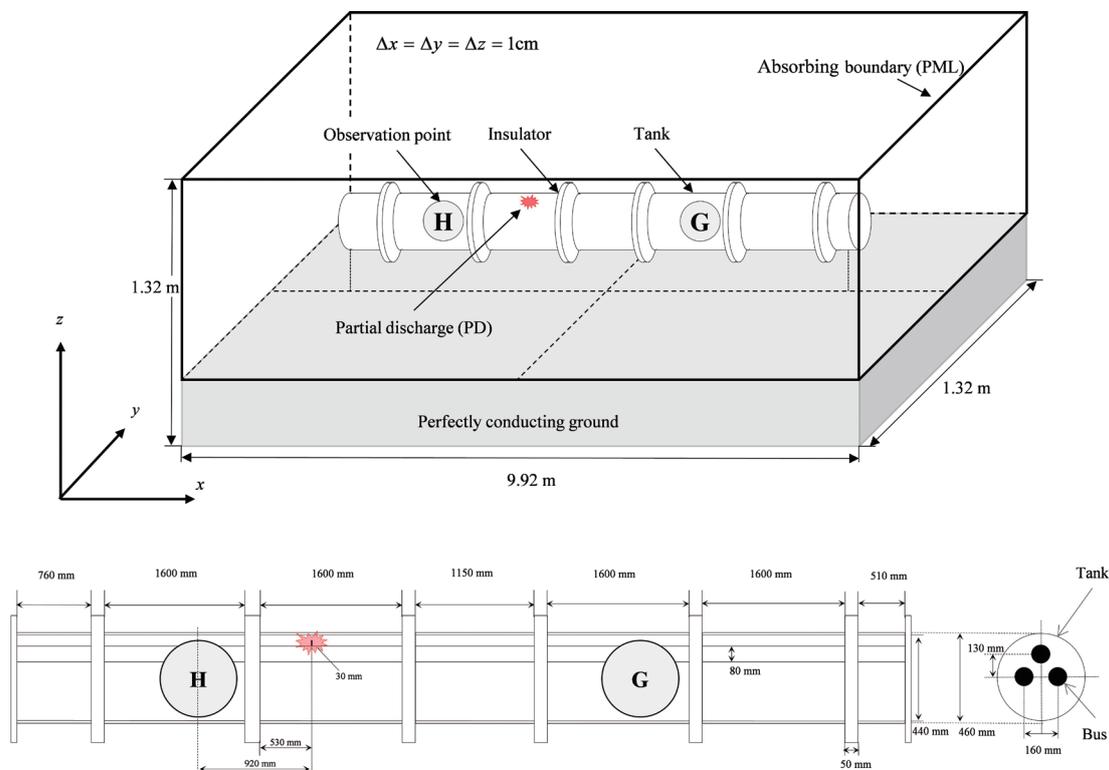


図5 84kV試験用GIS解析モデルと寸法

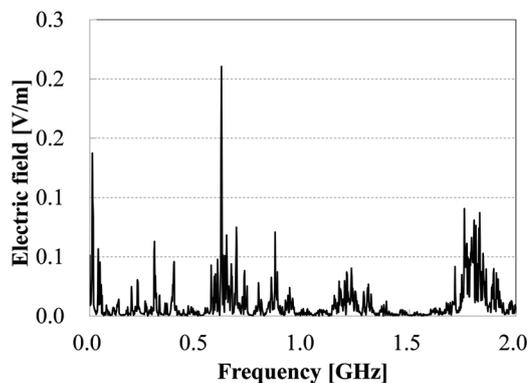


図6 観測点GにおけるFDTD計算結果例

1. 4 CAE技術の適用による最適設計

近年のコンピュータの性能向上に伴い、CAE (ComputerAided Engineering) 技術も急速に発展し、構造解析・電磁界解析・熱流体解析をはじめとする各種シミュレーションが通常のパソコンでも十分行えるようになってきている。当社でも、製品開発の初期段階から試作・検証回数の削減や測定困難な現象の解明を目的にCAEを適用して、試作コストの削減、製品のコンパクト化、品質・信頼性の向上を図っている。

ここでは、東日本大震災の経験から電力系統の更なる高信頼性確保が要求される中、重要性が増している耐震

設計に関連して、コンデンサ形計器用変圧器 (CVT) の耐震解析事例を紹介する。CVTのコンデンサ収納部は、高電圧の場合には複数の磁器製碍管を金具により多段接続する構成としているが、耐震設計上は固有振動数や各部発生応力の把握は必要不可欠である。CVTの解析モデルを図7に、固有振動解析にて得られた固有モードの一例を図8に示す。

今後も引き続き、CAE技術をフル活用することで機器の最適設計を図っていく。

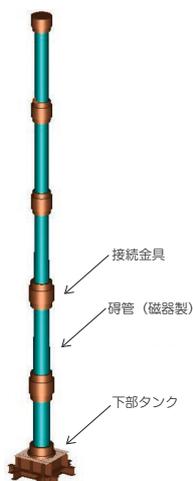


図7 解析モデル (イメージ)



図8 固有モード形状 (1次)

1. 5 次世代PVD成膜技術開発

工具や金型、機械部品の耐摩耗性向上・焼付き低減、摩擦抵抗低減の為、DLC (Diamond-Like Carbon) コーティングが普及しつつある。DLCコーティング手法の一つとして知られているアークPVD (Physical Vapor Deposition) 法によるDLC膜は、膜中に水素を含まない為、耐熱性が高いこと、高硬度であることが特長として挙げられる。一方、課題としては炭素蒸発源

から放出されるパーティクルの一部がDLC膜に取り込まれる為、膜の表面平滑性がやや低いことが挙げられる。図9にアークPVD法での通常放電時におけるパーティクル (放射状の航跡がパーティクルに対応) の放出状況、図10には通常放電で成膜されたDLC膜表面の光学顕微鏡像を示す。

当社では、スパークレス放電という特殊な放電モー



図9 通常放電時におけるパーティクル放出状況

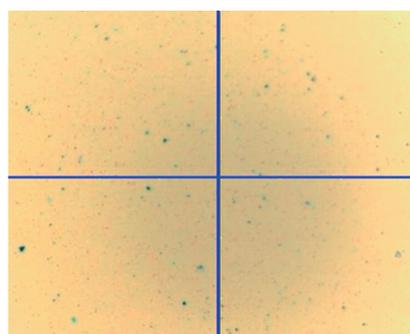


図10 通常放電で成膜されたDLC膜表面



図11 スパークレス放電状況

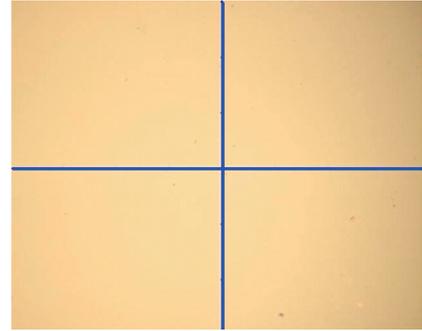


図12 スパークレス放電で成膜されたDLC膜表面

ドを活用し、アークPVD法の特長をそのままに、課題であるパーティクルを大きく減少させ得る次世代PVD法の成膜技術開発を日本アイ・ティ・エフ株式会社と共同で進めている。図11は、スパークレス放電状況を示したものであり、図9に見られる様な放射状のパーティクルの

航跡が見られないことが確認できる。また、図12は、スパークレス放電で成膜されたDLC膜表面の光学顕微鏡像を示したものであり、図10で観察されたパーティクルが極めて少なくなっていることが判る。今後さらに開発を推進し、実用化を目指す予定である。

1. 6 窒化膜プロセスと酸化物半導体への適用

In-Ga-Zn-O4 (IGZO) に代表される酸化物半導体は電子移動度が高い、オフ電流が低い、透明であるなどの特徴から、これまでのアモルファスシリコンやポリシリコンに代わり、次世代フラットパネルディスプレイへの適用が期待されている。しかし酸化物半導体中の酸素が欠損すると、容易に半導体特性が損なわれてしまう欠点を有する。IGZO膜を用いて薄膜トランジスタ (TFT) を作製する場合、IGZO膜に接する絶縁膜に水素が含まれるとIGZO膜中の酸素が引き抜かれ、TFT特性を劣化させる要因となる。従来技術ではSiH₄ガスを用いた酸化膜 (SiO_x) や窒化膜 (SiN_x) をプラズマCVD法によって作製していたが、SiH₄ガスを用いるため膜中の水素混入は避けられない。膜中水素の少ない絶縁膜・保護膜が必要となっている。

当社は高密度プラズマ源によるプラズマCVD装置を開発して、SiF₄とN₂ガスの組み合わせにより本来的に水素を含まない絶縁膜を作製した。膜中水素濃度は1%以下 (従来は10%以上)、絶縁性能を示す耐圧は6MV/cm以上と良好である事が確認された。これは高密度プラズマ源により窒素ガスが高効率で分解され、良質な窒化膜が形成されていることを示している。この新規絶縁膜を用いて作製したIGZO-TFTにバイアスストレス試験を実施したところ (図13)、電圧電流特性のシフト量 (ΔV_{th}) が、従来技術による絶縁膜に比べて大きく改善することが確認できた (図14)。IGZO膜を用いたTFT特性の安定性が大きく向上し、信頼性の高いディスプレイ生産に寄与できることが期待される。

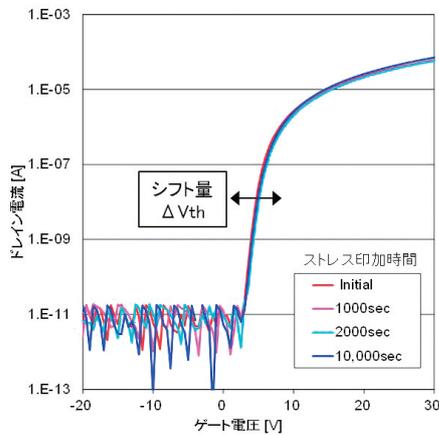


図13 バイアス印加ストレス試験結果

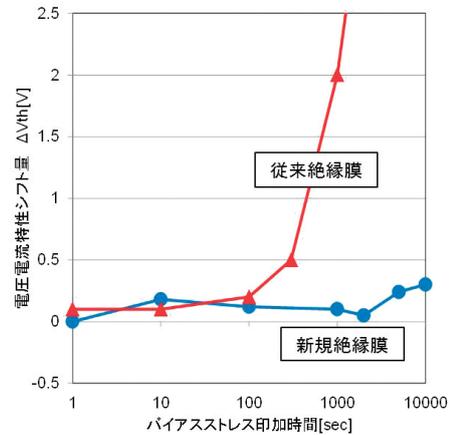


図14 ΔV_{th} の従来絶縁膜との比較

1. 7 マンガン酸化菌によるマンガン除去技術の開発

地下水には、鉄・マンガンを含有している場合が多く、これらの浄化は、これまで、塩素系薬剤を用いた酸化処理で行ってきた。しかし、塩素系処理は薬剤を用いるため、運転コストが高くなるという欠点がある。

一方、これまでに、微生物のマンガン酸化を利用した生物処理法も、一部で実用化されている。生物処理法は、自然処理で環境に優しく、低コスト・安全と言う特

長を有するが、マンガン酸化菌のマンガン除去活性の発現は自然任せのため処理の安定性に問題があり、普及していないのが実情である。

今回、マンガン酸化菌の単離・固定化する事で安定した処理が行えると考え、幾つかの菌を単離し、マンガン酸化能・酸化物を確認した。

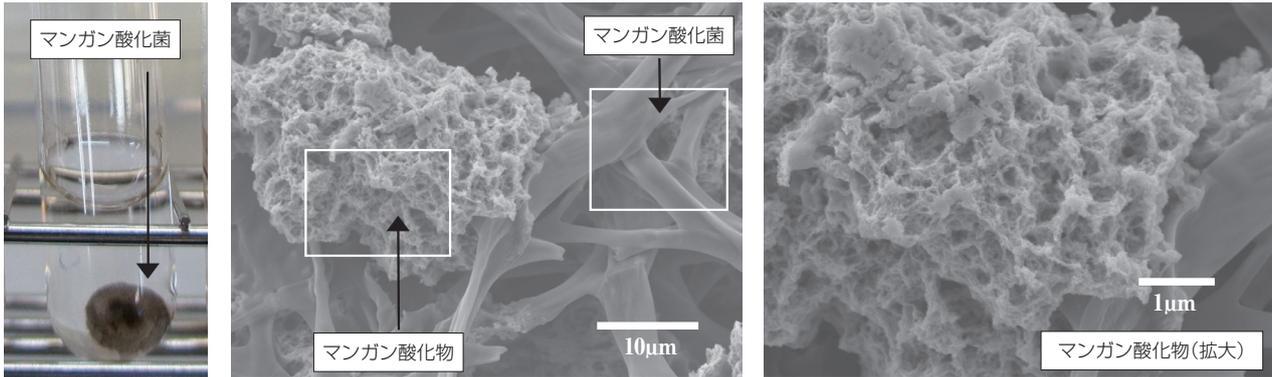


図15 マンガン酸化菌と、そのSEM写真



図16 マンガン酸化菌固定化カラム

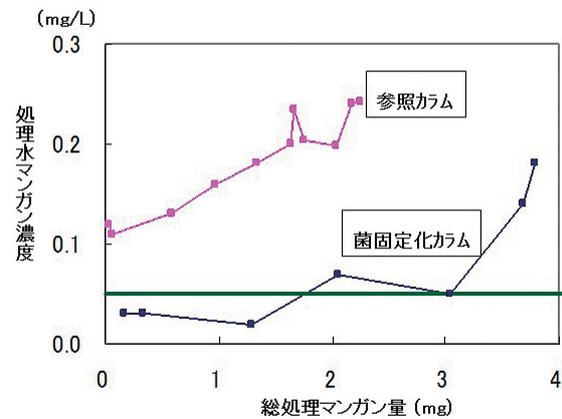


図17 菌固定化カラムによる、マンガン除去試験

1. 8 絶縁材料の基盤技術開発

電力機器に使用される絶縁材料はガス・液体・固体と広範囲に亘り、その研究開発は一般的には縮小化されてきているものの、機器のコンパクト化や高性能化、耐環境性など、そのニーズに対する材料選定の重要性は益々高くなってきている。当社においても、これらニーズに

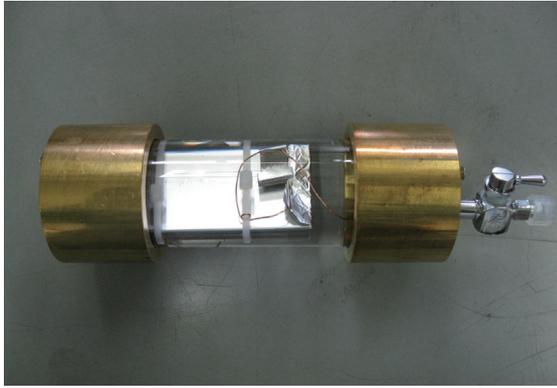


図18 油浸材料評価モデル例

応えるべく、絶縁材料の基盤技術開発を継続しており、環境低負荷材料、新しいモールド絶縁材料の研究開発や絶縁劣化現象の観察と究明など幅広く検討を行っている。



図19 固体材料評価モデル例

1. 9 物性評価・解析技術の充実

2012年には走査型電子顕微鏡 (FE-SEM) を更新し、年末にはX線回折装置 (XRD) を更新、運用を開始した。独立組織として全社の物性評価を担う技術センターとして活動する事をミッションとし、特に、事業部門で抱える課題や、お客様からのお問合せに対する迅速かつ分かり易い報告に貢献する為、評価設備の分解能の向上、評価スキル強化、直感的にご理解頂けるようマッピング評価等の機能充実を図った。図20は今般導入した



図20 走査型電子顕微鏡 (FE-SEM)

FE-SEMとそのマッピング評価の事例 (図21) である。今後、X線光電子分光分析装置 (XPS) や有機系材料・誘電体材料の評価設備の更新を実施し、事業部門の対応力強化や迅速化に貢献する。また、先般発足した材料検証プロジェクトの案件にも分析/評価面で積極的に取り組み、当社の強み技術に関する知見を蓄積すると共に「グローバル品質」を実現するための分析手法の確立に貢献する。

微小部元素マッピング

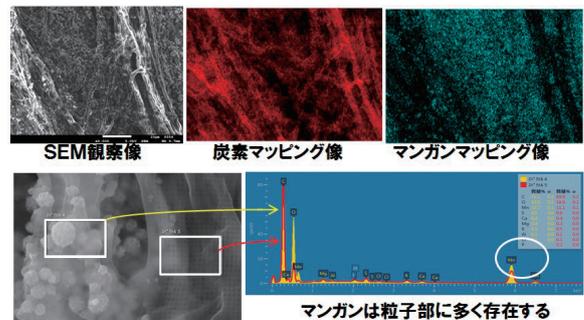


図21 社内FE-SEMを用いた分析例