

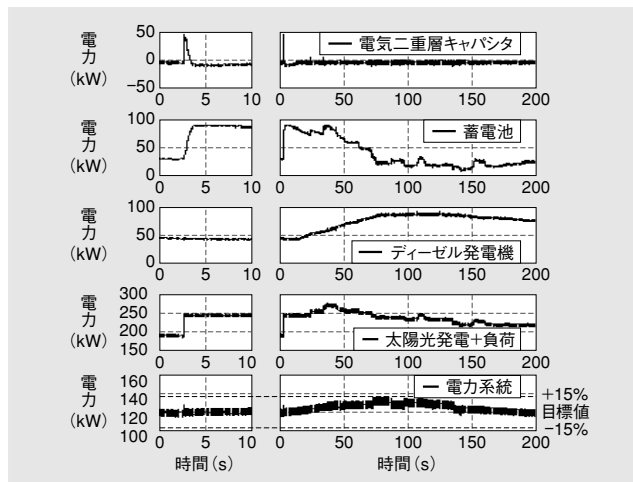
1. エネルギー・制御

1.1 系統安定化装置の複数台協調制御の検証

太陽光発電 (PV) などの新エネルギーを導入した分散電源から構成された小規模の電力系統 (マイクログリッド) では電力供給の安定化が課題である。そこで、電気二重層キャパシタ (EDLC) 式と蓄電池式の系統安定化装置、更にはディーゼル発電機 (DG) の負荷追従機能を用いて、電力系統の変動抑制効果、電力目標値への追従効果を検証した。

EDLC式装置と蓄電池式装置は電力補償時間が異なるが、補償対象が同一であるため、補償電力が干渉しないように協調制御を適用した。更に、DGと組み合わせて高速且つ長時間の電力補償が可能なシステムを実現した。

第1図に示すようにPVと負荷に電力変動が生じても、複数台の系統安定化装置によって電力系統の変動を抑制し、電力目標値の±15%以内に追従できることを確認した。

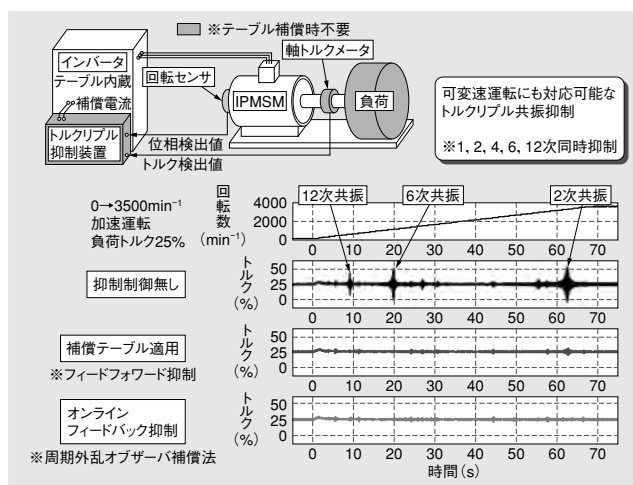


第1図 現地試験結果

1.2 モータのトルクリプル抑制制御技術

モータは原理的にトルクリプルと呼ばれる脈動を発生し、機器の振動・騒音・機械共振などの問題を引き起こす。その対策として、脈動を打ち消す補償電流を与えてトルクリプルを抑制する制御技術を開発した。本手法は、脈動の周期性に着目して周波数成分ごとに脈動補償電流を学習する抑制制御系を構築している。特長は以下の通りである。

- (1) 軸トルクフィードバックによる高精度な抑制性能
- (2) 多慣性共振系システムにも容易に適用可能
- (3) 複数の脈動周波数成分を同時に抑制可能
- (4) 可変速運転にも適応する学習制御パラメータの自動調整機能 (システム同定技術を利用)
- (5) 補償電流テーブルによるフィードフォワード抑制と、オンラインフィードバック抑制の双方に対応可能

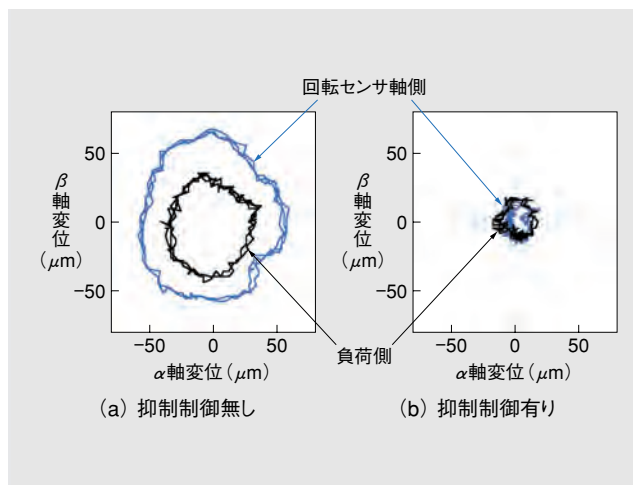


第2図 システム構成と実験結果例

1.3 ベアリングレスモータの軸振動抑制制御

ベアリングレスモータは、磁気軸受とモータを一体化した構成により磁気浮上を実現しており、通常の磁気軸受と比較して、小形で且つ浮上時の固定子と回転子間の逃げきを広くすることができる。しかし、磁気軸受と同様、回転子に重量のアンバランスがあると遠心力による軸振動が増大する問題がある。対策として、軸の重心が回転中心と一致するような回転制御を適用しなければならない。

今回試作した5.5kWのベアリングレスモータに、回転検出角に応じて軸位置指令を補正する軸振動抑制方法を適用し、振動低減に有効であることを検証した。第3図に示すように重心アンバランスによる軸の触れ回り振動を最大60μmから20μm以下に低減でき、8000min⁻¹までの全速度域における安定な運転特性を実現した。



第3図 軸振動リサージュ軌跡による振動抑制効果

1. エネルギー・制御

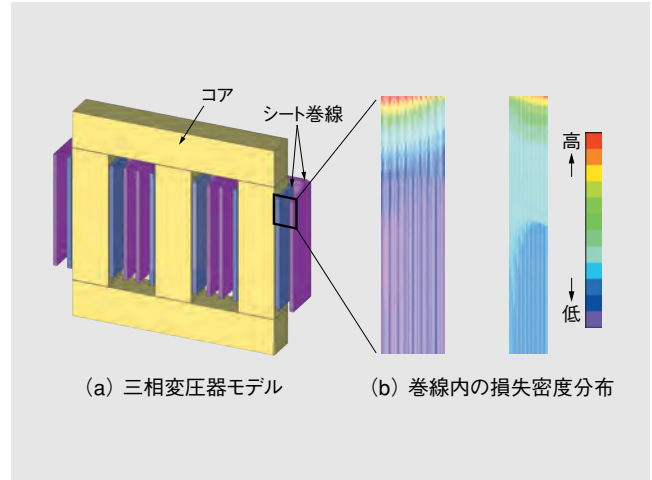
2. 機能性材料・新デバイス

1.4 電力変換装置用変圧器の損失解析

地球環境問題に対応したCO₂排出量削減に向け、太陽光PCS (Power Conditioning Subsystem) や高圧インバータなどの電力変換装置の高効率化が求められている。そのためには、機器に用いられる変圧器やリアクトルの発生損失を十分に把握する必要がある。従来、電力変換装置用の変圧器は、経験や実績に基づいた設計手法が主であり、高度な数値解析は用いられていなかった。

今回、有限要素法による磁界解析を用いて、変圧器巻線の素線を1本1本詳細にモデル化し、巻線形状や配置の検討を行った。そして、インバータから発生する高調波電流に起因した素線内の渦電流損失を明確にした。

今後、種々の電力変換装置用変圧器に本解析技術を適用することで、機器の効率改善や信頼性の向上が期待できる。



第4図 三相変圧器巻線の損失解析

1.5 高精度版電熱最適運転計画システムの開発

一昨年に電力設備、及び蒸気・温水・冷水などの熱源設備に対応した電熱最適運転計画システムを開発したが、これを実際の設備案件に適用し、得られた知見を反映した高精度版を開発した。高精度版は以下の主な機能の追加により、よりの確な一日分の運転計画を作成することができる。

- (1) 冷却水温度別に異なる出力特性を持つ冷凍機への対応
- (2) NaS電池の様々な運転形態への対応
- (3) 電源・熱源設備の入力エネルギーの複数定義化対応
- (4) 設備補機類の消費電力への対応
- (5) 計算手法のチューンアップによる計算精度の向上

また、電熱最適運転計画システムをベースに季節ごとの電力・熱の予測負荷量を定義することで、年間の設備運転コストを推測するシステムも同時に開発した。



第5図 エネルギー系統フロー図と電力需給グラフ

2.1 リチウムイオンキャパシタ高電圧モジュールの開発

当社では、瞬時電圧低下や停電補償用途向けとして、大容量のリチウムイオンキャパシタを採用し、独自の保護回路を組み込んだ高電圧モジュールを開発した。定格電圧150V、使用下限電圧90V、静電容量54Fである。本モジュールの適用により、補償時間10秒以上の瞬低補償装置の設置面積低減が期待できる。

リチウムイオンキャパシタモジュールの主な特長は、以下の通りである。

- (1) 高エネルギー密度を実現
- (2) 高出力で急速充放電が可能
- (3) 自己放電特性・耐久性に優れる
- (4) 構成材料に重金属を含まず環境にやさしい



第6図 リチウムイオンキャパシタ高電圧モジュールの外観

2. 機能性材料・新デバイス

2.2 UL認証を取得したMEICAP マイキャップ

当社の電気二重層キャパシタMEICAPの海外販売のために、国際標準規格（UL規格）を取得した。

MEICAPは、外装にアルミラミネートフィルムを採用した構造により、封止性能とスペース効率を両立させていた。UL規格の認証を取得するためには、端子と構造材間の電気絶縁強度を確保し、且つ外部から加わる衝撃などへの耐性強化が必要であった。そこで、MEICAP用構造材と保護ケースを開発し、採用することで、電気絶縁強度基準（AC2280V-1分）をクリアし、封止材であるアルミラミネートフィルムの保護も可能となった。

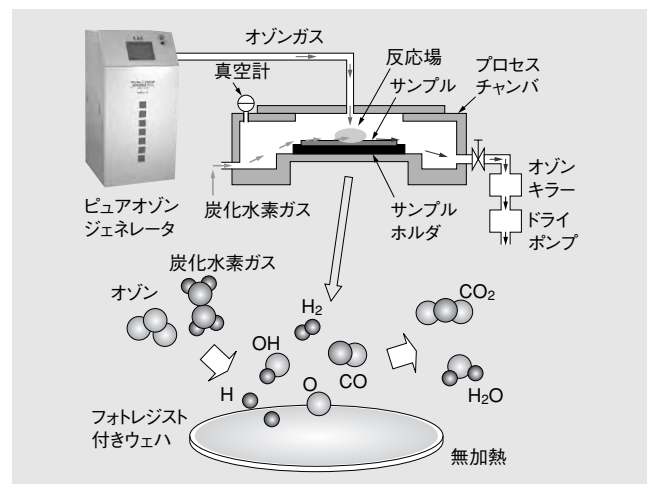
これにより、今回開発したMEICAP（形式：600L1-70C-UL）は、日本で生産するキャパシタとして初のUL規格（UL810A）の認証を取得した。

第1表 UL規格キャパシタ（600形70セル）の仕様

形式	600L1-70C-UL	
定格電圧(連続)	160V	
最大電圧(ピーク)	175V	
静電容量	3.7F	
内部抵抗	0.45Ω (25℃)	
直流抵抗	0.23Ω (25℃)	
連続電流	10A (環境温度条件による)	
質量	8.8kg	
体積	5.4dm ³	
突起部除く	W	272mm
	L	387mm
	D	51mm
動作温度	-25~60℃	
最大直列(接続数)	4直列(600V)	

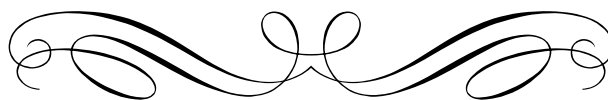
2.3 高純度オゾンを用いたアッシング技術・表面処理技術

半導体を始めとする電子デバイスでは微細化に伴って、その物性の限界から様々な新材料が検討されている。これらは従来シリコンデバイスで行われていた数百℃以上の高温処理が適用できず、100℃以下の低温を求めるものさえある。微細構造形成時に用いられる感光性樹脂は従来高温の酸素プラズマで除去していたが、当社のピュアオゾンジェネレータを用いたオゾンにより、室温での除去を可能とした。本技術はオゾンと反応し易い炭化水素ガスを試料上部でオゾンガスと混合することでオゾン分子を分解する。この際、生成する高活性な中間生成物により、除去対象との反応を加速するため、加熱無しでアッシング処理が可能である。これにより、従来除去できなかった製造プロセス中に変質した膜の室温除去を実現した。



第7図 新技術による反応の概要

2.4 次世代CIGS太陽電池の開発



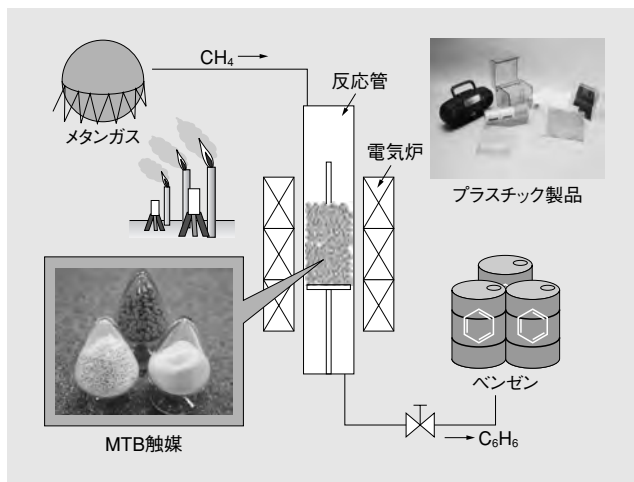
2. 機能性材料・新デバイス

3. 情報・通信・ソフトウェア

2.5 MTB触媒の開発

MTB (Methane To Benzene) プロセスは、温暖化ガスの一つであるメタンをプラスチックの原料であるベンゼンに直接変換するクリーン・プロセスとして注目されている。

当社では開発実績のあるゼオライト系環境浄化触媒の技術と豊富な材料分析技術をベースに、プロセス中で特に重要な役割を果たすMTB触媒の開発を行っている。MTB反応では副生成物である炭素が触媒表面に堆積するため、触媒活性と寿命を両立することが難しい。当社開発のMTB触媒は、適切な金属を添加することにより最大12%のベンゼン生成率を実現した。また、本触媒に水素ガスを用いた触媒再生プロセスを適用した場合、炭素析出を効果的に抑制することができ、10%以上のベンゼン収率を維持したまま1000時間に及ぶ連続運転が可能であることを確認した。

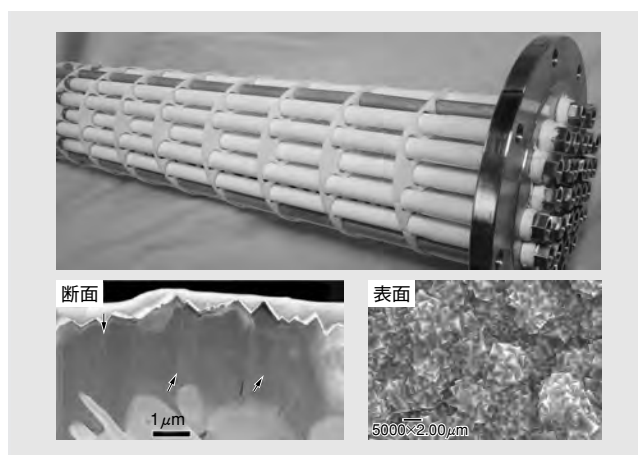


第9図 MTBプロセスの概略図

2.6 A型ゼオライト脱水分離膜の開発

A型ゼオライトは結晶構造中にナノレベルの分子細孔を有し、特異な分子篩機能と吸着作用（水選択透過性）がある。この特性を利用し薄膜化することで、蒸留技術の代替として電力消費量とCO₂の削減に貢献できると期待されている。

当社は、独自にA型ゼオライトを用いた膜の研究開発を行っている。その一例として、半導体関連で使用された洗浄廃液（含水溶剤：イソプロパノールなど）のリサイクルがある。従来は廃棄されていた洗浄廃液を回収し、ゼオライト膜を用いた脱水とコンタミ除去によって濃縮と純度の向上（濃縮性能：99.97wt%）を実現した。これにより、環境負荷とコストの低減に貢献できることが確認された。今後もお客様の要望に応える膜性能の向上に努めていく。



第10図 膜モジュール中身 (上) と電子顕微鏡による結晶観察 (下)

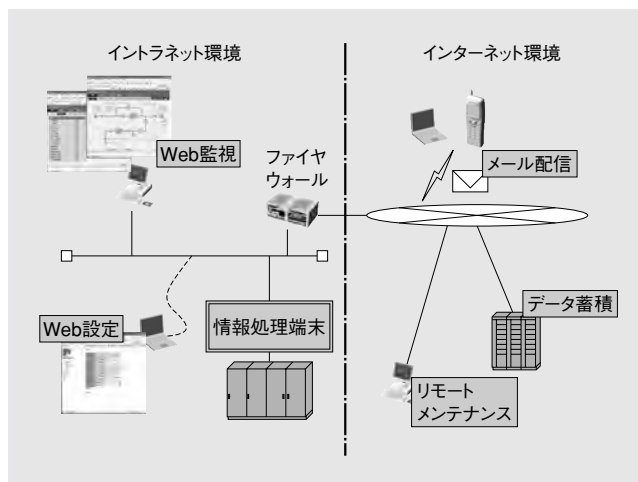
3.1 高度小形分散処理装置の基盤開発

組み込み機器で動作するソフトウェア・フレームワークにネットワーク機能を拡充し、且つフレームワークの利用環境も整備した。

ネットワーク機能拡充では、従来のフィールドバスやイントラネット環境に加え、インターネット環境で動作するためのソフトウェア部品開発を行った。

システム環境整備では組み込み機器の実行環境設定（OS設定）を行うためのWebツールやアプリケーション機能確認用のシミュレータの開発を行った。

開発成果は、パワートロニクス製品用情報処理端末装置やEMS（エネルギー管理システム）の計測用端末などに適用していく。



第11図 システム応用例

3. 情報・通信・ソフトウェア

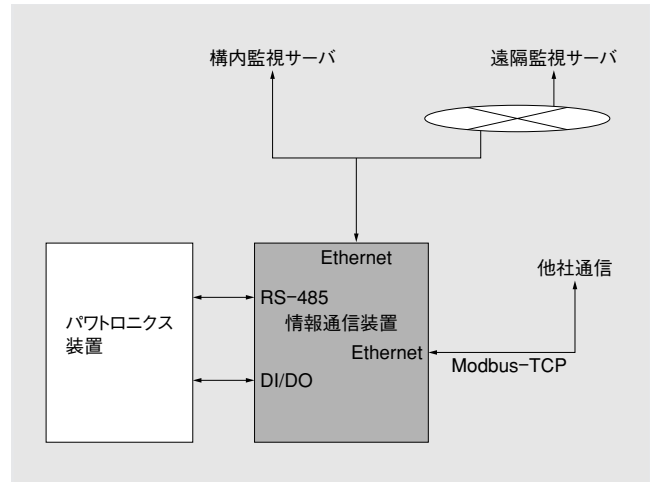
3.2 パワトロニクス製品用情報通信装置の開発

パワトロニクス製品の遠隔監視制御を実現するための情報通信装置を開発した。

本装置とパワトロニクス装置とはModbus通信で接続されており、現在状態の表示、運転・故障・操作履歴の記録、最短1秒でのデータロギング、帳票データ収集などの機能をWebブラウザから参照・設定することができる。更に、インターネットを経由した情報配信機能により、より広域なシステム構成にも柔軟に対応できる。

一方、ハードウェア面では、パワトロニクス装置から発生するノイズに対する耐性を保有し、加えて環境配慮型製品として環境規制への対応も実施している。

今後は機能の拡充を進め、パワトロニクス製品の更なる利便性向上を図っていく。



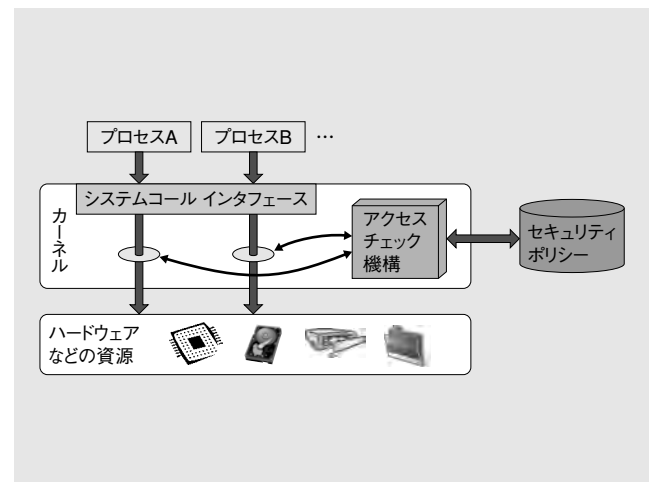
第12図 情報通信装置を使ったシステム構成例

3.3 情報セキュリティ設計技術の開発

監視制御システムで使用する遠隔監視装置などの組み込み機器製品のセキュリティを高めるため、セキュアOSを導入し、その評価を行った。

セキュアOSは、例えばどのプログラムがどのファイルにアクセスできるか、といったルールを定義した「ポリシー」に従いプログラムの振る舞いを制限するため、ウィルスの実行や不正な操作を防ぐことができる。

実際に組み込み機器製品に、このセキュアOSを導入し、動作・パフォーマンスに問題ないこと、及び侵入試験において、ぜい弱性を突いた攻撃に対する有効性も確認できた。開発プロセスにおいてポリシー作成工程の追加が必要となるが、ポリシーを自動学習可能なセキュアOSの利用により、開発負荷増加を抑えることを確認した。



第13図 アクセス制御機構

3.4 環境変化に頑健な画像照合技術

画像照合技術とは画像情報を利用して対象物体の検出や照合を行う技術である。この手法では、基準画像中の注目部分の部分画像をテンプレートとして登録し、テンプレートに含まれる画像情報を基に入力画像の画像情報との照合を行う。従来の画像照合技術は屋内の生産ラインで広く利用され、照明が整備された環境下では十分な性能を有している。しかしながら、環境変化の大きい屋外のような条件下では、照合に用いる画像情報として画素の輝度値を用いているために技術利用が難しく、特にスポット光のような照度の偏った照明変化に弱かった。そこで、隣り合う画素の局所的な輝度変化情報を抽出し、これを照合に利用することで、照明変化の影響を受け難く、環境変化に頑健な画像照合技術を開発した。



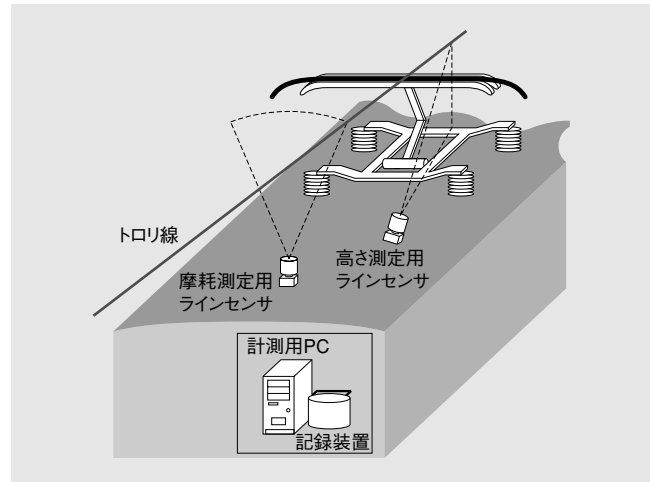
第14図 対象物体の検出例

3. 情報・通信・ソフトウェア

4. 共通基盤技術

3.5 架線検測（昼間計測技術の確立）

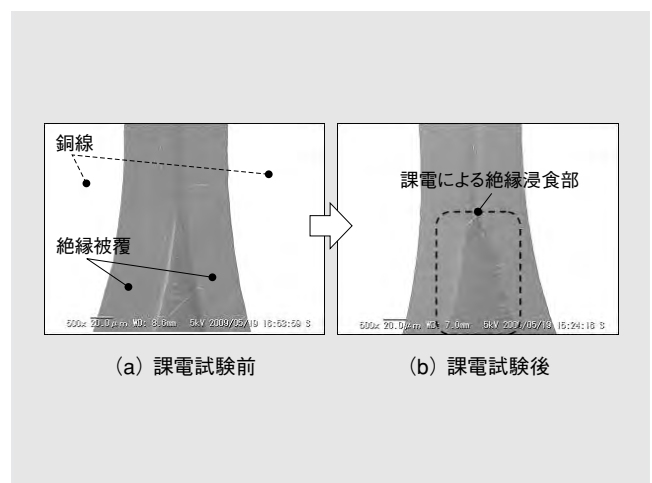
従来、^{カタナリーアイ}CATENARY EYEは夜間検測専用の製品であった。昼間の計測はパンタグラフやトロリ線以外に多くの構造物が撮影され、検測の妨げとなるために夜間検測に限定していた。そこで、本開発で「輝度の変化に頑健な高さ測定」と「摩耗検測アルゴリズムの改良」を確立した。前者は、パンタグラフの高さ測定を高分解能で撮影が可能なラインセンサカメラに変更し、更にパンタグラフに設置した特殊な形状のマーカを画像処理で抽出することで、昼間の輝度変化にも頑健で、より高精度の高さ測定が可能となった。また、後者は昼間対応の新しい摩耗検測アルゴリズムを導入することで、昼間でも安定した摩耗量測定が可能となった。実際に昼間のフィールド試験を実施し、昼間検測、夜間検測共に良好な結果が得られることを確認した。



第15図 トロリ線計測装置模式図

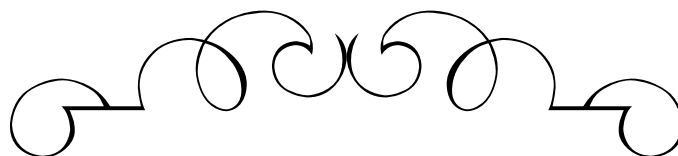
4.1 次世代モータ適用に向けた要素技術の基礎研究

電気自動車や産業用モータに使用されているインバータ駆動モータは、小形化、高出力化、高信頼性の要求が高まってきている。これらを実現するために、各電線メーカーから電線に対する新たな絶縁性能や信頼性要求に対応した耐サージ電線が販売されている。次世代モータを設計する上で、耐サージ電線の絶縁性能評価が重要であるため、種々の耐サージ電線の基礎性能評価として、V-t特性やパルス波形の部分放電開始電圧に及ぼす影響、ワニスとの相性などを評価した。特に耐サージ電線は部分放電下で従来電線の約100倍以上の寿命を有することを確認した。今後は、耐サージ電線の実機適用に向けて、温度や振動に対する耐性などを明確にして、次世代モータの材料選定・設計基礎となるデータベースの早期構築を目指す。



第16図 課電寿命特性前後の電線断面観察例（従来電線）

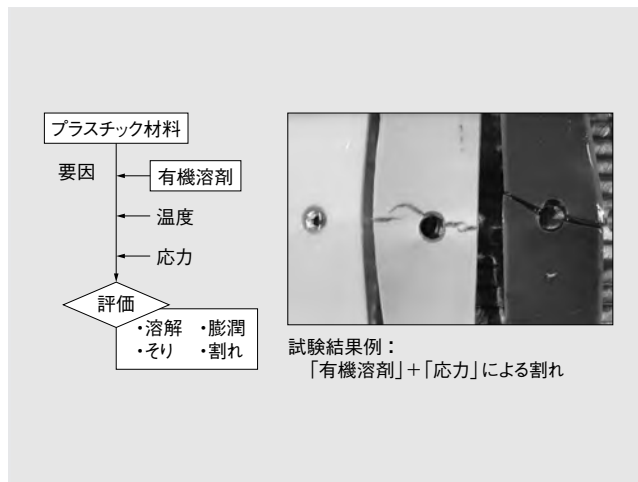
4.2 環境配慮型絶縁材料の開発



4. 共通基盤技術

4.3 プラスチック材料に関する分析技術

プラスチック材料は金属材料に比べて、軽量且つ安価であるという特長を持つ。当社では汎用インバータ、プログラマブルコントローラ、遠隔監視装置の筐体などに使用している。プラスチック材料の適用範囲拡大のためには、製品の使用条件に最適なプラスチック材料を選定する必要がある。現在、各種プラスチック材料の、適用温度範囲・耐腐食性・耐有機溶剤性・長期安定性のデータベースを構築している。一例として、第18図にプラスチック材料の耐有機溶剤性試験の様子を示す。今後、更にデータベースを拡充し、信頼性のあるプラスチック材料の適用拡大を目指すと共に、環境有害物質規制に対応し、将来的には完全なエコプラスチック材料を開発し、製品の高性能化に貢献する。



第18図 プラスチック材料の耐有機溶剤性試験

4.4 製品環境有害物質規制対応の整備

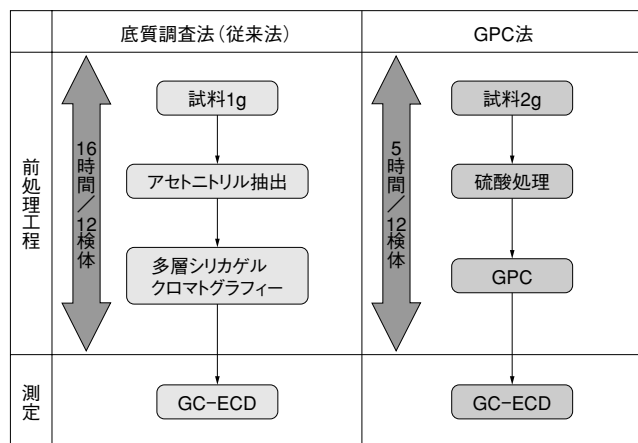
欧州連合の電気電子機器に含まれる特定有害物質（カドミウム・水銀・鉛・六価クロム・臭素系難燃剤）の使用制限に関するRoHS（Restriction of Hazardous Substances）指令が施行された。この製品環境規制（環境負荷化学物質の含有規制）をはじめ、同様な規制導入が世界的な動きとなっている。当社ではこの規制に対応するため、社内分析技術を確立し、更に国際認定制度ISO/IEC17025の審査を受け、樹脂・ゴム及び金属の特定有害物質（カドミウム・水銀・鉛・六価クロム）の測定を行う試験所として認定された。この認定取得により国際的に通用する試験所として認知され、試験データの国際間の信頼性が確保（One step testing）される。今後は、臭素系難燃剤の社内測定技術を確立し、RoHS指令の完全対応を目標として活動していく。



第19図 試験所認定証

4.5 絶縁油中微量PCB測定

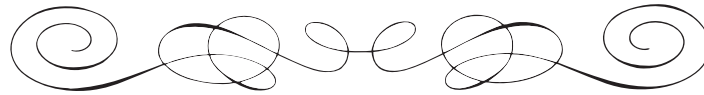
PCB（ポリ塩化ビフェニル）は、変圧器やコンデンサ用の絶縁油など幅広く使用されていたが、その毒性が社会問題化し、PCB特別措置法が2001年に施行された。この法律を遵守するため、当社では納入時の不含証明や点検、廃棄時の検査などお客様の要望により年間約800検体の分析を行ってきたが、手作業による前処理など操作性が課題であった。そこで、分析時間短縮と分析精度向上のため、GPC（ゲル浸透クロマトグラフィー）を適用した分析方法を検討した。GPC装置は分子サイズによる分離が可能であるため、これを応用し絶縁油と微量PCBを自動的に分離する条件を確立した。これにより従来に比べ、前処理時間を70%短縮し、より精度の高い分析結果を迅速に提供することが可能となった。



第20図 従来法とGPC法の工程比較

4. 共通基盤技術

4.6 真空遮断器絶縁フレームの劣化診断手法に関する基礎研究

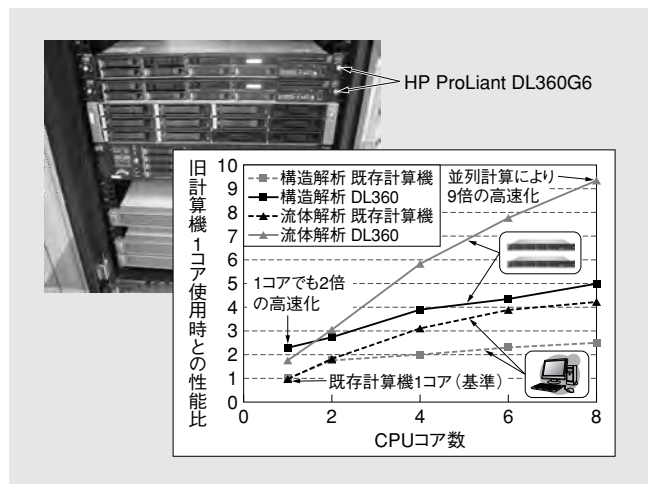


4.7 HPC（高速技術計算）システムの拡充

近年の環境問題を解決するためには、材料特性を十分考慮した高度な設計技術や環境負荷も考慮した幅広い最適設計が必要となる。そこで、これらの複雑な現象を解析するための一環として、計算機を中心にした増強を行いHPCシステムの拡充を行った。

増強した計算機は、従来よりメモリ性能の高いIntel社製のCPU（Xeon5500）を搭載したHP ProLiant DL360G6で、既存計算機の2～9倍の高速化を実現した。また、メモリ容量は合計144GBを搭載し、大規模な解析モデルにも対応可能とした。

これらの解析技術を活用し、PMモータや発電機、変圧器などの高効率・高性能化、長寿命化及びリサイクルに関する基礎技術開発を進め、環境問題への貢献を推進する。



第22図 計算時間とコア数の比較

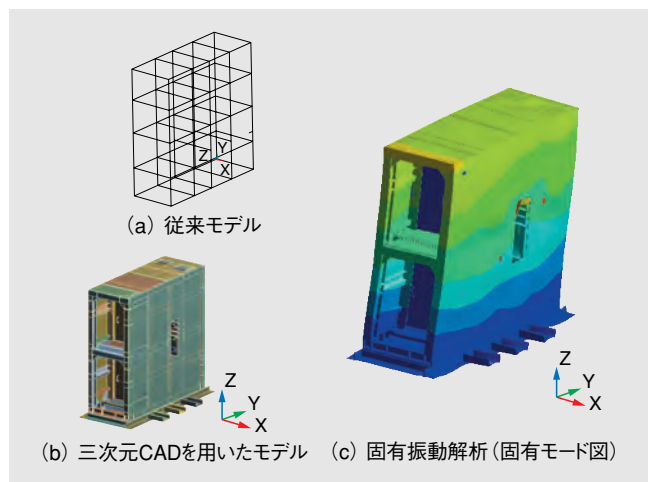
4.8 原子力施設向け電力機器の耐震解析技術向上

原子力発電に関連する機器には、地震に対する高い健全性が要求されている。このため、有限要素法プログラムを用いて固有振動解析や地震波での応答解析、更に実験検証を行っている。

しかし、従来の解析モデルでは、主要な柱や板を一次元のはり要素や二次元の板要素を用いてモデル化する手法のため、断面特性や重量配分などのモデル化が必要であった。

そこで、設計時の三次元CADデータを直接利用して、実形状での耐震解析モデルを構築する方法を開発した。詳細化による計算量増加は、計算機の64bit化や並列化技術を導入し、効率的且つ高精度な解析を可能とした。

これにより、換算作業が不要で、且つ細部の挙動予測が可能となり、耐震設計の省力化と精度向上を実現した。



第23図 剛構造配電盤の解析例