低圧配電システムのネットワーク化と省エネルギー支援機器

鹿野　俊介（しかの　しゅんすけ）　高島　敏和（たかしま　としかず）　大石　晴信（おおいし　はるのぶ）

1　まえがき

地球温暖化現象やオゾン層の破壊など，現在の環境問題の解決は地球規模の課題であり，国際的な環境保護活動として地球環境の保全，および改善に対する関心はますます高まっている。代表的な国際環境保護活動として，「気候変動に関する国際連合枠組条約締約国会議」（COP）があり，1997年12月の京都会議（COP3）における京都議定書に基づき，1999年の「エネルギーの使用の合理化に関する法律」（省エネルギー法）の改正による行政指導の強化に始まり，さらに2005年2月の京都議定書発効を踏まえ，2006年4月には省エネルギー法が再改正・施行される運びとなっている。この改正においては，運輸・住宅・建築分野におけるエネルギー使用の合理化を一層進めるとともに，工場・事業所分野においては，従来の熱エネルギー・電気エネルギーの分離区分を廃止し，熱・電気エネルギーを合算した規制となった。これは，従来に比べて第一種・第二種エネルギー管理対象工場，事業所数を拡大させるものであり，産業部門におけるエネルギー消費のカバー率は約70％から約80％に拡大する。**図1**に省エネルギー法の変遷を示す。

この間における，これまでのエネルギー消費傾向は，産業部門製造業では生産量の増加を消費原単位の削減でカバーしおおむね横ばいとなっているが，民生・運輸部門での推移は一貫して増加傾向にある。国際公約の削減目標である2008年から2012年の間で1990年比で6％削減のためには，産業部門および民生部門とも今後一層のエネルギー消費の削減努力が課せられている。

一方，保護にかかわる社会的責任の重要性の認識が高まり，国際規格ISO14000シリーズに基づく「環境マネジ

図1　省エネルギー法の変遷

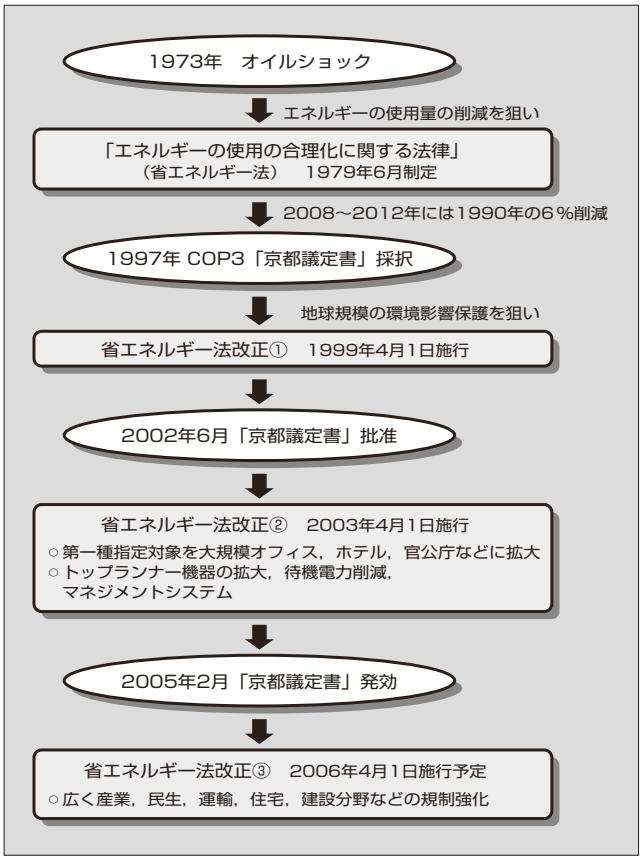
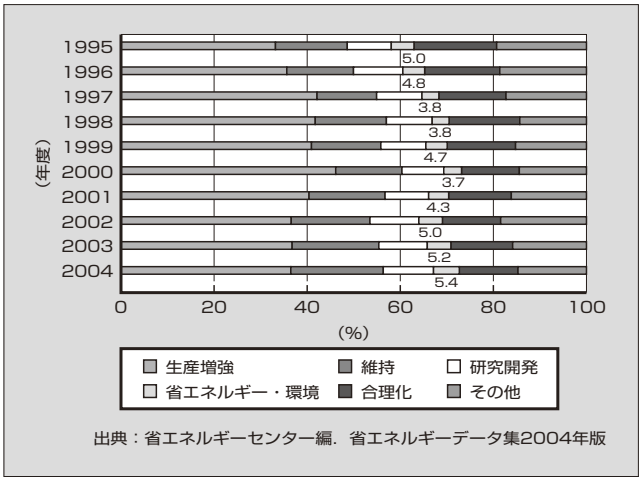


図2　製造業における設備投資比率の推移



出典：省エネルギーセンター編．省エネルギーデータ集2004年版

鹿野　俊介

アナログ回路，デジタル回路の設計に従事。現在，富士電機機器制御株式会社器具事業部技術開発・生産センター開発部マネージャー。

高島　敏和

電力監視機器，デジタル保護継電器の開発に従事。現在，富士電機機器制御株式会社器具事業部技術開発・生産センターネットワーク機器開発部マネージャー。

大石　晴信

産業用システム，制御装置の設計に従事。現在，富士電機機器制御株式会社器具事業部営業技術部主任。

メントシステム」の認証取得を行う事業所は拡大している。今や，企業の社会的責任も含め，地球環境への取組みは経営の重要課題の一つとして位置づけられている。**図 2** に製造業における投資目的別構成比における省エネルギー・環境保全投資のウエート比の推移を示す。この図から分かるとおり，斬増ではあるが着実に対応の拡大を見ることができる。

省エネルギー法規制対象事業所や ISO14000 シリーズ導入事業所における省エネルギー活動への取組みにおいては，電気施設における電気使用量の計測・記録が必須であり，取組みの PDCA（Plan-Do-Check-Action）を回す仕組みづくりが求められるとともに，省エネルギー法におけるエネルギー管理指定事業所においては，5 年に 1 回の経済産業局の立入り検査も行われる。

上述の背景から，特別高圧・高圧受配電設備のみならず，低圧配電設備においても，省エネルギーサポート機器やシステム商品の普及が進み，従来の電力設備保全にエネルギー管理を含めたシステム融合も行われている。今後さらに，リモート監視・制御・診断なども含め，インテリジェント化とネットワーク化が加速することが予測される。

本稿においては，低圧配電設備におけるエネルギー管理システムの動向を述べるとともに，そのシステムへの適用普及が著しい低圧配電設備用の省エネルギー支援機器およびそのネットワーク化につき，配電設備の監視・制御システムへの適用も含めその動向を述べる。

2　受配電設備における省エネルギー活動の推進

省エネルギー法や ISO14000 シリーズにおける省エネルギーへの取組みの基本は，現状把握に基づく継続的な改善の推進である。取組みにおいては**図 3** に示す PDCA サイクルをきめ細かく回し，見える仕組みの構築が重要となっている。見える仕組みづくりの第一歩は現状把握であり，その状況分析と可視化ができれば，それに基づく実現性と期待値も踏まえた目標・計画の設定，実施・運用のための管理値や管理標準の作成が可能となる。管理標準とは，事業者が設備単位で管理方法を自ら定めるマニュアルであり，基準値の遵守，計測・記録，保守・点検，更新時の処置などの盛込みが義務づけられている。有効な管理標準とは，設備の運用において，それを用いればエネルギーの使用量をほぼ最小に抑えたうえで，保安の確保，操業の安定化を図ることができるマニュアルといえる。

省エネルギー法における現状把握・状況分析においては，電気使用量の計測・記録を義務づけている。その対象は全電気使用量の 80 % 程度を網羅する電力負荷で，従来ほとんど行われていなかった低圧配電系の分岐回路ごとや大型設備機器単体に対して個別の計測記録も要求している。こうした要求に対応する計測機器構成を**図 4** に示す。従来の計測は月単位の使用電力契約や電気料金にかかわるものだけであったが，見える仕組み構築のための有効なデータ取得においては，

① 系統，負荷，設備単位ごとの使用電力の把握
② 月，日，時間単位での使用電力量の定期データ把握
③ 定期データ収集における作業者負担の増大防止のため，データ採取の自動化

を図ることが重要である。

さらに，得られた計測データを広範囲，効果的に活用するため，普及著しい構内 LAN を活用したデータ閲覧により，全員参加による改善推進を，工場・企業全体に普及させることも既存の通信インフラストラクチャー（インフラ）を用いて見ることができる。この対応システム形態については5章で述べる。

省エネルギー支援計測機器の導入運用に際し，当然のことながら可能投資額，設備の老朽化状況，リプレース時期，省エネルギーの効果などを踏まえ，計画的にシステムを構築していくことが重要である。計測の理想は，各負荷ごとの自動計測・記録であるが，リニューアル投資導入可能時期や，レイアウト変更などに伴うメンテナンス変動要因も多々あることから，実行においては将来の統合化される姿を描きつつ，実態に沿った地道な対応が現実的である。ま

図 3　省エネルギー法における活動サイクル

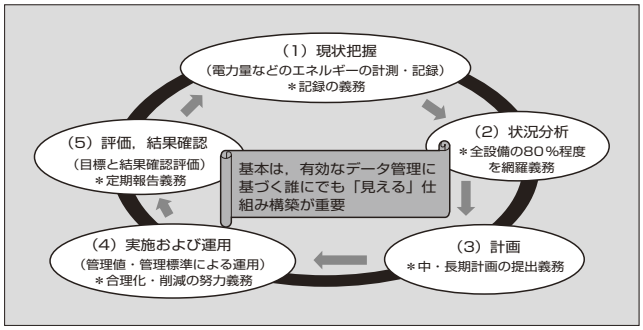
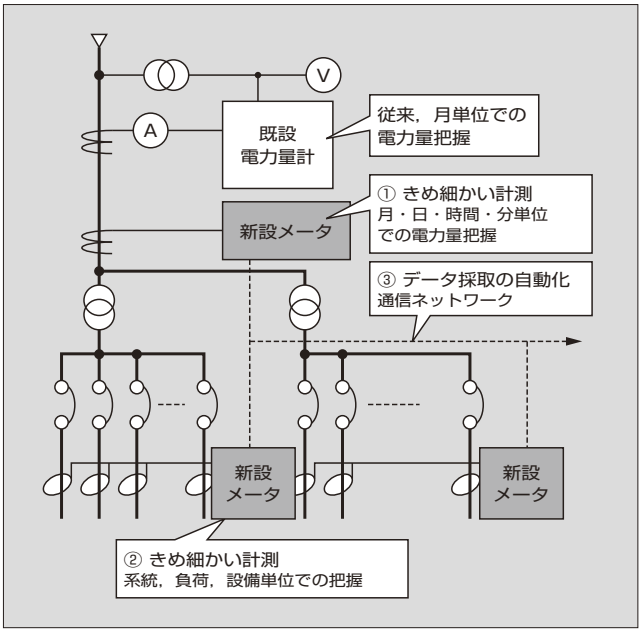


図 4　省エネルギー支援のための現場機器構成



た，初期投資の絞込みといった観点では，モデルラインなどにおける限定投資により，その成果を水平展開することも有効である。ミニマム投資から得られるデータでも，そのデータ分析やビジュアル化，活用などの工夫により，効果をあげることが可能である。

3　受配電設備機器のリニューアル

1970年代以降の，高度成長期下に設置された電力設備は，リニューアルの時期に入っているといえる。リニューアルの第一の目的は，摩耗故障期の機器・設備を新品状態に戻すことであるが，併せて，過去の実運用に基づく課題の改善，合理化やリニューアルにおける制約条件を踏まえたうえで，時代のニーズ，新技術，新機能の取込みが肝要である。**図5**にリニューアルに期待する効果を示す。

既設設備に対する省エネルギー支援機器の導入は，リニューアルなどの設備更新に際しては，時代のニーズとして多くの事業所で併せて取り込まれている。富士電機は，受配電システムにおける省エネルギー支援機器のシリーズ整備において，省エネルギー支援機能に加え，リニューアルにおける高圧から低圧の期待する効果に応えることを狙いとして機種・機能整備を進めてきた。**図6**にシリーズ機器の一覧を示す。これらの機器は，エネルギー計測のほか，電気設備保全機能なども複合化しており，省エネルギー活動の推進支援に加え，保全業務も含めた保守の省力化，運転信頼性向上などに貢献できるものである。また，通信は汎用インタフェースであるRS-485を標準装備し，ネットワーク化も容易である。

4　エネルギー管理システムの現場機器

エネルギー管理システムの構築においては，できるだけ

図5　リニューアル時に期待する効果

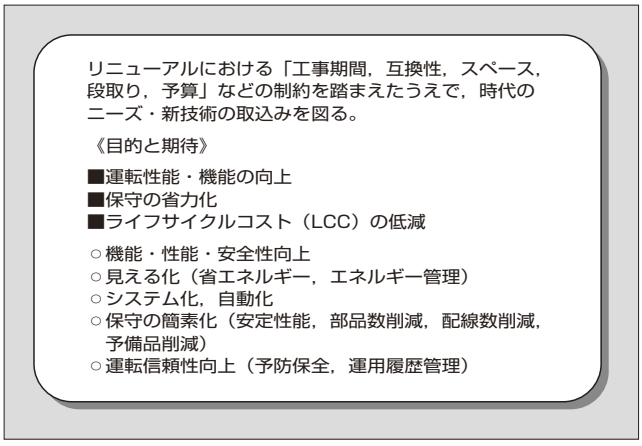


図7　工場における電気エネルギー管理状況

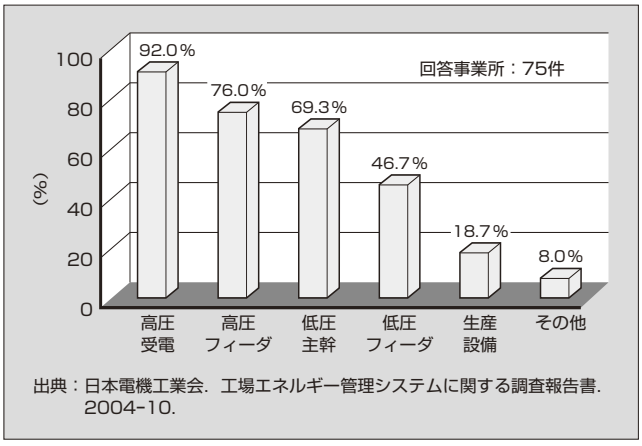


図6　高・低圧受配電監視システム機器のラインアップ

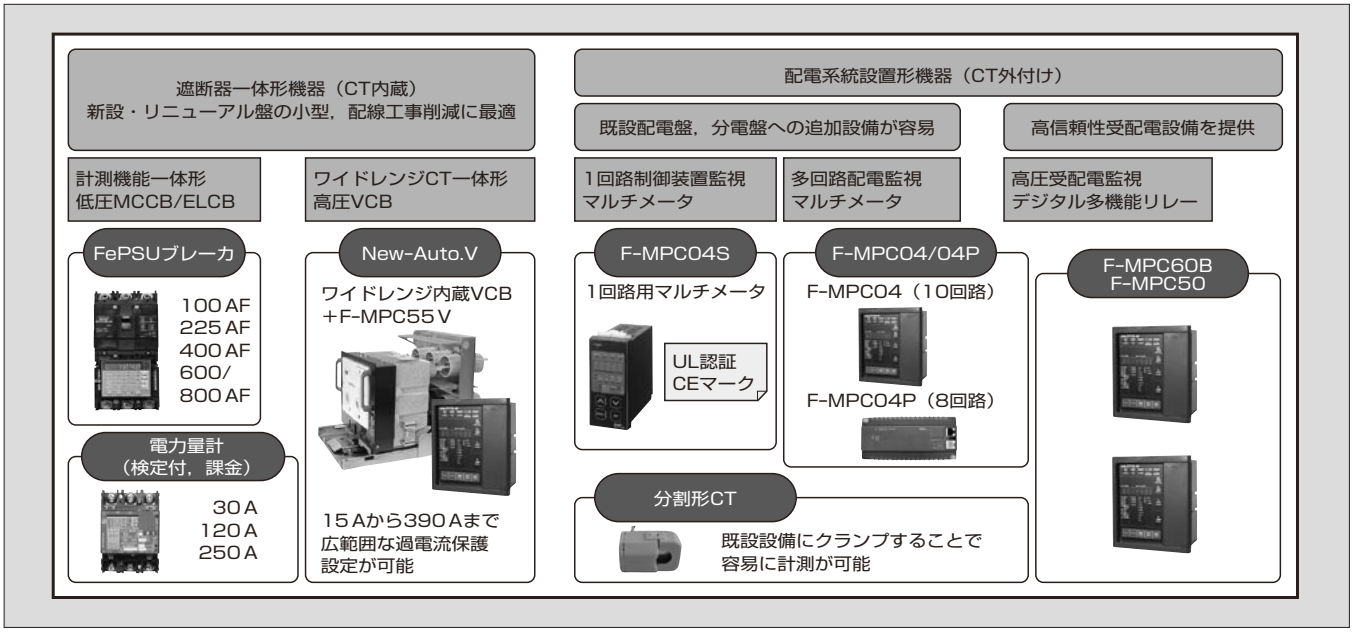


図 8　受配電設備監視における現場機器の適用事例

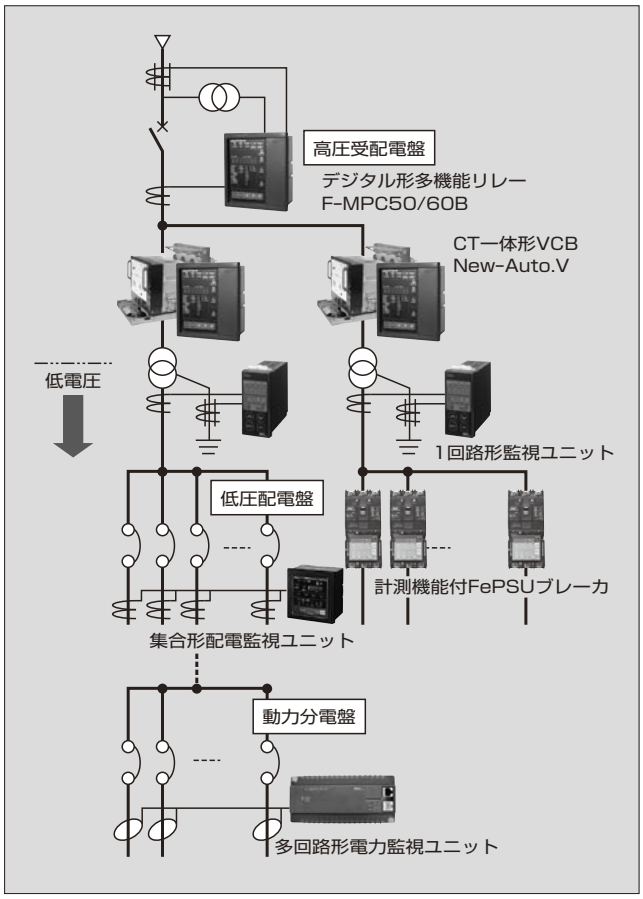
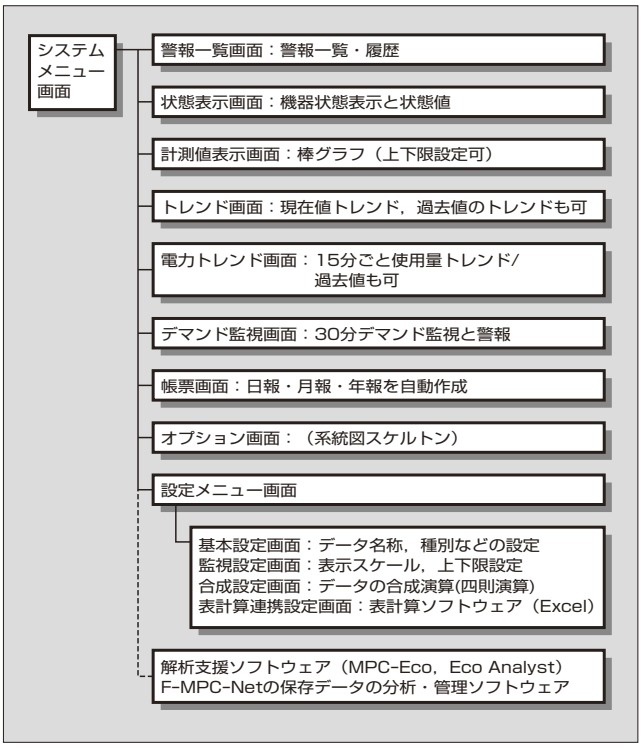


図 9　F-MPC-Net パッケージソフトウェアの機能構成



細かい区分での現場計測器の設置と，細かい頻度での測定が必要となる。

工場における電気エネルギーの計測・管理状況の実態調査例を**図 7** に示す。高圧受配電設備はもとより，低圧主幹回路などの配電設備までは，すでに多くの工場で管理対象としていることが分かる。一方，モータ負荷などの生産設備の計測・管理までは一部の工場でしか実施されていない。しかし，低圧フィーダ，さらには溶接機負荷なども含めた動力分電盤も計測対象とすることにより，生産台数とリンクした原単位管理により，大きな省エネルギー経済効果をあげている事例もある。この点から，今後，エネルギー使用状況と，生産台数や生産設備の稼動状況の連携把握により，エネルギー使用の合理化，最適化，さらには生産原単位管理による原価低減活動に進むことが予想される。

図 8 に受配電設備における富士電機の省エネルギー支援機器の適用事例を示す。高圧受配電盤部は，デジタル形多機能リレーや CT（Current Transformer）一体形 VCB（Vacuum Circuit Breaker）「New-Auto.V」により保護と省エネルギー支援を一体化し，高信頼性受配電設備を提供している。低圧回路部においては，低圧監視対象点数の増大に対する設備費用の増加を極力抑さえるため，多回路集合形から 1 回路形のマルチメータ，MCCB（Molded-Case Circuit Breaker）や ELCB（Earth Leakage Circuit Breaker）との機器一体形，および分割形 CT により，既設盤改造から新設・リニューアル盤対応まで，目的，用途に応じた経済的な機種選定を可能としている。これらにより，低圧フィーダや動力分電盤にまで管理範囲を広げ，棟・部門・ラインなどきめ細かい区別集計対応を経済的に対応可能としている。

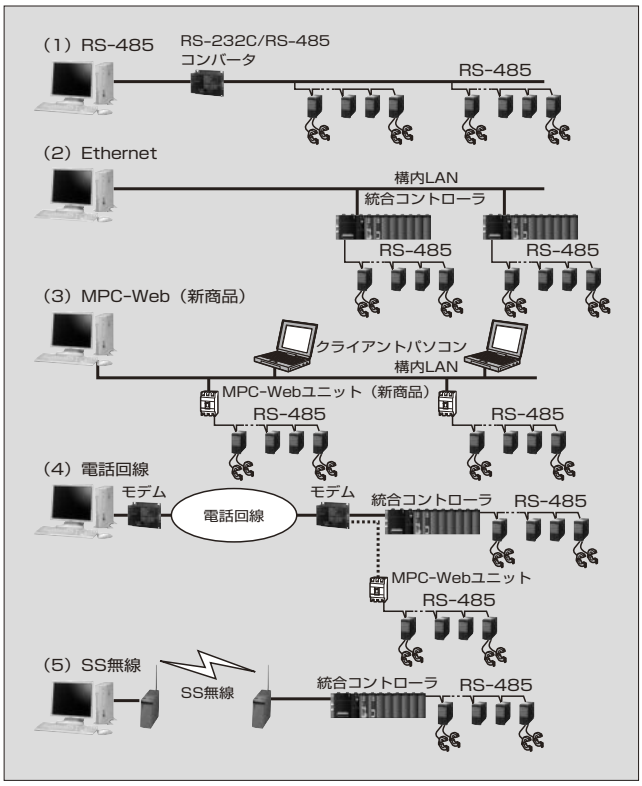
これら機器の基本動作は，CPU を用いたデジタル演算処理となっており，多機能化も容易なことから，ネットワーク端末としての通信機能，電力設備のデマンド監視，安定運転のための予防保全，高調波計測による電力品質管理なども併せ持った機器とし，一層の付加価値向上を図っている。

5　エネルギー管理システム

エネルギー管理システムは管理点数・規模・用途などに応じ各種ある。オフラインによるデータロガーから，デマンド監視制御，スケジュール制御といったスタンドアローンシステムとして単独運用を行うもの，サーバパソコンによるデータ管理システム，さらに通信インフラとして普及著しい Ethernet〈注 1〉，イントラネット・インターネットと連携した，サーバクライアントシステムなどが行われている。また，システムの導入に際しては，オフラインによる部分導入から始め，その後の更新により設備を拡大し，上位サーバの導入や，オンラインシステムによる中規模システム，大規模システムへと段階的に計画成長させることも行われている。

〈注 1〉Ethernet：米国 Xerox Corp. の登録商標

図10　通信形態による電力監視システムの構成例



「F-MPC-Net」は，汎用パソコンを用いたパッケージソフトウェアにより，経済的にエネルギー管理システムを構築することを狙いとしたものである。中・大規模のエネルギー管理システムとして，工場設備のほか，店舗，公共施設など多数の稼動実績を有しており，その経験とノウハウの積み重ねに基づくブラッシュアップにより，各種用途や規模などに即したシステム提供を行っている。以下にパッケージソフトウェア機能および通信形態によるシステムのハードウェア構成例を述べる。

図9に「F-MPC-Net」のソフトウェア機能構成を示す。標準パッケージ化により，導入計画ユーザーに対するシステム機能や画面メニューの事前確認を容易化するとともに，設備導入時のエンジニアリングや現地調整の時間も大幅に短縮でき，経済的なエネルギー管理システムを短期間で対応可能としている。

さらに，収集データはExcel〈注2〉へ連携されており，解析支援ソフトウェアによるエネルギー使用状態の分析管理機能を標準装備するとともに，固有フォーマット要求が多い日報・月報といった帳票は，ユーザーにてユーザーフォーマットでの作成も容易に対応可能となっている。

通信形態別のシステム構成例を**図10**に示す。現場省エネルギー支援機器間の通信プロトコルはRS-485で統一している。RS-485は汎用性が高く，経済的で小型化が可能なことから，機器組込み用として最適である。さらに汎用パソコンとの接続も簡単なコンバータで容易にできる。また，プロトコルについては，RS-485・MODBUS RTUプロトコルが，受配電設備におけるデファクトスタンダードとして広く世界的に普及しており，低圧配電設備においてもネットワークプロトコルはその流れを踏襲している。

大規模や広域となるシステムにおいては，プログラマブルコントローラ（電力監視システムでは統合コントローラと称す）や新商品MPC-Webユニットを介しEthernetや電話回線への接続を行う。Ethernetは構内LANシステムやイントラネット・インターネット通信としてあらゆる事業所においてインフラ整備が最も進んでおり，各社共通のオープンネットワークとして最も一般的となってきている。

これら通信形態の実適用においては，規模，監視点数，取込みデータの種類，通信線敷設の制約事項，コストなどにより形態を選定するとともに，部分適用による小規模なスタンドアローンシステムとして構築し，その後のそれらを統合拡張していくことも行われている。

5.1　工場における実施事例（大規模システム）

計測する対象が広域となることや，電力のほか，ガス，水道の流量，圧力や温度といったアナログ量など多岐にわたり，監視点数も多くなることより，ネットワークは**図10**における統合コントローラやMPC-Webユニットを用い，コントローラ間はEthernetや電話回線接続としている。統合コントローラ側でのデータ保持や制御機能などにより，万一のシステムダウンなどにおいても信頼性を確保するとともに，各種センサ信号対応や盤内設置などの環境対応も実現している。

5.2　中・小規模監視・スタンドアローンシステム

中・小規模システムでは，現場機器のRS-485通信をコンバータを介して直接パソコンと接続する，シンプルで経済的なシステム構成を一般に用いている。さらに，チェーン店などにおいては，個々の中・小規模スタンドアローンシステムを，統合監視する本部センターサーバへ連携することにより，情報の一元化や水平展開，保守管理・補用部品の一元管理など，統合化による合理化メリットを出すこともできる。

図10のMPC-WebシステムにおけるMPC-Webユニットは，Ethernetや電話回線接続において，小型・経済的適用を狙いとしたもので，盤内へのDINレールやねじ取付けを可能としている。この機器は電気室，変電所単位で分散設置することにより，ローコスト電力監視サーバとしての適用が可能である。また，長期間のデータ蓄積機能も有しており，例えば，1時間ごとの日報データであれば最大256点・40日間までのデータ保存が可能なので，センター装置の負担軽減を図ることもできる。異常検出などの緊急時には，登録アドレスへの電子メール発信や関連データの送信も可能なため，電気エネルギー監視に限らず，受配電設備のリモートメンテナンスや設備監視，故障原因解析など，今後新たな適用方法も含め，アプリケーションの拡大を図っていく所存である。

〈注2〉Excel：米国 Microsoft Corp. の登録商標

6　あとがき

ISO14000 シリーズ導入における環境活動の拡大や，改正省エネルギー法による規制強化などの社会的背景から，今後とも，省エネルギー機器，システム商品の拡大は続くと推定される。一方，工場電気設備管理技術者との意見交換において，1960 ～ 1970 年代の設備が更新時期を迎え，そのリニューアルと連携して，最新技術の取込み，機能向上による管理の改善，ランニングコストの低減，それに省エネルギーも含めて，リニューアルの期待が多く聞かれる。また，構内配線も敷設後 20 年以上経過してきたものに関しては，電力監視に加え，漏れ電流（絶縁劣化）のトレンド監視による，傾向診断の要望も多く聞かれる。

このような背景を踏まえ，受配電設備機器，監視機器においては，エネルギー監視に加え，電力の安定供給を基本とした信頼性向上のための，現場監視端末としてのセンシング機能の拡充と通信ネットワークによるシステム連携を図る方向に進んでいくことが想定される。現場機器と通信ネットワークを介したシステム連携により，センターにおける分析・解析により，事故の未然防止，保守データ管理，保全の省力化・容易化など，受配電設備の保守管理に対する社会的ニーズに対応した商品化を一層進めていく所存である。

参考文献

(1)　省エネルギーセンター編．省エネルギーデータ集 2004 年版．
(2)　日本電機工業会．工場エネルギー管理システムに関する調査報告書．2004-10.

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。