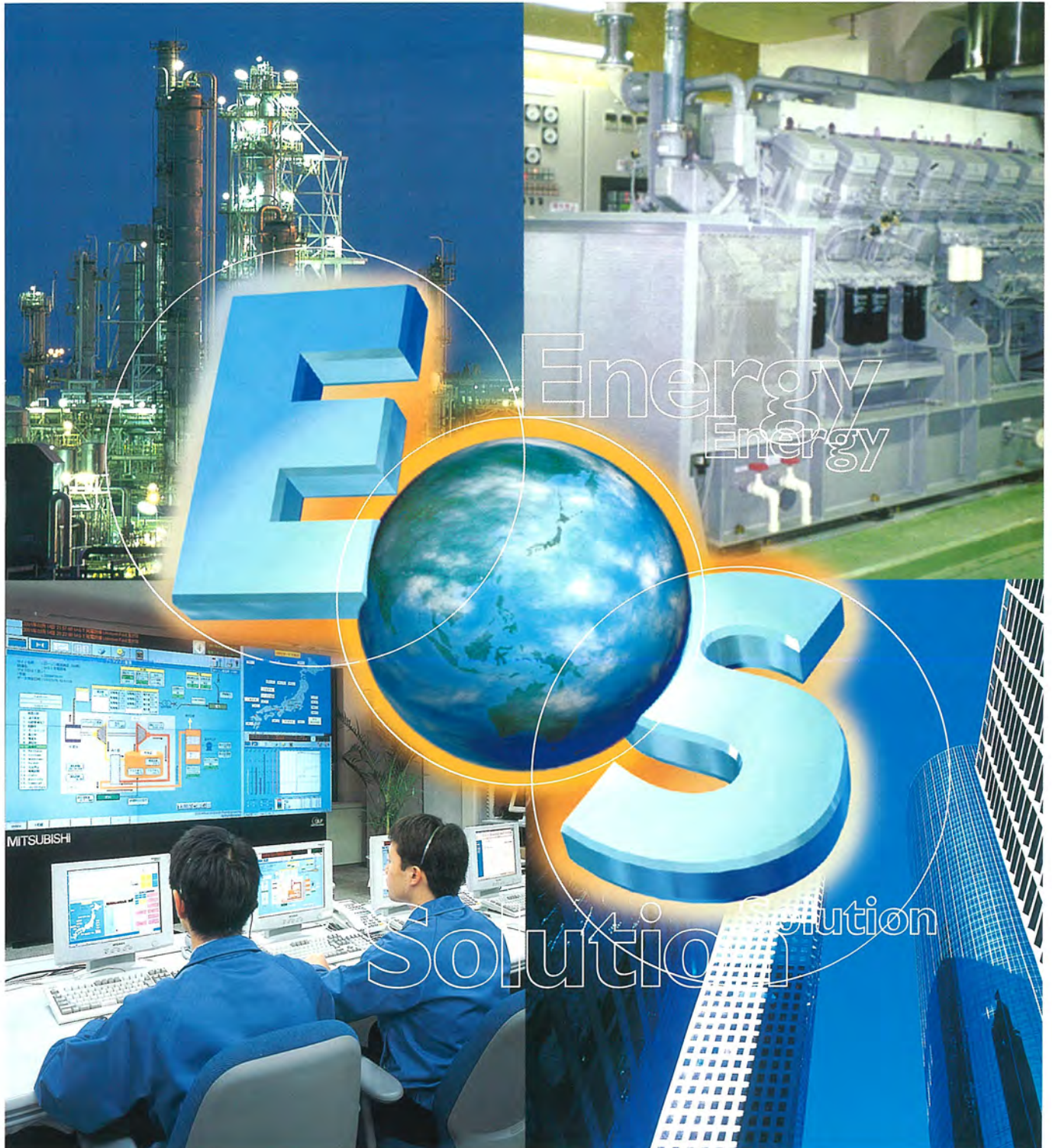


MITSUBISHI

三菱電機技報 Vol.75 No.9

特集「エネルギーソリューション」

2001 9



目次

特集「エネルギーソリューション」

エネルギーソリューション特集に寄せて 横山明彦	1
三菱電機のエネルギーソリューションへの取組 足立 清・深見晴男・樫原潤一	2
三菱電機のトータル省エネルギーシステム技術 池田辰弥・田熊良行・那須広実・小柳正俊	8
三菱コジェネレーションシステム 増元茂喜・西山佳久	13
マイクロコジェネレーションシステム “マイクロエコターボMTG-28”の応用システム 末吉義雄・加治屋 脩・大谷 徹	17
分散電源系統連系技術 笹尾博之・高橋知恵・田岡久雄	21
ESS事業推進インフラ整備 佐藤康夫・服部真司・中村慎二	25
エネルギーマネジメントシステム 上田隆美・鈴木直彦	29
三菱コジェネレーションシステムの遠隔監視システム 田中 節・高松信敏・磯村英興・大釜寛修	33
四国電力(株)の需要家サービスシステム“OpenPLANET” 家高順一・合田忠弘・久山和宏・保坂丈世	39
電力トレーディングと市場情報技術 塚本幸辰・マルミローリ マルタ・合田忠弘	43
電力小売託送ルールとPPS向け発電計画 高橋正一・塚田路治・マルミローリ マルタ	47
電力市場向けリスク管理・ポートフォリオ運用システム 市田良夫・秋吉政徳・橋本博幸・塚本幸辰	51
系統運用補助サービスの在り方とシステム 坂本忠昭・広瀬広一	55
インタラクティブ エネルギーサービスシステム 北山匡史・坂本忠昭・上田隆美	59

特許と新案

「インターネットワーク装置」「デジタル電話機」	63
「マルチプロセッサ型動画符号化装置及びバス制御方法」	64

スポットライト

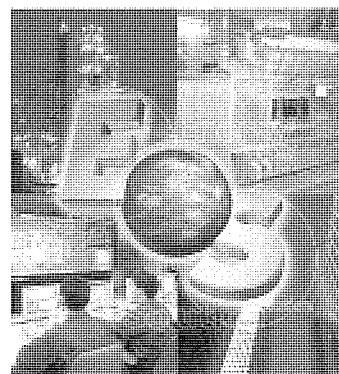
三菱可変速風力発電設備／永久磁石式同期発電機	(表3)
------------------------	------

表紙

エネルギーソリューション

電力自由化の流れに対応する三菱電機の活動は、当社の単なる事業拡大の意味だけではなく、発電事業者と需要家の双方にメリットをもたらすソリューションを追求し提供することである。これにより、省エネルギー社会の実現、ひいては地球環境保全を目指している。

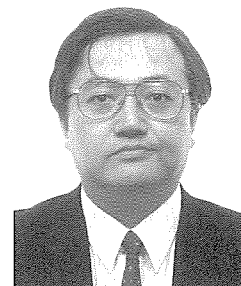
限られた資源、今では狭く感じられる地球において、エネルギーの有効活用は必要不可欠なものであり、当社は、これを“エネルギーソリューション”と呼び、技術開発とサービスの提供を推進する。



エネルギーソリューション特集に寄せて

東京大学
工学系研究科
電気工学専攻

教授 横山明彦



最近、電力・エネルギー関係の方とお会いすると、まず話題になるのが電力・エネルギー分野の規制緩和、つまり競争原理の導入、それに伴うコスト削減という厳しい環境におけるビジネス、そして、そのビジネスの中で今活気のあるものの一つである様々な分散型電源の開発・導入である。その次の話題としては、数年後に迫っている国立大学の独立行政法人化というやはり大学の規制緩和、競争原理の導入についてであろう。電力・エネルギー分野の大学人も、今、否応なしに産学両方の規制緩和という荒波に巻き込まれつつあるとあってよい。しかし、この規制緩和は果たして、我々電力・エネルギー分野に携わる者に活性化をもたらすものなのであろうか。

大学では、将来、研究費のほとんどが競争的資金になり、産学共同のプロジェクト研究ばかりが行われ、大学人の個人的な知的興味からくる基礎研究が疎かになるおそれはないであろうか。電力・エネルギー産業界では、競争原理、市場原理に基づいて各プレイヤーが自己の利益ばかりを追求することになり、カリフォルニア州の電力危機のように電力の供給信頼性が問題になることはないであろうか。また英国鉄道においては競争原理の導入による事故の増加から鉄道離れが生じているが、同様に電力・エネルギー技術に対する不信感が高まらないであろうか。いろいろなことが心配になる。

不確定性が増大し様々なリスクが発生するために、大量の資金が必要なこの分野の研究・開発を産業界、大学が腰を据えてじっくりと行うことが難しくなるのではと心配になる。これらすべてが、若い学生の電力・エネルギー分野離れ、そして大学における電力・エネルギー分野の消滅、ひいてはこの産業分野の衰退につながるのではないかと心配の種は尽きない。

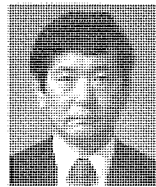
しかし、この規制緩和を契機に、従来の枠にとらわれない技術とビジネスがこの電力・エネルギー分野にも生まれてきているのも事実である。

電力システムの上流に目を向けてみると、電力市場自由化に関してどのような市場モデルが導入されるかは現時点では不透明であるが、一般電気事業と特定規模電気事業(PPS)の双方にとって、従来の供給信頼性を担保した上での将来の様々な不確定要因を考慮したできるだけ経済的な設備計画及び給電計画・運用・制御技術が最も重要であることは言うまでもない。また、この不確定性による事業のリスク管理も重要になってくる。自由化によって従来以上のリスク要因が発生することが予想され、様々なリスクヘッジ商品も考えられよう。非差別的な送電ネットワークアクセスのための公正な情報の開示システムも当然必要となる。

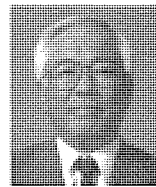
一方、電力システムの下流に目を向けると、今の配電ネットワークを魅力的な電力・エネルギーのサービス供給ネットワークに変貌させることが重要である。これは、分散型電源を、大小を問わず超小型の分散型電源まで需要家がメリットを享受できるものと考えれば、配電ネットワークに自由に連系することができるようなシステムであり、トータルシステムとしての経済性を追求しつつ、これまでの需要家への供給信頼性を維持し、CO₂や景観等の環境負荷をこれまで以上に低減するものでなければならない。そして、エネルギーだけに限らず需要家へ様々なサービスも行うようなシステムの構築に向けて産官学が一体となって知恵を出し合って進めたいものである。

この特集ではこの規制緩和や自由化の時代に電力・エネルギー分野を活性化させる技術の一端が示されており、今後の展開を大いに期待したい。

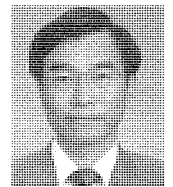
三菱電機のエネルギーソリューションへの取組



足立 清*



深見晴男**



樺原潤一***

要 旨

我が国の重要な社会インフラであるエネルギー分野は、地球環境保全への国際的な取組とエネルギー業界の自由化によって大きく変わろうとしている。しかし、エネルギー輸入国である我が国におけるこれらの変化は、環境負荷の少ない新エネルギーの導入や安全に万全を期した原子力政策の着実な推進を進めながら、一方、省エネルギーの推進やエネルギーサービスの多様化によるエネルギー業界の活性化を図るものでなければならない。

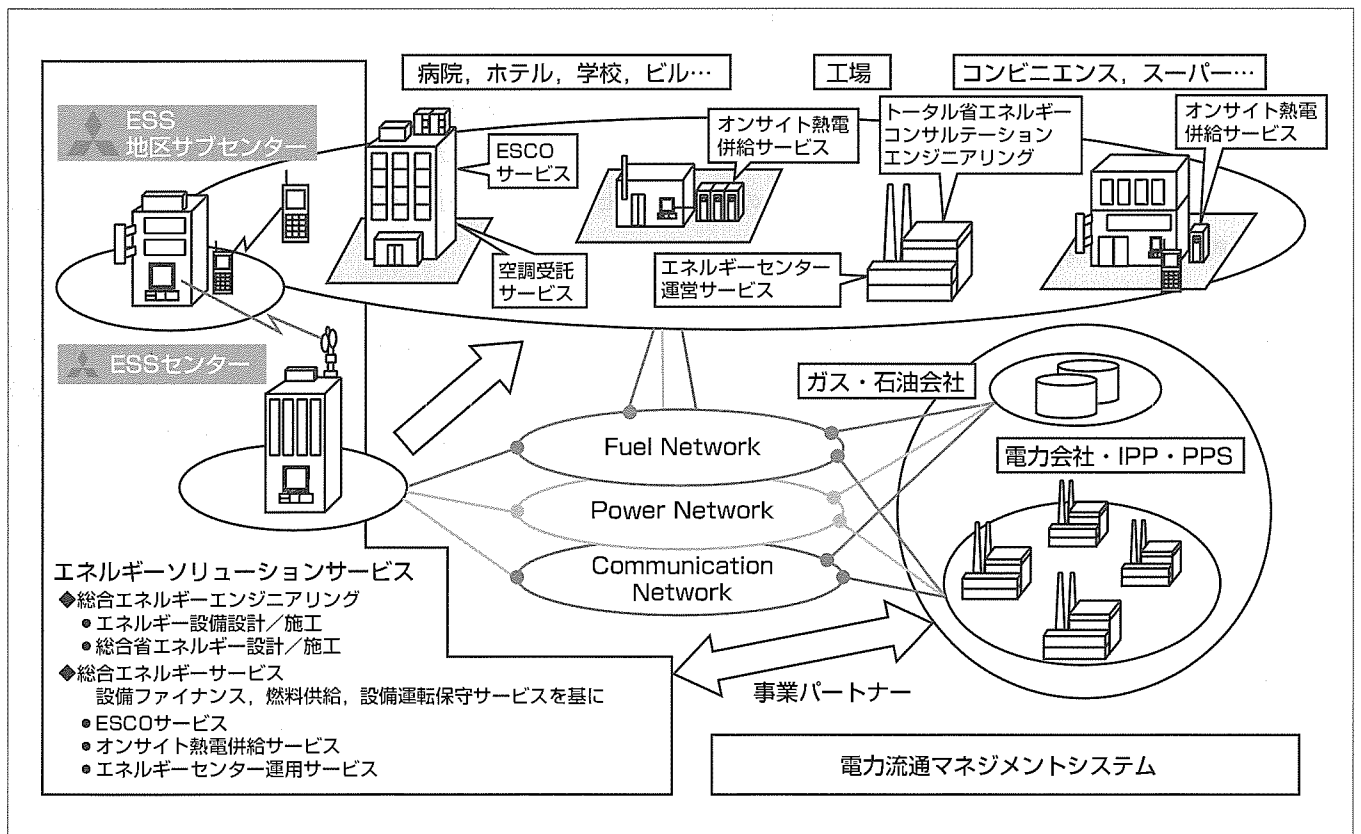
これらの時代の変化に対し、三菱電機は、エネルギーソリューション事業に真正面から取り組んでいる。当社ESS (Energy Solution Service) 事業は、総合電機メーカーとして世に送り出してきた発電、コジェネレーションシステム、電力流通システム、冷熱・空調などのエネルギー関連の設

備・プラントの技術とエンジニアリングを基に、総合省エネルギーエンジニアリング及びオンサイト熱電併給サービスを含む総合エネルギーサービスによって顧客の省エネルギー・省コストのニーズにこたえていくことを目指している。

これを実現するため、設備ファイナンス・燃料供給体制の確立、リモート監視センターの開設だけでなく、運転保守要員の派遣まで踏み込んだ実施を計画している。

また、IT (Information Technology) を活用し、エネルギーサービスの更なる高度化及び電力流通マネジメントソリューションの研究開発にも鋭意取り組んでいる。

本稿では、当社のこれらのエネルギーソリューションへの取組、技術、適用事例について述べる。



三菱電機のESS事業スキーム

三菱電機のエネルギーソリューションサービスは、エネルギー需要家の最適エネルギー運用 (安定供給、省エネルギー、省コスト) を目指して、総合エネルギーサービスを提供するものである。その一つの例として、設備ファイナンス、燃料供給、運転保守サービスを当社が提供し、“オンサイト熱電併給サービス”や“エネルギーセンター運用サービス”によって工場や施設のエネルギー供給を一括請け負うサービスを積極的に展開している。

1. ま え が き

我々にとって重要な社会インフラであるエネルギー分野において、今、世界的に二つの大きな潮流が起きている。

一つの潮流は、地球環境保全への国際的な取組である。1997年の地球温暖化防止の京都議定書を受け、我が国は、'98年に“長期エネルギー需給見通し”で2010年度のエネルギー起源CO₂を'90年度レベルに抑える目標を定めた。この目標達成には、供給面では環境負荷の少ない新エネルギーの導入や安全に万全を期した原子力政策の着実な推進が、一方、需要面では徹底した省エネルギーの推進が必要不可欠である。

もう一つの潮流は、エネルギー業界の自由化の動きである。電力部分自由化やガス事業法の改正など市場競争原理の導入が始まり、エネルギー安定供給と省エネルギー・省コストなどの顧客ニーズに対して、今後価格競争とエネルギーサービスの多様化が本格化することが予想される。

これらの時代の要請に対し、三菱電機は、エネルギーソリューション事業に真正面から取り組んでいる。当社ESS事業は、総合省エネルギーエンジニアリング及びオンサイト熱電併給サービスを含む総合エネルギーサービスによって顧客の省エネルギー・省コストのニーズにこたえていくことを目指している。またITを活用し、エネルギーサービスの更なる高度化及び電力流通マネジメントソリューションの研究開発にも鋭意取り組んでいる。この特集では、当社のこれらのエネルギーソリューションへの取組及び技術について述べる。

2. 我が国を取り巻くエネルギー情勢

我が国の一次エネルギーに占める輸入依存度は約8割でありOECDの平均25.4%に比して飛び抜けて高く、世界のエネルギー需給情勢の影響を受けやすい構造になっている。このエネルギー分野において、1990年代に入り世界的に二つの大きな流れが起きてきた。一つは地球環境保全の観点からの取組、もう一つはエネルギー市場の自由化の動きである。

2.1 地球環境保全

地球温暖化防止の世界的取組の中で、'97年12月に気候変動枠組条約締約国会議(COP3)が京都で開催され、我が国は2008年～2012年の間に温室効果ガスを'90年度比6%削減することになった。

これを受けて、'98年6月に2010年度のエネルギー需給のあるべき姿とその政策を内容とする“長期エネルギー需給見通し”が取りまとめられた。そこに示された政策の骨子は3Eの調和、すなわち、

- エネルギー安定供給：Energy Security
- エネルギー低減等を通じた経済成長：Economic

Growth

- 地球環境保全：Environmental Protection

であり、具体的数値としては2%程度の経済成長と2010年度のエネルギー起源CO₂の'90年度比安定化とを両立させることを目標にしている(図1)。

この厳しい目標を達成するために、省エネルギー政策の具体的取組として'99年4月から「エネルギーの使用の合理化に関する法律(改正省エネ法)」が施行された。第一種エネルギー管理指定工場(電気使用量1,200万kW・h/年以上又は原油換算3,000kℓ/年以上)でのエネルギー使用の合理化目標を達成するために将来計画の提出義務が付加され、さらに、民生部門を含む全業種(民間ビル、デパート、病院、学校、庁舎など)を対象とした第二種エネルギー管理指定工場(電気使用量600万kW・h/年以上又は原油換算1,500kℓ/年以上)制度が創設され、年平均1%以上の省エネルギー目標が定められた。

今後このような厳しい省エネルギー目標を実現していくためには、高効率機器の開発はもとより、従来のエネルギー利用形態に比べ総合エネルギー効率の優れたコジェネレーションシステムやヒートポンプなどのエネルギー高効率利用システムの導入・拡大、及び工場や施設全体の総合的なエネルギー最適化のアプローチが必要である。また、エネルギー供給面では、環境負荷の少ない新エネルギーの導入促進が重要である。

2.2 エネルギー市場の自由化

世界のエネルギー業界を取り巻く環境の変化として、規制緩和と自由化の動きが挙げられる。社会の重要インフラである金融・通信・運輸・エネルギーなどの業界は、20世紀の経済成長を支えその役割を安定的に果たすために、様々な規制に保護されてきた。しかし、これらの分野でも、規制を緩和し市場競争原理の導入が図られつつある。

日本の電力業界でも、諸外国における電力市場の自由化の動きや電力料金値下げの強い要望に後押しされて、電力市場での規制緩和による市場競争原理の導入が始まりつつある。'95年に電気事業法改正が行われ、電力卸入札制度や自己託送制度が導入された。そして、2000年3月21日の

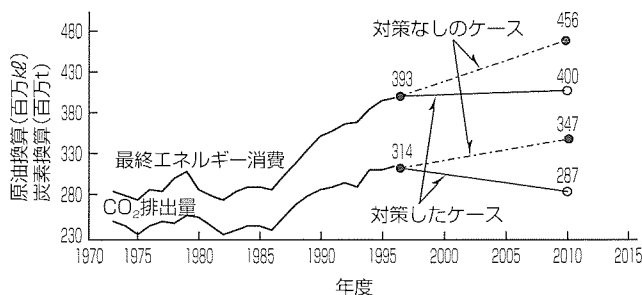


図1. 最終エネルギー消費とエネルギー起源CO₂排出量の実績と見通し

特別高圧需要家(受電電圧20kV, 契約電力量2,000kW以上の大口需要家)への電力小売自由化が始まった。これにより、従来地域独占供給をしていた電力会社と特定規模電気事業者間での価格競争が始まった。さらに2003年には自由化範囲の拡大が予想され、電力業界も本格的な競争時代に突入する。同じくガス事業法の改正や特石法の廃止などにより、今後、電力・ガス・石油などのエネルギー会社間の相互参入や合従連衡がますます進むと考えられる。また、従来のエネルギー会社だけでなく、新たに各種エネルギーサービス会社が登場しつつある。今後、エネルギー安定供給と省エネルギー及びエネルギーコスト削減などの顧客ニーズに対応して、これらのエネルギー事業者間での競争と協調の下で、価格競争だけでなくエネルギーサービスの多様化が進み、また社会全体のエネルギー最適組合せに向けてその仕組みやシステム作りが進むと考えられる。

3. 当社のエネルギーソリューションへの取組

3.1 ESS事業の取組方針

当社のESS事業は、総合省エネルギーエンジニアリング及びオンサイト熱電併給サービスを含む総合エネルギーサービスにより、顧客のパートナーとして省エネルギー、エネルギーコスト削減、環境保全のニーズにこたえていくことを目指している。当社は、総合電機メーカーとして、発電、コジェネレーションシステム、電力流通、冷熱・空調などのエネルギー関連の設備・プラント作りに携わってきた。当社のESS事業は、これらのエネルギー設備技術をベースに、総合エネルギーエンジニアリング&サービス事業を目指している。

(1) 総合エネルギーエンジニアリング

当社の総合エネルギーエンジニアリング活動の原点は顧

客の現場である。当社は今まで、民生分野(店舗、ホテル、病院など)及び産業分野(半導体、電子、食品、機械など)に設備・プラントを納め、また保守にも携わってきた。さらに、半導体、食品、機械などの新工場建設や増改造を一括で請け負う工場トータルエンジニアリング事業を手掛けてきた。これらの事業で培った業種ごとの業務・製造プロセスノウハウをベースに、顧客の施設・工場全体のエネルギー最適化の観点から、一次エネルギー(電気、蒸気、水、空気)、二次エネルギー(空調・冷熱設備、動力、光熱等)の省エネルギー施策とその効果を提案し、契約後は工事施工まで一括で請け負う。

(2) 総合エネルギーサービス

近年、民生・産業分野を問わず、コア・コンピタンス創出に経営資源を集中し、間接部門の投資抑制及びアウトソーシングの動きが世界的に始まっている。エネルギー関連もこの傾向にあり、当社は、以下の総合エネルギーサービスに力を注いでいる。当社でエネルギー設備に対するファイナンス、燃料調達、運転保守を一括で請け負い、顧客はエネルギー設備投資をすることなく省エネルギーでエネルギーコスト削減を享受できるサービスである。当社のこの総合エネルギーサービス事業は、米国から起こったESCO事業の概念をより拡張・具体化したサービス事業であり、顧客のニーズに合わせてオンサイト熱電併給サービスやエネルギーセンター運用サービスなどのレパートリーをそろえている。

3.2 ESS事業を支える技術とインフラ

ESS事業を積極的に展開するために、当社は、以下の技術及び事業インフラの整備・強化を図っている(図2)。

(1) エネルギー設備技術

コジェネレーションシステムは、総合効率70~80%の熱

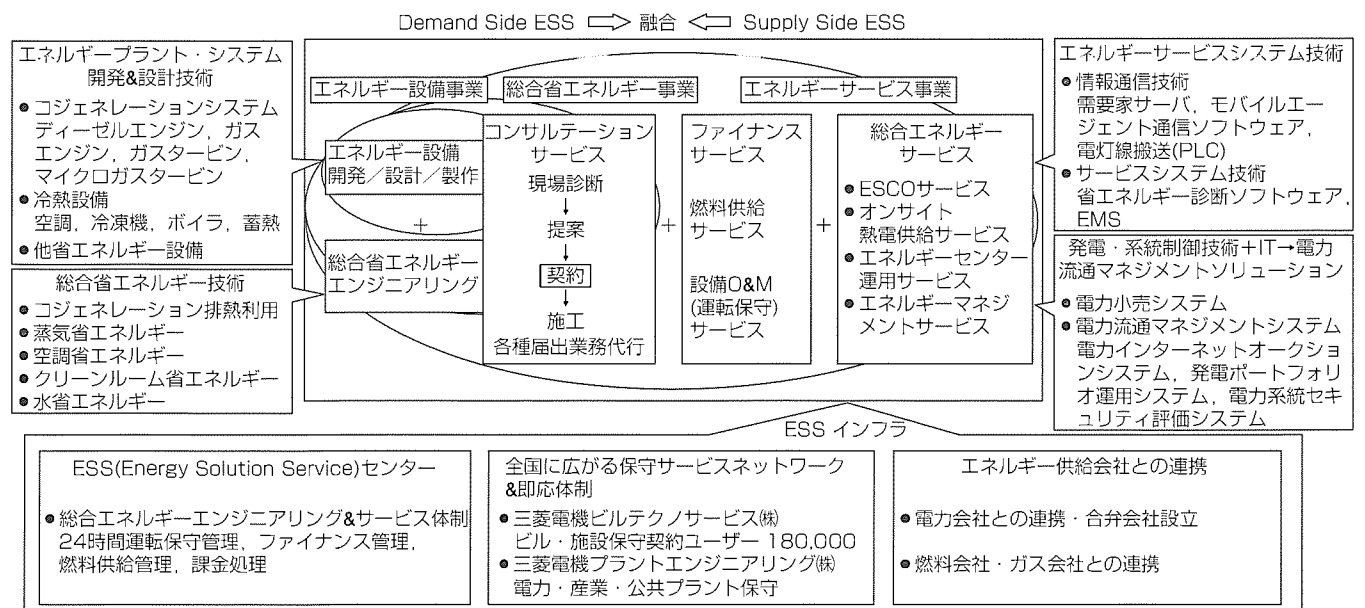


図2. 三菱電機のESS事業構造と技術・インフラ

電併給システムである。熱・電気需要の容量とバランスに合わせて原動機としてディーゼルエンジン、ガスエンジン、ガスタービンをレパトリー化し、また、小容量(数十～百数十kW)領域に対してマイクロガスタービンコジェネレーションの開発・導入にも取り組んでいる。また、低NOx化に向けてエマルジョン燃料のディーゼルエンジンにも積極的に取り組んでいる。また、空調・冷熱設備、氷蓄熱設備、ボイラなどのエネルギー設備の高効率化とともに、これら設備を組み合わせた省エネルギー応用技術の開発と適用を推進している。

(2) 省エネルギー技術

設備技術による省エネルギー以外にシステム全体の省エネルギーも重要であり、主に以下の技術を活用・強化している。

(a) 蒸気

蒸気適正温度圧力制御、汽水分離、トラップ選定、ドレン回収などによる蒸気最適化と省エネルギー技術

(b) 空調

空間の熱シミュレーション技術及び実績データに基づき成層空調、外気取り入れ空調や室内静圧分布適正化などによる空気質向上と空調省エネルギー技術

(c) クリーンルーム

エアフロー改善やプロセス排熱処理などによるクリーン度(製品歩留り)の維持・向上も兼ねたクリーンルーム省エネルギー技術

(d) 水

排水処理方式改善、純水リサイクルや井水利用による水の省エネルギー技術及び排水処理設備から発生する消化ガス発電技術

(3) エネルギーサービスシステム技術

顧客に対して付加価値の高いサービスを提供するためにITを駆使したエネルギーサービスシステムの構築を進めている。このシステム技術は、応用事例も含め5章で述べる。

(4) エネルギーサービスインフラ

ESS事業の運転保守サービス体制として、三菱電機プラントエンジニアリング(株)や三菱電機ビルテクノサービス(株)(全国の18万顧客のビルと施設の保守契約)の全国規模の保守網を敷いている。また、エネルギー供給事業者と積極的に連携し、サプライサイドの強みと当社のデマンドサイドの強みを融合して、顧客への総合エネルギーサービスを目指している。

4. ESS事業の事例紹介

4.1 ESSオンサイト熱電併給サービス

(1) 概要

顧客の施設内に当社がコジェネレーションシステムをリ

ース設置し、燃料供給及び運転・保守まですべてを一括提供し、顧客施設内への電気・熱を供給するサービス事業である。したがって顧客は、施設・工場内の場所の提供だけで、自ら設備投資や運転保全員を必要とせず、省エネルギーとエネルギーコスト削減及び地球環境保全を図ることができる。

コジェネレーションシステム導入による従来システムとの省エネルギー効果の比較を図3に、また、ESSオンサイト熱電併給事業の費用構造を図4に示す。これらの図が示すように、このサービスの原資は従来方式からの省エネルギー代である。

(2) 事例

ショッピングセンターへのオンサイト熱電併給サービスの事例を紹介する(図5)。コジェネレーションシステムと

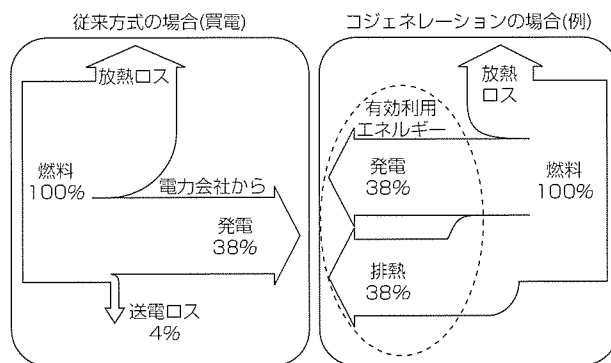


図3. コジェネレーション発電メリットの仕組み

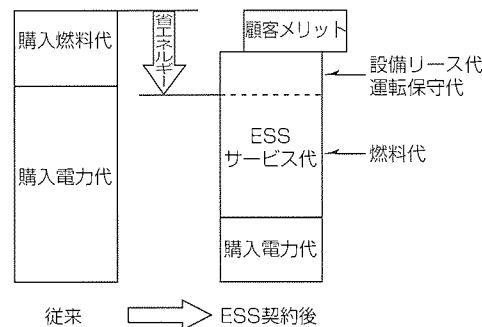


図4. ESSサービス費用構造

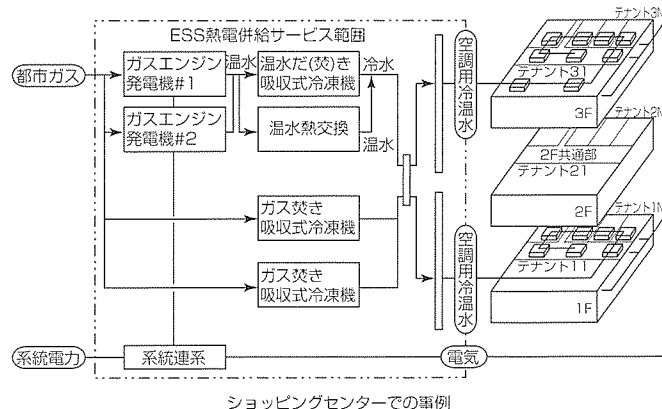


図5. ESSオンサイト熱電併給サービス

してガスエンジンを使用し、排熱を空調用熱源(吸収式冷凍機)に利用することで省エネルギーとエネルギーコスト削減を図り、また受電設備費用の軽減(特高回避)及び電力負荷平準化に寄与する。またこのシステムはリモート監視システムによって運転・監視されており、日報・月報・年報などの自動作成、保守履歴・計画管理機能を持ち、また異常発生時のフィールドエンジニア即応体制とリンクしている。

4.2 ESSエネルギーセンター運用サービス

(1) 概要

オンサイト熱電併給サービスを更に拡大し、顧客の施設と工場全体の省エネルギー及びエネルギーコスト削減を図るために、顧客施設内のエネルギー設備(電気・蒸気・水・空気・空調など)を当社がリース設置し、燃料供給及びエネルギーセンター運用までを一括で請け負うサービス事業である。したがって顧客は、施設と工場内の場所の提供だけで、自ら設備投資を必要とせず、運転保全員の省人化、省エネルギー、エネルギーコスト削減、環境保全を図ることができる。

(2) 事例

素材工場でのエネルギーセンター運用サービスの事例を紹介する(図6)。コージェネレーションシステムから発生する蒸気を減圧する過程で蒸気タービンによって圧縮空気を生成し、また、冷凍機と組み合わせ冷水を生成することによって省エネルギーとエネルギー費削減を図る。このシステムは、リモート監視システムによる監視と同時に、工場エネルギーセンターにも専門の現地運転・保守要員を駐在させ、またEMS(Energy Management System)によってエネルギー設備全体の最適運用が図られる。

5.1 エネルギー需要家向けサービスシステム

顧客(エネルギー需要家)に対するエネルギーサービスを実施する上で、いかに情報を効率良く収集しその情報を基に付加価値サービスを展開できるかがポイントである。以下に、エネルギーサービスシステムの概要について紹介する。

(1) エネルギーサービスシステムの構成

当社ESSセンターの24時間集中監視システムは、顧客と通信ネットワーク及び顧客内に設置された需要家サーバを介してつながっており、また、モバイル通信によって顧客のエネルギー設備の保守を請け負うフィールドエンジニアとリンクし即応体制を敷いている。またこのシステムは、ガス・石油会社などの燃料会社、設備メーカー、ビル管理などの保守事業者、さらに将来的には様々なASP(Application Service Provider)と通信ネットワークを介してつながり、顧客に対するエネルギーサービスの統合化・付加価値化を目指している(図7)。

(2) 情報通信技術

エネルギーサービスの高付加価値化を実現するためには、顧客とのエネルギー関連情報の迅速・確実・効率的な授受が可能な情報通信インフラが必須である。この観点から、

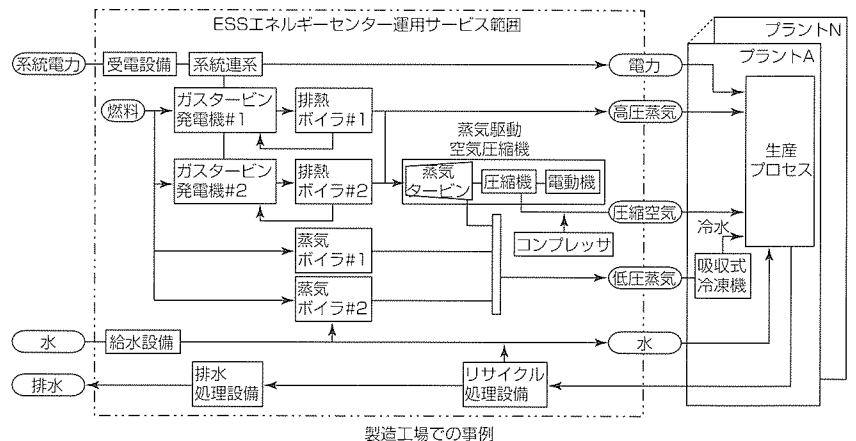


図6. ESSエネルギーセンター運用サービス

5. ITによるエネルギーサービスの高度化

これからいよいよ本格化するエネルギーサービス時代にエネルギー供給・運用を支え、さらに顧客の望む省エネルギーなどの付加価値サービスを提供するためには、ITを駆使したエネルギーソリューションサービスシステムの構築が必ず(須)である。当社ではこれらのサービスシステムの開発・導入を鋭意進めており、以下にその概要を示す。

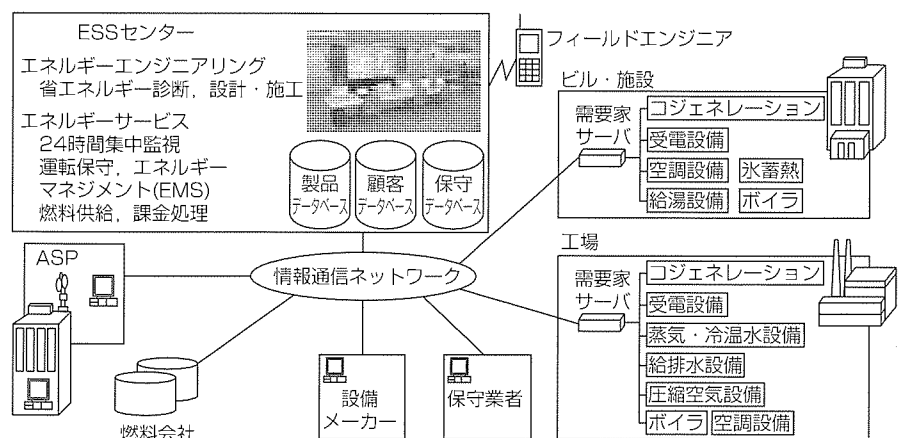


図7. エネルギーサービスシステムの構成

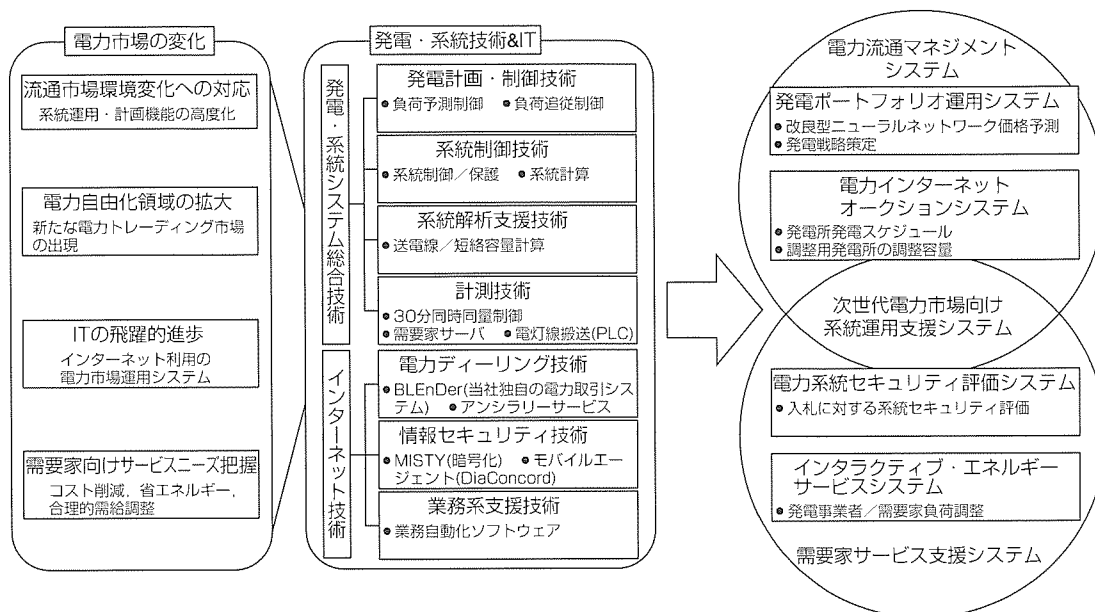


図 8. 電力流通マネジメントシステム

当社では、顧客内の情報を効率良く収集・蓄積・加工処理する需要家サーバや、大規模分散ネットワークを介して多数の顧客と自律的に情報授受を行う通信プログラム(モバイルエージェントソフトウェア)を製品化している。また、既に張り巡らされている電灯線を使って情報通信する電灯線搬送モジュールの開発と実証試験を進めている。

(3) サービス応用技術

前述のシステムインフラ上で、当社は、オンサイト熱電併給サービスやエネルギーセンター運用サービスの機能を構築している。すなわち、省エネルギー診断、エネルギー設備運転・保守管理、燃料供給管理、課金処理やEMSを使ったトータルエネルギー最適化運用管理などの機能を実現している。

5.2 エネルギー流通マネジメントシステム

エネルギー市場自由化の進展に伴い、IPP、特定規模電気事業者(PPS)やエネルギーサービス会社などが出現し、市場競争原理の導入が始まっている。ただ、エネルギーは最重要社会インフラであり、また特に電力はためられない、すなわち、送電ネットワークを介して生産と消費が同時でなければならないという電力特有の性質がある。

この電力市場自由化の流れの中で、当社は、コア・コンピタンスである発電・系統制御技術とITを融合し、これ

からの電力流通システムソリューションを提供するため電力会社とも協調をとり、システム開発及び導入に注力している(図8)。

6. む す び

21世紀に入り、地球環境保全のため省エネルギーへの取組をますます強化する必要がある。また、エネルギー市場自由化の流れの中で、エネルギー供給のみならず顧客に最も適した形でのエネルギーサービスの競争時代に移っていくことが予想される。その過程で、エネルギー広域供給システムとエネルギー分散システムの相互補完・最適組合せが進むと考えられる。

当社は、社会及び顧客に対する最適なエネルギーソリューションサービスを目指して、エネルギー供給事業者と協調・連携をとりながら、エネルギー設備メーカーの技術をベースに、省エネルギーエンジニアリング&サービスに今後とも注力していく所存である。

参考文献

(1) 通商産業省資源エネルギー庁省エネルギー対策課監修：省エネルギー総覧(2000)(2001)

三菱電機のトータル省エネルギーシステム技術

池田辰弥* 小柳正俊**
田熊良行*
那須広実**

要旨

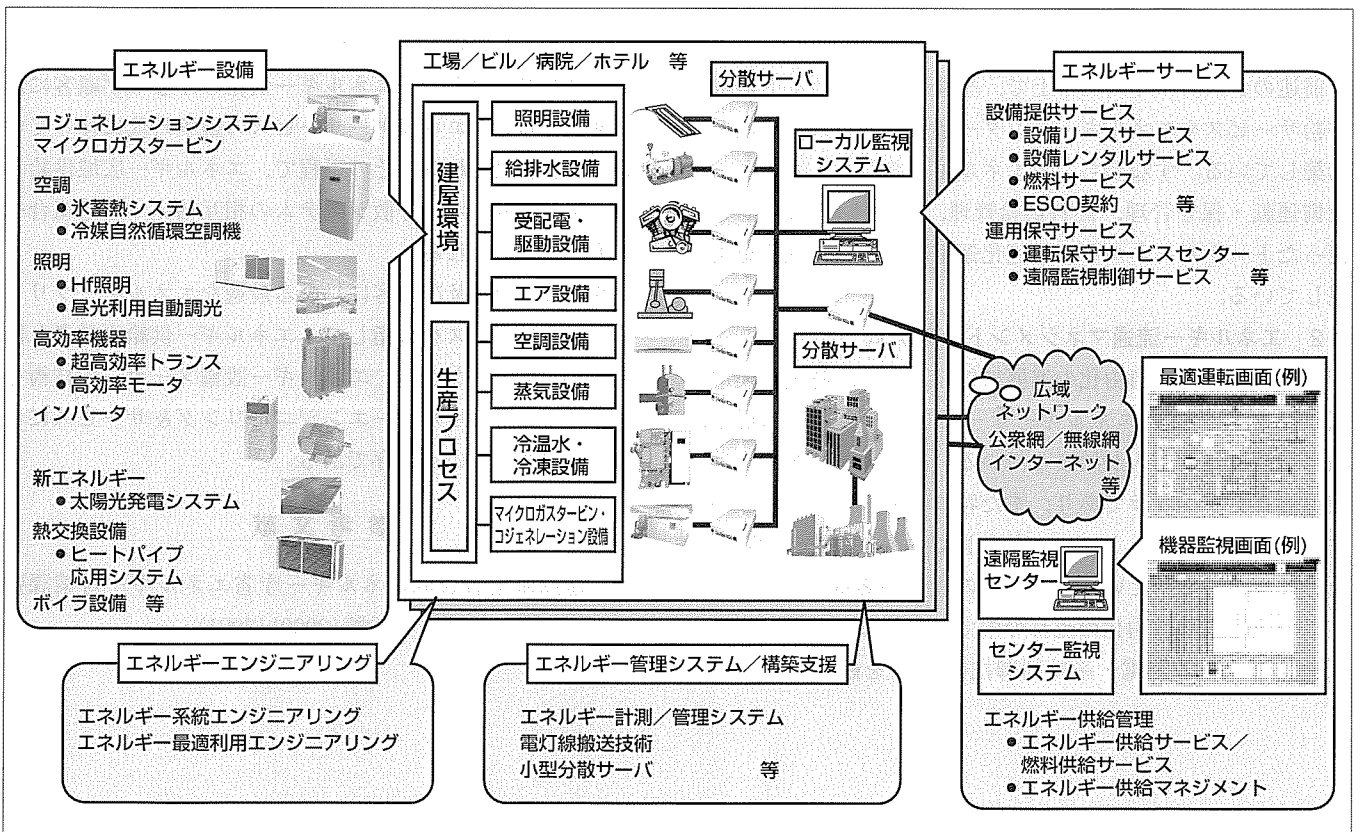
近年の地球環境保護の面から省エネルギーへの要求が高まっており、省エネルギー機器のニーズと合わせて、これらの機器を使いこなすトータルシステムとしての省エネルギーが求められている。三菱電機においても、ユーザーとともにエネルギー使用削減方法を検討し、設備計画から設備運用管理までを含めたトータル省エネルギーサービスを提供する新たなビジネスを構築している。

トータル省エネルギーシステムにおいては、高効率省エネルギー機器の採用のほか、既存設備のシステム変更や運用管理によるエネルギー有効利用及びコジェネレーション導入等による使用エネルギーの転換と高効率な排熱利用シ

ステム構築が重要である。当社のトータル省エネルギー技術は、一次エネルギー削減を目指す一方で、効果的なエネルギー費用の削減をねらい、コジェネレーションとその排熱の有効利用システムを基幹としている。

コジェネレーションでは、より高効率な熱利用を行うため、空調システム等の二次側システムも含めたシステム検討を行うとともに、余剰排熱利用のためのシステム創出・開発を行っている。

本稿では、これらのトータル省エネルギー技術とコジェネレーションを中心とした最近の排熱利用技術について紹介する。



三菱電機のトータルエネルギーエンジニアリング&サービス事業

当社における省エネルギー事業全体を示した構成図である。電気・熱システム全体に対する省エネルギーエンジニアリング、管理運用のためのインフラから設備運用管理までを提供する。ファイナンス面では種々の提供サービスメニューをそろえ、顧客のニーズに合わせた提供システムを構築している。

1. ま え が き

1997年12月に開催された気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)の京都議定書を受け、'99年4月には「改正省エネルギー法」「地球温暖化防止法」が施行され、エネルギー消費原単位で中長期的に見て年1%の削減目標とする省エネルギー活動の実施が規定されている。中規模以上のエネルギー消費事業者である官公庁・自治体・企業等における省エネルギーへの取組が強化されてきているとともに、2001年度からは第1種エネルギー管理指定工場に対し新スキームによる工場調査が行われ、省エネルギーに対する取組の指導強化も行われる状況となっている。これらの省エネルギー対策に伴う設備更新の総需要は2兆円とも3兆円とも言われており、環境・省エネルギービジネスとして有望な市場形成がなされつつある。これらの省エネルギー設備導入促進のために、NEDOによる補助事業やエネルギー改革税制などの国の支援策も強化されている。

三菱電機においても、この状況を新たなビジネスチャンスとしてとらえ、省エネルギー診断からファイナンス提供、さらに運転管理を含むトータルエネルギーサービス事業体制(ESCO事業も含めて)を構築してビジネス規模の拡大を図っている。

対象技術は、コジェネレーションとその排熱利用技術を中心として、熱源、熱利用、空調、搬送、リサイクルと多岐にわたり、ユーザーニーズに合わせて最適なシステムを構築・提供することがトータルエネルギーサービス事業の基本スタンスである。

本稿では、当社のトータル省エネルギーシステム技術について、事例を含めて述べる。

2. 工場、業務系ビルの省エネルギー

2.1 省エネルギー推進のステップ

従来の省エネルギーは、高効率機器の導入やインバータ等による無駄なエネルギーの排除といった機器レベル(改

善的省エネルギー)に着目したものであった。しかし、近年は、この手法のみでは年1%の省エネルギー目標の達成は困難であり、生産設備の改善に踏み込んだ提案(本質的省エネルギー)が求められている。図1にエネルギー使用状況の診断から改善案抽出までのステップを示す。

2.2 コジェネレーション導入評価ツール

トータル省エネルギーシステムにおける基幹となるコジェネレーションについて、その導入効果をより簡単に評価できるツールを開発している。エンジンデータ、機器コスト情報などをデータベース化して入力数を最小限とし、また、導入評価を一般化することによって容易にメリットの評価が行えるようにしている。このシステムを用いて導入メリットを評価し、導入可能性があると判断した段階で詳細なエネルギー診断を行う。

この評価システムのイメージを図2に示す。

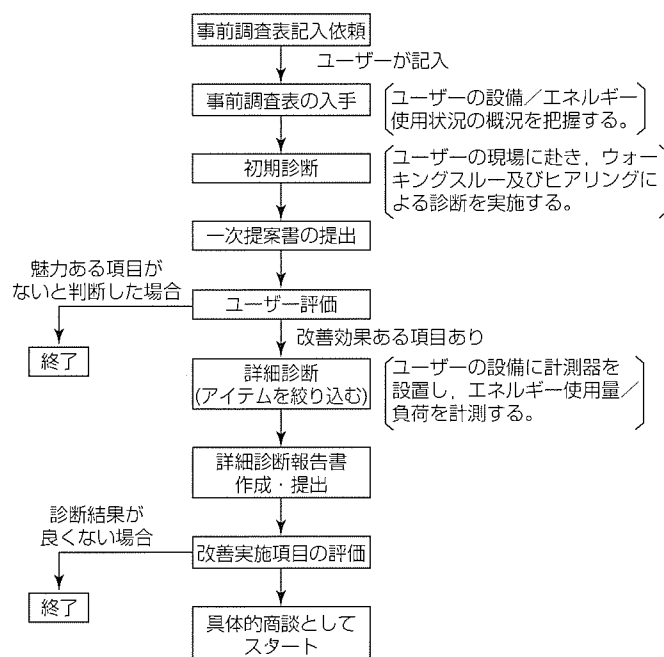


図1. 省エネルギー推進のステップ

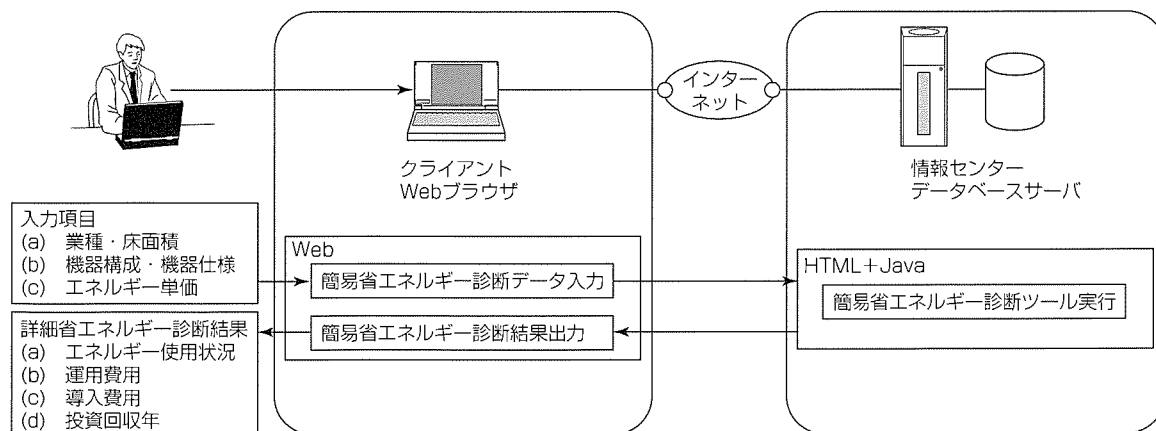


図2. コジェネレーション導入評価システム

2.3 工場における省エネルギー事例

実際のLSIアセンブリ工場に適用した省エネルギーを図3に示す。

工場系における省エネルギーは、生産ラインプロセスまで入り込んだ提案が実際には必要であるが、図では一般に適用できるアイテムを記載している。

製造ラインから出てくる熱の拡散防止、空調範囲のゾーニング、空調搬送・送水動力の低減が主なアイテムとなる。

2.4 業務系ビルにおける省エネルギー事例

業務系ビル(店舗, 病院, 学校, 事務所ビル等)における省エネルギーを図4に示す。

業務系ビルにおける使用エネルギーの大半は、図5に示すように、空調・照明電力である。空調設備における搬送・送水動力等の低減, 高効率照明の導入による省電力と発熱量削減が主なアイテムとなる。また、電力の削減のみでなく、今後は地下水利用や中水の再利用といった市水削減方策も考えていくことが必要である。

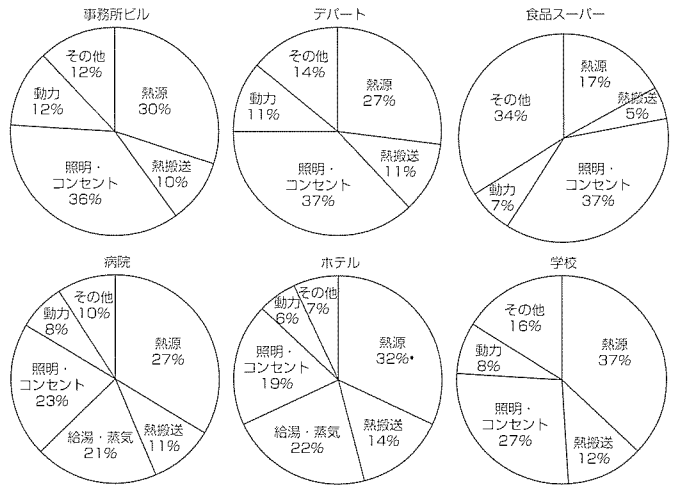
3. 最近の技術動向

3.1 マイクロガスタービン空調システム

近年、小型分散電源の有効な候補として、マイクロガスタービンが脚光を浴びている。小容量ながら発電効率が高く、併せて排熱利用が可能で、コジェネレーション運用に

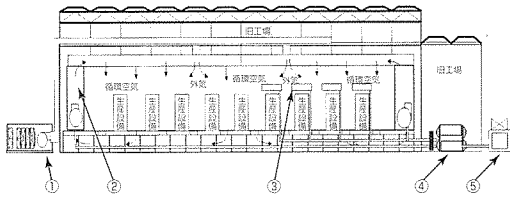
よって省エネルギーとCO₂削減を図ることができる。代表的な熱利用システムとして、コンビニエンスストア向けに当社が(株)ローソン、三菱商事(株)、矢崎総業(株)と共同で開発した28kWマイクロガスタービン空調システムを紹介する。2001年3月から(株)ローソンの店舗で実証試験中であり、約1年の検証を経て実店舗への導入を図る計画である。

図6にマイクロガスタービン空調システムの構成を、図7に実際のコンビニエンスストアに設置したシステムの外観を示す。



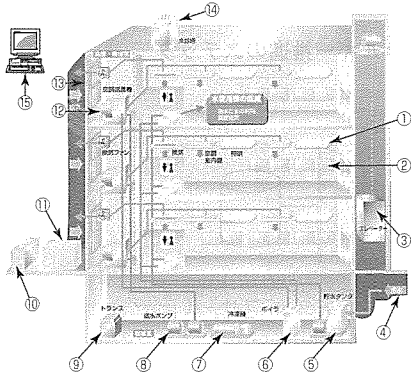
出典：(財)省エネルギーセンターホームページ

図5. 業務系ビルのエネルギー消費比率



番号	項目	省エネルギーのねらい目	省エネルギー手法	対策
1	外調機	送風動力の低減 冷却熱回収	負荷に応じた運転制御 再生熱回収による排熱利用	インバータによる回転数制御 熱回収システムの追加
2	空調機	送風動力の削減	負荷に応じた運転制御 送風圧損の軽減	インバータによる回転数制御 低圧損フィルタの採用
3	熱発生源	発熱の室内拡散の抑制	発熱設備の直接冷却 発熱設備の個別熱放出	局所冷却 局所換気
4	冷凍設備	高効率機器の採用 高効率運転制御の採用	—	高効率モータの採用 台数制御による高効率運転
5	冷却塔	ファン動力の削減	外気放熱の利用 負荷に合わせたファン回転数制御	冬季ファン停止制御の採用 インバータによる回転数制御の採用

図3. 工場における省エネルギー



番号	項目	省エネルギーのねらい目	省エネルギー手法	対策
1	照明設備	高効率機器の採用	高効率機器利用 昼光利用、初期照度補正	H照明、電子式安定器の採用 自動調光システムの採用
2	窓	入熱量削減	外部入熱の遮蔽	断熱フィルムの採用 ひさし、ペリメータファンの採用
3	昇降設備	搬送動力の低減 再生エネルギー利用	負荷に応じた運転制御 再生エネルギーの電力回収	インバータによる回転数制御 電源再生型インバータの採用
4	市水	ユーティリティ多様化	—	地下水ろ過システムの採用
5	循環水	水質維持の機器採用	送水管圧損維持による送水動力低減	セラミック送水器の採用
6	ボイラ	運転設定の適正化	適切な燃焼空気制御、排熱回収	燃焼空気比等の最適設定と維持
7	冷凍機	運転制御機器の採用	運転圧力の最適化	冷凍機最適運転制御機器の採用
8	送水機器	送水動力の低減	負荷に応じた運転制御	汎用インバータの採用
9	受電設備	低損失機器の採用	—	高効率トランスの導入 最適容量設定
10	空調熱源設備	蓄熱機器の採用	夜間電力利用の電力負荷平準化	氷蓄熱空調機の採用
11	コジェネレーション	エネルギー源の転換	排熱利用によるエネルギー源の多様化	コジェネレーションの導入 排熱回収
12	空調設備	送風動力の低減 最適空調空間の設定	負荷に応じた回転数制御	インバータの採用 ゾーニング等のシステム最適化
13	換気設備	送水動力の低減 温湿度エネルギー回収	負荷に応じた回転数制御 放出熱の回収	インバータの採用 全熱交換器(ロスナイ)の採用
14	冷却塔	回転速度制御	負荷に応じた回転数制御	ファン、送水ポンプのインバータ化採用
15	エネルギー管理	エネルギーの有効利用	最適運転システム制御	エネルギーマネジメントシステム(EMS)の採用

図4. 業務系ビルにおける省エネルギー

28kW級マイクロガスタービンは当社標準の温水ボイラ内蔵型(マイクロエコターボ)で、温水駆動の7RT吸収式冷温水機と組み合わせられ、吸収式冷温水機からの冷水が店内の空調機に導かれる構成である。システムの主な特長は次のとおりである。

(1) 昼間の電灯負荷全量を賄う単独運転システム

店舗は冷凍機動力を主とする低圧電力と照明を主とする電灯電力の2種類の契約を行っており、このうちの后者の電力(電力単価の高い昼間の負荷)をマイクロガスタービンが賄う。

(2) バックアップシステム

マイクロガスタービンが故障したときには、補助ボイラ運転によって店内の空調負荷に対応する。

(3) 小型冷凍機システム

今回、システム用に大幅にコンパクト化を図った小型吸収式冷温水機を開発した(設置面積従来比0.5)。

(4) 一括リモート監視システム

マイクロガスタービン、冷凍機・空調システム一括の24時間遠隔監視により、異常時の迅速な対応を実現した。

このシステムの導入により、年間電力使用量の約1/3のランニングメリットが得られる見通しである。

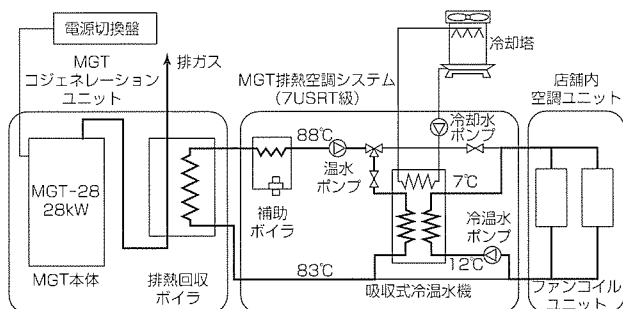


図6. マイクロガスタービン空調システムの構成

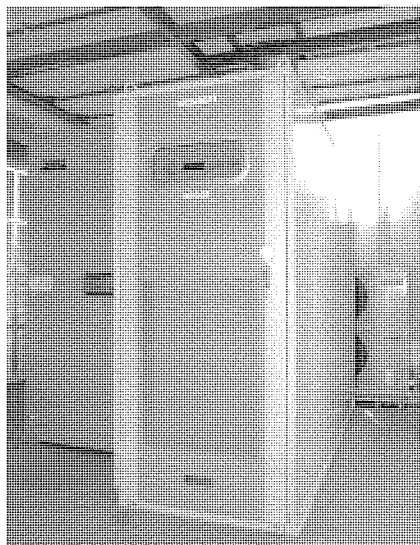


図7. マイクロガスタービン空調システムの外観

3.2 デシカント空調システム

デシカント空調機は、空気を冷却することなく乾燥剤(デシカント)の働きで直接除湿する新しい空調システムである。従来の空調システムでは、湿度を下げるため一度過冷却をした後に必要な温度まで再加熱する方式がとられ、無駄なエネルギーを消費していた。デシカント空調機システムは、乾燥剤(シリカゲル、ゼオライト)をコーティングした除湿ロータに空気を通すことで水分を直接的に除去し、その後必要な温度まで冷却するため、過冷却エネルギーが不要で省エネルギー性の高いシステムである。水分を吸着した乾燥剤を連続して使用するには水分除去による再生が必要であり、80℃以上の熱が必要となり、この乾燥加熱源にコジェネレーションシステムの排熱を利用して省エネルギー性を向上させている。

当社では、ディーゼルエンジンとデシカント空調機の組合せによるコジェネレーションとして、食品スーパーマーケット、食品加工工場、病院、映画館やスポーツクラブなど、除湿が必要な場所に導入推進を行っている(図8)。

食品スーパーマーケットへの導入メリットとして次が挙げられる。

- 空調機電力の削減(40%程度)
- ショーケースへの霜付き防止
- 冷凍機電力の削減(20%程度)
- コールドアイル防止
- かび、さびの発生防止

3.3 熱動カスケード活用システム

一般に、工場における蒸気利用は、ボイラによって一定圧力の蒸気を製造した上で、用途によって必要な圧力まで減圧して利用している。

この減圧をスチームタービンを用いて行い、減圧エネルギーを動力として回収することができる。

ガスタービンコジェネレーションにおいて、この減圧エネルギー回収を行うとともに、排ガスボイラによる発生蒸気を燃焼器へ噴射して発電電力の増加を行うチェーンサイクルと組み合わせ、ボイラの運転と連動して蒸気発生量の管理を行うことにより、季節・時間帯による熱利用負荷の変動に対して高効率な運用が可能となる。

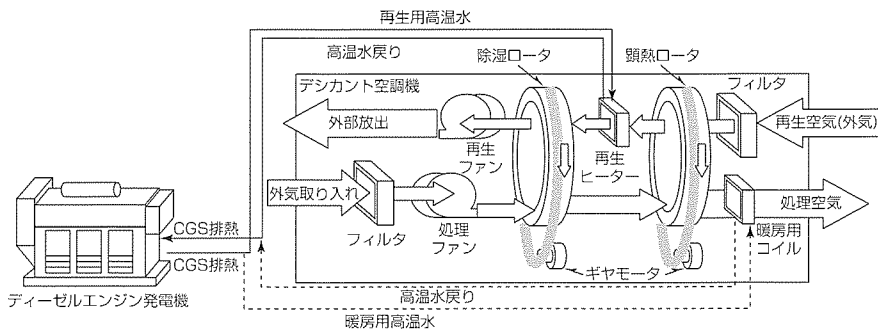
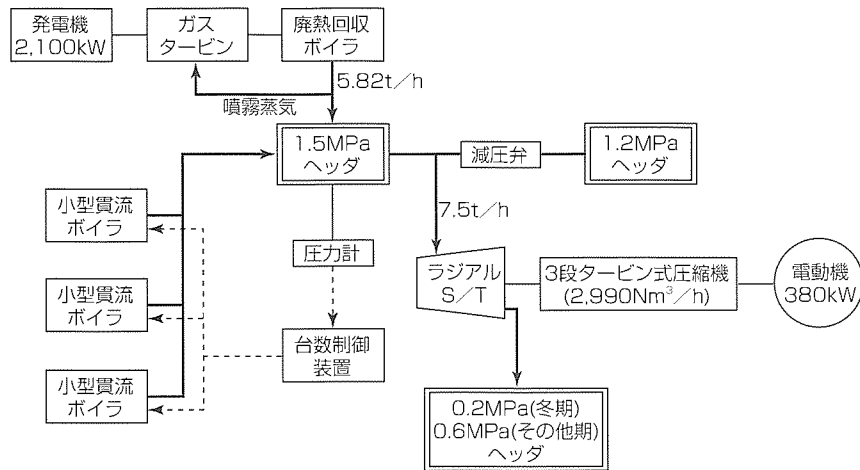


図8. コジェネレーションによるデシカント空調



技術的特長
 ラジアルS/Tについて、
 (1) 蒸気を減圧するときのエネルギーを動力として回収
 (2) 低圧側の蒸気を有効に使える場合、全体効率(放熱ロス約5%程度)は極めて高効率
 カスケード利用システムについて
 (3) プロセス蒸気・エアの需要変化に対応可能な下記システムとしたことにより、年間を通して総合効率71.4%を実現
 ● 圧縮機駆動源として電動機を併設し、ラジアルS/Tで足りない部分を供給
 ● 蒸気発生源として小型貫流ボイラを併設し、廃熱回収ボイラで足りない部分を供給
 また、廃熱回収ボイラで余る場合、余剰蒸気をガスタービンに噴霧し発電量増加に活用

図9. カスケード熱利用システム

表1. コージェネレーションシステムの導入効果

項目	買電		蒸気製造用		コージェネレーション	効果合計
	ピーク対策分	使用量削減	燃料削減	電力削減	燃料増加	
費用(千円)	24,038	91,835	59,933	1,582	110,715	66,673
原油換算値(kℓ)	—	2,692	2,334	46	4,312	760
CO ₂ 排出量(t-C)	—	1,168	1,120	20	2,236	162

当社の静岡製作所における熱動力カスケード活用によるコージェネレーション事例を図9に示す。

このシステムは発生する熱エネルギーを最も効率的に使用した省エネルギーシステムであり、設備導入によって次の問題点を解決している。

- 生産における電力などのエネルギー需要の夏季集中
- 売上高比のエネルギー効率の年々の低下

表1にこのシステム導入後の効果を示す。

なお、このシステムは、平成11年度省エネルギー優秀事例全国大会で報告し、優秀賞に選ばれている。

4. むすび

今後、当社のエネルギーサービス事業は、汎用の省エネルギー機器/システム技術に情報通信やソフトウェア技術を融合するとともに、幅広く技術を応用して付加価値の高い省エネルギーシステムへの展開を図っていく。また、近年の技術革新のスピードは目覚ましいものがあり、エネルギー関連の新技术を的確にフォローして最適なシステムをタイムリーに提供するとともに、ユーザーとの連携を密にした三菱電機のトータルエネルギーサービス事業を推進していく所存である。

三菱コジェネレーションシステム

増元茂喜*
西山佳久**

要旨

現在、世界経済の目覚ましい発展に伴い、地球環境保護がクローズアップされ、急速に省エネルギーや自然エネルギーの活用の機運が高まっている。

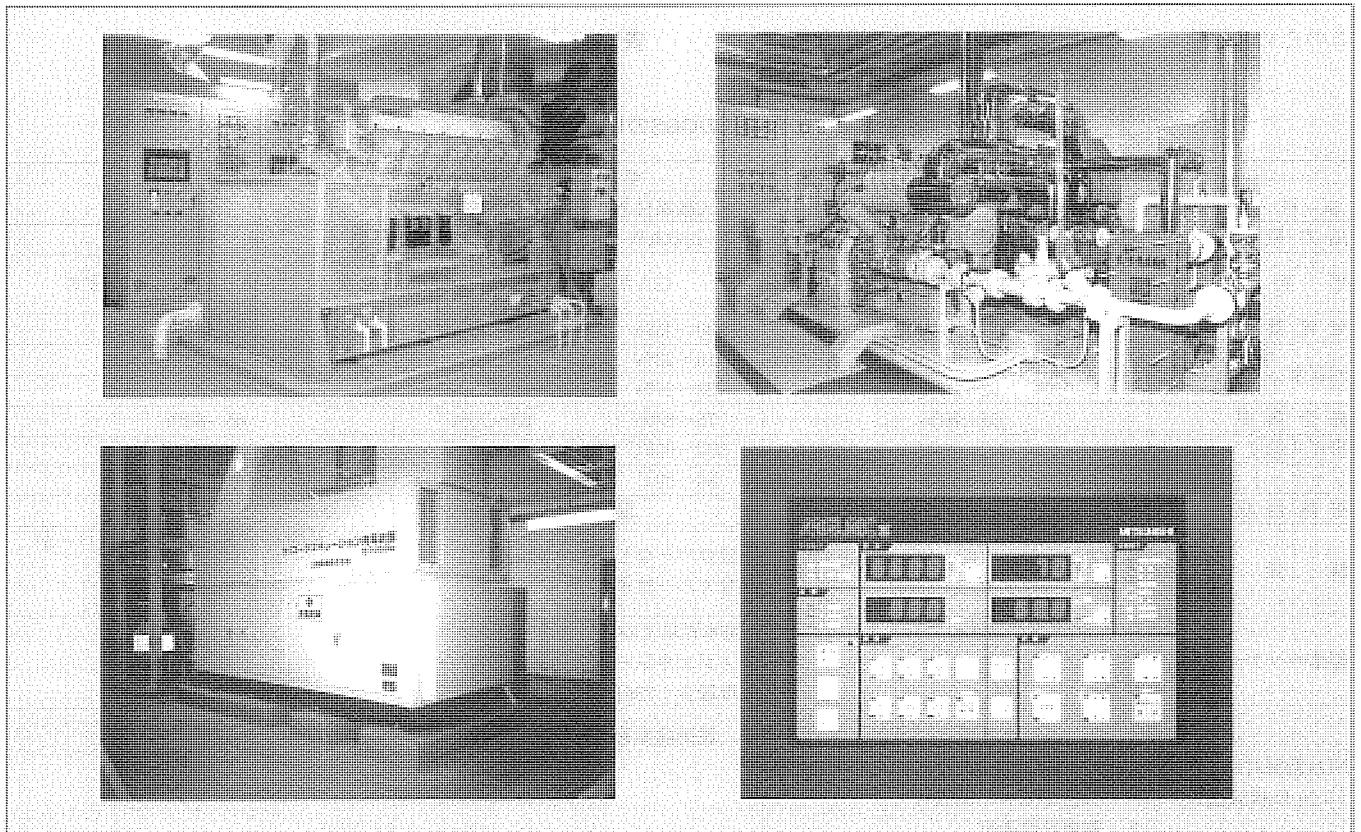
また一方、電力やガスの規制緩和の進展とあいまって、コジェネレーションシステム(CGS)や新エネルギー(風力、太陽光、燃料電池)活用等の分散電源の導入が加速されてきている。この中で、三菱電機は、太陽光、風力、CGS等の分散電源事業を積極的に展開し、省エネルギー、環境保護に対する取組を強化してきた。

当社は今まで、分散していた組織を統合し、エネルギーソリューション&サービスセンター(ESSセンター)を本年4月に設立した。ESSセンターでは、CGSを主体とした熱電併給システムやその熱源を利用するシステムを主体に、

エネルギーに関するトータルエンジニアリングにより、工場やビルなどの省エネルギー、CO₂削減に取り組んでいる。

本稿では、この中で、CGSに焦点を当て、当社の取組について述べる。

- 三菱電機のエネルギーソリューションサービス事業(ESS事業)の取組体制
- CGSの標準パッケージ、原動機別レパートリーの紹介
- 瞬低対策、低NO_x化等のCGSの応用システム例についての紹介
- 三菱電機kWリース方式であるESS事業形態の概要



コジェネレーションシステムの導入例

コジェネレーションシステムとして納入した現地写真である。左上はディーゼルエンジン、右上はガスエンジン、左下はガスタービンに対応したコジェネレーションシステムの設置例である。右下はこれらの制御装置の一例である。

1. ま え が き

世界経済はわずか半世紀の間に目覚ましい発展を遂げてきたが、反面エネルギー消費も増加の一途をたどっており、化石燃料の枯渇、地球温暖化や酸性雨に見られる地球規模での環境汚染など重大な問題がクローズアップされている。これに対して我が国では、省エネルギー、新エネルギーとしてコージェネレーションシステム(以下“CGS”という。)を始め、燃料電池、太陽電池、風力発電等の導入が推進されている。この中でCGSは商業ベースとしての成熟度が高く、急速に普及しており、三菱電機もこれまで200台以上の納入実績を持っている。

本稿では、規制緩和を含めたCGSに関する最新動向について述べる。

2. 当社のCGSの取組

2.1 CGS取組体制

従来、当社は発電設備+熱回収システムのいわゆるCGS単体の事業を展開してきたが、単にCGSの導入だけではなく回収した熱源(温水や蒸気)の利用方法も含めたトータル省エネルギーのニーズの高まり、及び事業形態が従来の売切りからkWリースの形態に変わってきたこともあり、今までの事業形態では対応が十分できない状況となってきた。このため、現在、従来のESCO、CGS、熱利用を担当して

きた各部門を統合し、エネルギーソリューション&サービスセンターを設立し、分散電源を含めたトータルエネルギーサービスを展開している。

なお、kWリースとは、設備は当社の所有とし、当社が設備の建設、燃料供給、運転・保守を行い、顧客から電力・熱の供給に対するサービス料を徴収するビジネス形態を言う。

2.2 適用分野

市場としては、民生用として病院、ホテル、スーパーマーケットなど業務用の顧客、産業用として食品、化学、製紙、機械加工を主体に事業展開を行っている。

適用分野としては、CGSとして排熱利用のできる顧客の自家発電設備として、また、排熱利用のない発電設備としての自家発電、PPS、IPP等に対応しており、さらにPFIについても積極的に対応中である。

2.3 CGSのレパートリー

当社が提供できるCGSの機種は、原動機としてディーゼルエンジン(DE)、ガスエンジン(GE)、ガスタービン(GT)いずれについても対応可能で、これに排熱回収設備として温水ボイラ、蒸気ボイラを組み合わせたCGSシステムを準備している。

(1) 当社のレパートリー

DE、GE、GTを適用したときの当社のレパートリーを表1に示す。

表1. 三菱電機のCGSのレパートリー

項目	機 種	ガスエンジン		ガスタービン	
		ディーゼルエンジン	三元触媒付き		希薄燃焼
出力範囲		～10,000kW	～1,500kW	～5,000kW	500～10,000kW
燃 料		灯油・軽油・A重油・C重油	13Aガス・消化ガス		灯油・軽油・A重油・13Aガス
発電効率		35～44%	30～35%	35～40%	20～30%
回収率	排ガス	10～18%	15～22%	15～22%	40～55%
	ジャケット	12～20%	20～27%	18～25%	—
総合効率		65～80%	75～80%	65～75%	65～80%
排ガス温度		300～400℃	550～650℃	300～400℃	500～550℃
ジャケット水温度		80～90℃	80～90℃	80～90℃	—
排熱回収		温水、蒸気	温水、蒸気		蒸気
騒 音		防音カバーなしで95～105dB(A) 防音カバー付きで75～85dB(A)	防音カバーなしで95～105dB(A) 防音カバー付きで75～85dB(A)		高周波域騒音が高いため防音カバーが必要 防音カバー付きで75～85dB(A)
標準パッケージ型		185～800kWクラスのコージェネレーション、モノジェネレーション 標準騒音：75dB	1,000kW以下のコージェネレーション、モノジェネレーション 標準騒音：75dB		—
NOx低減対策 (0% O ₂ 換算値)		1. エマルジョン燃料(A重油+水)適用 NOx.300ppm以下 機種250kW, 500kW 2. 脱硝設備適用	1. 脱硝設備適用		1. 水噴射 2. 脱硝設備適用
応用システム		風力ハイブリッド UPSハイブリッド 非発兼用	UPSハイブリッド		吸気冷却 コンバインドサイクル 風力ハイブリッド UPSハイブリッド 非発兼用

DEについては1,000kW未満をオールマウント式パッケージに収納した設備を標準化しており、現地工事や輸送の簡略化、配置スペースの縮小を図っている。またGEやGTについても小容量機についてパッケージを適用している。

(2) 当社標準CGSの適用例

当社納入の排熱回収を温水で行った場合の実績を図1と表2に示す。

2.4 CGSの応用システム

当社は、表1に示すCGSのレパートリーを核として、得られる温水や蒸気を空調や給湯に利用したシステムを納入している。さらに、電源の信頼性向上、排ガスのクリーン化、燃料の多様化等、様々な応用システムに対しても注力している。その適用例を以下に紹介する。

(1) 瞬低・停電対策

従来の工場生産形態の変化に伴い、半導体工場などを中心に瞬低対策がクローズアップされている。

瞬低対策については従来主にUPSを適用することで対策されてきたが、瞬低対策負荷の大容量化、停電対策兼用、既設工場に適用する場合の既設改造工事の困難さから、CGSと高速遮断器を組み合わせたシステムのニーズが増加してきている。

当社は、瞬低を検出してから完全に遮断するまでの時間が1サイクルの真空型高速遮断器とCGS(又はモノジェネレーション)とを組み合わせたシステムを瞬低・停電対策用に製品化している。

システム構成を図2に、高速遮断器の仕様を表3に示す。

高速遮断器については、更に短時間で遮断できるシステムの開発を実施中である。

(2) DE適用CGSの低NO_x化(エマルジョン燃料)

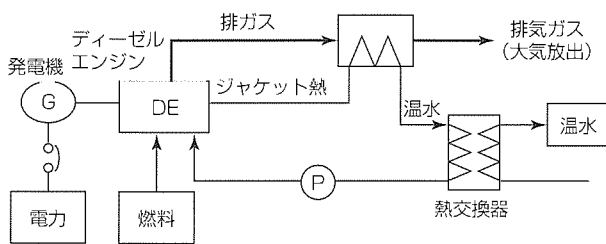


図1. 温水発生コジェネレーションシステムの系統図

表2. CGSの納入仕様

発電機容量	1,000kW × 1台 (発電効率36%)	
電圧	3相 6.6kV 50Hz	
発電機	形式	CFC(円筒回転界磁形) ブラシレス励磁
	極数	6P (1,000r/min)
エンジン	形式	ディーゼルエンジン
	使用燃料	A重油
熱回収	形態	エンジン排気ガス+ジャケット熱
	熱利用	給湯用温水
	熱量	970,000kcal/h (熱回収効率41%)
総合エネルギー効率	77%	

DEの燃料にA重油と水をほぼ50%ずつ混ぜたものに特殊な添加剤を注入した燃料を使用することで効率を落とさずにNO_xを300ppm以下(O₂ 0%)に抑えることのできるエマルジョン式DE適用のCGSを製品化しており、都市部環境対策システムとして市場投入している(現在250kW、500kWを発売中)。

(3) 防災兼用型CGS

常用のCGSを防災兼用型として使用するもので、液体燃料及びガス燃料についても対応可能である。

(4) 吸気冷却応用GTシステム

GTは吸気温度が上がるに従って出力が低下するが、吸気を冷却することによって出力を維持できるようにしたもので、GTの排気の熱回収蒸気によって吸気を冷却するシステムを適用し、電気/熱バランスを最適制御することが可能である。

3. 事業形態

従来は客先から設備を受注し、設計、製作、現地工事、試運転を行い、顧客に引き渡す、いわゆる売切りの事業形態であったが、最近はkWリース方式のニーズが強くなり、事業形態も売切りからエネルギーのトータルサービスへと移行してきている。当社においても、このkWリースを事業に取り込み、エネルギーソリューションサービスとして事業を展開している。当社ではこの方式をESS (Energy Solution Service)と呼んでおり、これについて、当社のシステムを紹介する。

3.1 ESSとは

ESSの事業は以下の形態をとっている。

(1) 客先から設備の設置場所の提供を受け、当社が設備の所有者としてCGS設備を設置する。

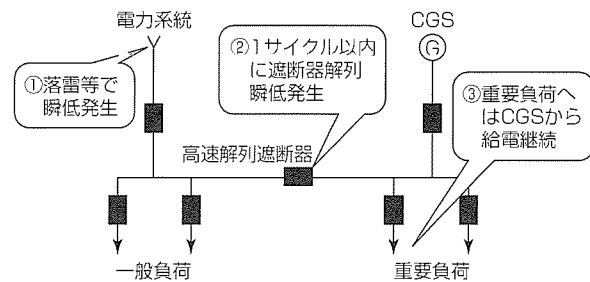


図2. 瞬停対策のためのシステム構成

表3. 高速遮断器の仕様

● 高応答性	操作機構に電磁反発駆動方式を採用し開極時間 1msを実現
● 高信頼性	接点加圧・開極保持機能を持つ皿ばね機構採用により、ラッチ・リンクレスの簡素化を実現
● 仕様	定格電圧：3.6/7.2kV 定格電流：630/1,250/2,000A 開極時間：1ms 遮断電流：20kA 準拠規格：JEC-2300

- (2) CGSの運転に必要な運転監視，保守，燃料の供給等の設備運用に関するサービスを当社が提供する。
- (3) 客先に電力や熱源を当社が供給する。
- (4) 客先から当社エネルギーサービスに対するサービス料の支払いを受ける。
- (5) 客先に対して当社はメリットの保証を行う。

3.2 サービス内容

当社は，CGS運開後，以下のサービスを提供する。

- (1) 24時間リモート監視センターから設備の状態を監視し，異常発生時には原因を追求し，フィールドエンジニアの派遣を行う。
- (2) CGSの運転時間，運転状況診断により，適切な保守を行う。
- (3) 安定した燃料の供給を行う。

これらを実現するために，全国規模の保守網の完備，24時間リモート監視センターの設置，燃料会社とのタイアップによる安定供給を行っている。

3.3 ESSのイメージ

ESSにおける客先へのメリット提供のイメージを図3に示す。

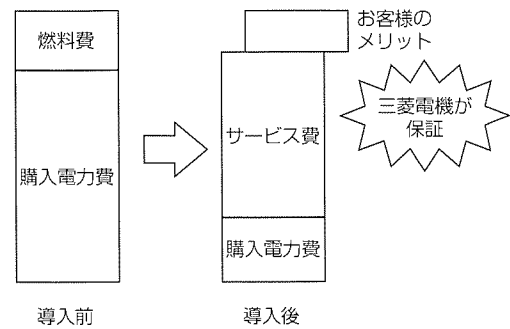


図3. ESSのメリット提供のイメージ

4. む す び

エネルギーを取り巻く環境規制の強化，電力やガスの規制緩和の拡大，トータル省エネルギーのニーズ増大から，CGSを中心とした分散電源の設置拡大がますます進展すると思われる。当社は，豊富な分散電源や電力システムシステムの経験とノウハウや，最新のデジタル技術，シミュレーション技術を生かし，CGSを含めた分散電源の発展に貢献していく所存である。

マイクロコジェネレーションシステム “マイクロエコターボMTG-28”の応用システム

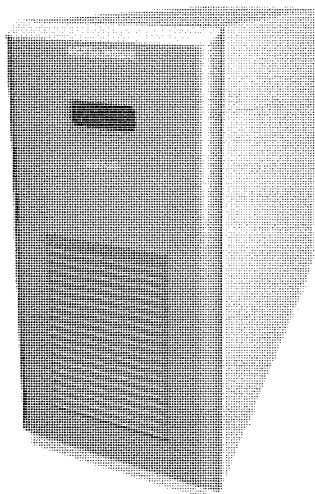
末吉義雄*
加治屋 脩**
大谷 徹**

要 旨

三菱電機の提案するエネルギーソリューションは、お客様の省エネルギー、省コスト、環境改善のパートナーとして現場に密着し、エネルギーの総合エンジニアリング力（エネルギー発生・供給・利用技術）とITを駆使し、お客様のエネルギー関連の様々な課題（部分的な課題からお客様全体のエネルギー課題まで）に対して省エネルギーコンサルティング、設計施工、設備リース、O&M、エネルギー供給、エネルギー運用管理まで幅広くお客様と一緒に解決してきている。その一環として、当社は、マイクロガ

スタービンのコジェネレーションシステム“マイクロエコターボMTG-28”を分散電源のレパートリーとして製品化し、同時に分散電源による電熱供給サービス事業を積極的に展開している。

当社は、Capstone社製28kWマイクロガスタービンを利用して熱利用を含めたコジェネレーションパッケージの開発を行い、また、ユーザーにとって大きな関心事項であるメンテナンスについても、24時間遠隔で監視するシステムを実用化し、アフターサービス体制を整備している。



マイクロエコターボの外観

マイクロエコターボの仕様

項 目	都市ガス仕様	プロパンガス仕様	灯油仕様
発電出力	29kW, 400/440V, 50/60Hz(200/220Vオプション)		
発電効率	26%		
総合効率	79%		
熱出力	59kW(51Mcal/h)		
温水温度(供給/戻り)	70/60℃		
燃料の種類	13Aガス	LPG	灯油
燃料消費量	9.6Nm ³ /h	4.4Nm ³ /h	11.8ℓ/h
NOx	35ppm/O ₂ =0%	35ppm/O ₂ =0%	70ppm/O ₂ =0%
騒音値	65dB(A)		
外形寸法	幅	790mm	
	長さ	2,100mm	
	高さ	1,825mm	
質 量	1,100kg		

1. 発電出力、効率は、発電端で示す。
2. 200V仕様の場合、質量が200kg増加する。

マイクロエコターボMTG-28

マイクロガスタービンを利用したコジェネレーションパッケージを開発した。多様な燃料（都市ガス、プロパンガス、灯油）に対応でき、コンパクトで高効率なシステムである。良好な環境性を備え、騒音は都市部への設置可能なレベルまで低減している。

1. ま え が き

省エネルギーによる環境への貢献が不可欠な時代、環境問題への関心が高まる中で、電力の規制緩和の動きもあり、分散電源システムが注目を浴びてきている。その中で、航空機用ガスタービン技術と自動車用ターボチャージャ技術を応用した小容量で高い発電効率を持つマイクロガスタービンが開発され、小口のユーザーを含めたコジェネレーションシステムとして導入が期待されている。三菱電機株、三菱商事株、三菱電機プラントエンジニアリング株の3社は、共同で、Capstone社製29kWマイクロガスタービンを利用して熱利用を含めたコジェネレーションパッケージを開発し、販売を開始した。またユーザーにとって大きな関心事項であるメンテナンスについても、24時間遠隔で監視するシステムを実用化し、アフターサービス体制を整備した。

本稿では、マイクロガスタービニコジェネレーションパッケージ“マイクロエコターボMTG-28”の概要と応用システムについて述べる。

2. マイクロエコターボの仕様と特長

マイクロエコターボは発電出力29kWで、熱利用を含めた総合効率は74~79%である。マイクロエコターボの外観と主な仕様を前ページに示す。また、既存の他のコジェネレーション発電設備と比較した場合の特長を以下に示す。

- 小容量ながら高い発電効率を実現
- 環境性に優れ、設置の自由度が高い
- 空冷式のため、冷却水不要
- 空気軸受を採用しており潤滑油不要
- ユニット単位で需要に応じ容量拡張が可能
- 多様な燃料に対応(都市ガス、LPG、灯油)

三菱電機ではマイクロエコターボの試験検証を実施しており、コジェネレーションシステムとしての特性の把握を行っている。以下に特性の概要を示す。

2.1 起動停止特性・出力特性

(1) 起動停止特性

発電設備としての基本特性である起動停止特性を図1に示す。起動時間は起動信号を入れてから定格出力に達するまで冷起動で220秒(3.7分)、停止時間は停止信号を入れてから完全停止まで540秒(9分)であり、安定な起動停止特性が確認された。

(2) 出力特性

マイクロガスタービンの応用システムの提案に際しては、ガスタービンの温度特性及び計画出力(部分負荷で使用の場合)によって効率低減を考慮し、経済性を評価の上最適システムを提案しなければならない。

ガスタービンは、周囲温度(吸気温度)によって出力が変

化する。その温度特性(Capstone社資料)を図2に示す。また、発電機の部分負荷特性例を図3に示す。

2.2 環境特性

マイクロエコターボの環境特性について以下を確認している。

(1) 窒素酸化物

都市ガス仕様のマイクロエコターボで排ガス中の窒素酸化物濃度を実測した。結果は大気汚染防止法でのガスタービンの排出基準70ppm(O₂ 16%)を大幅に下回り、定格運転時の実測は35ppm(O₂ 0%)以下であることを確認した。

(2) 騒音特性

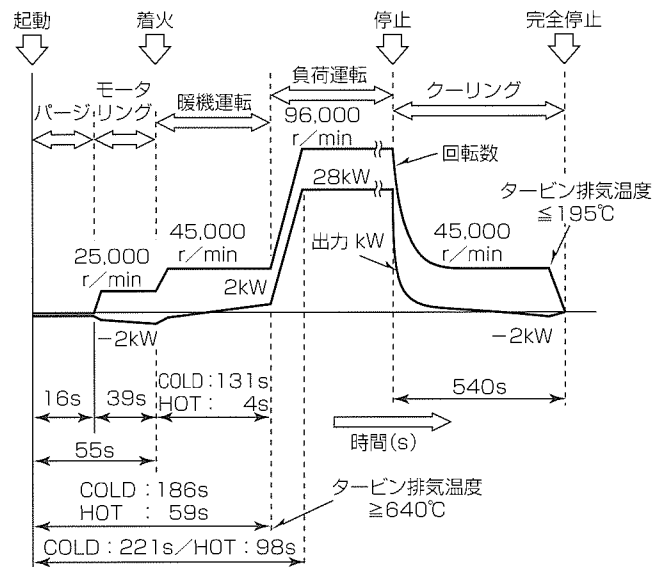


図1. マイクロエコターボの起動停止特性

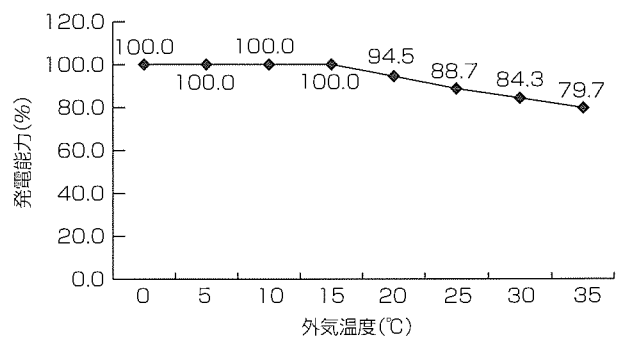


図2. 外気温度と発電機出力

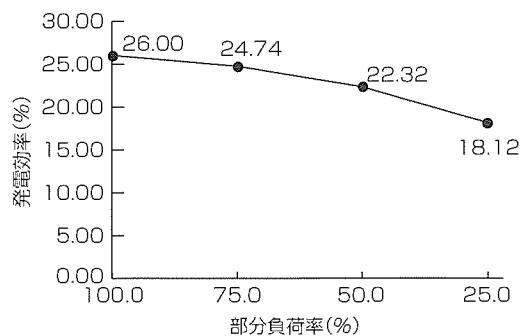


図3. マイクロエコターボの部分負荷特性

ガスタービン本体部分は96,000 r/minで回転するため、本体部分を音源としたパワーレベルはかなり高い。都市部で屋外設置可能なレベルまで騒音値を低減させるため、防音パッケージの設計を行った。都市ガス仕様のマイクロエコーターボでのパッケージ機側面から1mの場所で実測(図4)した騒音値は平均で65dB(A)以下であり、計画の防音性能を十分満足していることを確認した。

2.3 発電電力品質

マイクロエコーターボはインバータを内蔵しており、系統連系で使用する場合は“系統連系ガイドライン”で定められた高調波流出電流以内に抑制する必要がある。マイクロエコーターボの高調波の実測結果を表1に示す。分散電源として系統連系して問題のないレベルであることを確認した。

3. マイクロエコーターボの用途

マイクロエコーターボの普及のためには、単なる小型の自家発電設備としてではなくコージェネレーションシステムとして用途開発を行い、ユーザーへの魅力的な提案を行っていくことが必要である。

(1) 排熱利用

マイクロエコーターボをコージェネレーションシステムとして採用する場合(図5)、排熱利用方法の魅力的な提案はユーザーへ導入のインセンティブを与え、しかも経済性評価の面からも重要な開発課題である。マイクロエコーターボの排熱仕様(表2)は70℃の温水利用を標準としているが、

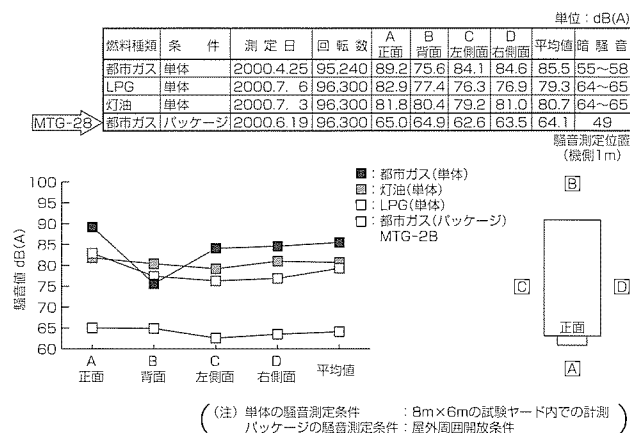


図4. マイクロエコーターボの騒音測定値

表1. 高調波実測結果

測定項目	実測結果		ガイドライン
	21	28	
測定時出力(kW)	21	28	
電圧ひずみ率(%)	1.2	1.2	
電流ひずみ率(%)	総合	3.8	5以下
	3次	2.0	3以下
	5次	1.0	3以下

88℃の温水出力などを吸収式冷温水機とつないで空調を利用する方法も提案しており、経済的な方法で空調を利用できるシステムをねらっている。空調利用の場合は、マイクロエコーターボ1台では10RTクラスの吸収式冷温水機との接続となるが、並列に複数台設置することによってユーザーの要望に合った空調能力とすることが可能である。

(2) バックアップ電源機能

国内では各電力会社から安定な電力が供給されているが、落雷などの自然現象による停電は皆無ではない。落雷多発地域や電力系統の弱い地域にマイクロエコーターボをバックアップ電源として導入することで、停電による影響を最小限に抑制することができる。

これは電力会社の落雷警報発令時や系統電圧の異常低下時に重要負荷を系統と切り離してマイクロエコーターボから給電するシステムであり、停電検出器と高速遮断器の組合せで重要負荷へのバックアップ電源として機能する。

4. 系統連系保護システム

マイクロエコーターボは、経済性の観点からほとんどが常時定格運転可能な系統連系で導入されていくと考えられる。マイクロエコーターボなどの分散電源を系統連系する場合、“系統連系ガイドライン”に準拠した系統連系保護装置を必

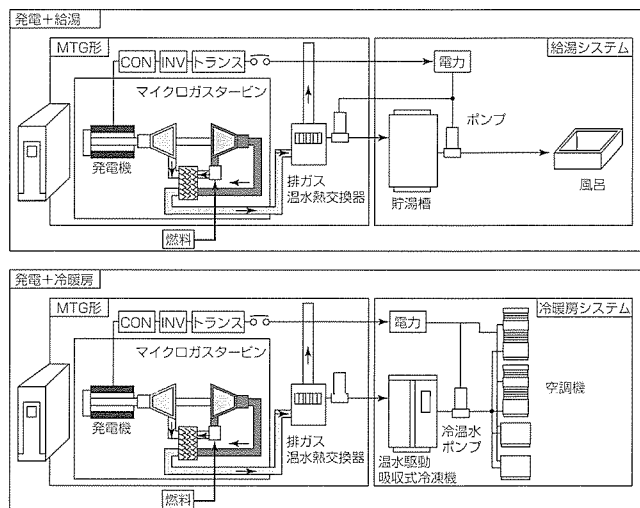
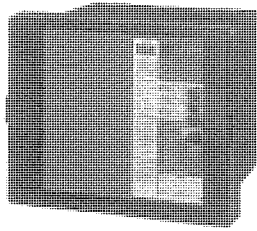


図5. マイクロエコーターボ使用例

表2. マイクロエコーターボの排熱利用

	給湯システムの例	冷暖房システムの例
熱回収量	59kW : 50,740kcal/h	54kW : 46,000kcal/h
一次温水条件		
排ガス温水器入温度	60℃	83℃
排ガス温水器出温度	70℃	88℃
温水量	5.07m ³ /h	9.2m ³ /h
二次側条件		
	給湯水入温度: 20℃ 給湯水出温度: 65℃ 給湯水量: 1.127m ³ /h	吸収式冷凍機能力 30,240kcal/h (10USRTクラス) 冷房可能面積(概算) 200m ² (約60坪) (= 30,240kcal/h / 150kcal/m ² h)

表 3. 系統連系保護装置



<特長>

- マイクロガスタービンやコジェネレーションに合わせたラインアップ
- デジタル複合形によって小型化・低価格を実現
- デジタル演算によって高精度な保護を実現
- 内部ロジックは任意に設定可能で、シーケンス設計が容易
- 計測機能や故障時のデータ蓄積が可能
- 通信機能を搭載することでネットワーク構築が可能（オプション）
- 引出形となっておりメンテナンスが容易

保護目的	保護要素	ガイドライン要求の保護			当社ラインアップ		
		低圧連系	高圧連系	特高連系	μGT用 (高圧低圧連系)	μGT用 (高圧連系)	CGS他
構内保護	過電圧 (59)	○	○	○	—	—	○
構内・系統保護	不足電圧 (27)	○	○	○	—	—	○
系統保護	方向短絡 (67Q)	—	—	○	—	—	○
	地絡過電圧 (64N)	—	○	○	○	○	○
単独運転保護	逆電力 (67P)	○	○	○	○	○	○
	周波数低 (95L)	○	○	○	—	○	○
	周波数高 (95H)	—	—	○	—	○	○
	不足電力 (91L)	—	○	—	○	○	○
	受動式単独運転検出	○	—	—	○	—	—
	能動式単独運転検出	○	—	—	(※)	—	—

この表は逆潮流なしのもので、表の(○)はオプションで追加可能
 (※) 能動式単独運転検出は発電設備側で実施

要とする。当社では、信頼性・小型・経済性を追及し、小型分散電源システムにマッチした特長を持つ保護継電装置を提供している。

系統連系に必要な保護機能と保護継電装置のラインアップを表3に示す。

5. メンテナンス体制

マイクロエコターボのメンテナンスは、当社がユーザーに代わり24時間の遠隔監視を行い、ユーザーが安心して設備を運用することを可能としている。サイトでの運転時に警報信号が発信された場合のユーザーへの迅速な連絡など、当社の専門知識を持つ技術者が対応を行う。また、日報・月報などユーザーへの運転状況の報告など、豊富なメニューを低価格で提供している。図6に遠隔監視システムの概要を示す。

このシステムでは、当社が長年発電設備のメンテナンスで培った診断技術と最新のITを活用して遠隔監視するシステムを構築している。

6. む す び

環境問題の一解決策として、コジェネレーションの普及は今後の潮流と考えられる。マイクロエコターボは昨年7

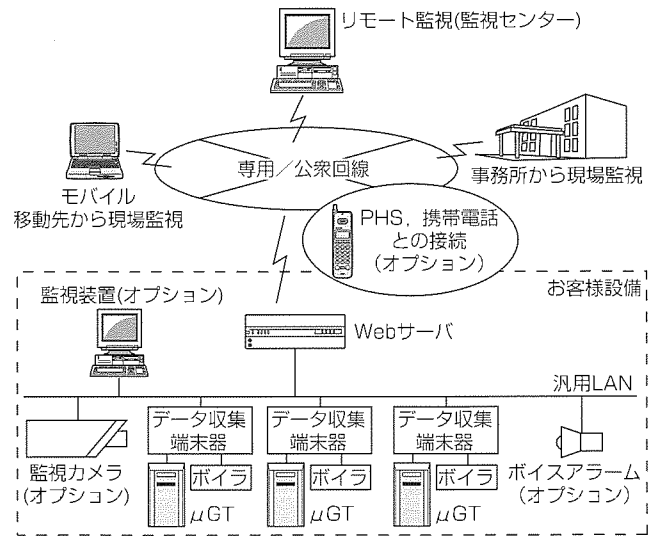


図 6. マイクロエコターボ遠隔監視システム

月から販売を開始し、多数のユーザーから引き合いをいただいている。今後とも、ユーザーの期待に沿う、信頼性が高く、経済的なシステムとして、マイクロエコターボの市場導入を進めていきたいと考えている。なお、この開発検証には、三菱商事㈱、三菱電機プラントエンジニアリング㈱の協力を得て実施している。

分散電源系統連系技術

笹尾博之*
高橋知恵**
田岡久雄***

要旨

分散電源は、多くの場合、単独で運転されるのではなく系統と連系され、需要電力と発電電力の過不足調整のため使用される。

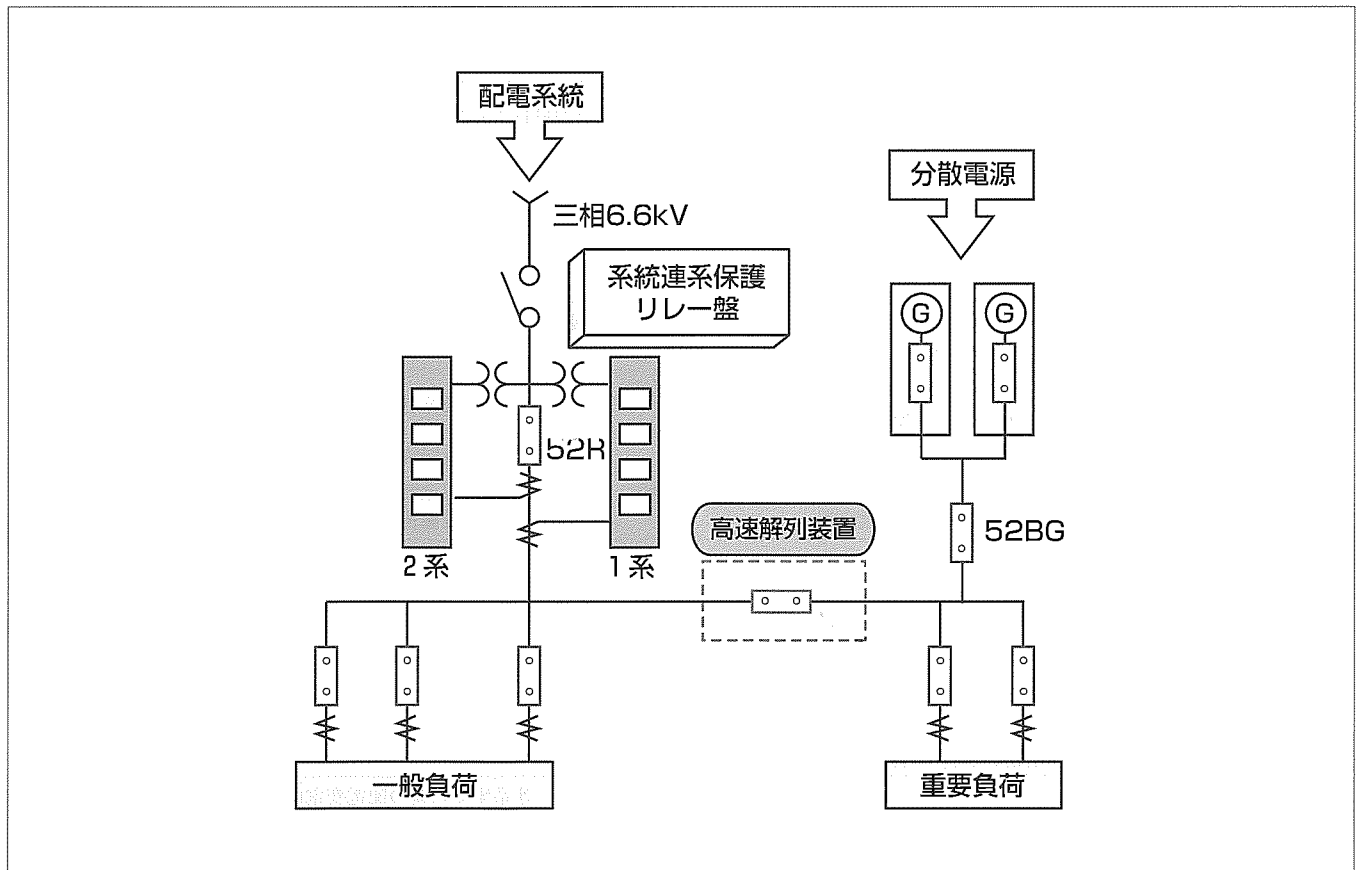
現在の配電系統は、需要家への一方向の潮流を前提にして組み立てられているため、系統と連系する場合は分散電源側が系統に悪影響を及ぼさないように、逆に系統側の事故などによって分散電源や負荷に悪影響を及ぼさないように特別の配慮が必要になる。“系統連系技術要件ガイドライン”は、このため、技術要件を低圧線から特別高圧線まで連系される系統別に示され、特に保護装置について規定している。

系統連系技術要件ガイドラインは、分散電源を導入しや

すく社会的要請と技術革新に合わすように改定されてきていて、近年増加してきた半導体式逆変換装置を介した分散電源も導入しやすく改定されてきた。

他方、系統の事故や瞬時電圧低下(瞬低)から分散電源や負荷を保護する、また更に積極的に分散電源を瞬低対策として活用するために、系統との連系を高速に切り離す高速解列装置が多く用いられるようになってきた。機械式高速遮断器と高速リレーの組合せにより、重要負荷の瞬低を1サイクル以下にすることができる。

分散電源を更に活用し大きな逆潮流も可能にするには現在の配電保護システムには限界があり、集中監視制御方式を用いた新しい配電保護システムの研究がされ始めている。



高圧受電系統に連系された分散電源

高圧受電系統と高速解列装置を介して連系し、分散電源発電電力の過不足は受電系統で調整するとともに、受電系統の停電・瞬低時には重要負荷の運転継続を可能にする構成例を示す。

1. ま え が き

環境問題や省エネルギーのため、風力や太陽光など自然エネルギーを用いた分散電源や発電に伴う熱も有効に利用するコジェネレーション用のマイクロガスタービンなど小規模の発電装置が、需要家内又は需要家近くに設置されることが多くなってきた。この場合、ほとんどはその発電装置だけで需要を賄うのではなく、配電系統から受電しその一部を賄う又は余剰電力を系統に戻すなど、系統と連系して使用される。

現在の配電系統や工場ビルなどの需要家内の配電は、基本的に、上位系統から下位への一方向に樹枝状に電力が流れることを前提に制御・保護が組み立てられている。この下で需要家側で分散電源が発電していると、逆方向の電力潮流も発生し得ることになり、これまでの制御・保護と矛盾しないような協調が必要になる。

本稿では、系統連系のための要件、分散電源を活用した系統の瞬低時に重要負荷を保護する方法と、分散電源が多数設置される場合の新しい保護方式について述べる。

2. 分散電源系統連系に伴う規制

分散電源が系統に接続される場合は、系統のすべての電気設備と直接的・間接的に接続されることになり、一部の事故や不具合が全体に波及する可能性を持っている。このため、分散電源を系統に接続するには、発電設備や系統の異常時にそれを他に波及しないような規制が求められる。“系統連系技術要件ガイドライン”⁽¹⁾はこのための技術要件を示したものであり、一般電気事業者及び卸電気事業者以外のものが設置する発電設備を系統と連系する場合に適用される。ただし、これは法的拘束力を持つものではなく、あくまで標準的な指標である。1986年に制定されてから社会情勢と技術の進歩に応じて度々改定されている。分散電源とりわけ小規模な分散電源や太陽光発電、高速制御可能な半導体式逆変換設備を持った分散電源などを導入しやすいようになってきている。

連系される電圧階級や配電方式に応じて、低圧連系、高圧連系、スポットネットワーク配電線との連系、特高連系に分けて各々の場合の要件が示されている。表1は、このガイドラインのうち、よく用いられる低圧連系、高圧連系

表1. 系統連系技術要件ガイドラインの要点

項 目		低 圧 連 系	高 圧 連 系
共 通	電 気 方 式	原則：連系する系統と同じ方式 例外：最大使用電力に比べて発電電力が極めて小さい場合など	
	力 率	原則：85%以上で系統から見て遅れ力率（低圧連系の場合は95%以上とすればよい）	
容 量	受電容量又は 発電容量	50kW未満	2,000kW未満
保 護 装 置		1. 発電設備事故：過・不足電圧継電器	1. 発電設備事故：過・不足電圧継電器
		2. 系統短絡事故：短絡方向(同期G)継電器	2. 系統短絡事故：短絡方向(同期G)継電器
		3. 混触対策：単独運転検出機能	3. 地絡：地絡過電圧継電器
		4. 単独運転(逆潮あり)：周波数上昇・低下、単独運転防止(受動、能動)	4. 単独運転(逆潮あり)：周波数上昇・低下
		5. 単独運転(逆潮なし)：逆電力、周波数低下、逆充電検出機能又は単独運転検出機能	5. 単独運転(逆潮なし)：逆電力、周波数上昇
設 置 場 所	保護継電器	—	受電点又は故障検出可能な場所
	解列用遮断器	1. 受電用遮断器, 2. 発電設備出力端遮断器, 3. 発電設備連絡用遮断器	1. 受電用遮断器, 2. 発電設備出力端遮断器, 3. 発電設備連絡用遮断器, 4. 母線連絡用遮断器
設 置 相 数	三相3線式：同右 単相2線式：一相 単相3線式：二相(中性線と両電圧線間)	地絡：零相回路 過電圧, 周波数, 逆電力：一相 不足電圧：二相, 短絡方向, 不足電圧：三相	
自 動 負 荷 制 限	—	配電線路が過負荷になるおそれがあるとき必要	
線 路 電 圧 の 確 認 装 置	—	配電変電所の引出し口に設置 (専用線の場合などは省略化の場合あり)	
変 圧 器	逆変換装置から直流の流出防止のために設置	—	
逆潮流の制限	—	連系する系統の配電変電所のバンクにおいて常に逆潮流が生じないこと	
電 圧 変 動	発電設備の脱落や逆潮流で低圧需要家の電圧が適正值(101±6V, 202±20V)になるよう自動的に調整	同左	
短 絡 容 量	系統の短絡容量が他者の遮断器容量(150MVA)を超えないように限流リアクトルなどを設置	同左	
連 絡 体 制	—	系統側電気事業者との間に保安通信電話設備を設置 (連絡がとれない場合は解列又は運転停止)	

についてその要点をまとめたものである。これはあくまで要点であって、実際には、連系される配電線に悪影響を与えないように具体的な条件に応じて緩和処置がある。特に低圧連系においては導入しやすいように定められている。

3. 重要負荷の瞬低からの保護への応用

(1) 高速解列装置⁽²⁾

発電設備の事故時に高速でこれを解列して系統や需要家内の他の設備に事故を波及させないことは、系統連系の最も重要な点の一つである。逆に、系統事故時(短絡事故時や瞬低時)にその被害が及ばないように、全部又は一部の重要な負荷に電力供給を継続するような分散電源の用途が広がっている。分散電源を停電や瞬低時のバックアップ電源として積極的に活用する方法であるが、このためには瞬低であっても重要な負荷の運転を継続するため、系統との連系を高速に切り離す高速解列が必要になる。

(2) 瞬低被害の実態

我が国においては、停電は、その頻度、継続時間も非常に小さくなっている。しかし雷など自然現象によって発生する瞬低は防ぐのが困難で、地域や時期にもよるが、年間10回から数十回発生する。使用される負荷もこれまでは電動機のように比較的短時間の電圧変化に鈍感な機器であったが、近年、その制御もインバータが用いられ、またコンピュータや電子制御機器を多用した負荷が急増している。このため、瞬低でも、機器の誤動作や停止による被害が急増している。

図1は、電子機器などが電源の電圧低下に対して正常に動作すべき電圧とその継続時間を各種の規格から抜粋したものである。

同様の規格でも、新しくなるほど瞬低に対して強くなるように規格が改定されている。最も新しい規格としては太線で示されたIEEE std.1100-1999があるが、これによると、20ms以下では電圧が零でも動作するように強化されている。今後はこの規格に適合した機器が主流になると思われるが、現時点ではこれよりも弱い機器も存在する。

図2は、ある電子機器工場が瞬低に対して受けた被害と

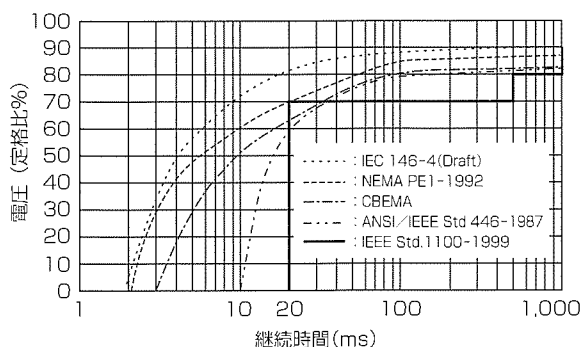


図1. 電子機器の瞬低に対する耐力(各種規格から)

その程度を電圧低下の程度とその継続時間で表したものである。瞬低の継続時間は70msから100msがほとんどであり、20ms以内の瞬低があっても被害はないことが分かる。ただし、ここでは需要電力の10から15%程度の無停電電源が既に設置され、あらかじめ非常に瞬低に弱いと分かっている機器は保護されている。逆に言えば、無停電電源である程度保護されていても、それにもかかわらず瞬低で大きな被害が発生していることが分かる。

このような電子機器が多数使われている工場では、瞬低による被害から生産機器を守るためには、MW級の無停電電力を供給する必要がある。通常のUPSではこのような大電力は現実的ではなく、大規模な瞬低対策として、分散電源によるコジェネが有力な選択肢になる。またコジェネレーションは、瞬低対策だけでなく、不慮の停電対策にもなる需要家側の対策としてはほとんど唯一の方法である。

4. 分散電源と高速解列による瞬低対策

分散電源を停電・瞬低対策に用いるためには、系統側の電圧低下によって重要負荷も電圧が低下するが、連系点を高速に切り離す(解列することによって重要負荷側の低下継続時間を短縮して被害が発生しないようにする必要がある。

図3、図4は、それぞれ、低圧母線に接続された燃料電池などと高速解列用瞬時遮断スイッチ、高圧母線に接続さ

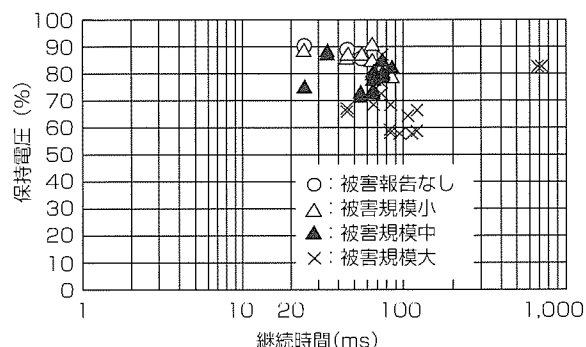


図2. 電子機器工場の瞬低被害の実態

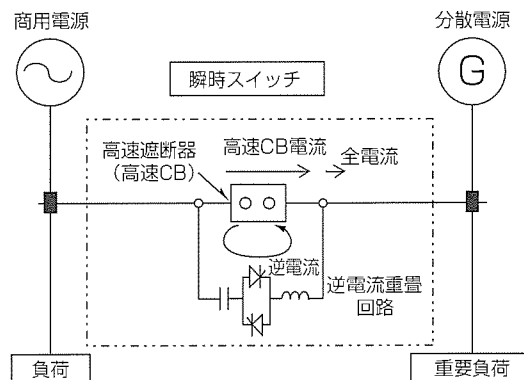


図3. 低圧連系の例(瞬時スイッチ)

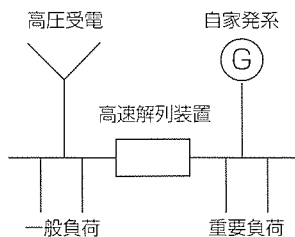


図4. 高圧連系の例

れたコジェネレーション発電機と高速解列用遮断器の組合せを示しており、それぞれ電圧低下検出を含めて2ms、16ms（1サイクル）程度で解列し、重要負荷の瞬低被害がないようにしている例である。

5. 非連系運転

分散電源の使い方として、系統に連系せずに電気や熱需要の多い昼間はコジェネレーション運転をし、夜は系統から受電する場合がある。系統の短絡容量がぎりぎりですら連系を拒否される場合や保護装置の設置がコストの点や届出などの煩わしさから用いられる場合が多い。

系統に連系しない場合はもちろん連系の技術要件を満たす必要がないが、瞬低対策として活用することもできない。逆に、系統から分散電源へ又はその逆の切換え時に人為的な瞬断が発生する。この場合は、負荷が瞬断によって支障を起こさないような高速切換えが必要となる。

6. 新しい配電保護システムの開発⁽³⁾

現在の配電系統や需要家内の保護システムは、基本的に、潮流は上位系統から下位の需要家そして機器への一方向に電力潮流が流れることを前提に組まれている。このため、需要家などの分散電源の設置は、例外的な処理として、現在の保護システムと矛盾しないような方策が採られている。今後多様な分散電源が多数設置されるようになると、これにふさわしい新しい配電保護システムが必要になる。

分散電源が多数設置されるような場合や逆潮流あり（売電時）で系統連系されているような場合の保護や、需要家側における瞬低被害や構内事故による設備被害を縮小化するための無停電配電システムの開発を進めてきた。このシステムの特長は、高速スイッチング機器と集中監視保護方式により、事故の様相や潮流方向のいかんにかかわらず受配電設備や負荷を高速に保護できることである。個々のリレーが個別に判断し遮断器を制御する従来の段階時限協調保護とは異なり、システム全体の電流や電圧情報から事故箇所及び事故の種類を判別し、高速スイッチング機器を最

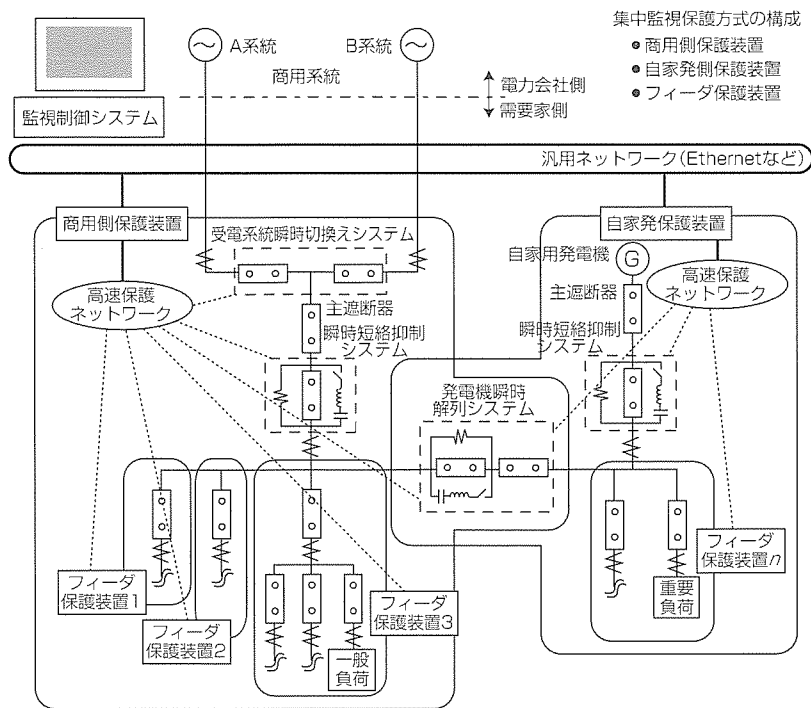


図5. 新しい配電保護システム

適に制御する。これにより、分散電源が需要家内に分布していても、最適に保護できるだけでなく、重要な機器の電圧低下時間を20ms以内に短縮することができる。これまでに、図5で示されるような模擬検証設備を用いてこのシステムの動作検証及び機器の安定な運転継続を実証し、このシステムの有効性を確認している。

7. むすび

既存の配電系統に分散電源を連系するために、系統とそれに接続される他の需要家へのじょう（擾）乱を避けるための技術要件の要点を示し、分散電源を系統側の事故や瞬低被害対策として積極的に利用する方法について示した。今後の分散電源の積極的導入と活用のためには、需要家側にある分散電源を例外処理的に扱うのではなく、それらを前提とした新しい配電保護システムが必要になる。

参考文献

- (1) (旧)通産省：系統連系技術ガイドライン，OHM，No.4，48～56（1998）
- (2) 小山健一，深田雅一，山本 博，丸山稔正，岸田行盛，笹尾博之：ハイブリッド型サイリスタ開閉器の開発とその応用，開閉保護・高電圧合同研究会資料，SP-97-68（1997）
- (3) 高橋知恵，仲林見幸，岸田行盛，笹尾博之：受配電設備高速保護制御システムの提案，平成12年電気学会電力エネルギー部門大会，185（2000）

ESS事業推進インフラ整備

佐藤康夫*
服部真司*
中村慎二*

要旨

情報通信技術とコンピュータ技術の飛躍的な発展により、社会は新産業革命と言われるまでの大きな変化の中にある。この変化の中で、情報技術 (Information Technology : IT) を駆使したビジネススタイルが様々な分野で台頭している。

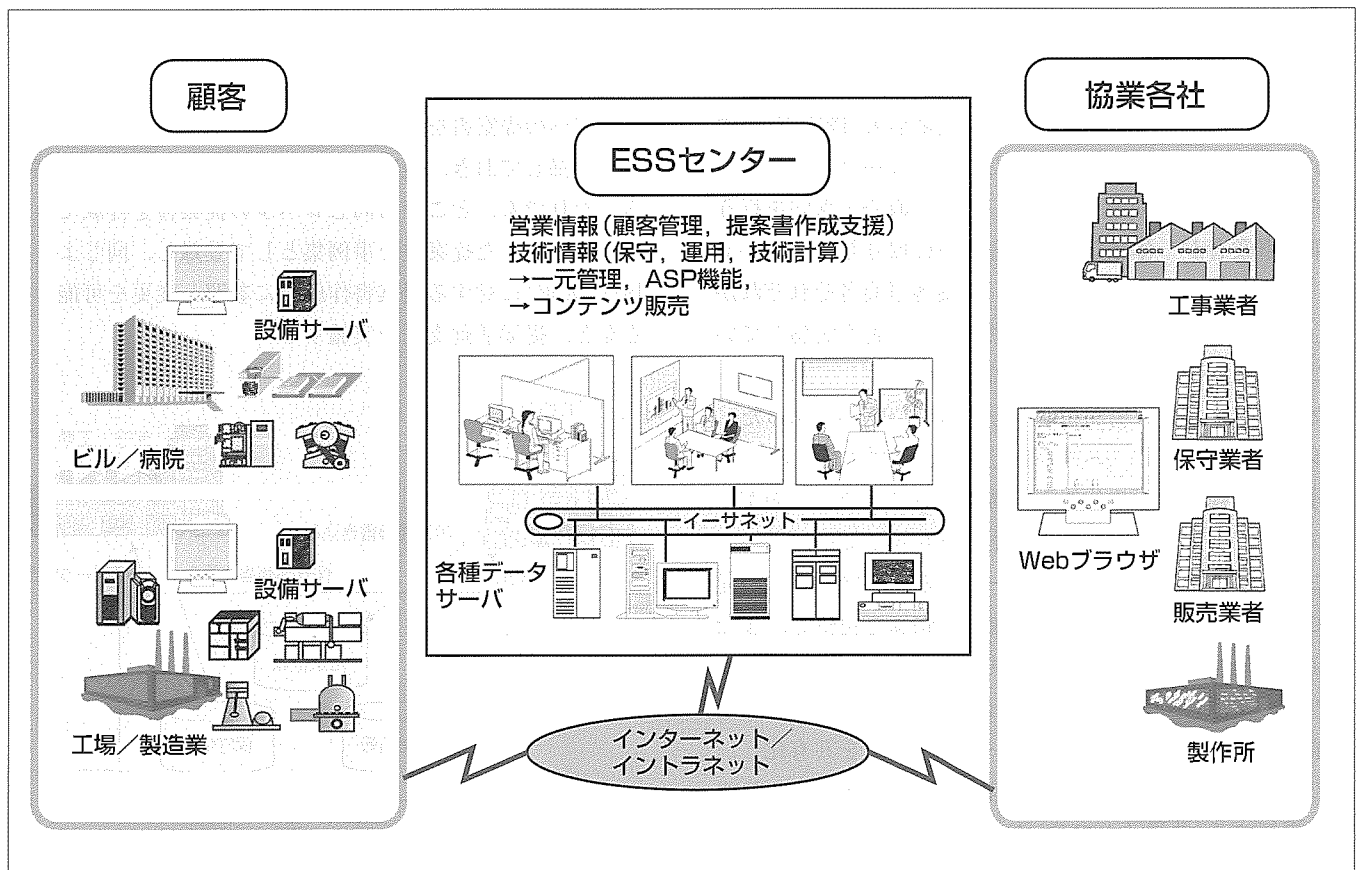
三菱電機の新しい業態であるEnergy Solution Service事業 (ESS事業) においても、情報技術を適用したO&M (Operation & Maintenance) サービスを提供し、客側設備の保全・最適運用によるエネルギー削減、顧客満足度の向上を目的にESS事業推進インフラ整備を進めている。

このインフラ整備の目的は、ESS事業のサービス内容であるO&Mサービスだけでなく、ESS事業を円滑、効率的、かつ顧客の常連客化を実現するために受注前活動から受注

後の保全／運用管理、更にはリニューアル受注といった設備更新サイクルをにらんだビジネススタイルの実現である。

この目的を実現するために、エネルギー供給側 (Supply Side)、エネルギー需要側 (Demand Side) の設備機器各種情報監視を始め、この情報の分析・運用改善、保全対応といった本来のO&Mサービス整備と、顧客情報の協業各事業者との共有化、提案書作成支援、技術検討支援といった様々な機能をITインフラ上に構築している。また、将来的にはこのインフラ上で生成される様々なコンテンツを外部販売する新規コンテンツ事業創造も視野に入れている。

本稿では、このインフラ構築の背景、システム構成、各種機能概要、及び新規事業構想について述べる。



ESS事業推進インフラが生み出すコンテンツ提供ビジネス

顧客設備全般 (Supply Side/Demand Side) 情報をITインフラを利用して情報センター (ESSセンター) に収集・分析・検討・加工し、各種コンテンツを協業各社及び顧客側に提供することで、新たなビジネスモデルを創出する。顧客設備の保全・最適運用といったO&Mサービスだけでなく、協業各社の生産性向上と最適運営を支援/補助するための各種情報提供を実現する。

1. ま え が き

現在、電力産業を取り巻く環境は、電力自由化の流れを受けて大きく様変わりする途上である。エネルギー自由化による競争原理の導入・拡大は新事業創造と事業拡大のチャンスでもあり、三菱電機においても新しいビジネスモデルを構築し、ビジネスチャンスをタイムリーにとらえるため、新しい業態であるESS事業の展開を実施している。

居住分野から非居住分野においてまで、個人の余暇からビジネスに至るまで、ITを用いた情報収集は不可欠なものとなっている。素早い情報収集と正確な情報がビジネス推進の上で必要不可欠であり、ESS事業においてもITを駆使した情報の一元化(共通インフラ整備)は、事業推進上必ず(須)のものである。情報を一元化し製造・販売・保守部門が一体になった事業推進こそ、ESS事業を円滑かつ強力に進める上で必要であり、ビジネス拡大の基盤と言える。蓄積した情報を基に顧客サービスを向上し、顧客の常連化及び設備機器のリニューアルを果たす新しいESS事業形態を目指している。

本稿では、共通インフラ構築の背景、システムの概要、特長、及びこのインフラを用いた新規事業構想について述べる。

2. 共通インフラ構築の背景

ESS事業の推進においては、新規設備導入(機器売り)構造から設備更新サイクルをにらんだりリニューアル事業構造への変革に素早く対応するため、製造・販売・保守を行う協業各事業者が一体となり、顧客攻略に取り組む必要がある。過去の業務形態においては、協業各事業者それぞれが自己の戦略で顧客攻略・提案活動・保守活動を実施していたため、ともすれば事業者間での競合も発生しており、三菱グループとして市場開拓が十分できない状態であった。グループとして事業者各社が自己の得意分野に注力し不足部分を相互補完できる仕組みを構築することで、三菱グループとしての円滑なESS事業の推進が可能となる。

この仕組みを構築する上でキーとなるのが“情報”の一元化である。各事業者が自己の収集した情報を提供し、またお互いに他社が提供する情報を共有することが必要である。そのために、各事業者が業務遂行する上で必要となる様々な情報(顧客情報、保守情報、サービス情報)を共有化し、その一元化された情報を各事業者が有益に使用できる仕組みを構築する(共通インフラ)が必要である。これにより、設備据付け後のエネルギー供給サービス、O&Mサービス(現行サービス)のみでなく企画・設計・施工から保守に至るすべてのフェーズのエンジニアリング情報を、製造・販売・保守を行う協業各事業者間で共有可能となる(図1)。

3. 共通インフラで共有する情報

共通インフラにおいて各事業者が共有できる情報として、以下の内容を検討している。

- (1) 営業情報の一元化(営業情報データベースの構築)
営業フェーズである顧客(施主)情報のデータベース化
 - (2) 技術情報の一元化(技術情報データベースの構築)
営業情報データベースを基にESCO提案、最適運用提案、リニューアル提案等を行うための技術情報のデータベース化
- 以下にそれぞれの内容について述べる。

3.1 営業情報

営業情報としてデータベース化を検討している内容を以下に示す。

- (1) 顧客情報管理
顧客設備、経過年数、機器名称等を管理する。これにより、リニューアル時期等を把握し、改修・リニューアル提案活動による顧客常連化を行う。
- (2) 商談情報管理
顧客への営業活動の内容(商談状況、次回商談予定など)を管理する。商談の内容を克明に記すことで、全関連部門において顧客要求や課題等を把握でき、タイムリーな提案、課題の早期解決が可能になる。
- (3) 提案書作成機能
顧客への提案書を作成するための各種テンプレートと素材を登録しておき、提案書を簡単に作成可能な機能を備える。だれでも、どこでも同じレベルの提案書を作成でき、また、作成した提案書を事例集として登録し、同じような物件(要求)に対する提案書作成時に参照・変更を可能とするなど、提案活動支援を実施する。

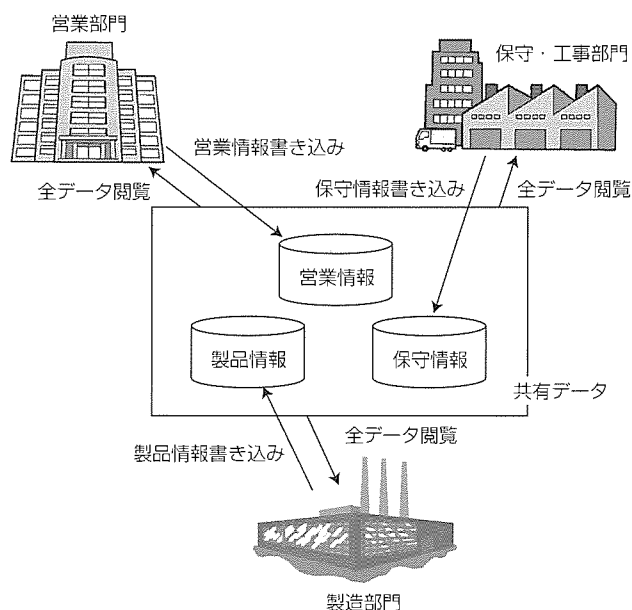


図1. 協業事業者間でのデータ共有イメージ

3.2 技術情報

技術情報としてデータベース化を検討している内容、及びサービス提供を検討している内容を以下に示す。

(1) シミュレーション・技術計算

省エネルギー計算、気流解析、温度分布予測などの提案書作成に必要な各種技術計算を、計算に必要な内容の登録(インプット)のみで実施可能とする。計算結果は必要に応じて自動的に提案書にリンクされる。この機能を共通インフラ上に持たせることで、必要な情報をタイムリーに得ることが可能となる。

(2) 保守情報

設備機器の運転データ、異常発生履歴、サービス情報等をデータベース化する。これらの情報から顧客に対し最適運用や異常発生時の早期復旧などのサービスを実施し、顧客満足度を向上させることが可能になる。もちろん内容についても各事業者が同じ情報をインフラから享受する(同じデータを参照する)ことが可能であるので、顧客はそれぞれの保守事業者からも同じレベルのサービスを受けることが可能になる。

4. 共通インフラのシステム構成

4.1 全体システム構成

図2に共通インフラのシステム構成を示す。

ESSインフラセンターは、各種データを保持するデータサーバ、必要情報をインターネット(イントラネット)上に発信するWWWサーバ、技術計算パソコン、現地設備データ収集用クライアントパソコン等で構成される。

各事業者は自部門のパソコンからインターネット(イン

トラネット)経由でESSインフラセンターにアクセスし、汎用ブラウザを用いてデータの閲覧を実施するとともに、自ら必要な情報をデータサーバ内に書き込む。

ESSインフラセンター内のクライアントパソコンは、公衆回線などの通信手段で設備機器近傍に設置されたローカルサーバと通信し、現地設備機器の運転データを取り込む。このデータは、そのまま又は加工されてデータサーバに保存され、各事業者からWWWサーバを介して閲覧又は取得されることになる。

技術計算パソコンは、技術計算要求を受けて技術計算を行うパソコンであり、通常はクライアントからWWWサーバが発信する技術計算メニュー(比較的low負荷なものに限定される。)を介して必要事項が入力された場合に計算を実行するものである。

4.2 共通インフラの特長

共通インフラシステムの主要機能は以下のとおりである。

(1) インターネットを用いたオープンな環境

4.1節に示したとおり共通インフラではインターネット接続を可能としているので、ユーザー登録さえ実施されていれば、汎用ブラウザを用いて、いつでもどこからでもセンター内の最新情報(データ)を得ることができる。

(2) データサーバによる各種データの一元管理

データサーバでは、3章に示した顧客情報、提案書関連資料、商談情報、保守データ、及び技術計算データを一元管理しており、情報の共有化を実現しているだけでなく、検索機能も強化し、必要情報を素早く取り出す仕組みを設けている。

(3) 連絡メールの自動発信

【顧客データベース】

- 顧客名称
- 据付け先住所
- 担当者
- 建物番号 など

【保守データベース】

- 運転データ
- 異常発生履歴
- サービス履歴 など

【提案書データベース】

- 素材テンプレート
- 提案書テンプレート
- 提案事例 など

【商談データベース】

- 顧客名
- 登録者
- 内容、コメント など

【構築部材】

- (1) Windows98/2000
- (2) Internet Explorer5.5以上
Netscape Navigator4.7以上
- (3) Adobe Acrobat4.0

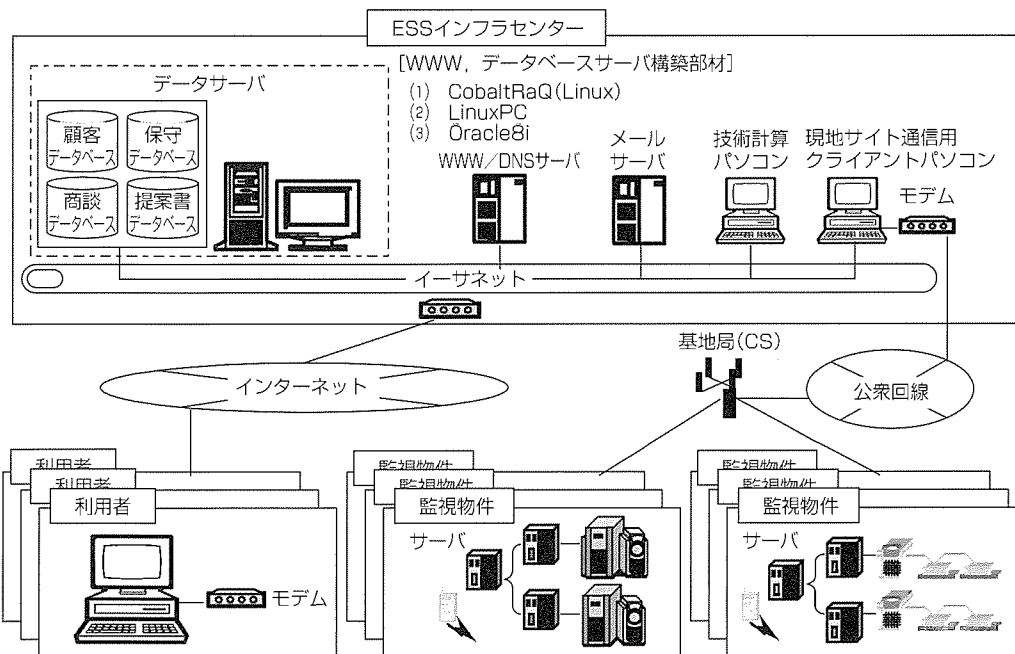


図2. ESSインフラのシステム構成

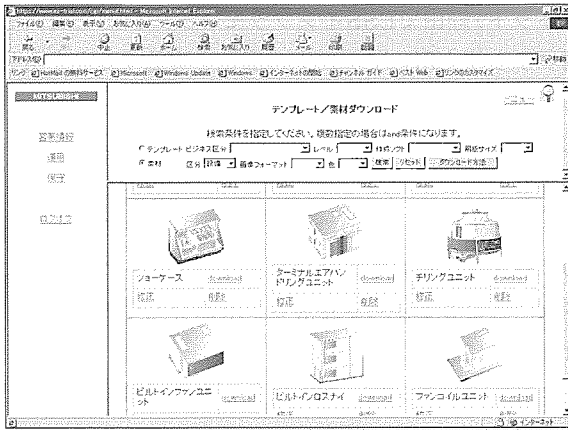


図3. 素材テンプレート表示画面イメージ

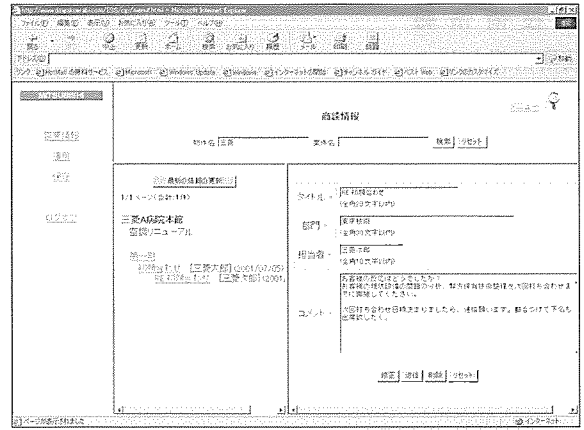


図4. 商談状況確認画面イメージ

顧客ごとに関係者のメーリングリストを設定するので、ある顧客のデータベースに対してアクセスがなされデータベース情報が書き換えられたときにはメーリングリストに従って関係者に対し自動的に連絡メールを発信する仕組みと、一定期間メンテナンスされない顧客についてはデータベースからの抹消を警告する旨のメールを担当者に通知する機能を設けている。

(4) テンプレートの保存

提案書作成支援のためのテンプレートと素材(部品)を準備し、対象設備・装置ごとに検索・サムネイル(Thumb Nail)表示する機能を設けている(図3)。選択したテンプレートや素材をクライアントでダウンロードし、任意に新しい提案書を作成できる。また、作成した提案書を事例集として登録する機能も設けている。

(5) 商談状況の登録と閲覧

特定顧客に対する提案内容や客先反応等を登録し、その登録内容を時系列的に表示・閲覧可能な仕組みと、各登録内容に対して自由にコメントできる機能を設けている(図4)。

(6) 認証機能と使用機能の制限

営業情報をインターネット上で共有するため、データの盗聴・改ざん防止対策としてSSL(Secure Socket Layer)暗号化技術の利用を検討(第三者認証機関との契約)している。また、ユーザーごとにアクセス権限を管理しESSインフラの使用可能な機能を限定する仕組みも検討している。

5. 共通インフラを用いた新事業構想

図2に示すシステムを更に発展的に使用し、新規事業の創造を検討している。

この共通インフラは従来の設備機器の遠隔監視システムの発展形であり、営業情報のほかに遠隔監視システムで活用すべき各種保守データを保持している。センターで保持しているデータを遠隔監視システムを独自には保有しない

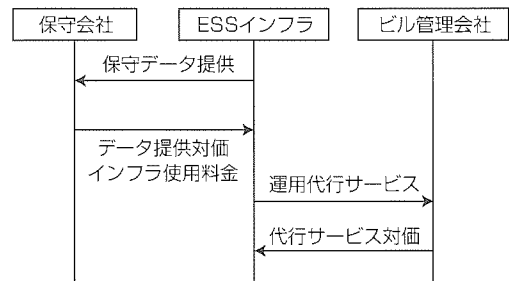


図5. ESSインフラを用いたコンテンツサービスイメージ

工事店や保守会社に提供することが可能である。当然のことながら情報提供料としてインフラ使用量(データ開示量)に応じた対価を受け取ることになるが、これによってサービス性が向上するわけであり、費用対効果の面から考慮しても事業として十分成り立つと考えられる。また、遠隔から顧客設備の運転管理を実施するなどの代行業務サービスへの発展も併せて検討している(図5に上記データ・サービスと金銭の流れのイメージを記した)。

上記データ販売及び代行業務については、実現手段とコンテンツにつき現在検討を行っているところである。

6. む す び

ESS事業推進における共通インフラの必要性と、インフラの構成・概略機能について示した。

協業各社による情報共有を念頭にイントラネットではなくインターネット接続可能としており、不正アクセスへの対応は検討しているものの、経理情報など極秘事項のアップロードについては慎重にならざるを得ない状況である。今後は、そのような情報とのリンクについての手段を検討し、更に使いやすく、事業推進に役立つインフラ構築を目指していく。また新規事業創造を見据えたコンテンツの展開も併せて検討していく。

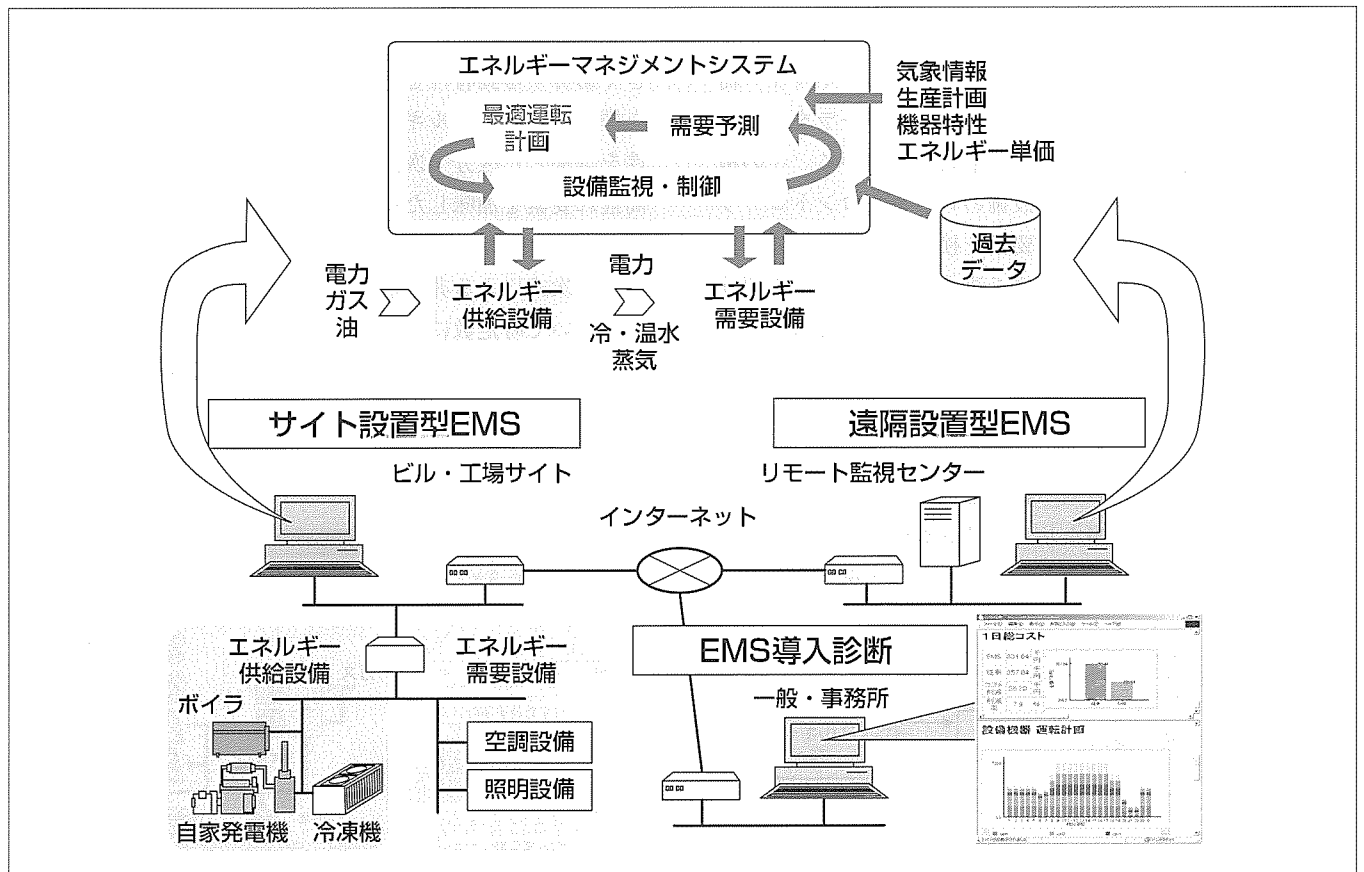
エネルギーマネジメントシステム

上田隆美*
鈴木直彦*

要旨

地球環境問題や省エネルギー法改正により、ビル・工場の省エネルギーの社会的要請が一層高まっている。ビルのエネルギー消費の約50%を占める空調エネルギー供給設備は、省エネルギーや電力ピークの低減を目的とした蓄熱式冷凍機や自家発電コージェネレーションの導入により、多種多様化、複雑化してきた。これにより、エネルギー供給設備の運転管理に対する設備運転員への負担増大、経験の違いによる消費エネルギーの差異が現れるなどの問題が生じている。三菱電機は、このような問題を解決するため、設

備監視データから必要なエネルギー需要を予測し一次エネルギーコストミニマムでエネルギー供給設備を運転管理するエネルギーマネジメントシステム (Energy Management System : EMS)を開発した。当社では、ビルや工場の設備管理システムはもとより、本稿で紹介するEMS診断支援システム及びEMS設計支援ツールを省エネルギー診断・提案といったエネルギーソリューションビジネスのコア技術として展開していく。



エネルギーマネジメントシステム

ビル・工場のエネルギー設備について、需要予測に基づき設備の最適運転計画を立案することによって一次エネルギーコストミニマムを図るエネルギーマネジメントシステムを開発した。

1. ま え が き

ビルや工場等のエネルギー設備の運転管理は、長年培った管理者の経験で行われているものも少なくなく、自動化が施されていたとしても冷温水の行き帰り温度などのローカル情報に基づいて運転管理を行うものがほとんどである。これらの方式では、急激な負荷変動に追従できない、数台を低効率で運転する、一次エネルギーコストを考慮していないので確実に省コスト化が把握されていないなどの問題がある。三菱電機はこのような問題を解決するため、需要予測に基づき設備の最適運転計画を立案することによって一次エネルギーコストミニマムを図るエネルギーマネジメントシステム(EMS)を開発した。

本稿では、EMSの機能を説明するとともに、EMS導入の客先メリットを即座に診断するEMS診断支援システム、及び客先設備のカスタマイズを容易かつ短時間で設計支援するEMS設計支援エンジニアリングツールについて述べる。

2. EMSの機能

2.1 システム構成

EMSのシステム構成を図1に示す。EMSは、一次エネルギーを需要側に必要な二次エネルギーに変換するエネルギー供給設備と、空調・照明・製造設備等のエネルギー需要設備、及びこれら設備をローカルコントローラを介して統合管理する設備管理システムで構成されている。この機能は、まず、エネルギー需要設備のローカルコントローラを介して現在のエネルギー需要量を検知するとともに、気象情報等の外部情報を得て需要予測を行う。次に、需要検知結果、予測結果、及び一次エネルギー価格などのデータベース情報に基づき一次エネルギーが最小又は運転コストが最小になるようエネルギー供給設備の運転計画を立案する。そして、立案された運用計画を各設備に司令するとともに、エネルギー供給設備の状態を検出してそれらを制御する。以上の動作を適当なサンプリング周期でオンライン的に繰り返したり運転管理者へのガイダンスを行うことで

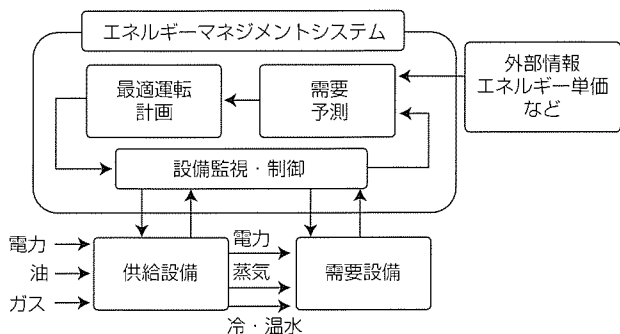


図1. システム構成

エネルギー供給設備の運転管理を行う。また、省エネルギー優先又は省コスト優先の運転管理の変更は、運転計画における評価関数を切り換えることで容易に行える。このような構成により、従来のローカル情報によって個々に行われていた管理に加えて需要設備も含めたエネルギー供給設備の運転管理がグローバルに行われるため、従来に比べ、省エネルギー化や省コスト化、さらには運転管理者への負担が軽減できる等のメリットがある。

EMSの画面例を図2に示す。

2.2 需要予測

需要予測法の多くは過去の履歴から将来の需要を予測する方法であるが、当社は、気象と曜日を考慮した需要予測法を開発し、予測精度を高めている。例えば、冷房需要予測は、現時刻の外気温と絶対湿度、及び冷房需要の実測値を説明変数とした回帰予測式から求めている。この予測式の回帰係数は、数週間分の同曜日の各説明変数と冷房需要の実績値から求めている。この手法は、各時刻ごとに予測式を持ち、需要の履歴情報に外部(気象)情報を加味した高精度の需要予測法となっている⁽¹⁾。

2.3 運転計画

精度の高い一次エネルギーコストミニマムを達成するエネルギー供給設備の最適運転計画は、設備の部分負荷運転によって現れる非線形特性や、設備の起動時や停止時に大きく影響する動特性を考慮する必要がある。当社は、設備を構成する各エネルギー機器の入出力特性を起動・停止条件を付加した区分一次式で表し、さらに機器の動特性に時間遅れ要素を加味した最適運転計画アルゴリズムを開発した。このアルゴリズムによれば、運転の定常状態において区分一次式による非線形特性が反映され、起動時及び停止時において時定数による一次遅れの動特性が機器特性に反映される。これにより、運転計画を行う際の最適化計算における設備機器特性の簡素化による現状との不一致を改善し、エネルギーコストミニマムの高精度化を図っている⁽²⁾。

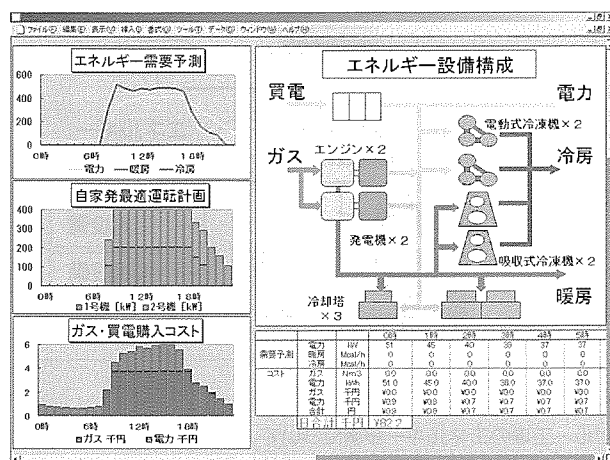


図2. EMSの画面例

2.4 時間別電気料金・電力デマンド制約対応機能

ガスタービンなどの原動機を使って自家発電するとともに原動機から排出される高温の熱を回収して利用するコージェネレーション設備は、購入電力料金と原動機の燃料代を考慮した電気と熱の効率的な利用がポイントとなる。EMSは、常に購入可能な電力量(契約電力デマンドを超えない)と電気料金及び原動機の燃料代を時間別に考慮し、常に一次エネルギーコストミニマムの設備運転計画を立案する。今後エネルギー自由化が進展すれば一次エネルギーのコスト競争が予想され、EMS導入によってそのメリットが得られると期待される。

以上の機能により、EMSは、年間総エネルギーの約5~7%の省エネルギーを達成する。

3. EMS診断支援システム

EMSの導入メリットは、設備構成や負荷状況及び一次エネルギー料金の契約形態に依存する。このため、導入事例紹介のみでは提案先の実態感が得られないのが実情である。そこで、導入メリットを即座に実感できるように、簡単な操作で比較的計算精度の高いメリット計算が可能なEMS診断支援システムを開発した。このシステムは、WWWブラウザの入力画面から簡単な条件設定をすることにより(図3)、EMS導入後のコストメリットや初期投資コストの省エネルギーによる回収年数グラフを表示し(図4)、さらに詳細な診断結果が必要であれば、結果を帳票化してダウンロードすることが可能である(図5)。

このシステムの主な特長は次のとおりである。

- 各種設備(表1)があらかじめ設定されたドロップダウンメニューによる設備構成の選択機能
- 延床面積と事務所、店舗、ホテル、病院など用途選択による仮負荷自動設定機能
- 電力、ガス等のエネルギー料金の事業者別選択機能



図3. 診断支援入力画面例

- 初期導入コストの省エネルギーメリットによる単純年回収グラフィック表示機能
- 既設と新設導入のメリット算出機能(EMS導入を前提としない場合に相当)
- 詳細診断結果の帳票ダウンロード機能

帳票には、月別・日別需要負荷、設備容量(定格能力、補機消費電力)、環境性(NOx, SOx, CO₂排出量)の算出結果が記載される。このシステムを利用することにより、従来煩雑かつ時間を要していた診断作業が、携帯電話等を

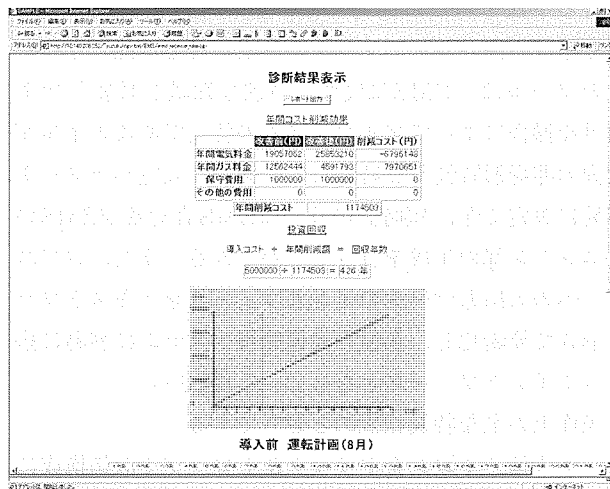


図4. 診断支援出力画面例

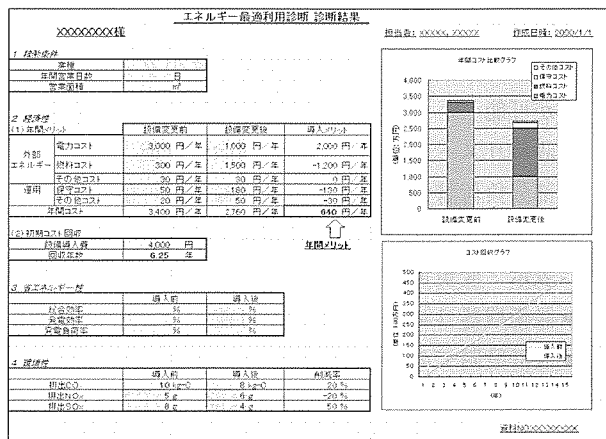


図5. 帳票出力例

表1. 主な対象設備

機器種別	出力種別
電動冷凍機	冷水, 冷水+熱回収
電動ヒートポンプ	冷水, 温水, 冷温水同時
ガス冷温水発生器	冷水, 温水, 冷温水同時
蒸気吸収式冷凍機	冷水, 冷水+温水回収
温水吸収式冷凍機	冷水, 温水
コージェネレーション設備	蒸気, 温水, 電力
蓄熱機器	冷水, 温水, 氷
ボイラ, 熱交換器	冷水, 温水

介したネットワーク環境さえあれば場所を選ばず、容易に実施できるようになった。

4. EMS設計支援ツール

最適運転計画を算出するコアエンジンは客先設備に応じたカスタマイズが必要なため、当初、設備構成図を基に熟練した技術者が手作業で実施し、かなりの時間を要していた。そこで、GUI描画情報を集約するネットワーク表現行列を定義し、各機器特性式から各種熱源機器の最適運転計画を得るためコアエンジンに必要な目的関数及び制約式を得る手法を新たに開発⁽³⁾し、複雑な設備構成でも短時間で精度の高いコアエンジンの生成が対応可能となった。このツールは、EMSに関する特別な知識を必要とせず、簡単な操作によってアルゴリズムの特長であるエネルギー設備の非線形特性や動特性などの細かな設定パラメータが容易に設定でき、短時間のうちにEMS設計及びEMSのコアエンジン部の生成を行うことができる。また、コアエンジンへの入出力データのインターフェースをテキストファイル形式で簡素化し、各種の設備監視システムに容易に搭載できるインターフェースとなっている(図6)。

操作上の主な特長は次のとおりである。

- 設備アイコンをドラッグ&ドロップで設備構成に合わせて配置し、設備間をマウス操作によって容易に接続
- 画面上の設備及び設備間の接続は自由に追加/削除が可能
- 設備リストクリックで設備データのダイアログ表示が可能
- 設備リストは自由に追加/削除が可能
- 部分負荷特性のグラフ表示/編集が可能
- 設備の定格能力等の特性値はダイアログボックスで表示/変更可能
- 設備機器リストは再利用が可能
- 設計段階でのEMS機能シミュレーションが可能

このツールの設備オブジェクトは前節のEMS診断支援システムとの共通化を図り、コアエンジンの生成はEMS診断支援システムの客先データをそのまま流用して実施できるようになっている。これにより、EMSのラピッドエンジニアリングが可能となっている。

5. 今後の展開

EMS機能については、電力需要の平準化をねらうと

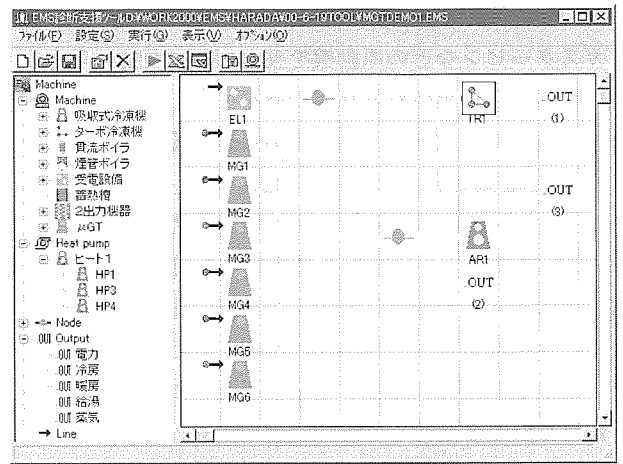


図6. 設計支援ツール画面例

もに、電力の一部自由化が開始された需要家(契約電力2,000kW以上)とエネルギー供給会社の両者のコストメリットを見出すことを目的としたEMSのインタラクティブな交渉機能の開発をしていく。EMS診断支援システム及びEMS設計支援ツールは、省エネルギー診断/提案といったエネルギーソリューションビジネスのコア技術として展開していく。さらに、EMS診断支援システムは、営業支援はもとより、ネットワークの利点を生かしたASPへの展開を図っていく。

6. むすび

以上、EMSの機能を説明するとともに、WWW上で簡単に使用できるEMS診断支援システム、客先設備のカスタマイズを容易かつ短時間でできるEMS設計支援ツール、さらにエネルギーソリューションのキーアイテムとしてのEMSの今後の展開について述べた。

参考文献

- (1) 上田隆美, 木川 弘, 中島圭吾, 宮住康一: ビルエネルギーシステムの需要予測と運用計画の一方法, 第40回システム制御情報学会研究発表講演会, 495~496 (1995)
- (2) 上田隆美, 木川 弘: エネルギーシステムの最適運用計画の一方法, 日本機械学会講演論文集, No.96-6, 83~84 (1995)
- (3) 鈴木直彦, 上田隆美: GUIによる最適運転計画評価式自動生成手法, 電気学会講演論文集, 417~418 (2000)

三菱コジェネレーションシステムの 遠隔監視システム

田中 節* 大釜寛修**
高松信敏*
磯村英興*

要 旨

地球温暖化防止、エネルギーコストの削減の要求を受けて、従来の大規模集中型の電源構成からオンサイト型の小型分散電源へと電源構成がシフトしている。

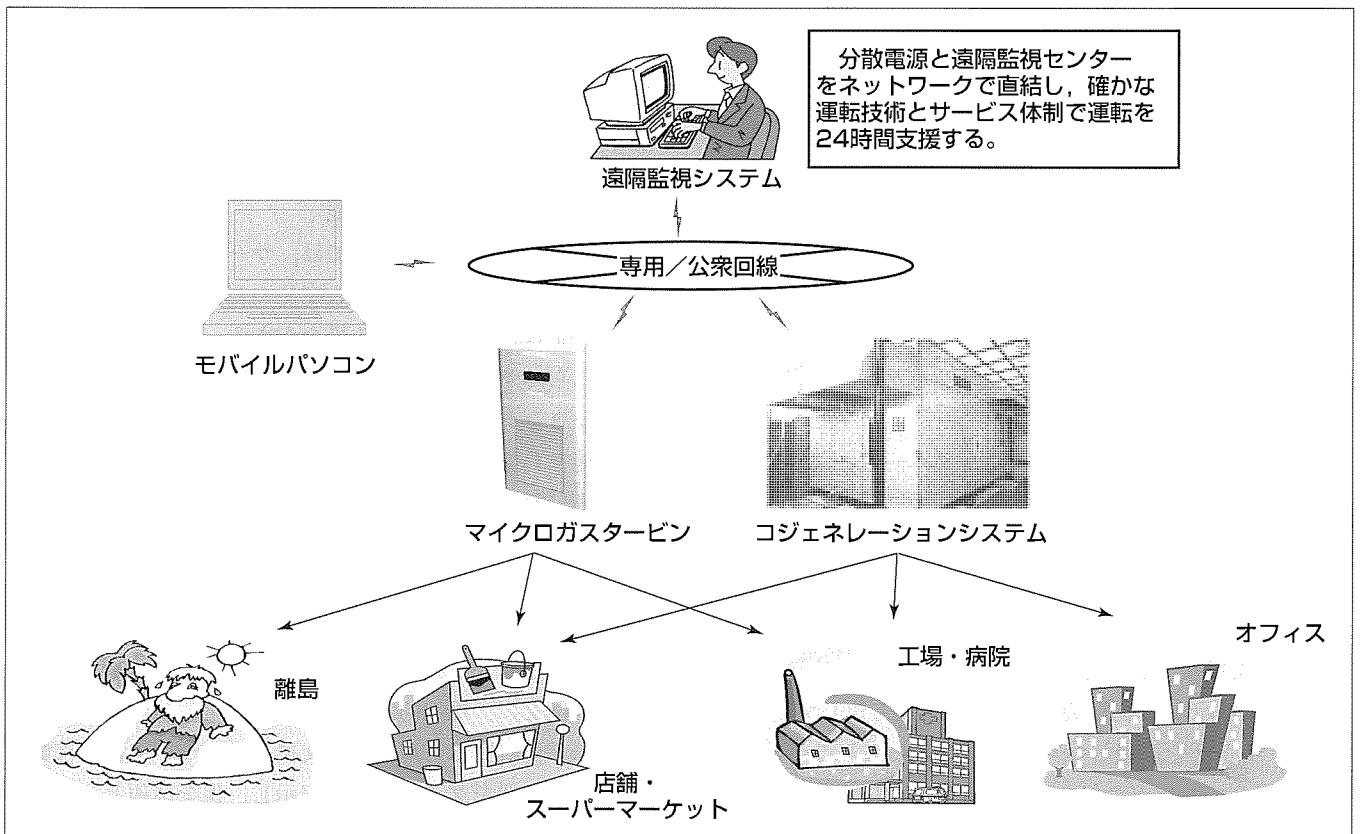
小型分散電源の代表的なものとして熱電併給型のコジェネレーションシステムがあるが、これらは例えばマイクロガスタービンによるシステムでは数十kW級程度の設備規模であり、従来の大規模集中型の電源同様の運用・保守体制を構築することは経済的側面から現実的ではない。

その問題に対する解決策として、マイクロガスタービンを中心としたオンサイト型コジェネレーションシステムの開発標準化と並行して、それらコジェネレーションシステ

ムをサービスセンターから遠隔でリモート監視するシステムを開発した。

このシステムを利用することで、オンサイト型のコジェネレーションシステムのユーザーは通常の運転データ管理業務や故障発生時の対応業務等から開放され、さらには集中管理システムの保守機能によつて的確なタイミングの保守サービスを受けることが可能となり、その結果、事故の未然防止も実現できる。

本稿では、このリモート監視システムの内容の紹介とともに、その将来構想も併せて提示する。



コジェネレーション遠隔監視のイメージ

店舗・スーパーマーケット・工場・病院・オフィス等に設置されるコジェネレーションシステムとマイクロガスタービン等の分散電源は、専用回線/公衆回線等のネットワークによって遠隔監視システムとモバイルパソコンに接続し、確かな運転技術とサービス体制で運転を24時間支援する。

1. ま え が き

省エネルギーと環境保全に対する社会的要請の高まり、電力自由化と規制緩和に伴うエネルギー最終消費者ニーズの多様化に幅広くこたえるため、三菱電機では、エネルギーソリューションサービスビジネスを開始した。

また、分散電源、コジェネレーションシステムが近年急速な立ち上がりを示しているが、マイクロガスタービンの出現もあり、今後とも分散電源、コジェネレーションの堅調な増加が予想される。

このような背景の中、オンサイト総合熱供給サービスとして分散電源設備O&M(Operation and Maintenance)サービスが必要となり、それを実現するための保守・監視システムとしてリモート監視システムを開発した。

2. 全体システム構成とサービスメニュー

上記の経緯の下、保守サービス向上の一環として、サービスコール自動受付・転送システムと遠隔監視サービスシステムを開発し整備した。設備遠隔監視サービスの対象設備は、発電設備だけではなく、水処理設備、受変電・配電システム、無停電電源設備(UPS)等をも視野に入れたもので、できるだけ汎用性を持たせたシステムになるよう考慮されている。その広域ネットワーク上に分散電源コジェネレーションシステムの遠隔監視システムを構築した。

2.1 全体システム構成

図1に、サービスコール自動受付・転送システムと設備遠隔監視サービスシステムの、24時間サービスセンターの全体システム構成を示す。

24時間サービスセンターは、即応体制構築の観点から、分散&集中方式で構成した。平日昼間は、顧客設備の保守を所轄する各地域のサブセンターで監視し、専門の担当技術者が対応する。平日夜間と休日は、1か所に情報を集約し、メインセンターで監視する。また、各サブセンター間は相互バックアップが可能で、データベースの同期処理によって逐次更新を図り、24時間連続使用に対応している。

分散電源コジェネレーションシステムの遠隔監視は監視PCサーバとクライアント端末からなり、各コジェネレーションシステムサイトとはダイヤルアップルータを介して公衆回線で接続され、必要時にISDN回線に接続してデータ送受信を行う。監視機能はすべてWeb化しており、Webブラウザを搭載したパソコンであればどこからでもPHSを介して監視が可能であり、保守支援に有効な手段として活用できる。

2.2 遠隔監視サービスメニューと監視機能

分散電源コジェネレーションシステムの遠隔監視の内容は、設備規模、設備仕様、又は顧客の要望によって異なる。表1に標準的な遠隔監視サービスメニュー例を示す。遠隔

監視サービスには大きく三つの機能がある。

(1) オンラインモニタ、データ収集機能

設備の運転状況(アナログデータ、ステータスデータ)は監視センターから随時リアルタイムで監視することが可能で、グラフィック表示、カレント表示、又はトレンドグラフ表示で状況を把握することができる。

また、毎正時のデータを自動収集し、日報・月報・年報の帳票データとして編集し出力することができる。帳票出力はExcel形式に加工して契約先の顧客に電子メールで配信し、運転記録として提供する。

(2) 異常発生への対応機能

設備側のデータ収集装置が設備の異常を検知すると、監視センターに対して自動で警報を発信して通知する。センターの監視端末では、ポップアップの形で警報表示がリンクするとともに、音声で当直員に警報を知らせる。図1の下部に、異常発生時の一連のアクションフローを示す。

センターで警報を受信すると、監視PCサーバは、異常発生時点前後の運転データを自動収集して、警報情報とともにデータベースに格納する。このデータは、担当技術者の状況分析・診断と処置検討のために、故障トレンドグラフとして表示することが可能である。また、データベースに格納・蓄積された過去のデータは、異常診断を迅速に行うための過去事例との比較検討用データとして活用される。

異常診断して対処した内容と結果は、担当した技術員が故障対応記録としてデータベースに入力し、保管される。この記録は、設備の故障履歴として、又は過去の処置事例として活用される。

(3) 運転・保守サービス機能

設備の仕様、状況によっては、サービス技術者を現地に派遣せず、遠隔からの制御設定値の変更、起動・停止操作、リポート操作等が許される場合がある。顧客の要望に応じてこれらのサービスに対処できるように、分散電源コジェネレーションシステムの遠隔監視システムには遠隔運転・制御機能を具備することが可能である。マイクロガスタービン設備に対しては、故障復旧動作の確認等のため、遠隔からの起動・停止、及びリポート操作機能を標準装備している。

設備管理、保守・保全への支援は、前述のデータ収集機能で蓄積された運転データと故障履歴データを基に提供される。図2に、標準的な設備管理・保全業務フローを示す。

運転稼働時間で管理される交換部品については、稼働実績と残余時間をグラフ化して表示し、保全情報として提供する。また、発電電力量と燃料消費量等の傾向を管理すべき特性情報については、帳票データから抽出してグラフ化し、設備保全管理情報として活用することが可能である。故障履歴データと処置記録は、設備の改善計画に有効である。

3. 発電設備運用上のメリット

このリモート監視システムを適用すると、発電設備に対して、図3の“発電設備運用上のメリット”に示す副次的効果を得ることができる。

(1) 異常発生時の早期復旧

異常発生時はまずサービスセンターで一次対応を実施するが、異常内容によっては製作工場の支援と協調が必要と

なる。

サービスセンターの監視機能はWeb化しており、Webブラウザを搭載したクライアントパソコンを用いて製作工場側でも監視センターの情報を閲覧できるため、現地情報をリアルタイムで把握でき、製作工場側の対応が迅速となり、発電設備の早期復旧が可能となる。

(2) 発電設備の効率的運用

サービスセンターに蓄積された帳票データを分析し有効

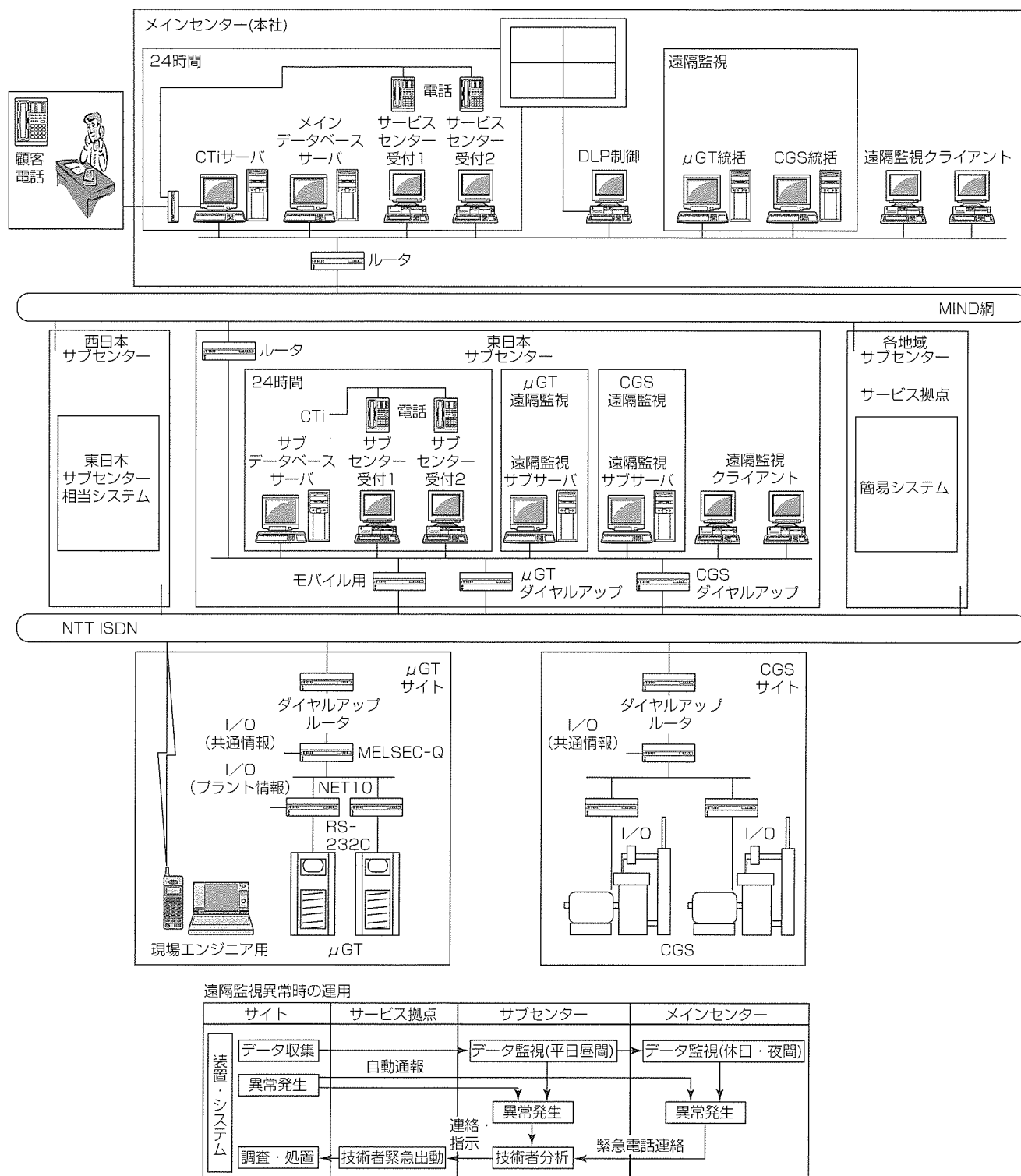


図1. 遠隔監視システムの構成

表1. 分散電源コジェネレーション設備の遠隔監視サービスメニュー例

遠隔監視サービスの内容		設備規模(サービスグレード)		μ-GT設備		内燃機関(ガスタービンを含む)コジェネレーションプラント							
		グレードA		グレードB		グレードC		グレードD		グレードE			
		標準	オプション	標準	オプション	標準	オプション	標準	オプション	標準	オプション		
遠隔監視	運転データ報告書(メールで配送)	稼働実績報告書(発電設備リース契約の場合のみ)	○										
	設備診断*3	日報帳票作成代行									○		
		月報帳票作成代行		○			○				○		
設備故障対応	軽故障	故障診断と対応処置支援	○								○		
		技術員の派遣*4			○				○			○	
		報告書の作成・提出			○*5				○			○	
	重故障	故障診断と対応処置支援	○*6								○		
		技術員の派遣*4			○				○			○	
		報告書の作成・提出			○*5				○			○	
		監視センターでの事故記録計(高速波形)データ収集									○		
遠隔運転・制御	技術相談受付・対応	運転状態をモニタしながら顧客からの技術相談に対応	○								○		
		始動・停止スケジュールの設定変更(1回/月)		○									
		自動負荷設定の変更(1回/月)		○									
保守・保全	保守・保全, 設備改善提案	エネルギーマネジメントシステム		○									
		定期動作確認(非常用又は長期停止設備の場合)(1回/月)		○									
	定期点検・保守	運転履歴, 点検・補修履歴等に基づく保守計画提案	○		○		○		○		○		○
		運転実績データ評価に基づく設備改善提案	○		○		○		○		○		○
		運転履歴, 点検・補修履歴等に基づく点検・保守項目・内容の提案	○							○			
		運転履歴, 点検・補修履歴等を反映した点検・保守項目・内容の実施			○			○				○	

*1: 200~1,000kWクラス
 *2: 数千kWクラス
 *3: 標準の保守・保全サービスよりもきめ細かい運転データ分析を行い, 異常の早期発見に努める。異常が認められない場合の定期報告は1回/3年を目安とする。
 *4: 設備故障時の技術員派遣は, 保守契約の有無に関係なく, お客様の要請に迅速に対応する(有償)。
 *5: μ-GTの場合は修理報告書となる。
 *6: 監視センターからの遠隔始動/停止操作を含む。

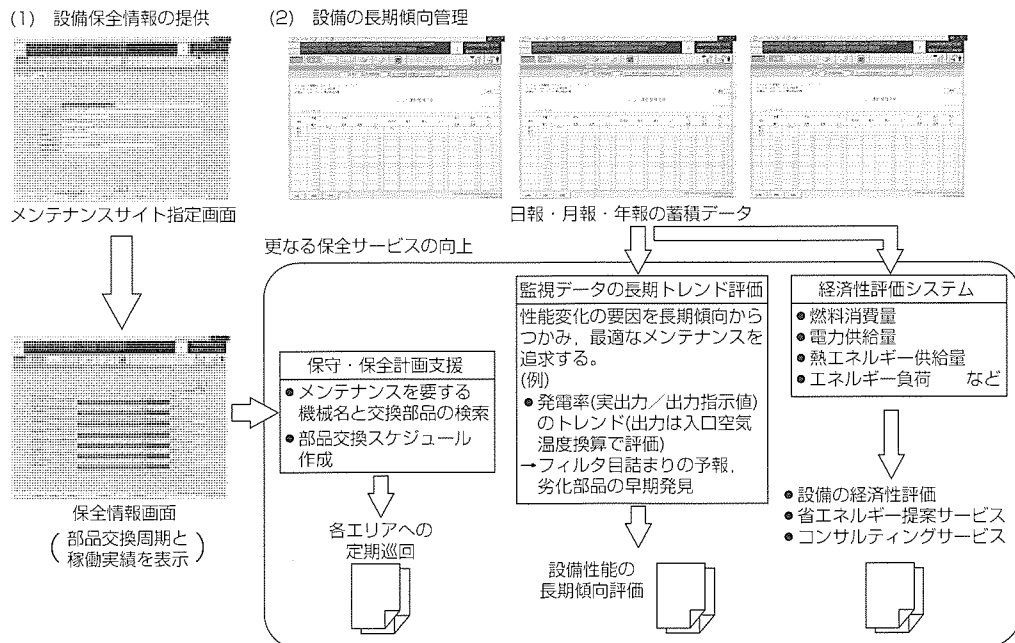


図2. 設備管理・保全業務フロー

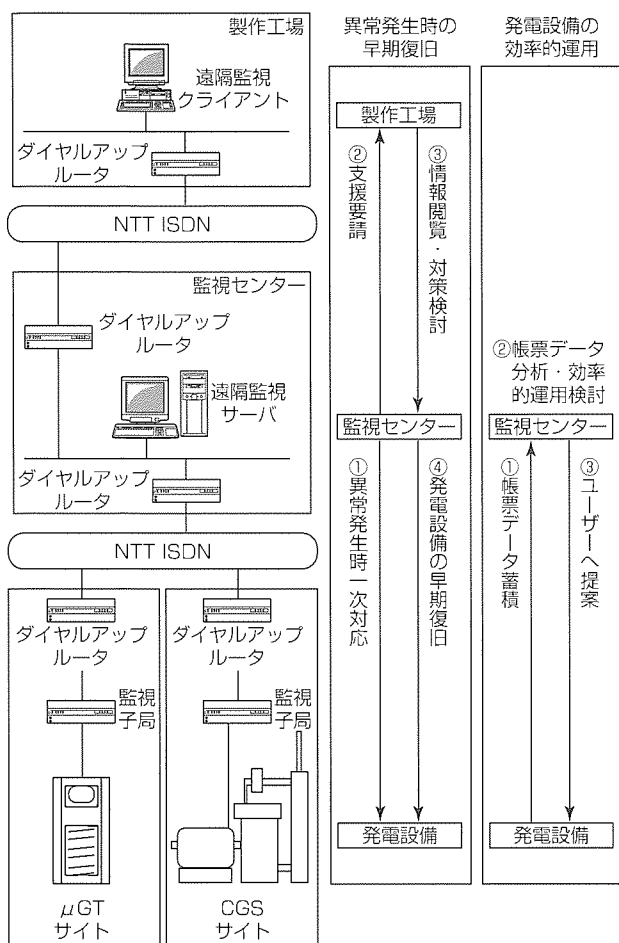


図3. 発電設備運用上のメリット

活用することにより、コジェネレーションシステムのより効率的な運用を検討し、ユーザーに提案することが可能となる。

(3) 現場監視装置の追設

このリモート監視システムでは、コジェネレーションシステム監視に必要な信号情報を具備しているため、現場監視装置を追設する際に新たなセンサの追加が不要である。

4. 今後の開発方向

実用化に伴い、社内外から、リモート監視システムに対する高機能化・高付加価値化の要求が高まっている。

まず、社内においてより高度なサービス事業を展開するための基盤インフラ整備の観点から、以下の要求が挙げられている。

- (1) 関連製作所間の設計情報データリンク
- (2) 関連サービス会社間の保守情報データリンク
- (3) 各設備実運用データリンク
- (4) 全社の営業情報データリンク

これらの実現のための大きな問題としては、各製作所の情報形態、情報通信手段の相違がある。これらの統一は容易に実現できるものではなく、開発に当たっては、各インタフェースフォーマットの統一・標準化、共有データベース化、共通情報通信インフラの整備、全社的な開発推進体

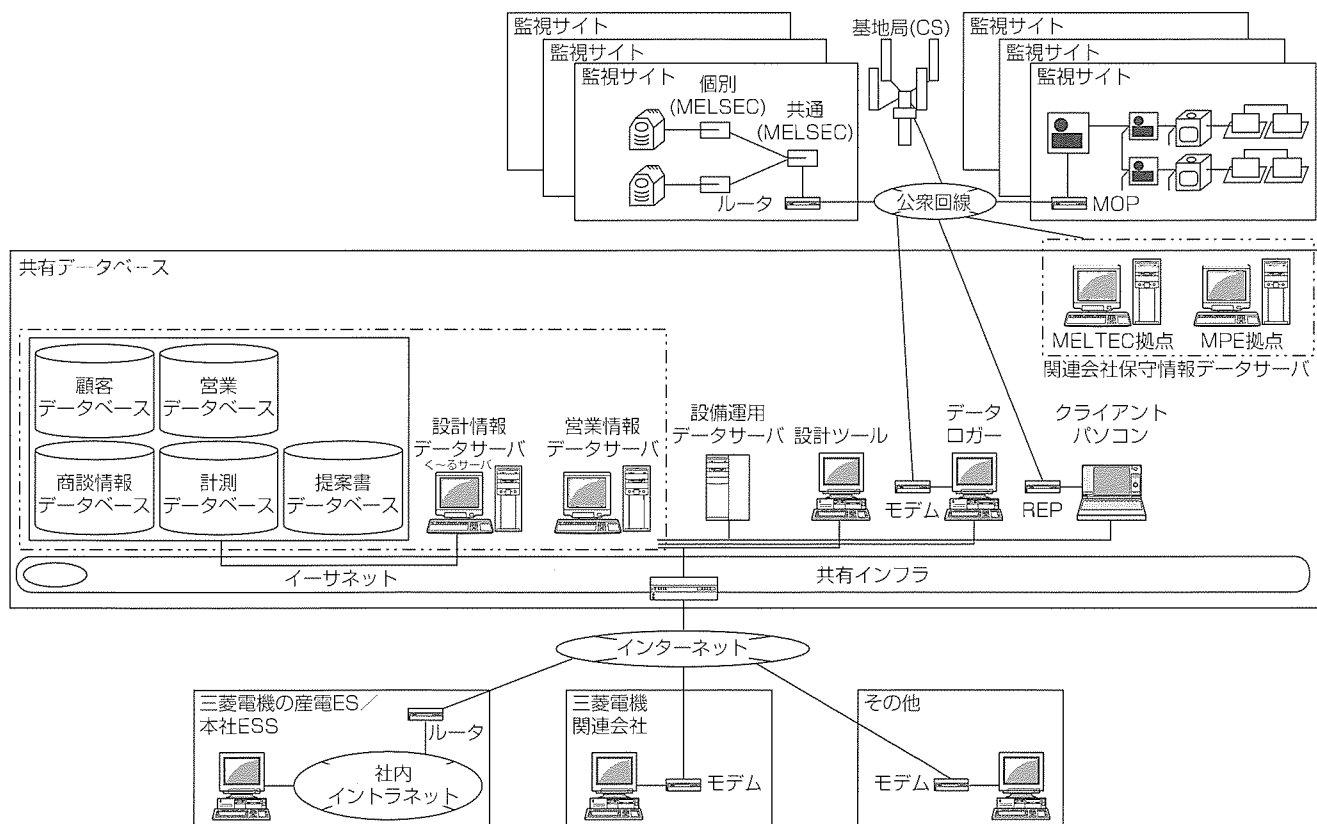


図4. 共有データベース・共有インフラ構想のシステム構成

制などが重要課題となる。図4に共有データベース・共有インフラ構想システム構成を示す。上記(1)~(4)のデータリンクを、構成図上の設計情報サーバ、営業情報サーバ、保守情報データサーバ、設備運用データサーバと共有インフラで実現する。次に、社外、特にコジェネレーションシステムを取り扱う各社からはユーザーサイドによる単独保守を目的として以下の要求が挙げられている。

- リモート監視システム購入要求(安価, 高品質)
- 情報量増大のための先進情報通信インフラ導入要求(電力線搬送, PHS応用, インターネット応用等)
- ユーザーメンテナンス機能充実要求

当初、三菱電機による単独保守体制を計画していたが、コジェネレーションシステムを取り扱う各社としてもリモート監視システムを利用した一次対応、単独保守等の要求が強く、それらに合わせたシステムの構築・開発が避けて通れない状況となっている。

5. む す び

今後の遠隔監視装置は、社内外からの要求に対する開発を大きな柱とし、さらに現有標準機能の充実・改善、品質向上を行い、開発を推進していく予定である。



四国電力(株)の需要家サービスシステム“OpenPLANET”

家高順一* 保坂丈世+
合田忠弘**
久山和宏***

要旨

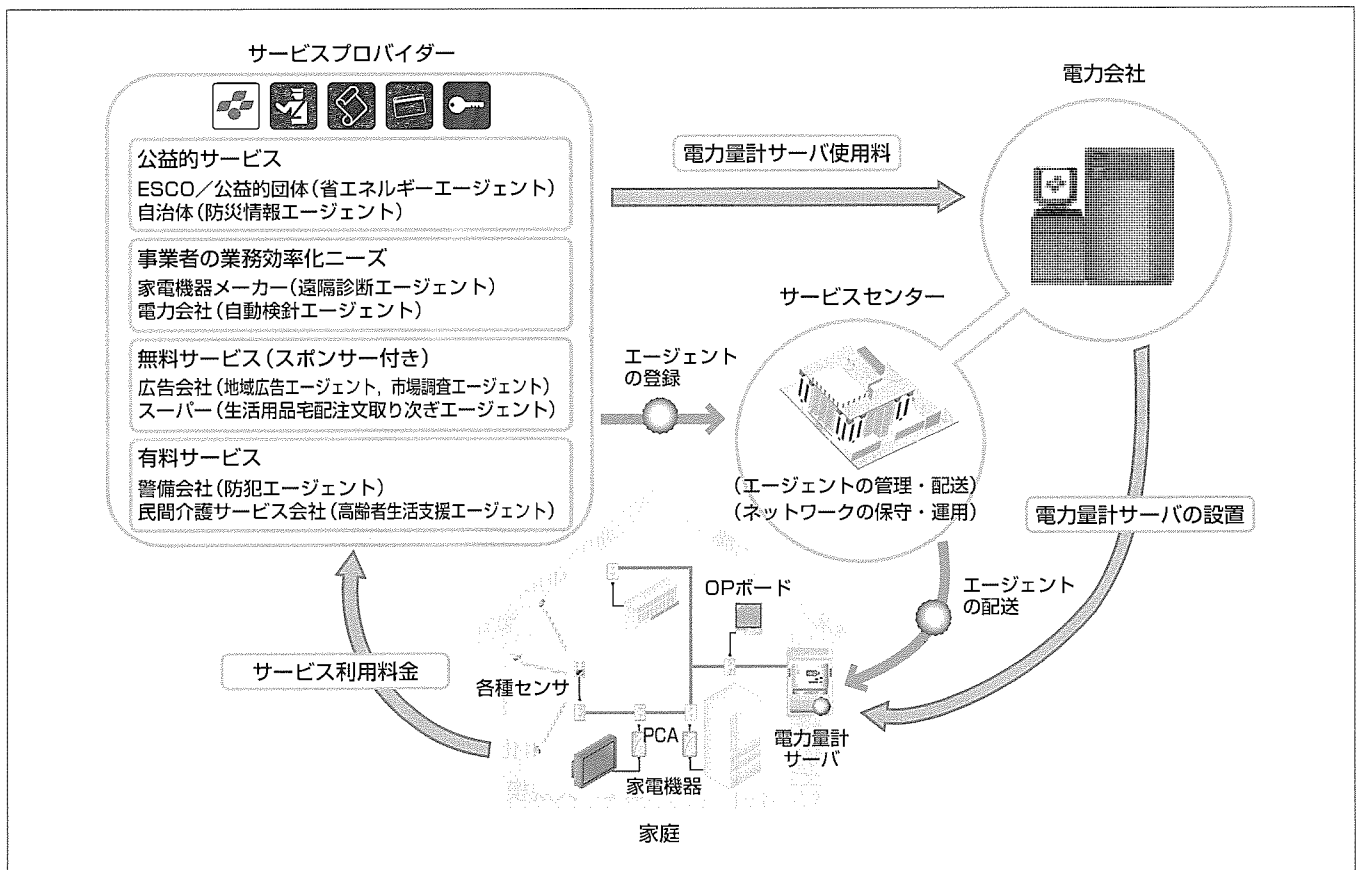
エネルギー事業者への規制緩和や競争原理の導入に伴い、電力会社等の公共事業体は、新たな収益源の確保という観点から新事業の開拓に注力している。2003年以降更なる規制緩和が検討されており、電力会社と最終需要家の関係は、従来の独占的電力供給の時代から特定規模電気事業者との価格競争の時代を経て、近い将来には、エネルギーサービス事業者との間でのサービス内容の競争時代へと移っていくことが予想される。

一方、通信技術の普及には著しいものがあり、付加価値の高い情報を低価格で広範囲に提供することが可能となっており、電力会社及びその関連会社は、事業用に布設してきた専用通信回線や公衆回線を有効活用することで、需要家への付加価値情報配信サービス事業や付加価値サービスそのものへの事業展開を模索している。

この分野において四国電力(株)の“オープンプラネット (OpenPLANET)”は最も完成度の高いビジネスモデルであり、2001年3月から一般需要家を対象に試験営業が実施されている。オープンプラネットは、電力量計に小型サーバを組み合わせた電力量計サーバを各家庭に設置し、エージェントという形態でこのインフラに対して各種サービスを提供するものである。家庭内に設置されたOPボード(簡易表示端末)や家電機器とは電力量計サーバの特長を生かすために電力線搬送技術を使いネットワークを構成している。

三菱電機は、この試験営業システムの開発委託を受け、センター系装置を含むシステム全体に関与してきた。

(注) “OpenPLANET”は、四国電力(株)の登録商標である。



オープンプラネットシステムの概要

電力会社が各家庭に通信機能付きサーバコンピュータを内蔵した新型の電力メータ(これを電力量計サーバという。)を設置し、この電力量計サーバの上でネットワークを高度に利用する遠隔監視・制御技術であるオープンプラネットを動作させ、各種サービスを提供可能とする新社会インフラを構築する。

1. ま え が き

エネルギー事業者への規制緩和や競争原理の導入に伴い、電力会社やガス会社などの公共事業体は、新たな収益源の確保という観点から新事業の開拓に注力するようになってきている。図1は、競争時代の従来の電力会社と電力会社以外の電気事業者との関連を示したものである。2000年3月から始まった第一次電力供給の規制緩和では、受電電圧20kV、契約電力量2,000kW以上の大口需要家への特定規模電気事業者からの電力の供給が自由化され、電力会社と特定規模電気事業者の間で価格競争が始まった。2003年に予定されている第二次の規制緩和後は、発電設備を持たないエネルギーサービス事業者が出現し、電力会社と最終需要家の間で電力のみならずエネルギー診断や省エネルギーサービスなどの各種サービスを提供するようになることも予想される。すなわち、電力会社と最終需要家との関係は、従来の独占的電力の供給の時代から特定規模電気事業者との価格競争の時代が始まり、さらに近い将来には、エネルギーサービス事業者との間でサービス内容の競争時代へと移っていくことが予想される。

一方、情報通信関連技術(IT)の普及には著しいものがあり、付加価値の高い情報を低価格で広範囲に提供することが可能になってきている。電力会社及びその関連会社は、事業用に布設してきた専用通信回線や通信事業用の公衆回線を多数保有しており、これを有効活用して上記事業を有利に展開すること、すなわち、電力量計の自動検針を含む自動計測事業をベースに、需要家への付加価値情報配信サービス事業や付加価値サービス事業そのものへの事業展開を模索している。

この分野では、四国電力㈱の“オープンプラネット(OpenPLANET)”が最も完成度の高いビジネスモデルであり、2001年3月から大規模フィールドテストとしての試験営業が開始されている。三菱電機は、この試験営業システムの開発委託を受け、センター系装置を含むシステム全体に関与してきたので、本稿では、その概要及び主たる構成要素を紹介する。

なお、オープンプラネットとは、既存の広域ネットワー

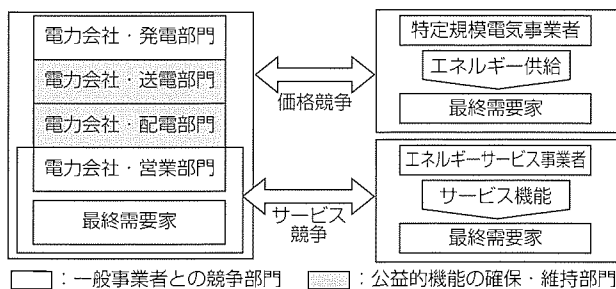


図1. 競争時代の電気事業者

クと屋内電灯線搬送通信とを電力量計に組み込ませた電力量計サーバを経由して低コストで接続し、自動検針などの各種需要家サービスや一般需要家を対象とした各種生活支援系サービスを始めとする多様なサービスを提供できる仕組みであり、今回の試験営業には、輸送・流通・小売などの各種企業体も参加している。

2. オープンプラネットの概要

2.1 オープンプラネットの理念

四国電力㈱では、ネットワークを高度に利用する遠隔監視・制御技術オープンプラネットを開発し、ほとんどの家庭に設置されている電力量計に通信機能付きの小型サーバを組み合わせた電力量計サーバに組み込むことにより、新社会インフラを構築することを目指している。各家庭の電力量計の下には屋内電気配線を介してすべての電気機器が接続されているため、この電力量計サーバにより、すべての電気機器が即時に家庭内コンピュータや広域ネットワークと連携され、実用的で経済的な新しいインフラが構築される。このインフラを活用することにより、個々の家庭と社会を結ぶ様々な有益なサービスが低コストで創出されることはもちろん、電力量計サーバの製造・流通、又はサービスの開発・運営などにかかわる新しい産業や雇用の創出が図られ、経済効果へ大きく貢献するものと考えられる。

ビジネスモデルとしては、以下のような構造となっている。

- (1) 電力会社は、公益を目的とした電力量計サーバを各家庭に設置し、これを一般プロバイダーに提供する。
- (2) プロバイダーは、家庭と社会を結ぶインフラを活用したかつてない様々な機能を創出し、個々の家庭へサービスを提供する。
- (3) 各家庭は、専門のプロバイダーが行う多様なサービスメニューからニーズに合ったものを選択してサービスを受け、その対価として利用料金を支払う。
- (4) 電力会社は、自ら設置するインフラを自動検針や電気の効率的運用などに活用するとともに、プロバイダーからサーバ使用料を徴収し投資の回収を図る。

四国電力㈱では、以上の構想について各電力会社はもとより自治体や企業・団体などに広く提案するとともに、自らも試験営業システムを構築し、フィールドテストを行うことで実用化へ向けた開発を進めている。

2.2 大規模フィールドテスト

大規模フィールドテストは、オープンプラネットで提唱する新しいネットワークインフラとそれを活用した多様なサービスの展開に関して、その可能性を技術やニーズ、社会的仕組みや運営体制などの幅広い角度から検証するためのものである。

フィールドテストは、1,000軒程度の一般需要家を対象

に電力量計サーバを設置して試験営業システムを構築し、2000年度下期から2001年度末まで実施される。このフィールドテストを経て2002年度以降の事業化が検討される。サービスプロバイダーとしては四国電力(株)に加えて輸送・流通・小売などの様々な分野から10社以上が参加し、表1に示すような日常生活の支援や電気事業等の効率化を検証するための各種サービスがこのフィールドテストで提供されている。

3. オープンプラネットの構成要素

ここでは、オープンプラネットを用いた需要家サービスシステムを構成する主な技術要素について紹介する。

3.1 組み込み型エージェントサーバ

個々の一般需要家宅に設置される電力量計サーバの上では、自動検針サービス、家族伝言サービスなどの複数のアプリケーションプログラムが動作する。オープンプラネットシステムでは、これらのアプリケーションプログラムは、“エージェント”と呼ばれるソフトウェアモジュールとして実現されており、一般需要家宅外部のネットワークを介してオープンプラネットセンターから必要に応じて送られ電力量計サーバ上で実行される。このエージェントを管理しその実行のためのプラットフォームとなるのが組み込み型エージェントサーバである。図2に組み込み型エージェントサーバのソフトウェア構成を示す。

組み込み型エージェントサーバは、エージェントの実行プラットフォームとしての機能に加え、以下の機能を持っている。

(1) 外部通信サービス

電力量計サーバに搭載されるPHSにより、オープンプラネットセンターや他の電力量計サーバと通信を行う機能を提供する。オープンプラネットセンターを起点/終点として複数の電力量計サーバを渡り歩く“巡回通信”を行う機能を備えている。

(2) エージェント管理サービス

エージェントに対するライフサイクルの管理要求(イン

表1. フィールドテストで実施するサービス

種類	サービス	概要
生活安心サービス	簡易セキュリティ	日常生活の安心度を向上させるための簡易かつ低コストなサービス
	安心モニタ	
	家族伝言	
生活支援サービス	広告・広報	広告やお知らせ、生活用品の配達取次ぎを行うサービス
	会員向け情報提供	
	宅配情報	
その他検証項目(電気事業など)	自動検針	電気事業、ガス・水道事業などの効率化を検証するサービス
	供給管理	
	省エネルギー	
	電気温水器通電制御	
	ロードサーバイ	

ストール、実行、停止、更新、アンインストール)を外部から受け付ける機能と、外部からの要求によってエージェントの動作状況を報告する機能を提供する。

(3) システム管理サービス

電力量計が設置された一般需要家宅の情報、IPアドレス情報など、電力量計サーバのシステムパラメータの管理と情報提供を行う機能を提供する。

(4) スケジューラサービス

エージェントに対し、決められた時間間隔や日時に呼出しを行う機能を提供する。

3.2 オープンプラネットセンター

オープンプラネットセンターは、サービスプロバイダーと電力量計サーバを仲介しシステム全体の管理を行う需要家サービスシステムの中心である。一般需要家宅とオープンプラネットセンターは必要に応じてPHS網でダイヤルアップ接続され、サービスプロバイダーとオープンプラネットセンターを結ぶインターネットとはファイアウォールを介して常時接続される。このように、センターサーバを介して電力量計サーバとサービスプロバイダーをつなぐことによって、需要家サーバへのアクセスを制限しセキュリティを強化することが可能になる。図3にオープンプラネットセンターの位置付けを示す。

オープンプラネットセンターの主要な機能は次のとおりである。

(1) サービスプロバイダーからのデータ配送要求受付

例えば地元スーパーからの広告情報などのデータをサービスプロバイダーから受け付け、これを各一般需要家宅に配送する機能を提供する。配送は、複数の電力量計サーバを渡り歩く“巡回通信”によって行われる。

(2) 電力量計サーバから外部へのデータ通知

商品の注文、家族からの伝言などの情報データが電力量計サーバから発信された際に、これを受け取り、サービスプロバイダーに通知したり電子メールで個人に通知したり

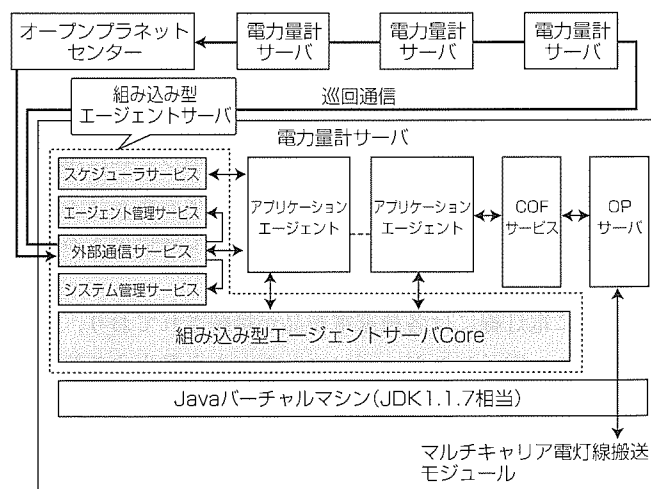


図2. 組み込み型エージェントサーバのソフトウェア構成

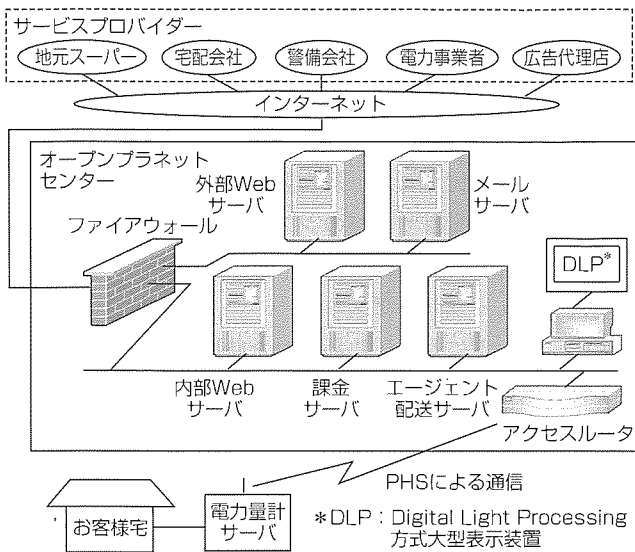


図3. オープンプラネットセンターの位置付け

する機能を提供する。

(3) システム運用のための情報管理

情報の配送・通知のために必要な需要家情報の管理、電力量計サーバで動作するアプリケーション(エージェント)の登録・管理、通信情報の管理などの機能を提供する。

3.3 サービスプロバイダーとセンター間の連携方式

サービスプロバイダーとオープンプラネットセンターはインターネット又は専用線で接続されるため、接続形態に応じてWeb又はFTPによる連携方式を提供している。

Webブラウザによる連携は、主にインターネットで接続される比較的小規模なサービスプロバイダーを考慮した方式である。連携にはブラウザを使うため主に手動による操作となるが、サービスプロバイダー側はインターネットへの接続環境とWebブラウザがあれば利用できるため比較的導入は容易である。

一方、FTPによる方式は、サービスプロバイダー側のシステムと直接連携をする仕組みを提供しており、比較的大規模なサービスプロバイダーへのインタフェースを想定している。

3.4 マルチキャリア電灯線搬送モジュール

既に施工された住宅など新たな通信ネットワークを設置するのが困難な状況では、住宅内に張り巡らされた電灯線を使った通信は非常に魅力的である。マルチキャリア電灯線搬送モジュールは、この電灯線を使って通信するためのモジュールである(図4)。

一般に電灯線には各種家電製品が接続されており、特にエアコン、電子レンジ、パソコンなどから発生する雑音や伝送路ひずみは、電灯線搬送モジュールにとっては伝送信頼性を低下させる原因となっている。

三菱電機が開発したマルチキャリア方式は、表2及び図

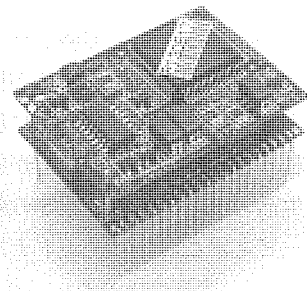


図4. マルチキャリア電灯線搬送モジュールの外観

表2. マルチキャリア電灯線搬送モジュールの仕様

通信方式	分散トーン方式
一次変調方式	D8PSK, DQPSK又はDBPSK方式
アクセス方式	CSMA, マルチポイント伝送
端末数	最大255台(物理層目標仕様)
伝送速度	36.5kbps/24.4kbps/12.2kbps/ 8.12kbps/4.06kbps(可変速)
適応方式	適応周波数ホッピング方式 適応レート変更方式
送信電力	最大150mW
周波数帯域	130~450kHz(3トーン)

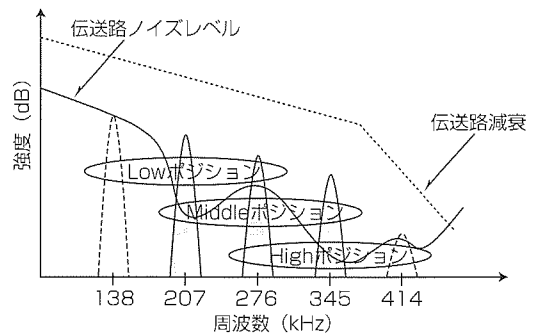


図5. マルチキャリア方式の原理

5に示すとおり、あらかじめ定義された5本のトーンのうち連続した3本のトーンを使い通信を行う。ノイズ等の状況によって通信状態が悪化した場合は、連続した3本のトーン位置を移動することによってより信頼性の高い通信を実現している。これに加えて、ノイズの状況によって伝送速度を変化させることで、通信信頼性を更に高めている。

4. む す び

以上、オープンプラネットシステムに対する四国電力㈱及び三菱電機の取組について紹介した。

広く一般家庭に電気を供給している電力会社のインフラを使ったサービスは実用性・経済性という面で非常に魅力的であり、今後、大規模フィールドテストを通じて有益なサービスが多数創出され、普及に弾みがつくことが期待されている。

電力トレーディングと市場情報技術

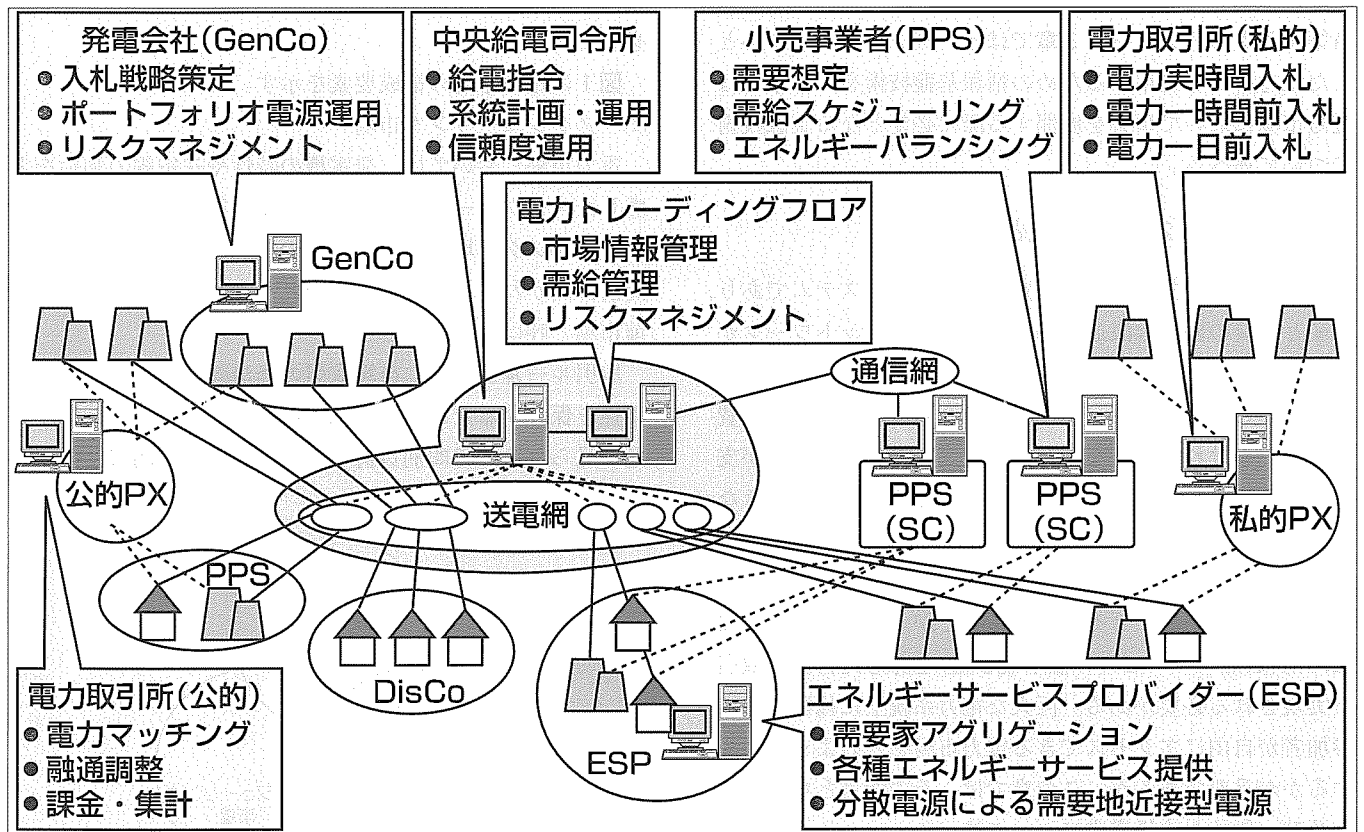
塚本幸辰*
マルミローリ マルタ*
合田忠弘**

要旨

1990年初頭から始まった公的部門(電力, ガス, 通信, 鉄道など)への競争政策は世界的な潮流となり, 経済構造改革がグローバルに進展してきた。特に欧米のエネルギー部門においては, 垂直型から水平型への構造改革を経て新たな段階に突入している。流通設備の開放に伴うエネルギー市場の創設や小売自由化の進展により, エネルギー産業のサービス化が進み, 情報技術, 及び金融技術を利用したエネルギートレーディングや顧客のエネルギー利用に関する利便性・快適性を高度化するエネルギーサービス, さらにメータリング・ビリングなど顧客のキャッシュフローを管理する各種情報サービス事業が形成されつつある。

電力システムが経験してきた歴史は各国の事情によって異なるものの, これまで資本集約的であった設備型産業が, インターネットに代表される情報技術の進展や需要地近接型の分散電源の競争力向上とともに, より顧客指向型の事業へとシフトしており, 発電市場の部分開放(1995年), 小売市場の部分開放(2000年)を経て, 我が国の電力市場にも様々な新規事業者として参入している。

本稿では, 新たな電気事業における電力トレーディングを中心として, そのコンセプト及び必要な技術課題について述べる。



新しい電力市場

新しい電力市場には, 送電系統を運営する系統運用者を中心に, 発電事業者, 小売事業者(PPS), 電力取引所, エネルギーサービスプロバイダー(ESP)など多くの市場参加者が存在している。相互にインターネットを中心とした情報システムを利用して情報交換をしており, 電力トレーディングを中心に, マーケットプレイス, エネルギーサービス, メータリング・ビリング, 環境マネジメントなどの情報技術と金融技術を利用した様々なビジネスが出現することが予想される。

*系統変電・交通システム事業所 **同事業所(工博)

1. ま え が き

1988年にMITのF.C.Shweppeらによって編集された“Spot Pricing of Electricity”は、電力エネルギーを一つの“商品”として取り扱い、電力マーケットプレイスにおける電力の“売り、買い”が市場原理の中で運用され得ることを体系的にまとめた名著である。電力市場を扱った文献はこのほかにも数多く存在するが、Shweppeらは、電力システムの根幹をなす電力系統のPhysicalな制約を考慮し、古典派経済学の一般均衡理論から派生したノーダルプライスの理論をエンジニアリング的視点から明快に体系付けている⁽¹⁾。

電気事業に市場原理を持ち込むことには、し(恣)意によらない投資計画及び運用計画を誘発し需要サイドも含めた形でサービスを含む社会的な資源の最適配分を達成することがある。しかし、従来型の単一事業者内での運用・計画から複数事業者による市場メカニズムを通じた方法に移行することが可能になった背景には、情報技術を中心とした技術イノベーションによるところが多い。

本稿では、上記のように電気事業そのものが競争型に移行していく過程において、エンジニアリングを提供する視点から必要と思われる技術検討項目及び新しいビジネスチャンスについて述べる。2章では電力市場を電力系統上に構築する際の考え方を、3章ではインターネットを中心とした電力市場を運用するための情報基盤技術を、4章では電力市場において事業を展開する際に必要となる金融技術について述べる。

2. 電力系統と電力市場

電力系統は電気を生産・消費する巨大なシステムであり、生産と消費の間には流通設備としての送電ネットワークが存在している。通常の商品との相違点は、巨大な電力システムにおいては送電ネットワークを介してその生産と消費が同時でなければならないという電気特有の物理法則が支配している点である。つまり、電気はためることができない。

一方、電力市場においては“電気エネルギー”という商品にだれもが自由にアクセスできることが求められ、そこには、情報(財・サービスの価格及び量)を介した自由な取引が実現される必要がある。巨大な電力系統上に複数の市場参加者が自由にアクセスできる電力市場をどのように形成するかが重要であるが、この章では、その背景となる考え方及び一般的な市場構成について述べる。

2.1 ノーダルプライスの適用による最適な市場形成

Shweppeは、電力系統に複数の市場参加者が存在し電力市場が形成された場合、社会余剰の最大化理論を電力系統の物理制約の上において成立させるために、ノーダルプ

ライスの考え方を理論付けた。ノーダルプライスの考え方は、従来の電力システムの運用において費用の最小化を目的とした最適潮流計算による経済配分に通じるものであり、情報の完備性と完全市場が保障される環境下においては、複数の市場参加者が介在する電力システムにおいても同様の最適点での運用が可能であることを示したものである。従来の最適運用は供給サイドのコスト最小化が運用目標であったが、ノーダルプライスの考え方においては供給サイドのみならず需要サイドも含めた社会余剰の最大化が市場運用の目標である。Shweppeのノーダルプライス理論は、現在の英国プールや米国PJM及びCA、ノルドプールなどを含む多くの電力市場モデルの底流となっている。

LMP(地点別限界価格)

$$= (\text{発電限界費用}) + (\text{送電混雑費用}) + (\text{送電損失費用})$$

LMPはLocational Marginal Priceの略で、いわゆるノーダルプライスのことを指す。

2.2 電力市場の構成要素

電力市場は、主に、①スケジューリング市場、②先物市場、③リアルタイム市場で構成される。公正かつ透明性の高い電力市場の構築、契約された取引の流通システム上での物理的実現、及び適正規模の電力取引を実現するために、それぞれの市場に対して、適切な機能分担を必要とする。また、三つの市場は相互に補完されつつ形成されることが必要である。

図1に電力市場の構成要素を示す。

(1) スケジューリング市場

電力市場においては、発電機の特長や送電線の制約を考慮したスケジューリング市場が重要な役割を果たす。スケジューリング市場は実際に取引の行われる一日前から一時間前に開かれることが多く、それぞれ一日前市場、一時間前市場と呼ばれる。

取引ルールとして、市場取引の経済効率性、透明性、公平性を保証するために、入札制度によるオークションが共通に見られる。時間別負荷予測量に応じた時間ごとの市場

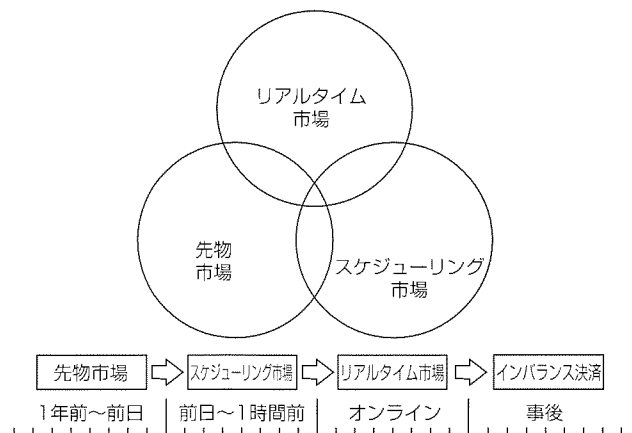


図1. 電力市場の構成要素

決済価格を決定するとともに、発電機の特長や系統制約を考慮した需給計画が立案される。

(2) 先物市場

先物市場は、スポット市場における取引リスクの回避、及び安定的な電力調達・販売のために整備されるべき市場である。株式市場においても短期の株価変動によるリスクヘッジの意味から先物や先渡しといった金融市場が整備されているように、電力市場においても先物市場は非常に重要なマーケット機能となる。特に、電源建設におけるリードタイムの長さやベース電源に必要なばく(莫)大な設備投資の観点から、電力市場における経済インセンティブの付与は重要な課題である。

(3) リアルタイム市場

スケジューリング市場を通じた取引価格及び取引量の計画値並びにオンラインでの発電・需要の実績値に基づいて、リアルタイム市場におけるエネルギーインバランス決済が行われる。取引価格に関しては、計画値、実績値とも系統制約を考慮したLMPによって決定されることが多く、送電権利を利用した送電混雑管理を考慮している。先物及びスケジューリング市場で契約された電力取引が物理的な系統上に実現されるいわば流通ロジスティクスに関する部分である。

3. 電力市場と情報技術

電力市場においては、電力市場関連情報、顧客情報、他社情報、天候情報、経済情報、電力系統情報など多くの情報の管理が必要となる。Homeostatic Controlは、いわば神の見えざる手による市場運営であるが、これらの多くの情報が市場参加者の間で相互に活発に交換されることによって電力市場が適正に運営される。異業種他社間で実現されるB to B, B to Cインターネット電子商取引システムでは、インターネットマークアップ言語であるXMLによるデータ交換やオープンネットワーク環境での通信の安全性のために、暗号化やデジタル署名などの対策、24時間365日開かれる市場取引に対応した信頼性確保などが望まれる。インターネット電力商取引システムには、電力トレーディングを中心に、マーケットプレイス、エネルギーサービス、メータリング・ビルギングなどの多くのビジネスが構築される。

図2にインターネット電力商取引システムを示す。

3.1 電力ビジネス向け電子商取引基盤

電子商取引基盤は、電力取引の場を提供するポータルサイト型や電力取引そのものを目的とするトレーディングセンターとしてのサーバサイドシステム、各電力市場にアクセスするクライアントサイド、インターネットを前提とした通信ネットワークシステムで構成されている。電力市場においては、規制緩和に伴う制度改革や新たなサービス提

供の必要性など様々な改革が予想され、また、天候情報や市場情報、系統情報などのより多くの情報獲得が望まれる。そのため、電力取引の情報システムでは、業務アプリケーションロジックを入出力処理のためのグラフィカルユーザーインタフェース及びバックエンドのデータベースから独立させるために、三層モデル(第一層:ブラウザ、第二層:サーバ、第三層:データベース)に基づいて実現する。

図3にインターネット電力市場情報基盤を示す。

3.2 電力ビジネス向けインターネットセキュリティ基盤

電力市場で扱われるデータは、契約にかかわる重要な情報を含む場合が多い。そのため、インターネットのオープンな環境下においても、セキュアかつ信頼性の高い通信基盤を実現する必要がある。日々の市場運用を確実に実施するために、サーバシステムは二重系として構築するとともに、セキュリティに関しては、サーバへの不正アクセスや成り済ましの防止、データの改ざん(竊)防止の面から、高度な認証、署名、暗号化技術の適用が望まれる。

一般に、システムへのアクセスを希望する市場参加者には、事前に認証局から認証書を発行してもらうことで、市場参加者の身分を証明する。不正アクセスや成り済ましの防止については、サーバに認証登録を行うことで認証を受

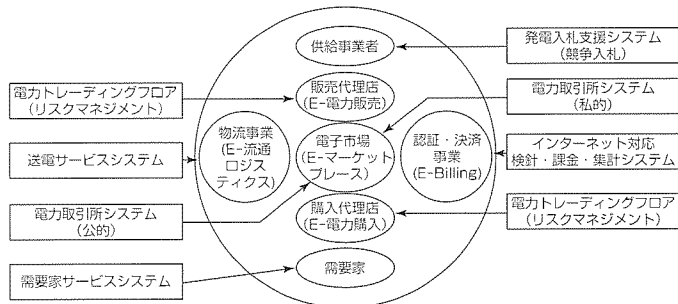


図2. インターネット電力商取引システム

```
XMLの電力トレーディングへの適用
<bid=offer>
<bidder>company a</bidder>
<hour>12:00</hour>
<price>12</price>
<quantity>100</quantity>
</bid>
```

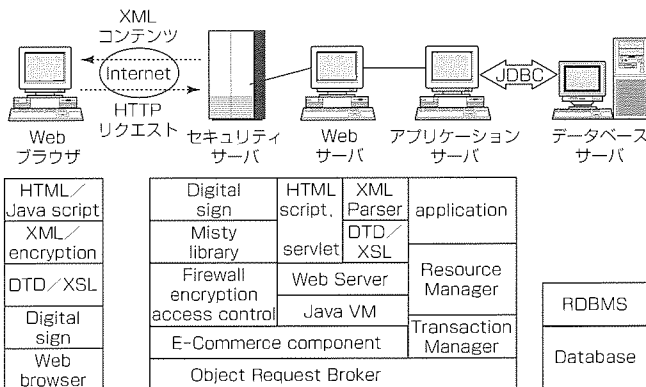


図3. インターネット電力市場情報基盤

けた者だけがシステムにアクセスできるようにアクセス制御を実施するとともに、コンテンツごとのアクセス管理を行うことも求められる。また、契約にかかわる書類には電子署名を付加するとともにクライアントとサーバ間は暗号通信を行い、インターネット上でのデータの改竄を防止する必要がある。

図4にインターネットセキュリティ構成例を示す。

4. 金融技術の電力取引への適用

これまでの電気事業は総括原価主義の下にその事業運営を行ってきたが、2章で記述したような電力市場においては、市場におけるダイナミックな裁定取引を含む価格調整機能そのものが取引価格を決定する。そのため、常に相対的な資産価値の変動や事業収益の変動にさらされることになる。市場における様々なリスクをヘッジするためのリスクマネジメントは、今後の電気事業において非常に重要な課題となる可能性がある。

4.1 電力デリバティブ

海外の電力市場において活発に適用されている電力デリバティブには、電力先物、オプション、スワップなどがある。電力先物は、実取引の前に事前契約することで、価格の変動リスクをヘッジし、将来のキャッシュフローを確定する。電力オプションは電力を売買する権利を意味し、基本的に電力Call(電力を買う権利)、電力Push(電力を売る権利)がある。電力の売買権を持っておくことで、電力価格の高騰時や暴落時でも、安定した収益を上げることができる。

金融分野においては、株価の分布が対数正規分布であることから、オプションの価格式はBlack-Sholesによって計算されるが、電力価格の場合には、季節性、周期性、天候要因、平均要因などが複雑に絡み合っているため、特有のモデル化が必要である。

4.2 電力分野特有のリスクマネジメント

金融分野ではマーケットリスクが主体であったため、デリバティブの大半はマーケットリスクをヘッジするための手法であった。電力分野においてはマーケットリスクの管理として電力デリバティブは重要であるが、それ以外にも、需給バランスリスク、システムリスクなどの電力特有のリスク要因が存在すると考えられる。また、基本的に長期契約が多くなるため、デリバティブ手法の改善も必要になる。特に万一事故が発生した場合の損害が大きい発電設備では、システムリスクマネジメントは特に重要な課題であると言える。

図5に電力分野におけるリスク要因を示す。

5. む す び

インターネットを中心とした情報技術の進展により、あ

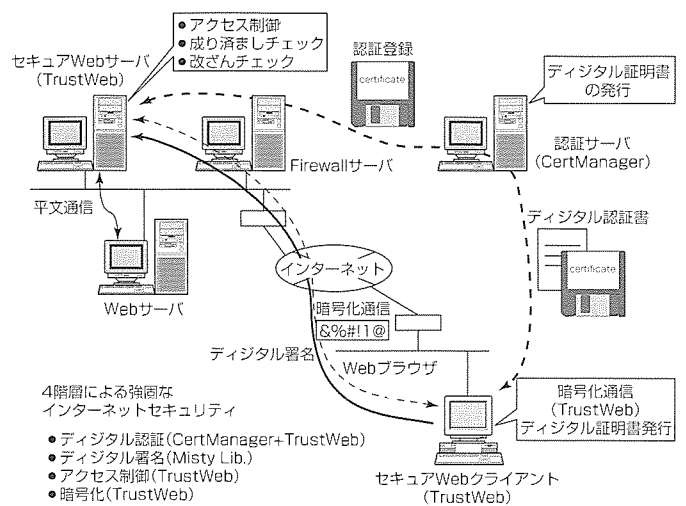


図4. インターネットセキュリティ構成例

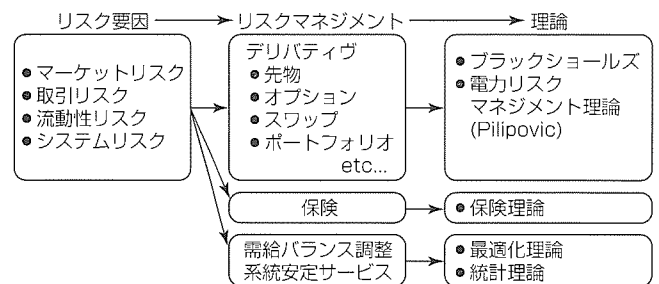


図5. 電力分野におけるリスク要因

らゆる商品における流通の高度化が期待されている。一方、経済のグローバル化・スピード化があらゆる事業のリスクを増大させており、適切なリスクヘッジのための金融のハイテク化への要求を加速している。

電力トレーディングにおいては、電気エネルギーという商品の性質上、需要と供給が常にバランスしなければならないという原則があり、通常の株取引のような流通システムを伴わない財や石油やガスのような貯蔵可能な財には例を見ない高度な流通管理が必要となる。また、事業における投資規模が莫大で長期にわたることから、事業リスク分散のためにデリバティブを含む金融技術の適用が期待される。

新しい電力市場においては、電力トレーディングを中心に、マーケットプレース、エネルギーサービス、メータリング・ピリング、環境マネジメントなどの情報技術と金融技術を利用した様々なビジネスが出現することが予想される。

参考文献

- (1) F.C. Shweppe. : Spot Pricing of Electricity, Klower Academic Publishers (1987)
- (2) 西村 陽 : 電力改革の構図と戦略, 電力新報社 (2000)

電力小売託送ルールと PPS向け発電計画

高橋正一*
塚田路治*
マルミローリ マルタ*

要旨

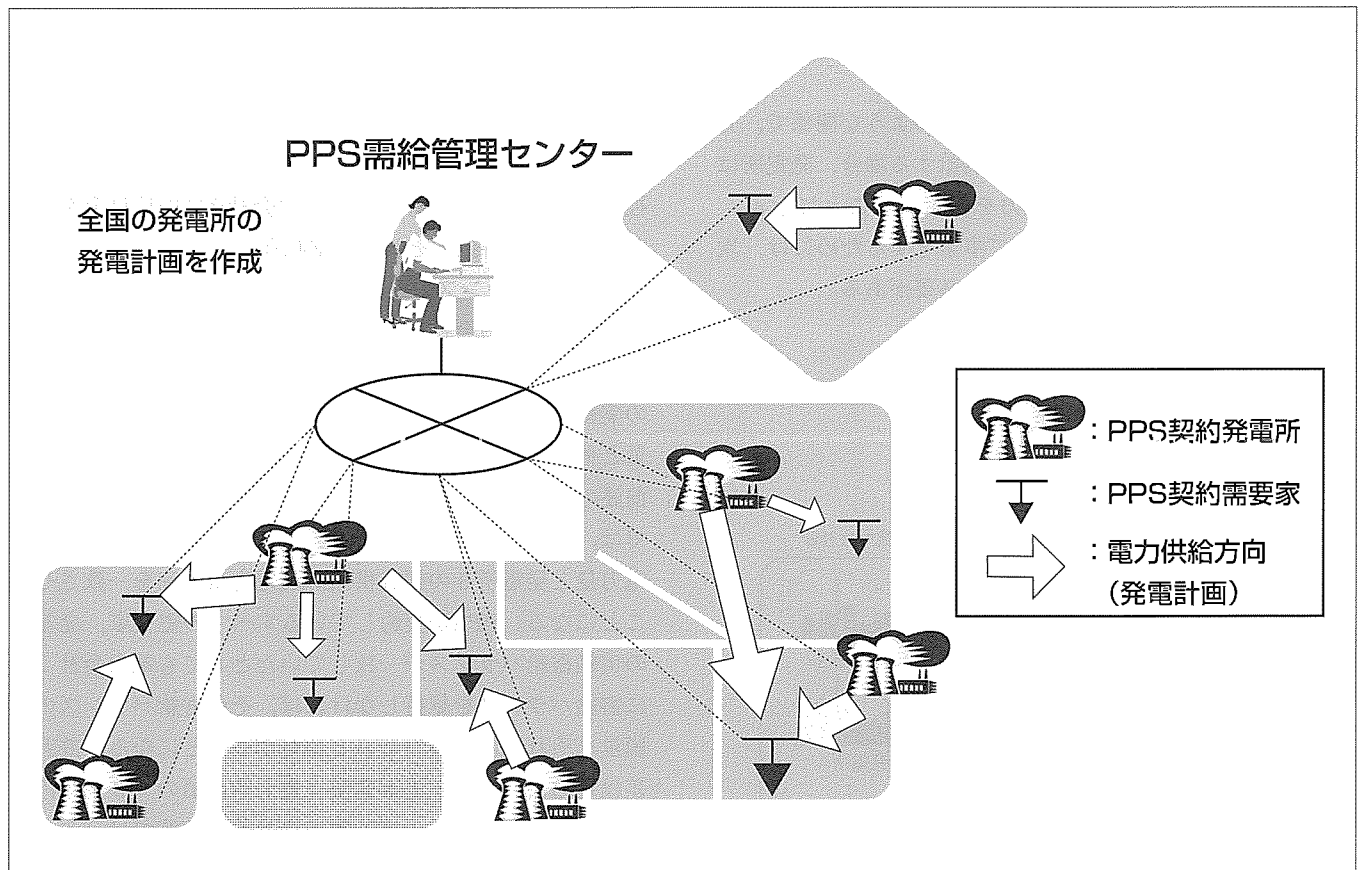
世界的なエネルギー事業への規制緩和と競争原理の導入に伴い、我が国でも2000年3月21日に電気事業法が改正され、特別高圧(契約電力2,000kW以上、受電電圧2万V以上)の需要家に対して電力小売の自由化が開始された。

電気事業法に規定される電力小売事業を行う事業者を特定規模電気事業者(以下“PPS”(Power Producer and Supplier)という。)と呼ぶが、PPSが事業をするためには、電力会社への発電計画の提出と当日の需給バランスの維持が必要となる。

PPSが電力を調達する発電所は地方に点在していることが多く、供給が認められている特別高圧需要家は都市部に

集中している。したがって、PPSが確保した供給力を十分に生かして全国規模で事業を実施するためには、複数の電力会社管内に存在する発電所から複数の電力会社管内に存在する需要家に電力が供給できるようなシステムを構築する必要がある。

本稿では、特定規模電気事業を実施するに当たり守らなければならない託送ルールを紹介し、このルールに対応したシステムの中で、複数の電力会社管内(以下“電力会社ゾーン”という。)に存在する発電所と需要家に対応した発電計画作成機能を紹介する。



託送ルールを考慮した発電計画

通常、電力会社は自社1ゾーンの需給バランスを維持するように発電計画を作成するが、PPSは、契約した発電所と需要家が存在するゾーン数分の需給バランス、及びゾーン間の損失率や制約条件を考慮した発電計画を作成する。この際、PPSが発電事業者と電力会社へ支払う金額の総計が最小になる発電計画を作成するために、発電所からの買電料金、電力会社ゾーン間に定められている託送料金を考慮する。

1. ま え が き

2000年3月21日から、PPSは、各電力会社が定める“接続供給約款”(以下“接続約款”という。)及び“振替供給約款”(以下“振替約款”という。)に基づいて発電事業者から電力を購入し、特高需要家(契約電力2,000kW以上、受電電圧2万V以上)へ電力を販売する電力小売事業ができるようになった。PPSによる電力小売事業が認められてから1年以上経過した2001年4月1日時点で、PPSとして経済産業省に届出を行っている会社が8社⁽¹⁾となっており、そのうちの半数以上が事業を開始している。

本稿では、PPSが事業を実施するに当たり前提となる託送ルール及びそれに伴いPPSに必要な託送計画方法を示す。

2. 託送ルール及び事業の実態と課題

託送ルールとは、一般に接続約款及び振替約款に定められている規則のことである。接続約款とはPPSが契約した発電所(以下“発電所”という。)が存在する同一電力会社内のPPSが契約した需要家(以下“需要家”という。)に電力を供給するときに適用される約款であり、振替約款とは発電所と異なる電力会社ゾーンに存在する需要家に電力を供給するときに適用される約款である。この章では、これらの約款に記載されている主な内容について説明する。

2.1 電力会社ゾーンと約款の関係

電力会社、発電所及び需要家が図1のような関係で、発電所が矢印に示した方向に電力を供給する場合、発電所はそれぞれ次の約款に従って電力を供給することになる。PPSがこれらの発電所と契約して事業をするためには、次のすべての約款を踏まえて運用する必要がある。

- 発電所1：電力会社Aの振替約款(ア)
- 発電所2：電力会社Aの接続約款(イ)
- 発電所3：電力会社Bの振替約款(ウ)
- 発電所4：電力会社Bの接続約款(エ)

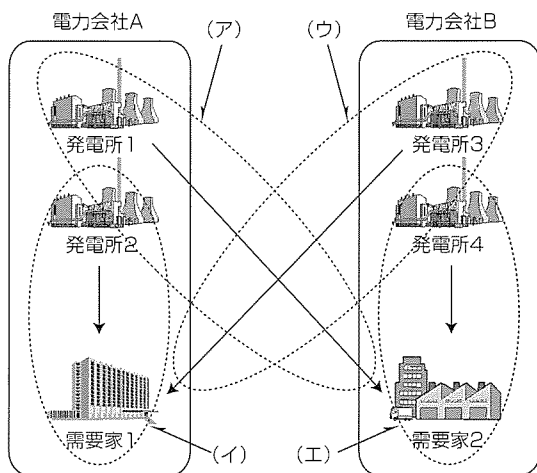


図1. ゾーン概念

2.2 損失率と託送料金

需給バランスを計算するときに損失率を考慮する必要がある。一つは接続約款に定義されている損失率(以下“接続損失率”という。)で、もう一つは振替約款に定義されている損失率(以下“振替損失率”という。)である。接続損失率は、PPSが契約している需要家と同一電力会社内にある発電所の供給に対して掛かる損失率であり、電力会社ごとに定められている。振替損失率は、電力会社間に定められている損失率であり、各電力会社間及び電力を供給する向きによって異なる値が定められている。また、各特殊設備(周波数変換所など)を通過する場合にも損失率が定められている。さらに、需要家と発電所の電力量計設置状況によって構内損失率が定められることがある。

託送料金には、接続約款に定められている接続料金と、振替約款に定められている振替料金がある。接続料金は基本料金と従量料金の2部料金制であり、振替料金は従量料金のみである。接続料金は需要家の契約電力及び消費電力量に応じて課金され、振替料金は発電所が他の電力会社に電力を供給するときにその電力量に応じて供給元電力会社の振替料金が課金される。ある電力会社ゾーンで発電した電力を中継して他の電力会社へ送電する中継電力会社に対しても振替料金を支払う。

図において、発電所2が需要家1に電力を供給する場合は、電力会社Aの接続損失率を考慮して電力会社Aに接続料金を支払うが、発電所3が需要家1に電力を供給する場合は、電力会社Bから電力会社Aへの振替損失率と電力会社Aの接続損失率を考慮して電力会社Bに振替料金を電力会社Aに接続料金をそれぞれ支払う。

2.3 需給バランスの維持

PPSは、電力会社ごとに30分ごとの需給バランスを維持する義務がある。ある電力会社ゾーン内に存在する需要家の実績消費電力量の合計値に、発電事業者の実績供給電力量と他の電力会社からの振替供給計画電力量の合計値を、前述の損失率を考慮した上で、一致させる必要がある。図では、需要家1の実績消費電力量に、発電所2の実績供給電力量と発電所3の振替供給計画電力量の和を一致させることになる。PPSが契約しているすべての需要家、発電所の実績需給バランスが一致していたとしても電力会社ごとに需給バランスを維持しなければ、その需給バランスの逸脱量をそれぞれの電力会社と精算することになる。許容誤差は電力会社ごとの需要家契約電力合計値の±3%以内とされている。したがって、電力会社との精算では、±3%以内の供給不足と供給過剰、及び±3%超過の供給不足と供給過剰のケースがある。また、これに加えて供給不足3%超過が2時間を超えて継続する事故時補給のケースがある。運用した結果、これらの5ケースは表1に示す価格で電力会社と取引される。

表 1. 需給バランス誤差と電力量単価⁽²⁾⁽³⁾

需給バランス	電力量単価
(1)供給不足3%以内	9.6円/kW・hで補てん(填)
(2)供給不足3%超	(1)の1.5倍の単価で補填
(3)供給過剰3%以内	6.2円/kW・hで引取
(4)供給過剰3%超	無償で電力会社が引取
(5)供給不足3%超2時間連続超	13.48円/kW・hで補填

(注) 東京電力株式会社供給約款に規定の単価

3. 託送ルールを踏まえた発電計画作成方法

PPSの発電計画は発電機ごとではなく発電所ごとに作成する。2章から、全国で事業をするPPSが発電計画をするときに考慮すべき条件として以下が挙げられる。

- (1) 制約条件を踏まえた上で、契約している発電所の供給力を最大限に用いて、発電所と電力会社に支払う価格が最小になるように発電計画を作成する。
- (2) 各発電所が供給する電力会社ゾーン、供給するために経由する電力会社ゾーン、及び供給量を明確にしておく。
- (3) 2.3節に示した需給バランスのミスマッチによって生じる損失を避けるため、制御可能な発電所(以下“調整可能発電所”という。)で需給バランスを維持するための上げ下げできる幅(調整容量)を確保しておく。

この章では、上記を踏まえた発電計画作成方法について示す。

3.1 計算方法

目的関数は発電所への支払額と電力会社への支払額(託送料)の和とし、この目的関数を最小にするように発電計画を作成する。目的関数を式(1)に示す。第1項が発電所への支払額、第2項が電力会社へ支払う託送料、第3項は当日の需給バランスを維持するために確保する調整容量にかかる費用である。

$$\sum_t \left(\sum_a (\rho(C1_{i,t} \cdot P_{i,t,a}) + C2_{i,t} \cdot P_{i,t,a}) + 0.5 \cdot C1_{i,t} \cdot Reg_{i,t} \right) \rightarrow \min \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 ρ : 発電所への支払額関数、 $C1_n$: 発電所への支払額パラメータ、 $C2$: 託送料金(円/kW・h)、 P : 発電出力(kW)、 Reg : 調整容量(kW)、 i : 発電所、 t : 時間(30分ごと)、 a : 電力会社ゾーンである。

代表的な制約条件を式(2)~式(7)に示す。

- (1) 各時間、各ゾーンの需給バランス

各時間に各ゾーンで需給と調整容量のバランスをとる必要がある。

$$\sum_i (P_{i,t,a} \cdot (1 - loss_{i,a})) = D_{t,a} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\sum_{i \in a} Reg_{i,t} = Reg_{t,a} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$loss_{i,a}$ は発電所 i から電力会社ゾーン a に電力を供給す

るときの損失率であり、電力会社や特殊設備を経由するごとに加算される。

- (2) 発電所の最大出力、最小出力

発電所の出力は最大出力($P_{i,t-max}$)と最小出力($P_{i,t-min}$)の間になる。

$$\sum_a (P_{i,t,a} + 0.5 \cdot Reg_{i,t}) \leq P_{i,t-max} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$\sum_a (P_{i,t,a} - 0.5 \cdot Reg_{i,t}) \geq P_{i,t-min} \quad \dots\dots\dots(5)$$

- (3) 発電所の最大変化率

$$\sum_a P_{i,t,a} \leq \sum_a P_{i,t-1,a} + Rampup_i \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$\sum_a P_{i,t,a} \geq \sum_a P_{i,t-1,a} - Rampdn_i \quad \dots\dots\dots(7)$$

$Rampup_i$ は発電所 i の上げ方向の最大出力変化率、 $Rampdn_i$ は発電所 i の下げ方向の最大出力変化率であり、発電所の出力変化が各発電所で定められた変化率以下になるようにする。

その他、連系線、発電所の制約、発電所の各電力会社に対する供給契約電力などを制約条件として考慮する必要がある。

3.2 経路探索

日本の電力系統では、ある電力会社ゾーンに存在する発電所から他の電力会社ゾーンに存在する需要家に電力を供給する場合、複数の経路が選択の対象になり得る。経路選択は、特殊設備や電力会社をノード、連系線をブランチに定義して計算し、様々な制約を考慮した上で、託送料が最も安くなるような経路を選択する。最適な経路選択にはDijkstra法を用いる。

3.3 計算フロー

図2に計算フローを示す。

まず、すべての発電所が運転しているものとする(図の①)。次に、余分な出力があるかどうかチェックし(②)、経済負荷配分(ELD計算)を実施する(③)。そして、各発電所に対して他の発電所の計画を固定して、動的計画法によって最短運転時間、最短停止時間、最大変化率などの制約条件を考慮した上での運転停止の組合せの可能性を洗い出す(④)。さらに、式(8)のラグランジュ問題を解き各発電所の運転停止計画を求める(⑤)。

$$\min_{U_i} \sum_t ((\rho_i(P_i) \cdot P_i + f_i P_i) \cdot U_i(t) - \lambda_i \cdot P_i \cdot U_i(t)) \quad \dots\dots(8)$$

ここで、 $U_i(t)$: 発電所運転停止(運転: 1, 停止: 0)

発電所No.1だけ運転停止計画を変えたもの、No.2だけ運転停止計画を変えたものに対して経済負荷配分を実施し、③で得られた経済負荷配分に対して最もコストが削減できる発電所の運転停止計画だけを固定する(⑥)。これらの②~⑥をすべての発電所の運転停止計画が決まるまで繰り返

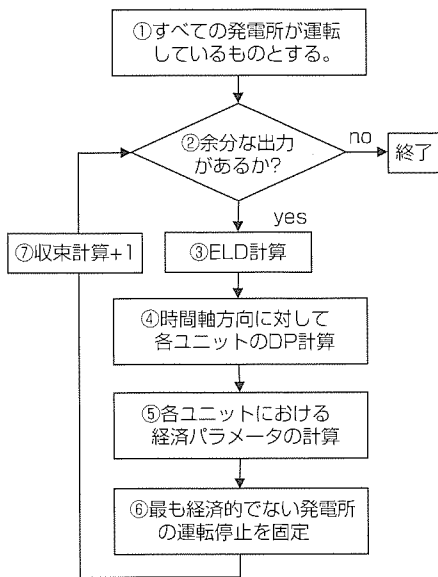


図2. 計算フロー

す(⑦)。

3.4 調整容量と確保の指標

電力会社が発電計画を作成する場合、周波数制御容量と、事故時の待機電源を確保する予備力⁽⁴⁾を考慮する必要がある。しかし、一般にPPSは、確保した電源はすべて運用し事故時には電力会社から補給するという考え方から、予備力を考慮する必要はない。したがって、PPSは、需要予測と需要実績の差を調整可能発電所の出力を変更することで補うため、発電計画を作成するときに調整可能発電所による下げ幅、及び上げ幅をすなわち調整容量を確保しておけばよい。

調整容量は時間ごとにMW容量で指定する方法もあるが、式(9)に示す予測需要に対する割合(%)で指定する方法を用いた。

$$Reg_{t,a} = \frac{reg_rate_{t,a}}{100} \cdot D_{t,a} \dots\dots\dots(9)$$

ここで、 $reg_rate_{t,a}$ は時刻 t 、ゾーン a の調整容量(%)

調整容量(%)は大きな値を設定すると調整可能発電所の上げ容量、下げ容量をその分だけ確保することができるが、買電価格の合計が高くなる。したがって、発電計画を作成するときに適切な調整容量(%)を考えることが必要になる。

適切な調整容量(%)は運用による需要予測と需要実績の誤差を統計的に把握することで時間ごと、ゾーンごとに行うことができる。

図3にゾーンごとの総需要予測に対する総需要実績誤差

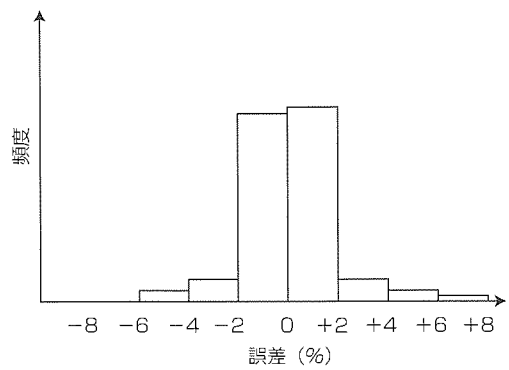


図3. 需要予測に対する需要実績誤差の分布イメージ

の分布イメージを示す。この誤差は式(10)で求める。

$$err(\%) = \frac{lr_{t,a} - lf_{t,a}}{lf_{t,a}} \cdot 100 \dots\dots\dots(10)$$

ここで、 lf : 需要予測, lr : 需要実績

この誤差分布は、発電計画を作成する日時などの様々な条件を設定し、その条件に適合した過去のデータから得ることができる。例えば、この分布の90%又は95%が含まれる調整容量(%)を得ることができれば、それを指標に適切な調整容量(%)を決めることができる。

4. む す び

以上、日本の電力小売における託送ルールとそのルールに基づいたPPS向け発電計画作成方法を紹介した。特に、一つの発電所が複数の電力会社ゾーンへ電力を供給するための発電計画、及び適切な調整容量を設定するための指標について述べた。

2001年4月現在、日本の総需要のうちPPSが供給している需要家の総需要は0.2%程度である⁽⁵⁾と言われている。2003年には3年間の実運用を踏まえたルール見直しの予定もあり、既存PPSの事業拡大や新規PPSの起業が期待できる状況となっている。

参考文献

- (1) 経済産業省：届出事業者リスト http://www.meti.go.jp/policy/electricpower_partiialliberalization/search.htm
- (2) 東京電力(株)：接続供給約款 (2000-10)
- (3) 東京電力(株)：託送余剰電力購入要綱 (2000-10)
- (4) M.Marmiroli et al.: Scheduling Method for Energy and Ancillary Services, ICEE'99 B 2 -06 (1999)
- (5) 日経ビジネス (2001年4月9日号)

電力市場向けリスク管理・ポートフォリオ運用システム

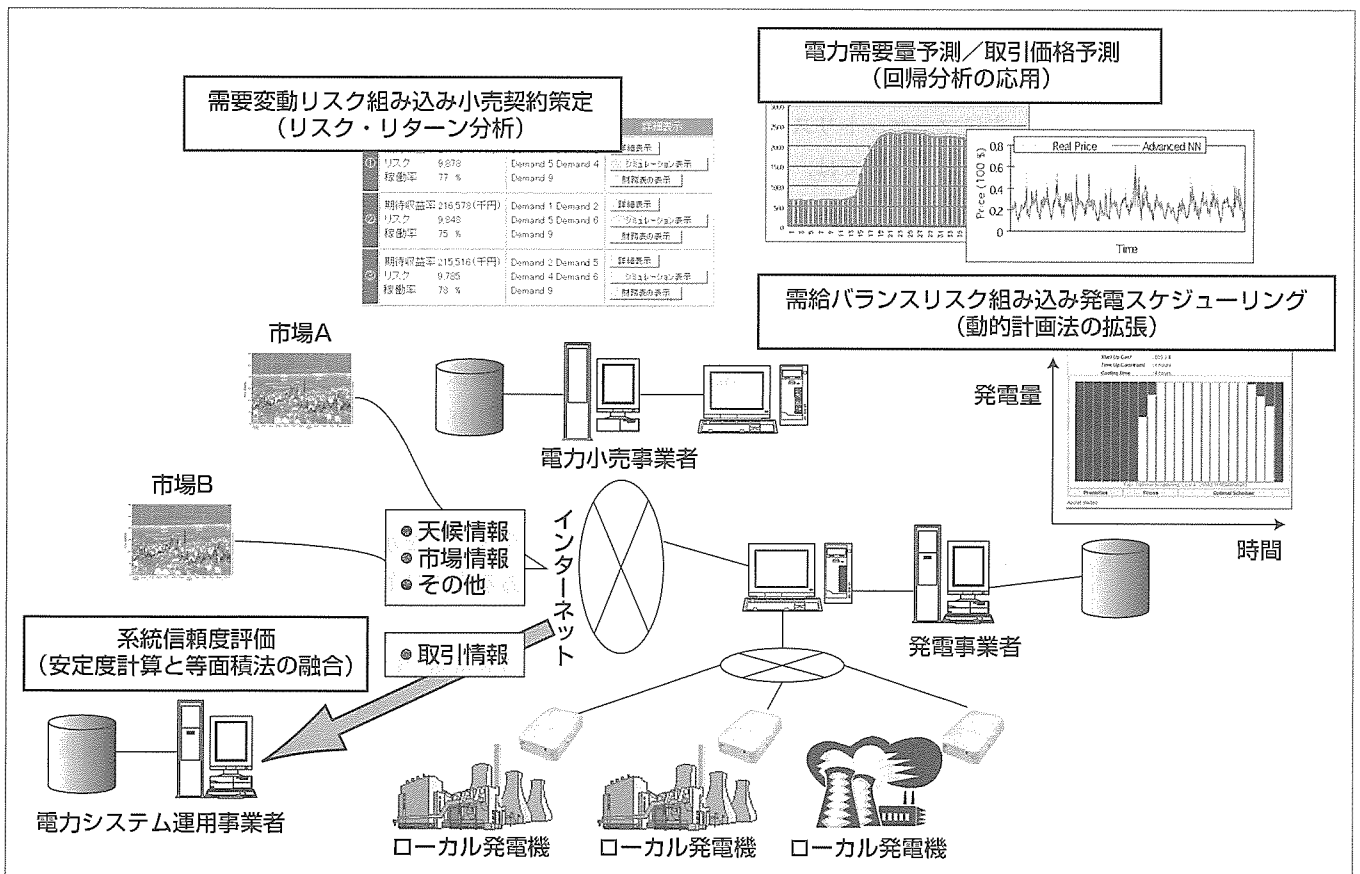
市田良夫* 塚本幸辰***
秋吉政徳**
橋本博幸*

要旨

近年、電気事業の規制緩和によって卸売電力や特定小売電力の自由化がなされている。電力という貯蔵ができずしかも発電機や系統制約などの物理的制約が前提の商品を経済主体の異なる事業者同士が取引する際に、“リスク管理”及び“ポートフォリオ運用”の観点からのシステム機能が求められている。従来、金融分野においては、主にマーケットリスクのヘッジ手法が議論されてきた。一方、電力分野では、マーケットリスク以外に、流動性リスク、システムリスク、需給バランスリスク等のリスク要因が重要となる。リスクのヘッジ手法としては大きく①リスク保有と②リスク移転の考え方があるが、デリバティブや証券化等の金融技術はリスク移転の方法である。しかし、電力は

社会インフラという側面が強く、単に財務上のリスク移転では本質的な解決とは言えない。

本稿では、リスク保有という観点からの技術及びシステム機能、関連技術について述べる。期待収益最大の観点から、“発電事業者におけるリスク保有手法”として需給バランスに起因するリスクを組み込んだ最適発電スケジューリング、“電力小売事業者におけるリスク保有手法”として天候や気温に左右される需要変動に起因するリスクを考慮した小売契約の組合せ、といった手法と具体例を示す。また、関連技術として、需要量予測、市場取引価格予測、系統信頼度評価についても最新の手法を紹介する。



電力市場向けリスク管理・ポートフォリオ運用システムのイメージ図

このイメージ図は、電力市場向けリスク管理・ポートフォリオ運用システムを構成するサブシステムのつながりを示す。インターネット上の電力市場に接続した事業者は、発電スケジューリングや電力小売契約策定を各々の事業者サーバにおいて実行する。それらの市場取引情報に基づいて電力システム運用事業者は系統信頼度評価を実行し、その結果から市場取引が制限されたりする。マーケットリスク、需給バランスリスクなどのリスク管理が、それぞれの事業者の経済活動に則して実行される。

1. ま え が き

電気事業の規制緩和が各国で進行中であり、我が国においても、1995年の改正電気事業法施行を始めとして、卸売電力や特定小売電力の自由化がなされてきている。電力事業は発電・送電・配電に分けることができるが、規制緩和によって従来の電力会社による垂直統合型のサプライチェーンが分解され、水平統合型への再構築が進展中である。これに加えて、発電事業者、電力システム運用事業者、需要家の3者を中心として構成される電力市場に、電力取引・仲介事業という株式市場や証券市場に相当する機能を持つ事業主体が生まれつつあり、経済主体の異なる事業者同士を結び付ける市場取引ルールの整備も進展中である。

本稿では、これらの動向を踏まえて、図1に示す再構築後の事業者の経済活動の観点から、“リスク管理”及び“ポートフォリオ運用”といった今後の電力市場向けシステムの技術と具体例を述べる。

2. リスク管理・ポートフォリオ運用の技術

2.1 電力市場におけるリスク

規制緩和による様々な電力市場が形成される中で、従来の電力事業者だけが運用・管理してきた環境下では考慮する必要のなかったリスクについて、検討が必要となってきた。

従来、金融分野においては、主にマーケットリスクのヘッジ手法が議論されてきた。一方、電力分野では、マーケットリスク以外に、流動性リスク、システムリスク、需給バランスリスク等のリスク要因が重要となる。特に事故が発生した場合の損害が大きい発電設備では、システムリスク管理は不可欠である。さらに、金融分野でのマーケットリスクでは、変動成分がWinner過程で記述されるが、電力価格は平均回帰性や季節性が強く従来の金融技術を用いることは困難であり、新しい技術開発の必要性がある。表

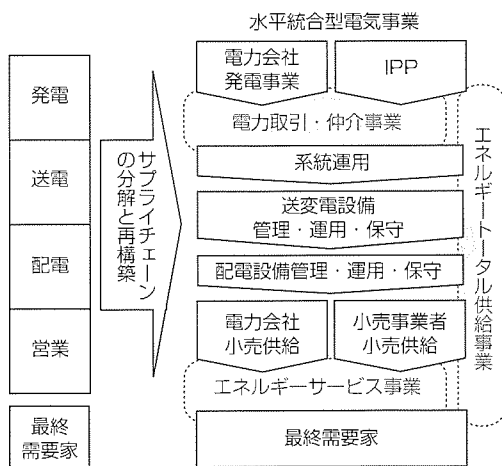


図1. 規制緩和下での電力事業

1に規制緩和状況下で想定されるリスクを示す。

マーケットリスクは電力価格の変動である。入札リスクは入札に失敗するリスクであり、電力が貯蔵できないことを考えると十分な対策が必要である。また、信用リスクは取引相手先の信用管理を意味し、流動性リスクとは市場参加者の不足に起因して市場原理が働かないことである。システムリスクとは取引システムの故障や系統事故である。需給バランスリスクは電力システム運用に起因する特有のものであり、次節以降に詳しく述べる。

表に示すリスクのヘッジ手法として大きく①リスク保有と②リスク移転の考え方があり。デリバティブや証券化等の金融技術はリスク移転の方法である。しかし、電力は社会インフラという側面が強く、単に財務上のリスク移転では本質的な解決とはいえない。そこで、リスク保有という観点から、最適なリスク管理手法を探る。

2.2 発電事業者におけるリスク保有手法の例

発電事業者が複数の電力市場に入札する際の発電スケジューリングを例に、リスク保有の取組を述べる。

対象市場として、現物取引を扱い、市場参加者は翌日の電力の取引を行う場合を考える。取引は、翌日の1時間ごとで、24時間分の“売電価格と発電量”とする。発電ユニットは、起動費用や最小停止時間を始めとする物理的制約を持っており、これら物理的制約と市場予想取引価格を基にして、利益最大が期待できる発電スケジューリングを算出する。ここでは、①出力上下限量、②出力変化率、③最小起動時間、④最小停止時間、といった制約条件を用いる。“最小起動時間”とは、発電ユニットをひとたび起動したら少なくとも起動しつづけなければならない時間であり、同様に“最小停止時間”とは、停止後少なくとも起動をかけてはならない時間である。この場合に、発電スケジューリングは、動的計画法を用いて式(1)に示すように目的関数を最大化することから算出可能である。

$$\max \sum_{m=1}^{M_t} \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T (P_{mt} Q_{mti} - C_{ti} - TC_{mti} Q_{mti}) \dots \dots (1)$$

表2にパラメータを示す。

図2は、ある市場に対して発電スケジューリングを実施した結果であり、折れ線が市場予想取引価格、棒グラフが各時間帯での発電量(すなわち売電量)である。上記のような発電スケジューリングにおいて、“30分同時同量制約(需給バランスに関して30分間の総計が3%以内の範囲内)”

表1. 規制緩和下で想定されるリスク

リスクの保有者	IPP(独立発電事業者)、送電事業者、配電事業者、PPS(電力小売事業者)、大口需要家、電力会社
リスクの種類	マーケットリスク、入札リスク、信用リスク、流動性リスク、システムリスク、需給バランスリスク

表2. パラメータの説明

n_m	取引市場の数
n	発電ユニットの数
T	入札時間帯の数
P_{mt}	入札時間帯 t での市場 m への入札価格
Q_{mti}	入札時間帯 t での発電ユニット i の市場 m への発電量
C_{ti}	入札時間帯 t での発電ユニット i の運転費用
TC_{mti}	入札時間帯 t での発電ユニット i の市場 m への送電費用

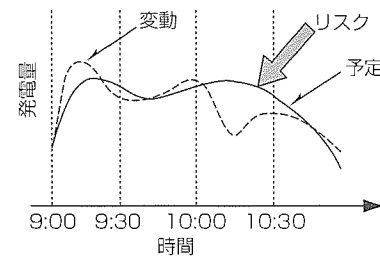


図3. 需給バランスリスク

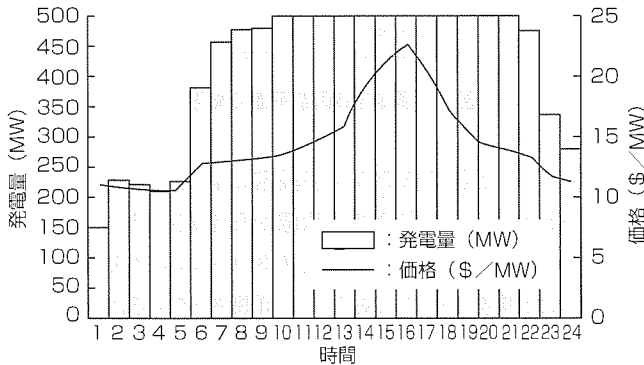


図2. 発電スケジューリング例

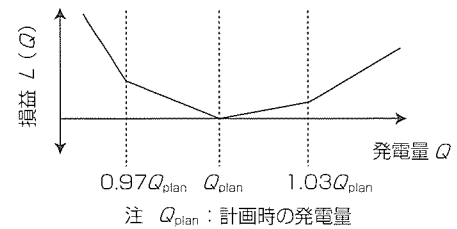


図4. 需給バランスリスクに伴う損益

というルールがある。

例えば、図3に示すように10:00時から10:30時の間で予定していた契約発電量よりも少ない電力しか発電できなかった場合には、電力会社の負荷変動対応電力サービスを受けることになる。このことは、発電事業者の利益に影響を及ぼすため、発電事業者はこのような需給バランスのリスクを保有しているとみなせる。

このような負荷変動対応電力を含めた損益 L が図4のように与えられるとすると、この損益 $L(Q)$ に関する期待値を発電変動リスク R として式(2)のように定義することができる。

$$R = \int_0^{\infty} P(Q) L(Q) dQ \dots\dots\dots(2)$$

ここで、 $P(Q)$ は電力量 Q の確率密度関数である。この結果、需給バランスのリスクを加味した利益関数は式(1)の右辺から R を引いた形で定義でき、発電量 Q の各時間の確率密度関数を与えると、リスクを考慮した最適発電量を算出することができる。

2.3 電力小売事業者におけるリスク保有手法の例

電力小売事業者が複数の需要家との契約を行う場合に例に、リスク保有の取組を述べる。

電力小売事業者は、契約した発電ユニットの最大発電量を超えない範囲で需要家と契約し最大の利益を得ることを目的とする。図5は、電力購入を申し込む需要家の、ある1日の電力使用パターンを示している。ここで、電力仕様パターンはあくまで予測値であり、当日の天候や気温に大きく左右される。この需要変動は小売事業者の利益にとっ

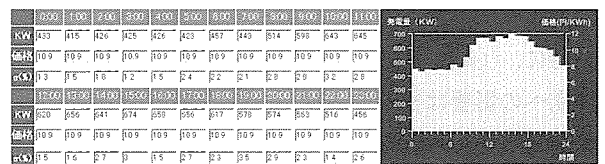


図5. 小売契約における1日の電力需要パターン

てはリスクとなる。さらに、需要家は曜日ごとの需要パターンも保持している。

すべての組合せの中から、目的関数に最も適した組合せを算定する。例として、図6では送電コストと最適フロー計算も加味した期待収益が最大となる組合せを表示しているが、事業者によってはリスクが最小となることを目的とする場合もある。

最終的に何を目的とするかは経営者の意思決定にかかわることであるが、このシステムでは、リスクを考慮した意思決定を可能とするために、①シミュレータ機能、②契約の詳細表示、③P/L(Profit and Loss Statement)、B/S(Balance Sheet)の変化追跡、④許容リスクに基づく最適契約などをサポートする機能を備えている。実際にどの程度のリスクを許容できるかは、事業者のB/Sに大きく依存するとともに、他の事業との事業ポートフォリオにも依存する点であり、今後はこのような点も考慮した経営の意思決定機能をより強化していく予定である。

3. 関連技術

電力市場においては、需要量や市場取引価格の変動といった不確定要因が各事業者の市場活動に影響を及ぼす。また、送電設備を持つ電力会社では、電力システム運用の立場からこのような市場取引による系統信頼度を評価し、そ

	収益	ポートフォリオ	詳細表示
①	期待収益率 217,434(千円)	Demand 1 Demand 2	詳細表示
	リスク 9,878	Demand 5 Demand 4	シミュレーション表示
	稼働率 77 %	Demand 9	財務表の表示
②	期待収益率 216,578(千円)	Demand 1 Demand 2	詳細表示
	リスク 9,848	Demand 5 Demand 6	シミュレーション表示
	稼働率 75 %	Demand 9	財務表の表示
③	期待収益率 215,516(千円)	Demand 2 Demand 5	詳細表示
	リスク 9,785	Demand 4 Demand 6	シミュレーション表示
	稼働率 78 %	Demand 9	財務表の表示

図6. 最適組合せ結果の表示例

れら市場活動へフィードバックすることも必要となっている。この章では、これらの要素技術の幾つかを述べる。

初めに電力需要量予測手法について述べる。従来、過去の履歴データを基にした回帰分析、ニューラルネット、GA (Genetic Algorithm) など多くの予測手法が存在するが、実際の予測手法の開発においては、どの手法を選ぶかという問題よりも、データの前処理が予測精度に大きく関係する。特に、①曜日区分、②気温、③天候、④周期性、の各需要家への影響は様々であり、一様な数理手法の適用では十分な精度が得られない。そこで、過去の実績データを需要家ごとに解析し、影響の仕方を感度解析や非線形解析で調べることが重要である。また、影響の仕方そのものが時間変化するため、予測誤差を自動的に学習する仕組みを導入することで予測精度を大きく向上することができた。

一方、価格予測においても、基本的には需要量との相関が存在し、ある取引市場では需要量がいき(閾)値を超過すると急激に価格が高騰するSpike現象が見られる。このような現象は需要量が通常の供給容量を超えて最大システム容量に近づいたときに発生し、主に人為的要因による。この現象に対応するためデータ解析を行った結果、誤差データが平均回帰性を持つということが判明した。そこで、平均回帰性を用いて予測誤差を逐次学習しながら追跡する手法を開発し、精度の改善を図ることができた。この手法はブローカーによる価格つ(吊)り上げなど的人為的要因にもある程度対応可能で、実データを用いた検証では、高精度な予測結果が得られた。

また、市場利益を追及する電力市場において系統が重負荷となる場合には、系統信頼度は送電線の混雑などの本質的な取引制約にもなりかねず、市場活動への影響が考えられる。系統信頼度の一つとして、一般的に過渡安定度の評価が行われる。このためには、想定される事故に対する膨大な計算を実行しなければならないが、市場取引によって需給状況が頻繁に変化する中でこのような評価を即応的に実行するのは困難な側面がある。このようなニーズに対して、図7に示すように、臨界故障除去時間(Critical Clearing Time : CCT)を安定度指標として導入した上で、系統

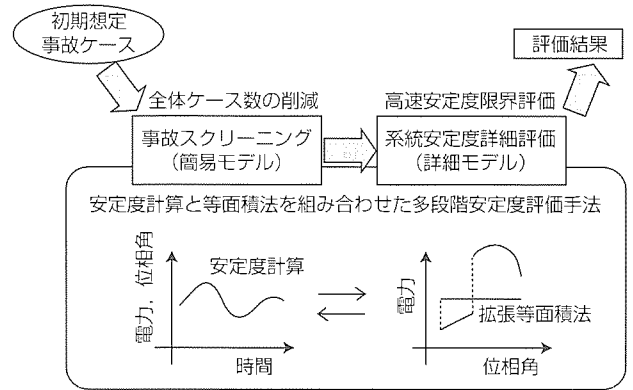


図7. 系統信頼度評価の概要

の簡易モデルと詳細モデルを多段階に適用した評価を行う。

簡易モデルでは現在の潮流状態から系統に対して厳しい事故ケースだけを選択する事故スクリーニングを実行し、選択された事故ケースに対して、詳細モデルでは拡張等面積法(Extended Equal Area Criterion : EEAC)を基にした高速なCCT演算を実行する。この結果、前述のような系統の潮流状態が大きく変化する場合にもオンライン系統安定度評価が効率よく実行でき、規制緩和下の市場においても電力システムの高信頼度な運用が可能となり、また市場メカニズムへの評価結果の反映も期待される。

4. む す び

規制緩和による様々な電力市場が形成される中で、各事業者にとってのリスク要因がいろいろな形で顕在化しつつある。本稿では、そのような電力事業特有のリスク要因をモデル化し、取引市場に関与する事業者の経済活動を支援するシステム構築の技術面を述べた。今後は、これら技術の向上を図っていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 市田良夫, マルミローリ・マルタ, 塚本幸辰, 秋吉政徳: 市場取り引き価格を反映した発電戦略策定問題に関する考察, 電気学会電力技術研究会, PE99-73, 19~22 (1999)
- (2) 秋吉政徳, 市田良夫, マルミローリ・マルタ, 塚本幸辰: 電力市場における経済融通計算の検討, 電気学会産業システム情報化研究会, IIS-01, 59~64 (2001)
- (3) Hashimoto, H., Taoka, H., Zhang, Y., Zhang, B.: An Integrated Approach to Dynamic Assessment and Control of Power Systems, Proc. of International Conference on Power System Technology, 3, 1269~1274 (2000)
- (4) 総力特集エネルギービッグバンと金融ビッグバン, エネルギーフォーラム, No.555, 42~68 (2001)

系統運用補助サービスの在り方とシステム

坂本忠昭*
広瀬広一**

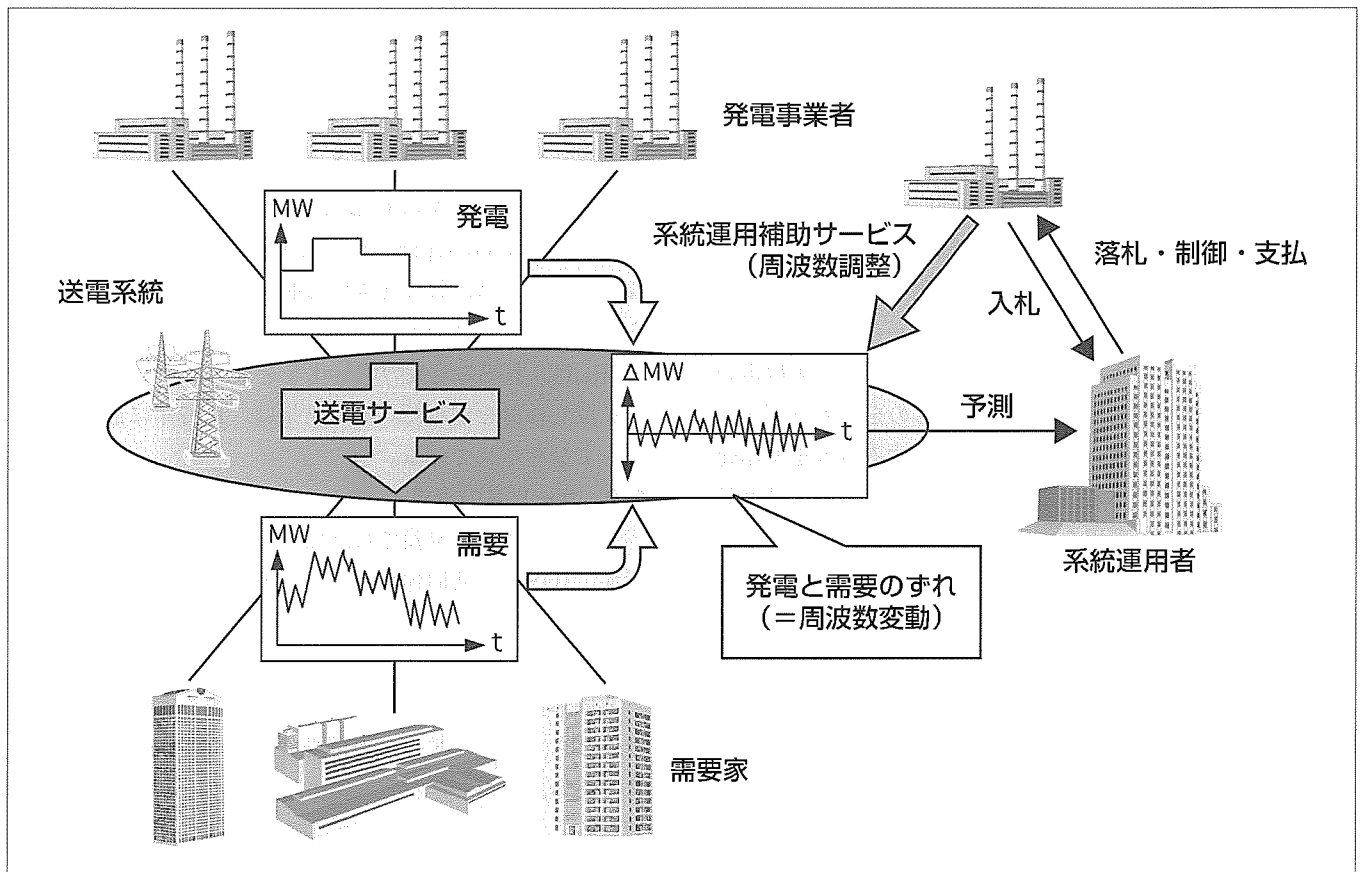
要旨

電力自由化において競争原理が正しく働く健全な市場を形成するためには、系統信頼度を確保しながら送電線を市場参加者に対して公平に開放する必要がある。系統運用補助サービスは、送電における信頼度を確保するために実施される周波数調整、予備力確保、無効電力補償、系統安定化などといったサービスを送電サービスと分離して、それぞれに対する料金を明確化しようとするものである。これにより、系統信頼度の確保のために必要な費用を市場参加者から公平に徴収することができ、その結果として、系統信頼度を確保しながら送電線の公平な開放が可能となる。

既に欧米では系統運用補助サービスが導入されており、特に米国では、12種類のサービスが定義されているとともに、そのうちの幾つかは市場での取引が行われている。

我が国でも、PPS(Power Producer and Supplier)や自家発電に対して一部の系統運用補助サービス料金の徴収が開始されたところであり、今後電力自由化が進むにつれてサービスの種類や対象範囲が拡大していくものと予想される。

ただし、系統運用補助サービスの市場取引については、米国での事例からサービス量の不足や料金の高騰等の課題が残されていることも事実であり、今後、日本で市場を立ち上げる際には、電力を取り巻く諸事情の違いを明確にした上で、海外のモデルを参考にしながら日本の事情にマッチした市場モデルと運用ルールを構築していくことが重要である。



系統運用補助サービスのイメージ

周波数調整(レギュレーション)と呼ばれる系統運用補助サービスのイメージを示したものである。送電サービスの際に発生する発電計画と需要実績とのずれ(周波数変動)の調整を送電サービスとは別のサービスとしてとらえ、別の発電機から調達する。系統運用者は発電計画や需要計画からこの周波数変動を予測し、発電事業者からの入札により、必要な量の系統運用補助サービスを調達する必要がある。

1. ま え が き

電力自由化の主な目的は、電力市場へ競争原理を導入し、電気料金の低減を実現することにある。ただし、競争原理が正しく働く健全な市場を形成するためには、市場参加者に対する公平性が確保されなければならない。そのためには、送電線を市場参加者に対して公平に開放し、公正かつ透明なルールに基づいて運用する必要がある。

一方、送電線の開放を行う場合に問題となるのは、送電線が開放され競争的な市場が導入された状況において、系統の信頼度の確保が十分になされるかということである。従来、系統信頼度の確保は、電力会社が発電機や送変電設備等を用いて行ってきた。しかし、電力会社も競争にさらされる状況で、従来どおり系統信頼度の確保を一括して行っていたのでは、コスト的に不利になってしまうおそれがある。したがって、そうならないように、系統信頼度の確保のために必要なコストを市場参加者から公平に徴収する目的で、系統運用補助サービス(Ancillary Services)が提唱された。

本稿では、系統運用補助サービスの目的や種類、取引方法等を、特に米国での事例を中心に紹介する。

2. 系統運用補助サービスとは

系統運用補助サービスとは、送電サービスを支援する補助的サービスである。送電サービスとは、売手から買手へエネルギー(電力)を送るといふ、電力売買の本質的なサービスである。それに対し、系統運用補助サービスは、送電における信頼度を確保するために実施される周波数調整、予備力確保、無効電力補償、系統安定化などといったサービスである。これらのサービスは、従来から既に電力会社によって実施されてきたものである。ただし、従来は電力会社がすべてを一括して実施してきたものを、サービスごとに明確に区別・定義し、それぞれに対する料金を明確化しようとするものである。これにより、このような補助的なサービスに掛かる費用を市場参加者に公正に分配することが可能となり、その結果として、電力系統の信頼性を確保しながら公平な電力市場を形成することが可能となる。

3. 米国における事例

3.1 経 緯

米国の連邦エネルギー規制委員会(Federal Energy Regulatory Commission:FERC)は、1996年に、送電線の開放を規定したオーダーNo.888⁽¹⁾、No.889を発効し、次いで規則提案NOPR RM96-11を発表した。これらの送電線規則では、送電線を所有するすべての電気事業者が私営電気事業者、公営電気事業者、IPP(Independent Power Producer)等の第三者に対して非差別的に送電サービスを提

供することが義務付けられているとともに、送電ネットワークの運用を行う独立系統運用者(Independent System Operator:ISO)の設立のガイドラインが示されており、また、送電線アクセスの料金表の提示が求められている。さらに、オーダーNo.888では、以下の六つの系統運用補助サービスを定義し、それぞれについて料金表の提示を求めている。料金は、送電サービス利用者から徴収される。

- (1) スケジューリング/システムコントロール/ディスパッチサービス(Scheduling, System Control and Dispatch Service)
- (2) 無効電力補償/電圧制御サービス(Reactive Supply and Voltage Control from Generation Sources Service)
- (3) 周波数制御サービス(Regulation and Frequency Response Service)
- (4) エネルギーインバランスサービス(Energy Imbalance Service)
- (5) 瞬動予備力サービス(Operating Reserve-Spinning Reserve Service)
- (6) 運転予備力サービス(Operating Reserve-Supplemental Reserve Service)

北米信頼度協議会(North American Electric Reliability Council:NERC)は、FERCで定義された六つの系統運用補助サービスでは電力市場における信頼度の維持・公平性の確保等のために不十分であるとして、全体で12項目のサービスに細分化した。これらのサービスは、FERCの系統運用補助サービスに対して、系統連系運用サービス(Interconnected Operating Services:IOS)と呼ばれる。なお、本稿では、特に区別する必要のない場合には、どちらのサービスも系統運用補助サービスと呼ぶことにする。NERCは、IOSの定義の明確化等を目的として、IOS WGを結成し検討を重ねた。その結果は、1997年に最終報告⁽²⁾として公開されている。

3.2 サービスの構成

NERCによって定義された12のサービスの構成を図1に示す。IOSは、共同体型サービスと個別型サービスの二つに分類される。

- (1) 共同体型サービス(Community Services)

共同体型サービスは、系統全体に対する支援を提供するサービスであり、すべての市場参加者の利益となるサービスである。ただし、特定利用者用に分割することは不可能である。したがって、すべての市場参加者に対してサービスの供給義務や購入義務が課されている。

- (2) 個別型サービス(Individual Services)

個別型サービスは、共同体型サービスの定義に適合しないサービスである。ある需要家に対する特定のサービスであるため、基本的には供給義務や購入義務はない。

3.3 サービスの種類

図1に示した12のサービスの概要を以下に述べる。

(1) レギュレーション(Regulation)

分単位の負荷変動に対してコントロールエリア(自社系統)の供給電源のバランスを連続的に保つために、AGC(Automatic Generation Control)によって発電機の十分な対応能力を提供するサービスである。

(2) 瞬動予備力(Operating Reserve-Spinning)

負荷がなく、現在及び予想されるデマンドの供給に必要な量以上で、負荷の供給にすぐに対応でき、10分以内に完全に利用可能な、系統と同期した発電機容量を提供するサービスである。

(3) 運転予備力(Operating Reserve-Supplemental)

10分以内に、①あらかじめ系統に同期している必要はないがデマンドは供給可能な発電機容量、又は②系統から取り除ける削減可能な負荷を提供するサービスである。

(4) 無効電力補償(Reactive Supply and Voltage Control from Generation Sources)

系統の変化に応じて送電系統電圧を継続的に調節する能力を含み、送電系統運用を支援するために電源からの無効電力を提供するサービスである。

(5) 系統安定化(Network Stability Services from Generation Sources)

様々な信頼度基準に対応可能な発電プラントで必要な特別な設備・装置・システムの調達・運用・維持を行うサービスである。系統への接続の際に大部分の発電機に典型的に必要な設備(ガバナーなど)は含まない。送電ネットワーク利用者の利益のためになる特定のユニットが必要とする特定の設備のみが含まれる。

(6) 全停復旧(System Blackstart Capability)

系統全停に追従し、外部からの電力供給なしに起動でき、運用権限者(ISO等)の管理の下で系統復旧計画に参加できる物理的な発電設備によるサービスである。

(7) システムコントロール(System Control)

需給バランスを維持し、送電系統のセキュリティを確保し、適切なレベルの非常時準備を提供するために必要なア

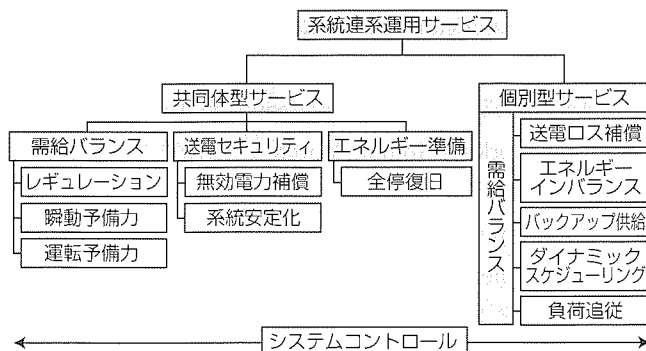


図1. 系統運用補助サービスの構成

クティビティの管理と調整を行うサービスである。

(8) 送電ロス補償(Real Power Transmission Losses)

送電サービスに関連して送電サービス提供者の送電系統上でのエネルギーロスの補充やそれらのロス分を供給する容量を提供するサービスである。

(9) エネルギーインバランス(Energy Imbalance)

レギュレーションや負荷追従で用意された容量(MW)を用いて、計画と実際とのミスマッチによる不足エネルギーの供給や余剰エネルギーの吸収を提供するサービスである。

(10) バックアップ供給(Backup Supply Service)

電源の供給停止や送電系の事故による送電停止を代替するため、又は発電を超えた需要家の負荷部分をカバーするための電源容量やエネルギーを提供するサービスである。

(11) ダイナミックスケジューリング(Dynamic Scheduling)

異なるコントロールエリアにある発電や負荷に関連したサービスの一部又はすべてを電子的に実施するために必要なリアルタイムメータリング、テレメータリング、計算機ソフトウェア、ハードウェア、通信、エンジニアリング、管理を提供するサービスである。

(12) 負荷追従(Load Following)

レギュレーションサービスでカバーできない一時間単位又は一日単位の負荷変動に対処するために必要な電源や融通能力を提供するサービスである。

3.4 サービス市場の構造

系統運用補助サービスの一般的な市場構造を図2に示す。市場構造は市場環境と物理環境とに分けられており、これは、サービス購入者は必ずしもサービス消費者と同じではなく、また同様に、サービス販売者は必ずしもサービス提供者と同じではないことを表している。市場ツールはサービス販売者とサービス購入者との契約を支援し、契約結果を運用権限者に送る。運用権限者は、その情報を基に物理環境で物理的資源(発電機など)に対して指令を送り、サー

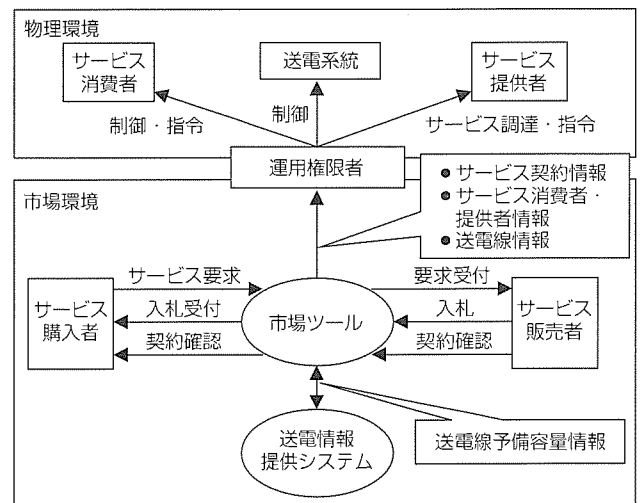


図2. 系統運用補助サービスの市場構造

ビスの需給を制御・管理する。

次に、系統運用補助サービス市場でのオークション方法をカリフォルニアの例(図3)で説明する。発電事業者は、各発電機(G1, G2...)のサービス可能容量(MW)とその容量に対する価格(\$/MW)を入札する。市場運営者であるISOは、需要予測に基づき必要なサービス容量を計算し、入札価格の安い順にサービス可能容量を積み上げ、必要容量を確保する。市場決済価格(Market Clearing Price: MCP)は、最後に落札された発電機(G_n)の入札価格となる。なお、カリフォルニアでは、レギュレーション、瞬動予備力、非瞬動予備力、待機予備力の順で逐次的にオークションが行われる。

4. 国内の現状

国内においても、電力部分自由化に伴い、電力会社がPPSから系統運用補助サービス料を徴収している。ここでPPSに対する系統運用補助サービスの対象となっているのは、各電力会社内での需給均衡の維持である。PPSは30分ごとに電力会社内の需要家の消費電力量に対して発電所の供給電力量(他電力会社からの供給計画電力量を含めた)を一致させる必要があり、これを守れない場合、電力会社に対して系統運用補助サービス料を支払う。サービス料金は、供給不足、供給過剰が需要家契約電力合計値の±3%以内であるか超過であるかによって異なる。供給不足3%以上が2時間を超えた場合は事故時補給として料金を支払うことになる。これらは、3章で述べた12のサービスのうちのエネルギーインバランス、バックアップ供給に相当する。

また、これに加えて、2001年1月1日から自家発電(特別高圧)に対して系統運用補助サービス料を徴収するようになった⁽³⁾。ここで、系統運用補助サービスの対象となっているのは、需要変動に対する需給均衡と周波数安定の確保である。そのためには、最大需要の5~8%相当の変動に対して応答可能な水力・火力発電所の供給力を確保することが必要となり、そのコストを系統運用補助サービス費用としている。これは、3章で述べた12のサービスのうちのレギュレーション、瞬動予備力、負荷追従等に相当する。

5. サービスの市場取引における課題

カリフォルニアのような逐次的マーケットの場合、重要なサービスから落札するため、重要度が最も低いサービスの落札時には価格の高い電源しか残っていないという問題がある。実際、1998年7月には、待機予備力が熱波の影響を受け通常の1,000倍以上の\$ 9,999/MWにまで高騰した⁽⁴⁾。

したがって、系統運用補助サービスを市場で取引する場合には、①サービスに必要な容量は必ず確保されること、②サービス価格の際限ない高騰を防止すること、の2点を

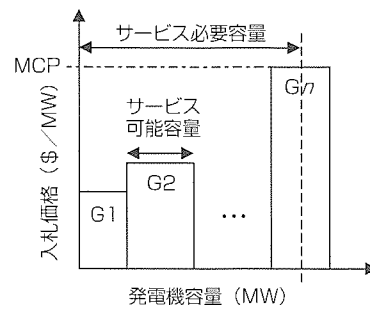


図3. 系統運用補助サービスのオークション方法

考慮した市場運用ルールを策定する必要がある。ただし、カリフォルニアのように絶対的な供給電力量不足の状況に陥ってしまうと、どのようなルールをもってしても上記の条件を満たすことは困難である。つまり、まずは電力市場そのものの健全性が確保されていることが前提条件である。

6. むすび

本稿では、系統運用補助サービスの目的や種類、取引方法等を紹介した。ここでは特に米国での事例を中心に述べたが、欧州等でも、サービスの分類の違いこそあれ、系統運用補助サービスは送電サービスと分離され、料金の徴収が行われている。

我が国でも、ようやく系統運用補助サービスを送電サービスと分離し、料金の徴収を始めたところである。海外では各国で既に系統運用補助サービスの市場取引が行われていることから、電力自由化が進むと、いずれは市場取引が行われるようになると思われる。ただし、その際には、電力を取り巻く諸事情の違いを明確にした上で、海外のモデルを参考にしながら日本の事情にマッチした市場モデルと運用ルールを構築していくことが重要である。

参考文献

- (1) United States of America Federal Energy Regulatory Commission: Promoting Wholesale Competition through Open Access Non-discriminatory Transmission Services by Public Utilities: Order No.888, April 24 (1996)
- (2) North American Electric Reliability Council: Defining Interconnected Operating Services under Open Access-Final Report, Interconnected Operating Services Working Group, March 7 (1997)
- (3) 経済産業省: 電力の部分自由化, ホームページ: http://www.meti.go.jp/policy/electricpower_partialliberalization/index.html
- (4) 矢島正之: 世界の電力ビッグバン, 東洋経済新報社 (1999)

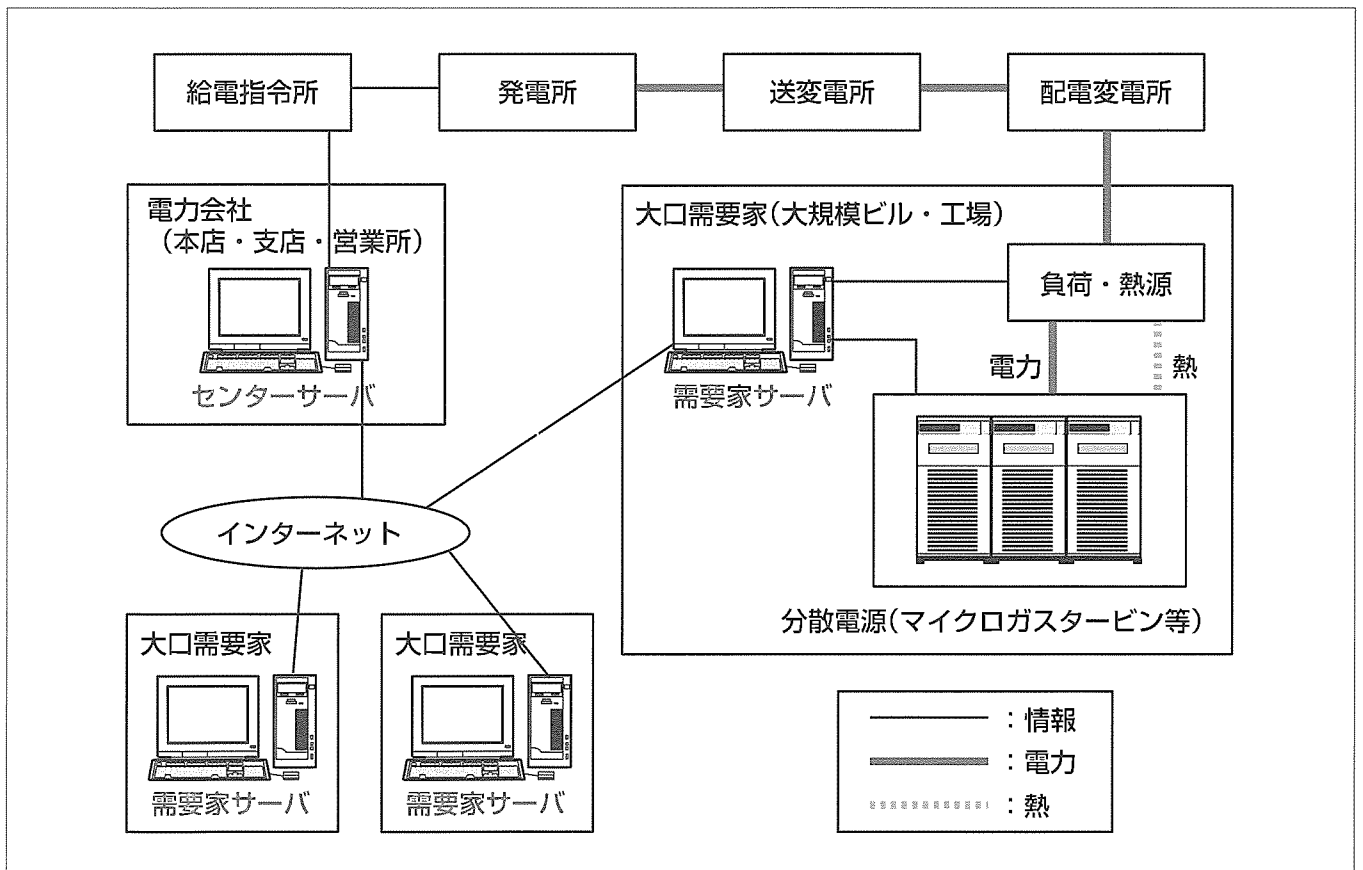
インタラクティブ エネルギー サービスシステム

北山匡史*
坂本忠昭*
上田隆美*

要 旨

電気事業への競争原理の導入が世界的に進んでおり、日本でも2000年3月に小売部分自由化が実施され、販売電力量で全体の3割程度を占める大口需要家に対して、電力会社以外による小売供給が可能となった。このため、電力会社では、自由化の対象となった需要家への付加価値サービスを向上させることが急務となっている。特に、電力供給をベースとしたエネルギーソリューションの提供が戦略として重要になっている。一方、従来から、電力供給における負荷平準化を目的として、料金制度による需要方策(Demand Side Management: DSM)として様々な料金メニューが需要家に提供されてきた。これは、需要家をコスト低減の可能な料金メニューへ誘導するものであり、電力会社の付加価値サービスのひとつととらえることができる。

このような背景の下に、昨今のIT(情報技術)応用分野の急速な普及を併せて考慮し、コスト低減や省エネルギーを指向する大口需要家を対象として、新しいエネルギーサービスモデルとして、インタラクティブ エネルギーサービスシステムのコンセプトの構築及び機能を実現するプロトタイプシステムの開発を行った。このシステムは、電力会社に設置されるセンターサーバと需要家に設置される需要家サーバとの間をインターネットで接続して構成されるもので、電力需給がひっ(逼)迫する夏期の昼間などに、電力料金、削減要求、協力金などの情報をサーバの間でインタラクティブに交換して負荷調整を行うことによって、より柔軟な料金メニューを電力会社が需要家に提供でき、電力会社と需要家の双方のコスト低減が可能となる。



インタラクティブ エネルギーサービスシステムの全体構成

電力会社の本店・支店・営業所に設置したセンターサーバと大口需要家に設置した需要家サーバとをインターネットで接続し、夏期の昼間などの電力需要逼迫時に各需要家に電力削減量とそれに伴うインセンティブ(電力料金割引など)を提示し、需要家は保有する分散電源や負荷を適切に制御して提示内容に応じることにより、30分~1時間ごとのリアルタイムでインタラクティブな需給管理を実現する。

1. ま え が き

電力事業での規制緩和が世界的に進んでおり、日本でも2000年3月に小売部分自由化が実施され、販売電力量で全体の3割程度を占める大口需要家に対して、電力会社以外による小売供給が可能となった。電力会社では、新規参入事業者に対抗して、自由化対象となった需要家への契約を持続するため、従来の電力供給に加えて付加価値サービスを提供することが急務となっている。特に、需要家の利便性・快適性の面から、従来の電力供給をコアとしたエネルギーソリューション事業が重要になってきている。

一方、これまで電力会社では、負荷平準化を目的として料金制度による需要方策として、季時別料金や需給調整契約など様々な料金メニューが提供されてきた。これは、供給サイドからのピークカット／ピークシフトとともに、需要家の負荷パターンに応じた電気料金低減を実現するものであることを考えると、需要家サービスの一つであるとも言える。小売部分自由化によって自由化部門に対しては自由な料金設定が可能となり、規制部門に対しても、効率的な事業運営に資すると見込まれる場合についてはより多様な料金メニューを導入することが政府から要望されている。

このような背景の下に、昨今のIT応用分野の急速な普及を併せて考慮し、コスト低減や省エネルギーを指向する大口需要家を対象とした需要家サービスとして、新しいエネルギーサービスモデルを実現するインタラクティブ エネルギーサービスシステム(IESS)のシステムコンセプトの構築とともに、機能を実現するプロトタイプシステムの構築を行った。

2. システムコンセプトの構築

電力事業での競争力強化のため、コア事業である電力供給に加えてガス供給やオンサイト事業も視野に入れたエネルギー事業を中心としたエネルギーソリューション事業が重要視されている。エネルギーソリューションの概要を図1に示す。エネルギーソリューションは、競争下での電力料金低減によるコスト低減のメリットに加え、環境規制による大規模電源の新設を補完する点や、廃熱利用によるエネルギーの高効率化、環境負荷の小さいクリーンなエネルギー源など、環境問題の観点から需要家に快適性・利便性を提供するサービスである。

電気料金は電力会社と需要家との接点の一つであり需要家のニーズに応じて柔軟に選択できるメニューである選択約款では、規制部門に対しては、負荷平準化を含む経営効率化に資するものは届出によって設定・変更が可能になっており、小売部分自由化によって、自由化部門に

対しては、電力会社と需要家間の個別の契約で料金が決定されるようになった。

一方、近年、インターネットなどの通信インフラが普通に利用できるようになってきており、電力会社と需要家それぞれに計算機を設置し計算機間で情報交換を行うことによって、これまでの料金メニューによる負荷平準化などの負荷調整に代わって、30分～1時間間隔でのリアルタイムでの負荷調整を行うことを前提にした契約とすることによって電力会社と需要家双方にとってメリットを見いだすことのできるシステムを構築することが可能となる。電力会社と需要家との間で情報交換をリアルタイムに実施するという意味で、インタラクティブ エネルギーサービスシステムと呼ぶ。

このシステムのメリットを以下に示す。

(1) 電力会社のメリット

このシステムによってピークカットを実現できるため、ピーク負荷に対応する中小火力の停止や新規電源の建設延期などが可能となり、設備費や燃料費の削減によるコスト低減が可能となる。なお、ピークカットに対応する各種の選択契約も既に実施されているが、今回のシステムでは、リアルタイムでの負荷調整を行うため、その時点での需要家の状況に応じた柔軟な需給管理が可能となる。

(2) 需要家のメリット

電源・熱源・負荷設備の最適運用計画システムがベースになっているので、このシステムを用いない場合(ある一定のパターンで運転する場合)と比較して、エネルギーコストの削減が可能となる。さらに、電力会社からの削減要求に対してインセンティブを得られるので、計画値と比較して更なるエネルギーコストの削減が可能となる。

3. システムの構成

3.1 全体構成

インタラクティブ エネルギーサービスシステムの構成を図2に示す。図に示すように、このシステムは、電力会

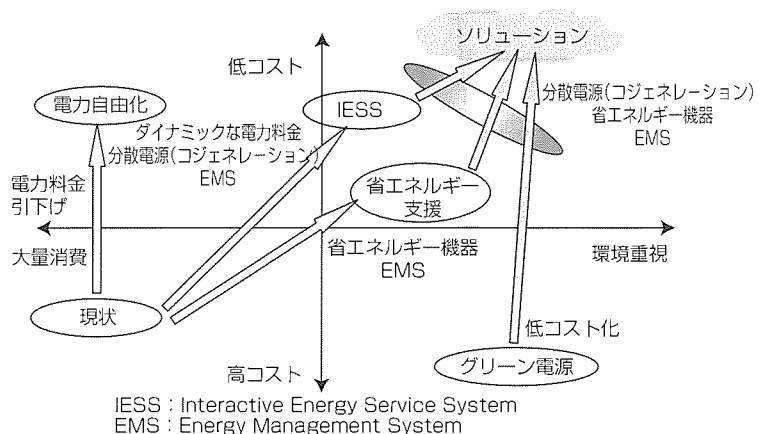


図1. エネルギーソリューションの概要

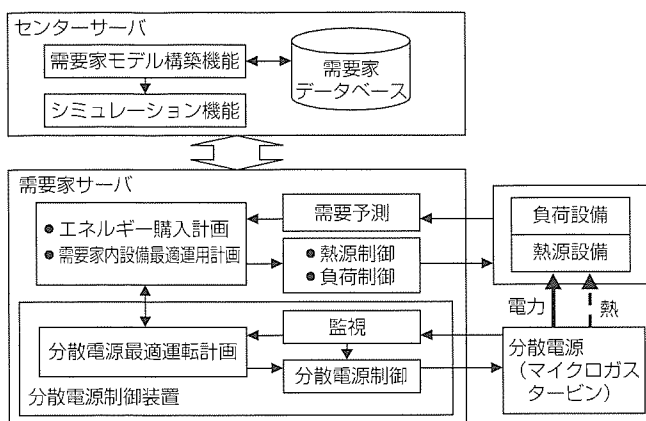


図2. システムの構成

社に設置されるセンターサーバと大口需要家に設置される需要家サーバで構成される。センターサーバと需要家サーバはインターネットと接続しており、情報の交換が可能となっている。

3.2 センターサーバ

センターサーバは、複数の大口需要家と情報交換することにより、主としてピークカットなどの負荷調整のための削減電力量を需要家の業種などの属性や電力使用状況によって適切に配分し、負荷調整を実施する。

センターサーバは、翌日1日の需要予測とともに、需給計画と合わせて各時刻のピーク時間帯での電力削減量の予測を行う。さらに、予測した削減量を満足するための各需要家への電力削減要求とそれに対応するインセンティブを、需要家モデルに基づいて計算する。負荷調整当日には、30分～1時間ごとに、リアルタイムに、電力削減要求とインセンティブを各需要家サーバに提示する。需要家サーバは、提示内容が実行できるかどうかを計算し、OK/NGを応答する。センターサーバは需要家サーバからの応答がOKかどうかをチェックし、NGのものがあれば提示内容を修正して再提示する。このようにセンターサーバは需要家サーバと交渉を行い、すべての需要家サーバからの応答がOKとなるまで交渉を続ける。

3.3 需要家サーバ

需要家サーバは、電源・熱源・負荷設備などの需要家内設備の最適運転計画を策定するエネルギー管理システム (Energy Management System : EMS) をベースとしており、以下の二つの機能を持っている。

- (1) 需要家の予測負荷や設備の構成・特性及び電気・ガス料金に基づき、エネルギーコストが最小となるように電気・ガス購入計画や需要家内設備の運転計画を策定する。
- (2) 電力会社からの電力料金や電力需要削減要求などを考慮し、エネルギーコストが最小となるように電力・熱需要計画や需要家内設備の運転計画の変更を実施する。

需要家サーバは、需要予測機能、需要家内設備最適運用

計画機能、エネルギー購入計画機能と分散電源制御装置からなる。需要予測機能は、電力・冷暖房・給湯といった各需要量の予測を行う機能である。需要家内設備の最適運用計画機能は、時間帯ごとの電力・熱需要を満たすように各設備の運用計画を決定する機能であり、1日の料金総額が最小となるように計画される。エネルギー購入計画機能は、需要家内の最適運用計画策定機能と連携して、時間帯ごとの電気・ガス・灯油などの購入量とその料金を決定する機能である。なお、分散電源が複数台設置されている場合には、需要家サーバでは、これらを1台に集約したモデルを用いて計画し、個々の電源特性を用いた詳細な計画は分散電源制御装置で実施する。

3.4 分散電源制御装置

分散電源制御装置は、分散電源最適運転計画機能及び分散電源制御・監視機能を持っている。分散電源制御装置は、需要家サーバからの電力・熱要求に従って個々の電源の発電・熱出力特性を考慮しながら、複数の電源の最適運転計画を策定する。このように分散電源関連の計画を分離するのは、計画に要する計算負荷の分散や、計画機能の二重化による信頼性の確保などのためである。また、分散電源制御機能は実際のリアルタイム制御を実施する部分であり、基本的には運転計画に従うものの、監視機能から得られる実績データに基づいて適宜運転パターンを変更する機能も持っている。なお、この分散電源制御装置は、あくまでも機能モデルであるため、計画機能とリアルタイム制御機能がそれぞれ別のハードウェア上で実装されていてもよい。

4. プロトタイプシステムの構築

4.1 全体構成

上記の機能を実現するためのプロトタイプシステムを開発した。図3にシステムの構成を示す。図に示したように、電力会社1社が2件の大口需要家(需要家A, 需要家B)に電力を供給する状況を考え、それぞれのサーバを模擬したパソコンを用意してTCP/IPネットワークで接続する。

需要家Aは、分散電源としてマイクロガスタービンを6台保有していると想定し、分散電源を監視制御する制御装置を模擬したパソコンを需要家サーバとは別に1台用意する。

アプリケーションはすべてJavaで作成し、GUIはWebブラウザであるInternet Explorerで表示される。電力削減要求やインセンティブなどのデータは、今回のシステムでは簡単にするためファイルベースで実装を行ったが、実際のシステムではB2Bで標準化されつつあるXML (eXtensible Markup Language) を用いるのが望ましい。

4.2 センターサーバの画面

センターサーバの画面例を図4に示す。センターサーバは、画面上部に表示されているように、前日に当日1日分の各時間帯でのシステム全体の需要予測値と電力削減目標

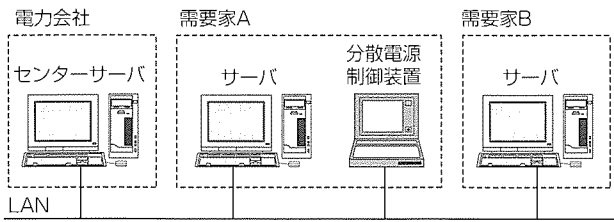


図3. プロトタイプシステムの構成

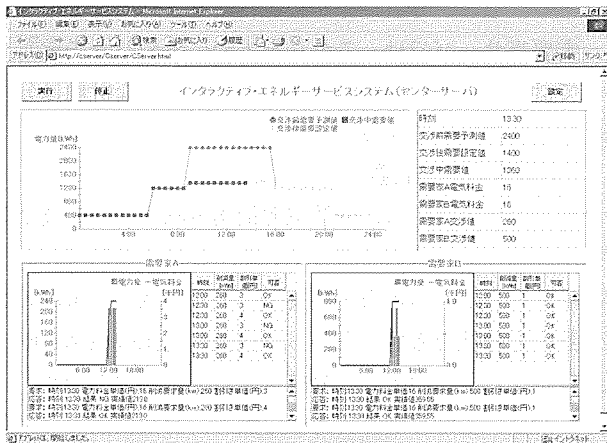


図4. センターサーバの画面例

を設定し、全電力削減目標に対して各需要家に対する削減要求量とインセンティブ(削減量に対する割引単価)を決定する。あらかじめ計算された削減要求量とインセンティブを需要家A, 需要家Bにそれぞれ通知する。

画面の下には需要家A, 需要家Bの電力削減量とインセンティブの実績が表示されている。また、交渉履歴として、各時刻での削減要求量, 割引単価, OK/NGの応答履歴を時系列で表示している。

4.3 需要家サーバの画面

需要家Aのサーバの画面例を図5に示す。画面の上部には電力/熱需要, 各設備運転計画, エネルギー単価などの各時刻における値が表示されている。最初は予測値が表示されており, 当日の実績が上書きされる。画面の下部には電気・ガスのエネルギーコスト及び設備の各時刻での値が表示されており, 上部と同様に計画値を実績値で上書きする。削減要求とインセンティブを考慮し, 削減要求量を分散電源で発電して対応する。

マイクロガスタービン制御装置の画面例を図6に示す。画面の上から発電量, 熱出力, 各発電機の運転計画が表示されている。需要家サーバの画面と同様に, 計画値が表示されており, リアルタイムで交渉が進むにつれて実績値を上書きする。

5. むすび

以上, 電力自由化の下での電力供給側の競争力強化のため

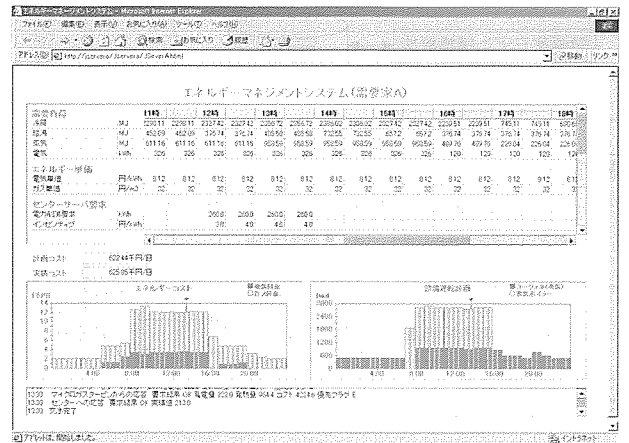


図5. 需要家Aのサーバの画面例

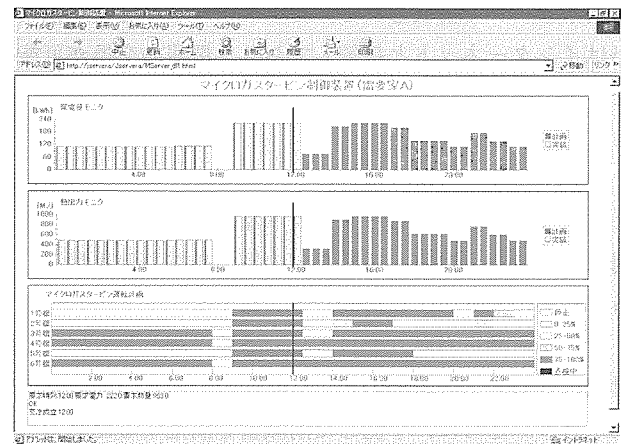


図6. マイクロガスタービン制御装置の画面例

の需要家サービスの必要性について述べ、供給側からの負荷平準化メニューとして実施されてきた料金メニューの考え方をベースとして, ITを用いた柔軟な料金メニューを実現するインタラクティブ エネルギーサービスシステムについて, システムのコンセプトとシステム構成, プロトタイプシステムについて述べた。

今後, 電力市場での競争力の強化と計画・運用業務での不確実性が増加するものと考えられ, 引き続き新しいシステムコンセプトの構築及び技術開発を進める予定である。

参考文献

- (1) 塚本幸辰, 前川隆昭, 高橋正一, 保坂丈世, 長島義明: 電力自由化時代の需要家サービスシステム, 三菱電機技報, 74, No.12, 730~734 (2000)
- (2) 鈴木 胖, 山地憲治編著: エネルギー負荷平準化, 省エネルギーセンター (2000)
- (3) 野沢俊治, 上田隆美: ビル総合運営管理システム, 三菱電機技報, 69, No.7, 655~659 (1995)



特許と新案 * * *

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

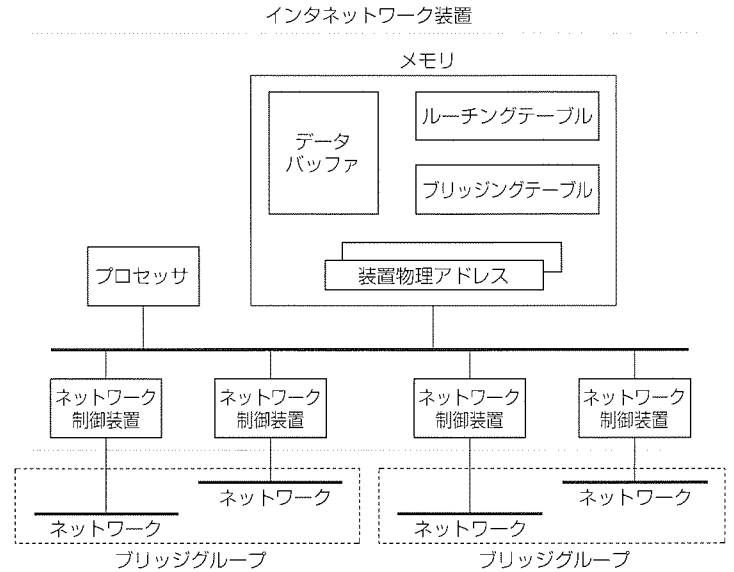
インターネットワーク装置 (特許 第2605544号, 特開平5-292091号)

発明者 平松晃一, 渡辺 晃, 曾田圭一, 市橋立機, 厚井裕司

この発明は、ローカルエリアネットワークや広域ネットワークなどのネットワーク間を接続し一つの装置でルータとブリッジの機能を合わせ持つインターネットワーク装置を実現するものである。

図に示すように、インターネットワーク装置では、接続するネットワークを複数のブリッジグループにグループ分けし、端末の論理アドレスをブリッジグループ単位で管理するルーティングテーブルと、各ブリッジグループに対応する装置物理アドレスと、端末の物理アドレスをネットワーク単位で管理するブリッジングテーブルを設ける。そして、同一ブリッジグループ内の通信ではブリッジとして、また、ブリッジグループ間にまたがる通信ではルータとして動作する。

以上により、柔軟なネットワークシステムを安価に構築でき、さらに装置設置スペースを削減で



デジタル電話機 (特許 第2141096号, 特開平1-314049号)

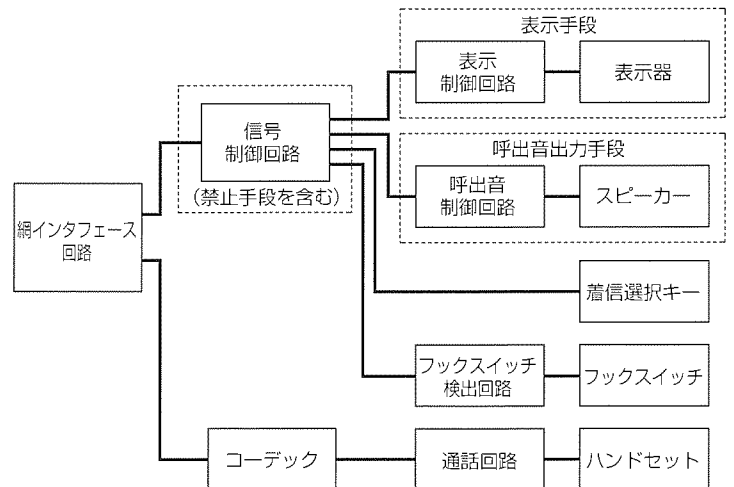
発明者 阿川正憲, 山本勝敬, 清水直樹

この発明は、迷惑電話を防止する機能を備える電話機に関するものである。発呼者番号の識別を行い迷惑電話を防止する従来の電話機においては、あらかじめ登録しておいた番号リストとこれを照合してリストに載っていない発呼者の場合は呼出音を発生させずそのまま切断するなどの機能を持っていたが、発呼者通知を行わない公衆網からの電話も一律に切断されてしまうという問題があった。

この発明は上記のような欠点を除去するためになされたもので、発呼者番号を表示する表示手段と、呼出音を生成する呼出音出力手段と、呼出音出力手段を駆動して呼出音を出力させるとともに着信信号メッセージ中から検出した発呼者番号を表示手段に供給する信号制御回路と、発呼者番号が存在しない場合に呼出音の出力を禁止する禁止手段と、禁止手段の動作を許可するか否かを選択する着信選択キーとを備え、禁止手段の動作が許可されているときは、発呼者番号が含まれていない場合、呼出音を出力せず回線を切断する。一方、禁止手段の動作が許可されていないときには、呼出音を鳴らすことで使用者に着信を通知するが、

着信信号中に発呼者番号を検出するとこれを表示手段に表示させる。これにより、使用者は、いたずらなどの悪意呼か否かを判断して通話に移ることができる。

以上のように、この発明によれば、ISDNや携帯電話、又は公衆網におけるナンバーディスプレイ等で発呼者番号の通知サービスが行われている電話網において、悪意のある着信や希望しない着信などを防止することが可能となる。





特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

マルチプロセッサ型動画像符号化装置及びバス制御方法 (特許 第2836902号, 特開平3-205985号)

発明者 浅野研一, 鈴木隆太

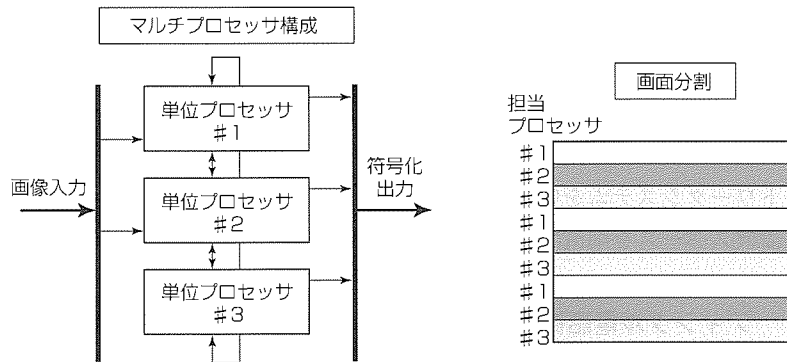
動画をデジタル圧縮符号化する処理(例えばMPEGなど)において, HDTVのように処理画素数が非常に多い場合には, 処理を複数のプロセッサで分担し, 各プロセッサに画面を分割した部分画面の処理を並列に実行させることが一般的である。

この場合, 各プロセッサが担当する画面の性質(動き, 精細度など)の偏りによって各プロセッサの処理負荷が大

きく変動するため, 最大負荷を想定したプロセッサ能力を準備する必要がある。

この結果, 必要以上に能力の大きなプロセッサが必要となり, 装置の小型化/低価格化の妨げとなっていた。

この発明では, 各プロセッサに画面上の飛び飛びの複数領域の処理を担当させることにより, 各プロセッサの処理負荷を平均化してこの問題を回避した。



〈次号予定〉三菱電機技報 Vol.75 No.10 「生産技術」特集

特集論文

- 21世紀における生産技術への視点
- 21世紀の物造り
- 携帯電話用小型フリップチップCSP
- 環境に優しい無鉛はんだの開発と実用化
- 半導体配線工程の欠陥検査における実効感度向上
- 先端LSI量産化スピードの向上
- 電子デバイス製造装置の性能向上
- エアコン用圧縮機モータの省エネルギー・高効率化

- 低欠陥溶湯鍛造によるスピンドルモータの高速化
- ベーン溝加工の高精度化によるロータリ圧縮機の高効率化
- 磁気軸受主軸による超高速加工とその応用
- 冷熱機器生産システム革新への取組
- 自動車機器製造工場におけるIT活用
- 電子ビームによる高速・高信頼性ろう付け技術とその応用
- 携帯電話のソフトウェア機能試験システム
- 漏電遮断器用零相変流器の生産設計
- リサイクル工場の立ち上げとシステム構築

<p>三菱電機技報編集委員</p> <p>委員長 井手 清</p> <p>委員 中村 治樹 畑谷 正雄 吉原 孝夫 桑原 幸志 村松 洋 松本 修 浜 敬三 安福 正樹 西谷 一治 中島 克人 荒木 政敏 河内 浩明 山本 比呂志</p> <p>幹事 名畑健之助</p> <p>9月号特集担当 寺下尚孝</p>	<p>三菱電機技報 75巻9号 2001年9月22日 印刷 (無断転載・複製を禁ず) 2001年9月25日 発行</p> <p>編集人 井手 清 発行人 名畑 健之助 発行所 三菱電機エンジニアリング株式会社 ドキュメント事業部 〒105-0011 東京都港区芝公園二丁目4番1号 秀和芝パークビルA館9階 電話(03)3437局2692</p> <p>印刷所 株式会社 三菱電機ドキュメンテクス 株式会社 オーム社 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 電話(03)3233局0641</p> <p>定 価 1部735円(本体700円)送料別</p>
<p>URL http://www.melco.co.jp/giho/</p>	<p>三菱電機技報に関するお問い合わせ先 cep.giho@ml.hq.melco.co.jp</p>

1982年以来、三菱電機は、誘導発電機タイプの風力発電設備用発電機を製作してきました。このたび、低騒音・保守性・低風速性能の向上を図った“永久磁石式同期発電機 (PMSG)”及び“電力変換器”を開発しました。三菱可変速風力発電設備は電機メーカー(三菱電機㈱)と風車メーカー(三菱重工業㈱)の総合力を結集したクリーンな国産風力発電設備で、最先端の可変速制御技術を用い、風速変動下でも安定した電力の供給と高効率発電を実現します。

三菱可変速風力発電設備の特長

永久磁石式同期発電機と最先端の可変速技術を用いた電力変換器によって、以下の性能向上を可能にしました。

(1) 高効率

定格運転はもとより、部分負荷運転の効率向上と風速に応じた高効率発電が行えます。

(2) 電力品質の向上

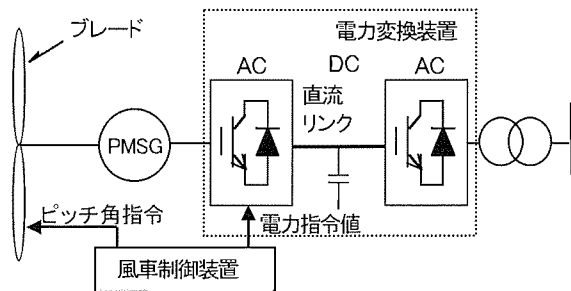
誘導発電機方式で問題となる系統併入時突入電流の解消と電力脈動の低減が図れます。

(3) 保守性の向上

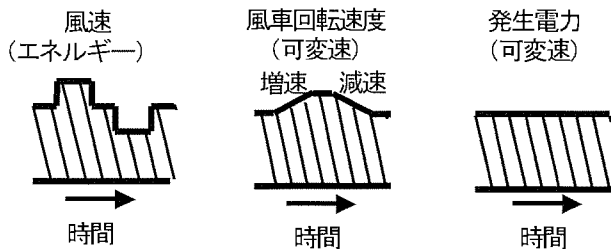
永久磁石式同期発電機を用いることによって、増速ギアをなくし、騒音の低減、油系統の削減が図れ、保守性が向上します。

主要仕様

型式	MWT-300S	MWT-600S
定格出力	300kW	600kW
発電機	永久磁石式同期発電機	
ロータ直径	30m	45m
ハブ高さ	30m	37m
定格回転数	16~46r/min	10~34r/min
定格風速	14.5m/s	13m/s
カットイン風速	2.5m/s	
カットアウト風速	25m/s(10分平均風速)	
リセット風速	20m/s(10分平均風速)	
耐風速	60m/s(オプション80m/s)	



可変速風車の構成



可変速風車の動作イメージ



三菱可変速風力発電設備の外観