

MITSUBISHI

三菱電機技報

Vol.82 No.11

2008

11

特集Ⅰ 「進化する受配電システム技術」

特集Ⅱ 「水・電気・交通・防災・環境…技術で支える社会インフラシステム」



目次

特集Ⅰ「進化する受配電システム技術」

受配電システム技術の更なる進歩	1
日高邦彦	
より良い製品を目指して進化する受配電システム機器	2
石川雅廣	
7.2~72kV 脱SF ₆ ガス絶縁スイッチギヤ	7
有岡正博・吉田 暁・矢野知孝・井上直明・吉田忠弘	
海外市場向けスイッチギヤ“MS-E”	11
佐野幸治・小林弘嗣・小鶴 進・堀之内克彦	
環境保全に配慮した真空遮断器“VFシリーズ”と キーパーツ真空バルブ	15
大川義博・古賀博美・山田 博・原田貴和・鳥羽慎司	
信頼性・使いやすさを向上させた“B形コントロールセンタ”	20
大西健司・岩澤頼晃	
受配電設備における監視制御システム	24
大西宏明・笹川 悟	
MT法による絶縁物の劣化診断・ 余寿命推定技術の適用拡大	28
岡澤 周・三木伸介	

特集Ⅱ「水・電気・交通・防災・環境… 技術で支える社会インフラシステム」

納得を支援する公共情報システムに向けて	32
仲谷善雄	
円筒多管式オゾン発生器の省エネルギー・省資源化	33
倉橋一豪・竹田智昭・尾台佳明・和田 昇	
首都高速道路中央環状新宿線におけるトンネル防災システム	37
加藤久博・大塚 明	
産業用電力線通信LSI及び装置	41
水谷良則・杉山和宏・下笠 清	
次世代監視制御システム (Web/汎用データベース/GIS活用)	45
門馬 啓・古谷一雄・田中 覚	
低環境負荷型制御盤	49
土田貞夫・入来院浩司・水田善久	
低炭素社会に向けた排出量取引の国内外動向	53
塚田路治・マルタ マルミローリ・塚本幸辰・野中美緒・市田良夫	
三菱電機関西地域のリサイクル推進活動	57
大内雄次	

The Evolution of Power Distribution Systems Further Progress of Power Distribution Systems Technology	Kunihiko Hidaka
The Evolution of Power Distribution Systems for the Better Performances and Usefulness	Masahiro Ishikawa
7.2~72kV Dry Air Insulated Switchgear	Masahiro Arioka, Satoru Yoshida, Tomotaka Yano, Naoaki Inoue, Tadahiro Yoshida
“MS-E Type” Metal-clad Switchgear for Overseas Markets	Koji Sano, Hirotsugu Kobayashi, Susumu Kozuru, Katsuhiko Horinouchi
Vacuum Circuit Breaker “VF series” and the Key Parts Vacuum Switch Tubes for which Environmental Preservation are Considered	Yoshihiro Okawa, Hiromi Koga, Hiroshi Yamada, Takakazu Harada, Shinji Toba
“Type-B Motor Control Center” Improved Reliability and Usability	Kenji Onishi, Yoriaki Iwazawa
Supervisory Control System and Automatic Testing Facilities for Power Distribution Equipment	Hiroaki Onishi, Satoru Sasakawa
Applicability Evaluation of “Deterioration Diagnosis and Estimated Life Expectancy Technology of Insulators by the Mahalanobis-Taguchi Method of the Power Distribution System”	Hiroshi Okazawa, Shinsuke Miki

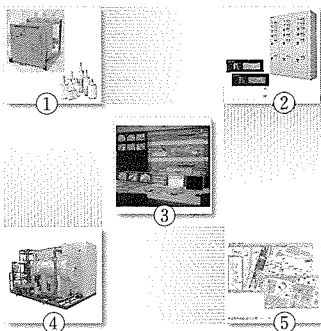
Total Products and Solutions for the Public Infrastructure Systems	
Public-Use Systems Which Support People Find Actuality in Information	Yoshio Nakatani
Tubular Type Ozone Generator for Energy and Resource Saving	Kazutoshi Kurahashi, Tomoaki Takeda, Yoshiaki Odai, Noboru Wada
Disaster Prevention System in the Central Circual Shinjuku Route	Hisahiro Kato, Akira Otsuka
Advanced Power Line Communication Devices for Industry Usage	Yoshinori Mizugai, Kazuhiro Sugiyama, Kiyoshi Shimokasa
Next Generation Supervisory Control System(Web/Database/GIS Application)	Kei Momma, Kazuo Furuya, Satoru Tanaka
Controlgears for Energy and Resource Saving	Sadao Tsuchida, Koji Irikiin, Yoshihisa Mizuta
Global Outlook of Emission Trading Scheme for Low Carbon Emission Society	Michiharu Tsukada, Marta Marmiroli, Yukitoki Tsukamoto, Mio Nonaka, Yoshio Ichida
Recycle Promotion Activities of Mitsubishi Electric Corporation KANSAI Area	Yuji Ouchi

特許と新案

「容器」「真空バルブ」	61
「電気機器の絶縁診断方法」	62

スポットライト

Web地理情報システム構築パッケージ“PreSer V VI”



表紙：進化する受配電システム技術

受配電機器及び周辺技術は、環境・安全・使いやすさ・省エネルギー・省資源等の社会ニーズの高まりに合わせて進化している。写真①は真空遮断器VFシリーズとキーパーツ真空バルブ(VST)、②はB形コントロールセンタである。

表紙：水・電気・交通・防災・環境…技術で支える社会インフラシステム

三菱電機は、社会インフラ分野で“暮らしを技術で支える”様々なシステム機器を供給している。

写真③は、高速・高信頼性を実現した道路トンネル向け防災システム(ネットワーク技術)、④は上下水処理場等で、水の消毒、脱臭、脱色用途向けオゾン発生装置(水環境技術)、⑤は地図情報と設備管理情報を有機的にリンクした統合型GIS画面(地理情報技術)である。

受配電システム技術の更なる進歩

Further Progress of Power Distribution Systems Technology

日高邦彦

Kunihiko Hidaka



受配電システムは一般市民も目にすることがあり、電力システムの中では最も社会の近くにあるものの一つである。製造メーカーとしては単に性能の優れた製品を作ればよいというのではなく、社会のニーズにも十分こたえ得るものが期待されていると言えよう。

社会のニーズを知るよい機会として、2008年は洞爺湖サミットや北京オリンピックなどの大きなイベントがあった。それらを通じて、環境やエネルギーの問題に対する認識が世界中で高まったように感じるのは、私だけではないであろう。

21世紀の社会の関心は、“開発と成長”から“維持と調和”へ、別の言い方で“もの”から“こと(便利なこと、安全なこと、豊かなことなど、精神的な満足感)”へ移行しつつある。“維持と調和”や“こと”の中心には、やはり環境やエネルギーの問題が置かれるであろう。社会の近くにある受配電システムでは、環境に優しい、省エネルギー、省資源などの観点からの技術革新がまさに求められている。

電気絶縁ガスの代表であるSF₆ガスは高い絶縁耐力と優れた消弧性能、そして毒性がないという特徴から電力機器に広く用いられている。どんなに優れたものでも一つぐらひは欠点があるもので、SF₆ガスの温暖化係数はCO₂ガスの23,900倍と非常に大きく、京都議定書の中で規制対象の指定を受けている。もちろん我が国が取り組んだ機器からの漏洩(ろうえい)防止技術は世界に誇れるもので、大幅な大気放出量削減をすでに実現している。しかしながら、抜本的な解決策として温暖化係数の小さい絶縁性ガスの投入が望ましい。

その候補の一つが空気であり、この特集でも取り上げられている。空気の絶縁性はSF₆の1/3程度であるものの、ガス圧力を高める、逆に圧力を非常に小さくして真空にすると絶縁性を向上できる。

空気は窒素と酸素の混合ガスであるが、その混合比は電気絶縁にとっても絶妙である。絶縁上の最弱点となるような鋭く尖った形状の電極が含まれる空間で、混合比を変えながら絶縁性を評価すると、窒素と酸素が単体である場合に低くなり、4対1の割合、つまり空気組成のときにほぼ最大値近くに上昇することが知られている。電気絶縁性に関する何と素晴らしい自然の摂理ではなかろうか。自然界にある物質の底知れない潜在能力を解き明かしていくことも、技術者や研究者の役目である。

ところで、エネルギー・環境分野の将来の技術革新を進めるには、何と言っても次代を担う若者をどのように教育していくかが大変重要となる。幼児から高校生教育までについては、“持続可能な社会のためのエネルギー環境教育”(国土社、2008年1月発行)の中で、先進的なエネルギー環境教育の実態調査と分析が行われている。具体的な実施例は大変参考になる。

大学・大学院教育においては、電気事業連合会が中心となり、将来の電力供給を支える電気系人材の確保と育成を図ることを目的として2008年4月に“パワーアカデミー”が創設された。産学連携の“研究センター”などが検討され、第1陣として6月には東京大学に“先端電力エネルギー・環境技術教育研究センター”が発足するに至っている。センター長に任ぜられた筆者としては、電源から流通設備、需要家までを含めた環境にやさしい電気エネルギー供給ネットワークを効率的に構成できるような、技術統合力と総合判断力が個別技術の深い専門性で裏打ちされた優秀な人材を育成したいと考えている。

この特集では社会との接点にある受配電システムにおける最先端技術が紹介されている。社会の関心の高まりと人材育成への熱意を追い風として、今後も技術革新が進むことを大いに期待している。

より良い製品を目指して進化する 受配電システム機器



石川雅廣*

The Evolution of Power Distribution Systems for the Better Performances and Usefulness

Masahiro Ishikawa

要 旨

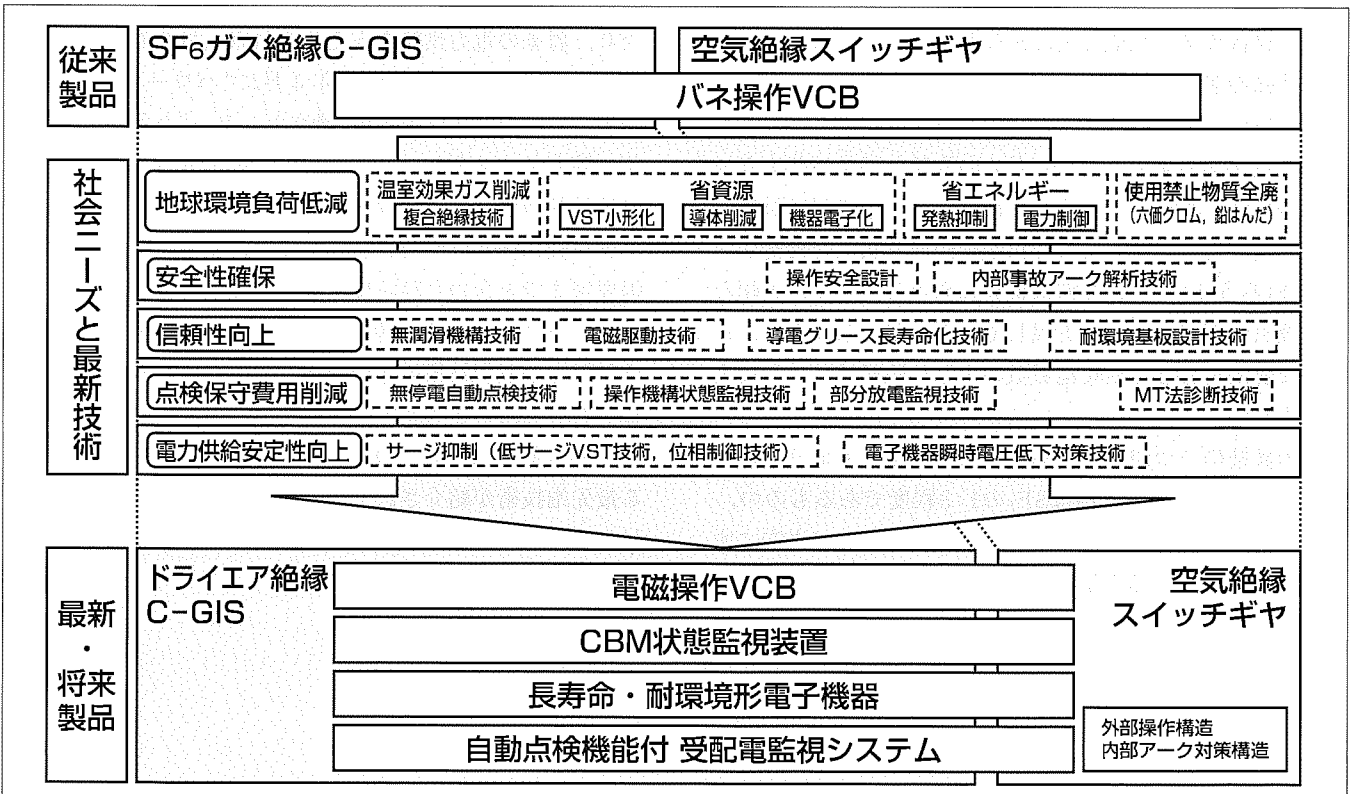
三菱電機受配電システムでは、社会ニーズの変化に対応した絶縁技術・遮断技術・監視制御技術等の進展によって、安全性・信頼性の追求、小型・軽量化、省エネルギーの推進、運用保守の改善がなされてきた。さらに今日では、地球温暖化の深刻化、グローバル化の加速、設備運用の一層の経済性・効率化要求などの社会環境の下で、次に示すより良い製品を目指した技術開発がなされ、新製品が投入されつつある。

- (1) 地球環境負荷低減を実現する技術開発
 - ・温室効果ガスを使用しない絶縁技術
 - ・省資源・省スペースを実現する技術
 - ・省エネルギーを実現する技術
 - ・欧州RoHS(Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment) 指令特定6物質全廃を実現する技術
- (2) 人に対する安全性を確保する技術開発
 - ・機器操作・保守時の安全性向上技術

- ・内部アーク事故時の安全性確保技術
- (3) 安心して使える信頼性向上技術開発
 - ・信頼性向上技術
 - ・耐環境性能向上技術
 - ・長寿命化設計技術
- (4) メンテナンス費用を削減する診断技術開発
 - ・MT法(マハラノビス・タグチ法)による劣化診断・余寿命推定技術
 - ・CBM(Condition Based Maintenance)状態監視技術
 - ・受配電システムの自動点検技術
- (5) 電力供給の安定性向上を実現する技術開発
 - ・瞬時電圧低下対策技術
 - ・開閉サージを抑制する開閉極位相制御技術

当社はこれらの課題に対して、基礎技術開発の研究から応用・製品化・運用まで一貫した取り組みによって、今後も引続き、社会に貢献していく。

特集 I



進化する受配電システム機器を支える基礎技術

受配電システム機器が、より良い製品を目指して進化する技術を示す。

1. ま え が き

受配電システムは、配電線から電力を受ける受電点から動力・照明など配電端負荷に至るまでの電力供給設備、保護・計測・監視・制御装置を構成要素としている。またこれらは、公共・民間を問わず、社会インフラにおける重要な基幹システムに位置付けられる。

受配電システムは1950年代以降、社会のニーズの変化に対応し、絶縁技術・遮断技術・監視制御技術の進展によって、安全性・信頼性の追求、小型・軽量化、運用保守の改善がなされてきた。今日では地球温暖化の深刻化、グローバル化の加速などの社会環境下で、①地球環境負荷低減、②安全性確保、③信頼性・保守性の向上、④診断・点検技術の高度化、⑤電力供給の安定性向上などの要求が受配電システムに課せられている。

本稿ではこれらの課題に対して、より良い製品の提供を目指した当社の取り組みと成果について述べる。

2. 地球環境負荷低減を実現する技術開発

2005年に発効した京都議定書の目標達成、昨今のBRICsはじめ新興国でのエネルギー需要の急増、先の洞爺湖環境サミット宣言など温暖化対策の必要性はますます高まり、温室効果ガスの削減に向けた取り組みが一層活発化している。

当社は創立100周年の2021年を目標年とした、環境経営における長期ビジョン“環境ビジョン2021”を策定した。その中で地球温暖化防止のための取り組みとして、①製品使用時CO₂排出量30%削減、②製品生産時のCO₂排出量30%削減、③発電時のCO₂削減への貢献、また循環型社会形成のための取り組みとして3R(リデュース、リユース、リサイクル)に配慮した製品開発を推進し、製品ごとの小型・軽量化を行うことなどによって、2021年までに資源投入量の30%削減を目指していく計画である。

ここでは、受配電システム機器における製品本体での温室効果ガス使用量削減、小型・軽量化による製品生産時のCO₂排出量削減、製品使用時のCO₂排出量削減のための取り組みについて述べる。

2.1 温室効果ガスを使用しない絶縁技術

従来、中圧クラス(24~84kV)のスイッチギヤは、絶縁媒体として六フッ化硫黄ガス(SF₆ガス)を使用したキュービクル形ガス絶縁開閉装置(C-GIS)が主流であったが、SF₆ガスは温室効果ガス(地球温暖化係数23,900)として排出規制対象ガスに指定されたこともあり、SF₆ガスの排出量削減とともに、SF₆ガスを用いない脱SF₆ガススイッチギヤが望まれ、2000年以降24~36kV級を中心に脱SF₆ガス化スイッチギヤが製品化されている。

当社は、C-GISの脱SF₆ガス化による地球温暖化抑制を

目的として、2000年に世界で初めて実用化した低圧力(最高使用ガス圧力0.2MPa-G以下)のドライエア(地球温暖化係数0)絶縁を用いた24kV C-GISを実用化した。

その後、ドライエア絶縁と固体絶縁による複合絶縁技術を更に高度化することで、2006年に72kVクラス、2007年には7.2kVクラスのドライエア絶縁C-GISを市場に投入し、7.2~72kVクラスまでシリーズ拡大を実現した(図1)。

現在は、さらに大電流領域への適用拡大に向けて、密閉形スイッチギヤの技術課題である通電時の温度上昇抑制のため、従来の熱回路網法による手法に代わって、導体や機構部の渦電流損失を厳密に考慮した電磁界・熱連成解析技術を確立し、最適設計化のための研究を進めている。

一方、高電圧、大電流領域のガス遮断器(GCB)の脱SF₆ガス対策としての真空遮断器(VCB)化も並行して検討されており、従来、GCBを使用していた72kV以上のVCB開発が各社で進められ、当社でも製品化に向けた取り組みを進めている。

2.2 省資源・省スペースを実現する技術

(1) ガス絶縁開閉装置(GIS)の小型化、部品削減

受配電設備向けのGISは、三相分離形→三相一括形→キュービクル形へと移行し、さらに、最新のドライエア絶縁と固体絶縁による複合絶縁技術によって、導体間距離の極小化、絶縁バリアの適正化で更なる小型・軽量化が図られ、据付面積を約25~35%(当社従来比)削減している。

さらに、電磁操作機構採用による主接点直動化によってVCB駆動機構部の構造をシンプル化することで、部品点数の大幅削減を実現した(当社従来比55%削減)。

(2) VCBの小型化

真空遮断器の心臓部である真空バルブ(VST)は、汎用VSTでは耐溶着性能に優れた銅系接点材料を新たに開発し、新規開発した接点材料に適したスパイラル電極形状化を図ることで小型化を実現している。

また低サージ用、高電圧用VSTでは、銀系接点材料を用いた縦磁界電極構造を採用し、小型化を実現した。

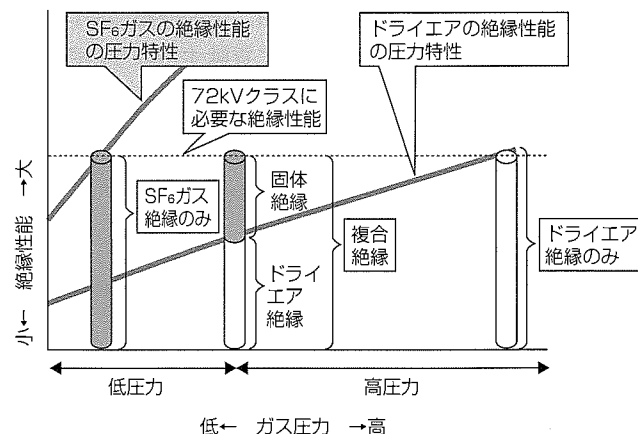


図1. 複合絶縁技術による絶縁性能の概念図

図2に、7.2kV-20kA遮断器用真空バルブの小型化の変遷を示す。新形“VF-20D形”真空遮断器用に開発した真空バルブは、容積比で初代の真空バルブの13%、当社既存真空遮断器“VF-20C形”用真空バルブの81%にまで小型化を実現している。

今後は接点の低接圧化の技術向上によって、更なる小型化を目指す。

2.3 省エネルギーを実現する技術

電力供給が主な役割である受配電機器で、製品使用時のCO₂排出量削減のための取り組みとしては、機器自身の通電時の損失削減及び受配電監視システムによるビル、工場などの空調、照明、動力の電力管理による全体の省エネルギー活動が進められている。

(1) 受配電機器の損失削減

7.2kVドライエア絶縁C-GISでは、導体間距離の極小化、絶縁バリアの適正化で小型化が図られた結果、導体を最短化することで主回路部の電気抵抗を低減し、通電時の損失(発熱量)を従来の空気絶縁スイッチギヤに比べ約60%(当社従来比)に低減している。

(2) 受配電監視システムによる電力管理・省エネルギー支援

当社受配電監視制御システム“MELSAS”は、受配電設備及び関連機器を総合的に集中管理することで、監視業務の効率化とともに、力率改善制御、デマンド監視、負荷選択遮断等の様々な機能に基づいた効率的な運用による省エネルギー管理も可能としている。

2.4 欧州RoHS指令特定6物質全廃を実現する技術

近年、欧州RoHS指令特定6物質全廃に代表される環境汚染対策が求められており、当社受配電システム機器でも、めっきの六価クロム、プリント基板の鉛はんだの不使用、エコ電線の使用など環境に配慮した製品開発を推進している。

真空遮断器では亜鉛めっき表面上の六価クロメート処理を廃止し、規制対象外の三価クロメート処理を採用するとともに、基板の鉛フリー化を実現した製品を、2004年から順次市場に投入している。また、コントロールセンタでは1999年から主回路にエコ電線を採用、主要樹脂部品には材料表示をするなど、環境負荷低減に貢献する取り組みを進めている。

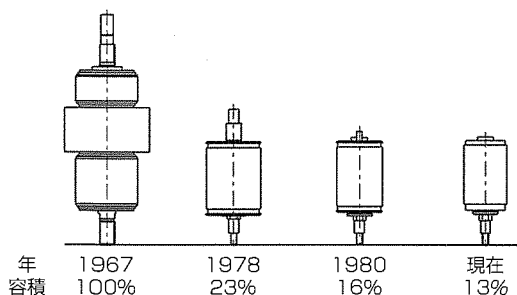


図2. 7.2kV-20kA汎用真空バルブ小型化の変遷

3. 人に対する安全性を確保する技術開発

電力の分配・供給を安定的に行うスイッチギヤには、高い信頼性ととも安全性が要求されている。グローバル化が進む市場の中で、人に対する安全性の要求はますます高くなってきており、このような市場動向の中で、スイッチギヤの国際規格(IEC(International Electrotechnical Commission)規格)が2003年11月に改定され、“内部事故アークに対する安全性”の要求が明確になり、作業員に対する安全性確保条件が詳細に規定された。

3.1 機器操作・保守時の安全性向上技術

当社“MS-E形”スイッチギヤでは、IEC規格に適合するために、次の安全構造化を実現している。

- (1) 遮断器の挿入・引出操作及び接地開閉器の入切操作が、扉、後部カバーを閉じた状態で行える盤外操作機構
- (2) (1)の操作を安全に行うために必要なインターロックを、接地開閉器(ES)、遮断器(CB)、及び正面扉・後部カバーとの間で機械的にとる構造

3.2 内部アーク事故時の安全性確保技術

万が一、盤内で短絡事故が発生した場合でも、内部事故アークに対する人の安全性を確保するため、当社では内部事故アーク現象解析技術を構築し、盤の安全設計を可能にした。

スイッチギヤの内部でアーク故障が発生した場合、急激にスイッチギヤ内部の圧力が上昇し、スイッチギヤ盤天井部に設けた放圧フラップが開き、盤外部へ高温ガスが放出される。これら一連の内部事故現象について、スイッチギヤ内部アーク解析プログラムを開発した。

この解析プログラムで得られた圧力上昇値をもとに構造解析することで、内部事故時にも耐え得るスイッチギヤの最適設計が可能となった。

またこの解析プログラムでは、内部事故アークによって放圧フラップからスイッチギヤ外部へ放出された高温ガスの挙動解析も実施することができ、人の安全確保のための設計も可能となっている(図3)。

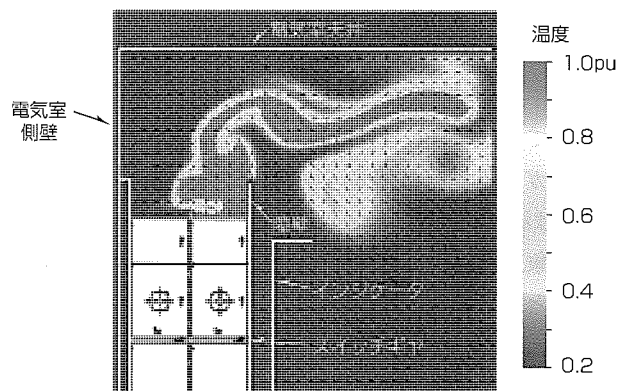


図3. 内部事故アーク挙動解析

4. 安心して使える信頼性向上技術開発

4.1 信頼性向上技術

真空遮断器の操作機構の動作信頼性では、微小な力で駆動する部位に対するグリースの経年劣化による粘度の上昇(固化)は、特に影響が大きい。この問題に対して当社の真空遮断器では2004年から、ラッチ軸などの面圧を下げることでグリースの塗布が不要な無潤滑軸受を採用し、動作特性の安定化と信頼性を向上させるとともに、長寿命グリースの開発によってグリース塗布が必要な操作機構部への注油間隔を、当社従来比2倍の3年から6年に延長可能とした。

さらにC-GIS搭載の真空遮断器では、操作機構に永久磁石と電磁石を用いた電磁操作方式を採用することで、電動バネ操作方式に必要であったラッチレバーなどの消耗部品レス、グリースレス化することで遮断器操作機構部のメンテナンス周期を大幅に延長することができ、信頼性の向上を図っている。

また真空遮断器及びスイッチギヤの接触通電部に使用するグリースでも、30年以上の期待性能を維持できる長寿命グリースを開発・適用することで、通電信頼性の向上を図っている(図4)。

4.2 耐環境性能向上技術

従来の空気絶縁形スイッチギヤでは、工場、車から排出されるガス等に含まれるNO_x、SO_xや大気中の塵埃(じんあい)・湿気によって絶縁性能が低下、トラッキング発生、最悪の場合地絡事故に至ることがあった。当社スイッチギヤ、コントロールセンタ、遮断器では、現在このような環境要因によっても劣化しにくい絶縁材料を採用し、耐環境性能を向上させている。

また近年、スイッチギヤ、コントロールセンタに標準採用が拡大している複合リレーなど電子機器では、温度・湿度、塵埃、腐食性ガスの影響が大きく、電気室の空調・外気侵入防止などの対策が必要であったが、新形コントロールセンタ用マルチコントローラでは、①コネクタ、スイッチ部分などの金めっき処理、②耐塵埃、耐ガス環境に有効な高性能基板コーティング材の標準採用、③ケースの密閉

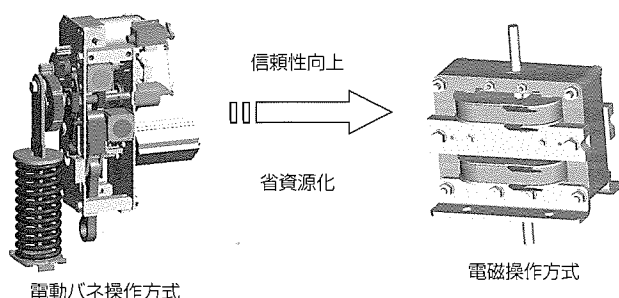


図4. 電動バネ操作方式と電磁操作方式との比較

構造化によって、腐食性ガスや塵埃、水に対する耐性を向上させ、また雷インパルス、静電気、電波ノイズ等の外来ノイズに対する性能も向上している。

4.3 長寿命化設計技術

配電盤用電子式複合リレーは、内部に使用しているアルミ電解コンデンサ、液晶表示部など電子部品の寿命条件から、従来の機械式リレーに比べ設計期待寿命が短く、約10年程度で交換する必要がある、配電盤のライフサイクルコストを押し上げる要因となっていた。

そのため、新形コントロールセンタ用マルチコントローラ“EMC-B形”では、電子部品の見直しによって耐温度性能を向上させるとともに、寿命部品(液晶ディスプレイ、アルミ電解コンデンサ)をそれぞれユニット基板化し、ユーザーが簡単に交換できる構造としたことで、製品本体としての期待寿命20年を実現し、ライフサイクルコストの低減を実現している。

5. メンテナンス費用を削減する診断技術開発

5.1 MT法による劣化診断・余寿命推定技術

当社では2000年に“MT法による絶縁物の劣化診断・余寿命推定技術(MT法診断)”を確立し、すでに120社以上で診断実施されている。

その後、実際にプラントで使用されていた絶縁物を用いた実証試験の結果からも、MT法診断の劣化評価結果は、事故・故障などに至る確率が高まり始める放電開始までの時間を精度良く評価できていることが分かっている。

MT法診断では、従来の配電盤全体での絶縁抵抗測定による評価ではなく、遮断器、碍子(がいし)などの機器・部品ごとに絶縁物劣化評価ができるため、事故を未然に防ぐ保全対策、部品の劣化度に応じた最適な保全計画の立案が可能となり、結果としてライフサイクルコストの低減に貢献している。

5.2 CBM状態監視技術

受配電システム機器で従来一般的に行われている保全方式は、消耗部品の交換、故障発生リスクの高い部位の点検を定期的に行うもので、時間基準メンテナンス(Time Based Maintenance: TBM)と呼ばれる。一方、状態基準メンテナンス(CBM)は機器の状態変化を監視して、必要な時点で必要なメンテナンスを行う方法である。CBMを実現するためには、機器の状態を監視するためのモニタリングシステムが不可欠となる。

当社は、次に示す状態監視技術を構築し、2006年からCBM状態監視装置を搭載した電磁操作遮断器搭載C-GISを納入している。

(1) VCB用操作機構の状態監視技術

電磁操作方式VCBの電磁コイルを流れる電流から、接点消耗量や操作機構部の摩擦力変化など遮断器の機械的な

開閉特性に影響する異常の兆候を特定することができる技術を確立した。

また同時に、電磁操作駆動用コンデンサの経年劣化、電磁アクチュエータの保持力経年劣化を監視する技術をも確立し、製品化した(図5)。

(2) CBM状態監視装置

当社最新の電磁操作遮断器搭載C-GISには、(1)のVCB用操作機構の状態監視機能に加え、すでに実用化されている部分放電監視装置、タンク内ガス圧、断路器動作監視などの機能を集約したCBM状態監視装置を搭載できる。

これらの監視技術によって、従来は遮断器の開閉特性試験、操作機構各部の点検や接点消耗量測定などを、定期的又は遮断器などの動作回数に応じて設備を停電して行っていたTBM式保守から、機器の状態をCBM装置で検出し、必要に応じてメンテナンスを実施するCBM式保守にできるため、設備寿命までの保守点検作業や、それに伴う停電による操業ロスの極小化などでライフサイクルコスト低減に大きく寄与できる。

また今後、これらの成果はC-GIS以外の標準VCB、高圧配電盤への適用拡大が期待できる。

5.3 受配電システムの自動点検技術

先に述べた受配電機器各々の点検に加え、受配電システム全体の健全性点検も定期点検の重要な項目であるが、近年では設備運用の効率化のため、定期点検時の停電時間の短縮が求められている。

当社では、点検時間の短縮のための受配電システム自動点検システムを2002年から市場に投入しているが、更なる停電時間の短縮のため、主回路無停電状態でリレー保護特性試験が可能な複合リレー及び自動点検システムを新たに開発し、主回路停電時間を短くすることを可能とした。

6. 電力供給の安定性向上を実現する技術開発

6.1 瞬時電圧低下対策技術

落雷などによる瞬時電圧低下は重要な負荷設備の損傷や停止を招くため、操業に大きな影響を与える。高速真空遮断器と高速保護リレーを用いた当社的高速解列システムは、瞬時電圧低下による重要負荷停止の未然防止や、コジェネ発電機の保護に有効である。

また、新形コントロールセンタで開発した3モード瞬低再始動機能は、モータ再起動時の突入電流が小さな0.2秒

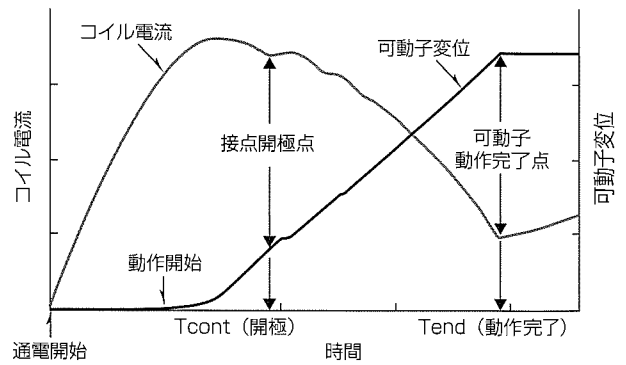


図5. 遮断器駆動時のコイル電流と動作特性

以下の短時間電圧低下に対して、復電後即モータを再始動することが可能となり、プラントの連続運転に対する安定性向上に貢献する。

6.2 開閉サージを抑制する開閉極位相制御技術

電力用コンデンサ投入時の突入電流、変圧器励磁突入電流、分路リアクトル遮断時の再発弧など、遮断器の開閉動作によって発生する過渡的な過電圧・過電流を抑制する位相制御技術は、遮断器の責務低減だけでなく、開閉サージによる保護リレー、制御機器などの誤動作を防止することができ、より安定性・信頼性の高い受配電システムの構築を可能にする。

当社の電磁操作方式C-GIS搭載のVCBは、三相独立に駆動できる電磁操作真空遮断器であり、これを用いたコンデンサ投入基礎研究では、目標投入電圧零点に対して300μs内の誤差で投入できること、三相一括投入に比べて過電流を30%以下に抑えられることが分かっており、近い将来製品化が期待できる。

7. む す び

より良い製品を目指して進化している当社受配電システム機器に関する、最新の技術動向と取り組みについて述べた。

受配電システム機器に対する地球環境問題、一層の安全性・信頼性向上、ライフサイクルコスト低減の社会的ニーズは、グローバル化する市場の中で今後ともますます重要性が高まると考えられる。これらに対し当社は基礎技術から体系的に取り組み、これを応用・製品化することでより良い電気利用社会の実現に貢献していく。

7.2~72kV 脱SF₆ガス絶縁スイッチギヤ

有岡正博* 井上直明*
吉田 暁* 吉田忠弘**
矢野知孝*

7.2~72kV Dry Air Insulated Switchgear

Masahiro Arioka, Satoru Yoshida, Tomotaka Yano, Naoaki Inoue, Tadahiro Yoshida

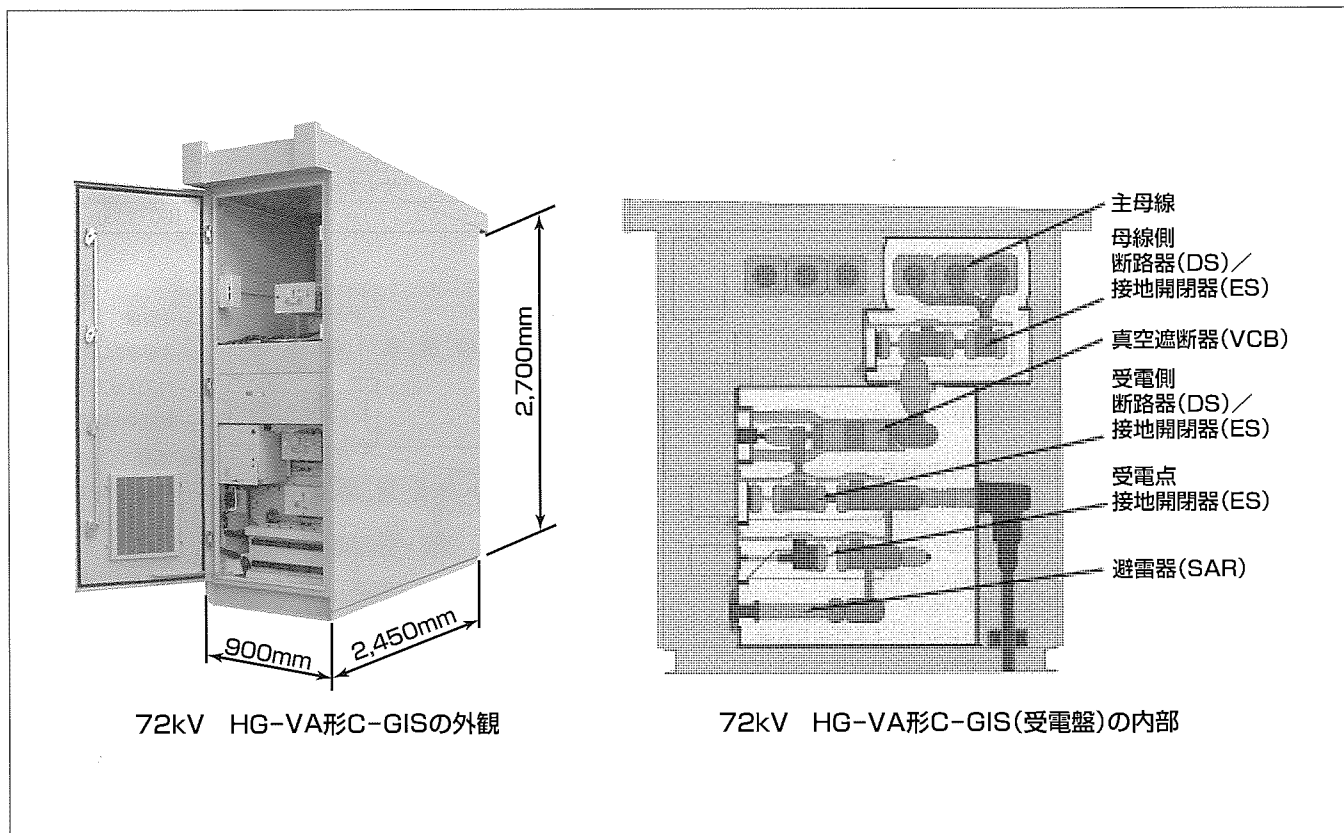
要 旨

国内外の需要家の受配電設備に用いられているガス絶縁スイッチギヤ(GIS)には、無毒・無臭で絶縁性能・消弧性能に優れた六フッ化硫黄ガス(SF₆ガス)が絶縁媒体として1970年ごろから採用されている。受配電設備向けのGISは、三相分離形GIS→三相一括形GIS→キュービクル形ガス絶縁スイッチギヤ(C-GIS)へと移行し、小型・軽量化、信頼性向上、ライフサイクルコスト(LCC)削減及び環境負荷低減が図られてきた。また、1997年の地球温暖化防止京都会議以降は、SF₆ガスの排出量削減とともに、SF₆ガスを用いない脱SF₆ガススイッチギヤが望まれ、2000年以降24~36kV級を中心に製品化されている。

三菱電機はC-GISの脱SF₆ガス化による地球温暖化抑制を目的として、2000年に世界で初めて実用化した低圧力(最高使用ガス圧力0.2MPa-G以下)のドライエア(乾燥空気：相対湿度1,000ppm以下)絶縁を用いた24kV級密閉型

複合絶縁スイッチギヤを実用化した。またその後、ドライエア絶縁と固体絶縁による複合絶縁を更に高度化することで、7.2~72kVクラスのスイッチギヤで、脱SF₆ガス化を実現した密閉形複合絶縁スイッチギヤをシリーズ化した。これらの製品群は、従来の当社C-GISで高い評価を得ている“小型”“軽量”“高信頼性”及びあらゆる受電形態と電気室に対応できる“配置計画の柔軟性”などの特長に加え、“環境負荷低減”と“LCC削減”を目的とし、真空遮断器(VCB)には、電磁コイルの磁力による開閉動作と、永久磁石の磁力による開閉状態保持を行う電磁操作方式を採用して、大幅に信頼性を向上させた。さらに、VCB操作機構の状態監視ができる技術を開発し、すでに実用化されているタンク内状態監視技術と合わせて、スイッチギヤのトータルCBM(Condition Based Maintenance)化を可能とした。これらは、LCC削減に大きく貢献できるものである。

特集
I



“HG-VA形”C-GISの外観及び受電盤の内部構造

72kV HG-VA形C-GISの外観及び内部構造を示す。通常操作を行う操作部、電圧検知器(表示部)及びCBM状態監視装置は前面側に配置している。

*受配電システム製作所 **先端技術総合研究所

1. ま え が き

国内外の需要家の受配電設備に用いられているGISには、1970年ごろから無毒・無臭で絶縁性能・消弧性能に優れるSF₆ガスが絶縁媒体として採用されている。受配電設備向けのGISは、三相分離形→三相一括形→キュービクル形へと移行し、小型・軽量化、信頼性向上、LCC削減及び環境負荷低減が図られてきた。また、1997年の地球温暖化防止京都会議以降は、SF₆ガスの排出量削減とともにSF₆ガスを用いない脱SF₆ガススイッチギヤが望まれ、2000年以降24~36kV級を中心に製品化されている。

当社はC-GISの脱SF₆ガス化による地球温暖化抑制を目的として、主回路部は外部環境の影響を受けないように金属製の密閉容器内に収納し、なおかつ、周囲温度によって結露が発生しない低圧力(最高使用ガス圧力0.2MPa-G以下)のドライエア(乾燥空気:相対湿度1,000ppm以下)絶縁を用いた24kV級密閉型複合絶縁スイッチギヤを、2000年に世界で初めて実用化した⁽¹⁾⁽²⁾。またその後、ドライエア絶縁と固体絶縁による複合絶縁を更に高度化することで、7.2~72kVの各クラスで、脱SF₆ガス密閉形複合絶縁スイッチギヤをシリーズ化した。この製品群は、当社C-GISで従来高い評価を得ている“小型”“軽量”“高信頼性”及び“配置計画の柔軟性”などの特長に加え、“環境負荷低減”と“LCC削減”を目的として、VCBは、電磁コイルの磁力による開閉動作と、永久磁石の磁力による開閉状態保持を行う電磁操作の採用によって一層の信頼性向上を実現した。さらに、VCB操作機構の状態監視ができる技術を開発し、すでに実用化されているタンク内状態監視技術と合わせて、スイッチギヤのトータルCBM化を可能とした。

本稿では、密閉形複合絶縁スイッチギヤの概要とその特長について述べる。

2. 密閉形複合絶縁スイッチギヤの概要

表1に、密閉形複合絶縁スイッチギヤの製品コンセプトを示す。環境負荷低減のための脱SF₆ガス化のほかに、省

表1. 密閉形複合絶縁スイッチギヤの製品コンセプト

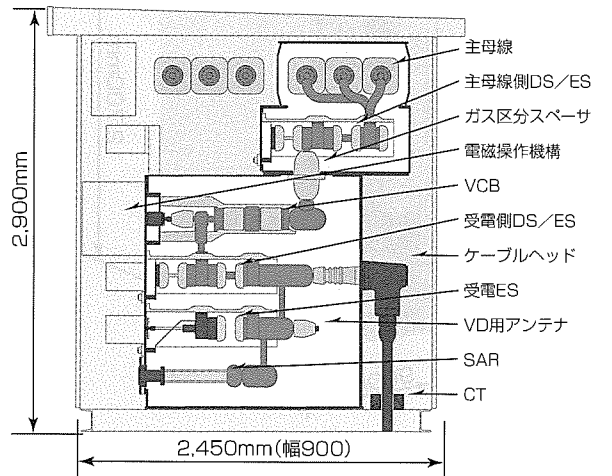
コンセプト	新技術	
環境に優しく	環境負荷低減	ドライエア絶縁の採用(脱SF ₆ ガス化)
	省エネルギー	電磁操作方式VCBの採用
		主回路機器間の直結 主回路導体の最短化による発熱量低減
省スペース	機器構成の機能モジュール化	
安全性	低ガス圧化	
人に優しく	LCC削減	電磁操作機構部のメンテナンスフリー化 CBM機能ユニット搭載 母線接続時のガス処理レス化
	高信頼性	構造の単純化 部品点数の削減
		電磁操作機構による主接点直動化 操作機構部の損耗部品レス化

エネルギー/省スペースに配慮し、LCC削減、安全性/信頼性の向上を図った。また、密閉形複合絶縁スイッチギヤシリーズの定格及び仕様を表2に、構造例を図1に示す。

密閉容器内に主回路部を収納し、大気圧近傍の低圧力ドライエアと固体絶縁物の複合絶縁によって、脱SF₆ガス化を実現した。さらに、制御回路部・操作機構部を金属閉鎖箱に収納した構造とすることで、設置環境に影響を受けない構造、レイアウトの柔軟性が高い盤モジュール形、通常操作する機器操作の前面配置による良好な操作性確保など、当社の従来形C-GISの特長を踏襲している。VCBは低圧力ドライエアを密封した容器内に収納することで真空スイッチ管(VST)のペローズ部への負担を軽減し、電磁操作機構による主接点直動によってVCB駆動機構部の構造を大幅にシンプル化し、消耗部品であるラッチレバーをなくして部品点数を大幅に削減した。これによって、操作機構部を含めたVCBの信頼性を向上することで、現地据付場所でのガス処理作業を削減し、作業の簡素化を可能とした。

表2. 密閉形複合絶縁スイッチギヤの定格及び仕様

項目		定格/仕様		
GIS	定格電圧 (kV)	7.2	24	72
	定格 雷インパルス (kV peak)	60	125	350
	耐電圧 商用周波 (kV rms)	22	50	140
	定格周波数 (Hz)	50/60		
	定格電流 (A)	630/1,250		800/1,200
	定格短時間耐電流 (kA)	25		25/31.5
	定格ガス圧力 (MPa-G at 20℃)	0.03	0.07	0.15
VCB	準用規格	JEM-1425		JEC-2350
	定格電圧 (kV)	7.2	24	72
	定格電流 (A)	630/1,250		800/1,200
	定格遮断電流 (kA)	25		25/31.5
	定格遮断時間 (サイクル)	3		
準拠規格		JEC-2300		



- DS : 断路器 (Disconnection Switch)
- ES : 接地開閉器 (Earthing Switch)
- VCB : 真空遮断器 (Vacuum Circuit Breaker)
- VD : 電圧検知器 (Voltage Detector)
- SAR : 避雷器 (Surge Arrester)
- CT : 変流器 (Current Transformer)

図1. 72kV HG-VA形C-GISの構造(受電盤)

3. ドライエア絶縁

ドライエアの絶縁耐力は、SF₆ガスの約1/3(圧力が同じ場合の比較)である。しかし、ドライエアは大気中に存在し、かつ地球温暖化係数がゼロであることに着目し、この絶縁特性を当社の特長である低圧力(労働安全衛生法における第二種圧力容器の検定が不要な0.2MPa-G以下)領域について重点的に研究し、2000年に業界トップレベルの小型・軽量化を図り、かつ、世界で初めて低圧力での脱SF₆ガス化を実現した24/36kV複合絶縁スイッチギヤを製品化した⁽¹⁾。

72kV HG-VA形スイッチギヤは、24/36kVスイッチギヤに適用したドライエアと固体絶縁物を組み合わせた複合絶縁技術を更に発展させ、低圧力ドライエア絶縁で、72kVクラスに必要な絶縁性能を実現し、従来のSF₆ガスを適用したC-GISと同程度の外形寸法としている。複合絶縁技術による絶縁効果の概念を図2に示す。

4. CBM機能

一般的な定期的メンテナンス(Time Based Maintenance: TBM)に対し、CBMは機器の状態変化に応じてメンテナンスを行う方法で、効率的なメンテナンスが可能でLCC削減に大きな効果が期待できるものである。ここでは、HG-VA形スイッチギヤに搭載したCBM機能の概要について述べる。

4.1 VCB用操作機構部の状態監視機能

VCB動作特性の経年的変化の主な要因は、電流開閉によるVSTの接点消耗、摩擦による機構部の磨耗などである。当社は、電磁操作方式VCBの電磁コイルを流れる電流(以下“コイル電流”という。)波形と、操作機構可動部の変位波形で、変曲点の発生する時間が同じであるという現象に着目し、コイル電流の波形分析技術を用いて機器の状態を推定する技術を確立した⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

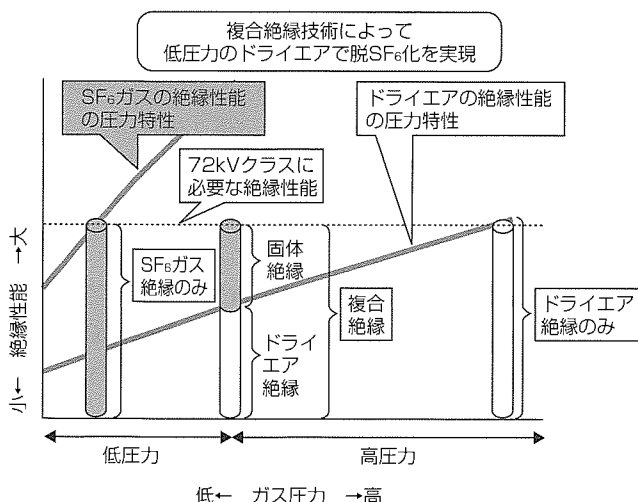


図2. 複合絶縁技術による絶縁効果の概念図

一例として、VCB接点が消耗する前の状態(初期状態)と接点消耗を模擬した場合の、コイル電流と操作機構可動部の変位の波形変化を図3に示す。

初期状態に対し、接点磨耗時のコイル電流及び変位のカーブで電流波形の変曲点と操作機構可動部変位の変曲点は一致しているので、コイル電流の波形(電流値、時間)を監視し、電流波形変曲点の時間や電流値を抽出して変化量を分析することで、接点消耗量や操作機構部の磨耗など、機械的な開閉特性に影響する異常の兆候を特定することができる。

HG-VA形スイッチギヤには、この電磁操作機構の電流波形分析による経年変化監視技術を含むCBM状態監視装置を搭載している。これによって、VCBの経年的変化による障害発生の予兆を検出し、従来は遮断器の開閉特性試験、操作機構各部の点検や接点消耗量測定などを、定期的又は遮断器の動作回数に応じて、設備を停電して行っていたTBM式保守から、機器の状態を検出・監視し、必要に応じてメンテナンスを実施するCBM式保守にできる。そのため、設備寿命までの保守点検作業や、それに伴う停電による操業ロスなどのLCC削減に大きく寄与できる。

4.2 絶縁劣化監視機能

スイッチギヤの絶縁劣化監視として、部分放電監視がある。部分放電発生時に放射される電磁波を検出する方法は、GISのオンライン絶縁診断方法として認知されており、CBM機能としての使用に適している。特にMHz帯の周波数を利用するUHF(Ultra High Frequency)法と呼ばれる検出方法は、主にkHz帯を使用する方法に比べノイズ成分が少ない周波数帯を利用するため、S/N比(Signal to Noise ratio)が高く検出能力に優れている。

図4に、スイッチギヤ内で発生させた部分放電をスイッチギヤ内部に設置したアンテナで電磁波を検出したときの部分放電と、印加電圧の関係を示す。

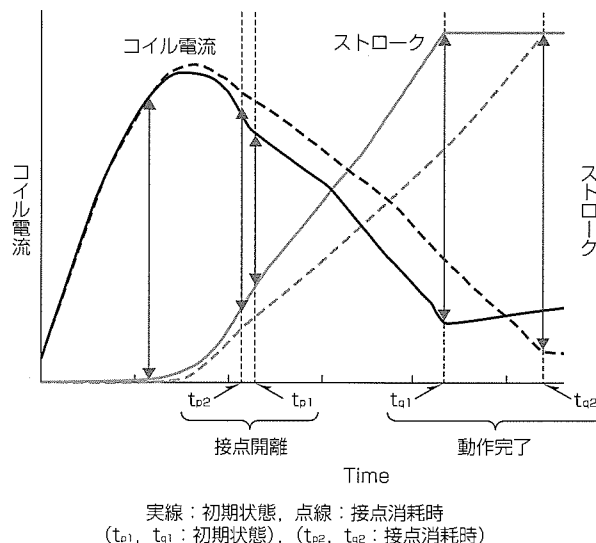


図3. 遮断器駆動時のコイル電流と変位の波形変化

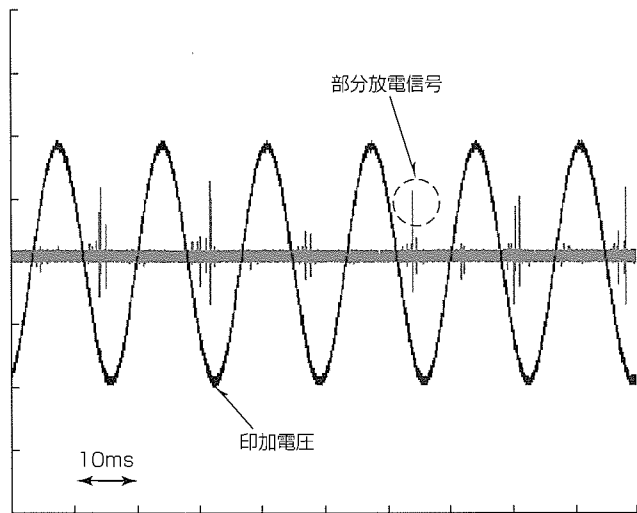


図4. 印加電圧と部分放電信号の関係

図4から、印加電圧の交流サイクルと部分放電の発生は同期し、部分放電が印加電圧の半サイクルの間に多頻度で発生する特徴を持つことがわかる。また部分放電は、数nsから数10nsの極短時間のパルス波形であり、図5の部分放電の放電信号の周波数特性をみると、低い周波数から数100MHzの高い周波数まで、幅広い周波数帯を持つことがわかる。

部分放電を電磁波で検出する方法で、部分放電による電磁波とノイズとを区別する方法は最も重要な技術である。UHF帯の電磁波ノイズには、放送波(地上波TV, 衛星TV)、通信波(携帯電話, PHS)に代表される連続的外来ノイズや、モータインバータなどの動作による単発ノイズがあり、UHF帯のノイズ源は少なくない。したがって、ノイズと放電との分離精度を高めることがシステムの誤動作を抑えるために重要となる。

一般的ノイズ分離、区別方法にはいくつかの方法があり、

- ① システムに侵入するノイズを物理的に遮断
 - ② 部分放電による電磁波の物理的特性を利用
 - ③ 部分放電の特性を利用(放電判定方法による分離)
- が代表的である。①は、電磁波の受信部であるアンテナの配置、選定によってノイズを遮断する方法が挙げられる。例えば、スイッチギヤのように全体が金属で覆われている内部は、外部からの電磁波の侵入が少ないため、アンテナをスイッチギヤ内部に配置することで容易にノイズの影響を低減できる。②は、部分放電による電磁波がノイズよりも強い狭帯域の周波数をフィルタ回路で絞る方法が代表的で、図5のような部分放電による電磁波の周波数特性を利用する。③は、例えば図4でみられた印加電圧の交流サイクルに同期した放電信号が発生する特性を利用し、このサ

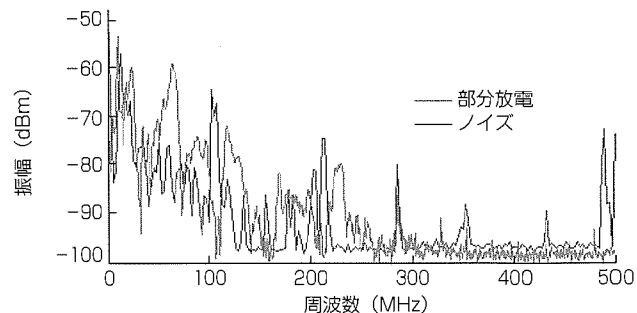


図5. 放電信号の周波数特性

イクルごとの連続的な信号波形特性による放電判定アルゴリズムを適用することによってノイズとの区別が可能になる。

これらの方法に代表されるような部分放電とノイズの判別によって、高感度なスイッチギヤ用の部分放電検出システムを構築することができる。

5. む す び

本稿では、低圧力ドライエア絶縁方式を採用した密閉形複合絶縁スイッチギヤの概要と、採用した機能について述べた。設備のライフサイクルにおける地球環境保全のための取り組み、LCC削減など、今後とも更に追求していくテーマであり、地球温暖化係数がゼロであるドライエアを利用した小型、高信頼性の密閉形複合絶縁スイッチギヤは、CBM状態監視装置とともに、今後の受配電設備に最適なスイッチギヤとして普及するものと考えている。

参 考 文 献

- (1) 吉田忠広, ほか: 新形24kVドライエア絶縁スイッチギヤの開発および製品化, 電気学会論文誌B, **126-B**, No.3, 359~364 (2006)
- (2) S.Sato, et al.: Development of Compressed Air Insulation Technology for C-GIS, 電気学会論文誌B, **124-B**, No.9, 1132~1138 (2004)
- (3) T.Takeuchi, et al.: An Electromagnetically Actuated Vacuum Circuit Breaker Developed by Electromagnetic Analysis Coupled with Motion, 電気学会論文誌B, **124-B**, No.2, 321~326 (2004)
- (4) A.Maruyama, et al.: Current Analyzing CBM type Vacuum Circuit Breakers, ICEE PS2-EM-04 (2006)
- (5) 丸山昭彦, ほか: 低ガス圧力72kVドライエア絶縁スイッチギヤ(3)-電流波形解析を用いた機構CBM技術-, 電気学会全国大会, 6-236 (2007)

海外市場向けスイッチギヤ“MS-E”

佐野幸治* 堀之内克彦**
 小林弘嗣*
 小鶴 進*

“MS-E Type” Metal-clad Switchgear for Overseas Markets

Koji Sano, Hirotsugu Kobayashi, Susumu Kozuru, Katsuhiko Horinouchi

要旨

世界的な電力需要の拡大に伴い、発電所、変電所、産業プラント設備などの建設需要も拡大傾向を継続しており、電力の分配・供給を安定的に行うスイッチギヤ(配電盤)には高い信頼性と安全性が要求されている。

このような市場動向の中、スイッチギヤの国際規格は新規規格IEC62271-200が2003年11月に発行され、実プラントにおける要求仕様もスイッチギヤの従来規格IEC60298から新規規格対応に変わってきた。

三菱電機では、IEC62271-200規格に適合する12/15kV海外市場向けスイッチギヤを製品化している。製品化した“MS-E形”スイッチギヤの特長は次のとおりである。

- (1) 盤外から遮断器を安全に挿入・引出操作できる操作機構の装備
- (2) 保守員の安全に関するインターロックのすべてを機械的インターロックで構成
- (3) 内部事故アーク試験分類AFLR 40kA 1sの性能確保

またこのスイッチギヤは、KEMA大電力試験場(オランダ)で形式試験を実施し、合格している。KEMAで実施した形式試験項目は次のとおりである。

- ① 定格短時間耐電流試験及び定格ピーク耐電流試験
- ② 遮断試験(IEC62271-100：高圧交流遮断器の規格準拠)
- ③ 内部事故アーク試験

内部事故アーク現象シミュレーション技術

障壁構造によるKEMA形式試験
 [内部事故アーク試験分類：AFLR 40kA 1s]

新技術の製品展開

内部事故アーク性能 AFLR 40kA 1s

前面操作

適用電圧の昇圧化 12kV→15kV
インターロックのすべてを機械的インターロックで構成
遮断器の中置式配置
遮断器、接地開閉器の盤外操作機構

運転継続性
LSC2B-PM対応

前面ケーブル施工
(前面アクセス)可能な構造

12/15kV MS-E形スイッチギヤの外観図
 [IEC62271-200準拠品]

海外市場向けスイッチギヤ“MS-E”

今回、海外市場向けスイッチギヤMS-Eを製品化したことによって、スイッチギヤの国際規格IEC62271-200に準拠した製品を提供することができる。左上の図は、IEC規格では不可欠な試験項目である内部事故アーク現象のシミュレーション結果を示したものであり、左下の写真はKEMA大電力試験場で実施した試験風景を示したものである。右の写真はMS-E形スイッチギヤを列盤した状態を示している。上段扉には保護リレーなどの制御機器を収納し、中段には盤外から引き出し可能な遮断器などの引出機器を収納している。

1. ま え が き

国内外で、発電所から送られる電力を需要家に安定的に分配・供給するスイッチギヤ(配電盤)は、社会インフラを支える必要不可欠な発電設備である。その中でも、海外市場向けスイッチギヤの準拠する国際規格は、新規規格 IEC62271-200“AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1kV and up to and including 52kV”が2003年11月に発行され、実プラントにおける要求仕様も、スイッチギヤの従来規格IEC60298 “AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1kV and up to and including 52kV”から新規規格対応に変わってきた。

当社は、IEC規格(IEC62271-200)に規定された運転継続性“LSC2B-PM”，内部事故アーク試験分類“AFLR 40kA 1s”を実現した“MS-E形スイッチギヤ”を製品化している。

本稿では、MS-E形スイッチギヤの概要と、IEC62271-200に規定された運転継続性、内部アーク事故の内容とその実現技術について述べる。

2. MS-E形スイッチギヤの概要

表1にMS-E形スイッチギヤの定格事項を示す。また、MS-E形スイッチギヤの主な特長を表2に、外観写真を図1に示す。安全性強化のための内部事故アーク性能40kA 1sの確保及び機械的インターロックの装備のほかに、電気室

表1. 定格事項

適用規格	IEC62271-200(2003.11)	
運転継続性(LSC)	LSC2B-PM	
内部事故アーク試験分類(IAC)	AFLR	
内部事故アーク試験条件	40kA 1s	
定格電圧	12kV	15kV
商用周波耐電圧値	28kV 1min	35kV 1min
雷インパルス耐電圧値	75kV	95kV
定格電流	1,250/2,000/3,150A	1,250/2,000A
搭載遮断器(当社製)	VCB(形名: 10-VPR-40C)	

表2. MS-E形スイッチギヤの特長

項目	内容
操作性	①前面操作の構造 ②盤外から遮断器を安全に挿入・引出操作を行える操作機構の装備
安全性	①運転中の盤へ安全に接近可能な構造(内部事故アーク試験分類: AFLR 40kA 1s) ②保守員の安全に関するインターロックのすべてを機械的インターロックで構成
高品質	①有限要素法の構造解析ソフトウェアを用いた構造設計 ②熱流体解析ソフトウェアを用いた放熱設計 ③内部事故アーク解析ソフトウェアを用いた放圧設計
据付/保守性	①主母線接続が容易な構造 ②前面ケーブル施工(前面アクセス)可能な構造による後面保守・点検スペースの縮小化

の省スペース化に配慮し、前面操作の構造及び前面ケーブル施工(前面アクセス)可能な構造とすることで後面保守・点検スペースの縮小化を図った。

3. IEC規格の主な内容

IEC規格で新規に定義された内容を次に示す。

- (1) スwitchギヤの構造について、運転継続性(Loss of Service Continuity: LSC)に対する表現・クラスが明確に規定されている(表3)。
- (2) 内部事故アーク試験分類(Internal Arc Classified: IAC)はスイッチギヤの周辺(前面, 側面, 裏面)への保守員の接近可否と、事故電流, 事故継続時間をクラス分けしており、図2に示す。内部事故アーク試験時の電気室条件(天井, 側壁, 及び後部壁の模擬)として数値が明記されている(詳細寸法は図3に示す)。
- (3) “内部アーク事故時に発生する高温放出ガスの噴き出し⁽¹⁾による保守員への被害を防ぐため、遮断器(CB)の挿入/引出操作(断路位置と接続位置間の移動)や接地開閉器(ES)の入/切操作が、扉・後部カバーを閉めた状態でなければ行えない”という盤外操作機構と、それに

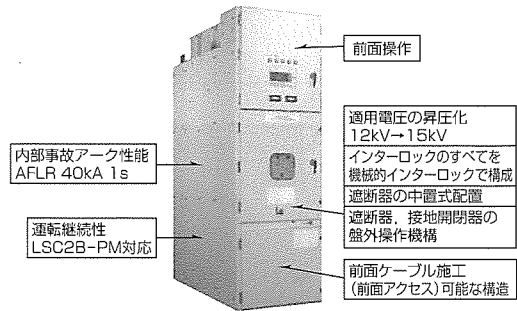


図1. MS-E形スイッチギヤの外観

表3. 運転継続性(LSC)のカテゴリー

図	※破線は仕切を示す		
コンパートメント仕切り	仕切りなし	ケーブル室に仕切りなし	すべてのコンパートメントに仕切りあり
IEC62271	LSC1	LSC2A-PI LSC2A-PM	LSC2B-PI LSC2B-PM
IEC60298	Cubicle		Compartmented/ Metal-clad

PI : 仕切り, あるいはシャッターの一部が絶縁物
PM : 仕切り及びシャッターのすべてが接地金属

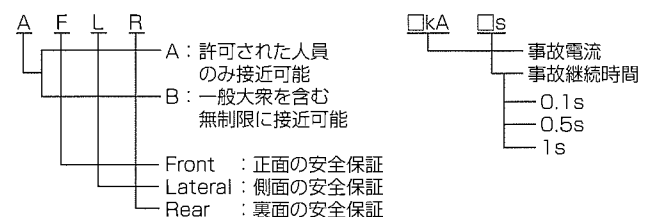


図2. 内部事故アーク試験分類(IAC)

伴うインターロックについて、IEC規格では“内部事故”“カバー及び扉”の項目で言及している。

4. MS-E形スイッチギヤの技術

4.1 機械的インターロック

MS-E形スイッチギヤに搭載している機械的インターロックを図4に示す。このスイッチギヤは、保守員の安全に関するインターロックの基本的考え方である“機器の誤操作を防止する”“充電時は内部に接近できない”“機器操作時も安全である”のすべてを、機械的インターロックで構成している。

4.2 内部アーク事故発生時のスイッチギヤ放圧構造

MS-E形スイッチギヤは電気室条件によって2種類の放圧構造を標準として用意している。

IEC規格で規定されているスイッチギヤ天井部から電気室天井までの寸法600mmでは、内部アーク事故時にスイッチギヤ天井部の放圧フラップから放出した高温放出ガスは天井で跳ね返り、スイッチギヤ周辺まで回り込む。この高温放出ガスによって、スイッチギヤ周辺の保守員は被害を受ける可能性がある。電気室天井高さが低い場合は、高温放出ガスがスイッチギヤ周辺に回り込まないように、盤天井部から電気室外へ通じるトンネル状のダクトを取り付けた“放圧ダクト構造”を準備している。

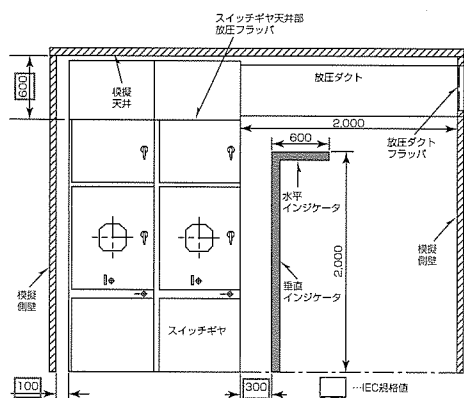


図3. 内部事故アーク試験構成(放圧ダクト構造)

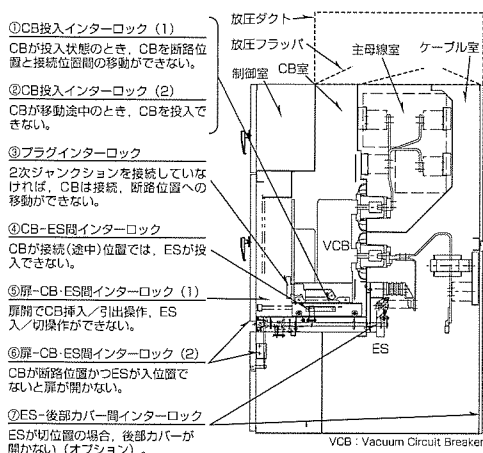


図4. MS-E形スイッチギヤの機械的インターロック

実際の電気室天井高さは、上記よりはるかに高い場合がほとんどであり、高温放出ガスは広いエリアに拡がる。この場合は、高温放出ガスがスイッチギヤ周辺に回り込むのをガードするように、スイッチギヤ上部の放圧フラップを囲うような“障壁を取り付けた構造”を準備している。

電気室天井高さが低い場合の課題は、放圧ダクトによる背圧の影響を考慮した盤内圧力上昇を求めることであり、電気室天井高さが高い場合の課題は、盤外の高温放出ガス挙動(温度分布)を求めることである。

4.3 放圧ダクト構造の盤内圧力解析

(1) 盤内圧力解析

スイッチギヤの内部でアークが発生した場合、アーク発生部周辺の空気は数千度に加熱される。それに伴い急激にスイッチギヤ内部の圧力が上昇し、数msから十数msで内部の圧力上昇値は最大に達する。その内部圧力上昇によって、スイッチギヤ盤天井部に設けた放圧フラップが開き、盤外部へ高温放出ガスが放出される。盤上部に放圧ダクト構造を設けることで放圧フラップから放出された高温放出ガスは放圧ダクトを經由し、放圧ダクトに設けた放圧ダクトフラップが開放し外部に放出される。

これら一連の現象について、CIP(Cubic Interpolated Propagation)法⁽²⁾を用いた“スイッチギヤ内部アーク解析プログラム⁽³⁾”を開発した。図5にその計算結果を示す。故障発生後約10msで盤内圧力は最大値に達し、その後盤天井フラップの開放で盤内圧力は下がるが、故障はなお継続しているので、放圧ダクト内の圧力が高まることによって再び盤内圧力は上昇し、放圧ダクトフラップの開放とともに盤内圧力は大気圧程度となっていることを示している。

(2) 実証試験

図6に、KEMA大電力試験場(オランダ)での放圧ダクト構造における内部事故アーク試験風景を示す。当社で開発した内部事故アーク解析プログラムによって、放圧ダクト取付による背圧の影響を考慮した盤内圧力値を求め、高温放出ガスを出さない安全なスイッチギヤであることを立証した。

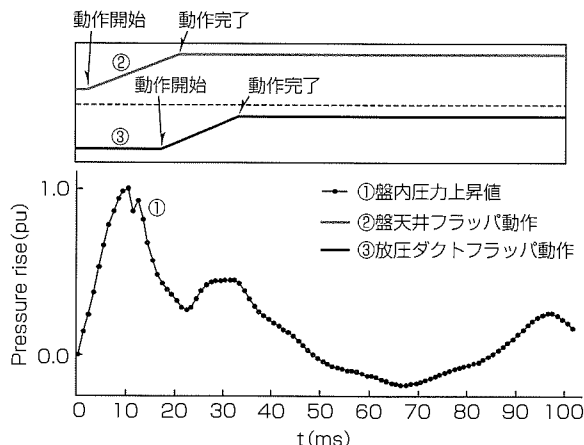


図5. スwitchギヤ内部アーク解析手法による計算結果

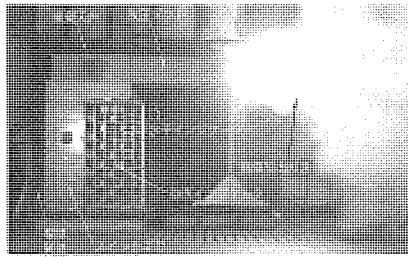


図6. 内部事故アーク試験風景(放圧ダクト構造)

4.4 放圧ダクトを装備しない構造の高温放出ガス挙動解析

(1) 高温放出ガス挙動解析

放圧ダクトを装備しない構造で、内部事故アーク40kA 1sを“スイッチギヤ内部アーク解析プログラム”で解析した事例について述べる。

図7に、内部事故アーク40kA 1sにおける解析結果を示す。これはスイッチギヤの上部放圧口を囲うように、高さhの障壁を配置した解析モデルの高温放出ガスの挙動(温度分布)を示したものである。スイッチギヤの左に電気室の横壁を想定した境界を設定し、上方には高さHの天井を想定した境界を設定した。また、スイッチギヤの右側に図8で示す水平、垂直インジケータを模擬している。

図7の温度分布から、高温放出ガスはスイッチギヤの右方向へ流出していることが分かる。これは高温放出ガスの放出後、電気室天井及び電気室左側壁に遮られて電気室の左上隅の圧力が高くなるため、その圧力によって高温放出ガスが右方向へ流されるからである。また、図7(a)と(b)を比較すると、障壁がある場合の高温放出ガスは、障壁がない場合に比べてその高温部分がインジケータより高い位置に分布し、高温放出ガスの回り込みを低減できる効果があることが分かる。これによってスイッチギヤの上部開口部に障壁をつけることで、インジケータに高温放出ガスが回り込まないようにすることが解析によって推定できる。

(2) 実証試験

図8に、KEMA大電力試験場(オランダ)での障壁構造における、内部事故アーク試験風景を示す。スイッチギヤの上部開口部から放出した高温放出ガスは、障壁の効果によって、インジケータより高い位置となるよう制御され、高温放出ガスのインジケータへの回り込みを低減でき、盤周囲の保守員に対して安全なスイッチギヤであることを立証した。

5. む す び

“機械的インターロック搭載”“内部事故アーク試験分類 AFLR 40kA 1s”のIEC規格に適合した、海外市場向スイッチギヤMS-Eについて述べた。

内部アーク事故等異常時を想定した安全性確保の要望は、今後ますます高まってくると思われる。当社は、スイッチギヤ内部アーク事故時の圧力上昇、高温放出ガス挙動の解

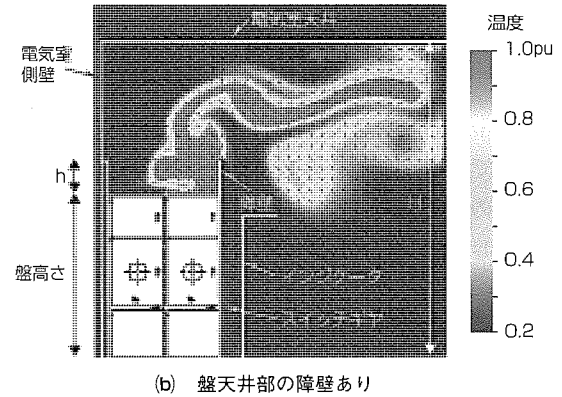
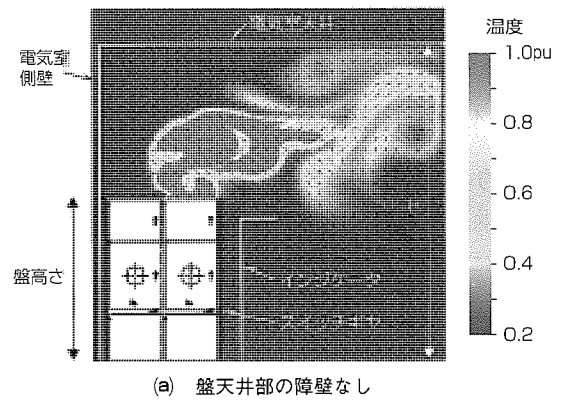


図7. 高温放出ガス挙動解析

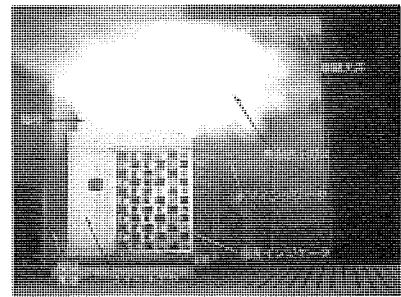


図8. 内部事故アーク試験風景(障壁構造)

析技術をさらに発展させ、様々な電気室条件に対して顧客のニーズにこたえる製品バリエーションの拡充に努めていく所存である。

参考文献

- (1) 富山敦司, ほか: 配電盤内部アークによる高温放出ガス温度計測, 平成20年電気学会全国大会講演論文集(6), 330~331 (2008)
- (2) Yabe, T., et al.: A universal solver for hyperbolic equations by cubic-polynomial interpolation. I. One-dimensional solver, Computer Physics Communications, 66, 219~232 (1991)
- (3) 堀之内克彦, ほか: CIP法による配電用スイッチギヤ内部事故アーク現象の解析, 電気学会開閉保護研究会資料, SP-08-18 (2008)

環境保全に配慮した真空遮断器 “VFシリーズ”とキーパーツ真空バルブ

大川義博* 原田貴和*
古賀博美* 鳥羽慎司*
山田 博*

Vacuum Circuit Breaker “VF series” and the Key Parts Vacuum Switch Tubes for which Environmental Preservation are Considered
Yoshihiro Okawa, Hiromi Koga, Hiroshi Yamada, Takakazu Harada, Shinji Toba

要 旨

近年、環境保全、環境負荷低減に向けた取り組みが世界規模で進められるなか、2008年7月の北海道洞爺湖サミットでの合意を受けて、今後更に環境・気候変動問題に対する取り組みが強化されることになる。

こうした世界的な動きを背景に、受配電システム市場でも、欧州RoHS(Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment)指令特定6物質の使用制限による環境汚染防止や、CO₂排出抑制(脱SF₆ガス化等)などの地球温暖化防止に配慮した製品が評価されるようになってきている。

三菱電機は、欧州RoHS指令特定6物質の使用を廃止した“VF-8/13D形”真空遮断器(定格電圧3.6/7.2kV、定格遮断電流8/12.5kA)を2004年11月に製品化しており、今回新たに定格電圧3.6/7.2kV、定格遮断電流20/25kAクラスの“VF-20/25D形”真空遮断器をシリーズ開発して製

品化した。VF-20/25D形真空遮断器は、環境負荷低減をコンセプトに施工性、保守性を追求するとともに、高性能真空バルブを搭載し、高い信頼性を実現した製品である。

(1) 環境保全に配慮した未来志向VCB(Vacuum Circuit Breaker)

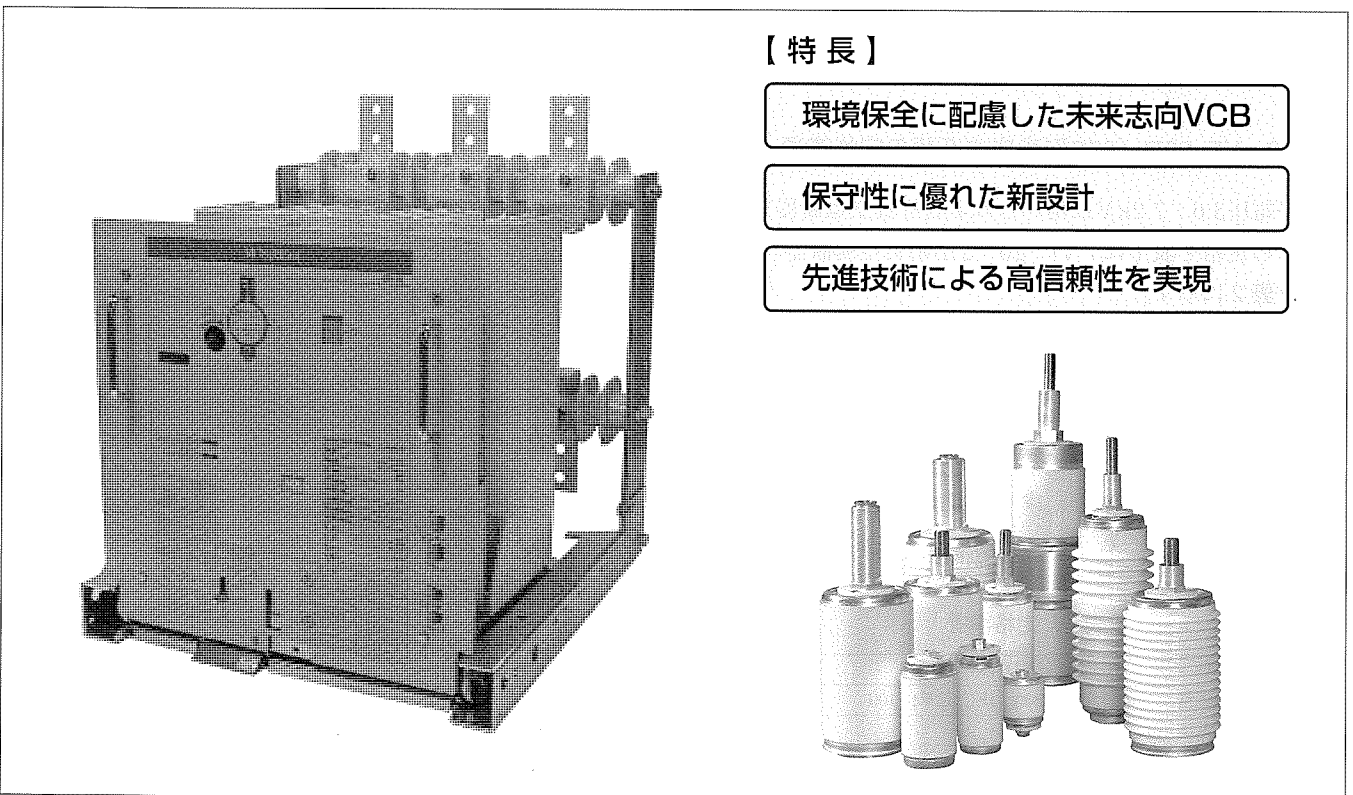
欧州RoHS指令特定6物質である六価クロム・鉛などを使用しない製品を実現

(2) 保守性に優れた新設計

引き外しラッチの軸受部に無潤滑軸受を採用し、動作特性の安定化と保守性の向上を実現

(3) 先進技術による高信頼性を実現

電流遮断時のアーク抑制技術や絶縁設計技術を駆使し、真空バルブの最適構造を追求し小型化及び信頼性の向上を実現



【 特 長 】

環境保全に配慮した未来志向VCB

保守性に優れた新設計

先進技術による高信頼性を実現

“VF-20/25D形”真空遮断器と真空バルブ

環境負荷低減を追求した真空遮断器VFシリーズとして、新たにシリーズ開発した定格電圧3.6/7.2kV、定格遮断電流20/25kA用VF-20/25D形真空遮断器を市場投入した。これら真空遮断器には、優れた耐電圧性能・絶縁回復特性を持つ“真空”を消弧媒体とした真空バルブ(VST)が搭載されている。

*受配電システム製作所

1. ま え が き

国内外を問わず環境保全、環境負荷低減に対する意識は高まる一方であり、欧州RoHS指令特定6物質(水銀、鉛、カドミウム、六価クロム、臭化物難燃材PBB、PBDE)の使用が規制されたことや、2008年7月に開催された北海道洞爺湖サミットでの環境・気候変動問題に対する合意事項、国内における改正省エネ法やグリーン購入法が施行されるなど、法的規制が強化されるとともに、社会的要求も高まっている。

当社は、環境保全に配慮した真空遮断器として、2004年11月に3.6/7.2kV-8/12.5kA用VF-8/13D形真空遮断器(手動ばね操作)を、続いて2005年7月にVF-8/13D形真空遮断器(電動ばね操作)を製品化している。

これら真空遮断器の消弧媒体に使用している真空は、84kVクラス以下の領域では、空気、SF₆ガスや絶縁油などの他絶縁媒体に比べて、優れた耐電圧性能と絶縁回復特性を持っている。そのため、装置の小型化、環境負荷低減及び長寿命化の観点から、近年では、真空バルブを搭載した真空遮断器が一般的に用いられている。

本稿では、環境負荷低減を目的としてシリーズ拡大を図った3.6/7.2kV-20/25kA用VF-20/25D形真空遮断器(以下“VF-20/25D形真空遮断器”という。)についての概要と、真空遮断器をはじめキュービクル形ガス絶縁スイッチギヤ(C-GIS)などの受配電機器のキーパーツである真空バルブの特長や、高信頼性を実現する技術について述べる。

2. VF-20D/25D形真空遮断器の定格事項

定格電圧3.6/7.2kVに用いられる当社真空遮断器VFシリーズの定格を表1に、VF-20/25D形真空遮断器の定格事項を表2に示す。

表1. 真空遮断器VFシリーズの定格

遮断電流 定格電圧	8kA	12.5kA	20kA	25kA	31.5/40kA
3.6kV	VF-8/13D		VF-20/25D		VF-32/40
7.2kV	(手動:2004年11月 電動:2005年7月 製品化)		(今回新規開発 2007年7月 製品化)		(今後開発予定)

表2. 定格事項

項目	VF-20/25D(DG)*1
準拠規格	JEC-2300, IEC 62271-100
定格電圧	3.6/7.2kV
定格電流	600A/630A 1,200/1,250A*2
定格周波数	50/60Hz
定格遮断電流	20kA/25kA

*1 (DG)は低サージ品

*2 定格電流630A, 1,250AはIEC規格対応

3. 技術動向と環境負荷低減の追求

3.1 真空遮断器VF-Dシリーズ

当社では、3.6/7.2kV用真空遮断器としてVF-Cシリーズの真空遮断器を納入してきたが、環境保全に配慮した遮断器として、定格遮断電流8kA/12.5kAクラスで欧州RoHS指令特定6物質の使用を廃止したVF-Dシリーズの真空遮断器を他社に先駆けて製品化した。

さらに、その中で培った技術に基づいて、定格遮断電流20kA/25kAのクラスにもシリーズ拡大を図り、2007年7月にVF-20/25D形真空遮断器を製品化した。

環境に対する社会の意識は年々高まっており、真空遮断器の分野をリードする当社としては、さらにシリーズ化を進めて、今後定格遮断電流31.5kA/40kAのクラスでも展開していく方針である。

3.2 操作機構の注油間隔の延長と信頼性向上

グリースの経年劣化による粘度の増加(固化)は、操作機構における引き外しラッチ等の、微小力で駆動する部位の動作信頼性に対して特に影響が大きい。この問題に対してVF-8/13D, VF-20/25D形真空遮断器では、ラッチ軸の面圧を下げ、微小力で駆動する部位の軸受をグリースの塗布が不要なPTFE(Poly Tetra Fluoro Ethylene)をベースとした無潤滑軸受とした。これによって、安定した動作特性を実現し、操作機構部への注油間隔を当社従来機種種の3年から6年に延長可能とした。

このラッチ部の挙動については、CAE(Computer Aided Engineering)を用いた運動解析を行い、動作安定性を追求した。

図1に運動解析モデルを示す。

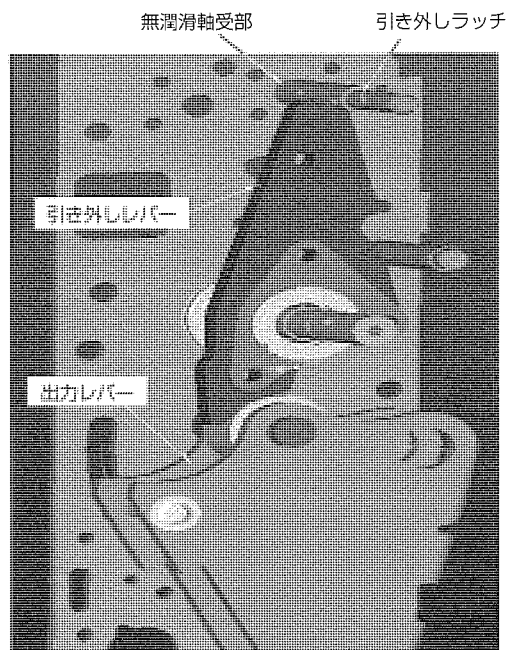


図1. 運動解析モデル

また、開閉動作に関するVF-20/25D形真空遮断器の操作機構の模式図を図2、図3に示す。

ラッチにかかる荷重は投入・遮断ばねなどのエネルギーによって異なるが、VF-20/25D形真空遮断器では、VF-8/13D形真空遮断器と同様のラッチ構造とし、リンク機構で荷重を減衰し、ラッチにかかる荷重を小さくした。これによって、VF-20/25D形真空遮断器の投入/引き外しコイルは、コイルスプールなどの部品をVF-8/13D形真空遮断器用のそれと共用化を図ることができた。その他、モータ、補助スイッチなども部品の標準化を実施し、信頼性の向上を図っている。

3.3 環境負荷低減と部品標準化

従来、金属部品の防錆(ぼうせい)処理として採用されていた亜鉛めっきには、六価クロムが防錆処理剤として使用されているが、近年欧州を中心に環境への影響が指摘され、規制化されている。VF-20/25D形真空遮断器では板金部品、機械加工部品などは当然のことながら、ボルト、ピン、ねじ類の亜鉛めっき表面上の六価クロメート処理を廃止し、規制対象外の三価クロメート処理を採用した。採用にあたっては、耐食性など各種評価試験を実施し、長期信頼性を確認した。

また、制御基板の実装に使用されているはんだには鉛成分が含まれているが、近年、廃却された製品が雨水にさらされることで鉛成分が溶け出す危険性が指摘され、鉛フリーはんだへの移行が急速に進められている。当社でも、環境負荷低減の観点から、六価クロムの使用廃止と同様に、鉛フリー基板化に取り組んでいる。

今回開発したVF-20/25D形真空遮断器は、これらめっきの処理や鉛フリー基板などもVF-8/13D形真空遮断器と共用化・シリーズ化を図り、徹底した標準化を推進している。

これら以外にも、遮断器の梱包(こんぼう)を従来のダンボール梱包の底に木枠を用いた構造から、形状を工夫しダ

ンボール梱包のみの構造としたことや、主要樹脂部品には材料表示をすることで、リサイクルを容易にするなど、環境負荷低減に貢献する機器とした。

4. 真空バルブ

4.1 真空バルブの概要

当社は、真空遮断器やキュービクル形ガス絶縁スイッチギヤ(C-GIS)などの、受配電機器のキーパーツである真空バルブを1965年に初めて製品化して以来、40年以上にわたる豊富な経験と使用実績を、設計・製造・品質管理に生かすとともに、高性能接点材料及びその製造方法の開発、アーク挙動観測による遮断現象の基礎的な研究、並びに応力解析・電界解析・磁界解析などのCAE技術を駆使し、小型で高信頼性の真空バルブを開発してきた。当社真空バルブは定格電圧1.5~84kV、定格遮断電流最大63kA、定格電流最大4,000Aという幅広い定格領域の製品をそろえており、その用途は次に示すように幅広く、国内外の多くの開閉機器メーカーに納入している。

真空バルブの用途

- ・真空遮断器用
- ・真空コンタクター用
- ・真空負荷開閉器用
- ・負荷時タップ切換器用
- ・鉄道車両搭載用(多頻度開閉遮断器)
- ・オートリクローザ用

真空バルブの外観を図4に示す。真空の絶縁耐力は、空気、SF₆、絶縁油などのほかの絶縁媒体よりも優れており、この真空が持つ高い絶縁耐力によって真空バルブはコンパクトになっている。また、真空中では電流遮断時の絶縁回復速度が速く、短いアーク時間で大電流遮断が可能でありアーク電圧も低いため、電流遮断時の接点間のアークエネルギーが小さくなり、接点消耗が少なく多数回の遮断が可能である。

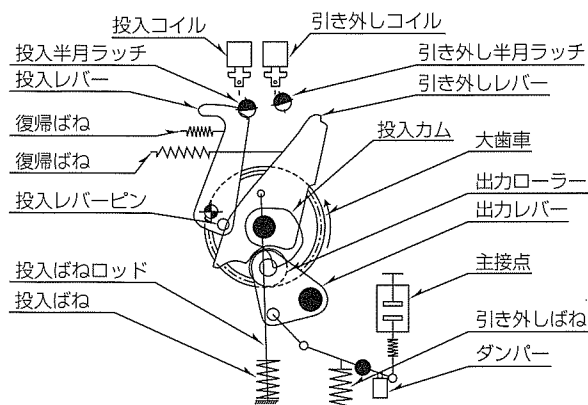


図2. 主接点开・投入ばね放勢状態

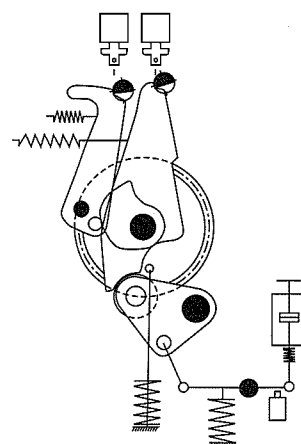


図3. 主接点閉・投入ばね蓄勢状態

真空バルブの基本構造を図5に示す。真空バルブは絶縁容器、フランジ、アークシールド、ベローズ、固定電極棒、可動電極棒、及び接点で構成されており、絶縁容器内は高真空に維持されている。接点は操作機構に接続された可動電極棒の動作によって、ベローズを介して真空気密保持された状態で開閉動作するようになっている。接点の周囲にはアークシールドが配置されており、電流遮断時に接点間で発生する金属蒸気を捕捉し絶縁容器内沿面の絶縁性能が損なわれないようになっている。

図6に、7.2kV-20kA遮断器用真空バルブの小型化の変遷を示す。VF-20D形真空遮断器用に開発した7.2kV-20kA真空バルブは、容積比で初代の真空バルブの13%（図6の現在）、当社既存真空遮断器（図6 1980年のVF-20C形）用真空バルブの81%にまで小型化した。次にVF-20D形真空遮断器用に開発した真空バルブの特長について述べる。

4.2 汎用真空バルブ用接点材料の開発

汎用真空バルブに使用する接点材料は、銅系の接点材料に添加剤を加えて耐溶着性能に優れた接点材料を開発した。また、電極構造はスパイラル電極構造を採用しており、電流遮断時のアーク挙動観測と磁界解析（図7）によって、新たに開発した接点材料に適したスパイラル電極形状を見出し、遮断性能に優れた小型真空バルブを実現した。

4.3 7.2kV-25kA低サージ真空バルブの開発

低サージ真空バルブでは、過電圧の発生を抑制するため、電流遮断時のさい断電流値が小さい銀系接点材料を用いた縦磁界電極構造を採用している。今回開発した低サージ真空バルブでも、電流遮断時のアーク挙動観測と縦磁界電極部の磁界解析（図8）を行い、発生する磁界の均一化と高磁界化を図った結果、旧機種では7.2kV-20kA定格であったものを、真空バルブの大きさは同じで7.2kV-25kA定格の遮断容量に向上した。

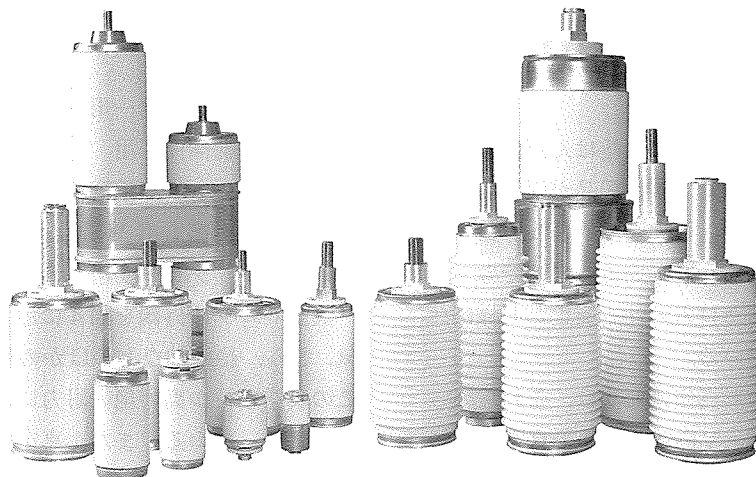


図4. 真空バルブの外観

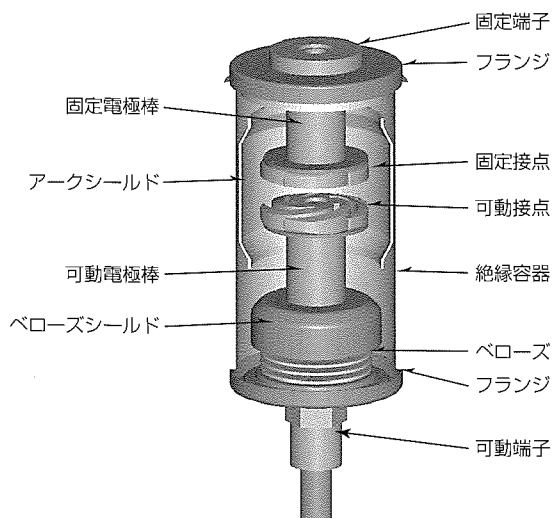


図5. 真空バルブの基本構造

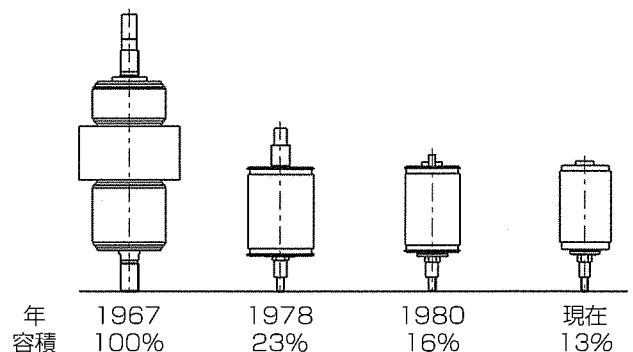
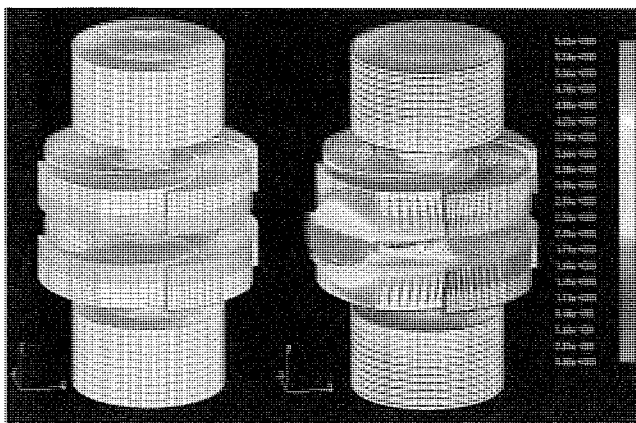


図6. 7.2kV-20kA汎用真空バルブ小型化の変遷



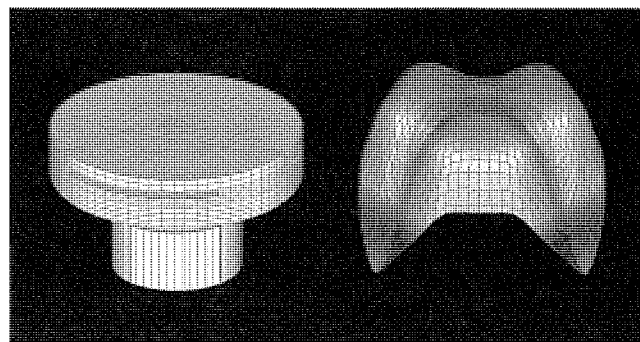
(a) スパイラル電極モデル (b) 電極部磁界分布

図7. スパイラル電極の磁界解析結果

4.4 真空バルブの高信頼性の追求

真空バルブは、長期にわたる高真空の維持と、優れた電氣的・機械的特性を要求されるため、真空バルブに使用する部品の材料や製造工程を厳密に管理している。真空バルブの高真空を構成する部品は、すべてガス含有量の少ない真空用材料を使用し、絶縁容器にはアルミナセラミックスを使用している。

製造工程では、真空バルブに組み込まれる部品を自動化化学表面処理装置で洗浄、表面処理し、クリーンルーム内で組み立てを行っている。組み立て後の部品は高真空雰囲気中でろう付け接合を行い真空封止し、その後、構造検査、耐電圧試験や真空度検査を全数実施している。



(a) 縦磁界電極モデル (b) 電極部磁界分布

図8. 縦磁界電極の磁界解析結果

当社は40年以上にわたる豊富な経験を生かし、信頼性の高い製造プロセスを確立するとともに、各製造工程での全数検査を厳格に行い真空バルブの高信頼性を追求し実現している。

5. む す び

VF-20/25D形真空遮断器は、高い安全性・信頼性を持ち、さらに環境にも配慮して欧州RoHS指令特定6物質の使用を廃止するとともに、真空バルブの小型化実現による使用原材料を削減し、温室効果ガス排出量を低減した製品である。今後は、定格遮断電流31.5kA/40kAのクラスへのシリーズ化を展開していく。当社独自の技術による高信頼性を持つ真空バルブを搭載したこの製品が、広く社会に貢献できれば幸いである。

信頼性・使いやすさを向上させた “B形コントロールセンタ”

大西健司*
岩澤頼晃*

“Type-B Motor Control Center” Improved Reliability and Usability

Kenji Onishi, Yoriaki Iwazawa

要 旨

コントロールセンタはモータの制御・保護・計測・監視などを集中管理するための開閉装置で、モータをON/OFFさせるスイッチや、電気系統の故障時に故障状態の回路を安全に切り離すための配線用遮断器などの保護装置を、負荷ごとにユニット化して収納した配電盤である。

工場や上下水道処理場、発電所などのプラントで使用されるポンプや機械類の稼働には、モータが多数使用されており、工場だけでなく社会インフラにおける重要な基幹システムであり、保守・メンテナンスの重要性が高まる一方で、その省力化が強く望まれている。

“B形コントロールセンタ”ではこれらのニーズに対応して、“顧客メリット”を開発コンセプトに製品化を実施した。本稿では、その成果について述べる。

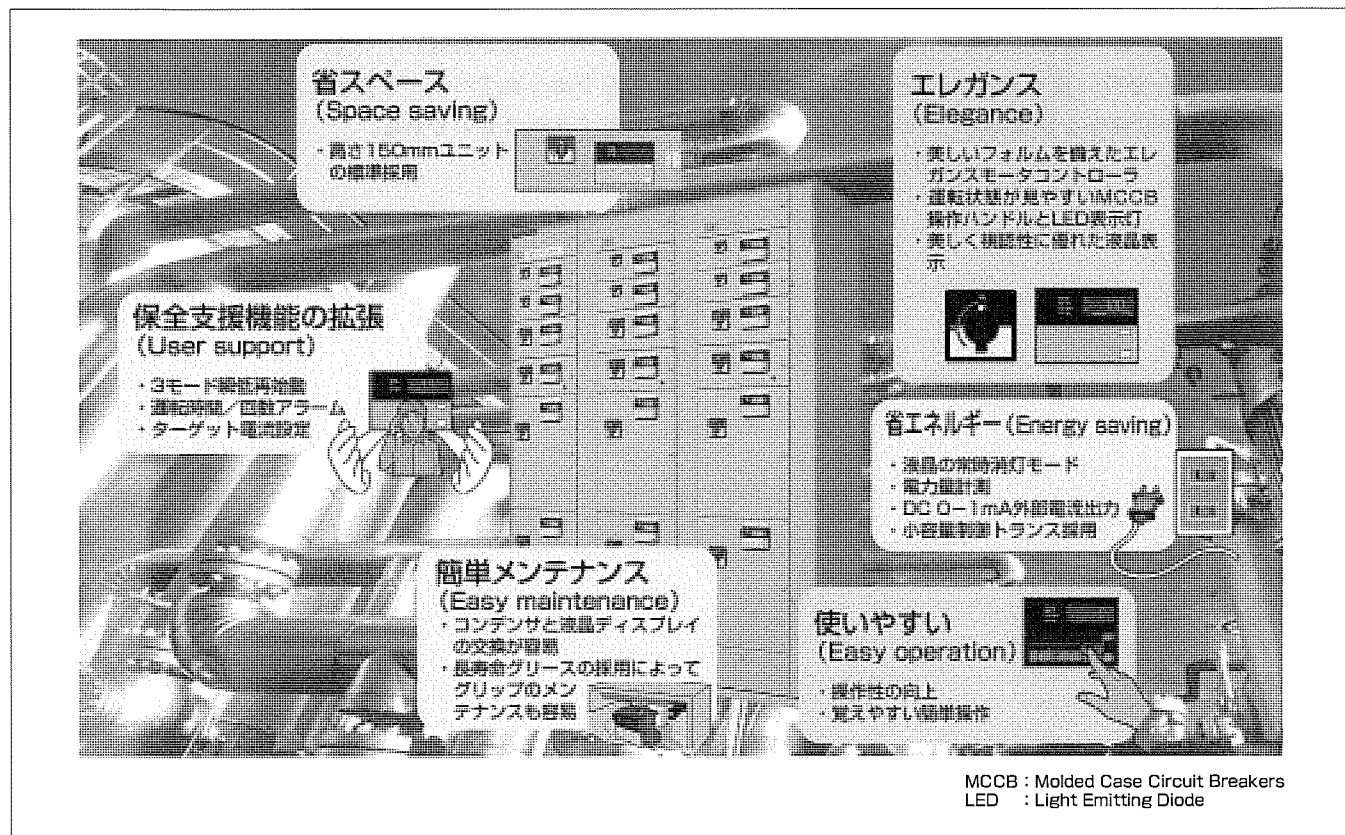
(1) コントロールセンタ

操作部の使いやすさを見直すとともに、制御トランス容量選定の最適化による省エネルギーを実現した。また、メンテナンスの省力化を目指し、電源との接触子構造をすべての引出し形ユニットで統一するとともに、メンテナンスの課題であった接触子部のグリースを長寿命化することで、使いやすさとメンテナンス性を向上させた。

(2) 電子式マルチモータコントローラ

電子式マルチモータコントローラは、耐環境性の向上による信頼性改善を図り、表示部の広視野角化及び操作ボタン配置への人間工学の適用によって、操作性とメンテナンス性を大幅に向上させた。

また、顧客が寿命部品を交換可能な独立基板構造としており、メンテナンスの省力化と部分交換による製品の長寿命化を図っている。



顧客メリットを追及した“B形コントロールセンタ”

メンテナンス省力化、使いやすさ、省エネルギー、省スペースをポイントとして、顧客メリットを追及して進化したB形コントロールセンタを示す。

1. ま え が き

工場の産業プラントや、発電所設備、上下水道水処理プラントなどではポンプや機械類が多く使われており、それらポンプや機械をモータによって駆動している。

モータコントロールセンタ(MCC)は、これら多数のモータを一括集中管理して制御や保護、計測、監視などを行うための制御盤であり、モータをON/OFFしたり、故障した電気系統を安全に切り離したりするスイッチや配線用遮断器、保護装置、表示器などを一つにまとめたユニットが複数収納されている。

MCCは各ユニットがコンパートメント化されており、事故時もユニット室等のコンパートメント単位での損傷を抑えることができ、事故の波及を最小限に留め、また母線を停電することなく、各ユニットのみの停止でユニットの引出し、点検、設定変更、位置変更、試験が可能で、プラントの連続操業が可能となっている。

プラントの安定した連続操業が求められていることに伴い、MCCには、信頼性の向上やメンテナンスの省力化、長寿命化が求められており、使いやすさの向上を実現するとともに、長寿命化や耐環境性能を向上させたB形MCC(図1)について述べる。

2. メンテナンスの省力化

母線と各ユニットは接触子を介して電気的に接続しており、接触部の摺(しゅう)動性、周囲の空気及び塵埃(じんあい)等からのシール効果をねらい、接触部に接点グリースを塗布している。

従来機種では低温～高温までの使用温度範囲が広く、接触安定性の高い導電性グリースを採用してきたが、通電時の発熱による油分蒸散によって、3～5年ごとに古いグリースの除去及び新しいグリースの再塗布を必要としていた。

B形MCCでは、接点グリースに油分の蒸散が非常に少なく、熱的に30年以上初期の性能を維持できる長寿命グリースを新規採用することによって、周囲の腐食性ガスや塵埃

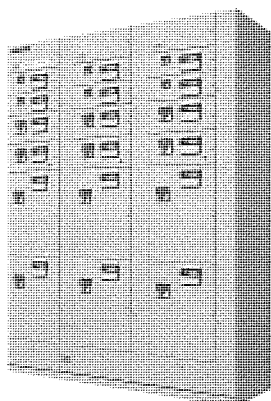


図1. B形コントロールセンタ(MCC)

の堆積(たいせき)状況を目視確認する程度に、メンテナンスの省力化を図っている(図2)。

また、従来機種ではユニットの定格電流に対して、接触子を150Aまでは1段、300Aまでは2段、400A時は特殊形状の接触子を用いて電流容量を確保している。しかし、400A時の接触子は300A以下の接触子とは形状が異なるため、ユニットの位置変更には母線の停電が必要であった(図3、図4)。

B形MCCでは、400Aまでの接触子の外形を300A以下サイズと統一し、すべての引出し形ユニットを母線の停電をすることなく、点検、設定変更、位置変更、試験が可能な構造としている(図5)。

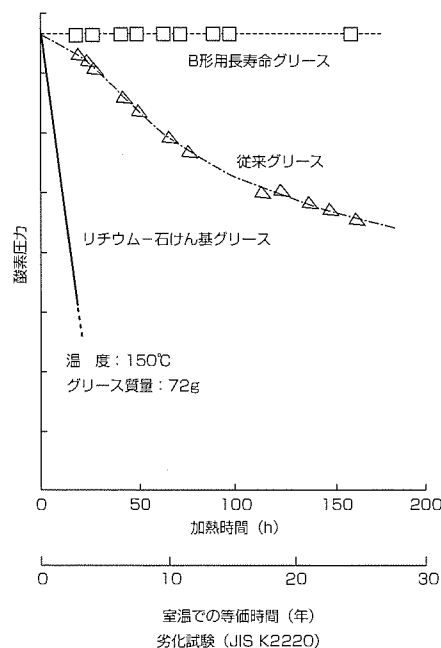


図2. グリースの酸化劣化試験結果

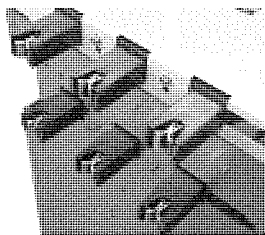


図3. 従来形接触子(～300A)

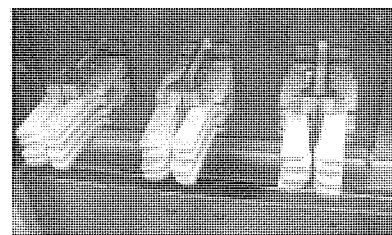


図4. 従来形接触子(400A)

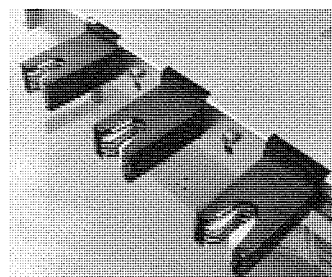


図5. B形MCC接触子(～400A)

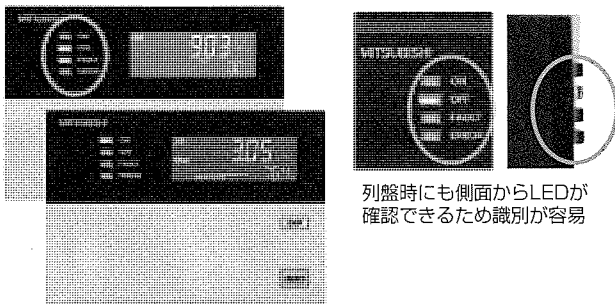
3. 信頼性向上

三菱電機では、MCCで行うモータの制御や保護、計測、監視等の機能を集約した、電子式マルチモータコントローラを業界に先駆けて搭載してきた。B形MCCに搭載する電子式マルチモータコントローラ“EMC-B^(注1)”は、電子部品の見直しによって耐温度性能を向上させたことで、平均周囲温度50℃で設計期待寿命20年を実現した。また、コネクタ、スイッチ部分などの金めっき処理や、耐塵、耐ガス環境に有効な基板コーティングの標準採用、基板やケースの最適化設計によって、腐食性ガスや塵埃、水に対する耐性を向上させた。また雷インパルス、静電気、電波ノイズ等の外来ノイズに対する性能も向上している。

(注1) Electronic multi-function Motor Controller type B: モータの制御(運転、停止)・保護、運転状態の計測・監視等をオールインワンで実現した複合電子装置

4. 使いやすさの向上

EMC-Bの表示部には広視野角・高輝度液晶を採用し、ポジティブ方式とすることで視認性が向上した。液晶ディスプレイは通常青色であるが、故障トリップ時にはオレンジ色に変化する。LEDは正面からだけでなく横からも確認できる構造となっており、列盤されたMCCの中から故障したユニットを瞬時に認識することを可能としている(図6)。



左上: 故障トリップ時, 左下: 通常時

図6. EMC-Bの外観

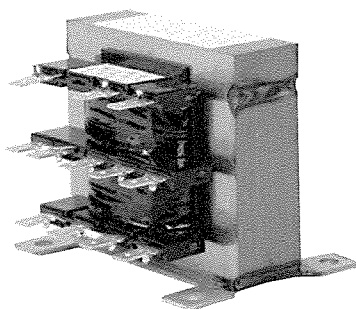


図7. 50VAトランス

5. 省エネルギー

各ユニットに搭載する制御トランス容量は、従来75VAと150VAの2種類であったが、50VAを追加しユニットサイズ別に容量を最適化するとともに、無負荷時の損失を低減させることで省エネルギーを実現した(図7)。

6. 長寿命化

EMC-Bは、寿命部品(液晶ディスプレイ、アルミ電解コンデンサ)をそれぞれユニット基板化し、ユーザーが簡単に寿命部品を交換できる構造となっている。EMC-Bは周囲温度50℃環境下で、これら寿命部品の設計期待寿命を10年と定めており、納入から10年で寿命部品基板の交換を1回実施することで、製品としての期待寿命20年を実現した(図8)。

7. ユーザー支援機能

7.1 3モード瞬低再始動機能

EMC-Bでは瞬低時のモータの運転モードで、従来の時限再始動モード、非再始動モードに加え、0.2秒までの短時間瞬低に対し復電後即再始動する即再始動モードを追加した。このモードの追加によって、モータ起動時の突入電流の大きさを考慮した、様々な瞬低パターンに対応したプラント運用が可能となった(図9)。

7.2 ターゲット電流設定機能

負荷が安定した状態の電流値(ターゲット電流)を、EMC-Bに記憶させておく機能を追加した。EMC-Bが現状の運転電流との比較を常時行い、ターゲット電流を基準

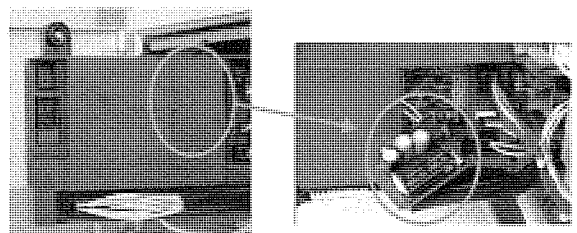


図8. アルミ電解コンデンサ基板の交換

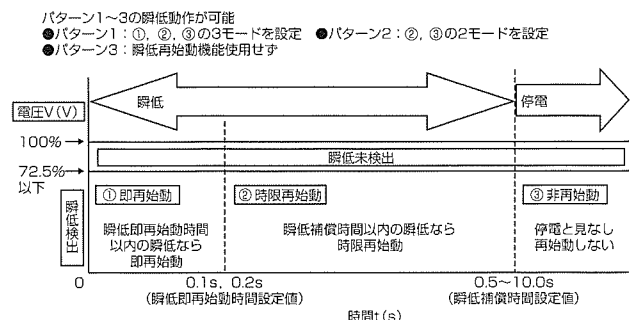


図9. 3モード瞬低再始動機能

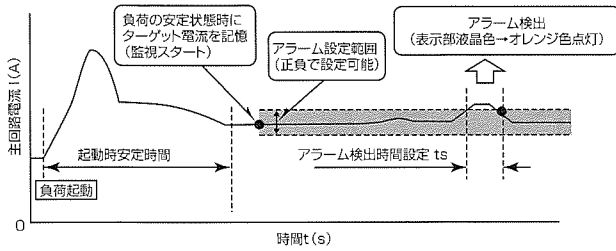


図10. ターゲット電流設定機能

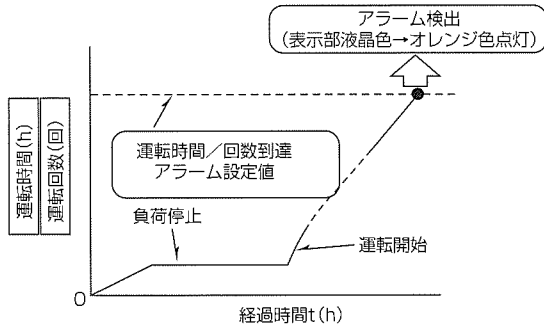


図11. 運転時間/回数到達アラーム機能

表 1. B形MCCの盤本体仕様

項目	定格
外形寸法(巾×奥行×高さ)	600×550×2,300(低背タイプ1,900) (mm)
定格絶縁電圧	690V
定格使用電圧	100～480V
定格周波数	50/60Hz
定格遮断電流	25/50/75kA
最大短時間耐電流	75kA 1秒
最大母線電流	3,500A
商用周波耐電圧	2,500V 1分
最大適用容量(モータスタータ)	300kW (440V)
適用可能海外規格	IEC60439-1, NEMA ICS3 Part1

IEC : International Electrotechnical Commission
 NEMA : National Electrical Manufacturers Association

とした設定範囲(定常運転範囲)を超えると、負荷の異常状態としてアラームを表示する機能である(図10)。

また、アラーム情報は、内部シーケンスプログラムによって接点として外部に発信することも可能であるため、保全業務が省力化できる。

7.3 運転時間/回数到達アラーム機能

EMCは保全支援データとして、モータの運転時間やコンタクタの開閉回数、トリップ履歴等の運転履歴データをメモリに保存している。これらモータの運転時間やコンタクタの運転回数の確認は、今まではEMC内部の履歴データを1台ずつ確認する必要があった。

EMC-Bでは、運転時間及び運転回数が設定値に到達した時にアラームを検出する機能を備えている。この機能を使用すれば、事前設定値到達時にアラーム表示させることができ、また、接点として外部に発信することができるので、点検・交換時期を容易かつ的確に把握できる(図11)。

表 2. EMC-Bの仕様

項目	仕様
使用周囲温度	-10～60℃(年平均平均電気室温度が35℃(EMC-B周囲温度50℃)を超えないこと)
使用周囲湿度	10～90%RH
雰囲気(塵埃)	著しい塵埃のないこと (盤取り付け状態でIP53レベル)
雰囲気(腐食性ガス)	H ₂ S 50ppb以下(ISA規格G3クラス) (その他のガス・混合ガスは対象外)
雷インパルス	端子一括-大地間(伝送ラインを除く) 5kV(1.2×50μs)
耐ノイズ	2kVp-p, 1μ/100ns (電源ノーマル/コモン, ノイズシミュレータによる)
耐電波障害	150M/470M/900MHz 5Wのトランシーバ: 隔離距離40cm以上 各社携帯電話: 密着使用可能(2007年調べ)
静電気	15kV(IEC61004-2 Class4準拠)
消費VA	定常時: 約3.4VA, 最大時: 約5.2VA

ISA : The Instrument Society of America

8. B形MCCの製品仕様

B形MCCの盤本体仕様及びEMC-Bの仕様を表1, 表2に示す。

9. 今後の展開

B形MCC本体及びEMC-Bについて、次のシリーズ化を計画している。

(1) 本体仕様のシリーズ化

- ①海外市場向け両面ワイドタイプ盤
- ②水処理向け密閉盤
- ③インバータ専用盤

(2) EMC-Bのシリーズ化

- ①仕様統合化(单相3線仕様, 微小漏洩(ろうえい)電流計測仕様, 低感度地絡過電流仕様, 7点入力仕様)
- ②現行機種互換機("EMC-Z", "EMC-A")
- ③水処理向け10点入力仕様
- ④高機能仕様(高精度電力/電力量計測, 電力保護機能)
- ⑤デファクトスタンダードバス対応

10. む す び

B形MCCでは、“顧客のメリットは何か”をテーマに市場調査を行い、使いやすさ、メンテナンス省力化、長寿命、省エネルギー、高機能を目指し開発を行った。

今後も顧客のメリットを追求し、高い機能への要望にこたえるためのシリーズ開発を行い、より顧客満足度の高い製品を提供できるよう努める所存である。

受配電設備における監視制御システム

大西宏明*
笹川 悟*

Supervisory Control System and Automatic Testing Facilities for Power Distribution Equipment

Hiroaki Onishi, Satoru Sasakawa

要 旨

三菱電機では受配電設備の監視のために、監視制御システム“MELSAS”を提案している。この監視制御システムは、受配電設備及び関連機器を統合的に集中管理することで、監視業務の効率化に貢献している。あわせて力率改善制御、デマンド監視、負荷選択遮断等の様々な機能に基づいた効率的な運用によるエネルギー監視も可能としている。

監視制御システムは、ユーザーからの信頼性や省エネルギー及び運用・保守性の向上等の要望に対して、日々改善が行われているが、近年では設備運用の効率化を目的として定期点検時の停電時間の短縮が求められている。このよ

うなユーザーからの要望にこたえるためには、受配電設備が無停電の状態、遮断器との組み合わせによる保護特性試験や操作連動試験を行う必要があった。当社では停電時の自動点検システムを2002年から市場に投入して以来好評を得てきたが、2008年に無停電状態での自動点検に対応した“MP21A形”マルチリレー及び監視制御システムによる自動点検システムを開発した。

本稿では、この無停電自動点検システムと、最新の受配電監視制御システムの機能について述べる。



最新の受配電監視制御システム

電力系統図グラフィックパネル(上)とMP21A形マルチリレー(右下)、監視制御卓(左下)を示す。

1. ま え が き

受配電監視制御システムは、特高／高圧スイッチギヤ等の受配電設備の監視・制御を行っており、ビル、工場、公共、交通システムといった社会インフラにおける受配電設備の巡視点検・定期点検・事故復旧業務の効率化に貢献している。

これら受配電監視制御システムは、顧客のニーズにこたえるために、信頼性の向上や保守・点検作業の改善がなされてきた。本稿では、最新の受配電監視制御システムと受配電設備の保守・点検業務の効率化を実現させた受配電設備自動点検システム(以下“自動点検システム”という。)について述べる。

2. 受配電監視制御システム

受配電監視制御システムは次の機能を持っており、24時間365日、受配電設備の監視・制御を行っている(図1、2)。

- ①状態・故障・アナログ上下限監視
- ②アナログ・パルス計測
- ③電力デマンド監視
- ④トレンド監視
- ⑤イベント(メッセージ表示)監視
- ⑥日報・月報処理
- ⑦機器発停制御
- ⑧力率改善コンデンサ制御

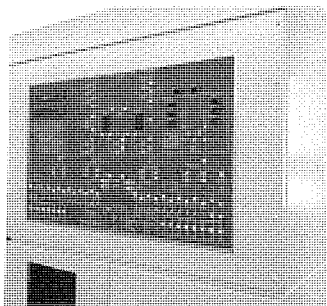


図1. グラフィックパネル盤

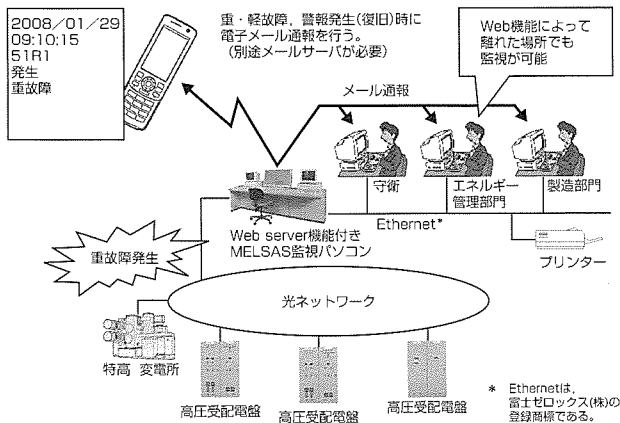


図2. Web監視と電子メール通報

- ⑨グラフィックパネル表示
- ⑩Webによるリモート監視
- ⑪電子メール通報
- ⑫マルチ画面と大画面モニタ監視
- ⑬省エネルギー支援

ここ数年ではIT技術の進歩によって機能⑩⑪を、大画面モニタの普及によって機能⑫を、地球温暖化・省エネ法の改正によって機能⑬を要求されることが増えてきている。

3. 自動点検システム

MP21A形マルチリレーを用いた自動点検システムは、通常受配電監視制御システムの機能に加え、受配電設備の保守・点検業務を効率化するために2002年に開発、市場投入したシステムである。市場投入後、多くの顧客の支持を得てきた。

自動点検メニューとしては、表1に示す3つのメニューがある。

3.1 自動点検システムの構成

図3に自動点検システムの構成を示す。自動点検システム

表1. 自動点検メニュー

試験項目	内容	目的
(1) 操作連動試験	MP21Aの遮断器制御回路から、遮断器を動作させ、遮断器動作時間を計測し、良否を判定する。	遮断器動作時間は、通常経年とともに長くなる性質があり、それが正常範囲内であることの確認、及び遮断器制御回路の健全性の確認を行う。
(2) 停復電連動試験	電力監視装置PLC、及びMP21Aから、商用停電を模擬した信号を発生させることで働く自動回路が、停復電フローどおりの順序・時間で動作を行うことを確認する。	停復電に伴う機器の連動動作を確認し、また、その動作時間を計測することによって、周辺補助リレーの動作を含めたシーケンス回路の健全性の確認を行う。
(3) 保護連動試験	MP21Aの内部機能によって、保護特性試験信号を内部で発生させ、MP21Aの保護回路を動作させる。この試験では、MP21Aの動作時間を計測して保護特性の良否判定を行うとともに、遮断器の連動トリップ動作の確認を行う。	定期点検で実施している保護継電器の特性試験を、内部模擬信号によって実施することで、定期点検作業の効率化を図り、また、継電器動作に伴う遮断器のトリップを確認することで、周辺補助リレーの動作を含めたシーケンス回路の健全性の確認を行う。

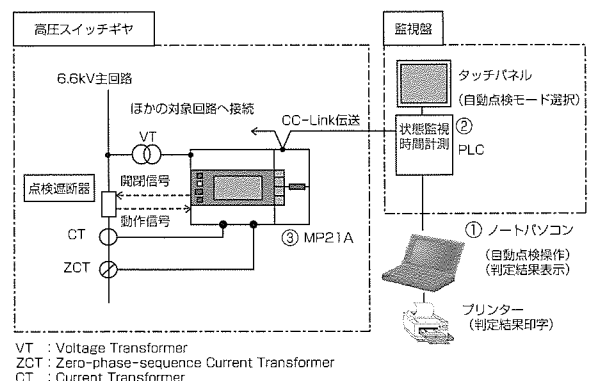


図3. 自動点検システムの構成

ムは、①自動点検ノートパソコン、②状態監視・時間計測用PLC(Programmable Logic Controller)、③マルチリレーMP21A(デジタル式継電器)によって構成される。

実際の試験手順は次のとおりである。①自動点検ノートパソコンから②PLCに対して自動点検操作を行うと、このPLCから③MP21Aに対して、試験指令が送信される。MP21Aは受信した試験指令に応じた動作を行い、その結果をPLCに対して送信する。試験完了後、ノートパソコンは試験結果をMP21Aから取得して良否判定を行い、試験結果として表示する。

3.2 無停電システムの構成

保護特性試験を、主回路停電なしで実施するための回路構成を図4に示す。

遮断器回路切断スイッチ(①)を操作することによって、MP21AのTRIP出力と遮断器のトリップコイルが切断される(②)。これに合わせてトリップ回路切断中ランプのスイッチがON(③)となる。MP21Aに対してもこの接点がインターロックとして入力されており(④)、これがONとなることで自動点検動作が可能となる。また、この接点はCC-Link伝送のDIO(Digital Input Output)端末にも入力されており、遮断器回路が切断されたことが中央でも確認できる。

この回路の切断を確認後、自動点検ノートパソコンから保護特性試験指令をMP21Aに送信し、MP21Aの保護特性試験を実施する。

3.3 MP21A形マルチリレーについて

MP21A形マルチリレーは保護、計測、制御機能を一体化したデジタル式のマルチリレーである(表2、図5)。

MP21Aの内部ブロック図を図6に示す。保護連動試験

用の回路は、保護要素の特性試験のための試験用波形を生成する回路に加えて、アナログ回路を外部から分離するための回路によって構成される。

PLCからの自動点検開始指令によってMP21AのCPU(Central Processing Unit)は自動点検用のモード(自動点検モード)へ移行し、アナログ入力部の切り離しを行う。PLCからは自動点検開始指令にあわせて、点検対象となる保護要素及び試験波形の大きさに関する情報も送信される。この情報を基に、MP21Aは試験波形発生装置で指定された交流波形信号を生成し、この波形を試験対象のアナログ回路へ入力する。自動点検モードでも、通常の保護要素の処理は動作しているため、この信号によって保護要素が動作(トリップ)する。

この時、MP21Aは試験波形発生時点からトリップ接点が動作するまでの時間を測定している。動作時間情報は自動点検終了後にPLCに送信されるため、外部でカウンタを用意して保護の動作時間を測定する必要はない。

遮断器開閉試験でも、遮断器の開閉信号の出力から動作信号の入力までの時間の測定を行い、こちらも試験終了後にPLCで確認が可能である。

3.4 保守・点検時の停電時間の短縮

自動点検システムは保守・点検業務の効率化(保守・点検時間の短縮)に貢献してきた。しかし、これまでの自動点検システムは主回路が停電中であることを条件としていたが、ビル設備等の稼働率を向上させるためには受配電設備の保守・点検業務に要する時間(停電時間)の短縮は不可欠であった。

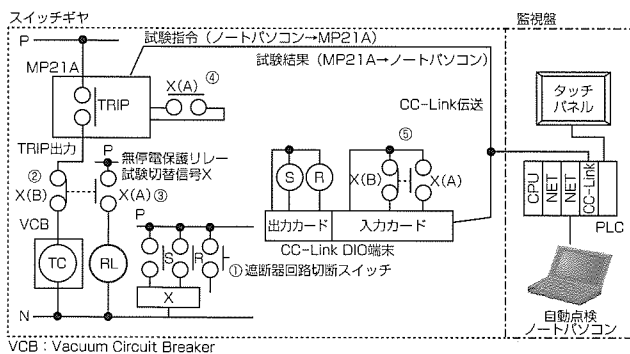


図4. 無停電自動点検用回路

表2. MP21A形マルチリレーの機能

保護	50, 51, 67, 51G, 27, 59, 64
計測	A, V, W, var, Wh, varh, Hz, cos φ A ₀ , V ₀ , DA, DW
制御	遮断器ON/OFF(本体スイッチ, 外部入力, 伝送) REMOTE/LOCAL切り換え
監視	遮断器の動作状態を監視
履歴	過去5回分の故障動作値, 時間を記憶
通信	CC-Link, アナログトランスデューサ

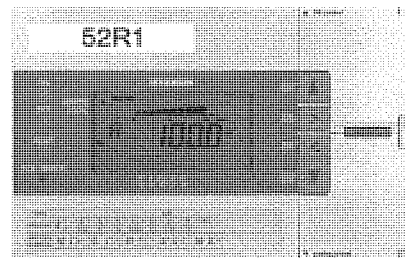


図5. MP21A形マルチリレーの外観

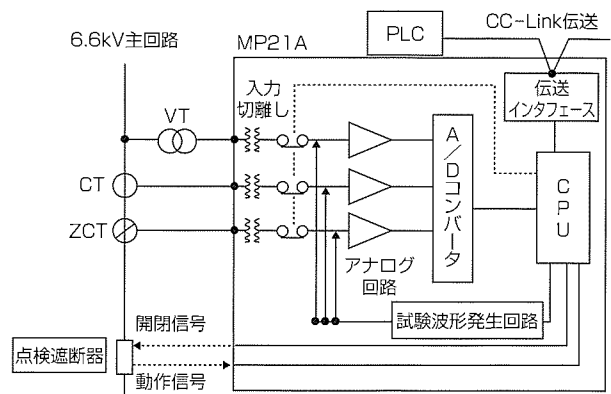


図6. MP21A内部ブロック図

表 3. 自動点検条件

	メニュー	点検条件
(1)	操作連動試験	主回路停電中
(2)	停復電連動試験	主回路停電中
(3)	保護連動試験	主回路停電中
(4)	保護特性試験	なし

表 4. 保護特性試験

試験項目	内容	目的
(4) 保護特性試験	MP21Aの内部機能によって、保護特性試験信号を内部で発生させる。MP21Aの保護回路を動作させ、MP21Aの動作時間を計測して保護特性の良否判定を行う。	定期点検で実施している保護継電器の特性試験を、内部模擬信号によって実施することで、定期点検作業の効率化を図る。MP21Aのトリップ出力を試験時に切断することで対象回路の停電が不要。

そこで自動点検システムにおける点検内容と試験時間の見直しを行い、新たなメニューである4番目の試験項目として表3、表4に示す保護特性試験を追加開発した。

従来の自動点検システムでは表3の(1)~(3)のメニューのみであり、これらは主回路の停電が必要であったが、新たに開発した(4)の保護特性試験については停電は不要である。したがって、これまで主回路停電時に行っていた保護継電器の特性試験(保護連動試験に含めて実施)を主回路停電なしで実施することで(3)の保護連動試験時間を従来よりも短時間で行うことができる。これによって点検時の主回路停電時間の短縮化が可能である。

3.5 保護特性試験時の信頼性向上

主回路停電なしで実施可能なマルチリレー保護特性試験は、トリップ出力回路の切断不良、切断指令の誤出力等を防止するため、次のような信頼性の向上を図っている。

- ①MP21Aから出力されるトリップ出力回路の切断は、a接点、b接点の両接点で動作確認を行う。
- ②トリップ出力回路の切断は、物理的に異なる2つの装置で確認(二重確認)する。
- ③トリップ出力回路の切断指令(出力)は、誤出力を防止するため2出力のAND回路とする。
- ④トリップ出力回路を切断し、保護特性試験中に周辺機器が故障した場合、切断状態で中断する可能性があるため、スイッチギヤ盤面に“トリップ回路復旧スイッチ”を設ける(図7①)。
- ⑤トリップ回路の状態(断中/通常運用中)が分かるように、トリップ回路断中は赤色で点灯するランプをスイッチギヤ盤面に設ける(図7②)。

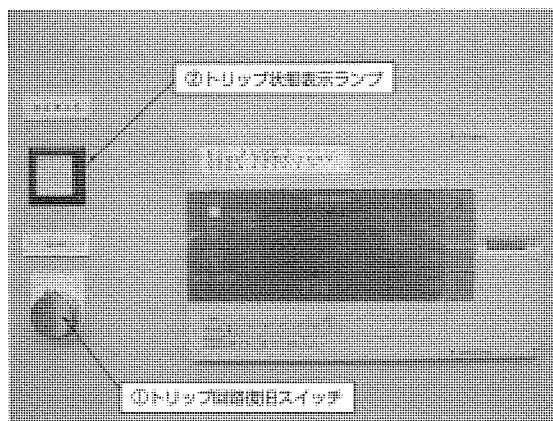


図 7. 無停電自動点検対応スイッチギヤ盤面

表 5. 保守・点検作業時間比較

	従来方式	自動点検 (停電あり)	自動点検 (保護特性試験付)
試験準備 あと片付け	60分	5分	5分
保護特性試験	262分	(保護連動試験に含む)	(11分*)
保護連動試験	56分	38分	10分
操作連動試験	6分	8分	8分
停復電連動試験	20分	6分	6分
合計(停電時間)	404分	57分	29分

* 主回路通電中に実施

3.6 点検時間比較

従来方式(保護継電器)、自動点検方式、自動点検方式(保護特性試験機能付)の保守・点検作業における作業時間の比較を行った。MP21Aの台数を10台とした場合の保守・点検作業時間比較を表5に示す。なお、従来の一般的な点検試験は試験準備から各試験を行い、あと片付けまでを行うのに404分要しているが、自動点検システムでは57分(保護特性試験は保護連動試験に含まれる)、また保護特性試験機能付自動点検システムではその約半分の29分となる。

4. む す び

近年、データセンタ等24時間365日運用を止められない設備が増加しており、ビル等の稼働率向上は市場課題であった。今回は停電なしで保護特性試験を実施することによって、受配電設備の保守・運用に伴う停電時間を短縮し、ビルの稼働率を向上させることができた。

今後は停電なしで点検できる内容の拡大、停電点検時の実施時間の短縮を課題とし、自動点検システムの更なる発展を検討・実現していきたいと考えている。また、監視制御システムとしては事故の予兆を検出・アラーム発報するといった予防保全機能を開発し、受配電設備の稼働率の向上に貢献していきたい。

MT法による絶縁物の劣化診断・ 余寿命推定技術の適用拡大

岡澤 周*
三木伸介**

Applicability Evaluation of "Deterioration Diagnosis and Estimated Life Expectancy Technology of Insulators by the Mahalanobis-Taguchi Method of the Power Distribution System"
Hiroshi Okazawa, Shinsuke Miki

要 旨

受配電設備を構成する要素の一つとして、電路を支える絶縁物は重要な機能を持つが、時間とともに周囲環境(内部環境・外部環境)の影響を受け劣化し絶縁機能を低下させていく。その結果、設備全体の信頼性をゆっくりと損なわせていき、地絡・漏電や短絡など事故・故障につながる。

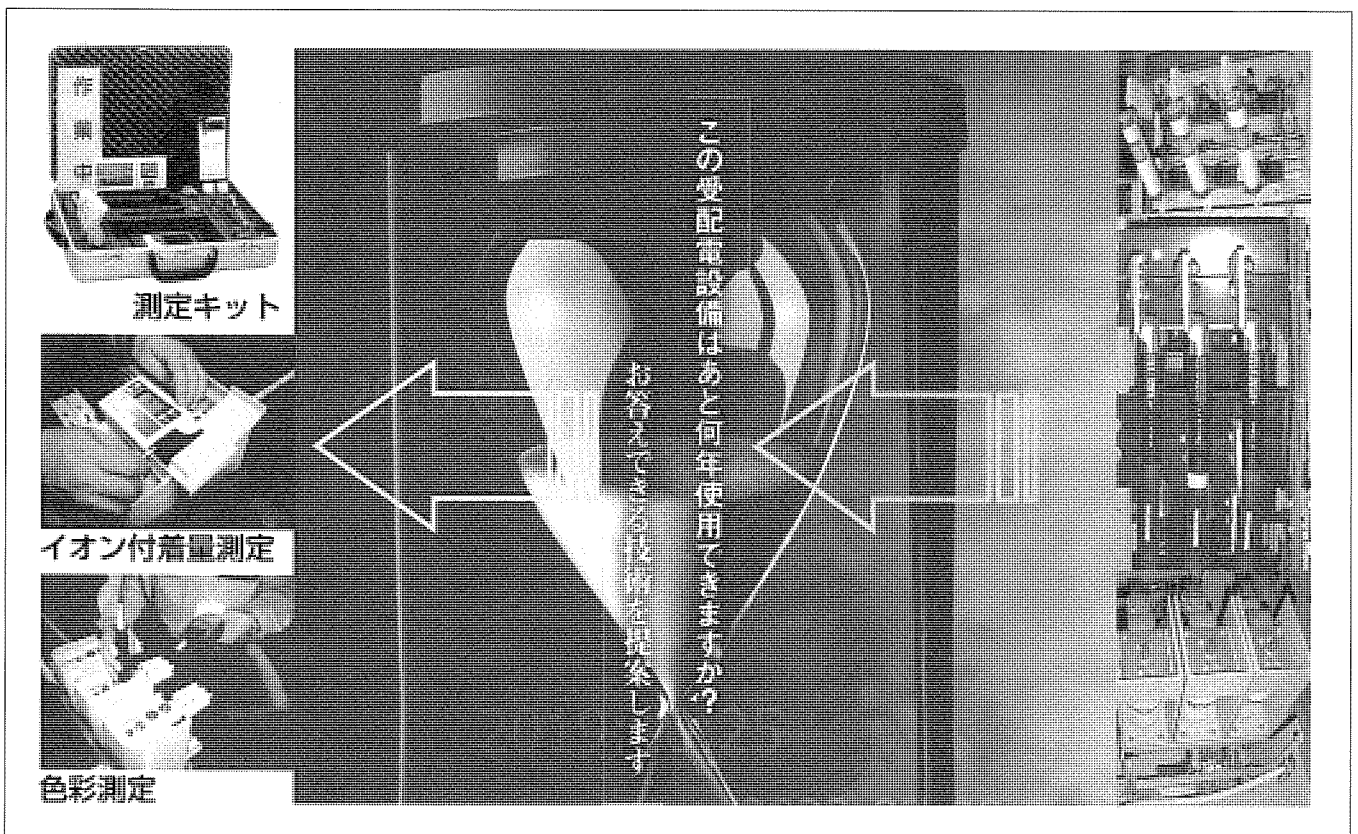
しかし、絶縁物の劣化の兆候は他の要素と比べても、五感(目視・異音・異臭など)で判断することが大変に難しい。絶縁物の劣化診断の代表的な従来手法としてメガー測定などがあるが、これらの手法は測定時(瞬時)の周囲環境(湿度など)に結果を大きく左右されていた。

三菱電機では、測定時の周囲環境の影響を受けにくい化学的計測による複数の情報を、品質工学の技術(MT法)

で解析し高精度の劣化度評価を行うと同時に、絶縁物の表面抵抗の湿度依存性を考慮した劣化診断を行い、さらに劣化によって絶縁物表面で放電が開始されるまでの寿命を推定する技術"MT法による絶縁物の劣化診断・余寿命推定技術(MT法診断)"を確立した。

実証試験結果からも、このMT法診断による絶縁物劣化評価結果は、事故・故障などに至る確率が高まり始める点を明らかにしており、すでに120社以上で実施されている。

配電盤の信頼性を確保し事故を未然に防ぐ保全対策や、的確な更新までの計画を立案できる診断手法の一つとして、そして更に広い視点での保全を考えられるツールとして、高い評価を受けている新しい絶縁物劣化診断技術である。



最新保全技術：MT法による絶縁物の劣化診断・余寿命推定技術

MT法診断の劣化評価の対象は、配電盤で使用されている電圧400V～30kVがかかっている有機絶縁物(エポキシ・フェノール・ポリエステル樹脂)であり、磁器碍子(がいし)・トランス・回転機などの機器は対象外となる。また、MT法診断時には、絶縁物表面を直接計測するため、停電などの操作が必要となる。

1. ま え が き

配電盤は時間とともに筐体(きょうたい)や内部機器が劣化(老朽化)し、トラブルが発生する危険性をゆっくりと上昇させていく。このような“老朽化”が要因となる配電盤の事故・故障は、全体の32.7%を占めている⁽¹⁾(図1)。しかし、このような老朽化の兆候を事前に知ることは難しく、そのため設備の劣化状態(危険性)に気付かないまま運用を続け、社会に大きな影響を与える事故・故障に至ることも珍しくはない。

また最近では、保守・保全の省力化や費用低減、保全周期や設備寿命の長期化などが叫ばれることもある。この結果、電力の安定供給や設備の安全確保が年々厳しくなっている。このような“保全不備・不全”が要因となる事故・故障は、全体の22.5%を占めており、今後配電盤の老朽化や保全不備・不全による事故・故障が増加することが予想される。

このような情勢の中で、設備管理者は保守・保全管理手法の高度化を志向しており、今後予想される設備のトラブルに対して確実な保守・保全につながる劣化診断や、的確な設備更新の時期を判断する余寿命推定技術を強く求めている。

2. 従来の絶縁物劣化診断

老朽化の中には、地絡・漏電、破損・焼損、短絡といった事故・故障が多く、絶縁物劣化がなんらか関係しているものが多いと考えられる。特に有機絶縁物は、内部環境(発熱・振動など)や外部環境(湿度・塩害など)など、周囲環境の影響で劣化し、時間とともに絶縁性能を低下させていく。しかし、絶縁物が劣化する兆候は他の機器と比べても五感(目視・異音・異臭など)で知ることが大変に難しい。回転機や高圧ケーブルに対する絶縁物劣化診断手法は様々な提案されているが、配電盤の有機絶縁物に対しては有効な診断手法があまりないのが実情である。

配電盤の絶縁物劣化診断手法の代表的なものとして、メーガー測定や部分放電測定など電気的測定がある。しかし、

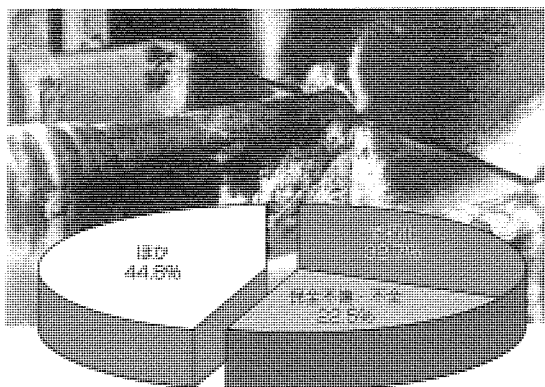


図1. 配電盤の事故・故障の要因

これらの手法は湿度の影響(表面抵抗の湿度変化)を受けやすく、測定時(瞬時)の周囲環境に結果を大きく左右される。

その他の診断手法も含め、瞬時的又は事後的な異常診断レベルのものが多く、設備の劣化(危険性)の兆候に気付かないまま事故・故障に至ることも少なくない(図2)。

3. 新しい絶縁物劣化診断技術

当社では、配電盤で使用されており電圧400V~30kVがかかる有機絶縁物(エポキシ・フェノール・ポリエステル樹脂)の表面劣化を評価し、微小放電が始まるまでの余寿命を推定する技術“MT法による絶縁物の劣化診断・余寿命推定技術^{(2)~(9)}(MT法診断)”を開発した(図3)。

この絶縁物劣化診断技術は、従来の電気的計測による絶縁物劣化診断⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾と違い、測定時の周囲環境の影響を受けにくい化学的計測による情報を基に評価を行う。計測し取得された複数の情報は、品質工学の1手法であるMT法(マハラノビス・タグチ法)^{(12)~(16)}で解析し、絶縁物劣化を診断するにあたり各情報の有効性を明確にする。同時に、有効な情報のみをまとめ一つの指標:MD(マハラノビスの距離)として表す。このMDと表面抵抗率実測値(湿度50%RH環境下の破壊試験)は高い相関性を持つ(図4)。このデータをマスターカーブとして、現地での化学的計測情

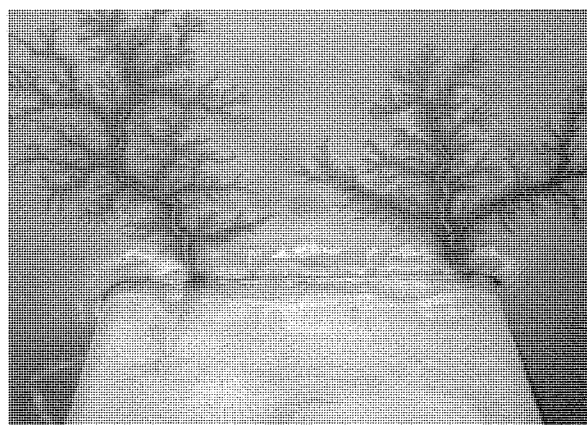


図2. 配電盤の絶縁トラブル

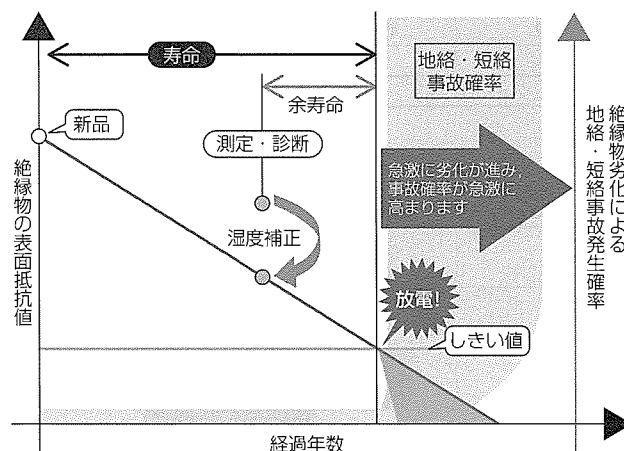


図3. MT法診断の概念図

報を解析することによって、破壊試験相当の絶縁物表面の劣化評価が可能となった。また、湿度と絶縁物表面抵抗の関係について湿度依存曲線を定式化しており、任意の湿度における表面抵抗率を求めることが可能となった。

4. MT法診断の現地計測と劣化診断結果例

4.1 現地計測

MT法診断では、診断対象の絶縁物が機器に取り付けられたまま化学的計測を行うことが可能である。例として、同じプラント敷地内で電気室・納入年が異なる同形状・同材質の絶縁物①②に対しMT法診断による劣化評価をする場合、表1の計測を実施する。

計測で取得された情報の中から、診断対象の絶縁物材質に対して、劣化評価として特に有効性が高い情報のみを選別すると表2のような情報となる(絶縁物の材質ごとに有効性が高い情報も変わる)。

4.2 劣化診断結果

表2の情報を解析すると、計測時の周囲環境に関係なく、図4のマスターカーブから“湿度50%RHでの表面抵抗率(劣化度)”が得られる。さらに表面抵抗率の湿度依存曲線

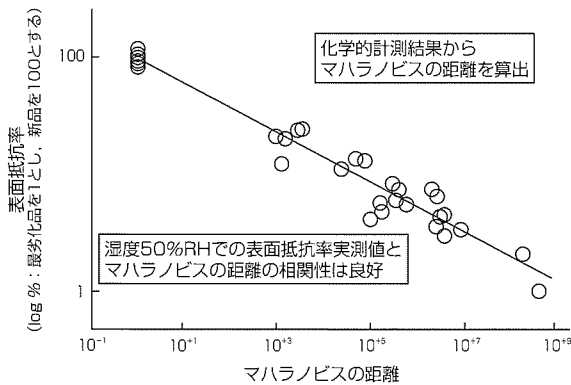


図4. MT法による絶縁物劣化評価

表1. MT法診断の計測

MT法診断対象		
	①	②
材質	ポリエステル	ポリエステル
納入	1992年	1996年
化学的計測		
イオン測定		
測定紙 (NO ₃ ⁻ に反応)		
測定結果		
色彩測定		
測定結果		
ろ紙によるイオン採取		

式にあてはめると、表3に示すように任意の湿度での表面抵抗率を得ることができる。

この絶縁物①②は、湿度を一定とした環境試験室で、表面に電極蒸着し破壊試験による表面抵抗率を計測した。この破壊試験の結果と比較しても、MT法診断は近似の値をとることが分かる。

5. MT法診断結果と放電確認試験

MT法診断では、絶縁物が放電発生する状態まで劣化するのにどれぐらいの時間がかかるかを、年数として予想する。余寿命0年とは劣化によって最初に起こる微小な放電の発生を示しているが、この余寿命0年で放電が発生しているかを確認する放電確認試験を行った。

試験サンプルは、実際にプラントで使用していた絶縁物であり、MT法診断による余寿命推定を実施したあと、余寿命0年近くまで使用した絶縁物を用いている。この絶縁物を診断湿度に調整した環境試験槽内で、プラントで使用していた電圧を印加して放電発生の有無を確認した。

放電確認試験の結果、MT法診断の余寿命推定どおりの放電が漏れ電流ロガー(サンプリング速度:500μs/S)で確認された(図5)。この放電はまだ目視では確認できず、既存の放電センサでも観測が大変に難しい微小放電である。

更に電圧を印加し続けると微小放電発生後から漏れ電流が加速的に増大し、次第に目視で確認できる激しい放電となった(図6)。最終的には絶縁物表面上に炭化路を形成しながら短絡した(図2)。

サンプル数を増やして確認しているが、いずれもMT法診断結果どおりの放電発生の有無が確認されている。

これらのことから、MT法診断の余寿命推定は、劣化によって放電が発生するまでの時間を精度よく評価しており、事故・故障などのトラブルが発生する確率が高まり始める点を明らかにしていることを確認した。

表2. 化学的計測データ

計測データ		
イオン量(mg/cm ²)	NO ₃ ⁻ : 5.1×10 ⁻² SO ₄ ²⁻ : 1.6×10 ⁻²	NO ₃ ⁻ : 7.0×10 ⁻⁴ SO ₄ ²⁻ : 2.3×10 ⁻³
色彩b	黄色: -0.43	黄色: 0.75

表3. MT法診断結果

MT法診断(表面抵抗率)劣化評価		
湿度	絶縁物①	絶縁物②
30.0 %RH	242,019 MΩ·cm ²	40,023,713 MΩ·cm ²
45.0 %RH	2,955 MΩ·cm ²	3,657,463 MΩ·cm ²
51.7 %RH	479 MΩ·cm ²	422,059 MΩ·cm ²
75.0 %RH	22 MΩ·cm ²	663 MΩ·cm ²
100.0 %RH	17 MΩ·cm ²	308 MΩ·cm ²
工場に持ち帰り湿度51.7%RH環境制御下で		
表面抵抗率を計測した劣化結果(破壊試験)		
51.7 %RH	503 MΩ·cm ²	402,007 MΩ·cm ²

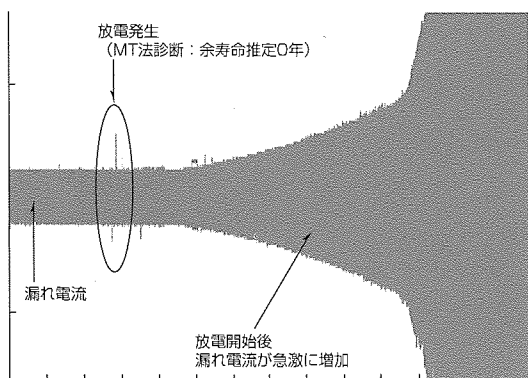


図5. 漏れ電流ロガーデータ

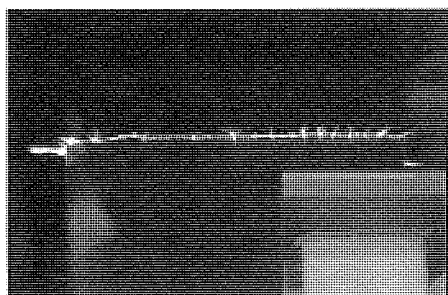


図6. 可視放電

6. む す び

このMT法診断は2003年4月から適用開始され、2008年3月時点ですでに124企業(224事業所)、30,000点以上の測定が実施されている。設備の劣化の状態を把握できるため、大きな事故・故障などトラブルを未然に防ぎ、保全活動や更新計画などを支援する劣化診断手法の一つとして活用されている。

また、保全計画の立案はMT法診断結果を活用した一例であり、信頼性・安全性、さらにLCC(生涯費用)も考慮しながら、効果的な延命・更新など保全計画を立案することが可能となった。このほかにもMT法診断の結果は清掃方法の検討や、盤内環境の検討、電気室内環境の調整や対策、事故原因調査など様々な活用が実際に行われている。

このように劣化の要因から検討することができる情報が得られ、今までにない広い視点での保全活動を行えるツールとして、高い評価を受けている。

参 考 文 献

(1) 日本電機工業会：「産業事故における電気設備の影響に関する調査研究」からのお知らせ

(2) Miki, S., et al. : Remaining Service Life Diagnostic Technology of Phenol Insulators for Circuit Breakers, IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul., **15**, No.2, 476~483 (2008)

(3) 三木伸介, ほか：受配電機器絶縁物の劣化診断・余寿命推定技術, 技術総合雑誌OHM, 40~45 (2007-12)

(4) Miki, S., et al. : Remaining Service Life Diagnostic Technology of Phenol Insulators for Power Distribution Equipment, IEEE Conference on Electrical and Dielectric Phenomena(CEIDP), 41~44 (2007)

(5) Miki, S., et al. : Deterioration diagnosis of insulators for breakers using chemical evaluation and Mahalanobis-Taguchi(MT)methodt, IEEE Conference on Electrical and Dielectric Phenomena (CEIDP), 473~476 (2006)

(6) 三木伸介, ほか：化学的分析とマハラノビス・タグチ(MT)法の適用による遮断器用絶縁物の劣化評価, 電気学会論文誌B, **127-B**, No.9, 1033~1040 (2007)

(7) 三木伸介, ほか：受配電設備絶縁物の余寿命診断技術, 電気学会論文誌B, **127-B**, No.7, 863~869 (2007)

(8) 岡澤 周, ほか：MT法によるスイッチギア絶縁物の劣化診断・余寿命推定技術, 電気学会公共施設研究会資料, PPE-06-11, 19~24 (2006)

(9) 三木伸介, ほか：MT法による受配電機器絶縁物の劣化診断, 電気学会放電・開閉保護・高電圧合同研究会資料, ED-05-121, 49~54 (2005)

(10) 河村達雄, ほか：電気設備の診断技術, 電気学会編, オーム社 (2003)

(11) 設備診断更新技術調査専門委員会編：工場電気設備の診断・更新技術, 電気学会技術報告, No.831 (2001)

(12) 田口玄一：コンピュータによる情報の技術開発-シミュレーションとMTシステム-, 品質工学応用講座, 日本規格協会 (2004)

(13) 鴨下隆志, ほか：おはなしMTシステム, 日本規格協会 (2004)

(14) 長谷川良子：マハラノビス・タグチ(MT)システムのはなし, 日科技連出版社 (2004)

(15) 田口玄一, ほか：MTシステムにおける技術開発, 品質工学応用講座, 日本規格協会 (2002)

(16) Jugulum, R., et al. : マハラノビス・タグチ・システムとニューラルネットワークとの比較, 品質工学, **10**, No.1, 74~83 (2002)

II 納得を支援する公共情報システムに向けて

Public-Use Systems Which Support People Find Actuality in Information

仲谷善雄
Yoshio Nakatani

2005年は防災研究者にとって衝撃的な年であった。この年に先立つ2年前、2003年に宮城県沖地震が起きた。このときの気仙沼市の津波避難に関する実態調査を群馬大学の片田敏孝教授らが実施している。この地震では津波警報は出されなかったが、テレビで津波に注意するよう繰り返し伝えられた。気仙沼市は明治三陸地震津波で512人の死者を出した津波常襲地域である。住民の津波に対する危機意識は他の地域よりも高いと期待された。ところが実態は、津波を恐れての避難者は全住民のわずか1.7%に留まった。津波が発生していたら到達していたであろう地震12分後に気象庁から津波被害なしの情報が公表されたが、この間に住民はテレビやラジオで情報収集をしていた。要するに何も対応行動をとらなかったのである。この事実が発表されたのが2005年であった。

“津波に注意してください”という放送は住民を行動に駆り立てる力を持たなかった。気仙沼市で大きな地震が起これば津波が来るかもしれないことを、住民は“知識として”知っていた。したがってニュースでそのことを伝えられれば“来るかもしれない”とは考えるだろう。しかし避難という行動には出なかった。なぜだろうか。人が何か日常と異なる行動をとる場合には、そうすることに納得できなければならない。避難の場合には、家財を見捨てることにもなり、“人命との比較”という相当な覚悟が必要である。このように行動のコストが非常に高い場合には、一般的に人は現実を受け入れるより認知の方を変えることが知られている。これを心理学では“認知的不協和理論”と呼ぶ。互いに矛盾する2つの考え方が存在し、どちらかを選ばざるを得ない状態では、心理的な葛藤(認知的不協和)が生じる。これを解消するために、心的労力の小さい方の認識を変更したり、都合のよい情報を収集したり、重要度の認識を変えるなど

の対応をするのである。危険だという情報を受け取ったとしても、避難したくない理由や、避難できない理由がわからなくても存在すれば、“それほど危険ではないのではないか”という方向に容易にゆがめて理解してしまうのである。認知をゆがめずに行動に出してもらうには、住民に“なるほど”と納得してもらわなければならない。ほかでもなく自分に関係する出来事であると受け止めてもらわなければならない。

理解と納得。両者は異なるものであり、人を動かすには理解よりも納得が重要なのである。“あなたの言うことは理解できるが、納得できない”“あなたの言うことは理解できないが、あなたが言うのだから納得しよう”などの表現がある。納得とは、人間同士の信頼関係、新たな知識への感動、価値観の共有、発言や行動の原因や背景への理解などによって生じる満足感を伴う心理的現象である。理解は普遍的、納得は個人的・個別的である。“理”の理解、“情”の納得とも言える。ちなみに英語には対応する言葉がない。

これまで公共情報関係の技術者は、情報は“とにかく伝える”ことが重要だ、と考えてきたのではないか。少なくともタイムリーに正確に情報を伝えることに精一杯であったと思われる。しかしこれからの公共情報システムはそれだけでは不十分だろう。住民に納得してもらう工夫が必要となる。避難や防災に限らない。公共システムは住民と広く関係するのである。横断型基幹科学技術研究団体連合が策定する、2050年を目標に開発すべき技術に関するアカデミックロードマップ策定委員会において、私が提案した納得支援のための技術開発の重要性が委員の支持するところとなり、ようやく研究者の間にも認識が広がってきつつある。今後はこのような、人間の認知に踏み込んだ認知工学の視点からの情報システムの研究開発が重要となるだろう。私もない知恵を絞る覚悟である。

円筒多管式オゾン発生器の 省エネルギー・省資源化

倉橋一豪* 和田 昇**
竹田智昭*
尾谷佳明*

Tubular Type Ozone Generator for Energy and Resource Saving

Kazutoshi Kurahashi, Tomoaki Takeda, Yoshiaki Odai, Noboru Wada

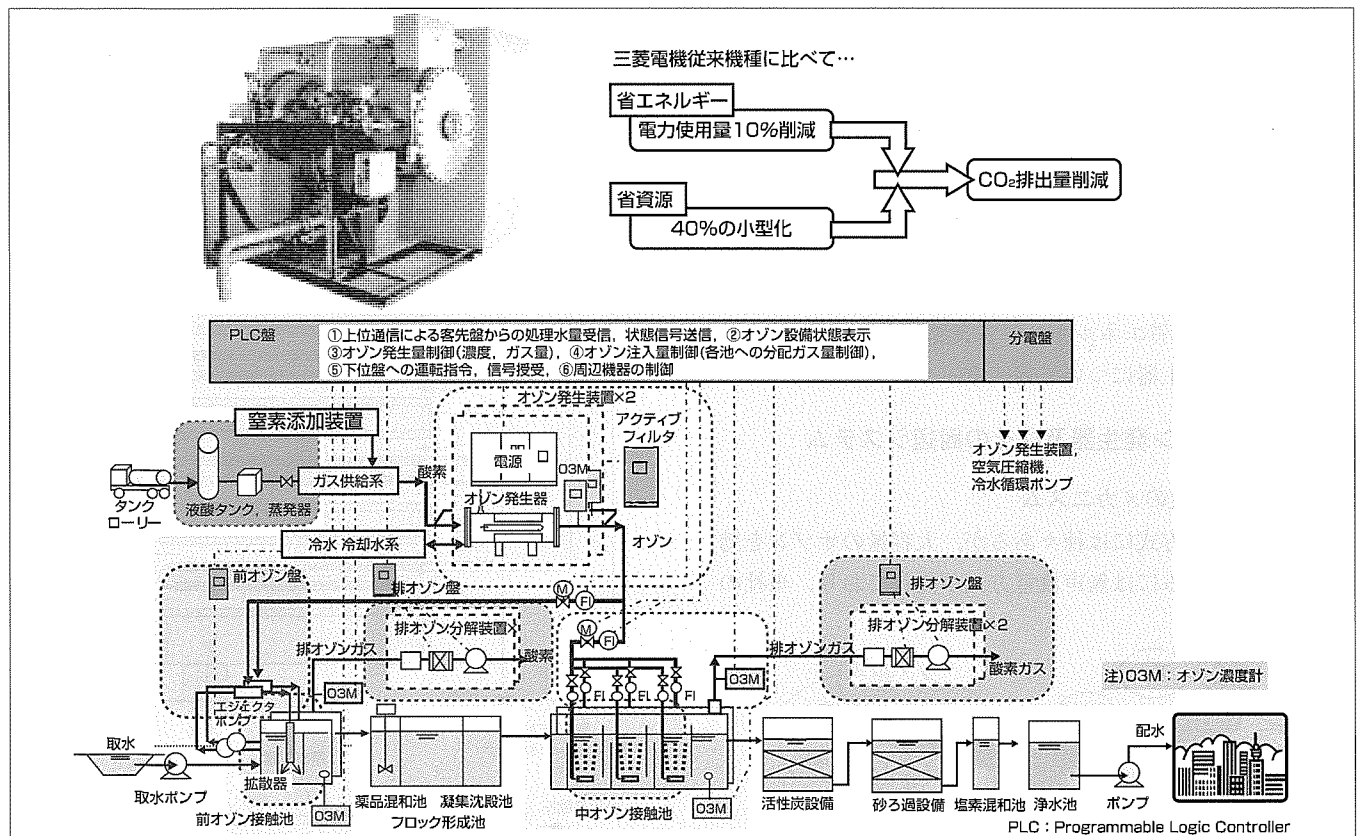
要 旨

オゾンは強い酸化力を持ちながらも反応後はすみやかに酸素に戻るため、環境負荷の低い酸化剤として注目されている。三菱電機のオゾン発生器はこれまで水道水のカビ臭除去や消毒など様々な分野で利用されてきた。京都議定書の発効による温暖化ガス排出削減の規制強化や燃料価格の高騰といった厳しい状況の中にあつて、オゾン発生効率の向上による省エネルギー(CO₂排出量の低減, ランニングコストの低減)が今後ますます重要となる。

新型オゾン発生器は、電極の“短ギャップ化”及び“小口径化”を特長としている。“短ギャップ化”によって高濃度

オゾンの高効率発生が実現でき、“小口径化”によってオゾン発生器を小型化することができた。オゾン発生効率の向上は“省エネルギー”性能の向上であり、また、装置の小型化は“省資源”化である。このような省エネルギー・省資源化開発によってオゾン発生器のライフサイクルコスト(イニシャルコスト+ランニングコスト)が低減できたため、今まで塩素や酸、アルカリなど環境負荷が高い薬液を使用せざるを得なかった水処理、パルプ漂白などの分野でも、環境負荷の低いオゾンによる処理方法を導入することが容易となり、環境負荷低減に貢献することが期待される。

特集
II



“OS-A10k(O₂)形”短ギャップ・小口径方式による新型オゾン発生器と高度浄水処理設備の例

省エネルギー、省資源化を目標として開発した新型のオゾン発生器である。当社独自の短ギャップ技術を製品として具体化し、当社従来機種比で10%の省エネルギー、かつ、設置床面積で約40%の小型化を実現した。また、短ギャップ化はオゾン濃度の高濃度化をもたらし、円筒多管式では世界最高レベルとなるオゾン濃度350g/m³(N)を発揮することができる。オゾンは高度浄水処理設備等で使用され、よりおいしい水を作り出すことに貢献している。

*神戸製作所 **先端技術総合研究所

1. ま え が き

1.1 オゾンとは

オゾンは酸素原子3つからなる分子であり、天然に存在する物質の中ではフッ素に次ぐ強い酸化力を持っている。しかも、反応後はすみやかに酸素に還元されるため環境への残留性がなく、オゾンは環境負荷の低い酸化剤といえる。

酸化剤としてのオゾンは殺菌、酸化、脱色、脱臭等の様々な効果を持つことから、上水分野でのカビ臭除去やトリハロメタン生成抑制、下水・産業排水処理分野での消毒や脱色・脱臭、下水汚泥からのりん回収など、多種多様な目的に利用されている(図1)。

1.2 環境ビジネスの動向

環境省「わが国の環境ビジネスの市場規模の現状と将来予測についての推計」(2003年)によると、2010年度から2020年度にかけて“水処理関連ビジネス”の規模は、“水処理装置(廃水処理関係)”1.4兆円、“資源回収”2兆円など、オゾン発生器メーカーとして参画が可能な事業分野が存在している。その一方で、2005年に京都議定書が発効したことによって温暖化ガスの排出抑制が世界共通の課題として認識され、“環境負荷低減”、とりわけ“省エネルギー”と“省資源”は今後の製品に不可欠な要素となる。

また、近年の燃料価格高騰の中、“省エネルギー”によるランニングコスト低減はユーザーにとって大きな魅力となる。

1.3 当社のオゾン発生器開発

このような状況認識のもと、当社としても“環境負荷低減”を念頭に置いた機器開発、システム開発を行っている。オゾン発生器単体の機器開発では、高効率化による省エネルギー、小型軽量化による省資源が基本的な開発課題である。本稿では、“省エネルギー”“省資源”の観点から、当社の新型オゾン発生器について述べる。

2. オゾン発生器及びその周辺システム

2.1 オゾン発生メカニズム

オゾンの発生方式には種々あるが、大容量のオゾンを効率よく発生させるには無声放電方式が優れており、当社の

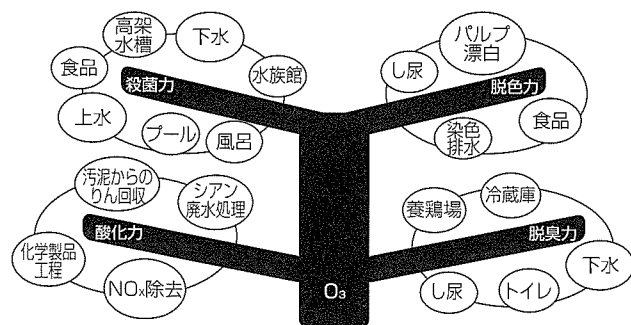


図1. オゾンの使用目的

オゾン発生器もこの方式を採用している。無声放電方式によるオゾン発生メカニズムを図2に示す。ガラス(誘電体)を介した電極間に交流高電圧が印加されると、空間の絶縁破壊が起こっても電極がガラスで覆われているために電流が制限され、火花放電のような音を伴わない、静かな放電を生じる。これが無声放電と呼ばれる現象である。この放電空間に原料ガス(空気又は酸素)を通じると、酸素分子の一部が電子との衝突によって解離又は励起され、他の酸素分子と反応してオゾンを生産する。

無声放電を利用して大容量のオゾンを連続的に発生させるために、同軸円筒形の電極を図3(上側図)のように複数

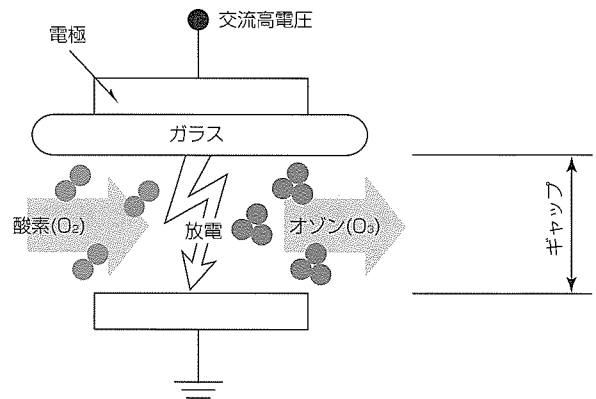


図2. 無声放電方式によるオゾンの発生原理

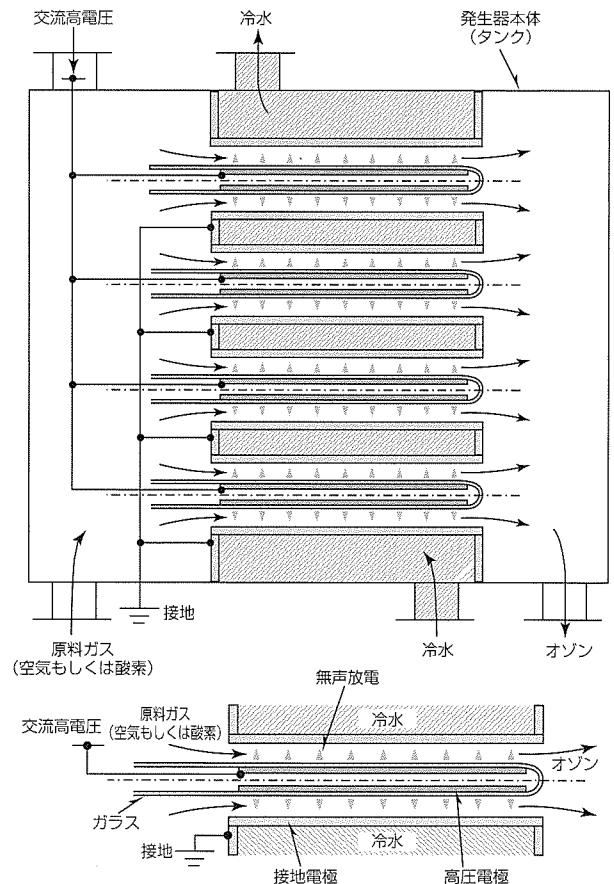


図3. オゾン発生器及び電極の構造

本配置してオゾン発生器を構成している。また、放電空間では多量の熱が発生するため、電極の外側に冷水を通じて、放電空間の冷却を行っている。このような構造のオゾン発生器を一般に円筒多管式オゾン発生器と呼ぶ。現在、当社が販売しているオゾン発生器はすべて円筒多管式である。

2.2 オゾン発生器を利用したシステムの例

都市部での河川を水源とする水道水はおいしくないとされていたが、最近はおいしくなってきたと各地で評判になっている。その理由の一つが、オゾンを使った“高度浄水処理”と呼ばれる新しい水処理方式にある。オゾン発生器を利用したシステムの一例として、水道水の“高度浄水処理”システムについて述べる。

高度浄水処理の基本的な処理フローを図4に示す。水源から取水された水は、薬品混和池で凝集剤を投入され、凝集沈澱(ちんでん)池で水中に漂う小さくて軽い汚れを固まりにして沈め、除去する。オゾン接触池では、オゾンを細かな泡として吹き込んで、カビ臭のもととなる物質などを分解する。さらに水を粒状活性炭吸着槽へと送り、粒状活性炭の中へ通して、微量有機物などを取り除く。急速ろ過池では水を砂の中へ通し、さらに細かいにごり分を取り除く。最後に塩素混和池では、水道水の安全性を蛇口まで保つため、塩素(次亜塩素酸ナトリウム)を注入する。

消毒に必要な塩素の量を極力抑制し、さらには従来の凝集・沈澱・ろ過・塩素注入だけでは取りきれないカビ臭や溶解性物質をオゾンの力で除去することによって、“よりおいしい水”を作り出している。

3. 新型オゾン発生器の特長

3.1 三菱オゾン発生器の歴史

当社は約40年間にわたり、オゾン発生器の大容量化・高効率化・高濃度化に取り組んできた(図5)。販売開始以来、これまで1,600台以上のオゾン発生器を納入しており、国内上下水向けではトップシェアを維持している。

また近年、当社のオゾン発生器に関する技術開発に対して、21世紀発明賞をはじめとした複数の荣誉ある賞を受賞しており、技術力の高さも認められている。

3.2 短ギャップ化

ギャップとは、放電空間における電極表面とガラス(誘電体)表面との面間距離のことであり、オゾン発生器の性能を大きく左右する因子である。短ギャップ化によるオゾン発生器の高性能化は、当社が先駆けて取り組んだ技術である。

従来機種におけるギャップが1~2mm程度であったのに対し、新型オゾン発生器では、その10分の1程度にまで短縮されている(図6)。これによる主な効果は、放電空間の電界強度増加、並びに冷却性能の向上である。

3.2.1 放電空間の電界強度増加

オゾン発生(無声放電)に必要な印加電圧は従来機種から変わらない(10kVp程度)ので、ギャップが短縮した分だけ電界強度(ギャップ単位長さあたりの電圧)は増加する。電界強度の増加は放電空間における電子の高エネルギー化をもたらし、相対的に低エネルギー電子が減ることになる。低エネルギー電子は生成されたオゾンの分解に寄与することがわかっている⁽¹⁾ので、低エネルギー電子を減らすことによって、オゾンの分解の度合いが減り、効率のよいオゾン発生が実現できる。また、より濃度の高いオゾンを生産させることが可能になる。

3.2.2 放電空間の冷却性能の向上

オゾンは高温で熱分解しやすい。オゾンの分解しやすさは、環境負荷低減の観点では大きなメリットであるが、オ

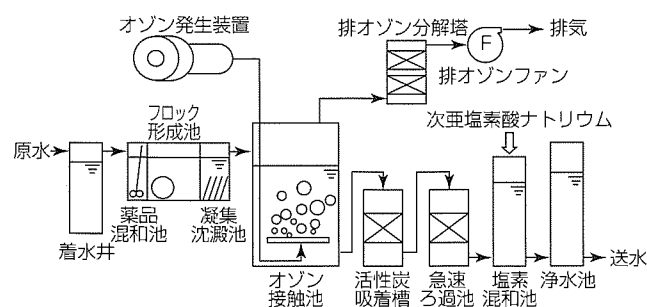


図4. 高度浄水処理フローの例

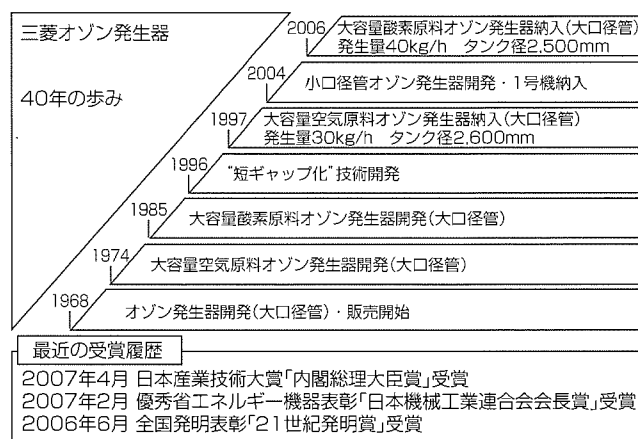


図5. 三菱オゾン発生器の歴史と最近の受賞履歴

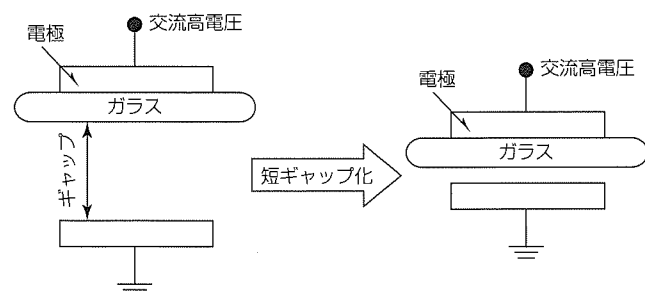


図6. 電極の短ギャップ化

ゾンの発生効率の観点では問題となる。オゾンの発生効率向上のためには、オゾンの熱分解を抑制する必要がある、このためには、放電空間の冷却が不可欠である。また、電極に使用されているガラスは金属と比べて熱に弱い性質を持つため、信頼性の面からも冷却は重要課題である。

円筒多管式オゾン発生器では接地電極の外部を流れる冷水によって放電空間を冷却する方法をとっているが、一般的に、気体は金属に比べて熱を伝えにくい。したがって、気体(原料ガス及びオゾンガス)の層が薄い、つまりギャップが短いほど、放電空間及び高圧電極に冷却効果がより伝わりやすくなる。

3.2.3 短ギャップ化の効果

短ギャップ化によってここまで述べたような効果が得られるので、オゾン発生効率は従来機種に比べて10%向上、つまり電力消費量の10%削減を達成した。またオゾン濃度としては、従来機種で150g/m³(N)程度が上限であったのに対し、新型機では最大で225g/m³(N)程度まで発生可能になった。なお、試験機では350g/m³(N)程度の濃度が出せることを確認している⁽²⁾。

3.3 小口径化

従来機種の電極は直径が80mm程度であったのに対し、新型オゾン発生器では20mm程度と大幅に小型化している。電極の直径が4分の1になれば放電面積も4分の1になるが、オゾンの発生量は電極の放電面積に比例するので、電極1本あたりのオゾン発生量も4分の1になる。しかし、電極の体積は直径の2乗に比例するため、直径が4分の1になれば体積は16分の1に減少する。

結局、同じ量のオゾンを発生させるためには、従来機の4倍の電極本数が必要となるが、4分の1の体積で済むことになる(図7)。電極の小口径化はオゾン発生器の小型化に直結しており、オゾン発生器本体タンクの直径及び設置

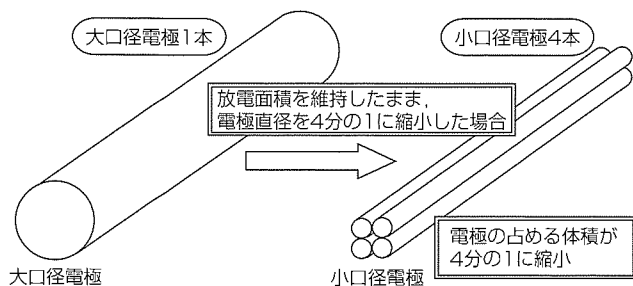


図7. 電極の小口径化

床面積で比較すると、従来機種に対して約40%の小型化を実現している。

なお、オゾンの持つ酸化力に抗するため、オゾン発生器を構成している材料はステンレス鋼が大部分を占めている。ステンレス鋼に含まれるニッケルやクロム、モリブデンはレアメタルと呼ばれる希少な金属である。レアメタルの使用量削減という観点からもオゾン発生器の小型化はメリットをもたらし、省資源化に貢献する。

3.4 短ギャップ・小口径化の課題と克服方法

短ギャップ化を進めるにあたって課題となったのは、ばらつきなく均一なギャップを確保する方法である。各電極部材の形状に対する要求精度を見直し、均一にギャップを短くすることに成功した。また、均一な短ギャップを保持するためのスペーサを開発することによって、更なる短ギャップ化が可能となった。

また、ガラス管の内面に高圧電極を形成することが電極の小口径化にあたっての課題であったが、電極形成の方法を抜本的に見直し、性能及び寿命を確保できる電極の形成方法を確立した。

短ギャップ・小口径方式による新型オゾン発生器納入実績は、2008年6月時点で30台(オゾン発生量0.1~15kg/h)である。

4. むすび

国連のIPCC(気候変動に関する政府間パネル)は2008年に、“地球の温暖化はもはや疑う余地がない”との結論を出しており、CO₂排出量の削減は喫緊の課題である。それに対して、当社のオゾン発生器開発でも省エネルギー・省資源化への取り組みとして、“短ギャップ・小口径方式”による新型オゾン発生器を開発し、その実績を着実に伸ばしてきている。

今後は省エネルギー・省資源化はもとより、さらに高圧電極の長寿命化、オゾン発生器のみならず周辺機器も含めたオゾン発生システム全体でのライフサイクルコスト最適のシステムの提案などによって、環境負荷の低減に努めていく所存である。

参考文献

- (1) 特許第3545257号：オゾン発生装置
- (2) 和田 昇, ほか：円筒多管式短ギャップ高濃度オゾン発生器, 三菱電機技報, 81, No.6, 429~432 (2007)

首都高速道路中央環状新宿線における トンネル防災システム

加藤久博*
大塚 明**

Disaster Prevention System in the Central Circural Shinjuku Route

Hisahiro Kato, Akira Otsuka

要 旨

2007年12月に6.7kmの部分供用を開始した首都高速道路中央環状新宿線(山手トンネル)は、全線11kmがトンネル構造であり、都市内道路トンネルとしては日本でも例のない大規模トンネルである。トンネル内は勾配の変化が大きく、分合流箇所が複数ある。また、全線開通時、日平均交通量6~8万台の重交通が想定される。

構造が複雑で交通量の多い山手トンネルは、都市内長大トンネルとしての防災安全の確保がより一層重要となっている。そのため、これまでのトンネル防災設備に加え、首都高速道路独自の各種設備を設置している。

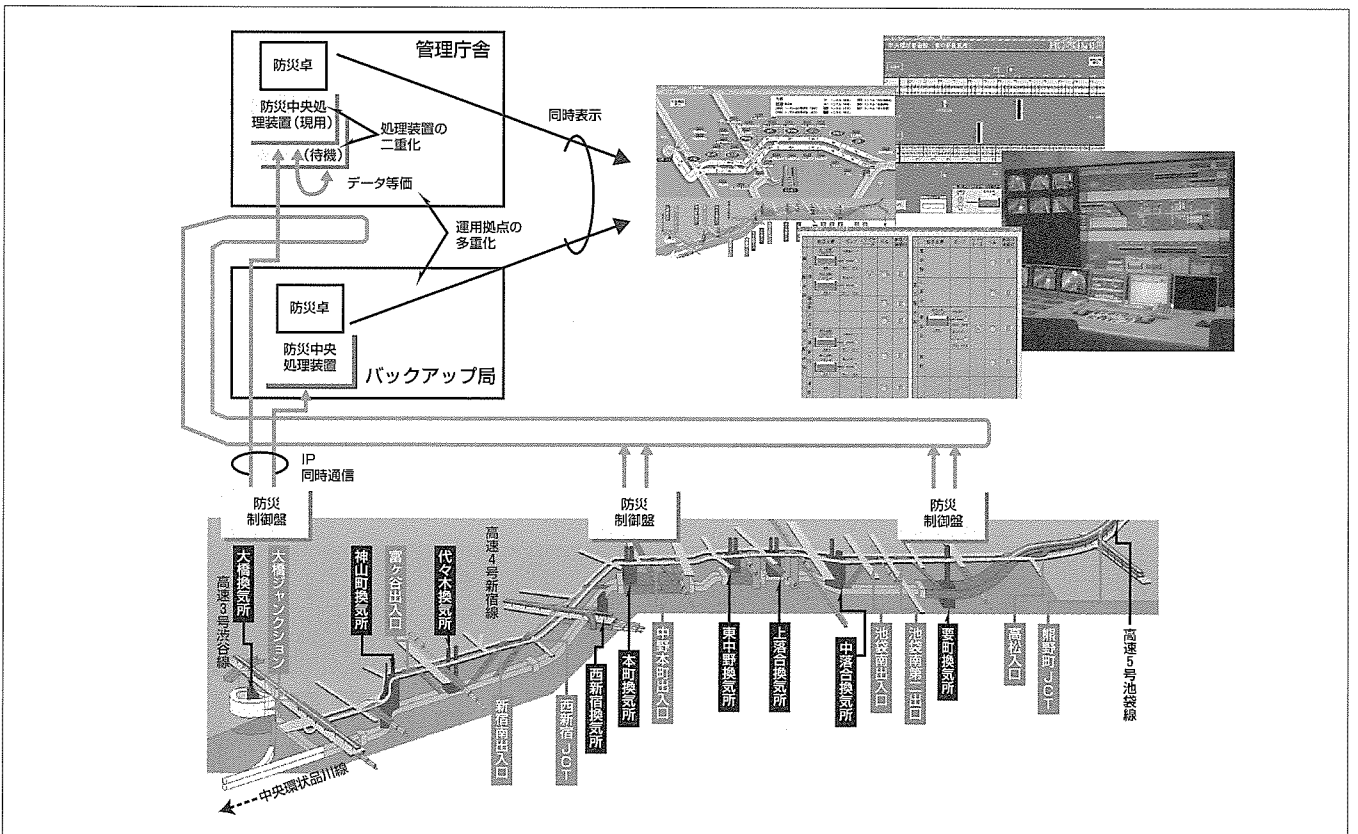
首都高速道路(株)は、山手トンネルでの安全性と信頼性を

確保するためのトンネル防災システムを構築した。三菱電機は、トンネル内の防災設備を監視し、火災発生地点への水噴霧消火等の遠隔操作を行う防災中央装置を製作した。

本稿では、トンネル防災システムの次の事項について述べる。

- (1) トンネル内の防災安全設備
- (2) 防災安全の基本方針
- (3) トンネル防災システムの運用
- (4) 防災中央装置
- (5) トンネル内IP(Internet Protocol)ネットワーク
- (6) 防災中央装置の高信頼化

特集
II



中央環状新宿線トンネル防災システム概要

中央環状新宿線トンネル防災システムは、管理庁舎から山手トンネル全線の防災設備に対して遠隔で監視・制御・操作を行うためのシステムである。管理庁舎に設置した防災中央処理装置と防災卓は、トンネル換気所内に設置した防災制御盤を経由して防災設備の監視制御を行う。信頼性確保のため、運用拠点は管理庁舎とバックアップ局で多重化、防災中央処理装置は二重化している。

*三菱電機(株) 神戸製作所 **首都高速道路(株)

1. ま え が き

2007年12月に6.7kmの部分供用を開始した首都高速道路中央環状新宿線(山手トンネル)は、全線11kmがトンネル構造であり、都市内道路トンネルとしては日本でも例のない大規模トンネルである。そのため、これまでのトンネル防災設備に加え、首都高速道路独自の各種設備を設置している。

首都高速道路(株)は、山手トンネルでの安全性と信頼性を確保するためのトンネル防災システムを構築した。三菱電機は、トンネル内の防災設備を監視し、火災発生地点への水噴霧消火等の遠隔操作を行う防災中央装置を製作した。

本稿では、山手トンネルのトンネル防災システムについて述べる。

2. 山手トンネルの概要

中央環状線は、全計画延長47kmの都心を囲む環状道路である。首都高速道路4号新宿線～5号池袋線を結ぶ6.7kmの区間が今回開通し、東側と北側の区間とあわせた計33kmを供用している(図1)。

山手トンネルは、中央環状線の西側に位置し、11kmのほぼ全線が山手通りの地下を利用したトンネル構造となっている。トンネル内は勾配の変化が大きく、分合流箇所を複数持っている。また、全線開通時、日平均交通量6～8万台の重交通が想定される(図2)。

このように構造が複雑で交通量の多い山手トンネルは、都市内長大トンネルとしての防災安全の確保がより一層重要となっている。

3. トンネル防災システム

3.1 トンネル内の防災安全設備

トンネル内の防災安全設備としては、表1に示すトンネル等級AA級^(注1)に規定される施設を設置することに加え、首都高速道路独自の設備も設置することで、防災安全対策の強化を図っている。

(注1) トンネル長、交通量及び重要性でランク付けされるトンネル等級の最高ランク

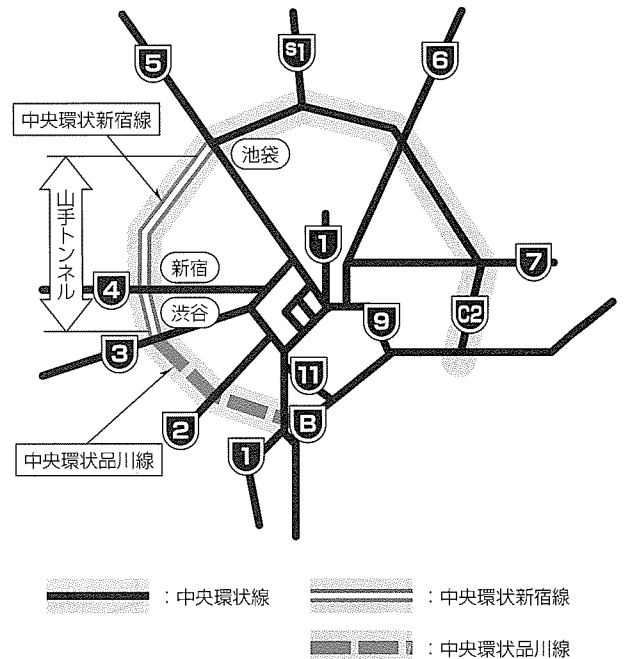


図1. 位置図

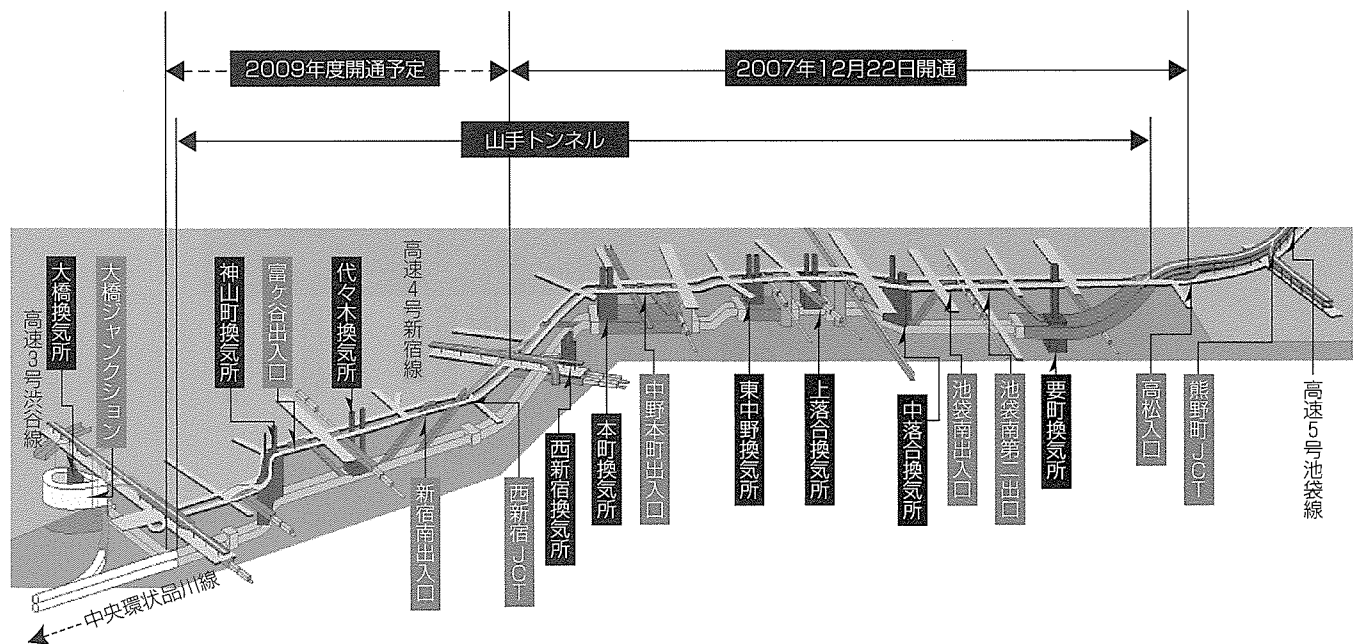


図2. 中央環状新宿線(山手トンネル)の概要

3.2 防災安全の基本方針

都市内長大トンネルの防災安全に関する基本方針は次のとおりである。

- (1) 火災時には、人命を第一とし、利用者の避難を最優先した対応を図る。
- (2) 二次災害防止や関係機関との連携によって、総合的な防災安全性を確保する。
- (3) 重交通に配慮し、通常時から渋滞を極力低減させる道路交通運用を行うとともに、渋滞時の火災についても配慮した運用を行う。

トンネル防災システムは、これらの基本方針に基づいて運用を行う。

3.3 トンネル防災システムの運用

山手トンネルでは、ほかの首都高速道路と同様、管制室から24時間体制で交通状況と各設備の状態監視を行っている。

トンネル内に約25m間隔で設置された火災検知器や、火災発生時にドライバーが利用する消火器、泡消火栓、押ボタン式通報装置、非常口、非常電話等の防災設備の監視情報、及び監視カメラ映像によってトンネル内の状況を把握し、火災の発生を判断する。火災発生時には、警察、消防に火災の発生を連絡するとともに、トンネル警報板への情報表示や拡声放送等によって、走行中車両や車外に出た利用者の避難誘導を行う。また、トンネル内に設置された水噴霧設備を遠隔操作し霧状の水を放水して、火災の延焼や拡大を防ぐ。火災時の煙は、換気設備を遠隔操作することによって天井の排煙口から吸い込み、トンネル外に排出する。

トンネル防災システムは、交通情報の収集・提供を行う交通管制システム、換気設備等の施設設備を運用する施設管制システムと連携し、非常時の防災活動を統括する。交通管制システムでは、通常時や火災発生時に分合流を活用してトンネル内の交通をコントロールし、渋滞を少なくする等の交通運用を行う。

表1. 山手トンネルの防災施設等

トンネル非常用施設(AA級)	●非常電話	●給水栓
	●押ボタン式通報装置	●水噴霧設備
	●火災検知器	●無線通信補助設備
	●非常警報装置	●ラジオ再放送設備
	●信号機	●拡声放送設備
	●消火器	●監視用テレビ装置
	●泡消火栓	●無停電電源設備
	●避難通路等	●非常用予備発電設備
	●誘導表示板	●緊急車出入口
	●排煙設備	●Uターン路
首都高速道路独自	●非常口強調灯	
	●トンネル内警報板	
	●トンネル内信号機	
	●交通異常事象検出装置	
	●遮断機	
	●バイク隊の導入	

3.4 防災中央装置

管理庁舎の防災中央装置はトンネル防災システムの中核であり、防災中央処理装置と防災卓によって構成される。防災中央処理装置は、トンネル換気所内に設置された防災制御盤を経由して防災設備の監視制御を行う。管制室内に設置された防災卓は、防災設備の監視情報を画面に表示し、防災設備に対する遠隔操作を行う。防災卓の画面と監視カメラ映像とあわせて確認することで、トンネル内の詳細状況を迅速に把握し、防災活動を支援する(図3、図4)。

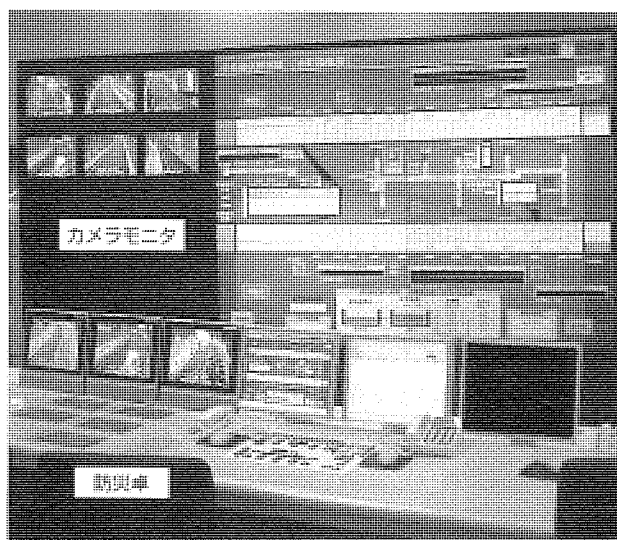


図3. 管制室防災卓

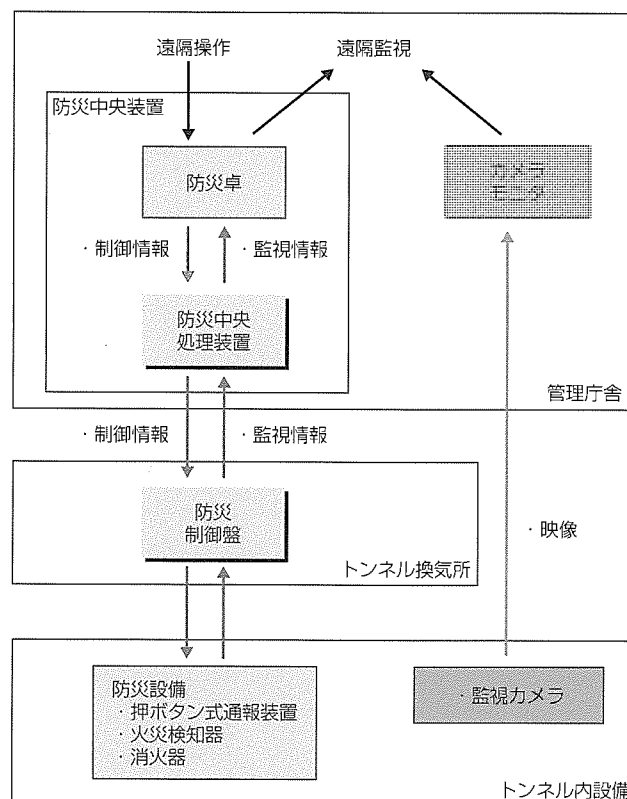


図4. 防災中央装置の概要

3.5 トンネル内IPネットワーク

山手トンネルでは、首都高速道路のトンネル内ネットワークとして初めてフルIP化が採用された。ループ構成のトンネル内ネットワークは、伝送路・機器障害に対する高信頼化が図られている。フルIP化によって、機器間の相互接続、機器増設、機器拡張が容易となり、装置コストを低減できる等の効果が得られる。1対N通信をIPで行うことによって、装置の二重化、三重化が容易となる。

防災中央処理装置と防災制御盤は、トンネル内ネットワーク経由で接続し、TCP(Transmission Control Protocol)/IPプロトコルによって通信する。

3.6 防災中央装置の高信頼化

防災中央装置は、その重要性から24時間連続稼働が基本であり、障害発生時やシステム拡張時にシステム停止を起こさないよう高信頼化されている。IPが得意とする1対N通信を利用し、防災設備の情報を複数の防災中央装置に同時に伝達する手法が採られた。

(1) 運用拠点の多重化

防災中央装置は、火災発生時の万一の操作不能を回避するために管理庁舎とトンネル換気所内のバックアップ局に設置し、運用拠点の多重化を図ることができた。

各運用拠点の防災中央装置は、拠点ごとに防災制御盤と接続して通信を行っており、いずれの局でも防災制御盤から常時情報を収集し監視することが可能である。ただし、防災卓からの遠隔操作については、複数の拠点から同時に操作することを回避するため、運用拠点間で制御権の受け渡しを行い、制御権を取得した拠点のみが遠隔操作することを可能とした。

(2) 処理装置の二重化

管理庁舎の防災中央処理装置は二重化構成とした。現用

系のデータは待機系へのデータ等価を常時行っており、現用故障時、現用系/待機系間で瞬時切替ができるようにしている。

二重化された防災中央処理装置は、各系が異なるIPアドレスを持っており、現用系のみがTCPコネクションによって防災制御盤と接続し、通信を行う。

このような冗長化によって、管理庁舎防災中央処理装置の現用系が故障した場合には系切替で、また両系が故障した場合にはバックアップ拠点で、トンネル防災システムでの継続的運用を可能とした。

4. む す び

山手トンネルは、2009年度に首都高速道路3号渋谷線～4号新宿線を結ぶ2次供用区間が開通予定である。さらに中央環状品川線の整備が2013年度開通に向けて進められていく。1次供用後の運用も踏まえて機能改善を図り、より安全性と信頼性を強化したシステムの構築を目指していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 田沢誠也, ほか: 首都高中央環状新宿線トンネル防災安全に向けた交通運用方針, 交通工学, 41, No.4, 38~44 (2006)
- (2) 田中 厚, ほか: 中央環状線(山手トンネル)開通に伴う整備効果分析～主に首都高速道路における整備効果分析～, 交通工学, 43, No.3, 18~21 (2008)
- (3) 丹野恵介, ほか: 都市内長大トンネルにおける防災システム, 電気学会ITS研究会講演論文集, ITS-07-9 (2007)

産業用電力線通信LSI及び装置

水谷良則*
杉山和宏**
下笠 清***

Advanced Power Line Communication Devices for Industry Usage

Yoshinori Mizugai, Kazuhiro Sugiyama, Kiyoshi Shimokasa

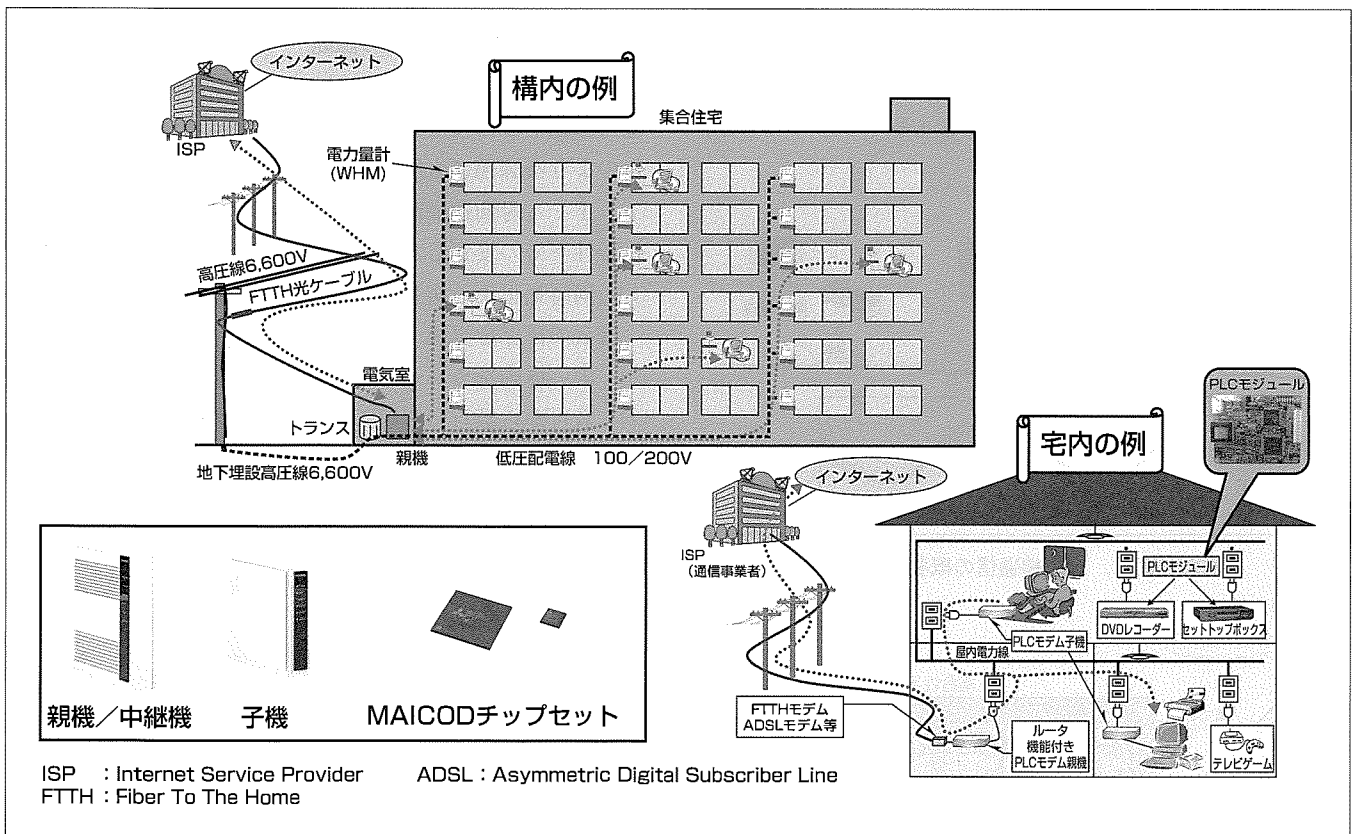
要旨

電力線通信(Power Line Communication : PLC)とは電力線を通信媒体とする有線通信であり、電力線に微弱な高周波変調信号を重畳することによって実現する。近年のデジタル信号処理技術の進歩によって、最大物理速度が100Mbpsを超える速度のネットワークでも、経済的に実現できる見通しが得られるようになった。既設の電力線を通信媒体として利用することで、新たな通信ケーブル敷設工事が不要な電力線通信は、2006年10月4日の電波法改正によって日本国内でも2~30MHzの周波数帯を電力線通信で利用することが認められ、高速な通信手段として宅内LAN(Local Area Network)用装置を中心に普及が進んでいる。ビル等の構内でも一部で実用化が始まり、その普及に期待が高まっている。産業用途に利用される電力線通信

には、最大速度よりも安定通信維持の重視・複数子機同時通信時の通信機会確保・広い通信カバレッジ・収容子機数のスケーラビリティ・遠隔ネットワーク運用管理など、宅内LAN用途をはじめとする民生用途とは異なる課題がある。これらの課題に解決策を提供するため、三菱電機では構内ネットワークを利用した業務に適用できる産業用電力線通信LSI(Mitsubishi Access Infrastructure Communication Device : MAICOD^(注1)チップセット)及びMAICODチップセットを搭載した装置を開発した。

本稿では、産業用電力線通信の主要課題及びこのLSI/装置が提供する解決策について述べる。

(注1) MAICODは、三菱電機株の登録商標である。



電力線通信の適用イメージ

電力線通信の適用イメージを示す。構内の例では、集合住宅の電気室に親機を設置し、各戸に子機を設置する構成を示す。また宅内の例では、各部屋のコンセントを利用した宅内LANの構成を示す。また左下枠内は当社産業用電力線通信LSI (MAICODチップセット) 及び装置の外観を示す。

1. ま え が き

電力線通信とは電力線を通信媒体とする有線通信であり、電力線に微弱な高周波変調信号を重畳することによって実現する(図1)。近年のデジタル信号処理技術の進歩によって、最大物理速度が100Mbpsを超える速度のネットワークでも、経済的に実現できる見通しが得られるようになった。既設の電力線を通信媒体として利用することで、新たな通信ケーブル敷設工事が不要であり、日本国内では2006年10月4日の電波法改正によって2~30MHzの周波数帯を電力線通信で利用することが認められ、高速な通信手段として宅内LAN用装置を中心に普及が進んでいる。構内(ビル、集合住宅ほか)でも一部で実用化が始まり、その普及に期待が高まっている。構内における電力線通信の適用イメージを図2に示す。当社ではこれまでの電力線通信事業で培った技術とノウハウに基づき、構内ネットワークを利用した業務に適用できる産業用電力線通信LSI(MAICODチップセット)、及びMAICODチップセットを搭載した装置を開発した。

本稿では、産業用電力線通信の課題とこのLSI/装置が提供する解決策について述べる。

2. 通信路としての電力線諸特性

電力線は、交流電源周波数(50Hz又は60Hz)の電力伝送が目的の媒体であり、それ以上の高周波数帯を利用した通信のための特別な規定はない。また電力線ネットワークは、

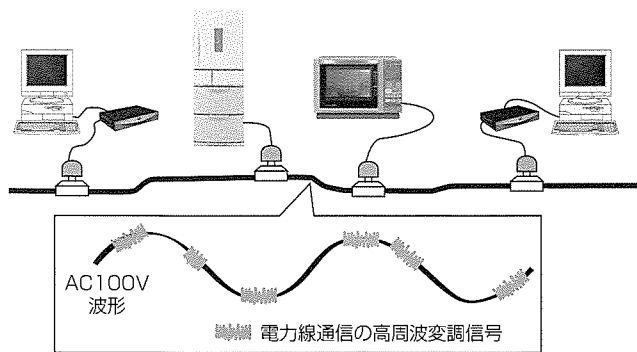


図1. 電力線通信の概要

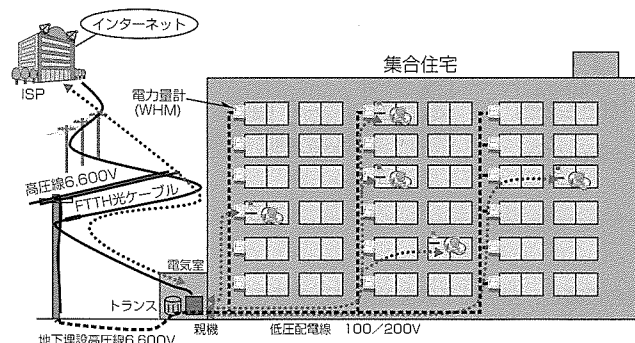


図2. 電力線通信の適用イメージ(構内)

多様な配線(分岐等)や線種(配電線/引込線/宅内電灯線等)で構成され、種々の配電機器(変圧器/ブレーカ/電力計/分電盤)や負荷機器(構内設備、家電)なども接続される。したがって、電力線通信を実現するためには、場所や時間によって諸特性が大きく異なる通信路であっても、柔軟に対応可能な通信技術が必要とされる。通信路としての電力線諸特性の特徴を次に述べる。

- (1) 周波数特性を持つ減衰：配線分岐/異種線接続/配線敷設環境/配電設備/負荷機器接続などによって信号が大きく減衰し、それらは時によって通信帯域内で急峻な周波数特性を持つ。
- (2) 周波数ノッチ：配線分岐/無終端/負荷機器接続などによるインピーダンス不整合点によって信号反射が生じ、信号が打ち消される狭帯域の周波数ノッチが場所によって異なる周波数で発生する。
- (3) 雑音：負荷機器(例：家電、ビル管理/住宅設備、業務用IT機器など)から、有色系/インパルス系など多様な雑音が電力線に重畳される。
- (4) インピーダンス変動：負荷機器の接続状況や動作状況によってインピーダンス変動が生じる。変動が交流電源周波数に依存する場合もある。

3. 産業用電力線通信の課題とMAICODで実現した解決策

3.1 産業用電力線通信の課題

産業用電力線通信は、宅内LANをはじめとする民生用電力線通信とは使用目的・形態などが異なる場合があり、次のような課題にも解決策を提供する必要がある。

- (1) 1:1対向通信時の最大速度よりも、種々の電力線諸特性下での安定した通信品質維持を重視
- (2) 同時通信する複数子機に対し、一定の通信速度と通信機会の確保を重視
- (3) 広い構内をカバーできる高い通信カバレッジの提供
- (4) 数台から数百台規模の子機を同一の電力線ネットワークに柔軟に収容できるスケーラビリティの提供
- (5) 遠隔ネットワーク運用管理を容易に実現できる機能の提供
- (6) 多様な業務用途への電力線通信機能・性能の容易な調整・最適化
- (7) セキュリティ機能の提供

3.2 MAICODで実現した解決策

3.2.1 安定した通信品質維持

適応変調型OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)方式を軸に、安定した通信品質維持を図っている。OFDM方式はキャリア間の直交性を利用するので隣接キャリアを近接配置でき、周波数利用効率が非常に高い。1,000本程度のキャリアに対しキャリア単位でデータ伝送量をデジタル制御することで、100Mbps超の高速

域から数Mbpsの中速域を同一機構でカバーできる。また各キャリアは狭帯域なので、特定周波数に影響する伝搬障害に強い。狭帯域キャリアの周波数帯ごとにS/N (Signal to Noise ratio) 比を監視し、S/N比に応じて周波数あたりの伝送データ量を動的に調整することで、2章の電力線諸特性下でも一定の通信品質を維持できる(図3)。高く安定したS/N比を必要とする高い変調多値数は、S/N比監視結果が良好な状態が継続されている場合に特化して使用し、通常は中程度以下の変調多値数で安定通信を優先している。多分岐かつ比較的長い電力線を想定した反射波抑圧機構をあらかじめ備えることで、2章の環境下でも通信品質の維持を可能とした。

さらに、信号減衰の大きな電力線を想定し、送信キャリア数に対し受信可能なキャリア数が大幅に減少しても、最小データ量の通信を維持できるよう同期機構を備えた。また、S/N比の時間的変動は誤り訂正機構である程度吸収し、突発的な高雑音に対しては再送機構で回復が図られる。S/N比劣化が進行した場合、通信方法をダイバシティ制御(同一データを複数ブロック送信し受信側で合成)に切り替え通信維持を優先することもできる。なお、変調判定閾(しきい)値/符号化率などはパラメータ化されており、業務の要求条件に応じて調整可能とした。

3.2.2 複数子機に対する通信速度/通信機会の確保

電力線通信では、親機と複数の子機が1本の電力線にバス状に接続され通信帯域幅を共有するため、多くの場合メディアアクセス制御(Media Access Control: MAC)機構を搭載する。この装置はTDMA(Time Division Multiple Access)方式を採用し複数子機への通信速度/通信機会確保を重視した。親機は複数の子機を同時に監視し、トラフィックが発生した複数の子機に対し動的に通信帯域幅を割り当て時分割伝送する。この仕組みによって、親機と複数の子機間の送受信データを、優先度やデータ量に応じてデータ衝突や送信の空振り等を極力発生させずに伝送できる。また子機の同時通信数がネットワーク性能(スループット/遅延/通信機会)に与える影響を予測しやすいため、システム構築にあたってのネットワーク設計が容易で、かつ安定したサービス提供ができる。

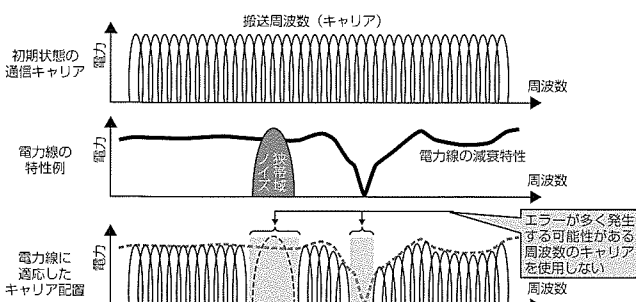


図3. 適応変調型OFDMの動作

3.2.3 高い通信カバレッジ

2章の電力線諸特性下では、減衰や雑音が大きく通信困難な箇所が発生する可能性がある。この装置では、高減衰信号に対する伝送性能の向上及び中継機構の装備で解決策を提供する。

(1) 高減衰信号に対する伝送性能の向上

この装置は、アナログ送受信回路系に関する通信周波数帯域内の平坦性改善/高利得化/低損失化/低雑音化によって高減衰信号の受信能力を引き上げ、伝送性能の向上を図った。

(2) 中継機能の装備

この装置は、時分割方式及び周波数分割方式による中継機能を備えた。中継機能を利用することで、ビルや集合住宅など構内で距離の長い電力線であっても電力線通信によるネットワーク構築が可能であり、またネットワークの拡張も容易となる。

3.2.4 スケーラビリティ

業務用途に適用する場合、ネットワークにおける子機の必要数は、その業務に応じて数台~数百台と様々である。この装置では、親機に接続された複数の中継機にも各々子機を収容可能とし、系として子機最大230台を1台の親機に収容可能とした。また中継機数を調節することで、業務による子機収容台数の違いにも柔軟に対応できる。

3.2.5 運用管理機能

SNMP(Simple Network Management Protocol)規格準拠のインタフェースを装備し、遠隔でのネットワーク障害検出、記録、通知、性能監視及び統計情報収集などを可能とすることで、ネットワークの運用維持管理を容易に行える。

3.2.6 多様な業務用途への柔軟な対応

この装置に内蔵された制御ソフトウェアは、下位のハードウェア制御部と上位の装置管理部からなり、両者をAPI(Application Program Interface)でインタフェースする階層構造を採る。種々の適用業務の要件(起動方法、接続手順、データ収集手順など)は、上位の装置管理部を最適化することで多くは実現できる。また装置管理部と同一階層に対象システム機能の一部を取り込むことで、システム全体の小型化・低コスト化にも貢献できる。

3.2.7 セキュリティ

この装置は、セキュアなネットワーク運用が求められる業務にも対応できるように、

- (1) ネットワーク不正侵入防止のための子機認証機能
 - (2) データ盗聴を防止する鍵(かぎ)長128ビットのAES(Advanced Encryption Standard)暗号アルゴリズム及び鍵更新機能
 - (3) データ改ざん/リプレイ攻撃検出機能
- など堅牢(けんろう)なセキュリティ機能を備えており、業

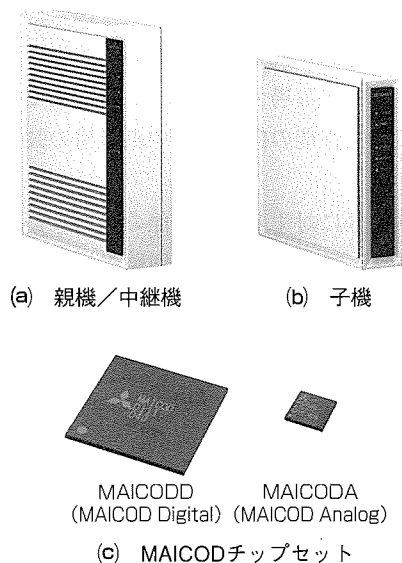


図4. 装置・MAICODチップセットの外観

務用途によって必要な機能を選択できる。またタグ付きVLAN (Virtual LAN, IEEE802.1Q準拠) によるトラフィック分離機能も備え、必要に応じてデータの保護を可能とした。

4. 装置・MAICODチップセットの外観と概略仕様

装置とMAICODチップセットの外観を図4に、概略仕様を表1に示す。装置には親機/中継機と子機の2種類がある。MAICODチップセットは、デジタルLSI (MAICOD Digital : MAICODD) とアナログLSI (MAICOD Analog : MAICODA) で構成される。デジタルLSI (MAICODD) は、主にPHY (物理) 層・MAC層・ハードウェアブリッジの基本部と高速/高精度AD/DA変換器及び入出力インタフェースを含む。入出力インタフェースは、イーサネット^(注2)・非同期シリアル・同期シリアル・GPIO (General Purpose Input/Output) を搭載し、それぞれ業務用途に合わせ利用することができる。アナログLSI (MAICODA) は、送信/受信の低ノイズアンプ・プログラマブルゲインアンプ等を内蔵する。デジタルLSI (MAICODD) と連動した動作で、広いダイナミックレンジを実現した。

(注2) イーサネットは、富士ゼロックス㈱の登録商標である。

表1. 装置の概略仕様(親機/中継機, 子機)

項目		仕様
最大物理速度		220Mbps
通信周波数		2~30MHz
変調方式		適応変調型OFDM
アクセス方式		TDMA
中継機能	親機/中継機	時分割, 周波数分割
	子機	なし
子機収容台数		24台(親機1台当たり) 230台(中継機10台使用時)
セキュリティ機能		参入認証, AES暗号, 鍵更新, タグ付きVLAN
ブリッジ		内蔵
運用管理		SNMP, 障害検出/ログ 統計情報収集
入出力インタフェース		100BaseT×2 (親機/中継機), ×1 (子機) 非同期/同期シリアル, GPIO

VLAN : Virtual Local Area Network

5. むすび

当社は、新しい通信技術としての産業用電力線通信の技術開発に、先駆的に取り組んでいる。本稿では、産業用電力線通信の課題と、当社MAICODチップセット及び同チップセット搭載装置の提供する解決策について述べた。既存の有線/無線技術では通信線敷設や通信範囲に課題があり、従来は高速ネットワーク構築が困難であった業務領域であっても、産業用電力線通信の適用によって高速ネットワーク構築が可能となる場合があり、そのような領域の拡大が期待できる。今後も当社は、産業用電力線通信LSI (MAICODチップセット) と同チップセット搭載装置及び関連技術を駆使して適用領域を拡大し、社会インフラシステムの一層の高度化効率化に貢献していく。

参考文献

- (1) 岡本 弘：EMC規格の基礎知識—最近の動向を踏まえて—, 月刊EMC, No.243 (2008-7)
- (2) 松崎 正, ほか：高速電力線通信の現状と展望, 三菱電機技報, 78, No.7, 440~444 (2004)

次世代監視制御システム (Web/汎用データベース/GIS活用)

門馬 啓*
古谷一雄*
田中 覚*

Next Generation Supervisory Control System(Web/Database/GIS Application)

Kei Momma, Kazuo Furuya, Satoru Tanaka

要 旨

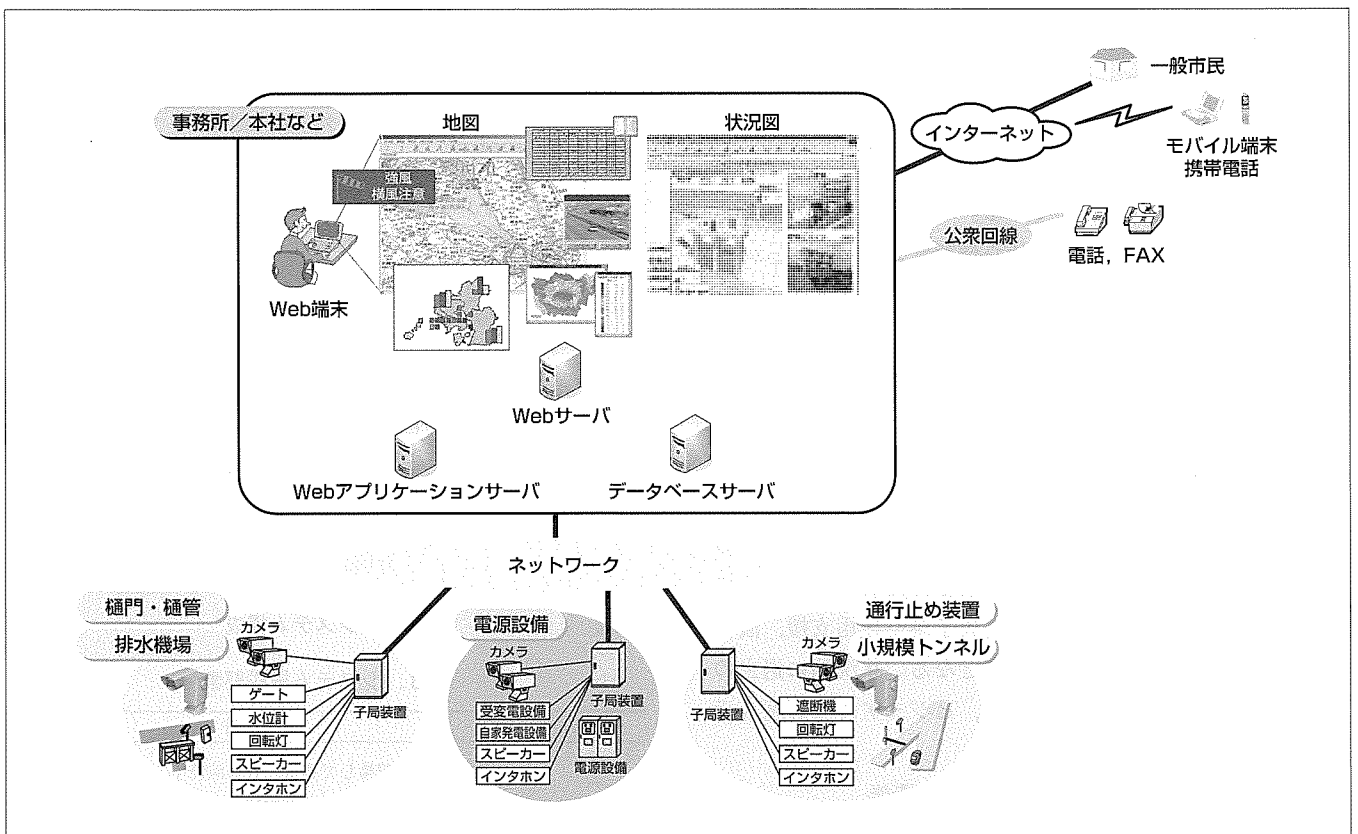
広域監視制御分野では、従来型の監視制御システムと、収集した観測データなどの情報を集約・二次加工し一般利用者に情報公開・配信する情報システムが一体となった複合的なシステムが増えている。

三菱電機では、このような複合的なシステムに対応が可能な次世代監視制御システムを製品化し、河川情報システムや、防災情報システムを中心に適用している。次世代監視制御システムは、観測情報や、機器状態などの監視対象の情報をRDB(Relational DataBase:リレーショナルデータベース)に、長期間・大量に蓄積して、需要予測や運用支援などの高度な業務システムでの利用を可能とする。Ajax(Asynchronous JavaScript+XML:JavaScriptによ

る非同期通信)技術を用いることによって、専用の監視端末だけでなく、一般端末でもWebブラウザによるリアルタイムな監視制御を可能にするとともに、インターネットで一般利用者に情報公開・配信する機能を提供する。さらに、位置情報と監視情報を融合して高度な表現が可能なGIS(Geographic Information System:地理情報システム)機能も提供する。

本稿では、当社が提供している次世代監視制御システムの特長、機能、システム構成、実現方式について述べる。また、河川情報システムや、防災情報システムへの適用例についても述べる。

特集
II



次世代監視制御システム

次世代監視制御システムは、監視制御システムと情報システムを融合したシステムを提供する。Ajax技術によるインターネットでのリアルタイムな監視制御と情報配信、RDBでの長期間・大容量の監視情報の管理と活用、位置情報と監視情報を融合したGIS機能を特長とし、河川情報システム、防災情報システムを中心に適用している。

1. ま え が き

広域監視制御分野では、従来型の監視制御システムと、収集した観測データなどの情報を集約・二次加工し一般利用者に情報公開・配信する情報システムが一体となった複合的なシステムが増えている。また、低コスト化、短納期化も進んでいる。

当社では、このような複合的なシステムに低コスト、短納期で対応可能なソフトウェア基盤を開発し、次世代監視制御システムとして製品化した。

本稿では、当社が提供している次世代監視制御システムの特長、機能、システム構成、実現方式について述べる。また、河川情報システムや、防災情報システムへの適用例についても述べる。

2. 次世代監視制御システム

2.1 特 長

次世代監視制御システムは、監視制御システムと情報システムを融合したシステムを提供する。次にその特長を示す。

(1) Ajax技術による一般端末でのリアルタイムな監視制御

観測情報や監視対象設備の状態などの監視情報を、Ajax技術を用いて、リアルタイム・高速に表示する。トレンドグラフなどもAjaxで実現し、高速な表示更新や、自動又は手動でのスケール変更などの各種操作機能も提供する。これによって、一般端末(Web端末)でのリアルタイムな監視制御を可能としている。

(2) キャッシュ制御による高速な情報配信

常に最新の情報をWebサーバにキャッシュするキャッシュ制御機能によって、これまで難しかった更新を伴う監視制御システム画面のキャッシュを可能とした。これによって情報配信のスループット向上と、高速な画面の応答、インターネットの多数の端末に対応可能となった。

(3) RDBによる長期間、大容量の監視データの管理

従来メモリに蓄積していた監視情報をRDBで保持することによって、長期間、大量に蓄積を可能とする。加えて検索や二次加工が容易となり、需要予測や運用支援、設備管理システムなどでの利用が可能となる。状況図に過去の状況を表示することが可能となり、ビジュアルな履歴表示を実現した。

(4) 位置情報と監視情報を融合したGIS機能

観測情報や被災情報を背景地図と重ねて表示することで、観測場所や被災場所の正確な把握が可能となり、各種の災害対策支援業務を迅速に行うことができる。加えて、地図の拡縮・スクロールやレイヤの取得及び表示制御、座標変換等の地図に対する基本操作機能を提供する。

2.2 機能・諸元

表1にこのシステムの主な機能を、表2にこのシステムの諸元を示す。

2.3 システム構成

このシステムの構成を図1に、システム構成要素を表3に示す。

表1. 機能一覧

機能	内容
情報の蓄積	監視情報を、収集して蓄積。観測情報の演算や集計
状況図表示	監視情報を、設備の模式図や簡易地図画面に表示
トレンドグラフ表示	観測情報などの監視情報の推移をグラフに表示
一覧表・履歴表示	監視情報や故障などの履歴情報を一覧表で表示
帳票出力	監視情報を帳票に出力
更新/警報通知	収集した情報の更新通知、観測、監視対象の異常を警報通知
設定/制御	観測・監視対象に対する設定や機器の制御
キャッシュ制御	画面に表示する情報をWebブラウザ・Webサーバにキャッシュし制御。最新の情報はWebサーバに常にキャッシュ
ホスティング	ホスティングサーバにインターネット配信用の情報を転送
認証・アクセス	設定や制御など操作に権限が必要な画面に対する認証及びアクセス制限
GIS連携	観測情報などの背景地図に重ねあわせて表示。拡大・縮小・スクロール等の表示操作、最短ルート探索、避難場所や被災状況などの情報登録

表2. 諸元一覧

項目	内容
蓄積期間	10分データ：20年
端末数	同時接続数：300台
状況図表示	同時接続300台の表示更新：3秒
トレンドグラフ表示	同時接続300台の表示更新：3秒
GIS連携	最大レイヤ数：400
	対応地図：DRM*1、数値地図*2など

*1 Digital Road Map：日本デジタル道路地図協会

*2 国土地理院発行

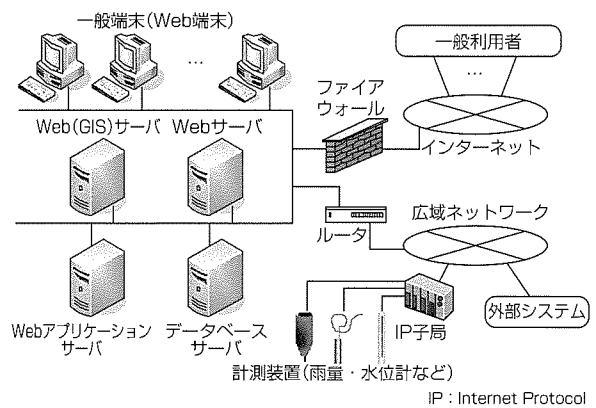


図1. システム構成

表3. システム構成要素

構成要素	説明
データベースサーバ	監視情報を収集して蓄積。各種演算や、集計
Webアプリケーションサーバ	データベースから情報を取得・加工して、情報及びコンテンツを生成
Webサーバ	静的コンテンツの配信、及び画面に表示する情報をキャッシュする機能を提供
Web(GIS)サーバ	背景地図の配信、GISの各種機能を提供
一般端末(Web端末)	ブラウザに各種画面を表示し、操作する機能を提供

3. 実現方式

3.1 Ajax技術によるリアルタイムで高速な表示更新

最新の観測情報や監視対象の状態の変化を、監視制御を行うWeb端末に、サーバプッシュで通知する。通知を受けると、Web端末は更新情報を要求し、取得した情報を画面に展開する。これにより、インターネットでも監視情報のリアルタイムな表示更新を実現する。

情報の取得と画面の表示更新はAjax技術で非同期に行い、ユーザーの操作を妨げることなく、情報が更新された部分のみを表示更新する。さらに、情報をJSON (JavaScript Object Notation)で配信することによって、画面での情報の解析を不要とする。これらにより、高速な表示更新を実現している(図2)。

3.2 キャッシュ制御機能による高速な応答

Webサーバ・Webブラウザのキャッシュ機能を有効に活用するため、監視画面に必要な情報(データ)をすべてURI (Uniform Resource Identifier)で表現した。時系列のデータを各々識別可能とし、時刻ごとのデータをURI指定でキャッシュし取り出せるようにした。また、キャッシュ制御機能を開発し、Web端末への更新通知時に、常に最新のデータをWebサーバにキャッシュするようにした。

Web端末からのデータ要求は、図3の①~④で処理される。常に最新のデータがWebサーバにキャッシュされていること、最新のデータのみならず過去データもURIでキャッシュされていることから、大半のデータは①~③の処理で高速に回答可能である。

Webサーバのキャッシュにデータがない場合のみ④の処理となるが、応答データはURIとして新たにWebサーバにキャッシュされるため、次回以降のデータ要求は高速に回答可能である。

3.3 監視情報のGIS連携機能

背景地図とは別に地図上に表示する監視情報を地物とし

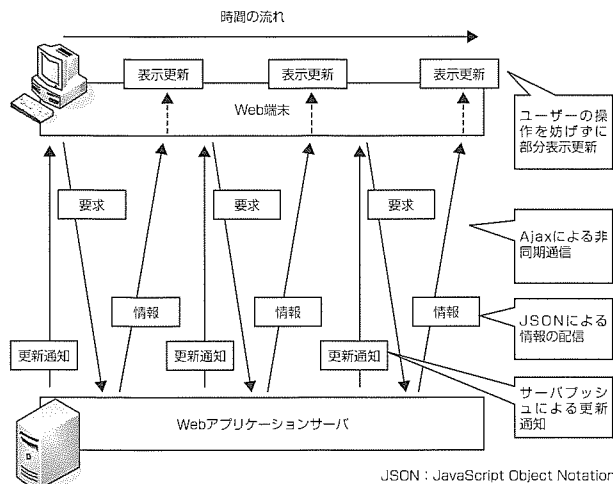


図2. Ajaxによるリアルタイム表示

て管理する。地物は、空間属性(点、線、面の3種類の二次元図形)と主題属性(名称や観測値といった各種属性情報)で構成しRDBに格納する。地物は、背景地図とは別のレイヤで管理し、表示のON/OFF、地物の登録、変更などを行うことができる。道路ネットワーク情報もレイヤで管理し、監視情報と連携したルート検索、範囲検索などを行うことができる(図4)。

4. 適用例

4.1 河川情報システムへの適用

河川情報システムは、河川流域の雨量・水位等の情報をリアルタイムに監視するとともに、一般利用者向けの情報配信を行うシステムである。

4.1.1 システム構成

図5に河川情報システムに適用した場合のシステム構成を示す。データベースサーバは、計測装置や外部システムが収集した雨量や水位などの情報をRDBに蓄積する。河川流域の雨量や河川の水位を監視し、水門の制御を行うとともに、一般利用者へ水防情報を公開する。

4.1.2 システムの特長

(1) 監視制御とインターネットでの情報公開

このシステムが提供するAjax技術によるリアルタイム

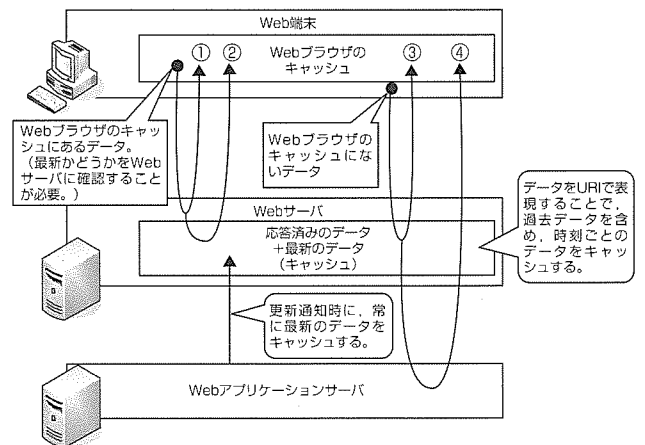


図3. キャッシュ制御による応答

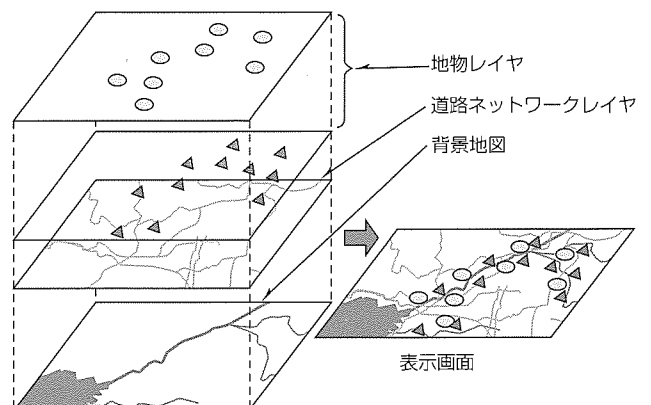


図4. GIS連携のイメージ

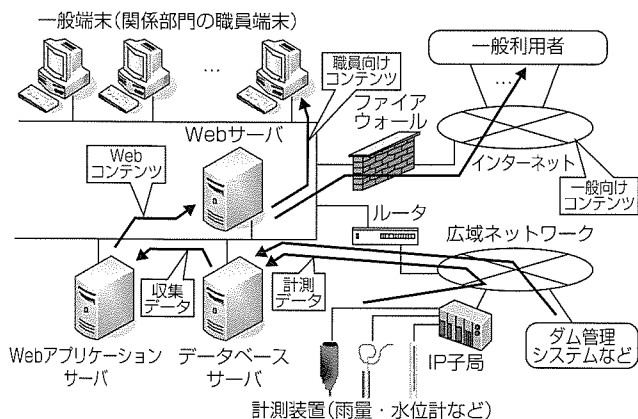


図5. 河川情報システムの構成

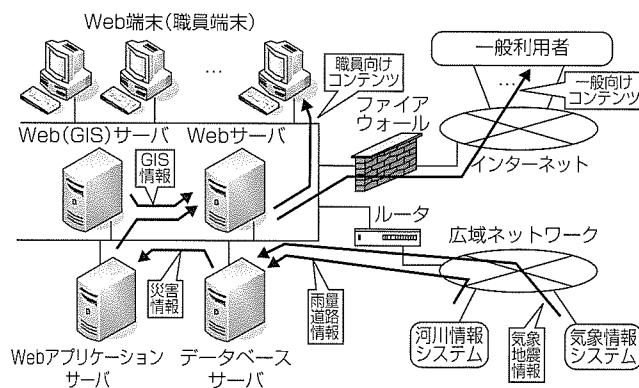


図6. 防災情報システムの構成

な監視制御機能によって、限られた専用端末のみでの監視だけでなく、一般端末(Web端末)での監視制御や、関係部門での情報共有も可能である。また、このシステムで提供するキャッシュ機能によって、大雨などで一般利用者からの閲覧が集中しても、対応が可能である。

(2) 蓄積情報を利用した過去の状況表示

このシステムが提供するRDBに、長期間の情報を格納することで、現在と過去の状況を、状況図やトレンドグラフでビジュアルに比較表示することができる。

4.2 防災情報システムへの適用

防災情報システムは、自然災害発生時における自治体の防災業務の支援と、一般利用者への情報配信を行うシステムである。

4.2.1 システム構成

図6に防災情報システムに適用した場合のシステム構成を示す。外部システムで雨量・水位や道路等の情報、気象・震度等の情報を収集してデータベースサーバで一元管理し、一覧表示や、GIS上にシンボル・数値表示する。災

害発生時は、メール、FAX等の一斉通報で職員へ通知する。

4.2.2 システムの特長

被害状況や措置状況、指示状況、避難状況等を、このシステムで提供するGIS連携機能を用いて、地図上に重ね合わせて表示する。状況は地物として、登録・管理し、過去の災害状況も重ねて表示することができる。

5. むすび

次世代監視制御システムと適用例について述べた。今後は、更なる機能拡張とシステム構築のためのエンジニアリング環境を整備し、適用システムの拡大及び、システム構築コストの低減を図っていく所存である。

参考文献

- (1) 柳原慎太郎, ほか: 産業用WebシステムにおけるAjax応用UI構築技術, 情報処理学会第69回全国大会, 4D-4 (2007)

低環境負荷型制御盤

Controlgears for Energy and Resource Saving

Sadao Tsuchida, Koji Irikiin, Yoshihisa Mizuta

要 旨

近年、製品のライフサイクル全体にわたって環境に与える影響を把握することの重要性が日増しに高まっており、地球温暖化や廃棄物問題などへの対応として、環境負荷軽減が製品に求められている。このような状況は上下水道向け制御盤でも例外ではなく、三菱電機はライフサイクル全体での環境負荷軽減を最重要課題としてとらえ、各種制御盤の開発に取り組んでいる。

主な取り組み内容は次のとおりである。

- ①省資源化と輸送効率向上
- ②省エネルギー化
- ③環境負荷データの回示

本稿では代表3機種について、その成果を述べる。

(1) 電子化複合機能盤

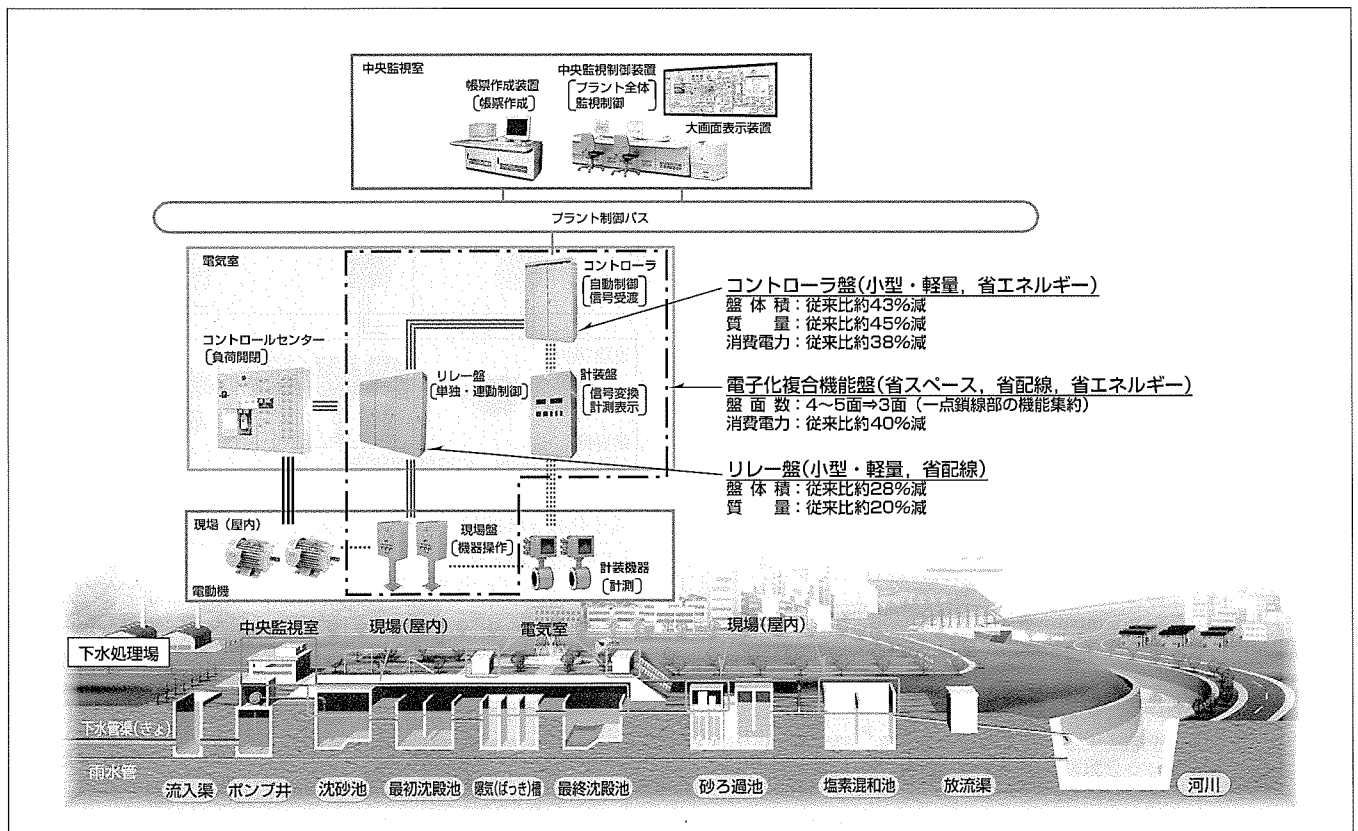
各種制御盤の機能を集約し、盤面数の削減と盤間ケーブルを不要とすることで、省スペース・省配線・省エネルギーを実現

(2) 小型コントローラ盤

小型・低消費電力型CPU(Central Processing Unit)の採用と盤内実装効率の改善によって、盤の小型・軽量化と省エネルギーを実現

(3) 電子化リレー盤

従来複数個のミニチュアリレーで構築していたポンプやバルブなど、負荷の単独制御回路部を電子ユニット化し盤内実装効率を向上させることで、盤の小型・軽量化と省配線を実現



水処理電気設備概要(下水処理場)

この図は水処理電気設備(下水処理場)の概要を示したものである。当社は水処理電気設備向けの各種制御盤の開発・設計・製作を行っている。水処理プラントで自動制御・計装制御を担うコントローラ盤、ポンプやバルブなど負荷の単独制御を担うリレー盤、これら各種制御盤の機能を集約した電子化複合機能盤で、小型・軽量化、省配線、省エネルギーなど環境負荷軽減を実現した。

*神戸製作所

1. ま え が き

当社は浄水場や下水処理場などの水処理プラントで円滑な運転を行うための自動制御に不可欠な、各種制御盤の開発・設計・製作を行っている。最近では製品のライフサイクル全体にわたって環境に与える影響を把握することの重要性が日増しに高まっており、地球温暖化や廃棄物問題などへの対応として、環境負荷軽減が不可欠となっている。これは制御盤でも例外ではなく、製品のライフサイクル全体での環境負荷軽減を最重要課題ととらえ、各種制御盤の開発に取り組んでいる。

本稿では上下水道向け制御盤開発における環境負荷軽減への取り組み内容と代表3機種について述べる。

2. 低環境負荷型制御盤開発への取り組み

制御盤の開発では、DfE^(注1)技術、LCA^(注2)を活用し、ライフサイクル全体での環境負荷軽減に取り組んでいる。主な取り組み内容は次のとおりである。

(1) 省資源化と輸送効率向上

- ① 小型・軽量化の目標を製品ごとに設定し、材料を無駄なく使うことで資材投入量の削減を行う。
- ② 機能集約による盤面数削減や盤間ケーブル削減等の省資源化を行う。
- ③ 梱包(こんぼう)材料の削減や輸送時積載質量の軽減、輸送効率の向上、並びにトラック輸送から鉄道輸送への転換によるCO₂排出量の削減を行う。

(2) 省エネルギー化

製品使用時のCO₂排出量削減のため、製品ごとに目標を設定し低消費電力化を行う。

(3) 環境負荷データの回示

環境配慮型製品としての認知を目的に、エコリーフ環境ラベル^(注3)を取得する。

次に、当社が開発した低環境負荷型制御盤の代表機種として、電子化複合機能盤、小型コントローラ盤、電子化リレー盤について述べる。

- (注1) Design for Environment：資源の有効活用、エネルギーの効率利用、有害物質による汚染回避の観点から環境に配慮した活動である。
- (注2) Life Cycle Assessment：製品が製造、使用、廃棄又は再使用されるまでのすべての段階を通して、環境に与える影響を評価する方法である。
- (注3) 製品の環境負荷を定量的に評価し、その結果を消費者に開示することによって、企業と消費者の間に良好なコミュニケーションを醸成することを目的としたものである。ISOが規定している分類のタイプⅢに位置付けられ製品の評価は読み手に委ねられる。

3. 電子化複合機能盤

3.1 概 要

浄水場や下水処理場の従来システムでは動力計装制御を行う場合、動力・制御・計装・監視回路ごとに盤の製作・

据付・配線工事・現地調整等が必要であった。電子化複合機能盤はこれらの分散された機能を集約し盤面数を削減することで、製作・据付・配線・調整作業が省力化でき、さらに現場設置することで、省スペース・省配線・省エネルギー・高性能な電気設備の提供を可能とする(図1)。

3.2 特 長

電子化複合機能盤の主な特長は次のとおりである。

(1) 機能集約による省スペース・省配線

機能集約の範囲はプラント規模によって異なるが、従来システムでコントローラ・リレー盤・計装盤・コントロールセンター各1面(計4面)で構成されている場合、電子化複合機能盤では従来リレー盤で担っていた連動制御機能をコントローラに、単独制御機能をコントロールセンターに集約することで盤面数の削減を可能にした。また、盤面数削減によって盤間ケーブルを不要とし、現場設置することによって動力・制御ケーブル長の削減も可能にした。

(2) 低消費電力

従来コントローラとコントロールセンターはリレー盤を介して電線で接続されており、信号点数分のコントローラ入出力カードが必要であった。電子化複合機能盤ではコン

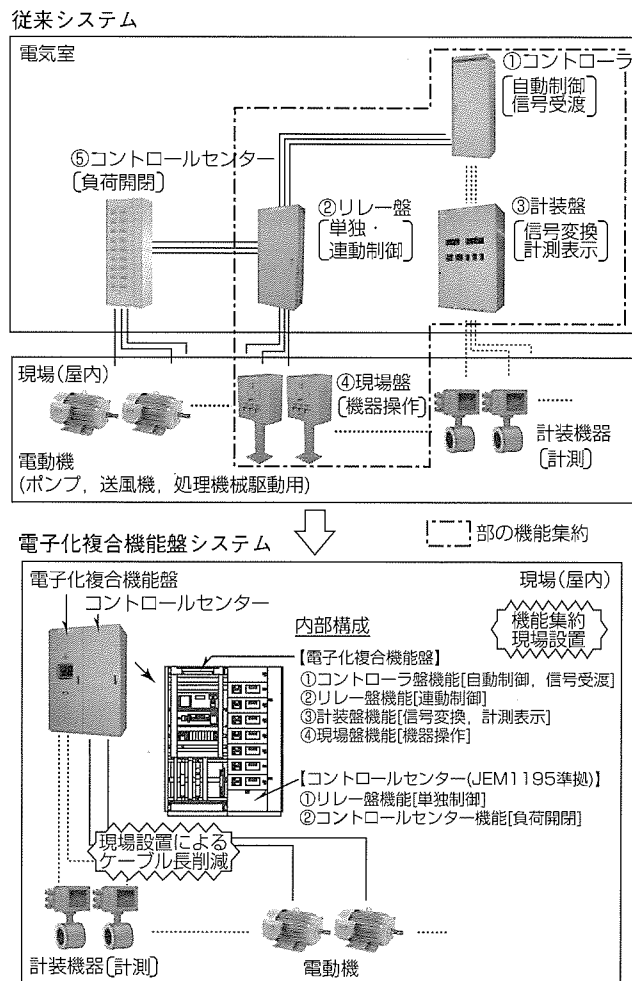


図1. システム構成比較

トローラとコントロールセンター間を通信化(バス接続)することでコントローラ入出力カード約12枚(約200点分)を削減し、1面あたりの消費電力を従来比最大40%(CO₂排出量換算で約0.4t/年)削減^(注4)した。

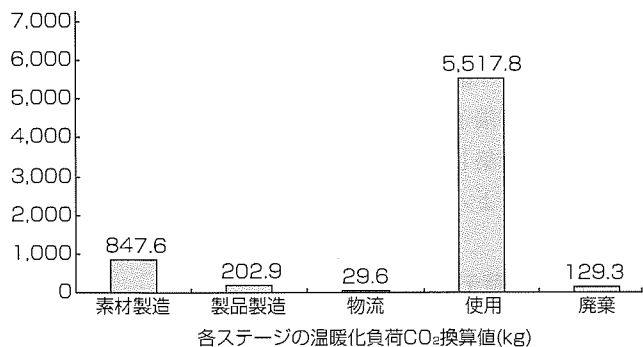
また、通信化によって、コントロールセンター1面あたり約200本の配線材料削減も実現した。

(注4) 試算条件：1CPU, 10負荷, 入出力点数200点

3.3 環境負荷データ

電子化複合機能盤の環境負荷データ(エコリーフ環境ラベル抜粋)を図2に示す(詳細はエコリーフ環境ラベルのHPより閲覧可能)。

■製品仕様	
単位面あたりの機能実装量	制御機能 : DI/O : 592点, AI/O : 8点 計装機能 : 8ループ 監視操作機能 : 10負荷
外形寸法	: W700×H1,900×D600(mm)
総質量	: 250kg
■環境負荷	
ライフサイクルでの消費・排出	全ステージ合計
温暖化負荷(CO ₂)換算	: 6,727kg



※ 使用時環境負荷は、定格の70%で15年間運転したとして、制御盤自身の消費電力を計上したもの

図2. 環境負荷データ(エコリーフ環境ラベル抜粋)

4. 小型コントローラ盤

4.1 概要

浄水場や下水処理場などの水処理プラント設備で、リレー盤や計装盤などの制御盤だけでは複雑かつ高度な自動制御、計装制御には限界がある。これらの高機能処理をコントローラ盤で行っており、リレー盤などの制御盤からのプロセス信号授受を行うほか、各種情報バスによって上位計算機などへのインタフェースを行う。小型コントローラ盤は、小型のCPU及び入出力装置の採用によって、大幅な消費電力の削減と、盤の小型・軽量化を実現した(図3)。

4.2 特長

小型コントローラ盤の主な特長は次のとおりである。

(1) 低消費電力

小型のCPU及び入出力装置を採用することで装置の低消費電力化が可能となり、さらに従来必要であった強制放熱(熱交換器の実装)も不要となった。これによって盤全体の消費電力を従来比約38%(CO₂排出量換算で約1.4t/年)削減した(表1)。

(2) 小型・軽量

実装機器の小型化とそれらの実装効率改善を行うことで、盤の体積を従来比約43%、質量を従来比約45%(CO₂排出量換算で約0.24t)削減した(表2)。

なお、盤の小型・軽量化及び自然放熱の採用(熱交換器レス)に伴う盤内温度上昇の抑制に対しては、発生した熱を効率よく放熱し、適正な温度分布となるよう機器を実装することで実現した。

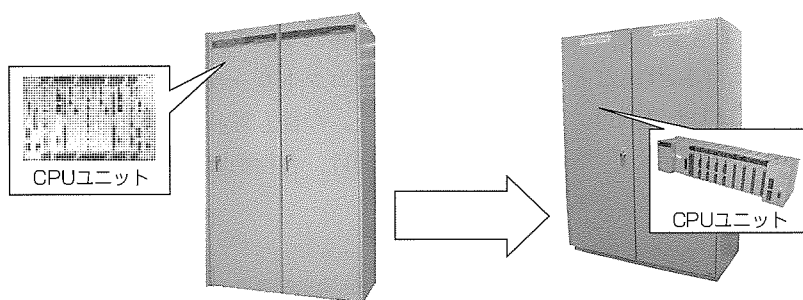


図3. コントローラ盤外観比較

表1. 消費電力の比較

	CPU盤	I/O盤	全体
従来盤	412VA	649VA	1061VA
小型コントローラ盤	146VA	516VA	662VA

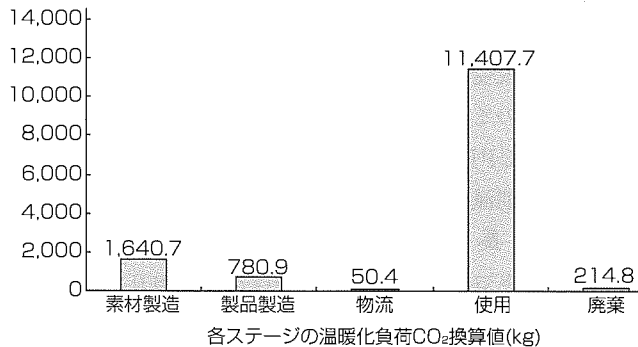
モデル構成：CPU (一重系), 制御バスインタフェース装置, DI/O : 768点, AI/O : 88点 実装時

表2. 盤サイズ・質量の比較

	盤サイズ (mm)	質量
従来盤	W700×H 2,300×D800	750kg/ 2面
小型コントローラ盤	W700×H 1,900×D550	416kg/ 2面

■製品仕様(評価モデル：2面構成)	
実装量	DI/O：768点
制御機能(処理点数)	AI/O：88点
外形寸法	W1,460×H1,900×D550(mm)
総質量	416kg

■環境負荷	
ライフサイクルでの消費・排出 全ステージ合計	
温暖化負荷(CO ₂)換算	14,094kg



※ 使用時環境負荷は、定格の70%で15年間運転したとして、制御盤自身の消費電力を計上したもの

図4. 環境負荷データ(エコリーフ環境ラベル抜粋)

4.3 環境負荷データ

小型コントローラ盤の環境負荷データ(エコリーフ環境ラベル抜粋)を図4に示す(詳細はエコリーフ環境ラベルのHPより閲覧可能)。

5. 電子化リレー盤

5.1 概要

リレー盤は、浄水場・下水処理場をはじめとする水処理プラント設備で、ポンプやバルブなど負荷の単独制御回路を収納しており、盤内にはミニチュアリレーやタイマ、外部端子台等が実装される。電子化リレー盤は、従来のリレー盤で1負荷あたり4~10個程度のミニチュアリレーと外部端子台を電線で接続することで構築していた負荷単独制御回路を、ユニット化(電子ユニット)することで省配線及びリレー盤の小型・軽量化を実現した(図5)。

5.2 特長

電子化リレー盤の主な特長は次のとおりである。

(1) 小型・軽量

負荷単独制御回路のユニット化を目的に“三菱電機多機能リレー”を開発した。このユニットを、制御回路ごとに複数のミニチュアリレー及び外部端子台の代わりに採用し、盤内実装効率を向上させリレー盤の体積を従来比約28%、質量を従来比約20%(CO₂排出量換算で約0.07t)削減した(表3)。

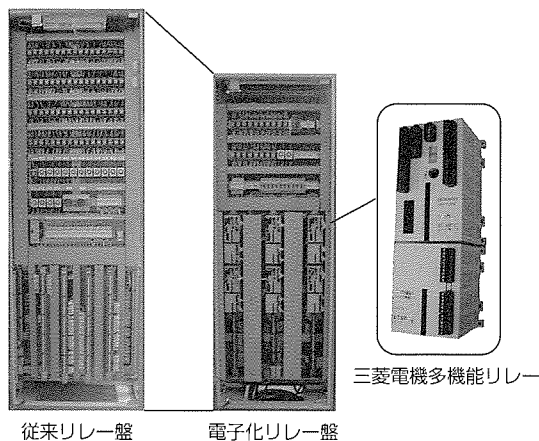


図5. リレー盤内部実装図比較

表3. 盤サイズ・質量比較

	盤サイズ (mm)	質量
従来リレー盤	W800×H2,300×D550	300kg/面
電子化リレー盤	W700×H1,900×D550	240kg/面

(2) 省配線

従来のリレー盤は、各ミニチュアリレー間・ミニチュアリレーと外部端子間を電線で複雑に配線することによって制御回路を構築していたが、“三菱電機多機能リレー”を採用することによって配線本数を1負荷あたり平均30%削減した。

5.3 環境負荷データ

電子化リレー盤のエコリーフ環境ラベルは、取得申請準備中である。

6. むすび

制御盤開発における環境負荷軽減への取り組みに関する内容について、また代表機種として電子化複合機能盤、小型コントローラ盤、電子化リレー盤の3機種について述べた。今後も製品のライフサイクル全体での環境負荷軽減に向け、各種制御盤の開発に取り組んでいく。

参考文献

- (1) (社)産業環境管理協会 定量的環境情報ラベル(ISOタイプⅢ環境ラベル)、エコリーフ環境ラベル 実施ガイドライン 06版 (2008)

低炭素社会に向けた 排出量取引の国内外動向

塚田路治*
マルタ マルミローリ**
塚本幸辰*

野中美緒***
市田良夫***

Global Outlook of Emission Trading Scheme for Low Carbon Emission Society

Michiharu Tsukada, Marta Marmioli, Yukitoki Tsukamoto, Mio Nonaka, Yoshio Ichida

要旨

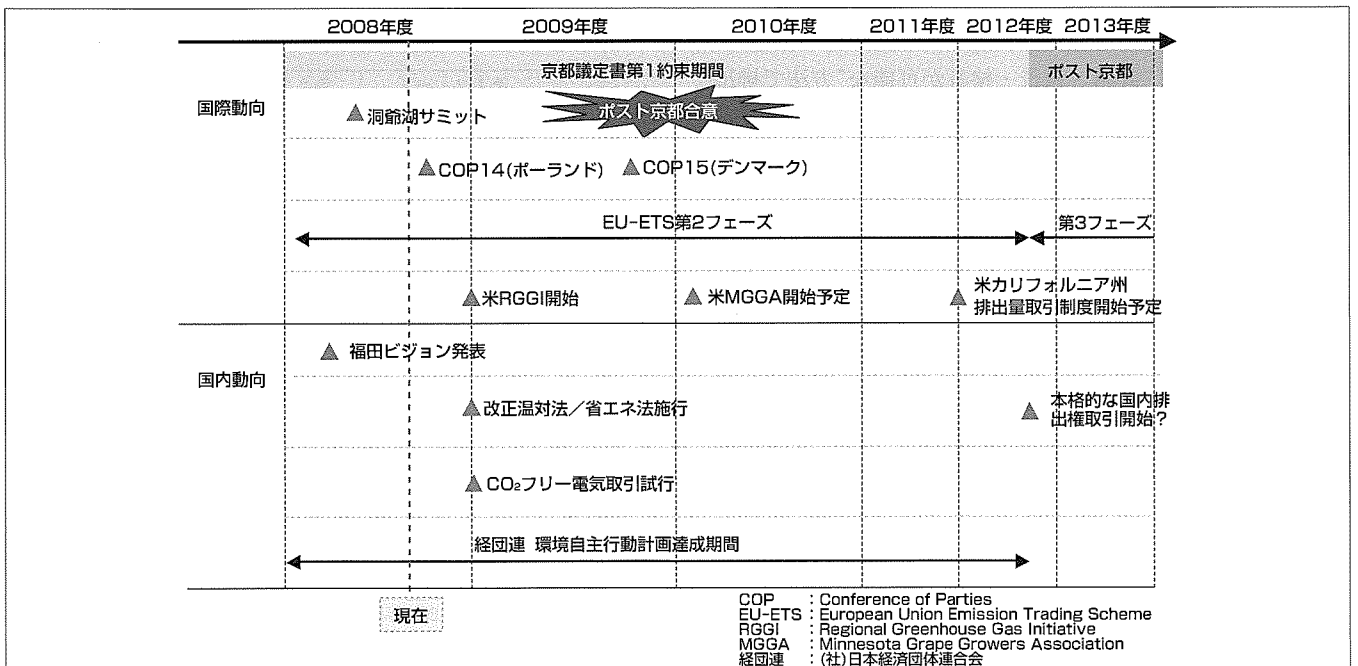
2008年7月に開催されたG8洞爺湖サミットでは、参加国首脳によって“2050年までに世界全体の温室効果ガス排出量を50%削減する目標についてビジョンを共有するとともに、気候変動枠組条約UNFCCC(United Nations Framework Convention on Climate Change)に基づく今後の国際交渉で採択することを求める”というメッセージが発信された。一方、2001年には国際的な温室効果ガス排出量削減策として京都議定書が発効しており、目標達成のため、日本を含めた批准国は官民を挙げて温室効果ガスの排出削減に尽力し、2013年以降の枠組み(ポスト京都)についても、注目が集まっている。

このような国際的な動きの中で、温室効果ガス削減のための制度として国や地域レベルで排出量取引制度の導入が進んでいる。EU(European Union)では京都議定書の第1約束期間に先駆けて2005年からキャップ&トレード型のEU域内排出量取引制度EU-ETS(EU Emission Trading Scheme)を開始した。米国では、国としては京都議定書から離脱しているものの、多くの州で排出量取引制度の導入が予定されている。排出量取引制度の導入拡大に伴い取引

所の設立も増加している。EUや米国だけではなく、アジアでも排出量取引所は増加すると予想される。

日本では温室効果ガス排出量とエネルギー使用量の管理・報告は義務付けられているものの、強制的な規制を課すまでは至っていない。制度としては、2000年から民間主導でグリーン電力証書取引が開始され、2009年4月からはCO₂フリー電気取引の試行が予定されている。環境付加価値を取引する市場が多様化する傾向にあるが、参加者が混乱しないよう、各商品のみならず商品間も含めて法的整備、運用面での整備が必要である。

温室効果ガス排出削減は人類の持続的発展のために行っていかなければならないといわれているものの、過度の規制は産業の発展の妨げになる。地球全体として効率的な温室効果ガス排出削減を行うために、国際的な枠組みの検討が必要である。ポスト京都における国別の排出量割当に関しては、欧米で導入が進むキャップ&トレード型か、日本が主張するセクター別アプローチか議論が分かれるところであるが、最終的に、物理的な温暖化ガス排出削減につながるような制度設計が期待される。



排出量取引整備に向けた流れ

世界的に低炭素社会実現に向けた取り組みが本格化している。国内でも、RPS法、省エネ法、温対法に基づくRPS取引、グリーン電力証書取引に続きCO₂フリー電気の取引が試行される。

1. ま え が き

英国の経済学者 Sir Nicholas Sternが2006年に発表したスターンレビュー(The Economics of Climate Change)⁽¹⁾は、英国のみならず世界の経済政策に大きな影響を与えた。報告によると、(1)気候変動の影響は深刻であり、早期かつ強力な対策が必要であること、(2)そのコストはGDPの1%程度であるが、その投資には成長と発展の幅広い可能性が存在すること、(3)対策は個別ではなく、エネルギー供給システム全体の見直しが必要なこと、(4)さらには、炭素税、排出量取引などだけでは十分ではなく、低排出の革新的技術開発が必要であることなどが指摘された。

2008年7月に開催されたG8洞爺湖サミットでは、参加国首脳によって“2050年までに世界全体の温室効果ガス排出量を50%削減する目標について、ビジョンを共有するとともに、気候変動枠組条約に基づく今後の国際交渉で採択することを求める”というメッセージが発信された。また、排出量の絶対的削減を達成するために野心的な中期の国別目標を実施すること、気候変動への適応努力について、途上国への協力を継続・強化する点についても合意された。具体的な数値目標が示されなかったが、今後の国際的な温暖化対策に影響を及ぼすと考えられる。

一方、排出量削減のより実効性のある京都議定書(1997年採択、2001年発効)では、2008年から2012年の間に先進国が排出量を1990年比で少なくとも5%削減することを目標と定めている。また、2013年以降の枠組みでは、気候変動枠組条約締約国会議COP(Conference of Parties)で検討、COP13(バリ2007年)で、2013年以降の枠組み策定に向けたロードマップ(バリ行動計画)が採択された⁽²⁾。これによって、COP15(コペンハーゲン2009年)までに、先進国及び途上国に対して“計測・報告・検証が可能な”方法で排出削減の国際的な取り決めを検討することとなった。今後、ポスト京都をめぐる国際交渉での駆け引きが注目される。

このような国際的な動きの中で、各国で排出量削減のために排出量取引制度の導入検討が進んでおり、世界的な取引の拡大は確実に進んでいる。わが国でも取引制度を導入することの是非について検討が開始されたが、キャップ&トレード方式は、公平なキャップ割当が困難であり産業界からの反発が強い。公平かつ効果的に排出削減を達成できる取引制度の設計には、先行事例で明らかとなった課題を踏まえて、現制度との関係を含めた議論が不可欠である。

本稿では、排出量取引に関連する海外動向と国内の温室効果ガス排出削減に関連する制度を俯瞰(ふかん)することによって、現状の課題と今後の展望について述べる。

2. 海外動向

2.1 EU

EUは地球温暖化に関する国際的な働きかけを積極的に展開しており、2013年以降の枠組みが決定されるまでに2005年比20%の削減を行う目標を設定している。この目標達成のため、京都議定書第1約束期間に先駆けて2005年から域内排出量取引制度(EU-ETS)を開始した。これは事業者ごとに排出枠を設け、不足や余剰分を売買することによって目標を達成するキャップ&トレード型取引制度である。現在、制度の第2フェーズが実施段階にある(表1)。

第1フェーズではキャップ割当が緩く、多くの事業者でクレジットの余剰が生じ、かつ次フェーズへの持ち越しが不可であったため、市場価格が暴落した。これを受け第2フェーズでは割当を厳しくし、かつ次フェーズへの持ち越しを可能とした。また、第3フェーズでは割当をオークションによるものとし公平性に配慮したが、キャップの買い占めや投機資金の流入による市場の混乱といった課題が存在し、公平なキャップ割当は極めて困難な課題であるといえる。

2.2 米 国

京都議定書を批准していない米国でも、多くの州で排出量取引制度の導入が検討され、連邦議会でも2007年末に排出量取引を定めた法案が可決されるなど活発な動きがある。特に、共和、民主両党の大統領候補が排出量取引制度に支持を表明しており、2009年から米国の政策は大きく転換することが予想される。各制度(表2)はキャップ&トレード方式が主流であるが、キャップの公平な割当方法など制度導入後の動向が注目される。

表1. EU-ETSの概要

	第1フェーズ (2005~2007年)	第2フェーズ (2008~2012年)	第3フェーズ (2013~2020年)
参加国数	25か国	27か国	未定
削減目標	2005年比+8.3% (2005~2007年期間平均)	2005年比-5.6% (2008~2012年期間平均)	2005年比-21% (2020年まで毎年1.7%削減)
割当方法	グランドファザリングが中心	グランドファザリング (一部ベンチマーキング)	2013年には60%を オークションとする
対象部門	電力(20MW超)、 石油、鉄鋼、セメント等	航空部門へ拡大 (2011年以降)検討	アルミニウム、化学 (アンモニア等)を追加
課徴金	40ユーロ/t-CO ₂ 不足分次年償却	100ユーロ/t-CO ₂ 不足分次年償却	消費者物価指数に 応じ毎年変更

表2. 米国の排出量取引制度⁽⁴⁾

国・地域	概 要
連邦議会	排出量取引を定めた リーバーマン・ワーナー法案 可決 (2008年10月)。2020年に2005年比約18%削減目標設定
加州地球温暖化対策法	2006年成立。2012年から排出上限規制導入。排出 量取引制度は政策オプションとして検討中
北東部地域温室効果 ガスイニシアティブ	2005年制度設計案公表。北東部10州の発電所を対象 としたキャップ&トレード方式を2009年から実施
西部気候 イニシアティブ	2007年2月公表。西部7州、カナダ2州が参加。2008年 8月までにキャップ&トレード方式の制度具体案提示
中西部地域温室効果 ガス削減アコード	2007年11月発足。米6州、カナダ1州が参加。2010年5月 開始を目指し、キャップ&トレード方式の検討開始

2.3 世界の排出量取引市場

排出量取引制度の導入が進むにつれて、クリーン開発メカニズムによるクレジットCER(Certified Emission Reduction)や独自クレジットの調達需要が増加している。EUではCERとEU-ETSクレジットEUA(Emission Reduction Unit)の取引の場として2005年ごろから排出量取引市場が開設され、その取引量は20億t-CO₂を超える。主に電力取引所やそこから派生した排出量取引所で行われており、エネルギーと連動した取引が可能となっている(図1)。

3. 国内動向

3.1 法規制と自主的な取り組み

温室効果ガス排出量の大幅削減のためには、エネルギー消費の削減や利用効率向上、自然エネルギーの利用拡大が有効な手段である。国内の代表的な法規制としては、温暖化対策推進のための“温暖化対策推進法(温対法)”, エネルギー消費の抑制を目的とした“エネルギーの使用の合理化に関する法律(省エネ法)”, エネルギーの安定供給及び新エネルギー利用拡大を目的とした“電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法(RPS法)”がある。温対法や省エネ法では一定規模以上の事業者は、温室効果ガス排出量とエネルギー使用量の管理・報告を義務付けるに留まっている。

一方、企業が自主的にエネルギー消費削減や温室効果ガス排出削減に取り組む事例がある。経団連の環境自主行動計画は、CO₂排出削減の数値目標を産業別に掲げ自主的に目標達成に取り組む枠組みである。目標値の設定は業種ごとであり、CO₂排出総量を削減目標とする業種もあれば、製品のエネルギー原単位やCO₂排出原単位の削減を目標としている業種もある。罰則はないが、企業統治の一環としての取り組みが行われている。

3.2 温室効果ガス排出削減に関連する具体的な制度

ここまで述べた法制度や自主的な取り組みに関連して、次のような具体的な制度が導入されている。

(1) RPS(Renewable Portfolio Standard)制度

RPS制度では、電気事業者は販売電力量に応じた一定割合以上の電力量を新エネルギー電源から賄うことが義務付

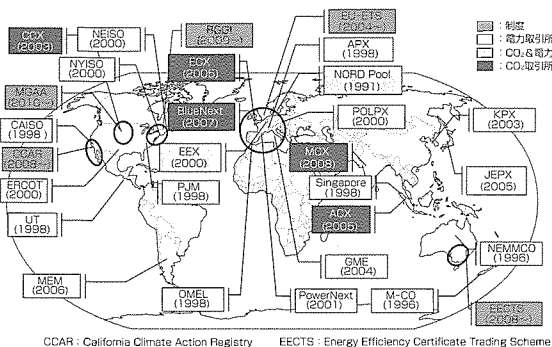


図1. 世界の排出量取引所と電力取引所

けられており、電気事業者は、自ら新エネルギー発電をするか第三者から購入することが必要である(図2(a))。この制度では、環境付加価値(RPS価値)を電気事業者のみが購入する点や、RPS価値が発生する電力量にのみ依存することから、RPSに対する価値基準の設定が不十分という課題がある。

(2) グリーン電力証書取引

グリーン電力証書取引とは、自然エネルギーによる電気環境付加価値を“グリーン電力証書”として取引する制度である(図2(b))。新エネルギー事業者による電力は電力会社が買い取り、需要家は電力会社から電力供給を受け、新エネルギー事業者からグリーン電力証書を購入する。証書を保有した需要家は、記載されている発電電力量相当分の環境改善に貢献したと公表が可能である。証書発行対象の発電設備容量は2007年度実績22万kW⁽³⁾であるが、これは導入済みの新エネルギー(風力+太陽光)設備容量の約4%⁽⁴⁾にすぎない。年間証書取引量も2007年度実績で1.1億kWh⁽⁴⁾(新エネルギー発電量の約1.6%)に留まり、普及が進んでいないのが実情である。理由としては、証書購入代金は損金扱いできない、証書に法的根拠がないなど、企業のPR以外に効果がなく購入メリットが少ないためである。

環境省は、グリーン電力証書と温室効果ガス排出削減量の関係明確化や、法への反映を可能にする枠組み検討を始めた。つまり、グリーン電力証書による温室効果ガス排出削減量を第三者認証のクレジットVER(Verified Emission Reduction)化することで法的根拠を明らかにし、温対法や省エネ法への反映を可能にする。

(3) CO₂フリー電気取引

CO₂フリー電気取引とは、CO₂を出さない再生可能エネルギーを取引する制度であり、2009年4月からの試行が予定されている(図3)。新エネルギー事業者はCO₂フリー電気を日本卸電力取引所(JEPX)へ売ることが可能であり、ここで取引される環境付加価値をRPS価値と区別してCO₂削減価値とする。このCO₂削減価値は環境自主行動計画に利用でき、CERと同等であるとみなすことができる。電気事業者は発電電力をCERと組み合わせてCO₂フリー電気として売ることができ、またクレジット単体でも取引できる。この枠組みによって、電力会社はCERを市場で調達することができるようになる。

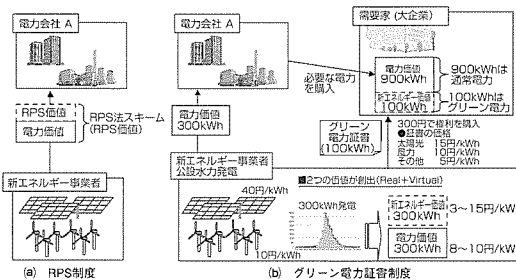


図2. RPS制度、グリーン電力証書制度での取引の流れ

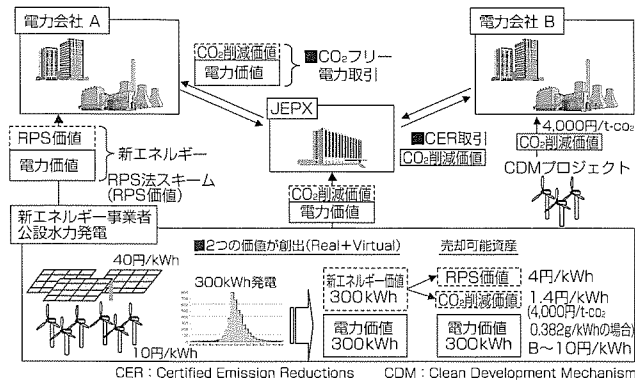


図3. CO₂フリー電気取引の流れ

4. 今後の検討課題

4.1 国別排出量の割当

国別排出量割当には、トップダウン的に国ごとの排出量を決めるキャップ&トレードと、産業、運輸、家庭等の部門ごとに削減可能量を算出し、その合計を国別の総目標量とするセクター別アプローチがある。キャップ&トレードには様々な方式があるが、京都議定書で適用された“基準年に対してX%削減する”という方式の場合、基準年以前の削減努力が無視されるという課題がある。一方、セクター別アプローチでは、部門別に最も効率的な技術を導入した場合の排出量に達していない分を積み上げていくので、効率的な技術を適用している国の削減量が少なくて済む。“CO₂排出量=生産量×CO₂排出係数”という式を仮定すると、次のように整理できる。

- ・キャップ&トレード：“CO₂排出量”そのものに制約
- ・セクター別アプローチ：“CO₂排出係数”の目標値設定

例えば、先進国①及び途上国②の排出量合計を各々1,400, 370とし、キャップ&トレードで一律20%の削減を義務付けられた場合の必要削減量(C&T)は、①280, ②74となり合計354である。一方、セクターA及びBに効率的な技術を導入した場合の排出係数を各々0.18, 0.28と仮定すると、①及び②の許容排出量(S・A)は、各々1300 = 1000×0.18 + 4000×0.28, 116 = 100×0.18 + 350×0.28となり、必要削減量(S・A)は①が100 = 1400 - 1300, ②が254 = 370 - 116の合計354である。合計削減量は同じでも割当量が大きく変わることがわかる(表3)。

省エネルギーで先行するわが国は、セクター別アプローチを推奨しているが、他国の賛同を十分に得られていない。途上国に技術資金を援助する“協力的セクター別アプローチ”の考え方を取り入れ、途上国の賛同を呼びかけている。

4.2 環境付加価値商品の多様化

3章で、RPS, グリーン電力証書, CO₂フリー電気について述べた。RPS法, カーボンオフセットなどの環境付加価値を取引する市場が多様化する傾向にあるが、参加者は商機が広がると考える一方で、環境価値の考え方が微妙に

表3. 数値例

	先進国①	途上国②	①+②
セクターA			
生産量	1,000	100	1,100
排出係数	0.2	0.9	—
排出量	200	90	290
セクターB			
生産量	4,000	350	4,350
排出係数	0.3	0.8	—
排出量	1,200	280	1,480
排出量合計	1,400	370	1,770
許容排出量(S・A)	1,300	116	1,416
必要削減量(S・A)	100	254	354
必要削減量(C&T)	280	74	354

違うため、同じものに対して異なる価格が付き混乱をもたらしている。今後、各商品のみならず商品間も含めて、法的整備、運用面での整備が必要である。

4.3 エネルギー(電力)供給に与える影響

環境価値市場の広域化に伴い、電気事業そのものの変貌(へんぼう)も予想される。環境価値の拡大は新エネルギーや原子力発電などのCO₂低排出電源への置き換えを誘発するため、給電運用並びに系統運用にも大きな影響がある。硬直電源や不安定電源が増大する一方、火力電源の相対的シェア減少は運用の尤度(ゆうど)を限定的なものにすることも予想される。また、自然エネルギー電源の拡大は需要家を含めた多くの参加者のインセンティブを活用することが重要であり、電力市場の活性化と同時並行的に議論されるべきテーマである。環境市場、電力市場の整備の中、短期、長期両面での電力供給の安定をどのように確保するか新たなテーマとしてクローズアップされている。

5. むすび

温室効果ガス排出削減は人類の持続的発展のために必要とされるが、過度の規制は産業の発展の妨げになる。地球全体として効率的に排出削減を行うためには排出量取引が必要である。排出量取引によって温室効果ガスの価格指標を明示することは重要なことであるものの、マネーゲームが排除される健全な実需に基づいた市場が必要である。金融派生商品を取引することが目的ではなく、排出量そのものを削減することが目的であることに目を向け、最終的に物理的な温暖化ガス排出削減につながるような制度設計を期待している。

参考文献

- (1) Nicolas Stern: Stern Review on the Economics of Climate Change, London, HM Treasury (2006)
- (2) 外務省: 気候変動枠組条約第13回締約国会議及び京都議定書第3回締約国会合概要と評価 (2007)
- (3) 環境省: カーボン・オフセットに用いられるVERの認証基準に関する検討会(第3回)資料2, グリーン電力の発電, 証書販売の現状と課題 (2008)
- (4) 経済産業省: 総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会(第22回)資料1, 新エネルギーの現状と平成20年度新エネルギー対策予算案等の概要について (2008)

三菱電機関西地域のリサイクル推進活動

大内雄次*

Recycle Promotion Activities of Mitsubishi Electric Corporation KANSAI Area

Yuji Ouchi

要旨

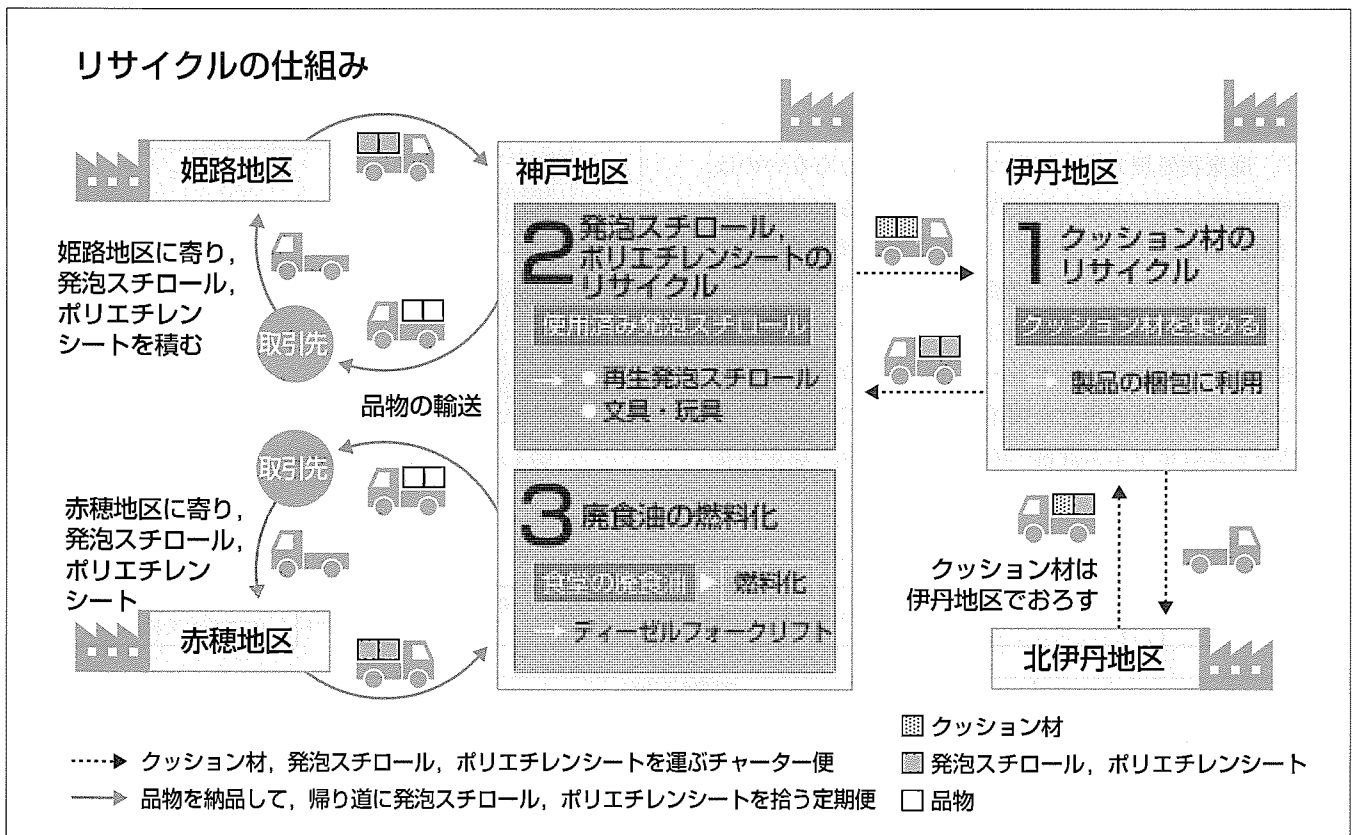
三菱電機グループでは、創立100周年に向けた“環境ビジョン2021”を2007年に策定し、新たな目標に向けた環境推進活動をスタートさせた。環境ビジョン2021では、製品・製造時の地球温暖化防止(CO₂の排出抑制)と資源の有効利用3R(Reduce: 廃棄物の発生抑制, Reuse: 再使用, Recycle: 再資源化(熱回収含む))及び環境マインド向上を推進することを約束している。

地球温暖化防止対策と資源の有効利用は一見別々の活動に見えるが、非常に密接な関係にある。例えば鋼材を資源循環利用すると、鋼材採掘のエネルギーや(プラスチック製品の場合は原料となる石油まで削減される)輸送・加工・廃棄等ライフサイクル全体で地球温暖化防止に寄与する。よって製品の小型化や複合盤化で省資源化することは、資源の枯渇防止と同時に地球温暖化防止にも効果がある。

三菱電機では1993年から環境行動計画をスタートさせ廃棄物削減を進めてきた。2000年頃からはゼロエミッション^(注1)への取り組みも同時に推進し、2007年度実績では当社単独埋立て比率0.16%、国内関係会社1.44%、海外関係会社4.95%の実績となり、当社単独ではゼロエミッションを達成している。しかし、現在のゼロエミッションの考え方は1995年頃の廃棄物最終埋立地の逼迫(ひっばく)問題からきたもので、廃棄物の直接埋立てゼロを目指したものであり、資源循環利用を示した指標とはいえない面もある。

今後は資源循環と地球温暖化防止の両面を考慮する必要があり、そのモデルとして関西地域の5つの地区による廃棄物のリユース・リサイクルと地球温暖化防止への取り組み事例について述べる。

(注1) ゼロエミッションの定義: 国内当社生産拠点で直接埋め立て量/総排出量を0.5%以下



関西地域リサイクル事業

関西地域の神戸地区(兵庫県神戸市)、伊丹地区(兵庫県尼崎市)、北伊丹地区(兵庫県伊丹市)、姫路地区(兵庫県姫路市)、赤穂地区(兵庫県赤穂市)が連携し、廃棄物のリユース・リサイクルと廃棄物物流でCO₂を削減した。

1. ま え が き

廃棄物が引き起こす環境問題は、資源の枯渇、不法投棄による周辺環境の汚染、埋立地建設の反対による埋立地逼迫(残余年数7年)、有害物質による地下水汚染処理困難物(PCB)等様々ある。当社は1993年にスタートした環境計画から廃棄物削減活動及びゼロエミッション活動を行い、国内事業所では目標が達成された。今後は、資源の有効利用と地球温暖化防止の両方に配慮した廃棄物処理の改善を推進していく必要があり、今回はモデルケースとして関西地域にある5つの地区が連携した“関西地域リサイクル事業”について経緯と事例について述べる。

2. 関西地域(広域)処理のきっかけ

2.1 キーパーソン教育による問題の共有化

環境管理に長く携わってきたエキスパート層の定年退職時期が迫った2004年に、次世代の環境管理担当者となる人材を育成をするため、本社主催の“環境キーパーソン教育(集合教育)”を開始した。工場の環境管理の業務内容は共通性が高いとの認識はあったが具体的なきっかけがなく、環境キーパーソン教育を通じあらためて共通する問題の多さを痛感した。キーパーソン教育終了後、各地区を超えた横通し連携のネットワークとして関西地域の環境担当者を中心とする“廃棄物・リサイクルガバナンスワーキンググループ(WG)”を立ち上げ廃棄物に関する業務改善に取り組んだ。

2.2 廃棄物・リサイクルガバナンスWGの活動

まず、廃棄物処理で最も気をつけなければならないのは、廃棄物の不法投棄である。不法投棄を回避するには処理業者の信頼性を確認する必要があり、廃棄物処理業者情報を共有するため今まで各地区が経験してきたノウハウを生かし“会社概要、経営状況、現地状況、管理状況”について廃棄物処理業者格付けチェックシート(図1)を作成し定量的評価による格付け優良制度を開始した。そして、エコファクトリー・エコオフィス評価⁽¹⁾の概念に基づき、廃棄物発

生から処理完了までのリスク評価(図2)を行い、地区間でのリスクの差を“見える化”し、廃棄物の発生品目、管理方法、有資格、処理委託会社レベル、処理完了までの各工程でリスクを顕在化させ廃棄物のリスク低減へ取り組みを加速させた。

2.3 クッション材のリユース

神戸地区等大型製品を製造する地区では、取付け部品の梱包(こんぼう)にクッション材を利用し納品する。納品された部品は制御盤等に組み込まれ、クッション材は不要となる。また、製品出荷用にリユース活用した一部のクッション材も客先要求によって現地から持ち帰るケースがあり、神戸地区ではクッション材の処理に困っていた。半導体部品を製造する北伊丹地区も同じく小型製品を製造し出荷す

廃棄物処理業者格付けチェック

○管理体制、事務処理		YES: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/> 1ページ目	
[配点]	[内容、手段]	確認者 記入欄 [check]	[得点]
10.0	ISO等のEMSシステムの第三者認証の有無		10.0
10.0	『会社概要、経営状況、現地状況、管理状況』の全84項目から格付けを行う。		10.0
5.0			0.0
5.0			0.0
10.0	廃棄物処理業者優良認定制度		10.0
10.0	廃棄物処理業者優良認定を受けているか	<input checked="" type="checkbox"/>	10.0
5.0	優良認定を受ける準備ができていないか	<input type="checkbox"/>	0.0
8.0	法定資格者の管理		4.0
2.0	必要な法定資格者の管理をしているか	<input checked="" type="checkbox"/>	2.0
2.0	法定資格者の人数に問題ないか	<input checked="" type="checkbox"/>	2.0
○会社の状況		YES: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/> 2ページ目	
[配点]	[内容、手段]	確認者 記入欄 [check]	[得点]
15.0	会社の沿革		10.0
15.0	30年以上廃棄物処理業をしている	<input type="checkbox"/>	0.0
10.0	20年以上廃棄物処理業をしている	<input checked="" type="checkbox"/>	10.0
5.0	10年以上廃棄物処理業をしている	<input type="checkbox"/>	0.0
8.0	協会への参加		4.0
4.0	廃棄物処理協会に加入している	<input checked="" type="checkbox"/>	4.0
4.0	廃棄物処理協会の役員などをしている	<input type="checkbox"/>	0.0
10.0	地域共生		10.0
5.0	地域住民と定期的な意見している		
5.0	工場見学を積極的に受け(地域住民や契約会社、の受け入れ有無)		
○財務体質		6月 10月	
[配点]	[内容、手段]	確認者 記入欄 [check]	[得点]
80.0	財務状況		0.0
30.0	財務諸表を入手できたか		
10.0	当座比率に問題ないか		
10.0	固定長期適合率に問題ないか		
10.0	自己資本比率に問題ないか		
10.0	手持り流動性比率に問題ないか		
10.0	使用総資本経常利益率に問題ないか	<input checked="" type="checkbox"/>	10.0

図1. 廃棄物処理業者格付けチェックシート

廃棄物の処理フロー図

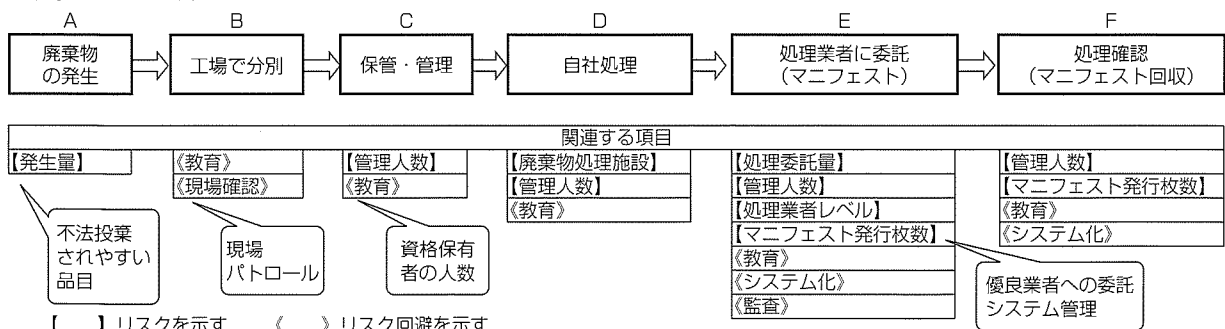


図2. 廃棄物のリスクの洗い出し

るため、神戸地区同様に部品の納品に利用されたクッション材は製品出荷時にはリユースせず不要になり、処理に困っていた。しかし、車両機器など中型部品を製造する伊丹地区では製品出荷用のクッション材が不足しており、所内製作や購入によって対応していた。

そこで、神戸地区、北伊丹地区では不要なクッション材も伊丹地区に供給することによって活用(循環)され、廃棄物削減と購入品抑制というWin-Winの効果をj得ることができた。

2.4 廃食油のバイオディーゼル燃料化

バイオマス(生物資源)エネルギーは“カーボンニュートラル^(注2)”と定義され、気候変動枠組条約でも地球温暖化防止に大きく貢献するものと位置付けられ、期待されているエネルギー源である。日本でも“バイオマス・ニッポン総合戦略”によって2010年にバイオマス輸送エネルギーを50万kℓ導入することを目標としている。バイオマスエネルギーには、トウモロコシ・サトウキビ等の植物系(栽培作物)と廃木屑(くず)・廃食油等の廃棄物系があり、今回神戸地区で導入したのは従来廃棄(焼却処理)をしていた廃棄物系の廃食油を活用したバイオディーゼル燃料である(図3)。導入理由としては、神戸地区では次の条件が満たされていた。

- ①小型部品の運搬車両は、環境面から電気式(バッテリータイプ)の車両が利用される。しかし神戸地区のように重量物の運搬ではディーゼルなどのエンジン車両で対応しなければならず、バイオディーゼル燃料製造後の需要があった。
- ②従業員数も多く、工場内に社員食堂があり原料となる廃食油が多量に発生している。
- ③廃食油の処理は処理業者がサーマルリサイクル(焼却

(注2) カーボンニュートラル：バイオマスの燃焼で放出されたCO₂は生物の光合成によってCO₂吸収されるため地球上のCO₂は増加しない。

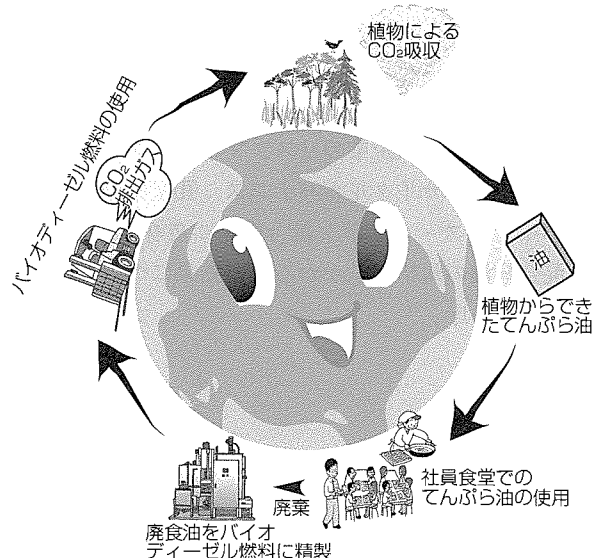


図3. バイオディーゼル燃料は地球上のCO₂を増加させない

燃料化)していた。

これらのことから、発生地区で需要と供給が保たれるため、新たに回収車両を配車(物流のCO₂)する必要もなく、廃食油の廃棄(廃棄物処理CO₂)と軽油エネルギー(使用CO₂)の両方で地球温暖化防止の効果があった。

2.5 発泡スチロール溶融・ポリエチレンシート圧縮によるリサイクル

発泡スチロールやポリエチレンシート(レジ袋のようなもの)は製品の梱包などに利用され、各地区から共通して発生する廃棄物であり、素材が同じ(PS, PE)のためマテリアルリサイクルには適した材料である。そのため発生量によっては自地区でリサイクル加工している地区もあるが、ほとんどの地区では発生量がそれほど多くないため、自地区での処理は実現されず、廃棄物処理業者に処理を委託している。委託処理方法もマテリアルリサイクルはコスト高になることから、サーマルリサイクルを中心とした処理がされていた。したがって一定量を確保することで経済性のあるマテリアルリサイクル処理が可能と試算され、関西地域の姫路・赤穂・神戸・伊丹・北伊丹の5つの地区の発泡スチロール・ポリエチレンシートを神戸地区に集約することで自社でのリサイクル加工の実現を図った。

3. リサイクル物流の構築

はじめに述べたとおり、循環型社会と地球温暖化防止の対策は平行して進めなければならない。そのためリサイクル物流は非常に重要なファクターである。リサイクルを推進するためには資源循環効果と温暖化防止効果の両方を得ることができなければ、循環型社会と地球温暖化防止に貢献できない。

今回対象とした発泡スチロールやクッション材、ポリエチレンシートは非常に軽く、輸送するには1kgあたりの積載効率が悪い。リサイクル加工をするがその効果以上の物流CO₂を発生させる可能性があり、集約化の運搬方法については十分な検討を行った(図4、図5)。

3.1 神戸地区-伊丹地区-北伊丹地区の運搬

運搬便は空車をなくし積載効率を上げることが重要である。必要なものが多い神戸地区では、神戸地区周辺の廃棄物運搬業者に協力を依頼し、神戸地区⇒伊丹地区⇒北伊丹

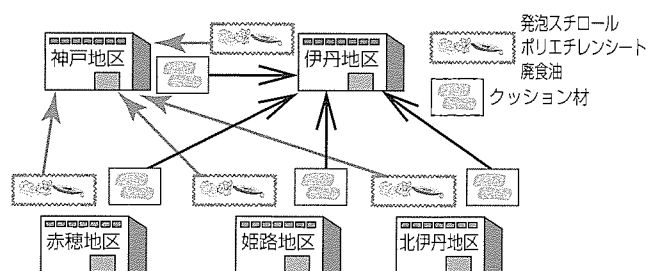


図4. 各地区での必要品目と不要品目

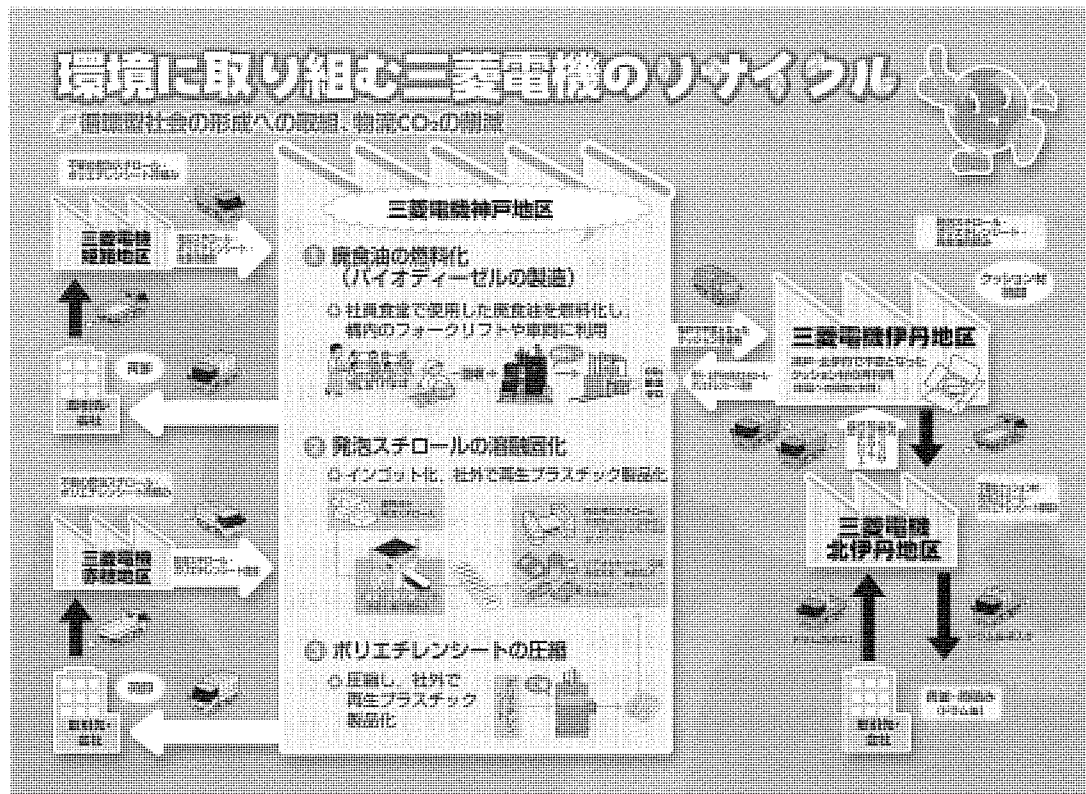


図5. 関西地域リサイクル事業イメージ図

地区⇒伊丹地区⇒神戸地区の“チャーター便”を設置した。これによってトラック1台で3地区間の必要な地区に必要な資源を移動でき、物流CO₂も最小限に抑えることができた。

3.2 神戸地区-姫路地区, 神戸地区-赤穂地区の運搬

姫路・赤穂地区は不要物のみであり必要な物がないため、チャーター便を設置しても意味がない。そこで神戸地区から姫路地区周辺と赤穂地区周辺に行く運搬便を調査し、その“帰り便”を利用することで新たに発生する物流CO₂の発生を少なくした^(注3)。

4. む す び

廃棄物処理法は、環境法違反の中でも違反検挙率が最も高い。そのため一般の環境法規(例えば大気汚染防止法)に比べ3倍ほどの規則があり厳格に構成されている。例えば近隣の会社と連携し廃棄物処理を進める場合は、廃棄物処理業者の許可が必要となり、容易に枠を広げることがで

(注3) 1回あたり100km, 年間150回分の運搬を削減した場合、燃費10km/ℓの車両の場合3.9t-CO₂の削減となる。

きない。しかし地球温暖化防止・循環型社会が喫緊の問題となっていることから、廃棄物処理法を遵守しながら地球温暖化と循環型社会に向けたリサイクルを推進していかなければならない。

今回は、“廃棄物”という環境問題をテーマに地区を超えた取り組みがなされたが、現在ではこのネットワークを活用し廃棄物以外の問題でも地区間を超えた協同解決が進んでいる。今後は海外を含めた三菱電機グループとして協同し課題解決に努め、環境ビジョン2021を達成させたい。

参 考 文 献

- (1) 池邨善満, ほか: エコファクトリー・エコオフィスの推進, 三菱電機技報, 81, No.6, 377~380 (2007)
- (2) 産業廃棄物排出企業のリスクマネジメント: 第一法規
- (3) 廃棄物・リサイクルガバナンス: (社)産業環境管理協会
- (4) バイオマス・ニッポン総合戦略: 農林水産省, BDF混合軽油の規格化にかかる検討結果について, 資源エネルギー庁



特許と新案***

三菱電機は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)

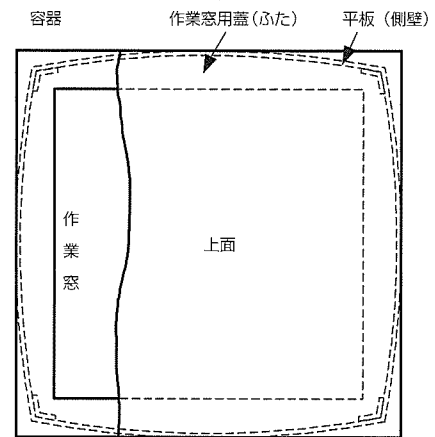
容器 特許第3277188号(特開平8-191515)

発明者 奥野満晴, 西崎雅芳, 田中久雄, 沼田伸一,
有岡正博, 佐藤俊文, 植主雅史, 米澤正浩

この発明は、C-GIS(ガス絶縁開閉装置)用ガス容器の軽量化構造に関するものである。

従来、C-GISのガス容器は内部の高ガス圧力に耐えるため容器の機械的強度を高める必要があり、容器側壁の板厚向上、側壁の波形状加工、側壁への補強棒溶接等、で強度向上を図っている。側壁の板厚向上は製品質量の増加、波形状加工や補強棒溶接はプレス加工や溶接作業に多くの工数を要するという問題点があった。

この発明は、平面形状が略矩(く)形状のガス容器の底面と上面との間に複数の側壁を配置したガス容器で、その各側壁の壁面が容器の外部方向に膨らんで突出した形状となるように各側壁の断面形状を円弧状に形成したので、容器内部のガス圧力によって側壁に作用する曲げ応力を低減することができ、その結果、側壁板厚の縮小化によって軽量でかつ製造の容易なガス容器が得られる。



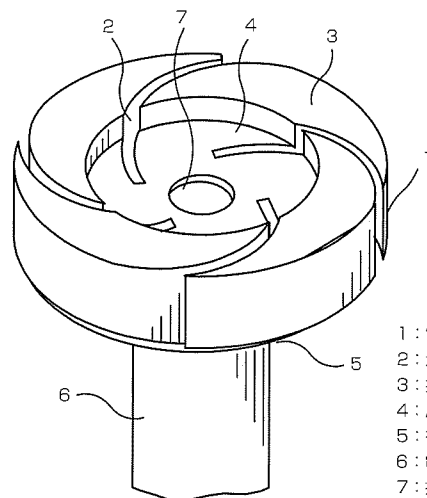
真空バルブ 特許第3812711号(特開2001-052576)

発明者 木村俊則, 小山健一, 古賀博美, 澤田 敦

この発明は、アークを磁気駆動して遮断性能を向上した真空バルブに関するものである。

従来、真空バルブの風車形電極1では、固定・可動両電極の解離時に発生するアークの発生位置によってはアークが発生してから磁気駆動するまでの時間が短くならず、遮断性能が向上しないという問題があった。

この発明では、風車形電極の周縁部を相手電極の方向に突出させて接触部としてこの環状に突出した接触部にアークを発生させ、前記風車形電極の風車部を流れる電流によって生じるアーク駆動力を、このアークの足部自電極の接触面から0.5mmの範囲に対してアーク駆動力として作用する磁束密度の前記接触面に平行な成分が前記接触面のどの位置においても電流1kAに対して0.01テスラ以上となるようにしたので、電極の接触面のどこでアークが発生してもアークの発生直後から強力にアークを磁気駆動することができ、真空バルブの遮断能力を向上できる。



- 1: 電極(風車形電極)
- 2: 溝
- 3: 接触部
- 4: 風車部
- 5: 補強板
- 6: 電極棒
- 7: 接合穴



特許と新案***

三菱電機は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)

電気機器の絶縁診断方法 特許第4121430号(特開2005-061901)

発明者 岡澤 周, 三木伸介

この発明は、電気機器の絶縁診断において客観的で精度の良い寿命推定を行える絶縁診断方法に関するものである。

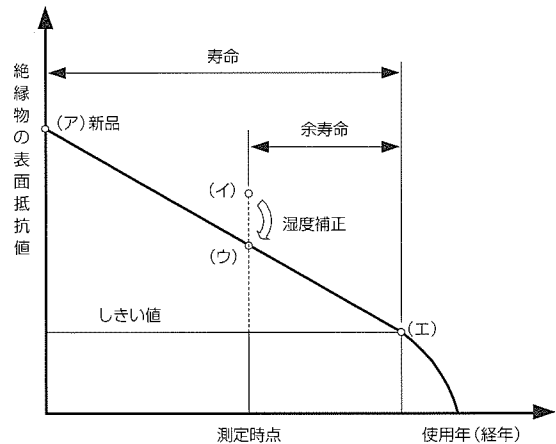
従来の電気機器の絶縁診断では、診断対象電気機器が設置された現地で絶縁物の表面抵抗率を測定するため、湿度等の外部環境による影響を受けやすく正確な診断ができないう問題があった。

この発明は、次のステップ1~4の手順からなる。ステップ1は、表面抵抗値等の診断項目と相関関係のある複数の測定項目(イオン量等)を選定して、MT法(マハラノビス・タゲチ法)で一つの指標で表し、診断項目の測定値との相関図を作成する。ステップ2は、診断項目の外部環境要因による影響を補正する特性図又は特性式をあらかじめ準備する。ステップ3は、診断対象物の複数の測定項目を測定して得た測定データをMT法で一つの指標で表す。ステップ4は、これをもとに相関図と特性図又は特性式を用いて任意の外部環境要因の値に対応する診断項目の値を求め劣化診断をするものである。

ステップ3及びステップ4による余寿命診断は、(ア)新品時の絶縁抵抗値を左端の縦軸に置き、(イ)ステップ3で

得た湿度50%の表面抵抗値を置き、(ウ)任意の湿度での値をステップ4の補正值で補正し、あらかじめ設定したしきい値と(ア)・(ウ)点を結ぶ直線との交点(エ)から余寿命を求める。

このようにして、外部環境から受ける湿度等の影響を排除し、任意の外部環境での診断データを得ることで、劣化診断の精度を向上できる。



〈本号記載の商標について〉

本号に記載されている会社名、製品名はそれぞれの会社の商標又は登録商標である。

〈次号予定〉三菱電機技報 Vol.82 No.12 特集「デジタルメディアを支える先進技術」

三菱電機技報編集委員 委員長 杉山 武史 委員 小林智里 増田正幸 滝田英徳 岩崎慎司 糸田 敬 世木逸雄 江頭 誠 河合清司 種子島一史 安井公治 逸見和久 光永一正 河内浩明 橋高大造 事務局 園田克己 本号取りまとめ委員 吉岡詠進 清水圭司	三菱電機技報 82巻11号 (無断転載・複製を禁ず) 編集人 杉山 武史 発行人 園田 克己 発行所 三菱電機エンジニアリング株式会社 e-ソリューション&サービス事業部 〒102-0073 東京都千代田区九段北一丁目13番5号 日本地所第一ビル 電話 (03)3288局1847 印刷所 株式会社 三菱電機ドキュメンテクス 発売元 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 定 価 1部945円(本体900円)送料別	2008年11月22日 印刷 2008年11月25日 発行
三菱電機技報 URL 三菱電機技報に関するお問い合わせ先	URL http://www.mitsubishielectric.co.jp/corporate/giho/ URL http://www.mitsubishielectric.co.jp/support/corporate/giho.html	
英文季刊誌「MITSUBISHI ELECTRIC ADVANCE」がご覧いただけます	URL http://global.mitsubishielectric.com/company/rd/advance/	

近年、地理情報システム(Geographic Information System: GIS)は、自治体や電気、ガス、水道等の公益事業における設備維持管理業務や、防災、道路監視、エリアマーケティング、顧客管理等の幅広い分野で必要不可欠な機能となっています。

Web地理情報システム構築パッケージ“PreSerV^(注1)”は、顧客の利用環境・規模・業務形態にあわせた多彩な製品レパートリーによって、“地図データ”と“業務データ”を融合した業務システムを、柔軟に効率よく構築することができます。

■ 製品の特徴

(1) オープンプラットフォーム

PreSerVは、Java^(注2) 言語のみで構築しており、Windows^(注3)、UNIX^(注4)、Linux^(注5) 等様々なプラットフォームで動作します。

(2) 多彩な製品レパートリー

豊富な製品レパートリーの中から、顧客の要望、利用環境にあわせて、必要な機能を選択いただけます。

(3) 地図データの高速表示

地図データのような大量のベクトルデータでも、三菱電機独自のアルゴリズムによって、高速な表示を実現します。

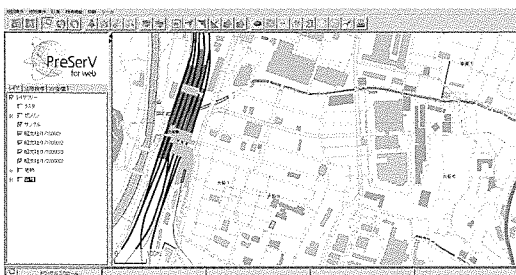
(4) 標準化仕様/市販地図への対応

Shape, DXF, G-XML, 昭文社(Shape型式), ゼンリンTown II等の地図データに対応しています。また航空写真等のイメージデータも利用可能です。

■ 製品レパートリー

・ PreSerV for Web

PreSerVシリーズの中核です。Javaアプレットを利用し、Web環境で高機能GISを提供するパッケージです。定義情報(XML)のカスタマイズや機能拡張を柔軟に行うことができます。また、地理情報標準プロファイル(Japan Profile for Geographic Information Standards: JPGIS)の地物モデル仕様を取り入れており、図形と属性の一元管理を行うことができます。



地図使用承認©昭文社第50G027号

図1. PreSerV パッケージ画面例

・ Ajaxオプション

ブラウザのみの環境でGISを実現するオプション製品です。PreSerV for Webとデータ共有が可能なため、社内/庁内向けにPreSerV for Webを利用した高機能GISを、社外/庁外向けにAjaxオプションを利用した簡易GISを使うようなシステム形態も実現可能です。あわせて、背景地図を生成するために“ラスター画像生成機能”も提供します。

・ PreSerV WebTcl

PreSerV Tcl版で構築したシステムの資産を、ブラウザ対応にするリッチクライアント製品です。

・ 地図加工ツール

ウィザードを利用した簡単な操作で各種地図データをPreSerV形式に変換、加工する機能を提供します。あわせて、地図データビューアも提供します。CADデータの取り込みも可能です。

・ ジオコーディングオプション

住所から座標、座標から住所の検索を行います。

・ 拡張印刷オプション

印刷プレビュー機能や、業務に使用可能な多彩な地図印刷が可能です。

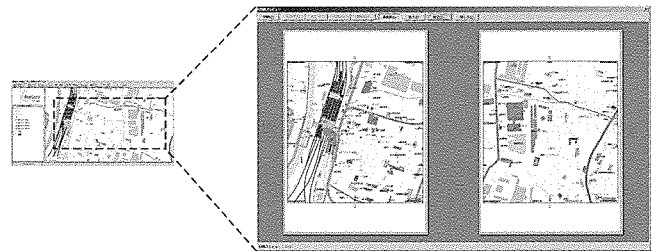


図2. 拡張印刷オプション(プレビュー画面)

■ 導入実績(シリーズ累計)

●出荷本数：9,000本以上

●70社90部門以上

・電力会社：配電/送電/通信部門設備管理

・官公庁：建設CALS, 防災, 道路監視

・民間：エリアマーケティング, 顧客管理等

●延べユーザー数：40,000ユーザー以上

(注1) PreSerVは、三菱電機の登録商標です。

(注2) Javaは、米国及びその他の国における米国Sun Microsystems, Inc.の商標又は登録商標です。

(注3) Windowsは、米国Microsoft Corp.の米国及びその他の国における商標又は登録商標です。

(注4) UNIXは、The Open Group.の米国及びその他の国における商標又は登録商標です。

(注5) Linuxは、Linus Torvalds氏の米国及びその他の国における商標又は登録商標です。