

創立100周年記念論文

受変電システム事業のあゆみ

History of Substation Equipment and System Business

植村 浩之* 小林 卓士*
H. Uemura T. Kobayashi
竹内 雅靖**
M. Takeuchi

概要

当社は、1910年電気計器を主要製品として創業された「日新工業社」の時代から107年の歴史を持つ。この間、一貫してその主力事業は受変電機器、およびそのシステム事業として成長してきたもので、これまで幾多の変遷を歩んできた。本稿ではこれらの技術の歴史について概説する。

Synopsis

Nissin Electric has a history of 107 years since Nissin Kogyosha was founded in 1910 as a manufacturer of electric meters. During that long period, we have experienced many changes, but our main business has been consistently the substation equipment and its system. We will describe its technical history in this paper.

1. はじめに

当社は1917年、計器・配電盤事業の拡大とともに積算電力計の事業化を目指して、前身の「日新工業社」から「日新電機株式会社」へと組織替えする。

戦前には一時的に軍需を主体とする事業が中心となったのであるが、終戦とともに大きく事業領域の変更を迫られることになる。

戦後は、外部からの提携・技術導入を含め特徴ある電力機器・受変電システム事業への変貌を遂げてきた。そして、ごく近年では、新たな省エネを主体としたエネルギーマネージメントシステム事業を指向した領域への脱皮を図ってきている。

以下本稿では、戦前の事業変遷についてはその概要のみの記載とし、戦後の歴史は4つの時代区分に分け詳述する。さらに、スマート電力供給システム（SPSS）と銘打った新たなソリューション領域を核としたこの事業の将来像についても記述する。

*電力システム事業本部
**技師長

2. 戦前の事業の概要

2. 1 創業から日新電機株式会社の設立

当社の受変電システム事業の始まりは1910年（明治43）11月、創業者富澤信が電気計器を主要製品とする前身の「日新工業社」を創業したことにその端緒をなす。

日新工業社は、新たに断路器など開閉器の製造を行うとともに1912年、配電盤の製造を始めた。京都電燈株式会社（現、関西電力株式会社）河原町変電所の建設に際し、配電盤の製造と据付工事を受注したことを皮切りに、東寺、中立売、堀川の各変電所の配電盤も受注し、京都電燈は、日新工業社最大の得意先となった。

このような推移を背景に日新工業社は発展を続けた。技術面でもしだいに認められるようになり、京都電燈のほか、京都帝国大学、宇治川電気株式会社などにも継続的に製品を納入、高圧油入遮断器なども製造するようになった。

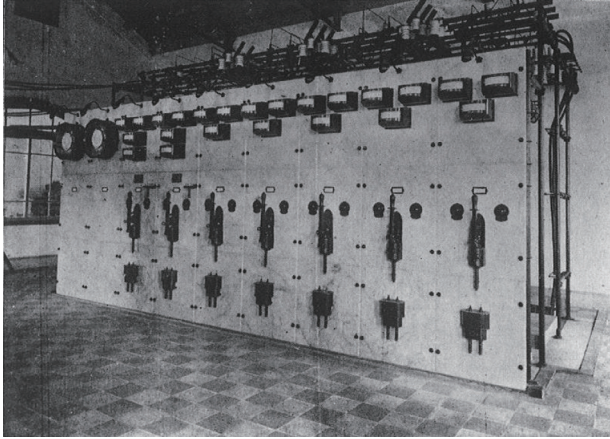


図 2.1.1 京都電燈 河原町変電所配電盤 (大理石盤)

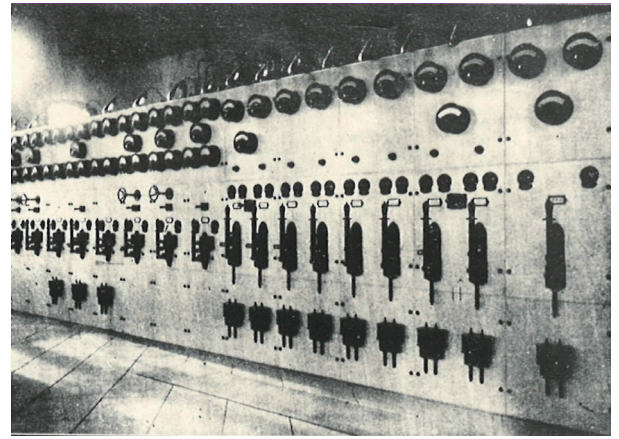


図 2.1.4 特別高圧配電盤

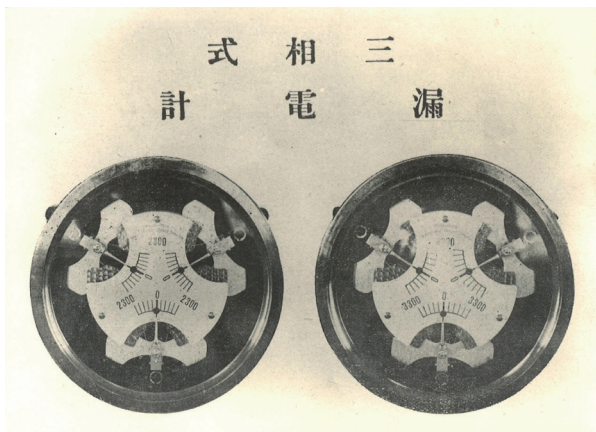


図 2.1.2 日新工業社時代の電気計器

1917年(大正6)4月、富澤は、電気測定法実施に伴い需要急増が見込まれる積算電力計の開発を柱とした事業拡大を決意し、日新電機を株式会社として設立した。その後、積算電力計の事業化には挫折したのであるが、生産の主力を配電盤、遮断器へ移し、普通高圧用に加え特別高圧用配電盤、遮断器の製造を新たに開始した。



図 2.1.3 開発された積算電力計

2. 2 昭和恐慌と太平洋戦争による軍需生産

昭和の時代に入り日本経済は世界大恐慌の影響を受け、いわゆる昭和恐慌の時代となる。当社もこの恐慌によって甚大な影響を受けた。電力関係の設備需要が激減して注文が途絶え、経営が厳しくなる。工場集約等経営再建を進める中、戦時体制への移行とともに、軍需関係が急増し、呉工廠をはじめ、各工廠の陸上設備用特殊配電盤など海軍から受注が急増した。

戦前・戦中期の当社の製品は、電機と計器の2つに大別され、この電機の中には、配電盤、しゃ断器、変圧器を含んでおり、生産高は、電機と計器がほぼ同じ位の金額を占めていた。

この中で特筆すべき製品は電機分野では艦船用電路接断器である。この接断器は艦船の主電路の接続・開閉をつかさどる開閉器で、それまで英国製の電磁的に保持する構造のものを使用していたが、砲弾発射の衝撃でこの保持機構が解かれるなどの使用上の重大な不便があった。当社はこれを苦心の新設計で施錠形機械保持式を考案し、専売特許権を獲得した。1934年に当社の艦船用電路接断器が海軍向に標準採用され、独占的な地位を得、主要戦艦には全て採用されたとのことである。

戦争が次第に激しくなるにつれて、軍の要請もあり、当社は艦船用や航空機用計器の製造に専念することになる。特に、航空機用計器は、航空機の増産により大量生産が必要となり、1937年から1941年にかけて第1期から第3期まで現梅津地区に新工場を増設し、学徒動員を含め最大時には従業員4500名を抱える大工場となったとのことである。

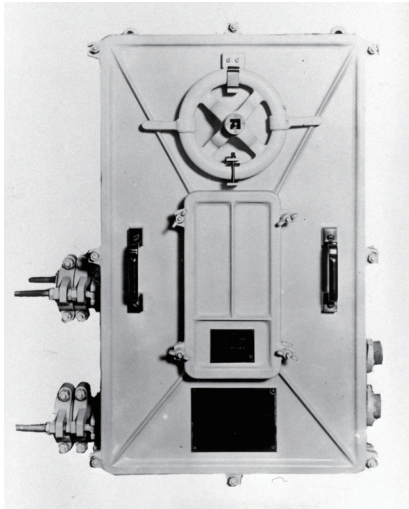
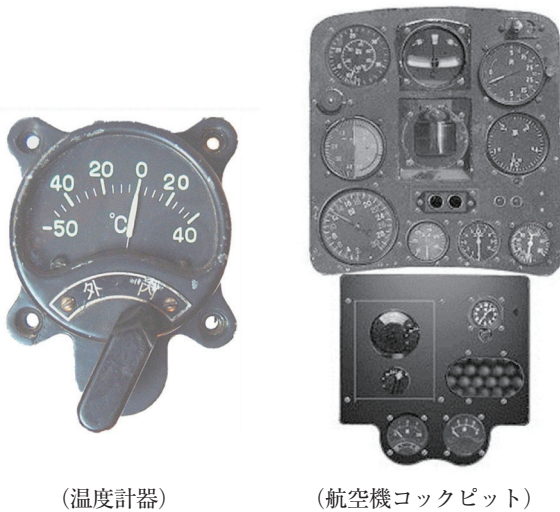


図 2.2.1 艦船用電路接断器



図 2.2.4 計器組立工場



(温度計器)

(航空機コックピット)

図 2.2.2 航空機用計器

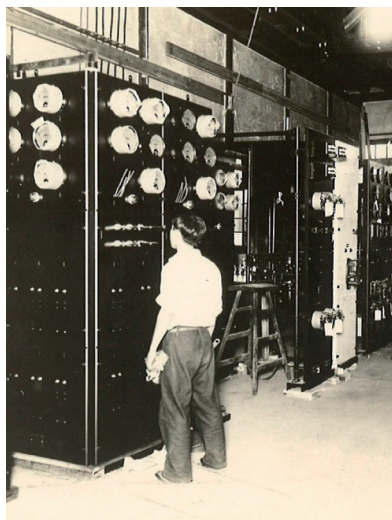


図 2.2.3 配電盤組立工場

2. 3 終戦からの事業転換

1945年8月の終戦を迎え、当社は（軍用）計器部門を圧縮し民需電機（配電盤）事業に注力していくことになる。またこの時期に住友電気工業株式会社から電力用のOF式^(注)コンデンサの事業譲渡を受けると、この技術を核とした「特徴ある電力機器」の分野を確立していくのである。このコンデンサ技術を応用したコンデンサ形計器用変圧器（PD）、仏マラン・ジェラン社（以下、MG社）からの技術導入で獲得する遮断器、ガス絶縁開閉器（GIS）等々の製品がこれに該当する。

これ以降、当社の受変電システム事業については、これら「特徴ある電力機器」と相乗効果を得て、成長していくのである。

以下、戦後の受変電システム事業の歴史を4つの時代に分けて詳述する。

- ・戦後第Ⅰ期（高度成長前期：1952～1964年）
- ・戦後第Ⅱ期（高度成長後期：1965～1975年）
- ・戦後第Ⅲ期（安定成長期～平成不況：1976～2000年）
- ・戦後第Ⅳ期（重電不況と脱出：2001～2016年）

(注) OF式：Oil Filled 方式の略。当社のOF式は、絶縁油劣化防止策として油量調整容器に金属セルを採用した、完全油密封方式である。

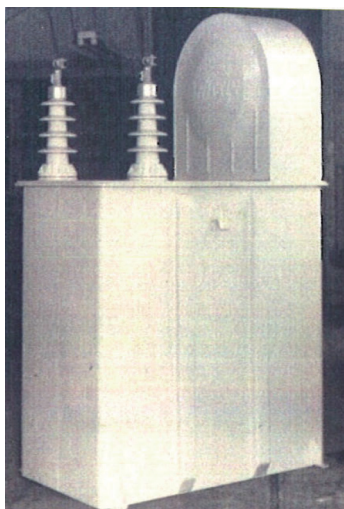


図 2.3.1 OF式コンデンサ

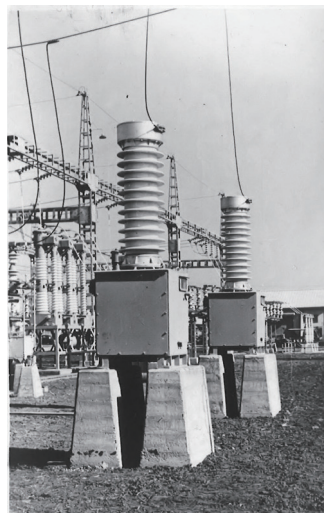


図 2.3.2 コンデンサ形計器用変圧器 (PD)

受変電システム事業のあゆみ（戦後第Ⅰ期）

3. 戦後のあゆみ

3. 1 戦後第Ⅰ期（1952～1964年）

— 高度成長前期 —

神武景気（1955～1957年）により「三種の神器（白黒テレビ・洗濯機・冷蔵庫）」をはじめとする耐久消費財が急速に普及した。岩戸景気（1958～1961年）頃は繊維・機械の輸出産業の工場建設と、鉄鋼・化学・電力などで活発な設備投資が行われ、電力需要の増加と共に受電設備の高電圧化が進み、受電電圧は高圧から特別高圧（22～77kV）に格上げされた。

高電圧化の要請に伴い、1956年に11～33kV特高変電所閉鎖形配電盤を製品化した。

そして66/77kV受変電設備への参入は、1955年に小野田セメント大船渡工場への66kVの本格的な屋外開放形特高受変電設備の納入が、受変電システム事業への大きなステップとなった。

その後77kV高性能遮断器の開発により1960年頃より急速に66/77kV屋外開放形特高受変電設備の受注を伸ばした。

年代	電 力	産 業
1952	・ 6kV 閉鎖形配電盤製作開始	
1954	・ 磁気遮断器（MBB）収納 6kV 閉鎖形配電盤製作開始	
1955	◆ コンデンサ開閉器として 77kV 高性能油入遮断器（SOR）を開発 ・ 空気遮断器（ABB）収納 22kV 閉鎖形配電盤製作開始	・ 11～33kV 空気遮断器（ABB）製作開始 ・ 小野田セメント大船渡工場へ本格的な 66kV 特高受変電設備を納入
1956		・ 11～33kV 特高屋内閉鎖形配電盤の開発、1号機を大阪住友ビルに納入
1958		・ JEM 1114 閉鎖形配電盤 改定
1959	◆ 大容量短絡発電機設備（30,000kVA）完成 ・ 配電線区分開閉器製作開始	
1961	◆ 仏のマラン・ジェラン社（MG社）と常時充気式空気遮断器（ABB）の技術契約調印 ・ 空気遮断器（ABB）収納 33kV 閉鎖形配電盤製作開始 ・ 6kV 移動用閉鎖形配電盤製作開始	
1962	◆ 常時充気式空気遮断器（ABB）（77～275kV）の国産化	
1963	◆ 西独（当時）のマシネンファブリク・ラインハウゼン社（MR社）と負荷時タップ切換器の技術契約調印 ◆ 前橋製作所操業開始（遮断器・変成器工場） ◆ 仏のサボアジェンヌ社（SAV社）と変圧器の技術契約調印	・ 66/77kV 鋼板製閉鎖形配電盤製作開始

3. 1. 1 電力分野への展開

電力用配電設備は、従来は一般に建屋内に垂直開放形の制御盤を置き、主回路機器の特高部分は屋外鉄構に、普通高圧部分は屋内に組まれたパイプフレームに

取付けた主回路及び制御盤より成り立っていた。戦後米国形メタルクラッド（閉鎖形配電盤）として現在の前身となる配電箱の観念が取り入れられ、単位閉鎖配電盤と称して普及しはじめた。

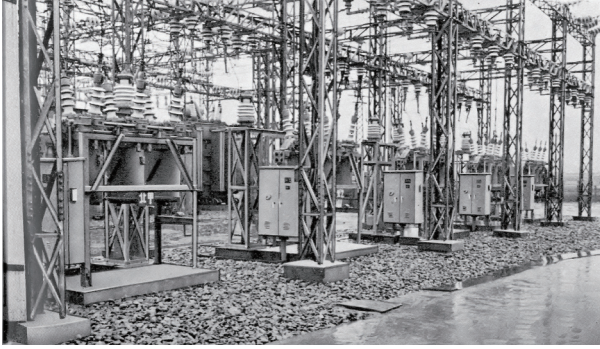


図 3.1.1 屋外開放形変電所

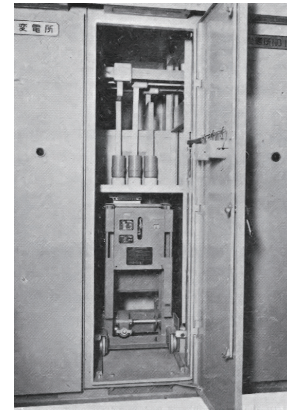


図 3.1.4 油遮断器収納閉鎖形配電盤

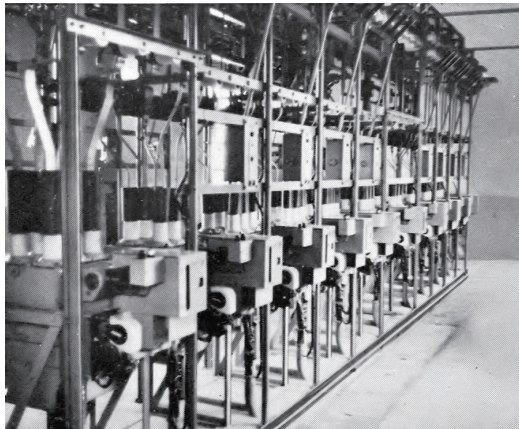


図 3.1.2 屋内パイプフレーム設備

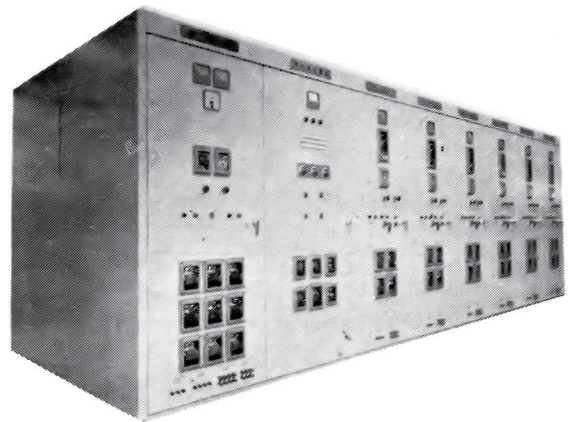


図 3.1.5 磁気遮断器収納閉鎖形配電盤

その後、1958年に日本電機工業会が一般向けの「単位閉鎖配電盤の形」(JEM-1114)を制定したが、電力会社ではより高度に標準化されたものが制定されてきた。

閉鎖形配電盤に収納の遮断器は、初期の油遮断器(OCB)や磁気吹付形遮断器(MBB)が採用された。

また、特高設備も従来の開放形から閉鎖形配電盤の採用が進められ、そのためのOCBや空気遮断器(ABB)を開発してきた。

一方で、高度経済成長前期に入り大電流・大遮断容量の必要性が高まってきたため、閉鎖形配電盤に収納する遮断器の小形化・高電圧化にも着手し、33kVまでの製作を開始した。

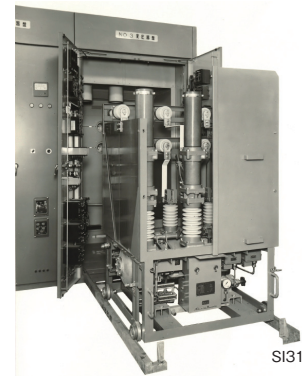


図 3.1.6 22kV空気遮断器収納閉鎖形配電盤

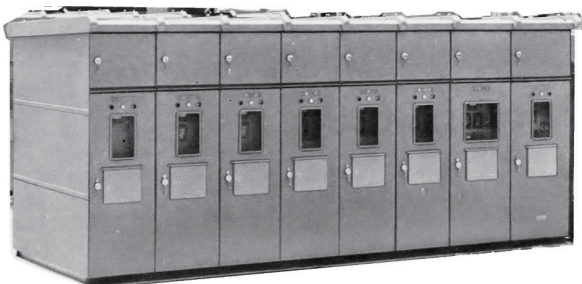


図 3.1.3 屋外閉鎖形配電盤

さらに、高電圧化では、120~154kVまでのABBを開発、納入を開始したが、いずれもコンポーネントとしての機器の納入であり、変電所の構成機器をまとめて納入するところまでは至っていなかった。

3. 1. 2 産業分野への展開

(1) 閉鎖形配電盤

1955年前後より従来は特殊環境に限り採用されていた高圧閉鎖形配電盤が広く採用されるようになってきた。

22~33kVの電圧をビルや工場で受電する場合、受変電設備を地下室などの限られたスペースに収納する必要があり、操作上の安全性、事故発生時の拡大防止などの面から、機器はすべて鋼板製外被の閉鎖形配電盤に収納し、主変圧器との接続などにはバスダクトを用いて行うケースが多くなった。



図 3.1.8 3/6kV磁気遮断器収納閉鎖形配電盤 115②

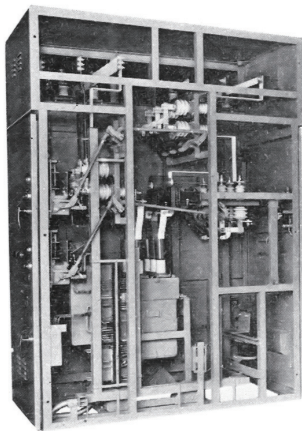


図 3.1.7 6.6kV屋外用閉鎖形配電盤

こうした需要に応えるため、1955年に11~33kV ABBを製品化、1956年に11~33kV特高閉鎖形配電盤を開発した。同年22kV ABB収納特高閉鎖形配電盤1号機を含む受変電設備一式を大阪住友ビルに納入したのをはじめ、全国に数多くの実績をつくった。

1960年には22/33kV屋外受電設備の閉鎖化の要求が多くなり屋外閉鎖形配電盤を開発し、同年に納入した。

1960年頃のビルはすべて冷暖房設備、エレベーター等が完備され受電容量が非常に大きくなり、ほとんどが特別高圧受電で、しかも2回線受電が大部分であった。変圧器は2~3バンク構成で高圧に降圧した。低圧側は単相3線式が一般的であったが、三相4線式440V配電も増えてきていた。

ビル用受変電設備は不燃化の要求に対して、遮断器は特高側にABB、高圧側にMBBが多く採用され、変圧器は乾式(H種)変圧器が急速に普及してきた。

また低圧配電設備も閉鎖化の要求に対して1959年ロードセンタや1960年コントロールセンタが製品化された。

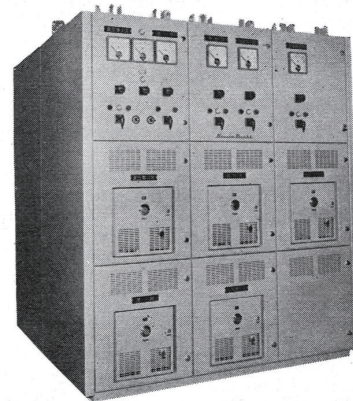


図 3.1.9 ロードセンタ



図 3.1.10 コントロールセンタ

(2) 監視制御装置

特別高圧設備から低圧設備までの受変電システムの監視制御は遠方の監視室にて行われるようになった。この時期、主回路機器は閉鎖形配電盤内に収納するが、保護及び監視・制御は遠方の監視盤・保護継電器盤で行われた。監視盤の形状はいわゆるベンチボード形で正面に計器・信号灯類を、正面傾斜部に制御スイッチ類を配置していた。保護継電器盤は、ベンチボードの背面に二重閉鎖形構造としていたが、その後ベンチ

ボードが縮小されると、収納できないので別に保護継電器盤を設けた。

保護継電器の構造は1957年に当社独自に製品化した引出形を採用していた。

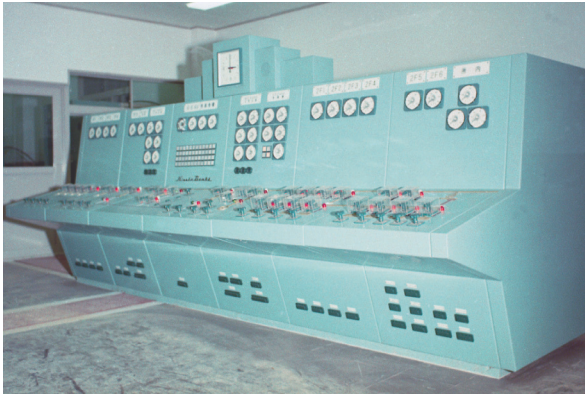


図 3.1.11 ベンチ形監視盤

115

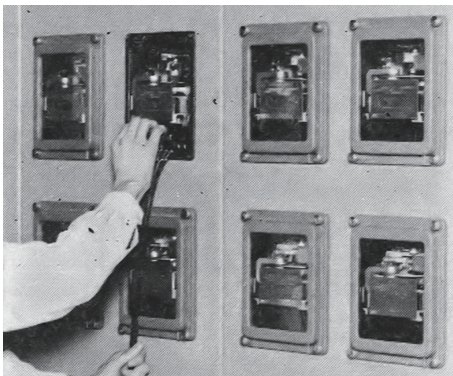
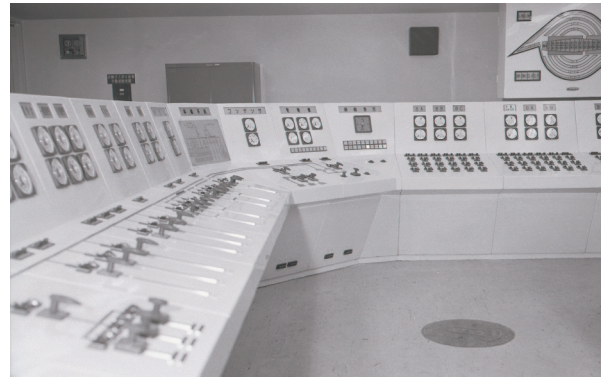


図 3.1.12 保護継電器盤

また1955年代より遠方監視制御装置が普及し始め、電力会社や大規模工場・大規模ビルでは1カ所の制御所で関連設備を常時監視する方式が増加した。遠方監視制御装置の方式としては二段同期式・極性信号式・符号信号方式等が製品化されていた。

1964年には東京オリンピックが開催され、当社はメインスタジアムから屋内・外各種競技場まで、電気設備を納入した。写真は代々木屋内競技場のベンチ形中央監視装置で当時としては近代的形態と機能を有していた。

また駒沢では管制塔から陸上競技場、体育館、バレーボール、ホッケー場等の機器を遠方監視制御してその効果を上げた。



PI106

図 3.1.13 代々木屋内競技場 ベンチ形中央監視盤

(3) 特高開放形受変電設備

1955年頃の受電設備は受電所用地に屋外碍子形機器を配置し、鉄鋼を組んで架線やアルミパイプで接続した「屋外開放形設備」が主流であった。

1955年に工場向けとして本格的な66kV屋外開放形特高受変電設備一式を納入したことが、当社の受変電システム事業への大きな足掛かりとなった。

その後電力会社向けのコンデンサ開閉器用77kV高性能油入遮断器（SOR）の開発と使用実績、および碍子形遮断器の製作が評価され、66/77kV特高受変電設備一式の受注機会が増え、1960年頃より急速に屋外開放形66/77kV特高受変電設備の受注を伸ばした。

屋外開放形設備の受電用遮断器はOCBより、自社開発77kV空気遮断器（ABB）を経て、MG社との技術提携による常時充気式空気遮断器（ABB）の製品化により高性能化及び高電圧化を図った。



図 3.1.14 66/77kV屋外開放形設備

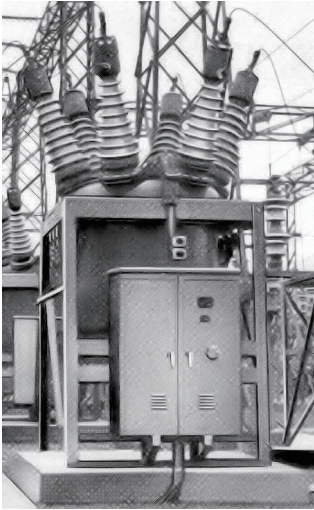


図 3.1.15 油遮断器 (SOR)

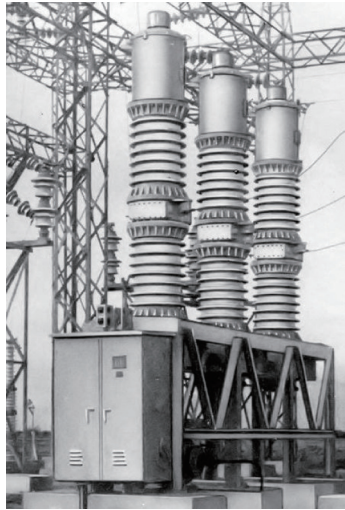


図 3.1.16 磚子形油遮断器

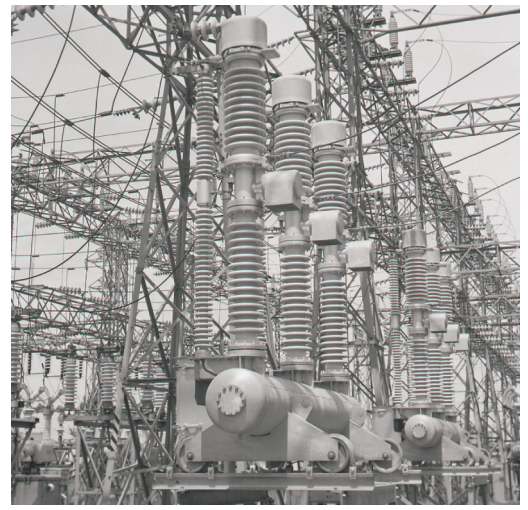


図 3.1.17 常時充気式空気遮断器

SI34

受変電システム事業のあゆみ（戦後第Ⅱ期）

3. 2 戦後第Ⅱ期（1965～1975年）

— 高度成長後期 —

1965年の証券不況を経て、いざなぎ景気（1966～1970年）が始まった。鉄鋼・電気製品の輸出が増大し、国民生活では所得水準の向上によって「カラーテレビ・クーラー・マイカー」の3C（新・三種の神器）ブームが起き、消費主導形の景気が拡大した。この景気拡大に伴い電力の需要は急激に拡大した。

この時期、ガス遮断器（GCB）とガス絶縁開閉装置（GIS）のMG社との技術提携を行い、開発検証を進

め、来たるべきGIS全盛時代への布石をうった。

電力分野ではコンポーネントからシステム納入を図り、配電用変電所及び配電塔の開発に大きな進展をみた。

一方、産業分野においては自家用受変電設備の大容量化に伴い、銅板製66/77kV全天候閉鎖形配電盤を開発、納入をすすめたが、その後耐環境性に優れた軽量発泡コンクリート（ALC）閉鎖形配電盤に置き換わった。

年代	電 力	産 業
1965	◆ 仏のマラン・ジェラン社（MG社）とソレナーク磁気遮断器（MBB）の技術契約調印	
1967	◆ 6kV 真空遮断器・開閉器を開発 ◆ 水処理電気設備へ本格参入（京都 吉祥院）	
1968	◆ MG社とガス遮断器（GCB）、ガス絶縁開閉装置（GIS）の技術契約調印 ◆ 3/6kV 縮小形ソレナーク磁気遮断器（MBB）の開発 ◆ トランジスタ形サイクリック式遠方監視制御装置製作開始	
1969	・ 22/33kV 配電塔の開発	・ スポットネットワーク式受電設備の開発 ・ 我が国で初めての本格的な 275kV 受電設備を住金金属工業株式会社鹿島製鉄所に納入
1970	◆ 66/77kV 相分離形ガス絶縁開閉装置（GIS）を開発 ・ 66/77kV プラグイン形空気遮断器（ABB）製作開始	・ 66/77kV 軽量発泡コンクリート（ALC）製閉鎖形配電盤製作開始 ・ 66/77kV タンク形ガス遮断器（GCB）の製作開始
1971	◆ 前橋製作所に超高压試験所完成	
1971	・ 33kV パッケージサブ製作開始	
1972	◆ 77kV 相分離形ガス絶縁開閉装置（GIS）1号機を関西電力に納入	
1972	・ 66/77kV プラグイン形ガス遮断器（GCB）製作開始	
1973	・ 77kV 相分離形ガス絶縁開閉装置（GIS）収納パッケージサブ納入 ・ 22kV 都市形配電塔の製作開始	
1975	◆ MG社と回転アーク式ガス遮断器（ランナーク GCB）の技術契約調印	
1975	・ 22kV 調相設備用開閉装置（Var V クラッド）の製作開始	

3. 2. 1 電力分野への展開

(1) 配電用変電所の縮小化

1965年末からの高度経済成長後期を迎え電力の需要は急激な拡大を遂げていく。この時期、電力会社の配

電用変電所の建設にあたっては縮小化が強く求められることとなった。

そのため、閉鎖配電盤に収納の遮断器を2段積とする縮小形のソレナーク磁気遮断器（MBB）を開発した。

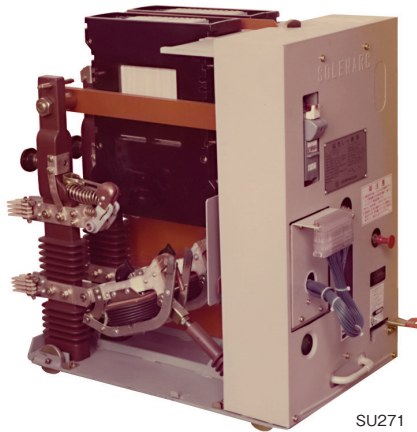


図 3.2.1 ソレナーク磁気遮断器

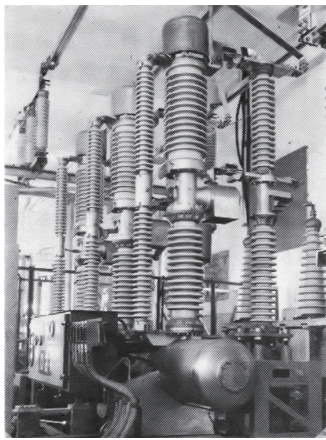


図 3.2.2 屋内用プラグイン形空気遮断器

これは、MG社との技術提携によるものである。

MBB収納の閉鎖形配電盤は、関西電力をはじめ北海道電力などにも納入されていった。

特高遮断器は従来のABBの後継機種としてGCBを開発、都市部の屋内式配電用変電所向けにプラグイン形構造で点検用断路器を省略、機器収納スペースの縮小化をはかった。

(2) 配電用変電所の縮小化

1968年にはMG社とGISに関する技術提携を行い開発に着手した。

その成果として、1969年に154kV GISを関西電力御嶽発電所にて、1970年には275kV GISを電源開発御母衣発電所にて実系統での長期課電試験を開始した。

これらの開発を経て、1972年に関西電力天下茶屋変電所に相分離形GISの1号機を納入した。



図 3.2.3 相分離形ガス絶縁開閉装置

(3) パッケージサブ変電所の開発

この頃から、77kV相分離形GIS、配電用変圧器、6kV閉鎖形配電盤を一体化とし、かつ変電所の美観を環境にやさしいものとしたパッケージサブを開発、1973年に関西電力宝殿変電所に1号機を納入した。



図 3.2.4 77kVパッケージサブ

また、33kV系統における電力需要の対応として変電設備の拡充も急務とされていたが、変電所用地取得の困難、建設費の高騰、工期短縮への圧迫、周囲環境との調和などの問題があった。これに対応するため、1971年に縮小形33kVパッケージサブを関西電力高野山変電所に納入した。

その後、パッケージサブ変電所は様々な形態を経て多数納入されることとなる。



図 3.2.5 33kVパッケージサブ (2階建方式)

(4) 22/33kV配電塔の開発

一方、関西電力では郡部への配電電圧を、これまでの6kV配電方式から配電ロスが少なく供給信頼度の高い22/33kV配電方式に変更する方針となった。このため、郡部で22/33kVから6kVに降圧するための配電塔の共同開発を行い、1970年に1号機を福良配電塔に納入した。

配電塔は、1次側22/33kVには遮断器を設けず、柱上区分開閉器（PVS）で開閉を行い、地絡事故についてはPVSにて保護を、短絡事故については送り出しの変電所側にて保護する方式として、保護の簡便性を図っている。

さらに、6kV遮断器には新たに開発した真空遮断器（DVC形）を適用した。



図 3.2.6 22kV配電塔

また、主母線をモールド絶縁とした6kV超縮小形配電盤（ミニキュービクル）を関西電力と共同開発し、これを適用した22kV縮小形配電塔を1973年に樋之上町配電塔に納入した。

その後、この配電塔方式は都市部でも採用され、1次に真空開閉器（VS）付の変圧器を、2次には新形真空遮断器（VC3形）+モールド母線方式の2段積6kVミニキュービクルを採用して、全体をコンパクトにまとめることにより高速道路の高架下に設置できるようにした。

この都市形配電塔は1973年に関西電力賑橋配電塔に納入した。

また、監視制御盤・保護継電器盤もコンパクト化を要求されるようになり、トランジスタ形保護継電装置を開発することにより大幅に縮小化を図ってきた。

3. 2. 2 産業分野への展開

(1) 66/77kV鋼板製全天候閉鎖形配電盤

1950年頃より閉鎖形配電盤の製作を行い、低圧回路



図 3.2.7 22kV都市形配電塔

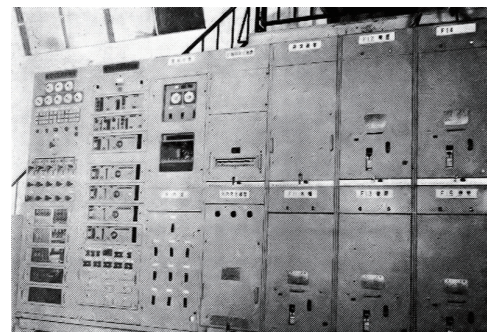


図 3.2.8 6kVモールド母線式2段積ミニキュービクル

から33kV特別高圧迄の広範な領域についてこれまで数千の製作実績を有していた。66/77kV設備は屋外開放形（オープン形）受変電設備が主流であったが、充電部が露出しているため、運転・保守上の危険をとまなうとともに、敷地面積が大きく、外的要因による損傷・供給障害も少なくなかった。

1950年代後半には大規模工場の海岸埋設地への進出が目立つようになる。これらの耐塩害対策と市街地における受変電設備の用地対策、対粉塵対策等の問題を解決するため、66/77kVの屋外閉鎖形配電盤を採用する要望が高まった。当社では1963年に鋼板製66/77kV全天候閉鎖形配電盤を開発し、同年に1号機を納入した。

本設備は以下のような特長を有している。

- ・屋外鉄鋼構造開放式に比較して据付面積が少ない（開放設備に対し60%に縮小）
- ・充電部が外部に露出しないので安全である
- ・塩害、塵害、雪害等の影響を受けず保守費を低減できる
- ・閉鎖配電盤内を収納機器毎に室区分することができ、局部的な点検、補修が可能である
- ・配電盤の箱体を輸送限界寸法内に解体して搬入されるので、現地における組立工期の短縮が可能である

その後、自家用受電設備の大容量化に伴い、受電電圧の高電圧化が行われ、これと共に敷地の縮小化、安全性の増大、耐塩塵害性の徹底を目的として66/77kV受電設備の閉鎖化が盛んに計画された。1965年代に入り66/77kV鋼板製閉鎖形配電盤は広く普及し、1970年頃まで盛んに採用・納入された。

本設備はMG社との技術提携による常時充気式ABBや斬新なアイデアによる室区分式回転断路器及びOF式変成器等で構成された。なお変圧器は屋外に配置していた。

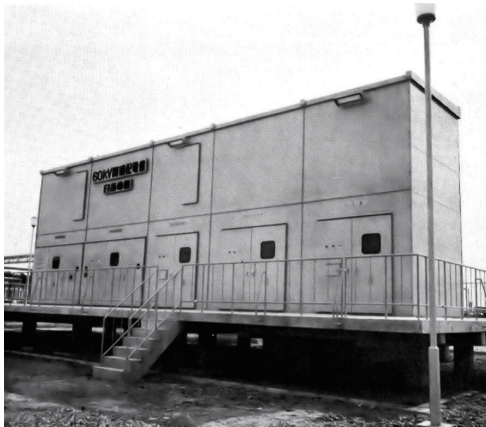
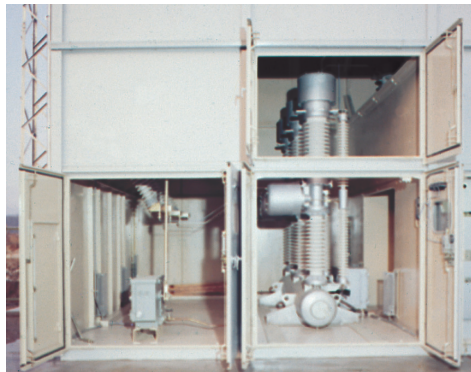


図 3.2.9 66/77kV鋼板製閉鎖形配電盤



(左：回転断路器 右：空気遮断器) ^{115④}

図 3.2.10 66/77kV鋼板製閉鎖形配電盤内部

(2) 66/77kV軽量発泡コンクリート製閉鎖形配電盤

鋼板製66/77kV全天候閉鎖形配電盤は1970年頃まで主流であったが、結露、断熱、腐食などの問題があり、これを改善するため1970年に軽量発泡コンクリート製閉鎖形配電盤を開発し、1号機を住友金属鉱山別子鉱業所へ納入した。

軽量、断熱、遮音、気密に優れた軽量発泡コンクリート（Autoclaved Lightweight aerated Concrete：ALC）パネルを外被に使用することにより鋼板製閉鎖形配

電盤の欠点を補完した。

軽量発泡コンクリート製閉鎖形配電盤の構造は、コンクリート基礎上に主にH形鋼または軽量形鋼にて支柱を構成し、その周囲を発泡コンクリートで囲んで機器を閉鎖した。内部は、必要回路区分毎に接地された金網による室区分を行い、室区分間は回転形断路器により連絡される。このため断路器開放状態では区分室内は完全に非充電状態となるため、安全に機器の保守・点検できる構造になっていた。



図 3.2.11 66/77kVALC製閉鎖形配電盤 ^{130②}



(空気遮断器)



(回転断路器) ^{128⑤⑥}

図 3.2.12 66/77kVALC製閉鎖形配電盤内部

(3) 3~22kV縮小閉鎖形配電盤の発展

1965年に仏のMG社とMBBの技術提携を行い、同年に製品化した。MBBはあらゆる故障を遮断でき、安全で信頼性が高く、大きさは従来に比べ容積で39%、重量で60%、面積で67%と従来品に比較して著しく小形であるため、1967年に遮断器2台を収納可能（2段積）なコンパクト3/6kV閉鎖形配電盤（コンパクトラッド）が製品化された。

さらに同年、真空遮断器（VCB）も開発した。VCBは小形・軽量で優れた遮断性能を有し、これを搭載することで画期的な縮小閉鎖形配電盤（3段積）となった。

また、22kV閉鎖形配電盤も収納機器本体の小形化および配置の合理化によって縮小化を図った。

寸法：幅550×高さ2300×奥行1400mm

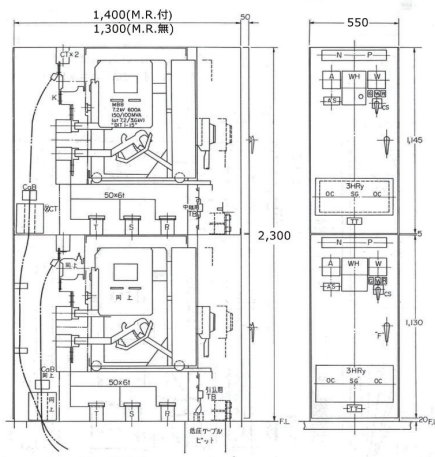


図 3.2.13 MBB収納6kV配電盤 (2段積)

寸法：幅700×高さ2300×奥行1650mm

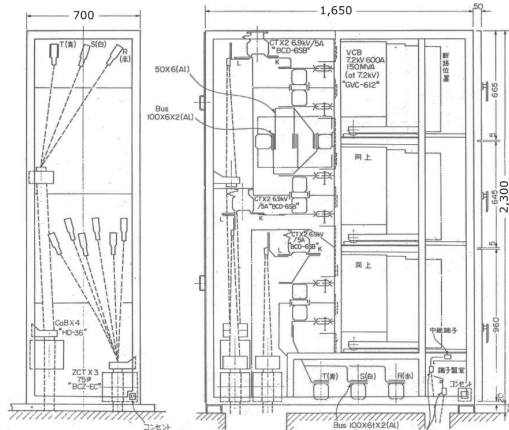


図 3.2.14 VCB収納6kV配電盤 (3段積)

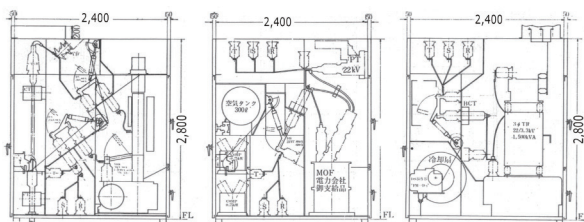


図 3.2.15 縮小22kV閉鎖形配電盤

(4) 超高压家用受電設備

1969年に、我が国で初めての本格的な超高压受電設備を住友金属工業（現、新日鐵住金）鹿島製鉄所に納入した。本設備は東京電力東京変電所から275kVで受電し、100MVA変圧器2バンク（将来5バンク）で33kVに降圧して、製鉄所内各工場に給電するための275kV受変電設備である。

(5) SF₆ガス技術の導入

1968年に仏のMG社とGCBとGIS製造技術に関する技術提携を行い、1970年に66/77kV GCBを製品化した。

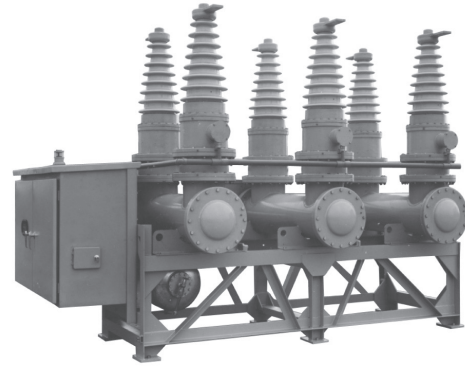


図 3.2.16 66/77kV GCB

SU122

この消弧室は単一圧力パツファ形を採用し、遮断部は金属容器内に収納し、引出しブッシングを設けたタンク形構造であったため、GISの遮断部ユニットとしてそのまま適用できるものであった。このGCBを主体にし、66/77kV GISの開発を完了した。

このGISの製品化はその後の自家用受変電システムの設備形態を一新する革新的な開閉装置で1976年以降に主流となっていった。

(6) スポットネットワーク受変電設備

22/33kVの受変電システムでは、過密都市地域における配電方式としてネットワーク配電方式が普及し始めた。そして1970年代には高層ビルの建設が進み、大都市の中心部では22kVスポットネットワーク配電方式が多く採用されるようになった。当社は1969年にネットワーク配電に使用される各種機器の開発を完了し、1971年に福岡第4ビル向け22/3kV、3回線ならびに銀座貿易ビル向け22kV/415-240V 3回線スポットネットワーク受電設備を納入した。

(7) 万国博覧会受変電設備

1970年3月に始まったEXPO '70万国博覧会に当社は、日本政府館、シンボルゾーン等に22~6kV閉鎖形配電盤及び中央監視制御御盤等の受配電設備を多数納入した。



図 3.2.17 EXPO '70 政府館受配電設備

109

受変電システム事業のあゆみ（戦後第Ⅲ期）

3. 3 戦後第Ⅲ期（1976～2000年）

一 安定成長期～平成不況一

1973年秋の石油危機により高度経済成長は終焉を迎え、1976年より安定成長期に入った。石油危機による原油価格の高騰により省エネルギー・省資源が叫ばれようになった。石油危機以降の受変電設備はエレクトロニクス化・省エネルギー・省資源化・無公害化・高信頼度化・保守性向上の傾向と共に縮小化指向が顕著となった。

1968年より開発を進めてきたGISは大幅な縮小化を可能とし、この時代の受変電設備の主流となった。この時期GISの開発は目覚ましく、66～154kV三相一括形GISのシリーズ化と66/77kVオールインワン形GIS（A-GIS）を開発した。特にA-GISは1982年に自家用受変電設備1号機を納入後、工場及びビル向けでの受注を急激に伸ばし「GISの日新」と言われるようになった。

年代	電 力	産 業
1976	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 独のメスバンドラバウ社（MWB社）とガス絶縁計器用変圧器（GVT）の技術契約調印 ◆ 66/77kV 全三相一括形ガス絶縁開閉装置（GIS）開発 ◆ アルミパッケージ式全天候閉鎖形配電盤（アルパック）製作開始 	
	・ 借室用 22kV コンパクト受電設備製作開始	
1977	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 東京電力新信濃変電所交流フィルタ設備納入（以降 変換設備には独占的に納入） ◆ 22～33kV フリュアークガス遮断器（GCB）を製品化 	
1978	<ul style="list-style-type: none"> ・ 環境調和形 22～77kV パッケージサブ製作開始 ・ Var V クラッド大容量器製作開始 	
1980	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 6kV 回転アーク式ガス遮断器（ランナー GCB）を製作開始 	
	・ 22kV 小形化柱上自動区分真空開閉器製作開始	
1981	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 77kV オールインワン形 GIS（A-GIS）製作開始 	
	・ 6kV 全地中配電用開閉器製作開始	・ バスループ配電システムを開発
1982	・ 77kV 新形パッケージ変電所製作開始（A-GIS 適用）	
1983		・ 3/6kV カセットタイプ閉鎖形配電盤を開発
1984	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 22/33kV 閉鎖形配電盤用タンク形ガス遮断器（GCB）を開発 	
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 22kV 変圧器一体形配電塔製作開始 ・ 22kV 縮小形閉鎖形配電盤製作開始 ・ デジタル形各種継電装置製作開始 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 66kV ガス絶縁変圧器製作開始 ・ 変圧器一体形ロードセンタを開発
1985	<ul style="list-style-type: none"> ・ 受変電機器予測保全システムの開発 ・ 33kV 小形化柱上自動区分真空開閉器製作開始 	
1986	・ 配電自動化事業に参入	
1987		・ 22/33kV オールガス受変電設備を開発
1989	・ 変電所用遠方監視制御装置を製作開始	<ul style="list-style-type: none"> ・ 受変電設備用計測制御ユニット「デジタルパック」開発 ・ 東海道新幹線用無効電力補償装置（SVC）大量納入 ・ 6kV ガス絶縁閉鎖形配電盤製作開始
1990		・ 22kV オールガス絶縁スポットネットワーク受変電設備製作開始
1993	・ 22kV 新形 Var V クラッド開発、納入開始	
1996	・ 77kV 新形配電用変電所を製作開始	
1999	・ HDLC プロトコル遠隔監視制御装置を製作開始	・ 66/77kV オールイン形受変電設備を開発
2000	・ 超縮小形 6kV スイッチギヤ製作開始	

3. 3. 1 電力分野への展開

(1) 66/77kV環境調和形パッケージサブの開発

配電用変電所では、新たに開発した66/77kV全三相一括形GISを適用したパッケージサブを1977年に関西電力加納変電所に納入した。

また、パッケージサブは都市近郊への適用が検討され、高さ(4m)の抑制と色彩調和、意匠設計の適用による周囲環境・景観との融和性を向上させた環境調和形パッケージサブを開発、1978年に関西電力郡津東変電所に1号機を納入、その後も多数納入していった。



図 3.3.1 77kVパッケージサブ PI332②

さらに、この環境調和形パッケージサブは特高設備側を美化外装で覆い、アルミコンテナに2次6kV配電設備を収納したアルパックと組み合わせた寒冷・積雪地域用パッケージサブとして1980年に北海道電力平岡変電所に1号機を納入した。従来の屋内式変電所と違って建屋を使用しないため、工期の短縮、増設の容易性、冬季での点検も容易に行えるなどのメリットが評価され設置箇所数を順調に伸ばしていった。



図 3.3.2 寒冷・積雪地域用66kVパッケージサブ 56192

その後、66/77kV GISにおいては箱形容器内に主回路機器を複合的に配置し、低ガス圧化(0.05Mpa)、環境調和、小形化によるトラック輸送と現地工事の簡素化を図ったオールインワン形GIS(A-GIS)を開発した。

これを新形パッケージサブとして1982年に関西電力中垣内・真美ヶ丘の両変電所に納入し、以降順調に納入実績を伸ばした。

(2) 新形配電用変電所の開発

変電所の設計・製作は、これまでは変電所建設コストダウンについての取り組みはなされてきたものの、どちらかと言えば信頼性や機能を重視した取り組みが主流をなしてきた。そのため、変電所の建設コストは年々増加の傾向にあった。

しかし、この頃の電力業界においては、電気料金の引下げ・電力市場開放などによる大きな環境変化に対して、変電所建設コストの大幅な削減ニーズが急速に高まってきた。

また、変電所の運転・保守業務についても、アメニティ指向の向上や人間重視の立場から、その業務をさらに向上させる現場支援の改善要望が強くなってきた。

これらの背景を基に、新形配電用変電所の開発にあたっては下記の方策を採用した。

- ・建屋に市販のプレハブを活用
- ・GISの縮小化・軽量化
- ・電力ケーブルの処理にオープンピット方式を採用
- ・監視制御情報の伝送に光ケーブルを採用
- ・主機器はすべて遠方制御可能
- ・監視制御伝送装置として、汎用のLAN(イーサネット方式)を採用
- ・保護リレーに自己診断機能付デジタルタイプを採用

この新形配電用変電所は1996年に関西電力夏見変電所に納入、その後も順次実績を増やしていった。



(ガス絶縁開閉装置(GIS)) (6kVスイッチギヤ)

図 3.3.3 77kV新形配電用変電所構成機器(一部)

(3) 22/33kV環境調和形パッケージサブの開発

22/33kV系統でも環境調和形パッケージサブを開発しており、1976年に関西電力成川変電所に33kVパッケージサブを納入した。

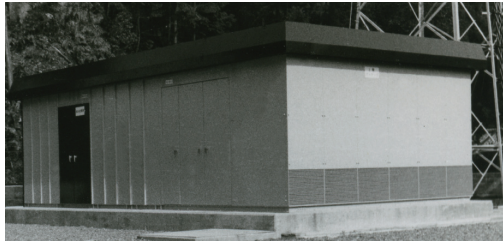


図 3.3.4 33kVパッケージサブ PI309

開閉装置の内部構造は33kV機器室（33kVタンク形GCB収納）・6kV機器室（6kV縮小形MBB収納）・制御室・点検スペースの4区分になっており、天井縁には化粧板を設け、外面色はツートンカラーとするなど従来の電気機器のイメージを一新して環境調和を図ったデザインとした。

(4) 22/33kV新形配電塔の開発

1969年に関西電力に1号機を納入以来、北海道電力への耐雪・耐寒形の納入も含め多数の納入実績を有している。

1999年より関西電力との共同で、コスト低減とコンパクト化を図った新形配電塔を開発し、納入を開始した。構成としては、監視制御盤、配電線盤、ガスLBS盤を標準ユニット化し、コスト低減を図った。

さらに、配電塔子局の機能統合（監視、制御、計測、伝送）、監視制御盤と補機盤の一体化、配電線盤のGCB2段積などを実施し、従来形に比べ容積で44%のコンパクト化を図った。



図 3.3.5 全地中地域用6MVA配電塔 99102

(5) 6kVスイッチギヤの開発

配電用変電所向け設備としては、収納する遮断器により、多種の6kVスイッチギヤを開発してきた。

1976年頃には関西電力の新用品規格に準拠した、MBB収納の2段積スイッチギヤを開発し多数納入していった。

その後1980年GCBの開発より、遮断器にGCBを採用して納入を開始した。



図 3.3.6 MBB収納6kVスイッチギヤ PU499①



図 3.3.7 GCB収納スイッチギヤ

関西電力以外にもアルミコンテナにスイッチギヤを収納したアルパックとして、中国電力・北海道電力や四国電力にも6kV配電用設備として納入した。



図 3.3.8 アルミコンテナ収納スイッチギヤ（アルパック）

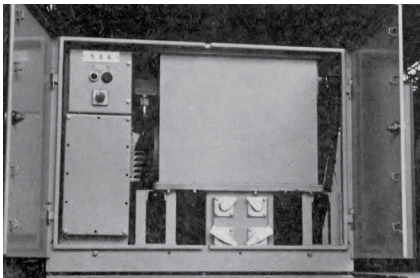
さらに、1999年には省スペース・低コスト化を図った超縮小形6kVスイッチギヤを開発、北海道電力栗山変電所に納入した。このスイッチギヤは気中絶縁を主体とした環境にやさしい製品の実現をコンセプトとし、モールド絶縁材の使用を最小限に抑えるとともに、収納機器の合理的な配置を図ることで、当社現行品に対し容積比約48%の縮小化を実現した。



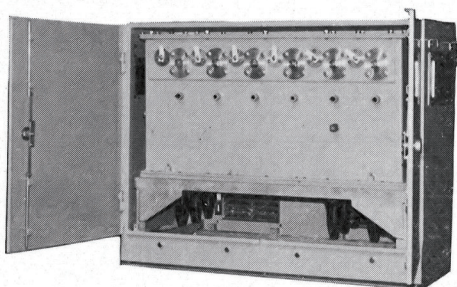
図 3.3.9 超縮小形6kVスイッチギヤ

(6) 配電用地中化機器の開発

6kV配電設備も都市部の美観環境改善のため地中化の方針が出され、自動開閉装置・多分岐開閉装置を関西電力と共同開発した。1985年に関西電力の大阪市空心町地区に採用されたが、その後、政府方針により共同溝（CAB）による地中化を推進することになった。高圧需要家が密集している地域を中心に、機器を地上に設置する配電線の地中化工事が進められてきている。



(自動開閉装置)



(多分岐開閉装置)

図 3.3.10 地上開閉装置

(7) 配電自動化システムへの参画

1985年当時の配電線の開閉器制御は時限順送式であったが、事故復旧時の停電時間のさらなる短縮を目的とした配電線自動化が計画された。これに伴って柱上開閉器が増設されるとともに柱上開閉器を制御する開閉器子局が設置されることとなり当社もこの計画に参画した。

この配電自動化システムの導入は1889年から本格導入がスタート、関西電力管内約800の配電用変電所の各配電線に導入されていった。他の配電線との事故融通に用いられる常開開閉器も合わせると約10万台の自動開閉器および開閉器子局が必要で、開閉器子局と変電所を結ぶ通信線も約10万kmの施設となる大事業となった。

その後、柱上開閉器は1996年からコンパクト形柱上真空開閉器にモデルチェンジされた。



(コンパクト形自動区分真空開閉器)

(開閉器子局)

図 3.3.11 コンパクト形自動区分開閉装置

さらに、装柱美化を目的として制御電源変圧器と避雷器を内蔵した一体形柱上真空開閉器をラインアップし1998年から並行して納入を開始した。

この事業は配電自動化の収束に伴い2003年に生産を中止することになった。

(8) 22/33kV縮小形スイッチギヤ

電力需要の増大は、配電電圧の高圧化にも影響を及ぼし22/33kV配電にも普及した。従来のABBを収納したスイッチギヤでは外形寸法が大きくなるため、収納する建屋も相応の大きさのものにする必要があったが、都市部では土地の確保が難しく、必然的にスイッチギヤの縮小化が要求された。

22/33kV用遮断器も小形のGCB（フリユアークGCB）が開発され、外形の大幅な縮小化が可能となり、22/33kV縮小形スイッチギヤの製作を開始した。

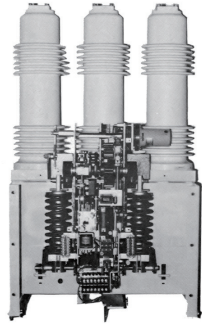
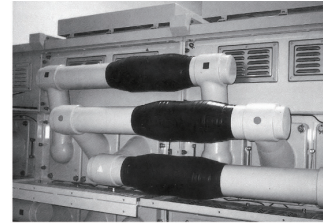


図 3.3.12 フリユアークGCB



(モールド絶縁母線)



図 3.3.13 22kV縮小形スイッチギヤ

6076



図 3.3.14 22kV新形Var Vクラッド

92182①

(10) 22kV配電システムの普及

1970年代後半には高層集合住宅の建設の増加と、配電電圧の高電圧化による22kV配電の普及と相まって22kV/415V配電システムが構築され、これに必要な機器が開発された。

この設備の設置場所としては高層集合住宅の一画を借用して設置されることより、よりコンパクトな機器が要求された。その対応として、負荷開閉器(LBS)と電力フューズを組合せたコンパクト受電設備を関西電力と共同開発した。

1977年に南港ポートタウンの一室の関西電力借室電気室に1号機を納入、その後の高層集合住宅用に広く適用されていった。

また、1989年にはよりコンパクト化を図るため気中LBSの代替としてガス負荷開閉器を関西電力と共同開発、ガスLBSコンパクト受電設備として大阪鶴見緑地で開催された「花と緑の万国博覧会」会場内の配電設備として納入した。

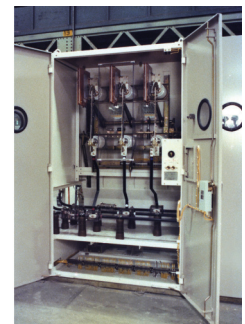
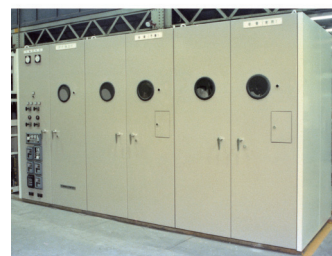
(9) 調相設備開閉用22kVスイッチギヤの開発

調相設備開閉用の22kVスイッチギヤを東京電力と共同開発した。

東京電力では送電用変電所の変圧器3次22kV回路に調相設備を設けているが、これらの専用開閉装置として開閉能力を有したVCB・VSを収納したVar Vクラッドを開発、1975年に西相模変電所に納入後、着実に実績を増やしていった。

1978年には調相設備容量90MVA (3000A) の大容量器を開発、納入を開始した。

さらに、1993年にはモールド樹脂絶縁母線を採用した縮小形Var Vクラッドを開発、東京電力網島・武蔵野変電所に納入、以降調相設備開閉装置の標準として適用を拡大していった。



PU491

図 3.3.15 コンパクト受電設備



図 3.3.16 ガスLBSコンパクト受電設備

3. 3. 2 産業分野への展開

(1) GISの普及

66/77kV受変電設備は1955年頃の屋外開放形設備を経て、従来の屋外機器を使用して鋼板で閉鎖した鋼板製閉鎖形配電盤が誕生した。その後結露防止・断熱性・遮音性などに優れた、軽量発泡コンクリート(ALC)閉鎖形配電盤が1980年頃まで主流であった。

そして当社は1972年に77kV相分離形GISの1号機を電力会社に納入した。その後電力会社への多数の納入実績が評価され、1976年には自家用受電設備用66kV相分離形GISの1号機が新札幌の複合ビル地下電気室で運転を開始した。

続いて全三相一括形GISによる縮小化を一段と進め、GISを適用した66/77kV受変電設備は需要を伸ばしていった。



図 3.3.17 66kV GIS 自家用1号機

そして1981年に開発した66/77kV自家用オールインワン形GIS (A-GIS) の開発により従来の66/77kV閉鎖形配電盤に取って代わり、GISによる66/77kV受変電設備が主流となり始め、需要は順調に増加した。

A-GISは、単位回路の全機器を角形容器に一括して収納(オールインワン)し、大気圧近傍のSF₆ガスにより絶縁したもので受変電設備の縮小化、合理化、省力化、信頼性の向上、工期の短縮、環境調和性の向上など優れた特徴を持っている。これは世界でも類を見ない画期的なGISであった。

1987年からのバブル景気によるエネルギー需要と活発な設備投資に支えられ、自家用受変電設備の需要は好調に推移し1990年代に入ると66kV以上の開閉装置は、今やほとんどがGISとなった。



図 3.3.18 66kVオールインワン形GIS (A-GIS)

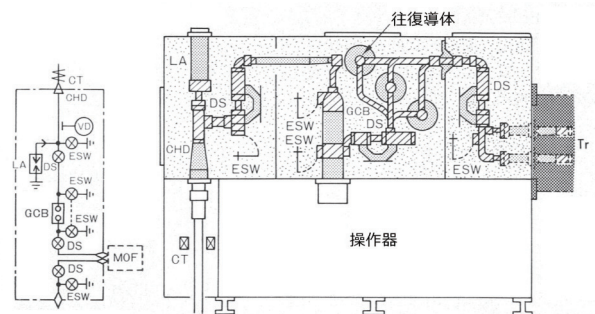


図 3.3.19 A-GIS内部構造説明図

(2) オールガス絶縁受変電設備を指向

1980年には77kVガス絶縁変圧器を開発、1984年にオールガス受変電設備を採用するビル向けに66kV、5000kVA器2台を納入した。1980年代から当社は、SF₆ガスを使用した「オールガス絶縁受変電設備」を指向し、ガス絶縁変圧器に続き、1980年から1991年のバブル崩壊迄の約10年間にガス遮断器、ガス開閉器、ガス絶縁高圧コンデンサ設備、22/33kV C-GIS、66kV新縮小形GIS等のガス絶縁機器の開発を矢継ぎばやに行った。

そして1987年にオールガス化を完成させた「22/33kVガス絶縁受電設備」はビルなどの電気設備の大規模化に加えて縮小化、低騒音、美観、安全性を中心とするニーズにこたえた。この製品は「'87年電設工業展」製品コンクールにおいて建設大臣賞を受賞した。

この設備で製作された22/33kV GISは、従来の気中絶縁閉鎖形配電盤と比較して容積比で約1/5の超縮小化が図れ、ガス絶縁変圧器とは電力ケーブルで接続し、電気室面積を従来の約1/2に縮小することができた。

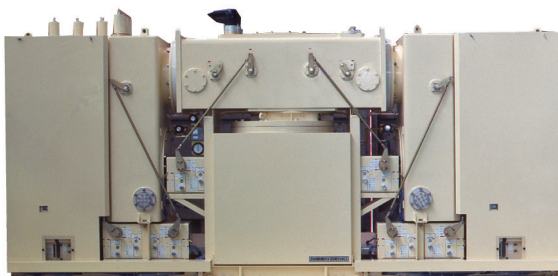


図 3.3.20 22kV GIS

86217③

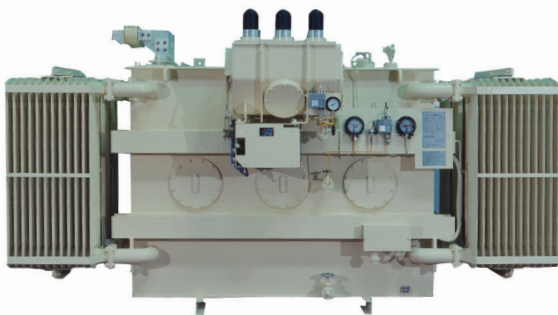


図 3.3.21 22kVガス絶縁変圧器

86210②

(3) オールイン形66/77kV受変電設備の開発

20世紀の末になると受変電設備には、高度情報化社会に対応するための電力の供給信頼性はもちろん、より一層の建設費のコストダウン、縮小化、防災性や地球環境性などのニーズが拡大してきた。これらにこたえるため1999年に開発し、市場に投入したのが「オールイン形受変電設備」である。

受変電設備を構成する主要機器（GIS、変圧器、高圧スイッチギヤ）はいずれも機器自体のダウンサイジング・コストダウンを図った。設備レイアウトについては、機器周辺のデッドスペースやメンテナンススペースの極小化を中心に再開発を行い、1955年代の66/77kV屋外開放形設備に対し、設置スペースは約1/10以下に縮小された。

このうち「新縮小形ガス絶縁開閉装置（PF7）」は

従来のGISにA-GISでの複合化技術を融合させ、国内最小クラスの外形を実現した。本体の大幅な小形化と操作器の小形化等により、体積比で従来品の約32%に縮小化した。また、変圧器は主として冷却技術の改善、絶縁技術の改善で小形・軽量化を図った。

高圧の「モジュール形気中絶縁スイッチギヤ」はモジュール化、複合化、デジタル化をコンセプトとし、VCB本体に、監視・計測保護機能を兼ね備えたデジタル制御ユニット（DCU）と変流器を搭載した。



97116④

図 3.3.22 新縮小形GIS

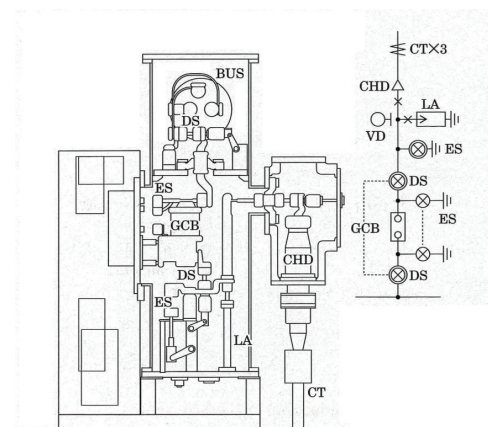


図 3.3.23 新縮小形GIS受電ユニット



9914②

図 3.3.24 モジュール形SWG



9914⑤

図 3.3.25 VCBモジュール

この「オールイン形受変電設備」のレイアウトはフロントアクセス仕様とし、変圧器の放熱器を本体の片側に配置し、GIS、変圧器、スイッチギヤを一体集合配置することにより国内トップレベルの省スペースを実現した。(当社従来比57%)

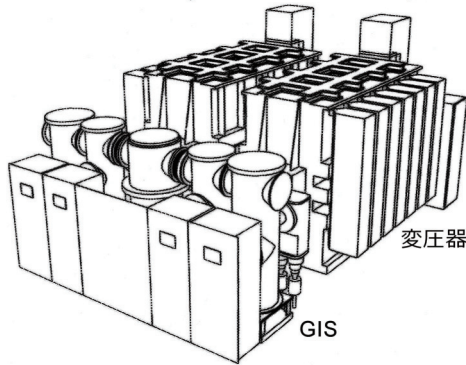


図 3.3.26 一体集合配置図

本受変電システムの開発が、当社に於ける受変電機器に対する「コンパクト化」指向の始まりの一步となった。

(4) バスループ受配電システム

バスループ受配電システムは新しいビル用受配電システムとして、縮小化、建設工事の簡素化、安全性、経済性の向上を目的として1981年に開発した。ビル内に分散する負荷設備の近くに、配電用変圧器（ループTR）を配置し、高圧幹線をEPS（電気配線シャフト:Electric Pipe Shaft）にて縦ループ状に配電するシステムで、大形ビルを中心に普及した。

本システムは以下のような特長を有している。

- ・ 配電損失の低減化
- ・ 受電室のスペース縮小化
- ・ 小さい電圧降下

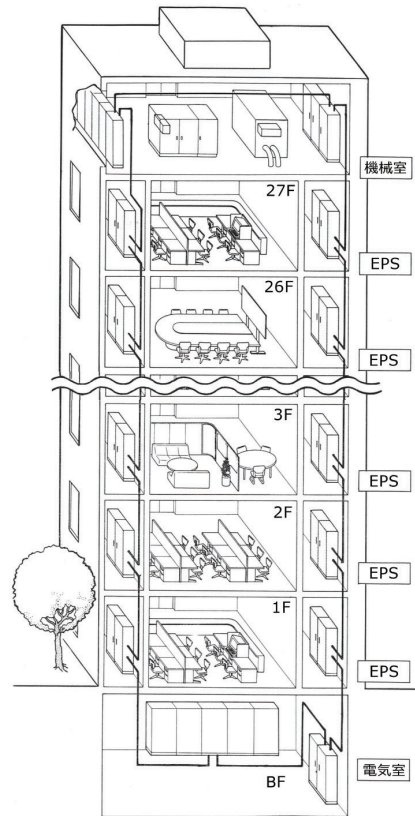


図 3.3.27 ループ受配電システム適用例

(5) 変圧器一体形ロードセンタ

低圧配電設備（ロードセンタ）については、バスダクトを省略し、小形化した低圧盤と変圧器を複合一体構造にし、縮小化、メンテナンスフリーを目指した、変圧器一体形ロードセンタ「シンプルパワーユニット (SPU)」を1984年に開発、製品化した。

本設備は以下のような特長を有している。

- ・ 設置スペースを従来形に比べ約50%に縮小
- ・ 信頼性の向上
- ・ 保守の省力化
- ・ 現地工事期間の短縮
- ・ トータルコストの低減



図 3.3.28 シンプルパワーユニットの外観

受変電システム事業のあゆみ（戦後第Ⅳ期）

3. 4 戦後第Ⅳ期（2001～2016年）

一 重電不況と脱出 —

2001年に入り国内の重電業界は、電力会社の設備投資抑制や、長引く景気低迷による民間企業の設備投資の減少によって深刻な業績悪化に陥った。生き残りをかけた重電業界再編の嵐の中で2001年1月、当社は独自に生きていく道を選択した。

そして当社独自のガス遮断器（GCB）およびGIS等の技術の蓄積をもとに、2003年に近年の市場ニーズ

に合致する自家用受変電設備向けの世界最小クラス「66/77kV超縮小形ガス絶縁開閉装置（XAE7）」を新規に開発した。引続き2004年には22kV縮小形ドライエア絶縁開閉装置（XAE2V）、翌2005年に22kV縮小形ガス絶縁開閉装置（XAE2G）を開発し、縮小形受変電設備のニーズにこたえた。

また6kV縮小形スイッチギヤ（閉鎖形配電盤）及び縮小形コンデンサ装置等の製品化により当社は「コンパクト受変電システム」を推し進めることとなった。

年代	電 力	産 業
2003	◆ 世界最小クラス「66/77kV超縮小形ガス絶縁開閉装置（XAE7）」を開発	
2004		・ 22kV 縮小形ドライエア絶縁開閉装置（XAE2V）製作開始 ・ 6kV 縮小形スイッチギヤ製作開始
2005		・ 22kV 縮小形ガス絶縁開閉装置（XAE2G）製作開始
2007	・ ユニット形電力用記録装置製作開始	
2008	・ HI-PC 対応デジタル形保護継電装置製作開始	・ 縮小形コンデンサ「スーパーユニバーサルツイン」製作開始
2009	・ 新縮小形 6kV 屋内スイッチギヤ製作開始 ・ 新縮小形 22kV 屋内スイッチギヤ製作開始	
2010	・ 22/33kV ケーブル直結形柱上ガス開閉器製作開始	
2012	・ トラック搭載形 6kV 移動用スイッチギヤ製作開始 ・ 太陽光発電設備メガソーラー納入（2MW）	
2013	・ 33kV アルパック形配電塔製作開始	
2014	・ ポリマー碍管適用 77kV プラグイン形 GCB を製作開始	・ 太陽光発電用設備の急伸

3. 4. 1 電力分野への展開

(1) デジタル形保護継電装置の適用拡大

2008年にHI-PC（パソコンによるヒューマンインターフェイス）対応のデジタル形保護継電装置を開発、今後の主力保護継電装置として納入を開始した。

このHI-PC対応の保護継電装置は他の継電装置にも

適用、2013年に東京電力向けのVar V クラッド用デジタル形調相保護継電装置として開発、納入を開始した。

さらに、関西電力のパッケージ形変電所向けの縮小形単母線保護継電装置を開発、納入を開始した。



図 3.4.1 22kV Var V クラッド用デジタル形調相用保護継電器

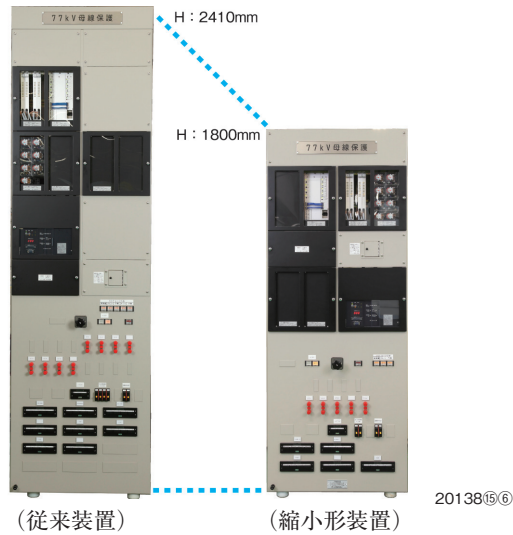


図 3.4.2 パッケージ形変電所用縮小形デジタル継電器盤

(2) スイッチギヤの縮小化

6kV屋内スイッチギヤでは保護継電器のデジタル化により信頼性・操作性の向上を図った。さらに注油箇所を最小限にしたVCBを開発してメンテナンスの省力化を図った。これらを採用した新縮小形6kV屋内スイッチギヤを開発、2009年に関西電力高田変電所に納入した。

6kVスイッチギヤの縮小化の技術は移動用スイッチギヤにも応用された。特殊車両規制を受けないトラックに搭載したトラック搭載形移動用6kVスイッチギヤを開発、2012年から関西電力の電力所に納入を開始した。



図 3.4.3 新縮小形6kV屋内スイッチギヤ



図 3.4.4 トラック搭載形6kV移動用スイッチギヤ

また、22kVスイッチギヤでは新形デジタルリレーを採用し、信頼性の向上と共に、遠方の運用拠点でも運用状態や事故情報、異常内容などが確認可能なものとした。この設備（新縮小形22kV屋内スイッチギヤ）を2009年に関西電力志津変電所に納入した。



図 3.4.5 新縮小形22kV屋内スイッチギヤ

(3) アルパック形配電塔

2013年にはアルパックを活用した33kV配電塔を、北海道電力青葉配電塔・川汲配電塔に納入した。両配電塔とも豪雪・極寒地域への納入であるが、アルミコンテナに収納することによりクーラー・ヒーターによる適正な温湿度管理を行い、内部収納機器の環境を良好に保つことができています。

また、保護継電器は計測機能を内蔵した複合デジタル形を採用、保守性の向上・信頼性の確保を行っている。



図 3.4.6 寒冷地向け33kV配電塔

(4) 単体機器の開発

関西電力の配電設備の一つである22/33kV柱上ガス開閉器において、新たに変圧器一次用のケーブル直結形22/33kV柱上ガス開閉器を共同開発、以降配電塔設備に適用を開始した。従来の真空開閉器に比べコンパクト化・軽量化が実現できた。

また、関西電力の屋内用配電用変電所で採用されているプラグイン形GCBの磁器碍管を使用した機種に変わり、ポリマー碍管を使用した機種を新たに開発、納入を開始した。ポリマー碍管タイプは万が一の碍管破損時、破片の飛散が防止でき安全性が向上した。さらに軽量化が図れたことによる建屋への負担も軽減することができた。また、オプションとして保護機器となる避雷器を追加できる構造とした。

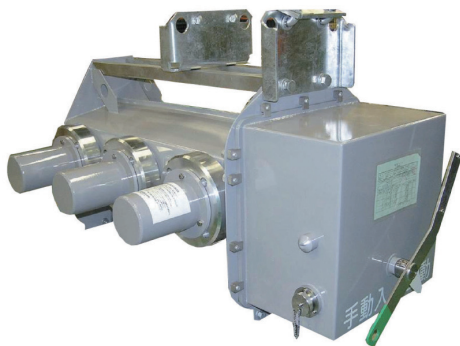


図 3.4.7 22/33kVケーブル直結形柱上ガス開閉器

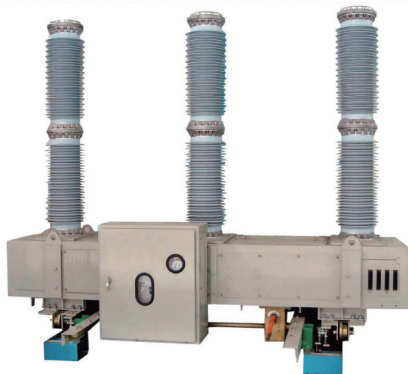


図 3.4.8 ポリマー碍管式77kVプラグイン形GCB

(5) 再生エネルギー分野

再生可能エネルギーの利用普及の増加が見込まれる中、関西電力では太陽光発電による系統の不安定化が予測されるため、系統安定化のための大形ニッケル水素電池を用いた電力貯蔵装置の開発・検証を2012年に石津川変電所で開始した。

また、太陽光発電設備としては、2012年にメガソーラー発電所の先駆けとなる設備を東北電力仙台太陽光発電所に納入、運転を開始した。



200929

図 3.4.9 仙台太陽光発電所（パワーコンディショナ）

3. 4. 2 産業分野への展開

(1) 66/77kV超縮小形ガス絶縁開閉装置 (XAE7) の開発

XAE7は、従来2つのユニットで構成していた受電ユニットと変圧器ユニットを1つのユニットで構成したことに特徴がある。これによりGISの設置面積は従来の約1/2となり、超高効率変圧器と組み合わせることで、その設置面積は当社従来設備と比較し、64%に縮小された。

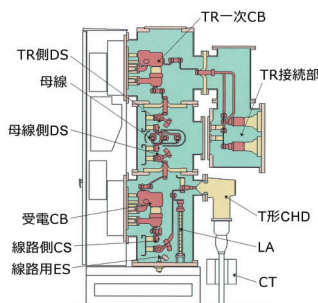


図 3.4.10 変圧器一次遮断器方式

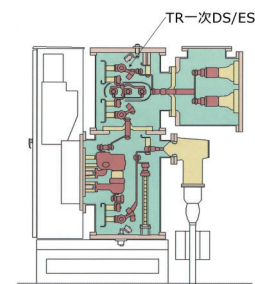


図 3.4.11 変圧器一次断路器方式

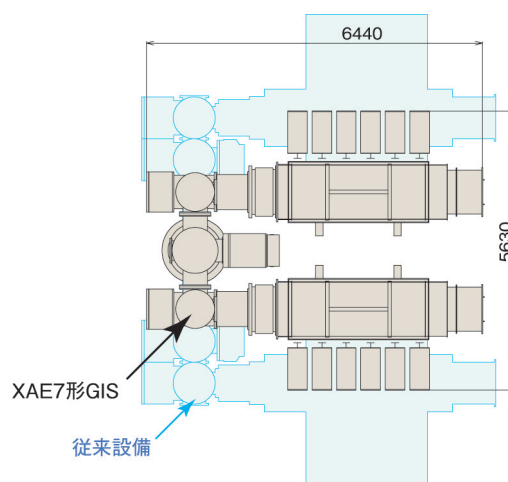


図 3.4.12 設備設置面積の比較

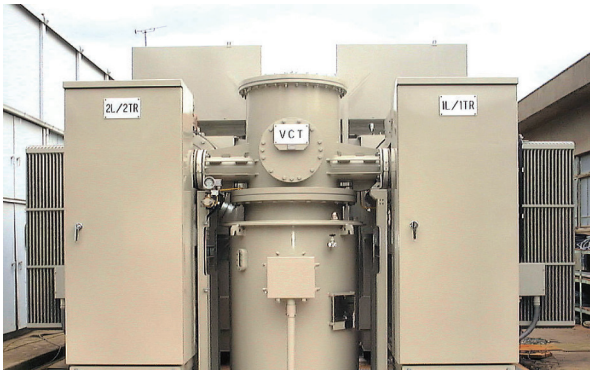


図 3.4.13 66/77kV超縮小形GIS (XAE7)

2004年にXAE7形GISを適用した受変電設備の1号機を納入して以来、コンパクト化とコストパフォーマンスで高い評価を受け2006年には景気の回復と共に急激に受注を伸ばした。2000年代より始まった大形ショッピングセンタの出店がピークに達した2008年には、当社の66/77kV受変電設備の納入実績も過去最高の数字となった。その後、2009年のリーマンショックや2011年の東日本大震災の影響もあったが受注は順調に推移し、2015年度末には、電力会社向けGISを含めた66/77kV GISのシェアで11年連続No.1となっている。

(2) 22kV縮小形ガス絶縁開閉装置

XAE7と同様に22kVクラスでも世界最小クラスの一般需要家向けドライエア方式の22kV GIS (XAE2V)を開発した。そしてその基本技術を駆使し、さらなる縮小化を図ったSF₆ガス方式の22kV GIS (XAE2G)を開発した。



図 3.4.14 XAE2Gユニット外観

XAE2Gでは次のような技術を採用した

- ・超小形磁気駆動・熱パuffa併用GCB
- ・薄形ロータリー式3位置形の断路器/接地開閉器

XAE2G形GISの最大の特長の一つは、薄形ロータリー式3位置断路器/接地開閉器の採用により高さ方向の大幅な寸法低減を図ったことである。このため、従来のGISでは、別々のユニットで構成していた機器を、一つのユニットに収納することができ、さらなる縮小化が実現した。

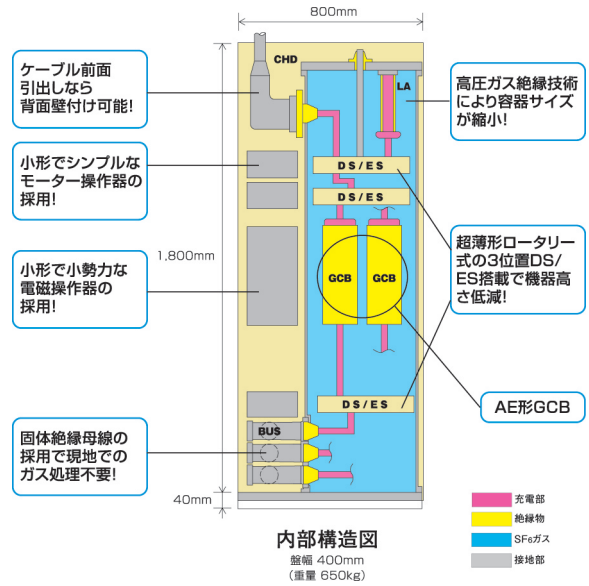


図 3.4.15 XAE2Gユニット内部構造図

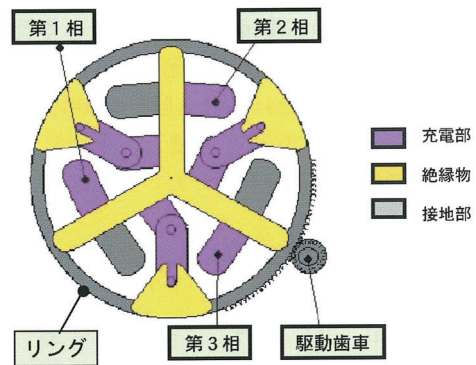


図 3.4.16 ロータリー式断路器/接地開閉器平面構造図

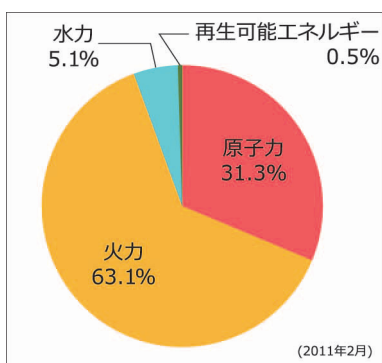
受変電システム事業のあゆみ（今後の展開）

4. 今後の展開

4.1 電力エネルギーを取り巻く環境

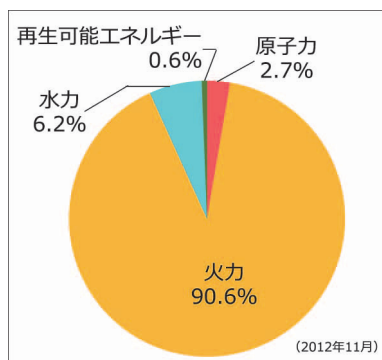
2011年3月に起こった、東日本大震災は、電力関連でも大きな影響を及ぼした。震災以降日本の電力状況は大きく変化し、震災直後発電所の停止に伴う、電力供給力低下により、東京電力管内を中心に一日数時間の計画停電が行われた。また、原子力発電所の安全見直しによる全原子力発電所停止とそれに代わる火力発電所による電力供給により、電源構成が大きく変わり、燃料費のアップによる電気料金の上昇となった。

電力需給では、2012年の再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）により再生エネルギー（主に太陽光発電所）の急激な増加や、電力システム改革（電力自由化・電力会社の発送電分離等）も2020年までの計画で行われることになった。これに伴い2016年には、電源を供給する新電力や、電力小売りを目的とする会社が多く設立され、電力エネルギーをめぐる枠組みに大きな変革のうねりが生まれてきた。



出典：経済産業省 資源エネルギー庁 電力調査統計

図 4.1.1 日本の電源構成（震災前）



出典：経済産業省 資源エネルギー庁 電力調査統計

図 4.1.2 日本の電源構成（震災後）

4.2 当社の取り組み

4.2.1 スマート電力供給システムの構想と取り組み方針

2000年代に入ると、既に欧米においては、制御・通信機能を駆使してエネルギーコスト最小化を狙った電力網の高度運用技術としてスマートグリッドが注目されていた。当社においても、2010年に「スマートグリッド開発プロジェクト」を発足させ、研究開発に着手した。そしてこの技術は2011年の震災に伴う電力需給問題を契機に社会的にも大きな注目を浴びることになる。

当社の取り組みは、受変電設備や調相設備のみならず、SVC、瞬時電圧低下対策装置と電力品質対策装置で培ってきた受変電システム技術・電力系統技術がベースとなっている。2012年、これらの技術・ノウハウに機器状態監視技術を統合して、次世代の受変電システムを構築するにあたり、

- ・エネルギーコストのミニマム化
- ・CO₂排出量の削減
- ・停電時の操業継続（BCP）の実現
- ・安心・安全を提供するメンテナンス機能の導入

といった当社が掲げるスマートグリッド概念をスマート電力供給システムとしてSPSS（Smart Power Supply Systems）と命名した。

4.2.2 前橋製作所での実規模検証

SPSSでは、従来の機器販売のみならず、「コンポーネント+センサ+システム+ノウハウ」を組み合わせたソリューションビジネスを実現する新たな事業展開を進めた。本社で110kW太陽光発電システム、工場・事務棟の「消費電力見える化」、電池電力貯蔵システムの開発検証に取り組んできた。更に規模を拡大し、前橋製作所に以下の設備を導入し、2014年3月から実規模検証を開始した。

(1) 550kW太陽光発電（PV）システム

今後分散電源の主力となる太陽光発電の運用モデルを獲得することを主眼に550kWの発電システムを導入した。この容量は通常の平日負荷の20%程度で、休日負荷では100%を超える値となっている。

また同時に、太陽電池架台及び基礎工事を9種類の施工方法で実施・評価するなど、今後のPVシステムの発電効率向上・建設コスト低減化を検証できるシステムとした。また、新規開発するパワーコンディショナのフィールド検証用としても活用している。こ

のシステムではクラウドサービスを活用したパワーコンディショナのリモート監視、ストリング監視やリモートメンテナンス機能も導入した。



図 4.2.1 太陽光発電システム

(2) 700kWガスコージェネレーションシステム (CGS)

再生可能エネルギーの出力は天候など自然状況に左右されるのに対し、確実に契約電力を低減できる分散形電源として700kW CGSを導入した。またこの発電機の廃熱蒸気を、工場の乾燥炉の熱源の一部として活用している。



図 4.2.2 コージェネレーションシステム

(3) 96kWhリチウムイオン電池電力貯蔵システム

電池電力貯蔵システムは、負荷平準化、負荷ピークカット、停電対策として充放電の双方向を活用することで、発電機よりも高速で幅広い変動を補償できる。構内の分散形電源から電力系統への逆電力防止用としても、余剰電力を有効活用している。



図 4.2.3 電池電力貯蔵システム

(4) 受変電設備状態監視システム

当社ではSPSSの運用上、欠かすことができないものとして、設備そのものに対する保守情報についても、大きな関心をもって取り組んでいる。今回は66kV特高受変電設備のGISに部分放電・ガス漏れ・GCB動作のセンサ、変圧器に部分放電のセンサを取り付け、システムに常時監視機能を具備させた。



図 4.2.4 前橋製作所の66kV特高受変電設備

(5) 前橋製作所の受電デマンドの推移

上記のような実証設備の導入により、前橋製作所全体の受電デマンドの低減効果の検証を進めた。これら分散形電源の導入やEMS制御の適用により、従来の約2/3に低減することができた。今後更に、省エネ機器、省エネ制御の導入により、デマンド50%減の目標に向けて進めてゆく。

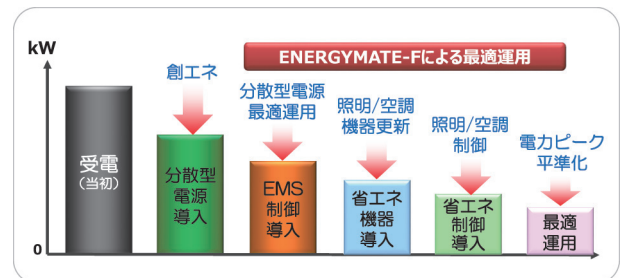


図 4.2.5 実規模検証での受電デマンド低減効果

4. 2. 3 EMS(Energy Management System)の開発

当社では、EMS分野において“エネルギー見える化”を提供する製品「EneMon」を2014年に開発してきた。SPSSのソリューションビジネスを更に発展していくためには、中核製品である受変電設備に太陽光発電システム、コージェネレーションシステム、蓄電池システムなどの多様な分散形電源を組み合わせ、最適に制御するEMSが必要となり、「ENERGYMATE-F」を2016年に発売開始した。この製品は、太陽光発電量や負荷需要を予測し、これらの予測情報と設備稼働

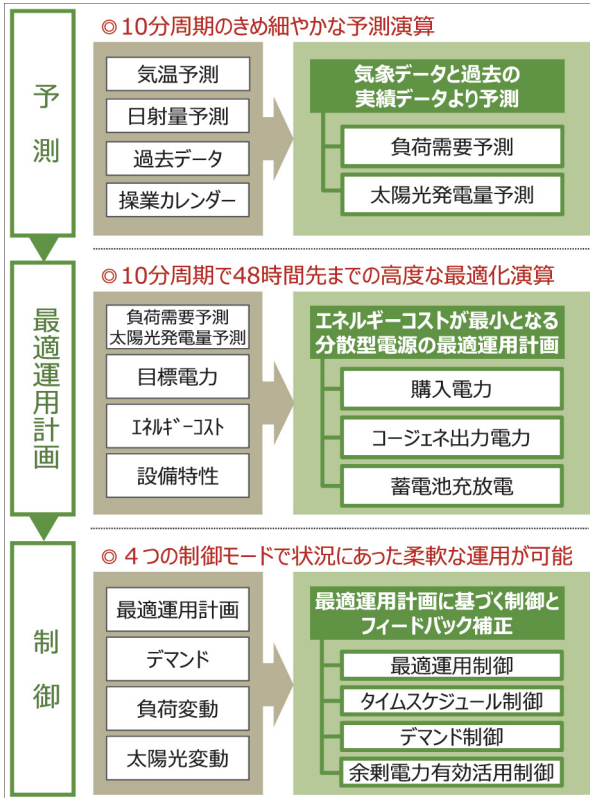


図 4.2.6 ENERGYMATE-Fの機能概要

状況、ならびに目標電力や分散形電源の設備特性など、複雑な運用条件を満足しながら、エネルギーコストが最小となるように分散形電源の運用計画を立案して制御するものである。この結果、「エネルギーコスト最小運用」「ピークカット運用」「余剰電力活用」などを提供することができ、SPSSのコアになる機能である。

4. 2. 4 事業展開

当社としてSPSSを顧客提案の中心に据えて、従来の電力機器事業を発展推進するために、5つの出口を定義しソリューションビジネスとして、積極的に販売活動を開始した。

- ・ SPSS-Factory (SPSS-F) : 工場・オフィスビル向けシステム
- ・ SPSS-Grid (SPSS-G) : 発電所・変電所向けシステム
- ・ SPSS-Island (SPSS-I) : 離島向けシステム
- ・ SPSS-Water (SPSS-W) : 水処理場向けシステム
- ・ SPSS-Home (SPSS-H) : 住宅街・家庭向けシステム



図 4.2.7 当社前橋製作所のENERGYMATE-F構成

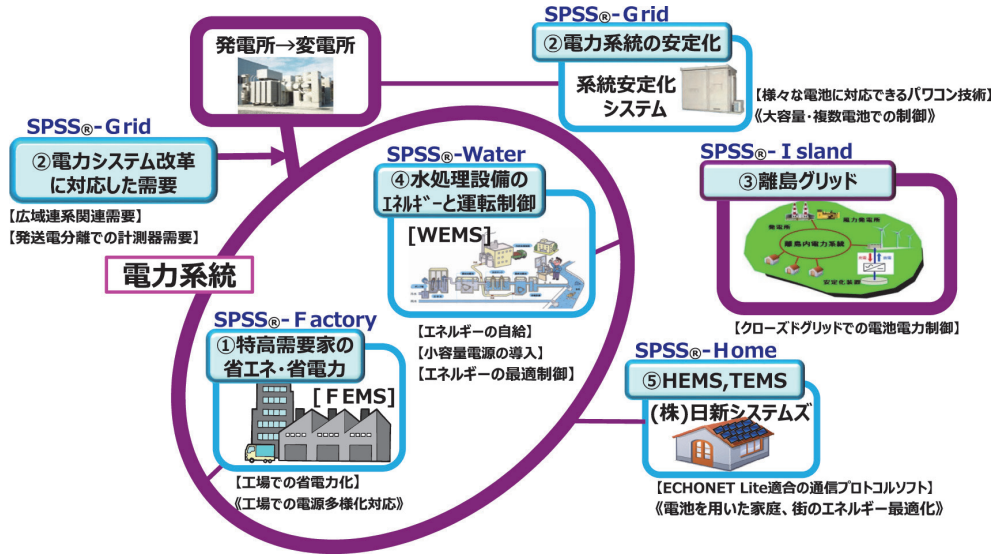


図 4.2.8 SPSSの5つの出口

(1) SPSS-Fソリューション

主に工場・オフィスビル向けに提案するアプリケーションで、受変電システムに対して、エネルギーコスト低減、CO₂排出量削減に主眼を置いている。この対応として、分散形電源から照明・空調等の負荷削減まで広範囲のトータルソリューション展開を提案している。

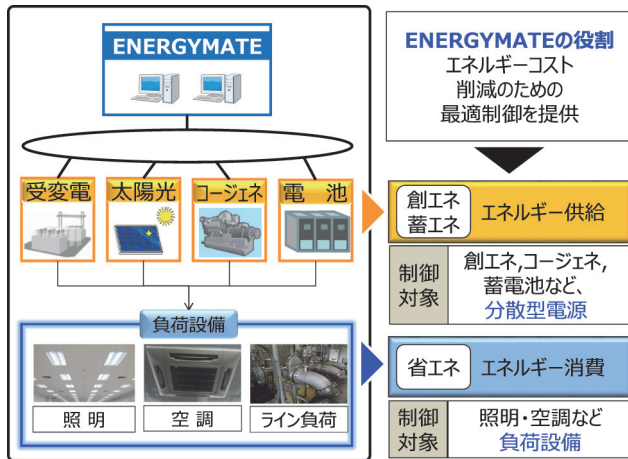


図 4.2.9 SPSS-Fでのソリューション提案

(2) SPSS-Gソリューション

発電所・変電所向けに提案を考えるアプリケーションで、新電力の会社等が発電所・変電所を系統に接続したいというニーズにこたえている。独自の技術で系統連系に対応し、電力・系統安定化等のソリューション提案を行っている。

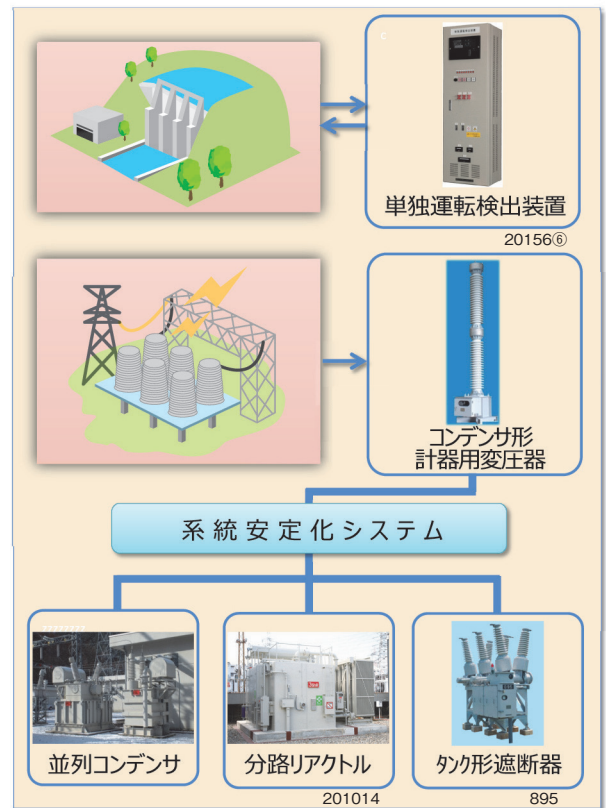


図 4.2.10 SPSS-Gでのソリューション提案

(3) SPSS-Iソリューション

このアプリケーションは特に離島向けをターゲットとしたものである。

資源を持たない日本において、再生可能エネルギーを最大限活用することがエネルギーセキュリティ面や環境面から重要である。特に離島においては、燃料の運搬費用などから発電単価が高いという問題があり、先行して再生可能エネルギーの導入が進んでいる。一方、太陽光発電や風力発電といった変動を伴う再生可能エネルギーの比率が増加すると、電圧や周波数などの電力品質に悪影響を与えることが懸念される。

当社では、系統技術・パワエレ技術をベースに、再生可能エネルギー比率の向上と電力の安定供給を両立するシステムの実現を提案している。

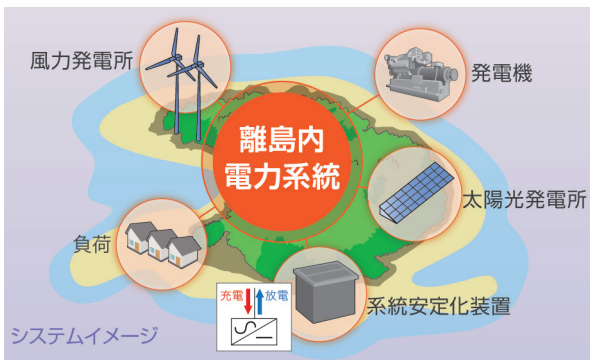


図 4.2.11 SPSS-Iで実現する再生可能エネルギー社会の構想図



図 4.2.12 太陽光発電と蓄電池のハイブリッド電力供給システム例

(4) SPSS-Wソリューション

このアプリケーションは特に上下水道施設向けをターゲットとしたものである。

水処理施設は循環形社会の実現にむけて、従来の水環境維持を目的とした水処理システムから、資源・エネルギーの供給拠点としての役割を含む循環型システムへと転換しつつある。当社では、水処理資源の利活用（消化ガス発電や小水力発電等）によるエネルギーの創出と、新たな水処理制御技術による消費エネルギーの削減を最適にコントロールすることで、上下水道施設のエネルギー効率化を提案している。

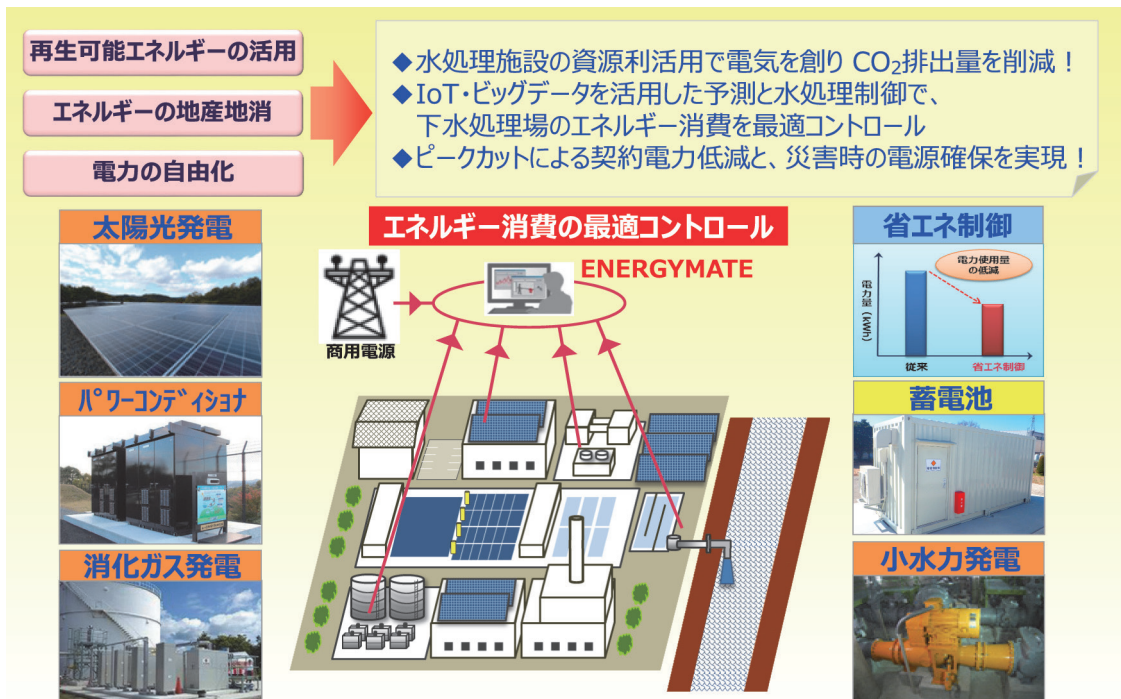


図 4.2.13 SPSS-Wでのソリューション提案

(5) SPSS-Hソリューション

主に家庭内アプリケーションの提案で、細やかな電力の監視や制御、省エネに向けた家電機器のコントロール等、人・環境にもやさしいシステムを提供する。この実現のためHEMSと家電（IoT：Internet of Things）、スマートメータとの間をECHONET Liteを使い情報通信や制御を行う提案を進めている。

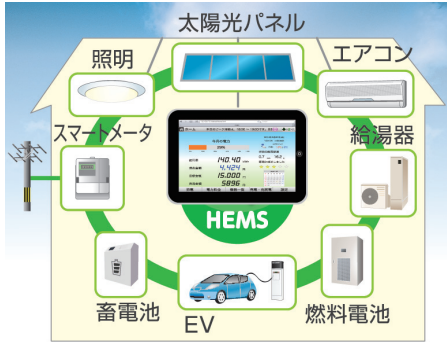


図 4.2.14 SPSS-Hでのソリューション提案

4. 3 今後の方向性について

当社はこれまでSPSSとして、省エネ・省コスト・電力安定化・BCP・CO₂等に対応すべく、種々の製品やシステムを提案してきた。今後市場はインターネットを使った様々なサービスに繋がる技術とともに、地産地消（エネルギーの自給自足に近い形）の発展形といえるスマートシティ・スマートコミュニティも増えていくと考えられる。これらのニーズにこたえるため、現在の技術と次なる技術を繋ぎ、より高度なシステム運用への展開を図りたいと考えている。

(1) IoTとクラウド、AI

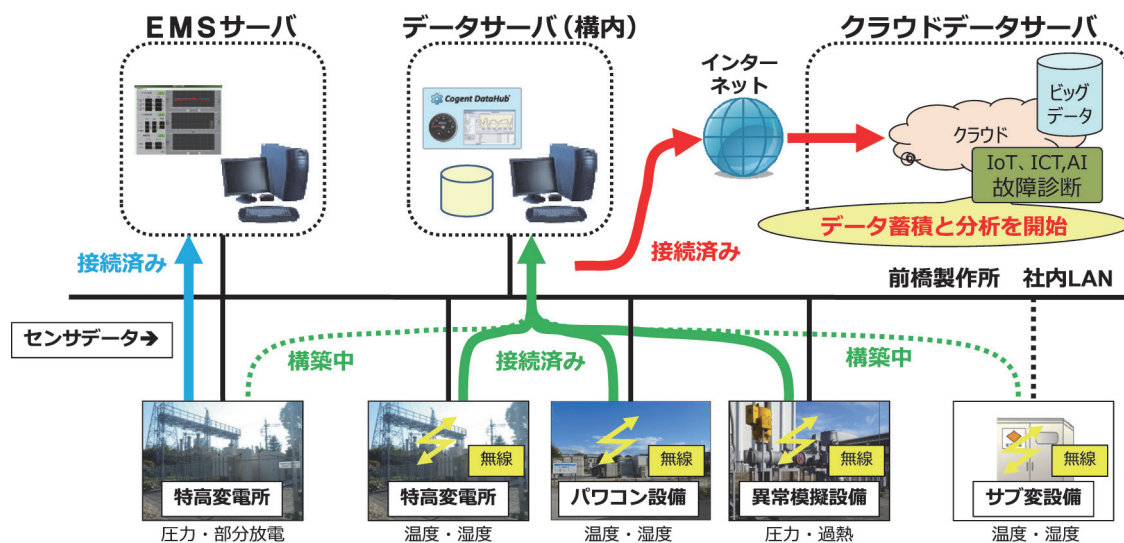
IoTという言葉は、あらゆる機器に通信機能を持たせて、インターネットに接続できるようにすることで、自動制御や遠隔計測などを行うことであり、2016年から一般的に使われ始めた。

SPSSでは、今後電力機器に通信機能を持たせ、診断情報をクラウドサーバに送るシステムを構築し、受変電機器の日々のメンテナンスや診断機能の高度化を図るビジネス展開を検討している。

図 4.3.1 に示すようにこの種のクラウドに集まってくる大量のデータは、ビッグデータとして処理を行うことで、従来隠れていた情報が明らかにされ、更にAIなどを活用すれば、新たな技術革新に繋がる可能性がある。

(2) スマートシティ・スマートコミュニティ

スマートシティ・スマートコミュニティは、「環境配慮形都市」とも呼ばれ、街全体の電力の有効利用や再生可能エネルギーの効率的な活用などを行うことが提案されている。具体的には、太陽光発電等再生可能エネルギーを導入する際に、電力系統との連系や需要の制御により、エネルギーを効果的に利用するスマートグリッド、蓄電池や省エネ家電、スマートメータなどを組み込んだスマートハウス等、様々な技術やノウハウが必要とされる。



IoT:Internet of Things ICT:Information and Communication Technology AI:Artificial Intelligence

図 4.3.1 IoTとクラウドとの一例

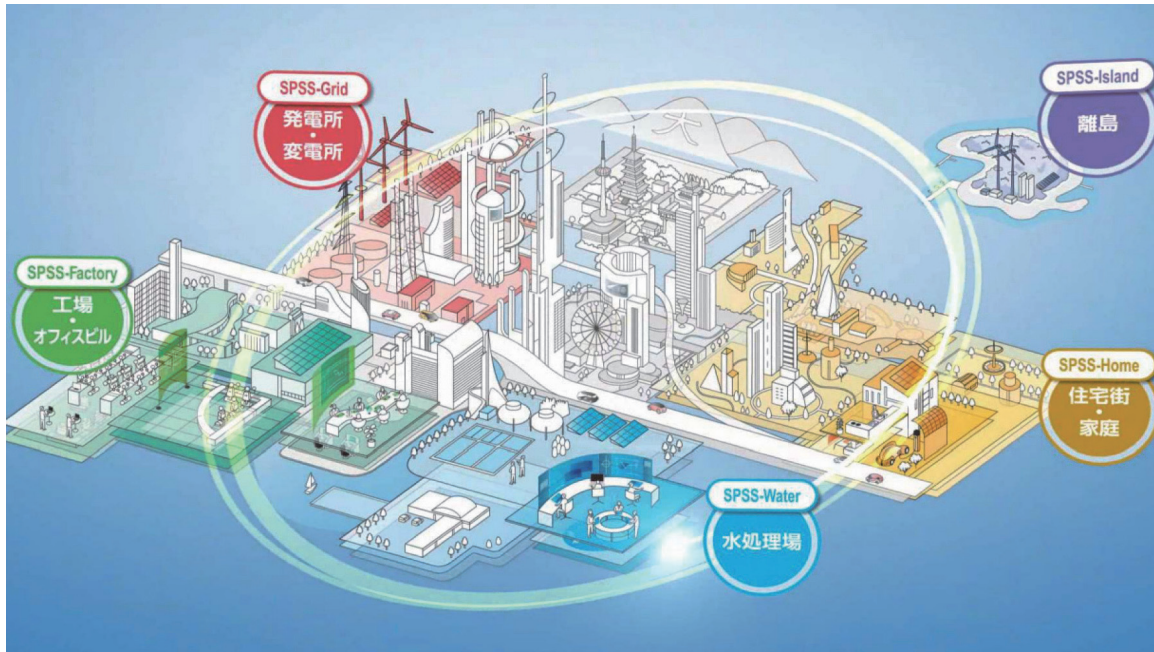


図 4.3.2 スマートシティ・スマートコミュニティのイメージ

日新電機では、工場等でのエネルギーマネジメントの実績（SPSS-F）があり、系統連系（SPSS-G）、電力安定化（SPSS-I）、水供給（SPSS-W）、家庭の省エネ（SPSS-H）等、5つのSPSSをとりまとめエネルギーの地産地消と高度なエネルギー社会に貢献していきたいと考えている。

今まさに、時代は電力エネルギーをめぐる大きな変革のうねりの中に在る。当社はこれまで培った技術を核に、従来の機器主体のビジネスモデルから新たなエネルギーソリューションモデルを核としたビジネスモデルへの転換を図っていきたい。

5. むすび

歴史を振り返ると、当社のこの受変電システム技術の変遷には、自社の開発力のみならず外部からの技術導入が大いに貢献した感が強い。具体的には1945年に行われた住友気電工業からのOF式コンデンサの移管であり、1960年代に始まった仏のMG社からのABB、GISなどの技術提携が、現在の受配電システム事業の礎を築いてきたと言っても過言ではない。そして、自社の技術開発力と融合し、新しい発想で高性能な製品を次々と開発してきた。

国内での工場新設の設備投資は少なくなっているが、安定成長期に設置した受変電設備は、すでに40年を経過し、受変電設備の更新需要は今後ますます増えてくる。

これまで培ってきた「コンパクト化」技術の蓄積をバネにして次世代の革新技術を目指し、たゆまぬ製品開発を行っていくことが重要である。そして省エネ・創エネ・蓄エネと言ったエネルギーマネジメントシステムを含めた新設・更新設備のソリューション提案を行う新たなビジネスモデルを指向する企業を目指していきたいと考えている。

以上、当社の100年以上にわたる受変電システムの事業の変遷と今後の展開について記述させていただいた。

本論文の作成にあたっては、関連技術が当社内においても多部門にまたがっているため、全体の編集方針を含めワーキンググループを構成し進めてきた。

過去の技報、社史、等々を検索しながら技術の歴史を再構築させていただいたことになる。

この資料が当社の受変電システム技術の歴史としてお客様をはじめとした皆様に知っていただけるとともに、現在および将来の社員に対する技術継承の一助となれば本望と思う次第である。

最後に、本稿の作成にご協力いただいた社内外の関係者の皆様に感謝させていただきたい。

執筆者紹介



植村 浩之 Hiroyuki Uemura
電力システム事業本部
システムエンジニアリング部
主幹



小林 卓士 Takushi Kobayashi
電力システム事業本部
システムエンジニアリング部
主幹



竹内 雅靖 Masayasu Takeuchi
技師長