

# 特 集 論 文

## 環境指向の電力供給システム

### Power Supply System for Environmental Consideration

田 中 康 博\* 南 谷 淳 一\*\*  
Y. Tanaka J. Minamitani

#### 概要

本稿では、環境指向の電力供給システムについて解説する。

地球環境負荷の低減に対する当社の基本的な考え方を説明すると共に、66/77kV特別高圧変電所において現行のXAE変電所（超縮小形ガス絶縁開閉装置を使用した民需向け変電所）をさらに進化させたA（Advanced）-XAE変電所システムについて解説する。

#### Synopsis

In this paper, we describe power supply system for environmental consideration.

We will explain our fundamental thinking about reduction of global environmental burden and explain A (Advanced) -XAE substation system which further advanced current XAE substation at 66/77 kV extra high-voltage substation.

## 1. 地球環境負荷の低減に対する基本方針

### 1. 1 環境に優しい受変電システム

当社では、受変電システムに対するお客様の様々なお困り事を解決するためには、地球環境に優しいシステムをご提供することが最大のソリューションであるという考えのもとに、環境負荷低減に貢献する機器の開発に注力し、それらの機器を組み合わせた次世代変電所システムを市場に提供している。

変電所を構成する各機器には次に述べる5つのポイントの特長を持たせている。

(1) コンパクト：最大の特長は軽量コンパクトな機器であること。コンパクトであれば、製造のための材料も削減でき、軽量で輸送時や変電所現地組み立て時のエネルギー削減も実現可能で、さらに変電所のレイアウトの自由度も向上し、敷地面積も小さくできる。

機器を撤去廃却する際にも、産業廃棄物の量を大幅に削減できるなど環境に対しては非常に優しいコ

ンセプトである。

(2) 省電力、省エネ：機器の損失を低減することにより運転時のランニングコストを抑え、電気料金の低減を図ると共に、発熱量の削減による電気室空調負荷の低減にも貢献できる。

(3) 現地工事期間を短縮：据付・組立作業のための人件費の抑制はもちろん、工期の短縮による現場運営経費の削減や、管理監督者の手間も削減可能。

(4) エコ材料の使用：変圧器やコンデンサの絶縁油も、従来の鉱油に加えて、生分解性絶縁油もラインアップし、万が一の漏油発生時の土壤汚染の防止など環境負荷の低減を図っている。

(5) スマートで安全・安心：最新鋭の機器を適用することにより、機能・信頼性・安全性を大幅にアップ。

商用電源と各種の分散電源を加え、さらに気象予測や燃料の使用量などの情報を組み合わせ、最適な（エネルギーコストミニマムの）運転計画を組み込んだスマートな運用システムも構築している。

また、各種のセンサ技術とデータ処理により機器

\* 電力・環境システム事業本部  
\*\* お客様サービス事業本部

の状態を常時監視し、異常の発生を未然に予知し、安全・安心を提供してゆく。

## 2. A-XAE受変電システム

### 2. 1 開発の背景

当社は、超縮小形ガス絶縁開閉装置「XAE7」を中心とした民需向け66/77kV変電所（XAE変電所）を2003年に市場投入し、これまでに国内各所へ550セットを超える納入実績を積み重ねてきた（図1）。

受変電設備に対するニーズは、更なるコンパクト化、エネルギーコストミニマム、高機能化、インテリジェント化とともに、電気工事労働人口の減少に伴う現地工事の簡素化、安全・安心の提供など地球環境にやさしいシステムのニーズが高まりつつある。

当社では、時代のニーズにあわせ、XAEをさらに進化させた、次世代変電所システムを開発中である。

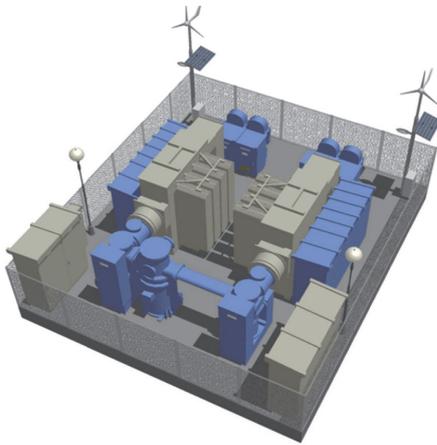


図1 XAE変電所

次世代変電所システムは、現行のXAE変電所システムの最大の特長である「コンパクト」に、当社新製品開発の共通コンセプトである「F」「A」「C」「E」「S」（フェイスイズ）ではじまる5つの特長をもたせ、開発を進めている（図2）。

また、製品名もXAEをさらに進化させるという意味を含め、Advanced-XAE（A-XAE）受変電システムと名付けた。



図2 Compact + FACES

## 2. 2 A-XAE受変電システムの特長

### 2. 2. 1 変電所の縮小化

まずは、そのコンパクト化から紹介する。66kV受変電設備のモデルケースの例では、現行のXAE変電所と比較して、設置面積で25%の削減が可能となった。

変電所の面積比は、系統構成や設置環境などで異なるが、特にケーブル系統では縮小化率が大きい（図3）。



図3 変電所面積の比較

### 2. 2. 2 環境負荷低減への貢献

A-XAE受変電システムは、製造～輸送～据付～運転～廃却までトータルで環境負荷（CO<sub>2</sub>の排出）の低減を実現している（表1）。

表1 環境負荷低減の項目

項目	項目	効果（概算） 現行XAE比
機器製造時	コンパクト化による材料削減	材料、工数 25%削減
機器輸送時	軽量化による輸送エネルギー削減	輸送コスト 25%削減
現地据付組立時	現地作業日数削減 作業員数削減	延べ作業日数 50%削減
通常運転時	高効率TRの採用 ヒータ自動運転等	高効率TR 20%削減
点検時	点検周期延長 センサ自動監視	点検3→6年 巡視員1名減
機器廃却時	コンパクト化によるSF <sub>6</sub> 排出抑制	容積比 25%削減

### 2. 2. 3 各機器への適用技術

各構成機器への適用技術は以下のとおりとなっている（表2）。

表2 各構成機器への適用技術

構成機器	適用技術
ガス絶縁開閉装置 (GIS)	構成機器見直し、PVT (Power Voltage Transformer) 新接続材
変圧器 (TR)	高効率、片ラジエータ 新接続材、生分解性絶縁油
スイッチギヤ類 (SWG)	縮小形SWG、環境センサ、タッチパネル
コンデンサ (SC)	マルチ型 (3回路) 損失低減
GIS-TR 新接続方式	現地ガス処理レス 耐圧機能、緊急バイパス

各機器の改良、開発の詳細については、次節以降に詳しく解説する。

### 2. 2. 4 FACES

FACESに関して以下に詳細に解説する。

#### (1) 「F」Flexible (多様なニーズ対応)

それぞれの構成機器は、変電所敷地の形状にあわせて自由な配置が可能。高圧スイッチギヤは2段積と3段積の組み合わせも可能。コンデンサはマルチタイプの採用で設置面積を大幅削減可能（図4）。

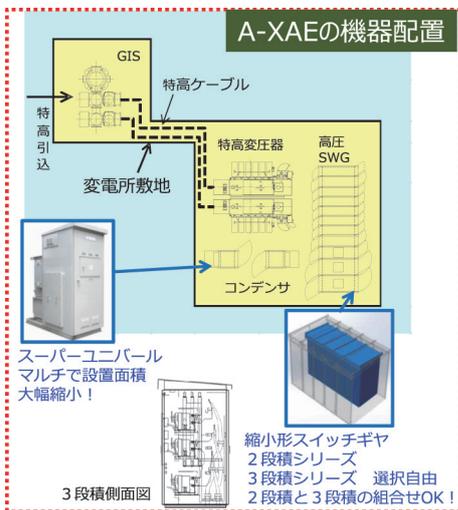


図4 A-XAEの機器配置例

#### (2) 「A」Adjustable (メンテナンスしやすい)

SWGには内部の温度、湿度、塵埃を常時監視できる「複合環境センサ」を標準装備し、日常の巡視点検の省力化を実現。

内部の部分放電を監視する装置もオプションで取り付け可能で、状態の変化を検出し信号を出力。さらには収集したデータを解析して余寿命予測を行うことも研究中となっている。

万が一の事故発生時もガス処理なしで緊急バイパスが可能で、早期復旧が可能となる。

#### (3) 「C」Compact (よりコンパクトに)

コンパクトな機器の組み合わせにより変電所面積の大幅な縮小化を図るとともに、現地での設置工事の期間も短縮が可能のように、各構成機器や現地の施工方法に様々な改良を加えて、現地の工事期間の短縮を図っている。

その一例を下記に示す。

- ・埋込ベース（事前工事要）→敷ベースへ変更
- ・GISとTR間の接続方式を従来の管路直結構造から新接続材（住友電気工業株式会社との共同開発品）方式へ変更し、現地でのガス処理をなくす。
- ・現地耐圧試験作業の効率化（新接続材使用）
- ・機器間ケーブルにコネクタ接続方式を採用

等々の改良により、モデルケースで従来は延べ30日を要していた現地工事期間を、半分の延べ15日とすることが可能となり、現地工事期間1/2を実現している。

#### (4) 「E」Environment (エコで地球環境にやさしく)

省エネ機器や環境対応材料の採用で、環境負荷の低減を図っている。変圧器やコンデンサは、高効率・低損失形を標準とし、生分解性絶縁油を使用した製品もラインアップしている。

SWGには複合環境センサを標準装備し、ヒータの自動運転制御を行うなど、変電所の保守保全の面でも環境負荷の低減を実現している。

また、メガソーラーや大規模風力発電設備の連系設備にも、A-XAEを適用した連系変電所、開閉所設備で自然エネルギーの普及にも貢献している。

開閉所設備等では、機器の制御電源を取り出すため従来は特別高圧から低圧に電圧を変換する変圧器が必要であったが、計器用変圧器の技術を応用したPVT (Power Voltage Transformer) を適用する事により所内変圧器が省略でき、設置面積の縮小と損失の低減を実現している（図5）。

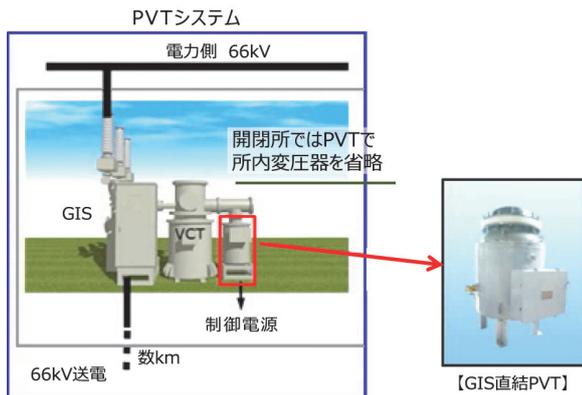


図5 PVTシステム

(5) 「S」 Smart (最適運用を実現)

特高監視盤はタッチパネルを採用して、機能も見た目もスマートな設備を構成している。

また、IoTを使い、各種センサの測定データから異常を判別してアラームを発信する「電気設備ドクター」、蓄積したデータをビックデータ処理した余寿命予測 (開発中) にも注力中である (図6)。

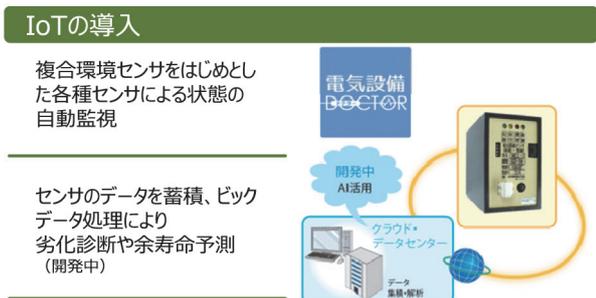


図6 IoTの導入

そして、各種の分散型電源を最適制御する「エネルギーメイト」により、エネルギーを無駄なく賢く使う運用が可能となる (図7)。

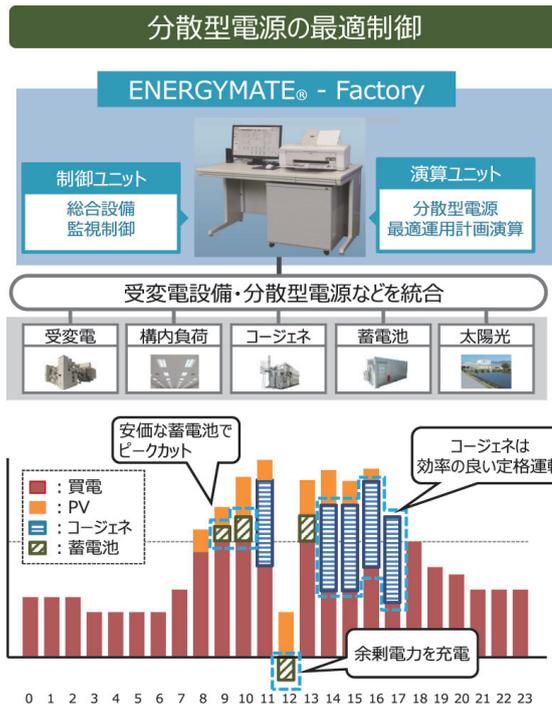


図7 分散型電源の最適制御

2. 3 GIS-TR新接続材 (Advanced Flexible Connector) の開発

A-XAEの最大の特長は、GISとTRの接続に、新接続材Advanced Flexible Connectorを適用することによって、現地工事期間を大幅に短縮できた事である。

2. 3. 1 従来の施工方法

現行のXAEでは、GISを先に正規位置に設置した後に重いほうのTRをスライドさせ、母線を接続したのちにガス処理 (真空引き後ガス充填) を行っており、母線接続からガス処理までに数日を要していた (図8)。



図8 現行XAEの現地作業

また、GISとTRの設置レベルを合わせるための埋込みベースの設置 (事前出向必要)、現地耐圧のためのプッシング取付け (ガス処理必要) なども、工期のかかる要因となっていた。

### 2. 3. 2 住友電気工業との共同開発

前述の問題を解決するため、GISとTRをガス処理レスで接続できる材料を国内外で調査したが、要求仕様を満足する既存の製品は見当たらなかった。

そこで、特別高圧ケーブルや端末の専門技術を有する住友電気工業と協議の結果、GIS-TRの接続材を住友電気工業のケーブルや絶縁ゴムの技術を使って新規に開発を行うことで合意に至り、2015年5月より共同開発を開始した。

毎月の定例会議で協議を重ね、本年度末2019年3月には全ての開発試験を終えて、市場に投入する予定である。

### 2. 3. 3 要求仕様

開発にあたっては、以下の要求仕様を基本とした（表3）。

表3 新接続材への要求仕様

項目	現行XAE	A-XAE開発品
定格	72/84kV 800A 31.5kA	同左
TR振動	伸縮継手で吸収	母線本体で吸収
高さ精度	±3mm	±6mm
現地耐圧試験	試験用BUSH (ガス処理要)	接続材から印加 (ガス処理不要)
緊急時 事故復旧時	ガス処理要	ガス処理不要
GIS構成への 対応	GIS管路で高さ合わせ	同じ接続材で 共用可能

当社製GIS（XAE7）には、TR1次がDSの構造と、TR1次がGCB構造の2種類の構成が存在するが、新接続材はどちらにも適用できるようにした（図9）。

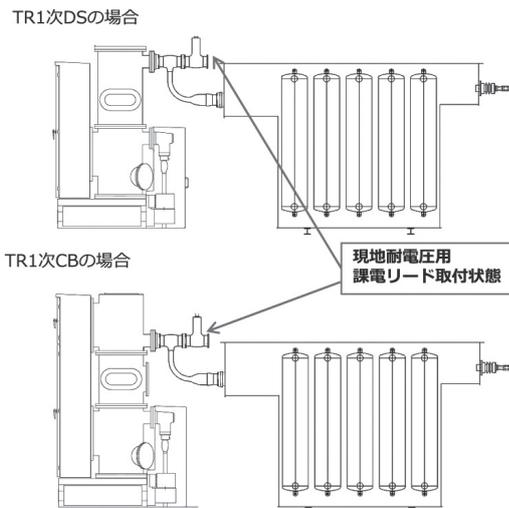


図9 新接続母線 共用説明図

さらに、GIS側のT形コネクタ部には、現地耐電圧試験用のリード線が取り付けられる構造を追加し、機器の現地耐電圧試験もガス処理を行うことなく実施できるようにした。

### 2. 3. 4 現地施工性の検証

2018年2月に、新接続材の現地施工性の検証を住友電気工業の工場で行った（図10）。

当社製作のGIS模擬とTR模擬を使って施工性の確認を実施したが、新接続材には非常に可撓性があり、GISとTRを正規位置に据え付けた後からでも接続が可能な事が確認でき、従来は2日以上かかっていた作業時間も半日以下に短縮できることが確認できた。



図10 施工性確認試験

### 2. 3. 5 名称と特許

新接続材の名称については、その優れた可撓性で、よりコンパクトにA-XAE変電所を短期間で構築できることより、Advanced Flexible Connectorと命名した。

なお、本製品にあたっては、住友電気工業との連名で特許「固体絶縁母線の防水構造、及び固体絶縁母線の接続構造」を出願中である。

## 3. A-XAEを構成する各コンポーネントの開発

### 3. 1 66/77kV超縮小形ガス絶縁開閉装置（XAE7）

GISは、現行の世界最小クラスのXAE7形GISに、表4に示す改良を加え、コンパクト化をさらに進めると共に、施工性の向上を図っている（表4）。

表4 XAE7形GISの改良項目

No.	項目	改良による効果
1	VCT 中央→端部配置（図11）	GIS下ケーブル室 面積縮小
2	埋設ベースをなくし 露出ベース採用	埋設ベース不要 （事前出向不要）
3	ユニット間 コネクタ取り合い	現地工事期間短縮
4	新接続材AFC 採用	現地工事期間短縮 ガス処理不要

VCT（取引用変成器）を従来の中央配置から、端部配置へ変更した場合のレイアウト比較を図11に示す。

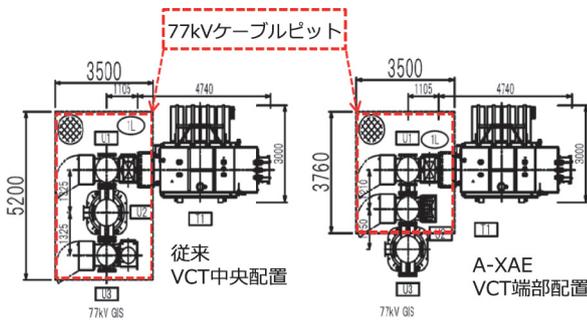


図11 VCT配置比較

### 3. 2 66/77kV特別高圧変圧器

#### 3. 2. 1 機器のコンパクト化

JEC規格改定（1995年版⇒2014年版）により、耐熱電線を使用する事で油及び巻線の温度上昇限度が緩和された。

（油：55K→60K 巻線：55K→65K）。

温度上昇限度緩和により、放熱器数量を減らす事は可能になるが、耐熱電線を使用する事で電線価格が上昇するので、鉄心と巻線の諸元組み合わせを見直し、発生損失を減らす事で更に放熱器数量を減らし、油量も減らす事で電線価格の上昇分を補う事とした。

加えて、巻線の油導配置の見直し、放熱器取り付け位置の見直しにより、更に冷却効率をアップさせる事で放熱器数量の更なる削減をした。

また、タンク上部の窒素容積についても、絶縁油への溶解込み量やタンク内圧への影響について見直しを行い、窒素容積を減らし、タンク上部寸法を削減した。

#### 3. 2. 2 変圧器2台を背中合わせ配置

片側放熱器配置の左右対称変圧器2台は、2台の中央部にメンテナンススペースを確保した配置を標準としているが、よりコンパクトな配置のご要求に対応するため、2台の変圧器を背中合わせとし、メンテナンススペースを省略した配置も可能とした。

この場合、中央部に面したタンクの溶接部からの漏油の修理が困難になる事が予想されたので、タンクの板取りを工夫する事で中央部に油密溶接が面さない構造を適用している（図12）。

（TR間にメンテナンススペースを設けた場合）

（TRを背中合わせとした場合）

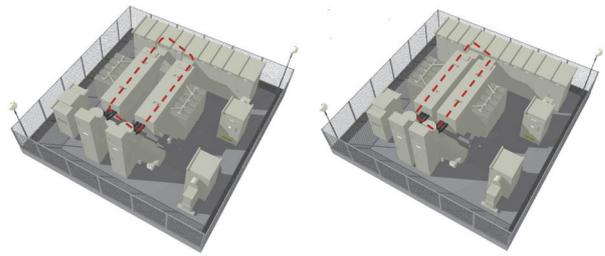


図12 変圧器配置の例図

特高側GISの列盤間隔と高圧SWGの列盤間隔を一定にする為に、変圧器側引出ブッシングのセンター位置をタンクセンターではなく、偏心する事で対応している。

#### 3. 2. 3 低損失化への取組み

低損失化に向けた取組みは変圧器の鉄心や電線の使用量の増大に直結するため、変圧器の中身部分（巻線および鉄心）が大型化することとなるので、設計の最適化により両者のバランスを保つ対策を行っている。具体的な対策は以下の通りである。

##### (1) 低損失磁性体材料の選定

変圧器の鉄心に使用される電磁鋼板（珪素鋼板）は、結晶方位性を高めた高配向性電磁鋼板や表面溝加工より磁区を細分化された、鉄損が少ない材料を選定している。

##### (2) 鉄心接合部の改善

変圧器の無負荷損（鉄損）を減少させるため、鉄心接合部にステップラップ接合等を採用することで磁束を流れ易くし、損失を低減している。

##### (3) 磁束密度の低減

##### (3-1) 無負荷損（鉄損）の低減

磁束密度を減らすことは、無負荷損の低減に有効である。電磁鋼板の使用量を増加させることで磁束密度を低減することができるが、反面に鉄心の重量が増えるため変圧器が大型化し、さらに変圧器の巻線も増大するため、変圧器全体の最適化設計を行った。

##### (3-2) 負荷損（銅損）の低減

##### A. 抵抗損の低減

抵抗損を低減させるため、巻線導体の断面積を大きくし電流密度を下げることで抵抗損を小さくする。但し巻線の重量が増えるため変圧器が大型化することから、変圧器全体の最適化設計を行った。

B. 渦電流損の低減

巻線内の渦電流損を低減させるため導体を細分化するとともに、大電流変圧器では転位電線を採用することで渦電流損を低減している。

(4) 損失の比較

変圧器の損失の比較を図13に示す。30年前の変圧器に比べて、現行の変圧器は標準効率形でも15%以上、高効率形なら30%以上、さらに超高効率形なら50%以上の損失低減が図られている。

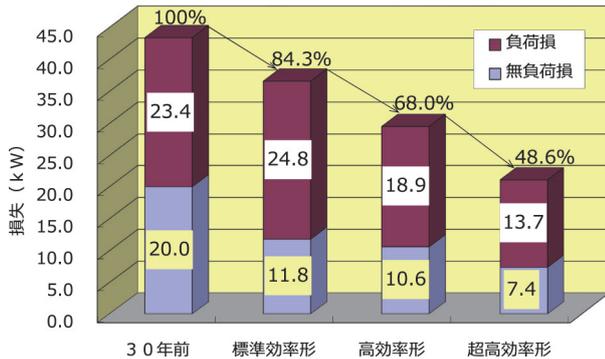


図13 変圧器の損失比較 (77/6.6kV 10MVAの例)

3. 2. 4 生分解性絶縁油の適用

変圧器に使用する絶縁油は、鉱油を標準としているが、特に環境負荷の低減を重視するお客様へは、生分解性絶縁油もラインアップしている。鉱油との比較は以下のとおりである (表5)。

表5 絶縁油の性能比較

項目	鉱油	生分解性絶縁油(*)
冷却性能	優れる	優れる (低粘度)
環境調和性	油流出による環境負荷がある	環境負荷が低い (生分解性が高い)
燃焼性	可燃性	可燃性
引火点	158℃	176℃
密度(15℃)	0.88g/cm <sup>3</sup>	0.86g/cm <sup>3</sup>
比誘電率	2.2	2.95
絶縁破壊電圧	70~75 (kV)	81 (kV)
機器形状	—	鉱油と同じ

\* パームヤシ脂肪酸エステル (PFAE)

3. 3 7.2kV縮小形スイッチギヤ

3. 3. 1 製品の特長

7.2kV縮小形スイッチギヤの特長は以下のとおりである。

(1) TR直結構造

TR~TR2次盤間を母線で直結する事により、設積面積縮小、工期短縮を図った。

(2) CB3段積み構造 (配電線盤)

- ・2段積と3段積の組合せも可能なフレキシブルな構造である。
- ・ケーブル施工作業性に配慮した構造である。
- ・3フィーダの合計通電電流は1200Aまで対応可能である。

(3) 環境センサを標準装備

(4) コンパクト化

従来の2段積から3段積の改良に加えて、機器、母線の最適な配置設計によりスイッチギヤのコンパクト化と設置面積縮小化を図った (図14)。

モデルケースにおける当社従来品のとの外形寸法の比較を表6に示す。

表6 モデルケースによる外形寸法の比較

変圧器2バンク、フィーダ6回路×2、母連、所内TR	従来形 SWG	縮小形 SWG
幅	7.8m	7.0m
奥行	2.4m	1.6m
高さ	2.5m	2.5m
面積 (削減率)	18.7m <sup>2</sup>	11.2m <sup>2</sup> (40%削減)



(配電線盤3段積)

図14 縮小形スイッチギヤ外観

### 3. 3. 2 製品定格

7.2kV縮小形スイッチギヤの定格・仕様を表7に示す。

表7 スイッチギヤの定格・仕様

項目		仕様
定格電圧		7.2kV
定格周波数		50/60Hz
定格電流		600/1200A
定格短時間耐電流		12.5kA
定格耐電圧		AC 22kV
		Imp 60kV
保護等級		IP23W/IP25W
スイッチギヤの形		CW
準拠規格		JEM1425
設置場所		屋外
ケーブル方向		下
ケーブルサイズ (配電線盤)	2段積	CVT325mm <sup>2</sup>
	3段積	CVT250mm <sup>2</sup>

### 3. 3. 3 ケーブル施工例

スイッチギヤ（配電線盤）3段積構造は、母線接続・ブラケット位置、ケーブルの曲げR、絶縁距離等を考慮し、ケーブル施工性の良い構造とした。実際にケーブル施工を行い、作業性を確認した（図15）



(配電線盤3段積)

図15 縮小形スイッチギヤ ケーブル施工例

### 3. 4 次世代特高監視盤

次世代特高監視盤のシステムイメージを図16に、外観を図17に、タッチパネルの画面例を図18、19に示す。

#### 3. 4. 1 製品の特長

##### (1) タッチパネル化

操作部はタッチパネル化し、タッチパネルには状態監視、機器操作、故障表示、自動制御（受電切換・SC制御・TRタップ制御）等の機能を集約し、操作性とシンプル性を考慮した。

##### (2) CPUの集約

中央監視側のリモート部CPUと特高監視盤側のローカル部CPUの機器を集約して、機能の集約化を図った。

##### (3) コンパクト化

タッチパネル化により盤幅の縮小化を図った。

##### (4) 配線省力化

特高監視盤～高圧スイッチギヤ間の制御配線は、CC-Link（Ethernet<sup>(注)</sup>技術をベースとした高速、大容量のネットワーク）により省力化を図った。

##### (5) 現地据付作業省力化

GIS/高圧SC盤-特高監視盤間はコネクタケーブル化により現地ケーブル接続作業の省力化を図った。

##### (6) 信頼性維持

機器制御出力は、機器選択+制御出力（マスタ出力）に加えて多重選択防止回路（ハード）により信頼性維持を図った。

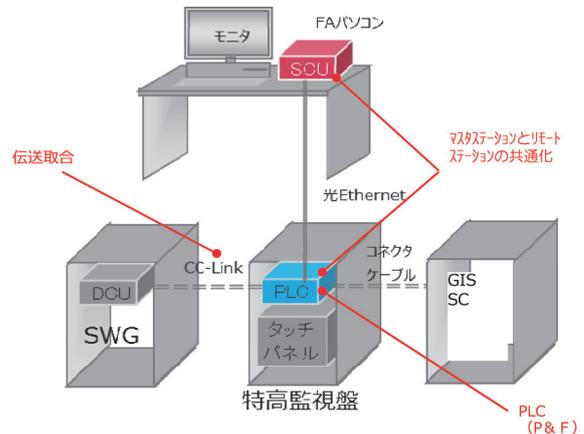


図16 次世代特高監視盤のシステムイメージ



図17 次世代特高監視盤外観

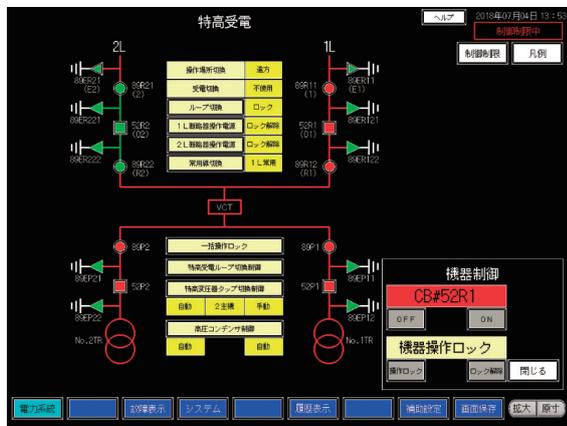


図18 次世代特高監視盤画面例（電力系統図）



図19 次世代特高監視盤画面例（故障表示）

### 3. 5 ユニット形コンデンサ

#### 3. 5. 1 スーパーユニバーサルマルチの開発

ユニット形コンデンサ装置「スーパーユニバーサル」のさらなるコンパクト化を実現した製品「スーパーユニバーサルマルチ」を開発した。

電気料金の低減などを目的として導入されるコンデンサ設備について、1台の中に容量の異なる3回路を取納することにより、最適容量での運用を可能とただけでなく、従来品（3台必要）より設置面積のコンパクト化を実現している（図20）。



図20 スーパーユニバーサルマルチ外観

#### 3. 5. 2 製品の特長

##### (1) きめ細かい制御が可能

3種類の容量のコンデンサの組み合わせで7通りの容量が設定でき、負荷設備の力率の変化に合わせた最適な制御が可能（図21）。

##### (2) コンパクトでエコ

設置面積を従来のスーパーユニバーサルの50%に削減、製造時のCO<sub>2</sub>の排出量も削減。

また、生分解性絶縁油の適用も可能で環境にも優しい。

##### (3) 省エネ

力率改善による電気料金の削減と共に、コンデンサ本体の損失も低減。

異容量制御			
100kvar	200kvar	400kvar	TOTAL
○			100kvar
	○		200kvar
○	○		300kvar
		○	400kvar
○		○	500kvar
	○	○	600kvar
○	○	○	700kvar

- 異容量の制御 (100kvar : 最小容量単位)
- トータル進相要領で選定 → 機器の定格選定

図21 容量設定組み合わせ

### 3. 6 中央監視制御装置

#### 3. 6. 1 中央監視制御装置の開発

従来の中央監視制御装置は、設備との信号取合いをケーブル敷設により実施していた。コンパクト化を行う為、受変電システムのPLCベースに中央監視制御装置用のユニットを実装することにより、設備情報の受け渡しを行い、特高監視盤のPLC化と合わせコンパクト化、ケーブル配線省略による施工簡略化を実現した(図22)。

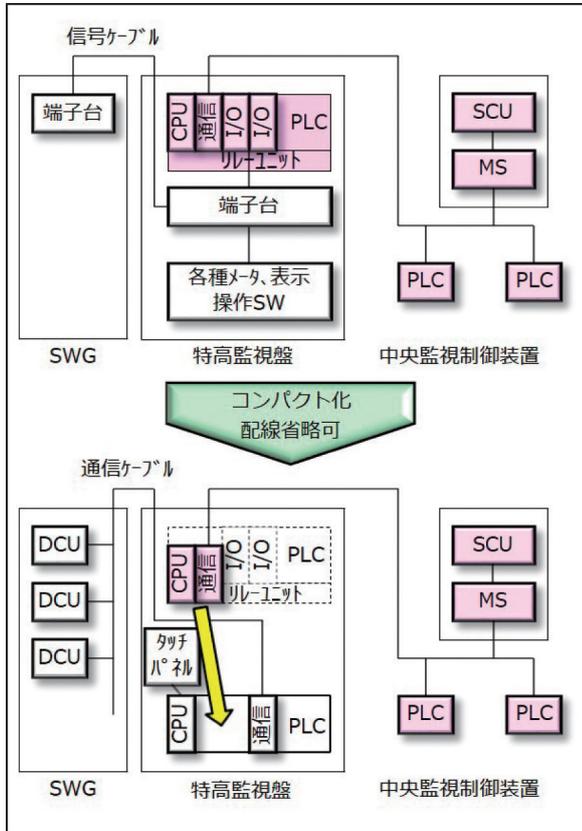


図22 受配電システムと中央監視制御装置

#### (1) 特高監視盤でのCPU間取合い

中央監視制御装置は、コンポーネントの1つとしてA-XAEに追加実装できるように、特高監視盤内のPLCに特高監視用のCPUとは別に、中央監視制御装置用のCPU、通信ユニットを追加実装し、必要な情報の受け渡しをメモリ間で行う。これにより、受配電システムのソフト処理と中央監視装置のソフト処理を分離し、双方での影響を考慮せずに機能拡張が実施できる。中央監視制御装置のCPUでは、監視運用に必要なデマンド演算等のデータ処理やMS、他PLC間の通信処理を担う(図23)。

#### (2) 中央監視制御装置(SCU)機能

SCUは、各端末PLCの情報を収集し、監視員に監視情報の提供や、デマンド、帳票等のデータ表示を行う。

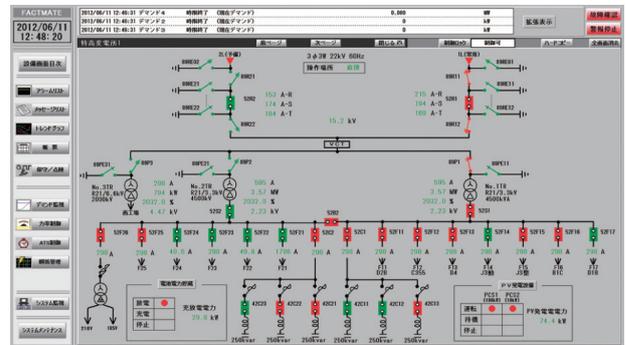


図23 中央監視装置監視装置の監視画面

中央監視制御装置にも各種オプション機能を揃え、ユーザーのニーズに応じたシステムの構築が可能となっている。

### 4. 施工簡略化

近年各業界において労働者不足は深刻な問題となっており、特に建設業においては2000年あたりを境に従事者数は減少の一途を辿っている。又、建設業は若年層在職者の減少、55歳以上の年配者割合が全産業の平均と比べて高い。この現象は今後大きく改善されることは非常に難しいのではと予想されている。

当社製品に携わる電気工事労働人口も年々減少傾向にあり、それに伴い現地工事簡素化のニーズがより求められるのではと考えられる。

現地作業簡素化、すなわち現地工期短縮に向けて下記の3作業について製品部門と工事部門との協業にて取り組みを開始した。

- 1) 製品組み立て
- 2) 機器間配線
- 3) GIS～TR接続

#### 4. 1 製品組み立て作業

現地での製品組み立て作業簡素化する手段としては、出来る限り工場から組み立てた状態にて出荷する必要がある。特にガス絶縁開閉装置（GIS）と高圧閉鎖配電盤は超縮小形ガス絶縁開閉装置「XAE7」を使用した民需向け66/77kV変電所（XAE変電所）で構成されている機器の中で現地組み立て作業量が多いので、その2製品についての取り組みを紹介する。

ガス絶縁開閉装置（GIS）はその製品の特性上、仮置き、ガス母線接続部の清掃・接続、接続部の真空引き・SF<sub>6</sub>ガス充填及び補充、外装品取り付けと現地での作業量が比較的多く手間が掛かる。又、屋外での作業の場合、天候に左右もされる（図24）。



図24 現地でのガス母線接続作業

架空引込方式（架線で引き込む受電方式）は構造上、受電ブッシンを取り外しての輸送となるが、特高ケーブルにて受電するケーブル引込方式においては、全て組み立てた形での全一括輸送が可能である。従来においても一括輸送は行ってきたが、変電所をコンパクトに配置することによりその適用率が高まると期待できる。

又、変電所設置にあたり、同時に取引用変成器（VCT）をご注文頂いた場合などは、その顧客（電力会社など）のご了解を頂ければ工場にて全てを組み立てた状態にて出荷が可能である（図25）。

それにより現地では本体据付、SF<sub>6</sub>ガス補充、外装品取り付けのみとなり、GIS組立てに関する作業が大幅に簡素化されている。



図25 VCTを接続したGIS搬入状況

当社の場合、従来の高圧スイッチギヤは1面毎の製品輸送を行っていたが、製品の構造体（筐体：きょうたい）見直しに合わせ1面当たりの吊荷重を3,000kgまで耐える構造変更され、それに伴い500kVA位の変圧器などは盤内に実装したままで、盤幅700mm位の配電線盤等は2面一括での輸送が可能となった。それにより現地組立作業が簡素化されている（図26）。



図26 高圧スイッチギヤ2面一括吊上げ状況

#### 4. 2 機器間配線作業

製品組み立て作業の次に変電所を構成する機器間配線作業に多くの時間を費やしている。計測信号などの伝送はCC-Linkなどの採用にて配線作業が大幅に削減できるが、それ以外の配線（DCシーケンス、変成器2次、電源）は従来のメタル配線に代わるものは無い。

そのメタル配線に関する作業を簡素化すべく、高圧ケーブルを除く機器間接続ケーブルを工場にて製作（ハーネス化）し、現地では端末処理（外層剥がし、マークバンド取り付け、圧着端子取り付け）作業そのものを不要とした取り組みを開始した。

現地での機器配線作業は主に特高監視操作盤から各機器（GIS、TR、高圧閉鎖配電盤、電力コンデンサ等）への低圧ケーブル布設・接続作業であり、特にGISへのDCシーケンス配線は全体の半数以上を占める。

数多い芯数が必要とされるGISと特高監視操作盤とのDCシーケンス配線に着目し、現地での配線作業を簡素化すべく、ケーブル末端のコネクタ化を実施した。また、GISの次にDCシーケンス配線が多い電力コンデンサ設備に対してもコネクタ化を行った（図27、28）。

但し、変成器2次回路及び電源ケーブルについては常時電流が流れている事によりコネクタでのリスクを考慮、端末処理を施した低圧ケーブルを採用した。



図27 コネクタケーブル適用の例 GIS側



図28 コネクタケーブル適用の例 特高監視盤側

現地で必要とされる機器間接続ケーブルを工場にて準備することにより現地では布設・接続作業のみとなり配線に関する作業が大幅に簡素化されている。

また、多芯ケーブルが必要とされるDCシーケンス配線をコネクタ化することにより、現地での配線接続ミスが無くなり、現地での調整試験がスムーズに行えるというメリットも同時に得る事が出来た。

なお、高圧ケーブル配線についてはTRと高圧盤とを直接接続できる構造にて変圧器2次側高圧ケーブル作業そのものを無くす事にて作業簡素化を計画している。

#### 4. 3 GIS～TR接続作業

この作業は先でも述べた通り大掛かりであり、人も時間も多く必要とさせる。住友電気工業と共同開発中の新接続材はまさに本作業の救世主として、工事部門では大いに期待している。

先の3項目とは別に、各製品部門と現地作業内容の棚卸しを実施して作業方法の見直し、作業が簡素化された工事材料の新規採用等で、現地工期ののべ日数の1/2化（当社標準作業工程比）を実現している。

### 5. まとめ

A-XAE変電所は、現行のXAE変電所をさらに進化させた次世代変電所として、お客様にも施工業者にも電気主任技術者や保守メンテの方にも、地球環境にもやさしい変電所として、電力の安定供給に貢献してゆく。

また、A-XAE変電所は、これが完成形ではなく、常に時代のニーズの変化を見据えて、改良、開発の手を止めることなく、よりよい製品として常に変化してゆきたい。

（注）Ethernet は富士ゼロックス株式会社の登録商標です。

執筆紹介

---



田中 康博 Yasuhiro Tanaka  
電力・環境システム事業本部  
システムエンジニアリング部  
中部産業技術部長



南谷 淳一 Jyn-ichi Minamitani  
お客様サービス事業本部  
工事事業部 技術部長