

## 受変電システムのコンパクト化 - システムの変革に向けての取り組み -

To Realize Compact Substation System

荒川 修 三\*

S. Arakawa

植村 浩之\*

H. Uemura

田中 康博\*

Y. Tanaka

小林 卓士\*

T. Kobayashi

松川 直弘\*

N. Matsukawa

### 概 要

大口電力使用ユーザのインフラ設備として確立した感のある受変電システムであるが、ユーザからは依然として多様な要求があるのが現実である。日新電機はその解が「コンパクト化」にあると考え、受変電システムを変革し新しい形を実現する活動を開始した。

### Synopsis

A substation system has been established as the infrastructure equipment of a large quantity electric power users. Still, there are various kinds of demands from the users. As we have thought that the solution is in "compact", we started the activity to reform substation system and realize a new style.

### 1. まえがき

受変電システムは大口電力使用ユーザが電力会社から電気エネルギーの供給を受けるために不可欠なものである。従って受変電システムに対しては第一に信頼性が求められるが、その他にも安全性・防災性・縮小性・経済性・環境調和性など多様なニーズがあり、高度成長期から現在に至る間にその形態は大きく変貌してきた。特別高圧の受変電システムにおいては、これらのニーズを実現するのにガス絶縁開閉装置の実用化によるところが大きく、各社同様な仕様・寸法の標準形が出来上がり、ほぼ確立された感がある。

電気はエネルギー源として最重要視されているものの、受変電システムに対して目を向けられることは極めて少ない。その理由は、受変電システム自体が生産性のあるものではなく、その存在に価値を求められるもので

はないためである。最近ではこのような設備に対して、より経済的に、より小さく、さらに地球環境にもやさしいということが求められ、それを解決するためのキーワードは「コンパクト化」であるとの結論に達した。当社ではSF<sub>6</sub>ガス絶縁技術の最大限の活用を基本指向としており、世界最小のGISをはじめとし、特高変圧器や変圧器2次設備においても従来の常識を打ち破った製品をシリーズ化し、「XAEシリーズ」と名づけて受変電システムの新しい標準形を求めて変革する試みを開始した。以下にXAEシリーズのコンセプトと受変電システム変革の取り組みについて紹介する。

### 2. 受変電システムの変遷

受変電システムは社会的環境・構造の変化に対応して進歩発展を続け、設備の形態は一変した。

\* 産業・電力システム事業本部



図1 屋外開放形変電所

### (1) 屋外開放形設備

昭和30年代後半までの受電設備は、変電所用地に屋外碍子機器を配置し、適当な鉄構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。この種の設備は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。

### (2) 全天候形キュービクル

高度成長期の昭和40年代には臨海工業地域での受配電設備として耐塩・耐煙塵害対策や、飛来物による事故防止などを目的に、碍子機器を鋼板製あるいは、結露防止・断熱性・遮音性などの特性に優れた軽量発泡コンクリート(ALC)内に収納する全天候キュービクルが開発され広く普及した。



図2 ALCキュービクル式変電所

### (3) ガス絶縁開閉装置の誕生

昭和50年前後のオイルショックを期に用地の取得難、地価・建設費の高騰といった問題が顕在化し、変電所には「縮小化」「工期の短縮」が求められた。その後の高度情報化期には「高信頼度化」「環境調和」「安全性の向上」「保守性の向上」といった質的な面での要請が高まった。当社では、1972年に77kV級ガス絶縁開閉装置(Gas Insulated Switchgear : GIS)を電力会社に納入、1976年には自家用受変電設備一号品が札幌で運転を開始した。

GISは充電部分を母線・機器を含めてすべて金属容器内に収納し、容器内をSF<sub>6</sub>ガスで充填し完全密封した構造で、縮小化・耐汚損性・高信頼性・保守性・安全性等において画期的な受電設備となり、その後66/77kV級を中心に急速に発展を遂げた。



図3 相分離形GIS変電所

#### (4) ガス絶縁開閉装置の変遷

近年においては、変電所の進歩はGISの縮小化と言っても過言ではない。GISの基本形態は、相分離形全三相一括形 オールイン形(A-GIS) 縮小形(PF7) 超縮小形(XAE7)と進化した。

- ・相分離形：各相分離 CB・DS等の素子毎分離
- ・全三相一括形：三相一括 CB・DS等の素子毎分離
- ・オールイン形：構成機器全てを角型容器に一括収納
- ・縮小形(PF7)：三相一括 CB・DS等素子の複合化

GISの発展と共に変電所は、コンパクト化のみならず信頼性・保守性も格段に向上し、設置スペースは当時の66/77kV級屋外開放形設備に比較して約1/10以下に縮小された。



図4 縮小形GIS変電所

### 3. 昨今の課題

GISを適用した特高変電所の受注件数は1990年代前半のピークを境に減少傾向の一途を辿っているが、最近では事故予防の機運の高まりとともにビルや工場の更新を中心とした需要回復が期待されており、市場ニーズの把握は非常に重要な事項である。

受変電システムに対しては、電力エネルギーの安定供給を確保するため高信頼性・安全性・保守性などが求められてきた。そのためには大規模で複雑な設備構成や、大きな設置面積が必要である事もやむをえないという考え方もあった。しかしながら、お客様が要求するのはあくまでエネルギー源としての電力であり、大きくて立派な変電所ではない。つまり変電所の大きさに価値は見出されないのである。

最近では各企業とも人員削減等の再構築を進めており、受変電システムの保守要員も減少している。また設備の老朽化による事故が発生し甚大な被害を及ぼしたという例もあり、省メンテナンス機器への更新の要求も強い。

このような背景のもとで受変電システムに対する考え方は、電力を安定供給するために高い信頼性を有する事はもちろんであるが、極力手ががかからず場所を取らない機器を、極力コストをかけないで建設・運用できるものを採用したいという方向に動いている。

これに加えて昨今では環境負荷低減のため、ロス削減やエコマテリアルの採用、製造エネルギーの削減などが受変電設備への課題として取り上げられており、受変電設備開発の大きなキーワードとなっている。

当社では受変電システムをコンパクト化することがこうしたニーズに対する最良の解決策と考え、XAEシリーズの開発に着手した。

### 4. XAEシリーズのコンセプト

XAEシリーズは受変電システムのコンパクト化により、お客様の事業拡大とコスト削減に役立つことをコンセプトにしている。

2003年には世界最小の「72/84kV超縮小形ガス絶縁開閉装置(XAE7)」、2004年には高圧ドライエアを適用した「24kV縮小形ガス絶縁開閉装置(XAE2V)」、蒸発冷却形変圧器(LVACS)、7.2kV縮小形スイッチギヤ(チビQ®)など、コンパクト化を図った機器を開発し市場に投入してきた。これらは重電専門メーカーとして長年培った独自の技術を駆使したもので、その主要なものの概要を紹介する。

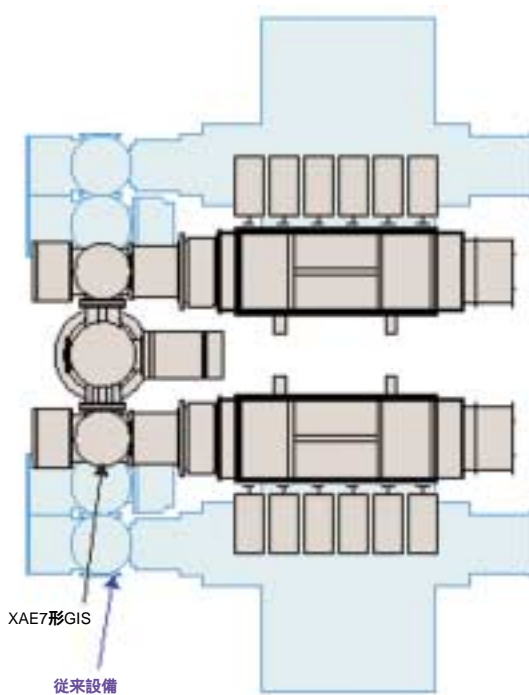


図5 66/77kV特高機器設置面積比較(当社比)

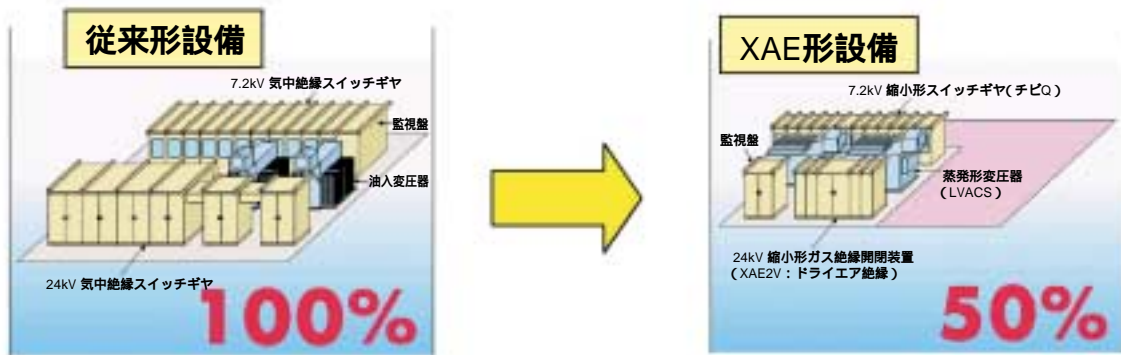


図6 22kV受変電設備設置面積比較

### (1) 高圧ガス絶縁技術

SF<sub>6</sub>ガスやドライエアは圧力を上げるとともに絶縁性能が向上する。当社では円筒容器に高圧ガスを封入したGISを早くから製品化し、その優れた信頼性は多くのお客様にご満足頂いている。XAE型GISは高圧ガス絶縁技術と新規に開発された断路器等主要な機器を最適配置することにより大幅なサイズダウンを実現した。

### (2) AE (Auto-Expansion) 技術

AE技術とはガス遮断器の新しい消弧方式の事で、内蔵したコイルでアークを引伸ばすと共にアーク熱によるガスの熱膨張 (Auto-Expansion) を利用しアークにSF<sub>6</sub>ガスを吹き付け消弧するものである。AE形ガス遮断器は従来のパツファ形ガス遮断器の約1/5の大きさであり、GISの縮小化に大きく貢献している。

### (3) 蒸発冷却技術

気化熱を利用した冷却技術 (ヒートパイプ) を変圧器の放熱に応用したもので、冷却効率が従来方式に比べ高いため放熱器を極小化でき、変圧器自体の設置面積を15~45%削減できる。本方式を採用した変圧器はLVACS (ルボックス) という愛称で製品化した。

これらの機器にて受変電システムを構成すると、66/77kV変電所では特高機器設置面積を40%削減 (図5) でき、22/33kV変電所では従来機器の1/2のスペースで設置が可能になった (図6)。

## 5. コンパクト化によるソリューション

受変電機器がコンパクト化されたことにより、以下の6項目の観点から、工場・施設の事業拡大とコスト削減に貢献できる。

### (1) 限られたスペースでの設置が可能

工場建屋の周囲にスペースがある場合、立体駐車場の車路の下にスペースがある場合、電気室の天井までのスペースが使える場合などに有効である。特に工場の場合、現状での架空送電線の引込鉄構の下部がデッ

ドスペースとなっている場合が多く、このスペースを有効活用できる場合には、コンパクト化のメリットを最大限に発揮できる。

### (2) 更新が容易

既存の空きスペースを利用した更新計画の可能性が広がり、同一スペースの場合では規模とグレードとのアップが可能になる。また、2階建て構造など電気室の空間を有効利用することもできる。さらに、既設設備の撤去工事よりも先に、空きスペースで機器設置工事を実施することにより、所要停電時間を大幅に短縮できる。

### (3) 新たなスペースが創出可能

ビルのレンタルスペース、倉庫、駐車場、資材置き場、将来のリニューアルスペースなどに利用できる。

### (4) 工事が簡単

搬入車両数が削減され、荷下し時間も短縮できる。工事の安全性向上にも寄与する。

### (5) トータルコストダウンが可能

建設費 (イニシャルコスト) が低く抑えられる。また機器寿命が長く、ライフサイクルコストが低く抑えられ、さらに省メンテナンス機器のため、保守費 (ランニングコスト) も低く抑えられる。

### (6) 環境負荷も低減

取扱いが容易で、製造から廃却までのライフサイクルで評価した場合、生産・輸送・廃却時の炭酸ガス排出量が削減される。

既存の遊休スペースを有効活用してオープン機器をGISへ更新した事例として、エーザイ (株) 殿川島工場のレイアウトを図7に、納入写真を図8に示す。変電所に隣接する細長い空地に84kV GIS (2回線引込4CB、VCTバイパス方式) と主変圧器2台を設置し、既設の屋外開放形設備を撤去したことにより、約500m<sup>2</sup>を他の用途に使用できた。

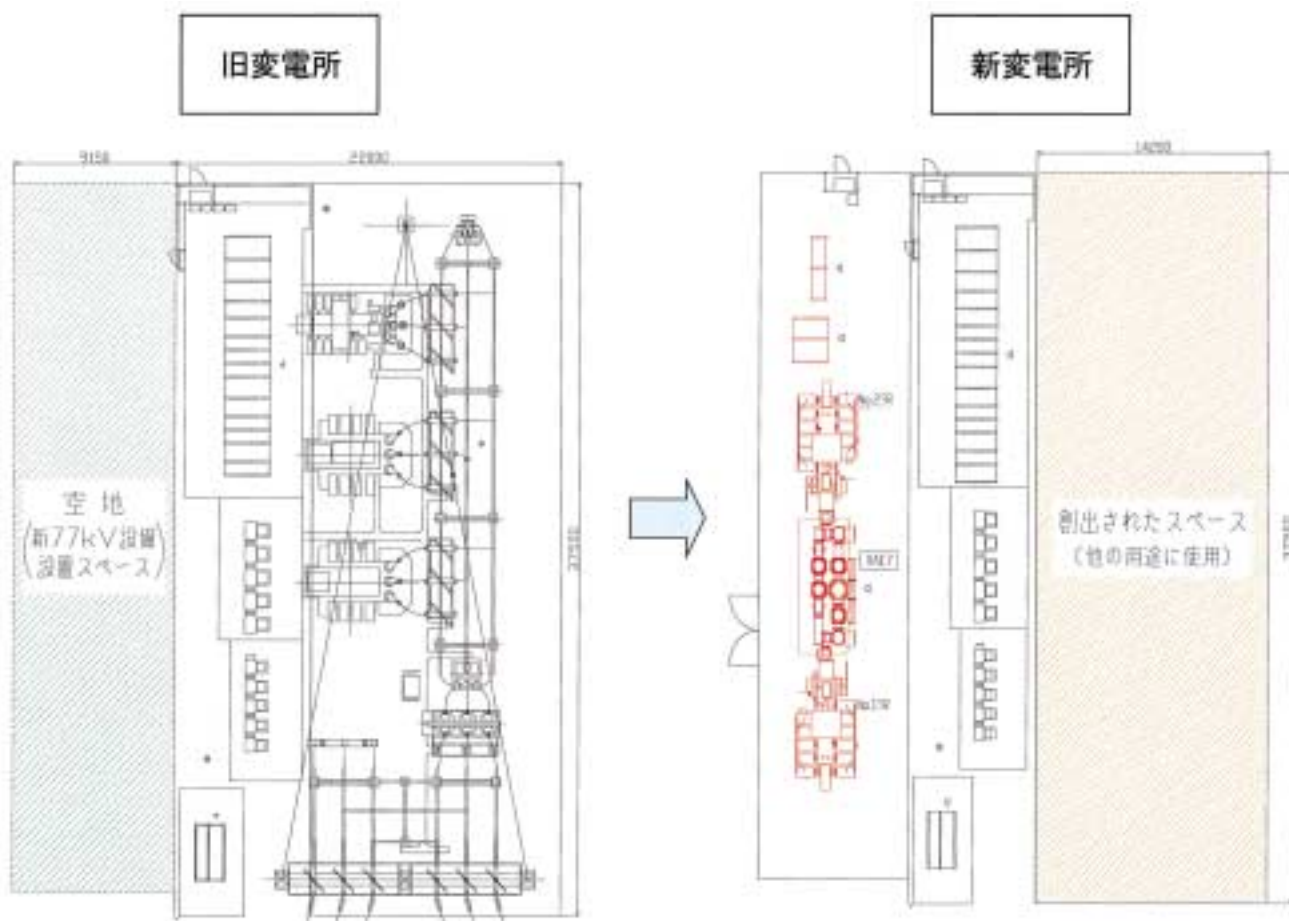


図7 XAE7適用のレイアウト例



図8 XAE7納入例

## 6. SF<sub>6</sub>ガスについて

特高受変電システムにおけるSF<sub>6</sub>ガス絶縁機器の使用は変電所面積の大幅な縮小化を実現し、充電部を密閉することによる安全性・信頼性の向上に大きく貢献しているものの、地球温暖化係数がCO<sub>2</sub>ガスの23,900倍ときわめて

高いため、一部ではその使用を制限する動きがある。ところがライフサイクルアセスメント（LCA）の考え方を適用し実負荷評価を行うと、適切な管理下でSF<sub>6</sub>ガスを使用したコンパクトな機器を使うほうがCO<sub>2</sub>の総排出量を少なくでき、環境にやさしいとの結論を得た。（図9）

**SF<sub>6</sub>ガスとは**  
SF<sub>6</sub>ガスは人工的に合成されたガスで、人体に対して無毒・不燃性・電気的絶縁性が優れているという特長をもつ。  
電力用設備、半導体製造、医療、二重ガラスの断熱などに利用。

**SF<sub>6</sub>ガスは何が問題なのか**  
SF<sub>6</sub>は地球温暖化係数（GWP）が高く、1997年の地球温暖化防止京都会議（COP3）で温室効果ガスに指定。  
問題なのは大気中にSF<sub>6</sub>ガスを排出すること。使用を禁止されているのではない。

**総量規制と排出量規制**  
回収できない用途では使用量を削減。（総量規制）  
電力用設備は堅牢なタンク内（GIS、TR）での使用であり、機器の小型化・シール技術の改善・ガスの回収&リサイクルにより排出量規制を実施。

**電力用設備におけるSF<sub>6</sub>ガスの効果**

機器の密閉化	⇒	変電所縮小、コストダウン、安全性向上、事故率低下...
機器の縮小化		効果は非常に大きい

現在では代替ガスもなく、排出量規制を徹底している。

**ライフサイクルアセスメント（LCA）の考え方**

< 国際大電力システム会議での検討結果 >

現実的な電力供給システムをモデルにSF<sub>6</sub>ガス機器（GIS）を使った場合と使わない場合で、一次材料消費エネルギー、所要面積、温暖化の度合い、酸性雨化の度合い、富栄養化の度合いを解析するもの。

一次材料消費エネルギー	約27%低減
所要面積	約86%低減
温暖化・酸性雨化・富栄養化	20～30%の低減

< 弊社の検討結果 >

22kV用GIS（SF<sub>6</sub>ガス使用）とSF<sub>6</sub>ガスを使わない気中SWGの製造から廃棄までのCO<sub>2</sub>排出量を比較。

GIS ; 1480kg < 気中SWG ; 2400kg

SF<sub>6</sub>ガスを使用しないことが「環境保護」ではなく、適切な管理下でSF<sub>6</sub>を使用したほうが環境にはやさしい。温暖化係数の大きさに着目するのではなく実負荷評価（真の意味での環境評価）にて地球環境保護を考える必要がある。



図9 SF<sub>6</sub>ガス使用についての評価

## 7. あとがき

XAEシリーズは2003年春に72/84kV級GISを発表以来、順調に御引合いを頂き、納入させて頂いている。今後も受変電システムの新しい標準形を求めてシリーズの充実を図り、お客様のご期待にそえるような提案を行っていく所存である。

執筆者紹介



荒川修三 Shuzo Arakawa  
産業・電力システム事業本部  
産業システム事業部  
システム技術部 部長



小林卓士 Takushi Kobayashi  
産業・電力システム事業本部  
産業システム事業部  
システム技術部 グループ長



植村浩之 Hiroyuki Uemura  
産業・電力システム事業本部  
産業システム事業部  
システム技術部 グループ長



松川直弘 Naohiro Matsukawa  
産業・電力システム事業本部  
産業システム事業部  
システム技術部 グループ長



田中康博 Yasuhiro Tanaka  
産業・電力システム事業本部  
産業システム事業部  
システム技術部 グループ長