

## 当社におけるガス絶縁開閉装置の 進歩と将来

Progress and future of Nissin's gas insulated switchgear

金 万 直 弘\*

N. Konma

### 概 要

国内の遮断器の進歩の概略と当社の開閉装置の進歩を紹介し、その進歩の過程を通して現在の、更にこれからの開発の狙いを解説する。

### Synopsis

This paper describes the history of high-voltage circuit-breaker in Japan and the progress of our high-voltage switchgear. It is possible to meet the needs in many fields by size reduction of switchgear. Size reduction is the key factor of progress and the point of aim of future switchgear development.

## 1. まえがき

空気の約3倍の絶縁性能を持つSF<sub>6</sub>ガスの優れた特長を活かした、SF<sub>6</sub>ガス絶縁開閉装置（以下GIS）が実用化されたのは1960年代中頃であるが、このGISによって変電所の縮小化、安全性、信頼性などの向上が顕著に達成できたことから適用が急速に進み、目覚ましい進展を遂げてきた。

当社では1960年代後半には既に技術開発に着手し、1972年に相分離形の72/84kV GISを納入した。以来、全三相一括形GISを1976年に、更に1982年には遮断器、断路器などの構成機器を、角形容器に一括収納した現在のキューピクル形GIS（C-GIS）の原形となるGISを開発し、納入した。現在では遮断器を中心とする構成機器の小形化に成功し、当社でXAEシリーズと銘打った超小形のGISの製品化に至った。

本稿では、100年以上に亘る国内の遮断器の進歩の概略も併せ示し、これらの進歩の過程を通して、現在の、更にこれからの開発の狙いを解説する。

## 2. 開閉装置の進歩および進歩の要素

### 2・1 開閉装置の進歩

開閉装置の中心機器である遮断器について、日本の電気事業の誕生から現在までを概略振り返ってみると、図1のようになる。

明治16年に電気事業が誕生したとき、遮断器は絶縁油の中で電気を遮断する油遮断器（OCB）であった。電気の使用量が次第に増加するとともに、OCBの性能も必要に応じて進歩し、明治・大正・昭和にかけてOCB全盛の時代となった。昭和30年頃になると、一般家庭ではほとんど電灯負荷であった電気需要が急速な家庭電化によって増大し、電力系統の容量が大きくなって、遮断器もそれにつれて高性能化が要求されるようになってきた。この環境の変化に対して、OCBでは性能的に対応が困難であり、空気遮断器（ABB）が出現することになる。このABBは、遮断部に充填された15気圧程度の圧縮空気を、瞬時に大気中に放出することによって生じる高速気流を利用して電流を遮断するもので、OCBに比べて高価ではあるが、その高性能ゆえに重要変電所を中心に広く使用された。また

\* 産業・電力システム事業本部

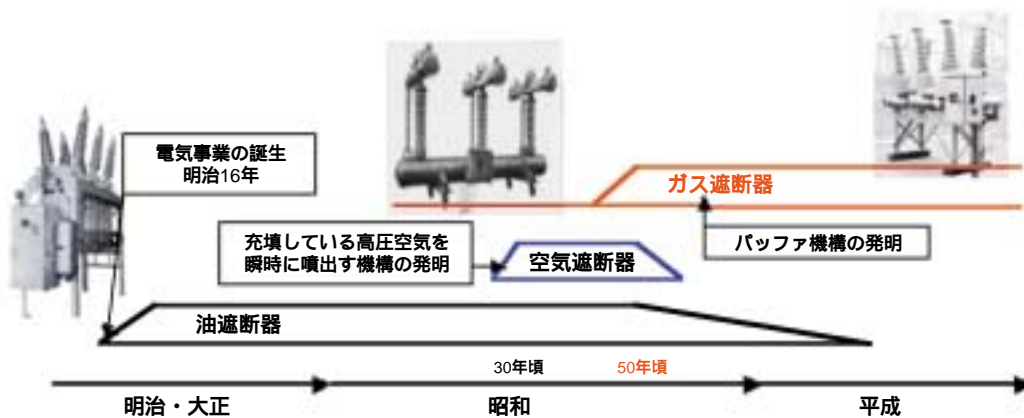


図1 遮断器の変遷の概略

OCBは、ABBが出現しても、そのコストパフォーマンスの高さから性能の見合う範囲で、減少傾向ではあるが継続して使用された。

一方、SF<sub>6</sub>ガスは、昭和15年頃には優れた性能を持つ消弧媒体であることが認知されたが実用化は遅れ、まず二重圧方式のガス遮断器（GCB）が出現した。ただし、この方式はSF<sub>6</sub>ガスを高压に圧縮して使用するため、SF<sub>6</sub>ガスの液化という問題や機構が複雑で大形化することなどがあり、その適用は一部に限定されていた。やがて単一パuffa方式というシンプルな構造が発明され、ABBに比べて小形で高性能、かつ価格面でもABBと遜色のないレベルであったため、ABBに取って代わって一気に普及することになった。OCBについては、更に減少するものの、その構造のシンプルさから平成に入ってもなおローカル的に使用され続けたが、既に各メーカーとも生産を中止しているため、やがて消え去る運命にある。

当社はOCBからABB、更にGCBへと遮断器の進歩とともに歩んできている。ここで、この進歩の流れを見てみると、技術革新によって遮断方式が大きく変わるとともに、遮断器の性能も格段に向上してきている。遮断性能を表す指標として、「遮断容量 / 遮断部サイズ」を考えた場合、初期のOCBに比べて格段に小形化（コンパクト化）してきている。この「コンパクト化」という進歩の流れの中では、OCBのように多少のコストメリットがあっても、進歩が限界に達し、止まってしまったものは世の中から消滅することになる。またABBのように騒音やサイズでGCBに劣るものも衰退する運命にある。

これを企業活動の視点からみると、たとえ優れた利点を持つものであっても、進歩の止まったものに固執しては発展は望めず、常に進歩あるものを開発、追及していく必要性を示唆している。

次にGISの進歩を当社の72/84kVクラスで見えてみる

と、当初は遮断器等の変電所構成機器を各相毎に数気圧のSF<sub>6</sub>ガスを充填した接地金属容器内に収納した、いわゆる相分離形であった。これは気中変電所に比べて高価ではあるが、信頼性、安全性は高く、また変電所敷地面積の縮小化が可能であることから都心部の重要変電所に適用され始め、当社では1972年に1号器を納入した。更に1976年に三相を1つの容器に収納した全三相一括形GISを開発、納入を開始した（図2）。この全三相一括形GISは相分離形GISの約50%の容積であり、更に大幅に変電所の縮小化に寄与することとなった。

また、1984年にはGISの高信頼性の運転実績を基に、GISを構成する複数の要素を1つの容器に収納する複合形GISを発表、これによりGISの容積は更に半減し、変電所のGIS化が一層加速された。

更に1996年にはGISの心臓部である遮断器を図3に示すようにコンパクト化、高性能化することにより、GIS全体を更にコンパクト化し、三相一括形GISの22%、当初の相分離形GISに対しては実に約10%にまで縮小化したGISを実用化するに至った。

次に民間向けの72/84kV GISの進歩を見ると、当初は電力向けのGISを一部アレンジして適用していたが、1981年には電力会社の配電用変電所用GISとして開発した、全ての機器を1つの角形容器に収納したオールインワン形GIS（図4）を民間向けにアレンジし、発売を開始した。これは現在のキュービクル形GIS（C-GIS）のさきがけとなる製品であった。納入品の構造を図5に示す。

複合化技術は民間向けGISにおいて、より一層その効果を発揮し一気にコンパクト化が進んだ。1998年にはGCBの小形化によりユニークなGIS構成が可能となり、初期の相分離形GISの10%以下にまでコンパクト化されている（図6参照）。

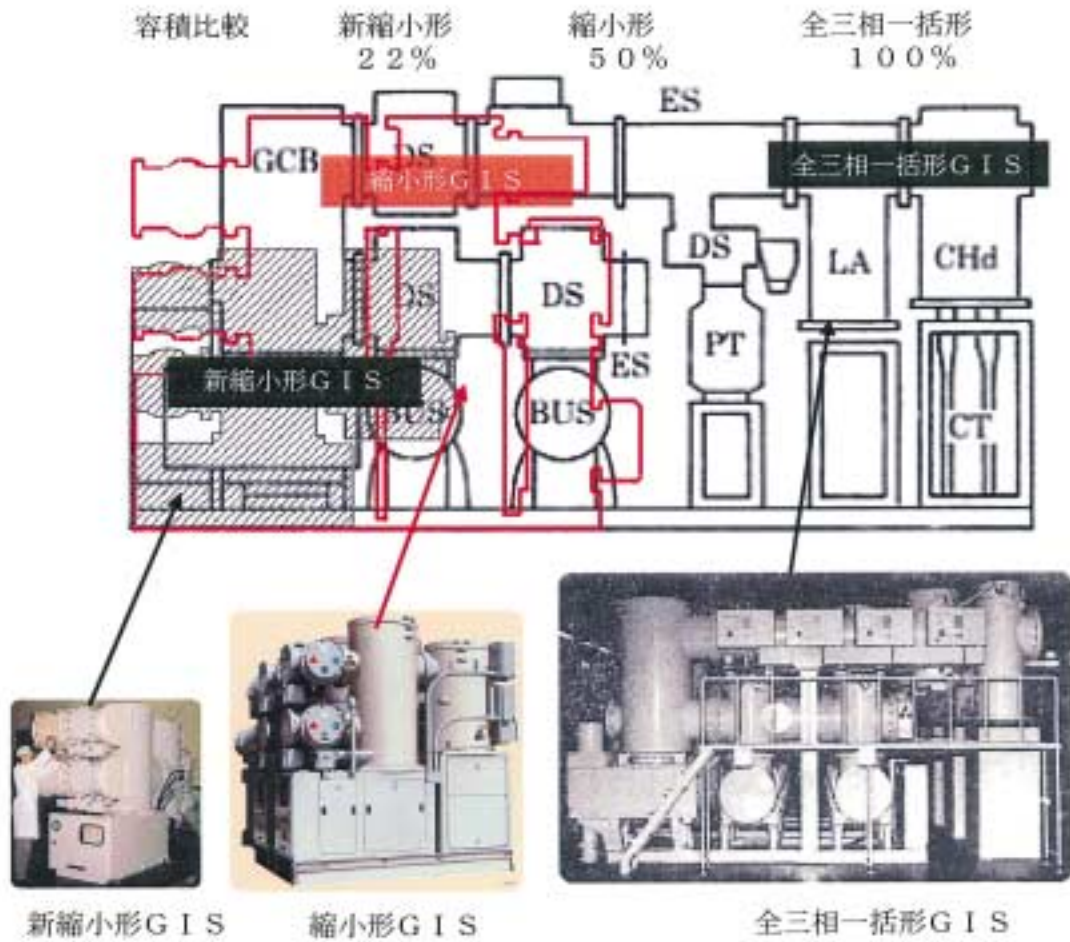


図2 72/84kV GISの進歩

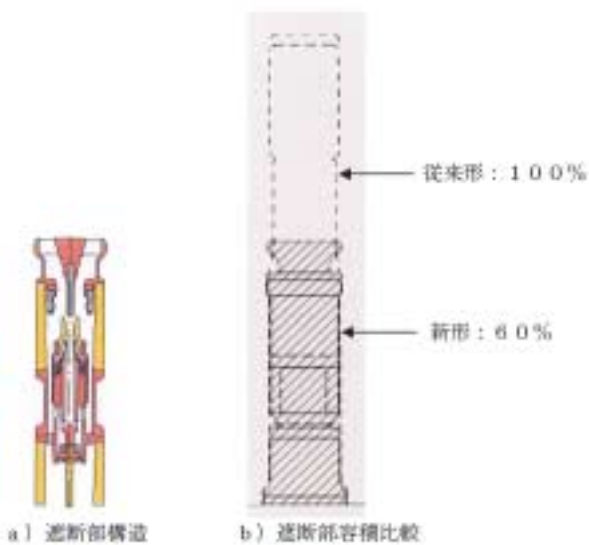


図3 72/84kVパフファ形GCB遮断部

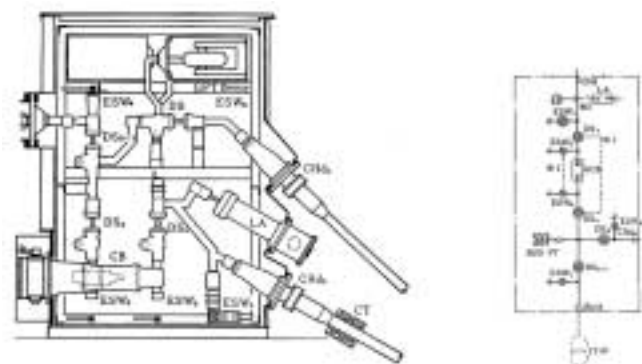


図4 72/84kVオールインワン形GIS構造図

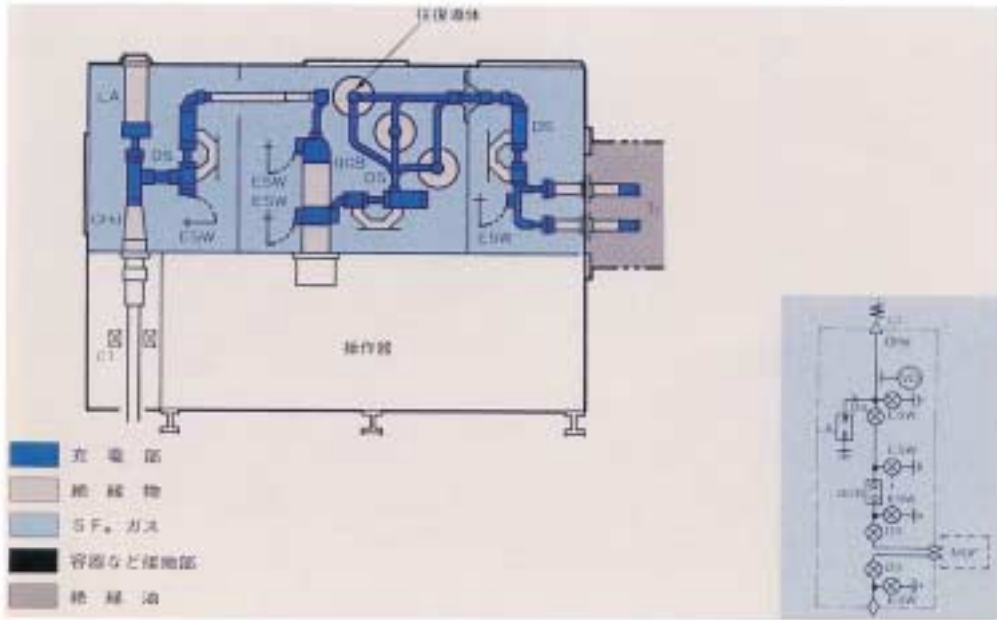


図5 72/84kVキュービクル形GIS (C - GIS) 構造図

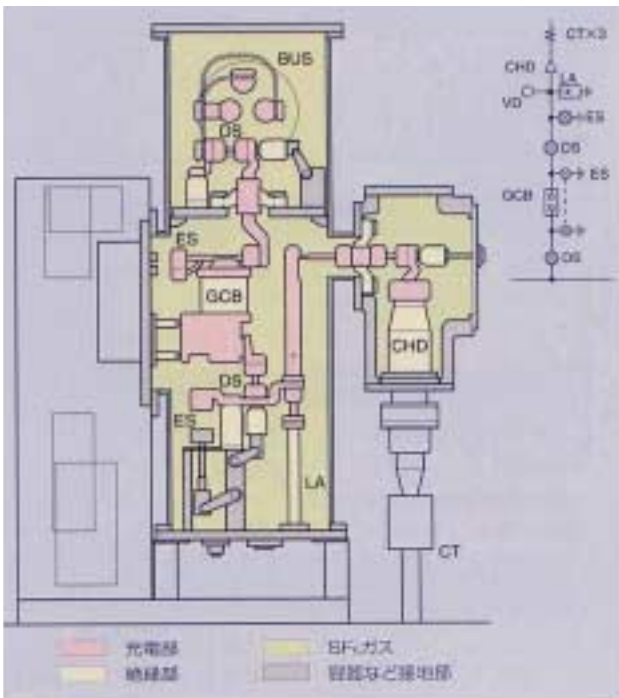


図6 72/84kV縮小形GIS構造図

### 2・2 進歩の要素

以上のように100年以上に亘る遮断器の進歩はコンパクト化であるといえる。また30年以上に亘るGISの変遷、すなわち、進歩も一言で言い表すとコンパクト化に尽きる。このGISのコンパクト化は主に 1. 構成機器の複合化 2. 絶縁技術の向上 3. 構成機器特に遮断器の性能向上・小形化 によってなされた。

ここで「コンパクト化」について考えてみる。コンパクト化はただ単にニーズの一つと往々にして捉えられがちであるが、そうではなく要求されるニーズ全てに対し根本的に対応できるものと考えている。開閉装置に要求されるニーズを図7に示す。たとえばコストメリットのニーズを考えてみると、コンパクト化によって相分離形GISを20数トン程度とすると最新器は5トン弱と大幅に軽量化された。この軽量化の間、構成機器を含め容器、導体など主要物の材料は変わらず、構造的にも概ねそのまま縮小された状態であるので、究極的なコストを下げる大きな要素となっている。当然、製造や据付などの過程でのハンドリングの容易さもコストに反映し得る。更に設置スペース、建屋まで考慮するとコストメリットは大きい。メンテナンスフリーあるいは、メンテナンス周期の長期化のニーズについてもコンパクト化が大きく寄与する。今、メンテナンスの主要な対象である遮断器や断路器の操作器についてみてみると、コンパクト化によって当然操作力は小さくなっていくので、多くの部品で構成されている操作器をシンプルにすることができ、部品点数の減少、個々の部品にかかる機械力の減少も可能になるため、メンテナンス周期の長期化、ひいてはメンテナンスフリーも可能になってくる。次に「環境に優しい」とのニーズにもコンパクト化で対応できる。温暖化の炭酸ガスの発生量は、製造から運転、廃棄に至るまでのライフサイクルにおいて、コンパクト化になればなるほど使用する材料も運搬のエネルギーも廃棄



する量も少なく炭酸ガスの発生量を抑制することが出来る。また部品をリサイクル可能な材料にする場合でもコンパクト化によって抑制効果は増加する。運転中の電力ロスも通電経路が短ければ短いほど、すなわち、コンパクトであればあるほど軽減される。その他の信頼性、使いやすい設備、安全性、搬入搬出の容易さ、現地施工の容易さの各ニーズもコンパクト化により達成することができる。この中の「使いやすい設備」については、図2をみれば明らかなように、全三相一括形GISの場合、断路器の操作器は最上部の四角い箱であるため操作や点検時、写真中の架台に乗って行うことになるが最新の小形GISでは、新縮小形GISの写真が示すように、全て地面に立った状態で可能になる。以上のようにコンパクト化は全てのニーズに応えるキーである。

今ひとつ、機能という点でコンパクト化を見てみる。開閉装置の機能は、電気を確実に通電し、必要時入り切りし、故障時は速やかに遮断することである。従って装置の大きさには価値は無くコンパクトであればあるほど価値があるということになる。意外と意識されていないが、今ある大きさは今の技術力で止むを得ず決まっているのであって大きさに価値があるわけではない。

以上、開閉装置の中心である遮断器の進歩およびGISの進歩から

- ・ 安価
- ・ 小型・軽量
- ・ メンテナンスフリー  
(ランニングコストの低減)
- ・ 環境に優しい  
(省エネルギー・省資源)
- ・ 信頼性
- ・ 安全(密封)
- ・ 使いやすい設備
- ・ 搬入・搬出の容易化
- ・ 現地施工の簡素化

図7 開閉装置に要求されるニーズ

1. 時代の変遷とともに生き残っていくのは環境の変化に対応して進歩したものだ。
2. 現状で十分なもので、最早進歩が期待できないものは必ず衰退し、現状維持は有り得ない。
3. 開閉装置の進歩はコンパクト化がキーテクノロジー。
4. コンパクト化によって、現在およびこれからの多様なニーズに応えられる。

といえる。

当社は今まで歩んできた道をベースに、これからも「進歩するもの」すなわち、あらゆるニーズに応えられる「コンパクト化」をキーワードに開発を推進していく。

### 3. コンパクト化を達成する技術

コンパクト化の要になる絶縁技術は、現在SF<sub>6</sub>ガスに代表されるガス絶縁、エポキシ樹脂などで充電部を覆う固体絶縁と真空絶縁がある。当社は、空気遮断器の時代から40年以上培ってきたSF<sub>6</sub>ガスおよびドライエアを高気圧で活用する絶縁技術、さらにSF<sub>6</sub>ガスを活用する遮断技術を有しており、これら技術を追究していくことによってコンパクト化を達成している。

現在、XAEシリーズと銘打って実用化している超小形GISについて、コンパクト化の要素技術例を紹介する。

#### 3.1 高気圧ガスの効果的活用

一般にガスは圧力を高くすると絶縁性能が向上するので、容器の耐圧強度などと強調をはかって活用する。ちなみにSF<sub>6</sub>ガスの場合は、圧力が上がると液化温度が問題となってくるのでこの条件も考慮し、0.8 Mpa程度までの圧力で使用されている。

ガスを高圧で使用する場合、容器は角形より円筒形のほうが耐圧強度を得やすいので円筒形状が一般的である。しかし、容器に収納する断路器や遮断器などの構成機器の占める空間は概略直方体形状のため円筒容器の中に収納すると図8のように占積率が悪くガス圧を上げた割にはコンパクト化ができない。今回、高気圧ガスを効果的に活用すべく、この点に注目した。占積率を良くするには構成機器の形状を円筒形状にすれば良いとの発想から、従来とは異なった新しい構造の機器を開発した。断路器の例を図9に示す。従来のC-GISに搭載している断路器の占める空間は概略直方体である。それに対して図中下のような円盤状の断路器を開発した(詳細構造などは別稿で紹介されるので本稿では省略する)。容積で比較するとほぼ10%までに縮小化できた。これを搭載し、高圧を利用することによって、24kVのXAEシリーズGISは従来器に対して実に20~30%までに超コンパクト化を達成した。

### 3・2 SF<sub>6</sub>ガスの遮断特性の活用

SF<sub>6</sub>ガスの遮断特性が空気のおよそ100倍優れているという特長を活かし、現在世界的には7.2kV以上超高压までSF<sub>6</sub>ガス遮断器が使用されている。

この遮断器は、SF<sub>6</sub>ガスを機械的に圧縮して噴出させるガス流によって電気を遮断するパuffa形といわれる遮断方式が一般的であるが(図3) 当社は独特の遮断方式で遮断器のコンパクト化に成功している。図10のように遮断部にコイルを設けることによって、磁気駆動力を発生させ、電気を切るときに生じるアークを回転させる磁気駆動効果と、アークの高温の熱を利用し、ガス圧力を上げ、アークに吹き付ける熱パuffa効果を併合することによって遮断を可能にしている。この方式の場合、一般的なGCBのように機械的なパuffaを動かす必要が無いため、僅かな操作力で操作が可能になるという大きな長所がある。これによって遮断部のみならず操作器も小形化される。図11に従来のパuffa形GCBの遮断部との比較を示す。

この遮断器をXAEシリーズに搭載しコンパクト化を成し得ている。

### 4 あとがき

遮断器、GISの変遷を見てきたが、「進歩あるもの」が生き残り、これからも「進歩あるもの」が開発されていくという原則に変わりはないと考える。

遮断器、GISの進歩はコンパクト化といえる。GISは当初のものに対して30数年間に10%を切るまでにコンパクトされた。

これからは仕様のシンプル化も進み、技術革新とともに更なるコンパクト化が成されて行くであろう。

当社は、高気圧技術やSF<sub>6</sub>ガスの効果的応用技術など得意とする技術を追究していくことによって、これからもコンパクト化を達成して行く。

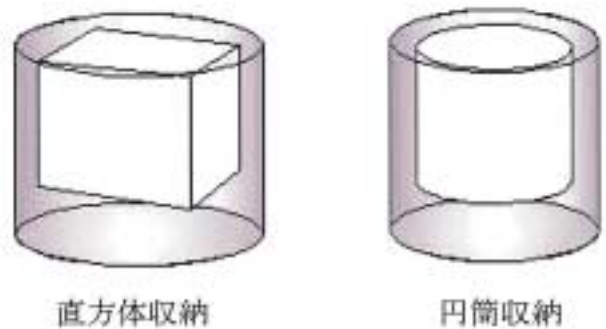


図8 収納形体による占積率

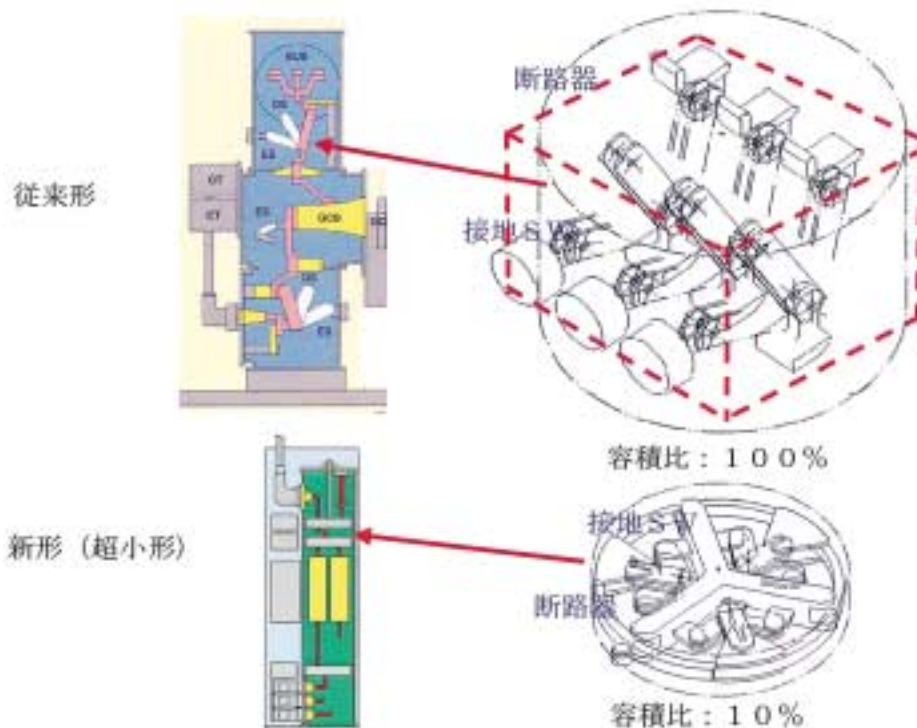


図9 24kV GISの構成機器比較

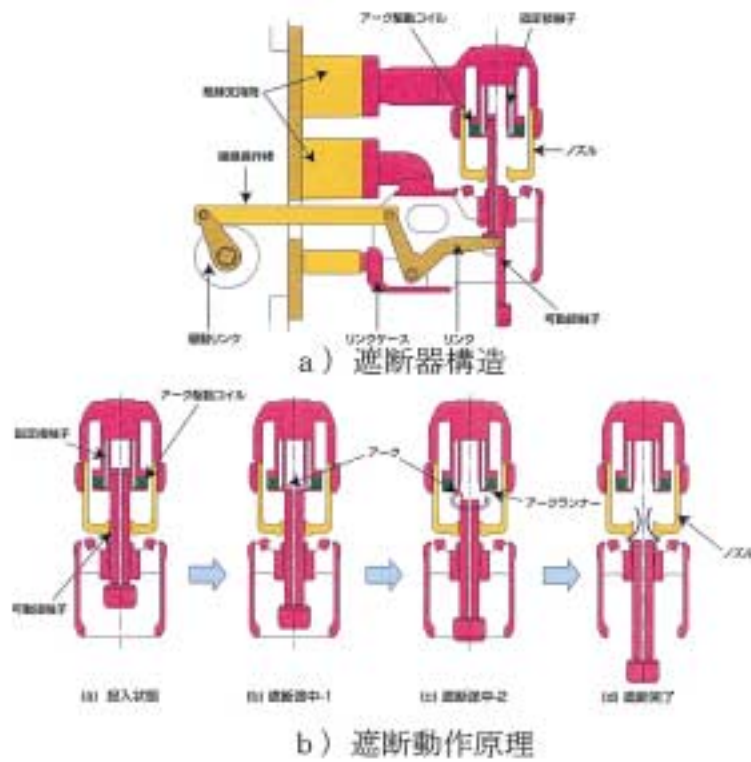


図10 磁気駆動併用熱パフファ形GCB (AE形)

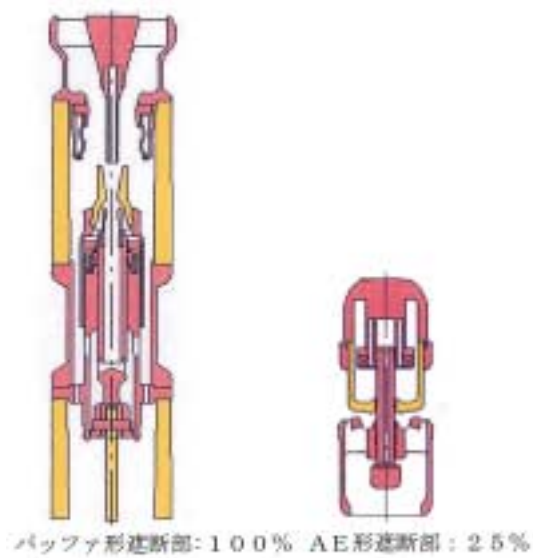


図11 72/84kVパフファ形遮断部との比較 (容積比)

執筆者紹介



金万直弘 Naohiro Konma  
 産業・電力システム事業本部  
 開閉機器事業部  
 副事業部長