

# 新型 72/84 kV GIS・単体 GCB

New 72/84 kV GIS and GCB

三輪 郁夫  
MIWA Ikuo

橋本 幸弘  
HASHIMOTO Yukihiro

豊田 健夫  
TOYODA Takeo

特集 II

ガス絶縁開閉装置(GIS)の実運転がわが国で初めて開始されてから約30年になる。この間の運転実績のなかで、GISの信頼性の高さが実証されてきた。また、一方では1,100 kVまでのGISを開発するなかで、高性能化、高信頼化技術が培われてきた。これらの蓄積技術を基に、容積を従来比で1/3まで縮小化し、より高い信頼性をもつ新型72/84 kV GISと単体ガス遮断器(GCB)を完成した。

It has been about 30 years since we developed the first gas-insulated switchgear (GIS) in Japan, and we have confirmed the high reliability of our GIS from this long experience. We have also improved our technology to realize GIS with higher performance and higher reliability during this process of development, and now have a lineup of GIS series up to 1,100 kV.

Based on our accumulated technology, we have developed a new 72/84 kV GIS and gas circuit breaker (GCB). The new GIS has only one-third the volume compared with the previous model, and also offers higher reliability.

## 1 まえがき

GISの歴史は、1967年10月、72 kV GIS試作器から始まった。その2年後の69年3月には、製品第1号器がわが国で初めて運転を開始した。72/84 kV GISは、技術の急速な進歩とともに数回のモデルチェンジが行われ、縮小化と実用機能の改良が行われてきた。

今回、最先端解析技術とこれまでの蓄積技術、長年の運転実績を基に、新型72/84 kV GISと単体GCBを開発した。これは、従来と同等以上の高い信頼性を確保しながら、据付面積が従来型と比べGISで50%以下、単体GCBでも65%と大幅に縮小化され、さらに据付工期の短縮を図った機種である。ここにその概要を述べる。

## 2 新型 72/84 kV GIS

新型72/84 kV GISを図1に、定格事項を表1に示す。このGISは、手のとどく範囲に機器が配置されているため巡視点検などが容易で、また、定格ガス圧力を0.5 MPaに統一したこと、保守および機器管理が簡素化された。

新型GIS開発のキー技術について以下に述べる。

### 2.1 機器の構成

新型GISの構造を図2に示す。破線で示す従来型GISに比べ大幅に縮小化し、質量も50%に低減した。

この縮小が実現できた大きな要因は、線路側ユニットで、ケーブル終端部(CHd)、計器用変圧器(VT)、避雷器(LA)、断路器(DS)・接地開閉器(ES)を一つのタンク内に複合化したことである。複合化し縮小化するためには、

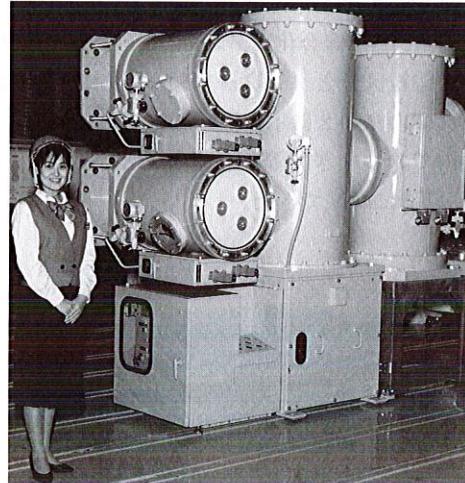


図1. 新型 72/84 kV GIS 据付面積を従来比で1/3に縮小化した。  
New 72/84 kV GIS

表1. 新型 GIS の定格

Ratings of new GIS

定格電圧	72/84 kV
定格電流	800/1,200/2,000/3,000 A
定格耐電圧	LIWV : 350/400 kV AC : 140/160 kV
定格ガス圧力	0.5 MPa
G C B 部	定格遮断電流 遮断時間 操作方式
D S 部	25/31.5 kA 3/5 サイクル 電動ばね ループ電流開閉能力 操作方式
	3,000 A-100 V 電動ばね

LIWV: Lightning Impulse Withstand Voltage

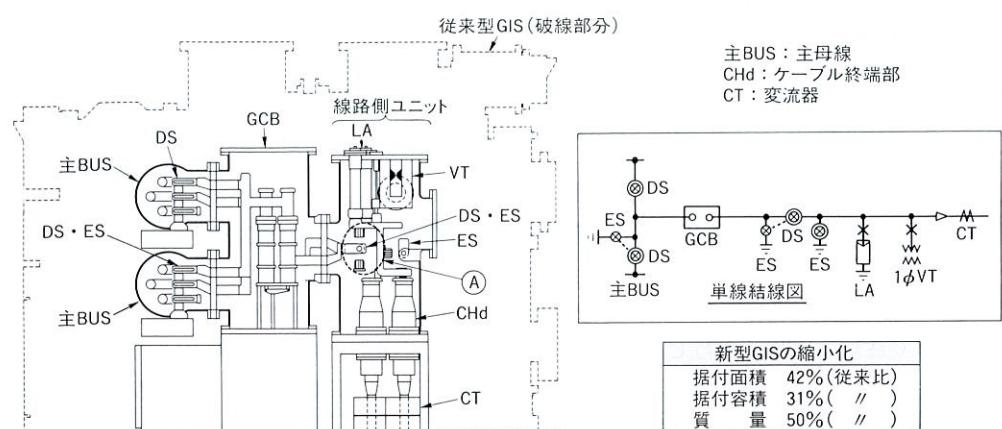


図2. GISの構造(線路回線用)  
主BUSを前面に配置し、線路側ユニットを1個のタンク内に複合化した。

Structure of new GIS

各機器を小型化とともに、絶縁性能を確保しながら、各構成機器を三次元的に最適な配置とする必要がある。また、線路側ユニットは、GIS据付後の現地耐電圧試験を容易にするため、SF<sub>6</sub>ガスを封入したままLA, VTを切り離す必要もある。このため三次元電界解析を駆使し、各構成要素、導体配置の最適化を図り、複合化を可能にした。図2Ⓐ部の三次元電界解析例を図3に示す。

線路側ユニットの複合化でタンクの本数は従来型の1/2となり、ガス監視区分とタンクが一対一で対応するようになった。これにより図2に示す線路回線用GIS構造については、回線内でのつなぎ配管をなくすことができ、シール箇所を50%以下に削減できた。

までをにらんだ消弧性能の優れたハイブリッドパッファ方式のシリーズ化が完了している。この消弧方式は、電流遮断時のアークエネルギーをパッファシリンダ内に導入し、有効に活用することで遮断性能の向上を図った画期的な方式である。新型GCBの開発にあたっては、このハイブリッドパッファ方式をベースに、電流遮断時のダイナミックな消弧室内の解析に、独自開発した解析技術を適用し、遮断部およびパッファシリンダ容積の最適化を行った。遮断現象を解析した例を図4に示す。

この結果、従来のハイブリッドパッファ方式のGCBに比べ、パッファシリンダ径とストローク長を75%に小型化し、操作エネルギーを50%以下に低減した。

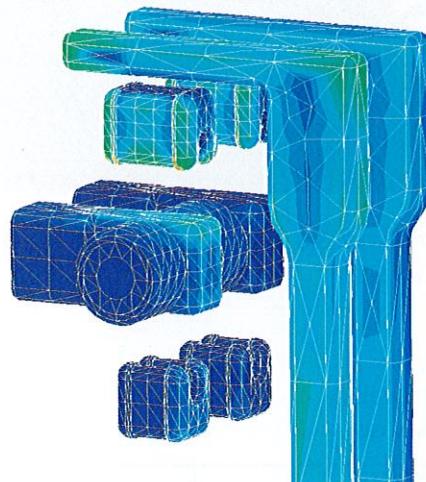


図3. 三次元電界解析例(DS極間) 三次元解析を駆使し、最適配置、最適形状を決定した。色が暖色になるほど高電界部を示す。  
Three-dimensional electric field analysis at disconnector poles

## 2.2 GCB

### (1) 消弧室の小型化

GCBの消弧室については、72/84 kVから1,100 kV

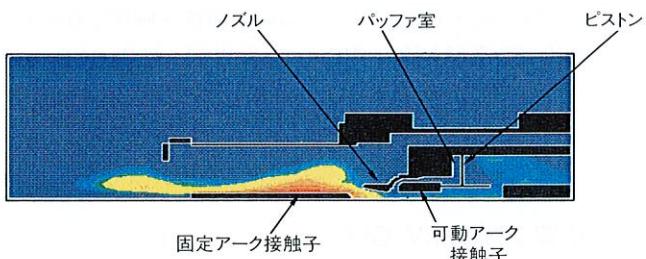


図4. 消弧室内のガス流解析例 アークエネルギーを有効に利用できる最適形状を求めるパッファシリンダ径、ストローク長を75%に小型化した。赤色部は高温度を、青色部は低温度を示す。

Hot gas flow analysis in interrupting chamber of GCB

### (2) 操作機構の小型化

遮断性能の向上で必要な操作エネルギーが50%以下になったことから、電動ばね操作装置の機械エネルギー蓄積ばねとして渦巻ばねの適用が可能となった。渦巻ばねは、ばね容積に対する蓄積エネルギー効率がよいため、機構の縮小化を図ることができる。これと合わせて、伝達機構の簡素化を図ることで、従来型操作

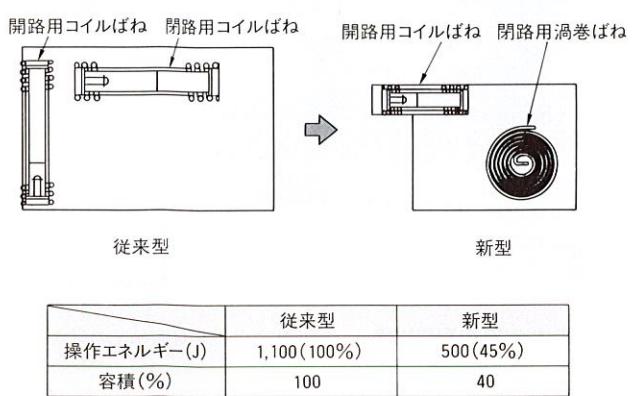


図5. GCBの操作機構 閉路操作用に渦巻ばねを適用し小型化した。

Operating mechanism of GCB

### 2.3 DSとES

#### (1) ブレードの共用化

DSとESの構造動作を図6に示す。DSとESの可動接触子をブレード型とし、かつ一つのブレードを共用する構造とした。ブレードが90°回転するごとに、DS“入”⇒DS“切”⇒ES“入”となる。この構造を採用することで、構造の簡素化と縮小化が図られるとともに、DSとESの操作装置の一体化が可能となった。

DSとESのブレードは、図2の単線結線図のなかで、破線で結ばれた2組のDSとESで共用となっている。

これによりDSが“入”的状態でESを誤操作し“入”となる事故、あるいはこの逆のESが“入”でDSを誤動作し“入”となる事故を防止することができる。

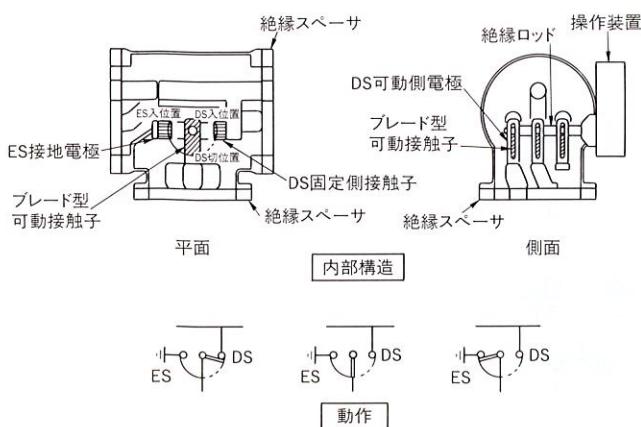


図6. DSとES DSとESのブレードを共用することで小型化した。  
Disconnecter and earthing switch

#### (2) DSに電動ばね操作装置を適用

DSは母線ループ電流などの開閉を必要とする場合がある。DSに電動ばね操作装置を適用したことでの遮断時間は短くなり、分解生成物(微粉状のフッ化物)の発生を抑えることができた。分解生成物の発生の減少により絶縁性能の低下を最小限に抑えた。

また、電動ばね操作装置は、蓄勢されたばねの放勢力により駆動される構造となっているため、操作中に万一電源が切れてもブレードが開閉途中で停止することがなく、信頼性が高い。

### 2.4 絶縁スペーサ

GIS全体の縮小化と保守点検性を配慮し、新たにディスク型絶縁スペーサを採用した。ディスク型絶縁スペーサの採用にあたり、注型中の内部応力、機械強度に大きな影響を与える硬化後の残留応力を抑えるため、図7に示すステップで樹脂の充填から注型完了までをシミュレーションした。樹脂は充填過程から硬化反応が始まっており、型内での一次硬化、離型後の二次硬化、冷却のおおのの過程で内部応力は変化する。注型時の割れを防ぐためには、どの過程においても許容応力以内に管理される必要がある。

シミュレーションにより最適硬化条件を決定し、最大残留応力発生箇所については、図8に示すように形状を最適化し、さらに電極側に応力緩和溝を認けることで残留応力を緩和した。

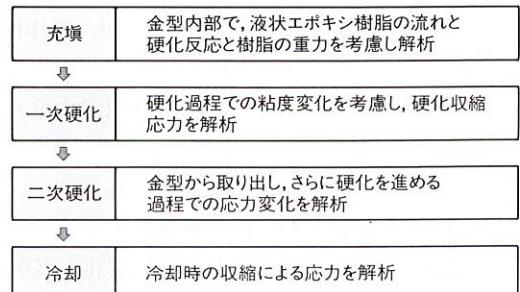


図7. 絶縁スペーサ硬化過程のシミュレーション 各ステップの状態を解析し、最適硬化条件を求めた。  
Simulation of insulator curing process

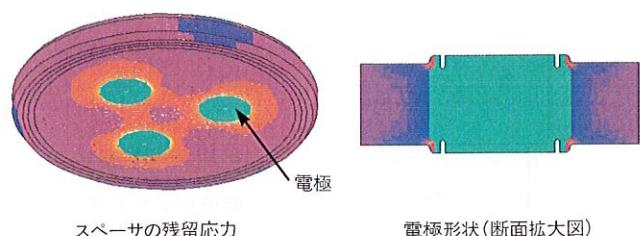


図8. 絶縁スペーサの残留応力解析と応力緩和 残留応力を把握し、最適形状を決めた。赤色部が引張応力、青色部が圧縮応力を示す。  
Analysis of residual stress in insulator

## 2.5 輸送・据付

これまで述べてきた技術の集積として、従来型と比べ容積が31%の新型GISが完了した。GISが大幅に縮小化されたことで、図9に示すように5回線までの一括輸送が可能となった。これにより現地での組立作業は大幅に削減され、工期を大幅に短縮することができた。

また、ケーブル接続部にスリップオン方式を適用することにより、GIS内のガス処理をしないで電力ケーブルの接続作業ができ、全体の工期を短縮することができる。これにより、GIS据付作業と電力ケーブル接続作業が完全に分離され、施工の簡素化を図ることもできる。

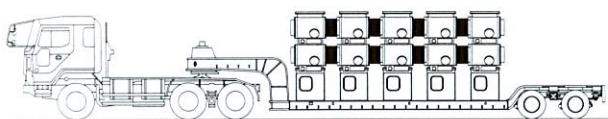


図9. GISの一括輸送 5回線までの一括輸送が可能となり、据付工事を短縮した。

Transportation of whole GIS

## 3 新型72/84 kV単体GCB

単体GCBの、主要部分である消弧室・操作機構については、GIS用GCBと共通化されている。単体GCBの新旧比較を図10に示す。碍子(がいし)部分の気中絶縁距離については従来型と同一寸法を確保する必要があるため、碍子を取り付けている本体部分の縮小化は難しいが、操作機構を大幅に小型化したことによって、取付面積は65%に縮小化できた。

縮小化された取付面積での耐震性能を確認するため、図11に示すように、単体GCBを加振台に乗せ、所定のさまざまな振動波に対する検証を行った。

また、新型GCBは従来型に比べ操作エネルギーを50%以下に軽減できることから、約3dBの低騒音化を実現した。

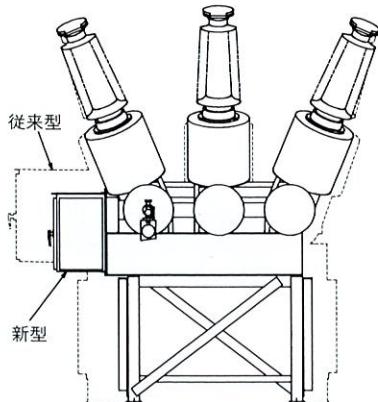


図10. 単体GCB 従来型(破線)に比べ取付面積を65%に縮小化した。

New 72/84 kV GCB

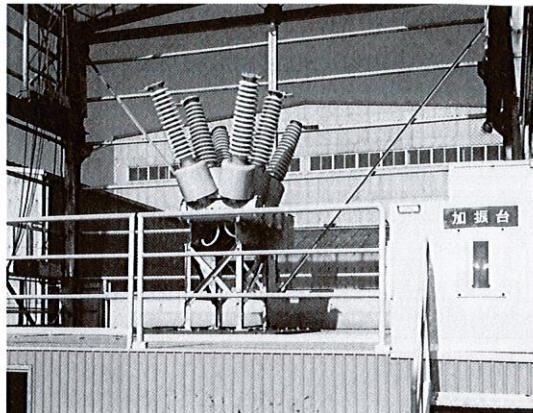


図11. 単体GCBの耐震試験 縮小化された取付面積での耐震性能を確認した。  
Seismic test of new GCB

## 4 あとがき

GISが製品化されて以来約30年間の運転実績、蓄積技術を基に、大幅に縮小化し、信頼度をより高め、据付工事の短い新型72/84 kV GIS・GCBが完成できた。

GIS・GCBの縮小化で、建物、基礎の簡素化もでき、設備投資全体の低減に貢献できるものと考える。

今後とも、GIS・GCBの品質、据付性、保守性の改良、さらなる縮小化を目指して技術開発を進めていく所存である。

## 文 献

- (1) 赤崎正幸、他、72/84 kV縮小型GISの開発、平成10年電気学会全国大会、1479、1998。
- (2) 大井雅義、他、新型72/84 kVガス遮断器の開発、平成10年電気学会全国大会、1513、1998。

### 三輪 郁夫 MIWA Ikuo

浜川崎工場 開閉装置部グループ長。  
ガス絶縁開閉装置の開発・設計に従事。電気学会会員。  
Hamakawasaki Works

### 橋本 幸弘 HASHIMOTO Yukihiro

電力事業部 電力変電技術部主務。  
ガス絶縁開閉装置、変圧器、遮断器などのシステム開発・  
設計に従事。  
Power Systems Div.

### 豊田 健夫 TOYODA Takeo

浜川崎工場 開閉装置部主務。  
ガス遮断器の開発・設計に従事。  
Hamakawasaki Works