

# 高性能と経済性を両立させた新型550 kVガス遮断器

Newly Developed 550 kV Gas Circuit Breaker Offering Both High Performance and Cost Reduction

向田 彰久

松本 詠治

吉見 彰浩

■ MUKAIDA Akihisa

■ MATSUMOTO Eiji

■ YOSHIMI Akihiro

現在、フィールドには運用開始から既に30～50年を経過した空気遮断器(ABB)や空気操作型のガス遮断器(GCB)などの高経年開閉装置が稼働している。一方、老朽化が進むこれらの開閉装置において、保守用部品の入手や保全技術の継承が困難になってきている状況を踏まえ、一部のユーザーでは計画的な設備更新を立案しつつある。この更新計画の実現に向けて、最新のJEC(電気規格調査会)規格を適用した低コストの装置が要望されている。

そこで東芝は、最新技術を適用した新型550 kV-63 kA-60 Hz用GCBを開発し、初製品を中部電力(株)西部変電所に納入した。

Aged switchgears including air-blast breakers (ABBs) and pneumatically operated gas circuit breakers (GCBs) are still in operation in the field. As some of these switchgears have been in use for 30 to 50 years, there is an increasing need for their systematic replacement due to the difficulties involved in obtaining maintenance parts and passing on maintenance technologies. To support users in planning the replacement of aged equipment, low-cost switchgears compliant with the latest standards of the Japanese Electrotechnical Committee (JEC) are required.

In response to this situation, Toshiba has developed a new 550 kV-63 kA-60 Hz GCB appropriate for replacement projects that meets the various requirements of users including low initial cost, less maintenance work, and long lifetime, and installed the first product at the Seibu Substation of Chubu Electric Power Co., Inc.

## 1 まえがき

わが国の高度経済成長期に、電力需要の急激な増大に対応するため、空気遮断器(ABB)をはじめとする多くの高電圧開閉装置が国内の電力会社で導入され、30～50年を経た現在でもその多くが運用されている。東芝も高電圧用の遮断器として、ABBやガス遮断器(GCB)を納入してきた。しかし、GCBを含む初期に導入した高経年開閉装置は保守用部品の入手や保全技術の継承が困難になりつつある。また、ユーザー側でも同様の問題に直面しており、それに対応するために一部で高経年開閉装置の更新計画が進められている。

そのなかでも定格電圧550 kV、定格遮断電流63 kA、定格周波数60 Hz用GCBの当社製現行機種は、開発完了後20年を経過しており、最新技術を適用した経済性の高い新機種の開発と市場投入が期待されている。そこで、今回、最新技術と高信頼の既存技術を組み合わせた新型GCBを開発し、初製品を中部電力(株)西部変電所に納入した(図1)。

ここでは、新型GCBの概要と適用技術について述べる。

## 2 高経年機器の保守保全の課題

1950年代から導入され運用されているABBは部品製造メーカーの事業撤退などにより新たに保全部品を入手できず、工



図1. 新型550 kV-63 kA-60 Hz GCB — 工場内で組立て中の新型GCBである。

Newly developed 550 kV-63 kA-60 Hz GCB

場内の予備部品を流用して保全対応をしているが、年々予備部品が減少しており、保全技術の継承も困難になりつつある。

また、初期の空気操作型GCBは、1970年代から製造しているが、550 kV用においては電流遮断部を4点直列に配置しているため装置サイズが大きく、かつ空気操作のため開閉操

作時の騒音が非常に大きいという課題がある。更に、複数の遮断部に均等に電圧を分担させるコンデンサ絶縁筒を設置している。このコンデンサ絶縁筒は断路器開閉などで発生するサージ性の電圧により、耐電圧性能が低下する場合があります、予防保全の観点からも最新機種への更新が計画されている<sup>(1)</sup>。

### 3 550 kV GCBの技術変遷と新機種の開発方針

#### 3.1 550 kV GCBの技術変遷

第1世代の550 kV GCBは、遮断部を4点直列に配置した4点切り構成として開発し、1978年に関西電力(株)嶺南変電所に初製品を納入している。この遮断部の構造を図2に示す。

その後、電流遮断性能を向上させて遮断点数を2点化するとともに、駆動装置部を空気操作から油圧操作に変更した第2世代GCBを開発し、1985年に定格遮断電流50 kAのGCBを東京電力(株)富津火力発電所に、1989年に定格遮断電流63 kAのGCBを東京電力(株)新古河変電所に納入している。

更に1993年には第3世代GCBとして、消弧室の可動側接点部と対向側接点部の両方を駆動するデュアルモーション方式を適用し、投入・遮断時の極間の相対速度を上げることで遮断点数の1点化を実現した<sup>(2)</sup>。また、デュアルモーション方式は駆動エネルギーの低減にも寄与している。これらを適用した世界初<sup>(注1)</sup>の550 kV 1点切りGCBを東京電力(株)新筑波変電所に納入した。

これまでの技術変遷では、消弧室の高性能化による遮断点数の削減、及び消弧室の小型化や駆動装置の高信頼性化によるGCBの縮小化により、コスト低減や信頼性向上などの顧客ニーズに応じてきた。またこれらの縮小化GCBの開発により、ガス絶縁開閉装置(GIS)も縮小化することで、地下変電所などの狭い空間でのGISの適用を実現してきた。

#### 3.2 新型550 kV GCBの開発方針

第4世代となる新型550 kV GCBの基本コンセプトとして、①GCBの小型・高性能化、②新規技術の適用、及び従来技

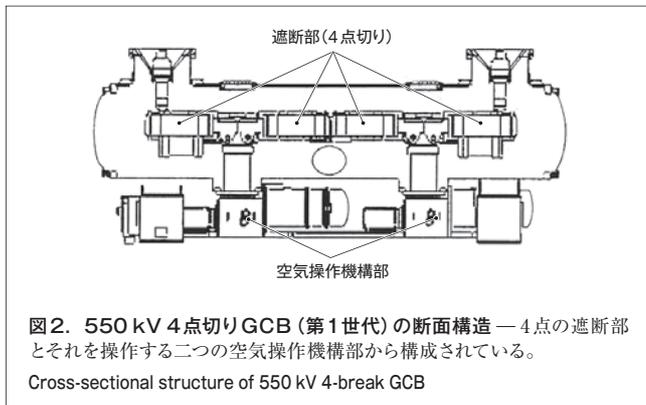


図2. 550 kV 4点切りGCB (第1世代)の断面構造 — 4点の遮断部とそれを操作する二つの空気操作機構部から構成されている。  
Cross-sectional structure of 550 kV 4-break GCB

(注1) 1993年10月時点、当社調べ。

表1. 新型GCBの定格仕様

Specifications of newly developed GCB

項目	仕様	
定格電圧	550 kV	
定格周波数	60 Hz	
定格電流	2,000/4,000/6,000/8,000 A	
定格短時間耐電流	63 kA (2 s)	
定格雷インパルス耐電圧	1,550 kV (対地)	
定格開閉インパルス耐電圧	1,050 kV (対地)	
定格短時間商用周波耐電圧	750 kV (1 min) (対地)	
定格長時間商用周波耐電圧	475 kV (30 min) - 635 kV (1 min) - 475 kV (30 min) (対地)	
定格遮断電流	63 kA	
定格投入電流	160 kA	
定格開極時間	0.014 s	
定格遮断時間	2サイクル	
定格閉極時間	0.1 s	
操作方式	油圧 (31.5 MPa-g)	
定格ガス圧力	0.6 MPa-g (20 °C)	
投入抵抗	あり	なし

術の応用と高度化、を開発方針とした。新型550 kV GCBの定格仕様を表1に示す。

遮断器には様々な電流を遮断する性能が要求されるが、その中でもっとも厳しい性能の一つが近距離線路故障(SLF)遮断である。これは遮断器から数km先の架空送電線で発生する短絡故障を想定した性能であり、電流の大きさだけでなく遮断後に電極間に発生する過渡的な電圧の周波数にも大きな影響を受ける性能である。現行の第3世代550 kV 1点切りGCB (以下、従来GCBと呼ぶ)は63 kA - 50 Hz及び50 kA - 60 Hzが遮断可能であり、63 kA - 60 Hz適用時にはSLF遮断直後に電極間に発生する急激な電圧上昇を抑制するためのSLF用コンデンサをGCBとは別に付加することで対応していた。しかし新型GCBでは、経済性の高い機種とするために、SLF用付加コンデンサをGCBタンクに内蔵し、遮断点数が1点で63 kA - 60 Hz遮断可能なGCBを開発することとした。

### 4 新型550 kV GCBへ適用した技術

適用した主な新規技術、及び高度化させた従来技術と応用した従来技術を、図3に示し、以下に述べる。

63 kA - 60 HzのSLF遮断性能を確保するには、消弧室を高性能化するとともに、消弧室と並列にSLF用付加コンデンサを取り付けることが必要である。しかし、コンデンサと消弧室を同一タンク内に収納し、かつGCBの据付けスペースを従来と同程度に収めるためには、消弧室の小型化が必須である。

#### 4.1 新規技術 — 消弧室の小型化

GCBの消弧原理は、パuffアッシング内のSF<sub>6</sub> (六フッ化硫黄) ガスを勢いよく圧縮し、ノズルを介して高温のアーキに吹き

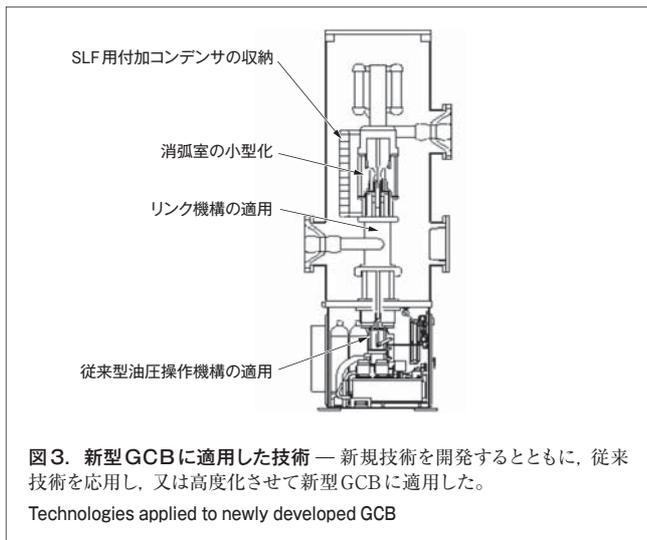


図3. 新型GCBに適用した技術 — 新規技術を開発するとともに、従来技術を応用し、又は高度化させて新型GCBに適用した。  
Technologies applied to newly developed GCB

付けて温度を下げて、アークを吹き消して電流を遮断するものである。したがって一般には、パッファピストン径が大きく、開極動作速度が速いほど勢いよくガスをアークに吹き付けることができるので、より大きな電流を遮断できる。しかし、単純にパッファピストンを大型化し、開極速度を高速化するとGCBが大型化し、消弧室の操作機構も大型化するため経済性のよい機種にはならない。

従来GCBでは、電流遮断時のアーク熱を利用してパッファシリンダ内の圧力を上昇させ、吹付け効果を高めるハイブリッドパッファ<sup>TM</sup>方式を採用している。新型GCBでは、アークに吹き付けられる高温SF<sub>6</sub>ガスの挙動に対して高精度の流体解析<sup>(3)</sup>を行い、より効率的にSF<sub>6</sub>ガスをアークに吹き付けることができるアドバンスドハイブリッドパッファ方式（以下、AHP方式と略記）を開発して適用した（図4）。これによりパッファシ

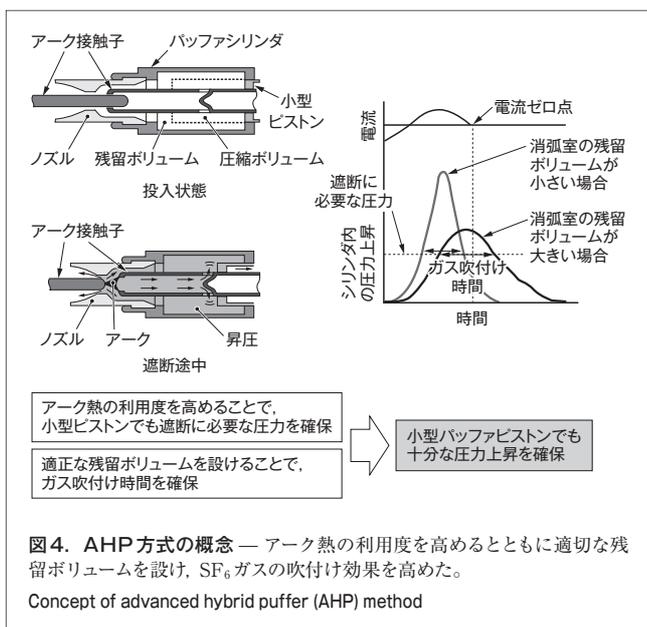


図4. AHP方式の概念 — アーク熱の利用度を高めるとともに適切な残留ポリウムを設け、SF<sub>6</sub>ガスの吹付け効果を高めた。  
Concept of advanced hybrid puffer (AHP) method

リンダ径は、従来GCBの約60%にすることができ、消弧室の小型化を実現した。

この消弧室の小型化により、既存のGCBと同じ据付けスペースで、ガスタンク内に消弧室、投入抵抗接点、抵抗体、及びSLF用付加コンデンサを全て内蔵したGCBを構成できた。

また、AHP方式は消弧室の操作エネルギーの抑制にも寄与しており、従来デュアルモーション方式でなければ確保できなかった遮断に必要な開極速度を、シングルモーション方式で実現した。これによって、GCB内部機構を大幅に簡素化できた。

#### 4.2 従来技術の高度化—リンク機構

従来GCBでは消弧室と抵抗接点は同じ開閉特性で操作されている。しかし、両者の電氣的な協調を考慮した場合、消弧室と抵抗接点は独立した開閉特性にするほうが必要性能を確保するうえで好ましい。そこで、消弧室と抵抗接点をそれぞれに適した開閉特性で駆動できる方式を、消弧室内に設けたリンク機構を用いて実現した。

#### 4.3 従来技術の応用

**4.3.1 SLF用付加コンデンサ** 63 kA-60 Hz SLF遮断性能を達成するため、付加コンデンサには、300～1,100 kV GCBで多くの使用実績があり、信頼性の高いセラミックコンデンサを適用した。

**4.3.2 操作機構** 第2世代2点切り550 kV GCBで適用を開始し、これまでに400台以上の運転実績がある信頼性の高い従来型の油圧操作機構を採用した。

#### 4.4 新型GCBへの適用

これらの技術を適用した新型1点切り63 kA GCB、第2世代2点切り63 kA GCB、及び従来GCB (50 kA) の比較を表2に示す。新型GCBによりコンパクトな開閉装置を提供できるほか、1点切りGCBとすることで第2世代の2点切りGCBに比べて軽量化でき、耐震性の向上や輸送・工事費を低減できる。また、温暖化係数の高いSF<sub>6</sub>ガスの使用量を抑えられることから、環境調和性も高めることができる。

新型GCBでは、これまで開発してきたGCBの技術進化を踏襲しつつ、新技術だけでなく、既に十分な信頼性を持つ油圧操作機構やセラミックコンデンサなどを組み合わせて高度化させることにより、開発期間の短縮化を図り、ユーザーの更新計画にマッチした期間で開発を行った。

開発及び検証においては、最新の交流遮断器規格 (JEC-2300-2010) に準拠した形式試験を実施するほかに、各種の信頼性検証試験でも十分な性能を持つことを確認している。

### 5 新型550 kV GCBの初製品納入

この新型GCBの初製品として、中部電力(株)西部変電所に新型GCBを含むGISを2013年3月に納入し、同年6月に運

表2. 550 kV GCBの比較 (60 Hz)

Comparison of new 550 kV-63 kA 1-break GCB, existing 550 kV-63 kA 2-break GCB, and existing 550 kV-50 kA 1-break GCB

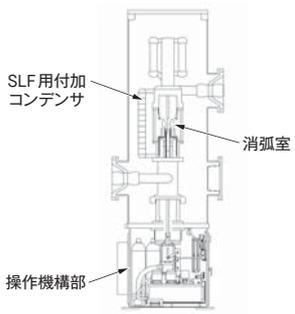
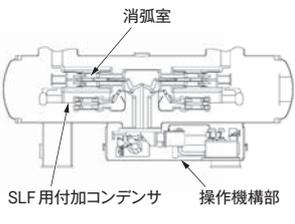
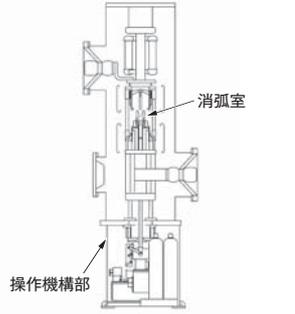
項目	新型1点切り63 kA GCB	第2世代2点切り63 kA GCB	従来GCB (第3世代1点切り50 kA GCB)
全体構造図			
機器配置	縦型各相操作	横型各相操作	縦型各相操作
SF <sub>6</sub> ガス量比	0.83	1.00	0.60
総質量比	0.83	1.00	0.78
GCBタンク径比	1.00	1.00	0.86
定格ガス圧力 (MPa-g (20 °C))	0.6	0.6	0.6
消弧室駆動方式	シングルモーション	シングルモーション	デュアルモーション
操作方式	油圧操作	油圧操作	油圧操作
備考	-	-	SLF用付加コンデンサなし



図5. 中部電力(株) 西部変電所 550 kV GCB及びGIS — 2013年3月に納入し、同年6月から運転を開始した。

Newly developed GCB and gas-insulated switchgear (GIS) at Seibu Substation of Chubu Electric Power Co., Inc.

転を開始した(図5)。

## 6 あとがき

既存設備の保守用部品の入手や老朽機器の保全技術の継承が困難となる状況を踏まえた設備更新需要に向け、従来からの技術進化を継承しつつ、最新技術と既存技術の組合せにより、ユーザーニーズに合致したタイムリーな新製品を開発し、その初製品を納入した。今後、この新製品をカスタマイズして

製品ラインアップの強化を図るとともに、ユーザーニーズを捉えた新製品も提供していく。

## 文 献

- (1) 宮本剛寿 他. 高電圧開閉装置の保全・更新検討と更新に向けた新型器開発. 東芝レビュー. 63, 12, 2008, p.7-11.
- (2) 小林昭夫 他. 550 kV 1点切りガス遮断器. 東芝レビュー. 47, 6, 1992, p.443-448.
- (3) 神保智彦 他. 高精度LESを用いたSF<sub>6</sub>ガスのアークプラズマ基礎特性解析技術. 東芝レビュー. 67, 9, 2012, p.29-32.



向田 彰久 MUKAIDA Akihisa

社会インフラシステム社 電力流通システム事業部 電力システム技術部主務。電力用変電機器のエンジニアリング業務に従事。電気学会会員。

Transmission & Distribution Systems Div.



松本 詠治 MATSUMOTO Eiji

社会インフラシステム社 浜川崎工場 開閉装置部主査。ガス遮断器の設計・開発に従事。電気学会会員。

Hamakawasaki Operations



吉見 彰浩 YOSHIMI Akihiro

社会インフラシステム社 浜川崎工場 開閉装置部グループ長。ガス遮断器の設計・開発に従事。

Hamakawasaki Operations