

中内慎一郎*
塚尾康宏*
貞國仁志*

保守性・更新対応性を向上させたGIS

Gas Insulated Switchgear Improving Maintainability and Renewability

Shinichiro Nakauchi, Yasuhiro Tsukao, Hitoshi Sadakuni

要旨

1968年に三菱電機がガス絶縁開閉装置(GIS)を実用化して以来、多くのGISが適用されてきた。

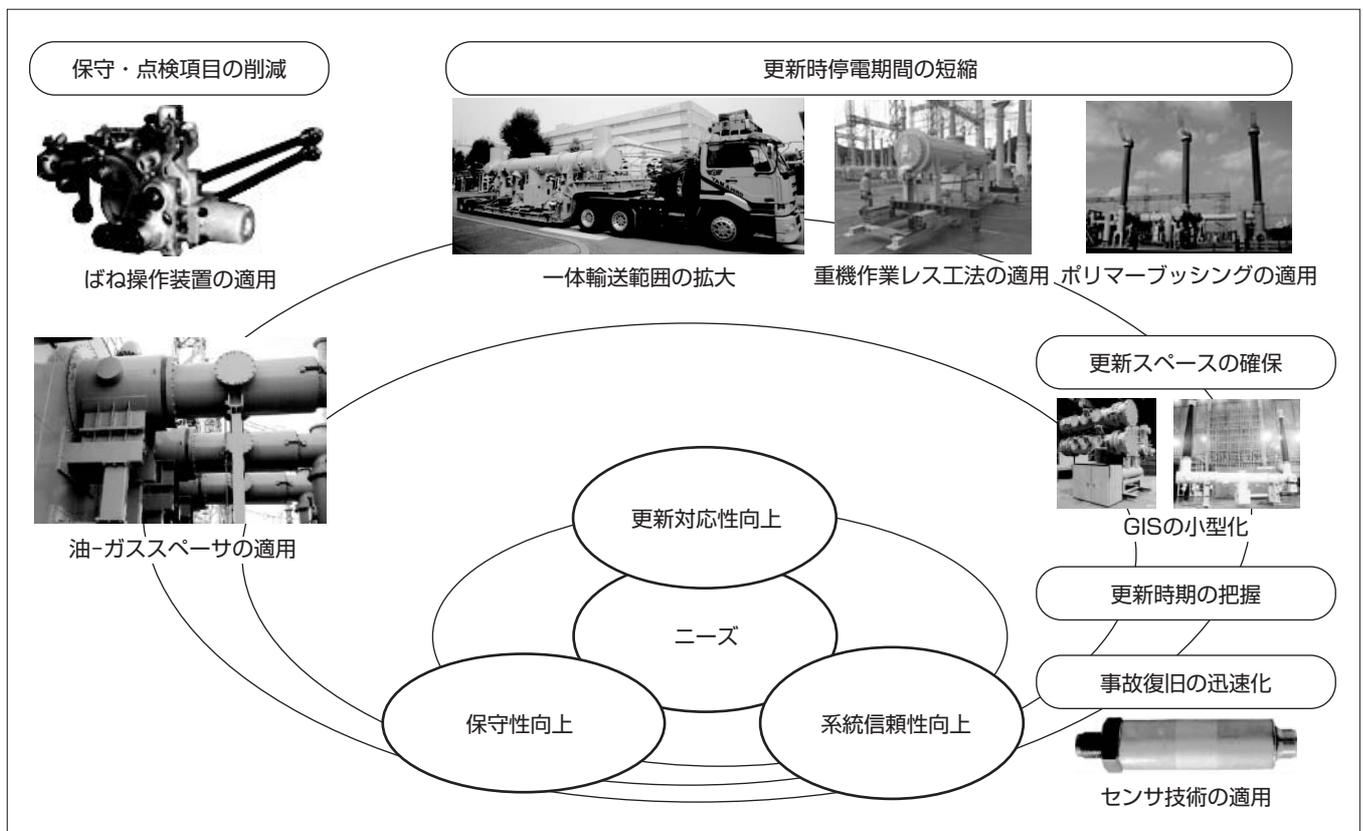
現在、日本では設計想定寿命の30年を超えるGISが増加し、2020年以降は設備全体の40%強に達する見込みである。それらの高経年GISを取り巻く様々な課題を整理すると、次のとおりである。

- (1) 経年劣化による機器の信頼性低下、事故・障害率の増加に伴う保全費用の増加、旧形設計構造機器を熟知した技術者・技能者の減少や部品の生産中止等に対する保全対応力の低下
- (2) 高経年GISの更新計画に当たり、更新時期の集中に伴う生産負荷の平準化や生産能力の確保、更新スペースの確保・停電期間の短縮など

- (3) 更新後のGISに対する保守にかかる負担を軽減するための保守・点検項目の削減と保守の効率化、系統信頼性向上のための事故時対応力の強化など

当社は、これらの課題に対応可能なGISを開発しており、その概要は次のとおりである。

- (1) 遮断器(GCB)のばね操作化、グリスレス化などによる保守・点検項目の削減と保守の効率化
- (2) 機器の小型化(高ガス圧化、磁気アーク駆動の断路器(DS)／接地開閉器(ES)などの最新技術適用)、GISの小型化などによる据付面積の縮小、更新工期の短縮(一体輸送範囲の拡大)
- (3) 最新監視装置・故障点標定装置適用による高経年GISの状態監視と更新時期の適正化、及び事故復旧の迅速化



GISの保守性・更新対応性・系統信頼性を向上させる技術

今後増加するGISの更新需要に対応して、GISの保守性・更新対応性・系統信頼性を向上させる技術を開発・適用してきた。ばね操作装置、油-ガススペース、一体輸送範囲の拡大、重機作業レス工法、ポリマーブッシング、GISの小型化、センサ技術などがある。これらを適用することで、保守・点検項目の削減と保守の効率化、更新時停電期間の短縮、更新スペース確保、更新時期の把握、事故復旧の迅速化などのメリットがある。

1. ま え が き

当社は、1968年に84kVガス絶縁開閉装置(GIS)を実用化し、1973年に世界に先駆けて550kV GISの製品化を行った。その後、GIS技術は仕様の合理化、遮断器・避雷器など構成機器の小型・高性能化、センサ・監視装置の高度化など各種技術進歩を取り入れて、信頼性・経済性向上と保守点検の省力化を図り、絶え間なく進歩してきた。現在、日本では設計想定寿命の30年を超える機器が増加し、2020年以降には設備全体の40%強に達する見込みである。それらの高経年GISを取り巻く様々な課題を整理すると次のとおりである。

- (1) 経年劣化による機器の信頼性低下、事故・障害率の増加に伴う保全費用の増加、旧形設計構造機器を熟知した技術者・技能者の減少や部品の生産中止等に伴う保全対応力の低下
- (2) 高経年GISの更新計画に当たり、更新時期の集中に対する生産負荷の平準化や生産能力の確保、更新スペースの確保・停電期間の短縮など
- (3) 更新後のGISに対する保守にかかる負担を軽減するための保守・点検項目の削減と保守の効率化、系統信頼性向上のための事故時対応力の強化など

2. 保守性向上への取組み

今後、機器構造を熟知した熟練技能者の減少が見込まれる状況に対して、更新のための新規納入GISには保守・点検項目の削減や保守の効率化が要求される。その要求に対応可能な技術を適用し、保守費用の低減を図った。

2.1 ばね操作GCBの適用

550kVまでのばね操作GCBシリーズを完成させ、漏油・油圧ポンプ運転状態確認などの点検項目の削減、油圧系部品(圧力計、圧力スイッチ他)の排除、定期的な機構部へのグリスアップ・補機試験(油圧スイッチ動作確認ほか)の省略などの保守項目を削減することで保守の効率化を図った。その結果、従来の油圧操作GCBに対して保守・点検費用を60%削減し、大幅なコストダウンを図った(図1)。

2.2 油-ガススペーサの適用

変圧器とGISを直結する油-ガス絶縁区画部位に、GISで幅広く適用している注型絶縁物に油中での密封技術を取り入れた300kV、550kV用油-ガススペーサの開発・製品化⁽²⁾を行った。従来の油-ガスブッシングで必要であった漏油・油面計確認などの点検項目を省略するとともに、15年程度ごとの定期的な交換が必要であった油密封用パッキンを排除し、GISと同様の30年以上の設計想定寿命を実現した(図2、図3)。

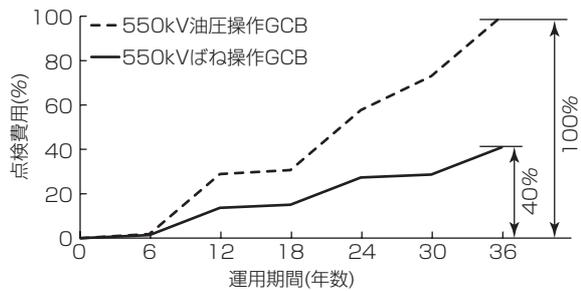


図1. 保守コストの比較⁽¹⁾

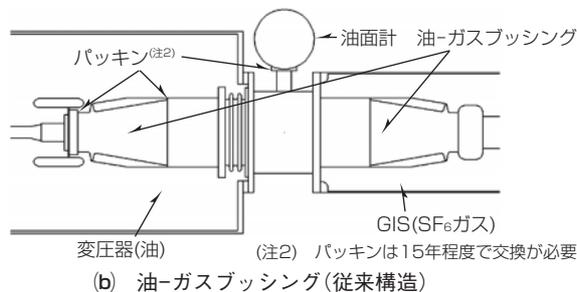
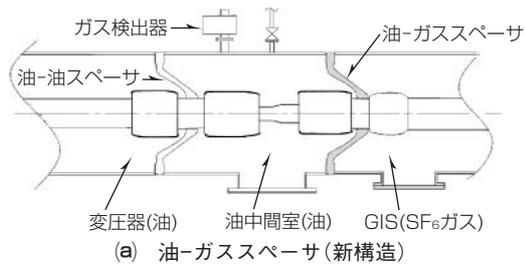


図2. 油-ガススペーサの構造⁽²⁾



図3. 油-ガススペーサの適用例⁽³⁾

3. 更新対応性向上への取組み

高経年機器の更新に対しては、更新スペースの確保・停電期間の短縮等の様々な課題があり、これらに対して、機器の小型化(高ガス圧化、磁気アーク駆動DS/ES適用などの最新技術適用)、GISの小型化などによる据付スペースの削減、更新工期の短縮(一体輸送範囲の拡大)による更新対応性向上を図った。

3.1 一体輸送範囲の拡大

図4は、300kV H-GIS(Hybrid-GIS)の例である。高ガス圧化、複合一体化などの機器小型化によってガスブッシングを除くユニット部分の高集積配置化を図り、ユニット

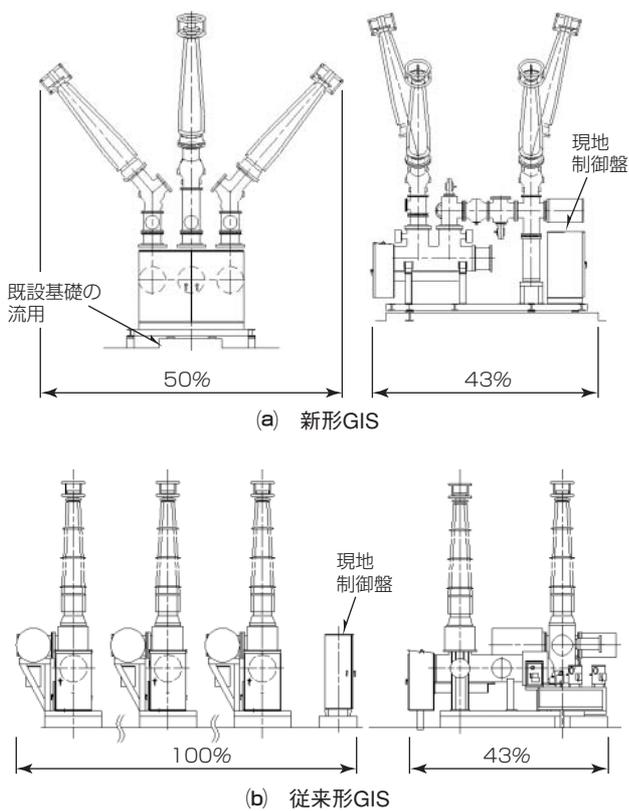


図4. 300kV H-GIS

一体輸送を実現することで現地据付工期短縮による停電期間の短縮と、高信頼度化を達成した。

具体的には、ブッシング以外の輸送分割が従来は現地制御盤と本体各相の4分割であったものを、新形では一体化して現地での本体と制御盤間の結線作業をなくしたことによる現地据付・結線作業の縮減効果によって、停電期間を20%短縮した2週間以内での対応が可能となった。

3.2 フレキシブル連結機構適用による据付面積の縮小

断路器(DS)と接地開閉器(ES)に、機器本体と操作装置間をワイヤ接続するフレキシブル連結機構を適用することによって、操作装置の配置自由度を向上させ、従来のユニット側面配置からユニット前面に集約することを可能とした。これによって、ユニット間寸法の25%縮減、変電所据付面積の75%縮小を達成し、従来と同一の狭隘(きょうあい)なスペースへの元位置更新を可能とし、更新対応性の向上を図った(図5)。

また、DS・ES本体の小型化を図るため、電流遮断方式として最新技術である永久磁石で遮断時のアークを駆動して遮断する磁気アーク駆動方式⁽⁴⁾を適用している。

3.3 重機作業レス工法の適用

高経年GISの延命使用を図るため、GIS劣化評価結果を基に電流開閉動作による劣化進展度が高いGCB部分だけを先行更新する部分更新という手法が採られている。

例えば、550kV初期形GIS用二重圧力式(油圧操作)GCBをばね操作GCBに更新する例を図6に示す。この更新のた

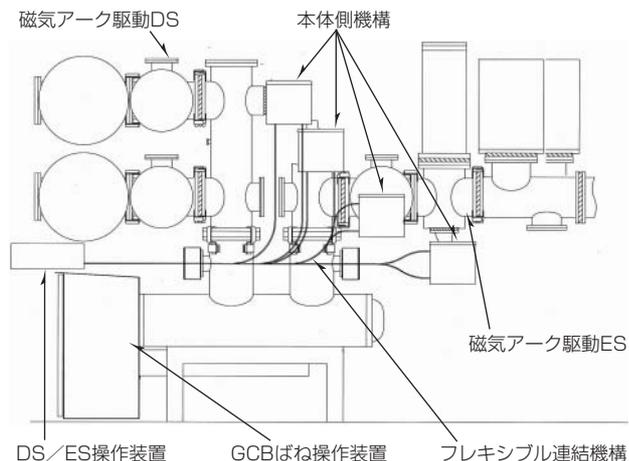


図5. 300kV GISへのフレキシブル連結機構適用例



図6. 重機作業レス工法⁽⁵⁾

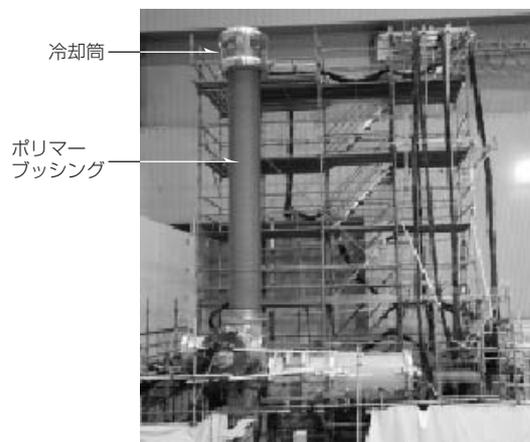


図7. 8,000Aポリマーブッシングの試験状況⁽⁶⁾

めの工法として、図に示すように、GCBを搬送台車で移動することによって重機を使用しないレッカーレス工法を採用し、母線無停電でのGCB更新を実現している⁽⁵⁾。

3.4 550kVポリマーブッシングの適用

1973年から550kV GISが適用されてきたが、この時期に納入したブッシングは油入コンデンサブッシングを適用している。これらは経年30年以上となり、2.2節で述べた油-ガスブッシングと同様にパッキン劣化による油漏れなどが発生しており、今後計画的な更新が望まれる。これら

のブッシングの部分更新には、耐震性に優れたポリマーブッシングが有効である。

550kVポリマーブッシングは、磁器ブッシングに対して質量比20%と大幅な軽量化が可能で、耐震性向上によって架台・基礎の簡素化が図れる。海外では、防爆性・耐震性の目的から、1990年代初期から10,000本を超える適用実績を持っているが、国内での製品適用はわずかであった。近年の耐震性向上のニーズから、国内でも一般社団法人 電気協同研究会でポリマーブッシング適用に向けた検討が行われており、当社もその動向に対応し、ユーザーと設計・検証仕様面の検討を加えながら、8,000Aまでのシリーズ化を達成した(図7)。

このポリマーブッシングは2016年に据付予定の新設550kV GISへの適用を予定している。

4. 高経年GISの状態監視による更新時期の適正化と事故復旧の迅速化への取り組み

高経年機器の延命化使用、更新後の機器の系統信頼性向上などの市場ニーズに対して、最新監視装置・故障点標定装置適用等による高経年GISの適正な状態監視と事故復旧の迅速化を図った。

4.1 ガス圧力センサの適用

高経年GCBを対象としたガス漏れ(ガススローリーク)監視実測結果を図8に示す。約1か月間の取得データからガス密度の変化を近似直線で評価し、日常の巡視点検では

確認ができないような微小なガス漏れを検知している。具体的には、図8の年間1%程度に相当するガス密度の変化を検出しており、このような高感度・高精度なガス圧力センサを活用すると、最長で20年後にガス漏れ警報が発令されるようなガススローリークの発生を1か月程度で検出できる。

表1に示すとおり、現行品センサは高い検出性能と安定性を兼ね備えていることから、常時はガス漏れ検出用に活用し、万一の事故時にはアークエネルギーによって過渡的に発生する圧力上昇を検出して事故部位を特定するなど複数の用途に共用可能であり、事故復旧の迅速化が図れるとともに監視診断システムの簡素化によってシステムコスト低減にも寄与している。

5. む す び

当社は、高経年GISを取り巻く様々な課題に対応可能なGISを開発しており、その概要は次のとおりである。

- (1) GCBのばね操作化、グリスレス化などによる保守・点検項目の削減と保守の効率化
- (2) 機器の小型化(高ガス圧化、磁気アーク駆動DS/ESなどの最新技術適用)、GISの小型化などによる据付面積の縮小、更新工期の短縮(一体輸送範囲の拡大)
- (3) 最新監視装置・故障点標定装置適用による高経年GISの状態監視と更新時期の適正化、及び事故復旧の迅速化

参 考 文 献

- (1) 谷垣秀一, ほか: 550kV63kAばね操作単体GCBの開発, H25年電気学会全国大会, 6-203 (2013)
- (2) 木佐貫治, ほか: 500kV及び275(220)kV油-ガススペーサの開発, 電気学会 放電/開閉保護/高電圧合同研究会, ED-13-111, SP-13-034, HV-13-072 (2013)
- (3) 永野 誠, ほか: 高経年500kV変電機器の最新技術適用による更新工事完成, H27年電気学会電力・エネルギー部門大会, 8-310 (2015)
- (4) 柏木紘典, ほか: 磁気アーク駆動遮断方式接地開閉器の開発, H23年電気学会全国大会, 6-284 (2011)
- (5) 柳井健人, ほか: 高経年550kV GCBのばね操作GCBへの更新, H26年電気学会全国大会, 6-278 (2014)
- (6) 中内慎一郎, ほか: 大容量550kV縮小形GISの開発, H27年電気学会電力・エネルギー部門大会, 7-291 (2015)
- (7) 永田慎一, ほか: 高経年ガス遮断器の劣化診断へのスローリーク監視の適用性に関するフィールド評価, H24年電気学会電力・エネルギー部門大会, 6-315 (2012)
- (8) Kamei, M., et al.: Influence of Sensor Information Accuracy on Condition-Based Maintenance Strategy for GIS/GCB Maintenance, IEEE Trans. Power Delivery, **26**, No. 2, 625~631 (2011)

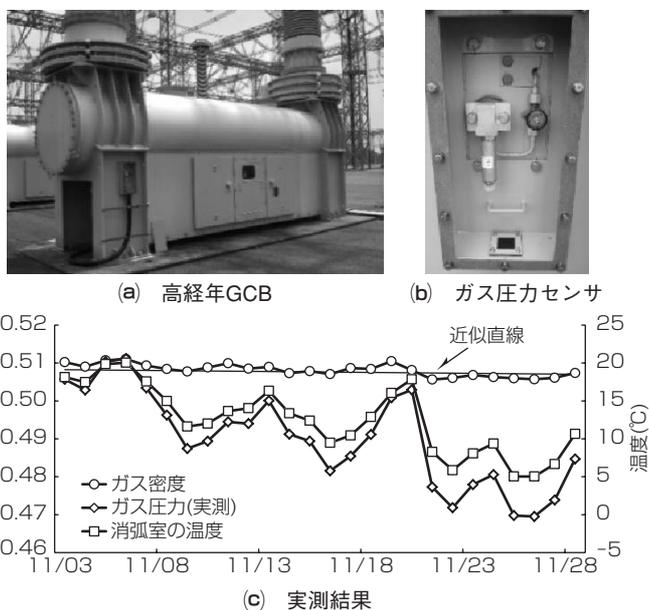


図8. ガススローリーク監視⁽⁷⁾

表1. ガス圧力センサの仕様⁽⁸⁾

	現行品	従来品
分解能	10Pa(100dB)	1,000Pa(60dB)
精度	±0.1%	±0.5%
寿命	40年以上	10~15年
長期安定性	±0.004%/年	±0.1%/年
総合誤差(10年以上)	0.15~0.25%/年(<0.5%/年)	1~2%/年(>0.5%/年)