

ガス絶縁開閉装置の標準化・シリーズ化

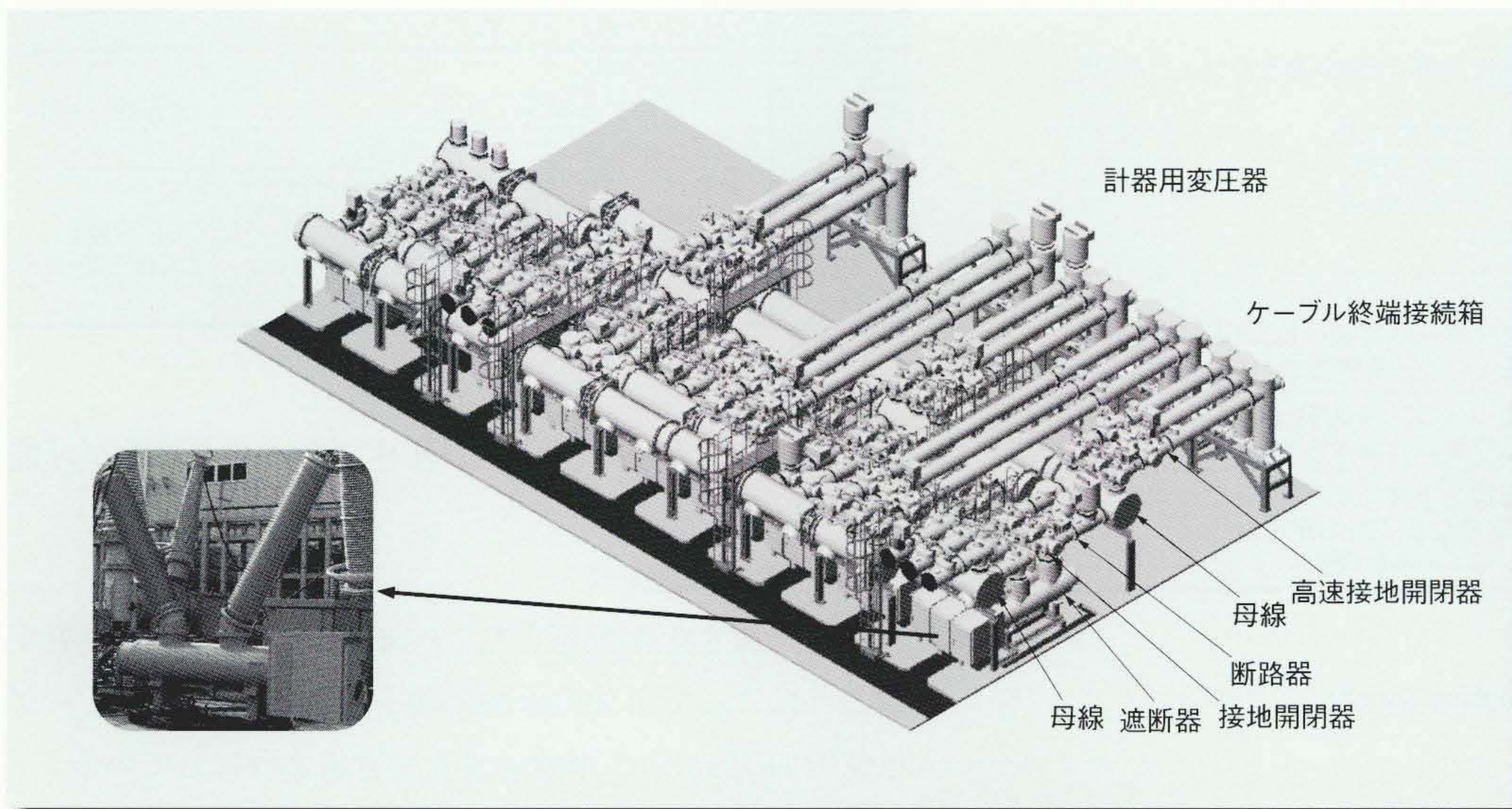
Serialization of Standard Gas Insulated Switchgear

岡部 守 Mamoru Okabe

山田 均 Hitoshi Yamada

岡田 明 Akira Okada

山根雄一郎 Yûichirô Yamane



標準化362 kV 63 kAガス絶縁開閉装置の外観(左)と構造(右)

ガス絶縁開閉装置の標準化とシリーズ化の例として、362 kVガス絶縁開閉装置の構造を示す。主母線が三相一括、その他は相分離で構成しているのが特徴である。

日立製作所は、今回、仕様を標準化したガス絶縁開閉装置を開発し、シリーズ化した。これは、コンパクトで信頼性の高いガス絶縁開閉装置をさらに小型・軽量化し、「産地直送」の思想を取り入れたもので、1ベイ一体輸送を可能にしている。

開発にあたっては、各種単線結線図に対応できるように、構成機器をモジュール化して部品点数を低減し、信頼性の向上を図った。特に、主要機器である遮断器については、極間にコンデンサを設けない新小型消弧室を開発し、低操作力での駆動を可能とした。245 kVまでは三相一括電動ばね操作方式の、300 kV以上では新型油圧操作器を用いた各相操作方式のそれぞれのシリーズ化が完成した。断路器については、168 kVまではブレード方式の3ポジション型、245 kV以上はリニア駆動方式の3ポジション型とし、シリーズ化を図った。主母線は、すべての電圧階級で三相一括形を標準とし、据付け容積を縮小化した。これにより、このシリーズのガス絶縁開閉装置全体の平均では、従来比で50%以上の容積の縮小化を達成した。

1 はじめに

電力の自由化に伴い、変電機器の市場では規制緩和が進み、機器の低価格化が進んでいる。また、変電機器の都市部への設置が増え、機器のいっそうの縮小化も要求されている。変電機器に対する信頼性についても、IT (Information Technology) を用いた機器の普及に伴い、さらに重要性を増してきている。

GIS (Gas Insulated Switchgear: ガス絶縁開閉装置) が変電機器の主流となってから30年が経つ。この間、遮断器の大容量化、遮断点数の低減、エアレス化など、さまざまな開発が行われ、進展してきた。

一方、GISの構成は、単母線方式、二重母線方式、リング母線方式などユーザーによって多岐にわたっているため、これまでは個別の設計による対応が行われてきた。しかし、最近では市場の低価格移行が進み、高効率の生産

体制を確立することが急務となっている。このため、日立製作所は、GISの小型、軽量化とともに、標準化とシリーズ化を図った。

ここでは、この標準化・シリーズ化したGISについて述べる。

2 標準化GISの構成

2.1 全体構成と特徴

標準化GISの設計コンセプトを表1に示す。

標準化したGISでは、据付け容積を最小化するため、204 kVまでは全三相一括形で、220 kV以上は主母線を三相一括形とする構成とした。また、屋内と屋外での共用化を図り、屋外仕様では、主回路フランジに液体パッキングを注入することにより、耐環境性を考慮している。

組立・据付け作業では、1ベイ単位の組立と一体輸送によって合理化と信頼性の向上を図っている。遮断器で

表1 標準化GISの設計コンセプト

すべての定格電圧で設計コンセプトを同一とすることにより、標準化を図ることができた。

GIS全体	(1) 部品点数の低減、小型・軽量化による信頼性の向上 (2) 各種単線図にも同一構成機器モジュールで対応 (3) 一体輸送できる構成寸法 (4) GCBの両側にCTを配置 (5) 絶縁スペーサの縦形配置 (6) 屋内・屋外共用
GCB	(1) 極間コンデンサレス (2) 245 kVまで三相一括電動ばね操作方式、300 kV以上は各相の油圧操作方式
DS/ES	(1) 3ポジションタイプの全電動操作方式 (2) 線路用ESは電動ばね操作方式
主母線	(1) 三相一括母線を基本とし、相分離母線にもGIS構成の変更なしで対応が可能 (2) 各ベイ間にベローズを設置

注：略語説明
GCB (Gas Circuit Breaker)
DS/ES (Disconnecting Switch/Earthing Switch)

は、245 kVまでは電動ばね操作方式を用い、168 kVから245 kVまでの遮断器については各相操作、三相一括操作のどちらでも対応できるようにしている(表2参照)。絶縁スペーサはパーティクルの影響を受けない縦形配置を基本とし、絶縁信頼性の向上を図っている。

2.2 標準化GISの機器構成

各機器の構成について以下に述べる。

2.2.1 GCB

- (1) 72 k~204 kVまでは三相一括共用タンクとし、ばね操作型とした。245 kVは相分離タンクで電動ばね操作、300 k~420 kVは相分離タンクで油圧操作とした。さらに、極間コンデンサーレスとしたほか、全定格のGCBとも新小型パuffa消弧室の採用によって小型・軽量化を図っている。
- (2) GCBの両側にCT(Current Transformer)を配置で

表2 標準化GIS用遮断器のシリーズ化の内容

遮断器の操作方式を電動ばね操作と新型油圧操作の2種類とすることにより、標準化を図ることができた。

定格電圧 (kV)	遮 断 電 流 (kA)					GIS構成
	25	31.5	40	50	63	
72～84	電動ばね操作			—	—	全三相一括形
110～145	電動ばね操作			—	—	
168～204	電動ばね操作(単相または三相一括操作)				—	
220～245	電動ばね操作(単相または三相一括操作)					相分離形 主母線三相一括形
300～362	新型油圧操作(一点切り, 極間コンデンサレス)					
420	新型油圧操作(一点切り, 極間コンデンサレス)					
550	新型油圧操作(二点切り)					

きる構造を標準とし、片側の仕様になっても対応が可能としている。

2.2.2 主母線

- (1) 主母線を上部配置とし、ベイ間にベローズを設置することによって単独の母線着脱を可能とし、各フィーダ単位でのGISからの単独着脱もできるようにしている。
- (2) 主母線は三相一括形を基本とし、相分離母線時にもGISの配置変更をすることなく対応できるようにしている。

2.2.3 DS/ES

- (1) 168/204 kV以下の三相一括形ではブレード式の3ポジション型を、220 kV以上の相分離形ではリニア式の3ポジション型をそれぞれ採用し、小型・軽量化を図っている。
- (2) 操作器を全電動方式化とし、制御回路のプリント基盤化などで配線を不要とした。

2.2.4 ZLA(酸化亜鉛避雷器)

高耐圧素子の採用によって小型・軽量化を図るとともに、絶縁レベル低減により、絶縁協調の強化を可能とした。

2.2.5 ケーブルヘッド

72 k~168 kV、2,000 mm²までのケーブルヘッドでは、IEC(国際電気標準会議)規格にこだわらないプラグイン

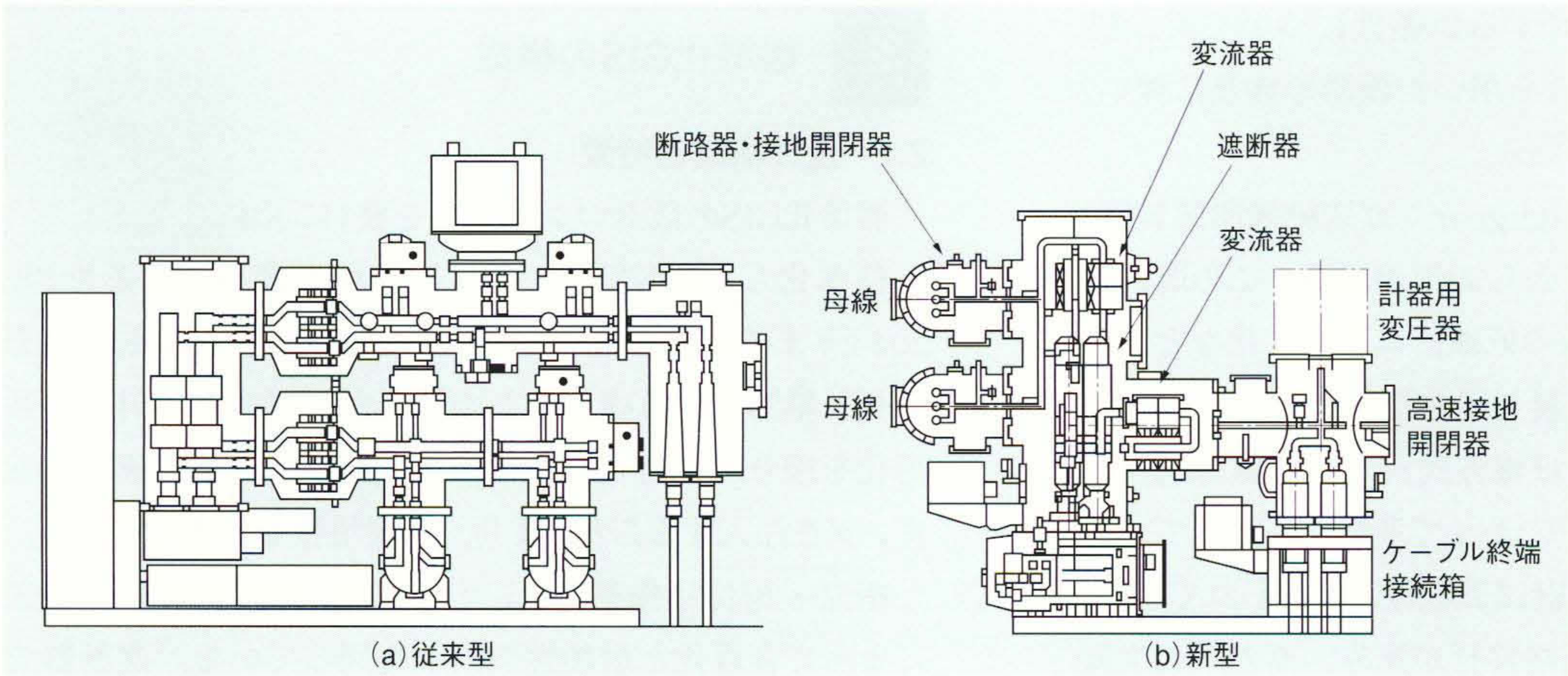


図1 145 kV 40 kA GISの新旧構造比較
標準化GISでは、従来型に比べてタンク数を削減し、絶縁スペーサを垂直位置とすることにより、絶縁信頼性を向上させている。

タイプのコンパクト型コネクタ方式を採用している。

3 標準化GISの構造

3.1 新旧比較

145 kV GISにおける従来型と今回開発した標準化GISの構造比較例を図1に、各電圧における据付け容積の縮小化率を表3にそれぞれ示す。

3.2 標準化GISの構造

ベイ単位で一体輸送し、現地へ輸送する。外観と内部構造を図2に示す。断路器(3ポジション型)の構造を図3に示す。

断路器用と接地開閉器用可動子が共用となっているこ

表3 標準化GISの据付け容積縮小化率

標準化GISでは、従来に比べて据付け容積を大幅に縮小することができた。

定格電圧(kV)	据付け容積縮小化率(従来比)
110～145	26%
168～204	33%
220～245	25%
362	44%
420	40%
550	50%

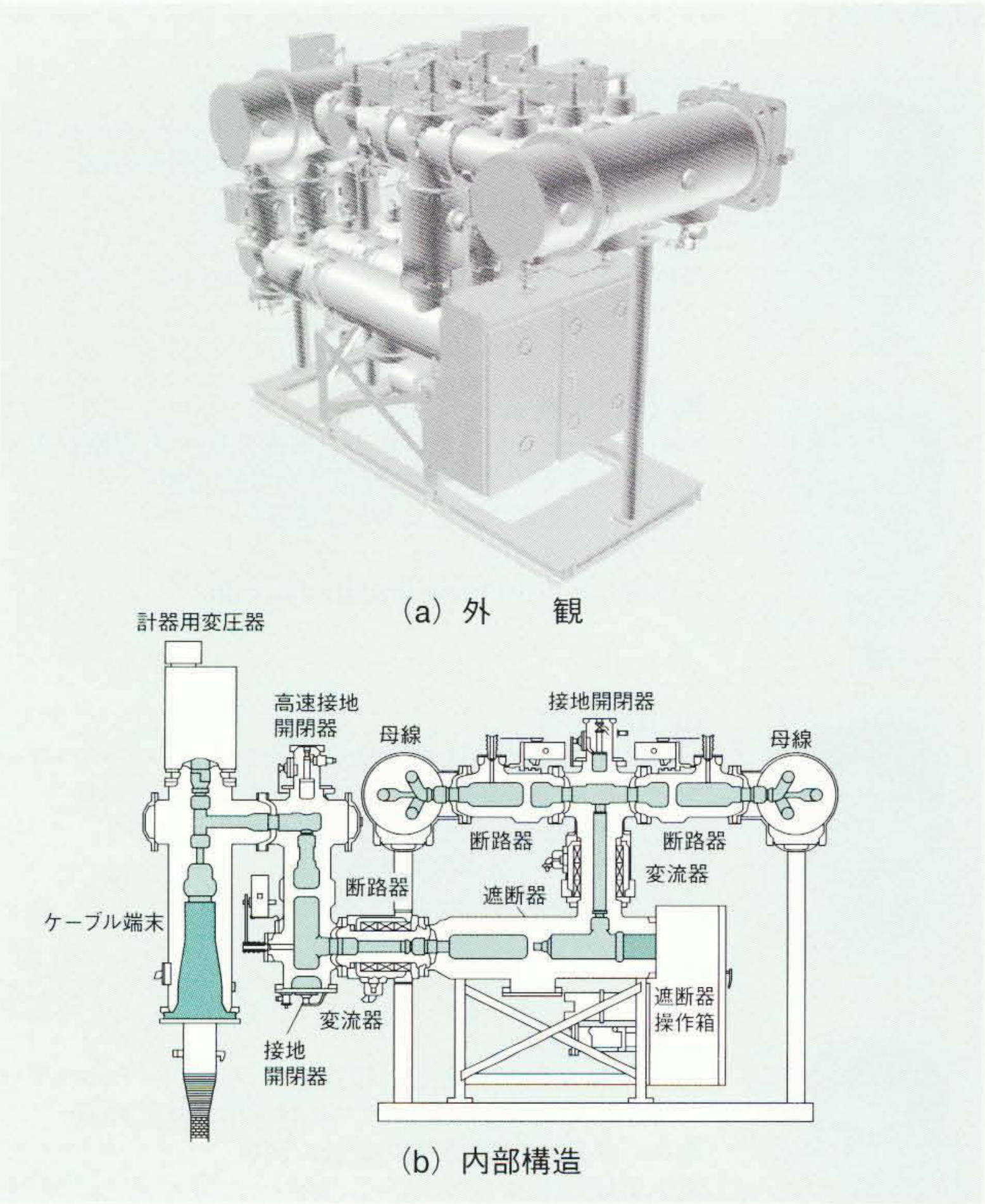


図2 標準型245 kV 50 kA GISの外観と内部構造
主母線を三相一括とすることにより、据付け容積を縮小した。

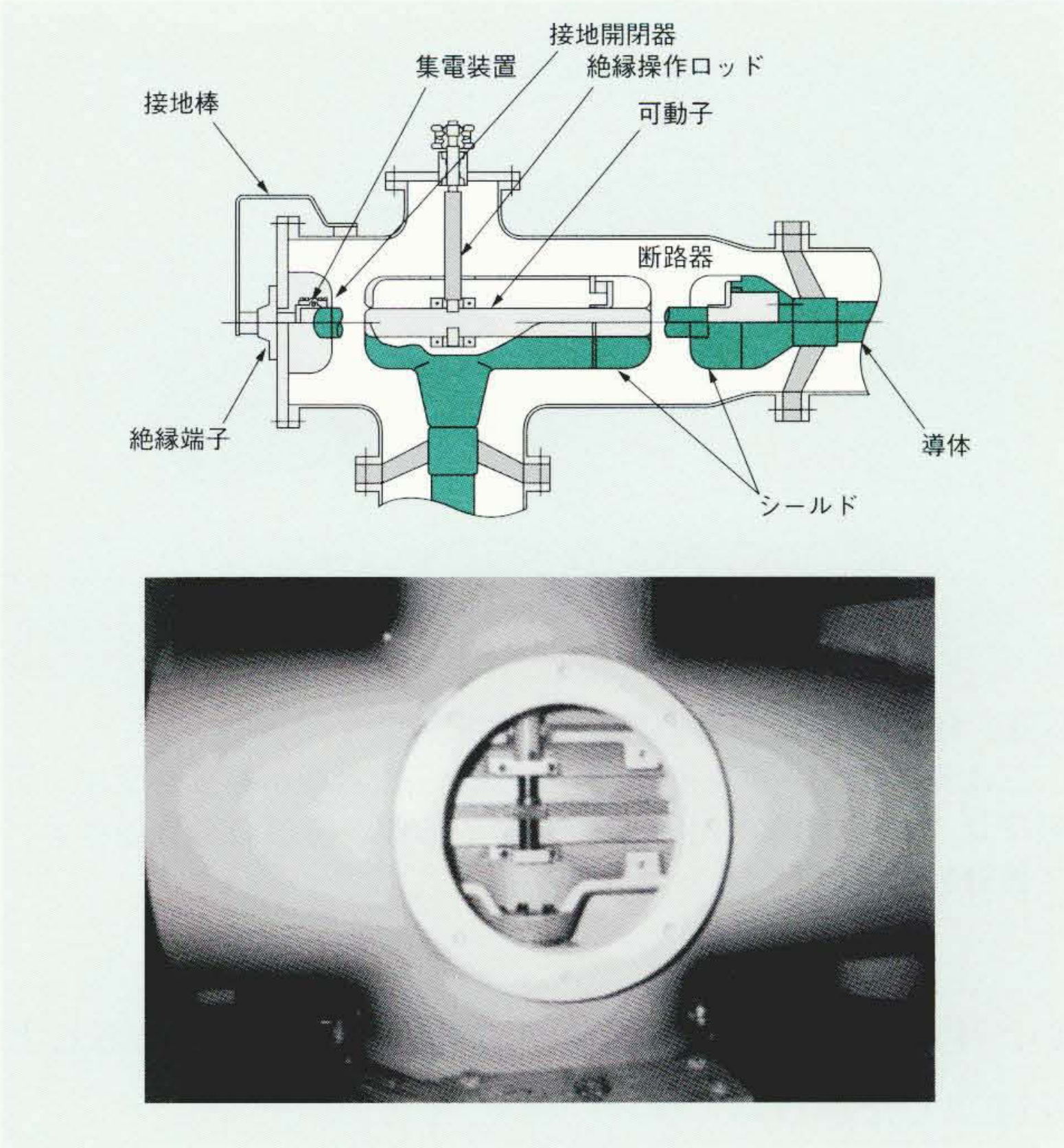


図3 3ポジション型DS/ESの構造
断路器と接地開閉器の可動子を共用とし、歯車方式で駆動する構造を採用した。相間の駆動力の伝達にはチェーンを採用している。

とから、断路器が開路しなければ接地開閉器が閉路できない構造としている。このように、おのずから機械的なインタロックが形成される構造とすることにより、部品点数削減による小型・軽量化も図っている。

4 標準化GISの設計手法

4.1 三次元データの積極的な活用

標準化GISの設計では、三次元CADを活用することにより、部品の組立・解体性を机上で確認することができ、信頼性を検証した。

機器のメンテナンス性については、操作性や作業性をCAD上で検証することが可能となった。実際に実規模試作器を製作し、設計思想が実器に十分生かされていることを検証した。

4.2 高精度解析技術の適用

標準型GISの開発では、三次元CADデータとリンクした三次元電界解析・三次元機構解析・三次元構造解析を用いることにより、各機器の最適形状を決定した。解析によって決定した設計形状の評価は、実規模モデルで検証してから実器に採用した。

三次元電界解析結果の例を図4に示す。この解析は、母線断路器の開路状態での極間・対地・相間の電界を求めたものである。解析結果の評価は面積則を使用して行

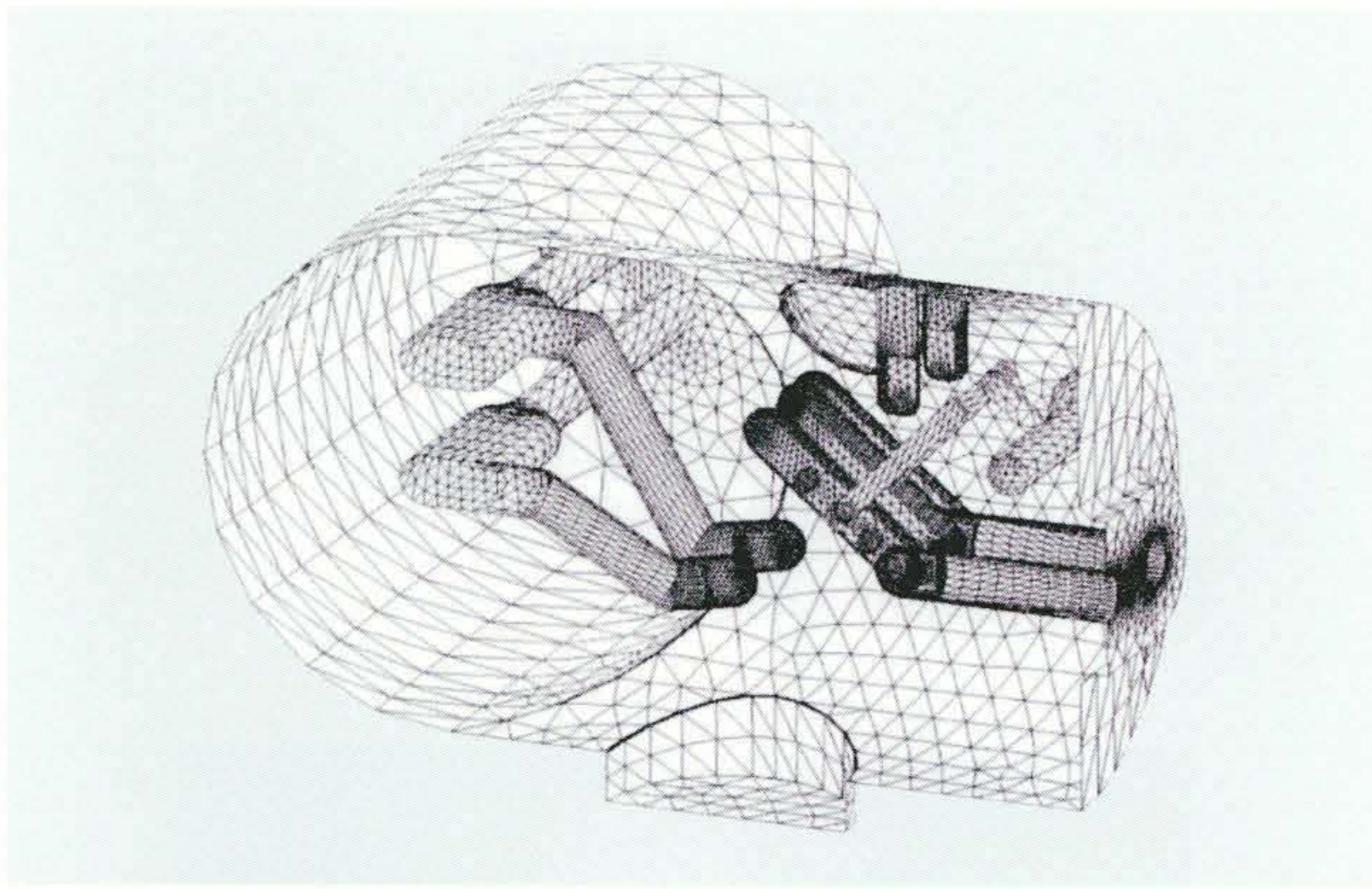


図4 168 kV母線断路器電界の解析結果

三次元CADデータを基に行った三次元電界解析結果を示す。可動子はブレード式の3ポジション型である。各部の電界値はすべて設計許容値以下となっている。

い、すべての部位で電界値が設計許容値以下であることを確認した。

4.3 設計データの検証結果

各手法で設計した結果を評価するため、それぞれの電圧階級ごとに試作器を製作して評価を行った。通電性能に関しては、温度上昇試験を実施し、内部導体および外被の温度上昇値が、すべて許容値以下であることを確認した。電流の短時間通電性能についても、規格値の電流を通電し、異常のないことを確認した。機械的強度の評価では、GISとして耐震解析を行い、強度上問題がないことを確認している。輸送上の強度評価では、輸送試験によって内部導体固定部・容器付け根・サポート部で輸送時に発生する応力を測定し、それぞれが許容以下であることを確認した(図5参照)。

開閉機器の強度評価については、連続開閉試験をそれぞれの機器について行い、支障なく動作ができることと、駆動系と内部部品に異常な摩耗などがなかったことを確認した。GCBの油圧操作器、電動ばね操作器では2万回の寿命試験を実施し、また、今回の標準化で新規に採用した3ポジション型断路器では、規格値1,000回に対して1万回の連続開閉試験を行い、機構部内部および駆動系のチェーンの強度に問題がないことを確認した。

耐電圧性能については、それぞれの電圧階級ごとに商用周波耐電圧試験・インパルス耐電圧試験を行い、すべての機器で規格値を満足する結果を得た(図6参照)。また、限界試験であるフラッシュオーバー試験の結果、規格値に対して20%以上の裕度を確認した。

以上により、今回開発した標準型GISでは、すべての項目について規格値を満足させていることを確認した。



図5 GISの輸送の様子
1ベイ一体輸送試験により、強度上で支障がないことを確認した。

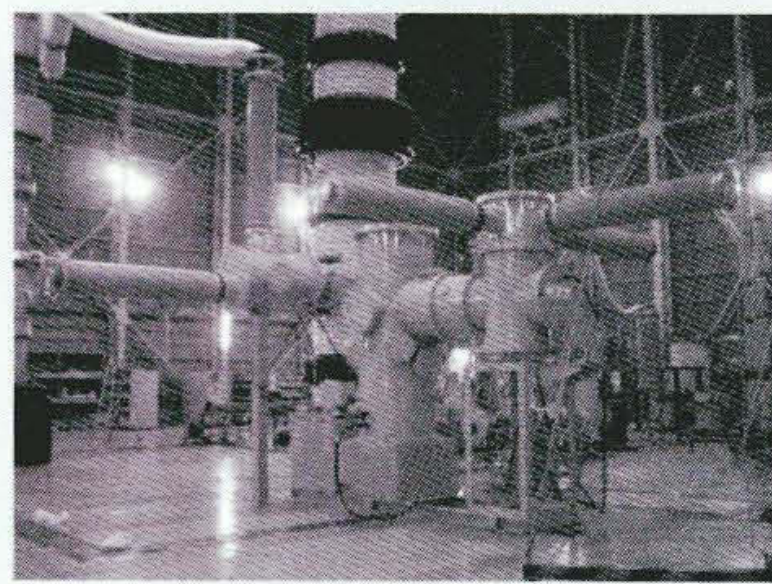


図6 GISの耐電圧試験の様子
すべての部位で規格値の耐電圧性能を確認することができた。

5 おわりに

ここでは、日立製作所の標準化GISのシリーズ化について述べた。

今後は、デジタルリレーによる低負担CTやPT (Potential Transformer)の採用、予測保全装置を取り入れたGISのインテリジェント化を図っていく計画である。

執筆者紹介



岡部 守

1983年日立製作所入社、株式会社日本エーイーパワーシステムズ 国分事業本部 ガス絶縁開閉装置部 所属
現在、ガス絶縁開閉装置の設計に従事
電気学会会員
E-mail: mamoru_okabe @ pis. hitachi. co. jp



岡田 明

1981年日立製作所入社、電力・電機グループ 電機システム事業部 変電システム本部 海外変電部 所属
現在、海外変電プロジェクトに従事
土木学会会員
E-mail: akira_okada @ pis. hitachi. co. jp



山田 均

1992年日立製作所入社、株式会社日本エーイーパワーシステムズ 国分事業本部 ガス絶縁開閉装置部 所属
現在、ガス絶縁開閉装置の設計に従事
電気学会会員、日本機械学会会員
E-mail: hitoshi_yamada @ pis. hitachi. co. jp



山根雄一郎

1993年日立製作所入社、株式会社日本エーイーパワーシステムズ 国分事業本部 ガス絶縁開閉装置部 所属
現在、ガス絶縁開閉装置の設計に従事
電気学会会員
E-mail: yuuichirou_yamane @ pis. hitachi. co. jp