

産業用ガス絶縁変電所

SF₆ Gas-insulated Sub-Station for Industrial Use

ガス絶縁変電所は、据付面積の縮小、信頼性の向上、保守点検の省力化など数多くの長を有しているが、機器そのものは従来形変電所に使用される機器に比べてコストが高いため、電力会社の都市部変電所向けなど制約条件の特に厳しい場所に使用範囲が限定されていた。しかし、電力需要の集中化、地価の高騰及び建築費の増大は著しく、無保守化の要求と相まってガス絶縁変電所の要求は急増しつつある。一方、従来の三相分離形構造に対して機器の三相一括化などモデルチェンジによる合理化・縮小化が進められ、電力需給用変圧変流器など一般産業用特殊機器の開発が完了したことにより、各種産業用受変電設備としてもガス絶縁変電所が取り上げられ、各所において計画が進められている。そこで産業用受変電設備への適用面よりみた日立ガス絶縁変電設備の特長、構造、保護、構成、配置などについて今回開発した三相一括形を中心に紹介する。

三和田 智* Satoshi Miwada

丸山 征一* Seiichi Maruyama

大門 五郎* Gorô Daimon

安藤 俊夫* Toshio Andô

1 緒 言

最近の受変電設備では電力の安定供給という基本条件に加えて、機器の保守点検の簡素化、建設用地の縮小化、有効利用、及び騒音、美観、安全性を中心とする環境との調和が要求されている。ガス絶縁変電所（SF₆ Gas-insulated Sub-Station以下、GSSと略す）は、これらの要求にこたえるために開発された新技術で、受変電設備のうち、しゃ断器、断路器、母線、変流器、避雷器、計器用変圧器などの機器を絶縁性能の優れたSF₆ガスを密封した金属容器内に設置したもので、これにより従来の大気絶縁方式受変電設備において建設上問題となる用地難、塩塵害、気象条件などの影響、安全性の確保などの諸制約を一挙に解決した。これらの長を有するGSSは、電力会社の都市部変電所、ビルの変電所、負荷増強に伴う昇圧、増設工事などによる大幅な縮小化が望まれる変電所、あるいは塩害、塵害、腐食性ガスなどが多く、

従来の大気絶縁方式では高い信頼度の確保、保守の省力化が図れない臨海地区設置の発・変電所、ガス・石油プラント用受変電設備などに幅広く採用されつつある（図1）。日立製作所では早くからこの新技術の開発に着手し、昭和44年に中部電力株式会社守山変電所において77kV変電所を実用化し、引き続き昭和45年より同社三河変電所における154kV級及び275kV級GSS実用化のための長期課電試験を実施してきた。その後、昭和47年に同社牛島町変電所において154kV級GSSが、更に昭和48年には九州電力株式会社川内火力発電所において220kV級GSSがそれぞれ運転を開始しており、現在までに22セット70回線分が運転中である。これらは、三相分離形構造のGSSであるが、この実績を踏まえて更に機器の三相一括化によりいっそうの設備の縮小化を図り、取引用計器用変成器（以下、MOFと略す）など一般産業用特殊機器の開発も

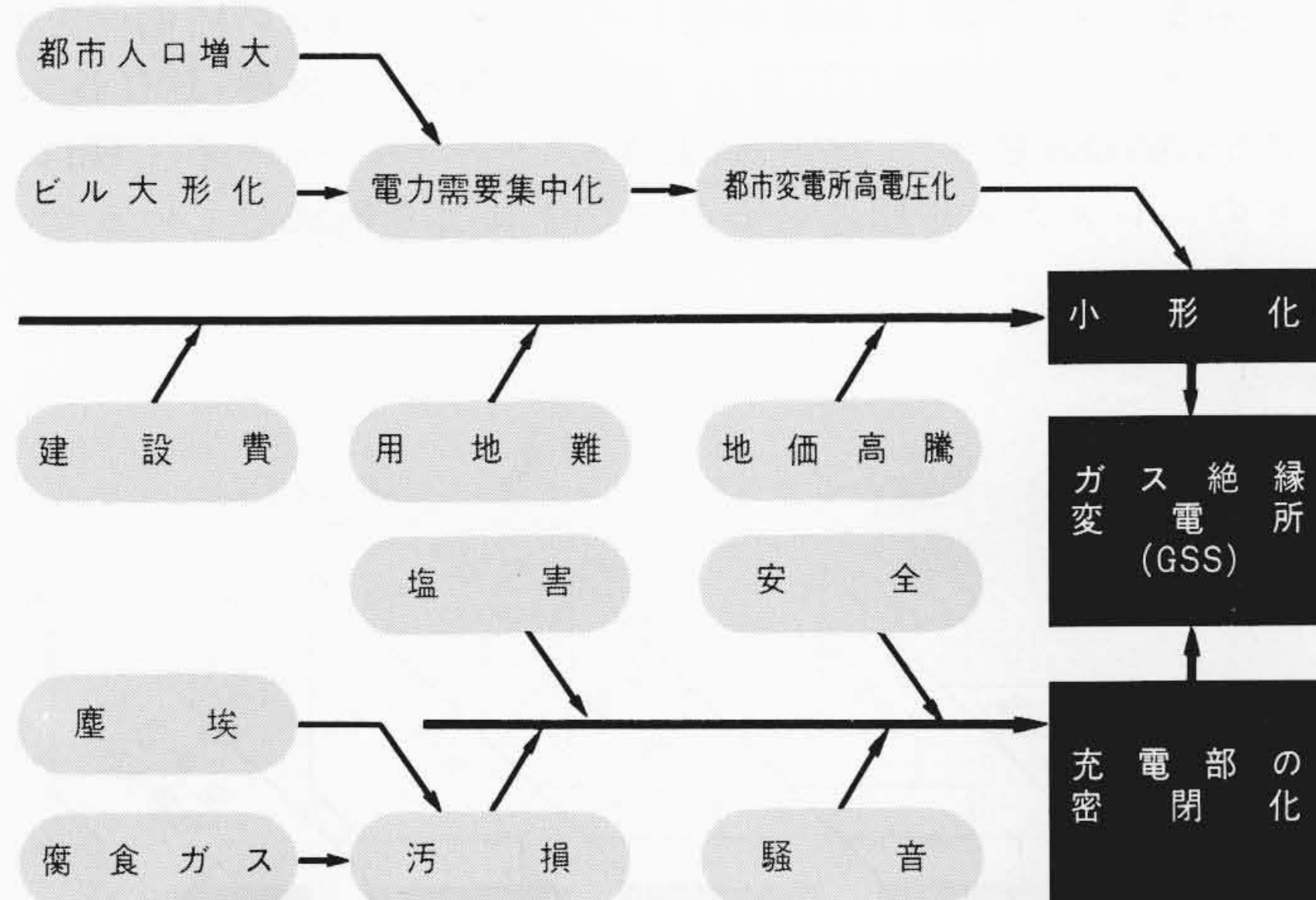


図1 GSSの必要性 小形化、充電部の密閉化を大きな二つの目的としてGSSは採用されている。

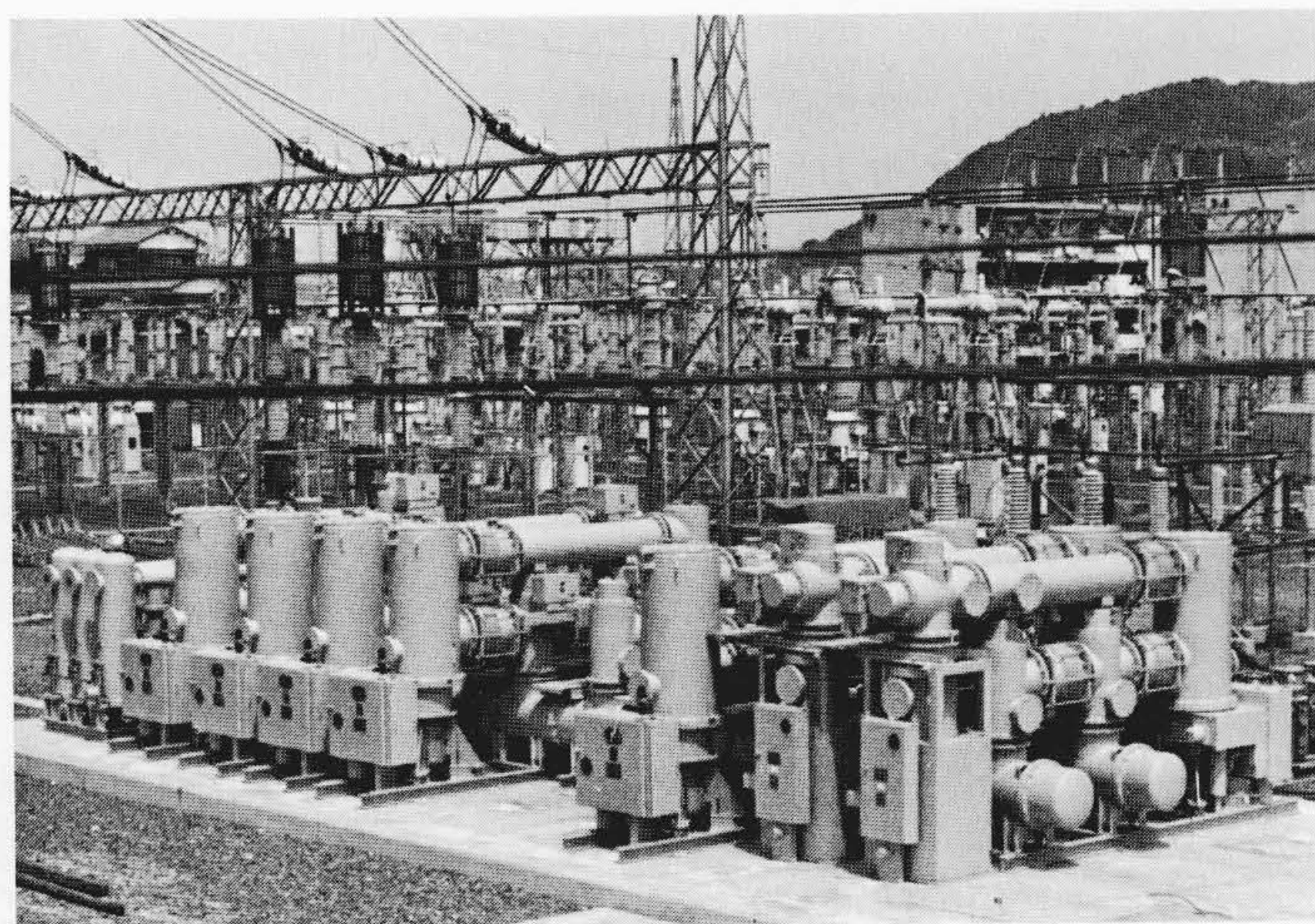


図2 九州電力株式会社唐津変電所納め66kV 日立GSS しゃ断器を含めすべての機器を三相一括化した世界最初の製品であり、GSSの特長がより生かされている。

* 日立製作所国分工場

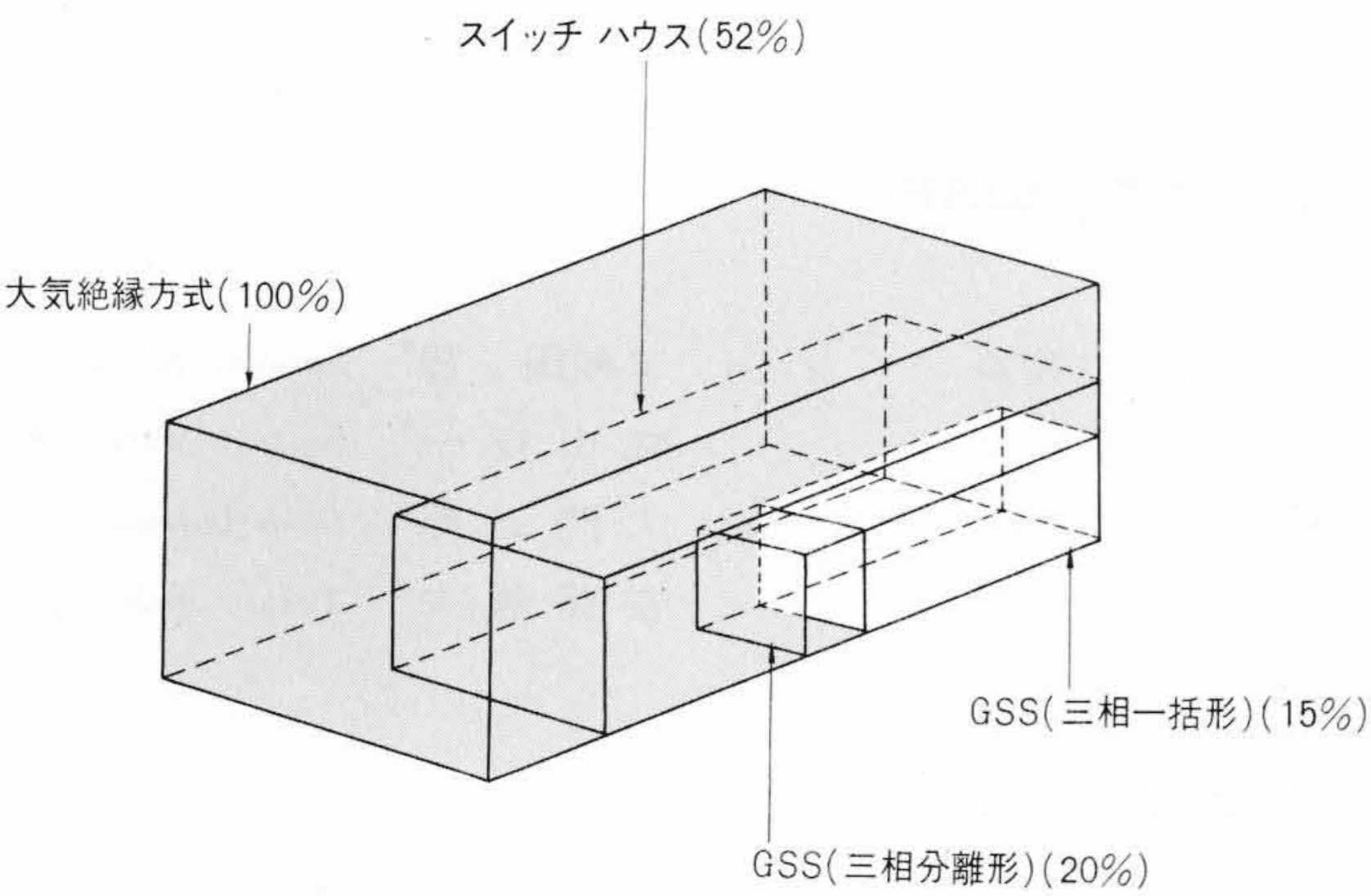


図3 66/77kV変電所面積比較 特高部分のみを比較すると、GSSは据付面積で従来形の約1/5、スイッチハウスの約1/3であり、三相一括化により更に縮小されている。()内は据付面積比を示す。容積では更に縮小される。

進めて、九州電力株式会社唐津変電所、O大学などに納入した。以下、66/77kV三相一括形GSSを中心に、その構造及び特長について紹介する(図2)。

2 特 長

- (1) 据付面積の画期的な縮小化
据付面積は大気絶縁方式に比べて約1/5、スイッチハウス方式に比べて約1/3と大幅に縮小される(図3)。
- (2) 高信頼性
導電部、絶縁部、接触部などすべての充電部がガス充填された金属容器中に完全密閉されているので、塩害、大気汚染、台風など外部ふんい気の影響をいっさい受けず、長期にわたって高い信頼性が保持できる。
- (3) 高い安全性
充電部は完全に接地金属で覆われているため、感電の心配が全くない。また、SF6ガスは不燃性のため火災の危険もなく安全性が向上するため、大都市周辺など過密地域の変電所に最適である。
- (4) 低騒音
しゃ断器を含めて開閉装置全体が完全密閉形なので、動作時の騒音も低く、誘導障害の心配もない。
- (5) 保守、点検の省力化
電気的、化学的に安定したSF6ガスを使用した完全密閉形のため、経年変化が少なく信頼性の高い装置である。保守、点検はほとんど不要であるが、点検時の作業性を考慮して合理的な機器配置としてガス室の区分に考慮を払い、このほかガス密度検出器(温度補償付圧力低下警報装置)、接地開閉器など十分な保護対策を施している。
- (6) 据付期間の短縮化
工場において組立試験されたGSSは、ほぼ組立状態のまま現地に輸送できるので、据付作業が簡単で工期が従来の約1/2と大幅に短縮される。
- (7) 以上は三相分離形GSSとしての主な特長であるが、更に三相一括形にすることにより次の特長が付加される。
 - (a) 据付面積が三相分離形の70%となる。
 - (b) 組立ブロック数が少なくなるため、現地組立期間が三相分離形の70%に短縮され、基礎工事も簡単となる。
 - (c) 部品数が三相分離形の約1/2となり、信頼性が向上する。
 - (d) 架台の簡素化、断路器、接地開閉器操作部の三相一体

表1 GSS採用目的の具体例 GSSを実際に採用する根拠となった具体例である。変電所の設置条件により納入先を選んだ。

項 目	納 入 先	S	T	N	O
		火力発電所	デパートビル	自動車	大学
1	据付面積の縮小(生産・売場面積率の向上)	—	◎	◎	○
2	建 屋 の 縮 小	—	◎	—	◎
3	保 守 の 省 力 化	◎	◎	◎	◎
4	塩 害	◎	—	—	—
5	据付工事期間の短縮	○	○	○	○
6	安 全 性	○	○	○	○
7	騒 音	○	○	○	○
8	環 境 調 和	◎	—	—	—

注：◎は特に採用の根拠となったもの
○は採用の根拠となったもの

化により外観が簡潔となるため、いっそう環境と調和をとることができる(表1参照)。

3 SF6ガス

各種絶縁方式の比較を図4に示す。絶縁物としては各種高压ガス、絶縁油及び固体絶縁物が考えられるが、SF6ガスが最適である。SF6ガスは無色、無臭、無毒及び不燃性で、密度が空気の5倍の気体でSF6自体生理的には全く無害である。同一圧力で空気の2.5~3.5倍の絶縁耐力を有し、3気圧で絶縁油と同程度の絶縁耐力となる。また、消弧能力も空気の100倍以上あり熱的にも安定であり、無触媒では500℃まで無反応、金属材料と多量の水分が混入していても200℃まで反応しない。

4 機器の定格、仕様

表2に受電用変電所に一般に使用される66~154kV級GSSの標準定格、仕様を示す。

5 構 造

5.1 GSSの全体構造

図5に66/77kV1回線受電1バンク構成GSSの断面図を示す。ガスしゃ断器(GCB)、断路器(DS)、母線(BUS)、接地開閉器(ES)、避雷器(LA)、ケーブルヘッド(CHd)などのエレメントを組み合わせることにより構成しているが、

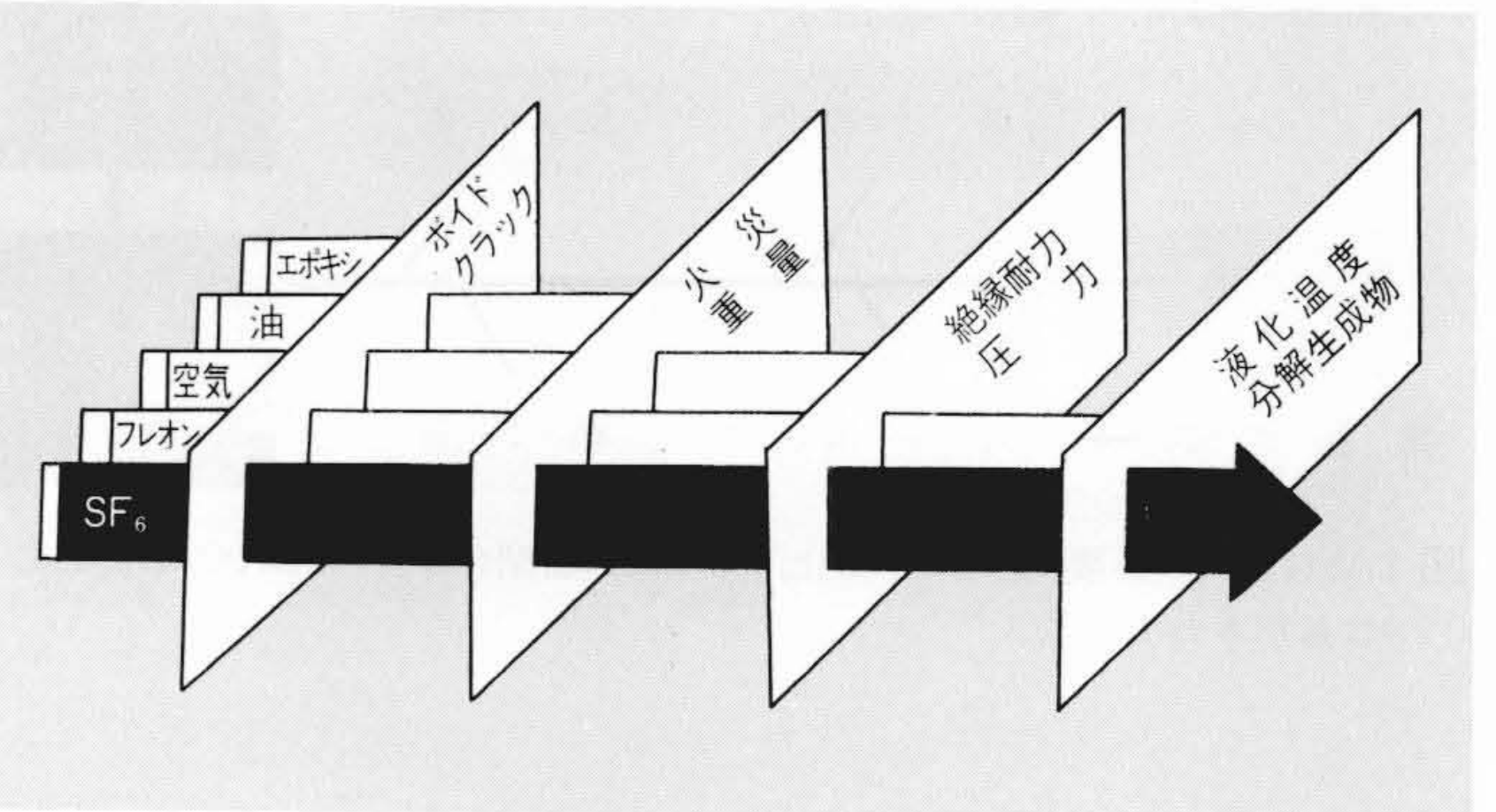


図4 各種絶縁物の特性 各種高压ガス、絶縁油及び固体絶縁物が考えられるが、SF6ガスが最適である。

これらのエレメントはすべて標準化されており、変電所の系統、用地形状に合わせて適宜組み合わせることにより、あらゆる要求に応じ得られるよう考慮されている。主回路導電部は接地容器内に収容され、適宜スペーサ、絶縁支持台により金属外被(シース)から絶縁支持されている。絶縁スペーサは

表 2 機器の定格, 仕様 66~154kV級GSSの標準定格, 仕様を示す。

No.	機 器	項 目	定 格, 仕 様	
			66/77kV	154kV
1	しゃ断器	形 式	三相一括パツファ形	相分離パツファ形
		定 格 電 圧	72/84kV	168kV
		定 格 電 流	800A, 1,200A, 2,000A	1,200A, 2,000 A
		定格しゃ断電流	20kA, 25kA, 31.5kA	20kA, 25kA
		定格しゃ断時間	3 サイクル, 5 サイクル	3 サイクル
		定格ガス圧力	5 kg/cm ² ・G	5 kg/cm ² ・G
		操 作 方 式	圧 縮 空 気	圧 縮 空 気
2	母 線	形 式	三 相 一 括 形	三 相 一 括 形
		定 格 電 圧	69/80.5kV	161kV
		定 格 電 流	800A, 1,200A, 2,000A	1,200A, 2,000A
		定格短時間電流	20kA, 25kA, 31.5kA	20kA, 25kA
		定格ガス圧力	3.5kg/cm ² ・G	3.5kg/cm ² ・G
3	断 路 器	形 式	三 相 一 括 形	相 分 離 形
		定 格 電 圧	72/84kV	168kV
		定 格 電 流	800A, 1,200A, 2,000A	1,200A, 2,000A
		定格短時間電流	20kA, 25kA, 31.5kA	20kA, 25kA
		操 作 方 式	圧 縮 空 気	圧 縮 空 気
4	接 地 開 閉 器	形 式	三 相 一 括 形	相 分 離 形
		定 格 電 圧	72/84kA	168kV
		定 格 短 時 間 電 流	20kA, 25kA, 31.5kA	20kA, 25kA
		操 作 方 式	手 動 操 作	手 動 操 作
5	変 流 器	形 式	貫 通 形	
		変 流 比	100/5 A	300/5A以上
		定 格 負 担	20VA	40VA
		誤 差 階 級	3.0級	1.0級
				600/5 A
				40VA
				1.0級
6	計器用変圧器	形 式	油 浸 形 (PT)	ガス絶縁形 (PD)
		変 圧 比	66(77)/√3 kV/110/ √3 V/110/3 V	154/√3 kV/110/√3 V/ 110/3 V
		定 格 負 担	200 VA	200 VA
		誤 差 階 級	1.0級	1.0級
7	避 雷 器	形 式	SF ₆ ガス絶縁	SF ₆ ガス絶縁
		定 格 電 圧	84/98kV	196kV
		公 称 放 電 電 流	10kA	10kA

導電部の支持のみならず、各エレメント間のガス区分をも行なえるようになっており、GSS点検の場合は必要部分のみの停電、ガスの充・排気を行ない、短時間で点検ができるように配慮されている。

5.2 ガスしゃ断器

GSS用しゃ断器は、従来から多数の実績を有するタンク形ガスしゃ断器をGSSに適するように縦形に構成したもので、構造は同一である。図6に72/84kV三相一括形ガスしゃ断器の構造を示す。超高压・大容量のガスしゃ断器で既の実績のある軸方向同期吹付方式を採用することにより小形化されたしゃ断部の各相を別々に絶縁筒の内部に入れ、三相を共通のタンク内に収納している。同図は投入状態を示し、しゃ断の場合は絶縁操作ロッドが操作機構部により下方に駆動し、これと連動してパuffa シリンダ、可動接触子及び絶縁ノズルが下方に移動する。このときパuffa シリンダ内のSF₆ガスを圧縮し、接触子開離後ノズルより圧縮ガスをアークに吹き付けて消弧する。

5.3 母 線

図7に三相一括母線の構造を示す。接地された円筒状金属容器内にアルミ パイプ導体を、分岐に適するように二等辺三角形配置として適宜絶縁支持台、スペーサで固定している。導体の接続にはチューリップ コンタクトを用いているので、伸縮を吸収可能な構造であるとともに、母線外被を接続すると自動的に導体も接続される構造となっている。

5.4 断 路 器

母線の曲り部に断路器を設ける直角形と、直線部に設ける直線形がある。図8に直角形三相一括断路器の構造を示す。開閉操作は、断路器本体の外側に取り付けられた空気操作器により可動接触子を軸方向に駆動することにより行なわれる。接触子はすべてシールドで電界を緩和しており、絶縁の信頼性が高く、SF₆ガス中で開閉するため変圧器の励磁電流しゃ断が可能である。

5.5 接地開閉器

GSSは充電部が露出していないため、従来のように保守、点検時外部より接地線を接続することができない。このため、ガスを抜かずに外部から接地できるよう必要な個所に接地開閉器を設けている。母線導体に固定接触子を設け、外被に接

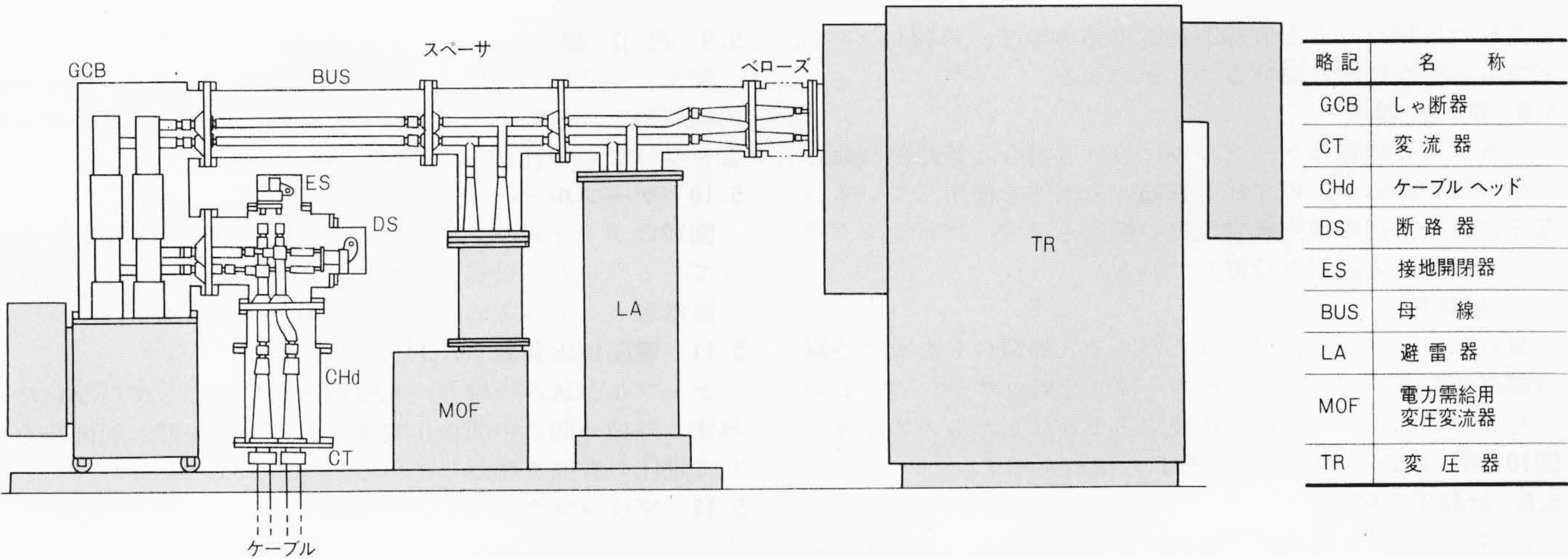


図 5 66/77kV三相一括形GSS全体構造図 66/77kV I 回線受電 I バンク構成三相一括形GSSの断面図を示す。

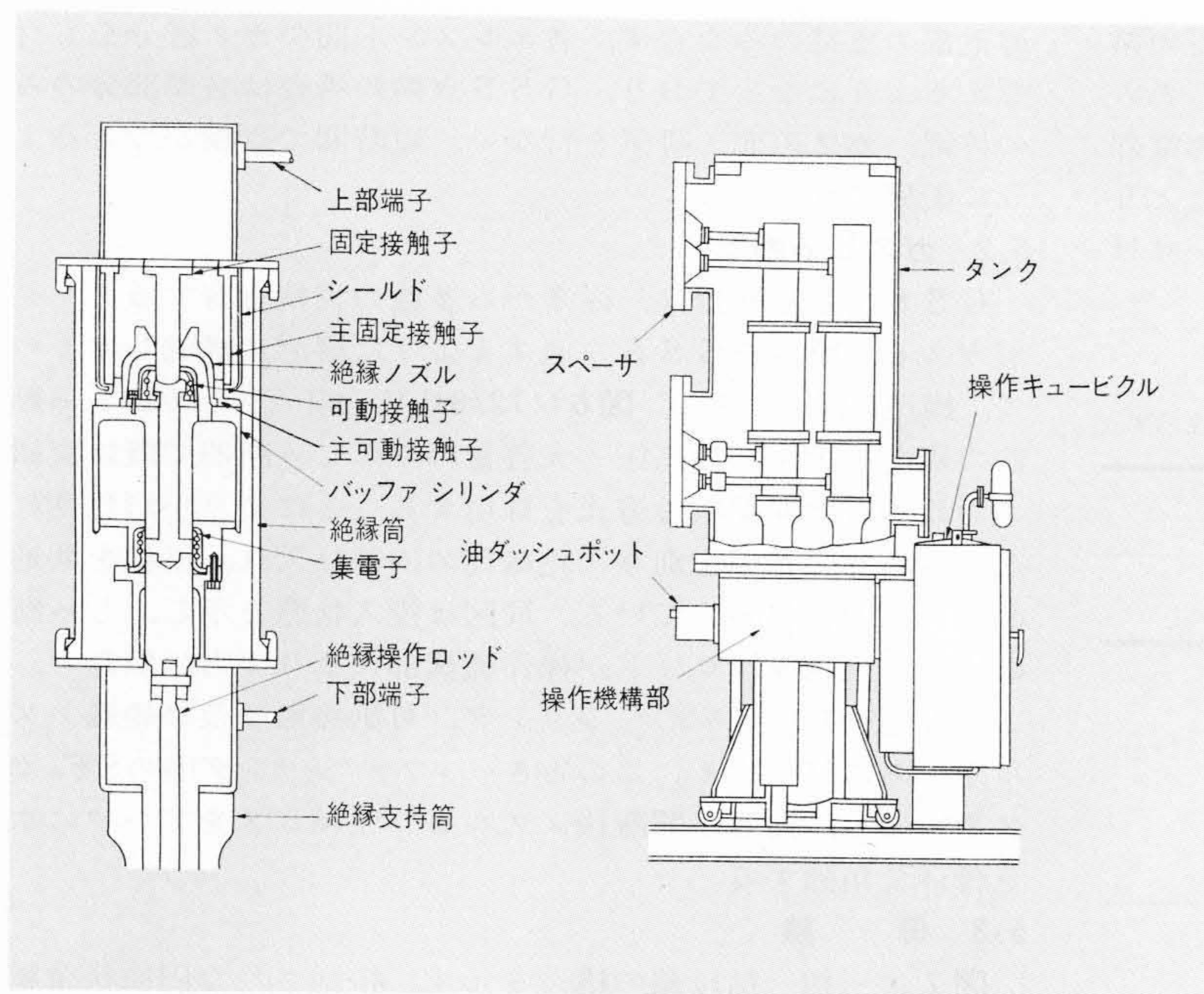


図6 72/84kV三相一括形ガスしゃ断器 しゃ断部は各相別々に絶縁筒の内部に入れ、三相を共通のタンク内に収納している。左図はしゃ断部内部を示す。

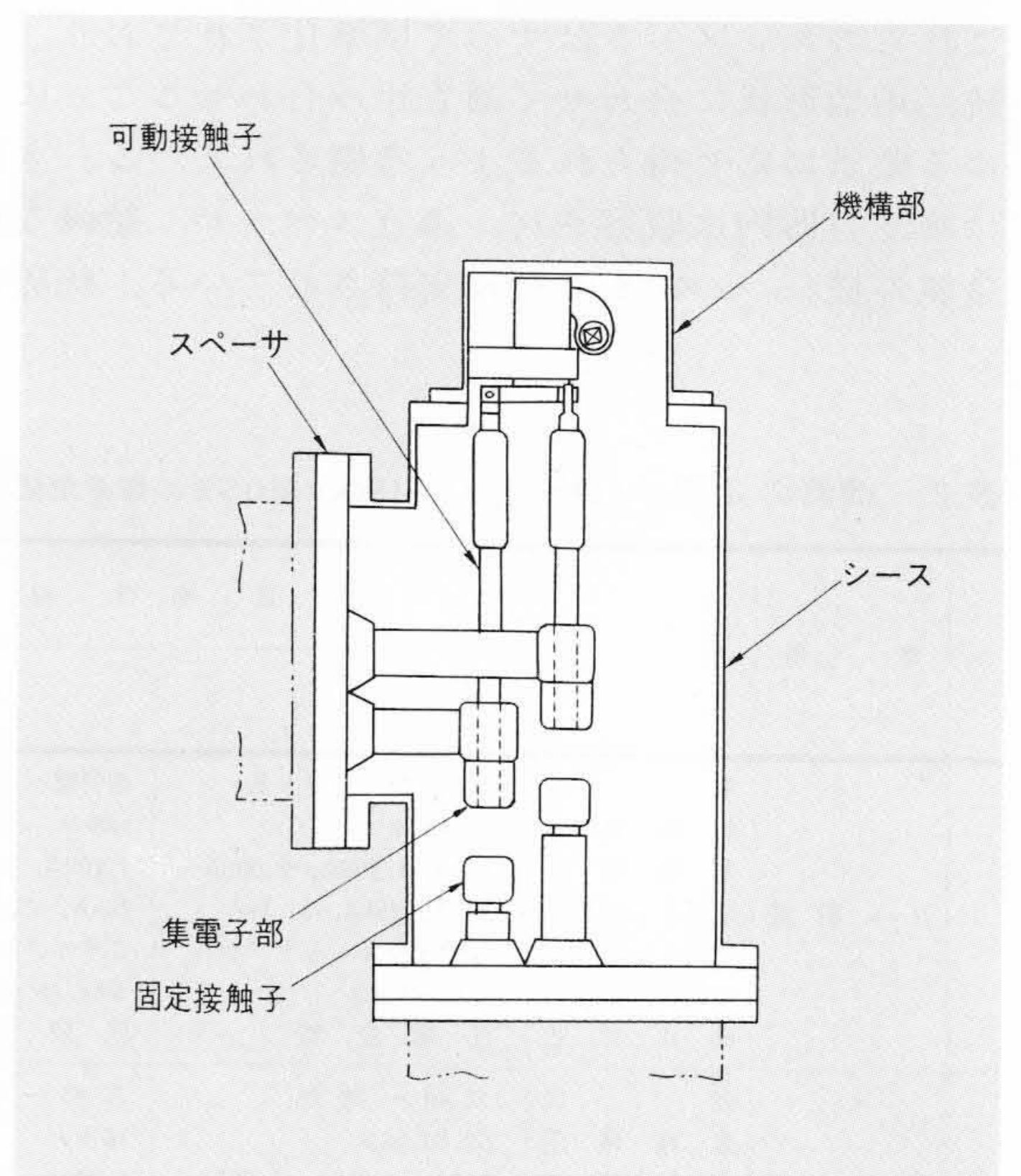


図8 断路器構造図 母線の曲り部に断路部を設ける直角形を示す。他に直線形がある。

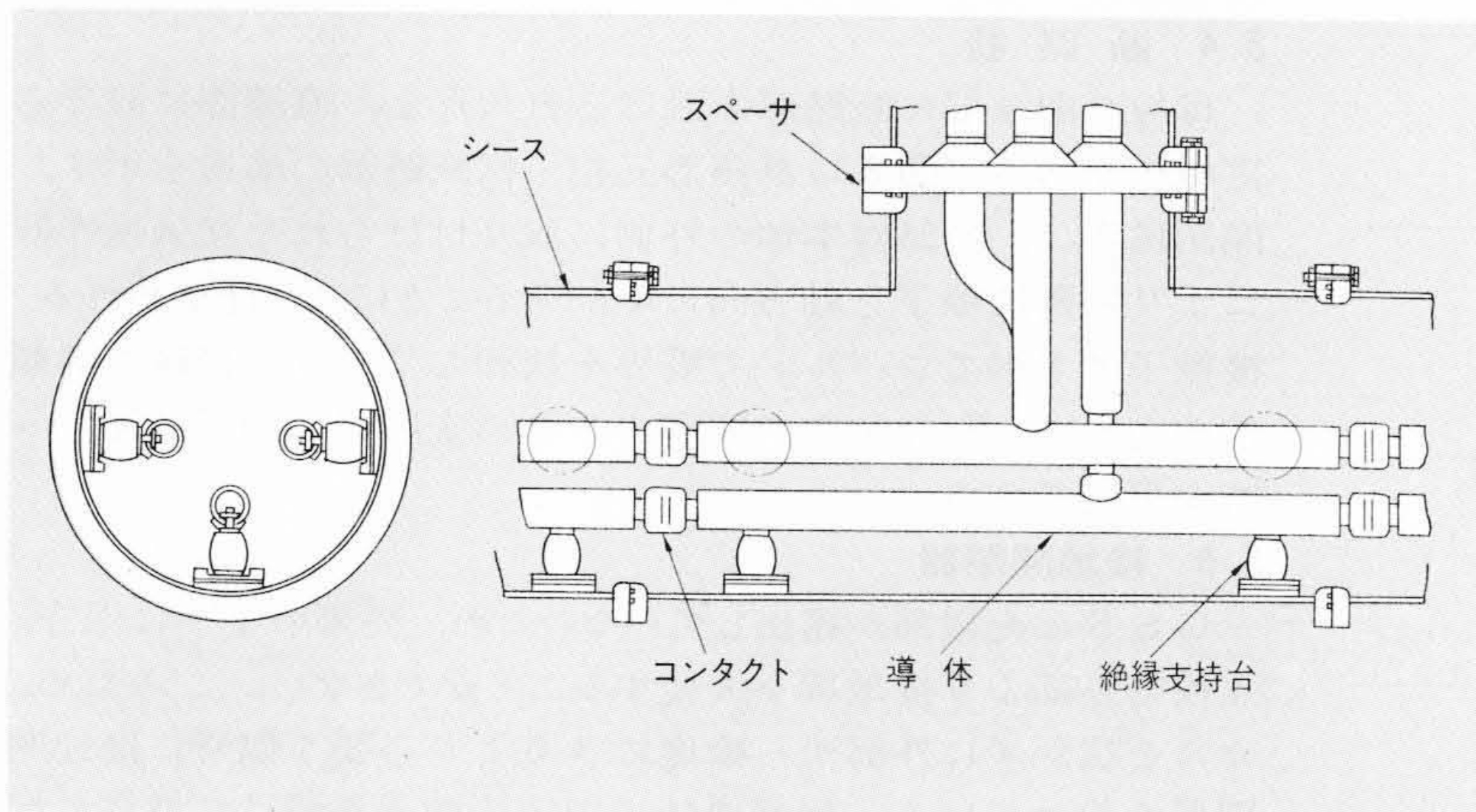


図7 三相一括形ガス絶縁母線構造図 導体は分岐に適するよう二等辺三角形配置とし、適宜絶縁支持台、スペーサで固定する。

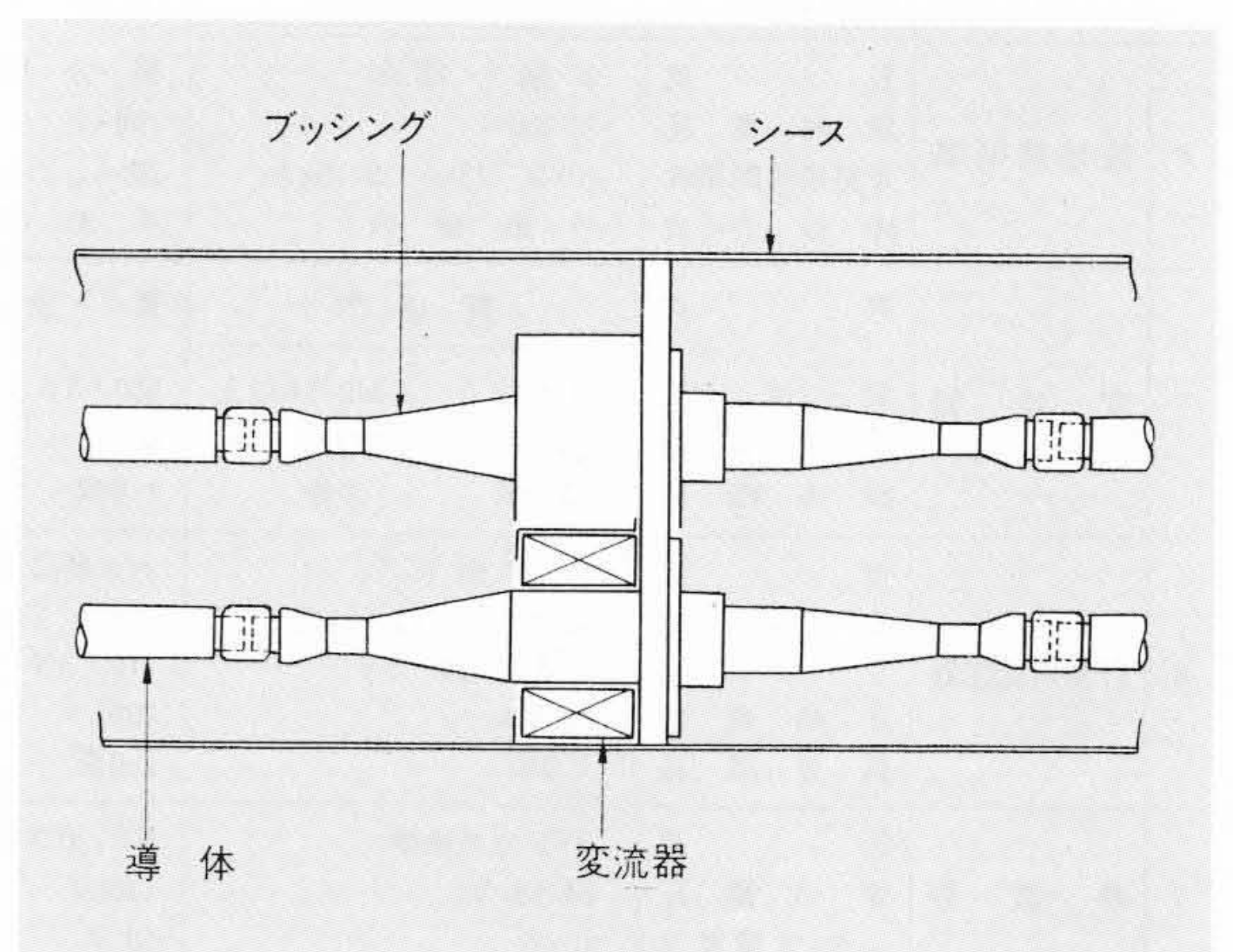


図9 変流器構造図 三相一括母線の部分にはブッシングを内蔵し、貫通形変流器を設置している。

続された接地ロッドを直線運動させるもので、母線のどの位置でも必要な個所に設けることができる。

5.6 変流器

GSS用変流器はケーブル側に設ける場合と管路部に設ける場合とがあるが、いずれも貫通形変流器を使用している。図9に三相一括母線内蔵変流器の構造を示す。ブッシングを内蔵し貫通形変流器を設置している。

5.7 MOF

MOFは従来から使用されている油入形MOFをガス絶縁母線直結形とするために、ガス-油区分用ウォールブッシングを介してガス絶縁母線に接続するようにしたものである。図10に66/77kV級GSS用MOFの構造を示す。

5.8 計器用変圧器

計器用変圧器は従来より実績のある油入形を、MOF同様ガス-油区分用ウォールブッシングを介してガス絶縁母線に直結している。

5.9 避雷器

従来より実績ある N_2 ガス封入避雷器を基本として接地容器内に収納し、 SF_6 ガスで絶縁したもので、 SF_6 ガス密度の影響を受けない特性がある(図11)。

5.10 ケーブルヘッド

図12に示すとおり、エポキシコーンを使用して小形化を図っている。また、母線との接続にはプラグインタイプを採用し直結形としているので施工が簡単で確実である。

5.11 電圧検出装置(VD)

ケーブル引込みの場合、充電部が全く露出していないため導体と外被の間に中間検出電極を設け、保安器、制御器を介して電圧の有無を確認している。

5.12 ブッシング

(1) 気中ブッシング

架空引込みの場合使用するもので、 SF_6 ガスの優れた絶縁特性を利用したガスブッシングであり、構造が簡単で軽量で

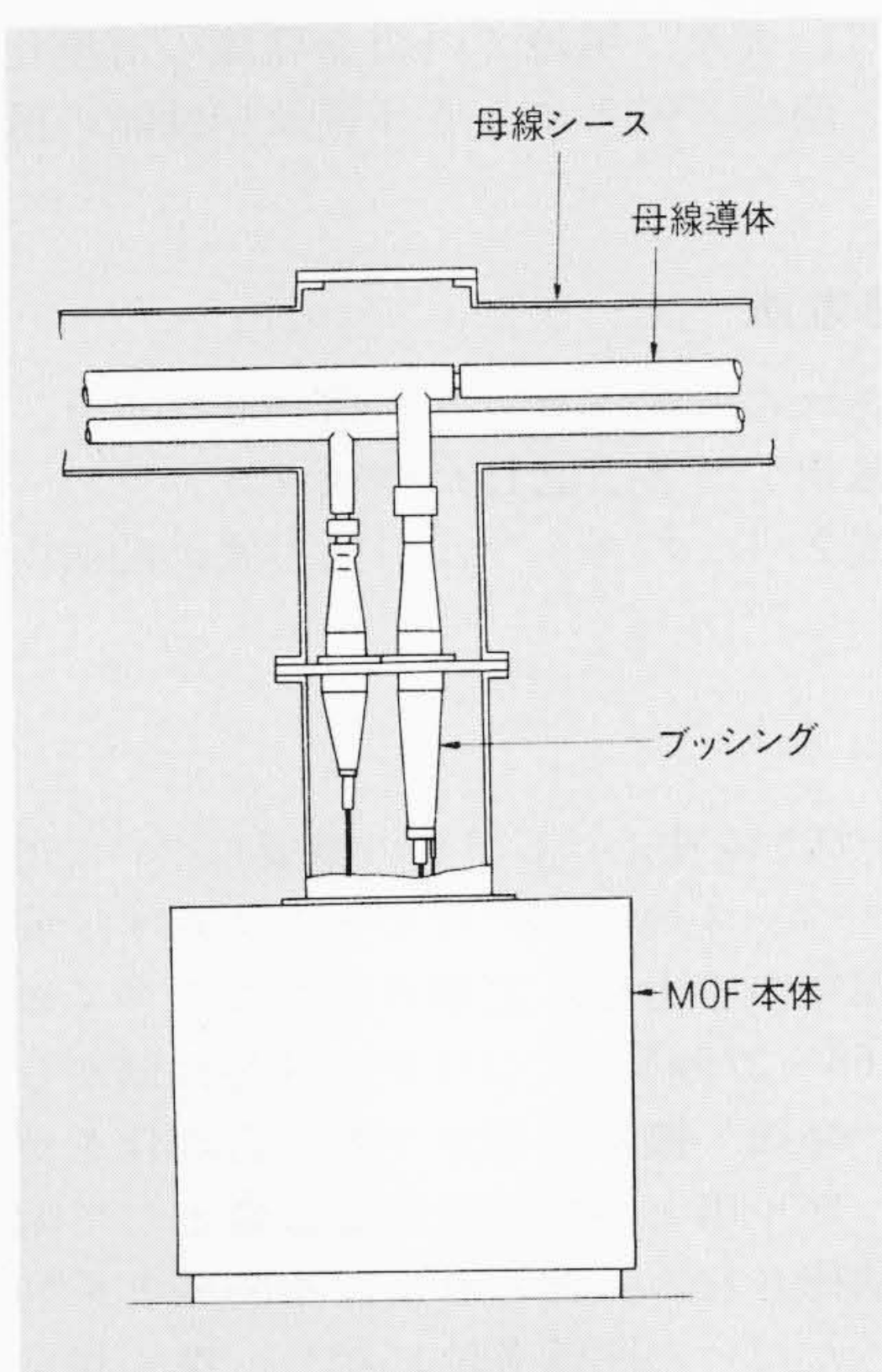


図10 GSS用MOFの構造 従来より使用されている油入形をガス-油区分用ウオール ブッシングを介してGSSに接続する。

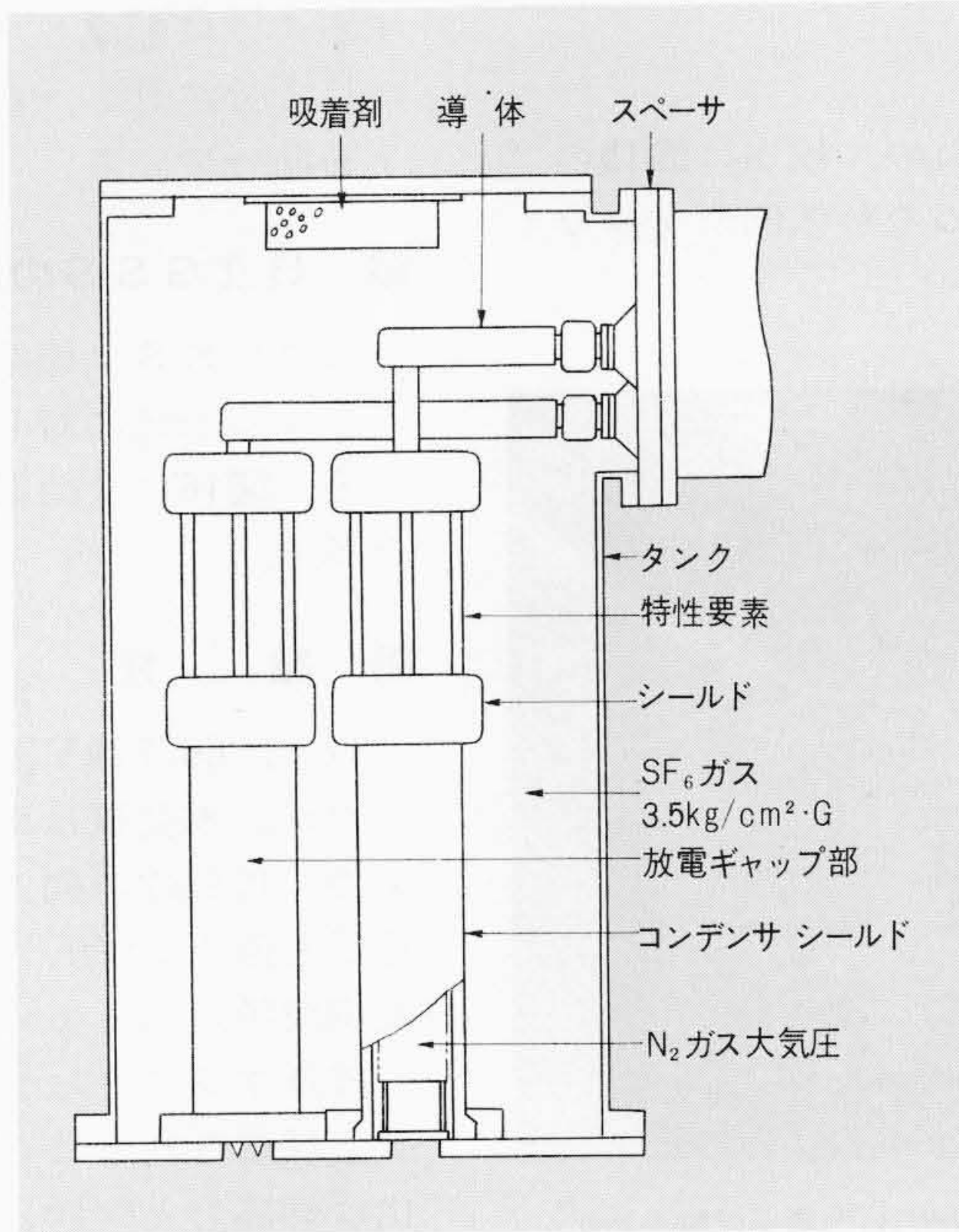


図11 避雷器の構造 従来より実績あるN₂ガス封入式避雷器を基本として、接地容器内に収納している。

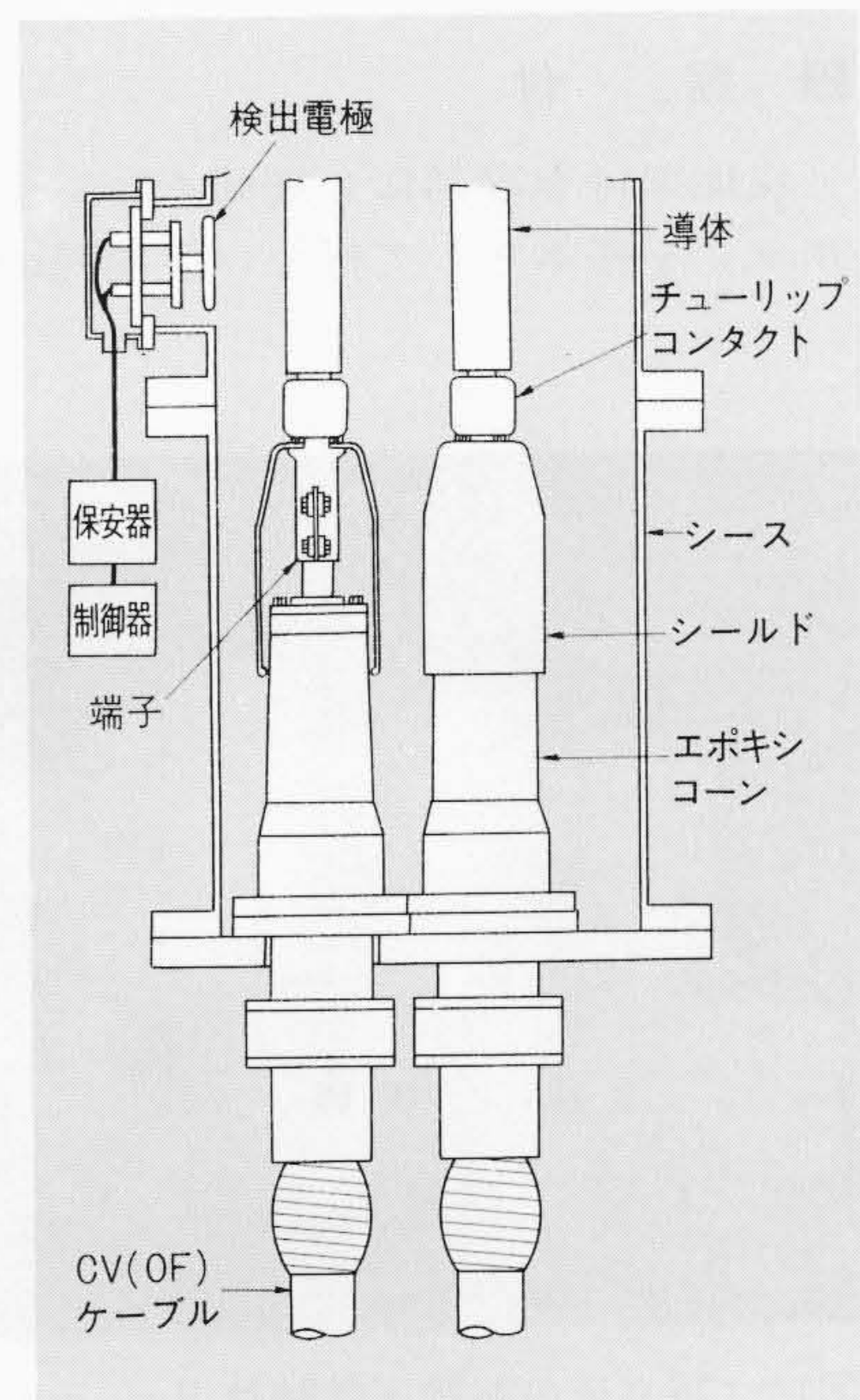


図12 ケーブル ヘッドの構造 OF, CVケーブルどちらでも接続可能で、引込部はVDを設置することもできる。

ある。

(2) ガス-油区分用ウオール ブッシング

変圧器とガス母線の直結には、がい管が不要なエポキシ含浸加圧モールド形コンデンサ ブッシングを用い、充電部を露出することなく接続することができる。

6 監視及び保護

6.1 圧力低下時の保護と圧力監視

ガス圧力の監視は、ガス区画ごとに設けたガス密度検出器と圧力計で行なわれ、正規の圧力から約1気圧低下すると自動的に警報を発する。なお機器の絶縁は、この警報圧力で設計されており、また、万一内部のガス圧が大気圧になっても常規運転電圧には耐え得るような絶縁設計となっている。

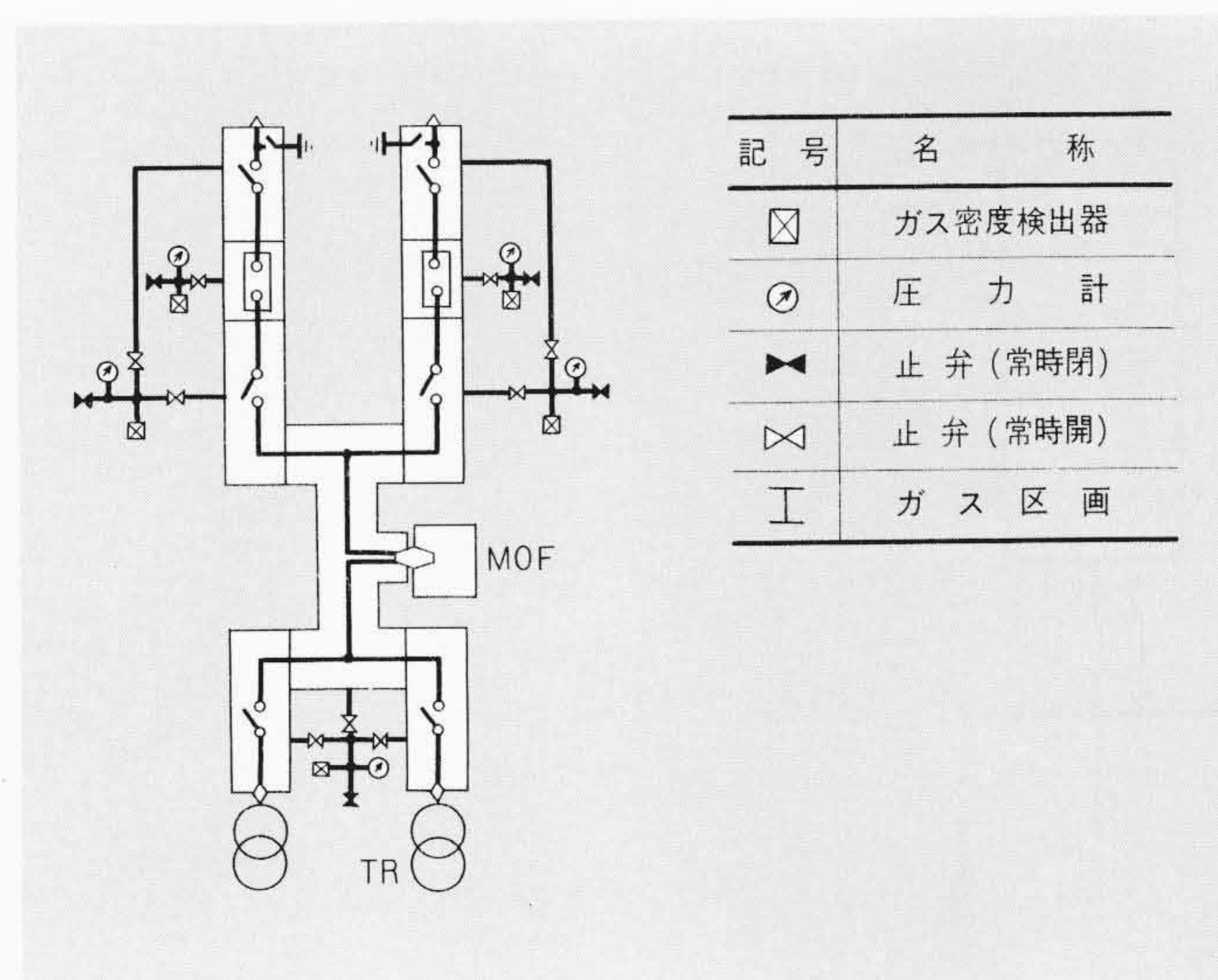


図13 ガス区画例 2回線受電2バンク方式の一例を示す。

一方、気密を必要とするフランジ接続部には、二重パッキン構造を採用し、長期にわたる気密に対する信頼性の向上を図っている。

6.2 ガス区画

ガス区画は、その変電所の運用形態に合わせて決めるもので、次の条件を考慮して決定される。

- (1) 点検、増設、万一の事故時には、変電所の停止範囲をできるだけ少なくする。
- (2) しゃ断器は点検を考慮し、単独のガス区画とする。

図13に2回線受電2バンク方式の場合のガス区画例を示す。

7 組立及び試験

7.1 組立

重要部品への異物の混入、塵埃の付着を防ぐため部品はすべて組立前に洗浄し、湿気、塵埃を避けるため防塵設備の完備した空調防塵室で組立を行なっている。絶縁物については組立前に洗浄した後、加熱真空乾燥処理をして乾燥保管室に保管し、水分の吸収、塵埃の付着に対して十分な管理を行ない信頼性の向上を図っている。

7.2 試験

GSSは開閉機器が一体に組み合わされるので、総合性能を確認するため装置として組立後、操作試験、コロナ試験、商用周波試験及び衝撃波耐電圧試験など各種特性試験を実施している。特にスペーサなどの固体絶縁物は、組立前単品でコロナ試験、耐電圧試験を実施し全数異常のないことを確認している。ガス漏れ防止には特に留意し、組立前の部品単品の気密試験、組立後の装置としての蓄積法による気密試験、更に各種性能試験終了後、発送直前の最終気密試験を行ない確認している。また、現地据付後ブロック間の接続部分についても蓄積法による気密試験を実施している。なおケーブル引込みの場合のように充電部が全くない場合、現地での耐電圧試験は装置の適当な個所に試験用ブッシングを取り付けて印加している(図14)。

8 据 付

現地据付を容易にし期間を短縮するため、輸送は図15のブロックを基本として行ない、輸送のための解体個所を少なく

するように配慮している。また、現地での組立環境の清浄化には十分注意し、湿気、塵埃の侵入による品質及び性能の低下を防いでいる。

9 日立GSSの適用方法

日立GSSは標準化された構成ブロックの組合せにより、あらゆる系統に対して適用できる。図15に標準ブロックの一例を、図16に2回線受電2バンク ケーブル引込方式の配置例を示す。

10 結 言

以上、66/77kV三相一括形を中心にGSSの概要について述べたが、本装置は単にスペースの縮小だけにとどまらず、安全性・信頼性の向上、保守の省力化、工期の短縮など多くの特長を備えており、既に66～275kV用では技術的開発段階から実用段階に入っている。今後、機器の標準化及び合理化を更に推進することにより、ビル用・産業用受変電設備として幅広く採用されることが期待される。終わりに、本開発と系列化に御協力と御助言をいただいた関係各位に対し、深く謝意を表わす次第である。

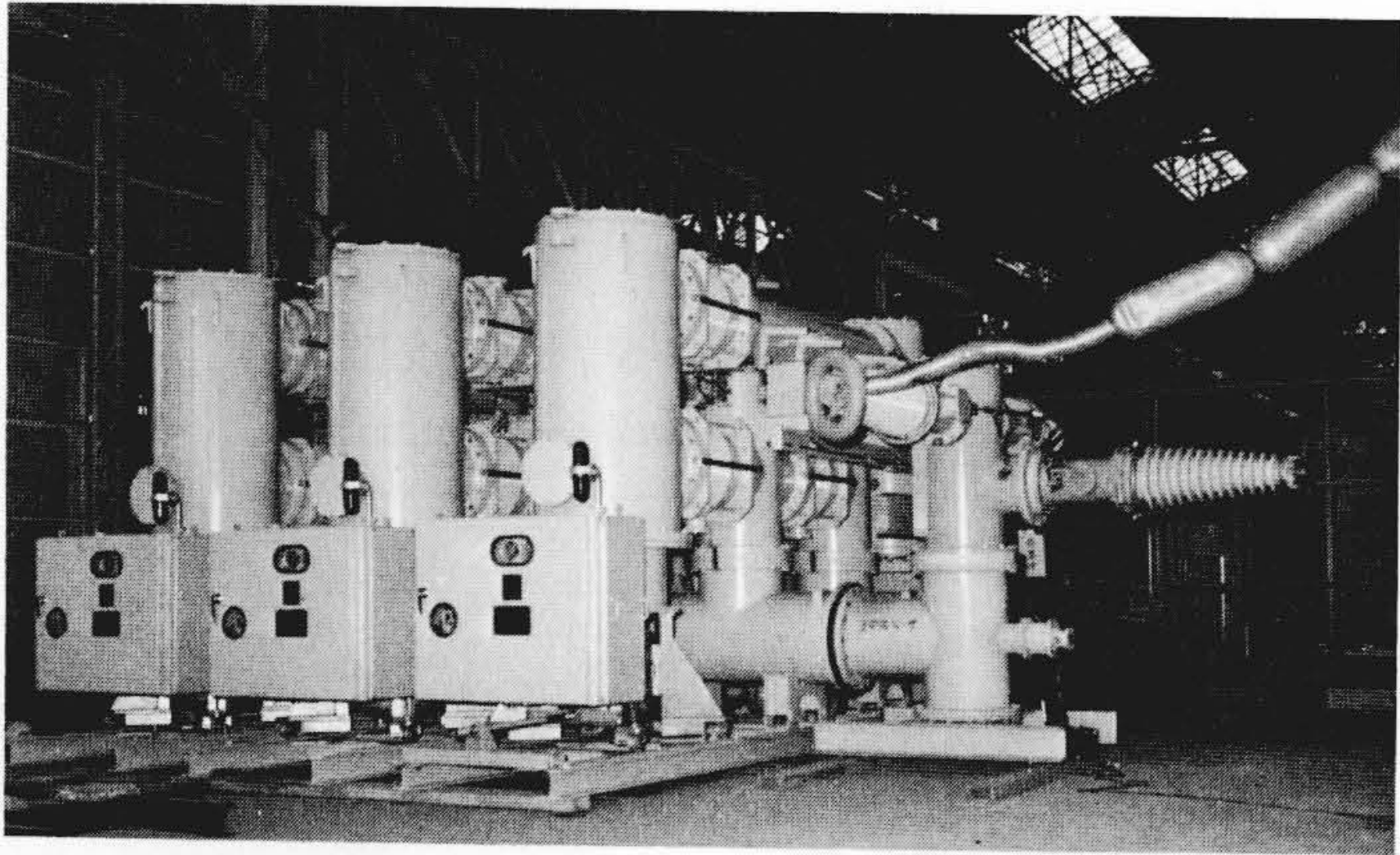


図14 組立後の耐電圧試験状況 ブロック組立後、耐電圧試験を行なう。充電部が露出していないため、試験用ブッシングを取り付けて印加している。

ブロック名	引込ブロック(ケーブル引込み)	引込ブロック(架空線引込み)	TR一次ブロック(一次CB方式)	TR一次ブロック(一次DS方式)	MOFブロック
スケルトン					
構成					

図15 GSS標準ブロック例 構成ブロックは標準化されており、組合せによりあらゆる系統に適用できる。

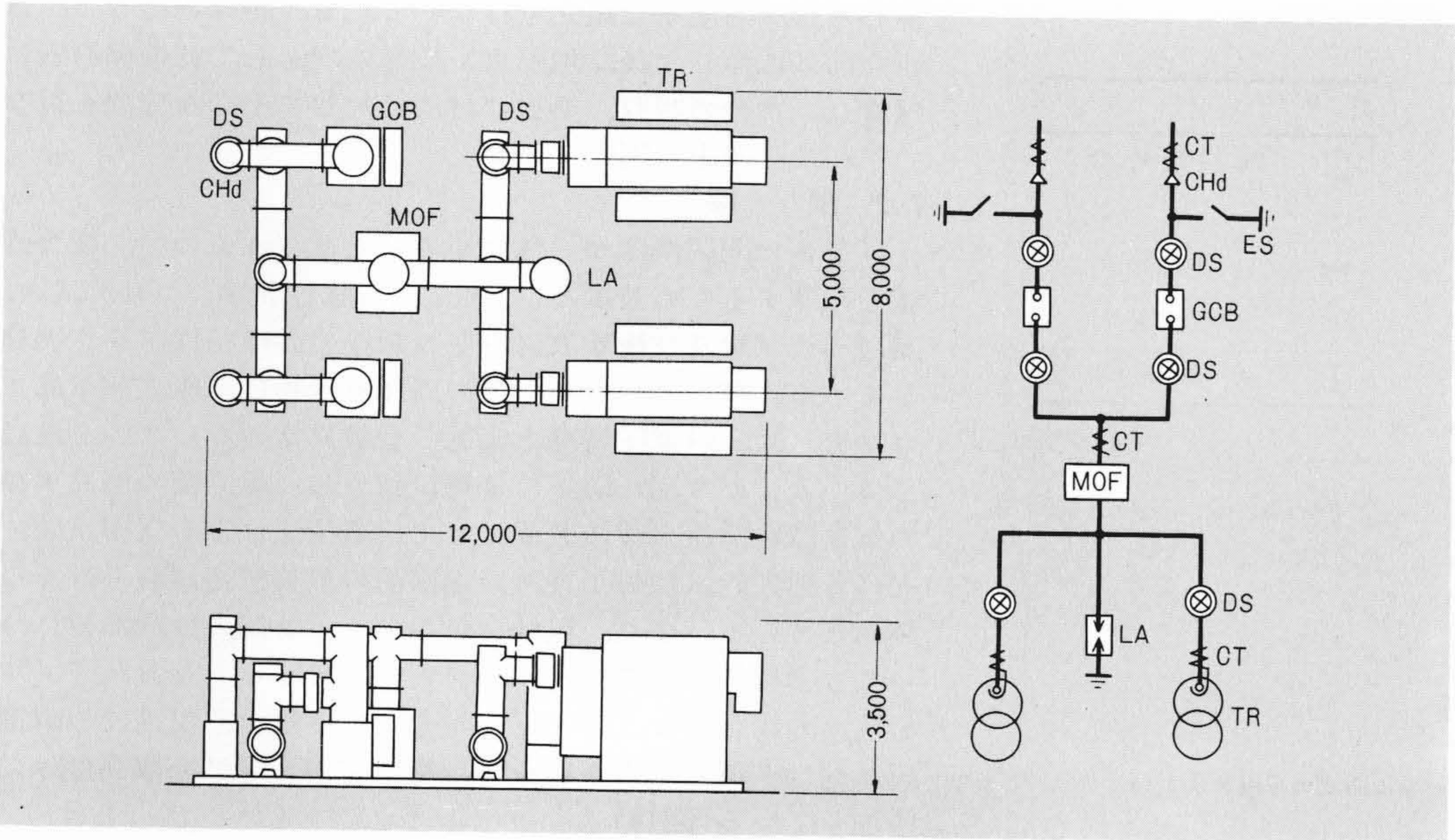


図16 66/77kV GSS配置例 2回線受電2バンク ケーブル引込方式の例を示す。