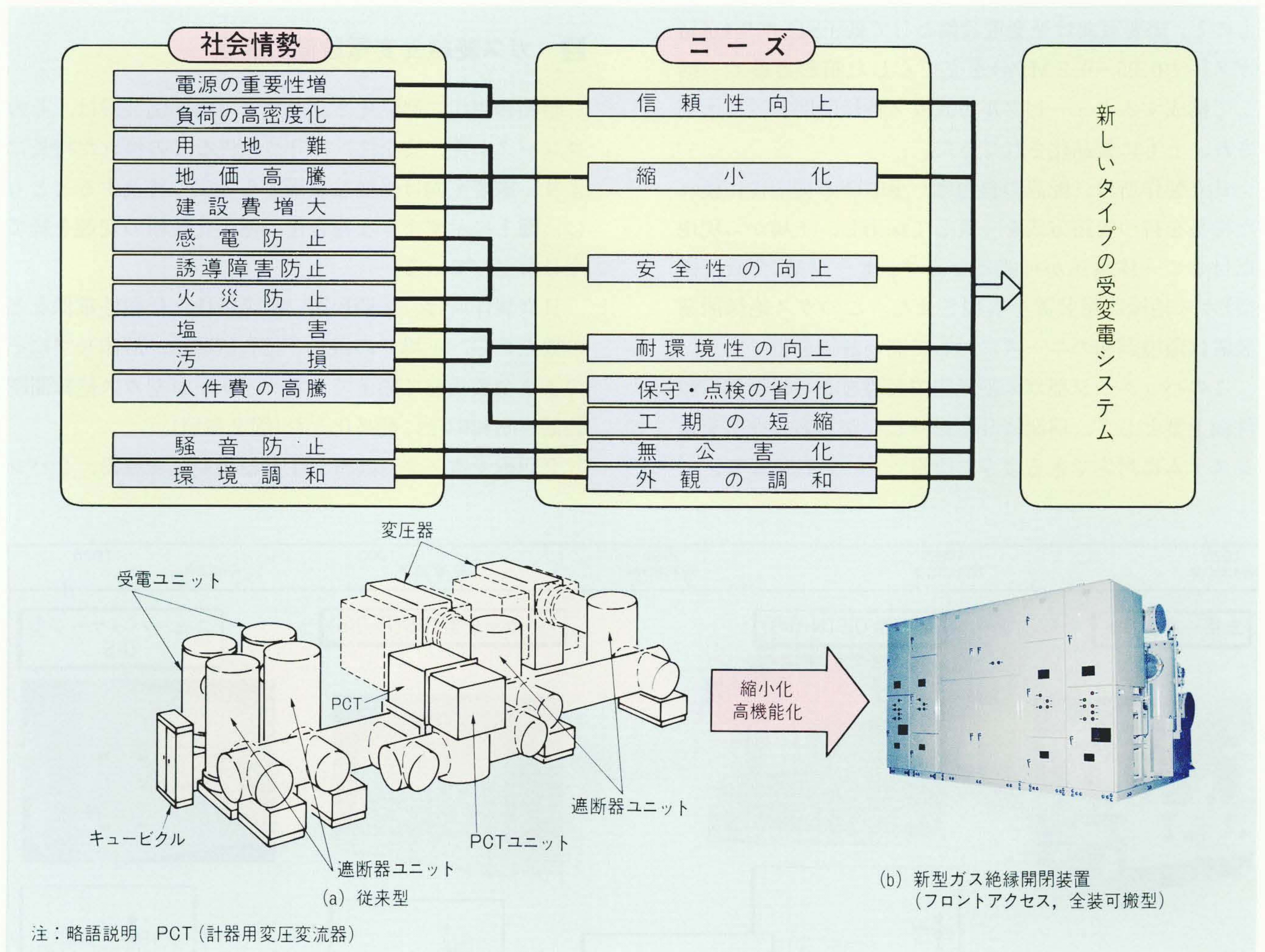


省スペースを実現する高信頼性66/77 kV受変電設備

Highly Reliable 66/77 kV Substation Realizing Reduced Layout Space

関 高秀* Takahide Seki 大島正文* Masabumi Ôshima
田中豊一* Toyokazu Tanaka 増原秀樹* Hideki Masuhara



受変電システムのコンセプト ガス絶縁開閉装置、変圧器の縮小化・高機能化により、新しいタイプの高信頼度受変電システムが構築可能である。図は縮小型ガス絶縁開閉装置の構成イメージを示す。

工場、公共施設およびビルの電源を確保する需要家向け受変電設備は、経済的に安価なシステムから2系統構成の高信頼度受変電システムまで多岐にわたっている。近年では負荷設備として自動化機器や高度情報化機器の導入により、無停電指向の高信頼度受変電システムが要求される傾向にある。

これらのニーズに対応するため、特別高圧受変電設備も気中絶縁方式から受電信頼性向上が一段と進

んだSF₆ガス絶縁方式の導入へと一般化している。特にこれに適用されるガス絶縁開閉装置の技術革新は目覚ましく、設備の性格上その信頼性、縮小化、安全性への追求などに顕著な技術的成果が見られる。

日立製作所は、高信頼度受変電システムにフレキシブルに対応できる縮小型ガス絶縁開閉装置を開発するとともに、受変電システム全体の縮小化・信頼性の向上を図っている。

* 日立製作所 国分工場

1 はじめに

66/77 kV級ガス絶縁開閉装置は、主に電力会社向けに採用されている高圧SF₆ガス(定格ガス圧力0.4~0.6 MPa)を充てんした円筒容器で分割構成する管路方式のものと、需要家向け受変電設備として低圧SF₆ガス(定格ガス圧力0.05~0.2 MPa)を充てんした箱形容器で一括して構成するキュービクル方式ガス絶縁開閉装置に大別され、ともに製品化されてきた。

日立製作所は、配置の自由度、事故時の復旧性に優れた特長を持つ管路方式を一貫して採用し、工場から現地据付まで一体輸送が可能となるパッケージ型(全装可搬型)ガス絶縁開閉装置を実現させた。このガス絶縁開閉装置は環境調和のニーズに対して高い評価を得ている。

このパッケージ型ガス絶縁開閉装置をさらに受電信頼性向上型として、前記特長を維持しながらあらゆる受電システムに対応できるように改良した。これにより、シ

ステム構成では高圧スイッチギヤと同一思想で列盤構成が可能となる完全なユニット化・縮小化を図っている。

ここでは、66/77 kV級ガス絶縁開閉装置に関する縮小化技術を中心に最近の製品開発状況を述べるとともに、将来の特別高圧受変電設備について展望する。

2 ガス絶縁受変電設備の変遷

昭和40年代に製品化されたガス絶縁開閉装置は、そのコンパクト性、安全性、保守点検性などの優れた特長により、需要家向け受変電設備として広く普及するとともに、図1に示すような複合化、縮小化技術の変遷を経て今日に至っている。

日立製作所は、工期短縮、耐環境性、信頼性確保などの観点から、工場での組立・総合試験後、解体せずにそのまま全装状態で搬送できるパッケージ型ガス絶縁開閉装置を昭和63年に製品化した(図2参照)。

2回線受電、2遮断器、1計器用変圧変流器、2バン

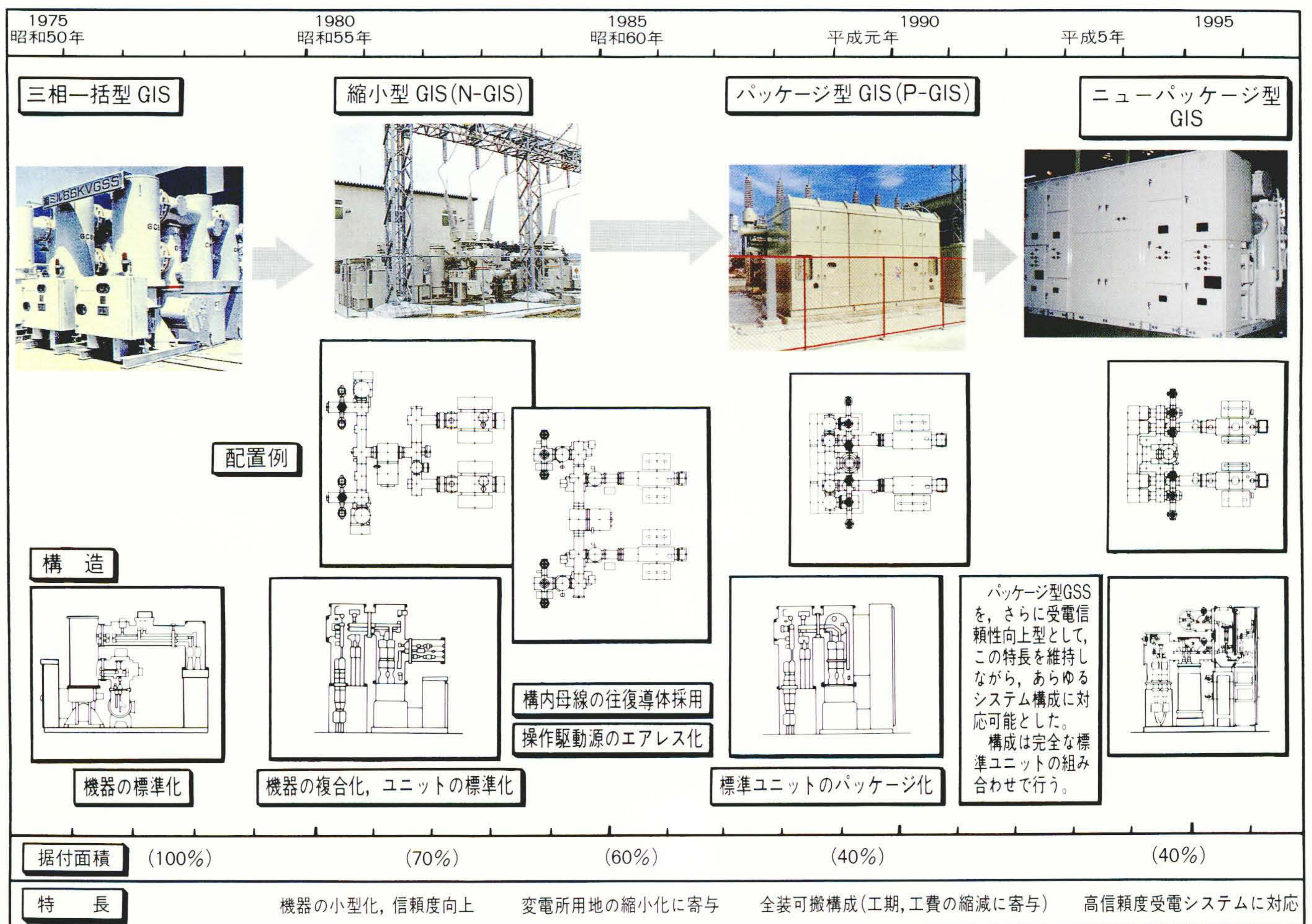


図1 受変電設備用ガス絶縁開閉装置の変遷と特長 昭和63年に製品化したパッケージ型ガス絶縁開閉装置は、工場での組立・総合試験後、解体せずにそのままの状態(全装)で搬送できるので、納入先での再組立を不要とした。



図2 パッケージ型ガス絶縁開閉装置 ガス絶縁開閉装置の縮小化により、一体輸送が可能である。

ク構成までパッケージ化が可能であったが、1計器用変圧変流器・バイパス方式など各種受変電形態への適用は困難であったため、これらに対しても対応できるようにニューパッケージ型ガス絶縁開閉装置を開発した。

3 ニューパッケージ型ガス絶縁開閉装置

パッケージ型ガス絶縁開閉装置の発展型として、各種縮小化技術の適用による構成機器の改良標準化・ユニット構成の最適化を図り、すべての受電形態に柔軟に対応を可能としたニューパッケージ型ガス絶縁開閉装置の開発を行った(図3参照)。

3.1 ガス絶縁開閉装置の縮小化技術

(1) ガス遮断器の小型・高性能化

遮断器全体の小型・軽量化を図るためには、遮断部の小型化と操作力低減による操作機構部の小型化が必要で

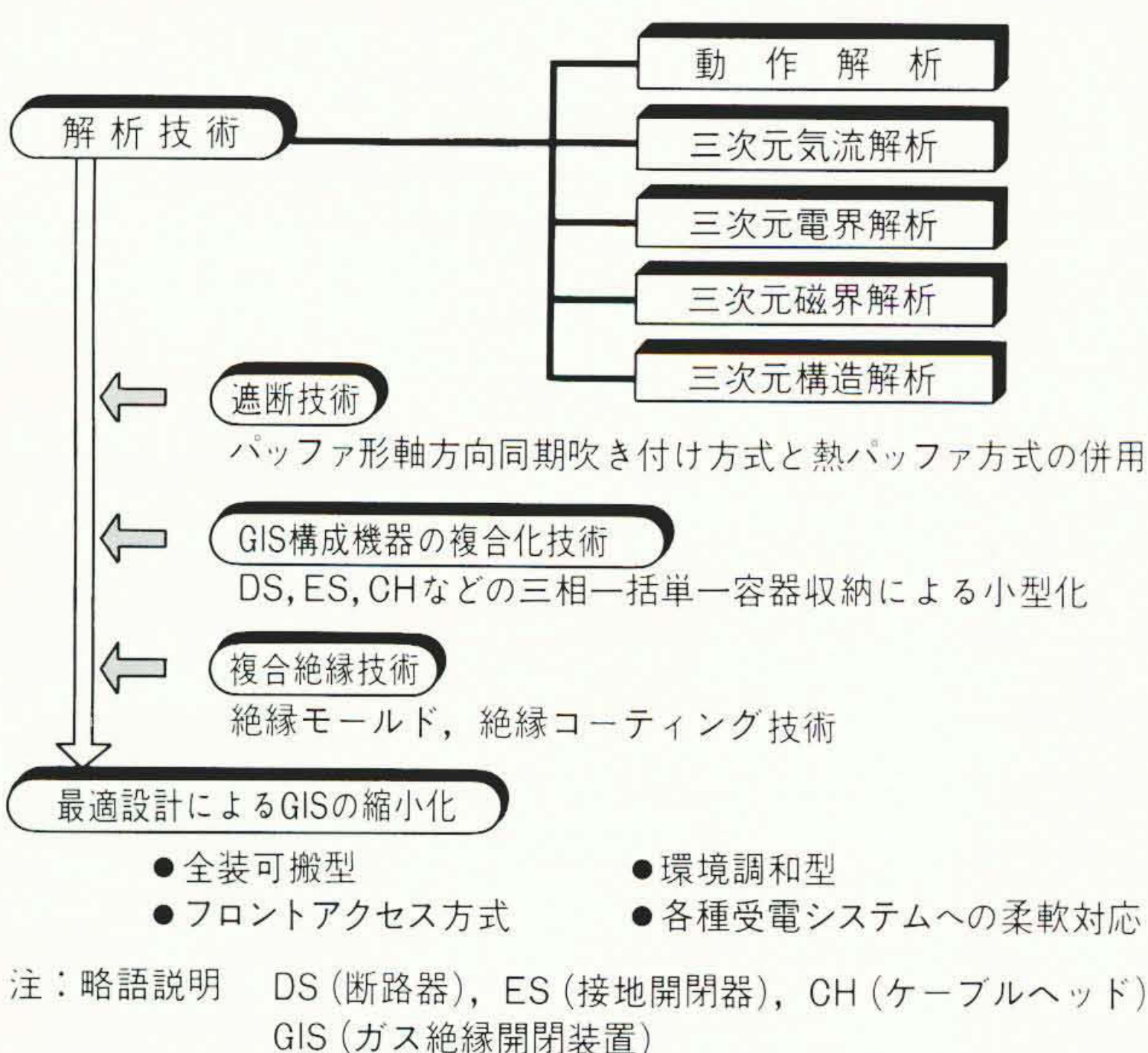
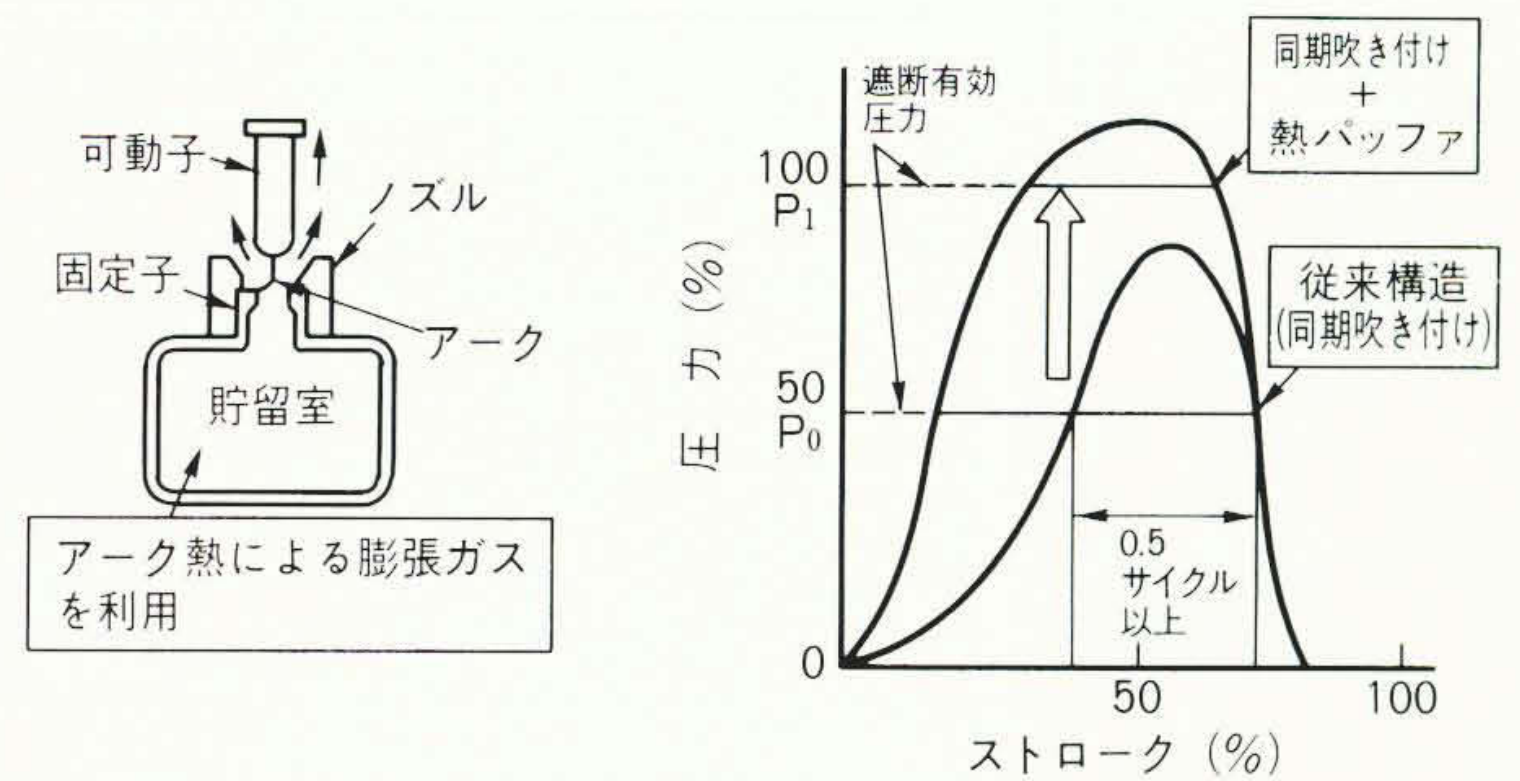


図3 ガス絶縁開閉装置の縮小化技術 解析技術の進歩と技術開発により、最適設計によるガス絶縁開閉装置の縮小化が可能である。



(a) 熱パッファ方式消弧原理

(b) 同期吹き付け方式の特性

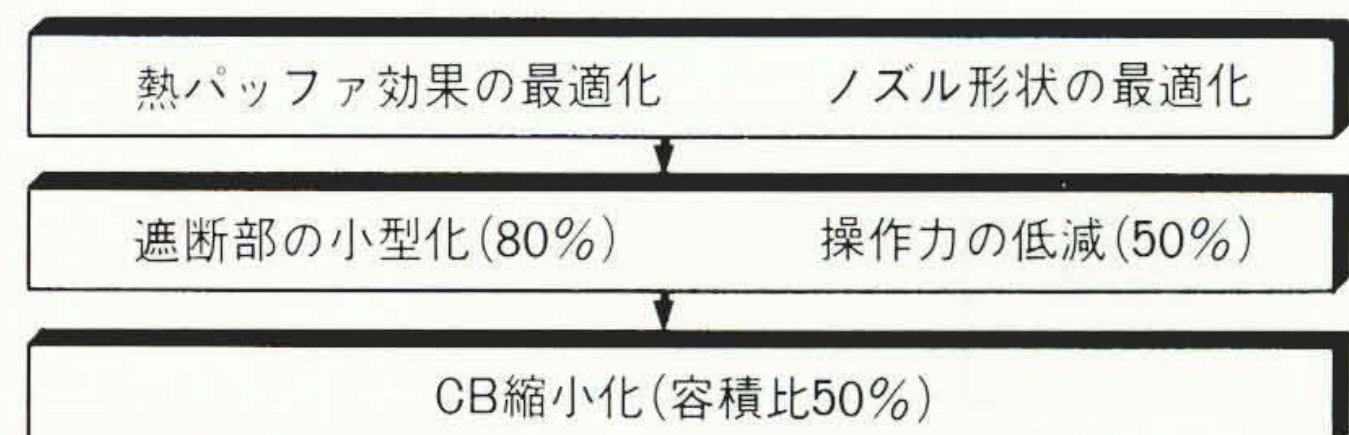


図4 熱パッファ方式の消弧原理とその効果 アーク熱による膨張ガスを利用することによってストローク-圧力特性が改善され、ガス絶縁開閉装置の縮小化を図ることができる。

ある。日立製作所は、ガス遮断器の消弧方式として独自開発によるパッファ型軸方向同期吹き付け方式を採用してきた。今回の開発品には遮断部開離時に可動子と固定子間から生じるアークによって発生する膨張ガスを利用する熱パッファ方式を、従来方式と併用した新方式として適用した(図4参照)。これにより、パッファ径を従来比80%へと縮小して同一遮断性能を得ることを可能としている。

また、遮断部収納容器および遮断部配置は、従来、円

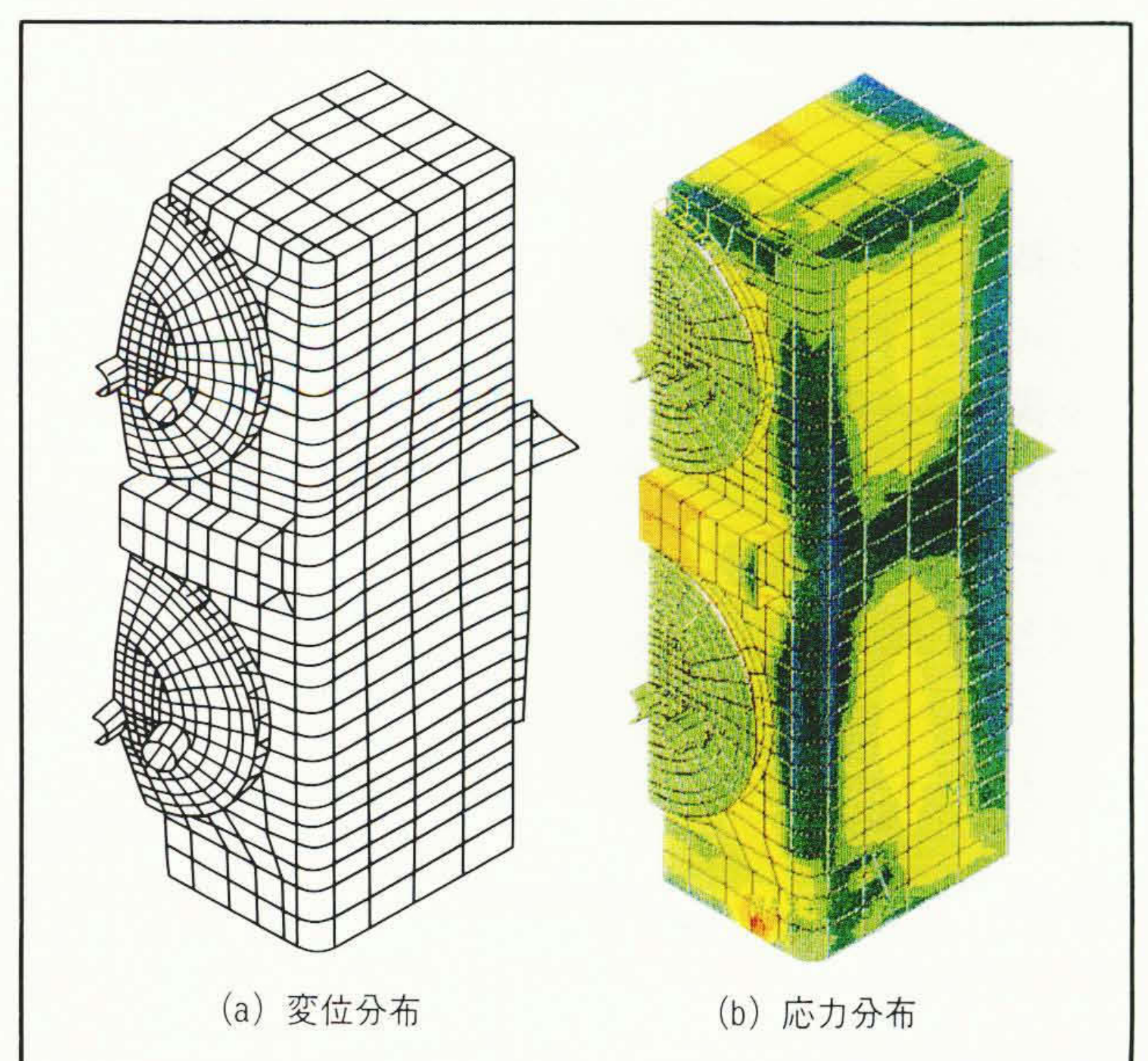


図5 箱形容器の強度解析例 三次元強度解析による各部変位量および応力の計算によって、複雑形状の圧力容器の設計が容易となっている。

項 目	従 来 型	開 発 品
構 造 図		
消 弧 方 式	パuffa形同期吹き付け方式	パuffa形同期吹き付け方式+熱パuffa方式
操 作 力	100%	50%
容積(操作器含む)	100%	50%
遮断部配置	円筒形容器内 三角形配置	箱形容器内 平行配置
備 考	ES内蔵可能	三位置形断路器の適用により、ESは別構成

表1 ガス遮断器の構造比較
ガス遮断器の縮小化によってガス絶縁開閉装置構成上の制約が緩和され、ガス絶縁開閉装置そのものの縮小化が可能となる。

筒型圧力容器内に二等辺三角形配置としていたが、開発品には容器内部のデッドスペースを最小とするのに有効な長方形断面圧力容器内に、三相平行配置方式を採用した。

長方形断面圧力容器の設計に際しては、容器に設置される絶縁スペーサに過大な応力を発生させないように三次元構造解析技術を駆使し(図5参照)、容器の内圧による変位量を規定値以下とするよう細心の注意を払っている。

一方、三相平行配置する遮断部を支持する絶縁ケースは、遮断時に発生するホットガスの遮へい用相間バリヤを持つ構造とし、高圧側の三重結合部の電界緩和を図る埋込電極の設置、導体への絶縁コーティングの実施などのほか、三次元電界解析を駆使して最適複合絶縁としている。この絶縁ケースは性能検証によって十分な絶縁性能を持っていることを確認している。

上記新開発の小型遮断部の適用により、遮断部を駆動する操作器は操作力を従来比50%に低減することが可能となり、操作器自体も小型化すると同時に長方形断面容器の一面へ取り付けて一体化を図った。これにより、遮断部と操作器があたかも高圧の遮断器のように、ユニークな一体ユニット構成が可能となっている。

以上から、ガス絶縁開閉装置は表1に示すように質量、寸法ともに従来品よりも小型化が達成できたと同時に、ガス絶縁開閉装置としても遮断器が前面保守型となることから列盤構成の基本条件を満たすことが可能となった。

(2) 三位置形接地装置付き断路器

開発品は断路器と接地開閉器を複合した三位置形接地装置付き断路器を適用した(図6参照)。

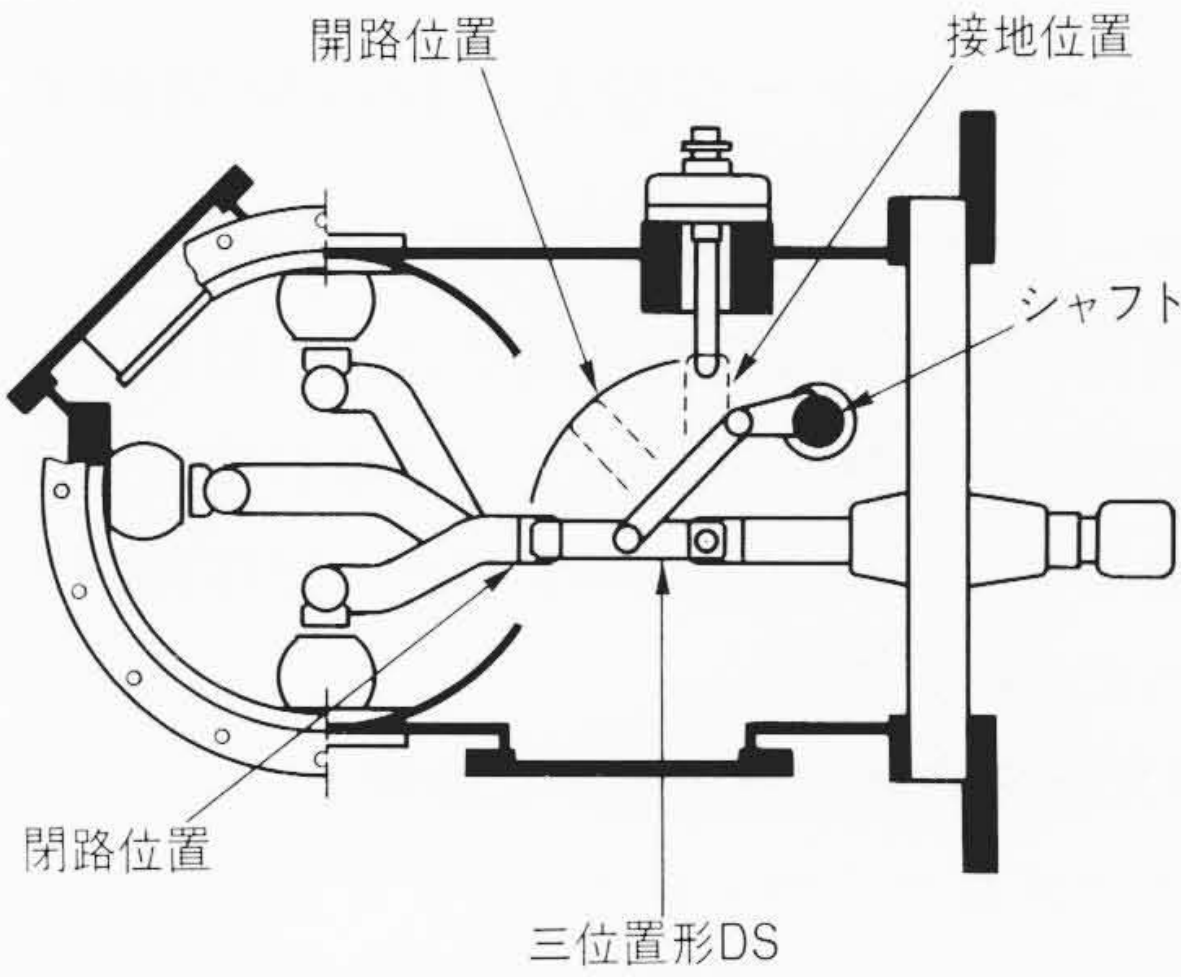


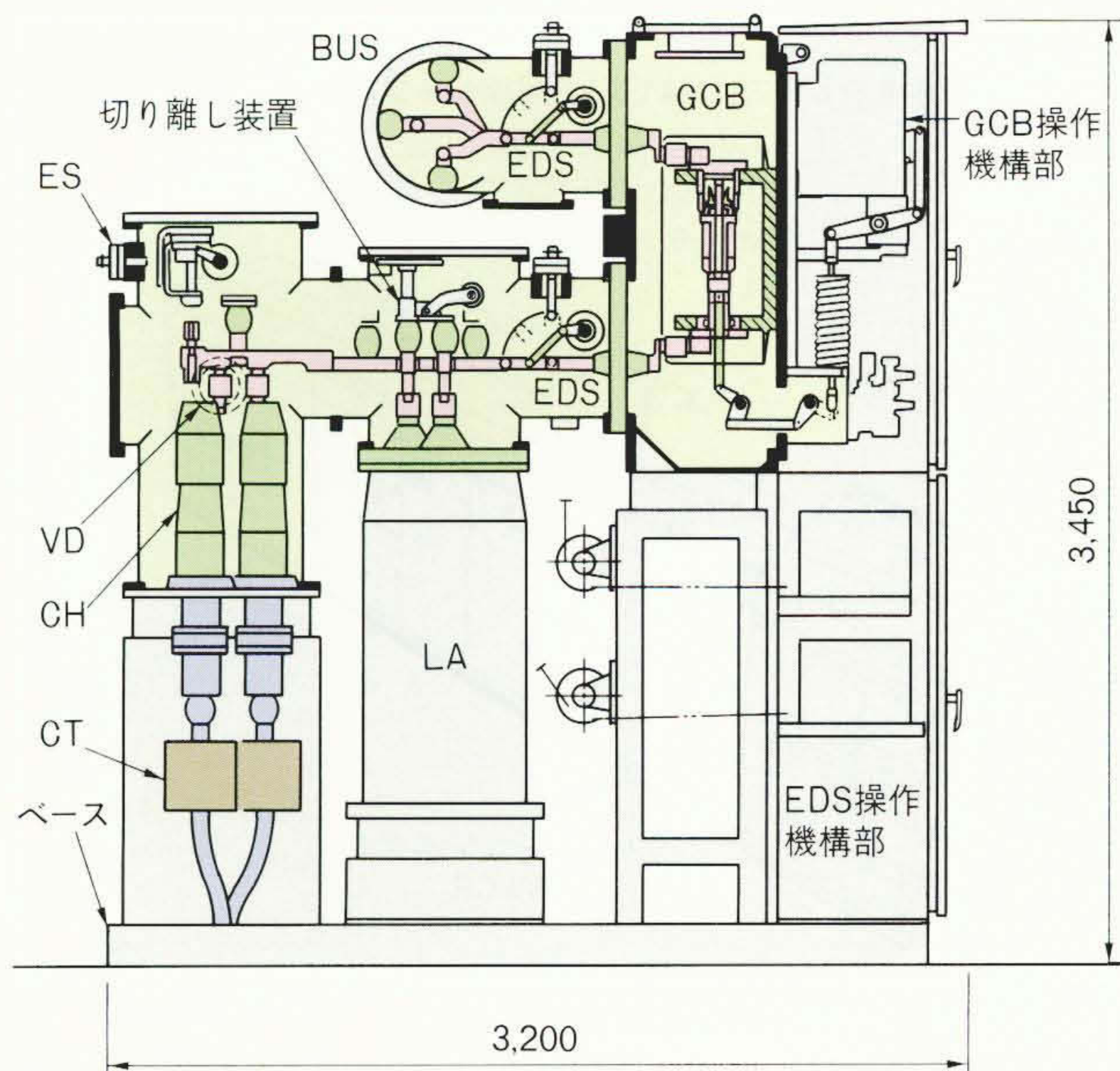
図6 三位置形断路器の構造
断路器と接地開閉器の可動接触子を同一として、操作系を共通のものとする事により、ガス絶縁開閉装置の大幅な縮小化が可能となる。

この断路器は、断路器可動接触子と接地開閉器可動接触子を同一とし、操作機構系を共用することにより、断路器と接地開閉器間に構造的に機械的インタロックを構成できるとともに、操作器数の低減と操作機構系の簡略化によって大幅な縮小化を可能としている。

この断路器は性能検証試験により、ループ電流では2,000 A、変圧器の励磁電流では5 Aまで遮断可能であることを確認している。

(3) 構成機器の複合化

ガス絶縁開閉装置の構成機器である断路器・接地開閉器・ケーブルヘッド・変流器などは、ガス絶縁開閉装置の運用方法、事故時の対応などのため、適切な配置やガス区分が必要である。現在では最適設計によってユニットごとの複合化が進み、例えば受電ユニットではケーブルヘッド・避雷器・ガス遮断器・接地装置付き断路器・接地開閉器・変流器までを1ユニットとしてコンパクト



注：略語説明

EDS（接地装置付き断路器）、GCB（ガス遮断器）、CT（変流器）
BUS（母線）、LA（避雷器）

図7 受電ユニット構成例 コンパクトなユニット構成により、ガス絶縁開閉装置の一体輸送化が可能である。

に収納することが可能となっている（図7参照）。

3.2 各種受変電システムへの対応

ガス絶縁開閉装置はあらゆる受変電システム[※]の形態にも対応可能であると同時に、バンク増設、リプレースへの対応、搬入路の寸法制限などあらゆる条件に対して

※）電気協同研究第47巻、第5号による各種受電方式を言う。

もフレキシブルに対応できる必要がある。前述したように機器を複合化したユニットは、容器間をボルト接続方式の組み合わせでガス絶縁開閉装置を構成しているため、配置の自由度が高く、各種受変電設備の形態にも標準ユニットの構成で対応できるようになっている。

代表的受変電システムについて、従来型と開発品のガス絶縁開閉装置構成比較を表2に示す。

4 変圧器の構造変遷

4.1 低騒音変圧器の小型化

受変電設備が環境に与える影響の中で最も考慮されるものの一つに騒音の問題がある。従来、変圧器の騒音低減対策として、減音効果の大きい防音壁（銅板またはコンクリート製）で覆う方法が採用されているが、必然的に据付面積が増大するため、防音壁に代わる騒音低減対策が望まれていた。

この要求にこたえて、高効率遮音板²⁾と称する新しい遮音技術を開発し、従来の防音壁を不要とした。

この高効率遮音板は、薄銅板と厚銅板をスポット溶接によって一体とした複合板と付加質量とで構成し、タンクステー間に直接溶接して用いるものであり、(1)付加質量による防振効果、(2)複合板による制振効果によってタンクステーからの振動伝達を制限して、タンク側板からの騒音を遮音するものである。

高効率遮音板の減音効果は、従来の組立式鉄板防音壁と同程度である。この効果によって55ホン級低騒音変圧器までは組立式鉄板防音壁は不要となり、据付面積を約60%縮小することが可能となった。さらに、防音壁のよ

計量方式	単線図	従来型	開発品
1 PCT		 $3.2 \times 7.7 \times 3.6 = 88.7 \text{ m}^3 (100\%)$	 $3.2 \times 6.0 \times 3.45 = 66.2 \text{ m}^3 (75\%)$
1 PCT + バイパスDS		 $8.4 \times 10.2 \times 3.0 = 257 \text{ m}^3 (100\%)$	 $3.2 \times 6.0 \times 3.45 = 66.2 \text{ m}^3 (26\%)$

注：略語説明

PCT（計器用変圧変流器）

表2 代表的受電システムにおけるガス絶縁開閉装置構成例 ガス絶縁開閉装置の縮小化により、従来と同一容積でいっそうの高信頼度受電システムへ対応が可能である。

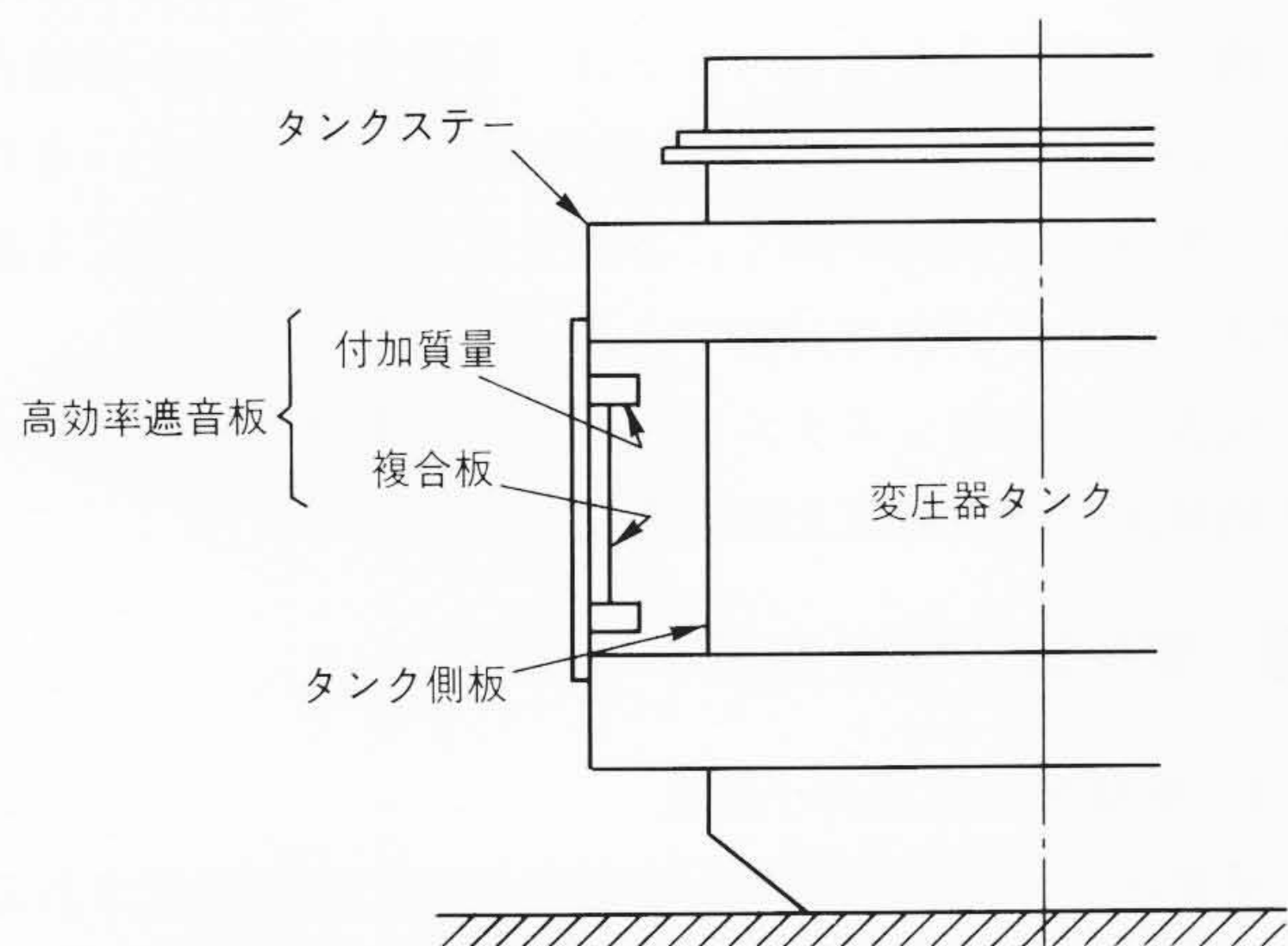


図8 高効率遮音板方式の防音構造 高効率遮音板の適用により、変圧器据付面積の縮小化が可能となった。

うな現地での取付作業がなく、据付工程の短縮が図れる。

高効率遮音板方式による防音構造を図8に示す。

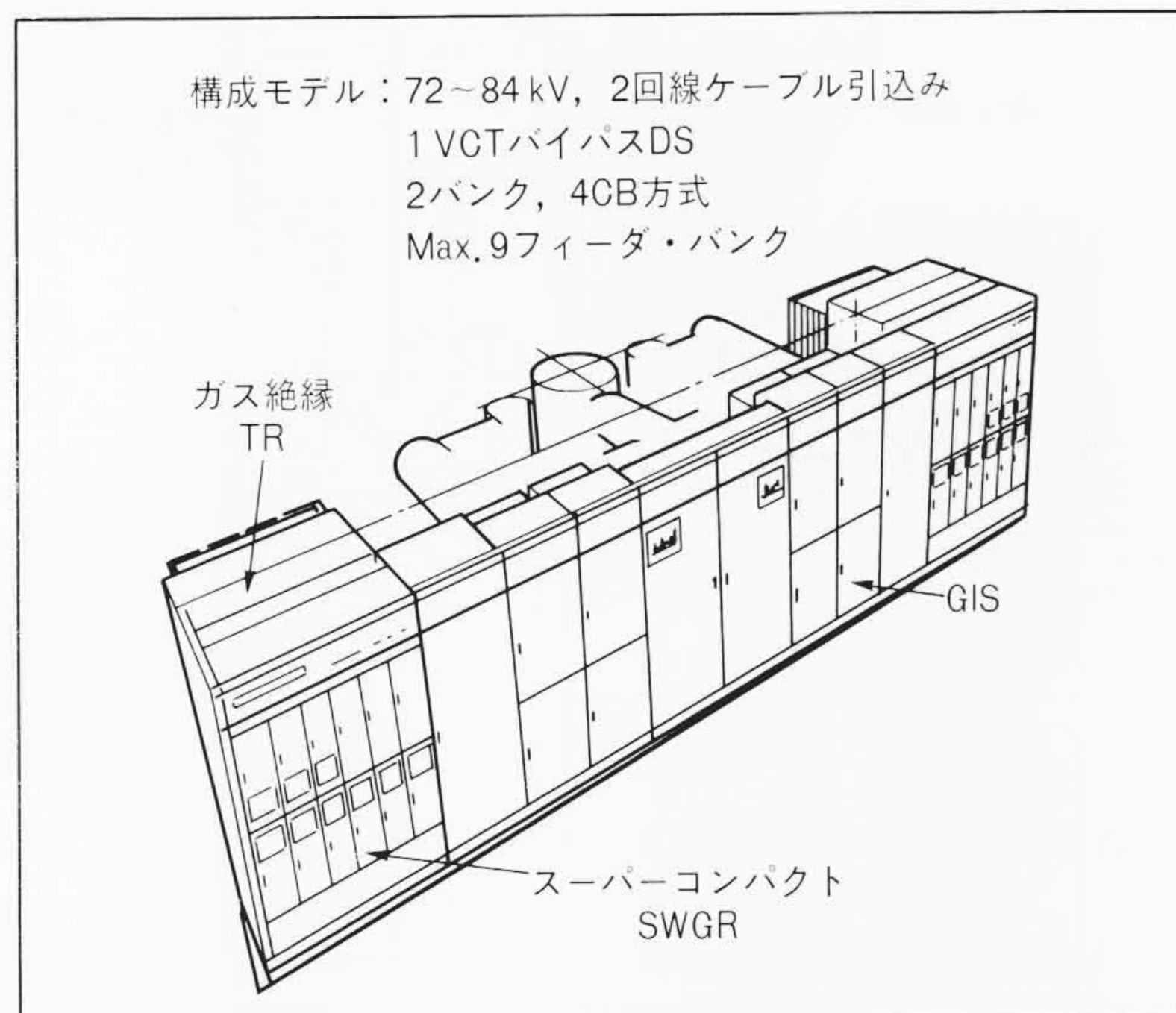
4.2 変圧器の不燃化

都市部に設置される変電設備は、機器の小型化による設備全体の縮小化とともに、不燃化による防災性も要求され、SF₆ガス絶縁変圧器が防災型変圧器として実用化されている。しかし、SF₆ガスは鉱油と比較して絶縁性能や冷却性能が低いため、油入変圧器に比較して大きくなり、都市型変電所の省スペース化の傾向とは相いれない面もあった。そのため、優れた絶縁性および冷却性を持つ不燃冷媒を用いた不燃液冷変圧器を開発した。

不燃液冷変圧器は、変圧器本体をパーフルオロカーボン液に浸漬し、この液によって絶縁・冷却を確保するものである。鉱油よりも優れたこれら絶縁・冷却特性を活用して、20～60 MVA級の変圧器の場合、同容量の油入変圧器と比較して約20%小型化している。

5 将来の特別高圧受変電システムの展望

新社会システムへの再構築など、わが国の社会環境の整備は今後も大きく展開していくと予測される。この中で、情報処理のいっそうの高度化が進む一方、国土保全、地球環境に対するプログラムのよりいっそう鮮明な方向が打ち出されてくると思われる。最もクリーンなエネルギーである電力の高効率、安定供給が現在以上に不可欠となり、電源システムの位置づけがますます大きくなっていく。一方では、社会環境の高密度化、高付加価値化が進行し、縮小化と無保守、無人運転化が強く要求されていくと考える。



注：略語説明 SWGR (Switchgear)

図9 集合形ガス絶縁開閉装置の構成イメージ ガス絶縁開閉装置・変圧器・SWGRの列盤構成により、大幅な縮小化が図れる。

以上の将来予測から特別高圧受変電設備に対する次世代への一つの提案として集合型ガス絶縁開閉装置の構成イメージを図9に示す。この提案による構成は、完全集合型で、66/77 kV系受電部1回線分、変圧器1バンクおよび変圧器二次側母線系(7.2 kV高圧)までを一括ユニット化したものであり、66/77 kV変電部の接続と高圧配電系への継ぎ込みだけで特別高圧受変電設備が形成される構成となっている。従来設備と比較すると据付面積を約 $\frac{1}{3}$ に縮小することが可能となる。

この提案を実現するための技術的溢(あ)路は特に存在せず、現状技術の延長線で対処可能であるが、ユーザー側の指摘や提案を加味して、より高機能な超縮小型特別高圧受変電設備とする計画である。

6 おわりに

ここでは高信頼性受変電システムの一例として、需要家向け定格電圧66/77 kV受変電システムの信頼性向上、およびガス絶縁開閉装置・変圧器の縮小化技術の概要について述べた。従来は据付面積上の制約から適用不可能であった高信頼性受変電システムも構成機器の縮小化によって現在では適用可能となっている。

高度情報通信技術の発達により、波及事故のもたらす損害は従来とは比較にならぬほどに増大し、電源設備の重要性はますます高まっている。今後もいっそうの信頼性向上・縮小化を図るとともに、定格電圧110/154 kV系システムについても縮小化を図っていく考えである。