

電力消費量増大のビルを支える都市型受変電設備

Urban Type Substation for Buildings

鹿野和夫* Kazuo Kano 栗田和夫* Kazuo Kurita
杉谷信二* Shinji Sugitani 水流忠夫** Tadao Tsuru

用途

ビル用受変電設備

- 貸ビル
- ホテル

- 計算センター
- 銀行

- 空港設備
- 地域熱供給設備

容量

500～1,000 kVA

1,500～3,500 kVA

4,000～12,000 kVA

低圧スポットネットワーク

高圧スポットネットワーク

従来

6 kV受電方式

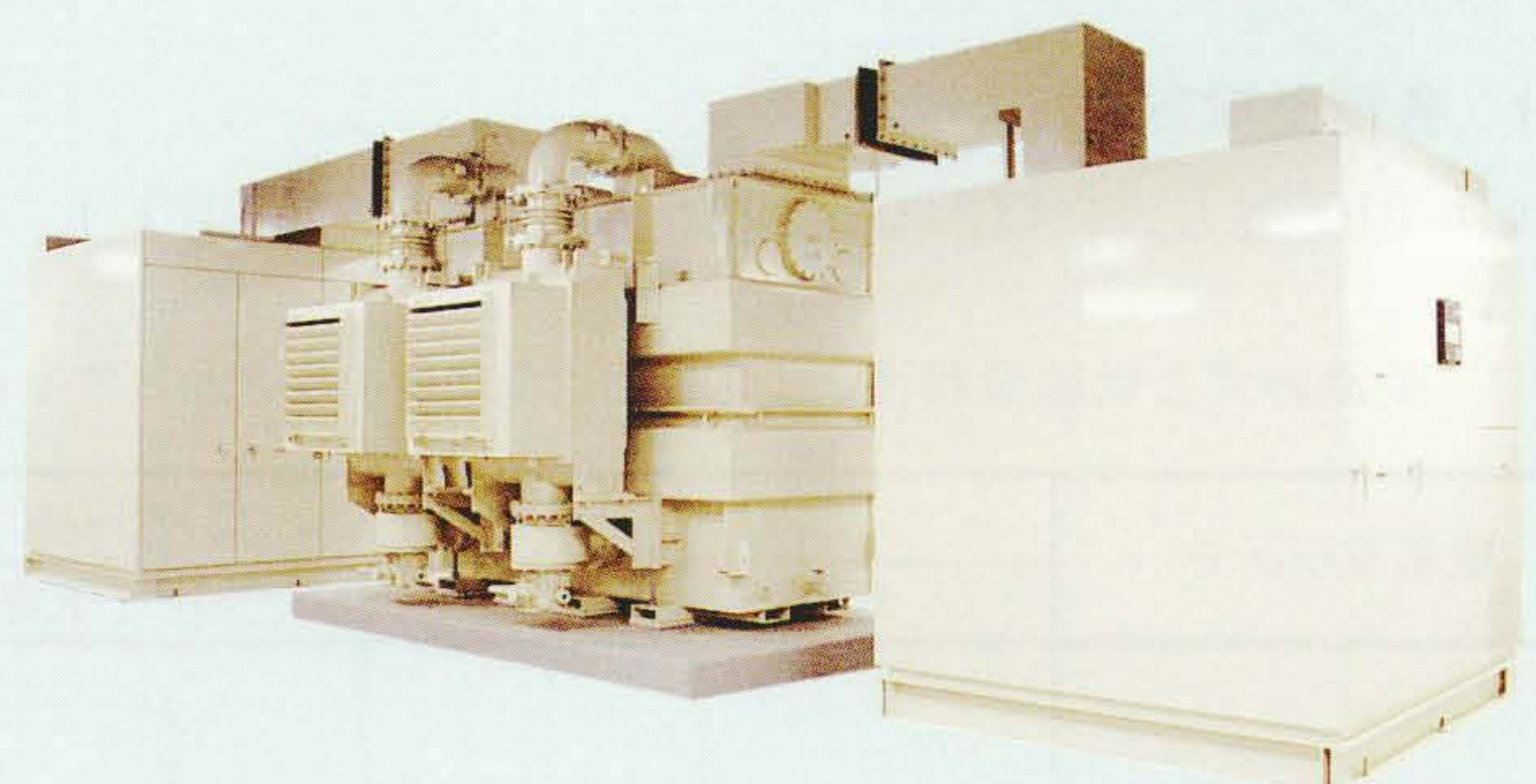
- スポットネットワーク受電方式
- ループ受電方式

ループ受電方式

開発品

コンパクトスポットネットワーク受電方式
(横置き変圧器採用)

大容量スポットネットワーク
(SF₆ガス絶縁変圧器採用)



スポットネットワーク受変電設備 3,500 kVAまでのスポットネットワーク受電では、コンパクトスポットネットワーク受電設備を供給している。大容量の受変電設備では、国内最大級の1万2,000 kVAガス絶縁変圧器3バンクまでの受電設備を開発し供給している。

最近、高度情報化の発展により、電力消費量が増大したインテリジェントビルが増加している。これらのビルでの電力供給は、その量の確保だけでなく、信頼性および品質のいっそうの高度化が要求されるようになってきた。また、土地価格の高騰に伴い、設備のコンパクト化も重要な要素となっている。

日立製作所は、22/33 kV特別高圧受変電設備と

して高信頼度でコンパクトな22/33 kV C-GIS(キュービクル式ガス絶縁開閉装置)および22/33 kV C-SNW(コンパクトスポットネットワーク)受変電設備を開発しシリーズ化した。

これらの製品を用いてビル用受変電設備を構築することにより、インテリジェントビルの高信頼性とコンパクト化に寄与している。

* 日立製作所 国分工場 ** 日立製作所 機電事業部

1 はじめに

最近のビルでは、オフィス内の生産性・居住性の向上および情報処理量の増大に伴い、OA機器の導入や高度な情報通信システムを設けたインテリジェント化が進んできている。そのため、ビルの電源設備に対する信頼性の高度化がいっそう要求され、電力の安定供給が不可欠となってきた。また、電源システムの高信頼性を保つためには、電力の安定供給のほかに、無停電で保守点検できるシステムの構築も必要とされる。

一方、都市部の急激な電力量増加に伴い、3.3/6.6 kV 高压受電方式から22/33 kV特別高压受電方式へ推移してきている。

これらのニーズに対応するためシステムに冗長性を考慮したシステムが増加してきている。

ここでは、最近のビル用電源供給システム、特に22/33 kV特別高压受変電設備の動向とこの受変電設備に対する取組み方について述べる。

2 ビル用受変電設備

2.1 各種受電方式

ビル用受電方式には、(1) 1回線受電方式、(2) 常用・予備

2回線受電方式、(3) ループ受電方式および(4) スポットネットワーク受電方式の4方式がある。各受電方式と方式別信頼性の比較を表1に示す。

(1) 1回線受電方式

電力会社の供給線路が、停止あるいは受電遮断器が故障すると、復旧まで長時間停電となるので高い信頼性を得ることはできない。

(2) 常用・予備2回線受電方式

受電の供給が停止した場合でも、予備線に切り換えて受電を続けることができるが、切換の間停電となる。

また、変圧器を1台停止する場合、受電容量が制限される。

(3) ループ受電方式

1回線のケーブル故障では停電することはないが、1回線休止中のケーブル事故などのような二重事故に対しては全停電となる。変圧器が故障したときは、受電容量が制限されたり、停電となる。

(4) スポットネットワーク受電方式

変圧器を含めて、1回線の停電では停電することはない。1回線休止中の他1回線ケーブル事故などのような二回線停電のような重大事故が発生しても、1回線が残っていれば、負荷制限を行うことによって全停電には至

表1 受電方式と供給信頼性 電源供給信頼度の高さからするとスポットネットワーク受電方式が優れている。

受電電圧区分			22/33 kV, 66/77 kV			22/33 kV		
			1 回 線 受 電	常用・予備2回線受電	ル ー プ 受 電	スポットネットワーク受電		
単 線 接 続 図								
故障に対する供給の信頼性	一重事故	ケーブル	×	△	○	○		
		受電遮断器	×	△	○	—		
		変圧器	▲	▲	▲	○		
		二次遮断器	△	△	△	○		
	二重事故	ケーブル	×	×	×	●		
		受電遮断器	×	×	×	●		
		変圧器	×	×	×	●		
		二次遮断器	×	×	×	●		
	MOFの事故		×	×	×	○		
備 考			二重事故はケーブルでは2か所、その他の機器については異なる機器が2台ほぼ同時に故障となったときを想定した。 ケーブルと変圧器、ケーブルと受電遮断器などの組み合わせで発生する二重事故に対しても、同一バンクの変圧器と二次遮断器の組み合わせなどの場合に▲印となることはあるが、ほとんど長時間の停電が予想され×印と考えてよい。				—	

注：略語説明など
× (停電となる。), △ (短時間の停電が発生する。), ○ (停電しない。), ▲ (短時間の停電が発生し、負荷の制限が必要。), ● (停電しないが負荷制限が必要。)
DS (断路器), CB (遮断器), PCT (取引用計器用変圧変流器), LDS (負荷断路器), TR (変圧器), Pro. F (プロテクタヒューズ)

らず、電源供給信頼性が高い。

2.2 電源システムの信頼性

電源システムとして、負荷の特性に合わせたシステム構成を十分検討する必要がある。

システムの高信頼度を図る方式を図1に示す。

近年、電力供給に対する高信頼度化ニーズなどに対し、1回線受電方式では対応できない場合がある。一方、ループ受電方式やスポットネットワーク受電方式は増加の傾向にある。

供給信頼性から見た場合、ビル用受変電方式として22/33 kV系ではスポットネットワーク方式が電源供給信頼性が高く優れている。

2.3 ビル用受変電設備への取組み

日立製作所は、数多くの受変電設備を納入し、これらの経験と実績をもとに、高信頼性のある製品および信頼性の高い受変電システムの研究・開発を行っている。また、同時に縮小化技術の研究を実施し、ビル用受変電設備への適用を図っている。

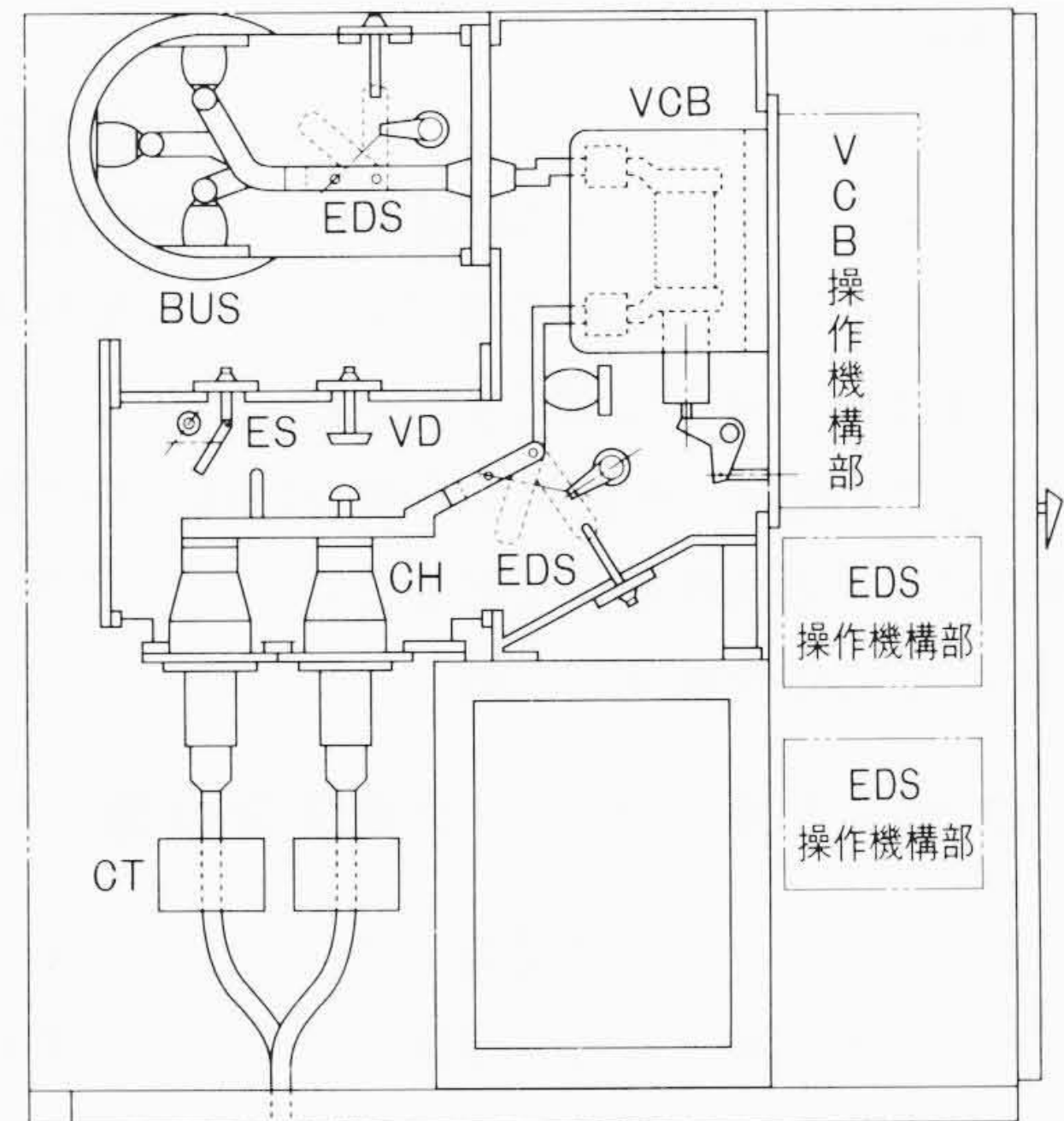
これらの研究・開発によって製品化した、(1) 22/33 kVキュービクル式ガス絶縁開閉装置、(2) コンパクトスポットネットワーク受変電設備について、以下に述べる。

3 C-GIS(キュービクル式ガス絶縁開閉装置)

22/33 kV受変電設備は、1980年代にいわゆる縮小化を目的として、C-GIS(キュービクル式ガス絶縁開閉装置)が登場した。このC-GISは封入ガス圧力が0.2 MPa未満のため、労働安全衛生法に定められた第2種圧力容器に該当しないので、ガス封入容器を角形とすることができる特徴を持つ。

3.1 C-GISの特長

日立製作所は、72～500 kVガス絶縁開閉装置と同様に各構成機器が独立に解体・組立でき、ボルト接続容器の



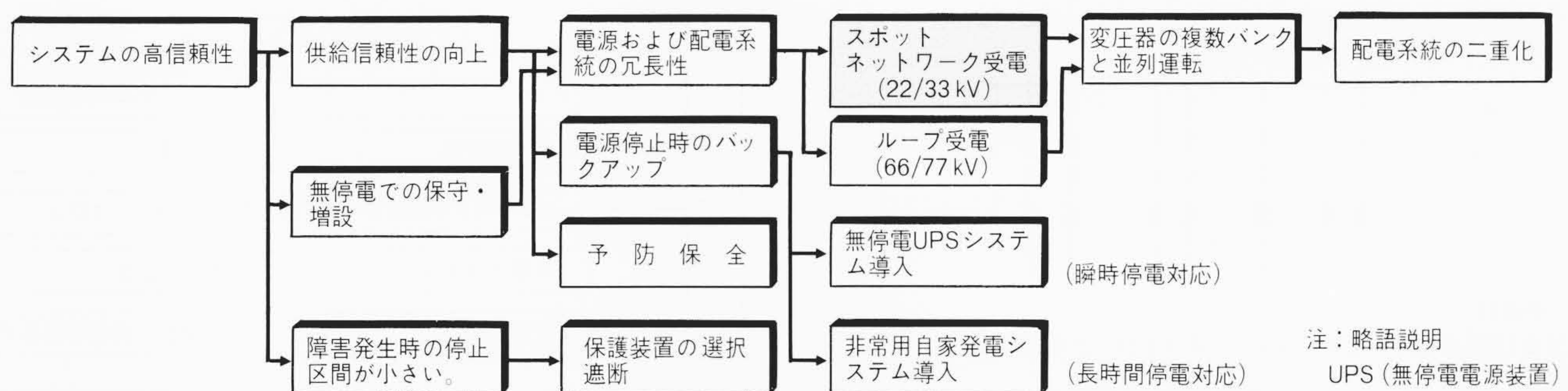
注：略語説明

VD(検電装置)、CH(ケーブルヘッド)、BUS(母線)、CT(変流器)
ES(接地開閉器)、VCB(真空遮断器)、EDS(接地装置付き断路器)

図2 C-GIS(キュービクル式ガス絶縁開閉装置)の構造
受電盤の側面から見た構造を示す。

管路方式で構成し、配置の自由度、保守性に優れた特長を持つ22/33 kV C-GISを開発した。装置の構造を図2に示すとともに、主な特長を以下に述べる。

- (1) ガス絶縁開閉装置を解体することなく、遮断器を前面から脱着可能とした。
- (2) ガス絶縁母線を採用し、高信頼性を維持している。
- (3) 絶縁スペーサを垂直配置することにより、バーライフルの落下付着の影響を減らし高絶縁信頼を向上している。
- (4) 遮断器に真空遮断器を採用することにより、低騒音化、軽量化、低振動化を図るとともに、ガス絶縁開閉装置の全ガス区画を0.1 MPaに統一し、保守点検性を向上している。



注：略語説明

UPS(無停電電源装置)

図1 システムの高信頼を図る方式 受電システムの高信頼度を図るための手法を示す。スポットネットワーク受電およびループ受電が優れている。

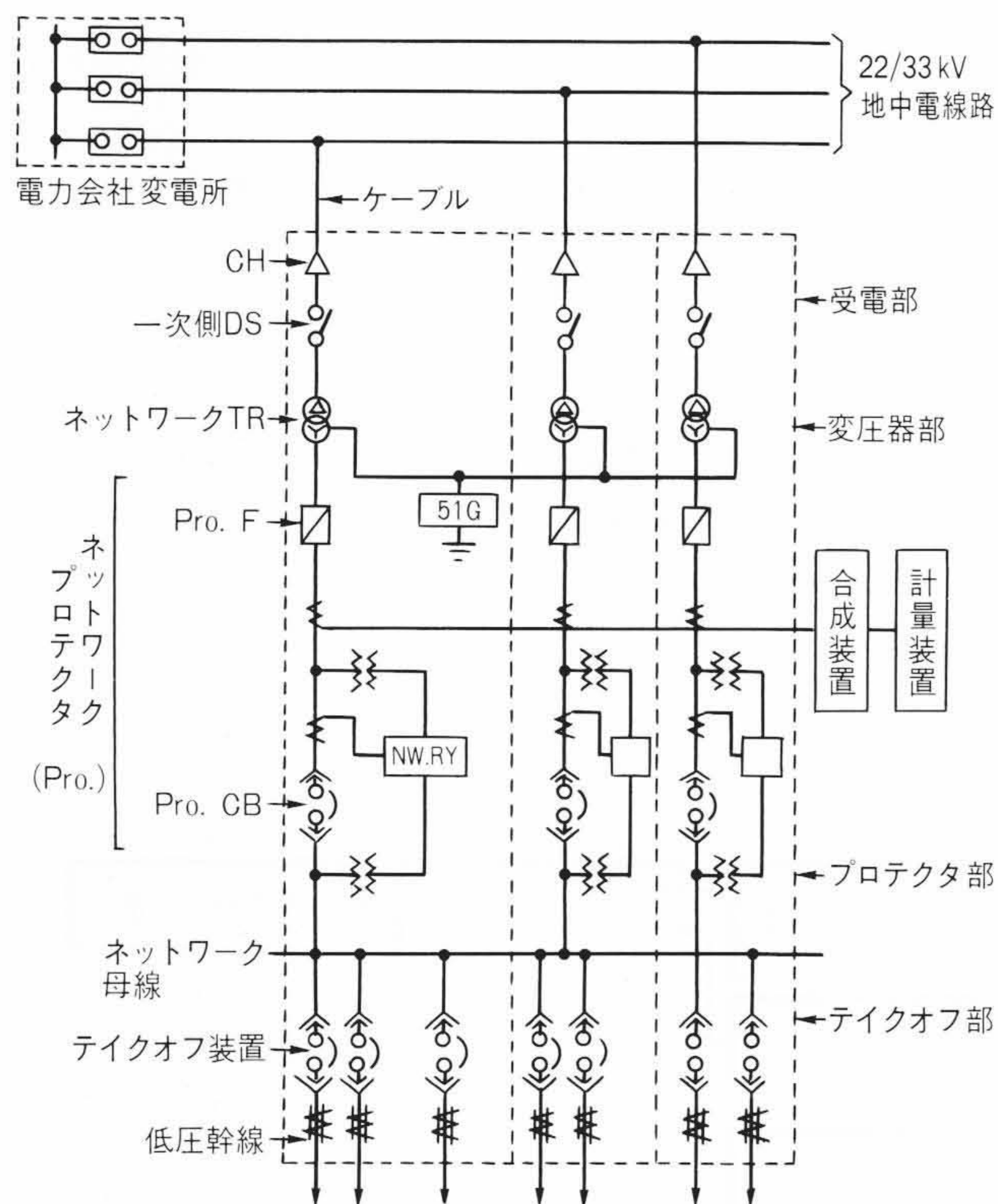
3.2 適用技術

C-GISは容器内の封入圧力が0.1 MPaと低圧力であるため、低SF₆ガス圧下での絶縁性能、放熱特性、電流開閉性能などの基本技術が必要である。日立製作所は、これら基本技術の研究に加えて、絶縁バリアなどの固体絶縁とSF₆ガス絶縁とを併用する複合絶縁技術の開発、角形容器に対する強度解析などを行い、コンパクトで信頼度の高いC-GISを開発し、納入している。

4 スポットネットワーク受変電設備

スポットネットワーク受電方式は、昭和43年に大都市部の電力過密対策として受電開始以来、長い実績を持つ高信頼度の受電方式である。

近年、ビル用電源は高度情報化により、OA機器やコンピュータネットワークの導入などインテリジェント化が進んできているため、停電を生じると広範囲にわたって大きな影響が生じる場合がある。そのため、電力の供給信頼性に対し高度化の要求がますます高まってきている。また、ビルの高層化や単位床面積当たりの電力使用



注：略語説明

51G（地絡過電流継電器）、NW.RY（ネットワーク継電器）

図3 スポットネットワーク受変電設備の標準単線図 コンパクトスポットネットワーク(C-SUW)は波線で囲んだケーブルヘッドからテイクオフ遮断器までを1面に高密度実装している。

量の増加により、従来の6kV受電方式から22/33kV受電方式に昇圧する傾向にある。このような需要動向にこたえて、スポットネットワーク受電方式の採用が拡大してきている。

4.1 スポットネットワーク受電方式の特長

スポットネットワーク受電方式の一般的な単線接続図を図3に示す。電力会社の22/33kVネットワーク回線から、2回線以上(通常3回線)の配電線で受電し、ネットワーク変圧器の二次側をネットワーク母線で並列接続した受電方式である。ネットワーク母線電圧の値により、高圧スポットネットワーク受電方式(3.3kV/6.6kV)と低圧スポットネットワーク受電方式(400V)とがある。日立製作所のスポットネットワーク受電方式の主な特長を以下に述べる。

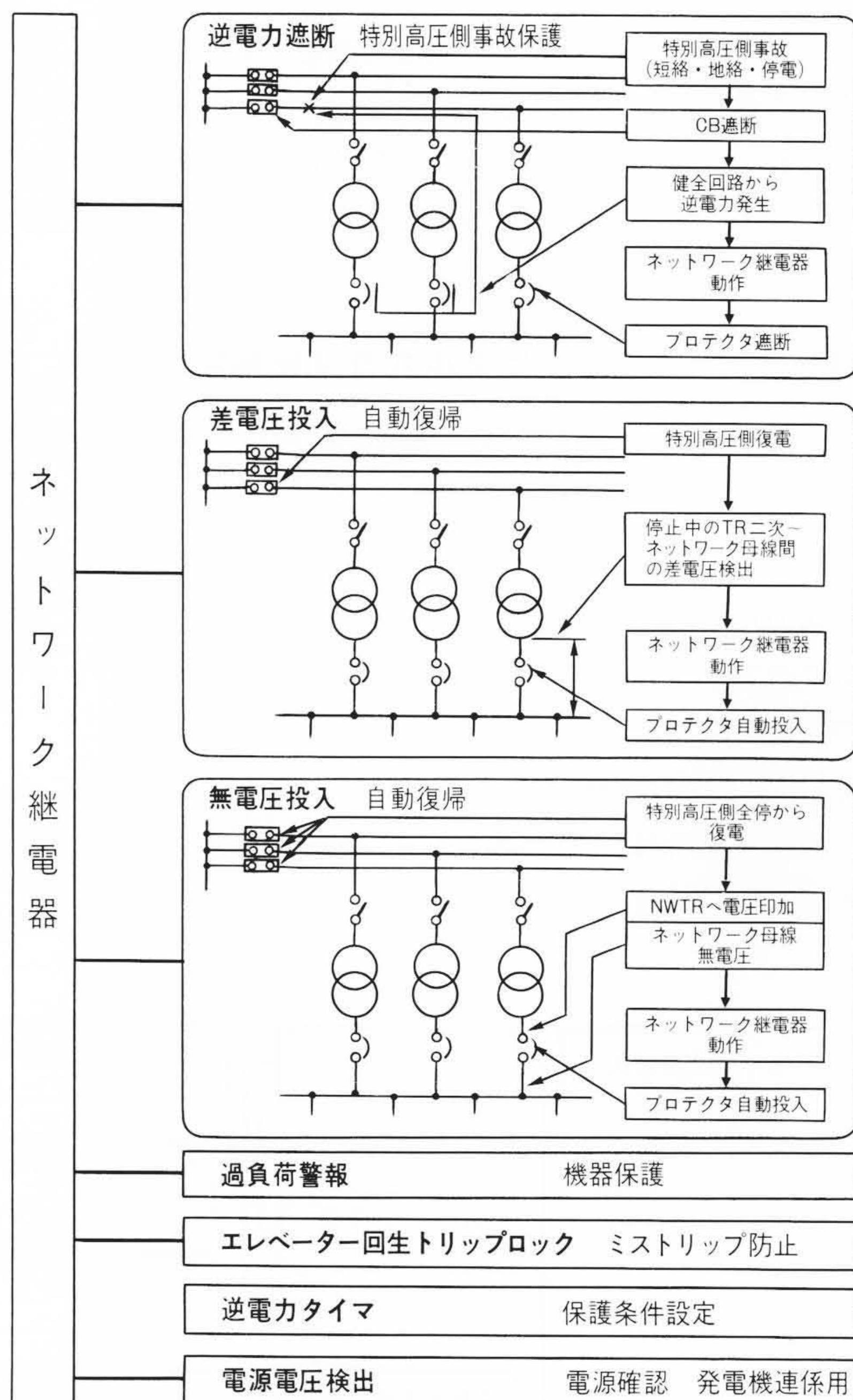


図4 ネットワーク継電器の機能フロー 特別高圧側事故に対する逆電力を解析し、逆電力遮断特性を決定する。逆電力遮断、差電圧投入、無電圧投入などの7要素を一体化した。

4.1.1 コンパクト化

スポットネットワーク受電方式は、多くの利点を持つ反面、通常3回線の受電方式をとるため、他の受電方式に比べて大型化、複雑化する傾向にあった。そのため、縮小化のニーズにこたえてコンパクト化が必要となった。このニーズにこたえるため低圧スポットネットワーク受電方式のC-SNW(コンパクトスポットネットワーク)を開発した。

(1) C-SNWの特長

(a) コンパクト化

横置きモールド変圧器の採用により、変圧器盤の上半分を空きスペースとし、ここに受電断路器、プロテ

クタ遮断器などを搭載した高密度実装盤を開発した。床面積で従来機種比 $\frac{1}{3}$ に縮小できた。

(b) 高遮断性能を持つテイクオフ遮断器

高遮断性能を持つテイクオフ遮断器の採用により、負荷分岐用テイクオフヒューズを不要とした。

(c) デジタル制御

ネットワーク継電器として、高感度なデジタルネットワーク継電器を採用した。

また、テイクオフ遮断器にはデジタル制御ユニットを内蔵し、おのこの自己監視機能を設けている。

ネットワーク継電器の機能フローを図4に、C-SNWの外観、配置例およびコイル変圧器の冷却例を図5に

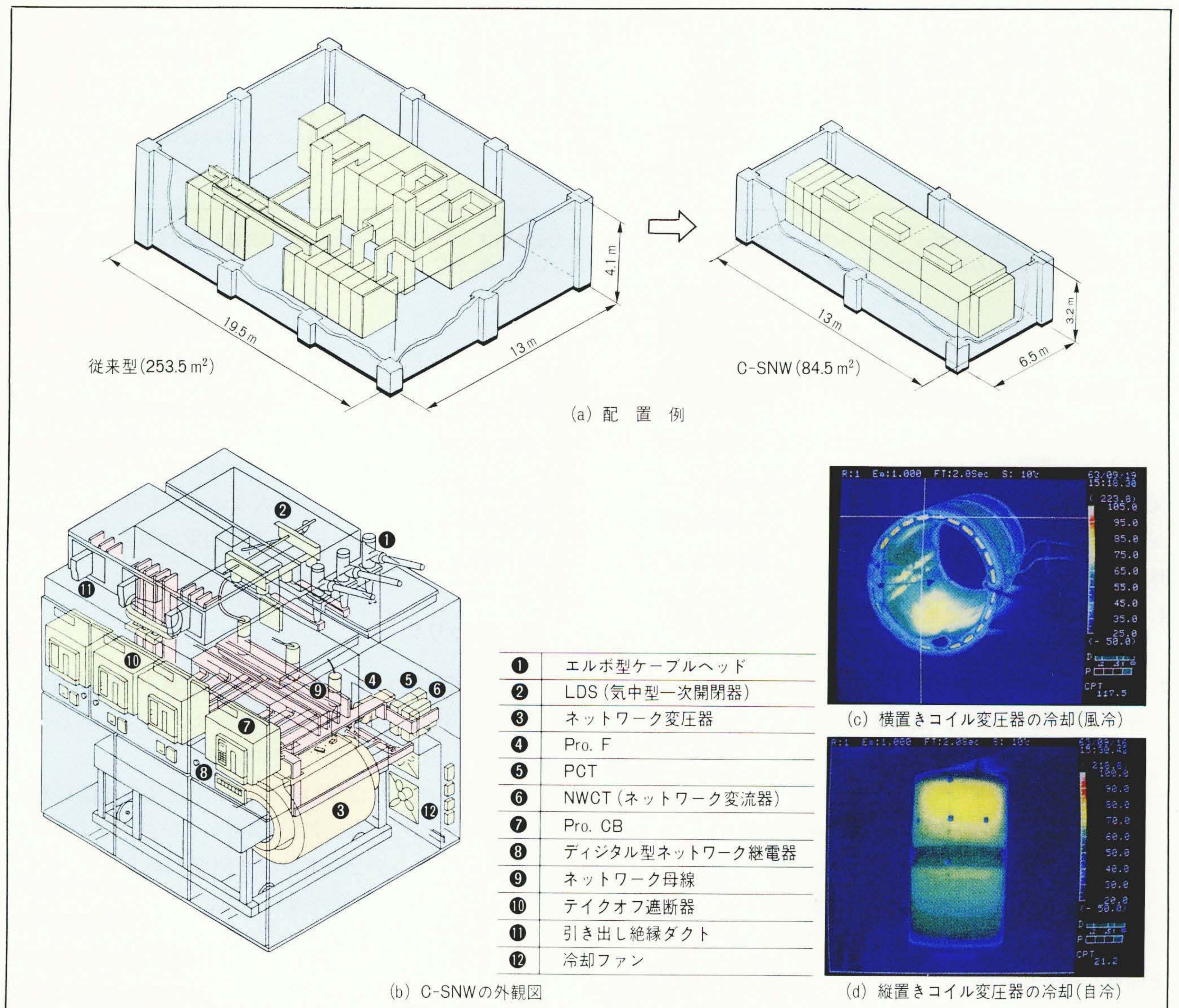


図5 C-SNW(コンパクトスポットネットワーク)の外観と配置例およびコイル冷却の例 2,000 kVA 3バンクの配置例を示す。据付面積で従来機種比 $\frac{1}{3}$ と縮小している。横置きモデルコイルによる温度分布測定により、温度が均等に分布しているのわかる。変圧器を横置きにすることで、盤上部に遮断器、取引用計器用変圧変流器、気中型一次開閉器を搭載することができる。

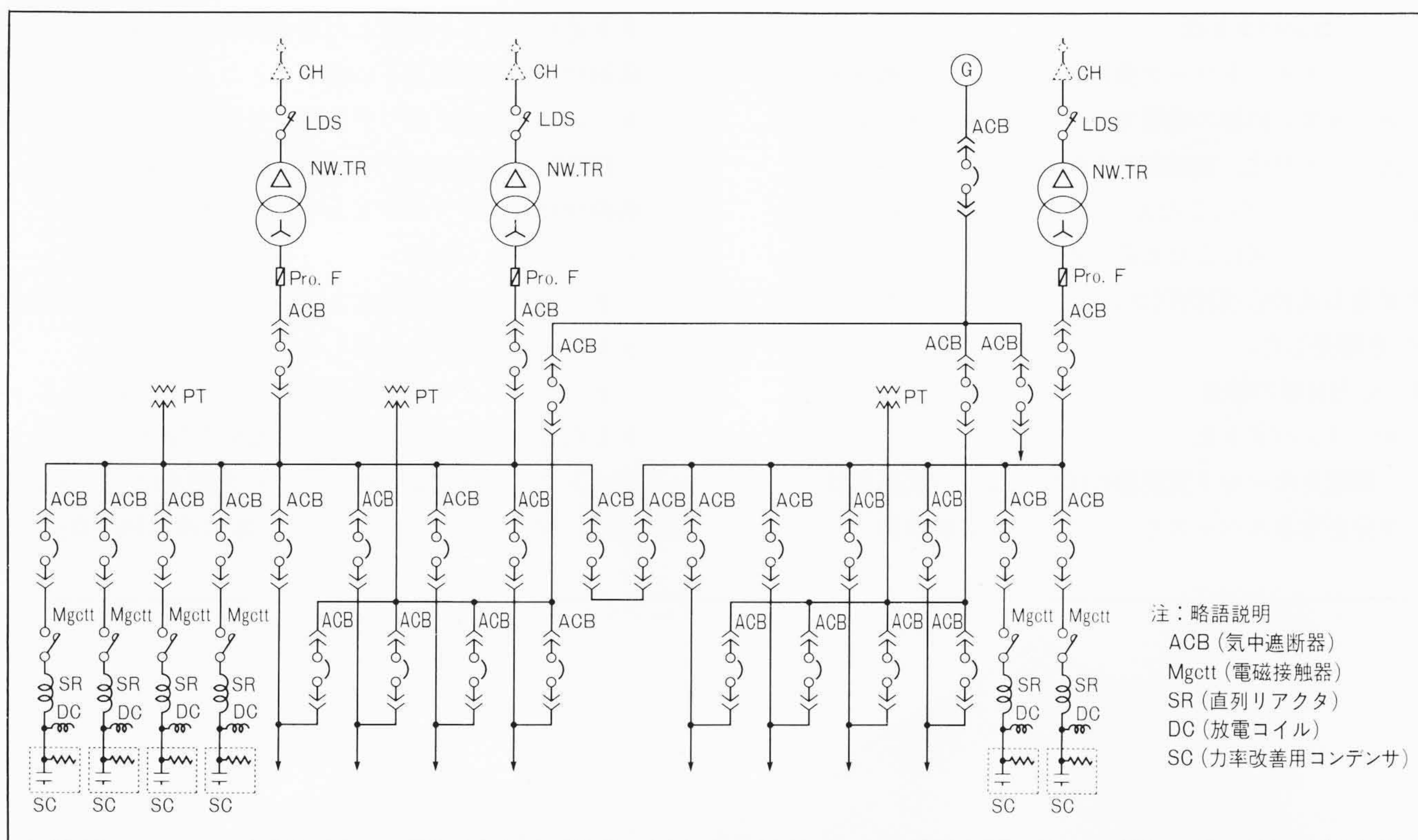


図6 二重母線方式のスポットネットワーク受電方式 最近納入した例を示す。ネットワーク母線に母線分離遮断器を2台設置し、テイクオフフィーダの母線をネットワーク母線と発電機母線との二重母線方式としている。

示す。

(2) 横置き変圧器

横置きモールド変圧器の開発により、コンパクト化が実現できた。横置きコイルの冷却の例を先の図5に示す。従来の縦置きコイルは、自冷式・風冷式ともに上部に熱が集中する。横置き風冷式コイルでは全体が冷却され、熱集中がなく冷却効率が高いことが同図からわかる。

4.1.2 ネットワーク母線の部分停電化

従来、ネットワーク母線には、母線区分機器が設けられていないので、母線点検を必要とする場合は、全停電で行っていた。しかし、最近要望が高まった、ネットワーク母線の点検を全停電にしないで実施したいというニーズにこたえるため、

- (a) ネットワーク母線に点検時に開く母線連絡遮断器を設ける方式
- (b) ネットワーク母線のほかに補助母線を設けた二重母線方式のスポットネットワーク受電方式

を開発し納入している。

実施例を図6に示す。

4.1.3 ネットワーク変圧器容量の増大

高圧スポットネットワークでは、従来3,500 kVAまでの容量が最大であったが、最近一部の地域ではこの容量をはるかに超える大容量を求める傾向がある。

そのため、現状では国内最大といえる1万2,000kVA、3バンクスポットネットワーク受変電設備を開発し、納入した。

5 おわりに

ビル用受変電設備では、電源供給に対する高信頼度と設備の縮小化に対する要望がますます増大するとともに、その仕様も多様化してきている。

日立製作所は、22/33 kV特別高圧受変電設備に対して、キュービクル式絶縁開閉装置およびコンパクトスポットネットワーク受変電設備を開発し納入してきている。さらに縮小化技術の向上、受電システムの研究・開発をいっそう推進し、受変電設備に対する総合力と最新技術とを駆使して、多様化したニーズに対応していく考えである。