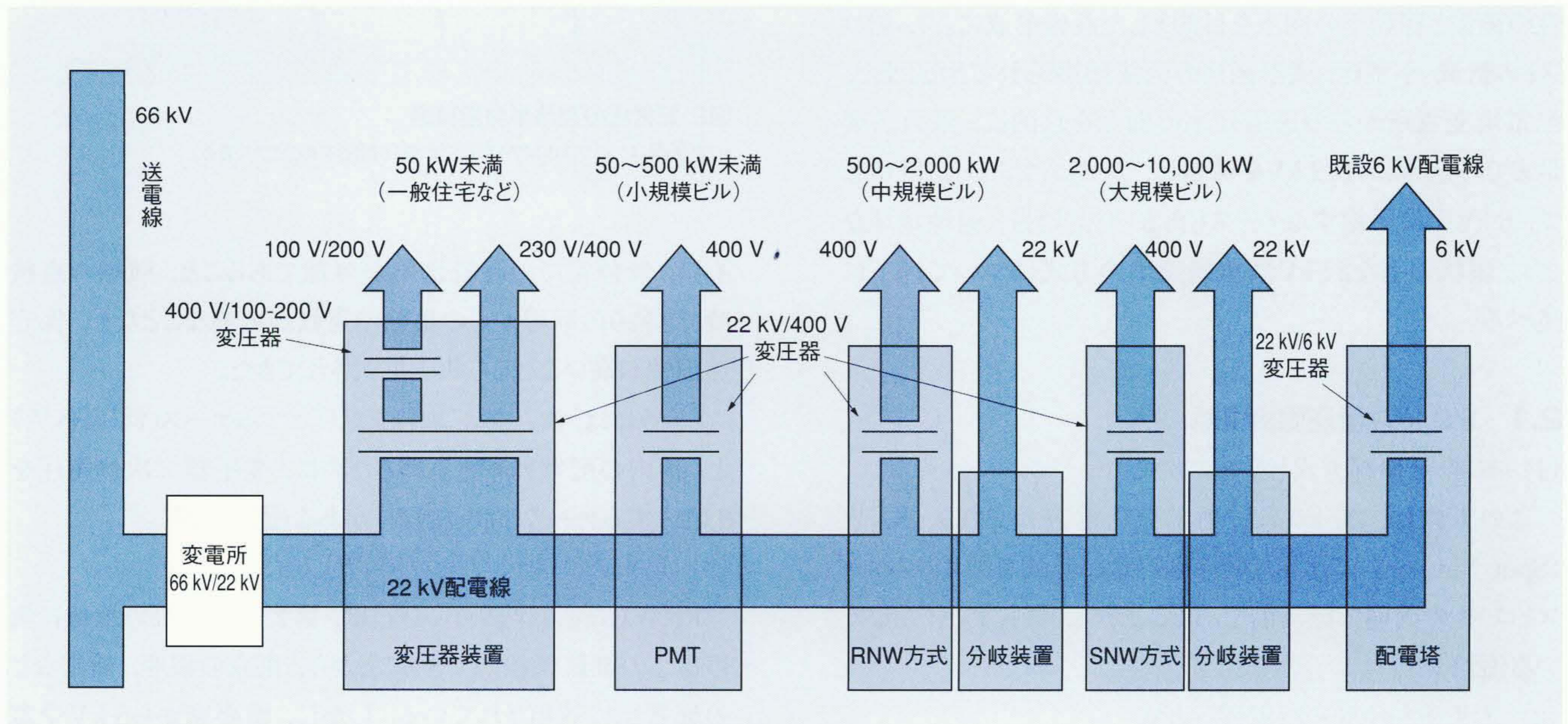


# 22 kV配電システムとその要素技術

## Development of 22 kV Distribution Systems and Switchgear

梶原 悟 Satoru Kajiwara 喜久川修一 Shûichi Kikukawa  
土屋賢治 Kenji Tsuchiya 高濱 朗 Akira Takahama



注：略語説明 PMT (Pad Mounted Transformer；路肩などに設置されている地上用変圧器)

RNW (Regular Network；複数のRNWの低圧側を連係させ、当該機器が故障しても他の機器から負荷への電源供給が可能なシステム)

SNW (Spot Network；3系統から、それぞれ別の変圧器で受電し、1系統が停止しても残りの2台の変圧器で負荷に電力供給をすることが可能なシステム)

### 22 kV 配電システムの概略

22 kV配電では、従来の6 kV配電に比べて、使用する電力量が同じであるならば、電圧に反比例して電流を低減することが可能になる。また、配電時の電力損失を電流の二乗に比例して少なくすることができるので、CO<sub>2</sub>の排出量を削減でき、地球の温暖化防止にも有効である。

都市部などの電力消費が集中する地域の電力需要が増加する中で、6 kV配電用変電所の立地不足や、配電用管路の輻輳(ふくそう)化などによるコストアップといった課題が生じてきた。そのため、6 kV配電電圧を回線当たりの容量が大きい22 kVに昇圧して、負荷の近傍まで配電することにより、配電時の電力損失を低減し、地球温暖化の一因でもあるCO<sub>2</sub>の排出量削

減につながる電力供給設備が求められている。しかし、22 kV機器は6 kVの機器に比べてサイズが大きく高価格であることが、22 kV配電の拡大を困難にしている。

日立製作所は、東京電力株式会社との共同研究などにより、22 kV配電機器のコストダウンと機器のコンパクト化を目的とした製品開発を行っている。

## 1 はじめに

電力需要密度が高い都市部の地域では6 kV系統の稼働率が高まっているが、6 kV電力供給を増強するには、地価の高騰などによる配電用変電所の増設難、配電用管路の輻輳化による布設ルートの確保難など課題が多い。一方、都市部での配電形態は地中配電方式が主体となっているので、この場合は、6 kV配電と同様の地中線工事で、かつ約3倍の電力を供給できる22 kV配電が経済的である。また、従来

の変電所の22 kV設備の有効活用や、6 kV供給設備の集中管理や電源分散化による効率的な電力供給なども視野に入れる必要がある。

しかし、22 kV機器は6 kVの機器に比べてサイズが大きく、高価格であることが、22 kV配電を拡大する際の大きな障害となっている。そのため、日立製作所は、東京電力株式会社と共同で、22 kV配電機器のコストダウンと機器のコンパクト化を目指した研究開発を行ってきた。

ここでは、22 kV配電システム、集積形スイッチギヤ、22 kV/6 kV大容量配電塔、3N結線変圧器装置(三相三巻

線单相分割結線変圧器装置), 22 kV地上用変圧器の特徴, および適用技術の概要について述べる。

## 2 22 kV配電システム

22 kV配電は都市部の過密地域を主体に計画され, 信頼性の確保と稼働率の向上を目的とした設備形成により, 総コストの低減(小型化, 機器価格の低減)が図られてきた。また, 配電用変電所からの送電効率の向上を目的に, 電力需要地までの送電には22 kVを採用し, 需要地で6 kVに降圧して, 6 kV系に供給するケースもある(工業地帯, 過疎地域など)。現状の主な22 kV供給側設備の方式について以下に述べる<sup>1)</sup>。

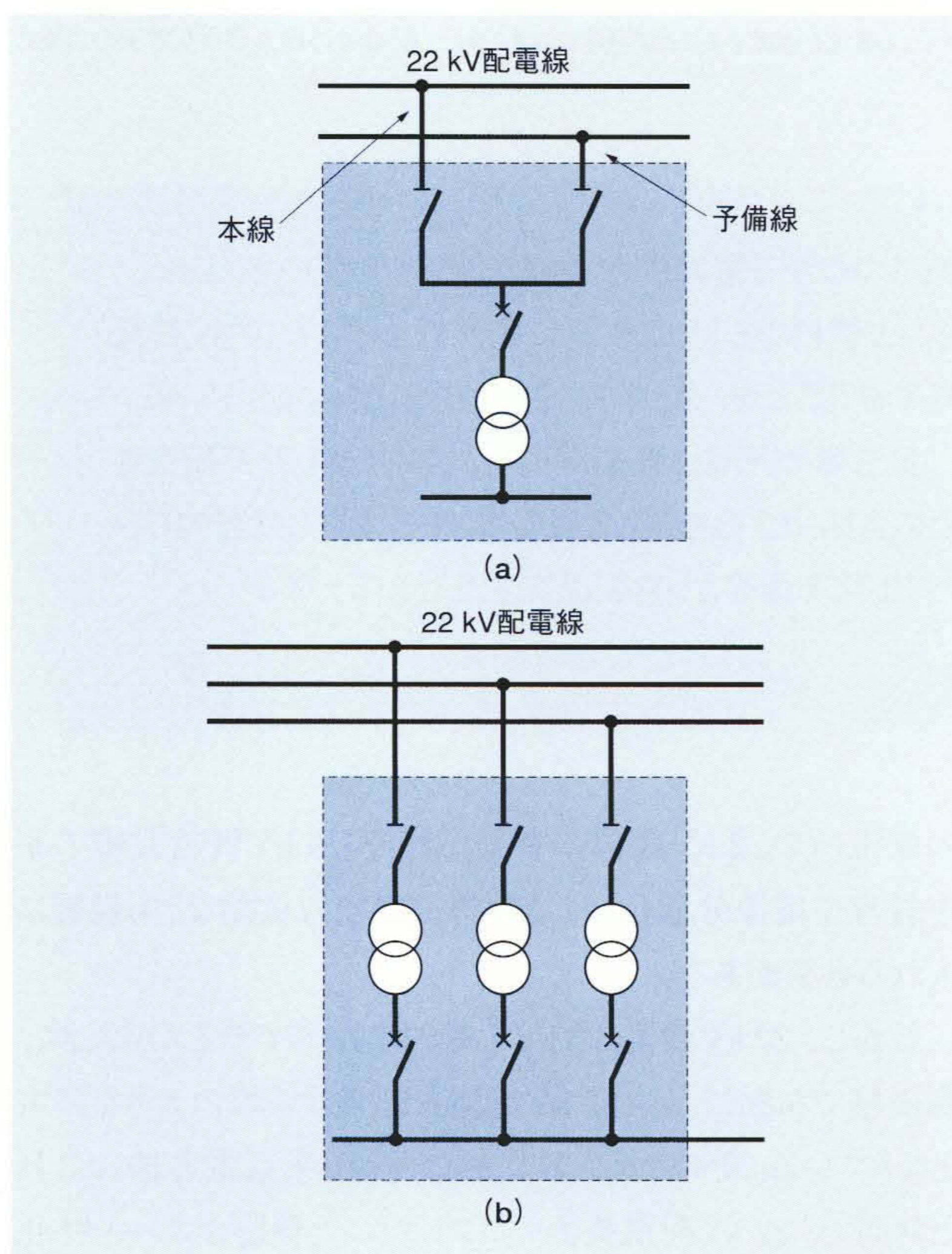
### 2.1 22 kV/低圧直接供給

#### (1) 本線・予備線方式とループ方式

この方式は, 22 kVの一般的な受電方式であり, SNW (Spot Network)に比べて変圧器容量の低減が図れ, スペースとコストの両面で経済的であることから, 最も多く普及している(図1参照)。

#### (2) スポットネットワーク(SNW)方式

SNWは, 都心部などの需要密度の高い超過密地域を中



注: (開閉器), (変圧器), (遮断器)

図1 配電システムの概略単線接続図

本線・予備線方式(a)と, スポットネットワーク方式(b)での接続を示す。

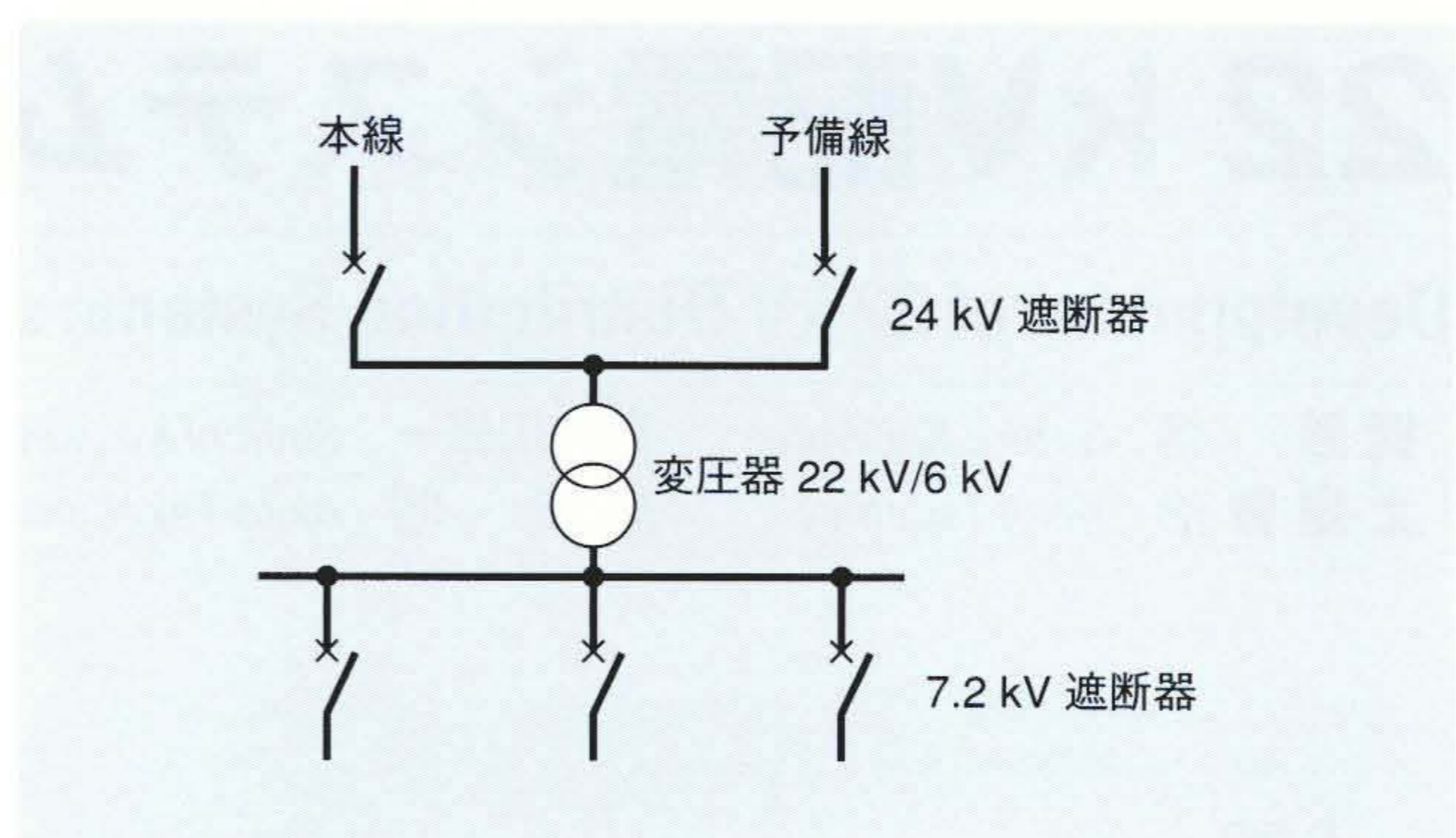


図2 配電塔の概略単線接続図

変圧器は, 最大10 MVAまでの容量に対応することができる。

心に, 無停電での継続供給が可能であること, 回線の点検時でも残りの回線からの供給で運転が可能なことなど, 保守運用性が高いことから順次拡大されてきた。

SNWには, 変圧器二次側を低圧とするケース(低圧SNW)と, 構内の配電効率を高めるために, 変圧器二次側電圧を6 kVとするケース(高圧SNW)がある(図1参照)。

#### (3) レギュラーネットワーク(RNW)方式

RNW (Regular Network)は, 需要密度の高い地域に無停電での継続供給ができることから, 東京の銀座, 新宿などの繁華街に適用されている。しかし, 需要家から6 kV受電の要請が多いことや, 保守運用性, 拡張性が低いことなどによって拡大されていない。

### 2.2 22 kV/6 kV供給

需要家の近くまで22 kVで送電し, 配電塔などを用いて6 kVに降圧して, 配電系統に供給する方式である。ここでは, 本線・予備線方式(配電塔)について述べる。

この方式は, 工業地帯, 過疎地域などで適用されてきたが, 住宅密集地域でも有効であることから, 設置環境への配慮とともに大容量化とコンパクト化が進められてきた。

この方式は, 22 kV需要家への供給にも, 旧電圧となる6 kV系の既存の需要家への供給継続に有効であり, 22 kVを普及, 促進するための移行用供給設備として, 今後, 配電塔の採用が増加すると見込まれる(図2参照)。

## 3 集積形スイッチギヤ<sup>2)</sup>

### 3.1 集積形スイッチギヤの仕様

集積形スイッチギヤの主な仕様を表1に示す。

### 3.2 集積形スイッチギヤの構成

集積形スイッチギヤは, (1) 4ポジション真空バルブ3本を収納した主回路部, (2) その真空バルブを動作させるための操作器, (3) 制御部として, 主回路の保護や電流・電圧など

表1 集積形スイッチギヤの主な仕様

開閉器の一体化と複合絶縁が大きな特徴である。

項目	仕様	
開閉器の種類	遮断器・断路器・接地装置を一体化	
絶縁方式	真空-SF <sub>6</sub> ガス*1-エポキシモールドによる複合絶縁	
定格電圧	24 kV	
定格電流	200 A, 400 A, 600 A	
定格周波数, 相数	50/60 Hz, 三相	
定格遮断電流	25 kA	
定格短時間耐電流	25 kA 1s(主回路, 接地回路)	
耐圧	商用周波	50 kV(60 kV)*2
	雷インパルス	125 kV(145 kV)*2

注：\*1 耐環境性を考慮し、絶縁低減を条件に、SF<sub>6</sub>ガスの代替にCO<sub>2</sub>ガス、N<sub>2</sub>ガスもしくは乾燥空気を使用する場合もある。

\*2 ( )内の数値は、断路部極間での性能を示す。

の状態監視をするデジタル型保護計測装置などで構成する(図3参照)。

集積形スイッチギヤの主回路部は、モールドケース下部に位置してケーブルヘッドを接続するためのケーブル側導体部、エポキシモールドした絶縁容器に内蔵された計器用変流器、電圧検出コンデンサ、モールドケース内に組み込まれた3本(三相分)の4ポジション真空バルブなどで構成する(図4参照)。

また、真空バルブ間の絶縁物の隔壁と、モールドケースと真空バルブの透き間に封入した少量のSF<sub>6</sub>ガスで複合絶縁することにより、絶縁の信頼性を高めている。

さらに、温暖化係数の高いSF<sub>6</sub>ガスの使用量を、日立製作所の従来形22 kVガス絶縁開閉装置の数十分の一とし、環境面にも配慮している。

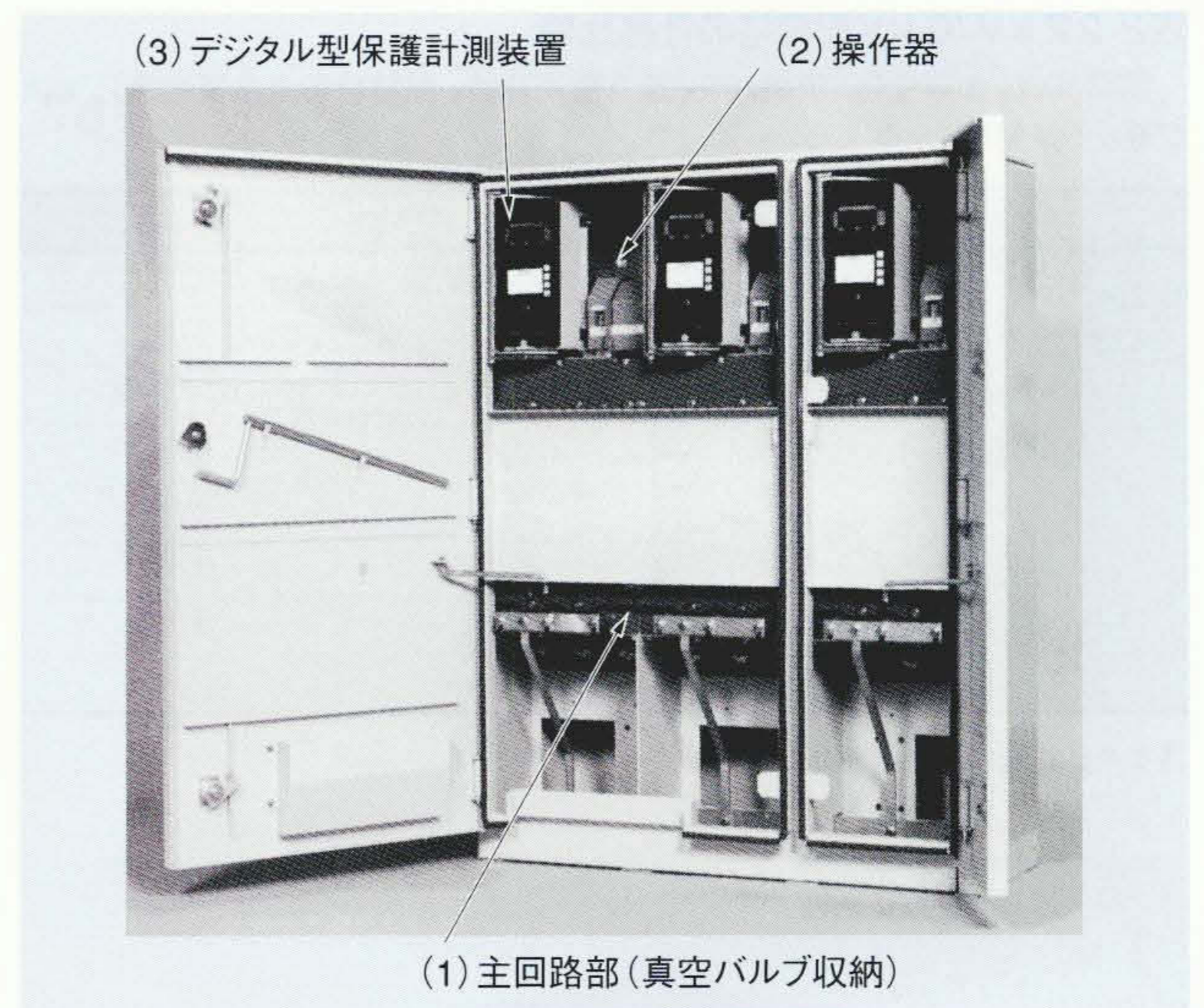


図3 集積形スイッチギヤの外観

幅1,100×奥行き450×高さ1,450(mm)であり、ベース部を合わせると高さ1,500 mmとなる。

## 4 22 kV/6 kV大容量配電塔<sup>3)</sup>

景気低迷による設備投資抑制などにより、変電所の新設が減少する一方で、都市部の電力需要は増加している。このような背景から、小型の変電所という位置づけで、大容量の配電塔の設置が増えている。

### 4.1 22 kV/6 kV配電塔の仕様

従来の配電塔と今回開発した配電塔の主な仕様を比較した結果を表2に示す。

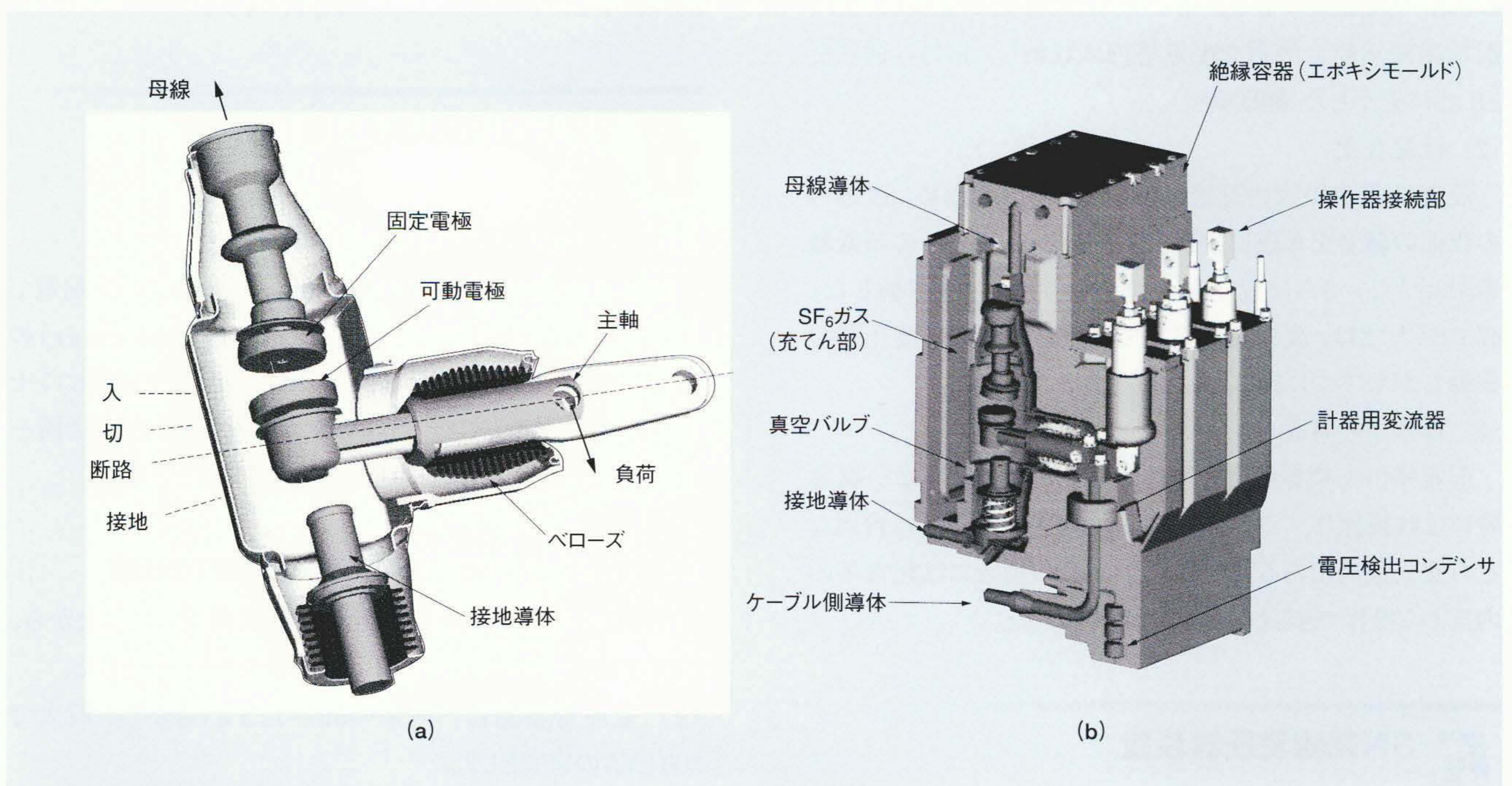


図4 集積形スイッチギヤの主回路部の内部構造

4ポジション真空バルブの構造(a)と、エポキシ樹脂でモールドされた主回路部の構造(b)を示す。

表2 22 kV/6 kV配電塔の仕様比較

開発品は、大容量化、高機能化(遠方監視装置、配電線結合装置内蔵)、および縮小化を特徴とする。

項目	従来品*	開発品
受電電圧	22 kV	同左
配電電圧	6 kV	同左
変圧器容量	6 MVA	10 MVA
負荷時タップ切換器	なし	あり
操作室	なし	あり
遠方監視装置	別置	内蔵
配電線搬送結合装置	別置	内蔵
据付け面積	15.4 m <sup>2</sup>	9.9 m <sup>2</sup>

注：\*日立製作所の既納品



図5 22 kV/6 kV大容量配電塔の外観

東京電力株式会社に、開発品の1号機を納入した。

## 4.2 配電塔の主な開発要素

### (1) 据付け面積の縮小化

据付け面積を縮小するために、22 kV受電部に集積形スイッチギヤを用い、変圧器の放熱部を縮小し、6 kV配電部には汎用の真空遮断器を採用した。さらに、遠方監視装置や、配電線搬送結合装置を配電塔内に収納し、据付け面積を9.9 m<sup>2</sup>に縮小した(図5参照)。

### (2) 低騒音化

設置場所が民家の近傍になるケースもあるため、周辺への夜間の騒音を考慮し、変圧器本体で45 dB(A)の超低騒音設計とし、さらに変圧器を筐(きょう)体内に収納した。45 dB(A)とは、変圧器の真横で耳を澄ませると、変圧器の振動音がかすかに聞こえる程度である。

### (3) 操作室の新設

配電塔の主機器は遠方操作が可能になっているが、緊急時には直接操作することができる。しかし、緊急時は台風などの悪天候時である可能性も高く、その場合には配電塔の内部から操作できるように、操作室を設けた。

## 5 3N結線変圧器装置

高層マンションなどの電力供給用としての22 kV/100・

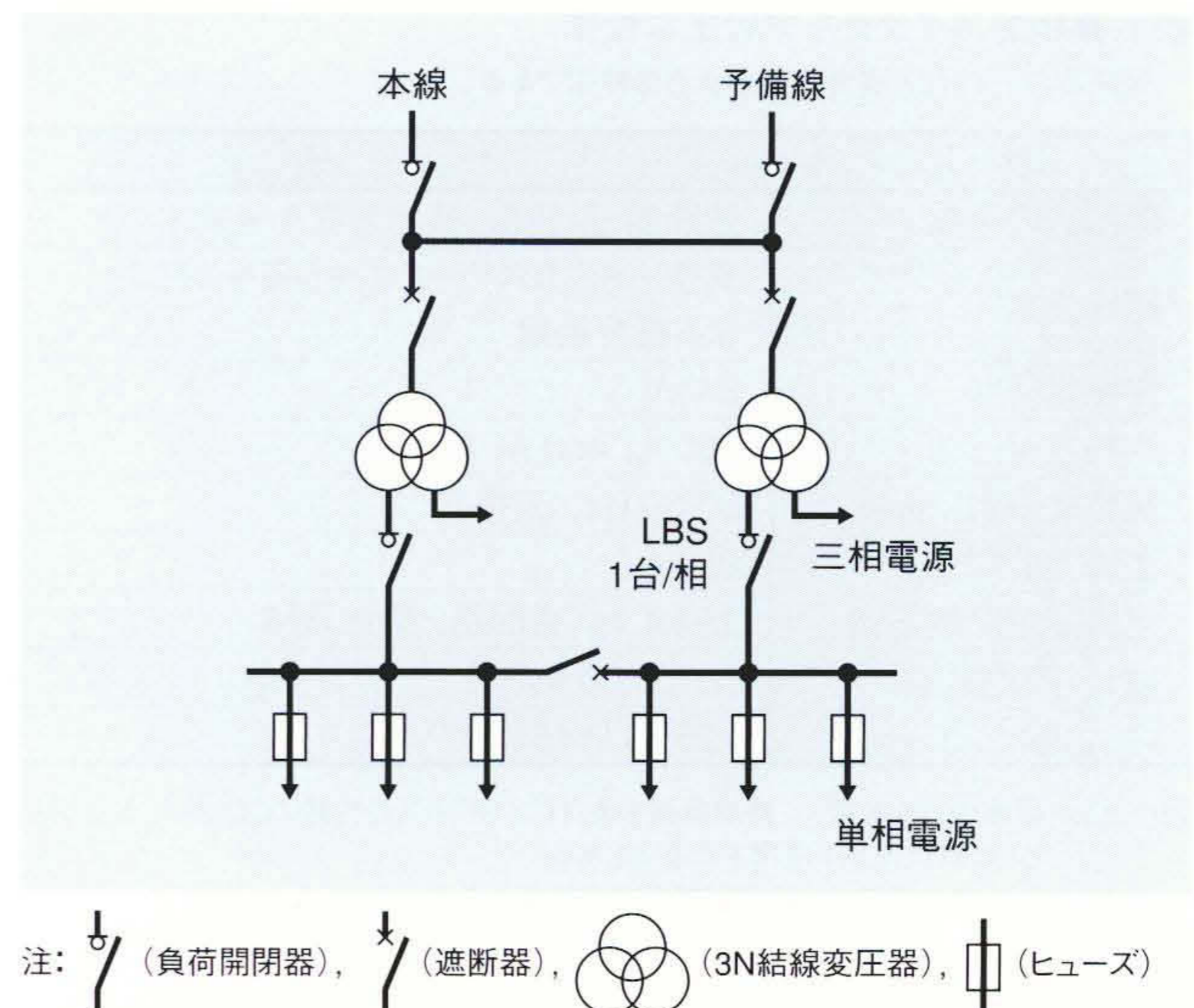


図6 3N結線変圧器装置の概略単線接続図

单相電源は電灯などの家庭用に、三相電源はエレベーターなどの動力用に主に用いられる。

200 V供給用変圧器には、従来、大容量と小容量の単相変圧器おのおの1台を使用し、単相の大容量負荷と三相の小容量負荷に供給可能な異容量V結線方式を採用していた。しかし、変圧器の大容量化に伴って、変圧器二次電流が増加したことが導体断面積の増加や機器定格容量のアップにつながり、機器の大型化やコストアップの原因となっている。

そのため、変圧器の結線を三相三巻線単相分割(3N)結線方式に変更することにより、変圧器二次側の通電電流を三相に均等分割し、現行の単相変圧器2台を三相変圧器1台とした(図6, 7参照)。また、変圧器の単相分割による通電電流の低減により、導体を小型化し、変圧器装置全体としての機器スペースを現行の異容量V結線方式に比べて約30%縮小し、インシャルコストの低減を図った。

## 6 22 kV地上用変圧器(PMT)

### 6.1 22 kV PMT開発のコンセプト

配電電圧22 kV/400 Vの普及、拡大のため、6 kV配電で最も一般的なPMT(Pad Mounted Transformer)の22 kV/400 V化を行った。22 kV/400 V PMTの開発コンセプトは、モールドジスコン型6 kV(125+50 kVA)PMTと同一寸法で、24 kV開閉器と変圧器を収納することである。

### 6.2 22 kV PMTと従来(6 kV)PMTの比較

- (1) 外形寸法は、路上設置を目標に開発したことから、6 kV PMTと同一寸法である、東京都条例サイズとした。
- (2) 変圧器容量は、従来の50+125 kVAから、最大で300 kVAの容量とした。
- (3) 使用電圧については、一次側電圧を22 kVに昇圧し、低圧側では従来の210-105 Vを400-230 Vとした。

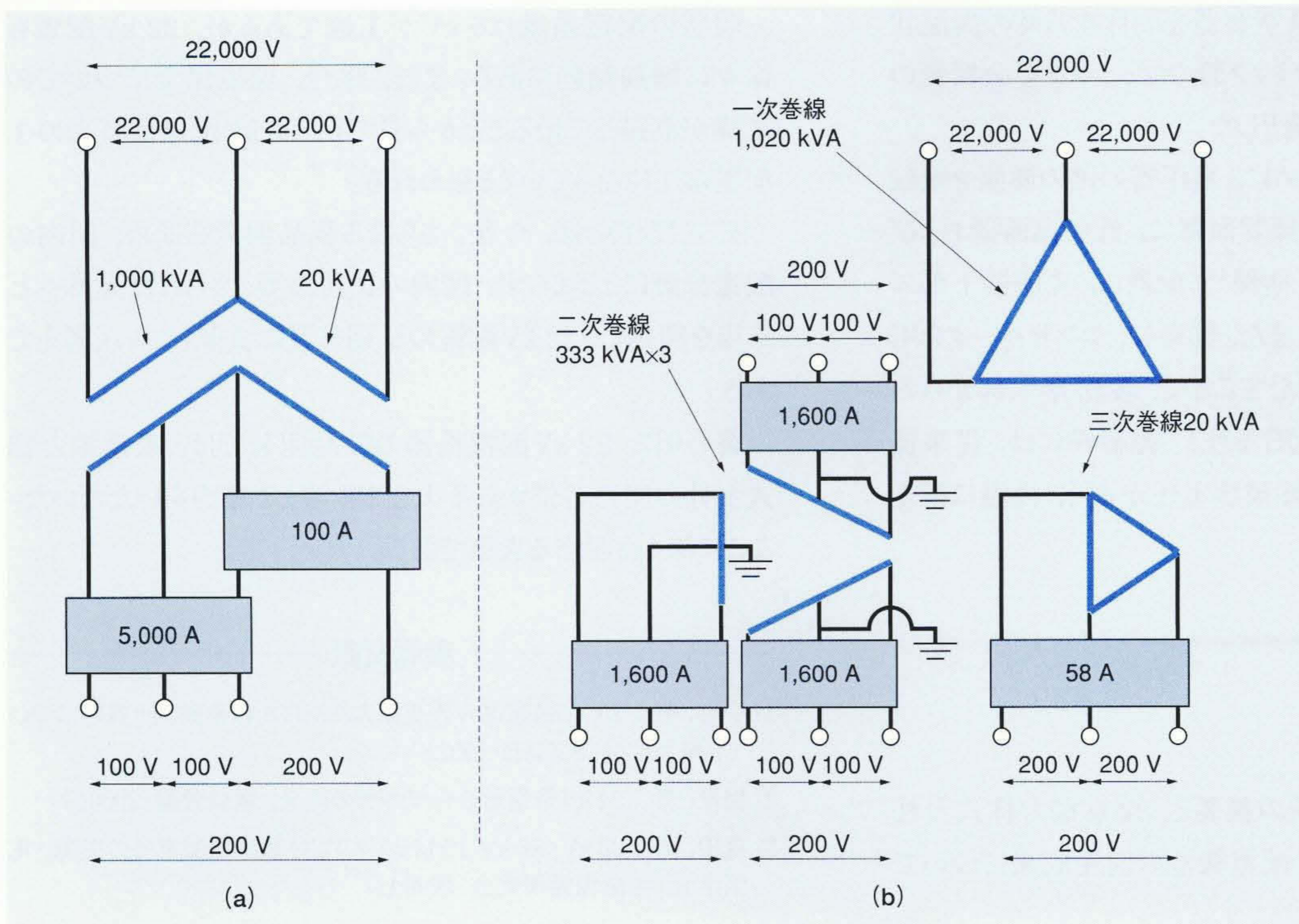


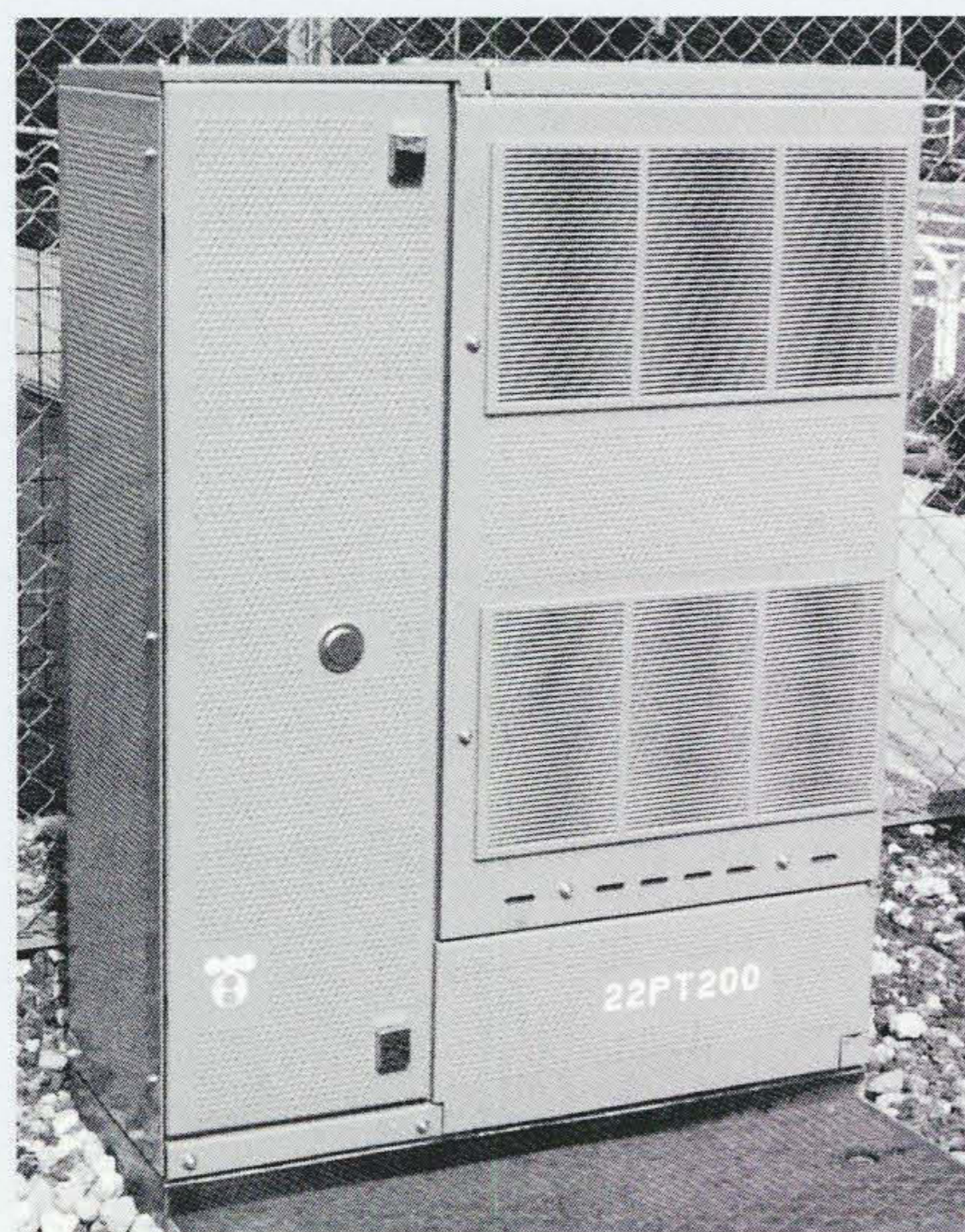
図7 変圧器の結線の比較

従来の異容量V結線の変圧器の巻線イメージ(a)と、3N結線変圧器の巻線イメージ(b)を示す。

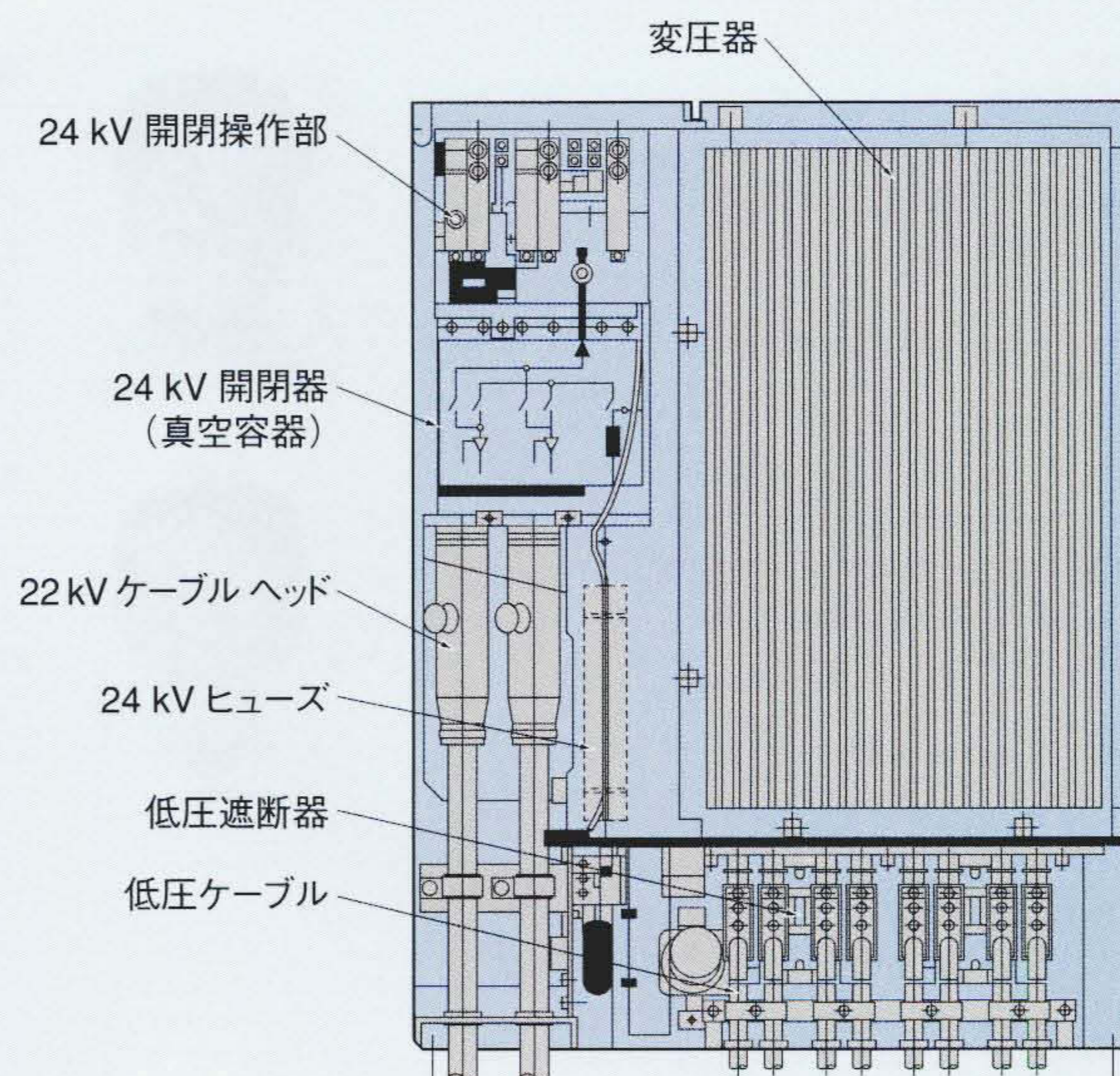
同一の変圧器容量でも、3N結線変圧器のほうが、変圧器二次側の電流が小さい。

図8 22 kV PMT

東京電力株式会社に納入した1号機の外観(a)と、22 kV PMTの内部構造(b)を示す。



(a)



(b)

(4) 一次側の開閉器は、従来のモールドジスコン、またはロードブレークエルボを負荷開閉器とした。

(5) 一次側高圧側開閉器と変圧器の間には、6 kV機器と同様に限流ヒューズを配置した。

(6) 変圧器の絶縁油には、鉱油に比べて引火点の高いシリコン油を採用した。

(7) 外箱では、保安対策(歩幅・接触電圧)として、従来、内箱(変圧器タンク)と外箱(PMT筐体)を共通の接地極に接続して運用していたものを、内箱と外箱を絶縁し、異なる接地極に接続した二重箱構造とした。

### 6.3 22 kV PMTの主な開発要素

(1) 24 kV開閉器では、絶縁性能が高く、クリーンな絶縁媒体である真空絶縁を採用し、各相分離とした一つの真空容器中に負荷開閉器3台、接地装置2台を収納することにより、機器としては大幅な縮小化を図った。しかし、真空容器としては、従来の真空遮断器に使用している真空バルブに比べると大型となる。このため、真空容器は、外部の大気と内部の真空の気圧差に耐えられるように、断面形状を卵形にするなどの応力集中を防止する形状とした。また、ケーブルヘッドとの接続部には、通常エポキシ製のブッシングが使用され

ているが、エポキシ樹脂は真空容器を製作する時の高温状態に耐えられないため、セラミック製のブッシングを金属製の真空容器にろう付けする構造とした。

(2) 変圧器を小型化するために、変圧器の油の膨張を吸収するためのコンサベータを下部背面側に、低圧遮断器および低圧ケーブルをその前方(正面側)に配置し、変圧器下部スペースの有効利用を図った。また、同時に、コンサベータを用いて変圧器上部まで油を満たすことで、変圧器上部からの放熱効率の向上も図った(図8参照)。絶縁油には、従来使用している鉱油に比べて絶縁破壊電圧が高く、高温に耐えられるシリコン油を採用した。

## 7 おわりに

ここでは、22 kV配電システムの概要と、東京電力株式会社と共同で開発してきた22 kV配電機器の開発成果について述べた。

現状の配電システムは6 kVが主流であるが、22 kV配電も徐々に増加傾向にある。また、昨今、環境保全についての意識が高揚していることから見ても、22 kV配電は将来の主配電電圧になっていくと思われる。

日立製作所は、今後、さらなる製品開発を進め、国内の配電分野にとどまらず、国内の民間需要、さらには海外へと市場を開拓し、22 kV配電の早期普及に貢献していく考えである。

終わりに、22 kV配電機器の製品開発では、東京電力株式会社の関係各位から多大なご指導とご協力をいただいた。ここに深く感謝する次第である。

### 参考文献

- 1) 中村, 外: 20 kV級配電の普及拡大に向けた技術動向と課題について, 電気学会論文誌B(2002.8)
- 2) 梶原, 外: 24 kV集積形スイッチギヤの開発, 電気評論(2000.7)
- 3) 森田, 外: 22 kV/6.6 kV 10 MVA LTC付縮小型配電塔の開発, 電気学会 開閉保護研究会(1999.11)

### 執筆者紹介



梶原 悟

1991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 受変制御生産本部 受変制御設計部 所属  
現在, 配電機器の開発に従事  
電気学会会員  
E-mail: satoru\_kajiwara @ pis. hitachi. co. jp



喜久川修一

1997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 受変制御生産本部 受変制御設計部 所属  
現在, 配電機器の開発に従事  
電気学会会員, 日本機械学会会員  
E-mail: shuuichi\_kikukawa @ pis. hitachi. co. jp



土屋賢治

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 受変制御生産本部 受変制御設計部 所属  
現在, 配電機器の開発に従事  
電気学会会員  
E-mail: kenji\_tsuchiya @ pis. hitachi. co. jp



高濱 朗

1984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 電源システム部 所属  
現在, 配電関連機器の開発に従事  
電気学会会員  
E-mail: akira\_takahama @ pis. hitachi. co. jp