

最近の鉄道変電システム

—環境対応の新製品—

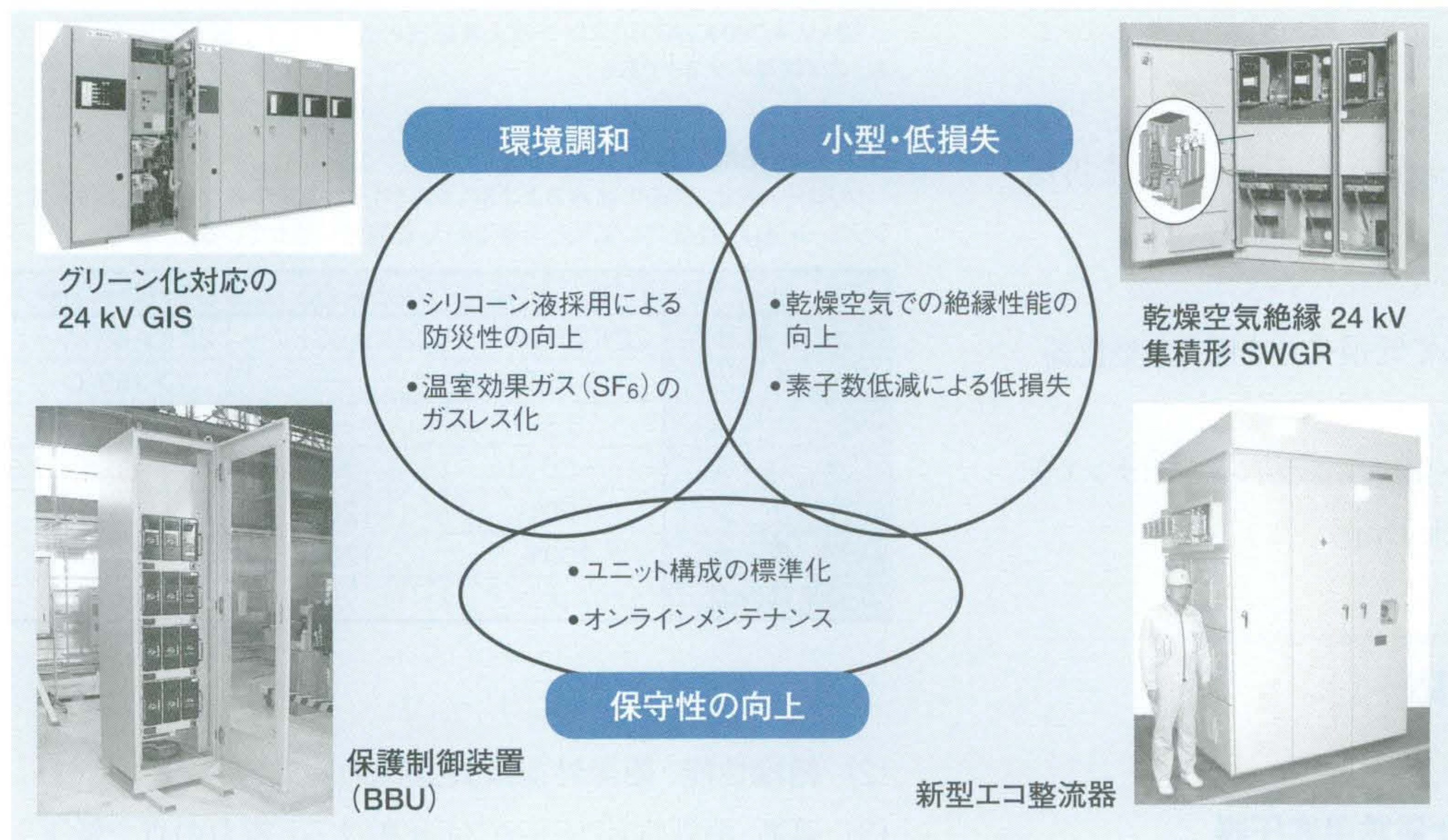
Latest Railway Substation System

川村 直輝 Naoki Kawamura

江田 吉正 Yoshimasa Eda

加藤 哲也 Tetsuya Katô

高橋 弘隆 Hirotaka Takahashi



環境調和型鉄道変電システム

鉄道変電システムでは、最近の社会情勢の変化を反映し、いっそうの環境調和、小型、低損失、省保守化のニーズが高まってきている。このようなニーズにこたえるため、日立製作所は、新しい鉄道変電システムを開発している。

注：略語説明

GIS (Gas-Insulated Switchgear)

SWGR (Switchgear)

BBU (Building Block Unit)

日立製作所は、鉄道変電システムの小型、低損失、保守性向上のニーズにこたえるために、これまで、SF₆ガス絶縁開閉装置 (GIS) の小型・縮小化、電鉄用変圧器の低損失・低騒音化や配電盤のマイクロエレクトロニクス化などを進めてきた。

最近、いっそうの環境調和、低損失、小型、省保守化のニーズが高まってきていることから、これらのニーズにこたえるために、(1) 環境に優しく、防災性に優れ

たシリコン液入変圧器、(2) 温室効果ガスであるSF₆のガスレス化を図った環境調和型GISおよびコンパクトな集積形開閉装置 (SWGR)、(3) 冷媒に使用していたPFCを排除し、いっそうの低損失化を図った新型エコ整流器、および(4) 保護制御装置を標準ユニット化し、オンラインメンテナンスを可能にしたBBU (Building Block Unit)を開発した。

1 はじめに

鉄道変電システムでは、最近の社会情勢の変化により、いっそうの環境調和、小型・低損失化、保守性向上へのニーズが高まってきている。

これらのニーズにこたえるために、日立製作所は、環境調和に対応した、変圧器、開閉機器、整流器、さらに保守性の優れた保護制御装置などの開発を進めている。

ここでは、鉄道変電システムにおける日立製作所の技術と製品について述べる。

2 最近の鉄道変電システムのニーズ

鉄道変電システムでのニーズに対応する、日立製作所の技術・製品は以下のとおりである(図1参照)。

(1) 環境調和

(a) 鉱油を用いずに、防災性に優れたシリコン液を適用する変圧器

(b) 温室効果ガスであるSF₆のガスレス化を図ったGIS (Gas-Insulated Switchgear) および集積形SWGR (Switchgear)

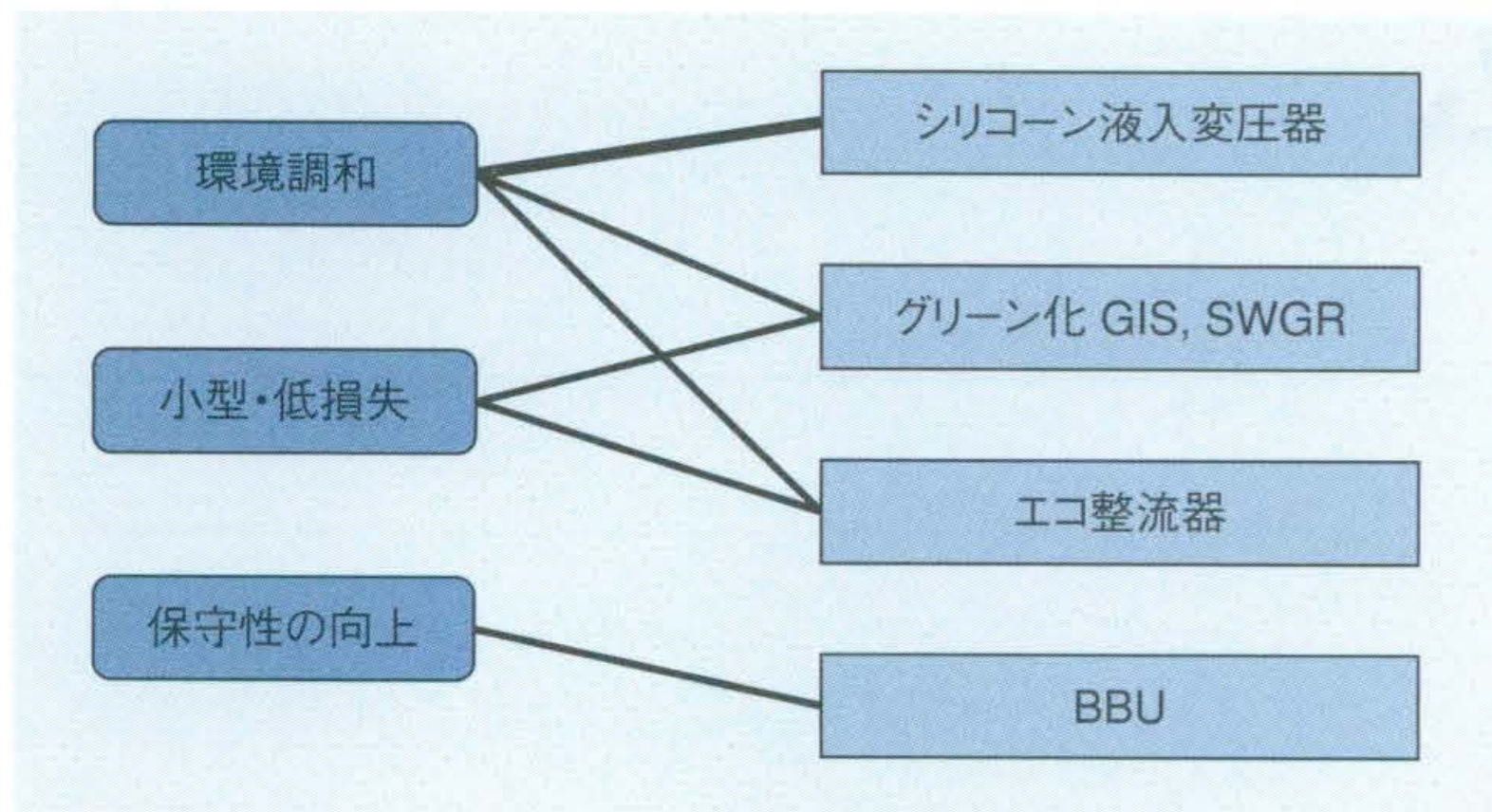


図1 鉄道変電システムでのニーズと対応製品

鉄道変電システムでは、環境調和、小型・低損失化、保守性向上のニーズが高まっている。

- (c) 冷媒のPFC(Perfluorocarbon Compounds)を排除し、純水を用いたエコ整流器
- (2) 小型・低損失化
ダイオードの素子数低減によって低損失化を図った整流器
- (3) 保守性向上
保護制御装置を標準ユニット化し、オンラインメンテナンスを可能とするBBU(Building Block Unit)

3 変電機器の環境対応

3.1 シリコン液を適用した電鉄用変圧器

都市部の変電所では、防災上の観点からSF₆ガス絶縁変圧器が用いられてきたが、温室効果ガスとして指定されたことから、その使用量を削減する必要がある。また、消防法の改正(2001年7月)により、引火点が250℃以上のものは危険物としての適用が除外となることや、車両用変圧器でシリコン液の実績があることから、電鉄用でもシリコン液を適用した変圧器を開発した(図2参照)。各種絶縁媒体の特性比較を表1に示す。

シリコン液入変圧器の特徴としては、以下の点があげられる。

- (1) 防災性: 引火点が高く、着火しにくい。また、難燃性であり、自己消火性を持つことから、燃焼しにくい。
- (2) 信頼性: 非腐食性であり、安定している。
- (3) 環境性: 分解性が高く、自然界の物質に還元できる(シリカが主成分)。

3.2 環境調和型GIS(ガス絶縁開閉装置)と集積形SWGR(スイッチギヤ)

3.2.1 環境調和型24 kV GISの概要

環境調和型GIS(図3参照)では、代替ガスとして、乾燥空気を採用した。

乾燥空気の性質は以下のとおりである。

- (1) 安全性: 毒性がなく、安定した不燃性ガスである。

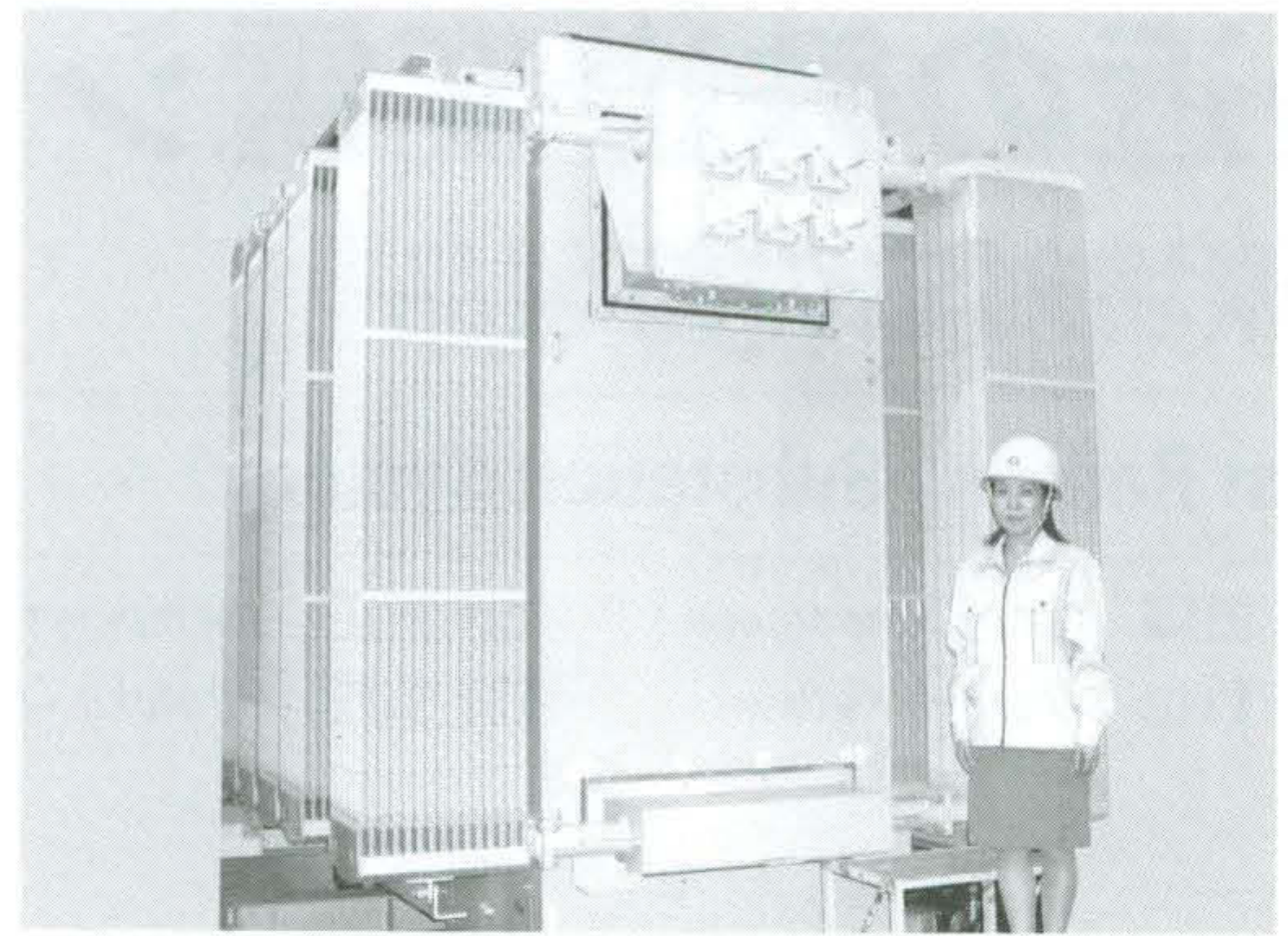


図2 シリコン液入変圧器の外観

22 kV 4,780 kVAのシリコン液入変圧器の外観を示す。鉱油変圧器と比べても、ほぼ同等の大きさである。

表1 各種絶縁媒体の特性比較

シリコン液と、従来の鉱油およびSF₆ガスそれぞれの変圧器の仕様比較を示す。シリコン液は、性能的に鉱油と同等であり、防災性に優れている。

	鉱油	SF ₆ ガス	シリコン液
適用範囲	22 kV, 66 kV～	22 kV, 66 kV～	22 kV, 66 kV～
引火点	145℃	—	>250℃
比重	0.87	—	0.96
流動点	−30℃	—	−60℃
寸法比	100%	120%	100%
質量比	100%	120%	105%
過負荷耐量	大	小	大

- (2) 絶縁性能: 絶縁性能はSF₆ガスの約 $\frac{1}{3}$
- (3) 遮断・消弧性能: SF₆ガスと比較すると能力の点で低下
製品化にあたっての検討項目は以下のとおりである。
- (1) VCB(真空遮断器)・容器の耐圧力の検討
絶縁性能を向上させるため、ガス圧力をSF₆ガスの場合の0.1 MPaから0.35 MPaとした。
このクラスの遮断器では、真空部分と外気圧との差を持たせる必要があるため、VCBを用いる。今回は、0.4 MPaまでの外気圧に耐えられるVCBを開発し、採用した。
- (2) DS(Disconnecting Switch)の進み・遅れ小電流開閉
乾燥空気の遮断性能はSF₆ガスと比較すると能力が低下するので、断路器の主回路導体の形状にくふうを凝らすことにより、所定の性能を満足させた。
- (3) 部品構成・大きさ
部品構成は従来と変わりがなく、リプレース対応が可能である。環境との調和という観点でも、乾燥空気絶縁を採用したことから、産業廃棄物としての量を大幅に低減している。

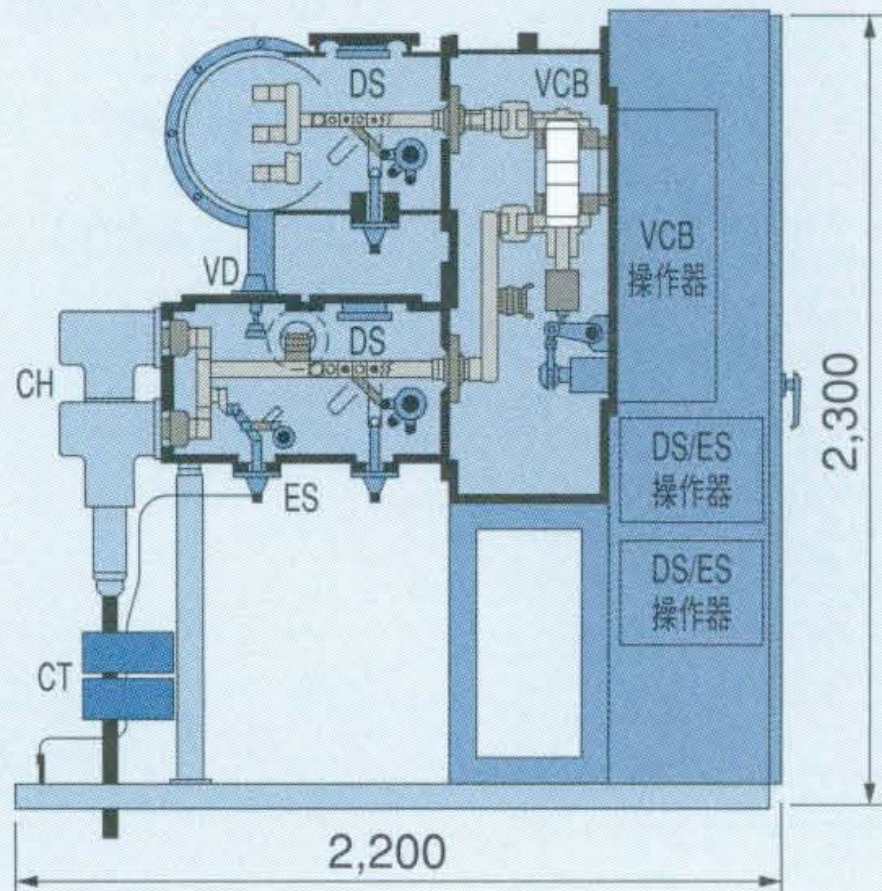
3.2.2 24 kV 集積形SWGR

据付け面積の大幅な削減(気中絶縁SWGRの約6%)が可能な24 kV集積形SWGRでも、GIS同様に乾燥空気絶縁方式を採用し、環境対応を図っている。集積形SWGRの仕様を表2に示す。

3.3 新型エコ整流器

整流器に使用しているダイオード素子の冷却では、これま

比較項目	(a) 現状モデル	(b) グリーン化
絶縁媒体	SF ₆	乾燥空気
定格ガス圧力 (MPa)	0.1	0.35
最低保証ガス圧力 (MPa)	0.07	0.3
構造・部品寸法	—	従来品踏襲



注：略語説明
VCB (Vacuum Circuit-Breaker)
VD (Voltage Detector), CH (Cable Head), ES (Earthing Switch)
CT (Current Trartsformer)

図3 環境調和型GISの特徴と概略構造
24 kV 1,200 Aの構造、大きさについては従来製品を踏襲しており、グリーン化を図っている。

表2 集積形SWGRの主な仕様
据付け面積の大幅削減に貢献する24 kV集積形SWGRの主要仕様を示す。

項 目	定格・仕様
開 閉 器	通電—遮断—断路—試験・接地の4位置集積形真空遮断器
絶縁方式	真空—乾燥空気—エポキシモールド複合絶縁
定格電圧・電流	24 kV, 200/400/600 A
遮断電流	25 kA
遮断時間	5サイクル
耐 電 流	25 kA, 1 s

で冷媒にPFCを使用していたが、今回は温室効果ガスの排除を目的とし、純水を冷媒としたヒートパイプ冷却方式のエコ整流器を開発した(表3参照)。

3.3.1 製品の特徴

- (1) 温室効果ガスの排除：ダイオード素子を冷却するために、純水を冷媒としたヒートパイプ冷却方式を採用
- (2) -20℃の環境でも正常動作：可変コンダクタンス ヒートパイプを使用し、-20℃の環境でも使用が可能(凍結防止用のヒータは不要)
- (3) 小型・省スペース：従来比-50%の設置スペース
- (4) 低損失：高耐圧ダイオード素子適用による素子数半減により、従来比-40%の損失低減

3.3.2 新技術の適用

- (1) 新冷却方式
純水使用のヒートパイプでは、純水が凍結するため、寒冷地では使用できないという難点があった。今回開発したエコ整流器では、素子冷却に可変コンダクタンス ヒートパイプ

表3 新型エコ整流器の主要仕様
冷却媒体に純水を使用することにより、地球温暖化物質であるPFCを排除した。

項 目	仕 様
名 称	ヒートパイプ自冷式シリコン整流器
周囲温度	-20℃~40℃
使用冷媒	純 水
直流電圧	1,500 V
定 格	6,000 kW E種 100%連続, 120% 2 h, 300% 1 min
基本接続方式	6パルス, 並列12パルス
寸法(屋外)	幅2,000, 奥行き1,600, 高さ2,995 (mm)

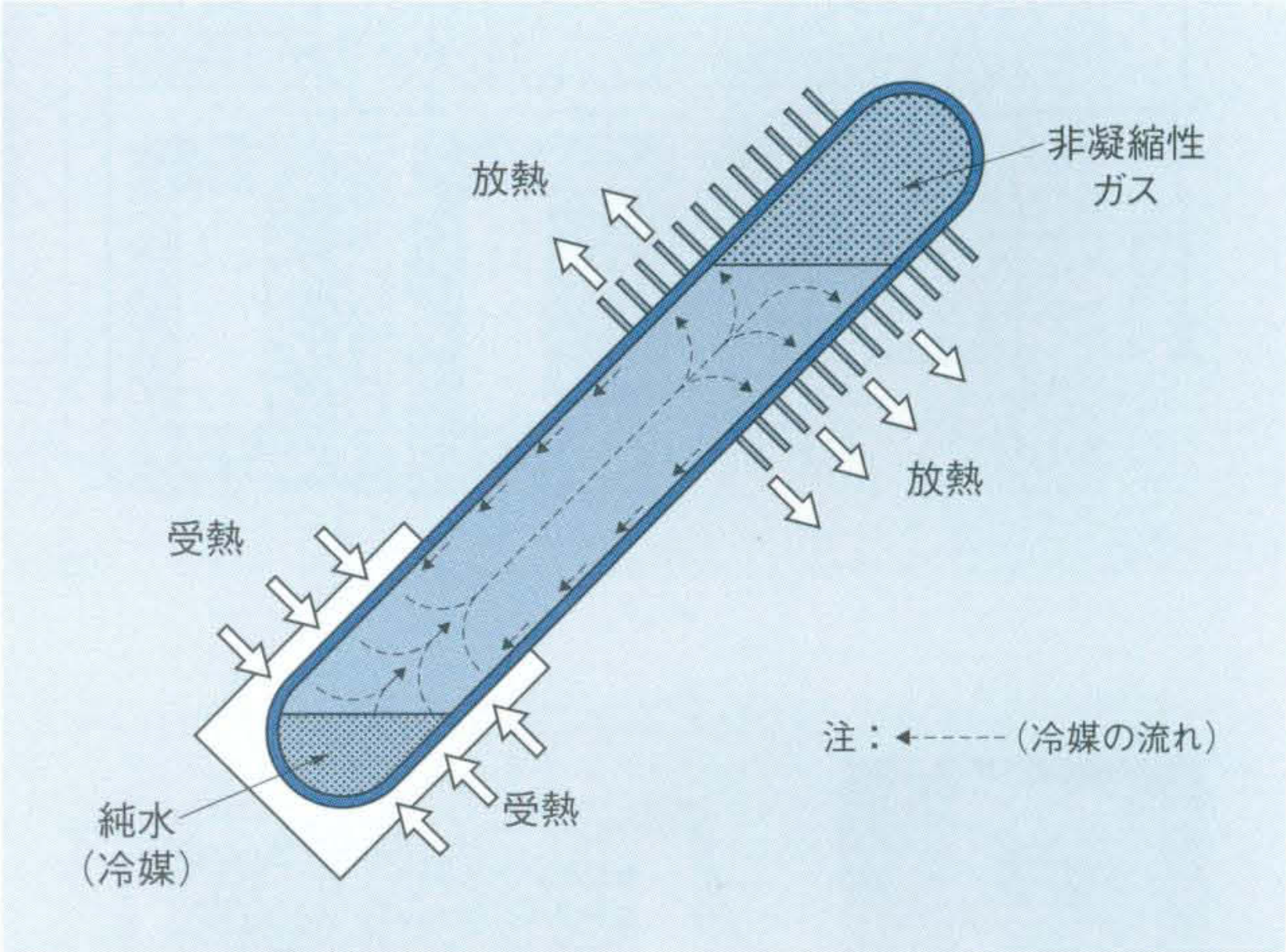


図4 新型エコ整流器の冷却原理
冷媒である純水と、放熱量を調節する非凝縮性ガスをヒートパイプ中に注入し、純水の凍結を防止している。

(VCHP:Variable Conductance Heat Pipe)を使用している。VCHPでは、ヒートパイプの中に、冷媒である純水と放熱量を調整する非凝縮性ガスを注入している。これにより、冷媒は凍結することなく、安定した冷却性能を発揮する。VCHPの動作原理図を図4に示す。

- (2) 整流素子
ダイオード素子には、新開発の高耐電圧品を使用した。これによって素子数が半減でき、整流器の小型・低損失化が図れた。

4 保護制御機器の動向

4.1 分散保護制御方式(BBU)

従来の保護制御装置は、配電盤全体でシステムを構成していた。このため、保守や改造作業を行う場合には大規模な停電を伴い、多大な労力と時間を費やしていた。今回開発したBBUでは、鉄道変電所を設備ごとのブロックに分離し、各ブロックの保護制御を行うユニットを操作保護盤に収納してシステムを構成した(図5参照)。これにより、ユニット単位でシステムの分離構造がとれることになり、大幅な保守性の向上が図れた(図6参照)。

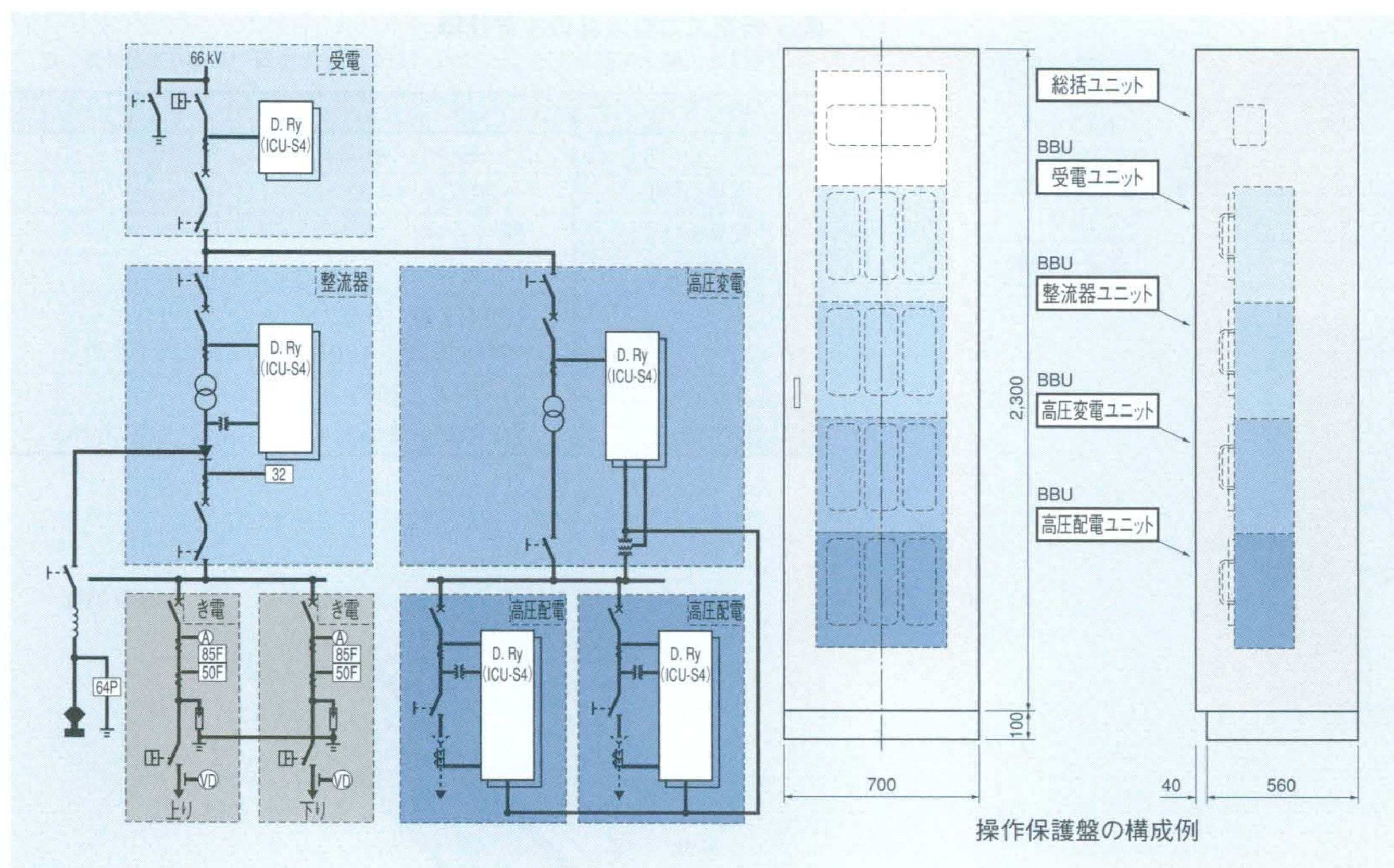


図5 BBUの変電所設備別ブロック構成例

変電所設備を「受電」,「整流器」,「き電」,「高圧変電」,および「高圧配電」のブロックに分離して保護制御を行うユニットで構成している。

注：略語説明

D.Ry (Digital Relay)
VD (電圧検出)
85F (連絡遮断)
50F (過電流)
64P (地絡過電圧)
32 (逆流検出)

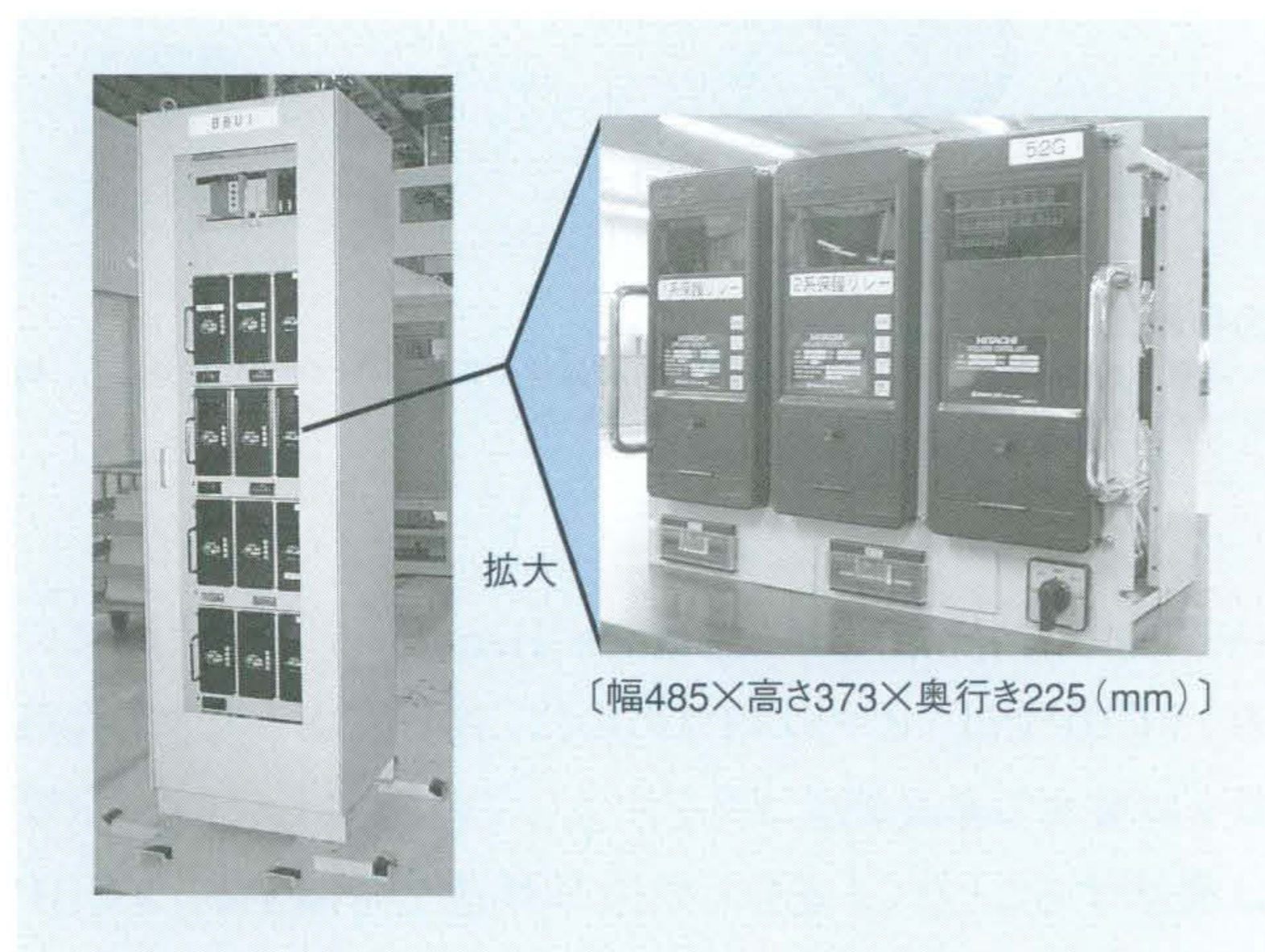


図6 BBU収納の操作保護盤(左)とBBUの外観(右)

BBUを4台収納し、総括制御用シーケンサを内蔵した操作保護盤と、BBUユニットの外観を示す。

4.2 BBUの特徴

- (1) 各設備に対応した標準化ユニットで操作保護盤を構成する。予備ユニットを準備することにより、交換だけで保守・改造が可能であり、保守性が向上
- (2) デジタルリレー二重化による高信頼性
- (3) J.Net通信(フィールドネットワーク)を採用し、また、主機側にユニットを実装することにより、配線を大幅に削減

5 おわりに

ここでは、鉄道変電システムでの新しいニーズに対応する変電機器や保護制御装置について述べた。

日立製作所は、これからも、最新の技術を駆使し、環境対応、小型・低損失化、省保守化など、顧客ニーズにこたえる鉄道変電システムを開発していく考えである。

執筆者紹介



川村直輝

1989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 受変制御設計部 所属
現在、鉄道変電システムの受配電盤および保護制御装置設計業務に従事
E-mail: naoki_kawamura @ pis. hitachi. co. jp



加藤哲也

1989年日立製作所入社、電力・電機グループ インバータ推進本部 パワーエレクトロニクス部 所属
現在、鉄道変電システムの整流器設計に従事
E-mail: tetsuya-a_katou @ pis. hitachi. co. jp



江田吉正

2002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 受変電エンジニアリング部 所属
現在、鉄道変電のシステムエンジニアリング業務に従事
E-mail: yoshimasa_eda @ pis. hitachi. co. jp



高橋弘隆

1991年日立製作所入社、電力・電機グループ 交通システム事業部 信号・変電システム部 所属
現在、鉄道変電システムの取りまとめ業務に従事
E-mail: hirotaka_takahashi @ pis. hitachi. co. jp