

特 集 論 文

関連するSDGs



# SDGsの達成に貢献する スイッチギヤの技術

Switchgear Technology that Contributes to the SDGs

川 島 俊 司      宮 地 伸 明  
Kawashima Shunji      Miyachi Nobuaki  
一 井 勉  
Ichii Tsutomu

## 1. はじめに

当社は、1950年代から閉鎖形配電盤（以下、スイッチギヤ）の生産を開始し、当社のスイッチギヤは電力の安定供給を担う電気設備機器として、多様なお客様に採用いただいている。これらスイッチギヤの仕様の変遷を鑑みると、それぞれ、時代のニーズに応えるために様々な技術や生産方法を開発、活用して製品化を図ってきた。

本稿では、SDGsの達成に貢献する当社のスイッチギヤの技術として、縮小化技術、環境配慮技術、監視制御技術、生産技術について、具体的な事例を交えながら紹介する。

社は、それぞれの時代のニーズに応えるため、絶縁技術をはじめとする設計技術や、スイッチギヤの機能に合致した収納機器の開発等、様々な技術を活用して、その時代のニーズに合った製品を市場に供給してきた。

## 2. 2 スwitchギヤの縮小化技術

SDGsの達成に貢献するスイッチギヤの技術として、まず縮小化技術を紹介する。製品の大きさをよりコンパクトにすることで、製品を構成する原材料の総量を削減できる。原材料はその生産時に電力を消費するため、使用する原材料を削減することで、スイッチギヤ生産時のCO<sub>2</sub>排出を間接的に抑制することができる。

## 2. スwitchギヤの仕様の変遷と縮小化技術

### 2. 1 スwitchギヤ製品の仕様の変遷

当社スイッチギヤの仕様の変遷を図1に示す。当

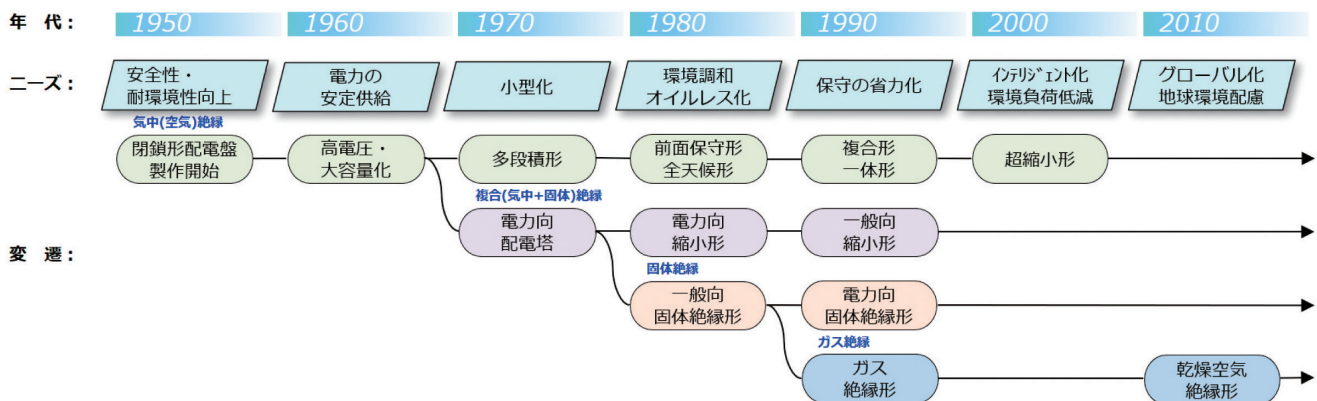


図1 スwitchギヤの仕様の変遷

スイッチギヤの縮小化を実現するためには、気中絶縁や固体絶縁等の絶縁技術、熱設計技術、収納機器の小型化技術等が重要で、縮小化の実現には、これら様々な技術を組み合わせる必要がある。

当社では、様々な絶縁技術を活用し、縮小化を図ったスイッチギヤを製品化してきた。近年では、省資源化が図れ、様々な回路構成にもフレキシブルに対応できる気中（空気）絶縁方式に着目し、縮小化を図ったスイッチギヤを開発、製品化している。

2015年に開発した24kVおよび、7.2kVの縮小形スイッチギヤ外観を図2に示す。



(24kV 縮小形スイッチギヤ) (7.2kV 縮小形スイッチギヤ)  
図2 24kV/7.2kV 縮小形スイッチギヤ外観

24kVおよび、7.2kVの縮小形スイッチギヤは、専用収納機器の開発と、スイッチギヤ内部の各機器配置を見直して、デッドスペースを削減した合理的な配置を行うことで、コンパクト化と設置面積の縮小化を実現した。24kV 縮小形スイッチギヤのモデルケースによる従来品との面積・容積の比較を表1に、24kVスイッチギヤの縮小イメージ図を図3に示す。24kVおよび、7.2kVの縮小形スイッチギヤにおける当社従来品と比較した生産時に発生するCO<sub>2</sub>排出抑制量の比較を図4に示す。

表1 モデルケースによる面積・容積の比較 (24kV)

	幅	奥行き	高さ	面積 (削減率)	体積 (削減率)
従来形	7.2m	2.6m	2.6m	18.7m <sup>2</sup>	48.7m <sup>3</sup>
縮小形	5.5m	2.2m	2.5m	12.1m <sup>2</sup> (35%)	30.3m <sup>3</sup> (38%)

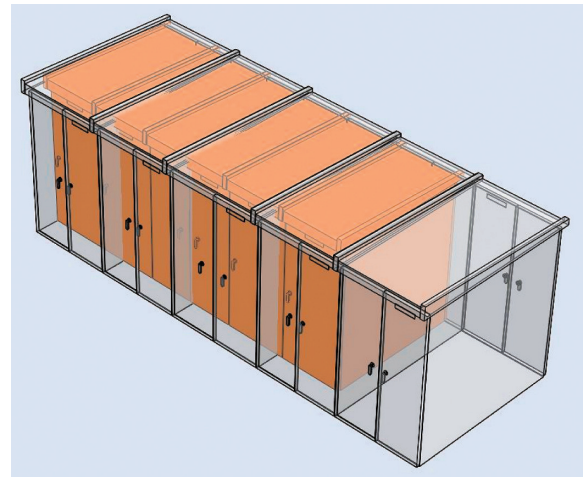


図3 モデルケースによる外形寸法の比較 (24kV)

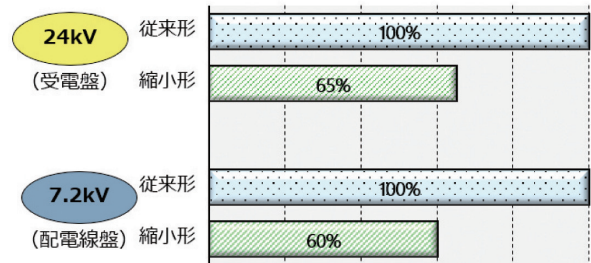


図4 生産過程におけるCO<sub>2</sub>排出量比較 (当社従来比)

縮小形スイッチギヤは、今後もシリーズ品の整備や機種の拡充を行い、市場ニーズに応じていく計画である。

### 3. 環境配慮技術

SDGs達成に貢献するスイッチギヤの技術の二つ目として、環境配慮技術を、首都高速道路用変電塔（道路照明、案内標識、視線誘導灯等の変電設備）の事例をとおして紹介する。

首都高速道路用変電塔は、路側帯や高架下に設置される事が多いため、通行車両の排気ガスや海岸埋立地沿岸道路で潮風にさらされる等、厳しい設置環境および、省スペースでの使用が求められる。

この厳しい環境下に耐えるため、従来コンパクト化を目指し、温室効果の高いSF<sub>6</sub>ガスを充填した密閉容器を内蔵した変電塔を納入してきた。しかし、首都高速道路株式会社と当社では、近年の地球環境に対する意識の高まりを考慮して、従来の耐環境性を維持しつつ、SF<sub>6</sub>ガスを使用しない環境配慮形の変電塔を製品化し、納入を開始している。以下にその詳細を記載する。

### 3. 1 変電塔の構成

変電塔を構成している盤の内、高圧回路で構成されている受電盤は信頼性を考慮して高圧機器類を密閉容器（以下、受電装置）に収納している。正面から見た外観を図5に示す。



図5 変電塔正面（枠内が受電盤）

### 3. 2 変電塔（受電盤）を構成する主な技術

#### 3. 2. 1 ドライエアの採用

受電装置内の充填ガスには、SF<sub>6</sub>ガスの代替として、ドライエアを採用した。

- ①ドライエアは絶縁媒体として使用するのではなく、収納機器に対する好環境維持を目的とした。
- ②充填圧力は、最低仕様温度（-5℃）時において外気圧により負圧にならない圧力に設定した。

#### 3. 2. 2 気中（ドライエア）絶縁機器の選択

絶縁機器の選択にあっては、以下のような受電装置内の気中（ドライエア）に対応した機器を選択した。

- ①最適な形状のモールド変圧器（図6）
- ②気中で変圧器の励磁電流を開閉できる断路器（図7）

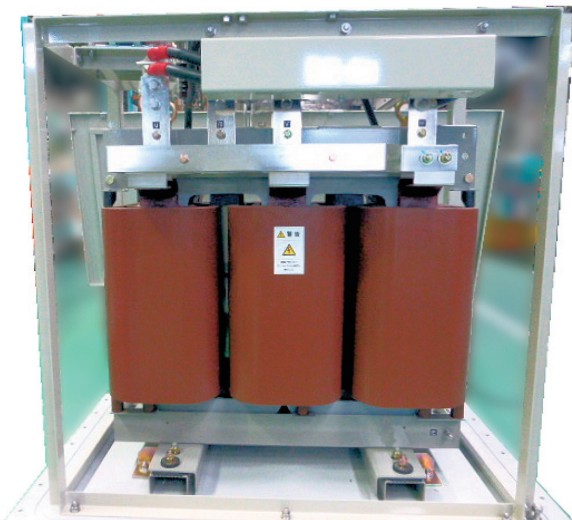


図6 モールド変圧器

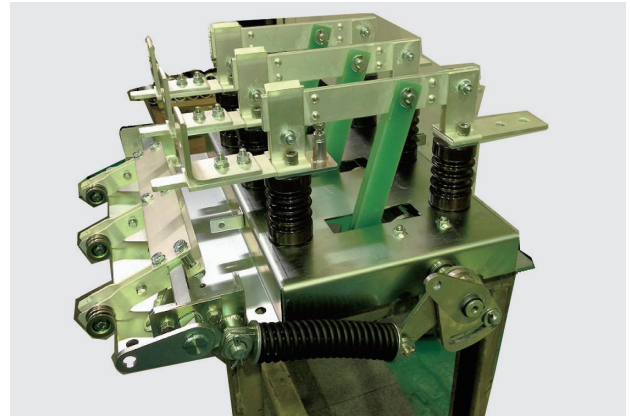


図7 断路器

#### 3. 2. 3 ドライエア置換方法の簡素化

SF<sub>6</sub>ガス使用時は真空引きを行い、内部空気を完全に取り除いた後にSF<sub>6</sub>ガスを充填する必要があったが、今回採用したドライエアは、以下に示す置換方法で管理湿度（15% at 20℃以下）まで下げることができるため、真空引き作業が不要となった（特許取得済み）。

- ①受電装置下部にある入力弁から約3.5m<sup>3</sup>のドライエアを一定時間かけて注入し、内部空気と置き換える。
- ②一定時間経過後に受電装置上部の出力弁を閉じ、設定圧力（約10kPa・G at 20℃）まで加圧し、入力弁を閉じる（図8）。

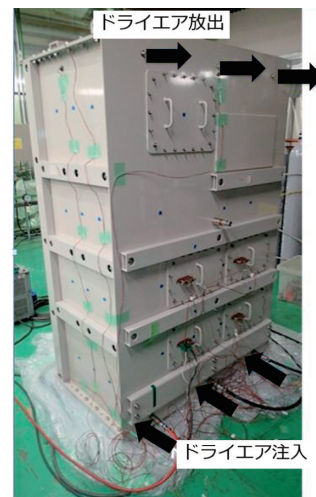


図8 置換方法

#### 3. 2. 4 放圧対策

万一、受電装置の内部事故で内圧上昇した場合、受電装置の破裂防止のため、最高使用圧力（約40kPa・G）と受電装置本体強度の協調を考慮し、100kPa・G程度で動作する放圧装置を採用した。図9にその外観を示す。



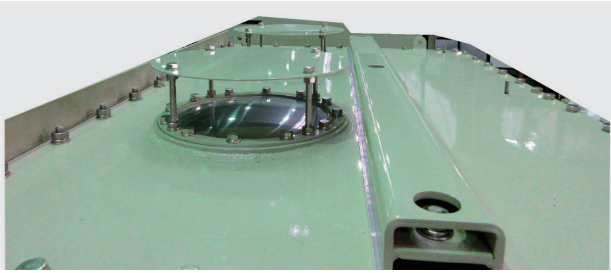


図9 放圧装置

### 3.3 今後の展開

この環境配慮型変電塔は、耐環境性に優れ、かつ地球環境に優しい両面を備えた製品である。また、一般気中スイッチギヤと比べ、定期点検の延伸化（3年⇒6年）が可能となり、ランニングコストが削減できることで、ライフサイクルコストを低減することが可能である。

また、本環境配慮技術を活かし、塵埃等悪環境下でも運転が可能な一般産業向け高圧盤（環境対応形スイッチギヤ）に展開して、製品のラインアップ拡大を図っている。

## 4. 監視制御技術

昨今、PLC（Programmable Logic Controller）を使用した通信、自動制御が増加している。また、生産工場では、タッチパネルによる操作・表示が主流であり、省スペース化、多様な操作性の実現に貢献している。

上記の流れを汲み、今回、省スペース化、操作支援等を目指し、PLC+タッチパネルで構成する特高監視盤を開発・製品化を行った。

本開発において注力した監視制御技術を、SDGs達成に貢献するスイッチギヤの技術の三つ目として、以下に紹介する。

### 4.1 タッチパネル式特高監視盤の構成

特高監視盤の操作面について、従来品とタッチパネル式（開発品）をそれぞれ図10に示す。

### 4.2 タッチパネル式特高監視盤の仕様

#### 4.2.1 タッチパネルによる系統表示

タッチパネルによる系統表示例を図11に示す。

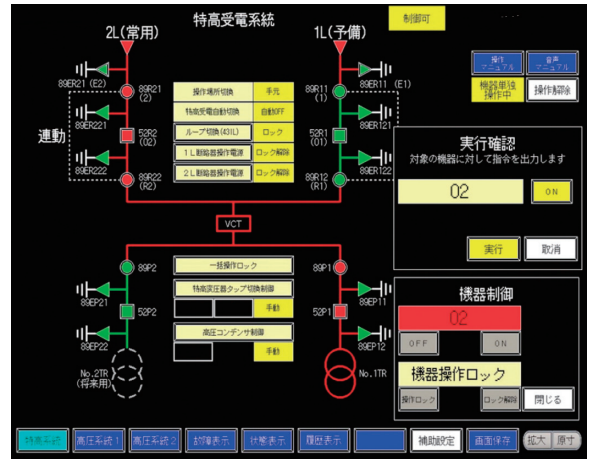


図11 タッチパネル系統図

タッチパネルの仕様は以下のとおりとした。

- ①状態は、機器シンボルを赤/緑で表示。
- ②制御は、機器シンボル選択後、制御ウィンドウで入切選択、実行ウィンドウで実行選択にて入切操作を実施（3挙動）。
- ③点検中の操作禁止として、“機器操作ロック”が可能。
- ④オプションとして、システムの充電表示も可能。

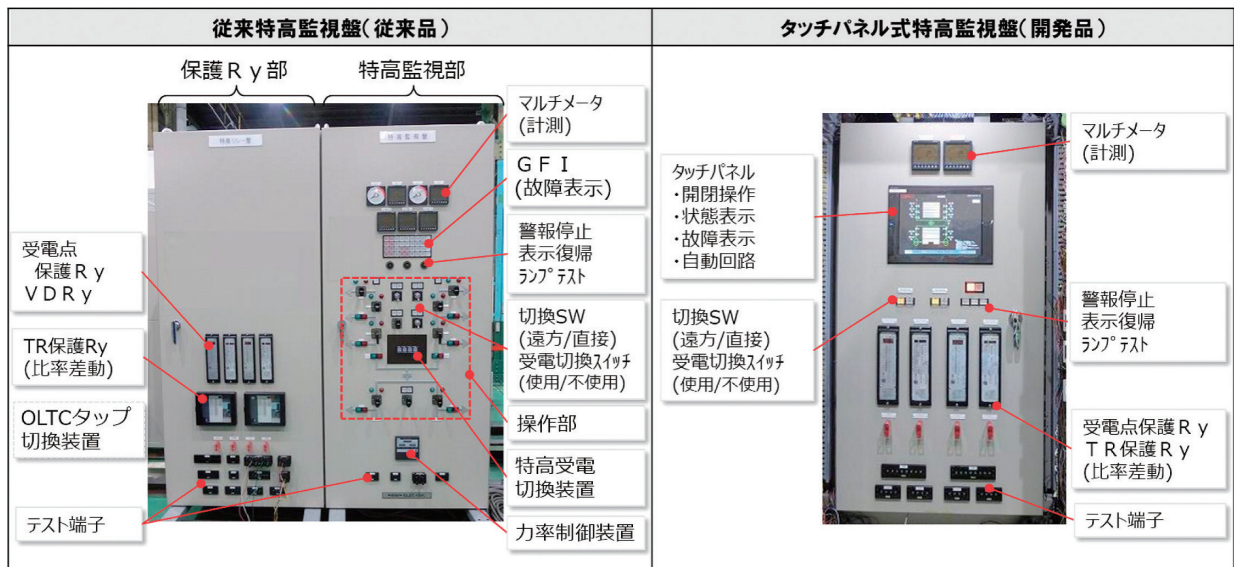


図10 従来品と開発品の比較



#### 4. 2. 2 PLCによる自動制御機能

今回開発の特高監視盤は、受電の常用一予備の自動切換機能以外に以下の機能を有する。また、タッチパネル画面上で設定が可能であり、従来の継電器本体での設定と比べ、容易に設定が可能である。

- ①コンデンサ自動制御機能（力率/無効電力調整）  
（図12）
- ②変圧器タップ自動制御機能（電圧制御）

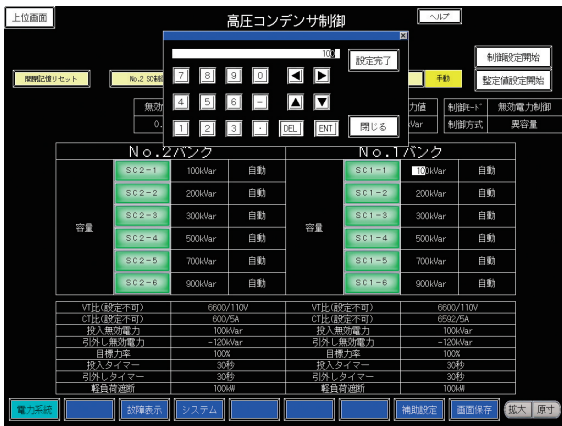


図12 コンデンサ自動制御（設定画面）

#### 4. 2. 3 PLC故障時の対応

万一、PLCが故障した場合でも、最低限の緊急操作の確保および、誤制御／誤出力防止のため、安全上については十分に考慮し、以下の工夫を施している。

- ①PLCからの入切制御指令は、多重選択防止ユニット等による不要動作防止を図る。
- ②緊急時の操作スイッチ（コネクタ付スイッチ）を設ける。
- ③機器インターロック、保護システムは、ハード回路で構成する。

#### 4. 2. 4 操作支援

機器操作を支援する主な機能は、次のとおりである。

- ①アシスト機能による操作（操作順に矢印表示、テロップ、音声ガイダンス等）
- ②画面操作マニュアル/機器取扱説明書の閲覧
- ③音声による操作マニュアル
- ④高圧系統の表示・制御（オプション）

#### 4. 3 今後の展開

特高機器の操作をタッチパネルで行う事については、現時点では賛否が分かれるが、数年先には特高機器の操作もPLC+タッチパネルに置き換わると想定している。

また、PLC+タッチパネルを用いる事で、特高機器のIoT化促進が可能のため、機器の予兆保全、リモートメンテナンス、復旧サービス等、将来に向けた各種機能を引き続き開発する計画である。

### 5. スイッチギヤ生産技術

近年、市場の要求は多岐に渡り、要求機能の複雑化や高度化が進んでいる。当社では、満足いただける製品を要求どおりの品質、納期で納入するため、生産の自動化に注力してきた。生産設備と設計図面のデータ連携は当社のスイッチギヤ生産における中核技術である。

本章では、SDGs達成に貢献するスイッチギヤの技術の四つ目として、生産技術について記載する。

#### 5. 1 設計データの活用

製品の設計は電気設計と構造設計に大別される。それぞれの設計データを製品生産に活用することで、効率的な設備運用が可能となっている。以下にその活用方法を紹介する。

##### 5. 1. 1 電気設計データの活用

電気設計に使用されるCADデータには、スイッチギヤ内部の制御配線および、それに搭載される各種器具の情報が含まれている（図13）。配線座標に分解された制御配線の情報は自動布線機に送信され、配線ハーネス製作に活用される。また、器具の情報は組立ラインへの部品配膳データとして活用し、円滑な組立作業が実施されている。

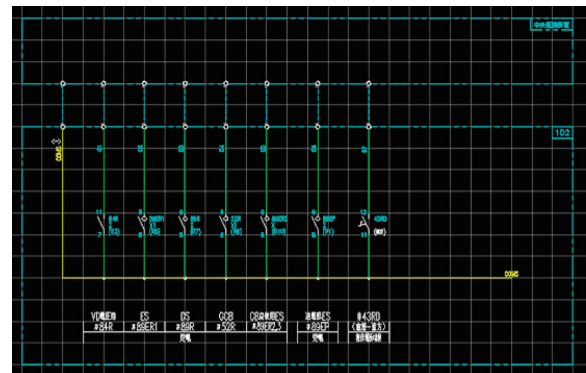


図13 電気設計データ例

##### 5. 1. 2 構造設計データの活用

構造設計の3次元データはターレットパンチプレス(NCT)用データとして活用される。3次元データを展開し、AIを用いて自動的にネスティングを行うことで、使用する鋼板の歩留まりを向上させている。また、曲げ寸法のデータをロボットベンダーに転送し、

夜間無人運転を可能とし、組立用ボルトの種類や配膳数量を判別することで、省力化を推進している(図14)。

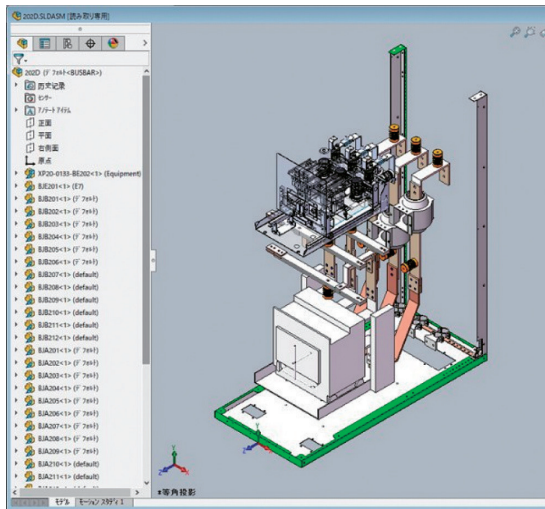


図14 構造設計データ例

## 5. 2 生産ラインの自動化推進

生産ラインを自動化することで、生産エネルギーの抑制に寄与することができ、地球環境にやさしい製品生産を実現している。以下では、生産ラインの自動化について当社の取組みを紹介する。

### 5. 2. 1 製缶加工の自動化

2020年度に大型のパネルベンダー(図15)を導入した。

これはスイッチギヤの底板、天井板、扉等を自動で曲げ加工する工作機械であり、無人運転することにより省力化に寄与している。

パネルベンダーの適用率は90%を超えており、今後は稼働率の向上により、更なるエネルギー消費量の削減を目指している。

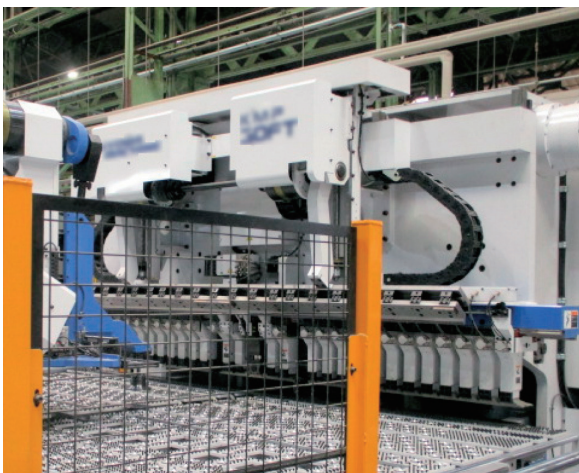


図15 パネルベンダー

### 5. 2. 2 自動布線機

スイッチギヤの組立て作業工程において、大きな比率を占める作業の一つに制御配線作業がある。当社では、電気設計データと構造設計データと連携することで、配線ハーネスの生産を自動化できる自動布線機(図16)を導入している。これにより、リードタイム短縮とともに、省力化に貢献している。



図16 自動布線機

## 5. 3 地球環境にやさしい生産を目指して

当社は、地球環境との調和を目指した工場で『省資源』『省エネルギー』の実現を目指している。

この中で、環境関連法規・条例遵守はもとより、以下の各施策について重点的に改善を重ねている。

- ①生産設備更新
- ②設計標準化・設計自動化
- ③IoT化・AI化

### 5. 3. 1 産業廃棄物の削減

また、環境配慮の側面から、スイッチギヤの主要部材である筐体用鋼板の廃棄量削減に取り組んでいる。具体的な目標として、2025年度に2020年度対比で排出量23%削減を目指し、改善活動に取り組んでいる。

また、受注生産において、設計の標準化を推進し、自動化とまとめ生産による歩留まり向上を推進している。

### 5. 3. 2 エネルギー使用量の抑制

加えて、自動化を推進することにより、設備稼働の最適化や無人化により、動力エネルギーの抑制や空調設備、照明設備の稼働率低減に寄与している。



## 6. まとめ

SDGsに貢献する当社のスイッチギヤ技術として、縮小化技術、環境配慮技術、監視制御技術、生産技術について紹介した。今後も、収納機器や部材の進化の他に、IT (Information Technology) 技術を活用した先進技術は加速的に進化、普及することが予想され、これらの先進技術をいち早く取り入れSDGsや市場ニーズに応えることのできるスイッチギヤを提供していく所存である。

## 参考文献

- (1) 一井 他：「24kV・7.2kV縮小形スイッチギヤ」, 日新電機技報, Vol.60 No.1, pp.31-36 (2015)
- (2) 近藤 他：「首都高速道路株式会社殿向け環境配慮型変電塔の開発」, 日新電機技報, Vol.61 No.1, pp.46-49 (2016)

## 執筆紹介



川島 俊司 Kawashima Shunji  
電力・環境システム事業本部  
システム装置事業部  
技術部長



宮地 伸明 Miyachi Nobuaki  
電力・環境システム事業本部  
システム装置事業部  
製造部長



一井 勉 Ichii Tsutomu  
電力・環境システム事業本部  
システム装置事業部  
設計部長