

# IEC 規格に準拠した東南アジア向け高圧真空遮断器 (12kV, 24kV)

IEC Standard Compliant Vacuum Circuit-Breaker (12 kV, 24 kV) for Southeast Asian Markets

岡崎 貴幸 OKAZAKI, Takayuki

菊地 征範 KIKUCHI, Masanori

徳永 圭秀 TOKUNAGA, Yoshihide

安定的な成長を続ける東南アジアに高圧真空遮断器 (VCB) を展開していく上で、IEC 規格への対応が必須である。今回新たに東南アジア向けに、IEC 規格に準拠した 12kV 定格と 24kV 定格の製品を拡充した。IEC 規格に準拠するため、作業者がスイッチギアの外部から VCB を出し入れできる機構を追加した。12kV VCB では、高電圧が印加される主回路部をカバーするために接地された金属製のシャッタを具備するなど、安全性と機能の向上を図りながら小型・軽量化を実現した。24kV VCB では、固体絶縁方式を採用することにより、従来品よりも容積比で約 40% の小型化を実現した。

As Southeast Asia continues to experience steady growth, the vacuum circuit-breakers (VCBs) for markets there are required to be compliant with IEC standards. We have recently expanded our line-up of products to include 12-kV and 24-kV IEC standard compliant products for Southeast Asian markets. As a feature supporting IEC standard compliance, the products come with a mechanism that enables operators to insert/draw out a VCB into/from the outside of the switchgear. The 12-kV VCB has achieved a compact and lightweight design while improving safety and functionality through features such as a grounded metal shutter that covers the main circuit to which high voltage is applied. The 24-kV VCB adopts a solid insulation design that has enabled miniaturization of about 40% in volume compared with previous products.

## ① まえがき

安定的な成長を続ける東南アジアに富士電機が高圧真空遮断器 (VCB: Vacuum Circuit-Breaker) を展開していく上で、各国の配電電圧に対応すること、および国際規格である IEC 62271 シリーズへの対応が必須となっている。

これまで国内市場を中心に展開してきた VCB 「HS シリーズ」に、今回新たに東南アジア向けに IEC 規格に準拠した、12kV 定格と 24kV 定格の VCB をラインアップに加えた (図 1)。

安全性を重視する IEC 規格に対応するため、メンテナンス時に、作業者がスイッチギアの外部から VCB の出し入れが可能な機構を追加するとともに、高電圧が印加される主回路充電部をカバーするために接地された金属製のシャッタを採用して、安全性の向上を図った。

また、24kV VCB では、固体絶縁方式を採用することにより、従来の気中絶縁方式よりも容積比で約 40% の小

型化を実現した。

## ② IEC 規格対応

IEC 62271 シリーズには、VCB 本体の規格である IEC 62271-100 と、VCB が収納されるスイッチギアの規格である IEC 62271-200 がある。当該 VCB は本体規格を満足したうえで、スイッチギアの規格に沿った構造が要求される。

IEC 62271-200 では、図 2 に示すように、万が一内部アーク事故が発生した場合でも、周辺にいる作業者にやけどや致命的なけがを負わせることがないようにするため、スイッチギアの外部に影響が出ないような構造を求めている。また、内部アーク事故が起こらないように高度なイン

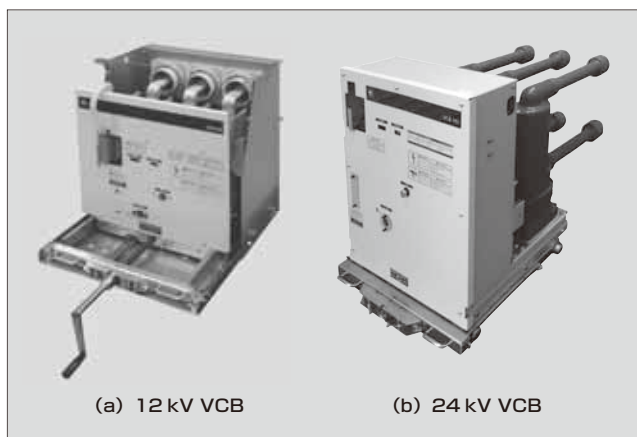


図 1 高圧真空遮断器の外観

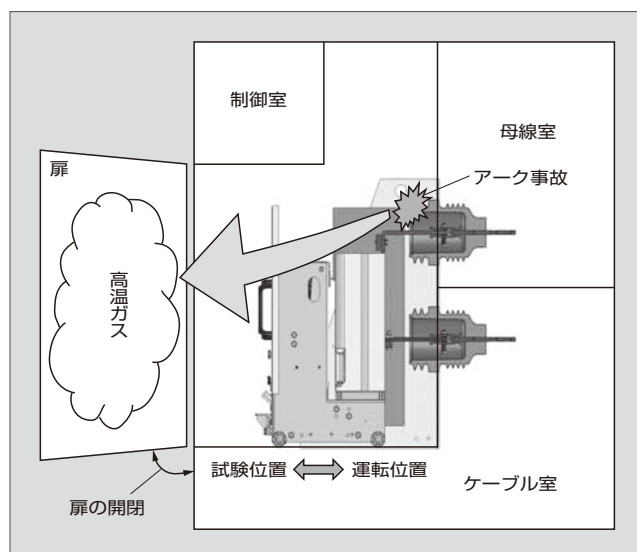


図 2 内部アーク事故 (スイッチギア側面模式図)

タロックも要求している。

そこで、操作性の観点から、スイッチギアの扉を閉じた状態で、操作ハンドルの回転操作により VCB を運転位置と試験位置間で出し入れする方式（盤面引出方式）を採用した（図 3）。

また、誤操作を防止するための主なインタロックは、次のとおりである（図 4）。

(1) スwitchギアの扉と VCB の出し入れ（図 4 ①）

スイッチギアの扉が開いた状態では出し入れ操作ができない。また、VCB が出し入れの途中位置および運転位置ではスイッチギアの扉を開くことができない。

(2) 補助回路プラグと VCB の出し入れ（図 4 ②）

プラグ非装着状態では VCB の出し入れ操作ができない。また、VCB の出し入れ操作の途中では補助回路プラグを外すことができない。

(3) VCB の開閉と VCB の出し入れ（図 4 ③）

VCB が閉状態では出し入れ操作ができない。また、VCB の出し入れ操作の途中では VCB の開閉操作ができない。

これらのインタロックは、操作ハンドルの回転操作により、出し入れ操作機構をロックできる構造になっている（図 5）。補助回路プラグや真空バルブの主接点の状態

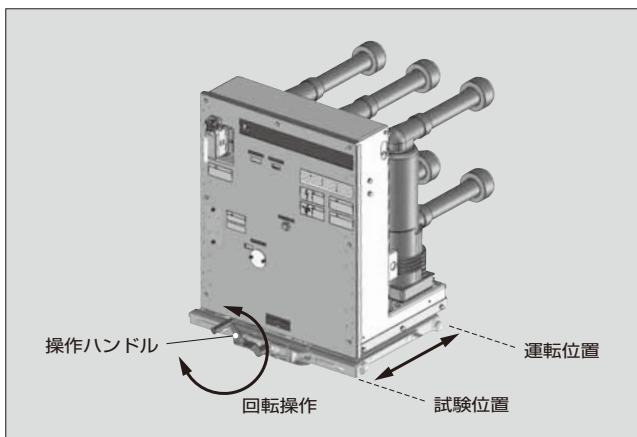


図 3 盤面引出方式 (24 kV VCB)

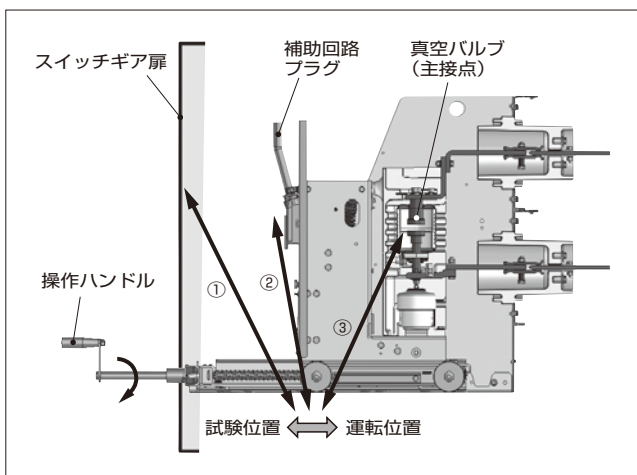


図 4 インタロック①②③の関係 (スイッチギア側面)

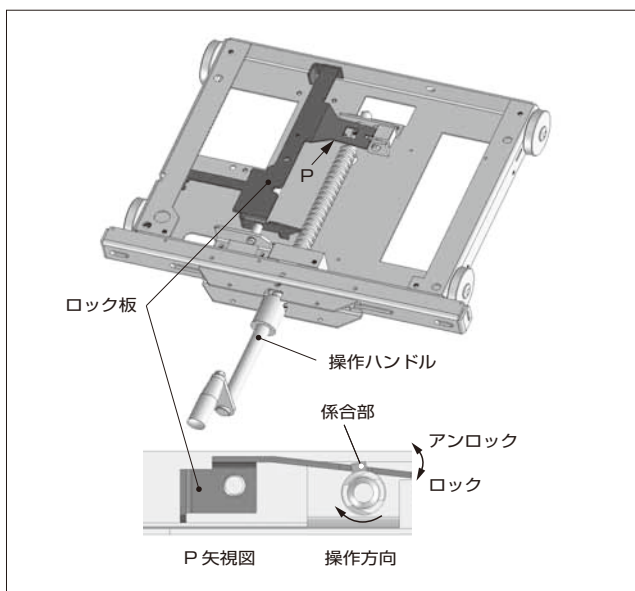


図 5 ロック機構 (台車部のみ)

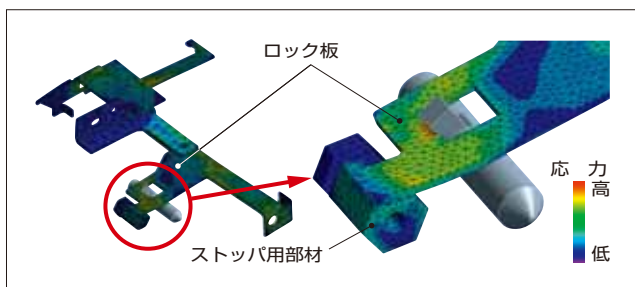


図 6 変形解析例

によってロック板が上下に動作し、ロック板が操作軸の係合部にかかることで回転動作が阻止される。

最新の IEC 規格では、ロック構造は、規定荷重 750N の操作荷重に耐えなければならない。これは、実際の出し入れ操作荷重約 150N の 5 倍となる過酷な条件である。配置スペースや部品の加工性を考慮して、ロック板単体ではなく、ロック機構全体として強度を確保する構成とし、既存部材にストップ機能を追加した。図 6 に示すように変形解析を実施し、規定荷重に対して機構上問題となる変形がないことを確認した。

### ③ 12 kV VCB

#### 3.1 仕様

今回開発した 12 kV VCB の基本仕様を表 1 に示す。また、盤面引出形の製品外観を図 7 に示す。

#### 3.2 小型・軽量化

12 kV VCB は、絶縁構造を見直すことにより、インタロック機構部の追加による寸法の増大を抑え、インタロック機構部のない従来品と同等の寸法を達成することにより、業界最小および最軽量クラスを実現した。

表 1 12 kV VCB の基本仕様

項目		仕様
定格電圧		12 kV
定格電流		630 A, 1,250 A
定格遮断電流		25 kA
定格短時間耐電流 (3s)		25 kA
定格短絡投入電流 (波高値)		63 kA (50 Hz) 65 kA (60 Hz)
定格短時間商用周波耐電圧		28 kV
定格雷インパルス耐電圧		75 kV
定格周波数		50/60 Hz
据付け方式		○ 盤面引出形 ○ 引出形 ○ 固定形
質量	VCB	94 kg
	クレードル	67 kg (盤面引出形)
規格		IEC 62271-100 (2012)

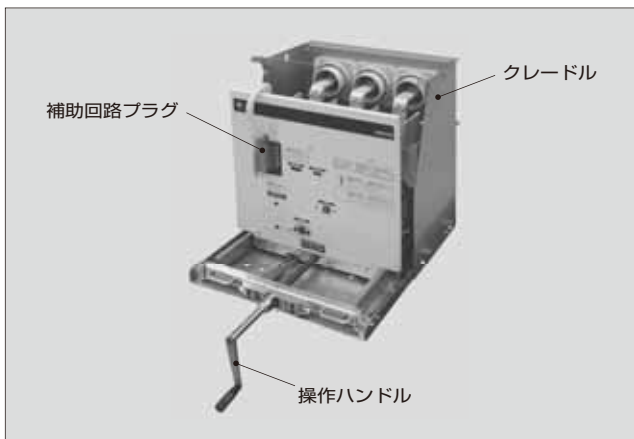


図 7 12 kV VCB の外観 (据付け方式：盤面引出形)

### 3.3 主回路絶縁構造の変更

従来品は、6 kV VCB と絶縁フレームを共用していたために、主回路の相間絶縁距離を確保するための絶縁バリアを備え、主回路導体の相振分けを行っていた (図 8)。

開発品においては、構造の小型・軽量化を優先して絶縁

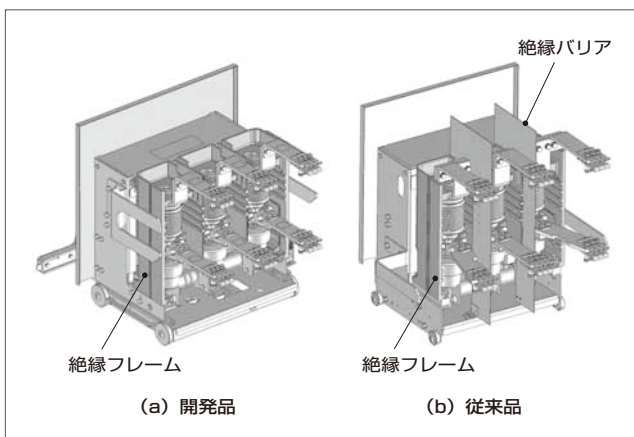


図 8 主回路構造

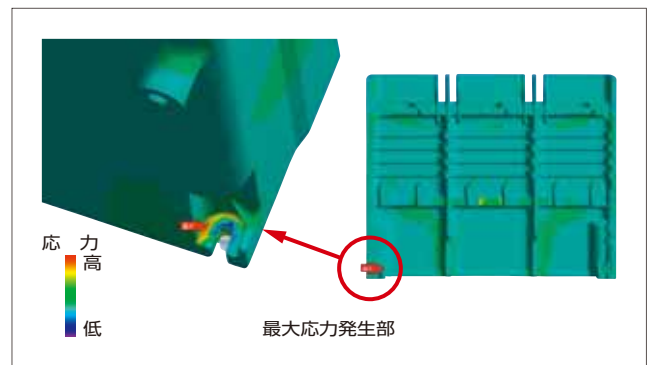


図 9 絶縁フレームの応力解析例 (投入状態模擬)

バリアを削除し、この 12 kV VCB のために専用の絶縁フレームとして、主回路導体の省銅化を図った。専用化した絶縁フレームの相間ピッチが、130 mm から 165 mm が増えるため、絶縁フレームの外形寸法が大きくなる。しかし、絶縁フレームの体積増加を抑えながら取付け構造を見直すことで、従来品に対して絶縁フレームにかかる応力を 16% 低減し、絶縁フレームを軽量化した。図 9 に、絶縁フレームの応力解析例を示す。

### 3.4 金属シャッタの採用

クレードル側の主回路導体は、メンテナンス時にその充電部が露出することがないシャッタ構造が要求されている。このシャッタ材質は、たとえ触れても電気的なショックを受けないよう、絶縁物ではなく接地された金属製のシャッタを採用し、安全性を高めた。金属製のシャッタと運転位

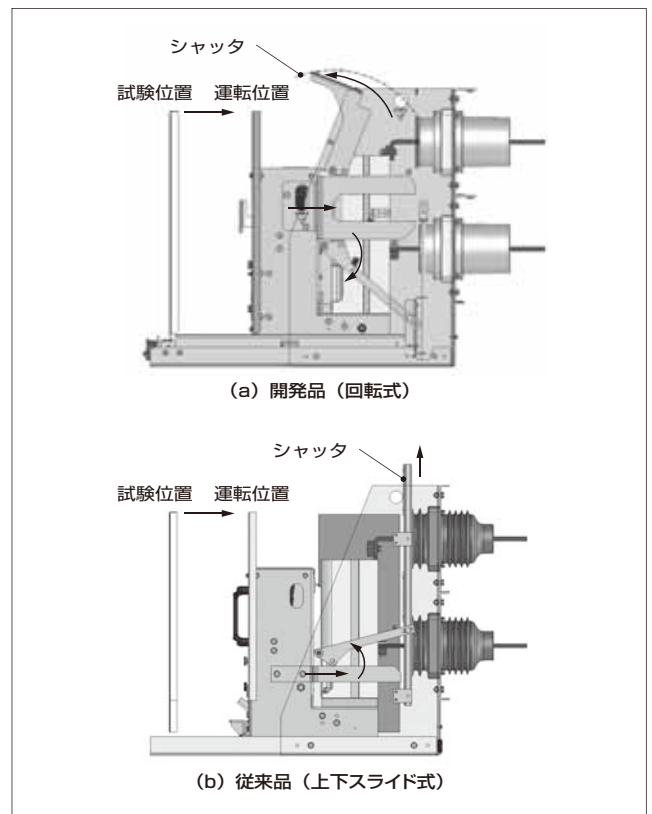


図 10 シャッタ機構



置に挿入された VCB の主回路充電部との絶縁距離は、絶縁物製のシャッタよりも大きくとる必要がある。図 10 に、シャッタ機構を示す。図 10 (b)に示すように、シャッタ板が上下にスライドする従来品と同じ構造を採用しようとする、絶縁距離を確保するためには、絶縁物製のシャッタ動作量の 1.4 倍の動作量が必要になる。これにより、シャッタが上方へ突出し、クレードルの高さは従来品よりも 45 mm 大きくなってしまふ。

そこで、図 10 (a)に示す開発品では、クレードルの高さを低くするために、シャッタの動作を回転方式とした。動作タイミングと操作荷重を考慮しながら、シャッタ板の突出量を抑えることにより、高さ寸法の低減を図り、従来品よりも 45 mm 小型化した。

## 4 24 kV VCB

### 4.1 仕様

表 2 に、今回開発した 24 kV VCB の基本仕様を示す。外観は、図 3 に示したとおりである。

表 2 24 kV VCB の基本仕様

項目	仕様
定格電圧	24 kV
定格電流	630 A, 1,250 A
定格遮断電流	25 kA
定格短時間耐電流 (3s)	25 kA
定格短絡投入電流 (波高値)	63 kA (50 Hz) 65 kA (60 Hz)
定格短時間商用周波耐電圧	50 kV
定格雷インパルス耐電圧	125 kV
定格周波数	50/60 Hz
据付け方式 (記号)	盤面引出形本体のみ (F)
質量 (本体)	170 kg
規格	IEC 62271-100 (2012)

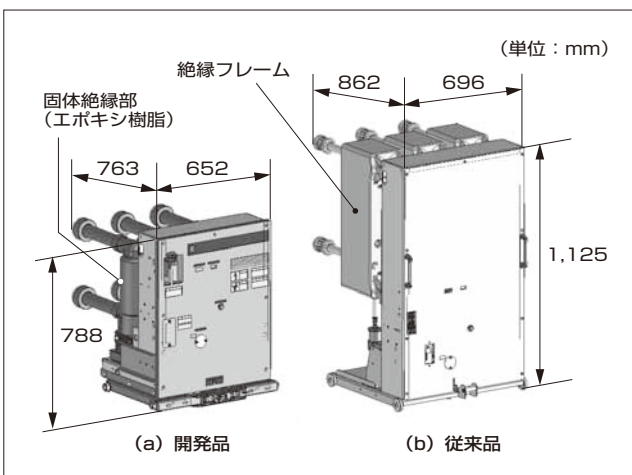


図 11 24 kV VCB の外形比較

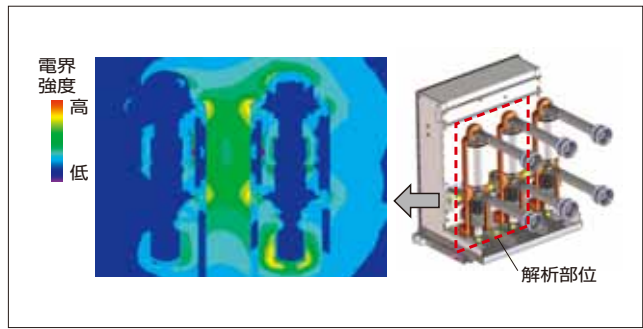


図 12 固体絶縁極柱部の電界解析の例 (相間印加)

### 4.2 固体絶縁方式の主回路

従来品で採用していた気中絶縁方式は、電圧クラスが大きくなるほど、確保しなければならない絶縁距離が大きくなるため、小型化を図る上では限界がある。

そこで 24 kV VCB では、固体絶縁方式を採用した。エポキシ樹脂は、気中の 10 倍以上の絶縁破壊電界強度を持つため、真空バルブを含めた主回路導体を真空加圧ゲル法により、エポキシ樹脂で覆うことにより、主回路極間寸法を大幅に低減した (図 11)。

ブッシングやがいしといったエポキシ成形品は、内部に電極を埋め込んであり、その界面の状態やポイドにより部分放電が発生し、絶縁劣化を引き起こす恐れがある。開発品では部分放電を抑制するために、三次元での電界解析を行い、最大電界強度を低減する構造とした。これを基に、設計した実機を用いて部分放電試験を行って、運転電圧に対する裕度を確認し、エポキシ成形品の品質が良好であることを確認した。図 12 に、固体絶縁極柱部の電界解析の例を示す。

### 4.3 連結構造の変更

VCB は、操作機構と主回路側を連結する上で、開閉特性を適正に維持するために調整機構を設ける必要がある。図 13 に、連結構造を示す。従来品は、図 13 (b)に示すように、真空バルブの直下に調整部を備えていたが、開発品は、図 13 (a)に示すように変換レバーを介して調整部を正面側に配置することにより、従来品に比べて高さ寸法を小さくした。

変換レバーの追加により、そのままでは可動部分の質量が増えるため操作エネルギーが増大してしまう。開閉動作特性と機械的強度への影響を考慮して、機構動解析と応力解析を連動して行い、応力低減と軽量化を図った。図 14 に開閉軸部の応力解析の例を示す。部品の軽量化により操作エネルギーを抑えることで、エネルギー源としてのばね類やモータなどの電装品の肥大化を抑制して、小型化に寄与するとともに、従来品と同等の電源容量での動作を実現した。

これらエポキシ注型による固体絶縁化および連結構造の見直しを行うことにより、従来品よりも容積比で約 40% の小型化を実現した。

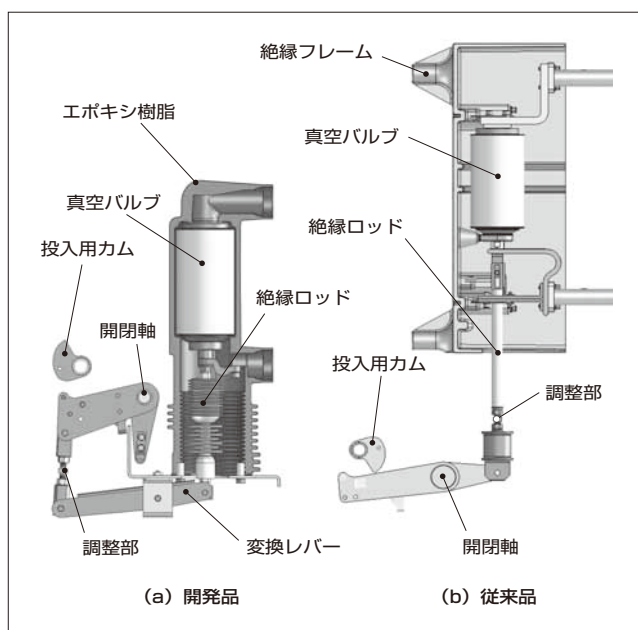


図 13 連結構造

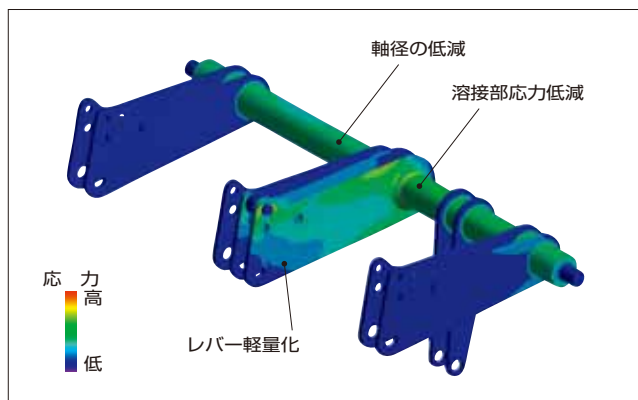


図 14 開閉軸部の応力解析例

## 5 あとがき

IEC 規格に準拠した東南アジア向け高圧真空遮断器 (12kV, 24kV) について述べた。

今後もグローバルな視点でお客さまのご要望に応え、信頼性・安全性をよりいっそう高めた製品開発を進めていく所存である。



### 岡崎 貴幸

高圧受配電機器の開発設計に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部受配電開発部課長。電気学会会員。



### 菊地 征範

高圧受配電機器の開発設計に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部受配電開発部課長補佐。電気学会会員。



### 徳永 圭秀

高圧受配電機器の開発設計に従事。現在、富士電機機器制御株式会社生産本部吹上工場製造部。



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。