

36～84kVエコ・タンク形真空遮断器（VCB）の製品化

🌍 地球温暖化防止，環境負荷低減，乾燥空気絶縁，ライフサイクルコスト低減，3R・LS，VCB

- * 勝又清仁 Kiyohito Katsumata
- * 竹下幸宏 Yukihiro Takeshita
- * 長竹和浩 Kazuhiro Nagatake
- * 山内一輝 Kazuki Yamauchi

概要

当社では地球温暖化対策に対応して、SF₆ガスなどの温室効果ガスを全く使用しない乾燥空気絶縁のタンク形真空遮断器（VCB）の製品化を進めてきた。さらに最近では、環境性能とともにライフサイクルコストの低減が望まれるようになり、この度、温室効果ガスの不使用のみならず、小形軽量化・経済性を追求し、環境配慮5項目（3R・LS）にも対応した定格電圧36kV及び72/84kVのエコ・タンク形VCBを開発した。本VCBは2007年に初号器の運転を開始して以来、北米・豪州向けに250台、国内向けに400台を納入し（2013年3月現在）、高い評価を得ている。今後も世界的に環境への意識が高まる中、本VCBは地球温暖化防止・環境負荷低減に貢献していく製品である。



エコ・タンク形VCB

1. ま え が き

1980年以降、当社は36～84kV SF₆ガス絶縁タンク形真空遮断器（VCB）を製作し、約3700台を納入した。しかし、本VCBの絶縁に使用しているSF₆ガスは、CO₂の23,900倍という高い地球温暖化係数を有し、1997年に京都で開催されたCOP3（気候変動枠組条約第3回締約国会議）で、規制対象の温室効果ガスの一つに指定された。このためSF₆ガス絶縁開閉装置は、SF₆ガスの使用にあたり厳重な管理・回収が行われてきた。以上の背景から、当社はいち早くSF₆ガス使用量ゼロの遮断器開発へ向けた研究に着手し、2003年には72/84kVクラスとして世界初となる乾燥空気絶縁のタンク形VCBを製品化した⁽¹⁾。

この度、SF₆ガスを使用しないだけでなく、環境性能向上とライフサイクルコスト（LCC）低減

などの経済性を兼ね備えた一歩進んだエコ・タンク形VCBを開発したので、本稿で概要を紹介する。

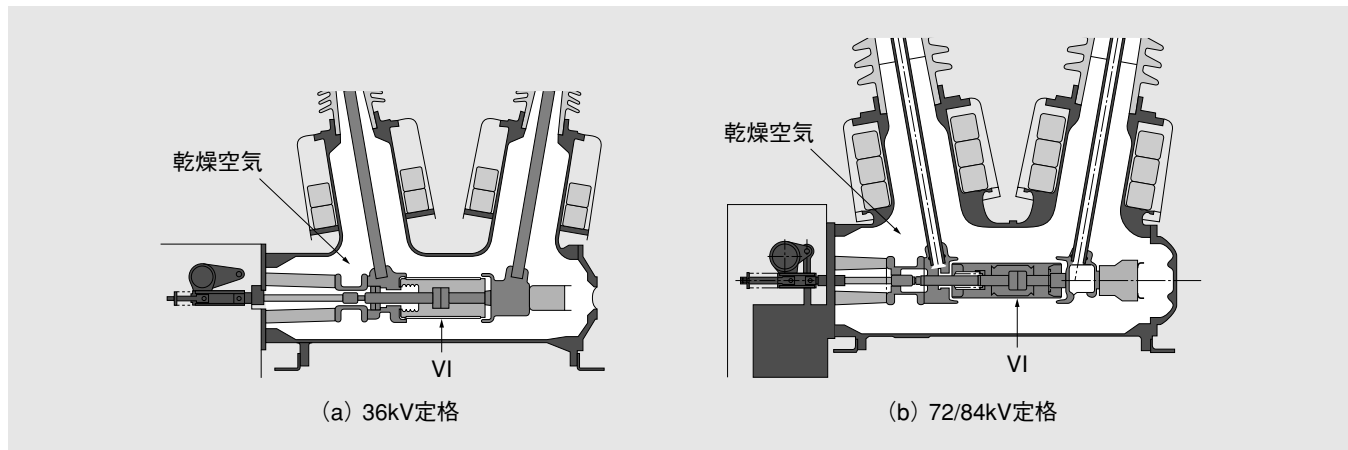
2. 定格事項・構造

第1表にエコ・タンク形VCBの定格事項を、第1図に内部構造図を示す。

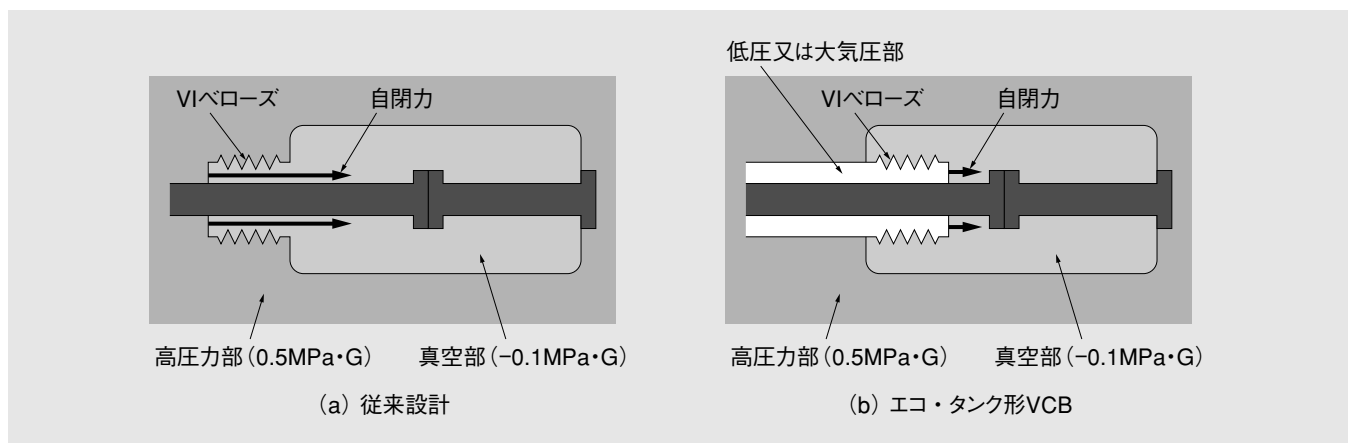
第1表 エコ・タンク形VCBの定格事項
36kVと72/84kVの定格を示す。

定格電圧	36kV	72/84kV
定格電流	1200A/2000A	1200A/2000A, 3000A
定格遮断電流	31.5kA	31.5, 40kA
絶縁媒体	乾燥空気	乾燥空気
定格空気圧力	0.5MPa・G	0.5MPa・G
操作方式	電動ばね方式	電動ばね方式
適用規格	JEC2300 IEC62271-100	JEC2300 IEC62271-100 ANSI-C37.06

*スイッチギヤ工場



第1図 エコ・タンク形VCBの内部構造図
36kV定格と72/84kV定格のエコ・タンク形VCBの内部構造図を示す。



第2図 VIベローズ部とVI自閉力の概念図
VIベローズ構造と自閉力の概念図を示す。従来設計ではベローズにかかる差圧が大きくなるため、自閉力が大きくなっているが、エコ・タンク形VCBでは差圧を小さくすることで、自閉力が低減されている。

3. 特 長

3.1 アルミタンクの採用

従来のSF₆タンク形VCBのタンクは、鋼材を使用した複雑な溶接構造を採用していたが、エコ・タンク形VCBはアルミ鋳物一体構造とした。アルミの優れた材料特性から、軽量化、防錆力向上、非磁性体による渦電流損失低減を図ることができ、その結果、輸送・据え付け・基礎工事・保守の費用を削減し、運用時の送配電損失率も低減することができる。

3.2 真空インタラプタ (VI) 自閉力低減構造の採用

従来のSF₆タンク形VCBのガス圧力は0.15MPa・Gであったが、エコ・タンク形VCBでは乾燥空気の絶縁耐力がSF₆ガスの約1/3程度のため、絶縁ガス圧力を高めて、0.5MPa・Gとする必要があった。また、VIはベローズ部の圧力を高めるとVI自閉力

が増大するため、遮断に必要な操作エネルギーを増加させる必要がある。さらに高圧力に耐える大形外圧タイプのベローズを使用しなければならない。エコ・タンク形VCBは、この二つの問題を解決するために、VIのベローズ部を低圧あるいは大気圧として、そのほかの絶縁部分は0.5MPa・Gの高圧力とした。**第2図**に72/84kVエコ・タンク形VCBのVIベローズ部とVI自閉力の概念図を示す。

3.3 タンクの小型化

SF₆タンク形VCBは、VIの固定側及び可動側導体とそれらを囲う電界緩和シールドを別々に設けていた。これに対し、エコ・タンク形VCBは電界最適化によって導体とシールドを一体化構造として、タンク径の縮小化を図った。**第3図**にVIの電界緩和シールド構造(固定側)を示す。

また、低圧力(絶縁耐力低下)となる可動側支持がいし内部と絶縁操作ロッドは、可動側支持が



いし内部のインサート金具の最適化によって、タンク軸方向の小形化を図った。その結果、エコ・タンク形VCBは、SF₆タンク形VCBと同等の大きさに収めることができた。第4図に36kVエコ・タンク形VCBの可動側支持がいし部と固定側支持がいし部の電界解析結果を示す。三次元解析によって、インサートや導体部分の電界強度分布がより詳細に解析可能となり、精度の高い設計に寄与している。

3.4 大容量化 (定格電流3000A化)

VIは、電極を含む導体部の周りが断熱性の高い真空であるため、熱伝導と放射が放熱手段となり、対流による放熱効果が得られない。さらにエコ・

タンク形VCBの絶縁媒体である乾燥空気の熱伝達率は、同一圧力ではSF₆ガスの約1/4程度であり、対流を含めた放熱能力が劣るため、通電電流の大容量化はSF₆ガス絶縁機器に対して不利であった。

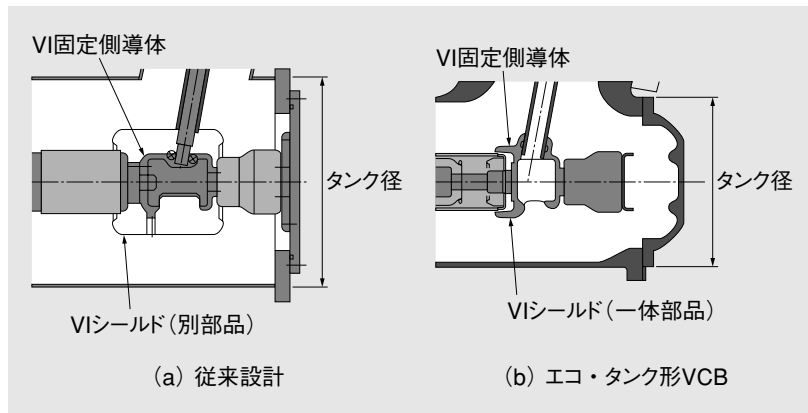
72/84kVエコ・タンク形VCBの3000A化は、2000A器に比べて主回路構成部品はアルミ材から電気抵抗の低い銅材へ変更し、コンタクトは接触抵抗低減タイプを採用することで、機器全体の主回路抵抗値を45%低減し、主回路通電部の発熱を大幅に低減している。また熱解析を用いて、機器全体の温度分布が均一になるようにコンタクトなどの最適化を実施した。

3.5 環境配慮5項目 (3R・LS) への取り組み

エコ・タンク形VCBは、温室効果ガスの不使用のみならず様々な環境的な配慮を図ることで、一歩進んだ環境低負荷型の遮断器としている。第2表に3R・LSに対する取り組みを示す。

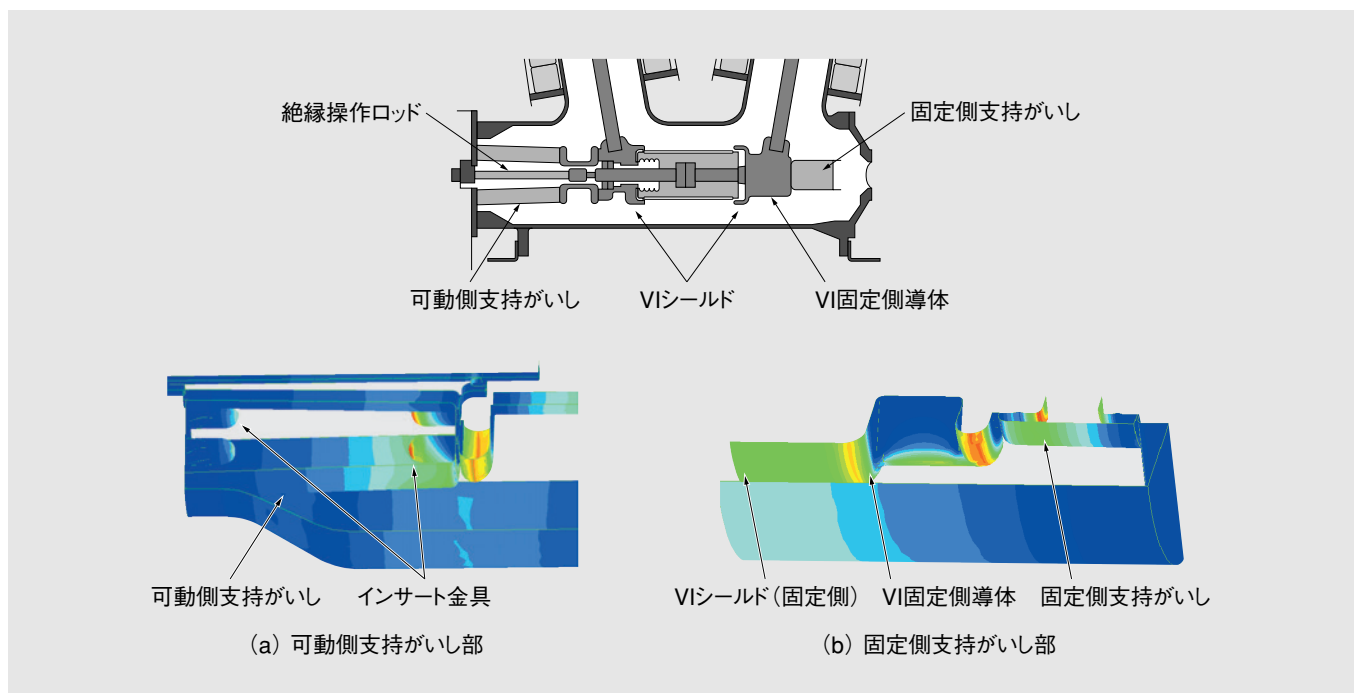
3.6 製品バリエーション

エコ・タンク形VCBは、変電所の点検通路や隣接機器との位置関係、及び保守メンテナンスエリアの確保など、変電所レイアウトに合わせて操作箱の配置を選ぶことができる。第5図に



第3図 VIの電界緩和シールド構造 (固定側)

従来設計では、VIの固定側及び可動側電極とそれらを囲う電界緩和シールドを別々に設けていた。これに対し、エコ・タンク形VCBでは導体とシールドの一体構造が可能となり、タンク径を縮小することができた。



第4図 電界解析結果 (36kVエコ・タンク形VCB)

36kV定格エコ・タンク形VCBの三次元電界解析結果例として、可動側及び固定側支持がいし部を示す。

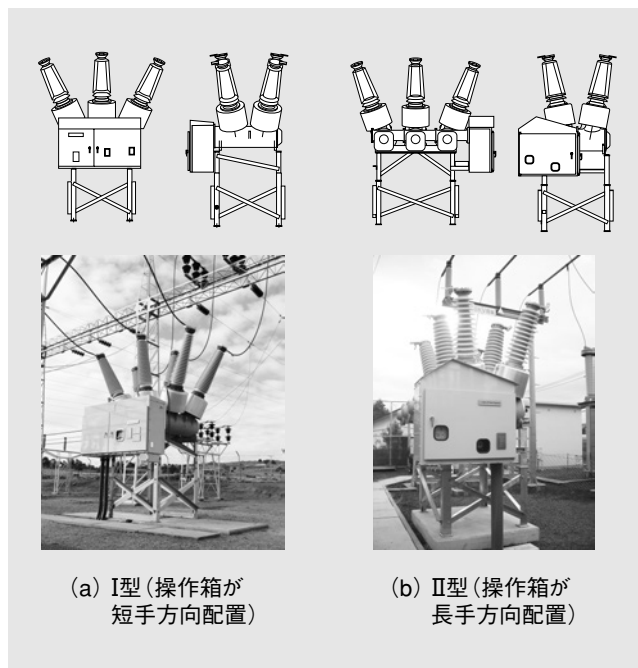


第2表 環境配慮項目 (3R・LS)^(注1) に対する取り組み
環境配慮項目 (3R・LS)^(注1) に対する取り組みを示す。

3R・LS	コンセプト	エコ・タンク形VCBでの実施項目
Reduce	省資源・省エネルギー	・アルミ材使用による軽量化 ・アルミタンクによる通電損失低減 ・操作力低減による操作装置の小形化
	有害物質の削減・廃止	・乾燥空気絶縁によるSF ₆ ガス不使用 ・アルミ材使用による塗装の削減
Reuse	素材・部品の再利用	・無発錆・無腐食部品の再利用 (研究中) ・無劣化部品の再利用 (研究中)
Recycle	リサイクル可能材料の利用	・金属部品のリサイクル ・エポキシ材の再利用 (研究中)
Long use	長期間にわたる使用が可能	・VCBによる遮断部の長寿命化 ・VI縦磁界電極による電極接点の長寿命化
Separable	容易な修理・部品交換 分解・分類が容易	・VCBによるタンク開放点検なし ・SF ₆ ガス回収装置不要 ・バルブ開放による乾燥空気廃棄可能

注1. 3R・LS：地球環境保全のための循環型社会形成を目指した環境配慮項目

Reduce：減量化, Reuse：再使用, Recycle：再利用,
Long use：長期使用, Separable：分解・分別



第5図 エコ・タンク形VCBの操作箱配置
エコ・タンク形VCBの操作箱配置には、2種類のバリエーションがある。操作箱の配置は、短手方向と長手方向に対応が可能である。

エコ・タンク形VCBの操作箱配置のバリエーションを示す。

4. む す び

温室効果ガス不使用のみならず、LCCの低減と3R・LSにも配慮したエコ・タンク形VCBの構造と

特長を紹介した。


エコ・タンク形VCBは、2007年に初号器の運転を開始して以来、北米・豪州向けに250台、国内向けに400台を納入し（2013年3月現在）、電力会社、一般産業、及び鉄道会社などから高い評価を得ている。特にガス回収が不要であることから、離島・遠隔地・移動用開閉器車向けなどに有効である。また、乾燥空気は従来の絶縁媒体であるSF₆ガスに比べて飽和蒸気圧が高いため、液化しにくい特性から寒冷地にも向いている。今後も世界的に環境への意識が高まる中、エコ・タンク形VCBを提供し、地球温暖化防止・環境負荷低減に貢献していく所存である。


・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。


《参考文献》


(1) 長竹和浩, 齊藤仁, 森田浩三: 「特高遮断器のSF₆ガスレス技術動向」, 明電時報304号, 2005/No.5, pp.5-8

《執筆者紹介》

 勝又清仁 Kiyohito Katsumata
スイッチギヤの開発に従事

 竹下幸宏 Yukihiro Takeshita
真空遮断器の開発設計に従事

 長竹和浩 Kazuhiro Nagatake
スイッチギヤの開発検証試験に従事

 山内一輝 Kazuki Yamauchi
真空遮断器の開発検証試験に従事