

# 72kV 縮小形キュービクル形ガス絶縁開閉装置 (C-GIS) の開発

村上達郎 Tatsuro Murakami  
武脇大樹 Daiki Takewaki

キーワード C-GIS, 応力解析, 電界解析

## 概要



72kV 縮小形 C-GIS

近年、変電所をビルの屋上や地下、既設変電所の空き地に設置して、スペースを有効利用する要求が一段と強くなっている。そのため、今まで以上に機器の小形・軽量化が求められている。そこで、縮小化をコンセプトとした72kV縮小形キュービクル形ガス絶縁開閉装置 (C-GIS) を開発した。基本設計段階から電界解析を用いた絶縁設計、応力解析を用いたタンク・導体の強度検討などを実施し最適化することで、当社の現行製品から容積比20%の縮小化を実現した。また、5面構成から3面構成へ削減し、設置スペースは30%の縮小化、総質量は30%の軽量化を実現した。

## 1 まえがき

キュービクル形ガス絶縁開閉装置 (C-GIS) は受変電設備の一部を構成する主要機器で、真空遮断器 (VCB)・断路器 (DS)・接地開閉器 (ES) などのユニットを複合的に組み合わせ、箱体容器に収納した装置である。列盤状態での配置を基本とし、スペースの狭い場所にも配置できる。そのため、機器寸法の更なる縮小化が求められている。

しかし、機器寸法の小形化と絶縁性能は、トレードオフの関係にある。絶縁性能を維持しつつ機器を小形化するためには、精度の高い絶縁設計技術や応力解析技術による最適化設計が不可欠である。

本稿では、今回開発した72kV縮小形C-GISの製品概要と縮小化を実現するために実施した各種解析技術と検証結果を紹介する。

## 2 定格・基本構造

第1表に定格事項を、第1図に開発器の内部構造と単線構成図を示す。

## 3 縮小化の概要

C-GISの縮小化の実現には、新形VCBユニットが不可欠である。本ユニットは、VCB・DS・ESを一つにしている。VCB・DSの操作器を小形化することで機器に配置でき、真空インタラプタ (VI) を小形化することで高さ方向の寸法を縮小した。これにより、本ユニットの容積が従来器に比べ約30%縮小した。第2図に新形VCB・DS・ESユニットの基本構造を示す。

**第 1 表 定格事項**

開発器の定格事項を示す。

**(a) C-GIS**

項目	仕様
定格電圧	72kV
定格雷インパルス耐電圧	350kV
定格電流	800/1200A
定格周波数	50/60Hz
定格短時間耐電流	31.5kA-2s
基準圧力 (定格)	SF <sub>6</sub> 0.12MPa・G (at 20°C)
適用規格	JEM1499-2012

**(b) VCB**

項目	仕様
定格電圧	72kV
定格電流	800/1200A
定格遮断電流	31.5kA
遮断時間	3サイクル
操作方式	電動ばね方式
適用規格	JEC-2300-2020

**(c) DS**

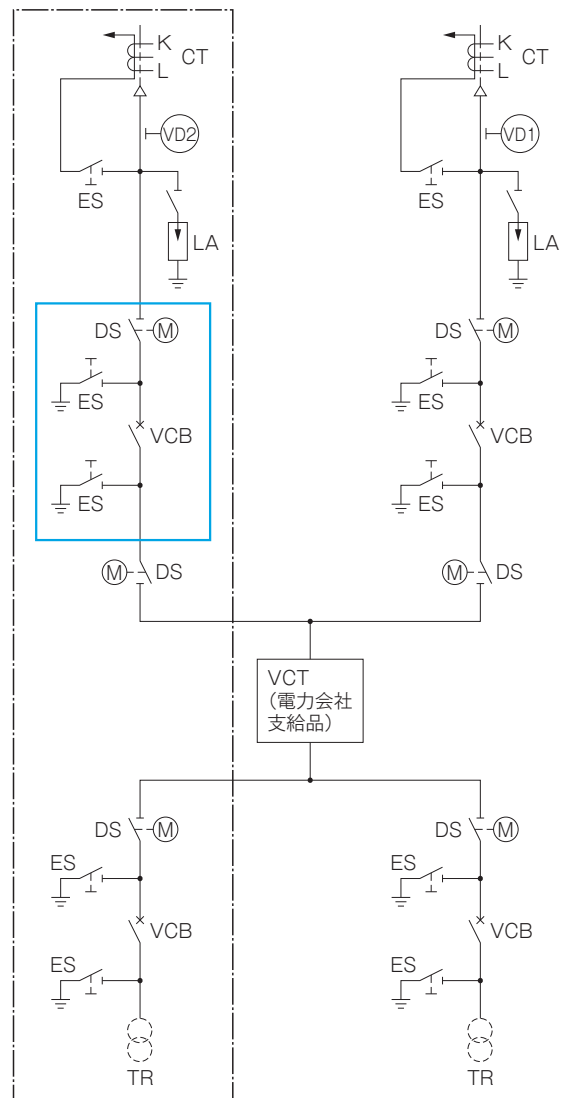
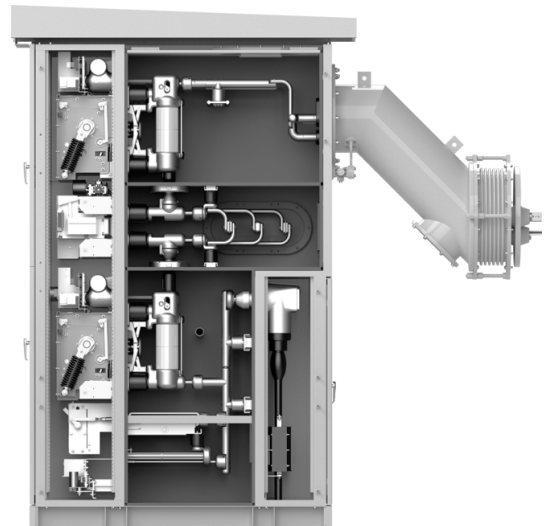
項目	仕様
定格電圧	72kV
定格雷インパルス耐電圧	350kV
定格電流	800/1200A
開閉能力 充電電流	1A
定格短時間耐電流	31.5kA-2s
操作方式	電動操作
適用規格	JEC-2310-2014

**(d) ES**

項目	仕様
定格電圧	72kV
定格雷インパルス耐電圧	350kV
定格電流	800/1200A
定格短時間耐電流	31.5kA-2s
操作方式	手動操作 (電動操作)
適用規格	JEC-2310-2014

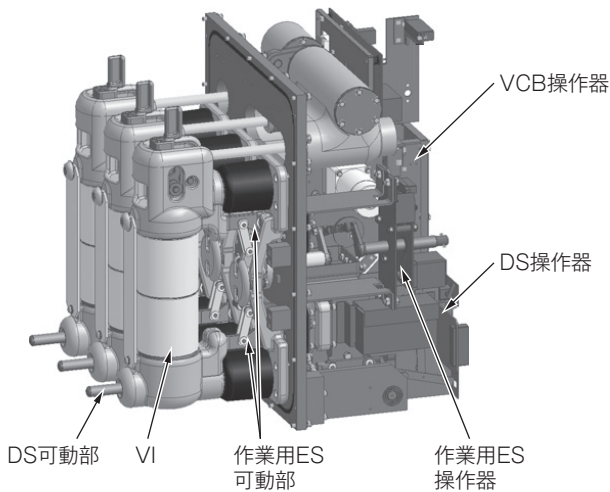
**(e) 作業用 ES**

項目	仕様
定格電圧	72kV
定格雷インパルス耐電圧	350kV
定格電流	800/1200A
定格短時間耐電流	31.5kA-2s
操作方式	手動操作
適用規格	JEC-2310-2014



**第 1 図 開発器内部構造と単線構成図**

開発器の内部構造と単線構成図を示す。一点鎖線で囲まれている機器が C-GIS 1面に収納されている。



第2図 新形VCB・DS・ESユニット基本構造

新形VCB・DS・ESユニットの構造を示す。第1図の青枠で囲まれている機器が一つのユニットになっている。

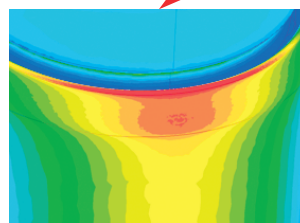
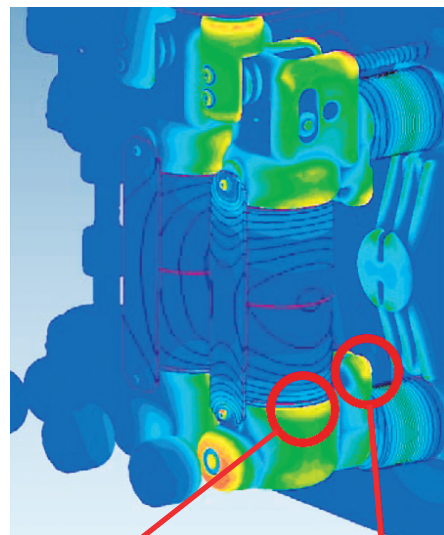
## 4 解析技術

C-GISの縮小化を実現するために、電界・応力・電磁力・機構などの解析技術を用いて設計した。以下に一例として、電界解析を用いた絶縁設計の概要を示す。

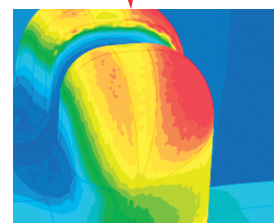
### 4.1 電界解析

第3図に新形VCB・DS・ESユニットの電界解析事例を示す。3次元有限要素法（FEM）によって従来の3次元表面電荷法（SCM）では解析できなかった浮き電極（VI中間シールド）の設定や詳細部のモデル化を行い、実形状を模擬した。これにより、評価が困難だった導体端部やコンタクト部などの複雑形状や浮き・背後電極に影響される部分の電界値を算出した。

また、解析結果の評価に面積効果を用いた。面積効果とは高電界にさらされている電極の面積が減少するとともに、その面積中の破壊トリガとなる弱点の数が減少し、確率的に絶縁破壊電界が上昇する現象である。従来は導体端部などの局所的に高電界が発生する箇所は適切な評価ができず、導体の端部を無くす、あるいは形状を大きくするなどして、本来必要のない形状にする必要があった。しかし、面積効果を用いた評価を行うことで、VCB導体部など



(a) VCB導体



(b) 作業用ES導体

第3図 電界解析事例

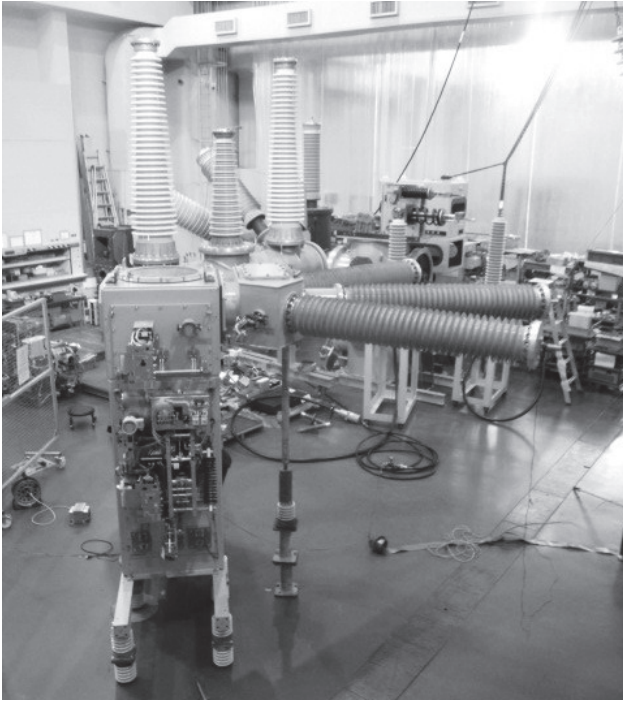
新形VCB・DS・ESユニットの電界解析結果を示す。

の局所的に高電界が発生する箇所も適切に評価でき、最適な形状とすることができた。

## 5 検証試験

本ユニットで開閉試験・耐電圧試験・通電試験・短絡電流遮断試験などのJEM/JECに規定された一連の形式試験を実施し、良好な結果を得た。ここでは、雷インパルス耐電圧試験結果と電界解析結果との比較を紹介する。第4図に供試器の耐電圧試験状態を示す。

第2表に試験結果と解析結果の比較を示す。雷インパルス耐電圧試験と電界解析から50%閃絡電圧値（50%FOV）が得られた。作業用ES導体では、試験結果と計算結果を比較し、本設計手法の妥当性を確認した。なお、VCB導体は作業用ESと同ユニットで試験をしているため、計算結果の電圧レベルまでは印加することができなかった。このため、結果表では453kV以上の推定値としている。



**第 4 図** 供試器耐電圧試験状態

供試器の耐電圧試験状態を示す。

**第 2 表** 試験結果と解析結果の比較

試験結果と解析結果が一致することを確認した。

対象部	試験結果 (50%FOV)	解析結果 (面積効果考慮)
VCB 導体	453kV 以上	665kV
作業用 ES 導体	453kV	420kV

## 6 むすび

解析技術と面積効果を考慮した設計手法を用いて C-GIS の縮小化を実現した。紹介した機器以外にも機器バリエーションの拡充として励磁電流開閉 DS 付き変圧器一次盤の縮小化開発も実施した。

本 C-GIS は 2021 年 4 月に初号器を納入した。低減電圧仕様の 84kV 定格にも対応しており、今後は更なるラインアップの拡充を進めていく所存である。

- ・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。

### 《執筆者紹介》



**村上達郎**  
Tatsuro Murakami  
スイッチギヤユニット  
スイッチギヤの開発設計に従事



**武脇大樹**  
Daiki Takewaki  
スイッチギヤユニット  
スイッチギヤの開発検証に従事