

# C-GIS(FCG-80シリーズ)を使用した特別高圧受変電設備

横山 武夫(よこやま たけお)

橋場 一紀(はしば かずのり)

松原 正剛(まつばら まさとか)

## ① まえがき

SF<sub>6</sub>(6フッ化硫黄)ガスを使用したガス絶縁開閉装置(Gas Insulated Switchgear: GIS)は、優れた遮断性能、絶縁性能、高信頼性、不燃性、小形化などの面で多くの利点を有し、この十数年間での普及は著しい。

一方、その普及に伴い、より一層の受変電設備の縮小化、現地工事の簡略化、環境との調和及び運転・保守の省力化の要請が高まってきている。

この命題を満足するため、角形容器に構成機器を一括収納した回線一括形キュービック構造ガス絶縁開閉装置(キュービック形GIS:C-GIS)を開発し、昭和58年度から66/77kVクラス向け自家用受変電設備として100ユニット以上の実績を上げている。

以下に、C-GIS(富士電機FCG-80シリーズ)の概要とこれを用いた自家用特別高圧受変電設備の適用について述べる。

## ② FCG-80の特長

FCG-80シリーズは、現用GISの技術と実績により培われた信頼性をベースに、新たなニーズを設計に取り入れ、各種の検証試験の結果、製品化されたもので、次に示す特長により、信頼性・安全性の高い変電所の建設ができる。

### (1) 計画の容易性・工程の短縮化

(a) 受電、変圧器一次、PCTと単位回路ごとにユニットの標準化が行われているので、それらの組合せにより、自家用受変電設備の計画が容易にできる。

(b) ユニット単位で現地搬入及び組立ができる構成のため、接続箇所の減少と、更に配管類・配線類の減少により、現地での据付工事が大幅に簡素化され、工期が短縮される。

### (2) 据付面積の縮小化

従来の開放式及びハウジング式の変電所と比較し、30~40%以上の据付面積の縮小が図れる。

### (3) 環境調和

角形容器の採用により、変圧器及び配電盤との調和を図ることができ、変電所としての環境調和がスムーズである。また、遮断器の操作方法として油圧式を採用し、騒音の低減ができた。

#### (4) 縮小化と高気密性

定格ガス圧を0.5kgf/cm<sup>2</sup>G(at20°C)とすることにより、角形構造が可能となり、機器占有率の向上とパッキングシール部の削減ができ、装置の小形化と高気密性の一層の向上が可能となった。

#### (5) 高い零気圧耐電圧

ガス圧が万一大気圧(零気圧)まで低下しても耐電圧はほとんど低下せず、ほぼ定格BILの絶縁強度を保っている。

#### (6) 高信頼性

ブッシング付の場合でもこれを斜めに取付し、高さを輸送制限内にしているため、全装運送が可能となった。また、これにより、現地での据付工事が短縮・簡素化される。更に工場での品質をそのまま現地でも維持することができ、高い信頼性を実現できた。

#### (7) メンテナンスフリーと点検の容易化

表1 FCG-80の標準仕様

項目	標準仕様	
形式	SDD108KK	SDD112KK
定格電圧	72/84kV	120kV
定格周波数	50/60Hz	
定格電流	800A, 1,200A	
定格遮断電流	25kA	
定格ガス圧力(20°C)		
ユニット本体	0.5kgf/cm <sup>2</sup> G	1.3kgf/cm <sup>2</sup> G
遮断器・PCT接続用ユニット	5kgf/cm <sup>2</sup> G, 3kgf/cm <sup>2</sup> G	
主要構成機器	遮断器、断路器、接地開閉器、計器用変圧器、変流器、避雷器、検電装置などの必要回路機器	
外部接続	• 気中ブッシングによる架空線接続 • ケーブルヘッドによるケーブル接続 • ユニット相互あるいは変圧器接続 • PCTあるいはGPT接続	



横山 武夫

昭和35年入社。一般産業・ビル用受配電設備・自家発電設備のプロジェクト技術企画に從事。現在、設備機器事業部技術部担当課長。



橋場 一紀

昭和39年入社。C-GISの設計・開発に從事。現在、千葉工場設計部課長。



松原 正剛

昭和58年入社。一般産業・ビル用受配電設備のプラント技術企画に從事。現在、設備機器事業部技術部。

図4 整流負荷時の出力電圧波形

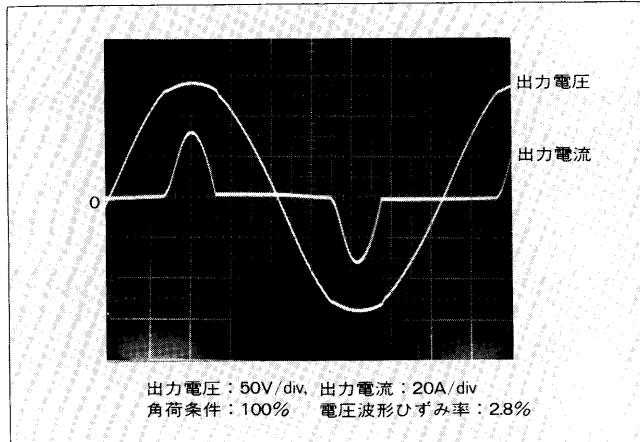
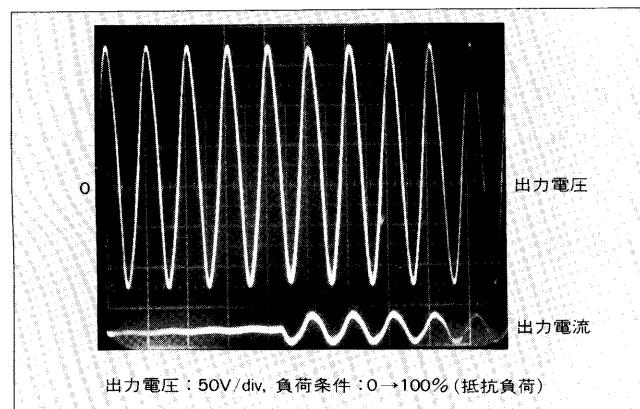


図5 負荷急変特性



## 7 試験結果

本装置の標準仕様を表1に示すが、ここでは代表的な特性についてその試験結果を記す。

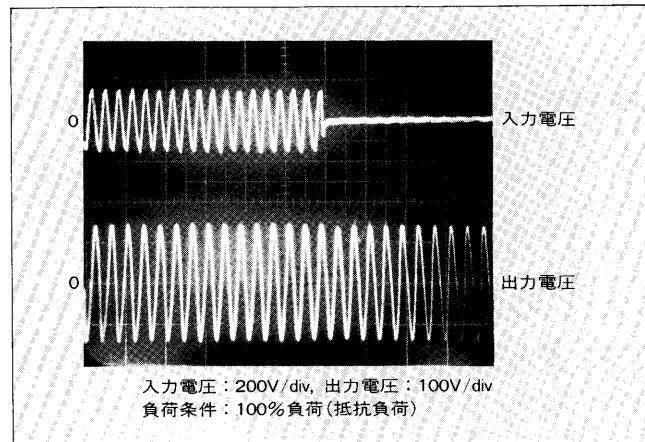
### 7.1 出力電圧波形

この種のUPSに接続される負荷はほとんどがコンデンサインプット形整流負荷であり、負荷電流の波高値は実効値の約3倍にも達する。このため、仕様ではこの条件での出力電圧波形ひずみ率を規定している。図4に1kVA機における100%整流負荷時の出力電圧及び電流波形を示す。本装置では前述のように、瞬時電圧制御機能を備えた高周波PWM制御を行い、ACフィルタを小形化しているため、高調波成分を多く含んだ負荷電流を流す場合でも、出力電圧波形はほとんど変化しないことがわかる。また、電圧波高値もほとんど低下せず、高速の停電検出回路を備えた負荷に対しても問題なく適用できることがわかる。

### 7.2 負荷急変時の出力変動

図5に1kVA機における100%負荷急変時のオシログラムを示す。7.1節と同様の理由から、出力電圧の変動量は小さく(2~3%)、非常に良好な特性となっている。また、

図6 停電時の出力電圧変動



電圧回復時の整定時間も1サイクル程度であり、応答性にも優れていることがわかる。

### 7.3 停電時の出力電圧変動

本装置の主回路構成では、停電時のインバータ直流入力電圧変動は従来の浮動充電方式に比べて大きくなるが、出力電圧変動は十分小さくなっている(2~3%)。これも7.1節と同様の理由によるもので、高周波化の効果が大きいことがわかる。

## 8 あとがき

本稿では、主回路にパワーMOS FETを使用し、制御回路にカスタムLSIを搭載した富士新形ミニUPSの概要を紹介した。本系列品はコンピュータ応用機器に的を絞り設計されているため、突入電流の大きな負荷や整流負荷に対しても容量を低減することなく適用可能である。また、カスタムLSIの搭載により部品点数を大幅に削減し、小型でかつ高信頼の機器となっている。今後コンピュータ応用機器の普及拡大に伴って、ミニUPSの必要性がますます高まることは必至である。既にその必要性はだれもが認める事実と化しつつあるが、価格、取扱いやすさなどの制約から、普及が遅れているように思う。瞬時停電や停電に起因したトラブルが社会的問題へと発展しつつある今日、ユーザーが気軽に導入できる電源装置をめざして、今後とも注力する所存であり、関係各位の一層の御指導・御協力をお願いする次第である。

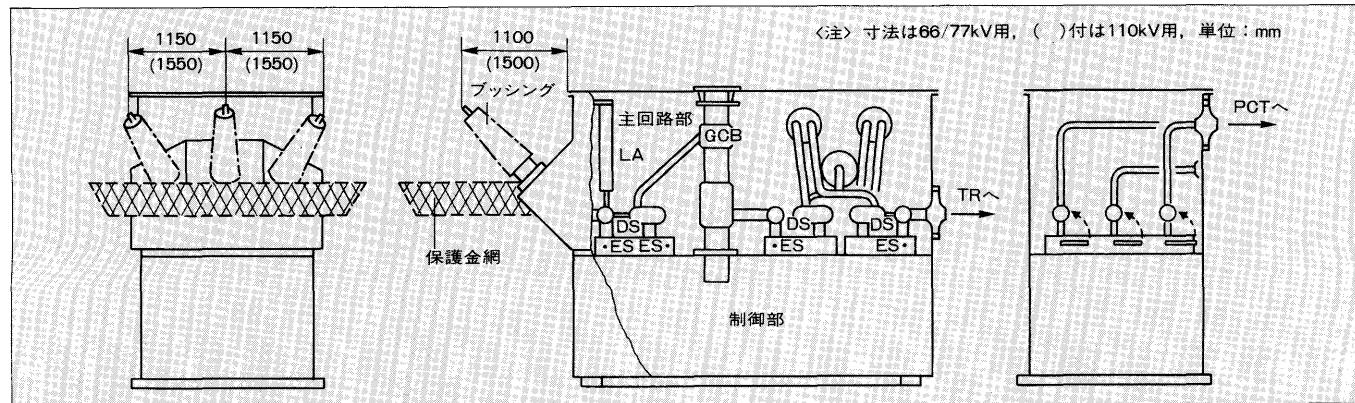
### 参考文献

- (1) 阿部剛ほか：トランジスタ式無停電電源装置，富士時報，Vol.53, No.9, p.701-706 (1980)
- (2) 杉本友明ほか：パワーエレクトロニクスの無停電電源システムへの応用技術，電気学会講演論文集，p.117-122 (1985)
- (3) 阿部剛ほか：富士ミニUPS，富士時報，Vol.58, No.11, p.682-687 (1985)

表2 FCG-80の構成機器仕様

項目	仕様
遮断器(GCB)	形式 パッファ形SF <sub>6</sub> ガス遮断器
	定格電圧・電流 72/84kV又は120kV・800A, 1,200A
	定格遮断電流・時間 25kA・3サイクル
	操作方法 油圧式
	定格操作電圧、電動機容量 3φ, 200V 又は 220V, 0.75kW
	定格制御電圧、電流 DC100V 又は110V, 5A
断路器(DS)	規格 交流遮断器(JEC-2300)
	形式 SF <sub>6</sub> ガス絶縁・三極単投形
	定格電圧・電流 72/84kV又は120kV・800A, 1,200A
	充電電流開閉能力 1A
	励磁電流開閉能力 3A
	定格短時間電流 25kA(2s)
接地開閉器(ES)	操作方法 電動ばね操作又は手動操作
	定格操作・制御電圧 DC100V 又は 110V, 操作電流 5A-6S
	規格 断路器(JEC-196)
	形式 SF <sub>6</sub> ガス絶縁・三極単投形
	定格電圧 72/84kV又は120kV
	定格短時間電流 25kA(2s)
避雷器(LA)	操作方法 手動操作又は電動ばね操作
	定格制御電圧 DC100V又は110V
	(インタロック用)
	規格 断路器(JEC-196)
	形式 酸化亜鉛形(簡易断路装置付)
	定格電圧 84kV, 98kV又は140kV
変流器(CT)	公称放電電流 10kA
	制限電圧(at10kA) 269kV, 314kV又は448kV
	規格 酸化亜鉛形避雷器(JEC-217)
	PCT接続部のみ供給
	形式 ○ケーブル引込方式:エポキシモールド・分割貫通形 ○架空引込方式:ブッシング貫通形
	定格一次電流 75~800A
検電装置(VD)	定格二次電流 5A又は1A
	定格負担 15VA, 25VA, 40VA
	確度階級 1.0又は3.0
	規格 計器用変成器(JEC-2101)
	形式 静電容量形検電装置(1相のみ)

図1 FCG-80の構造



主回路機器・母線部がガス密封された容器に収納されているため、長期間のメンテナンスフリーが可能である。また、操作機構・監視部などを作業可能な高さに配置することにより、日常の保守・点検を容易にしている。

### ③ FCG-80の定格・仕様

表1, 表2に定格・仕様を示す。

### ④ FCG-80の構造・基本ユニット

FCG-80シリーズの基本ユニットは図1に示すように全体を角形容器状に構成し、上部特別高圧充電部にはSF<sub>6</sub>ガス(0.5kgf/cm<sup>2</sup>G at20°C)を充てんし、遮断器、断路器、接地開閉器などの主回路構成機器を収納し、下部にはこれらの機器操作・制御及び監視装置を配置している。

容器は、1回線1容器構成を基本とし、可能な限り溶接構造としているので、パッキングによる気密箇所の削減と部品点数の減少を図り、高気密性・高信頼性となっている。

遮断器、断路器などの機器構造は以下のとおりである。

#### (1) 遮断器 (GCB)

遮断器(定格ガス圧力5kgf/cm<sup>2</sup>G)はユニット本体とはガス区画上独立しているため、消弧時の発生分解ガスなどは遮断器の内部だけで処理される。また、遮断器の点検は、遮断室部分だけのガス処理を行うことにより、ユニット上部から容易に作業できる。

操作器は油圧式としているため、前述のような利点がある。

#### (2) 断路器

断路器は直線切り形で、導体軸方向に配置されている。

操作は3極単投方式で、電動ばね操作又は手動操作となっている。電動ばね操作の場合は、接点は早切り構造であるため、充電電流及び励磁電流の開閉能力を有している。

#### (3) 接地開閉器

接地開閉器は、ナイフ形で断路器と一体構造として、設置スペースの縮小を図っている。

操作は、3極単投で手動又は電動ばね操作となっている。

接地開閉器の接地側は、各相ごとに貫通端子でガス容器

図2 FCG-80と変圧器の接続構造

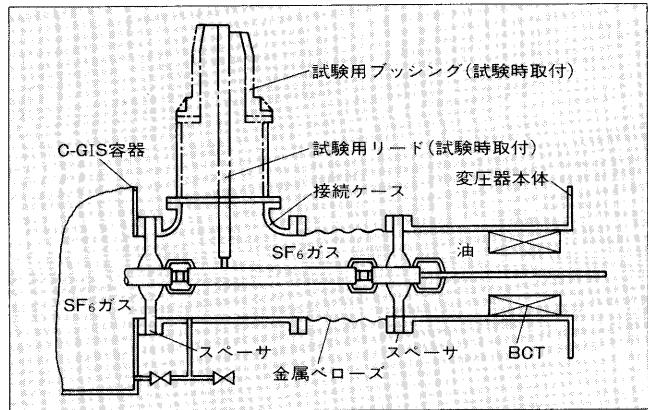


表3 受電ユニット（架空引込み）

形式	単線結線図	構造(各ユニットの幅:1,800mm、ブッシング相間:1,100mm) (単位:mm)	概略重量
R <sub>3W</sub>			8t
R <sub>4W</sub>			9t

表4 受電ユニット（ケーブル引込み）

形式	単線結線図	構造(各ユニットの幅:1,800) (単位:mm)	概略重量
R <sub>3C</sub>			8t
R <sub>4C</sub>			9t

の外に導いてあるため、これを利用して主回路各相の絶縁抵抗測定及び遮断器開閉特性試験に利用できる。

#### (4) 電源引込み

電源引込み方式は、架空・ケーブルのいずれでも可能である。架空の場合はブッシングで引き込み、ケーブルの場合はケーブルヘッドをユニット内に組み込み、ケーブルの現地取付においてはユニット本体のガスを抜かずに接続作業が可能である。ケーブルヘッドは、CV又はCVTのスリップオン形を標準としている。

#### (5) ユニット相互及び変圧器との接続

ユニット相互及び変圧器とは絶縁スペーサを介して接続し、ガス区分をユニットごとに分けている。

表5 変圧器一次ユニット・PCT接続用ユニット

形式	単線結線図	構造 (単位:mm)	概略重量
T <sub>1</sub>			4t
T <sub>2</sub>			6t
M <sub>1</sub>			3t (PCTを除く)
M <sub>2</sub>			4t (PCTを除く)

接続部分には現地耐圧試験や負荷試験（変圧器接続部）などの対応のため、試験用ブッシングの取付を可能としている。特に変圧器との接続は図2に示すように各相ごとの油一ガス区分の接続としているため、接続作業時の油処理は不要である。

#### (6) 基本ユニット

基本ユニットは単位回路ごとに標準化し、ユニットの組合せにより自家用受変電設備を構成する。

表3～5に標準ユニットを示す。

表6 電力会社への提出資料

(1)	構内平面図
(2)	電源接続図（単線接続図・三線接続図）
(3)	シーケンス
(4)	受電用機器装置図（平面図及び側面図等）
(5)	受電設備調書
(6)	その他支持物構造図又は地中電線路図等必要な図面
(7)	保安通信設備関連図面

表7 所轄官庁への申請書類と提出時期

申請書類名	提出先	申請者名	提出時期
自家用電気使用申込書	電力会社の支社（支店）	施主の代表者	着工前
主任技術者選任届出書	所轄通商産業局施設課	同上	着工前（30日）
保安規程（変更）届出書	同上	同上	着工前（30日）
工事計画届出書	同上	同上	着工前（30日）
工事計画認可申請書	同上	同上	着工前（30日）
工事計画変更認可申請書	同上	同上	変更しようとすると遅滞なく（30日）
工事計画軽微変更届	同上	同上	同上
工事計画変更届出書	同上	同上	変更しようとすると遅滞なく（30日）
電気工物一部使用承認申請書	同上	同上	工事計画の一部が完成したとき
使用前検査申請書	同上	同上	受電予定日が確定した時（10日～15日前）

（ ）内は最低と思われる日数

表8 変電所の監視制御方式の分類

常時監視制御方式 (略称……常時)	技術員がその変電所に常時駐在して運転状態を監視する変電所で、常時の運転操作に必要な遮断器、開閉器、断路器の操作を当該変電所で行うもの。
断続監視制御方式 (略称……断続)	技術員が技術員駐在所から、1日のうち断続的に変電所に出向き、変電所の監視及び機器の操作をその変電所において行うもの。
遠隔常時監視制御方式 (略称……遠隔常時)	技術員が変電制御所に常時駐在し、変電所の監視及び機器の操作を変電制御所から行うもの。なお、「変電制御所に常時駐在し」には、技術員が夜間などにおいても制御室と同一建屋内に常時待機する場合を含む。
遠隔断続監視制御方式 (略称……遠隔断続)	技術員が技術員駐在所から1日のうち、断続的に変電制御所に出向き変電所の監視及び機器の操作を変電制御所から行うもの。
簡易監視方式 (略称……簡易)	技術員が技術員駐在所から必要に応じて変電所に出向き変電所の監視及び機器の操作をその変電所において行うもの。

## 5 変電所の設計・施工

変電所の設計・施工にあたっては、電力会社をはじめ所轄官庁との事前打合せ及び申請業務などが必要となる。

電力会社との打合せにおいては、表6に示す資料を事前に準備することが必要である。

これら資料に基づき、受電方式、変電所形態、構成機器の仕様、保護システムなどについて打合せが行われる。

また、所轄通商産業局及び電力会社などへの申請書類と提出時期を表7に示す。

特に、受電電圧50kV以上の受電設備は、変電所としての適用を受ける(電気設備技術基準第57条関連)。この場合は変電所の運転管理上、表8に示すような制御方式がある。なお、制御方式は、変電所の使用電圧・出力、変電所と技術員駐在所との距離(時間)、監視・操作項目などで制約があるため、制御方式を選定するに当たっては注意を要する。

詳細については、諸官庁からの出版物などを参照されたい。

## 6 使用前検査

現地工事が完了した後、顧客及び富士電機にて社内検査及び自主検査を実施し、電気設備の総合確認が行われる。この検査結果は、使用前検査を受ける1週間前に準備し、所轄通商産業局へ提出することが望ましい。

使用前検査は、所轄官庁係官立会いのもとに、当該設備が工事計画書どおりの物であることの確認及び自家用電気工作物として電気設備技術基準を満足することの確認を目的として実施される。

検査項目は次のとおりである。

- (1) 外観構造試験
- (2) 接地抵抗試験
- (3) 絶縁耐力試験
- (4) 保護継電器試験
- (5) 操作・保護運動試験
- (6) 変圧器負荷試験
- (7) 試充電試験

ただし、変圧器負荷試験は、所轄官庁によっては、現地試験を実施する場合と工場試験成績書で代行(この場合、

変圧器全数の成績書が必要)する場合がある。

試験方法としては、実負荷による方法、返還負荷法及び等価負荷法のいずれかで行われる。なお、供試変圧器の台数が1台である場合とか、適当な負荷又は電源が得られず、可搬式の発電装置を使用する場合は、昭和60年5月発行の資源エネルギー庁通牒により、専任主任技術者及び保安規定の届出を行わなければならないことになった。

## 7 FCG-80の納入例

### (1) 新光電気工業(株)更北工場

昭和61年納入、ユニット形式: 2R<sub>4W</sub>+M<sub>1</sub>…1TR

2回線・架空引込み、5MVA 油入変圧器1バンク構成

本設備は、契約電力(3,000kW超過)の関係で、6.6kV受電から77kV受電の変電所に昇圧されたものである。付近に民家があるため、美観・騒音を考慮したものとなっている。

以下図3に設置状況を示す。

### (2) キヤノン(株)下丸子工場

昭和60年納入、ユニット形式: 2R<sub>4CS</sub>+M<sub>1</sub>…1TR

2回線・ケーブル引込み、7.5/9MVA(自冷/風冷)油入変圧器1バンク構成

本設備は、22kV受電から66kV受電へ昇圧された変電所である。引込点付近に変電所としての十分なスペースの確保が難しいため、鉄鋼架台を組んで変圧器をFCG-80の上部に設置したもので、FCG-80と変圧器はガス母線で連結

図3 設置状況

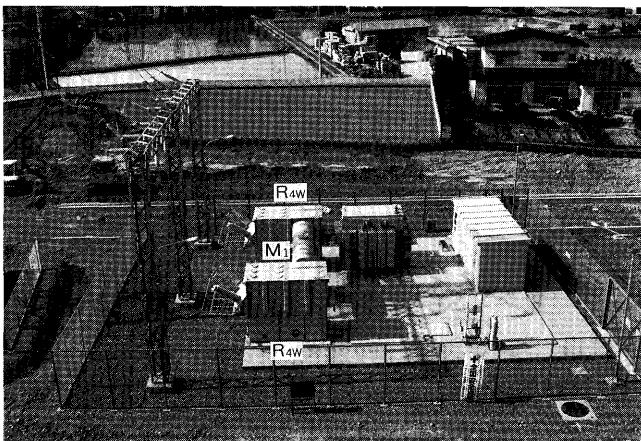


図4 設置状況

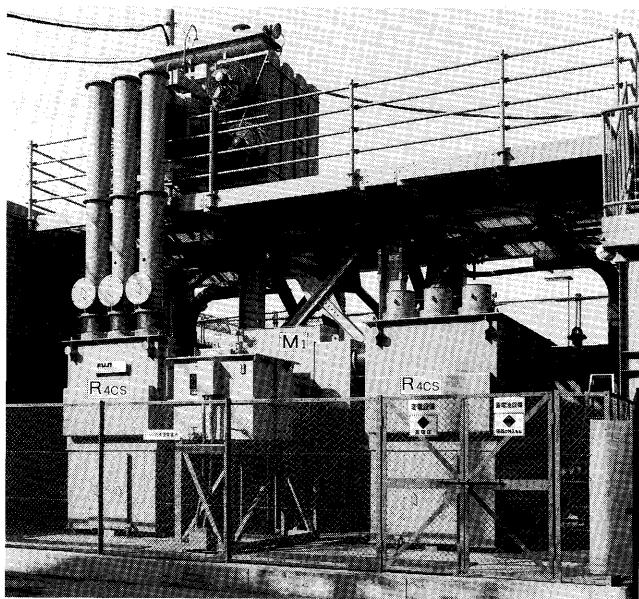
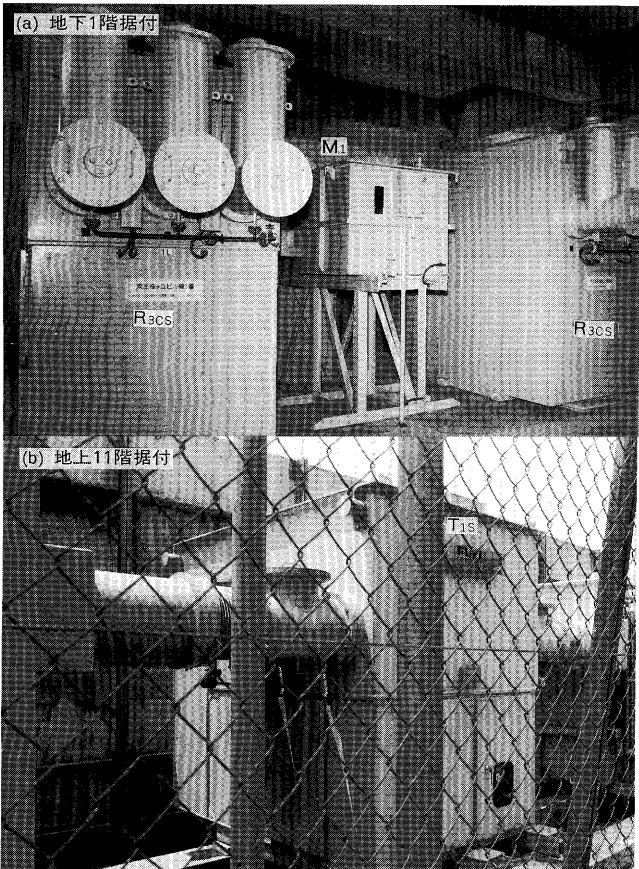


図5 設置状況



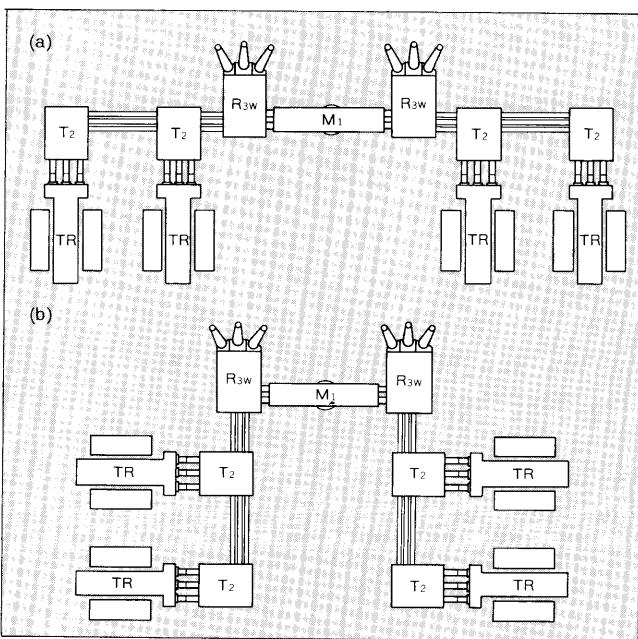
されている。なお、設備は0.3Gの地震に対し十分な強度を有しており、また変圧器は地震に対して共振しないように考慮されている。

図4に設置状況を示す。

(3) 京王帝都電鉄(株)桜ヶ丘総合開発Bビル

昭和60年納入、ユニット形式：2R<sub>3CS</sub>+M<sub>2</sub>+T<sub>1S</sub>+2TR  
2回線・ケーブル引込み、7.5MVA油入変圧器2バンク構成

図6 配置図



本設備は、百貨店という事情から売場面積をより広く確保することが必要条件となった。そのため、受電ユニットを地下1階に、変圧器一次ユニットを地上11階（地上約50m）に設置した。

図5に設置状況を示す。

#### (4) 某所納入（大規模C-GIS）

ユニット形式：R<sub>3W</sub>+M<sub>1</sub>+4T<sub>2</sub>…4TR

FCG-80シリーズによる66/77kVの変電所は、変圧器のバンク数として、2バンクまでの構成が80%以上を占めているが、3バンク以上の変圧器規模については変電所の形状によって図6に示す構成が可能である。図は変圧器一次の開閉装置として、遮断器で構成したもので、断路器による方法も可能である。

## 8 あとがき

以上FCG-80の特長と特別高圧受変電設備への適用例を主に述べた。

FCG-80シリーズは標準ユニットの組合せで容易に受変電設備を構成できるため、今後も特別高圧受変電設備への適用が広がって行くものと考えられる。

## 参考文献

- (1) 東京通商産業局公益事業部：解説 自家用電気工作物必携、法規手続篇、p.105—115 (1984)
- (2) 東京電力(株)：特高自家用受変電設備設計についてのお願い、p.2, 3
- (3) 橋場一紀ほか：77kVキュービクル形ガス絶縁開閉装置、富士時報、Vol.56, No.8, p.553—559 (1983)
- (4) 篠原奈弘ほか：ガス絶縁開閉装置の最近の技術動向、富士時報、Vol.59, No.7, p.468—472 (1986)



\*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。