

ビル用受変電設備の計画

Planning of Substations

受変電設備の計画の要点は、受変電設備が設置されるプラントの規模、用途に応じて安全かつ最も経済性の高い形態を選定することにあるが、特にビル用受変電設備では、一般の工場受変電設備と異なり、設置スペースの制約があることや関連設備が多いため、計画段階でのこれら諸設備との密接な関係が重要となる。

工場受変電設備については、既に本誌1975年7月号(VOL. 57)に述べたので、本稿ではビル用受変電設備を主体に、計画に必要な事項をビルの用途別に、設備容量、受電方式、設備の形態などが分かるようにレイアウト例を紹介しながら解説する。

石上維宏* *Ishigami Masahiro*
吉川 功* *Yoshikawa Isao*
湯沢昭一* *Yuzawa Akikazu*

1 緒 言

昭和30年代後半以降、空調設備が一般ビルに普及し、事務所ビルの最大電力も昭和36年から昭和46年までの10年間に50%の伸びを示し、更にデパートでは照度の増大も加わり、10年間に55%の伸びを示している。また、空調設備が一般化したと思われる昭和44年から昭和48年までの4年間に、事務所ビルの場合、電子計算機の導入に伴い15%の伸びを示している。これらの例に見られるように、事務能率、居住性の向上を図るため、照明設備、電子計算機、昇降設備などの諸設備の充実が図られてきた。これに伴い、ビルの消費電力は急増し、ビル用受変電設備も大容量、高電圧化、高信頼度化し、ビルの受電方式、設備形態、配電電圧、配電方式も変化している。ビル用受変電設備の計画と設計に際し、電力会社から供給される供給電圧を、ビル内で使用される各負荷に適合した電圧に変圧し、負荷に見合った容量を経済的、効率的かつ

安全な施設として供給できるようにしなければならない。このためには、図1に示すようなビル用受変電設備の基本計画の実行が必要である。以下に負荷容量の算出、受変電設備容量・配電方式の選定、受変電設備の形態選定、及びスペースの計画について述べる。

2 受変電設備の基本計画

2.1 受電設備容量、自家発電設備容量の算出

基本設計段階では、一般に負荷設備の詳細が明確でないため、ビルの用途、規模に応じて過去の実績を参考にし、最近の動向、将来の増加分を勘案し、設備容量を推定する方法がとられる。ビルに使用される負荷設備の種類は、通常表1に示すものである。電気学会技術報告(II部)第42号「最近の各種建築電気設備の諸問題」の調査結果によると、(1)変圧器容

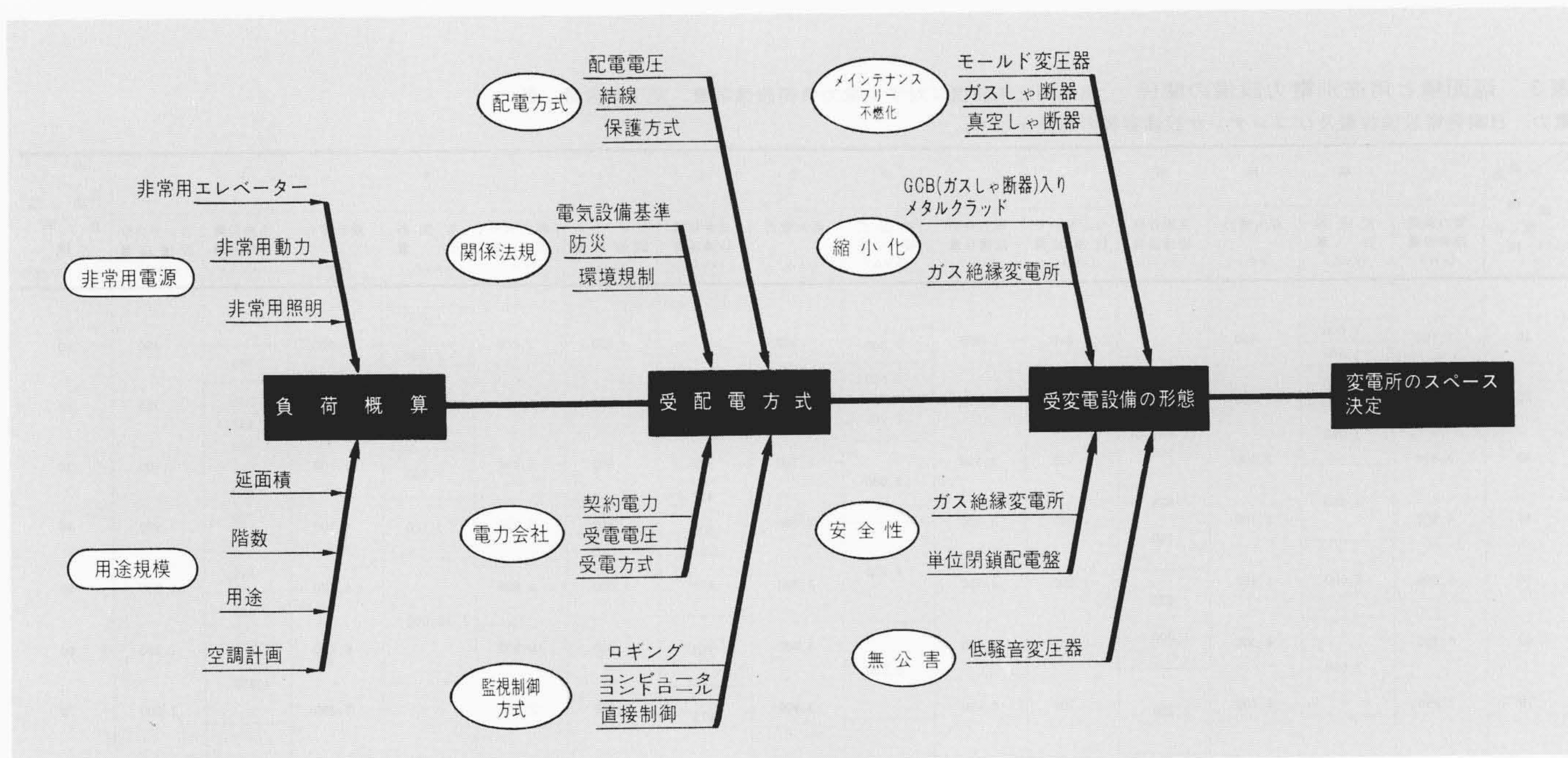


図1 ビル用受変電設備の基本計画 ビル用受変電設備の計画に当たっては、このほか建築、機械設備(輸送システムなど)と緊密な関係を取りながら計画することが重要である。

* 日立製作所国分工場

量と電力負荷設備容量、(2)最大電力(契約電力)と電力負荷設備容量、(3)自家発電設備容量と最大電力、及び(4)負荷設備容量とコンデンサ設備容量の関係は表2に示すとおりである。変圧器容量と電力負荷設備容量の関係は、需要率と関係が深いと推定されるが、延床面積との相関性は明確になっていない。最大電力(契約電力)は、電力会社との契約上建物で使用

できる最大電力を意味するため、最大電力と電力負荷設備容量の比率はほぼ建物の需要率を表わすものとみなすことができる。自家発電設備容量と最大電力の関係では、調査対象ビルの約74%が5～25%の範囲に入っており、一般にホテルでその割合が高く、事務所建物では計算センターが際立って高い値を示している。今後、防災法規上の規制強化により、この割合は更に上昇するものと予想される。進相コンデンサと最大電力の関係は特定の尺度がないため非常に大きなばらつきを示していることが知られている。しかし、昭和47年度に建設された特高受電ビル20例のコンデンサ設備容量の調査結果では、負荷設備容量に対し平均して22%のコンデンサ容量が設置されている。これらの資料をもとに、ビル用途別延床面積に対する電力負荷設備容量、変圧器容量、最大電力、自家発電設備容量、及びコンデンサ設備容量をまとめると表3に示すとおりとなる。

2.2 契約最大電力と受電電圧

電力会社から電力の供給を受ける場合の需給条件は、電力会社ごとの電気供給規程によって定められている。ビル用電気設備は、電灯動力併用需要として業務用電力として契約されるが、ビル設備の場合、冷凍機を中心として夏季だけ運転される負荷があるので、契約最大電力は需要率、負荷率、不

表1 ビルに使用される負荷設備の種類 ビルに使用される負荷設備の種類、及びその内容を示す。

No.	負荷設備の種類		内 容
1	照明電灯負荷		けい光灯, 白熱灯, 水銀灯など
2	動力負荷	一般動力	給排水ポンプ, 換気用送風機, エスカレーター, エレベーター, シャッタなど
		空調動力	冷凍機, 冷却水, ポンプ, 空調用送風機など
3	電 熱 負 荷		採暖用, 湯沸用, 調理器用などの電熱装置, 電灯動力負荷に比較して非常に小さいので, 一般に特殊負荷だけを計上する。
4	雑 電 力 負 荷		計算機, 事務機器, 弱電用充電装置など, 容量の大きい特殊負荷を計上する。

表2 用途別電力負荷調査結果 用途別に電力負荷を調査し,統計処理を行なって得られた結果である。

項 目 用 途	電 力 負 荷 設 備 容 量 (W/m ²)				変圧器設備 容量 (kVA) 電力負荷設備 容量 (kW)	最大電力 (kW) 電力負荷設備 容量 (kW) %	自家発電設備 容量 (kVA) 最大電力 (kW) %	コンデンサ 設備容量 (kVA) 負荷設備容量 (kW) %
	電灯コン セント	一般動力	空調動力	合 計				
事 務 所	29.4	41.3	41.3	112	1.08	59.9	26.2	22
ホ テ ル	30.0	32.5	32.5	95	0.99	59.0	22.5	
デパート	59.2	57.4	55.4	172	1.11	59.7	18.6	

表3 延面積と用途別電力設備の関係 用途別延床面積に対する電力負荷設備容量, 変圧器容量, 最大電力, 自家発電設備容量及びコンデンサ設備容量の関係を示す。

用途 延 面 積 (m ²) × 10 ³	事 務 所					ホ テ ル					デ パ ー ト					用 途 延 面 積 (m ²) × 10 ³
	電力負荷 設備容量 (kW)	変 圧 器 容 量 (kVA)	最大電力 (kW)	自家発電 設備容量 (kVA)	コンデンサ 設 備 容 量 (kVA)	電力負荷 設備容量 (kW)	変 圧 器 容 量 (kVA)	最大電力 (kW)	自家発電 設備容量 (kVA)	コンデンサ 設 備 容 量 (kVA)	電力負荷 設備容量 (kW)	変 圧 器 容 量 (kVA)	最大電力 (kW)	自家発電 設備容量 (kVA)	コンデンサ 設 備 容 量 (kVA)	
10	1,100		650		250	950	1,000	560		200	1,700		1,000		400	10
		1,000														
		1,500														
20	2,250	2,000	1,300	300	500	1,900	1,500	1,100	200 250 300	400	3,450	3,000	2,100	375 437.5 500	750	20
		3,000					2,000		4,500							
30	3,350		2,000		750	2,850	3,000	1,700	375 437.5	650	5,150	6,000	3,100	625	1,100	30
40	4,500	4,500	2,700	625 750	1,000	3,800		2,200	500	850	6,900	7,500	4,100	750	1,500	40
50	5,600	6,000	3,400	875	1,200	4,750	4,500	2,800	625	1,000	8,600		5,100	875 1,000	1,900	50
60	6,700		4,000	1,000	1,500	5,700		3,400	750	1,300	10,300	10,000	6,200	1,000	2,300	60
70	7,850	7,500	4,700		1,700	6,650	6,000	3,900		1,300	10,300		6,200	1,250	2,300	60
80	8,950		5,400	1,250	1,700	6,650		3,900	875	1,500	12,050		7,200		2,600	70
80	8,950		5,400		2,000	7,600	7,500	4,500	1,000	1,700	13,750	15,000	8,200	1,500	3,000	80
90	10,100	10,000	6,000	1,500	2,200	8,550		5,000		1,900	15,500		9,200	1,750	3,400	90
100	11,200		6,700	1,750	2,500	9,500		5,600	1,250	2,100	17,200		10,300		3,800	100
		15,000					2,000									

等率などを勘案して慎重に決める必要がある。ビル用受電設備の受電電圧は、契約最大電力が決定すると、電力会社の電気供給規程によって電圧が選ばれる。一般に2,000kW未満は普通高圧、2,000kW以上10,000kW未満は22kV又は33kVの特別高圧、更に10,000kW以上になると66kV又は77kVの特別高圧で送電される。ただし、大都市（東京、名古屋、大阪、福岡、札幌など）のスポットネットワーク配電方式推奨地域では、500kWを超えると22kV又は33kVスポットネットワーク受電となることが多い。しかし、大都市周辺地域では電力会社の配電計画方針に沿って、数千キロワットの設備でも66kV又は77kV受電となる場合がある。

2.3 受電方式の選定

受電方式は表4に示す種類がある。しかし、ビル用受電設備の受電方式としては、供給信頼度の点からNo.2～No.6のい

ずれかの採用が望ましい。普通高圧受電に対してはNo.1,特別高圧受電に対してはNo.2の採用が多い。また、都心部では電力需要増大と高信頼度の要求を満たすためNo.6の採用が多い。

2.4 配電電圧の選定

配電電圧、配電系統構成は、ビル内の負荷配置、負荷の種類と容量、供給の信頼性と融通性、回路の電流容量、しゃ断器のしゃ断容量などから経済上及び技術上の比較を行なって、総合的に決定される。ビル内の受電電圧と配電電圧から大別すると、図2に示す3種類がある。従来はAの方式が一般的であったが、最近ではCの415/240V三相4線方式が広く用いられつつある。

415/240V三相4線方式の特長は、

- (1) 中間電圧用変圧器が不要で経済的である。
- (2) 経済的な400V級電動機の使用が可能である。

表4 受電方式の種類 高圧受電では1回線受電、特別高圧受電では常用予備受電、また都心部ではスポットネットワーク式受電の採用が多い。

No.	受電方式		系統構成図	特徴
1	1回線分岐線			(1) 簡単かつ経済的である。 (2) 送電線事故時停電し、復旧時間は送電線復旧時間と同一。 (3) 他需要家の影響を受ける。
	受電専用線			(1), (2) は同上
2	同系統 常用予備 受電	1CB受電		(1) 送電線事故時、いったん停電、予備線切換により停電時間短縮が可能である。 (2) 受電回線切換時、停電必要。
		2CB受電		(1) は同上 (2) 受電回線切換時、停電不要。
3	異系統常用・予備線受電			(1) 送電線事故時いったん停電するが、予備線切換により、停電時間短縮可能。 (2) 電源停電に際しても、他回線で受電可能。 (3) 受電回線切換時、停電必要。
4	並行2回線受電			(1) 片回線事故時、停電しない。 (2) 送電線保守も片回線ずつ停止し、停電不要。 (3) 保護継電方式が複雑である。
5	ループ受電	オープンループ		(1) 送電線事故線、事故点によってはいったん停電する。 (2) 事故処置及び保守停電(線路及び需要家)のための操作は、電力会社の指令による必要あり。
		クローズドループ		(1) 常時2回線受電となり、片回線事故では停電しない。 (2) 送電線保守は、片回線ずつ停止することにより、停電不要。 (3) 保護継電方式が複雑である。
6	スポットネットワーク式受電			(1) 送電線1回線、変圧器バンクの事故時、無停電かつ供給制限不要。 (2) 送電線保守時、1回線ずつ停止することにより、停電及び負荷制限不要。 (3) 送電線休止及び復旧時の変圧器二次側しゃ断器の開放・投入は、自動的に行なわれる。

注：略語説明 CB=しゃ断器, DS=断路器, Tr=変圧器, F=電力ヒューズ

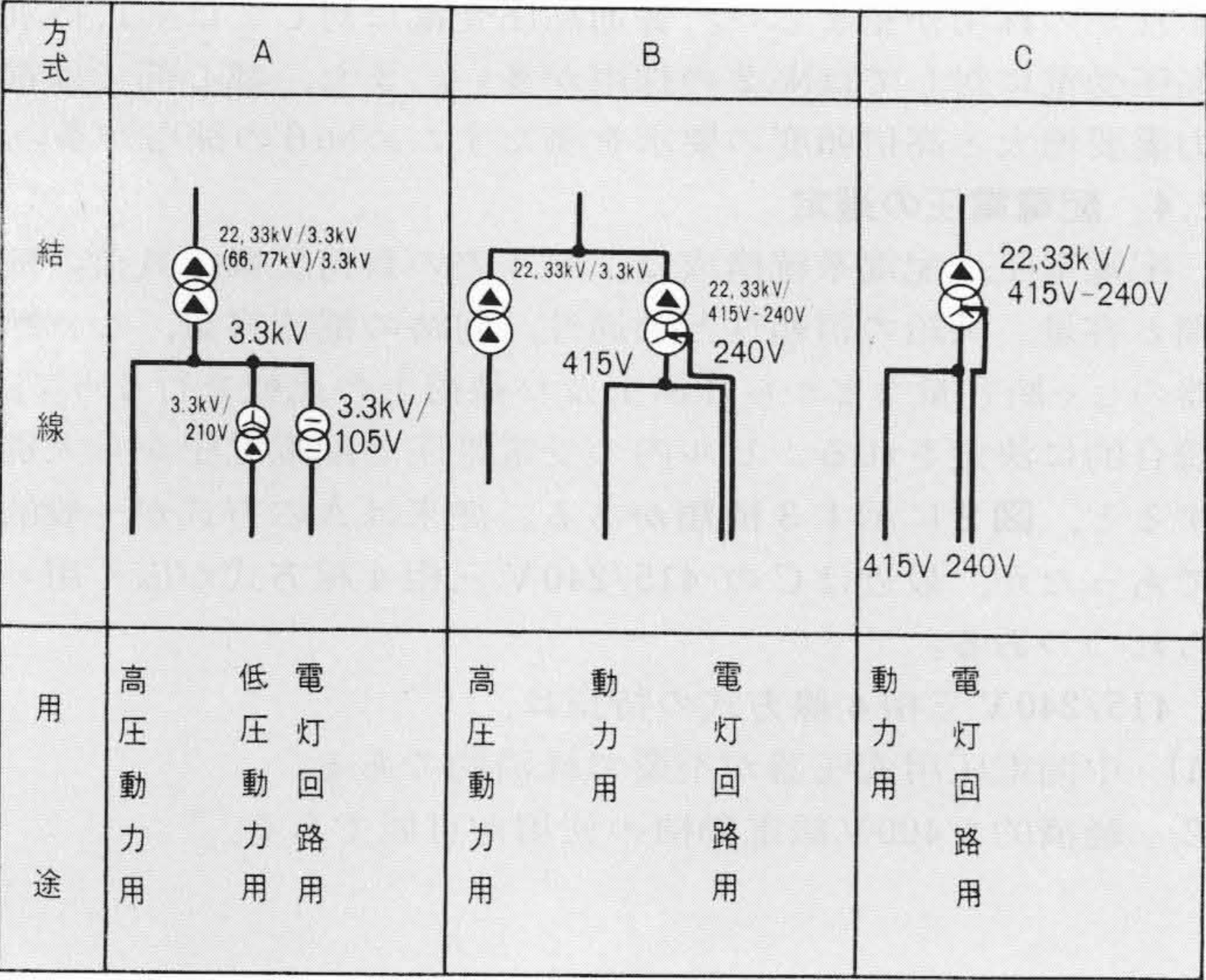


図2 ビル内の受電電圧と配電電圧の関係 ビル内配電電圧として415/240V三相4線方式が広く用いられている。

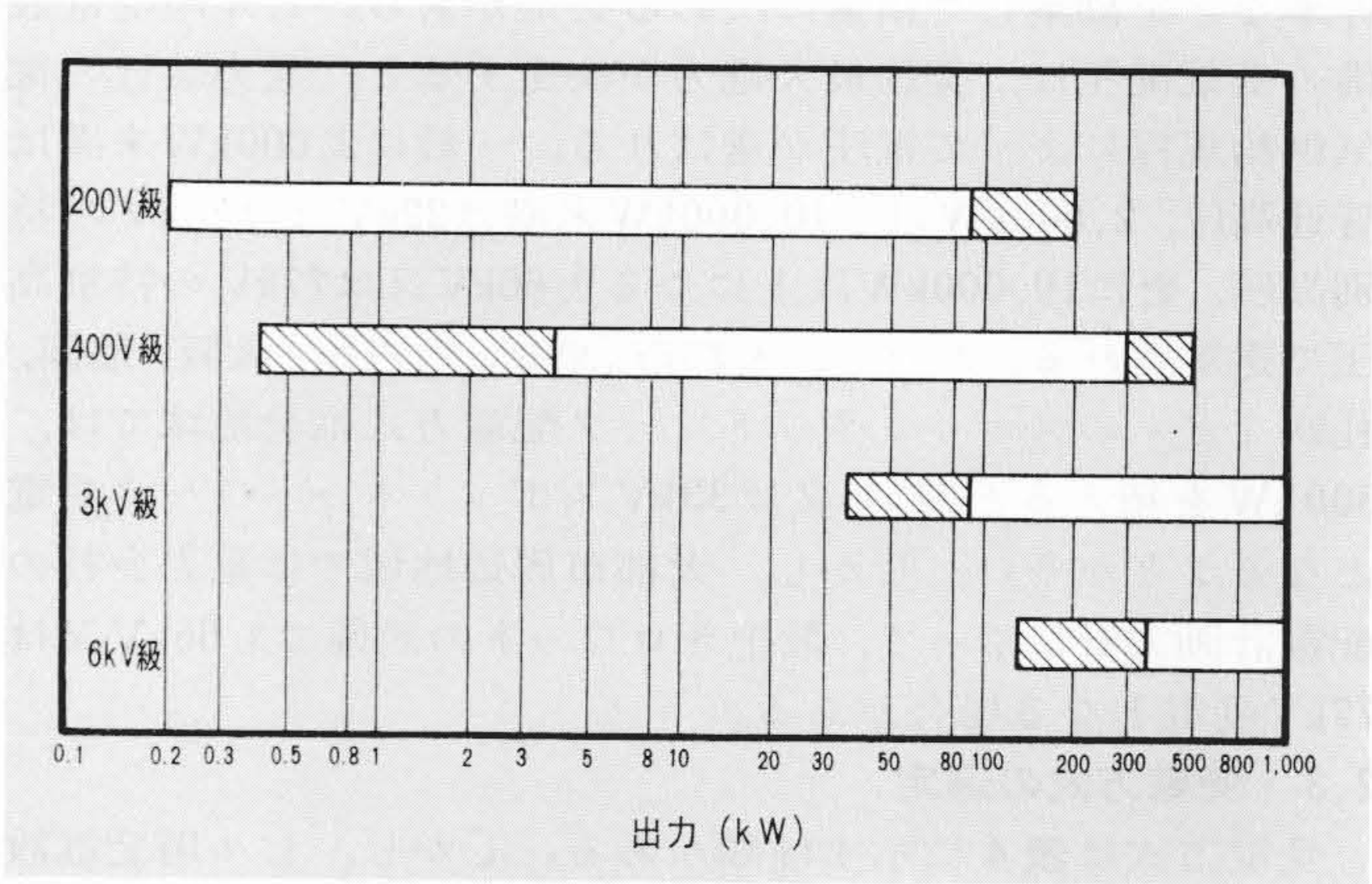


図3 電動機の電圧別最適出力範囲 太線で示した範囲は比較的経済的な範囲で、かつ製造上の技術的問題が少ない範囲を、斜線で示した範囲はある程度経済性を無視して製作すれば技術的には製造可能な範囲を示す。

- (3) 三相4線で電灯動力共用配電が可能で経済的である。
- (4) 400V化により、従来の200/105V配電に比べ配電設備費用が節減可能などである。

415/240V三相4線式を採用する条件として、次のような事項がある。

- (1) 特別高圧で受電する場合(22kV, 33kV受電の場合3.3kV, 6.6kVの中間電圧が不要)
- (2) 普通高圧受電でも延面積が非常に大きい場合
- (3) 負荷に電動機が多く、特に中容量の電動機が多い場合
- (4) 超高層建築のように幹線が長くなる場合
- (5) 全体の負荷のうち、100V負荷が少ない場合(概略20%以下)

以上の諸条件があるが、建物によりすべて条件が異なるため、ある程度の試算を行なって比較検討を行なわなければならない。

電動機出力に対する最適電圧については、電気協同研究・第25巻第1号³⁾に記述されているが、これに最近の電動機の技術的進歩を加味すると、その選定基準は図3に示すとおりである。

3 受変電設備の形態

特高受変電設備の形態として、三相一括形SF₆ガス絶縁式(GSS)、単位閉鎖配電盤式、スイッチハウス式、アルミパイプ式などの方式がある。

受電電圧66kV以上では、SF₆ガスの絶縁特性及び消弧特性を有効に利用し、機器を接地されたシース内に収納したガス絶縁変電所が、変電所スペースの縮小化、高信頼性、保守の省力化などの利点から着実な増加を示しており、特に三相一括形が開発された昭和50年以降の伸びが著しく、ビル用変電所などの用地が制限される場所での有利な点を買われている。

特高閉鎖配電盤は、屋外用では全天候形で変圧器二次側機器や監視制御装置などを一括収納でき、保守点検及び環境調和と上有利な、

- (1) 鋼板製ユニットパネル式
 - (2) 軽量発泡コンクリート式
- の採用が定着化してきている。

受電電圧22/33kV級の受変電設備は、単位閉鎖配電盤の採用が常識化しており、絶縁技術の進歩により非常に小形なものとなっている。

各方式についての比較を表5に示す。

4 レイアウト

一例として事務所ビルを取り上げ、延床面積が決定した場合、受変電設備を設置する特高電気室の概略面積を表6に示す。

特高電気室には幹線フィーダまでを収納し、22kV受電の場合、変圧器はエポキシモールド形を採用するものとした。

事務所ビル延面積40×10³m²の66/77kV常用予備受電の単線結線図例を図4に、そのレイアウト例として三相一括形ガス絶縁変電所を図5に示す。

表5 受変電設備形態の比較 信頼性、設備費、保守などを考慮し、適切な形態を選ぶべきである。最近では、コンパクトなガス絶縁式、スイッチハウス式の採用が過半数を占める。

受変電設備の種類	比較		電圧(kV)				用途				設備費	信頼性	据付面積	保守	耐塩害	騒音
	66/77	22/33	ビル	産業	公共設備	電鉄	ビル	産業	公共設備	電鉄						
三相一括形ガス絶縁式受変電設備	○	—	○	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
単位閉鎖配電盤式受変電設備	△	○	○	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
スイッチハウス式受変電設備	○	△	—	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
アルミパイプ式受変電設備	○	△	△	○	△	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

注：○印 多い，△印 少ない

表6 事務所ビルにおける特高電気室面積 ビル全体の延床面積と特高電気室の概略面積の関係を、事務所ビルを例にとり示す。

建物 延床面積 (m ²)	電圧 方式 形態	66/77kV		33/22kV	
		常用・予備	ループ	常用・予備	スポット ネットワーク
		ガス絶縁 方式	単位閉鎖 配電盤方式	単位閉鎖 配電盤方式	単位閉鎖 配電盤方式
20×10 ³	TR容量 (kVA)	—	—	1,000×2*	750×3*
	電気室床 面積 (m ²)	—	—	200	170
40×10 ³	TR容量 (kVA)	2,500×2	2,500×2	1,500×3*	2,000×3*
	電気室床 面積 (m ²)	400	550	250	220
70×10 ³	TR容量 (kVA)	4,000×2	4,000×2	4,000×2	2,000×4*
	電気室床 面積 (m ²)	450	600	350	300
100×10 ³	TR容量 (kVA)	5,000×2	5,000×2	5,000×2	2,000×3×2
	電気室床 面積 (m ²)	500	700	450	400

注：*印は400V配電方式を示す。

5 主な受変電設備構成機器

5.1 しゃ断器

受電用しゃ断器は、構内事故を最終的にバックアップする機器として、最も信頼性の高い機器を選定する必要がある。66kV以上ではSF₆ガスしゃ断器の採用がほとんどであり、22～33kV級ではSF₆ガスしゃ断器、又は真空しゃ断器が主体となっているが、サージレスでしゃ断性能に優れ、コンパクトなSF₆ガスしゃ断器がこの分野でも主流になるとと思われる。従来、圧倒的に多く使用されてきた空気しゃ断器は、騒音と

保守面で採用されることが少なくなっている。

66/77kV級ガスしゃ断器は、スペースファクタの悪い断路器を省略できて保守点検が容易な自動連結形が開発され、変電所スペース縮小の有効な手段として使用されている。

5.2 変圧器

(1) 変圧器の不燃・難燃性化

油入変圧器は、最も経済的な機器であるが可燃性であり、ビル用変圧器として不燃性化を考慮した場合、適合変圧器として4種類が挙げられる。このうち、乾式変圧器は標準的に使用されているが、最近モールド変圧器が使用されるようになった。高電圧・大容量の不燃性変圧器としてはSF₆ガス絶縁変圧器、シリコン油入変圧器が考えられているが、実用例は極めて少ない。

5.3 閉鎖配電盤

最近の閉鎖配電盤は多様化された仕様に対応し、ブロックビルド方式などの設計手法を採り入れて、盤構成に自由度をもたせ、かつ設備の小形化、信頼度の向上及び保守点検の簡易化が図られている。

筐体構造はL形鋼を主体とした構造から、鋼板自体に強度を持たせる応力外被構造(モノコック構造)となり、軽量化と仕上り精度の向上が見られる。母線及び導体の支持はエポキシがい子を用い、絶縁母線はフェノール樹脂材又は塩化ビニル系材料に替わってエポキシ基材のFBC(流動浸せき法)絶縁による方式が採用されはじめたので、閉鎖配電盤の難燃度は更に改善されたものとなっている。

以下、各電圧級の傾向について述べる。

(1) 66/77kV級

従来JEM-1153D級、あるいはF₁級が主体であったが、安全、省力化などの点からF₂級、あるいは機器接続部以外の母

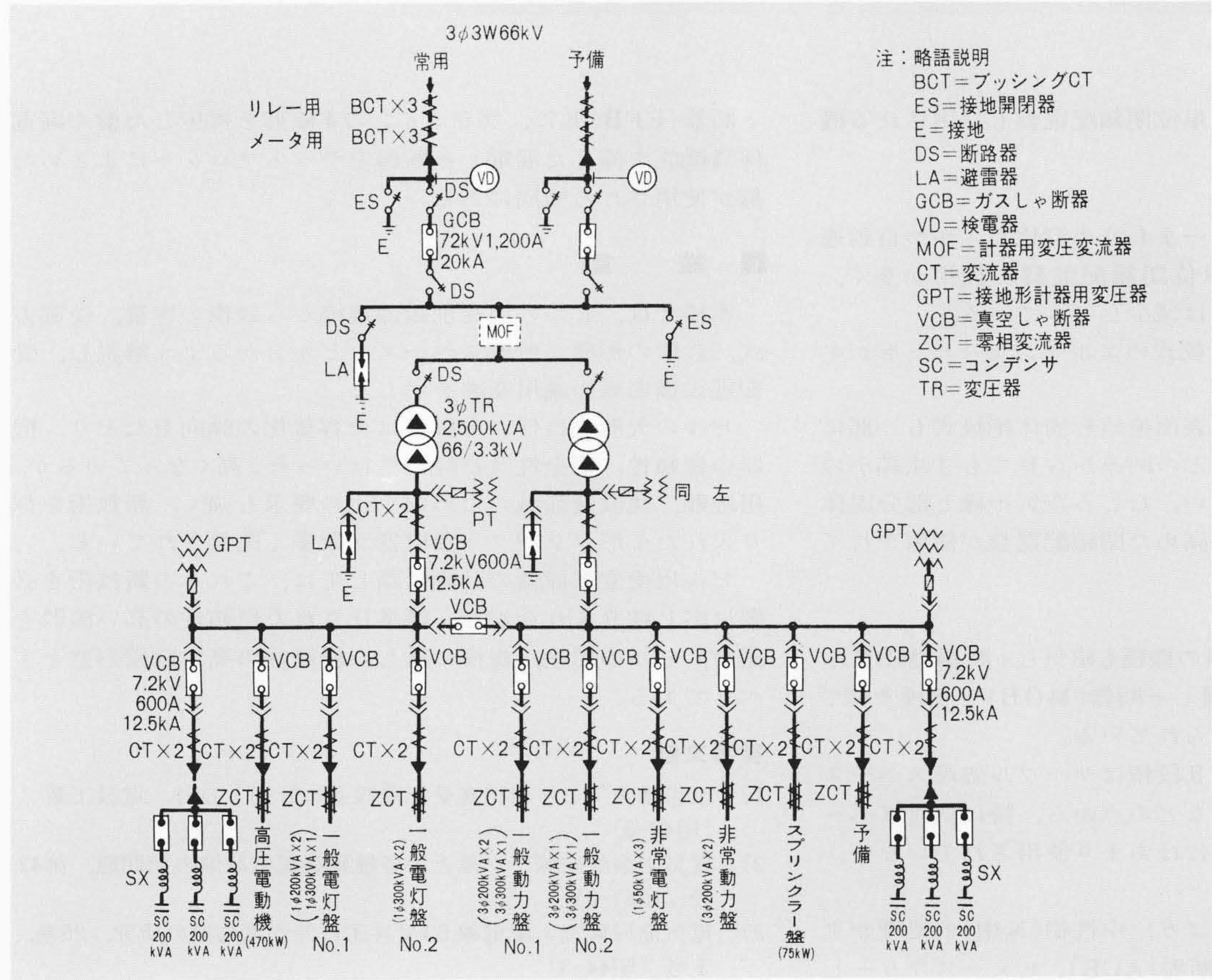
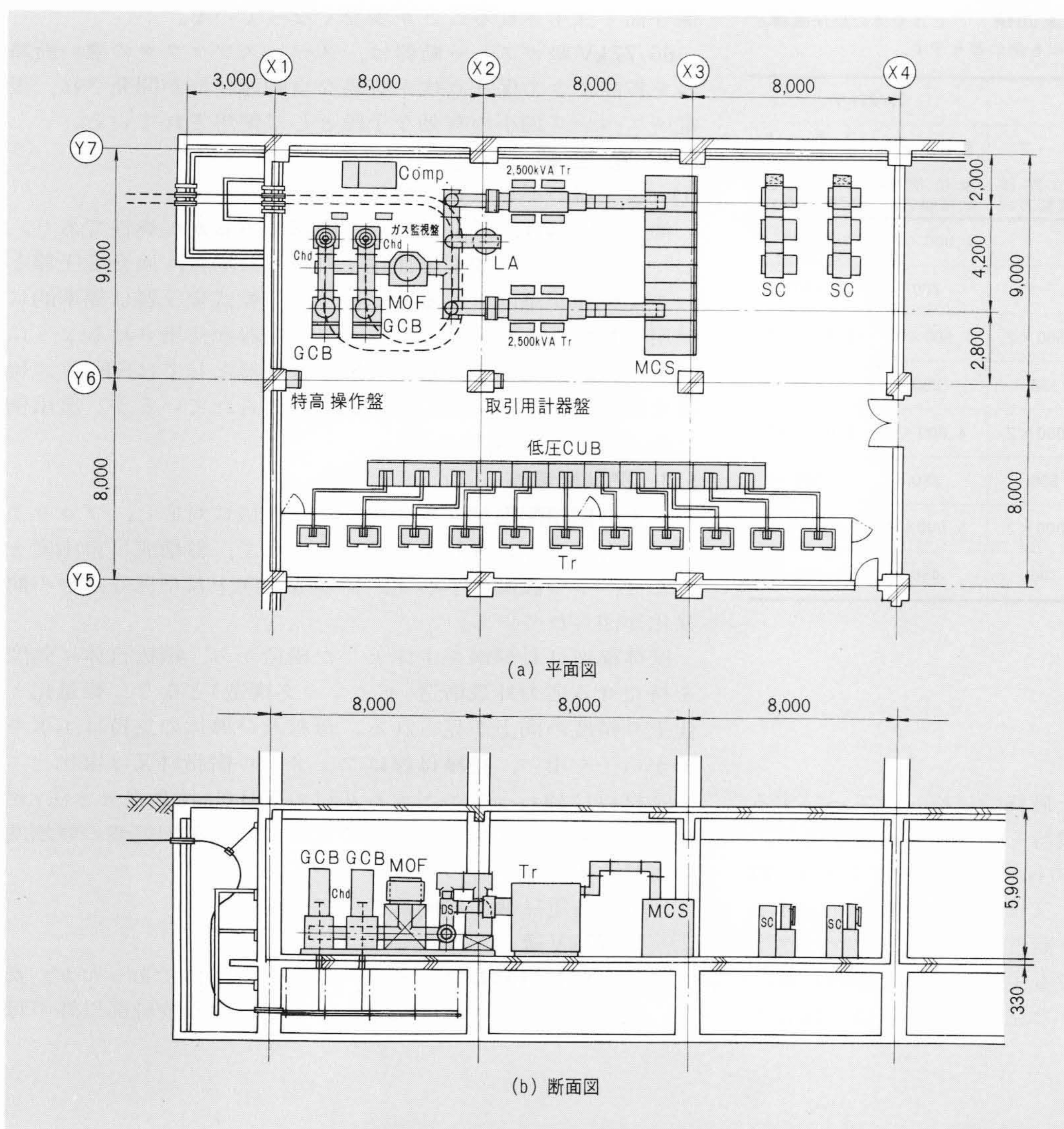


図4 単線結線図例 60kV, 2,500kVA×2バンクの例を示す。



注：略語説明
 Comp.=圧縮器
 Chd=ケーブルヘッド
 CUB=キュービクル
 MCS=メタルクラッド 配電盤
 Tr=変圧器
 LA=避雷器

図5 60kV受変電設備レイアウト例 60kV 2,500kVA×2バンク図4の単線結線図により配置計画した三相一括形ガス絶縁変電所のレイアウトを示す。

線導体を絶縁したG級相当の単位閉鎖配電盤も採用される機運にある。

(2) 22/33kV級

ガスしゃ断器を使用して、一まわり小形化し、かつ自動連結断路部及びシャッタ付の単位閉鎖配電盤の採用が多く、JEM-1153D級、F₁級の採用は減少してきている。

また、PCTは33kV級まで乾式のエポキシモールド形が主流となっている。

この級の閉鎖配電盤には、表面接地形固体絶縁式も一部に採用されているが、他の機器との関連から見ても寸法縮小のメリットが必ずしも多くはない。むしろ空気絶縁と部分固体絶縁の併用で、絶縁信頼性を高めた閉鎖配電盤が使用されている。

(3) 6.6/3.3kV級

多段積が常識化し、しゃ断器の機種も磁気しゃ断器(MBB)、真空しゃ断器(VCB)、小油量しゃ断器(MOB)と多種多様であり、用途に応じて使い分けられている。

段積数は2段積が定着し、3段積はケーブル処理スペースの狭隘、保守の行ないにくさなどの点から、特に据付スペースの十分得られない場所以外にはあまり使用されていない。

(4) 400/200V級

三相4線配電方式の普及により、中性相(N相)の処理がクローズアップされ、気中しゃ断器(ACB)、ヒューズフリーし

ゃ断器(FFB)共に、プラグインの4極形を採用した盤や漏電保護機能を備えた漏電しゃ断器をデットフロントにまとめた盤が使用される傾向にある。

6 結 言

本稿では、ビルの用途別設備規模から設備の容量、受電方式、設備の形態、所要スペースなどが分かるよう解説し、受変電設備形態の適用基準を示した。

ビルの大形化に伴い、設備は大容量化の傾向をたどり、機器の信頼性、安全性及び経済性はいっそう高くなっているが、用地難、建設費節減のため縮小化の要求も強く、新技術を取り入れた小形コンパクトな機器が数多く開発されている。

ビル用受変電設備の計画に際しては、これらの新技術を必要に応じ採り入れながら、標準化された信頼性の高い機器を選び、ビルの用途、規模に適した経済性の高い設備形態とすべきである。

参考文献

- 1) 宝居繁美：ビル用特高受配電設備の計画と設計，電設工業（昭49-3）
- 2) 電気学会技術報告：最近の各種建築電気設備の諸問題，第42号（昭51-3）
- 3) 電気協同研究：配電線6kV昇圧に伴う電動機の研究，25巻，1号（昭44-3）