

5.2 排水ポンプ場(低圧受電)

5.2.1 基本事項

(1) 機場諸元

用 途	排水用
ポンプ形式	立軸軸流ポンプ
ポンプ駆動機	ディーゼル機関
運 転 期 間	通年
場 所	50Hz 地区

(2) 負荷表

表 5.2-1 に本機場の負荷表を示す。

ポンプの運転を行う原動機は信頼性、維持管理費を検討しディーゼル機関駆動とし、補機電源は商用から供給する。停電時は非常用発電装置から供給する。

表 5.2-1 負荷表

No	負 荷 名 称	単機容量 P[kW]	電圧 [V]	連続	間欠	設備台数	予備台数	実働容量 P ₀ [kW]	非常用発電装置		備考
									対象台数	対象容量 [kW]	
1	上部軸受オイルポンプ	0.04	200	○		2		0.08	2	0.08	
2	下部軸受オイルポンプ	0.4	200	○		2		0.80	2	0.80	
3	減速機ブライミングポンプ	1.5	200		○	2		3.00	2	3.00	
4	空気圧縮機	3.7	200	○		1		3.70	1	3.70	
5	燃料移送ポンプ	0.4	200	○		1		0.40	1	0.40	
6	冷却水ポンプ	2.2	200	○		2	1	2.20	1	2.20	
7	流入ゲート	2.2	200		○	1		2.20	1	2.20	
8	河道ゲート	2.2	200		○	1		2.20	1	2.20	
9	ルーフファン	0.55	200	○		1		0.55	1	0.55	
10	自家発用直流電源装置	0.24	200	○		1		0.24	1	0.24	
11	エンジンブライミングポンプ	0.4	200		○	2		0.80	2	0.80	
	(単相負荷)										
12	制御電源	0.5[kVA]	200	○		1		0.42	1	0.42	力率 0.833
13	計装電源	0.3[kVA]	100	○		1		0.25	1	0.25	力率 0.833
	動力小計							16.84		16.84	
	(電灯負荷)										
14	室内照明	4.3	100	○		1		4.30	1	4.30	
15	屋外照明	0.8	100	○		1		0.80	1	0.80	
16	電気室換気扇	0.2	100	○		1		0.20	1	0.20	
17	洗面所換気扇	0.06	100	○		1		0.06	1	0.06	
18	盤内照明	0.1	100	○		1		0.10	1	0.10	
	電灯小計							5.46		5.46	
	合 計							22.30		22.30	

5.2.2 契約種別の決定

(1) 契約電力の計算

表 5.2-1 をもとに契約電力計算を行うため、表 5.2-2 入力換算表を作成する。この表から三相及び単相負荷容量の合計が 29.4 [kW] で 50 [kW] より小さいため低圧受電となり、三相回路は 200 [V]、単相回路は 200-100 [V] となる。したがって負荷設備による計算のみを行う。

低圧電力契約の場合も契約電力は 2.2.3 項に述べた計算方法により算出する。

負荷の種別により入力係数を選定し、まとめると表 5.2-2 となる。

表 5.2-2 入力換算表

No	負 荷 名 称	単機容量 P[kW]	電圧 [V]	設備 台数	予備 台数	実働容量 P ₀ [kW]	入力 係数	負荷設備 入力[kW]	備考
1	上部軸受オイルポンプ	0.04	200	2		0.08	1.25	0.10	
2	下部軸受オイルポンプ	0.4	200	2		0.80	1.25	1.00	
3	減速機ブライミングポンプ	1.5	200	2		3.00	1.25	3.75	1.875[kW]/台
4	空気圧縮機	3.7	200	1		3.70	1.25	4.63	
5	燃料移送ポンプ	0.4	200	1		0.40	1.25	0.50	
6	冷却水ポンプ	2.2	200	2	1	2.20	1.25	2.75	
7	流入ゲート	2.2	200	1		2.20	1.25	2.75	
8	河道ゲート	2.2	200	1		2.20	1.25	2.75	
9	ルーフファン	0.55	200	1		0.55	1.25	0.69	
10	自家発用直流電源装置	0.24	200	1		0.24	1.25	0.30	
11	エンジンブライミングポンプ	0.4	200	2		0.80	1.25	1.00	
	(単相負荷)								
12	制御電源	0.5 [kVA]	200	1		0.50	1.00	0.50	1VA を 1W と見なす
13	計装電源	0.3 [kVA]	100	1		0.30	1.00	0.30	同上
	動力小計							21.0 [kW]	
	(電灯負荷)								
14	室内照明	4.3	100	1		4.30	1.50	6.45[kVA]	
15	屋外照明	0.8	100	1		0.80	1.25	1.00[kVA]	
16	電気室換気扇	0.2	100	1		0.20		0.55[kVA]	注
17	洗面所換気扇	0.06	100	1		0.06		0.23[kVA]	注
18	盤内照明	0.1	100	1		0.10	1.50	0.15[kVA]	
	小計							8.38[kVA]	1VA を 1W と見なす
	合計							29.4 [kW]	

注) 東京電力供給約款取扱細則付表による

(a) 三相動力

a の計算

項目		入力換算	圧縮率	圧縮後
最大 入力 の も の か ら	最初の2台の入力につき	4.63 2.75	100%	$4.63 \times 1.0 = 4.63$ $2.75 \times 1.0 = 2.75$
	次の2台の入力につき	2.75 2.75	95%	$2.75 \times 0.95 = 2.61$ $2.75 \times 0.95 = 2.61$
	上記以外のものの入力につき	8.12	90%	$8.12 \times 0.9 = 7.31$
合計 [kW]				19.91

b の計算

項目	圧縮率	圧縮後	残り容量
最初の6キロワット	100%	$6 \times 1.0 = 6$	$19.91 - 6 = 13.91$
次の14キロワット	90%	$13.91 \times 0.9 = 12.52$	—————
次の30キロワット	80%	—————	—————
合計 [kW]		18.52	

よって、負荷設備による計算の三相 200 [V] 動力の契約電力は小数点1位を四捨五入し、19 [kW] となる。

(b) 電灯電力

単相負荷の入力換算合計容量が6 [kVA] 以上であり、契約は容量契約となる。

この場合も圧縮計算を行い、契約容量を算出する。

項目	圧縮率	圧縮後	残り容量
最初の6キロワット	95%	$6 \times 0.95 = 5.7$	$8.38 - 6 = 2.38$
次の14キロワット	85%	$2.38 \times 0.85 = 2.02$	—————
次の30キロワット	75%	—————	—————
50キロワットを超える部分	65%	—————	—————
合計 [kW]		7.72	

よって、電灯電力の契約容量は小数点1位を四捨五入し、8 [kVA] となる。

(2) 契約種別の選定

前項の結果から、三相動力と電灯電力の合計は次のとおりである。

$$19 + 8 = 27 \text{ [kW]}$$

したがって、50 [kW] 未満となるので、低圧受電となる。

(ここで、電灯電力8 [kVA] は8 [kW] とみなす)

契約の種別は三相動力が低圧電力で、電灯電力が従量電灯Cとなる。

5.2.3 配電方式の決定

図 2.4-2 の選定フローにおいて、次の条件を与えると図 5.2-1 の太線のフローとなる。

- ①契約電力は 50 [kW] 未満
②非常用発電装置が必要

結論として、方式(13)の 0.2 [kV] /0.2 [kV] 配電方式となる。

よって、補機電動機の電圧は三相 200 [V] とし、照明の電圧は 200-100 [V] とする。

5.2.4 力率改善

低圧受電による低圧電力契約の場合、基本料金の力率割引は電気機器の力率をそれぞれの入力によって加重平均して得た値が、85〔%〕を上回る場合は、5〔%〕の割引、また、85〔%〕を下回る場合は、5〔%〕の割増となる。そのため、電動機回路には表 2.5.5 低圧電動機の進相コンデンサ取付容量基準表に基づき、進相コンデンサを取付けるものとする。

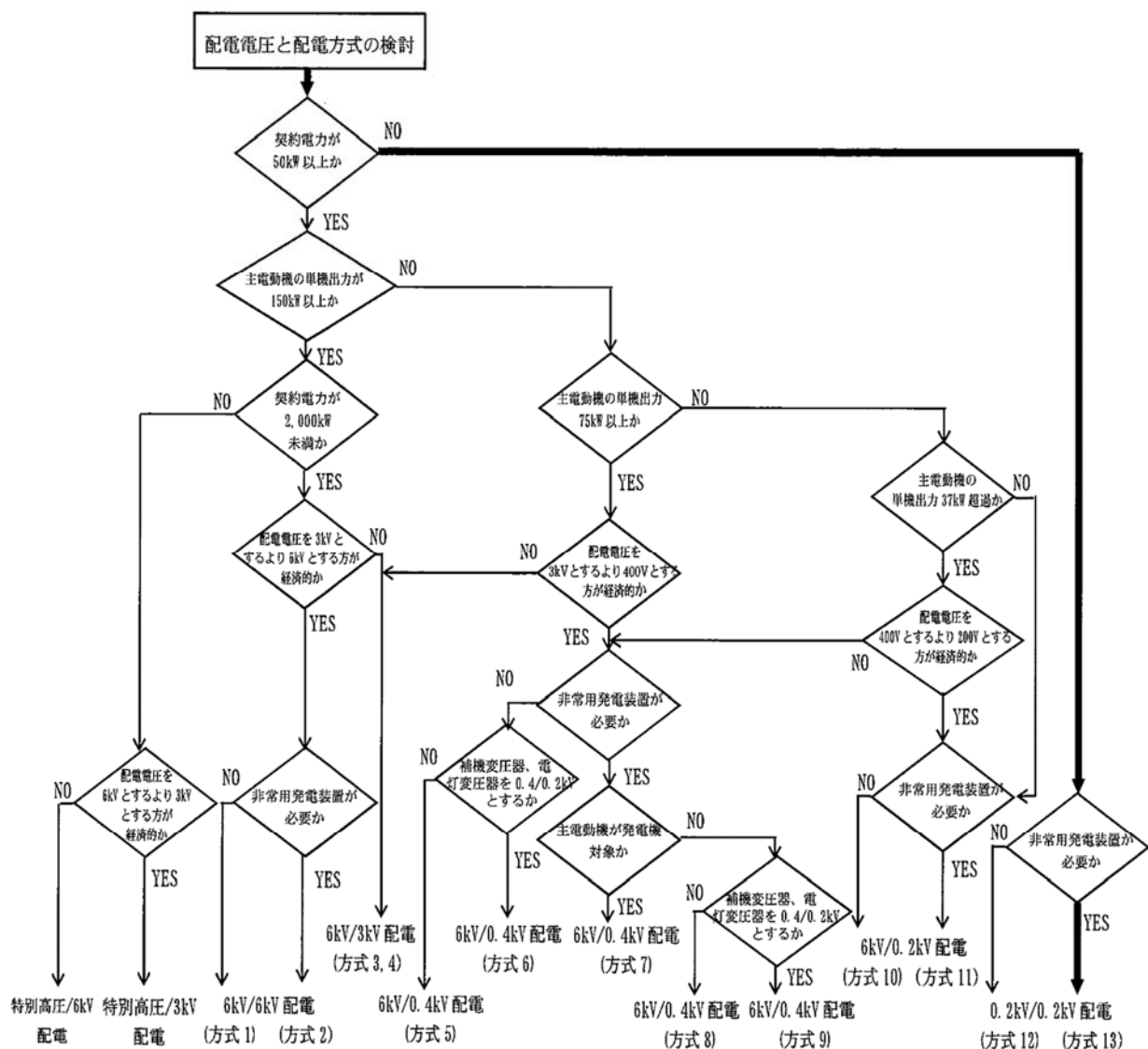


図 5.2-1 配電電圧と配電方式選定フロー図

5.2.5 非常用発電装置の選定

(1) 駆動機関の選定

ここでは、ポンプ駆動機の前動機がディーゼル機関であり、想定される発電機容量が比較的小容量である。更に、燃料の統一化が図れることによりディーゼル機関を選定する。

(2) 発電機負荷表の作成

表 5.2-1 の負荷表を使用する。

(3) 発電機容量及び前動機出力の算定

発電機容量及び前動機出力の算定は、第3章 3.4.3 非常用発電装置の選定 (3) 発電機容量及び前動機出力の算定により、算定する。

5.2.6 スコット変圧器の容量計算

非常用発電装置(200V)から単相負荷(200-100V)に供給するための変圧器が必要となる。発電機容量計算における単相負荷の平衡化の検討からスコット変圧器を採用する。

各単相負荷の効率、力率を整理し、表 5.2-3 を作成する。

単相電動機の効率、力率はコンデンサモータとし、メーカ値を採用した。

したがって、変圧器の容量 P_T は大きな容量の電動機が無いため、変圧器の容量計算法の計算法 1 で行う。

$$\begin{aligned} P_T &= \Sigma(P_s \times \beta) \times \alpha \\ &= 7.94 \times 1.1 \\ &= 8.7 \quad [kVA] \end{aligned}$$

ここで、 $\Sigma(P_s \times \beta)$: 入力容量の合計 7.94 [kVA]
 α : 余裕率 1.1

よって、スコット変圧器容量は直近上位の標準容量から 10 [kVA] を選定する。

また、スコット変圧器の二次側は単相負荷の平衡化のため、単相回路を 2 回路にする必要がある。したがって、負荷を同じ容量に二分割することが望ましい。

よって、 $7.94 \div 2 = 3.97 \div 4$ [kVA] 程度に分割する。

ここで、室内照明は 4.3 [kW] で 4 [kVA] を超過しているので、スコット変圧器二次側の単相回路 1 回路として接続する。

上述のスコット変圧器を採用した場合の単線結線図を図 5.2-3 に示す。

表 5.2-3 負荷表 (スコット変圧器負荷)

[illegible]

計算方法・ $P_0 = P \times (\text{設備台数} - \text{予備台数}) [\text{kW}]$

- $P_{in} = P_o / \eta$ [kW]
- $P_q = P_s \times \sqrt{(1 - pf^2)}$ [kvar]
- $P_s = P_{in} / pf$ [kVA]

5.2.7 発電機室換気量の算定

(1) ディーゼル機関の燃焼に必要な空気量 Q_1

$$\begin{aligned} Q_1 &= \frac{L_{min} \times b \times \lambda \times kW}{60 \times \rho} \\ &= \frac{13.86 \times 0.299 \times 2.0 \times 38.4}{60 \times 1.165} \\ &= 4.6 \quad [m^3/min] \end{aligned}$$

ここで、 L_{min} ：燃料の理論空気量 A重油の場合 13.86 [m³/kg]
b：燃料消費率 0.299 [kg/kW・h] (表 3.4-18 より)
 λ ：空気過剰量 無過給機関 2.0
 ρ ：空気密度 101.3 [kPa]、30 [°C] で 1.165 [kg/m³]
kW：機関出力 38.4 [kW]

(2) 室温上昇を抑えるために必要な空気量 Q_2

ディーゼル機関でラジエーター冷却方式の場合

$$\begin{aligned} Q_2 &= \text{ラジエーターファン風量} \\ &= 94.0 \quad [m^3/in] \quad (\text{メーカーのカタログ値より}) \end{aligned}$$

(3) 運転員一人当りの換気量 Q_3

$$Q_3 = 0.5 \quad [m^3/min]$$

非常用発電装置として必要な換気量 (Q) は次のとおりである。

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ &= 4.6 + 94.0 + 0.5 \\ &= 99.1 \quad [m^3/min] \end{aligned}$$

ただし、本計画例では、非常用発電装置は主ポンプ室と同じ室内配置であるため、実際には、主ポンプ用ディーゼル機関の換気量と合わせて換気装置を検討する必要がある。

5.2.8 燃料タンク容量の算定

非常用発電装置で、1時間当たり消費する燃料は次のとおりである。

$$\begin{aligned} F &= \frac{b \times kW}{\gamma} \\ &= \frac{0.299 \times 38.4}{0.85} \\ &= 13.5 \quad [L/hr] \end{aligned}$$

ここで、 b : 燃料消費率 0.299 [kg/kW・h] (表 3.4-18 より)

kW : 機関の出力 38.4 [kW]

γ : 燃料油の比重 A重油の場合 0.85 (表 3.4-17)

本非常用発電装置の運転時間は、排水ポンプの運転時間と同一とするが、ここでは停電発生後、燃料入手のために必要な時間を1昼夜と想定して24時間とする。

したがって、24時間運転に必要な燃料は次のとおりである。

$$G = F \times h$$

$$= 13.5 \times 24$$

$$= 324 \text{ [L]}$$

ここで、 F : 燃料消費量 13.5 [L/h]

h : 発電機必要運転時間 24 [h]

以上の計算結果より、非常用発電装置を24時間運転するために必要な燃料は、324 [L] 以上となる。

5.2.9 配電盤の構成と選定

配電盤の選定は図 3.3-21 の盤類選定手順フロー図により必要な配電盤を選定する。
選定の過程及び結果を表 5.2-4 に示す。

表 5.2-4 配電盤選定手順表

No	項 目	選 定	備 考
①	電気設備規模	契約電力 50 [kW] 未満 非常用発電装置有り	5.2.2 項の計算結果 排水ポンプ場であり、停電時も運転する。
②	受電電圧	200 [V]	契約電力が 50kW 未満である。
③	用途	一般（自家発併用） (6)-(g)「低圧受電盤」を選定	排水ポンプ場で自家発電装置を設ける。ただし、④の選定で受電盤を 2 分割して使用する。
④	電灯分岐回路数	大 電灯受電盤の分割検討	電灯回路のスコット変圧器、双投電磁接触器を収納するために電灯受電盤を設け、電灯分岐回路を収納する。 また、動力回路用として動力受電盤を設ける。
⑤	受電盤へ補機回路収納	一部可能	動力受電盤に主ポンプ原動機の補機一部を収納する。
⑥	コントロールセンタ面数換算	2 面以下	補機台数からコントロールセンタとすると 3 面になるが、補機の一部を動力受電盤に収納し、他の補機は低圧補機電動機盤として収納する。
⑦	補助継電器の数	大 (6)-(1)「補助継電器盤」を選定	補機電動機盤に主回路を入れるため、補助継電器は補機電動機盤に収納できない。 また、主ポンプ原動機制御用補助継電器もあり、補機電動機用「補助継電器盤」と主ポンプ制御用「ポンプ制御盤」の 2 面とする。
⑧	その他の盤類	(6)-(i)「主ポンプ用機側操作盤」を選定 (6)-(j)「ゲート機側操作盤」を選定 (6)-(k)「補機用機側操作盤」を選定	電気室とポンプ室は分離しているので、ポンプ室に機側操作盤を設ける。 流出・可動ゲート機側操作作用 燃料移送ポンプ運転用機側操作盤を燃料搬入時に操作を行い易い場所に設ける。

なお、配電盤取付機器の規格選定に当たっては、回路に接続された各種負荷に対して必要な定格を有する機器を選定するものとし、かつ保護協調が図られるものとする必要がある。

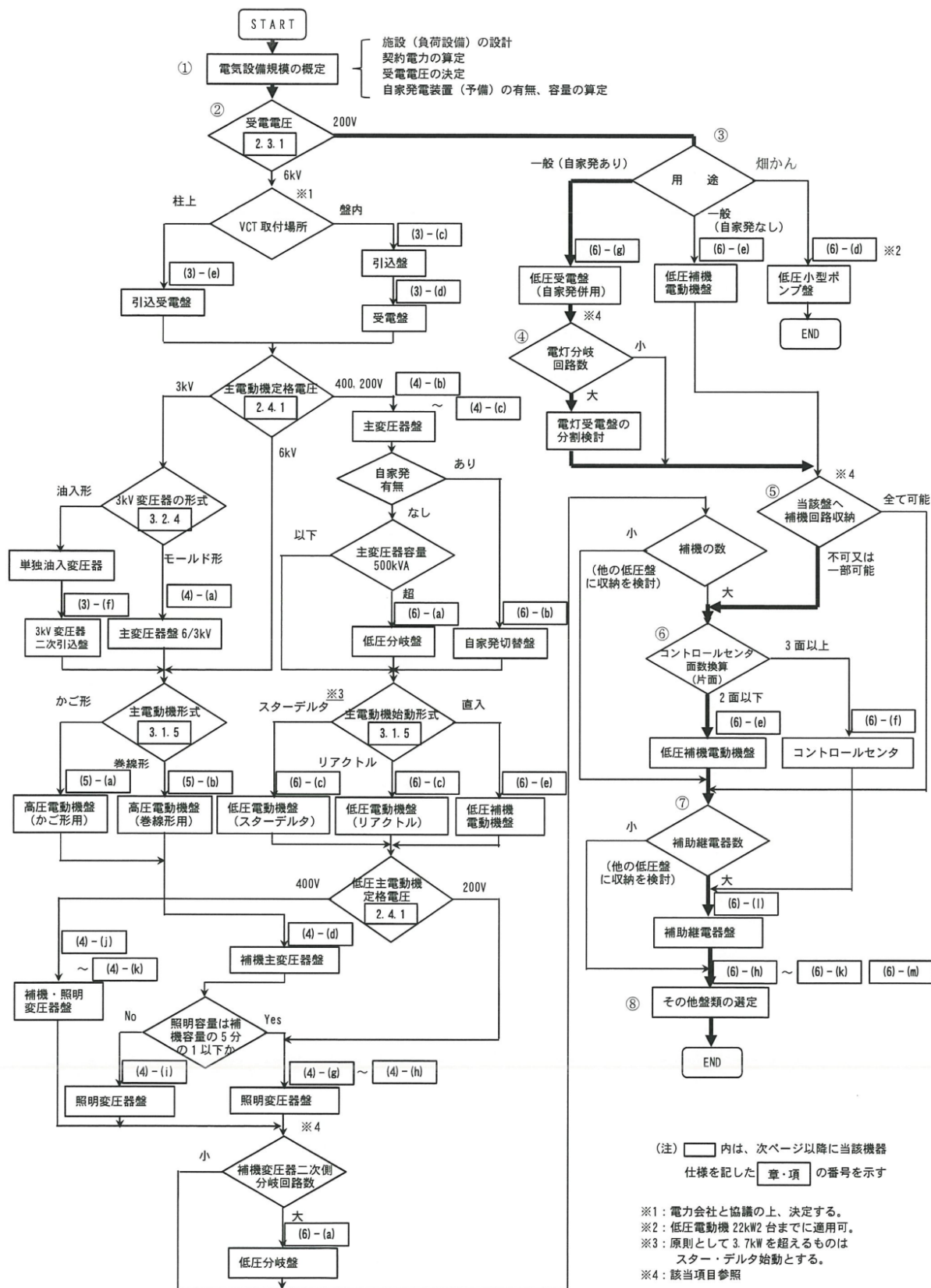
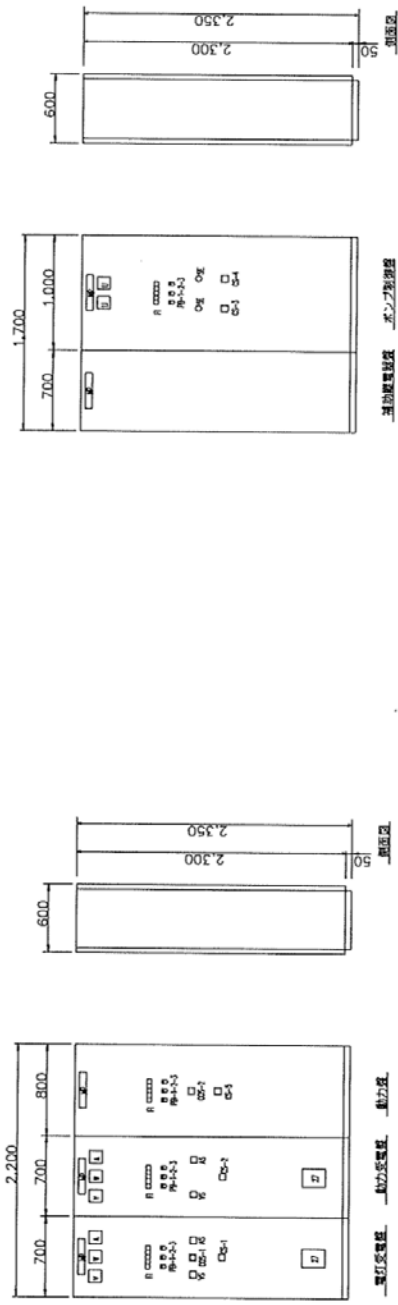


図 5.2-2 電気設備の盤類選定手順フロー図



記号	名 称	備 考
000-1	発電機	手動・自動
000-2	空圧圧縮機	"
001	三相調整機	調整・自動
002	電圧調整機	"
003	1号抽水ポンプ	自動・停止
004	2号抽水ポンプ	"
005	空圧圧縮機	調整・停止
006	排水ポンプ	自動停止
007	ラングダスト	
008	表示灯	
009	警報停止	

図 5.2-4 盤外形図例 1

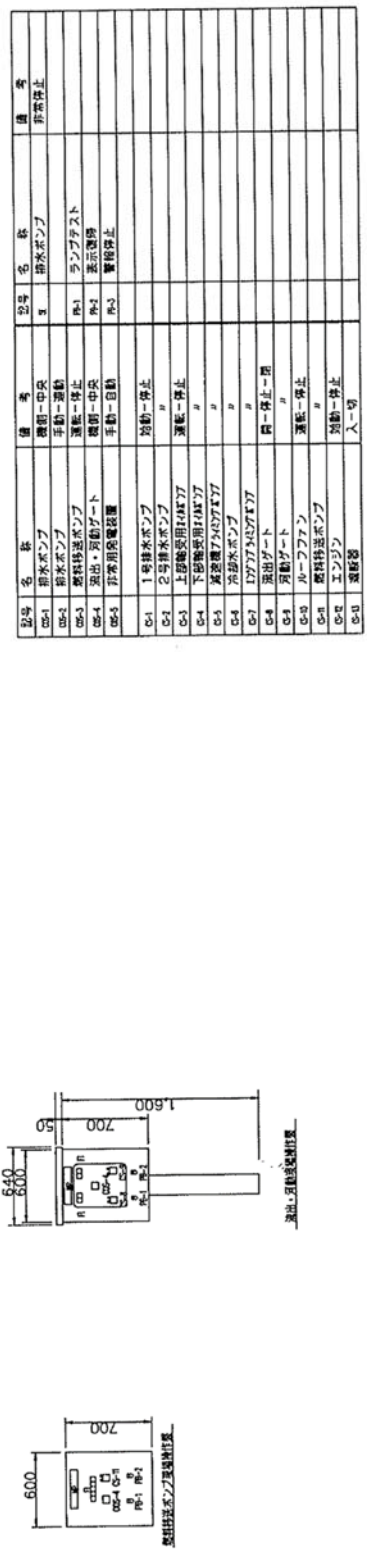
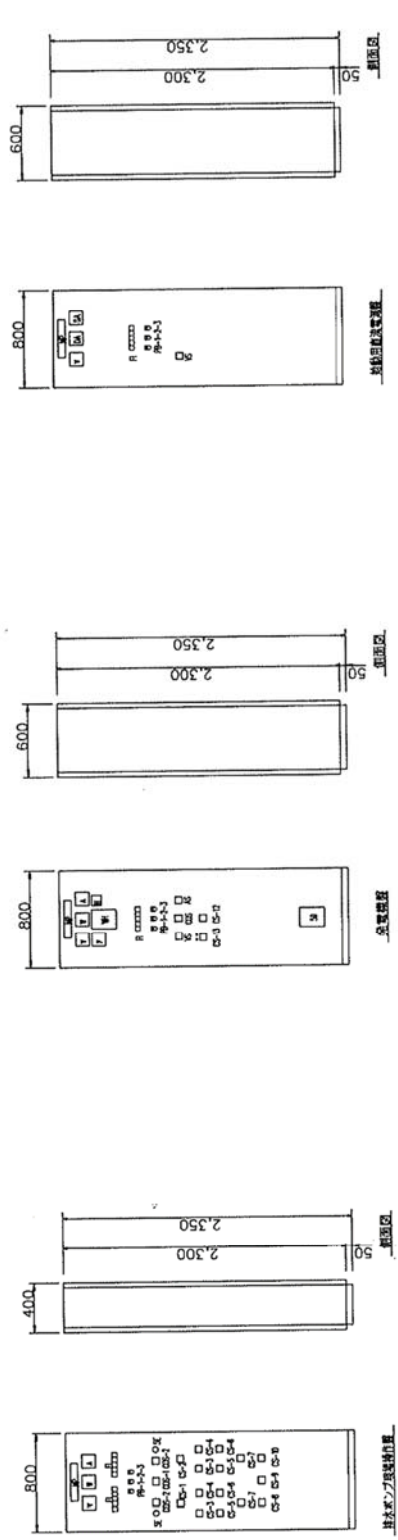


図 5.2-5 盤外形図例 2

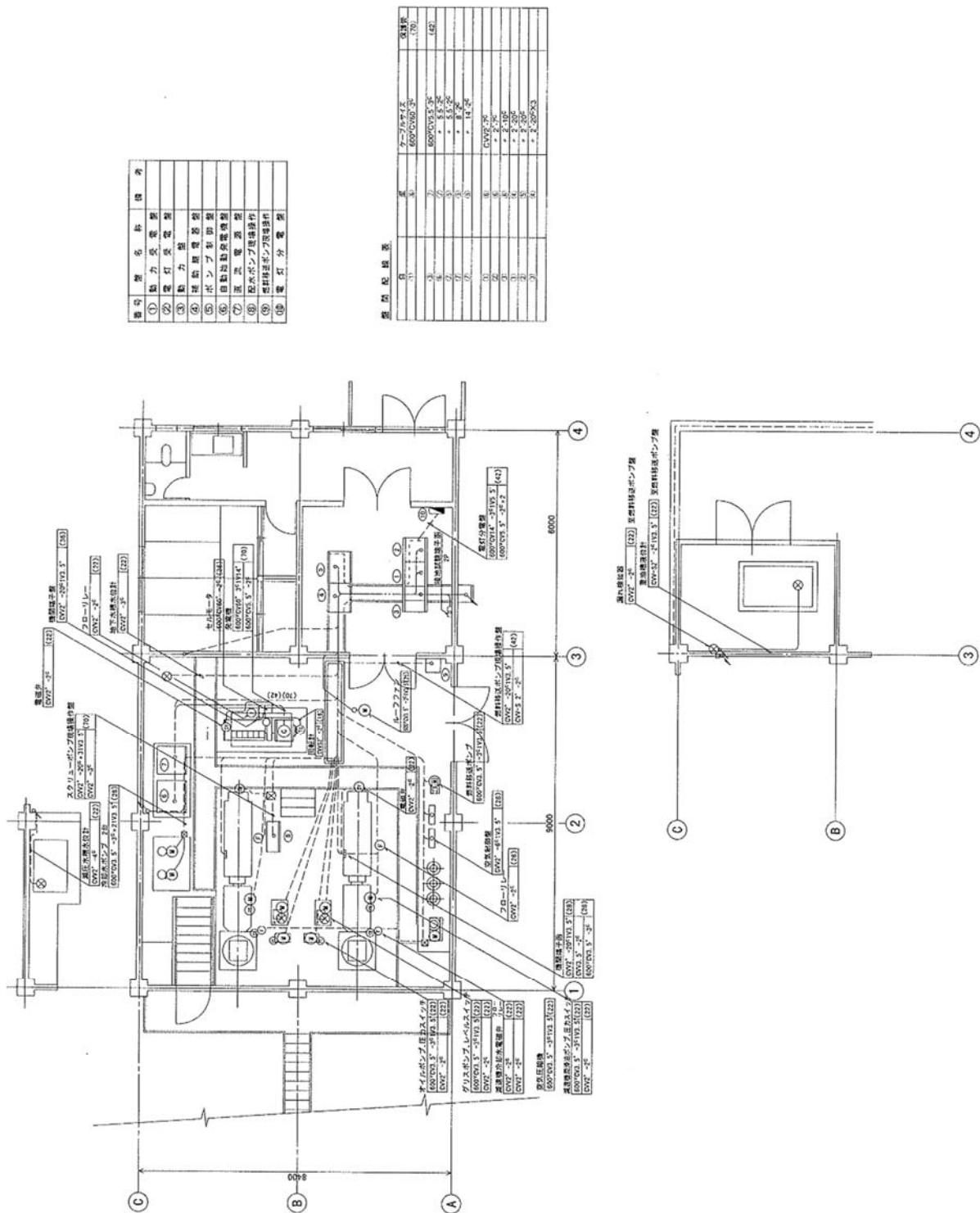


図 5.2-6 屋内配置・配線図例

