

第5章 計画例

ここでは、土地改良事業における各種施設の電気設備に関する計画例として、次の具体例について述べる。

- (1) 用水ポンプ場……………高圧受電
- (2) 排水ポンプ場……………低圧受電＋非常用発電装置

5.1 用水ポンプ場(高圧受電)

5.1.1 基本事項

(1) 機場諸元

用 途 水田かんがい用
 ポンプ形式 両吸込渦巻ポンプ
 制 御 方 式 回転数制御
 運 転 期 間 4月～9月
 場 所 50〔Hz〕地区 東京電力管内

(2) 負荷表

表 5.1-1 に本機場の負荷表を示す。

本負荷表は、機械設備の設計段階で作成されるものである。

ポンプ用主電動機は、速度制御を行う目的で巻線形電動機としている。

表 5.1-1 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	主ポンプ	510	6000	○		2		1020			巻線形
2	吐出弁	0.75	200		○	2		1.50			
3	抵抗機操作電動機	0.4	200	○		2		0.80			
4	冷却水ポンプ	3.7	200	○		2	1	3.70			
5	オートストレーナ	0.2	200	○		2	1	0.20			
6	屋内排水ポンプ	1.5	200		○	2	1	1.50			
7	給気ファン	0.75	200	○		2		1.50			
8	除塵機	2.2	200	○		1		2.20			
9	流入ゲート	1.5	200		○	1		1.50			
	(単相負荷)										
10	制御電源	2〔kVA〕	200	○		1		2.00			
11	盤内照明	0.2〔kVA〕	100	○		1		0.20			
12	計装電源	1〔kVA〕	100	○		1		1.00			
13	スペースヒータ	2.5〔kVA〕	100	○		1		2.50			
14	テレメータ電源	1.5〔kVA〕	100	○		1		1.50			
	合計										

5.1.2 契約種別の決定

(1) 契約電力の計算

2.2.3 項に述べた計算方法により、契約電力を算出する。

① 負荷設備による計算負荷の種別により入力係数を選定し、まとめると表 5.1-2 となる。

表 5.1-2 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	主ポンプ	510	6000	2		1020	1.176	1199.52	
2	吐出弁	0.75	200	2		1.50	1.25	1.88	
3	抵抗機操作用電動機	0.4	200	2		0.80	1.25	1.00	
4	冷却水ポンプ	3.7	200	2	1	3.70	1.25	4.63	
5	オートストレーナ	0.2	200	2	1	0.20	1.25	0.25	
6	屋内排水ポンプ	1.5	200	2	1	1.50	1.25	1.88	
7	給気ファン	0.75	200	2		1.50	1.25	1.88	
8	除塵機	2.2	200	1		2.20	1.25	2.75	
9	流入ゲート	1.5	200	1		1.50	1.25	1.88	
	動力小計							1215.67	
	(単相負荷)								
10	制御電源	2 [kVA]	200	1		2.00	1.00	2.00	
11	盤内照明	0.2 [kVA]	100	1		0.20	1.00	0.20	
12	計装電源	1 [kVA]	100	1		1.00	1.00	1.00	
13	スペースヒータ	2.5 [kVA]	100	1		2.50	1.00	2.50	
14	テレメータ電源	1.5 [kVA]	100	1		1.50	1.00	1.50	
	単相小計							7.20	
	合計								

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	1199.52	100%	$1199.52 \times 1.0 = 1199.52$
	次の2台の入力につき	4.63	95%	$4.63 \times 0.95 = 4.40$
	上記以外のものの入力につき	11.52 7.20	90%	$11.52 \times 0.9 = 10.4$ $7.20 \times 0.9 = 6.5$
合計 [kW]				1220.8

b の計算

項目	圧縮率	圧縮後	残り容量
最初の 6kW	100%	$6 \times 1.0 = 6$	$1220.8 - 6 = 1214.8$
次の 14kW	90%	$14 \times 0.9 = 12.6$	$1214.8 - 14 = 1200.8$
次の 30kW	80%	$30 \times 0.8 = 24$	$1200.8 - 30 = 1170.8$
次の 100kW	70%	$100 \times 0.7 = 70$	$1170.8 - 100 = 1070.8$
次の 150kW	60%	$150 \times 0.6 = 90$	$1070.8 - 150 = 920.8$
次の 200kW	50%	$200 \times 0.5 = 100$	$920.8 - 200 = 720.8$
500kW を 超える部分	30%	$720.8 \times 0.3 = 216.2$	
合計 [kW]		518.8	

よって、負荷設備による計算の契約電力は小数点1位を四捨五入し、519 [kW] となる。

②受電設備による計算

受電設備は、受電電圧より降圧するための変圧器容量及び受電電圧と同位の電圧で使用する負荷設備の総入力との合計となる。

本計画例においては、動力変圧器と主ポンプ用電動機が対象となる。

動力変圧器 50 [kW] = 50 [kW] (5.1.7 項変圧器容量計算結果による)

主ポンプ用電動機 600 [kW] $\times 2 = 1200$ [kW] (表 5.1-2 による)

合計 1,250 [kW]

ここで、動力変圧器：契約受電設備の総容量については、1VA を 1W とみなす。

よって、50 [kVA] $\rightarrow$ 50 [kW] となる。

主ポンプ用電動機：510kW $\times 1.176 = 599.76$ [kW] $\rightarrow$ 600 [kW] となる。

合計値 1,250 [kW] に係数を乗じて契約電力を求める。

項目	圧縮率	圧縮後	残り容量
最初の 50 キロワットにつき	80%	$50 \times 0.8=40$	$1,250 - 50=1,200$
次の 50 キロワットにつき	70%	$50 \times 0.7=35$	$1,200 - 50=1,150$
次の 200 キロワットにつき	60%	$200 \times 0.6=120$	$1,150 - 200= 950$
次の 300 キロワットにつき	50%	$300 \times 0.5=150$	$950 - 300= 650$
600 キロワットを 超える部分につき	40%	$650 \times 0.4=260$	
合計 [kW]		605	

よって、受電設備による計算の契約電力は 605 [kW] となる。

③契約電力の決定

負荷設備による計算値 519 [kW] 及び受電設備による計算値 605 [kW] のうち、小さい方の値が 519 [kW] となり、50 [kW] 以上となるので、正式な契約電力の値は、使用する負荷設備及び受電設備の内容、同一業種の負荷率、操業度等を基準として、電力会社との協議によって定める。

(2) 契約種別の選定

50 [kW] 以上となるので、契約種別としては、高圧受電となる。

5.1.3 配電方式の決定

(1) 配電電圧と配電方式

図 2.4-2 の選定フローにしたがって、次の条件を与えると、図 5.1-1 の太線のフローとなる。

- ①契約電力 50 [kW] 以上
- ②主電動機単機容量 510 [kW]
- ③契約電力 2,000 [kW] 未満
- ④今回の負荷構成では配電電圧を 6 [kV] とする方が経済的

結論として、方式(1)の 6 [kV] / 6 [kV] 配電方式となる。

よって、主電動機電圧は 6 [kV] とし、補機用電動機電圧は小容量の一般用電動機の標準電圧である 200 [V] とする。

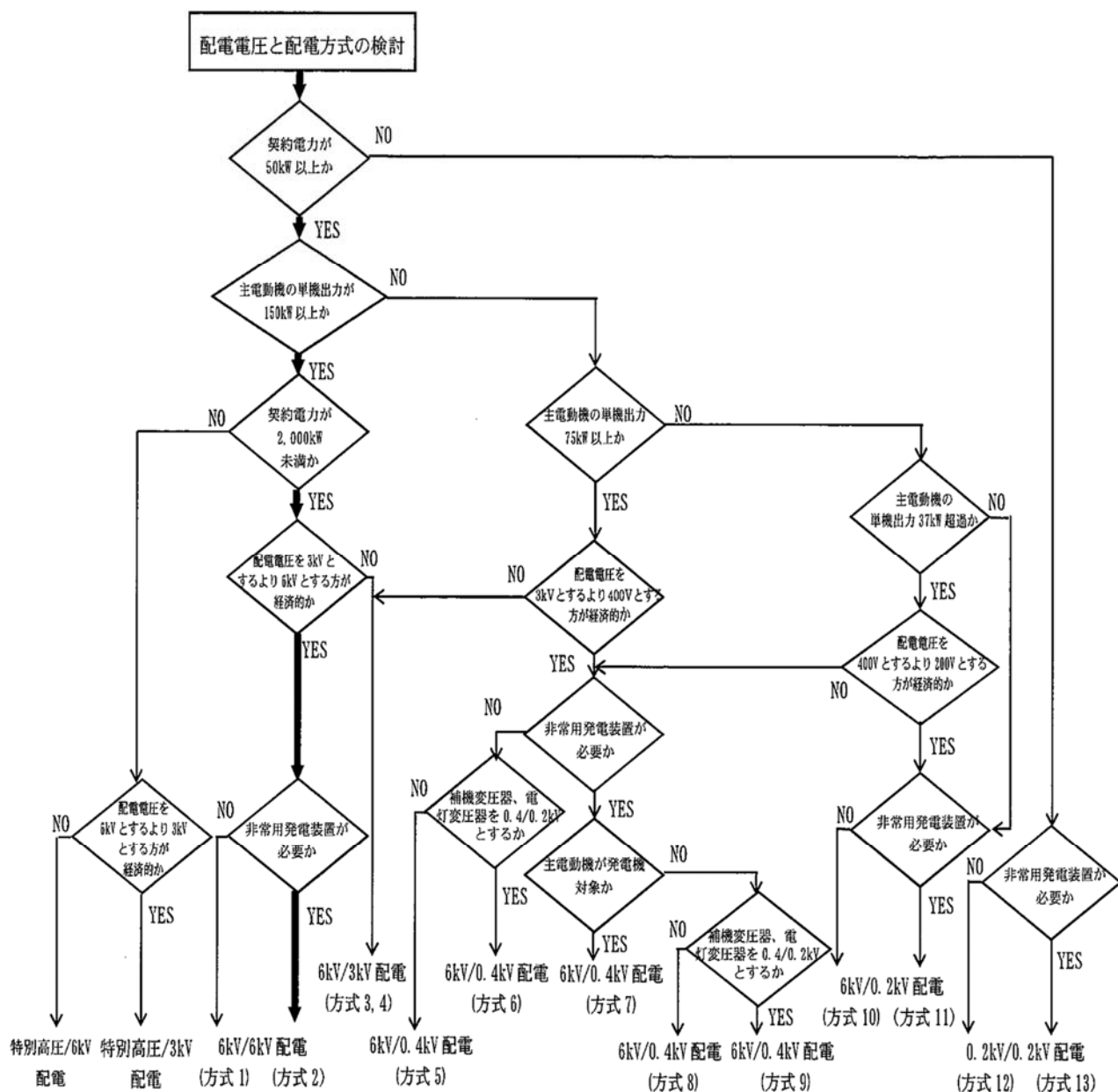


図 5.1-1 配電電圧と配電方式選定フロー図

5.1.4 力率改善方式

- (1) 主電動機の力率改善用として電動機に並列に進相コンデンサを設置する。
式 2.5-4 により計算する。

$$Q_c = P_0 / \eta \times \left\{ \sqrt{(1/\cos^2 \theta_1 - 1)} - \sqrt{(1/\cos^2 \theta_2 - 1)} \right\}$$

$$= 510 / 0.93 \times \left\{ \sqrt{(1/0.82^2 - 1)} - \sqrt{(1/0.95^2 - 1)} \right\}$$

$$= 202.5 \text{ [kvar]}$$

ここで、電動機容量 : $P_0 = 510$ [kW]
効 率 : $\eta = 0.93$ (図 3.1-9 510kW、8P)
改善前力率 : $\cos \theta_1 = 0.82$ (図 3.1-10 510kW、8P)
改善目標力率 : $\cos \theta_2 = 0.95$

以上の計算結果より、進相コンデンサ容量は直近下位の標準容量から 200 [kvar] を選定する。

- (2) 補機用変圧器の力率改善は、その変圧器容量が主電動機と比較して小さいため、変圧器の励磁無効分を無視できるので、行わないこととする。ただし、主機の運転時間が短い場合等、補機用変圧器の励磁無効分が無視できない場合は、補機用変圧器の力率改善用として進相コンデンサを設置する。

5.1.5 高調波対策

本計画例においては、インバータ等の高調波発生機器は設置していないので、高調波対策の必要がない。

5.1.6 保護方式

受電設備及び負荷設備の保護継電器は、2.7.1 及び 2.7.2 の保護方式により下記とする。

回路	名称	用途
受電	瞬時要素付限時過電流継電器 (51R)	受電設備の短絡保護 受電設備の過負荷保護
	地絡方向継電器 (67R) 注 1	受電設備の地絡保護
	不足電圧継電器 (27R) 注 2	主電動機の過負荷防止
主電動機	2 要素継電器 (2E)	主電動機の過負荷及び欠相保護
	地絡方向継電器 (67M)	主電動機の地絡保護

注 1. 受電用地絡継電器は、6 [kV] 引込ケーブルが 100 [mm²] かつ 40 [m] を超えているので、表 2.7-2 により、地絡方向継電器とする。

また、主電動機として 6 [kV] の分岐回路を有するので、多回路用地絡方向継電器とする。

零相電圧を得るために、引込口の柱上気中開閉器に ZPD を内蔵させる。

注 2. 主電動機の電圧低下による過負荷防止用として不足電圧継電器を受電回路に設ける。

5.1.7 変圧器容量計算

補機用変圧器の容量計算は、3.2.4 項によるものとし、本例においては、負荷容量が小さく数が多いので、計算法1で行うことが一般的である。しかし、ここでは、比較のため、計算法2も行ってみる。

計算に使用する数値は、下記により求め、表 5.1-3 に負荷表としてまとめる。

効 率…電動機	参考資料 7.5 項誘導電動機の特性参照
照明、他	0.8
力 率…電動機	0.9（個別に力率改善を行うものとする）
照明	0.833
需 要 率…連続運転負荷	0.9
間欠運転負荷	0.5
照明、その他	0.9（ただし、運転状況による）

始動電流…冷却水ポンプ 3.7 [kW] の時

参考資料 7.5 項誘導電動機の特性を参照し、定格電流(全負荷電流)15.4 [A] を求め、低圧電動機の場合として、定格電流の714%とする。

$$15.4 \text{ [A]} \times 7.14 = 110 \text{ [A]}$$

表5. 1-3 負荷表 (補機用変圧器)

No	負 荷 名 称	単機容量 P [kW]	電圧 [V]	設備 台数	予備 台数	効率 η	力率 pf	始動電 流 I_s [A]	実働容量 P_o [kW]	入 力 = $P_o \div$ 効率 P_{in} [kW]	入 力 P_q [kvar]	入 力 P_s [kVA]	需要 率 β	$P_{in} \times \beta$ [kW]	$P_q \times \beta$ [kvar]	$P_s \times \beta$ [kVA]	備 考
1	吐出弁	0.75	200	2		0.68	0.9		1.50	2.21	1.07	2.46	0.5	1.11	0.54	1.23	
2	抵抗器制御用電動機	0.4	200	2		0.62	0.9		0.80	1.29	0.62	1.43	0.9	1.16	0.56	1.29	
3	冷却水ポンプ	3.7	200	2	1	0.80	0.9	110	3.70	4.63	2.24	5.14	0.9	4.17	2.02	4.63	
4	オートストレーナ	0.2	200	2	1	0.545	0.9		0.20	0.37	0.18	0.41	0.9	0.33	0.16	0.37	
5	屋内排水ポンプ	1.5	200	2	1	0.745	0.9		1.50	2.01	0.97	2.23	0.5	1.01	0.49	1.12	
6	給気ファン	0.75	200	2		0.68	0.9		1.50	2.21	1.07	2.46	0.9	1.99	0.96	2.21	
7	除塵機	2.2	200	2		0.77	0.9		4.40	5.71	2.76	6.34	0.9	5.14	2.48	5.71	
8	流入ゲート	1.5	200	1		0.745	0.9		1.50	2.01	0.97	2.23	0.5	1.01	0.49	1.12	
9	制御電源	2.0 [kVA]	200	1		1.0	0.833		2.89	2.89	1.92	3.47	0.9	2.60	1.73	3.12	1φ負荷は $\times\sqrt{3}$
10	盤内照明	0.2 [kVA]	100	1		1.0	0.833		0.29	0.29	0.19	0.35	0.9	0.26	0.17	0.32	1φ負荷は $\times\sqrt{3}$
11	計装電源	1.0 [kVA]	100	1		1.0	0.833		1.44	1.44	0.96	1.73	0.9	1.30	0.86	1.56	1φ負荷は $\times\sqrt{3}$
12	スベースヒータ	2.5 [kVA]	100	1		1.0	1.0		4.33	4.33	0.00	4.33	0.9	3.90	0.00	3.90	1φ負荷は $\times\sqrt{3}$
13	テレメータ電源	1.5 [kVA]	100	1		1.0	0.833		2.16	2.16	1.43	2.59	0.9	1.94	1.29	2.33	1φ負荷は $\times\sqrt{3}$
	合計									31.55	14.38	35.17		25.92	11.75	28.91	

計算方法・ $P_o = P \times$ (設備台数 $\div$ 予備台数) [kW]

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

(1) 計算法 1 による容量計算

$$\begin{aligned} P_{T1} &= \Sigma(P_s \times \beta) \times \alpha \\ &= 28.91 \times 1.1 \\ &= 31.80 \quad [kVA] \end{aligned}$$

$\Sigma(P_s \times \beta)$: 入力容量 負荷表 5.1-3 における $P_s \times \beta$ の合計値とする
 α : 余裕率 1.1

変圧器容量は表 3.2-4 より直近上位の標準容量から 50 [kVA] を選定する。

(2) 計算法 2 による容量計算

① 定常時に必要な容量 P_{T2-1}

負荷表により有効分 ($P_{in} \times \beta$)、無効分 ($P_q \times \beta$) の合計を求め、次式より定常時に必要な変圧器の容量 P_{T2-1} [kVA] を算出する。

$$\begin{aligned} P_{T2-1} &= \sqrt{(\Sigma(P_{in} \times \beta))^2 + (\Sigma(P_q \times \beta))^2} \times \alpha \\ &= \sqrt{25.92^2 + 11.75^2} \times 1.1 \\ &= 31.3 \quad [kVA] \\ \alpha &: \text{余裕率} \quad 1.1 \end{aligned}$$

② 電動機始動時に必要な容量

最大容量の電動機である冷却水ポンプ 3.7 [kW] を最後に始動する時が最も重負荷になる。

(ア) 基底負荷容量

$$\begin{aligned} P_B &= 25.92 - 4.17 \\ &= 21.75 \quad [kW] \\ P_{qB} &= 11.75 - 2.02 \\ &= 9.73 \quad [kvar] \end{aligned}$$

(イ) 最大電動機始動容量 P_{sms} [kVA]

$$\begin{aligned} P_{sms} &= \sqrt{3} \times V \times I_s \times 10^{-3} \times K \\ &= \sqrt{3} \times 200 \times 110 \times 10^{-3} \times 1.0 \\ &= 38.1 \quad [kVA] \end{aligned}$$

K : 減電圧始動係数を直入始動とし 1.0

(ウ) 電動機の始動容量 P_{ms} [kW]

$$\begin{aligned} P_{ms} &= \text{始動 kVA}(P_{sms}) \times \text{始動力率}(P_{fs}) \\ &= 38.1 \times 0.4 \\ &= 15.24 \quad [kW] \end{aligned}$$

P_{fs} : 始動力率 かが形 : 0.4

(エ) 電動機の始動容量 P_{qms} [kvar]

$$\begin{aligned} P_{qms} &= \text{始動 kVA}(P_{sms}) \times \sqrt{1 - P_{fs}^2} \\ &= 38.1 \times \sqrt{1 - 0.4^2} \\ &= 34.9 \end{aligned}$$

(オ) 始動時の合計容量 (P_s)

$$\begin{aligned} P_s &= \sqrt{(P_B + P_{ms})^2 + (P_{qB} + P_{qms})^2} \times \alpha \\ &= \sqrt{(21.75 + 15.24)^2 + (9.73 + 34.9)^2} \times 1.1 \\ &= 63.8 \text{ [kVA]} \end{aligned}$$

(カ) P_{T2-2} = 始動時の合計容量 / %電圧降下 × 変圧器短絡インピーダンス

$$\begin{aligned} &= 63.8 / 10 \times 4.5 \\ &= 28.8 \text{ [kVA]} \end{aligned}$$

%電圧降下 : 10%

変圧器短絡インピーダンス : 4.5% (表 3.2-7 より)

③ 結論

上記①と②を比較し、大きい容量をもとに表 3.2-4 より直近上位の標準容量から 50 [kVA] を選定する。

5.1.8 配電盤の構成と選定

(1) 配電盤の選定

3.3.4(1) 配電盤の選定により必要な配電盤を選定する。

選定の過程及び結果を図 5.1-2、表 5.1-4 に示す。

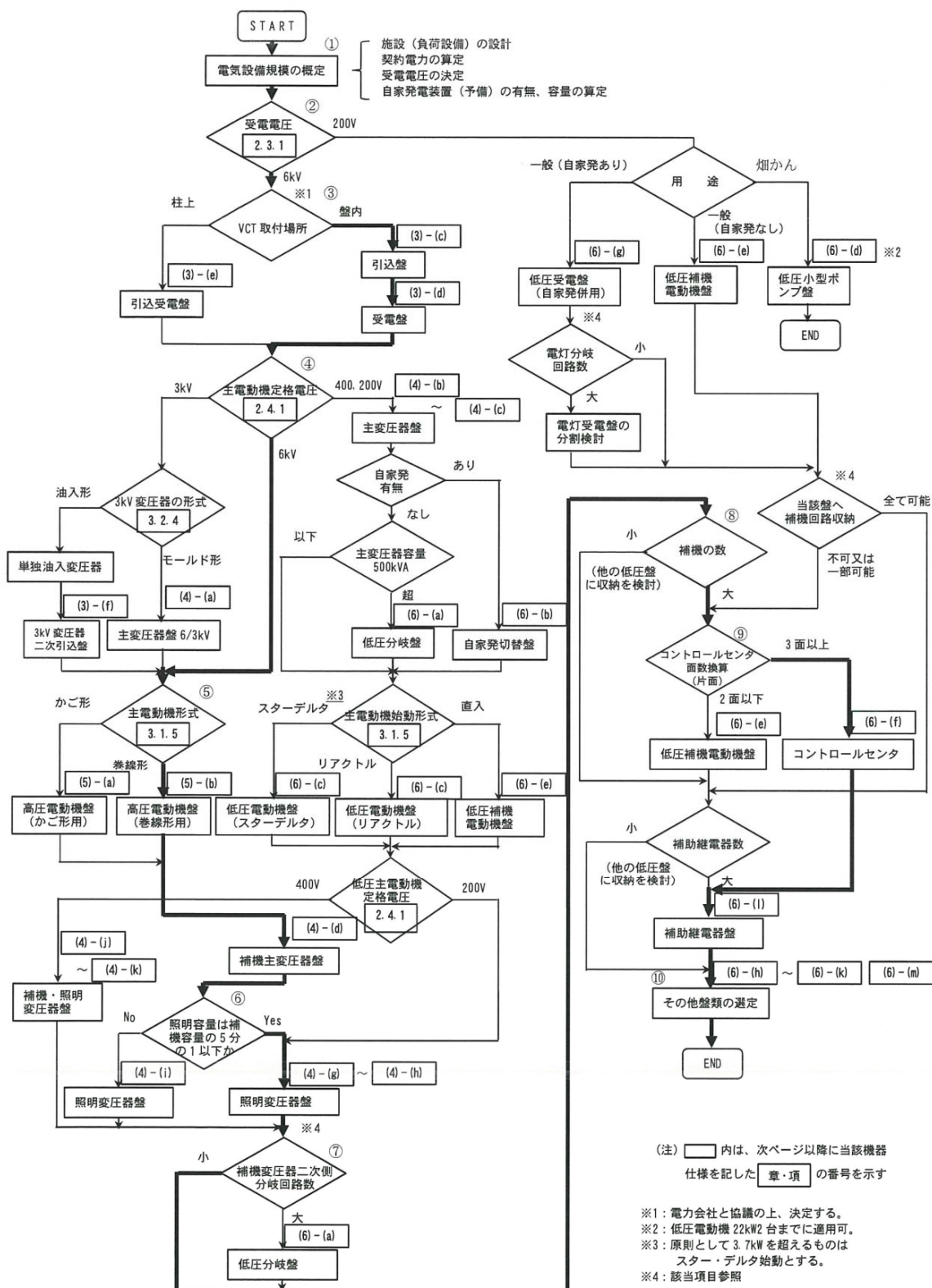


図 5.1-2 電気設備の盤類選定手順フロー図

表 5.1-4 配電盤の選定

No.	項目	選定結果	備考
①	電気設備規模	契約電力 500 [kW] 以上 自家発電装置 無	5.1.2 項の計算結果 用水ポンプ場であり商用停電時の運転不要
②	受電電圧	6 [kV]	契約電力 500 [kW] 以上である
③	VCT 取付場所	盤内 (3)-(c)「引込盤」を選定 (3)-(d)「受電盤」を選定	引込柱に設置する場合と 引込盤内に取付ける場合があるが、本計画 例では引込盤内取付けとして計画
④	主電動機定格電圧	6 [kV]	総合比較により 6 [kV] を選定
⑤	主電動機形式	巻線形 (5)-(b)「高圧電動機盤(巻線形用)」を選定 (4)-(d)「補機変圧器盤」を選定	二次抵抗による速度制御を行う
⑥	照明変圧器/ 補機変圧器	20%以下 (4)-(g)「照明変圧器盤(一次 200V)」を選定	
⑦	補機変圧器 二次側分岐回路数	小	収納可能数 10 個に対し、5 個である
⑧	補機の数	大 (6)-(f)「コントロールセンタ」を選定	コントロールセンタで面数を算出すると、 3 面以上となるので、コントロールセンタと する
⑨	補助継電器の数	大 (6)-(1)「補助継電器盤」を選定 「自動制御盤」を選定	補機回路がコントロールセンタである。 主ポンプの水量制御を行うための自動制御 回路を収納する
⑩	その他の盤類	(6)-(i)「主ポンプ用機側操作盤」を選定 (6)-(k)「補機用機側操作盤」を選定 (6)-(m)「計装盤」を選定	ポンプ室(B1F)と電気室(2F)が離れている ので、ポンプ室に機側操作盤を設ける 所内排水ポンプ機側操作作用 吸水位及び揚水量の記録計を取付ける

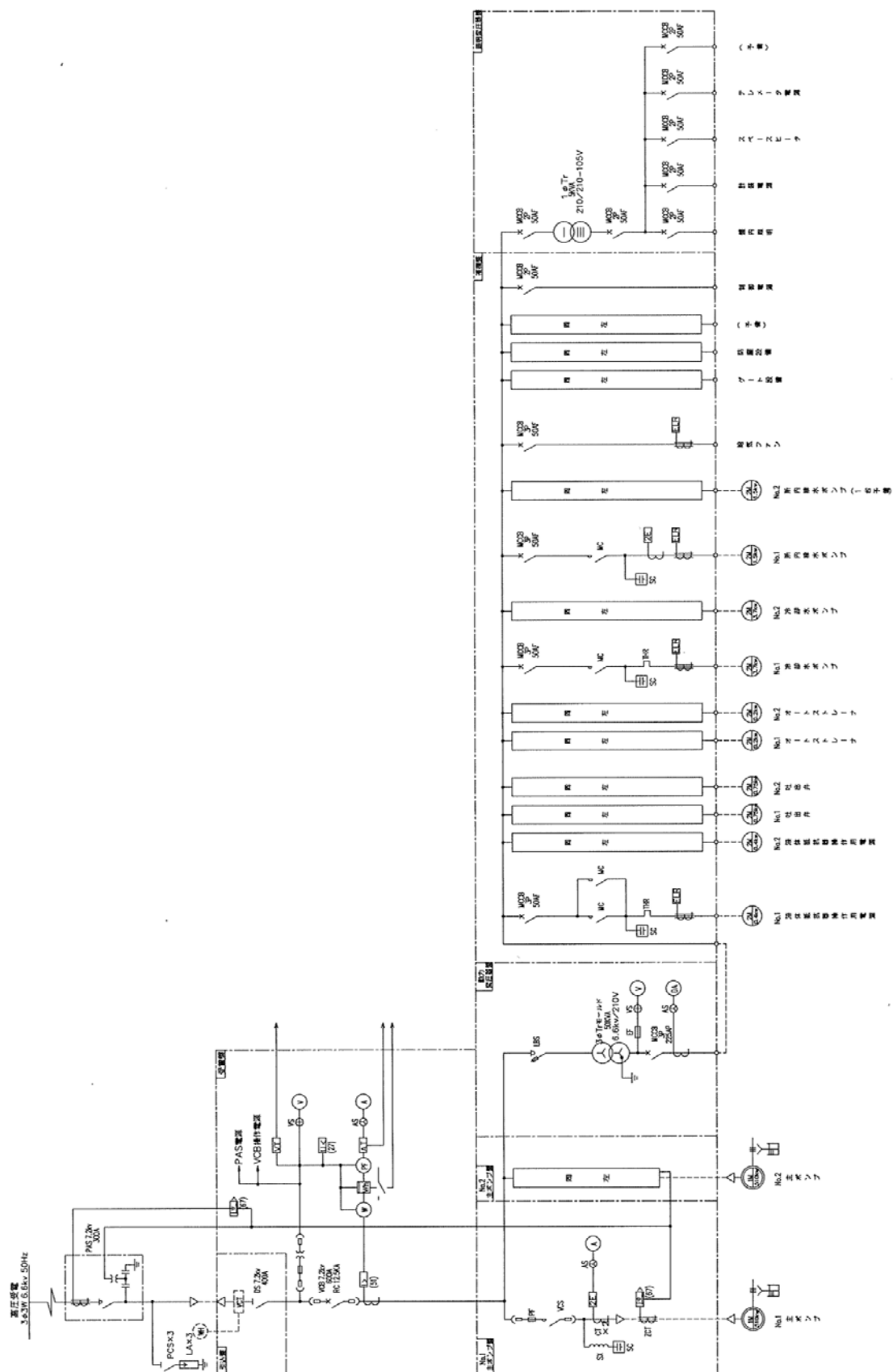
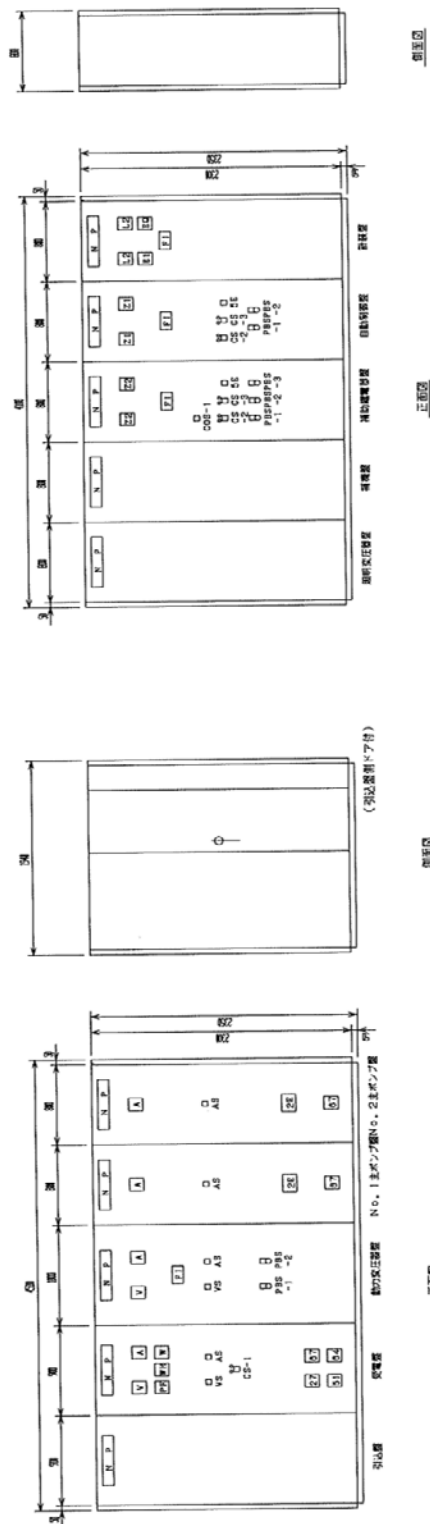


図5.1-3 単線結線図例



区 画	名 称	備 考
COB-1	主ホップ	手廻し・伝動
COB-2	主ホップ	減速機・伝動
COB-3	両側排水ホップ	手廻し・伝動
COB-4	受電機	入・出
COB-5	主ホップ	両側・昇上
COB-6	主ホップ	両側・昇上
COB-7	出動機	昇上・伝動
COB-8	減速機・ホップ	両側・昇上
COB-9	ホース・エレベータ	昇上・昇上・伝動
COB-10	減速機	第一・第二
COB-11	両側排水ホップ	両側・昇上
COB-12	主ホップ	両側・昇上
COB-13	ラングタスト	
COB-14	動力・2	
COB-15	昇降機	

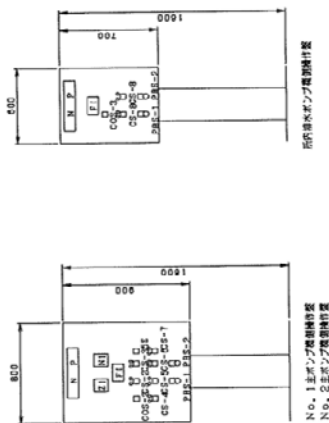
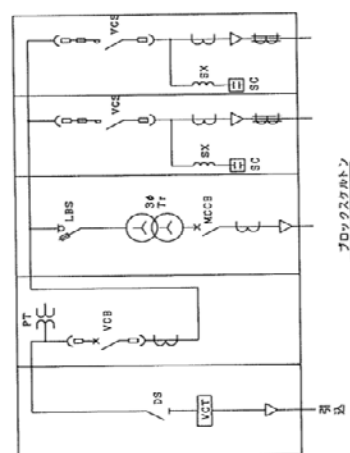


圖 5.1-4 盤外形圖例



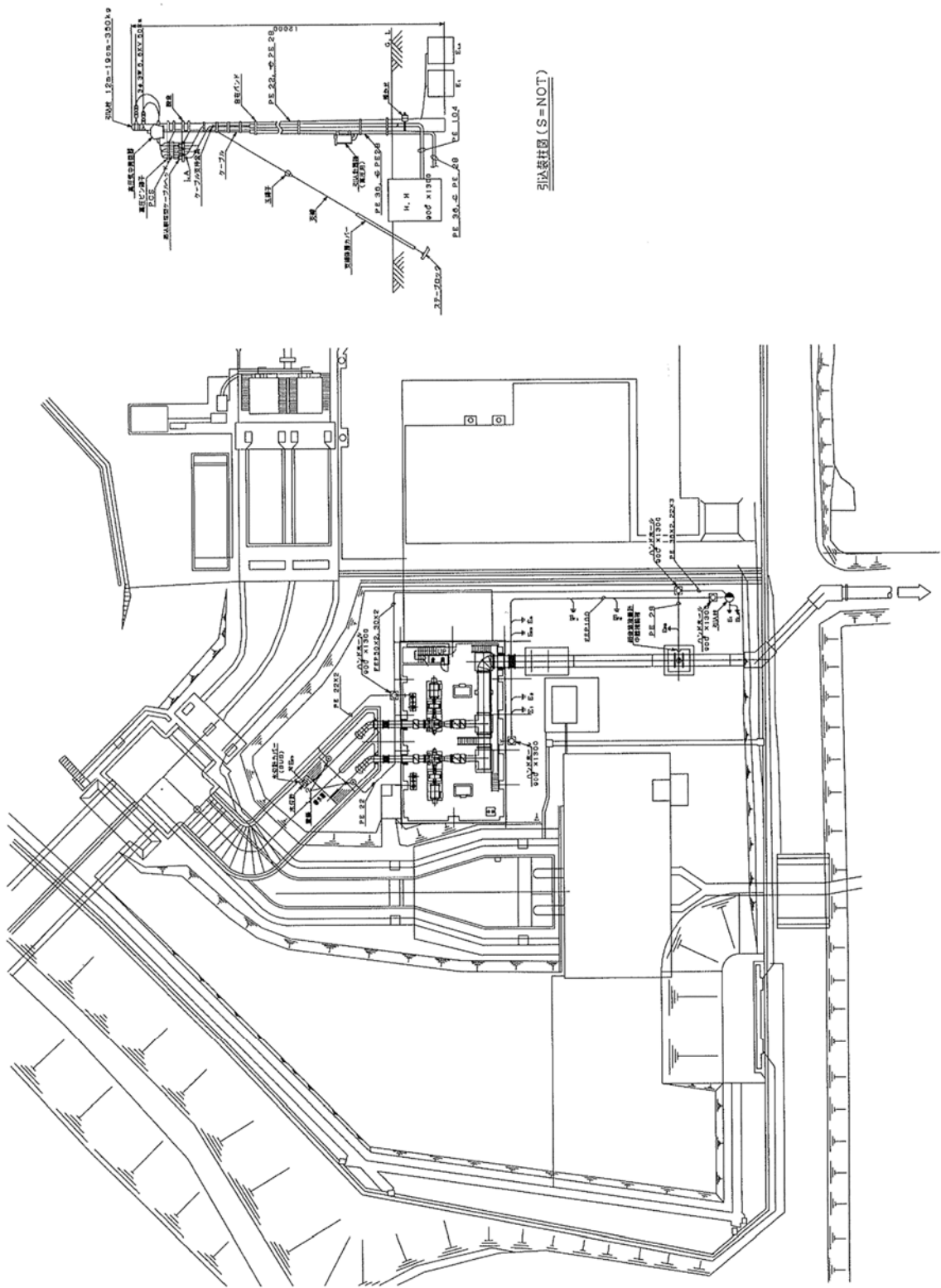


図 5.1-5 全体配線図例

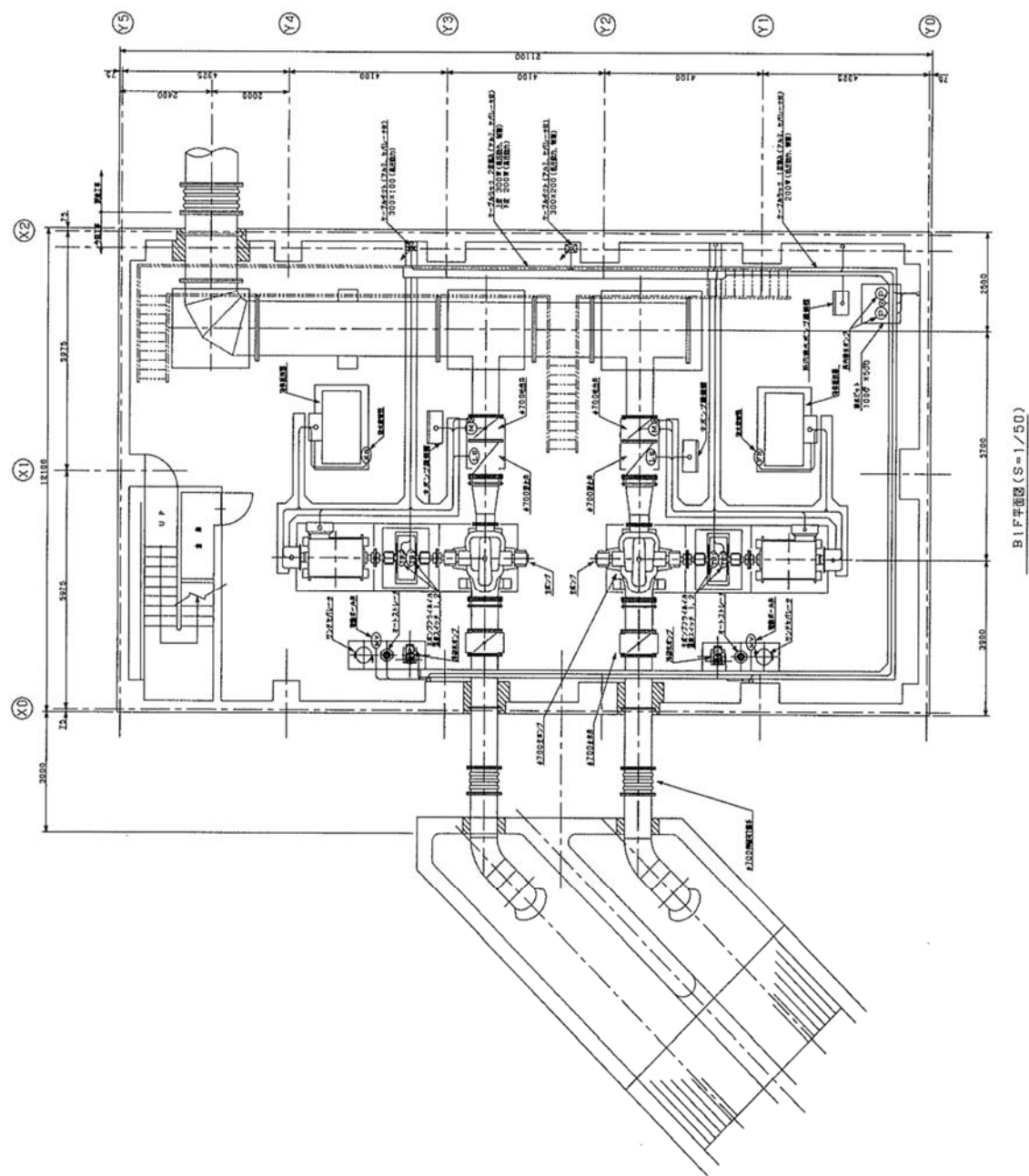


図 5.1-6 ポンプ室配線図例

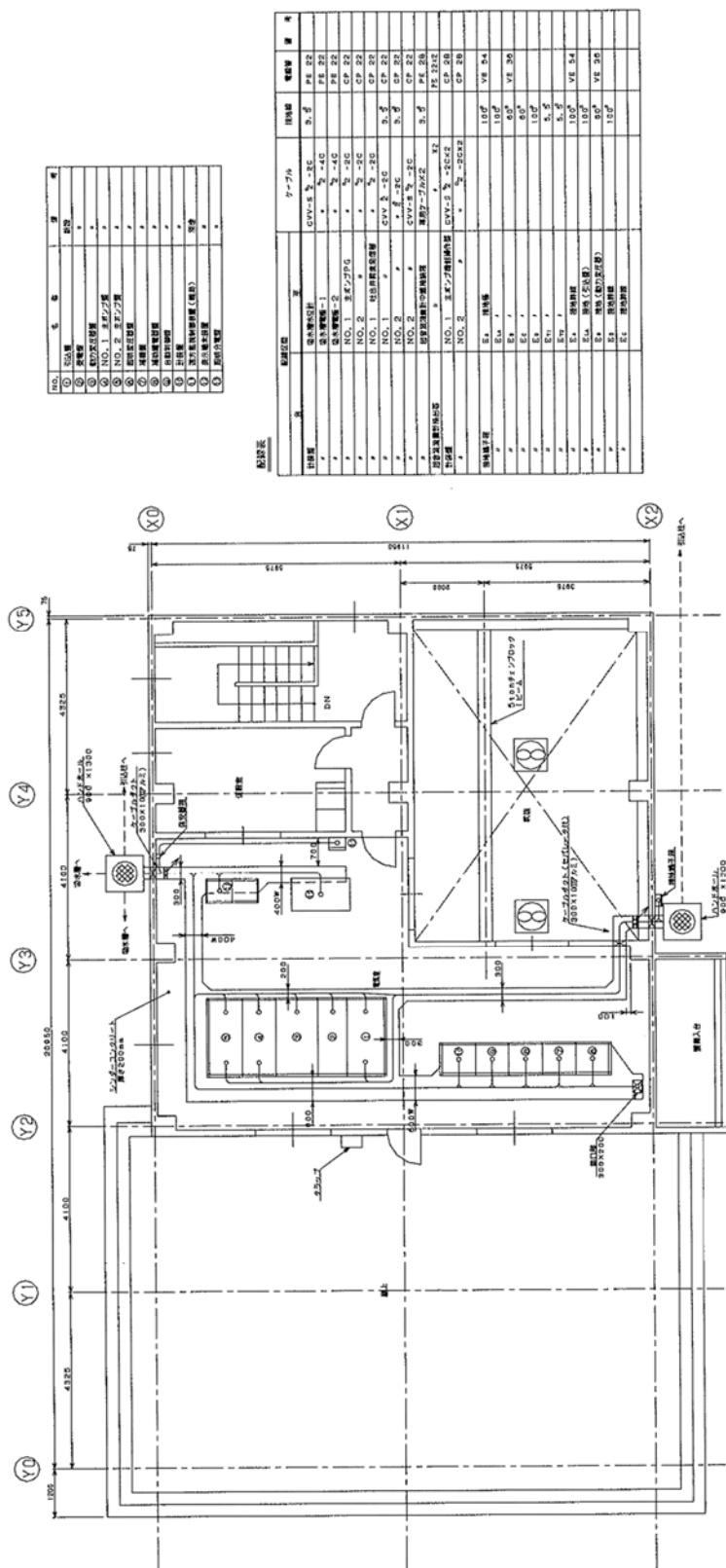


図 5.1-7 電気室配線図例

[illegible]

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	減速機プライミングポンプ	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	エンジンプライミングポンプ	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。

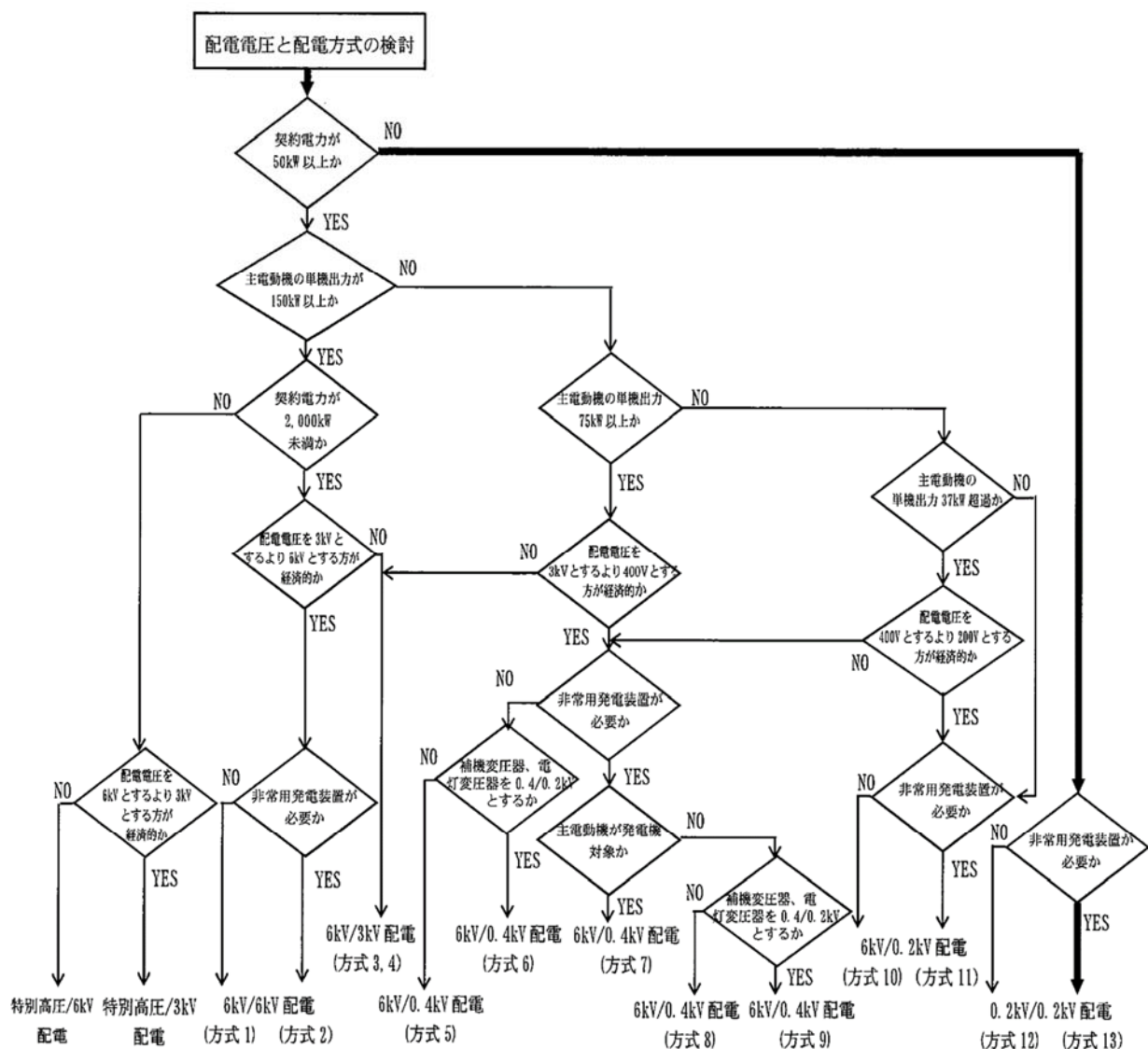


図 5.2-1 配電電圧と配電方式選定フロー図

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。

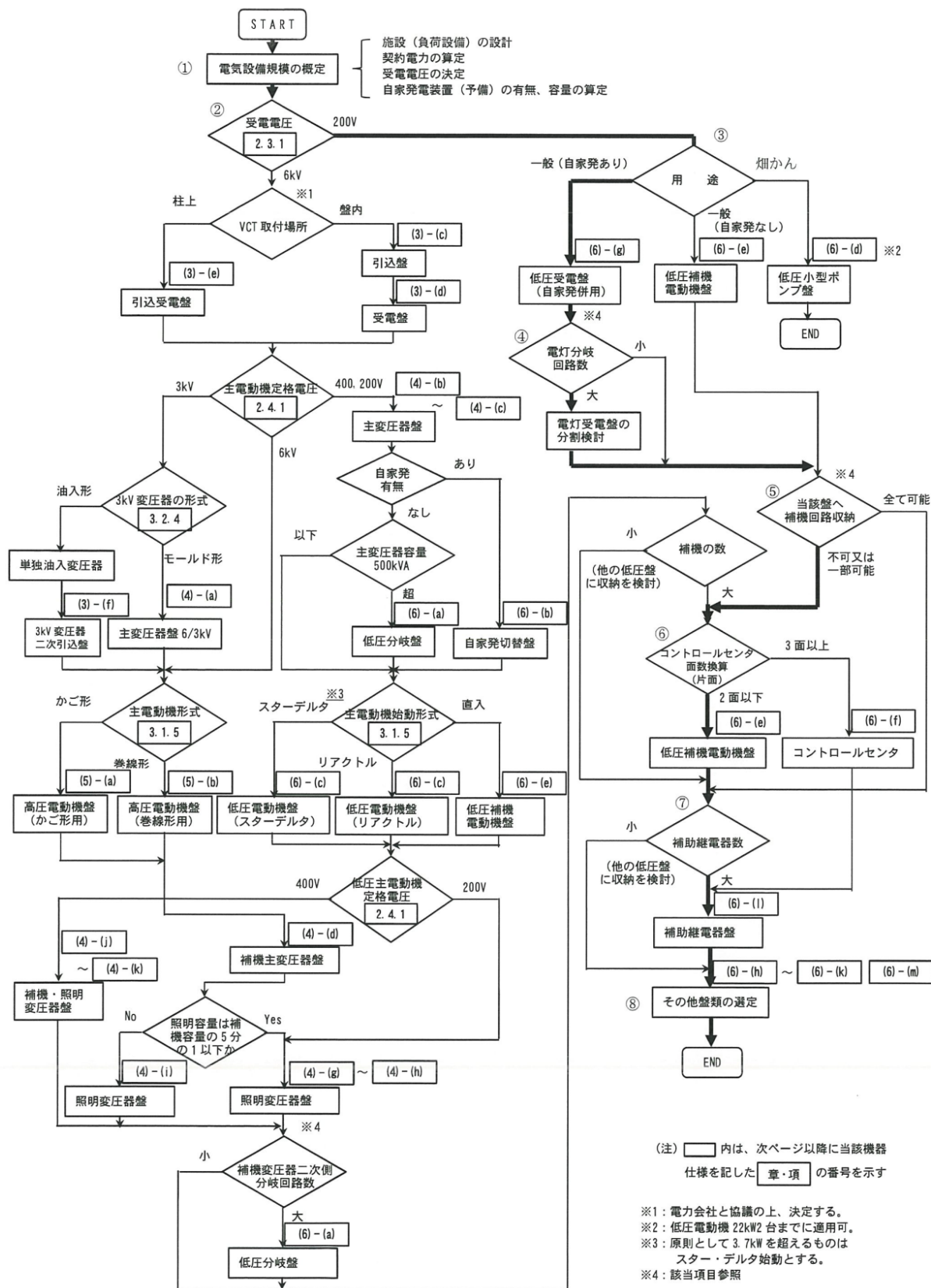
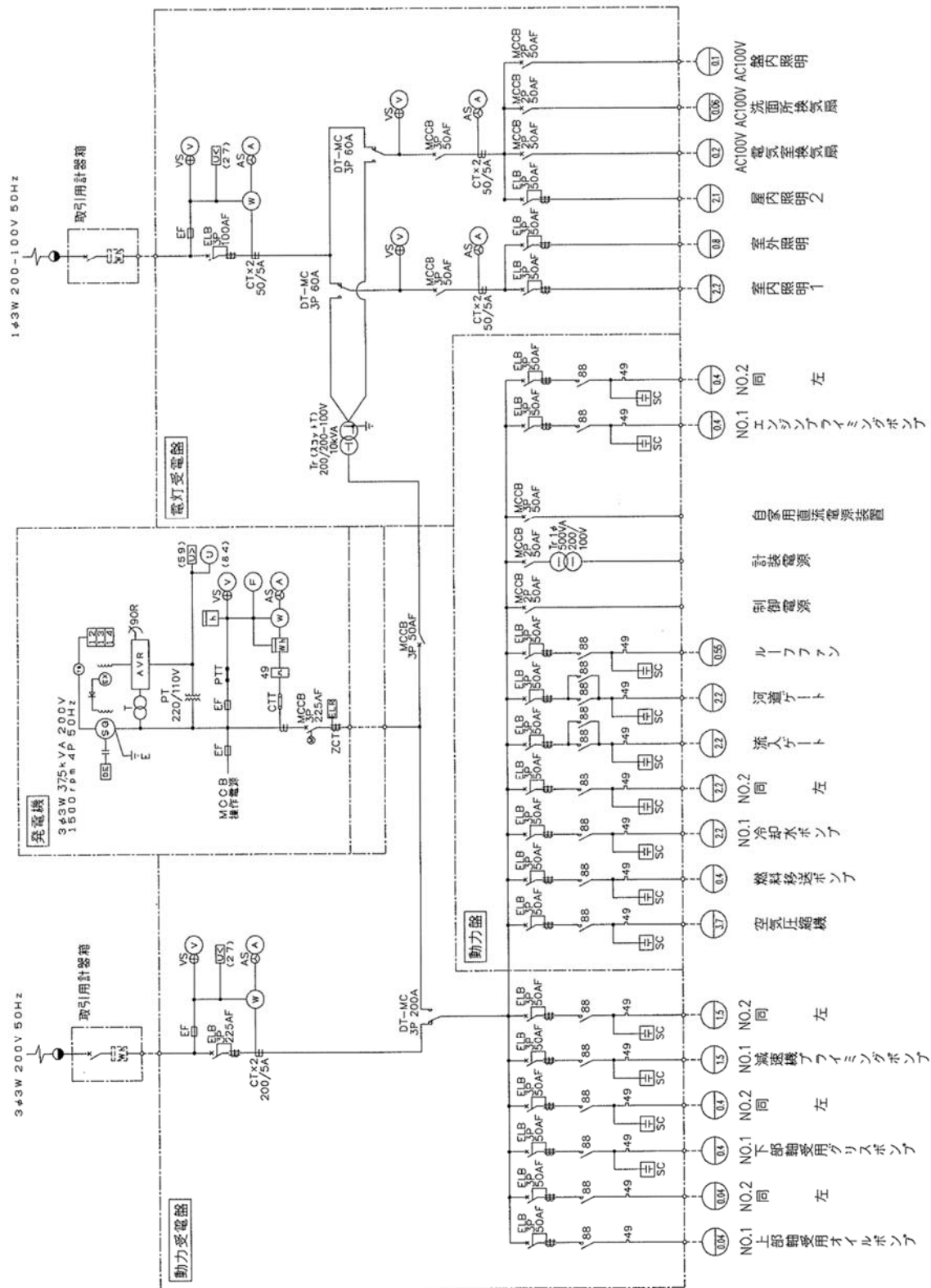
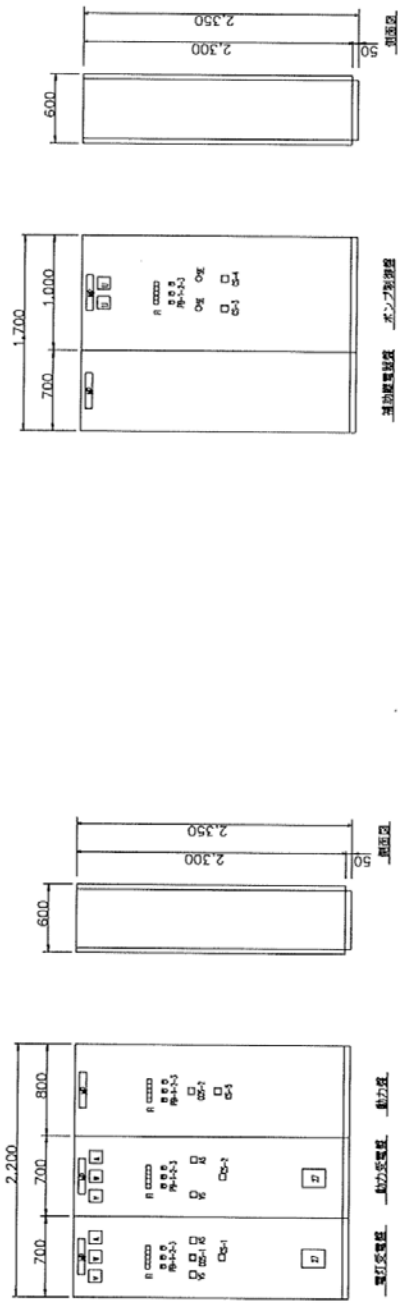


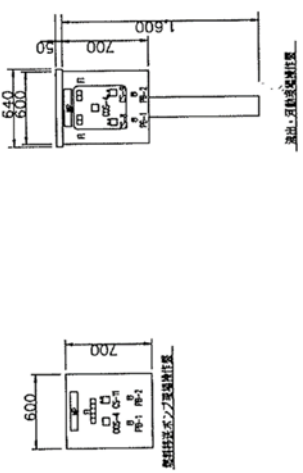
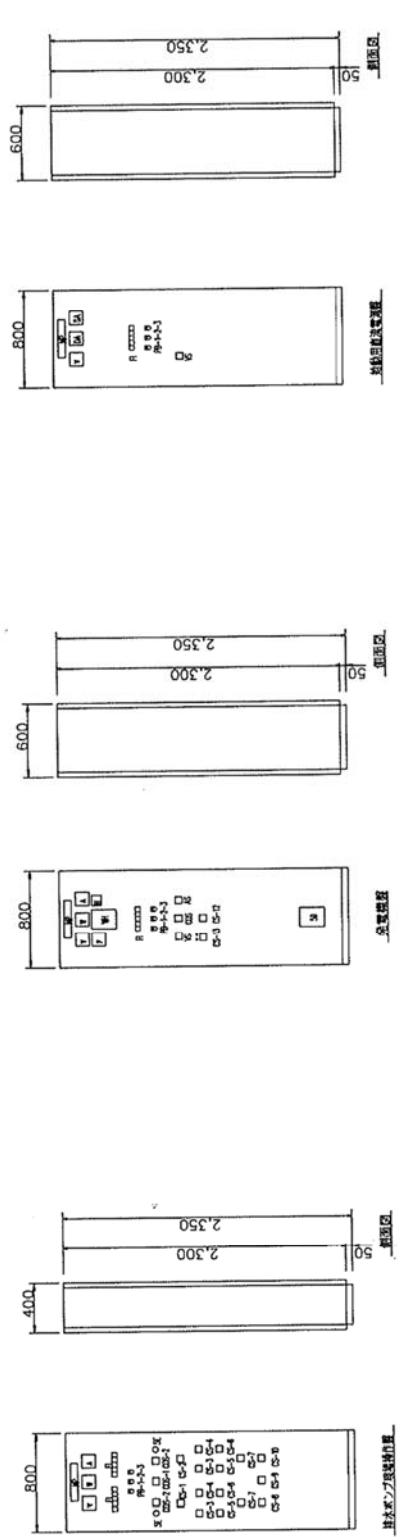
図 5.2-2 電気設備の盤類選定手順フロー図





記号	名 称	備 考
000-1	発電機	手動・自動
000-2	空圧圧縮機	"
001	三相誘起機	発電機・自励機
002	電動機	"
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	運転・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



記号	名称	備考	記号	名称	備考
00-1	排水ポンプ	運転-中央	00-1	排水ポンプ	異常停止
00-2	排水ポンプ	手動-運転	00-2	排水ポンプ	異常停止
00-3	燃料移送ポンプ	運転-停止	00-3	ランプラスト	
00-4	燃料移送ポンプ	運転-中央	00-4	表示灯	
00-5	非常用発電機	手動-自動	00-5	異常停止	
00-6	1号排水ポンプ	運転-停止			
00-7	2号排水ポンプ	運転-停止			
00-8	上段燃費計	運転-停止			
00-9	下段燃費計	運転-停止			
00-10	燃費計	運転-停止			
00-11	燃費計	運転-停止			
00-12	燃費計	運転-停止			
00-13	燃費計	運転-停止			
00-14	燃費計	運転-停止			
00-15	燃費計	運転-停止			
00-16	燃費計	運転-停止			
00-17	燃費計	運転-停止			
00-18	燃費計	運転-停止			
00-19	燃費計	運転-停止			
00-20	燃費計	運転-停止			
00-21	燃費計	運転-停止			
00-22	燃費計	運転-停止			
00-23	燃費計	運転-停止			
00-24	燃費計	運転-停止			
00-25	燃費計	運転-停止			
00-26	燃費計	運転-停止			
00-27	燃費計	運転-停止			
00-28	燃費計	運転-停止			
00-29	燃費計	運転-停止			
00-30	燃費計	運転-停止			
00-31	燃費計	運転-停止			
00-32	燃費計	運転-停止			
00-33	燃費計	運転-停止			
00-34	燃費計	運転-停止			
00-35	燃費計	運転-停止			
00-36	燃費計	運転-停止			
00-37	燃費計	運転-停止			
00-38	燃費計	運転-停止			
00-39	燃費計	運転-停止			
00-40	燃費計	運転-停止			
00-41	燃費計	運転-停止			
00-42	燃費計	運転-停止			
00-43	燃費計	運転-停止			
00-44	燃費計	運転-停止			
00-45	燃費計	運転-停止			
00-46	燃費計	運転-停止			
00-47	燃費計	運転-停止			
00-48	燃費計	運転-停止			
00-49	燃費計	運転-停止			
00-50	燃費計	運転-停止			
00-51	燃費計	運転-停止			
00-52	燃費計	運転-停止			
00-53	燃費計	運転-停止			
00-54	燃費計	運転-停止			
00-55	燃費計	運転-停止			
00-56	燃費計	運転-停止			
00-57	燃費計	運転-停止			
00-58	燃費計	運転-停止			
00-59	燃費計	運転-停止			
00-60	燃費計	運転-停止			
00-61	燃費計	運転-停止			
00-62	燃費計	運転-停止			
00-63	燃費計	運転-停止			
00-64	燃費計	運転-停止			
00-65	燃費計	運転-停止			
00-66	燃費計	運転-停止			
00-67	燃費計	運転-停止			
00-68	燃費計	運転-停止			
00-69	燃費計	運転-停止			
00-70	燃費計	運転-停止			
00-71	燃費計	運転-停止			
00-72	燃費計	運転-停止			
00-73	燃費計	運転-停止			
00-74	燃費計	運転-停止			
00-75	燃費計	運転-停止			
00-76	燃費計	運転-停止			
00-77	燃費計	運転-停止			
00-78	燃費計	運転-停止			
00-79	燃費計	運転-停止			
00-80	燃費計	運転-停止			
00-81	燃費計	運転-停止			
00-82	燃費計	運転-停止			
00-83	燃費計	運転-停止			
00-84	燃費計	運転-停止			
00-85	燃費計	運転-停止			
00-86	燃費計	運転-停止			
00-87	燃費計	運転-停止			
00-88	燃費計	運転-停止			
00-89	燃費計	運転-停止			
00-90	燃費計	運転-停止			
00-91	燃費計	運転-停止			
00-92	燃費計	運転-停止			
00-93	燃費計	運転-停止			
00-94	燃費計	運転-停止			
00-95	燃費計	運転-停止			
00-96	燃費計	運転-停止			
00-97	燃費計	運転-停止			
00-98	燃費計	運転-停止			
00-99	燃費計	運転-停止			
00-100	燃費計	運転-停止			

図 5.2-5 盤外形図例 2

