

## 5. 4. 2 施設設計

### (1) 取水施設設計

#### 1) 井戸仕様および揚水量の決定

##### a. 井戸仕様

現地調査において、深度100mのボーリング調査を3ヶ所行った。

粒度分析の結果は図 5.4.2-1 参照に示した通りである。 粒度試験の結果から CREAGER の方法により粒度曲線の20( $D_{20}$ -下表) を用いて透水係数値を推定する。

表 5.4.2-1 Creager による  $D_{20}$  と透水係数

$D_{20}$ (mm)	$k$ (cm/sec)	土質分類	$D_{20}$ (mm)	$k$ (cm/sec)	土質分類
0.005	$3.00 \times 10^{-4}$	粗粒粘土	0.18	$6.85 \times 10^{-3}$	微粒砂
0.01	$1.05 \times 10^{-3}$		細粒シルト	0.20	
		0.25		$1.40 \times 10^{-2}$	
0.02	$4.00 \times 10^{-3}$	粗粒シルト	0.3	$2.20 \times 10^{-2}$	中粒砂
0.03	$8.50 \times 10^{-3}$		0.35	$3.20 \times 10^{-2}$	
0.04	$1.75 \times 10^{-2}$		0.4	$4.50 \times 10^{-2}$	
0.05	$2.80 \times 10^{-2}$		0.45	$5.80 \times 10^{-2}$	
		0.5	$7.50 \times 10^{-2}$		
0.06	$4.60 \times 10^{-2}$	極微粒砂	0.6	$1.10 \times 10^{-1}$	粗粒砂
0.07	$6.50 \times 10^{-2}$		0.7	$1.6 \times 10^{-1}$	
0.08	$9.00 \times 10^{-2}$		0.8	$2.15 \times 10^{-1}$	
0.09	$1.40 \times 10^{-1}$		0.9	$2.8 \times 10^{-1}$	
0.10	$1.75 \times 10^{-1}$		1.0	$3.60 \times 10^{-1}$	
0.12	$2.6 \times 10^{-1}$	微粒砂	2.0	1.80	細レキ
0.14	$3.8 \times 10^{-1}$				
0.16	$5.1 \times 10^{-1}$				

滞水層であるモレーン層は不均等ではばらつきが多いため、各層について透水係数を求める。

- ①砂礫  $1.40 \times 10^{-2}$  cm/sec (サンプルNo. 2 18m)
- ②礫混り砂礫  $4.50 \times 10^{-2}$  cm/sec (サンプルNo. 2 49m)
- ③砂混り砂礫  $2.50 \times 10^{-2}$  cm/sec (サンプルNo. 2 34m)
- ④礫層 1.80 cm/sec

透水係数を①~③の平均値とすると  $1.03 \times 10^{-1}$  cm/sec となる。

ただし、揚水量を決定するための透水係数は開発調査時の揚水試験、透水試験および今回行った粒度分析結果のうち、安全を考慮して最小の揚水試験の結果である  $0.83 \times 10^{-3}$  cm/sec を使用することとした。

地下水を採取するために用いるストレーナーは地層から水が流入する際に抵抗が出来るだけ小さくする必要があるので開孔率15%のものを使用する。

粒度分析の結果より、空隙率0.35、有効粒径 $D_{10}$ 0.5mmであることから流動限界速度は18~30mm/secとなる。ここで流動限界速度を18mm/secとすると1m当りの可能揚水量は $0.00496\text{m}^3/\text{sec}$ となる。ストレーナーの開孔率が15%であるので、流入量は $0.00496 \times 0.15 = 0.000744\text{m}^3/\text{sec}/\text{m}$ となる。よってストレーナーの長さは必要水量を $1000\text{m}^3/D$ とすると $0.0116\text{m}^3/\text{sec}$ であるので、 $0.0016 \div 0.000744 = 15.59 \approx 16\text{m}$ となる。

したがって、16mのフィルターが必要となるが、滞水層の層相と長期間の採水を考慮し、10%程度の増加が必要と思われるのでフィルター長は18mとする。ケーシングパイプの口径は、所要水量を $Q$ 、ストレーナー長を $\ell$ 、採水層の砂の流動限界速度を $V$ 、空隙率を $P$ 、ストレーナーの開孔率を $N$ 、ケーシングの口径を $D$ とすると、

$$\frac{Q}{\ell} = q, \quad \frac{q}{V} = a, \quad \frac{a}{P \cdot N} = A, \quad \frac{A}{\pi} = D \text{ で求められ、}$$

$D = 21.05\text{cm}$ となる。パイプの規格より25cmの口径のケーシングを使用することとする。このケーシング径は必要揚水量を計画された揚程に送水する能力を有する水中ポンプが挿入されなければならない。こうした能力を有する水中ポンプの最大外径は19.2cmであるため、この点からも25cmにしなければならない。

掘削孔径は、ケーシングサイズを $D$ とすると、

$$(1.5 \sim 3D) \geq 140\text{mm} + D \text{ で求められる。}$$

礫の多い地層であることを考慮に入れ、掘削孔径は450mmとする。

井戸の深さはモレーン層厚を80mとし、井戸土砂溜め10mを加えて90mとした。

井戸の仕様	掘削孔径	450mm
	ケーシング径	250mm
	フィルター長	18m
	深度	90m

#### b. 揚水量について

井戸建設予定地の平均地盤標高は3,926m、平均地下水位高は3,921mで地下水位を地盤高より5mとして計算する。

地下水は2009年目標の $30,000\text{m}^3/\text{日}$ を取水するものとし、地下水位はシミュレーション解析結果を使用した。2009年での動水位低下量は21.2m (図 5.4.2-2 参照)

であり、この時の揚水損失水頭は30.9mで地下水位は52.1mとなる。更に土砂溜め10mとフィルター18mを考慮しても、目標年次では計画取水量の揚水について問題はない。

$$\text{平衡式} \quad Q = \frac{\pi k(H^2 - h^2)}{2.3 \log R/r_0}$$

- Q : 揚水量 (m<sup>3</sup>/min)  
 k : 透水係数 (cm/sec)  
 H<sub>0</sub> : 井戸深度 (m)  
 H' : 自然水位 (N.E m)  
 H : 自然水位の深度 (m)  
 h : 動水位 (N.O m)  
 r<sub>0</sub> : 井戸半径 (m)  
 R : 影響圏半径 (m/min)

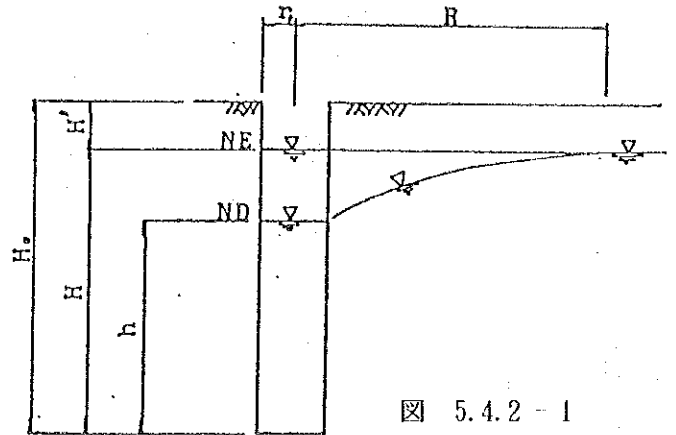


図 5.4.2 - 1

ここで、2009年の揚水損失水頭をもとめるため式を移項し、

$$h = \sqrt{H^2 - \frac{Q \times 2.3 \log R/r_0}{\pi k}}$$

ここに、  $Q = 1,000 \text{ m}^3/\text{日} = 0.694 \text{ m}^3/\text{min}$

$$H = 90 - 21.2 = 68.8\text{m}$$

$$R = 400\text{m}$$

$$r_0 = 0.23\text{m}$$

$$k = 0.83 \times 10^{-3} (\text{cm/sec}) \approx 0.5 \times 10^{-3} (\text{m/min})$$

$$\therefore h = \sqrt{68.8^2 - \frac{0.694 \times 2.3 \log 400/0.23}{3.14 \times 0.5 \times 10^{-3}}} = 37.9$$

よって、揚水損失水頭は  $68.8 - 37.9 = 30.9\text{m}$  となる。

### c. 掘削機の選定

掘削機械は調査ボーリング結果を基に、次の点を考慮しての選定を行った。

- ①地質条件 (沖積層で礫が多い)
- ②井戸仕様 (掘削孔径445mm、深度90m、本数30本)
- ③現場条件 (4000mの高地であること等)

よって、掘削機は、掘削孔径445mmで掘削深度200m程度の掘削能力を有して

いること。礫の掘削能率を考慮し、リバース工法にて掘進が可能であること。また短期間に多くの井戸掘削を行うため、作業能率からトラックマウント型とする。

全体の施工期間を考えると井戸建設の予定期間は最大16ヶ月であり、1井当たりの建設期間は20日を要し、1台で掘削を行った場合約22ヶ月（建設期間および準備、整備引き渡し期間を含む）を要することから、掘削機は2台必要である。

1井当たりの建設期間は下記の通りである。

- |                             |     |
|-----------------------------|-----|
| ① 搬入及び準備                    | 1日  |
| ② 掘削 (90m ÷ 7.6m/日 = 11.8日) | 12日 |

注：7.6 m/日は全国さく井協会のさく井標準積算基準資料「標準地質別掘削能率」による。

- |                    |    |
|--------------------|----|
| ③ 検層               | 1日 |
| ④ ケーシング、フィルター挿入    | 1日 |
| ⑤ 砂利充填             | 1日 |
| ⑥ 仕上げ(洗孔, ジェティング等) | 3日 |
| ⑦ 撤去               | 1日 |

計 20日

ただし、揚水試験水中ポンプ挿入および据え付け等は含まれていない。

井戸建設の計画期間は1台当たり15本の井戸を掘削するものとする12カ月を要する。

- |          |              |                    |
|----------|--------------|--------------------|
| ① 掘削     | 12日×15本 =    | 180日               |
| ② ①以外の作業 | 8日×15本×0.8 = | 150日 (祭日、雨天等を考慮する) |
| ③ 準備期間   |              | 18日                |
| ④ 撤去期間   |              | 14日                |

計 362日

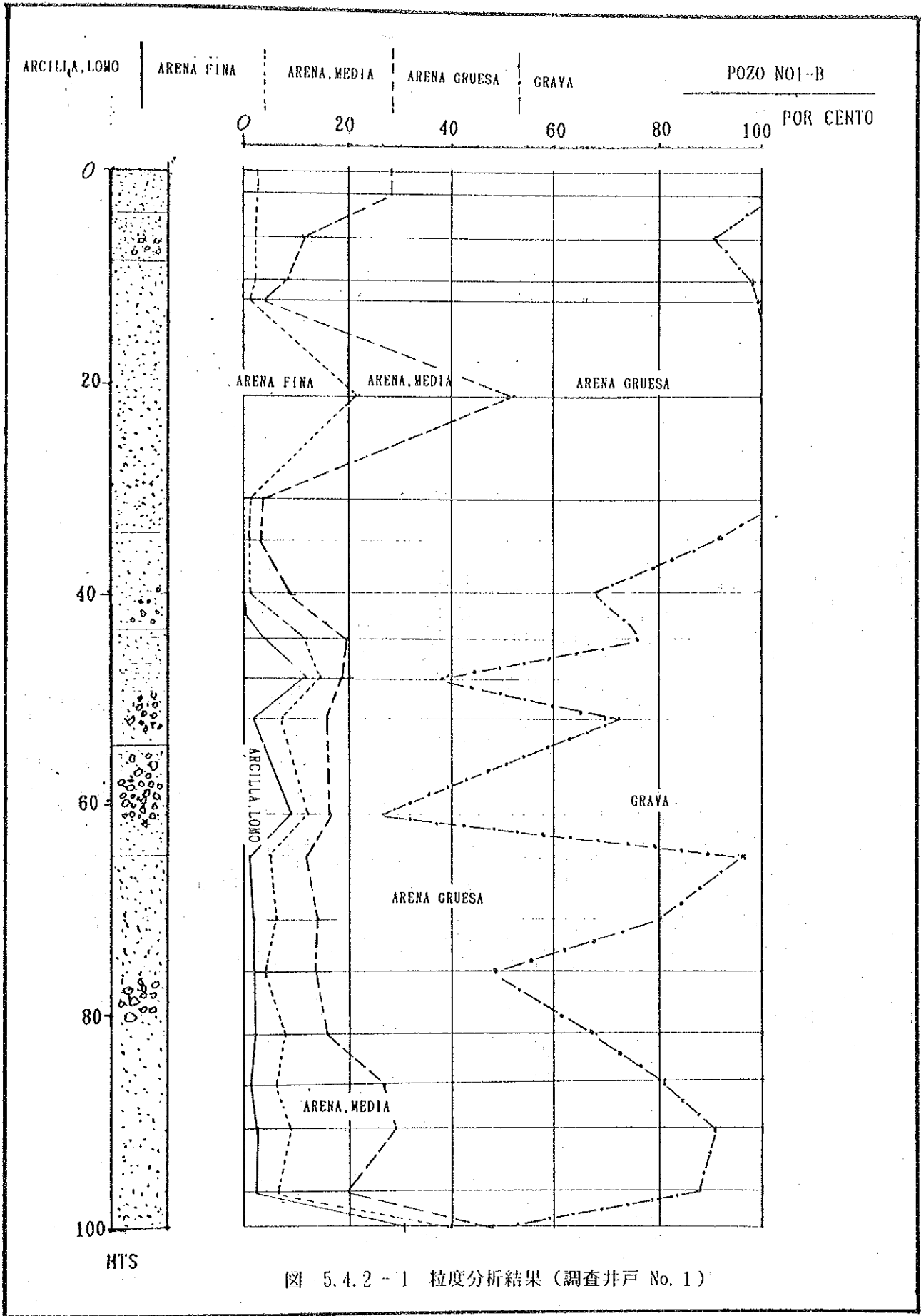


图 5.4.2 - 1 粒度分析結果 (調査井戸 No. 1)

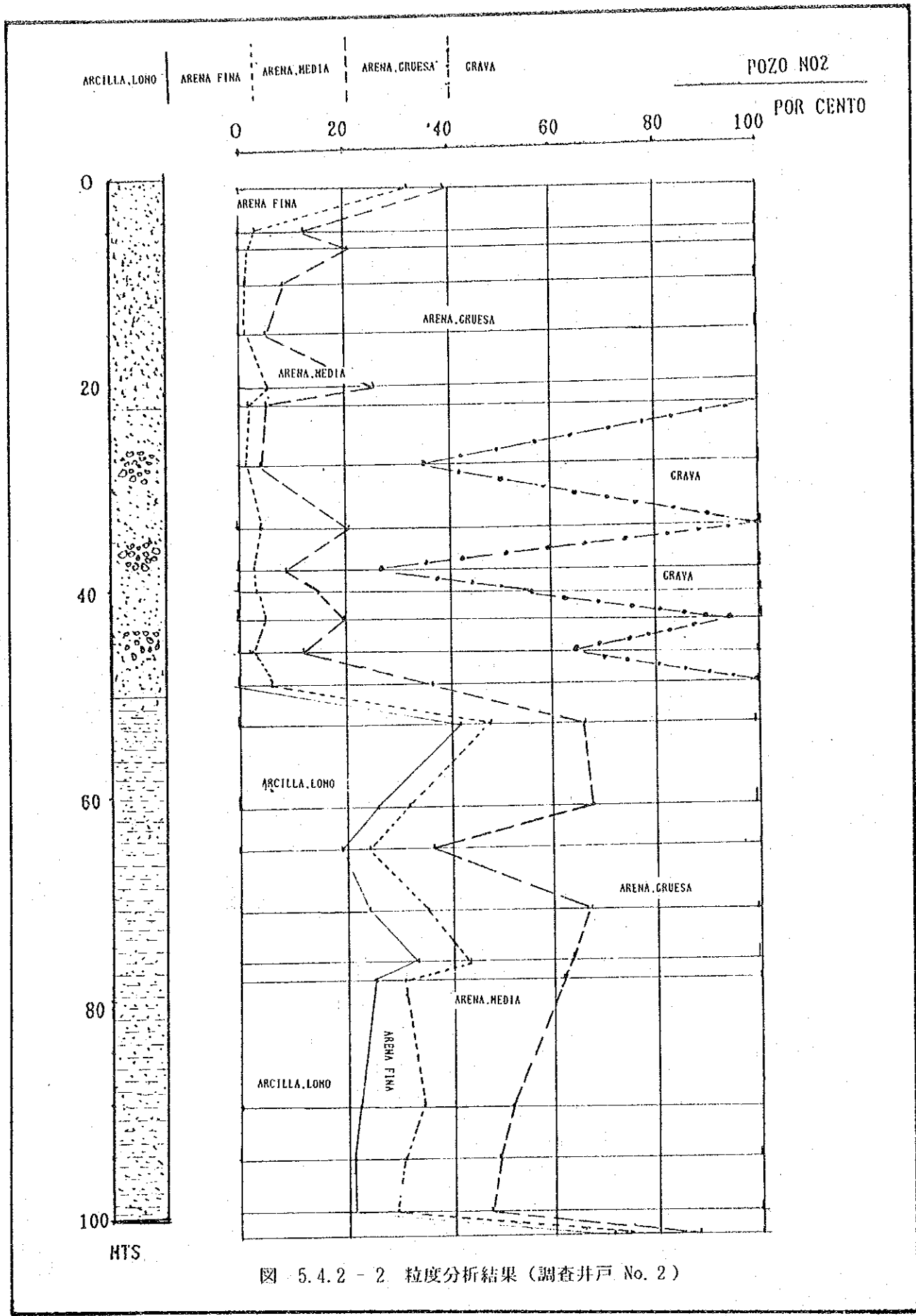


圖 5.4.2 - 2 粒度分析結果 (調查井戸 No. 2)

ARCILLA, LOMO

ARENA, FINA

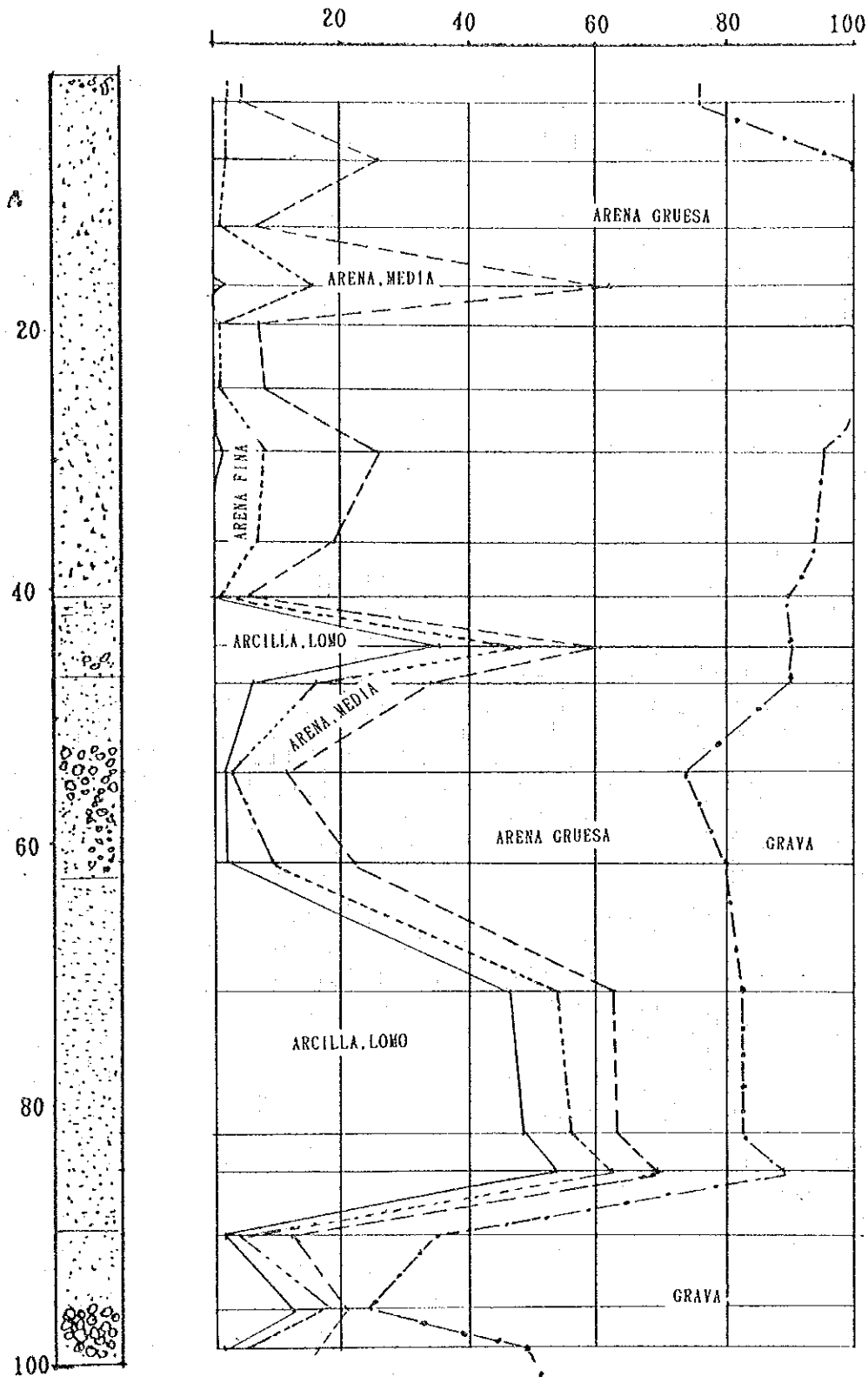
ARENA, MEDIA

ARENA, GRUESA

GRAVA

POZO NO3

POR CENTO



HTS

图 5.4.2 - 3 粒度分析結果 (調査井戸 No. 3)

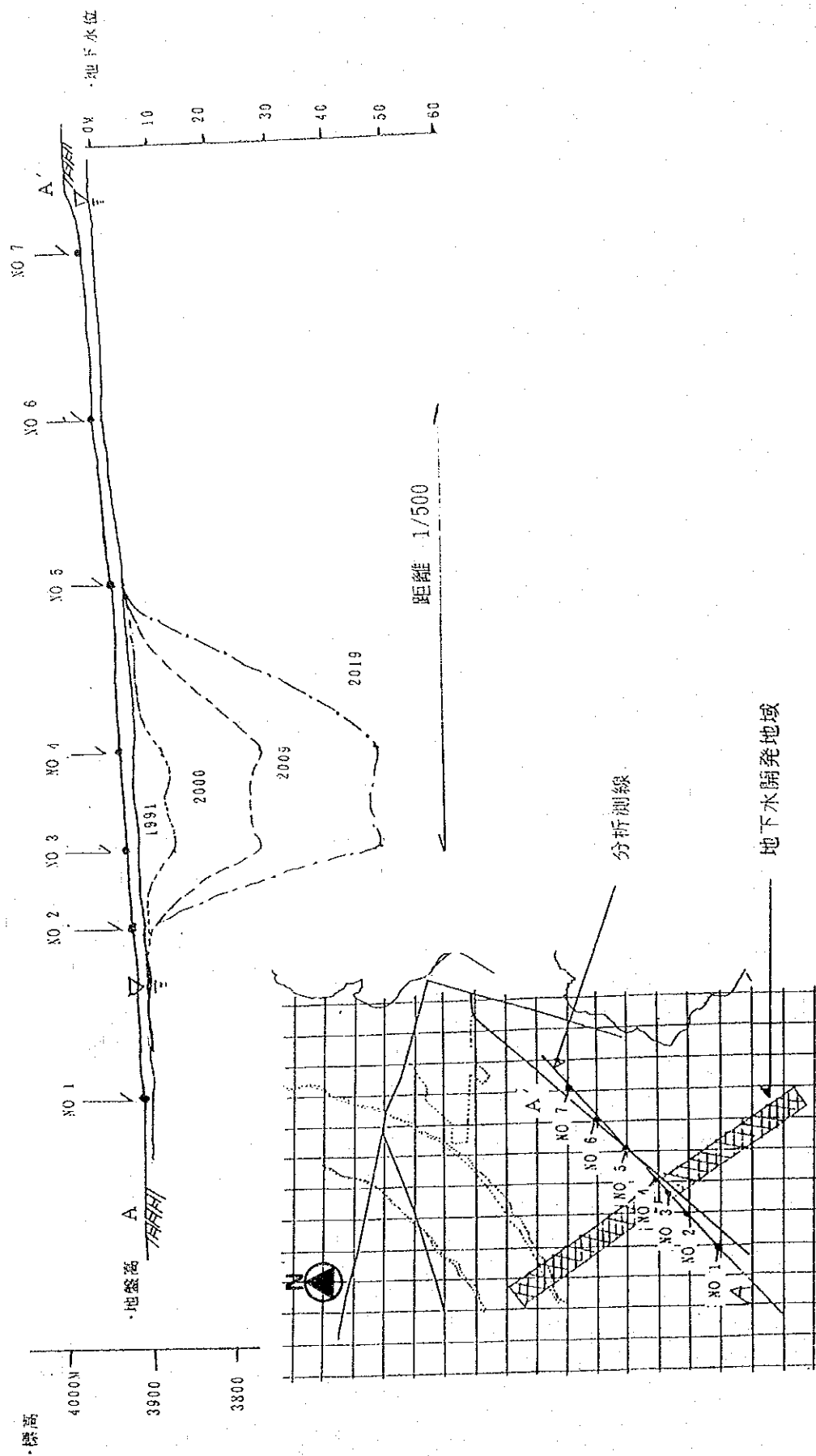


図 5.4.2-4 シミュレーション結果による地下水位変化予測図



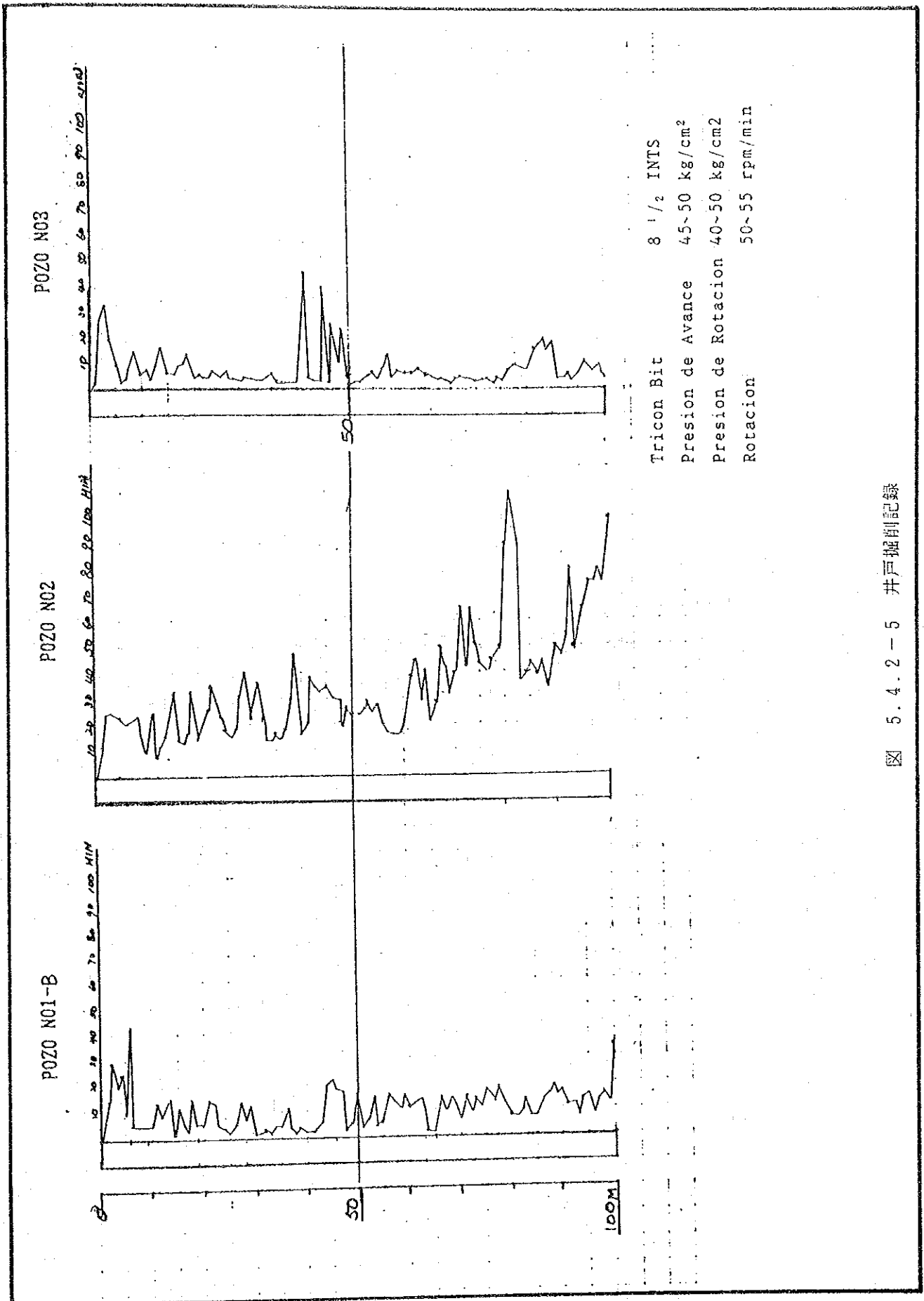


图 5.4.2-5 井戸掘削記録

2) 取水ポンプ

a. 揚水量とポンプ口径の計算

井戸1本当たりの揚水量を24時間の定常運転にて揚水するものとする。

よってポンプの揚水量は、 $Q = 1,000 \text{ (m}^3/\text{日)} / (24 \times 60 \times 60)$ より、

$0.0116 \text{ (m}^3/\text{sec)}$ 、 $11.6 \text{ (l/sec)}$ である。

また、ポンプの口径は次式により求める。

$$D = 146\sqrt{Q/V}$$

ここに、D : ポンプ口径 (mm)

Q : ポンプ送水量 ( $\text{m}^3/\text{min}$ )

V : 吸込口または吐出口の流速  $1.5 \sim 3.0 \text{ (m}^3/\text{sec)}$

よって、以下により $\phi 80 \text{ mm}$ とする。

$$\begin{aligned} D &= 146\sqrt{(0.696/2.5)} \\ &= 77.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. 計画揚程の計算

井戸用ポンプの計画揚程は以下の図 5.4.2-6 に示すとおり、井戸の動水位と送水ポンプ井の高低差、導水管の損失およびポンプ廻りの損失水頭の総和に余裕を加えて求める。

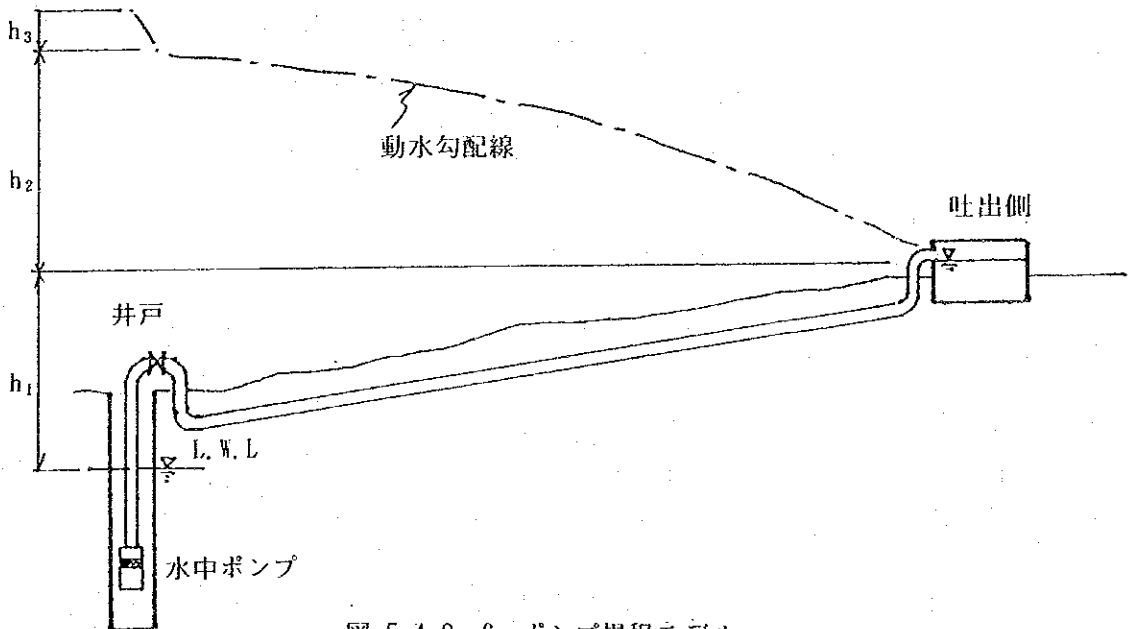


図 5.4.2-6 ポンプ揚程モデル

$$H = (h_1 + h_2 + h_3) \times (1 + \alpha)$$

ここに、H = 計画揚程

$h_1$  = 実揚程 (井戸内の計画動水位と送水ポンプ井の高水位の差)

$h_2$  = 導水管の損失水頭

$h_3$  = ポンプ廻りの損失水頭

$\alpha$  = 余裕率、0.5 とする

導水管の損失水頭は以下に示すハーゼン・ウィリアムス式により求める。

$$I = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85}$$

ここに、I : 動水勾配

C : 流速係数 (屈曲部の損失を含む場合 C = 110)

D : 管の内径 (m)

Q : 流量 (m<sup>3</sup>/sec)

また管路の摩擦損失は、動水勾配に管路延長を乗じて求める。

$$h_2 = I \cdot L$$

ここに、 $h_2$  : 摩擦損失水頭 (m)

L : 管路延長 (m)

ポンプまわりの損失水頭は揚水管、曲がり管、逆止弁、制水弁及び片落ち管等によって生じる損失である。損失計算は揚水管以外の異形管を直管に換算し、この合計延長をハーゼン・ウィリアムス式により求まる動水勾配に掛けて得られる。

揚水管の管径は 80 mm、これに対応する異形管の直管換算長さは以下の通りである。

90° 曲がり管	1.3m
逆止弁	8.2m
制水弁	0.9m
片落ち管	0.2m
合計	10.6m

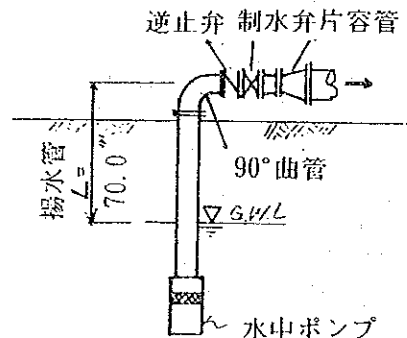


図 5.4.2-7

これに揚水管延長 70mを加えると、換算延長は 80.6mとなる。

ハーゼン・ウィリアムズ式による動水勾配は

$$I = 10.666 \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85}$$

$$h = I \times \ell$$

ここに、I ; 動水勾配

C ; 粗度係数、曲がり管等を別途計算する時の値で 130 とする。

D ; 管径、0.08m

Q ; 流量、0.0116 m<sup>3</sup>/sec

h ; 損失水頭

ℓ ; 管路換算延長 80.6m

$$I = 10.666 \times 130^{-1.85} \times 0.08^{-4.87} \times 0.0116^{1.85} = 0.07558$$

$$h = 0.07558 \times 80.6 = 6.09 \text{ (m) より、}$$

ポンプまわりの損失水頭は 6.1m とする。

実揚程は送水ポンプ井の計画高水位 (3,937.4 m) と各井戸での動水位の差である。各井戸の計画動水位は一律以下数値の和から -65 m とする。

静水位 : 各井戸ポンプ地点の地盤高 -10.0 m

動水位 : 静水位 -15.0 m

水位低下量 : -40 m (20年間の揚水による地下水低下)

よって、計画実揚程は以下の通り求められる。

$$\text{実揚程} = 3,937.4 - (\text{井戸地点の地盤高} - 60.0)$$

以上から各々のポンプの計画揚程を表-5.3、5.4 従って求められる。

### c. ポンプの軸動力

ポンプの所要軸動力は送水量、計画揚程及びポンプ効率から次式により求める。

$$P = 0.163Q \cdot H / n \cdot (1 + \alpha)$$

ここに、P : ポンプ軸動力 (kw)

Q : 送水量 (m<sup>3</sup>/min)

n : ポンプ効率 (右図より)

α : 余裕 (10%)

$$\therefore P = 0.163 \times 0.694 \times H / 0.63 \times 1.1$$

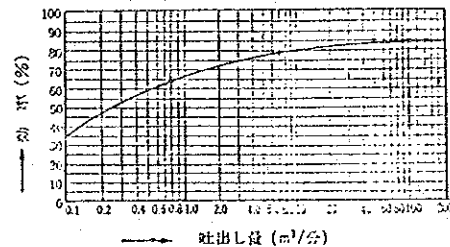


図 5.4.2-8 一般用ポンプの標準効率

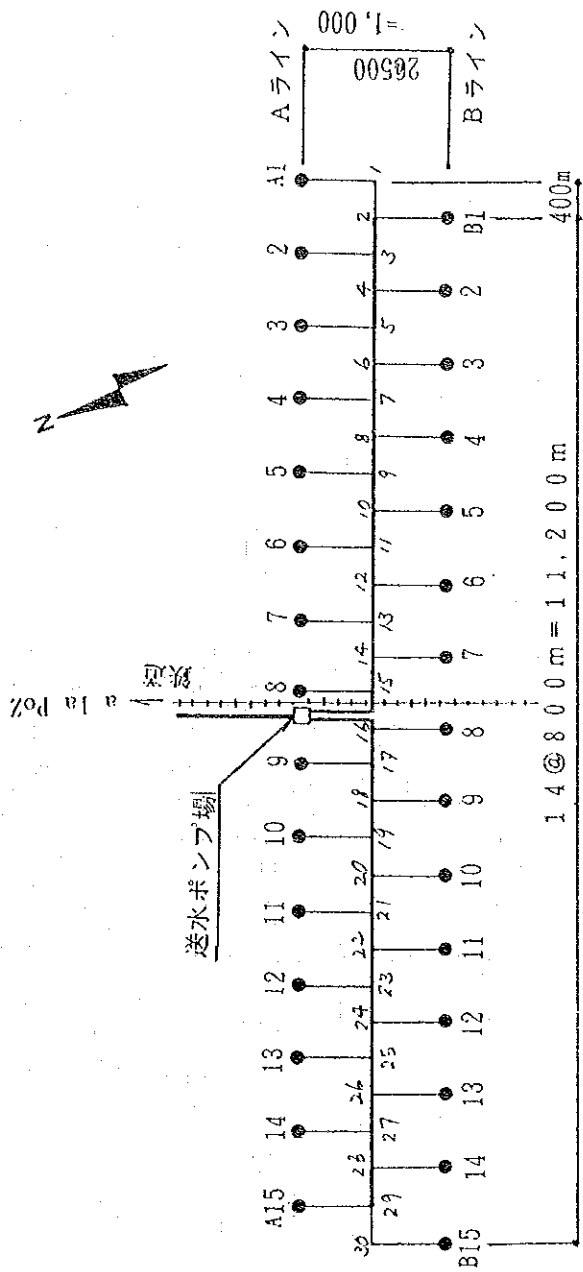


図 5.4.2-9 井戸ポンプ計算模式図

表 5.4.2-3 導水管および井戸ポンプ容量計算(2) - 1

	区間距離 $\ell$ (m)	管 径 D (mm)	流 量 Q (ℓ/sec)	動水勾配 I (%)	区間損失 $h_f = I \times \ell$ (m)	流 速 V (m/sec)
B15~30	500	φ 125	11.6	11.7	5.85	0.95
30~29	400	φ 125	11.6	11.7	4.68	0.95
29~28	"	φ 200	23.2	4.28	1.71	0.73
28~27	"	φ 250	34.8	3.06	1.22	0.71
27~26	"	φ 250	46.4	5.21	2.08	0.95
26~25	"	φ 300	58.0	3.24	1.30	0.82
25~24	"	φ 300	69.6	4.54	1.82	0.98
24~23	"	φ 350	81.2	2.85	1.14	0.84
23~22	"	φ 350	92.8	3.65	1.46	0.96
22~21	"	φ 350	104.4	4.53	1.81	1.08
21~20	"	φ 400	116.0	2.88	1.15	0.92
20~19	"	φ 400	127.6	3.43	1.37	1.02
19~18	"	φ 450	139.2	2.27	0.91	0.88
18~17	"	φ 450	150.8	2.63	1.05	0.95
17~16	"	φ 450	162.4	3.02	1.21	1.02
16~15	600	φ 500	174.0	2.05	1.95	0.89

表 5.4.2-2 導水管および井戸ポンプ容量計算 (1) - 1

	区間距離 $l$ (m)	管 径 D (mm)	流 量 Q (ℓ/sec)	動水勾配 I (‰)	区間損失 $I \times l$ (m)	流 速 V (m/sec)
A <sub>1</sub> ~1	500	φ125	11.6	11.7	5.85	0.95
1~2	400	φ125	11.6	11.7	4.68	0.95
2~3	"	φ200	23.2	4.28	1.71	0.73
3~4	"	φ250	34.8	3.06	1.22	0.71
4~5	"	φ250	46.4	5.21	2.08	0.95
5~6	"	φ300	58.0	3.24	1.30	0.82
6~7	"	φ300	69.6	4.54	1.82	0.98
7~8	"	φ350	81.2	2.85	1.14	0.84
8~9	"	φ350	92.8	3.65	1.46	0.96
9~10	"	φ350	104.4	4.53	1.81	1.08
10~11	"	φ400	116.0	2.88	1.15	0.92
11~12	"	φ400	127.6	3.43	1.37	1.02
12~13	"	φ450	139.2	2.27	0.91	0.88
13~14	"	φ450	150.8	2.63	1.05	0.95
14~15	"	φ450	162.4	3.02	1.21	1.02
15~P/S	800	φ500	174.0	2.05	1.74	0.89

表 5.4.2-4 計画全揚程とポンプ軸動力の計算 (1)

井戸 NO.	井戸位置 地盤高(m)	区間損失水頭 $h_1$	①追加 損失水頭	②枝管 損失水頭	③ポンプ回り 損失水頭	④=①+②+③ 全損失水頭	⑤ 実揚程	⑥=④+⑤ 全揚程 (m)	⑥×(1.05) 余裕	P (kw) 軸動力
A 8	3938.04	15~P/S 1.64	1.64	5.85	6.10	13.59	64.36	77.95	81.8	16.2
B 7	3926.81	14~15 1.21	2.85	"	"	14.80	75.59	90.39	94.9	18.7
A 7	3937.15	13~14 1.05	3.90	"	"	15.85	65.35	81.20	85.3	16.8
B 6	3926.29	12~13 0.91	4.81	"	"	16.76	76.11	92.87	97.5	19.3
A 6	3937.26	11~12 1.37	6.18	"	"	18.13	65.14	83.27	87.4	17.3
B 5	3926.70	10~11 1.15	7.33	"	"	19.28	75.70	94.98	99.7	19.7
A 5	3937.10	9~10 1.81	9.14	"	"	21.09	65.30	86.39	90.7	17.9
B 4	3925.88	8~9 1.46	10.60	"	"	22.55	76.52	99.07	104.0	20.5
A 4	3936.58	7~8 1.14	11.74	"	"	23.69	65.82	89.51	94.0	18.6
B 3	3925.80	6~7 1.82	13.56	"	"	25.51	76.60	102.11	107.2	21.2
A 3	3936.28	5~6 1.30	14.86	"	"	26.81	66.12	92.93	97.6	19.3
B 2	3925.70	4~5 2.08	16.94	"	"	28.89	76.70	105.59	110.9	21.9
A 2	3936.16	3~4 1.22	18.16	"	"	30.11	66.24	96.35	101.2	20.0
B 1	3925.66	2~3 1.71	19.87	"	"	31.82	76.74	108.56	114.0	22.5
A 1	3936.93	1~2 4.68	24.55	"	"	36.50	65.47	101.97	107.1	21.2



表 5.4.2-5 計画全揚程とポンプ軸動力の計算 (2)

井戸NO.	井戸位置 地盤高(m)	区間点	区間 $h_1$ 損失水頭	①追加 損失水頭	②枝管計 損失水頭	③ポンプ回り 損失水頭	④①+②+③全 損失水頭	⑤(m)	全揚程	(1.05)	P (kW)
B 8	3927.33	16~P/S	1.23	1.23	5.85	6.10(m)	13.18	75.07	88.25	92.7	18.3
A 9	3937.87	17~16	1.21	2.44	"	"	14.39	64.53	78.92	82.9	16.4
B 9	3927.79	18~17	1.05	3.49	"	"	15.44	74.61	90.05	94.5	18.7
A 1 0	3938.35	19~18	0.91	4.40	"	"	16.35	64.05	80.40	84.4	16.7
B 1 0	3929.16	20~19	1.37	5.77	"	"	17.72	73.24	90.96	95.5	18.9
A 1 1	3937.98	21~20	1.15	6.92	"	"	18.87	64.42	83.29	87.5	17.3
B 1 1	3928.48	22~21	1.81	8.73	"	"	20.68	73.92	94.60	99.3	19.6
A 1 2	3936.82	23~22	1.46	10.19	"	"	22.14	65.58	87.72	92.1	18.2
B 1 2	3926.68	24~23	1.14	11.33	"	"	23.28	75.72	99.00	104.0	20.5
A 1 3	3935.76	25~24	1.82	13.15	"	"	25.10	66.64	91.74	96.3	19.0
B 1 3	3924.29	26~25	1.30	14.45	"	"	26.40	78.11	104.51	109.7	21.7
A 1 4	3934.58	27~26	2.08	16.53	"	"	28.48	67.82	96.30	101.1	20.0
B 1 4	3923.76	28~27	1.22	17.75	"	"	29.70	78.64	108.34	113.8	22.5
A 1 5	3934.43	29~28	1.71	19.46	"	"	31.41	67.97	99.38	104.3	20.6
B 1 5	3923.33	30~29	4.68	24.14	"	"	36.09	79.07	115.16	120.9	23.9

(2) 送水施設

1) 送水ポンプ井

送水ポンプ井は沈砂を目的とする接合井とポンプ井とから構成される。

接合井の容量はその滞留時間を8分とする。

$$30,000 \times 8 / (24 \times 60) = 166.7 \text{ m}^3$$

構造寸法は 3.0m × 7.0m × 4.0m (有効水深) × 2槽 (容量 168m<sup>3</sup>) とする。

送水ポンプ井はポンプの起動頻度を考慮し継続停止時間を約20分とする。

$$30,000 \times 20 / (24 \times 60) = 416.7 \text{ m}^3$$

構造寸法は 7.5m × 7.0m × 4.0m (有効水深) × 2槽 (容量 420.0m<sup>3</sup>) とする。

2) 送水ポンプ

送水ポンプは上記の送水ポンプ井から後述の配水池へ送水する施設である。

a. 条件

計画最大送水量 : 30,000m<sup>3</sup>/日

送水管延長 : 6,000m

送水管管種 : ダクタイル鋳鉄管

送水管管径 : φ600mm

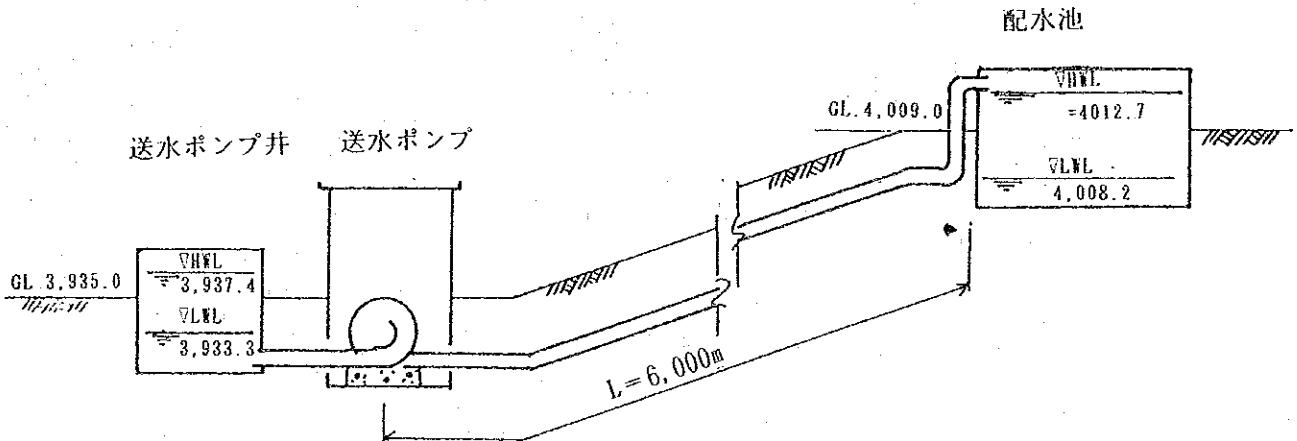


図 5.4.2 -10 送水ポンプ計算模式図

b. ポンプ台数

送水量の調節は台数制御で行うこととし、常時4台にて送水する。

$$1 \text{ 台当り送水量} = 30,000 \text{ m}^3 / (24 \times 60 \times 4 \text{ 台}) = 5.2 \text{ m}^3 / \text{min}$$

c. ポンプの口径

$$D = 146\sqrt{Q/v} \quad (\text{mm})$$

ここに、 $Q : 5.2 \text{ m}^3/\text{min}$ 、 $v : 2.5 \text{ m/sec}$

$$D = 146\sqrt{5.2/2.5} = 210(\text{mm}) \text{ より } \phi 250(\text{mm}) \text{ とする。}$$

d. ポンプの揚程

$$H = ha + \Sigma hf + h_0$$

ここに、 $H$  : 全揚程(m)

$ha$  : 実揚程(m)

$\Sigma hf$  : 管路の損失水頭の和(m)

$h_0$  : 管路末端の残留水頭(m)

・実揚程  $ha$  は、配水池の高水位(H. W. L) 4012.7 m及びポンプ井の低水位(L. W. L) 3933.3 mとの差である。 $ha = 4012.7 - 3933.3 = 79.4 \text{ m}$

・管路摩擦損失水頭  $\Delta hf_1$  はハーゼン・ウィリアム公式を使用する。

$$\Delta hf_1 = I \cdot \ell = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \cdot \ell$$

ここに  $I$ : 動水勾配

$C$ : 屈曲部の損失を含む場合の流速係数 110

$Q$ : 流量  $0.347(\text{m}^3/\text{sec})$

$\ell$ : 管路延長(m)

$$\Delta hf_1 = 10.666 \times 110^{-1.85} \times 0.60^{-4.87} \times 0.347^{1.85} \times 6,000 = 18.2 \text{ m}$$

また、ポンプ回り損失水頭  $\Delta hf_2$  は2.4m

・管路末端の残留水頭  $h_0 = 5.0(\text{m})$

よって全揚程は、以下の通りとなる。

$$H = ha + \Sigma hf + h_0 = 79.4 + (18.2 + 2.4) + 5.00 = 105 \text{ m}$$

e. 電動機出力の計算

$$P_m = P \cdot (1 + \alpha)$$

ここに  $P_m$ : 電動機出力

$\alpha$ : 余裕 10~15%

$P$ : ポンプ軸動力 (kw)

$$P = 0.163 \gamma Q H / \eta$$

ここに  $\gamma$ : 揚水する液体の単位体積当たりの重量で水の場合1.0 (kg/ℓ)

Q : 吐出し量 5.2(m<sup>3</sup>/min)

H : 全揚程 105(m)

$\eta$  : ポンプ効率 0.78

$$P = 0.163 \times 1.0 \times 5.2 \times 105 / 0.78 = 114.1 \text{ (kw)}$$

よって  $P_m = 114.1 \times (1 + 0.10 \sim 0.15) = 125.5 \sim 131.2$

よって両吸込多段渦巻ポンプ50HZ、4P、130KWとする。

吸込 $\phi$ 250mm、吐出 $\phi$ 150mm

### (3) 配水施設

配水池は給水量の時間変動を調整する機能を有するものである。また給水区で十分な水压を確保できる位置に設置することにより、自然流下による給水が可能となり経済的なシステムを実現するものである。

容量は1日最大給水量の4時間分とする。

$$Q = 30,000 \times 4 / 24 = 5,000 \text{ m}^3$$

### (4) 配管設計

#### 1) 管種

##### a. 導水管

導水管は井戸から送水ポンプ場までの区間に敷設され、管の口径は $\phi$ 125mmから500mmまでで、このうち $\phi$ 125mmは管内圧力はほぼ5.5kg/cm<sup>2</sup>から3kg/cm<sup>2</sup>の範囲にあり、水道管専用路面下に布設され外圧も小なることから、塩ビ管とする。それ以外の本管敷設部は将来、幹線道路となることが予想され、重車両の通行等を考慮しダクタイル鋳鉄管とする。管種は管内圧力が小さいためT型3種管とする。

##### b. 送水管

送水管は送水ポンプ場から配水池までの6kmに敷設するもので、管径600mm、管内圧力は10kg/cm<sup>2</sup>を越える。またポンプ急停止時のウォーターハンマーを考慮してダクタイル鋳鉄管T型3種管とする。

##### c. 配水管

配水管は配水池から給水区域までの配管で、管径は700mmから200mmまでの範囲にある。管内圧力は末端でほぼ6kg/cm<sup>2</sup>であり、維持補修性を考慮しダクタイル鋳鉄管T型3種管とする。



## 2) 施工

配管の敷設方法はすべて開削工法とする。SAMAPAの基準から土被り1.0 m、配管ルート上にある3カ所の鉄道横断部は管理上から二重管とし鞘管をあらかじめ敷設しその中に本管を敷設する。また、リオ・セコの横断部は伏せ越し配管とする。

## 3) 付帯設備

仕切弁、排泥弁および空気弁等は前述5.1で示した「水道施設設計指針」に従って、適宜設置する。

## (5) 電気設備設計

ポンプステーションおよび各深井戸の電源は、近くに建設される主変電所にて、69KVより6.9KVに降圧し供給される。6.9KVにて受電された電源はポンプステーションおよび井戸群Aライン、Bラインの3系統にて供給される。

井戸群Aライン、Bラインへの電力は6.9KVにて配電され、各井戸の近くに設けた変圧器にて380V/220V 3φ4Wに降圧され、各ポンプのコントロール盤へ供給される。電源を供給されたコントロール盤により水中ポンプの運転・操作をする。配水池に設ける電気設備は上記ポンプステーションおよび井戸ポンプ電線とは別系統の電線で供給される。その電線は配水池の近くに配線されている既設の市街配線より分岐、供給されるものである。

### 1) 主変電設備

#### a. 主変電設備位置

主受・変電所は既設送電線の直下に設けることとする。供給される電源は3φ3W 69,000V 50Hzである。

#### b. 受電設備容量

変圧器容量(T)は次式による

$$T = \frac{P}{\cos \theta} \times \beta \times d \quad \text{----- (1)}$$

P : 総合負荷設備 (kw)  
 $\cos \theta$  : 総合力率 (=0.85)  
 $\beta$  : 需要率 (=1.0)  
d : 余裕率 (=1.1)

負荷設備

ポンプステーション		528.431
井戸	15kw × 4	60
"	18.5kw × 24	444
"	22kw × 2	44
所内電源		20
合計		1,096.431kw

(1) 式より

$$T = \frac{1,096.431}{0.85} \times 1.0 \times 1.1 = 1,418.9 \text{ KVA}$$

よって、次の仕様の変圧器1台を設備する。

1次電圧 3φ 3w 69,000V 50Hz

2次電圧 3φ 3w 6,900V 50Hz

変圧器容量 1,500KVA

油入冷却式

タップ切替付

c. 負荷引出し回路は、6,900V 架空線1回線とする。

d. 変電所保護設備

本設備に以下のものを含む。

- ・過負荷保護
- ・地路保護
- ・変圧器油温
- ・変圧器差圧力
- ・避雷器
- ・変電設備操作電源用変圧器
- ・コントロール室用建物（ポリビア側建造）

## 2) 各井戸の電気設備

ボリビア国側で設置した電柱に変圧器を架設し、送電線より供給された6.9 kv、3φ、3w から380v/220v、3φ、4wに降圧しコントロール盤へ供給される。

水中ポンプの容量及び台数は下記による

15 kw	3φ	3w	380 v	4台
18.5kw	3φ	3w	380 v	24台
22 kw	3φ	3w	380 v	2台

各井戸の変圧器容量 (T) は次式による

$$T = \frac{P(kw)}{\cos \theta} \times \beta \times d$$

ここに、P : 負荷設備 (15kw, 18.5kw 及び 22kw)

cosθ : 総合力率 (0.85)

β : 需要率 (1.0)

d : 余裕率 (起動電流を考慮し1.15とする。)

・ P = 15kwの場合

$$T = \frac{15}{0.85} \times 1.0 \times 1.15 \approx 20.29KVA$$

・ P = 18.5kw の場合

$$T = \frac{18.5}{0.85} \times 1.0 \times 1.15 \approx 25.63KVA$$

・ P = 22kw の場合

$$T = \frac{22kw}{0.85} \times 1.0 \times 1.15 \approx 26.76KVA$$

よって、変圧器容量は15kwポンプに対し25KVA、3φ、4w、380v/220vとし、18.5kw及び22kwポンプに対しては、30kVA、3φ 4w 380v/220vとする。なお、落雷等による異常電圧の進入から機器を保護するため避雷器を設ける。

## 3) 送水ポンプ場の電気設備

6.9KV で供給された電源をコントロール室の前に設けた変電所で変圧器にて380/220v、3φ、4wに降圧し近くの分電盤にて配電し、分電盤よりケーブルにてコントロール盤へ電源を供給し、各負荷へ電気を供給する。



a. 変電設備

変圧器容量 (T) は次式による。

$$T = \frac{P}{\cos \theta} \times \beta \times d$$

ここに、

P	: 負荷設備	528.431kw
COS θ	: 総合力率	0.75と仮定
β	: 需要率	0.95
d	: 余裕率	1.1とする

負荷設備: Pの計算

送水ポンプ	130kw	3φ3w	380v × 4台
塩素滅菌装置	1.5kw	3φ3w	380v × 1台
照明設備	5.431kw	1φ2w	220v × 1式
コントロール盤	1.5KVA	× 1台	
合計	528.431kw		

よって変圧器容量は次式結果から、750KVA 3φ 4w の電圧器 1台とする。

$$T = \frac{528.431}{0.75} \times 0.95 \times 1.1 = 736.28KVA$$

b. 配電盤とバスダクト

配電盤は、変圧器からの電源をコントロール盤へ配電するもので、屋外に据付ける為、防水・防雨型とする。

変圧器から配電盤への配線は大容量となる為、バスダクトを使用する。

バスダクトの容量は下記による。

$$I = \frac{P}{\sqrt{3v} \cos \theta} \times d$$

ここに、I : バスダクト電流 (A)

P (kW): 負荷設備容量 (528.431kW)

V : 使用電圧 (380v)

COS θ : 総合力率 0.75

d : 余裕率 1.1

よって、

$$I = \frac{528.431 \text{kw}}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.75} \times 1.1 = 1,178 \text{A}$$

よってバスダクトは、1,500A 380V 3φ 4wを使用するもとする。

#### c. コンデンサー

電力使用のほとんどが容量の大きな電動機で、ポンプ運転台数の変化にともなう使用電力の変化に対応するため、コンデンサーを設置し、力率を改善し送電の効率を良くする。

コンデンサーの容量は下記による。

$$\frac{\theta_c}{W} = \sqrt{\left(\frac{1}{\cos^2 \theta_0} - 1\right)} - \sqrt{\left(\frac{1}{\cos^2 \theta} - 1\right)}$$

ここに、W : 負荷設備容量 (= 528.431kw)

$\cos \theta$  : 総合力率 (= 0.75)

$\cos \theta$  : 改善後の力率 (= 0.95)

$\theta_c$  : 求めるコンデンサー容量

$$\frac{\theta_c}{528,431} = \sqrt{\left(\frac{1}{0.75^2} - 1\right)} - \sqrt{\left(\frac{1}{0.95^2} - 1\right)}$$

$$\therefore \theta_c = 292.3 \text{ KVA}$$

よってコンデンサー容量は300KVAとなり、これをまかなうため200KVA 1台、100KVA 1台の2台配置とする。

#### d. 避雷器

エル・アルト地区での落雷被害を避けるため、避雷器を取付ける。

### 4) 配線

主変電所にて電圧を下げた6.9KVをAライン、Bライン分岐して電線する。電線のサイズは許容電流容量と電圧降下の度合いにより最適なサイズを選定する。配線形態は全て架空配線とし、6,900V用として一般的に使用されているACSC線を使用する。また本地区の厳しい気象条件を考慮し安全度の高い被覆型とし、屋外用鋼心アルミ導体ポリエチレン電線(ACSR-OE)とする。

#### a. 許容電流からの選定

許容電流の算定は次による。

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \theta} \text{-----線電流}$$

P : 負荷設備 (kw)

V : 電圧 6,900V

COS  $\theta$  : 総合力率 0.85

以上から求めた線電流は電線の許容電流 > 線電流 を満足するものとする。

b. 電圧降下を考慮した選定

電圧降下より電線を選定した場合の許容電圧降下は末端で2%迄とする。

電圧降下(e)算出式は次による。

$$e = \sqrt{3} I \cdot R \cdot (\text{COS } \theta + X \cdot \text{SIN } \theta)$$

e : 電圧降下 (V)

I : 線電流 (<135A)

R : 電線単位当たりのインピーダンス (1.19  $\Omega$ /km)

X : 電線単位当たりのリアクタンス ( $\Omega$ )

COS  $\theta$  : 負荷の力率 : 0.85

ただし架空電線でありリアクタンス分は極小であるため無視し

$$l = \sqrt{3} I \cdot R \cdot \text{COS } \theta$$

として計算する。

電線のサイズは表 5.4.2-6,7 電流/電圧降下の計算表から 25 mm<sup>2</sup> とする。落雷には配電線の上部に架空地線を設け、各井戸部で接地する。

表 5.4.2-6 電流及び電圧降下 (Aライン)

径間	A1~A2	A2~A3	A3~A4	A4~A5	A5~A6	A6~A7	A7~A8	A8~分岐点、変電所	Total	電圧降下
負荷容量 P (Kw)	18.5	37.0	55.5	74.0	92.5	111.0	126.0	141.0	263.5	263.5
線電流 I (A)	1.82	3.64	5.46	7.28	9.11	10.93	12.4	13.88	25.94	25.94
径間長さ (m)	800	800	800	800	800	800	800	700	500	6,800
インダクタンス R (Ω)	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.833	0.595	8.092
電圧降下 e (V)	2.55	5.10	7.65	10.20	12.77	15.32	17.38	17.10	22.72	93.69
										1.36%

表 5.4.2-7 電流及び電圧降下 (Bライン)

径間	B1~B2	B2~B3	B3~B4	B4~B5	B5~B6	B6~B7	B7~B8	B8~分岐点、変電所	Total	電圧降下
負荷容量 P (Kw)	22.0	40.5	59.0	77.5	96.0	114.5	133.0	151.5	284.5	284.5
線電流 I (A)	2.17	3.99	5.81	7.63	9.45	11.27	13.09	14.90	28.00	28.00
径間長さ (m)	800	800	800	800	800	800	800	600	500	6,700
インダクタンス R (Ω)	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.714	0.595	7.973
電圧降下 e (V)	3.04	5.60	8.14	10.70	13.25	15.80	18.35	15.70	24.53	115.1
										1.67%

5. 4. 3 設計計画のまとめ

施設計画において検討し、決定された施設の数量および規格は表 5.4.3 の通りである。

表 5.4.3 計画施設概要

工 種	工事数量	規 格	数 量
1 取水施設			
(1)取水井戸	30井	φ250mm、深90m、スクリーン長さ18m	30本
(2)水中ポンプ	30本	φ80mm, Head=82~85m, 15kw	4台
		φ80mm, Head=93~107m, 18.5kw	24台
		φ80mm, Head=114~121m, 22kw	2台
(3)ポンプ管理室	30棟	10m <sup>2</sup> /棟、RC・レンガ積み	30棟
2 導水施設			
(1)導水管	27,600m	φ125mm, 塩化ビニール管	15,800m
		φ200mm, ダクタイル鋳鉄管T型3種	800m
		φ250mm, ダクタイル鋳鉄管T型3種	1,600m
		φ300mm, ダクタイル鋳鉄管T型3種	1,600m
		φ350mm, ダクタイル鋳鉄管T型3種	2,400m
		φ400mm, ダクタイル鋳鉄管T型3種	1,600m
		φ450mm, ダクタイル鋳鉄管T型3種	2,400m
		φ500mm, ダクタイル鋳鉄管T型3種	1,400m
3 送水施設			
(1)送水ポンプ井	1池	接合井容量:168m <sup>3</sup> (8.0分)、ポンプ井容量:420m <sup>3</sup> (20.0分) 半地下式RC構造	588m <sup>3</sup>
(2)送水ポンプ室上屋	1棟	RC・レンガ積み構造	207m <sup>2</sup>
		ポンプ室:半地下式	96m <sup>2</sup>
		操作室/電気室	27m <sup>2</sup>
		試験室	24m <sup>2</sup>
		事務室	24m <sup>2</sup>
		塩素滅菌装置室	9m <sup>2</sup>
		塩素ポンベ室	9m <sup>2</sup>
(3)ポンプ設備	5台	φ250×150mm, Head=105m, 130kw, 内1台は予備 Q=5.2m <sup>3</sup> /min 1台, 両吸込多段渦巻き型	5台
		室内配管:鋼管, 弁類	1式
		塩素滅菌装置	1式
		手動式ホイスブロック	1式
		コントロール盤	1式
(4)送水管	6,000m	φ600mm, ダクタイル鋳鉄管T型3種	6,000m

工 種	工事数量	規 格	数 量
4 配水施設			
(1)配水池	1基	5,000m <sup>3</sup> , 半地下式RC構造	1基
(2)配水管	9,350m	φ200mm, ダクタイル鋳鉄管T型3種	1,500 m
		φ300mm, ダクタイル鋳鉄管T型3種	1,500 m
		φ350mm, ダクタイル鋳鉄管T型3種	1,750 m
		φ400mm, ダクタイル鋳鉄管T型3種	1,000 m
		φ450mm, ダクタイル鋳鉄管T型3種	750 m
		φ600mm, ダクタイル鋳鉄管T型3種	1,150 m
		φ700mm, ダクタイル鋳鉄管T型3種	1,700 m
5 電気施設			
(1)主変電設備	1基	69 kv/6.9 kv, 1,500 KVA, 50 Hz	1式
(2)配線工	25km	6.9 kv, 3φ3w, 主配線 φ25 mm <sup>2</sup>	1式
(3)井戸用変電設備	30基	6.9 kv/380 v/220 v, 25 KVA	4基
		6.9 kv/380 v/220 v, 30 KVA	26基
(4)送水ポンプ	1基	6.9 kv/380 v/220 v, 750 KVA	1基

## 5. 5 概算事業費

本事業において建設に係る総事業費は26.46億円と見込まれ、そのうち日本側負担分23.83億円、ボリビア国負担分2.63億円と見込まれる。

## 5. 6 基本設計図

基本計画図は以下のリストの通りである。

- ・施設全体平面図
- ・計画井戸構造図
- ・井戸上屋構造図
- ・ポンプ場平面図
- ・ポンプ井構造図（接合井, ポンプ井）
- ・ポンプ室構造図
- ・ポンプ配置図
- ・配水池構造図
- ・配線系統図
- ・主変電設備図
- ・ポンプ場配線模式図
- ・付帯設備図（配管, 塩碱, 鉄道横断）

なお、各図面は巻末の基本設計図面にまとめて添付する。

## 第6章 事業実施計画

### 6. 1 実施組織

#### 6. 1. 1 実施体制

本事業のボリビア国側の実施主体はSAMAPAである。機関の長はラパス市長であるが、実質的な長は Gerencia General (ジェネラルマネージャー)であり、コンサルタント契約、業者契約等の契約主はこのジェネラルマネージャーとなる予定である。

SAMAPAの上級関係官庁はラパス市長、厚生省、企画調整省等であり、業務の実施に関する協力が得られる体制にある。交換公文締結においては、ボリビア国側は企画調整省が主サイナー SAMAPAが副サイナーとなる。

よって援助目的、援助内容、供与資金額、供与期限等について取り決められた交換公文が日本およびボリビア国政府との間で署名交換された後、SAMAPAはJICAの推薦する日本国のコンサルタントと実施設計の業務契約を行うこととなる。コンサルタントは実施設計の範囲において入札業務を行い、ボリビア政府は日本国籍を有するコントラクターと業務契約を行う。入札により決定した落札者の契約書を日本政府が承認した時点より工事は着手可能となる。コントラクターは、必要に応じてボリビア国のサブコントラクターを使用し工事を完了させ、試運転、調整を終え本プロジェクトを終了する。

#### 6. 1. 2 実施設計および施工管理

業務は実施設計と施工管理に分けられ、その内容は概略以下のとおりである。

##### 1) 実施設計

###### a. 現地調査

基本設計時の気象・水文、地形・地質、建設資材、労務、施工法等の資料を 補完し、実施設計に必要な諸条件を現地で再確認する。

###### b. 実施設計

入札図書の作成に先立ち、詳細実施設計の実施、詳細工事費の積算、施工計画を作成する。

###### c. 入札業務

入札書類の作成、入札資格審査の補助、入札の立会い、入札結果の評価、工事契約交渉の補助および工事契約締結のための補助を行う。



## 2) 施工管理

### a. 監督業務

着手前関係者協議、設計図の承認業務、出荷前資機材検査、現地施設工事管理、機器据付工事立会い、工事期間中の業務報告書の作成、工事完成証明書および支払い証明書の発行、竣工検査等を行う。

### b. 工事完了時業務

竣工証明書の発行、竣工引渡し手続き業務、最終業務報告書、業務完了手続き等を行う。

### c. 運営維持管理

取水井戸、受変電設備、配水機場、貯水施設、導配水管の運営維持管理指針および維持・管理計画の作成を行う。

## 6. 1. 3 工事の方法

着工から完成までの実施工程スケジュールはコントラクターが作成しコンサルタントが承認した施工計画書に従い実施される。施工計画書には工事実施スケジュール、施工管理、従事者経歴、人員計画表、施工方法等が明記される。

## 6. 2 事業分担範囲

本事業は日本政府とボリビア政府とが協力して工事を完成させるものであり、その工事分担区分は下記の通りである。

項 目	分 担	
	日 本	ボリビア
国内輸送（エル・アルト税関～現場）		○
資機材、役務に課される関税、内国税、 その他財政課徴金の免除		○
土地の確保		○
工事用道路の建設		○
諸施設用地の整地		○
井戸の建設	○	
井戸の建屋の建設		○
導水管の布設	○	
ポンプ井、ポンプ室の建設	○	
ポンプ場外構工事		○
送電に係る土木工事		○
主変電所土建工事		○
電気設備工事	○	
送水管布設工事	○	
配水池建設工事	○	
同上場外構工事		○
敷地外給排水および電話工事		○

### 6. 3 資機材調達計画

資機材は日本産品とボリビア産品および特に使用を許可された第三国産品からなる。

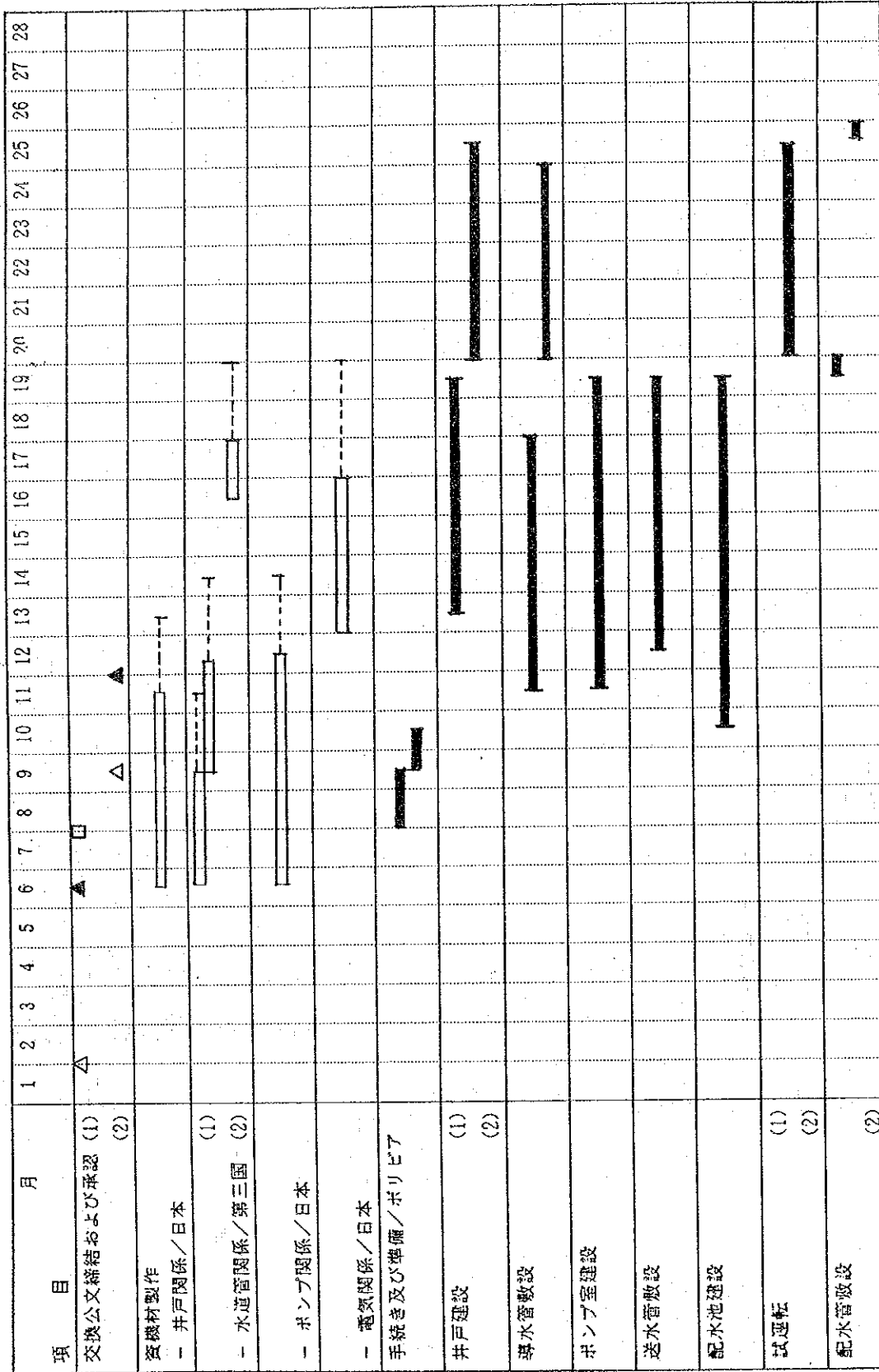
日本産品および第三国産品は落札者からの資機材承認申請図書が入札仕様書に記載された性能、強度等の条件を満たすかどうかのコンサルタントによる審査を受ける。その後必要に応じて製造業者の製造期間中または製作完了後にコンサルタントの検査、テスト立会いを経てコンサルタントの承認を受けて梱包する。梱包完了後コンサルタントの承認を受けて船積される。

日本産品は日本からチリー国アリカ港まで海上輸送され、アリカ経由ボリビア国エル・アルトの通関所に陸上輸送され通関し建設現場に運搬される。第三国産品は産出国より直接通関所に陸送される。なお、エル・アルト通関所までの運搬費は日本国負担とし、ボリビア国の通関と建設現場資機材置場間での運搬費はボリビア国負担とする。

### 6. 4 事業実施スケジュール

事業実施スケジュールは表 6.4-1 の通りであり、交換公文締結後 2.4 カ月を予定する。

エル・アルト地区地下水開発事業建設計画



△ E/N 交換公文締結 (1) 第1期 製作  
 ▲ 建設契約 (2) 第2期 海上及び国内輸送  
 □ A/P 支払証明 工事

## 6. 5 維持管理計画

### 6. 5. 1 維持管理体制

本プロジェクトの維持管理体制はSAMAPAによって整備される。SAMAPAは現在、維持管理局を4部制により運営しているが、本プロジェクト着工後は開発調査、基本設計調査を担当したプロジェクトチーム構成員を中心に地下水部を新たに編成し、5部制で運営する予定とする（図4.3.6参照）。

施工期間中は地下水部の技術者及び技能者に対し、On the Job Trainingにより、日本側技能者により技術移転、技術・技能移転を計る。また、完成後は引き続きこの地下水部を中心に、実施設計時にコンサルタントによって作成される維持管理マニュアルに従い、運転者11名を含む総勢21名により、計画、運転、拡張を含む維持管理を行う。

これら維持管理に関する技術的、技能的能力は既存施設の維持管理状況や開発調査、基本設計調査を通じての対応状況等から問題ないものと判断する。

建設完了後、給水量の増加、施設の拡張に伴い目標年次2009年においては構成員は総勢43名が予想され、SAMAPA本部に6名、施設運転に13名、エル・アルトSAMAPA分室に24名が所属することとなる。これら要員の確保についてはSAMAPAの給与状況、ボリビア国の失業者状況等から考え、必要に応じた人員の確保は容易と判断される。計画目標年次における構成員は下表の通りである。

表 6.5.1 地下水部人員編成表

職種	人数	業務内容	配置	資格(級)				
				2	3	4	5	6
管理	2	全体の管理	本部 1、エル・アルト 1	1	-	1	-	-
計画	2	拡張、補修等の計画	本部 1、エル・アルト 1	1	-	1	-	-
技術	13	運転、修繕、拡張	本部 1、運転 13、工事 5	-	2	2	4	5
運営	6	庶務、広報、折衝	本部 1、エル・アルト 5	-	1	1	2	2
経理	20	検針、集金、会計、予算	本部 2、エル・アルト 18	-	1	1	2	16

### 6. 5. 2 維持管理費

本プロジェクトが完成後、飲料水として安全な水を安定して供給するためには、料金収入で施設が維持管理できることと、SAMAPA全体として他の施設も含め財政的に健全な運営ができることが条件となる。

過去、SAMAPAは恒常的赤字体質であるとのことであったが、昨年、一昨年において水道メータの設置の効果が現れ、昨年度には単年度ではあるが初めて黒字に転じ、現在

もなお水道メータの設置を進めていることから、今後も財政的に健全な運営が期待できるものと判断される。

SAMAPAは現在、水使用者の経済状況と使用量により料金を設定している。基本料金を例にとると最も高い場合、大口工場で1 m<sup>3</sup>当たり約1 Bs (54 円)である。最も安い場合、低所得者の多い本プロジェクトの給水対象地区であるエル・アルト住民に対しては1 m<sup>3</sup>当たり0.16 Bs (約9 円)としており、約6 倍の差をつけている。

よって、本プロジェクト完成後の維持管理費算定に当たっては、エル・アルト地区の平均単価として1 m<sup>3</sup>当たり0.18 Bs (約10円)を採用し、人件費、薬品費等 1988年4月時点の単価で試算した結果、下表の通りとなった。なお有収水量率は80%とした。なお、詳細な維持管理費の計算は巻末資料を参照されたい。

表 6.5.2 収入と支出(1日当たり)

年 度	1991	2000	2004	2009
給水量 (M <sup>3</sup> /日)	4,785	13,010	20,738	30,000
A 収入 (Bs)	689.0	1,873.4	2,986.3	4,320.0
電力料	580.4	678.6	680.7	1,055.4
人件費	473.2	735.7	966.1	1,232.1
薬品費	3.6	12.5	19.6	28.6
消耗品費	51.8	83.9	128.6	230.4
B 支出 (Bs)	1,109.0	1,510.7	1,975.0	2,547.5
A/B	0.62	1.24	1.51	1.70

電力料の基本料金は電力使用量に関係無く定額である。したがって、建設直後は水供給量が少ないので電力使用量が少ないにも拘わらず、電力料が割高なため、赤字運営の原因となっている。一方、給水量が増加することにより、年々収支バランスが改善され、1997年に黒字に転じ、計画目標年次においては40%の粗利が見込まれ、年間53.6万円(約3.000万円)を越える黒字が見込める。

ただし、これら電力料はCOBEEの定額により算出したものである。本プロジェクトにおいて本来COBEEが各使用場所まで電力供給設備を設置すべき所をSAMAPAすなわち日本政府の無償援助により設備の機器が供給されることから、これらを配慮した本プロジェクト用の低廉な電力料の設定をボリビア国のSAMAPA、COBEE及び関係省庁の間で調整すべきであると判断する。

## 第7章 事業評価

### 7.1 事業効果

ボリビア国首都ラパス市は人口100万人でボリビア国最大の都市であり、周辺国首都と同様人口は増加の一途をたどっている。同市はチョコヤブ河の峡谷に発達した町で、人口は飽和状態に近く増加する人口を受け入れる余地がない。そのためラパス市に隣接するエル・アルト市が受け入れ先となり、新住宅団地の建設、失業鉱山労働者の国内移住用団地の建設等、急増する人口に対する都市機能の整備が重要にして緊急な課題となっている。

都市機能整備の中でも道路建設、電力整備は新住宅団地建設と並行して整備されつつあるが、既存給水区域外に居住する住民は高価な売水や汚染された浅井戸に頼らざるを得ないため、公共水道が整備され安価で安全な水が供給されることを最も渴望している状況である。

エル・アルト市における水道は、標高4,500mにあるトゥニー湖の原水を35kmの導水管路によってエル・アルト浄水場で処理した後、給水しているが、近年の人口増加により、需要量が給水量を上回るようになり、既存給水区域においても、乾期には日常的な断水が生じている。また、この水源は可能な限り有効利用されており、資金的にも時間的にも新たな開発が困難であるため、水不足問題の解決は地下水を利用すること以外に無い。

本事業が完成することにより、日量約30,000m<sup>3</sup>の飲料に適した水を約20年間エル・アルト市へ安定供給することが可能となり、かつ、本プロジェクトの計画給水地区は、現在SAMAPAが遂行しているマスタープランにおける計画給水地区をカバーしていることから、本事業によりSAMAPAは給水量を他地域へ変換することが可能であり、エル・アルト市全体の水道事情の改善を促進できる。

以上の背景に鑑み、当地区に対して生活用水の安定供給を行い得る本プロジェクトを日本政府の無償援助で可及的速やかに実施することは、エル・アルト市の公衆衛生の向上と生活環境の改善に寄与し、水供給を受ける住民に恩恵を与えることに加え、ボリビア国が主要な目標の一つとしている国民生活の安定化政策に大きく寄与することとなる。

また、ボリビア国においては、今後地下水開発を促進することが必至であるため、本プロジェクトを実施することによる地下水開発に関する技術の習得は、エル・アルト地区以外の類似プロジェクトを遂行する上で同国にとって大変有意義なテクノロジー移転を行うことにもなりその効果は多大と判断する。

## 7. 2 妥当性

### 7. 2. 1 技術的妥当性

水質的に満足される水を、目標年次2009年まで需要量に見合う量を安定して供給可能であり、かつ本計画施設は現在のSAMAPAの技術力により充分運転管理が可能と判断される。

### 7. 2. 2 財政的妥当性

建設当初は運営費が収入を上回るものの1997年に収支はバランスし目標年次2009年には本プロジェクトによる累積黒字が見込める。又SAMAPA全体の財務状況から判断しても適切な維持管理予算の運用が見込める。

### 7. 2. 3 環境評価

本プロジェクトが完成し、揚水開始と同時に井戸群を中心として、地下水位の低下が発生する。地下水低下量は2000年においては井戸地点で6m、2009年では21m、また影響範囲は2009年には井戸から約1.5kmの範囲に対して影響を与えることがシミュレーション結果から予測された。

現在、井戸建設予定地付近の住民は浅井戸を使用しており、地下水が低下した場合、これらの地区に対しては、計画施設から飲料水を供給することによりこの問題を解決すべきであろう。

計画取水地域には計画住宅団地用のINSAとCOVIMAの既存井戸があるが、INSAは現在使用されておらず、またCOVIMAは日量約30m<sup>3</sup>の水使用を期待している。従って、COVIMAに対しては本プロジェクトにより生産される飲料水を供給することが必要であろう。エル・アルト地区にある他の既存井戸への影響はないものと判断する。



## 第8章 結論と提言

### 8.1 結論

本事業を日本国政府の無償資金協力により実施することは、地域住民の公衆衛生の向上と生活環境の改善に寄与できるものと確信する。

### 8.2 提言

本事業は、住民の生活の安定と向上に大きな効果を発揮するものと期待されており、早急に建設の実施に移されることが望まれるところである。

そのため、ボリビア国政府においては下記の事項について対処されることを提言する。

- (1) 工事着手に当たってはボリビア国の事業分担範囲において遅滞なく事前準備を行うこと。
- (2) 工事完成後収支バランスを健全なものとし、よりよい維持管理を行うために上記に示す配慮をすること。

#### 1) 水道料金の改定

計画対象地区住民は低所得者が多いことから政策上の理由もあり、現況では健全な運営を期待できる料金以下で、かつ最も低い料金となっている。よって当地区の発展状況にあわせ随時料金を改定し健全な運営状況を創出することを提言する。

#### 2) 電力料の契約変更

本来電力供給に関する工事は電力供給会社が行うべき所を、諸事情により日本の無償援助額内に一部含んでいる経緯もあり、かつ低所得者の民生安定に寄与する事業であることを助案し、より低廉な電力供給が可能になるよう関係各位の努力を期待する。

- (3) 本事業を実施することにより、本施設からSAMAPAが現在推進しているマスタープランの計画給水地区への給水が可能となるため、SAMAPAは本計画を組み込んだマスタープランの見直しを行い、本プロジェクトの有効な活用について検討すること。
- (4) 本計画は2009年を目標年次としており、計画水源は有限であるため、目標年次以降の水需要の増加に対応するために、新たな水源の確保について計画を策定し、準備すること。

(5) 給水量の増加は、同時に家庭排水の増加を伴うため、下水道施設を完備する必要がある。SAMAPAはエル・アルトの下水道整備について西ドイツ政府の技術援助により作成されたマスタープランにのっとり、近年中にこれを実施する計画をもっているが、本計画を組み入れたマスタープランのレビューを早急に行うこと。

## 添付資料



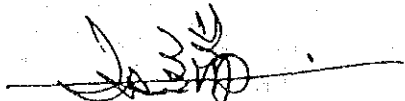
MINUTES OF DISCUSSIONS  
ON  
THE BASIC DESIGN STUDY  
ON  
THE PROJECT FOR GROUNDWATER DEVELOPMENT  
AT EL ALTO CITY  
IN  
THE REPUBLIC OF BOLIVIA


In response to the request made by the Government of the Republic of Bolivia for Groundwater Development Project at El Alto City (hereinafter referred to as "the Project"), the Government of Japan decided to conduct a Basic Design Study on the Project and entrusted the Japan International Cooperation Agency (JICA) to send the Basic Design Study Team (hereinafter referred to as "the Team") headed by Mr. Norio Nishihata, Deputy Head of the First Basic Design Study Division, Grant Aid Planning and Survey Department, JICA from March 25 to April 8, 1988.

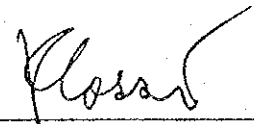
The Team had a series of discussions with the authorities concerned of the Government of the Republic of Bolivia, headed by Ing. Luis Aliaga Doria Medina, General Manager of Servicio Autónomo Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (SAMAPA), and conducted a field survey in El Alto City.

As a result of the Study, both parties have agreed to recommend to their respective Governments that the major points of understandings reached between them as attached herewith should be examined towards the realisation of the Project.

La Paz, April 4, 1988

  
Mr. Norio Nishihata  
Leader  
Basic Design Study Team  
JICA

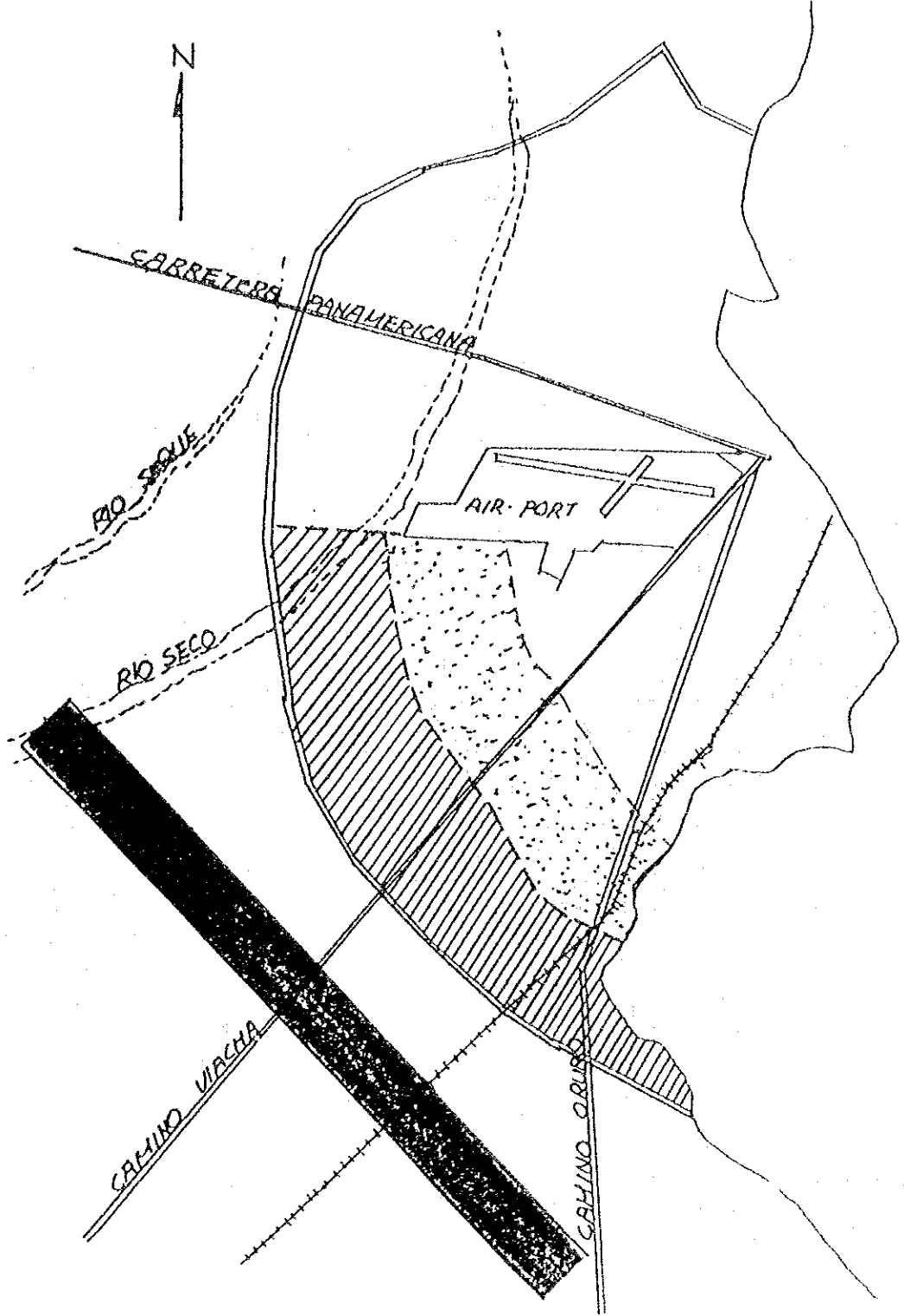
  
Ing. Luis Aliaga Doria Medina  
General Manager  
SAMAPA

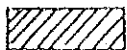
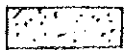
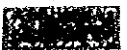
  
Lic. Fernando Cossio  
Vice-Minister in charge of Public Investment  
and International Cooperation,  
Ministry of Planning and Coordination

## ATTACHMENTS

1. The objective of the Project is to develop a water supply system, using the groundwater as water source, in the southern part of El Alto City.
2. The project area is in the southern part of El Alto City, which is shown in Annex I.
3. The Servicio Autónomo Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (SAMAPA) will be responsible for the administration and execution of the Project.
4. The Team will convey to the Government of Japan the desire of the Government of the Republic of Bolivia which is listed in Annex II under the Japan's Grant Aid Scheme.
5. The Government of Bolivia understood Japan's Grant Aid System as explained by the Team.
6. The Government of Bolivia will take necessary measures listed in Annex III on condition that Grant Aid by the Government of Japan is extended to the Project.

The project area



-  Supply Area A
-  Supply Area B  
(excluding distribution pipes)
-  Well Site

Requests made by the Government of the Republic of Bolivia

Main facilities to be provided for the project under the Japan's Grant Aid are as follows;

- a. Intake facilities
- b. Conveyance facilities
- c. Pumping station and transmission facilities
- d. Reservoir and distribution facilities
- e. Electrical facilities
- f. Appurtenant facilities

*Handwritten mark*

*Handwritten mark*

*Handwritten mark*



Arrangements to be taken by the Government  
of the Republic of Bolivia

1. To secure land necessary for the construction of the facilities and to clear, fill and level the site as needed before the start of the construction.
2. To construct and prepare the access road to the project site.
3. To provide facilities for the distribution of electricity, gas, telephone and other incidental facilities.
4. To provide the space necessary for temporary offices, working areas, stock yards and others.
5. To ensure prompt unloading, tax exemption and customs clearance at port of disembarkation and prompt internal transportation therein of the products purchased under the grant.
6. To exempt Japanese nationals engaged on the Project from customs duties, internal taxes and other fiscal levies which may be imposed in the Republic of Bolivia with respect to the supply of the products and the services under the verified contracts.
7. To accord without delay to Japanese national whose services may be required in connection with the supply of the products and services under the verified contract such facilities as may be necessary for their entry into the Republic of Bolivia and their entry into the performance of their work.
8. To maintain and use properly and effectively the facilities constructed under the grant .
9. To bear all the expenses, other than those to be borne by the grant, necessary for the construction of the facilities.

## List of Participants

## The Basic Design Study Team

Mr. Norio NISHIHATA :Leader  
Deputy Head,  
First Basic Design Study Division,  
Grant Aid Planning and Survey Dept., JICA

Mr. Masaaki KINOSHITA :Water Supply Planner  
Deputy Director, Planning Division,  
Water Supply &  
Environmental Sanitation Dept.,  
Ministry of Health and Welfare

Mr. Masaaki SHINDO :Facility Planner,  
Kyowa Engineering Consult. Co., Ltd (KEC)

Mr. Suenori ISAYAMA :Civil Engineer (KEC)

Mr. Mitsuru TACHIMOTO :Power Supply & Equipment Planner (KEC)

Mr. Masayuki IGAWA :Hydrogeologist/Drilling Supervisor (KEC)

## Bolivia Side

## SAMAPA

Ing. Luis Aliaga Doria Medina :Gerente General

Ing. Enrique Medina :Gerente Técnico

Ing. Alfonso Pomarino :Jefe Dirección Asesoría de  
Planificación

Ing. José Antonio López :Dirección Planificación

Ing. Alberto Chávez :Dpto. de Plantas de Tratamiento

Ing. Marco Romay :Dpto. de Mantenimiento

Ing. Angel Zeballos Deheza :Dpto. de Hidrología

Ing. José Lisarazu :Jefe Dpto. de Geología Aplicada  
(GEOBOL)

Ing. Alfredo Soria :Subjefe Dpto. de Geología  
Aplicada (GEOBOL)

Ministerio de Planeamiento y Coodinación

Lic. Fernando Cossio :Subsecretario de Inversiones  
Públicas

Dr. José Luis Ergueta :Director de Cooperación  
Internacional

Lic. Victor Hugo Bacarreza :Cooperación Japonésa

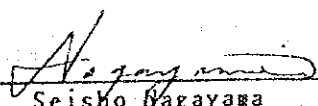
MINUTES OF DISCUSSIONS  
ON  
THE BASIC DESIGN STUDY  
ON  
THE PROJECT FOR GROUND WATER DEVELOPMENT  
AT EL ALTO CITY  
IN  
THE REPUBLIC OF BOLIVIA

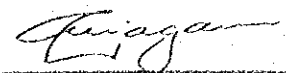
In response to the request made by the Government of the Republic of Bolivia, the Government of Japan decided to conduct a basic design study on the Project for Ground Water Development at El Alto City (hereinafter referred to as "the Project") and the Japan International Cooperation Agency (JICA) sent a basic design study team headed by Mr. Norio Nishihata, Deputy Head, First Basic Design Study Division, Grant Aid Planning and Survey Department, JICA from March 25 to May 8, 1988.

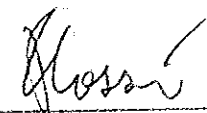
As a result of the study, JICA prepared a Draft Final Report and dispatched a team headed by Mr. Seisho Nagayama, Deputy Head, General Affairs Division, Okinawa International Center, JICA to explain it and discuss with the relevant authorities of the Government of Bolivia from July 22 to August 7, 1988.

As a result of the discussions both parties agreed to recommend to their respective Governments that the major points of understanding reached between them, attached herewith, should be examined towards the realization of the Project.

July 29, 1988

  
Mr. Seisho Nagayama  
Team Leader  
Basic Design Study Team  
Japan International Cooperation  
Agency

  
Ing. Luis Aliaga Doria Medina  
General Manager  
SAMAPA

  
Lic. Fernando Cossio  
Vice-Minister in charge of Public  
Investment and International Cooperation  
Ministry of Planning and Coordination

ATTACHEMENT

1. The Bolivian side has in principle agreed to the basic design proposed in the draft final report.
2. The Bolivian side has reconfirmed that the necessary measures to be taken by Bolivian side for the realization of the Project shown in Annex-3 as agreed upon in the Minutes of Discussions dated April 4, 1988.
3. The final report (10 copies) will be submitted to the Government of Bolivia by the end of September, 1988.

*Vagner*  
*RZ*

資料 2

2. 調査団構成

総括・団長	西端剛夫	国際協力事業団無償資金協力計画調査部 基本設計調査第一課 課長代理
水道計画	木下正明	厚生省水道環境部計画課課長補佐
施設計画	進藤昌明	株式会社協和コンサルタンツ
施設設計	諫山末憲	株式会社協和コンサルタンツ
電気・計装	立元満郎	株式会社協和コンサルタンツ
水理地質/井戸掘削	井川雅幸	株式会社協和コンサルタンツ

資料 3

3. 調査日程

日 順	月 日	工 程
1	3/25	成田発
2	3/26	
3	3/27	ラパス着
4	3/28	JICA事務所、大使館、企画調整省、ラパス市長 表敬及び協議
5	3/29	SAMAPA 表敬及び協議
6	3/30	エル・アルト市長表敬、SAMAPA 打合せ協議
7	3/31	SAMAPA、企画調整省、JICA、大使館 ミニッツ協議
8	4/ 1	基本計画方針の確認
9	4/ 2	同上
10	4/ 3	同上
11	4/ 4	ミニッツ署名
12	4/ 5	官側ミッション離暮
13~41	4/6~5/4	現地踏査、測量・ボーリング調査に対する指示・指導 水道計画、施設計画、電気施設計画の実施
(25	4/19	立元団員 離暮)
42	5/ 5	進藤、諫山 団員離暮
45	5/ 8	成田着
(49	5/12	井川団員 離暮)

資料 4

4. 面会者リスト

1) 首都圏上下水道公社

(Servicio Autonomo Municipal de Agua Potable y Alcantarillado • SAMAPA)

Ing. Luis Aliaga Doria Medina 総裁 (Gerente General)

Ing. Enrique Medina 技術局長 (Gerente Tecnico)

Ing. Alfonso Pomarino 計画部長 (Asesoria de Planificacion)

Ing. Jose Antonio Lopez 計画課長 (Asesoria de Planificacion)

Ing. Alberto Chavez 水処理プラント (Dpto. de Plantas de Tratamiento)

Ing. Marco Romay 維持管理 (Dpto. de Mantenimiento)

Ing. Angel Zaballos 水理地質 (Dpto. de Hidrologia)

2) 企画調整省 (Ministerio de Planeamiento y Coordinacion)

Lic. Fernando Cossio 大臣 (Subsecretario de Inversiones Publicas)

Dr. Jose Ergueta 次官 (Director de Cooperacion Internacional)

Lic. Victor Hugo Bacarreza 国際協力課長 (Cooperacion Japonesa)

3) ボリビア国地質調査所 (Servicio Geologico de Bolivia • BEOBOL)

Ing. Jose Lisarazu 地質部長 (Jefe Dpto. de Geologia Aplicada)

Ing. Alfredo Soria 地質副部長 (Sub-jefe Dpto. Geologia Aplicada)

ing. Rene Enriquez 地質副部長 (Sub-jefe Dpto. Geologia Aplicada)

4) 西ドイツ技術協力公社

(Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit • GTZ)

Lic. Joachim Rushe SAMAPA 顧問

(Asesor Jefe de Fortalecimiento Institucional GTZ)

5) エル・アルト市役所 (Alcancia Municipal de El Alto)

Lic. Julio Munoz Vargas 市長

Ing. Ruben Fernandez 技術顧問

6) 在ボリビア日本大使館

大使 伊藤 武好

参事官 打村 晋三

一等書記官 高野 剛

秘書 Lic. Jorge Omoya Benitez

7) JICA ラパス事務所

所長 今雪 史郎

次長 山口 三郎

所員 笠間 孚彦

## 中南米諸国の水供給状況(1985年)

国名・地域名	人口 (千人)	人口 増加率 (%)	人口1人当たり GNP (USドル)	平均 寿命 (年)	出生1,000 人当たり 乳児死亡率	人口100,000人 当たり 水系伝染病罹病率	安全な水の供給を 受けていない人口 (%)	衛生サービスを 受けていない人口 (%)
ブラジル	127 942	2.4	-	64	57	-	-	-
メキシコ	77 900	2.1	1 095	69	32	6 566	30	51
アルゼンチン	26 525	1.5	1 929	-	-	-	46	31
コロンビア	27 476	2.0	1 112	63	57	8 000	-	-
ペルー	19 698	2.6	585	59	99	900	48	53
ベネズエラ	17 317	2.7	1 118	70	36	4	-	-
チリ	12 172	1.7	2 408	68	20	186	14	15
エクアドル	9 378	2.9	724	64	45	6 162	43	46
グアテマラ	7 963	2.9	1 535	61	65	672	42	46
ボリビア	6 429	2.8	-	53	-	-	57	79
ドミニカ共和国	6 243	-	-	-	-	-	-	-
ハイチ*	5 269	1.4	320	54	125	50 000	62	79
エルサルバドル	4 773	1.9	1 143	60	65	10 250	39	46
ホンジュラス	4 372	3.4	733	62	80	4 462	55	72
パラグアイ	3 681	2.9	1 526	65	30	1 146	78	51
ニカラグア	3 272	3.4	-	-	-	-	52	-
コスタリカ	2 463	2.5	1 262	74	19	8	7	5
パナマ	2 141	2.2	898	71	26	-	20	19
トリニダードトバゴ	1 176	1.6	-	67	19	-	2	1
ガイアナ	817	1.1	-	-	41	634	18	90
スリナム	402	3.0	-	66	34	-	3	0
バルバドス	253	0.2	4 889	73	-	-	1	-
バハマ	231	1.9	7 556	-	22	683	-	-
ベリーズ	162	3.0	-	-	-	-	34	15
カイマン諸島	21	4.0	13 000	75	11	1 841	-	-
タークス・カイコス諸島	9	-	-	-	32	-	31	-

出典：国際厚生ニュース1988. 4月



資料 6

SAMAPAの工事实績

第1期 1967年5月～1974年5月

投資額 25,000,000 D.M. (ドイツマルク)

内訳 K.F.W. (ドイツ国際基金) 20,500,000 D.M.

B.C.B. (ボリビア中央銀行) 4,500,000 D.M.

コンサルタンツ: KOCKS

実施主体: SAMAPA

工種

送水施設

- INCACHACA-HAMPATURI連絡水路
- INCACHACA水路の補修
- HAMPATURI KM. 9 トンネル水路 (COMBRE)
- " KM. 10 " (CONDR)
- " KM. 11 " (ILLIMANI)
- " KM. 1-2 管路

配水施設

- PAMPAHASI 浄水場
- ACHACHICALA 浄水場 ろ過
- " 液品棟
- " フロック形成池, オーバークロー, 流量計
- EL ALTO 浄水場
- ACHACHICALA 配水池 5,000M<sup>3</sup>×2池
- PAMPAHASI " 2,500M<sup>3</sup>×2池
- SAN PEDRO " 2,500M<sup>3</sup>×1池
- EL ALTO " 2,500M<sup>3</sup>×1池
- ALTO OBRAJES ALTO " 1,000M<sup>3</sup>×1池
- VILLARROEL " 200M<sup>3</sup>×2池
- PAMPAHASI~OBRAJES ALTO 連絡管
- OBRAJES ALTO~CALACOTO ALTO "
- PAMPAHASI~CAICONI "
- ACHACHICALA~SAN PEDRO "
- ACHACHICALA~PISAGUA "
- ACHACHICALAおよびEL ALTO 管網
- 接続弁きよ

第2期 (Phase I) 1974年5月～1979年12月

投資額 72,889,000 D.M

内訳 KFW 49,000,000 D.M

BCB 23,889,000 D.M

コンサルタンツ : GITEC

実施主体 : SAMAPA

#### 工種

##### 取水施設

- TUNI ダム 築堤
- " 余水吐
- " 取水口

##### 送水施設

- HAMPAHASI 水路 (管渠)
- HAMPATURI KM. 12 トンネル水路
- HAMPATURI～INCACHACA 水路 補修
- INCACHACA KM. 3.7 管渠
- CONDORIRI 分水工
- CONDORIRI～TUNI 水路
- TUNI～EL ALTO 管渠

##### 配水施設

- PAMPAHASI 浄水場 拡張
- EL ALTO 浄水場 改善
- EL ALTO 配水池 拡張
- EL ALTO, PAMPAHASI, ACHACHICALA 管網
- 接続管
  - PAMPAHASI～CAICON, PAMPAHASI～OVEJOYO
  - EL ALTO～ALTO LIMA, ALTO LIMA～TACAGUA
  - EL ALTO～ACHACHICALA

##### 機材

- 汚泥試験室
- コンクリート試験室
- 機材強度試験室
- 製作機械, 通信機器, クレーン車
- 電話センター

第2期工事 (Fase 2) 1979年12月～1985年11月

投資額 28,500,000 U\$  
内訳 BID 23,000,000 U\$  
OPEP 6000,000 U\$  
BCB 4,900,000 U\$

コンサルタンツ : LAHMEYER

実施主体 : SAMAPA

工種

取水施設

- ・ HAMPATURI ダム 防水工

送水施設

- ・ PANPAHASI 浚渫

配水施設

- ・ SAN PEDRO 配水池 2,500M<sup>3</sup>×1池
- ・ ALTO LIMA " 2,500M<sup>3</sup>×2池
- ・ CAICONI 配水池 2,500M<sup>3</sup>×1池
- ・ ALTO ACHACHICALA " 1,000M<sup>3</sup>×1池
- ・ ALTO OBRAJES " 1,000M<sup>3</sup>×1池
- ・ EL ALTO (1) 管網
- ・ " (2) "
- ・ PAMPAHASI "
- ・ ACHACHICALA "
- ・ 各戸給水量

機材

- ・ 小型トラック (5)
- ・ ジープ
- ・ ダンプトラック
- ・ クレーン車
- ・ 掘削機
- ・ 施盤機
- ・ 切削機

## 運転に要する人員

		昼	夜	管
井戸		3	1	-
主ポンプ場	電気	1	1	-
	機械	1	1	-
	検査	1	-	-
主変電所	電気	1	1	-
本部	管理	-	-	2
計		7	4	2

	昼		夜		管		
1991	5	+	4	+	2	=	11
2000	5	+	4	+	2	=	11
2004	6	+	4	+	2	=	12
2009	7	+	4	+	2	=	13

## 1 収入

有収率80%  $1\text{m}^3$ 当り平均 0.18 B/S = 10.13 ¥ → 10円/ $\text{m}^3$

1991  $4,785 \times 0.8 \times 10 = 38,200$

2000  $13,010 \times 0.8 \times 10 = 104,000$

2004  $20,738 \times 0.8 \times 10 = 165,900$

2009  $30,000 \times 0.8 \times 10 = 240,000$

## 2 人件費

2-1 編成 人件費 1991 2000 2004 2009

管理 1 1 2 2

計画 2 2 2 2

技術 11 11 12 13

運営 2 3 4 6

経理 5 9 14 20

---

21 26 34 43

2-2

人件費 1991年

2級 2  $85,300 \times 2 = 170,600$

3級 3  $60,900 \times 3 = 182,700$

4級 4  $48,100 \times 4 = 192,400$

5級 6  $38,500 \times 6 = 231,000$

6級 6  $33,200 \times 6 = 199,200$

---

21 975,900

1日当り 32,530円

2000年

2級 2  $85,300 \times 2 = 170,600$

3級 3  $60,900 \times 3 = 182,700$

4級 4  $48,100 \times 4 = 192,400$

5級 6  $38,500 \times 6 = 231,000$

6級 11  $33,200 \times 11 = 365,200$

---

26 1,141,900

1日当り 38,063円

2004年

2級 2  $85,300 \times 2 = 170,600$

3級	3	$60,900 \times 3 = 182,700$	
4級	6	$48,100 \times 6 = 288,600$	
5級	8	$38,500 \times 8 = 308,000$	
6級	15	$33,200 \times 15 = 498,000$	
	34	1,447,900	1日当り <u>48,263円</u>

2009年

2級	2	$85,300 \times 2 = 170,400$	
3級	4	$60,900 \times 4 = 243,600$	
4級	5	$48,100 \times 6 = 288,600$	
5級	18	$38,500 \times 8 = 308,000$	
6級	23	$33,200 \times 2 = 763,600$	
	43	1,774,200	1日当り <u>59,140円</u>

### 3 電力料

1991年 井戸  $30 \times 4,785/30,000 = 5$ 本  
 $(15+22)/2 \times 5 = 92.5$  KW  
 ポンプ  $120 \times 4,785/30,000 = 76.6$   
 その他  $= 15.0$   
184.1 KW

$$0.9 \times 184.1 \times 24 \times 30 = 119,200 \text{KWH}$$

基本料金	$1,500 \text{KVA} \times 5.55 \times 56.29 \times 1/30 = 15,600$ 円
0~20万	$119,200 \times 0.049 \times 56.29 \times 1/30 = 10,900$
	<u>26,500円</u>

#### 2000年

	$30 \times 13,010/30,000 = 13$ 本	
	$(15+22)/2 \times 13 = 240.5$ KW	
	$120 \times 4 \times 13,010/30,000 = 208.1$	
	15	
	<u>463.6 KW</u>	

$$0.9 \times 463.6 \times 24 \times 30 = 300,400 \text{WH}$$

基本料金	15,600
0~20	$200,000 \times 0.049 \times 56.29 \times 1/30 = 18,300$
10~	$100,400 \times 0.039 \times 56.29 \times 1/30 = 7,346$
	<u>41,246円</u>

$$\begin{array}{rcl}
2004\text{年井戸} & 30 \times 20,738/30,000 = 21\text{本} & \\
& (15+22)/2 \times 21 & = 388.5 \text{ KW} \\
\text{ポンプ} & 120 \times 4 \times 20,738/30,000 & = 331.8 \\
\text{その他} & & \underline{15.0} \\
& & 735.3 \text{ KW}
\end{array}$$

$$0.9 \times 735.3 \times 24 \times 30 = 476,400\text{KWH}$$

$$\begin{array}{rcl}
\text{基本料金} & & = 15,600 \\
0\sim 20\text{万} & 200,000 \times 0.049 \times 56.29 \times 1/30 & = 18,300 \\
20\sim 476,400 & 276,400 \times 0.039 \times 56.29 \times 1/30 & = \underline{20,226} \\
& & 54,126 \text{ 円}
\end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
2009\text{年井戸} & 30 \times (15+22)/2 = 555.0 & \\
\text{ポンプ} & 120 \times 4 & = 480.0 \\
\text{その他} & & \underline{15} \\
& & 1,050 \text{ KW}
\end{array}$$

$$0.9 \times 1,050 \times 24 \times 30 = 680,400\text{KWH}$$

$$\begin{array}{rcl}
\text{基本り料金} & & 15,600 \\
0\sim 20 & & 18,300 \\
20\sim & 480,400 \times 0.039 \times 56.29 \times 1/30 & = \underline{35,154} \\
& & 69,054\text{円}
\end{array}$$

#### 4. 薬品

$$\begin{array}{rcl}
1991\text{年} & 0.001 \times 4,785 \times 56.29 & = 200\text{円} \\
2000\text{年} & 0.001 \times 13,010 \times 56.29 & = 700 \\
2004\text{年} & 0.001 \times 20,738 \times 56.29 & = 1,170 \\
2009\text{年} & 0.001 \times 30,000 \times 56.29 & = 1,690
\end{array}$$

#### 5. 運営費 (②+③+④) × α

$$\begin{array}{rcl}
1991\text{年} & 59,200 \times 0.05 & = 2,960\text{円} \\
2000\text{年} & 79,900 \times 0.06 & = 4,700 \\
2004\text{年} & 103,400 \times 0.07 & = 7,200 \\
2009\text{年} & 129,700 \times 0.10 & = 12,900
\end{array}$$

6. 収支バランス

	1991年	2000年	2004年	2009年
収入 A 円	38,200	104,000	165,900	240,000
支出 人件費	32,500	38,000	48,200	59,100
電力機	26,500	41,200	54,100	69,000
薬品	200	700	1,100	1,600
運営費	2,900	4,700	7,200	12,900
計 B 円	62,100	84,600	110,600	142,600
B/A×100	※ 163%	81%	66%	59%



流量計算データ

\*\*\*\*\* カンパウ クイリウ \*\*\*\*\*

クイリウ タイトル : BOLIVIA EL ALTO WATER SUPPLY PROJECT  
 カンパウ タイトル : 12  
 カンパウ コスト : 13  
 カンパウ コスト : 3  
 カンパウ コスト : 1.00E-02  
 クイリウ リユウク : チェック サイト  
 チェック コスト : 0  
 クイリウ シェアリング : 1 (カンパウ : コスト)  
 リユウク シェアリング : 1  
 シェアリング コスト : 4008.200  
 シェアリング カンパウ :

--- CALCULATION OF HYDRAULIC NETWORK --- ( FOR JOINT )

JOINT	SUM-Q (L/S)	SUM-H (M)	G.L. (M)	W.L. (M)	L.H. (M)	PRESSURE (KG/CM2)
1	520.82	.00	4009.00	4008.20	.80	1.080
3	-20.00	9.25	3965.00	3998.95	33.95	3.395
5	-31.00	16.01	3949.00	3992.19	43.19	4.319
7	-31.54	21.65	3940.00	3986.55	46.55	4.655
9	-53.40	16.44	3965.00	3991.76	26.76	2.676
11	-29.00	16.48	3962.00	3991.72	29.72	2.972
13	-29.12	21.37	3967.00	3986.83	19.83	1.983

JOINT	SUM-Q (L/S)	SUM-H (M)	G.L. (M)	W.L. (M)	L.H. (M)	PRESSURE (KG/CM2)
2	-142.36	5.15	3980.00	4003.05	23.05	2.305
4	-40.00	13.24	3959.00	3994.96	35.96	3.596
6	-31.00	17.87	3945.00	3990.33	45.33	4.533
8	-53.40	13.20	3965.00	3995.00	30.00	3.000
10	-31.00	20.10	3965.00	3988.10	23.10	2.310
12	-29.00	18.11	3965.00	3990.09	25.09	2.509

--- CALCULATION OF HYDRAULIC NETWORK --- ( FOR PIPE-LINE )

LINE JOINT NO.	C	DIA. (MM)	LENGTH ( M )	QUANTITY ( L/S )	VELOCITY ( M/S )	GRADIENT ( O/O )	HEAD LOSS ( M )
***** BRANCH A *****							
1	2	700.	1700.00	520.82	1.353	3.032	5.154
2	3	600.	1150.00	378.46	1.339	3.558	4.091
3	4	450.	750.00	220.66	1.387	5.323	3.992
4	5	350.	750.00	93.54	.972	3.700	2.775
5	6	300.	500.00	62.54	.885	3.722	1.861
6	7	200.	500.00	31.54	1.004	7.556	3.778
***** BRANCH B *****							
7	8	400.	1000.00	137.80	1.097	3.954	3.954
8	9	300.	500.00	84.40	1.194	6.480	3.240
9	10	200.	500.00	31.00	.987	7.319	3.659
***** BRANCH C *****							
10	11	350.	1000.00	87.12	.906	3.244	3.244
11	12	300.	500.00	58.12	.822	3.250	1.625
12	13	200.	500.00	29.12	.927	6.519	3.259

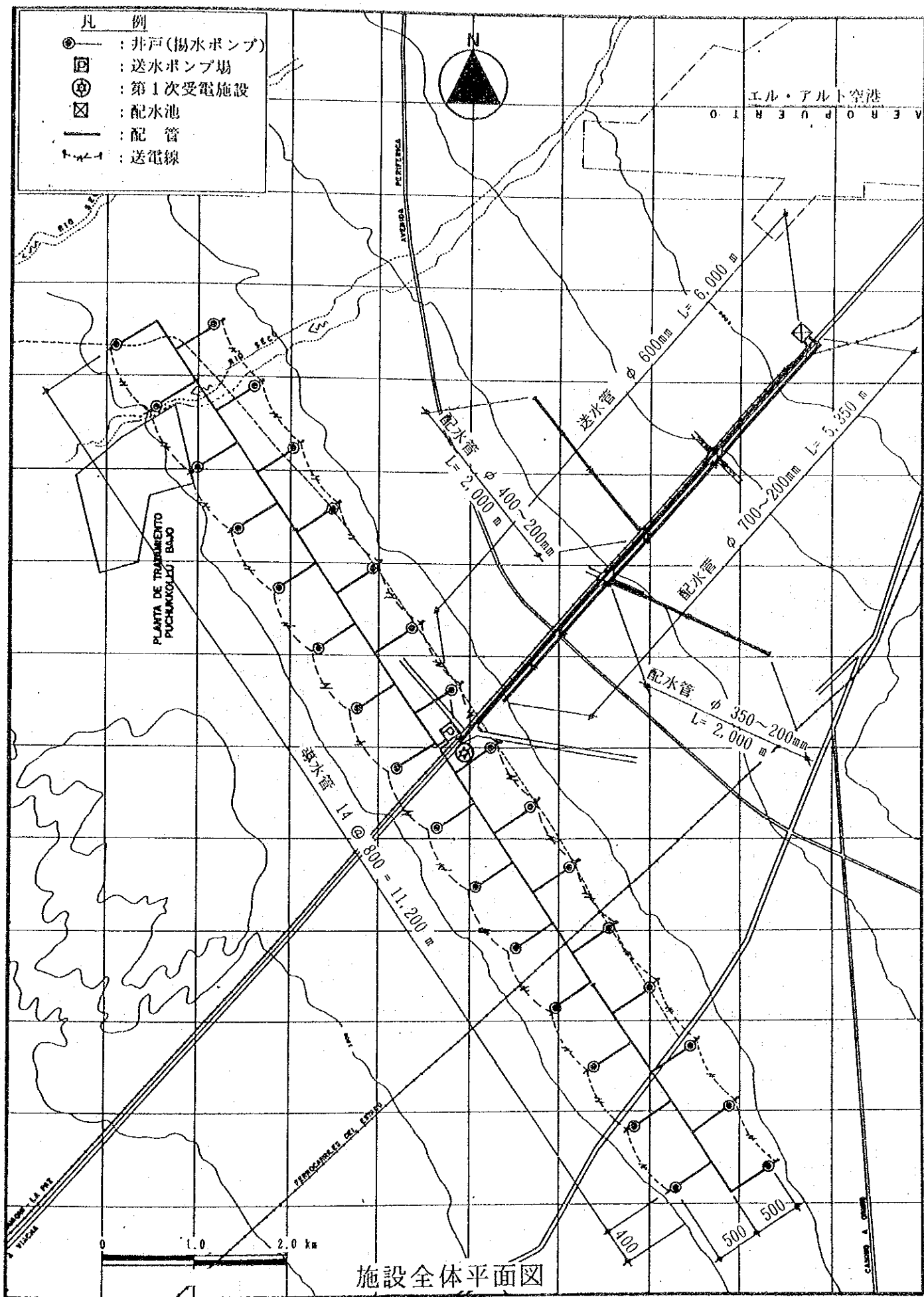
מספר המכשיר נ"מ 51071

( )

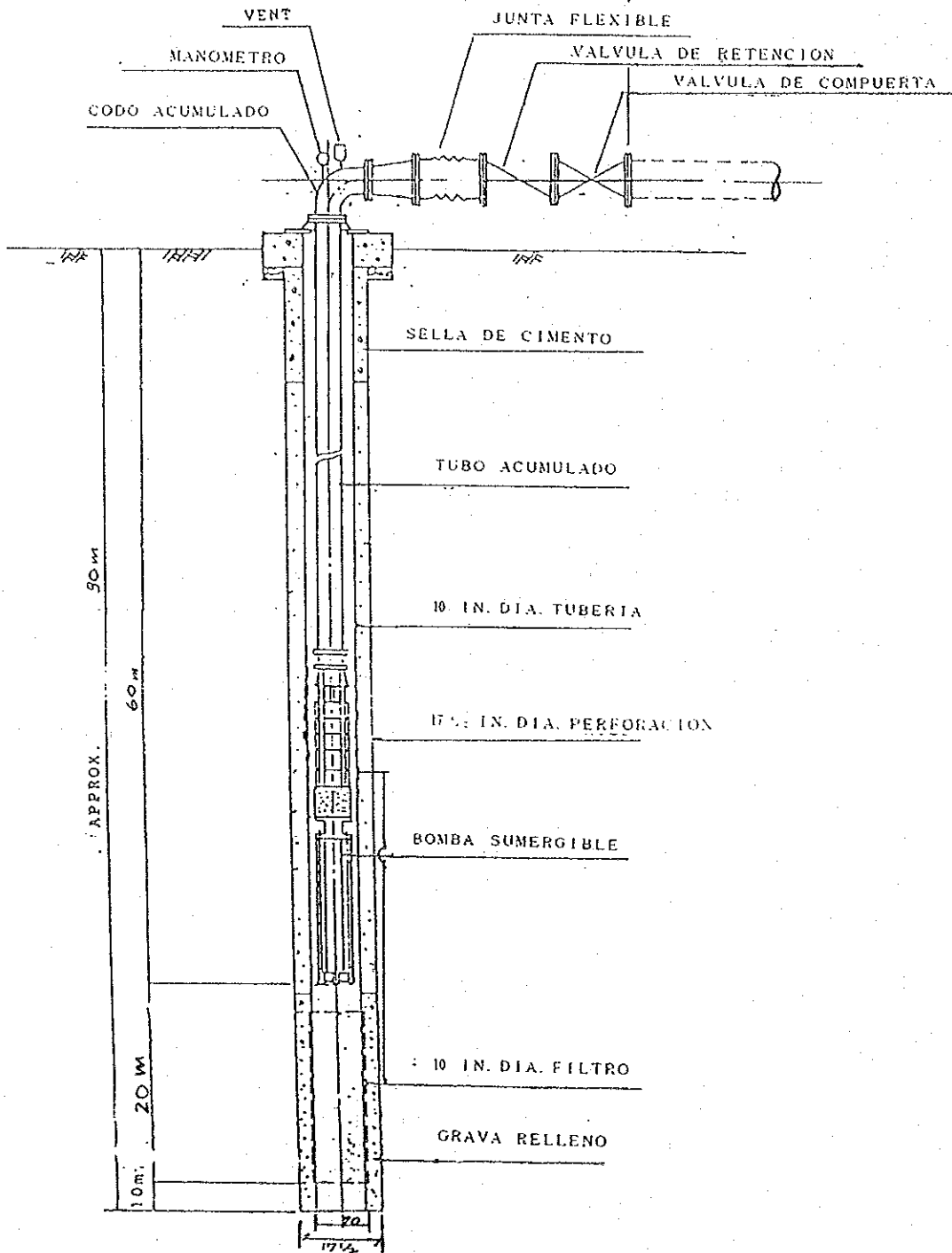
DIA = 200	L = 1500.00
DIA = 300	L = 1500.00
DIA = 350	L = 1750.00
DIA = 400	L = 1000.00
DIA = 450	L = 750.00
DIA = 600	L = 1150.00
DIA = 700	L = 1700.00

# 基本設計図集



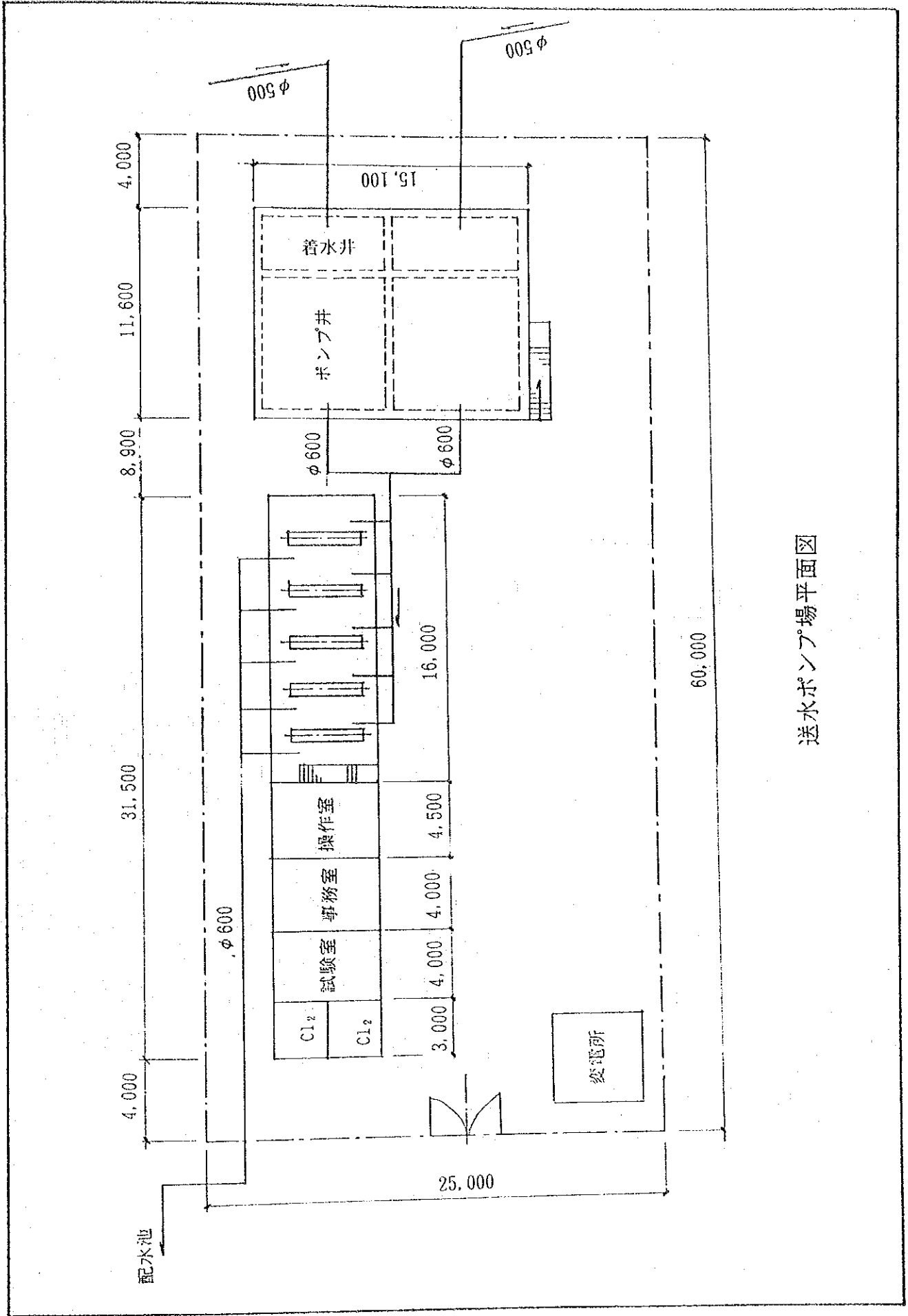


井戸築造工事 導水管敷設工事

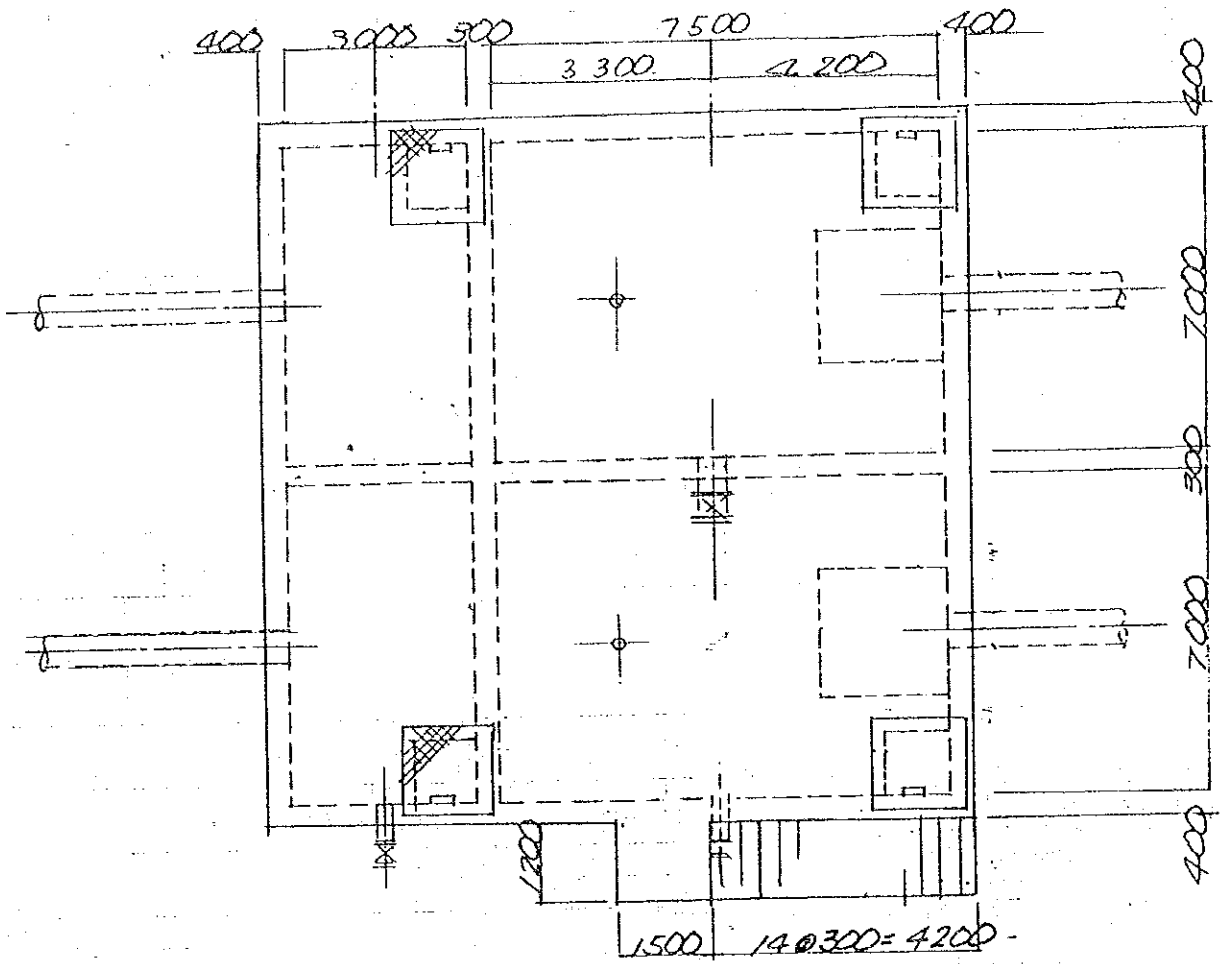


取水井戸標準構造図

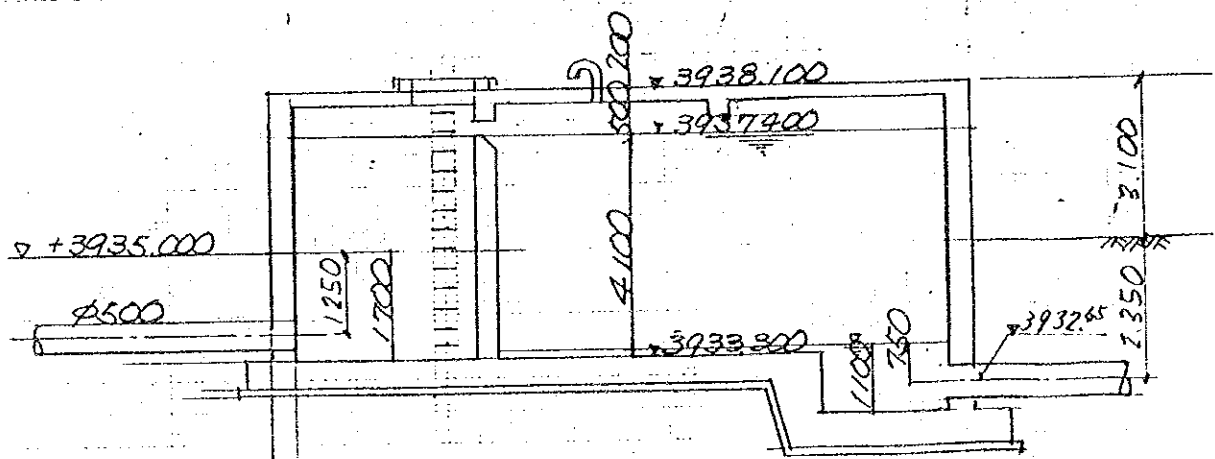




送水ポンプ場平面図

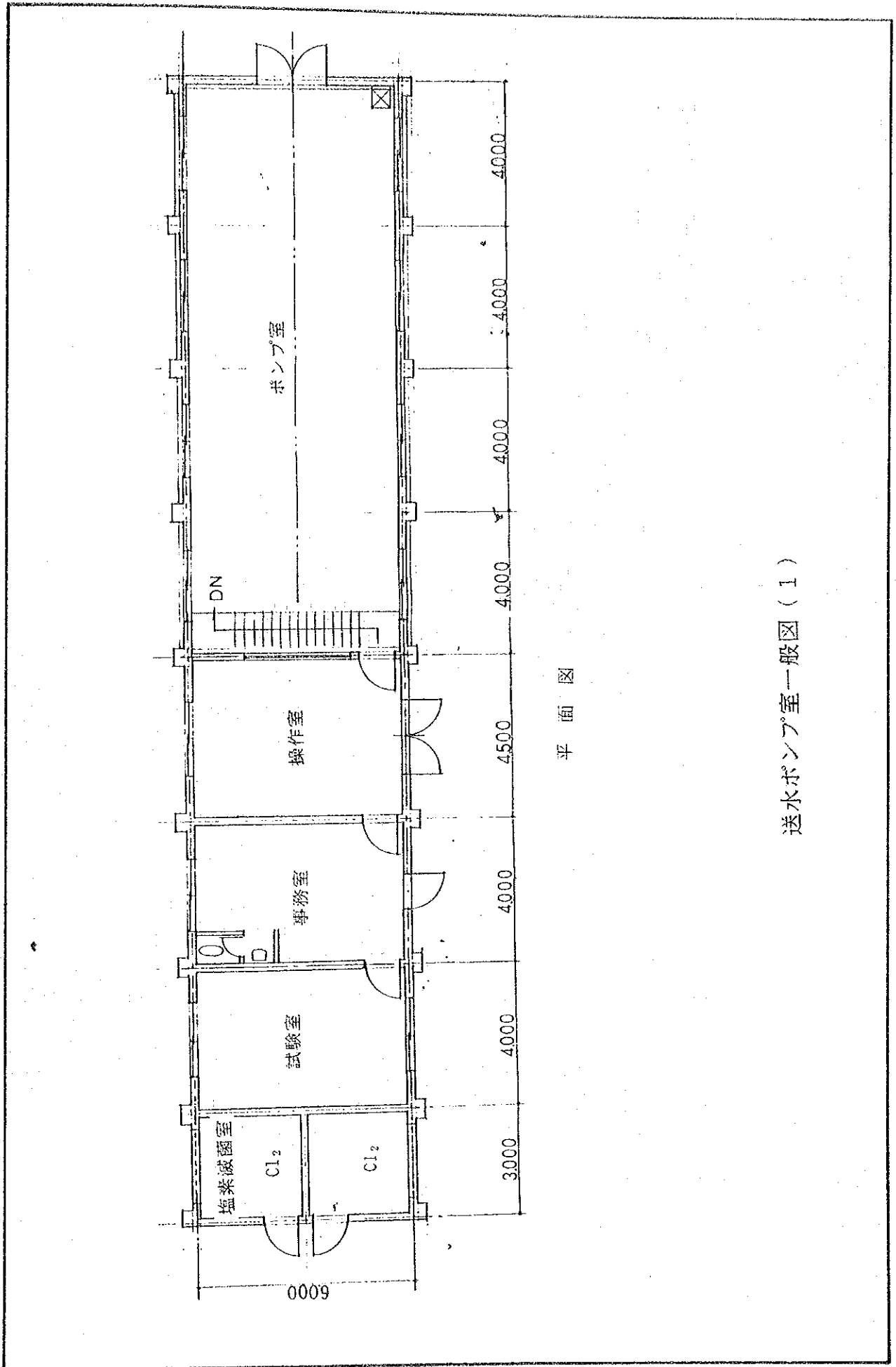


平面図



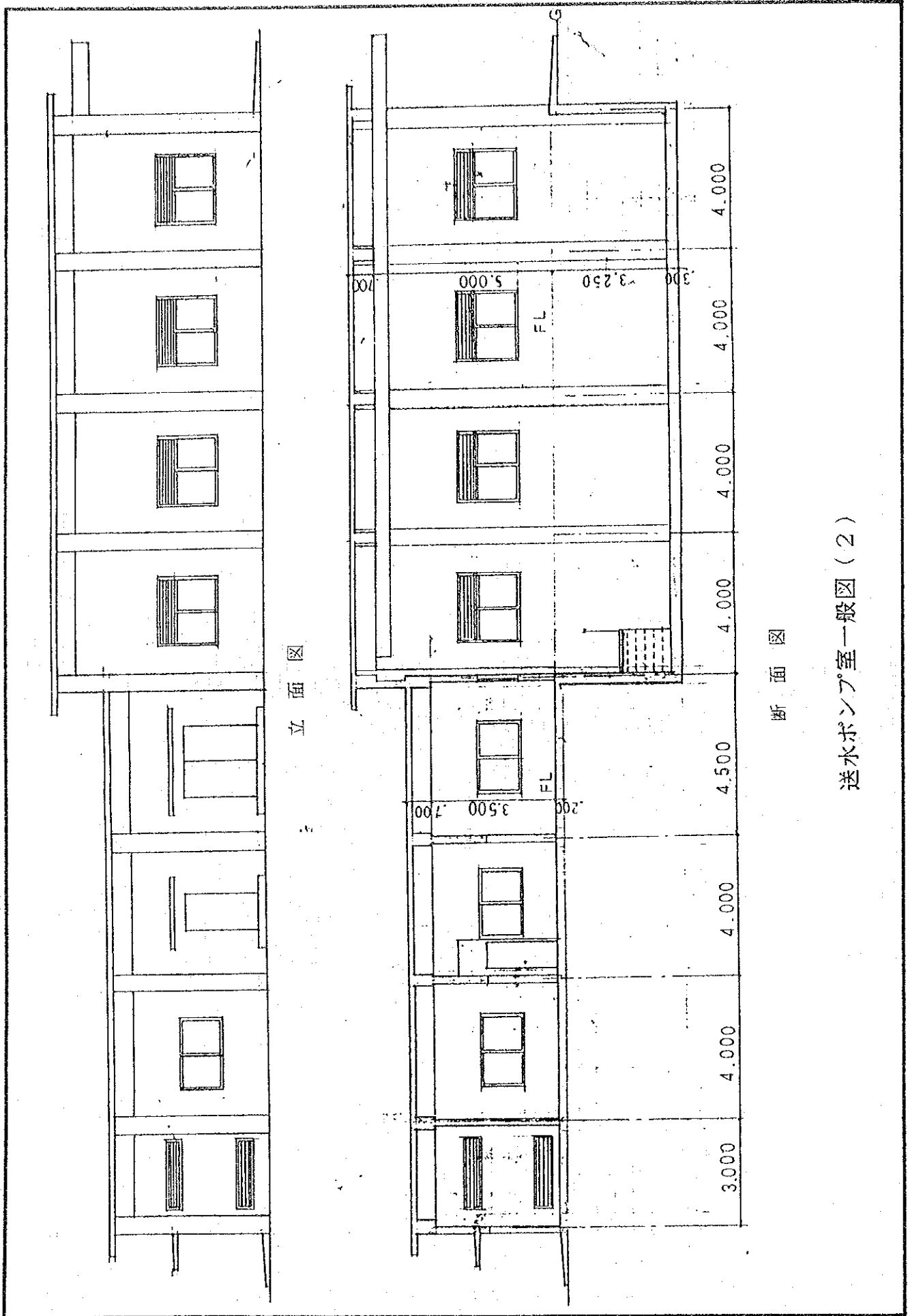
断面図

送水ポンプ井構造図



平面図

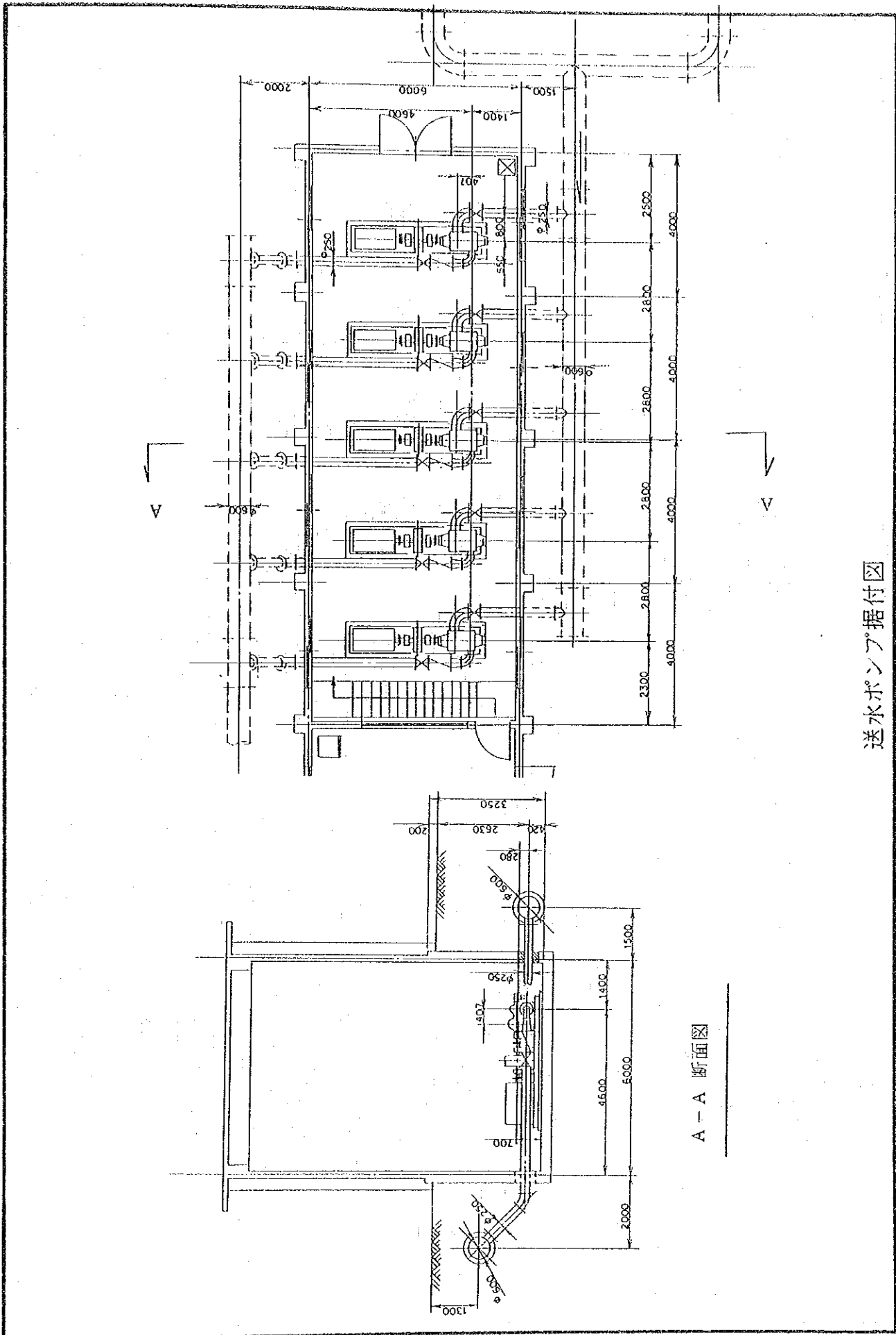
送水ポンプ室一般図(1)



立面図

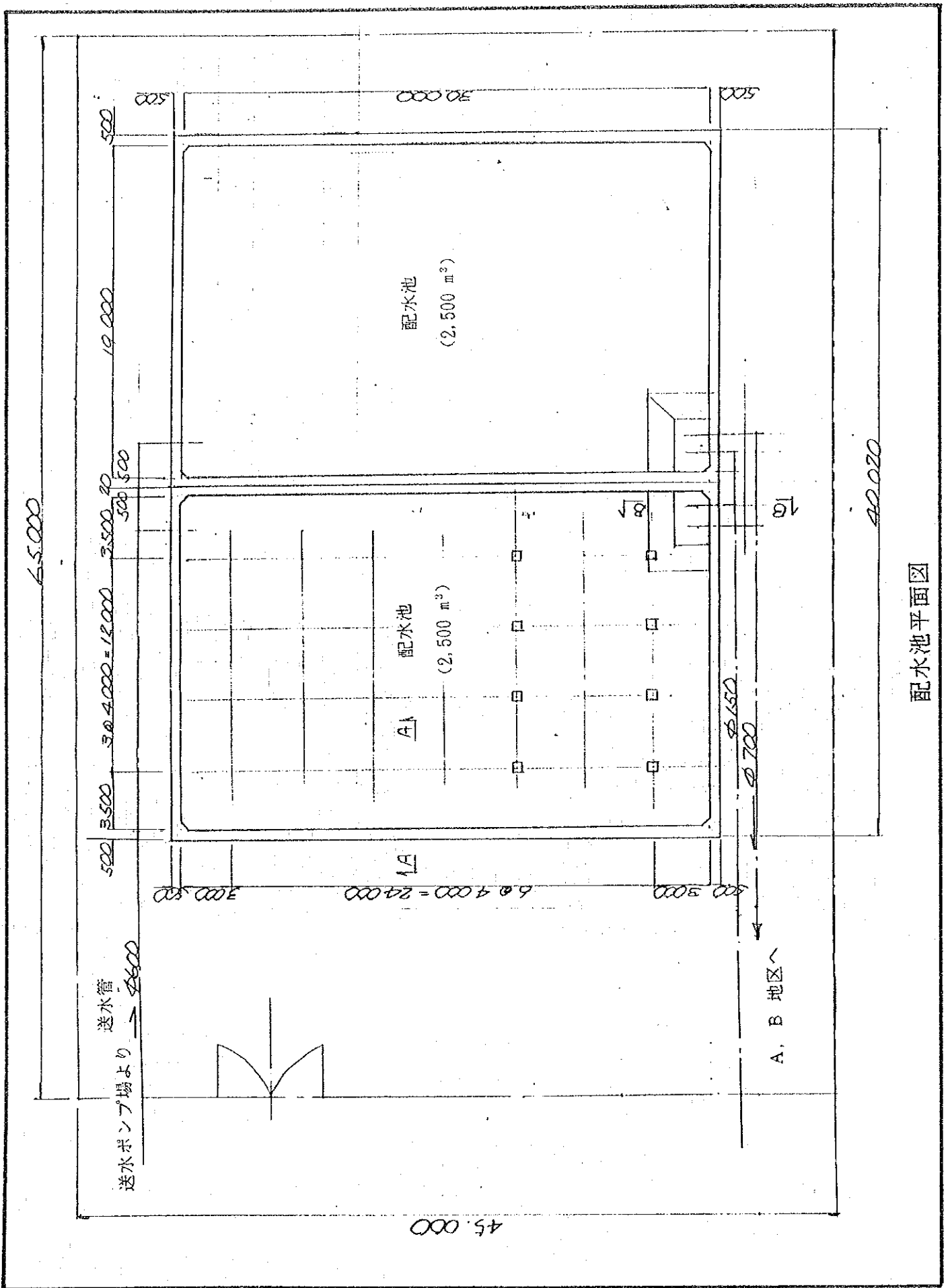
断面図

送水ポンプ室一般図(2)

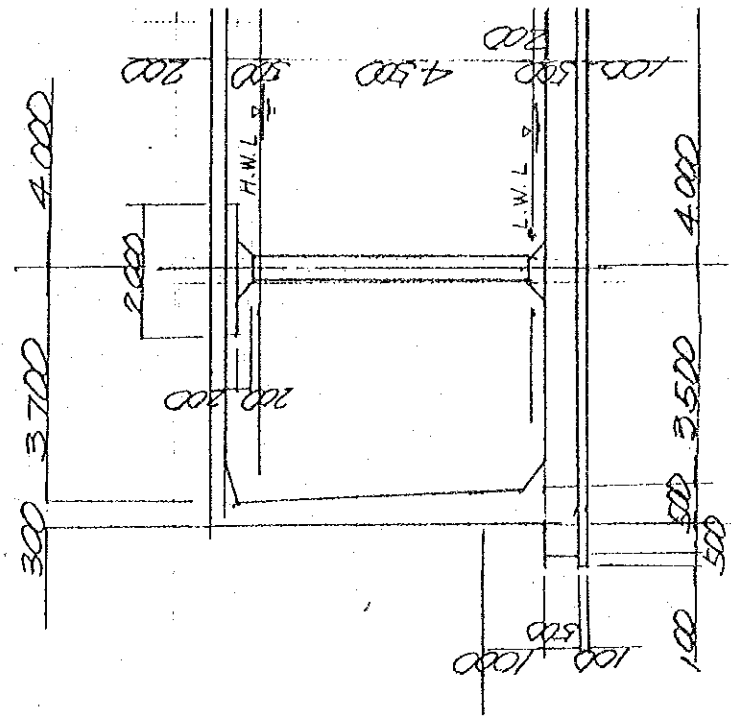


送水ポンプ据付図

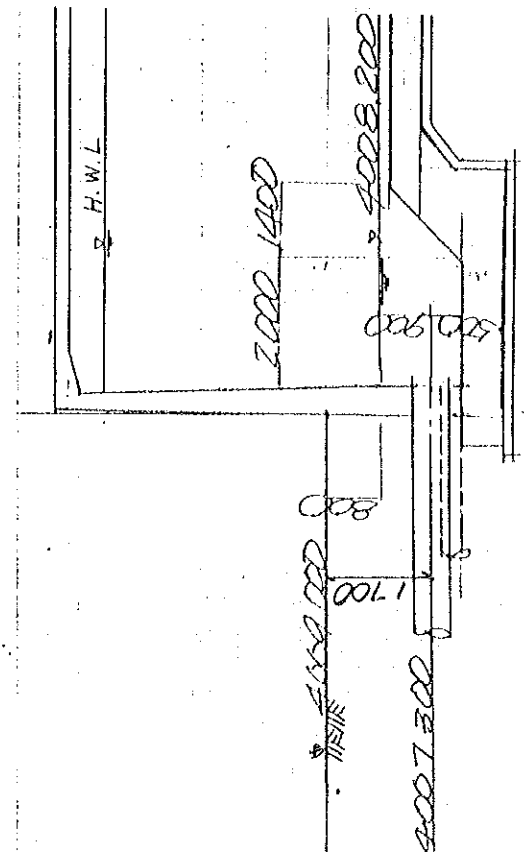
A-A 断面図



配水池平面図

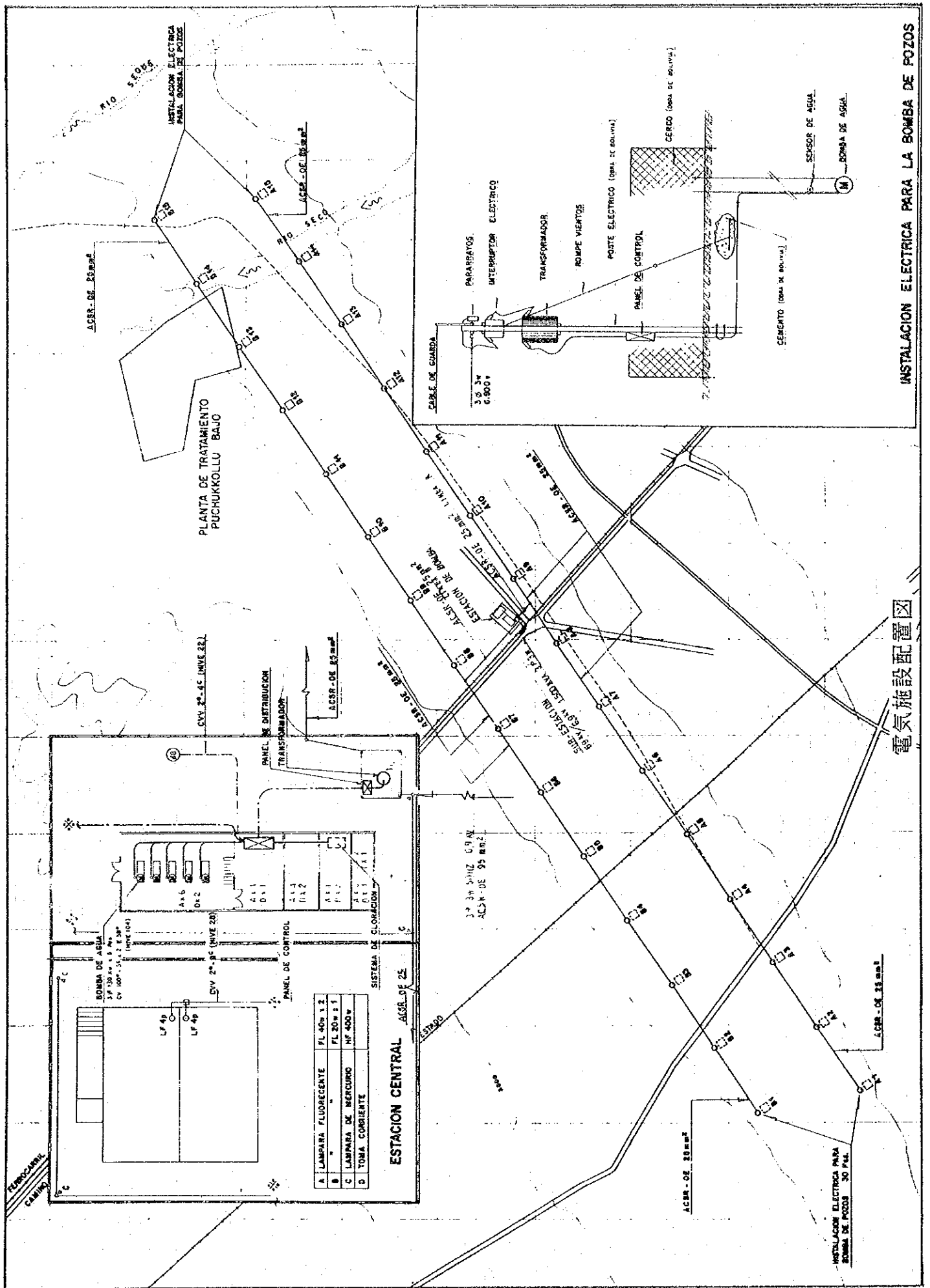


A - A 断面图



B - B 断面图

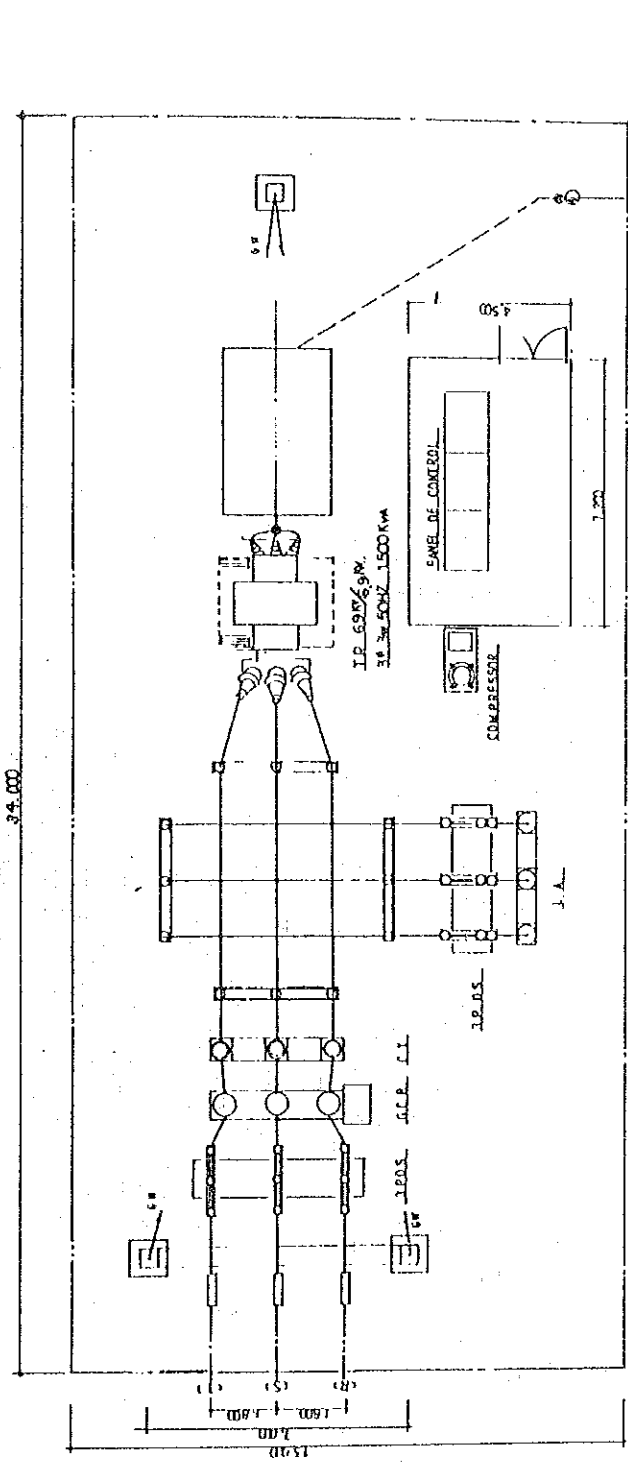
配水池構造図



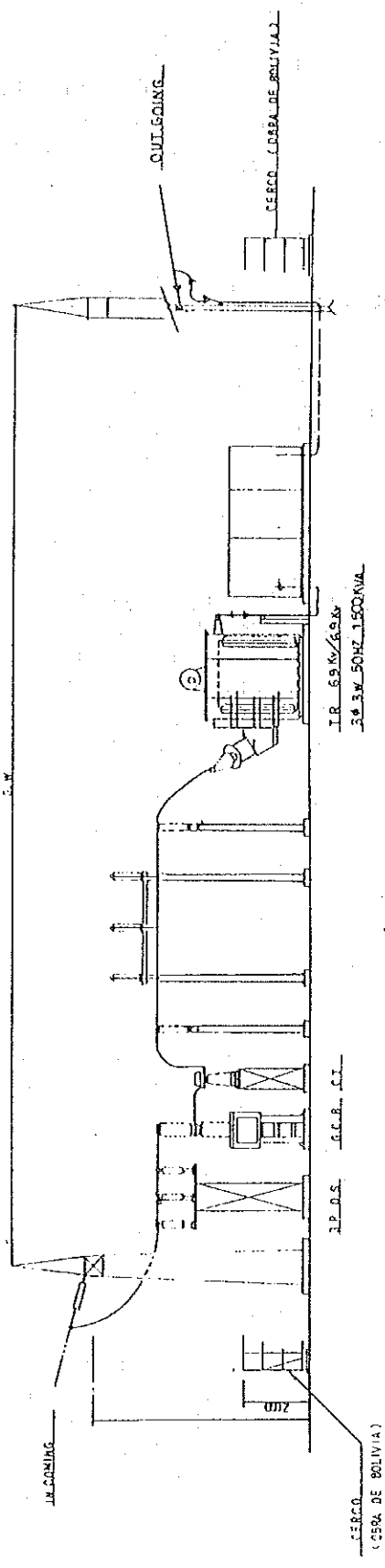
電気施設配置図

INSTALACION ELECTRICA PARA LA BOMBA DE POZOS





PLANO DE SUB-ESTACION



SECCION  
第1次受電設備据付図

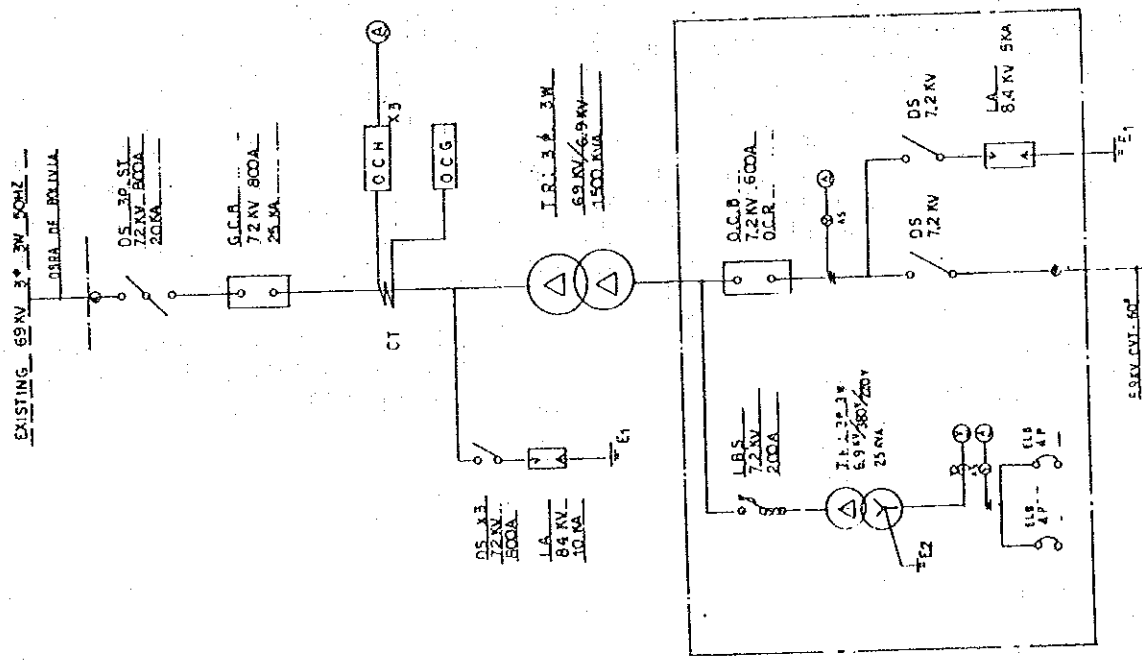
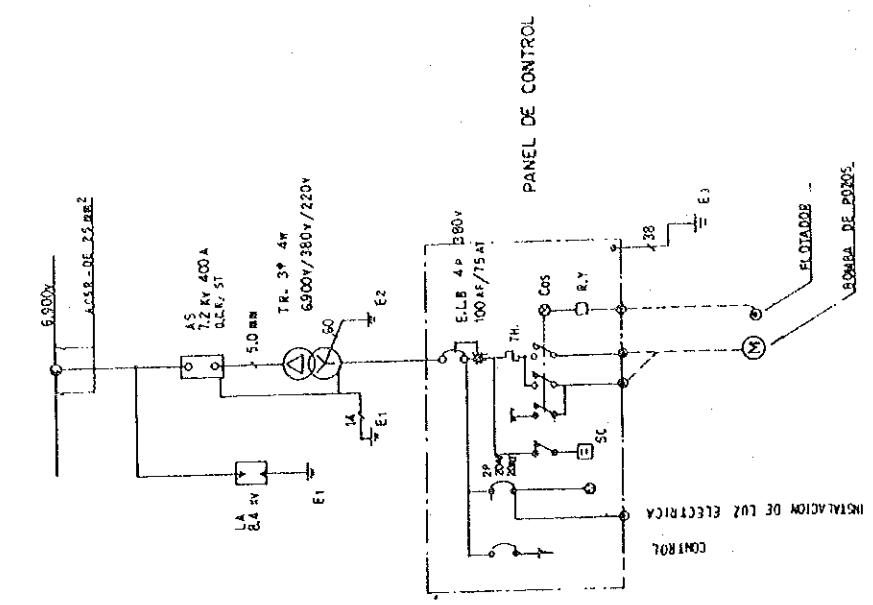


DIAGRAMA MONOLINEAL DE LA INSTALACION ELECTRICA PARA PRINCIPAL SUB-ESTACION



Tc	POZOS	CABLE
30 kVA	A-1-5 A-11-15	CY 227-46
25 kVA	A-7-10	CY 147-46

DIAGRAMA MONOLINEAL DE LA INSTALACION ELECTRICA PARA LAS BOMBAS DE POZOS

配線要領図 (1) (第1次受電設備, 井戸用電気設備)

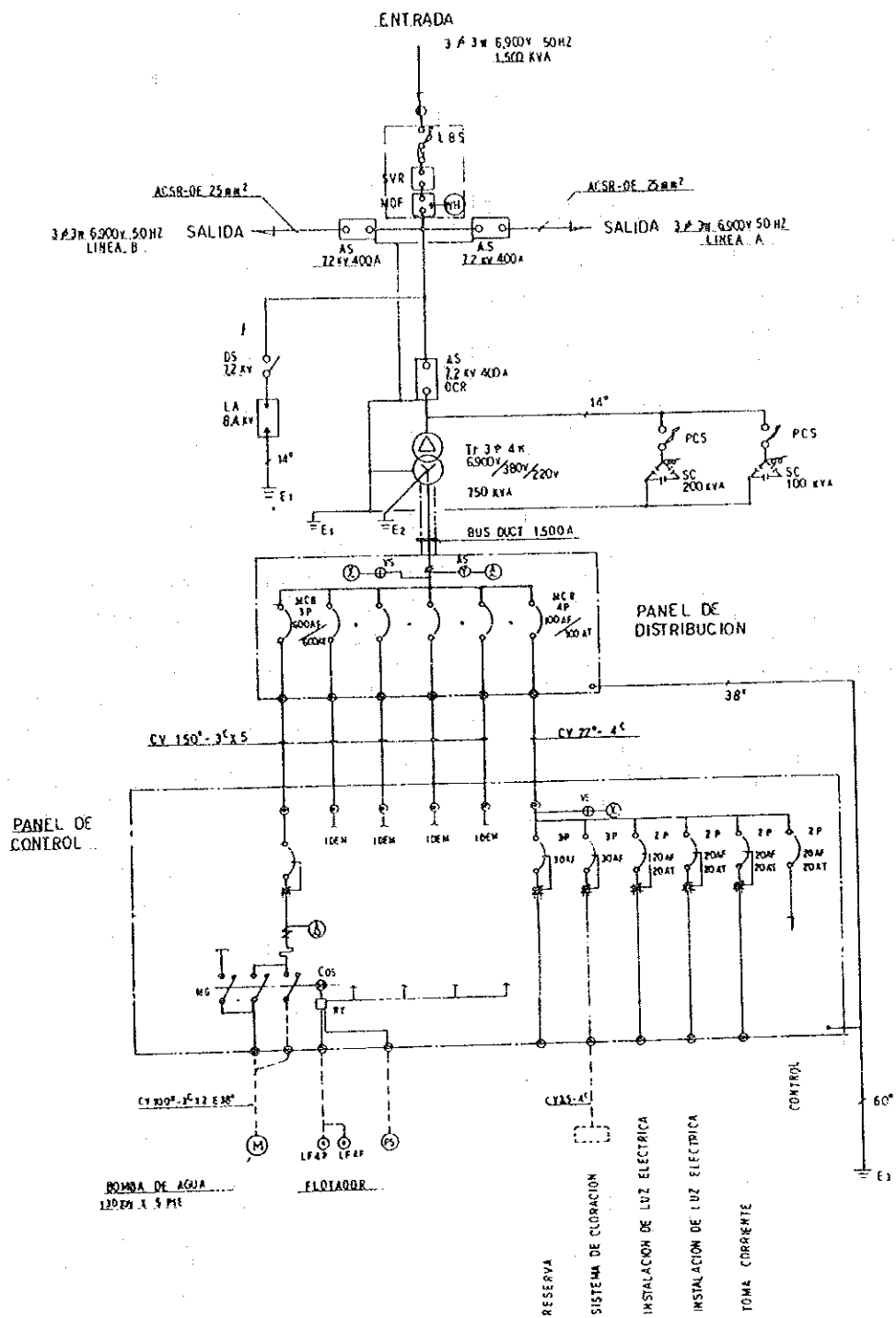


DIAGRAMA MONOLINEAL DE LA INSTALACION ELECTRICA PARA BOMBA

配線要領図 (2) (送水ポンプ場)





JICA