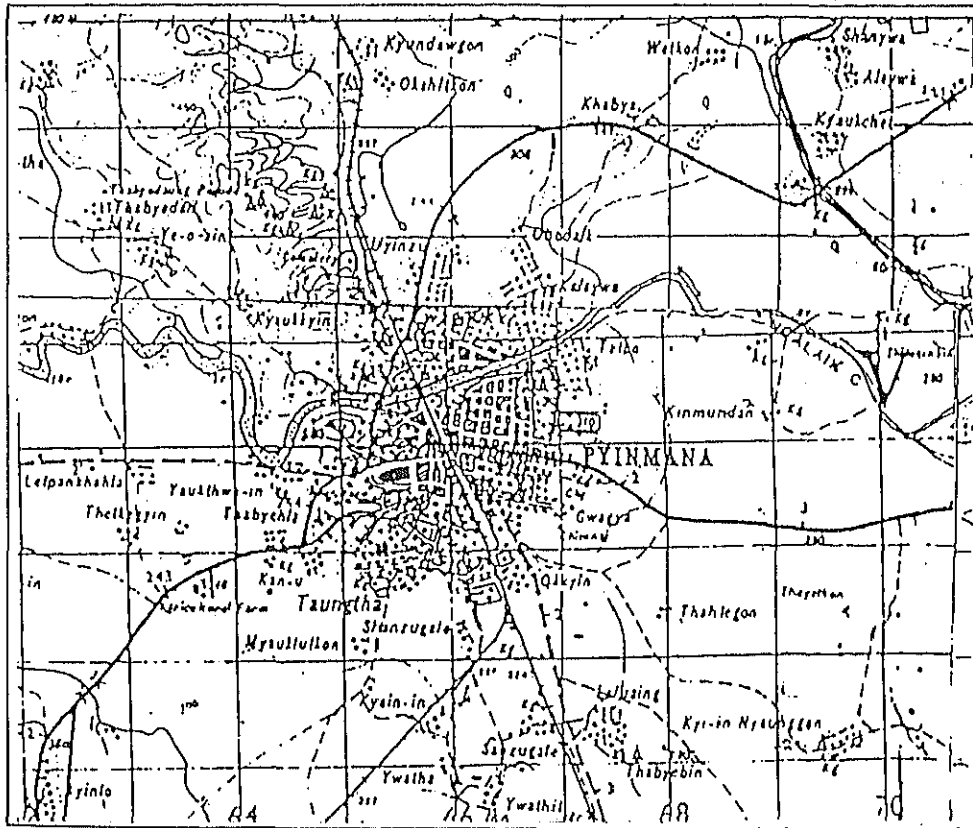


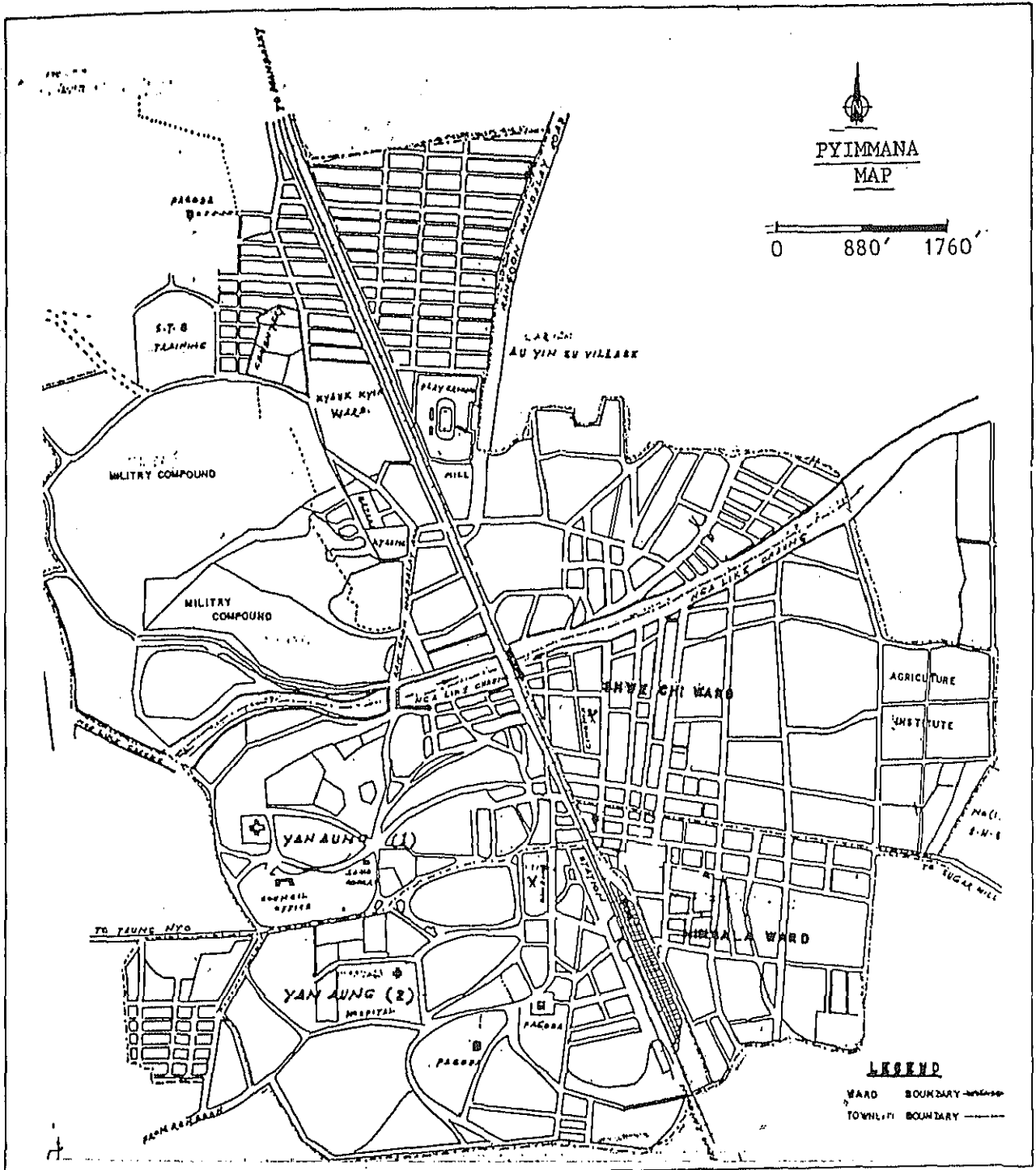
4.1 Pyinmana

4.1.1 地域の概況 52

4.1.2 地下水開発計画 55

4.1.3 水道計画の策定 65





4. 1. 1 地域の概要

Pyinmana は、中央ビルマに位置し、Rangoon からは鉄道で 360 km、道路で 390 km である。ビルマ国における乾燥地帯の南東端にあたり、本プロジェクト対象都市のうちでは、最も雨量が多く、比較的水に恵まれた都市である。過去 10 年の平均年間雨量は 1,300 mm であり、夏季の最高・最低気温は 42℃と 15℃、また冬期の最高・最低気温は 38℃と 8℃である。

町の面積は 5.7 km²、現在人口は 51,275 人で、過去 10 年の平均年間人口伸び率は 1.8% である。

Pyinmana 周辺は肥沃な農地に恵まれ、町の北 10 km には灌がい用の Yezin Dam がありそれに隣接して、広い農地研究試験場がある。農産物では、米、さとうきび、とうもろこし、ごま、落花生などのほか、Pyinmana の東方 Shan State 沿いの山地、西方 Pegu Yoma 沿いの山地では木材を産し、また幾つかの工場もあり、各種製品の集散地ともなっている。

町域は南北に走る鉄道と、東西に流れる Nga Like クリークにより四分される。Nga Like クリーク以北および南東部は平坦で、特に南東部は整備された区画を持ち人口密度も高い。また南西部の地形は起伏をなし、いくつかの小高い丘を有する。

Pyinmana には数百の掘り抜き井戸と 50 本を越える深井戸があり、水には恵まれた感はあるが、乾期には井戸の水位が低下し水不足に陥る。

Ward 別の人口および面積を Fig. 4.1.1.1 に、また用途別土地利用率を Fig. 4.1.1.2 に示した。

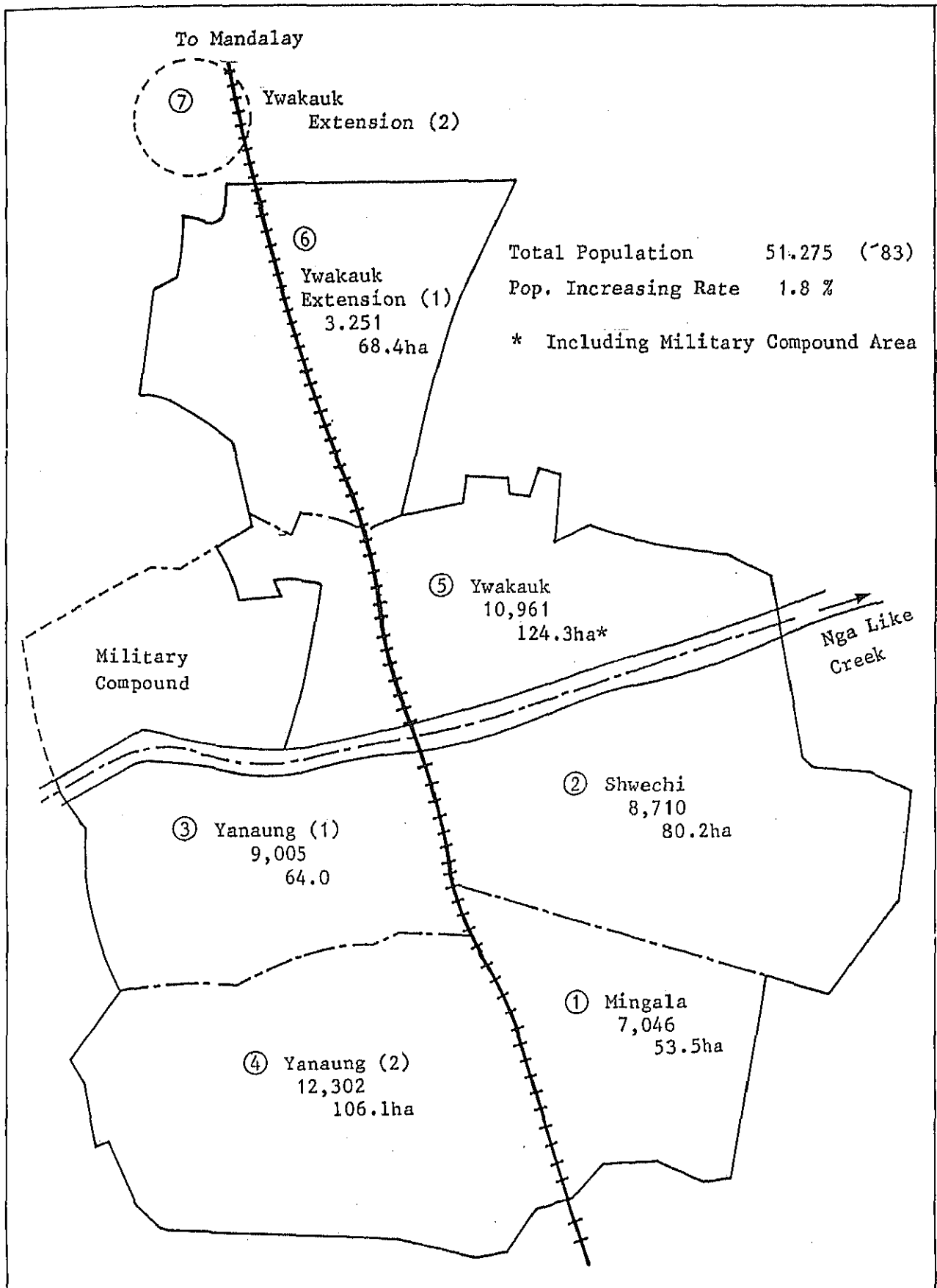
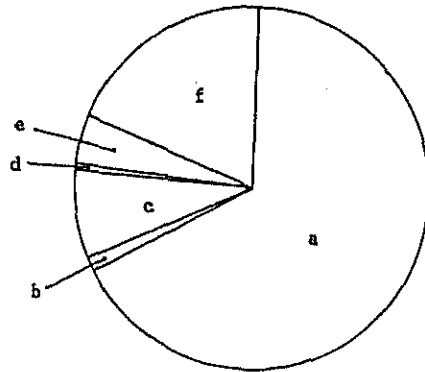


Fig. 4.1.1.1 Ward 別面積と現在人口(1983)



a)	Residential Area	67.10 %
b)	Cemetery, Garden	1.22 %
c)	Religious Center	8.01 %
d)	Commercial Places	0.50 %
e)	Industrial Areas	4.29 %
f)	Government Buildings	18.88 %
	(Offices, School, Hospital and Government Buildings)	

Fig. 4.1.1.2 土地利用率

4.1.2 地下水開発計画

1) 水理地質

(1) 地形・地質

Pyinmana 付近は東側約 10 km に古生層、花こう岩類からなる、Shan および Tenasserim 高地と、西側約 20 km に第三紀漸新世～中、下部中新世の Pegu 層群からなる Pegu Yoma 上昇帯とはさまれた狭長な盆地となっている。(Fig. 4.1.2.1～4.1.2.2 参照)

盆地内には、第三紀上部中新世～鮮新世に形成された Irrawaddy 累層が、丘陵をなして西側に分布している。第四紀に形成された洪積層と沖積層が平坦な低地をなして、東側および丘陵と Pegu Yoma 上昇帯に囲まれた部分に分布している。これらの低地には Sittang 川とその支流が緩勾配で南流している。

鉄道を挟んで東側は 2/1,000 の極緩勾配で Sittang 川に向かって傾斜しているが、平坦な低地とみることができる。一方、西側では Irrawaddy 累層からなる丘陵が南北方向に延びており、Nga Like クリークによって切断され、川の北側では起伏のある丘陵が連なっている。南は 3 つの孤立丘（標高差約 45 m）からなり、これらの南側の低地では丘陵がもぐり込み Irrawaddy 累層が浅所で出現する。

一般的な地質層序は次の通りである。

層序	年代	特徴
沖積層	沖積世	表層のみで薄い
洪積層	洪積世	平地に分布するが比較的薄い
Irrawaddy 累層	上部中新世 ～鮮新世	丘陵および平地の深部に分布

洪積層は砂、砂れき層を主体として粘土層が介在した状態であり、Irrawaddy 累層は粘土層を主体として砂、砂れき層が介在した状態で分布している。

(2) 水理地質

Pyinmana 地域では、南北に延びた背斜軸や断層せんがあるため、西側の丘陵周辺では複雑な地質構造となっている。しかし東側の平坦地では南側に緩く傾斜する状態で、比較的単純な地質構造となっている。

既存井戸は Fig. 4.1.2.3 に示すように鉄道東側に集中している。またこれらの井戸の南北方向の深度分布状態を Fig. 4.1.2.4 に示した。各帯水層の状況は次の通りである。

- ① 沖積層中の帯水層は地層面から 3～9 m の深さに分布し、水質は良好である。Hand Dug Well はこの層を対象としている。
- ② 下部帯水層は、洪積層～Irrawaddy 累層に属するものと考えられ、上下部 2 層の帯水層が分布する。上部の帯水層の上面深度は 15～25 m で南にゆくに従って次第

に深さを増している。この帯水層は約12mのPebble層と約6mのGravel層からなり、電気伝導度は $EC = 80 \sim 200 \mu s/cm$ を示す。

下部の帯水層の上面深度は45～60mで北にゆくに従って次第に深さを増す傾向にある。この帯水層は約6mのPebble層からなり、電気伝導度は $EC = 200 \mu s/cm$ を示す。なお東側の北部では、帯水層の位置が全体に深い位置に分布している。

- ③ 西側のTube Wellは丘陵と丘陵にはさまれる窪地に分布しているが、深度は概ね35m程度で、東側とほぼ同じである。

既存井戸の井戸径は $\phi 2$ インチが主体であり、部分的に $\phi 4 \sim 6$ インチのものがある。井戸深度は前述のように深層地下水帯水層の上部(上面深度15～25m)を対象とするものが多く、一部深層地下水帯水層の下部(上面深度45～60m)を対象とするものがある。これらの揚水量は一般に500～1,000gphと小さいが、これは井戸構造(井戸径、揚水方式、スクリーンなど)に起因しているものと考えられる。

Fig. 4.1.2.5に既存資料による地下水位等高線および地下水流動方向を示す。地下水は西から東に流動しているものと考えられる。

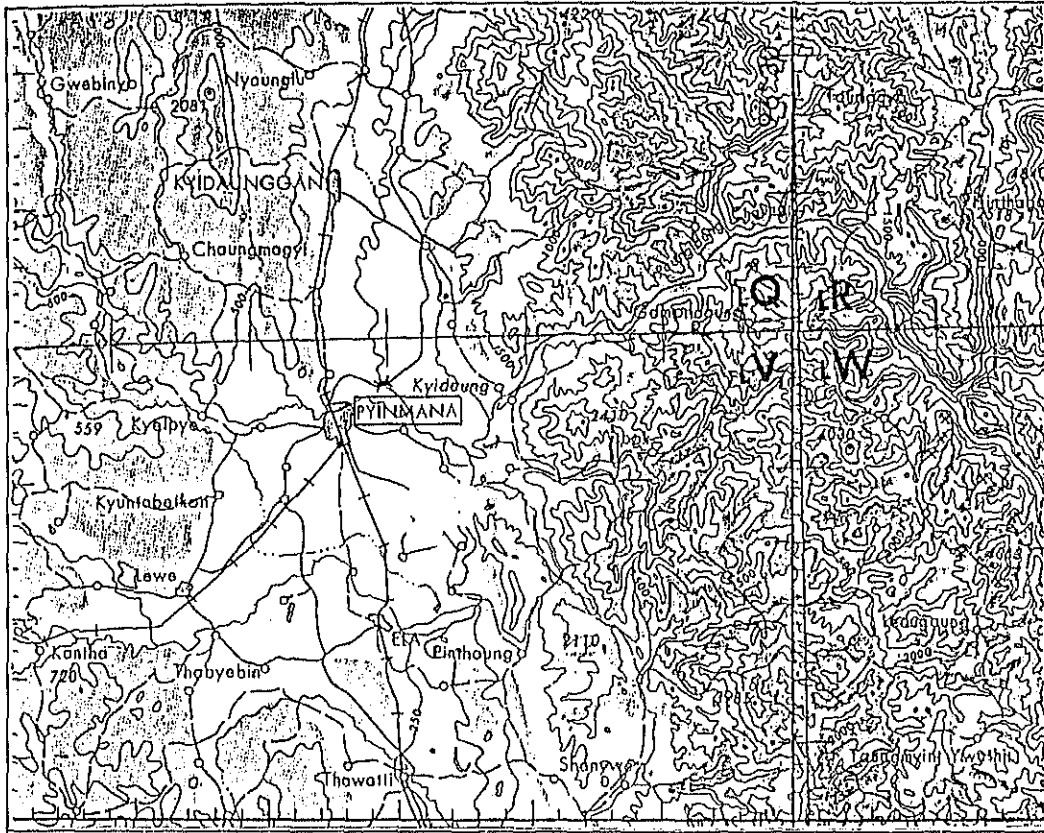


Fig. 4.1.2.1 Pyinmana 地域の地形

Scale 1:500,000

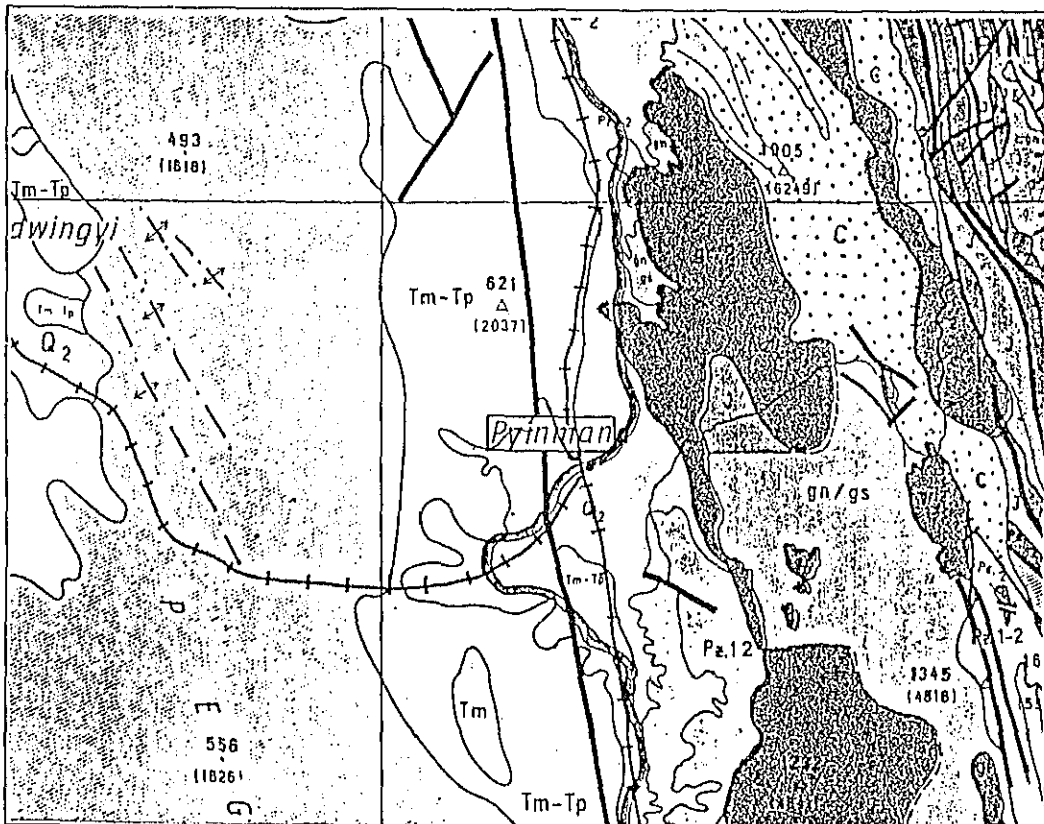


Fig. 4.1.2.2 Pyinmana 地域の地質

Scale 1:870,000

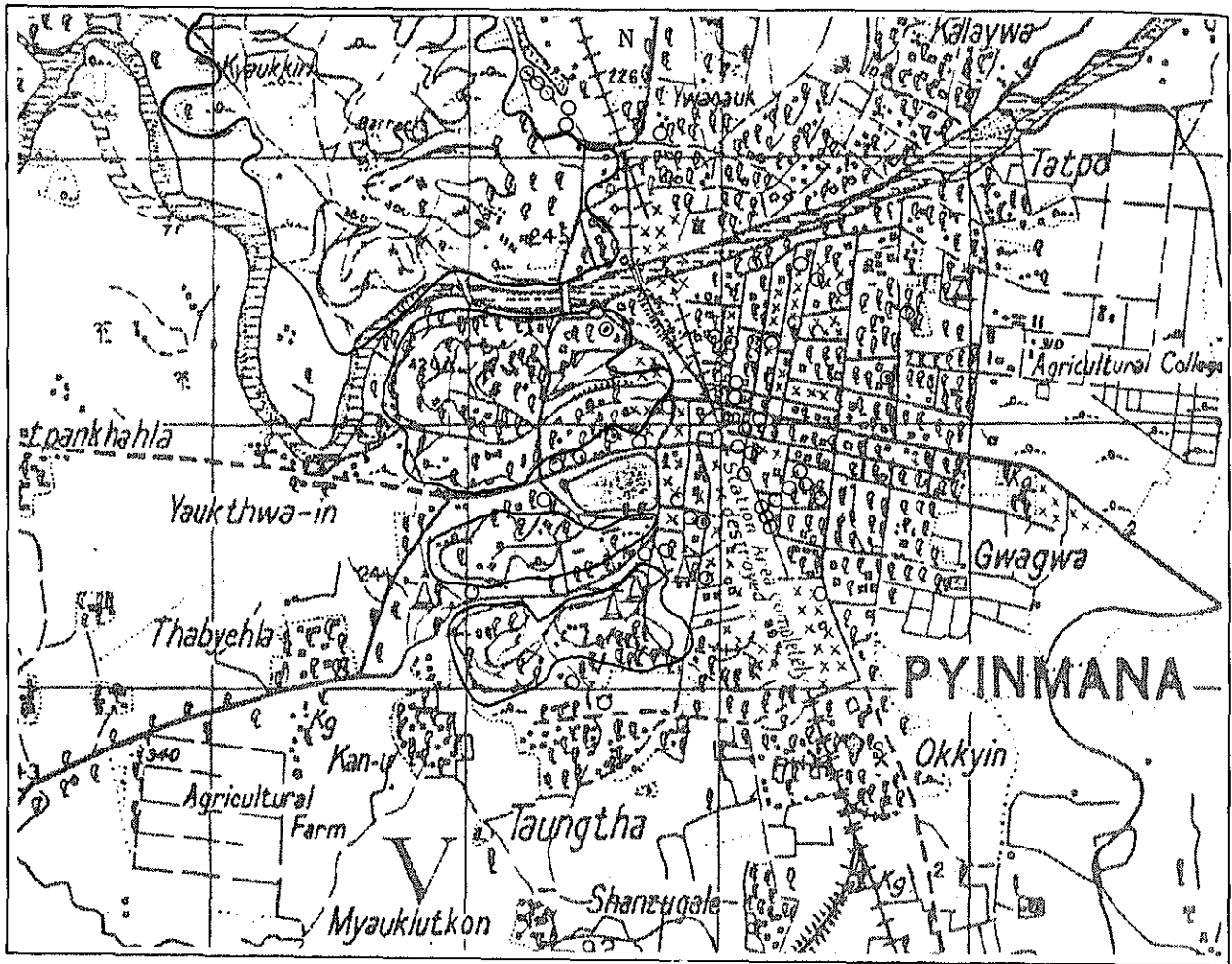


Fig. 4.1.2.3 既存井戸位置図

Scale 1:25,000

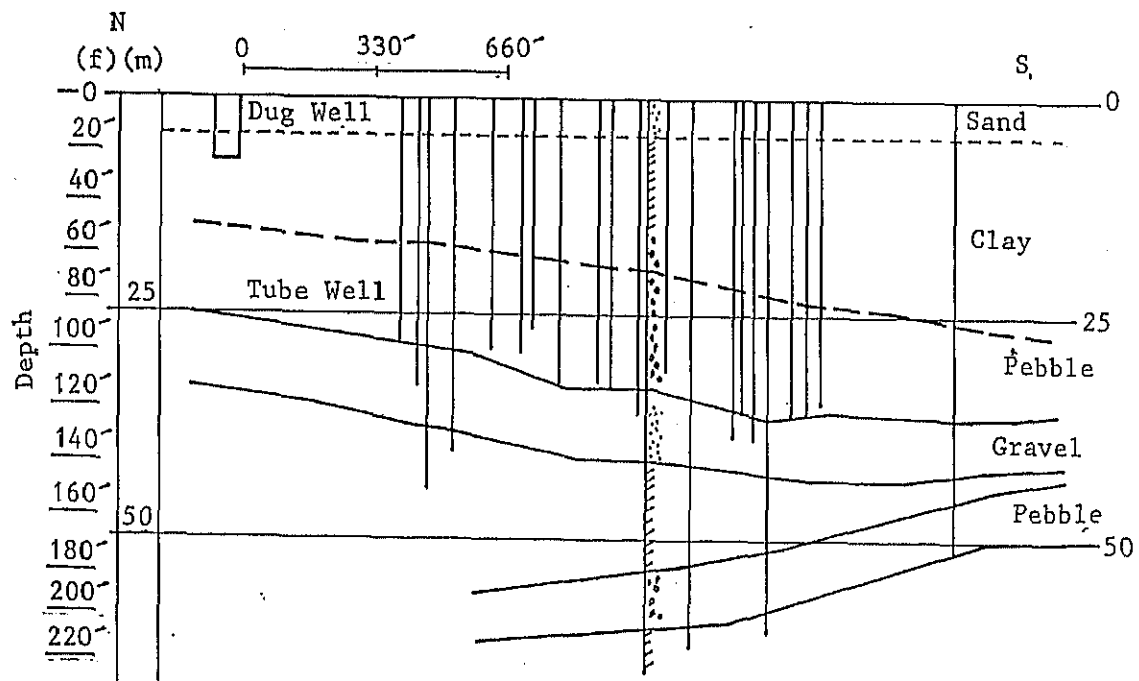


Fig. 4.1.2.4 既存井戸のN-S方向縦断面図

PYINMANA

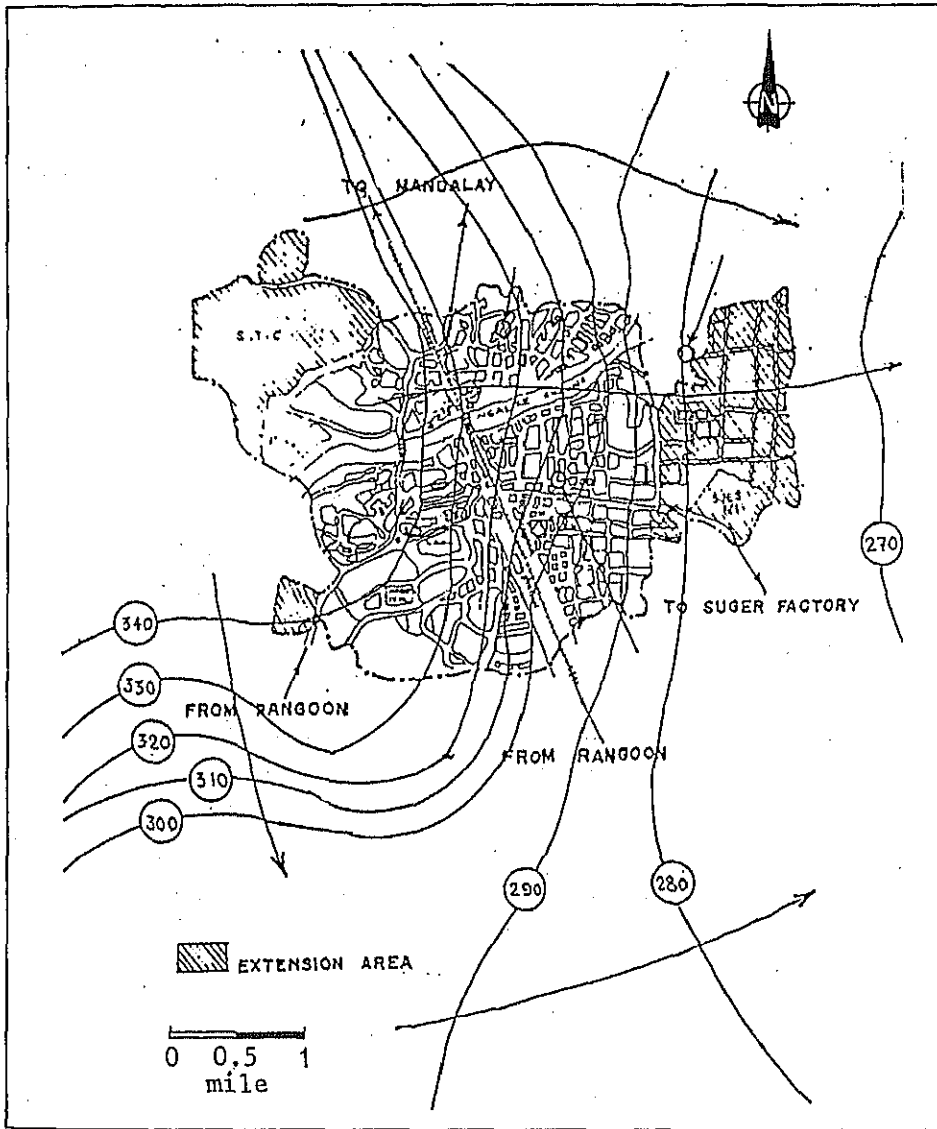


Fig. 4.1.2.5 地下水コンター

2) 帯水層

(1) 既存資料および既存井戸より

Pyinmana 地域における帯水層は前述のごとく、沖積～洪積層および Irrawaddy 累層の砂、砂れき層である。これらの層はいずれも粘土層中に介在した状態であり、層厚は場所によって異なっている。

東側 GL-16.0～20.7m 砂、砂れき

GL-20.7～31.4m 小石

GL-31.4～60.0m 砂れき

(良好な帯水層は60m中23mで約40%を占める)

西側 GL-0.0～7.9m 砂、砂れき、小石

GL-13.4～56.4m 小石混じり砂

GL-56.4～ 粘土

(浅部は良好な帯水層を示すが、深部は不透水層)

東側では良好な深層帯水層が2層確認されるが、西側では Irrawaddy 累層の分布が複雑で場所によって帯水層の分布深度、層厚が異なる。

Pyinmana 地域における電気探査は Fig. 4.1.2.6 に示すように、東側で2測線8点、西側で2測線7点を実施した。結果は Fig. 4.1.2.7 に比抵抗断面図として示す。

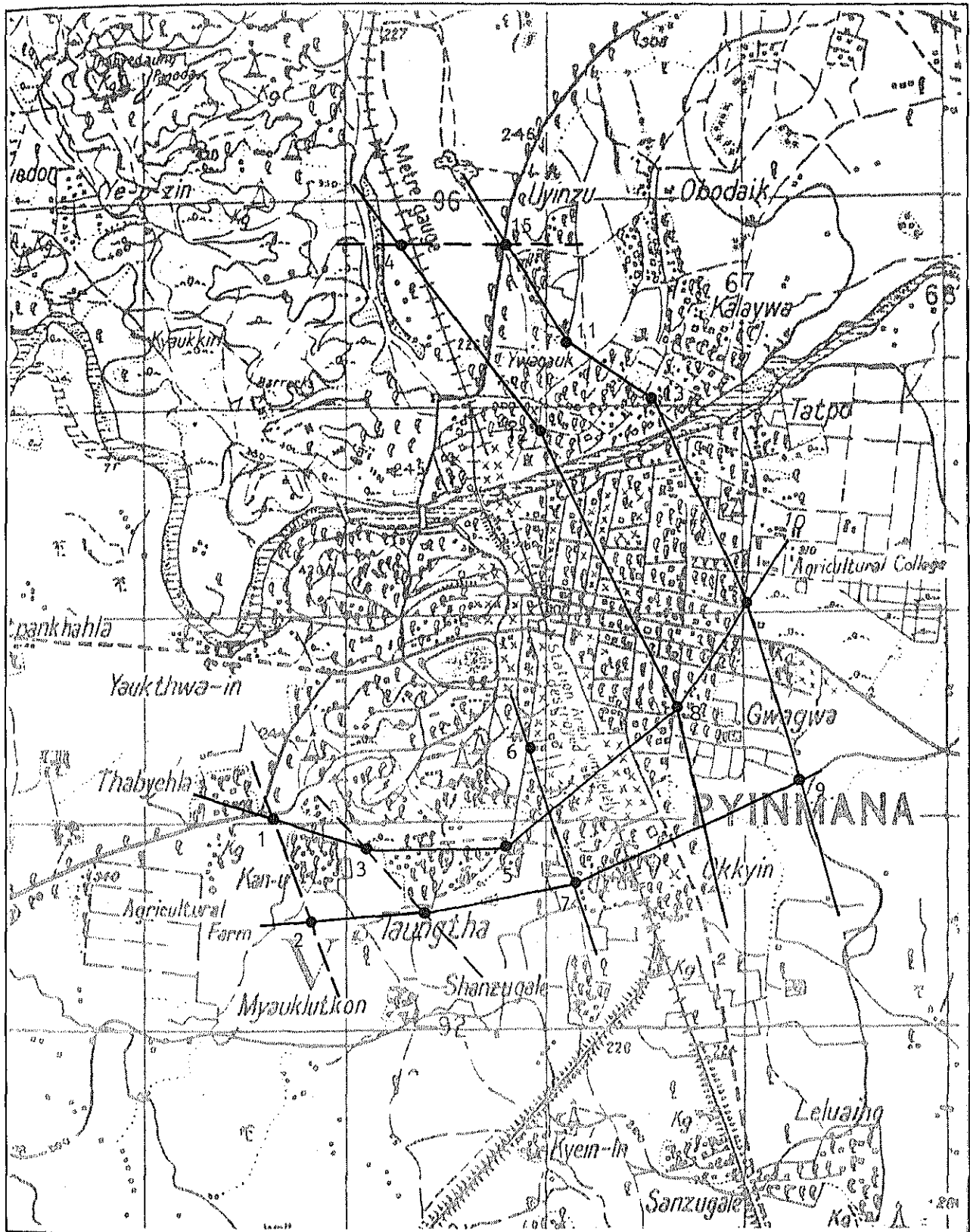
解析結果および既存資料から次のことがいえる。

- ① 孤立丘東側の鉄道付近を境に、比抵抗の分布および地層状況が異なり、断層が推定される。
- ② 鉄道より東側の地区では、難水層が主体をなしており、透水層および難水層は EL 50m以深に分布し、南から北へ緩傾斜している。
- ③ 鉄道より西側の地区では、大きく透水層と不透水層に分かれ、前者は30～70Ω・mと大きい、後者では3～5Ω・mと小さい。

これらのことから、東側では Irrawaddy 累層上部層、西側では Irrawaddy 累層下部層に当たるものと考えられる。帯水層は30～70Ω・mを示す透水層が対象層となる。

また、Pyinmana 地域の地下水賦存状態は地質構造の違いから、鉄道の東側と西側とでは異なっており、東側では被圧地下水、西側では自由地下水の状態分布している。

Irrawaddy 累層の透水性は、一般に陥没盆地の中央に行くに従って細粒堆積物が増す傾向にあるが、Pyinmana では細粒分を多く含んでおり、透水係数は全般的に小さいようである。既存資料のより、Well Log のある井戸について求めた透水係数を Table 4.1.2.1 に示す。



Scale 1:25,000

Fig. 4.1.2.6 電気探査位置図

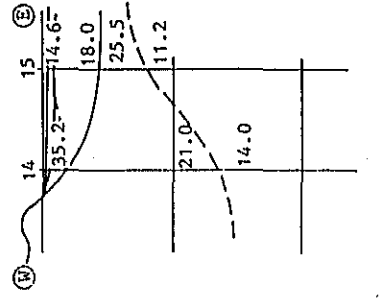
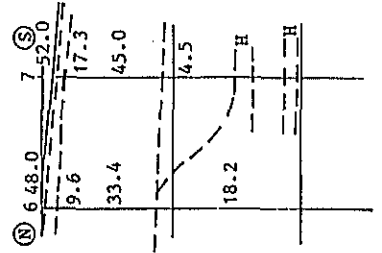
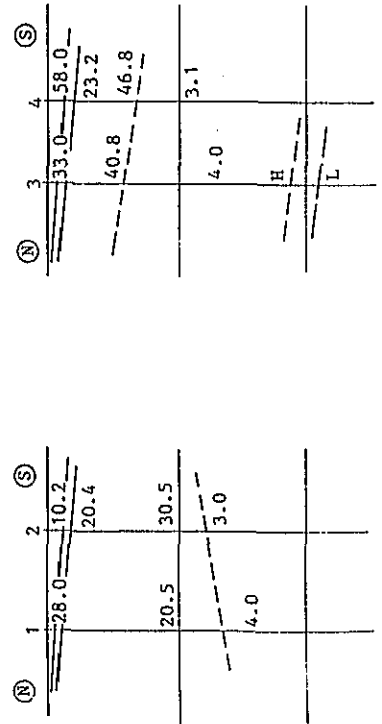
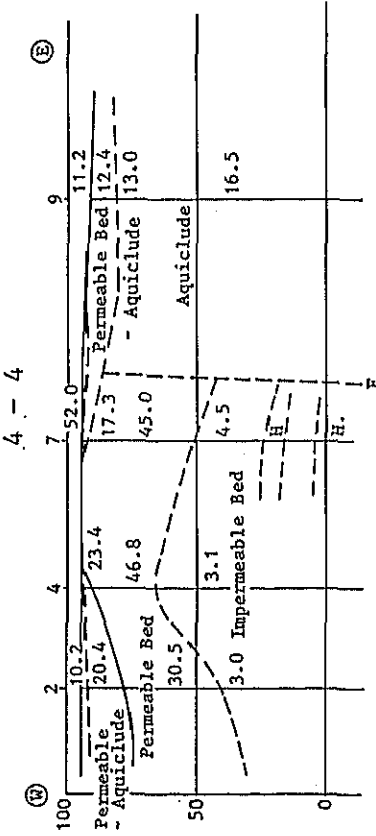
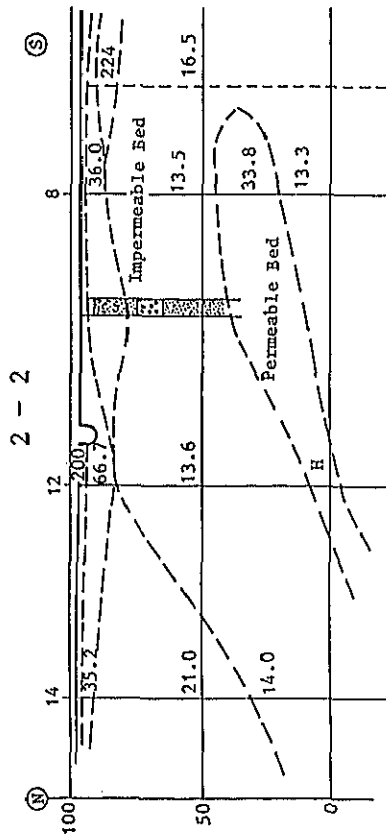
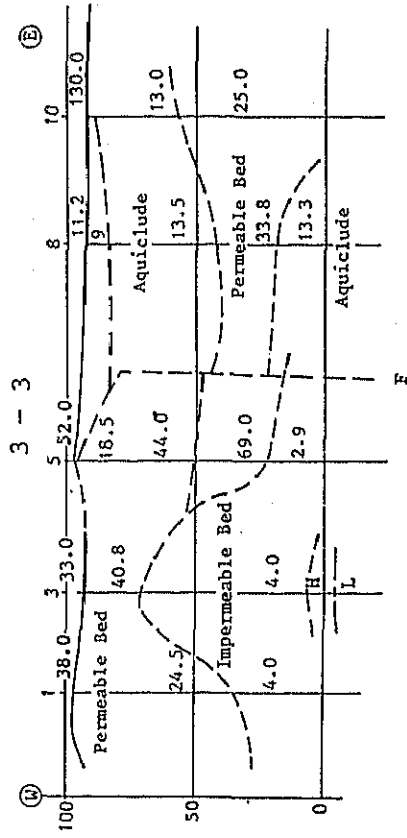
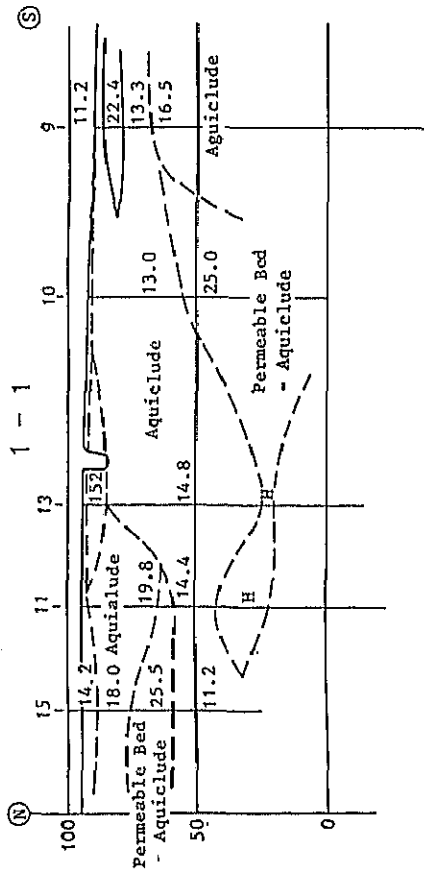


Table 4.1.2.1 Pyinmana 地域の透水係数

Well No.	Aquifer (m)	Draw down $S_1 - S_2$ (cm)	Discharge Q (cm ² /sec)	Diameter γ (cm)	Permeability k (cm/sec)
No. 35	1,250	700	3,750	5.08	6.27×10^{-3}
No. 46	1,525	915	4,375	5.08	4.59×10^{-3}
No. 47	610	610	1,250	5.08	4.92×10^{-3}
No. 48	610	1,068	3,000	7.62	6.44×10^{-3}

上表の透水係数の算出は3.2.2 2)で述べたThiemの式によるもので、影響範囲(R)を500mと仮定した。これらの平均透水係数は、第三紀の砂層に比べて高く、 $k = 5.5 \times 10^{-3}$ cm/secである。

帯水層の厚さ、透水性、連続性から判断すると、かなりの揚水量が期待できるものと考えられる。また、井戸の深さは場所によって異なるが、東側では80m前後、西側では平均50m前後と推定される。

3) 地下水賦存量および水質

(1) 地下水賦存量

Pyinmana 地域における年間降雨量P、蒸発散量Eは、

$$\text{降雨量 } P = 51.12 \text{ インチ} = 1,298 \text{ mm}$$

$$\text{蒸発散量 } E = E_p \times 0.7 = 1,987 \times 0.7 = 1,390 \text{ mm}$$

(蒸発散量は平均気温がほぼ同じMonywaの値を用いる。)

従って、年間を通してみれば、地下水涵養量は、

$$G = P - E = 1,298 - 1,390 = -92 \text{ mm}$$

となり、蒸発散量が降雨量を上回り、地下水涵養が生じないことになる。しかし、当地域では雨期と乾期が明瞭であり、雨期中に地下水が涵養されればよいことになり、ここで、雨期(5月から10月までの6カ月)における地下水涵養量を考える。

$$\text{降雨量 } P = 46.54 \text{ インチ} = 1,182 \text{ mm (Pyinmana)}$$

$$\text{蒸発散量 } E = 1,117 \times 0.7 = 782 \text{ mm (Monywa)}$$

したがって、雨期の地下水涵養量は、

$$G = P - E = 1,182 - 782 = 400 \text{ mm}$$

となり、400mmが地下水涵養量となる。

Pyinmana 地域の地下水涵養域を西側の平地のみとすると、涵養面積は約35km²であり、全涵養量は、 $G = 35,000,000 \text{ m}^2 \times 0.40 \text{ m} = 1.4 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{年}$ となる。

このうち何%かは、河川に流出することから、もっと少ない値となるものと考えられるが、Pyinmana 地域の年間計画揚水量 $Q = 2.7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{年}$ を補うに十分であると考えてよい。

次に、帯水層の体積、空隙率から地下水賦存量を求める。

$$V = A \times S \times E = 1.88 \times 10^7 \text{ m}^3$$

ただし、

A ; 対象地域の面積

西側 $A = 1.8 \times 10^6 \text{ m}^2$

東側 $A = 4.0 \times 10^6 \text{ m}^2$

S ; 帯水層の層厚 西側 40m、 東側 20m

E ; 空隙率 西側 15% 東側 10% とする。

この値は地下水補給や流出を無視した値であり、現在の帯水層中に賦存している量である。

(2) 水質

現場および室内水質試験の結果を Table 4.1.2.2、Table 4.1.2.3 に示す。

これらの表にみるように、Pyinmana 地域の地下水水質は W.H.O の基準に抵触するものではなく、飲料水として問題ないと思われる。

Table 4.1.2.2 現場水質試験結果

井戸 No.	場 所	深 さ	温度 °C	PH	EC
21	No. 8 Street	120'	28	6.2	180
27	"	200	28	-	550
36	Taung Tha	150	27.5	6.2	82
40	Taung Tha	140	28	6.8	110
48	Old Loway SC	210	28	-	180
53	Pankingon	180	25	8.7	280

Table 4.1.2.3 室内水質試験結果

項 目	E. P. C	P. P. S. C	備 考
1. Apperance	clear	clear	
2. Total Solids	710 ppm	190 ppm	
3. Total hardness	75	100	
4. Permanent hardness	2	7.0	
5. Calcium hardness	70	76.0	
6. Total iron	0.65	0.32	
7. Chloride	9	120	
8. PH	8.6	7.4	
9. EC	780		
10. Temp	28		

4) 揚水量、井戸間隔および深度

井戸1本当たりの揚水量は揚水試験によって把握する必要があるが、ここではThiemの公式を用いて揚水量を推定する。

水位低下量は井戸間隔500m(影響範囲250m)とすると

$$S = R / 3,000 \quad k = 250 / 3,000 \times 5 \times 10^{-5} = 11.8 \text{ mとなる。}$$

$$\text{ただし、} \quad R = 250 \text{ m}$$

$$k = 5.0 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$$

西側(自由地下水)

$$\begin{aligned} Q &= \frac{\pi k(H^2 - h^2)}{2.3 \log R / r} \\ &= \frac{\pi \times 5.0 \times 10^{-5} \times (40^2 - 28.2^2)}{2.3 \log 250 / 0.076} \\ &= 0.015 \text{ m}^3/\text{sec} = 972 \text{ m}^3 / 18 \text{ hrs} \end{aligned}$$

東側(被圧地下水)

$$\begin{aligned} Q &= \frac{2 \pi D k(H - h)}{2.3 \log R / r} \\ &= \frac{2 \pi \times 20 \times 5.0 \times 10^{-5} \times 11.8}{2.3 \log 250 / 0.076} \\ &= 0.0092 \text{ m}^3/\text{sec} = 596 \text{ m}^3 / 18 \text{ hrs} \end{aligned}$$

したがって、両地区とも600m³/18hrsは確保できるものと考えられる。

井戸間隔は地層、帯水層の状況、揚水量と低下量を勘案し最小井戸間隔を500mとする。

井戸深度は帯水層の賦存下限深度が70m前後であるため、生産井の平均深度を76m(砂だめ6m)とする。

4.1.3 水道計画の策定

1) 計画対象区域

市内の住居地区は人口増加により、高密度(約150人/ha)となって来たため、T.D.Cは対応策として市北方に2つのニュータウンを建設しつつある。(Fig.4.1.3.1参照)このうちExtension-1はすでに区画が整備され、3,000人以上が居住している。

一方Extension-2は現在計画段階であり、建設は5~6年後とされている。

したがって、本プロジェクトでは旧市内とニュータウンのうちExtension-1を計画給水対象区域とした。

2) 計画給水人口

計画給水人口は、現在の人口51,275人(83)と過去の平均人口増加率より、59,200人とする。

3) 計画給水量

$$\begin{aligned} \text{計画給水量} &= \text{計画給水人口} \times 1 \text{人} 1 \text{日最大給水量} \\ &= 59,200 \text{人} \times 105 \text{ℓ/人/日} \\ &= 6,200 \text{m}^3/\text{日} \end{aligned}$$

4) 給水ブロックの分割

計画対象区域はNga Like クリークによって南北に2分され、南北に走るRangoon～Mandalay鉄道によりさらに細分されている。水道計画を行うにあたっては、これらのクリークや鉄道による制約および人口分布状況、または計画井戸のさく井可能域の分割等を勘案してFig. 4.1.3.1に示すように計画対象区域をA, B, C, Dの4つのブロックに分割し、それぞれ独立したシステムを持たせた。

ブロック毎の計画給水人口、給水面積、人口密度および計画給水量は下表のとおりである。

Table 4.1.3.1 ブロック毎の計画諸元

ブロック	計画給水人口	給水面積	人口密度	計画給水量
A	23,700人	170.1 ha	139人/ha	2,490 m ³ /日
B	17,800	133.7	133	1,870
C	11,800	70.5	167	1,240
D	5,900	68.4	86	620
計	59,200	442.4	Ave. 133.7	6,220

5) 施設計画

この地区の計画可能揚水量は前項で述べたとおり、井戸1本当たり約600 m³/日である。したがって、ブロック毎の必要井戸本数は、

$$\begin{aligned} \text{Aブロック} & \quad 2,490 \text{m}^3 \div 600 \text{m}^3 = 4.1 \quad \text{より4本} \\ \text{Bブロック} & \quad 1,870 \div 600 = 3.1 \quad \text{より3本} \\ \text{Cブロック} & \quad 1,240 \div 600 = 2.1 \quad \text{より2本} \\ \text{Dブロック} & \quad 620 \div 600 = 1.0 \quad \text{より1本 となる。} \end{aligned}$$

また、各ブロックの給水システムは、地形条件および井戸設置可能地域より下表に示す基本システムを適用した。特にB, C, Dブロックはほとんどフラットな地形であるため、高架水槽を設置する計画としたが、Aブロック内には丘陵があることから、これを利用し地下配水槽を設置し、ここから給水することとした。

各ブロックの基本システムは、Table 4.1.3.2に示す通りである。

また、各ブロックの施設レイアウトをFig. 4.1.3.1に示した。

Table 4.1.3.2 各ブロックの基本システム

ブロック	基本システム	備 考
A	3	
B	2	給水エリア内に井戸築造が可能なため着水井は省く。
C	1	
D	1	

6) 施設の概要

諸施設の工種別の仕様および数量はTable 4.1.3.3のとおりである。

送水配管および配水管網は、それぞれFig. 4.1.3.3、Fig. 4.1.3.4に、また計画井戸および高架水槽については4.1.1参考図に示した。

Table 4.1.3.3 計画施設の概要

施設	項目	内 容	数 量	摘 要
取水施設	生産井	計画取水量600~650m ³ /d φ150mm×H76m	10本	ケーシング H=54m スクリーン H=22m
	調査井	φ150mm×H90m	5本	ケーシング H=68m スクリーン H=22m
	観測井	φ100mm×H76m	8本	ケーシング H=66m スクリーン H=10m
	取水ポンプ	φ100mm×0.583m ³ /min×10KW	4基	W-1~W-4
		φ80mm×0.583m ³ /min×14KW	6基	W-5~W-10
ポンプ室	レンガ構造 4m×4m	10棟		
導水施設	導水管	φ150mm~φ200mm T型ダクタイル鋳鉄管 3種	3,790m	
		各種異形管	1式	
	仕切弁	φ150~φ200mm	6ヶ所	
空気弁	φ20mm	5ヶ所		
配水施設	貯水槽	容量 210m ³ 地下式 RC構造	1基	GR
	高架水槽	容量 38.9m ³ FRPパネル製 高さ 15m 鋼製架台	1基	ET-1
		容量 12.9m ³ FRPパネル製 高さ 15m 鋼製架台	3基	ET-2~ET-4
	配水管	φ75mm~φ200mm T型ダクタイル鋳鉄管 3種	16,840m	
		各種異形管	1式	
仕切弁	φ75mm~φ200mm	57ヶ所		
空気弁	φ20mm	36ヶ所		
電気施設	変電設備	3φ4W 11KV/0.4 100KVA、25KVA	2式	
	送電線	OW 14"~100" CV 8"×4c	27.8km	
付属品			1式	

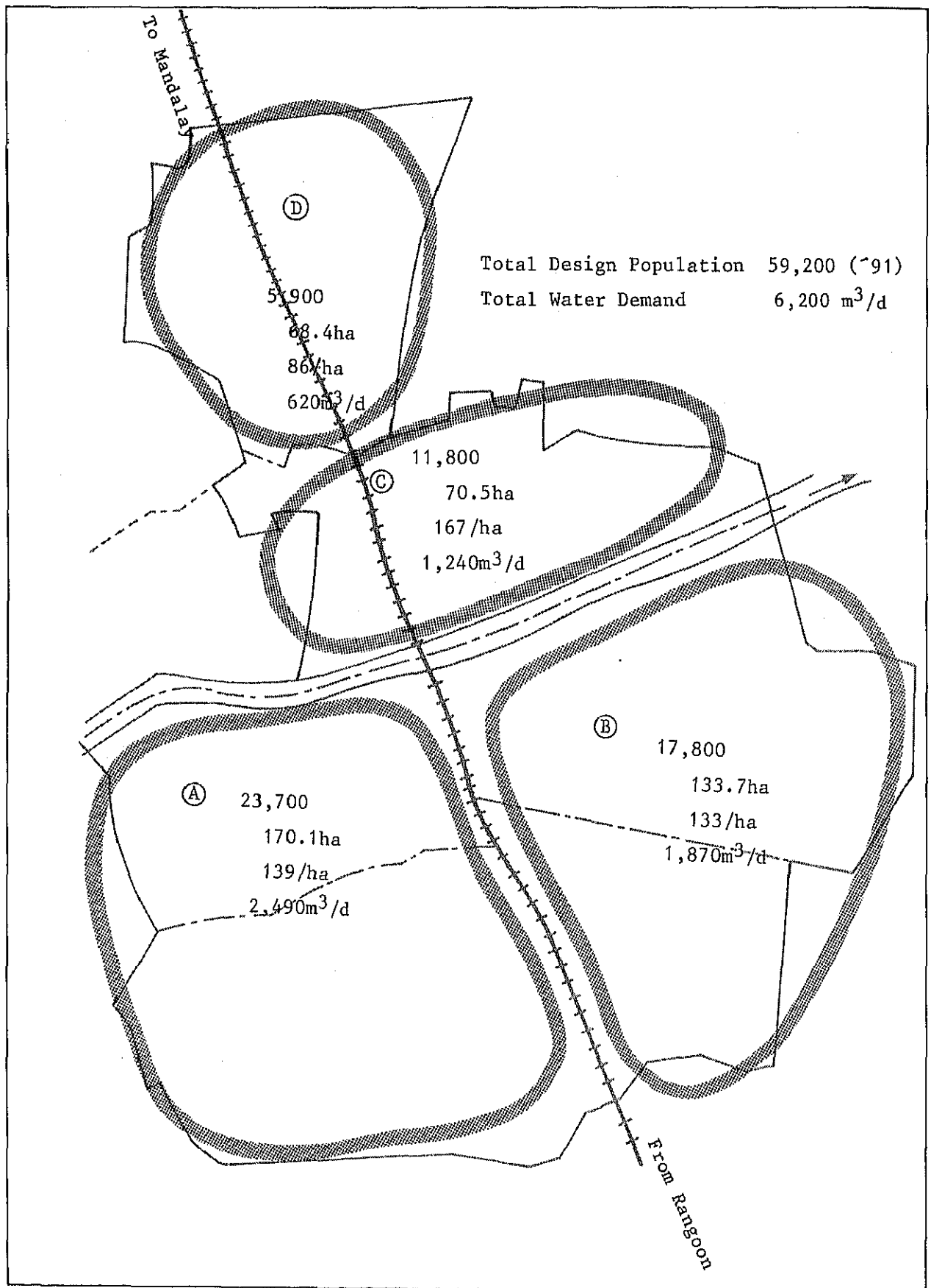


Fig. 4.1.3.1 給水ブロック毎の計画給水人口

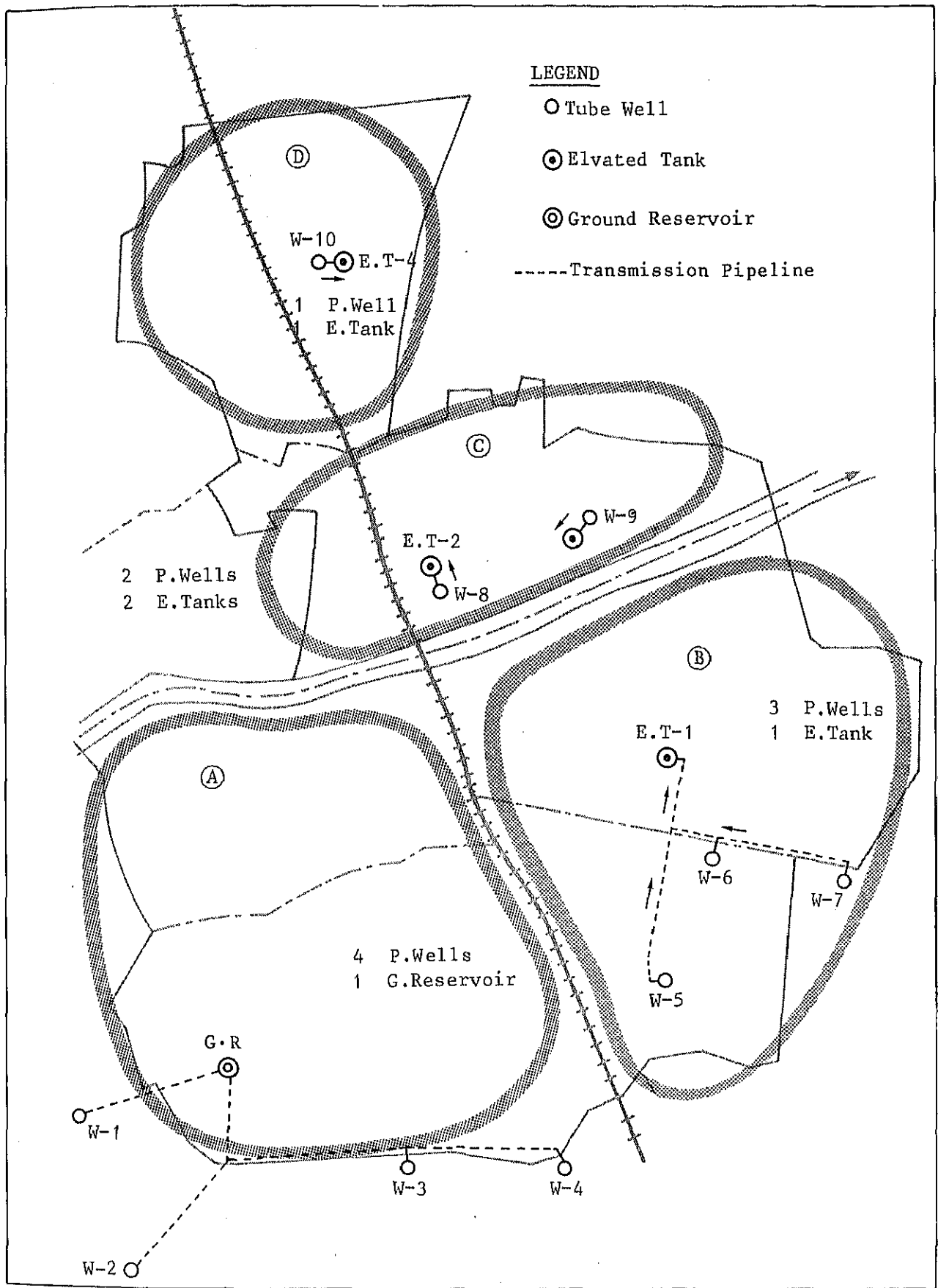


Fig. 4.1.3.2 計画施設レイアウト

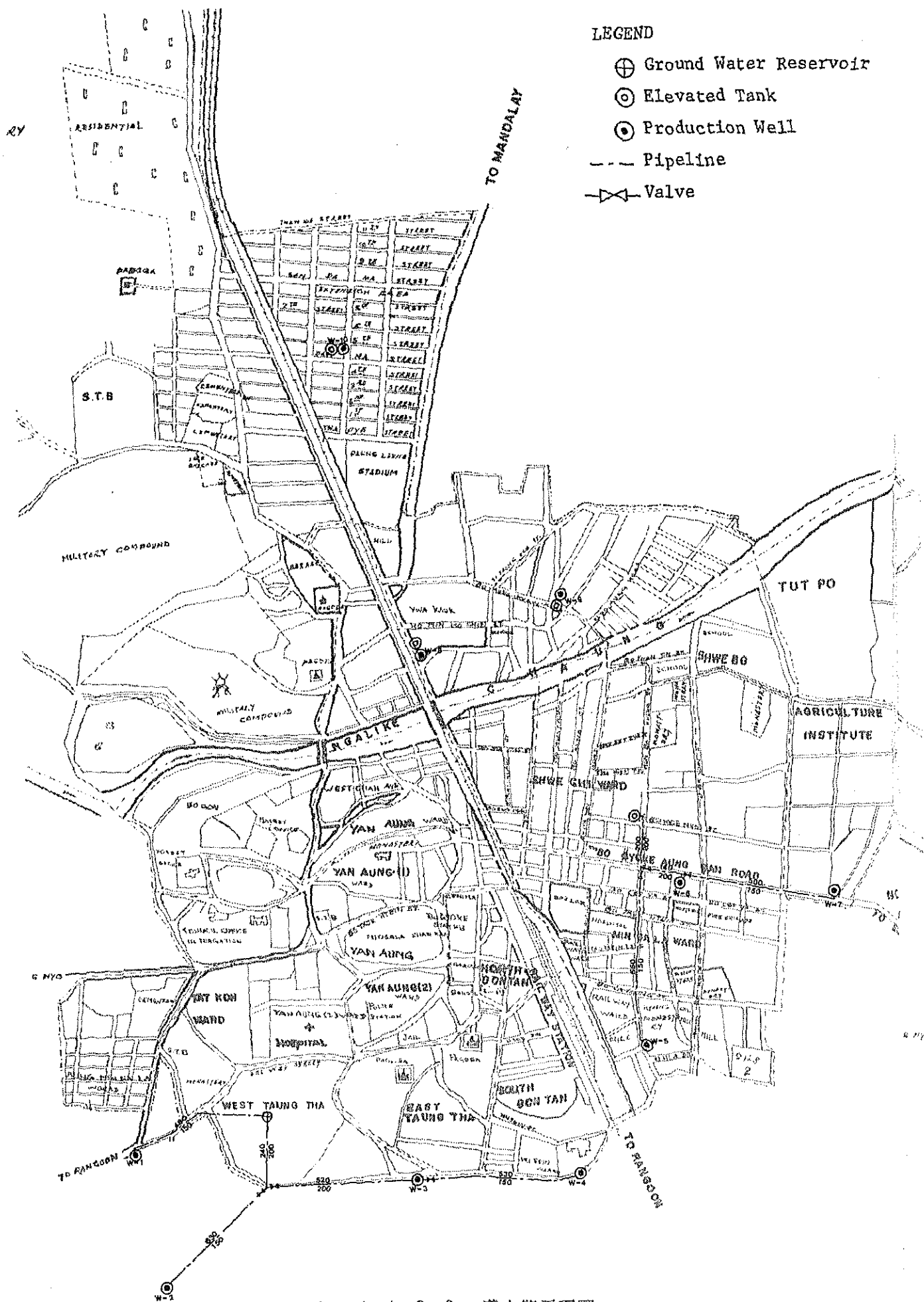


Fig. 4.1.3.3 導水管平面圖

LEGEND

- ⊕ Ground Water Reservoir
- ⊙ Elevated Tank
- ⊙ Production Well
- Pipeline
- ⋈ Valve

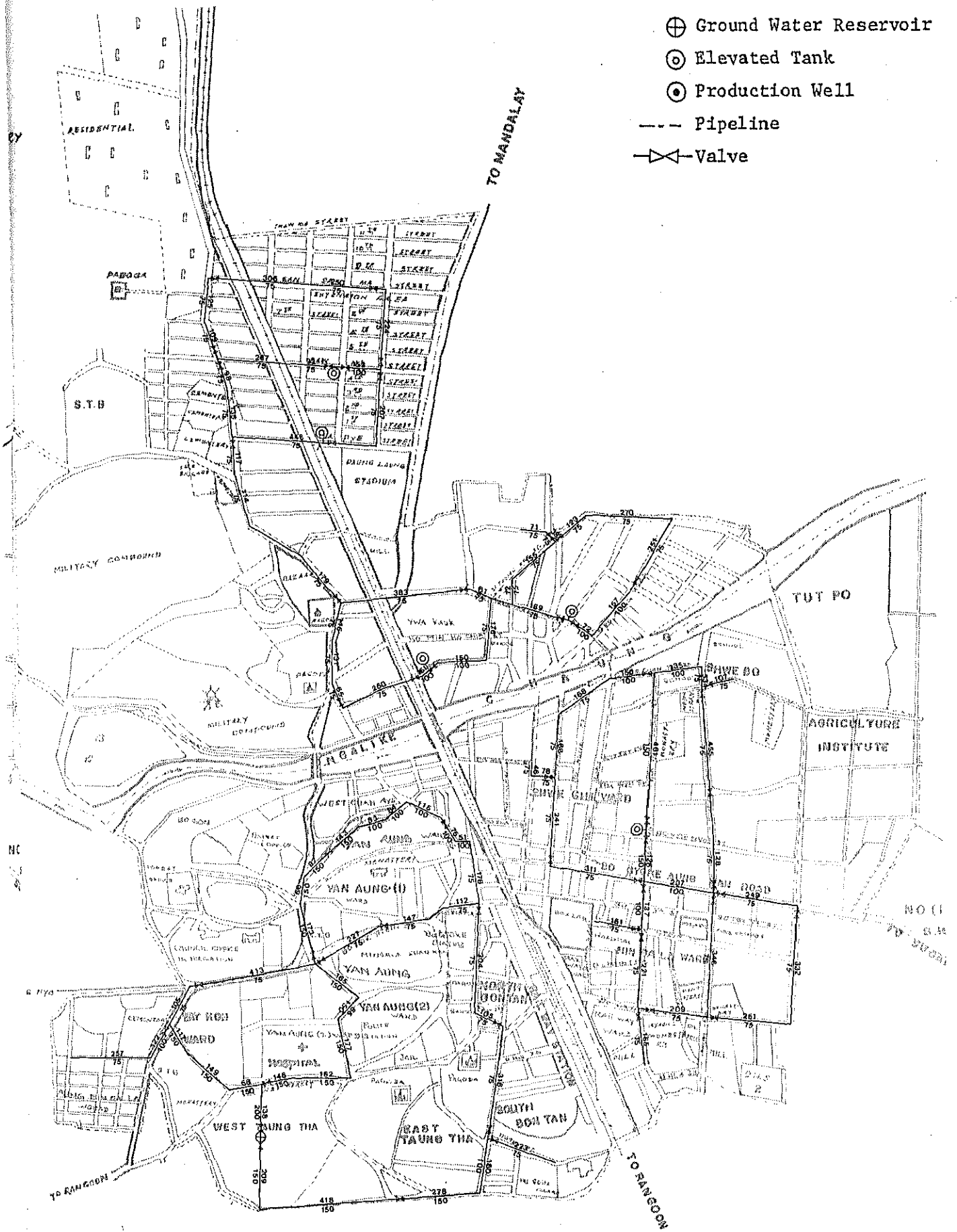


Fig. 4.1.3.4 配水管網平面圖

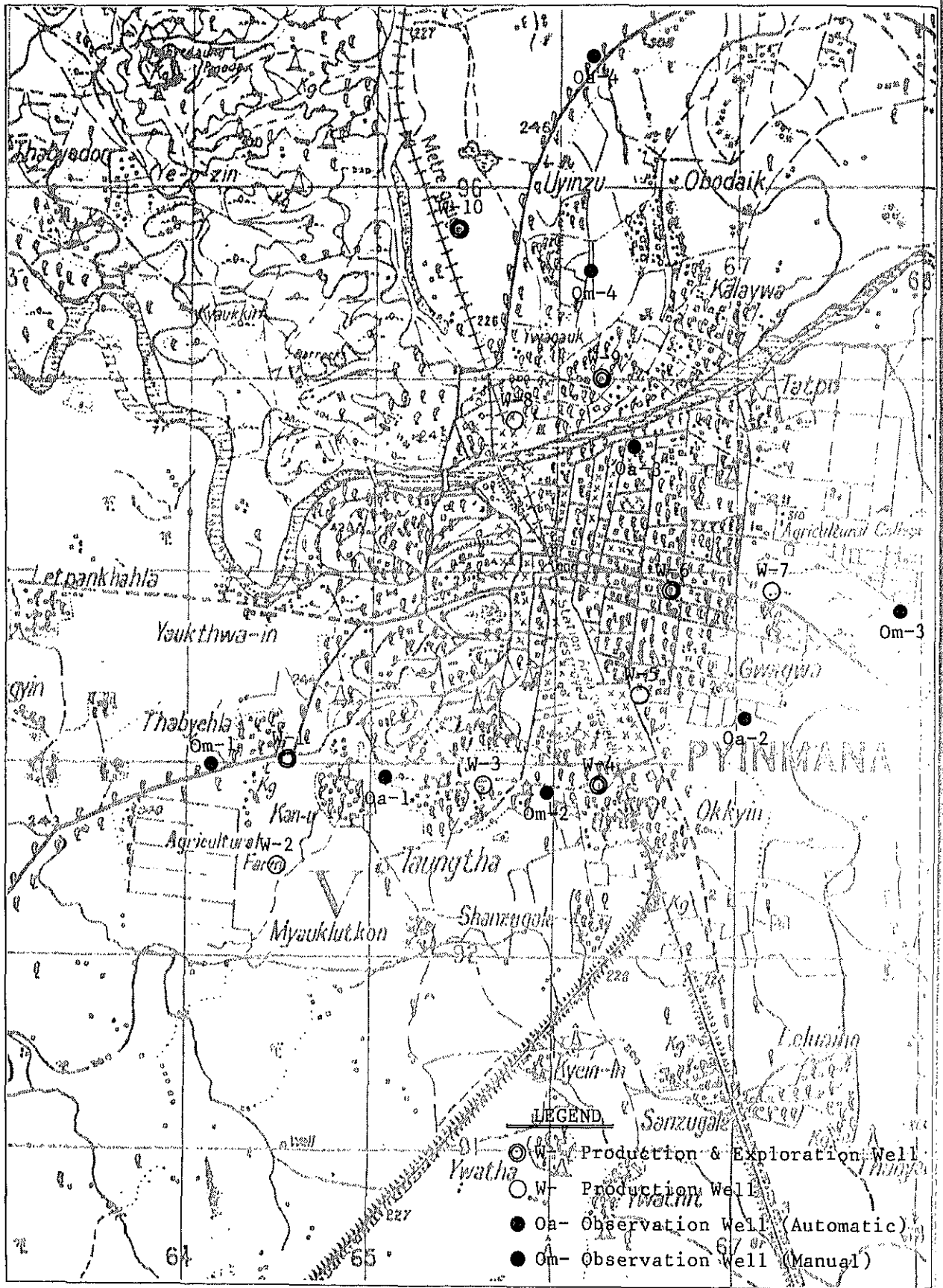
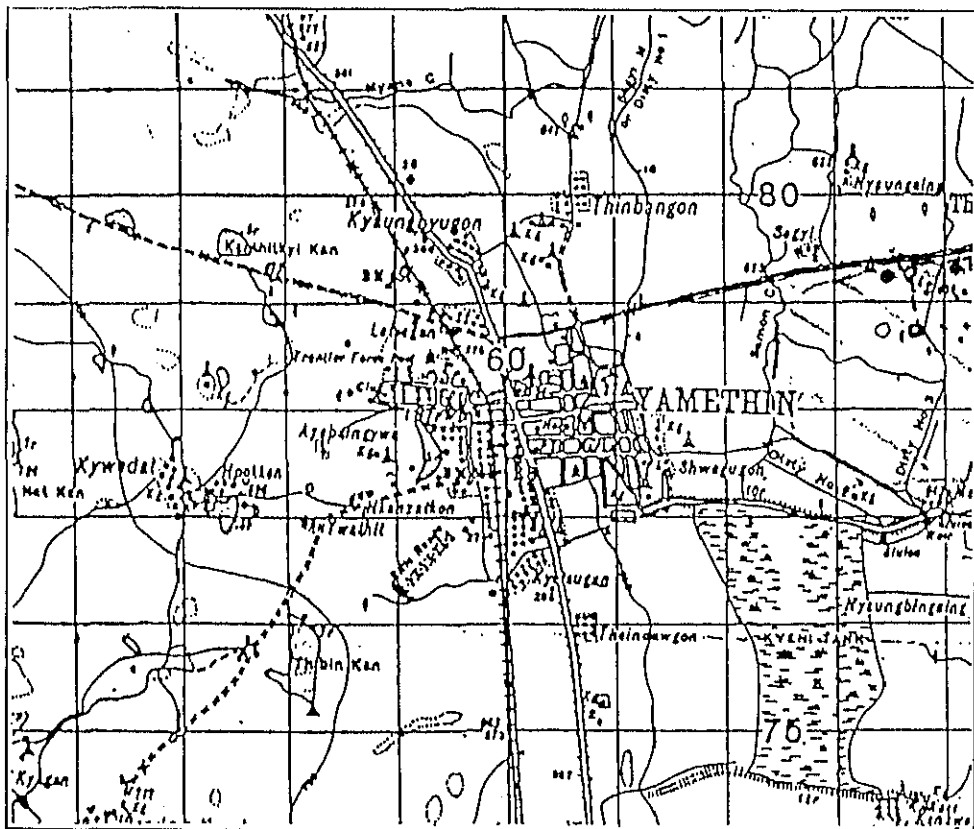


Fig. 4.1.3.5 計画井戸位置図

4 . 2 Yamethin

4 . 2 . 1	地域の概要	7 5
4 . 2 . 2	既存水道施設	7 5
4 . 2 . 3	調査の目的	7 5
4 . 2 . 4	地下水開発計画	7 7
4 . 2 . 5	水道計画の策定	8 9



4. 2. 1 地域の概況

Yamethin は Pyinmana の北方約 100 km、Pyawbwe の南方 20 km に位置し、Rangoon ~ Mandalay 幹線道路上にある、面積 7.7 km²、人口約 20,000 人の小都市である。雨量、気温共、乾燥暑熱帯地帯の典型的な値を示す。過去 10 年の年間雨量は 610 mm ~ 1,060 mm で、気温は夏は最高 42℃ を示し、冬の平均は 29℃ である。

主要産物は乾燥暑熱帯地帯の代表的農産物である、ごま、落花生、唐辛子、綿花であり、西方のダムから町の東南にある池 Kyeni Tank に水が補給され、米作も行なわれている。周辺の多くの村々からこれら諸産物が持ち寄られ、取引・経済的中心地となっている。

4. 2. 2 既存水道施設

町の水道施設は、古くは東南部の Kyeni Tank (人造池) から揚水し、町内のパネル式高架水槽から各地へ給水するものがあり、今でもこの施設により一部に給水している。

現在の水道施設は町の東方約 5 km の Theingong 村に 8 本の深井戸を掘り、これを水源としたものである。深井戸から水中ポンプにより揚水された水は、一旦地下タンクに集められ送水ポンプにより、6 インチと 8 インチの 2 本の送水本管で、町の 2 基の鉄筋コンクリート製の高架水槽へ送られ、ここから住民へ給水される (Fig. 4.2.2.1 参照)。給水配管は Fig. 4.2.2.2 のとおりである。住民は各所に設けられたコンクリート製公共給水栓から受水している。また消火栓も市内各所に設置されている。

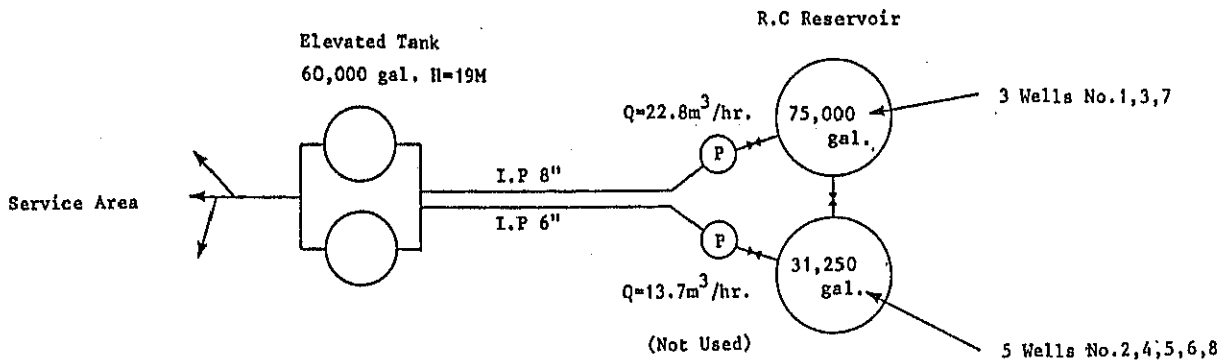
この施設は、1964 年 Ministry of Housing により建設されたものであるが、現在は 8 本の深井戸のうち、5 本が故障し揚水不能となったため、3 本だけが機能している。現在の 1 日当たり可能給水量は、わずか 100,000 gal/日 (約 450 m³/日) であるため T. D. C は給水区域を 2 分し、1 日おきに給水している。

なお、水質は P. H 8.5、全固形物 340 ppm.、硬度 92 ppm. と、良質の飲料水である。

4. 2. 3 調査の目的

既存の水道施設は、取水施設を整備することにより、全施設を機能させることが可能であると判断される。

従って、本調査では井戸の支障原因を調査し、補修方法を検討し、計画給水量に見合った取水施設を完備することを目的とした。



Note: No. 1, 3, 4, 5, 8 Wells are not functioning

Fig. 4.2.1.1 既存給水システム概念図

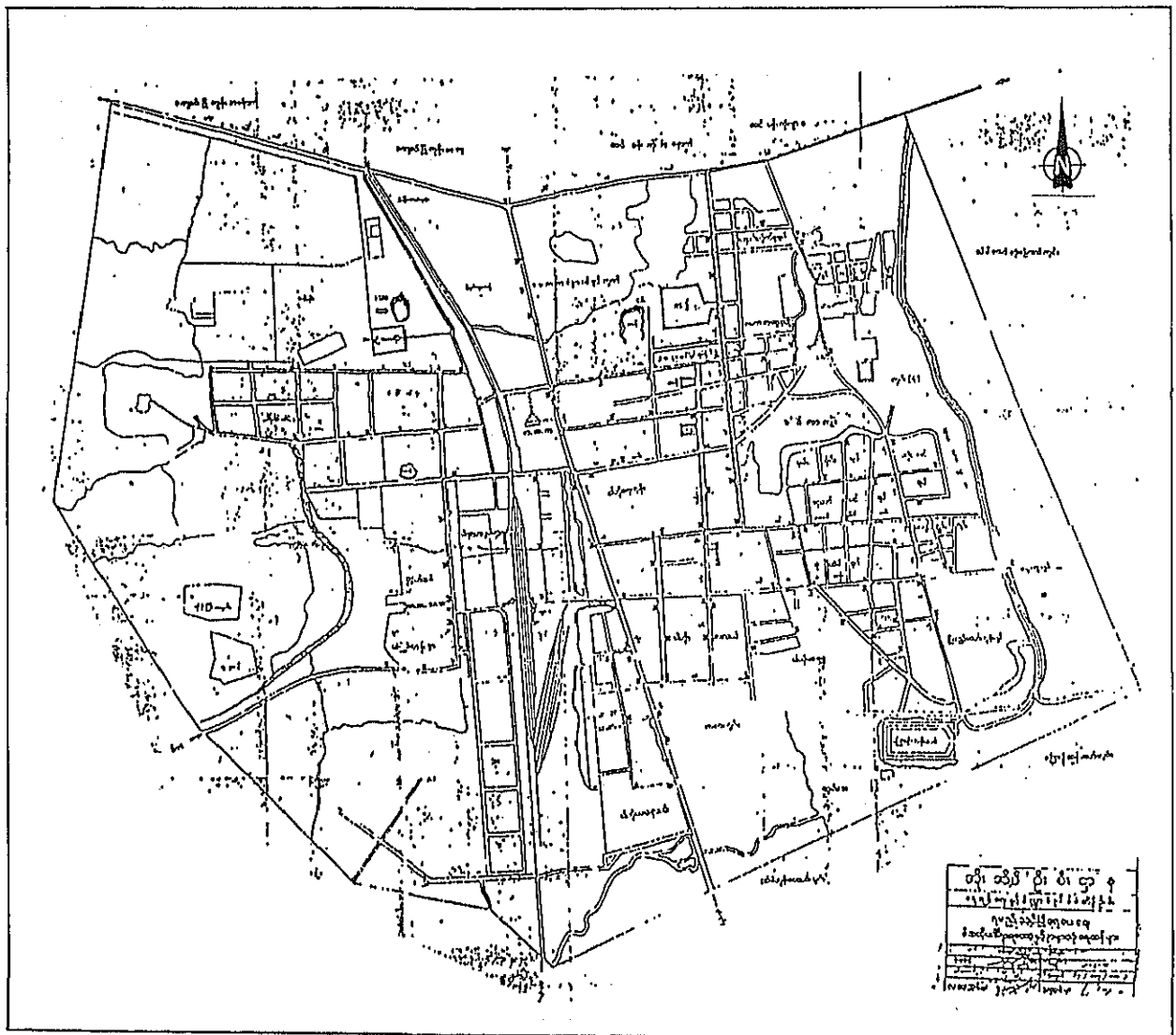


Fig. 4.2.1.2 既存水道施設計画図

4. 2. 4 地下水開発計画

1) 水理地質

(1) 地形、地質

Yamethin付近は、東側約10 kmの古生層岩を主体とし一部花こう岩類からなるShan-Tenasserim高地と西側約15 kmの第三紀漸新世～中、下部中新世のPegu層群からなるPegu Yoma上昇帯とに挟まれた狭長な盆地である。(Fig. 4.2.4.1～4.2.4.2参照)

盆地内には第三紀上部中新世～鮮新世にかけて形成されたIrrawaddy累層がなだらかな丘陵性台地をなしてYamethinから西側に分布している。第四紀に形成された洪積層(扇状地性堆積物)がShan-Tenasserim高原に沿うように分布している。また沖積層は鉄道沿いに細長く分布しているが、Yamethin以北では次第に広がっている。沖積低地にはSamon川やSegyi川などの小河川が緩勾配で北流しており、Yamethinの南東側には約2.4 km²の面積を有するKyent Tankがある。これらの河川や湖は雨期には流水あるいは貯水をみるが、乾期では干上がることが多い。

沖積低地は平坦面をなし、扇状地性堆積物の分布する扇状地およびIrrawaddy累層の分布する丘陵性台地で緩く沖積低地に向かって傾斜している。

既設の井戸群およびポンプ場のあるTheingon村は、扇状地地形をなし、緩く東から南へ傾斜している。このTheingon村周辺では、洪積層に当たる扇状地性堆積物が厚く分布しており、その下部にはIrrawaddy累層が分布しているものと考えてよい。

扇状地性堆積物は全体に粘土層を主体として、砂、砂れき層の薄層が介在している。砂、砂れき層は連続性のよいものが多いが、部分的にレンズ状あるいは指交状態で分布しているものと思われる。

(2) 水理地質

Yamethin地域特にTheingon地区では、西側に緩く傾斜する状態であり、粘土層主体の扇状地性堆積物が分布し、地質構造は単純な状態となっている。YamethinからShan高原にかけての模式地質断面図をFig. 4.2.4.3に示す。

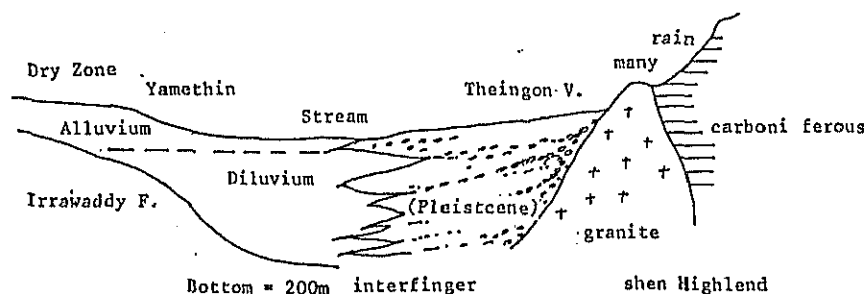


Fig. 4.2.4.3 地質断面模式図

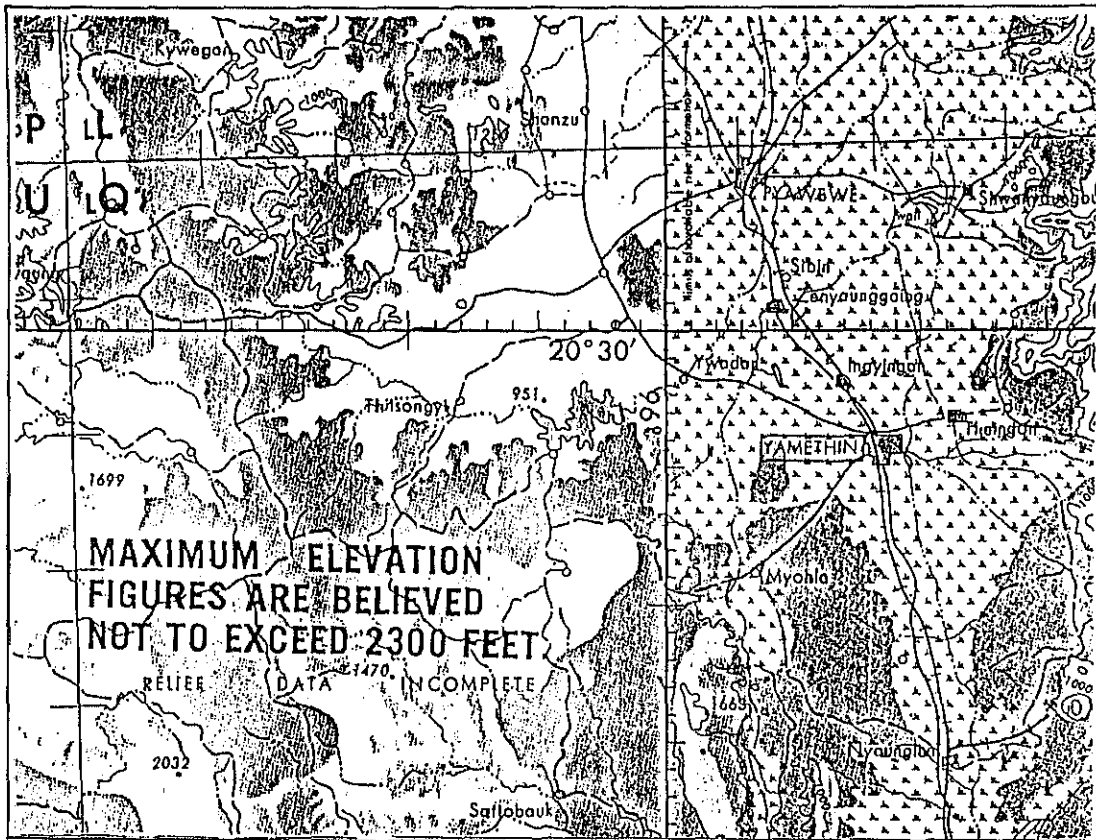


Fig. 4.2.4.1 Yamethin 地域の地形図

Scale 1=500,000

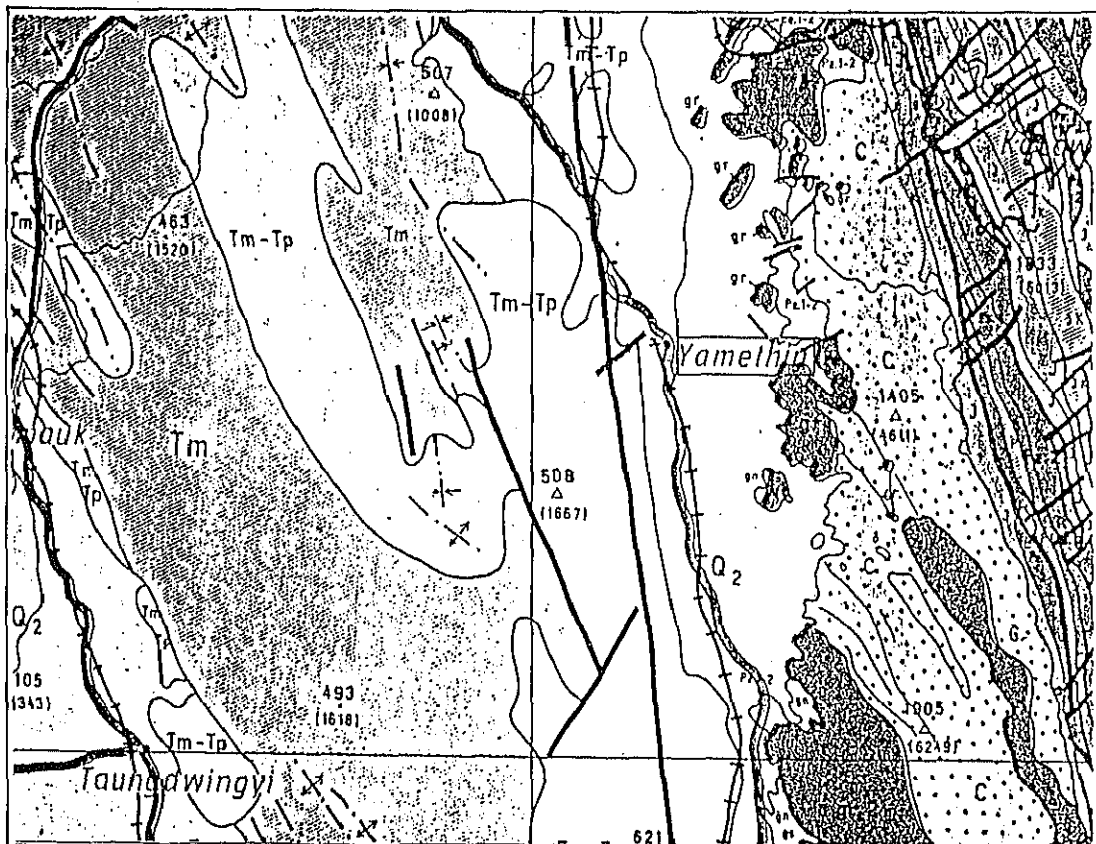


Fig. 4.2.4.2 Yamethin 地域の地質図

Scale 1:870,000

Theington 村の井戸およびポンプ場における地質構成を Fig. 4.2.4.4 に示した。この断面では粘土層および粘土混じり砂層が主体であり、Aquifer としての砂、砂れき層は連続性はよいが、全体的に薄くレンズ状に分布しているところもみられる。なお、地表面から約 140m 以深に、少なくとも 20m の層厚を有する砂れき層が分布し、この層が当地区の主要帯水層となっている。

当地区には、1951年に建設された径 150mm の井戸が 2 本と、1968年に建設された径 200mm (掘削径 375mm) の井戸が 8 本あるが、現在稼動している井戸は 3 本のみである。これらの多くは深さ 90~100m であり、一部 140~167m のものもある。スクリーンの長さは一定しておらず場所によって異なっている。

当地区の自然水位は 1.5~5m 程度と地表面に近いところにあるが、動水位は 20~28m 前後であり、揚水量の割に水位低下が大きく、透水係数が小さいことがうかがえる。

なお、各孔の揚水量は建設当初 90m の深さを有するもので 15.7 m³/hr 程度、140m の深さを有するもので 31.5 m³/hr 程度であったが、現在の揚水量は 11.2~13.5 m³/hr 前後となっている。この原因としては井戸の老朽化およびスクリーンの目詰まり等が考えられる。

井戸掘削時の初期状態における地下水位は、北側で GL-2.4m、南側で GL-5.2~7.3m であり、Fig. 4.2.4.5 に示すような流動方向を有していたものと思われる。

Theington Well Site の地下水位の変動状況を Fig. 4.2.4.6 に示し、Yamethin の月別降雨量を併記した。この図から降雨量の少ない乾期には地下水位が低下し、降雨量が増加するに従って、地下水位は上昇していることが分かる。1982年の最高水位と最低水位の差は約 6.6m となっている。また最大降雨月と最高水位月とは 1~2ヶ月遅れており、地下水は Shan 高原と扇状地地形の境界付近から涵養されているものと考えられる。

2) 既存井戸の使用不能の原因について

Theington 村には、1968~1969年にかけて築造された 8 本の井戸があり、現在 3 本の井戸が稼動している。これらの井戸は Fig. 4.2.4.5 に示すように、井戸間距離が著しく小さく (70~130m)、各井戸はそれぞれ影響圏内に入っているものと考えられる。

既存の井戸データより、No. 6 と No. 7 との影響範囲を計算すると、

$$\begin{array}{l} \text{No. 6 井戸竣工時の静水位} \quad \text{GL} - 13 \text{ フィート} \\ \text{井戸竣工時の動水位} \quad \text{GL} - 76 \text{ フィート} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{No. 6 井戸竣工時の静水位} \\ \text{井戸竣工時の動水位} \end{array}} \right\} \Rightarrow S = 63 \text{ フィート} \\ \phantom{\left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{No. 6 井戸竣工時の静水位} \\ \text{井戸竣工時の動水位} \end{array}} \right\} = 19.21 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} R_s &= 3,000 S \sqrt{k} \\ &= 3,000 \times 19.21 \times \sqrt{3.0 \times 10^{-5}} \\ &= 315.6 \text{ m} \end{aligned}$$

No. 7 井戸竣工時の静水位 GL-24フィート
 $\Rightarrow S = 62$ フィート
 井戸竣工時の動水位 GL-86フィート = 18.91m
 $R_7 = 3,000 S \sqrt{k}$
 $= 3,000 \times 18.91 \times \sqrt{3.0 \times 10^{-5}}$
 $= 310.7$ m

より、必要井戸間隔は $L = R_6 + R_7 = 315.6 + 310.7 = 626.3$ mとなる。

既存井戸のうち、間隔が最も離れたNo.3とNo.5との距離は約305mしかなく、全て影響圏に入っていると判断される。したがって全井戸がお互い干渉しあい、各井戸の動水位が著しく低下し、各井戸で揚水量が限界揚水量をオーバーすることによって、井戸群周辺の水収支バランスが崩れ、被圧水頭の低下(静水位の低下)が生じたものと考えられる。

Table 4.2.4.1に井戸築造時の静水位と現在の静水位を示した。

Table 4.2.4.1 静水位の変化

井戸No.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8
築造時S.W.L	—	4.27	5.19	3.05	1.53	3.97	7.32	4.88
現在S.W.L	—	23.18	27.20	42.17	28.13	40.10	23.18	29.71
差	—	18.91	22.01	39.12	26.60	36.13	15.86	24.83

このように静水位が低下したにもかかわらず、必要揚水量を汲み上げたため、各井戸の周辺では乱流が生じ、細粒分が移動し、それに伴ってスクリーンの目詰まりや井戸内の堆砂が生じたものと考えられる。

目詰まり、堆砂によって井戸機能の低下、停止を起し、動水位が更に低下(保護回路がないため、ポンプ位置まで低下)ポンプ内へ砂や空気が混入したために、羽根部の摩耗や回転部の摩耗が生じ、ポンプへの負担となり、故障を起したのものと考えられる。

また、電圧の低下(定圧440Vのモーターに対し、320Vの電圧)等によってモーターへの過負荷がかかり、モーターの故障や揚水量の低下が生じたものと考えられる。

これらが相互作用によって、当井戸群の大部分が使用不能になったものとみてよい。

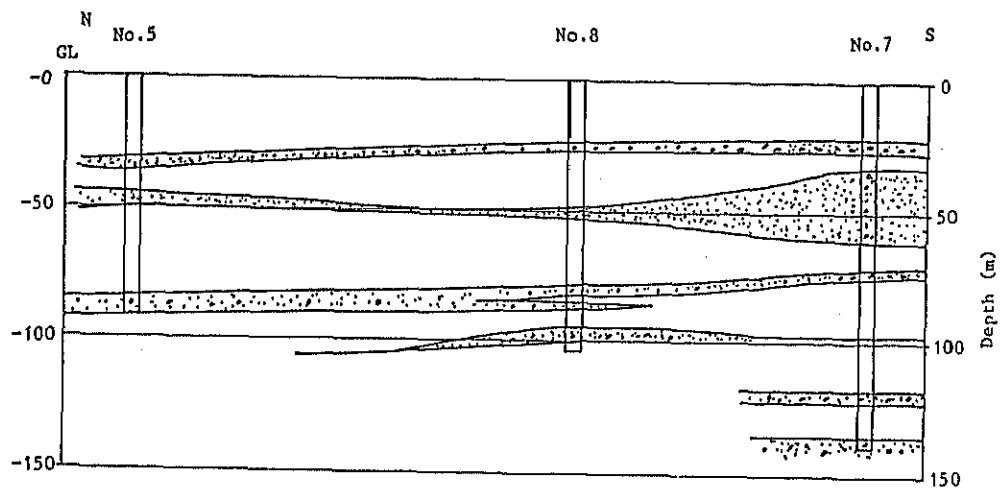
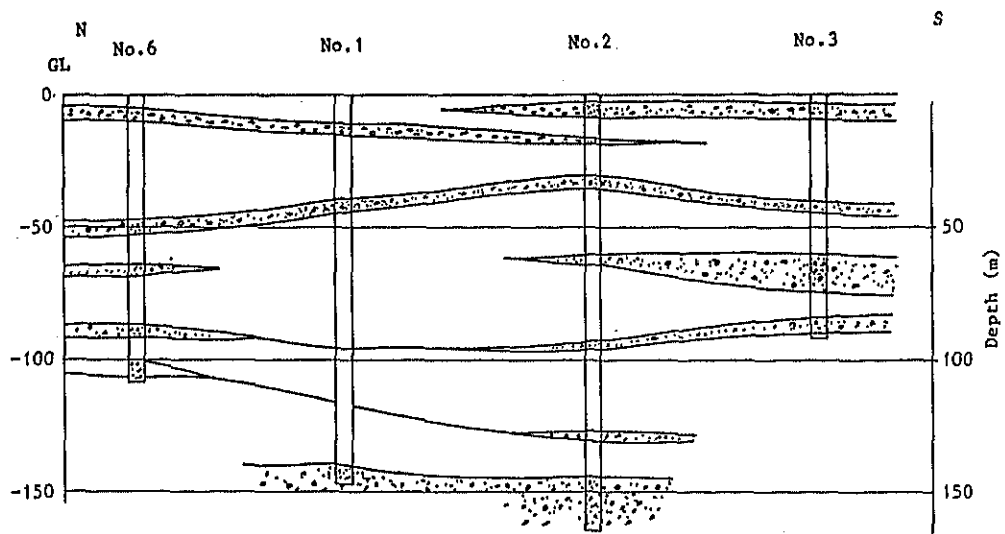


Fig. 4.2.4.4 既存井戸のN-S方向縦断図

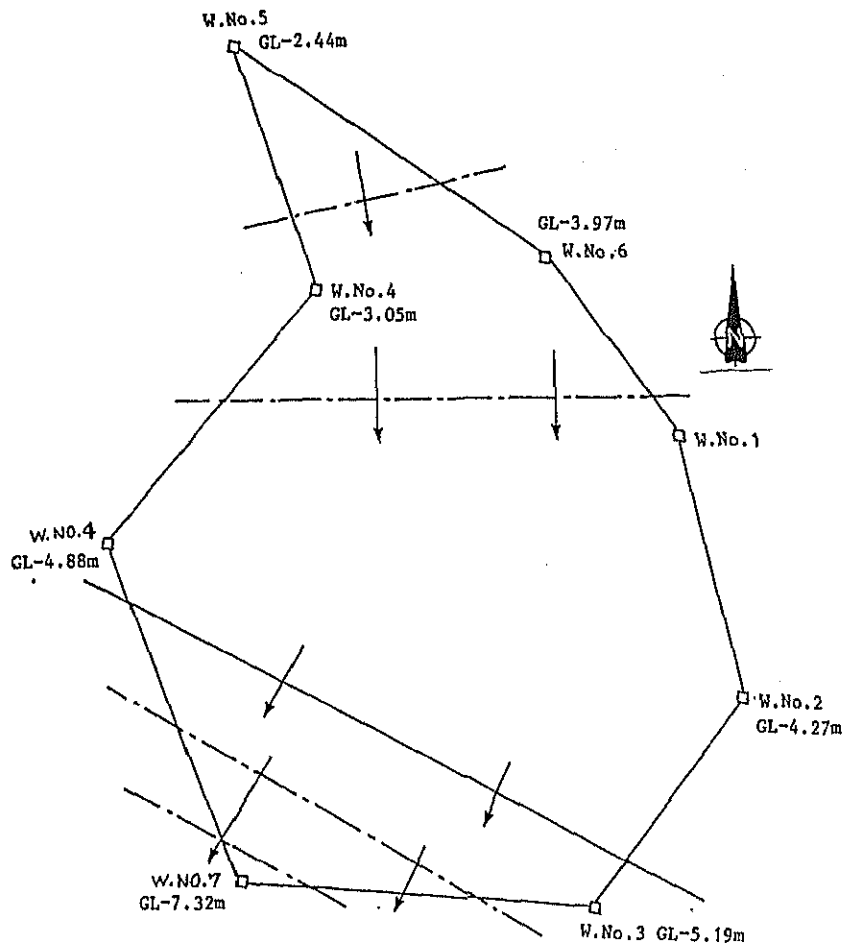
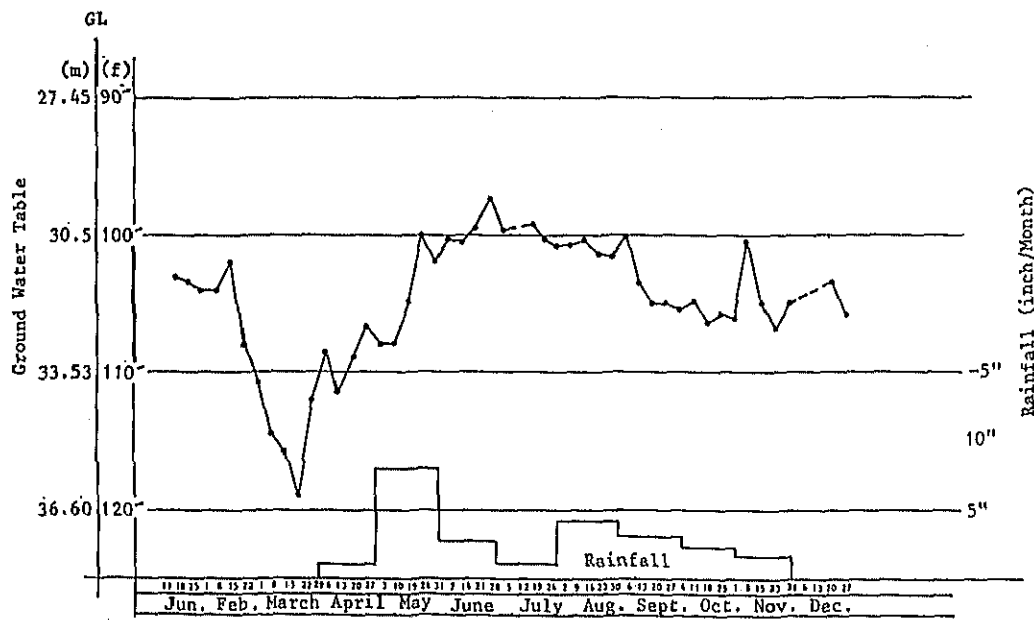


Fig. 4.2.4.5 地下水の流動方向



Yamethin. (1982)

(Measurement by Irrigation Department)

Fig. 4.2.4.6 地下水位の変動状況と月別降雨量

3) 帯水層

(1) 既存資料および既存井戸より

Theingon 地区における帯水層は、扇状地堆積物の粘土層を主体とし、連続性の砂、砂れきの薄層が分布しているが、粘土層といっても砂や砂れきが混入し、また砂、砂れき層といっても粘土分が混入していることが多い。地表面下約140m以深には砂れき層を主体とする良好な帯水層が分布している。

既存井戸のWell LogをFig. 4.2.4.7に示す。全体に粘土層を主体として砂、砂れきの薄層が介在している。上部では良好な透水層が分布していないが、下部には良好な透水層が分布している。スクリーンは介在する砂、砂れき層に設置されており、十分な層厚を有しているものは少ないようである。

(2) 電気探査

電気探査はFig. 4.2.4.8に示すように現在のWell Siteを中心に南北方向1測線3点、東西方向1測線2点を実施した。

結果はFig. 4.2.4.9に比抵抗断面図として示す。

解析結果および既存資料から次のことがいえる。

① 当地区における地層分布

- i) 難透水層(4.0～6.0Ω-m)は、南北方向では欠如することが多いが、東西方向では厚く、連続性に富む。特に西側では厚い。
- ii) 透水層～難透水層(7～15Ω-m)は、南北方向では厚く連続するが、東西方向ではレンズ状に介在する。南側では厚く落ち込んでいる。
- iii) 難透水層～不透水層(1.0～4.0Ω-m)は、厚く連続性が良い。上面深度は南側を除けばEL160m付近となっている。下面深度は東側を除けばEL50m～60m付近となっている。
- iv) 透水層(20Ω-m以上)は、連続性の良い状態を示し、上面深度は西側および南側で落ち込んでいる。20Ω-mの層の下位には高比抵抗値を示す層が分布するが、東側では不透水層の分布がみられる。
- v) 井戸は、西側および南側の標高56m(650フィート)より低い位置に設置すればよいものと考えられる。

② 電気探査の結果とWell Logとを比較するとほぼ一致するが、難透水層～不透水層としている部分でも帯水層となり得る層が介在している。

③ 主帯水層はEL50m以深(GL-150m)の透水層と考えられる。

このように帯水層の分布は上部では粘土層中に介在する砂、砂れき層であり、下部では比較的厚い砂れき層がその対象となる。これらの帯水層に賦存する地下水は被圧地下水の形態をとっており、初期の地下水位は高い位置に分布している。

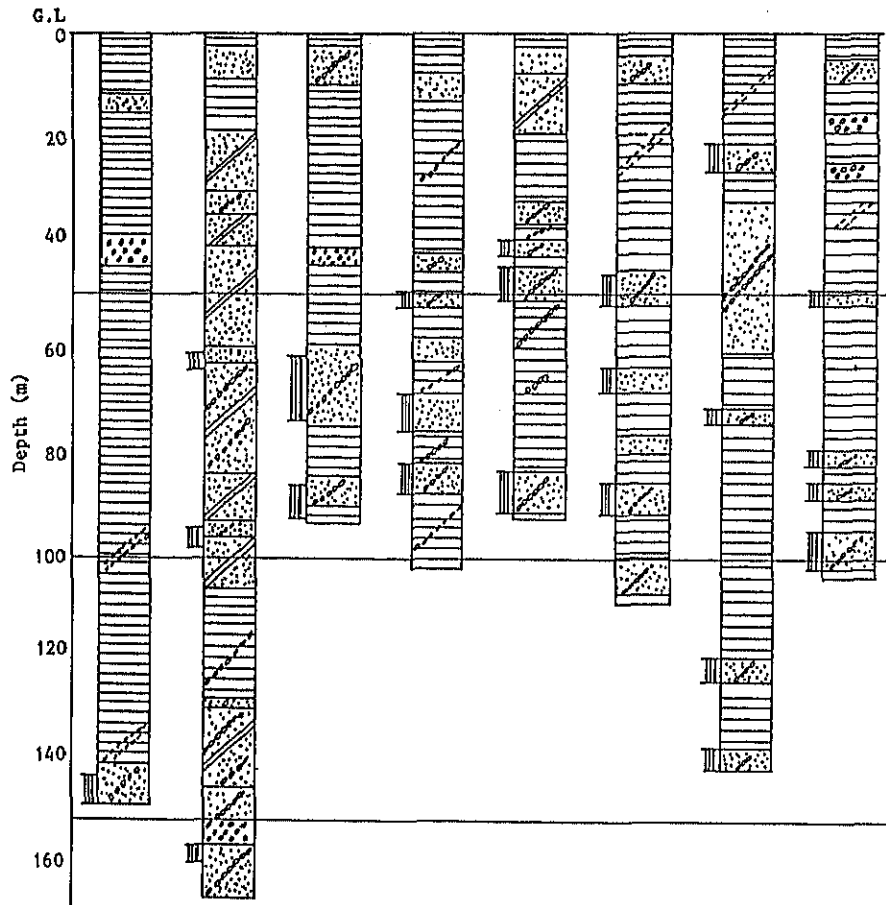


Fig. 4.2.4.7 Tube Well Logs in Yamethin

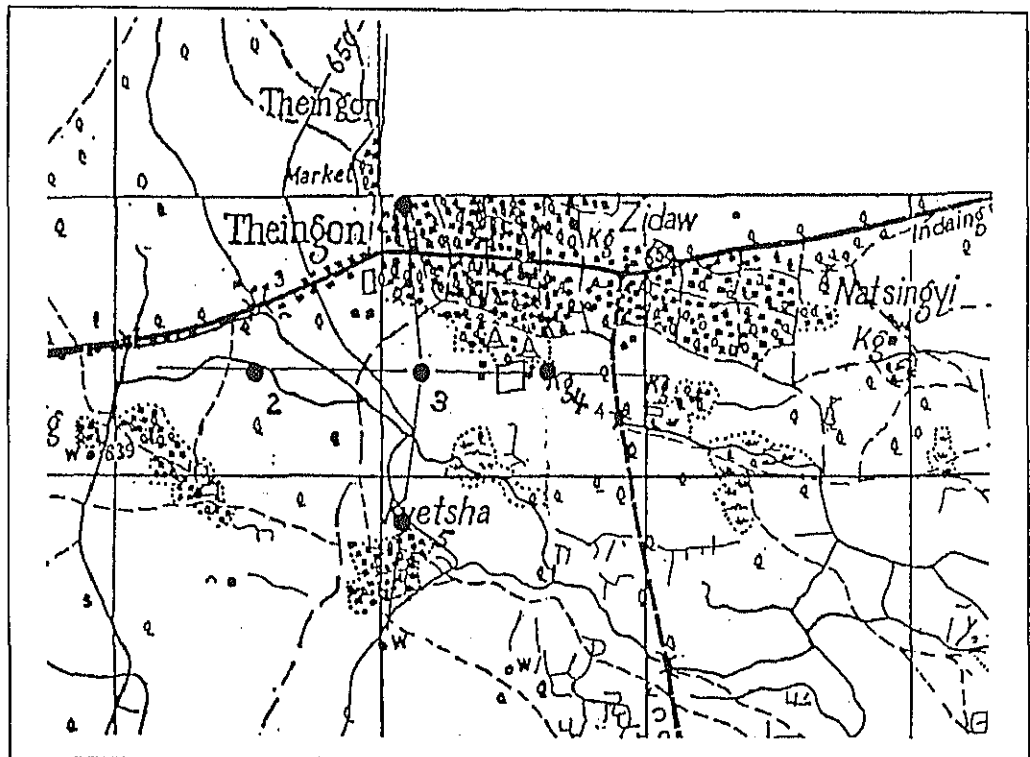


Fig. 4.2.4.8 電気探査位置図

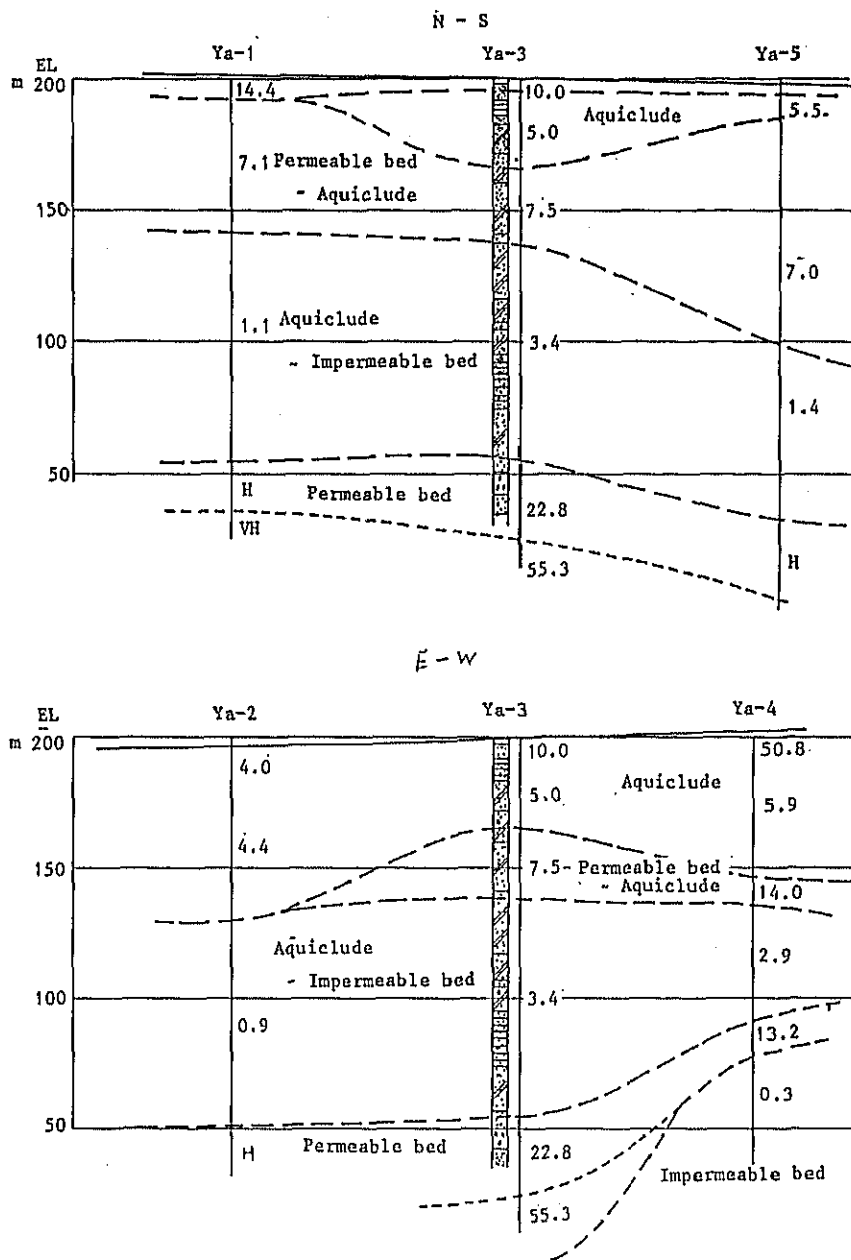


Fig. 4.2.4.9 比抵抗縦断面图

1984年9月7日に実施した揚水試験により各井戸の静水位、動水位の状態をTable 4.2.4.2に示す。

Table 4.2.4.2 既存井戸の静水位、動水位

Time	No. 2 Q=3,000	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6 Q=3,000	No. 7 Q=3,000	No. 8
7:00	23.18	27.20	42.17	28.13	40.10	23.18	29.71
12:00	44.22	27.99	43.87	29.43	54.30	29.89	29.98
13:00	24.10	27.98	41.21	28.50	41.96	23.79	29.29
17:00	44.22	27.99	43.41	27.60	54.60	28.67	29.81

上表で水位低下を起こした原因は、周辺が揚水によるものであり、群井戸の影響が生じた上に、揚水量が地下水涵養量を上廻っているためと考えられる。

当地区に分布する扇状地性堆積物は、堆積土砂の供給源であるShan高原から離れるに従って粗粒分から細粒分に移行することが一般的であり、粘土層中に介在する砂、砂れき層は洪水時に生じたものである。従って扇状地堆積物は複雑な地層をなし、細粒分の混入によって透水性は低くなっているものとみてよい。

既存資料のうち、揚水量、静水位、動水位等の資料がある井戸の透水係数をTable 4.2.4.3に示す。

Table 4.2.4.3 Theingonにおける透水係数

	Well No.	Aquifer (cm)	Draw down H-h(cm)	Discharge Q (m ³ /sec)	Diameter r(cm)	Permeability k(cm/sec)
初期	No. 3	1,830	1,769	4,375	10.16	1.82×10^{-3}
	No. 7	1,600	1,830	8,750	10.16	4.03×10^{-3}
状態	No. 8	1,630	2,135	8,750	10.16	3.39×10^{-3}
現在	No. 2	1,370	2,104	3,750	10.16	1.76×10^{-3}
	No. 6	1,620	1,450	3,750	10.16	2.16×10^{-3}
	No. 7	1,630	671	3,750	10.16	4.63×10^{-3}

上表の透水係数の算出は、3.1.2.3で述べたThiemの式によりInfluence area(R)を500mを仮定したものであるが、初期状態と現在の状態とはほぼ等しい透水係数を示す。従って、当Well Siteの平均的な透水係数は、 $k = 3.0 \times 10^{-3}$ cm/secとする。

4) 地下水賦存量および水質

(1) 地下水賦存量

Yamethin 地域における年間降雨量P、蒸発散量E_pは、

$$\text{降雨量 } P = 34.19 \text{ インチ} = 868.6 \text{ mm}$$

$$\text{蒸発散量 } E = E_p \times 0.7 = 1987 \times 0.7 = 1,390 \text{ mm}$$

(蒸発散量はMonywa の値を用いる。)

である。年間を通じてみれば、地下水涵養量は、

$$G = P - E = 868.6 - 1,390 = -521 \text{ mm}$$

となり、蒸発散量が降雨量を上廻り、地下水涵養が生じないことになる。また、雨期のみを考慮しても同様なことがいえる。

しかし、当地域の地下水涵養はShan 高原から供給されるものであり、Shan 高原の降雨量はYamethin の降雨量を大きく上廻るものと考えられるが、ここではPyinmana の降雨量を用いる。

Pyinmana 地域の雨期の降雨量は1,182 mmであり、このうちの75%は扇状地へ流れ込むものと仮定する。(扇状地は平坦地と考え、河川から流入するものとする。)

$$\text{流出量 } P = 1,182 \times 0.75 = 886 \text{ mm}$$

扇状地へ流れ込む流量は、

$$\text{流入量 } Q = P \times S = 0.886 \times 50 \text{ km}^2 = 43 \times 10^7 \text{ m}^3$$

であり、扇状地での浸透率を30%とすると、

$$Q = 4.3 \times 10^7 \times 0.3 = 1.3 \times 10^7 \text{ m}^3$$

となり、年間に $1.3 \times 10^7 \text{ m}^3$ の水量が扇状地堆積物中に流入することになり、当地区の地下水涵養は十分にあるものと考えられる。

また、算定地域を井戸の揚水によって影響を受ける範囲として、帯水層の体積、空隙率から地下水賦存量を求める。

$$V = A \times S \times E$$

$$A; \text{ 対象面積 } \quad A = 3.6 \text{ km}^2$$

$$S; \text{ 帯水層の層厚 } \quad S = 30 \text{ m以上}$$

$$E; \text{ 空隙率 } \quad E = 15\%$$

Theingon地区における地下水賦存量は、

$$V = 3.6 \text{ km}^2 \times 30 \text{ m} \times 0.15$$

$$= 1.62 \times 10^7 \text{ m}^3$$

である。この値は地下水補給や流出を無視した値であり、現在の帯水層に賦存している量である。

(2) 水質

室内水質試験結果をTable 4.2.4.4に示す。表にみるようにTheingon地区の地下水水質はWHOの基準に抵触するものはなく、飲料水として問題ない。

Table 4.2.4.4 室内水質試験結果

	Nov. 1984	26. Sep. 1973
1. Appearance	Clear	
2. Total Solids	340.0 ppm	384.0 ppm
3. Total hardness	130.0	146.0
4. Permanent hardness	2.0	4.0
5. Calcium hardness	92.0	
6. Total iron	0.06	nil
7. Chloride	6.0	4.0
8. PH	8.5	8.2
9. EC		

4) 井戸1本当たりの揚水量、間隔および深度

井戸1本当たりの揚水量は揚水試験によって把握する必要があるが、ここでThiemの公式を用いて推定する。

水位低下量は井戸間隔600m(影響圏300m)とすると、

$$S = \frac{R}{3,000 \sqrt{k}} = \frac{300}{3,000 \times \sqrt{3 \times 10^{-5}}} \approx 18.25 \text{ m となる。}$$

ただし $R = 300 \text{ m}$

$$k = 3.0 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$$

当地区は被圧地下水であるため、被圧水の公式により揚水量を求める。

$$\begin{aligned} Q &= \frac{2 \pi D k (H - h)}{2.3 \log R / r} \\ &= \frac{2 \pi D k (H - h)}{2.3 \log 300 / 0.1} \\ &= 0.0129 \text{ m}^3 / \text{sec} = 836 \text{ m}^3 / 18 \text{ hr} \end{aligned}$$

従って、当地区では650m³/18hr以上の揚水量が確保できるものと考えられる。

井戸間隔は地層、帯水層状況、既存資料による1井当たりの揚水量と水位低下などを考慮し600mとする。

井戸深度は、帯水層の賦存下限深度が170m前後であるため、生産井の平均深度を176m(砂だめ6m)とする。

4.2.5 水道計画の策定

1) 計画対象区域

当町における水道計画は、既存の導水施設および配水施設をそのまま利用し、取水施設のリハビリテーションを前提としたものである。従って本プロジェクトで対象とする区域は既存配水管網が埋設されている区域とする。

2) 計画給水人口および計画給水量

既存の導・配水施設をそのまま使用して水道計画を行う場合、計画給水人口および計画給水量は既存施設の持つ容量以下とする必要があるが、両施設共に十分な容量があることから、この都市の計画給水人口および給水量も他の都市と同様の基準によるものとする。

したがって計画給水人口は、現在人口22,598人('83)と過去の平均人口増加率1.4%より25,300人('93)とする。また、計画給水量は計画給水人口と1人1日当たり最大給水量105ℓ/dより2,700t/dとする。

3) 施設計画

既存井戸を調査した結果、その故障原因は4.2.3の2)項に述べたごとく、既存井戸地域の持つ水理地質状況に比べ、計画揚水量が過大であり、井戸間隔が近すぎたことに起因したものと判断される。従って既存井戸のリハビリテーションによる既存システムの機能回復は困難であることから、本計画では水理地質状況に合わせた新井戸を設置することとした。計画井戸の可能揚水量は前項より、1井当たり約650m³/dである。また既存井戸は互いに干渉しないことを条件とすれば、現在稼働中の1井だけは使用可能なことから、計画水量の一部として組み入れることとした。既存井戸による可能揚水量を200m³/日とすると、計画必要井戸本数(N)は次式より求められる。

$$N = \frac{\text{計画給水量} - \text{既存井戸による可能揚水量}}{\text{計画井戸の可能揚水量}}$$
$$= \frac{2,700 \text{ m}^3/\text{日} - 200 \text{ m}^3/\text{日}}{650 \text{ m}^3/\text{日}} = 3.8 \text{ (本)}$$

以上より4本の新井戸を設置することとする。

Fig.4.2.5.1に計画施設の概略レイアウトを示した。

4) 施設の概要

諸施設の工種別の仕様および数量はTable4.2.5.1に示したとおりである。

また、計画井戸の構造については参考図を作成し章末に添付した。

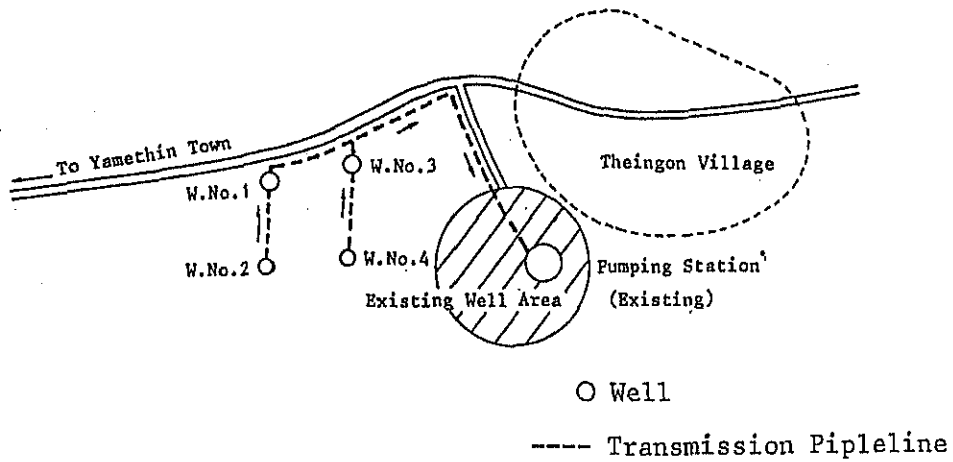


Fig. 4.2.5.1 計画施設の概念図

Table 4.2.5.1 計画施設の概要

施設	項目	内容	数量	摘要
取水施設	生産井	計画取水量600~650m ³ /d φ200mm×H176m	4本	ケーシング H=160m スクリーン H=16m
	調査井	φ150mm×H220m	2本	ケーシング H=204m スクリーン H=16m
	観測井	φ100mm×H176m	4本	ケーシング H=166m スクリーン H=10m
	取水ポンプ	φ65mm×0.602m ³ /min×15KW	4基	W-1~W-4
	ポンプ室	レンガ構造 4m×4m	4棟	
導水施設	導水管	φ150mm~φ300mm T型ダクトイル鋳鉄管 3種	2,800m	
		各種異形管	1式	
	仕切弁	φ150mm~φ300mm	5ヶ所	
	空気弁	φ20mm	4ヶ所	
電気施設	変電設備	3φ4W 150KVA	1式	
	送電線	0W 60° CV8"×4c	1.5km	
		付属品	1式	

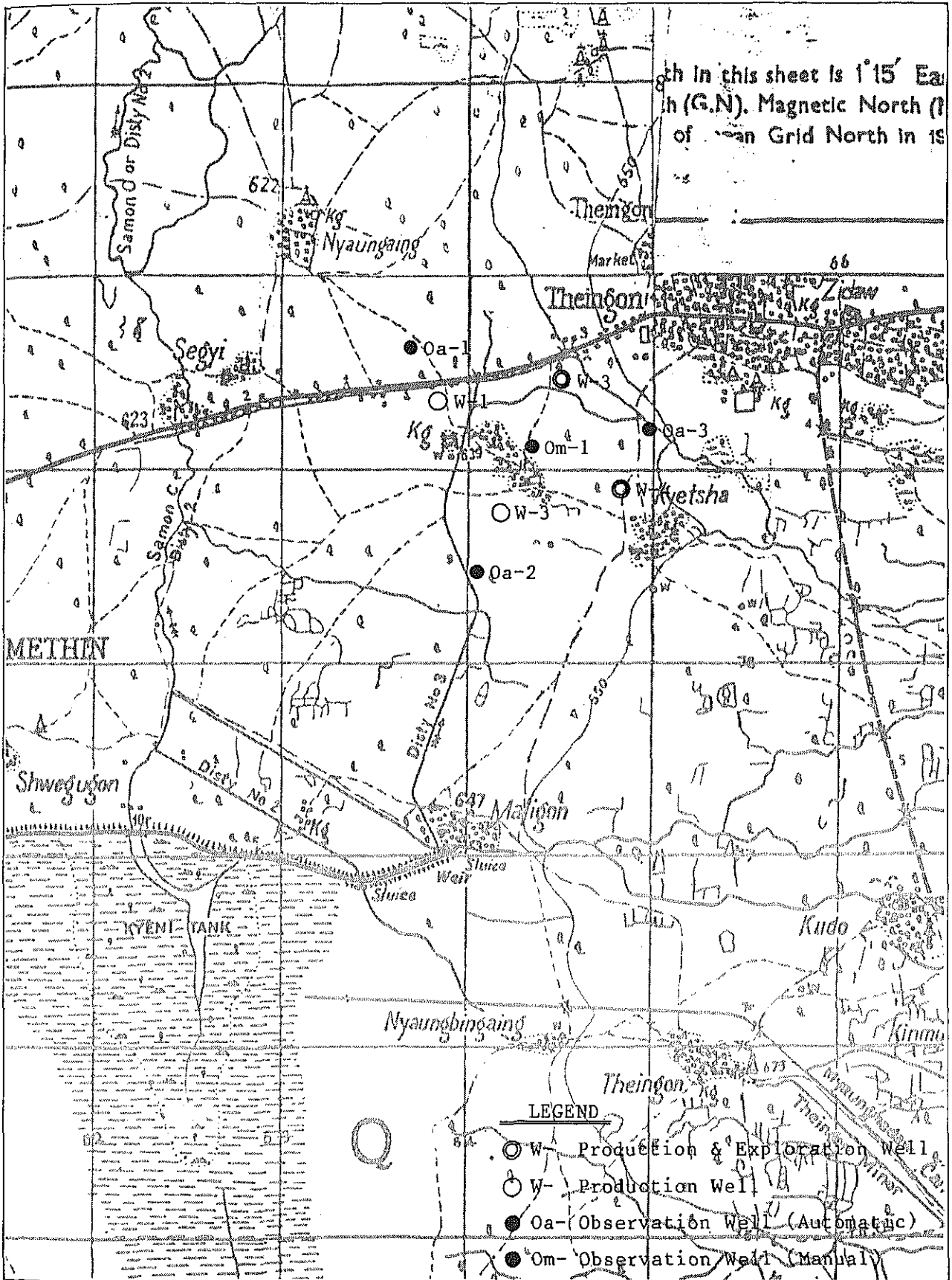
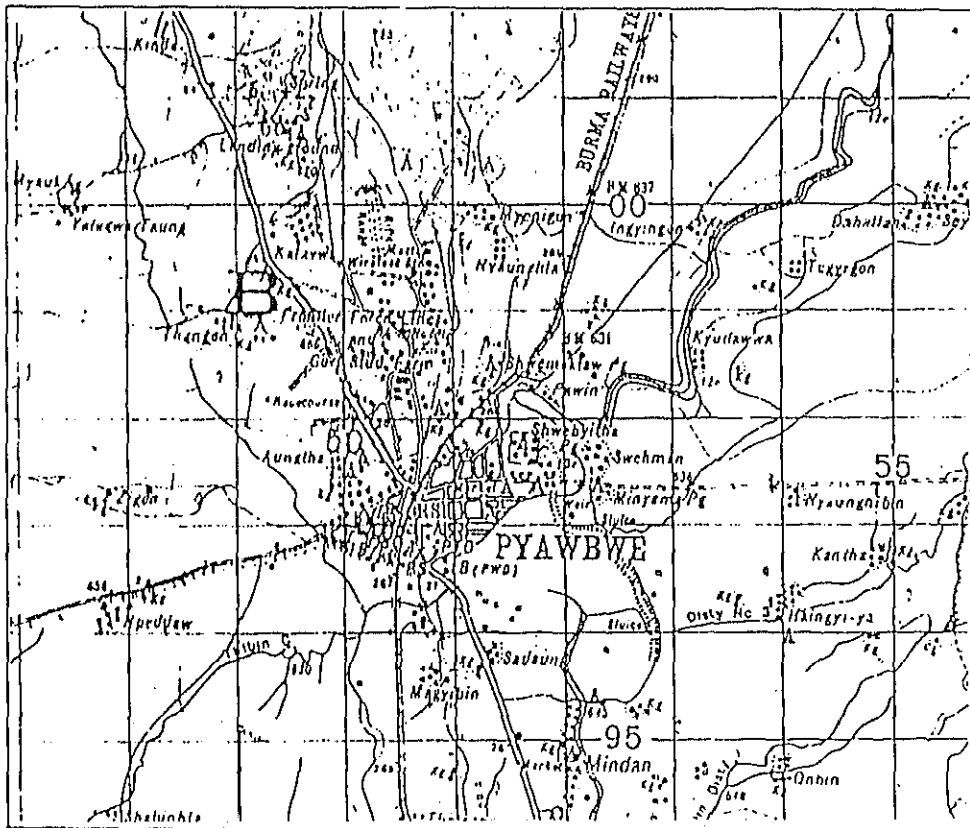
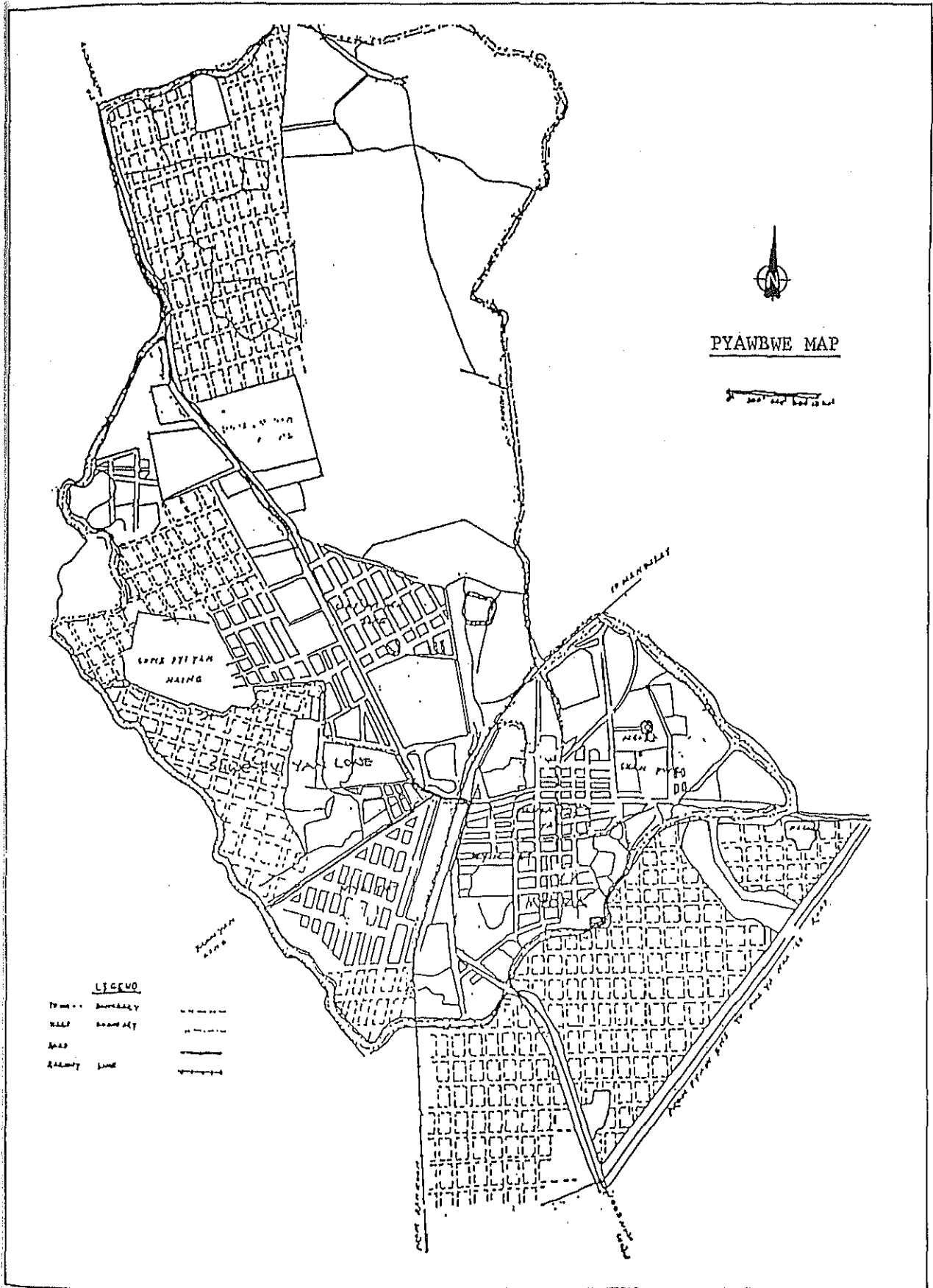


Fig. 4.2.5.2 計画井戸位置図

4 . 3 Pyawbwe

4 . 3 . 1 地域の概況	9 6
4 . 3 . 2 地下水開発計画	9 9
4 . 3 . 3 水道計画の策定	1 1 1





PYAWBWE MAP

LEGEND

- | | | |
|-------|--------------|-------|
| | Boundary | |
| ---- | Boundary | ---- |
| --- | Road | --- |
| —+—+— | Railway Line | —+—+— |

4.3.1 地域の概況

Pyawbwe は中央ビルマにあり、ランゲーンの北方約 450 km に位置する。町の面積は 6.4 km² で 1983 年の人口は 23,834 人である。

この町は 60 年以上前に都市として確立され、Rangoon-Mandalay 道路および同鉄道上にあり、Magwe と良好な道路で結ばれている。町には数ヶ所の国立工場の他、私設精米所・家内工業所があり、地域内で工業生産物・農業生産物・家畜などを生産するため優れた商業都市となっている。また電力供給量も十分であり、商業・運輸・通信等にも恵まれているため、移入者も多く町の人口は急激に増加しつつある。年間人口伸び率は 2.2% である。

過去 10 年間の月平均気温は、最高 35℃ (4 月)、最低 20℃ (12 月～1 月) と比較的温和である。一方平均年間降雨量は約 850 mm であるが、年毎には 500 mm～1,200 mm と差が大きい。

この町は設立当時(約 60 年前)から水不足の問題をかかえて来ており、住民は現在も飲料水、生活用水の深刻な水不足に直面している。

現在までに幾度も水源開発を計画してきたが、予算の関係でその都度失敗してきており、現在も水供給システムはない。

住民はほとんどが Dug Well か自家井戸 (Tube Well) に依存しているが、ほとんどの井戸水は塩分を含み、かつ非衛生的なものである。特に乾期には水量が極端に減少し、水質も悪化するため、コレラ、チフス、天然痘、デング熱等の伝染病に多くの人々が苦しんでおり、火事に対してはほとんど対策を持ち得ない状態である。

また乾期には、町内の井戸がほとんど涸れるため、住民は町から約 3 km 離れた数本の浅井戸から水を確保している。

この浅井戸から牛車で運ばれてくる水は、100 l 当たり 5.3 Kyat (約 160 円) で売られている。

Ward 別の人口および面積を Fig. 4.3.1.1 に、また用途別土地利用率は Fig. 4.3.1.2 に示した。

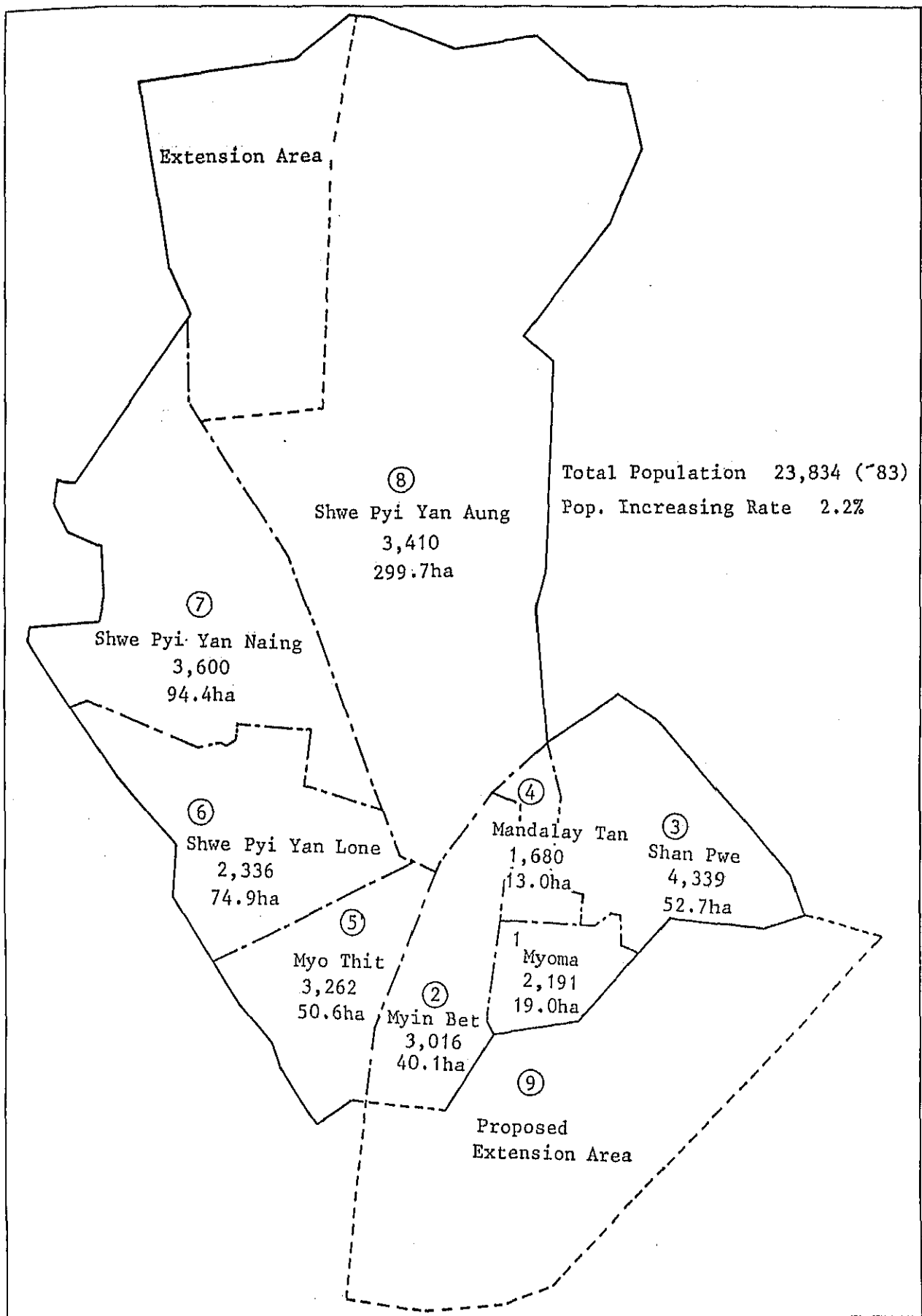
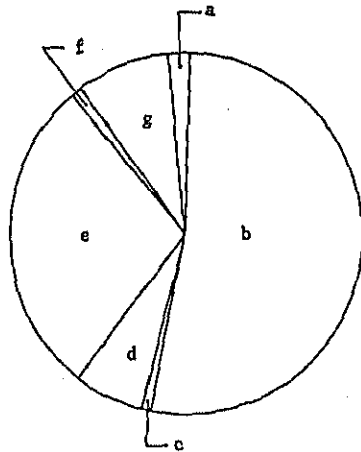


Fig. 4.3.1.1 Ward 別面積と現在人口(1983)



a) Agricultural Field.	2.0 %
b) Residential Area	53.0 %
c) Cemetery, Garden and Park	0.3 %
d) Religious Center	6.6 %
e) Commercial Places	28.9 %
f) Industrial Areas	0.5 %
g) Government Buildings (Offices, School, Hospital and Government Buildings)	8.7 %

Fig. 4.3.1.2 土地利用率

4.3.2 水源開発計画

1) 水理、地質

(1) 地形、地質

Pyawbwe 付近では、東側約 15 km に古生層岩類、花こう岩類からなる Shan 高原が、西側約 10 km に第三紀漸新世～中・下部中新世の Pegu 層群からなる Pegu Yoma 上昇帯があり、これらの高地および上昇帯とに挟まれた狭長な盆地の一部に位置する。(Fig. 4.3.2.1 および 4.3.2.2 参照)

盆地の西側は、Pegu Yoma 上昇帯と接して、第三紀上部中新世～鮮新世にかけて形成された Irrawaddy 累層がなだらかな丘陵性台地をなして分布している。また、第四紀に形成された洪積層(扇状地性堆積物)が Shan 高原に沿って分布している。これらの他の地域には沖積層が分布し、Pyawbwe の南側では狭長な状態であるが、北側では次第に広がっている。しかし、Pyawbwe の北側には Irrawaddy 累層からなるなだらかな丘陵が Thazi 方向にかけて延びている。この丘陵の西側の沖積低地との漸移部には、Mandalay から Toungoo に延びる約 300 km の断層が通過している。(この断層付近が、今回の井戸予定地となる。)

沖積低地は中央の丘陵を挟んで、西側と東側に分かれる。西側では丘陵性台地から流下する小河川が多くみられ、緩勾配をもって Pyinmana 地域の南部へ向かって南流あるいは東流している。一方東側は Shan 高原からの小河川が扇状地を横切って西流、あるいは Yanethin 方面からの Thitson 川、Shweda 川などが北流している。これらの各河川は雨期には流水がみられるが乾期には水無川となる、いわゆるワジである。

なお南部の Rangoon～Mandalay 道路付近では、丘陵に引き続く Irrawaddy 累層が浅所で出現し、沖積層は薄くなっている。

Pyawbwe 付近の一般的な地質層序は次の通りである。

層 序	年 代	特 徴
沖積層	沖積世	表層に分布する。
扇状地性堆積物	洪積世	Shan 高原に沿って分布
洪積層		平地に分布するが比較的薄い
Irrawaddy 累層	上部中新世 ～鮮新世	丘陵および丘陵性台地に分布 一部、沖積層下浅所に出現

沖積層は砂、粘土の互層であり、一部には砂層が厚く分布する。洪積層は粘土主体で砂、砂れきを含んで分布する。Irrawaddy 累層は褶曲構造を示し、粘土主体で砂、砂れき層が介在した状態で分布している。

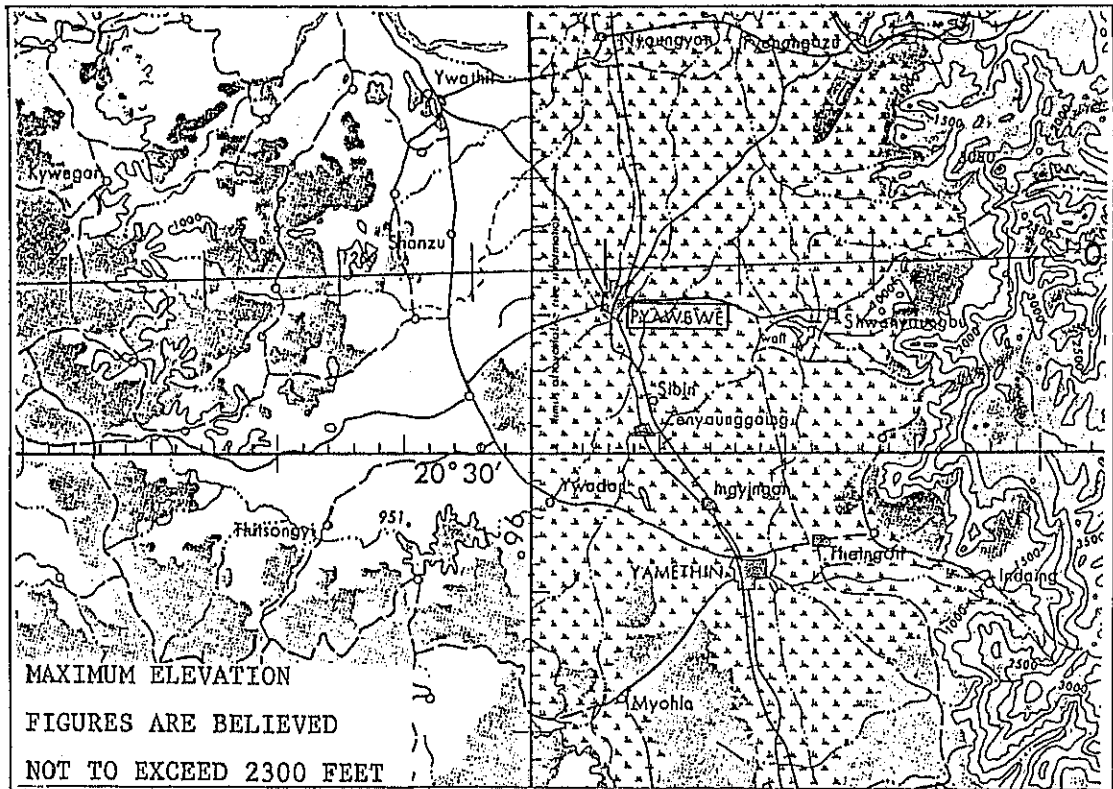


Fig. 4.3.2.1 Pyawbwe 地域の地形

Scale 1:500,000

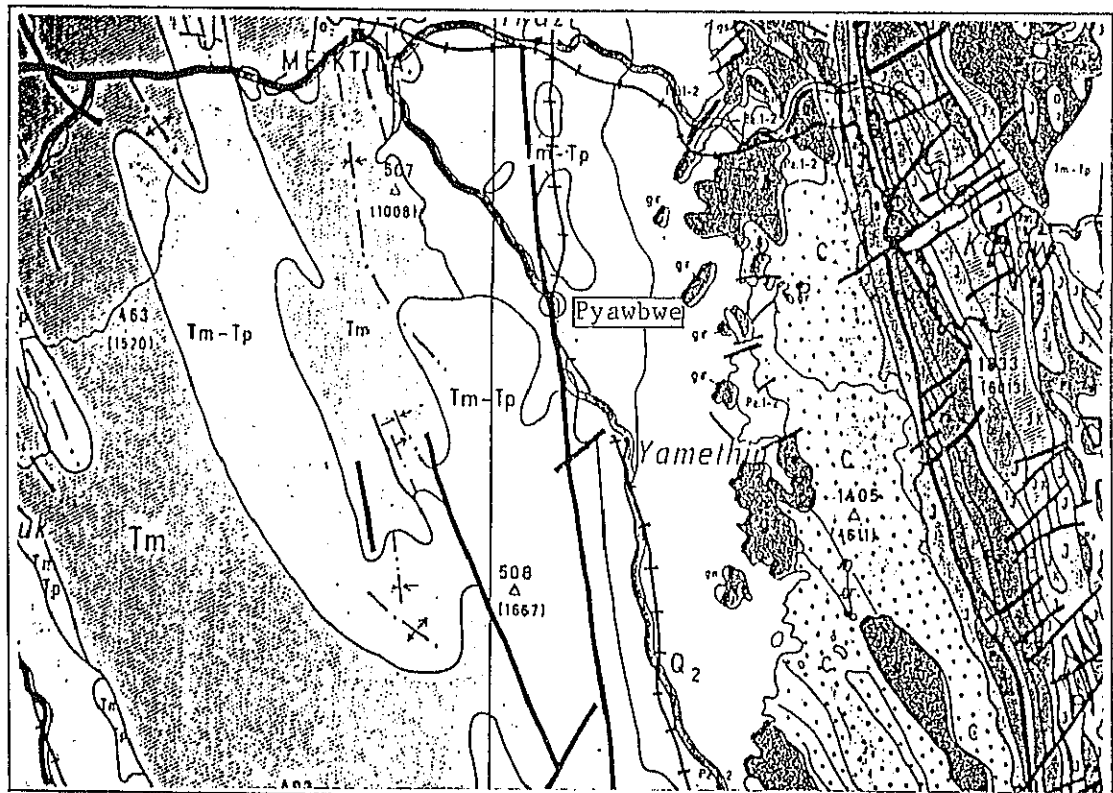


Fig. 4.3.2.2 Pyawbwe 地形の地質

Scale 1:870,000

(2) 水理、地質

Pyawbwe 地域では Irrawaddy 累層は南北に延びた褶曲構造や断層線があるため、丘陵およびその周辺では複雑な地質構造となっている。しかし、丘陵の両側の沖積層は東側に緩く傾斜し、比較的単純な地層構成をなしており、沖積層下面は Irrawaddy 累層の張出しによって起伏を有している。

Pyawbwe の東西方向の模式断面図を Fig. 4.3.2.3 に示すが、当地域では半乾燥地帯であり、Pyawbwe 地域周辺の地下水補給は Shan 高原や Pegu Yoma 上昇帯からと考えてよい。西側および東側の盆地では洪積層や Irrawaddy 累層の構造によって地下水は被圧状態にあり、盆地周辺では自噴がみられる。

Pyawbwe の南側では Irrawaddy 累層の埋没尾根を除けば、その大部分の地域が自噴地帯となっている。

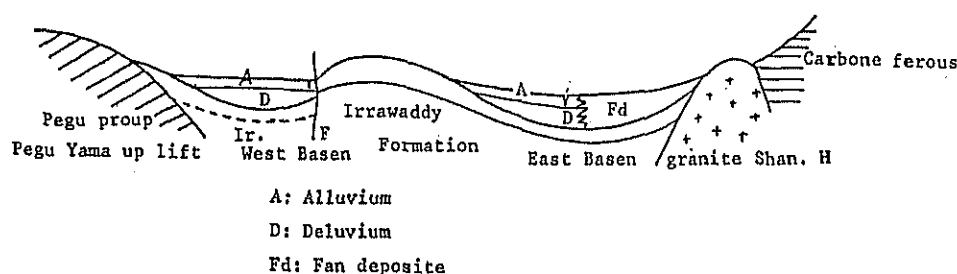


Fig. 4.3.2.3 東西方向地質縦断面概要図

既設井戸は、Fig. 4.3.2.4 に示すように丘陵の Irrawaddy 累層中の砂、砂れき層を対象とした地下水を採取している。井戸深度は鉄道より北側では一部を除けば 18～30m 前後、南側では一部 20～30m のものがあるが、その大部分は 90～130m となっている。また、浅層地下水を対象に 4～7m の浅井戸もみられる。

各帯水層の状況は次の通りである。

- ① 表層部の帯水層は、地表面から 4～7m の深さに分布し、Hand Dug Well となっている。これらの水質は塩分が多く濁度が高い。電気伝導度は 1,000～2,200 $\mu\text{s}/\text{cm}$ で PH は 7～8.5 を示す。水量は少なく、乾期には干上がる。
- ② 丘陵部の帯水層は 20～30m と 90～130m の二種類の深度を有して Tube Well となっている。水質は塩分を含み濁度が高い。電気伝導度は地域によって 1,000～4,000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ とばらつきがあるが、一般的に 1,200 $\mu\text{s}/\text{cm}$ を示し、溶解塩類が極めて多い。
- ③ 平地部の帯水層は、沖積層～洪積層に介在する砂、砂れき層で被圧を受けていて、各井戸は湧水している。水質は全体に悪く、電気伝導度は 1,000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ を示す。当地域の地下水は地形面に沿った地下水面をなしており、沖積低地では Pyawbwe 西側では、南流～東流し、東側では北流～東流しているものと考えられる。

2) 帯水層

(1) 既存資料および既設井戸より

Pyawbwe 地域における帯水層は、沖積層～洪積層および Irrawaddy 累層の砂、砂れき層で、いずれの地層も粘土層中に介在した状態にあり、層厚は場所によって異なっている。既存の Well Log は少なく、病院の井戸の Well Log データの地層状況は次の通りである。

0.0～ 6.1 m 粘土、 6.1～ 9.1 m 細砂
9.1～12.2 m 粘土、 12.2～24.4 m 細砂
24.4～36.6 m れき混じり粗砂

なお、沖積低地では、帯水層は粘土層中に 3～5 m の層厚を有し、その深度は場所によって著しく異なっているが概ね 30～40 m である。

(2) 電気探査

Pyawbwe 地域における電気探査は Fig. 4.3.2.5 に示すように、28 点実施した。

結果は Fig. 4.3.2.6 に比抵抗断面図として示すと共に、低比抵抗値を示す。また深度を示す低比抵抗等高線図を Fig. 4.3.2.7 に示した。

解析結果から次のことがいえる。

- ① Pyawbwe 地域の比抵抗値は全体に低く透水層としての高比抵抗値を示すものが表層のみに分布する。表層を除けば 1.0～10 Ω-m を示す難透水層が第二層をなす。第三層は 0.1 Ω-m 以下の不透水層が深部まで分布する。
- ② 難透水層は不透水層を侵食した形で窪地状に分布している。
- ③ 低比抵抗値を示す不透水層の上面の標高 (Fig. 4.4.3.7 に示す等高線図参照) の状態は、Irrawaddy 累層からなる丘陵および埋没丘陵の状態に左右されている。東側の窪地は侵食によるものと考えられるが、西側の窪地は Thazi から連なる断層の状態に左右されているようである。
- ④ 電気探査 Pyawbwe-4、5、14、18、21 付近および東側の Pyawbwe-24.25.26.27 付近では難透水層が広がっているため、これらの地域に井戸計画を行えばよい。沖積層、洪積層の透水性は、供給源から離れるに従って細粒堆積物が増す傾向にある。Pyawbwe 地域ではスクリーン設置対象土層でも細粒分の混入が多く、透水性は小さいものと考えられる。

既存の Well Log としては、Irrawaddy 累層を対象としたものが 1ヶ所あるため、これより透水係数を換算すると、

$$Q = \frac{2.3 Q \log R / r}{2 \pi m (H - h)} = \frac{2.3 \times 4625 \times \log 50,000 / 10.16}{2 \pi \times 1,220 \times 305} \\ = 1.68 \times 10^{-3} \text{ cm/sec である。}$$

沖積層、洪積層を対象とした透水係数は Well Log がいないため算出は難しいが、帯水層を細砂と考えると $2 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ 前後が見込むことができる。

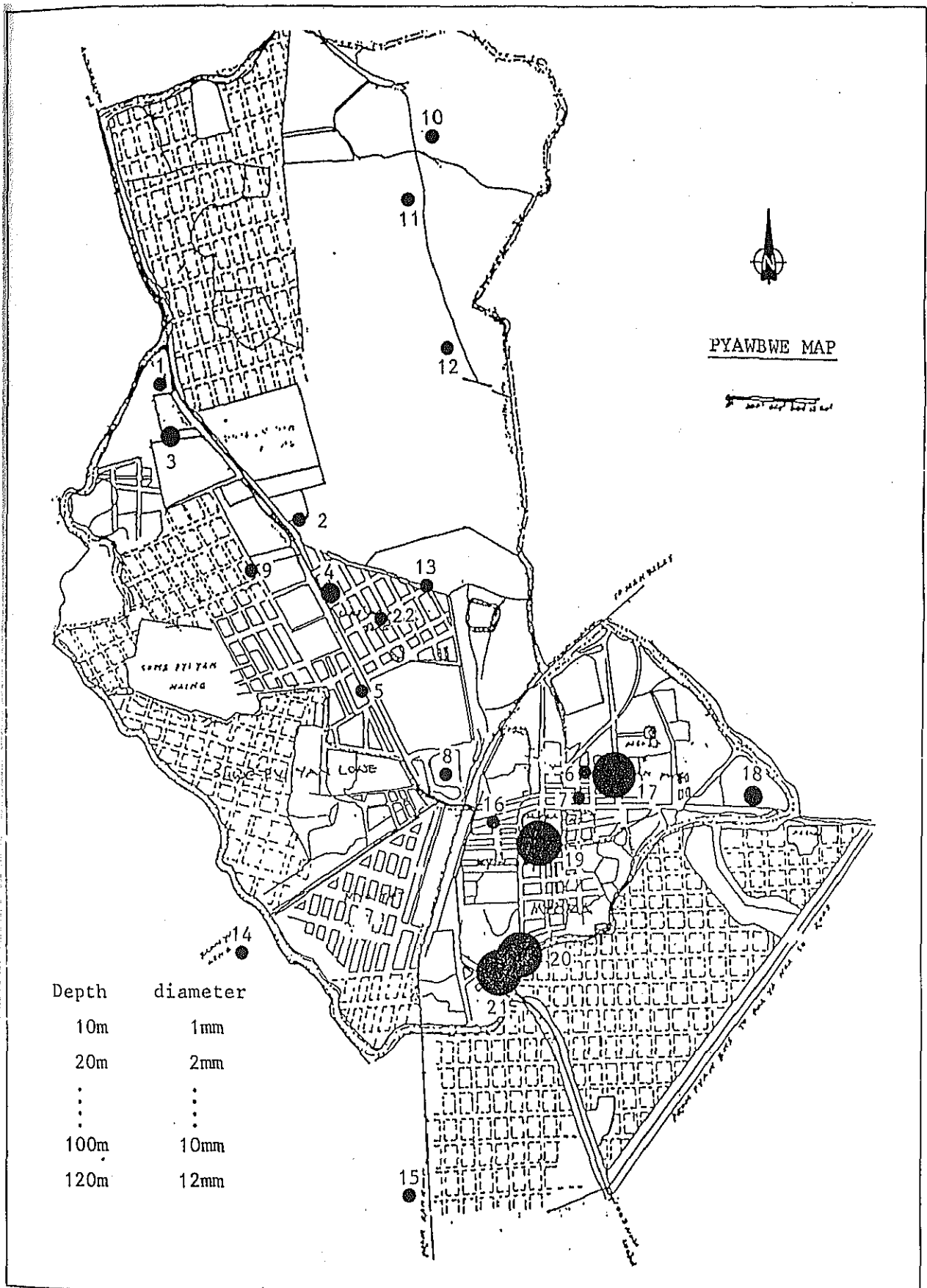


Fig. 4.3.2.4 既存井戸の場所と深度

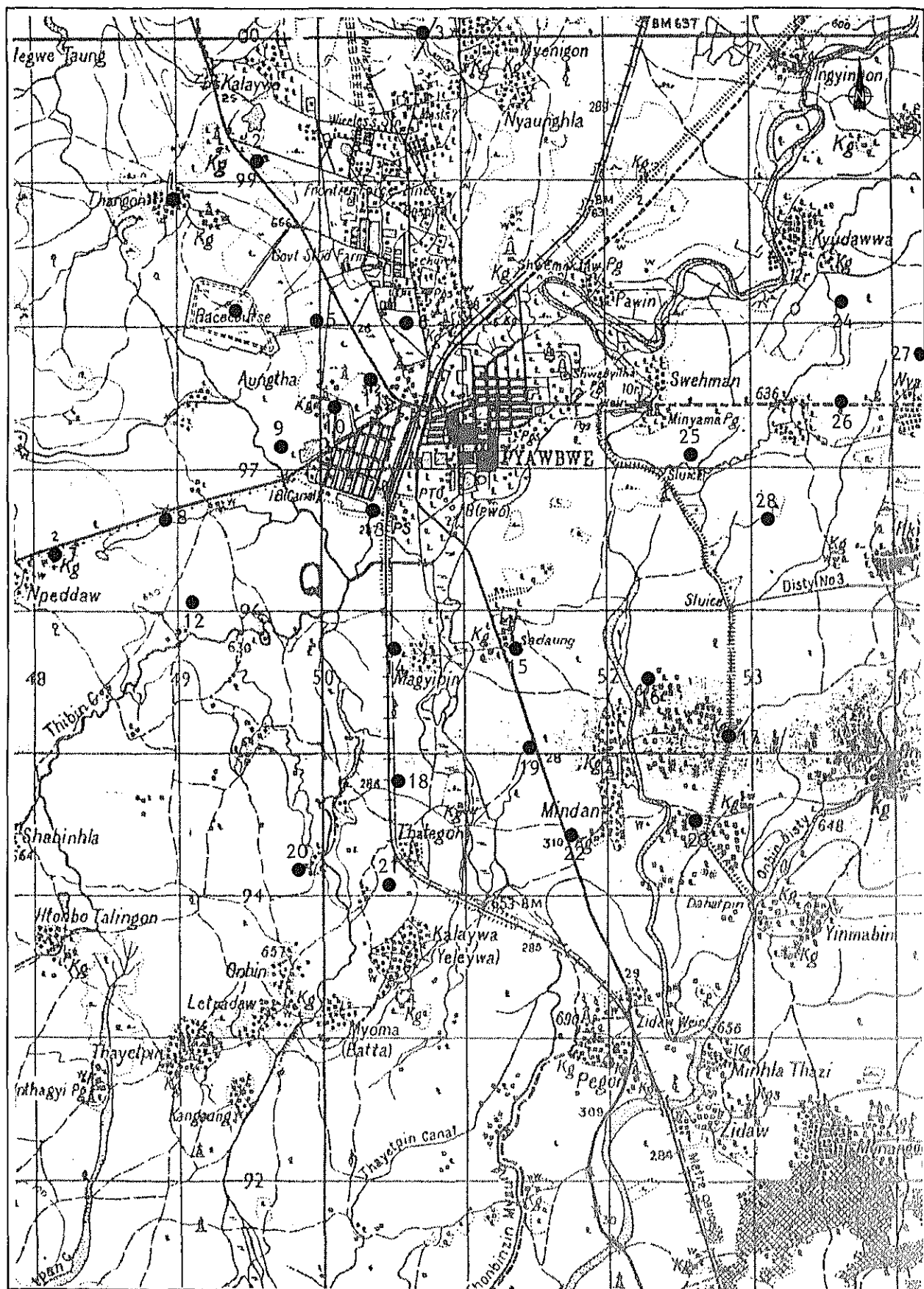


Fig. 4.3.2.5 電気探査位置図

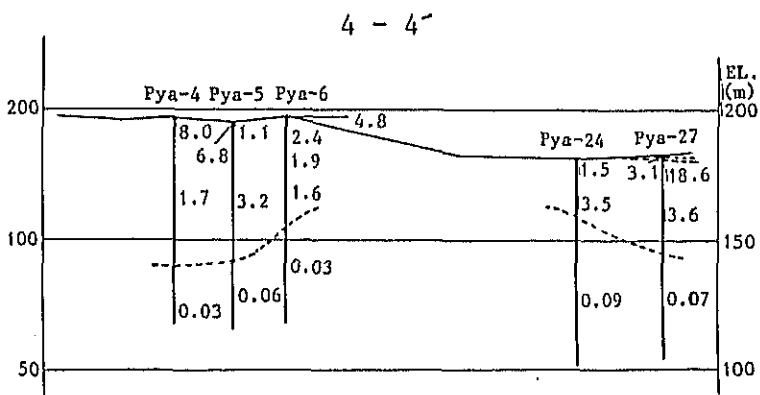
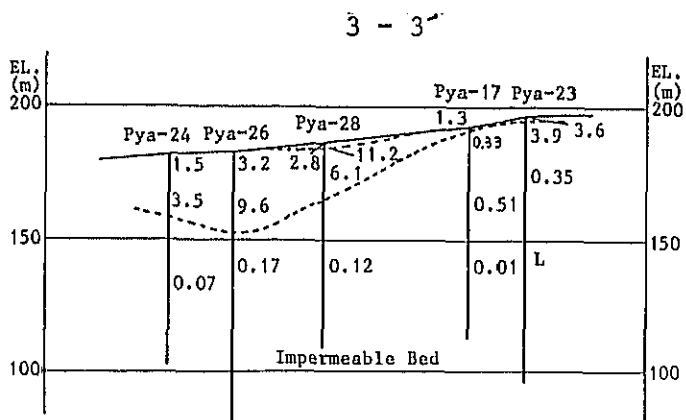
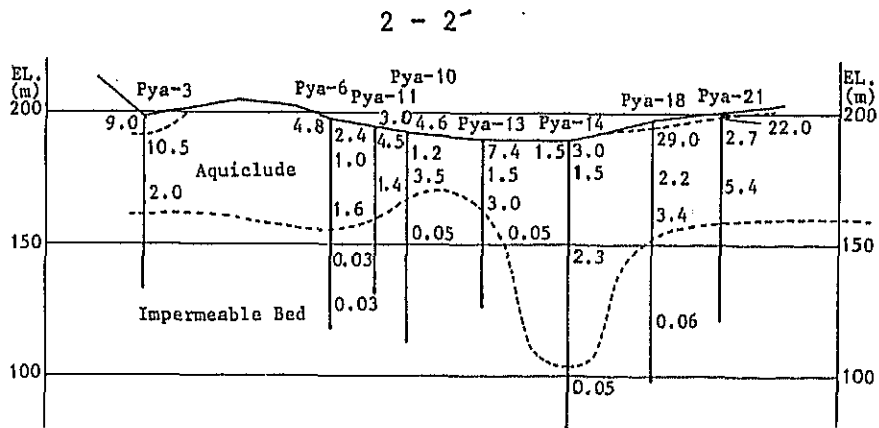
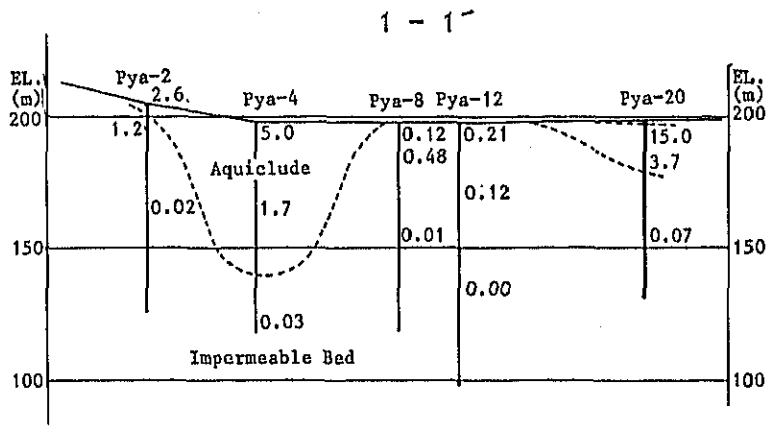
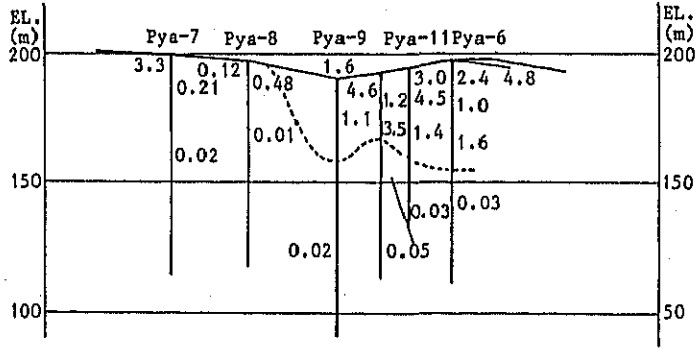
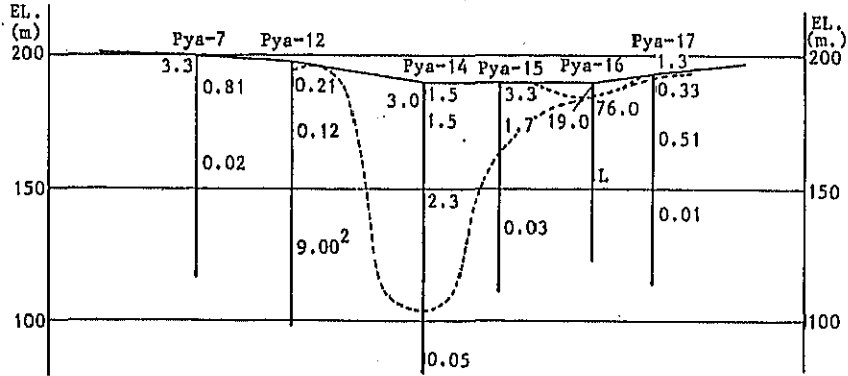


Fig. 4.3.2.6 比抵抗縦断面図 (1)

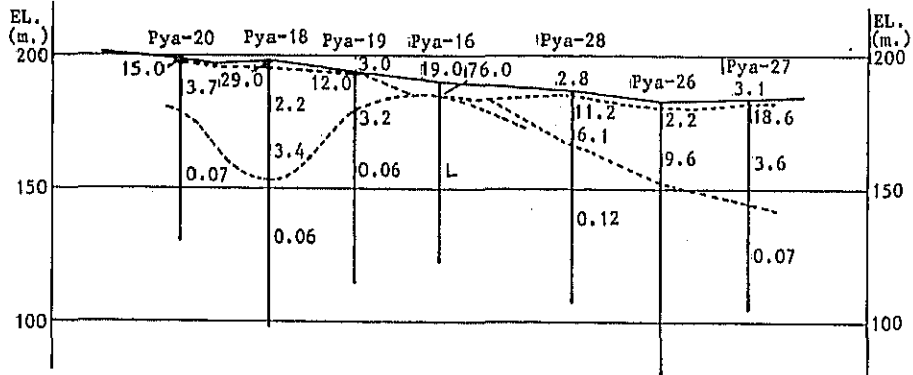
5 - 5'



6 - 6'



7 - 7'



8 - 8'

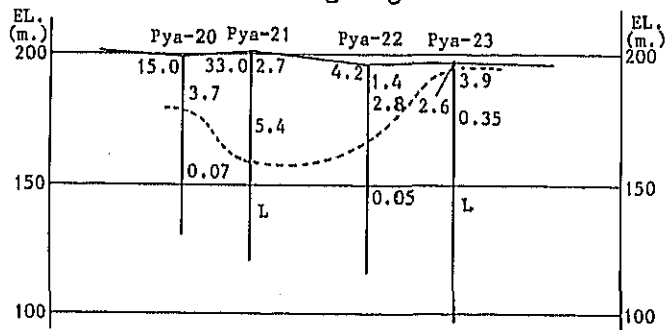


Fig. 4.3.2.6 比抵抗縦断図 (2)

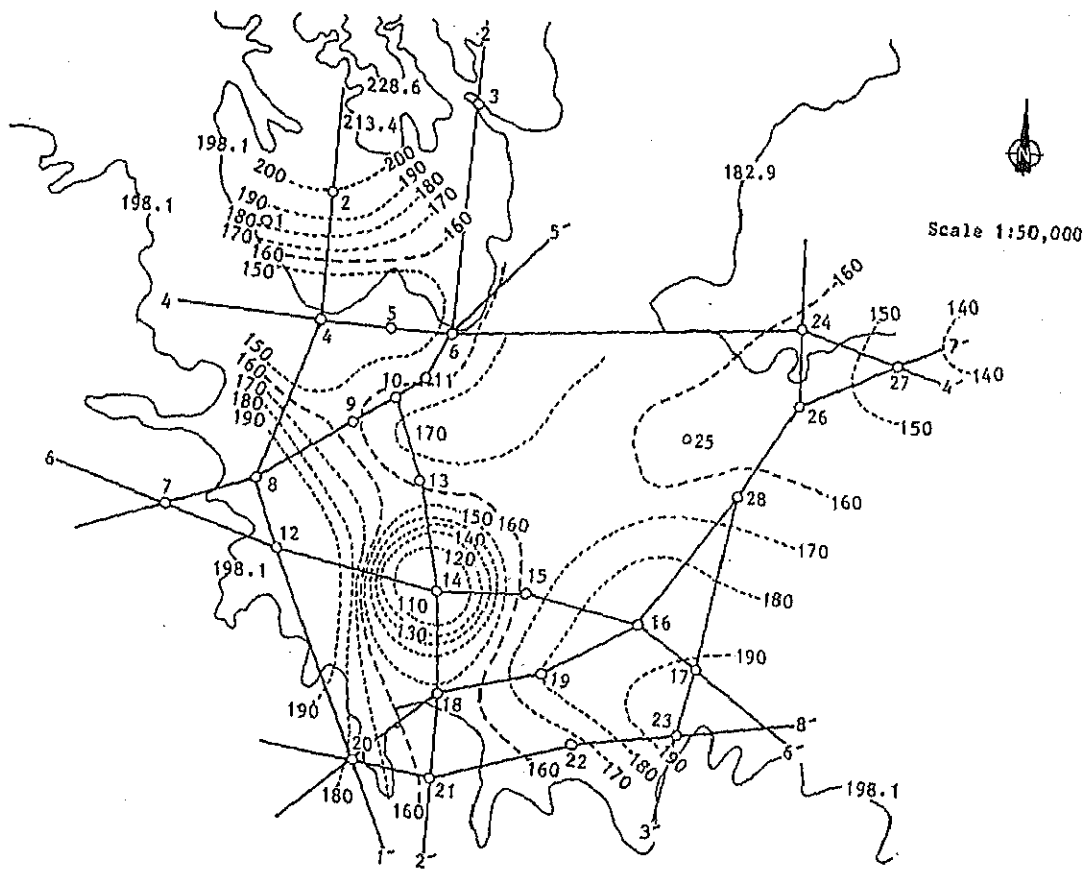


Fig. 4.3.2.7 不透水層の比抵抗コンター

3) 地下水賦存量および水質

(1) 地下水賦存量

Pyawbwe 地域における地下水賦存状態は自由～被圧地下水の形態をとっている。ここでは自由地下水として、地下水供給量および賦存量を算出する。

Pyawbwe 地域における年間降雨量 p 、蒸発散量 E (Monywa の値)は、

$$\text{降雨量 } p = 33.41 \text{ インチ} = 848.6 \text{ mm}$$

$$\text{蒸発散量 } E = E_p \times 0.7 = 2040.9 \times 0.7 \approx 1,429 \text{ mm である。}$$

年間を通じてみれば、地下水涵養量は、

$$G = P - E = 848.6 - 1,429 = -580 \text{ mm となり、}$$

蒸発散量が降雨量を上回り、地下水涵養が生じないことになる。また雨期のみを考えても同様なことがいえる。

しかし、当地域の地下水涵養は Pegu Yoma や丘陵性台地から流れ出た河川水がその供給源となるものと考えてよい。Pyawbwe の雨期の降雨量は 761 mm であり、このうちの 60% が沖積低地へ流れ込むものとする仮定する。

$$\text{流出量 } p = 761 \times 0.6 \approx 456 \text{ mm}$$

沖積低地へ流れ込み流量

$$\text{流入量 } Q = p \times s = 0.45 \text{ m} \times 25 \text{ km}^2 = 1.12 \times 10^7 \text{ m}^3$$

であり、沖積低地での浸透率を 40% とすると、地下水補給量 G は、

$$\text{地下水補給量 } G = 1.12 \times 10^7 \times 0.4 = 4.48 \times 10^6 \text{ m}^3$$

となり、年間 $4.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ の水量が補給量となる。しかし、年間の降雨条件が異なる(降雨量が減少する)場合には、十分な補給が行なわれず、地下水位低下に伴う揚水量の減少が懸念されるため、地下水位の動向を十分に把握しておく必要がある。

次に、帯水層の体積、空隙率から地下水賦存量を求める。算定地域は井戸作成地点において影響を受ける範囲とする。

$$V = A \times S \times E$$

$$A; \text{ 対象面積 } \quad A = 8.5 \text{ km}^2$$

$$S; \text{ 帯水層の層厚 } \quad 1.0 \text{ m}$$

$$E; \text{ 空隙率 } \quad E = 10\%$$

Pyawbwe 地域における地下水賦存量は

$$V = 8.5 \times 20 \times 0.10 = 1.7 \times 10^2 \text{ m}^3$$

この値は地下水補給や流出を無視した値であり、現在の帯水層中に賦存している量である。

(2) 水質

室内水質試験結果を Table 4.3.2.1 に示す。

Table 4.3.2.1 室内水質試験結果

Item	Location	Magyibin	Tanaung
		V	Baing Waing V
1. Appearance		Clear	Clear
2. Total Solids		850	1,410
3. Total hardness		100	50
4. Permanent hardness		2	2
5. Calcium hardness		40	30
6. Total iron		0.05	0.05
7. Chloride		22	116
8. PH		6.2	7.8
9. EC		1,100	2,200

対象地域外の Tanaung Baing Waing Village は Total Solids が著しく大きく飲料水として不適當である。Magyibin Village では Total Solids および Chloride の値が大きいが WHO の基準内であり、飲料水として適用できる。

4) 1井当たり揚水量、井戸間隔および井戸深度

(1) 井戸1本当たりの揚水量

井戸1本当たりの揚水量は、揚水試験によって把握する必要があるが、ここでは Thiem の公式を用いて1本当たりの揚水量を推定する。

水位低下量は井戸間距離 600m (影響圏 300m) とすると、

$$S = \frac{R}{3,000 \sqrt{k}} = \frac{300}{3,000 \sqrt{2 \times 10^{-5}}} = 22.36 \text{ m と なる。}$$

ただし、 $R = 300 \text{ m}$

$$k = 2.0 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$$

自由地下水の場合

$$\begin{aligned} Q &= \frac{\pi \cdot k(H^2 - h^2)}{2.3 \log R/r} \\ &= \frac{\pi \times 2 \times 10^{-5} \times (40.0^2 - 17.7^2)}{2.3 \log 300 / 0.076} \\ &= 9.77 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec} = 633 \text{ m}^3 / 18 \text{ hr} \end{aligned}$$

被圧地下水の場合

$$\begin{aligned} Q &= \frac{2 \pi D k (H - h)}{2.3 \log R / r} \\ &= \frac{2 \pi \times 20 \times 2 \times 10^{-5} \times 22.36}{2.3 \log 300 / 0.076} \\ &= 6.8 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{sec} = 440 \text{ m}^3 / 18 \text{ hr} \end{aligned}$$

上記のように自由地下水と考えると633 m³/18 hrとなるが、被圧地下水と考えるれば、440 m³/18 hrが期待できる。しかし地下水低下量が22.3 mは井戸深度および透水性からみて大きすぎるため、地下水位低下量を10 m程度としておくことが望ましい。この場合の揚水量は、 $Q = 3.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{sec} = 226 \text{ m}^3 / 18 \text{ hr}$ となり、200 m³/18 hrは期待できる。

(2) 井戸間隔

井戸間隔は、地層、帯水層の状況および既存資料による1井当たり揚水量と水位低下などを考慮し、最小井戸間隔を500 mとした。

(3) 井戸深度

井戸深度は、帯水層の賦存下限深度が40 m前後であるため、生産井の平均深度を46 m (6 m砂だめ)とする。

4.3.3 水道計画の策定

1) 計画対象区域

この町の住居地区は1～7区および8区の1部であるが、T.D.Cは町の北部と南部の2地区に新規拡張地域を計画している。

北部の新規拡張地域は現在建設中であるが、わずかながら入居も始まっている。ただし南部の新規拡張地域は、Rangoon から Shan State への道路建設を前提としたものであり、この道路は4～5年後に工事着手が計画されているが、不確定な要素も多くこれに伴うN.E.Aの建設の確実なものではない(Fig.4.3.3.1参照)。

従って、本計画の対象区域には南部の新規拡張地域を計画からはずすこととし、上記1～7区、8区の一部および北部のを計画対象区域とした。(Fig.4.3.3.1参照)

2) 計画給水人口

計画給水人口は現在人口23,834人と年平均人口増加率2.2%より28,400人(91)とする。

3) 計画給水量

計画給水量は計画給水人口と1人1日最大給水量105ℓ/dより3,000m³/dとする。

4) 給水ブロックの分割

現在の住居地区はRangoon～Mandalay 鉄道により東西に2分されている。東側はWard No.1～4であり、西側はWard No.5～8である。また新規拡張地域はこれらの住居地区の北方に離れて計画されている。

従って、本計画では給水区域をFig.4.3.3.3に示すように、A、B、Cの3ブロックに分割し、それぞれ独立したシステムを持たせることとした。

ブロック毎の計画給水人口、給水面積、人口密度および計画給水量は下表のとおりである。

Table 4.3.3.1 ブロック毎の計画条件

	計画給水人口	給水面積	人口密度	計画給水量
A	11,500人	109ha	106人/ha	1,200m ³ /d
B	14,900	217	69	1,560
C	2,000	89	23	210
計	28,400	415	Ave. 68	2,980

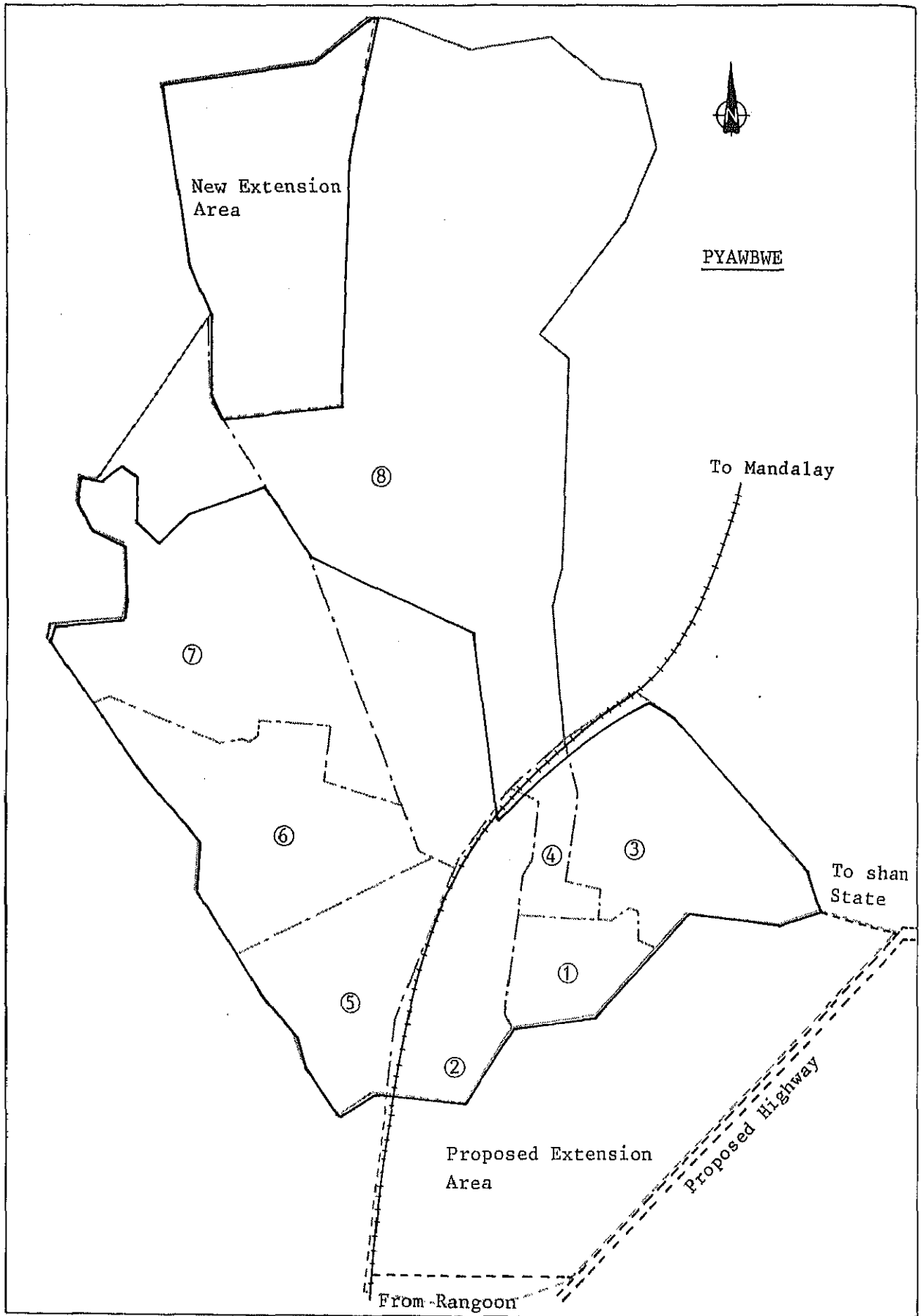


Fig. 4.3.3.1 計画給水地域

5) 施設計画

① 必要井戸本数

この地区の井戸1本当たりの可能揚水量は、前項で述べたとおり約200m³/日である。従ってブロック別の必要井戸本数は、

$$\text{Aブロック} \quad 1,200 \text{ m}^3/\text{d} \div 200 = 6.0 \text{ より } 6 \text{ 本}$$

$$\text{Bブロック} \quad 1,560 \text{ m}^3/\text{d} \div 200 = 7.8 \text{ より } 8 \text{ 本}$$

$$\text{Cブロック} \quad 210 \text{ m}^3/\text{d} \div 200 = 2.1 \text{ より } 1 \text{ 本}$$

② 給水システム

Pyawbweは丘陵上に位置しており、全体的にゆるやかな傾斜を有している。しかし本計画では、これらの高低を表す地形図が入手出来なかったため、給水区域をほぼフラットなものと仮定し計画を行った。

各ブロックの給水システムは井戸予定地と給水エリアの関係より下表に示す基本システムを採用した。またブロックCはなだらかではあるがブロック中央部は盛り上がった地形をしておりここに配水池を設置することにより自然流下による配水が可能であると判断し高架水槽は設置しないこととした。

Table 4.3.3.2 各ブロックの基本システム

ブロック	基本システム	備考
A	2	
B	2	
C	3	ただし生産井は1本

上記の基本システムによる各ブロックの施設レイアウトは、Fig. 4.3.3.4のFacility Layout Planに示す通りである。

6) 施設の概要

諸施設の工種別の仕様および数量をTable 4.3.3.3に示す。

送水配管および給水配管網は、それぞれFig. 4.3.3.4、Fig. 4.3.3.5のとおりである。また計画井戸および高架水槽の構造については、4.1.1の参考図に示した。

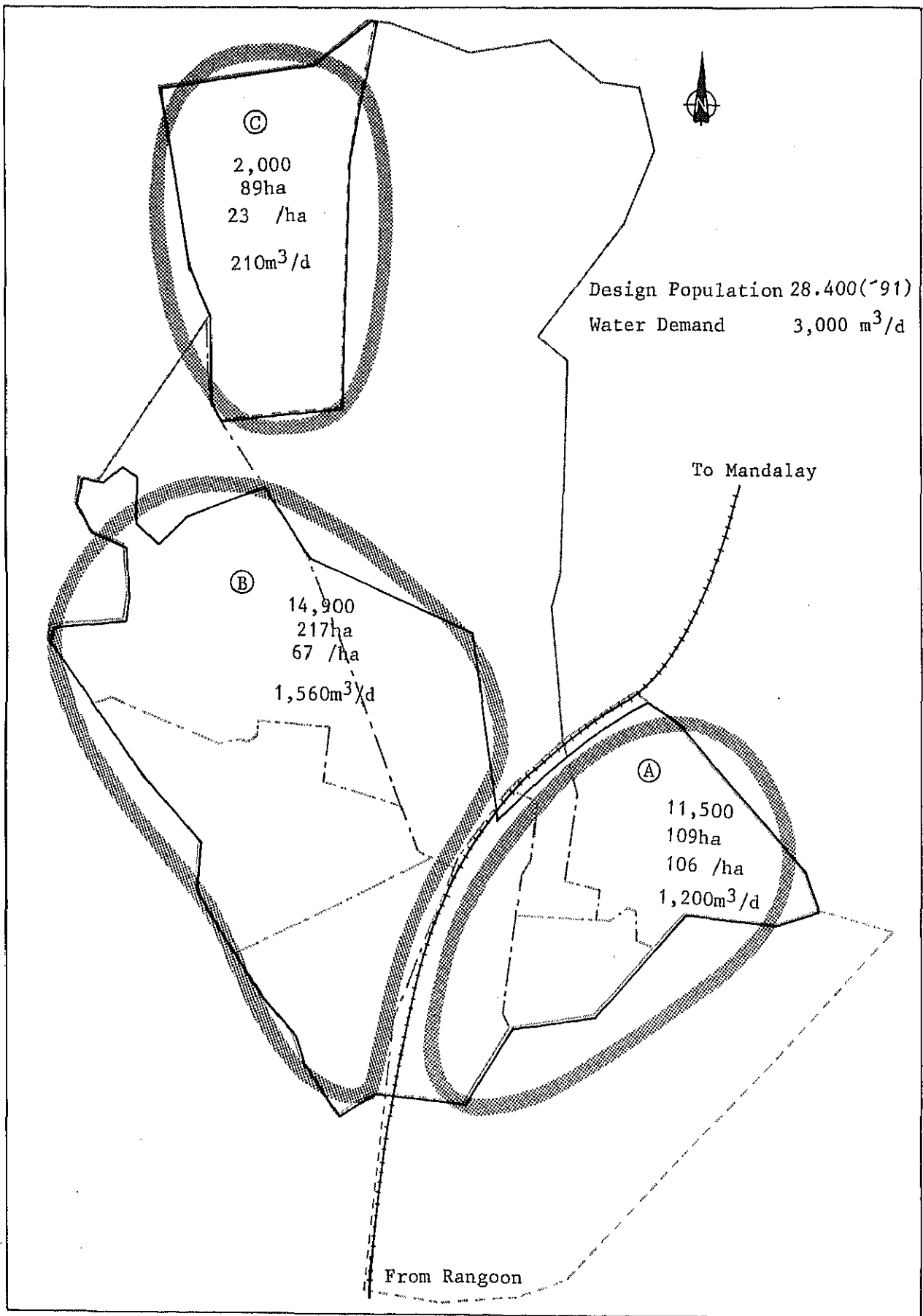


Fig. 4.3.3.2 給水ブロック毎の計画給水人口

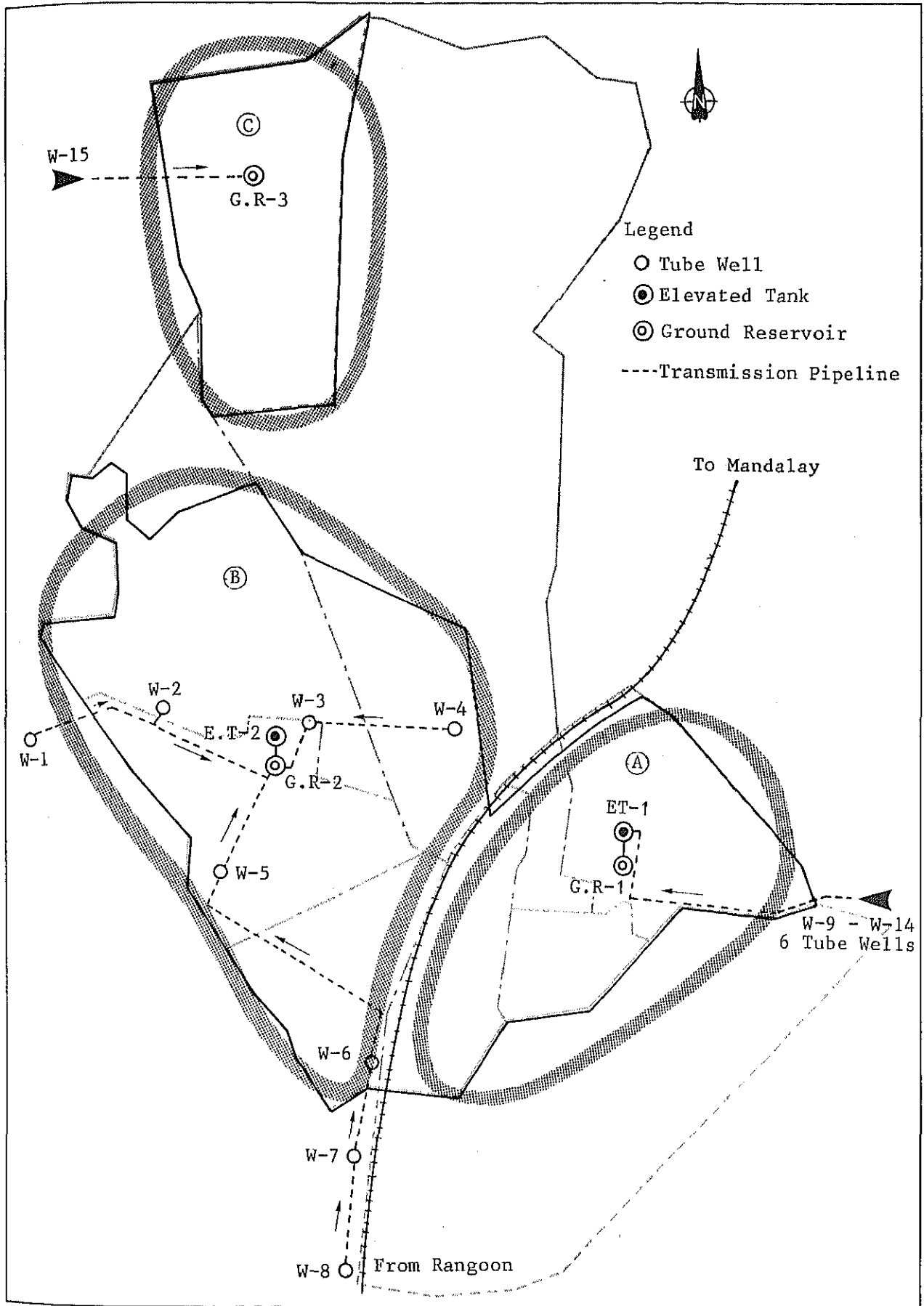


Fig. 4.3.3.3 計画施設のレイアウト

Table 4.3.3.3

計画施設の概要

施設	項目	内 容	数 量	摘 要	
取水施設	生産井	計画取水量200~250m ³ /d φ150mm×H46m	15本	ケーシング H=36m スクリーン H=10m	
	調査井	φ150mm×H55m	8本	ケーシング H=45m スクリーン H=10m	
	観測井	φ100mm×H46m	9本	ケーシング H=36m スクリーン H=10m	
	取水ポンプ		φ50mm×0.194m ³ /min×7.5KW	1基	W-15
			φ50mm×0.185m ³ /min×5.5KW	8基	W-1~W-8
			φ50mm×0.194m ³ /min×5.5KW	6基	W-9~W-14
ポンプ室	レンガ構造 4m×4m 建築面積 16m ²	15棟			
導水施設	導水管	φ75mm~φ200mm T型ダクタイル鋳鉄管 3種	17,140m		
		各種異形管	1式		
	仕切弁	φ75~φ200mm	18ヶ所		
	空気弁	φ20mm	23ヶ所		
配水施設	貯水槽	容量 20m ³ 地下式 RC構造	1基	GR	
	接合井	容量 100m ³ 地下式 RC構造	1	JW-	
		容量 130m ³ 地下式 RC構造	1	JW-	
	高架水槽	容量 32.6m ³ FRPパネル製 高さ 15m 鋼製架台	1	ET-2	
		容量 25.2m ³ FRPパネル製 高さ 15m 鋼製架台	1	ET-1	
	配水管	φ75mm~φ150mm T型ダクタイル鋳鉄管 3種	13,190m		
		各種異形管	1式		
	仕切弁	φ75mm~φ150mm	46ヶ所		
	空気弁	φ20mm	28ヶ所		
	中継ポンプ	φ125mm×1.488m ³ /min×11KW	1基	ET-2	
φ100×1.164m ³ /min×7.5KW		1基	ET-1		
電気施設	変電設備	3φ4W 11KV/0.4 75KVA、50KVA	2式		
	送電線	OW 14°~80° CV 5.5°×4c	47.0km		
		付属品	1式		

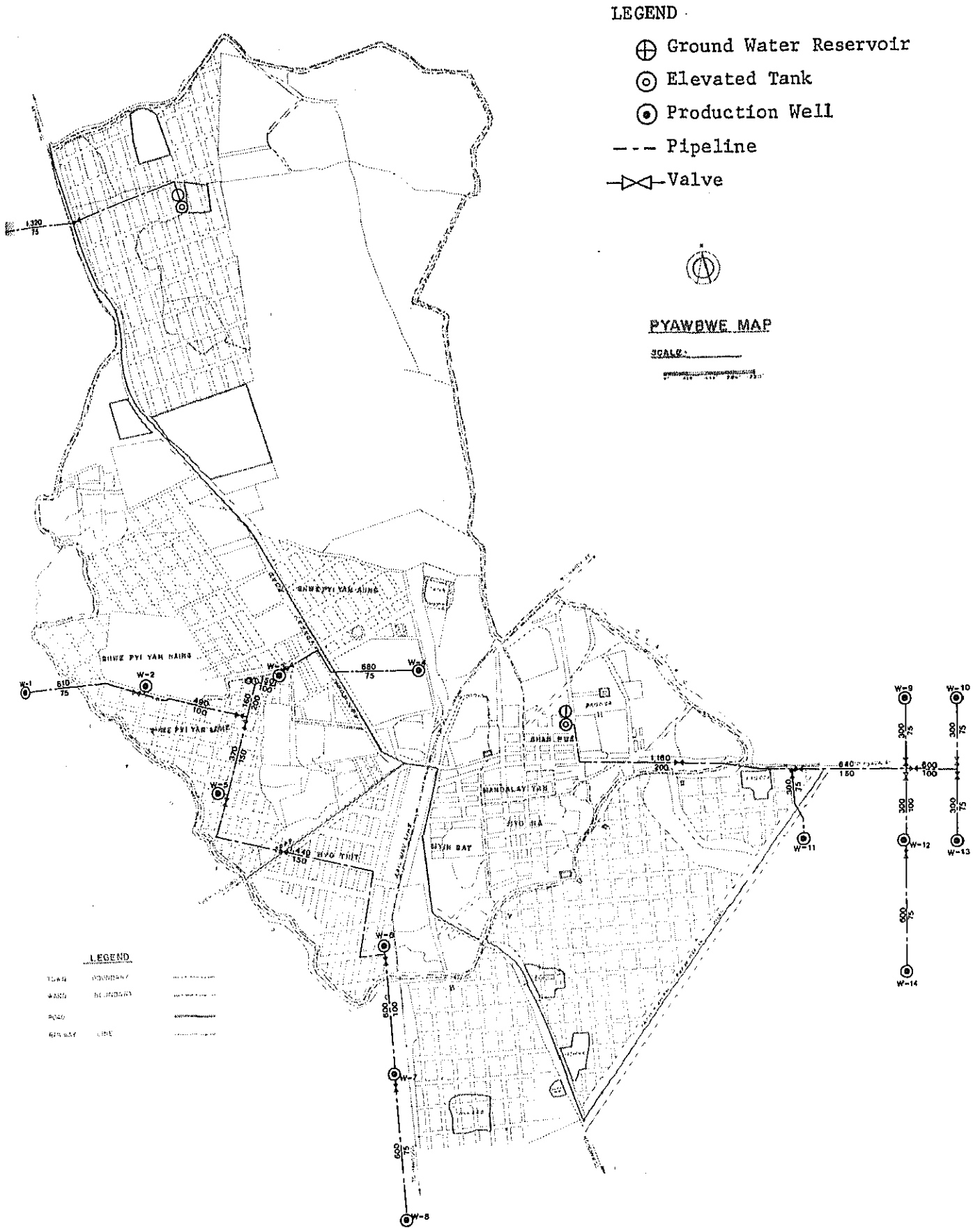


Fig. 4.3.3.4 導水管平面図

LEGEND

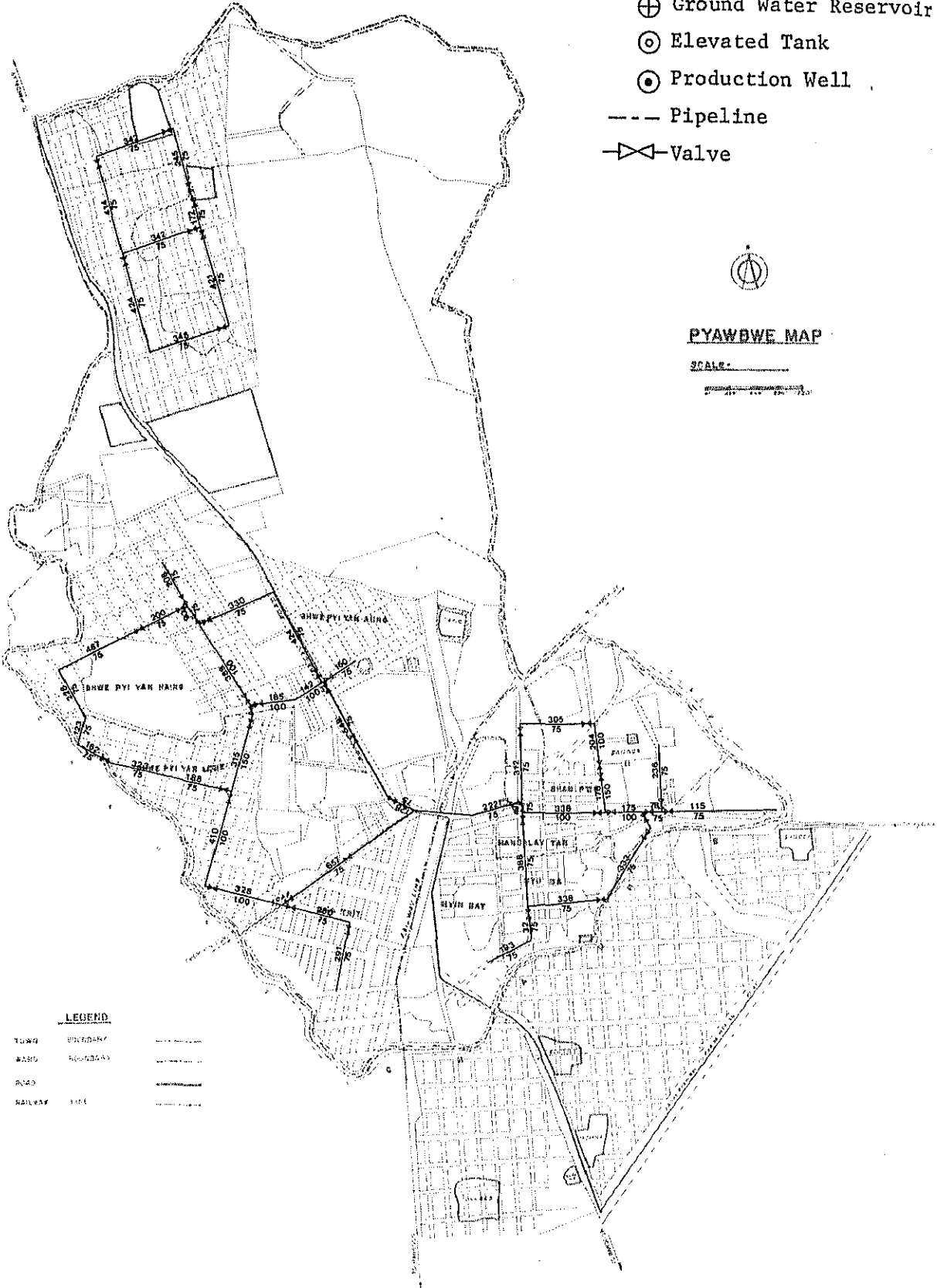
- ⊕ Ground Water Reservoir
- ⊙ Elevated Tank
- ⊙ Production Well
- Pipeline
- ↔ Valve



PYAWBWE MAP

SCALE:

1:50,000



LEGEND

တောင်	စတေးဘရီ	-----
မုခ်	ရေကန်	-----
လမ်း		-----
မုခ်	ရေ	-----

Fig. 4.3.3.5 配水管網平面図

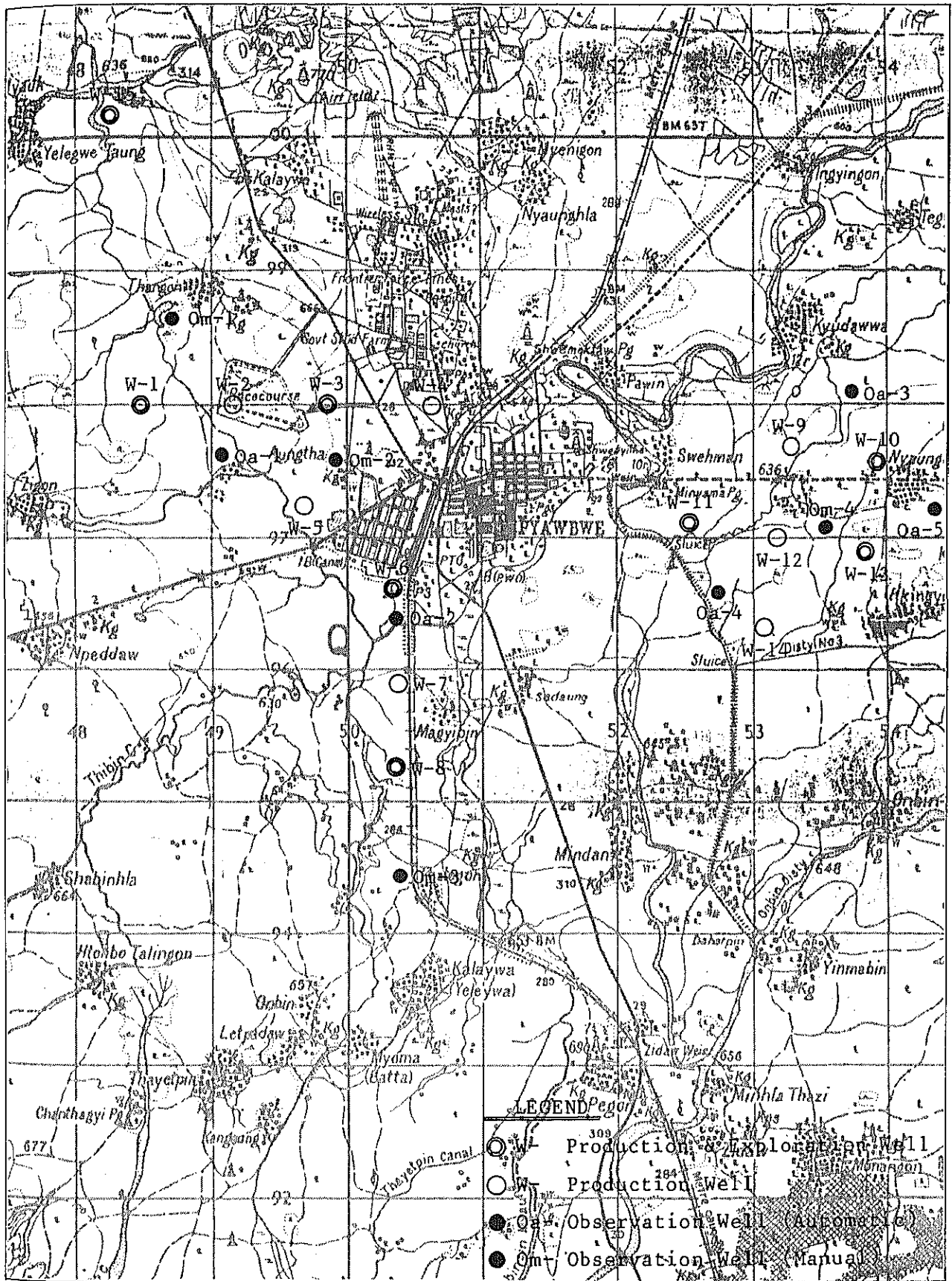


Fig. 4.3.3.6 計画井戸位置図

