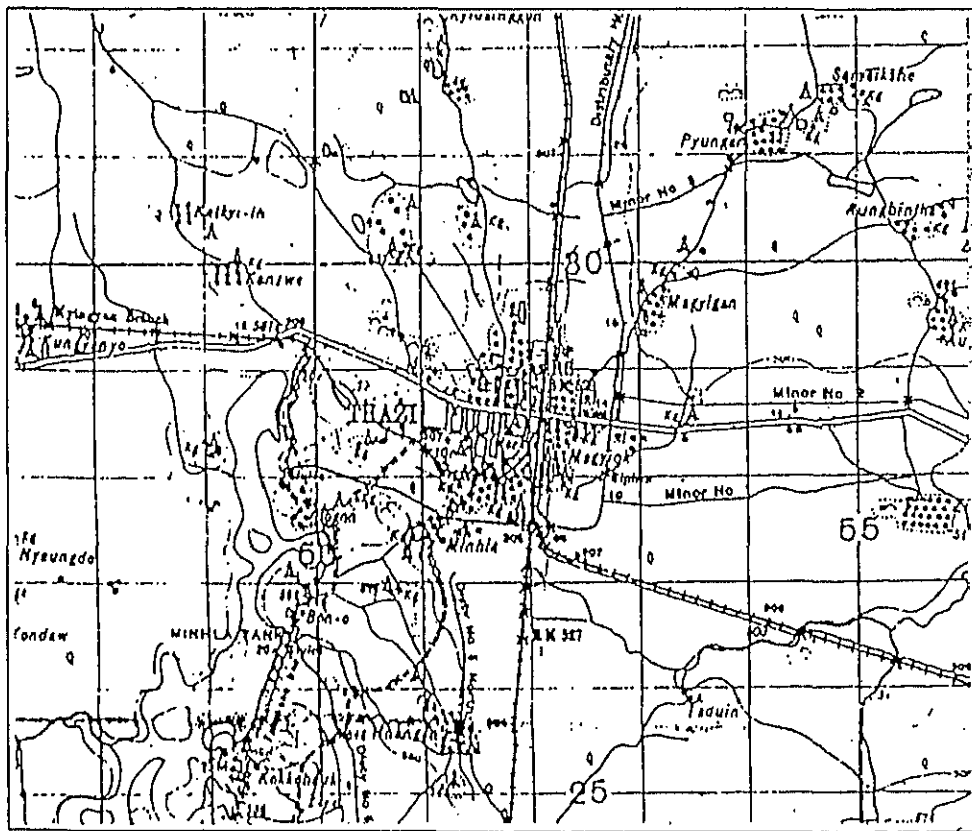


4 . 4 T h a z i

4 . 4 . 1	地域の概況	1 2 4
4 . 4 . 2	地下水開発計画	1 2 7
4 . 4 . 3	水道計画の策定	1 3 7



4.4.1 地域の概況

Thazi はRangoon の北約470 kmに位置し、標高は約210 mである。

この町はRangoon-Mandalay 鉄道およびMeiktila~Toungyi 幹線道路上にあり、各都市間の連絡地点であるため、重要な商業の中心地となっている。

町の面積は約2.4 km²であり、町は7つのWard に分けられている。1983年の人口は約18,500人、年間人口伸び率は1.91%である。

Thazi はビルマの乾燥地帯の東部に位置し、ビルマの最も高温な地域の一つとして知られている。雨期は普通5月に始まり10月に終わる。降雨量は地域によって差があり、かつ不安定であるが、480 mm~990 mm の間にあり、平均年間降雨量は約760 mmである。

気温は最低5℃、最高42℃であり、1月が平均気温で最も涼しく5℃~31℃、5月が最も暑く17℃~42℃である。

この地区の平均年間湿度は55%であり、月平均湿度の最も低い月は3月で40%、最も高い月は8月で74%である。

Thaziは100年程前、鉄道(幹線)が開通した当時、蒸気機関車に水を補給する町として開かれた。現在は電気の幹線送配電の中継基地になっており、北はMandalay、南はPyawbwe、Yamethin、Pyinmana に送電され、節電のための計画停電もここで調整される。

町のほぼ中央を南北に鉄道が走り、Meiktila、Thazi、Hlaingdet(約10 km東)、Toungyi を結ぶ幹線道路が町を東西に貫いている。地形はほとんど平坦であるが、町の中央部から西北にかけて、やや標高が高くなる。西北部は、町の将来の拡張予定地となっており、一部は既に入居している。

町の西南にはMinhla Tankがあり、その水はMeiktila 湖および西南部のChaung Ma Damから入り、2つの水門から東部の灌がい用としてCanalで導水されている。

産業としては農産物のほか、綿の処理工場があり、東のHleindet の町の近くには、フランスの援助による食品処理工場が完成間近である。

Ward 別の人口および面積、また用途別土地利用率はFig. 4.4.1.1 およびFig. 4.4.1.2 に示すとおりである。

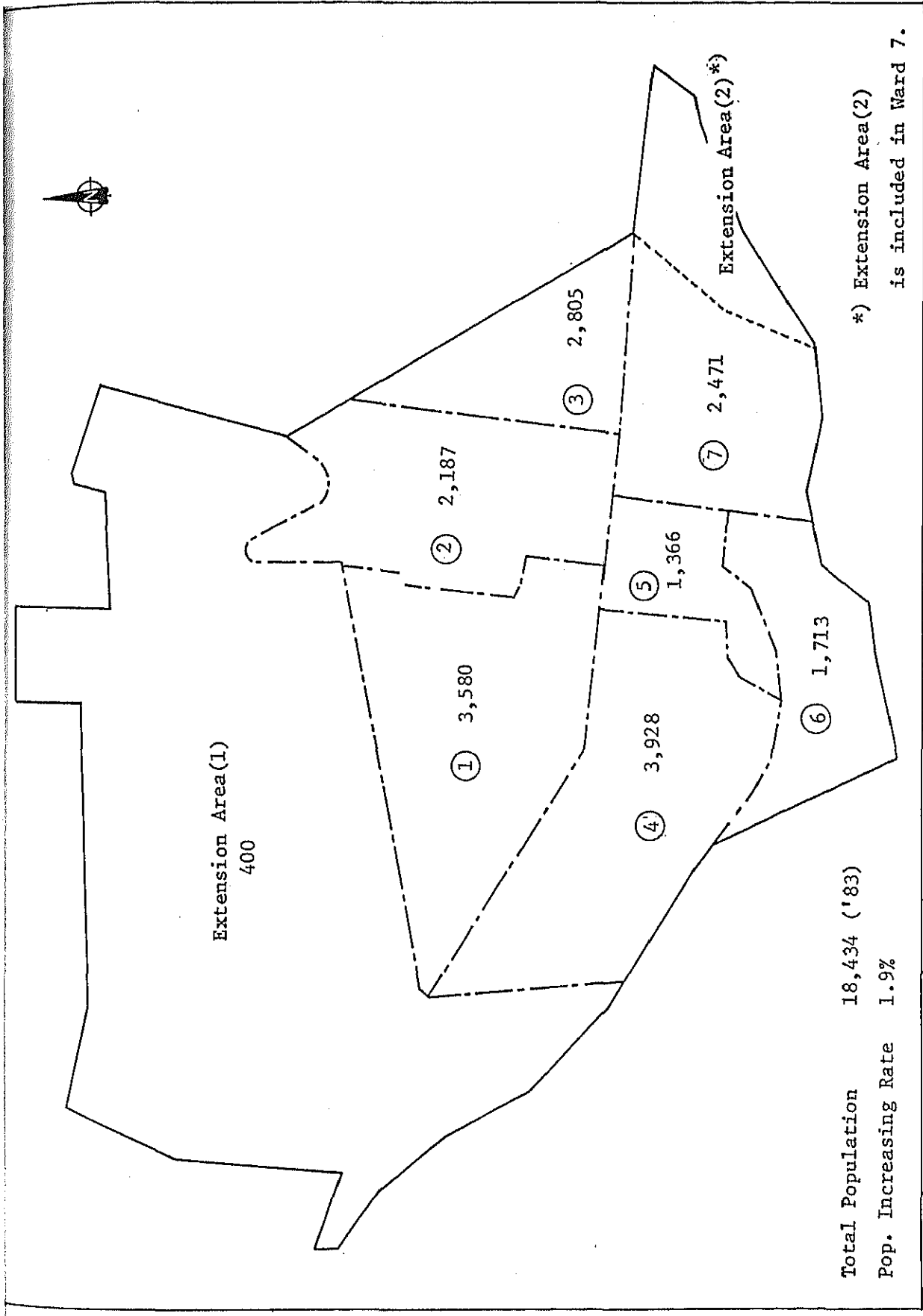
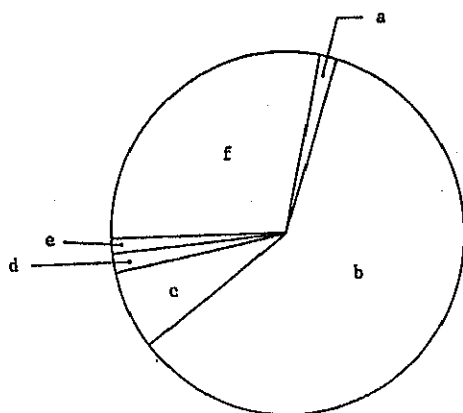


Fig. 4.4.1.1 Ward 別の現在人口



a)	Agricultural field, etc.	1.36 %
b)	Residential Area	59.93 %
c)	Cemetery, Garden and Park	7.14 %
d)	Commercial Places	1.69 %
e)	Industrial Areas	1.19 %
f)	Government Buildings (Offices, School, Hospital and Government Buildings)	28.69 %

Fig. 4.4.1.2 土地利用率

4.4.2 水源開発計画

1) 水理地質

(1) 地形・地質

Thazi 付近は、東側約 20 km に中生代および新生代に貫入した花こう岩類を主体とし、一部古生層岩からなる Shan 高原と、西側約 20 km の第三紀漸新世～中、下部中新世の Pegu 層群からなる Pegu Yoma 上昇帯に挟まれた狭長な盆地の一部にあたる。(Fig. 4.4.2.1～4.4.2.2 参照)

盆地内は、第三紀上部中新世～鮮新世にかけて形成された Irrawaddy 累層が、Pegu Yoma 上昇帯に沿う部分と沖積低地と洪積台地との境界部分に、南北方向に丘陵をなして分布している。洪積層は台地を形成して Rangoon～Mandalay 鉄道から西側に分布し、洪積層に属する扇状地堆積物からなる扇状地は、Shan 高原に沿って細長く分布している。この台地と扇状地の間には沖積低地がみられる。沖積低地には Samon 川とその支流が網の目状に発達しているが、緩勾配であり、雨期には流水はあるものの乾期には干上がりワジとなっている。

Irrawaddy 累層は Thazi 周辺では N20～40E の走向で、NE 方向に 30～50° で傾斜していて、粘土主体の部分と砂層主体の部分がある。洪積層は概ね水平な状態にあるものと考えられるが、北方では向斜構造をなしている。また Irrawaddy 累層と洪積層との境界部分に Mandalay から伸びる断層があるとされている。沖積層の下部には洪積層が分布しており、扇状地堆積物と指交関係にあるものと考えられる。

Thazi 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。
扇状地堆積物	洪積世	Shan 高原に沿って分布
洪積層		平地に広く分布し、比較的厚い。
Irrawaddy 累層	上部中新世 ～鮮新世	丘陵および沖積、洪積層の下部に 厚く分布する。

沖積層は砂、粘土の互層で一部には砂層が厚く分布する。洪積層、Irrawaddy 累層は粘土主体で砂、砂れきの薄層が介在し、Irrawaddy 累層は褶曲や断層によって傾斜を有する。

(2) 水理地質

Thazi 地域では Irrawaddy 累層は南北に延びた褶曲や断層があるため、丘陵およびその周辺では複雑な地質構造を示している。しかし、丘陵の両側に分布する洪積層や沖積層は東側に緩く傾斜し、比較的単純な地質構造をなしているが、これらの下面は Irrawaddy 累層の起伏によって一定していないようである。Thazi の東西方向の模式断面図を Fig. 4.4.2.3 に示す。当地域は乾燥地帯にあたり、降雨量が蒸発散量を下廻るため、地下水補給は Shan 高原や Pegu Yoma 上昇帯の河川流出によるものと考えられる。

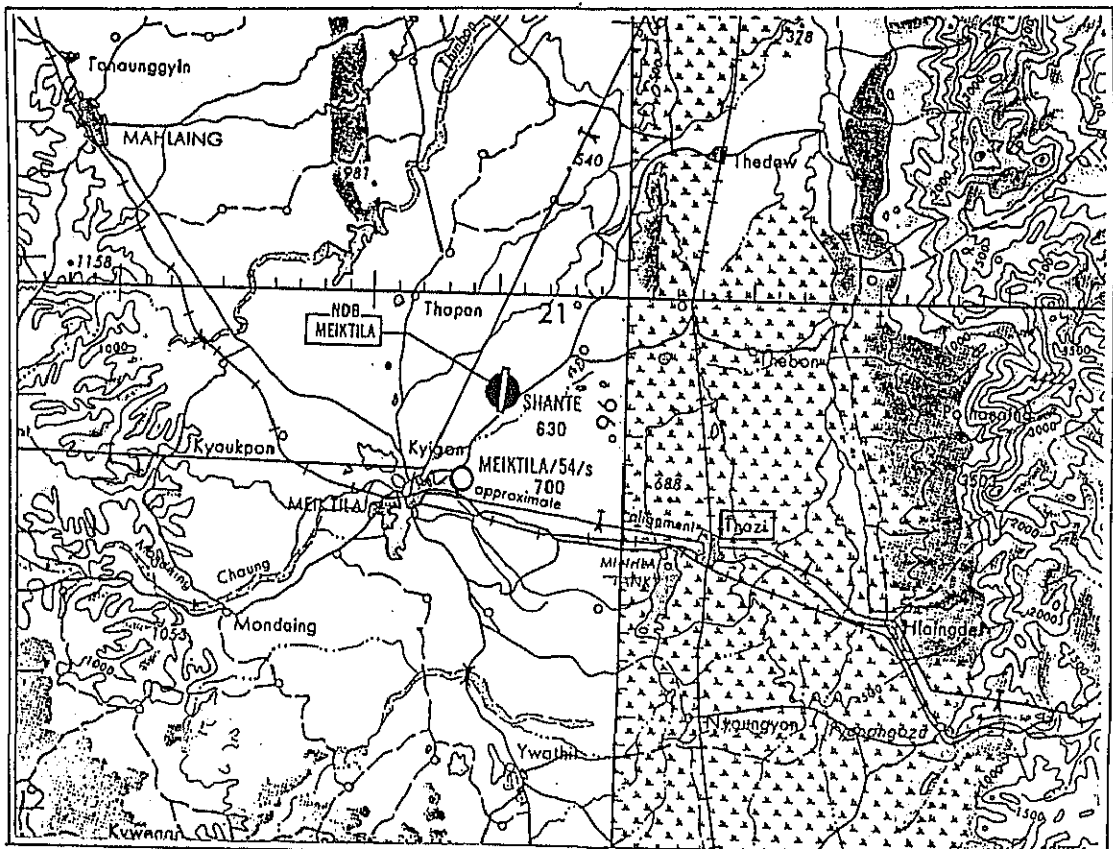


Fig. 4.4.2.1 Thazi 地域の地形

Scale 1:500,000

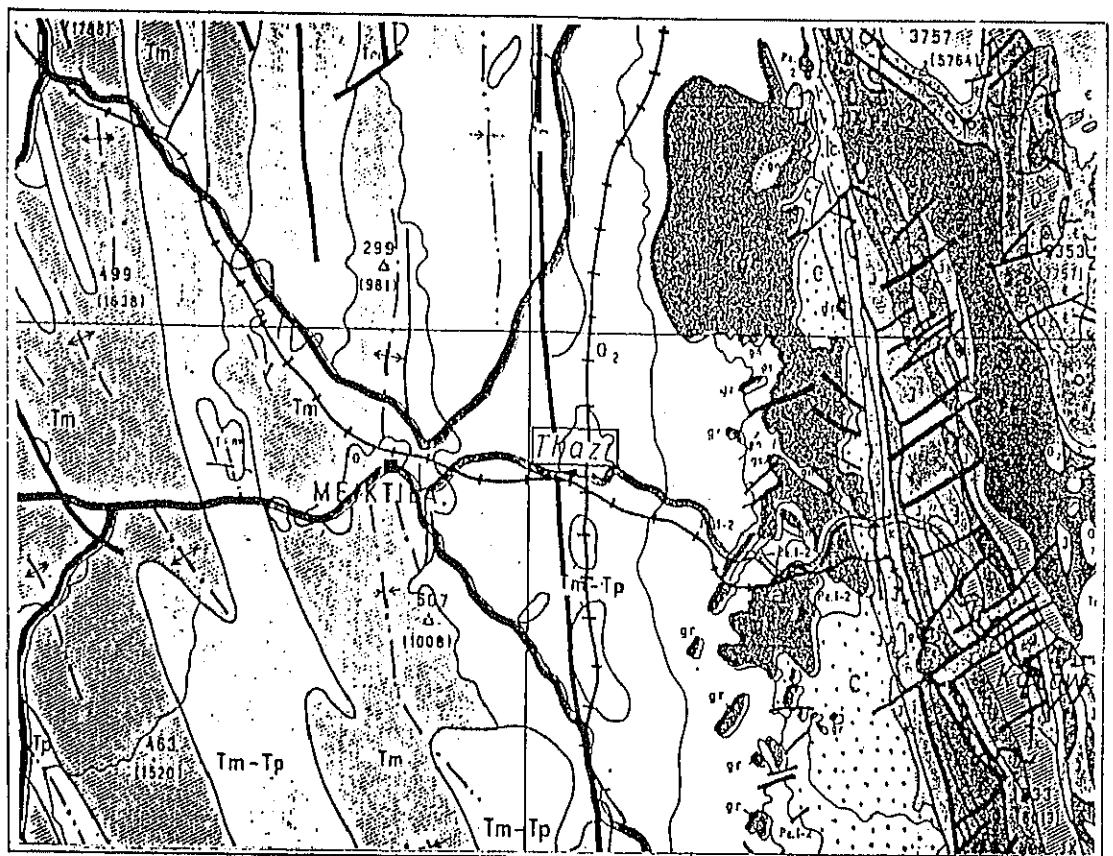


Fig. 4.4.2.2 Thazi 地域の地質

Scale 1:870,000

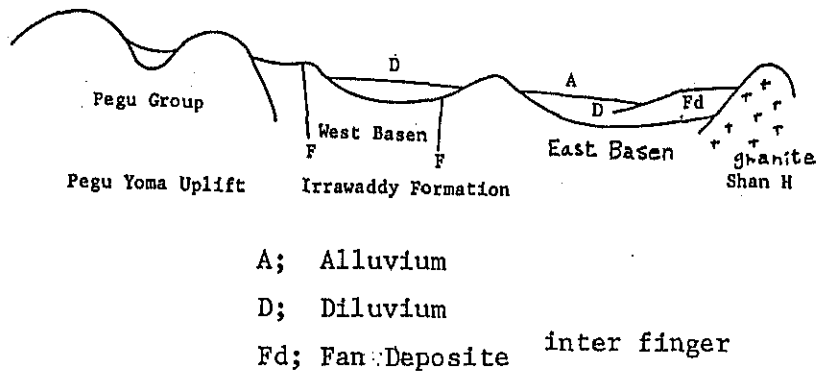
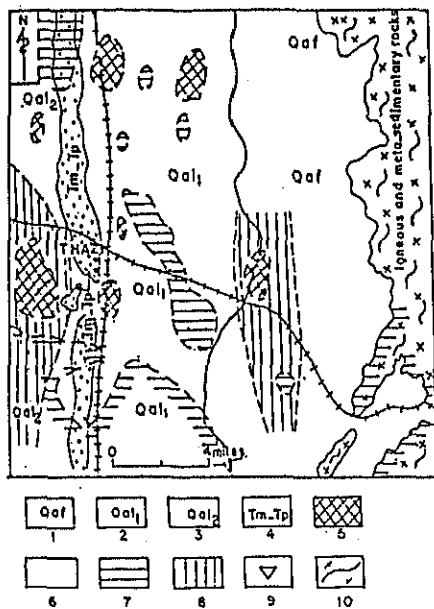


Fig. 4.4.2.3 東西方向模式断面図



1. Fan Deposit
2. Alluvium
3. Diluvium
4. Irrawaddy Formation
5. Surface Water (Lake, River)
6. Shallow Ground Water
7. Lower Forizer Aquifer
8. Artesion Aquifer
9. -
10. Rock Area

Fig. 4.4.2.4 地下水分布状況

また、Fig. 4.4.2.4 に示されるように、Thazi 地域の地下水分布状況は場所によって著しく異なっているものと思われる。洪積層や Irrawaddy 累層に賦存する地下水は被圧状態にあり、場所によっては自噴がみられる。Thazi 地域における既存井戸は Fig. 4.4.2.5 に示すように、Irrawaddy 累層が分布する丘陵部に集中している。また Fig. 4.4.2.6 は丘陵ほぼ中央の走向と、ほぼ直角方向に切った断面図である。各層はほぼ一定した角度で西～東へ傾斜しており、既存井戸のストレーナは砂れき層に設けられている。

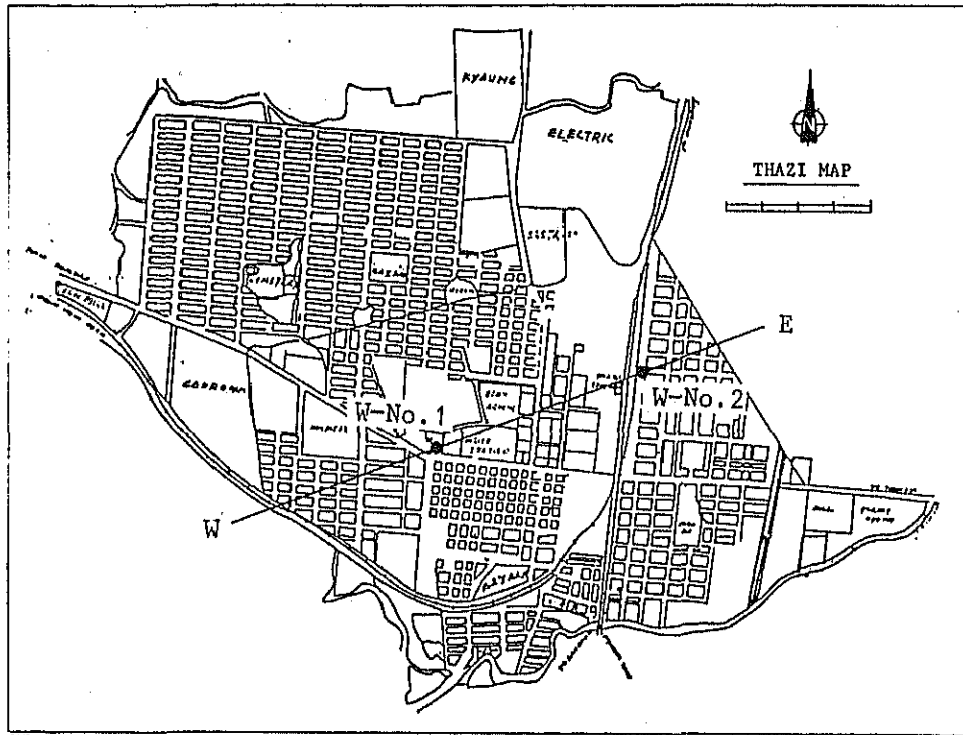


Fig. 4.4.2.5 井戸データの井戸地点

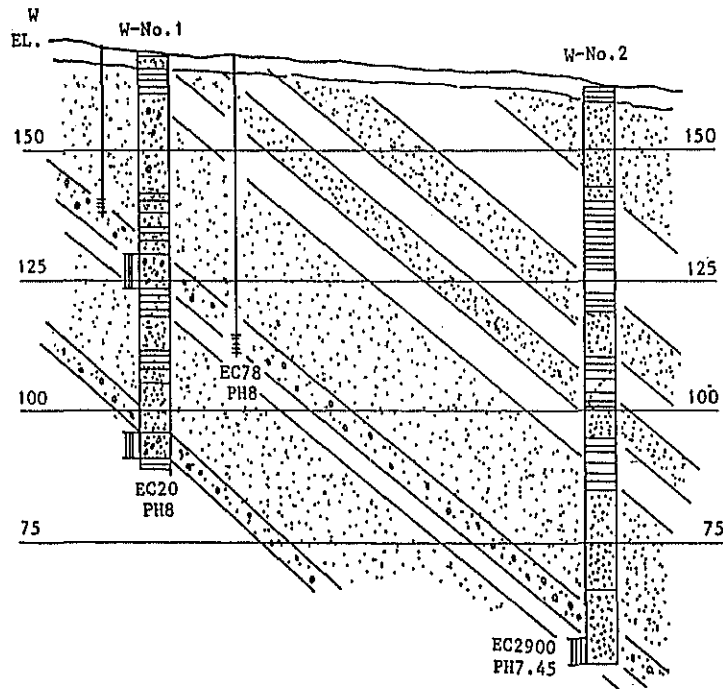


Fig. 4.4.2.6 E-W方向の既存井戸縦断面図

各帯水層の状況は次の通りである。

- ① Thazi地域には二つの帯水層、つまり表層部の浅層地下水と Irrawaddy 累層の深層地下水とがある。
- ② 表層の浅層地下水は沖積低地に賦存し、Hand Dug Wellはこの地下水を対象として設けられており、新鮮な水が得られる。
- ③ Irrawaddy 累層の深層地下水は、上、中、下部の3層に分かれる。上部層は40～60m前後でEC640～4,600 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 、PH=8.3～9.0、中部層は70～80mで水質は場所によって異なる。

下部層は95～110mで、一般に塩分に含みその濃度も高いようである。

当地域の地下水は地形面に沿って流動しているが、被圧地下水は地層の走向、傾斜に支配され、西～東へ流動している。

2) 帯水層

(1) 既存資料および既設井戸調査より、

Thazi 地域における帯水層は、Irrawaddy 累層の砂、砂れき層となっているが、水質が悪く、十分な水量が得られていないのが現状である。すでに述べたように既存井戸は表層部の浅層地下水と Irrawaddy 累層の深層地下水を対象としている。

浅層地下水は沖積層に含まれることが多く、主に砂層からなることが多い。また深層地下水を対象とする Tube Well の Well Log データでは、砂、砂れき層と粘土層が互層状態となっていて、西～東に傾斜し Tube Well の深度は場所によって異なっている。このようなことから、Thazi 地域では Irrawaddy 累層を対象とした地下水採取は不適当であるため、沖積層が対象となる。

事前調査および基本設計調査で、多くの既存井戸の調査を行ったが、町の中心部の2本を除いてほとんどの深井戸の水は高い電導度を示した。町内に良質で十分な水源を求めることは困難と判断されたため、町の東側 Hleindet(約1.4 km)および途中の幾つかの村の既存水源、さらに町の西側の幾つかの村を訪れ調査したが、これらからも良質の地下水を得る可能性は認められなかったため、町の南側を流れる河川と Minhla Tank から灌がい水を取り入れている Canal の中間地域を計画水源として調査を行った。

(2) 電気探査

電気探査は Fig. 4.5.3.7 に示すように Thazi 地域の南部の沖積低地を対象に7点実施した。結果は Fig. 4.4.2.8 に比抵抗断面図として示したが、この結果から以下のことが判断される。

- ① Thazi 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は表層のみである。表層を除けば1.0～10 $\Omega \cdot \text{m}$ を示す透水層～難透水層相当層が第二層をなし、第三層は0.1 $\Omega \cdot \text{m}$ 以下で不透水層を構成し、深部まで分布している。

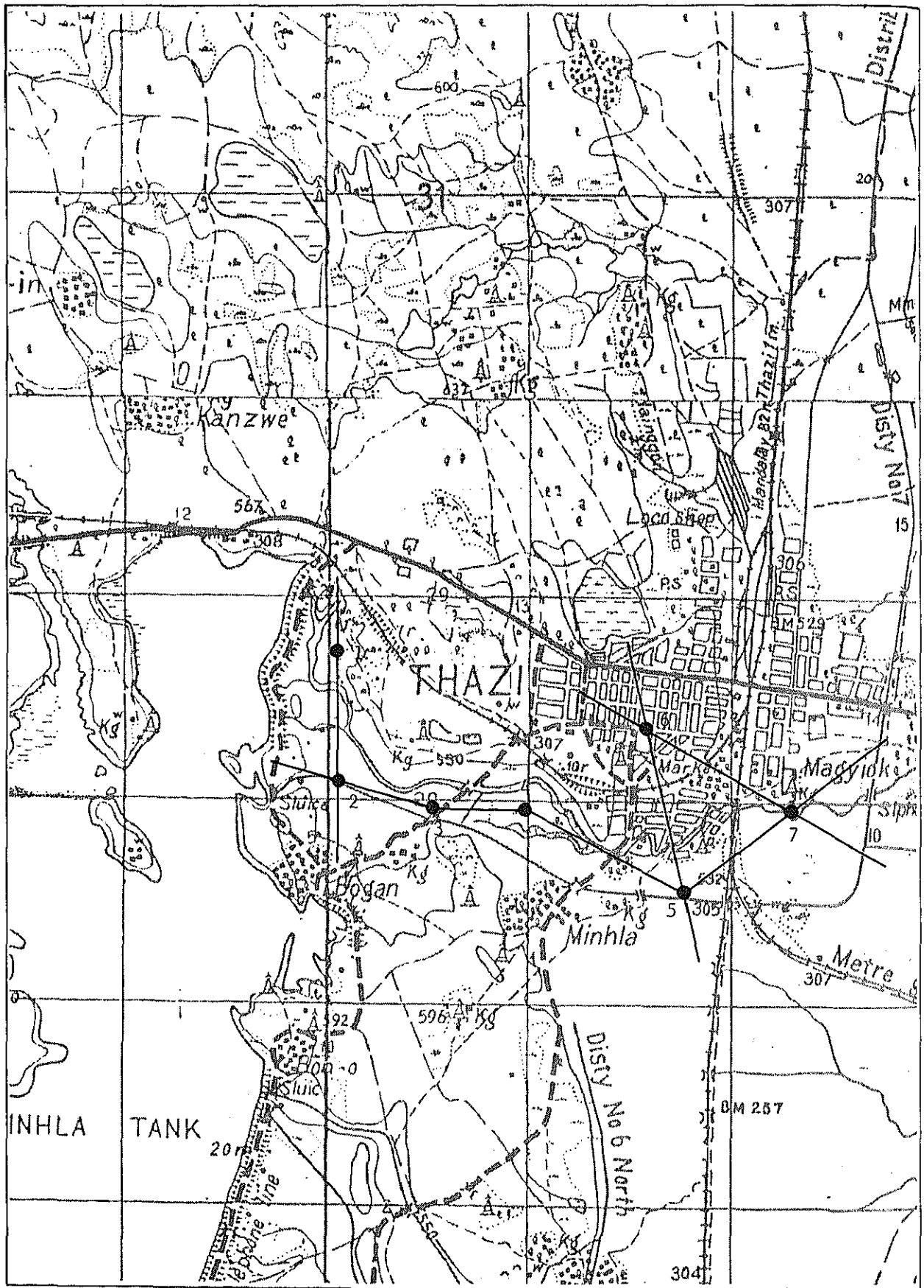


Fig. 4.4.2.7 電気探査位置図

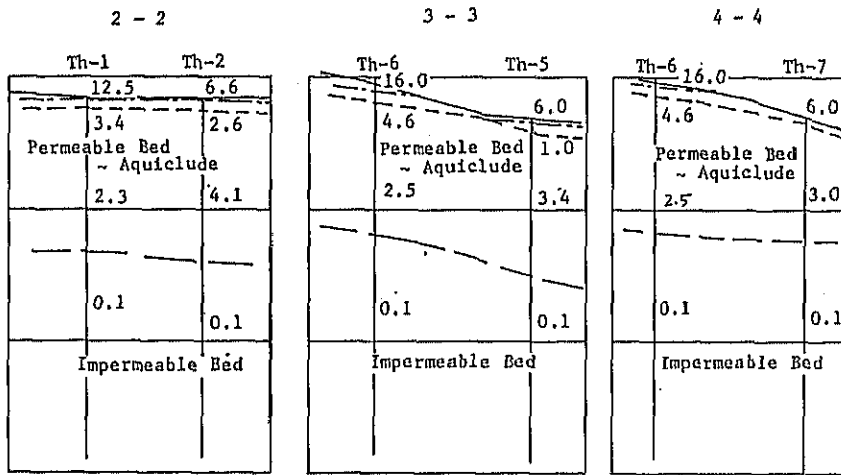
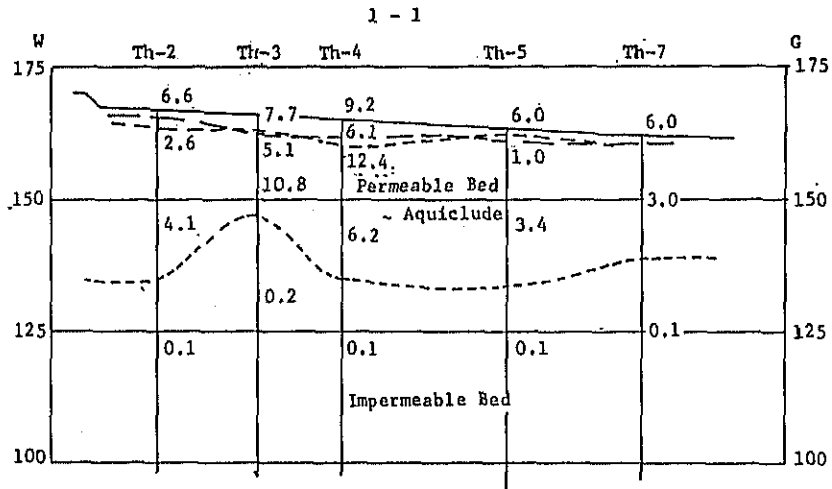


Fig. 4.4.2.8 比抵抗縦断面図

② 透水層～難透水層相当層は沖積層に20～25mの層厚で分布し、Irrawaddy 累層を侵食した谷地形をなして分布している。

③ Irrawaddy 累層からなる丘陵の張出しによってその分布が異なっている。

当地域の地下水は透水層～難透水層相当層に賦存しているものと考えてよい。不透水層中に介在する砂、砂れき層中にも地下水が賦存しているが水質は悪い。

よって当地域の地下水採水対象層は、沖積低地に分布する砂と粘土の互層からなる、透水層～難透水層相当層となろう。また透水性はThazi地域南側の沖積層を対象とした資料がないため、細砂と考えると $k=5 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ 程度の値を採用する。

3) 地下水賦存量および水質

(1) 地下水賦存量

Thazi 地域は年間あるいは雨期においても蒸発散量が降雨量を上廻り、Thazi地域のみを考えた場合、地下水の涵養が生じないことになる。

しかし、南部の地下水採取対象地の upstream にはMinhla Tank があり、堤体部からの浸透および用水路からの浸透によって、沖積層に地下水を涵養しているものと考えられる。ここで堤体部からの地下水涵養を検討する。

堤体からの浸透量は次の条件で計算される。

$$Q = \frac{k(h_1^2 - h_2^2)}{2l} \times L$$

ただし、

- h_1 ; 貯水池水面から不透水層までの距離(m)
- h_2 ; 貯水池背水面から不透水層までの距離(m)
- k ; 堤体および基礎地盤の透水系数(m/day)
- l ; 堤体底面の幅(m)
- L ; 堤体長

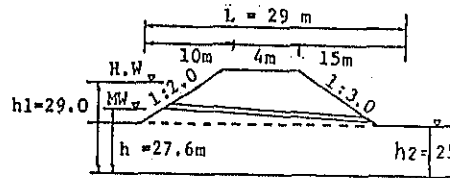


Fig. 4.4.2.9 堤体横断面

ここで、条件を $h_1 = 25 + 4 = 29 \text{ m}$ $h_2 = 25 \text{ m}$

$l = 29 \text{ m}$ $L = 1,000 \text{ m}$

$k = 5 \times 10^{-3} \text{ cm/sec} = 4.3 \text{ m/day}$

$$Q = \frac{4.3 \times (29^2 - 25^2)}{2 \times 29} \times 1,000 \approx 16,000 \text{ m}^3/\text{day}$$

乾期に水底が低下し、 h_1 が取水口まで低下した場合、

$$h_1 = 26.5 \text{ m} \quad l = 29 \text{ mとすると}$$

$$Q = \frac{4.3 \times (27^2 - 25^2)}{2 \times 29} \times 1,000 \approx 7,700 \text{ m}^3/\text{day} > 2,250 \text{ m}^3/\text{day}$$

このように、乾期に水位が低下しても涵養量は揚水量を上回るが、Minhla Tank の水位が極端に低下した場合、涵養量が揚水量を下回ることもありうる。また算定地域を堤体部から鉄道までの範囲の沖積層を対象をして、帯水層の体積、空隙率から地下水賦存量を求める。

$$V = A \times S \times E \quad \text{より}$$

$$\text{ただし } A: \text{ 対象面積} \quad 1.1 \times 10^6 \text{ m}^2$$

$$S: \text{ 帯水層の層厚} \quad 10 \text{ m}$$

$$E: \text{ 空隙率} \quad 10\%$$

Thazi地域の南部沖積層のみの地下水賦存量は、 $1.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ 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

現場試験および室内試験は、丘陵部の Irrawaddy 累層を対象とした井戸について調査したものであり、今回の井戸予定地の水質についてのものはないが、この地域の Irrawaddy 累層では、 $EC = 1,200 \sim 3,000 \mu\text{s}/\text{cm}$ のものが多く、最高 $4,000 \sim 6,000 \mu\text{s}/\text{cm}$ に達する井戸もみられ、高溶解塩類を含んだ地域であることがうかがえる。また、PHは $8.2 \sim 8.5$ で弱アルカリ性を示す。室内試験は地域内で一カ所、Thazi から西へ約5 km離れた、Kyetmauk Village で一カ所実施した。結果はTable 4.4.2.1に示すように、Kyetmauk Village の水質はTotal Solidで $1,470 \text{ mg}/\ell$ 、 $EC 2,200 \mu\text{s}/\text{cm}$ を示し、WHOの基準を越えており飲料水としては使用し難い状態であった。

Table 4.4.2.1 室内水質試験結果

Item	Location	Kyet mauk Village	U Mg Mg So
1. Appearance		Clear	Clear
2. Total Solids		1,470.0	500.0
3. Total hardness		25	74.0
4. Permanent hardness		2	4.0
5. Calcium hardness		20	26.0
6. Total iron		0.05	0.12
7. Chloride		48	24.0
8. PH		8.5	8.1
9. EC		2,200	780
10. Temp		29	

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隔を600m(影響圏300m)とすると、

$$S = R / 3,000 \sqrt{k} = 300 / 3,000 \sqrt{5 \times 10^{-5}} \approx 14.1 \text{ m} \text{ となる。}$$

$$\text{ただし } R = 300 \text{ m}$$

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

1本当たりの揚水量は、当対象地域が自由地下水であることから、

$$\begin{aligned} Q &= \frac{\pi k (H^2 - h^2)}{2.3 \log R / r} \\ &= \frac{\pi \times 5.0 \times 10^{-5} \times (25.0^2 - 10.9^2)}{2.3 \log 300 / 0.1} \\ &= 0.00994 \text{ m}^3/\text{sec} \approx 644 \text{ m}^3/18 \text{ h} \text{ となり、} \end{aligned}$$

644 m³/18 h は期待できるものと考えられるが、乾期には水位が低下し、この値を下廻ることが十分に考えられるので、1日当たりの揚水量をQ = 500 m³/18 hとする。

(2) 井戸間隔

井戸間隔は、地層、帯水層の状況、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最小井戸間隔を600mとする。

(3) 井戸深度

井戸深度はThazi地域では帯水層の賦存下限深度が30m前後であるため、生産井の平均深度を36m(6m砂だまり)とする。

4.4.3 水道計画の策定

1) 計画対象地域

既存の住居地区の人口密度は、120人/haから150人/haと非常に高く、すでに飽和状態となっている。T.D.Cはこれを緩和するため、町の西北部に約50haのニュータウンを計画している。このニュータウン予定地は現在牧草地であり、街路の建設も未だ始まっていないが既に数家族が居住を始めている状況である。したがって、計画対象地域は、既存の住居地域とニュータウン予定地とした(Fig.4.4.3.1参照)。

2) 計画給水人口

1983年現在の人口は、18,434人で過去の平均人口増加率は1.9%である。

計画給水人口 Yは、 $= 18,434(1 + 0.019)^9$ より、21,400人とする。

3) 計画給水量

$$\begin{aligned} \text{計画給水量} &= \text{計画給水人口} \times 1 \text{人} 1 \text{日} \text{最大給水量} \\ &= 21,400 \text{人} \times 105 \text{ℓ} / \text{人} / \text{日} \\ &= 2,247,000 \text{ℓ} / \text{日} \\ &\approx 2,250 \text{m}^3 / \text{日} \end{aligned}$$

4) 給水ブロックの分割

計画対象地域のうち給水対象となる住居地区は、Fig.4.4.3.1にしたとおりである。給水地区は住居および人口の分布状況を考慮し、(A)(B)(C)の3つの給水ブロックに分割した(Fig.4.4.3.1参照)。なお計画人口の分配については、既存の住居地区が飽和状態であることから、将来増加するであろう人口の大半は、ニュータウンに居住する計画とした。各ブロックの計画諸元は下表のとおりである。

Table 4.4.3.1 ブロック毎の計画諸元

	計画給水人口	給水面積	人口密度	計画給水量
A	4,400人	86ha	51.2人/ha	460m ³ /日
B	9,500	78	122.0	1,000
C	7,500	51	147.0	790
計	21,400	215	Ave.99.5	2,250

5) 施設計画

前項で述べたごとく、水源は町南部の用水路流域とし、町中央部の比較的高い位置にある警察用地内に着水井および高架水槽を設け、ここから給水することとした。

給水システムは基本システム2を適用する。

この地区の井戸1本当たりの計画揚水量は500m³/日であり、また計画1日最大給水量は2,250m³/日であることから、計画井戸本数Nは、 $N = 2,250 \div 500 = 4.5$ 本より5本とする。諸施設のレイアウトをFig.4.4.3.2に示す。

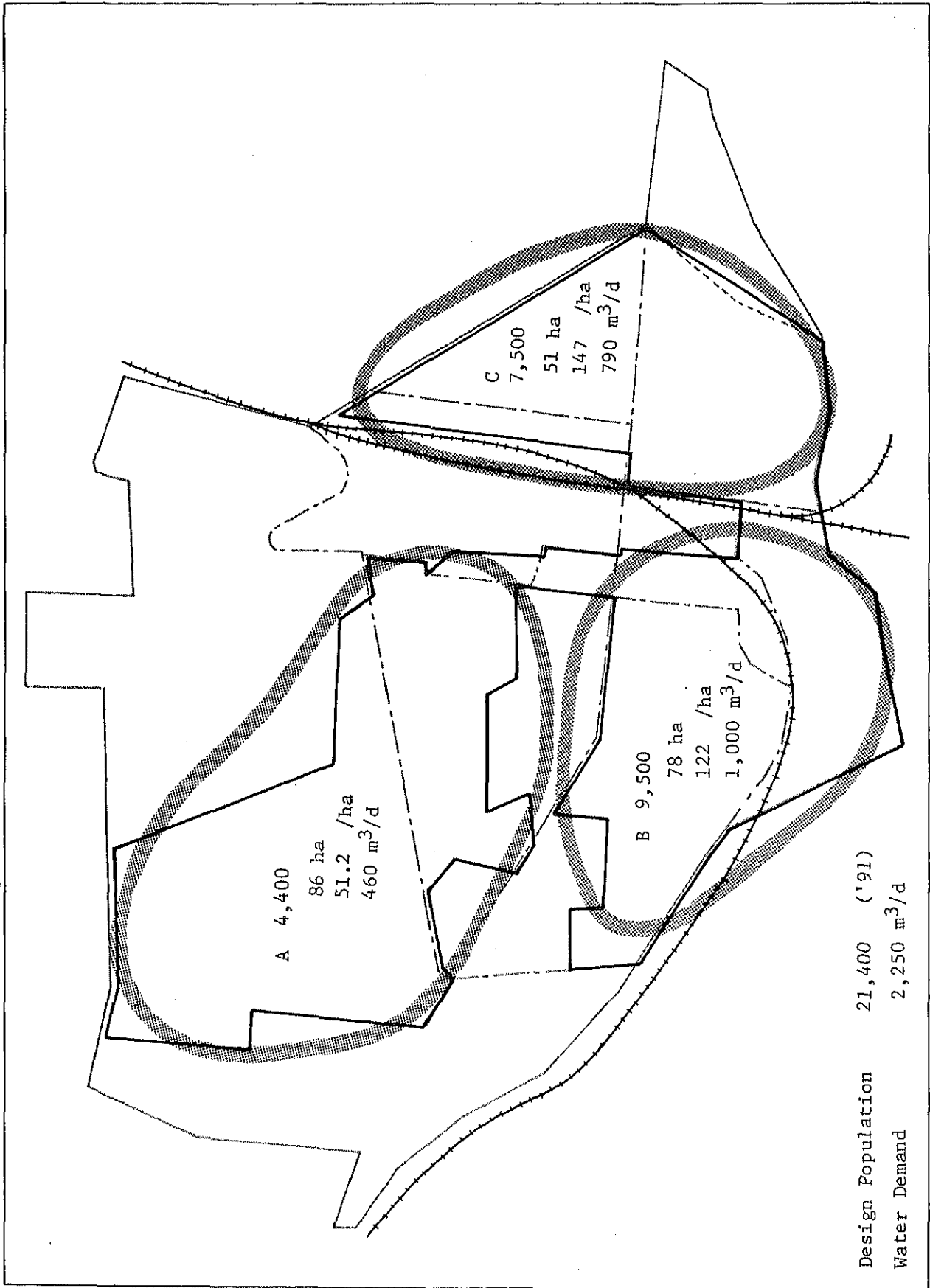


Fig. 4.4.3.1 給水ブロック毎の計画給水人口

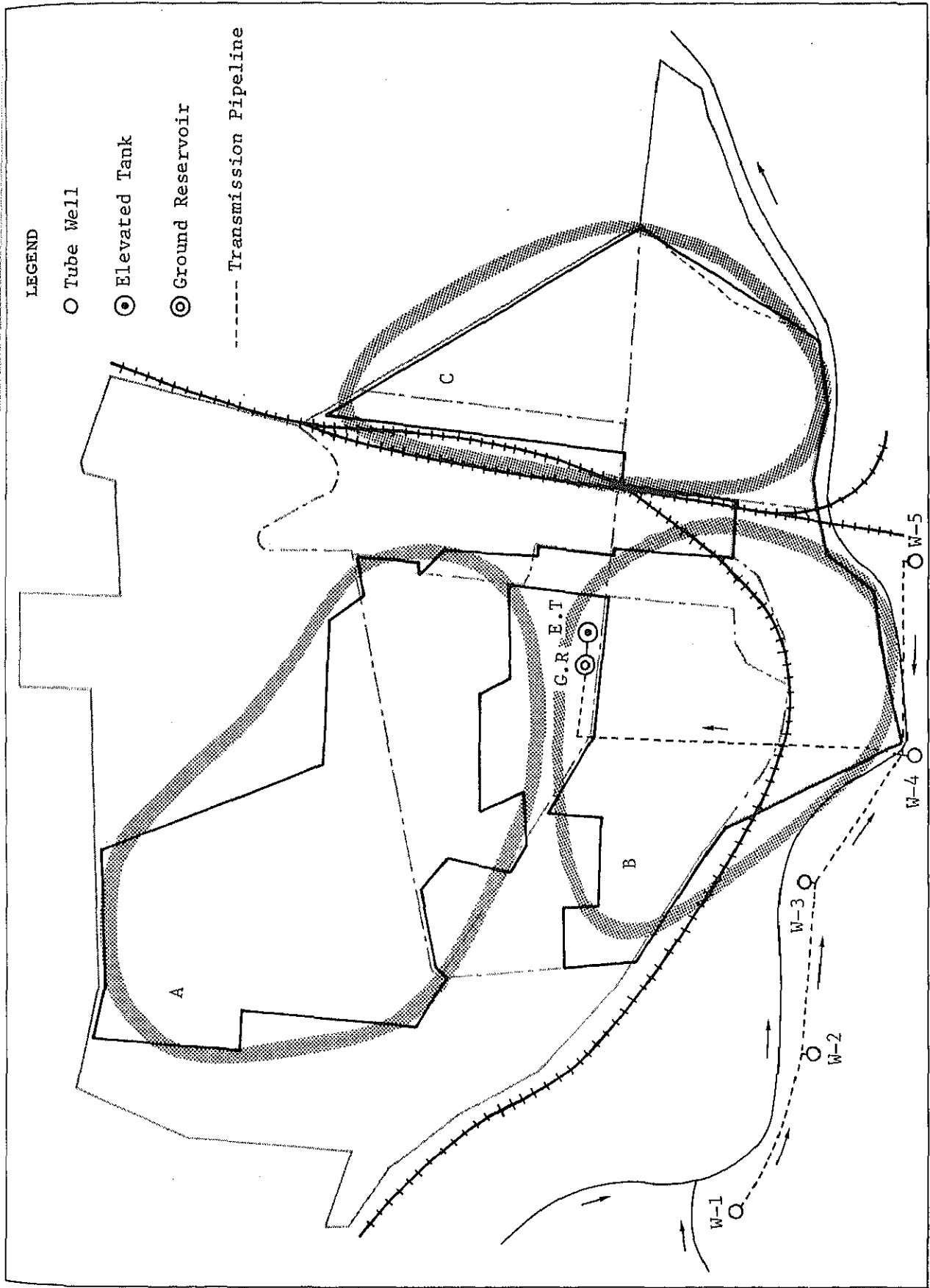


Fig. 4.4.3.2 計画施設のレイアウト

6) 施設の概要

諸施設の工種別の仕様および数量はTable 4.4.3.1に示すとおりである。

送水配管および給水配管網はそれぞれFig.4.4.3.3、Fig.4.4.3.4に示した。

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。

Table 4.4.3.2 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500m ³ /d φ200mm×H36m	5本	ケーシング H=20m スクリーン H=16m
	調査井	φ150mm×H40m	2本	ケーシング H=24m スクリーン H=16m
	観測井	φ100mm×H36m	4本	ケーシング H=26m スクリーン H=10m
	取水ポンプ	φ65mm×0.463m ³ /min×11KW	5基	W-1~W-5
	ポンプ室	レンガ構造 4m×4m	5棟	
導水 施設	導水管	φ100mm~φ250mm T型ダクタイル鋳鉄管 3種	3,040m	
		各種異形管	1式	
	仕切弁	φ100~φ250mm	5ヶ所	
	空気弁	φ20mm	4ヶ所	
配水 施設	接合井	容量 190m ³ 地下式RC構造	1基	JW-1
	高架水槽	容量 46.8m ³ FRPパネル製 高さ 15.0m 鋼製架台	1基	ET-1
	配水管	φ75mm~φ200mm T型ダクタイル鋳鉄管 3種	8,720m	
		各種異形管	1式	
	仕切弁	φ75mm~φ200mm	27ヶ所	
	空気弁	φ20mm	20ヶ所	
電気 施設	中継ポンプ	φ150mm×0.648m ³ /min×11KW	1基	
	変電設備	3φ4W 11KV/0.4 100KVA	1式	
	送電線	OW 50° CV8°×4c	9.4km	
付属品			1式	

LEGEND

⊕ Ground Water Reservoir

⊙ Elevated Tank

⊙ Production Well

--- Pipeline

⊕ Valve



1:24,000

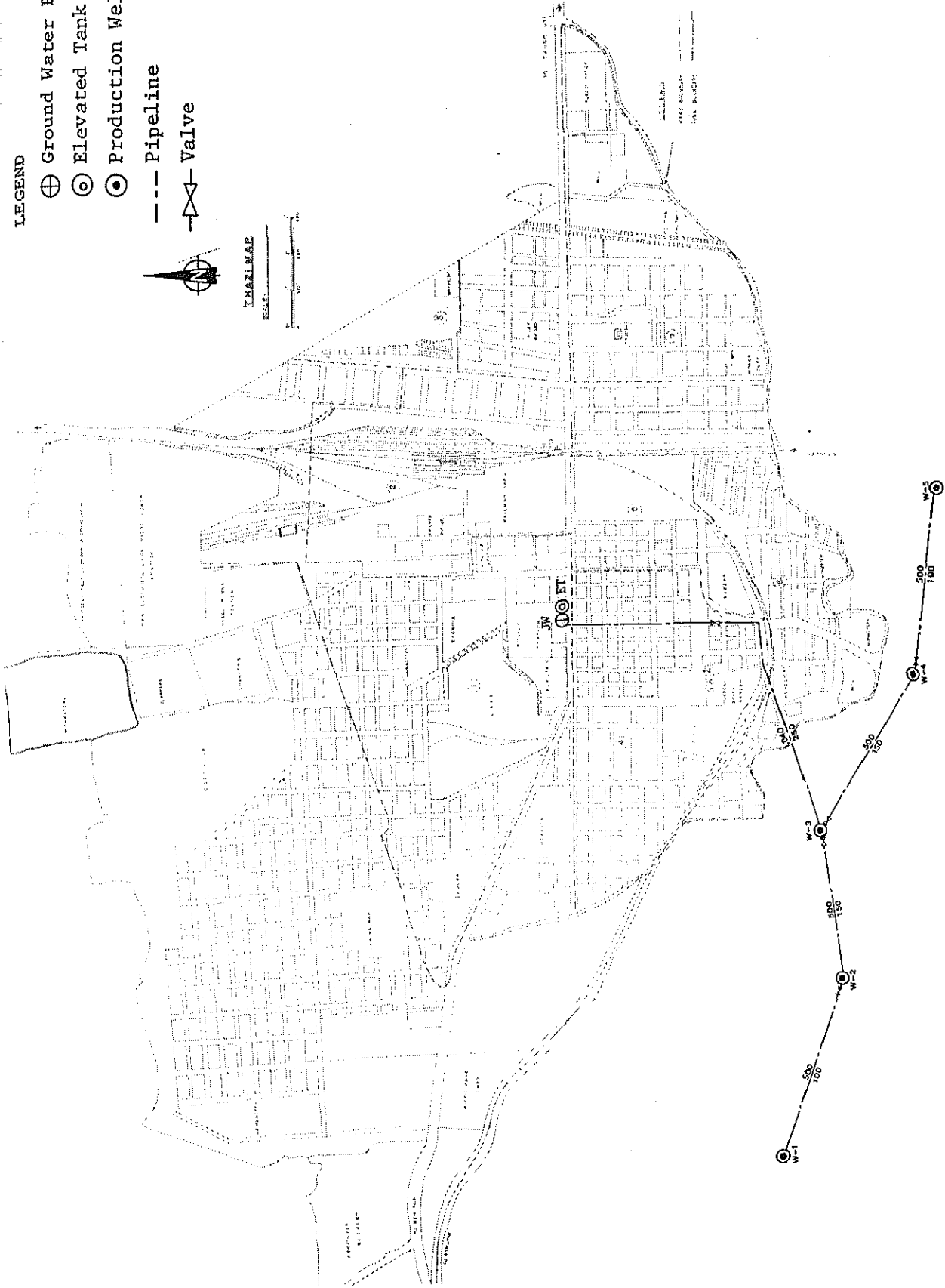


Fig. 4.4.3.3 導水管平面図

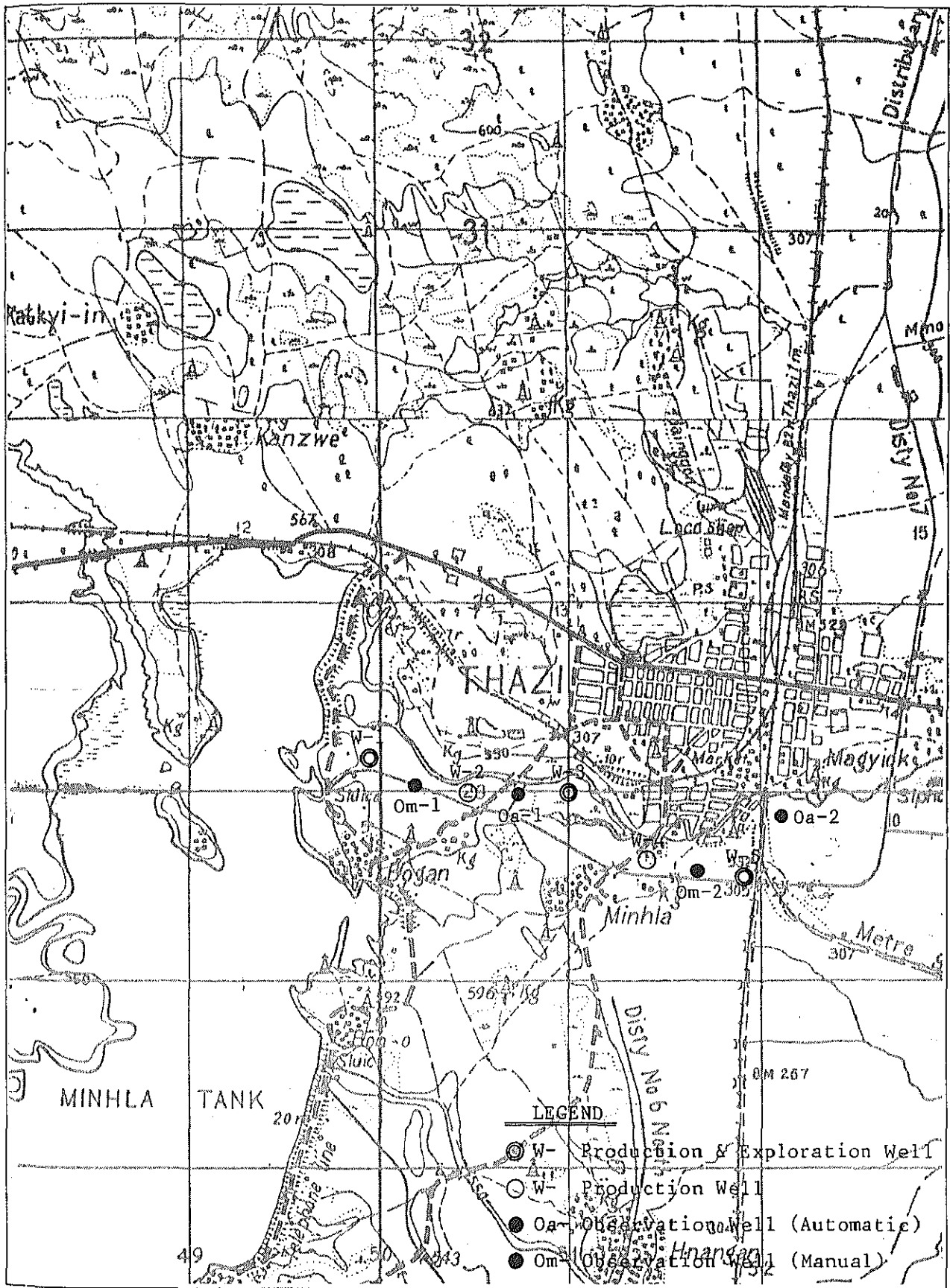
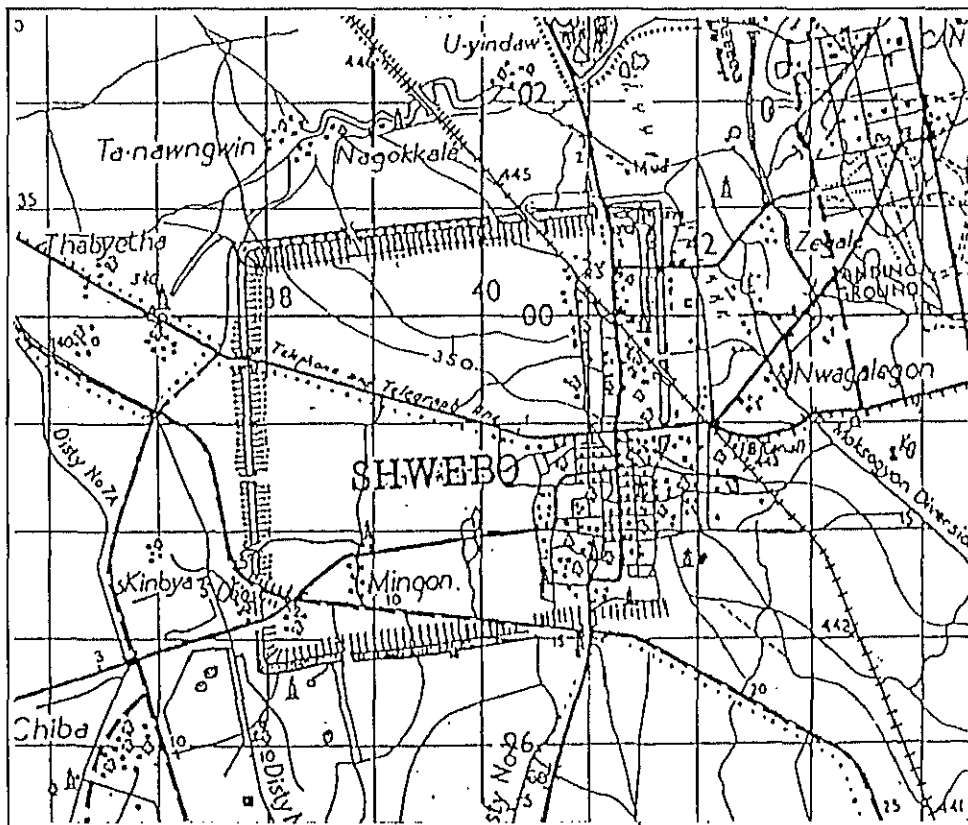


Fig. 4.4.3.6 計画井戸位置図

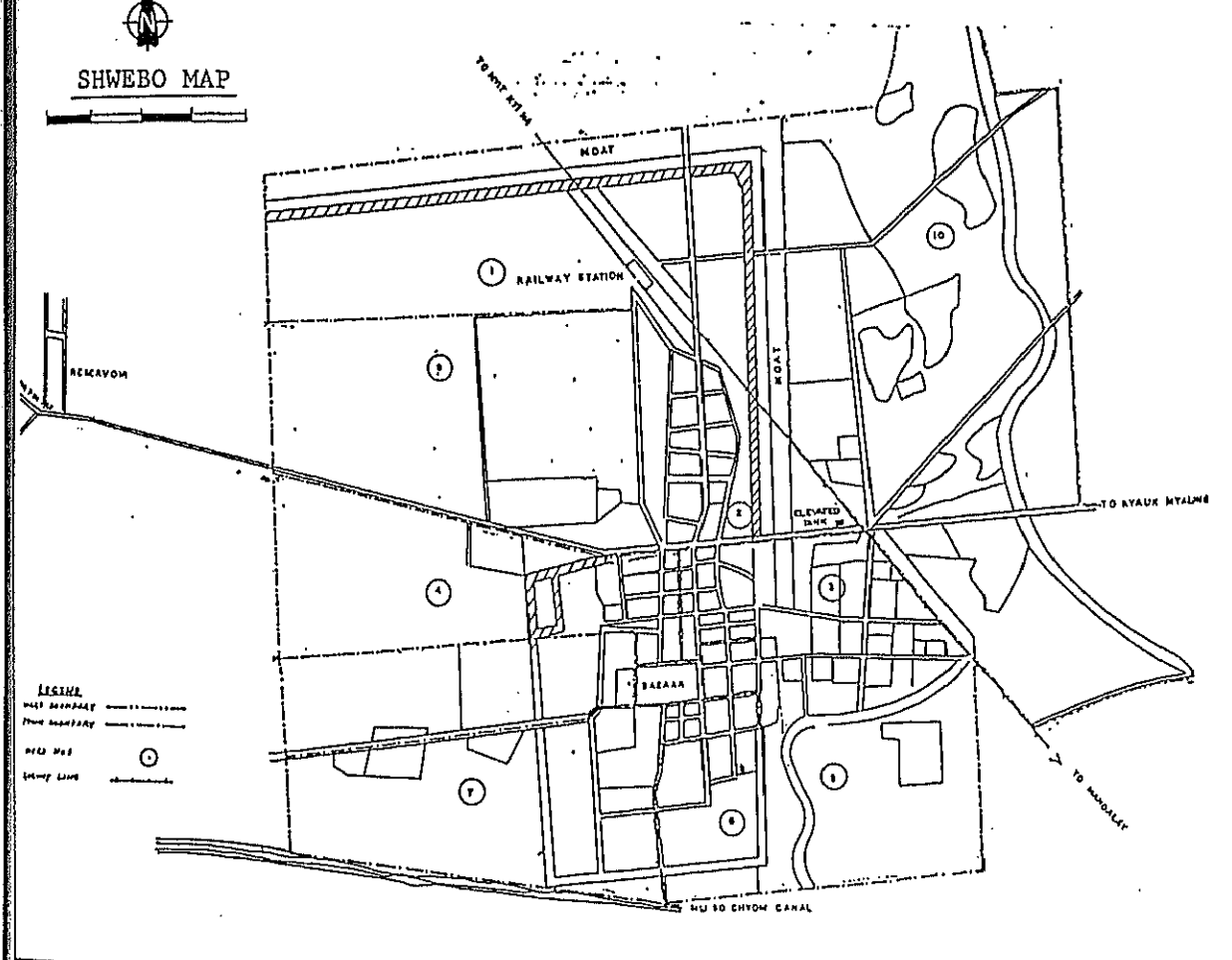
4 . 5 S h w e b o

4 . 5 . 1	地域の概況	1 4 8
4 . 5 . 2	地下水開発計画	1 5 1
4 . 5 . 3	水道計画の策定	1 6 4





SHWEBO MAP



LEGEND

- RAILWAY STATION
- TO MPT STAM
- MOAT
- RAILWAY STATION
- MOAT
- ELEVATED BANK
- TO AYAUX MYALME
- BAZAAR
- SU SO CHYOM CANAL
- TO HANSALET
- REKAYOM

4.5.1 地域の概況

Shwebo はMandalay の北西約100 km、Irrawaddy 河からは西へ約30 kmにある、標高約110 m の平坦な都市である。ビルマの英雄Alaungpaya 王(1760~1819)の出身地で昔、首都のあったところである。

市街地の面積は約6.1 km²で、1983年現在の人口は48,920人、過去10年の平均年間人口伸び率は2.1%である。

ビルマの乾燥地帯の北部に位置し、年間平均降雨量は約860 mm、過去10年の月平均気温は34.2℃で、夏期の温度は40℃を越える。

農産物としてはごま、豆、落花生等があるが、米作が最も盛んである。灌がい施設としては町の西約20 km のMu 河に建設されたCarbo Diversion Wier からCanal で導水しているもの他、町の北方約11 km のところにKoebin Chaung Dam が1984年完成している。Carbo Diversion Wier とKoebin Chaung Dam の概要をTable 4.5.1.1およびTable 4.5.1.2に示す。

現在町には水供給システムはなく、住民は生活用水として町内にある18本の共同井戸やCarbo Diversion Wier からのCanal の水を利用している。井戸水は2~3本の井戸を除いては塩分濃度が高く、飲料水として使用できないため、住民の大半はCanalの水を飲用しているが、雨期は濁度が高く沈澱が必要であるため、雨水を水ガメに溜めこれを飲料水としているところもある。また乾期にはCanalの水量が極端に不足するため、深刻な水不足に陥っている。

T.D.Cはこれらの問題を解決するため、農業省の所有であるKoebin Chaung Damから水量の一部を飲料水として使用する権利を確保し、取水塔には飲料水確保のための取水口が設置されてはいるが、送水管敷設のための予算の用途がたたず利用されていない。

本調査では、このDam の水を利用した水道施設建設の可能性について検討を行ったが、水質に問題があり、また送水管の埋設延長が長く経済的にも利点がないため、本プロジェクトでは地下水開発を前提とした水供給施設を計画することとした。

用途別土地利用率をFig. 4.5.1.1に示す。

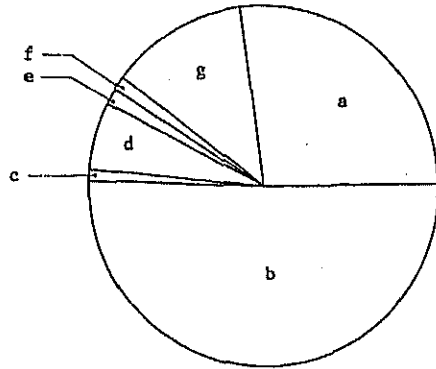
Table 4.5.1.1 Carbo Diversion Dam の概要

Item	Unit	Shwebo Canal	Ye U Canal	Remarks
Length	Miles	28.6	44.6	
Base width	ft.	100.0	80.0	
Max Ft.	ft.	8.7	7.0	
Water Volume	cu.ft/sec	2,800	1,750	
Water feed area	Acre	229,815	128,900	
Canal (A)	Nos.	2	2	Main
Canal (B)	Miles	41.7	19.1	Branch
Minor Branch	Nos	21	24	
Water Course	Nos	76	40	
Total Length	Miles	409	260	

※) Carbo Diversion Dam の右岸側がYe U Canal、左岸側がShwebo Canal。

Table 4.5.1.2 Koebin Chaung Damの概要

Item		Remarks
Catchment Area	44 square miles	
Height of Dam	35 ft.	
Length of Dam	4,244 ft.	
Maximum Water Level	425 ft.	
Reservoir Area	973 acres	
Store Capacity	9,764 acres	
Spillway	100 ft.	
Size of Intake Pipe	24" ϕ	
Capacity of Intake Pipe	65 Cu-sec	for Irrigation
Capacity of Intake Pipe	5 Cu-sec	for Town Water



a)	Agricultural Field, etc	27.20 %
b)	Residential Area	50.86 %
c)	Cemetery, Garden and Park	0.80 %
d)	Religious Center	6.11 %
e)	Commercial Places	1.44 %
f)	Industrial Areas	0.94 %
g)	Government Buildings (Offices, School, Hospital and Government Buildings)	12.65 %

Fig. 4.5.1.2 土地利用率

4.5.2 水源開発計画

1) 水理地質

(1) 地形、地質

Shwebo 付近では、東側約20～30 km に火山岩類や花こう岩類などの火成岩を主体とするShan 高原があり、その西端をIrrawaddy 河が南流している。また西側約30 km に第三紀漸新世～中、下部中新世のPegu 層群からなる標高282 m を最高峰とする独立した山地がほぼ南北に走っている。Shwebo はこれらの高地と山地に挟まれた盆地の一部にあたる。(Fig.4.5.2.1～4.5.2.2 参照)

盆地の周辺では、第三紀上部中新世～鮮新世にかけて形成されたIrrawaddy 累層がなだらかな台地をなしている。また盆地の中央付近にはMu 河が蛇行しながら南流している。

Mu 河からShwebo にかけては平坦な状態を示しており、第四紀洪積世から沖積世にかけて形成された地層が分布している。

Shwebo 地域では表層に沖積層が薄く分布しているが、その下部には洪積層やIrrawaddy 累層が分布している。沖積～洪積層は砂、粘土の互層からなり、Irrawaddy 累層は一部褶曲構造を示し、粘土主体で砂、砂れき層が介在した状態で分布している。

Shwebo 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	表層に分布し薄い。
洪 積 層	洪 積 世	沖積層下に分布するが薄い。
Irrawaddy 累層	上部中新世 ～鮮新世	丘陵、台地に分布し、沖積、洪積層下にも厚く分布する。

(2) 水理地質

Shwebo 地域では、ほとんど起伏のない平坦な状態で沖積層に広く覆われているが、東側では直接Irrawaddy 累層が分布し、西側に比べて比較的高くなって台地状となっている。

Shwebo 地域では、GL-0 m～-5 m付近に分布する表層地下水を対象としたHand Dug Well がみられる。Tube Wellの深度は対象とする帯水層の深さによって異なり、帯水層はFig.4.5.2.3のWell Log およびFig.4.5.2.4の断面図にみるように上部、中部および下部の3つに分けられる。分布深度はGL-50～60 m、120～150 mおよび200～210 mであるが、E-W方向断面ではほぼ水平に、SE-NW断面ではSE方向からNW方向に傾斜を有している。またFig.4.5.2.5の深度分布図からも南東側が浅く、北西側が深いことがいえる。上部帯水層は白色の粗粒砂からなるが、中部および下部帯水層は青色の微細砂からなる。静水位は全体に高く、GL-0～-11.6 mとなっている。

地下水位は北東側が高く、南西側が低くなっており、地盤の標高と同じ状態で北東から南西へ流動している。

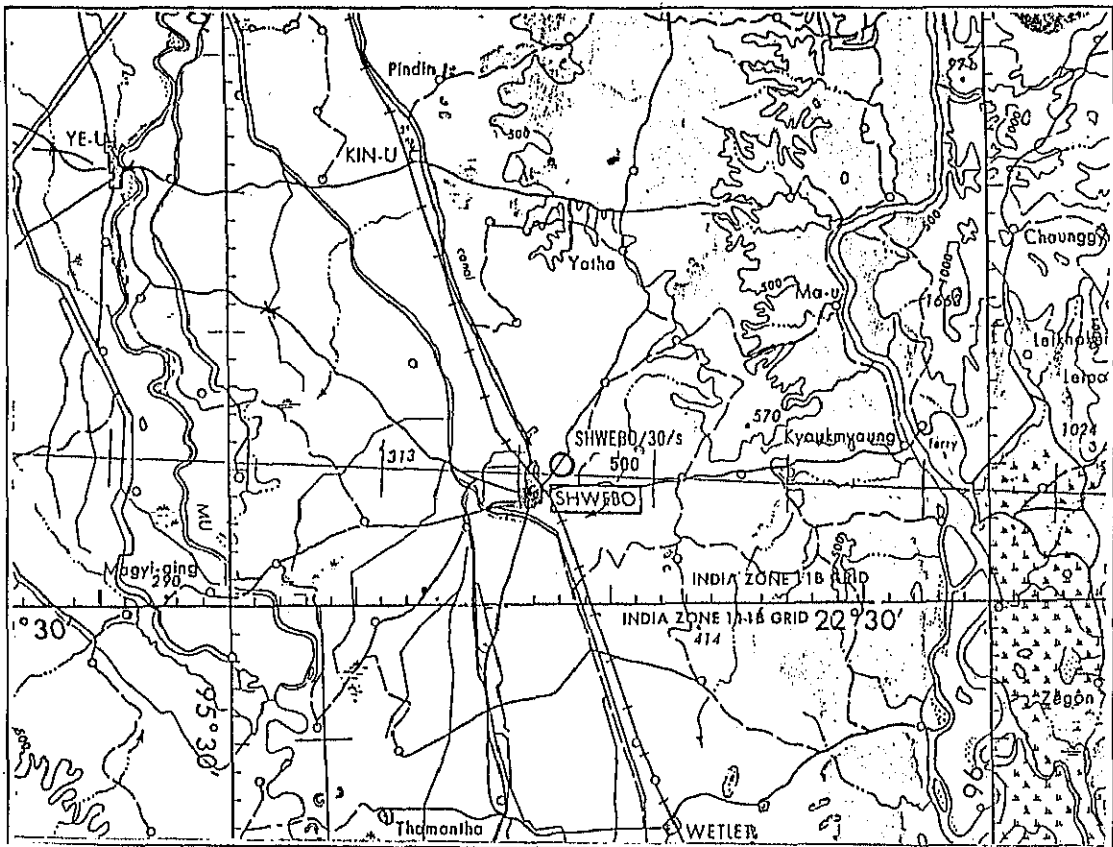


Fig. 4.5.2.1 Shwebo 地域の地形

Scale 1:500,000

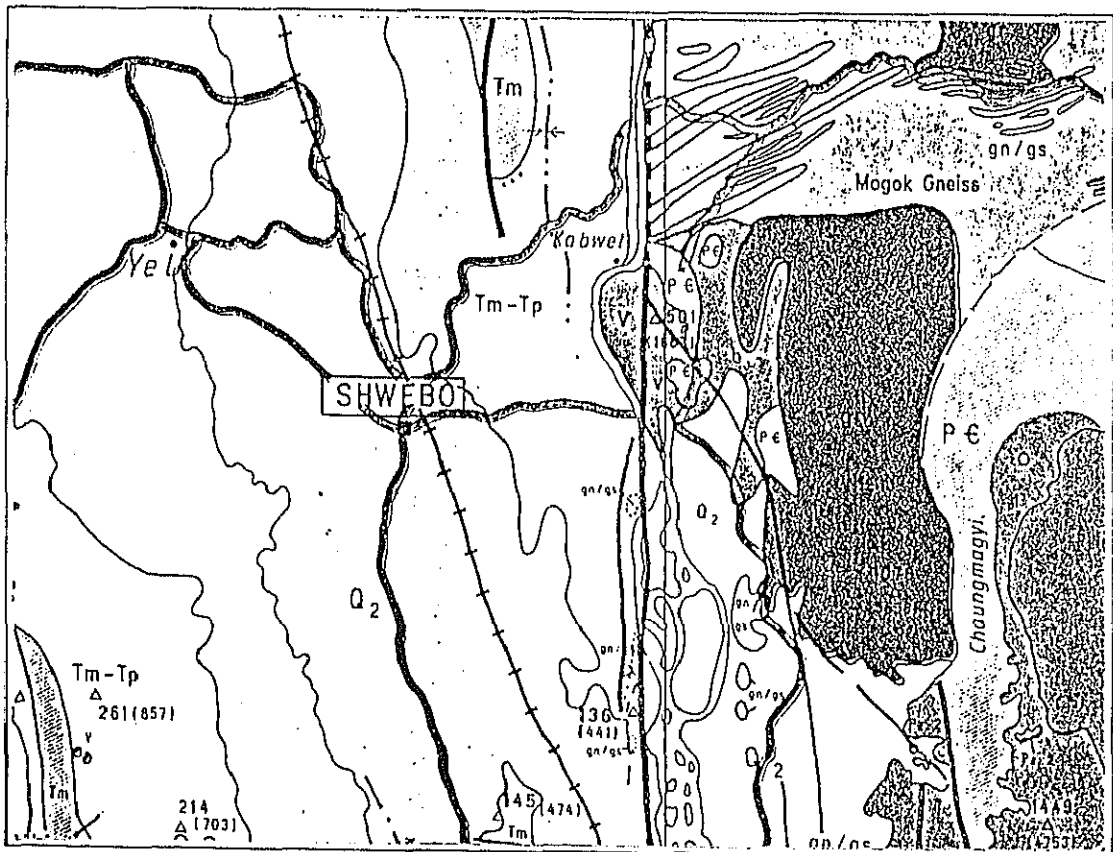


Fig. 4.5.2.2 Shwebo 地域の地質

Scale 1:870,000

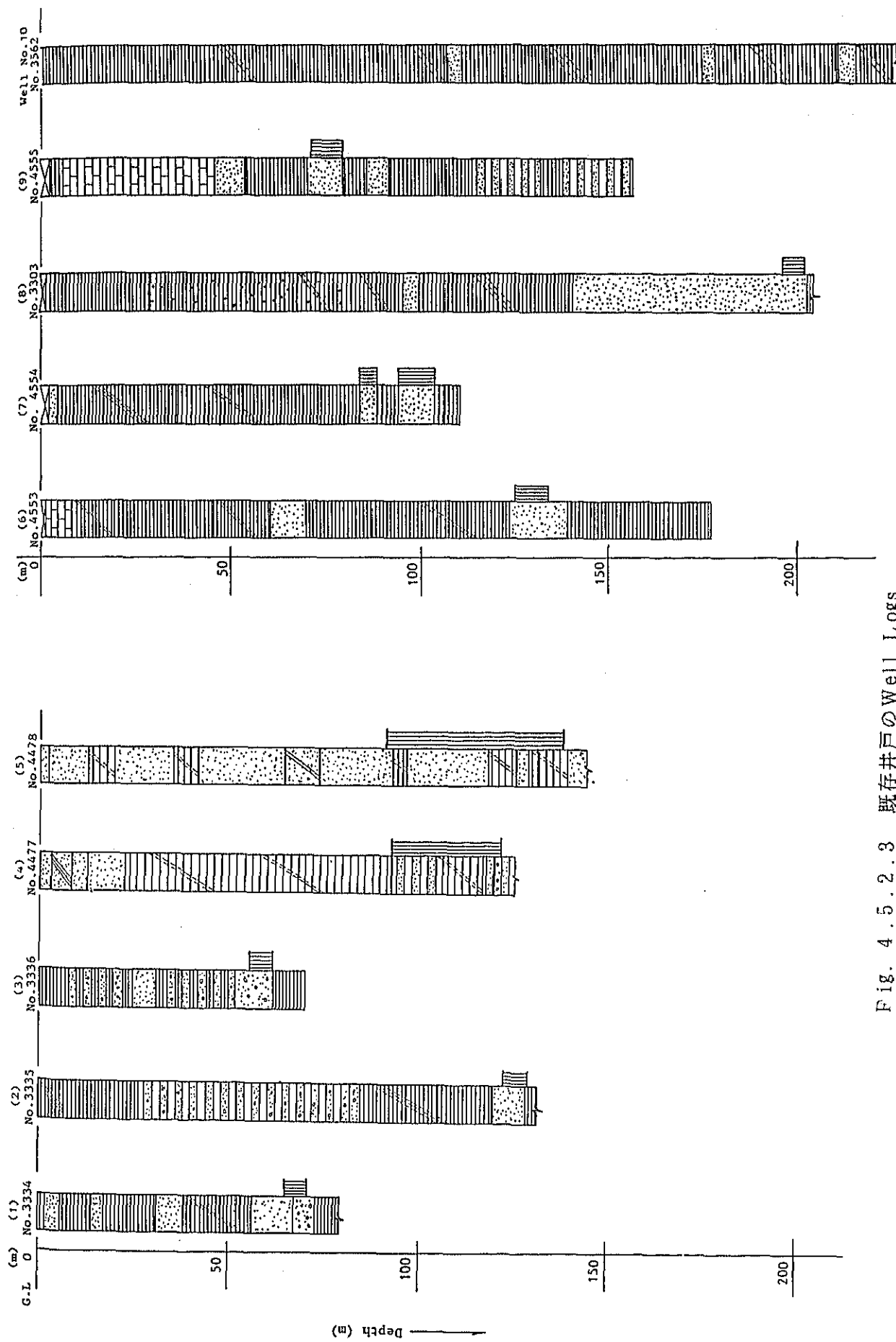


Fig. 4.5.2.3 既存井戸のWell Logs

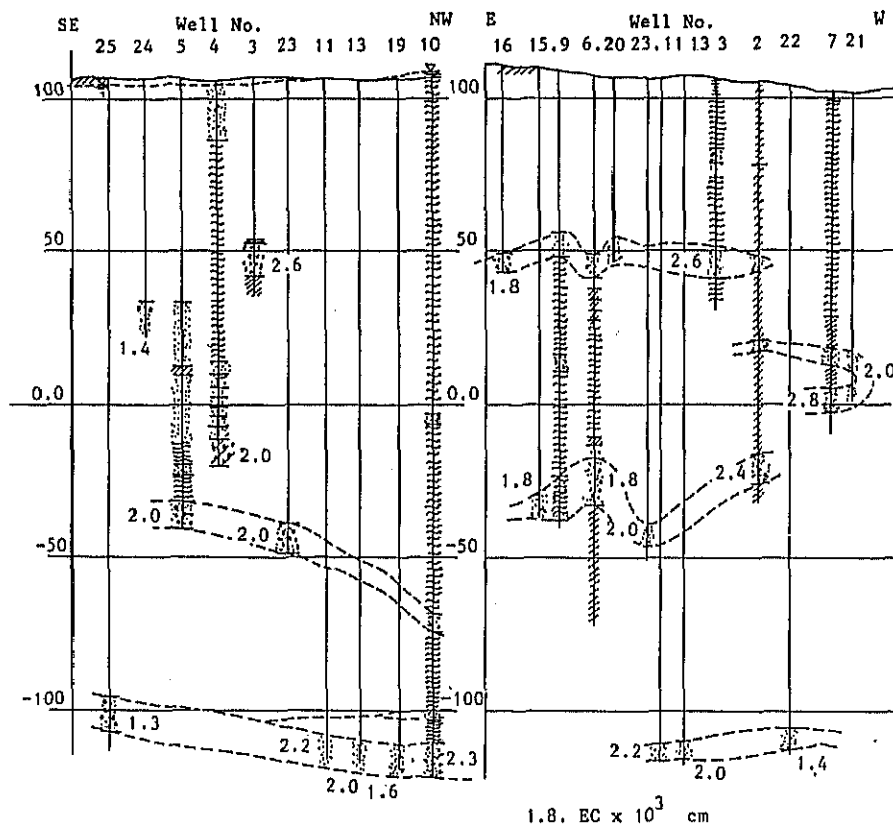
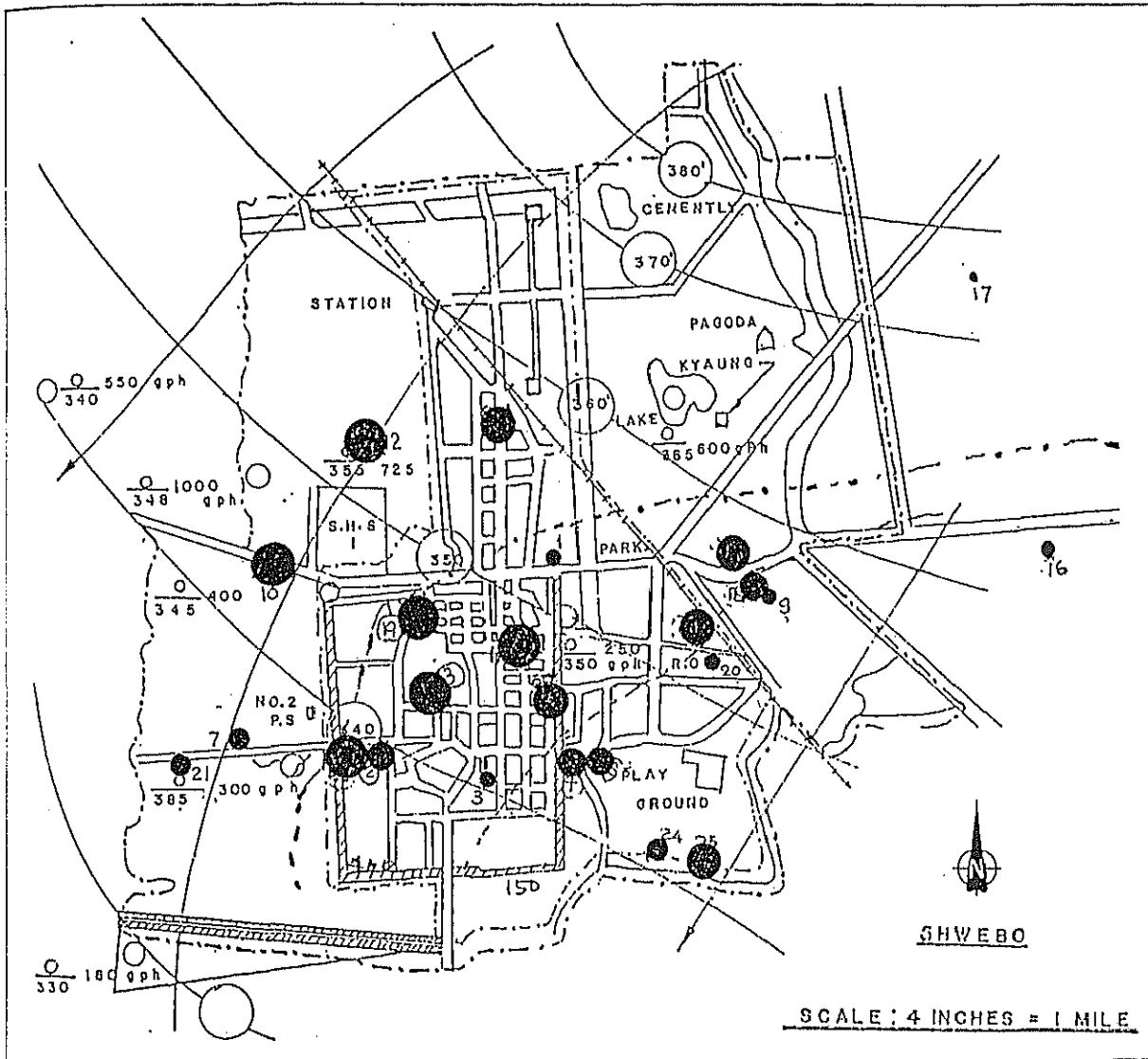


Fig. 4.5.2.4 既存井戸縦断面図



Depth (in feet)	
● ≈ 200~300'	● ≈ 500~700'
● ≈ 300~400'	● >700'
● ≈ 400~500'	

Fig. 4.5.2.5 既存井戸の場所と深度

Shwebo 地域の地下水水質は電気伝導度が $EC = 1.8 \sim 2.2 \times 10^3 \mu s/cm$ と比較的高い値を示し、一部では $EC = 4.2 \times 10^3 \mu s/cm$ を示し、全体に溶解塩類を含んでいる。また PH は $PH = 7.5$ 前後である。

2) 帯水層

(1) 既存資料および既設井戸より

Shwebo 地域における帯水層は、沖積～洪積層の下部に分布する Irrawaddy 累層の砂、砂れき層である。Irrawaddy 累層の帯水層は粘土層中に介在した状態にあり、褶曲構造のため場所によって深度が異なる。Fig. 4.5.2.4 に示すように、表層地下水を除けば採水可能深度中に 3 層の帯水層がみられる。各々の帯水層は砂、砂れきからなるが、部分的に粘土混じりの状態にあり、必ずしも良好な帯水層といい難い。また下部帯水層以外は層厚にむらがあり、一定していない。

既存の Well Log では粘土層中に砂層が介在しているが、この砂層が帯水層であり、ストレーナが設けられている。

(2) 電気探査より

電気探査は Fig. 4.5.2.6 に示すように、Shwebo 地域の南～東側で 12 点実施した。結果は Fig. 4.5.2.7 に比抵抗断面図として示す。また Fig. 4.5.2.8 に $GL - 50m$ 透水層分布図を示した。これらの結果から以下のことが言える。

- ① 当地域の上部には、透水層～難透水層、難透水層～不透水層が不規則に分布している。全体に $3.0 \Omega - m$ を主体としているが、低比抵抗値、高比抵抗値の部分が介在している。
- ② 中部層は $\rho < 0.1$ より小さい、不透水層が厚く分布している。
- ③ 下部層には高比抵抗値を示す層が厚く分布しているが、場所によっては欠如している。この下部層は良好な帯水層となっているが、北部では薄層となっている。
- ④ 当地域の各地層の境界部分は起伏を有しており、良好な帯水層としての下部層は場所によって分布深度が異なっている。
- ⑤ 下部層の透水層は褶曲構造を示し、Fig. 4.5.2.6、にみるように $EL - 50m$ では北東から南西方向の背斜軸がみられ、背斜軸の南東では透水層は厚いが、北西では薄くなる傾向にある。

当地域の地下水は、下部層の透水層相当層に賦存しているものと考えられるが、分布深度や層厚が場所によって異なっている。分布深度は平均 $EL - 50m$ であるが、 $EL - 100m$ 前後まで下る場所もある。なお当地域の地下水は被圧地下水である。

Shwebo 地域の帯水層は粘土層中に介在する砂、砂れき層である。既存井戸のスクリーンは、これらの砂、砂れき層に設置されており、電気探査による透水層にスクリーンを設置しているものは少ない。ここで Shwebo 地域に分布する井戸のうち、Well Log のある井戸について透水係数を求める。

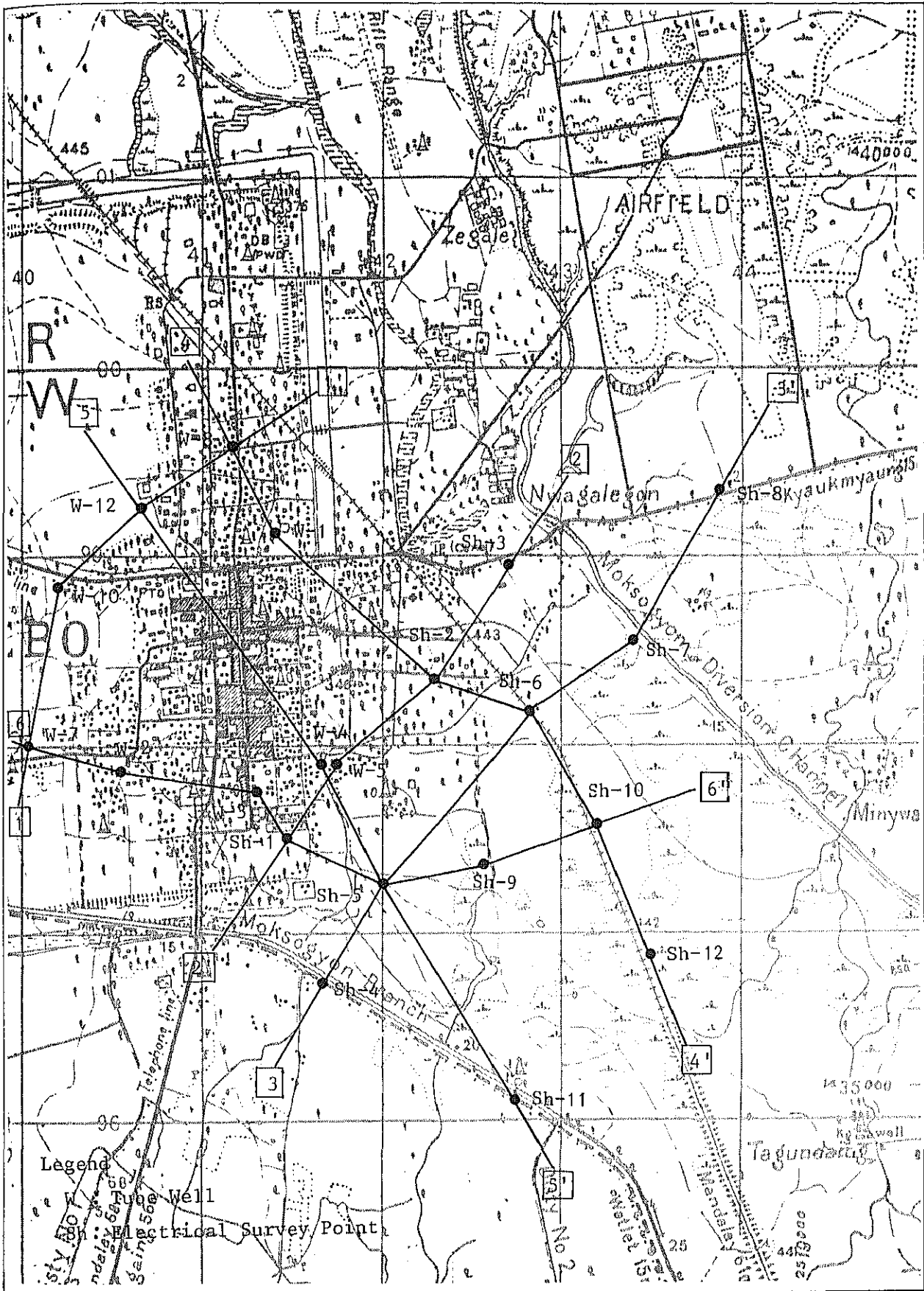
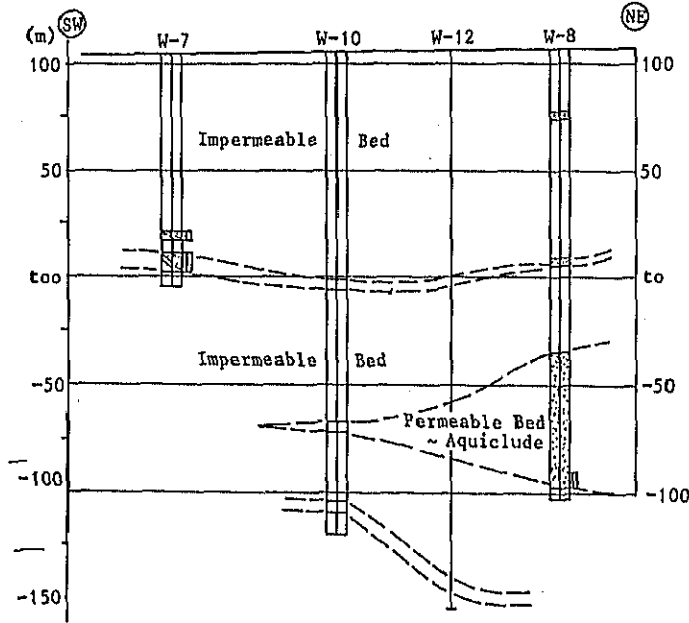
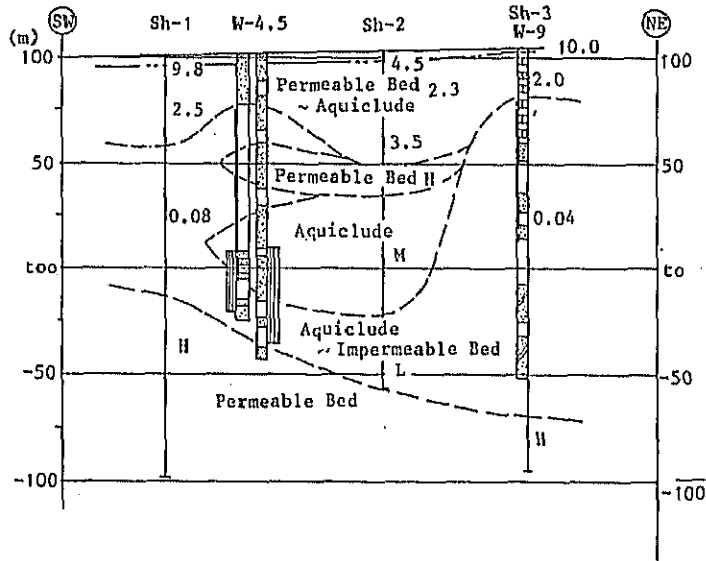


Fig. 4.5.2.6 電気探査位置および既存井戸の位置

1 - 1'



2 - 2'



3 - 3'

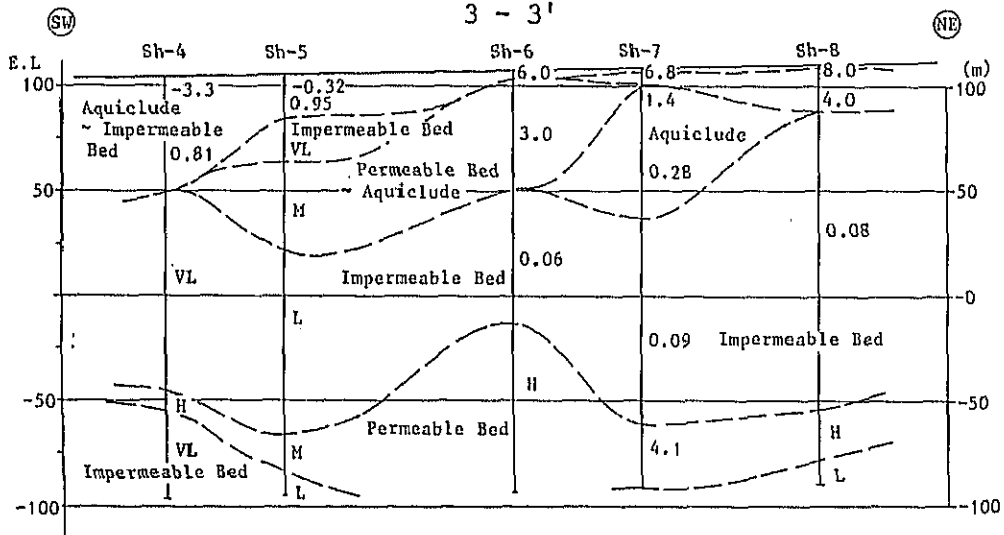


Fig. 4.5.2.7 比抵抗縦断図(1)

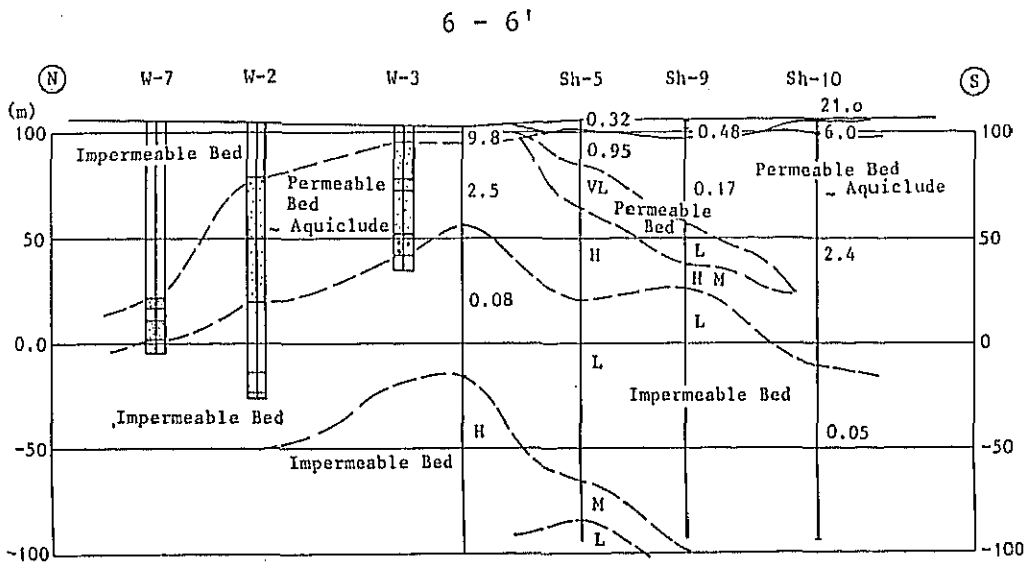
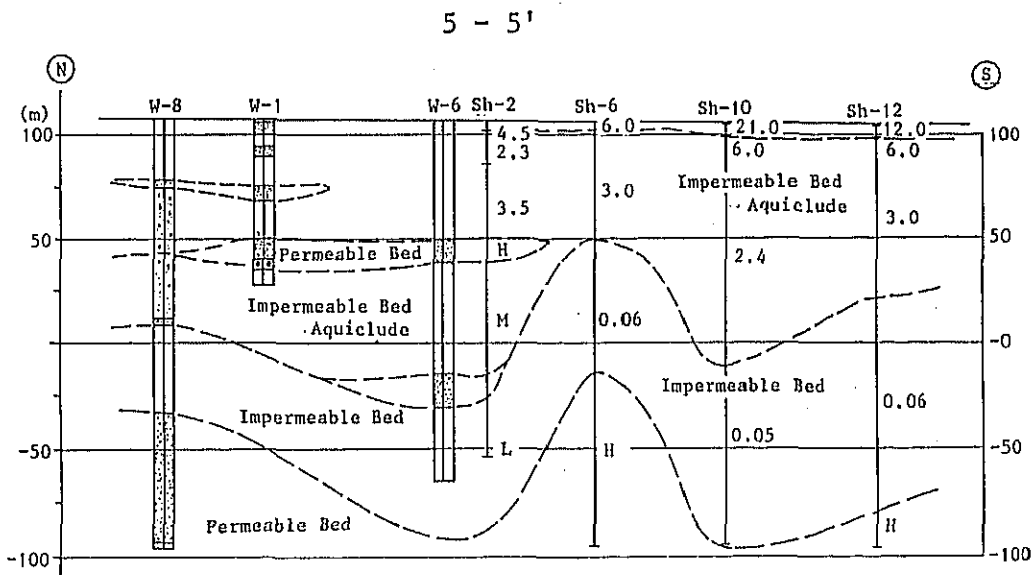
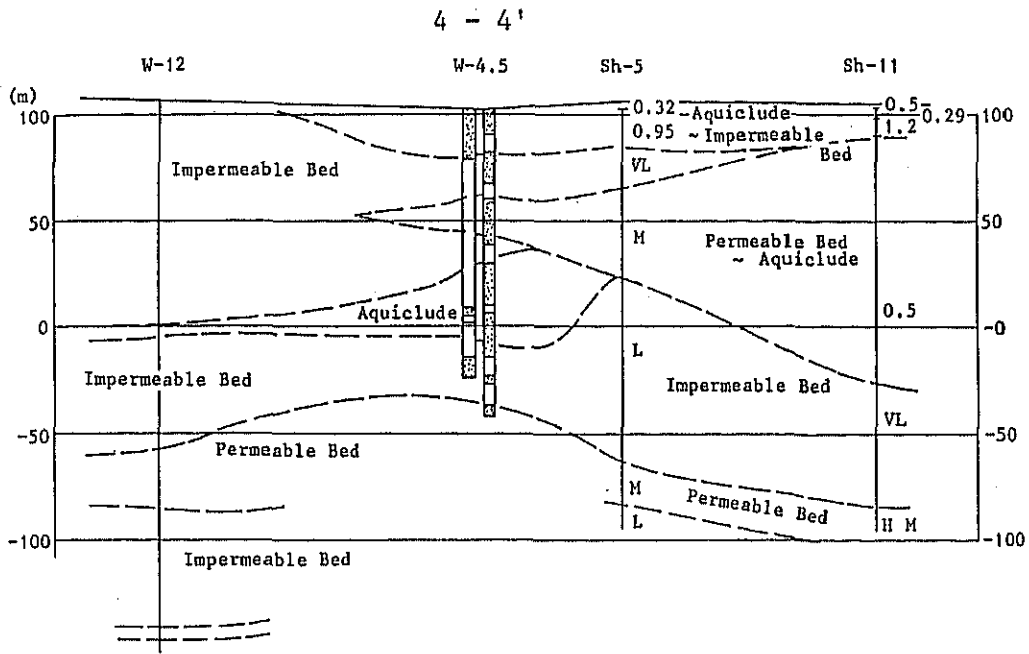


Fig. 4.5.2.7 比抵抗縦断図(2)

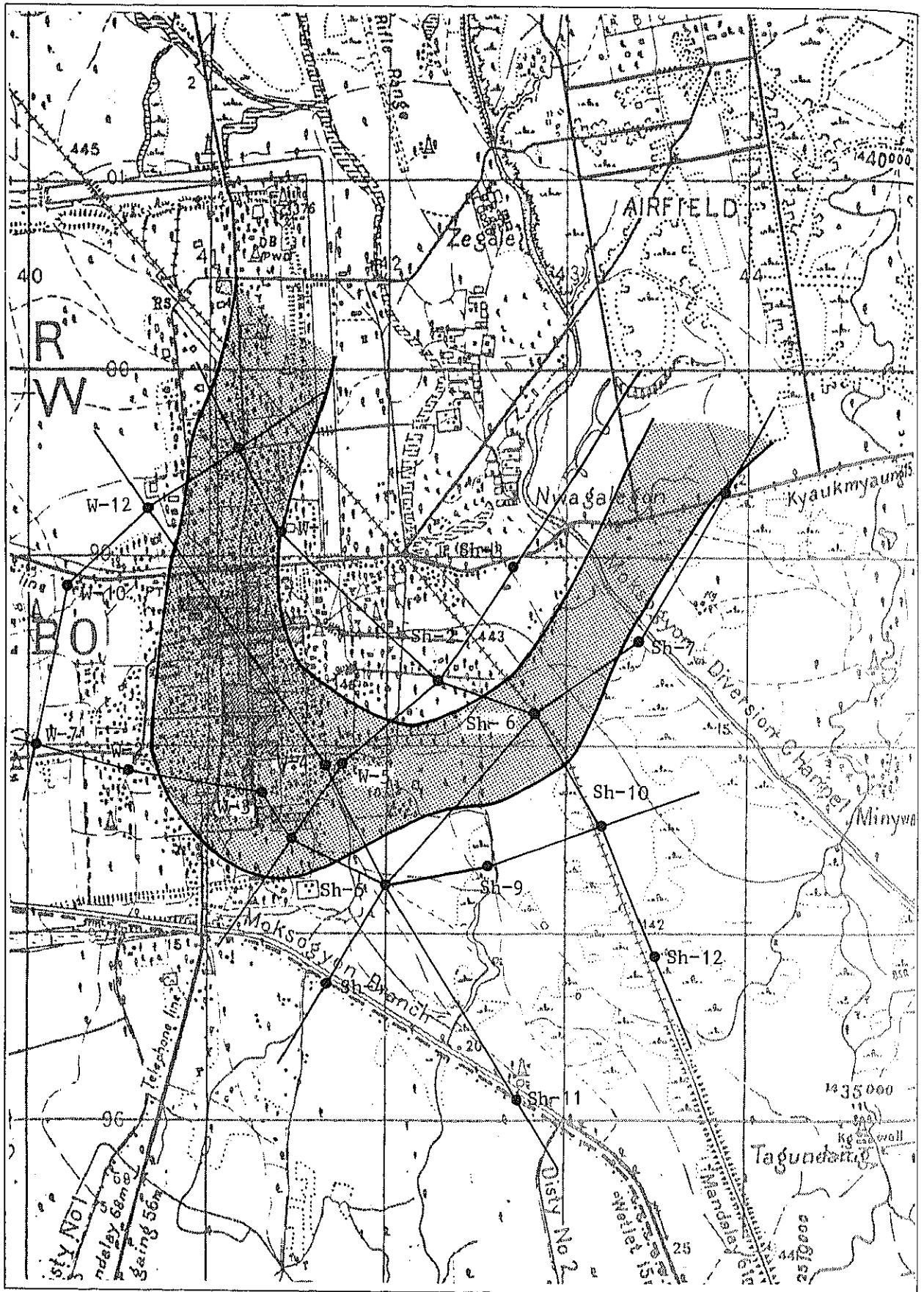


Fig. 4.5.2.8 EL-50m における透水層の範囲

Table 4.5.2.1 既存の井戸データによる透水係数

Well No.	Old Well No.	Aquifer m(cm)	Draw down H-h(cm)	Discharge Q (cm ³ /sec)	Diameter m(cm)	Permeability k(cm/sec)
No. 1	3,334	625	1,159	8,653	15.24	1.67×10^{-2}
No. 2	3,335	625	305	7,500	15.24	5.50×10^{-2}
No. 3	3,336	625	2,745	3,750	15.24	3.06×10^{-2}
No. 4	4,477	3,050	3,206	12,500	15.24	1.79×10^{-3}
No. 6	4,553	915	3,995	4,475	15.24	1.71×10^{-3}
No. 7	4,554	915	(4,000)	7,250	15.24	2.77×10^{-3}
No. 9	4,555	610	4,056	8,125	15.24	4.59×10^{-3}

上表の透水係数の算出は、Thiem の式によるもので影響圏(R)を500mと仮定した。上表にみるように透水係数は、大きく 10^{-2} cm/sec と 10^{-3} cm/sec の帯水層に分かれる。前者はれき混じり粗砂で、後者は砂、粘土互層あるいは細～中砂からなる。

当計画における透水層は、粗砂～れき混じり粗砂であり、 $k = 1.0 \times 10^{-2}$ cm/sec以上の透水性を有しているものと考えられる。

4) 地下水賦存量および水質

(1) 地下水賦存量

Shwebo 地域における年間降雨P、蒸発散量Eは、

$$\text{降雨量 } P = 869 \text{ mm}$$

$$\text{蒸発散量 } E = E_p \times 0.7 = 2009 \times 0.7 = 1,406 \text{ mm}$$

(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

$$G = P - E = 869 - 1,406 = -537 \text{ mm}$$

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。また雨期についても同様なことがいえる。

しかし、当地域の地下水涵養はShwebo 北東部の丘陵部やIrrawaddy 河からの涵養であり、ここで丘陵部のみからの涵養を考える。

Shwebo の雨期の降雨量は790mm前後であり、このうち河川等への流出を70%、地下水への涵養を30%、また涵養面積を $10 \times 10 = 100 \text{ km}^2$ とすると、Shwebo 地域への地下水供給量は、

$$Q = 0.79 \times 0.25 \times 1.0 \times 10^9 = 1.97 \times 10^7 \text{ m}^3 / \text{年}$$

となり、年間 $2 \times 10^7 \text{ m}^3$ が供給されることとなる。またIrrawaddy 河やMu 河からの涵養を考えあわせれば、当地域への地下水涵養に問題はないものと考えられる。

次に、帯水層の体積、空隙率から地下水賦存量を求める。

$$V = A \times S \times E \text{ より}$$

ただし、 A ; 対象面積 $A = 6.0 \text{ km}^2$

S ; 帯水層の層厚 $S = 30 \text{ m}$

E ; 空隙率 $E = 15\%$

地下水賦存量は $2.7 \times 10^7 \text{ m}^3$ である。

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

(2) 水質

現場において EC、PH および水温を測定した。EC は大部分が $1,800 \sim 2,300 \mu\text{s/cm}$ を示すが、一部に $4,200 \mu\text{s/cm}$ と著しく溶解塩類が溶け込んでいる場所や $1,300 \sim 1,600 \mu\text{s/cm}$ とやや小さな値を示すところもある。PH は大部分が 7.5 であった。水温は $30 \sim 32^\circ\text{C}$ と高い値を示し、長期間帯水層中に帯留している地下水であると判断される。なお、EC が高い部分は、深度が 90m 以浅あるいは 210m 以深の井戸に多く、90 ~ 210m の範囲に入る井戸の EC は $2,000 \mu\text{s/cm}$ 以下となっている。

室内における水質試験は、深度が 200m 以上のものを 2ヶ所 (Kyidawsu および Youth Development Camp) と 85m のもの 1ヶ所 (Candama Yone Monastery) の 3ヶ所について実施した。試験結果を Table 4.5.2.2 に示す。

Kyidawsu の Tube Well では Total Solids が $1,130 \text{ mg/l}$; Total hardness が 235 mg/l と著しく大きな値を示し、WHO 基準を越え飲料水としては不適當であるが、他の 2ヶ所の水質は WHO 基準内であり、飲料水として適用できる。

これらの結果から、今回の計画井戸予定地は場所によって、WHO の基準に適合しない場合がでてくる可能性が考えられるため、生産井の築造にあたっては、調査井による調査を行い、地下水取水位置および井戸の諸元を決定することが必要である。

Table 4.5.2.2 室内水質試験結果

	Kyidawsu	Candama Yone Monastery	Youth Development Camp
1. Appearance	Slightly turbid	Clear	Clear
2. Total Solids	$1,130 \text{ mg/l}$	710 mg/l	650.0 mg/l
3. Total hardness	235	60	48.0
4. Permanent hardness	—	7	10.0
5. Calcium hardness	170	50	34.0
6. Total iron	3.4	0.05	0.12
7. Chloride	525	260	216.0
8. PH	7.5	7.3	7.3
9. EC	$2,300 \mu\text{s/cm}$	$1,400 \mu\text{s/cm}$	$1,300 \mu\text{s/cm}$
10. Temp	30°C	29°C	29°C

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

水位低下量は井戸間隔600m(影響圏300m)とすると、

$$S = \frac{R}{3000\sqrt{k}} = \frac{300}{3000\sqrt{1 \times 10^{-4}}} = 10.0 \text{ m} \quad \text{となる。}$$

ただし、 $R = 300 \text{ m}$

$$k = 1 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$$

万能揚水量は、

$$\begin{aligned} Q &= \frac{2\pi Dk(H-h)}{2.3 \log R/r} \\ &= \frac{2\pi \times 30 \times 1 \times 10^{-4} \times 10}{2.3 \log 300/0.10} \\ &\approx 0.0235 \text{ m}^3/\text{sec} \approx 1520 \text{ m}^3/18 \text{ h} \end{aligned}$$

したがって当地域では1520m³/18hの揚水量が確保できるものと考えられるが、帯水層の層厚や透水性および地下水涵養量を考慮すれば、1本当たりの揚水量は700m³/18h前後としておく必要がある。

地層、帯水層の状況、既存資料による1井当たりの揚水量と水位低下量などを考慮し、最小井戸間隔を600mとする。

(2) 井戸深度

井戸深度は、帯水層の下限深度が200m前後であるため、生産井の平均深度を206m(砂だめ6m)とする。

4.5.3 水道計画の策定

1) 計画対象地域

市街地は旧城の東端を中心として広がり、その周囲は水田となっているが、町の北東部の一部は軍用地となっている。町には水供給システムがないため、町域から水田と軍用地を除く部分を計画対象地域とした。

2) 計画給水人口

1989年現在の町の総人口は52,159人である。このうち3,239人は軍用地に居住する軍関係者であり、独自の給水施設を保有するため、総人口から除外した48,920人を現在人口とした。計画対象地域とWard別現在人口をFig.4.5.3.1に示した。

過去の平均人口増加率は2.1%である。

したがって計画給水人口(Y)は、 $Y = 48,920(1 + 0.021)^n = 57,769$ 人よる、57,800人とする。

3) 計画給水量

$$\begin{aligned} \text{計画給水量} &= \text{計画給水人口} \times 1 \text{人} 1 \text{日最大給水量} \\ &= 57,800 \text{人} \times 105 \text{ℓ/人/日} \\ &= 6,069,000 \text{ℓ/日} \\ &\approx 6,100 \text{m}^3/\text{日} \end{aligned}$$

4) 給水ブロックの分割

計画対象地区への飲料水の供給は、町の南東部の境界付近を水源とし、ここから地区内に送水することとした。

また給水地域への配水は、地形が平坦であるため高架水槽を設置する。高架水槽は1基と複数の場合について検討を行ったが、1基とした場合、計画給水量が多いため大容量の水槽が必要となり、かつ給水区域が広いため20m近くの有効高さが必要であること、また維持補修等が大変であること等の理由から、給水地域を3つのブロックに分けて各々独立した給水システムをもたせることとした。(Fig. 4.5.3.2参照)

各々ブロックの計画諸元は下表のとおりである。

Table 4.5.3.1 ブロック毎の計画諸元

ブロック 諸元	計画給水人口	給水面積	人口密度	計画給水量
A	19,800人	202.4 ha	97.8人/ha	2,080 m ³ /d
B	19,100	127.9	149.3	2,010
C	18,900	207.9	90.9	1,990
計	57,800	538.2	107.4	6,080

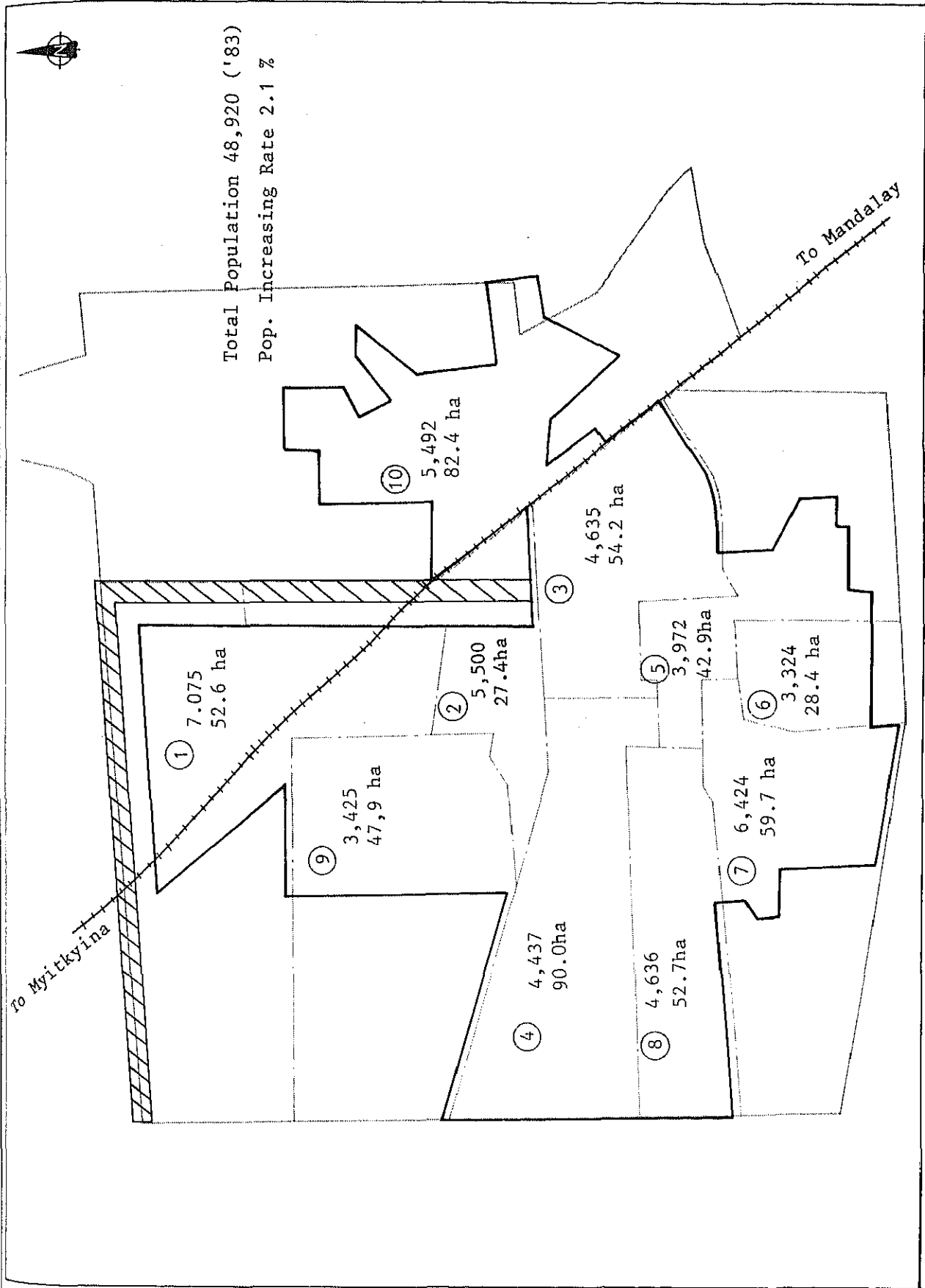


Fig. 4.5.3.1 Ward 別面積と現在人口

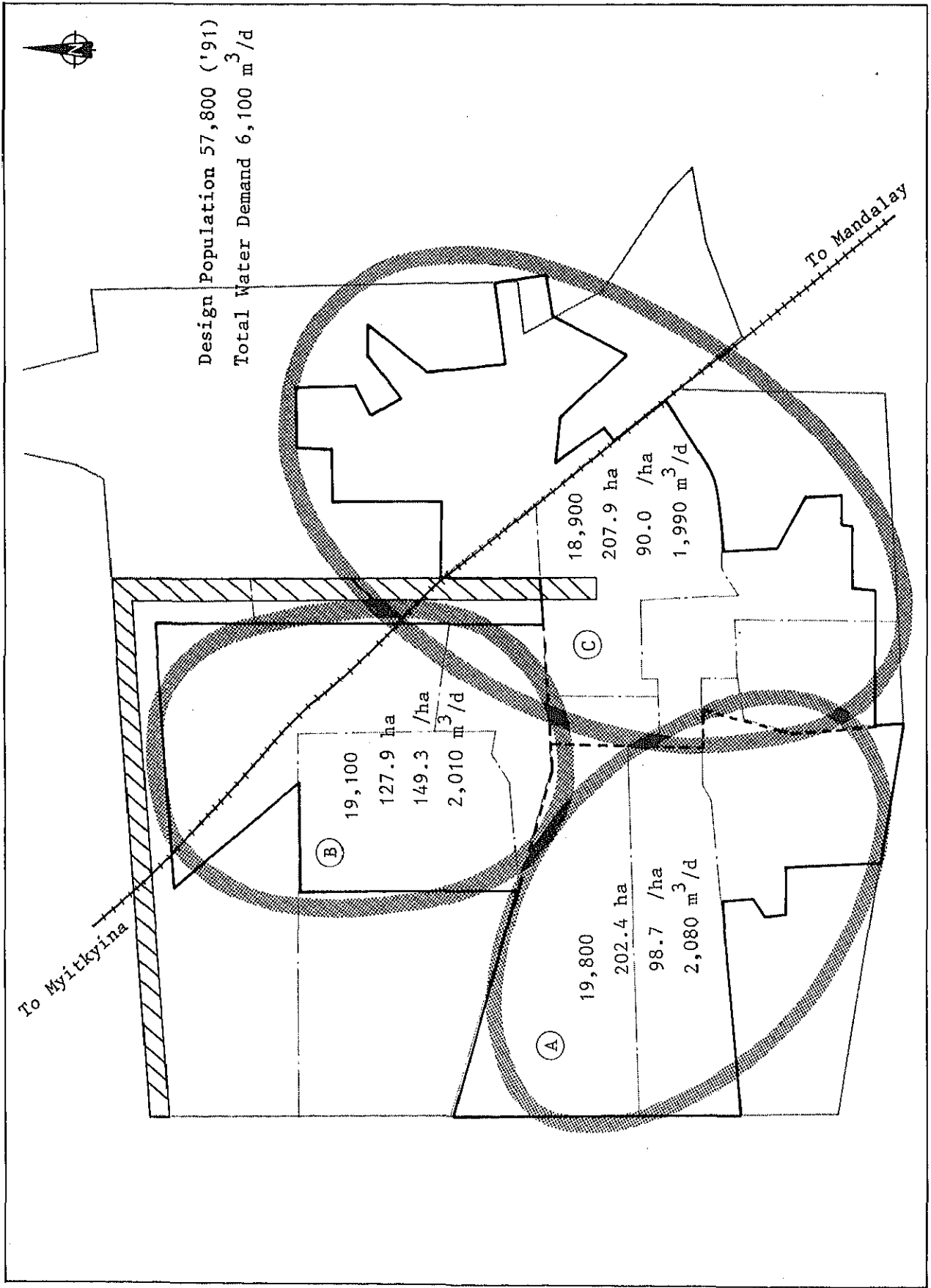


Fig. 4.5.3.2 給水ブロック毎の計画給水人口

5) 施設計画

計画給水区域外に井戸予定地があり、地形が平坦で各ブロック共配水池に利用出来る高地がないため、基本システム3を適用する。またブロック毎の計画井戸本数は、井戸1本当りの計画揚水量が $700\text{ m}^3/\text{日}$ であることから各ブロック共に3本とした。

$$\text{Aブロック} \quad 2,080 \div 700 = 2.97 \text{本}$$

$$\text{Bブロック} \quad 2,010 \div 700 = 2.87 \text{本}$$

$$\text{Cブロック} \quad 1,990 \div 700 = 2.84 \text{本}$$

なお、Fig.4.5.3.3に施設の概略のレイアウトを示す。

6) 施設の概要

諸施設の工種別の仕様および数量はTable 4.5.3.2に示すとおりである。

送水配管および給水配管網はそれぞれFig.4.5.3.4、Fig.4.5.3.5に示した。

また、計画井戸および高架水槽の構造については、章末の参考図参照。

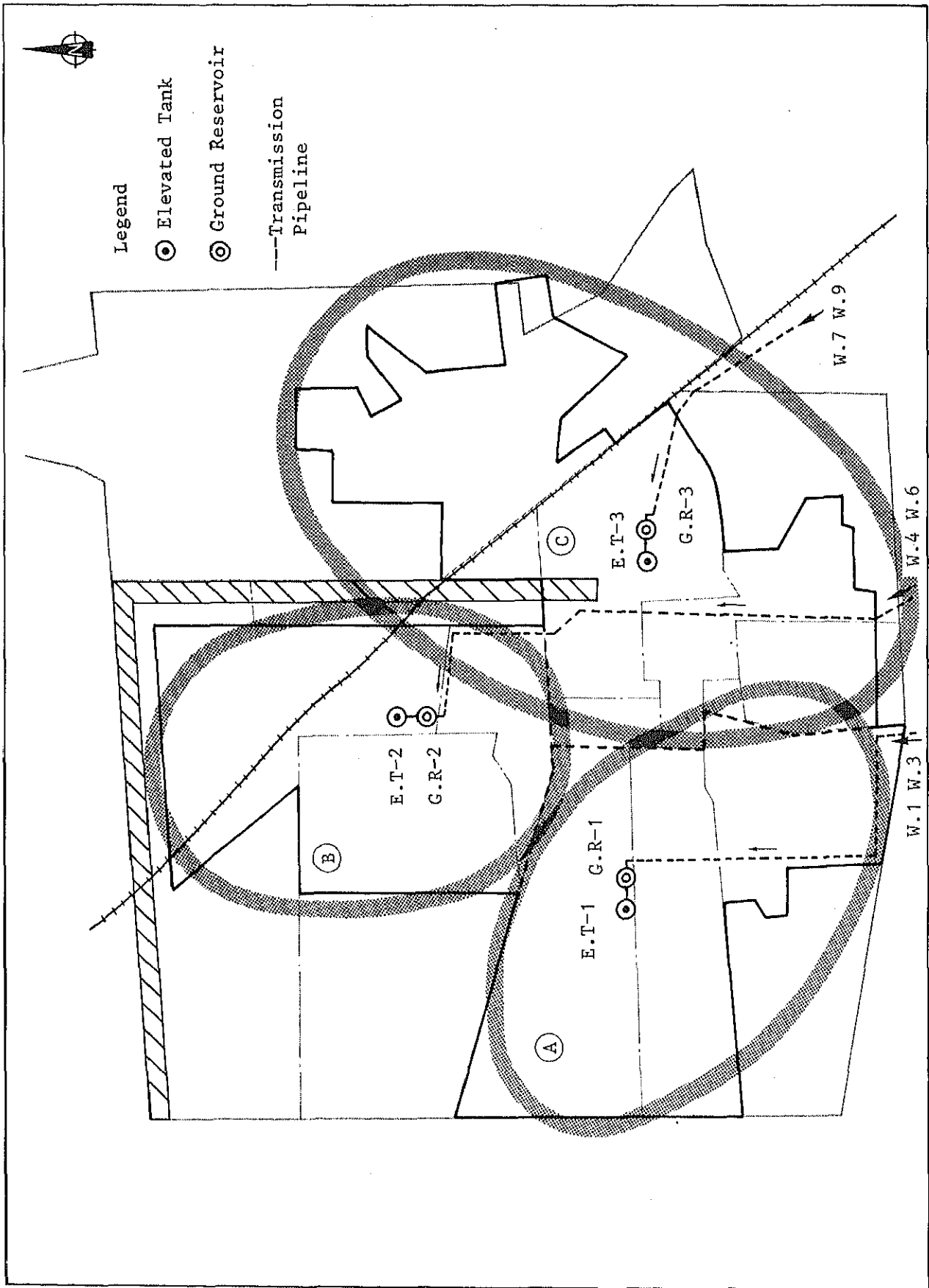


FIG. 4.5.3.3 計画施設のレイアウト

Table 4.5.3.2

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700m ³ /d φ200mm×H206m	9本	ケーシング H=186m スクリーン H=20m
	調査井	φ150mm×H250m	5本	ケーシング H=230m スクリーン H=20m
	観測井	φ100mm×H206m	7本	ケーシング H=196m スクリーン H=10m
	取水ポンプ	φ80mm×0.648m ³ /min×11KW	9基	W-1~W-9
	ポンプ室	レンガ構造 4m×4m	9棟	
導水施設	導水管	φ150mm~φ250mm T型ダクタイル鋳鉄管 3種	9,540m	
		各種異形管	1式	
	仕切弁	φ150~φ200mm	9ヶ所	
	空気弁	φ20mm	13ヶ所	
配水施設	接合井	容量 170m ³ 地下式RC構造	2基	JW-2、JW-3
		容量 175m ³ 地下式RC構造	1基	JW-1
	高架水槽	容量 41.3~43.3m ³ FRPパネル製 高さ 15m 鋼製架台	3基	ET-1~ET-3
	配水管	φ75mm~φ200mm T型ダクタイル鋳鉄管 3種	25,670m	
		各種異形管	1式	
	仕切弁	φ75mm~φ200mm	60ヶ所	
	空気弁	φ20mm	58ヶ所	
中継ポンプ	φ150mm×0.648m ³ /min×11KW	3基		
電気施設	変電設備	3φ4W 11KV/0.4 150KVA	1式	
	送電線	OW 14°~100° CV14°×4c	23.4km	
		付属品	1式	

LEGEND

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

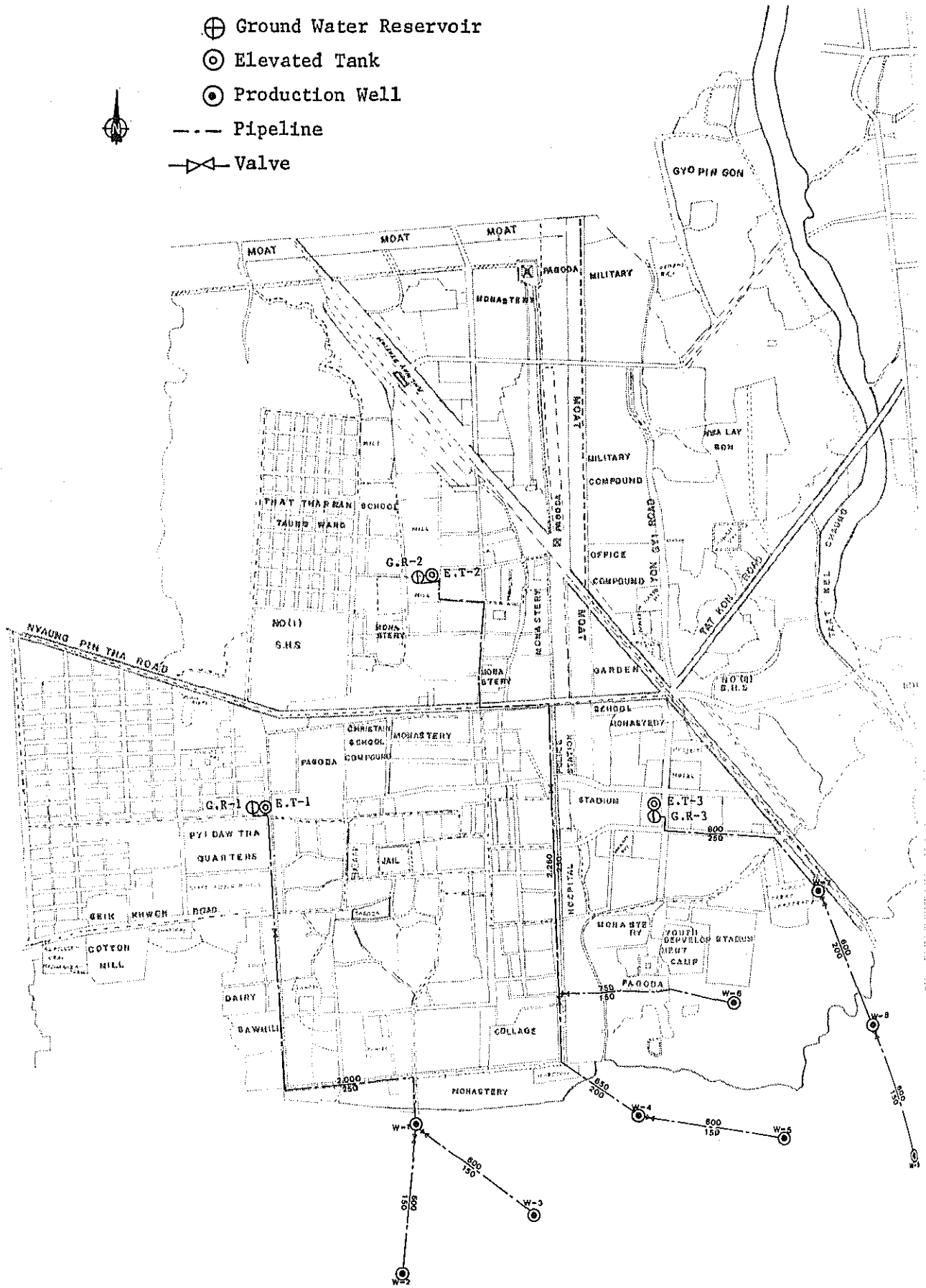
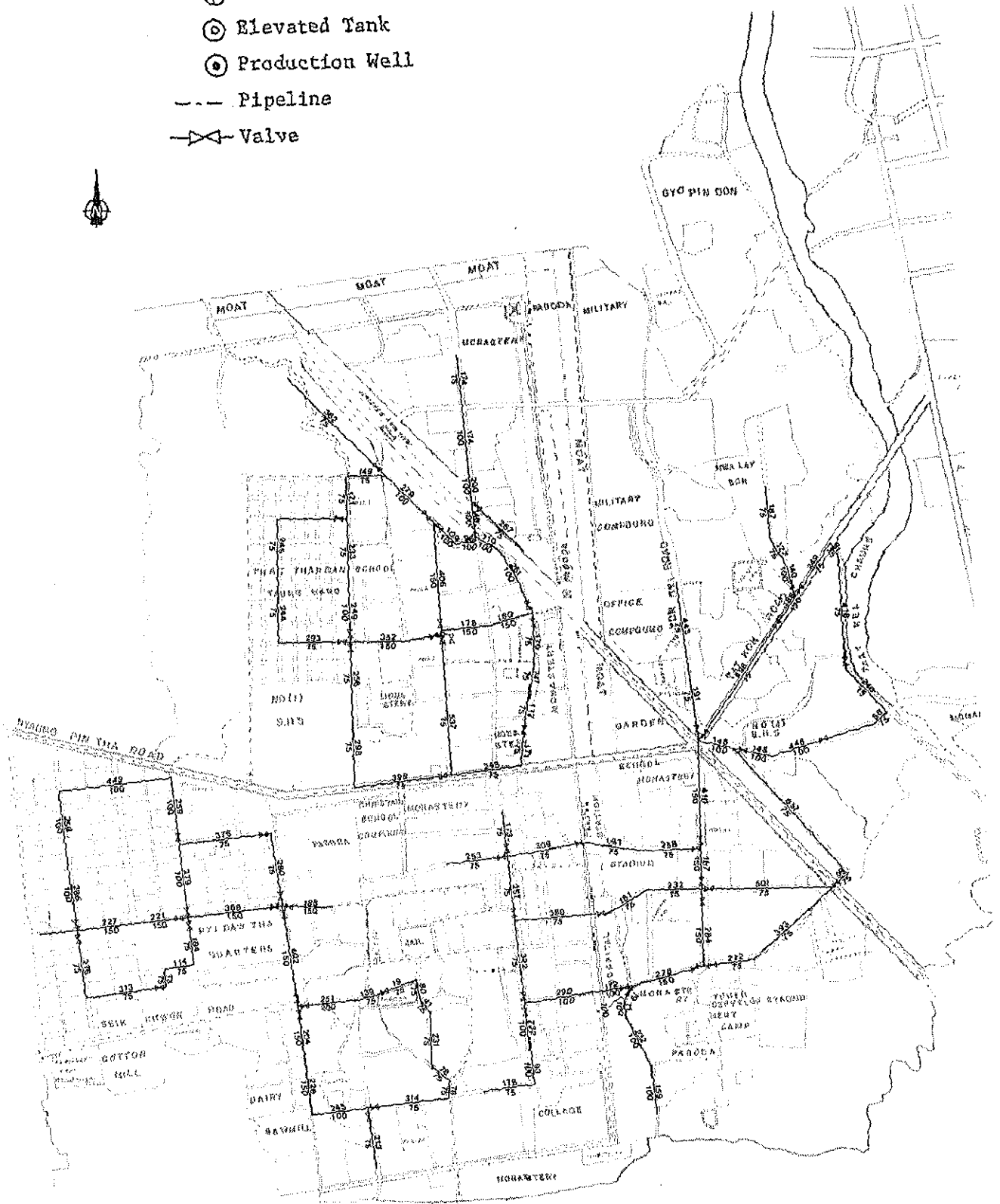


Fig. 4.5.3.4 導水管平面図

LEGEND

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



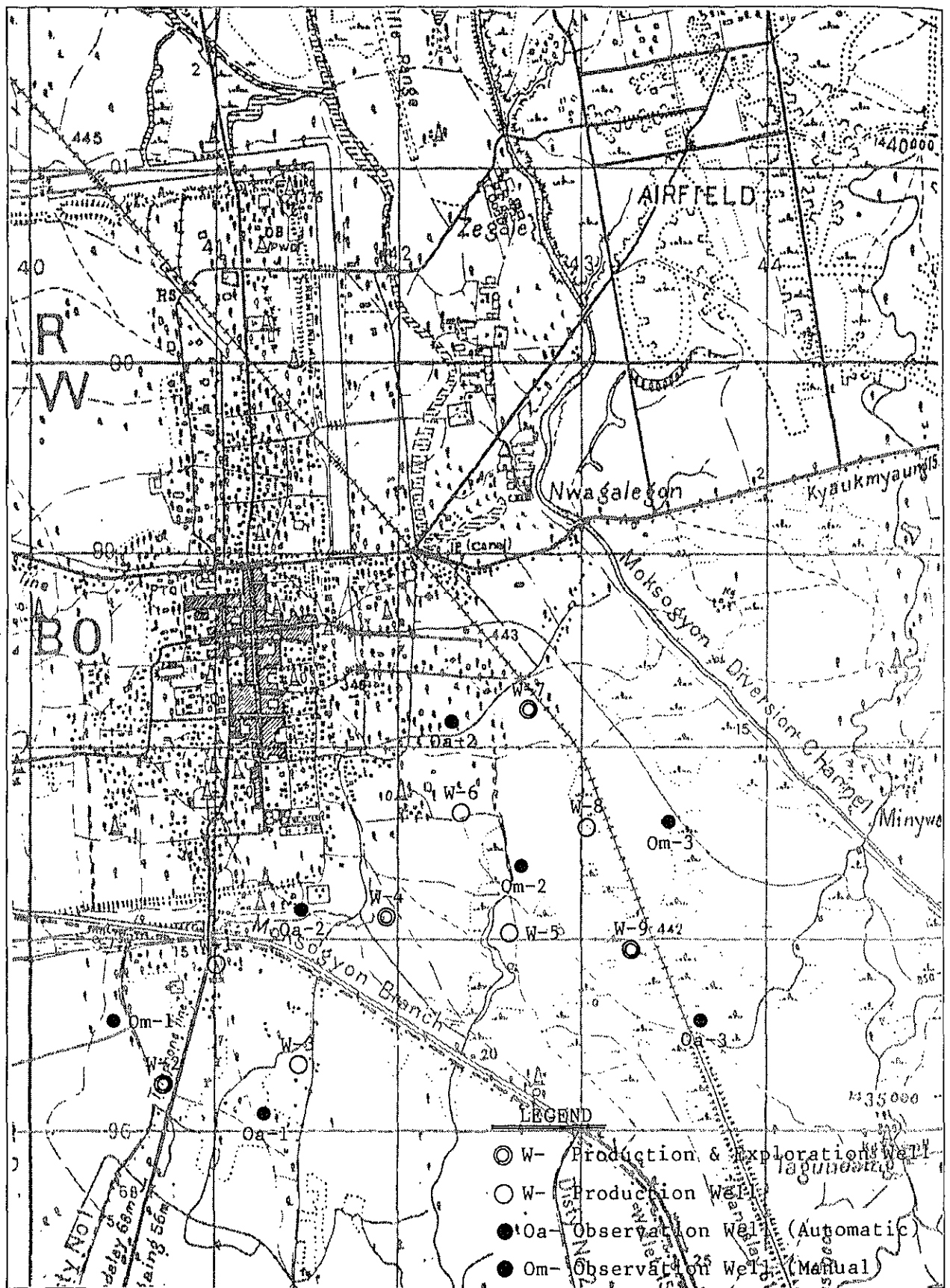
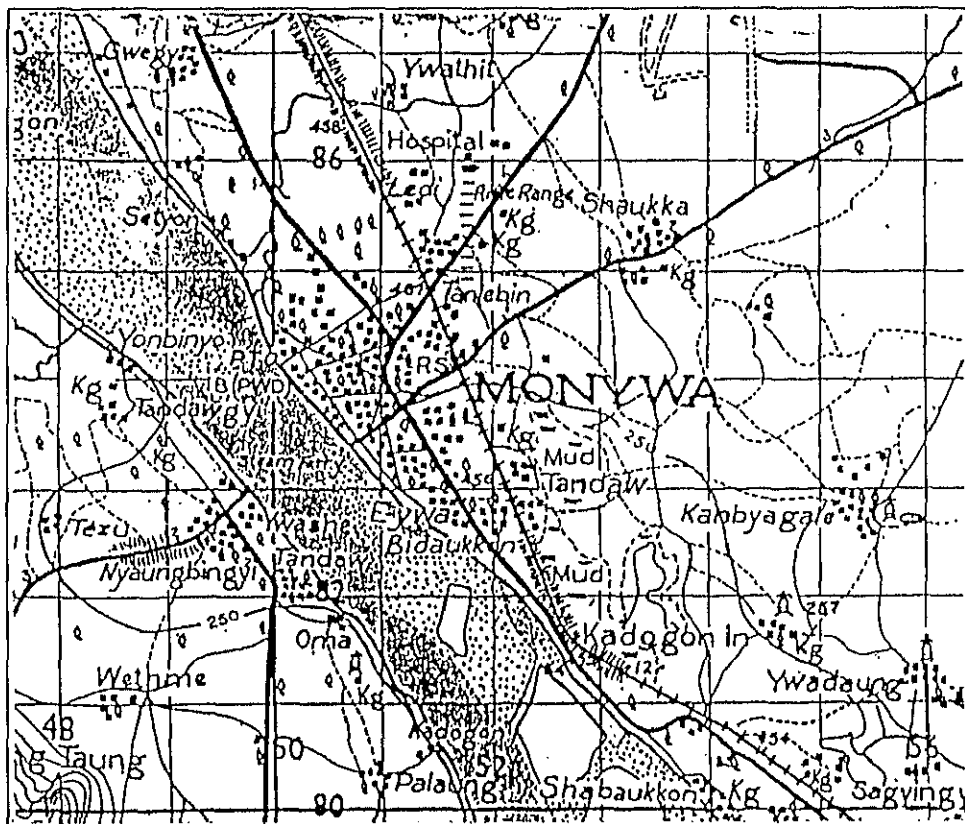


Fig. 4.5.3.6 計画井戸位置図

4. 6 Monywa

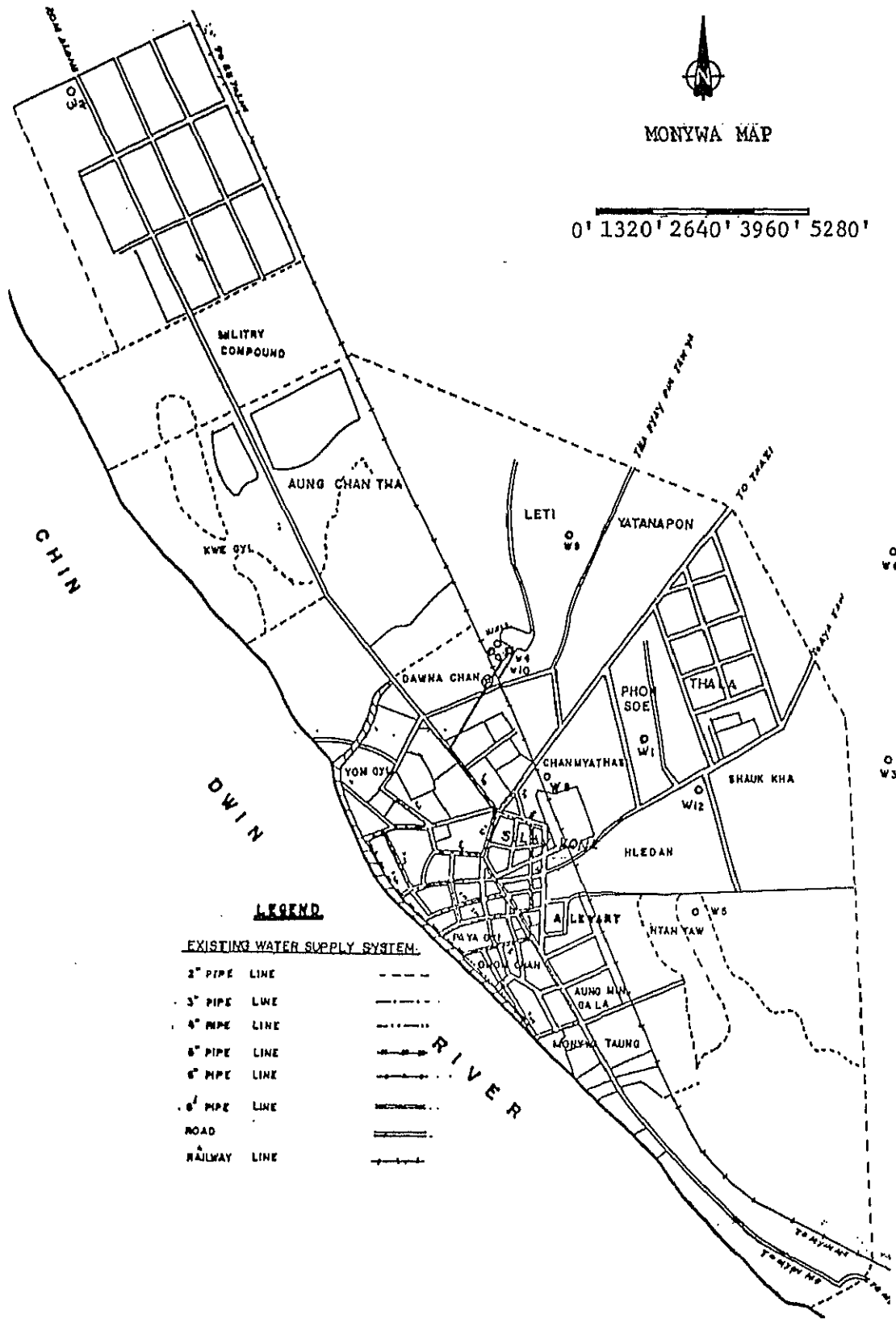
4. 6. 1	地域の概況	176
4. 6. 2	既存水道施設	179
4. 6. 3	地下水開発計画	180
4. 6. 4	水道計画の策定	187





MONYWA MAP

0' 1320' 2640' 3960' 5280'



LEGEND

EXISTING WATER SUPPLY SYSTEM.

- 2" PIPE LINE
- 3" PIPE LINE
- 4" PIPE LINE
- 6" PIPE LINE
- 6" PIPE LINE
- 6" PIPE LINE
- ROAD
- RAILWAY LINE

RIVER

4.6.1 地域の概況

Monywa は、Mandalay の北西約 160 km、Chindwin 河の東岸に位置する。町の面積は 22 km²で 1983 年の人口は 105,096 人、また平均年間人口伸び率は 2.5% と高い。

Mandalay から Monywa の北約 100 km の Ye U に至る鉄道線上にあり、Chindwin 河に隣接しており水運の便もよいため、町周辺の多くの町村からの人々の出入りや諸産物の集散も多く、上部ビルマでの再重要都市となっている。Chindwin 河畔沿いの旧町内は、標高が低いため、ややもすると洪水になりやすく、ことに南部は沼沢地帯となっている。東へ行くに従って徐々に高くなり、町の東南部には 200 m を越える丘陵地がある。

気温は、夏の最高 42.2℃、最低で 21℃、冬(12月～1月)は最高 29.4℃、最低で 12.2℃である。雨量は 10 年平均で 747 mm(315～1070 mm)であった。

Monywa には国立高校、中学校、小学校、その他 Monywa College、技術高校、織物高校、および現在開校準備中の芸術科学大学(Artand Science College)等数多くの学校があり、また 150 ベッドの市民病院、11 の施薬院があり、教育施設や医療施設が整っている。

農産物は、米、麦、ごま、とうもろこし、豆、落花生、綿であり、特にこの地域では、高収率麦の栽培を行っている。工業については、新しい 12,000 ton/day の製材工場(北部)を含め、7 つの木材の工場、紡績、せんい、綿、毛布、タバコ、製米、印刷など 12 種にわたる 169 の工場、家内工業が町内各地域に散在する。

水供給システムは、1898 年に始まったが、規模が小さく可能給水量は 1,800 m³/d と少ないため 1 日に 8 時間給水しているにすぎず、地域的にも 18 Wards のうち町内中心付近の 6 つの Wards にしか水供給されていない。

T.D.C は、水道料金として公共水栓(125 本)で月 0.75 チャット、各戸給水栓(425 栓)をもつ家からは月 10 チャットを徴収しているが、1984 年～85 年には約 2 倍に値上げする計画である。既存施設による給水人口は、全人口のわずか約 20% であるため、残りの 80% は自家井戸や公共井戸から飲料水を確保している。既存井戸の水質は、湿地帯に面した地域および東部では、EC 1,400～1,600 あるいは 2,000 以下で、比較的良質な井水が得られるが、旧町内の各戸で個人的に掘った井戸(口径 50 mmφ、深さ 2.2 m 以下)は EC 3000 以上で、とくに町の南部地区では水質が悪い。河水の EC は 100 で、非常に低い、河岸付近の井戸(深さ 2.1 m)の水では、EC 4,800 と著しく高い。

なお Ward 別の人口、面積および用途別土地利用率は、Fig. 4.6.1.1 および Fig. 4.6.1.2 に示すとおりである。

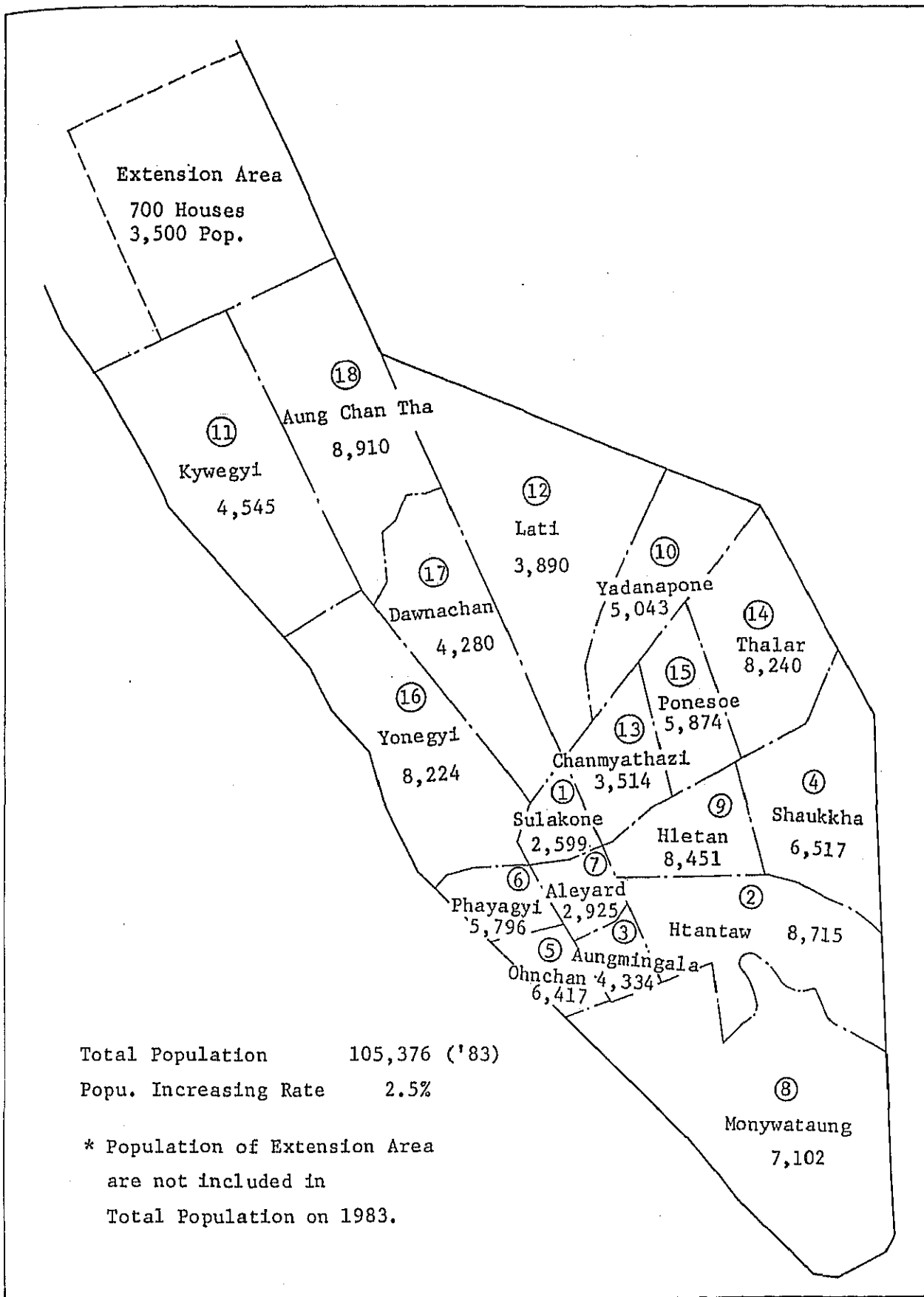
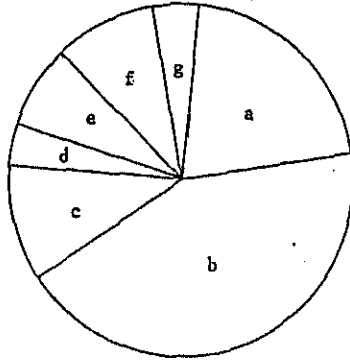


Fig. 4.6.1.1 Ward 別現在人口



a)	Agricultural Field, etc.	21.28 %
b)	Residential Area	42.99 %
c)	Cemetery, Garden and Park	10.60 %
d)	Religious Center	3.92 %
e)	Commercial Places	7.74 %
f)	Industrial Areas	9.24 %
g)	Government Buildings (Offices, School, Hospital and Government Buildings)	4.23 %

Fig. 4.6.1.2 土地利用率

4.6.2 既存水道施設

Monywa の水道施設は1898年に建設され、現在18のWardのうち6Wardに給水を行っている。この施設は旧市街地北部の湖沼周辺に設置した6本の浸透式井戸を取水源として、ポンプで高架水槽へ上げ、ここから2"~8"のダクタイル鑄鉄管を通して市内へ給水するものである。現在は浸透式井戸からの取水量が乾期に減少するため、既存井戸の近くに1本の深井戸を掘り、これを補っている。また建設当時の2基のパネル式高架水槽は、第2次大戦中に爆撃による被害を受けた。T.D.Cで補修を行ったが、1基は復旧不可能となったため新しくコンクリート製高架水槽を建設した。

これらの施設による給水量は1日約1,800m³で、全人口の20%に当たる25,000人に対し給水を行っている。しかし既存の配水管はすでに老朽化しており、20%以上が漏水するため実給水量は1,300m³程度である。

既存施設の概要を表4.7.2.1にまとめた。

Table 4.6.2.1 既存施設の概要

施設	項目	構造	数量
取水施設	浸透式井戸	R.C	6本
	深井戸	6"φ D=80m	1本
送水施設	送水ポンプ	50 H.P. Moter	1基
		50 H.P. ディーゼル	1基
	送水管路	ダクタイル鑄鉄管 6"	300m
配水施設	高架水槽	パネル構造 V=90m ³ H=14m	1基
		R.C構造 V=108m ³ H=14m	1基
	配水管路	ダクタイル鑄鉄管 8"	1,720m
		" 6"	1,700m
		" 5"	890m
		" 4"	2,090m
		" 3"	5,880m
		" 2"	1,340m
	公共水栓		125個
	各戸給水栓		425個
防水用水池	R.C構造 V=23m ³	38池	

4. 6. 3 地下水開発計画

1) 水理地質

(1) 地形、地質

Monywa 付近では、東側約 10 km に第三紀斬新世～中、下部中新世の Pegu 層群からなる山地があり、それを取り囲むように分布する第三紀上部中新世～鮮新世の Irrawaddy 累層が丘陵をなしている。

西側約 50 km には、始新世の無名称層や Pegu 層群からなる山地および Western Fold Belt の中生代白亜紀層の山脈が分布し、Monywa と山脈との間には Irrawaddy 累層からなる丘陵や火山岩類からなる孤立丘が点在している。(Fig. 4.6.3.1～4.6.3.2 参照)

Monywa 付近は Thindwin 盆地にあたり、隣接して Thindwin 河が南流している。

盆地内の表層は沖積層および洪積層が Irrawaddy 累層を覆っており平坦な地形をなしているが、この平坦面と丘陵～山地との境界には断層があり、地形的な区分が明瞭である。平坦面は緩く Thindwin 河の方向へ傾斜している。

(2) 水理地質

東側の丘陵地帯と Chindwin 河にはさまれた沖積平野の部分は、緩く東から西へ傾斜している。平地は沖積世の第四紀層に覆われており、既設井戸によって洪積世の地層が伏在していることが確認されている。

2) 帯水層

Monywa 地域の帯水層は、第四紀層中の帯水層と Irrawaddy 累層の中部砂層の帯水層とがあるとされている。

(第四紀層中の帯水層)

Monywa 地域の大部分にこの帯水層が分布しており、厚さは場所によって著しく変化している。この帯水層には沖積層と洪積層が含まれていて、ともに砂、粘土、れきの互層からなり、これらの地層は側方変化が著しい。しかし洪積層中には厚く連続性のある帯水層が分布しており、有力な帯水層となっている。この帯水層は水平な砂れき層からなり地表面下 6～61 m に分布している。

沖積層の帯水層を対象とした Hand Dug Well の水位は、場所によって異なっており概ね 3～12 m に分布する。ただし Hand Dug Well は、雨期には水位が地表近くにまで達し、乾期には水位の低下が著しく、空井戸となるところも多い。

洪積層の帯水層は、15～183 m の間に分布しているといわれており、下部のものは Irrawaddy 累層に相当するようである。第四紀層の帯水層に賦存する地下水は、東から西に向かって流動し、水質は一般的に良好であるが、Monywa 地域内では著しく溶解塩類が高い。

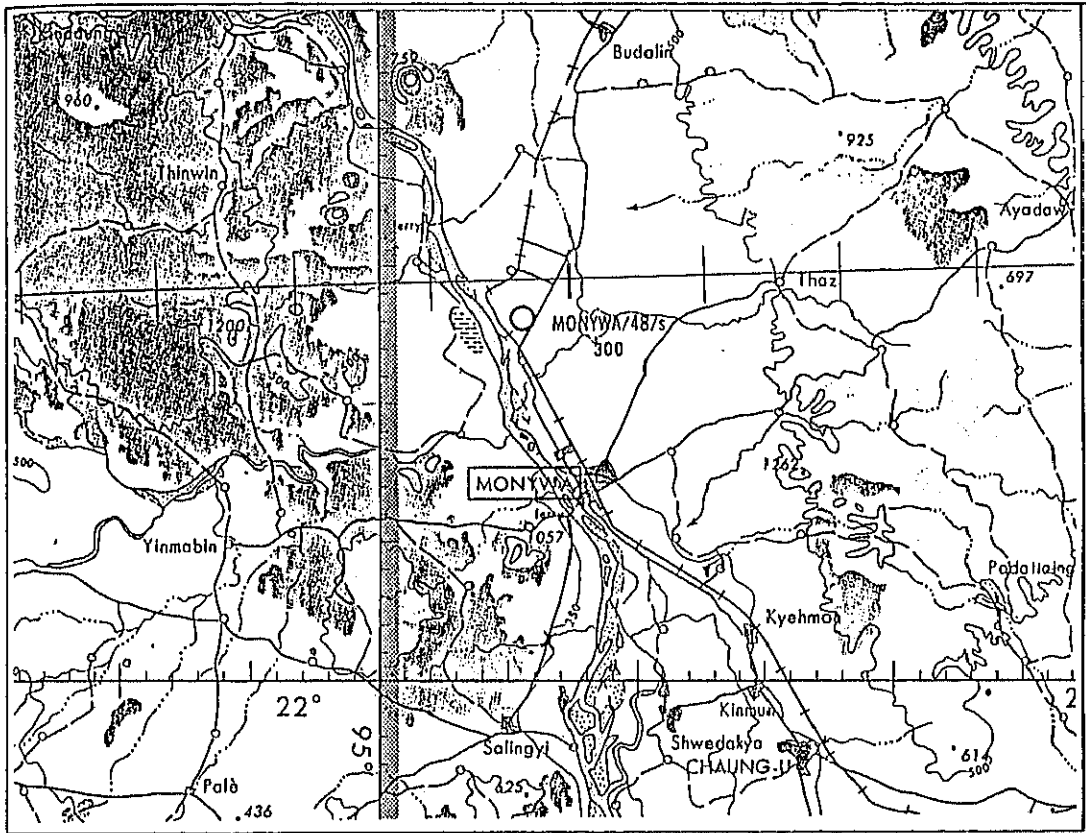


Fig. 4.6.3.1 Monywa 地域の地形

Scale 1:500,000

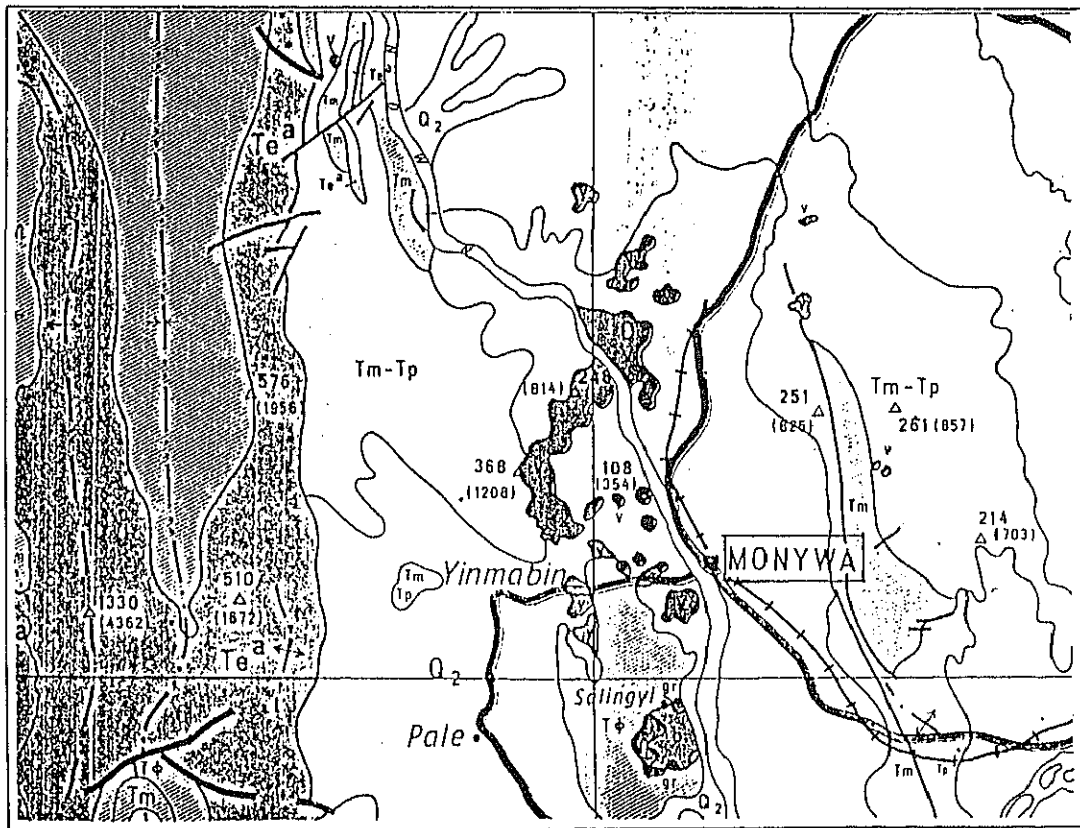


Fig. 4.6.3.2 Monywa 地域の地質

Scale 1:840,000

(Irrawaddy 累層中の帯水層)

Irrawaddy 累層はMonywa の東部に丘陵をなして露頭している。本層は上部シルト層、中部砂層および下部頁岩層に区分されるが、帯水層となるのは中部砂層である。この 中部砂層は有効間隙率が大きく、良好な地下水賦存層となっている。

既存資料による地下水等高線および流動方向をFig. 4.6.3.3に示す。

地下水はChindwin 河に向かって流動しており、北側では東から西へ、南側では北東から南西へ流動している。

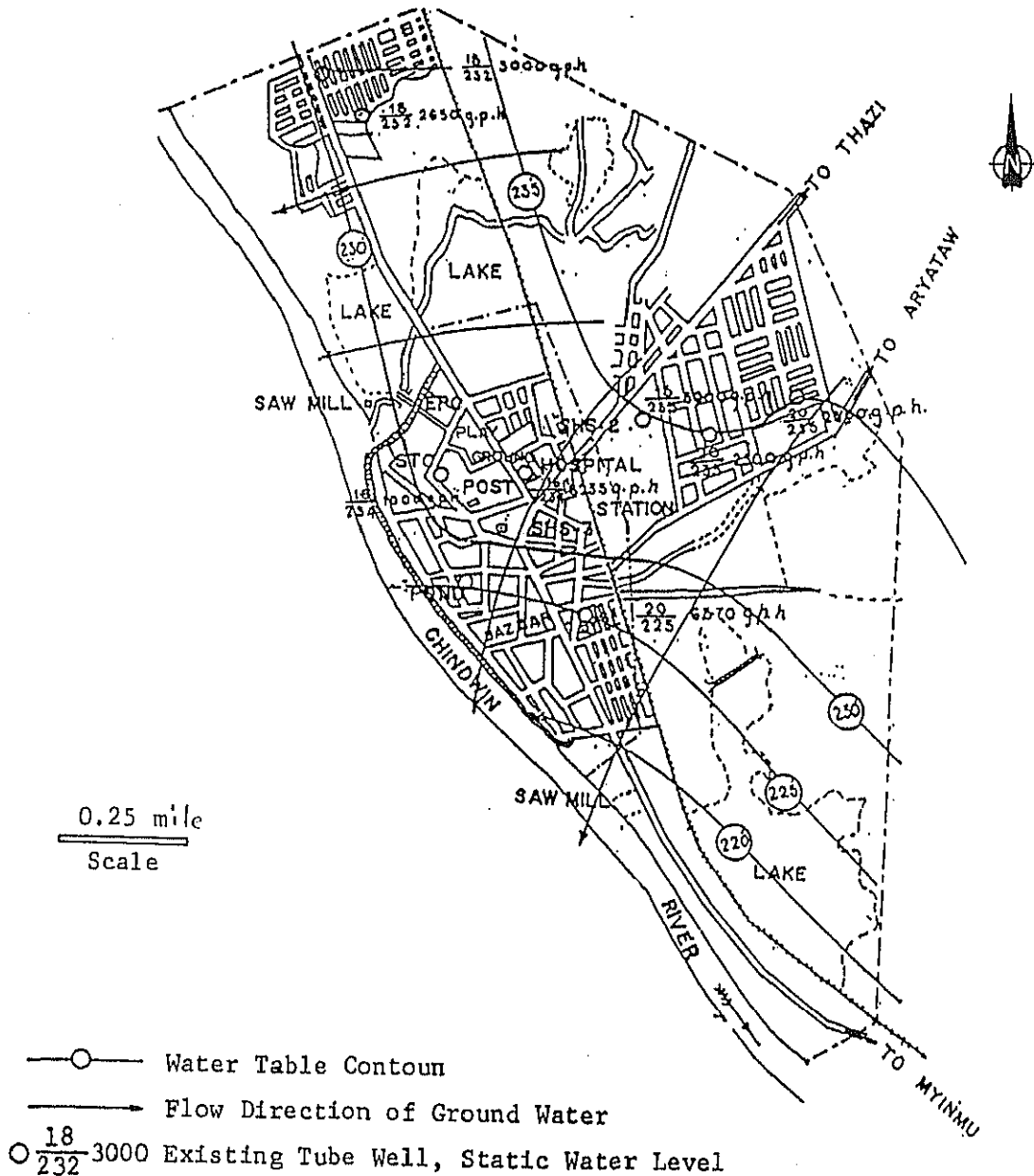


Fig. 4.6.3.3 地下水等高線

地元の水理地質専門家によれば、Monywa の北東約 1.8 ~ 3.6 km 付近では、地表下 50 m までに良好な帯水層が分布しており、径 ϕ 200 mm、スクリーン長 20 m の井戸では揚水量 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{hr}$ 、また、北東約 3.6 ~ 7.0 km 付近では地表下 60 m までに良好な帯水層が分布し、径 ϕ 200 mm、スクリーン長 20 m の井戸では揚水量 $Q = 180 \text{ m}^3/\text{hr}$ が期待でき良質の水が得られるとしている。

Monywa 周辺の代表的な Well Log を Fig. 4.6.3.4 に示す。

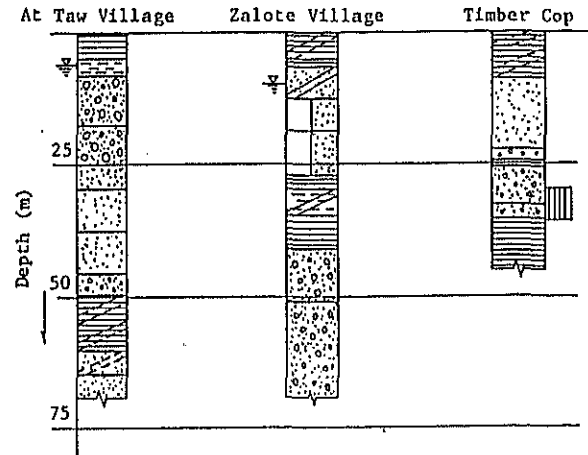


Fig. 4.6.3.4 Well Log in Monywa

ここで Well Log が得られる地点(揚水量、静水位、動水位等の明瞭な地点)について透水係数を求め Table 4.6.3.1 に示した。

Table 4.6.3.1 Monywa 付近の透水係数

Well No.	Aquifer m(cm)	Draw down $h_2 - h_1$ (cm)	Discharge Q (cm^3/sec)	Diameter r (cm)	Permeability k (cm/sec)	
Timber Corp.	610	1.77×10^6	12,500	10.16	2.07×10^{-2}	A1~D136.6
Cotton Fact.	305	3.17×10^6	3,750	10.16	3.46×10^{-3}	A1~D121.5
—	610	1.61×10^6	3,750	7.62	7.03×10^{-3}	A1~D121.6
—	458	2.78×10^6	3,125	7.62	3.39×10^{-3}	A1~D122.8
—	488	7.59×10^5	3,750	7.62	1.49×10^{-3}	A1~D122.5
—	305	6.07×10^6	10,300	7.62	5.12×10^{-3}	A1~D128.3

透水係数の算出は Thiem の式(自由地下水の場合)によるもので、影響範囲(R)を 500 m と仮定した。Monywa 地域の沖積層および洪積層の透水係数の平均は、30 m までの井戸では $k = 4.1 \times 10^{-3} \text{ cm}/\text{sec}$ 、30 m 以上の井戸では $k = 2.1 \times 10^{-2} \text{ cm}/\text{sec}$ を示す。

3) 地下水賦存量および水質

(1) 地下水賦存量

Monywa地域における年間降雨量P、蒸発散量Eは、

$$\text{降雨量} \quad P = 728.5 \text{ mm}$$

$$\text{蒸発散量} \quad E = E_p \times 0.7 = 2009.4 \times 0.7 = 1406.3 \text{ mm}$$

である。年間を通じてみれば、地下水涵養量(G)は

$$G = P - E = 728.5 - 1406.3 = -678 \text{ mm}$$

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、雨期のみを考へても同様なことがいえる。しかし当地域の地下水涵養は東側丘陵から流れ出た河川水が沖積層や洪積層に浸透して涵養したものと考えられる。

ここにMonywa地域の雨期の降雨量は650mmであり、このうちの60%が沖積低地へ流れ込むものと仮定し、集水面積を30km²とすると、流入量Qは、 $Q = P \times S = 650 \text{ mm} \times 0.6 \times 30 \text{ km}^2 = 1.17 \times 10^7 \text{ m}^3$ である。また、沖積低地での浸透率を40%とすると、地下水補給量Gは、 $G = 1.17 \times 10^7 \times 0.4 = 4.68 \times 10^6 \text{ m}^3$ となり、年間に $4.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ の水が補給量されることとなる。

計画井戸地点により影響を受ける範囲を対象として帯水層の体積、空隙率から地下水賦存量を求めると

$$V = A \times S \times E = 2.64 \times 10^7 \text{ m}^3$$

ただし A; 対象面積 8 km²

S; 帯水層の層厚 22 m

E; 空隙率 15%

となる。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

Monywa地域内における水質は、Fig. 4.6.3.5に示すようにEC = 3000 μs/cm以上を示し、最も高い値を示すものでEC = 6,000 μs/cmであり、溶解塩類を多量に含んでいる。なおこの高ECを示す範囲は周辺より低くなっており、揚水に伴う沈下が生じたものと考えられる。

ECは、高ECを示す範囲から離れるに従って次第に低くなり、中心部から0.5~2.5 kmの範囲ではEC 2,000~3,000 μs/cm、2.5~3.5 kmの範囲ではEC 1,500~2,000 μs/cm、また3.5 km以上ではEC 1,500 μs/cm以下であり、飲料水として採取するには中心部から少なくとも2.5 km以上離す必要がある。

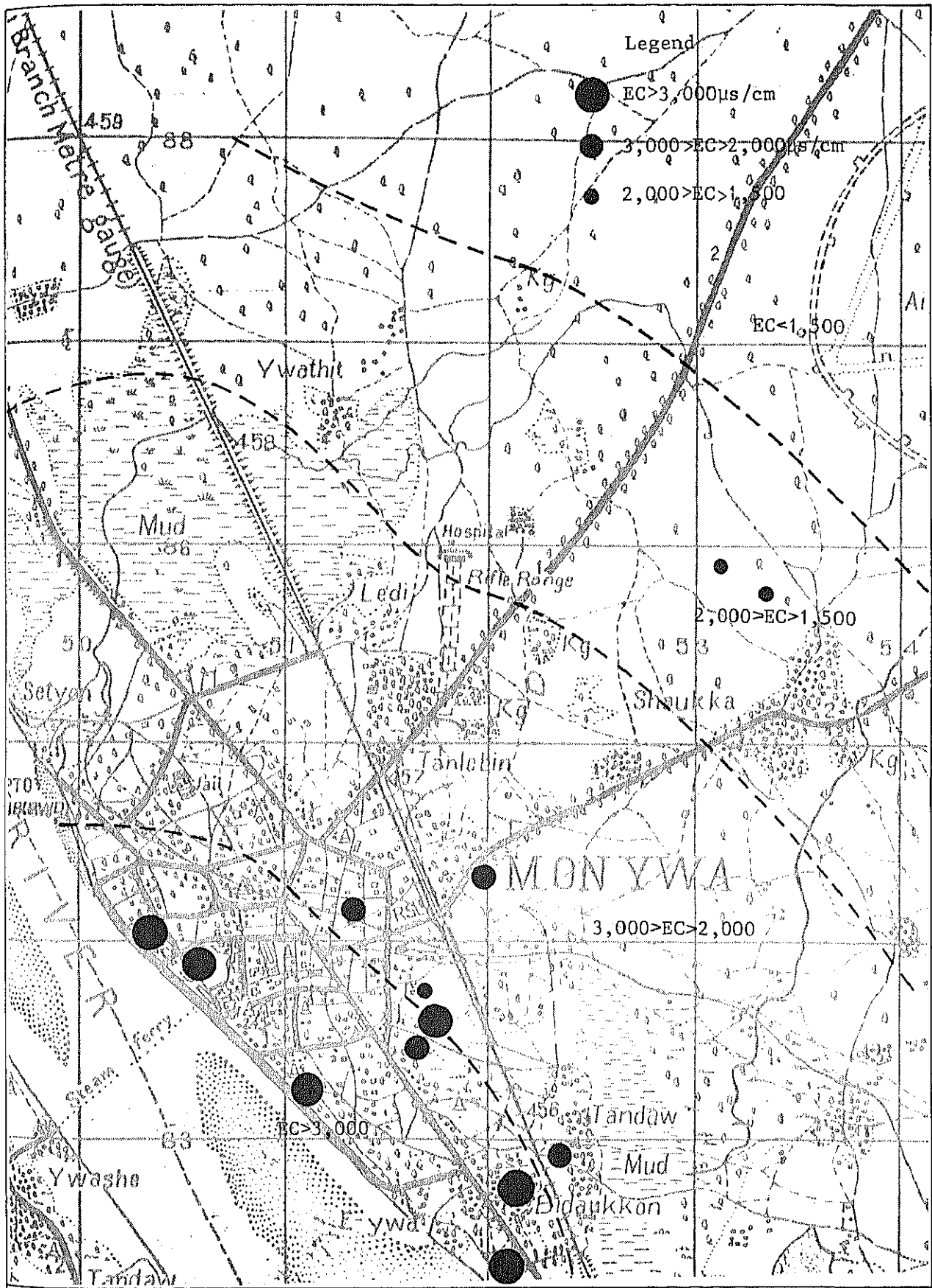


Fig. 4.6.3.5 地域別の水質状況

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(S)は井戸間距離600m(影響圏300m)とすると、

$$S = R / 3000 k$$

$$R; 300 \text{ m}$$

$$k; 2 \times 10^{-4} \text{ m/sec より}$$

7.10mとなる。

スクリーン設置位置の帯水層は被圧地下水であることより、揚水量(Q)は、

$$Q = \frac{2 \pi D k (H - h)}{2.3 \log R / r}$$

$$= \frac{2 \pi \times 22 \times 2 \times 10^{-4} \times 7.1}{2.3 \log 300 / 0.125}$$

$$= 0.0251 \text{ m}^3/\text{sec} = 1626 \text{ m}^3/18 \text{ hr となる。}$$

したがって、当地域では1,400m³/18hrの揚水量が期待できるものと考えられる。

(2) 井戸間隔

地層、帯水層の状況、既存資料による1井当たり揚水量と水位低下量を考慮し、最小井戸間隔600mとする。

(3) 井戸深度

井戸深度は帯水層の賦存下限深度が50m前後であるため、生産井の平均深度を56m(砂だめ6m)とする。

4.6.4 水道計画の策定

1) 計画対象区域

Monywa の市域はChindwin 河に沿って約 8.5 km、内陸へは約 3.0 kmで全体としてほぼ長方形の形をしている。住居地区は沼沢地や軍用地によって寸断され、北部、中部および南部の 3 地区に独立している。現在人口の約 8 割は旧市街地を中心に拡大した南部地区に集中している。北部地区はNew Extension Areaで既存人口は約 3,500 人である。また中央部は比較的新しく拡張された地区であるが、すでに約 14,000 人が住んでいる。

本計画では、この独立した 3 地区をすべて計画対象地区としたが、町域が広く、給水地区が分散されているため、T.D.Cメンバーと建設の優先度を協議し、優先順位を南部、中部、北部の順に 1. 2. 3 とした。

また市域南端の低地部には約 6,800 人が居住しているが、この地区は不法占拠地であるため計画対象地域から除外した。

2) 計画給水人口

現在人口は、北部 Extension Areaと南部不法占拠地区の人口を含めると 108,876 人である。また過去 10 年間の平均人口増加率は 2.5 %で本プロジェクトの 9 都市の中で最も高く、全国平均の 2.2 %を大きく上廻っている。

これは、自然増加のみによるものではなく、周辺地区からの移入によるものと判断される。

計画給水人口を定めるに当たっては、南部低地部に住む 6,800 人は将来計画給水区域へ移住するものと考え、人口増加率 2.5 %の一部とし、計画給水人口のベースとなる現在人口からは除外することとした。(Fig. 4.6.4.1 参照)

従って計画給水人口は、

$$(108,876 - 6,800) \times (1 + 0.025)^6 = 124,369 \text{ 人}$$

より、124,400 人とした。

3) 計画給水人口の配分

Monywa は急速な人口増加により、特に南部地区の市街地は人口密度が 180 人/hr を越える過密状態となっている。T.D.C は人口過密緩和のために町域を内陸部へ拡大する他、北部にニュータウンを建設中である。計画給水人口の配分については各 Ward 毎の人口密度より、150 人/hr を越える地域は将来の人口増加が不可能と判断し、人口密度が低い Ward についてのみ 120 人/hr 程度までは人口増加が可能であるとして給水人口の配分を行った。計画給水人口の配分結果は Fig. 4.6.4.1 に示すとおりである。

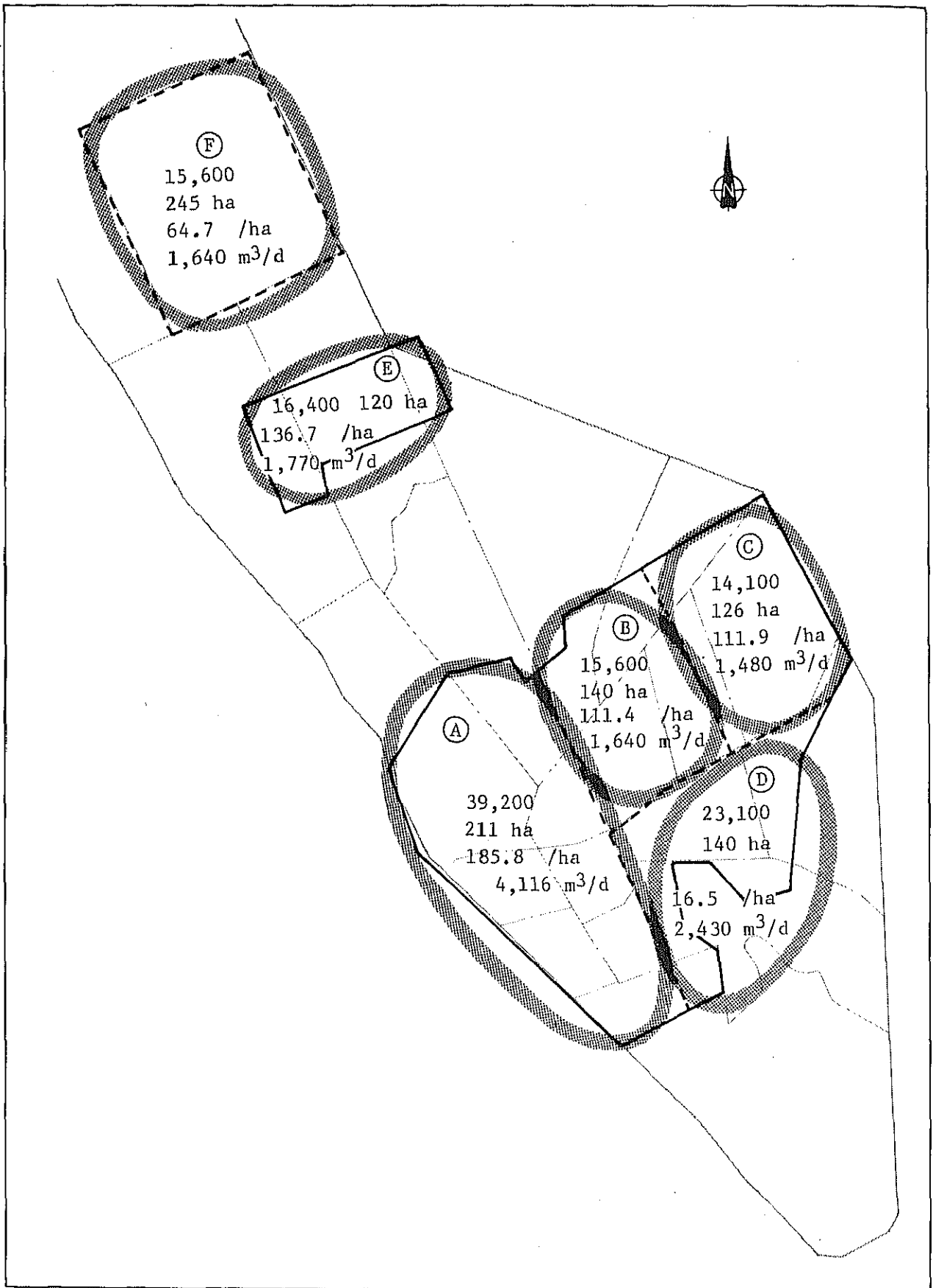


Fig. 4.6.4.1 給水ブロック毎の計画給水人口

4) 計画給水量

$$\begin{aligned}
 \text{計画給水量} &= \text{計画給水人口} \times 1 \text{人} 1 \text{日最大給水量} \\
 &= 124,400 \text{人} \times 105 \ell / \text{人} / \text{日} \\
 &= 13,062,000 \ell / \text{日} \\
 &= 13,000 \text{m}^3
 \end{aligned}$$

5) 給水ブロックの分割

計画給水区域は前述のごとく北部、中部、南部の3地区に分けられるが、特に南部地区は給水人口が多く、給水面積も大きいためFig.4.6.4.2に示すように4つの給水ブロックに分割することとした。なおブロック毎の計画諸元はTable 4.4.6.1のとおりである。

Table 4.6.4.1 計画給水人口の配分

	計画給水人口	給水面積	人口密度	計画給水量
A	39,200人	211ha	185.8人/ha	4,120m ³ /日
B	15,600	140	111.4	1,640
C	14,100	126	111.9	1,480
D	23,100	140	165	2,430
小計	92,000	617	Ave. 149.1	9,670
E	16,400	140	117.1	1,720
F	16,000	245	65.3	1,680
合計	124,000	1,002	123.8	13,070

6) 施設計画

計画給水区域は南部、中部、北部に分かれ、位置的にも離れて存在しているため、それぞれ独立した水供給システムを持たせることとして計画する。

(1) 南部地区

南部地区には、既存の水道施設があり、その内容は前述のごとくである。計画を行うに当たっては既存施設を極力利用することを前提としたが、配水管は建設後90年近く経過しており、漏水も多いため、新設することとした。また、取水、送水施設および高架水槽は老朽化しているものの、ある程度の補修を行うことにより、使用可能であると判断し、部分的に新施設へ組み入れることとした。

既存の高架水槽は2基で198m³の容量を持ち、有効高さは14mである。これらの高架水槽を利用した場合の給水可能域は、AブロックとBブロックを統合した範囲である。従ってA、Bブロックは既存の高架水槽から給水するものとし、CおよびDブロックはそれぞれ新施設を建設し給水することとする。

各ブロックの基本システムは計画井戸が給水区域外にあり、配水池に利用出来る丘陵地等がないため基本システム2を適用した。給水区域の地形は Irrawaddy 河へ向かって傾斜していることから、高架水槽の位置は給水地域の最も高いところに計画した。

ブロック毎の必要井戸本数は、井戸1本当たりの計画揚水量が $1,400\text{ m}^3/\text{日}$ であることより、

A、Bブロック $5,760\text{ m}^3 \div 1,400 = 4.1\text{ 本} \rightarrow 4\text{ 本}$

C ブロック $1,480\text{ m}^3 \div 1,400 = 1.1\text{ 本} \rightarrow 1\text{ 本}$

D ブロック $2,430\text{ m}^3 \div 1,400 = 1.7\text{ 本} \rightarrow 2\text{ 本}$

となる。ただし、A、Bブロックには浸透式井戸および深井戸等の既存取水施設があるためこれを利用することとした。既存施設による可能揚水量は約 $1,400\text{ m}^3$ であり、これは計画井戸1井分に相当する。従ってA、Bブロックの計画井戸本数は3本とした。

(2) 中部地区および北部地区

中部および北部地区の計画給水量はそれぞれ $1,720\text{ m}^3/\text{日}$ と $1,680\text{ m}^3/\text{日}$ である。この地区における井戸1本当たりの可能揚水量が $1,400\text{ m}^3/\text{日}$ であることから $900\text{ m}^3/\text{日}$ の井戸を2本ずつ設置することとした。

中部地区は計画給水地域内に井戸の設置が不可能でありまた平坦な地形であるため、給水システムは基本システム2を適用した。また北部地区は計画給水地域内に井戸の建設が可能であり、平坦な地形であることから基本システム1を適用した。

各ブロックの概略の施設レイアウトはFig. 4.6.4.2のとおりである。

7) 施設の概要

諸施設の工種別の仕様および数量はTable 4.6.4.2に示した。

送水配管および給水配管網はそれぞれFig. 4.6.4.3、Fig. 4.6.4.4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参考図を作成し、章末に添付した。

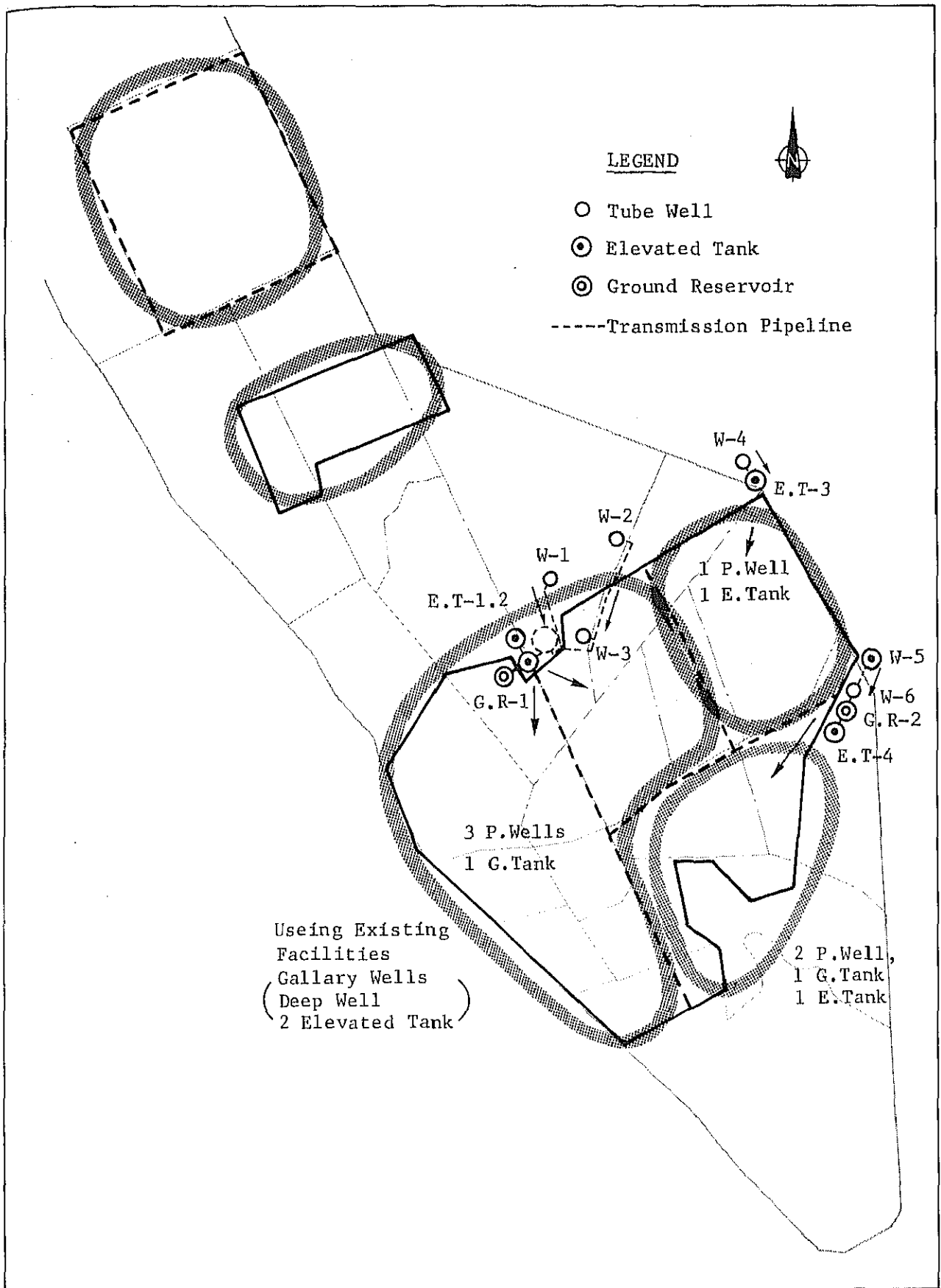


Fig. 4.6.4.2 計画施設のレイアウト

Table 4.6.4.2

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1,400~1,500m ³ /d φ250mm×H56m	9本	ケーシング H=34m スクリーン H=22m
	調査井	φ150mm×H65m	5本	ケーシング H=43m スクリーン H=22m
	観測井	φ100mm×H56m	8本	ケーシング H=46m スクリーン H=10m
	取水ポンプ	φ125mm×1.361m ³ /min×22KW	4基	W-1×W-4
		φ125mm×1.296m ³ /min×18.5KW	5基	W-5~W-6 W-7~W-9
		φ80mm×0.455m ³ /min×3.7KW	1基	Peipairing for Existing tube well
ポンプ室	レンガ構造 4m×4m 建築面積 16m ²	9棟		
導水施設	導水管	φ200mm~φ300mm T型ダクタイル鋳鉄管 3種	5,720m	
		各種異形管	1式	
	仕切弁	φ200~φ300mm	8ヶ所	
	空気弁	φ20mm~φ25mm	8ヶ所	
配水施設	接合井	容量 480m ³ 地下式 RC構造	1	JW-1
		容量 210m ³ 地下式 RC構造	1	JW-2
		容量 150m ³ 地下式 RC構造	1	JW-3 (Ex-s)
		容量 140m ³ 地下式 RC構造	1	JW-4 (Ex-n)
	高架水槽	容量 50.5m ³ FRPパネル製 高さ 15m 鋼製架台	1	ET-2
		容量 30.8m ³ FRPパネル製 高さ 15m 鋼製架台	1	ET-1
		容量 34.1m ³ 35.9m ³ FRPパネル製 高さ 15m 鋼製架台	2	ET-3、ET-4
	配水管	φ75mm~φ350mm T型ダクタイル鋳鉄管 3種	45,320m	
		各種異形管	1式	
	仕切弁	φ75mm~φ350mm	127ヶ所	
空気弁	φ20mm~φ25mm	95ヶ所		
中継ポンプ	φ250mm×5.448m ³ /min×30KW	1基	JW-1	
	φ150mm×2.592m ³ /min×15KW	3基	JW-2~JW-4	
電気施設	変電設備	3φ4W 11KV/0.4 100KVA×1 50KVA×2	3式	
	送電線	OW30°~50° CV14°×4c~22°×4c 付属品	28.4km 1式	

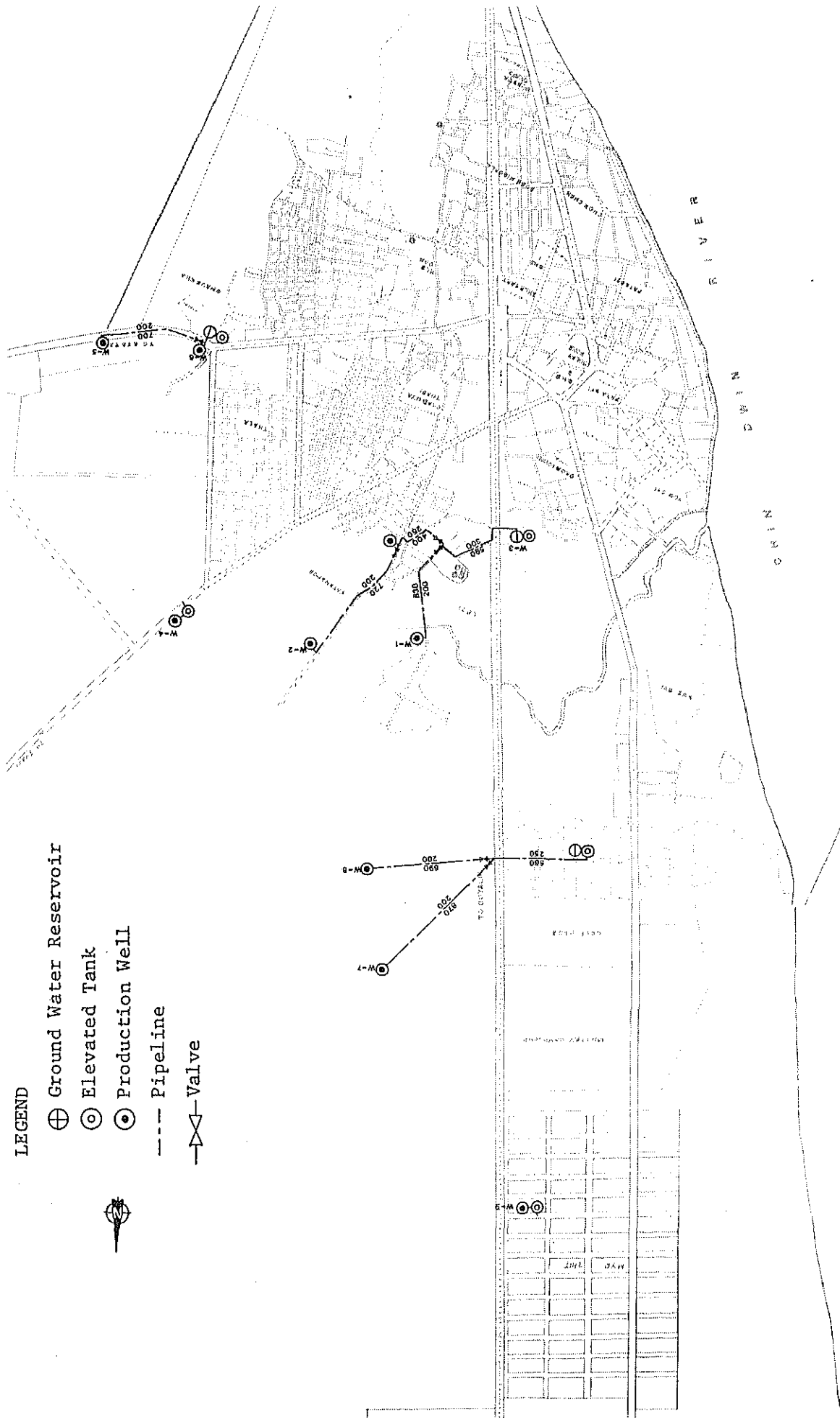
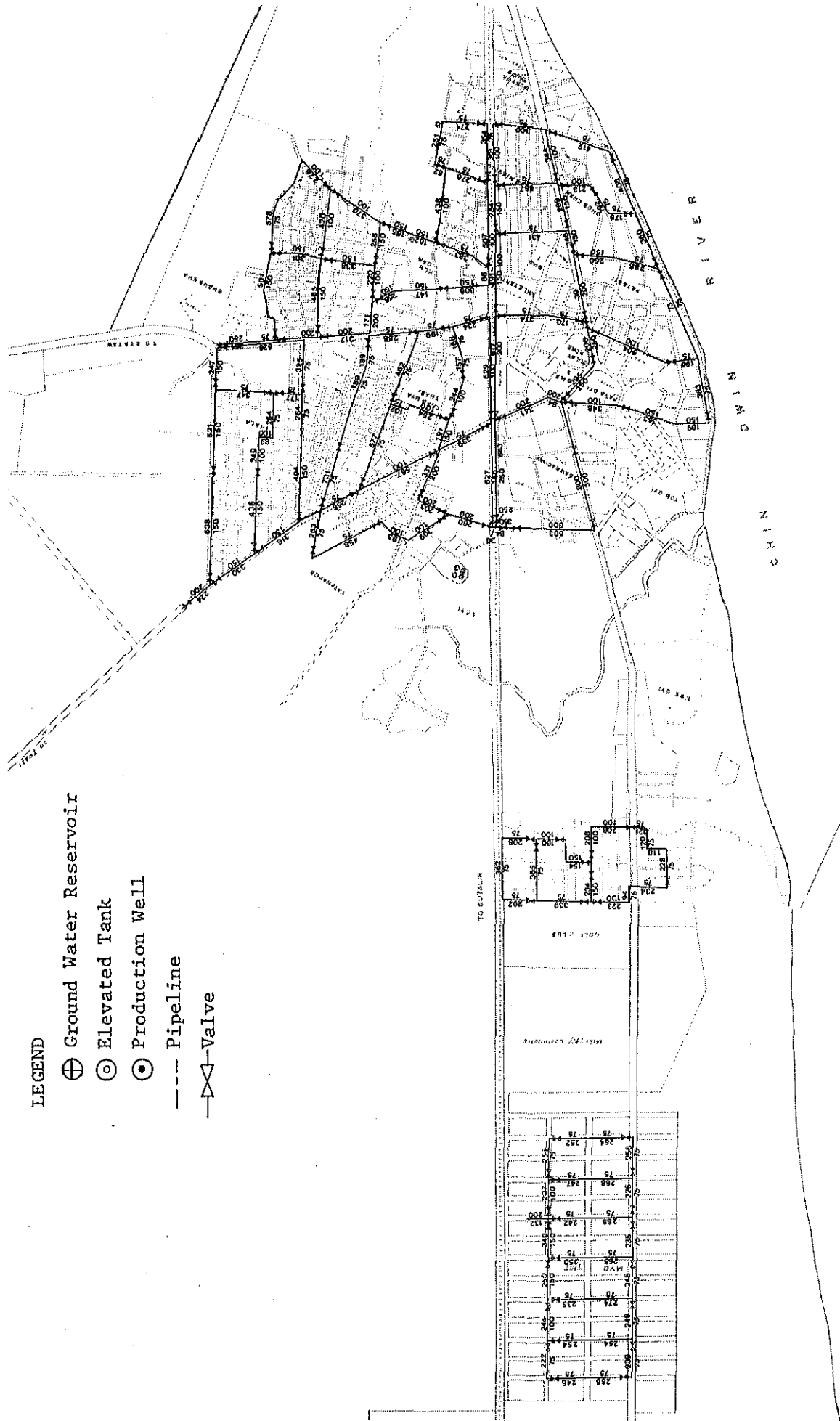


Fig. 4.6.4.3 導水管平面図



LEGEND

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

Fig. 4.6.4.4 配水管網平面図

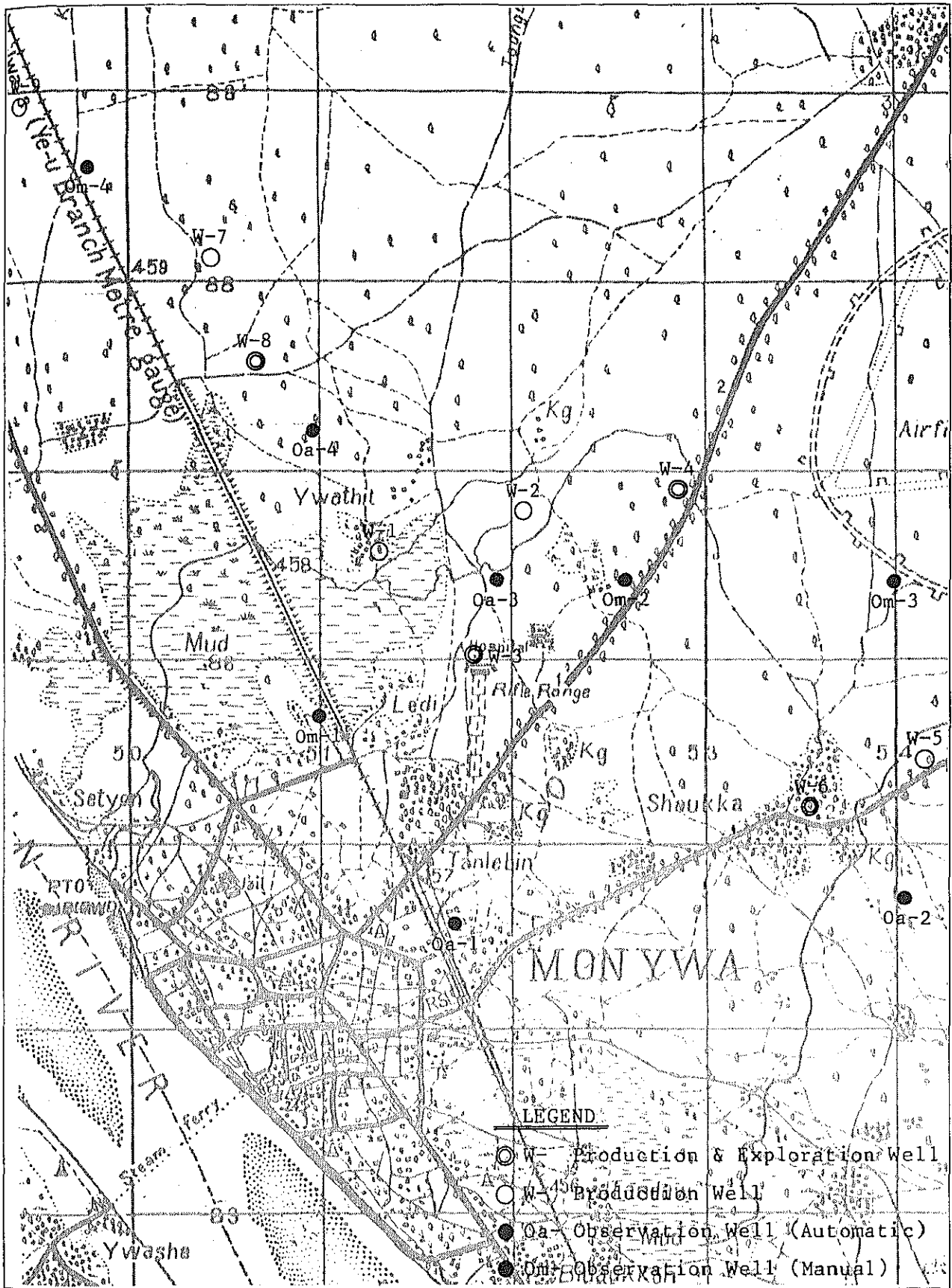


Fig. 4.6.3.6 計画井戸位置図

