

インドネシア共和国  
北スマトラ地域  
保健対策プロジェクト  
水供給施設設置確認調査  
報告書

昭和61年8月

国際協力事業団







JICA LIBRARY



1034349[9]



インドネシア共和国

北スマトラ地域

保健対策プロジェクト

水供給施設設置確認調査

報告書

昭和61年3月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '86. 5. 27	108
	61.8
登録No. 12687	MCF

マイクロ  
フィルム作成



## 序 文

インドネシア国北スマトラ地域保健対策プロジェクトは、昭和59年4月より協力期間を5年間延長された。また、これに伴い、協力地域の拡大も行われた。インドネシア国政府は昭和60年7月、この新協力地域における住民の衛生状態向上のため飲料水供給施設の建設を要請した。

この要請を受けて、国際協力事業団は昭和61年2月18日から同年3月19日まで飲料水供給施設設置確認調査団を同国へ派遣し、同施設建設の可能性を調査した。

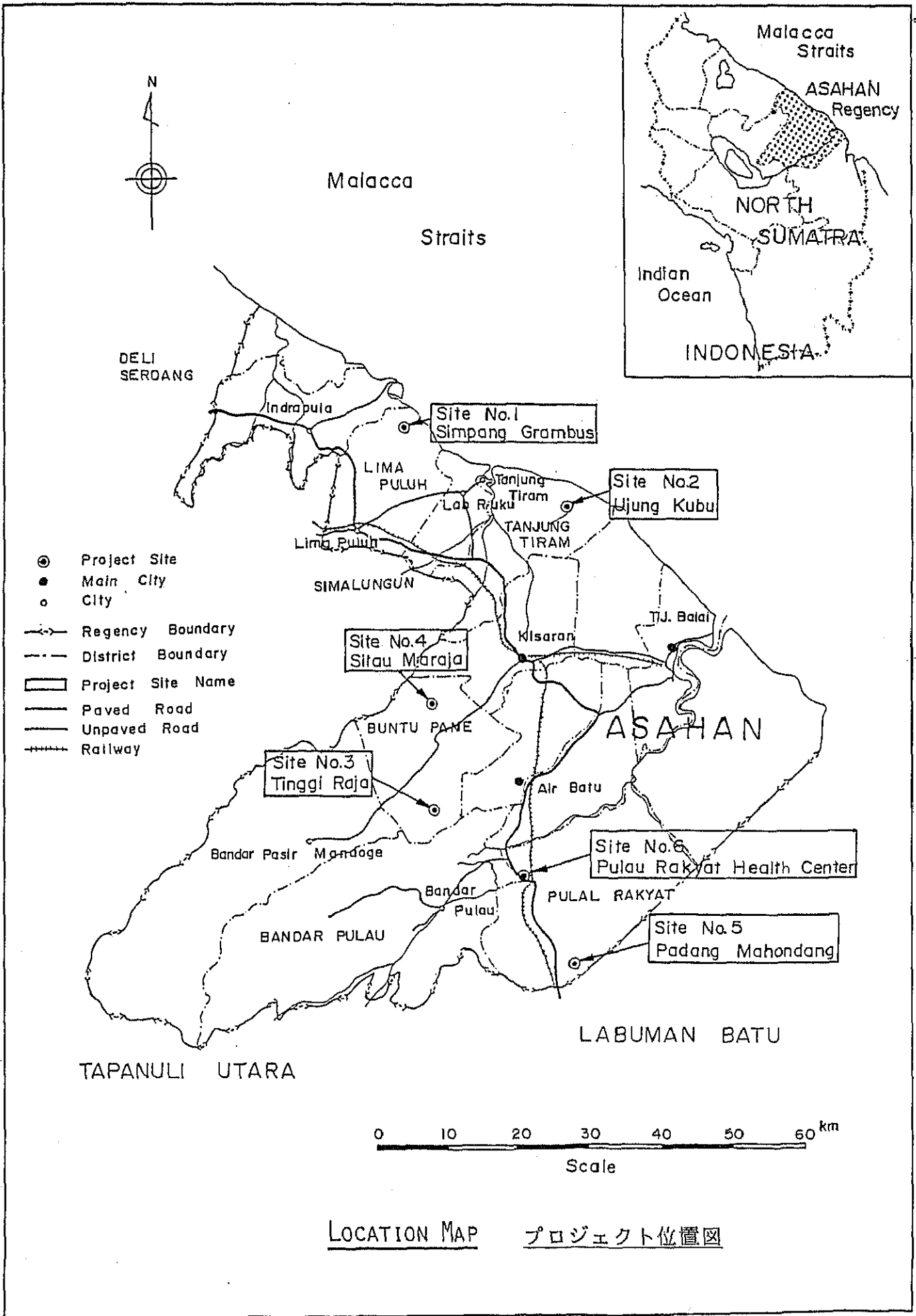
本報告書はその調査結果をとりまとめたものである。今後の飲料水供給施設建設計画策定に当って本報告書が十二分に活用されることを念願するものである。

昭和61年3月29日

国際協力事業団

医療協力部長 長谷川 豊





LOCATION MAP      プロジェクト位置図



# インドネシア共和国北スマトラ地域保健対策 プロジェクト水供給施設設置確認調査報告書

## も く じ

### 序 文

#### プロジェクト地域位置図

要約および提言 .....	S-1
---------------	-----

第1章 プロジェクト地域の水理地質 .....	1-1
-------------------------	-----

1.1 位置および地形 .....	1-1
1.2 水文気象 .....	1-1
1.3 水理地質 .....	1-6
1.4 地下水評価 .....	1-9
1.5 電気探査 .....	1-12

第2章 プロジェクト対象地区の概要 .....	2-1
-------------------------	-----

2.1 シンパンガンブス村第16部落 .....	2-1
2.2 ウジュンクブ村ブマタンパオ部落 .....	2-4
2.3 ティンギラジャ村 .....	2-7
2.4 シロウマラジャ村 .....	2-9
2.5 パダンマホンダン村 .....	2-12
2.6 プロラヤット保健所 .....	2-14

第3章 対象地区の地下水探査 .....	3-1
----------------------	-----

3.1 シンパンガンブス村第16部落 .....	3-1
3.2 ウジュンクブ村ブマタンパオ部落 .....	3-3
3.3 ティンギラジャ村 .....	3-5
3.4 シロウマラジャ村 .....	3-7
3.5 パダンマホンダン村 .....	3-9
3.6 プロラヤット保健所 .....	3-11

第4章 水供給施設基本案 .....	4-1
--------------------	-----

4.1 設計基準 .....	4-1
----------------	-----

4.2	施設案	4-1
4.3	試掘調査工事費および施設建設工事費	4-5
4.4	ランニングコスト	4-8
第5章 設計調査および施設工事実施計画		5-1
5.1	試掘調査	5-1
5.2	実施設計現地調査	5-2
5.3	実施スケジュール	5-3
〔資料〕		
1.	JICA建設による既設井戸施設の現況	A-1
2.	深井戸の水質について	A-3
3.	飲料水水質基準	A-8

## 要約および提言

(1) インドネシア政府によって要請された調査対象地区は下記の6サイトで、いずれの地区も清浄で安定した水供給の必要性の高いことが確認された。

№1：シンパンガンブス村第16部落

№2：ウジュンクブ村プマタンパオ部落

№3：ティンギラジャ村

№4：シロウマラジャ村

№5：パダンマホンダン村

№6：プロラヤット保健所

特に、№6と№1、2のサイトの水供給施設の建設が強く望まれる。№6は、新しい病院を併設した保健所であるにもかかわらず、既存水源は手汲による浅井戸で水質に疑問があり、かつシステムとしての水供給が無く、正常な医療・診療活動が大きく制限されている。安定した水供給によって医療活動および施設の価値を飛躍的に増大することができる。

一方、№1と№2は共に20～30年前に、北タバヌリから入植して来たパタック人の開拓村でプランテーションや湿地帯により他地域と隔離された、いわば「社会から取り残された集落」で、貧困に起因して生活用水も質量共に貧弱であり、早急な改善が必要と判断された。

(2) プロラヤット保健所を除くプロジェクト対象5地区の集落の共通する特徴は；

- 1) 集落がプランテーションに深く取り囲まれている。
- 2) 村人のほとんど全部が農業（プランテーションを含めて）に従事している。
- 3) 公共電力はまだ来ていない。ただし、自家発電による電力が普及しつつある。
- 4) 水源については浅井戸に頼っている。しかし、これらの井戸は保護が不十分で水質的に問題であり（有機的汚染が見られる）、かつ、乾期には量的な確保が難しい。

(3) 衛生的で安定した水量が期待できる深井戸の建設の可能性について、水理地質的・地球物理的調査を実施した。その結果、上記プロジェクト対象地区は、いずれも、深層地下水存在の可能性が高いことが推定された。

1) 地下水開発対象帯水層は、主として下記の3層に大別される。

A 層：地下 60～100 m …… 被圧地下水(Ⅲ)

B 層： " 130～160 m …… 被圧地下水(Ⅳ)

C 層： " 200～230 m …… 被圧地下水(Ⅴ)

2) 被圧地下水のB層とC層は、水理地質的条件の良い№1、№2地区では自噴が期待されるが、量的には、集落全体の水需要を満たすことは難しく年月と共に自噴状態が減退することが予想される。

(註)：6ヶ所のうち、№3～6の4ヶ所は良好な水質が期待される。№1と№2の水質は必ずしも飲料水基準（巻末資料参照）を満たすとは限らないかもしれないが、その場合でも現在住民が利用している水よりは衛生的に格段に安全な水であろう。

3) 上記の深井戸による地下水の水質は、いずれの層も家庭用水として衛生的に問題はないであろうと推定される。

(4) 水源を自噴および手押ポンプのみに頼ることは水量的にも、寿命的にも限界がある。本調査に於ても他プロジェクトの維持管理状況を調査したが、対象集落へ十分な給水を行うためには動力ポンプが必要であると判断された。

(5) 以上の事項を総合して、飲料水供給施設としてプロジェクト対象の6箇所に以下の施設を建設することを提案する。なお、水量規模は $10\text{ m}^3/\text{日}$ ～ $78\text{ m}^3/\text{日}$ である。

- 1) 深井戸（深度 $180\text{ m}$ ～ $220\text{ m}$ ）……安全な深層地下水の取水。
- 2) 水中モーターポンプ……安定した供給水量を確保する。
- 3) 発電機……公共電力がないため、ポンプ動力として設置（建屋に収容）。
- 4) 給水塔……貯水のほか、将来、集落内に配管を布設して給水することを可能にする。
- 5) 公共水栓……給水塔の近傍に設置（地上）し、村民に給水。

(6) ここでの問題点は、水供給施設完成後の維持管理およびその費用負担である。前回のJICA井戸およびインドネシア政府が作った井戸の維持管理は住民に委ねられているが、公共用手押ポンプ等は完成後数箇月で壊れたままに放置されているのが実情であり、動力ポンプのついた井戸でも燃料費の不足また故障によって長期間にわたり休止していたりする。一番の問題点は、住民に相応の金銭的負担能力がない事である。

本対象地区は水需要の緊急度が高くかつ経済的負担能力の低いと判断される地域であるので、当初は保健省の支援を得て、地域に管理共同組合等を組織するほか維持費／補修費を保健省が負担／補助するなど、維持管理面での技術的・財政的援助が必要と判断される。

(7) 上記の問題がインドネシア政府によって解決されるという前提のもとに今後のスケジュールを立てると次の様になる。

1) 設計調査（8か月間）……1986年5月～1986年12月  
（試掘井工事調査および実施設計）

2) 施設工事（5か月間）……1986年11月～1987年3月

(8) 施設建設にあたり、インドネシア側の責と費用においてなされるべき事項は次の通りである。

① 施設予定場所の土地の確保と提供。



- ② 土地の整地。
  - ③ アクセス道路・橋の整備。
  - ④ カウンターパートの提供。
  - ⑤ 試掘井完成後、施設工事に至る期間中の井戸の保守。
- (9) 水供給施設の工事は現地業者によって施工するものとする。6ヶ所全体の概算工事費は次のようである。

工 事	工 事 費
深 井 戸 6 本 ( 試掘井を本設井 ) ( に転換利用する )	Rp. 1 7 1,4 0 0,0 0 0.- = US\$ 1 5 3,7 0 0.- = ¥ 2 7,7 0 0,0 0 0 円
ポ ン プ お よ び 地 上 構 造 物 ( 6 ヶ 所 )	Rp. 2 2 3,3 0 0,0 0 0.- = US\$ 2 0 0,3 0 0.- = ¥ 3 6,1 0 0,0 0 0 円
合 計	Rp. 3 9 4,7 0 0,0 0 0.- US\$ 3 5 4,0 0 0.- = ¥ 6 3,8 0 0,0 0 0 円

( 1986年3月現在換算レート Rp. 1,115 = US\$ 1.00 = 180円 )



# 第1章 プロジェクト地域の水理地質

## 1.1 位置および地形

地下水調査地域は、北スマトラ州アサハン県のマラッカ海峡に面する海岸低地および丘陵地に位置する（図1-1に示す）6サイトである。これらの地域を概略的に地形区分すると、以下の3地区に大別される。

- 1) 海岸平野ないし低平地。
- 2) 丘陵ないし斜面地域。
- 3) 山地地域。

図1-1で判明する通り、プロジェクトサイト6地区すべてが、地形的に標高100m以下の地域である。サイト№1および№2は海岸平野の低平湿地や水田に囲まれた標高数m以下の地域に位置している。他の4サイトは丘陵地のオイルパームやゴムのプランテーションに取囲まれた標高25m～50mの地域に位置する。

プロジェクト地域の地形と土地利用の関係は非常に明瞭で、オイルパームやゴムのプランテーション地域は丘陵部に、水田は低平地に、その他は湿地帯の未利用地域である。

## 1.2 水文気象

調査対象地区のアサハン県は熱帯性気候区に位置する。環境地質局（1983）の発行した水理地質図によれば、北スマトラ地域の年平均降雨量は北スマトラ北東部マラッカ海峡に面した海岸平野で1,750mm、一方インド洋に面する南西部の海岸平野では3,000mmに達する。アサハン県のプロジェクト地域では約1,750mm/年である（図1-2）。図1-3にプロジェクト地域の水文気象状況（アサハン県・セイダダップ気象観測所1983年の降雨、気温、蒸発量など）を示す。

### 1) 降 雨

セイダダップ1983年の年間降雨量は1,416mmであった。熱帯気候区に位置する北スマトラ地域は、雨期と乾期を明瞭に区別していないが、一般的な概念として降雨量が60mm/月以下の続く場合を乾期とし、一方降雨量が100mm/月以上続く場合を雨期と呼べば、プロジェクト地域では5月から11月が雨期に当り、この期間に年降雨量の86%が集中している。

1983年の例では、1月から4月が降雨量の少ない乾期で、5月を除いて40mm/月以下であった。気象統計によれば1983年のメダンの年間降雨量は2,054.2mmで、比較的降雨量の少ない1月から4月は38.5mm/月から85.1mm/月、降雨の多い5月から12月には、128.6mm/月から355.2mm/月の多量の雨が降っている。

### 2) 気 温

セイダダップ観測所における1983年の月平均気温は、26.0℃から26.8℃と1年間を通してほとんど変化がない。一方、日変化については、午前7時、午後1時、午後6時の日平

均気温はそれぞれ23.7℃、31.5℃、27.0℃となっている。

### 3) 蒸発量

セイダダップ1983年の月平均可能蒸発量は、12月が最も少なく83.7mm、最も多いのは10月で127.1mmであった。年平均可能蒸発量は1,314.2mmで年間降雨量1,416mmの94.7%に達している。このため可能蒸発量は、雨期を除く1月から4月は降雨量よりも多くなる。現実的な蒸発散量は、可能蒸発量に係数0.7を乗じたものがより現状に近い。

### 4) 河川流量

アサハン県における河川は、概して南西部の火山山系に源を発し、マラッカ海峡に向って北東に流れている。アサハン川は同地域において最も流量が多く、火山山系のトバ湖にその源を発している。プロラジャ地点における1983年の月平均流量は4月が62.2m<sup>3</sup>/secと最も少なく、12月が158.1m<sup>3</sup>/secと最も多くなっている。これらのデータは水資源総局による1977年から1986年までのものでそのうち1983年の月毎の河川流量を図1-3に示した。地域の月別降雨量と比較すると比較的相関性が高いことがうかがえる(しかし、水力発電用の放流水も含まれている事から、これらのデータを基に地域の流出量を推定することは困難である)。

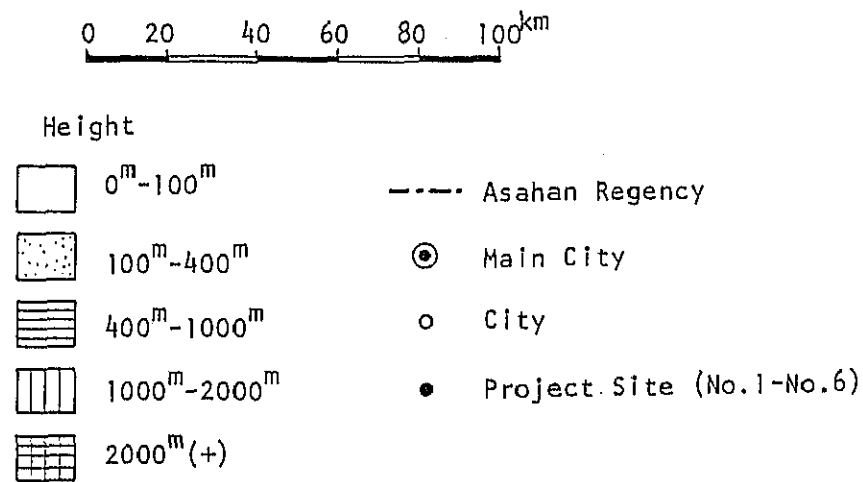
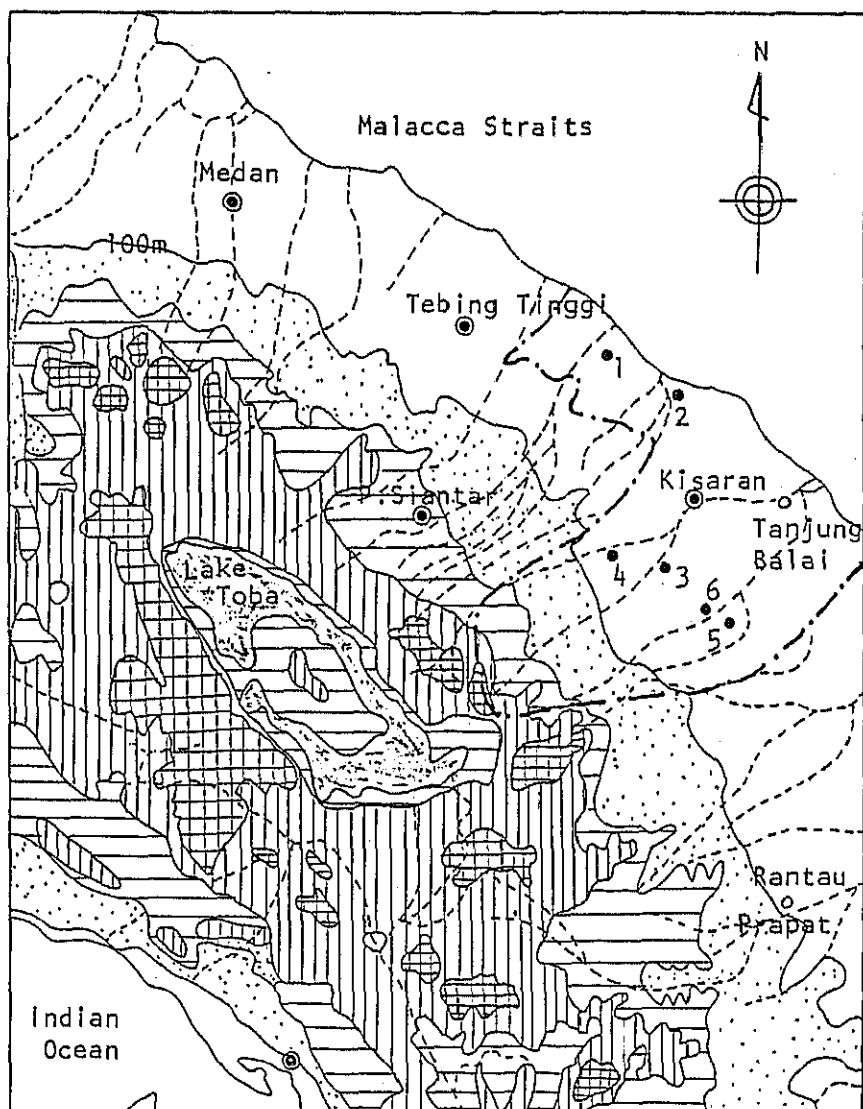


FIG. 1-1 LOCATION AND TOPOGRAPHY OF ASAHAN REGENCY, NORTH SUMATRA

図 1-1 北スマトラ地区地勢図

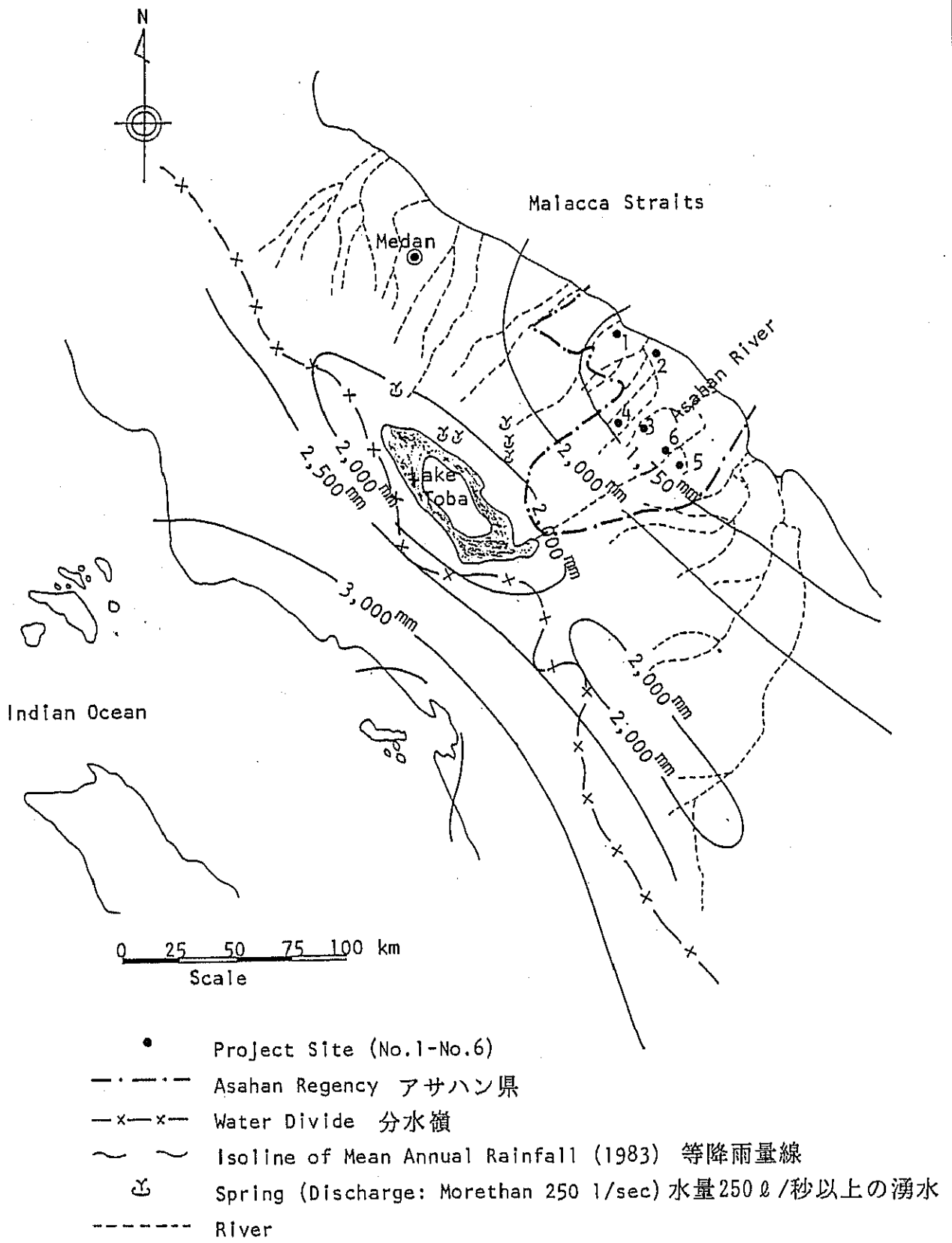


FIG. 1-2 ANNUAL RAINFALL IN NORTH SUMATRA AREA

図 1-2 年間降雨量(北スマトラ)

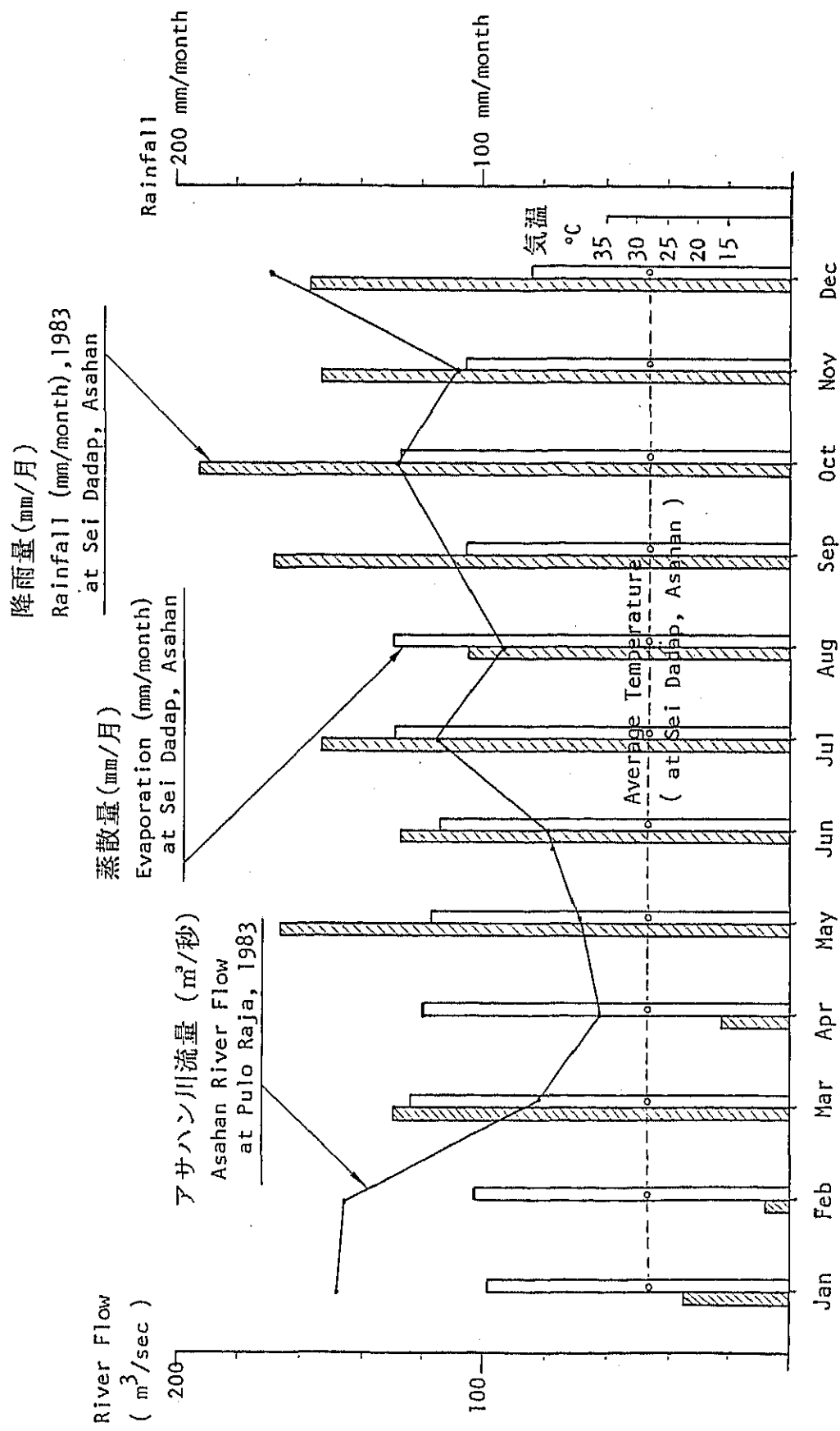


FIG. 1-3 HYDROMETEOROLOGICAL CONDITION IN THE PROJECT AREA  
 図 1-3 気象状況と河川流出量(アサハン県)

### 1.3 水理地質

プロジェクト対象アサハン県の地下水開発可能性について、地形・地質状況に沿って検討すると以下の4タイプに区分できる。

- 1) 第四紀沖積層の分布する海岸平野地域
- 2) 第四紀火山性碎屑物の分布する丘陵地域
- 3) 第三紀および先第三紀堆積岩の分布する丘陵・山地地域
- 4) 花こう岩・変成岩類の分布する山岳地域

上記水理地質区分において、上位ほど地下水の賦存する可能性が高く、図1-4に水理地質図として要約した。

プロジェクト対象6サイトは、それぞれ第四紀沖積層の分布する海岸平野と第四紀火山碎屑物の分布する丘陵地域に位置し、両地域とも地下水潜在性の高いことが予測される。被圧地下水盆は海岸平野に沿って存在し、サイト№1と№2がこの被圧地下水盆の縁辺部に位置し、深層地下水は自噴する可能性がある。一方その地域に分布する浅層地下水は、水質的に飲料水として不適切なものである。

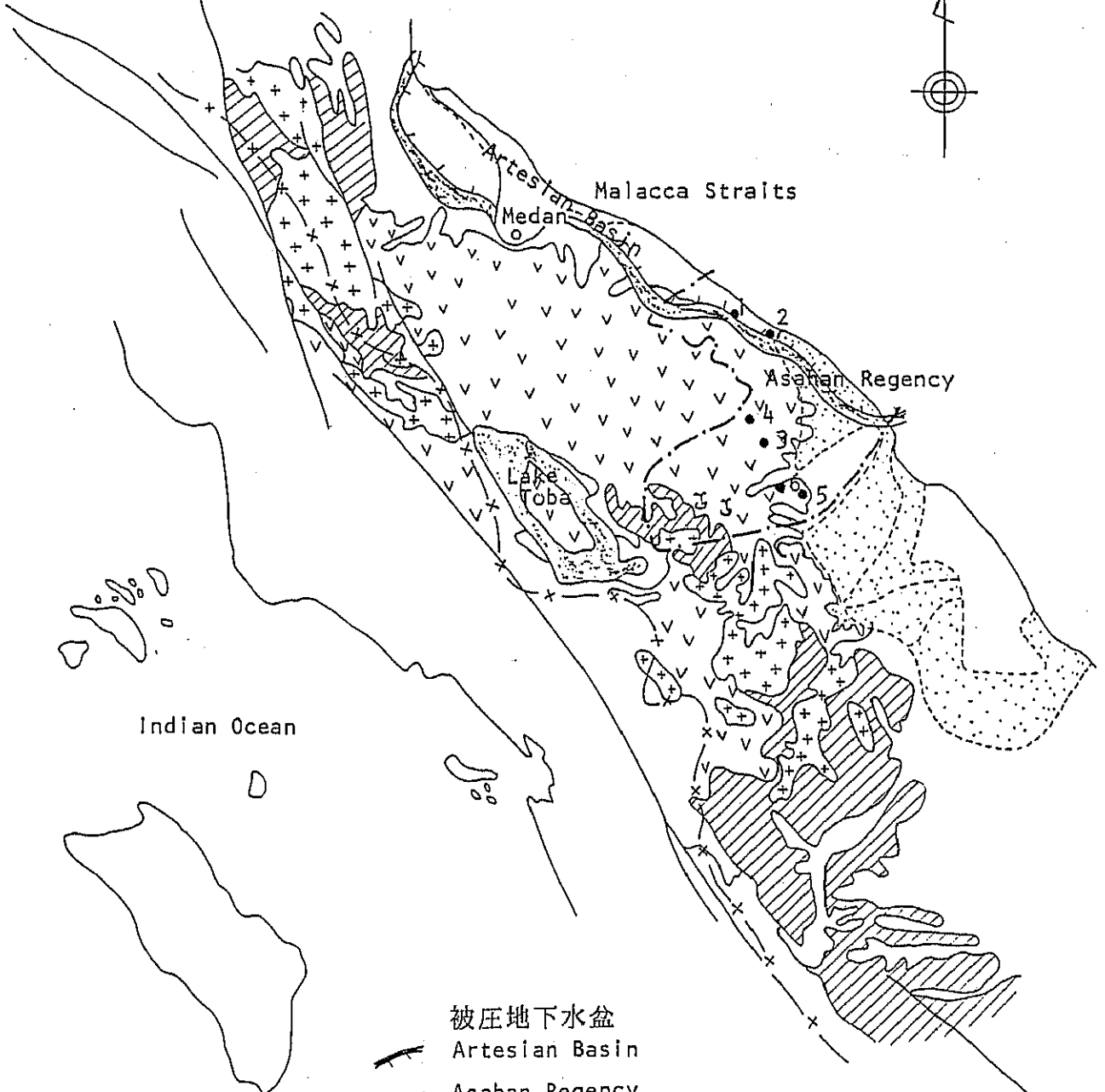
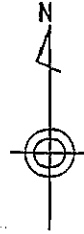
既存資料に基づき、図1-5に地域の概略的水理地質断面を示した。地下深度260m内外までにおいて、自由帯水層、半被圧帯水層、被圧帯水層から成る5層の帯水層群が、下記の様に認められる。

- I. 自由帯水層 (深度 1 ~ 10 m 帯)
- II. 半被圧帯水層 (深度 30 ~ 50 m 帯)
- III. 被圧帯水層 (深度 60 ~ 100 m 帯)
- IV. 被圧帯水層 (深度 130 ~ 160 m 帯)
- V. 被圧帯水層 (深度 200 ~ 230 m 帯)

上記帯水層区分においては、被圧帯水層 III、IV、V (深度 60~230 m) の3層が地下水開発対象層として重要であり、住民の飲料水として水質・水量とも適切と推定される。



Data: DEG, Bandung, 1983



0 25 50 75 100 km  
Scale

- 被圧地下水盆 Artesian Basin
- Asahan Regency
- Water Divide 分水嶺 〽 Spring 湧水
- Main Fault 断層
- Project Site (No.1-No.6)
- 沖積層(堆積物)(地下水賦存量が大きい)
- 火山性堆積物(地下水賦存量が大きい)
- 固結堆積物(地下水賦存量が小さい)
- 火成岩・変性岩類(地下水賦存量が非常に低い)
- 水質の悪い地下水(浅層地下水)

図 1-4 水理地質図(北スマトラ)

FIG. 1-4 HYDROGEOLOGICAL MAP OF  
ASAHAN REGENCY, NORTH SUMATRA

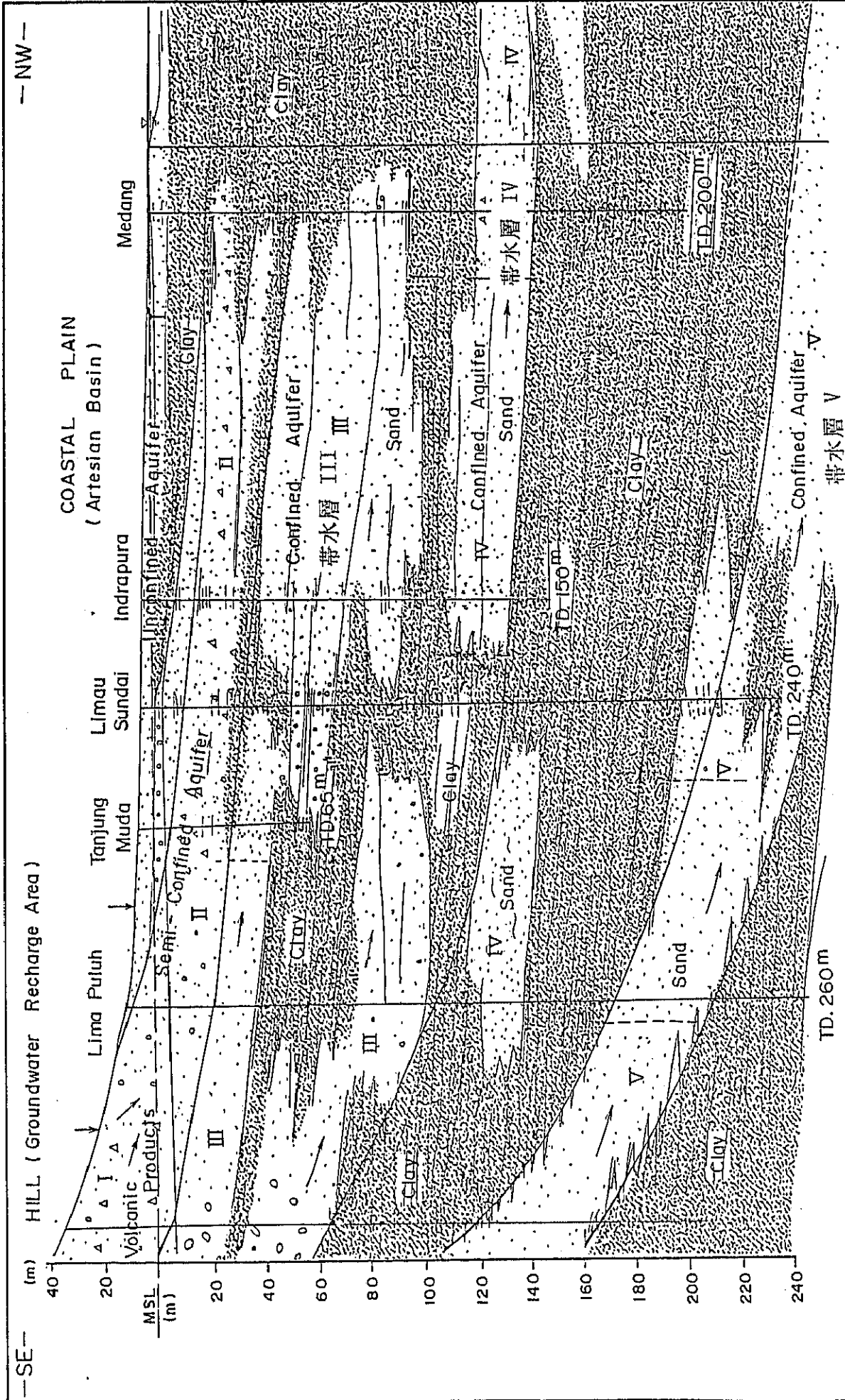


図 1-5 水理地質断面図 (アサハシ県)  
 FIG. 1-5 HYDROGEOLOGICAL CROSS SECTION (ASAHAN REGENCY)

## 1.4 地下水評価

既存の揚水試験資料に基づき、帯水層特に地下水開発対象層としての被圧帯水層について評価を行った。図1-6は1981年にJICAが建設した深井戸の揚水量－水位降下曲線を示す。曲線①③は被圧帯水層Ⅳのインドラプーラおよびメダンの揚水試験結果で、 $190\text{ m}^3/\text{日}$ と $210\text{ m}^3/\text{日}$ のところに変曲点が見られる。水位降下はそれぞれ $16.5\text{ m}$ と $5.4\text{ m}$ である。一方リマウスンダイの被圧帯水層Ⅴの試験結果では $200\text{ m}^3/\text{日}$ 、水位降下 $12\text{ m}$ においても変曲点は認められていない。

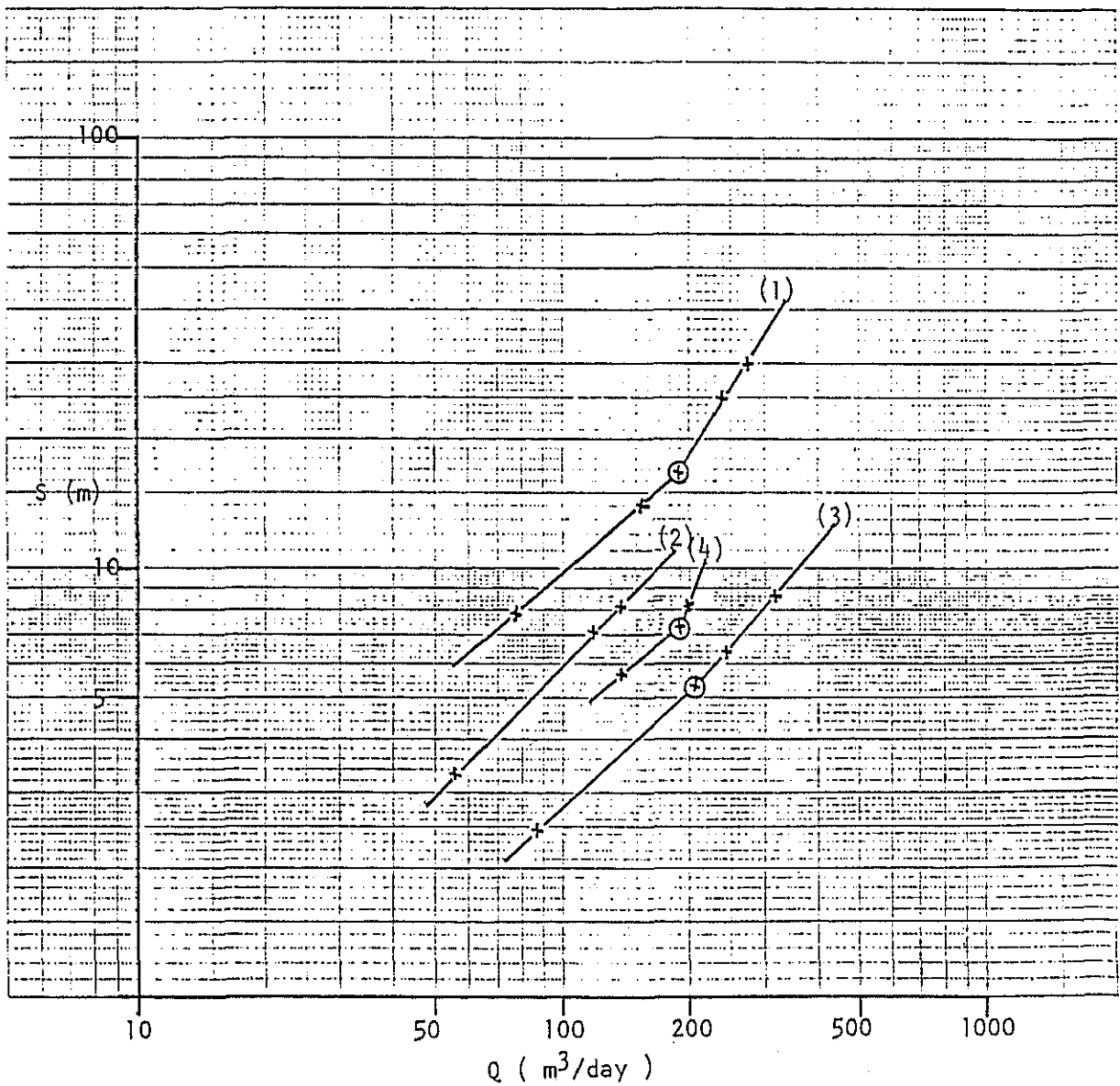
上記の事実より、当プロジェクトサイトにおける地下水開発においても深井戸1井当り $200\text{ m}^3/\text{日}$ 程度の揚水量が、水位降下 $15\text{ m}$ 位において期待できると思われる。

表1-1にプロジェクト地域に期待される帯水層の性質を要約し、地下水開発に予測される事項を下記に列挙する。

- 1) プロジェクト地域には5層の帯水層群が認められているが、中でも被圧帯水層のⅡ、Ⅳ、Ⅴ(深度 $60\sim 230\text{ m}$ 帯)が、プロジェクトの開発対象帯水層として重要である。深井戸掘削深度は $150\sim 250\text{ m}$ 程度と予測される。
- 2) 海岸に近い低平地では、被圧帯水層の自噴が期待される。例えば、サイト№1および№2の地域である。しかしこの自噴も水量的には最も条件の良い海岸地域で $29\sim 87\text{ m}^3/\text{日}$ 、一般的には $9\sim 16\text{ m}^3/\text{日}$ であり、5年前に建設されたJICA井戸においては自噴量の減退が著しく、長期的に安定して住民の飲料水を供給するためには、発電機付動力ポンプが必要である。
- 3) プロジェクトサイト№3、№4、№5および№6は、丘陵地帯に位置し自噴は期待できない。しかし水量・水質的には、自噴の期待される海岸地域より良好と推定される。
- 4) プロジェクト地域の被圧帯水層の水質は基本的に水温・pHが高く、また汚染とは関わりのないアンモニアが検出されるかもしれない。既存のJICA井戸は、アンモニアは $0.5\sim 0.7\text{ ppm}$ 、pHが $8.0\sim 9.0$ 、水温が $35\sim 37\text{ }^\circ\text{C}$ である。本プロジェクトサイトでもこの傾向はさげられない。しかしながらサイト№1および№2では、現在飲料水として適さないような着色水を生活用水として利用している。そのためにその地域で開発可能で、より衛生的な地下水を開発供給することが緊急に必要である。他のサイト№3、№4、№5および№6においても同様に、衛生的で安定した生活用水の開発と供給が、早急に必要であると認められた。

図 1-6 被圧帯水層の解析

FIG. 1-6 EVALUATION OF CONFINED AQUIFER



- Note:
- (1) Indrapura's Deep Well ( JICA,1981 )  
Aquifer IV ( 108-134 m )  
 $Q=190\text{m}^3/\text{d}$   $s=16.5\text{m}$   $SC=11.5\text{m}^3/\text{d}/\text{m}$
  - (2) Limau Suindai's Deep Well ( JICA,1981 )  
Aquifer V ( 200-228 m )  
 $Q=200\text{m}^3/\text{d}$   $\Delta S=12.0\text{m}$   $SC=16.7\text{m}^3/\text{d}/\text{m}$
  - (3) Medang's Deep Well ( JICA,1981 )  
Aquifer IV ( 100-112 m, 118-148 m )  
 $Q=210\text{m}^3/\text{d}$   $\Delta S= 5.4\text{m}$   $SC=38.9\text{m}^3/\text{d}/\text{m}$
  - (4) Sei Buah Keras's Deep Well ( JICA,1981 )  
Aquifer III & IV ( 88-100 m, 124-136 m )  
 $Q=190\text{m}^3/\text{d}$   $\Delta S= 7.3\text{m}$   $SC=26.0\text{m}^3/\text{d}/\text{m}$

表 1-1 プロジェクト地域地下水賦存帯水層の要約

帯水層区分	開発地域	既存井戸の例	自噴状況	水理状態	水 質	評価
[ I ] 自由帯水層 深度 1-10 m	海岸低地 丘陵地帯	調査地全域	-	-	着色水や人為 的汚染が多い	-
[ II ] 半被圧帯水層 深度 30-50m	丘陵地帯	タンジュン ムダ(60m)	-	Q=10-20 m <sup>3</sup> /d ΔS=14 m SC=0.85m <sup>3</sup> /d/m	水温 27.4℃ EC 210 μS/cm pH=6.8	-
[ III ] 被圧帯水層 深度 60-100m	海岸低地	メダンダラス (60-100m)	自噴高 0.5-0.6m 水量 8.6-13m <sup>3</sup> /d	Q=40 m <sup>3</sup> /d (推定)	水温 32-35℃ EC 580-710 pH=7-8 NH <sub>4</sub> 0.5-7 Fe 0.1-1 Cl 20-200	開発 対象
[ IV ] 被圧帯水層 深度130-160m	海岸低地 丘陵地帯	メダン(165m) インドラプラ (140m) セイブア クラス(160m)	自噴高 1.5-3.2m 水量 29-86m <sup>3</sup> /d 水量減退	Q=210 m <sup>3</sup> /d ΔS=5.4m SC=38.9m <sup>3</sup> /d/m	水温 35-37℃ EC 900-2,200 pH=8-9 NH <sub>4</sub> 1-1.9 Fe 0-0.3 Cl 3.4-41	開発 対象
[ V ] 被圧帯水層 深度200-230m	海岸低地 丘陵地帯	リマウスン ダイ(240m) リマプルー (260m)	自噴高 2.4-2.7m 水量 5.6m <sup>3</sup> /d	Q=200 m <sup>3</sup> /d ΔS=1.2m SC=16.7m <sup>3</sup> /d/m	水温 35-37℃ EC 420 pH=8-8.5 NH <sub>4</sub> 1.5-2 Fe 0-0.06 Cl 6-12	開発 対象

(注) Q : 揚水量  
 ΔS : 水位降下  
 SC : 比湧水量  
 EC : 電気伝導度 (μS/cm)  
 NH<sub>4</sub> : アンモニア性窒素 (ppm)  
 Fe : 鉄 (ppm)  
 Cl : 塩素イオン (ppm)

## 1.5 電気探査

電気探査 (Geoelectric Prospecting) は、地下水探査手法として最も一般的なものである。野外での調査は、2組4本の電極棒を地上にセットし、地殻比抵抗をそれぞれの測定点に沿って計測する。調査手法の1つとしてウェルナーの4極法 (Wenner's 4-electrode system) と呼ぶものは、図1-7に概略を示すような方法で電流を通じて比抵抗値を測定する。

ウェルナー手法による比抵抗値の計測は、電圧と電流の比に電極間隔の係数を乗じて下記のような式で求められる。

$$\sigma = 2 \pi a \times V / I$$

$\sigma$  = 地殻比抵抗

$a$  = 電極間隔

$V$  = 電 圧

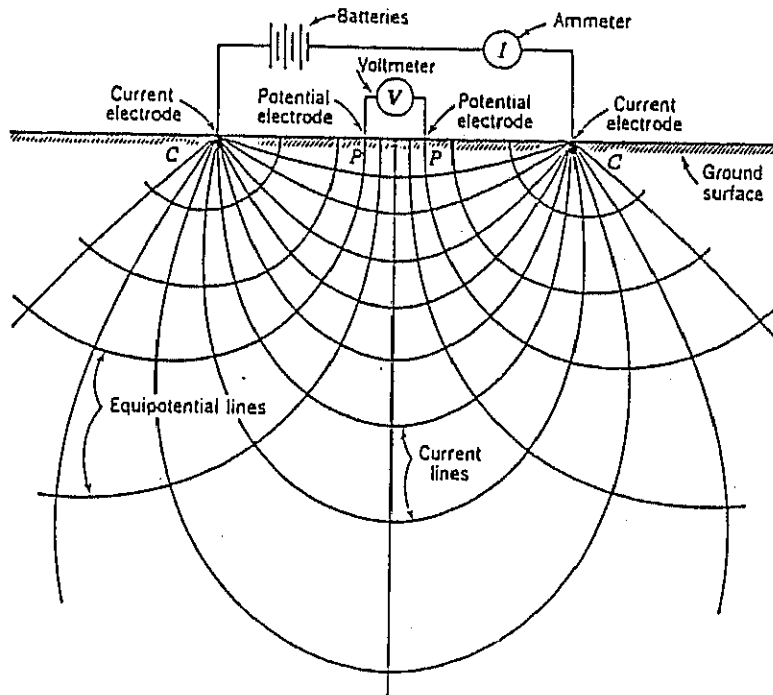
$I$  = 電 流

地殻比抵抗測定値と深度の関係を log-log 用紙に記録し、解析及び水理地質的解釈を行うことにより、地下水賦存状況、地質構造、帯水層の深度等を知ることが可能で、地下水を開発する場合の最適井戸深度を求めることが出来る。図1-8はシロウマラジャ村の電気探査結果の標準曲線解析法と直視法による解析法の過程を示したものである。

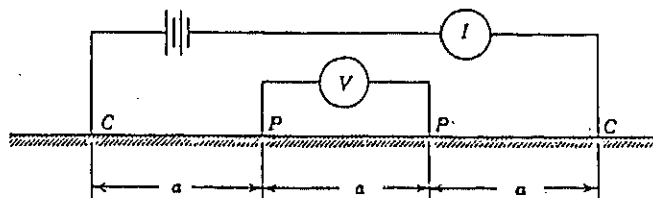
調査には日本よりの供与資材である電気探査装置 (ES-G2) および日本よりの携行装置 (ES-G1) を使用し、カウンターパートの野外技術移転も含めて、電気探査作業を実施した。

FIG. 1-7 GEOELECTRIC PROSPECTING  
AND WENNER METHOD

図 1-7 ウェルナー電気探査法



電極配置図



Common electrode arrangements for  
resistivity determination.

LOG LOG

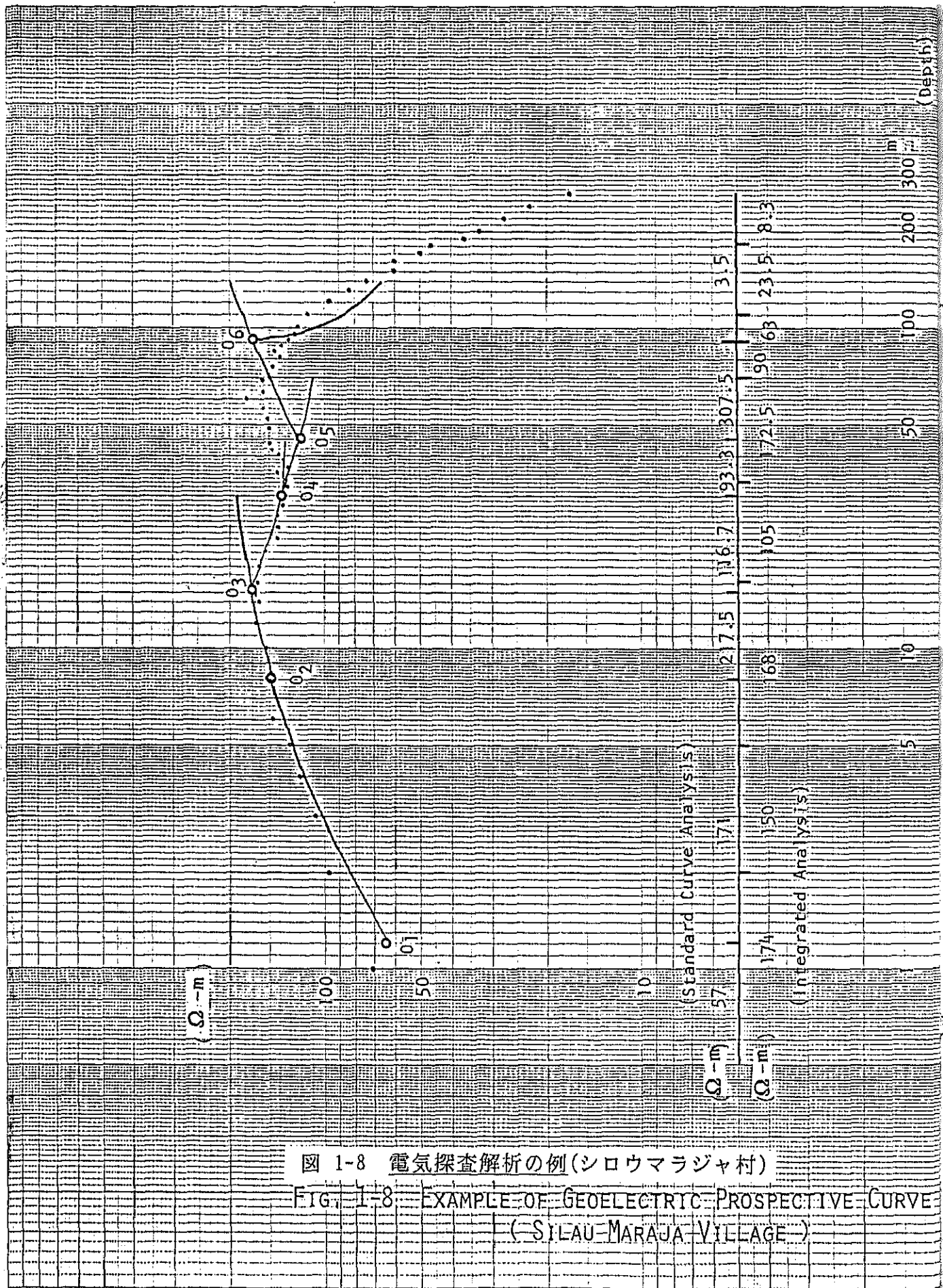


図 1-8 電気探査解析の例(シロウマラジャ村)

FIG. 1-8 EXAMPLE OF GEOELECTRIC PROSPECTIVE CURVE (SILAU-MARAJA VILLAGE)



## 第2章 プロジェクト対象地域の概要

### 2.1 シンパンガンブス村第16部落

(1) この村は、リマブルー郡に属し、インドラプラから県道を7km東下したところに村の入口がある。村は県道付近から12kmほど東に広がっている。

村の構成は16部落で、全人口7,802人、総戸数1,566となっている。面積は882ha、そのうち水田が491ha(56%)を占める。土地は比較的平坦で、東方の海岸に向かってだんだん低くなっている。この村は中央がプランテーションによって東西に二分されているが、深井戸建設予定地はこの東部の東北端に位置する第16部落である。

村の主な建物は、学校8、モスク2、小モスク7、教会1、村役場1となっている。公共電力は未だ布設されていない。

現状の水利用状況についてみると、全村民が浅井戸に依存している。深井戸は存在していない。県道付近では水質は比較的よいが、東下するにつれて浅井戸の水位は浅くなり、水質が悪化している。村を分断しているプランテーション内には1985年に建設された深井戸(深さ135m)を有する給水システム(水中ポンプ、発電機、高架水槽、配水管)がある。

#### (2) 第16部落

深井戸建設候補地であるこの部落は、隣の第12部落と共に、1955年に北タバヌリから移住してきたバタック人によって開拓された集落であり、これは丁度1981年にJICAが深井戸を建設したリマウスンダイ村と同様の社会経済状況を呈している。

この第16部落の人口は350人、戸数60、すべて農業に従事している。いわゆる開拓村なので、民家は道路をはさんで両側に間断なく配列されていて、水供給施設を計画するには格好な家並である。

60戸のうち、自家用の浅井戸を有するのは8戸であり、その他は、2ヶ所の公共浅井戸(1966年および1967年に建設)から水を汲んでいる。いずれの井戸も水質がにごっているなど悪く、また乾期には水位が低下して水が汲みにくくなる。

1986年1月に水系伝染病であるコレラが流行し、8人の患者のうち2人が死亡した(18才男および3才女)。コレラの流行は1969年以来のことである。

この第16部落は、第12部落と隣接しているので、深井戸が建設されれば、第12部落の住民のひんばんな利用も期待できる。

(No.) : Name of Sub-Village

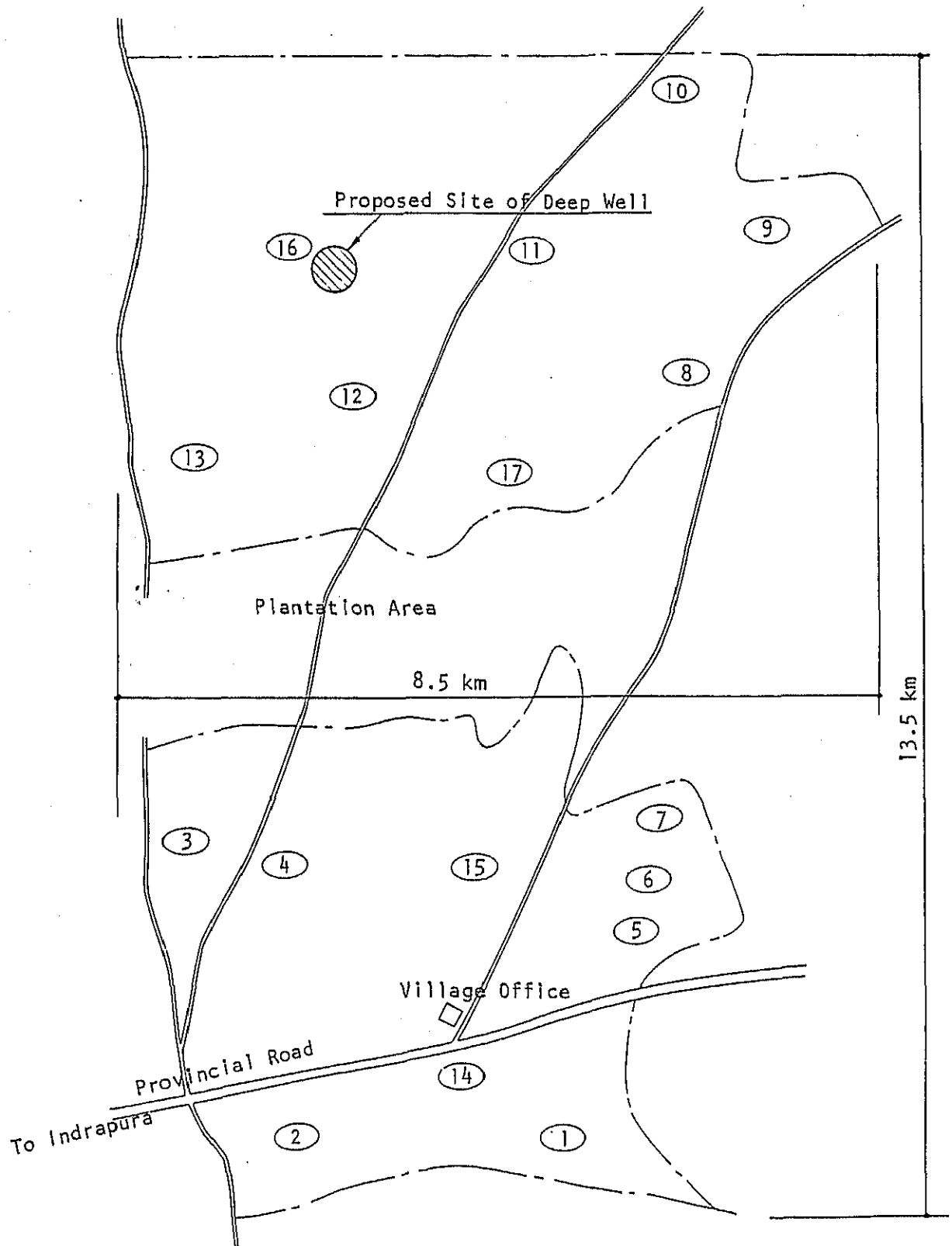
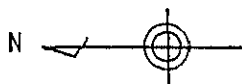


図 2-1 シンパンガンブス村概略図

FIG. 2-1 SCHEMATIC MAP OF  
SIMPANG GAMBUS VILLAGE



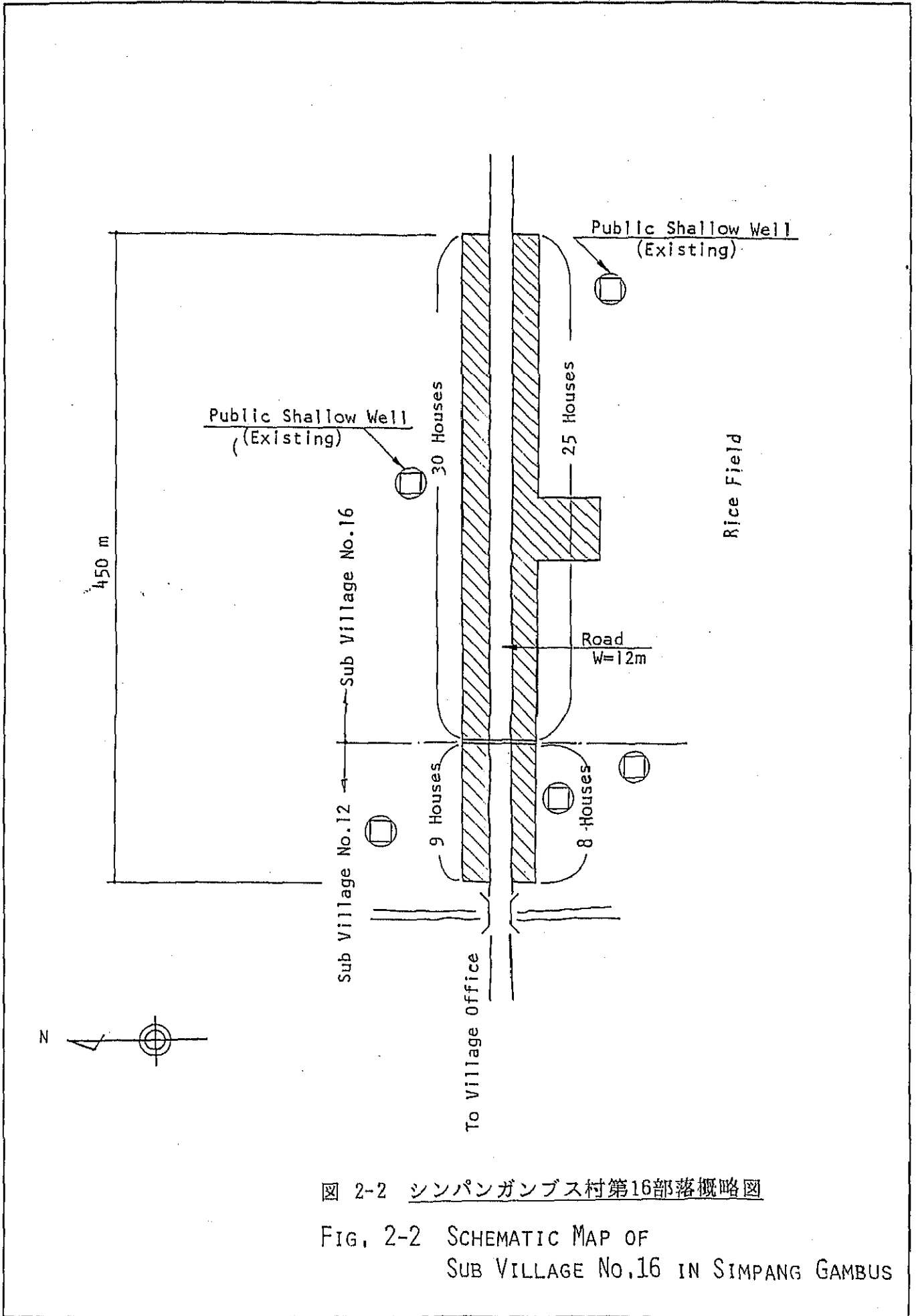


図 2-2 シンパンガンブス村第16部落概略図

FIG. 2-2 SCHEMATIC MAP OF  
SUB VILLAGE No.16 IN SIMPANG GAMBUS

## 2.2 ウジュンクブ村プマタンパオ部落

### (1) ウジュンクブ村

この村はタンジュンチラム郡に属し、その全19村のうち、最も大きな村で、人口12,229人(男6,634、女5,595)で2,495戸を擁する海に面した村である。面積は10,000 ha、そのうちプランテーションが2,200 ha、林野が1,500 haを占めている。

主な建物は、モスク2、小モスク22、教会7、村役場1である。村民の職業は農業が大部分で73%、漁業5%、家内業16%となっている。宗教は回教81%、新教(キリスト)19%である。

水利用については、村の中心(西部)に9本の深井戸(公共1本、私設8本…深度80m)がある他は、浅井戸利用である。

### (2) プマタンパオ部落

深井戸建設候補地は、この村の20部落のうちの第2番目に大きいプマタンパオ部落で、村の最東部、海に近いところに位置している。人口約1,300人、250戸の集落である。前節のシンパンガンブス村第16部落と同様に、北タパヌリから移住してきた(1963年)バタック人によって形成された開拓部落であり、ほとんどが農業に従事している。宗教は回教16%、キリスト教84%となっている。

伝染病についてみると、コレラが時々発生し死者を出しているケースがある。

公共電力は布設されていないで、最近2台の発電機を導入して、全戸給電が実現した。負担費用は一軒あたり1,000ルピア/月(10ワット)である。

水利用については、すべて浅井戸で、約%戸数が井戸を所有している。水位は地面下0.5~1.0mと非常に浅く、水質は今回の対象地区のうちで最も悪い。黄橙色した色度および濁度の高い水で、明らかに飲料不適であるが、他に水源がないため、これが飲用にも供されている。生活用水(飲用水も含めて)に支出できる費用は、現状の電気料から考えて、1戸あたり200ルピア/月程度であろう。

浅井戸2ヶ所の水質試験結果を示す。

水質試験結果(プマタンパオ部落)

番号	井戸		水温 °C	濁度 ppm	色度 ppm	pH	電気 伝導度 μS/cm	アンモニ ア性窒素 ppm	亜硝酸性 窒素 ppm	鉄 ppm	細菌 個/ml	大腸菌 群 個/ml	
	種類	深さ m											水深 m
No.1	浅	1.5	0.8	29	-	200	6.9	910	1.2	0.05	0.8	300	150
No.2	"	1.5	0.8	29	-	200	6.7	360	1.2	0.05	0.8	250	100

- (解) ○両方とも似た水質であるが、No.1の方がより汚染されている。  
 ○色度、鉄、アンモニアが高く、いずれも飲用不可である。  
 ○高色度の原因は鉄分と土中の溶解有機物のためであろう。  
 ○アンモニア性窒素・亜硝酸性窒素・細菌・大腸菌群の存在からして、いずれも人為汚染を受けている。

○ : Location of Sub Village

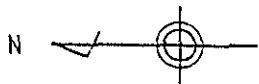
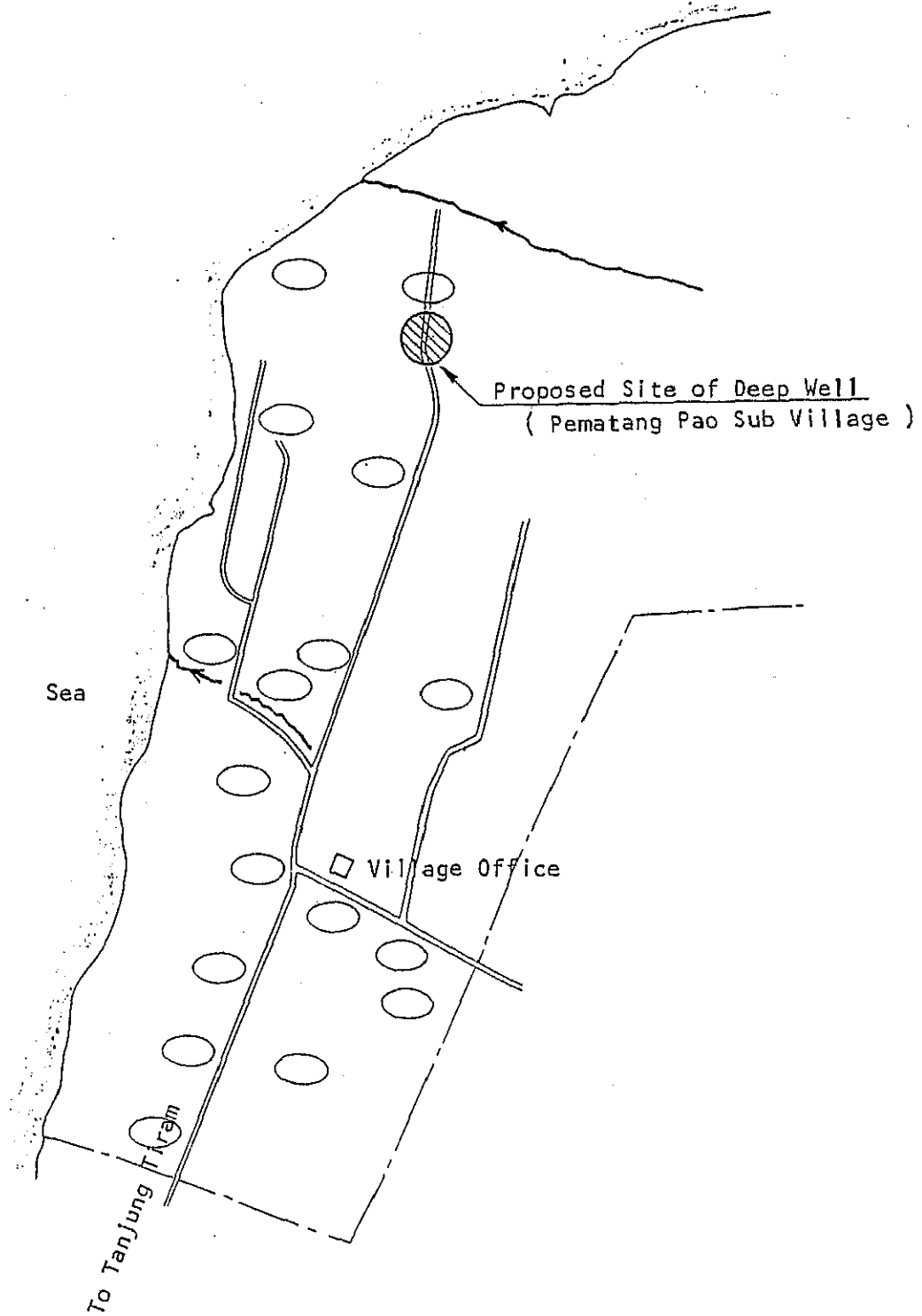


図 2-3 ウジュンクブ村概略図

FIG. 2-3 SCHEMATIC MAP OF  
UJUNG KUBU VILLAGE

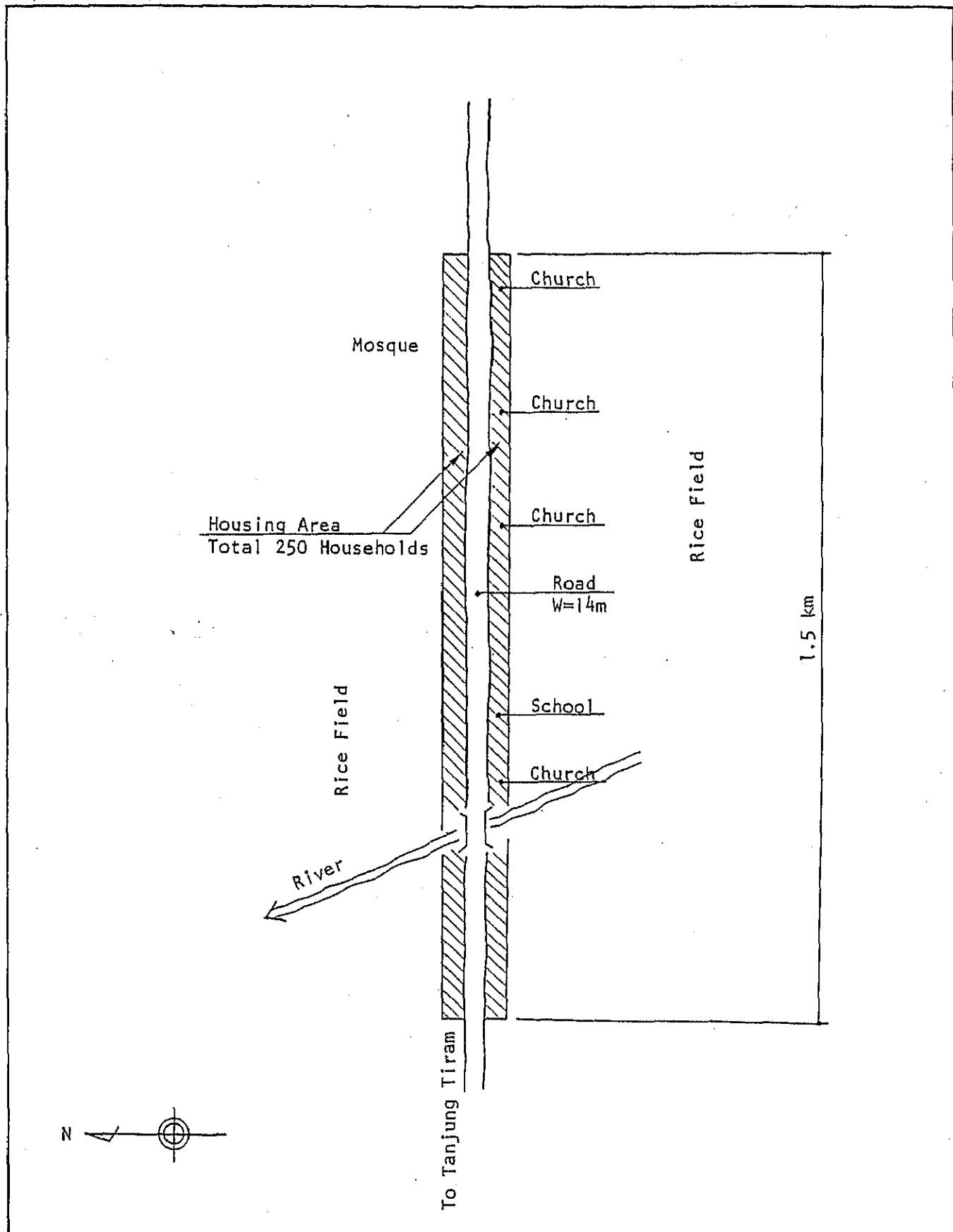


FIG. 2-4 SCHEMATIC MAP OF  
PEMATANG PAO SUB VILLAGE

図 2-4 ウジュンクブ村プマタンパオ部落概略図

## 2.3 ティンギラジャ村

### (1) 村の概要

ブンツバネ郡に属する村で、周囲のプランテーションの立地に伴い、1929年に居住が始まった。現在人口6,246人、戸数1,071で、全村13部落から成る。全面積は2,141 haで水田が250 ha(12%)、一方、ゴム・やし・カカオ等のプランテーションが1,845 ha(86%)と大部分を占めている。

人種構成はジャワ人(73%)とバタック人(24%)であり、宗教は回教(99%)である。職業は農業(36%)とプランテーション従事(26%)が大半である。

公共電力は1986年内に布設される計画となっている。現在は約250戸(23%)が私設発電機で電気を利用している。

### (2) 水利用状況

現状の水利用状況は大きく3地区に分類することができる。

分類1：村役場に近い地区。

浅井戸と川水を併用している。家庭に深さ3 mほどの井戸があるが水質が悪く、用途は洗濯・水浴である。むしろ川水の方が外観上清浄であり、飲用・料理用には近くの川水が利用されている。

分類2：小高い土地。

水源はやや深い(8 m~13 m)浅井戸で、水質は前記よりも良い。ただし、築造費が20万ルピアと高価なので数は多くない。また乾期には水が枯れて取水できないので、遠く川まで水汲みに行かなければならない。

分類3：プランテーションに囲まれた地区。

浅井戸に依存している。水質は上記2種の間である。

上記3地区のうち、水供給施設の緊急度が高いのは、分類2の小高い土地である。事実、大統領令による深さ20 mの手押しポンプ付き井戸5本はこの地区に設置された。ただし、この井戸はいずれも手押しポンプがこわれたまま放置されて現在は使用されていない。

浅井戸の水質分析結果を示す。

水質試験結果(ティンギラジャ村)

番号	井戸			水温 °C	濁度 ppm	色度 ppm	pH	電気伝導度 μS/cm	アンモニア性窒素 ppm	亜硝酸性窒素 ppm	鉄 ppm	細菌 個/ml	大腸菌群 個/ml
	種類	深さ m	水深 m										
No.1	浅	-	-	25.9	20	50	7.0	130	0.4	0.0	0.5	500	50
No.2	"	2.5	1.0	26.7	15	100	7.1	210	0.6	0.0	0.3	500	30
No.3	"	13.0	3.0	27.5	0	1	6.5	510	3.5	0.15	0.2	30	15

- (解) ○ ㍿1は保健所の浅井戸であるが、濁度・色度・鉄・アンモニア性窒素・細菌・大腸菌等の数値から、明らかに人為汚染されている。  
○ ㍿2は㍿1と類似の水質であるが更に汚染を受けている。  
○ ㍿3は外観は清浄であるが、大腸菌が検出されている。アンモニア性窒素が高いのは人為汚染よりも地層の性質によるものであろう。

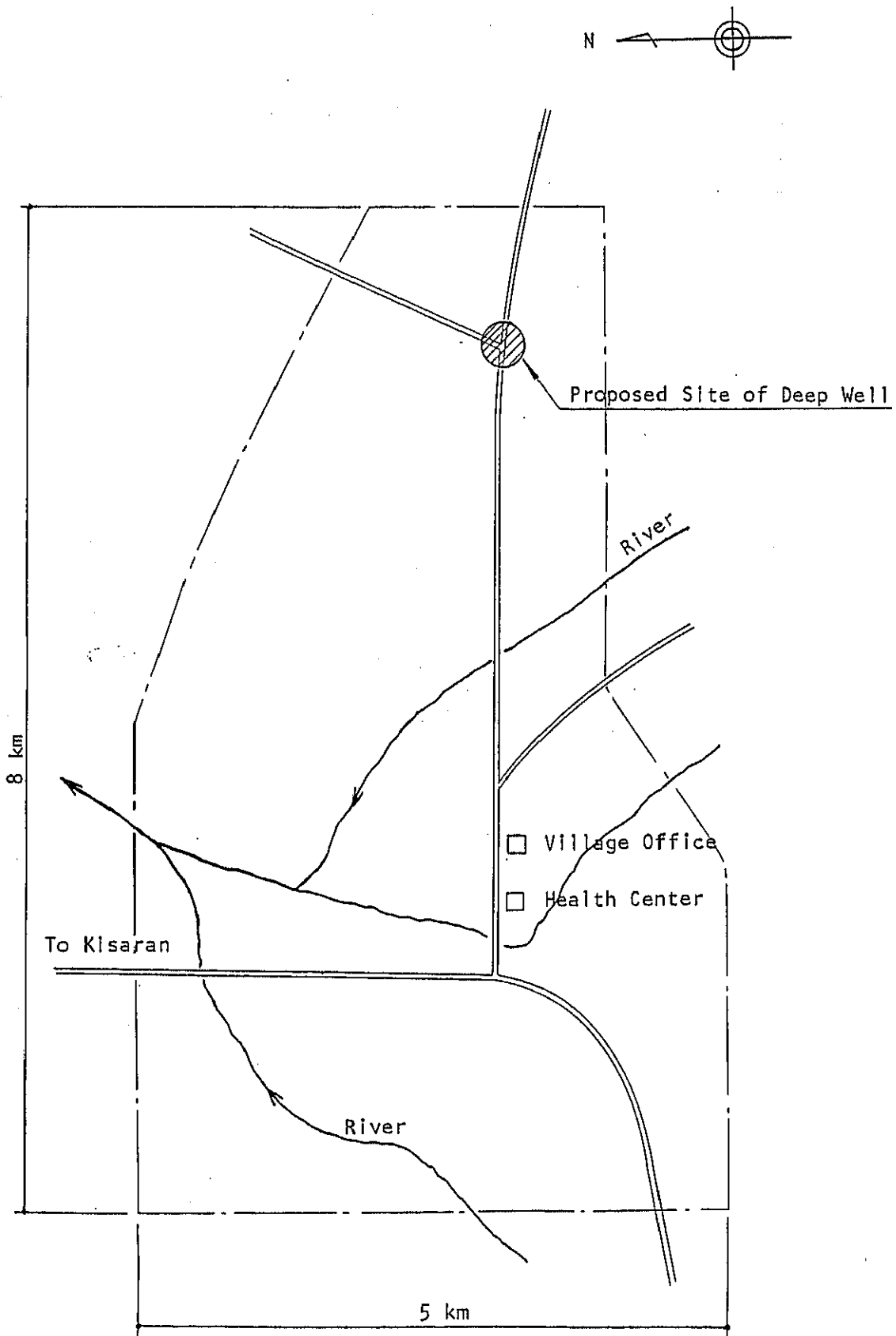


図 2-5 ティンギラジャ村概略図  
 FIG. 2-5 SCHEMATIC MAP OF  
 TINGGI RAJA VILLAGE



## 2.4 シロウマラジャ村

### (1) 村の概要

ブンツパネ郡に属するこの村は、1935年、北タバヌリからのバタック人の移住によって開設された。周囲のプランテーションはそれ以前から存在していた。アサハン県の主都であるキサランから南西へ約20 kmに位置する村である。

村の人口は1984年に1,900人(男966、女934)、戸数は345である。年間人口増加率は約5%と非常に高く、これは家族計画が実施されていないからとのことである。総面積は1,332 haでその構成は、プランテーション63%、水田17%、居住地8%、その他となっている。

村民のほとんどがプランテーションを含めて、農業に従事している。人種はバタック人(87%)とジャワ人(13%)であり、宗教は回教(32%)・キリスト新教(66%)・キリスト旧教(2%)となっている。

主な建物は、モスク1、小モスク2、教会8、村役場1である。

伝染病については、マラリア・コレラ・皮ふ病が時として発生し、1983年にはコレラで4人の村民が死亡した。

公共電力は未だ届いていないが、村の共同組合の手により発電機による電力供給が行われている。345戸のうち200戸(58%)が受電している。電力料は、平均一戸あたり5,000ルピア/月(125ルピア/ワット×40ワット)となっている。

### (2) 水利用状況

全戸が浅井戸を生活用水としている。井戸は比較的深く10 m～12 mであり、水深は雨期で2 mから、乾期で1.0～0.3 mへ低下する。水質は衛生的に安全とはいえない状態である。

井戸の深いことが村民の悩みであり、費用が高く(70,000ルピア)井戸の所有率は50%に過ぎない。また深いために子供達にとって危険であり、過去15年間に5人の子供が井戸に落ちて死んだ。

これまでに、大統領令による深度12 m～15 mの井戸がこの村に計14本設置されたが、そのことごとくが手押しポンプ故障のために現在使用されていない。

電気代として一戸あたり5,000ルピア/月を支払っていることから、この村での生活用水への費用は500ルピア/月/戸程度まで負担可能と判断される。

この村の浅井戸水とこの村から4 kmの位置にある深井戸(深度260 m)との水質試験結果を示す。

水質試験結果(シロウマラジャ村)

番号	井戸			水温 °C	濁度 ppm	色度 ppm	pH	電気 伝導度 μS/cm	アンモニ ア性窒素 ppm	亜硝酸 性窒素 ppm	鉄 ppm	細菌 個/ml	大腸菌 群 個/ml
	種類	深さ m	水深 m										
No.1	浅	10	-	27.0	0.5	1	6.2	205	0.4	0.0	0.0	120	240
No.2	深	260	-	30.7	1.0	2	6.9	202	0.0	0.0	0.0	0	0

- (解) ○No.1は浅井戸で、アンモニア性窒素・大腸菌群が検出されることから飲料不適である。  
○一方、No.2はIKKプロジェクトになる深井戸で、汚染を受けていない清浄な水である。

○ : Location of Sub Village

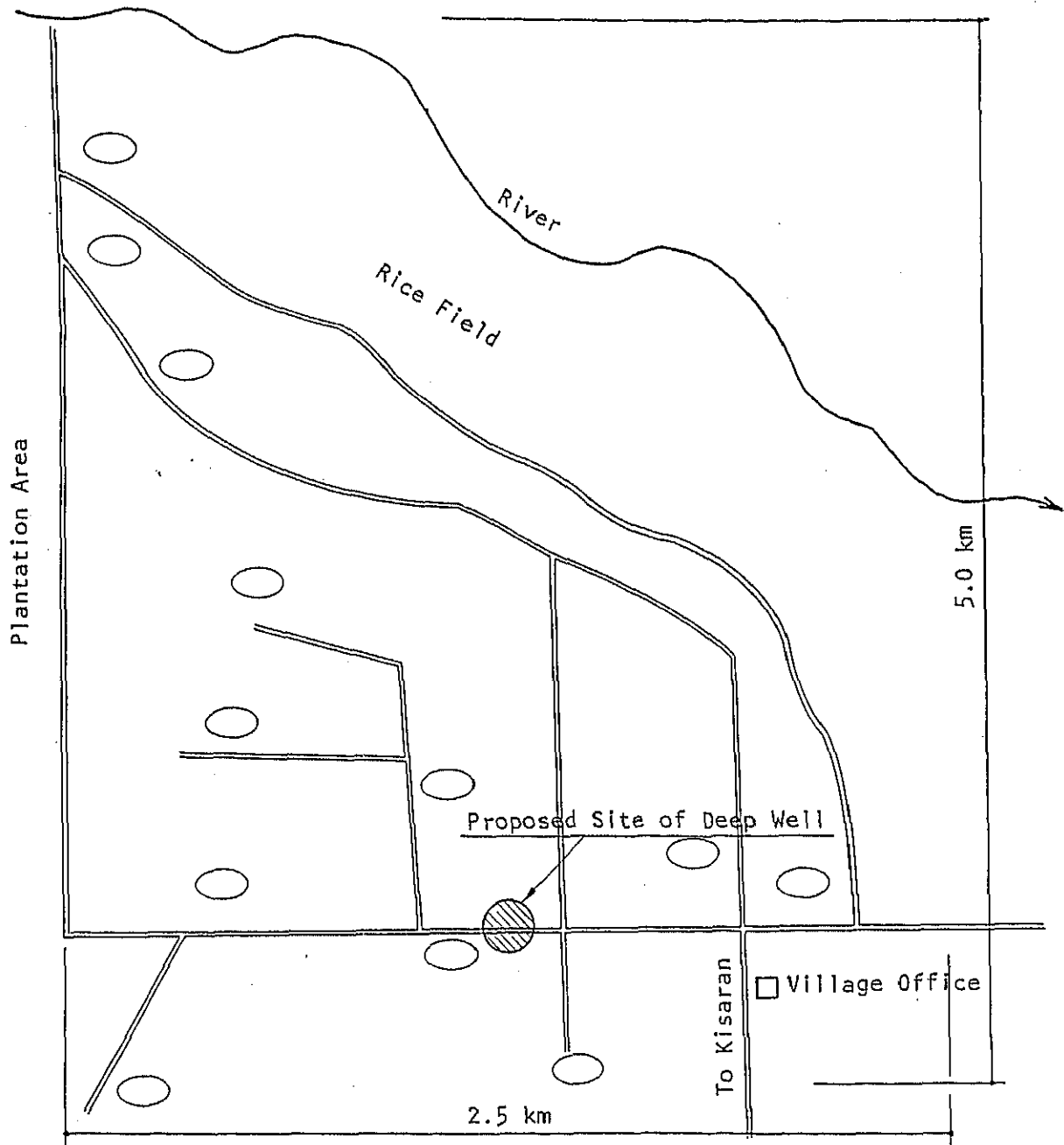
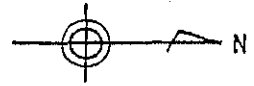


FIG. 2-6 SCHEMATIC MAP OF  
SILAU MARAJA VILLAGE

図 2-6 シロウマラジャ村概略図

## 2.5 パダンマホンダン村

### (1) 村の概要

プロラヤット郡に属するこの村は、1920年に近くに造られたベルギーのプランテーションの労働力要求に応じて、ジャワ人の移住により始まった。さらに1962年にはパタック人が農業を営むために移住してきた。1984年の人口は7,454人（男3,766、女3,688）、戸数1,414で、年間人口増加率は1.4%となっている。

土地は比較的なだらかで、総面積は9,113 haであるがその大半は林野（64%）であり、水田面積がこれにつづく。

村民のほとんどは農業（77%）に従事し、またアサハン川の漁業（4%）で生活しているものもある。人種の構成は、パタック人（71%）、ジャワ人（25%）、また宗教は回教（34%）・キリスト新教（47%）・キリスト旧教（18%）となっている。

主な建物はモスク3、小モスク3、教会19、学校7、診療所1、村役場1である。

公共電力は未だ通じていないが村の共同組合が発電機によって、840戸（59%）に給電している。電気代は平均1戸あたり2,800ルピア/月（単価＝10ワットにつき毎月1,400ルピア）である。

病気については、皮膚病とインフルエンザがほとんどで、コレラについては、1984年に3件発生したが、1985年には患者をみなかった。

### (2) 水利用状況

村民はすべて生活用水を浅井戸に依存している。深さは3～4 mでほとんどの家が自己所有している。水位は季節変動するが、乾期でも枯れることはない。ただしこれらの井戸は、単に土中に穴を掘ったような状態であり、保護壁もなく、衛生的に危惧すべき水である。

1976年に大統領令による井戸が10本設置された。そのうちの1本は診療所用であり、これは管理がなされているので、現在も使用されているが、他については手押しポンプの故障により使用されていないことは、他の村と全く同様である。

村内の2ヶ所の浅井戸水の水質試験結果を示す。

水質試験結果(パダンマホンダン村)

井戸 番号	井戸		水温 °C	濁度 ppm	色度 ppm	pH	電気 伝導度 μS/cm	アンモニ ア性窒素 ppm	亜硝酸性 窒素 ppm	鉄 ppm	細菌 個/ml	大腸菌 群 個/ml	
	種類	深さ m											水深 m
No.1	浅	4.0	-	27.8	1.0	2	7.5	230	0.0	0.0	0.0	500	1,000
No.2	"	4.0	-	32.6	0.5	2	5.7	180	0.0	0.0	0.0	-	-

- (註) ○No.1の井戸は細菌的に汚染されている。  
○No.2はpHを除いて化学的に問題ない。pHが低いのがこれは遊離炭酸によるものと判断されるので、利用上はさしつかえない。

(No.) : Number of Household

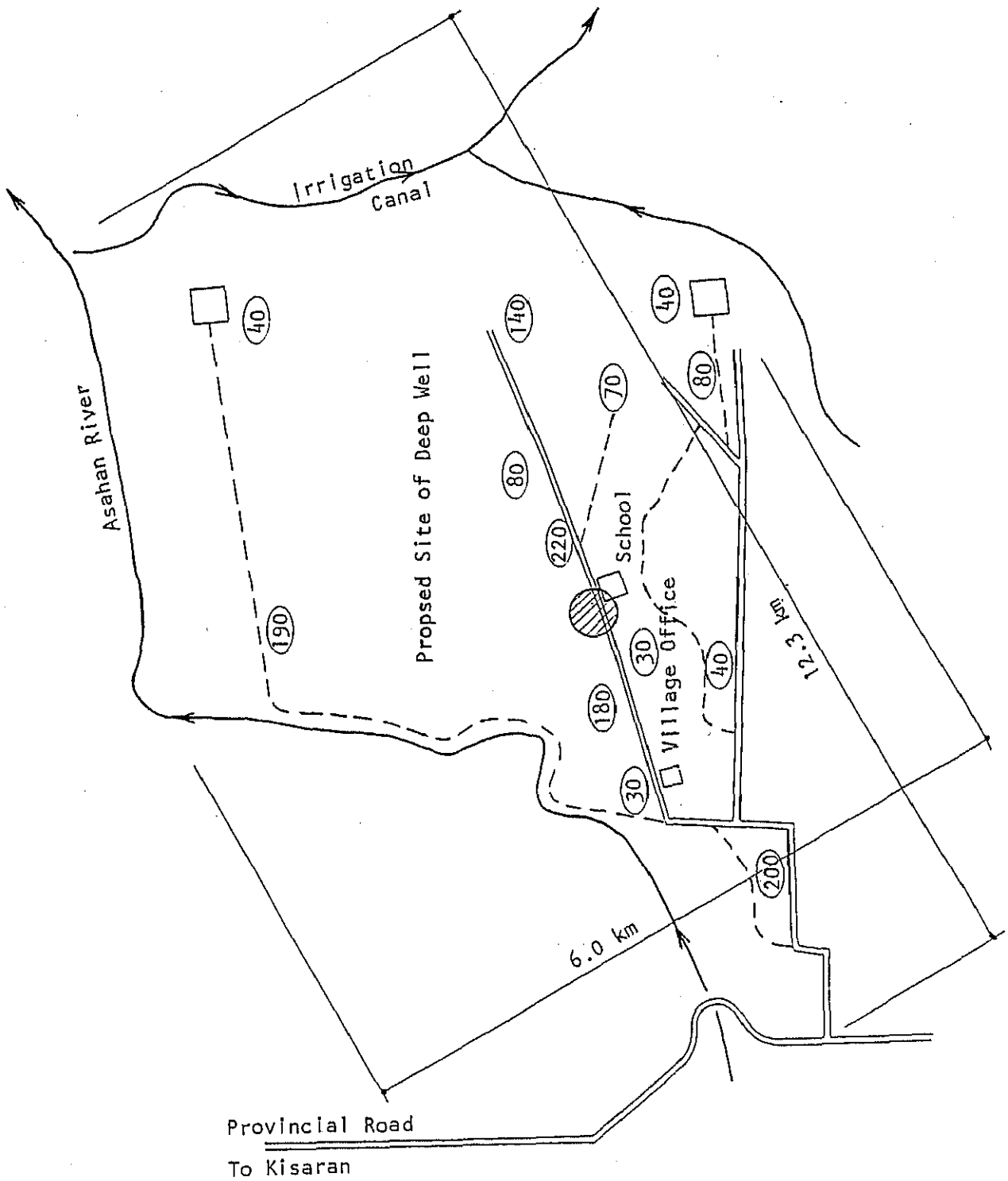
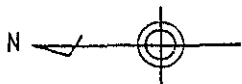


図 2-7 パダンマホンダン村概略図

FIG. 2-7 SCHEMATIC MAP OF PADANG MAHONDANG VILLAGE



## 2.6 プロラヤット保健所

この保健所はプロラヤット郡の2ヶ所の保健所のうちの1ヶ所で、敷地内に診療所1棟・病院(10床)1棟・職員住宅4棟が設置されている。

ここで現在利用されている水は、深さ6mの浅井戸で3月には水位が地面下2mであるが、乾期にはほとんど枯れてしまう状態であり、水量・水質ともに不十分であり、満足な病院・診療活動が行われていない。

ここに良質で十分な量の水の供給がなされれば、この郡の診療所・病院としてその機能が飛躍的に拡大するであろうことは間違いない。それは1980年にJICAがインドラプラ保健所に動力ポンプつき深井戸を建設して以来の同保健所の活動状況をもてもわかる通りである。

ここでの必要水量は、上記の全施設および24人の職員用水を含めて、1日あたり10m<sup>3</sup>と見積られる。

電力については、現在発電機によっているが、1986年中に公共電力(PLN)が通電する予定になっている。

現在利用されている保健所内の浅井戸の水質を示す。

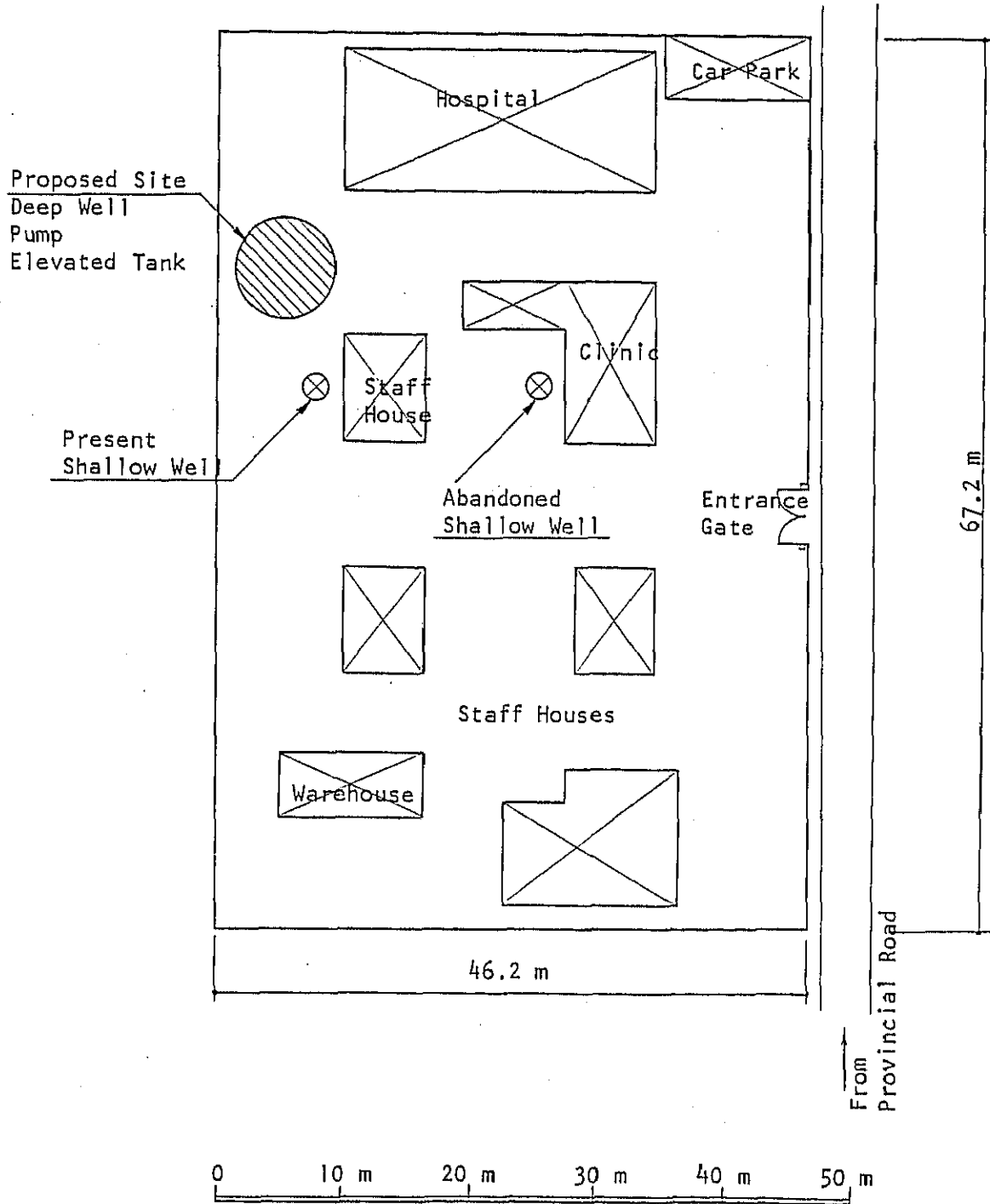
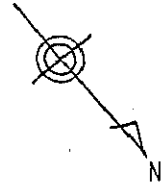
水質試験結果(プロラヤット保健所)

番号	井戸		水温 °C	濁度 ppm	色度 ppm	pH	電気 伝導度 μS/cm	アンモニ ア性窒素 ppm	亜硝酸性 窒素 ppm	鉄 ppm	細菌 個/ml	大腸菌 群 個/ml	
	種類	深さ m											水深 m
No.1	浅	6.0	4.0	31	0	0	6.8	110	0.0	0.0	0.0	90	80

(解) この井戸水は化学的には良好であるが、細菌的にみて汚染を受けている。

FIG. 2-8 SITE MAP OF  
PULAU RAKYAT HEALTH CENTER

図 2-8 プロラヤット保健所敷地図







## 第3章 対象地区の地下水探査

### 3.1 シンパンガンブス村第16部落

プロジェクト対象のシンパンガンブスの第16部落は、海岸低平地の標高数  $m$  内外の水田地帯に位置するが、後部はプランテーション（パームオイル）の発達する丘陵地帯となっている。既存の水源は手掘りの浅井戸（深度数  $m \sim 7 - 8 m$ ）で、人為的汚染が進んでいる。

第16部落内には深井戸はなく、後方の丘陵部プランテーション内に公共用深井戸（深度  $135 m$ ）が存在している。

地下水開発の可能性を検討するため、電気探査を丘陵部のプランテーション深井戸周辺と第16部落内において実施した。探査深度はそれぞれ  $260 m$  であり、その結果による水理地質状況を総合的に解釈したのが図3-1である。

調査地域に地下水の賦存する可能性は高く、地下深度  $160 m \sim 180 m$  において比抵抗値  $105 \sim 145 \Omega \cdot m$  を示す地層が被圧帯水層として地下水賦存の可能性が期待される。地殻比抵抗値は一般の沖積層地帯と比べて相対的に高く、粘土・シルト層が少なく、砂質層ないし火山性碎屑物の存在する可能性が高い。このため自噴の圧力はやや低いと判断される。

当プロジェクトサイトの地下水開発は下記の様に計画する。

- 1) 井戸掘削地点：対象集落内の海側の地点
- 2) 帯水層予測深度：  $135 m \sim 170 m$
- 3) 井戸掘削深度：  $180 m$
- 4) 井戸口径：  $\phi 6'' (150 mm)$

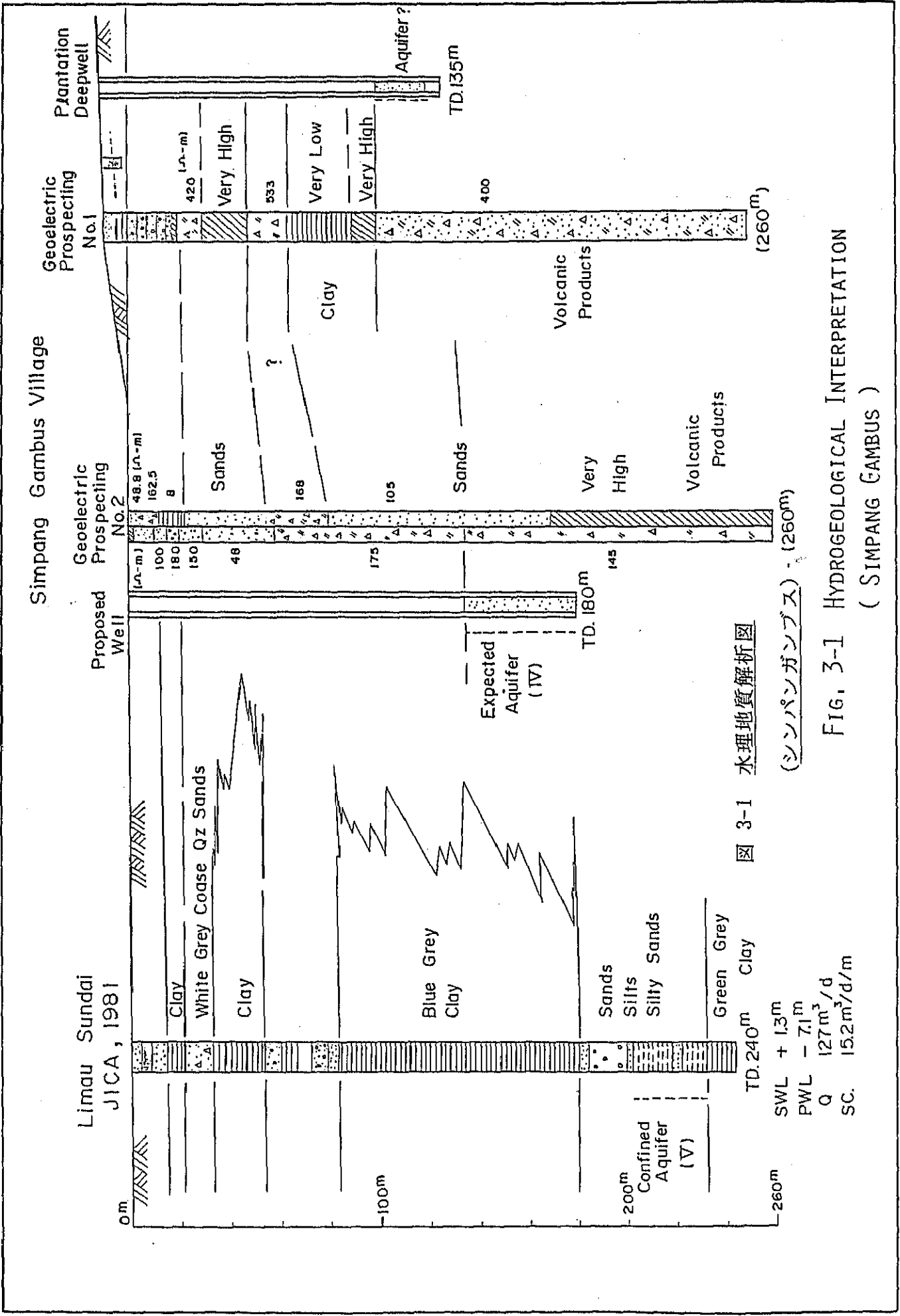


図 3-1 水理地質解析図

(シンパンガンブス) (260m)

FIG. 3-1 HYDROGEOLOGICAL INTERPRETATION  
( SIMPANG GAMBUS )

## 3.2 ウジュンクブ村プマタンパオ部落

プロジェクト対象地区のプマタンパオ部落は、海岸低平地の標高数  $m$  内外の水田地帯に位置する。既存の水源は浅井戸で、褐色～黄色に着色しており非衛生的な水である。同集落には深井戸はないが、3～4 km離れたウジュンクブ村の中心には公共用、個人用を含めて9本の深井戸（深度80～100  $m$ ）が存在し、水質は衛生的である。

地下水開発の可能性を検討するため、プマタンパオ部落の中心部と、ウジュンクブの深井戸（深度100  $m$ ）に近い位置の2ヶ所において電気探査を実施した。探査深度はそれぞれ260  $m$  である。地質的には単純で厚い砂礫層及び粘土層が存在する。図3-2に調査地域の水理地質状況を総合的に解釈したものを示す。

地下水の賦存する可能性は高く、地下深度130  $m$ ～170  $m$  において比抵抗値22～44  $\Omega\text{-}m$  を示す地層中に被圧帯水層(IV)が期待される。厚い砂質層と互層する厚い粘土層（比抵抗値2.6～6  $\Omega\text{-}m$ ）も存在し、自噴の可能性も高い。しかし自噴量そのものは多くを期待できない。水質は周辺の深井戸より衛生的であると思われる。

当プロジェクトサイトの地下水開発計画を下記の様に行う。

- 1) 井戸掘削地点：対象集落内の中央部ないし周辺の電気探査実施地域
- 2) 帯水層予測深度：130  $m$ ～170  $m$
- 3) 井戸掘削深度：180  $m$
- 4) 井戸口径： $\phi 6''$  (150  $mm$ )

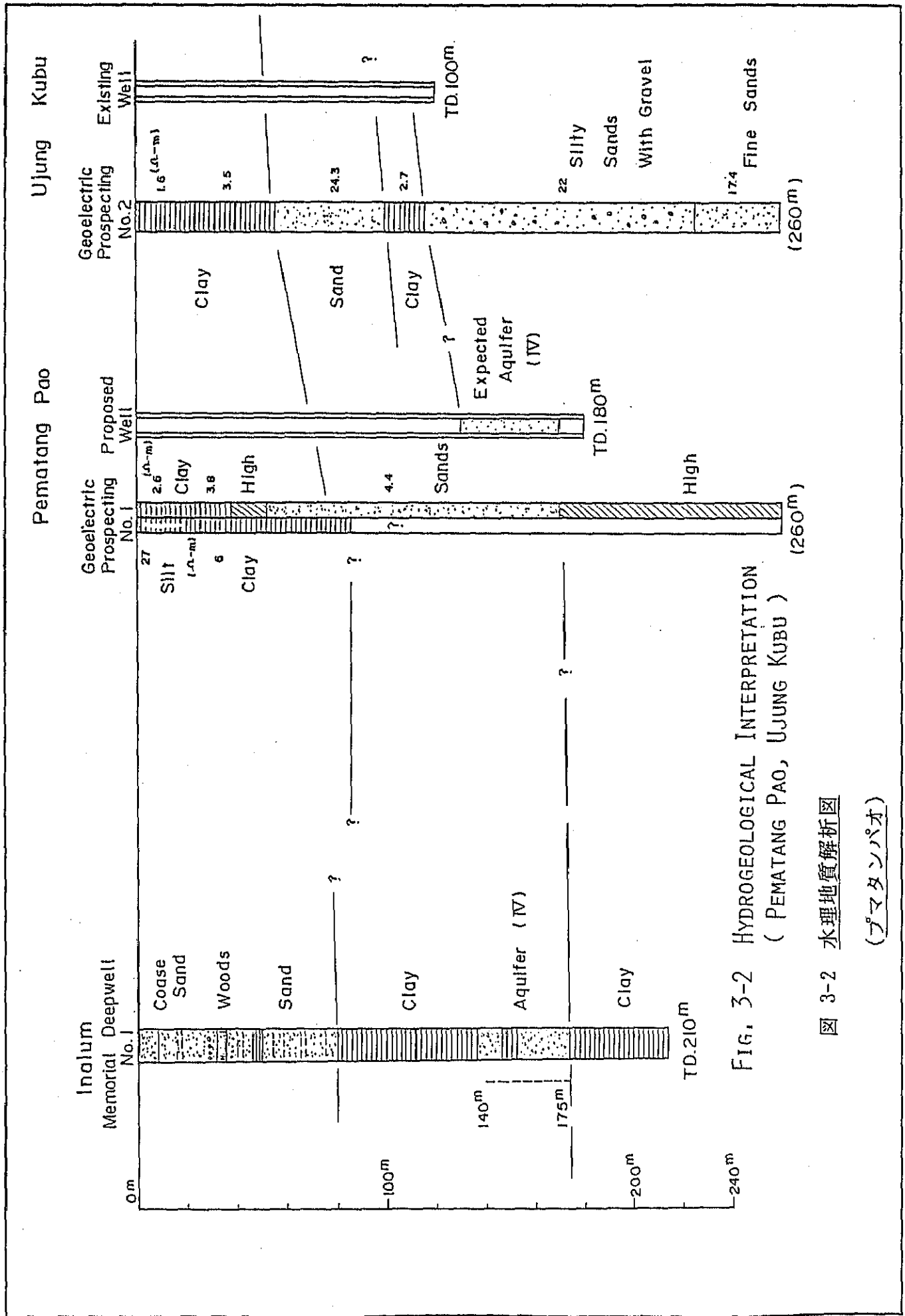


FIG. 3-2 HYDROGEOLOGICAL INTERPRETATION  
( PEMATANG PAO, UJUNG KUBU )

図 3-2 水理地質解析図

( プマタンパオ )

### 3.3 ティンギラジャ村

プロジェクト対象のティンギラジャ村は、河岸の低平地と丘陵部より構成され、給水対象の集落は丘陵部に位置する。既存水源は浅井戸であり、深井戸はなく、一部では河川水も生活用水として利用されている。丘陵部の浅井戸は深度が8～10 mあり、乾期には涸れるとのことである。

地下水開発可能性検討のため、電気探査を河岸低平地と丘陵の集落中心部の2点で実施した。探査深度はそれぞれ260 mである。

総合的に地下水賦存の可能性は高いと判断されるが、シルト、粘土層（比抵抗値1.7～17.3  $\Omega\cdot m$ ）が非常に厚く発達しているため、期待される被圧帯水層（比抵抗値57.5～58.5  $\Omega\cdot m$ ）は、河岸低平地で深度230 m以深、丘陵部では地表より190 m～210 mとかなり深い。井戸掘削は丘陵部に計画するが、厚い粘土、シルト層の発達のため、帯水層の被圧状態は良く、丘陵部でも自噴に近い水位を示すと予想される。水質についても十分衛生的であると判断される。

当プロジェクトサイトの地下水開発計画を下記の様に計画する。

- 1) 井戸掘削地点：対象集落丘陵部
- 2) 帯水層予測深度：190 m～210 m
- 3) 井戸掘削深度：220 m
- 4) 井戸口径： $\phi 6$  " (150 mm)

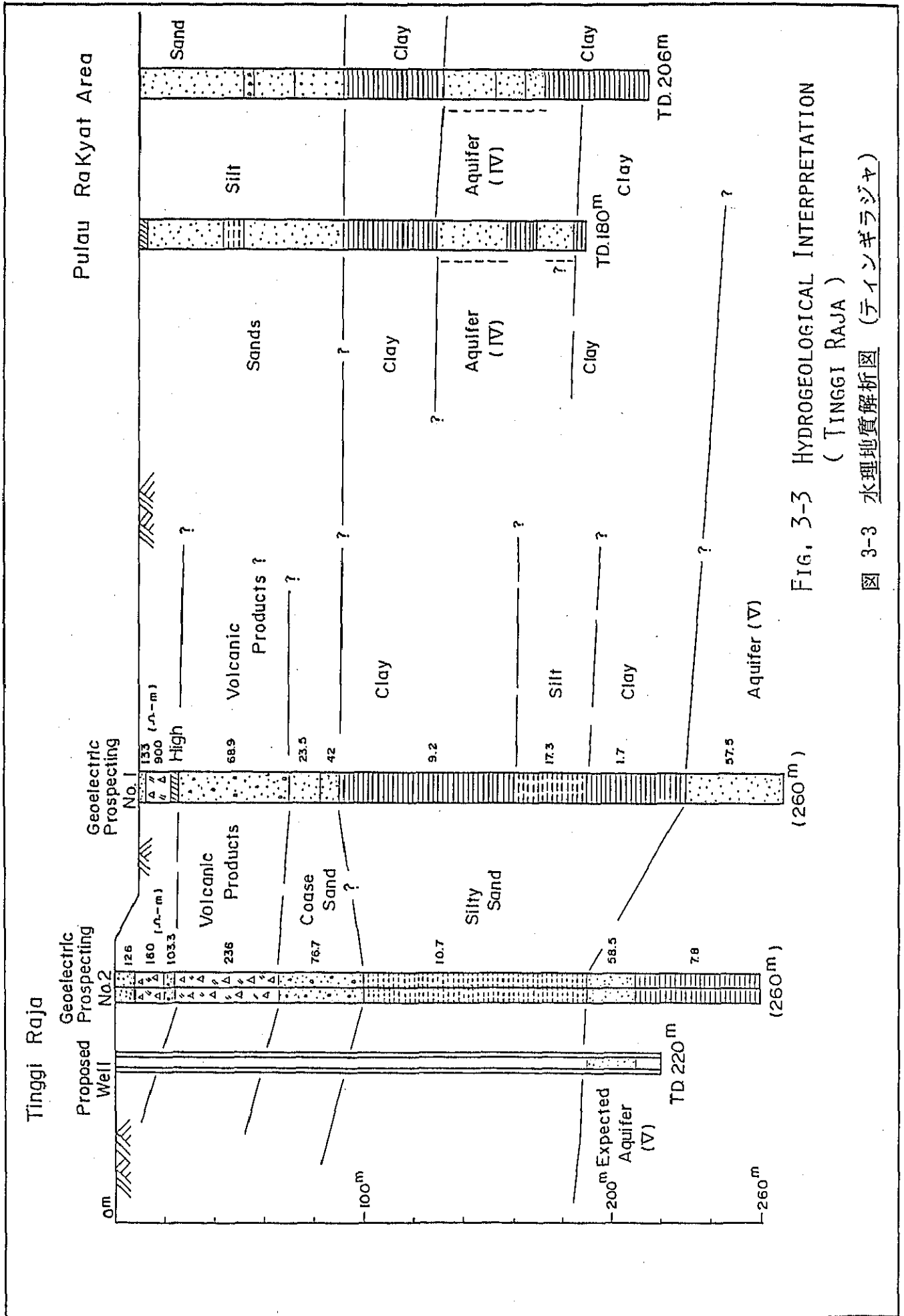


FIG. 3-3 HYDROGEOLOGICAL INTERPRETATION  
(TINGGI RAJA)

図 3-3 水理地質解析図 (ティンギラジャ)

### 3.4 シロウマラジャ村

プロジェクト対象のシロウマラジャ村は、丘陵部のゴムのプランテーションに囲まれた地域に位置する。既存水源は浅井戸であるが、質・量ともに十分でない。もちろん深井戸はない。

地下水開発可能性検討のための電気探査は丘陵部の集落の中心部において2点実施した。探査深度はそれぞれ260mである。

地下水賦存の可能性は当地域においても高いと推定されるが、期待する被圧帯水層(IV/V)(比抵抗値23.5~74 $\Omega$ -m)の層厚が他地域に較べて薄い可能性がある。そのため浅部(被圧帯水層、深度90m~130m、比抵抗値22.5~90 $\Omega$ -m)についても試掘中に検討する必要がある。ただし、当地域の主帯水層は深度170m~180mに期待される。5~6km離れた地域にIKKプロジェクトの深井戸がある。これは深度260mまで掘進され、自噴井に近い状態にあり、集落への給水は水中モーターポンプを利用した直送型で行なわれている。水質的には良好である。

当プロジェクトサイトの地下水開発は下記の様に計画する。

- 1) 井戸掘削地点：対象集落中心部
- 2) 帯水層予測深度：90m~130m及び170m~180m
- 3) 井戸掘削深度：190m
- 4) 井戸口径： $\phi$ 6"(150mm)

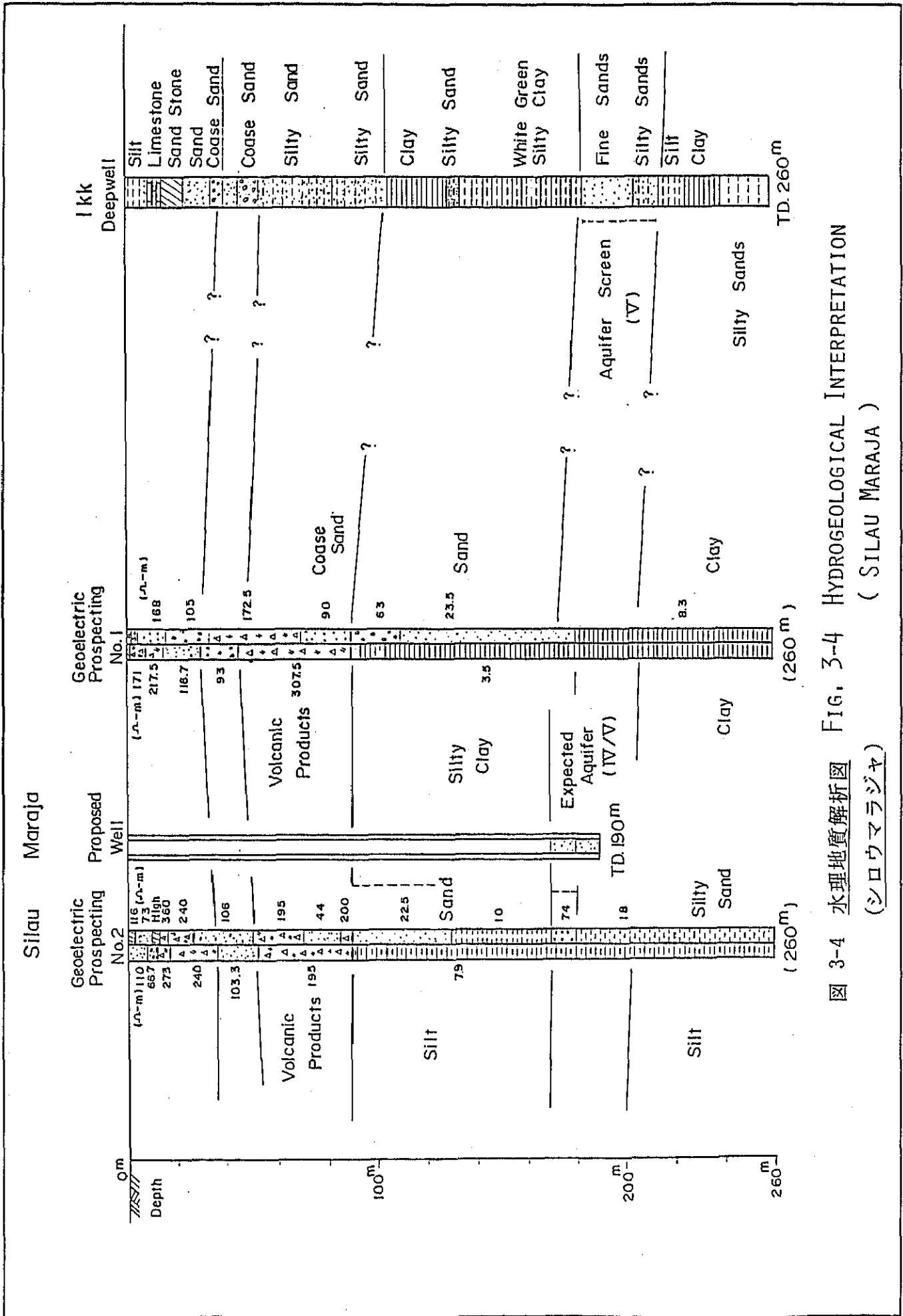


図 3-4 水理地質解析図 (シロウマラジャ) FIG. 3-4 HYDROGEOLOGICAL INTERPRETATION (SILAU MARAJA)



### 3.5 パダンマホンダン村

プロジェクト対象のパダンマホンダン村は、オイルパームのプランテーション地域の丘陵性平坦部に位置する。既存水源は浅井戸で、数km離れたプランテーション内に深井戸が存在する。

地下水開発可能性検討のための電気探査は集落の中心部の道路に沿って、2点実施した。探査深度は、それぞれ260mである。

地下水賦存の可能性は当地域においても高いと判断される。当地域において期待される被圧帯水層(IV)は地下深度145m～170mにおいて、比抵抗値(15～105 $\Omega$ -m)として判定される。又、これらの砂礫層の上下には粘土(1.5～2.7 $\Omega$ -m)、シルト(5.8～9.0 $\Omega$ -m)が存在し、帯水層の被圧状態は高いと推定される。また、プランテーション井戸の水質の比較により、当地域においても十分衛生的な水質の地下水が得られると予測される。

今後の地下水開発は、下記の様に計画する。

- 1) 井戸掘削地点：対象集落の中心部、小学校付近
- 2) 帯水層予測深度：145m～170m
- 3) 井戸掘削深度：180m
- 4) 井戸口軽： $\phi$ 6"(150mm)

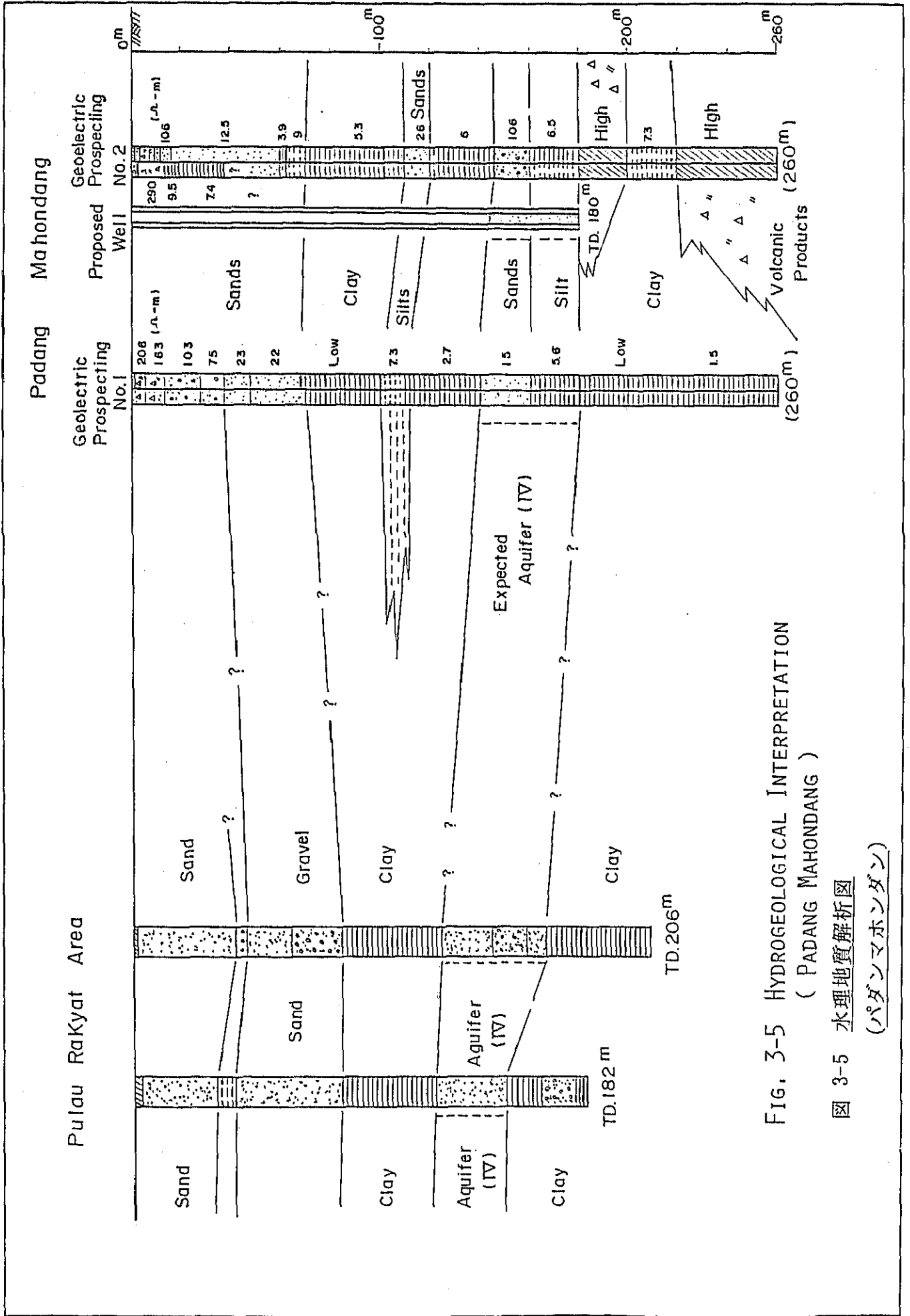


FIG. 3-5 HYDROGEOLOGICAL INTERPRETATION  
( PADANG MAHONDANG )

图 3-5 水理地質解析图  
(パダンマホンダン)

### 3.6 プロラヤット保健所

プロラヤット保健所の既存水源は手掘り浅井戸（深度 6 m）で、この近辺では深井戸は数 km 離れたプランテーションに存在するのみである。

地下水開発の対象は当保健所であるため、同敷地内で適切な水源の可能性を調査検討した。

電気探査手法によって、深度 260 m まで地下の比抵抗値を測定し、地下水賦存の可能性とその深度を計測した。

深度 84 m までにおいて比抵抗値 175 ~ 278  $\Omega$ -m を示したが、これは火山性砂質碎屑物であり、その下位に比抵抗値 40 ~ 60  $\Omega$ -m を示す砂ないし礫混じり砂が帯水層として期待される部分であろう。それらの砂と互層するシルト（16.7  $\Omega$ -m）と粘土（9  $\Omega$ -m）が、帯水層を明瞭に区分している。

図 3-6 は、プロラヤット郡にあるプランテーション地域の井戸柱状図と対比し、調査地域の地下水開発可能性を総合的に評価したものである。

調査地域に適切な地下水賦存の可能性は非常に高く、深度 130 m ~ 190 m において、被圧帯水層（IV）が、期待される。プランテーションの井戸では深度 120 m ~ 160 m で取水しており、水量・水質ともに生活用水に適切であることから、当保健所に対する地下水開発においても、図 3-6 に示す通り、被圧帯水層 IV を対象とすることが望ましいと判断される。

よって、地下水開発は下記の様に計画される。

- 1) 井戸掘削地点：プロラヤット保健所裏庭
- 2) 帯水層予測深度：130 m ~ 190 m
- 3) 井戸掘削深度：200 m
- 4) 井戸口径： $\phi$  6" (150 mm)

Pulau Rakyat Health Center

Pulau Rakyat Area

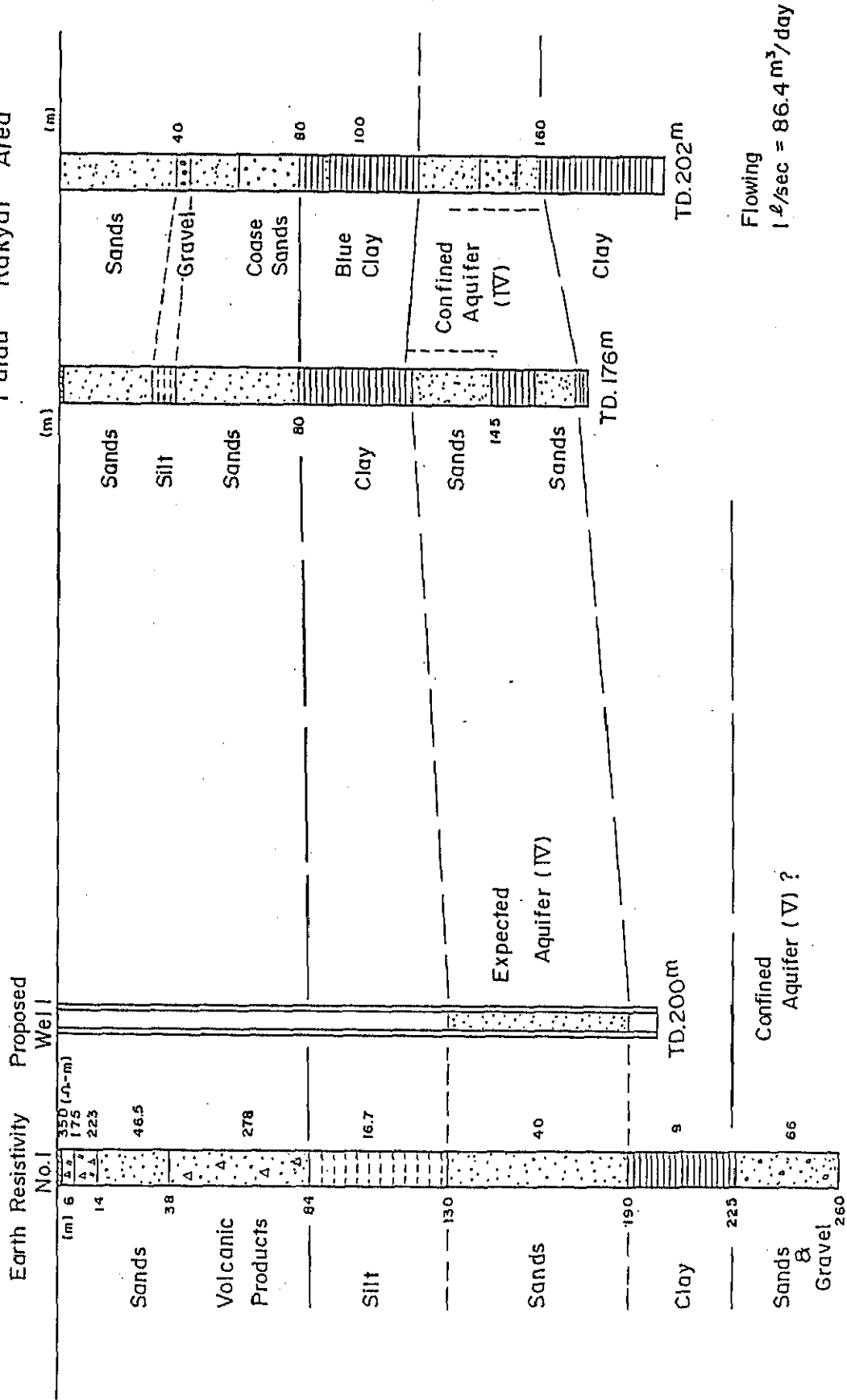


FIG. 3-6 HYDROGEOLOGICAL INTERPRETATION

図 3-6 水理地質解析図 (PULAU RAKYAT)

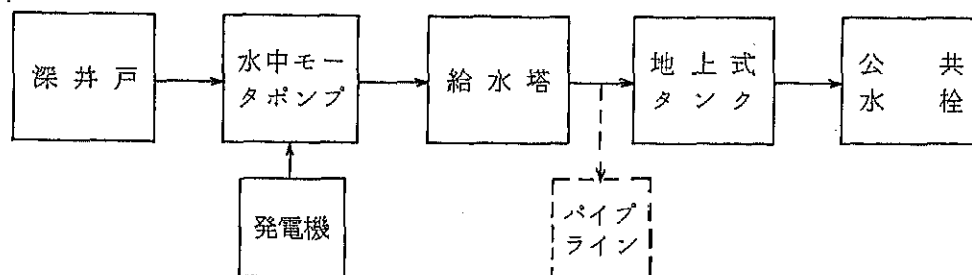
(プロラヤット)

## 第4章 水供給施設基本案

現地調査の結果をもとに、対象地区の水供給施設の基本案を立てる。なお、この施設は、受益者である村の住民によって日常の維持管理が行われるという前提で計画する。

### 4.1 設計基準

- 1) 給水対象地区 : 1集落(人口数百人~千人程度)
- 2) 水 源 : 深層地下水
- 3) 1人あたり水量 : 60 l/日
- 4) 施設のシステム :



- 5) 深井戸 : 深 度 180~220 m  
ケーシングパイプ =  $\phi 150$  mm 鋼管
- 6) 水中モータポンプ 揚 程 30~50 m  
運転時間 3~8 時間/日  
揚水量 4~12 m<sup>3</sup>/時
- 7) 電 源 : 自家発電機(建屋つき)
- 8) 給 水 塔 : 高 さ 10~15 m  
材 質 鋼製  
容 量 4~12 m<sup>3</sup> (ポンプの1時間分)
- 9) 地 上 タ ン ク : 材 料 鉄筋コンクリート製  
容 量 2~3 m<sup>3</sup>  
設 備 水栓 3~4 個
- 10) パイプライン : 将来、インドネシア保健省または村民の手により設置されるものとする。
- 11) 維持管理者 : 村の住民が自主管理するものとする。

### 4.2 施設案

上記の設計基準により図4-1、図4-2および表4-1に各地区の施設計画の概要を示す。

FIG. 4-1 SCHEMATIC PLAN OF  
WATER SUPPLY SYSTEM  
IN THE VILLAGES

图 4-1 水供給施設基本計画図

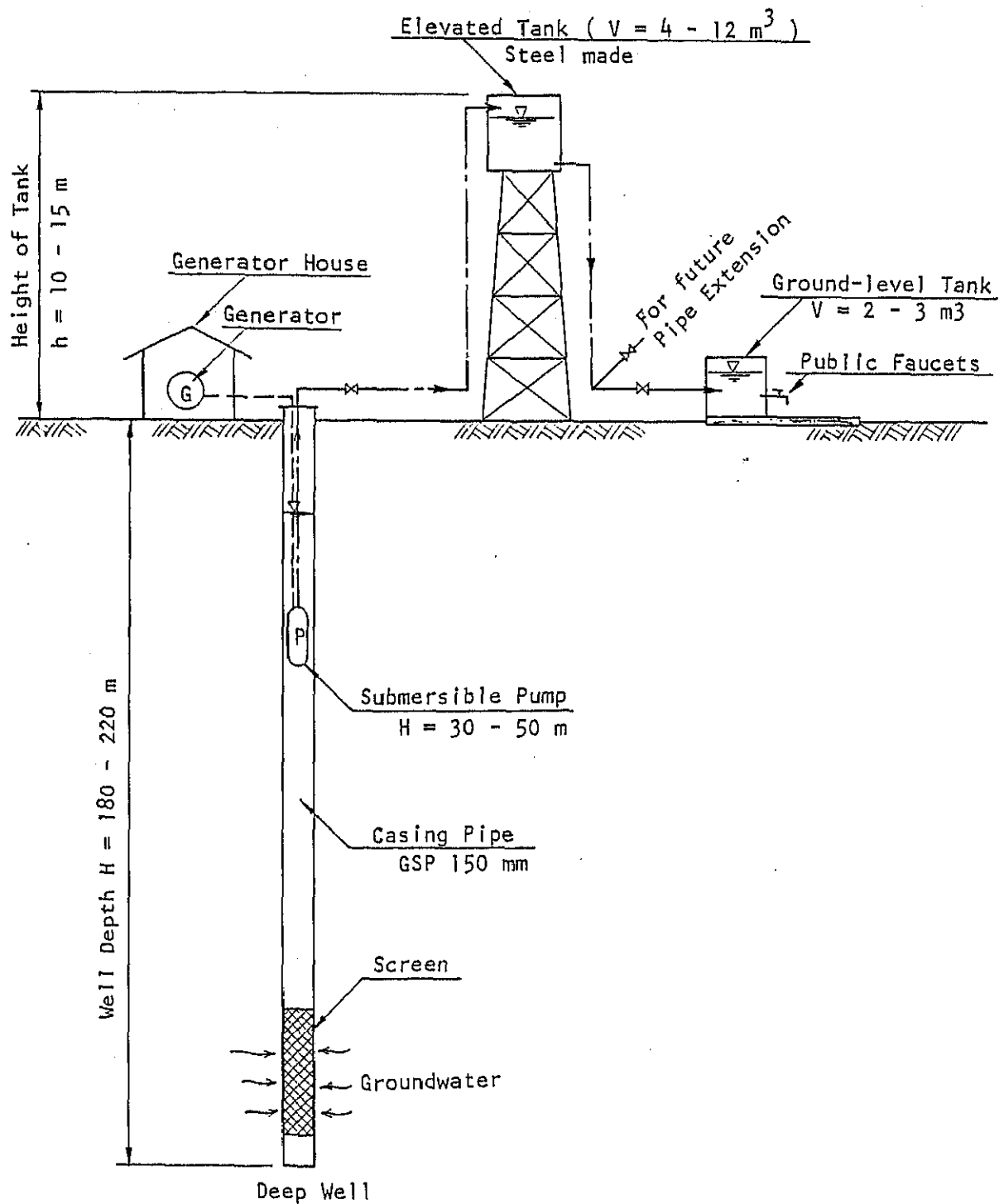


FIG. 4-2 WELL DESIGN

图 4-2 深井戸計画図

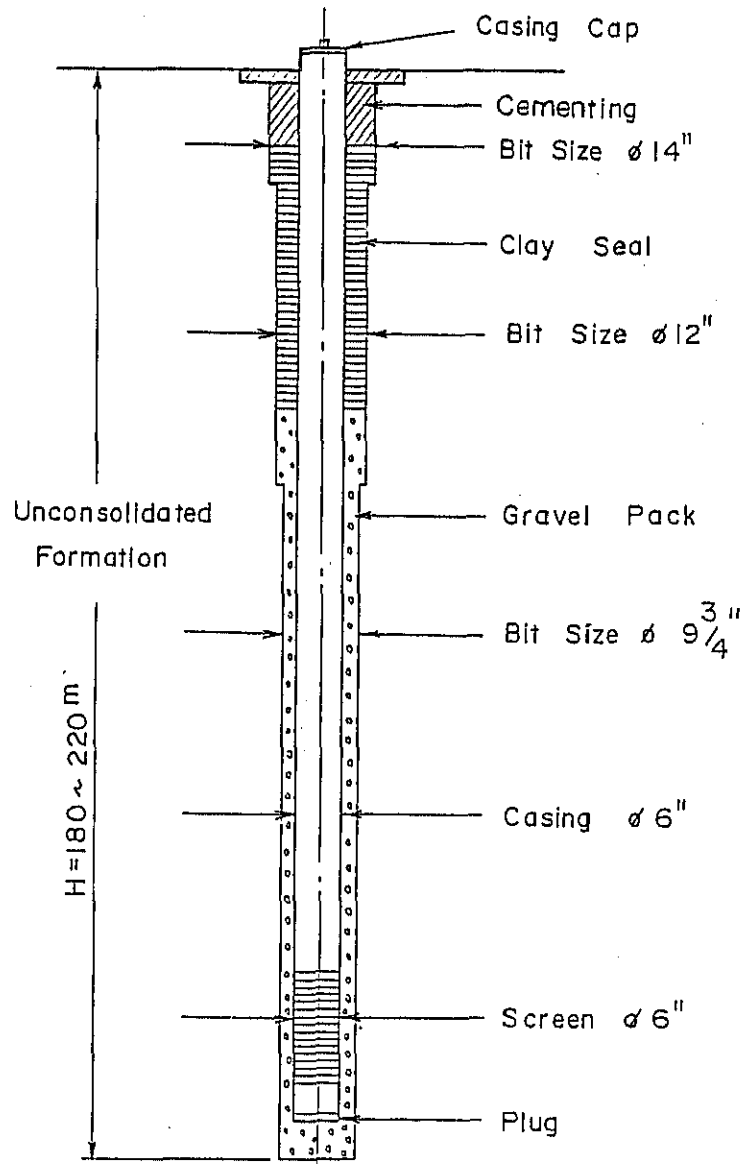


表 4-1 水供給施設の計画概要

村名		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
項目		シンパン ガンブス	ウジュン クブ	ティンギ ラジャ	シロウ マラジャ	パダンマ ホンダン	プロラヤ 保健所
	計画給水人口	400人	1,300人	400人	200人	400人	診療所/ 病院等
	一人一日当り給水量	60 ℓ	60 ℓ	60 ℓ	60 ℓ	60 ℓ	
	計画水量	24 m <sup>3</sup> /日	78 m <sup>3</sup> /日	24 m <sup>3</sup> /日	12 m <sup>3</sup> /日	24 m <sup>3</sup> /日	10 m <sup>3</sup> /日
	深井戸の予定深度	180 m	180 m	220 m	190 m	180 m	200 m
ポンプ	容量	8 m <sup>3</sup> /時	12 m <sup>3</sup> /時	8 m <sup>3</sup> /時	4 m <sup>3</sup> /時	8 m <sup>3</sup> /時	4 m <sup>3</sup> /時
	運転時間	3 時間	6.5 時間	3 時間	3 時間	3 時間	2.5 時間
	軸動力	2.2 kw	3.7 kw	2.2 kw	1.5 kw	2.2 kw	1.5 kw
発電機	出力	10 kVA	12.5 kVA	10 kVA	10 kVA	10 kVA	10 kVA
給水塔	容量	8 m <sup>3</sup>	12 m <sup>3</sup>	8 m <sup>3</sup>	4 m <sup>3</sup>	8 m <sup>3</sup>	4 m <sup>3</sup>
	高さ	12 m	15 m	12 m	10 m	12 m	8 m
地上タンク	容量	2 m <sup>3</sup>	3 m <sup>3</sup>	2 m <sup>3</sup>	2 m <sup>3</sup>	2 m <sup>3</sup>	2 m <sup>3</sup>



### 4.3 試掘調査工事費および施設建設工事費

試掘調査工事費の概算を表4-2および表4-3に、また施設建設工事費の概算を表4-4に示した。

工事費の概算は、それぞれ、171,400,000ルピア(=27,700,000円)、223,300,000ルピア(36,100,000円)である。

なお、試掘調査にあたって、インドネシア側の責と費用においてなされるべき事項は次の通りである(現地でインドネシア保健省との会議で確認済)。

- ① 試掘井を設ける土地の確保と提供
- ② 土地の整地。
- ③ アクセス道路・橋の整備。
- ④ カウンターパートの提供。
- ⑤ 井戸完成後、施設工事に至るまでの期間中の井戸の保守。

表 4-2 試掘調査工事費

( 単位: 千 インドネシア ルピア )

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
村名	シンパン	ウジュン	ティンギ	シロウ	パダンマ	プロラヤ
項目	ガンブス	クブ	ラジャ	マラジャ	ホンダン	保健所
深井戸(試掘井)工事	24,900	24,900	28,500	25,800	24,900	26,700
物理的予備費(10%)	2,500	2,500	2,900	2,600	2,500	2,700
合計	27,400	27,400	31,400	28,400	27,400	29,400
6か所合計	= 171,400 千ルピア ( = US\$ 153,700 = 27,700,000 円 )					

(注) - 深井戸(試掘井)は、深度 180 m ~ 220 m であり、表 4-3 に深度 200 m の場合(プロラヤ保健所)の工事費明細を示す。

- 外貨換算レートは、1986年3月時点において、  
1,115ルピア = US\$ 1.00 = 180 円 とした。

(なお、日本円とUS\$とのレートが変動しても、US\$とインドネシア  
ルピアとの関係は、それにあまり影響されないことに留意)

表 4-3 深井戸(試掘井)工事費内訳書  
(深度 200 m の場合)

( 1986年3月現在、単位: Rp. = インドネシアルピア )

工種	数量	単価	金額
1) 機械運搬・据付・撤去	1 式		Rp. 2,000,000
2) 掘削工事(径 200 mm )	200 m	Rp. 60,000	Rp. 12,000,000
3) 土壌採取・ふるい分け試験	1 式		Rp. 500,000
4) ロッキング	1 式		Rp. 900,000
5) ケーシングパイプ(150mm)	170 m	Rp. 30,000	Rp. 5,100,000
6) スクリーン (150 mm)	30 m	Rp.110,000	Rp. 3,300,000
7) 砂利・セメント工事	1 式		Rp. 900,000
8) デベロップメント	15 時間	Rp. 20,000	Rp. 300,000
9) 揚水試験	72 時間	Rp. 12,000	Rp. 864,000
10) 水質分析	1 式		Rp. 300,000
11) 雑工事	1 式		Rp. 500,000
計			Rp. 26,664,000

表 4-4 施設建設工事費

( 単位: 千 インドネシアルピア )

項目	村名					
	No.1 シンパン ガンブス	No.2 ウジュン クブ	No.3 ティンギ ラジャ	No.4 シロウ マラジャ	No.5 パダンマ ホンダン	No.6 プロラヤ 保健所
A) ポンプ	4,700	5,800	4,700	3,600	4,700	3,600
B) 発電機	8,200	8,900	8,200	8,200	8,200	8,200
C) 発電機用建屋	2,800	3,000	2,800	2,500	2,800	2,500
D) 給水塔	15,000	22,000	15,000	8,000	15,000	7,600
E) 付帯配管	2,000	3,000	2,000	2,000	2,000	3,000
F) 地上タンク	2,500	3,000	2,500	2,500	2,500	-
計 ( A - F )	35,200	45,700	35,200	26,800	35,200	24,900
G) 物理的予備費(10%)	3,500	4,600	3,500	2,700	3,500	2,500
計 ( A - G )	38,700	50,300	38,700	29,500	38,700	27,400
H) 価格上昇分予備費	2,300	3,000	2,300	1,800	2,300	1,700
合計 ( A - H )	38,700	50,300	38,700	29,500	38,700	27,400
6か所合計	= 223,300 千ルピア ( = US\$ 200,300 = 36,100,000 円 )					

- (注) - 上記工事費は1986年3月における現地価格である。概算であり、詳細は次段階の実施設計による積算で行なうものとする。
- 外貨換算レートは、1986年3月時点において、  
1,115ルピア = US\$ 1.00 = 180 円 とした。
  - 価格上昇分予備費については、施設の工事が、1986年後半から1987年にかけて行なわれるものとし、6%の価格上昇を見込んだ。

#### 4.4 ランニングコスト

本施設のうち、5ヶ所は村民への給水であり、村民の手によって維持管理されなければならない。住民が負担すべき金額の目安として、施設のランニングコストを試算する。

表4-5に試算を示す。その結果水1 m<sup>3</sup>当りの単価は60～108ルピア、また1戸当りの費用負担は1月当り563～1,106ルピアとなった。仮定した条件は次の通りである。

- 1) 人件費は見込まない(ゼロ)。
- 2) 修繕費は見込まない(別途、保健省が修繕の費用を負担するものとして)。
- 3) 動力費のみを計上する。
- 4) 村には公共電力が未だ布設されていないので、動力は発電機(ディーゼル)によるものとし、その燃料費を計上する。
- 5) ただし、近い将来に公共電力の布設が予定されている村(ティンギラジャ)については、公共電力受電の場合についても試算する。(その結果、水1 m<sup>3</sup>の単価は26ルピア、1戸当りの費用負担は1月当り267ルピアとなった。)

表 4-5 維持管理動力費の試算

村名		No.1	No.2	No.3		No.4	No.5
		シンパン ガンブス	ウジュン クラブ	ティンギ ラジャ	公共電力	シロウ マラジャ	パダンマ ホンダン
計画給水人口		400人	1,300人	400人		200人	400人
" 戸数		60戸	250戸	70戸		35戸	75戸
給水量	1日当り	24 m <sup>3</sup>	78 m <sup>3</sup>	24 m <sup>3</sup>		12 m <sup>3</sup>	24 m <sup>3</sup>
	1月当り	720 m <sup>3</sup>	2,340 m <sup>3</sup>	720 m <sup>3</sup>		360 m <sup>3</sup>	720 m <sup>3</sup>
動力	種類	発電機	発電機	発電機	公共電力	発電機	発電機
	容量	10 kVA	12.5kVA	10 kVA	2.2 KW (3 kVA)	10 kVA	10 kVA
	運転時間	3 時間	6.5時間	3 時間	3 時間	3 時間	3 時間
消費 燃料 または 動力	種類	軽油	軽油	軽油	電力	軽油	軽油
	標準消費量	3.5 ℓ/時	4.2 ℓ/時	3.5 ℓ/時	2.2 KWh	3.5 ℓ/時	3.5 ℓ/時
	負荷率	60 %	70 %	60 %	100 %	50 %	60 %
	時間当り 実消費量	3.5 x60% = 2.1 ℓ	4.2 x70% = 2.94 ℓ	3.5 x60% = 2.1 ℓ	2.2 x100% = 2.2 KW	3.5 x50% = 1.75 ℓ	3.5 x60% = 2.1 ℓ
	1日当り 消費量	2.1 x 3 = 6.3 ℓ	2.94x6.5 =19.11 ℓ	2.1 x 3 = 6.3 ℓ	2.2 x 3 = 6.6 KW	1.75 x 3 =5.25 ℓ	2.1 x 3 = 6.3 ℓ
	1月当り 消費量	6.3 x 30 = 189 ℓ	19.11x30 = 574 ℓ	6.3 x 30 = 189 ℓ	6.6 x 30 = 198 KW	5.25 x30 = 158 ℓ	6.3 x 30 = 189 ℓ
	単価(ルピア)	軽油 245 Rp/ ℓ	軽油 245 Rp/ ℓ	軽油 245 Rp/ ℓ	基本料金 3,680/kVA 消費電力 38.5Rp/KW	軽油 245 Rp/ ℓ	軽油 245 Rp/ ℓ
	1月当り 燃料/動力費 (ルピア)	189 x245 = 46,305	574 x245 = 140,630	189 x245 = 46,305	3 x3,680 +198x38.5 = 18,663	158 x245 = 38,710	189 x245 = 46,305
	1戸1月当り費用 (ルピア)	Rp 46,305 ÷ 60戸 = Rp 772	Rp140,630 ÷ 250戸 = Rp 563	Rp 46,305 ÷ 70戸 = Rp 662	Rp 18,663 ÷ 70戸 = Rp 267	Rp 38,710 ÷ 35戸 =Rp1,106	Rp 46,305 ÷ 75戸 = Rp 617
	1 m <sup>3</sup> 当りの水単価 (ルピア)	Rp 46,305 ÷ 720m <sup>3</sup> = Rp 64	Rp140,630 ÷ 2,340m <sup>3</sup> = Rp 60	Rp 46,305 ÷ 720m <sup>3</sup> = Rp 64	Rp 18,663 ÷ 720m <sup>3</sup> = Rp 26	Rp 38,710 ÷ 360m <sup>3</sup> = Rp 108	Rp 46,305 ÷ 720m <sup>3</sup> = Rp 64



## 第5章 設計調査および施設工事実施計画

### 5.1 試掘調査

今回調査において、各地区とも深層地下水（深度150m～220m）の存在が推定されたが、次段階作業として、その地下水を実際に取り水して確認するために、6ヶ所に試掘井（Test Well）を計画する。

試掘井によって確認すべき主要事項は限界揚水量・水位降下量・適正揚水量・地質・水質等である。揚水試験はポンプを用いて行う。揚水試験完了後はポンプを撤去し、その次の工事（給水塔・発電機・ポンプ等）まで、井戸を密封しておくことにする。

試掘井が量・質ともに成功した場合、それを本設井に転用するか否かであるが、次の理由によって、試掘井＝本設井とすることが望ましい。

- ① 各地区に建設する井戸（本設井）の数はそれぞれ1本であること（例えば、10本も建設するならば、試掘井を先に1本掘って、その後10本の本設井を掘ることも妥当である）。
- ② 試掘井と本設井の工事費の相違は20%程度のものであること（すなわち、本来なら、本設井の約80%の費用で試掘井ができるが、その後、本設井を追加すると合計180%の投資をすることになる。一方、試掘井を最初から本設井として建設すると、成功した場合に100%の投資で済む。ただし、失敗した場合には20%余分に費用をかけてしまったことになる）。
- ③ 本設井に必要な工事期間（6ヶ所で約6～8ヶ月）を省略することができる。
- ④ 今回の地区では成功率が高いと予測できる。

以上のような理由により、試掘井は本設井と同一の仕様で建設する計画としたい。

なお、工期は1本あたり2.5ヶ月間で、2グループに分けて工事を行うことにして、合計6本で全工期7.5ヶ月間である。

建設業者については、前回のJICA井戸工事（1980～1981年）と同様に現地の井戸建設業者を採用する方針とする。

次に、工事契約の形態であるが — 通常、「入札方式」と「随意契約」方式とに大別され、前回の工事（1980～1981年）では入札方式を採用したが — 今回の試掘井工事では、以下に記す理由により、前回工事を請負った現地業者（在メダン）との随意契約による方針が望ましい。

- ① 入札方式にしても、低価格が期待できない — 前回はジャカルタに本拠をおく会社（4社）とメダンに本拠をおく会社（数社）とを合わせて入札したが、前者と後者では入札価格が約2倍の差となった（後者の価格が前者の約 $\frac{1}{2}$ ）。
- ② 全体の工期が短縮できる — 前回は、工事監理技術者がインドネシア入りして、入札書類の作成から始め、応札業者の選択、現場説明、入札、交渉、契約の業務を経て工事開始に至るまでに60日間を要したが、今回これを随契にすると、この期間を15～20日間

に短縮することができる。

③ 多くの工事実績を有している — 前回の JICA 井戸 5 本の工事を完成した業者は、アサハン県内に約 50 ケ所の深井戸工事の実績を有し、この地区の社会状況および水理地質状況によく通じている。

④ 前回工事の経験を生かすことができる — 前回と同様の工事になるので、前回工事にあたって JICA が指導した技術をそのまま生かすことができる。

以上のような理由によって、前回の JICA 井戸工事業業者である在メダンの A 社との随意契約方式としたい。

また、今回の調査期間中メダンの井戸建設業者について調査した。1985年に井戸業者組合「アスコパチ」が結成され、このメンバー会社が地下資源およびエネルギー省のメダン事務所に登録され、工事指名を受けている。現在7社が参加しているが、その井戸掘削機械保有台数は次の通り。

表 5-1 井戸建設業者組合「アスコパチ」

(在メダン)

会 社 名	井戸掘削機械 保 有 台 数
A) モジョバヒット	10 台
B) エ ラ ン ク	1 台
C) ス ブ ラ	1 台
D) デ ラ ロ ヒ タ	1 台
E) エ ス ビ ン ド	1 台
F) ダ ル マ テ ト ラ	1 台
G) メ ダ ン セ ン ト ラ ル ス ム ル ボ ル	1 台

なお、前回の JICA 井戸業者は上記の A 会社であり、組合の中で、今回の試掘井 6 本を一括して工事請負することができるのは、A 社以外は無理と判断される。

## 5.2 実施設計現地調査

試掘井が成功すれば次段階はポンプの設置と地上施設（給水塔・発電機・建屋・地上タンク等）の建設になるが、それに先立ち、実施設計作業を行う。実施設計チームの現地調査期間は 2 ヶ月間と計画する。現地で行う作業は次のようになる。

- ① 地上施設の位置決定
- ② 給水対象集落の地図作成
- ③ 建設サイト（井戸および地上施設）の測量図作成



- ④ サイトの地耐力の検討
- ⑤ サイトの汚水排除計画調査
- ⑥ インドネシア既存の給水塔調査および概略設計
- ⑦ “ 建屋（発電機用）調査および概略設計
- ⑧ 発電機およびポンプに関する調査および概略設計
- ⑨ 配管資材に関する調査
- ⑩ 水質総合調査および判定
- ⑪ 工事費の算出・見積り
- ⑫ 現地業者についての調査（規模・能力・実績・納期・工期・価格等）
- ⑬ 維持管理指針（案）の作成
- ⑭ その他

### 5.3 実施スケジュール

試掘井調査を含む設計調査および施設工事の実施スケジュール(案)を表5-2に示す。

表 5-2 設計調査および施設工事スケジュール(案)

項 目	1986年												1987年			
	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月					
A) 設計調査(全期間:8か月)																
試掘井工事調査(6本) ……																
施設実施設計(6ヶ所) ……																
B) 施設工事(全期間:5か月)																
施設工事(6ヶ所) ……																
コンサルティング業務 (参考)																
A) 設計調査(全期間:8か月)																
試掘井調査工事監理																
①水道技術者/総括 ……																
②井戸工事技術者 ……																
施設実施設計																
③水道/土木技術者 ……																
④機械/電気技術者 ……																
⑤水質技術者 ……																
B) 施設工事監理(全期間:5か月)																
施設工事監理																
⑥水道(土木)技術者/総括 ……																
⑦機械/土木技術者 ……																

凡例:  現地作業

 国内作業

## 〔資料 1〕 JICA建設になる既設井戸施設の現況

1980年から1981年にかけてJICAがアサハン県に建設した5本の井戸について、1986年2月に現地調査を行った。

### (1) インドラプラ保健所（深井戸 H = 138m）

保健所敷地内に建設され、保健所および付属病院、付属実験室の用水に供されてそのもので、当初から水中モーターポンプ、給水塔、配水管が設備されていた。現在もその機能が維持されていて、水量的にも充分であり、よく利用されている。

水質としては、利用者から「ぬるぬる」するという声がかかれたが、これはナトリウムを多く含んでいる（日本の通常の河川水の50倍）ためであるが健康上は支障がない。また、アンモニアが検出されているが、これは地層に含まれているものであり、衛生上の危険はない。なお、給水塔のタンクの鉄蓋のボルトがすべてとり除かれていて固定されていない状態なので、この蓋を緊結しておいた方がよい。

### (2) メダン村（深井戸 H = 160m）

建設当時は5本のうちで最も自噴量の多い井戸であった。年と共に自噴量が減ってきたが、保健所を除く4ヶ所の村の井戸では最も利用者の多いことでは今も変りない。この井戸の監理のために共同組合が組織されていて、施設の清掃もよく行き届いている。最近、保健省の予算で、この自噴圧と水量を利用して少し背の高い地上式タンクを設置し、ここから配水管を2方向へ約500m布設して水を分岐する工事がなされた。ただし、水量がそれほど十分ではないため、分岐箇所へはなかなか水が届いていない。将来、自噴が止まってしまえば、そのときには動力ポンプと給水塔を設置すれば利用価値が大きく高まろう。水質的には問題ない。

### (3) セイブアクラス村（深井戸 H = 160m）

建設当時は自噴していたが、その後だんだん水量が減ってきたので、最近保健省の予算で、動力ポンプを設置した。ここも共同組合で管理しているので、施設の清掃はよく行われている。ただし、動力費を必要とし、利用者から1戸あたり500ルピア/月を徴収して維持管理を行っている。それまでは無料であり、約50戸に利用されていたが、料金を徴収している現在は利用者25戸とのことである。水質上の問題はない。

### (4) タンジュンムダ村（準深井戸 H = 60m）

建設当初から自噴せず、手押しポンプを設置していたのであるが、その手押しポンプが故障したり、また、人家の密度が小さいため、利用度が最も低いところである。管理者がいないために施設（水浴室）の汚れがひどい。最近、保健省の予算で、動力ポンプと発電機が設置され

た。このことは大きな進歩であるが、動力費の捻出場所がないため意図したようには稼動していない。時々、村長または部落長がポケットマネーでガソリン代を提供してくれるので、その時にはポンプが運転されるということである。

(5) リマウスンダイ村（深井戸 H = 240m）

現在も自噴はしているが、水質上の問題があり、主に洗たく用に利用されていて、料理には使用されないとのことである。それは炊飯すると米が黄色になるという理由からである。その原因は pH が高いことが大きな要素であるが、pH を低くするには技術と費用がかかる（例えば、硫酸を使うとか、曝気するとか）。自噴量は減ってきているが、水量については動力ポンプを設置すれば解決する。ただし、ポンプを設置しても水質の解決にはならず、維持費負担の面で大いに疑問である。

## { 資料 2 } 深井戸の水質について

今回の調査期間中(1986年2月)、既存のJICA井戸の現況調査と同時に、水質試験のサンプリングを行い、メダンの衛生研究所に分析依頼をする一方、特に現地の利用者側から問題とされているリマウスンダイとインドラプラの水を日本に持ち帰り、櫛日水コンの中央研究所で水質解析を行った。

この結果(表A-1)に基づき、水質の特性および処理方式について記述する(ただし、処理方式については、設置と維持管理に費用がかかるので、直ちに現場に応用するというのではなく、一般的な処理対策として参考として記述した)。

### (1) リマウスンダイ村の深井戸(H=240m)

#### 1) 水質特性

リマウスンダイ村の深井戸の水質特性を列挙すると次の通りである。

- ① pHが8.4と高い — 煮沸するとpH値は10以上になる。
- ② 電導度が2,225  $\mu\text{S}/\text{cm}$ と高い — 溶解性物質が多い。
- ③ アルカリ度が700  $\text{mg}/\ell$ と高い割には、硬度が5.3  $\text{mg}/\ell$ と低い — ナトリウムイオンが317  $\text{mg}/\ell$ と高いことからナトリウム塩によるアルカリ度であると推測される。
- ④ アンモニア性窒素が2.5  $\text{mg}/\ell$ と高い — このアンモニア性窒素は、汚染性ではなく還元性のものであり問題はない(亜硝酸性窒素が同時に検出されていない)。
- ⑤ この水で米をたくと黄色になる — pHとアルカリ度が原因と思われる。

#### 2) 水質特性の起因

本地下水の水質は前述したような特色があり、その起因は次のように考えられる。

- ① ある時期(第四紀)、現在の堆積物が海底に堆積し、この時海底において堆積物の土砂は海水と一体であり多くのナトリウムイオンが含まれた(図A-1参照)。
- ② 海退および土地の隆起後、空気中の炭酸ガスを吸収した雨水が地下に浸透し、土壌中の海水を含んだ水が洗い流された(図A-2)。
- ③ ②の状態が続くにつれ海水がほぼ洗い流され、地下の帯水層が炭酸ガスを含んだ雨水と置換され土壌中のナトリウムイオンを溶解し現在見られる地下水へと変化してきた(図A-3)。

#### 3) 浄水処理方式の検討

##### ① 浄水処理対象項目および浄水処理フロー

本地下水を、インドネシアの水質基準(資料3参照)と照合すると、日本および現地(MEDANの衛生試験所)で実施した水質試験結果で見ると、基準値を満足しており、処理を必要とする項目はない。しかし、現地での調査によると、この水で米をたくと黄色くなくなることが判明した。この原因は、pHが高いためと考えられる。