社会開発協力部報告書

No. 8

タイ国

ラオス難民生活用水供給計画調査
報告書
(ナコンパノム キャンプ)

昭和57年4月

国際協力事業団

タ イ 国

ラオス難民生活用水供給計画調査

報　告　書

(ナコンパノム　キャンプ)

昭和57年4月

国 際 協 力 事 業 団

序　　文

日本国政府は、タイ国政府の要請に応え、同国北部地域のラオス難民キャンプに対する生活用水供給計画調査を行なうことを決定し、その調査を国際協力事業団が実施することとなった。

当事業団は、日本技術開発株式会社の桑田　幸氏を団長とする調査団を昭和５７年２月４日から同年４月１５日まで現地に派遣し、ナコンパノム難民キャンプについて調査を実施した。　調査団は現地において、地表踏査、資料収集、水理地質調査、難民キャンプ内外の地下水賦存状況及び開発の可能性の検討を行った。　調査団は帰国後、現地調査結果の詳細検討を行い、地下水開発の事業計画の策定を行った。　これら一連の調査結果をとりまとめたものが本報告書である。

本報告書が、今後のナコンパノム難民キャンプの生活用水確保のために役立つことを期待するとともに、この調査を実施するにあたり、多大な御協力をいただいた　タイ国政府、UNHCR，在バンコック日本大使館ならびに関係機関各位に対し厚くお礼申し上げる次第である。

昭和５７年４月

国際協力事業団

総裁　有田圭輔

目　　次

序　文

I 序論

タイ国北部のラオス難民キャンプに対する生活用水供給状況については、昭和56年 6月から8月にかけて実施された「難民生活用水供給計画（Phase Ⅲ）」において概略調査が行なわれた。この調査において、ラオス難民キャンプの概要、将来の収容計画及び特に生活用水供給計画について調査作業が行なわれた。 この結果をふまえて、タイ国政府は、将来拡充を計画している ナコンパノム及びバクチョムの2つの難民キャンプについて、早急なる生活用水供給体制確立のため日本政府の協力を要請してきた。

この要請に基づき、日本国政府は、協力を決定し、昭和57年2月4日から4月15日まで、先ず ナコンパノム難民キャンプについて現地調査を実施した。

ナコンパノム難民キャンプは、タイ国東北部、ナコンパノム市の約20km西側に位置している（Fig I－1 参照）。 キャンプは1977年に設置され、調査時の4月上旬における収容人員は約7,000名であったが、ノンカイ難民キャンプの閉塞等により、将来20,000 名を収容する計画である。

今回実施した調査においては、現地踏査、電気探査および4本の調査ボーリングを行ない、揚水テスト、電気検層、水質テストなど水理地質的調査を実施し、それらの観測結果の解析と、収集資料、等から判断し、キャンプ内での地下水の適正揚水量は、総量で 730㎥/day 程度と推定された。

これから、既存の2本の井戸による揚水量132㎥/dayを差引くと 残りの598㎥/day が新規に開発可能な水量である。

難民キャンプの所要水量は、計画収容人員20,000人に対し、35ℓ/day（UNHCR計画）の生活用水を供給するものとすると 総量700㎥/ day である。これは、キャンプ地内での適正揚水量 730㎥/ day 以下であり、キャンプで必要な生活用水を地下水に依存することは可能である。 今回の調査で使用した1本のボーリング孔からは、525ℓ/min の地下水を揚水することが可能であり、1日当り12時間の稼動によれば378㎥/dayとなり、 既存井戸の132㎥/dayと合せて、510㎥/dayの生活用水が確保されたことになり、残り190㎥/day を補うため、新たに2本の井戸を建設する必要がある。 キャンプ内の生活用水供給計画は新規に2本の井戸を建設し、合計8本の井戸にて供給する施設の計画をとりまとめた。

以下の各項において調査結果の詳細を述べる。また、バクチョム難民キャンプについての調査は昭和57年度において実施される予定である。

なお、ナコンパノム難民キャンプ内の調査ボーリング等の位置は Fig I－2 に示す通りである。

Fig. I - 1 Location of Nakhon Phanom Detention Center

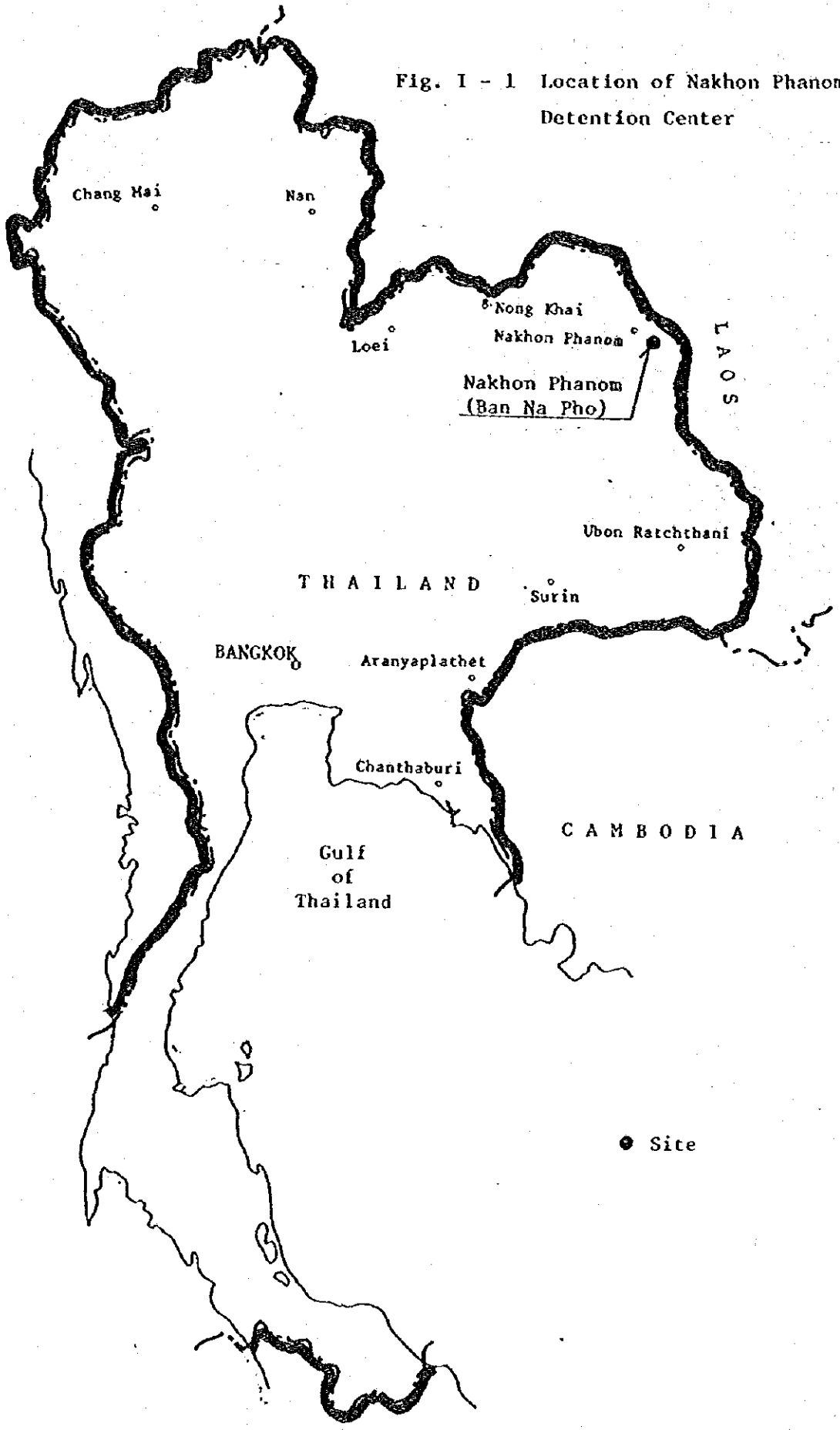
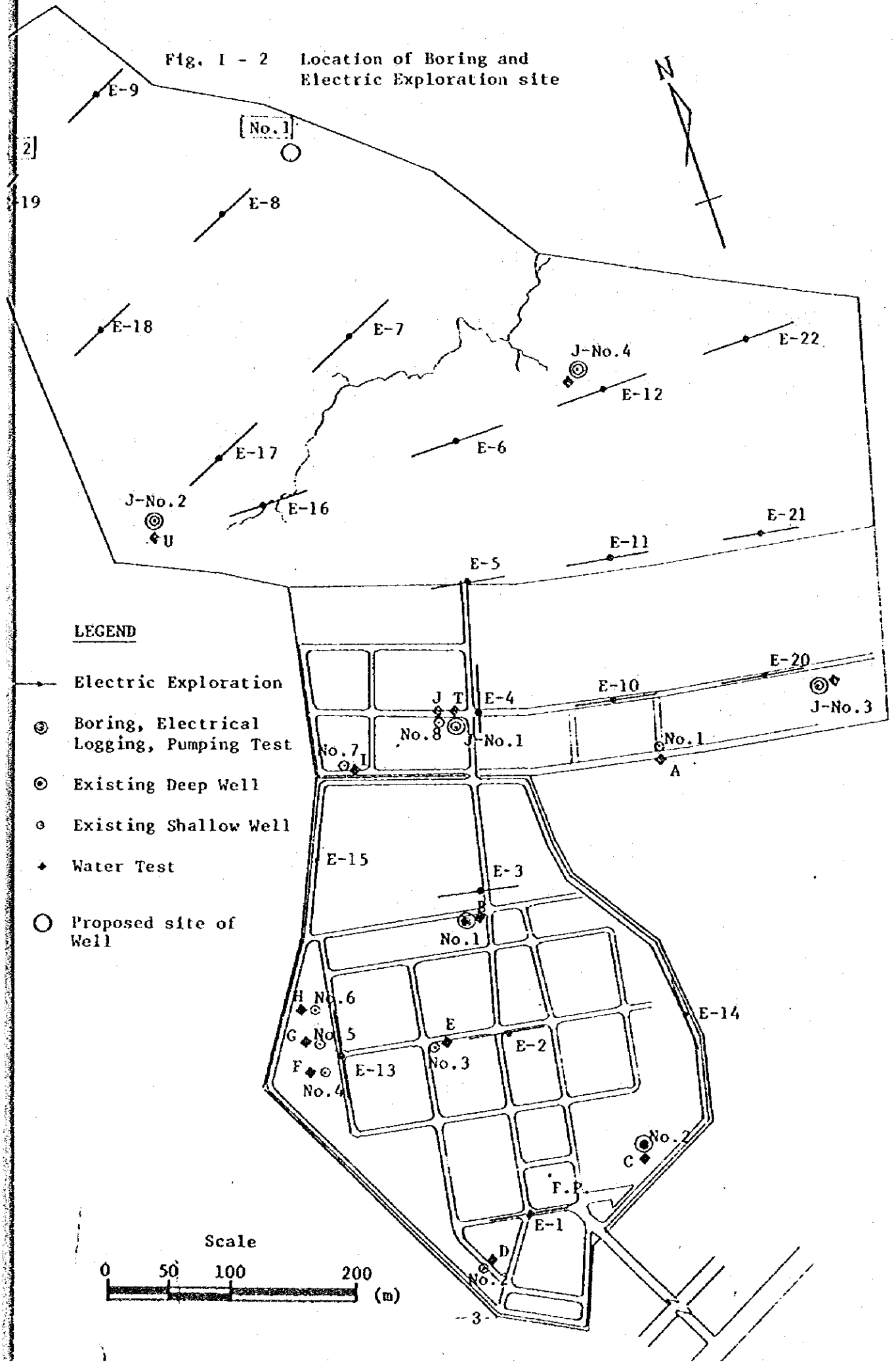


Fig. I - 2 Location of Boring and Electric Exploration site



Ⅱ　調査団の構成

本調査に従事した技術者とその分担は、次に示す通りである。

担当分野	氏名	現地調査期間
総括	桑田　幸	昭和57年2月4日～4月15日
水理地質	成田金蔵	昭和57年2月7日～4月15日
ボーリング監督指導	鈴木詔八	〃　〃
ボーリング監督指導	前川勇夫	〃　〃
事業計画及び積算	大浜順治	〃　〃

Ⅲ 実施スケジュール

月 日	曜日	作 業 内 容
2月 4日	木	先発隊バンコック着
5日	金	内務省表敬
6日	土	調査準備作業
7日	日	本隊 バンコック着
8日	月	調査準備作業
9日	火	同
10日	水	同
11日	木	バンコック発
12日	金	ナコンパノム着、ナコンパノム難民キャンプ表敬
13日	土	ボーリング機械設置 （J－№1）
14日	日	ボーリング開始、地表踏査
15日	月	キャンプ・コマンダー及びUNHCR担当者と作業スケジュールについて打合せ
16日	火	J－№2地点の選定、ナコンパノム県副知事表敬
17日	水	電気探査準備作業、ボーリング、電気検層
18日	木	ケーシングパイプ設置、電気探査
19日	金	エアーリフト管設置、電気探査
20日	土	エアーリフト、電気探査
21日	日	同 、 同 、水中モーターポンプ設置
22日	月	揚水テスト、ボーリング機械J－№2に移動
23日	火	同 、J－№2ボーリング開始
24日	水	J－№1水質テスト用採水、J－№2ボーリング
25日	木	J－№2 ボーリング
26日	金	J－№2 ボーリング、収集資料整理
27日	土	同
28日	日	電気検層、ケーシングパイプ設置
3月 1日	月	エアーリフトパイプ設置及びエアーリフト
2日	火	エアーリフト
3日	水	同 、水中モーターポンプ設置及び揚水テスト

月 日	曜日	作　業　内　容
3月 4日	木	揚水テスト
5日	金	パクチョム難民キャンプ調査
6日	土	同
7日	日	J－№2 水質テスト用採水
8日	月	内務省キャンプオフィサー及びUNHCR担当者と追加調査について協議
9日	火	ナコンパノム発
10日	水	バンコック着
11日	木	日本大使館担当者と協議
12日	金	同
13日	土	追加調査のミニュッツの作成
14日	日	バンコックJICA事務所担当者と打合せ
15日	月	追加調査についてタイ国政府担当者と協議
16日	火	バンコック発
17日	水	ナコンパノム着
18日	木	追加調査について内務省キャンプオフィサーと協議
19日	金	J－№3地点の伐開、整地
20日	土	同
21日	日	ボーリング機械、J－№3地点に移動
22日	月	ボーリング機械の設置及びJ－№3ボーリング開始
23日	火	ボーリング
24日	水	同
25日	木	同　，電気検層
26日	金	エアーリフト
27日	土	同
28日	日	同　，水中モーターポンプ設置
29日	月	揚水テスト、ボーリング機械J－№4地点に移動
30日	火	ボーリング機械J－№4に設置、ボーリング開始
31日	水	ボーリング
4月 1日	木	同
2日	金	ケーシングパイプ設置、電気検層
3日	土	エアーリフト

月 日	曜日	作　業　内　容
4月 4日	日	エアーリフト
5日	月	同　　、水中モーターポンプ設置
6日	火	揚水テスト
7日	水	調査結果報告
8日	木	ナコンパノム発
9日	金	バンコック着
10日	土	レポート作成
11日	日	同
12日	月	同
13日	火	同
14日	水	プログレス・レポート提出
15日	木	バンコック発、東京着

Ⅳ 調査概要

計画地の地下水の賦存状態を把握するため、水理地質学的調査として水文調査・地表地質踏査、電気探査、調査ボーリング、電気検層、揚水試験、水質試験などが必要である。これらをそれぞれ組合せて地下水調査を行なうのがより多くの情報を収集でき、その成果も期待出来る。

今回の調査は、既存資料収集、地表踏査、電気探査、調査ボーリング、電気検層、揚水試験、水質試験を行い、計画地の地下水の賦存状態を把握した。

これらの調査位置は、Fig Ⅳ-1，Ⅳ-2に示したとおりである。調査方法とその数量は次のとおりである。

1 資料収集

地形・地質・気象・水文などの水理地質に関する資料について、タイ国内務省（M·O·I），鉱物資源局（D·O·M·R），かんがい局（R·I D）などより資料収集を行なった。主な資料は次のとおりである。

a）地形図（1／50,000）

b）気象（雨量、温度、蒸発散量）

c）深井戸資料（地質柱状図、揚水試験、水質試験）

2 地表踏査

計画地の水理地質を解析するのに必要な、周辺の地形、地質、水露頭、既存井戸の利用状況、水質等の現況を把握するため地表踏査を実施した。

現地踏査は計画地を中心とし、北は Ban Dang Sawanz，南は Ban Noog Bua，東は Ban Thop Phanom，西は Ban Kurukhu に囲まれた 南北8㎞，東西7㎞，その面積は 約56㎢である。

計画地内においては、調査ボーリング、電気探査の位置を選定した。さらに、既存井戸の諸元、井戸利用状況等の聞き込み調査を実施した。

3 電気探査

電気探査は、地質の露頭や、調査ボーリングの結果などと直接むすびつけて、調査地域の水理地質構造を解明する手段で、電気探査の内でも比抵抗探査法が適用される。比抵抗法は、大地における見掛比抵抗を測定し、その変化を調べ、露頭や、調査ボーリング結果などと総合検討し、地下の地質を推定するもので、今回は、垂直探査法（4極 Wenner 法）により、地下の比抵抗を計測し、ρ－a 曲線を作成し解析した。

測点は合計22点で、使用した主要計器は次のとおりである。

a) 大地比抵抗測定器	(Megger 型3244 ： 横河電機製)	1台
b) 電極棒	(鉄製 φ＝18㎜ , ℓ＝80㎝)	5本
c) 蓄電池	(12V, 50AH)	1ケ
d) 電　線	(単線, φ＝0.75㎜)	600m
e) 間ナワ	(エスロン製： ℓ＝100m)	3本
f) 電気メガホン		1台
g) トランシット	(三脚付)	1台
h) レベル	(三脚付)	1台
i) スタッフ及びポール		1式
j) 電気工具		1式
k) 充電器		1台

4 調査ボーリング

地表踏査によって選定された4ケ所において、地下地質状況を把握する目的で、それぞれ42mの深度までボーリング調査を実施した。

ボーリングの主要資機材は次のとおりである。

a) ボーリング機械	(THS－70 能力150m)	1台
b) ビット	(φ＝8$\frac{1}{2}$〃 トリコンビット)	2ケ
	(φ＝7$\frac{7}{8}$〃 〃)	1ケ
	(φ＝9 〃 ウイングビット)	1ケ
c) ポンプ	(NAS－4B)	1台
d) ミキサー	(MCE－100)	1台
e) ロッド	(φ＝75㎜ , ℓ＝3m)	15本

尚、ボーリング時には、掘進速度、漏水・湧水の有無、スライム等の観察を行い、ボーリング柱状図を作成した(APPENDIX H)。

5 電気検層

ボーリング終了後、ボーリング孔を利用し、地層の成層状態、すなわち、各層の層序、岩質、及び亀裂の状況等を把握する目的で実施した。

電気検層は、ボーリング孔内の見掛比抵抗を計測するもので、2電極法により実施した。電極間隔は0.25m，0.50m，1.00mの3種類で、孔内水位以下の深度で、深度0.50m ピッチで行った。

測定結果は、ボーリング柱状図に併記してあるとおりである。

電気検層に使用した主要計器は次のとおりである。

a) 大地比抵抗測定器（Megger 型 3244：横河電機製） 1台

b) 電極 （モデル№3174：応用地質製） 一式

c) 蓄電池（12V 50AH） 1ケ

d) キャブタイヤ（4芯：応用地質製） 100m

e) 間ナワ（エスロン製、ℓ＝100m） 1本

6 揚水試験

計画地内の揚水条件、帯水層定数等を把握する目的でボーリング孔を利用し、段階揚水試験および定量揚水試験を実施した。

段階揚水試験は井戸としての限界揚水量を求めるためのもので、揚水量を4～5段階変化させ、そのときの水位降下量を計測する Drow Down の方法で実施した。

定量揚水試験は、一定の揚水量による水位降下と時間の関係、および揚水停止後の水位の回復と時間の関係を計測し、地下水理解析の資料を得るものである。

揚水試験に使用した主要器機は次のとおりである。

a) 揚水ポンプ（水中ポンプ、3HP，揚程高50m，3HP，40gpm，口径2″：Berkeley 製） 1台

b) 発電器 （5KVA） 1台

c) 揚水パイプ（φ＝2″，ℓ＝3.0m） 12本

d) 水位計 1台

e) テスター 1台

f) ストップウォッチ 1ケ

g) 水槽 （1.15m×1.15m×1.15m） 1ケ

7 水質調査

計画地および、その周辺の表流水、地下水、湧水を対象に水質調査を実施した。この調査は、地下水開発に当っての水質検討あるいは、水理地質解析の資料となるものである。

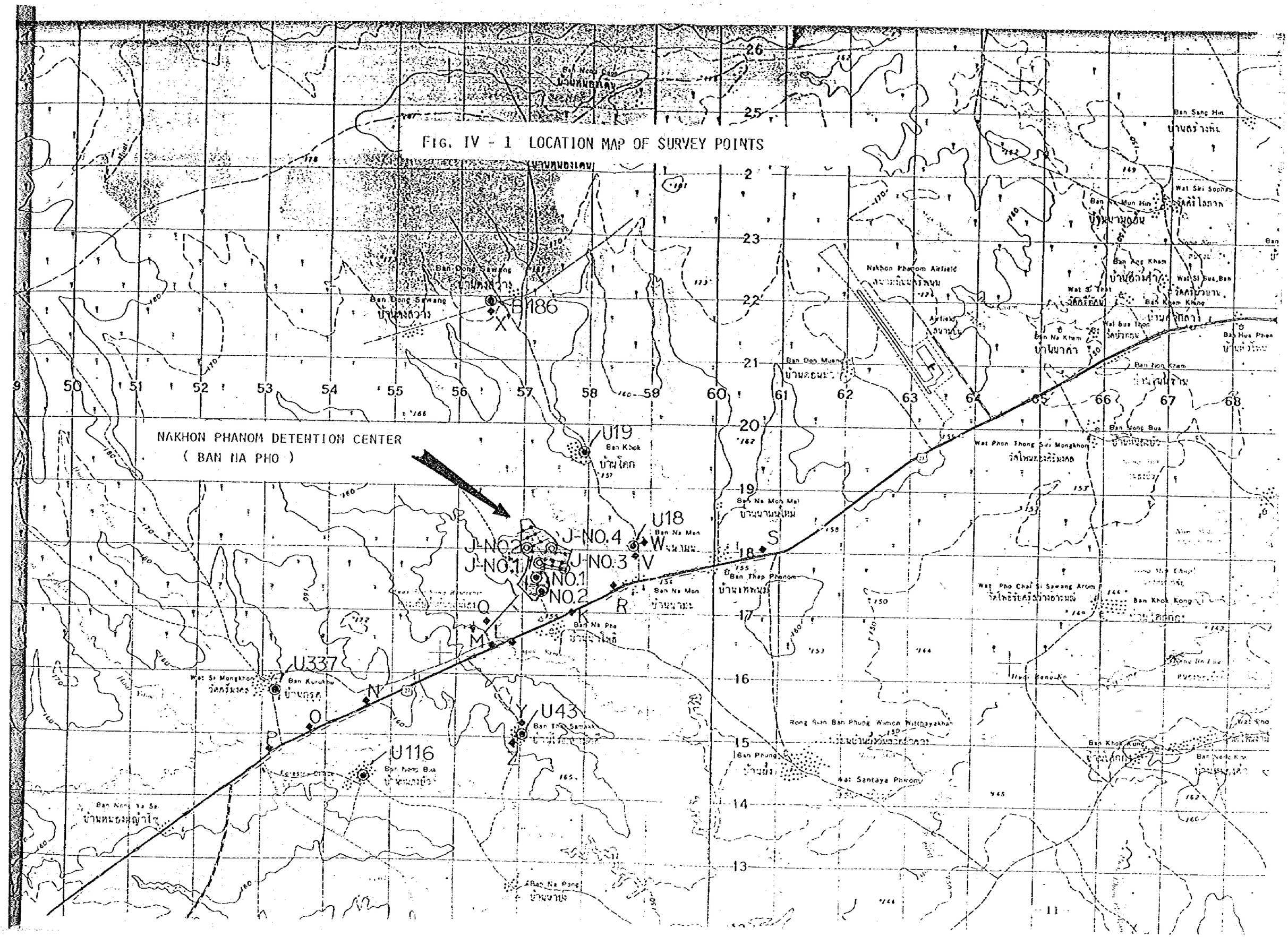
水質調査は28地点で実施した。水質の測点項目と使用器具は次に示すとおりである。

温度 ：温度計

PH ：東洋PH試験紙

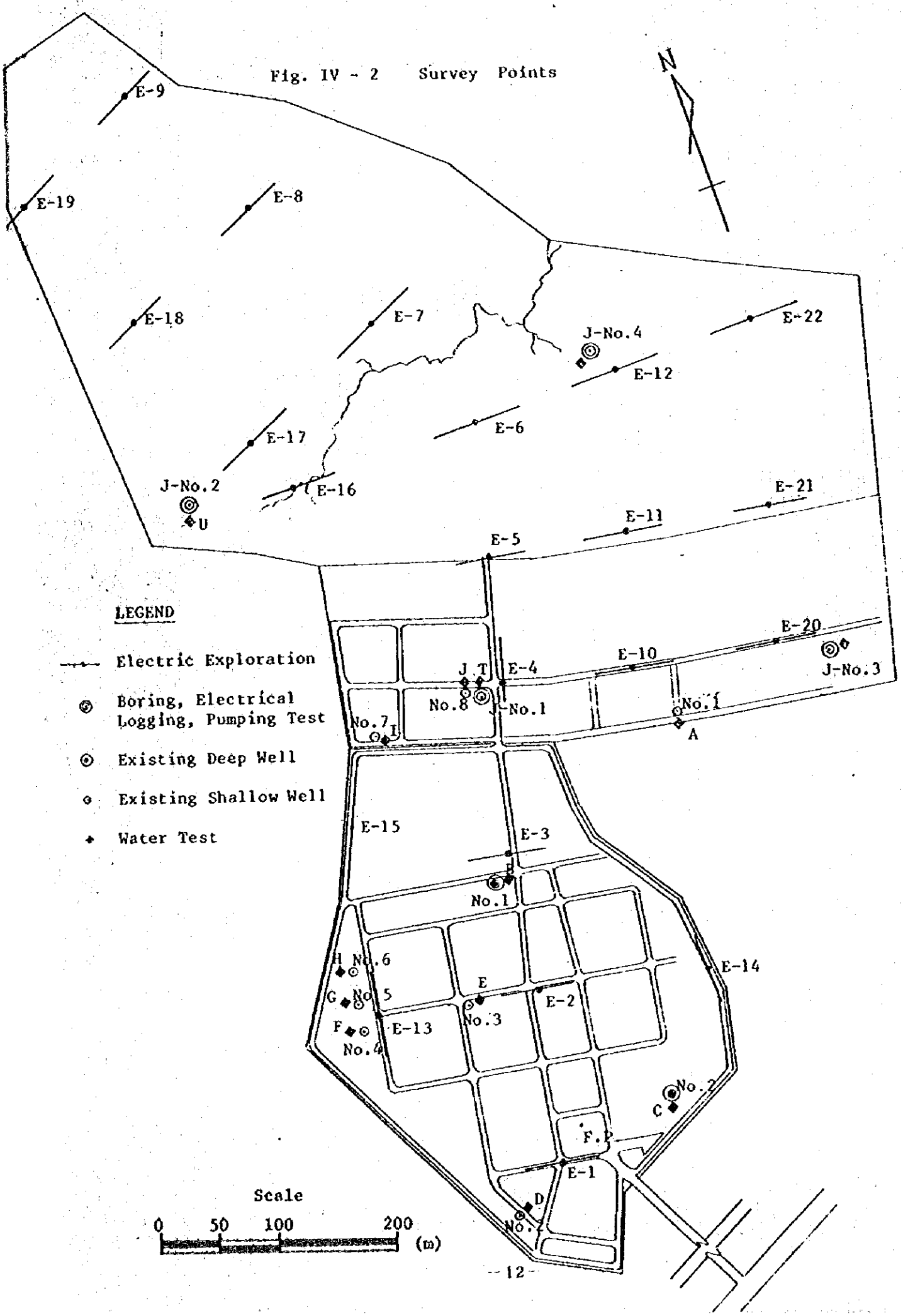
電気伝導度：ポータブル電気伝導度計（モデルCM－1K：東亜電波工業製）

FIG. IV - 1 LOCATION MAP OF SURVEY POINTS



NAKHON PHANOM DETENTION CENTER
(BAN NA PHO)

Fig. IV - 2 Survey Points



V 調査結果および解析

1 地形・地質

調査地（Nakhon Phanom Camp）は国道22号線の距離標219㎞付近に位置し、Nakhon Phanom市より約20㎞西側で、Campは国道22号線の北方600ｍの地点である。

付近の地形は、調査地の北方6～7㎞付近（Bam Nong Doen）にみられる東北東－西南西に走る標高180ｍの稜線を頂点とし、南東方向にゆるやかに傾斜している。

この南東方向の緩傾斜地には、南東方向の開析谷が発達しているため、開析されているところは低地となり水田として利用されている。一方、開析されずに残っているところは細長い残丘となり、雑木林あるいは一部畑地として利用されている。

Campは細長い残丘上（標高160ｍ）にあり、付近の開析された低地とは約10ｍの標高差がある。Campの北東側にはKhom Yai川が流れている。南西側にはSomhomg川をせきとめたSomhong Reservoir（貯水量242万㎥）があり、農業用水、飲料水等に利用されている。Khom YaiおよびSomhong川の源頭は、Campの北方6～7㎞にある標高180ｍの丘陵地で、標高170ｍ以上では森林地帯となっている。また、Somhong川はCampの南東約3.5㎞付近でKhom Yai川に合流している。Khom Yai川は調査地の南東約6㎞でBang Ko川に合流している。Bang Ko川はKhom Yai川と合流後東北東方向に流れを変え、Nakhon Phanom市の南側でMae Khong川に流入する。

以上のように計画地付近は、南東方向の開析谷が発達し、国道22号線は、この開析谷と残丘を横断して走っているため波状縦断勾配を示している。

一方、調査地付近の地質はFig V－1－1に示されているように中生代（Mesozoic）ジュラ紀（Jurassic）のKhorat層群、Phu Phan and Phra Whan累層（Formation）を基盤とし、その上位に白亜紀（Cretaceous）の（Salt and Khok Kruat）累層が分布している。さらにその上位には第4紀沖積世～洪積世の新期堆積物が分布している。

Phu Phan and Phra Whan累層は砂岩（Sand Stone），シルト岩（Silt Stone），頁岩（Shale），礫岩（Conglomerate）等によって構成されている。当層は、Sakon Nakon市の南側にみられる北西－南東方向に走る丘陵性山地に広く分布し、調査地付近には分布していない。

調査地付近に広く分布している地層は、砂岩、シルト岩、頁岩によって構成されている白亜紀のSalt and Khok Kruat累層である。特に調査地（Camp）付近では頁岩が厚く分布し、その上部は風化が進んでいる。国道22号線沿いおよび造成地等の露頭の観察では、上部5ｍ程度までは粘性土状になっており、その下部においても軟質、かつ、亀裂・割目が発達している。

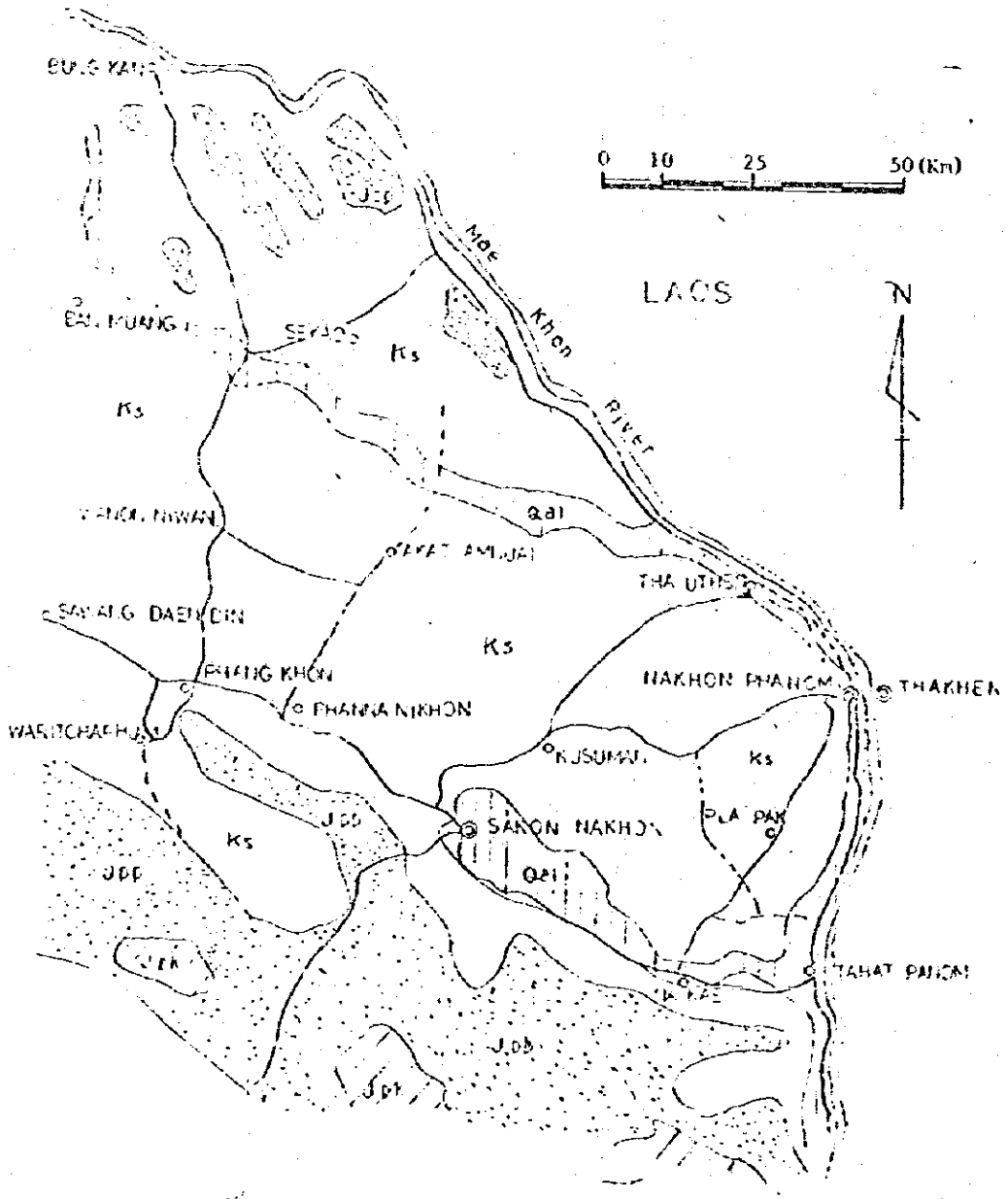
新期堆積物としては、Mae Khong 川沿岸に分布している洪積世の段丘堆積物（Terrace Deposits），および、各河川および開析谷等の低地に堆積している沖積世の堆積物、あるいは、丘陵地と低地を結ぶ傾斜地に分布している洗い出された堆積物（Wash Out Deposits）等がある。

段丘堆積物は、Mae Khong 川沿岸に分布し、粘土、シルト、砂、礫によって構成され、Nakhon Phanom 市は、この段丘上に位置している。

河川堆積物は、その河川の大小によって構成されているものが異なる。Mae Khong 川の河床は、砂、礫が主体であるが、他の河川は粘土・シルト 砂が主体である。 礫は若干混入しているが、混入量は少なく、礫径も10㎝以上のものはまれで、小さい河川ほど、構成している粒子は細粒である。

洗い出された堆積物は、粘土、シルト、砂および細礫によって構成され、未固結でルーズである。

Fig. V-1-1 Geological Map



Qal	Alluvium, Diluvium Vailey fill and river gravel			Quarternary to Recent
Ks	Sandstone, Siltstone, Shale	Salt and Khok Kruat Formation		Cretaceous
Jpp	Sandstone, Corglomerate Shale and Siltstone	Phu Phan and Phra Whan Formation	Khorat Group	Jurassic
Jpk	Shale, Siltstone, Sandstone and Congloserate	Phu Kradung Formation	Khorat Group	Jurassic and Triassic

2 水文・気象

(1) 水系

調査地であるCamp付近の水系は、Campの北方6～7㎞付近（Ban Nong Doen）を東北東－西南西に走る標高180㎞の丘陵地の稜線を源頭とし、南東方向に開析して流れるKhom Yai川、Somhong川の水系に分類される。これらの水系は、それぞれ支流を集めて南東流し、Campの南東約3.5㎞付近で両河川は合流している。合流後も南東流を続け、Campの南東6㎞でBang Ko川に合流している。Bang Ko川はKhom Yai川と合流後、流れを北東方向に変えNakhon Phanom市の南側でMae Khong川に流入する。

Khom Yai川は、Campの北東側を流れ、河川勾配は非常にゆるく、乾季でも表流水はあるが水量的に少なく、その流れは緩慢である。

Somhong川は、Campの南西側を流れているが、Campの西ではSomhong川をせきとめたSomhong Roservoir（貯水量242万㎥，堤長900㎞，池の面積40㏊）があり、農業用水、飲料水として使用されている。このSomhong Reservoirは、R・I・Dによって1956年（26年前）に完成されたものである。満水位は標高155.3㎞で左岸側および右岸側には取水口があり、それぞれ8㎞，6.3㎞の用水路で1,760㏊の灌漑をしている。さらに1979年（3年前）より、軍の生活用水として、電動による揚水を行っている。現在、管理はR・I・Dによってなされているが、Nakhon PhanomのR・I・Dの担当者によれば、水不足とのことである。

(2) 降雨

Nakhon Phanomの季節は、10～4月の乾季と5～9月の雨季に大別される。

5～9月の雨季には年降雨量の約90％が降り、乾季には非常に少ない。特に11～2月の4ケ月間は降雨がまったくない年もある。

Nakhon Phanom付近の雨量観測データーはタイ国M・O・Iおよび、Nakhon PhanomにあるR・I・Dより収集した。

これらの資料の内、M・O・Iより収集した年別・月別の降雨量は、Table V－2－1の通りである。また、このデーターをもとに年別降雨量を示したものがFig V－2－1，月別平均降雨量を示したものがFig V－2－2である。

28年間の最大年間降雨量（1961）		2,836.0㎜
〃	平均年間降雨量（1953～1980）	2,278.9㎜
〃	最大月間降雨量（Aug・1975）	1,232.9㎜
〃	平均最大月間降雨量（Aug・）	592.6㎜

(3) 気温

Nakhon Phanom 付近の気温は、Table V－2－2および Fig V－2－3に示されるように、4月に最高気温を示し、その後10月までは、ゆっくり気温が低下している。10月以降は急に気温が低下し年間の最低気温は1月となっている。2月以降は急上昇し、4月がピークとなる。

平均年間気温（1952－1975）	26.0°
平均月間最高気温（Apr.）	29.0°
平均月間最低気温（Jan.）	22.1°

(4) 蒸発量および蒸散量

蒸発計蒸発量の観測は「Class A Pan」によって行なわれており、その結果は、Table V－2－2および Fig V－2－3に示したとおりである。

平均年間蒸発量（1951－1975）	872.4 ㎜
平均最大月間蒸発量（Mar.）	107.4 ㎜
平均最小月間蒸発量（Aug.）	34.2 ㎜

月別の蒸発量を見ると降雨の多い5月から10月にかけて少なく、降雨の少ない11月から4月にかけて多い。

蒸発量の直接観測値はないが、比較的植生の状態は良いので、蒸散量は、蒸発計蒸発量の70％（年平均）程度と考えられる。

(5) 流出

流出についての観測値はないが、Campの西側にみられる Somhong Reservoir の水量変化と降雨との関係より試算すると、年平均流出率はほゞ10％程度になっている。しかし、11月から3月の5ヶ月間は蒸発量が降雨量より多いため流出はない。

Table V-2-1 Monthly and Annual Rainfall for the Period 1951 - 1980

Station: Nakhon Phanom
Index Station 48: 357
Latitude: 17°25' N.
Longitude: 104°47' E.

Elevation of station above MSL: 140.00 Meters
Height of raingauge: 0.80 Meters
(Above MSL: 140.80 Meters)

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
1951	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1952	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1953	33.4	37.4	22.2	52.8	398.7	550.3	308.0	619.0	159.5	48.2	10.4	0.0	2239.9
1954	82.8	72.9	4.2	119.7	172.1	553.4	312.5	522.0	486.0	94.3	0.0	0.0	2419.9
1955	0.0	0.0	24.6	77.4	190.6	379.2	283.3	292.5	334.9	12.9	1.6	0.0	1597.0
1956	0.0	48.7	41.0	128.3	241.8	210.3	398.1	644.5	355.4	37.2	0.0	0.0	2105.2
1957	0.0	0.0	46.3	111.3	214.4	409.3	374.4	635.8	374.8	50.6	5.7	0.0	2212.6
1958	20.9	65.5	49.3	40.0	178.2	601.4	466.1	368.1	357.7	46.5	0.0	0.0	2211.7
1959	0.0	14.2	11.1	60.1	205.6	76.1	390.7	544.4	457.1	0.3	0.0	0.0	1759.6
1960	0.0	16.7	117.6	9.0	198.6	344.3	297.6	1088.3	315.5	116.0	0.4	0.0	2504.0
1961	0.0	0.0	58.9	72.5	266.2	760.3	270.8	764.9	586.8	56.3	0.0	0.0	2836.7
1962	0.0	0.0	40.8	166.3	328.5	1032.8	408.7	526.0	297.1	21.6	1.2	0.0	2823.0
1963	0.0	0.0	114.2	58.4	164.2	900.5	485.6	508.9	367.8	68.8	45.1	0.0	2713.5
1964	0.0	0.0	38.3	72.5	334.3	x	x	575.1	318.9	290.5	3.0	0.0	(1633.1)
1965	0.0	17.7	24.0	32.9	236.3	775.9	301.0	273.9	261.5	18.7	2.7	0.0	2004.6
1966	0.0	49.4	96.9	204.3	259.4	396.7	324.6	842.1	159.2	32.9	8.5	0.0	2374.0
1967	0.0	8.7	49.6	185.3	249.7	375.8	396.1	483.9	403.7	6.8	7.0	0.0	2186.6
1968	2.0	31.0	71.9	13.4	239.0	424.1	356.9	644.3	230.9	57.3	0.0	0.0	2070.8
1969	10.3	0.5	15.9	115.7	281.0	643.6	770.6	503.7	305.3	42.6	0.0	0.0	2689.2
1970	0.0	0.3	6.4	76.3	442.5	497.8	414.2	745.1	468.7	21.3	0.7	0.0	2673.3
1971	2.7	23.0	5.7	30.6	295.8	371.4	532.1	315.4	375.3	42.1	0.3	28.5	2022.9
1972	0.0	17.1	83.3	107.2	254.4	706.1	493.1	761.7	101.6	126.5	0.5	0.0	2651.5
1973	0.0	0.9	9.8	71.0	214.9	288.4	472.2	430.9	307.5	24.8	0.1	0.0	1820.5
1974	7.3	2.9	24.7	76.3	190.1	418.7	434.3	865.6	97.3	36.4	15.7	0.8	2170.6
1975	2.8	31.1	58.8	76.3	190.5	499.8	515.1	1232.9	140.3	32.5	3.2	0.0	2781.8
1976	0.0	3.6	64.2	101.1	169.8	320.5	546.5	377.7	285.5	128.0	0.0	0.0	1996.9
1977	13.9	0.0	1.3	117.1	109.0	265.2	380.8	348.7	381.5	11.6	21.7	1.2	1652.0
1978	19.2	52.5	96.0	284.4	256.4	400.5	592.1	750.2	278.7	4.3	3.4	0.0	2738.3
1979	2.4	6.9	17.2	123.9	290.0	494.5	434.5	522.8	200.2	0.0	0.0	0.0	2092.4
1980	0.0	27.8	36.1	159.6	139.1	254.9	450.9	387.6	426.5	41.6	0.1	0.0	1924.2
AVERAGE	7.1	18.9	43.9	100.2	239.7	480.4	422.6	592.6	315.5	52.2	4.7	1.1	2278.9

Table V-2-2 Monthly and Annual Mean Evaporation Temperature and Rainfall at Nakhon Phanom

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	ANNUAL
Evaporation (mm) (1957-1975)	95.0	95.4	107.4	100.4	66.9	43.1	39.2	34.2	42.4	69.5	88.2	90.7	872.4
Temperature (°C) (1952-1975)	22.1	24.2	27.1	29.0	28.5	27.5	27.4	26.9	26.9	26.3	24.6	22.4	26.0
Rain fall (mm) (1953-1980)	7.1	18.9	43.9	100.2	239.7	480.4	422.6	592.6	315.5	52.2	4.7	1.1	2,278.9

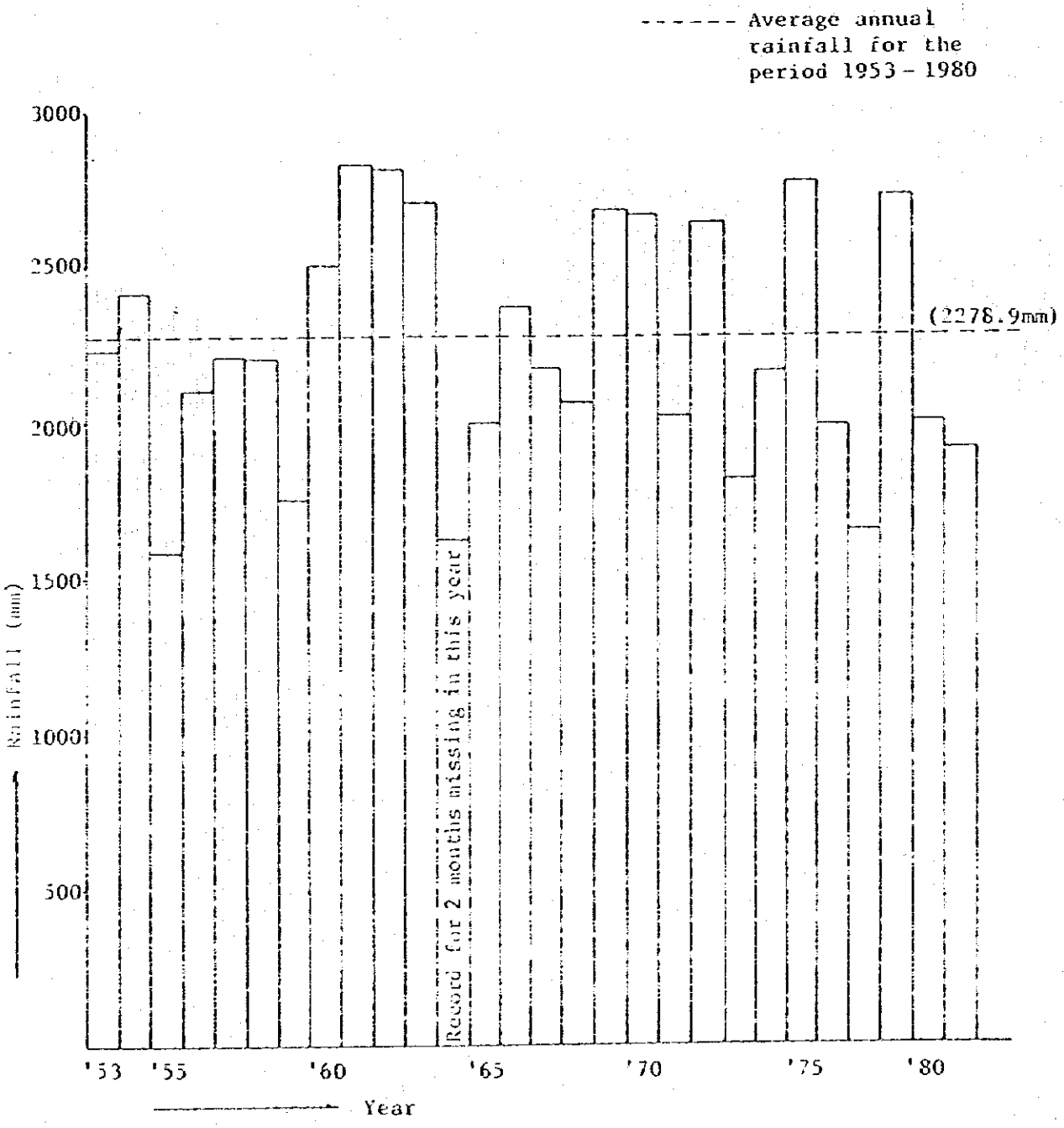


Fig. V-2-1 Annual Rainfall at Nakhon Phanom for the Period 1953 - 1980

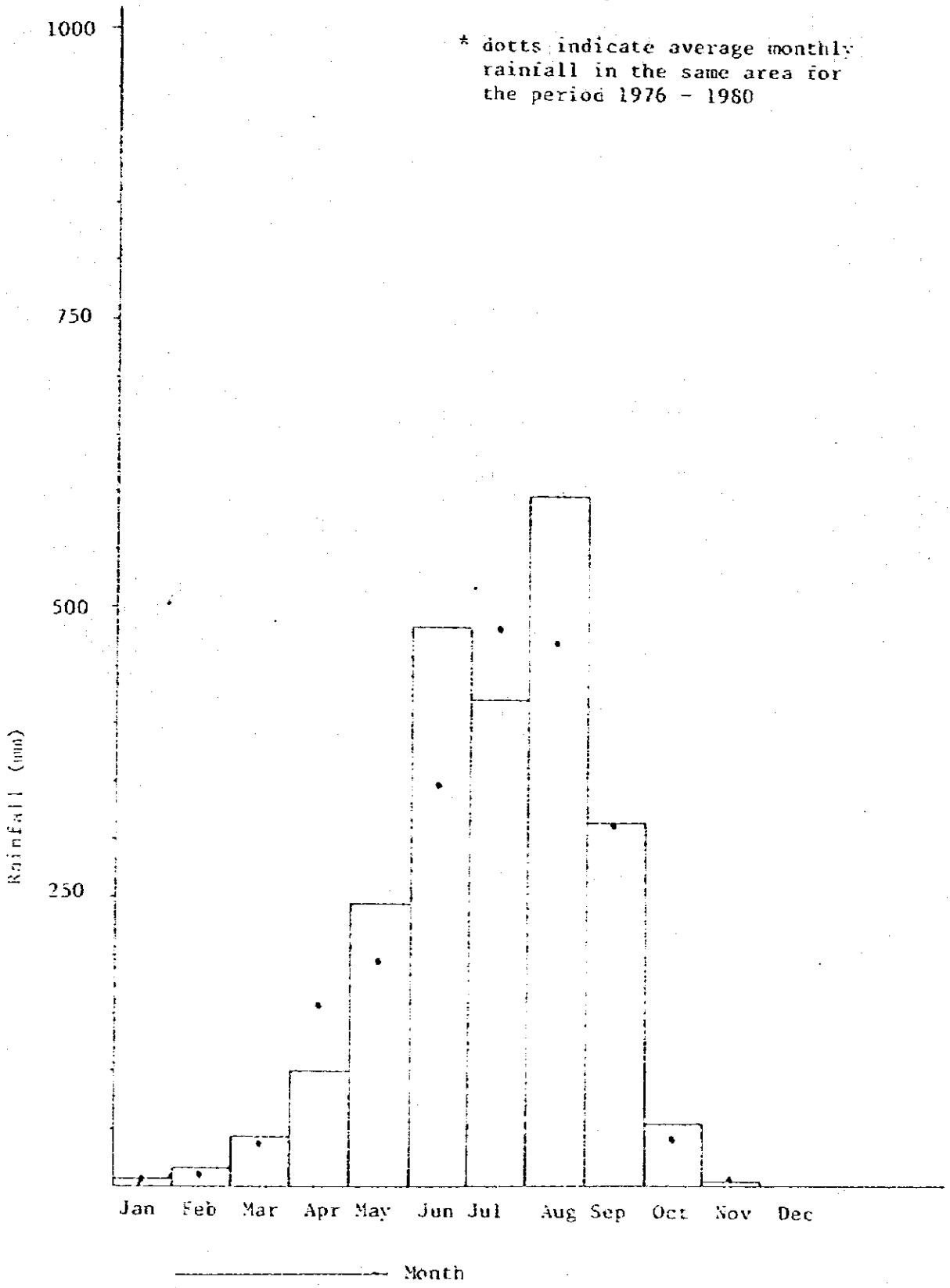


Fig. V-2-2 Average Monthly Rainfall at Nakhon Phanom for the Period 1953 - 1980

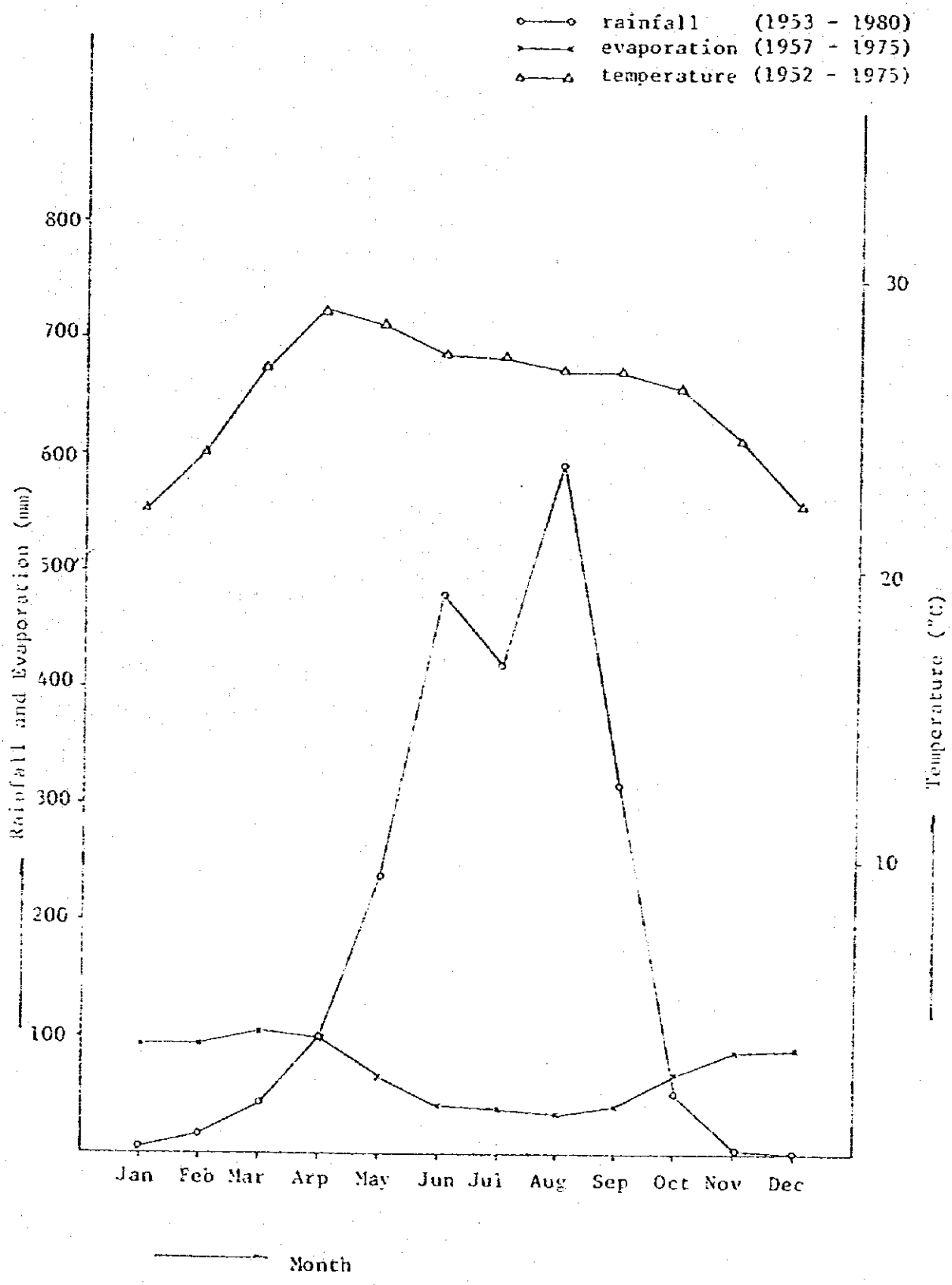


Fig. V-2-3 Monthly Mean Rainfall, Evaporation and Temperature at Nakhon Phanom

3　地下地質構造

(1)　電気探査結果と地質との対比

電気探査はキャンプ内で実施した（Fig V－3－1）。キャンプは地形的には細長い残丘上にあり、地質的には、白亜紀のSalt and Khok Kruat累層に相当する頁岩が厚く分布している。さらに、この頁岩の上位には硬質粘土・ラテライト化された礫質土が分布している。

電気探査の解析結果得られた比抵抗と地質との対比には、キャンプ内で実施した4本のボーリング（J－№1～№4）結果を参考とした。

比抵抗とボーリングの地質資料を対比すると次の4層に大別出来る。

第1層	ρ＝100～1,700	Ω－m	レキ質土
第2層	ρ＝12～110	Ω－m	硬質粘土
第3層	ρ＝5～10	Ω－m	風化著しい頁岩
第4層	ρ＝10～17	Ω－m	頁岩（亀裂、割目が発達している）

以上のように、キャンプ内の地層は4層構造になっており、各層の分布状態は、Fig V－3－2の比抵抗分布断面図に示したとおりである。また、第3層以下が深井戸の対象となるKs層（Salt and Khok Krust累層）に相当するものと考えられ、第3層分布等高線図をFig V－3－3に示したので参照されたい。

第1,2層は、洪積世の堆積物（中～高位段丘堆積物）に相当するものと考えられるが、第1層は、所々欠除している。

Fig. V-3-1 Location Map of Survey Points in the Nakhon Phanom Camp

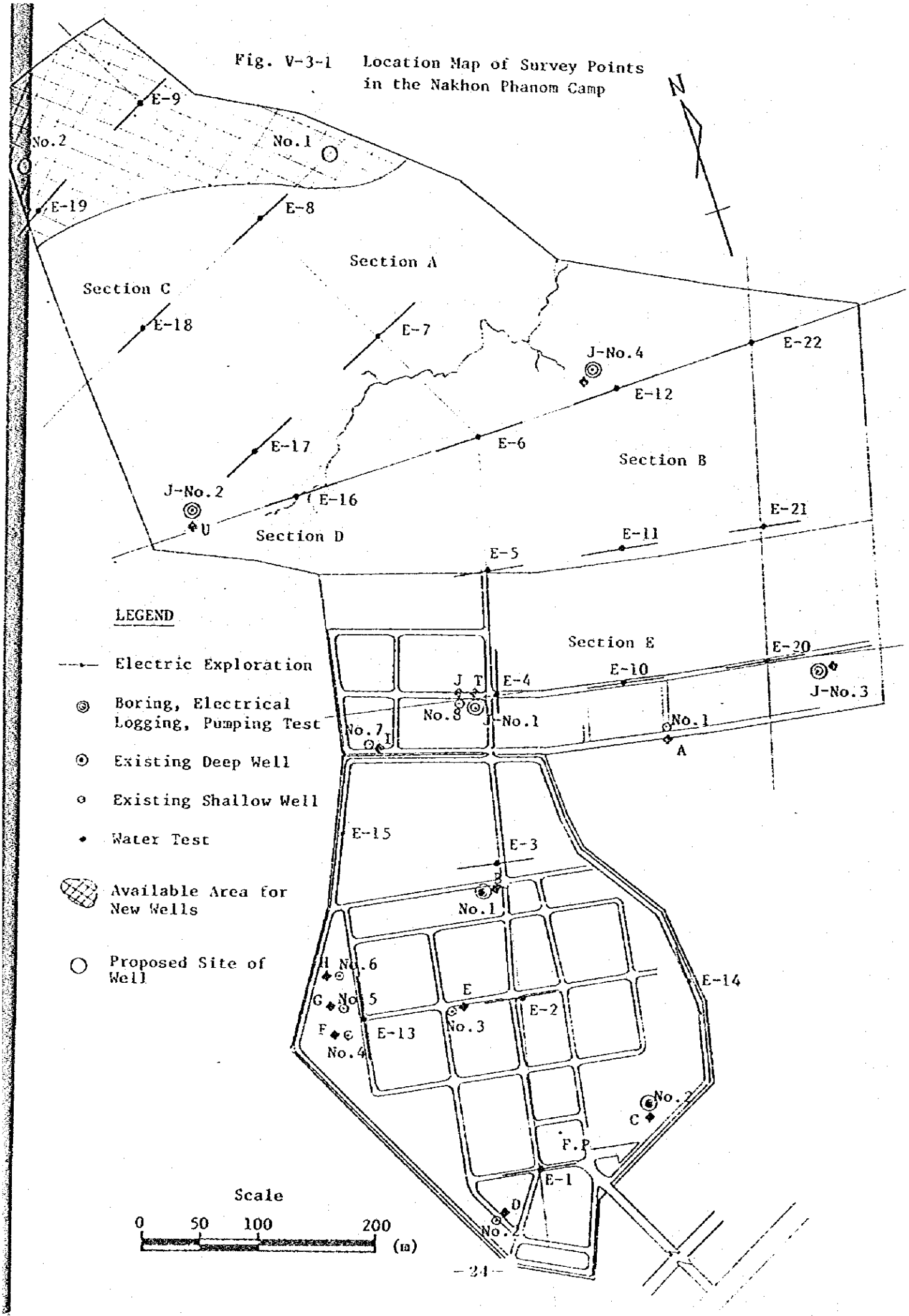


Fig. V - 3 - 2 Cross Section of Nakhon Phanom Camp
(After Electrical Explorations)

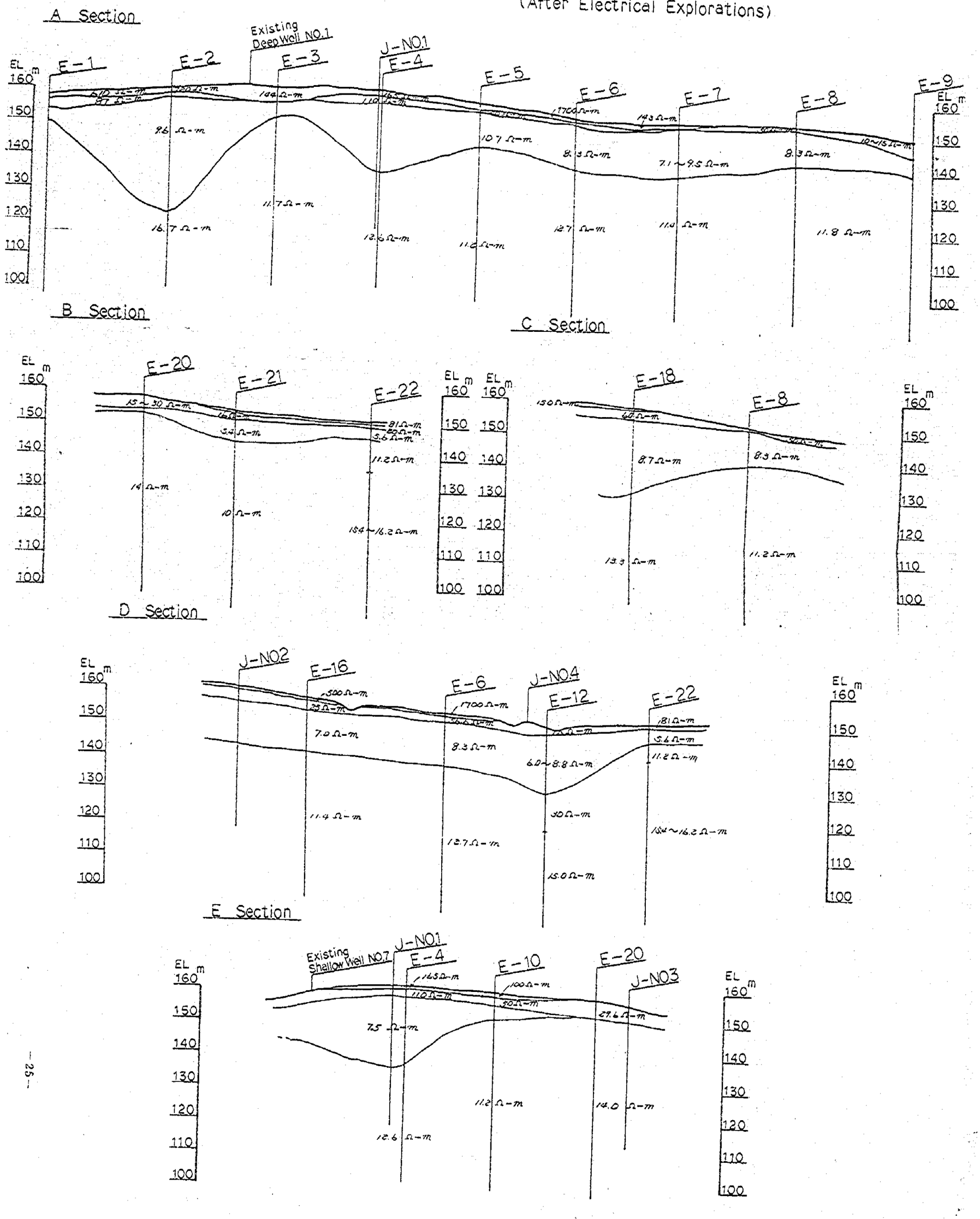
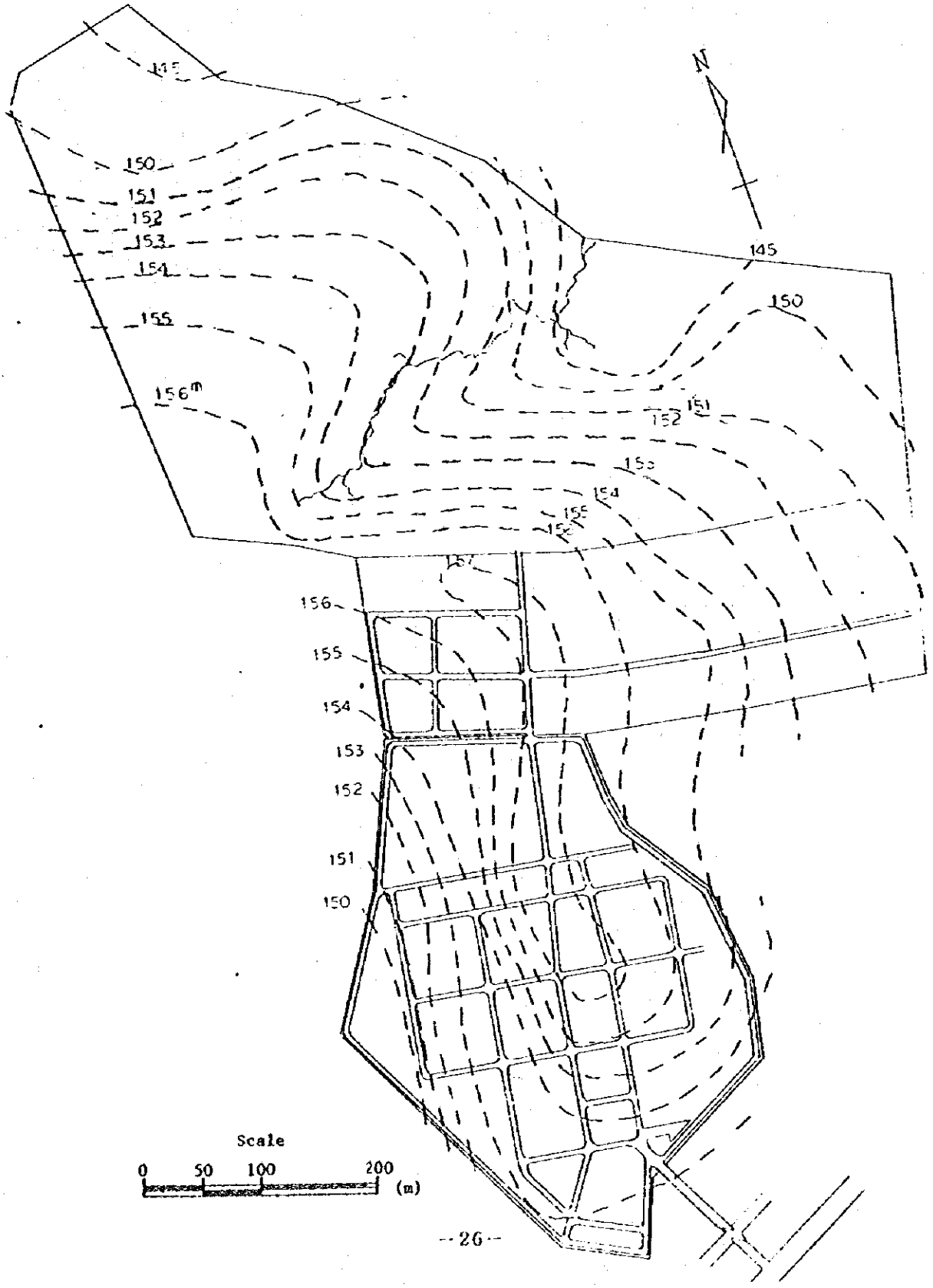


Fig. V-3-3 Contour Line of Base Rock

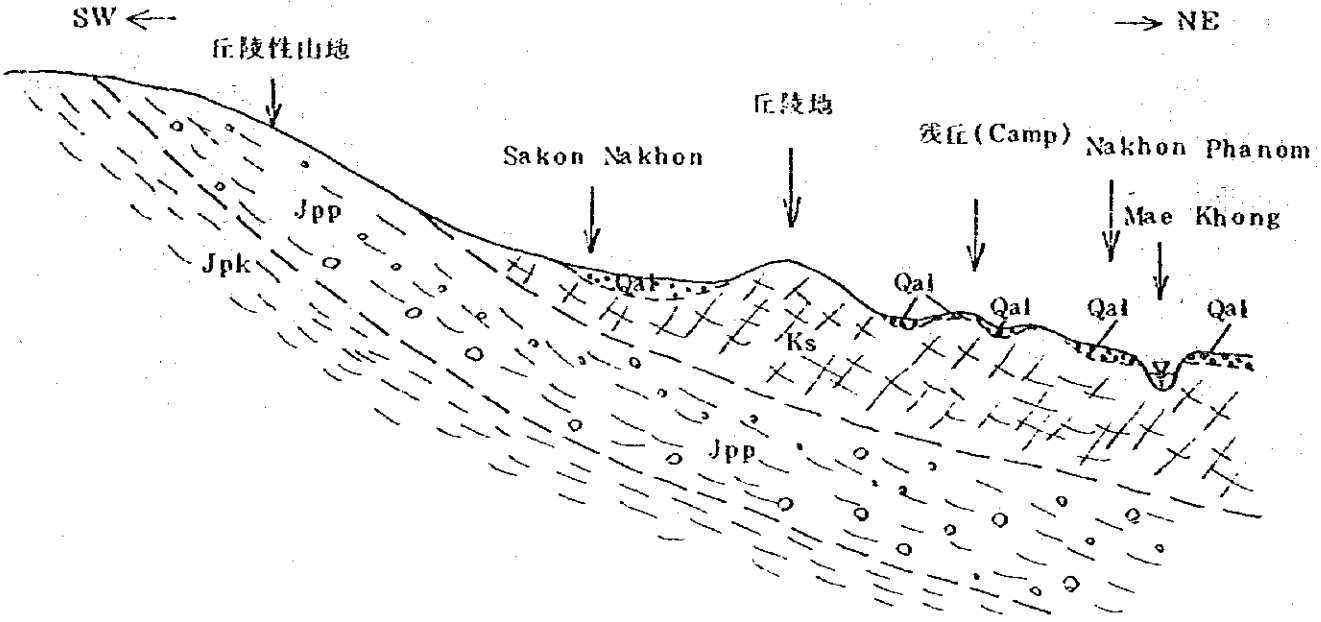


(2) 地下地質構造

キャンプおよび付近の基盤となっている Ks 層（Salt and Khok Kruat 累層）の地質構造は、Sakon Nakhon 市の南側を北西－南東方向に走る背斜軸を境とし、その北東側地区は北東に傾斜している。キャンプ付近の露頭の観察では、頁岩（Ks 層）の走向は北西－南東、傾斜は北東方向に 10°前後傾斜する単斜構造を示している。

Sakon Nakhon 市と Nakhon Phanom 市を結ぶ地下地質構造を模式的に示せば、Fig V－3－4 のようになる。

Fig V－3－4 地質構造模式断面図



Qal : Alluvium, Diluvium

Ks : Salt and Khok Kruat Formation

Jpp : Phu Phan and Phra Whan Formation

Jpk : Pnu Kradung Formation

4 水理地質

(1) 地下水の賦存機構

キャンプおよびその周辺の地質は、頁岩（Ks 層）を基盤とし、残丘上においては、中～高位段丘堆積物と考えられる硬質粘土層、レキ質土層が分布している。

一方、開析谷（低地）においては、粘土・シルト・砂を主体とする河川堆積物が分布している。

キャンプおよび、その周辺の浅井戸調査の結果によれば、地下水位は低地においては現地表下２～３ｍ，残丘上においては、２～６ｍの深度にみられる。この地下水位は、自由面地下水位で、ちょうど基盤岩と新期堆積物との境界付近にみられるもので、地下水の量は非常に少ない。

一方、現在までに実施されている深井戸の深度は30～61ｍで、取水は、いずれも基盤である頁岩層（Ks層）内の地下水を対象としている。

頁岩層は、上部がかなり風化され軟質化しているが充分固結した岩盤であるため、連続した、ある一定の層厚を有した滞水層が分布しているわけではなく、取水は頁岩層中の裂か水を対象としている。この頁岩層中の裂か水の水位は、キャンプ地内で実施したＪ－Ｍ１～４によれば標高142.5～146.9ｍの範囲内にあり、浅井戸内の水位より10ｍ前後低い水位である。

以上のことから、地下水は基盤岩の上位にみられる新期堆積物中にあるものと、基盤岩内にある裂か水とに大別することが出来る。

新期堆積物中にある地下水は、現地形にほゞ平行した水位を示すのに対して、基盤岩中の地下水位は南東側方向に順次低下している。

このことは、頁岩層中の裂かが網の目状に発達し、各地点の地下水は互いに関係し合っているものと判断される。

新期堆積物中にみられる地下水は、降雨の影響を受けやすく、雨季には水位が上昇し、乾季には水位が降下するものと思われる。

一方、頁岩層中の裂か水は、上位に分布する新期堆積物に比べて降雨の影響は直接受けていないものと思われる。すなわち、新期堆積物は、粘土、シルトを主体としており保水性および吸水性は高いが、透水性は小さいため、下部への浸透量は非常に少ないと考えられるからである。　以上のことから、頁岩層中の裂か水の涵養源は、新期堆積物が分布せず、頁岩層が直接地表に分布している丘陵地帯（森林地帯）が有力な涵養源と考えられる。　涵養時期は蒸発量より降雨量の多い５～９月の５ケ月間であろう。

(2)　地下水利用状況

キャンプおよびその周辺における地下水の利用はほとんど生活用水として用いられ、農業用水としては用いられていない。

キャンプ周辺の集落は人口が300～1,000人で、地下水の利用量は１集落当り10～35㎥/day程度である。　各集落には、深井戸１ケ所と浅井戸２～４ケ所があり、生活用水として揚水しているが、深井戸は手動ポンプ、浅井戸はバケツによる揚水を行って

いる。既存資料（Table V－4－1）によると、深井戸は30～50mの深度を有し、135ℓ/min～520ℓ/minの揚水量が可能とされており、1日10時間の揚水を実施すれば、深井戸1ヶ所当り81～312m³/dayの揚水が可能であるが、現在の深井戸からの揚水量は、6～20m³/dayと少ない。

一方、キャンプ内においては、人口6,770人（2月15日現在）を有し、浅井戸8ヶ所、深井戸2ヶ所より揚水を行っている（Table V－4－2 参照）。この内、浅井戸は難民自身によって設けられたプライベートな井戸であるが、水量の不足と水質汚染のため、雑用水として利用されている。 飲料水として利用されているのは深井戸2ヶ所と浅井戸No.1の計3ヶ所である。この3ヶ所からの揚水量は約143m³/dayで、1人当りの利用量は約21ℓ/dayとなっている。

Table V-4-1 List of Existing Deep Wells

Location	Locality	Depth (m)	Yield (ℓ/min)	Amount of pumped water (m^3/day)	Water level (m)	Draw down (m)	Columnar section	Pomping test	Water analysis	Remarks
No.1	Ban Na Pho (camp)	-	-	40.0	-	-	x	x	x	Drinking Water
No.2	Ban Na Pho (camp)	-	-	92.0	-	-	x	x	x	Drinking Water
U19	Ban Khok	-	-	6.0	-	-	x	x	o	Miscellaneous Water
U18	Ban Na Mon	30.5	520	10.0	3.26	6.26	x	o	o	Miscellaneous Water
U43	Ban Na Phung	48.8	-	10.0	4.70	-	o	x	o	Drinking Water
U337	Ban Khurukhu	30.5	135	6.0	3.05	4.36	o	o	o	Drinking Water
U116	Ban Neng Bua Khurukhu	30.5	176	18.0	3.76	-	o	o	o	Miscellaneous Water
B186	Ban Dan Sawang	38.7	-	20.0	4.50	-	o	x	x	Drinking Water

Table V-4-2 List of Existing Shallow Well in Camp

Location	Depth (m)	Water Level (m)	Diameter (m)	Yield (ℓ/min)	Amount of pumped water (m^3/day)	Remarks
No.1	37	12.0	0.05	15.0	10.8	Drinking Water
No.2	10	2.0	2.0	-	0.5	Miscellaneous Water
No.3	5.7	5.0	0.9	-	0.4	Miscellaneous Water
No.4	6.6	6.0	1.6	-	0.3	Miscellaneous Water
No.5	6.45	6.3	1.0	-	0.15	Miscellaneous Water
No.6	2.7	2.5	0.9	-	0.15	Miscellaneous Water
No.7	7.0	4.6	1.2	-	0.3	Miscellaneous Water
No.8	7.0	4.50	1.3	-	0.3	Miscellaneous Water

(3) 揚水試験

揚水試験はキャンプ内で実施したボーリング孔（J－№1～№4）を利用し、段階試験および定量試験を実施した。

① 段階試験

試験は揚水量をバルブを取付けて調整し、4～5段階に分けて、それぞれの揚水量に対する水位がほゞ安定するまで連続揚水を行い、安定した水位を測定した。

揚水量(Q)と水位降下(s)の関係は、Fig V－4－1に示したとおりで、この結果から、各ボーリング孔の限界揚水量はTable V－4－3のように判断され、経済的揚水量としては限界揚水量以下が望ましい。

Table V－4－3　揚水試験結果

ボーリング№	限界揚水量 Q (ℓ/min)	水位降下 s (m)	比湧出量	静下水位 (m)
J－№1	120(172.8 ㎥/day)	15.5	11.1	30.9
J－№2	100(144.0 ㎥/day)	20.0	7.2	33.3
J－№3	160(230.4 ㎥/day)	20.1	11.5	33.6
J－№4	500(720.0 ㎥/day)	14.0	51.4	19.5

また、適正揚水量としては、一般に限界揚水量の80％程度を考慮する場合もあるが、これは、揚水井の口径、揚水継続時間、井戸間隔その他、地下水理条件によっても異なるもので、一概には言えない。揚水計画に応じた群井としての検討が必要である。

② 定量試験

各ボーリング孔における定量試験のデーターを用い「Theisの非平衡式」および「Jacobの式」より透水量係数・貯留係数を求める。試験の記録および計算はAppendix Fに示したとおりである。その結果をまとめるとTable V－4－4のとおりである。

Fig. V-4-1. s - Q

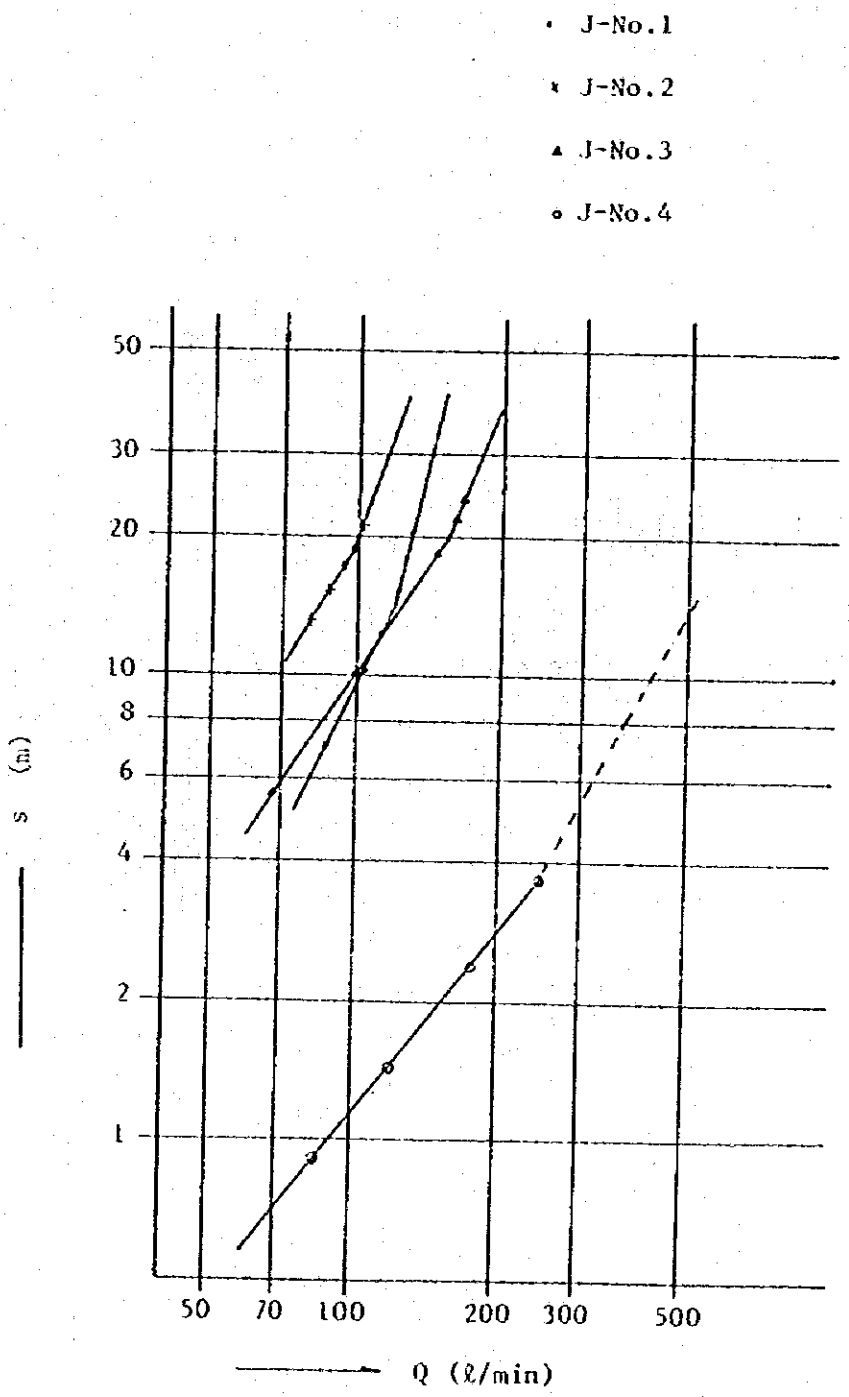

J-No.1
J-No.2
J-No.3
J-No.4
50
30
20
10
8
6
4
2
1
s (m)
50
70
100
200
300
500
Q (ℓ/min)

Table V-4-4 定量試験結果

ボーリング孔	透水量係数 T (㎡/sec)		貯留係数 S		揚水量(㎥/sec)
	Theisの式	Jacobの式	Theisの式	Jacobの式	
J-孔1	1.026×10^{-4}	3.833×10^{-5}	3.569×10^{-3}	2.887×10^{-1}	0.00202
J-孔2	6.100×10^{-5}	1.800×10^{-5}	1.924×10^{-3}	2.294×10^{-1}	0.00173
J-孔3	1.266×10^{-4}	3.937×10^{-5}	1.519×10^{-4}	2.395×10^{-1}	0.00258
J-孔4	7.730×10^{-4}	3.965×10^{-4}	7.027×10^{-1}	3.520×10^{-1}	0.00407
平　均	6.95×10^{-5}	1.23×10^{-4}	2.44×10^{-2}	2.77×10^{-1}	

以上のように透水量係数(T)および貯留係数(S)は「Theisの式」と「Jacobの式」とでは異なった値を示している。また、各ボーリング孔によっても異なっている。J-孔1～J-孔4の地下水は、いずれも頁岩(Shale)の裂か水であるが、J-孔4の限界揚水量、比湧出量はJ-孔1～孔3に比して非常に大きい。このため、計画地の平均的な滞水層定数としては、J-孔1～孔3の平均的な値として、透水量係数 $T=9.7\times10^{-5}$ ㎡/sec，貯留係数 $S=5.0\times10^{-2}$ 程度と考えられる。

(4) 水質調査

水露頭における電気伝導度を主体とする水質調査の結果を水露頭の種類別に整理するとTable V-4-5のようになる。水質調査結果の詳細はTable V-4-6に示したので参照されたい。

Table V-4-5 水露頭別水質

水露頭の種類		区分	水温	PH	電気伝導度 at 25℃ (μU/cm)
表流水		河川	25°～27°	5.4～6.0	19.8～460.4
		水路	26°～27°	5.4～5.6	20.1～27.2
		ダム	25°	5.6	22.5
地下水	浅井戸	キャンプ内	24～30°	5.0～6.8	13.3～6,875.0
		キャンプ周辺	27～29	6.8～7.0	62.6
	深井戸	キャンプ内	28～30	6.6	4845～7190
		キャンプ周辺	29～30	6.8～7.0	4048～4888

以上の調査結果をみると、表流水と浅井戸はかなり似かよった値を示し、深井戸の地下水とは異なった値を示している。すなわち、表流水および浅井戸の地下水は、水温T＝25°～27°、PH＝5.4～5.6，電気伝導度は20～63 μ℧／㎝を示すものが多いのに対して深井戸の地下水は、水温T＝28～30°、PH＝6.6～7.0，電気伝導度は400～500 μ℧／㎝を示すものが多い。したがって、表流水と浅井戸の地下水とは密接な関係にあるが、深井戸の地下水は、水質的にも表流水および浅井戸の地下水とは区別出来る。

参考までに、キャンプ周辺における既存深井戸の水質分析結果を整理すると、Table V－4－7のようになる。

水質分析結果をみると、$CaCo_3$，Fe，がタイの水質基準値を超えているところがみられる。

一方、今回実施した水質分析結果は、Appendix－Dに示したとおりであるが、その結果をまとめたものがTable V－4－8である。

分析結果によれば、J－№1，№2，№3，№4ともに濁度（Turbidity），全硬度（Total hardness）はタイ国水質基準をオーバーしている。その他J－№3，№4の蒸発残留物（Total solids）および、塩化ナトリウム（Chlorides：Nacℓ）が多い。この内濁度、蒸発残留物は揚水を続けていくうちに少なくなるもので、ボーリング間もない水質としては当然考えられる値である。また、全硬度については、国際保健機構　国際水道水質基準値内に入っている。

以上の分析結果から　J－№1，№2，№3，№4から、揚水される地下水は、無処理のまゝで飲料可能であると判断される。

Table V-4-6 Measurement of Water Quality

No.	Location	Kind of Water	Water Temperature (°C)	Specific Conductivity at 25°C (u v/cm)	pH
A	SW - No. 1 (Camp)	Shallow well	28	608.0	6.8
B	No. 1 (Camp)	Deep well	28	484.5	6.6
C	No. 2 (Camp)	Deep well	30	719.0	6.6
D	SW - No. 2 (Camp)	Shallow well	30	13.3	5.4
E	SW - No. 3 (Camp)	"	29	41.4	5.4
F	SW - No. 4 (Camp)	"	27	41.4	5.4
G	SW - No. 5 (Camp)	"	24	63.2	5.6
H	SW - No. 6 (Camp)	"	24	6,875.0	5.0
I	SW - No. 7 (Camp)	"	25	6,250	5.6
J	SW - No. 8 (Camp)	"	27	6,419	5.6
K	Ban Na Pho	Canal	26	27.2	5.4
L	Huai Samrong	River	26	19.8	5.4
M	Ban Na Pho	Canal	27	20.1	5.6
N	Ban Kurukhu	River	26	99.0	5.6
O	Huai Noi	River	26	128.7	5.6
P	Huai Bang Ko	River	26	460.4	6.0
Q	Huai Somhong Reservoir	Dam	25	22.5	5.6
R	Huai KHam Yai	River	27	65.3	5.4
S	Huai PHoug	River	25	66.5	5.6

No.	Location	Kind of Water	Water Temperature (°C)	Specific Conductivity at 25°C (μ v/cm)	pH
T	J - No. 1 (Camp)	Deep well	30	455.4	6.8
U	J - No. 2 (Camp)	Deep well	30	515.2	6.8
V	Ban Na Mon	Shallow well	29	-	7.0
W	U18	Deep well	30	-	6.8
X	Ban Dong Sa Wang	Deep well	30	404.8	6.8
Y	U43	Deep well	29	488.8	7.0
Z	Ban Thai Samakku	Shallow well	27	62.6	5.6
a	J - No. 3	Deep Well	30	1,840	5.8~6.0
b	J - No. 4	Deep Well	30	736	6.4~6.6

Table V-4-7 Water Quality of Existing Deep Wells

Constituents	Well Number					Thai Standard of Drinking Water
	U18	U19	U43	U116	U337	
PH	8.1	7.9	7.5	8.2	7.9	6.5 - 8.5
Specific conductance (micron	-	-	345	322	328	
Turbidity (silica scale)	-	-	-	2	-	57
Tru colour (platium - cobalt scale)	-	-	-	1	-	20
Calcium (Ca)	-	-	42	18	28	
Magnesium (Mg)	-	-	7.1	9.5	16	
Sodium (Na)	-	-	16	-	16	
Potassium (K)	-	-	1.7	-	-	
Iron-dissolved (Fe)	-	-	-	0.00	-	
Iron-total (Fe)	1.2	4.4	1.0	0.12	0.17	0.5
Manganese (Mn)	-	-	0.06	0.00	-	0.05
Chloride (Cl)	8.6	5.2	11	15	5.8	25.0
Sulfate (So_4)	4.8	1.6	2.0	32	0.8	
Nitrite (NO_2)	-	-	0.00	0.00	0.00	
Nitrate (NO_3)	-	-	0.3	0.0	0.0	4.0
Carbonate (Co_3)	-	-	0	0	0	
Bicarbonate (HCO_3)	-	-	172	134	195	
Fluoride (F)	-	-	0.0	0.0	0.0	1.5
Phosphate-total (Po_4)	-	-	-	-	-	
Carbon dioxide (Co_2)	-	-	8.6	1.3	3.9	
Hydrogen sulfide (H_2S)	-	-	-	-	-	
Dissolved solids	-	-	152	203	208	500
Total hardness as $CaCo_3$	285	176	134	84	134	100
Noncarbonate hardness	-	-	0	0	0	
Copper (Cu)	-	-	0.00	-	0	1.0
Zinc (Zn)	-	-	0.11	-	-	5.0

Table V-4-8 Result of Water Quality Analysis

Constituents	J-No. 1	J-No. 2	J-No. 3	J-No. 4	Thai Standards	WHO*
Colour, in terms of Hazen units	Less than 5	less than 5	less than 5	less than 5	20	
Turbidity in terms of Silica scale	17.0	6.6	8.0	6.2	5	
pH value	8.4	8.3	8.0	7.7	6.5~8.5	7.0~8.5
Total solids	371	385	2,422	777	500	500
Total hardness ($CaCo_3$)	134	142	484	449	100	500
Chlorides, (NaCℓ)	6.6	nil	514.4	145.1		
Saline ammonia	0.004	0.02	0.02	0.01		
Albuminoid ammonia	0.07	0.07	0.07	0.06	0.1	
Nitrates (No. 3)	0.07	0.07	0.07	0.07	4.0	
Nitrites (No. 2)	nil	nil	0.005	0.003		
Iron (Fe)	0.20	0.25	0.14	0.11	0.5	0.3
Load (Pb)	0.01	0.002	0.01	0.009	0.1	
Arsenic (As)	0.003	not found	not found	not found	0.05	

*WHO : Water Quality Standards by WHO

(5) 地下水の涵養量の推定

計画地付近の涵養源は「地下水の賦存機構」の項で述べたように、丘陵地帯が有力で、涵養時期は蒸発量より降雨量の多い5月～9月の5ヶ月間であると考えられる。

キャンプ地はKhom Yaiおよび Somhongの流域に挟まれた残丘であり、基盤内の地下水は、両流域からの涵養が考えられる。したがって、ここでは両流域における地下水の涵養量を試算してみる。

一年間の地下水涵養量は次式で求めることが出来る。

$$Q_R = \{P - (D + E)\} \times A_R$$

ここに　Q_R：地下水涵養量

P：降水量

D：流出量

E：蒸発量

A_R：流域面積

上式を用いたKhom Yaiおよび Somhong流域の地下水涵養量は Table V-4-9のように考えられる。

Table V-4-9　地下水涵養量

流域	面積 A_R ㎢	降水量 P mm/y	流出量 D mm/y	蒸発量 E mm/y	浸透量 mm/y G=P-(D+E)	涵養量 ㎥/y Q=A_R×G
Somhong	16.26	2278.9	911.56	610.7	756.64	12,302,966
Khom Yai	21.70	2278.9	911.56	610.7	756.64	16,419,088
合計	37.96	2298.9	911.56	610.7	756.64	28,722,054

以上の計算結果、地下水涵養量は Somhong 流域では約1,230万㎥/y，Khom Yai流域では1,642万㎥/y，合計2,872万㎥/yとなる。

両流域内における現況の地下水利用量は、キャンプ内7.5万㎥/y，キャンプ外では最大でも5.0万㎥/y程度で、合計は12.5万㎥/yとなり、利用量は涵養量の1%以下と予想される。しかし、これらの試算はあくまでも概算であり、資料等からの推定で求めたものであるので、今後、更に実測の結果から検討することが望ましい。

(6) 揚水条件と影響範囲

Somhong および Khom Yai 流域における限界揚水量は 140～750 ㎥/day，比湧出量は 7.0～120 ㎥/day/m の範囲内にあるが、揚水量は 140～250 ㎥/day，比湧出量は 10 ㎥/day/m 前後を示す井戸が多い。

キャンプ内で実施した揚水試験結果から揚水条件と影響範囲について検討する。

（帯水層定数）

$T = 9.7 \times 10^{-5}$ ㎡/sec

$S = 0.05$

（揚水条件）

$Q_c = 127$ ℓ/min …… （J－№1，№2，№3 の平均限界揚水量）

$Q = 91.4$ ㎥/day …… （1日12時間運転とする）

$T = 4.19$ ㎡/day …… （9.7×10^{-5} ㎡/sec × 43,300 sec）

$S = 0.05$

以上の条件から s および u は次のようになる。

$$s = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot T} W(u)$$

$$= 1.74 \quad W(u) \quad \cdots\cdots \quad ①$$

$$u = \frac{S \cdot r^2}{4 \cdot T \cdot t}$$

$$= 2.98 \times 10^{-3} \cdot \frac{r^2}{t} \quad \cdots\cdots \quad ②$$

ここに　Q：揚水量（㎥/day）
T：透水量係数（㎡/day）
S：貯留係数
W(u)，u：井戸関数
s：水位降下量（m）
r：井戸間隔（m）
t：揚水継続時間（日）

①および②から、揚水継続時間(t)を1日、30日、120日、365日の4段階について、井戸間隔(r)と水位降下(s)の関係を求めると、Tabl V－4－10 および、Fig・V－4－2 のようになる。

Table V-4-10　揚水継続時間と水位降下量

t (日)	r (m)	u	W(u)	s (m)
1	r_0=0.10795	3.47×10^{-5}	9.70	16.88
	r_1=50	7.45×10^{-2}	2.15	3.74
	r_2=70	1.46×10^{-1}	1.55	2.70
30	r_0=0.10795	1.16×10^{-6}	13.00	22.62
	r_1=10	993×10^{-3}	4.20	7.31
	r_2=40	159×10^{-1}	1.46	2.54
120	r_0=0.10795	289×10^{-7}	14.20	24.71
	r_1=30	224×10^{-2}	3.40	5.92
	r_2=80	159×10^{-1}	1.47	2.56
365	r_0=0.10795	9.51×10^{-8}	15.50	26.97
	r_1=60	294×10^{-2}	3.01	5.24
	r_2=130	138×10^{-1}	1.61	2.80

Fig. V-4-2 Relation between Pumping Operation Time, Drawdown and Distance

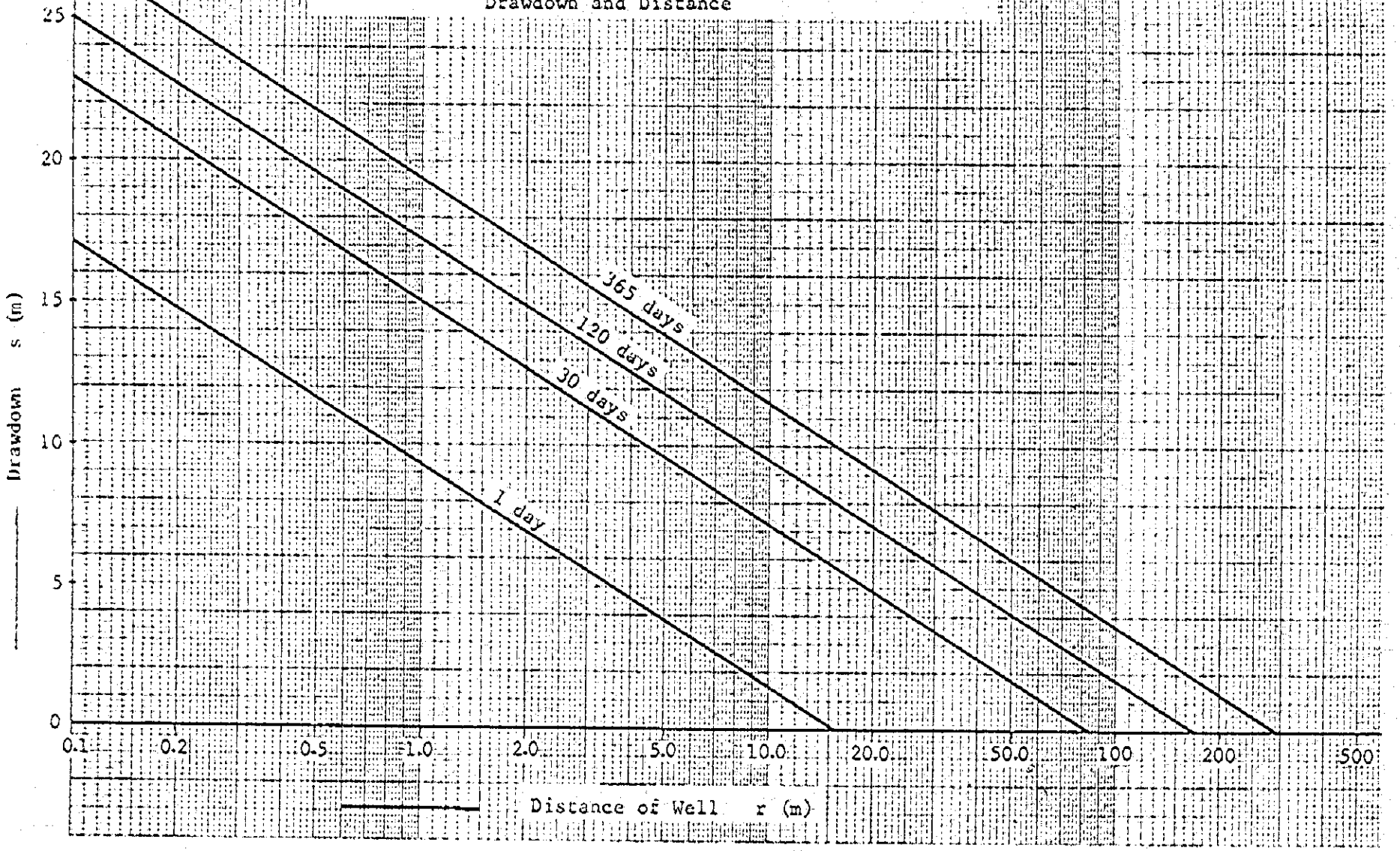


Fig.V－4－2からみて、揚水量91.4㎥/dayとした時の水位降下量と影響範囲は次のように考えられる。

揚水継続時間	井戸の水位降下量(m)	影響範囲(m)
1日	16.9	15.5
30日	22.6	83.0
120日	24.7	165.0
365日	27.0	290.0

以上の検討結果から、キャンプ地内において91.4㎥/dayの揚水を1年間継続した場合の影響範囲は290mで、井戸が互に干渉し合わないための井戸間隔は約600m必要である。

しかしながら、地下水位は雨季になれば若干上昇すること、および、井戸からの揚水時の初期には定常状態の揚水量より多い揚水量になること等から、実際の揚水時間は短縮され、これによって水位の回復が考えられるため、井戸間隔300m程度でも実質上大きな問題はないであろう。

キャンプの敷地は、約41.2haであり、井戸間隔を300mとし、キャンプ内の既存井戸位置等を考慮すると、キャンプ内における適正井戸本数は8本程度、適正揚水量は約730㎥/dayと判断される。

この適正揚水量730㎥/dayは、計画人口（20,000人）の1人当りに対しては36.5ℓ/dayとなり、UNHCRが計画している1人当りの給水量35ℓ/dayを満足している。

以上のことから、キャンプ地内においては、すでに深井戸が2本あり、今回実施したボーリング4本を井戸として使用できるとすれば、今後、深井戸2本程度の開発は可能であると判断される。

新規深井戸の位置としては、各井戸の影響範囲等を考慮すると、電気探査を実施したE－8およびE－19地点付近が望ましい（Fig.V－3－1 参照）。

Ⅵ 事業計画

1 計画条件

(1) 対象人口

給水計画を立てる場合の対象人口は、当キャンプの将来計画を考慮して20,000人とする。

(2) 原単位

給水量の原単位は、当キャンプの UNHCR の計画である35ℓ/日/人を採用する。

(3) 必要給水量

以上により、1日当りの必要給水量は700㎥/日となる。

2 井戸の揚水量及び不足水量

(1) 調査結果

今回の調査によって確認された井戸及びボーリング孔からの限界揚水量,Ha（水面高）は次のとおりである。

〔既設井戸〕	No.1	Q＝40㎥/日	
	No.2	Q＝92 〃	
〔ボーリング孔〕	J－No.1	Q＝120 ℓ/min	Ha＝30.9 m
	J－No.2	Q＝100 〃	Ha＝33.3 m
	J－No.3	Q＝160 〃	Ha＝33.6 m
	J－No.4	Q＝500 〃 （推定）	Ha＝19.5 m

(2) 既存及び今回実施したボーリング孔からの計画揚水量

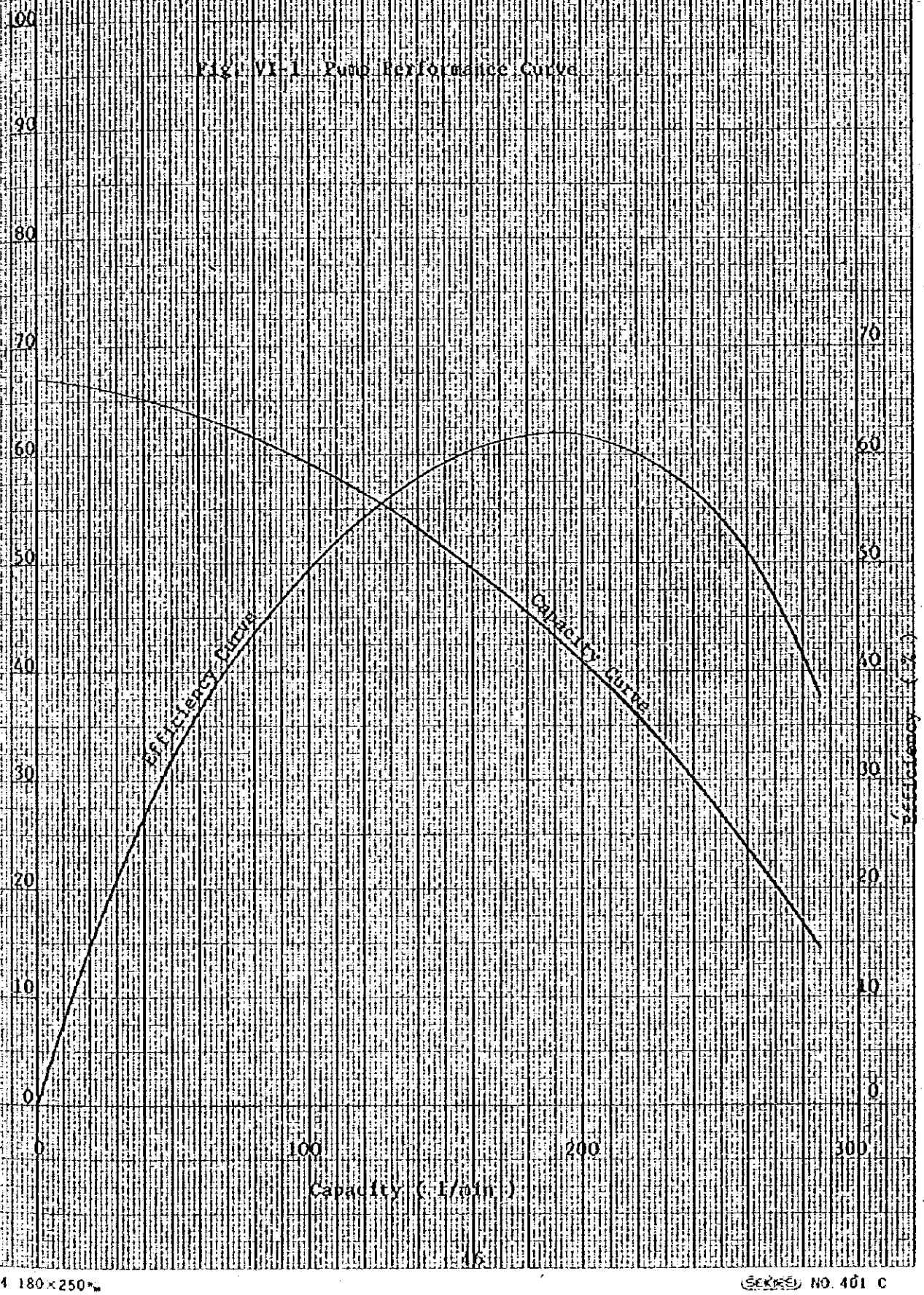
前項の調査結果より各井戸の計画揚水量を設定する。この場合、キャンプ内の既設の井戸は給水施設として完成しているので何ら対策を行わないが、今後施工される井戸については給水塔を設置し、これにより安定した給水を行うものとする。

今回実施されたボーリング孔に設置された水中モーターポンプの性能は、Fig.Ⅵ－1のとおりである。これらの井戸に15m程度の給水塔を設けた場合の揚水量を求める。

ボーリングNo.	水面高	給水塔高	配管ロス	総揚程	揚水量
J－No.1	30.9 m	15 m	3 m	48.9 m	165 ℓ/min
J－No.2	33.3	15	3	51.3	150
J－No.3	33.6	15	3	51.6	〃
J－No.4	19.5	15	3	37.5	215

これより、J－No.1及びJ－No.2は井戸の限界揚水量を上回っているので、計画揚水量は井戸の限界揚水量とする。J－No.3についてはポンプの揚水量が限界揚水量を

Fig. VI-1 Pump Performance Curve



わずかに下回っているが、ほぼ等しいとみなし、計画揚水量は限界揚水量とする。J－№4については井戸の限界揚水量が現在のポンプ揚水量を大きく上回っているので、ポンプの機種を変える等の対策を講じれば井戸の限界揚水量までの揚水は可能であり、又、効率が良い。

以上により、前述の井戸の限界揚水量を揚水することは可能であるが、余裕をもった給水を行うためには、その80％程度の揚水にとどめることが望ましい（適正揚水量）。従って、今回実施したボーリング孔からの計画揚水量は次のとおりとなる。

ボーリング№	限界揚水量	計画揚水量
J－№1	120 ℓ/min	100 ℓ/min
J－№2	100 〃	80 〃
J－№3	160 〃	130 〃
J－№4	500 〃	215 〃
計	880 ℓ/min	525 ℓ/min

（今回設置したポンプによる）

1日当りのポンプ稼動時間を12時間とすると、1日当りの揚水量は378㎥/dayとなり、既存井戸（2本）からの揚水量132㎥/dayを加えると510㎥/dayとなる。

(3) 不足水量

当キャンプの必要給水量は、700㎥/dayであり、既存及び今回実施したボーリング孔からの揚水量は510㎥/dayであるから、その差190㎥/dayが不足水量となる。

3 施設計画

(1) 井戸

既存井戸及び今回実施したボーリング孔からの揚水量では、キャンプの計画給水量に満たない。不足水量は190㎥/dayであり、ポンプの稼動時間を12hr/dayとすると264ℓ/minである。この不足水量を補うために、新規に井戸を建設する計画とする。井戸の建設可能地域は、Fig.V－3－1に示す通りであり、その範囲内には最大2本の井戸が建設可能である。

建設予定地は、電気探査地点E－8及びE－19付近の2ケ所とし、これらの井戸からの揚水可能量を推定する。J－№1～№4のボーリング調査の結果、比湧出量は約10㎥/day/m（6.94ℓ/min/m）で、水位降下量は20m程度と推定されるので、井戸深さを約40mとすると、1井戸当りの限界揚水量は、139ℓ/min，適正揚水量は111ℓ/minとなり、12時間稼動とすると、1日当りの揚水量は80㎥/day，2井では160㎥/dayと推定される。これは不足水量に満たないが、その量は30㎥/day程度であるので、ポンプ運転時間、

井戸及び給水塔等の運営、管理により解決することが可能な量である。　新たに井戸1本を建設することは、キャンプ内での適正井戸本数、井戸配置などの点から好ましくなく、また、建設費用も増大し、適当とは考えられない。従って、今回実施したボーリング孔4本を井戸として利用できれば井戸建設は2本とする。

(2)　給水塔

既存井戸及び今回実施した各ボーリング孔の1日当り給水量は稼動時間を12時間／dayとすると次のとおりである。

井戸名及びボーリング孔	1日当り給水量	
孔1	40 ㎥／日	（既設）
孔2	92 〃	（〃）
J－孔1	72 〃	（今回）
J－孔2	58 〃	（〃）
J－孔3	94 〃	（〃）
J－孔4	154 〃	（〃）
計	510 ㎥／日	

水の使用状況は1日12時間程度で、その間は定量的に使用されるものとすれば、ポンプの揚水量とほぼ等しい。　この状態においては貯水槽等は必要としないが、揚水の変動、ポンプの故障等への配慮から多少の貯留を行うものとする。

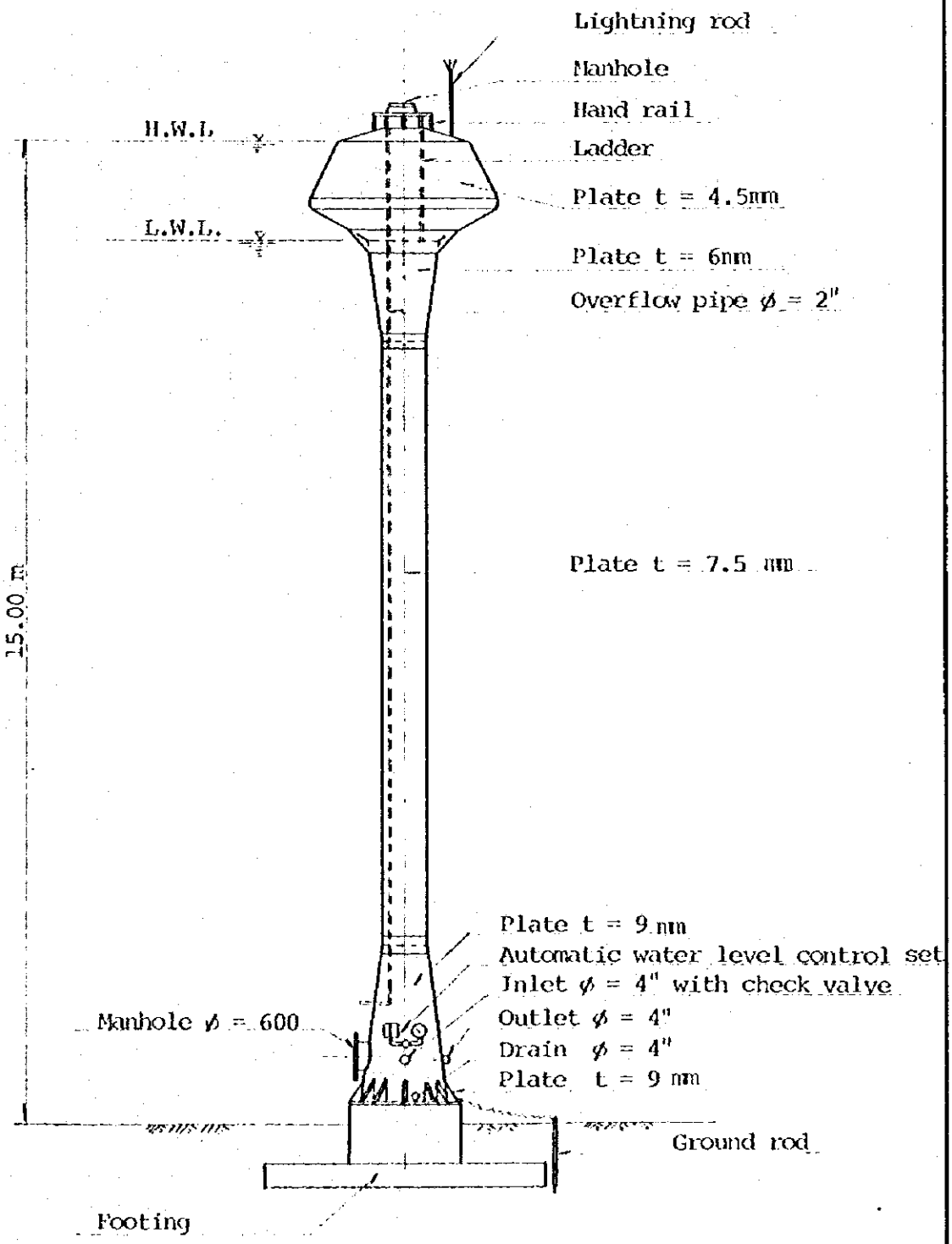
給水塔の容量としては、日本の水道施設等に採用されている値「計画1日最大給水量の1～3時間分」を計画する。上記の1日当り給水量は12時間当りの給水量であるから、この量の1/4程度を給水塔の容量とする。

既設井戸孔1及び孔2は、既に給水塔施設があるので、今後の計画からは除外し、新規に設ける給水塔の容量は次のとおりとする。

井戸名	日当り給水量	給水塔容量及び規模
J－孔1	72 ㎥／日	18㎥（20㎥×1）
J－孔2	58	15　（20　×1）
J－孔3	94	24　（30　×1）
J－孔4	154	39　（20　×2）
建設予定孔1	80	20　（30　×1）
〃　孔2	80	20　（30　×1）

以上に対して給水塔のタイプは施工が容易であり耐久性があるシャンペングラス型（Fig. Ⅵ－2）を採用する。また、その建設位置はFig. Ⅰ－2に示す通り、今回実施した調査ボーリングの位置（4ケ所）及び今後の建設予定地点（2ケ所）とする。

Fig. VI-2 Water Tank



(3) 給水栓

給水栓の個所数は1個の給水栓の給水量により決定される。　日本の水道施設の標準的なものとして、洗たく流し場の給水栓は次のようである。

使用水量	対応する給水栓の口径
12～40 ℓ/min	13～20 mm

ここでは平均的な水量として25 ℓ/min程度とし、1日12.0時間使用するものとすれば、給水栓1個所・1日当りの給水量は18.00㎥となる。そこで、前述の各建設予定井戸の日当り給水量から必要な給水栓の個数が求められる。

井戸名	1日当り給水量		必要な給水栓数	備考
	井戸	給水栓		
J－№1	72 ㎥/日	18.00 ㎥/日	4	
J－№2	58	〃	4	
J－№3	94	〃	5	
J－№4	154	〃	9	
建設予定№1	80	〃	5	
〃　№2	80	〃	5	

従って、J－№1～J－№3及び建設予定№1～№2においては5個の給水栓を有する給水施設を設け、J－№4は給水塔を2本設置する計画であるので、それぞれの給水塔に併設して5個の給水栓を有する給水施設を設けるものとする（標準化）。

1ケ所当りの数量は次のとおりである。

○コンクリート

1.40×3.30×0.10　　＝0.462㎥

0.80×0.25×3.30　　＝0.660

0.15×0.10×（3.30＋0.82×2）＝0.074

計　　1.196 ≒ 1.2㎥

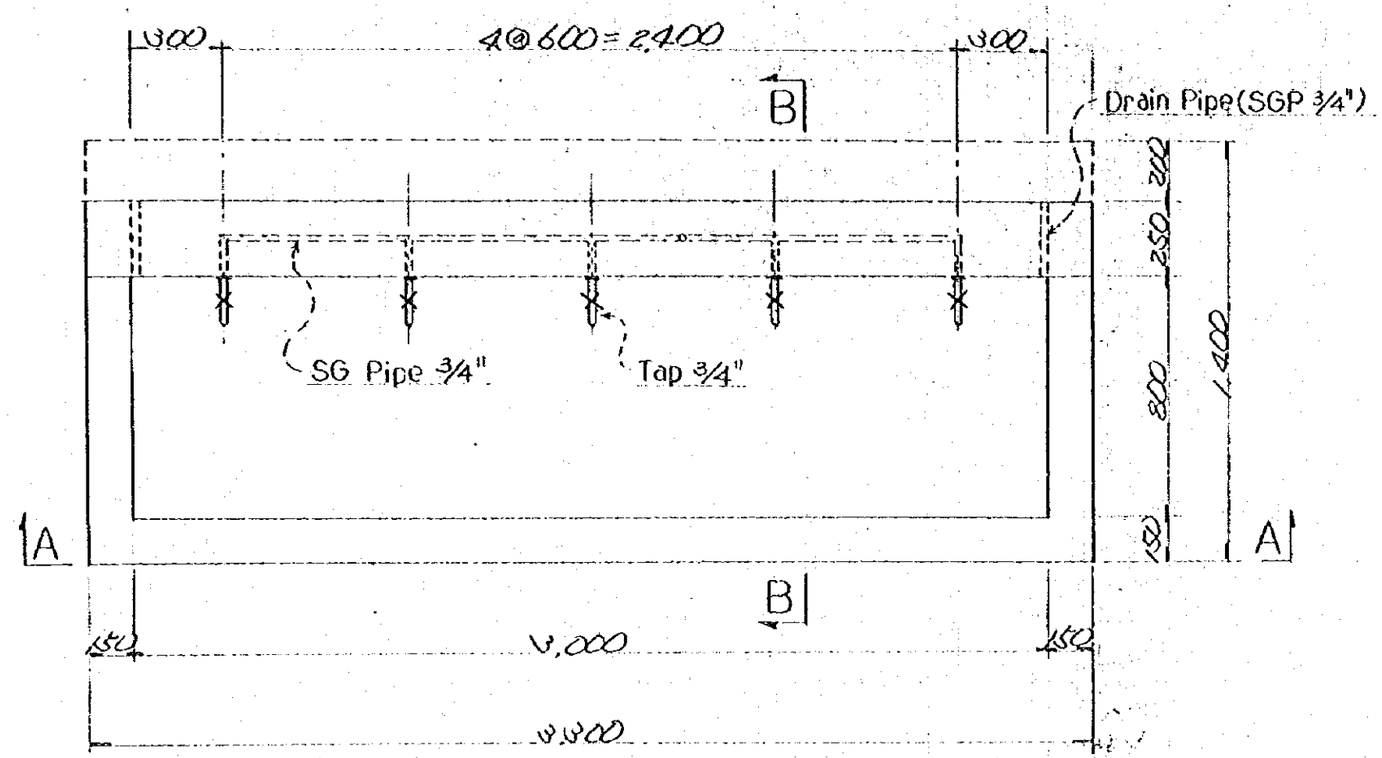
○SGパイプ

・¾インチ

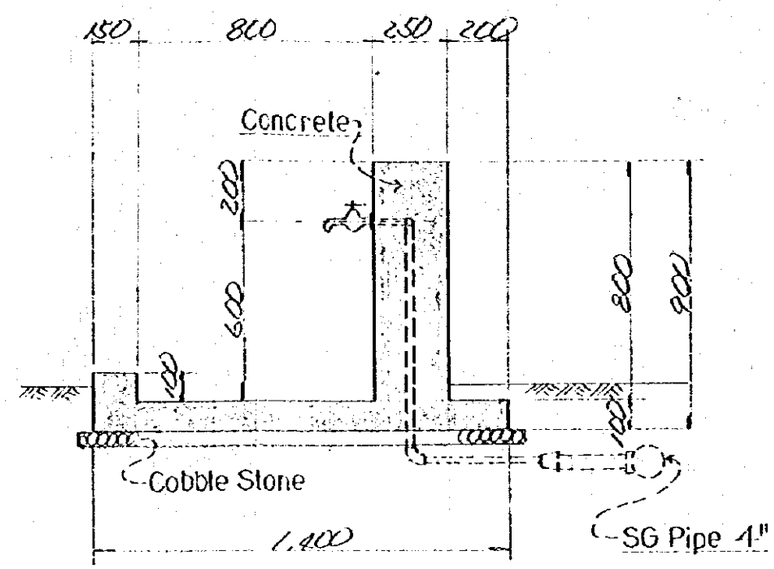
0.25／2×5＋2.40＋0.8＋0.8＝4.625 ≒ 5m

・2インチ

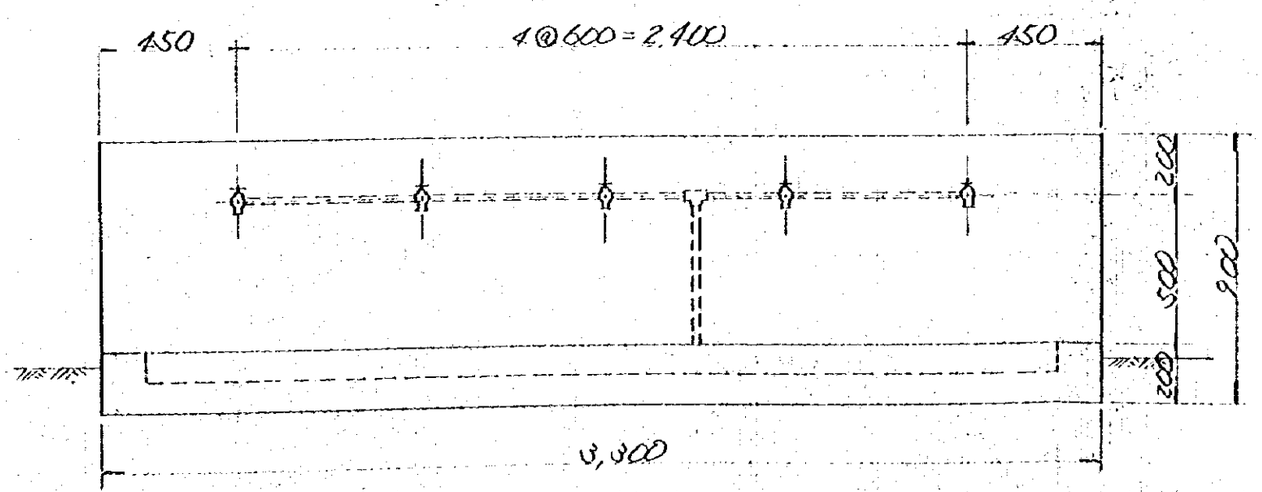
新設井戸から給水塔まで5m程度離すものとする。　　5m



PLAN



SECTION B-B



SECTION A-A

Fig. VI - 3. Detail of Water Service Facilities

・4インチ

給水塔から給水栓施設まで同じく5m程度離すものとする。　5m

○蛇口（¾インチ）　5個

○栗石

1.50×3.40×0.05　=0.255≒0.3㎥

4　事業費積算

(1)　総事業費

総事業費は次の通り積算される。

単位　パーツ

井戸名	井戸工事	揚水施設工事	給水塔工事	給水栓工事	合　計
J－№1	－	－	400,000	20,000	420,000
J－№2	－	－	400,000	20,000	420,000
J－№3	－	－	500,000	20,000	520,000
J－№4	－	－	800,000	40,000	840,000
建設予定№1	500,000	100,000	500,000	20,000	1,120,000
〃　№2	500,000	100,000	500,000	20,000	1,120,000
合　計	1,000,000	200,000	3,100,000	140,000	4,440,000

(2)　工事別内訳

(i)　井戸工事　500,000パーツ／本

φ8″掘削、φ6″ケーシング仕上げ

深さ40m×約12,000パーツ／m

(ii)　揚水施設工事　100,000パーツ／本

○φ50㎜（2″）水中モーターポンプ、防水コード50m　50,000

コントロールボックス、付属品、揚水管φ50㎜（2″）

40m分　一式

○発電機　5KVA　付属品一式　30,000

○付属バルブその他、据付及び雑工事一式　20,000

(iii)　給水塔工事

○30㎥，シャンペングラス型　500,000パーツ／ケ所

○20㎥，　〃　400,000　〃

(v) 給水栓工事

○コンクリート	3,850パーツ	×1.2㎥ =	4,620
○栗石	550	×0.3㎥ =	165
○パイプ(¾″)	290	× 5m =	1,450
○ 〃 (2″)	580	× 5m =	2,900
○ 〃 (4″)	1,100	× 5m =	5,500
○蛇口 (¾″)	450	× 5ケ =	2,250
○雑工事			3,115
合 計			20,000パーツ/ケ所

A P P E N D I X

MINUTES OF DISCUSSION

BETWEEN LT. COL. KANOL PRACHUABMOH OC/MOI AND MR. TERUMI IIJIMA JICA

ON

STUDY OF WATER SUPPLY PROJECT TO THE LAOTIAN DISPLACED PERSONS IN THE KINGDOM OF THAILAND

I. INTRODUCTION

In response to the request made by the Government of Thailand, the Government of Japan has made the decision to provide a study on Water Supply Project to the Laotian displaced persons in accordance with laws and regulations in force in Japan.

The Japan international Cooperation Agency (JICA) an official agency responsible for implementation of technical cooperation programmes of the Government of Japan, will carry out this Study in close cooperation with Ministry of Interia (MOI).

Interior

II. SCOPE OF WORK

2.01 The Study aims at formulating the water supply plan through underground water exploitation in each camp of Nakhon Phanom and Park Chom respectively in Kingdom of Thailand.

2.02 The underground water survey consists of the three steps as follows.

Step 1.

1. Preparation of an inception report
2. Review of the report by the Phase III Survey Team

3. Preparation of necessary equipment and materials for field survey

Step 2

1. Submission and explanation of the inception report
2. Collection of data
3. Field reconnaizance
4. Electrical exploration
5. Test Boring, 2 holes each camp
6. Electrical logging, pumping test, water quality test and etc. on above bored holes
7. Preparation and submission of progress report

Step 3

1. Technical Analysis of underground water condition
2. Planning of underground water exploitation for water supply
3. Preparation and Submission of study report

2.03 Reports:

Inception Report (10 copies in English) will be prepared until 5 February 1982 and Progress Reports (10 copies in English) will be prepared and submitted until 15 March 1982. Study Report (10 copies in English) will be prepared and submitted within one month after field survey.

2.04 Undertakings of the Government of Thailand:

1. Provision of Data

(1) Ground Water Exploitation

i) All drilling data in and surrounding area of the Nakhon Phanom Camp and Pak Chom Camp

ii) Hydrogeological data on existing wells within the Nakhon Phanom Camp and Pak Chom Camp

iii) Layout drawings of the both camps' facilities

2. Security Services for the Survey Team

i) Permits/Licenses for free passage (personnel and cargo)

ii) Security measures in the survey areas

3. Local Inhabitants Agreement for Execution of the Work

i) Drilling at site

ii) Topographical survey

iii) Field investigation on irrigation and water supply

4. Arrangement for Mobilization of Local Labourers

5. Preparation of Local Materials (Water tanks, etc.)

6. Tax-exemption inthe articles to be carried in and out of Thailand for execution of the Work.

2.05 Schedule:

The survey in Thailand will be carried out form 5 February to 15 March, and from 18 April to 20 May 1982.

Kamol

(Lt.Col.Kamol Prachuabmoh)
Deputy Director
Operation Centre for Displaced Persons
Ministry of Interior

Terumi Ijima

(Mr. Terumi Ijimi)
Director
Social Development Cooperation Department
Japan International Cooperation Agency(JICA)

WORK SCHEDULE

Work Item	1982 February	March	April	May	June
Preparatory Work	7				
Field Work	4 — 16		18 — 20		
Home Office Work		17 — 31		21 — 31	
Report					
Inception Report	○				
Progress Report		○		○	
Study Report					○

APPENDIX A - 5

MINUTES OF DISCUSSION
ON
STUDY OF WATER SUPPLY PROJECT TO THE LAOTIAN DISPLACED PERSONS IN THE KINGDOM OF THAILAND

I. The Government of Japan sent a team (Team) from March 11 to March 16, 1982, through the Japan International Cooperation Agency (JICA), to carry out the additional study to the Study on Water Supply Project to the Laotian Displaced Persons in the Kingdom of Thailand. The meeting between the Ministry of Interior (MOI) and Team was held on March 15, 1982.

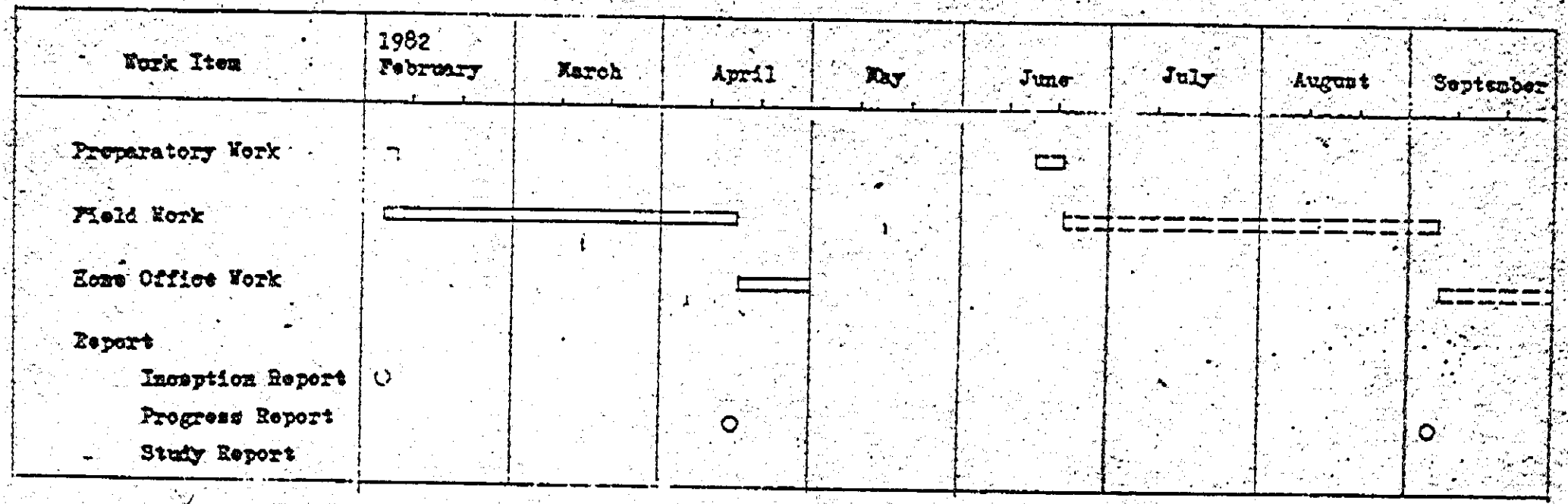
II. Both sides agreed upon followings:

1. The additional underground water survey including 2 holes test boring will be carried out at Nakhon Phanom camp.
2. Due to technical difficulties, the underground water survey in Pak Chom Camp will be delay two months from original Schedule.
3. Consequently, Schedule for additional work in Nakhon Phanom camp and for Pak Chom Camp will be extended and adjourned accordingly, as attached Tentative Work Schedule.

(Mr. Pranai Suwanrath)
Chief, Foreign Affairs Section,
Operation Centre for Displaced Persons,
Ministry of Interior Bangkok 2, Thailand.
March 15, 1982.

(Mr. Yukihisa Sakurada)
Deputy Head
Second Development survey Divisi
Social Development Cooperation
Department (JICA)

TENTATIVE WORK SCHEDULE



Note: Study Report shall be submitted in middle of October.

▭ : Nakhon Phanom Camp

⊏ = = ⊐ : Pak Chom Camp

APPENDIX 参考資料

1) Geological Map of Thailand (S: 1/1,000,000):
Department of Mineral Resources, Ministry of National Development, 1969

2) Hydrogeological Map of Northeastern Thailand (S: 1/500,000):
Department of Mineral Resources, Ministry of Industry, 1973

3) Climatological Data of Thailand; 25 year Period (1951-1975):
Meteorogical Department, Ministry of Communications

4) Electric Sounding Method, Printed by Shokodo (in Japanese):
K. Simura (1965)

5) Pumping Test and Well Management, Printed by Shokodo (in Japanese):
S. Yamamoto (1979)

APPENDIX LIST OF COLLECTED DATA

1) Monthly and Annual Rainfall for the Period 1953-1980:
   Meteorological Department, Ministry of Communications

2) Pumping Test Records (Well No.U18, U43, U116, U337):
   Department of Mineral Resources

3) Water Analysis Report (Well No.U18, U19, U43, U116, U337):
   Department of Mineral Resources

4) Well Log (Well No.U43, U337):
   Department of Mineral Resources

5) Standard of Drinking Water (The Ministry of Public Health No.61-1981):
   Ministry of Public Health

6) Daily, Monthly and Annual Rainfall in Nakhon Phanom (1975-1981):
   Royal Irrigation Department

7) Water Balance of Somhong Reservoir:
   Royal Irrigation Department

8) Topographical Map (Scale 1:50,000):
   Royal Irrigation Department

9) Plan of Nakhon Phanom Camp (Scale 1:2,000):
   Nakhon Phanom Camp Office

10) Plan of Nakhon Phanom Camp (Scale 1:3,000):
    Nakhon Phanom Camp Office

Our Ref. No 0304/ 9773

DEPARTMENT OF SCIENCE SERVICE
RAMA VI STREET, BANGKOK 4

12 April 1982

Mr.Ko-Kuwata
Japan Engineering Consultants Co.,Ltd.
No.2-6 Okubo,2 Chome,Shinjuku-Ku
Tokyo,Japan.

Dear Sir,

With reference to your request of 31 March 1982, Ref. No.2245 we are pleased to send you the following report on the water sample,s received on 31 March 1982.

Yours truly,

Vegada Kingpajan
Mrs Vegada Kingpajan
Scientist 7 Acting Director

Division of Chemistry
Tel. 817444 Ext. 02

for Director - General

REPORT ON PHYSICAL AND CHEMICAL EXAMINATIONS

The report is valid for the received sample,s only
and is not to be used for advertising purposes

Deep Well Water

Laboratory No.		Collected from	By	Date	Time
KT.760	J-1	IOA CAMP, BAN	the sender	30Mar.82	2.00 pm.
KT.761	J-2	NAPOO, NAKHON	"	"	1.30 pm.
KT.762	J-3	PHANOM	"	"	2.30 pm.

	KT.760	KT.761	KT.762
Colour, in terms of Hazen units	less than 5	less than 5	less than 5
Odour	-	-	-
Taste	-	-	-
Turbidity, in terms of Silica scale	17.0	6.6	8.0
pH value	8.4	8.3	8.0
Electrical conductivity at 20°C, micromhos/cm	-	-	-
	parts per million		
Total solids	371	385	2 422
Loss on ignition	-	-	-
Suspended solids	-	-	-
Dissolved solids	-	-	-
Total hardness, expressed as calcium carbonate	134	142	484
Temporary hardness, ——do——	-	-	-
Permanent hardness, ——do——	-	-	-
Residual alkalinity, ——do——	-	-	-
Chlorides, expressed as chlorine	-	-	-
Chlorides, expressed as sodium chloride	6.6	nil	514.4
Saline ammonia, expressed as ammonia	0.004	0.02	0.02
Albuminoid ammonia, expressed as ammonia	0.07	0.07	0.07
Nitrates expressed as nitrogen	0.07	0.07	0.08
Nitrites, expressed as nitrogen	nil	nil	0.005
Iron	0.20	0.25	0.14
Lead	0.01	0.002	0.01
Arsenic	0.003	not found	not found

Lavana Vasvit
(Mrs. Lavana Vasvit)
Scientist 5

APPENDIX D - 2

Our Ref. No. 0304/ 12106

DEPARTMENT OF SCIENCE SERVICE
RAMA VI STREET, BANGKOK 4

Mr. Ko-Kuvata
Japan Engineering Consultants Co., Ltd.
No. 2-6, Okubo, 2-Chome, shinjuku-ku
Tokyo

4 May 1982

Dear Sir,

With reference to your request of 13 April 1982, Ref. No. 2349
we are pleased to send you the following report on the water sample/s received on 12 April 1982.

Yours truly,

(Mrs. Uea Antarikanonda)
Director, Division of Chemistry

Division of Chemistry
Tel. 817444 Ext. 02

for Director-General

REPORT ON PHYSICAL AND CHEMICAL EXAMINATIONS

The report is valid for the received sample/s only and is not to be used for advertising purposes.

Deep Well Water J-4

Laboratory No.	Collected from	By	Date	Time
KT.970	CAMP BAN-NA-PHO NAKHON PHANOM	The sender	-	-

Colour, in terms of Hazen units	Less than 5
Odour	-
Taste	-
Turbidity, in terms of Silica scale	6.2
pH value	7.7
Electrical conductivity at 20°C, micromhos/cm	-
	parts per million
Total solids	777
Loss on ignition	-
Suspended solids	-
Dissolved solids	-
Total hardness, expressed as calcium carbonate	449
Temporary hardness, do.	-
Permanent hardness, do.	-
Residual alkalinity, do.	-
Chlorides, expressed as chlorine	-
Chlorides, expressed as sodium chloride	145.1
Free and Saline ammonia, expressed as ammonia	0.01
Albuminoid ammonia, expressed as ammonia	0.06
Nitrates expressed as nitrogen	0.07
Nitrites, expressed as nitrogen	0.003
Iron	0.11
Lead	0.009
Arsenic	not found

(Mrs. Lavana Vasvit)
Scientist 5

APPENDIX COLUMNAR SECTION