No. 9

タイ国

ラオス難民生活用水供給計画調査（第二次）

報　告　書

（パクチョム　キャンプ）

昭和57年11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(第二次)

報　告　書

(パクチョム　キャンプ)

昭和57年11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萩原輝一氏を団長とする調査団を昭和５７年５月２０日から同年１０月１６日まで現地に派遣し、バクチョ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なった。調査団は帰国後、現地調査結果の詳細検討を行ない、地下水開発の事業計画の策定を行なった。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、今後のバクチョ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１１月

国際協力事業団

総裁　有田圭輔

目　　次

序　文

I 序　論

タイ国東北部から北部にかけて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調査（Phase III）」において、概査が行なわれた。

この調査において、ラオス難民キャンプの実態概要、将来の収容計画及び特に、生活用水供給計画についての検討が行なわれ、その調査報告結果にもとづいて、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ヵ所の難民キャンプについて、早急に、生活用水供給体制を確立するため、日本国政府にその協力を要請してきた。

この要請に基づいて、日本国政府はその協力を決定し、先づ、昭和５７年２月４日から４月１５日まで、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。この実施結果については『昭和５７年４月・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）』に記載したとおりである。

次いで、昭和５７年５月２０日から同年１０月１３日まで、『タイ国ラオス難民生活用水供給計画調査（第二次）』の当調査団はバクチョム・キャンプについて現地調査を実施した。

パクチョム難民キャンプは、タイ国東北地方の西北部にあるロエイ県のロエイ市から北北東へ約５２㎞（直線距離）に位置している。

パクチョム難民キャンプは、１９７５年に設置された。
このキャンプの面積は約１２１.６ha，標高は２８０ｍ前後である。
植生に乏しい丘陵に囲まれ、その内側の谷間との比較差は５０ｍ前後である。これらの丘陵地斜面と谷地一帯にわたって、主として竹材で建てられた住居が雑然として密集している。

１９７９年６月当時には、難民住居１８０棟に、世帯数3,２９６家族、２１,１１９人が収容されていた。その後、続々と増加してきて、１９８２年９月には、ノンカイ難民キャンプが閉鎖されて、当キャンプにその一部が移転してきたため、難民収容人口は３３,１９６人となった。

タイ国内務省は、メコン河沿いに点在する数多くのラオス難民キャンプを廃止し、近々ナコンパノム及びパクチョムの二つのキャンプのみを存続させる方針である。従つて、当パクチョム・キャンプにはラオス難民を５０,０００人収容する構想をもつている。

今回、このパクチョム・キャンプ地内で、実施した調査内容は、現地踏査､地表地質及び水理地質調査、電気探査（比抵抗法）及び４ヵ所の調査ボーリングとその電気検層．揚水試験．水質調査などを実施し、これらの観測結果の解析ならびに収集資料等から判断して、キャンプ地内の地下水賦存状態を推定した。

キャンプ地内での賦存地下水の適正揚水量は総量では1,４６０㎥/day程度と推定することができた。
これから、既存の深井戸１２本及び今回の調査ボーリング孔４ヵ所から揚水し得る揚水量1,０３７㎥/dayを差し引くと、残りの４２３㎥/dayが、これから新規に開発可能な地下水の量である。しかし、既存井戸の位置および地下水理条件からすれば、今後深井戸２本程度の開発が望ましく、その実際の開発可能な総量は1,０２６.８㎥/day程度である。

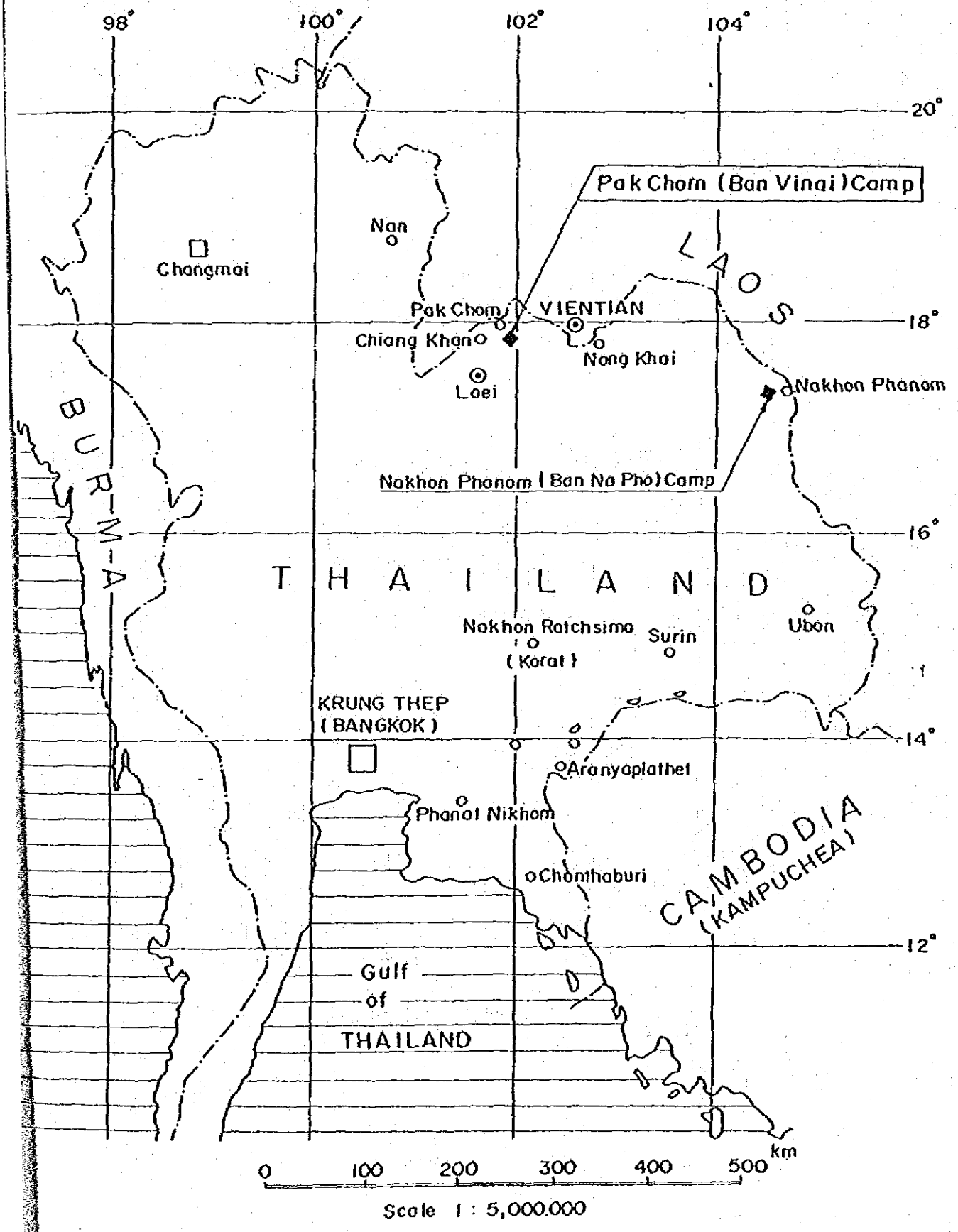
難民キャンプでの所要生活用水量は、計画収容人員５０,０００人に対して、１人１日３５ liter という国連難民生活用水供給量基準からすれば 1,７５０ ㎥/day を必要とする。

従って、このキャンプ地内では、賦存する地下水の総適正揚水量 1,４６０ ㎥/day のうち、実際の開発可能量は 1,０２６.8 ㎥/day しか期待できないので、生活用水を地下水のみに依存することは不可能であり、約７３２.2 ㎥/day の生活用水量が不足することになり、不足分については、キャンプ周辺地で深井戸或は表流水を利用しての補給が必要である。

以上のことから、キャンプ内の生活用水供給計画は、新規に２本の深井戸を建設し、合計１６本の深井戸にて供給する施設の計画をとりまとめた。

実施した各調査の結果および計画についての詳細は後述する。

Fig I-1 LOCATION MAP



II 調査団の構成

本調査に従事した団員とそれぞれの担当業務は次のとおりである。

担当業務	氏名	現地調査期間
総括	萩原輝一	昭和57年5月20日～10月16日
水理地質	成田金蔵	昭和57年5月20日～ 7月 7日 及び 昭和57年9月 2日～10月 1日
ボーリング監督(A)	鈴木詔八	昭和57年5月20日～10月16日
ボーリング監督(B)	宮島昭三	昭和57年5月20日～10月16日
事業計画・積算	大浜順治	昭和57年5月20日～10月16日

III 実施スケジュール

月 日	曜日	作業内容
5月20日	木	調査団員全員バンコク着
21日	金	内務省表敬訪問，インセプションレポート提出
22日	土	ボーリング機械資材の修理指示・立会，調査資材・用品調達
23日	日	ボーリング機械資材の点検・整備，車輌借上交渉
24日	月	内務省で現地調査行程・日程打ち合わせ、資料収集
25日	火	ボーリング機械修理検収・整備点検・運搬車輌の手配・指示
26日	水	内務省から同行の職員と打ち合わせ、資機材調達・検収・指示
27日	木	バンコク発サケオメデイカルセンター倉庫でボーリング機材積み込み搬送
28日	金	ロエイ着，ロエイ県庁表敬訪問，バクチョム難民キャンプ表敬と打ち合せ
29日	土	調査ボーリングJ.№1地点の選定及びボーリング機械設置
30日	日	ボーリング掘さく準備，地表踏査，電気探査実施地点選定踏査
31日	月	調査ボーリングJ.№1掘さく開始，電気探査開始
6月 1日	火	J.№1ボーリング，電気探査
2日	水	J.№1ボーリング，電気探査
3日	木	J.№1ボーリング，電気探査
4日	金	J.№1ボーリング，電気探査
5日	土	J.№1ボーリング，電気探査
6日	日	内業（ボーリング及び電気探査結果の資料整理）
7日	月	J.№1ボーリング，電気探査
8日	火	J.№1ボーリング，電気探査
9日	水	J.№1ボーリング，電気探査
10日	木	J.№1ボーリング，電気探査
11日	金	J.№1ボーリング，電気探査
12日	土	J.№1ボーリング，既存深井戸及び水質試験
13日	日	J.№1ボーリング，浅井戸及び表流水調査，水質試験
14日	月	J.№1ボーリング，地表地質踏査，浅井戸・表流水・水質調査
15日	火	J.№1ボーリング，測量
16日	水	J.№1ボーリング完了，測量
17日	木	J.№1ボーリング孔内での電気検層実施

月　日	曜日	作　業　内　容
6月18日	金	エアリフト，既存深井戸調査，キャンプ関係資料収集
19日	土	エアリフト
20日	日	エアリフト
21日	月	エアリフト，測量
22日	火	エアリフト後に水中モーターポンプ設置，測量
23日	水	J.№1揚水試験，ボーリング機械類J.№2地点へ移動
24日	木	調査ボーリングJ.№2掘さく開始，J.№1揚水試験
25日	金	J.№2ボーリング，J.№1での揚水試験
26日	土	J.№2ボーリング，J.№1での揚水試験
27日	日	内業（各種の現地調査データー整理）
28日	月	J.№2ボーリング，J.№1と揚水施設の引き渡しと取扱説明
29日	火	J.№2深さ13.50m孔内へ工具落下し掘さく不能，ボーリング地点1m移設
30日	水	新らたなJ.№2でボーリング再開
7月　1日	木	J.№2ボーリング，収集資料及び観測データー整理
2日	金	J.№2ボーリング，収集資料及び観測データー整理
3日	土	J.№2ボーリング，収集資料及び観測データー整理
4日	日	内業（各種の現地調査データー整理と一部まとめ）
5日	月	J.№2ボーリング
6日	火	J.№2ボーリング
7日	水	J.№2ボーリング
8日	木	J.№2ボーリング，現地調査の現況説明（キャンプ関係各位）
9日	金	J.№2ボーリング
10日	土	J.№2ボーリング
11日	日	内業（各種データー整理）及び資機材調達，器材修理
12日	月	J.№2ボーリング完了，電気検層実施
13日	火	ケーシングパイプ挿入，コーキング，機械類点検・整備
14日	水	エアリフト
15日	木	エアリフト
16日	金	エアリフト後，水中モーターポンプ設置
17日	土	揚水試験，機械・資材の運搬準備
18日	日	ボーリング機械類をJ.№3地点に移動
19日	月	ボーリング機械の組立，点検，整備，掘さく準備

月　日	曜日	作　業　内　容
7月20日	火	調査ボーリングJ.№3掘さく開始
21日	水	J.№3ボーリング
22日	木	J.№3ボーリング
23日	金	J.№3ボーリング，J.№2での揚水試験
24日	土	J.№3ボーリング，現況説明（キャンプ関係者各位へ）
25日	日	内業（各種データー整理），資材調達
26日	月	J.№3ボーリング，J.№2とその揚水施設引き渡し，取扱説明
27日	火	J.№3ボーリング
28日	水	J.№3ボーリング，電気探査実施
29日	木	J.№3ボーリング，電気探査実施
30日	金	J.№3ボーリング，電気探査データー整理
31日	土	J.№3ボーリング
8月　1日	日	休　日
2日	月	J.№3ボーリング
3日	火	J.№3ボーリング完了，電気検層実施
4日	水	エアリフト，J.№1及び2で水質（飲料水）試験用試料採水
5日	木	エアリフト
6日	金	エアリフト後　水中モーターポンプ設置
7日	土	ボーリング機械類解体，資機材の運搬準備
8日	日	ボーリング機械をJ.№4地点に移動
9日	月	ボーリング機械の組立・点検・整備，掘さく準備
10日	火	調査ボーリングJ.№4掘さく開始，キャンプ関係者一同との定例ミーティング現況説明
11日	水	J.№4ボーリング，J.№3で揚水試験
12日	木	休　日　（タイ国祝日）
13日	金	J.№4ボーリング
14日	土	J.№4ボーリング，現地調査現況説明（和・英文）作成
15日	日	内業（現況説明図書作成－JICA，MOIへの説明）
16日	月	J.№4ボーリング，JICAバンコク事務所へ現況報文提出
17日	火	J.№4ボーリング
18日	水	J.№4ボーリング，J.№3で水質（飲料水）試験用採水
19日	木	J.№4ボーリング
20日	金	J.№4ボーリング，UNHCRへ状況解説並びに給水計画協議

月　日	曜日	作　業　内　容
8月21日	土	J.№4ボーリング
22日	日	休　日
23日	月	J.№4ボーリング
24日	火	J.№4ボーリング
25日	水	J.№4ボーリング
26日	木	J.№4ボーリング
27日	金	J.№4孔内で深さ26.50m掘進中，突然異常ショック発生，ボーリング中止
28日	土	ウェイトロッドの切断を発見，孔底残存ビットの回収不能。1m離した地点で再掘さく
29日	日	手持ち資材を用いて掘さく対策実施試みる，就労と日程対策協議
30日	月	J.№4ボーリング続行，手持資材の活用と修理
31日	火	J.№4ボーリング，手持資材の転用考案試用
9月　1日	水	J.№4ボーリング，必要最小資材と工程等協議，対策連絡
2日	木	J.№4ボーリング，（必要資材タイ国バンコクに在庫なし）
3日	金	J.№4ボーリング，JICAバンコク事務所，東京本部と対策協議連絡
4日	土	J.№4ボーリング，JICA現地調査実態調査表への記載
5日	日	J.№4ボーリング，　同　上
6日	月	J.№4ボーリング，JICA実態調査団，現地視察案内・説明
7日	火	J.№4ボーリング，JICA実態調査へ状況説明
8日	水	J.№4ボーリング，内業（ボーリング結果等データ整理・まとめ）
9日	木	J.№4ボーリング，内業（各種調査結果のまとめ）
10日	金	J.№4ボーリング，JICAと資材空輸と工期延期等連絡打合せ
11日	土	J.№4ボーリング，内業（調査結果の検討とそのとりまとめ）
12日	日	J.№4ボーリング，内業（今後の調査対策協議），資材調達
13日	月	J.№4ボーリング，バンコクへ資材受取り及び滞在延期申請
14日	火	J.№4ボーリング，内業（各種調査データーまとめ）
15日	水	J.№4ボーリング，内業（各種調査データーまとめ）
16日	木	新しいタングステン・トリコン・ビット交換，J№4ボーリング
17日	金	J.№4調査ボーリング
18日	土	J.№4調査ボーリング，補足測量，内業
19日	日	J.№4調査ボーリング，補足測量，内業
20日	月	J.№4調査ボーリング，補足測量
21日	火	J.№4調査ボーリング，測量内業

月　日	曜日	作　業　内　容
9月22日	水	J.No.4調査ボーリング，補足地表踏査
23日	木	J.No.4調査ボーリング，内業（調査資料整理とまとめ）
24日	金	J.No.4調査ボーリング，内業
25日	土	J.No.4調査ボーリング，内業
26日	日	J.No.4調査ボーリング
27日	月	J.No.4調査ボーリング，JICAバンコク事務所打ち合わせ
28日	火	J.No.4調査ボーリング，JICAバンコク事務所業務連絡
29日	水	J.No.4調査ボーリング完了
30日	木	ボーリング孔内のスライム排除，内業
10月　1日	金	ボーリング孔内のスライム排除，内業
2日	土	電気検層，ケーシング挿入
3日	日	エアリフト，内業
4日	月	エアリフト，内業
5日	火	エアリフト，水中モーターポンプ設置
6日	水	揚水試験，ボーリング機械整備・撤去準備
7日	木	揚水試験，ボーリング機械資材運搬，引き渡し
8日	金	現地作業残務整理，関係先挨拶
9日	土	調査団員引き揚げ，ロエイ発
10日	日	バンコク着，プログレスレポート作成
11日	月	プログレスレポート作成
12日	火	プログレスレポート作成，MOI訪問打ち合わせ
13日	水	ボーリング監督A及びB，バンコク発東京着，プログレスレポート作成
14日	木	プログレスレポート作成，残務整理・支払等
15日	金	プログレスレポート提出，関係先へ帰国挨拶等
16日	土	団長及び事業計画担当者バンコク発東京着

Ⅳ 調査概要

調査地は、タイ国東北地方西北部にあるロエイ県の県庁所在地のロエイ市街から、国道２０１号線を北へ約４８㎞いったところにある町チエンカンを経由し、ここからはメコン河沿いの県道２１８６号線にて東へ（下流へ）約４０㎞ゆくとパクチョン集落に至る。これより南方へゆく県道２１０８号線にて約１２㎞いった地点から、約３００ｍ東側へ入ったところがパクチョム・キャンプの入口である（Fig.Ⅳ－１およびFig. Ⅳ－２）。

キャンプ地内での地下水の賦存状態を把握するために、既存資料の収集、地表踏査、電気探査、調査ボーリング、電気検層、揚水試験、水質調査等の一連の水理地質調査を実施した。

これらの調査実施位置はFig. Ⅳ－３に示したとおりである。

調査の方法とその内容は次のとおりである。

1 資料の収集

地形・地質・気象・水文など水理地質に関する資料については、タイ国内務省（M.O.I.：Ministry of Interior），鉱物資源調査所（D.O.M.R.：Department of Mineral Resources），などから収集した。

そのうち、主たる資料は次のとおりである。

a) 地　形　図　（縮尺　1/50,000）

b) 気象統計表　（雨量、温度、蒸発散量等）

c) 地　質　図　（縮尺　1/1,000,000）

d) 水理地質図　（縮尺　1/500,000）

e) 深井戸記録　（地質柱状図、揚水試験及水質試験）

2 地表踏査

キャンプ地内の水理地質を解析するために必要な、キャンプ地とその周辺の地形，地質，地表水（水露頭）、既存井戸の分布と深さ及びその利用状況、水質などの現況を把握するため地表踏査を実施した。

この地表踏査によって、調査ボーリングの位置及び電気探査の測点を選定した。

この他さらに、既存井戸の諸元、井戸利用状況等については記録がないため、もっぱら聞き込み調査を行った。

3 電気探査

電気探査の結果は、地質の状態や調査ボーリングの結果などと対比して、調査地域の水理地質構造を究明するのに役立つものである。今回は電気探査として、比抵抗探査法を採用した。

この方法は、大地における見掛け比抵抗値を測定し、その変化を調べて、地質の分布，堆積状態やボーリング結果などと対比検討して、地下の地質、とくに滞水層の存否を推定することが可能である。

今回は、この比抵抗法中でも、垂直探査法（Wenner Method・等間隔4電極法）によって、地表から地下のそれぞれの深さ（a meter）における比抵抗値（ρ $\Omega-m$）を測定した。これによって作成される$\rho-a$曲線から水理地質状況を判断した。

測点はキャンプ内及びその周縁に沿って、合計34測点で、それに使用した主な計器等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　（鉄製カドミュウムメッキ，φ18㎜，ℓ＝80㎝）	5本
c)	蓄　電　池　（D.C. 12 Volt，50AH）	1個
d)	電　　線　（単線，φ0.75㎜）	600m
e)	間　　縄　（エスロン製ℓ＝100m）	4本
f)	拡　声　器　（ハンド・電気メガフォン）	1個
g)	トランシット	1台
h)	レ　ベ　ル	1台
i)	スタッフ及びポール	1式
j)	充　電　器　（AC220Volt→DC12Volt）	1台
k)	電気・機械工具	1式

4　調査ボーリング

地表踏査、電気探査によって、選定された4ヵ所において、地下地質状況、特に地下水の賦存状態を把握する目的で、調査ボーリングを実施した。

これに使用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（利根THS－70，能力150m）	1台
b)	ビット（φ6$\frac{1}{4}$″タングステン・トリコン・ビット）	4個
c)	ポンプ（利根NAS－4B；マッド・スラッシ・ポンプ）	1台
d)	ミキサー（利根MCE－100，発動機付）	1台
e)	ロッド（利根T73，ℓ＝3m）	18本

ボーリング作業中は、掘進速度、漏水・湧水の有無及び採取されるスライム（岩石の掘り屑）等の観察とその記録を行い、ボーリング柱状図を作成した。

5　電気検層

ボーリング終了後、直ちにその孔内に電気検層用電極ケーブルを降下しながら、各深度における地層の見掛け比抵抗値を測定した。

それは、各地層の岩質、亀裂等の状況などを把握するのに役立つために実施した。その測定結果は、ボーリング柱状図中に併記してあるとおりである。

電気検層に使用した主なる計器類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（Model №314，キャップタイヤコード四芯，応用地質製）	1式
c)	蓄電池（12Volt，50AH）	1台

6　揚水試験

キャンプ地内の揚水条件、滞水層定数等を把握する目的で、調査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、揚水量を数段階に変化させ、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との関係及び揚水停水後の水位の回復と時間との関係を計測し、地下水理解析の基礎資料を得るものである。

揚水試験に使用した主なる機器類は次のとおりである。

a)	揚水ポンプ （ケーブル50m付）	水中モーターポンプ・40BHS13−2.2型，φ4"用 140ℓ/min，揚程高50m，2.2KW，380Volt， 3相・50eycle，エバラ製	1台
b)	発　電　器	7.5KVAガソリンエンジン付，TECUMSEN−OH−160型 380Volt，3相，50eycle	1台
c)	揚水パイプ	（φ＝40mm，ℓ＝3m）	12本
d)	水　位　計		1台
e)	テスター		1台
f)	ストップウオッチ		1ヵ
g)	水　　槽	（1.15m×1.15m×1.15m）	1基

7　水質調査

キャンプ地内およびその周辺の表流水、地下水、湧水等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５０地点で実施した。

水質の測定項目とそれに使用した器具は次のとおりである。

a）温　　度：温　度　計

b）　pH　　：東洋ｐＨ試験紙

c）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

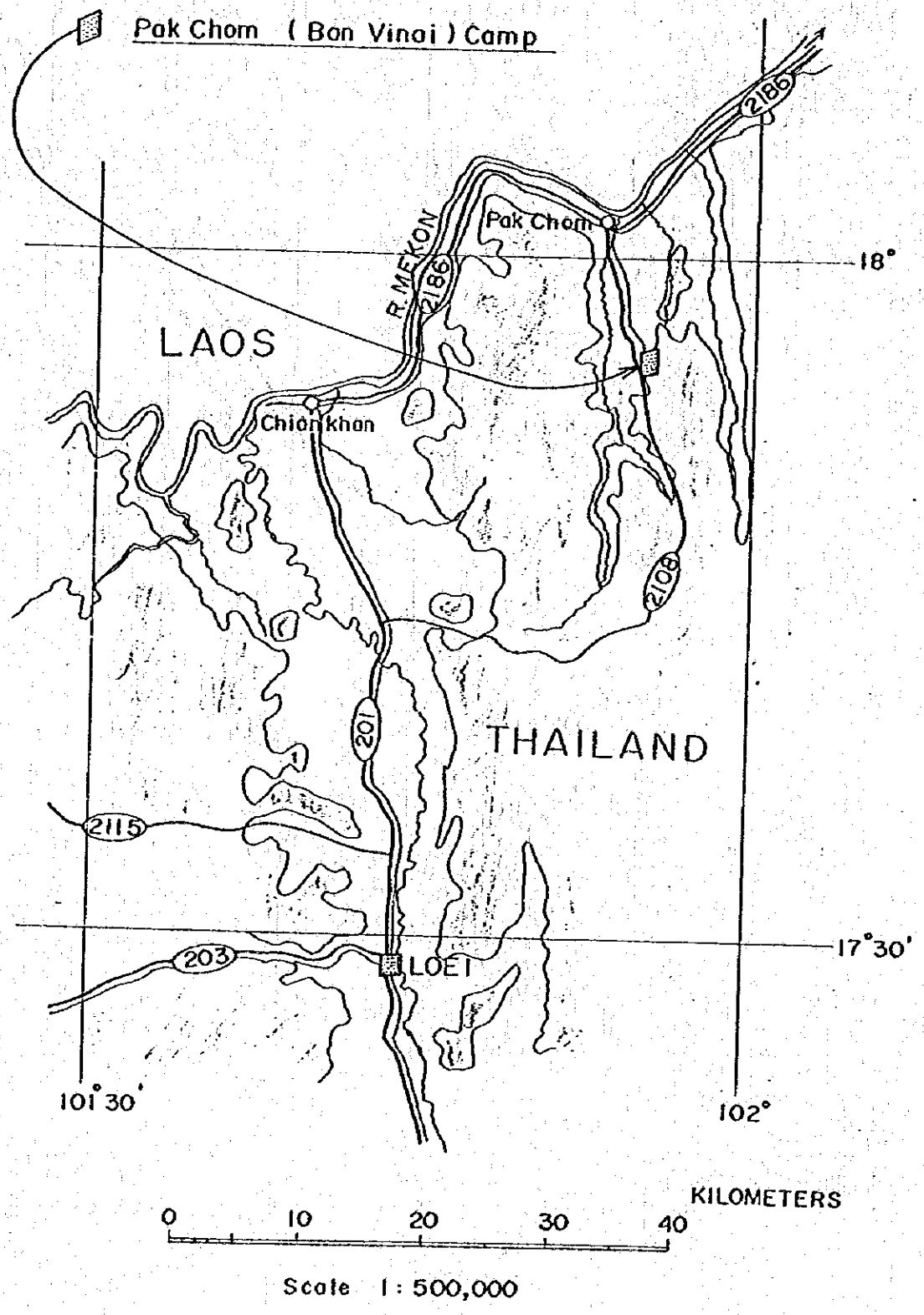
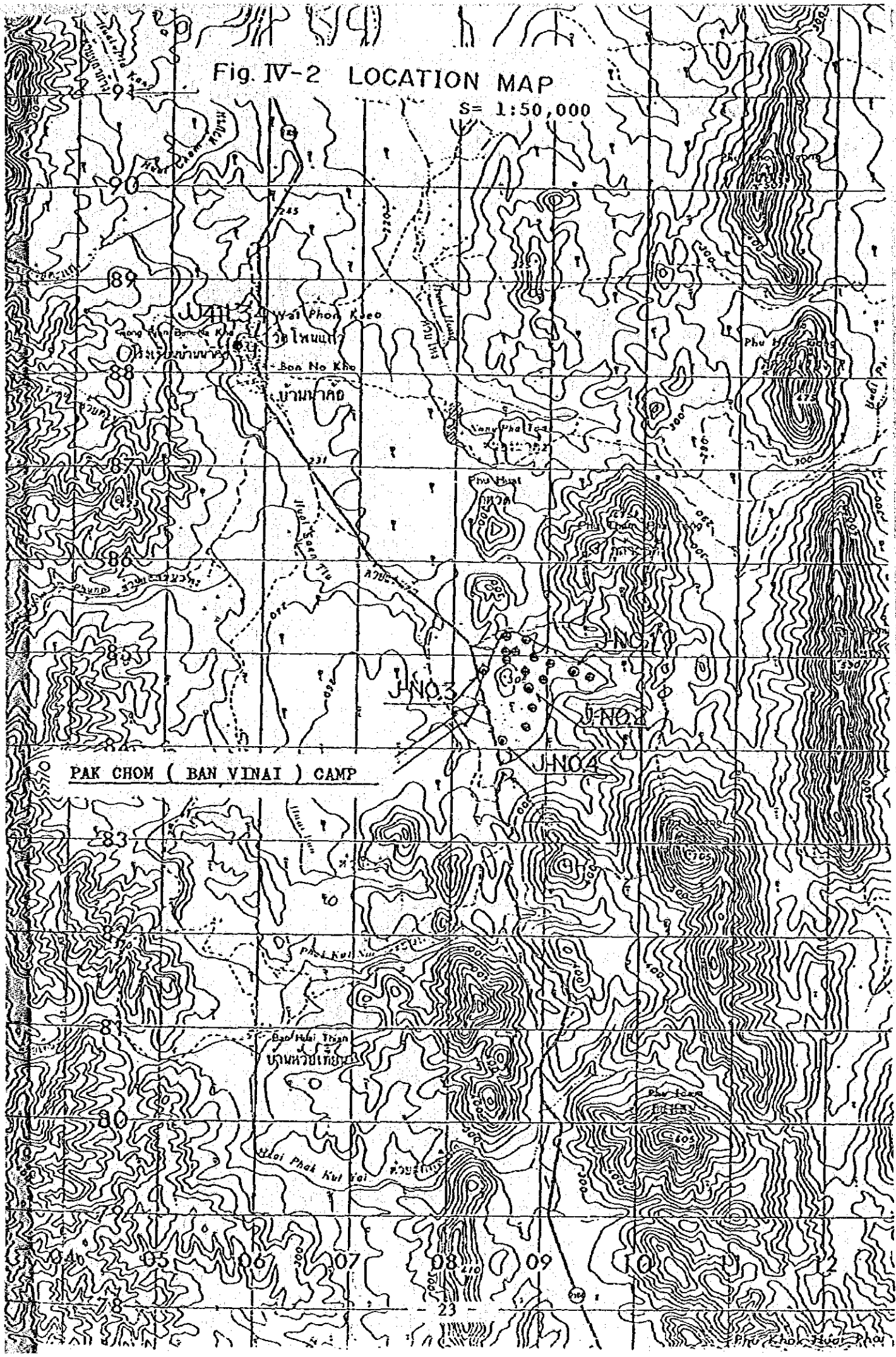


Fig. IV-2 LOCATION MAP

S= 1:50,000



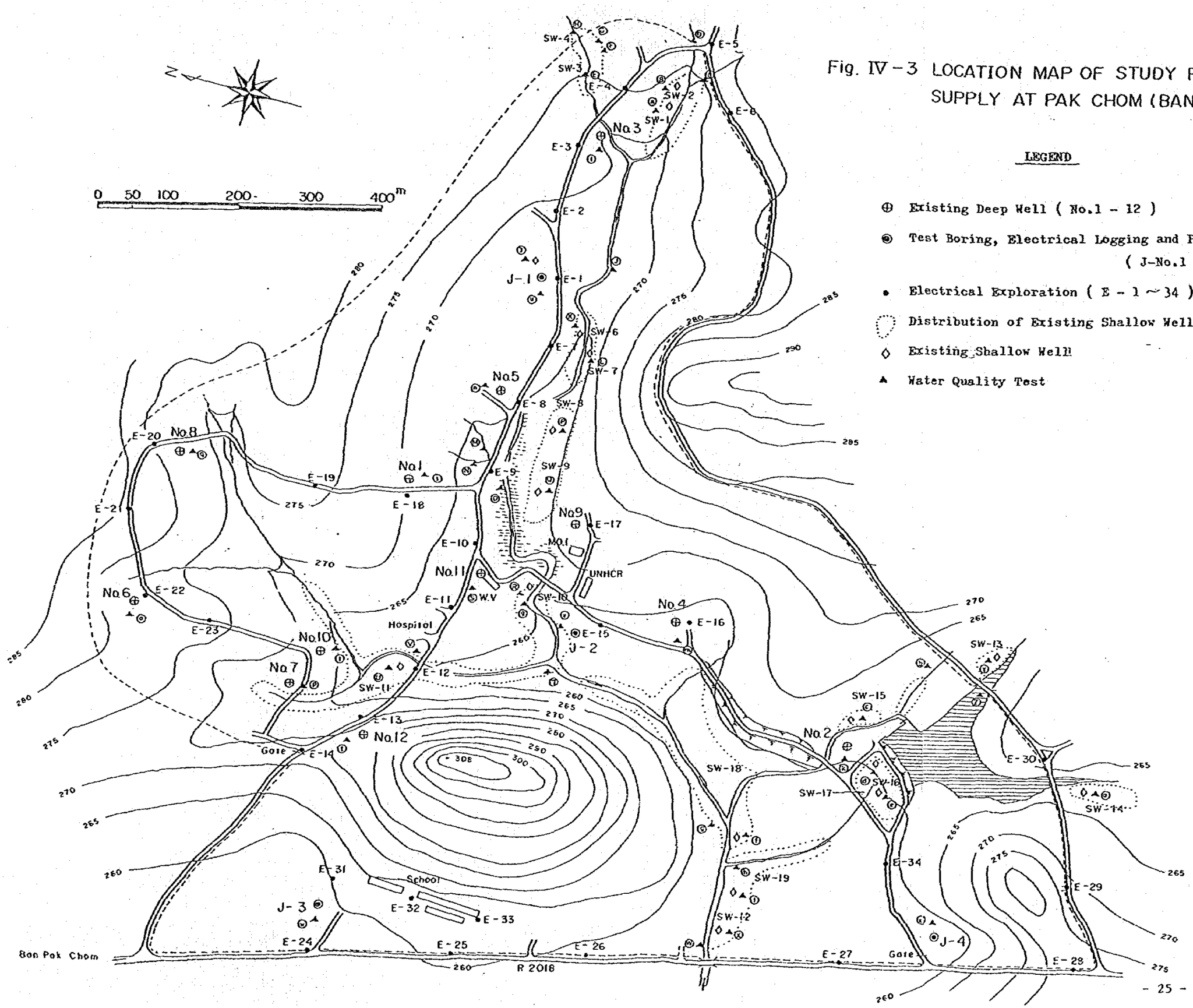


Fig. IV-3 LOCATION MAP OF STUDY FOR WATER SUPPLY AT PAK CHOM (BAN VINAI) CAMP

LEGEND

- ⊕ Existing Deep Well (No.1 - 12)
- ◉ Test Boring, Electrical Logging and Pumping Test (J-No.1 - 4) 1982
- • Electrical Exploration (E - 1 ~ 34) 1982
- Distribution of Existing Shallow Well
- ◇ Existing Shallow Well
- ▲ Water Quality Test

V 調査結果及び解析

1 地形・地質

バクチョムキャンプおよびその近傍の地形は、ほぼ南北方向に走る大小の山系と水系が主である。

キャンプの南縁に沿う県道２１０８号線の学校入口は 標高２６０ｍ、ここの東方に南北方向の尾根をもつ、独立した丘陵の山頂標高は３０８ｍである。

バクチョムキャンプの東北部は標高４００ｍ前後の山地の中腹ないしは山麓部分で、その標高は２８０～３００ｍのところである。
キャンプの東部から南部にかけても同程度の山麓地帯となっている。
西部は標高２８０ｍ前後の丘陵斜面地となっている。

表流水としては、キャンプの北及び西の谷間に小さな沢が南流し、キャンプの南部には貯水池があり、ここから放流された小川に合流して、県道２１０８号線の橋の下を西方へ流れ、やがてSaen Tiu川へ流入してゆく。このSaen Tiu川はさらに、ほゞ県道沿いに北流しChom川に合流する。そしてChom川は、バクチョムキャンプの北北西１０km（直線距離で）のところにあるバクチョム町（Amphoe）の東部にてメコン河へ流入している。

難民の住居は、これら山地の中腹ないし山麓の傾斜地に張り付いたように密集して造られている。林地も耕作地もなく、僅かな樹木と草地が残っている。

当地方の地質はFig. V－1及びTable V－1に示すとおり、第四紀層（Quaternary layer）は、きわめてその分布は狭く、ジュラ紀（Jurassie）、三畳紀（Triassic）、石炭紀（Carboniferous）、二畳紀（Permian）、デボン紀（Devonian）、およびシルル紀（Silurian）に相当する非常に硬い岩石類が分布している。この他に火成岩（igneous rocks）が各処に分布している。

ロエイ川流域にのみ、川が運んできた土砂、すなわち、シルト，粘土，砂及び礫が厚く堆積している。これは沖積層（Alluvium）に相当している。この他に、大小の河川両岸には、数段の平坦な河岸段丘面が形成され、主として砂および礫で構成されている。

ロエイ市街の西方約４０㎞地点にあるThali町付近およびロエイ市の東方と南方にかけては、中生代（Mesozoic）のジュラ紀（Jurassic）～三畳紀（Permian）に相当する主として暗褐色，灰褐色および赤色の雲母質頁岩（micaceous shale）が分布し、この頁岩中にはシルト岩（siltstone），砂岩（sandstone）および礫岩（conglomerate）が夾さまれている。タイ国では当層をPHU KRADUNG FORMATIONといっている。

ロエイ市街の東方１０～３０㎞、および西側の山地一帯には、石炭紀（Carboniferous）～二畳紀（Permian）に相当する塊状ないしは板状の淡灰色の石灰岩（Limestone）で構成されている。この石灰岩中にはしばしば頁岩（shale），泥岩（mudstone），礫岩（conglomerate）および凝灰岩（volcanic tuff）の各層を夾んでいる。タイ国では当層をRATBURI FORMATIONといっている。

チェンカン（ChiangKan）町の東方１０㎞付近からパクチョム（PakChom）集落の東方１５㎞までの間の、メコン（Mekon, Maekong）河岸及びその南部（メコン河右岸側）一帯は古生代（Palaeozoic）の石炭紀（Carboniferous），デボン紀（Devonian）およびシルル紀（Silurian）に相当する硬砂岩（greywacke），粘板岩（slate），泥岩（mudstone），シルト岩（siltstone）などの厚い地層が互層状に分布している。ところどころに石灰岩（limestone）が夾在している。そのうえさらに、網状または層理に平行した石英脈（quartzvein）が夾在している。しばしば石英（quartz），珪岩（quartzite），粘板岩（slate）および花崗岩（qranite）の円礫を含んだ黒色ないしは灰色の頁岩（shale），淡灰色の砂岩（Sandstone）が所々に存在している。タイ国では、これらの地層をKAENG KRACHAN FORMATIONに相当するとされている。

このKAENG KRACHAN FORMATIONの中、またはそれに隣接して、花崗岩（granite）または花崗閃緑岩が貫入している。これらの火成岩（igneous rocks）は山地の頂部に露われていたり、あるいは、ほぼ独立した山体を形成している。これらの火成岩は三畳紀（Tridssic）に生成されたものと推定される。

この他に、Thari町の東５㎞から１５㎞にかけて三畳紀の斑岩（Porphyry）が分布している。Pak Chom集落の東２０㎞付近には石炭紀（Carboniferous）の苦鉄質岩（mafic）および超苦鉄質岩（ultramafic）がわずかに分布している。

パクチョム・キャンプとその周辺一帯には、上述したKAENG KRACHAN累層（formation）が分布している。すなわち、露出している岩石類ならびにボーリング掘さく中に採取されたスライム（掘り屑）等の観察によって、硬砂岩（greywacke）を主体し、次いで粘板岩（slate），シルト岩（siltstone），泥岩（mudstone），頁岩（shale），砂岩（sandstone），及び石灰岩（limestone）の存在していることが認められた。これらの地層の走向は、いずれも、ほとんど南北であるが、その傾斜は東へ30°～70°を示すものが多いが、所によっては西へ40°前後傾斜するものもあるなど、きわめて不規則で、はなはだしい局部的に褶曲作用を受けている。そのうえ、大小の南北の走向断面（strike faults）の潜在していることが推察された。

これらの岩盤中の亀裂からの裂罅水の賦存状態を確認するため、キャンプ内の4ヵ所で調査ボーリングを実施した。その結果、きわめて堅硬緻密な硬砂岩（greywacke）と粘板岩（slate）に遭遇し、そのうえこの両岩石中には、大小の石英脈が多数夾在していることが認められた。これがために、タングステン・トリコン・ビットを使用してボーリングしたが、深さ1m掘進するのに最大15時間45分を要した部分もある。通常は1m掘さくするには4～6時間程度を要した。

2 水文・気象

(1) 水 系

調査地付近の水系は、Campの東方を南北に走る標高300～700mの丘陵性山地の稜線を境とし、東側のPhichai川、西側のSaen Tiu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、北東～北西方向に流れ、Phichai川は、Nam Ngao川に、Saen Tiu川は、Chom川に合流し、いずれもPak Chom集落付近でMae Khong河に流入している。

Phichai川および、Saem Tiu川はいずれも乾季には表流水があるが水量はかなり少なく、その流れは緩慢である。

調査地であるCampは、Saen Tiu川の源頭に位置し、流域面積は約5.11㎢となっている。

(2) 降　雨

Loeiの季節は、１０月から４月の乾季と５月から９月の雨季に大別される。５月～９月の雨季には年降雨量の約８０％が降り、乾季には非常に少ない。特に１１月～２月の４ヶ月間は、降雨がまったくない年もある。

年別、月別の降雨量はTable Ｖ－２，Fig. Ｖ－２～４に示したとおりである。

２７年間の最大年間降雨量（１９７８年）	１６８７.２mm
〃　平均年間降雨量（１９５４～１９８０年）	１２３６.２mm
〃　最大月間降雨量（Sep・１９６７年）	５２７.８mm
〃　平均最大月間降雨量（Sep）	２４７.０mm

(3) 気　温

Loeiの気温は、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。

年別、月別の気温はTable Ｖ－２，Fig. Ｖ－４に示したとおりである。

平均年間気温（１９５４－１９７５年）	２５.９°C
平均月間最高気温（Apr.）	２８.９°C
平均月間最低気温（Jun.）	２１.７°C

(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いる。観測結果は、Table Ｖ－２およびFig. Ｖ－４に示されるように、降雨の多い５月から１１月にかけて少なく、降雨の少ない１２月から４月にかけて多い。

平均年間蒸発量（１９５４－１９７５年）	８０１.２mm
平均最大月間蒸発量（Mar.）	１０７.４mm
平均最小月間蒸発量（Sep.）	３４.７mm

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、調査地付近は比較的植生の状態は良く、保水力もあると思われるが起伏があることより、年平均流出率は年間降水量の４０％程度と考えられる。しかし、実際には、１１月から４月の６ヶ月間は、降雨量より蒸発量が多いため流出はない。

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およびその周縁に沿って、３４の測点について、比抵抗法（Wennerの四極・垂直探査法）により実施した。

この電気探査の結果得られた深さ（ａ meter）とその深さにおける比抵抗値（$\rho\Omega m$）とをプロットしたのが、ρ－ａ曲線図である。各測点でのρ－ａ曲線図はＡＰＰＥＮＤＩＸ－Ｉ　１～３４に示した。

四電極は等間隔（ａ meter）に配置して測定する。この電極間隔ａは深さに相当し、その深さにある物質の比抵抗値ρを示す。図ではρの値のみを対数にて示してある。

これらのρ－ａ曲線を解析するためａ，ρとも対数でプロットし、「比抵抗法解析標準曲線」を用いて解析を試みたが、得られた各測点のρ－ａ曲線は変化がはげしく、解析し難い。

調査ボーリング結果の地質柱状図と、そのボーリング地点の近くで測定した電気探査結果のρ－ａ曲線と対比検討したが、顕著な傾向、相関関係は掴みにくかったが、手がかりとはなった。

とくに、硬岩部分の比抵抗値は高く、軟岩または亀裂の発達している部分で、裂罅水の賦存している含水している部分の比抵抗値は低いという、差異はあらわれていると判断するのに役立った。

(2)　地下地質構造

キャンプ地とその周辺における表土は、岩盤の風化によって生成し、残留した砂質土，粘性土および岩塊，岩屑とより構成されている。その厚さはきわめて薄い。調査ボーリングの結果では、もっとも厚いところで６ｍであった、薄いところでも0.5ｍ前後である。ほとんどは基盤の岩石が露出している。

表土の下には、硬砂岩，粘板岩，シルト岩等の風化した部分で、この風化帯の厚さは２ｍ前後である。この風化帯の下部に新鮮な、堅硬緻密な岩盤が存在している。

これらの基盤岩石の中の亀裂の発達している部分に、裂罅水といわれている地下水が滞水している、深井戸はここから供給される地下水を揚水している。

岩盤中の亀裂は、造山運動による褶曲作用あるいは断層の発生によって、発達する。亀裂の空隙に、しばしば微細な岩の細片、細粉および粘土によって充填されると、地下水や温泉の流出しを遮断することがある。当地方には顕著な地震の発生はないものと思われるので、上記のような現象は発生しないであろう。

なお、当キャンプ内の低地を流れる沢の周辺部には、２００ヵ所以上の手掘りの浅井戸が分布している。これらはいずれも深さ3.5 m前後である。ここで得られている地下水は、岩盤の風化帯上部の割目から出てくるものと、表土と風化帯との漸移している部分に滞水しているものである。このため風化岩盤面より浅い井戸では、乾期に涸渇してしまう。

Fig. V－5はキャンプ地内のほゞ中央部の東西方向の地質断面図である。地層の走向は南北を示し、東へ７０度前後傾斜しているところが多い。ただし、局部的には地層が褶曲しているためその走向及び傾斜は不定のところがみうけられた。

断層の露出しているところは見当らないが、調査ボーリングJ.№2付近を南北に走る小規模の断層が潜在していることが推定できる。そして、調査ボーリングJ.№3とJ.№4を結ぶ、県道２０１８号線沿いにも地層の走向と平行した南北性の断層のあることも推定できる。この他にも、これらの断層に平行した小さな断層の存在も推察できる。

キャンプの西側にある東西の幅約3 kmの平坦な低地が南北につづいている。この低地の西寄りにはメコン河に注ぐChom川の水系は南北方向に位置している。この平坦な低地の東側及び西側の山系もまた南北方向につらなっている。このことは、この南北につづく低地の地下に大きな断層帯が潜在しているものと推定することができる。

4　水理地質

ロエイ県北部の地質は前述したように、第四紀の沖積層，洪積層の分布はきわめて狭い。ほとんどが中生代のジュラ紀・三畳紀及び古生代の二畳紀・石炭紀・デボン紀・シルリア紀に由来するきわめて古い岩石ばかりである（Fig. V－6，Table V－4）。

ロエイ川の流域一帯は沖積層に相当し、礫質および砂質の堆積物がはなはだ厚いために滞水層となっている。従って、多量の地下水を地下浅所で得ることができる。そのうえ、その水質も良好なものがほとんどである。

パクチョムの東方40㎞付近からその南部にかけては、準平原的地形となっていて、頁岩，砂岩，シル岩および若干の礫岩で構成されている。これらの岩石中の節理の発達した部分からは裂罅水が得られている、その水質もほとんどの井戸で良好である。

チェンカンからパクチョムにかけては、泥岩，シルト岩，砂岩，硬砂岩および石灰岩が分布している。ところどころ千枚岩，頁岩および珪岩、そして石英脈を夾在している。その他貫入してきた花崗岩も存在している。

パクチョムキャンプの西北約4㎞のNa Kho集落中にて行った「JJ41L34」井戸の記録によると、深さ33mまで掘さくし、地下水位は約5m，揚水量32.14gpmであった。ここでは石英脈を含む花崗岩と粘板岩の亀裂部分からの裂罅水が得られていると推察できる。そしてパクチョムキャンプ内の12ヵ所の既存の深井戸からの総揚水量は1日約560㎥である。いずれも岩盤中の裂罅水を揚水している。

ロエイ東部には南北につらなる石灰岩よりなる急峻な山地があり、この石灰岩中には、しばしば頁岩あるいはチャートが夾在している。石灰岩中にできた大小の空洞，空隙の中には地下水を貯水し、または流出しているところがある。

チェンカンの東南部及びパクチョムの東部に分布している花崗岩類は節理が発達しているので、ここからの裂罅水の量は僅かである。

(1) 地下水の賦存機構

表土の下部に存在している風化した岩石の大小の角礫と岩屑とが混入した砂質土、及び基盤岩石の風化帯の中に地下水が含まれている。

キャンプ内の低地部に、手掘りされている浅井戸は、この滞水層中の地下水を汲みあげている。

浅井戸の掘さく深さは、浅くて約1.8 m、深いもので4.70 mである。

この滞水層へは、雨水や沢水が滲透してきているため、乾期には、まったくその補給がなくなり、地下水は涸渇してしまう。たゞし、岩盤の風化帯を掘さくした浅井戸では岩盤の割れ目に含水している地下水が滲み出てくるために、乾期でも涸れることはない。

深井戸の地下水は、造山運動や地殻の変動による断層や褶曲作用のため、基盤岩石は歪を受けて、無数の割れ目（裂か）を生じ、この割れ目帯（ fissure zone ）に保持されている地下水に相当している。特に大規模な断層破砕帯や、それに伴う小規模の断層の中にも、多量の地下水を賦存している。従って、これらの割れ目、岩石特有の節理の発達した部分及び断層中に賦存する裂か水に期待して、岩盤の中に深井戸の掘さくが行われてきている。

キャンプ内の既設の各井戸では、互に地下水が干渉しあっている事実があることから、南北性の亀裂はとくに顕著であるが、これらにほぼ直交する方向に発達している亀裂も多いものと推定される。

(2) 地下水の利用状況

a ） 浅 井 戸

キャンプ内の浅井戸は２００カ所以上ある。これらは数カ所の低地部分に密集して分布している。このうち主なる井戸群について調査した結果は、Table V－5に示すとおりである。すなわち、浅井戸の深さは1.78～4.70 m、その地下水位は0.35～2.20 m、井戸の径は1.0～1.2 mである。汲みあげている水量は１日当り最低のところで0.5 m³、最大のところでは5 m³である。そのうち、飲料水としている井戸水は全体の約４０％程度である。あとの６０％の浅井戸の水は、もっぱら洗濯、水浴び、洗いもの等の雑用水として利用されている。

b ） 深井戸

キャンプ内の既設の深井戸は１２カ所ある。このうち揚水するため、水中モーターポンプによるのは１カ所、ギイヤーポンプによるのが１０カ所、そして Hand pump によるものが１カ所である。

これらの井戸から汲みあげられる１日の総揚水量は５６０,１６０ liter（約560

m^3）である。（Table V－6）。

現在（Sep. 1982）、当キャンプに収容されているラオス難民の総人口は33,381人である。従って、難民に供給し得る深井戸の地下水は1日、1人当り、16.78ℓである。しかし、これらの深井戸が毎日一斉に揚水されることはすくなく、しばしば、ポンプの故障のため、その修理がながびいている。

1982年5月以降、いまなお、深井戸№6及び№8のポンプが故障のまゝ放置されこれがため、この2つの深井戸から得られていた1日当り90,700ℓ（約90m^3）の地下水が揚水されていないがため、1日1人当り約14ℓの深井戸からの地下水を利用しているにすぎない。

これらの深井戸での揚水は、1日に午前と午後との2回にわけて行われて、その揚水時間は1日当りでは11～17時間である。揚水量は各井戸とも、すでに過剰揚水をしているように推察される。

これら既設の深井戸に関する記録・資料に乏しく、ポンプ運転管理者などからの聞き込み調査を行った。その結果は、Table V－7に示すように、深井戸の掘さく深さのわかっているのは、№1で42.3m、№4で40.5m、そして№12で52.5mである。その他は深さ24～42mの範囲にあるものと推定される。地下水位は観測されていないが、6～18mあるものと推定される。井戸の中へ挿入されているケーシングの口径は4～6″である。ケーシングのストレーナーの位置は不明である。なお、岩盤の岩質も明らかではない。

(3) 揚 水 試 験

揚水試験は Camp内で実施した調査ボーリング孔（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

試験はバルブを取付けて、揚水量を調整し、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にな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－7に示したとおりで、その結果から、各ボーリング孔の限界揚水量は次の表のように判断される。経済的揚水量としては、限界揚水量以下が望ましい。

揚　水　試　験　結　果

ボーリング№	限界揚水量（ℓ/min）	水位降下(m)	比湧出量 (m³/day/m)	降下水位(m) GL－
J－№1	78.0（112.3m³/day）	23.0	4.88	25.95
J－№2	190.0（273.6m³/day）	25.4	10.77	27.00
J－№3	195.0（280.8m³/day）	16.5	17.02	21.00
J－№4	200.0（288.0m³/day）	16.5	17.45	19.55

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次の表のとおりである。

定　量　試　験　結　果

ボーリング№	透水量係数T (m²/sec)		貯留係数 S		揚水量 (m³/sec)
	Theisの式	Jacobの式	Theisの式	Jacobの式	
J－№1	5.594×10^{-5}	860×10^{-5}	7.459×10^{-4}	5.190×10^{-1}	0.00131
J－№2	1821×10^{-4}	5.072×10^{-5}	3.642×10^{-5}	4.290×10^{-1}	0.00277
J－№3	1.408×10^{-4}	1.190×10^{-4}	9.011×10^{-1}	1.494×10^{-0}	0.00260
J－№4	2.195×10^{-4}	1.198×10^{-4}	2.156×10^{-1}	－	0.00242
平　均	1.496×10^{-4}	7.703×10^{-5}	－	－	

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、特に貯留係数(S)の差が大きい。また、ボーリング孔によっても異なっている。J.№1～№4の地下水はいずれも硬砂岩および粘板岩の裂か水であるが、比湧出量についてはそれぞれに大きな差がみられる。このため、計画地の平均透水量係数は、J－№1～4の平均的な値として　$T=1.50\times10^{-4}$ m²/sec程度が考えられる。

貯留係数については、観測孔を設置していないこと、および水位降下量からみて実

測値とひらきがあること等を考慮し、計画地の平均的な貯留係数としては、
$S = 4.00 \times 10^{-3}$ 程度が考えられる。

(4) 水 質 調 査

水質調査は、表流水（河川・ダム）；地下水（浅井戸・深井戸）を対象に、水温・PH・電気伝導度の測定を実施した。

調査結果を水露頭別に整理すると次表のようになる。水質調査結果の詳細は Table V－8に示したので参照されたい。

水 質 調 査 結 果

水露頭の種類	細区分	水 温	PH	電気伝導度 at 25℃ (μΩ/cm)
表流水	河 川	31.0～35.0	6.6～6.8	320～797
	ダ ム	37.0	6.6	540
地下水	浅 井 戸	28.0～30.0	6.6～6.8	580～885
	既存深井戸	27.0～30.0	7.2～7.4	380～795
	今回のボーリング孔	27.0～28.0	6.9～7.4	475～780.7

以上の試験結果をみると、水温は、ダム、河川、浅井戸、深井戸の順に低くなっている。PHは、表流水と浅井戸の値が同じで微酸性を示すのに対して、深井戸は、PH＝7.2～7.4と微アルカリを示している。電気伝導度は、浅井戸が最っとも大きい値を示し に深井戸・表流水の順になっている。

以上の調査結果より、表流水と浅井戸はかなり似かよった値を示すが、深井戸の地下水とは、異なっているといえよう。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。

今回実施した調査ボーリングの地下水の水質分析結果は Appemdix－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－9である。

分析結果によれば J－№1、№2、№3及び№4ともに蒸発残留物（Total solids）は、タイ国水質基準をオーバーしている。

その他、J－№2及び№3では、全硬度（Total hardness）、鉄（Iron）及び濁度（Turbidty）が、タイ国の水質基準をオーバーしている。このうち、蒸発残留物及び

濁度については、揚水を続けていくうちに少なくなるもので、ボーリング後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の怒限値（人体に害を与える限度）内に入っている。

以上の分析結果から、飲料水としては、毒性物質である鉛（ Leab ）、砒素（Aresenic）が不検出～微量であるので問題はない。

なお、含有している鉄分が、水質標準基準値をオーバーしている。

今回採取した試料水は、いずれも揚水ポンプによって地上に汲み出したために、地下に存在している裂か水の中に含まれている２価の溶解性鉄分が大気に触れ生成された不溶性の水酸化鉄（３価）と、揚水パイプやケーシングパイプ等の鉄管から溶出した鉄分とが混入している。

上水道用水源としての水質基準値は 0.3 または 0.5 ppm を超えないこととしているのは、飲料水その他家庭用水としての洗濯物や容器類などに色をつけない程度という意味で定められたものである。

鉄は造血剤であるから、栄養上必要なものであり、いろいろな食品に含まれているから、強いて水から鉄をとる必要はない。

但し、鉄バクテリアが繁殖すると、鉄管類の内面に鉄コブをつくって流量を少なくしたり、赤い水の原因となる。これを防ぐには塩素処理すれば効果的である。

通常、地下水中の鉄分は、これをばっ気（沈澱）、ろ過すれば、ほとんど鉄分を含まない水を得ることができる。

(5) 地下水の涵養量の推定

Camp 地は、Saen Tiu 川の源頭に位置し、流域面積は、約 5.11 Km^2 である。地下水の涵養源は「地下水の賦存機構」の項で述べたよう Kap Chom Camp 地の上流の丘陵性山地であり、涵養時期は蒸発量より降雨量の多い５月から１０月の６ヶ月間であると考えられる。

したがって、ここでは Camp 地の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。

$$\theta_R = \{ P - (D + E) \} \cdot A_R$$

ここに、 θ_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 Camp 地の地下水涵養量は次の表のように考えられる。

地　下　水　涵　養　量

流域面積 AR(Km²)	降水量 P (mm/yer)	流出量 D (mm/yer)	蒸発量 E (mm/yer)	浸透量 (mm/yer) G=P−(D+E)	涵養量 (m³/yer) $Q_R = A_R \times G$
5.11	1,236.2	494.48	560.84	180.88	924,297

以上の計算結果、地下水の涵養量は約９２万 m³/yer と算出された。Camp 地における現況の地下水利用量は、約２０万 m³/yer であるから、地下水の涵養量の約２２%程度に相当する。

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再検討することが望ましい。

(6)　揚水条件と影響範囲

既存井戸の揚水試験データーはなく、精度に欠けるので、ここでは今回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。

（滞水層定数）

$T = 1.50 \times 10^{-4}$ m²/sec

$S = 0.004$

（揚水条件）

$Q_c = 156$ ℓ/min （J−No.1〜No.4 の平均限界揚水量）

$Q = 112.3$ m³/day （１日１２時間運転とする）

$T = 6.48$ m²/day （1.5×10^{-4} m²/sec × 43.200 sec）

$S = 0.004$

以上の条件から、ｓおよびｕは次のようになる。

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

$$= 1.38 \cdot W(a) \cdots\cdots\cdots\cdots ①$$

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

$$= 1.543 \times 10^{-4} \cdot \frac{r^2}{t} \cdots\cdots ②$$

ここに、　Q：揚水量（m³/day）

T：透水量係数（m²/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)と水位降下量(s)の関係を求めると Table V－10 および Fig V－8 のようになる。Fig V－8からみて、揚水量を 112.3 m³/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	水位降下量(m)	影響範囲(m)
1日	19.04	58
30日	23.32	380
120日	26.22	680
365日	27.46	1,400

以上の検討結果、揚水量 112.3 m³/day を1年間継続した場合、影響範囲は 1,400 m で、井戸が互に干渉し合わないための井戸間隔は約 2,800 m 必要である。

しかしながら井戸からの揚水を継続揚水とした場合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から実際の揚水時間は短縮され、水位降下量も少なく、水位回復も早くなるものと考えられるため井戸間隔 300～400 m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 113 ha であり、井戸間隔を 300 m とすると、キャンプ内における適正井戸本数（深度 40 m，口径 4″）は、13本程度、適正揚水量は約 1,460 m³/day と判断される。

なお、現在キャンプ内にある12本の深井戸（深度 24 m～52.5 m）は、井戸間隔が 65 m～200 m と狭く、特に No 7 と No 10（Hospital）は、井戸間隔が 65 m と接近しているため、同時揚水した場合、干渉が著しく、揚水効率が悪い状態にある。

(7) 今後の地下水開発

地下水の涵養量は約 92 万 m³/yer、適正井戸本数（深度 40 m、口径 4″）は 13 本、適正揚水量は 1,460 m³/day（約 52.3 万 m³/yer）と試算された。この適正揚水量は流域内の涵養量の約 56.6 % に相当する。

一方、必要給水量は、計画人口 50,000 人、1人当りの給水量を UNHCR の計画である 35 ℓ/day とすると、1,750 m³/day（約 64 万 m³/yer）となる。

以上のように、必要給水量は、適正揚水量を上まわっている。したがって、必要給水をキャンプ地内の地下水に依存することは不可能であり、不足する給水量については、地区外からの補給が必要である。

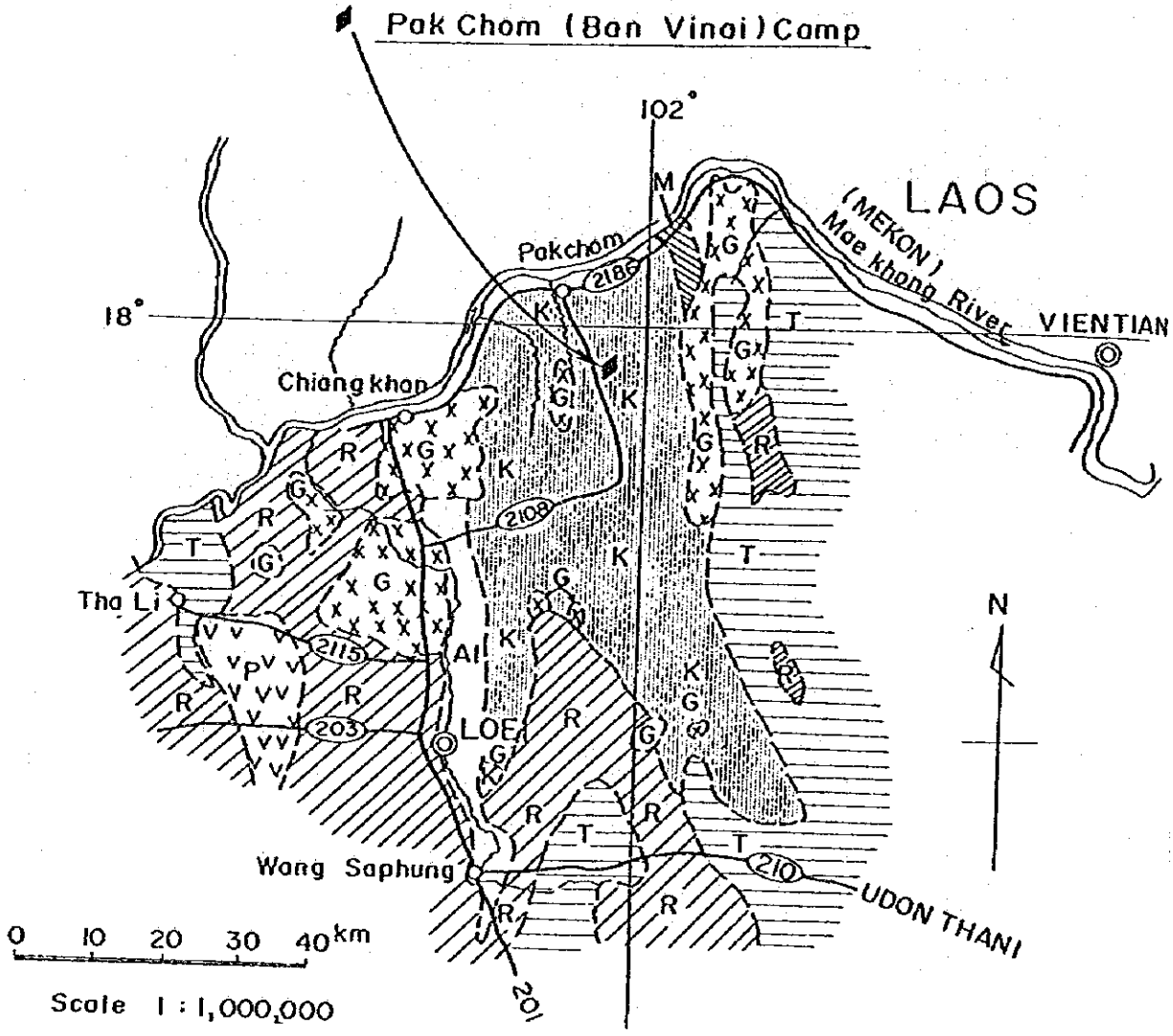
揚水計画に際しては地下水の保全を充分配慮することが必要で、1ヶ所での多量揚水

適正揚水量および地下水の涵養量以上の地下水開発は、地下水公害をもたらすものである。

現在、キャンプ地内においては、１２本の深井戸（深度２４～５２５ｍ、井戸間隔６５ｍ～２００ｍ）があり、５６０ｍ³／day の揚水を実施している。キャンプ地内の適正揚水量は 1,460 ｍ³／day であるから今後開発可能量は９００ｍ³／day となる。今回実施した４本のボーリング４本からは限界揚水量６６３ ℓ／min の揚水が可能であり、１日当り１２時間の揚水をするとすれば４７７ｍ³／day となり、新規井戸の開発可能量は、４２３ｍ³／day となる。この新規井戸の開発可能量は、今回実施したボーリング孔の平均揚水量に対比すると、井戸３本に相当する。しかし、既存井戸の位置、水理条件等を考慮した場合、今後、深井戸（深度４０ｍ，口径４″）２本程度の開発にとどめることが望ましい。

新規に地下水開発可能区域および、深井戸の位置は Fig Ⅴ－９ に示したので参照されたい。

Fig. V-1 GEOLOGICAL MAP



LEGEND

Al	Alluvium eluvium valley fill and river gravel
T	Micaceous shale with some siltstone micaceous sandstone and conglomerate
R	Limestone interbeded shale.mudstone conglomerate and tuff
K	Greywacke,mudstone and siltstone. Shale with pebbles of quartz, quarzite slate and granite
G	Granite and granodiorite
P	Porphyry
M	Mafic and ultramafic

Table V-1 Stratigraphic Classification

	Sedimentary and Metamorphic Rocks	Age
AI	Alluvium, eluvium, valleyfill and river gravel	Quaternary to Recent
	PHU KRADUNG FORMATION	
T	Predominantly dark brown, grayish brown, red micaceous shale with some siltstone, micaceous sandstone and conglomerate	Jurassic and Triassic
	RATBURI FORMATION	
R	Massive light gray limestone interbedded with shale, sandstone, mudstone, conglomerate and volcanic tuff	Carboniferous and Premian
	KAENG KRACHAN FORMATION	
K	A thick sequence of poorly bedded greywacke, mudstone and siltstone. Limestone occurs locally. A group of well bedded black and gray shale and light coloured sandstone with pebbles of quartz, quarizite, slate and granite	Carboniferous Devonian and silurian

	Igneous Rocks	Age
G	Granite and granodiorite	Triassic
P	Porphyry	Pre-triassic
M	Mafic and ultramafic	Carboniferous

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

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
Evaporation (mm) 1954 - 1975	75.7	92.2	111.9	102.8	66.9	53.9	56.4	49.0	34.7	43.8	51.0	62.9	801.2
Temperature (°C) 1954 - 1975	21.7	24.3	27.2	28.9	28.2	27.9	27.6	27.1	26.5	25.8	23.9	21.9	25.9
Rainfall (mm)	5.8	16.4	47.2	87.6	195.3	174.7	159.0	193.0	247.0	94.8	11.7	3.7	1,236.2

Fig. V-2 Annual Rainfall at Loei for the Period 1954 - 1980

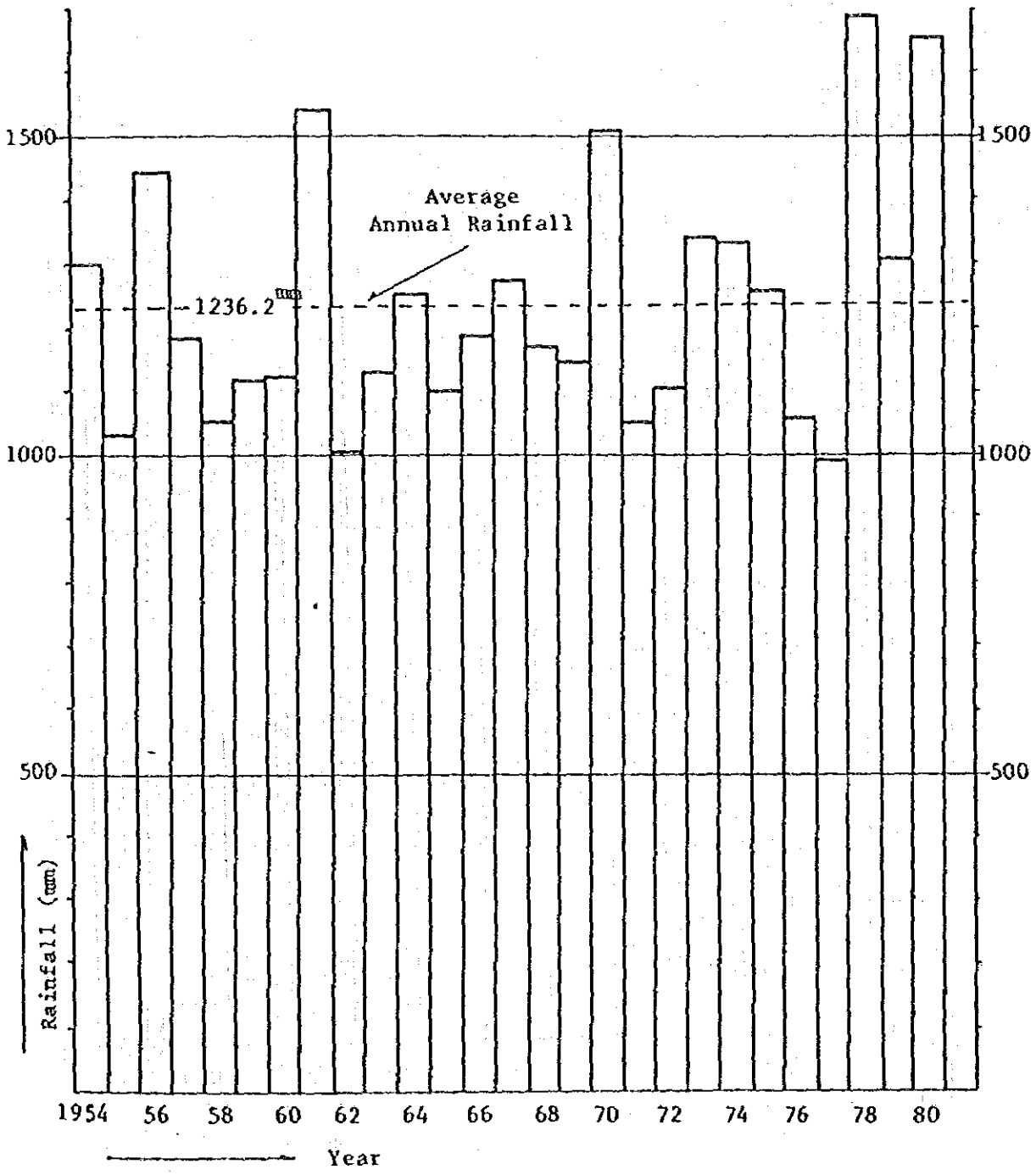


Fig. V-3 Average Monthly Rainfall at Loei for the Period 1954 - 1980

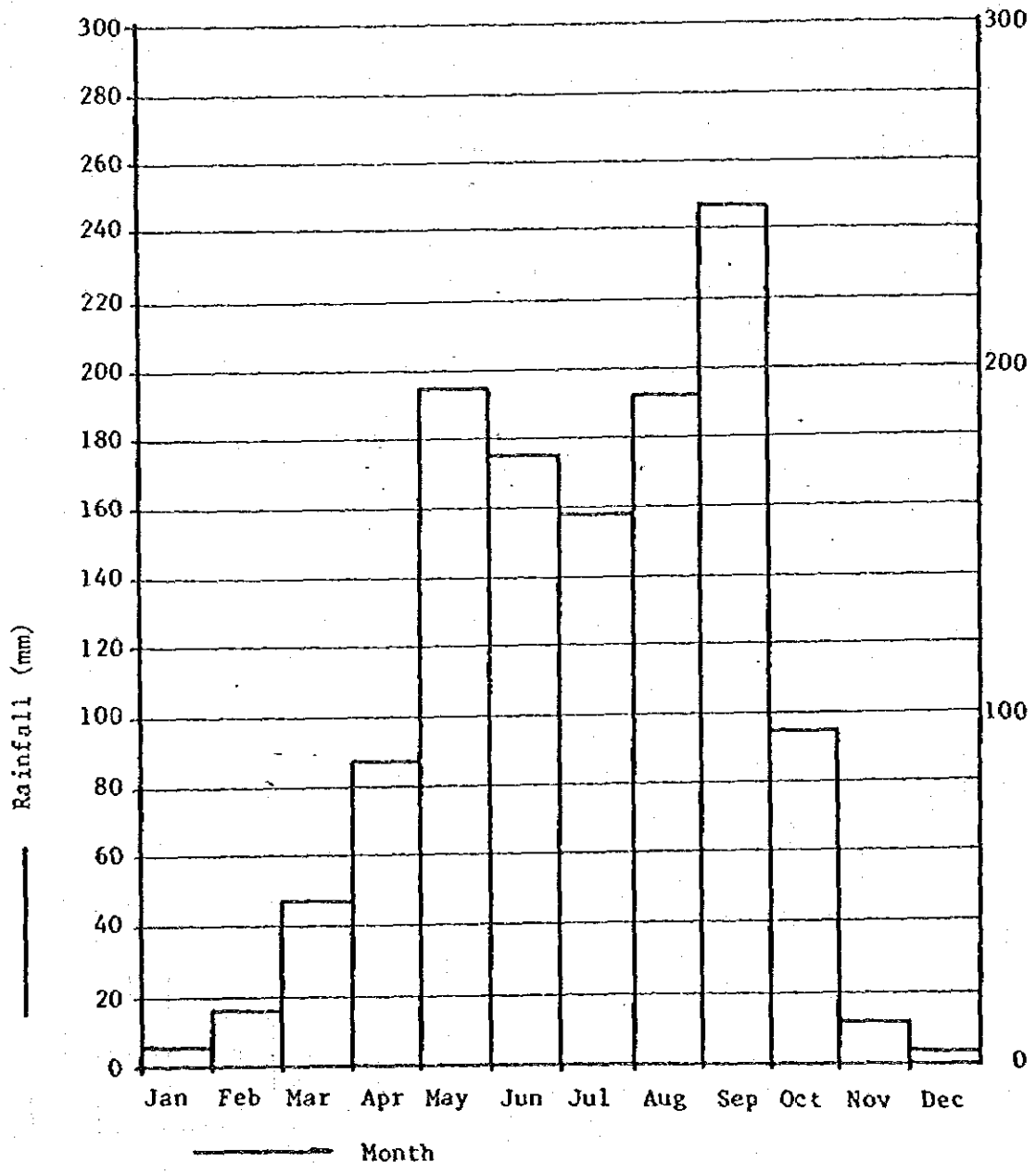


Fig. V-4 Monthly Mean Rainfall, Evaporation and Temperature at Loei

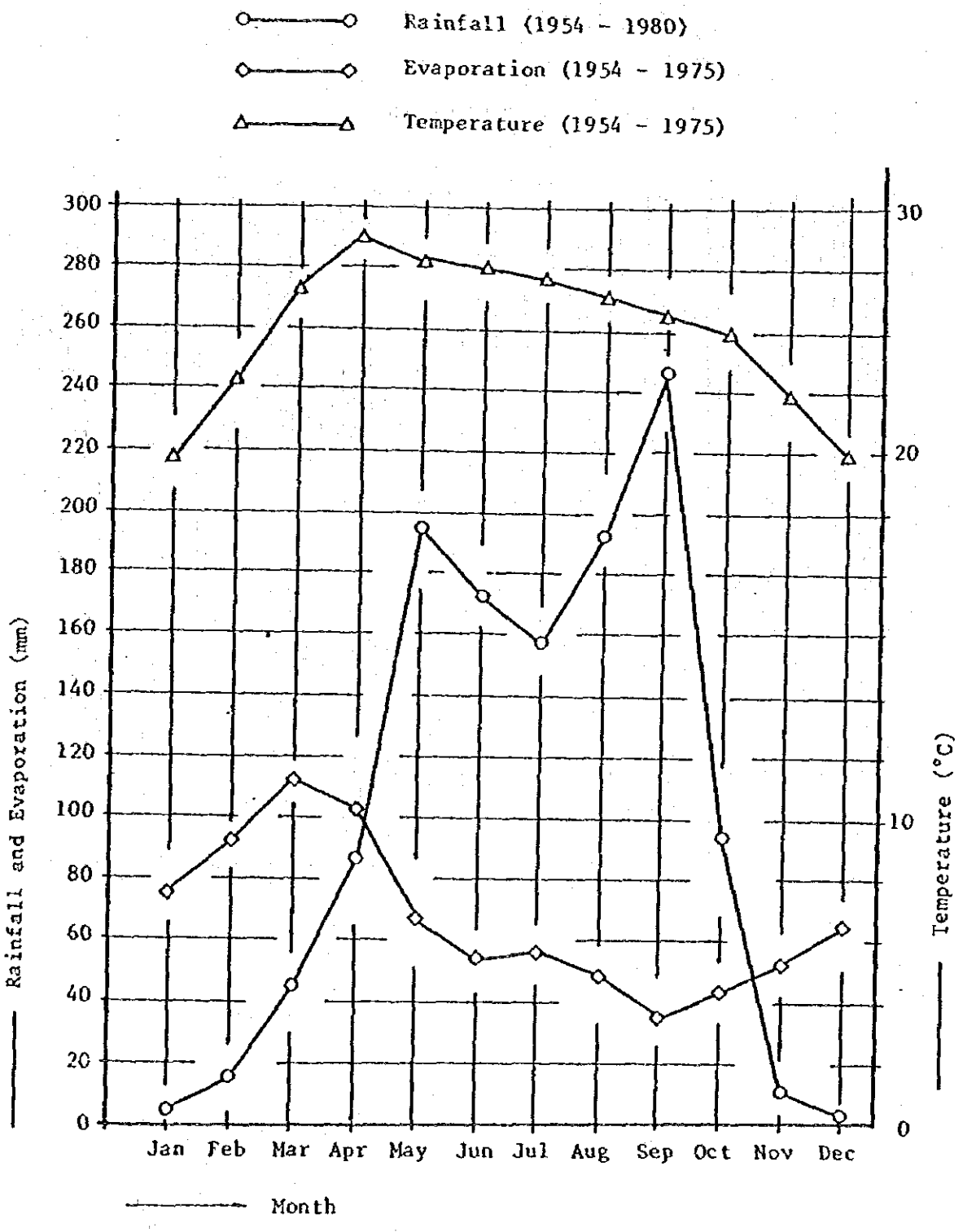


Table V-3 Monthly and Annual Rainfall for the Period 1951 - 1980

Station : Loei

Index Station 48: 353

Latitude : 17° 27' N.

Longitude : 101° 44' E.

Elevation of station above MSL: 252.52 meters

Height of raingauge : 1.00 meters

(Above MSL : 253.52 meters)

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
1951	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1952	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1953	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1954	0.0	2.3	47.3	67.8	228.5	124.2	65.4	225.9	336.5	196.6	4.9	2.0	1301.4
1955	0.0	9.7	116.7	119.2	95.9	302.9	92.4	146.9	138.7	6.5	5.9	0.0	1034.8
1956	0.0	42.4	56.9	83.5	190.8	141.1	401.0	211.9	248.6	70.6	2.5	0.5	1449.8
1957	10.3	5.2	134.1	98.7	146.6	214.4	106.3	188.6	242.2	38.9	0.0	0.0	2185.3
1958	14.2	13.9	25.1	8.6	48.4	171.8	77.4	420.4	158.5	116.3	0.9	0.0	1055.5
1959	7.5	19.1	60.6	34.8	170.3	170.5	164.2	74.8	403.4	10.7	3.8	0.1	1119.8
1960	2.9	0.3	51.0	101.2	198.8	70.6	195.9	127.0	209.0	154.2	9.6	0.5	1121.1
1961	1.6	32.1	48.2	130.0	252.1	179.8	111.0	174.0	418.9	192.8	2.0	0.0	1542.5
1962	0.8	0.0	20.9	70.7	203.0	93.3	112.3	223.5	145.4	131.8	1.7	4.4	1007.8
1963	0.0	0.5	63.3	52.6	98.7	140.3	122.4	262.3	192.7	150.9	41.9	2.3	1127.9
1964	8.1	5.2	35.9	129.7	298.3	54.4	166.6	159.1	162.9	210.6	6.5	4.1	1251.4
1965	0.0	25.3	31.7	75.2	176.7	101.2	90.2	300.3	216.5	48.7	34.8	0.0	1100.6
1966	4.4	11.1	43.4	69.6	388.8	82.0	126.8	192.6	131.2	72.9	21.4	39.9	1184.1
1967	3.3	38.3	1.1	102.2	120.4	135.5	171.1	110.3	527.8	31.4	33.1	0.0	1274.5
1968	0.2	0.4	19.7	168.4	241.9	187.8	193.6	172.3	137.7	48.8	0.5	0.0	1171.3
1969	36.8	0.0	29.0	87.1	157.4	193.9	187.8	102.7	212.9	85.9	53.8	0.0	1147.3
1970	4.2	4.4	55.0	166.7	277.9	388.9	52.0	264.1	296.3	41.5	5.8	2.0	1508.8
1971	0.8	8.3	30.8	20.1	158.1	151.0	98.1	248.9	225.3	102.8	3.4	5.3	1052.9
1972	0.0	24.7	27.9	73.1	77.5	211.7	88.8	119.6	245.9	189.2	21.8	33.8	1114.0
1973	0.0	0.0	62.0	48.8	185.6	242.4	158.8	158.1	465.2	20.2	0.6	0.0	1340.6
1974	3.1	4.6	67.1	178.3	152.8	49.3	120.2	350.7	197.8	163.5	45.1	1.9	1334.4
1975	43.1	32.0	52.8	31.9	304.2	135.1	176.6	103.0	263.5	117.6	1.3	0.0	1261.1
1976	0.0	53.1	4.5	67.0	165.5	144.5	162.4	150.3	178.5	123.5	8.4	0.0	1057.7
1977	12.0	0.0	42.2	153.0	106.5	66.1	173.5	179.1	165.8	85.8	4.1	2.0	990.1
1978	3.0	7.9	71.4	52.2	228.1	199.6	508.5	381.4	293.2	41.9	0.0	0.0	1687.2
1979	0.0	79.6	8.3	68.4	272.7	442.2	121.3	142.2	165.3	5.4	0.0	0.0	1305.4
1980	0.0	23.3	67.4	106.8	329.1	363.1	247.1	121.1	289.8	100.4	2.7	0.0	1650.8
AVERAGE	5.8	16.4	47.2	87.6	195.3	174.7	159.0	193.0	247.0	94.8	11.7	3.7	1236.2

Remarks: - = no report

Fig. V-5 CEOLOGICAL SECTION---Pak Chom Camp ---

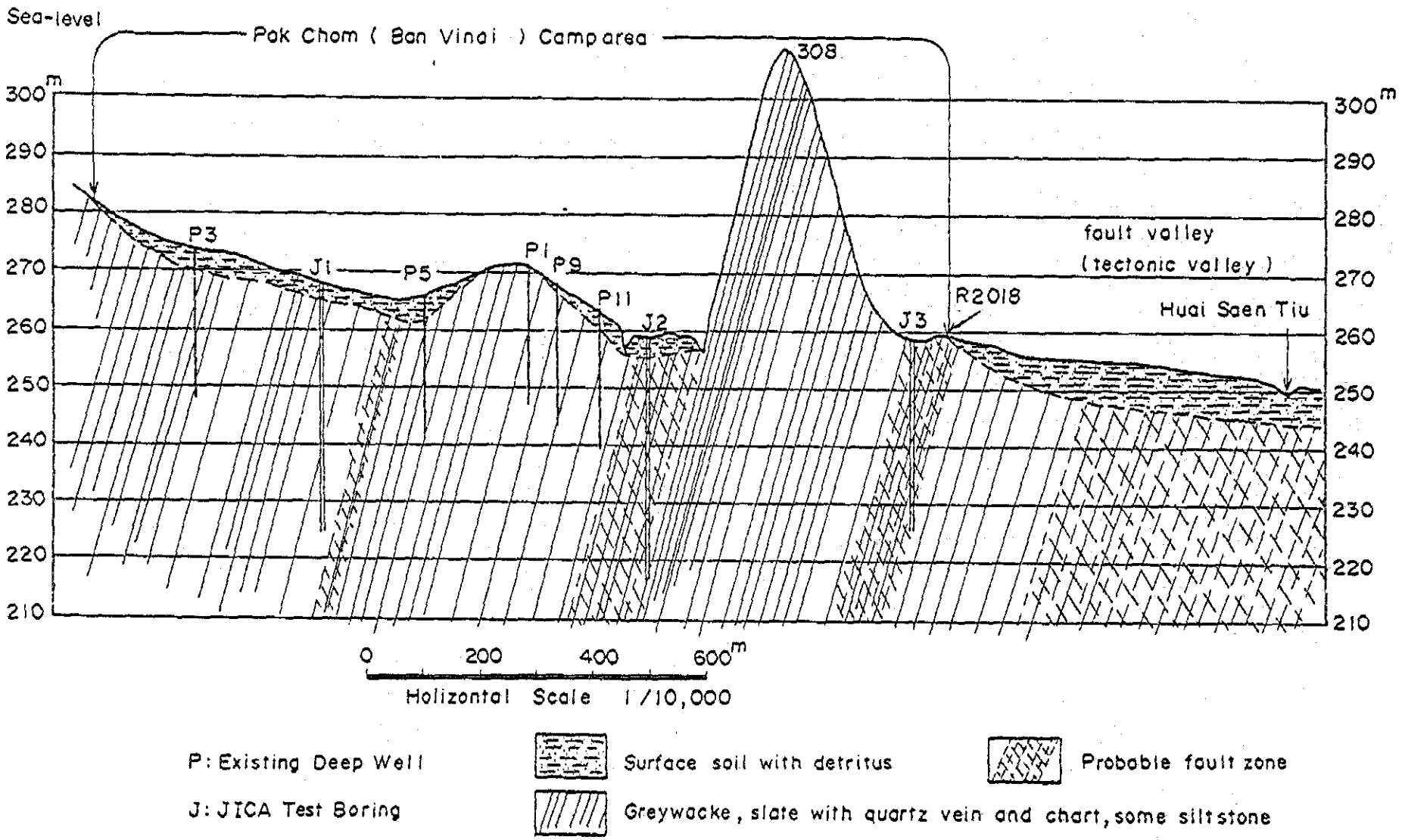


Fig. V-6 HYDROGEOLOGICAL MAP

By DEP. OF MINERAL RESOURES, MINISTRY OF INDUSTRY
THAILAND 1973.

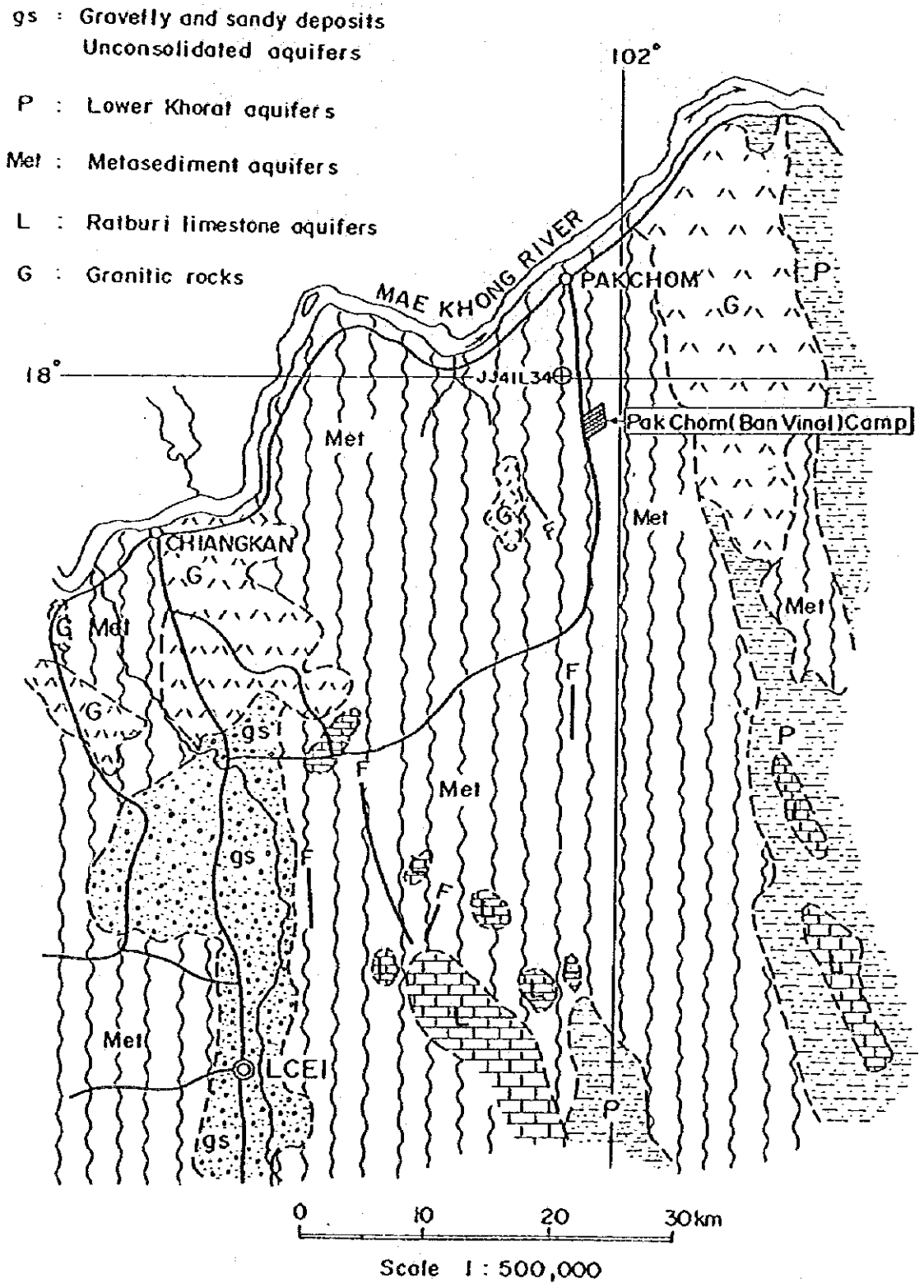


Table V-4 Legend of Hydrogeological Map

gs

Unconsolidated Aquifers (Alluvium, Holocene)

Gravelly or sand deposites.

Consisted of older and younger alluviums in river terraces and active flood plains.

Almost 100% of wells have good quality water.

P

Lower Khorat Aquifers (Upper Traissic to Jurassic)

Consisted of shale, sandstone and siltstone, some conglomerate.

Peneplain-type topography. Mostly dissected mountainous region.

Almost 100% of wells have good quality water.

Met

Metasediment Aquifers (Devonian to Permian)

Consisted of shale, siltstone, sandstone, greywacke and limestone; in place phyllite, shale and quartzite.

Ground water in jointed massive rocks.

Ratburi Limestone Aquifers (Permocarboniferous)

Consisted mainly of cavernous limestone; with inter-bedding shale or chert beds.

G

Granitic Rocks (Trassic and Tertiary)

Consisted of older granite and granodiorite, and younger diorite.

Ground water yields mainly from jointed in volcanic rocks.

F

Fault

Table V - 5 Existing Shallow Wells in the Camp

Location No.	Depth (m)	Water Level (m)	Diameter (m)	Amount of Pumped Water (m^3/ day)	Remarks Drinking water	Un-drinking water
SW-1	2.75	1.35	1.0	4.00	O	O
2	3.45	1.10	1.2	5.00	O	O
3	1.78	0.30	1.0	0.50	O	O
4	3.00	1.50	1.0	4.80	O	O
5	4.70	2.20	1.0	4.80	O	O
6	2.90	0.20	1.0	0.55	X	O
7	3.20	1.45	1.0	1.00	X	O
8	4.48	2.17	1.0	1.20	X	O
9	4.06	0.86	1.0	2.40	X	O
10	4.20	0.73	1.0	0.50	X	O
11	4.10	0.35	1.0	1.00	X	O
12	3.58	1.02	1.0	0.80	X	O
13	2.50	0.90	1.0	0.50	O	O
14	2.87	1.10	1.0	0.50	O	O
15	4.10	1.40	1.0	0.50	X	O
16	3.40	1.10	1.0	0.90	X	O
17	3.85	0.75	1.0	0.60	X	O
18	1.85	0.50	1.0	0.50	X	O
19	4.70	1.03	1.0	4.80	X	O

Table V-6 Water Pump Working of The Deep Wells
Pak Chom Camp (June 1982)

Well-Pump No.	Amount Liter	Pump work (minutes)	Yield* (liter/min)	Pumping work schedule	
				Morning	Afternoon
1	69,920	900	77.69	01:00-09:00	13:00-20:00
2	48,640	720	67.56	02:00-08:00	13:00-19:00
3	48,640	660	73.69	02:00-08:00	13:00-18:00
4	88,160	1020	86.43	01:00-09:00	12:00-21:00
5	33,440	540	61.93	03:00-08:00	13:00-17:00
6	33,440	660	50.67	02:00-08:00	13:00-18:00
7	51,680	660	78.30	02:00-08:00	13:00-18:00
8	57,760	790	73.11	01:00-08:00	12:00-18:10
9 Headquarter	42,560	720	59.11	02:00-08:00	13:00-19:00
10 Hospital	42,560	660	64.48	02:00-07:00	11:00-19:00
11 Police	27,360	660	41.45	02:00-08:00	13:00-18:00
12 Hand-pump	16,000			anytime	
TOTAL	560,160				

* Yield: Actual pumping up capacity

Table V-7 List of Existing Deep Wells in the Camp

Location	Depth	Water Level	Yield	Diameter	Amount of Pumped Water	Actual Pumping rate	Actual draw down	Columnar section
	m	m	l/min	inch	m^3/day	l/min	m	
No.1	42.3	3.6 (6.0)	170.1	6	69.92	77.69	(21.0)	o
No.2	(36.0)	- (15.0)		6	48.64	67.56	(12.0)	x
No.3	(24.0)	- (15.0)		6	48.64	73.69	(6.0)	x
No.4	40.5	2.1 (6.0)	158.8	4	88.16	86.43	(12.0)	o
No.5	(24.0)	- (6.0)		6	33.44	61.93	(15.0)	x
No.6	(42.0)	- (18.0)		6	33.44	50.67	(18.0)	x
No.7	(37.5)	- (12.0)		5	51.68	78.30	(12.0)	x
No.8	(24.0)	- (9.0)		6	57.76	73.11	(12.0)	x
No.9 Headquarter	(24.0)	- (9.0)		6	42.56	59.11	(12.0)	x
No.10 Hospital	(24.0)	- (12.0)		6	42.56	64.48	(9.0)	x
No.11 Police	(24.0)	- (12.0)		6	27.36	41.45	(9.0)	x
No.12 Hand pump	52.5	9.0 (-)	94.6	4	16.00	22.22	-	o

Remarks: ( ) Numerical value by informed persons or estimation.

Fig. 5-7 s - Q

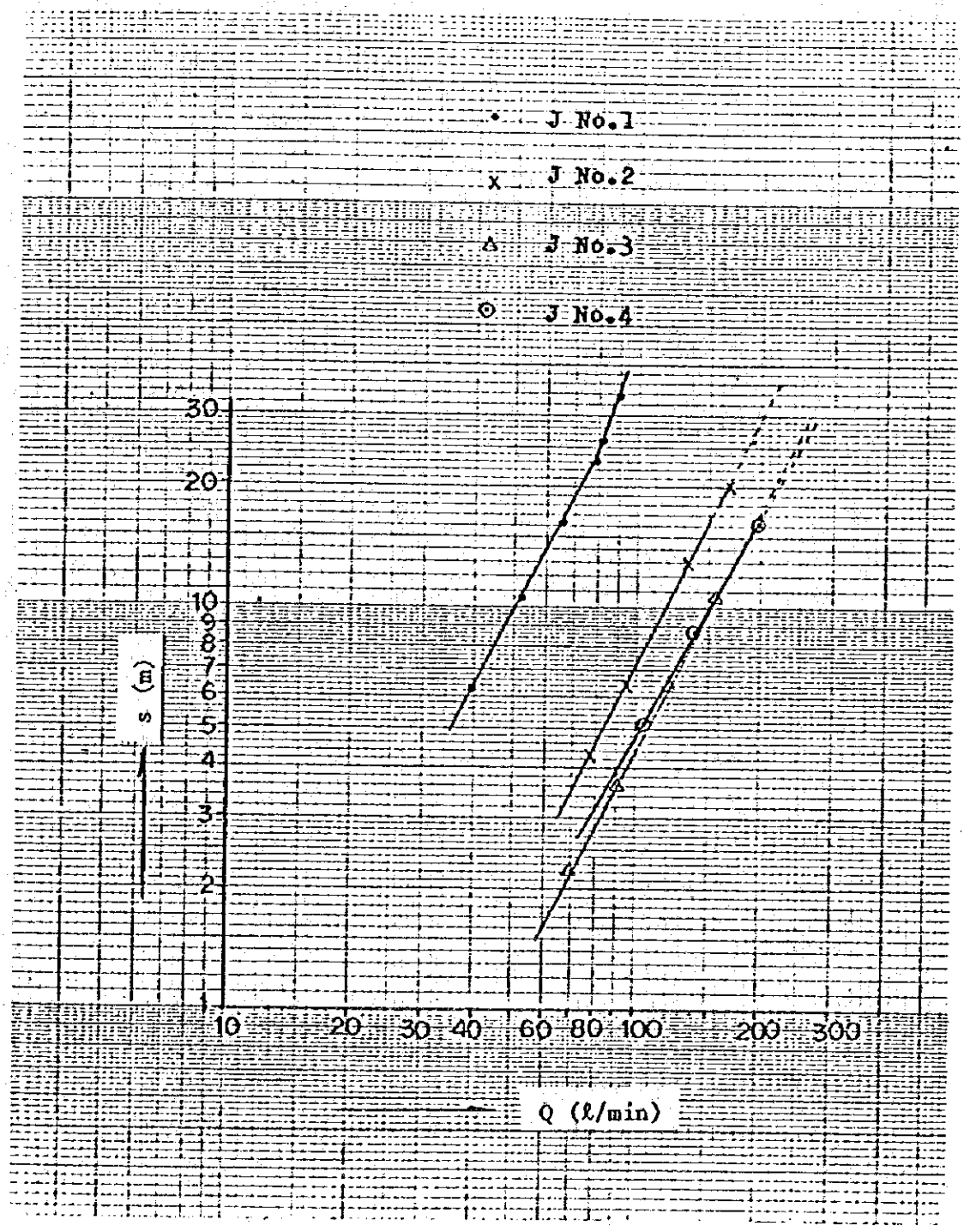

J No.1
J No.2
J No.3
J No.4
s (m)
30
20
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
10
20
30
40
60
80
100
200
300
Q (ℓ/min)

Table V-8 Measurement of Water Auality

Location No.	Kind of Water	Water Temperature (°C)	Specific Conductivity at 25°C (μv/cm)	PH
A (SW-1)	Shallow well	30.0	611.2	6.8
B (SW-2)	Shallow well	28.5	653.2	6.8
C	River	31.0	473.2	6.8
D	River	32.0	489.5	6.6
E	River	33.5	352.6	6.6
F (SW-3)	Shallow well	28.0	601.6	6.8
G (SW-4)	Shallow well	30.0	727.4	6.8
H	River	33.5	460.1	6.6
I (SW-5)	Shallow well	28.0	658.0	6.8
J	River	34.0	510.0	6.6
K (SW-6)	Shallow well	28.5	589.1	6.6
L (SW-7)	Shallow well	28.0	864.8	6.8
M	River	34.0	340.0	6.6
N	River	33.0	516.0	6.8
O	River	35.0	797.4	6.8
P (SW-8)	Shallow well	28.5	883.6	6.8
Q (SW-9)	Shallow well	30.0	677.1	6.4
R (SW-10)	Shallow well	29.0	668.0	6.4
S	River	35.0	739.2	6.6
T	River	35.0	768.2	6.8
U (SW-11)	Shallow well	29.0	823.5	6.6
V	River	36.0	492.0	6.4
W	River	35.0	520.8	6.6
X (SW-12)	Shallow well	29.0	581.0	6.6
Y (SW-13)	Shallow well	30.5	782.6	6.6
Z	Dam	37.0	539.4	6.6
a (SW-14)	Shallow well	29.0	828.1	6.6
b	River	31.0	320.4	6.6
c (SW-15)	Shallow well	29.0	414.0	6.6
d (SW-16)	Shallow well	30.0	677.1	6.6

Location No.	Kind of Water	Water Temperature (°C)	Specific Conductivity at 25°C (μv/cm)	PH
e (SW-17)	Shallow well	28.0	374.0	6.6
f (SW-18)	Shallow well	29.5	878.4	6.6
g	River	35.0	425.0	6.8
h	River	32.0	445.0	6.6
i (SW-19)	Shallow well	30.0	618.8	6.0
j (No.1)	Deep well	28.0	752.0	7.4
k (No.2)	Deep well	27.0	384.0	7.4
l (No.3)	Deep well	28.5	795.0	7.2
m (No.4)	Deep well	27.0	672.0	7.2
n (No.5)	Deep well	30.0	549.0	7.2
o (No.6)	Deep well	-	420.0	7.2
p (No.7)	Deep well	29.0	736.0	7.4
q (No.8)	Deep well	29.0	460.0	7.4
r (Hospital)	Deep well	30.0	778.0	7.2
s (Police)	Deep well	28.0	608.0	7.2
t (Hand pump)	Deep well	27.5	480.0	6.6
u (J-No.1)	Bore hole	28.0	710.0	7.4
v (J-No.2)	Bore hole	28.0	780.0	7.3
w (J-No.3)	Bore hole	27.0	475.0	6.9
x (J-No.4)	Bore hole	27.0	800.0	6.8

Table 5-9 Result of Water Quality Analysis

Constituents	J-No.1	N-No.2	J-No.3	J-No.4	Thai Standards	* WHO	
						tolerance	harmful level
Colour, Hazen units	less than 5	less than 5	less than 5	less than 5	20		
Turbidty, Silica scale	4.6	23	25	2.7	5		
PH Value	7.4	7.3	6.9	7.6	6.5-8.5	7.0-8.5	6.5-9.2
Total solids, ppm	563	741	612	556	500	500	1,000
Total hardness ($CaCo_3$), ppm	277	535	474	425	100	500	1,500
Chlorides, (NaCl), ppm	87.4	46.2	11.5	37.9			
Free and saline ammonia (NH_3), ppm	0.03	0.07	0.006	0.006			
Albuminoid ammonia (NH_3), ppm	0.12	0.08	0.004	0.06	0.1		
Nitrate (No_3), ppm	0.06	0.02	0.289	0.02	4.0	10.2	
Nitrite (NO_2), ppm	0.05	0.002	0.003	0.001			
Iron (Fe), ppm	0.36	1.15	1.1	0.039	0.5	0.3	1.0
Lead (Pb), ppm	not found	0.002	not found	not found	0.1		
Arsenic (As), ppm	0.001	0.001	not found	not found	0.05		

* WHO: Water Quality Standards by WHO

Table V-10 Relation between pumping Operation Time and Drawdown

Pumping Operation Time	Distance from the Well (m)	u	W (u)	s (m)
1 day	0.0508	3.98×10^{-7}	13.8	19.04
	1	1.54×10^{-4}	8.5	11.73
	5	3.86×10^{-3}	5.1	7.04
	7	7.56×10^{-3}	4.4	6.07
30 days	0.0508	1.33×10^{-8}	16.9	23.32
	1	5.14×10^{-6}	11.6	16.01
	10	5.14×10^{-4}	7.2	9.94
	40	8.23×10^{-3}	4.4	6.07
120 days	0.0508	3.32×10^{-9}	19.0	26.22
	1	1.29×10^{-6}	13.0	17.94
	30	1.16×10^{-3}	6.4	8.83
	80	8.23×10^{-3}	4.3	5.93
365 days	0.0508	1.09×10^{-9}	19.9	27.46
	1	4.23×10^{-7}	13.8	19.04
	60	1.52×10^{-3}	6.1	8.42
	130	7.14×10^{-3}	4.5	6.21

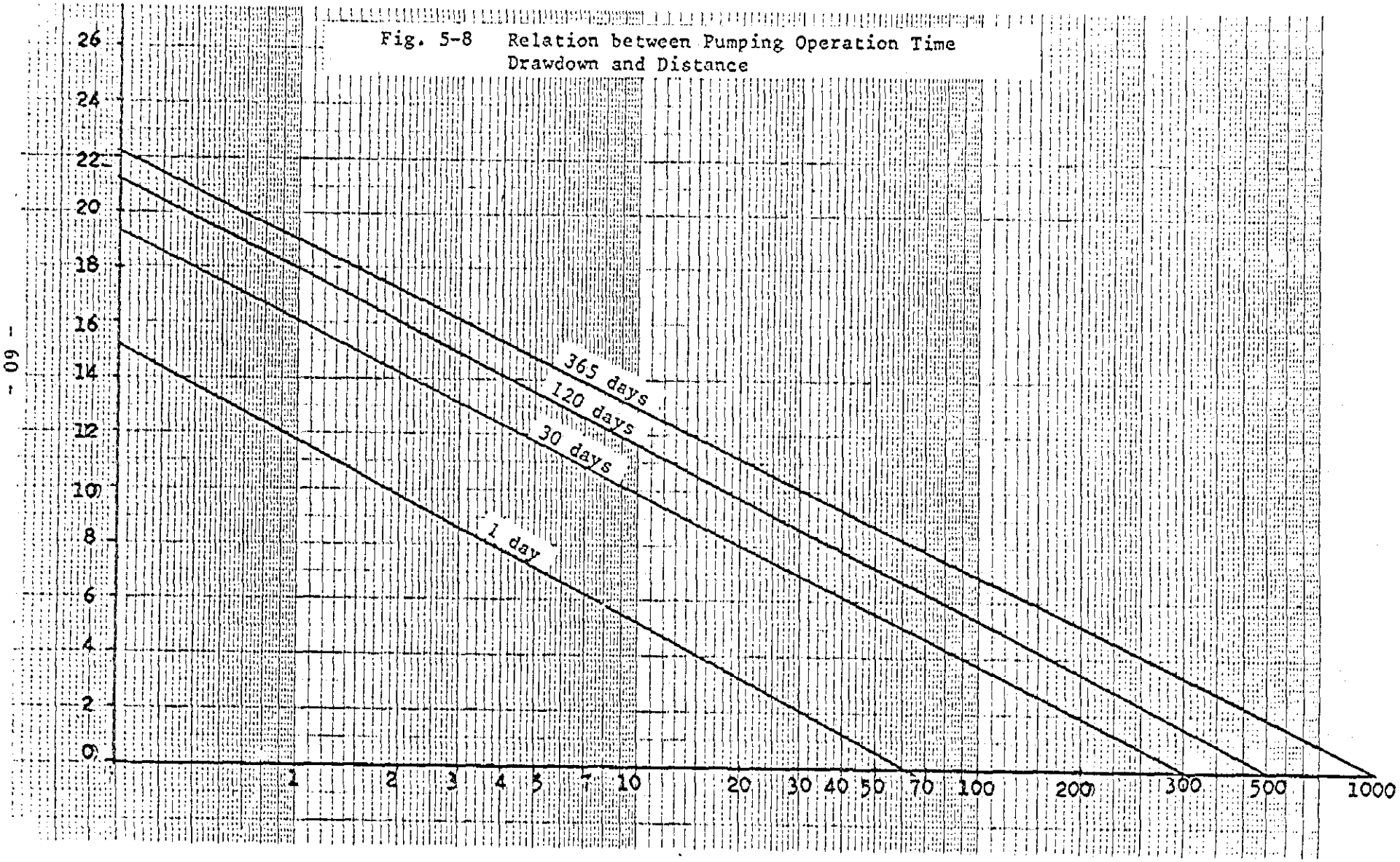


Fig. 5-8 Relation between Pumping Operation Time Drawdown and Distance

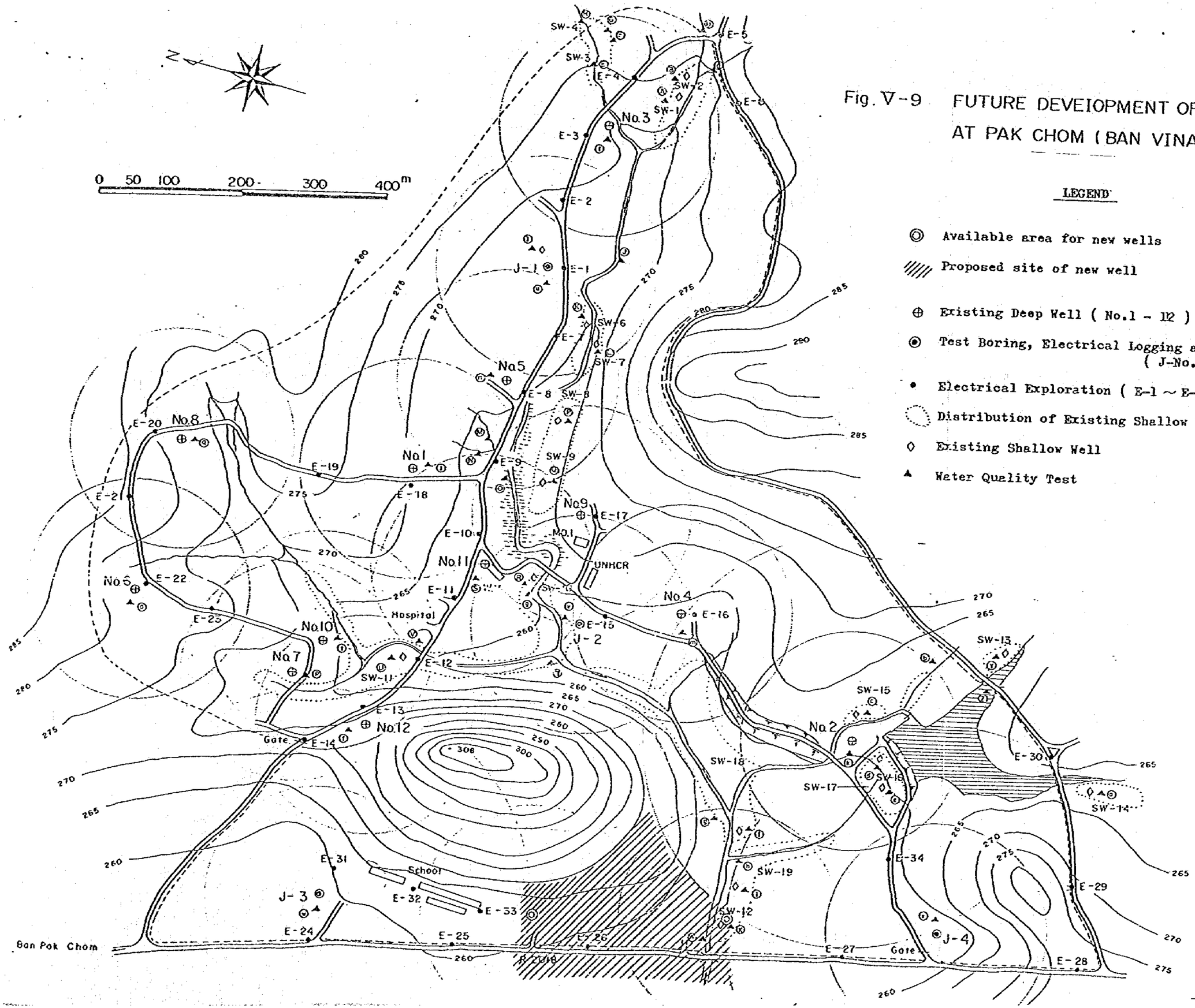


Fig. V-9 FUTURE DEVEIOPMENT OF GROUNDWATER AT PAK CHOM (BAN VINAI) CAMP

LEGEND

- ◎ Available area for new wells
- ////// Proposed site of new well
- ⊕ Existing Deep Well (No.1 - 12)
- ⊙ Test Boring, Electrical Logging and Pumping Test (J-No.1 - 4) 1982
- • Electrical Exploration (E-1 ~ E-34) 1982
- ◌ Distribution of Existing Shallow Well
- ◇ Existing Shallow Well
- ▲ Water Quality Test

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、当キャップの将来計画を考慮して５０,０００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、1,７５０m³/日（６３８，７５０m³/年）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および、Ha（水面高）は、次のとおりである。

〔既設井戸〕	No.1	Q＝６９.９２ m³/日
	No.2	Q＝４８.６４
	No.3	Q＝４８.６４
	No.4	Q＝８８.１６
	No.5	Q＝３３.４４
	No.6	Q＝３３.４４
	No.7	Q＝５１.６８
	No.8	Q＝５７.７６
	Headquater	Q＝４２.５６
	Hospital	Q＝４２.５６
	Police	Q＝２７.３６
	Handpmup	Q＝１６.００

〔ボーリング孔〕　J－№1　Q＝ 78.0 ℓ/min，Ha＝25.95 m
J－№2　Q＝190.0 〃，Ha＝27.00 m
J－№3　Q＝195.0 〃，Ha＝21.00 m
J－№4　Q＝200.0 〃，Ha＝19.55 m

(2) 計画揚水量

既存及び今回実施したボーリング孔からの計画揚水量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なわないが、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。

今回実施し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15 m程度の給水塔を設けた場合のポンプ揚水量は次のとおりである。

ボーリング№	水面高	給水塔高	配管ロス	総揚程	揚水量
J－№1	2595	15 m	3 m	4395 m	166 ℓ/min
J－№2	2700	15	3	4500	163
J－№3	2100	15	3	3900	178
J－№4	1955	15	3	3755	180

以上のポンプ揚水量を見ると、J－№1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。

一方、J－№2～4はポンプ揚水量が井戸の限界揚水量より下まわっているので、計画揚水量はポンプ揚水量とする。

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のが一般的である。しかし、当キャンプの調査が雨季であること、および既存井戸との間隔が150 m～200のところもあり、若干の干渉が予想されることより、適正揚水量としては、限界揚水量の75％程度にすることが望ましい。

したがって、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する。

ボーリング№	限界揚水量	計画揚水量
J－№1	78 ℓ/min	55 ℓ/min
J－№2	163	120
J－№3	178	130
J－№4	180	135
計	599 ℓ/min	440 ℓ/min

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 316.8 m³/day となり、既存井戸（12本）からの揚水量 560 m³/day を加えると 876.8 m³/day となる。

(3) 不 足 水 量

当キャンプの必要給水量は、1,750 m³/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 876.8 m³/day であるからその差 873.2 m³/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水量に満たない。不足水量は 873.2 m³/day であり、ポンプの稼働時間を12 hr/day とすると必要揚水量 1,213 ℓ/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－9 に示すとおりであり、その範囲内に最大2本の井戸の建設が可能である。

建設予定地は、電気探査地点E－33附近及び県道の橋梁附近の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 12.5 m³/day/m（8.68 ℓ/min/m）で、水位降下量は20 m程度と推定されるので、井戸の深さを約40 mとすると1井戸当りの限界揚水量は 138.9 ℓ/min、適正揚水量 104.2 ℓ/min となり、12時間稼働とすると、1日当りの揚水量は 7.5.0 m³/day 2井では 150.0 m³/day と推定される。これは、不足水量に満たないが、その量は、723.2 m³/day 程度である。この不足水量はキャンプ地外の水源（地下水，表流水）から補給する必要がある。

(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日当り給水量は稼働時間を 12 hr/day とすると次のとおりである。

井戸名及びボーリング№	1日当り給水量
既存12井戸	560 m³/day (12 hrs)
J－№1	40
J－№2	86
J－№3	93
J－№4	97
計	876 m³/day

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、ポンプ揚水量とほゞ等しい。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12ケ所には、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－№1	40 m³/day	10 m³ (20m³×1)
J－№2	86 〃	21 〃 (30 〃×1)
J－№3	93 〃	23 〃 (30 〃×1)
J－№4	97 〃	24 〃 (30 〃×1)
建設予定№1	94 〃	23 〃 (30 〃×1)
〃 №2	94 〃	23 〃 (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. Ⅴ－9 に示すとおり、今回実施した調査ボーリング位置 (4ケ所) 及び今後の建設予定地点 (2ケ所) とする。

(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 min

こゝでは平均的な水量として25 ℓ/min 程度とし、1日12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18.0 m³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。（Fig. Ⅵ－3）

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	40 m³/day	18.0 m³/day	3	
J－№2	100 〃	〃	6	
J－№3	104 〃	〃	6	
J－№4	108 〃	〃	6	
建設予定№1	94 〃	〃	6	
〃 №2	94 〃	〃	6	

従って、J－№1～№4及び建設予定№1、№2においては6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。

o コンクリート

1.40×3.90×0.10	＝0.546
0.80×0.25×3.90	＝0.780
0.15×0.10×(3.90＋0.82×2)	＝0.083
計	＝1.409
	≒1.50 m³

o SGパイプ

・ 3/4 インチ……6.0 m

0.25/2×6＋3.0＋0.8＋0.8 ＝5.35≒6 m

・ 2インチ……5.0 m

新設井戸から給水塔まで5 m程度離すものとする。

・ 4インチ……5.0 m

給水塔から給水栓施設まで同じく5 m程度離すものとする。

○ 蛇口（3/4 インチ）……6個

○ 栗石

1.50×4.00×0.05＝0.3 m³

4. 事業費積算

(1) 総事業費

総事業費は次のとおり積算される。

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	22,000	422,000
J－№2			500,000	22,000	522,000
J－№3			500,000	22,000	522,000
J－№4			500,000	22,000	522,000
建設予定№1	500,000	100,000	500,000	22,000	1,122,000
〃 №2	500,000	100,000	500,000	22,000	1,122,000
合計	1,000,000	200,000	2,900,000	132,000	4,232,000

(2) 工事別内訳

(i) 井戸工事　500,000 パーツ／本

Ø8″掘削，Ø6″ケーシング仕上げ

深さ 40 m×約12,000パーツ／m

(ii) 揚水施設工事　100,000 パーツ／本

○ Ø50mm（2″）水中モーターポンプ

防水コード50 m，コントロールボックス

付属品，揚水管Ø50mm（2″）40 m分

一式 …… 50,000

○ 発電機，5KVA 付属品一式 …… 30,000

○ 附属バルブその他据付及び雑工事一式 ……			20,000	
(iii) 給水塔工事				
○ 30m^3シャンペングラス型			500,000	パーツ/ケ所
○ 20m^3 〃			400,000	〃
(iv) 給水栓工事				
○ コンクリート	3,850パーツ	×1.5m^3 =	5,775	
○ 栗 石	550	×0.3m^3 =	165	
○ パイプ(3/4″)	290	× 6m =	1,740	
○ 〃 (2″)	580	× 5m =	2,900	
○ 〃 (4″)	1,100	× 5m =	5,500	
○ 蛇 口(3/4″)	450	× 6ケ =	2,700	
○ 雑 工 事			3,220	
合 計			22,000	パーツ/ケ所

Fig. 6-1 Pump Performance Curve

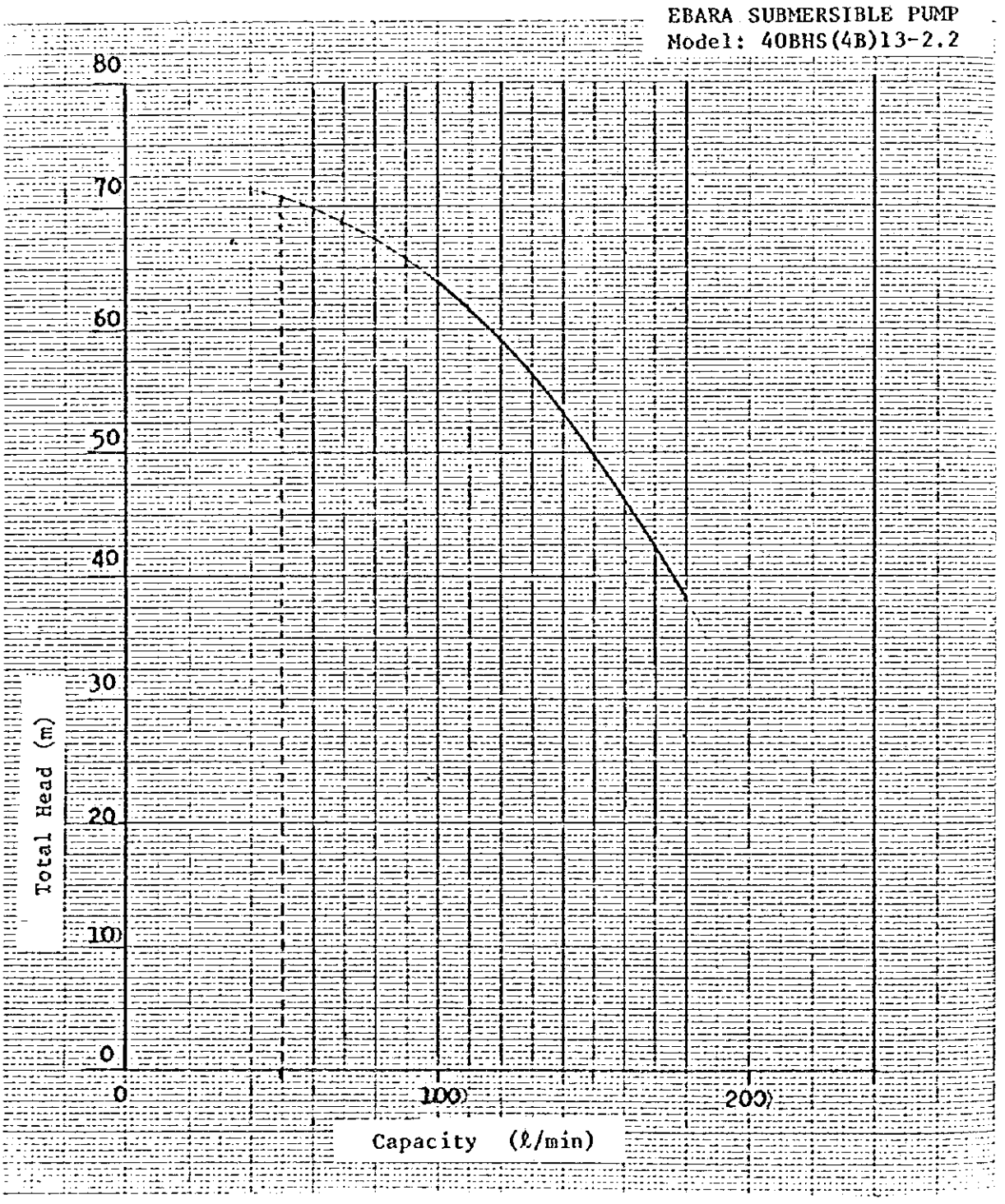
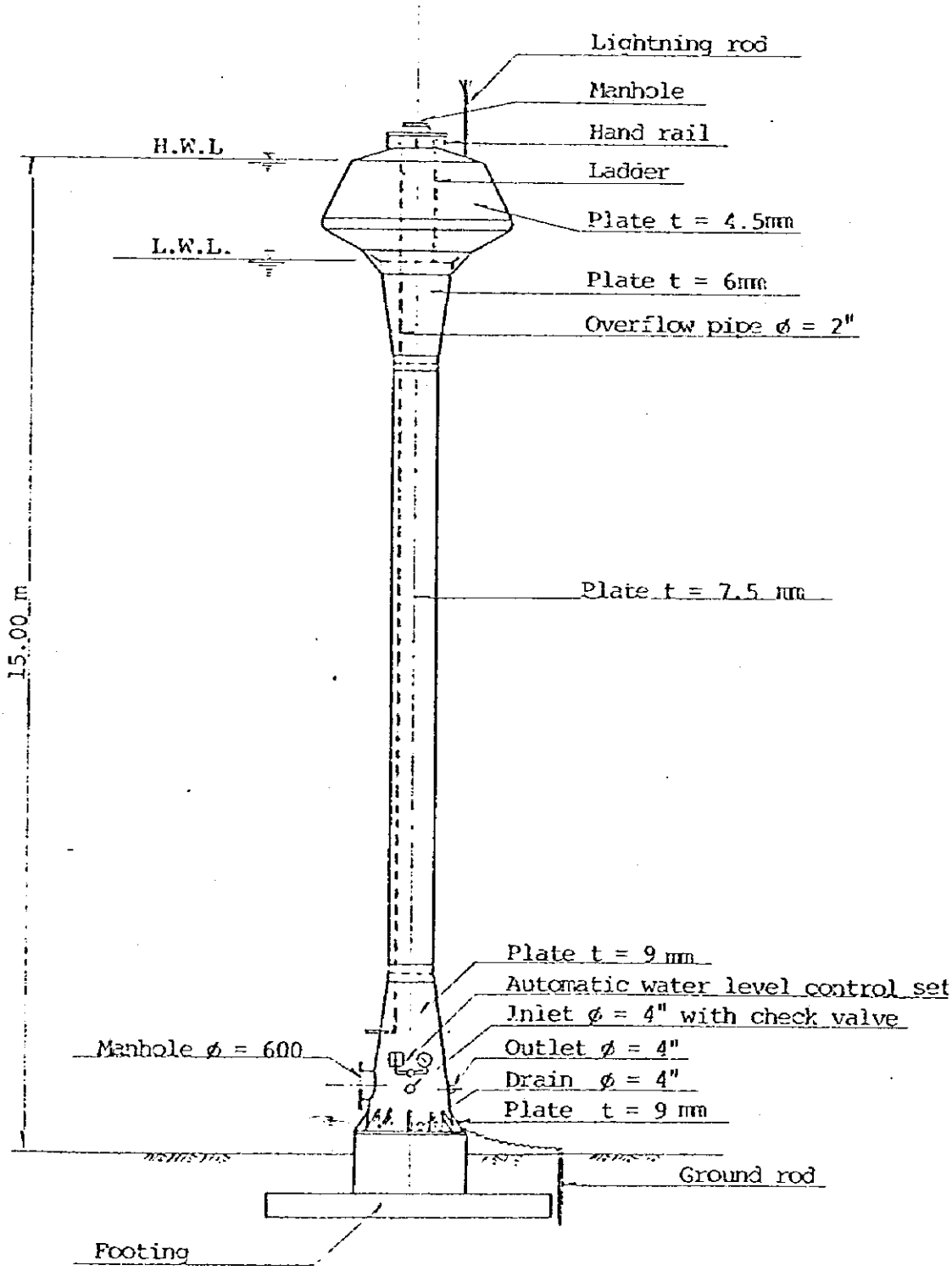
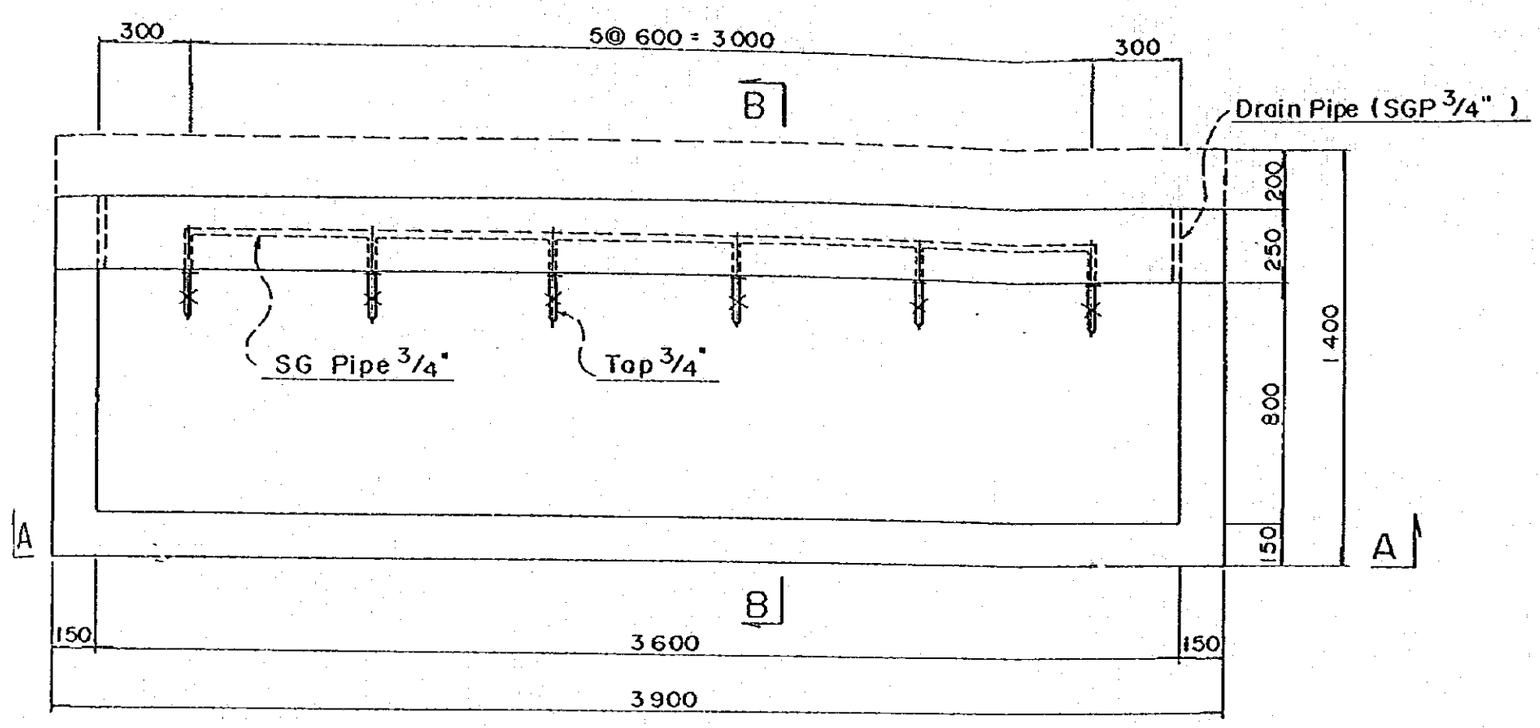
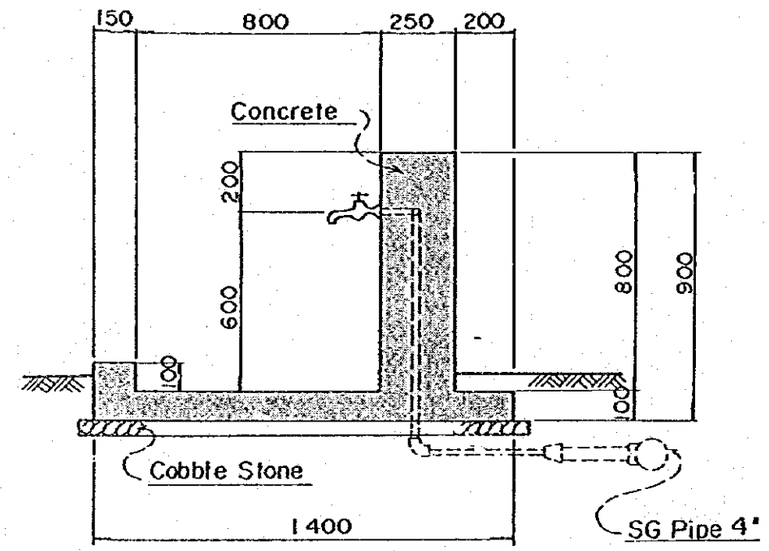


Fig. VI-2 Water Tank

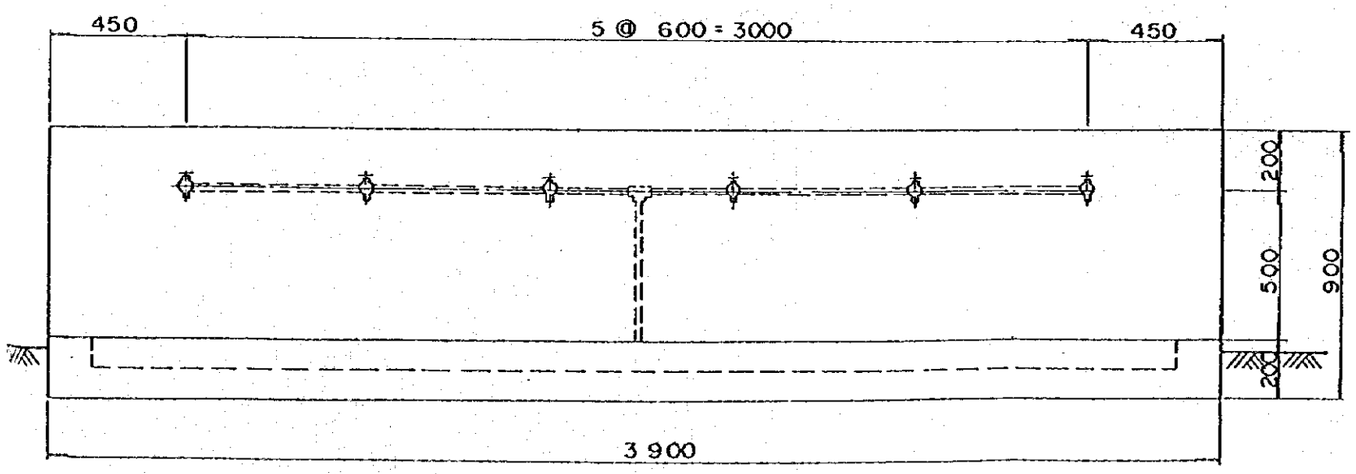




PLAN



SECTION B-B



SECTION A-A

Fig. VI - 3 Detail of Water Service Facilies

APPENDIX A. SCOPE OF WORK

(MINUTES OF DISCUSSION)

APPENDIX A - 1

MINUTES OF DISCUSSION

ON

STUDY OF WATER SUPPLY PROJECT TO THE LAOTIAN DISPLACED PERSONS IN THE KINGDOM OF THAILAND (STAGE II)

I. INTRODUCTION

In response to the request made by the Government of Thailand, the Government of Japan has made the dicision 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 programs of the Government of Japan, carried out the underground water survey for the Nakhom Phanom Camp from February 4 to April 15 1982, as the STAGE I.

II. SCOPE OF WORK

2.01 The objective of the study is to formulate an underground water development plan at the Pak Chom Camp.

2.02 The survey will be carried out from May 20 to October 1, 1982.

2.03 The survey consists of three steps as follows.

Step 1

1. Preparation of an inception report
2. Preparation of necessary equipment and materials for the field survey.

Step 2

1. Submission and explanation of the inception report
2. Collection of data
3. Field reconnaissance
4. Electrical exploration
5. Test boring, 4 holes
6. Electrical logging, pumping test, water quality test and etc, on above bored holes

Step 3

1. Technical analysis of underground water condition
2. Planning of underground water exploitation for water supply
3. Preparation and submission of the final report

2.04 Reports

Inception Report (15 copies in English) will be prepared until May 24, 1982 and Progress Report (15 copies in English) will be prepared and submitted until October 1, 1982. Final Report (15 copies in English) will be prepared and submitted within two months after the field survey.

2.05 Undertakings of the Government of Thailand

1. Provision of Data for Ground Water Exploitation

(1) All drilling data in and around area of the Camp

(2) Hydrogeological data on existing wells within the Camp

(3) The camp's facilities' layout

2. Security Services for the Survey Team

(1) Permits/Licenses for free passages (personnel and cargo)

(2) Security measures in the survey areas

3. Local Inhabitants Agreement for Execution of the Work

(1) Drilling at site

(2) Topographical survey

(3) Field investigation on irrigation and water supply

4. Arrangement of Local Labourers

5. Procurement of Local Materials (by UNHCR's support)

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

2.06 Schedule

The work schedule is shown in Table I.

Kamol Prachuabmoh

(Lt.Col.Kamol Prachuabmoh)

Deputy Director

Operation Centre for Displaced Persons

Ministry of Interior

(Mr. AKIRA KASAI)

Resident Representative of JICA

BANGKOK Office

APPENDIX B. TECHNICAL DATA

APPENDIX B

TECHNICAL DATA

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 C. LIST OF COLLECTED DATA

APPENDIX C

LIST OF COLLECTION DATA

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

2) Pumping Test Records (Well No.JJ 41 L34)
   Department of Mineral Resources

3) Water Analysis Report (Well No.JJ 41 L34)
   Department of Mineral Resources

4) Well Log (Well No.JJ 41 L34)
   Department of Mineral Resources

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

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

7) Outline Plan of Pak Chom Camp (Scale about 1:2250)
   Pak Chome Camp Office, MOI

8) Outline Plan of Ban Vinai Camp (Scale-unknown-aout 1:2250)
   Ban Vinai Camp Office, UNHCR

9) Highway Map Central Region - Northeastern, Thailand (Scale 1:1,000,000)

10) Well Logs (No.1, 2 and Hand-pump wells at Ban Vinai Camp) 1980
    Ban Vinai Camp Office, World Vision

11) Well Logs (No.1 and 2 wells at Nong Daeng Agricultural Training Center)
    Ban Vinai Camp Office, World Vision

12) Information on Water Well Pumps in Ban Vinai Camp, March 1982
    Development Section, World Vision

APPENDIX D. WATER QUALITY TEST

แบบ วท. 2 ก.

.....ต้นฉบับ

.....สำเนา

COPY

APPENDIX D - 1

Our Ref. No. 0304/ 17672

DEPARTMENT OF SCIENCE SERVICE
RAMA VI ROAD, BANGKOK 4, THAILAND

18 August 1982

Mr. T. Hagiwara
JICA-J.E.O.
No.2-6, Okubo, 2-Chome,
Shinjuku-ku, Tokyo, Japan

Dear Sir,

With reference to your request of 5 August 1982, Ref. No.4080, "Deep well for Pak-Chom Camp. Muang Loei" we are pleased to send you the following report on the sample/s of received on 5 August 1982.

Yours truly,

Usa Antarikananda

(Mrs. Usa Antarikananda)
Director, Division of Chemistry
for Director-General

REPORT

On the sample/s of Deep well for Pak-Chom Camp. Muang Loei

Laboratory number/s/

KY.263 : J-No.1

	KY.263
Colour, Hazen units	less than 5
Turbidity, silica scale	4.6
pH value	7.4
Total solids, ppm	563
Total hardness as $CaCO_3$, ppm	277
Chloride as NaCl, ppm	87.4
Free and saline ammonia as NH_3, ppm	0.03
Albuminoid ammonia as NH_3, ppm	0.12
Nitrate as N, ppm	0.06
Nitrite as N, ppm	0.05
Iron, ppm	0.36
Lead	not found
Arsenic, ppm	0.001

(Sgd.) Nopporn Roohananonda
(Mrs. Nopporn Roohananonda)
Scientist 7

The above report is valid for the received sample/s only, and does not guarantee any such material of the same brand or marking which may be sold in the

THIS REPORT IS NOT TO BE USED FOR ADVERTISING PURPOSES.

Certified true copy

(Mrs. Ampha Mekarontchai)
Chief, Registration and Statistics Section

COPY

APPENDIX D - 2

DEPARTMENT OF SCIENCE SERVICE
RAMA VI ROAD, BANGKOK 4, THAILAND

Our Ref. No. 0304/ 17673

18 August 1982

Mr. T. Hagiwara
JICA-J.E.C.
No.2-6 Okubo, 2-Chome,
Shinjuku-ku, Tokyo, Japan.

Dear Sir,

With reference to your request of 5 August 1982, Ref. No.4080,
we are pleased to send you the following report on the sample/s of "Deep well for Pak-Chom Camp. Nuang Loei"
received on 5 August 1982.

Yours truly,

Usa Antarikananda

(Mrs. Usa Antarikananda)
Director, Division of Chemistry

for Director-General

REPORT

On the sample/s of Deep well for Pak-Chom Camp. Nuang Loei

Laboratory number/s/

KY.264 : J-No.2

	KY.264
Colour, Hazen units	less than 5
Turbidity, silica scale	23
pH value	7.3
Total solids, ppm	741
Total hardness as $CaCO_3$, ppm	535
Chloride as NaCl, ppm	46.2
Free and saline ammonia as NH_3, ppm	0.07
Albuminoid ammonia as NH_3, ppm	0.08
Nitrate as N, ppm	0.02
Nitrite as N, ppm	0.002
Iron, ppm	1.15
Lead, ppm	0.002
Arsenic, ppm	0.001

(Sgd.) Noppporn Rochananonda

(Noppporn Rochananonda)
Scientist 7

The above report is valid for the received sample/s only, and does not apply to any such material of the same brand or marking which may be sold in the market.
THIS REPORT IS NOT TO BE USED FOR ADVERTISING PURPOSES.

Certified true copy

(Mrs. Ampha Milanontchai)
Chief, Registration and Statistics Section

COPY

APPENDIX D - 3

DEPARTMENT OF SCIENCE SERVICE
RAMA VI STREET, BANGKOK 4

Our Ref. No. 0304/18072

30 August 1982

Mr. T.Hagiwara
JICA-J.E.C.
No. 2-6-2 Okubo, Shinjuku-ku
Tokyo, Japan
Dear Sir,

With reference to your request of 17 August 1982, Ref. No.4210, we are pleased to send you the following report on the water sample/s received on 17 August 1982.

Yours truly,

Usa Antarikananda
(Mrs. Usa Antarikananda)
Director, Division of Chemistry
for Director General

Division of Chemistry
Tel. 817444 Ext. 02

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.

Laboratory No.	Sample	Collected from	By	Date	Time
KY.590	Deep well water J-No.3	Pok-Chon Camp. Huang Loei	the dendor	-	-

	KY.590
Colour, in terms of Hazen units	less than 5
Odour	-
Taste	-
Turbidity, in terms of Silica scale	25
pH value	6.9
Electrical conductivity at 20°C. micromhos/cm	-
	parts per million
Total solids	612
Loss on ignition	-
Suspended solids	-
Dissolved solids	-
Total hardness, expressed as calcium carbonate	474
Temporary hardness, do.	-
Permanent hardness, do.	-
Residual alkalinity, do.	-
Chlorides, expressed as chlorine	-
Chlorides, expressed as sodium chloride	11.5
Free and Saline ammonia, expressed as ammonia	0.006
Albuminoid ammonia, expressed as ammonia	0.004
Nitrates expressed as nitrogen	0.289
Nitrites, expressed as nitrogen	0.003
Iron	1.1
Lead	not found
Arsenic	not found

Certified true copy

(Sgd.) Nopporn Rochananonda
(Mrs. Nopporn Rochananonda)
Scientist 7

DEPARTMENT OF SCIENCE SERVICE
RAMA VI STREET, BANGKOK 4

Our Ref. No.0304/ 1434

26 October 1982

Mr.T.Hagiwara
JICA-J.E.C.
No.2-6-2 OKUBO, SHINJUKU-KU
TOKYO, JAPAN

Dear Sir,

With reference to your request of 4 October 1982, Ref. No.22,
we are pleased to send you the following report on the water sample/s received on 4 October 1982.

Yours truly,

Usa Anterbanande

(Mrs. Usa Anterbanande)
Director, Division of Chemistry
for Director General

Division of Chemistry
Tel. ~~817444 Ext. 03~~
282-7294

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.

Laboratory No.	Collected from	By	Date	Time
KZ.892	J-NO-3 PAK CHOM CAMP HUANG LOEI	The sender	-	-
KZ.893	J-NO-4 PAK CHOM CAMP HUANG LOEI	The sender	-	-

	KZ.892	KZ.893
Colour, in terms of Hazen units	Less than 5	Less than 5
Odour	-	-
Taste	-	-
Turbidity, in terms of Silica scale	10.2	2.7
pH value	7.6	7.6
Electrical conductivity at 20°C, micrombos/cm	850	800
	parts per million	
Total solids	575	556
Loss on ignition	-	-
Suspended solids	-	-
Dissolved solids	-	-
Total hardness, expressed as calcium carbonate	440	425
Temporary hardness, ——do——	-	-
Permanent hardness, ——do——	-	-
Residual alkalinity, ——do——	-	-
Chlorides, expressed as chlorine	-	-
Chlorides, expressed as sodium chloride	13.2	37.9
Free and Saline ammonia, expressed as ammonia	0.006	0.004
Albuminoid ammonia, expressed as ammonia	0.06	0.06
Nitrates expressed as nitrogen	0.23	0.02
Nitrites, expressed as nitrogen	0.01	0.001
Iron	0.72	0.39
Lead	not found	not found

Viriya Chulamok

(Miss Viriya Chulamok)
Scientist 6

APPENDIX E. COLUMNAR SECTION

COLUMNAR SECTION