

フィリピン共和国

パナイ島地下水開発計画調査

最終報告書
(要約編)

平成元年11月

国際協力事業団

20192

JICA LIBRARY



1078228121

フィリピン共和国

パナイ島地下水開発計画調査

最終報告書

(要約編)

平成元年11月

国際協力事業団



序 文

日本国政府は、フィリピン国政府の要請に基づき、同国のパナイ島地下水開発計画に係わる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、1988年3月から1989年9月までの2年次にわたり、日本上下水道設計株式会社林亨氏を団長とする調査団を現地に派遣した。

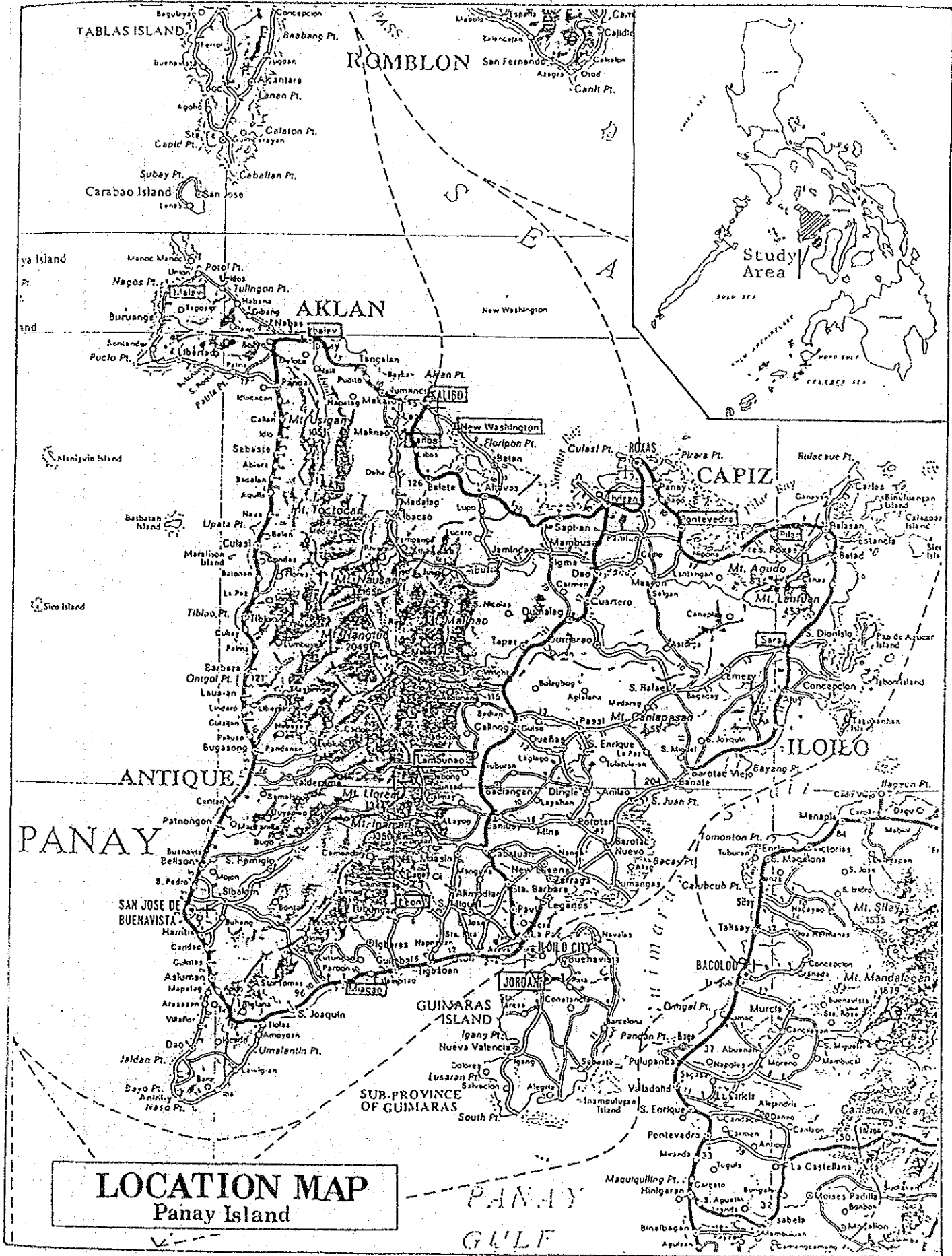
調査団は、フィリピン国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

本報告書が本プロジェクトの推進に寄与するとともに、ひいては両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

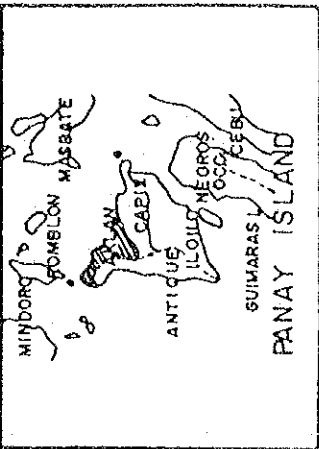
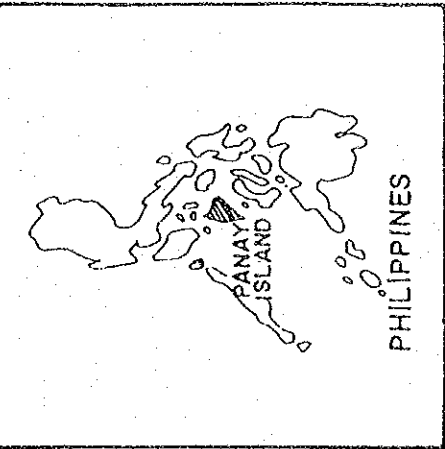
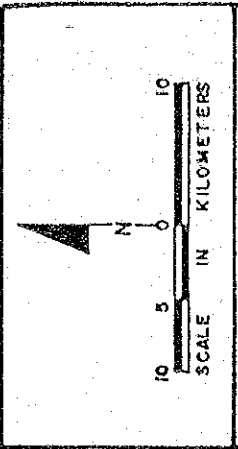
終わりに、本件調査に御協力と御支援をいただいた両国の関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

1989年11月

国際協力事業団
総裁 柳谷 謙介

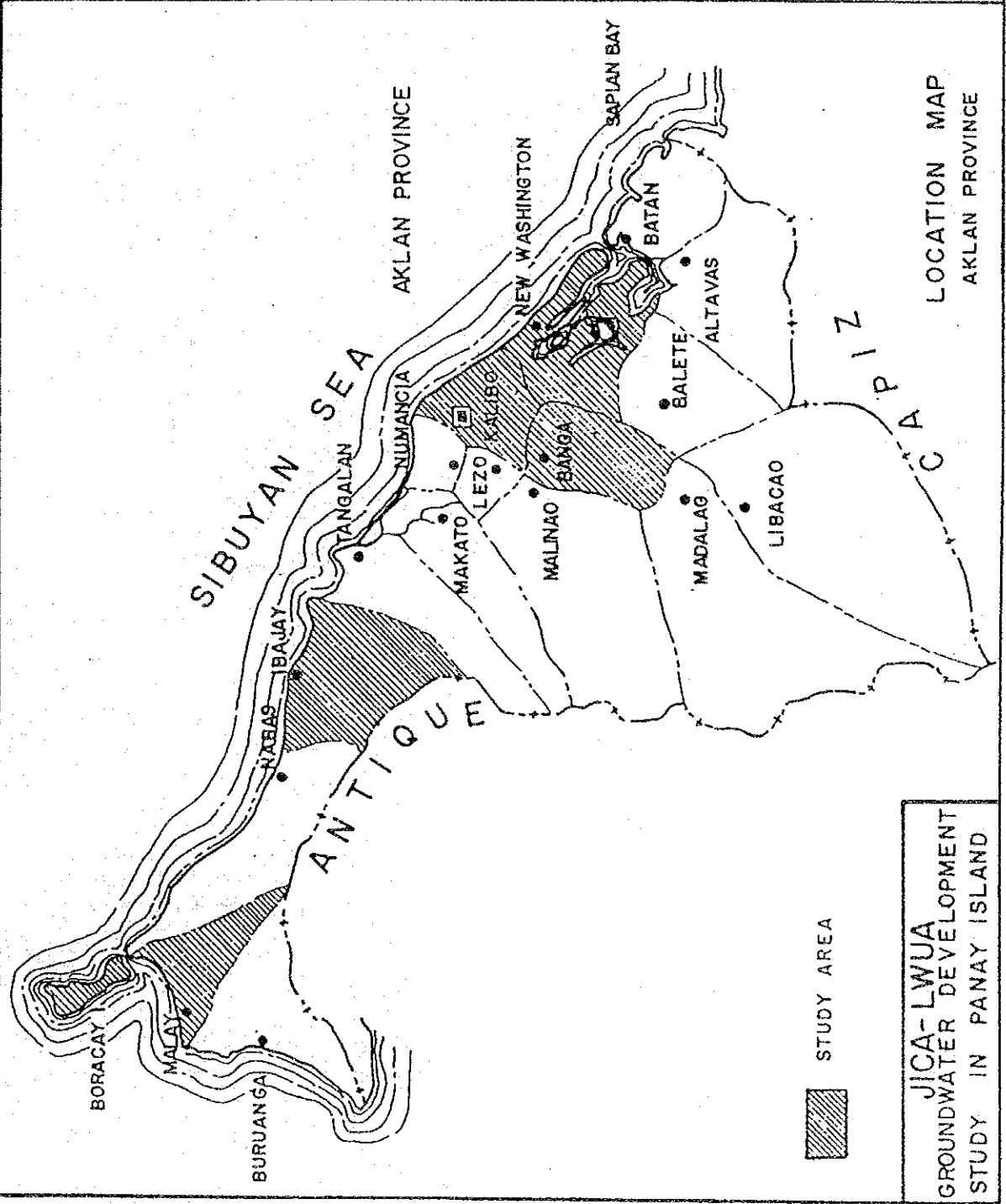


LOCATION MAP
Panay Island

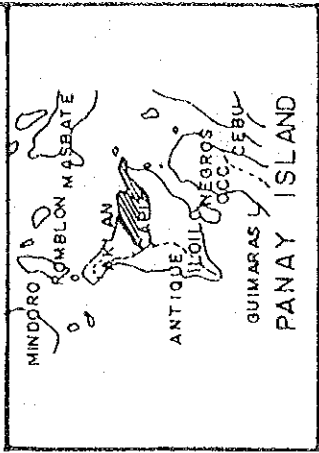
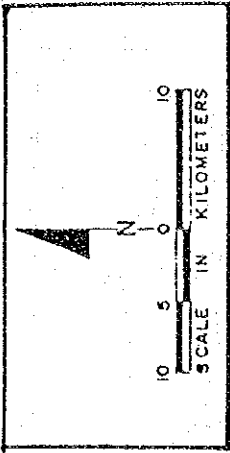
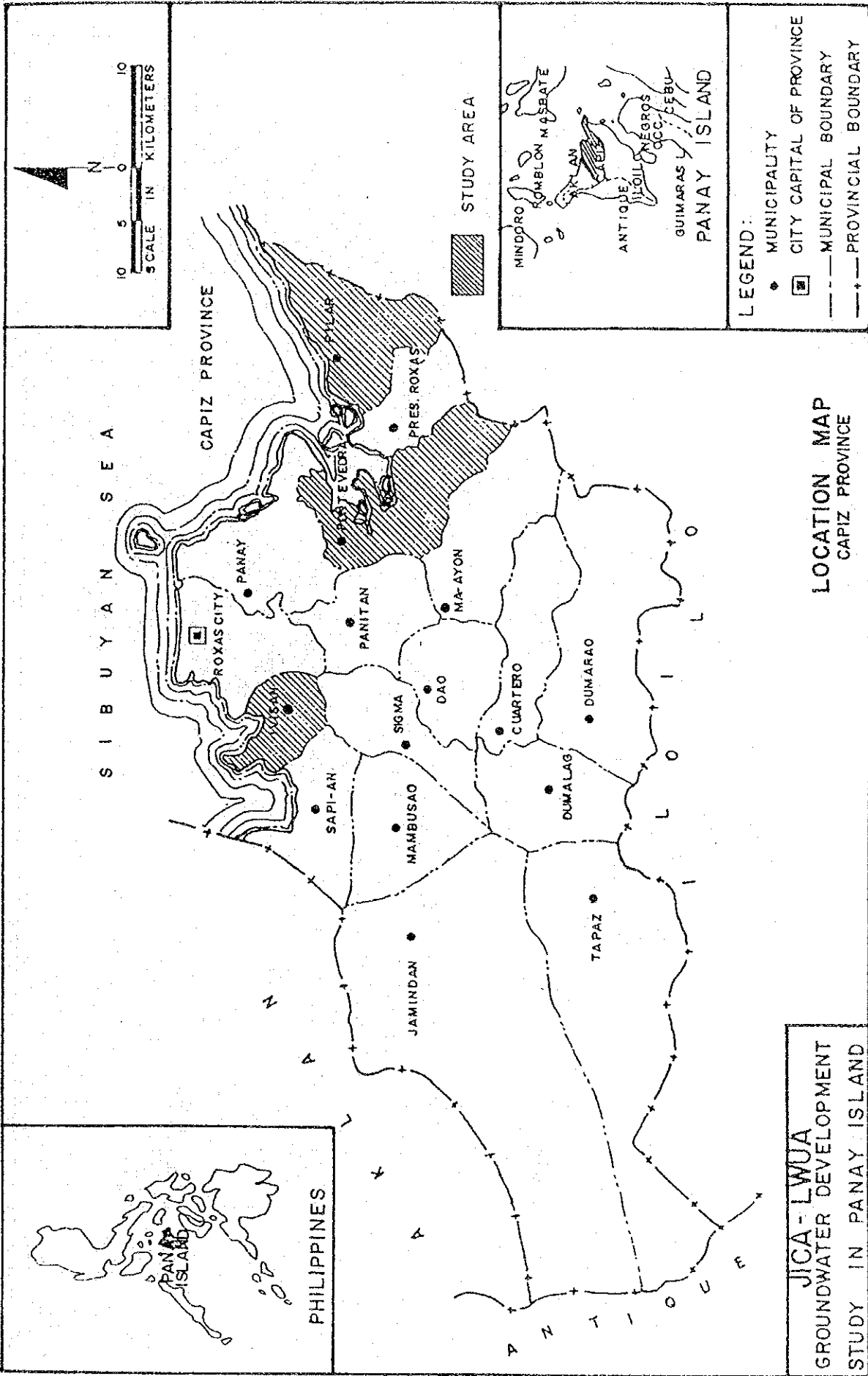


LEGEND:

- MUNICIPALITY
- ▣ CITY CAPITAL OF PROVINCE
- MUNICIPAL BOUNDARY
- - - PROVINCIAL BOUNDARY



JICA-LWUA
GROUNDWATER DEVELOPMENT
STUDY IN PANAY ISLAND



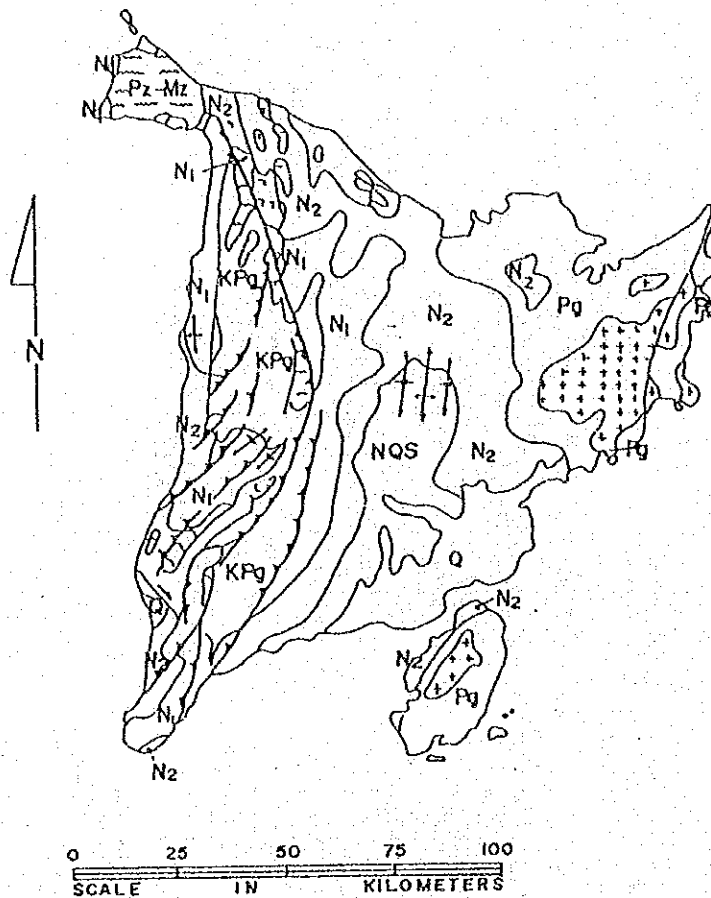
LEGEND:

- MUNICIPALITY
- ◻ CITY CAPITAL OF PROVINCE
- - - MUNICIPAL BOUNDARY
- - - PROVINCIAL BOUNDARY

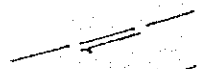
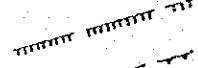

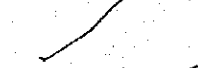
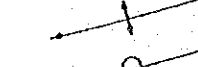




LOCATION MAP
CAPIZ PROVINCE

JICA - LWUA
GROUNDWATER DEVELOPMENT
STUDY IN PANAY ISLAND

GEOLOGICAL MAP OF PANAY ISLAND



STRUCTURAL SYMBOLS

-  High-angle fault, arrow shows relative direction of strike-slip movement
-  Normal fault, hachures on downthrown side, dashed where inferred
-  Thrust fault, saw-teeth on overriding side, dashed where inferred
-  Boundary of lithologic unit
-  Anticlinal axis with plunge
-  Overturned anticline
-  Synclinal axis with plunge
-  Overturned syncline
-  Quaternary volcanic center


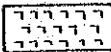
LEGEND

STRATIGRAPHY

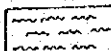
STRATIFIED ROCKS:

Q	Quaternary alluvial, lacustrine, beach and residual deposits.
NQV	Pliocene, Pleistocene and Recent volcanic deposits; mostly andesites and basalts with associated dacites and rhyodacites in places, occurring mainly as lava flows in volcanic centers and pyroclastics in their aprons; olivine-pyroxene basalt constitute largely the Lanao-Bukidnon volcanic plateau.
NQS	Pliocene to Pleistocene sediments both marine and terrestrial, includes extensive reef limestone and water-laid pyroclastics; also localized terrace gravel deposits.
N ₂	Upper Miocene sediments and volcanics; largely marine clastics, reef limestone and andesitic-basaltic pyroclastics and lavas.
N ₁	Late Oligocene to Middle Miocene sediments and volcanics; mainly marine sandstone, shale and reef limestone; some conglomerate, coal measure and marine andesitic-basaltic pyroclastics and lavas.
Pg	Paleocene to Oligocene sediments and volcanics; mainly marine sandstone, shale and limestone; dacite and andesite lavas and pyroclastics in Catanduanes, southern Sierra Madre and eastern Mindanao; mainly arkosic and quartzitic shales and sandstone in Mindoro and Palawan.
KPg	Undifferentiated Cretaceous to Paleogene strata; commonly mapped as metavolcanics and metasediments consisting mainly of spilites chert, pelagic to hemipelagic sediments and turbidites.
K	Cretaceous sediments and volcanics; mainly Upper Cretaceous spilitic to non-spilitic basalt, andesite, chert, pelagic to hemipelagic sediments, turbidites, limestone, sandstone and shale; Lower Cretaceous constitute the bulk of the Cretaceous in Cebu but has not been reported in other areas.
J	Middle to Upper Jurassic arkose, subgraywacke, mudstone and conglomerate identified only in Mindoro (Mansalay Formation).
Pz-Mz	Carboniferous to Middle Jurassic radiolarite, sandstone, shale, limestone and conglomerate regionally metamorphosed to quartzite, slate, phyllite, marble and mica schist; limited to Mindoro, Romblon Island Group, Buruanga Peninsula, Cuyo Islands, Buruanga Island Group, northern Palawan and probably Zamboanga Peninsula.

INTRUSIVE AND PSEUDOSTRATIFIED ROCKS:

	Intermediate to acid; mainly diorite, granodiorite, quartz diorite and monzonite; tonalite, adamellite, gabbro, syenite and granite are localized facies.
	Basic and ultrabasic; mainly peridotite, dunite and layered gabbro; peridotite and dunite are generally serpentized; troctolite, norite, trondjhemite.

METAMORPHIC ROCKS:

	Schist, phyllite, gneiss, marble and quartzite ranging from the greenschist to pyroxenite facies. (Color follows age of original rock)
-------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

目 次

序 文

調査地域位置図

パナイ全島地質図

目 次

I. 概 要

1. 序説	1
1. 1 調査の背景	1
1. 2 調査地域	1
1. 3 調査目的と調査内容	2
1. 4 調査の期分けと報告書の構成	3
1. 5 水文地質調査	5
1. 6 推奨すべき水源	8
1. 7 施設の概念設計および工事費概算	8
2. 調査地域	9
3. 水文地質調査	11
4. 施設の概念設計	24
4. 1 施設の概念設計	24
4. 2 計画目標年次、計画給水区域、計画給水人口	24
4. 3 原単位水量、計画給水量	25
4. 4 施設概要	27
4. 5 概算工事費	29

II. 水文地質調査

A. マライ町 (ア克蘭県)	31
1. 潜在水源の分析	31
1. 1 地形・地質	31
1. 2 既存水源	31
1. 3 潜在水源の調査	34
1. 4 水質分析	34
2. 結論と要望事項	35

B. イバハイ町 (ア克蘭県)	37
1. 潜在水源の分析	37
1. 1 地形・地質	37
1. 2 既存水源	37
1. 3 潜在水源の調査	40
1. 4 水質分析	44
2. 結論と要望事項	45
C. ニュー・ワシントン町 (ア克蘭県)	47
1. 潜在水源の分析	47
1. 1 地形・地質	47
1. 2 既存水源	47
1. 3 潜在水源の調査	50
1. 4 水質分析	51
2. 結論と要望事項	51
D. カリボ町 (ア克蘭県)	53
1. 潜在水源の分析	53
1. 1 地形・地質	53
1. 2 既存水源	53
1. 3 潜在水源の調査	56
1. 4 水質分析	62
2. 結論と要望事項	64
E. バンガ町 (ア克蘭県)	73
1. 潜在水源の分析	73
1. 1 地形・地質	73
1. 2 既存水源	73
1. 3 潜在水源の調査	78
1. 4 水質分析	79
2. 結論と要望事項	80

F. イビスサン町 (カピス県)	81
1. 潜在水源の分析	81
1. 1 地形・地質	81
1. 2 既存水源	81
1. 3 潜在水源の調査	85
1. 4 水質分析	89
2. 結論と要望事項	89
G. ポンテベドラ町 (カピス県)	91
1. 潜在水源の分析	91
1. 1 地形・地質	91
1. 2 既存水源	91
1. 3 潜在水源の調査	94
1. 4 水質分析	98
2. 結論と要望事項	99
H. ビラール町 (カピス県)	101
1. 潜在水源の分析	101
1. 1 地形・地質	101
1. 2 既存水源	101
1. 3 潜在水源の調査	105
1. 4 水質分析	106
2. 結論と要望事項	107
I. サラ町 (イロイロ県)	109
1. 潜在水源の分析	109
1. 1 地形・地質	109
1. 2 既存水源	109
1. 3 潜在水源の調査	113
1. 4 水質分析	113
2. 結論と要望事項	114

J. ランプナオ町 (イロイロ県)	115
1. 潜在水源の分析	115
1. 1 地形・地質	115
1. 2 既存水源	115
1. 3 潜在水源の調査	118
1. 4 水質分析	120
2. 結論と要望事項	122
K. レオン町 (イロイロ県)	123
1. 潜在水源の分析	123
1. 1 地形・地質	123
1. 2 既存水源	123
1. 3 潜在水源の調査	128
1. 4 水質分析	129
2. 結論と要望事項	130
L. ミアガオ町 (イロイロ県)	131
1. 潜在水源の分析	131
1. 1 地形・地質	131
1. 2 既存水源	131
1. 3 潜在水源の調査	134
1. 4 水質分析	136
2. 結論と要望事項	139
M. ホルダン町 (イロイロ県)	141
1. 潜在水源の分析	141
1. 1 地形・地質	141
1. 2 既存水源	141
1. 3 潜在水源の調査	144
1. 4 水質分析	147
2. 結論と要望事項	148

Ⅲ. 概念的施設設計

1. 基本事項および共通事項	149
1. 1 基本方針	149
1. 2 計画目標年次、計画給水区域、計画給水人口	149
1. 3 原単位水量、計画給水量	150
1. 4 施設設計	151
1. 5 概算工事費	152
2. 施設概念設計	153
A. マライ町 (ア克蘭県)	153
1. 水道施設の現状	153
2. 水需要予測および計画給水量	153
2. 1 原単位水量	153
2. 2 計画給水区域	153
2. 3 人口予測	153
2. 4 給水人口および水需要量	154
2. 5 計画給水量	155
3. 水道施設計画	155
3. 1 施設改善方針	155
3. 2 施設改善計画	156
3. 3 主要施設の概算工事費	157
B. イバハイ町 (ア克蘭県)	161
1. 水道施設の現状	161
2. 水需要予測および計画給水量	161
2. 1 原単位水量	161
2. 2 計画給水区域	161
2. 3 人口予測	162
2. 4 給水人口および水需要量	162
2. 5 計画給水量	163
3. 水道施設計画	163
3. 1 施設改善方針	163
3. 2 施設改善計画	163
3. 3 主要施設の概算工事費	168

C. ニュー・ワシントン町 (アクラン県)	169
1. 水道施設の現状	169
2. 水需要予測および計画給水量	169
2. 1 原単位水量	169
2. 2 計画給水区域	169
2. 3 人口予測	169
2. 4 給水人口および水需要量	170
2. 5 計画給水量	170
3. 水道施設計画	171
3. 1 施設改善方針	171
3. 2 施設改善計画	171
3. 3 主要施設の概算工事費	176
D. カリボ町 (アクラン県)	177
1. 水道施設の現状	177
2. 水需要予測および計画給水量	177
2. 1 原単位水量	177
2. 2 計画給水区域	178
2. 3 人口予測	178
2. 4 給水人口および水需要量	179
2. 5 計画給水量	179
3. 水道施設計画	180
3. 1 施設改善方針	180
3. 2 施設改善計画	180
3. 3 主要施設の概算工事費	182
E. バンガ町 (アクラン県)	187
1. 水道施設の現状	187
2. 水需要予測および計画給水量	187
2. 1 原単位水量	187
2. 2 計画給水区域	187
2. 3 人口予測	187
2. 4 給水人口および水需要量	188
2. 5 計画給水量	188

3. 水道施設計画	189
3. 1 施設改善方針	189
3. 2 施設改善計画	189
3. 3 主要施設の概算工事費	190
F. イビスサン町 (カピス県)	195
1. 水道施設の現状	195
2. 水需要予測および計画給水量	195
2. 1 原単位水量	195
2. 2 計画給水区域	195
2. 3 人口予測	195
2. 4 給水人口および水需要量	196
2. 5 計画給水量	196
3. 水道施設計画	197
3. 1 施設改善方針	197
3. 2 施設改善計画	197
3. 3 主要施設の概算工事費	199
G. ポンテベドラ町 (カピス県)	203
1. 水道施設の現状	203
2. 水需要予測および計画給水量	203
2. 1 原単位水量	203
2. 2 計画給水区域	203
2. 3 人口予測	203
2. 4 給水人口および水需要量	204
2. 5 計画給水量	205
3. 水道施設計画	205
3. 1 施設改善方針	205
3. 2 施設改善計画	205
3. 3 主要施設の概算工事費	210
H. ビラール町 (カピス県)	211
1. 水道施設の現状	211
2. 水需要予測および計画給水量	211
2. 1 原単位水量	211

2. 2	計画給水区域	211
2. 3	人口予測	212
2. 4	給水人口および水需要量	212
2. 5	計画給水量	213
3.	水道施設計画	213
3. 1	施設改善方針	213
3. 2	施設改善計画	214
3. 3	主要施設の概算工事費	219
1.	サラ町（イロイロ県）	221
1.	水道施設の現状	221
2.	水需要予測および計画給水量	221
2. 1	原単位水量	221
2. 2	計画給水区域	221
2. 3	人口予測	222
2. 4	給水人口および水需要量	222
2. 5	計画給水量	223
3.	水道施設計画	223
3. 1	施設改善方針	223
3. 2	施設改善計画	224
3. 3	主要施設の概算工事費	229
J.	ランブナオ町（イロイロ県）	231
1.	水道施設の現状	231
2.	水需要予測および計画給水量	231
2. 1	原単位水量	231
2. 2	計画給水区域	231
2. 3	人口予測	231
2. 4	給水人口および水需要量	232
2. 5	計画給水量	232
3.	水道施設計画	233
3. 1	施設改善方針	233
3. 2	施設改善計画	233
3. 3	主要施設の概算工事費	238

K. レオン町 (イロイロ県)	239
1. 水道施設の現状	239
2. 水需要予測および計画給水量	239
2. 1 原単位水量	239
2. 2 計画給水区域	239
2. 3 人口予測	239
2. 4 給水人口および水需要量	240
2. 5 計画給水量	240
3. 水道施設計画	241
3. 1 施設改善方針	241
3. 2 施設改善計画	241
3. 3 主要施設の概算工事費	246
L. ミアガオ町 (イロイロ県)	247
1. 水道施設の現状	247
2. 水需要予測および計画給水量	247
2. 1 原単位水量	247
2. 2 計画給水区域	247
2. 3 人口予測	248
2. 4 給水人口および水需要量	248
2. 5 計画給水量	249
3. 水道施設計画	249
3. 1 施設改善方針	249
3. 2 施設改善計画	249
3. 3 主要施設の概算工事費	254
M. ホルダン町 (イロイロ県)	255
1. 水道施設の現状	255
2. 水需要予測および計画給水量	255
2. 1 原単位水量	255
2. 2 計画給水区域	255
2. 3 人口予測	255
2. 4 給水人口および水需要量	256
2. 5 計画給水量	257

3. 水道施設計画	257
3. 1 施設改善方針	257
3. 2 施設改善計画	258
3. 3 主要施設の概算工事費	265

附属資料	App-1
------	-------

I. 概 要

1. 序 説

1. 1 調査の背景

本件調査は、日本国政府がフィリピン国政府の要請に応え、同国パナイ島における13の町について、地下水を主眼とした水道用水源調査（以下「調査」という）を行うことを決定し、国際協力事業団（以下「事業団」という）がフィリピン国地方水道公社（以下「公社」という）をフィリピン国側協力機関として、その業務を実施することとなったものである。

本件調査に係る技術協力の実施に関する覚書は、1987年12月9日、フィリピン国マニラにおいて事業団と公社との間でとり交わされ、調査は1988年3月18日（国内事前準備業務開始）から1989年10月7日までの間に行われたものである。

フィリピン国は大小約7,000におよぶ島嶼から成り立っているが、これを北から大きくルソン地域、ビサヤ地域およびミンダナオ地域の3地域に分けている。真中のビサヤ地域は幾つかの中規模の島から成り立っているが、パナイ島はこのビサヤ地域の西端に位置する島で、面積は約12,000km²、わが国の四国（約18,000km²）の2/3の大きさに相当する。首都マニラから南々東約400kmの距離にあり、二つの市と一つの町へマニラから国内航空便が就航している。

パナイ島は、同公社が全国的に推し進めている水道整備計画においても早急に改善と普及を図らなければならない地域の一つとされており、主だった町の飲料水供給事情も満足できるような状況にはない。

1980年以降、同公社により本件調査対象の町について、水道施設整備に関する予備調査が行われており、他の幾つかの町の水道施設踏査も行われている。このことは、同公社が本件調査以前からパナイ島の給水状況改善について何等かの措置が必要であると認識していたことを証するものである。

本件調査は叙上の背景を踏まえ、水不足からの脱却を渴望する13町の利用可能な水源について科学的・技術的な手法を用いてより信頼性ある調査を行わんとして実現したものである。

1. 2 調査地域

調査地域は、パナイ島の3県における13町で、下記に示すとおりである。

アクラン県 : マライ, イバハイ, ニュー・ワシントン, カリボ, バンガの各町
カピス県 : イビサン, ポンテベドラ, ピラールの各町
イロイロ県 : サラ, ランプナオ, レオン, ミアガオ, ホルダンの各町

当初の事業団と公社の覚書では、13の町の一つにアクラン県のヌマンシア町が予定されていたのであるが、1988年3月現地調査開始にあたっての調査団と公社との協議において、イロイロ県、ホルダン町に変更して欲しい旨の申出でが公社からあり、事業団もその緊急性等を考慮し、当該変更を了承したものである。

1. 3 調査目的と調査内容

本件調査の主たる目的は、調査対象であるそれぞれの町の自然条件、社会・経済条件に配慮しつつ最適水源を探査し、かつ、最適な水道施設実現の方途を調査することにある。

本件調査は、上記の目的を達成するため、対象となる13町について各般の調査を行うものであるが、調査内容は次のように2大別される。

すなわち、(a) 第1期調査として13町について利用可能水源調査を行い、(b) 第2期調査として、そのうちの4町について試験井を掘削し地表からの調査結果と照合するものである。

水源調査は、アクラン県マライ町を除く12町について電気探査機を用いて地下水開発の可能性を調査した。なお、マライ町は地質的・地理的条件上、当初から地下水開発は困難であることが明らかであったため、電探調査を行わなかったものである。

試験井掘削については、事業団と公社との間の覚書により、その数を4井とされていたのであるが、対象となる13町が3県に分かれて属しているので、少なくとも1県1井として3井、さらに1井を水理地質的に地下水開発の可能性の比較的高いと考えられるアクラン県で掘削することとし、アクラン県イバハイ町、同カリボ町、カピス県ポンテベドラ町、イロイロ県ミアガオ町の4町で掘削することを予定した。

しかるに実施の結果は、アクラン県カリボ町およびカピス県ポンテベドラ町において予期した以上の揚水量の試験井を成功裡に掘削することができたが、これに反して、アクラン県イバハイ町およびイロイロ県ミアガオ町では、電気探査結果からはある程度の揚水量を期待したにも拘らず、水理地質的に全く地下水を得るには不向きな地質であったので観測井を掘削したにとどめ、試験井掘削を断念した。

なお、上記4町の他に、カピス県イビサン町において観測井1井を掘削した。

本件調査で特筆しなければならないことがある。それは調査を通じてカウンターパートたる公社職員に本井（生産井）を掘る前にパイロット井を掘る事が如何に重要である

かを身をもって体験して貰ったことである。

従来フィリピン国では、水道水源用の井戸を掘削する場合、この地方水道公社に限らず一般にパイロット井を掘削することなく、いきなり本井を掘削するという方法で行ってきた。しかし、この方法では、本井を完成した後はじめて当該井戸の地層が予期に反して地下水を得るに不相当と判明するような場合は、大変な労力と金と時間を無駄にする訳で、事実そのような事態は往々にして経験されている。

今回の調査では、事業団供与により本井（本件調査では「試験井」と称す）掘削用の掘削機と、それとは別にパイロット井（本件調査では「観測井」と称す）掘削用の掘削機をそれぞれ用意し、本井掘削に先立ち本井の極く近傍で先ずパイロット井を掘削し、当該地点の地層の状況を知った上で本井を掘削するという方法を採用した（日本では極く通常行われている方法である）。

パイロット井は、本井よりも遙かに径も小さく、掘削に要する労力も、金も時間も僅かで済むので、たとえ掘削の結果当該地点の地層が地下水を得るのに不向きであると判明しても、本井を全く無駄に掘る損失に較べれば遙かに少ない無駄で済む。

事実、今回の調査では、ア克兰県イバハイ町およびイロイロ県ミアガオ町において、まさにそのような事態となり本井掘削を行わなかったものである。なお、パイロット井は本井が生産井として使用できる場合には、本井揚水中パイロット井の水位を測定することにより、滞水層の透水係数を知る等の為の「観測井」として有用である。

第2期調査においては、この試験井掘削に加えて各町についてそれぞれ推奨し得る想定水源を用いた水道施設の「概念設計」とそれに基づく「工事費概算」を行った。

1. 4 調査の期分けと報告書の構成

調査の期分け

調査工程は2期に分かれる。すなわち、第1期は基本調査であり、第2期は実証調査である。各期は更に全部で10の作業期間に細分されている。第1期調査は1988年3月から1988年11月までの間に実施された。第1期調査の主な内容は下記のとおりである。

- 資料蒐集
- 電探調査（乾期）
- 水使用状況現地調査
- 目標年次（1995年）における人口と需要水量の推定

調査全体の概念フローチャート

調査期間	第一期調査	63年3月	事前準備作業	基礎調査 及び 乾期調査 [各種現地調査]	基本調査	△インセプション レポート			
		4	現地作業 (I)						
		5							
		6	国内作業 (I)						
		7							
		8							
		9	現地作業 (II)			補足調査 及び 雨期調査 [各種現地調査]	基本調査	△インテリム・ レポート案	
		10	国内作業 (II)						
		11	現地作業 (III)					インテリム・レポート協議	△インテリム・ レポート
		12	準備期間						
		第二期調査	元年1月				試験井の建設 給水システム の概念設計	実測調査	
			2						
	3								
	4		現地作業 (IV)						
	5		一部国内作業						
	6								
	7								
	8		国内作業 (III)						
	9		現地作業 (V)	ドラフト・ファイナル・レポート 協議	実測調査	△ドラフト・ ファイナル レポート			
	10		国内作業 (IV)	ファイナル・レポート作成					
	11			△ファイナル レポート					

また、第2期調査は1989年1月に開始され同10月に終了した。その主なる内容は下記のとおりである。

- 観測井および試験井の建設
- 各町に係る水道施設の概念設計および同工事費概算

最終報告書の構成

最終報告書は、英文サマリーおよび英文メイン・レポート、並びに和文要約編が用意される。英文サマリーについては読者の便宜を考え、かつ、逸失を防ぐためサマリーとメイン・レポートを合体して1冊（以下「英文報告書」という）とすることとした。

英文報告書の構成は、概要、第1部および第2部から成る。

第1部は、(a) 調査地域と(b) 水文地質調査から成り、各13町において実施した水源に係る現地調査結果および観測井／試験井を掘削したところについてはその結果を詳述した。

第2部は、(a) 各町の水道施設と水使用の現状、および目途年次1995年における計画給水区域の需要推定、並びに(b) 各町の水道施設の概念設計と同工事費概算について述べた。

なお、英文報告書は、第1部および第2部に関し全13町について記述したものと、各個別の町のための報告書として第1部および第2部に関しては、当該個別の町のみ記述にとどめるものとの2種類が用意されることとなっている。この各町個別の報告書においても、本件調査の背景や調査の方法等を知って貰う必要もあり、かつ、親切であると考え、その冒頭に概要を附すこととした。

1. 5 水文地質調査

バナイ島における気象と降雨量

フィリピンにおける気象条件は、各地における山岳部および平野部の在り様により異なる。これは、各地の気象条件が主として地域の風の流れによって決まるからである。フィリピンにおける気候の分類は、基本的には降雨の状況、すなわち乾期(dry season)と最多雨期(the maximum rain period)によって行われている。

第1の型(タイプⅠ)は判っきりした二つの季節に分かれる。すなわち、11月から翌年4月にかけての乾期と残余の雨期とである。第2の型(タイプⅡ)は乾期が無く、年間を通じて雨期で、特に11月から翌年1月にかけてが最も多雨である。第3の型(タイプⅢ)は年間を通じてこれと言った特徴のある季節は無く、強いて言うなら11月から翌年4月までが乾期で、残余が雨期と言えよう。第4の型(タイプⅣ)は年間を通じて降雨があり、降り方は一様では無いが、どちらかと言えば年間を通じて平均的な降雨があるタイプである。

フィリピン全土について言えば、南支那海とスルー海に面した西側の地方はタイプⅠ、太平洋に面した東側の地方はタイプⅡ、シブヤン海、ビサヤン海、ミンダナオ海等の内海に面した地方およびルソン島内陸部はタイプⅢ、他の残余の地域がタイプⅣの気候にそれぞれ属している。

気候のタイプと降雨の分布との関係は必ずしも一定している訳ではないが、それでも比較的よい相関にあると言えよう。一般に、タイプⅢの気候に属する内海の島嶼は全国で最も降雨量が少なく年間2,000mm以下であるが、太平洋に面する地域、タイプⅡ、では降雨量は3,000mmを越す。

パナイ島における水資源

フィリピンは豊富な水資源に恵まれているとしばしば言われる。パナイ島の気候は、地域的に二つの気候タイプに分かれる。パナイ島の西側半分と調査地域の一つであるホルダン町のあるギマラス島はタイプⅠの気候に属し、11月から4月までの乾期と残余の月が雨期に判っきりと分かれている。

パナイ島の東半分はタイプⅢ気候に属す。パナイ島全体で捉えれば平均降雨量は年平均約2,500mmである。気温は年間を通じて殆ど変化がなく、年間平均気温は27.5℃である。パナイ島全島の河川流出量は一日24百万m³で、このうち半量がパナイ島における2大河川流域であるカピス県のパナイ川流域およびイロイロ県のハラウッド川流域からの流出によるものである。

年間平均2,500mmの雨量を考えれば、灌漑、家庭用水、工業用水等の将来需要に対し表流水も地下水も十分に確保されていると言える。河川はまた水力発電の可能性も包蔵している。

なお、国家水資源委員会(NWRC)では、河川をその流域面積によって、40km²以上の流域面積を有する河川を「主要河川」と称し、そのうち流域面積1,400km²以上の河川を「大規模河川」と称している。

パナイ川流域

パナイ川流域は殆どカピス県全県を覆っており、その流域面積は 1,843km²におよぶ。その源流はアクラン、カピス両県の県境の山岳部に発し、カピス県央を流下した後シブヤン海に注ぐ。平均年間流出量は23億 m³である。

ハラウッド川流域

ハラウッド川流域はパナイ島南西部に位置し、その流域面積は 1,503km²である。その源流は分水嶺中最高峰のパロイ山東斜面に発し、山岳地帯を縫って東方へ流下し、更に南下しイロイロ海峡に注ぐ。平均年間流出量は19億 m³である。

パナイ島における地下水開発の可能性

フィリピンにおける水資源は、往古よりその大半を河川表流水に依存してきた。特に灌漑用水において然りである。乾期における河川流量は主として大地に貯えられた水によるものである。

パナイ島における主要河川の流域面積は合計 6,984km²でありうち 3,346km²が大規模河川のパナイ川とハラウッド川の流域である。しかるに今回調査の調査区域は僅かに 29km²にしか過ぎない。したがって、パナイ島全体の地下水賦存量と今回調査対象の13町の地下水開発可能性との関係を直接的に論ずることは困難である。とまれ、パナイ島全体として捉えれば相当な地下水賦存量が見込めるとは言えよう。

これに反して、鉱山・地球科学局発行の地下水地図によると、パナイ島の殆どの地域においては、年間の降雨量が 2,500mm 以上あるというのにしてはそれほど大量に地下水が見込めるとは言えず、むしろ全般的に見て極く限られた水量の地下水開発しか望めないような滞水層が多いことを示している。

水使用状況と調査結果

調査した13町のうち、バンガ、サラ、ランブナオ、レオンの4町が地理的には内陸部に位置し、残余の9町が沿岸部に位置している。13町のうち、唯一カリボ町のみが深井戸による地下水を水道水源としており、他の12町は湧水、河川伏流水、河川表流水を水道水源としている他、個別に浅井戸もかなり使用されている。

深井戸による地下水開発にあたっては通常次の3段階の手順を踏んで行われる。すなわち、まず第一に物理探査または電気探査により地表からの探査を行う。次に小孔

径の試掘を行い地層の地質および地下水状況の確認を行う。最後に本井の掘削を行うのである。

今回の調査もこの手順を踏んで行われたものである（ただし、マライ町を除く）。第1段階の地表からの探査は1988年に、また、第2段階調査（試掘井掘削）および第3段階調査（本井掘削）は1989年に行われた。結果的にはア克兰県カリボ町およびカピス県ポンテベドラ町の2町において良好な滞水層へ本井を掘削することができ、そのいずれもが毎分2 m以上の揚水が可能であり、各町の水道の給水能力増強のための水源として使用することができることとなったものである。

技術移転

事業団と公社との間で交わされた本件技術協力に関する覚書（1987年12月9日付）において、「技術移転」は本件調査プロジェクトの重要な目的の一つであるとされている。そこで調査団日本側要員は各自本件調査中終始フィリピン側協力機関である公社要員に対し、地下水開発調査に係る各般の技術・知識の伝達に努めた。電気探査におけるテクニックはもとより、井戸の掘削および井戸の仕上げについてもその技術移転は本件調査を通じ十分所期の目的を達したと思われる。

1. 6 推奨すべき水源

前節で述べたとおり、結果的にはア克兰県カリボ町とカピス県ポンテベドラ町の2町のみが本件調査で建設した「試験井」をそのまま今後の拡張水源として利用し得るにとどまった。残余の各町については、あるものは当該町を流れる河川の伏流水を水源とする他なく、またあるものは既存の湧水または表流水源の増補・修復によらざるを得ぬという結果となった（本稿4節「施設の概念設計」参照）。

1. 7 施設の概念設計および工事費概算

本調査における施設の概念設計と工事費概算は、正に字義通り今後行われるであろうフィージビリティ調査に先立ち、極く大づかみに各町の水道施設の骨格と規模およびそれに要する工事費を把握するために行われたものである。

2. 調査地域

調査地域は、パナイ島全4県のうちアンテイケ県を除くアクラン、カピス、イロイロの3県13町で下記のとおりである。

- アクラン県 : A. マライ町
B. イバハイ町
C. ニュー・ワシントン町
D. カリボ町
E. バンガ町
- カピス県 : F. イビサン町
G. ポンテベドラ町
H. ピラール町
- イロイロ県 : I. サラ町
J. ランプナオ町
K. レオン町
L. ミアガオ町
M. ホルダン町

調査開始にあたって事業団調査団とフィリピン側協力機関である地方水道公社との協議により、実際の調査の地理的範囲についてはそれぞれの町の中心部のいわゆる市街化区域（通常「ポブラシオン」と称し、町役場等行政機関の庁舎、市場、教会があり、これらを中心に比較的所得の高い階層の住民の住宅が一応整形に計画・造成された区画に比較的稠密に配置されている区域）および場合によりそれに隣接するバランガイにとどめることとされた。これは、現地調査の期間が極めて短いことと、緊急に水道施設を整備すべき区域は主として各町のポブラシオンであるからである。従って、今回調査対象地域を一口に13町というが、それは叙上の如く各町のポブラシオンに殆ど限定されたものであり、町全体ではない。因みに、13町の行政区域面積を合計すると176,000haに達するが、本件調査で対象とする調査区域面積の合計はその60分の1の2,900haに過ぎない。

調査対象区域のうち、アクラン県のバンガおよびイロイロ県のサラ、ランプナオ、レオンの各町を除き他の各町は海岸沿いに立地しており、特にパナイ島北岸に位置するイバハイ、カリボ、ニュー・ワシントン、イビサン、ポンテビドラ、ピラールの各町にはかなりの沼沢地が含まれている。

ところで各町の財政力についてみれば、ア克兰県カリボ町のみが第1級で、他の12町はいずれも第3級及至第5級という極めて貧窮な財政状態である。従って、独立採算を前提とした水道区 (Water District) を直ちに設立することはかなり困難ではないかと目される (註 参照)。

なお、現状13町のうち、イバハイ、カリボ、イビサン、ピラール、サラ、ミアガオ、ホルダンの7町が水道事業を営んでいるが、残余の6町には未だ水道施設がない。

従って本件調査の主目的は、各町の自然的、社会・経済的諸状況を勘案しつつ、如何にして適切な水源を見出し、また、適切な水道施設を実現するかを調査することにあるといえよう。

註： 行政単位としての「町」の財政力による等級分類

フィリピン国においては、町は過去4年間の年間平均歳入額により6等級に分類されている。なお、第1級の町は最近2ヶ年の平均年間歳入額によりさらに3段階に細分されている。

等 級	年 間 平 均 歳 入 額
1-a	₱5,000,000 または超
1-b	₱3,000,000 または超、₱5,000,000 以下
1-c	₱1,500,000 または超、₱3,000,000 以下
2	₱1,000,000 または超、₱1,500,000 以下
3	₱500,000 または超、₱1,000,000 以下
4	₱300,000 または超、₱500,000 以下
5	₱100,000 または超、₱300,000 以下
6	₱100,000 以下

但し、歳入には使途の限定されていない繰越金、債券発行益、借入金収入、国庫補助金、寄附金、営利企業からの前渡金返還金、固定資産・不動産売却益、過年度分調整収益、その他非定常の収益は含まない。

3. 水文地質調査

パナイ島の気候・降雨

NWRC(National Water Resources Council)の1980年に発行した“Groundwater of the Philippines”によれば、フィリピンの気候はFig. S-1に示されるように、乾期と雨期で著しく降雨量の異なる特徴から、4のタイプに区分されている。すなわちパナイ島については、西部は第1のタイプ、東部は第3のタイプが卓越している。Fig. S-1に卓越風向と気候の関係および年間降雨量を示したが、今回調査した13町は年間降雨量が3,000 ~2,000mmの地域に含まれている。

パナイ島の水資源

NWRCは水資源を総括するためにフィリピン全土を12の地域に区分しているが、パナイ島の属する西部ビサヤは、第6地域に包含されている。今回調査したパナイ島の中央部には、Fig. S-2に示されるように、水資源開発上重要な水系としてパナイ川水系とハラウド川水系の二大水系が存する。

1. パナイ川盆地

パナイ川盆地はカピス県の大部分を占め、パナイ川の流域面積は1,843 km²である。

その源はア克蘭県とカピス県の県境をなす山地に発し、カピス県の中央を流れ、シブヤン海に注いでいる。その年間の平均流出量は、23.44 億m³である。

2. ハラウド川盆地

ハラウド川盆地はイロイロ県の中央部を占め、その源はアンティケ県とイロイロ県の県境をなすアンティケ山脈の一角、バロイ山の東山腹から南方に流下し、イロイロ海峡に注いでいる。その流域面積は、1,503 km²であり、年間平均流出量は19.12 億m³と推定される。

REPUBLIC OF THE PHILIPPINES

CLIMATE

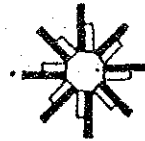
LEGEND



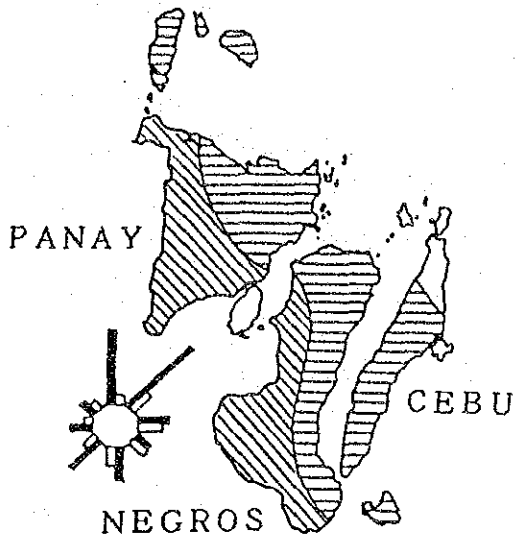
1st Type - Two pronounced seasons, dry from November to April, wet during the rest of the year.



3rd Type - Seasons not very pronounced relatively dry from November to April and wet during the rest of the year.



WIND ROSES



RAINFALL (mm/year)

LEGEND



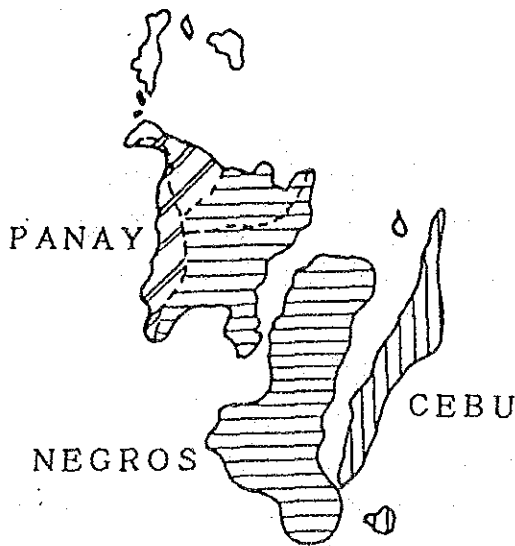
4000 ~ 3000



3000 ~ 2000

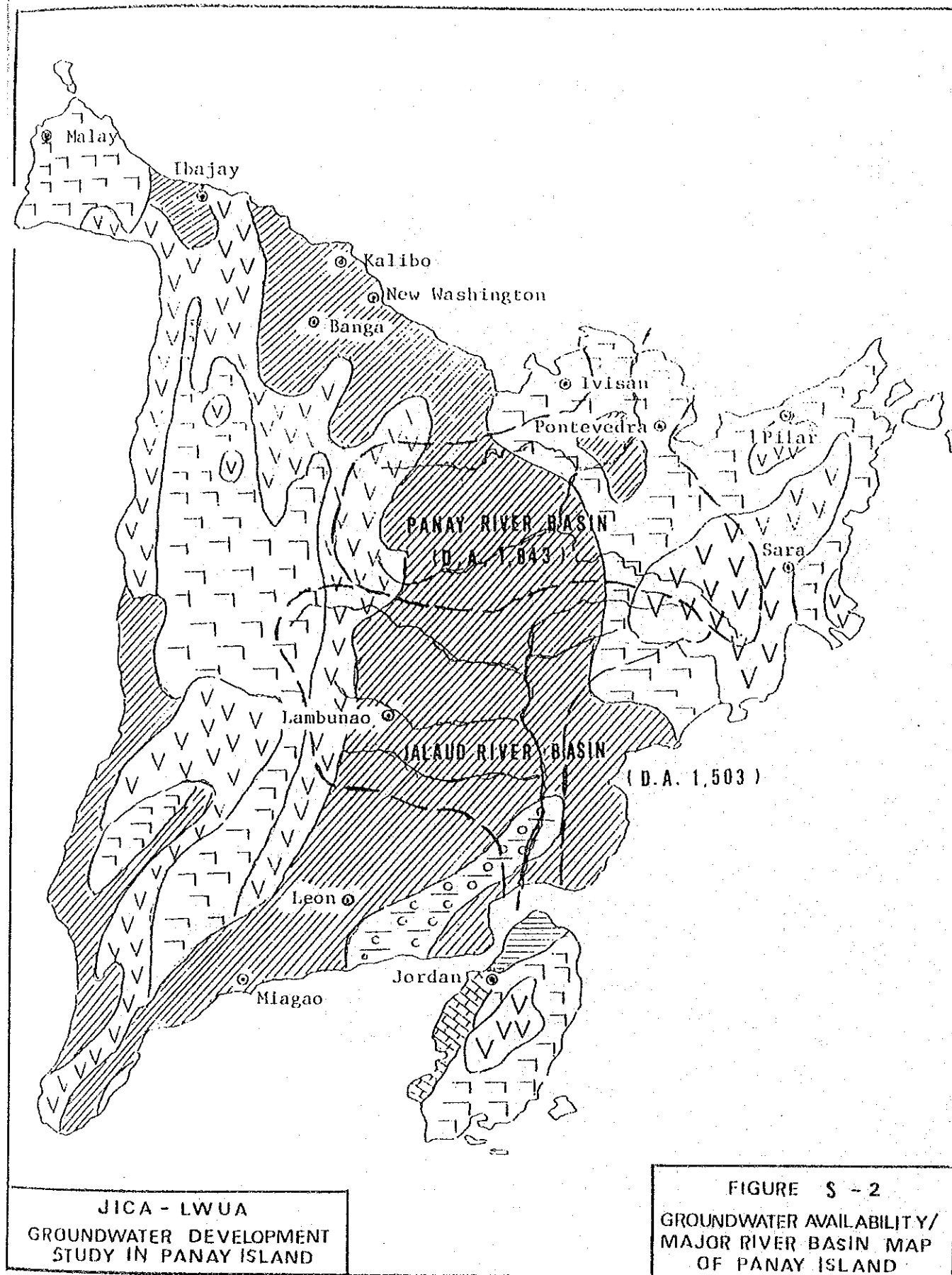


2000 ~ 1000



JICA - LWUA
GROUNDWATER DEVELOPMENT
STUDY IN PANAY ISLAND

FIGURE S-1
CLIMATE CLASSIFICATION
AND RAINFALL IN THE
WESTERN VISAYAS

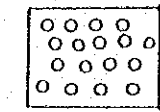


JICA - LWUA
GROUNDWATER DEVELOPMENT
STUDY IN PANAY ISLAND

FIGURE S - 2
GROUNDWATER AVAILABILITY/
MAJOR RIVER BASIN MAP
OF PANAY ISLAND

EXPLANATION

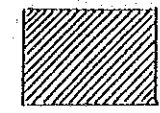
I ROCKS IN WHICH FLOW IS DOMINANTLY INTERGRANULAR



(A) EXTENSIVE AND HIGHLY PRODUCTIVE AQUIFERS
- with an average potential recharge of 0.5 to 1 meter, greater near influent rivers, with known production well yields between 50 to 100 L/s but as high as 150 L/s in some sites. High to very high permeability.



(B) FAIRLY EXTENSIVE AND PRODUCTIVE AQUIFERS
- with average annual potential recharge of 0.3 to 0.8 meters, greater near influent rivers, with known production well yields mostly about 20 L/s but as high as 60 L/s in some sites. Moderate to high permeability.

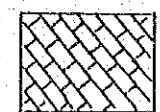


(C) LOCAL AND LESS PRODUCTIVE AQUIFER
- well yields mostly about 2 L/s but as high as 20 L/s in some sites. Very low to moderate permeability.

II ROCKS IN WHICH FLOW IS DOMINANTLY THROUGH FRACTURES AND/OR SOLUTION OPENINGS

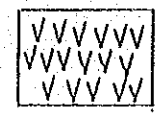


(A) FAIRLY EXTENSIVE AND PRODUCTIVE AQUIFERS WITH HIGH POTENTIAL RECHARGE
- with known production well yields of mostly 5 to 15 L/s and spring yields of up to 60 L/s.

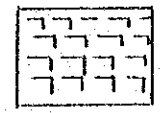


(B) FAIRLY TO LESS EXTENSIVE AND PRODUCTIVE AQUIFERS WITH LOW TO MODERATE POTENTIAL RECHARGE
- with known domestic well yields of 3 L/s or less.

III LOCAL GROUNDWATER-REGIONS UNDERLAIN BY IMPERMEABLE ROCKS GENERALLY WITHOUT SIGNIFICANT GROUNDWATER, EXCEPT IN RESIDUUM, SUFFICIENTLY LEACHED AND/OR FRACTURED ZONE



(A) ROCKS WITH LIMITED POTENTIAL, LOW TO MODERATE PERMEABILITY
Quaternary lava flows, mostly andesite and basalt. Groundwater for domestic purposes locally obtainable in sufficiently fractured zones.



(B) ROCKS WITHOUT ANY KNOWN SIGNIFICANT GROUNDWATER OBTAINABLE THROUGH DRILLED WELLS. LARGELY UNTESTED
Quaternary lava flows, mostly andesite and basalt. Generally massive or slightly fractured but fractures are usually tight and not interconnected.



Republic of the Philippines
Ministry of Natural Resources
BUREAU OF MINES AND GEO - SCIENCES

パナイ島の地形・地質・地下水貯留量

パナイ島の地形はその西半部を急峻なアンティケ山脈がおおむね南北に走り、その山嶺はアンティケ県と他のアクラン県・カピス県・イロイロ県の県境をなしている。また島の東部にはややなだらかな山地が広がっている。この2つの山地の間には、前記のパナイ川盆地・ハラウド盆地を含む中央平野が発達している。パナイ島の主な河川の流域面積は、6,984 km²であり、上述の2つの河川の流域面積は3,346 km²(48%)である。因みに今回の調査地域は主に市街地およびその周辺に限定したため、調査面積は29km²(0.4%)にすぎない。

パナイ島の地質を概観すると、脊梁をなすアンティケ山脈は時代未詳の火山岩、堆積岩の複合岩体により構成され、南北系の衝上断層が発達している。東部の山地は新第三紀のシルト岩を主体とする堆積岩が、緩い湾曲をくり返して広く分布している。なお、今回の調査においては、時間的余裕がなく、地質時代については従来の資料に準拠した。(巻頭のパナイ島地質図を参照されたい。)

調査地域の年間降雨量は既述のように3,000～2,000mmに達するにもかかわらず、地形的、地質的な面および貧弱な植生面から保水能力が悪く、表S-1に示したように、調査した13町はいづれも地下水に恵まれないとされている。また調査13町には適当な地点に、降水量、河川流出量等の水収支に必要な資料を利用できる観測施設もなく、そのため地下水貯留量、地下水利用可能量等については、言及していない。

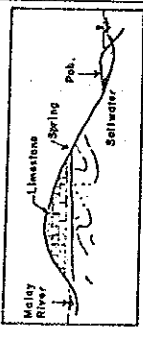

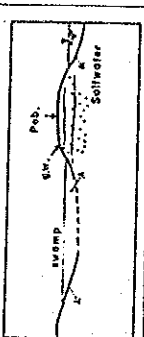
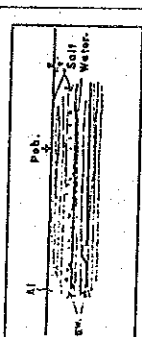

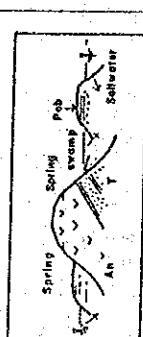
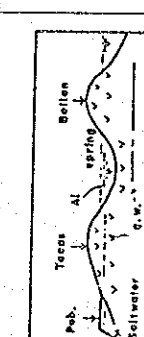
各種調査の数量表

従来フィリピンの関係機関で実施されていた地下水調査については、諸般の理由から、系統的に行われていなかったように考えられる。今回、JICA-LWUA調査団は、Fig.S-3に示したような系統的な手法で調査を行った。

すなわち、1988年(Phase I) 4月～5月にかけて、13町の地表調査、電気探査、水文調査を行った。これらの調査を通じて正確な地形図のないことが大きな支障となった。

地表調査は市街地およびその周辺の地質を調査し、その結果に基づき電気探査の測定点を決定した。またこの間湧泉・井戸の観測と、簡易水質分析、河川流量測定等の水文調査の他、市街地の主要道路の高低測量も行われた。なお9月～10月の雨期に、再び電気探査、測量を除く他の調査が補完的に実施された。これらを総合すると表S-2のようになる。

表S-1 調査地域における地形・地質・水源一覧表

調査地	地形	地質	地質構造概念図	給水システム	運転状況	現水源	水源としての可能性				備考
							浅井戸	深井戸	表流水	伏流水	
A. マライ	主に山地で 海岸平野は狭い	先ジュラ紀の凝成岩 鮮新世の石灰岩 沖積層		レベルIII	運転 していない	湧泉	×	×	×	○	地形は急峻のため、深井戸により 石灰岩中の裂か水の調査は難 しい。
B. イバハイ	西部は丘陵地帯 東部は山地に 挟まれた沖積平野	中新世の砂岩・礫岩 互層、鮮新世の砂岩 頁岩・礫岩および 集塊岩 沖積層		レベルIII	運転中	深井戸	×	△	×	○	観測井にて帯水層を把握できな かったため、深井戸を掘る場合は精査 が必要。アンチポロの湧泉はポ ラシオンから遠すぎる。
C. ニュー・ ワシントン	狭い砂洲	沖積層		レベルII	運転 していない	浅井戸	○	×	×	×	基本的には、カリボ水道局より 分水してもらおうことが必要
D. カリボ	広い沖積平野	沖積層 基盤は新第三紀の 礫岩		レベルIII	運転中	深井戸	×	○	×	×	ニュー・ワシントンに分水する 場合は、もう一本深井戸を掘る ことが必要。
E. バンガ	主として沖積平野 南部は丘陵地帯	中新世の火砕岩 洪積世の段丘堆積物 沖積層		レベルIII	運転 していない	深井戸	×	○	×	×	アクラン川にダムが建設されると 多くの町が水運の恩恵に あづかれる。
F. イピサン	海に臨む山地の 間に狭い沖積平野 が発達	新第三紀の安山岩質・ 玄武岩質の熔岩と砂岩・ 頁岩、互層沖積層		レベルIII	運転中	表流水	×	×	○	×	垂直な観測井では裂か水を把握 できなかったが、山麓からの水平孔 により、裂か水を把握できるかも しれない。
G. ポンテ ペドラ	海岸平野の後背地 は、ゆるい丘陵	新第三紀の安山岩 沖積層		—	—	浅井戸 深井戸	×	○	×	×	試験井で大群の地下水が出たので 早急に給水システムを計画すること が肝要。

×…不通 ○…通 △…やや通

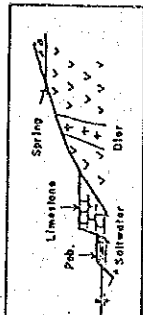

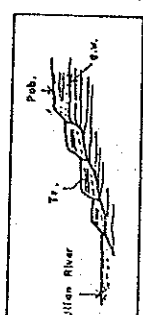

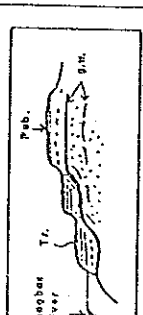
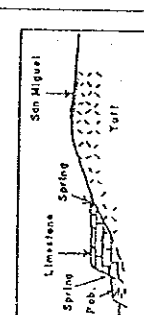
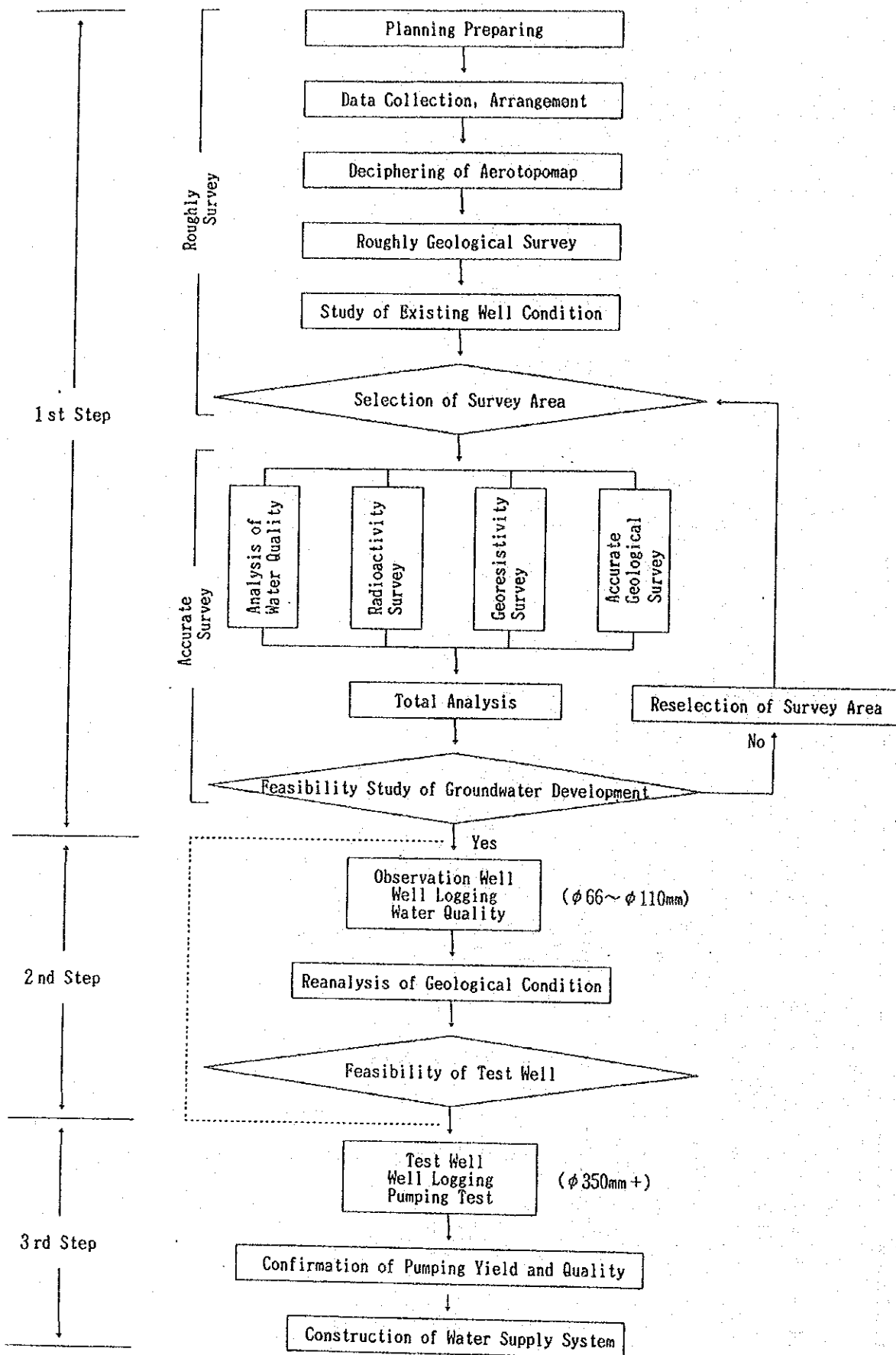
調査地	地形	地質	地質構造概念図	給水システム	運転状況	現の水源	水源としての可能性					備考	
							浅井戸	深井戸	表流水	伏流水	湧泉		
H. ビラール	ゆるい丘陵地帯にある海岸平野	新第三紀の玄武岩質安山岩、石灰岩とこれを貫くサラパル岩層		レベルIII	運転中	表流水	×	△	○	×	×	×	イビサンと同様に、水平ボーリングが有効かもしれない。
I. サラ	低山に囲まれた沖積平野	サラパル岩層		レベルIII	運転中	表流水	×	△	○	×	×	×	アリバニグ川の表流水の利用が望ましいが、水田灌漑利用者との交渉が必要。
J. ランプナオ	ゆるい丘陵地帯	新第三紀のシルト岩、洪積世の段丘堆積物		レベルII	運転していない	浅井戸 深井戸	×	×	×	○	×	×	厚いシルト岩が広く分布している為、伏流水の利用が合理的。
K. レオン	ゆるい丘陵地帯	新第三紀のシルト岩、砂岩、洪積世の段丘堆積物		—	—	浅井戸	×	×	×	○	×	×	ランプナオと同様。
L. ミアゴ	ゆるい丘陵地帯	新第三紀のシルト岩、洪積世の段丘堆積物		レベルIII	運転中	伏流水	×	×	×	○	×	×	観測井を182m掘削したが、帯水層はなかったため、現況施設の拡大強化が妥当。
M. ホルダン	島の中央部は平坦な高原、小規模な海洋平野の後背地は絶壁をなす。	新第三紀の火山砕屑岩、石灰岩		レベルIII	運転中	湧泉	×	×	×	×	×	○	石灰岩中の貯か水を深井戸で開発することは、難しい。Boro-Boroの湧泉は市街地から遠すぎて利用は困難。

FIGURE S-3 Flowchart of Groundwater Development Study



表S-2 各種調査数量表

	地表踏査	電 気 探 査		湧 泉 ・ 戸 数 井 観 測	簡易水質 分析・数	流量測定	測 量
		測点数	測線長				
A. マライ	2 km	— 点	— m	9 ヶ所	9 ヶ	— ヶ所	市街地のみ
B. イバハイ	12	6	800	18	12	1	“
C. ニューワシントン	1.5	5	404	5	3	—	“
D. カリボ	24	22	3,110	20	6	—	“
E. バンガ	6	8	1,200	17	5	1	“
F. イビサン	4	10	1,050	16	11	—	“
G. ポンテバドラ	6	15	2,060	22	19	—	“
H. ピラール	3	2	200	12	12	—	“
I. サラ	2	2	200	8	8	—	“
J. ランプナオ	5	6	750	6	5	1	“
K. レオン	1.5	5	600	10	9	1	“
L. ミアガオ	3	7	950	7	6	1	“
M. ホルダン	2	5	750	16	16	—	“
合 計	72	93	12,074	166	121	5	

上記調査に係る供与機材は次のとおりである。

1. 電気探査器 (Model 2115 McOHM) 1 式
2. 水質分析器 (Model WQC-2A) 1 式
3. 採水器 1 式
4. 可搬式水位計 (Model NP-50) 1 式
5. 自記水位記録計 (Model ADR-104WP) 3 式
6. 流速計 (Model SANEI IL) 1 式

観測井・試験井候補地の選定

地表調査および電気探査の結果に基づき、1989年(Phase II) に掘削する試験候補地を13町の中から、将来の町の発展、人口増加等に伴う水道使用量の増大等を加味して、4地点に絞った。すなわち、

1	ミアガオ	シルト岩を主とする 新第三紀層	フィリピン国立大学分校の開校に伴い人口増が予測される。
2	カリボ	シルト、砂、礫よりなる沖積層	現有の深井戸の容量はすでに限度にきていて塩水侵入の恐れが大きい。
3	イバハイ	同上	現有の深井戸はすでに塩水が侵入していて、水質不良。
4	ポンテベドラ	硬質安山岩	海岸に近く、商業地として発展を予測されるが、まだ給水施設はない。

観測井・試験井掘削

1989年(Phase II) 1月より前記候補地に対し、試験により地下水賦存状況の実証作業を開始した。機材関係の通関が遅れ、実作業は3月中旬より開始された。

1. 観測井

No.	調査地	期間	地点	掘進長 m	結果
1	ミアガオ No.1	1989 3.13 ~4.1	ES-1付近	182.5	孔底までシルト岩が連続し、帯水層を把握できなかった。
2	カリボ No.1	1989 4.7 ~5.28	ES-4付近	120.0	33.6m ~63.1m 間、厚い砂礫層あり優勢な帯水層をなす。
3	イバハイ No.1	1989 5.22 ~5.30	ES-6上流	70.35	22.7m ~34.5m および51.5m ~59.5m の間に砂礫層を夾むが、水量少ない。0.8m~7.45m間の砂礫層はイバハイ川の伏流水が多量。
4	カリボ No.2	1989 6.2 ~6.11	ES-19 付近	63.25	3.7m~10.7m、19.15m~23.75m間に砂礫層を夾むが、水量少ない。43.0m以深基盤の礫岩層が出現。この中に若干の地下水あり。
5	イビサン No.1	1989 6.17 ~6.25	2の付近	36.0	31.0m までは硬質の安山岩、31.0m ~36.0m の間は新第三紀堆積岩となるも、その境界付近に地下水は賦存しなかった。
	合計			4,721	

上記の5本の井戸にはφ2"の一部孔穿きPVCケーシングパイプをセットして、将来も観測井として利用できるように、保存されている。

上記の小孔径観測井掘削用機材として供与されたものは、下記のとおりである。

1. 鉦研 ロータリースピンドル型コア試錐機 (Model OE-8L2) 1式
2. 鉦研 ボーリングポンプ (Model MG-10) 1式
3. 鉦研 泥水ミキサー (Model HM-250) 1式
4. 鉦研 槽 (Model SPD-6) 1式
5. テンヨー ディーゼル発電機 (Model DCA-25SPI) 1式

2. 試験井

No.	調査地	期間	地点	掘進長 m	結果
1	カリボ	1989 4.7 ~5.13	ES-4付近	85.0	φ10" のケーシングパイプを69.8m まで挿入。32.8m ~63.4m の間にスクリーンをセット。周囲はグラベルバックを施してある。連続揚水試験 (2 m ³ /分×72時間) の結果、水位低下は僅かに1.12m であった。
2	ボンテベドラ	1989 6.3 ~7.22	ES-4付近	47.0	孔底まで硬質の安山岩が連続する。30.0m 付近より、裂か発達し掘進中泥水がしばしば逸水した。あまりの硬質のため、47.0m で掘進を中止し、段階揚水試験を行い、2 m ³ /分の揚水可能と判断し、連続揚水試験 (2 m ³ /分×72時間) を実施した結果、水位低下は3.70m であった。47.0m まで、φ10" のケーシング挿入、31.3m ~41.5m の間にスクリーンをセットした。硬質岩盤のため、ケーシングの周囲はグラベルバックはしていない。孔底もオープンである。
合計				132.0	

上記の2本の試験井は将来、生産井としても利用できるように、孔口付近は嚴重にキャップして保存してある。

上記の大口径試験井掘削用の機材として供与されたものは下記のとおりである。

1. トラクター搭載トップヘッドドライブ型井戸掘削機 (利根Model TOP-150T)
2. 泥水ポンプ (利根Model NP-700) 1式
3. 泥水ミキサー (ホッパー型ジェットミキサー) 1式
4. サブマージブルポンプ 1式
5. 空気圧縮機 (北越Model PDS5265S) 1式
6. ディーゼルエンジン溶接機 (北越Model PDW280SC- II) 1式
7. ディーゼルエンジン発電機 (北越Model SDG125) 1式
8. 検層器 (応用Model 3030) 1式
9. 水位記録計 (春日電気Model NDC-30) 1式
10. サブマージブルポンプ (荏原Model 80BHS2-65.5) 1式
11. サブマージブルポンプ (荏原Model 100BHS2-611) 1式

12. サブマースブルポンプ	(荏原Model 125BHSE4-630)	1式
13. ベントナイト	(50kg/袋)	570袋
14. ケーシングパイプ	(内径400mm , 長さ2.75m)	18本
15. ケーシングパイプ	(内径250mm , 長さ5.75m)	83本
16. スクリーン	(内径250mm , 長さ5.10m)	30本
17. PVC パイプ	(内径 50mm , 長さ6.00m)	100本
18. 三菱4トントラック	(3トンクレーン付)	1台
19. 日産4WD ステーションワゴン		1台

揚水可能量および水質

カリボ試験井の揚水試験結果から水理常数を求め、安全な揚水可能量を求めると、6,100 m³/日となり、要望量を十分に満足する。

また、ポンテベドラの試験井においても、少なくとも2,800 m³/日の揚水が可能であることが判明した。

これらの地下水は水質においても、飲用として問題はない。

	pH	電気伝導度	全鉄	NO ₂	NH ₄	Mn
カリボ	6.3	370 μS/cm	0.2ppm以下	0	0.5~0.6	0
ポンテベドラ	6.7	550 μS/cm	1.0ppm以下	0	0	0

水源について要望事項

表S-1 調査地域における地形・地質・水源一覧表に記載したので参照されたい。

技術移転について

1988年(Phase I) 4月~5月の間、13町の地表踏査、電気探査、水文調査に際しては、LWUA計画部は主任技師1名、技手2名を派遣し、JICA調査団の現地調査の円滑化を図るとともに、各種調査を共同実施した。特にフィリピンではあまり普遍的でないウエンナー法による電気探査作業および解析作業にも習熟し、今後の活躍が期待される。また、1989年(Phase II) 4月~8月の間、LWUA建設部は、主任技師1名、機長2名、助手8名(運転手含む)を、現場に派遣駐在させて、前期の観測井5本、試験井2本の掘削作業を通じて、新型試錐機の取扱に慣れさせ、今後彼等単独にても、充分各地の試錐調査に従事できるようになった。

4. 施設の概念設計

4. 1 施設の概念設計

水道施設の概念設計は次の様な基本方針に基づいて計画する。

- (1) 水道施設のシステムは既存の施設状況とフィリピン国地方水道公社(LWUA)の施設計画マニュアルによって計画する。
- (2) 施設の規模および改善計画は目標年次(1995年)における計画給水人口および計画給水量を基として決定する。
- (3) 本調査によって計画される施設は、水源施設、導送水施設、配水池、配水本管等の主要施設について行う。
- (4) 水源開発計画は安定的かつ通常の場合浄水処理の必要のない水源として、深井戸による地下水使用を第一義とし、これが困難な場合には、湧水、河川伏流水を使用するものとする。

4. 2 計画目標年次、計画給水区域、計画給水人口

- (1) 施設設計における計画目標年次は中期的な整備、改善計画としてLWUAとの協議の結果、1995年と設定した。
- (2) 計画給水区域は各町(ミュニシパリティ)内の人口が集中しているポブラシオンおよび場合によりその隣接バラングイまでを原則とし、次のように設定する。

Malay	:	Poblacion, Bgy. Dumlog
Ibajay	:	Poblacion
New Washington	:	Poblacion
Kalibo	:	Poblacion, Bgy. Andagaw, Bacho Sur, New Buswang, Old Buswang, Estancia, Pook
Banga	:	Poblacion
Ivisan	:	Poblacion, Bgy. Agmalogo
Pontevedra	:	Bgy. Ilawod, Ilaya, Tacas

Pilar	:	Poblacion
Sara	:	Poblacion
Lambunao	:	Poblacion
Leon	:	Poblacion
Miagao	:	Poblacion
Jordan	:	Poblacion, Bgy. Rizal, Hoskyn

(3) 計画給水人口

計画給水人口は計画給水区域内人口を国家経済開発庁(NEDA)が作成した2,000年までの各年のコミュニティ別人口予測と1980年国勢調査人口統計による区域別人口比率に基づいて算定し、水道普及率をポブラシオン内で80%およびバランガイ内で40%として算定するものとした。

この結果、各町の計画給水人口は次のように設定した。

Malay	:	850 人
Ibajay	:	2,140 人
New Washington	:	4,310 人
Kalibo	:	21,700 人
Banga	:	1,952 人
Ivisan	:	4,070 人
Pontevedra	:	4,110 人
Pilar	:	2,050 人
Sara	:	3,750 人
Lambunao	:	3,630 人
Leon	:	3,790 人
Miagao	:	7,210 人
Jordan	:	5,990 人

4. 3 原単位水量、計画給水量

現在の原単位量を、LWUAのマニュアルおよび1987年にJICAによって実施された「地方水道計画フェージビリティスターディ」に基づいて、90~115 ℓ/人・日と推定し、目標年度(1995年)における各原単位を次のように設定した。

- 家庭用水 : 1988年~1990年間の増加率を 2.0%、1990年~1995年間の増加率を 1.5 %として、100 ~130 ℓ/人・日とする。
- 営業用水 : 給水栓数を居住者 100人当たり 1.2栓とし、1栓当たりの用水量を 1.4 m³/日とする。
- 公共施設用水 : 給水栓数を居住者 2,000人当たり 1.0栓とし、1栓当たりの用水量を 5.2m³/日とする。

計画給水量は上記原単位水量および計画給水人口によって日平均給水量を算定し、日最大給水量および時間最大給水量はLWUAのマニュアルにより、次の倍率で設定した。

日最大給水量 : 日平均給水量×1.30 (給水人口30,000人以下)

時間最大給水量 : 日最大給水量×C

$$C = 2.2 - 0.3 \times \log(\text{給水人口} / 1,000)$$

不明水量 : 全てが新設管の場合 25%

既設管と併用の場合 40%

上記の算定根拠によって設定された各町の原単位水量および計画給水量は次のとおりである。

町名	単位家庭用水量 ℓ/人・日	日平均給水量 m ³ /日	日最大給水量 m ³ /日	時間最大給水量 m ³ /日
Malay	100	145	189	419
Ibajay	112	468	608	1,280
New Washington	112	755	982	1,970
Kalibo	130	4,302	5,600	10,080
Banga	112	345	449	934
Ivisan	112	900	1,170	2,360
Pontevedra	100	658	860	1,740
Pilar	100	408	530	1,120
Sara	112	825	1,070	2,170
Lambunao	100	577	750	1,520
Leon	100	603	780	1,580
Miagao	112	1,597	2,070	4,020
Jordan	100	1,190	1,550	3,050

4. 4 施設概要

(1) 水源施設

既存水源の供給能力が目標年度における計画給水量を下廻る場合は、これらの補強水源または代替水源として、深井戸による地下水開発を第一義とするが、これが困難と想定された場合は、湧水、山間地表流水および河川伏流水による水源開発を行うものとした。この結果、各町の水道水源は次のように計画した。

深井戸 : Kalibo, New Washington, Banga, Pontevedra
河川伏流水 : Ibajay, Lambunao, Leon, Miagao
湧水／表流水 : Malay, Ivisan, Pilar, Sara, Jordan

(2) 導水、送配水施設

既存水道施設が無い町については、全施設を新設するものとし、既存水道施設がある町については、既存施設の能力および現在状況を検討して改善、改造を行うものとした。

配水施設に対しては、給水区域内の配水本管のみとし、給水管、給水栓等は本計画から削除した。

なお、各町における施設概要は次のとおりである。

町名	取水設備	導送水設備	配水池	配水管
Malay	取水樹 4ヶ所	PVC. ϕ 100mm (改修) $\ell = 800\text{m}$ PVC. ϕ 100mm (新設) $\ell = 880\text{m}$	地上式 RC造 $V = 18\text{m}^3, 30\text{m}^3$ 2ヶ所	PVC. ϕ 150mm ~ ϕ 100mm $\ell = 3,650\text{m}$
Ibajay	河川集水埋 管, 取水ポ ンプ設備	PVC. ϕ 150mm $\ell = 3,000\text{m}$	高架式 RC造 $V = 99\text{m}^3$	PVC. ϕ 150mm ~ ϕ 100mm $\ell = 4,700\text{m}$
New Washington	—— (Kalibo と 共用)	増圧ポンプ設備 PVC. ϕ 150mm $\ell = 8,000\text{m}$	高架式 RC造 $V = 154\text{m}^3$	PVC. ϕ 150mm $\ell = 1,600\text{m}$
Kalibo	深井戸 2ヶ所 取水ポンプ 設備 2ヶ所	SP. ϕ 200mm $\ell = 5,600\text{m}$ PVC. ϕ 150mm $\ell = 2,000\text{m}$	高架式 RC造 $V = 680\text{m}^3,$ $V = 380\text{m}^3,$ 2ヶ所	SP. ϕ 200mm ~ PVC ϕ 150mm $\ell = 10,600\text{m}$
Banga	深井戸 (改修) 取水ポンプ 設備 (新設)	——	高架式鋼板製 $V = 110\text{m}^3,$ (改修)	SP. ϕ 200mm ~ PVC ϕ 150mm $\ell = 3,100\text{m}$
Ivisan	取水堰 改修 2ヶ所 新設 1ヶ所	PVC. ϕ 150mm ~ ϕ 100mm $\ell = 9,350\text{m}$	地上式 RC造 $V = 126\text{m}^3$	SP. ϕ 200mm ~ PVC ϕ 108mm $\ell = 4,150\text{m}$
Pontevedra	深井戸取水 ポンプ設備	PVC. ϕ 150mm $\ell = 500\text{m}$	地上式 RC造 $V = 87\text{m}^3$	PVC. ϕ 150mm ~ ϕ 100mm $\ell = 3,900\text{m}$
Pilar	取水堰 改修 2ヶ所 新設 1ヶ所	PVC. ϕ 150mm ~ ϕ 100mm $\ell = 16,600$	地上式 RC造 $V = 115\text{m}^3$ (改修) $V = 100\text{m}^3$ (新設)	PVC. ϕ 150mm ~ ϕ 100mm $\ell = 10,850\text{m}$
Sara	取水堰 改修 2ヶ所 新設 1ヶ所	SP. ϕ 200mm ~ PVC. ϕ 100mm $\ell = 12,270\text{m}$	地上式 RC造 (改修) $V = 300\text{m}^3 \times 2$ ヶ所 $V = 62\text{m}^3$ (新設)	PVC. ϕ 150mm ~ ϕ 100mm $\ell = 3,550\text{m}$

町名	取水設備	導送水設備	配水池	配水管
Lambunao	河川集水埋管, 取水ポンプ設備	PVC. $\phi 150\text{mm}$ $\ell = 1,500\text{m}$ 中継ポンプ設備	地上式 RC造 $V = 108\text{m}^3$ 高架式RC造 $V = 85\text{m}^3$	SP. $\phi 200\text{mm}$ ~PVC. $\phi 150\text{mm}$ $\ell = 2,700\text{m}$
Leon	河川集水埋管, 取水ポンプ設備	PVC. $\phi 150\text{mm}$ $\ell = 1,100\text{m}$	地上式 RC造 $V = 100\text{m}^3$	PVC. $\phi 150\text{mm}$ ~ $\phi 100\text{mm}$ $\ell = 2,700\text{m}$
Miagao	河川集水埋管, 取水ポンプ設備	SP. $\phi 200\text{mm}$ $\ell = 700\text{m}$	地上式 RC造 $V = 450\text{m}^3$ (改修) 高架式RC造 $V = 90\text{m}^3 \times 2$ ヶ所	SP. $\phi 200\text{mm}$ ~PVC $\phi 150\text{mm}$ $\ell = 3,100\text{m}$
Jordan	取水樹8ヶ所 取水堰1ヶ所 深井戸1ヶ所 取水ポンプ設備5ヶ所	PVC. $\phi 150\text{mm}$ ~ $\phi 100\text{mm}$ $\ell = 6,200\text{m}$	地上式RC造 $V = 75\text{m}^3$, 108m^3 2ヶ所 高架式RC造 $V = 25\text{m}^3$ $18\text{m}^3, 30\text{m}^3$ 3ヶ所	PVC. $\phi 150\text{mm}$ ~ $\phi 100\text{mm}$ $\ell = 5,200\text{m}$

4. 5 概算工事費

(1) 工事単価

工事単価は1989年1月にLWUAが設定した水道設備建設単価表を使用し、これに記載されていない事項については、1983年に作成された水道計画フィージビリティスタディー内の基準単価表を利用して、LWUAが採用している物価上昇率によってスライドアップして設定した。

(2) 概算工事費

上記単価によって算定された各町の概算工事費は次のとおりである。

Malay	:	2,244.8	(千ペソ)
Ibajay	:	5,825.8	
New Washington	:	8,217.0	
Kalibo	:	21,188.9	
Banga	:	2,274.8	
Ivisan	:	8,976.7	
Pontevedra	:	2,924.7	
Pilar	:	15,617.4	
Sara	:	9,702.3	
Lumbunao	:	5,908.0	
Leon	:	3,542.7	
Miagao	:	4,730.9	
Jordan	:	11,820.7	

計 102,974.9

(722.0 百万円, または4.96百万米ドル)

(ただし、US\$ 1.00 = 145.7円 = 20.78 ペソ、1989年9月レート)

なお、概算工事費には用地買収費、補償費、事務費等の間接経費は含まないものとする。

II. 水文地質調查

A. マライ町 (アクラン県)

1. 潜在水源の分析

1. 1 地形・地質

マライ町はパナイ島の北西部に位置し、主に山地からなり、狭い海岸平野がシブヤン海に面して広がっている。

付近の地質は、Fig. A-2 に示したように時代未詳 (ジュラ紀以前と言われている) の珪岩・黒色粘板岩等からなり、その走向傾斜は、N30° E、40° SEである。この基盤岩を覆って新第三紀に属する石灰岩が急崖にて海岸に臨んでいる。石灰岩はカルスト地形を呈し、地表の所々にドリーネが認められる。沖積層は海岸平野を形成するほか、マライ川沿いに狭く分布する。

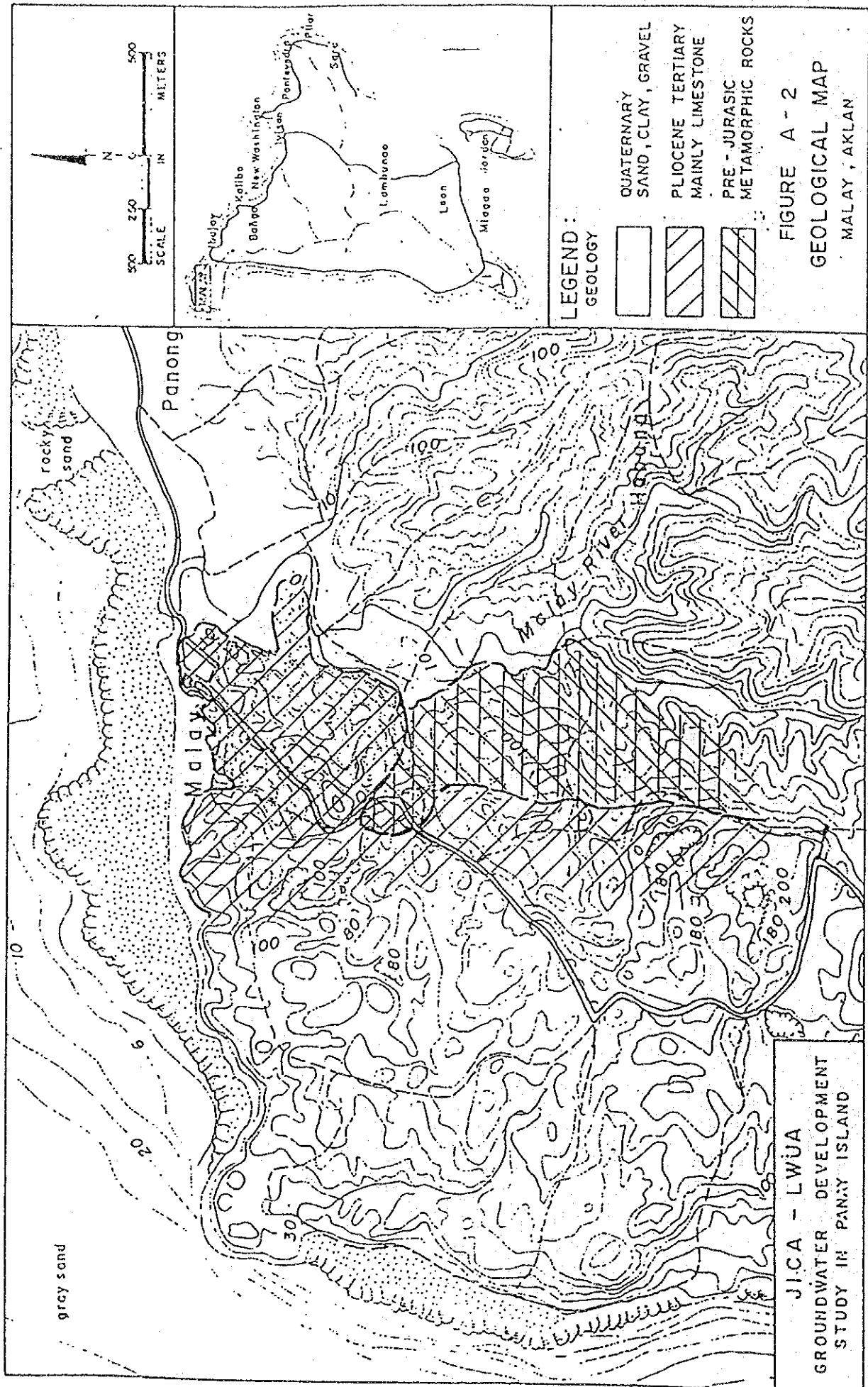
1. 2 既存水源

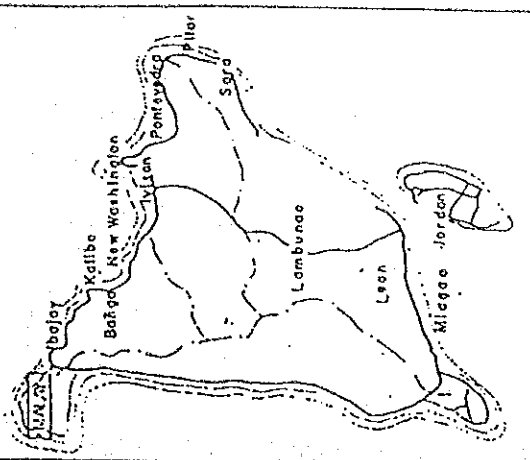
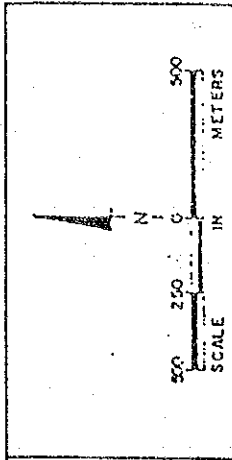
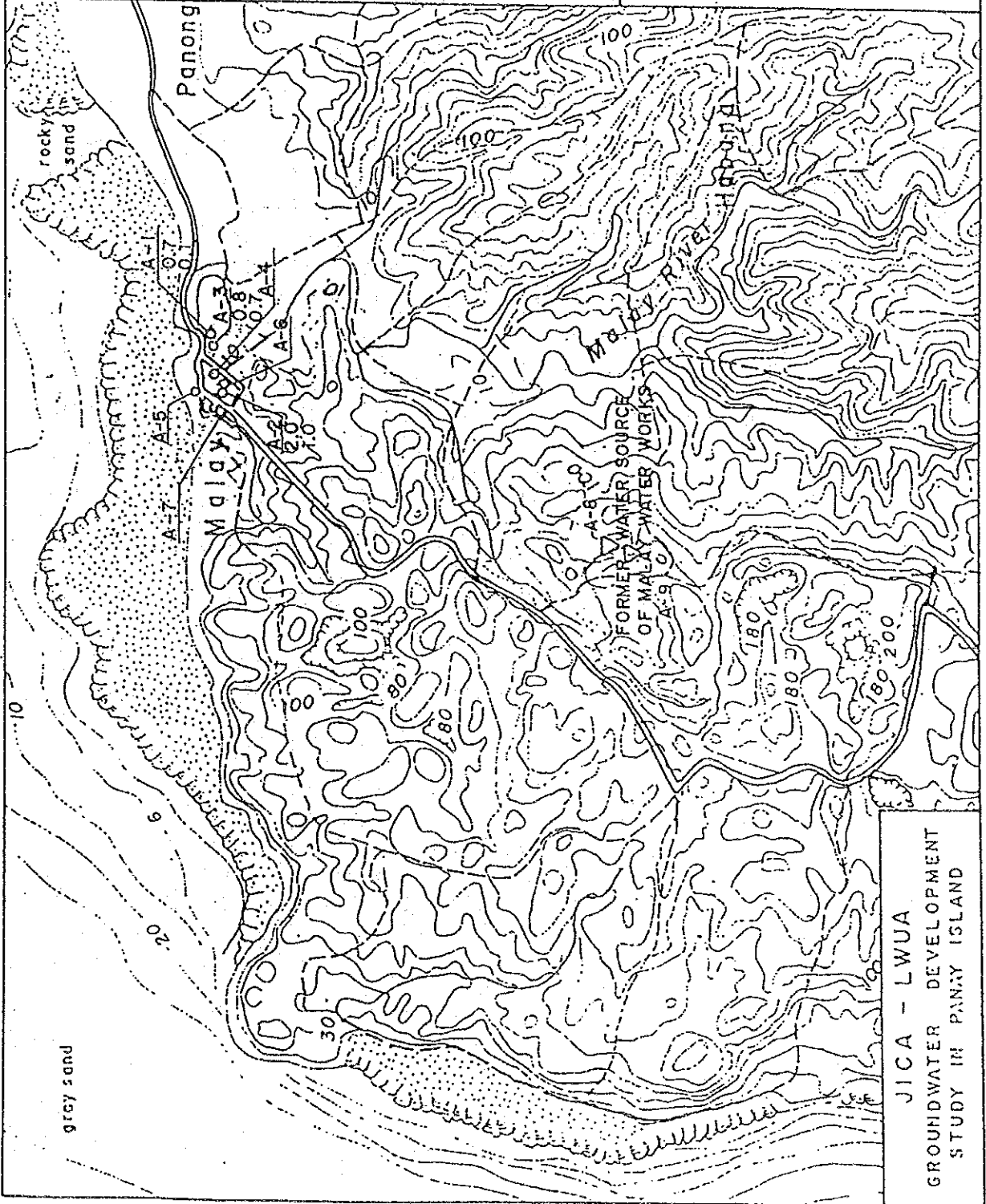
ボブラシオンの南西約 1.5kmの石灰岩中に 2つの湧泉があるほかは、全て浅井戸である。これらの位置はFig. A-3 に図示してある。

表 II A-1 湧泉・井戸調査表

水源 No.	位置	地質	井戸の 深さ m	井戸の 標高 m	井戸静水位				備考
					乾期		雨期		
					水位高 m	水位 標高 m	水位高 m	水位 標高 m	
A-9 湧泉 (上流側)	ボブラシオン南 西約 1.5 kmの山地	石灰岩	—	—	—	—	—	—	乾期湧出量 280 m ³ /日 雨期湧出量 850 m ³ /日
A-9 湧泉 (上流側)	"	"	—	—	—	—	—	—	乾期湧出量 370 m ³ /日 雨期湧出量 560 m ³ /日
A-1	ボブラシオン	沖積層	5.28	1.6	-0.87	0.7	-1.51	0.1	
A-2	"	"	2.16	2.5	-0.46	2.0	-1.50	1.0	
A-3	"	"	4.79	2.0	-1.17	0.8	-1.32	0.7	

注) 標高は 1/50,000地形図と補足測量に基づく (以下同じ)





LEGEND:

- SHALLOW WELL
- ▽ SPRING
- SURFACE WATER
- A-1 JICA LWUA SOURCE NO. (AMSL, M)
- 0.7 DRY SEASON - UPPER
- 0.1 RAINY SEASON - LOWER

FIGURE A-3

MAP OF INVESTIGATED WATER SOURCES MALAY, AKLAN

JICA - LWUA
GROUNDWATER DEVELOPMENT
STUDY IN PANY ISLAND