

1. 3 潜在水源の調査

1. 3. 1 電気探査結果の評価

調査地域は樹木の繁った急な山地であり、しかも地質が石灰岩地帯であるために、電気探査を実施するには不適當であり中止した。

1. 4 水質分析

Fig. A-3 に示した地点における湧泉・井戸の水質に関する試験を行った結果は表 II A-2 の通りである。

表 II A-2 水質分析結果

	水源 No.	所有者	水温 ℃	pH	電気 伝導度 μS/cm	全鉄 ppm	マンガン ppm	アンモニウム 性窒素 ppm	備考	
乾 期	A-1	DPWH 01-1-87-06	27.2	7.0	234	nil	nil	nil		
	A-4	DPWH 3-60-9	28.6	7.7	540	nil	nil	nil		
	A-5	個人浅井戸	28.0	7.5	580	nil	nil	nil		
	A-6	"	32.8	7.8	900	nil	nil	nil		
	A-7	"	29.0	7.7	760	nil	nil	nil		
	A-8 湧泉	共同	27.0	7.6	500	nil	nil	nil		
	雨 期	A-1	(上 記)	27.6	7.2	755	2.0	-	nil	
		A-2	個人浅井戸	30.4	8.1	420	0.5	-	0.4	
A-3		"	29.2	7.2	750	0.2	-	nil		
A-4		(上 記)	28.6	7.5	460	-	-	-		
A-5		(")	30.5	7.9	1,000	nil	-	0.4		
A-6		(")	28.5	7.3	500	-	-	-		
A-7		(")	28.6	7.4	750	-	-	-		
A-8 湧泉		(")	26.5	7.6	400	0.4	-	nil		
A-9 湧泉		共同	26.3	7.2	420	nil	-	1.2		

2. 結論と要望事項

結論的には、石灰岩地帯における裂か水を試錐料により調査することは難しい。まして急峻な山地へ大型試錐機を搬入することは、大変なことである。従って当面の飲料水源の確保には、現在水源から下部施設に至る途中で切断されている配水管の修理と、給水システム全体を修復することが肝要と考える。

B. イバハイ町(ア克蘭県)

1. 潜在水源の分析

1. 1 地形・地質

イバハイ町はイバハイ川の左岸に広がる広大な沖積平野上にあり、市街地は三角州上に位置する。イバハイ川の東岸は山地からなり、西岸は平野部を隔ててゆるい丘陵状の低い山地が広がる。

調査地域の地質はFig. B-2に示したように、イバハイ川東岸には新第三紀中期の砂岩、礫岩、頁岩互層が一部に石灰岩を伴って分布する。また西岸は新第三紀後期の頁岩、砂岩、礫岩と火山岩の互層からなる。このようにイバハイ川を境に地質構成が著しく異なっており、南北系の断層破碎帯の存在が予測される。沖積層は、これらの基盤岩類を覆って、イバハイ川沿いに広い沖積平野を形成している。

1. 2 既存水源

ポブラシオンには1979~1980年に、USAIDにより掘られた36mの深井戸があり、イバハイ水道組合により管理されているが、若干の鹹味と鉄分を含むため、住民は飲用に使用していない。ポブラシオンの周辺には数本の自噴井(0.15ℓ/秒)があるが、硫化水素臭を有し、鉄分、アンモニア性窒素の含有量が多い。

この他イバハイ川東岸の石灰岩中には小規模な湧泉があり、また沖積平野には自噴する深井戸と、数多くの浅井戸が存在する。またポブラシオンの北西約6km地点に安山岩の裂かから湧出しているアンチポロ湧泉があるが、水量もあまり多くなく、かつポブラシオンからの距離が遠すぎる。これらの位置はFig. B-3に示してある。

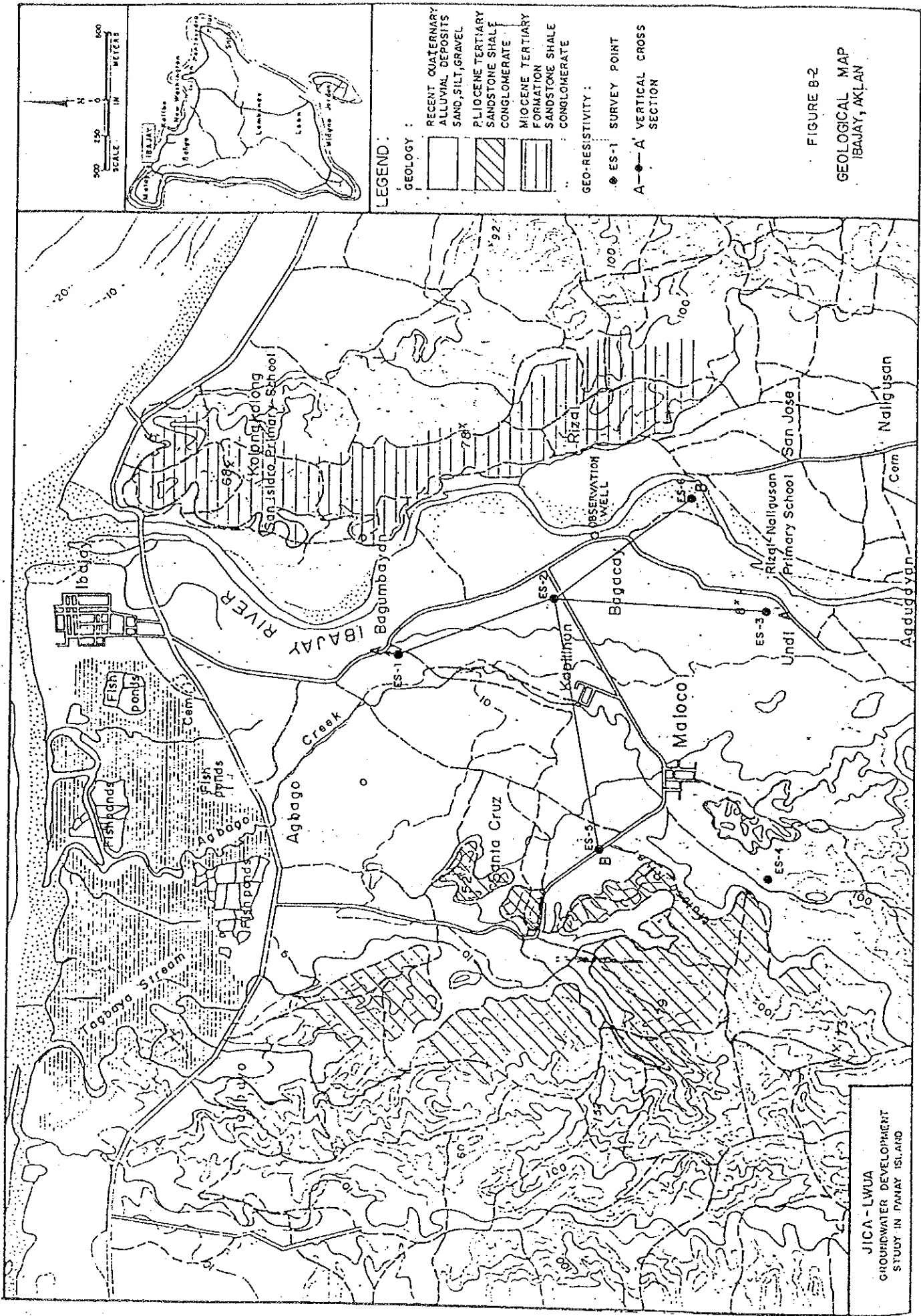


FIGURE B-2
GEOLOGICAL MAP
IBAJAY, AKLAN

JICA - LWUA
GROUNDWATER DEVELOPMENT
STUDY IN PANAY ISLAND

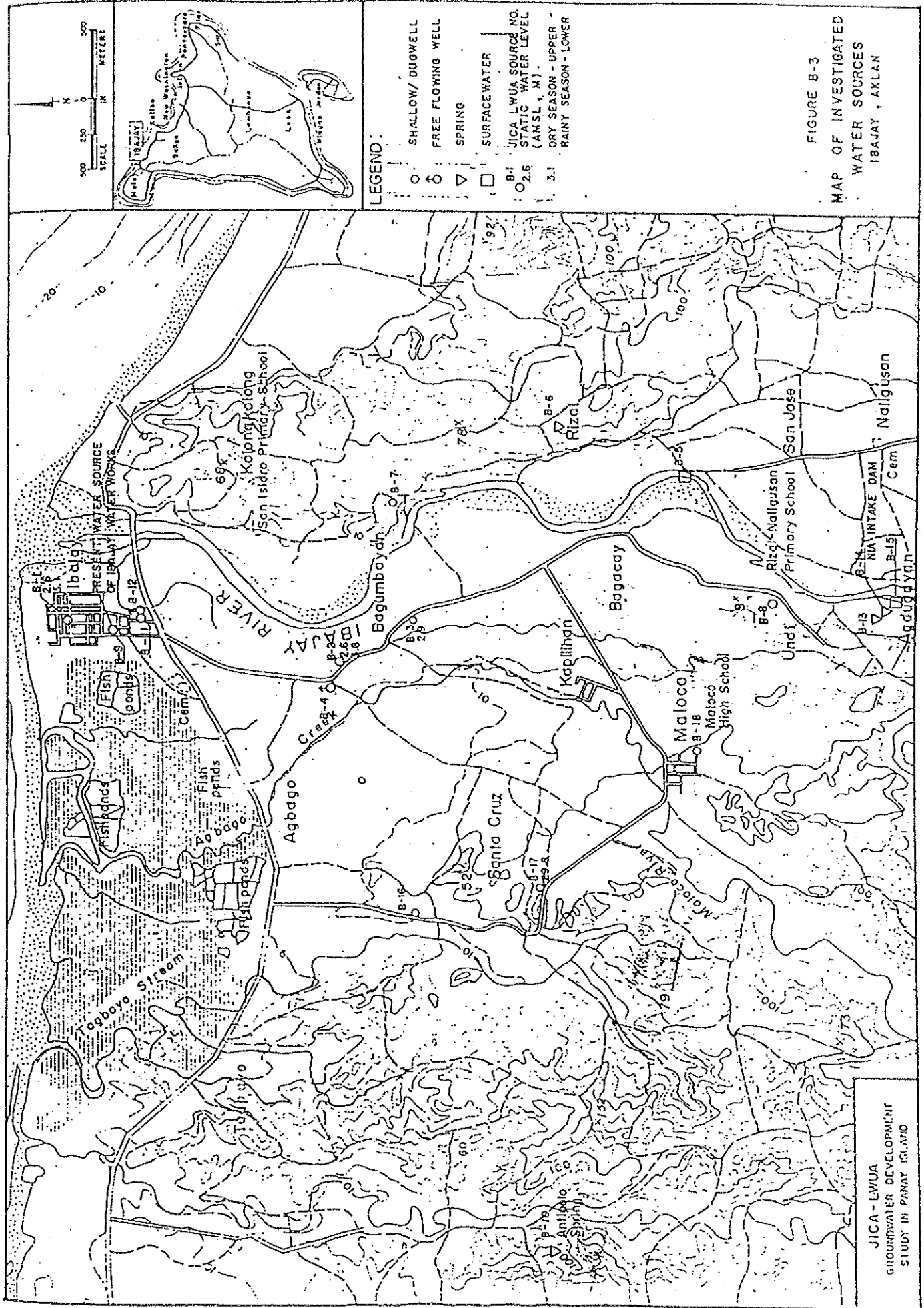


FIGURE B-3
 MAP OF INVESTIGATED
 WATER SOURCES
 IBAJAY, AKLAN

- LEGEND:
- SHALLOW/ DUGWELL
 - ◊ FREE FLOWING WELL
 - ▽ SPRING
 - SURFACE WATER
 - B-1 JICA LWUA SOURCE NO.
 - 2.6 STATIC WATER LEVEL (AMSL, M).
 - 3.1 DRY SEASON - UPPER
 - RAINY SEASON - LOWER

JICA - LWUA
 GROUNDWATER DEVELOPMENT
 STUDY IN PANAY ISLAND

表ⅡB-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	
B-10湧泉 (1)	ボラシンの 南西 6 km	安山岩	—	—	—	—	—	—	乾期湧出量 35m ³ /日
B-10湧泉 (2)									乾期湧出量 86m ³ /日
B-1	ボラシン	沖積層	3.22	4.0	-1.41	2.6	-0.93	3.1	
B-2	ボラシンの 北 1.7km	〃	4.81	5.0	-2.41	2.6	-1.22	2.8	
B-3	ボラシンの 北 2.0km	〃	5.26	6.0	-3.12	2.9	—	—	
B-17	バランガイ、 サンタクルス	〃	14.35	30.0	—	—	-0.25	27.8	

1. 3 潜在水源の調査

1. 3. 1 電気探査結果の評価

電気探査はFig. B-3に示した地点において実施された。測定された $\rho-a$ 曲線の解析結果(表ⅡB-2の一覧表に示した)と、地表踏査の結果からES-5地点を試錐候補地点として推した。

表 II B - 2 電気探査解析結果

測点 No.	標高 (海拔) m	地 形	比 抵 抗 層													
			1		2		3		4		5		6		7	
			ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m
ES-1	5	沖積平野	10	2	7	3.4	13	32	25	-	-	-	-	-	-	
ES-2	6	"	10	4.2	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ES-3	8	"	20	0.5	13	4	27	25	44	-	-	-	-	-	-	
ES-4	35	段 丘	34	2.2	102	8	18	42	34	62	13	-	-	-	-	
ES-5	30	"	28	1.2	19	3	126	7	31	17.5	73	32	5	90	72	
ES-6	5	沖積平野	170	4.2	17	40	27	-	-	-	-	-	-	-	-	

1. 3. 2 観測井掘削

野外調査の結果に基づき電気探査ES-5地点付近に観測井を掘削するよう町当局と接渉していたが、地主の諒承が得られず、ES-6の下流 0.6kmの地点に観測井を掘削した。

観測井は1989年5月22日～30日の間、鉦研Model OE-8L2を使用して、70.35 mを掘削した。井戸柱状図はFig. B - 6に示したように、27.7m～34.5m、51.5m～59.5mの間に砂礫層を挟むが水量が少なく、水道水源としては期待できないことが判明した。0.8 m～7.45mの間の砂礫層にはイバハイ川の伏流水が多量に在し、水道水源として考慮に値する。

1. 3. 3 井戸の設計

観測井にはFig. B - 7に示したように、φ2"の一部孔あき PVCケーシングパイプ60mをセットした他、口元にキャップをとりつけ、将来とも観測孔として使用できるように保存してある。

FIG.-B-6 OBSERVATION WELL DATA

SCALE :

LOCATION : IBAJAY, AKLAN

WELL NO. : 1 DEPTH : 70.35^m DIAMETER : Ø 110mm CASING PIPE : Ø 50mm PVC

DATE : 20 TO 30 MAY, 1989

TOTAL DAYS: 10

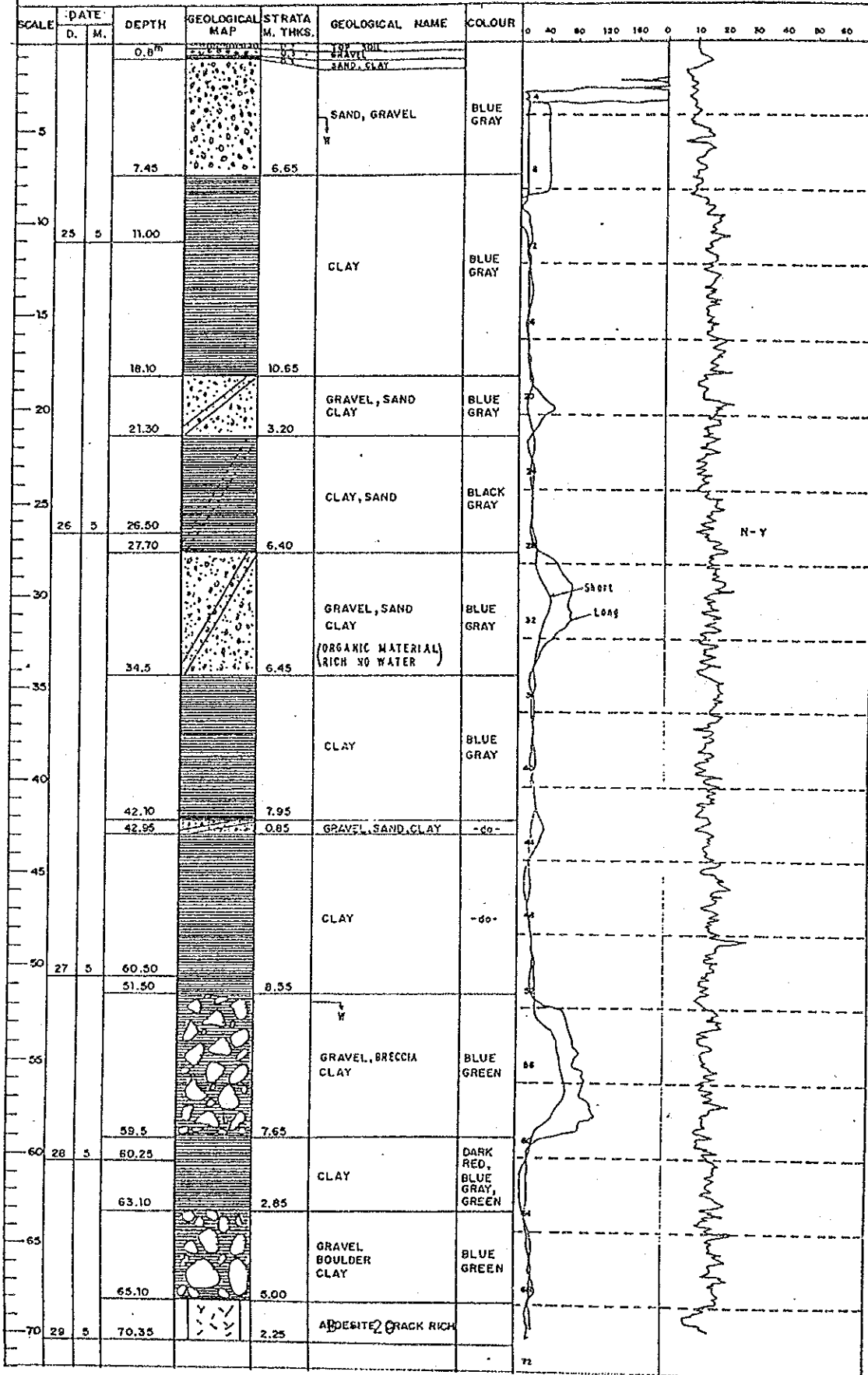
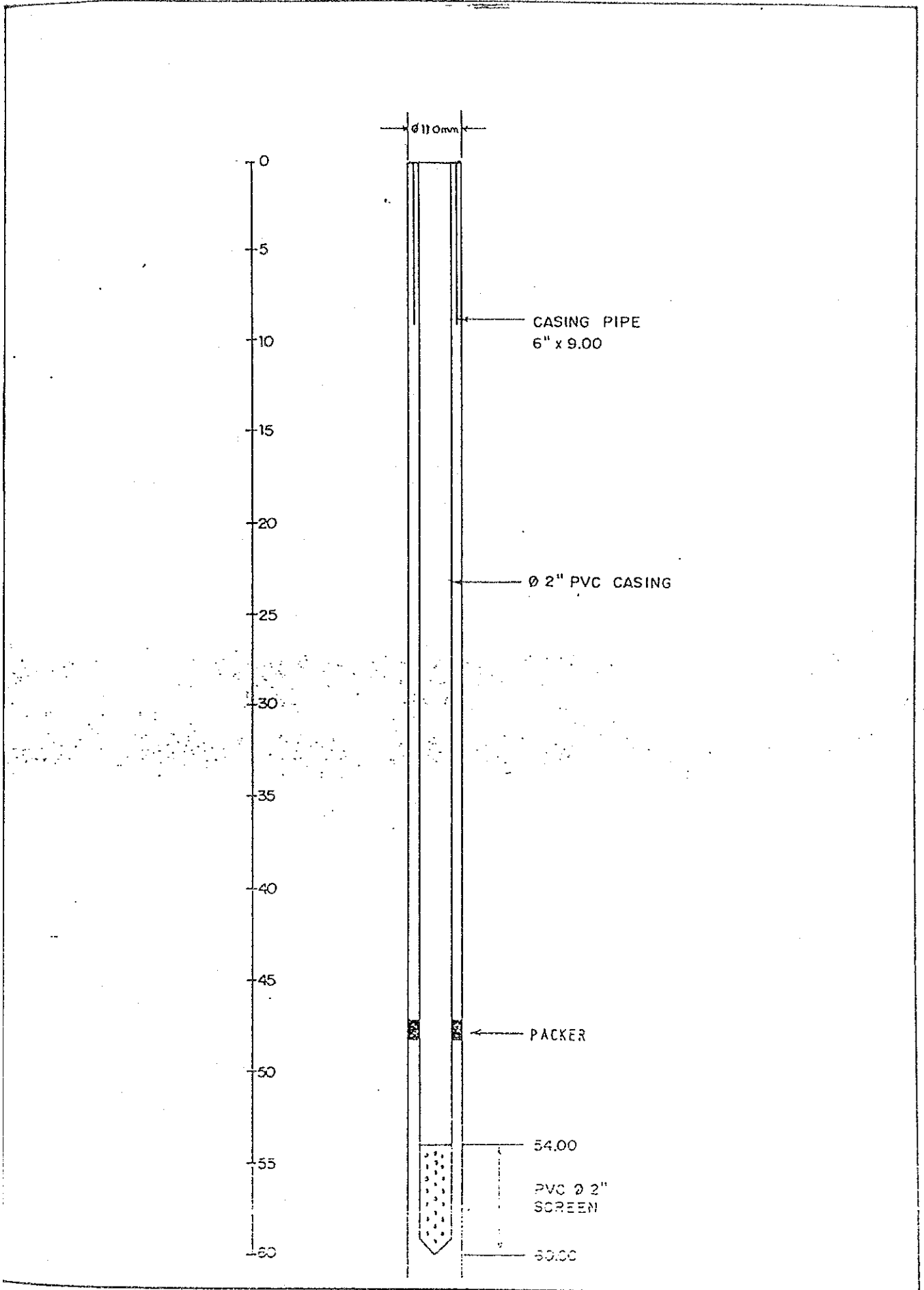


FIG. B-7 WELL DESIGN OF OBSERVATION WELL AT IBAJAY



1. 4 水質分析

Fig. B-3 に示した地点における湧泉・井戸の水質の試験結果は、表 II B-3 に示したとおりである。

表 II B-3 水質分析結果

	水源 No.	所有者	水温 ℃	pH	電気 伝導度 μS/cm	全鉄 ppm	マンガン ppm	アンモニア 性窒素 ppm	備考	
乾 期	B-4 自噴井	個人	28.6	7.4	720	0.2	—	<8	塩水侵入と 有機物の分解によるアン モニアが生成 している もと自噴し ていた	
	B-5 ハカイ川	—	32.7	8.6	220	nil	nil	nil		
	B-6 湧泉	共同	27.0	7.3	600	nil	nil	nil		
	B-7	ツ-ポンダ 小学校	29.5	7.5	650	<0.2	—	nil		
	B-8	DPWH 06-1-86-4	29.5	7.5	550	10<	1	5		
	B-9	町水道組合	30.5	8.1	1,800	1	0.5	10<		
	B-10 湧泉 (アンチ和)	共同	26.5	8.2	270	nil	nil	nil		
	B-11	公設市場	28.7	7.8	320	0.2	nil	4		
	B-12 自噴井	個人	28.0	7.8	540	0.2	nil	4		
	B-13 湧泉 (ヤブカヨ)	共同	27.0	7.2	350	—	—	—		
	B-14 湧泉	—	27.5	7.5	385	—	—	—		
	B-15 (NIA 水路表流水)	—	31.5	8.1	295	—	—	—		
	雨 期	B-4	(上 記)	28.2	7.3	490	0.5	—		< 8
		B-6	(")	26.6	7.3	510	—	—		—
		B-7	(")	28.4	7.7	445	0.2	—		nil
B-9		(")	27.0	8.1	1,090	0.2	—	8.0		
B-11		(")	28.0	7.9	500	nil	—	3.2		
B-12		(")	27.6	8.0	620	0.2	—	4.0		
B-16		個人	27.6	7.2	490	—	—	—		
B-17		"	27.5	7.5	510	—	—	—		
B-18		アロ高校	28.0	7.5	505	nil	—	nil		

2. 結論と要望事項

今回掘削した観測井は当初予定した位置と異なるため、電気探査結果を実証できなかったが、将来再び深井戸を掘削する時は、さらに電気探査により精査の上、予定地を決定することが望ましい。

C. ニュー・ワシントン町（アクラン県）

1. 潜在水源の分析

1. 1 地形・地質

ニュー・ワシントンのポブラシオンは、海岸線に沿った狭長な砂州の上に位置する。砂州は幅 300m～500m、長さ10kmにおよび、標高は5m未満で、シブヤン海に臨んでいる。ポブラシオンの後背地には、湿地帯が広く拡がり、更にその奥は、水田地帯となっている。

砂州は砂質、シルト質堆積物よりなり、湿地はシルト、PEATから構成されている。Fig. C-2 に地質および電気探査測定点を示した。

1. 2 既存水源

1980年にMPWHによりポブラシオンに90mの深井戸が掘られたが、塩水侵入により飲用とはならず、給水システムは運転していない。したがって住民は浅井戸に依存している。これらの位置はFig. C-3に示した。

表 II C-1 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	
C-1 (DPWH Level II)	ポブラシオン	砂、シルト	2.93	2.1	-1.98	0.1	-1.36	0.7	
C-2 (水産大学の付近)	"	"	2.87	2.7	-2.43	0.3	-1.30	1.4	
C-3 (ナガ中央)	"	"	2.51	2.9	-2.37	0.5	-1.42	1.5	
C-4 (ナガ横)	"	"	2.40	2.5	-2.01	0.5	-1.13	1.4	
C-5 (町役場付近)	"	"	2.95	2.5	-2.38	0.1	-2.27	0.2	

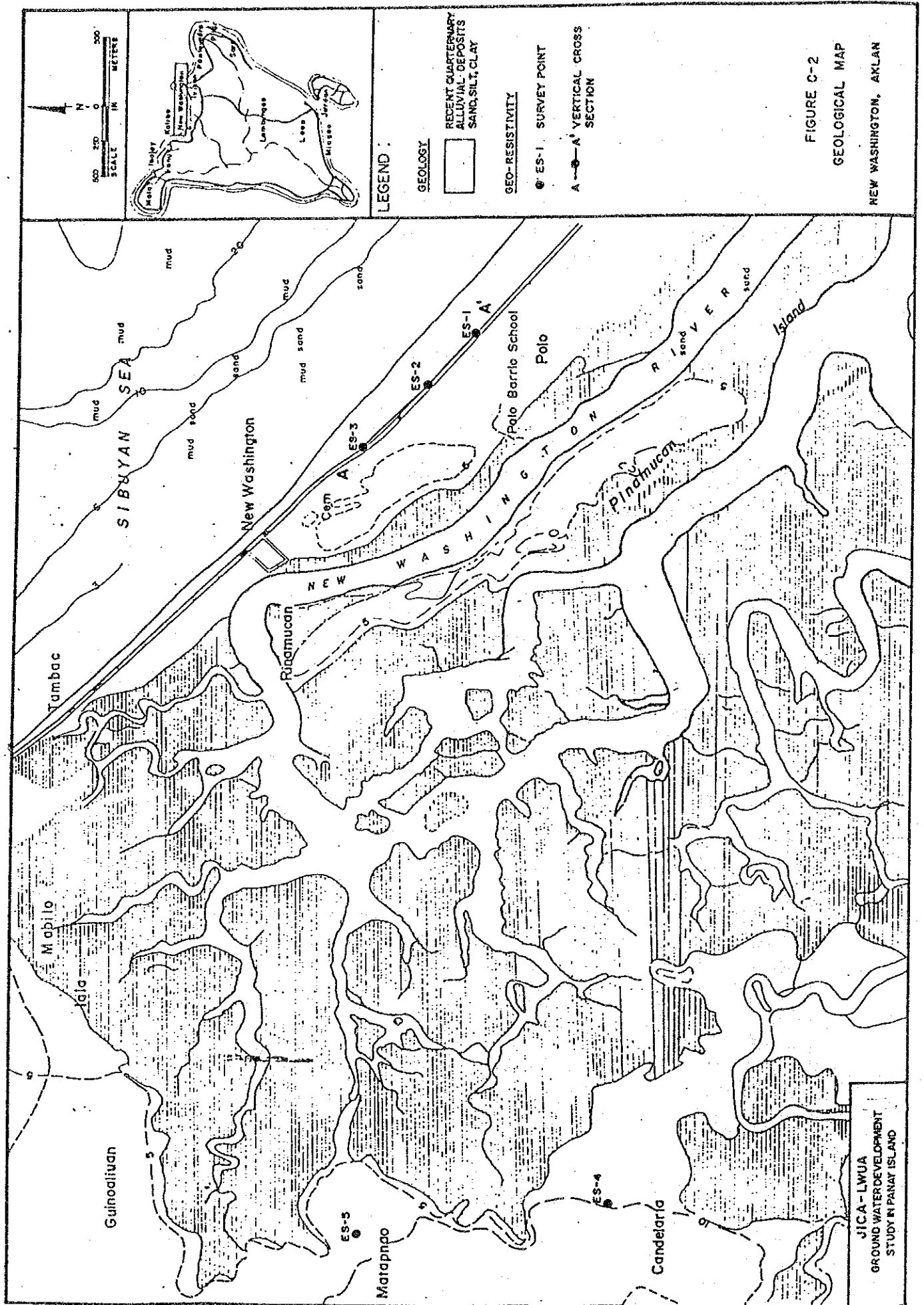


FIGURE C-2
 GEOLOGICAL MAP
 NEW WASHINGTON, Aklan

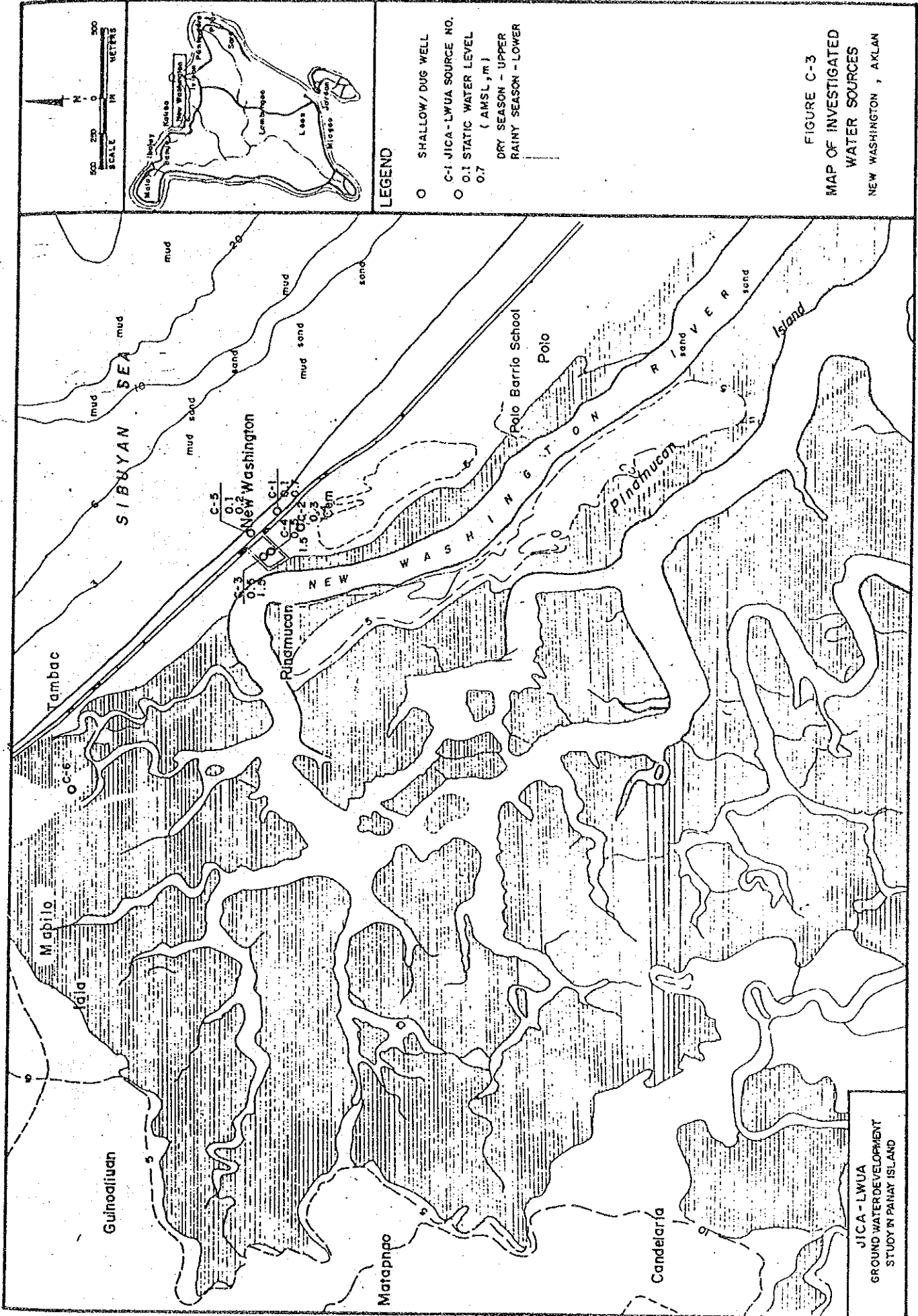


FIGURE C-3
 MAP OF INVESTIGATED
 WATER SOURCES
 NEW WASHINGTON, AKLAN

JICA - LWUA
 GROUND WATER DEVELOPMENT
 STUDY IN PANAY ISLAND

1. 3 潜在水源の調査

1. 3. 1 電気探査結果の評価

電気探査はFig. C-2に示した地点において実施された。 $\rho - a$ 曲線の解析結果を表II C-2に示したが、砂州の上では、地表下1.0m~3.0mで塩水の影響が認められる。後背地においても、比抵抗値は低く、塩分の多い湿地堆積物の厚いことがうかがわれる。したがって当地域では、深井戸により地下水開発することは難しいものと判断される。

表II C-2 電気探査解析結果

測点 No.	標高 (海拔) m	地 形	比 抵 抗 層											
			1		2		3		4		5		6	
			ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m
ES-1	2	砂 州	250	1.1	625	3.8	<<9	-	-	-	-	-	-	
ES-2	2	"	780	3	<<16	-	-	-	-	-	-	-	-	
ES-3	2	"	460	4.4	<<9	-	-	-	-	-	-	-	-	
ES-4	11	沖積平野	16	1.3	11	2.2	20	7	11	25	37	36	6	
ES-5	10	"	7	1.3	11	10	7	36	3	-	-	-	-	

1. 4 水質分析

Fig. C-3 に示した地点の井戸における水質の試験結果を、表 II C-3 に示した。

表 II C-3 水質分析結果

	水源 No.	所有者	水温 ℃	pH	電気 伝導度 μS/cm	全鉄 ppm	マンガン ppm	アンモニア 性窒素 ppm	備考
乾 期	C-4	共同	30.2	7.5	260	nil	nil	nil	
	C-6 (7月)	"	28.8	7.0	245	nil	-	0.8	
雨 期	C-2	共同	30.8	7.1	300	0.2	-	nil	
	C-4	"	29.3	7.4	250	nil	-	0.4	
	C-6	"	28.3	7.4	950	0.2	-	6.0	

2. 結論と要望事項

既述のとおり、当地域においては深井戸による地下水開発は困難なため、隣接のカリボ町より分水してもらって、給水することが最良の策である。

D. カリボ町 (ア克蘭県)

1. 潜在水源の分析

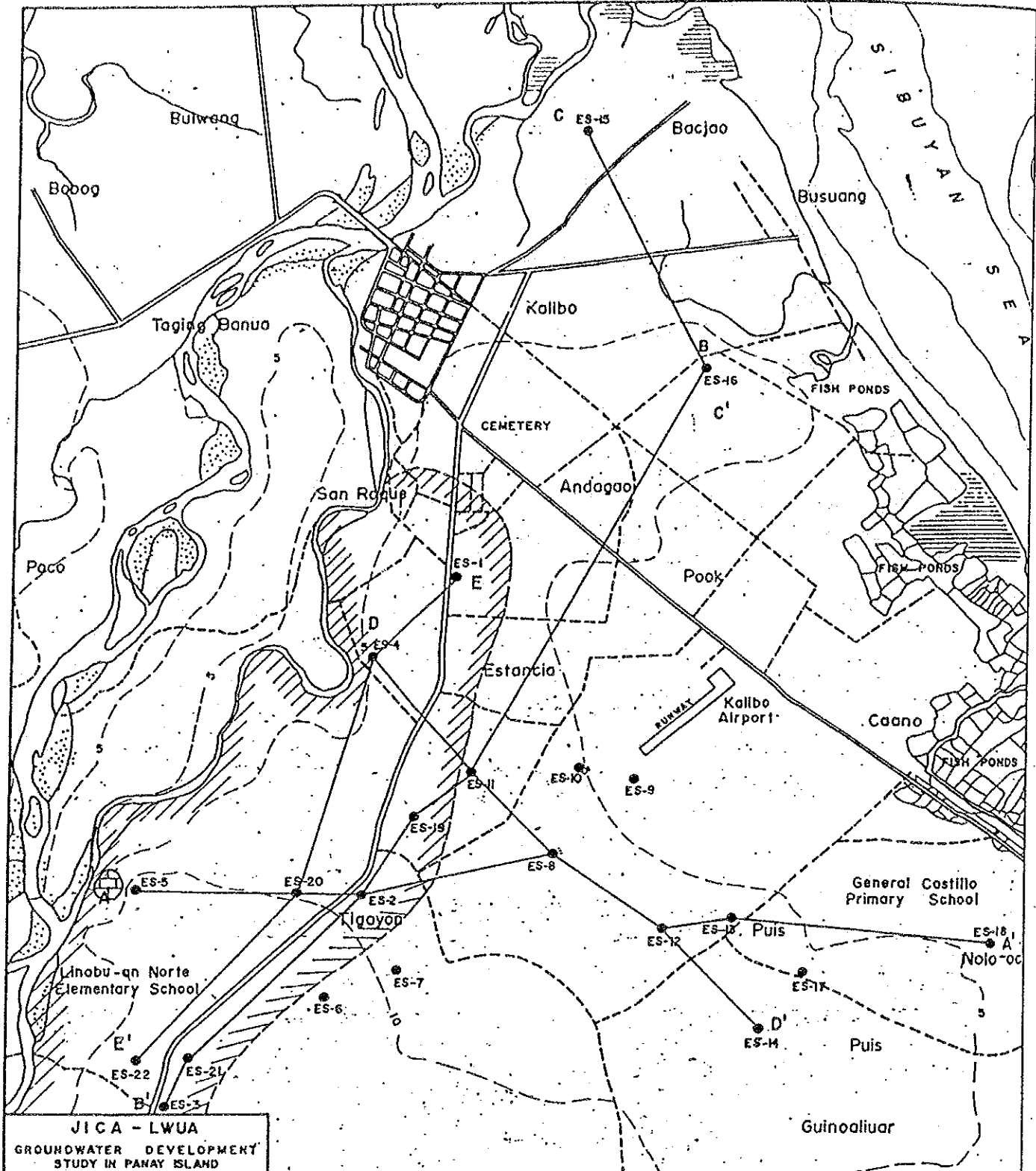
1. 1 地形・地質

カリボ町はア克蘭川の右岸に広がる広大な沖積平野上にあり、ポブラシオンはデルタの上に位置する。

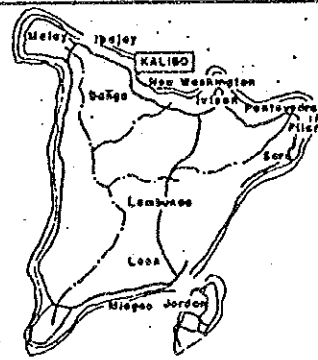
地質は厚い砂、粘土、礫からなる沖積層が広く分布する。ポブラシオンの上流4kmの川沿いの地点に、ティガヨンヒルと呼ばれる石灰岩の小丘があり、地質時代は新第三紀と言われているが、この他基盤岩は全く認められない。Fig. D-2に地質および電気探査測定点を図示した。

1. 2 既存水源

ア克蘭川の流域面積は852km²であり、乾期でも大量の水がシブヤン海に流れている。川幅も広く、深いこと、流水の早いことなどにより、流速計では測れないため、NWRCの報告から、ポブラシオンの上流15kmのロサリオ観測所の平均流出量を表II D-1に記した。



JICA - LWUA
GROUNDWATER DEVELOPMENT
STUDY IN PANAY ISLAND



LEGEND:

GEOLOGY

- ALLUVIAL DEPOSITS
SAND, CLAY, GRAVEL
- PLIOCENE TERTIARY
LIMESTONE

GEO RESISTIVITY

- SURVEY POINT
- VERTICAL
CROSS SECTION
- POTENTIAL
GROUNDWATER
RESOURCES

FIGURE D-2
GEOLOGICAL MAP
KALIBO, AKLAN.

表 II-1 AVERAGE DAILY DISCHARGE

(ANILAN RIVER at Rosario, Malinao, Aidan)

Unit: cu.m/sec

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1950	*****	*****	*****	*****	26.60	51.37	36.58	78.19	144.28	273.34	234.69	122.50
1951	110.70	89.16	89.85	43.38	120.57	98.26	141.86	141.10	122.66	171.42	328.14	
1952	161.33	80.20	70.45	30.88	51.70	69.33	152.57	146.60	117.75	315.92	245.91	368.67
1953	261.54	185.88	207.80	207.80	119.26	200.17	*****	185.16	178.23	178.41	*****	*****
1954	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
1955	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
1956	129.34	157.85	125.91	128.11	139.96	89.68	94.60	118.83	119.04	138.64	102.32	295.32
1957	262.91	122.92	58.62	103.51	31.65	32.59	131.01	110.56	125.77	103.62	96.66	74.89
1958	137.72	*****	*****	*****	*****	*****	90.22	79.92	55.32	145.58	*****	94.23
1959	94.76	42.77	112.46	35.78	54.26	69.06	114.54	95.49	51.12	86.64	192.44	197.57
1960	176.10	141.08	*****	*****	39.75	82.60	83.00	97.01	49.50	154.12	201.77	*****
1961	*****	*****	*****	*****	32.78	38.51	42.75	87.22	41.46	67.63	90.68	69.08
1962	96.13	95.60	72.46	24.71	27.32	41.47	89.46	127.10	127.61	86.51	126.87	142.15
1963	145.08	122.42	94.64	63.69	60.75	*****	59.66	96.12	89.19	84.54	117.76	108.37
1964	07.06	108.86	75.77	83.53	79.54	104.04	79.89	66.03	72.06	71.98	93.71	114.38
1965	78.95	71.86	69.35	61.25	51.72	46.29	*****	*****	56.20	82.31	81.19	121.54
1966	78.94	51.24	51.47	48.06	80.19	61.13	77.61	65.51	*****	*****	*****	*****
1967	137.12	83.46	61.76	28.93	22.78	35.55	48.65	49.47	36.87	44.84	87.81	70.84
1968	78.81	54.29	48.88	30.05	30.78	44.46	58.03	68.25	32.05	40.63	64.27	59.04
1969	38.61	20.32	11.57	9.79	15.64	30.29	73.20	73.35	62.37	56.59	56.86	105.38
1970	80.18	68.91	50.00	34.63	25.02	*****	39.19	46.17	46.17	50.45	88.80	96.80
1971	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
1972	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
1973	34.03	51.00	28.70	24.95	*****	*****	*****	84.11	72.72	83.19	*****	*****
1974	*****	139.08	147.06	99.90	89.26	91.97	*****	88.87	45.41	101.03	58.27	121.74
1975	*****	88.93	52.68	81.99	68.15	55.18	59.12	51.43	72.75	58.99	95.97	181.67
1976	121.27	79.01	60.40	33.98	134.14	58.21	52.00	67.56	51.49	66.55	147.42	*****
1977	79.56	150.83	74.43	37.87	31.69	32.99	70.58	59.75	68.70	30.14	47.23	51.38
1978	32.33	31.24	21.31	19.38	21.38	25.99	26.43	31.21	35.31	67.68	46.87	72.24
MAXIMUM	262.91	185.88	207.8	207.8	139.96	200.17	152.57	185.16	178.23	315.92	245.91	368.67
AVERAGE	115.36	92.95	75.50	57.50	59.11	64.92	79.92	87.45	78.85	104.67	116.62	139.80
MINIMUM	32.33	20.32	11.57	9.79	15.64	25.99	26.43	31.21	32.05	30.14	46.87	51.38
Sample No	21	22	21	22	23	21	20	24	24	24	21	20
ST. DEV.	62.67	43.98	44.47	45.67	38.41	39.00	33.82	35.75	41.29	69.78	60.03	91.11

カリボ町の中央部はカリボ水道組合 (KWD) の管理する深井戸 (深度67m) から産出される地下水が給水されている。他に2本の深井戸 (深度30m、43m) があり、これらは非常用に使われている。カリボ水道組合のサービス地域外の住民は浅井戸に依存している。

この他、海岸に近い所に数本の自噴井があるが、水質を分析すると鉄分・アンモニアを含み、水質は良くない。この原因としては、ア克蘭川のデルタ地帯に堆積している沖積層中の有機質物の分解によるものと思われる。観測した井戸の資料を表ⅡD-2としてまとめた。なお、その地点はFig. D-3に図示してある。

またニューグスワン、カーノの2つの自噴井を観測したが、僅かに褐色がかって、φ2"パイプからの湧出量は0.1~0.3ℓ/秒であった。またバリオ、ポークの海岸には海老養殖用にφ6"の井戸にて揚水している。

カリボ水道組合 (KWD) の使用している井戸 (深度67m) は1980年に完成し、φ200~250mmのケーシングが入っていて、LWUAによれば比湧出量は12.66ℓ/s/mと言われている。1.9m³/分の水を揚水しているが、水位降下は全くないことが観測された。

自記水位計はG-8の井戸にセットされて、1988年5月6日~9月19日の間連続測定され、その結果から次のようなことが判った。

- i) この井戸は海岸から8km離れているが、明らかに潮の干満の影響を受けている。その水位差は普通約5cmであるが、最高10cm弱に及ぶ。
- ii) 最低水位は、1988年5月20日の地表下3.18mであった。
- iii) 最高水位は、1988年8月26日の地表下2.76mであった。この時は4時間で20cm水位が上昇した。これは豪雨によるものと思われる。
- iv) 水位は、1988年5月7日の地表下3.15mより同年9月18日の地表下2.95mと、少しずつ5月 (乾期) から9月 (雨期) に向け上昇している。

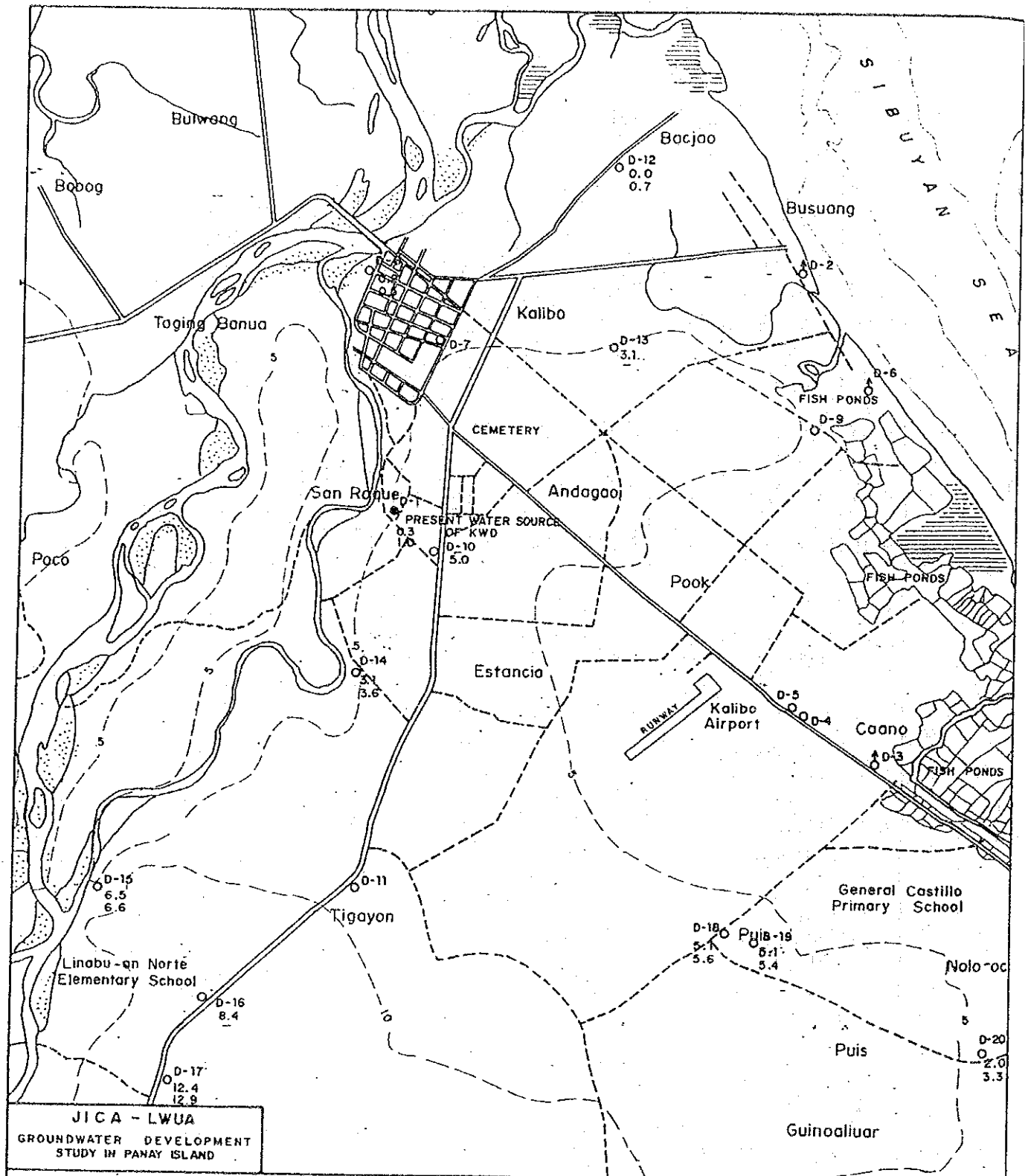
1.3 潜在水源の調査

1.3.1 電気探査結果の評価

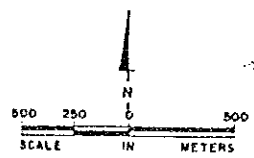
カリボ町のポブラシオンはア克蘭川のデルタ上にあるため、深井戸には塩水侵入が認められた。そのため深層地下水層を求めて、Fig. D-2に示したように22点で測定した。その解析結果については表ⅡD-3にまとめた。この結果によると、

表ⅡD-2 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	
D-1	ボランオン	沖積層	67.0	5.0	-4.74	0.3	-4.00	1.0	KWD の使用 中の深井戸 予備井戸
D-8	"	"	30.0	3.5	-3.30	0.2	-2.97	0.5	
D-10	ボランオン 1 km上流	"	6.54	6.0	—	—	-0.96	5.0	
D-12	海岸近傍	"	5.04	2.0	-2.00	0.0	-1.29	0.7	
D-13	ボランオン 東 1 km	"	5.44	4.9	-1.75	3.1	—	—	
D-14	カーノ	"	5.61	5.5	-2.37	3.1	-1.94	3.6	
D-15	ライガヨンヒル	"	6.57	10.0	-3.51	6.5	-3.44	6.6	
D-16	ボランオン 4 km上流	"	5.31	10.0	-1.62	8.4	—	—	
D-17	ボランオン 4.5km上流	"	5.93	15.0	-2.62	12.4	-2.06	12.9	
D-18	ボランオン 南東 4 km	"	2.90	6.0	-0.94	5.1	-0.41	5.6	
D-19	"	"	7.23	5.9	-0.80	5.1	-0.52	5.4	
D-20	ボランオン 南東5.5km	"	4.09	4.0	-1.97	2.0	-0.66	3.3	



JICA - LWUA
GROUNDWATER DEVELOPMENT
STUDY IN PANAY ISLAND



- LEGEND:
- SHALLOW / DUG WELL
 - DEEP WELL (< 50m)
 - FREE FLOWING WELL
 - D-8 JICA - LWUA SOURCE NO.
 - 0.2 STATIC WATER LEVEL (AMSL, m)
 - 0.5 DRY SEASON - UPPER
 - RAINY SEASON - LOWER

FIGURE D-3
MAP OF INVESTIGATED WATER SOURCES
KALIBO, AKLAN

表 II D-3 電氣探查解析結果

測点 No.	標高 (海拔) m	地 形	比 抵 抗 層											
			1		2		3		4		5		6	
			ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	
ES-1	6	沖積平野	42	1.0	8	1.8	98	9	60	16	23	-	-	
ES-2	9	"	12	2.4	62	25	12	58	21	-	-	-	-	
ES-3	15	"	240	0.4	12	3	67	39	29	-	-	-	-	
ES-4	5	"	140	0.3	23	4.3	172	11.5	27	56	47	-	-	
ES-5	10	"	16	2.8	66	18	16	-	-	-	-	-	-	
ES-6	12	"	13	0.9	9	3.4	23	36	9	-	-	-	-	
ES-7	9	"	9	3.3	14	30	2	-	-	-	-	-	-	
ES-8	7	"	87	0.8	9	8	14	56	6	-	-	-	-	
ES-9	4	"	150	1.0	8	9	13	40	7	-	-	-	-	
ES-1	5	"	100	1.0	13	7	21	16	10	84	16	-	-	
ES-1	7	"	94	0.6	9	6.4	26	50	14	-	-	-	-	
ES-1	7	"	26	0.6	7	2	11	76	6	-	-	-	-	
ES-1	6	"	11	2.8	17	6.8	5	-	-	-	-	-	-	
ES-1	7	"	7	1.0	19	12	2	-	-	-	-	-	-	
ES-1	2	"	14	1.1	42	10	10	72	3	-	-	-	-	
ES-1	6	"	8	4	21	20	11	60	4	80	16	-	-	
ES-1	6	"	9	2.6	13	16	2	-	-	-	-	-	-	
ES-1	4	"	32	13	12	3	-	-	-	-	-	-	-	
ES-1	8	"	12	3.8	61	24	20	-	-	-	-	-	-	
ES-2	9	"	74	0.6	10	3	120	19	53	38	21	58	48	
ES-2	13	"	23	0.5	15	4	112	14	56	36	16	-	-	
ES-2	12	"	175	0.5	18	4	120	24	25	-	-	-	-	

- i) カリボとバンガを結ぶ国道1号線沿いに、幅1～1.5kmに亘り、比抵抗が $50\Omega\text{-m}$ より高い地域がある。この地域は厚さ20～40mの帯水層を胚胎する堆積層の可能性が高い。
- ii) ES-20, ES-21地点にて $110\sim 120\Omega\text{-m}$ の比抵抗層は厚さ15～20mの帯水層と考えられる。
- iii) Fig. D-8 に斜線で囲んだ地域にて、地盤下45mより深い所にある $47\sim 48\Omega\text{-m}$ の比抵抗層は、砂質堆積物と帯水層と考えられる。

1. 3. 2 観測井・試験井の掘削

上述の野外調査の結果に基づき、観測井No.1はES-4測点の近くに掘削することとし、1989年4月8日～5月4日の間、鉦研Model 0E-812にて120.0mを掘削した。井戸柱状図はFig. D-9に示したが、33.6～63.1mの間に豊富な地下水が存在する。また、101.5mより下部に凝灰岩、礫岩（地質時代未詳）が存在することは、注目すべき新事実である。

また1989年6月2日～14日の間に同上の試錐機を使用し、観測井No.2がES-19測点の近くで、63.25mを掘削された。井戸柱状図はFig. D-10に示したが、この井戸では帯水層はなく、観測井No.1より浅く、43m以深礫岩層となったが、この層中に周辺住民が飲料に使える程度の地下水しか出なかった。

観測井No.1により、地下水開発に成功したため、試験井を観測井No.1の近くに掘削した。

すなわち試験井は1989年4月7日～5月15日の間、利根Model TOP-150Tにて85.0mまで掘削した。その後電気検層を実施し、地下水の存在を確認して、揚水試験に移行した。

1. 3. 3 井戸設計と揚水試験

先に実施した段階揚水試験は、 $500\ell/\text{分}$ 、 $1,000\ell/\text{分}$ 、 $1,500\ell/\text{分}$ 、 $2,100\ell/\text{分}$ の4段階に分けて実施した。その結果はFig. D-14に示したようにS-Q曲線は直線をなし、限界揚水に達していないことを示している。

引続き実施した $2\text{ m}^3/\text{分}$ の72時間連続揚水試験と回復試験の結果をFig. D-15に示した。

この時の水位降下は僅かに1.12mであった。

ヤコブの方法、タイスの式、回復法等により、求めた水理常数は次のとおりである。

表 II D - 4 水理常数

方 法	試験井			観測井		平均
	ヤコブ	タイス	回復	ヤコブ	回復	
透水係数 (K) cm/Sec	1.56×10^{-1}	1.24×10^{-1}	2.54×10^{-1}	3.38×10^{-1}	1.69×10^{-1}	2.08×10^{-1}
透水量係数 (T) cm/Sec	4.69×10^2	3.73×10^2	7.62×10^2	※ 10.14×10^2	5.07×10^2	5.27×10^2
貯留係数 (S) cm/Sec	1.213×10^{-4}	※ 7.65×10^{-8}	—	9.12×10^{-4}	—	5.16×10^{-4}

※除外した

ジシアルトの式を使用して可能揚水量を計算すると、

$$SW = \frac{R}{3,000 \sqrt{K}}$$

SW : 水位降下 (m)

R : 影響半径 (m)

K : 透水係数 (m/秒)

R = 500 mの時

$$SW = \frac{500}{\sqrt{3000} \times \sqrt{20.8 \times 10^{-4}}} = \frac{500}{3000 \times 4.56 \times 10^{-2}} = 3.65 \text{ (m)}$$

許容水位降下は3.65mであるが、安全をみて 1.5mとしてQを求める。

$$Q = \frac{2 \pi K B S W}{23 \log_{10} (R/r)}$$

Q : 可能揚水量 (m³/日)

K : 透水係数 (m/日)

B : 透水量係数 (m) = 30m

SW : 水位降下 (m) = 1.5m

R : 影響半径 (m) = 500m

r : 井戸半径 (m) = 0.125m

$$Q = \frac{2 \times 3.14 \times 20.8 \times 10^{-4} \times 86,400 \times 30 \times 1.5}{2.3 \log (500 \div 0.125)}$$

$$= \frac{50,786}{2.3 \times 3.6} = 6,133 \text{ (m}^3\text{/日)} = 4.25 \text{ (m}^3\text{/分)}$$

また井戸施工の立場から、可能揚水量を逆算してみた。

スクリーンの直径 (2 r)	= $\phi 10'' = 0.254\text{m}$
1 m当のスクリーン面積	= $2 \pi r / \text{m} = 0.7976\text{m}$
スクリーンの全長	= $5 \text{ m} \times 6 = 30\text{m}$ (=帯水層の厚さ)
スクリーン開孔比	= 25.4%
全開孔面積	= $0.796 \times 30 \times 0.254 = 6.077\text{m}^2$
スクリーン閉塞率	= 60%
有効開孔面積	= $6.077 \times 0.4 = 2.43\text{m}^2$
通過する水の速さ	= $3.0\text{cm/秒} = 0.03\text{m/秒}$
可能揚水量	= $2.43\text{m}^2 \times 0.03\text{m/秒}$ = $0.073\text{m}^3\text{/秒} = 6,600\text{m}^3\text{/日}$

順、逆の2方法で計算しても、試験井から $6,300\text{m}^3\text{/日}$ の水の揚水が可能であることを示している。

観測井No. 1, No. 2の井戸仕上げ状況はFig. D-11, Fig. D-12、試験井の状況はFig. D-13に図示した。

1. 4 水質分析

表II D-5に観測井戸の水質分析結果をまとめた。井戸位置はFig. D-3に示した。

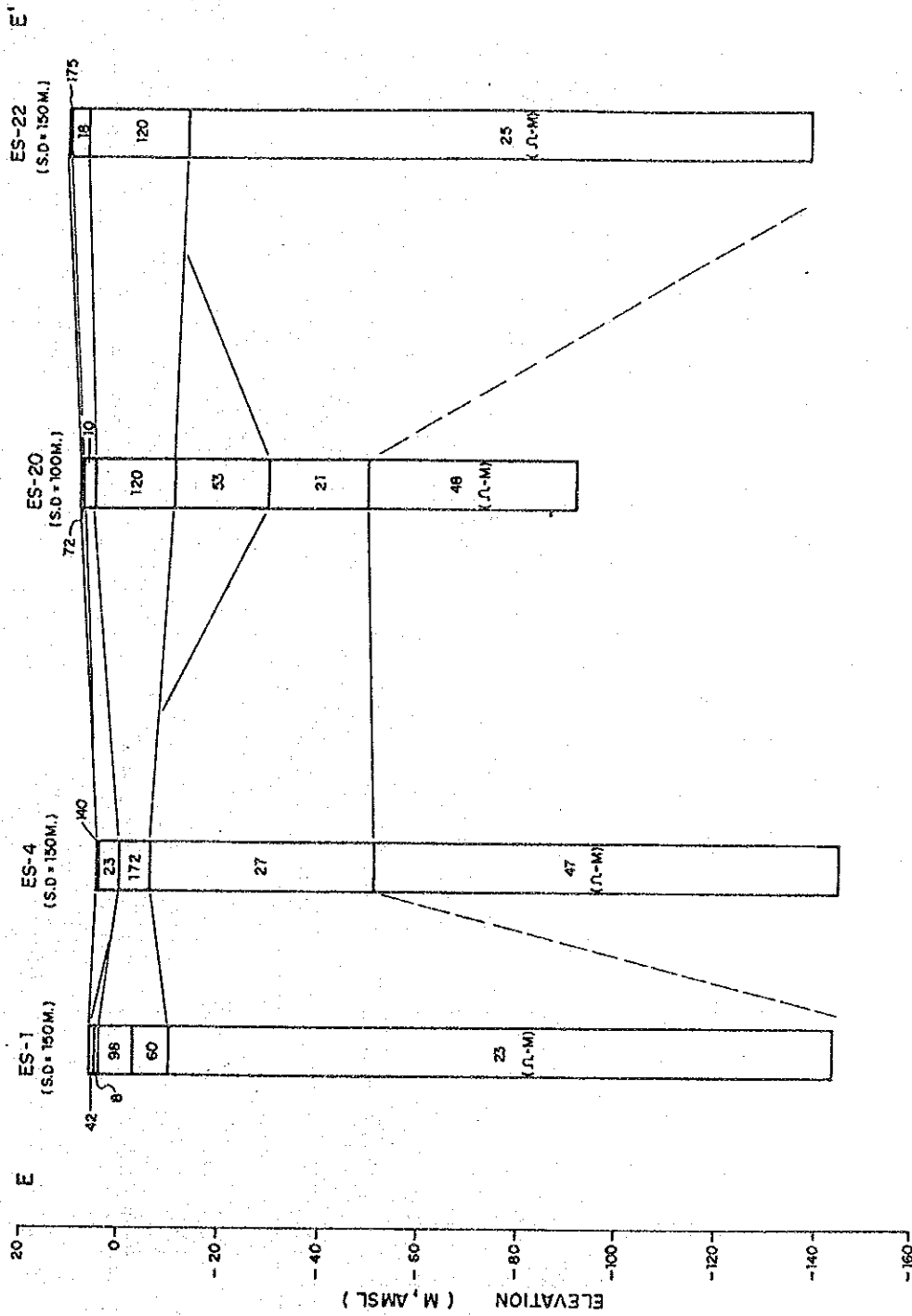
表ⅡD-5 水質分析結果

	水源 No.	所有者	水温 ℃	pH	電気 伝導度 μS/cm	全鉄 ppm	マンガン ppm	アンモニア 性窒素 ppm	備考
乾 期	D-1	KWD	27.6	8.4	340	0.3	nil	0.3	pHが高い
	D-2	個人	28.2	9.0	530	0.2	nil	0.8	自噴井 (ニューブスワン)
	D-3	"	27.5	7.9	1,500	0.2	nil	4.8	自噴井 (カーノ)
	D-4	共同	28.8	6.5	750	10.0	nil	0.5	カーノ小学校
	D-5	"	28.8	7.5	160	0.5	nil	0.7	
	D-6	個人	28.2	8.8	850	0.3	nil	0.5	海老養殖場
雨 期	D-1	(上記)	27.8	8.6	360	0.2	—	0.4	pHが高い
	D-2	(")	27.5	8.9	550	0.2	—	0.8	
	D-3	(")	30.5	7.8	1,500	0.2	—	6.0	
	D-4	(")	28.8	6.7	700	10.0	—	2.8	
	D-5	(")	28.9	7.6	1,530	0.5	—	0.8	
	D-6	(")	27.5	8.9	860	Tr.	—	1.6	
	D-9	個人	28.5	9.2	1,380	0.7	—	8.02	
	D-12	"	28.3	6.9	450	2.0	—	1.2	
	D-15	"	28.3	7.1	470	nil	—	nil	
	試験井		—	6.3	370	<0.2	nil	0.5~ 0.6	

2. 結論と要望事項

今回掘削した試験井により、一応 KWDの必要量を満足する地下水量が賦存することが判った。現在使用中の深井戸は水質分析結果にもある通りpHが著しく高く、可能揚水量を超えているために、塩水侵入のおそれが強い。塩水侵入をうける以前に、早急に試験井に切替える方がよい。

またニュー・ワシントンに分水するためには、更にもう1本深井戸を掘らなければならないが、Fig. D-2に示した斜線で囲んだ地域の中、ア克蘭川に近い場所で掘削することをすすめる。



H = 20,000
SCALE V = 1,000

FIGURE D-8
GEORESISTIVITY SECTION E-E'
KALIBO, AKLAN, PANAY ISLAND

JICA - LWUA
GROUNDWATER DEVELOPMENT
STUDY IN PANAY ISLAND

FIG. D-9 OBSERVATION WELL DATA

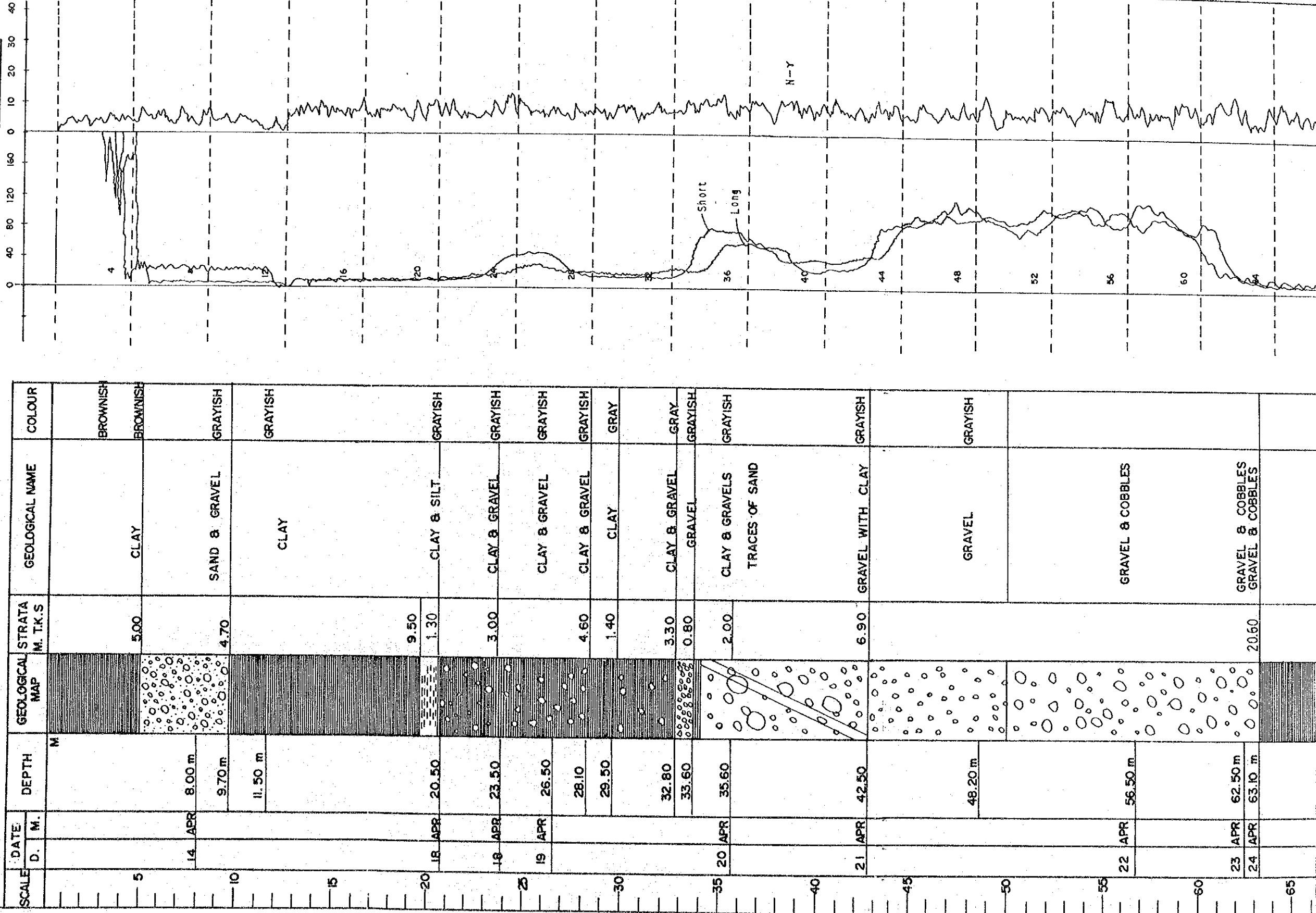
SCALE

LOCATION : BARANGAY TINIGAO, KALIBO AKLAN

WELL NO : 1 DEPTH : 120 m DIAMETER : Ø 100 mm CASING PIPE : Ø 50 mm PVC

DATE : 8 APRIL TO 4 MAY, 1989

TOTAL DAYS 27



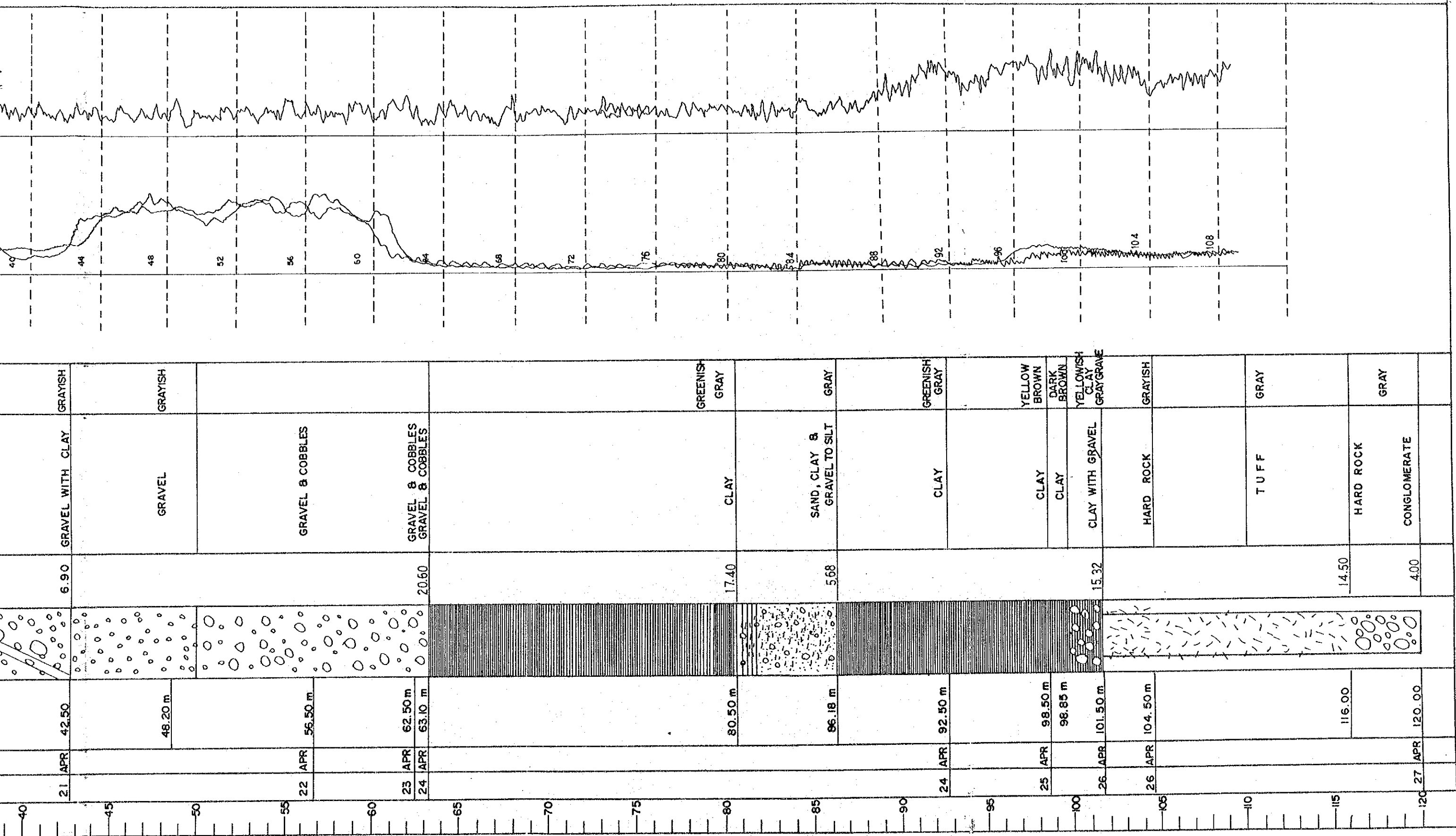


FIG. D-10 OBSERVATION WELL DATA

SCALE:

LOCATION : KALIBO, AKLAN

WELL NO : 2 DEPTH : 63.25 DIAMETER : Ø 110 mm CASING PIPE : Ø 50mm PVC

DATE : 2-14 JUNE 1989

TOTAL DAYS : 13

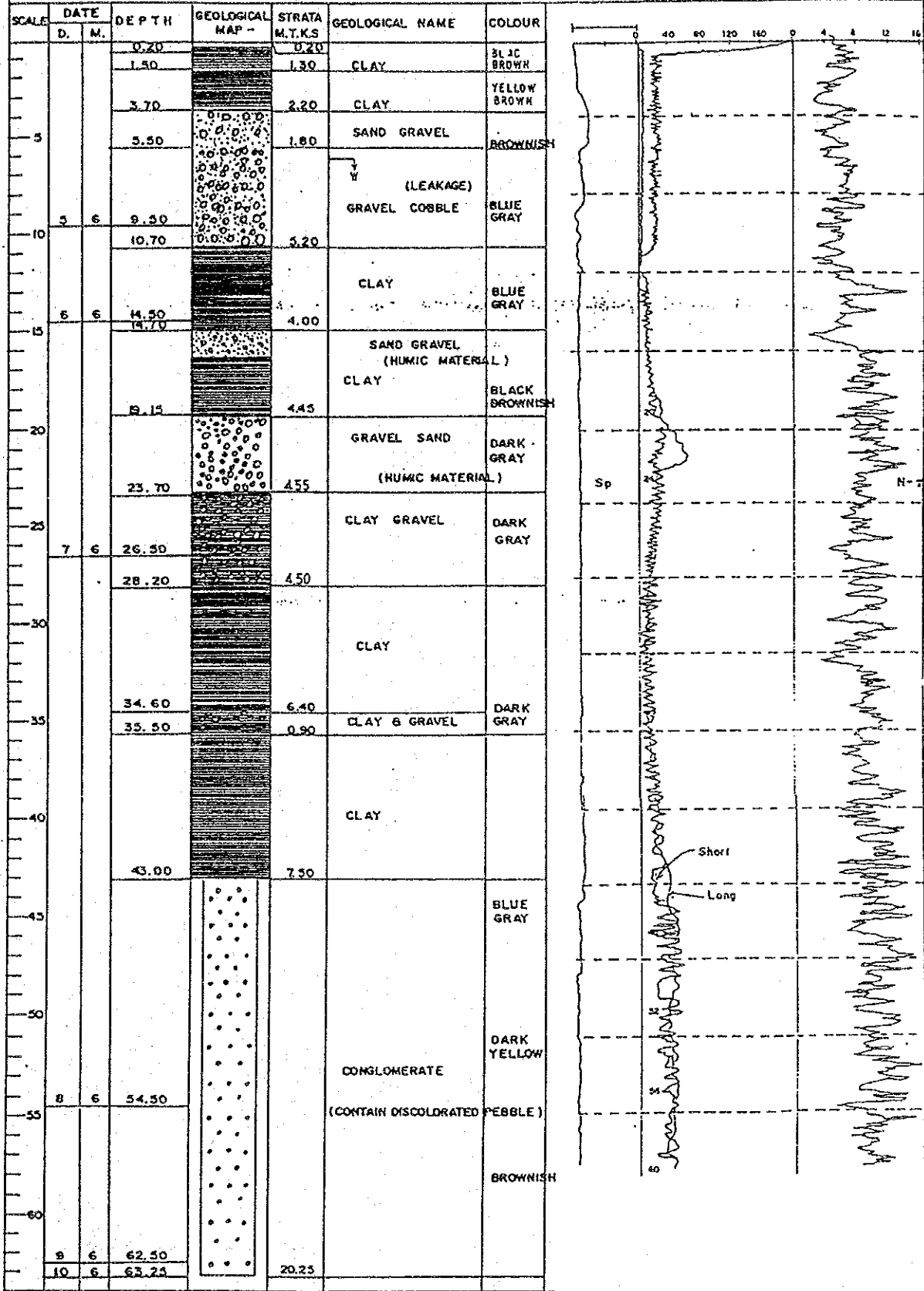


FIG.D-II WELL DESIGN OF No.1 OBSERVATION WELL AT KALIBO

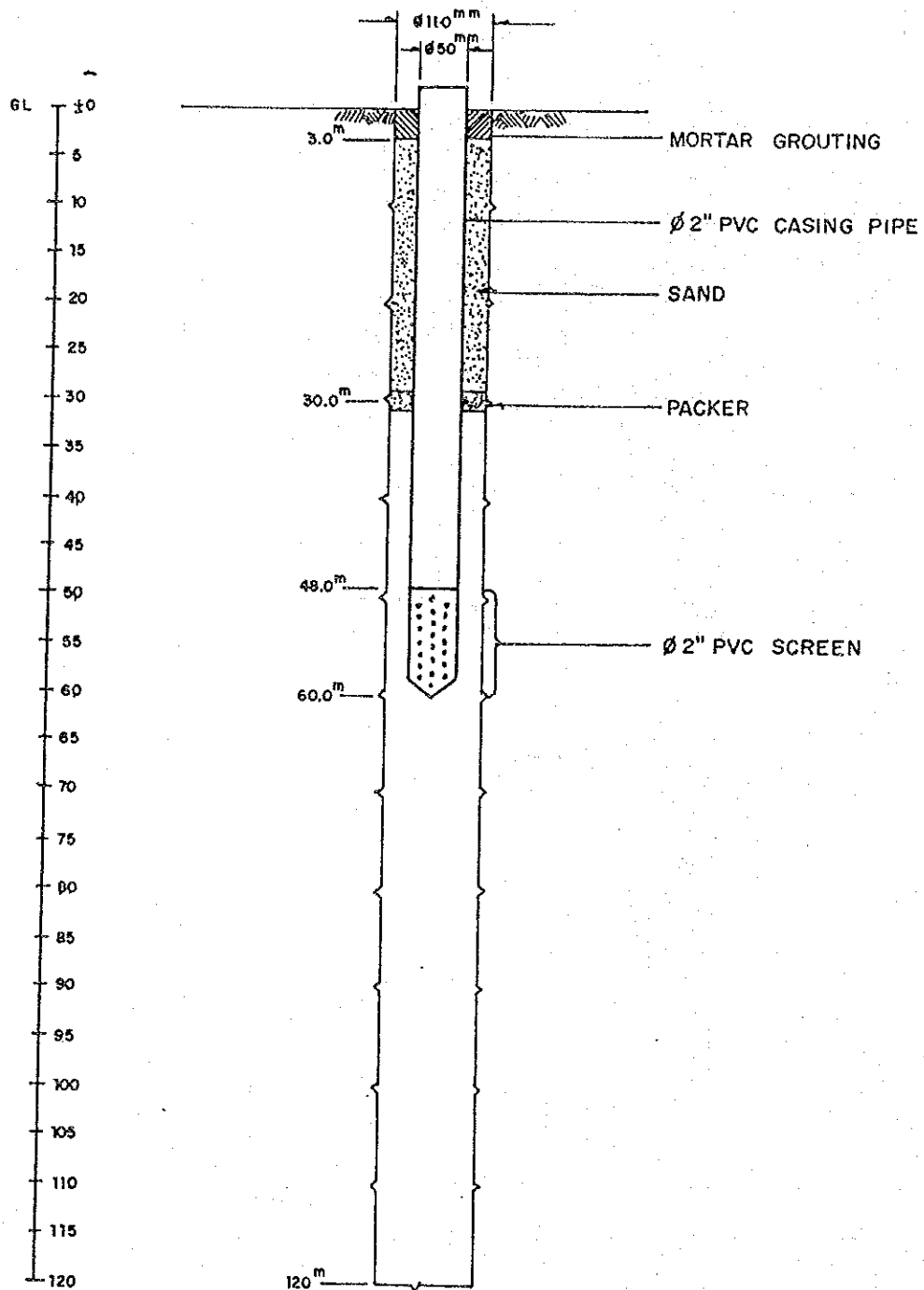


FIG.D-12 WELL DESIGN OF No.2 OBSERVATION WELL AT KALIBO

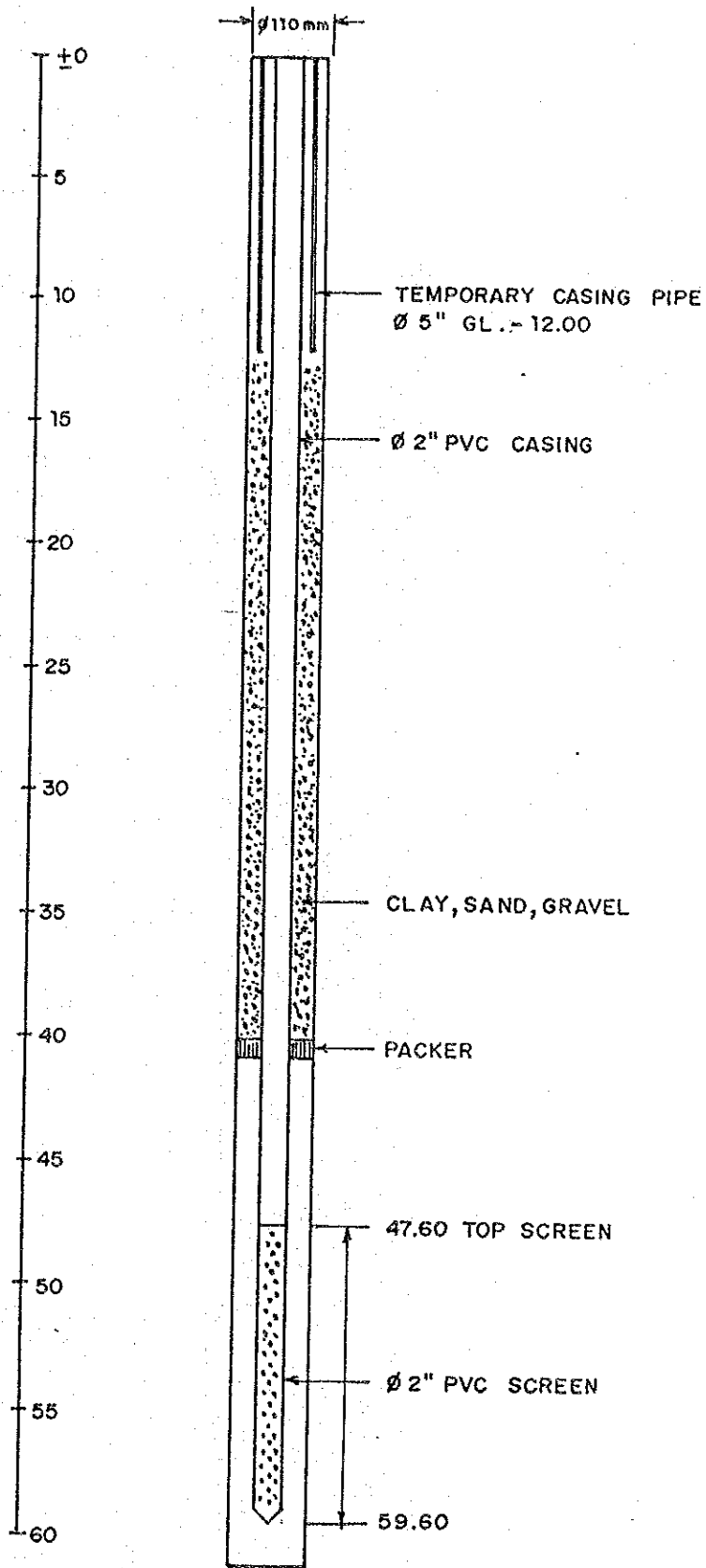


FIG.D-13 WELL DESIGN OF TEST WELL AT KALIBO

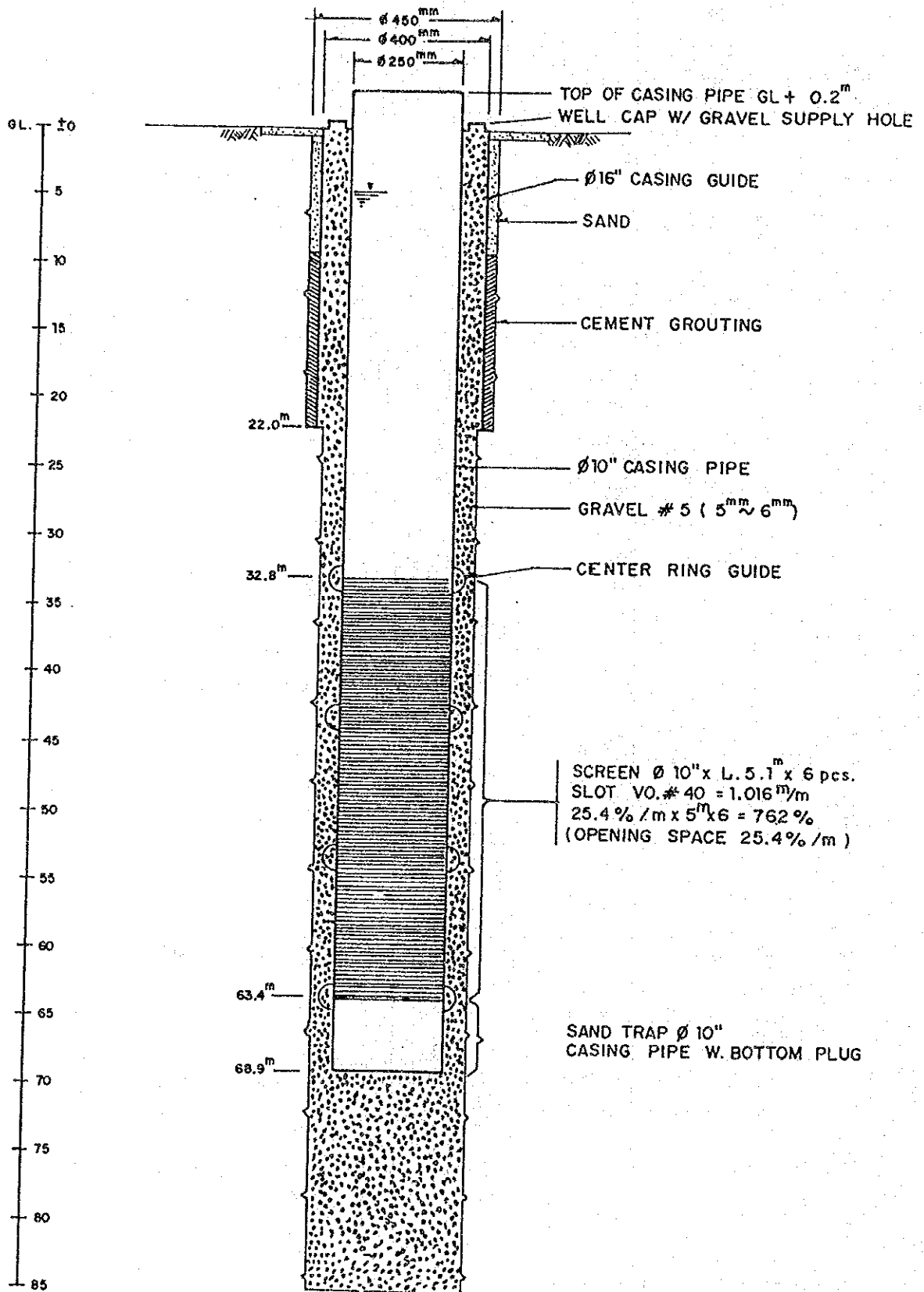


FIG. D-14

STEP DRAWDOWN

LOC. KALIBO TEST WELL

DATE: 1989.5.10

STEP	PUMPING VOLUME (m ³ /d)	WATER LEVEL (m)	DRAWDOWN (m)	SPECIFIC CAPACITY (m ³ /d/m)
1	720 (500 ¹ /min)	- 4.36	0.17	4.235
2	1.440 (1,000 ¹ /min)	- 4.53	0.35	4.114
3	2.160 (1,500 ¹ /min)	- 4.88	0.57	3.789
4	3.024 (2,100 ¹ /min)	- 5.45	0.85	3.557

STEP PUMPING TEST (S-Q CURVE)

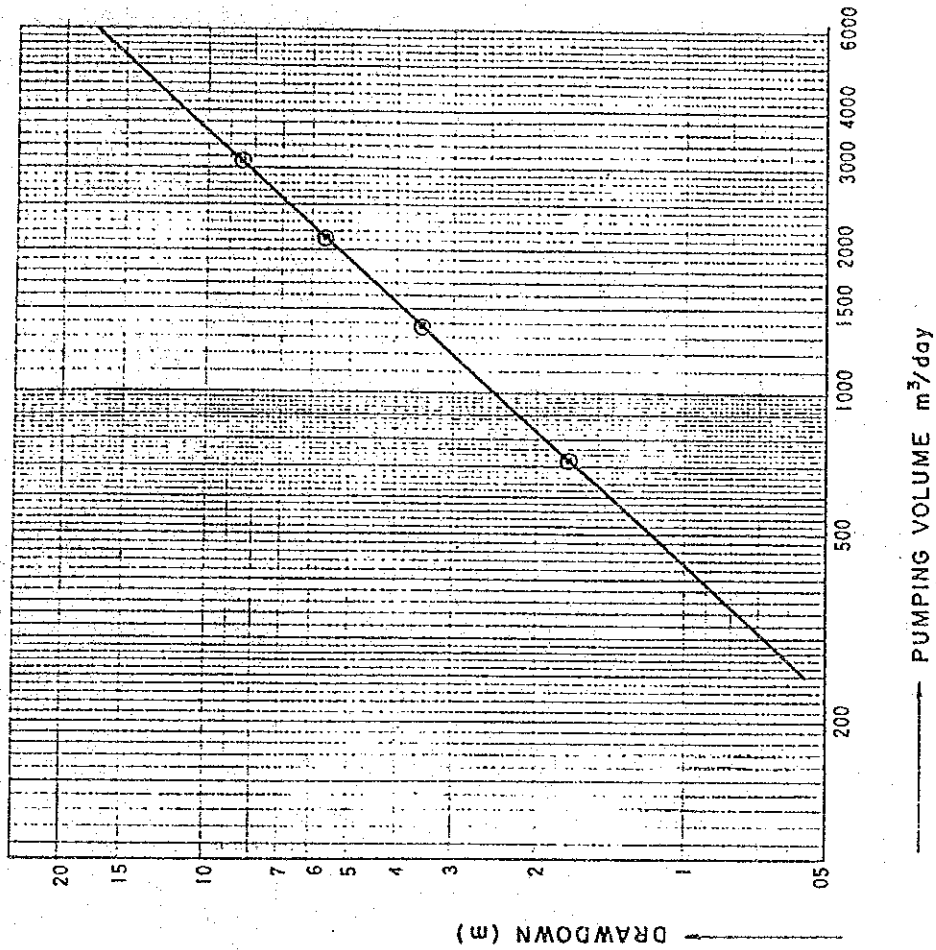
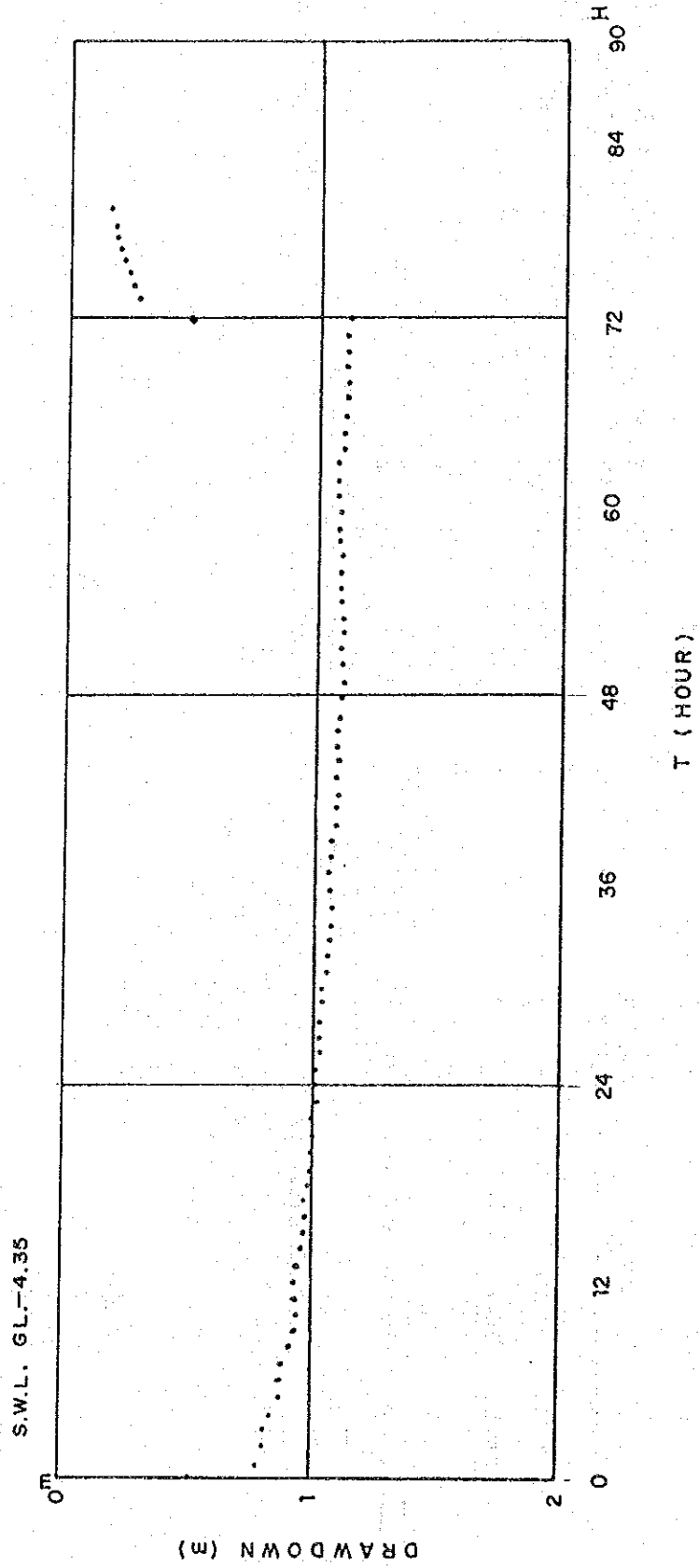


FIG.D-15 $20\text{m}^3/\text{min}$. CONTINUOUS PUMPING TEST AND RECOVERY TEST

LOCATION: KALIBO TEST WELL
DATE: 10 - 13 MAY, 1989



E. バンガ町 (ア克蘭県)

1. 潜在水源の分析

1. 1 地形・地質

バンガ町はア克蘭川の中流部に在り、ポブラシオンはア克蘭川の右岸の河岸段丘上に位置する。バンガ町の地形は川沿いの広い平野と町の東から南に亘り広がる丘陵地帯により特徴づけられる。

その地質はFig. E-2 に示したように、丘陵地帯は新第三紀の凝灰角礫岩等火山岩より構成されていて、三角形の独立峯を造ることが多い。

ア克蘭川の両岸には、数段の河岸段丘が認められ、砂、礫よりなる段丘堆積物が前記の火山岩類を覆っている。またシルト、砂、礫よりなる沖積層がア克蘭川に沿い、広く分布している。

1. 2 既存水源

バンガ町の西を流れるア克蘭川の流域面積は約 700km²であり、乾期・雨期共その流量は豊かであり、ポブラシオンの上流約 4 km地点には、NIA の灌漑用取水堰がある。流れの早いこと、河床状況が複雑なために、実際の流量観測はできなかつたので、参考迄にポブラシオンの約 8 km上流のマリナオにあるロサリオ観測所におけるア克蘭川の平均流出量を表 II E-1 に示した。

時代不明だがDPWHにより、深井戸 (深度不明) が掘られ、給水施設も建設されたが、配水管からの大量の漏水のために、運転コストが高くなり運転をとり止めた。したがって多くの住民は浅井戸に依存している。

Fig. E-3 に井戸分布を図示した。

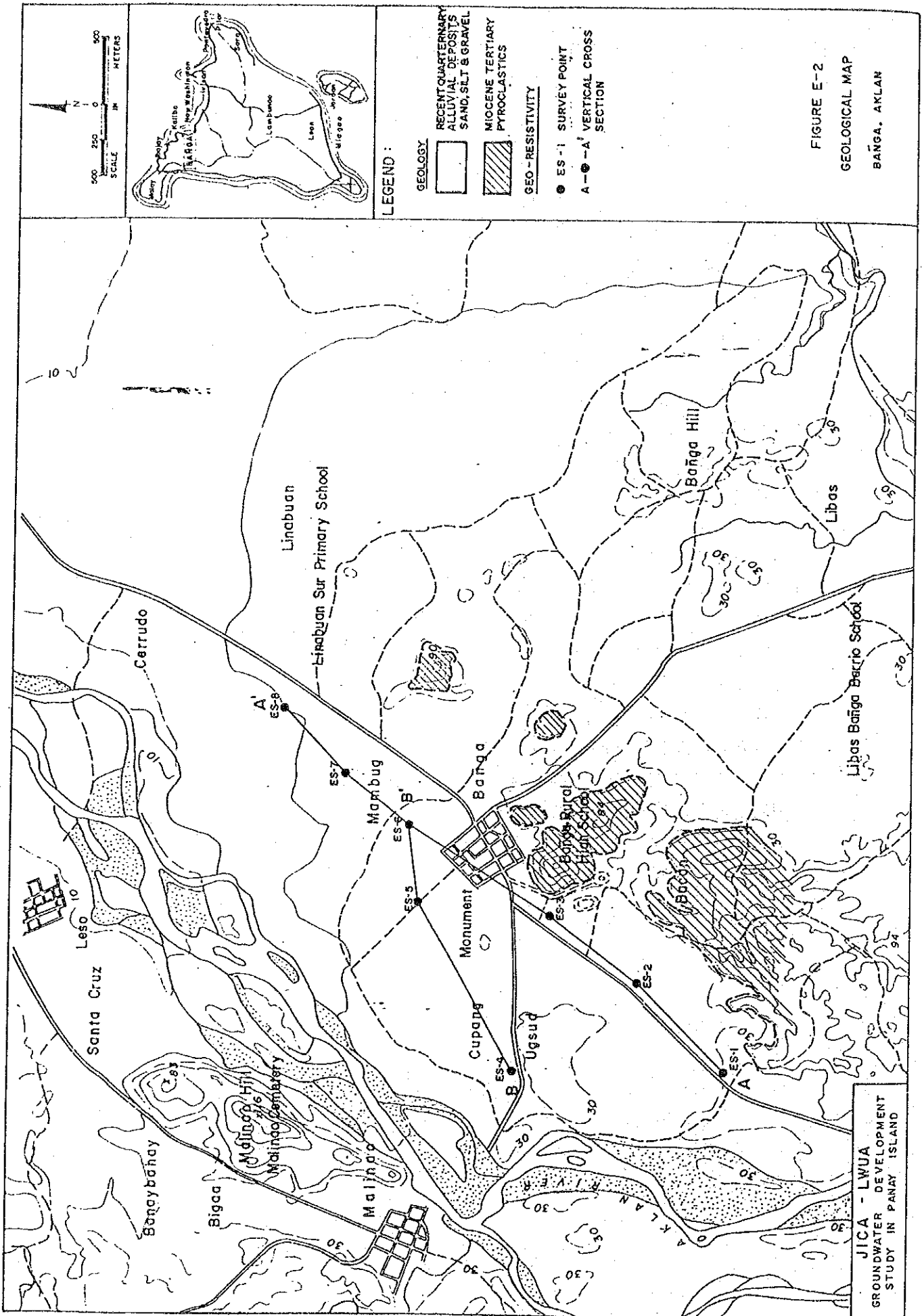
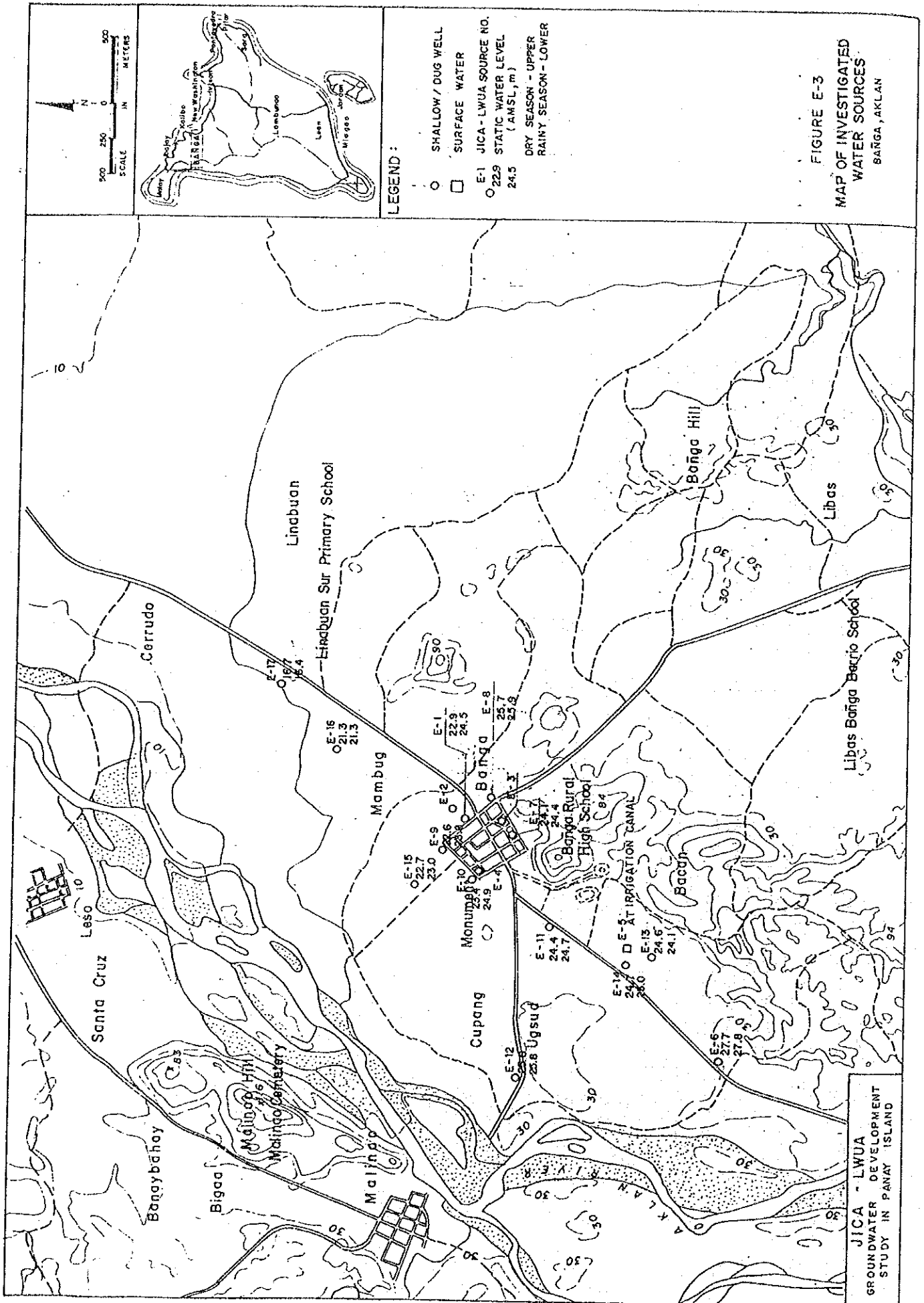


表 II E - 1 AVERAGE DAILY DISCHARGE (ANLAN RIVER at Rosario, Malinao, Adlan) Unit: cu.m./sec

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1950	110.70	89.16	89.85	43.38	120.57	90.26	141.86	131.86	141.10	122.66	171.42	320.14
1951	161.33	88.20	70.45	30.88	51.70	69.33	152.57	146.60	117.75	315.92	245.91	368.67
1952	261.54	185.88	207.80	207.80	119.26	200.17	185.16	178.23	178.41	*****	*****	*****
1953	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
1954	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
1955	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
1956	129.34	157.85	125.94	128.11	139.96	89.68	94.60	118.63	119.04	138.64	102.32	295.32
1957	262.91	122.92	58.62	103.51	31.65	32.59	131.01	110.56	125.77	103.62	96.66	74.89
1958	137.72	*****	*****	*****	*****	*****	90.22	79.92	55.32	145.58	*****	94.23
1959	94.76	42.77	112.46	35.70	54.26	69.06	114.54	95.49	51.12	86.64	192.44	197.57
1960	176.10	144.09	*****	*****	39.75	82.60	83.00	97.01	49.50	154.12	201.77	*****
1961	*****	*****	*****	32.78	88.51	42.75	59.32	87.22	41.46	67.63	90.68	69.08
1962	96.13	95.60	72.46	24.71	27.32	41.47	89.46	127.10	127.61	86.51	126.87	142.15
1963	145.08	122.42	94.64	63.69	60.75	*****	59.66	96.12	89.19	84.54	117.76	108.37
1964	87.06	103.86	75.77	83.53	79.54	104.04	79.89	66.03	72.06	71.98	93.71	114.39
1965	70.95	71.86	69.35	61.25	51.72	46.29	*****	*****	56.20	82.31	81.19	121.54
1966	78.94	51.24	51.47	48.06	80.19	61.13	77.61	65.51	*****	*****	*****	*****
1967	137.12	83.46	61.76	28.93	22.78	35.55	48.65	49.47	36.87	44.84	87.81	70.84
1968	78.81	54.29	48.88	30.05	30.78	44.46	58.03	68.25	32.05	40.63	64.27	59.04
1969	38.61	20.32	11.57	9.79	15.64	30.29	73.20	73.35	62.37	56.59	56.86	105.38
1970	80.18	68.91	50.00	34.63	25.02	*****	*****	39.19	46.17	50.45	88.80	96.80
1971	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
1972	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
1973	34.03	51.00	28.70	24.95	*****	*****	*****	84.11	72.72	83.19	*****	*****
1974	*****	139.08	147.06	99.90	88.26	91.97	*****	88.87	45.41	101.03	59.27	121.74
1975	*****	80.93	52.68	81.99	68.15	55.10	59.12	51.43	72.75	58.99	95.97	181.67
1976	121.27	79.01	60.40	33.96	134.14	59.21	52.00	67.56	51.49	66.55	147.42	*****
1977	79.56	150.83	74.43	37.87	31.69	32.99	70.58	59.75	68.70	30.14	47.23	51.38
1978	32.33	31.24	21.31	19.36	21.36	25.99	26.43	31.21	35.31	67.68	46.87	72.24
MAXIMUM	262.91	185.88	207.80	207.80	139.96	200.17	152.57	185.16	178.23	315.92	245.91	368.67
AVERAGE	115.36	92.95	75.50	57.50	59.11	64.92	79.92	87.45	78.85	104.67	116.62	139.80
MINIMUM	32.33	20.32	11.57	9.79	15.64	25.99	26.43	31.21	32.05	30.14	46.87	51.38
STANDARD	21	22	21	22	23	21	20	24	24	24	21	20
ST. DEV.	62.67	43.90	44.47	45.67	38.41	39.00	33.82	35.75	41.29	69.78	60.08	91.11



表ⅡE-2 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	
E-1	公設市場	河段丘	3.87	25.6	-2.73	22.9	-1.13	24.5	
E-6	ES-1	"	5.60	31.0	-3.30	27.7	-3.17	27.8	
E-7	ボランソン	"	5.35	26.7	-2.62	24.1	-2.33	24.4	
E-8	"	凝灰 角礫岩	36.00	26.9	-1.21	25.7	-1.03	25.9	
E-9	"	河段丘	6.92	25.8	-3.16	22.6	-2.01	23.8	
E-10	"	"	7.00	26.6	-3.15	23.4	-1.67	24.9	
E-11	ES-3	"	不明	27.0	-2.58	24.4	-2.27	24.7	
E-12	ES-4	"	5.87	28.0	-2.37	25.6	-2.17	25.8	
E-13	ES-2	"	4.10	27.0	-2.43	24.6	-2.85	24.1	
E-14	導水路横	"	11.81	28.0	-3.31	24.7	-3.03	25.0	
E-15	ES-5	"	5.47	25.0	-2.32	22.7	-2.01	23.0	
E-16	ES-7	"	5.76	23.0	-1.69	21.3	-1.73	21.3	
E-17	ES-8	"	6.40	20.0	-3.35	16.7	-3.56	16.4	

1. 3 潜在水源の調査

1. 3. 1 電気探査の結果

電気探査はFig. E-2に示した地点にて実施した。 $\rho - a$ 曲線の解析結果を表II E-3に示す。これによれば帯水層と思われる比抵抗値が $103 \sim 220 \Omega - m$ の、厚さ7 m \sim 22mの層が、地下10 \sim 24mに拡がっていることが判明した。

表II E-3 電気探査解析結果

測点No.	標高 (海拔) m	地形	比 抵 抗 層											
			1		2		3		4		5		6	
			ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	
ES-1	31	段丘	10	1.3	103	17	8	75	168	-	-	-	-	
ES-2	28	"	24	2.5	192	14	55	120	216	-	-	-	-	
ES-3	27	"	34	1.5	170	14	49	76	78	-	-	-	-	
ES-4	28	"	18	2.1	144	24	26	76	88	-	-	-	-	
ES-5	27	"	56	0.8	224	25	8	60	73	-	-	-	-	
ES-6	26	"	68	1.0	136	9.8	21	75	132	-	-	-	-	
ES-7	23	"	32	2.3	130	6.2	31	14	60	25	16	70	80	
ES-8	20	"	30	1.2	8	2.3	63	26	1	80	108	-	-	

1. 4 水質分析

表 II E - 4 水質分析結果

	水源No.	所有者	水温 ℃	pH	電気 伝導度 μS/cm	全鉄 ppm	マンガン ppm	アンモニア 性窒素 ppm	備 考
乾 期	E-1	公設市場	28.8	7.0	300	0.2	nil	nil	
	E-2	屠殺場	28.5	6.9	400	nil	—	nil	
	E-3	個人	30.5	7.2	220	0.2	—	nil	
	E-4	“	26.8	6.8	300	nil	—	nil	
	E-5	導水路	30.2	7.8	130	nil	—	nil	
雨 期	E-1	(上 記)	28.5	7.0	360	0.3	—	0.4	
	E-2	(“)	26.2	7.1	420	nil	—	0.4	
	E-3	(“)	27.0	6.9	427	2.0	—	nil	
	E-4	(“)	28.2	7.2	295	0.2	—	nil	
	E-5	(“)	30.4	7.8	173	0.2	—	0.4	
	E-8	個人	28.2	7.6	395	0.2	—	<0.4	
	NIA 取水口	アケラン川	29.1	8.4	175	0.2	—	0.6	

水質分析結果によると、全般的にpHが高く、鉄分、アンモニア性窒素が若干認められる。

2. 結論と要望事項

観測井を掘削する予定がなかったために、電気探査結果の実証、あるいは地下水の賦存状況を確認できなかったが、水量・水質共に良い地下水に恵まれた地域と判定されるので、早急に既存施設を修復することが望ましい。因みに地下水収支について概算してみると、

$$Q = P - E - D - M$$

Q：地下水賦存量

P：年間降水量（表E-7参照）

E：蒸発散量（同上）

D：河川流出量（NWRC資料より）

M：土壌水分増加量（この場合無視）

ソーンウエイットの式により、“E”を求める計算を省略して、上記の式より“Q”を求めると、

※

$$\begin{aligned} Q &= (4,756.2 - 1,751.9 - 1,271.1) \times 705 \times 10^3 \\ &= 1,222 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{年} \\ &= 3.3 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{日} \end{aligned}$$

となり、ア克蘭川水系における地下水賦存量は大きいことが判る。

※ “Principal River Basins of the Philippines”より

F. イビサン町（カピス県）

1. 潜在水源の分析

1. 1 地形・地質

イビサン町は東、西、南の三方向を山地に取り囲まれ、僅かに北側は湿地帯を隔てて海に臨む海岸平野に位置する。

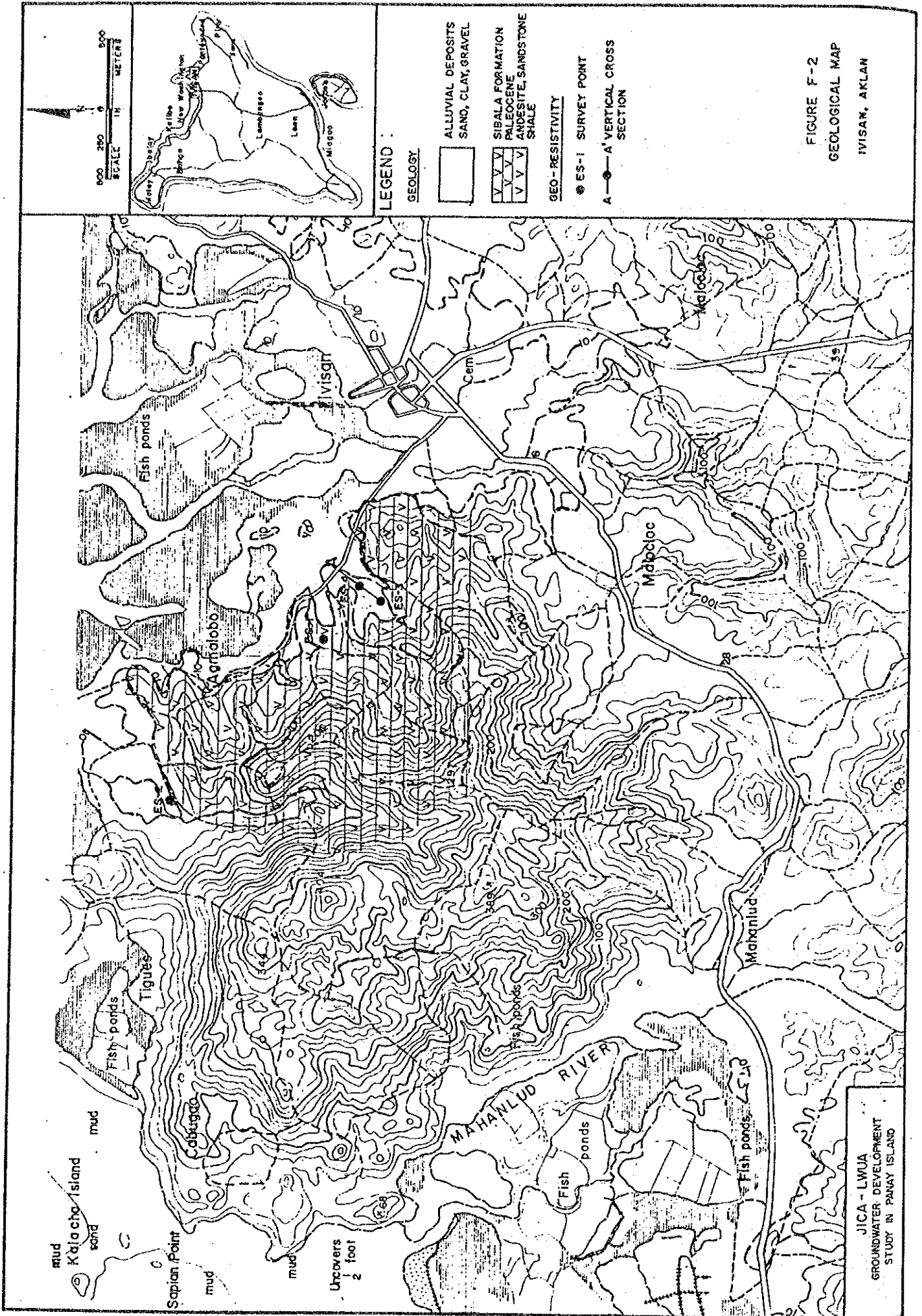
調査地域の地質はFig. F-2に示したように、山地は主に新第三紀に属する安山岩から構成され、山麓には安山岩の下位層に当たる砂岩、黒色頁岩が所々に露出し、その走向、傾斜はN70°W、10°Nを示す。

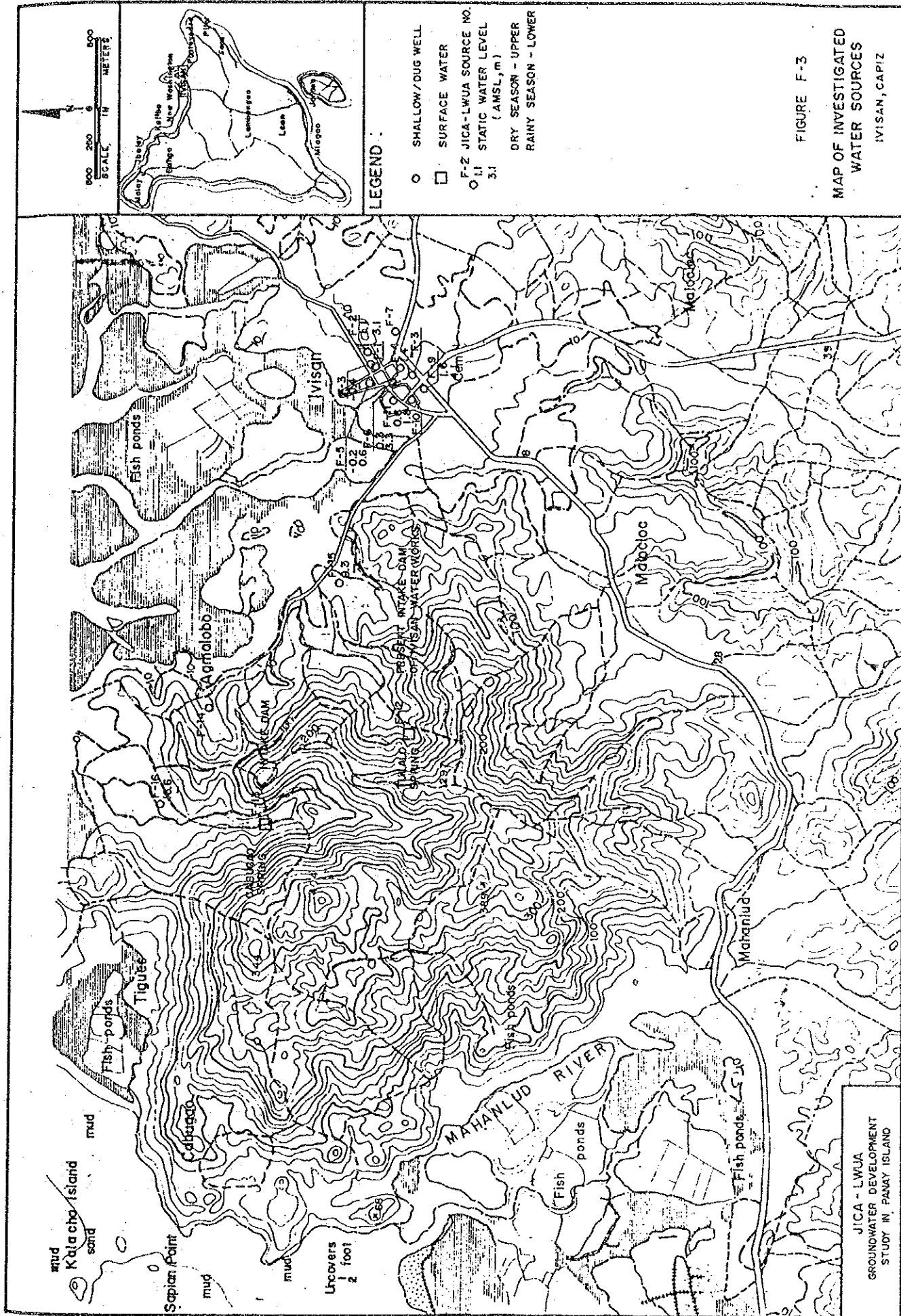
沖積層は湿地に富む海岸平野および小河川沿いに分布するが、厚さなどについては正確には判らない。

1. 2 既存水源

既存水源としてはポブラシオンの西2.5kmの山腹北斜面の安山岩の割れ目より湧出しているツラロ湧泉と、ポブラシオンの西3.3kmの同様な割れ目より湧出しているカブガオ湧泉がある。前者はポブラシオン迄配管されて、各家庭において飲料水として使用されているが、後者は泉付近のバランガイのみに給水されている。

給水システムが不完全なために、住民は浅井戸あるいは一部水売り業者に依存している。Fig. F-3に湧泉・井戸の位置を図示した。





表ⅡF-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	
ツラロ 湧泉 (ダム)	ボラシオンの 西2.5 km	安山岩	—	—	—	—	—	—	乾期 125m ³ /日 — 雨期 282m ³ /日
ツラロ 湧泉 (下流側)	"	"	—	—	—	—	—	—	— 乾期 50m ³ /日 雨期 359m ³ /日
カガオ 湧泉 (ダム)	ボラシオンの 西3.3 km	"	—	—	—	—	—	—	— 乾期 318m ³ /日 雨期 661m ³ /日
F-2	ボラシオン	沖積層	3.47	3.8	-2.68	1.1	-0.74	3.1	
F-3	"	"	2.91	1.8	-2.20	-0.4	—	—	
F-4	"	"	1.79	2.2	-0.82	1.4	—	—	
F-5	"	"	2.64	1.3	-1.46	-0.2	-0.71	0.6	
F-6	"	"	4.46	4.0	-3.70	0.3	-0.65	3.3	
F-9	"	"	3.43	4.4	-2.78	1.6	-1.34	4.1	
F-11	"	"	2.43	2.6	-2.00	0.6	-0.84	1.8	
F-15	ツラロダム 入口	安山岩	2.50	11.1	-1.75	9.3	—	—	
F-16	カガオダム 入口	"	5.20	20.1	-3.45	16.6	—	—	

1. 3 潜在水源の調査

1. 3. 1 電気探査の結果

電気探査はFig. F-2に図示した地点にて測定した。 $\rho - a$ 曲線の解析結果を表II F-2に示す。なおバランガイマロックにおいて1989年(Phase II)5月に観測井掘削に先立ち、6点を追加測定した。この中No.2測点の解析結果から地下水の賦存が予測されたため、観測井掘削予定地とした。

1. 3. 2 観測井掘削

野外調査の結果に基づき電気探査測点No.2付近に観測井掘削を計画し、1989年6月16日～26日の間、鉦研Model 0E-8L2を使用して36.0mを掘削した。井戸柱状図はFig. F-5に示したように孔底迄硬質岩が続き、予想外に掘進速度が延びなかった。31.0mより安山岩の下位の砂岩、頁岩層に移行したが、その境界部に地下水が賦存しなかった為中止した。

1. 3. 3 井戸設計

本観測井にはFig. F-6に示したように、 $\phi 2"$ の一部孔あきPVCケーシングパイプを36mまでセットした他、口元はモルタルセメントで固定し、キャップをして保存されている。

FIG.F-5 OBSERVATION WELL DATA

SCALE :

LOCATION : IVISAN, CAPIZ

WELL NO. : 1 DEPTH : 36.00m DIAMETER : Ø100 mm CASING PIPE : Ø50mm PVC

DATE : 16 - 26 JUNE 1989

TOTAL DAYS 10

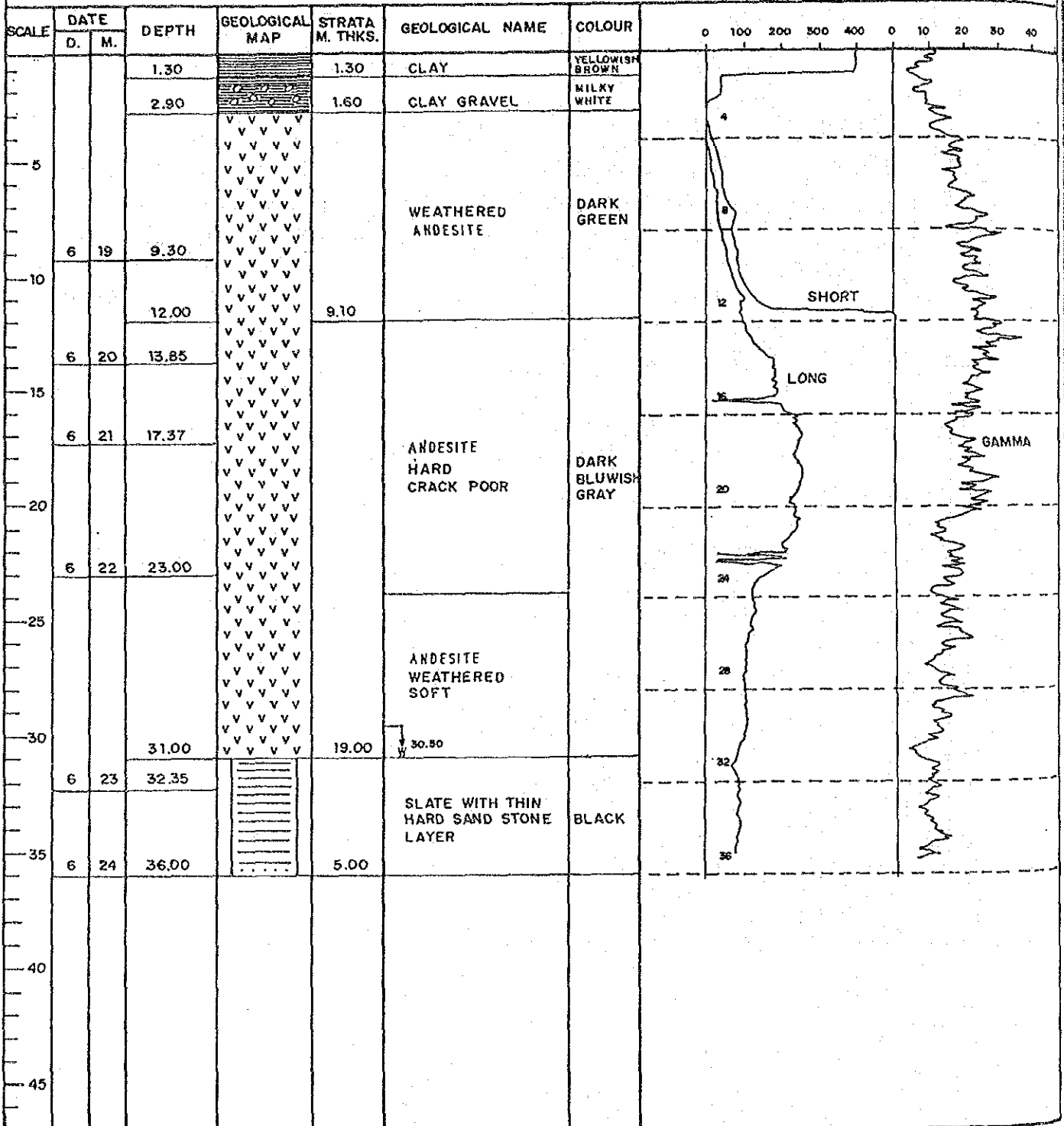


FIG.F-6WELL DESIGN OF OBSERVATION WELL AT IVISAN

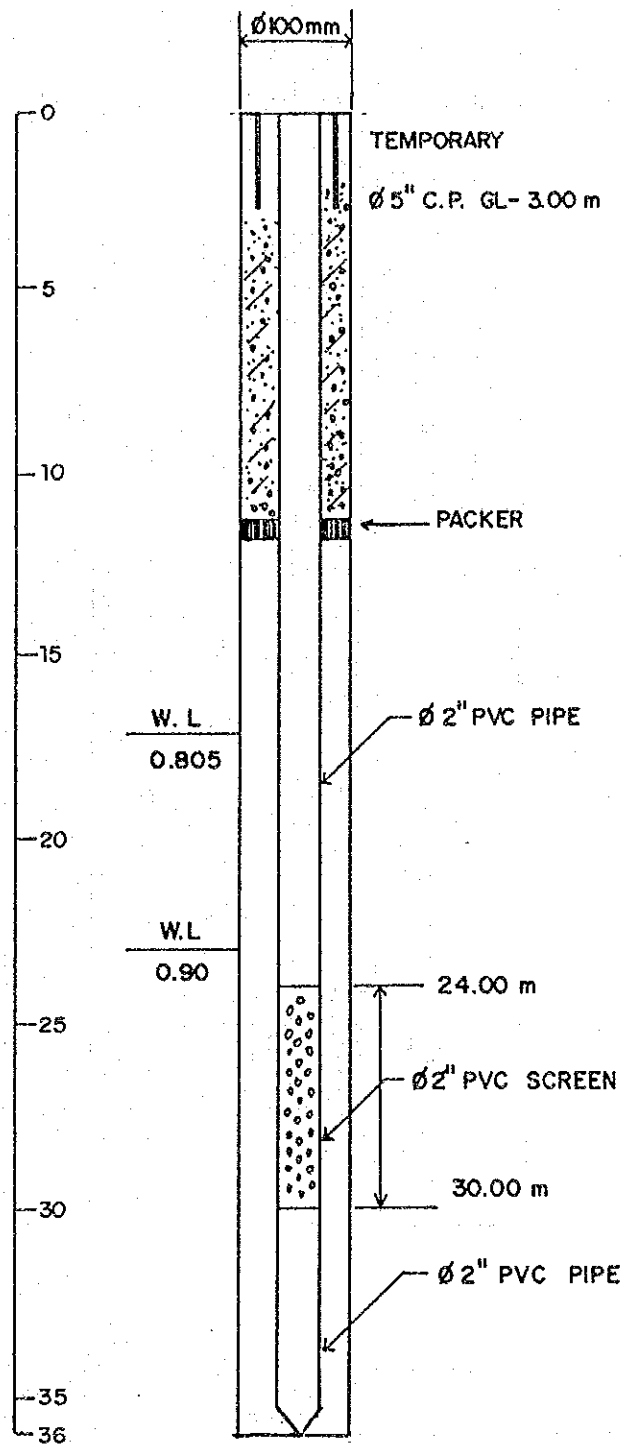


表 II F - 2 電氣探查解析結果

測点 No.	標高 (海抜) m	地 形	比 抵 抗 層											
			1		2		3		4		5		6	
			ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m
ES-1	15	沖積 平野	56	2.5	28	10	300	—	—	—	—	—	—	
ES-2	20	山 麓	50	0.6	25	5	144	25	28	52	102	64	27	
ES-3	15	沖積 平野	130	1.2	43	9	96	46	144	—	—	—	—	
ES-4	11	"	60	1.0	15	3	50	24	132	—	—	—	—	
1	20	"	19~ 285 ~3	3.3	165	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	20	"	30	2.3	450 ~165	57.7	100	—	—	—	—	—	—	
3	32	"	15	1.6	150	18.4	57 ~96	—	—	—	—	—	—	
4	18	"	30~ 15	5.5	247	—	—	—	—	—	—	—	—	
5	8	"	16~ 10	2.8	125	41.0	54~ 140	—	—	—	—	—	—	
6	50	"	25~ 17	3.0	180	—	—	—	—	—	—	—	—	

1. 4 水質分析

Fig. F-3 に示した湧泉および井戸の水質の分析結果を示すと表 II F-3 のようになる。ツラロ、カブガオの2の湧泉のpHが著しく高いのが目立つ他、全般的に若干の鉄分を含むこと、ポブラシオンの浅井戸にはアンモニア性窒素が認められ、かなり汚染している。

表 II F-3 水質分析結果

	水源No.	所有者	水温 ℃	pH	電気 伝導度 μS/cm	全鉄 ppm	マンガン ppm	アンモニア 性窒素 ppm	備考
乾 期	F-1	個人	29.0	6.6	340	1.0	—	<0.4	
	F-5	"	29.0	6.8	750	2.0	—	1.6	
	F-6	"	28.5	6.7	500	nil	—	0.4	
	F-7	共同	30.0	6.7	310	10<	—	4.0	
	F-8	個人	29.5	6.5	500	<0.2	—	nil	
	F-10	"	28.8	6.3	900	10<	—	<0.4	
	F-12	水道組合	29.0	8.1	160	nil	nil	nil	
	F-13	"	32.5	8.3	160	nil	nil	nil	
	F-14	個人	29.5	7.1	500	0.4	nil	nil	
雨 期	F-1	(上記)	29.3	6.7	305	2.0	—	nil	
	F-2	個人	28.3	7.2	690	—	—	—	
	F-3	"	30.0	6.7	495	1.0	—	nil	
	F-4	"	29.0	6.6	500	nil	—	—	
	F-5	(上記)	29.3	6.9	830	—	—	—	
	F-6	(")	28.4	6.8	500	nil	—	1.2	
	F-9	個人	28.0	5.0	1,200	nil	—	nil	
	F-10	(上記)	28.2	6.4	790	0.2	—	0.8	
	F-11	個人	29.2	6.8	490	0.2	—	nil	

2. 結論と要望事項

既存水源では現存の給水システムを賄うのが難しい。また他に新しい水源となりうるような表流水も期待できない。地表精査の上、山体中心部に向かっての小口径の水平ボーリングを実施する方が、地下水脈を把握する確立は高いであろう。

G. ポンテベドラ町 (カピス県)

1. 潜在水源の分析

1. 1 地形・地質

ポンテベドラ町はピラール湾にそそぐポンテベドラ川の右岸に位置する。その河口は付近に広大な湿地帯が拡がり、養殖漁業が盛んである。ポブラシオンはポンテベドラ川沿いの低地にあるため、雨期にはしばしば冠水する。ポブラシオンの南側の後背地は低平な丘陵地帯で、その間の開析された平地には水田が拡がっている。

量さ地域の丘陵地帯は、第三紀のシバラ層に属する玄武岩質安山岩よりなる、表土や風化部は極めて茫く、硬岩ではあるが、比較的裂かに富んでいる。

沖積層は丘陵の奥深くまで入りこんだ開析平野あるいはポンテベドラ川沿いの低地や湿原に分布している。

1. 2 既存の水源

ポブラシオンには給水用水源とするために以前掘ったと思われる深さ24mの井戸があるが、給水システムとして利用されたことはない。したがって住民は浅井戸を利用するか、バランガイタカスの手掘井戸の水を水売り屋から購入している。またバランガイ、バイランのパナイステートポリテクニクカレッジに2本(深度68m、24m)とカピスプロビシヤル病院に2本(深度48m、24m)の合計4本の深井戸があるが、鉄分を多量に含むために飲用不適で、洗濯等雑用水として使用されている。

この他、ポブラシオンから5 km離れた地域には安山岩の割れ目から少量の水が湧き出している2、3の泉がある。

Fig. G-3に図示したように、ポブラシオンとその周辺の井戸について、観測した結果を次表にまとめた。

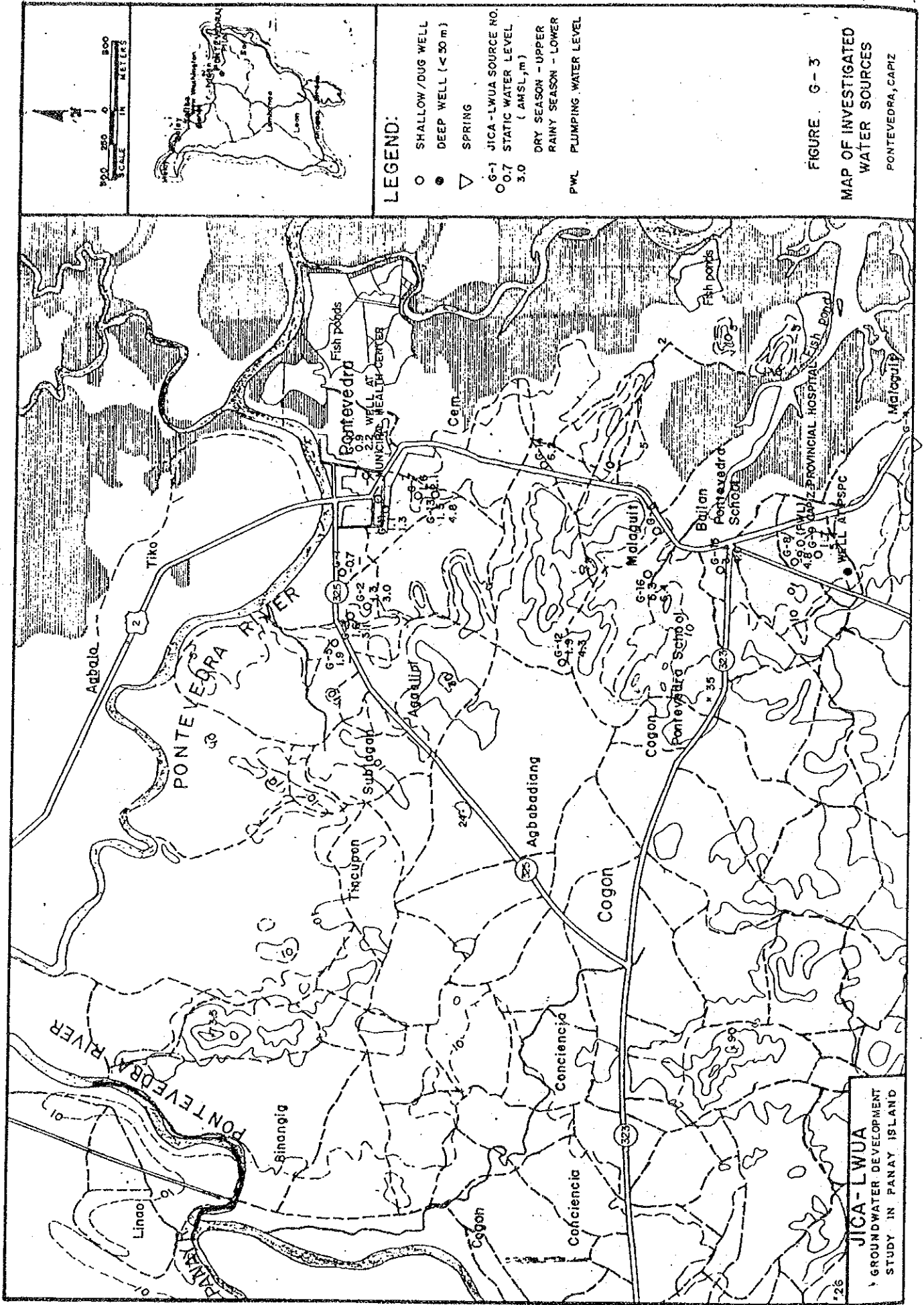


FIGURE G-3
 MAP OF INVESTIGATED
 WATER SOURCES
 PONTEVEDRA, CAPIZ

JICA-LWUA
 GROUNDWATER DEVELOPMENT
 STUDY IN PANAY ISLAND

表 II G-1 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	
G-1	ツラカ	沖積層	6.0	4.5	-5.2	-0.7	—	—	
G-2	イヤ	"	2.15	3.0	-1.69	1.3	0	3.0	
G-3	"	安山岩	4.35	5.0	-3.45	1.5	-2.01	3.0	
G-5	ツラカ	"	8.04	5.0	-3.15	1.8	—	—	
G-7	カス	"	5.08	6.0	-4.45	1.5	-3.92	2.1	水売り用井 戸ポンプ 病院 (運転中) 病院 (運転中)
G-8	ハイソ	"	48.00	9.0	(-17.95)	-9.0	-4.22	4.8	
G-9	"	"	24.00	9.0	(-7.28)	1.7	-3.56	5.4	
G-10	ネラソ	沖積層	2.90	3.6	-2.70	0.9	-1.40	2.2	
G-11	"	安山岩	7.24	8.0	-6.86	1.1	-6.66	1.3	
G-12	ES-6付近	沖積層	3.40	5.0	-3.10	1.9	-0.74	4.4	
G-13	ES-7 "	安山岩	5.25	7.0	-4.50	2.5	-2.16	4.8	
G-14	ES-8 "	沖積層	2.70	8.0	-1.80	6.2	—	—	
G-15	ES-1 "	"	4.10	7.0	-3.94	3.1	-3.04	4.0	
G-16	ES-1 "	"	2.00	7.0	-1.67	5.3	-0.60	6.4	

自動水位計はヘルスセンター前にDPWHの掘った井戸に据付けて、1988年5月12日～9月16日の間、ロハス水道組合の技師の管理の下に計測された。その記録を解析すると、

- i) 水位は僅かながら潮位の影響をうけているが、水位の変化は少ない。
- ii) 最低水位は地表下9.53m (1988年5月14日)であった。
- iii) 最高水位は地表下6.97m (1988年6月12日)であった。これは降雨のためであろう。
- iv) 水位は最低水位の5月14日から最高水位の6月13日まで連続的に上昇した。井戸調査の結果からみて、調査地域にある安山岩は堅硬緻密ではあるがかなり含水している。併しながら深井戸での揚水試験をしてみないと給水システムの水源として充分であるか否かは判らない。ポンテベドラ川は感潮河川のため、低地での深井戸掘削は塩水侵入のことを考慮すべきである。

1. 3 潜在水源の調査

1. 3. 1 電気探査の結果

電気探査は丘陵地帯を構成している安山岩中に賦存する裂か水の調査に重点をおいて実施した。測定点はFig. G-2に示したとおりであり、またその解析結果を表II G-2にまとめた。

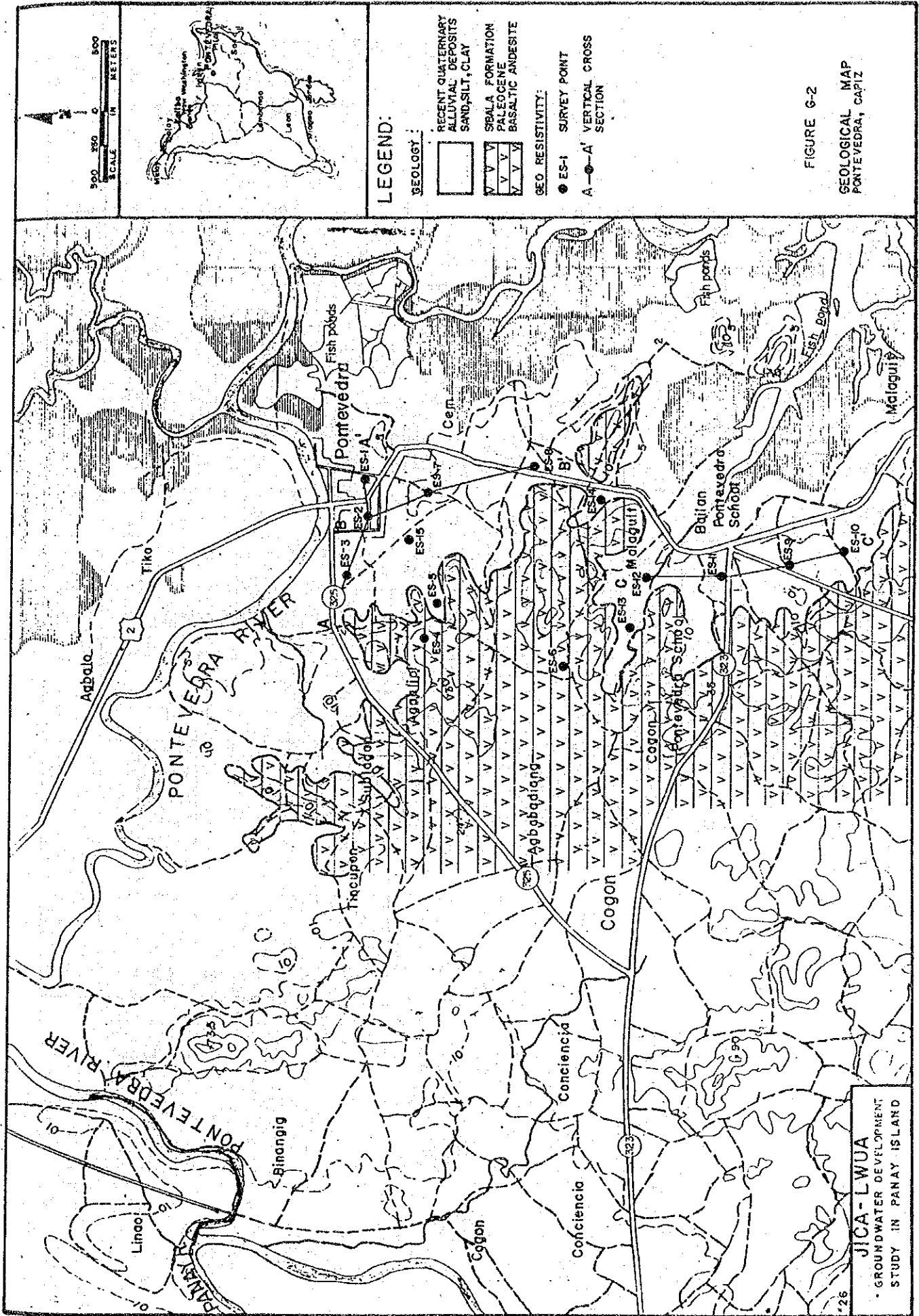


FIGURE G-2

GEOLOGICAL MAP
 PONTEVEDRA, CAPIZ

表 II G - 2 電気探査解析結果

測点 No.	標高 (海拔) m	地 形	比 抵 抗 層													
			1		2		3		4		5		6		7	
			ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	
ES-1	3	沖積層	28	0.9	19	7	76	28	19	50	100	-	-	-	-	
ES-2	6	丘の上	86	1.8	22	11	46	-	-	-	-	-	-	-	-	
ES-3	3	沖積層	4	2.3	66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ES-4	15	丘の麓	140	0.4	28	4	200	64	73	86	147	110	73	-	-	
ES-5	4	沖積層	18	3.0	90	26	44	44	135	120	57	-	-	-	-	
ES-6	15	"	126	1.8	25	18	81	-	-	-	-	-	-	-	-	
ES-7	6	丘の上	124	1.0	248	2.6	19	10	77	-	-	-	-	-	-	
ES-8	8	丘の麓	16	1.0	8	3	99	80	45	-	-	-	-	-	-	
ES-9	8	丘の斜面	27	0.7	18	2.5	76	22	32	30	2100	62	32	100	99	
ES-10	7	丘の麓	82	1.0	27	7	90	-	-	-	-	-	-	-	-	
ES-11	7	丘の斜面	66	2.1	13	5.4	60	84	106	-	-	-	-	-	-	
ES-12	7	沖積層	78	0.7	5	1.4	21	30	78	-	-	-	-	-	-	
ES-13	9	"	21	1.2	14	3	77	-	-	-	-	-	-	-	-	
ES-14	9	"	150	1.1	3	1.8	19	12	171	110	30	-	-	-	-	
ES-15	3	"	7	0.8	105	6.5	21	9	85	64	53	90	130	-	-	

解析結果と対比する地質柱状図がないので、帯水層の存在を確認することは難しいが、次のように評価した。

沖積層の比抵抗は $3\sim 20\Omega\cdot m$ と低く、主に粘土質の地層からできており、厚さも18m未満であり、地下水開発の可能性は少ない。

一方、火山岩の中で、比抵抗 $20\sim 100\Omega\cdot m$ の層には、地下水が賦存すると推測される。

1. 3. 2 試験井掘削

既述の野外調査の結果に基づき、試験井の位置はES-4付近とし、1989年6月3日～22日の間、利根Model TOP-150Tの車載型の大口径試錐機により47.00mを掘削した。井戸柱状図はFig. G-7に示したように、0m～7.50m間は表土、風化岩塊であり、7.50m～11.00m間は割れ目の多い風化安山岩、11.00m～47.00m間は硬質安山岩であった。あまり硬いため、一旦中止して電気検層を実施したところ、地下水の存在が確認されたため、揚水試験に移行した。

1. 3. 3 揚水試験と井戸設計

段階揚水試験は500ℓ/分、1,000ℓ/分、1,500ℓ/分、2,000ℓ/分の4段階で行った。その結果はFig. G-9に示した。この結果から $2\text{ m}^3/\text{分}$ の72時間連続揚水試験および回復試験を実施した。その結果はFig. G-10に示したが、水位降下は3.70mであった。裂か水のため、水理定数は求められなかった。

揚水試験結果に基づいて井戸の仕上げに移り、孔底まで47.0mの間、 $\phi 250$ mmのケーシングをセットした。その中31.3m～41.5mの間はスクリーンとした。なお孔壁は硬質安山岩のため、グラベルバックはせず、0m～15.0mの間はセメント充填した。井戸設計図はFig. G-8に示した。

1. 4 水質分析

表 II G-3 水質分析結果

	水源No.	所有者	水温 ℃	pH	電気 伝導度 μS/cm	全鉄 ppm	マンガン ppm	アンモニア 性窒素 ppm	備考
乾 期	G-1	個人	28.0	6.1	130	<0.2	—	nil	
	G-2	"	28.0	6.5	370	0.5	—	<0.4	
	G-3	"	28.0	6.8	300	—	—	nil	
	G-4	"	28.0	6.7	340	1.5	nil	nil	
	G-5	共同	28.4	6.7	480	1.0	nil	0.4	
	G-6	個人	29.0	6.8	370	<0.2	nil	nil	
	G-7	"	29.0	6.5	385	1.0	1.0	<0.8	
	G-8	病院	—	7.3	270	<0.5	nil	0.4	
	G-9	"	28.7	6.7	190	10<	nil	<0.4	
雨 期	G-2	(上 記)	27.8	6.1	195	—	—	—	
	G-3	(")	28.0	6.4	340	—	—	—	
	G-6	(")	28.3	6.3	700	nil	—	nil	
	G-7	(")	27.5	5.9	430	—	—	—	
	G-8	(")	29.2	7.0	197	nil	—	nil	
	G-9	(")	28.7	6.9	150	20	—	0.6	
	G-10	個人	27.6	6.2	580	—	—	—	
	G-11	"	30.0	6.5	335	—	—	—	
	G-12	"	28.5	6.9	216	—	—	—	
	G-13	"	27.5	5.9	130	nil	—	nil	
	G-14	"	28.4	6.8	450	0.2	—	nil	
	G-15	"	28.6	6.6	478	—	—	—	
	G-16	"	27.8	5.7	235	—	—	—	
	深井戸 泉	大学	28.2	7.6	260	nil	—	nil	
	深井戸	"	27.7	7.4	215	—	—	—	
	深井戸 浅井戸No.1	ALSセンター	30.1	6.2	190	10<	—	0.6	自動水位 計セット した井戸
浅井戸No.2	JBアイ 工場	28.1	6.2	1,840	nil	—	0.4		
浅井戸No.2	"	27.9	5.4	1,380	nil	—	nil		
浅井戸No.3	"	27.6	6.0	1,210	nil	—	nil		
乾 期	試験井			6.7	550	1.0	nil	nil	JICA-LWU A 調査団 の掘削し た井戸

水質分析の結果から調査地域の地下水はやや酸性で、若干鉄分を含んでいる。これは基盤が火山岩であることと地化学的には関係があると思われる。

2. 結論と要望事項

試験井を掘削した結果、前述の如く要望量以上の 2,700 m^3 /日の地下水が得られた。ポ
ンテベドラ町は給水システムを持っていないため、早急に水道組合を設立して、システム
の建設計画を策定すべきである。

H. ピラール町 (カピス県)

1. 潜在水源の分析

1. 1 地形・地質

ピラール町のポブラシオンは海岸平野に位置するが、その後背地には、標高 400m に及ぶ山地が連なっている。

その地質はFig. H-2 に示した如く、山地の大部分は新第三紀に属する安山岩、玄武岩よりなり、一部にこれを貫いてサラ閃緑岩が露出している。ポブラシオンの東南方の海岸に沿って、新第三紀中新世に属するピラール石灰岩からなる小山が散点する。

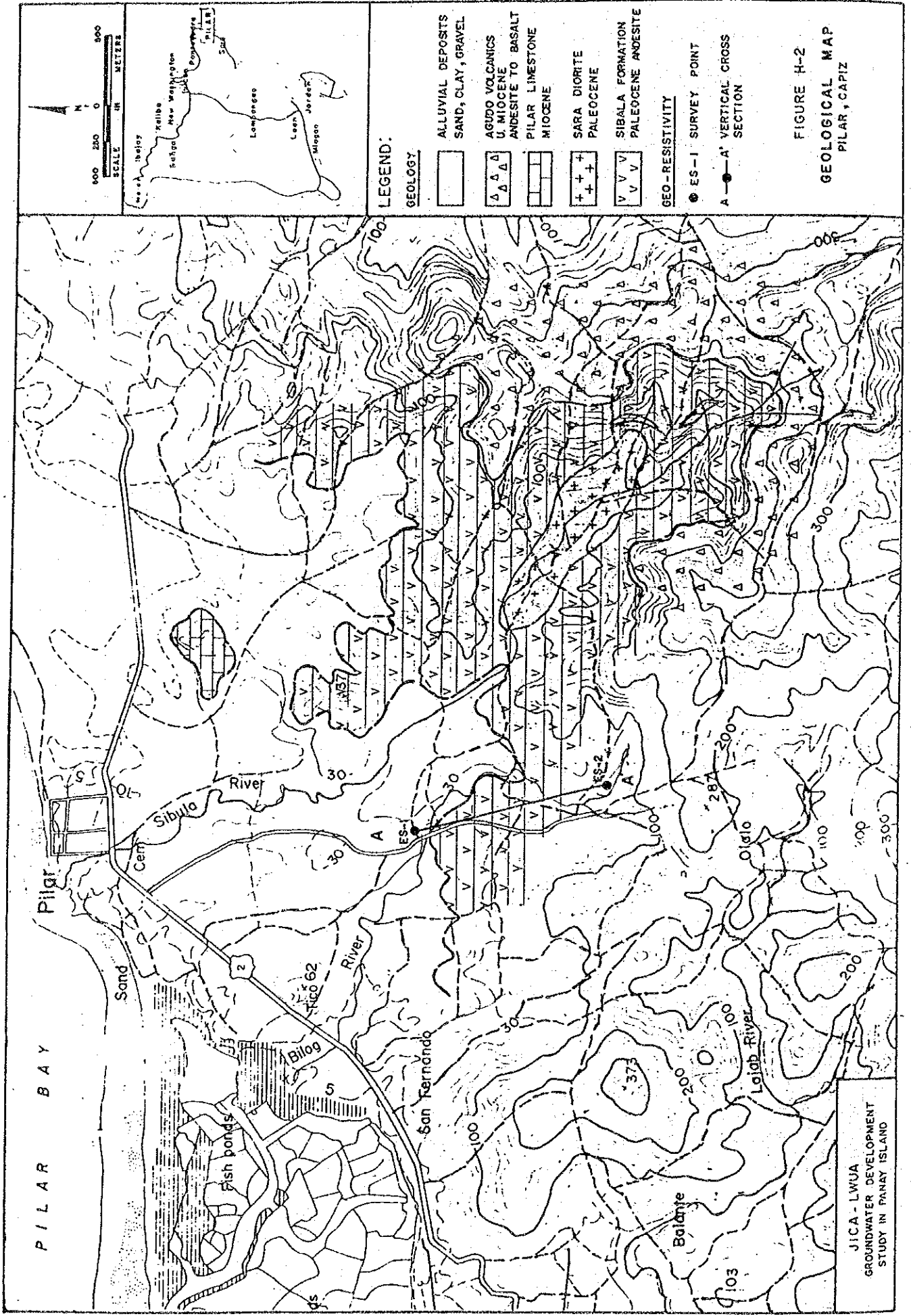
沖積層は海岸に沿った平地部、湿地帯を形成する。

1. 2 既存の水源

ピラール町には水道組合が管理している給水システムが存する。水源はポブラシオンの南東約 6 km にある谷間の表流水を 2ヶ所に小さなダムを設けて貯水し、配水管により各戸に給水しているが、諸施設の老朽化により、そのサービスは劣悪である。

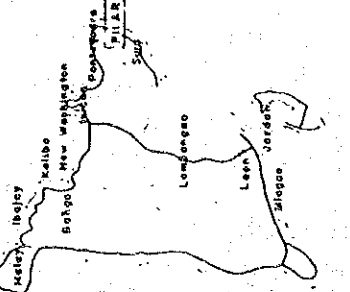
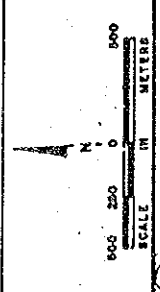
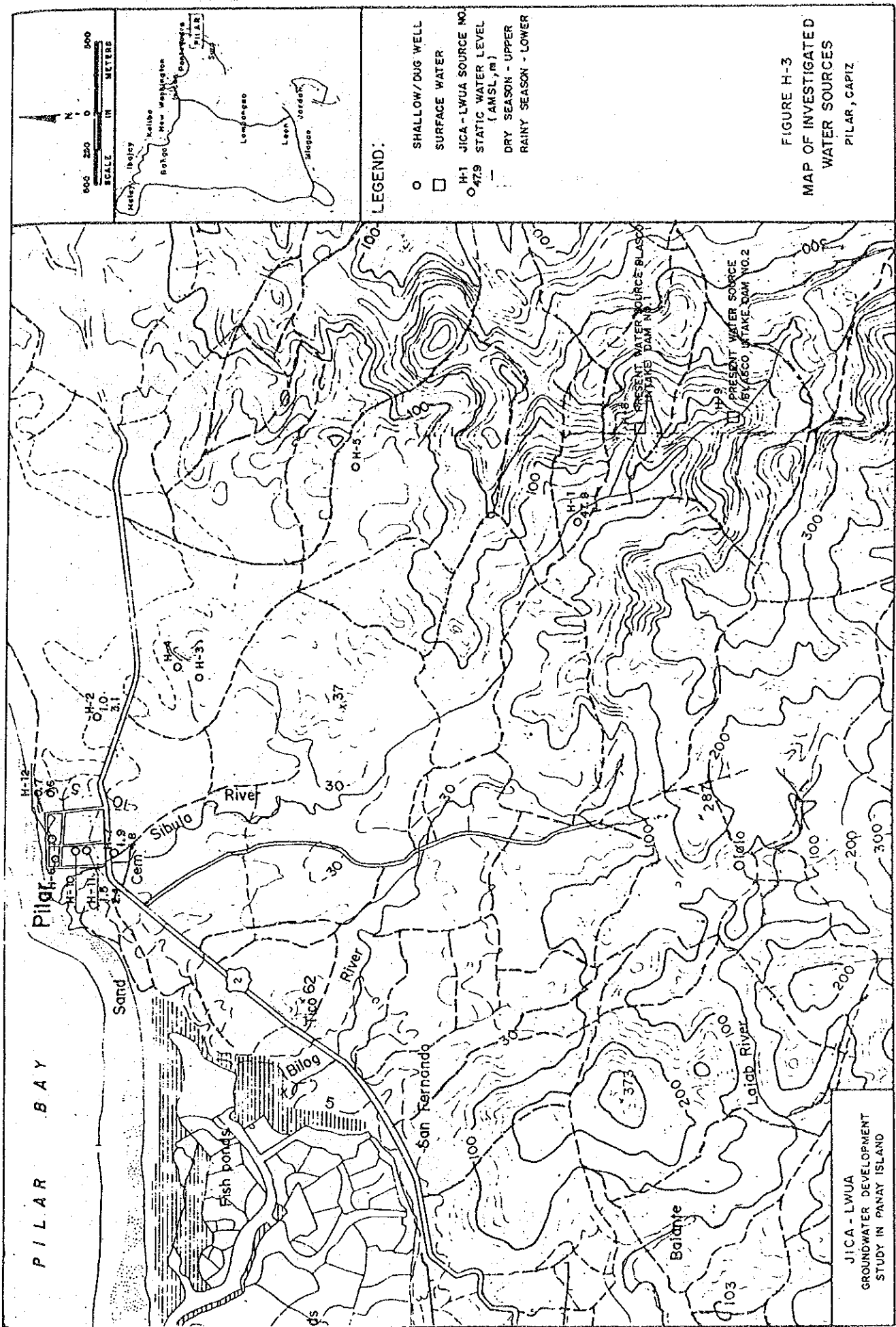
以前 80m の深井戸がバランガイナビダッドに、LWUA の管理下に掘削されたが、火山岩地帯のため、2.3 ℓ/秒 (水位低下 32m) の少量の水しか得られなかったと報告されている。

したがって住民は浅井戸に依存している。湧泉と井戸の位置はFig. H-3 に図示した。



P I L A R B A Y

JICA - LWUA
GROUNDWATER DEVELOPMENT
STUDY IN PANAY ISLAND



LEGEND:

- SHALLOW/DUG WELL
- SURFACE WATER
- H-1 JICA - LWUA SOURCE NO. 1
- 47.9 STATIC WATER LEVEL (AMSL, m)
- DRY SEASON - UPPER
- RAINY SEASON - LOWER

FIGURE H-3
MAP OF INVESTIGATED
WATER SOURCES
PILAR, CAPIZ

JICA - LWUA
GROUNDWATER DEVELOPMENT
STUDY IN PANAY ISLAND

表 II H - 1 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	
No.1 ダム	ボラシオン 南東 6 km	集塊質 安山岩	-	-	-	-	-	-	雨期 50m ³ /日 乾期 520m ³ /日
No.2 ダム	"	"	-	-	-	-	-	-	雨期 65m ³ /日 乾期 135m ³ /日
H-1	ボラシオン	沖積層	2.38	50.0	-2.13	47.9	-	-	
H-2	ボラシオン 東方 1 km	風化 安山岩	6.90	7.0	-6.00	1.0	-3.88	3.1	
H-7	ボラシオン	沖積層	6.30	7.2	-6.10	1.1	-2.42	4.8	
H-11	"	"	4.06	3.8	-3.50	0.3	-1.36	2.4	
H-12	"	"	4.15	2.0	-2.35	-0.4	-1.43	0.6	

1. 3 潜在水源の調査

1. 3. 1 電気探査結果

ポブラシオンは海岸に近接しているため、塩水の影響がなく、しかも安山岩中の裂か水の賦存しそうな地点は、地形的になかなか無く、Fig. H-2 に示した2地点で測定した。その $\rho - a$ 曲線の解析結果を表 II H-2 に示す。

表 II H-2 電気探査解析結果

測点 No.	標高 (海拔) m	地 形	比 抵 抗 層											
			1		2		3		4		5		6	
			ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m	ohm.m	m
ES-1	20	沖積平野	26	1.9	78	—	—	—	—	—	—	—	—	
ES-2	40	"	100	0.9	13	2.1	84	52	76	—	—	—	—	

1. 4 水質分析

Fig. H-3 に示した湧泉・井戸の水質分析結果は表 II H-3 のとおりである。

表 II H-3 水質分析結果

	水源 No.	所有者	水温 ℃	pH	電気 伝導度 μS/cm	全鉄 PPm	マンガン PPm	アンモニア 性窒素 PPm	備考
乾 期	H-1	?	30.0	7.1	430	<0.2	—	0.6	湧泉 No.1ダム No.2ダム
	H-2	個人	29.0	6.8	410	nil	—	nil	
	H-3	"	31.5	7.1	410	—	—	—	
	H-4	"	29.0	7.2	420	—	—	—	
	H-5	"	31.5	7.1	480	—	—	—	
	H-6	"	29.0	6.9	540	0.5	—	8.0	
	H-7	W D	28.1	6.3	410	2.0	nil	—	
	H-8	"	27.5	8.1	370	nil	nil	—	
	H-9	個人	27.5	8.1	500	nil	nil	—	
	H-10	"	28.5	6.6	500	4.0	0.5	—	
	H-11	"	28.0	6.9	410	nil	0.5	—	
	H-12	"	29.0	7.1	750	nil	nil	—	
雨 期	H-2	(上 記)	28.2	6.8	365	nil	—	nil	No.1ダム No.2ダム
	H-3	(")	28.8	7.0	442	—	—	—	
	H-4	(")	27.7	7.2	560	—	—	—	
	H-6	(")	28.3	7.1	433	20	—	8.0<	
	H-7	(")	27.5	6.2	278	nil	—	nil	
	H-8	(")	25.7	7.3	450	nil	—	nil	
	H-9	(")	25.7	8.2	457	nil	—	nil	
	H-10	(")	28.5	6.5	495	2.0	—	nil	
	H-11	(")	28.2	5.7	500	nil	—	0.4	
	H-12	(")	28.3	7.2	760	nil	—	0.8	

H-8(No.1ダム)、H-9(No.2ダム) のpHがかなりアルカリ性であることが目立つ。またポブラシオンの浅井戸の水質はかなり汚染している。

2. 結論と要望事項

調査地域の基盤は安山岩あるいはサラ閃緑岩であり、地下水はその断層破碎帯や裂かに
胚胎する裂か水であるために、以前に掘削した深井戸でも、僅かな水しか得られなかった
ことが示すように、深井戸で大量の地下水を把握することはなかなか難しい。地表精査を
実施して、山体中心部に向かって、小口径の水平ボーリングを掘削する方が、経費も安く、
地下水脈に達する確率が高い。

