

フィリピン共和国

地熱開発計画事前調査報告書

1982年7月

国際協力事業団

フィリピン共和国

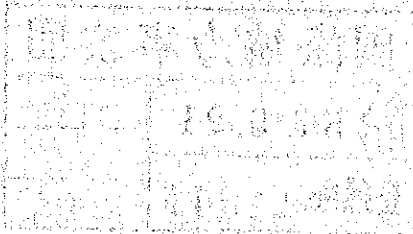
地熱開発計画事前調査報告書

JICA LIBRARY



1045999[8]

1982年7月



国際協力事業団

鉅計資

C R (3)

82 - 99

国際協力事業団

受入
期日 84. 8. 27

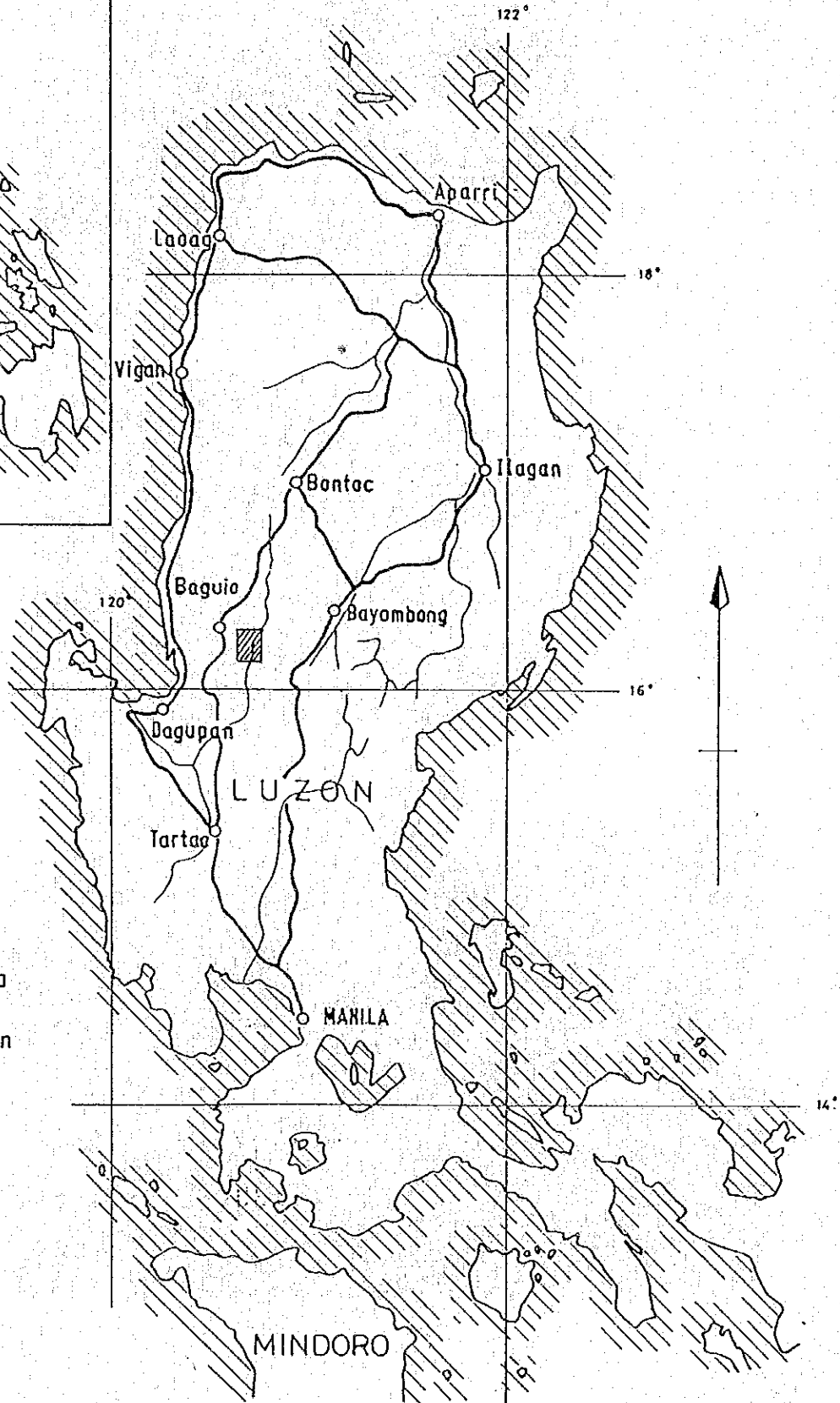
118

登録No. 13988





643

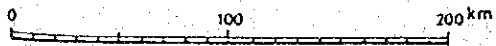
MPN

フィリピン共和国概図及び調査地域位置図



LEGEND

-  Survey Area
-  City or Town
-  River
-  Road





アクパン・イトゴン地域近辺の地熱徴候地

目 次

要 旨	1
1. 序	3
1.1 調査の背景と経緯	3
1.2 調査の目的	3
1.3 調査団の構成	4
1.4 調査日程	4
2. エネルギー事情	6
2.1 経済とエネルギー	6
2.2 エネルギー消費の特徴	7
2.3 エネルギー政策	10
2.4 地熱開発	12
3. 地質概況	15
3.1 ルソン島北部の地質	15
3.2 ルソン島北部の地熱資源	16
4. 現地調査	17
4.1 調査位置	17
4.2 地形及び植生等	17
4.3 地域内の地質	19
4.4 地域内の地熱徴候	22
4.5 結 論	26
5. 打合せ及び聴取事項	27
5.1 I/A について	27
5.2 地元の協力態勢	47
5.3 雨期の問題	47
6. 本格調査計画	50
6.1 計画概要	50

6.2	業務指示書	50
7	その他	71
7.1	面会者リスト	71
7.2	収集資料及び参考資料	72
7.3	参考付図及び付表	73

(付 図)

第 1 図	ルソン島北部地文区分図	15
第 2 図	フィリピン地熱発電所位置図	16
第 3 図	アクパン・イトゴン地域位置図	18
第 4 図	アクパン・イトゴン地域地質図	20
第 5 図	アクパン鉱山 主要坑道レベル図	21
第 6 図	アクパン鉱山 模式断面図	22
第 7 図	水質調査図	23

(付 表)

第 1 表	調査日程表	4
第 2 表	ASEAN諸国のGDP・製造業増加率，製造業のGDPに占めるシェア	6
第 3 表	商業エネルギー消費	7
第 4 表	総エネルギー消費	8
第 5 表	石油輸入と貿易収支	9
第 6 表	主要経済指標	9
第 7 表	総エネルギー消費予測	10
第 8 表	部門別商業エネルギー消費予測	11
第 9 表	国内エネルギー資源の暫定評価	11
第 10 表	第1次エネルギー源確定目標	12
第 11 表	フィリピン地熱発電設備	13
第 12 表	地熱発電の将来計画	13
第 13 表	地域内の温泉	22
第 14 表	アクパン鉱山坑内水分析と推定地熱温度	24
第 15 表	アクパン鉱山周辺水分析	25

第 16 表	調査結果総括表	26
第 17 表	バギオ月間降雨量	49
第 18 表	フィリピン政府内閣閣僚名簿	73
第 19 表	新5ヶ年計画(1983~87)のGNP成長率と総額	75
第 20 表	MAK-BAN地熱発電所の坑井一覧表	76
第 21 表	TONGONAN地熱発電所の建設計画及び生産井一覧表	76
第 22 表	日本の対フィリピン政府ベース資金協力	77
第 23 表	フィリピン政府開発援助受取額	77

フィリピン共和国地熱開発計画事前調査報告書

要 旨

1. 調査団

フィリピン政府より要請をうけて、飯村団長以下4名よりなるフィリピン共和国地熱開発計画事前調査団は、昭和57年3月16日～27日の間現地調査を実施した。

2. エネルギー事情

フィリピンはそのエネルギー（商業的）の90%以上を輸入石油に依存していたので、過去の石油危機において深刻な打撃をこうむった。

政府は、エネルギー問題が国内エネルギー資源に乏しい同国の経済発展の最大の弱点であるとの認識から、高いポテンシャルが予想され且つ他より有利な地熱開発に大きな期待をかけ、現在の地熱発電規模44万KWを4年後には200万KWに大增設する構想を打ち出し、この実現のために最大の努力を払おうとしている。

3. 現地調査

調査対象地域であるアクバン・イトゴン地域は、ルソン島北部ベンゲット州に属する。首都マニラの北250Kmに位置し、州都バギオより東20Km、車で30分の距離にある。付近は海拔450～1,700mであって、地形は急峻である。植生乏しく、岩盤や変質帯の露出が多い。

調査対象地域内にあるアクバン鉱山の坑内数ヶ所において、極めて優勢な地熱徴候を確認したほか、付近の地質状況から、近くに有力な地熱貯留層存在の可能性が大であると推定した。また、地表地熱徴候は少ないが、地質環境もあわせ検討した結果、当地域はルソン島北部火山帯に属していて、地熱ポテンシャルが高く、社会情勢も安定し、その他の諸条件も良好であり、且つ技術協力に合致するものなので、当アクバン・イトゴン地域について本格調査を行う価値ありと判断した。

当地域に推定される地熱貯留層は熱水型であり、その深部温度は200～250℃、その規模は中程度と予想される。

4. 取決め及び確認事項

アクバン・イトゴン地域の本格調査計画についてBEDと協議の上 Implementing Arrangement (I/A) を取り決めた。併せて、54年度から実施していたブギアス地域の調査中止の旨のメモランダムを取り交した。

又、本技術協力に対して、フィリピン政府、地元ベンゲット州、及び地元民の全面的協力を

確認した。

5. 本格調査計画

アクバン・イトゴン地域の本格調査計画案を作成した。

第1年次 : 300 km²の地域に地質・物理・地化学探査等を行って30～50 km²の精密調査範囲を選出する。

第2年次 : 地質・物理・地化学精密調査を行って、最有望地区を選び、調査井の位置を選定する。

第3年次 : 調査井(深度1500 m程度)を掘削し、各種試験を実施して、当地区の地熱貯留層のタイプ、範囲、規模等を予測し、その後の地熱開発計画を策定する。

尚、現地本格調査実施に際しては、付近に多数存在する鉱業権者の同意を得る等の地元対策、及び、電気探査については、鉱山坑内作業によって生ずる電氣的ノイズ対策等を配慮する必要がある。

1. 序

1.1 調査の背景と経緯

フィリピン共和国は、工業化による経済開発を推進しつつある最中に、第1次及び第2次オイルショックを蒙り、そのインパクトは政治、経済、国民生活の多方面に深刻な影響を与えた。

石油資源を殆んど持たぬフィリピン政府は、エネルギー問題が同国経済機構最大の弱点である事をつとに認識し、第1次オイルショック直後いち早くこの問題に取組み、国内エネルギー資源を開発促進して輸入石油への依存度の遞減を計画した。

然し財政基盤も基礎技術力も弱い同国にとって、この過重な計画は思惑通りに行かず、苦慮した結果大きなポテンシャルを予想される地熱エネルギーに着目し、この開発に大きな期待をかけた。そして1987年までに地熱発電による2,000MWの発電計画を策定した。

フィリピン政府は、この計画実現の一環として昭和54年6月日本政府に対して地熱開発の技術協力の要請を申し入れた。この要請を受けて日本政府は、ルソン(Luzon)島北部ブギアス(Buguias)地域を対象として地質調査等の概査を56年1月～3月にかけて実施した。然しながら、精査段階に至り現地事情によって調査継続不能にいたった旨の陳謝をフィリピン政府より受け、ブギアス地域での調査を一時中止せざるを得ない事態となった。

然しながら、今日フィリピン政府は極度に緊迫しているルソン島北部の電力事情に鑑み、ブギアス地熱開発の代替としてアクパン・イトゴン(Acupan・Itogon)地域における地熱開発の調査協力を要請して来た。

これを受けて日本政府は、今回ブギアス地域の地熱開発に関するI/Aの無効化と、アクパン・イトゴン地域における地熱開発に関するI/Aの取り決めのために事前調査を実施したものである。

1.2 調査の目的

フィリピン政府より要請されたアクパン・イトゴン地域における地熱開発計画のためのI/Aを作成し、フィリピン政府の合意を得る事を目的とし、且つブギアス地域地熱開発調査のI/Aの無効化についても、同政府の諒解を得る事を併せて目的とした。

その為に下記調査等を実施した。

- a) フィリピン政府の要請内容の確認
- b) 対象地域における既存データの収集、解析、検討
- c) 対象地域における概略踏査、地熱ポテンシャルの把握及びこれらについて先方政府との協議
- d) 今後の調査協力内容の協議
- e) I/Aに関する協議及び署名

f) プギアス地域地熱開発調査の I/A の無効化につき協議、署名

1.3 調査団の構成

調査団の構成は下表の通りである。

No	団長員別	氏名	業務分担	所 属
1.	団 長	飯 村 圭 司	総 括	国際協力事業団 鉱工業計画調査部資源調査課長
2.	団 員	熊 谷 昌 宏	技術協力全般	通商産業省通商政策局経済協力部 技術協力課 海外開発協力係長
3.	#	中 沢 博次郎	地熱全般担当	新エネルギー財団地熱本部 本部付部長
4.	#	中 川 進	地熱地質担当	新エネルギー財団地熱本部 本部付部長

1.4 調査日程

現地調査は、昭和57年3月16日より同月27日までの12日間実施された。その概略日程は第1表の通りである。

第1表 調査日程表

本 隊 : 飯村団長・熊谷

先遣隊 : 中沢・中川

日順	月 日	本 隊 行程・調査内容	先 遣 隊 行程・調査内容
1	3.16 (火)		東京—Manila (出国)
2	# 17 (水)		表敬: JICA Manila事務所、日本国 大使館、BED
3	# 18 (木)		Manila—Baguio (移動) 表敬: Benguet 州政庁
4	# 19 (金)		表敬: Itogon 郡役所 Acupan Itogon 地域現地調査: Balatoc 鉱山坑内・坑外周辺

5	3.20 (土)		# 現地調査： Antamok 鉱山周辺、西部 Asin 温泉
6	# 21 (日)		# 現地調査： Daklan 地熱示徴地区
7	# 22 (月)		# 現地調査：南部 Asin 温泉 Baguio - Manila (移動)
8	# 23 (火)	表敬・打合せ：JICA Manila 事務所、日本国大使館 表敬・I/A 協議：BED	
9	# 24 (水)	Manila - Baguio (移動) Acupan - Itogon 地域現地調査：Balatoc 鉱山周辺 資料収集：中川のみ Manila にて	
10	# 25 (木)	Baguio - Manila (移動) I/A 協議：BED	
11	# 26 (金)	Manila - Makiling - Manila 参考調査：Mak - Ban 地熱示徴地・地熱発電所 I/A 調印：BED 挨拶：BED、NEDA、日本国大使館、JICA Manila 事務所	
12	# 27 (土)	Manila - 東京 (帰国)	

2. エネルギー事情

2.1 経済とエネルギー

フィリピンは経済発展の道を工業化に求め、輸入代替工業化政策、ついで輸出指向型工業の振興政策を取って来た。

これはアセアン諸国の中でもかなり早かったが、その後の発展はかならずしも順調に推移せず、シンガポール等にして水をあけられた感がある。(第2表参照)

第2表 ASEAN諸国のGDP・製造業増加率、製造業のGDPに占めるシェア：1960～1979

(単位：%)

	GDP 増加率 (年平均)		製造業増加率 (年平均)		製造業の GDP に占めるシェア	
	1960-70	1970-79	1960-70	1970-79	1960	1979
フィリピン	5.1	6.2	6.7	6.7	20	24
シンガポール	8.8	8.4	13.0	9.3	12	28
マレーシア	6.5	7.9	...	12.4	9	16
タイ	8.2	7.7	11.0	11.4	13	19
インドネシア	3.9	7.6	3.3	12.5	8	9

(出所) アジア諸国のエネルギー需給 アジア経済研究所

そして1973年の第1次オイルショックの影響からはかろうじて立ち直ったものの、1979年の所謂第2次石油危機とこれに引き続く世界経済不況の波をもろにかぶり、1981年の経済成長率は4.5% (目標5.5%)、同インフレ率12.2%、対外債務残高158億ドルと、経済基盤の脆弱性を露呈した。

このようにフィリピンの工業化政策が長期的にはかならずしも成功しなかった理由は、国内市場が狭隘な為に多量生産のメリットを得られなかった事、輸出産業と国内産業との相互の関連がうすく、国内産業への寄与が小さかった事、設備の老朽化、金融制度の不備等々があげられるが、特にかくれた原因は、インフレの未整備、なかでも工業に大きな打撃を与えている慢性的電力不足である。

例えば、1979年に於て、メトロ・マニラの主要工業地帯における計画停電時間は Pasig: 250時間、Marikina 285時間、Manoaluyong: 189時間であり、この他に不測の停電が多数にあった。このため各工場共に停電用に自家発電設備を備えているが、この設備費、発電費、操業能率の低下、不良製品の増加等々恒常的な停電の工業に与える影響は深刻なものがある。

このような経済環境悪化を打解するため、政府は現経済5ヶ年計画(1978～1982)の

終了と共に新5ヶ年計画(1983~1987)を立案し、特に工業部門の成長を支える電力開発については11.7%とGNP成長率6.5%を大巾に上廻る成長率をもくろんでいる。

次にこの商業エネルギーに占める石油の比率は1980年まで常に90%以上を占め、この消費の増加は事実上石油の増加であった。

政府は、国家経済繁栄を工業化に求めたものの、国内エネルギー資源に乏しい現状ではその発展は現状では石油消費の増大を意味する。石油に対する依存度を低下させる為には、この増加分以上を国内他エネルギー資源に求めなければならぬ。この点に関しては1980年には、石油消費量もその依存度も1980年より減少している。(第3表参照)

第3表 商業エネルギー消費

(石油換算 100万バレル)

	1960	1965	1970	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
1. 石油	19.1	33.9	54.6	68.3	64.1	70.2	72.2	78.6	81.6	82.6	77.5
2. 石油の比率(%)	(93)	(93)	(94)	(96)	(94)	(95)	(93)	(94)	(94)	(92)	(88)
3. その他(水力、石炭)	1.5	2.6	3.5	4.1	4.2	4.1	5.1	4.6	5.4	6.7	11.0
4. その他の比率(%)	(7)	(7)	(6)	(4)	(6)	(5)	(7)	(6)	(6)	(8)	(12)
商業エネルギー合計	20.6	36.5	58.1	71.5	68.2	74.3	77.3	83.2	87.0	89.3	88.5

(出所) 1981-86, The National Energy Program

2.2 エネルギー消費の特徴

フィリピンのエネルギー消費の主な特徴は次の通りである。

- ① 商業エネルギーの全エネルギーに占める率が低い事
- ② 商業エネルギーの90%以上が石油である事
- ③ 石油価格の高騰によって、商業エネルギー消費の伸び率が左右する事
- ④ 輸入石油代金が貿易収支を圧迫している事

フィリピンの工業化は未だに思わしくなく、現在でも所謂一次産品輸出発展途上国型である。現在に至るまで商業エネルギーは大巾に増加しているが、商業エネルギーの全エネルギーに対する比は、1978年においてすら64.6%にすぎない。(第4表参照)これは人口の65%が農村にあるので、非商業エネルギー(主に薪炭・砂糖きびがら)に頼る所の大きい事を意味する。然もこの非商業エネルギーの年増加率は3%以上で、人口増加率2.7%より高い事は、国民の生活レベル向上のため薪炭消費が増加し続け、未だに商業エネルギーへの移行に至っていない。これは価格が高いためである。(第3表参照) 例えばフィリピンの電化率は極めて低く、現在でも全世界の29%が公共電力の恩恵に浴しているに過ぎないと云われる。

この点について、国民生活向上のため増加するエネルギー源を石油に依存する事なく、国内

エネルギー資源の開発に目を向けざるを得ない。

更にフィリピンは過去2回にわたる石油危機に際し、政府は高騰する石油価格を抑える事なく、製品価格に反映させる政策を取ったが、結果として商業エネルギー消費の伸び率の低下をまねいた。これは商業エネルギーの節減—即ち石油節約—の効果ではなく、石油価格の高騰により、その分が非商業エネルギーに逃げ込んだり、計画停電によって燃料消費を抑えたり、輸送機関の能力を落したりの影響が大きいと思われる。この点からも、商業エネルギーの石油依存による経済発展への弊害が顕著にあらわれているといえる。

最後にフィリピンの国際収支を見ると、政府の種々の国際収支改善策にもかかわらず、第1次オイルショック以降慢性的な赤字に悩まされている。これは増大する一方の石油輸入代金、輸出産業の発展に伴う輸入原料資材の増加とこの価格上昇、更に借金政策の結果としてのこの返済金利圧力等が赤字の原因である。中でも石油輸入の収支圧迫は甚しく、1973年の石油輸入代金は231万ドルであったものが、1980年には25億1,600ドルと約1,100倍も暴騰し、同年輸出額の39%に達するに至った。(第5表参照) そしてこの貿易収支補填を外債にたよったために累積債務は急増し、1981年末対外債務残高は遂に150億ドルを越す事態に追い込まれた。(第6表参照)

第4表 総エネルギー消費(1960 - 1978)

(石油換算1,000トン)

	1960	1965	1970	1975	1978	1960-78年 の平均増加率
商業エネルギー	2816 (44.2)	4857 (54.1)	7698 (61.5)	10056 (63.5)	11620 (64.6)	
非商業エネルギー	3560 (55.8)	4120 (45.9)	4808 (38.5)	5770 (36.5)	6357 (35.4)	
合計	6376 (100.0)	8977 (100.0)	12506 (100.0)	15826 (100.0)	17977 (100.0)	
年平均増加率						
商業エネルギー		11.5	9.7	5.5	4.9	8.2
非商業エネルギー		3.0	3.2	3.7	3.3	3.3
合計		7.1	6.9	4.8	4.3	5.9

(注) カッコ内は%。

(出所) アジア諸国のエネルギー需給 アジア経済研究所

第5表 石油輸入と貿易収支(1973-81)

(CIF, 100万USドル)

	1973	1975	1977	1979	1980	1981 [※]
石油支払(ドル)	231	33300	104000	159700	251600	256700
輸入に占める石油の比率(%)	1290	2210	2440	2420	3040	2560
輸出に占める石油の比率(%)	1100	3190	2690	3400	3220	3630
貿易収支(ドル)	30990	-1,16600	-40600	-1,92000	-1,86300	-2,93000
赤字に占める石油輸入代金比率(%)	-	7100	25610	8320	13500	8760

※ 1981年は予想。

(出所) The National Energy Program, 1981-86

第6表 主要経済指標: 1980, 1981

	1980	1981 (推定値)
GNP (名目)	2,643 億ペソ	3,136 億ペソ
1人当り GNP (名目)	711 ドル	772 ドル
GNP (72年価格)	929 億ペソ	974 億ペソ
GNP 成長率(実質)	5.4 %	4.9 %
輸 出 額	57.8 億ドル	59.0 億ドル
輸 入 額	77.3 億ドル	84 億ドル
貿易収支バランス	19.5 億ドル	25.0 億ドル
国際収支バランス	3.8 億ドル	5.6 億ドル
対外債務残高(12月末)	127 億ドル	158.4 億ドル
通貨供給量(12月末)	225.4 億ペソ	259.2 億ペソ
政府予算規模	418 億ペソ	529 億ペソ
インフレ率	17.6 %	12.2 %
為替レート(12月末)	1ドル=7.60ペソ	1ドル=8.2ペソ

(出所) NEDA 資料。

このように、国際収支面からもフィリピンは、今後共増加する一方の輸入石油への依存度を下げざるを得ない苦境に立たされている。

以上いづれの面を取っても、フィリピンのエネルギー対策は石油依存度を下げて、国内エネルギー資源に代替せざるを得ない状況にある。

2.3 エネルギー政策

フィリピン政府は、エネルギー政策がフィリピン経済にとってまさに死活的問題である事を認識して、第1次オイルショック後いち早くこの解決に取り組んだ。政府は従来のメジャーに全面依存していた石油供給体制を国営にするため1974年国営石油会社PNOC (Philippines National Oil Company) を設立し、更に政府機構を変えてエネルギー省 (Ministry of Energy) を設立し、各所に分散するエネルギー部門を一元化した。

又、エネルギー需給計画についても下記の通り次々に発表している。

開発4ヶ年計画	1974～1977	1973年公表
5ヶ年計画	1978～1982	1977 "
エネルギー10ヶ年計画	1979～1988	1988 "
改訂エネルギー10ヶ年計画	1980～1989	1979 "
エネルギー5ヶ年計画	1981～1985	1980 "
国家エネルギー計画	1981～1986	1981 "
新開発5ヶ年計画	1983～1987	1982未公表 (新聞情報のみ)

本稿では、主として「国家エネルギー計画1981～1986」によって説明したい。(第7表、第8表参照)

「国家エネルギー計画1981～1986」によれば、計画期間中の総エネルギー消費増加率を4.8%とする他、工業化促進を前提として商業エネルギーの消費増加率を5.7%と1975～1980年同実績4.5%よりも高く想定している。この結果、計画最終年度1986年には、国民1人当商業エネルギー消費量は2.28バレル/人・年=368kg/人・年に達し、アジア発展途上国の平均値(1979年305kg/人・年)前後になる予想である。

第7表 総エネルギー消費予測(1981-1986)

(石油換算100万バレル)

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
1次商業エネルギー	88.51	87.53	92.62	100.49	108.97	117.02	123.18
バガスの非商業的消費	4.85	4.95	5.05	5.15	5.25	5.36	5.46
家庭の非商業エネルギー消費	22.36	23.03	23.72	24.43	25.16	25.92	26.70
その他非商業エネルギー消費	13.11	13.50	13.91	14.43	14.76	15.20	15.66
総エネルギー1人当り消費(バレル)	128.83	129.01	135.30	144.50	154.14	163.50	171.00
総商業エネルギー	1.86	1.80	1.86	1.98	2.10	2.21	2.28
総エネルギー	2.70	2.65	2.71	2.84	2.97	3.08	3.16

(出所) The National Energy Programme 1981-85.

第8表 部門別商業エネルギー消費予測
(石油換算100万バレル)

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
総商業エネルギー消費量	88.51	87.53	92.62	100.49	108.97	117.02	123.18
うち石油(%)	87	83	77	68	60	53	46
非石油(%)	13	17	23	32	40	47	44
工業部門	43.49	43.14	44.17	46.04	47.87	47.81	47.62
家庭部門	13.04	13.52	13.62	13.27	12.96	13.14	13.41
商業部門	10.44	11.05	11.39	11.29	11.19	11.47	11.83
輸送部門	33.03	32.29	30.82	29.40	27.98	27.58	27.14

(出所) The National Energy Programme 1981-86.

他方フィリピン国内エネルギー資源の埋蔵量については、第9表の如く推定されている。最も重要な石油埋蔵量については公表されていないが、一説によると3,000万バレル? (日本の石油確認・埋蔵量6,000万バレル)とも云われる如く、多くを期待出来ない模様である。

第9表 国内エネルギー資源の暫定評価

(石油換算100万バレル, MMBOE)

	確認 ^(a)	推定 ^(b)	予想 ^(c)
有限資源			
石油	評価中	評価中	評価中
石炭	7326	383	5,837
ウラン	-	10	評価中
再生可能資源			
水力	17.3/年	4.0/年	5.0/年
地熱	20.1/年	16.5/年	2.3×10 ³ /年
非伝統エネルギー (太陽熱、バイオマス他)	0.1/年 ^(d)	5.1/年 ^(e)	1.4×10 ³ +/年

(注) (a) 有限資源に関しては、プロジェクトに対するコミットメントと実施が可能な埋蔵量の数字。再生可能エネルギー資源は既設、建設中、工事許可済みのプラントを含む。

(b) フェージビリティ・スタディー中のプロジェクト。

(c) 確認と推定を含む。

(d) 1980年だけのnew facilitiesを含む。

(e) 1985年目標

(出所) The National Energy Program 1981-86.

以上の国内エネルギー資源のポテンシャルを踏まえて、政府は国家エネルギー計画書に将来のエネルギー源別供給目標を示した。(第10表参照)

これによると、1986年目標において石油依存度（≡輸入石油依存度）を45%まで落とすと共に、石油の絶対量をも減少せしめている。これは他発展途上国に見られない事で、政府の仲々の熱意を示すものと云える。

第10表 第1次エネルギー源確定目標

(石油換算100万バレル)

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
水 力	6.19	7.10	8.09	11.85	14.07	15.29	16.01
地 熱	3.84	5.34	6.28	7.89	8.58	13.97	16.64
石 炭	0.97	1.36	6.25	11.64	14.20	20.57	25.58
石 油	77.49	73.08	71.14	67.98	69.93	61.64	56.38
原 子 力	-	-	-	-	-	2.81	5.61
非伝統エネルギー	0.02	0.65	0.86	1.13	2.19	2.74	2.96
合 計	88.51	87.53	92.62	100.49	108.97	117.02	123.18
成 長 率 (%)	..	(1.1)	5.8	8.5	8.4	7.4	5.3
輸入石油比率(%)	83.29	81.34	71.33	63.42	62.01	51.34	45.13
輸入石油代替比率(%)	16.71	18.66	28.67	36.58	37.99	48.66	54.87

(出所) The National Energy Program 1981-86.

2.4 地熱開発

石油危機後に開発されたエネルギーのうちで、石油代替に対して量的に最も高く寄与したのは水力と地熱である。特に活火山地帯に位置するフィリピンにとって地熱の開発は最も有望なエネルギー資源である。当国の地熱発電は1977年に3,000 KWの実験プラントが完成し、翌年から商業発電が開始された。そして1981年末までに44.6万KWの発電設備が稼働している。これは全エネルギーの4.3%に相当し、1号機の運開から僅か4年の間に急成長した。(第11表参照)

地熱発電の将来計画については、政府は第12表の通り発表している。同計画によると、計画最終年度において、設備200万KWと現在の4倍の急成長を予定している。これは同時点において全エネルギーの13.5%に相当し、水力を抜いて、石油(45.8%)石炭(20.8%)につぐ第3位に位置づけられている。このように政府は地熱開発に大きな期待をかけている。

第11表 フィリピン地熱発電設備

発電所 (島名)	現有設備(1981)	発電設備	蒸気供給	増設計画 (1985まで)
MAK-BAN (ルソン)	55MW×2(1979) 55MW×2(1980) 計計220MW	三菱 (ダブル・ フラッシュ)	PGI	55MW×4
TIWI (ルソン)	55MW×2(1979) 55MW×2(1980) 計220MW	東芝 (ダブル・ フラッシュ)	PGI	55MW×6
TONGO- NAN (レイテ)	33MW×1(1977) パイロット・ プラント	三菱 (背圧式)	PNOC	37.5MW×3 55MW×6
PALIMPI NON (ネグロス)	15MW×2(1980) パイロット・ プラント	富士 (背圧式)	PNOC	37.5MW×6
MANITO (ルソン)			PNOC	55MW×2
その他				165
計	446MW(11台)			1,938.5

(注) PGI = Philippine Geothermal Inc.
PNOC = Philippine National Oil Corp.
(出所) BED

第12表 地熱発電の将来計画

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
設備出力 累計 MW	446	593.5	705	890	1,000	1,607.5	1,937.5
発電電力量 石油換算100万バレル	3.84	5.34	6.28	7.89	8.58	13.97	16.64
全エネルギーに 対する寄与率 %	4.3	6.1	6.8	7.9	7.9	11.9	13.5

(出所) The National Energy Program 1981~86より作成。

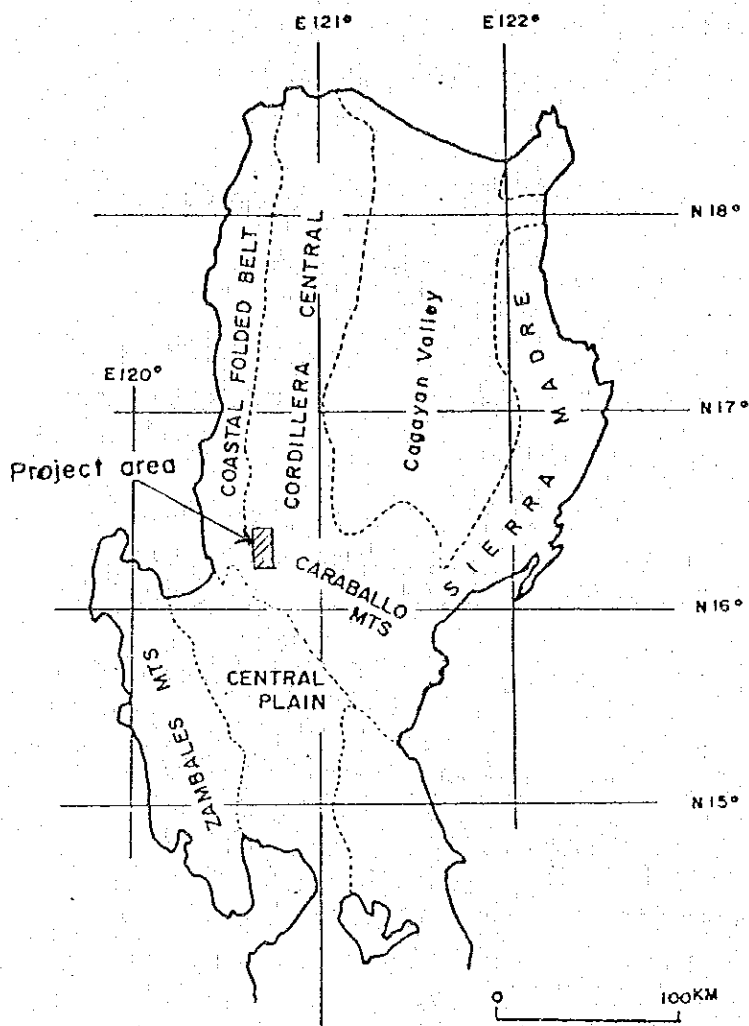
以上の如く、多くの期待を寄せられている地熱の有利性は主に次のようなものである。

- ① 地熱資源が豊富にあり、然も公害・環境問題をそれほど考慮せずに開発出来る。
- ② 地熱発電の建設費は、火力発電に比して割高であるが、燃料費が不要であり、追加建設費も少く、電力コストは低い。
- ③ 地熱発電設備は小さく（1ユニット 5～6万KW）、使用面積が小さく、石炭・水力のような付帯設備がないので総建設費が小さい。
- ④ 小需要向きであるが、需要増に応じ、追加建設によってユニットを増設する事も出来る。
- ⑤ 探査により確認してから運開までの期間が短いので、速効性がある。
- ⑥ 当国のような多数の島嶼からなる国では、全国電力網による中央発電方式は向かず、地方分散型になるので、地熱発電はまさに最適である。

以上取り纏めて、フィリピンの最大課題の一つであるエネルギー対策は、石油への依存度の低下であり、そのためには国内エネルギー資源、特に地熱発電に大きな期待が寄せられている。

3. 地 質 概 況

3.1 ルソン島北部の地質



第1図 ルソン島北部地文区分図

ルソン島北部は、地形的特徴から、ほぼ南北に伸びる4帯に区分される。^{*}(第1図参照)

このような地形の特徴は、地質的要素を強く反映するもので、地質的にもほぼ地形同様の分帯が可能である。すなわち、東よりシエラマドレ隆起帯、カガヤン沈降帯、コルディレラ・セントラル隆起帯及び海岸褶曲帯の4帯である。

これらの地形～地質帯の特徴は、概略下記のとおりである。

1) シエラマドレ隆起帯……

白亜紀～古第三紀始新世の火山岩類とその火山碎屑岩類よりなり、この上部には、ほとんど堆積岩が見られず、僅かに上部漸新世の石灰岩が分布するに過ぎない。なお、コースタルパンソリスの進入(27～49 m.y.)がある。

2) カガヤン沈降帯……白亜紀～始新世から鮮新世までの各岩層が南から北に向って堆積、沈降を繰り返しつつ順次累重し、全体として北方に開く半円盆状構造を形成している。この帯には、アルカリ深成岩類よりなる上部漸新世～下部中新世のパラソパンソリスの進入(17～25 m.y.)がある。

3) コルディレラ・セントラル隆起帯……白亜紀～古第三紀始新世の火山岩類とその火山碎屑岩類で構成される点ではシエラマドレ隆起帯と同じであるが、その後、シエラマドレの隆起運動には併行せず、その後も引き続き堆積作用が行われた。又、漸新世に入っても火山活動が連続し、主として安山岩類とその火山碎屑岩類が分布している。なお、パンソリスとしては、

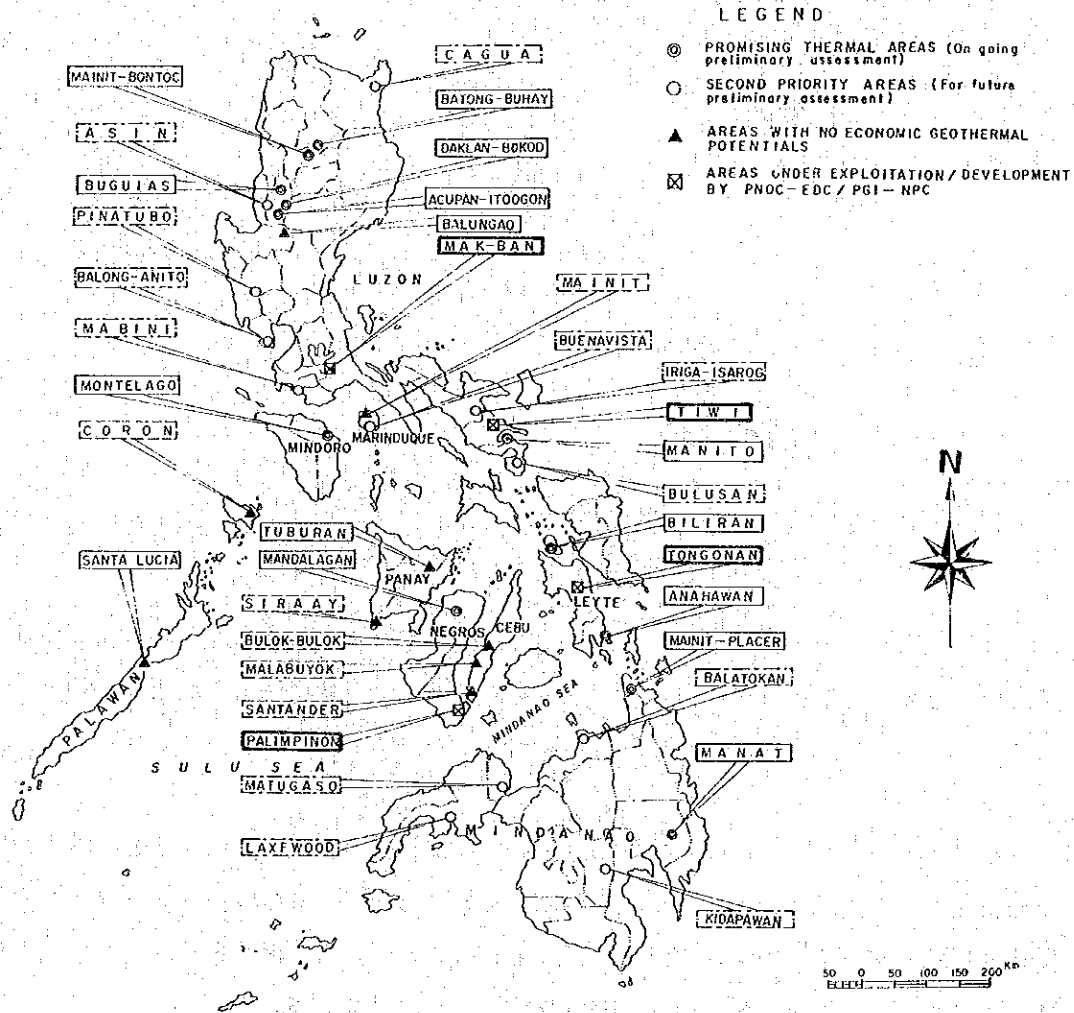
^{*}シエラマドレとコルディレラ・セントラル隆起帯は山岳地形を示し、他の2つの帯は平野もしくはゆるい丘陵地形を示す。

石英閃緑岩類よりなる下部～中部中新世アグノバソリスの進入(18 m.y.)がある。

このバソリス進入後は隆起運動、構造運動が安定化したシエラマドリ隆起帯と異なり、コルディラ・セントラル隆起帯では、アグノバソリス進入後も引き続き著しい構造運動にさらされ、これらの構造弱線に沿って、より後期の貫入岩が各所に岩株、岩脈をなして分布している。所謂“バギオ鉱床区”と称される多数のポーフイリ銅鉱床群、金銀鉱脈鉱床群及び接触交代鉱床は、以上述べたアグノバソリス進入後に生じた構造弱線や後期の貫入岩体に関連し、地熱資源もこれに関連している。

3.2 ルソン島北部の地熱資源

ルソン島北部には、第2図に見られるようにバトン・ブハイからアクパン・イトゴンまで地熱地帯が知られている。これは、前章で述べたコルディラ・セントラル隆起帯の後記貫入岩、特に第4期に貫入したと考えられるデーサイト質の岩栓(プラグ)に関係したものとされている。



第2図 フィリピン地熱微候地域位置図

4. 現 地 調 査

今回、調査団は、3月19日～22日の4日間に亘ってバギオ市周辺の現地調査を行った。又、BED はアクパン・イトゴン地域についてBCI (Benguet Consolidated Inc.…… 現在B.C.=Benguet Corporationと改称)が実施した地質調査の結果をとりまとめている。又、地熱調査の一環として付近温泉、河川水及びアクパン鉱山より湧水する熱水の化学分析を実施し、地下温度を推定している。

これらの結果をまとめると次のとおりである。

4.1 調査位置

調査位置は、第3図アクパン・イトゴン地域位置図に示すようにバギオ市東方の約300Km²の範囲である。

行政的には、ベンゲット州 (Province of Benguet) イトゴン郡 (Municipality of Itogon) に所属し、Antamoc (金鉱脈)、Atoc Bic Wedge (金鉱脈)、Balatoc (金鉱脈)、Acupan (金鉱脈)、Itogon (金鉱脈)等多数の鉱山が存在する。

又、地域周辺には、Santo Niño (ボーフィリー銅鉱床)、Kennon (ボーフィリー銅鉱床)、Thanksgiving (銅・亜鉛接触交代鉱床)等の鉱山があり、フィリピンでも有数の鉱床地帯である。

地域東部にはアグノ川 (Agno River) が北から南に流れ、アンブクラウ (Ambuklao) ダム (設備容量75 MW) とピンガ (Binga) ダム (設備容量100 MW) の2つの水力発電所があり、ルソン島北部送電線 (230 KV～115 KV) がマニラまで連結されている。洪水期には45%の出力に落ちこむとのことで、これを補足する発電所の設置が待ち望まれている。

交通は、マニラから国道3号、11号及び北部ルソン高速道路を経て約250 Kmでバギオ市に達し、ここから東へ約10 Kmで地域中央に至る。

地域内には、主要鉱山に連絡するアスファルト舗装道路が網目状に拡がり交通至便である。

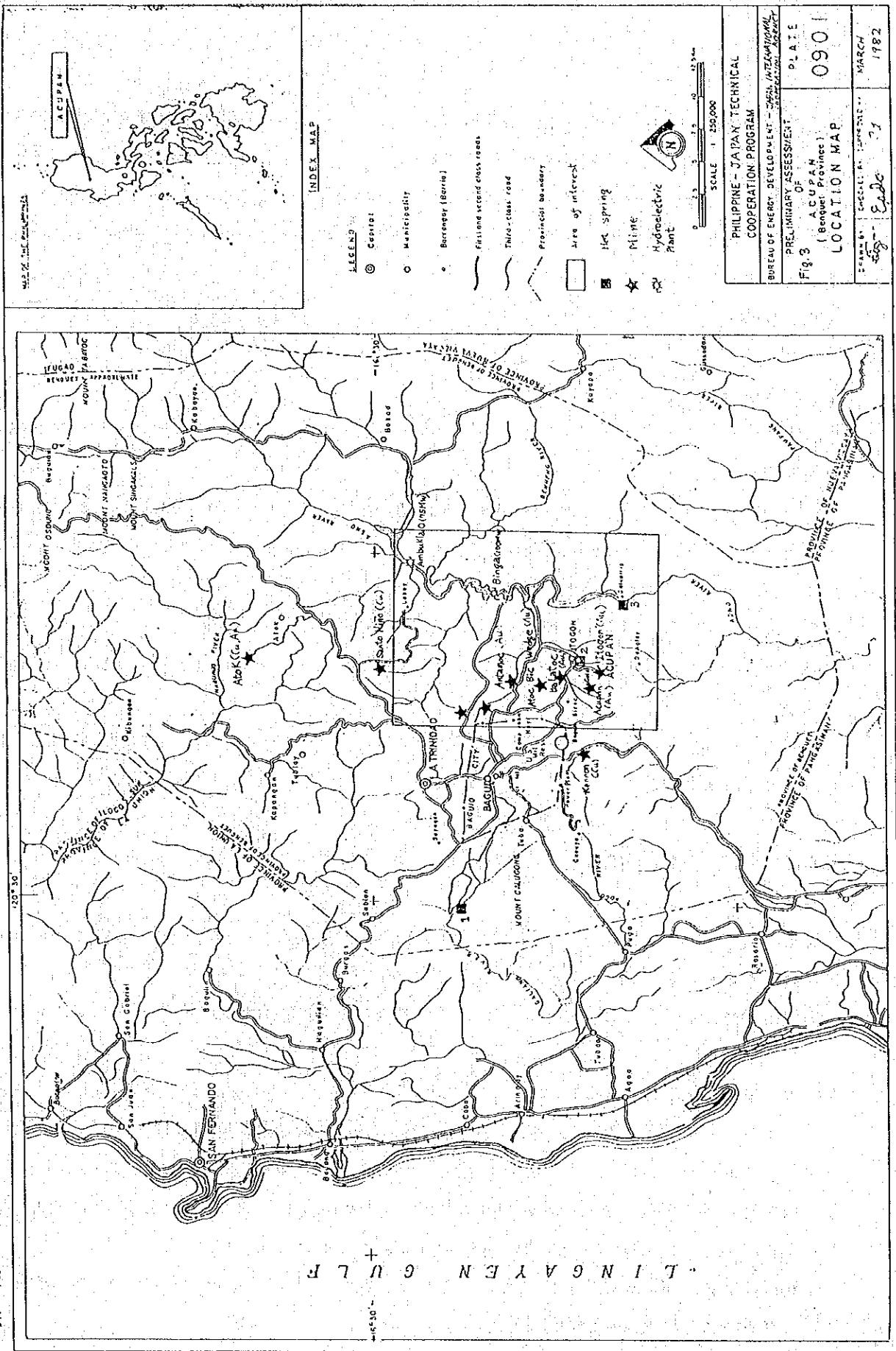
4.2 地形及び植生等

バギオ市中心部は、標高1,450 m前後であるのに対し、地域内最高標高は、バギオ市北東の三角点1,709 m、最低標高は、地域東部を流れるアグノ川の河床450 mである。

地域を流れる河川は、略々南北に流れるアグノ (Agno) 川に地域内を西から東に横断するLatoy river、Liang river及びAmbalanga riverが合流する。

これらのアグノ川支流は、樹枝状に拡がり台地を深く開析しているため、狭長な細尾根が連続し、至る所に急峻な急崖が見られる。

第3図 アクパン・イトゴン地域位置図



地質も鉍化作用を受けて生成した変質粘土や、赤色のラテライト質粘土が地表を覆うケースが多いが、雨季の豪雨により剝削され、岩盤が露出することも多い。

以上のことから、バギオ市周辺の一部に松の美林が見られることもあるが、一般的には植生が薄く、裸地が多い。

土地利用は、アグノ川沿いの段丘面に水田が見られるが、鉍山付近では小規模な畑地が見られるのみである。地域内には、規模の大きな茶畑、コーヒー園、果樹園、野菜畑等は全く認められない。

4.3 地域内の地質

バギオ市東方から東南方にかけての地質図 (By BED) を第4図に示す。これは Benguet Corporation が作成したものを BEDが編集したものである。

A. 基盤…… Basement Complex (Pre-Cretaceous)

広域変成岩類で、角閃石片岩と緑色片岩を主とし、絹雲母片岩や珪岩を伴う。

地域東部のアグノ川沿いに分布する。

B. Keratophyre Series (Paleocene-Oligocene)

海底火山活動による安山岩質のケラトファイア・シリーズの岩石で構成され、一部アルコーズ砂岩、礫石及び硬砂岩に富む部分もあるが、貫入岩体や火山岩の噴出により混成作用を受けた部分も見られる。

割れ目の発達した部分には、石英脈が多く胚胎し、付近は著しく粘土化している。特に噴気活動が見られる所で著しい。

C. Keratophyre Sediments Series (Eocene-Oligocene)

硬砂岩、頁岩、シルトストーン、火山円礫岩に、石灰岩の薄層を挟む。Bと同じく割れ目に富み、石英脈が胚胎し、粘土化が著しい部分がみられる。

D. Agno Batholith (Miocene)

バナリス状に貫入した大貫入岩体で、有色鉍物として角閃石、黒雲母を含み、石英、正長石及び斜長石で構成される石英閃緑岩ないし花崗閃緑岩質のものである。石英脈の近傍ではプロピライト変質や粘土化を受けている。

E. Clastic Sediments and Limestone (Miocene-Pliocene)

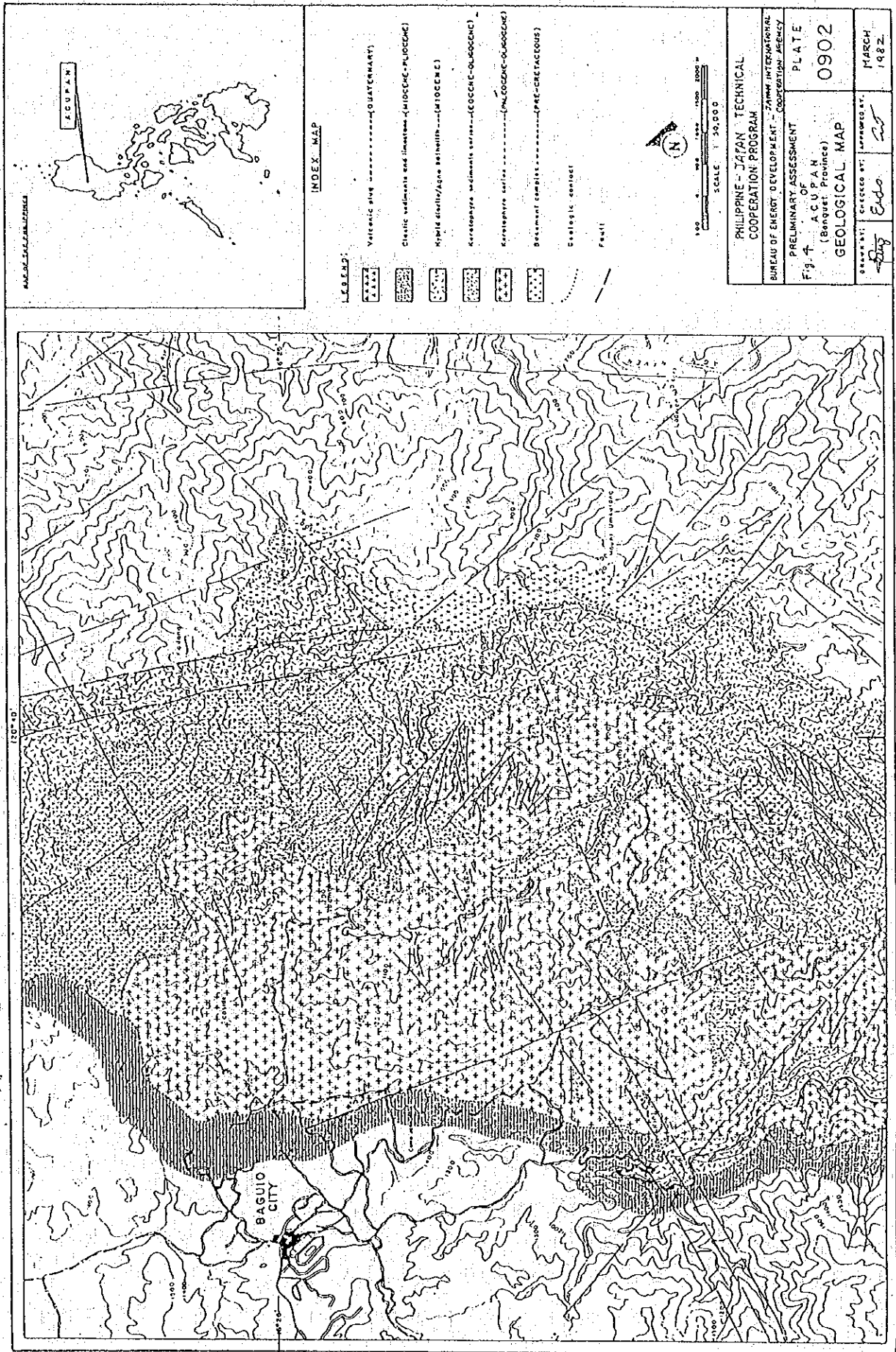
ミラドル石炭岩層に覆われる地層で、バギオ市南方では、主として、シルトストーンとアルコーズ砂岩で構成され、石灰岩や礫岩の薄層を挟む。

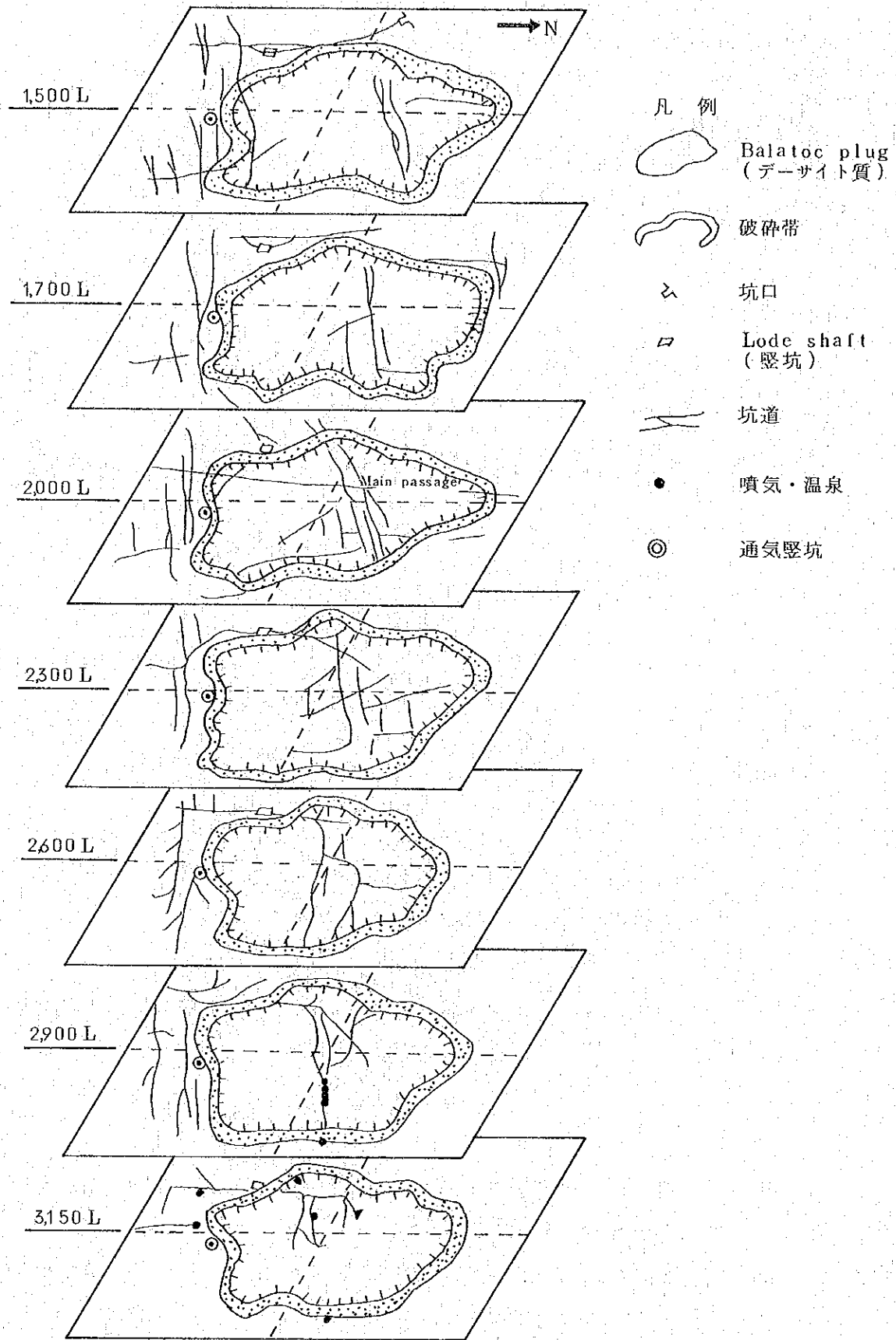
F. Volcanic Plug (Quaternary)

Balatoc plug と通称される溶岩円頂丘でアグパン鉍山の中央に聳える。同じような plug がイトゴン町の西にあるが、この方は少し小さい。

岩質的には、安山岩質のマトリックス中に閃緑岩ないしは安山岩質の角礫が存在するもの

第4図 アクパン・イトゴン地域地質図





第5図 アクパン鉱山 主要坑道レベル図

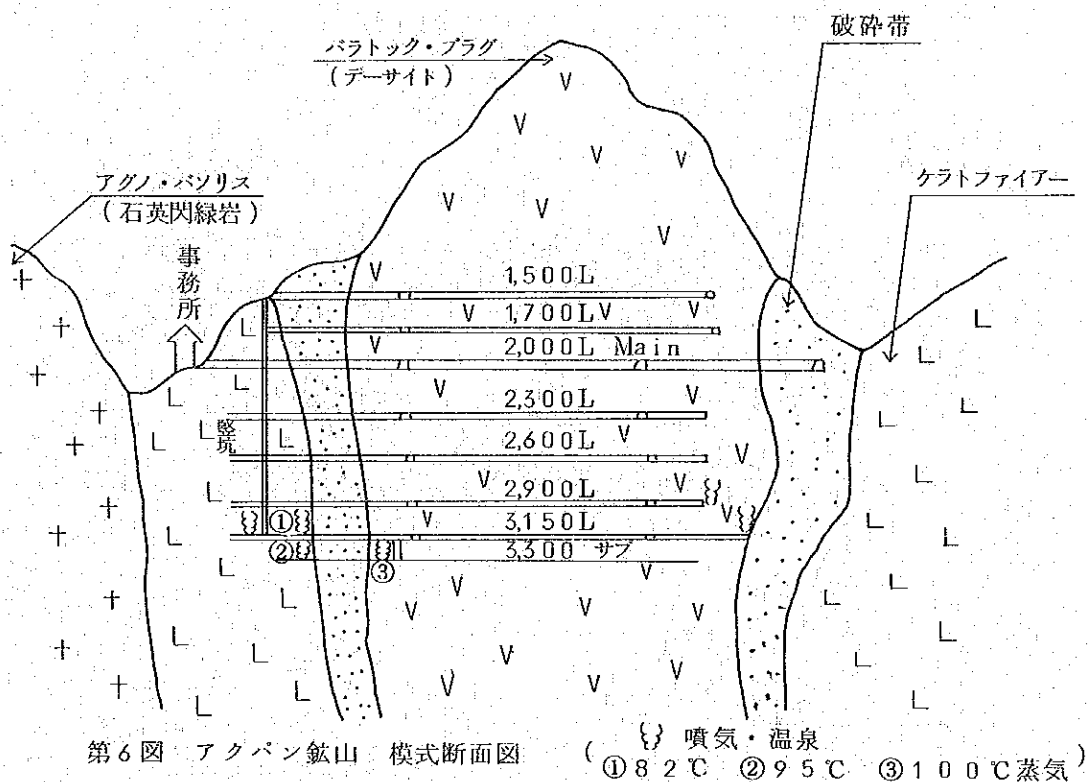
で、岩石全体が強度に破壊され重要な金鉄床の母岩となっている。

4.4 地域内の地熱徴候

当地域内には、地表に湧出する温泉は非常に少なく、周辺を含めて第13表に見られる3地点のみである。

第13表 地域内の温泉

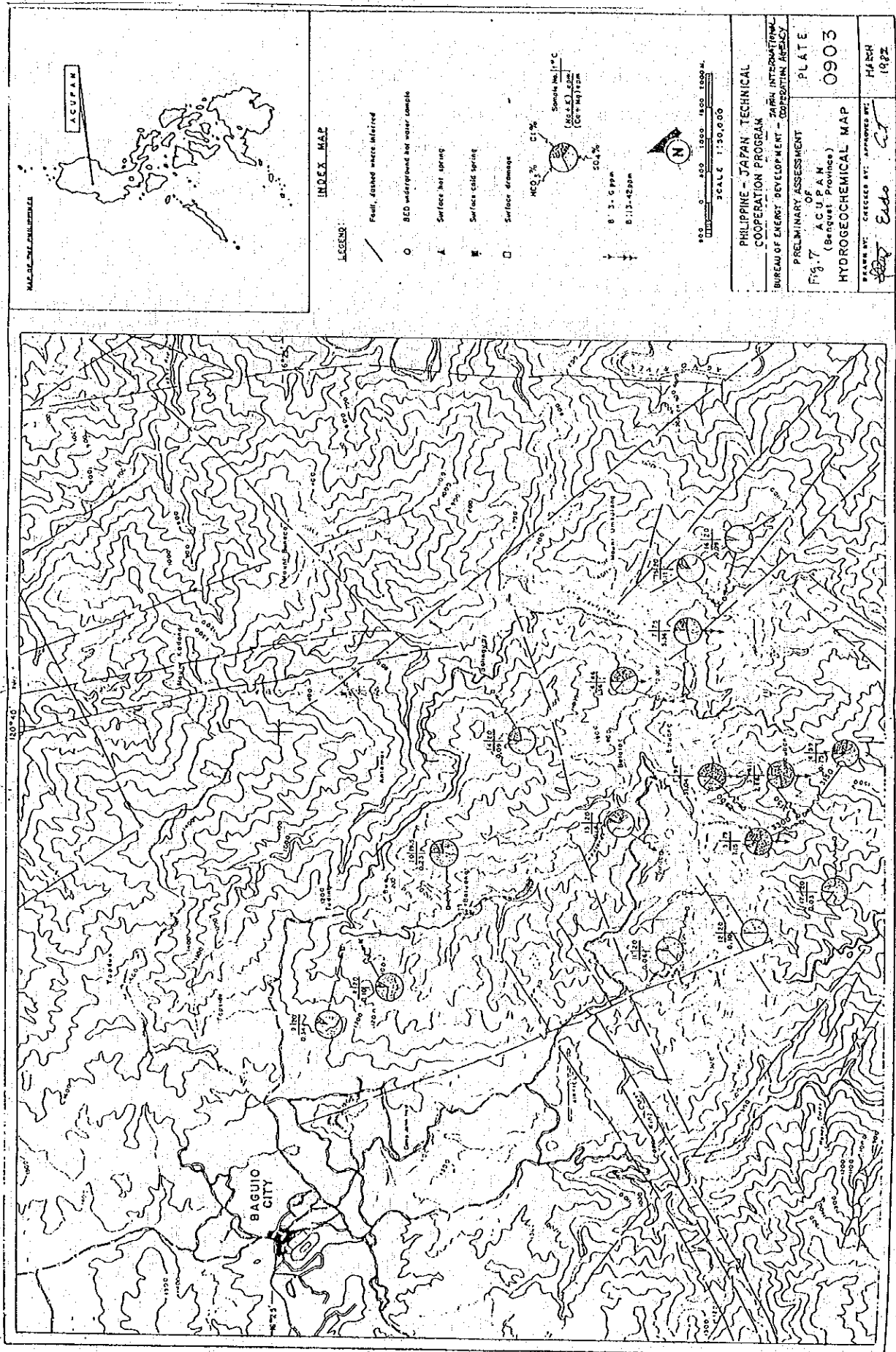
No.	Loc.	名称、温度、利用
No. 1	バギオ市西方10 Km	Asin 温泉プール利用、66℃、中性
No. 2	イトゴン町南	なし 枯涸(乾季のため)、75~86℃
No. 3	アグノ川 Datupirip	Asin 洗濯に利用、44℃、中性



一方、地熱による変質帯は、鉱化作用が広く分布するため、これと重複し不明瞭であるが、詳細に検討すれば各地に存在すると思われる。

アグバン鉱山に見られる蒸気と熱水は極めて強烈で、100℃以上の蒸気がジェット音を伴って噴出したり、先進ボーリングの孔口から毎分100ℓの95℃の熱水がほとばしり出てい

第7図 水質調査図



る。(第5 & 6 図参照)

なお、BED でとりまとめたこれらの熱水や地表温泉、冷泉、及び河川水の採取位置を第7 図に示し、分析結果を第14、15表に示した。

これらの分析値から推定した地下温度は、第14表のとおり200℃以上の地熱流体が期待されている。よって当地区には、極めて有勢な地熱貯留層の賦存が充分期待し得る。

第14表 アクパン鉱山坑内水分析と推定地熱温度

N O.	LOCATION	T °C	I O N I C R A T I O S				T E M P E R A T U R E E S T I M A T E S			
			Cl/B (ppm)	Na/K (meq/l)	Na/Co (meq/l)	Na/Cl+HCO ₃ (meq/l)	SiO ₂ (Adiabatic)	Conductive	Na/K	Na-K-Co
1	Level 2900	96	25.3	10.64	55.84	1.00	186	200	246	246
3	Level 3150	61	35.21	14.91	2.89	0.74	172	183	199	193
4	Level 3150	59	38.78	17.30	0.72	1.04	14.2	147	183	160
5	Level 3300	79	26.56	14.43	7.62	0.96	180	194	204	204
6	West of Itogon town	86	116.81	8.65	1.55	0.51	161	170	280	205
7	West of Itogon town	75	13.94	10.28	6.03	1.39	168	178	251	261
KRTA 1	Level 3300	79	25.57	12.56	6.24	1.03	163	172	222	212
KRTA 2	Level 3150	99	22.79	11.88	5.57	1.12	192	207	230	218
KRTA 4	Level 3150	72	21.89	12.20	12.90	1.12	171	182	226	223
KRTA 5	Level 3150	64	26.81	11.94	3.55	0.91	159	168	200	139
KRTA 6	Level 3150	55	140	16.10	0.07	0.99				
KRTA 7	Level 3150	73	12.50	14.83	0.09	1.03				
KRTA 8	Level 3150	57	160	12.50	0.05	0.33				
KRTA 10	Level 2900	52	25.38	12.93	8.38	1.12	155	162	218	214
KRTA 12	Level 2900	63	240	20.56	0.24	2.43				
KRTA 13	Level 2900	51	120	23.17	0.06	0.31				

第15表 アクパン鉱山周辺水分析

No.	TYPE	t°C	pH	COND.	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	Li	A+	B	SiO ₂	HM+
BED 1	Hot Spring	96	8.5	4115	783 34.06	125 3.2	12.2 0.61	1.5 0.12	984 27.7	407 8.5	382 6.26	3.36 0.48	2.25 0.90	38.9	267	0.05 0.003
BED 2	Under-ground Well	87	6.8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.38 0.021
BED 3	- do -	61	8.8	4478	775 33.7	88.2 2.26	2.34 11.68	10 0.82	1440 40.6	449 9.35	292 4.78	4.11 0.59	2.50 0.10	40.9	210	0.046 0.003
BED 4	- do -	59	7.8	1757	187 8.13	18.5 0.48	226 11.28	2.63 0.22	204 5.73	584 12.16	126 2.06	0.48 0.07	ND	5.26	118	0.035 0.002
BED 5	Hot Spring Surface	79	7.7	4267	750 32.62	88.2 2.26	85.7 4.28	7.31 0.60	1110 31.30	272 5.66	168 2.75	4.55 0.66	4.0 0.16	41.8	244	0.031 0.002
BED 6	Hot Spring	86	6.3	1470	183 7.96	36.1 0.92	103 5.14	17.2 1.41	417 11.76	560 11.66	244 4.0	1.28 0.18	0.4 0.16	3.57	172	0.042 0.002
BED 7	- do -	75	6.0	2323	376 16.35	62.2 1.59	54.3 2.71	7.81 0.64	191 5.39	481 10.0	387 6.34	2.50 0.36	1.0 0.04	13.7	195	0.036 0.002
BED 8	Cold Spring	20	2.7	638	8.67 0.38	0.57 0.01	47.4 2.38	16.6 0.68	24.2 0.68	447 9.31	ND	ND	ND	ND	81.3	0.040 0.002
BED 9	Creek	20	3.9	532	10.0 0.44	0.86 0.02	12.7 0.63	8.75 0.72	24.2 0.68	284 5.91	ND	ND	ND	ND	74	0.040 0.002
BED 10	- do -	19.5	4.2	247	7.33 0.32	0.43 0.01	13.0 0.65	9.31 0.76	27.8 0.78	115 2.39	ND	ND	ND	ND	59	0.050 0.003
BED 11	- do -	20	7.3	275	4.0 0.17	0.29 0.007	42.6 0.73	8.88 0.73	3.55 0.10	86.6 1.80	71.6 1.17	ND	ND	ND	24.2	0.015 0.001
BED 12	- do -	20	8.2	224	4.67 0.20	0.43 0.01	30.4 1.52	9.69 0.57	4.43 0.12	50.9 1.06	80.8 1.32	ND	ND	ND	27.4	0.140 0.008
BED 13	- do -	20	8.0	183	6.33 0.28	0.29 0.007	20.0 1.00	7.63 0.63	3.55 0.10	33.3 0.69	77.1 1.26	ND	ND	ND	42.1	0.015 0.008
BED 14	- do -	20	8.0	279	5.67 0.25	0.43 0.01	47.8 2.38	8.13 0.67	3.55 0.10	25.3 0.53	145 2.38	ND	ND	ND	49.6	NA
BED 15	Creek	20	7.4	104	2.67 0.12	0.14 0.003	19.6 0.98	1.88 0.15	3.90 0.11	5.89 0.12	69.8 1.14	ND	ND	ND	45.8	NA
BED 16	- do -	20	7.4	134	2.67 0.12	0.29 0.01	23.5 1.17	2.81 0.23	4.14 0.12	18.5 0.38	734 12.03	ND	ND	ND	23.1	NA
BED 17	- do -	20	7.2	870	7.50 0.33	1.43 0.04	220 10.98	20 1.64	6.50 0.18	469 9.76	126 2.06	ND	ND	ND	27.2	NA
KRTA 1	Hot Spring	79	7.8		866 37.67	117 3.0	121 6.04	5.4 0.44	1202 33.9	392 8.15	157 2.57	4.2 0.61	NA	47	177	NA
KRTA 2	- do -	99	8.4		1245 54.16	178 4.56	195 9.73	0.3 0.02	1850 43.71	332 6.91	278 4.56	7.0 1.01	NA	68	295	NA
KRTA 4	- do -	72	8.1		990 43.07	138 3.53	61 3.34	2.2 0.18	1248 35.19	495 10.3	198 3.25	5.6 0.81	NA	57	206	NA
KRTA 5	- do -	64	8.0		856 37.24	122 3.12	210 10.48	8.3 0.68	1260 35.53	410 8.53	336 5.51	4.6 0.66	NA	47	167	NA
KRTA 6	- do -	55	7.8		37 1.61	3.9 0.1	438 21.86	11.2 0.92	7 0.2	1440 29.95	87 1.43	0.05 0.01	NA	<.05	26	NA
KRTA 7	- do -	73	7.3		41 1.78	4.7 0.12	408 20.36	8.5 0.7	12 0.34	1420 29.54	85 1.39	0.07 0.01	NA	.96	28	NA
KRTA 8	- do -	57	7.2		23 1.0	3.3 0.08	425 21.21	12 0.99	8 0.23	1400 29.12	173 2.84	0.05 0.01	NA	<.05	26	NA
KRTA 10	- do -	52	7.9		942 40.98	124 3.17	98 4.89	7.0 0.58	1142 32.2	622 12.94	265 4.36	4.7 0.68	NA	45	153	NA
KRTA 12	- do -	63	7.6		85 3.7	7.2 0.18	312 15.57	2.9 0.24	12 0.34	1000 20.8	72 1.18	0.10 0.01	NA	.05	46	NA
KRTA 13	- do -	51	7.0		32 1.39	2.2 0.06	505 25.2	11 0.91	6 0.17	1520 31.62	2.59 4.25	0.07 0.01	NA	<.05	36	NA

ND - Not detected
NA - Not analyzed

4.5 結 論

アクパン鉱山坑内の地熱徴候は極めて優勢なものであって、当地区の地質状況から、この付近には有力な地熱貯留層賦存の可能性大であると判断する。

又、当調査対象地域には、地表地熱徴候は少いが、当地域が所謂ルソン島北部地熱帯に属する事、又当地域の地質環境が地熱に有利である事から、アクパン鉱山付近の他にも地熱ポテンシャルの高い地区の存在する可能性がある。

他方、当調査対象地域は山嶽地帯であるが、比較的拓け交通事情も良く、且つ電力の最大需要地マニラに送電可能範囲内であるので、当地域における地熱開発は有意義である。

以上から、当アクパン・イトゴン地域は、地熱開発のために今後本格調査対象地域としての価値があると判断する。

尚、本現地調査結果を総括して第15表に示す。

第16表 調査結果総括表

地 域 名	ACUPAN — ITOGON
位 置	(Municipality) ————— (Province) Itogon Benguet
及び 交 通	マニラ $\frac{250 \text{ Km}}{\text{(車で4 hr)}}$ バギオ $\frac{10 \sim 20 \text{ Km}}{\text{(車で0.5 hr)}}$ 現 地
地 形 及び 植 生	海拔450～1,709 m、地形急峻、植生乏しく、岩盤や変質粘土露出多し
土 地 利 用	アグノ川沿いに水田が見られるのみで、茶畑、野菜畑等もほとんど無い
電 力 事 情	ベンゲット州(人口約20万人)特に人口稠密のバギオ市及び鉱山用の電力需要がある。一方、発電能力は、アンクラオ(75 MW)とピンガ(100 MW)の水力発電所と不足を補うディーゼル発電所が幾つかある。
地 熱 概 況	白亜紀へ第三紀の火山堆積物、変成岩類、堆積岩に大規模のアグノ・バソリス貫入。 地熱は、第四紀の溶岩円頂丘に関連 地表温泉は乏しいが、坑道で水蒸気・熱水著し。
調 査 実 施 上 の 問 題 点	地域西部には、多数の鉱業権が設定されているので、調査実施時には鉱業権者の同意が必要。 坑内作業のため、地表の電氣的ノイズが大きいため電気探査の際、考慮する必要がある。
推定地熱形態 推定深部温度 推定地熱規模	熱 水 型 200 ～ 250℃ 中

5. 打合せ及び聴取事項

5.1 I/A について

調査団は、アクパン・イトゴン地域現地調査結果をふまえて、本地域を対象として本格調査を行うため、先方政府エネルギー開発局（BED）と3月26日 Implementing Arrangement（I/A）に調印した。

又先のプギアス地域に対する本格調査は昭和56年度分にて終了する事を合意し、メモランダムに調印してこの証とする事とし、これをI/Aに添付することとした。

I/Aの内容に関してはBEDと数次に渡り協議を行った。本筋においてはBEDは即時諒解したが、細部について若干意見の相違があり、両者鋭意協議の結果成案を得るに至った。これらについて以下に述べる。

(1) 調査対象地域の位置変更

先方提示位置図によると、有望と思われるAcupan・Itogon地区が調査範囲の西端に偏り、域外にはみ出す恐れもあるので、調査面積をそのままに範囲のみを西に約3Km移動する事を提案した所、先方の諒解を得たので、左様変更決定した。

(2) 調査地域には多数の鉱山が稼動中であり、これら鉱山の坑内電車を発生源とする電氣的雑音のため地表の電気探査が測定不能の恐れある事が判明した。然し、その雑音の強度及び影響範囲の予想がつかぬため、両者協議の結果取り敢えずBEDにおいてそのノイズレベル及び地表影響範囲の実測を出来るだけ早く行い、その結果を当方に連絡する事を依頼した。

当方はこの実測値によって地表電気探査の適応性を検討することとした。

(3) BED側に調査地域内の有望地区約30～50Km²の地形図1万分の1の作成方要望した所、フィリピン側には5万分の1より縮尺の小さな既成図がなく、又その製作も費用・期間・精度について問題ある事が判り、事情考慮の上、上記は日本側で製作する事とした。

但し、地形図作成用の航空写真はBEDの責任において日本へ届けるよう約した。

(4) 第2年次調査項目について、第1年次の概査を受けて精密地質調査、地化学探査、物理探査を追加表現してほしい旨先方要望あり、当方はこれを諒解し左様追加記述することとした。

(5) 第2年次における温度勾配測定及びコア採取用中深度試錐の本数については、BEDは7～8孔を予定しているとの先方提案を取り入れて、I/Aに同7～8孔と記述することとした。

(6) 第3年次における深掘調査井の深度（当方提案1,500m）については、最近のBEDの経験・実績に鑑み2,000mを先方は希望した。

これについて当方は、500mの増加は余りにも過大であるとして、これを拒否し、maximum 1,500mをaround 1,500mに変更する事を提案した。先方はこれを諒承し決定した。

- (7) 本調査のスケジュールについて、当方は現地の雨期を6月～10月と考えて、各年次の現地調査時期を11月～翌年3月として提案した所、先方説明によると、現地はここ数年の間に気候パターンが変わって、11月～12月が台風シーズンで現地調査不能であるが、6月～10月の間は降雨はあるものの現地調査は可能であるとした。

当方はこの説明を諒解せざるを得ず、更にB E Dは立場上本件を早急に着手したい意向である事を考慮して、スケジュールの変更に同意した。従って、第1年次現地調査を本年8月より着手し、第2～3年共、同6月とするスケジュールを別添の通りに変更した。

- (8) 第3年次深掘調査井の地表設備について、当初暴噴装置等直接掘削に関するものは日本側負担、その他のサイレンサー、配管等の製作容易、費用低廉なものについてはフィリピン側負担と予定したが、先方からバルブ・圧力計等はいずれ外国製品の輸入にたよるとの説明を受けた。

両者協議した所、画一的な分担区分は結果的に真の技術協力に画龍点睛を欠く恐れがあるとの判断から、フィリピン側で容易に調達可能な物品のみを先方が負担し、装置の精度・規格に厳密さを要求される物、或はフィリピン国内にないものについては、日本側で負担することとした。

尚具体的な分担項目については、本格調査開始前の両者協議の上決定することとした。

尚、I/A本文を次に掲げる。

IMPLEMENTING ARRANGEMENT

BED-JICA TECHNICAL ARRANGEMENT
ACUPAN-ITOGON GEOTHERMAL PROJECT
1982-1985

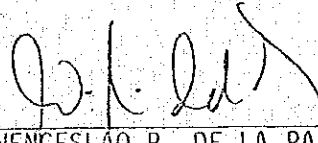
IMPLEMENTING ARRANGEMENT
ON
THE TECHNICAL COOPERATION
BETWEEN
THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
AND
MINISTRY OF ENERGY
ON
THE PRE-FEASIBILITY STUDY
FOR
THE ACUPAN-ITOGON GEOTHERMAL EXPLORATION PROJECT
AGREED
BETWEEN
BUREAU OF ENERGY DEVELOPMENT
AND
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

MARCH 1982

Manila, Philippines

飯村 克己

KEIJI IIMURA
Leader of Preliminary Study Team
Japan International Cooperation
Agency



WENCESLAO R. DE LA PAZ
Director
Bureau of Energy Development
The Republic of the Philippines

I. INTRODUCTION

In response to the request of the Government of Republic of the Philippines, the Government of Japan has decided to extend technical cooperation in accordance with laws and regulations in force in Japan for undertaking a Pre-Feasibility Study on the Acupan-Itogon Geothermal Development Project in the Republic of the Philippines (hereinafter referred to as the Project), and the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as JICA), the official agency responsible for the implementation of technical cooperation programs of the Government of Japan, will carry out the study in close cooperation with the Government of the Philippines and the executing agency, Bureau of Energy Development, Ministry of Energy (hereinafter referred to as BED).

II. OBJECTIVE OF THE STUDY

The objective of the study is to evaluate the geothermal energy potential in the Acupan-Itogon area, shown in the attached location map. (Appendix III).

III. SCOPE OF THE STUDY

The study is divided into three phase explorations as follows:

III-1 First Phase Exploration

The first phase exploration is to review the existing data, to investigate the geological structures and to plan the second phase exploration.

- 1) Collection and review of all existing data, reports and relevant information on the Project area.
- 2) Photogeologic interpretation.
- 3) Geological survey to ascertain the geology, structure, rock formation, rock dating and fault system.
- 4) Geothermal manifestation survey to ascertain the alteration zone, fumaroles and hot springs.
- 5) Hydrogeological survey to detect the movement of geothermal fluid.
- 6) Geochemical survey including sampling and analysis of gas, hot water, mercury, carbon dioxide and temperature.
- 7) Gravity survey to determine the subsurface structure.
- 8) Magnetic survey.
- 9) Electrical survey.
- 10) Analysis of investigation results

III-2 Second Phase Exploration

The second phase of exploration is to conduct further detailed investigations at the planned site based on the results of the first phase of exploration in order to select the drilling site of the first exploratory well for the third phase exploration.

- 1) Detailed geological, geochemical and hydrogeological surveys.
- 2) Detailed electrical survey.
- 3) Thermal gradient survey and core analysis of seven (7) or eight (8) drill holes of about 300 - 400 meters depth per hole.
- 4) Analysis of results

III-3 Third Phase Exploration

The third phase of exploration is to carry out one (1) exploratory drilling in the site selected from the results of the first and second phase

of exploration work conducted in the Project area in order to plan for a future drilling program.

- 1) Drilling of one exploration well around 1,500 meters deep.
- 2) Core analysis and geophysical logging.
- 3) Measurement of chemical and physical characteristics of geothermal fluid from the well.
- 4) Analysis of results.

IV. SCHEDULE AND REPORTS

IV-1 Schedule

The first and second phase explorations should be planned as per APPENDIX II.

The third phase exploration shall be commenced only after the result of the interim report (the first and second phase report) and is to be fully discussed and ascertained by BED and JICA.

IV-2 Reports

JICA will prepare and submit the following reports in English to BED.

- i) Inception report at the beginning of the first phase of exploration.
- ii) Site investigation report at the end of field investigation.
- iii) Interim reports at the end of the first and second phases of exploration.
- iv) Final report at the end of the study.

V. PARTICIPATIONS OF JICA AND BED

V-1 The participation of undertakings by JICA and BED as per Appendix I is described in detail:

V-2 Undertakings of JICA

1) Following experts will be dispatched from Japan

- | | |
|--|-----|
| a. Co-project Manager | 1 |
| b. Geologist | 2 |
| c. Geochemist | 1 |
| d. Geophysicist | 3 |
| e. Drilling engineers
(for the third phase exploration) | 2-4 |

2) Following necessary equipment, instrument and materials will be transported from Japan,

- | | |
|--|-------|
| a. Equipment for gravity survey | 1 set |
| b. Equipment for electrical survey | 1 set |
| c. Mercury Analyser | 1 set |
| d. Drilling machine and accessories
for the third phase exploration | 1 set |
| e. Logging equipment | 1 set |

3) To transfer the technology to the BED counterparts during the whole period of the cooperation,

4) To provide BED the topographic map of the area selected on a scale of 1:10,000 taken from recent aerial photographs of the area to be provided by the BED.

5) To submit the reports mentioned at IV-2 to BED,

- 6) To accept the BED counterparts to participate in the analysis in Japan.

V-3 Undertakings of BED

The following local support should be made available to JICA experts by the Philippine Government through the Ministry of Energy free of charge:

- 1) To provide liaison in connection with work which requires the cooperation of Government, local government or other public agencies and ensure that the survey mission have access to all relevant information required for the completion of the exploration.
- 2) To provide the JICA team promptly with a necessary entry and exit visas, residence permits, work permits and travel permits if required for their stay in the Philippines.
- 3) To exempt the members of JICA team from any taxes (income tax, local tax, sales tax, etc.) and charges of any kind imposed on and from any import and export duties imposed on the member's personal effects, instruments, equipment and materials brought into the Philippines necessary for the survey which will be re-exported after completion of the work.
- 4) To provide all available data, reports and any other relevant information deemed necessary for the interpretation of the work in Japan.

- a. Topographic maps of area concerned on the scale of 1:50,000 and 1:25,000.
 - b. Geological and geophysical maps, aerial photographs, hydrological data and other pertinent data on the geothermal area.
 - c. Geological map and drilling data of related geothermal fields particularly those in the vicinity of the area of interest.
- 5) To assign qualified Filipino counterparts to work with JICA team to enable them to acquire the techniques of exploration for geothermal energy.
- a. Co-Project Manager 1
 - b. Geologist 2-3
 - c. Geochemist 1-2
 - d. Geophysicist 2-4
 - e. Drilling engineers 2-3
 - f. Drilling operators 2-3
 - g. Experienced drilling helpers 4-6
 - h. Surveyor 4-6
- 6) To facilitate prompt clearance through customs and inland transportation of equipment, materials and supplies required for the exploration and of the personal effects of the JICA experts.
- 7) To provide the following facilities/services
- a) The suitable office accommodation with necessary office supplies and equipment at Manila and the Project site.

- b) The suitable warehouses for machinery equipment, materials, etc. at the Project site.
 - c) The permission of free access and use of land required for the exploration.
 - d) The permission to use transceivers at the Project area.
 - e) Access road or foot path for the exploration.
 - f) Security clearance at the Project site.
 - g) Domestic transportation of the drilling rig and materials, geophysical equipment, and others which are brought into the Philippines by JICA team.
- 8) To make arrangement to obtain the following facilities/ services:
- a) Necessary vehicles with drivers, fuel and spare parts for the exploration.
 - b) Any other transportation facilities such as airplane and helicopter, if necessary.
 - c) Suitable lodging facilities with furnitures for daily life, lighting, water supply at the Project site.
 - d) Necessary laborers for the exploration.
 - e) Communication facilities between the Project site and Manila.
- 9) The Government of the Philippines, in accordance with the Note Verbale to be exchanged between the Government of the Philippines and the Government of Japan, shall be responsible for dealing with claims which may be brought by third parties against the Japanese study team members, and shall hold them harmless in respect of claims or liabilities arising in the course of or other-wise connected with the discharge of their duties in the implementation of the Study, except when such

claims or liabilities arise from the gross negligence or willful misconduct of the above-mentioned individuals.

Should any question arise in connection with the foregoing, both Governments shall immediately consult each other.

APPENDIX I-1 RESPECTIVE UNDERTAKINGS FOR THE EXPLORATION

ACTIVITY	JICA	BED
<p>I. Geology, Geochemistry</p> <p>a) Photogeologic interpretation</p> <p>b) Geological survey</p> <p>c) Geothermal manifestation survey</p> <p>d) Hydrogeological survey</p> <p>e) Geochemical survey</p>	<p>1. Determination of survey area in cooperation with BED</p> <p>2. Topographic map 1:10,000 scale</p> <p>3. Photogeologic interpretation</p> <p>4. Program of field work</p> <p>5. Field work</p> <p>6. Laboratory work</p> <p>7. Analysis</p>	<p>1. Preparation of necessary data, topographic map (1:50,000) and aerial photographs</p> <p>2. Field work</p> <p>3. Part of laboratory work</p> <p>4. Analysis</p>
<p>II. Geophysics</p> <p>a) Gravity survey</p> <p>b) Magnetic survey</p> <p>c) Electrical survey</p>	<p>1. Determination of survey area in cooperation with BED</p> <p>2. Program of field work</p> <p>3. Field work (measurement)</p> <p>4. Interpretation</p> <p>5. Analysis</p>	<p>1. Preparation of necessary data</p> <p>2. Clearance of survey lines</p> <p>3. Topographic and levelling survey</p> <p>4. Field work (measurement)</p> <p>5. Analysis</p>

APPENDIX I-2

ACTIVITY	JICA	BED
<p>III. Drilling</p> <p>a) Seven to eight (300 - 400 m depth) gradient holes</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selection of drilling sites in cooperation with BED 2. Supervision of core analysis, and thermal logging 3. Interpretation of the result 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Preparation of drill rig, drill sites and access roads 2. Mobilization of drilling rig and materials 3. Drilling work 4. Core analysis and thermal logging
<p>b) One exploration well (around 1,500 m depth)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selection of drill site in cooperation with BED 2. Preparation of drilling rig and accessories 3. Drilling work 4. Core analysis 5. Geophysical logging 6. Measurement of chemical and physical characteristics of geothermal fluid from the well 7. Analysis 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Preparation of necessary data 2. Local mobilization, setting of drilling rig and accessories 3. Preparation of access road and drillsite 4. Drilling work 5. Water supply for the drilling 6. Provision of consumable materials such as oil, fuel, cement etc. for the drilling

M E M O R A N D U M

In acceptance to the request made with the Government of Japan to extend technical cooperation in geothermal exploration to the Republic of the Philippines, a team of Japan International Cooperation Agency (JICA) representatives headed by Mr. Kenichi Watanabe was dispatched to the Philippines from March 2, 1980 to March 24, 1980. The JICA Team conducted a preliminary investigation of several proposed geothermal areas in the country and among the areas considered, Buguias was selected as the target site for conducting the BED-JICA exploration.

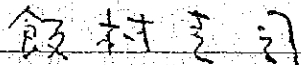
Consequently, the IMPLEMENTING ARRANGEMENT (I/A) ON THE TECHNICAL COOPERATION BETWEEN THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY AND MINISTRY OF ENERGY ON THE GEOTHERMAL EXPLORATION OF BUGUIAS AREA IN BENGUET, REPUBLIC OF THE PHILIPPINES (hereinafter referred to as the existing I/A) was agreed upon and signed between JICA and BED on March 21, 1980.

In accordance with the existing I/A, the JICA organized and dispatched the first phase survey team headed by Mr. Yasunori Sakai to conduct geological, geochemical and geophysical (magnetic and gravity) surveys at Buguias from January 20, 1981 to March 20, 1981.

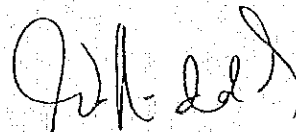
Results of the 1st phase investigation were encouraging to warrant a second phase survey to be conducted in the area. This proposal was, however, cancelled due to non-acceptance by the local residents of Buguias of further exploration work in the area inspite of the information campaign launched by the Ministry of Energy (MOE) on the importance of

geothermal development in upgrading the socio-economic condition of the region. Inasmuch as the BED felt that it would take some time to reorient the people on the importance of the project, it had, therefore, requested the Government of Japan for the transferring of the project site to Acupan-Itogon area which would be equally significant on the point of geothermal power development of Northern Luzon. The Government of Japan had favorably considered the request of BED and subsequently dispatched a team of JICA representatives to the Philippines on March 16, 1982 to March 27, 1982 to conduct preliminary investigation at Acupan-Itogon and finally confer with BED officials regarding the proposed new project site. The two parties reached an agreement whereby the existing I/A would be cancelled. Consequently, a new work program was agreed to be implemented for the Acupan-Itogon geothermal exploration project.

MARCH 26, 1982



KEIJI IIMURA
On behalf of
Japan International
Cooperation Agency



WENCESLAO R. DE LA PAZ
On behalf of
Bureau of Energy Development
Ministry of Energy

5.2 地元の協力態勢

先づプギアス地域本格調査が、地元住民の協力を得られず、第1年次終了後中断のやむなきに至った経緯にかんがみ、今回のアクバン・イトゴン地域についても同様事態の発生を懸念して、関係先をあたった所、その恐れの殆んどないとの感触をえた。以下はその概要である。

(1) 政府エネルギー省・エネルギー開発局部長トロンカレス氏

前回の撤を踏まぬよう、事前に地元各関係機関の本件に関する諒解を取り付け済みである。地元住民は鉱山労働者が大部分であり、本件には協力的であろう。

又地元鉱山会社と本件調査とは目的が異なる事と、地熱調査の方が法的に優位であるので、問題は生じないし、鉱山の協力も得られるはずである。

例えば、鉱山・鉱区内にボーリングする場合は、コアを折半する等の話し合いで十分に解決する。尚BEDは地元最大の鉱山会社BCから本件に関する協力方確認書を取り付け済みである。

(2) ベンケット州知事バレスビス氏

前回にこりて、今回は万全の準備をする。州として本件に全面的に協力するので、是非本件調査を実施して成功に導いてほしい。

本件調査地域付近の地元住民の大部分は鉱山会社従業員で、一部農民も居るが、これも何らかで鉱山に関係あり、一般に生活及び知的レベルが高い。彼等は社会活動に慣れているので、本件の如き調査活動には協力的であるし、州としてもそのように指導する。

(3) ベンケット鉱山会社 (Benguet Corporation)

副社長マーチン氏、地質課長アダム氏

会社としても万年電力不足と、地熱のための坑内環境悪化に悩まされている事でもあり、本件調査活動に対して協力をおしまない。必要なデータも提供するし、鉱区内の調査活動にも協力する。

調査地域内の住民の大部分は鉱山従業員又はその家族であって、彼等は地表探査活動に慣れているので、調査上のトラブルは生じない。

(4) イトゴン (Itogon) 郡役場職員—一般住民

突然の訪問にもかかわらず、付近地熱徴候・変質帯に関する事情聴取にも快く応じ、詳細な説明を聞く事が出来た。これは、現地概略踏査時点における一般住民の対応にも見られた。前項に述べたような地域住民の調査に対する好意的態度が読み取れた。

5.3 雨期の問題

ルソン島の気候は、その中央山脈を境に東西で気候が異なる。東側では11～3月は北東の貿易風で雨が降り易いが、年間を通じて乾期がはっきりせず、年間降雨量は2,300～3,500%に達する。他方、西側では南西のモンスーンが吹く6～9月が雨期となり、年間降雨量は

2,000～2,500%と云われる。

第16表の通りバギオの月別年間降雨表によると、上記西側気候の特徴を表わしている。

当初本格調査工程表は、6～9月は雨期のため野外作業不能として作成した。然しBEDトロンカレス氏の説明によると、現地は数年前からこの標準的西側パターンが崩れて、むしろ10～12月に台風が集中するので野外作業は不能となるが、6～9月は降雨はあるが野外作業に支障はないとの事である。

調査団としては、上記説明を裏付ける資料等判断材料もないので、BED説明を受け入れざるを得ず、これをもとに一応工程表を組み直した。従って第1年次はこの工程表によるが、その間の実績を見た上で、第2年次以降の工程を再チェックしなければならない。

第17表 バギオ月間降雨量(1960~1980)

MONTH	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
January	2.28	0	0	0.58	0	0.32	0.16	1.26	0.41	1.44	1.87
February	1.56	0	0.58	0.11	0.11	0.43	0.65	1.07	0	0	0.43
March	3.05	3.72	0.60	0.85	0.64	1.45	0.62	0	2.82	0	1.65
April	2.59	1.62	2.10	1.58	0.63	3.12	2.35	5.38	3.74	2.10	2.49
May	2.62	7.89	3.04	4.58	7.53	11.49	23.29	3.37	2.37	7.49	7.19
June	14.11	16.58	7.14	18.04	9.85	11.28	8.33	13.52	7.93	9.27	10.51
July	5.49	13.00	28.85	11.46	9.72	12.14	7.52	19.61	23.17	22.41	12.79
August	52.96	18.43	16.88	8.34	17.74	6.57	15.06	23.40	20.76	19.45	10.95
September	14.30	8.69	10.75	18.72	21.03	13.82	14.77	14.35	18.44	8.77	11.82
October	3.66	1.51	1.95	0.11	5.03	2.13	3.28	21.36	1.04	4.12	12.06
November	1.22	4.25	4.45	0.22	10.73	3.01	10.33	3.33	1.06	2.82	7.15
December	0	0	0	2.81	3.57	0	5.35	0	0	0.76	1.86
annual rainfall (m/m)	103.84 (2637.5)	75.69 (1922.5)	76.34 (1939.0)	67.40 (1712.0)	86.58 (2199.1)	65.76 (1670.3)	91.71 (2329.4)	106.65 (2708.9)	81.74 (2076.2)	78.63 (1997.2)	80.77 (2051.6)

1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	average of monthly rainfalls (m/m)
0	1.16	0	0.36	2.24	2.21	2.52	0	0	8.43	1.20 (30.5)
1.05	0	0	0	0.39	0	0	0	0	0	0.30 (7.6)
1.57	1.75	0.21	1.73	1.13	16.9	4.22	6.74	0	3.51	2.53 (64.3)
1.54	6.32	2.04	5.81	1.81	15.94	5.91	43.03	44.21	4.49	7.56 (192.0)
5.80	9.42	7.80	5.77	5.97	303.33	68.32	53.59	98.38		31.99 (812.5)
19.16	6.70	6.63	24.12	6.84	542.24	84.24	153.71	144.66		55.74 (1415.8)
22.93	50.4	6.78	10.71	8.62	112.37	180.22	101.38	74.67		36.71 (932.4)
15.21	17.54	14.38	38.22	33.98	66.75	178.53	336.05	169.50		54.04 (1372.6)
11.87	8.51	6.92	9.18	9.07	82.07	197.2	151.54	87.51		35.97 (913.6)
16.64	1.12	10.93	19.14	11.21	48.15	9.22	120.33	45.04		16.90 (429.3)
5.45	2.34	3.64	10.73	0.66	26.2	52.6	13.52	6.90		8.53 (216.7)
2.42	0.54	0.50	3.30	2.71	1.62	0	12.77	18.64		2.84 (72.1)
103.64 (2632.5)	105.80 (2687.3)	59.84 (1519.9)	129.07 (3278.4)	84.63 (2149.6)	1218.28 (30944.3)	782.98 (19887.7)	992.66 (25213.6)	689.51 (17513.6)		average of annual rainfall (m/m) 254.08 (6453.6)

(出所) フィリピン・バギオ地区地熱開発計画調査報告書 第一次 JICA