

フィリピン共和国
パナイ島イロイロ堆積盆
共水性ガス開発計画
基礎調査報告書

1982年2月

国際協力事業団

鉦計資

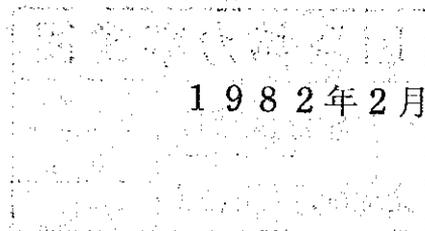
82-137

フィリピン共和国
パナイ島イロイロ堆積盆
共水性ガス開発計画
基礎調査報告書

JICA LIBRARY



1049712[1]



国際協力事業団

國際協力事業團	
584.18.27	3118
登録No. 14012	88.5
	MPN

ま え が き

日本政府は、フィリピン共和国政府の要請に基づき同国の共水性ガス開発の基礎調査を行うこととなり、その実施を国際協力事業団に委託した。当事業団は通商産業省工業技術院地質調査所名取博夫氏を団長とする調査団を編成し、昭和56年10月13日から11月21日まで現地へ派遣した。

同調査団はバナイ島イロイロ堆積盆で地質、地化学等の調査を行ない、帰国後、現地調査によって得られた結果及び収集資料に基づき、データの検討解析を行なった。

本報告書はこれらの成果を取りまとめたものである。

本報告書がフィリピンのエネルギー資源の開発に寄与するとともに、両国の友好関係の促進に貢献できれば幸いである。

終りに、本調査に際し、多大の協力をいただいた、フィリピン共和国政府、在フィリピン日本国大使館、外務省及び通商産業省の関係各位に対し心から謝意を表するものである。

1982年2月

国際協力事業団

総 裁 有 田 圭 輔

目 次

1. はじめに	5
2. 地形・地質概説	8
3. イロイロ堆積盆南西部の地質	15
1) 地形と地質の概略	15
2) 層 序	16
3) 堆積相および堆積史	34
4. 石油探査井	36
1) 坑井地質および検層	37
2) 坑井地質対比	57
5. 地質構造	63
1) 地震断面	63
2) 地質断面	68
3) 後期中新世石灰岩の深度	72
6. 堆積物の物性	75
1) 音波速度	75
2) 石油探査井の孔隙率	77
3) Leon～Bucari セクションの孔隙率	77
4) 比抵抗(導電率)	81
5) 浸透率	81
7. 地化学調査	83
1) 地下水坑井, 自然湧水泉およびガス徴候地の地化学調査	83
2) 水 質	104
3) ガス質	106
4) 根源岩の有機物分析	107
8. 共水性ガス鉱床	117
1) 上部中新～鮮新統のヨウ素型共水性ガス鉱床	117
2) 中新統の共水性ガス鉱床	117
3) 更新統の共水性ガス鉱床	118
9. ま と め	119
10. む す び	122
引 用 文 献	124

写 真 図 版	127
資 料	139
1) 天然ガスの用途	139
2) ヨウ素の製法および用途	140
追 録	141
1) Micropaleontology	141

調 査 員

日本側調査員

名 取 博 夫 (総 括)	工業技術院地質調査所
坂 本 亨 (地 質)	同 上
寺 岡 易 司 (地 質)	同 上
永 田 松 三 (地 化 学)	同 上
井 波 和 夫 (地球物理)	同 上
小 沢 勝 彦 (業務調整)	国際協力事業団

フィリピン側調査員 (Bureau of Energy Development)

Raymundo A. REYES Jr.	Geologist
Marietta M. DE LEON	Paleontologist
David R. BALADAD	Geologist
Ismael U. OCAMPO	Geologist
Isidoro R. SARIAN	Geologic aide

1. はじめに

1980年10～12月に実施された予察調査の結果に基づいて、パナイ島のイロイロ堆積盆が、共水性天然ガスに関する第2次調査の対象地域として選定された。

この報告書は、イロイロ堆積盆の共水性ガスの試掘調査計画作成に必要な諸データを得ることを目的として、1980年10～11月に実施した第2次現地調査と、帰国後行った試料分析の結果をとりまとめたものである。

現地においては、次の調査を行った。

- 地表地質調査……主として堆積盆南西部の地質調査および岩石試料の採取を行った。
- 地化学調査……既存の地下水坑井、自然湧水泉、ガス徴候地の地化学調査および地化学分析試料の採取を行った。
- 地球物理調査……石油探査井の検層データ、地震探査データ等の解析および野外チェックを行った。
- 微古生物調査……岩石試料中の浮遊性有孔虫および底生有孔虫化石の分析・鑑定を行った。

帰国後、工業技術院地質調査所において、次の分析・測定を行った。

- 岩石薄片の作成・鑑定
- ガスクロマトグラフによるガス組成分析
- ガス付随水の水質分析
- 根源岩の有機物分析
- 貯留岩の密度および孔隙率の測定

また、有孔虫化石の分析・鑑定の一部は、フィリピン・エネルギー開発局において行われた。

共水性ガス鉱床 商業性の高い共水性ガス鉱床は、主として新生代後期の堆積岩中に形成される。鉱床が成立するためには、ガス発生源となる有機物に富んだ根源岩と、孔隙率および浸透率の高い粗粒堆積物からなる貯留層（滞水層）とが存在し、かつ貯留層が適当な深度に伏在することが必要である。一定量の地下水中に溶存し得るガス量は、圧力に比例して増加するので、一般に鉱床（貯留層）が深いほど、ガス水比も大きくなり、ガスの生産性が高くなる。しかし、開発コストとの関連で、深過ぎても鉱床としての価値は低下する。共水性ガス鉱床の成立には、構造的ガスの場合と異なり、特殊な地質構造の存在する必要はないが、ガスの溶存する地下水の流出を防げるような盆状構造および地下水が天水の浸入に対して閉鎖系を形成するような地質環境が必要である。

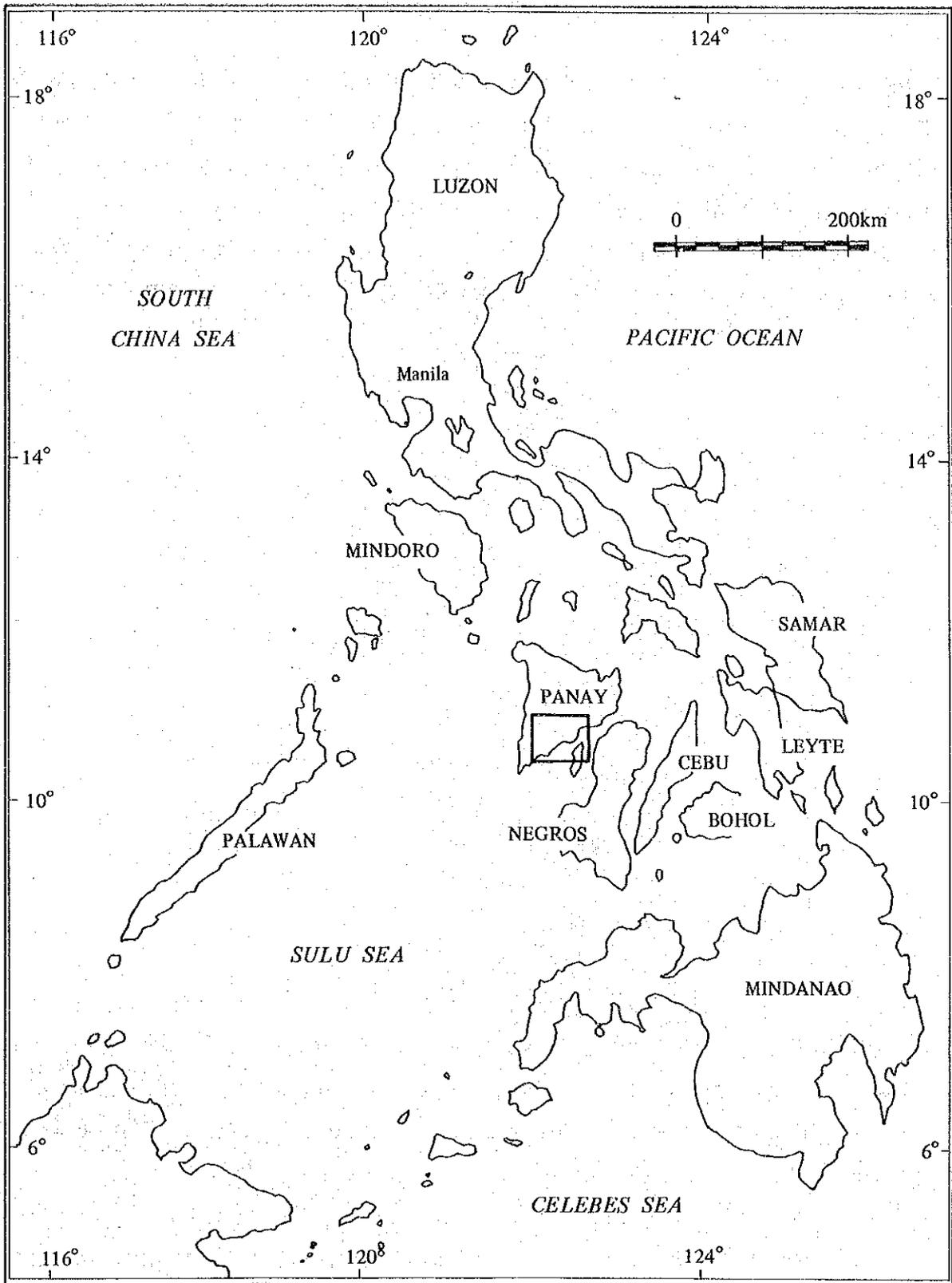
付随資源 共水性ガスの付随水中には、しばしばヨウ素が含まれ、工業規模のガス開発の際

に、採算性に寄与するところが大きいので、共水性ガス探査に当っては、ヨウ素に注目する必要がある。我が国においては、千葉県、新潟県および宮崎県の共水性ガス田のかん水からヨウ素が生産されており、その市場占有率は自由世界の80%に達している。ヨウ素は海中の藻類によって濃縮され、海底に沈積後、地層中のかん水にガスと共に溶け込み、現代まで保存されたものと考えられ、下浅海～深海堆積物の中に、特に濃縮されていることが知られている。

ヨウ素型共水性ガス鉱床の成立条件　共水性ガス鉱床のうちの商業性の高いヨウ素型鉱床の成立条件を、日本国内の経験およびフィリピン国内の調査結果により要約すると次のとおりである。

- 鉱床胚胎層の地質年代が後期中新世～前期更新世であること……この年代より古くても、新しくてもヨウ素のポテンシャルが低下する。
- 鉱床胚胎層の堆積環境が下浅海～深海性であること……この堆積環境の堆積物中に特にヨウ素の濃度が高い。
- 貯留層が深度400～1,500mの区間に伏在すること……400m以浅の貯留層は、しばしば天水によるflushingを受けている。また、深度1,500mを越えると、掘削コストとの関連で、鉱床としての経済性が低下する。
- 有機物に富んだ泥質の根源岩と孔隙性・浸透性のある貯留層が、適度に発達していること……貯留層が発達しすぎるとガスおよびヨウ素のポテンシャルが下がる。また、少なすぎると1井当たりの生産性が低下する。
- 地質構造が閉鎖的な盆状ないし単調な単斜構造を呈し、かん水が流出したり、天水によるflushingを受けることなくよく保存されていること。
- 貯留層内のかん水のヨウ素の濃度が40mg/l以上あること……我が国のヨウ素工業の原料かん水の濃度は30～110mg/l（140mg/lに達するものも少量ある）。
- 開発地域の標高が10m以上あること……地盤沈下による影響を最小限に留めるため。
- 海水並の塩分を含む大量のかん水を安全に排水できること。
- 1日当たり数千立方メートル以上のガス需要の見込まれる消費地に近いこと。

用語の定義　本報告で使用する“共水性天然ガス”は、地下水を伴って産出する天然ガスに対する総称であって、その語義の中には、我が国の“水溶性天然ガス”、フィリピンの“低圧ガス”などが、それぞれ狭義の用例として含まれる。



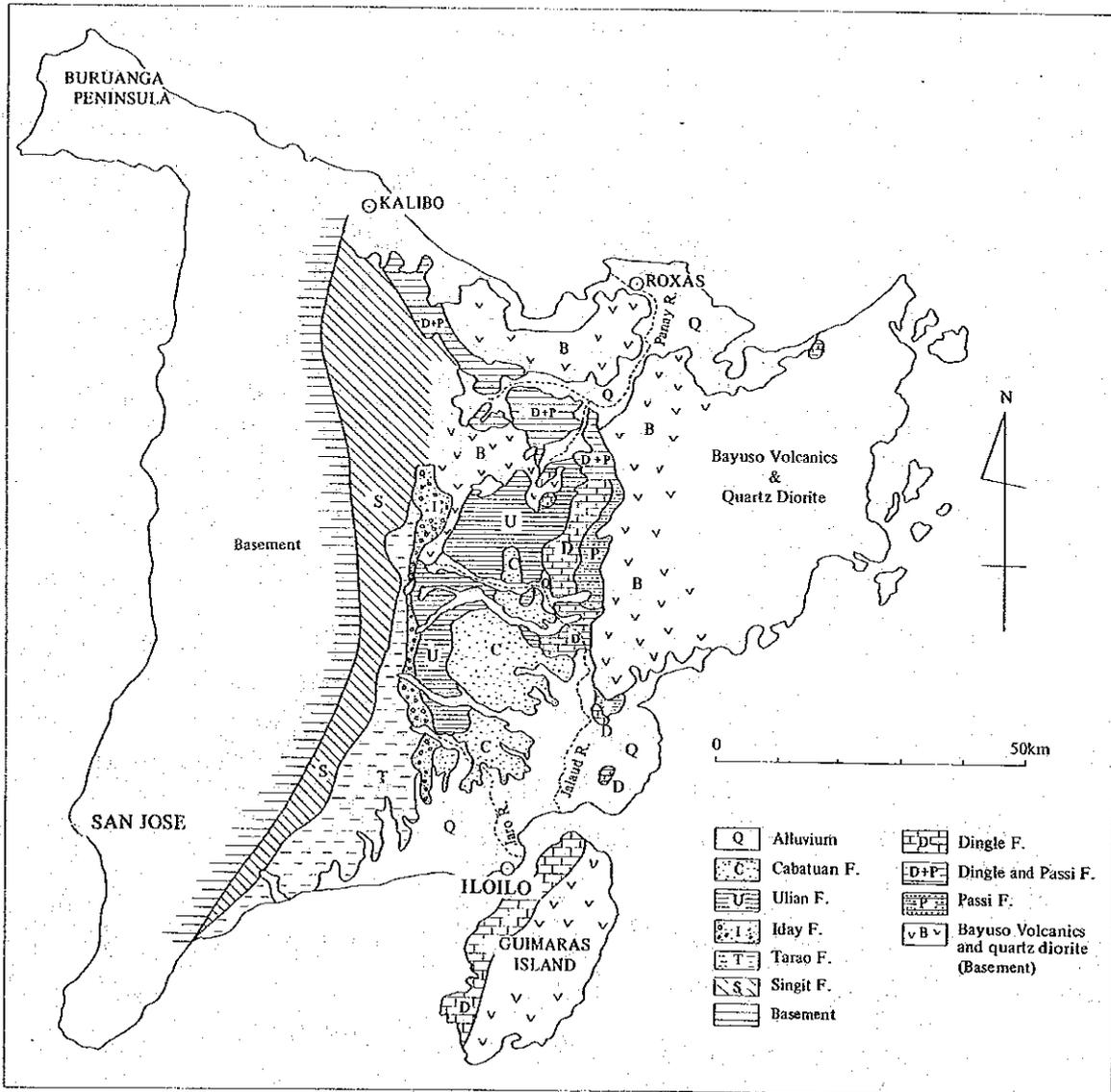
TEXT-FIGURE 2-1

Location map.

2. 地形・地質概説

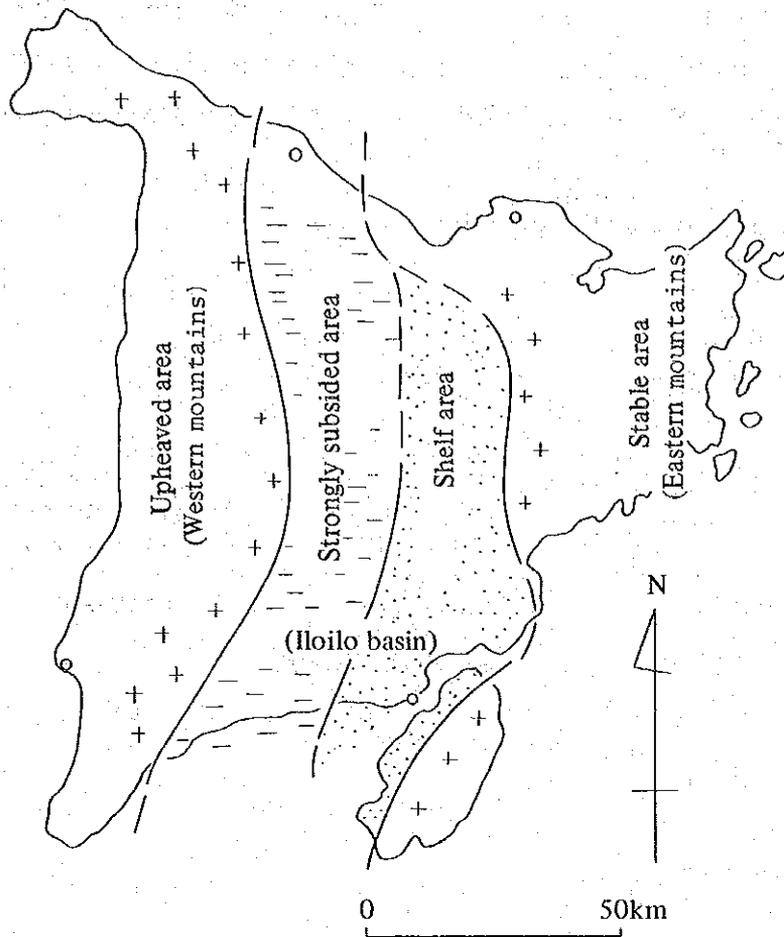
Panay 島は、フィリピンの中中部、ビサヤ諸島の西端に位置する。この島は、一辺150km程度の正三角形の外形をもち、東側に高度500m前後の山脈があり、西側に最高峰で海拔2,000mを越える山脈が南北に連なっている。東西の山地の間は、北海岸のRoxasから南海岸のIloiloに至る低地帯がのび、その南部にイロイロ平野の沖積地が発達する。

東側の山脈は、主として漸新世の火山岩類と、これを貫く中新世の石英閃緑岩とから構成されている。西側の山脈は、やはり漸新世の火山岩類を主とし、超塩基性岩や変成岩類を伴って



TEXT-FIGURE 2-2

Geologic map of Panay Island.



TEXT-FIGURE 2-3

Tectonic map of Panay Island.

いる。Panay 島最古の岩石は、島の北西端の Buruanga 半島に露出する変成岩類とみられる。東西両山地の間には、後期漸新世以降、厚い海成の堆積岩層の形成の場となったイロイロ堆積盆が、南北にのびた形で発達する。この堆積盆は、北と南は海に向って開いているが、東西はほぼ中央低地と東側の山脈との境界から、西側の山脈の東斜面までにわたっている。

イロイロ堆積盆に発達する新生界については、堆積盆の東西両側について（とくに堆積盆南部において）、層序・構造・化石などの研究が進んでいる。また、平野地下の地質については、石油探査に関連して地震探査・重力探査が進められており、かつ多数の深層試錐も行われている。

今回の調査にあたっては、一方では地化学探査および既存の各種物理探査や試錐結果のチェ

ックをイロイロ平野を対象として行ない、天然ガス賦存の可能性およびガスの試掘計画作成に必要な調査を行った。他方、これと並行して、開発予想地域の後背地として西側の山脈の東斜面の地質調査を行ない、天然ガス賦存の可能性を含めたイロイロ堆積盆の地質学的特性を把握すべく努めた。

今回行った調査の結果と従来の層序との比較は Table 2-1 に示した。

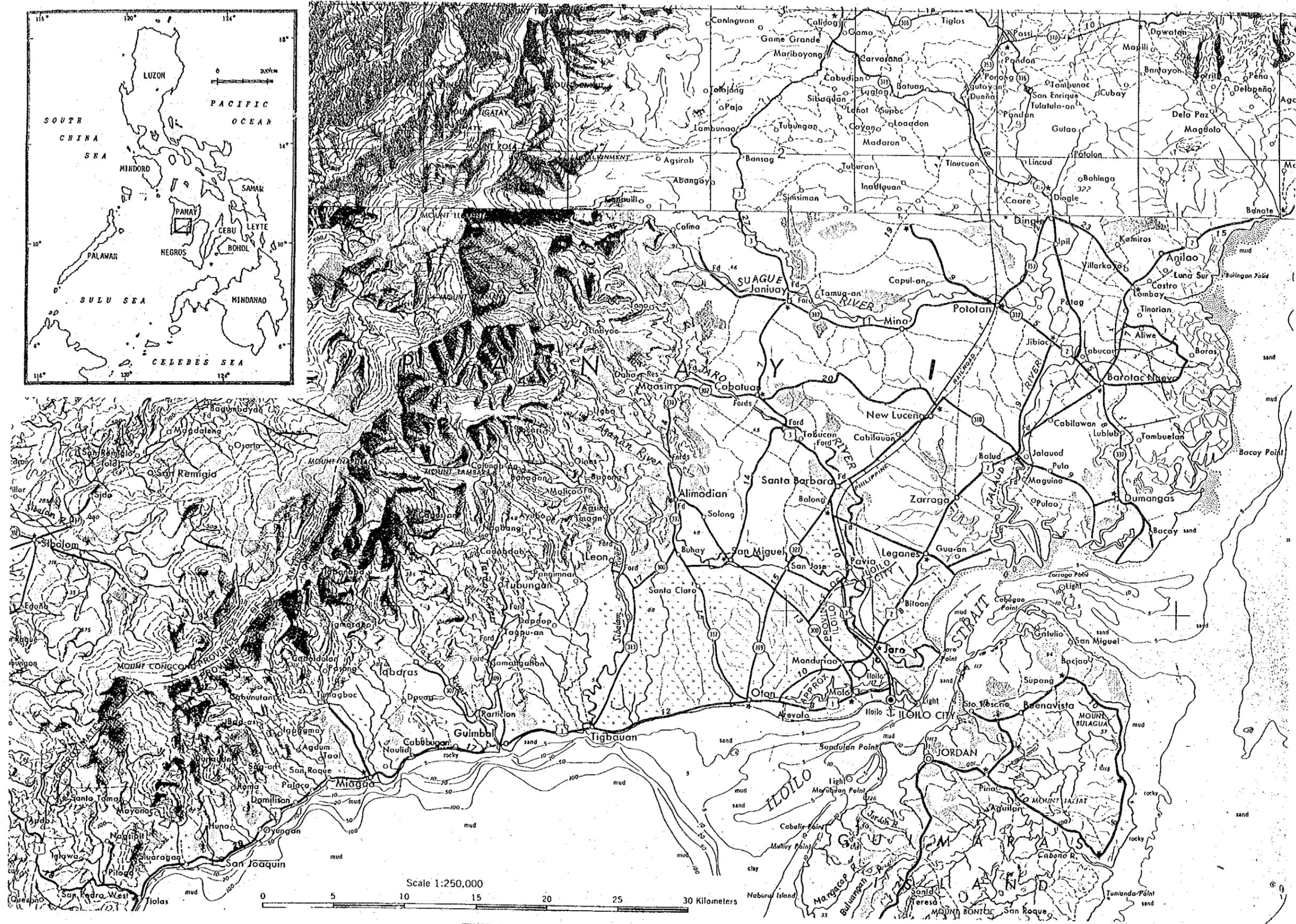
TABLE 2-1

Stratigraphic correlation in Iloilo basin.

Age		Western part			Eastern part (Reports on exploratory drillings)	
		(This report)		(SANTOS, 1968)		
Pleistocene		F formation		Iday Formation	Cabatuan Formation	
Pliocene		E formation	E ₂	Tarao Formation	Guimbal Mudstone	Ulian Formation
			E ₁		Tubungan Siltstone	
Miocene	Late	D formation	D ₃	Singit Formation		Barasan Sandstone
			D ₁			
	Middle	C formation	C ₂ C ₁		Igtalongon Shale	
Early	B formation		B ₂	Sewaragan Complex		
			B ₁			
Oligocene		A formation		Basement	Bayuso Volcanics	

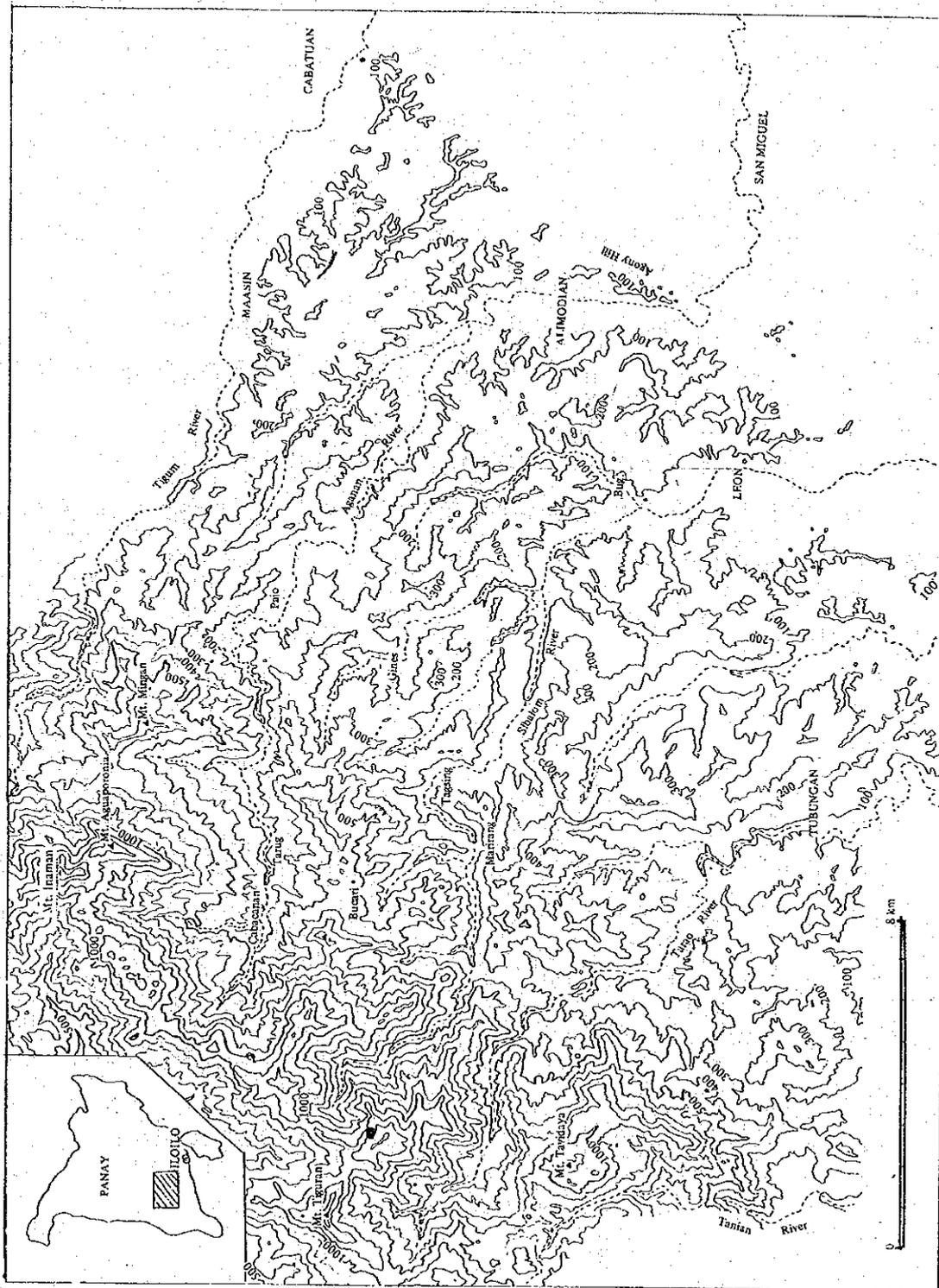
また、これらの資料を総合してえられるイロイロ堆積盆の概略は次のとおりである。

- (1) 漸新世にはパナイ半島のほぼ全域にわたって中性～苦鉄質の火山活動があった。
- (2) 前期中新世～後期中新世前半を通じて、堆積盆東半部は沈降量が少なく、陸棚の環境を維持し、礁状の石灰岩層がいちじるしく発達した。
- (3) 同時期に堆積盆西半部では、最初一時的に浅海環境が出現し、礁性石灰岩が形成されたが、その後、急激な沈降がつづき、厚いタービダイト層が堆積した。この時期を通じて、西側の山脈は隆起をつづけ、堆積の中心（地層のもっとも厚い部分）は次第に東方へ移動した。
- (4) 後期中新世の後半～鮮新世には、堆積盆西半部は次第に浅海化していったが、東半部はいく分深い海となった。



TEXT-FIGURE 2-4 Topographic map of the survey area.

- (5) 更新世（前期）には、堆積盆西半部はほぼ陸化し、東半部には浅海域が残った。
- (6) 以上に述べたように、Panay島の新生代後半の地史は、(i)東側の山脈を占める非沈降地域、(ii)礁状石灰岩の発達を特色とする陸棚地域、(iii)タービダイト相の卓越する強沈降地域、(iv)西側山脈の隆起地域、の4帯がほぼ南北に帯状に配列していることを、大きな構造的枠組みとして展開している。
- (7) 陸棚地域と強沈降地域との境界は、イロイロ堆積盆南部では、ほぼ現在のイロイロ平野の西縁付近にあった。
- (8) 堆積盆東半部では基盤（火山岩類）までの深さは1,500~2,000m程度であるが、西半部では地層の積算層厚は5,000m以上といちじるしく厚い。
- (9) 陸棚域では構造的変形は少なく、地層はほぼflatであるが、沈降域では変形が大きく、地層は東へ50~20°傾き、かつNNE-SSW性の断層で切られた顕著な帯状配列を示している。
- (10) ガス徴はイロイロ堆積盆内のほとんど全層に認められるが、最もポテンシャルの高いヨウ素型共水性ガス鉱床は、平野部深部の後期中新世~鮮新世にわたる比較的深い堆積環境の地層中に胚胎するものと推定される。



TEXT-FIGURE 3-1 Topography of the geological survey area in the southwestern part of the Iloilo basin.

3. イロイロ堆積盆南西部の地質

イロイロ平野の地下地質を解明するための調査の一環として、平野西方の山地・丘陵地について地表地質調査を行った。調査の主な地域としては、平野地下との関連が深いこと、調査地域へのアプローチがよいこと、航空写真が利用できること、従来までの研究との関連がつけやすいことなどを考慮して、Sibalom川沿岸を中心として、北はAganam川まで、南西はTarao川までの範囲を選定した (Text-fig. 3-1)。この範囲は、GONZALES et al. (1963) によって精査されたTanian-Tarao川流域と、SANTOS (1968) の調査したUrianおよびTigum川沿岸との中間に当たっており、従来の調査結果と比較検討し、イロイロ平野西方山地の地質を総合的に把握する上で重要な位置を占めている。

1) 地形と地質の概略

調査地域は、西側山脈の東斜面、海拔1,000m程度の山地から、イロイロ平野西縁、海拔100m前後の丘陵地までにわたり、東西約20km・南北約15kmの範囲を占める。この地域は、ごく狭い範囲に分布する現河床堆積物や地氾りに伴う崩積層を除いて、すべて第三系によって構成されている。

第三系の最下部は、いちじるしく変質し、ときに緑色を呈する火山岩類を主とした厚層よりなっている。Inaman山 (海拔約1,300m) およびTiguran山 (海拔1,324m) を連ねて北々東-南々西に走る山脈の主稜付近は、主としてこの火山性の地層によって構成されている。

火山性の地層の上位には、灰白色を呈する特徴的な石灰岩層が、Aganan川北岸のAguap-ronia山 (海拔約1,300m) からBucari部落西側背後の山 (海拔約830m) にかけて、連続的によく発達している。この石灰岩層は、層厚は大きくはないが、浸食に対する抵抗性が大きいため、明瞭な北々東-南々西の走向山稜を形成している (Pl. 1, fig. 2)。

石灰岩層の上位には、この地域の第三系の主体をなす砂岩泥岩互層を主とした厚い海成層が発達する。この地層は、走向にはほぼ平行した何本かの断層によって切られ、欠如する部分もあるが、全体としては層序間隙なしに連続的に堆積したものと考えられ、層厚は5,000m以上に達する。砂岩泥岩互層の下部はしばしば含礫泥岩層を挟み、前述の石灰岩層の場合ほど顕著ではないが、周囲から突出した険しい山稜を形成している (Pl. 7, fig. 1)。調査地域西半部のはほぼ海拔500m以下の部分は固結度の低い泥岩砂岩互層により構成される。ここには地形と地質との相関はあまり明瞭に現れていない。第三系最上部には礫岩を主とする地層が発達し、平野西縁のAgony丘陵を形成している。

本地域に発達する第三系は、最下位層および最上位層を除き、すべて海成である。最下位の火山岩を主とする地層および最上位の礫岩層は大部分が水中に堆積したものであるが、海成か

否かについては判然としない。今回の調査では、この第三系を岩相層序的に6累層—下位から上位へA～F累層と仮称—に区分した。本地域の地質はText-fig.3-2, 岩石試料位置はText-fig.3-3, 有孔虫分析結果はTable app.-1, 第三系の総合的な柱状図, 層序区分, 従来層序区分との対応, および各累層の地質年代については, Text-fig.3-4にそれぞれ示した。

本地域の地質構造は、北々東—南南西方向に並走する5本の大きな断層によって特徴づけられる。地域西部の地層は同斜構造を示し、この断層とわずかに斜交して東方へ傾斜する。地域東部の地層は、緩やかに褶曲を繰返し、褶曲軸は東南東へブランチする。

本地域の地形の一つの特色は、いたる処に発達する顕著な地回り地形である (P1.1, fig.1; P1.6, fig.3)。地回りは、泥質岩卓越層の分布地に頻発しており、地域西部では地回り地が縦谷を形成し、縦谷の方向は地層の走向と一致する。地回り地は、山地および丘陵地内で水田耕作に高度に利用され、西側山脈東斜面における泥質岩卓越層の分布の西限は水田分布の西限と一致し、かつ集落の発達の限界となっている。

2) 層 序

A 累 層

調査地域内の第三系の最下部に位置する火山岩類を主体とした地層であり、山脈の主部を構成している。今回の調査では、Aganan川上流域において本累層の最上部の一部を観察したにすぎず、その全体的な層序・構造などについてはなお不明な点が多い。

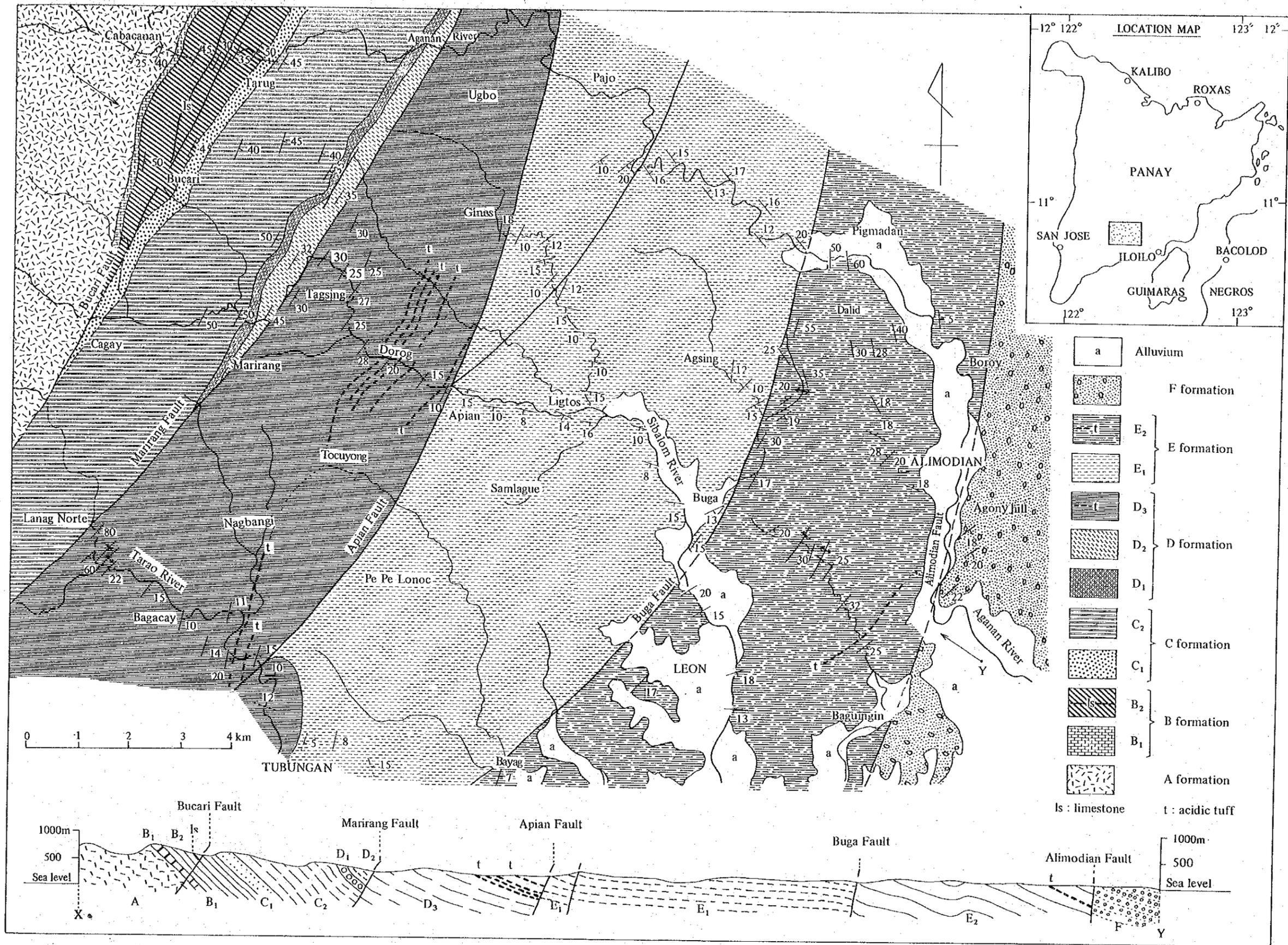
Aganan川上流部におけるA累層最上部の層厚約500mの部分は、いちじるしく変質した安山岩質および玄武岩質の凝灰角礫岩を主とし、一部に溶岩も伴っている。これらの間には、変質を受けていちじるしく緑色化した軽石凝灰岩や細粒凝灰岩・凝灰質砂岩・凝灰質泥岩がしばしば挟まれ、また黒色泥岩の薄層も挟まれる。

本層は、大局的には北々東—南々西の走向をもち、東南東へ30°前後ときに数10°傾いた構造を示す。化石の産出はなく、本層の年代は未詳である。本層は、SANTOS(1968)のSewaragan Complex,あるいはCORBY(1951)・GONZALES(1963)のBasement complexに相当する。

San Joaquin西方海岸地域にも上述のものと類似した火山岩を主とする地層が見られる。この地層は凝灰角礫岩を主とするものであるが、泥岩・砂岩・礫岩もかなり伴っており、礫岩には火山岩・石灰岩の角礫が多量に含まれている。この地層は、CORBY et al.(1951)・GONZALES et al.(1963)・SANTOS(1968)がBasement complexとして扱っているものであるが、岩相的に見るとA累層、あるいは次に述べるB₁部層の一部とみるのが妥当である。

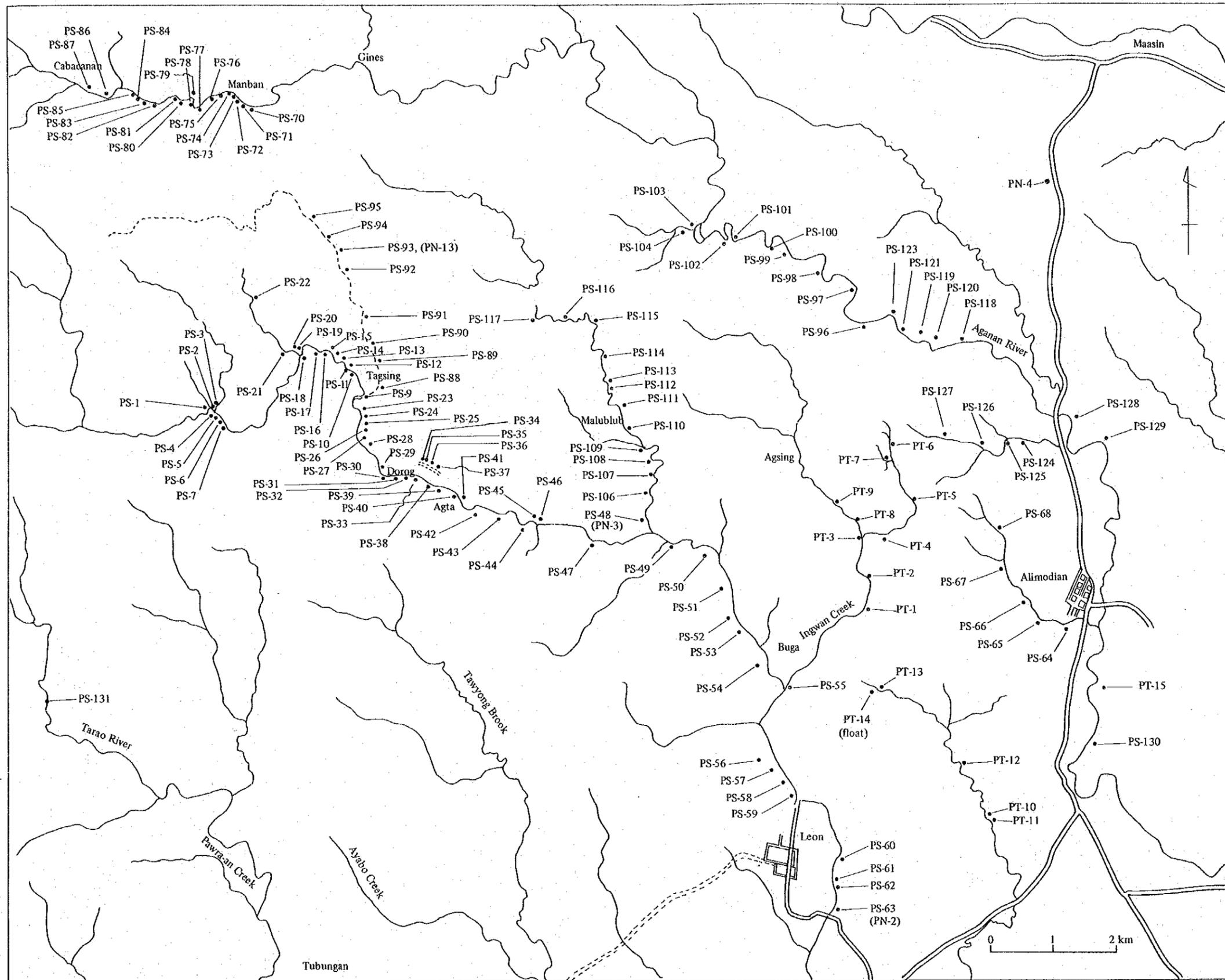
角閃石普通輝石斜方輝石安山岩 (PS-87)

斑晶：斜長石・斜方輝石・普通輝石・角閃石・燐灰石・磁鉄鉄



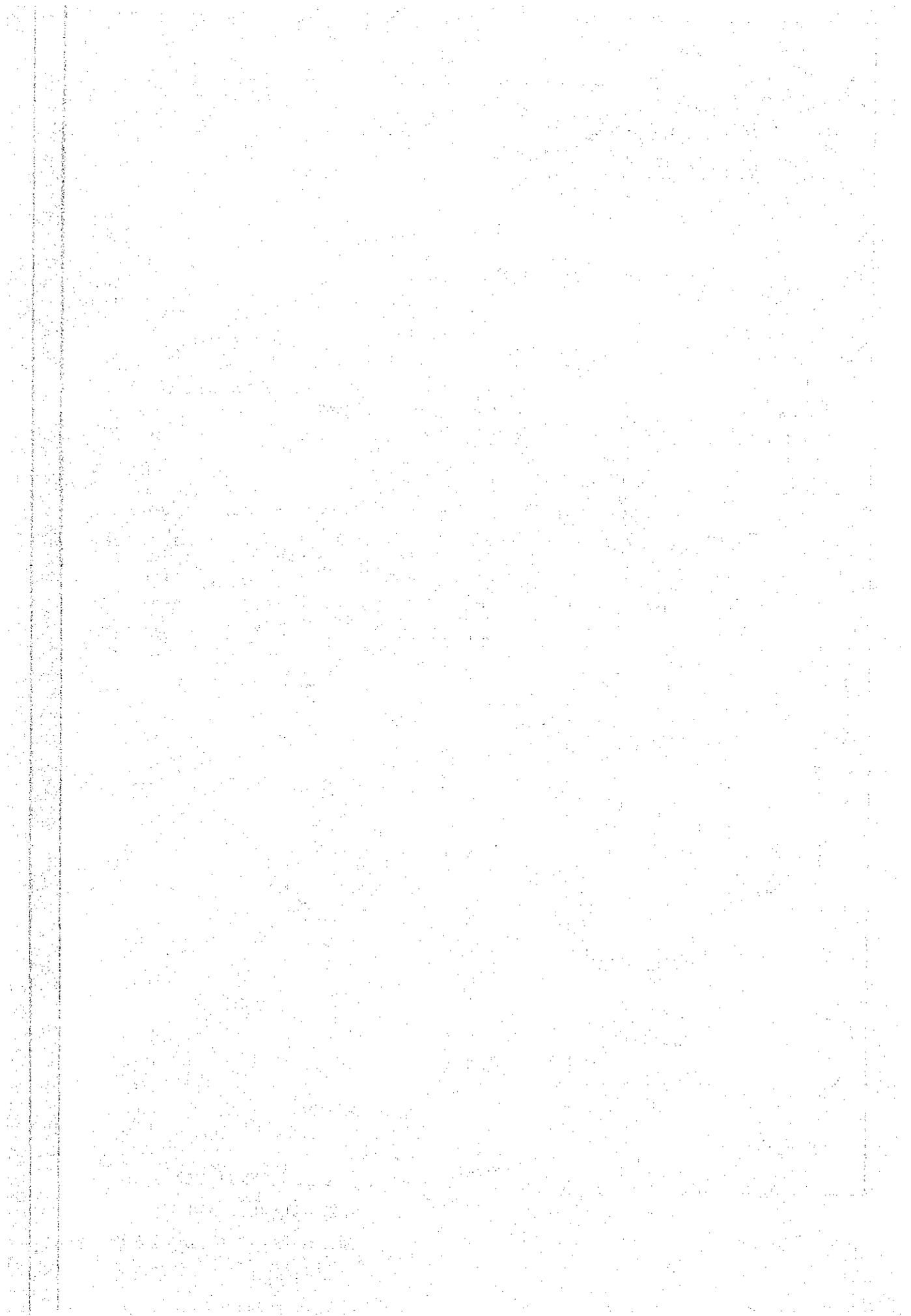
TEXT-FIGURE 3-2

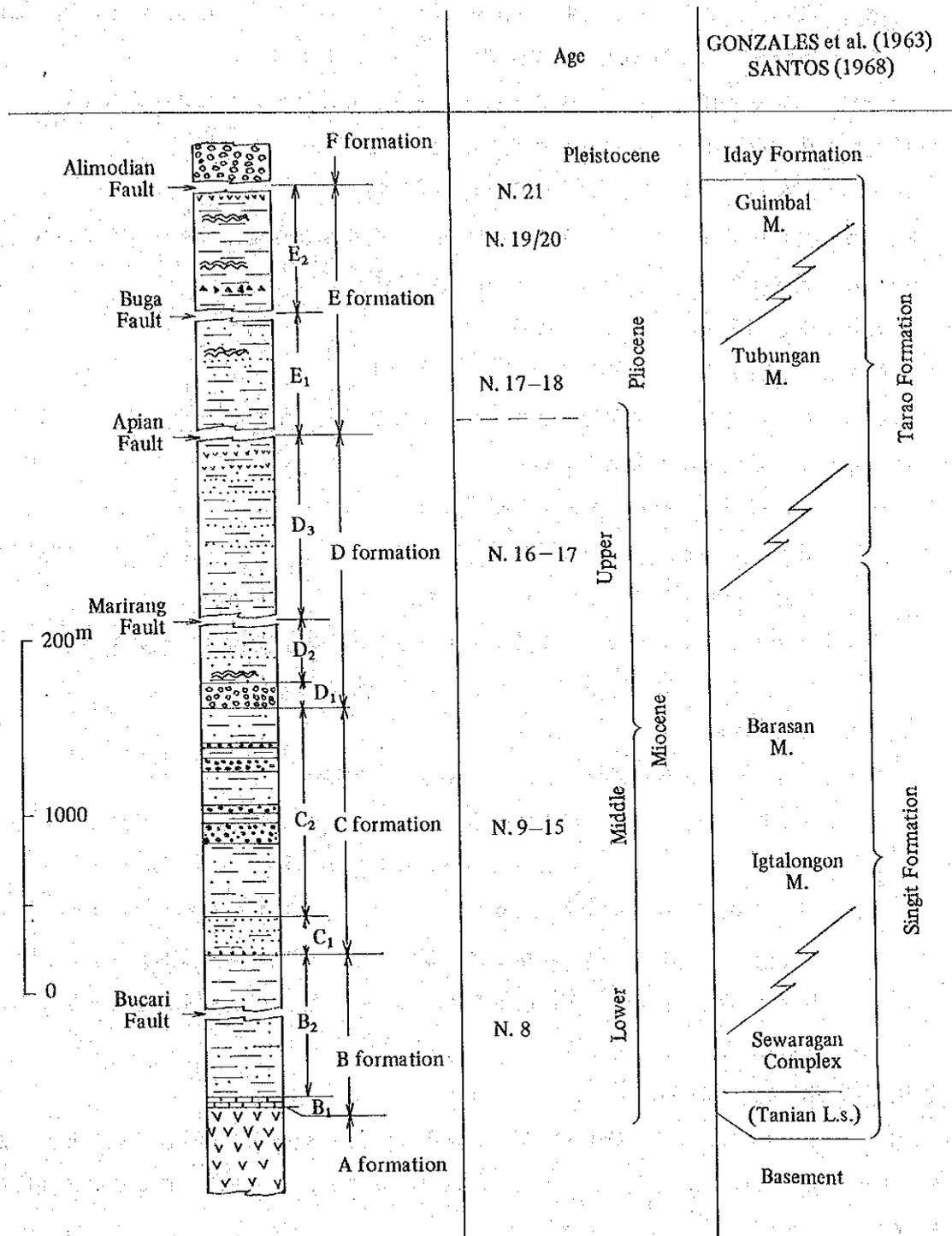
Geologic map and profile of the southwestern part of Iloilo basin, Panay Island, Philippines.



TEXT-FIGURE 3-3

Sample locality map of the southwestern part of Iloilo basin.





(See legend in Text-fig. 3-5)

TEXT-FIGURE 3-4

Generalized columnar section of the Cenozoic sequences in the Sibalom-Aganan Area, Panay Island.

斜長石は核に塵状包有物を含む。斜方輝石は大部分二次的に炭酸塩鉱物あるいは石英に置換されている。時に単斜輝石と平行連晶しているものがある。角閃石はZ-黄緑色の多色性が強く、周縁部はオパサイト化している。

石基：毛せん状組織を示し、微細な石英・斜長石および少量の鉄鉱物からなる。

普通輝石角閃石デイサイト質軽石凝灰岩 (PS-86)

斑晶：斜長石・石英・角閃石・普通輝石・鉄鉱物

基質：軽石片・ガラス片、二次的に粘土鉱物・炭酸塩鉱物などに置換されている。

かんらん石普通輝石玄武岩 (PS-85)

斑晶：普通輝石・かんらん石 (仮像)

微斑晶：磁鉄鉱

石基：おもに斜長石と単斜輝石よりなり、間粒状組織を示す。

かんらん石普通輝石安山岩 (PS-84)

斑晶：斜長石・普通輝石・かんらん石 (仮像)・磁鉄鉱

斜長石は部分的に沸石または粘土鉱物に置換されている。かんらん石はすべて粘土鉱物に置換されているが、外形から判断したものである。

石基：ガラス質。少量の斜長石や磁鉄鉱が散在している。その他、孔隙を埋めて粘土鉱物あるいは粘土鉱物・石英・沸石の集合が認められる。

かんらん石普通輝石安山岩 (PS-83)

斑晶：斜長石・普通輝石・かんらん石 (仮像)・磁鉄鉱

斜長石は部分的に粘土鉱物に置換されている。かんらん石はすべて粘土鉱物と石英に置換されているが、外形から判断したものである。

石基：斜長石・輝石・磁鉄鉱などよりなる完晶質に近い組織を示していたものと思われるが、変質作用により粘土鉱物などに置換されており、詳細は不明である。また、孔隙を埋めて、粘土鉱物と炭酸塩鉱物、あるいは粘土鉱物と沸石などの集合が認められる。

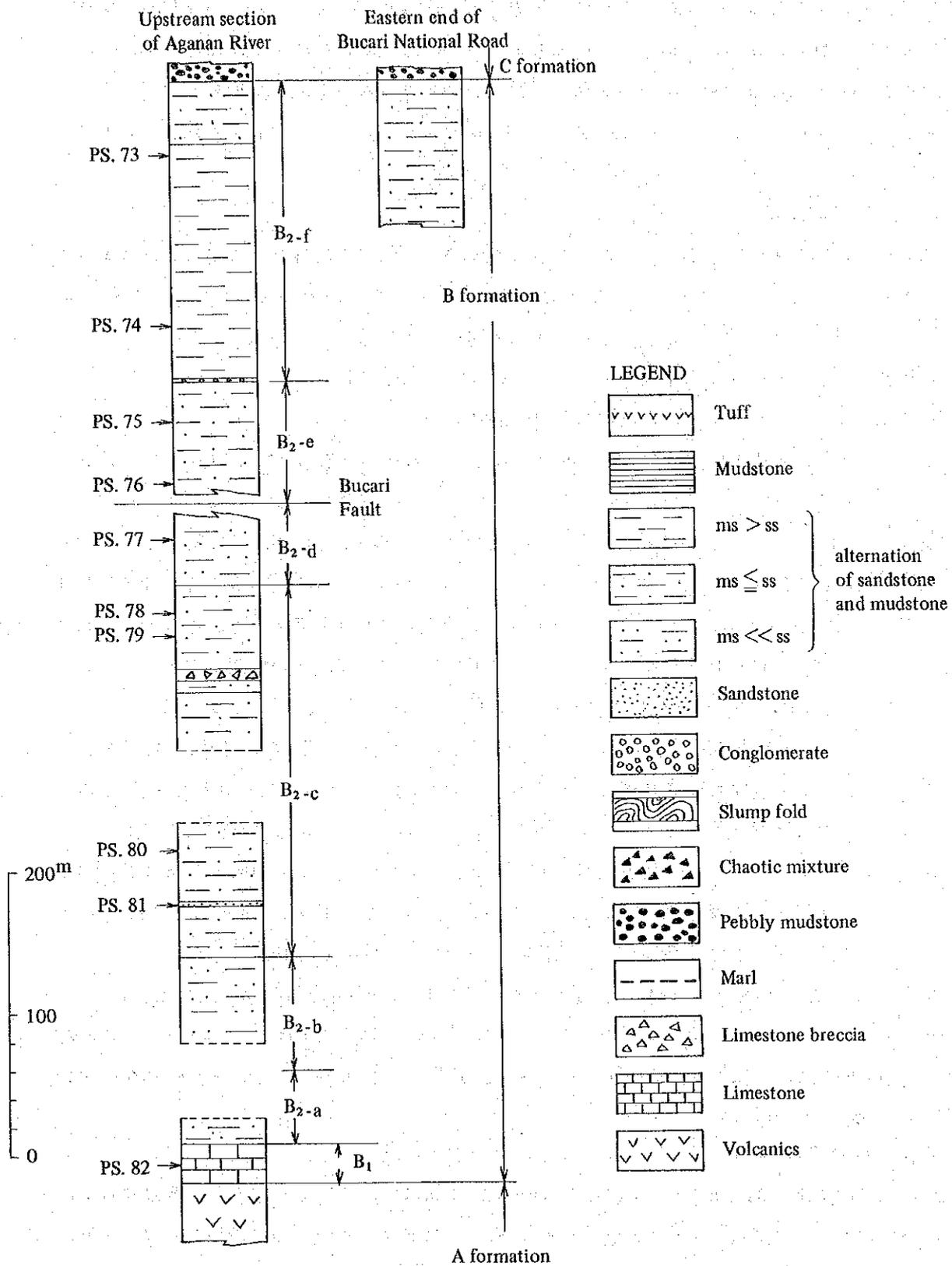
B 累層 (Text-fig. 3-5)

調査地域内では Aganan 川上流部において、A 累層の上位に見かけ上整合に重なる。本累層は、岩相的にみて、石灰岩よりなる B₁ (下位) と泥岩の卓越する B₂ (上位) の 2 部層に分けられる。

B₁ 部層

調査地域内では、Aganan 川北岸の Aguaporonia 山 (Pl. 1, fig. 2) や Bucari 部落西側の山稜など、北々東-南々西方向に伸びる稜線をつくって側方によく連続して発達する。下位の A 累層とは一見整合的であるが、A 累層の構造の詳細が不明なため、明確なことは云えない。

本層は、灰白色を呈する塊状の石灰岩よりなり、Aganan 川ぞいでの層厚は 20~30 m である。



TEXT-FIGURE 3-5
Columnar sections of the B formation.

本層は、サンゴなどの化石を産する礁性石灰岩であり、GONZALES et al.(1963), SANTOS(1968)のTanian Limestoneに相当するものと思われる。ただし、模式地のTanian川上流域のTanian Limestoneは分布が孤立・散点的であり、層厚も150m内外と厚く、本地域のものとはかなり産状が異っている。Tanian Limestoneの時代は、中新世初期(f₁)とされている。

B₂部層 (B₂ Member)

B₁部層(石灰岩層)の上位に整合に重なる。泥岩がちの泥岩砂岩薄互層を主とした地層である。Aganan川上流部では連続的に観察される。本層は中部を断層で切られているため、全体の層厚は確実に判らないが、少なくとも700mに達する。

B₂部層は、岩相的にみて、下位から上位へ次のように細分される。

B₂-a : 砂岩ラミナをもつ暗灰色泥岩、厚さ約200m。

B₂-b : 砂岩がち、ないし砂岩と泥岩がほぼ等量の砂岩泥岩互層 (Pl.1, figs.3, 4), 厚さ約60m。

B₂-c : 砂岩ラミナをもつ暗灰色泥岩、厚さ約260m。この下部には厚さ4mの中粒～細粒砂岩が挟まれ、その砂岩の上部には ripple cross-bedding がよく発達する。また、B₂-cの上部には厚さ20～15mの石灰岩角礫岩が挟まれる。角礫岩の基底は下位層を侵食しており、角礫岩中には下位層の砂岩や泥岩の角礫も取込まれている。

B₂-d : 砂岩がち、ないし砂岩と泥岩がほぼ等量の砂岩泥岩互層。厚さ45m以上で、上限はBucari断層に切られる。砂岩には層理面に平行した生痕(這い跡)化石が多い。

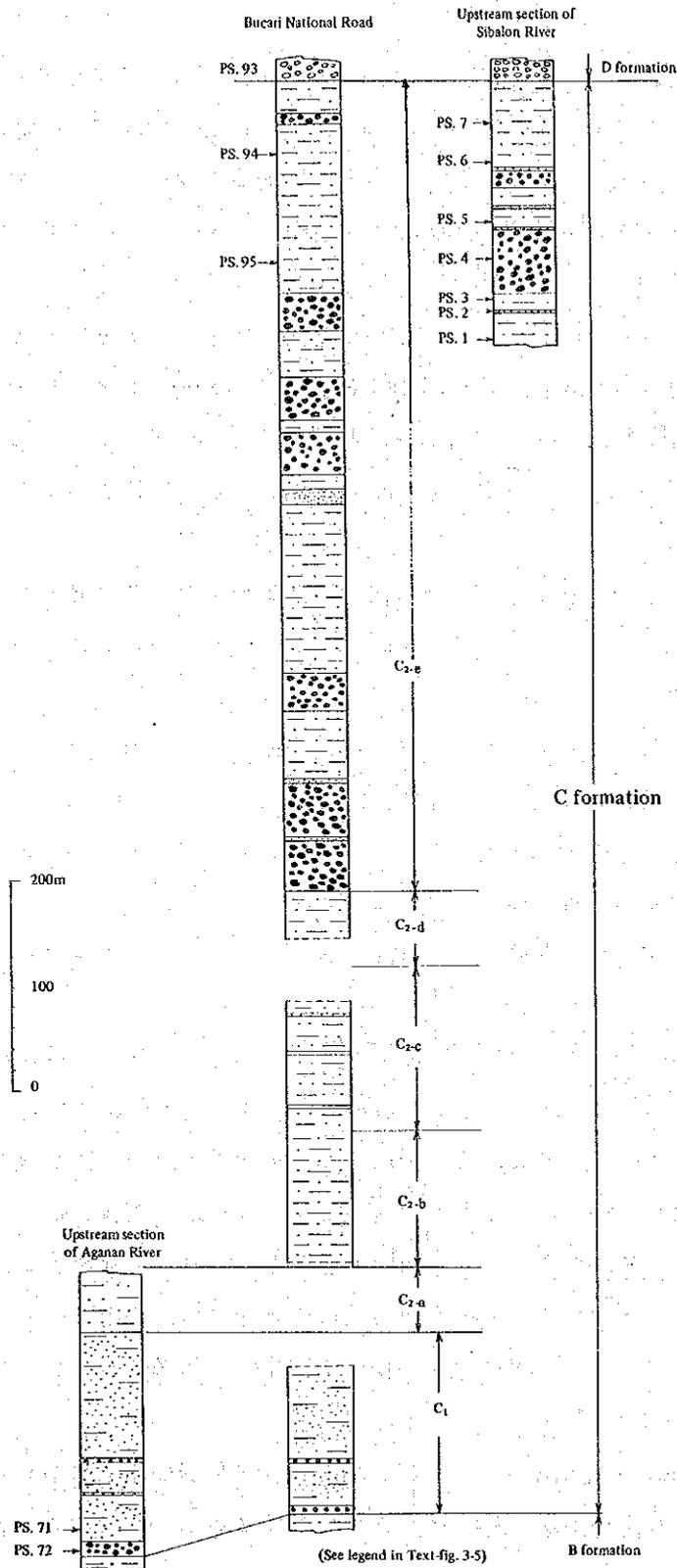
B₂-e : 泥岩がちの泥岩砂岩互層を主とする。下限はBucari断層で切られるが、見られる限りの層厚は約100m。この上部には厚さ1m内外の砂岩礫岩が挟まれる。

B₂-f : 砂岩ラミナをもつ暗灰色泥岩を主とし、層厚約210m。上部の約45mは泥岩がちの泥岩砂岩互層となっている。この互層部には厚さ数10cmの砂岩が頻りに挟まれており、上位のC₁部層への漸移的な岩相を示している。

以上に述べたB累層は、岩相の垂直的な変化からみて、B₁→B₂-a、B₂-b→B₂-c、B₂-d→B₂-fという3回の堆積サイクルを示している。また、構造的には、北々東-南々西の走向で、東南東へ30～55°傾いた同斜構造を示す。浮遊性有孔虫化石からみて、B₂部層の年代は前期中新世末(Zone N.8)である。

C累層 (Text-fig. 3-6)

調査地域内では、Aganan川上流部とその南側のBucari付近に広く分布する。B累層の上位に整合に重なり、全層厚は1,400m以上に達する。本累層は、砂岩がちの地層からはじまり、主部は泥岩がちの泥岩砂岩互層を主とし、その中に数層準で厚い含礫泥岩を挟んでいる。本累層は、岩相的にC₁・C₂部層に2分され、後者はさらにC₂-a～C₂-eに細分される。



TEXT-FIGURE 3-6
Columnar sections of the C formation.

C₁部層

調査地域内では、Aganan川上流部とその南側のBucari付近に広く分布する。B累層の上位に整合に重なり、全層厚は1,400m以上に達する。本累層は、砂岩がちの地層からはじまり、主部は泥岩がちの泥岩砂岩互層を主とし、その中に数層準で厚い含礫泥岩を挟んでいる。本累層は、岩相的にC₁・C₂部層に2分され、後者はさらにC₂-a～C₂-eに細分される。

C₁部層

砂岩（厚さ0.5～3m）と砂岩がち砂岩泥岩薄互層（厚さ1～4m）の交互層からなり、層厚約200m。砂岩は中粒～粗粒で、基底部にはしばしばgranuleが含まれる。砂岩にはまた、石灰質ノジュールが含まれ（P1.2, fig.1）、貝殻やサンゴの破片も多く、炭化木片もとき含まれる。本部層の下部には、厚さ5～10mの含礫泥岩が3層挟まれる。

C₂部層

泥岩がちの泥岩砂岩互層を主とし、その上部では数層準に厚い含礫泥岩を挟む。層厚は約700m。C₂部層の下半部については、C₂-a→C₂-b、C₂-c→C₂-dという2回の堆積サイクルが認められる。

C₂-a：砂岩がち、ないし砂岩・泥岩がほぼ等量の砂岩泥岩互層、厚さ約80m。

C₂-b：泥岩がちの泥岩砂岩互層、厚さ約130m。

C₂-c：砂岩がち（ないし砂岩・泥岩がほぼ等量の）砂岩泥岩互層からなり、ときに厚さ2m以下の砂岩を挟む。厚さ120m。

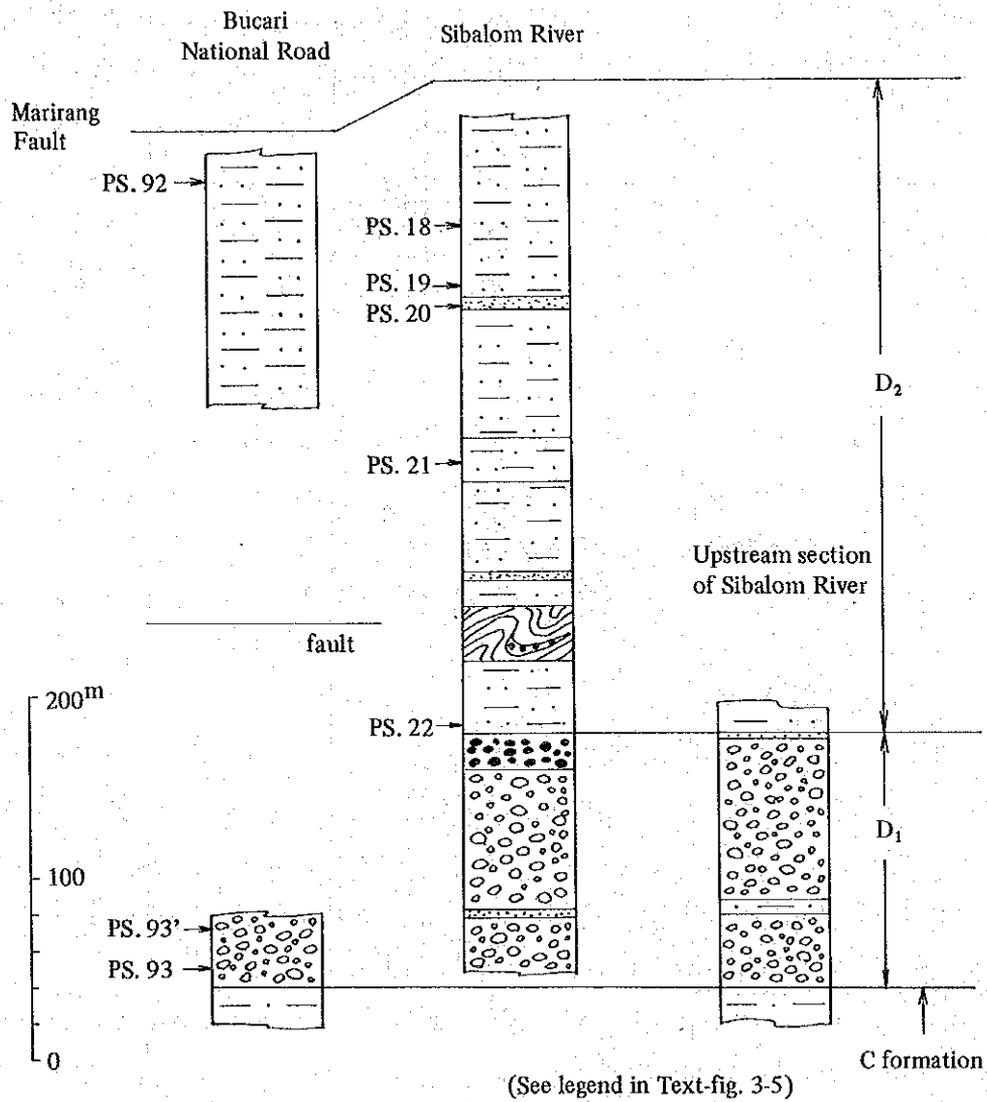
C₂-d：泥岩がちの泥岩砂岩互層からなり、ときに厚さ2m以下の砂岩を挟む。厚さ70m以上。

C₂-e：泥岩がちの泥岩砂岩互層と含礫泥岩とよりなる地層（P1.2, figs.2,3）で、層厚800mに達し、C累層の上半部を占める。含礫泥岩は、泥質の基質中に淘汰不良の礫が雑然と入ったもので、よく円磨された外来礫のほか、同時浸食による泥岩・砂岩・石灰岩などの大小さまざまな角礫も少くない。含礫泥岩は10～60mの厚さで、その上位には厚さ2～8mの泥質砂岩ないしシルト岩が引きつづく場合が多い。

C累層は、構造的にはほぼ北々東-南々西方向の走向を持ち、東南東へ30～50°傾く同斜構造を大局的には示している。本累層の大部分は中部中新統に属するものであろう。

D累層（Text-figs.3-7,8）

調査地域内ではSibalom川に沿ってよく観察される。C累層の上位に整合に重なる。上限はMarirang断層で切られているが、見られる限りの層厚は約500mである。本累層は、下位から上位へ、礫岩よりなるD₁部層、砂岩泥岩互層を主とし、砂岩やスランプ堆積物を伴うD₂・D₃部層とに3分される。



TEXT-FIGURE 3-7

Columnar sections of the lower part of the D formation.

D₁部層

LeonからBucariに至る道路やSibalom川沿いでよく露出する厚さ100m内外の礫岩層である。本部層は少くともAganan川北岸からSibalom川南岸まで、北々東-南々西に走る地形的に明瞭な走向山稜を形成している。

この礫岩は、pebbleないしcobbleを主とし、boulderを含む淘汰の悪いもので、基質は淘汰の悪い砂ないし砂質泥よりなる。礫は一般によく円磨されているが、雑然と密集しており、その配列に規則性は認められない(Pl.2, fig.4)。部分的には、泥質の基質が多くなり、含礫泥岩と称すべき部分もある。礫岩を構成する礫としては、斑れい岩・角閃岩・ドレライト・グラノファイアー・玄武岩・安山岩・安山岩質凝灰岩・頁岩・赤色チャートないし珪質岩・砂岩・石灰岩などが含まれ、量的には斑れい岩がもつとも多い。なお、礫質泥岩は、C~E累層のいろいろな層準に挟まれているが、その構成礫の種類や割合はこのD₁部層の礫岩の場合と大差ない。

D₂部層

Sibalom川ぞいでは、D₁部層の上位に整合に重なる。Bacariへ至る道路ぞいでは、北々東-南々西方向の逆断層でD₁部層と接する。断層に接する部分のD₂部層は、幅数10mにわたって逆転している。上限はMarirang断層で切られるが、見られる限りの層厚は約350mである。

本部層は、砂岩がちないし砂岩・泥岩がほぼ等量の砂岩泥岩互層を主とする。下部ではしばしば厚さ数10cmの砂岩を挟み、大規模なスランプ褶曲が発達する。中部には泥岩がちな泥岩砂岩互層が、上部には厚さ1~3mの砂岩が数枚挟まれている。

D₃部層

泥岩がちな泥岩砂岩互層を主とした厚い地層で、Sibalom川およびTarao川に沿ってよく見られる。下限はMarirang断層、上限はApian断層に切られるが、層厚は見られる限りでも1,250m以上に達する。

D₃部層の最下部は、Tarao川で見られる砂岩の挟みの多い泥岩がち泥岩砂岩互層(厚さ約250m)である(Pl.3, figs.1, 2)。これより上位は、泥岩がちな泥岩砂岩互層を主とし厚さ0.5~3mの砂岩を挟む地層で、Sibalom川ぞいに露続的に露出する。その層厚は約1,000mに達する。砂岩中にはしばしば石灰質ノジュールが含まれ、また、厚い砂岩の下位にはときにgranule~pebble礫岩がみられる(Pl.3, fig.3)。このような礫岩や砂岩には、貝・サンゴなどの破片が多数含まれている。

一方、本部層の上部には、厚さ1~3mの白色凝灰岩が7層挟まれる(Pl.3, fig.4)。これは無層理・白色・細粒のデイサイト質のもので、黒雲母・斜長石および少量の石英を斑晶として含む。同様な凝灰岩はTarao川でも認められ、この地方の広範囲にわたって有効な鍵層となりうるものと思われる。スランプ構造は、D₃部層中の多くの層準に発達しているが、その規

模はあまり大きくない。D部層は一般に炭質物の含有が多く、Marirang 断層に接した部分では、まれに厚さ1~10 cmの石炭がレンズ状に挟在したり、コハクが含まれたりすることがある。

以上に述べたように、D累層は礫岩から始まり、砂がちの砂岩泥岩互層をへて、泥がちの泥岩砂岩互層で終っており、全体として一つの大きな堆積サイクルを示している。

浮遊性有孔虫化石から見ると、D累層の年代は後期中新世に属する。

E 累層 (Text-figs. 3-9, 10)

調査地域北部の Aganan 川沿い、中部の Sibalom 川沿いで連続的に観察され、岩相的には下半部を占める E₁部層と上半部の E₂部層とに2分される。両者は断層で画されている。

E₁ 部層

下限を Apian 断層、上限を Buga 断層で切られ、かつその中部にも断層があるので、正確な層厚は不明であるが、Sibalom 川流域で少なくとも700m以上の層厚を有する。本部層のほとんど大部分は砂岩がちの砂岩泥岩互層からなり (Pl. 4, figs. 1, 2), 砂岩・礫岩・スランプ堆積物などを伴っている。ただし、Apian 北方から Pajo 東方へ伸びる断層の西側の小地塊では、部分的に泥岩がちの泥岩砂岩互層 (厚さ50m以上) が見られる。

Aganan 川沿いに露出する本層は、下位から上位へ次のように細分される。

E₁-a : 砂岩の優勢な砂岩泥岩互層を主とし、泥岩がち互層をわずかに伴う。厚さ約200m。

E₁-b : 中粒ないし粗粒砂岩 (ときに granule 礫岩を含む) と砂岩がちないし砂岩と泥岩がほぼ等量の砂岩泥岩互層とが0.5~1mごとに規則的に繰返す。厚さ約100m。

E₁-c : 砂岩がちないし砂岩と泥岩がほぼ等量の砂岩泥岩互層を主とし、その中に砂岩ないし砂礫岩や含礫泥岩をかなり頻繁に挟む。厚さ約80m。

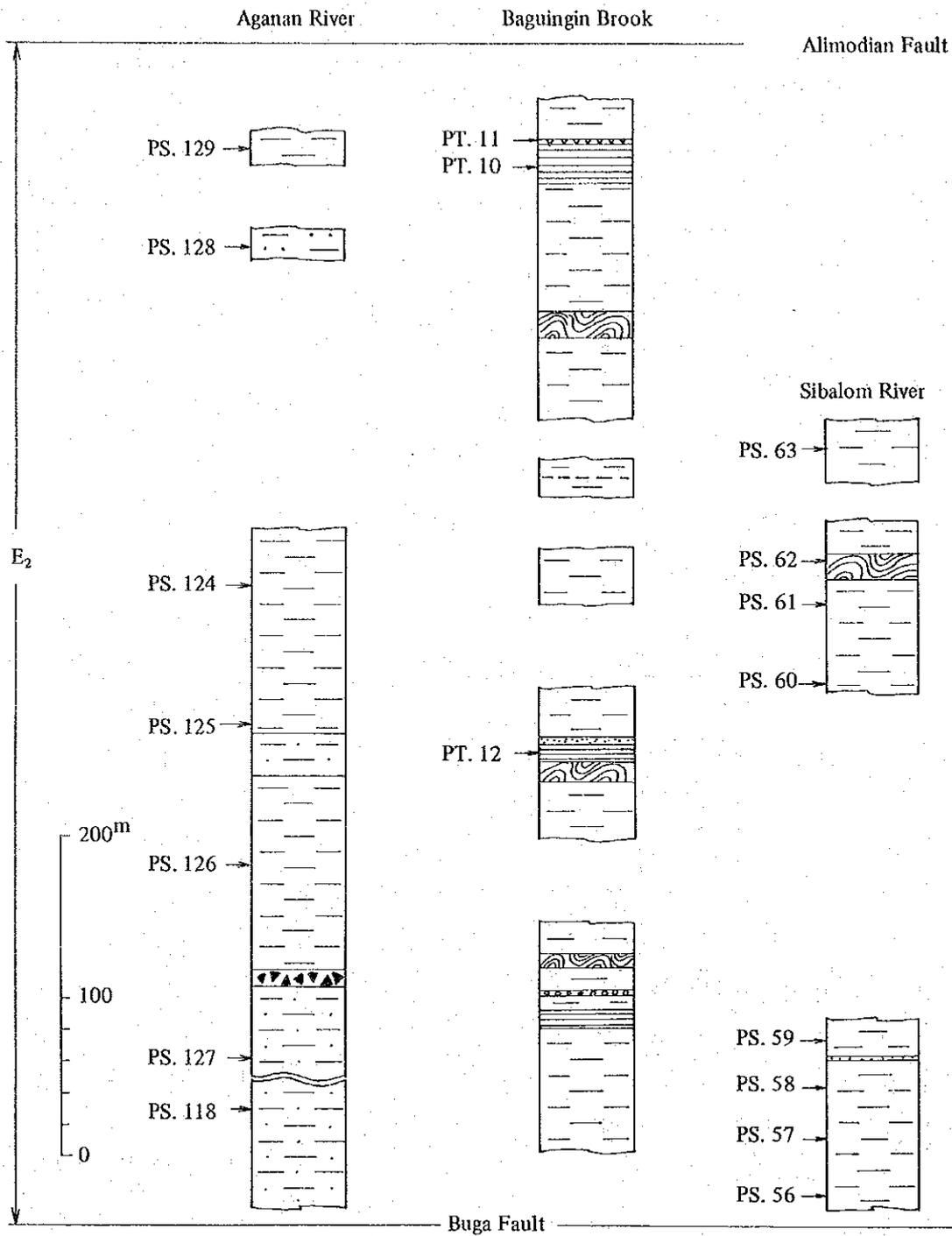
E₁-d : 砂岩の優勢な砂岩泥岩互層を主とし、その中に礫岩や含礫泥岩を挟む。厚さ約100m。この地層は全般に炭質物や木片に富み、炭質物が厚さ2~3cmのレンズを作っていることもある。やゝ厚い砂岩には、まわりに cross-bedding が認められる。

E₁-e : 砂岩がちないし砂岩と泥岩がほぼ等量の砂岩泥岩互層を主とする。厚さ約100m。

Sibalom 川沿いで見られる E₁部層は、ほとんど大部分が砂岩がちの砂岩泥岩互層よりなり、礫質岩はごくまれで、Aganan 川流域におけるような細分は困難である。

E₂ 部層

Sibalom 川中流域をはじめ Alimodian 西方の丘陵地域に広く発達する。下限を Buga 断層、上限を Alimodian 断層に切られ、見られる限りの層厚は700m以上である。本部層は砂岩ラミナをもった泥岩を主とし (Pl. 4, figs. 3, 4), 泥岩がち泥岩砂岩互層や塊状泥岩を伴ない、ときに砂岩・礫岩を挟んでいる。スランプ褶曲をはじめ種々のスランプ構造もよく発達してい



(See legend in Text-fig. 3-5)

TEXT-FIGURE 3-10

Columnar sections of the upper part of the E formation.

る。泥岩中に有孔虫など保存のよい微化石をいたる処で多量に含んでいることも、本部層の特色である。Alimodian 南方では、本部層中に白色細粒のデイサイト質凝灰岩が3枚（厚さ30, 50, 70 cm）が近接して挟まれている。この凝灰岩は、岩質的にD₃部層上部の凝灰岩と似ており、斑晶として斜長石・黒雲母を含む。

E₂部層中の砂岩や礫岩の挟みは北ほど多くなる傾向がある。Alimodian 北方の Aganan 川西岸河岸では、砂礫岩の挟みの中から、保存のよい貝・サンゴなどの化石を産する。さらに北方の Magsaysay 付近（Massin 南方約2 km）で貝化石を多産する地層も、これとはほぼ同層準のものであろう。Alimodian より南では、砂岩は厚さ3～4 m のものが少数みられるにすぎない。このように北から南へ岩相が細粒化する傾向は、E₂部層のみならず、E累層全体としても認められる。

泥岩を主とする E₂部層は、岩相的にみて、GONZALES et al. (1963), SANTOS (1968) の Guimbal Mudstone に相当する。

E累層は、構造的にみると、西北西-東南東方向で東方へブランチした軸をもつ緩やかな褶曲を示している。すなわち E₁部層では Aganan 川中流域を北翼、Sibalom 川を南翼とする1つの大きな背斜があり、さらにその南西方では Tarao 川との間で緩い向斜を形成している。E₂部層では、詳細についてはなお明確でないが、E₁部層の場合と同様な軸をもち、規模のより小さい褶曲を何回も繰返しているものと見られる。E累層の示す構造形態は、D累層以下のものと大きく異っており、Apian 断層を境とした両側での構造形態の差は大きい。

浮遊性有孔虫分析結果によると、E累層は Zone N.17-N.21（上部中新統の上部～鮮新統）に相当し、TAKAYANAGI et al. (1977) による Tarao Formation 上部に対比される。

F 累層

Alimodian 付近の Aganan 川東岸、Agony 丘陵に分布する礫岩を主とした地層で、調査地域内の第三系（～下部更新統）の最上位を占める。今回の調査では、Aganan 川東岸で層厚約200 m の部分が観察されたにすぎない。

F累層の礫岩は、pebble を主とし cobble や boulder を含むもので、砂質の基質をもつ。礫はあまり密集せず、礫の配列にはかなり明瞭な方向性が認められる。また、礫の大小や疎密によって顕著な成層構造が示される。構成礫の種類・量比としては、斑れい岩がもっとも多く、玄武岩・安山岩・砂岩がこれに次ぎ、その他に石灰岩・珪岩・チャートなども含まれる。礫岩にはときに0.5～6 m の厚さの砂岩が挟まれる。砂岩は淘汰のよい細粒砂岩で、ラミナの発達が良い。また、礫岩や砂岩には、厚さ数～数10 cm の石灰質バンド（礫や砂が石灰質物で膠結されたもの）がしばしば挟在しており、これによって成層構造が一層目立ったものとなっている。丘陵東部では、礫岩層の見かけ上の下位に泥質岩が挟まれているようであるが、露出が悪くその詳細は不明である。

F 累層は、岩相および分布状況からみて、CORBY et al. (1951), SANTOS (1968) の Iday 累層に相当する。Iday 累層の時代について、SANTOS (1968) は鮮新世?としたが、最近ではむしろ更新世 (前期) と考えられることが多い (HASHIMOTO, 1981 など)。しかし、一方、SANTOS (1968) などの層序で Iday 累層より上位にあるとされている Ulian 累層・Cabatuan 累層 (Sta. Barbara シルト部層) 産の貝化石について研究した SHUTO (1969・1971) は、Ulian 累層、および Cabatuan 累層の時代を鮮新世としている。ここで云われている時代はむしろ前項で述べた E 累層の時代に相当する。“Iday 累層”より上位の地層の年代と層序については、なお検討すべき問題が多い。

3) 堆積相および堆積史

これまで述べてきたように、本地域の第三系は、安山岩・玄武岩を主とする volcanic formation に始まり、礁性石灰岩をへて、主部は泥岩・砂岩を主とする海成の碎屑岩層となり、層準によっては礫岩も発達する。

この地域の碎屑岩層の主体となっている砂岩泥岩互層の特徴をみると、C および E 累層の一部では、砂岩と泥岩の中～厚互層も見られるが、多くの場合単層の厚さが 10 cm 以下の薄互層をなしている。B₁・B₂ 部層でも、泥岩は細かく成層し、ごく薄い砂岩との互層となっているのが普通である。

砂岩泥岩互層には graded bedding がよく発達し、砂岩から上位の泥岩への粒度変化は漸移的である場合が多い (P1.5, fig. 1)。砂岩の下底はシャープで、薄いものでは平行ラミナがよく発達し、その最上部にはしばしば ripple cross-lamination が認められる。薄互層中に挟在するやゝ厚い (20 cm 以上の) 砂岩や中～厚互層を形成する砂岩は、一般に中粒ときに粗粒で礫岩を伴うこともある。このような砂岩は一般に塊状で、顕著な graded bedding を示し、その下底には浸食面が認められることが多い。また、その中には、貝やサンゴの破片が多く、しばしば石灰質ノジュールも含まれる。一方、まれではあるが、C₂ 部層ではこのような砂岩に ripple mark (P1.5, fig. 2), E₁ 部層では cross-bedding が認められる。

薄互層の砂岩の下底や上面には、ときに *Taphrohelminthopsis* (P1.6, fig. 2), *Buthotrephis-like burrow* (P1.6, fig. 3) などの生痕化石が認められる^{*}。これらは flysh によく見られるタイプのものであり、かなり深い海の環境を指示している。泥岩にはシルト質のものが多く、大型化石はきわめてまれである。

砂岩と泥岩の互層を主とする本地域の第三系は、タービダイトの特徴を示すもので、E₂ 部層などに密集して産する貝・サンゴ化石などは、堆積盆周辺のごく浅い海域から粗粒堆積物とともに流れ込んできたものである。堆積盆はほぼ南北に伸びていたと推定されるが、そこにはかなりの急斜面が存在したのであろう。このことは、上記のような浅海性化石の流入のほか、

タービダイト中にスランプ構造が多く、礫質泥岩をはじめ種々のスランプ堆積物がよく発達し、また、層準によっては同時浸食礫を含む淘汰不良の礫岩が細粒堆積物中に挟在していることなどに示される (P1.6, fig. 1)。

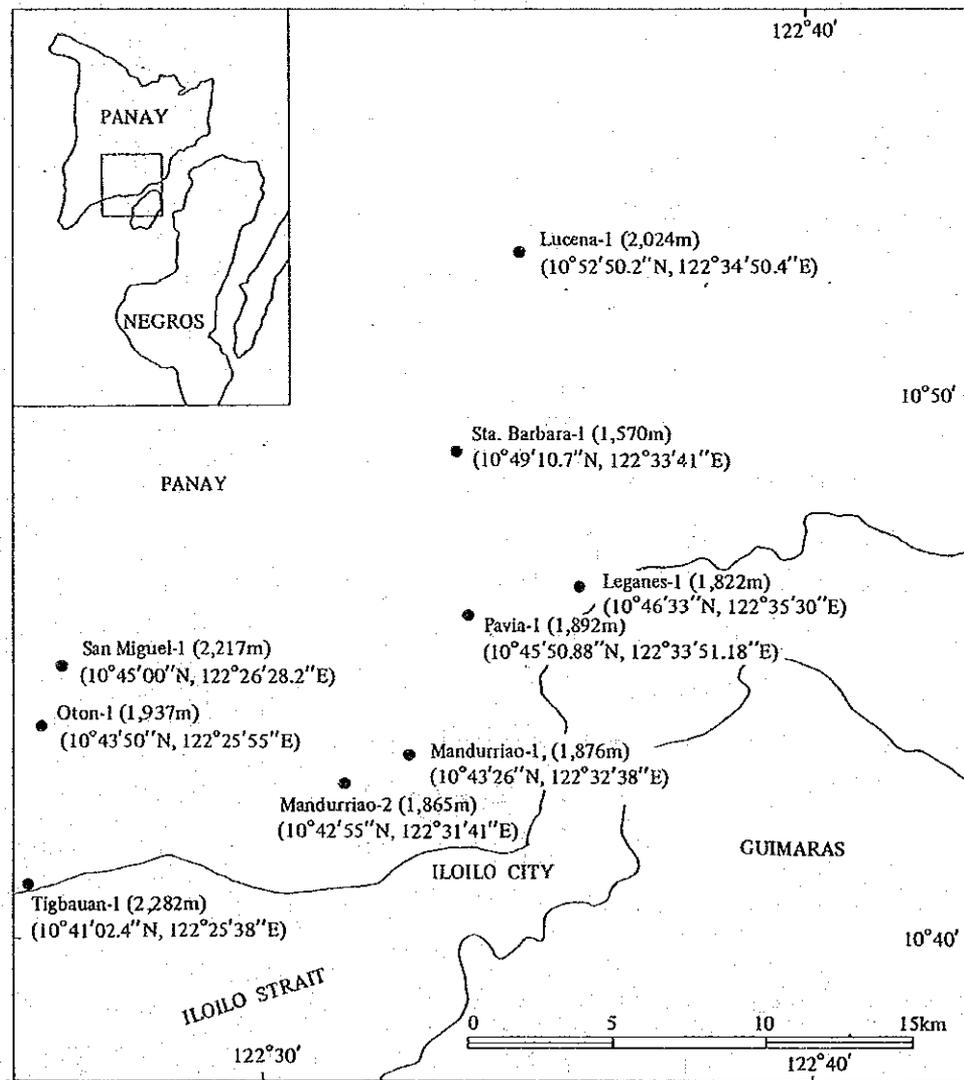
大局的に見ると、堆積盆は B₁部層 (石灰岩層) の堆積後に急激に深くなり、深度はおそらく D₃部層の時期に最大となり、その後次第に浅くなっていったものと考えられる。古流向を示す資料はごく少ないが南向きの流れが認められる。調査地域の第三系は、イロイロ堆積盆西側の第三系を代表するものであり、その碎屑物は主として同方向の山脈から供給されたものと推定される。

※生痕化石 (trace fossils) の鑑定は地質調査所の田中啓策博士による。記して謝意を表す。

4. 石油探査井

イロイロ堆積盆南部には、Text-fig. 4-1 に示すように、合計9本、総延長17,479mの石油探査井が掘削されている。これらのうち、Oton-1およびMandurriao-1の2井に油徴が検出された。ガス徴は全ての坑井から検出されたが、いずれも商業規模に達していないものと判定され閉鎖・廃棄された。これらのガスの商業性についての評価は、構造型ガスとしてみた場合の評価であって、共水性ガスとしての評価を含むものではないと思われる。

これらの坑井の資料は、イロイロ堆積盆南部一帯にわたって実施されている地震探査の記録と共に、Bureau of Energy Development (BED) の Library and Data Bank によく整理・保存されており、今回の調査に有力な資料となった。



TEXT-FIGURE 4-1

Location map of exploratory drillings in the southern part of Iloilo basin.

1) 坑井地質および検層

Tigbauan - 1 (Text-figs. 4-1, 2, 13)

本坑井は Tigbauan 東方の海岸寄りに、1959年9月16日～1960年1月11日に Philippine Oil Developing Company, LTD (PODCO) によって掘削され、ガス徴は認められたが油徴はなく1960年1月11日に廃棄された。掘削深度は7,485 ft (2,282.0 m) であり、坑底は玄武岩に達している。本坑井の掘削目的は、地震探査で見い出された Tigbauan Anticline の頂部を探索することであった。

掘削中、本坑井は深度1,300 ft (396.3 m) 付近、および4,100 ft (1,250.0 m) 付近の2ヶ所において blow out しガスを伴う水を噴出した。

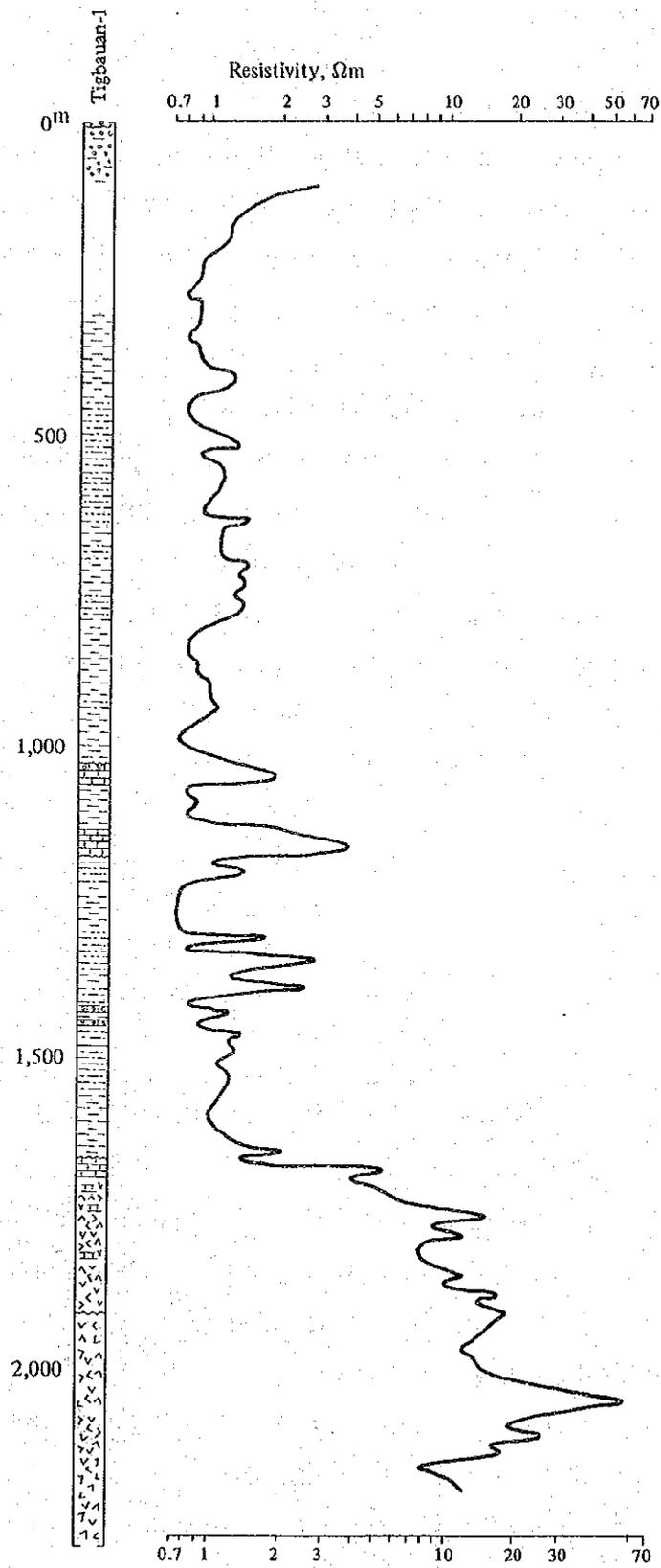
Drill stem test によって、1,250 ft (381.1 m) 付近から淡水 (solids 7,700 mg/l) が採取され、1,350 ft (411.6 m) においては solids 24,000 mg/l の塩水と少量のガスが記録された。2,100 ft (640.2 m) 付近のテストでは、初産量 9,200 m³/d のガスが噴出したが、急速に減衰し、48時間後には停止した。このガスは solids 31,000 mg/l, 40 kl/d の塩水を随伴した。3,400 ft (1,036.6 m) からはガス徴を伴った solids 27,400 mg/l の塩水が、240 kl/d の割合で自噴した。

坑井地質は次のように区分される。

◦ Cabatuan Formation	0 ~ 500 ft (0 ~ 152.4 m)
◦ Iday Group	500 ~ 2,700 (152.4 ~ 823.2 m)
◦ Panorán Formation	2,700 ~ 3,400 (823.2 ~ 1,036.6 m)
◦ Dingle Limestone	3,400 ~ 3,950 (1,036.6 ~ 1,204.3 m)
◦ Tarao-Singit Group	3,950 ~ 5,450 (1,204.3 ~ 1,661.6 m)
◦ Antalon Group	5,450 ~ 6,254 (1,661.6 ~ 1,906.7 m)
◦ Basement volcanics	6,254 ~ 7,485 (1,906.7 ~ 2,282.0 m)

[検層]

本坑井に対する電気検層は深度89～7,476 ft (27～2,280m)の間で実施されている(Text-fig. 4-2)。深度3,350 ft (1,020 m) 以浅の比抵抗値は0.75～2.7 Ωmである。深度1,350 ft (411 m), 1,700 ft (518 m), 2,100 ft (640 m) などのピークは砂層に対応する。深度600 ft (183 m) 以浅の高比抵抗域は天水浸入域を示すものと推定される。深度3,350～5,400 ft (1,020～1,650 m)の間には数区間にピークが認められる。深度3,450 ft (1,050 m) および3,800 ft (1,160 m) のピークは石灰岩に、深度4,300 ft (1,310 m), 4,500 ft (1,340 m), 4,550 ft (1,390 m) の各ピークは砂岩に対応する。深度5,600 ft (1,710 m) 以深の高比抵抗域 (5～60 Ωm) は玄武岩に相当する。



TEXT-FIGURE 4-2
Resistivity in Tigbauan-1.

Oton - 1 (Text-figs. 4-1, 13)

本井はイロイロ堆積盆中において掘削された最初の石油探査井である。1953年1月20日～2月25日にPDJVにより掘削され、3月2日に廃棄された。掘削地点はOtonの北西約6kmであり、掘削深度は6,354 ft (1,937.2 m) である。深度4,555 ft (1,388.7 m) の頁岩のコアサンプルに油徴が認められた。ガス徴は3,926～4,231 ft (1,197.0～1,290.0 m)の間のコアサンプルおよび6,009～6,019 ft (1,832.0～1,835.1 m) のコアサンプルに検出された。本坑井に対して、電気検層は実施されていない。

坑井地質は次のように区分される。

◦ Alluvium	0 ~ 50 ft (0 ~ 15.2 m)
◦ Cabatuan Formation	50 ~ 500 (15.2 ~ 152.4 m)
◦ Iday Group	500 ~ 3,000 (152.4 ~ 914.6 m)
◦ Panoran Formation	3,000 ~ 4,958 (914.6 ~ 1,511.6 m)
◦ Dingle Limestone	4,958 ~ 5,700 (1,511.6 ~ 1,737.8 m)
◦ Tarao-Singit Group	5,700 ~ 6,354 (1,737.8 ~ 1,937.2 m)

San Miguel - 1 (Text-figs. 4-1, 13)

本井は1960年3月3日～5月2日に、PODCOにより掘削され、1960年5月2日に廃棄された。掘削地点はSan Miguelの南西約4 kmであり、掘削深度は7,272 ft (2,217.1 m) である。坑底は玄武岩に達している。この坑井は地震探査で発見されたSan Miguel背斜の頂部において掘削された。本坑井中には油徴は認められなかったが、ガス徴は深度500～507 ft (152.4～154.6 m), 6,170～6,175 ft (1,881.1～1,882.6 m) において検出された。坑井地質は次のように区分される。

◦ Cabatuan Formation	0 ~ 510 ft (0 ~ 155.5 m)
◦ Iday Group	510 ~ 2,780 ft (155.5 ~ 847.6 m)
◦ Panoran Formation	2,780 ~ 4,900 (847.6 ~ 1,493.9 m)
◦ Dingle Limestone	4,900 ~ 5,650 (1,493.9 ~ 1,722.6 m)
◦ Tarao-Singit Group	5,650 ~ 6,900 (1,722.6 ~ 2,103.7 m)
◦ Antalon Group	6,900 ~ 7,170 (2,103.7 ~ 2,186.0 m)
◦ Basement volcanics	7,170 ~ 7,272 (2,186.0 ~ 2,217.1 m)

Mandurriao - 1 (Text-figs. 4-1, 3, 4, 13)

本坑井はイロイロ市のMandurriao東方に、1973年4月30日～6月2日に、PODCOによ

STAGE	FAUNAL ZONE	LITHOLOGIC LOG	REMARKS	Bathymetry								
				Bathyal	Outer Neritic	Inner Neritic	Depth					
PLEISTOCENE	Mollusks		Very shallow water deposits marked by repetition of beds		500	1000	1500					
	<i>Rotalia papillosa</i> var. <i>compressiuscula</i>											
	Mollusks											
PLIOCENE	Upper <i>Globorotalia crassaformis</i>		Advent of planktonic species		1500	2000	2500					
	Middle <i>Bulimina inflata</i>		Increased percentage of benthonics									
	Lower <i>Pulleniatina obliquiloculata</i> - <i>Sphaeroidinella delticens</i>		Deep water sediments with influx of planktonic species									
MIOCENE	Upper <i>Globoquadrina altispira</i> <i>Globigerina seminulina</i>		Near bathyal sediments Cut by probable fault at 3100'		3000	3500	4000					
			Amphistegina spp. <i>Operculinoides</i> spp.					Immature sediments with abundant ferromagnesian minerals				
								Middle <i>Globorotalia mayeri</i>	Relatively deep water sediments with meager foraminifera			
	Lower <i>Globigerinoides sicanus</i> <i>Globigerina tripartita</i>		Abundant basement materials									

(PODCO, 1973b)

TEXT-FIGURE 4-3

Lithology, micropaleontology and bathymetry of Mandurriao-1.

り掘削され、1973年6月2日に廃棄された。掘削深度は6,153 ft (1,875.9 m) であり、坑底は基盤の玄武岩に達している。本坑井の掘削目的は、地震探査によって把握された南北方向の背斜構造の北翼において、Dingle Formationの孔隙性の高い石灰岩を探査することであった。地震探査記録上には、この地点に礁性石灰岩体と判断される buildup 構造がみられる。

本坑井の最上部の深度1,440 ft (439.0 m) まではPleistoceneの砂および頁岩からなり、300 ft (91.5 m) 付近にメタンガス徴が認められた。

1,440~3,860 ft (439.0~1,176.8 m) のセクションは厚い粘土岩~シルト岩からなり、1,980~2,210 ft (603.7~673.8 m) の間に薄い砂層がある。メタンガス徴がこのセクション全体から検出された。

3,860~4,560 ft (1,176.8~1,390.2 m) は頁岩および砂層を挟む厚い石灰岩からなり、3,897~3,933 ft (1,188.1~1,199.1 m) および4,065~4,096 ft (1,239.3~1,248.8 m) のコアからガスと軽質油の油徴が検出された。Drill stem testsにより、この区間は水で飽和されていることが分った。3,897~3,933 ftの区間の水の Cl^- は20,800 mg/l, solidsは38,500 mg/l, 4,065~4,096 ftの水の Cl^- は17,600 mg/l, solidsは30,700 mg/lであった。

4,560~5,100 ft (1,390.2~1,554.9 m) のセクションはシルト質頁岩と砂岩からなる。

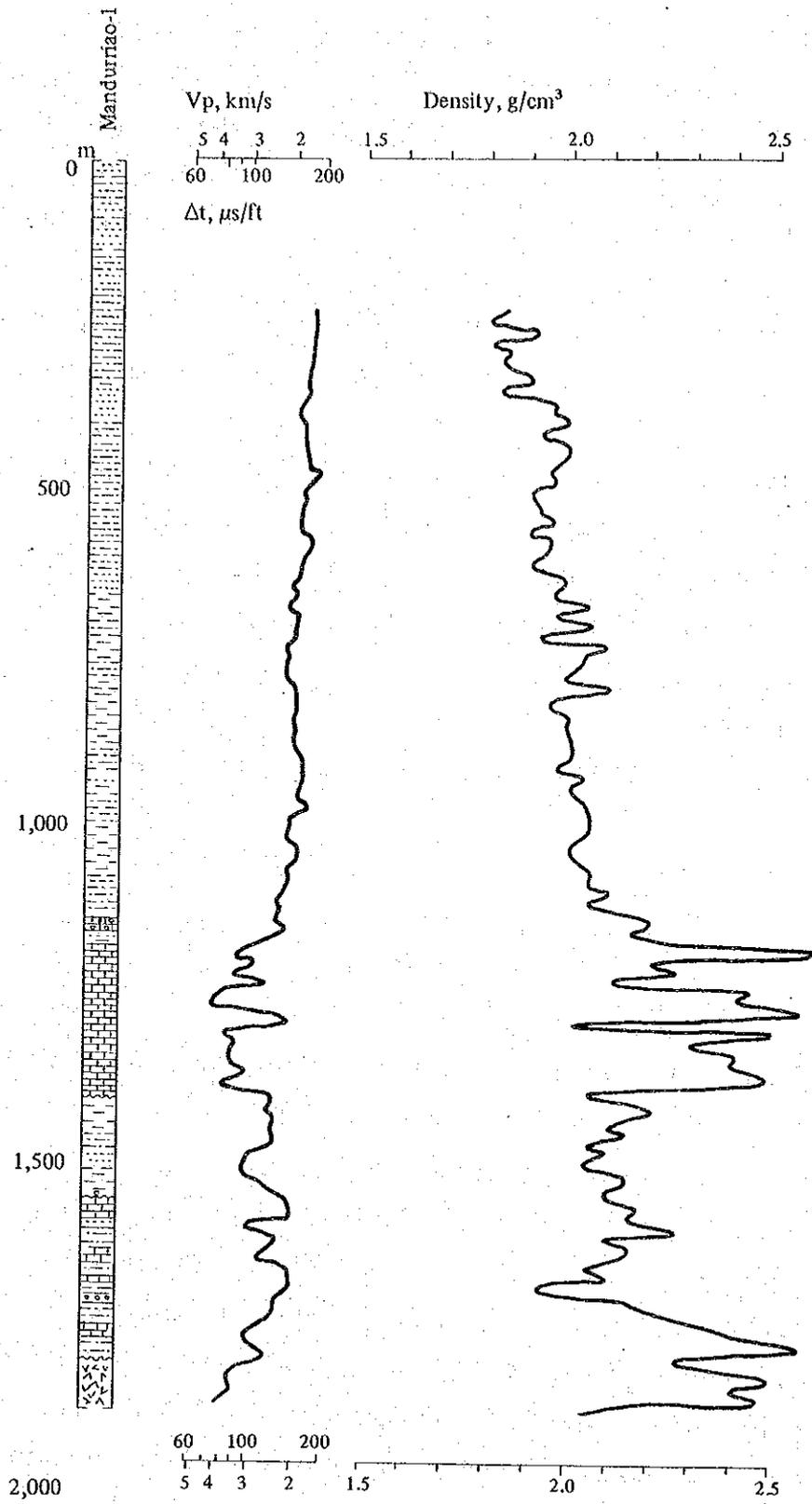
5,100~5,990 ft (1,554.9~1,826.2 m) の間は、シルト質および砂質頁岩を挟む石灰岩からなる。

5,990 ft (1,826.2 m) において風化した玄武岩に入り、深度6,153 ft (1,875.9 m) の坑底に至る。

〔 検層 〕

音波検層は深度718~6,136 ft (219~1,870 m) の間で実施されている (Text-fig. 4-4)。深度718~3,800 ft (219~1,160 m) の間の泥岩、砂岩および砂岩泥岩互層の音波速度は1.69~2.18 km/sで、深度とともに増大する。音波速度の変動は比較的少なく、砂岩の発達はよくないものと推定される。深度3,800~4,600 ft (1,160~1,400 m) の間の音波速度は、2.77~4.35 km/sで、石灰岩に対応する。深度4,600~5,000 ft (1,400~1,710 m) の間の音波速度は1.97~3.05 km/sで、砂岩、泥岩および石灰岩の互層に対応する。

密度検層は深度718~6,147 ft (219~1,870 m) の間で実施されている (Text-fig. 4-4)。深度718~3,800 ft (219~1,160 m) の間の密度は1.85~2.15 g/cm³で、深度とともに増大する。密度の変動は深度2,650 ft (808 m) 以浅で多少認められ、密度の高い部分は砂質岩と推定される。深度3,800~4,600 ft (1,160~1,400 m) の間の密度は、2.2~2.6 g/cm³で、石灰岩に対応している。深度4,600~5,600 ft (1,400~1,710 m) の間の密度は、1.9~2.3 g/cm³で、砂岩、泥岩および石灰岩の互層に対応する。



TEXT-FIGURE 4-4
Sonic velocity and density in Mandurriao-1.

Mandurriao - 2 (Text-figs. 4-1, 5, 13)

本坑井はイロイロ市のMandurriao地区に、1974年6月23日～7月22日に、PODCOによって掘削され、油徴はなく、廃棄された(1974年7月23日)。掘削深度は6,118 ft(1,860 m)であり、坑底は玄武岩に達している。本坑井の掘削目的は、この坑井の北東1.7 kmに掘削されたMandurriao-1によって把握された礁性石灰岩中の油徴を、地震断面に表われた構造的な高所においてテストすることであつた。同石灰岩の頭は、深度3,756 ft(1,145 m)において把握され、Mandurriao-1より100 ft(30.5 m)高いことが確認されたものの、油徴は認められなかつた。同石灰岩よりCl⁻濃度16,300 mg/l, Solids 94,000 mg/lの塩水と可燃性ガスが産出した。しかし、ガス量が少なく、ガス流量は測定不能であつた。深度3,010～3,620 ft(920～1,070 m)にも礁性石灰岩が存在し、Cl⁻濃度16,940 mg/l, solids 43,340 mg/lの塩水を産出した。これらのCl⁻濃度は海水中の濃度(19,200 mg/l)にほぼ相当するほど高いことが注目される。

[坑井地質]

○ Pleistocene 0～1,210 ft (0～369.0 m)

主として未固結の砂と礫層からなり、シルトおよび泥層が挟まれる。この層準には貝の破片が豊富に含まれる。

○ Pliocene 1,210～2,790 ft (369.0～850.6 m)

Late Plioceneのfaunal changeをもつて、上位セクションと区分された。境界付近の電気検層図上には両セクションを識別できるような岩相の変化は認められない。

このセクションにはシルト岩と石灰岩の薄層を挟む頁岩が卓越する。頁岩は緑～灰色を呈し、石灰質であり、化石を豊富に含み、部分的にシルト質および凝灰質である。深度2,450～2,520 ft(747.0～768.3 m)の区間に褐色～白色の石灰岩層があり、サンゴ等の化石を含む。2,760 ft(841.5 m)以深の本セクションの頁岩中には石灰分が多い。下位セクションとの境界深度2,790 ft(850.6 m)付近には、電気検層図上で識別し得るような岩相の変化は認められない。

○ Upper Miocene 2,790～4,575 ft (850.6～1,394.8 m)

このセクションの上部は石灰質の緑色頁岩と泥灰質頁岩からなり、シルト質の部分もある。3,018 ft(920.1 m)において、岩相が急変し、石灰岩に変わる。石灰岩の上部はreef rubbleであるが、主部は主として礁性石灰岩からなり、3,620 ft(1,103.7 m)まで続く。石灰岩は白～クリーム色を呈し、サンゴ等の化石を豊富に含む。3,620～3,757 ft(1,103.7～1,145.4 m)の区間は、化石を豊富に含む頁岩～シルト岩からなる。3,757 ft(1,145.4 m)から再び白色のreef rubbleとなり、礁性石灰岩に変わる。この石灰岩は4,450 ft(1,356.7 m)まで続き、クリーム～白色を呈し、化石を豊富に含み、硬質、ち密であるが

粒子間やサンゴ内に空隙があり、孔隙性がある。4,450~4,575 ft (1,356.7~1,394.8 m) はシルト岩、頁岩および2, 3枚のち密な石灰岩薄層からなる。

○ Middle Miocene

本坑井中では欠如する。

○ Lower Miocene 4,575~5,165 ft (1,394.8~1,574.7 m)

Upper Miocene のセクションとの間には、電気検層図上に識別し得る岩相の変化が認められない。このセクションの特徴は上部が砂質であること、下部には石灰岩、シルト岩および頁岩が挟まれることである。

○ Oligocene 5,165~6,050 ft (1,574.7~1,844.5 m)

本セクションの上部は数枚のシルト岩および石灰岩を挟む緑色頁岩からなり、中部は泥灰質頁岩により構成される。5,740 ft (1,750 m) において、硬質、ち密の pyrite 質の白色石灰岩に変わり、6,050 ft (1,844.5 m) まで続く。

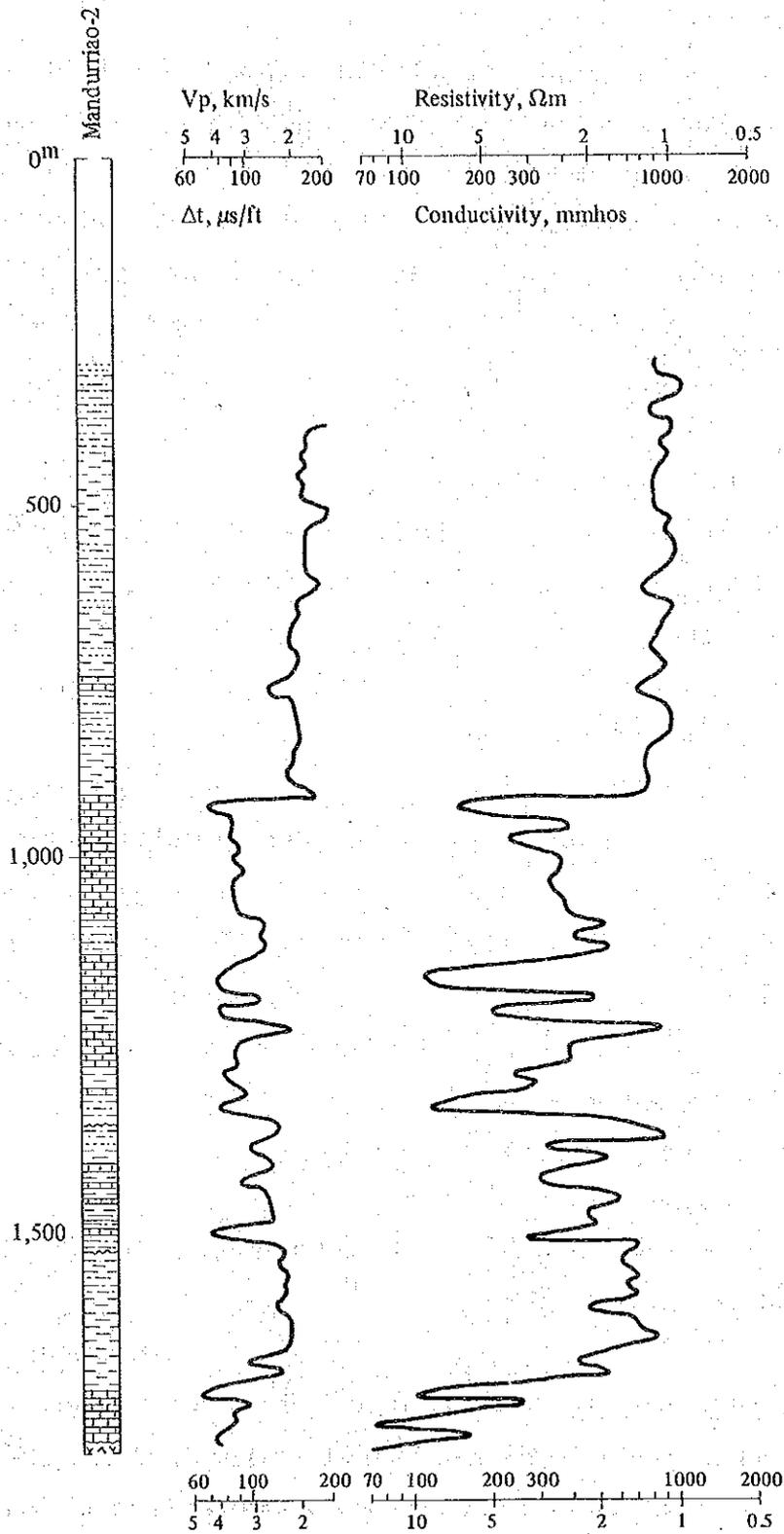
○ Basement complex 6,050~6,118 ft (1,844.5~1,865.2 m)

6,050 ft (1,844.5 m) のカッティング中には多量の角閃石と輝石の結晶が含まれている。6,090 ft (1,856.7 m) のカッティングには石灰岩が混在する。6,090~6,118 ft (1,856.7~1,865.2 m) のセクションは、緑泥石化した暗緑色玄武岩のコアサンプルが採取されたことから、真の基盤と判定された。

〔検層〕

音波検層は深度 925~6,070 ft (282~1,850 m) の間で実施されている (Text-fig. 4-5)。深度 925~3,000 ft (282~914 m) の間の泥岩、砂岩、砂岩泥岩互層および石灰岩の音波速度は 1.81~2.06 km/s で、深度とともに増大する傾向を示す。深度 1,250 ft (381 m), 1,650 ft (503 m), 2,000 ft (610 m) および 3,000 ft (914 m) には低速度層が、深度 2,500 ft (762 m) には高速度層が存在する。前者は泥岩、後者は石灰岩層にほぼ対応する。深度 3,000~6,070 ft (914~1,850 m) の間の音波速度は 2.10~4.69 km/s で、3.0 km/s 以上の層は、石灰岩層に対応し、3.0 km/s 以下の部分は砂岩および泥岩に相当する。

電気検層は深度 925~6,079 ft (282~1,850 m) の間で実施されている (Text-fig. 4-5)。深度 925~3,000 ft (282~914 m) の間の導電率は 700~1,100 mmhos で、深度とともに減小する。深度 2,500 ft (762 m) の低導電率 (約 700 mmhos) 層は石灰岩に相当する。深度 3,000~6,079 ft (914~1,850 m) の間の導電率は 70~920 mmhos であり、400 mmhos 以下の層は石灰岩に対応し、400 mmhos 以上の部分は砂岩および泥岩に相当する。深度 5,470 ft (1,670 m) 以深に分布する pyritic limestone は 70 mmhos の低導電率を示す。



TEXT-FIGURE 4-5

Sonic velocity and conductivity in Mandurriao-2.

Pavia-1 (Text-figs. 4-1, 6, 7, 13)

本井は1980年4月27日～5月10日に、PODCOにより掘削され、1980年5月10日に廃棄された。掘削地点はPaviaの南東約3 kmであり、掘削深度は6,205 ft (1,891.8 m)である。掘削は最上部漸新統～最下部中新統の石灰岩中で打ち切られている。この坑井の掘削目的は下部中新統の礁性石灰岩の buildup 構造を探查することであった。本坑井中にはガス徴は認められたが、油徴は認められなかった。ガス徴は坑井浅部の砂泥層中において顕著であるが、深くなるほど少くなり、坑底部にはほとんど認められない。ガス徴はまた、炭酸塩岩部においても弱まる傾向が認められる。

〔坑井地質〕

○ Pleistocene 0～1,100 ft (0～335.4 m)

上部は砂の薄層を挟む泥層からなる。中部は泥、シルト、砂および礫の互層からなり、calcarenites および micrite の薄層を挟む。下部は泥層からなる。

○ Pliocene 1,100～2,160 ft (335.4～658.5 m)

主として泥岩からなり、シルト岩および頁岩を挟む。

○ Upper Miocene 2,160～4,770 ft (658.5～1,454.3 m)

3,220 ft (981.7 m) までは主として泥岩からなりシルト岩を挟む。3,720 ft (1,134.1 m) までは泥岩、頁岩および calcarenite からなる。3,930 ft (1,198.2 m) までは砂岩およびシルト岩の互層からなる。4,590 ft (1,399.4 m) までは detrital limestone, reefal debris を含む砂岩、泥岩およびシルト岩の互層からなる。4,770 ft (1,454.3 m) までは砂岩およびシルト岩からなる。

○ Middle Miocene 4,770～5,450 ft (1,454.3～1,661.6 m)

Inter-reefal carbonates からなる。

○ Lower Miocene 5,450～5,890 ft (1,661.6～1,795.7 m)

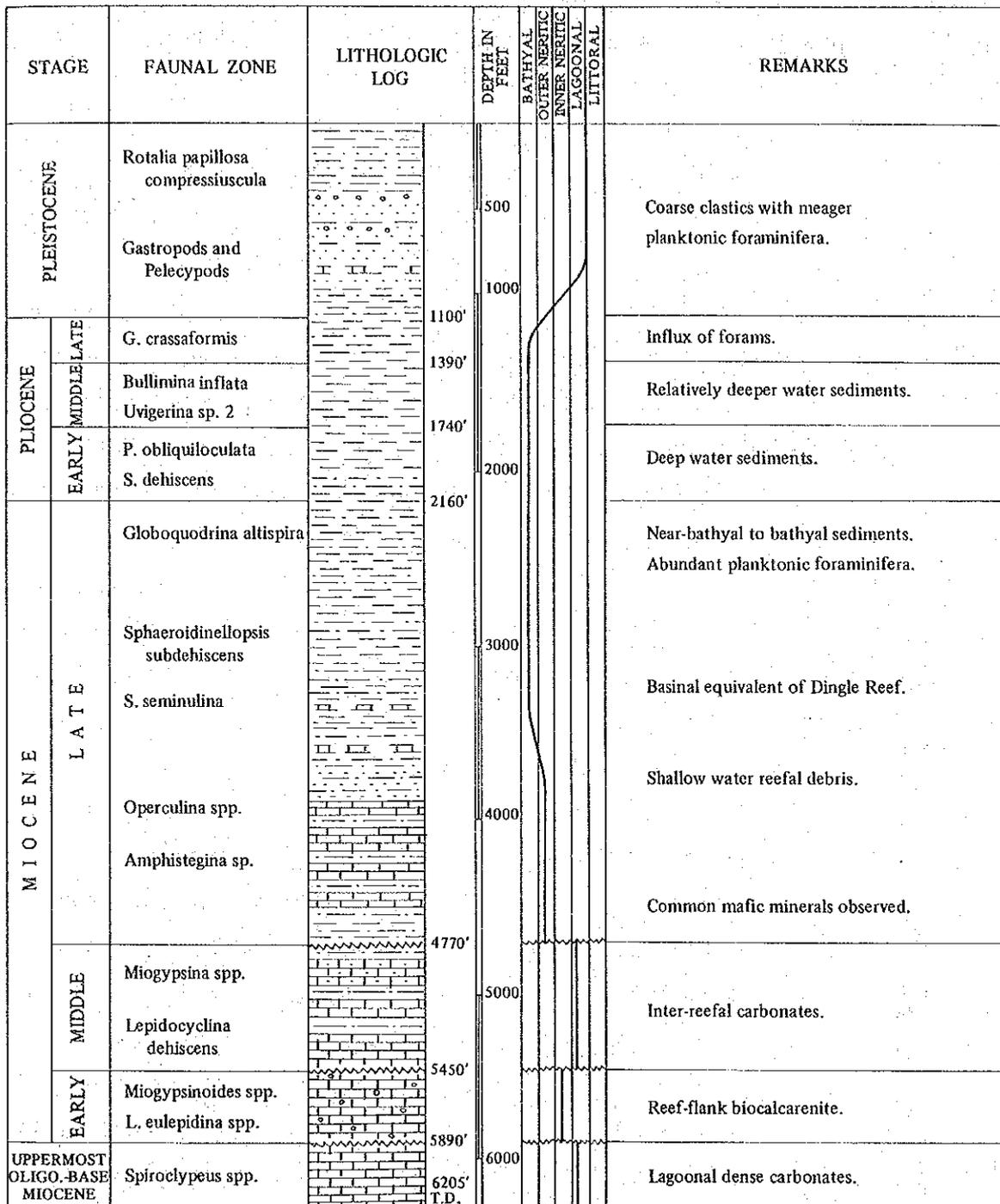
Reef-flank carbonates からなる。

○ Uppermost Oligocene～Basal Lower Miocene 5,890～6,205 ft (1,795.7～1,891.8 m)

Lagoonal/shelfal carbonates からなる。

〔検層〕

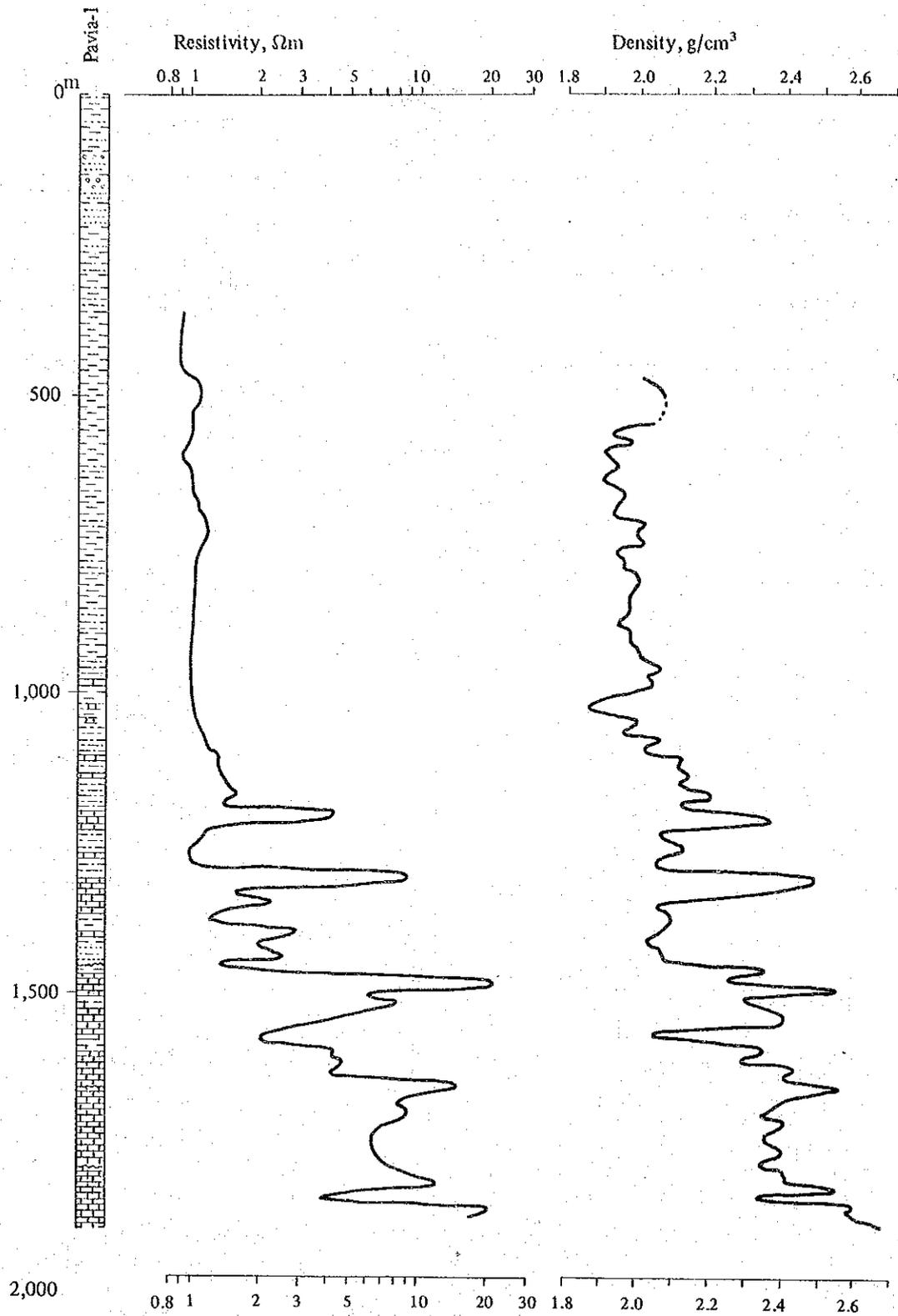
電気検層は深度1,209～6,207 ft (369～1,890 m) の間で実施されている (Text-fig. 4-7)。深度3,400 ft (1,040 m) 以浅の比抵抗値は0.9～1.2 Ω m で、泥岩、砂岩泥岩互層および一部石灰岩に対応する。深度1,650 ft (503 m) および2,400 ft (732 m) の高比抵抗部は砂質岩と推定される。深度3,400 ft (1,040 m) 以深の比抵抗値は1～24 Ω m であり、数層準に高比抵抗の部分がある。深度3,950 ft (1,200 m), 4,300 ft (1,310 m) および4,900 ft (1,490 m) の各付近、および5,400 ft (1,650 m) 以深の高比抵抗域は石灰岩に対応する。



TEXT-FIGURE 4-6

(PODCO, 1980)

Lithology, micropaleontology and bathymetry of Pavia-1.



TEXT-FIGURE 4-7

Resistivity and density in Pavia-1.

天水浸入域は1,200 ft (366 m) 以浅と推定される。

密度検層は深度1,211~6,208 ft (369~1,890 m) の間で実施されている (Text-fig. 4-7)。深度3,600 ft (1,100 m) 以浅の密度は約2.0 g/cm³で、多少変動が認められる。高比抵抗の深度1,650 ft および2,400 ft 付近は密度の値も高い。3,600 ft 以深の密度は深度とともに増大し、6,200 ft (1,890 m) において2.62 g/cm³に達する。深度4,000 ft (1,220 m), 4,300 ft (1,310 m), 4,900 ft (1,490 m) などのピークは比抵抗のピークとも一致しており、石灰岩に対応する。

Leganes - 1 (Text-figs. 4-1, 8, 13)

本坑井は Leganes 南東、海岸から約1 km 内陸に位置する。PODCOにより1974年9月14日~10月2日に掘削されたが、油徴はなく1974年9月30日に廃棄された。掘削深度は5,975 ft (1,821.6 m) であり、坑底は玄武岩に達している。本坑井の掘削目的は、地震探査によって予測されていたMioceneの礁性石灰岩を探索することであった。

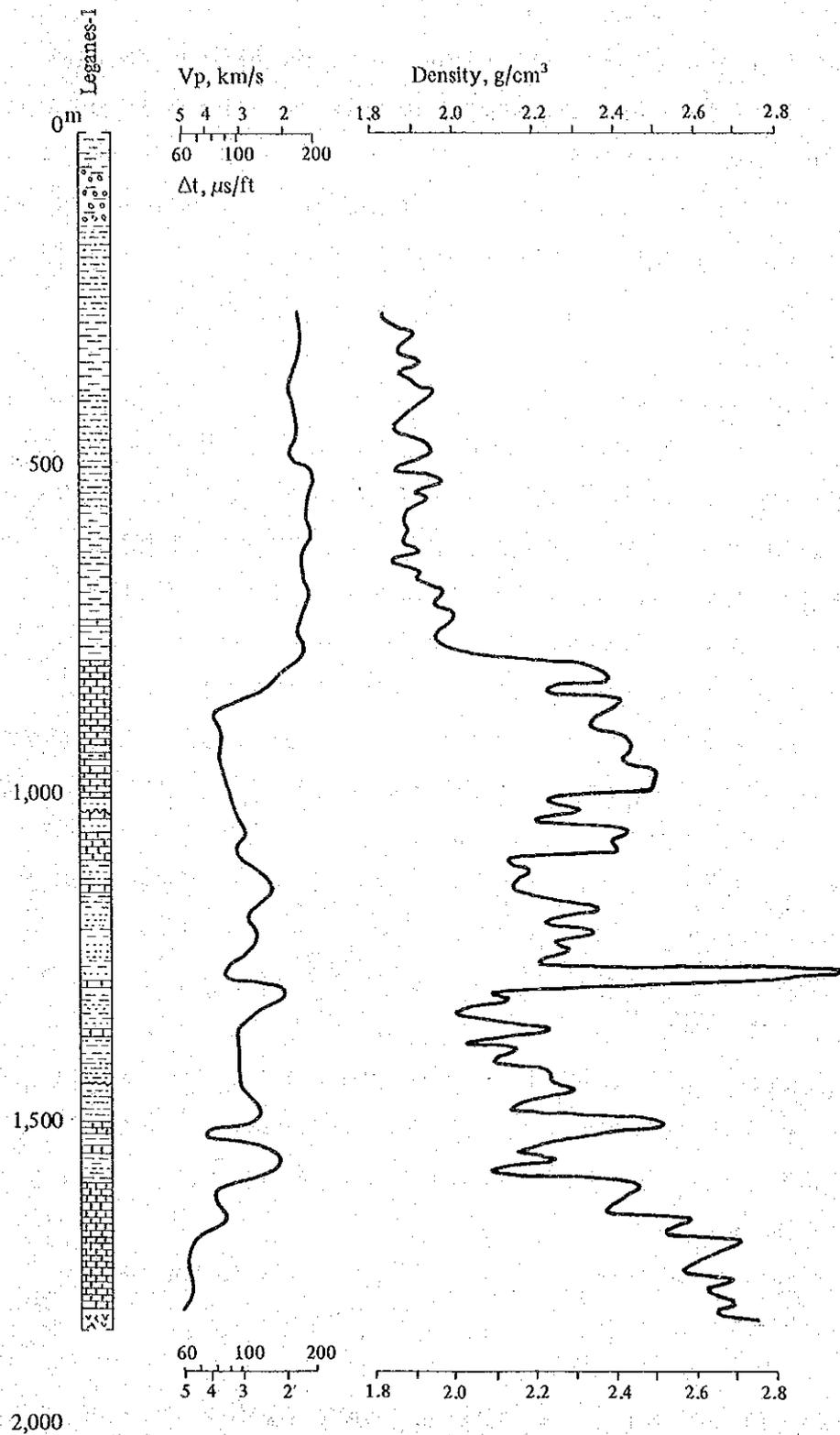
本坑井の最上部の深度920 ft (280.5 m) まではPleistoceneのセクションからなり、セクション上部の250 ft は礫質であり、下部は灰色シルト岩および頁岩からなる。920~1,297 ft (280.5~395.4 m) のセクションはPlioceneのシルト岩からなりわずかに頁岩が挟まれる。1,297~4,737 ft (395.4~1,444.2 m) の間はUpper Mioceneであり、緑色の軟質頁岩が上位セクションから連続し、深度2,638 ft (804.3 m) において、礁性石灰岩に達する。この礁性石灰岩は孔隙率が高く、水によって飽和され3,310 ft (1,009.1 m) まで続く。3,310~3,610 ft (1,009.1~1,100.6 m) のセクションは石灰岩を挟む砂岩からなる。3,610~4,240 ft (1,100.6~1,292.7 m) は砂岩を主体とし、4,240~4,737 ft (1,292.7~1,444.2 m) の間は頁岩、砂岩、石灰岩からなる。

本坑井中ではMiddle Mioceneは欠如する。Lower Mioceneは4,737~5,867 ft (1,444.2~1,788.7 m) のセクションを構成し、主として硬質、ち密な石灰岩からなるが、検層図上に表われた孔隙率はfair~goodである。5,867 ft から坑底の5,952 ft (1,814.6 m) までは、角閃石玄武岩により構成される。

深度2,646~2,660 ft (806.7~811.0 m) の石灰岩のテスト時に塩水と共にガスを産出したが、量が少く、計量できなかった。

〔検層〕

音波検層は深度880~5,968 ft (268~1,820 m) の間で実施されている (Text-fig. 4-8)。深度2,600 ft (792 m) 以浅の泥岩および砂岩泥岩互層の音波速度は1.52~1.92 km/sである。深度2,600 ft より音波速度は急に増大し、深度2,900~3,300 ft (884~1,010



TEXT-FIGURE 4-8
Sonic velocity and density of Leganes-1.

m), 4,200 ft (1,280 m), 5,000 ft (1,520 m) 付近および 5,300 ft (1,620 m) 以深では 4.0 km/s 以上の速度に達する。これらの高速度部は密硬質石灰岩に対応し、1.95 ~ 4.0 km/s の部分は砂岩、泥岩および石灰岩に相当する。

密度検層は深度 881 ~ 5,968 ft (269 ~ 1,820 m) の間で実施されている (Text-fig. 4 8)。深度 2,600 ft (792 m) 以浅の密度は 1.82 ~ 2.00 g/cm³ で、深度とともに増大する。深度 2,600 ~ 3,300 ft (792 ~ 1,010 m), 3,500 ~ 3,600 ft (1,070 ~ 1,100 m), 4,200 ~ 4,250 ft (1,280 ~ 1,300 m), 4,950 ~ 5,000 ft (1,510 ~ 1,520 m) および 5,250 ft (1,600 m) 以深は、2.28 ~ 2.97 g/cm³ の高密度域となっており、石灰岩に対応する。これらの層間の 2.00 ~ 2.85 g/cm³ の低密度域は砂岩、泥岩などに相当する。

Sta. Barbara-1 (Text-figs. 4-1, 9, 10, 13)

本井は 1973 年 3 月 20 日 ~ 4 月 6 日に、PODCO により掘削され、1973 年 4 月 6 日に廃棄された。掘削地点は Sta. Barbara の東 2.5 km であり、掘削深度は 5,150 ft (1,570.1 m) である。坑底は玄武岩に達している。この坑井は地震探査によって発見された NE-SW 方向の背斜構造の頂部付近に位置し、Dingle および Passi 両層の石灰岩および砂岩を目標として掘削された。本坑井には油徴は認められなかったが、500 ~ 2,600 ft (152.4 ~ 792.7 m) の区間に多数のガス徴が認められた。電気検層によると貯留層は全て水で飽和されており、深度 3,800 ft (1,158.5 m) 以深の地層水の塩分濃度は 30,000 ~ 35,000 ppm である。

[坑井地質]

○ Cabatuan Formation 0 ~ 920 ft (0 ~ 280.5 m)

本坑井の上部を占めるこの地層は主としてシルト質頁岩からなり、砂岩を挟在する。砂岩の中には礫質の部分がある。本層の下限は本層を特徴づける浅海生大形化石の豊富な出現と更新世有孔虫群の出現によって区分される。

○ Ulian Formation 920 ~ 3,450 ft (280.5 ~ 1,051.8 m)

本層は灰色のシルト質頁岩ないし粘土岩からなり、1,300 ~ 2,100 ft の間に薄い砂岩レンズを挟む。頁岩は部分的に石灰質および炭素質である。砂岩は石英および火成岩粒からなり、細 ~ 中粒で円磨度は低い。

○ Dingle Formation 3,450 ~ 5,110 ft (1,051.8 ~ 1,557.9 m)

本層の上部 50 ft (15.2 m) はシルト質頁岩からなり礫質砂岩を挟む。3,860 ~ 4,100 ft (1,176.8 ~ 1,250.0 m) の間は主として石灰岩からなり、緑色頁岩を挟む。4,100 ~ 4,770 ft (1,250.0 ~ 1,454.3 m) のセクションは緑灰色の石灰質頁岩で、砂岩を挟む。4,770 ~ 5,110 ft (1,454.3 ~ 1,557.9 m) の間では緑灰色の石灰質頁岩に石灰岩が挟まれる。

○ Basement complex 5,110 ~ 5,150 ft (1,557.9 ~ 1,570.1 m)

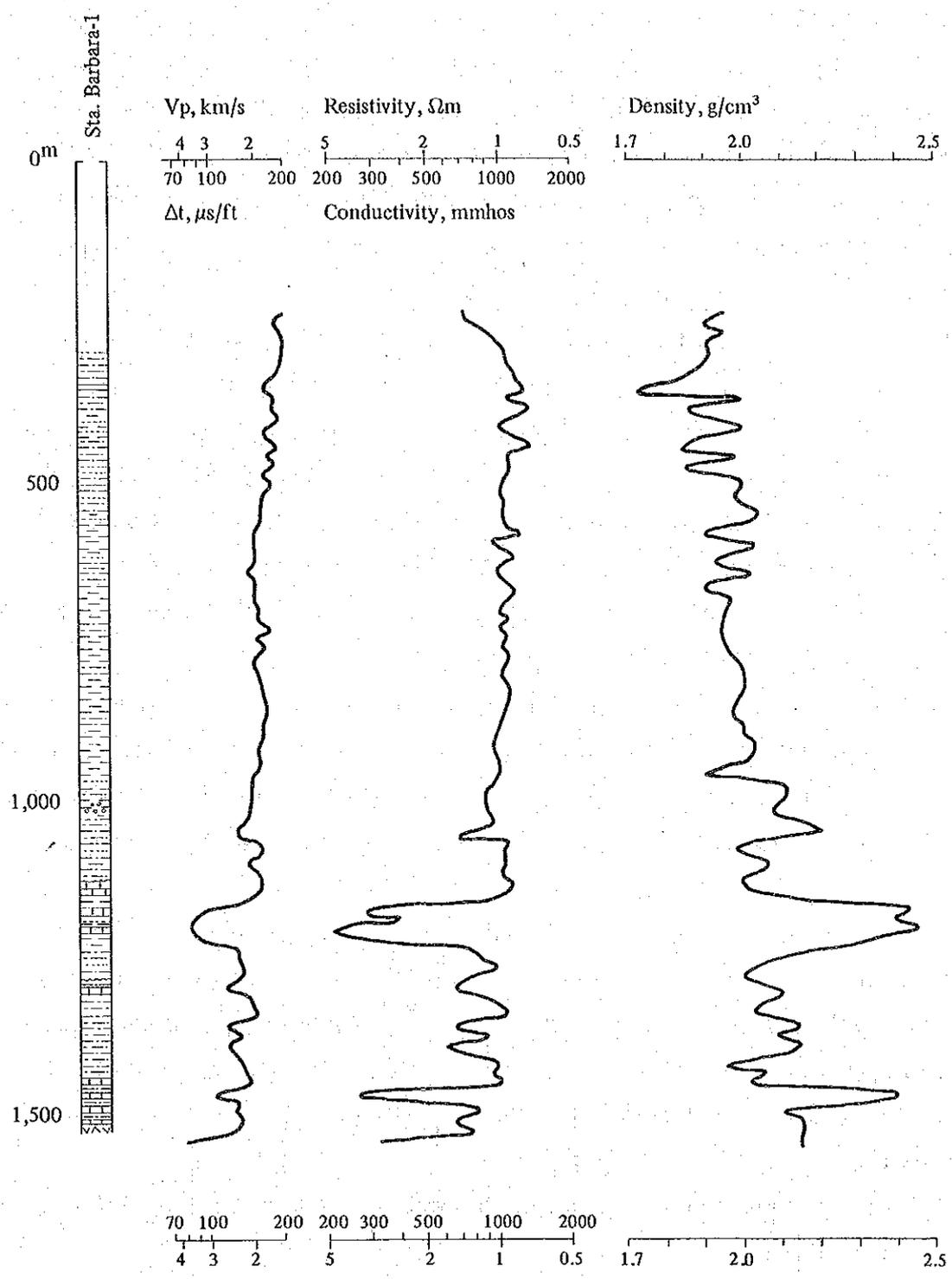
かんらん石玄武岩からなる。

STAGE	FAUNAL ZONE	LITHOLOGIC LOG	REMARKS	Bathymetry				DEPTH	
				Bathyal	Outer Neritic	Inner Neritic	Lagoonal		Littoral
PLEISTOCENE	Operculina bartschi		Very shallow water deposits which contain reworked Miocene and Pliocene fossils					500	
	Gastropods - Pelecypods							500	
PLIOCENE	Upper Globorotalia crassaformis		Advent of Planktonic species					1000	
	Middle Robulus sp. - Bulimina inflata		Decreased diversity of planktonics and increased percentage of benthonics					1500	
	Lower		Pulleniatina obliquiloculata Sphaeroidinella dehiscens					Deeper water sediments with influx of planktonic species	2000
			Sphaeroidinella rufshi					Near bathyal to bathyal sediments with shallow water deposits	2500
	3000								
MIOCENE	Upper Globigerina seminulina		Mixed shallow and deep marine species with Early Miocene foraminifera					3500	
	Mid Operculinoides rectilata ? Globorotalia mayeri		Probable fault contact					4000	
	Lower		Globigerinoids mitra Globigerina tripartita					Increased number of reworked Oligocene fossils	4500
			Spiroclypeus spp. - Miogypsinoides spp.						5000

TEXT-FIGURE 4-9

(PODCO, 1973a)

Lithology, micropaleontology and bathymetry of Sta. Barbara-1.



TEXT-FIGURE 4-10
 Sonic velocity, conductivity and density in Sta. Barbara-1.

〔 検層 〕

音波検層は深度 735～5,129 ft (224～1,560 m) の間で実施されている (Text-fig. 4-10)。深度 3,800 ft (1,160 m) 以浅の砂岩、泥岩、砂岩泥岩互層および礫層の音波速度は 1.52～1.93 km/s で深度とともに増大する。深度 1,200～1,700 ft (366～518 m)、および 2,400～2,600 ft (732～792 m) の間の音波速度の波状の変動は砂層の発達を反映しているものと推定される。深度 3,500 ft (1,070 m) の音波速度のピーク (約 2.42 km/s) は砂岩または礫岩によるものと推定される。深度 3,800 ft (1,160 m) 以深の音波速度は 1.93～3.80 km/s で、深度とともに増大する。深度 3,800～4,100 ft (1,160～1,250 m)、4,800 ft (1,460 m) などのピークは石灰岩に対応する。

電気検層は深度 735～5,129 ft (224～1,560 m) の間で実施されている。(Text-fig. 4-10)。深度 3,800 ft (1,160 m) 以浅の導電率は 900～1,060 mmhos で、深度とともに増大する。深度 1,100～1,500 ft (335～457) および 1,950～2,300 ft (594～701 m) の間の変動および 3,500 ft (1,070 m) のピークは砂岩または礫岩の発達によるものと推定される。1,000 ft (305 m) 以浅の高導電率域は天水浸入域と推定される。深度 3,800 ft (1,160 m) 以深の導電率は 210～1,060 mmhos である。深度 3,800～4,100 ft (1,160～1,250 m) および 4,850 ft (1,480 m) 付近の 210～380 mmhos の低導電率域は、石灰岩に対応する。石灰岩層間の 600～1,060 mmhos の低導電率域は砂岩泥岩互層である。

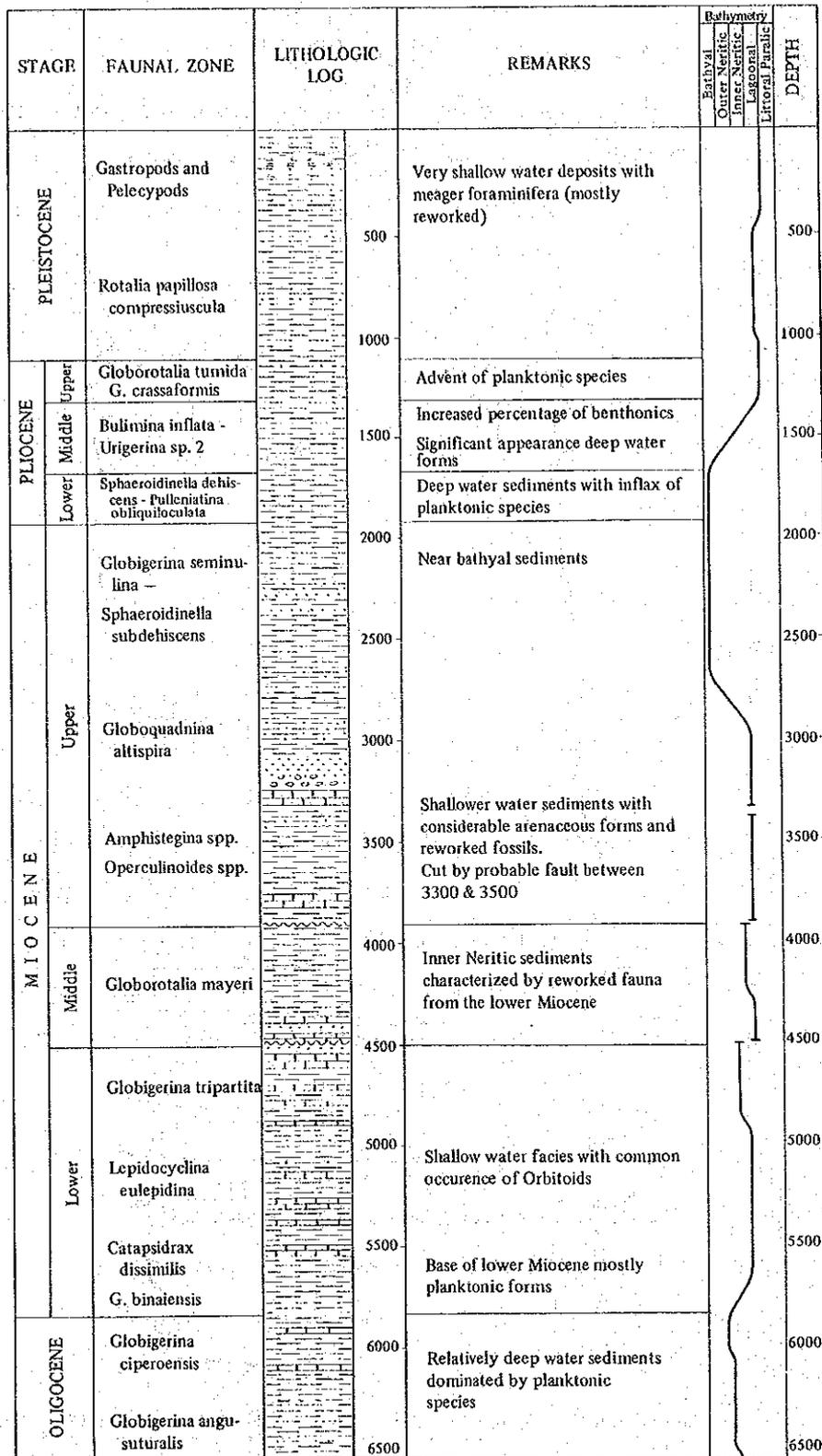
密度検層は 753～5,129 ft (230～1,560 m) の間で実施されている (Text-fig. 4-10)。本坑井の岩石の密度は 1.73～2.45 g/cm³ であり、深度とともに増大する。2,300 ft (701 m) 以浅の変動は砂岩の発達によるものと推定される。深度 3,800～4,200 ft (1,160～1,280 m) および 4,850 ft (1,480 m) における密度 (約 2.4 g/cm³) のピークは石灰岩に対応する。

Lucena-1 (Text-figs. 4-1, 11, 12, 13)

本坑井は Lucena の西 2 km に、1973 年 1 月 3 日～2 月 8 日に、PODCO によって掘削され、油徴および商業規模のガスもなく廃棄された (1973 年 2 月 8 日)。掘削深度は 6,640 ft (2,024.4 m) であり、坑底は玄武岩に達している。本坑井の掘削目的は、地震探査によって把握された大きな地下背斜構造の頂部における Ulian, Dingle および Passi Formations 中の石灰岩および砂岩をテストすることであった。

本坑井の最上部、深度 1,100 ft (335.4 m) までは Pleistocene のやわらかい頁岩からなり、孔隙率の高い砂層を挟む。

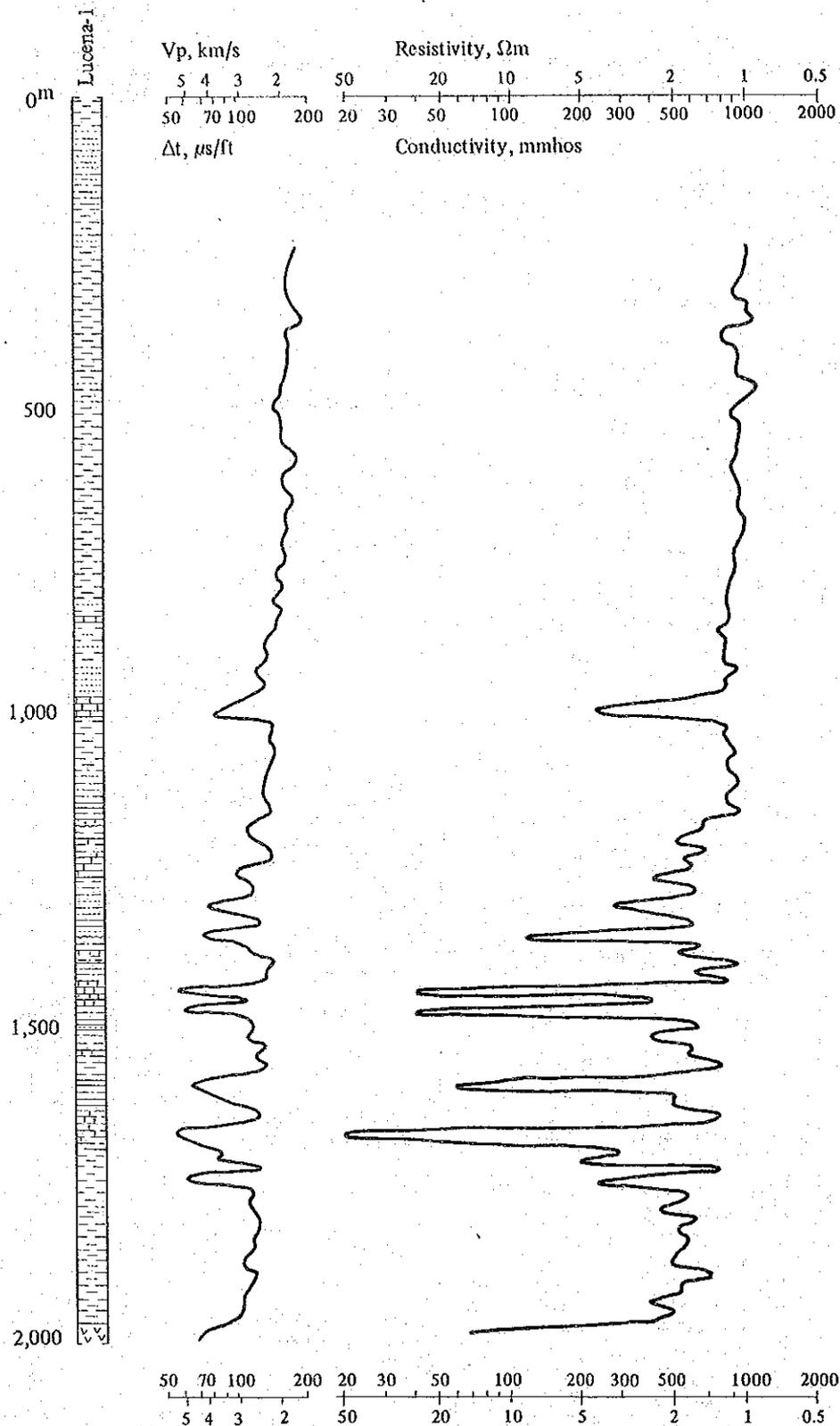
1,100～2,760 ft (335.4～841.5 m) の間は厚い泥岩～シルト岩からなり、1,100～1,280 ft (335.4～390.2 m) の間には、極めて薄い砂層が挟在する。1,000～2,400 ft (304.9～731.7 m) の間には多数のメタンガス徴が認められた。



(PODCO, 1973 C)

TEXT-FIGURE 4-11

Lithology, micropaleontology and bathymetry of Lucena-1.



TEXT-FIGURE 4-12

Sonic velocity and conductivity in Lucena-1.

2,760~4,910 ft (841.5~1,497.0 m) のセクションはシルト岩-頁岩, 石灰岩, 砂岩の互層である。砂岩は細~粗粒, 未固結で, 円磨度は低く, 石英に乏しい。砂岩の厚さは数cm~20 mと変化し, 孔隙率は検層図から18~33%と推算される。このセクションには, また多数の石灰岩が挟在し, 孔隙率は6~28%である。最も厚く, 孔隙率も高い石灰岩は深度3,212~3,292 ft (979.3~1,003.7 m) に存在する。電気検層図によるとこのセクションの水飽和率は100%である。

深度4,910~5,790 ft (1,497.0~1,765.2 m) のセクションはち密な石灰岩とシルト質頁岩からなり, 孔隙率および浸透率共に低い。

5,790~6,530 ft (1,765.2~1,990.8 m) の区間はシルト質頁岩からなり石灰岩薄層を挟在する。6,530 ft (1,990.8) から6,640 ft (2,024.4 m) の坑底までの区間は基盤の玄武岩からなる。

〔検層〕

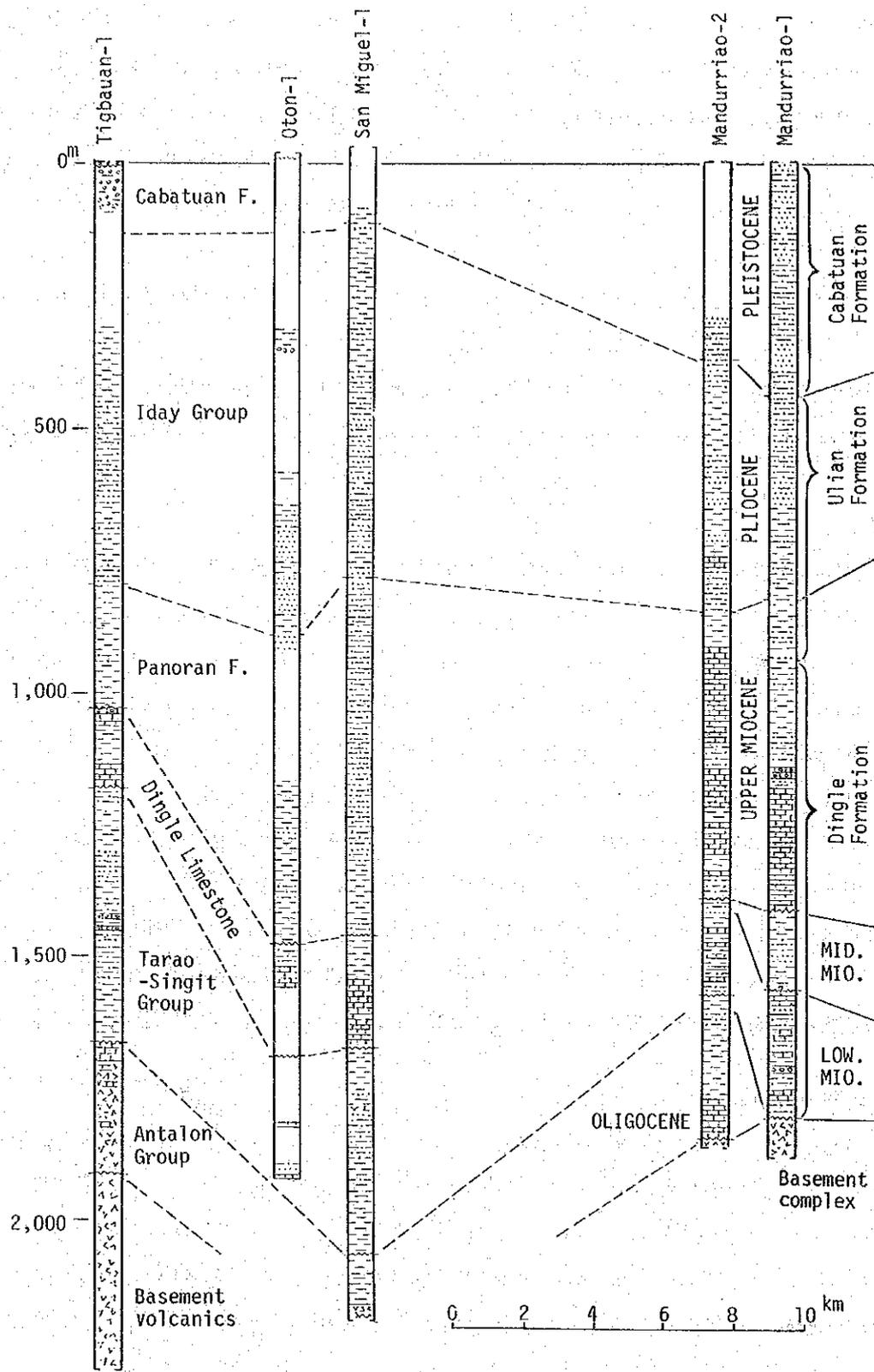
音波検層は深度756~6,590 ft (230~2,010 m) の間で実施されている (Text-fig. 4-12)。深度3,100 ft (945 m) 以浅の泥岩, 砂岩および石灰岩の音波速度は1.60~2.46 km/sで, 深度とともに増大する。深度3,300 ft (1,010 m), 4,300 ft (1,310 m), 4,450 ft (1,360 m), 4,750 ft (1,450 m), 4,850 ft (1,480 m), 5,500 ft (1,680 m) および5,750 ft (1,750 m) のピーク部分の音波速度は3.81~5.54 km/sで, 石灰岩に相当する。石灰岩間の音波速度2.10~3.05 km/sの層は砂岩, 泥岩および石灰岩に対応する。

電気検層は深度756~6,600 ft (230~2,010 m) の間で実施されている (Text-fig. 4-12)。深度3,150 ft (960 m) 以浅の導電率は750~1,130 mmhosで, 深度とともに減小する。深度3,150 ft (960 m) 以深に分布する導電率20~30 mmhosの多数のピークは石灰岩に対応する。石灰岩間に分布する導電率400~940 mmhosの層は砂岩, 泥岩および一部石灰岩に相当する。天水の浸入深度は導電率から深度800 ft (244 m) 以浅と推定される。

2) 坑井地質対比

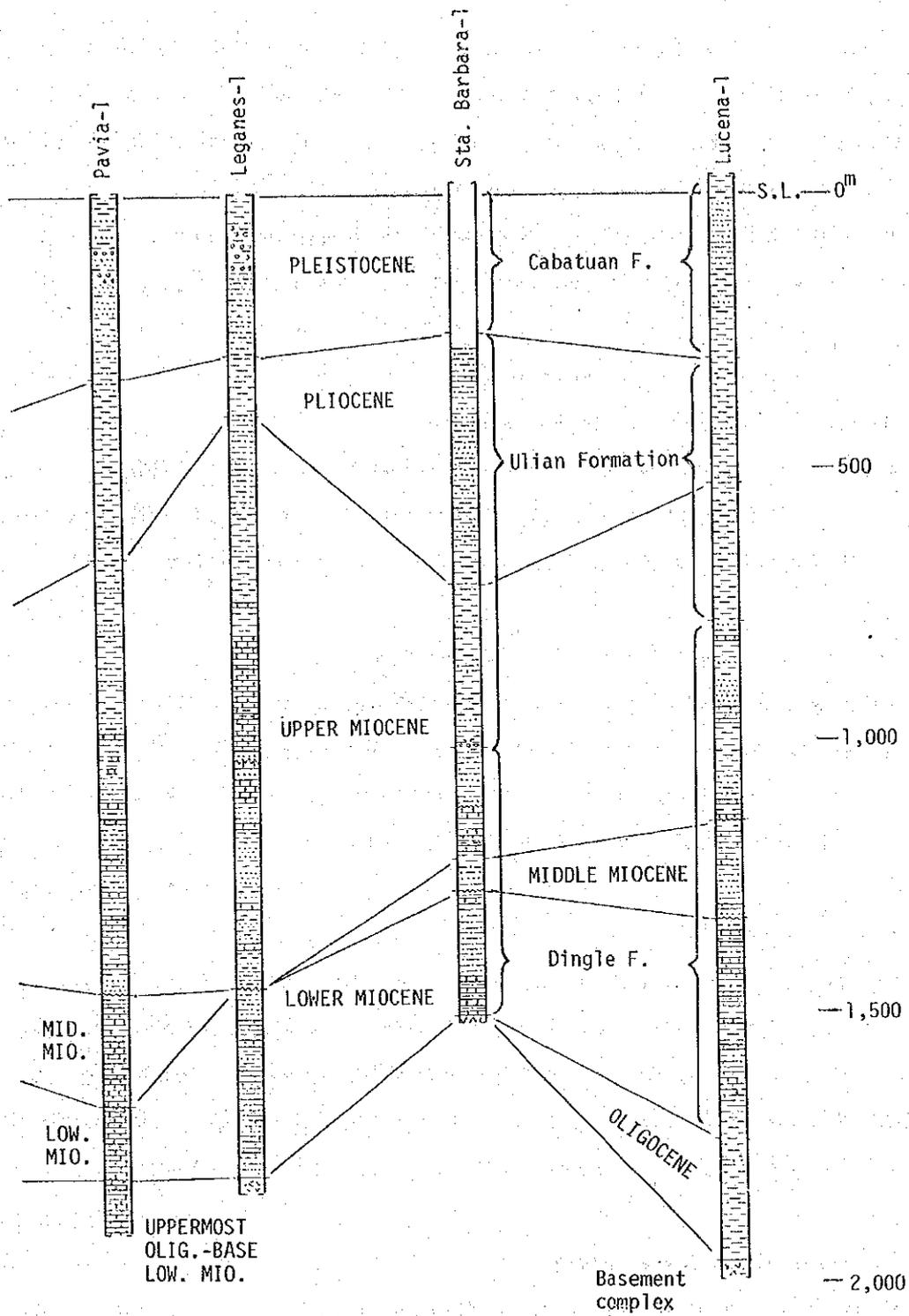
Text-fig. 4-13 にイロイロ堆積盆南部に掘削された9本の石油探査井の坑井地質と対比が示されている。図中のTigbauan-1, Oton-1 およびSan Miguel-1の3井相互の対比はDALEON (1960) によった。Mandurriao-1, Pavia-1 およびLeganes-1の相互関係はPODCO (1980) に従い, Mandurriao-1, Mandurriao-2 およびSta. Barbara-1の対比はPODCOの1977年の資料によった。Lucena-1と他井との関係はPODCO (1973) によった。

これら坑井の対比は有孔虫を主とする微化石の分析結果と, サンゴ, 巻貝, 二枚貝, 石灰藻などの産出頻度をも考慮して確立された微化石層序区分に基づいて行われている。Mandurriao



TEXT-FIGURE 4-13

Correlation of geologic successions of nine exploratory drillings in Iloilo basin.



-1, Pavia-1, Sta. Barbara-1 および Lucena-1 の微化石分析の結果が, Text-figs. 4-3, 6, 9, 11 に, それぞれ要約されている。これらの図にみられるように, 各坑井の微化石層序は相互によく一致し, 対比に極めて有効であることを示している。微化石層序区分に採用されている区分単位は " assemblage zone " である。

イロイロ堆積盆南部の微化石層序の代表例として, 最新井である Pavia-1 (Text-fig. 4-6) をとり挙げ, PODCO (1980) から引用して, 概要を次に示す。

i) *Rotalia papillosa* var. *compressiuscula*

Gastropods and Pelecypods-Pleistocene

本帯は *Rotalia papillosa* var. *compressiuscula*, 巻貝, 二枚貝の産出によって特徴づけられ, *Nonion* および *Elphidium* などを含むほか, 浮遊性有孔虫をも含むが, 一般に産出頻度は低い。大形化石の示す堆積環境は very shallow turbid water である。

ii) *Globorotalia crassaformis*-Late Pliocene

本帯に入ると浮遊性有孔虫の比率が急上昇し, 底生種との比率がほぼ等しくなる。本帯は浮遊性有孔虫の *Globorotalia crassaformis* により代表されているが, *Rotalia papillosa* var. *compressiuscula* などの底生有孔虫もかなり含む。本帯の堆積深度は, 浮遊性有孔虫の比率の増加により, 上位帯より大きいものと推定される。

iii) *Bulimina inflata*

Uvigerina sp. 2 - Middle Pliocene

本帯では, 浮遊性有孔虫の比率が上位の *G. crassaformis* 帯より若干増加している。しかし *Mandurriao-1* の本帯中では底生種の比率の方が大きい。Pavia-1 の本帯下部では深海を特徴づける *Pullenia bulloides* が出現し, 底生種の比率は更に下がり, 堆積深度が一増大きくなったことを示す。

iv) *Pulleniatina obliquiloculata*

Sphaeroidinella dehiscens - Early Pliocene

本帯に含まれる有孔虫の 70~80% は浮遊性種であり, 底生種の中には深海を示す *pullenia bulloides*, *Cassidulina subglobosa* および *Gyroidina* などが含まれる。

V) *Globoquadrina altispira*

Sphaeroidinellopsis subdehiscens

Sphaeroidinellopsis seminulina — Late Miocene

表記3種の消滅するところをもって、本帯の上限とされている。本帯中には深海型と浅海型の mixed fauna がみられ、turbidite などの影響を示している。また、有孔虫個体の中には圧縮変形を受けたり、黄鉄鉱により充填されているものがある。

VI) *Amphistegina* sp.

Operculina spp. — Late Miocene

本帯は outer neritic ~ reefal の環境を示す底生有孔虫によって特徴づけられる。この堆積環境は本帯に含まれる石灰岩によってもうらづけられる。

VII) *Miogypsina* spp.

Lepidocyclina dehiscens — Middle Miocene

本帯は *Globorotalia mayeri*, *Miogypsina* spp., *Lepidocyclina* sp. などによって中部中新統に対比される。堆積環境は inner neritic ~ inter-reefal であろう。

VIII) *Miogypsinoides* spp.

Lepidocyclina (Eulepidina) sp. — Early Miocene

表記のような大形有孔虫の他、*Globigerina tripartita*, *praeorbulina transitoria*, *Globigerinoides subquadratus* などが本帯を特徴づける。

IX) *Spiroclypeus* spp. — Upper Oligocene — Base Lower Miocene

Pavia-1 の本帯は back-reefal carbonate によって構成される。上位帯との間の岩相的な相違と、本帯から供給されたと考えられる reworked fauna が、上位帯に含まれることから両者の間に不整合が想定される。

徴化石群と岩相から推定された堆積深度 (bathymetry) は、Text-fig. 4-6 の他に Text-figs. 4-3, 9, 11 などに示されている。これらの図から、堆積深度の時代的变化が坑井相互によく一致し、対比に有効なデータとなっていることが明らかである。

Tigbauan-1, Oton-1 および San Miguel-1 の3井は掘削年次が古いため、他の6井とは層序区分、地質年代の決定方法などに違いがあり、対比に問題が残る。

BANDY (1960) によると, Tigbauan-1 においては *Globorotalia truncatulinoides* が, 深度約 1,024 m に初出現し, 深度約 656 m まで連続的に産出することが示されている。この浮遊性有孔虫種は更新統最下部から初出現し, 同統を代表する重要種であると, 現在では考えられている。したがって, この同定が正しく, また, コンタミネーションなどによるものでないとするれば, Tigbauan-1 の鮮新・更新統の境界は 1,024 m 以下となり, その付近の鮮新統が極めて薄いか, または欠如することとなる。鮮新統の欠如は層序・構造の解釈に大きな影響を及ぼすばかりでなく, 共水性ガス鉱床の探査にも重要な影響を及ぼすので, 今後, 十分究明する必要がある。

5. 地質構造

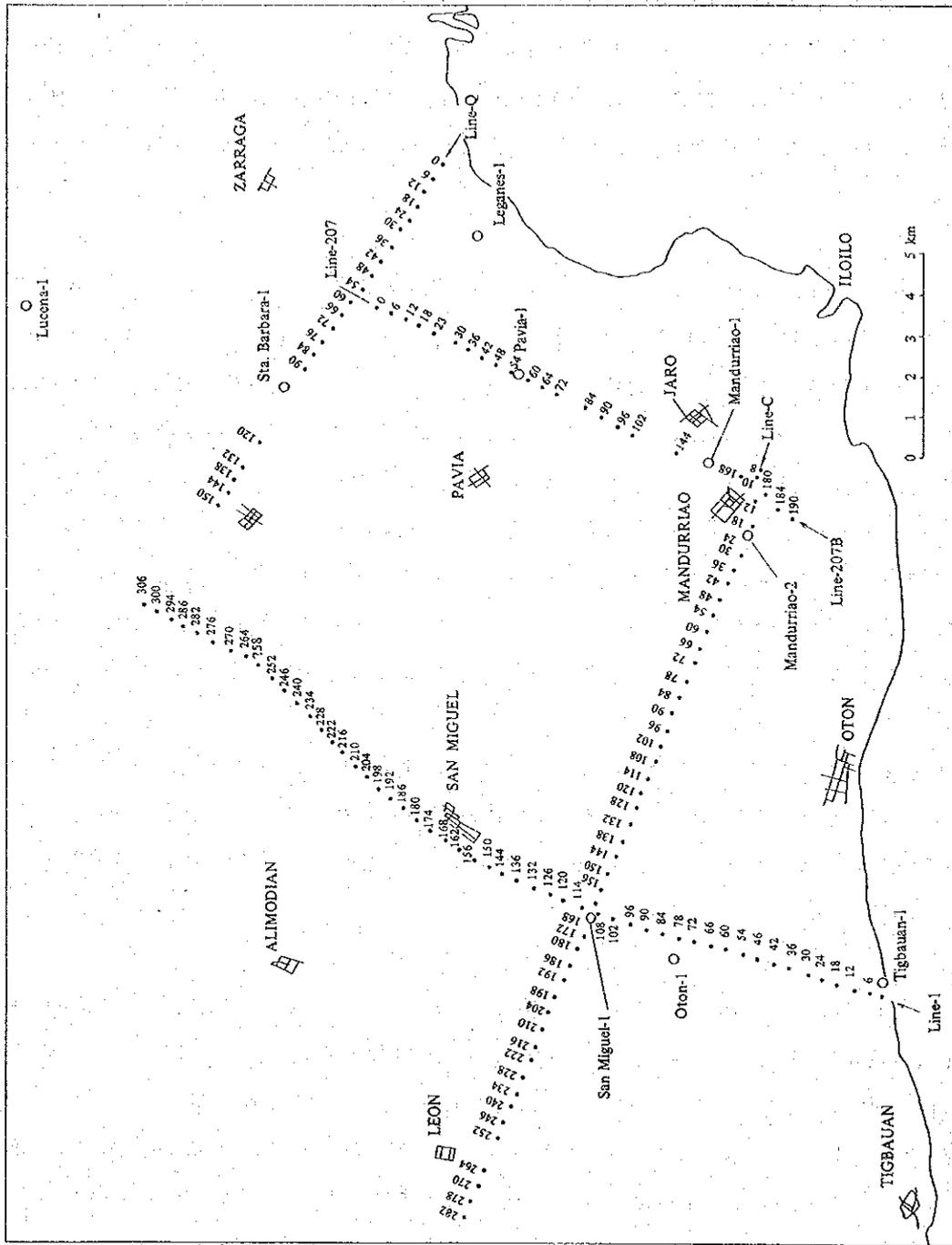
1) 地震断面

イロイロ堆積盆陸上部にはPODCO社により石油・天然ガス探査のための反射法地震探査が実施されている。測線数は約40, 総延長は数百kmに達している。調査はアメリカGSI社等の請負いにより, 24成分, 12群設置, 水平重合法(6重合)で実施された。測線はほぼ南南西～北北東方向と東南東～西南西方向の2組から構成されている。前者はほぼ地質構造方向と平行し, 後者は直交する。

Q測線 この測線はLeganesの東約3kmからSta. Barbaraの北約1kmに達する東南東-西北西方向の測線であり, 測線延長は約10kmである(Text-figs.5-1, 2)。本測線は堆積盆中央部の東半分の反射地下構造を表わす。本測線上の爆破点100付近に, 石油探査井Sta. Barbara-1が掘削されている。Sta. Barbara-1付近で2枚(AおよびB)の反射面が識別され, A面は同坑井の深度約3,900ft(1,190m)における層厚約100ft(30m)の石灰岩に対応し, B面は鮮新統下部の砂岩に対応するものと考えられる。B面は測線断面上で平均8°西に傾斜し, 測線東側の爆破点66付近および西側の爆破点126付近でそれぞれ消滅している。測線東側の記録は波形が不連続で, 不明瞭であるが, 2枚の反射面(CおよびD)が識別される。東側のC面は西側のA面に相当するものと考えられ, 石灰岩によるものであろう。D面は砂質層によるものと推定される。

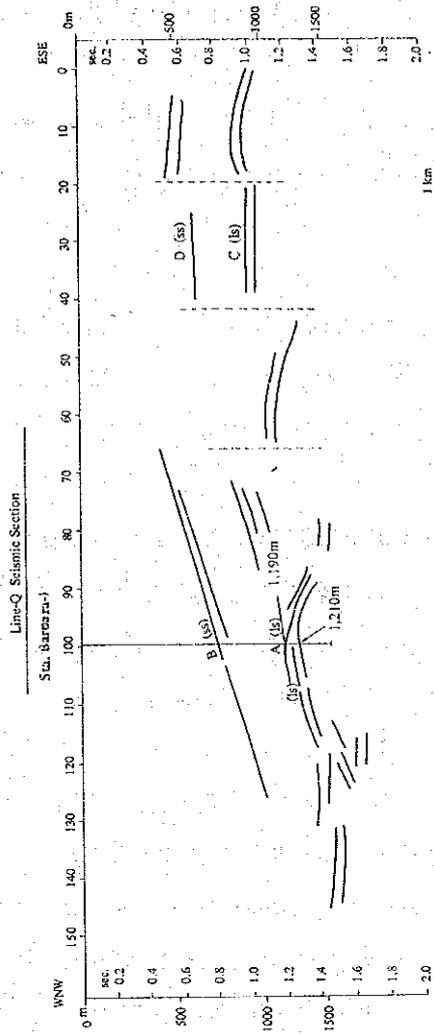
石灰岩までの深度は, 測線東側で約800mであるが, 西北西に向って階段状に深くなり, 爆破点138付近では約1,500mとなる。Sta.Barbara-1付近で石灰岩は背斜構造を形成するが, 石灰岩上位の地層は西傾斜の単斜構造を呈している。爆破点18, 42および66付近に断層が推定される。

C測線 C測線はMandurriao付近からLeonの西約4kmに達し, 堆積盆を東南東-西北西に横断する(Text-figs.5-1, 3)。測線延長は23kmである。本測線の爆破点16付近には石油探査井Mandurriao-2が, 爆破点168付近にはSan Miguel-1が, それぞれ掘削されている。Mandurriao-2付近においては, 3枚の反射面(A~C)が記録されており, A面は深度3,000ft(914m)の石灰岩, B面は深度3,800ft(1,160m)の石灰岩にそれぞれ対比されるものと考えられる。反射面Cは上部鮮新統の砂岩泥岩互層中の砂岩によるものと推定される。San Miguel-1付近では5枚の反射面(H~L)が識別され, H面は深度7,100ft(2,160m)の玄武岩, I面は深度約5,000ft(1,520m)における厚さ約400ft(122m)の石灰岩, J~L面は上部中新統~鮮新統の砂岩に当たると推定される。観測点84付近では4枚の反射面(D~G)が識

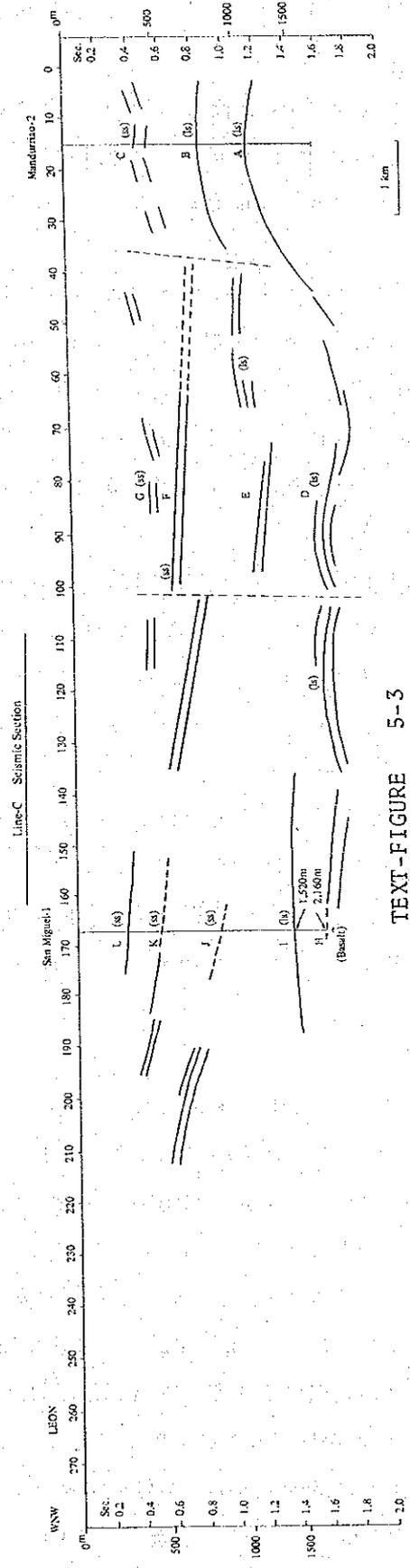


(PODCO, 1979)

TEXT-FIGURE 5-1
Shotpoint location map of seismic survey.



TEXT-FIGURE 5-2
Analysis of seismic profile of Line-Q.



TEXT-FIGURE 5-3
Analysis of seismic profile of Line-C.

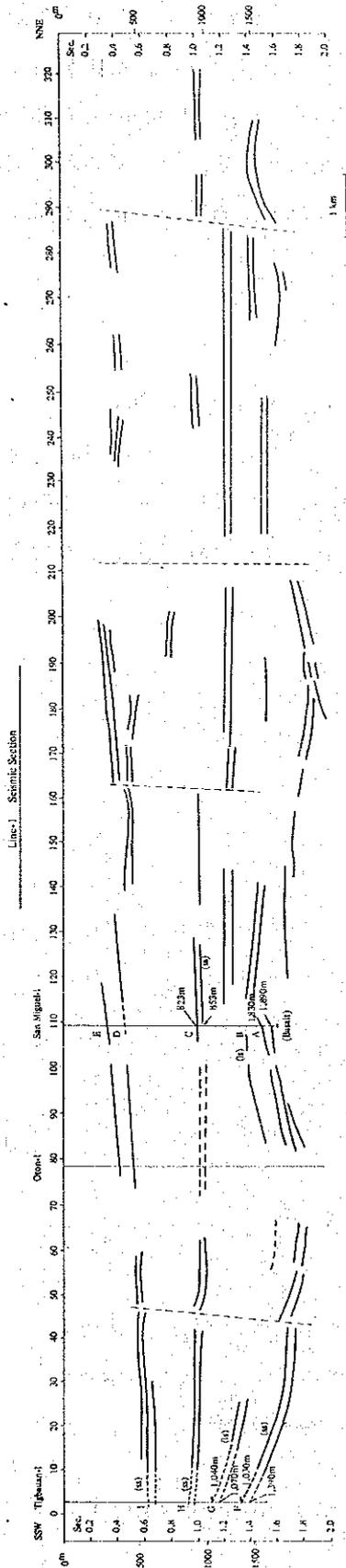
別される。D面はA面に相当する石灰岩，E～G面はJ～Lにそれぞれ対比される砂岩と推定される。

石灰岩の埋没深度はMandurriao-2付近で最も浅く，約3,800 ft (1,160 m) であるが，西北西方向へ深度を増し，爆破点72および138付近では，深度約2,000 m，またはこれ以上に達している。断層は爆破点36および102付近に推定される。

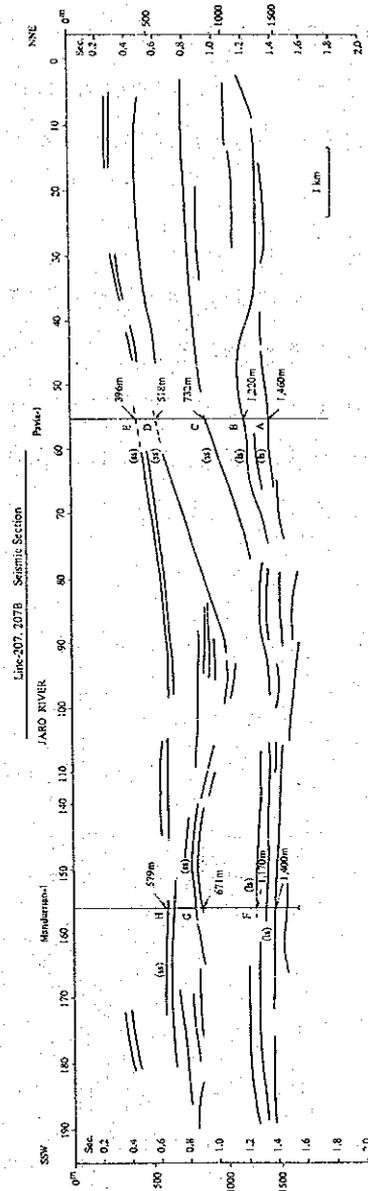
1 測線 本測線はTigbauan-1付近からPototanの北西約8 kmに達する延長約40 kmの南南西—北北東方向の測線である (Text-fig.5-1)。測線の南半分，爆破点1～318の間の反射面をText-fig.5-4に示す。爆破点3付近にはTigbauan-1，78付近にはOton-1，また109付近にはSan Miguel-1が，それぞれ掘削されている。

反射面はSan Miguel-1付近で5枚 (A～E) 識別される。A面はSan Miguel-1の深度約6,000 ft (1,830 m)，層厚約200 ft (61 m)の玄武岩質岩に対応する。B面は深度約5,000 ft (1,520 m)，層厚約400 ft (122 m)の砂岩を挟む石灰岩，C面は深度約2,700 ft (823 m)，層厚約100 ft (30 m)の砂岩によるものと推定される。D面およびE面は上部鮮新統中の砂層によるものと考えられる。Tigbauan-1付近においては4枚 (F～I)の反射面が識別される。F面は深度約4,300 ft (1,310 m)，層厚約250 ft (76 m)の砂岩，G面は深度約3,400 ft (1,040 m)，層厚約100 ft (30 m)の石灰岩に対応する。H面およびI面は下部鮮新統中の砂岩によるものであろう。石灰岩上面の反射面は緩やかに起伏し，Tigbauan-1，San Miguel-1および爆破点300付近で各々背斜構造を形成している。Oton-1および爆破点185付近には向斜構造が識別される。石灰岩上位の反射面Cは全般的に水平となり，反射面の連続性も良好である。D面およびE面は2～3°西に傾斜する。爆破点162，210および288付近にそれぞれ断層が推定される。

207および207B測線 これらの測線はLeganesの北西約1.5 kmよりMandurriaoの南約1.5 kmに達する延長約1.5 kmの南南西—北北東方向の測線 (Text-figs.5-1, 5)で，堆積盆の中央東寄りに位置し，堆積盆の沈降軸に平行する。本測線に沿って，Mandurriao-1 (爆破点156付近) およびPavia-1 (爆破点56付近)の2坑井が掘削されている。Pavia-1付近で5枚 (A～E)の反射面が識別される。A面は深度約4,800 ft (1,460 m)の中部中新統の石灰岩，B面は深度約4,000 ft (1,220 m)，層厚約50 ft (15 m)の石灰岩にそれぞれ対応する。C面およびD面は，電気および密度検層記録と対比して，深度約2,400 ft (732 m) および1,700 ft (518 m) 付近の砂岩によるものと推定される。E面は深度約1,300 ft (396 m)の砂岩によるものであろう。Mandurriao-1付近においては，3枚 (F～H)の反射面が識別される。F面は深度約3,900 ft (1,190 m)，層厚約700 ft (213 m)の中部中新統の石灰岩，G面およびH面



TEXT-FIGURE 5-4
Analysis of seismic profile of Line-1.

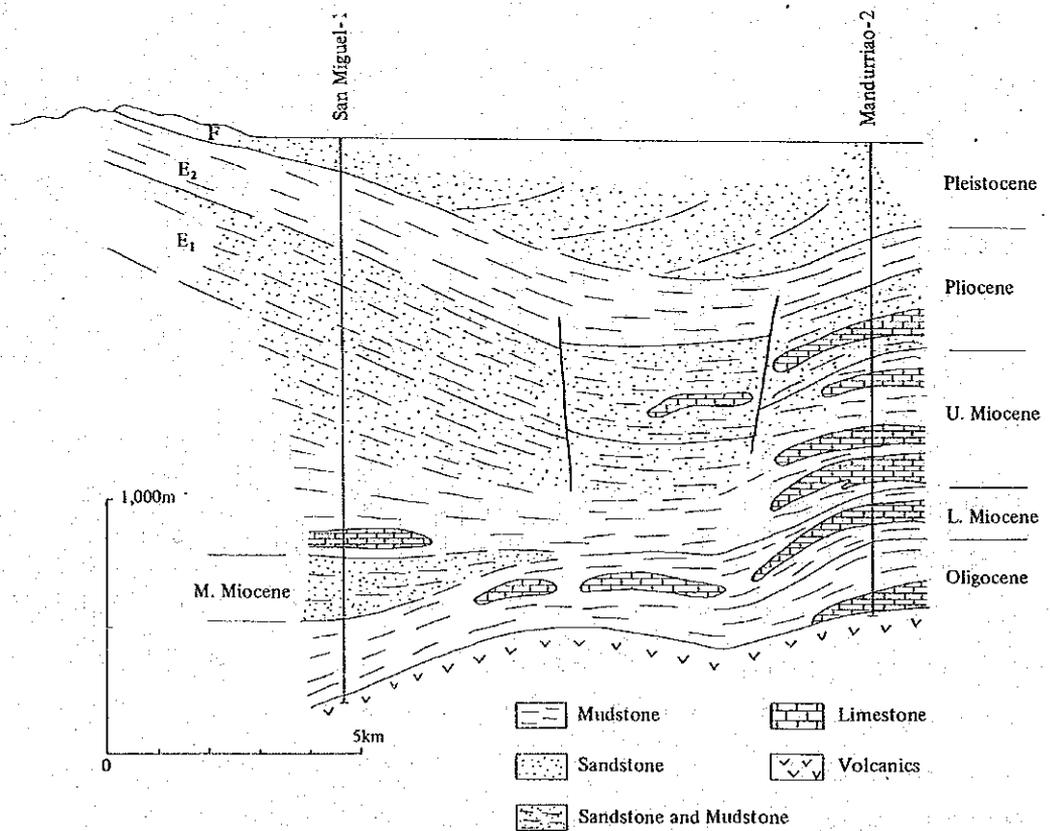


TEXT-FIGURE 5-5
Analysis of seismic profile of Line-207, 207B.

は深度約2,200ft (671m) および1,900ft (579m) 付近における砂岩に、それぞれ対応する
と考えられる。これらの反射面は、記録の質、連続性ともに良好である。石灰岩の深度は、
1,100~1,400mであり、その上面はほぼ水平であるが、Pavia-1 および Mandurriao-1 付近
には背斜構造が認められる。石灰岩より上位の地層は測線北部で背斜、中部で向斜、南部で再
び背斜構造を呈する。E面の深度は、爆破点10付近で約200mであるが、南側の Mandurri-
ao-1 付近では深度約600mと深くなっている。

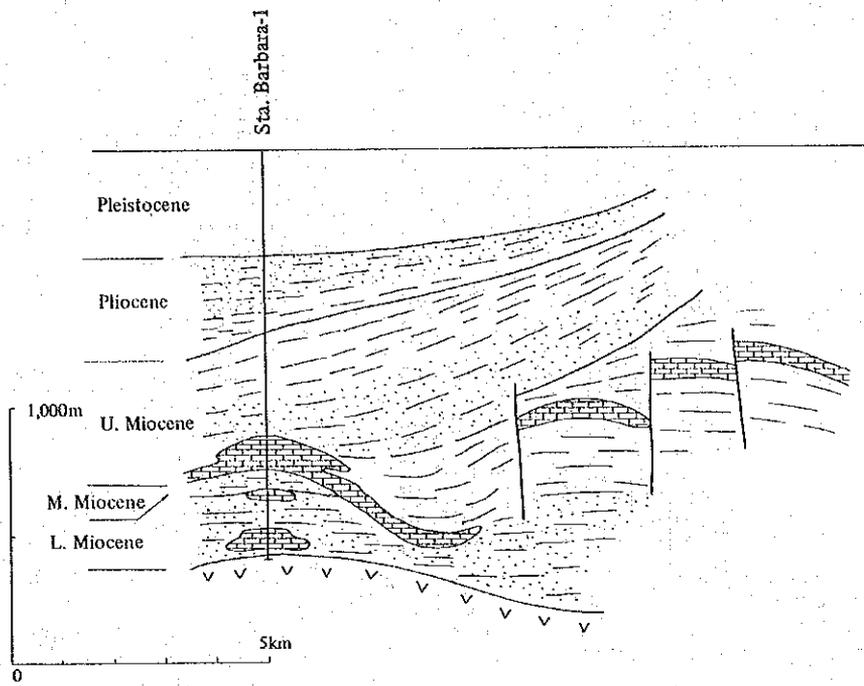
2) 地質断面

前節で述べた地震断面、試錐柱状図、重力図 (Text-fig.5-12) などにもとづいて画いたイ
ロイロ平野地下の予察的な地質断面は、Text-figs.5-6~9に示した。これらの断面図は、そ
れぞれC・Q・1・207-207bの地震断面にほぼ対応するものである。また、平野の地下地
質に関する諸資料と平野西方の山地の調査結果とを総合したイロイロ堆積盆南部の模式的な東
西方向の地質断面は、Text-fig.5-10に示した。

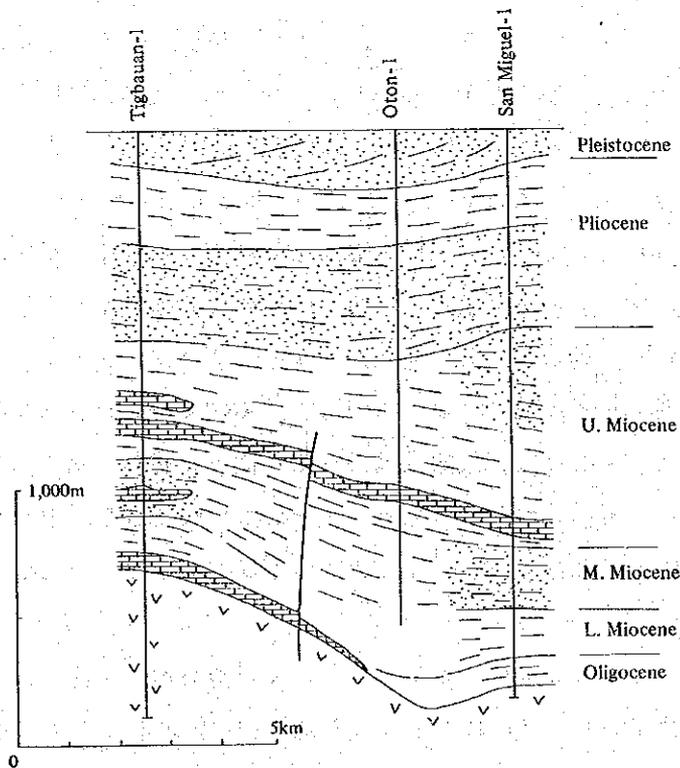


TEXT-FIGURE 5-6

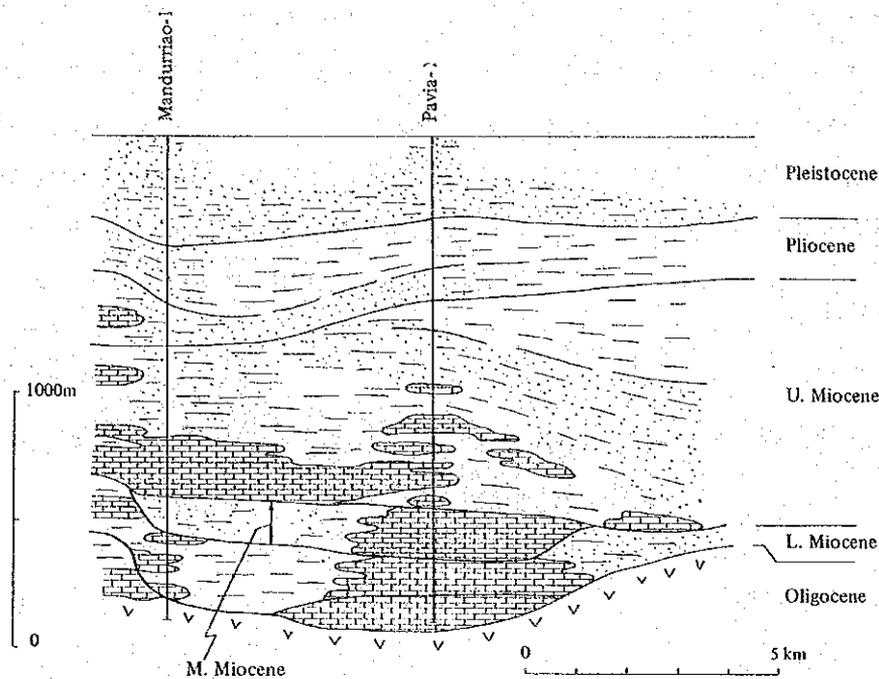
Geologic section along the seismic Line-C.



TEXT-FIGURE 5-7
 Geologic section along the seismic Line-Q.



TEXT-FIGURE 5-8
 Geologic section along the seismic Line-1.

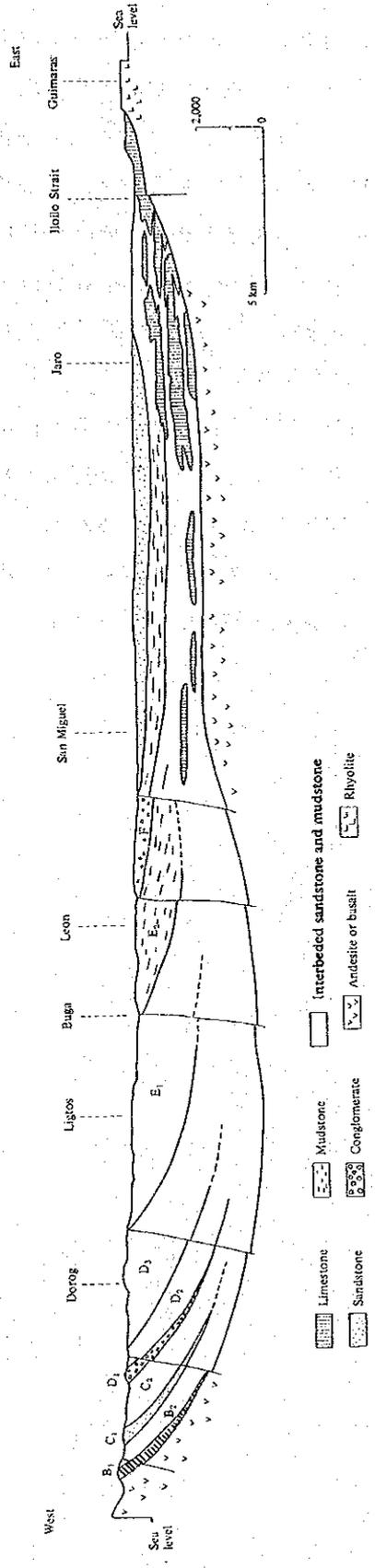


TEXT-FIGURE 5-9

Geologic section along the seismic Lines-207 and 207B.

Text-fig. 5-10によく示されているように、イロイロ堆積盆の少くとも南部は、東半部と西半部とできわめて対照的な地質断面を示している。すなわち、東半部では“基盤”（火山岩層）が浅く、地下2,000m程度にあり、全体として礁性石灰岩が著しく発達しているのに対し、西半部では地層が厚く、総計すると5,000m以上に達し、ほとんど石灰岩を欠き、大部分がタービダイトによって占められている。いわば東半部は沈降の少ない陸棚の堆積相を示すものであり、西半部は急激な沈降域の堆積層を示している。両者の境界は、おおよそ現在のイロイロ平野の西縁付近と考えられる。構造的にも、東半部では地層はほぼフラットで、大きな断層は認められないのに反し、西半部では地層は東方へ傾斜し、NNE-SSW性の逆断層に切られた顕著な帯状配列を示している。ここでは、地層は西から東へ向うに従って順次緩傾斜となり、背斜・向斜を示すようになる。また、同時期の地層の孔隙率を比較すると、東半部より西半部で孔隙率が小さい傾向が明瞭に示されており、埋没深度および変形の程度が西半部でより大であったことを示している。

結論として云えば、イロイロ堆積盆は、西半部で大きくかつ急激に沈降し、東半部で沈降量の少ない非対称的な堆積盆であり、各時期ごとの最大沈降域は、時代とともに東方へ移動している。このようなイロイロ堆積盆の特色は、西側山脈の隆起・上昇の影響を強くうけて、この堆積盆が形成されたことを示すものであろう。



TEXT-FIGURE 5-10
 East-west schematic cross section of the southern part of Iloilo basin.

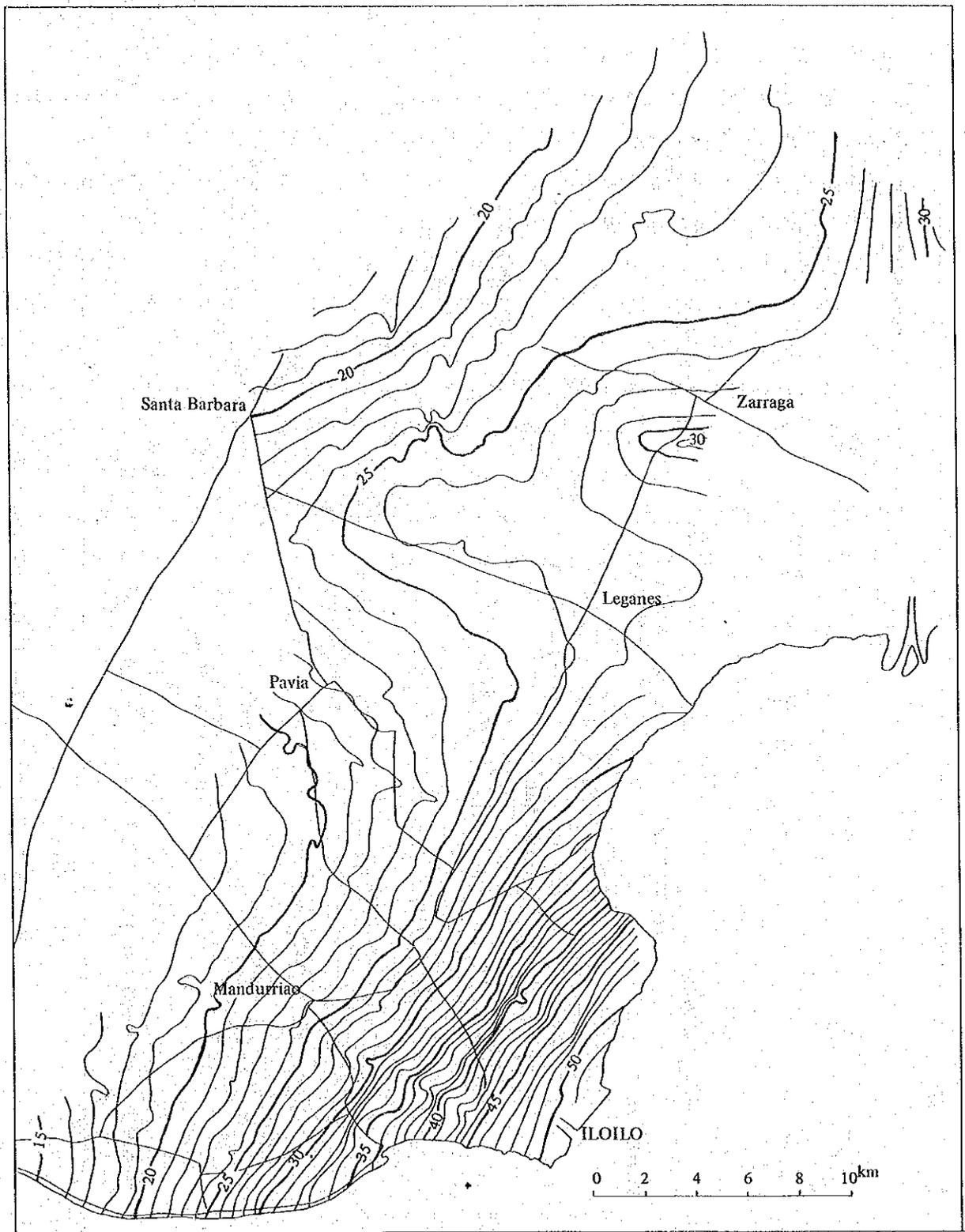
3) 後期中新世石灰岩の深度

Text-fig. 5-11は地震断面、石油探査井、重力図 (Text-fig. 5-12) および地表地質によって明らかにされた Dingle Formation 上部を構成する後期中新世石灰岩上面の深度を示している。イロイロ平野の地下においては、この石灰岩を境にして、上位にヨウ素型共水性ガスのポテンシャルの高い下浅海～深海性堆積物が累積するので、この図は鉱床分布予測に重要である。

この図に示されるように Dingle Formation 上部に属する後期中新世の石灰岩は、平野部東部に露出するが、西に傾斜し、Dumangas の西方および Borotac Nuevo 付近で地下に没し、西に向って徐々に深度を増しつつ Mandurriao, Leganes, Zarraga 付近で深さ 1,000m に達する。深さ 1,000m 線の西側では、この石灰岩は薄くなり尖滅し、泥質岩に移化する。

Dingle Formation 下部および中部を構成する前期中新世および中期中新世の石灰岩は、後期中新世の泥質岩の分布する西側地区の深部にも広く伏在するが、平野部西縁付近で尖滅し、西側の丘陵地帯を特徴づけるタービダイト相に移化するものと推定される。

図上の H 記号は石灰岩上面に表れた構造的高所を示している。これらの高所は、しばしば礁性石灰岩の buildup により構成され、L 記号で示される構造的低所よりも、石灰岩がよく発達しているものと考えられる。



G.S.I. PARTY 813, 1974 for PODCO

TEXT-FIGURE 5-12

Bouguer gravity map of the southern part of Iloilo basin.

6. 堆積物の物性

石油・天然ガスの貯留岩の能力の評価は、一般に堆積物の物性解析によって行われる。Table 6-1 は石油・天然ガス貯留岩評価基準の1つである。大量の地下水が、長期にわたって揚水される共水性ガス鉱床の貯留岩の評価に、この基準が直接適用できるかどうかは疑問であるが、参考のために、ここに引用した。ちなみに、我が国の共水性ガス鉱床の孔隙率は、平均約30%、浸透率は30~3000mdである。浸透率30mdに対応する貯留岩の孔隙率は、淘汰のよい細粒砂岩および細粒石灰岩の場合で約25%である。泥質物を含むと浸透率は低下し、貯留岩としての能力は低下する。

TABLE 6-1
Classification of reservoir

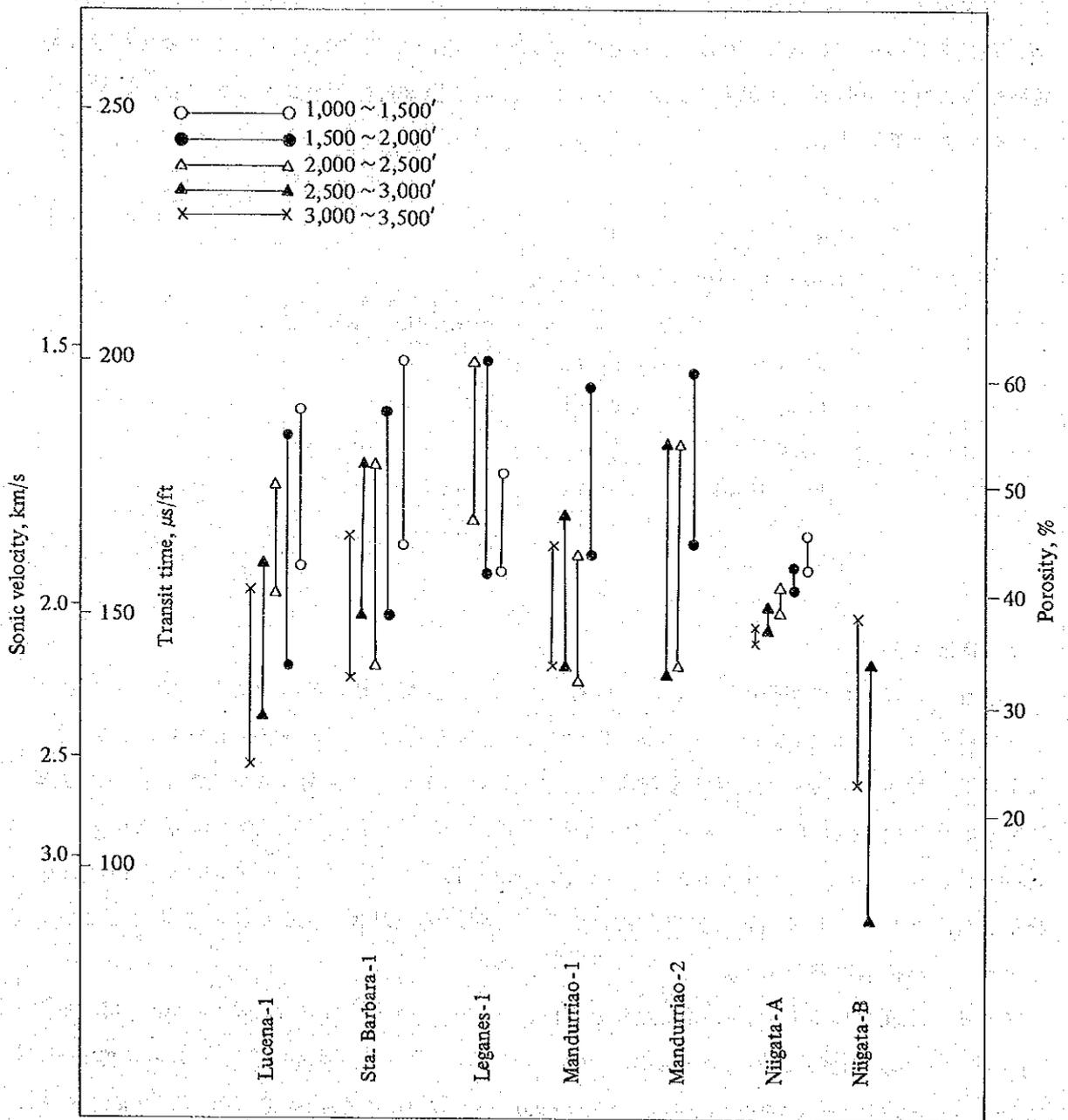
	Porosity(%)	Permeability(md)
Poor	5~10	<1
Fair	10~15	1~10
Good	15~20	10~100
Very Good	20~25	100~1000+

(LEVORSEN, 1966)

1) 音波速度

堆積層の音波速度の解析は、圧密進行の程度および孔隙率の推定に有力な手段である。イロイロ堆積盆の5坑井(Lucena-1, Sta. Barbara-1, Leganes-1, Mandurriao-1および2)および共水性ガス鉱床の発達する新潟県下に掘削された2坑井(新潟-AおよびB)の深度別音波速度分布をText-fig.6-1に示した。この図においては、各音波検層図の深度1,000~3,000ft(305~1,070m)の区間を500ft(152m)間隔に区切り、その間の最大値と最小値を読みとり、プロットして直線で結び、棒グラフとした。図上には、泥または砂岩泥岩互層の速度を示し、石灰岩は除外した。

イロイロ堆積盆の5坑井内の音波速度分布は、1.52~2.54km/s(音波走時で200~120 μ s/ft)であるが、速度分布のパターンは坑井によって多少異なる。Lucena-1の音波速度分布は、1.60~2.54km/s(190~120 μ s/ft)、Leganes-1は1.52~1.93km/s(200~158 μ s/ft)であり、前者は5坑井中で最も高く、後者は最も低い。他の3井は両坑井の中間程度の音波速度分布を示す。これらを実新潟-AおよびBと比較すると、イロイロ堆積盆の音波速度は新潟-Aよりやや低く、新潟-Bより大幅に低い。音波速度変化の大小比は、イロイロ堆積盆の5坑



TEXT-FIGURE 6-1
Sonic velocities classified by depth.

井と新潟-Bが20%以上と大きいのに対し、新潟-Aは約5%と非常に小さい。新潟-Aは堆積盆のはぼ中央部に掘削された坑井であり、その坑井地質は泥岩によって代表される。新潟-Bは周縁部に掘削され、泥岩および砂岩が卓越する。

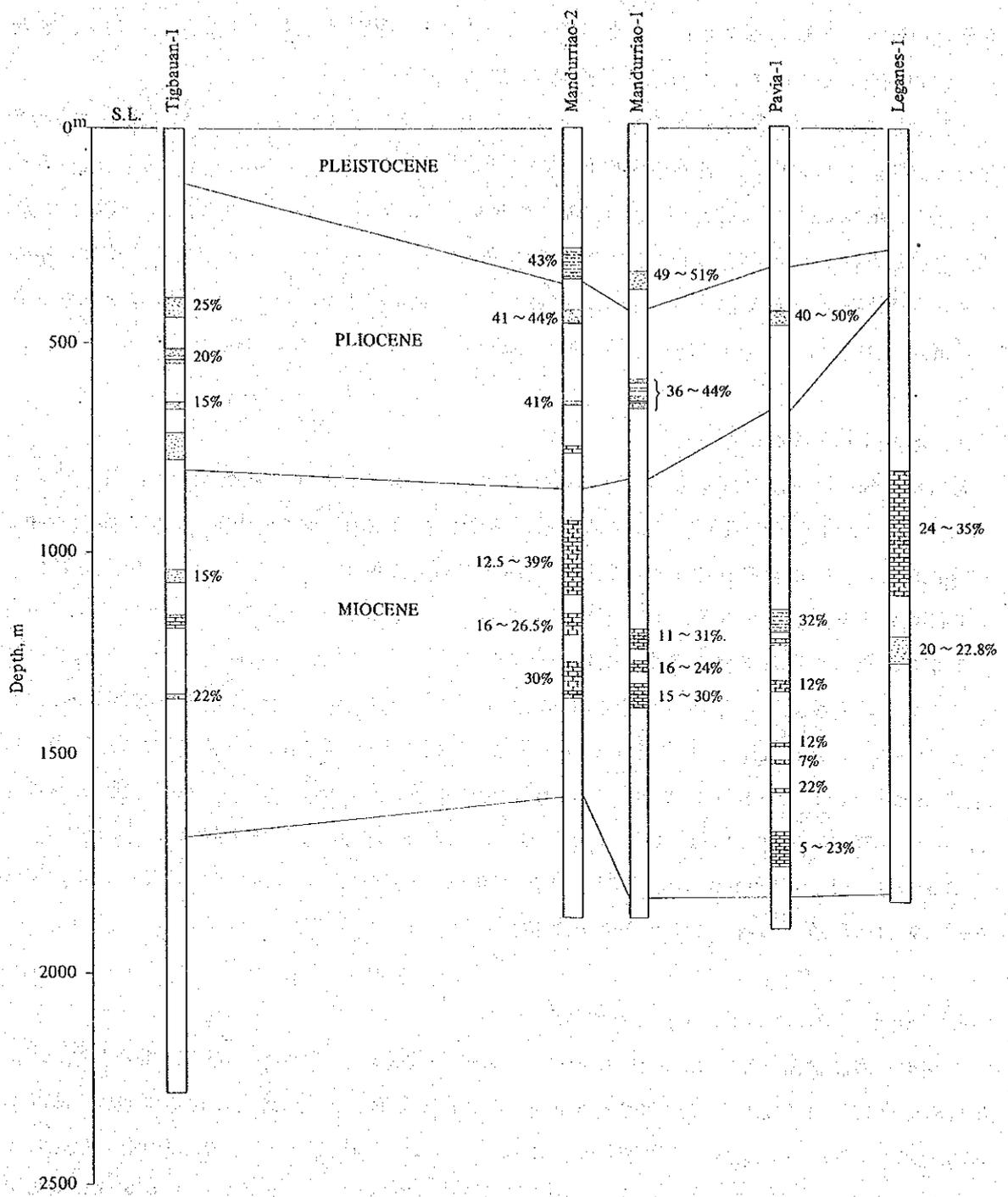
音波速度の大小は、同種の堆積物にあつては圧密の進行の程度を示し、細かな変動は岩相変化を表わす。5坑井中では音波速度の相対的に大きいLucena-1の圧密が最も進み、Leganes-1が最も遅れていると推定される。新潟の堆積盆の圧密に比べると、イロイロ堆積盆の圧密は、多少遅れていると考えられる。音波速度分布によって比較すると、イロイロ堆積盆の坑井内には、新潟-Bとはほぼ同程度に砂層が発達するといえる。新潟-Aの音波速度は変動が少なく、イロイロ堆積盆の坑井内より、砂層が少ないことを示している。

2) 石油探査井の孔隙率

泥岩の孔隙率は音波速度から推定することが可能である。イロイロ堆積盆の5坑井の深度1,000~3,500 ftの間の孔隙率は、岩相を泥岩と仮定した場合、25~60%と推定される。(Text-figs.6-2,3)。砂岩の孔隙率は、実験的に泥岩の値を下回ることはないので、泥岩の値をもって代表させることができる。石灰岩の孔隙率も、音波速度から推定することができる。孔隙率25%に相当する石灰岩の音波速度は約3.8 km/s (80 μ s/ft)であることが、経験的に知られている。音波速度からみて、孔隙率25%以下の石灰岩は、Leganes-1の深度5,000 ft (1,520 m), Mandurriao-1の深度4,100 ft (1,250 m); Mandurriao-2の深度3,050 ft (930 m), 3,900 ft (1,190 m), 4,450 ft (1,360 m), 5,050 ft (1,540 m), 5,800 ft (1,770 m) 以深; Lucena-1の深度4,300 ft (1,310 m), 4,450 ft (1,360 m), 4,800 ft (1,460 m), 5,250 ft (1,600 m), 5,500 ft (1,680 m), 5,750 ft (1,750 m) 付近などに、それぞれ認められる。これらの石灰岩は微粒、ち密、硬質であると推定される。

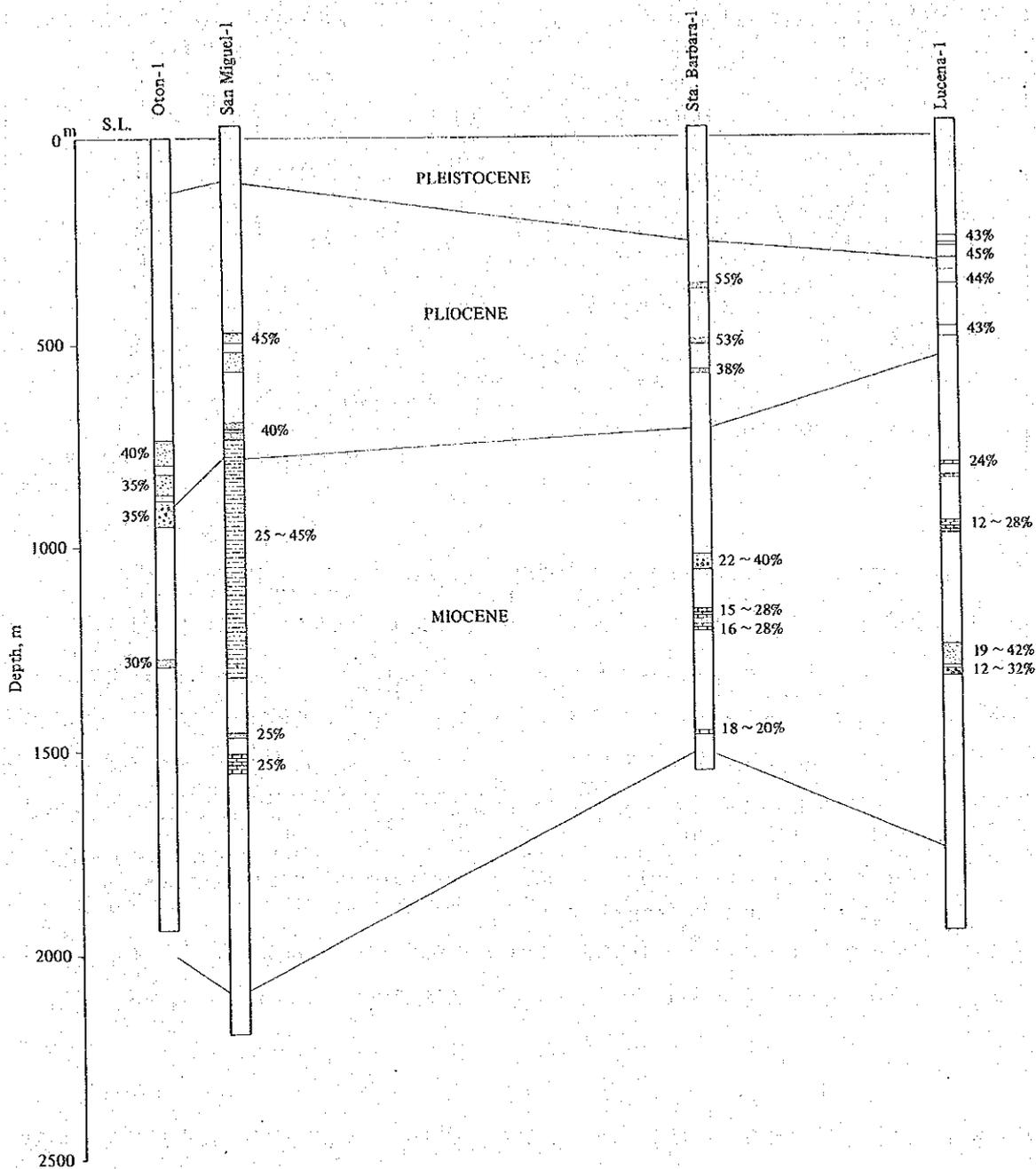
3) Leon ~ Bucari セクションの孔隙率

イロイロ堆積盆南西部のLeon ~ Bucari セクションから採取した15点の岩石試料の孔隙率および自然乾燥密度を測定し、その結果をTable 6-2に示した。また、試料の採取位置およびそれらの孔隙率をText-fig. 6-4に示した。本セクションの孔隙率は49.2%から12.1%の間に分布し、年代とともに減少する傾向を示す。地層との関係についてみると、BおよびC累層が10~15%、D累層が15~20%、E₁部層が20~35%、E₂部層が35~50%であり、貯留層の基準孔隙率25%に達する層準はE₁部層の中部に当たると推定される。



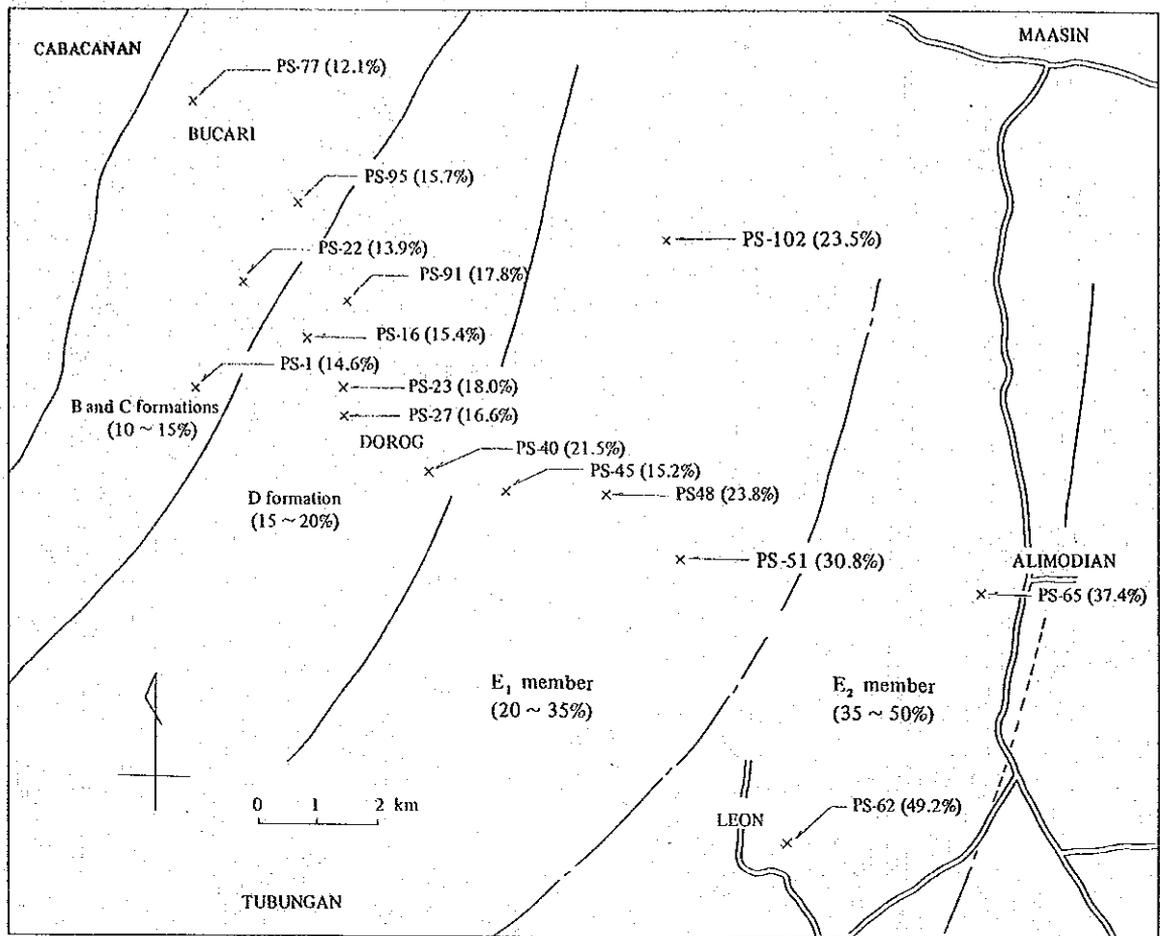
TEXT-FIGURE 6-2

Reservoirs and their porosities in the exploratory drillings in Iloilo basin (I).



TEXT-FIGURE 6-3

Reservoirs and their porosities in the exploratory drillings in Iloilo basin (II).



TEXT-FIGURE 6-4

Map showing the localities and porosities of rock samples in the Leon-Bucari section.