

フィリピン共和国
共水性ガス開発計画予察調査報告書

1981年3月

国際協力事業団

鉅計資

81-179

フィリピン共和国
共水性ガス開発計画予察調査報告書

JICA LIBRARY



1049711[3]

1981年3月

国際協力事業団

| | |
|--------------|------|
| 國際協力事業団 | |
| 繪 578448.27 | 2118 |
| 登録No. 014011 | 68.5 |
| | MPN |

目 次

| | 頁 |
|-----------------------|----|
| I 総 論 | 1 |
| 1. 調査の経緯 | 1 |
| 2. 調査目的 | 2 |
| 3. 調査団の構成 | 2 |
| 4. 調査日程 | 2 |
| II 結 論 | 5 |
| 1. 調査結果 | 5 |
| 2. 調査対象堆積盆の選定 | 10 |
| 3. 今後の計画 | 11 |
| III 各 論 | 13 |
| 1. はじめに | 13 |
| 2. 共水性ガスおよび付随水 | 14 |
| 3. 石油探査井 | 16 |
| 4. 重力分布 | 18 |
| 5. 地温の深度分布 | 19 |
| 6. 飽和メタン-水比 | 25 |
| 7. 産出メタン-水比 | 28 |
| 8. カガヤン谷堆積盆 | 28 |
| 1) 地 質 | 28 |
| 2) 調査坑井 | 32 |
| 3) 石油探査井 | 37 |
| 9. 中部ルソン谷堆積盆 | 43 |
| 1) 地 質 | 43 |
| 2) 調査坑井 | 43 |
| 3) 石油探査井 | 57 |
| 10. イロイロ堆積盆 | 62 |
| 1) 地 質 | 62 |
| 2) 調査坑井およびガス徴候地 | 64 |
| 3) 石油探査井 | 69 |

| | |
|-------------------|-----|
| 11. ビサヤン海堆積盆 | 75 |
| 1) 地質 | 75 |
| 2) 調査坑井 | 75 |
| 12. アグサナーダバオ堆積盆 | 80 |
| 1) 地質 | 80 |
| 2) 調査坑井およびガス徴候地 | 83 |
| 13. ガス質 | 90 |
| 14. ガス付随水または塩水の水質 | 97 |
| 引用文献 | 98 |
| 写真図版 1～6 | 100 |

(付 図)

| | |
|--|----|
| 第 1 図 フィリピンにおける主要な新生代堆積盆 | 6 |
| 第 2 図 調査坑井およびガス徴候地位置図 | 7 |
| 第 3 図 Service Contract System 導入(1972年)後に掘削された 石油探査井位置図 | 17 |
| 第 4 図 フィリピンにおける低重力異常域の分布 | 18 |
| 第 5 図 カガヤン谷堆積盆における地温の垂直分布 | 21 |
| 第 6 図 中部ルソン谷堆積盆における地温の垂直分布 | 22 |
| 第 7 図 イロイロ堆積盆における地温の垂直分布 | 23 |
| 第 8 図 ビサヤン海堆積盆における地温の垂直分布 | 24 |
| 第 9 図 メタンの純水に対する溶解度 | 26 |
| 第 10 図 メタン溶解度の塩分補正 | 26 |
| 第 11 図 塩素量と塩素度との関係 | 27 |
| 第 12 図 カガヤン谷堆積盆における飽和メタン-水比の深度分布 | 29 |
| 第 13 図 中部ルソン谷堆積盆およびイロイロ堆積盆における飽和メタン-水比の深度分布 | 30 |
| 第 14 図 ビサヤン海堆積盆における飽和メタン-水比の深度分布 | 31 |
| 第 15 図 Iguig no. 1 坑井位置図 | 32 |
| 第 16 図 ルソン島の堆積盆 | 33 |
| 第 17 図 カガヤン谷堆積盆の東西断面 | 34 |
| 第 18 図 カガヤン谷堆積盆東部の層序 | 35 |
| 第 19 図 Tuguegarao 付近およびその東北方地区のルートマップ | 36 |
| 第 20 図 カガヤン谷堆積盆の坑井位置図 | 38 |

| | | |
|------|--|-----|
| 第21図 | 中部ルソン谷堆積盆とその周辺の地質図 | 4.4 |
| 第22図 | 中部ルソン谷堆積盆の東西断面 | 4.5 |
| 第23図 | 中部ルソン谷堆積盆中西部(Tarlac 地区)の層序 | 4.6 |
| 第24図 | Tarlac 地区のルートマップ | 4.7 |
| 第25図 | 中部ルソン谷堆積盆南東部の層序 | 4.8 |
| 第26図 | 中部ルソン谷堆積盆における坑井位置図 | 4.9 |
| 第27図 | Angat no. 1 坑井位置図 | 5.2 |
| 第28図 | Pangapi san no.1およびBaay no. 1 坑井位置図 | 5.3 |
| 第29図 | Tarlac-3およびTarlac-5 坑井位置図 | 5.4 |
| 第30図 | Dagupan no. 1およびno. 2 坑井位置図 | 5.5 |
| 第31図 | Sitio Balsa no. 1 坑井位置図 | 5.6 |
| 第32図 | Urbiztondo no. 1 坑井位置図 | 5.6 |
| 第33図 | Aguilar no. 1 坑井位置図 | 5.7 |
| 第34図 | Villasis no. 1 坑井位置図 | 5.7 |
| 第35図 | Minalin-1 坑井地質柱状図 | 5.9 |
| 第36図 | イロイロ堆積盆(パナイ島)地質図 | 6.3 |
| 第37図 | イロイロ堆積盆坑井位置図 | 6.5 |
| 第38図 | Tampucao no. 1およびno. 2ガス徴候地位置図 | 6.7 |
| 第39図 | Magsaysay no. 1~no. 3, Pacuan no. 1およびBagacay no. 1 坑井位置図 | 6.8 |
| 第40図 | イロイロ堆積盆の石油探査井位置図 | 7.0 |
| 第41図 | イロイロ堆積盆の石油探査井地質対比図 | 7.2 |
| 第42図 | 石油探査井Pavia-1(イロイロ堆積盆)の地質柱状図 | 7.4 |
| 第43図 | フィリピン群島中南部における堆積盆の分布 | 7.6 |
| 第44図 | ビサヤン海堆積盆の東西地質断面 | 7.7 |
| 第45図 | セブ島の層序 | 7.8 |
| 第46図 | ビサヤン海堆積盆坑井位置図 | 7.9 |
| 第47図 | Libertad-1.1坑井位置図 | 8.0 |
| 第48図 | アグサン-ダバオ堆積盆の地質断面とその位置 | 8.2 |
| 第49図 | ミンダナオ島北部Butuan 付近の地質図 | 8.3 |
| 第50図 | アグサン-ダバオ堆積盆北西部の層序 | 8.4 |
| 第51図 | Butuan 周辺のルートマップ | 8.5 |

| | | |
|------|--|----|
| 第52図 | アグサンーダバオ堆積盆坑井位置図 | 86 |
| 第53図 | Magallanes no. 1～no. 3 坑井位置図 | 88 |
| 第54図 | Concordia no. 1 坑井位置図 | 90 |
| 第55図 | ガス組成三角ダイアグラム | 92 |
| 第56図 | フィリピンのガス付随水の Br^-/I^- ダイアグラム | 93 |

(付 表)

| | | |
|--------|---------------------------------------|----|
| 第 1 表 | 調査日程表 | 3 |
| 第 2 表 | 塩素量と塩素度との対照表 | 25 |
| 第 3 表 | カガヤン谷堆積盆の坑井測定値および水質分析表 | 39 |
| 第 4 表 | カガヤン谷堆積盆における調査坑井のガス分析表 | 39 |
| 第 5 表 | 中部ルソン谷堆積盆の坑井測定値および水質分析表 | 50 |
| 第 6 表 | 中部ルソン谷堆積盆における調査坑井のガス分析表 | 51 |
| 第 7 表 | Makabebe (Panpanga province) 産ガスの分析結果 | 58 |
| 第 8 表 | イロイロ堆積盆における坑井並びにガス徴候地の 測定値および水質分析表 | 66 |
| 第 9 表 | イロイロ堆積盆における坑井およびガス徴候地のガス分析表 | 66 |
| 第 10 表 | イロイロ堆積盆の石油探査井一覧 | 71 |
| 第 11 表 | セブ島 (ビサヤン海堆積盆) の坑井測定値 | 81 |
| 第 12 表 | セブ島 (ビサヤン海堆積盆) における調査坑井 | 81 |
| 第 13 表 | アグサナーダバオ堆積盆の坑井測定値および水質分析表 | 87 |
| 第 14 表 | アグサナーダバオ堆積盆における調査坑井のガス分析表 | 87 |
| 第 15 表 | 坑井およびガス徴候地のガス分析表 | 91 |
| 第 16 表 | 坑井並びにガス徴候地の測定値および水質分析表 | 94 |

IV 資 料

| | | |
|-----|--------------------------|-----|
| 1. | Implementing Arrangement | 107 |
| 2. | Minutes of the Meeting | 113 |
| 3. | 面会者リスト | 120 |
| 4. | 収集資料リスト | 121 |
| 5. | 中部ルソン地質図 | |
| 6. | 中部ルソン地質図凡例 | |
| 7. | 中部ルソン Baguio 地域地質図 | |
| 8. | 中部ルソン Tarlac 地域地質図 | |
| 9. | 中部ルソンの石油探査井地質柱状図 | |
| 10. | 中部ルソン重力図 | |
| 11. | 中部ルソン谷堆積盆北西部の地震探査による等深線図 | |
| 12. | 中部ルソン谷堆積盆北西部の地質断面図 | |
| 13. | イロイロ堆積盆中部の地質図 | |
| 14. | イロイロ堆積盆中部の地質断面図 | |

I 総 論

1. 調査の経緯

1973年の石油危機以来、エネルギー源の多様化および新エネルギー技術の開発は、世界各国において国家的な優先課題とされ、解決のためのさまざまな努力が行われている。国内産原油の産出量が少く、輸入化石燃料に大きく依存しているフィリピンにおいても、石油探鉱はもとより、石炭、天然ガス、地熱、水力等の探鉱・開発が積極的に推進され、また、太陽エネルギー、風力等の研究も進められている。

天然ガスのうち、地層水に伴って産出する共水性ガスは、フィリピンの地質環境からみて、各地に埋蔵が期待できる注目すべきエネルギー資源の1つである。共水性ガスの開発は、このガスが水と共に産出するという特性上、大掛りに行い得るものではないが、小規模の開発は安全に行い得るものと考えられるので、交通不便な島嶼の多いフィリピンにおいては、重要なローカルエネルギーを提供するとともに、このガスを熱源とする小規模工業や付随水中のヨウ素を回収するヨウ素工業を振興するなど、地域社会に高い経済効果をもたらすことが期待される。

フィリピンにおける共水性ガス（フィリピンにおいては low pressure gas : 低圧ガスと呼ばれてきた）の調査は、1974年に開始された National Science Development Board (NSDB) による Commission on Volcanology のプロジェクト (COMVOL Project) の下で、フィリピン独自に行われたことがある。このプロジェクトでは、全国に散在するガス徴候地の概要が調査され、8ヶ所にガスセパレーター等のパイロットモデルが設置されて、比較的浅所の共水性ガス層から産出するガスの利用が試みられている。しかし、これらのパイロットモデルも、必要な技術や資金の不足から、その後の発展に結び付かないばかりか、既設のモデルさえ十分に機能していないものが多い。

一方、フィリピン国内には、1955～64年および1970年代を中心として、現在までに380井余りの石油探査坑井が掘削されており、それらの多くの坑井にガス徴が記録され、上部新生代の堆積盆の地下深部にポテンシャルの高い共水性ガスの埋蔵されていることが予想されている。

そこで、フィリピン政府は、これら共水性ガスの探査・開発の積極的な促進を図ることとなり、共水性ガスの探査・開発・利用が、世界的にも最も進み、独自に開発した関連技術の蓄積も多いわが国に対して、開発調査協力の要請を行ったものである。今次調査は、その要請に基づき派遣された予察調査団によって、実施されたものである。

2. 調査目的

予察調査団は、フィリピン共和国政府から要請のあった同国の共水性ガスに関し、次の調査を実施することを目的とした。

- 1) フィリピン政府の要請内容の確認
- 2) 対象地域の既存データの解析・検討
- 3) 対象地域の予察調査
- 4) 今後の調査協力内容の策定
- 5) Implementing Arrangement I / Aのとりきめ

3. 調査団の構成

調査団の構成は、下表のとおりである。

| | 氏 名 | 担 当 | 所 属 |
|-------|---------|-------|------------|
| 団 長 | 福 田 理 | 総 括 | 工業技術院地質調査所 |
| 副 団 長 | 名 取 博 夫 | 地質・鉱床 | 同 上 |
| 団 員 | 鈴 木 尉 元 | 地 質 | 同 上 |
| " | 永 田 松 三 | 地球化学 | 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 |

4. 調査日程

予察調査は、昭和55年10月28日から同年12月7日までの41日間、第1表のとおり実施された。

第1表 調査日程表

(その1)

| 日順 | 年月日 | 日 程 | 宿泊地 | 調 査 内 容 |
|----|----------|----------------|--------|--|
| 1 | 55・10・28 | Tokyo - Manila | Manila | 移動(名取・鈴木・永田・井波) |
| 2 | 29 | | " | 在比日本大使館表敬及びJICAマニラ事務所 調査計画打合せ, 金属鉱業事業団マニラ事 務所にて資料収集 |
| 3 | 30 | | " | Bureau of Energy Development (BED)表敬, 調査内容について協議, Ceramic Research and Development Centerにて資料収集 |
| 4 | 31 | | " | 地質資料の収集及び検討 |
| 5 | 11・1 | | " | 地質及び物探資料の検討 |
| 6 | 2 | | " | カガヤン谷堆積盆の石油・天然ガス坑井地 質資料の検討 |
| 7 | 3 | | " | セブの石油・天然ガス坑井地質資料の検討 |
| 8 | 4 | | " | 中部ルソン谷堆積盆の石油・天然ガス坑井 地質資料の検討 |
| 9 | 5 | | " | 同 上 |
| 10 | 6 | | " | イロイロ堆積盆の石油・天然ガス坑井地質 資料の検討 |
| 11 | 7 | | " | 同 上 |
| 12 | 8 | | " | ミンダナオの石油・天然ガス坑井地質資料 の検討 |
| 13 | 9 | Manila - Cebu | Cebu | 移動, セブの中～北部概略踏査及びガス坑 井調査 |
| 14 | 10 | Cebu - Butuan | Butuan | 移動, Magallanes のガス徴候地概査 |
| 15 | 11 | | " | Butuan地域の地質概査及びMagallanes の共水性ガス坑井調査 |
| 16 | 12 | | " | Butuan地域の地質概査及びConcordia のガス徴候地調査 |

(その2)

| 日順 | 年月日 | 日 程 | 宿泊地 | 調 査 内 容 |
|----|-------|-------------------|------------|-------------------------------|
| 17 | 11・13 | Butuan-Manila | Manila | 移 動 |
| 18 | 14 | | | ガス付随水の化学分析 |
| 19 | 15 | Manila-Tarlac | Tarlac | 移動, Tarlac 地域の深井戸調査 |
| 20 | 16 | | | Tarlac 地域の地質概査及び共水性ガス坑井調査 |
| 21 | 17 | | | 同 上 |
| 22 | 18 | Tarlac-Manila | Manila | 移動, Banbang 付近の地質概査 |
| 23 | 19 | Manila-Tuguegarao | Tuguegarao | 移動, Iguig の共水性ガス坑井調査 |
| 24 | 20 | | | Tuguegarao 地域の地質概査及び深井戸調査 |
| | | (Tokyo-Manila) | | (移動, 福田) |
| 25 | 21 | Tuguegarao-Manila | Manila | 移 動 |
| 26 | 22 | Manila-Dagupan | Dagupan | 移 動 |
| 27 | 23 | | | Dagupan 地域の共水性ガス坑井調査 |
| 28 | 24 | Dagupan-Angeles | Angeles | 移動, Dagupan 東方地域地質概査 |
| 29 | 25 | Angeles-Manila | Manila | Minalin and Angat 地域調査, 移動 |
| | | (Manila-Tokyo) | | (移動, 鈴木) |
| 30 | 26 | | | ガス付随水の化学分析 |
| 31 | 27 | | | 同 上 |
| 32 | 28 | Manila-Iloilo | Iloilo | Angat 地域の共水性ガス坑井調査, 移動 |
| 33 | 29 | | | Tampucao 地域のガス徴候地調査 |
| 34 | 30 | | | Maasin 地域のガス徴候地調査 |
| 35 | 12・1 | Iloilo-Manila | Manila | 移 動 |
| 36 | 2 | | | ガス付随水の化学分析 |
| | | (Tokyo-Manila) | | (移動, 小沢) |
| 37 | 3 | | | I/A 討議, Minutes of Meeting 作成 |
| 38 | 4 | | | 現地報告書作成 |
| 39 | 5 | | | I/A 及び Minutes of Meeting サイン |
| 40 | 6 | | | 現地報告書作成 |
| 41 | 7 | Manila-Tokyo | | 移動(福田, 名取, 永田, 井波) |
| | | Manila-Bangkok | | (移動, 小沢) |

II 結 論

1. 調査結果

調査結果については、コンパイレーションによって得られたものと、現地調査によって得られたものとに分けて述べるのが便利である。

コンパイレーションは2つの観点から行われた。その1つは、実地調査で得られる資料の解釈に必要な事項と共水性ガスおよび付随水に関する一般的なことがらを、日本の確かな資料から帰納しておくことである。他の1つは、フィリピンにおける既存資料にもとづいて、フィリピンにおける共水性ガスを研究する際のスタンダードとなるこの地の理論的に求められる水溶性ガスの深度分布状況を明らかにしておくことである。

1) 共水性ガスおよび付随水

日本の同源的な共水性ガスおよび付随水には、次のような層位学的特徴が認められる。

(a) ガス質

- 上部更新統のガスに CH_4 の純度が劣り、主成分間では $\text{CH}_4 > \text{CO}_2 > \text{N}_2$ という関係があり、注目される微量成分としては Ar があるだけである。
- CH_4 の純度が高いのは下部更新統～鮮新統～上部中新統のガスで、一般に 95 vol. % 以上の CH_4 をもち、副成分としては数 vol. % 以下の N_2 を含むだけである。しかし、微量成分には次のような微妙な差がある。

下部更新統 CO_2 , Ar, C_2H_6

鮮新統 CO_2 , Ar, He, $\text{C}_2\text{H}_6 \sim \text{C}_3\text{H}_8$

上部中新統 CO_2 , Ar, He, $\text{C}_2\text{H}_6 \sim \text{C}_3\text{H}_8$

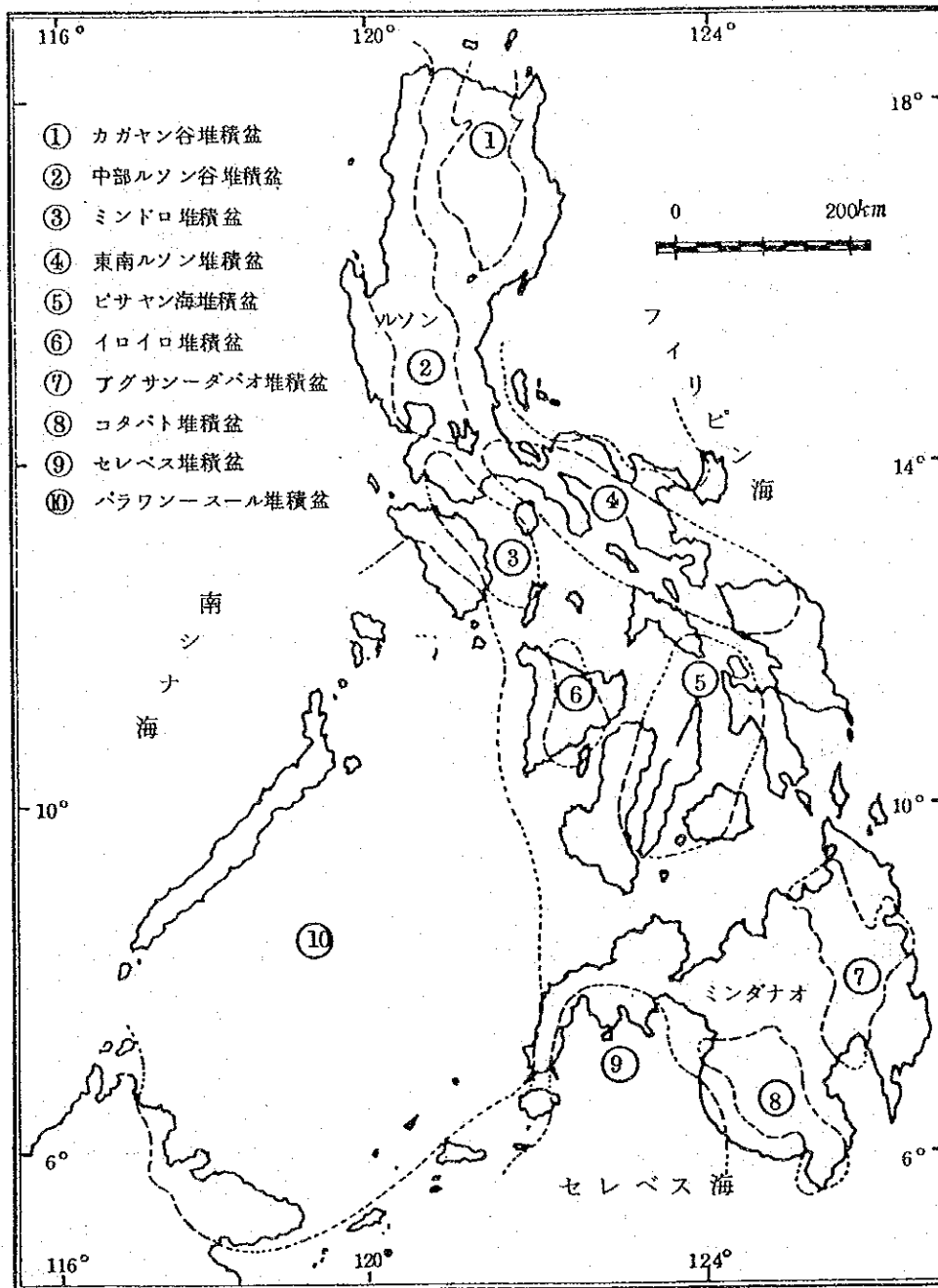
- 中部中新統以下のガスの主成分は CH_4 および N_2 であるが、両者の量比はまちまちで、副成分として注目されるのは Ar, CO_2 , He, $\text{C}_3\text{H}_8 \sim \text{C}_5\text{H}_{12}$ などである。

(b) 付随水の水質

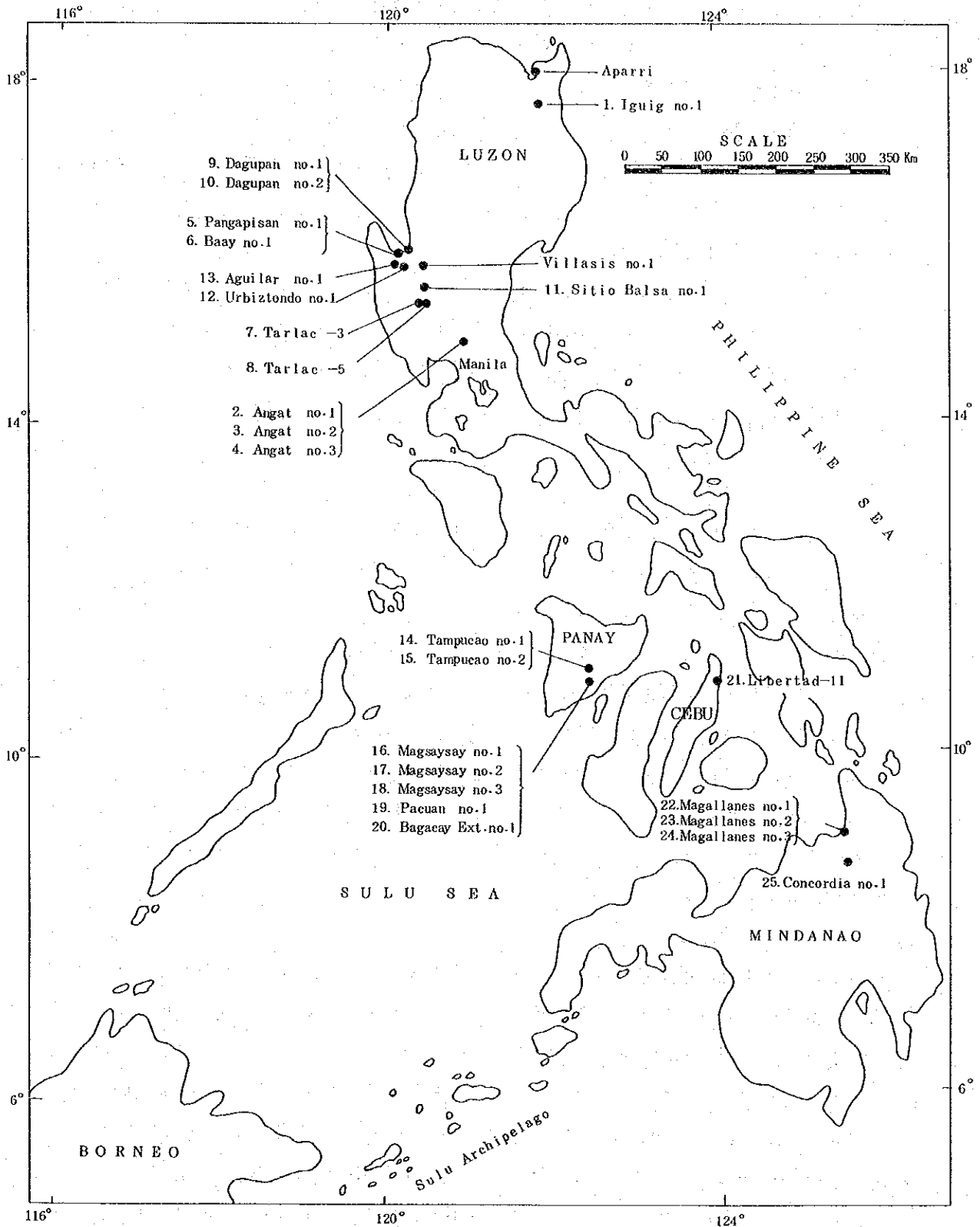
化石海水起原の付随水をみると、堆積後およそ 700 万年の間に起る変化は次のとおりである。

- (1) $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ は著しく増加する。
- (2) HCO_3^- は著しく減少する。
- (3) HM_4^+ も著しく減少する。
- (4) I^- に対して Br^- の著しい減少が見られる。

中部中新統以下については、資料が乏しいが、 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ がさらに増加し、 I^- も Br^- も著しく減少し、さらにはほとんど消滅する。



第1図 フィリピンにおける主要な新生代堆積盆



第2図 調査井およびガス徴候地位位置図

2) 地温の深度分布

次の4つの堆積盆について、地温の深度分布を示す式を求めることができた。

$$\text{カガヤン} \quad 27.08^\circ\text{C} + 0.0200^\circ\text{C} \times \text{深度 (m)}$$

$$\text{中部ルソン谷} \quad 27.08^\circ\text{C} + 0.0180^\circ\text{C} \times \text{深度 (m)}$$

$$\text{イロイロ} \quad 27.08^\circ\text{C} + 0.0175^\circ\text{C} \times \text{深度 (m)}$$

$$\text{ピサヤン海} \quad 27.08^\circ\text{C} + 0.0237^\circ\text{C} \times \text{深度 (m)}$$

以上のうち、地温勾配が $0.0200^\circ\text{C}/\text{m}$ 以下の3堆積盆は、上部新生界が異常に厚いところである。

3) 飽和メタン-水比の深度分布

以上の4堆積盆について、塩素度が 0 g/l 、 10 g/l 、および 20 g/l の3つの場合について、飽和メタン-水比の深度分布を求めてみた。それによれば、塩素度が海水並みの場合、飽和メタン-水比が1に達する深度は、カガヤン谷、中部ルソン谷、イロイロ、およびピサヤン海の4堆積盆について、それぞれ 600 m 、 590 m 、および 620 m である。

4) カガヤン谷堆積盆

本堆積盆には上部新生界がきわめて厚く発達しており、かつ構造もおとなしく、共水性ガス鉱床の発達にはきわめて適している。とくに直接探鉱の対象となる上部中新統以上の発達もよく、上部中新統~下部鮮新統の Cabagan Formation は浅海帯の堆積物で、およそ 730 m の厚さを持ち、ガスばかりでなく、ヨウ素も期待できる。その上に整合に重なる上部鮮新統~下部更新統の Ilagan Formation は浅海から陸域の堆積物で、母層に乏しく、ガスはある程度期待をもてても、ヨウ素はまったく期待できない。ヨウ素を加味した探鉱を考えるならば、対象地域は古地理的にも外海に近い北部であろう。

以上のような地質条件を反映してか、唯一の調査坑井となった Iguig no.1 は、計測は不可能であったが、施設から見て、相当量のガス量が期待される。ガス付随水のヨウ素-塩素比は 1.77 で、Ilagan Formation 起原を暗示している。

5) 中部ルソン谷堆積盆

本堆積盆にも上部新生界がきわめて厚く発達しているが、カガヤン谷堆積盆よりは若干劣る。直接探鉱の対象となる上部中新統は、西部では Tarlac Formation、また東部では Rosalio Formation と呼ばれている。Tarlac Formation は $1,182 \text{ m}$ もの厚さをもつ深海(?)堆積物とされており、母層も粗粒層も適度に発達している。Rosalio Formation はおよそ 997 m の厚さをもつ浅海ないし外海の堆積物とされており、Tarlac Formation ほどではないが、母層も粗粒層も適度に発達している。

このような状況を反映してか、中部ルソン谷堆積盆中・北部における調査坑井にも、ガ

スを伴うものが少ない。しかし、 I^- が多いことを示す直接的な手がかりはない。他の堆積盆の場合と同様に、本堆積盆から得られたガスの組成も、日本の鮮新統のそれに似ているから、付随水も上部中新統に由来するものが手の届くところにないとすれば一応の説明はつく。

本堆積盆の南部の Angat で調査した3本の井戸のうち、1本はガスのみで、他の2本のうち1本は、坑井深度の割りにかなり高い産出メタン-水比を示した。これはガス発生能力の旺盛な地層が伏在していることを示すが、その地層自体に対する鉱床包蔵の期待は、粗粒層の発達いかんにかかっている。そのほか、文献によれば Minalin で8本の井戸が掘削され、無臭の水を伴うガスで泥水を吹き飛ばされたことがあるという。

中部ルソン谷堆積盆で掘削された石油探査井の中で、共水性ガス探鉱上重要なのは、Dagupan-1 および Cabaruan-1 の両坑井である。

Dagupan-1 においては852m以深から掘止め(1,692m)までが Amlang Member とされている。一方、これはこの付近の地震探査の上位の phantom horizon の深度とも一致している。また、これから推定される本坑井の地点における Malinta Formation の上限深度はおよそ2,500mであるが、これもこの付近の下位の phantom horizon の深度に近い。

一方 Cabaruan-1 においては、Malinta Formation の上限深度、すなわち Tarlac Formation の下限深度はおよそ1,180mで、これは Dagupan-1 付近の場合の下位のものに相当する phantom horizon とよく一致している。

中部ルソン谷堆積盆において、付随水のヨウ素原料としての利用も考えられる共水性ガスの探鉱を考えるとすれば、その対象層は Tarlac Formation, Malinta Formation の上部、および Rosario Formation であり、探鉱対象地域は Lingayen 湾周辺地域となる。しかし、本地域においては低湿地がかなり内陸部まで発達しており、たとえ探鉱に成功しても、開発上の立地条件はかなりきびしい。

6) イロイロの堆積盆

地表地質および一部の井戸の資料によると、ヨウ素に富む付随水を伴うガスに相当な期待がもてそうなところである。本盆地でこのような期待が高い地層は、上部中新統の Tarao Formation である。本累層には母層となる泥質層の発達がよいが、相当な有効層厚が期待される砂質層もかなりある。この Tarao Formation に非整合に重なり、2累層からなる鮮新統が Tarao Formation と大差ない岩相を示すことも、本堆積盆に対する期待を強くさせる。

調査した井戸および露頭のガスは、必ずしも多いとはいえない。しかし、3本の井戸からヨウ素-塩素比が2.32~2.88の水が見出されたことは注目されてよい。

7) ビサヤン海堆積盆

重力分布からもうかがえるように、上部新生界の発達が良いとはいえない。しかも、上部中新統～下部鮮新統は、マールおよび石灰岩からなっている。しかし、セブ島北部の石油探査井からは、現在でも絞った状態でかなりのガスが出ており、遊離ガス鉱床には大きな期待がもてるところである。

8) アグサナーダバオ堆積盆

重力分布からも明らかなように、フィリピンにおける陸域最大の堆積盆で、もっとも深いところにおける上部新生界の厚さは12,000mもあるという。最上部中新統から更新統にわたる諸層にも、共水性ガスは期待できるが、ヨウ素に富む塩水は期待できそうもない。両者の本命は上部中新統のAdgaon Formationであるが、それを適当な深度でとらえることは、上部層の発達が良好過ぎるために、むしろ困難である。しかし、潜在資源量はもっとも大きいと思われる。

調査した坑井は本堆積盆の北端部のむしろ地質条件の悪いところにあるが、3本の井戸のうち2本から、飽和メタン-水比をかなり上まわるガスが出ていた。しかし、付随水のヨウ素-塩素比は1.21および1.26で、付随水は伏在するリトラル相の堆積物に由来すると思われる。

2. 調査対象堆積盆の選定

以上に述べたように、ガス付随水がある程度ヨウ素に富むことを期待するならば、今後調査すべき堆積盆は、カガヤン谷、中部ルソン谷、イロイロ、およびアグサナーダバオの4つに絞られる。これらのうち、カガヤン谷およびアグサナーダバオの2堆積盆は、民度の上から開発、生産の立地条件に難があるので、結局最終的には中部ルソン谷およびイロイロの2堆積盆に絞られる。以下その得失について考えてみよう。

他の条件が同じであれば、民度の高い中部ルソン谷が優先することは確かである。しかし、ヨウ素もあわせ考慮すると、試掘候補地域はリンガエン湾沿岸となる。この地域の地下地質を推定するのに使える石油探査井は2本あり、それと地震探査の結果とを対照させてみると、上・下2枚のphantom horizonが同定され、探鉱対象層であるTarlac Formationおよび相当層は、この2枚のphantom horizonの間に入る。しかし、リンガエン湾沿岸地域の西部には地震探査の空白地域がある。加えて、リンガエン湾沿岸地域には、内陸深くまで低湿地が発達している。

本地域に伏在するTarlac Formationおよび相当層は、地表には陸域に近いところの堆積物しかない。したがって、試掘によって採取されるガス付随水のヨウ素-塩素比を、既存の微化石試料等から予測することは困難である。

一方、イロイロ堆積盆においては、地質学的に Tarlac Formation に似た Tarao Formation の上にも、探鉱対象となる地層がある。また、本来ガス付随水と思われる溜り水から、2.5 を超えるヨウ素-塩素比が検出されている。しかも、本堆積盆においては、地表地質および石油探査井の坑井地質から、試掘の対象となる平野部の地下地質をある程度まで推定できそうである。加えて、イロイロ市周辺の平野部における低湿地はかなり限定されており、海岸にかなり近いところまで10 m前後の標高が得られる。

現地における検討の際には、試掘に成功し、開発に移行した場合の波及効果に重点をおいて、中部ルソン谷堆積盆が採択されたが、帰国後に加わったくわしい化学分析値に加えて、立地条件を含む総合的な検討を行った結果、現時点において、ガスに加えてガス付随水からのヨウ素の回収を考えるならば、イロイロ堆積盆が中部ルソン谷堆積盆より優位に立つであろうと考えられるに至った。

3. 今後の計画

今後実施する調査計画の内容について、フィリピン・エネルギー開発局と協議し、合意した結果を Implementing Arrangement (資料1) および Minutes of Meeting (資料2) にとり決めた。

1) 計画の概要

本格調査においては、予察調査によって選定された地域に対して、既存資料の検討、野外調査および室内分析を通じて、共水性ガス鉱床を解明し、試掘による調査計画を作成し、合せてフィリピン人カウンターパートに調査技術の移転を行う。現地調査は56年10～12月頃の2ヶ月間位をめどに実施し、次のような調査を行う。

- 石油探査坑井資料、報告書および地下水坑井を含む既存坑井の情報収集・解析
- 地表地質調査
- 物性測定用および有機物分析用堆積物試料の採取
- 地化学調査(現場におけるガスおよび付随水の簡易分析を含む)
- 既存坑井およびガス徴候地のガス並びに付随水の産出量等の測定、および分析用試料の採取

調査団は、帰国後試料の分析、調査資料の検討等の室内作業を行い57年5月を目途に調査結果をとりまとめ、最終報告のドラフトをもってフィリピン側と協議する。

1) フィリピン側の要請

共水性ガスの探査技術の効果的な移転のためフィリピン・エネルギー開発局は次のような協力を要請している。

- (a) フィリピン人カウンターパートの日本における研修

- 地質（共水性ガス鉱床に関する堆積盆評価技術） 2名
- 地化学（共水性ガスの地化学探査技術） 1名
- (b) 調査用機材の供与
- 調査用四輪駆動車（ウインチ付） 2台
- 野外用地化学探査機材 1式
- 地質調査用機材 1式
- ガスクロマトグラフ（熱伝導検出器付） 1式
- 孔隙率測定器 1式
- 浸透率測定器 1式

III 各 論

1 はじめに

フィリピン群島は、南北およそ2,000 km, 東西1,200 kmに亘り、複雑な地形を示す島嶼が7,100個ほど、複数の島列をなして分布する。最大の島は面積105,700 km²のルソン島で、以下ミンダナオ、サマル、ネグロス、パラワン島などがおもな島々である。

フィリピン群島の北の要であるルソン島から北々西-南々東にフィリピン海溝に平行する島列があり、インドネシアのスラマン島に繋がっている。一方、ルソン島からミンドロ島を経て、パラワン島、さらにサバへと繋がる島列が、パラワン水路に平行に走る。さらにこれとほぼ平行に、ミンダナオ島西部からバンラン島、ホロ島、タウィタウィ島を経て、サバへ繋がる島列もある。以上の3島列と、ボルネオ島およびスラウェシ島とに囲まれて、スル海およびセレベス海がひろがっている。

フィリピンは山岳、とくに火山の多い国である。最高峰のアポ火山(2,954 m)をはじめ、2,000 m級の山頂が10個ほどある。平野は比較的小さいが、カガヤン谷、中部ルソン谷、アグサナーダバオ、およびイロイロの、東西を山地で限られた新生代堆積盆に発達したものはかなりの面積を占めている。これらの中で、パナイ島のイロイロ堆積盆に発達した平野は、後で述べるように、他の堆積盆の発達したものと、やや異った地質学的性質をもっているようである。

以上のような複雑な輪廓をもつフィリピン群島は、古くから多くの地質学者および地球物理学者の興味をひき、多くのすぐれた論文がフィリピン群島を舞台として公表されている。共水性ガスの探鉱には、そのすべてが直接・間接に関与しているわけであるが、それらすべてを検討した上で調査にかかることは、実際問題として不可能である。

そこで、まずフィリピン群島全域を視野に収められる重力分布の概要について検討し、次にフィリピン群島において一般に認められている

- i) カガヤン谷堆積盆
- ii) 中部ルソン谷堆積盆
- iii) 東南ルソン堆積盆
- iv) イロイロ堆積盆
- v) ビサヤン海堆積盆
- vi) アグサナーダバオ堆積盆
- vii) コタバト堆積盆
- viii) パラワン-スール堆積盆

などの新生代堆積盆(第1図)のうち、坑井資料の多いi)カガヤン谷堆積盆、ii)中部ルソン

谷堆積盆，Ⅲ) イロイロ堆積盆，およびⅣ) ビサヤン海堆積盆の4つの堆積盆について，坑底温度の深度分布から，地温の深度分布を求め，それを使って，模式的な水溶性ガスの場合の飽和メタン-水比の深度分布を明らかにした。なお，パラワン-スール堆積盆の地温の深度分布については，SALDIVAR-SALI(1978)の報告がある。

本報告について紹介し，以下上に述べた順序でフィリピン群島全般にかかわる問題を述べ，さらに今回直接調査した事項について，少しくわしく触れることにする。

2 共水性ガスおよび付随水

共水性ガス(natural gas accompanied with water)は，文字どおり，地下水を伴って産出する天然ガスの総称であるが，ここでは CH_4 を主成分または副成分とするものに限って適用することにしてしよう。水溶性ガスはもちろん共水性ガスの1種ではあるが，鹿児島県国分市の数根産ガス地のように昭和24(1949)年から同55(1980)年までの32年間に，水溶性ガスとして算出された可採埋蔵量の11倍ものガスを産出した例も少なくない。このように，水を伴って産出するガスが本当に水溶性であるか，また水溶性でない要素の方が強いかをきめることは，実際問題として簡単でない。そこで，水溶性ガス以前からあった共水性ガスという呼び名を復活するのが，もっとも無難かつ合理的であろう。

共水性ガスの特徴として，次のようなことがある。

1) 高ポテンシャルリティの場合

第三紀ガス： CH_4 多， CO_2 少， N_2 少

第四紀ガス： a) CH_4 多， CO_2 多， N_2 少

b) CH_4 多， CO_2 少， N_2 少

2) 低ポテンシャルリティの場合

第三紀ガス： CH_4 やや多， CO_2 少， N_2 多

第四紀ガス： CH_4 やや多， CO_2 少， N_2 多

上の中で，第三紀ガスは上総層群およびその相当層のガスと改めなければならない。何となれば，最近では上総層群の3分の2は第四系とされているからである。このような改訂を施しても，上のような規準が大体あてはまるのは，同源的水溶性ガス，ひいては共水性ガスだけである。それは，水溶性ガス鉱床，ひいては共水性ガス鉱床は，地下において水とガスとが存在するところで成立するのであり，ガスは必ずしも水と同源であるとは限らないからである。

しかし，同源の共水性ガスの場合には，ガスの組成は次のように年代的に変化する。

| | 主 成 分 | 微 量 成 分 |
|-------|--|--|
| 更新世後期 | $\text{CH}_4 > \text{CO}_2 > \text{N}_2$ | Ar |
| 更新世前期 | $\text{CH}_4 \gg \text{N}_2$ | $\text{CO}_2, \text{Ar}, \text{C}_2\text{H}_6$ |

| | | |
|-------|----------------------------------|--|
| 鮮新世 | $\text{CH}_4 \gg \text{N}_2$ | $\text{CO}_2, \text{Ar}, \text{He}, \text{C}_2\text{H}_6 \sim \text{C}_3\text{H}_8$ |
| 中新世後期 | $\text{CH}_4 \gg \text{N}_2$ | $\text{CO}_2, \text{Ar}, \text{He}, \text{C}_2\text{H}_6 \sim \text{C}_3\text{H}_8$ |
| それ以前 | $\text{CH}_4 \gtrsim \text{N}_2$ | $\text{Ar}, \text{CO}_2, \text{He}, \text{C}_2\text{H}_6 \sim \text{C}_5\text{H}_{12}$ |

同源的な共水性ガスの付随水にもまた年代的な特徴が認められる。ただし、ここでは大規模な共水性ガス鉱床を包蔵し、かつフィリピンにおいてもその例が多い化石海水起原のガス付随水の年代的な特徴だけについて述べることにする。ただし、すべての成分の濃度は海水並みの Cl^- の場合に換算して示すことにする。

1) 上総層群 (3分の2以上は更新統) のガス付随水

- i) 海水の $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ が 0.32 であるのに、上総層群では 0.209 ~ 0.757 で、下位のものほど大きい。これは Mg^{2+} の減少によるところが大きい。
- ii) HCO_3^- は 800 ~ 1,900 mg/l もあり、海水のその 5.7 ~ 13.6 倍もある。
- iii) NH_4^+ は 25.0 ~ 300 mg/l で、海水のその 1.25 ~ 150 倍もある。
- iv) I^- は 60 ~ 170 mg/l で、海水のその 940 ~ 2,650 倍もある。
- v) Br^- と I^- との間には次のような関係がある。

$$\text{Br}^- = 58.1 + 0.701 \times \text{I}^-$$

2) 佐土原ガス田 (中部鮮新統) のガス付随水

- i) $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ は 1.49 ~ 2.95, 平均 2.20 で、上総層群のそれよりはるかに大きい。
- ii) HCO_3^- は 190 ~ 430 mg/l, 平均 210 mg/l で、上総層群のその 4分の1ないし9分の1である。
- iii) NH_4^+ は 27.0 ~ 67.4 mg/l で、海水のその 1.35 ~ 33.7 倍であるが、上総層群のそれよりはるかに小さい。
- iv) I^- は 53.1 ~ 83.8 mg/l で、海水のその 830 ~ 1,909 倍である。
- v) Br^- と I^- との関係は上総層群の場合ほど明瞭ではないが、あえて関係式を求めると、次のようになる。

$$\text{Br}^- = -40.9 + 1.766 \times \text{I}^-$$

この式と上総層群の場合の式とを比べてみると、 I^- の減少に先立って、 Br^- の著しい減少が始まっていることは明らかである。

3) 沖縄島南部ガス田 (上部中新統) のガス付随水

すべての点で異質的な T_{11} (旧 T_{13}) 部層 (島尻層群の基底粗粒層) のガス付随水を除いて論ずることにする。

- i) $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ は 2.39 ~ 3.04, 平均 2.66 で、佐土原ガスのそれよりかなり大きい。

ii) HCO_3^- は $142.7 \sim 152.6 \text{ mg/l}$, 平均 149.8 mg/l で, 佐土原ガス田のそれよりかなり小さい。

iii) NH_4^+ は $24.3 \sim 59.1 \text{ mg/l}$, 平均 43.9 mg/l で, 佐土原ガス田のそれにより少し小さい。

iv) I^- は $89.4 \sim 92.7 \text{ mg/l}$, 平均 91.4 mg/l で, 佐土原ガス田のそれより少し大きい。

v) Br^- と I^- との関係は佐土原ガス田の場合ほど明瞭ではないが, Ca^{2+} が増加し, Mg^{2+} が減少するという傾向はさらに進んでいる。

以上に述べたことをまとめてみると, 堆積後およそ700万年の間に次のような変化が行われたことになる。

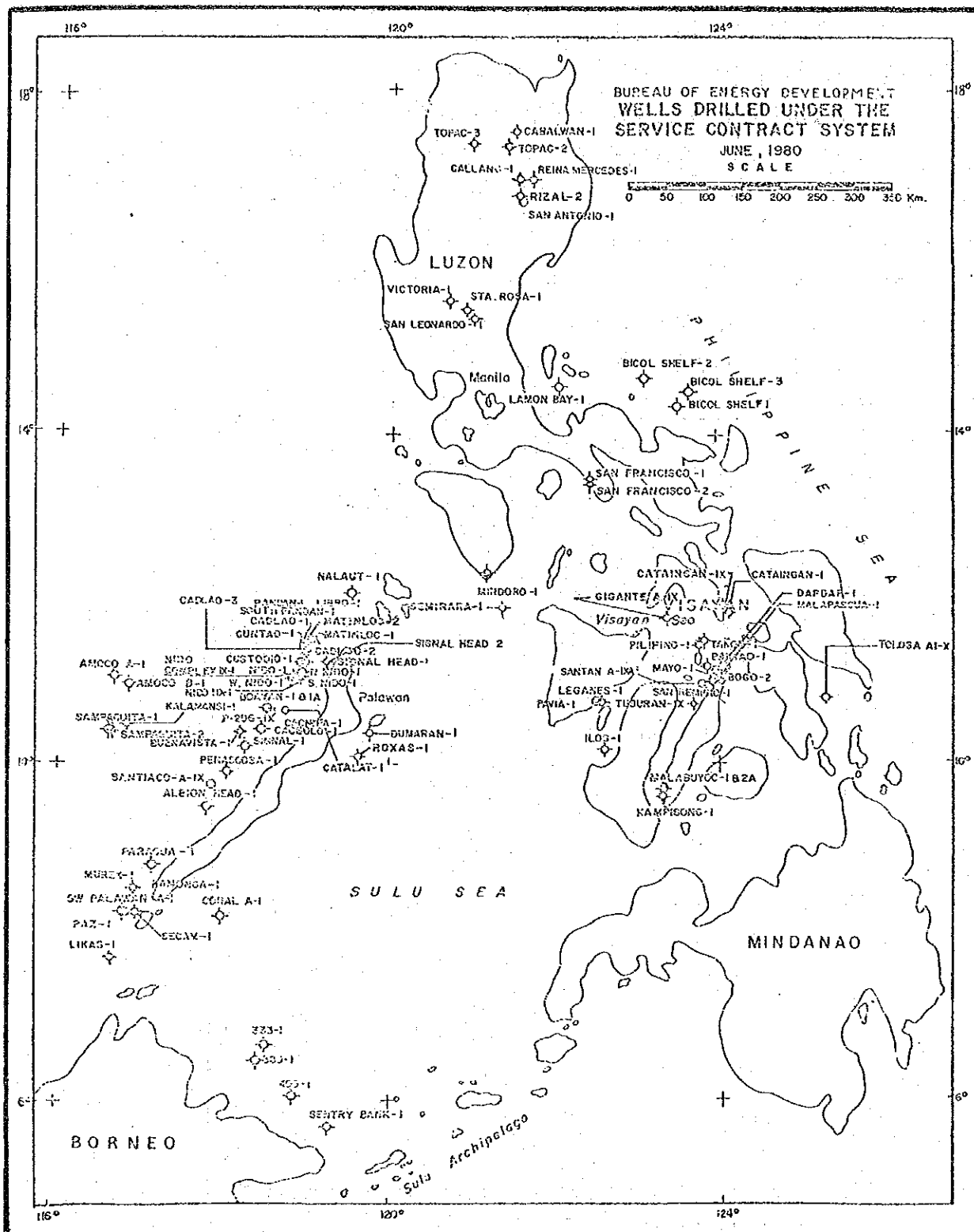
- 1) $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ は著しく増加する。
- 2) HCO_3^- は著しく減少する。
- 3) NH_4^+ も著しく減少する。
- 4) Br^- の著しい減少が見られる。

3 石油探査井

フィリピンにおいては, 1896年に最初の試掘が行われて以来, 1974年までに284坑もの試掘が行われているが, 3,000 ftを超えるものは83坑だけで, そのうち7坑はパラワンスール堆積盆における沖合試掘である。その後, 陸域における試掘は, 一時期に比べて停滞状態にある。この間にあって, 1975年5月, ルソン島中央部でかなりの規模のガスが発見されたことは重要である。参考までに1972年以後の石油探査井の分布を示したものが第3図である。

石油探査井の記録の解説に当っては, たとえガスで飽和されている地層水をもつ地層を坑井が貫通しても, 通常ガス徴は認められないことに注意しなければならない。何となれば, 掘削中の坑井は泥水で充たされているからである。一方, 大規模な共水性ガス鉱床は海成層中にあり, かつ海成層にあった地層水の塩分が海水並みのところでは, 一般に地層水はガスで飽和されているから, 比抵抗曲線において, 頁岩基線が一定の比抵抗値をとり始める深度を読みとっておくことは重要である。とくに, ガスは付随水からヨウ素の回収を意図する場合においてはなおさらである。実際問題として, 比抵抗曲線の頁岩基線が一定の最低値をとり始める深度を押えることは困難であり, 読みとれるのは Cl^- が汽水の値をとる深度であることが多い。

石油探査井においてガス徴がないとされているのは, 決して地層水がガスを含んでいないことを意味していない。また, 産出試験は, 水飽和率が100%でないところ, すなわち遊離ガスまたは石油を含むことがはっきりしているところに対して行われる。したがって, 共水性ガ

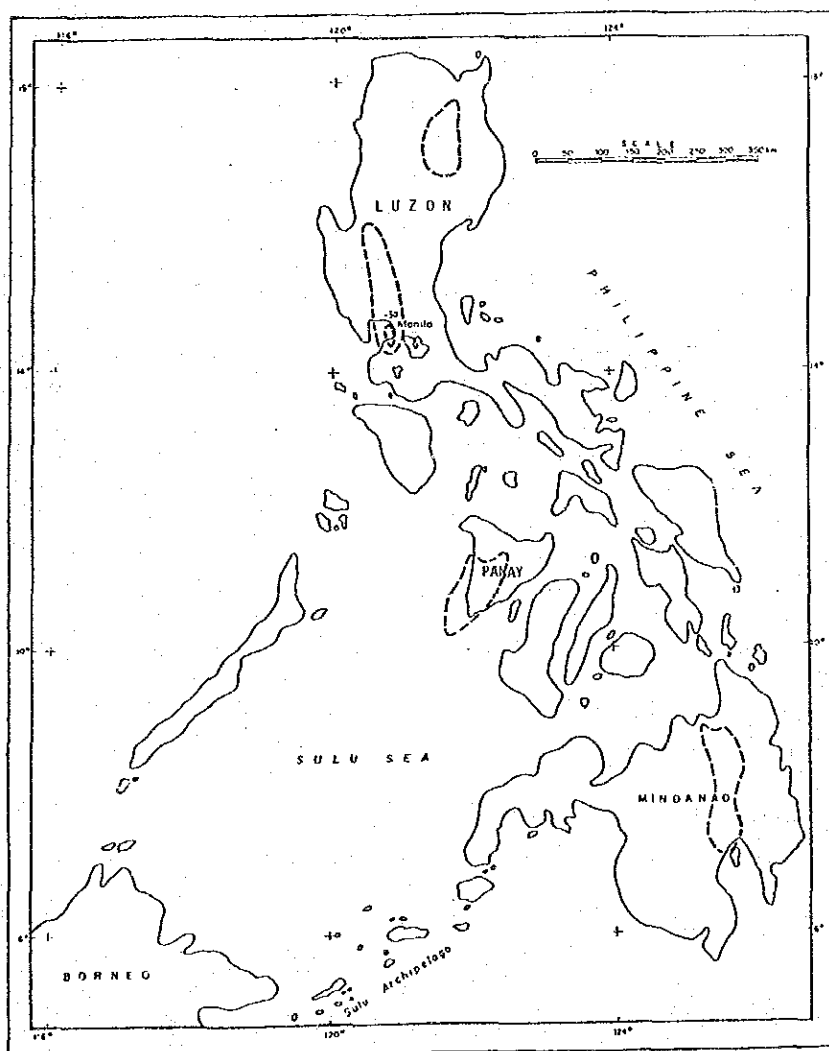


第3図 Sevice Contract System導入(1972年)後に掘削された石油探査井位置図

スに関しては、この2点に注意して石油探査井の記録を解析する必要がある。

4 重力分布

一般に重力分布は共水性ガスの包蔵層である未固結の新时期層の物理的な厚さ、またはその基底の深度分布を反映している。この観点からフィリピンの重力分布と地質との関係を見ると、ブーゲー異常0の線で囲まれた負のブーゲー異常域がフィリピンには4つあり、そのうち3つはカガヤン谷堆積盆、中部ルソン谷堆積盆、およびアグサン-ダバオ堆積盆の中において、上に述べた一般原則とよい一致を示している。(第4図) しかし、残る1つの負のブーゲー異常域はバナイ島の東西部の基盤岩露出地から海域にせり出しており、イロイロ堆積盆の上部新生界の重力による解析を著しく困難にしている。



第4図 フィリピンにおける低重力異常域の分布

5 地温の深度分布

ある共水性ガス田の飽和メタン-水比を求めるには、その地の地温の深度分布が必要である。後者を求めるには、一般にその地の年平均気温を地面の地温とし、信頼できる地底温度とその深度から

$$T_D = T_a + k D$$

ここに、 T_D : 深度 D (m) における地温 ($^{\circ}C$)

T_a : 年平均気温 ($^{\circ}C$)

k : 地温勾配で、 $^{\circ}C/m$

D : 深度 (m)

という式を導いておけばよい。

ところで、フィリピンには世界気候表に含まれる観測地点が6つあり、各観測地点の番号、位置、および年平均気温は次のとおりである。(理科年表 1980年版)。

| 番号 | | 緯 度 | 経 度 | 高 さ | 年平均気温 |
|-----|-----------|-----------|------------|----------------|--------|
| 184 | Aparri | 18° 22' N | 121° 38' E | 4 ^m | 27.0°C |
| 185 | Manila | 14 31 N | 121 00 E | 15 | 27.3 " |
| 186 | Tacloban | 11 15 N | 125 00 E | 21 | 27.3 " |
| 187 | Iloilo | 10 42 N | 122 34 E | 14 | 27.1 " |
| 188 | Surigao | 09 48 N | 125 30 E | 22 | 26.9 " |
| 189 | Zamboanga | 06 54 N | 122 04 E | 6 | 26.9 " |

年平均気温は普通最近の30年間の平均値であるが、上の年平均気温は1851~1960年の平均値である。また、一般に年平均気温は低緯度ほど高くなるが、フィリピンについては必ずしもそうになっていない。これはその気候条件が複雑であることの反映であろう。また、各観測地点の高さはいずれも22m以下であり、100mについて約0.6°Cという高度補正を必要とするものはない。加えて、共水性ガスの探鉱・開発が考えられるところは、いずれも高度の小さいところばかりである。そこで、今回は上の年平均気温27.08°Cをもって、フィリピン全域にわたって適用できる年平均気温とした。

次に採用すべき坑底温度をどうやって求めるのが問題になる。これについては、フィリピンにおいてわれわれが入手し得た資料に則した次の方法を採用した。すなわち、堆積盆別に坑底温度を深度に対して坑井ごとにプロットし、深度の大きいものから順次深度0mの線上の年平均気温(27.08°C)と結び、この線上または至近距離にもっとも多く点があるものを採用して、地温の深度分布を示す式を求めた。坑底温度は各種の物理検層記録のヘッティングにあるものを採用したから、掘止め後間もない頃の測定で、その後多少上昇したはずであるが、フィリピンの気温が高く、掘削泥水による冷却は僅かであったと考えられるので、これを採用

したことによる地温勾配の誤差は小さいであろう。

このようにして地温の深度分布を示す式を求め得たのは、カガヤン谷、中部ルソン谷、イロイロ、およびピサヤン海の4堆積盆であった。これ等の堆積盆別に坑底温度の深度分布および地温の深度分布を示す直線を示したのが第5～8図である。

各堆積盆別に第5～8図を使って求めた地温の深度分布を示す式は次のとおりである。

$$\text{カガヤン谷} \quad 27.08^{\circ}\text{C} + 0.0200^{\circ}\text{C} \times \text{深度} \quad (m)$$

$$\text{中部ルソン谷} \quad 27.08^{\circ}\text{C} + 0.0180^{\circ}\text{C} \times \text{深度} \quad (m)$$

$$\text{イロイロ} \quad 27.08^{\circ}\text{C} + 0.0175^{\circ}\text{C} \times \text{深度} \quad (m)$$

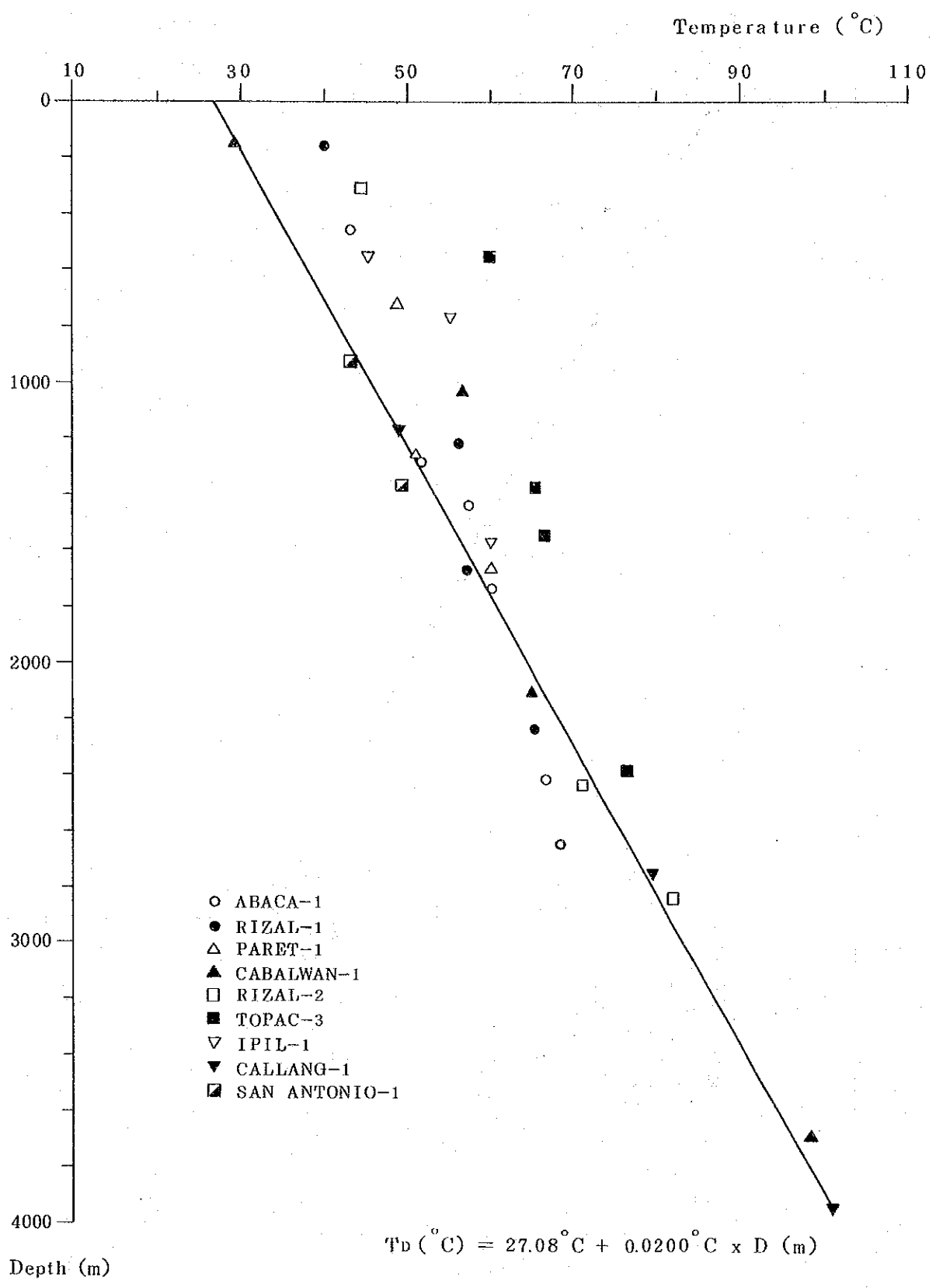
$$\text{ピサヤン海} \quad 27.08^{\circ}\text{C} + 0.0237^{\circ}\text{C} \times \text{深度} \quad (m)$$

以上のうち、地温勾配が $0.0200^{\circ}\text{C}/m$ 以下の3堆積盆は上部新生界が異常に厚いところである。日本でこのような低い地温勾配を示すところとしては、関東平野があるだけである。これに対してピサヤン海堆積盆の $0.0237^{\circ}\text{C}/m$ という地温勾配は、日本の上部新生界がよく発達しているところの一般的な地温勾配(およそ 0.026°C)を多少下まわっているが、これにはとくに意味づける必要はないであろう。

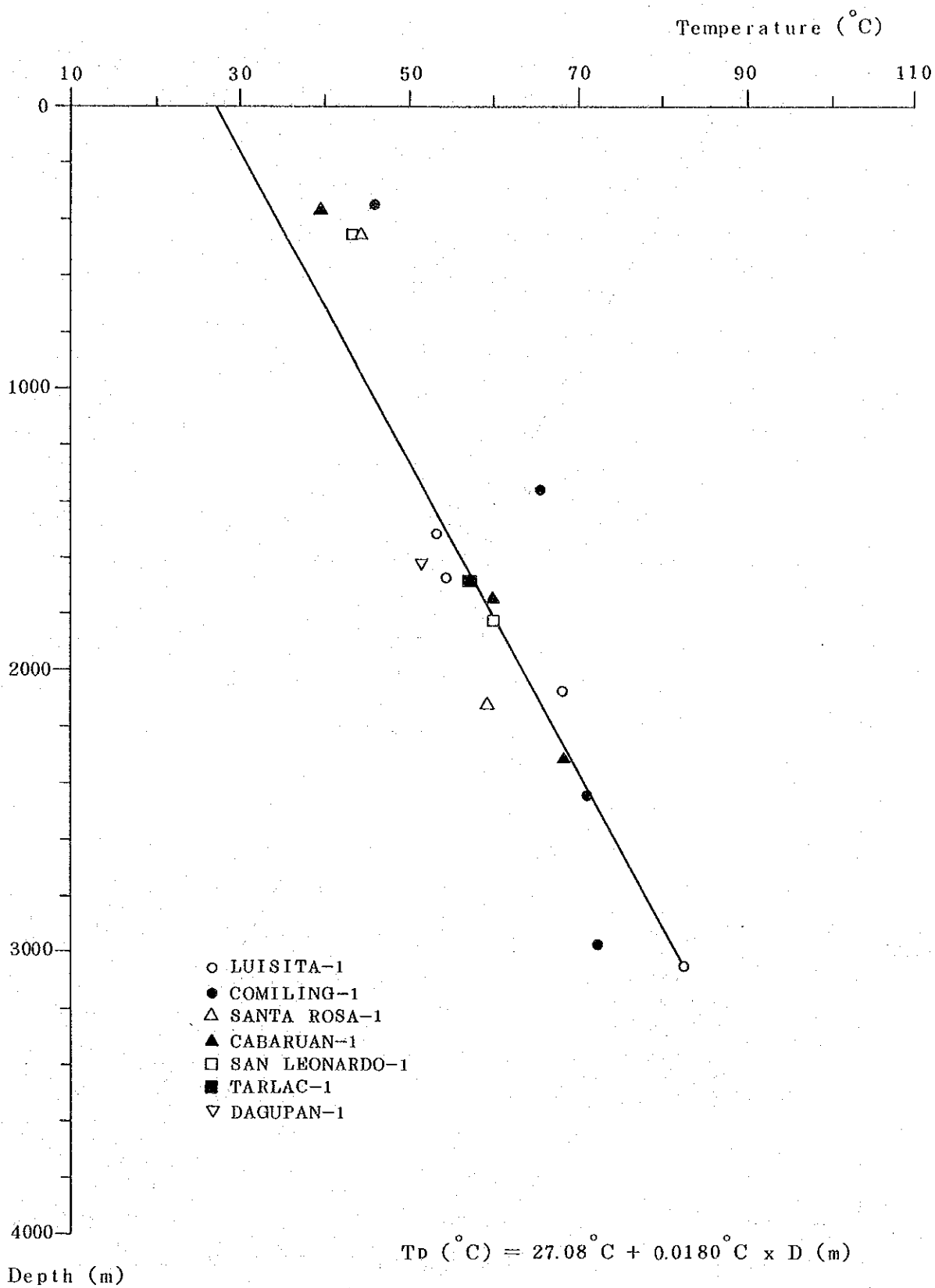
SALDIVAR-SALI(1978)は地表温度 80°F (26.7°C)としてフィリピン全域の地温勾配を求めているが、検層記録によるものの多くは $0.85^{\circ}\text{F}/100\text{ft}$ ($0.0144^{\circ}\text{C}/m$)と $1.62^{\circ}\text{F}/100\text{ft}$ ($0.0274^{\circ}\text{C}/m$)の間に入っており、本調査で得た結果とよい一致を示している。これに対して、彼がDSTの際の測温記録から求めた地温勾配は $2.00^{\circ}\text{F}/100\text{ft}$ ($0.0339^{\circ}\text{C}/m$)と $2.40^{\circ}\text{F}/100\text{ft}$ ($0.0406^{\circ}\text{C}/m$)の間に入っている。この2つの地温勾配の平均値は $0.0373^{\circ}\text{C}/m$ である。またDSTの多くは深度 $7,200\text{ft}$ ($2,195\text{m}$)前後のところで行われている。地温勾配が $0.0200^{\circ}\text{C}/m$ の場合の深度 $2,195\text{m}$ における地温は 70.98°C であり、地温勾配が $0.0373^{\circ}\text{C}/m$ の場合のそれは 108.95°C で、両者の差は 37.97°C もある。DSTの際の測温が留点温度計で行われており、その圧力補正を施さない値が示されているとしても、一般にこの深度における実際の温度との差は 20°C 程度と考えられるので、何としてもこの差は大き過ぎる。

このような問題が残されているとしても、フィリピンがほぼ全域にわたって低地温勾配地域に属することは間違いないであろう。そして、上部新生界が厚いところでは、とくに低い地温勾配を示している。大局的にみると、地温勾配の低いところはすなわち地殻熱流量の小さいところでもあるが、以上に述べたことを素直に受けとると、フィリピンにおいては、後期新生代に著しい沈降が行われたところで地殻熱流量が小さいといえる。これに対して、関東地方の低地温勾配はサブダクション帯に面しているためとして説明されている。

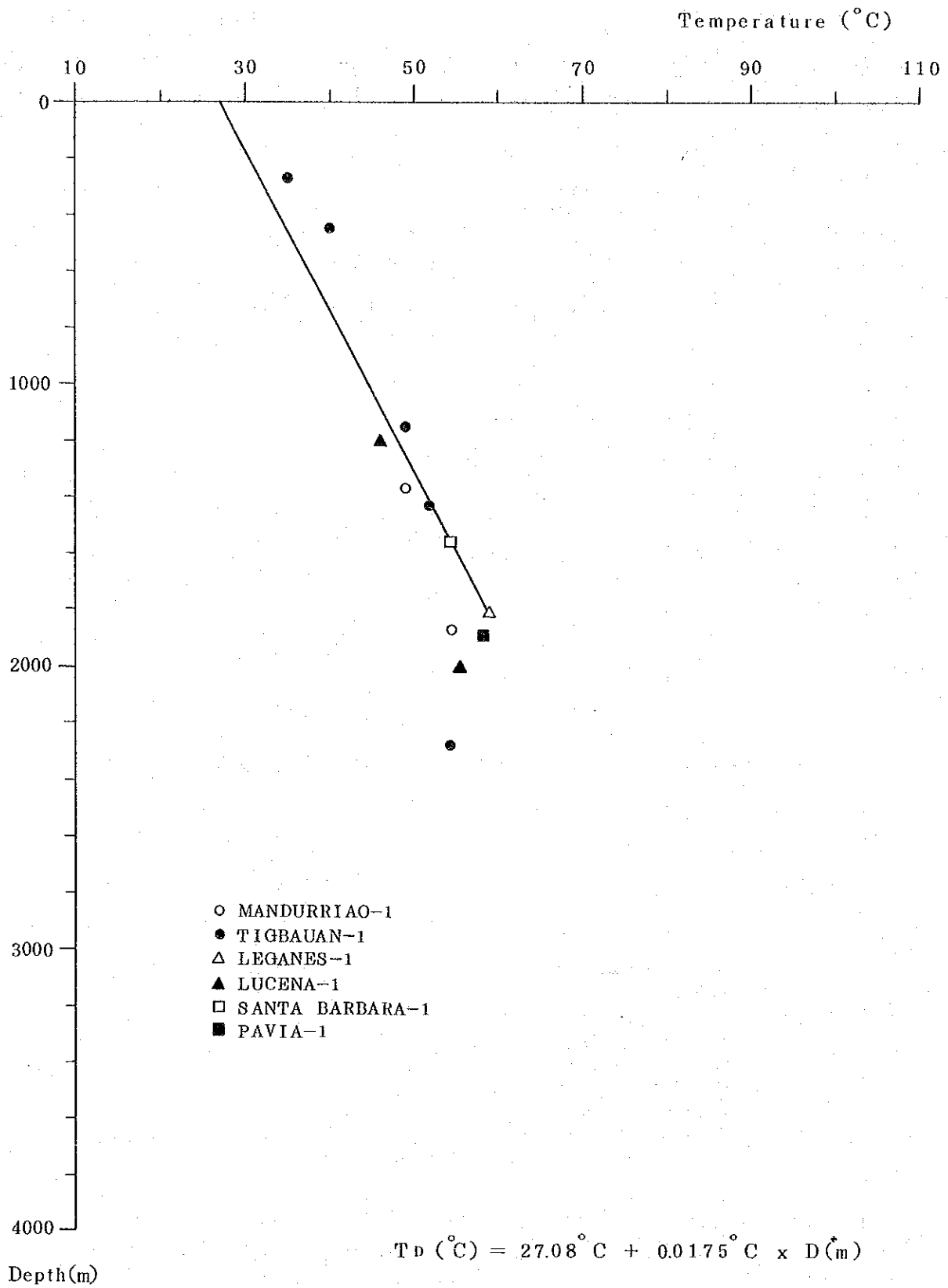
関東地方の中でも地温勾配がとくに小さい九十九里ガス田においても、下部更新統中に同源の共水性ガス鉱床が立派に形成されている。まして、フィリピンにおいては、地温の出発点



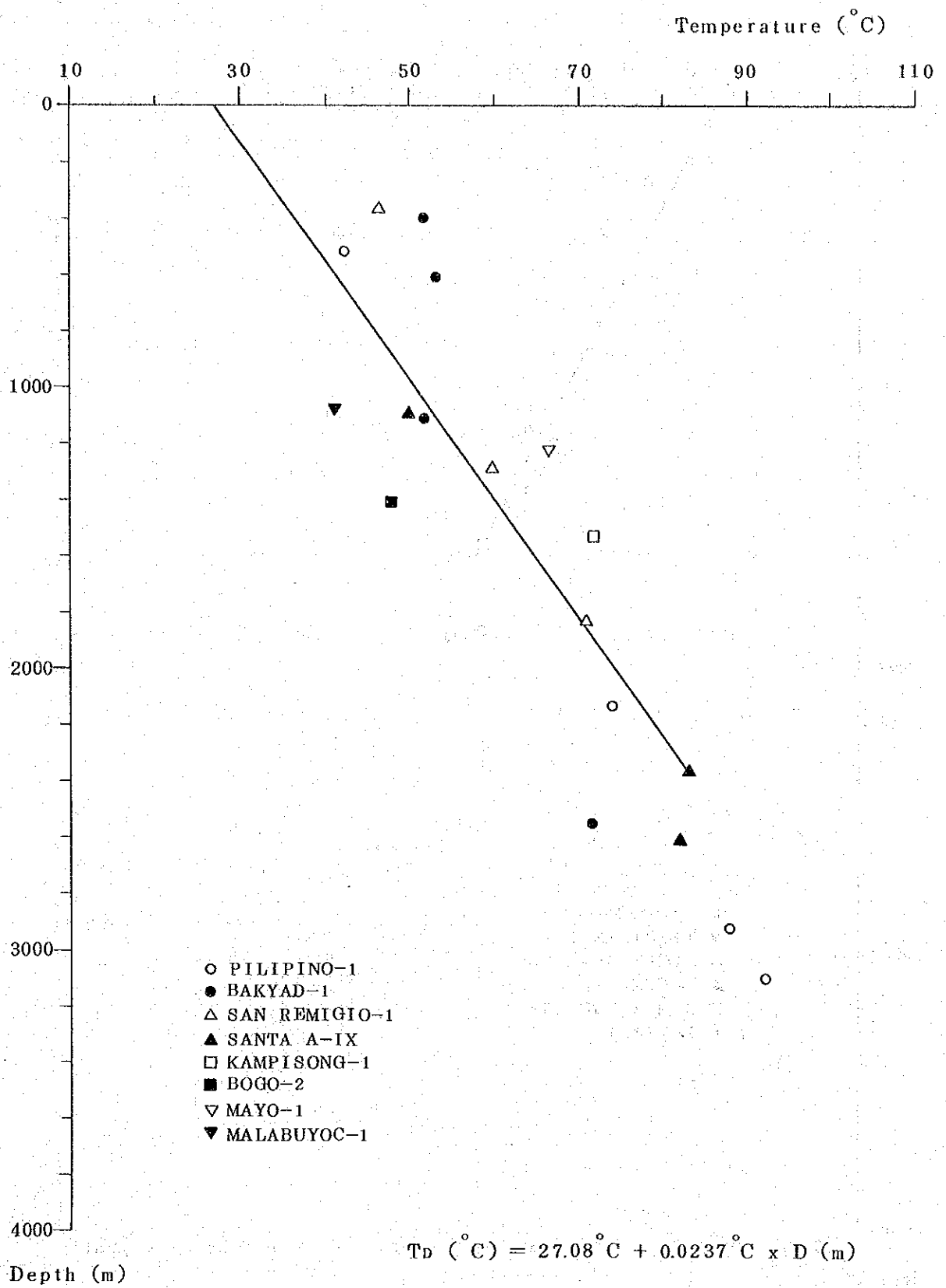
第5図 カガヤン谷堆積盆における地温の垂直分布



第6図 中部ルソン谷堆積盆における地温の垂直分布



第7図 イロイロ堆積盆における地温の垂直分布



第 8 図 ビサヤン海堆積盆における地温の垂直分布

となる年平均気温が27.08℃もあるのだから、地温に関する限り、共水性ガス鉱床の成立に否定的な要素はない。

6 飽和メタン-水比

飽和メタン-水比はメタンの水に対する溶解度を Nm^3 / kl の単位で表わしたものにほかならない。メタンの純水に対する溶解度は CULBERSON and MCKETTA (1951) によって実験的に研究され、第9図のようなダイアグラムが与えられている。本図の縦軸はメタンの溶解度をモル分率で示したものの 10^3 倍で与えられているから、 10^3 を除いた数値を

$$2.2414 \div 1.8015 = 1.244$$

で割れば、 Nm^3 / kl で示した溶解度が得られる。ここに2.2414は1g分子の気体の標準状態における容積を $cm^3 \times 10^3$ 単位で表したもの、また1.8015は水の分子量である。

第9図を使うには圧力と温度が必要であるが、圧力については静水圧を、また温度については年平均気温と平均地温勾配とから求められる地温を採用すればよい。もちろん、この図は、psia および °F で作用されているから、次の換算式によって換算してから溶解度を求める必要がある。

$$\text{圧力} \quad \text{psia} = \text{ksc} \times 1.42235$$

$$\text{地温} \quad ^\circ\text{F} = (9/5 \times t + 32) ^\circ\text{C}$$

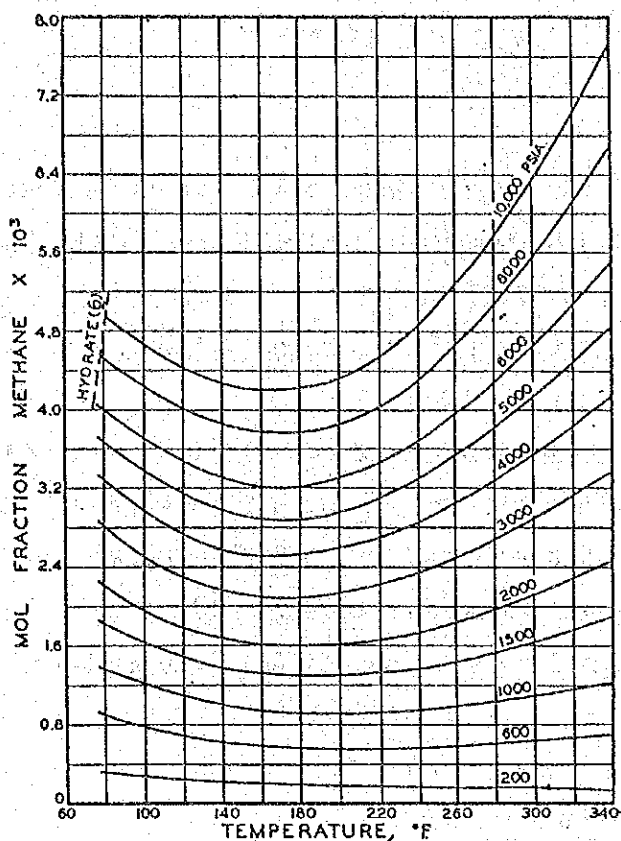
次に、ガス付随水は一般に塩水であるから、飽和メタン-水比については塩分補正が必要である。塩分補正に当っては、現在のところ第10図を使うのがもっともよいであろう。しかし、これは DODSON and STANDING (1944) が比重0.655の炭化水素ガスについて求めたものであるから、メタンの場合にはこれとは多少ちがったものとなるであろう。しかし、彼等が実験に使った炭化水素ガスはモル分率で0.8851ものメタンを含んでいるから、この図を使って補正を行うことは、実際問題として差しつかえないであろう。

一般にガス付随水の分析値における Cl^- の濃度は g または mg/l 、すなわち塩素度で与えられている。SVERDRUP, et al. (1942) によれば、塩素度と塩素量 (g または mg/Kg) との間には第2表のような関係がある。これを図示したのが第11図であるが、15.00 (0/00) 以上の塩素量に対しては、塩素量と塩素度との関係を示す点は、ほとんど一直線上にある。

第2表 塩素量と塩素度との対照表

| | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Chlorinity, ‰ | 15.00 | 16.00 | 17.00 | 18.00 | 19.00 | 20.00 | 21.00 |
| Chlorosity, g/l | 15.28 | 16.32 | 17.37 | 18.41 | 19.46 | 20.51 | 21.57 |
| Difference | .28 | .32 | .37 | .41 | .46 | .51 | .57 |

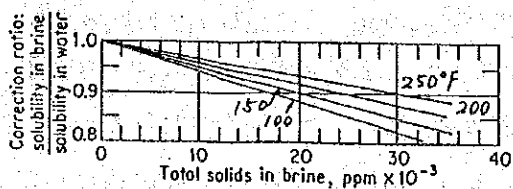
(SVERDRUP, et al., 1942)



(Culberson and McKetta, 1951)

Solubility of methane in water

第 9 図 メタンの純水に対する溶解度

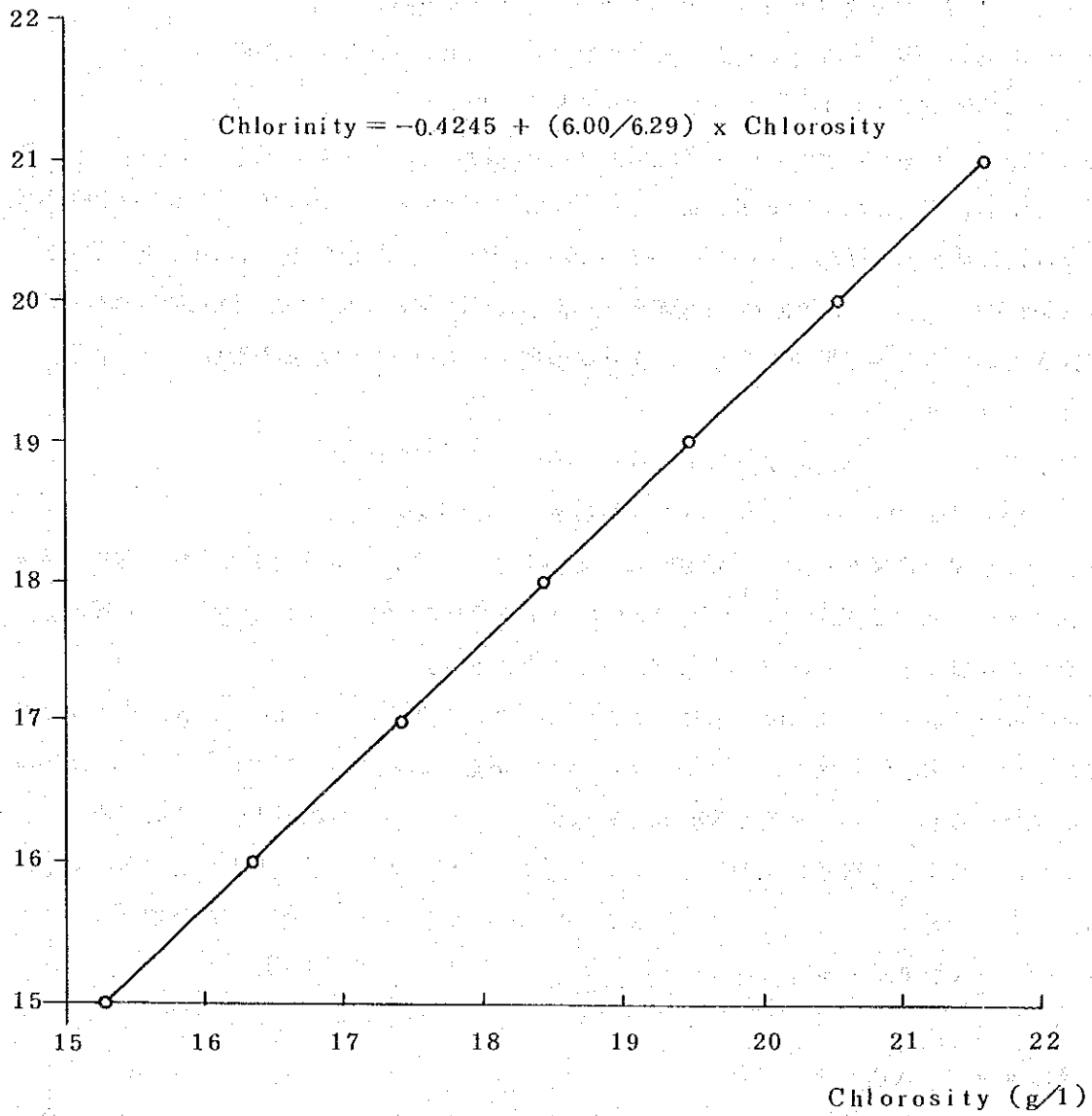


(Dodson and Standing, 1944)

Correction of solubility of methane in water

第 10 図 メタン溶解度の塩分補正

Chlorinity (0/00)



第11図 塩素量 (chlorinity) と塩素度 (chlorosity) との関係 (塩素量 > 1500)

したがって、塩素度(15.28)・塩素量(15.00)および同(21.00)・同(21.57)という2組の値を使って、塩素度と塩素量との関係を近似的に求めると、次のようになる。

$$\text{塩素量} = -0.4245 + (6.00 / 6.29) \times \text{塩素度}$$

もちろん、負の塩素量というものはあり得ないから、上の式が使えるのは

$$\text{塩素度} > 0.4245 / (6.00 / 6.29) = 0.445$$

の場合である。しかし、上の式は塩素度が15.28ないし21.57の場合を外延して求めたものであるから、厳密に言えば適用範囲もこの範囲とすべきである。塩素度が15.28g/l以下の場合については、原点と点(15.28, 15.00)とを結ぶ線分の方程式を使えばよい。しかし、第2表に含まれる塩素度をもっとも大きい場合でも、塩素度と塩素量の数値の差は、0.57で、塩素度の数値の2.77%に過ぎないから、実際問題としては、塩素度の数値をそのまま塩素量の数値としても差しつかえないであろう。

塩素量が知られていれば、塩分は次の式によって簡単に計算できる。

$$\text{塩分}(0/00) = 1.80655 \times \text{塩素量}(0/00)$$

分析表に全固形物量が0/00で示されている場合には、これを塩分とする方が合理的である。飽和メタン-水比は、塩素度が0g/l, 10g/l および20g/lの3つの場合について算出し、それぞれの曲線を描いておけば、実用的にはこと欠かない。

フィリピンにおいて地温勾配を求めることのできたカガヤン谷、中部ルソン谷、イロイロ、およびビサヤン海の4堆積盆について、それぞれ塩素度が0g/l, 10g/l, および20g/lの場合の飽和メタン-水比の深度分布を算出して図示したのが第12~14図である。それによれば、塩素度が海水並みの場合(20g/l)、飽和メタン-水比が1に達する深度は、カガヤン谷、中部ルソン谷、イロイロ、およびビサヤン海について、それぞれおよそ600m, 590m, および620mである。

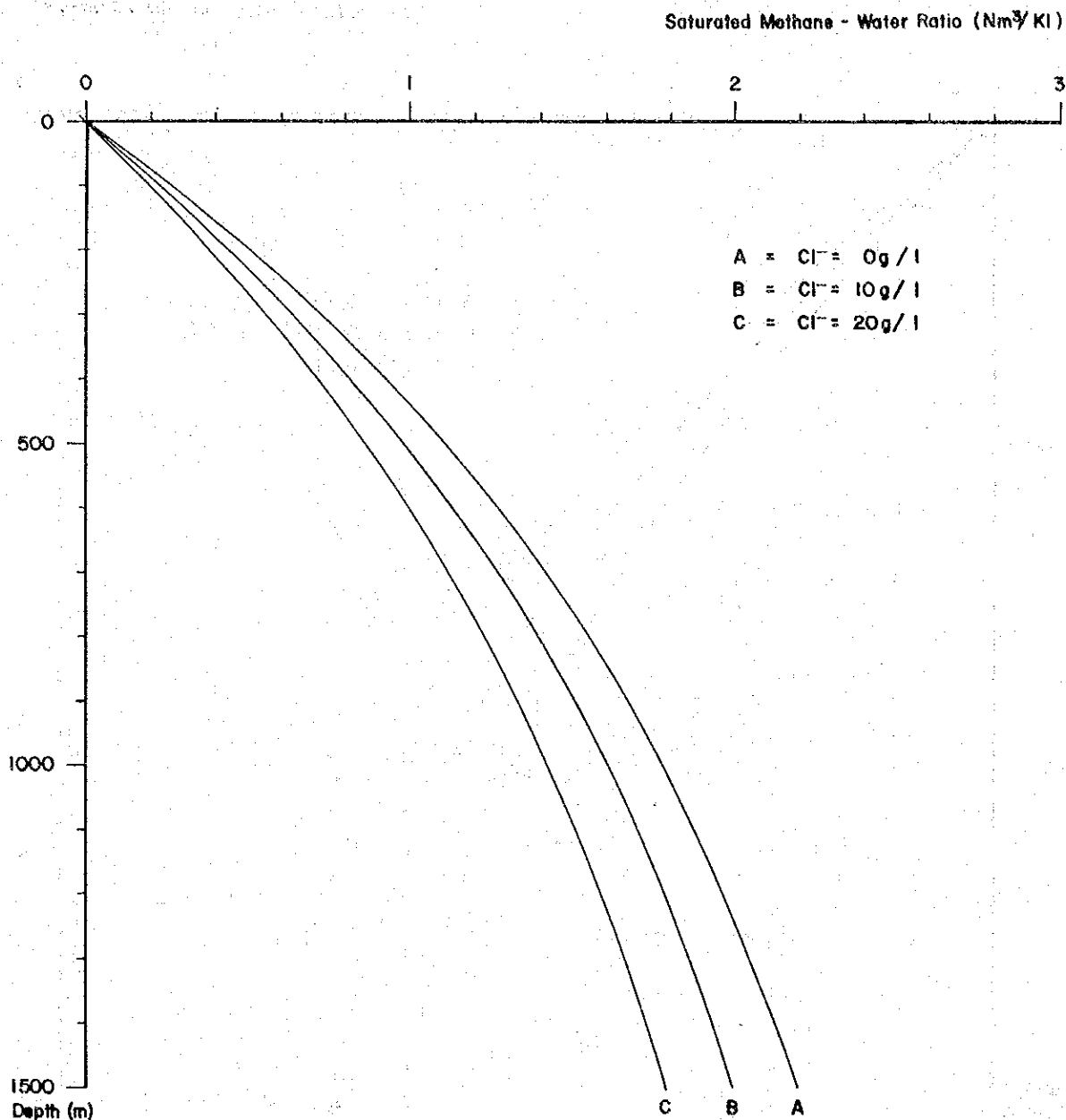
7 産出メタン-水比

地上に産出した付随水の単位容積と、これに伴って産出したガスの標準状態における容積との比が産出ガス水比である。しかし、共水性ガスの組成がさまざまなのに対して、これと比較すべき飽和メタン-水比はメタンに関するものであるから、産出ガス水比にメタンの容積濃度を乗じて得られる産出メタン-水比を求めておかなければならない。そして、産出メタン-水比と飽和メタン-水比とを比較することによって、共水性ガスの賦存度を判定することができるのである。

8 カガヤン谷堆積盆

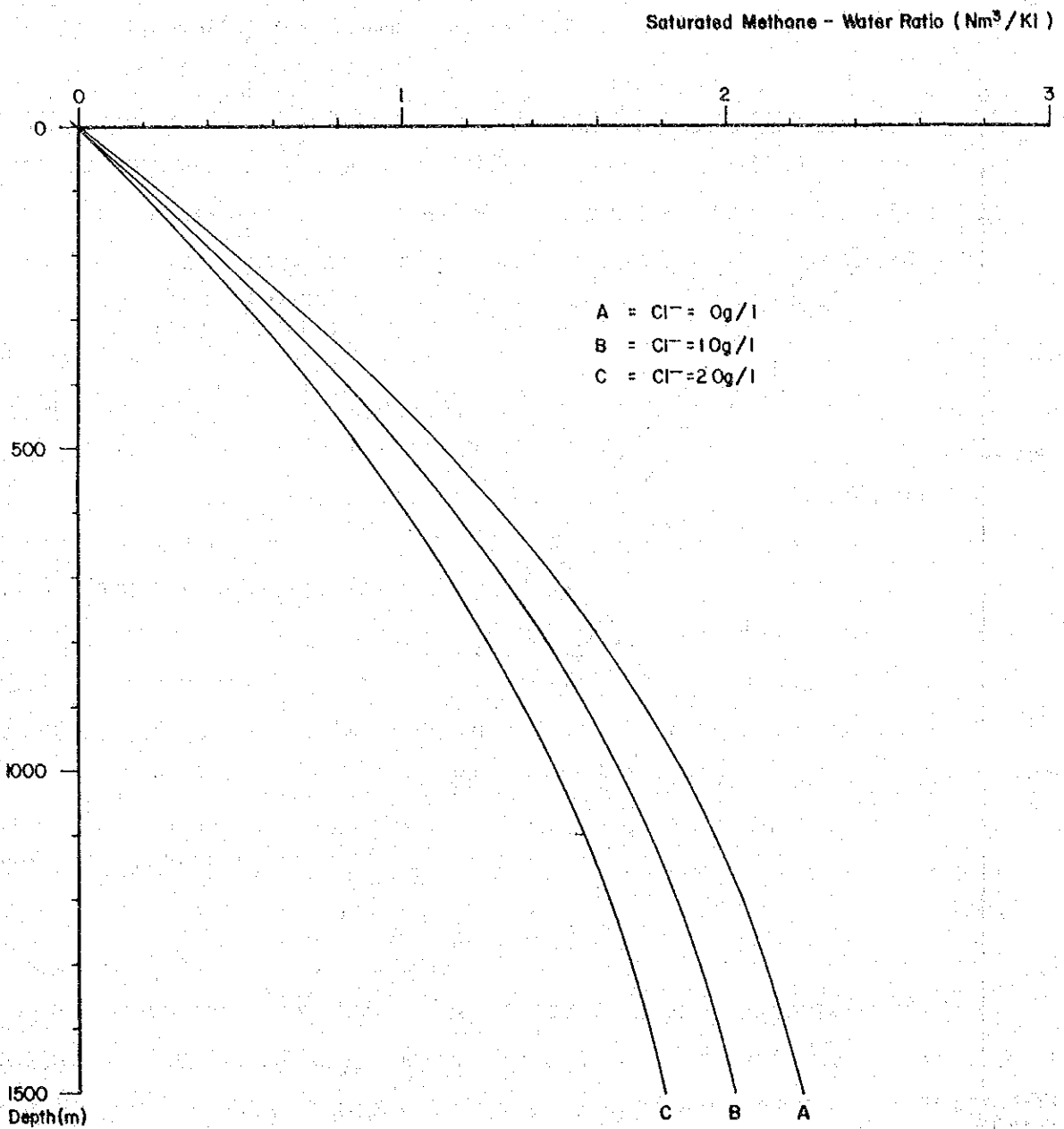
1) 地質

Generalized Depth Distribution of Saturated Methane - Water Ratio In Cagayan Basin.



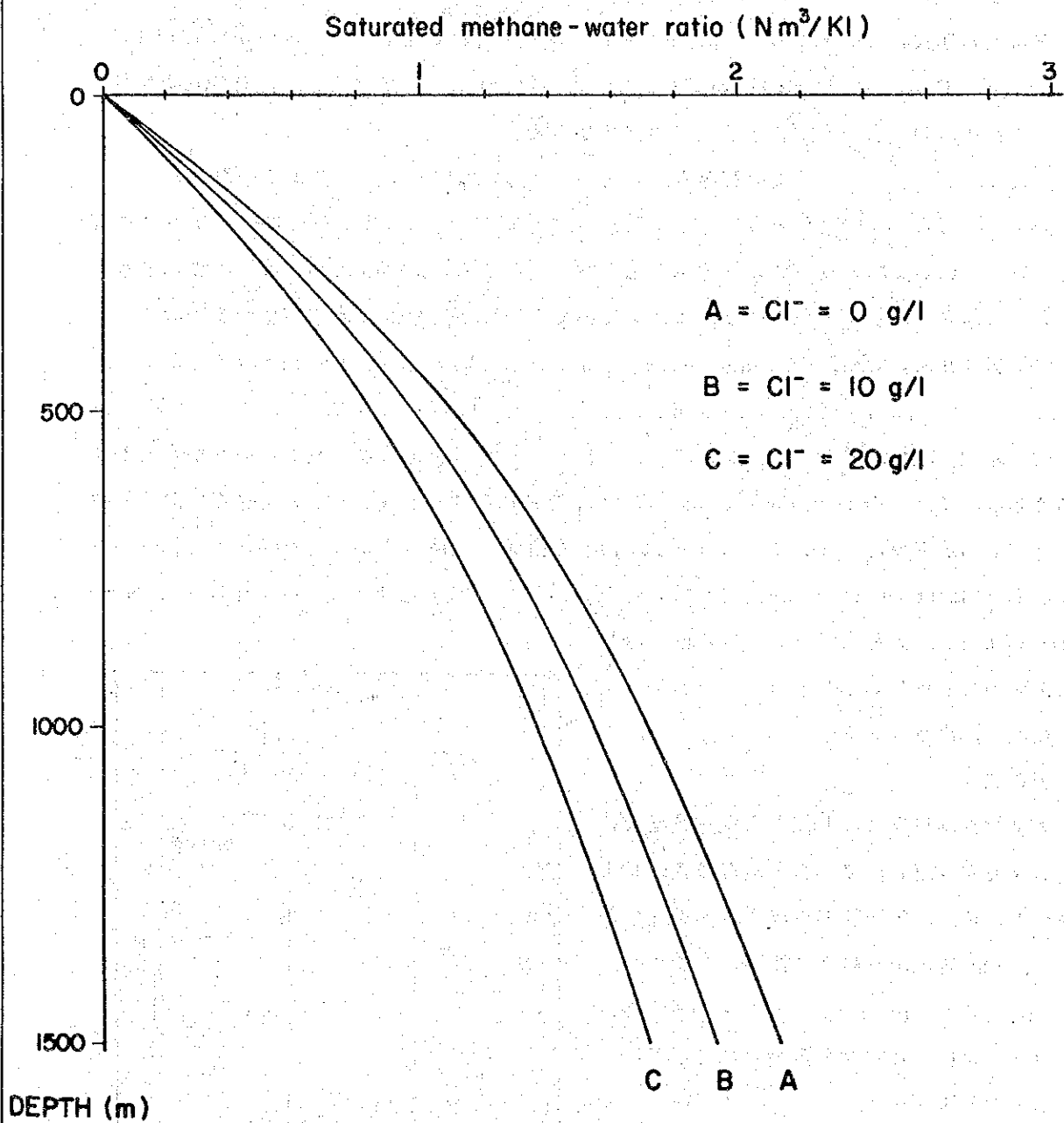
第 12 図 カガヤン谷堆積盆における飽和メタン-水比の深度分布

Generalized Depth Distribution of Saturated Methane - Water Ratio in Central Luzon and Iloilo Basins.



第 1 3 図 中部ルソン谷堆積盆およびイロイロ堆積盆における飽和メタン-水比の深度分布

Generalized Depth Distribution of Saturated Methane-Water Ratio in Visayan Sea Basin



第14図 ビサヤン海堆積盆における飽和メタン-水比の深度分布

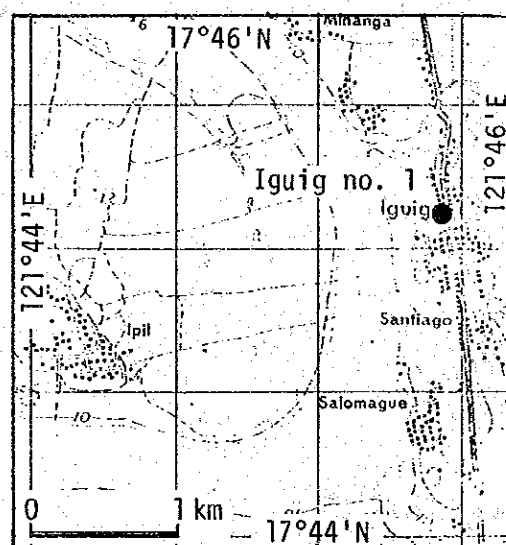
この堆積盆は、ルソン島北部に位置し、同島に並行して南北に延び、約240 kmの長さを有する(第1, 16図)。堆積盆内には前期中新世~現世の堆積物が厚く発達し、その最大層厚は7,300 mにも達するといわれている(MERRILL, 1964)。堆積物は一般に南北の走向をもつが、堆積盆最北部では、一部北東-南西の走向をもっている。北部の中央から西寄り地域には、ゆるい褶曲構造が発達しているが、東部においては一般に西に傾斜している(第17, 19図)。

堆積盆内の堆積物は、下位からIbulao Formation, Lubuagan Formation, Callao Formation, Cabagan Formation, Ilagan Formation, 段丘堆積物, 沖積層などに区分され、それぞれの岩層, 層厚などを第18図に示した。

Callao Formationは、塊状石灰岩からなり、ケスタ地形を形成し、よく追跡できる。Ilagan Formationは、厚い淘汰のよい砂岩をはさみ、Callao Formation同様ケスタ地形を形成している。本層は、共水性ガスのよい貯留層になると思われるが、淘汰のよい透水係数の大きい地層で、しかも西方にゆるく傾いているため浅い部分は、天水の影響を受けていることが予想される。なお、Ilagan Formation上にIwiden Mesa Formationを区別する(Mineral Fuels Division, Bureau of Mines, 1976)見方もある。本層は、以下の諸層が海成堆積物であるのに対して、泥炭層を挟み、汽水ないし淡水成の堆積物である。また、Ibulao Formationの下に、塩基性溶岩・集塊岩・凝灰角礫岩・凝灰質砂岩・シルト岩からなるDumatata Formationを区別する見解もある。(Mineral Fuels Division, Bureau of Mines, 1976)。Carby et al.(1951)は、これをLater Tertiary volcanicsとしている。本層は、時代、岩相において、日本列島のいわゆるグリーンタフに類似し、注目される。

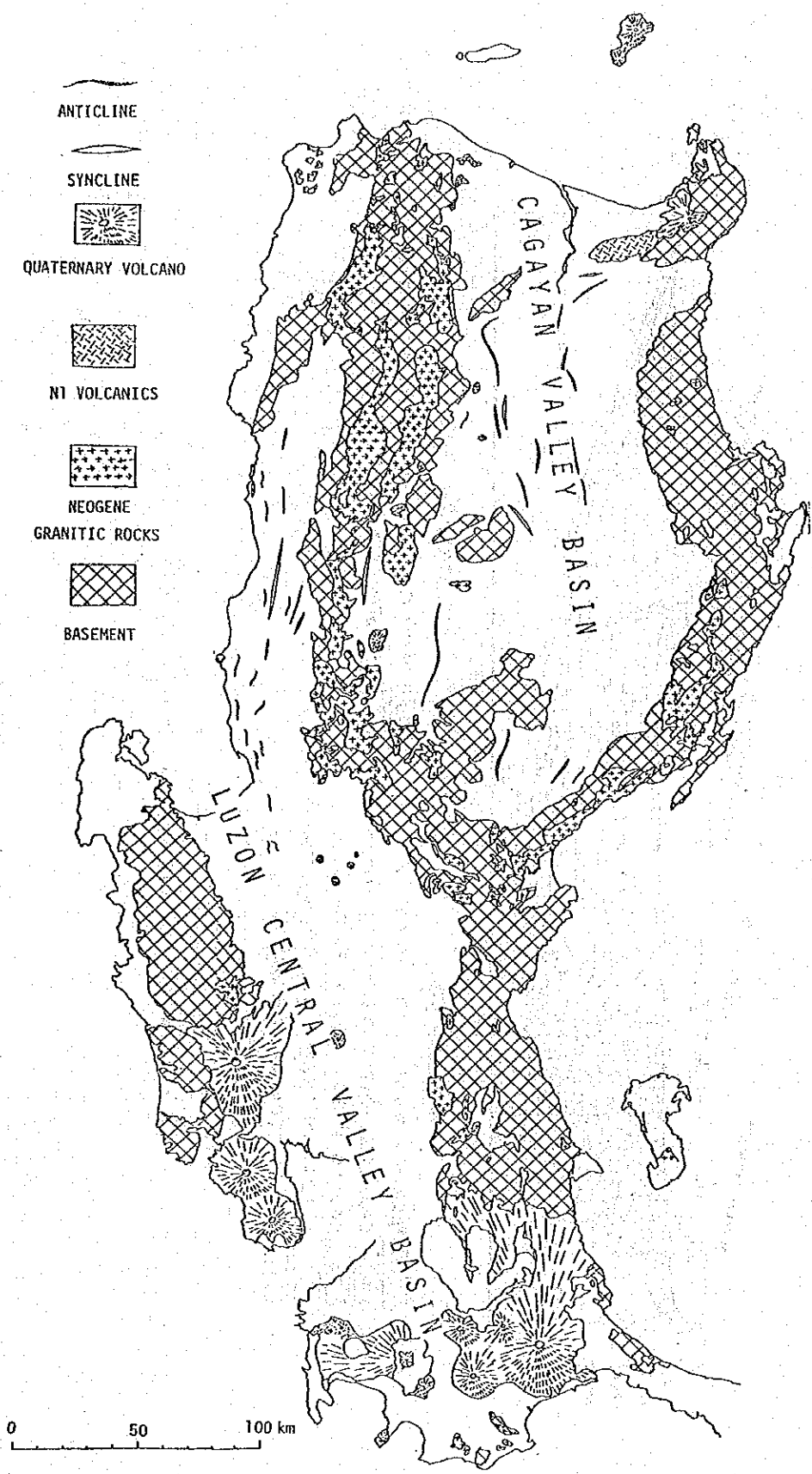
2) 調査坑井

カガヤン谷堆積盆には下部中新統~更新統の厚い海成層が発達し、ガス鉱床賦存の条件をよく備えているが、経済開発の遅れから深井戸が少なく、知り得た現存のガス徴候地としては、Iguigの坑井(Iguig no.1) 1井のみであった。ガス徴を伴わない塩水の産出地としてはAparri市が知られる。

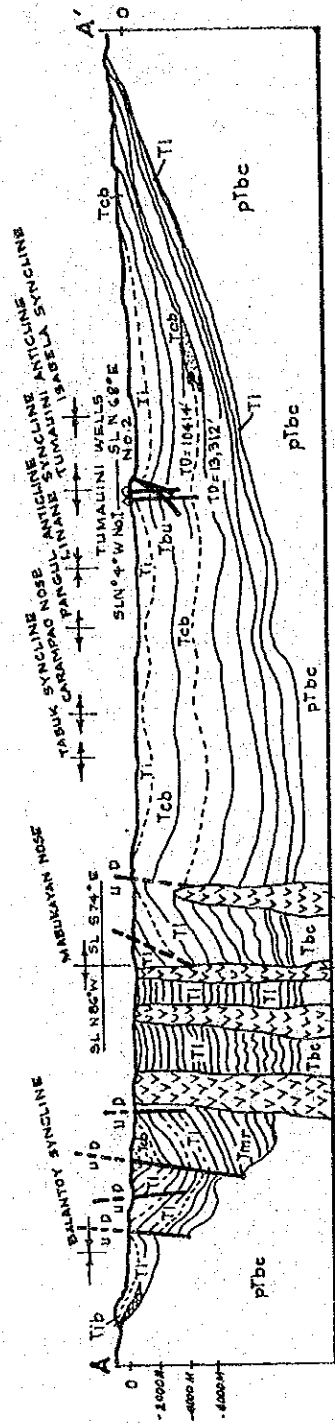


1:50,000 IGUIG(PCGS 3373 III)

第15図 Iguig no.1 坑井位置図



第16図 ルソン島の堆積盆



FORMATION







- Tib ILAGAN FORMATION (Plio. to Pleist. - h)
- Tibc CABAGAN FORMATION (Late Mio. to Plio. - f₃-h)
- Tc CALLAO FORMATION (Middle Mio. - f₁-f₂)
- Tl LUBUAGAN FORMATION (Early to Middle Mio. - c₄-c₅-f₁)
- Tint IBULAO FORMATION (Early Mio. - c₄-c₅)

VOLCANICS

- Tint TERTIARY INTRUSIVE (Pleist. to Recent - h₂)
- ptbc BASEMENT COMPLEX (Pre-Tertiary)

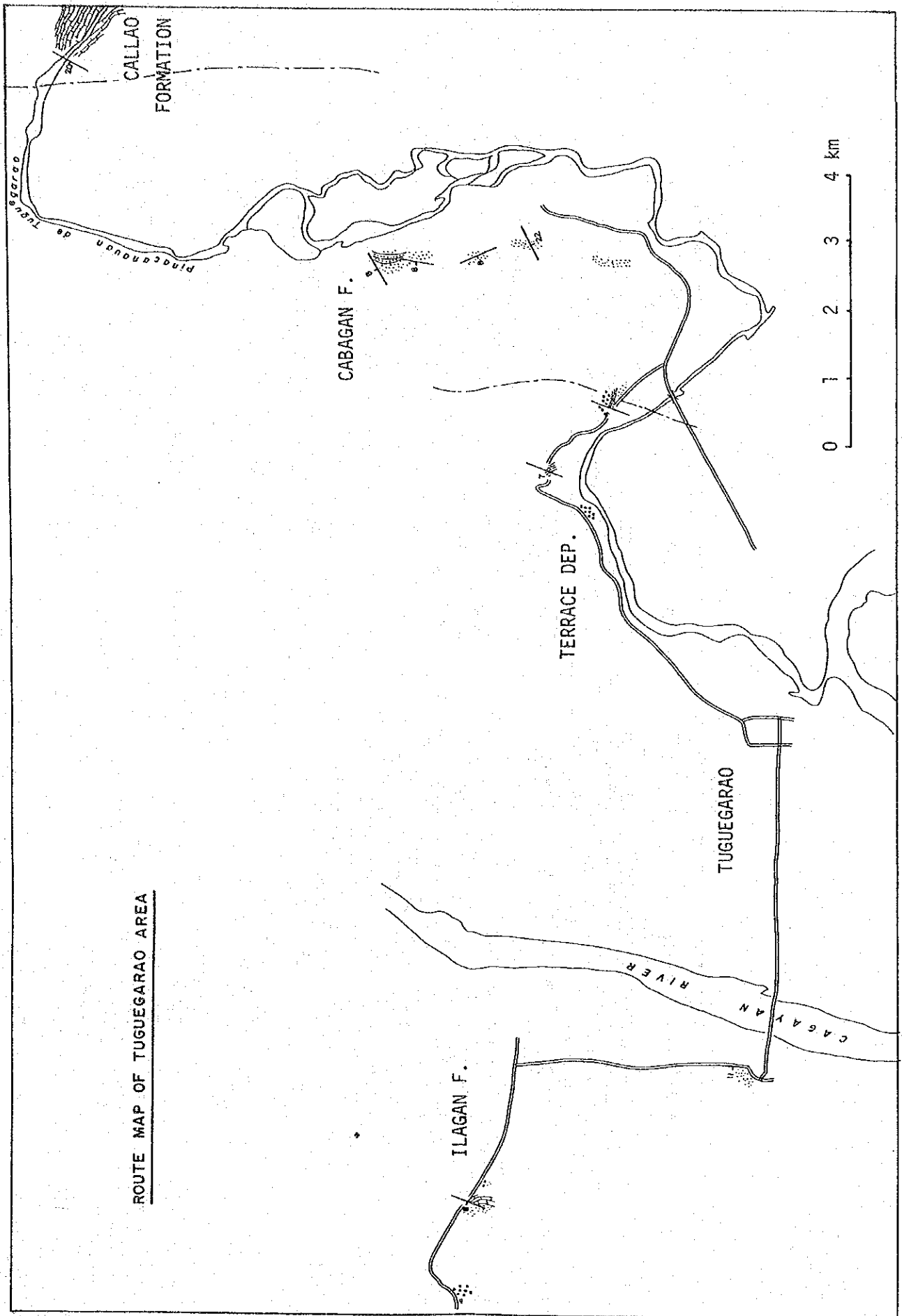
Mineral Files Division, Bureau of Mines, 1976

第17図 カガヤン谷堆積盆の東西断面

| SYSTEM | SERIES | STAGE | FORMATION | COLUMNAR SECTION (Composite) | LITHOLOGIC DESCRIPTION | THICKNESS in Feet | ENVIRONMENT of Deposition |
|------------|--------------|-------|-------------------------|---|---|-------------------|-------------------------------|
| Quaternary | Recent | | Alluvium Terrace gravel |  | Loose sand, clay, sand, clay, gravel | 1000 | Terrestrial Lagoon |
| | Pleistocene | | Ilagan Fm. |  | Graywacke sandstone, conglomerate and shale. | 3280 | Shallow marine to continental |
| Tertiary | Pliocene | | Cabagan Fm. |  | Carbonaceous shale w/ sparse thin beds of graywacke sandstone. | 2395 | Inner to outer neritic |
| | | Upper | Callao Fm. |  | Massive bihermal limestone | 3280 | Inner Neritic |
| | Miocene | Lower | Lubuagan Penetration |  | Interbedded graywacke sandstone shale, thin beds of limestone at base | 5180 | Inner to outer Neritic |
| | pre-Tertiary | | Basement Complex |  | Andesite, Basalt, Agglomerate | 430 | Inner Neritic |

Mineral Fuels Division, Bureau of Mines, 1976

第18図 カガヤン谷堆積盆東部の層序



第19図 Tuguegarao付近およびその東北方地区のルートマップ

Iguig (Cagayan)

Iguig no.1 (第15, 20図, 第3, 4表, 写真1~3) カガヤン谷の中心都市 Tuguegarao の北方15 kmの Iguig の町の小学校庭に, 1965年5月に掘削された深度177 mの地下水坑井であり, ガスを伴った淡黄色の塩水を自噴する。自噴水量は2.26 kl/dayであるが, ガス量は坑井の付帯設備が障害となって測定できなかった。ガスは, CH₄ 97.06%, CO₂ 0.09%, N₂ + etc. 2.85%により構成され, 8,700 Kcal/Nm³ の発熱量を有し, 有害はH₂Sなどを全く含まないため, 燃料として適する。塩水中には4.960 mg/lの塩素 (Cl⁻), 8.8 mg/lのヨウ素 (I⁻)などが含まれる。

この坑井には, NSDB-COMVOL Project (No. 7603 En)によるコンクリート製の固定式ガスセパレーターが設置されている。セパレーターで分離されたガスは, 小学校の厨房用ガスとして使用され, 数個のガスコンロに供給されるとともに, 容積1.7 m³程度のガス冷蔵庫1基の運転に供されている。

本坑井は泥, 砂, 礫層などからなる Ilagan Formation 中において仕上げられている模様であり, ガスは同層に由来するものであろう。

Ilagan Formation は, 鮮新~更新世の汽水性, 浅~深海性などの堆積物からなり (GONZALES et al. 1978)カガヤン谷堆積盆中に広く分布するため, 水溶性ガス鉱床賦存層としての条件を備えているところもあるものと思われる。Iguig no.1の塩水中のヨウ素-塩素比1.77は, この地層がヨウ素原料水の供給層としてのポテンシャルをもち得る可能性のあることを示している。

Aparri (Cagayan)

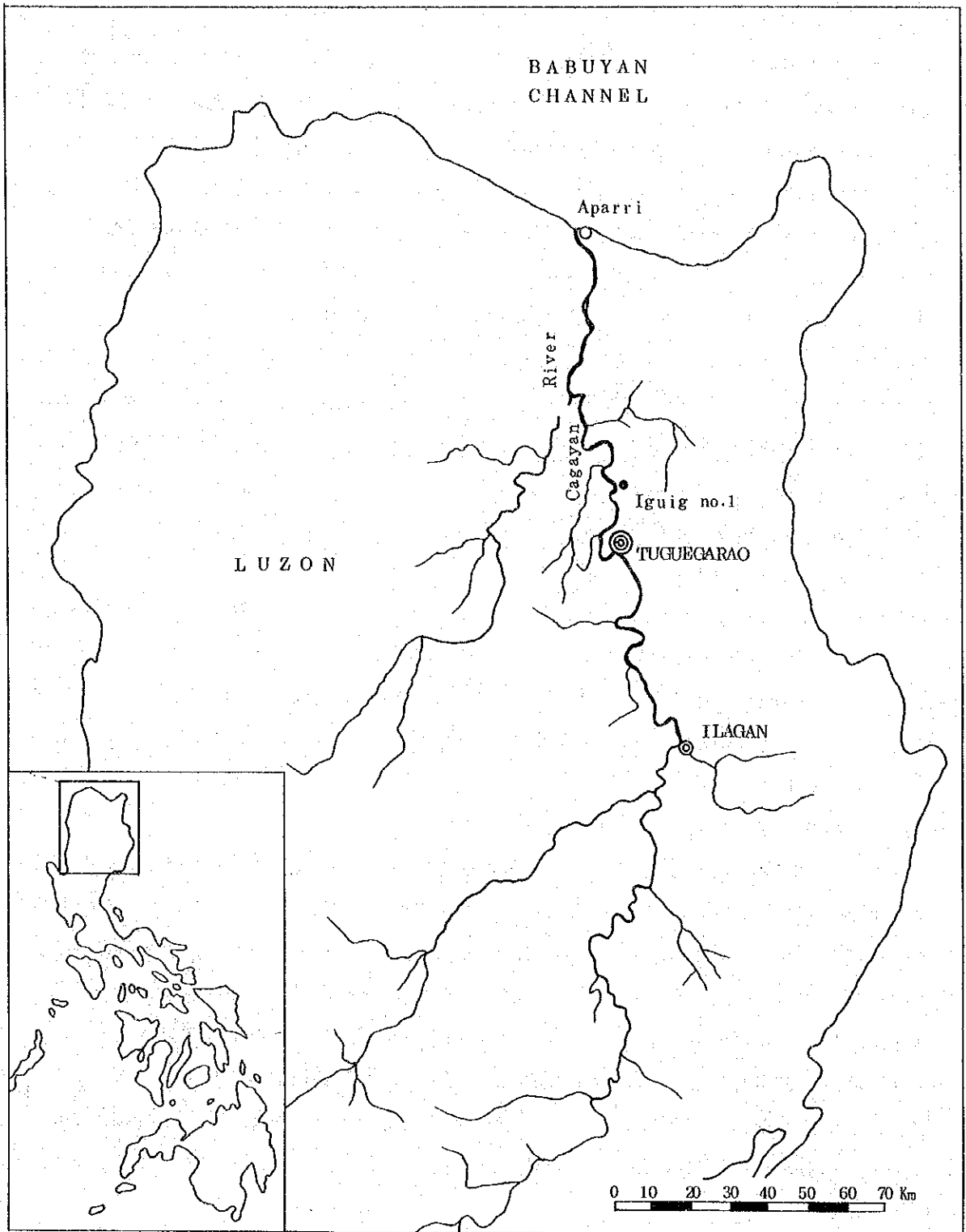
カガヤン谷堆積盆北縁に位置し, Babuyan 海峡に面するAparri 市内のCagayan 川河口東岸の海岸から約100 m内陸に, Aparriの水管区事務所 (Water District) により掘削された深度18 mの地下水探査井から, 動力揚水により塩水が産出したが, ガス徴に関する証拠は得られていない。現在, この坑井は閉鎖されているため, 試料の採取はできなかった。

海岸から約300 m内陸の市街地内の小学校庭にも, 深度18 mの地下水探査井 (写真4)があり, 淡水を産出したといわれるが, 閉鎖されており, 試料の採取はできなかった。

水管区事務所の関係者の話によると, Aparri 市内においては, 深度6 mを越えるとしばしば塩水に当たるため, 6 m以上の井戸はほとんどなく, また, ガス徴は報告されたことがないといわれる。

Aparri 市付近はCagayan 川の河口デルタ堆積物の発達するところであり, 塩水はその堆積物に由来するものと予測されるが, この調査では明らかにできなかった。

3) 石油探査井



第20図 カガヤン谷堆積盆の坑井位置図

第3表 カガヤン谷堆積盆の坑井測定値および水質分析表

| Loc. No. | Well | Depth (m) | Flow rate | | Gas Water ratio | Bubble of gas | Groundwater | | | |
|----------|------------|-----------|--------------------------|--------------|-----------------|---------------|------------------|-------|-----|--------------------------------------|
| | | | Gas (Nm ³ /d) | Water (kl/d) | | | Temperature (°C) | Color | pH | HCO ₃ ⁻ (mg/L) |
| 1 | Iguig no.1 | 177 | | 22.6 | - | - | 29.0 | - | 7.8 | 30 |

| Loc. No. | Groundwater | | | | | | Noto |
|----------|-----------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------------|--|-------------|
| | Free CO ₂ (mg/L) | Cl ⁻ (mg/L) | I ⁻ (mg/L) | Br ⁻ (mg/L) | SO ₄ ²⁻ (mg/L) | I ⁻ /Cl ⁻ (×10 ⁻³) | |
| 2 | 4960 | 8.8 | 23.5 | 0 | 1.77 | 4.74 | NSDB-COMVOL |

第4表 カガヤン谷堆積盆における調査坑井のガス分析表

| Loc. No. | Free gas | | | | | | | Vol. % | Note | |
|----------|----------|----------------|----------------|----------------|-----------------|------|-----------------|--------|------|------------------|
| | He | H ₂ | O ₂ | N ₂ | CO ₂ | Ar | CH ₄ | | | H ₂ S |
| 1 | 0.004 | 0.000 | 0.20 | 2.59 | 0.09 | 0.06 | 97.06 | 0.00 | 0.00 | 43 |

カガヤン谷堆積盆においては、1956年以來現在までに28本の石油探査坑井が掘削され、掘削総延長は6,472.2mに達する。これらのうち最も深い坑井は1972年にKalinga-Apayao provinceのTabukにおいてPHILODRILLによって掘削された深度4,788mのTopac-1である。また、最も浅深度のものは1962年にMt. provinceのTasudanにおいて Consolidated Mines によって掘削された85mのVA-2である。なお、1980年10月に29本目の坑井が、PNOO-EOにより、Isabela provinceに開坑された。

Tamauni-1 1956年1月～6月、PODCOにより、Isabela provinceのMallig (北緯 $17^{\circ}19'49.5''$ 東経 $121^{\circ}39'44.6''$)に掘削された深度3,174mの坑井である。複数の深度からガス徴が認められた。塩水へ移る深度は640m前後である。

Faire-1 1957年3月～8月、STANVACにより、Cagayan provinceのFaire (北緯 $17^{\circ}51'26''$ 東経 $121^{\circ}35'23''$)に掘削された深度3,147mの坑井である。油徴、ガス徴は認められたが、非商業的規模であったため廃棄された。300m以浅で塩水に移る。

Tamauni-2 1957年6月～12月、PODCOにより、Isabela provinceのMallig (北緯 $17^{\circ}20'49''$ 東経 $121^{\circ}39'22''$)に掘削された深度4,118mの坑井である。高圧ガスの噴出があったが、非商業的規模であったため廃棄された。

Ipil-1 1958年1月～8月、STANVACにより、Isabela provinceのEchague (北緯 $16^{\circ}37'55''$ 東経 $121^{\circ}38'00''$)に掘削された深度2,213mの坑井で、調査終了後廃棄された。塩水へ移る深度は1,000m前後である。

Abaca-1 1958年9月～1959年1月、STANVACにより、Cagayan provinceのPehablanca (北緯 $17^{\circ}35'92''$ 東経 $121^{\circ}46'48''$)に掘削された深度2,424mの坑井である。ガス徴は認められたが廃棄された。70m以浅で塩水に移る。

Ipil-2～4 これらは1959年2月9日にSTANVACによりIsabela provinceのEchagueに掘削された坑井である。2号井にガス徴が認められたが、いずれも廃棄された。

Illuru-1 1959年10月～1960年1月、Topco/CalasintioによりCagayan provinceのRizal (北緯 $17^{\circ}49'49''$ 東経 $121^{\circ}21'26.7''$)に掘削された2,815mの坑井である。油徴、ガス徴は認められず廃棄された。

Rizal-1 1960年1月～5月、STANVACにより、Isabela provinceのSantiago (北緯 $16^{\circ}43'46''$ 東経 $121^{\circ}34'39''$)に掘削された深度2,815mの坑井である。深度43mでIlagan Formationに、931mでCabagan Formationに達している。塩水へ移る深度は約975mである。油徴、ガス徴は認められず廃棄された。

Narra-1 1960年1月～2月、STANVACにより、Isabela provinceのEchague (北緯 $16^{\circ}39'13''$ 東経 $121^{\circ}46'31''$)に掘削された深度1,866mの坑井であ

る。岩相は760~1,050mの間が頁岩, 1,050m以下は頁岩と砂岩の互層である。塩水へ移る深度は約640mである。

Paret-1 1960年8月~9月, STANVACにより, Cagayan provinceのParet (北緯17°50'07" 東経121°48'03")に掘削された深度1,676mの坑井である。油徴, ガス徴はなく, 廃棄された。塩水へ移る深度は約640mである。

Nassiping-1 1961年2月~9月, Anglo/Topco/Calasintio/PODCOにより Cagayan provinceのGattaran(北緯17°59'48" 東経121°38'6.1")に掘削された深度1,676mの坑井である。油徴, ガス徴はなく廃棄された。

VA-1~2 1962年4月~5月, Consolidated Minesにより, Mt. provinceのTusdanに掘削された深度各々109および85mの坑井である。

Topac-1A 1970年12月~1971年3月, PHILODRILLにより, Kalinga provinceのTabuk (北緯17°19'40", 東経121°26'47")に掘削された深度221mの坑井である。深度188mおよび200mに油徴およびガス徴が認められたが, 非商業的規模で廃棄された。

Pinto Strat-1 1971年5月, PHILODRILLにより, Cagayan province (北緯16°58'8" 東経121°26'13")に掘削された深度390mの坑井である。油徴, ガス徴は認められず廃棄された。

Topac-1 1971年5月~1972年9月, PHILODRILLにより, Kalinga-Apayao provinceのTabuk (北緯17°19'27.9" 東経121°26'40.2")に掘削された深度4,788mの大深度坑井である。油徴, ガス徴は認められず廃棄された。

Allangigan-1~2 1974年9月~1975年1月, PHILODRILL (Rig:PHILODRILL 80-B)により, Ifugao provinceに掘削された深度各々2,605mおよび1,576mの坑井である。調査終了後廃棄された。

Topac-2 (第3図) 1976年1月~9月, PHILODRILL (Rig:National 80-B)により, Kalinga-Apayao provinceのTabuk (北緯17°19'30" 東経121°26'43.2")に掘削された深度1,763mの坑井である。対象は砂岩層である。油徴, ガス徴は認められず廃棄された。

Rizal-2 (第3図) 1976年8月~12月, PNOG-EG (Rig:Romania F-200-2DH3)により, Isabela provinceのSantiago (北緯16°43'42.6" 東経121°34'41.27")に掘削された深度3,171mの坑井である。対象層はCarbonate reefである。油徴, ガス徴は認められず廃棄された。Sonic logによれば深度500, 1,000および2,000mにおけるSonic速度は各々2,000, 2,300および3,000m/sである。塩水へ移る深度は約550mである。

Cabalwan-1 (第3図) 1977年3月~6月, PNOO-EC(Rig:Romania F-200-2DH3)により, Cagayan province の Solana (北緯 $17^{\circ}38'91.8''$ 東経 $121^{\circ}33'34.8''$) に掘削された深度 $3,712\text{ m}$ の坑井である。対象層はCabaganおよびLuguanagan Formationの砂岩である。油徴, ガス徴は認められず, 廃棄された。Sonic logによれば深度 500 , $1,000$ および $2,000\text{ m}$ におけるsonic速度は各々 $1,700$, $2,200$ および $2,200\text{ m/s}$ である。

Reina Mercedes-1 (第3図) 1977年, 2月~10月, PNOO-EC(Rig:Glomar Tasman)により, Isabela province の Reina Mercedes (北緯 $17^{\circ}00'21.9''$ 東経 $121^{\circ}47'22.2''$) に掘削された深度 $3,353\text{ m}$ の坑井である。対象層は始新世の砂岩である。油徴, ガス徴は認められず廃棄された。

Topac-3 (第3図) 1977年12月~1978年2月 PHILODRILL (Rig:Glomar Tasman)により Kalinga-Apayao province の Calacod (北緯 $17^{\circ}20'15''$ 東経 $121^{\circ}26'48''$) に掘削された深度 $2,393\text{ m}$ の坑井である。対象層は下部中新統のreefal limestoneである。油徴, ガス徴は認められず廃棄された。Sonic logによれば深度 500 , $1,000$ および $1,500\text{ m}$ におけるsonic速度は各々 $2,250$, $2,300$ および $2,500\text{ m/s}$ である。塩水へ移る深度は 100 m 以内である。

Callang-1 (第3図) 1978年12月~1979年8月, PNOO(Rig:Romania F-200-2DH3)により, Isabela province の San Andres (北緯 $16^{\circ}58'48.8''$ 東経 $121^{\circ}35'21.7''$) に掘削された深度 $4,051\text{ m}$ の坑井である。対象層は下部~中部中新統のcarbonate reefである。油徴, ガス徴は認められず廃棄された。Sonic logによれば深度 500 , $1,000$ および $2,000\text{ m}$ におけるsonic速度は各々 $1,600$, $2,200$ および $2,800\text{ m/s}$ である。

San Antonio-1 (第3図) 1980年5月~7月, PNOO-EC(PNOO-Rig)により, Isabela province (北緯 $16^{\circ}37'26.62''$ 東経 $121^{\circ}37'48.64''$) に掘削された深度 $2,301\text{ m}$ の坑井である。中新統のcarbonate reefを対象としたもので, ガスが噴出し, 産出テストが行われた模様である。

Salay-1 1980年8月~10月, PNOO-EC(Rig:Romania-1)により, Isabela province の Echague (北緯 $16^{\circ}41'58.813''$ 東経 $121^{\circ}42'02.804''$) に掘削された深度 $2,857\text{ m}$ の坑井である。中新統のcarbonate reefを対象にしたもので, 油徴, ガス徴は認められず廃棄された。

Arabiat-1 1980年10月, PNOO-ECにより, Isabela province (正確な位置不明)において開坑された。

9 中部ルソン谷堆積盆

1) 地 質

本堆積盆は、ルソン島北西部を南北に走り、リングエン湾を経てマニラ湾まで続き、全長500 kmに達する(第1, 16図)。しかし、この堆積盆のうち、共水性ガス鉱床に関連する新第三系上部～第四系の発達する区域は、リングエン湾からマニラ湾に至る南北約240 kmの区域である(第21図, 資料5, 6, 10)。この区域内において、堆積盆を構成する地層がよく観察できるのは、北東部のBaguio地区(資料7)、中西部のTarlac地区(資料8, 11, 12)および南東部のマニラ東方ないし北北東方の地区などに限られる。堆積盆中央部は、広く沖積層および洪積層に覆われているため、地表からの地質の解明は困難である。

中西部の地層は、一般に南北の走向をもち、東方に傾斜している。しかし、Tarlac北西のCamiling付近とTarlac付近には軸長それぞれ18 kmと4.9 kmのCamiling背斜とTarlac背斜が発達している(第22図)。また、Tarlac南東方には、軸長が8 km以上のLuisita背斜が見られる。一方南東部の地層は、南北走向で西へゆるく傾いている。

中西部の地層は、下位からAksitero Formation, Moriones Formation, Malinta Formation, Tarlac Formation, Bamban Formationに区別されている。岩相、層厚を、第23図に示す。なお、CORBY et al.(1951)は、Moriones Formation下にVolcanicsを置いている。Tarlac Formation, Malinta Formationの砂岩は、ケスタ地形をつくり、地表で容易に追跡することができる(第24図)。共水性ガスが期待されるTarlac FormationおよびMalinta Formationの砂岩は淘汰がよく、透水係数は大きい。したがって、その地質構造からみて、浅い部分は天水の影響を受けているものと予想される。

南東部の地層は、下位からKinabuan Formation, Maybangan Formation, Angat Formation, Madlum Formation, Guadalupe Formation (Laguna Formation)に区別される(第25図)。本地域でも、西にゆるく傾斜していることから、浅い部分は天水の影響を受けているものと予想される。

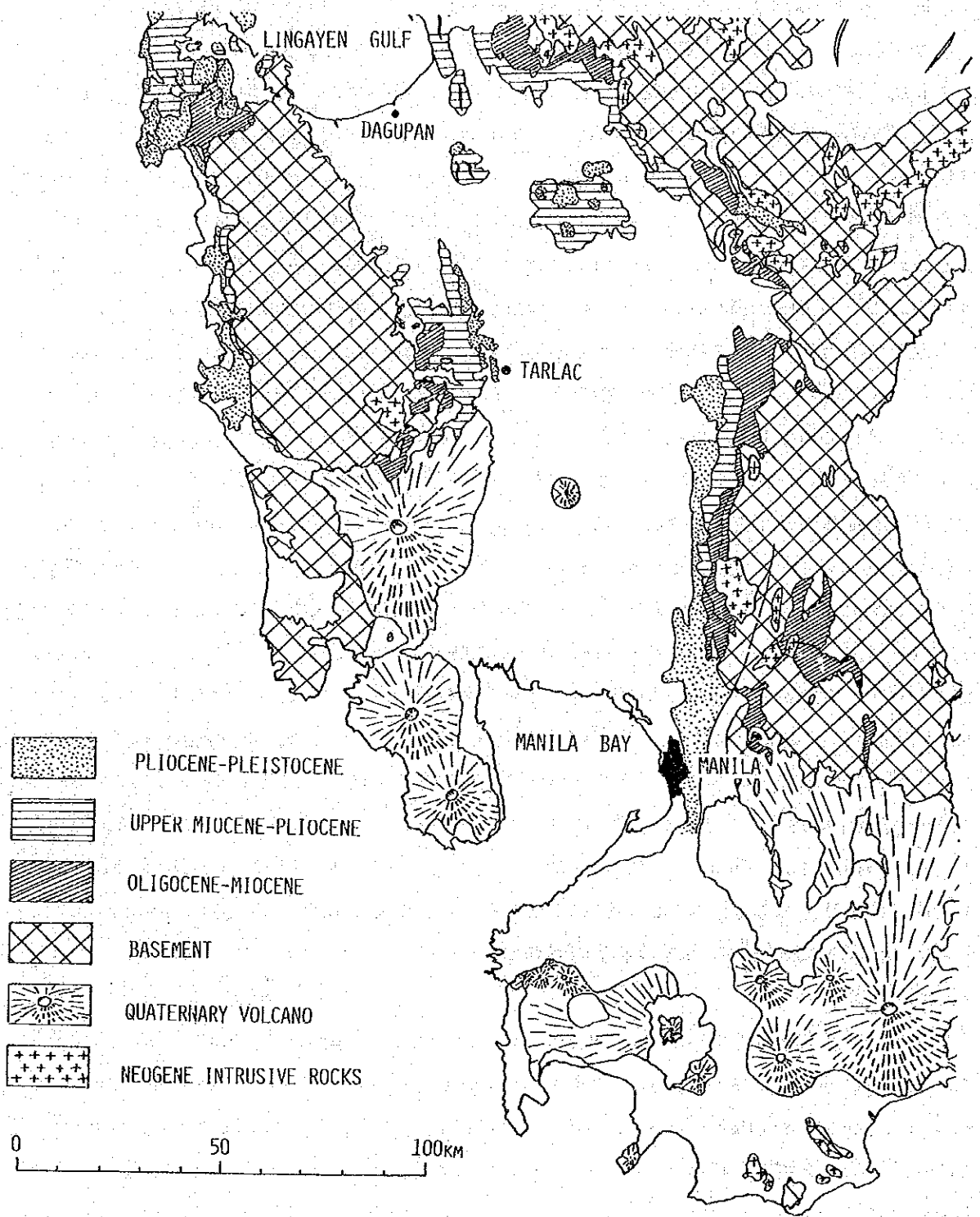
2) 調査坑井

中部ルソン谷堆積盆においては、Angat (Bulacan), Lingayen (Pangasinan), Tarlac (Tarlac), Dagupan (Pangasinan), Paniqui (Tarlac), Urbiztondo (Pangasinan), Aguilar (Pangasinan), Minalin (Panpanga), Villasis (Pangasinan)等における坑井を調査した。


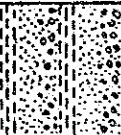
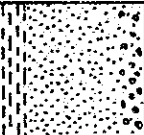
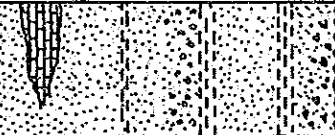
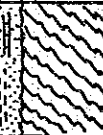

Angat (Bulacan)

Angat はマニラの北方約40 kmの中部ルソン谷堆積盆東縁部の水田地帯に位置する。ガス徴は集落内に掘削された3本の水井戸に認められる。

Angat no. 1 (第26, 27図, 第5, 6表, 写真5, 6) 1930年に、Angat小学校

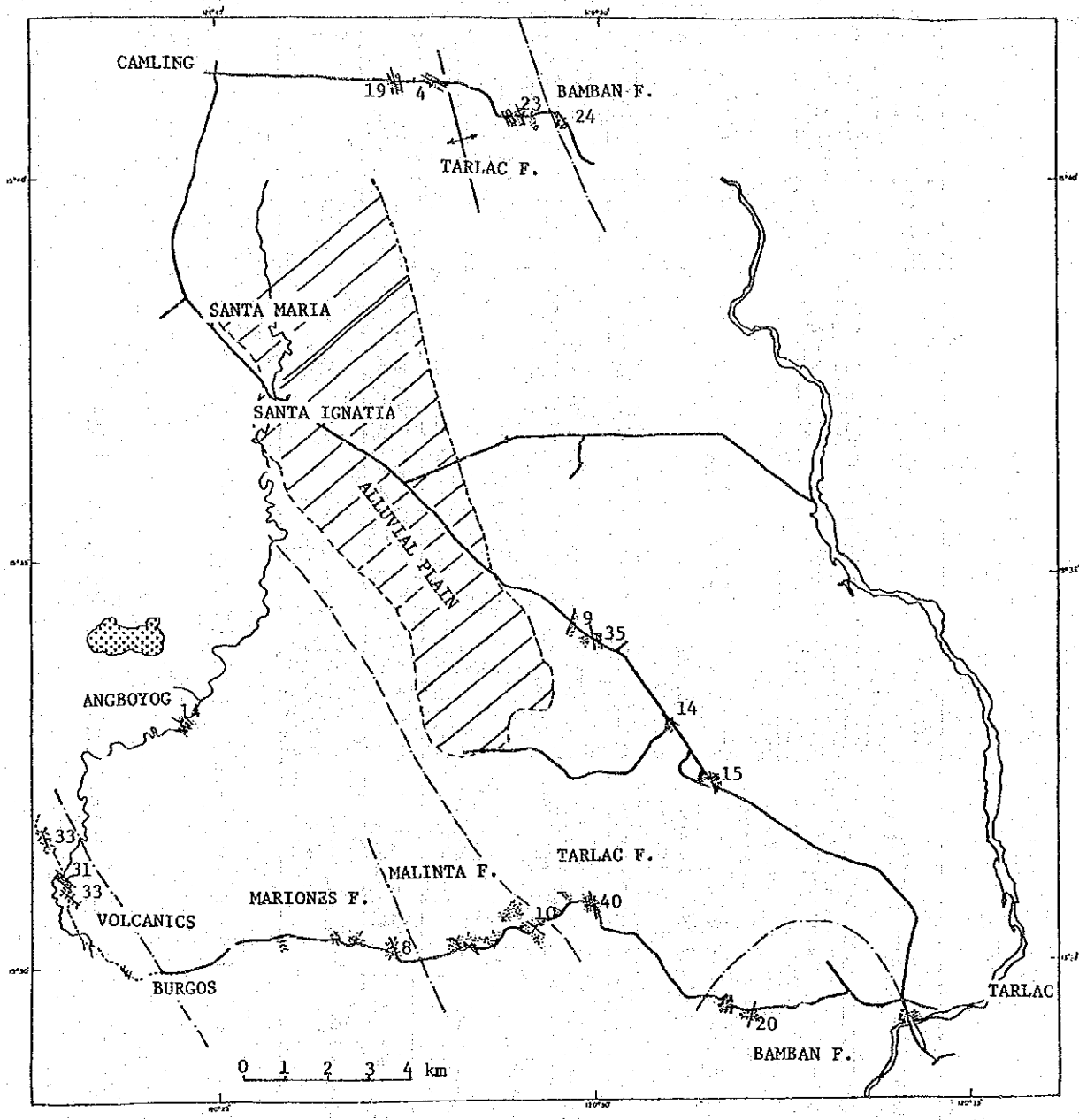


第21図 中部ルソン谷堆積盆とその周辺の地質図

| System | Series | Stage | Formation | Columnar Section (Composite) | Lithologic Description | Thickness in Feet | Environment of Deposition |
|--------------|-----------------------------------|--------|---|---|---|-------------------|--|
| Quat. | Recent Pleistocene Holocene | | ATIVILUM BAMBAR FORMATION S. Sotero LIMESTONE |  | loose sand, clay, gravel Lapilli tuff, tuffaceous sandstone coralline limestone | 60 | terrestrial partly terrestrial shallow marine |
| | | | TARLAC FORMATION |  | Interbedded sequence of shale sandstone and pebble conglomerate | 3890 | deep marine |
| Tertiary | Miocene | Middle | MALINTA FORMATION |  | Interbeds of fine to medium grained sandstone, calcareous shale conglomerate and Lapilli tuff. | 4500 | outer neritic |
| | | | MORIONES FORMATION |  | Dominantly calcareous sandstone w/ shale conglomerate and limestone interbeds. | 10,460 | deep bathyal to outer neritic |
| | | Lower | AMBITERO FORMATION |  | clastics and siliceous limestone | 660 | Bathyal |
| Pre-Tertiary | | | BASEMENT COMPLEX |  | Meta-volcanics, intrusives, metasediments | | |

Mineral Fuels Division, Bureau of Mines, 1976

第23図 中部ルソン谷堆積盆中西部(Tarlac地区)の層序

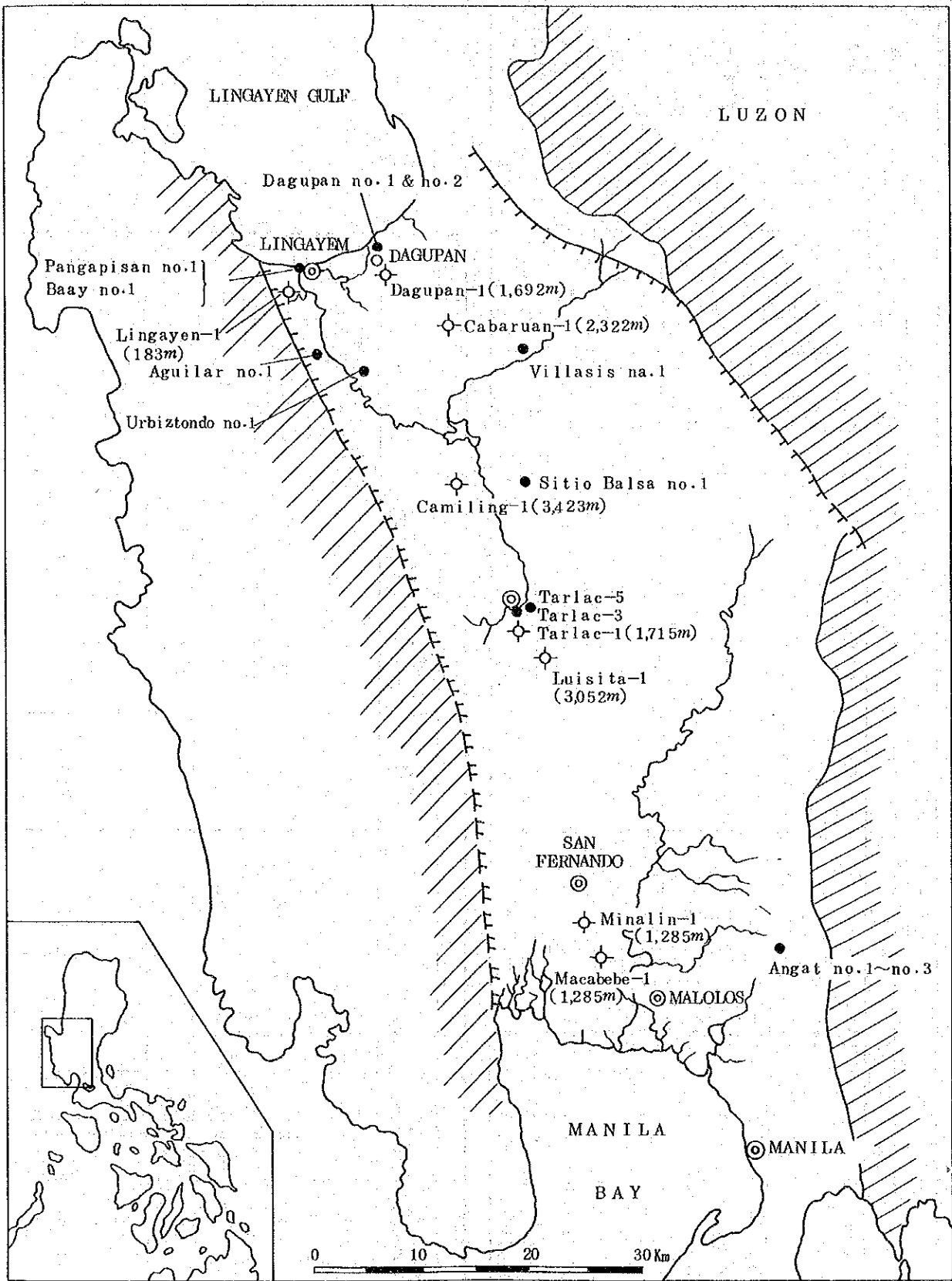


第 2 4 図 Tarlac 地区のルートマップ

| System | Series | Stage | Formation/Member | Columnar Section (Composite) | Lithologic Description | Thickness in Feet | Environment of Deposition | | | |
|------------|-------------|----------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|---|----------------------------------|---|------|------------------|
| Quaternary | Pleistocene | | Aluvium | | gray, sand, gravel | 1640 | terrestrial continental littoral | | | |
| | | | Guadalupe Formation | | tuff, agglomerate | | | | | |
| Tertiary | Miocene | Middle | Buenavista Limestone Member | | volcanic breccia | 5400 | Neritic | | | |
| | | | Malden Formation | | pebbles, tuff, boulders | | | | | |
| | Oligocene | Lower | Angat Formation | | coralline, detrital limestone | 1100 | Neritic | | | |
| | | | Maybangan Formation | | Clastic Volcanic Member | | | interbedded shale & sandstone and limestone lenses | 6500 | littoral neritic |
| | | | | | Masungit Limestone Member | | | Well consolidated shale and sandstone with occasional interbeds of sandy limestone, agglomerate basalt and andesite | | |
| | Cretaceous | pre-Cretaceous | | Kinabuan Formation | | Massive to bedded coralline limestone | 2070 | Bathyal-abyssal | | |
| | | | | Basement Complex | | interbedded silty shale and calcareous sandstone grading to sandy limestone | | | | |
| | | | | | | meta-volcanics, intrusives, metasediments | | | | |

Mineral Fuels Division, Bureau of Mines, 1976

第25図 中部ルソン谷堆積盆南東部の層序



第 2 6 図 中部ルソン谷堆積盆における坑井位置図

第5表 中部ルソン谷堆積盆の坑井測定値および水質分析表

| Loc. No. | Well | Depth (m) | Flow rate | | Gas Water ratio | Bubble of gas | Groundwater | | | |
|----------|-----------------------|-----------|--------------------------|--------------|-----------------|---------------|-----------------|-------|-----|--------------------------------------|
| | | | Gas (Nm ³ /d) | Water (kl/d) | | | Temperature (C) | Color | pH | HCO ₃ ⁻ (mg/l) |
| 2 | Angat no.1 | 136 | 5* | 184 | 0.325 | - | Light yellow | 30.5 | 7.8 | 43 |
| 3 | " no.2 | 137 | 7* | | | - | | | | |
| 4 | " no.3 | 137 | 5.4 | 308 | 0.175 | - | Light yellow | 28.8 | 7.8 | 30 |
| 5 | Pangapisan (Lingayen) | 196 | (?) | 393 | | - | " | 32.0 | 7.6 | 159 |
| 6 | Baay no.1 (Lingayen) | 177 | - | 184 | 0.069 | - | " | 31.2 | 7.6 | 134 |
| 7 | Tariac -3 | 230 | - | 148 | | - | " | 30.7 | 8.0 | 30 |
| 8 | " -5 | 292 | - | 490 | | - | Colorless | 32.0 | 8.0 | 256 |
| 9 | Dagupan no.1 | 183 | - | | | - | " | 28.5 | 7.6 | 330 |
| 10 | " no.2 | 183 | - | | | - | " | 29.5 | 7.6 | 268 |
| 11 | Sitio Balsa no.1 | 152 | - | | | - | " | 28.0 | 7.6 | 384 |
| 12 | Urbiztondo no.1 | ? | - | | | - | " | 28.5 | 7.6 | 280 |
| 13 | Agular no.1 | 152 | - | | | - | " | 29.0 | 8.9 | 177 |

※ 炎長法により測定

| Loc. No. | Groundwater | | | | | | Note | |
|----------|-----------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------------|--|------|---|
| | Free CO ₂ (mg/l) | Cl ⁻ (mg/l) | I ⁻ (mg/l) | Br ⁻ (mg/l) | SO ₄ ²⁻ (mg/l) | I ⁻ /Cl ⁻ (×10 ⁻³) | | Br ⁻ /Cl ⁻ (×10 ⁻³) |
| 2 | 4 | 1500 | - | - | 0 | - | - | Proj. Sta. Barbara Office of the President |
| 3 | - | - | - | - | - | - | - | |
| 4 | 3 | 3200 | 4.7 | 120 | 0 | 1.47 | 37.5 | |
| 5 | 11 | 1240 | 10 | 3.9 | 0 | 0.81 | 31.5 | NSDB-COMVOL |
| 6 | 7 | 940 | 0.8 | 3.0 | 0 | 0.85 | 31.9 | |
| 7 | 0 | 12020 | 3.6 | 228 | 0 | 3.00 | 1.90 | |
| 8 | 4 | 4 | - | - | 0 | - | - | |
| 9 | 14 | 790 | - | - | 15 | - | - | |
| 10 | 8 | 130 | - | - | 15 | - | - | |
| 11 | 24 | 1130 | - | - | 160 | - | - | |
| 12 | 22 | 780 | - | - | 0 | - | - | |
| 13 | - | 56 | - | - | 40 | - | - | |

第6表 中部ルソン谷堆積盆における調査坑井のガス分析表

| Loc. No. | Free gas | | | | | | | | | | Vol. % | | | Note |
|----------|------------------|----------------|----------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|-------------------------------|------------------|--------------------|-----------|--|--|------|
| | He | H ₂ | O ₂ | N ₂ | CO ₂ | Ar | CH ₄ | C ₂ H ₆ | H ₂ S | N ₂ /Ar | | | | |
| 2 | 0.007 (0.007) | 0.000 | 1.08 (0) | 17.61 (14.34) | 0.06 (0.06) | 0.37 (0.33) | 80.87 (85.27) | 0.00 | 0.00 | 48 | ()は空気補正值 | | | |
| 3 | 0.004 | 0.000 | 0.53 | 11.24 | 0.11 | 0.23 | 87.88 | 0.00 | 0.00 | 49 | | | | |
| 4 | 0.003 | 0.000 | 0.68 | 7.04 | 0.14 | 0.13 | 92.01 | 0.00 | 0.00 | 54 | | | | |
| 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| 6 | 0.002 | 0.000 | 0.31 | 24.05 | 0.07 | 0.48 | 75.09 | 0.00 | 0.00 | 50 | | | | |
| 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| 9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| 11 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| 12 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| 13 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | |

() : Calculated gas composition under no atmospheric contamination (O₂=0.00)

庭に掘削された深度136mの鉄管仕上げの水井戸であり、ガスと塩水を自噴する。1977年に大統領府による Sta. Barbara Project 井に指定され、浮蓋式ガスセパレーターと同型のガスコレクターとが各々1基ずつ設置され、小学校の炊事用ガスが供給されている。自噴水量は18.4kl/dayであり、炎長法によるガス量は約5m³/dayである。ガスには8.087%のメタンが含まれる。付随水は淡黄色を呈し、1,500mg/lのCl⁻、1.4mg/lのI⁻などを含む。

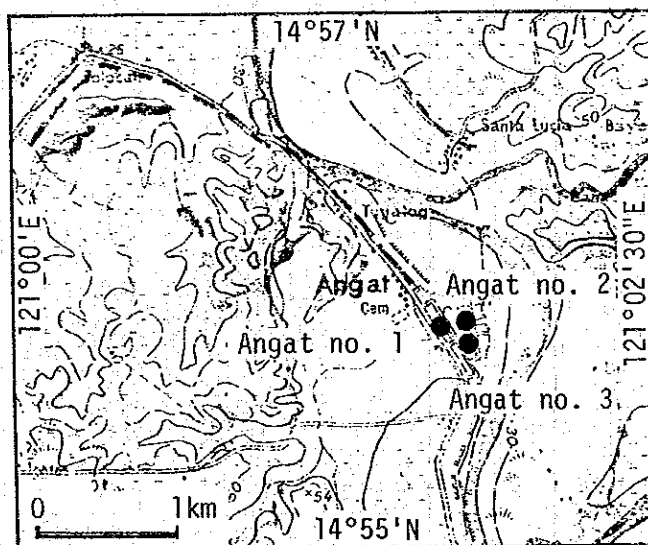
Angat no. 2 (第26, 27図, 第5, 6表, 写真7) 1930年に掘られた深度137m, 4インチの鉄管仕上げの坑井である。この坑井は水井戸として掘削されたが、現在はガスのみを自噴する。炎長法によると、ガス量は約7m³/dayであった。ガスは87.88%のメタンを含み、2個のコンロの燃料として使われている。

Angat no. 3 (第26, 27図, 第5, 6表, 写真8) Salvador通りとGuzuman通りの角にある深度137mの鉄管仕上げの坑井であり、1957年に掘削された。5.4m³/dayのガスと30.8kl/dayの塩水を自噴している。NSDB-COMVOL Projectによるコンクリート製の固定式ガスセパレーターが設置されており、分離されたガスは隣接する民家1戸の台所に供給されている。ガス中には9.201%のメタンが含まれ、付随水中には3.230mg/lのCl⁻、4.7mg/lのI⁻などが含まれる。

GONZALES 他2名(1971)によると、Angat 地区には更新統の陸水～汽水成の砂礫層からなる Alat Conglomerate Member が広く分布し、その下位には上部中新統の Lambak Shale が伏在する。Angat におけるガスおよび塩水は、主としてその水質の点から Alat Conglomerate Member に由来

するとみるのは困難であり、下位の Lambak Shale からもたらされるものであろう。Lambak Shale は固結した凝灰質砂質頁岩、中～粗粒アーコース砂岩などからなり、陸地に近い外洋性浅海～上深海成堆積物であると考えられている。

Angat地区のガスは80～92%のメタンを含み、硫化水素等の有害成分を全く含まないため、燃料として適している。また、この地区のガスは、基盤岩から供給



1:50,000 NORZAGARAY (PCGS 3264 IV)
第27図 Angat no.1 ~ no.3 坑井位置図

されたものとみられる0.003~0.007%のヘリウムを含むことを特徴としている。ヨウ素-塩素比は0.93~1.46と小さいことから、付随中のヨウ素のポテンシャルは低いものとと思われる。

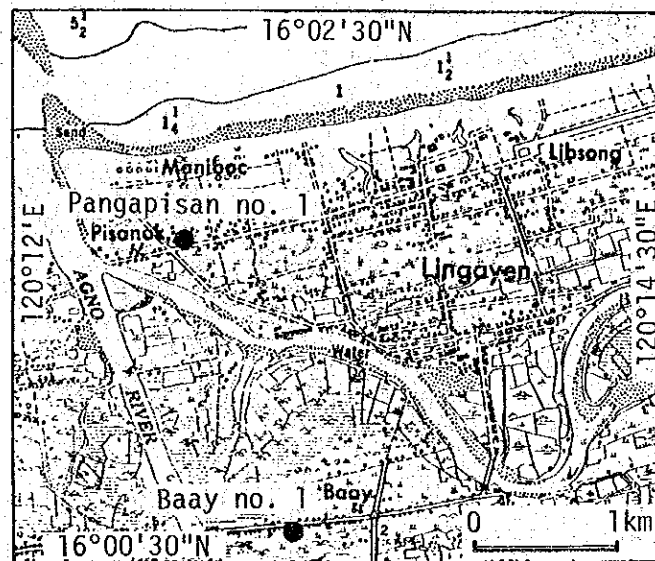
Lingayen (Pangasinan)

Lingayen市内のPangapisanおよび郊外のBaayにおけるガス徴を伴う2本の水井戸を調査した。Lingayen市内にあるPangasinan水管区事務所(Water District)の担当者のお話によると、PangasinanのNew Capitalには、深度383m、8インチ鉄管仕上げの米国人所有坑井があり、塩水が出ていたが、現在は閉鎖されている。Lingayen市街地には、他にも5井の深井戸があり、ガスを伴うものもある(写真12)。また、管内には20~50本の深井戸があると推定されるが、ガス徴・水質などについての情報は得られていないとのことであった。

Pangapisan no.1(第26, 28図, 第5, 6表, 写真9, 10) 本坑井はLingayen市街地北西部の住宅地Pangapisanに、1961年に掘られた水井戸であり、掘削深度180mのうち175mまでケーシングされている。ガスと塩水を自噴するためNSDB-COMVOL Project (No. 7803 En)による浮蓋式のカムセパレーターが設置されており、分離されたガスは道路を隔てた共同炊事場の3個のカムコンロに供給されている。カムセパレーターが備えられているためガス量の測定はできなかったが、付随水の自噴量は39.3kl/dayであった。付随水は淡黄色を呈し、1,240mg/lのCl⁻を含有する。

Baay no.1(第26, 28図, 第5, 6表, 写真11) 本坑井は、Lingayen市の南郊外のBaayにある深度177mの水井戸であり、1954年(?)に掘削された。本坑井は18.4kl/day塩水と1.4m³/dayのガスを自噴する。塩水は淡黄色を呈し、940mg/lのCl⁻を含み、ガスは75.09%のメタンを含む。

Lingayen 湾岸地域はManila 湾岸地域と共に現世のデルタ堆積物が厚く堆積している地域であり、Dagupan 地区では厚さ200mに



1:5,000 LINGAYEN (PCGS 3068 III)
第28図 Pangapisan no.1およびBaay no.1
坑井位置図

達するといわれる (SANDOVAL and MAMARIL, 1970) が、平野の西縁部に当たる Lingayen 地区では Dagupan 地区より薄くなることが予想される。したがって、Pangapi-san no.1 および Baay no.1 のガスと塩水は、現世堆積物中のものではなく、下位層中の地層水型の水溶性ガス層に由来するものと考えられる。ヘリウムを含むガス質などもその点をうらづけているように思われる。

Tarlac (Tarlac)

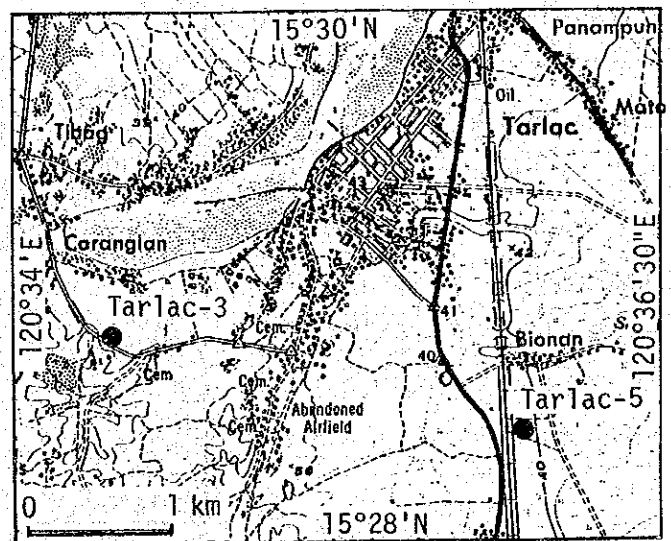
中部ルソン谷堆積盆の中央部に位置する Tarlac 市の周縁部にある 2 本の地下水坑井を調査した。

Tarlac-3 (第 26, 29 図, 第 5, 6 表, 写真 13) Tarlac 水管区事務によって、上水道の水源井として 削された Tarlac-3 と命名されている坑井であり、市街地の南西縁部に位置する。深度 230 m の本坑井は、内径 30 cm の鉄管で仕上げられているが、塩水を自噴するため閉鎖されている。今回、観測のため約 30 分間開坑したところ、ガスの小気泡を伴う淡黄色の塩水を 14.8 kl/day の割合で自噴した。水管区事務所の担当者によると、動力揚水テストでは 2,700 kl/day の塩水を産出したといわれる。ガス量については、ガス-水比が低いため測定できなかった。塩水中には 12,020 mg/l の Cl^- , 3.6 mg/l の I^- などが含まれる。

今回の観測では、開坑時間が短かったため、鉄管内あるいはその周辺に長期間滞留し変質した“坑内水”を観測・分析している可能性もある。

Tarlac-5 (第 26, 29 図, 第 5, 6 表, 写真 14) 水管区事務所によって掘削の進められている一連の水源井の一つであり、市の南東の水田地区に位置し、深度 292 m, 内径 30 cm の鉄管で仕上げられ、496 kl/day の淡水を自噴する。ガス徴は検出されない。水は無味・無色であるが、硫化水素臭に似た異臭を伴う。水中には 256 mg/l の HCO_3^- が含まれるものの、 SO_4^{2-} は検出されない。

Tarlac-3 のガス泡を伴う塩水は、中新統上部～鮮新統下部に対比される海成の Tarlac Formation に由来するものと考えられる。Tarlac-5 の淡水は Tarlac For-



1:50,000 TARLAC (PCGS 3166 III)

第 29 図 Tarlac-3 および Tarlac-5 坑井位置図

mation 上位に不整合を隔てて重なる陸成の火山碎屑物からなる Bamban Formationか、あるいは沖積層に由来するものであろう。

Dagupan (Pangasinan)

Lingayen 湾に面した Dagupan 市内のガス徴のない2本の塩水井を調査した。

Dagupan no.1 (第26, 30図, 第5, 6表, 写真15) Dagupan 市内にある深度183 mの地下水坑井であり, わずかに塩気のある水を自噴する。動力揚水設備を備えており, 地元民の話によると, 動力揚水時に塩分濃度が幾分上昇するといわれる。ガス徴は検出されない。自噴量は不明。分析した水試料は自噴によるものであり, 790 mg/l の Cl^- が検出された。

Dagupan no.2 (第26, 30図, 第5, 6表, 写真16) Dagupan no.1 から約1 km 隔てた Dagupan 川の脇に位置する深度183 mの動力揚水井であり, わずかに塩気を含む水を産出する。ガス徴は検出されない。

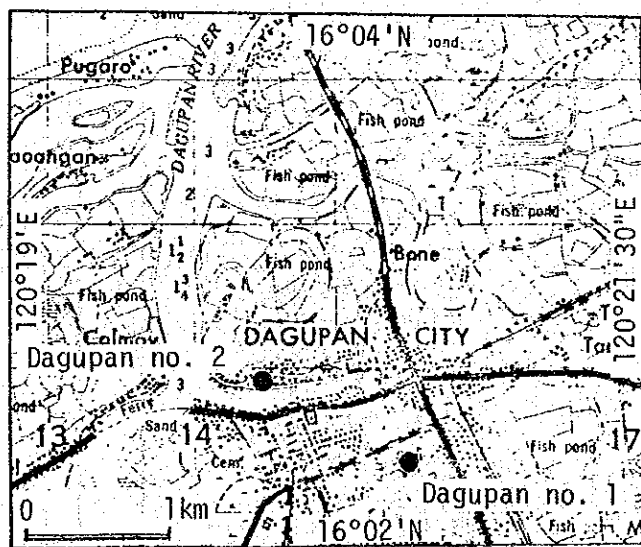
Dagupan 付近には, Manila 湾沿岸地域とともに現世のデルタ堆積物が厚く発達し, SANDOVAL and MAMARIL (1970) によるとその厚さは200 mに達するといわれる。したがって, これらの坑井は現世のデルタ堆積物中において仕上げられている可能性が高い。両坑井は海水が逆流する Dagupan 川の近くに掘削されていることから, 海水による水質への影響もあり得るものと思われる。

Paniqui (Tarlac)

Tarlac の北方12 kmの Paniqui の近郊において, 塩水を産出する水源井 (Sitio Balsa no.1) を調査した。

Sitio Balsa no.1 (第26, 31図, 第5, 6表, 写真18) Paniqui の北北東約3 kmに位置する養魚池の水源井として掘削された深度152 mの非自噴井であり, 動力揚水設備が設置されている。 Cl^- $1,130 \text{ mg/l}$ の塩水を産出するが, ガス徴は認められない。

現地の削井業者の話によると, Tarlac から Paniqui に至る南北15 km以上の地帯において, 深度200 m以上の坑井を掘削すると塩水を産出することが多いといわれる。



1:50,000 DAGUPAN CITY (PGS 3068 II)
第30図 Dagupan no.1 および no.2 坑井位置図

Urbiztondo (Pangasinan)

Urbiztondo は堆積盆北西部に位置し、1本の塩水坑井がある。

Urbiztondo no.1 (第26, 32図, 第5, 6表, 写真19) 町の東南東約1kmの水田中に掘削された地下水用の坑井であり、手押しポンプが備えられている。塩水を産し、ガス徴は認められない。坑井諸元は不明である。

Aguilar (Pangasinan)

堆積盆の北西部にあり、Urbiztondo の北西約9kmに位置する。

Aguilar no.1 (第26, 33図, 第5, 6表, 写真20) Aguilar の街道沿いの公共広場脇に、1930年以前に米国人により掘削された深度152m(?)の動力揚水井である。Cl⁻ は5.6mg/lと低く、ガス徴は認められない。

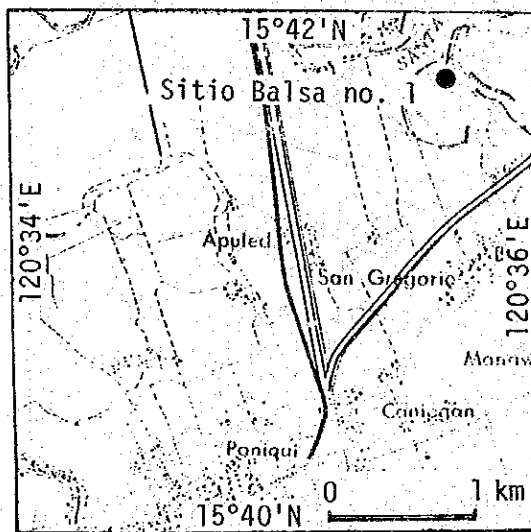
Minalin (Pampanga)

集落内およびその周辺地区において、町により天然ガス探査のため深度46m程度の坑井が数本掘削され、ガスと淡水を自噴した。集落の南縁部に掘削された坑井のガスは1.5インチの鉄管の先から長さ約1mの炎となって燃えたが、自噴を停止したため放棄された。

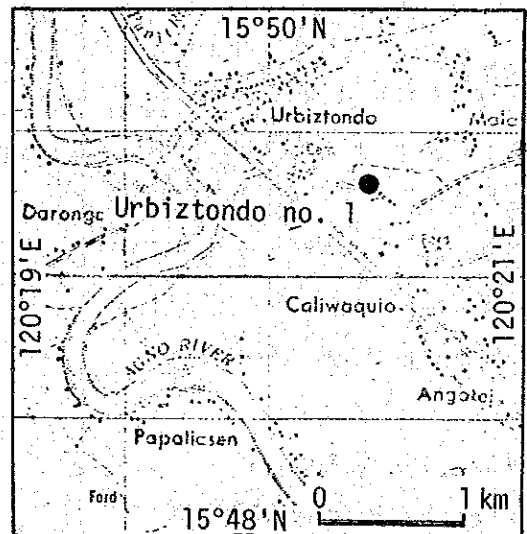
Minalin 付近には、1950年、PODCOにより深度1,285mの石油探査井が掘削されたが、油徴は認められず廃棄された。この坑井はAlluvial cover を貫通していないといわれる(石油探査井の項参照)。

Villasis (Pangasinan)

Dagupan の南東約2.2kmのVillasis (第34図)における給水塔用の水源井(Villasis



150,000 PANIQUI (PCGS 3167 III)
第31図 Sitio Balsa no.1 坑井位置図



1:50,000 CAMILING (PCGS 3067 III)
第32図 Urbiztondo no.1 坑井位置図

no.1) には弱いガス徴が認められたといわれるが、揚水設備修理中のため観測できなかった。Villasisの水管区事務所の資料によると、水の分析値は pH 7.45, Free CO₂ 5.28 mg/l, HCO₃⁻ 185.44 mg/l, Cl⁻ 15.00 mg/l であった。

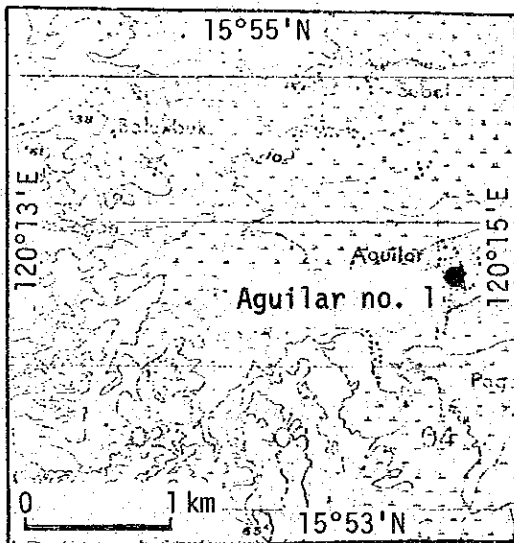
町の北東縁部において、深度213m、8インチケーシング予定の地下水坑井が掘削されつつあった(写真22)。

3) 石油探査井

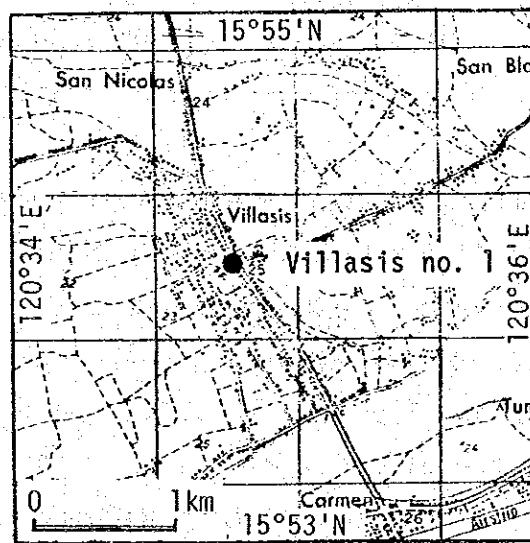
中部ルソン谷堆積盆においては、1950年以来、11本、掘削総延長22,149mの石油探査井が掘削されている。

- 1950年、PODCOにより、Macabebe-1およびMinalin-1の2坑井が掘削された。
- 1959年、AAOCによりLingayen-1が掘削された。
- 1963年7月~1964年10月の間に、Union Oil Companyにより、Dagupan-1, Cabaruan-1, Camiling-1, Tarlac-1およびLuisita-1の5坑井が掘削された。
- 1978年、Houston OilよりSan Leonard-1およびSanta Rosa-1の2坑井が掘削された。
- 1979年、AMOGOによりVictoria-1が掘削された。

これら11坑井には、いずれも油徴はなく、ガス徴は認められたものの非商業規模と判断され廃棄された。Macabebe-1, Minalin-1, およびLingayen-1に関する坑井資料は、



1:50,000 BUGALLON (PGGS 3067 IV)
第33図 Aguilar no.1 坑井位置図



1:50,000 URDANETA (PGGS 3167 IV)
第34図 Villasis no.1 坑井位置図

Bureau of Mines の火災により消失したため、ほとんど残っていない。Macabebe-1 および Minalin-1 については、掘削に当たった PODCO にも問い合わせたが、同社の Chief geologist によると、同社内にも全く残されていないとのことであった。Union Oil Company の 5 坑井については、BED のデータバンクに資料が収集されている。また、BAUMANN et al. (1976) の報告書にも収録されている。

Macabebe-1 (第26図, 第7表) 1950年6月9~20日, PODCO により,

第7表 Makabebe (Pampanga province) 産ガスの分析結果

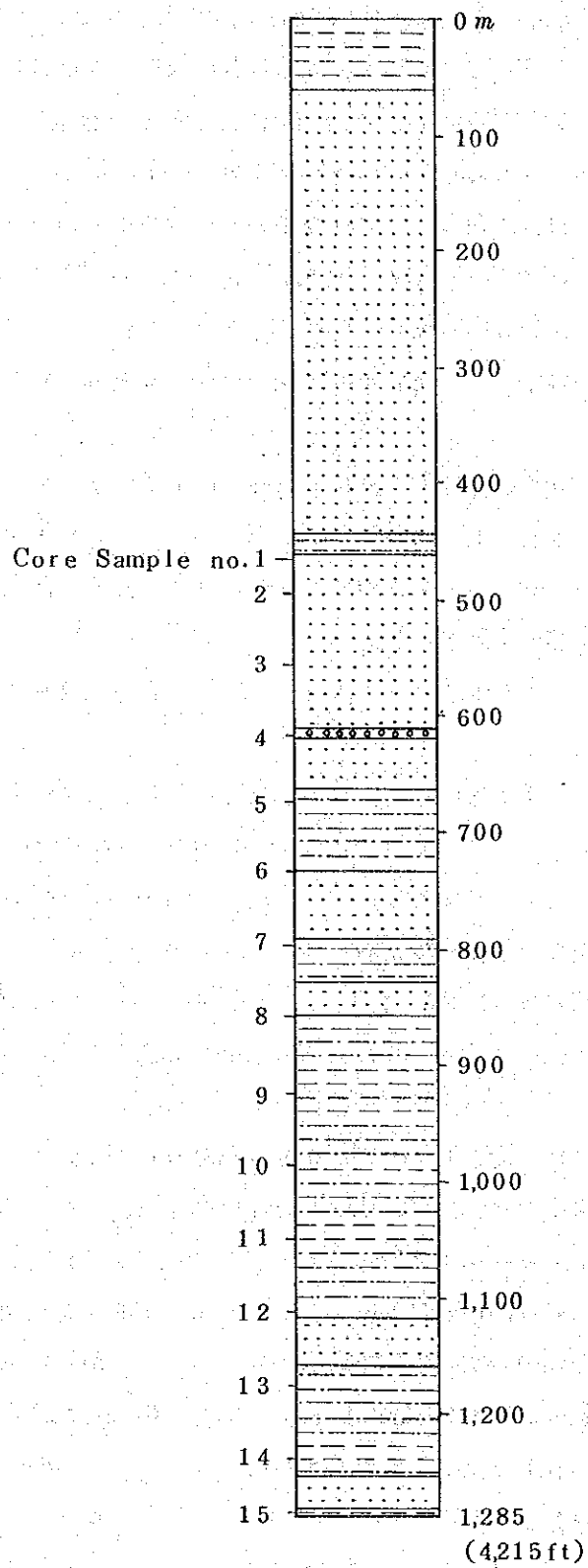
| | MOL. % | LIQUID VOL. % | GALS. PER M. CU. FT. |
|--------------------|--------------------|---------------|----------------------|
| Methane | 99.76 | 98.57 | |
| Ethane | 0.05 | 0.08 | |
| N. Butane | 0.19 | 0.35 | 0.06 |
| TOTAL | <u>100.00</u> | <u>100.00</u> | <u>0.06</u> |
| SPECIFIC GRAVITY | | 0.5582 | |
| B.T.U. PER CU. FT. | | 1018 | |
| CARBON DIOXIDE | | 1.3% | |
| OXYGEN | | nil | |
| 分析年月日 | 1950.3.28 | | |
| 分析者 | CHAS. MARTIN & CO. | | |

BED 資料より

Pampanga province の Macabebe の北緯 $14^{\circ}54'29''$, 東経 $120^{\circ}42'47''$ に掘削された深度 1,285 m の坑井であるが、油徴は認められず廃棄された。この坑井は Alluvial cover を貫通していないといわれる。このボーリングに先立ち実施された Macabebe 産のガス (産状不明) の分析結果は第7表の通りである。

Minalin-1 (第26, 35図) 1950年7月8~14日, PODCO により, Pampanga の Minalin ($14^{\circ}38'44''$ N, $120^{\circ}41'30''$ E) に掘削された深度 1,285 m の坑井であるが、油徴は認められず廃棄された。この坑井も Alluvial cover を貫通していないといわれる。第35図はこの坑井のコア試料採集点を示した柱状図であるが、コア試料も含めこの図以外の資料は残っていない模様である。

Lingayen-1 (第26図, 資料9) 1959年12月~1960年1月, AAOC により



第 3 5 図 Minalin-1 坑井地質柱状図 (BED資料より)

Pangasinan の Lingayen 西南西 5 km の地点 (16°00' 46" N, 120°10' 55" E) に掘削された深度 183 m のコア掘り坑井であるが、地質情報は入手できなかった。

Dagupan-1 (第 26 図, 資料 9) Union Oil Company により掘削されたこの坑井 (深度 1,692 m) は, Pangasinan の Dagupan の南東に位置し, Lingayen 湾岸から約 6 km 内陸に位置する。このボーリングは, 中部ルソン谷堆積盆の新生代後期の海退期に活動したと予想される Dagupan Hinge Line 沿いに, 石油貯留層となり得る砂層が存在するかどうかを探ることを目的とした層序試錐の意味合いの強いものであったといわれる。

坑井地質は, 厚さ 213 m の沖積層と, 更新世~後期中新世の堆積物からなり, 上から下に次の 3 つの層相に区分される。

- 泥, シルトおよび少量の砂層からなり, 淡水を含む。厚さ約 100 m。
- 砂層および礫質泥層からなり, 泥およびシルトの薄層を挟む。厚さ 473 m。孔隙率 13~31%, 水飽和率 80~100%, 上部の 396 m に含まれる水は淡水である。この層相中からは軽微なガス徴が報告されている。
- 泥およびシルトからなり, 12~14% (poor ~ fair) の孔隙率をもつ砂層を挟在する。厚さ 605 m。

本坑井の深度 709 m まで続く淡水層中には, ガスがほとんど含まれていないと思われる。深度 852 m 以深の Amlang Member (資料 9) の塩水中にはガスの溶存が予想される。Amlang Member は, 砂および礫層を主とする Rosalio Formation に属する泥およびシルトに代表される層相とされ, 下浅海~上深海堆積物と考えられている。

Cabaruan-1 (第 26 図, 資料 9) Union Oil Company によって掘削されたこの坑井 (深度 2,322 m) は, Dagupan の南東 17 km 付近に存在する南北方向の背斜構造上に位置する。

層相は 0~1,219 m の泥質相, 1,219~2,098 m の礫質相, 2,098~2,322 m (坑底) までの泥質相の 3 層相に大別される。Union Oil Company はこの坑井の深度 87 m 以下の全層を前~中期中新世の Moriones Formation に対比しているが, BAUMANN et al. (1976) は, 87 m までを Amlang Member, 87~1,219 m を後期中新世の Tarlac Formation, 1,219~2,098 m を中期中新世の Malinta Formation, 2,098 m 以下を前~中期中新世の Moriones Formation に対比している。この坑井における水飽和率は常に 100% であり, 浅部の水は淡水であるが, 深度 366 m から塩水に変わる。油徴はなく, ガス徴は坑底の厚さ 122 m の泥質岩中から報告されている。

Gamiling-1 (第 26 図, 資料 9) 本坑井は Tarlac province の Gamiling の東 7 km に Union Oil Company によって掘削された中部ルソン谷堆積盆における最深 (3,423 m) の坑井である。BAUMANN et al. (1976) は, 深度 1,438 m までを Tarlac Forma-

tion, 1,438~1,959 mをMalinta Formation, 1,959 m以深をMoriones Formation に対比している。本井にも油徴はなく、メタンガス徴は孔隙率・浸透率の相対的に低いTarlac FormationおよびMoriones Formationの砂層とシルト岩中に認められる。合計層厚305 mに達する砂層中の水飽和率は100%であり、水中の塩分濃度は一般に低く、深度2,256 m以下で塩水に変わっている。

Tarlac-1 (第26図, 資料9) Tarlac provinceのTarlac 南方約5 kmにUnion Oil Company によって掘削された深度1,715 mの坑井である。坑井地質は上から下に下記の3層相に区分されるが、全層が後期中新世のTarlac Formation に対比されている。地層水は全層を通じて塩分を含んでいる。

- 深度122~412 m—シルトおよび泥層からなり砂層を挟む。海浜～外洋性陸棚上の堆積環境を示す。
- 深度412~1,034 m—凝灰質砂～シルト質泥層を挟む厚い塊状砂層である。この層相中には厚さ320 mの砂層があり、コア分析によると高い孔隙率(14.4~31.5%)と高い浸透率(738~3,780 md)をもっている。
- 深度1,034~1,715 m(坑底)—砂層を挟む泥～シルト層であり、シュランベルジャー検層図から計算された砂層の孔隙率は25~30%, 水飽和率100%, わずかにメタンガス徴が認められた。

Luisita-1 (第26図, 資料9) Tarlac provinceのTarlac 南南東12 kmに, Union Oil Company によって掘削された深度3,052 mの坑井である。坑井地質は3つに区分され, 上から下にそれぞれTarlac Formation, Malinta Formation およびMoriones Formation に対比されている。

- Tarlac Formationは泥層, シルト層, および中程度の孔隙率をもつ砂層からなり, 深度1,524 mまで続く。本層中の7層準, 特にシルトおよび泥の部分からメタンガス徴が記録されている。
- Malinta Formationは, 深度1,524~2,241 mを占め, 礫および砂の卓越する地層である。シュランベルジャー検層図から計算された深度1,595~1,726 mの間の孔隙率は6.4~15.8%である。浸透率はコアにより測定され, 1.2~2.1 mdであった。水飽和率は100%であり, 深度1,713 mにおけるCl⁻濃度は27,000 ppmであった。
- Moriones Formationは2,241 mから坑底(3,052 m)までを占め, 泥岩およびシルト岩からなる。

本坑井内の地層水は全層準を通じて塩分を含む。

San Leonard-1 (第3図) 1978年6月26日~8月19日にHouston Oil (Rig

Marine drilling Co., Rig-7 Wilson Mogel 42) により Nueva Ecija province の San Leonard (北緯 $15^{\circ}22'32''$ 東経 $120^{\circ}58'20''$) に掘削された深度 $1,829\text{ m}$ の坑井である。対象層は上部中新統の reefal limestone である。ガス徴・油徴は認められず廃棄された。

Santa Rosa-1 (第3図) 1978年8月29日~9月24日に Houston Oil (Rig: Marine drilling Coy Rig-7 Wilson Mogel 42) により, Nueva Ecija province の Santa Rosa (北緯 $15^{\circ}26'40''$ 東緯 $120^{\circ}54'32''$) に掘削された深度 $2,131\text{ m}$ の坑井である。対象層は San Leonard-1 と同様に上部中新統の reefal limestone である。ガス徴・油徴は認められず廃棄された。

Victoria-1 (第3図) 1979年2月12日~1979年3月13日に AMOCO (Rig: Philodrill/National 80-B) により Nueva Ecija province の Victoria (北緯 $15^{\circ}34'37''$ 東経 $120^{\circ}44'28''$) に掘削された深度 $3,234\text{ m}$ の坑井である。対象層は上部中新統の砂岩であり, ガス徴が認められたが, 商業的規模に達せず廃棄された。

10 イロイロ堆積盆

1) 地質

イロイロ堆積盆(第36図, 資料13, 14)は Panay の中央部と Guimaras の北西部に広がる長方形の盆地であり, 約 $5,500\text{ km}^2$ の面積を有する。東側と西側は南北に連なる山脈によって境され, 北側と南側は海に向かって開き, 堆積盆全体としてはゆるく南に plunge する。

堆積盆の周縁の基盤はさまざまな火成岩と変成岩によって構成される。南西部は蛇紋岩, 玄武岩溶岩, 集塊岩, 粘板岩, 変火山岩などの複合岩体からなり, 東側は先中新世の輝緑岩類からなる。

堆積盆内には, 後期漸新世~更新世の堆積物が発達し, 下から Singit Formation, Tarao Formation, Iday Formation, Ulian Formation および Cabutuan Formation に区分されている。

最下位の Singit Formation は西側に露出し, 後期漸新世~中新世の砂岩, 頁岩, 礫性石灰岩などからなり, 基盤岩とは不整合または断層によって接する。この地層は4つの部層に細分されている。下から, 変堆積岩および変火山岩の Sewaragan Complex Member, 礫性石灰岩の Tanián Limestone Member, 頁岩およびシルト岩の Igtalongon Shale Member および砂岩・礫岩の Barasan Sandstone Member である。

Singit Formation の上には, 上部中新統の Tarao Formation が整合的に重なり, 2つの部層に細分されている。下部を占める Tubungan Silistone Member は石灰質砂岩, シルト岩, および粘土岩の互層である。上部の Guimbal Mudstone Member は, 基底部に頁岩,

シルト岩、砂岩などを含む成層した厚い含有孔虫泥層である。

Tarao Formation を非整合に覆って、鮮新統 Iday Formation が重なる。この地層は、礫層、砂層、泥層などの互層からなり、石灰質の薄い粗粒砕屑物を挟む。

Ulian Formation も鮮新統に属し、Iday Formation に整合的に重なる。堆積物は、シルトおよび泥質の薄い挟みをもつ成層状態のよくない砂層からなり、堆積盆中の deep water の堆積物としては最も若いものである。

最上位の Cabatuan Formation は後期鮮新世～更新世の堆積物からなり、3つの部層に分けられる。最下部の Balic Clay Member は細粒砂の挟みをもつ成層した厚いシルト質粘土層である。中部の Maraget Sandstone Member は、下部にシルトおよび泥の挟みをもつよく成層した石灰質砂岩からなり、化石を豊富に含み、堆積盆の東側に分布する。上部の Sta. Barbara Silt Member は、シルト、砂、砂質粘土などの互層であるが、下位層との層位関係がよく分っていない。場所によっては Maraget Sandstone Member の側方における岩相変化のようにもみられる。

2) 調査坑井およびガス徴候地

ガス徴は Santa Barbara (Iloilo), Maasin (Iloilo), Lambunao (Iloilo), Sapián (Capiz) など地区から報告されている (VILLALVA, 1976) が、今回は Lambunao (Iloilo) および Maasin の両地区を調査した。

Lambunao (Iloilo)

ガス徴はイロイロ市の北北西約 2.4 km に位置する Lambunao の西方 3 km の Tampucaó 部落からさらに西方 1 km の山中の Namulo Creek (5 万分の 1 地形図には Ayapangan Creek と記されている) の谷底にある。

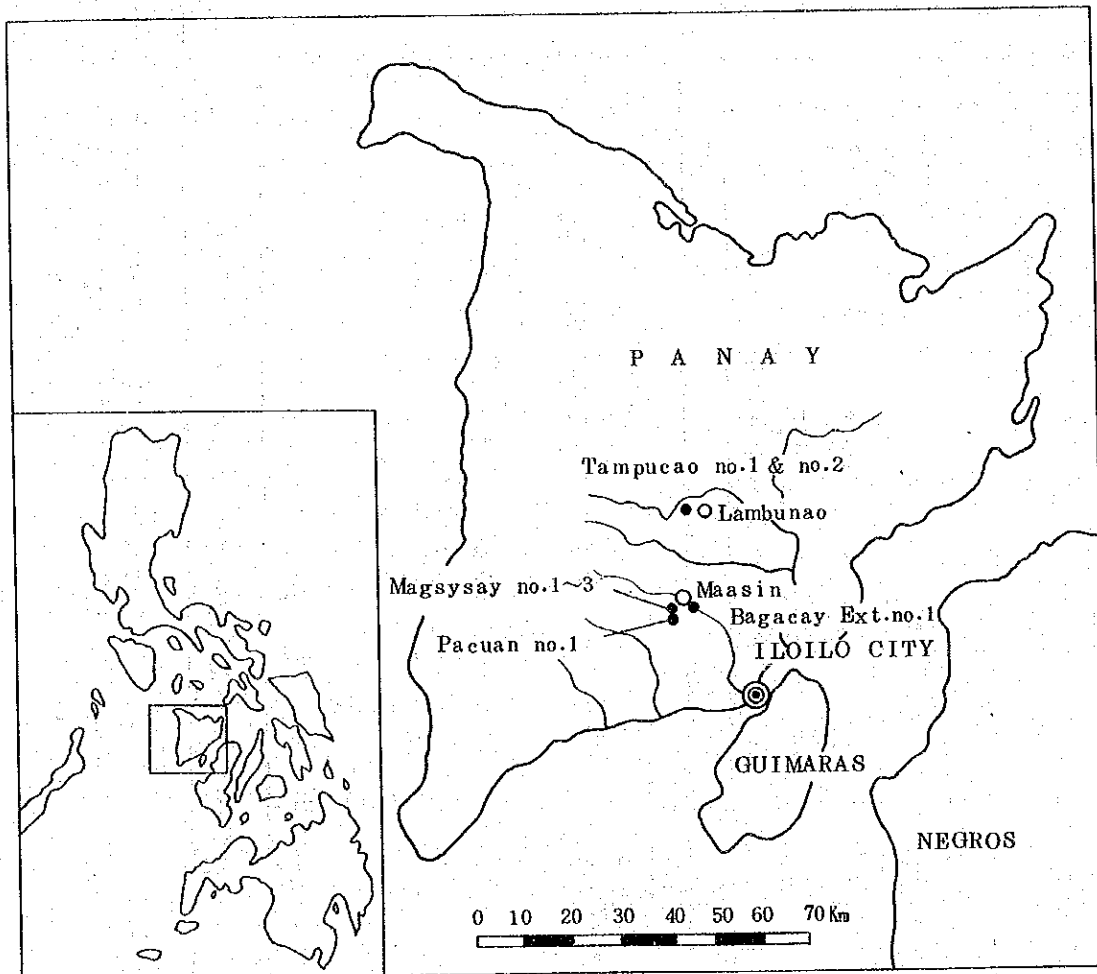
Tampucaó no.1 および Tampucaó no.2 (第 37, 38 図, 第 8, 9 表, 写真 23, 24)

ガスは谷底の砂礫の間から気泡として発生し、約 100 m 隔てた 2ヶ所に集中する。上ガス徴候地 (Tampucaó no.1) のうちの 1 孔のガス流出量は $0.22 \text{ m}^3/\text{day}$ であり、97.43% のメタンが含まれる。

下流のガス徴候地 (Tampucaó no.2) の 1 孔は $0.04 \text{ m}^3/\text{day}$ のガスを放出している。

これらのガスは薄い現世河床礫層の下位の炭素質青緑色シルトに由来する。このシルト層は OORBY et al. (1951) の Iday Conglomerate の一部に当たるものと思われる。

Tampucaó no.1 のガス徴候地付近の谷壁から採取したシルト中から、豊富な浮遊性有孔虫化石群と *Uvigerina*, *Bolivinita* などに特徴づけられる底棲有孔虫化石群が検出された。これらの有孔虫化石群によって、シルトの堆積環境は外洋性浅海～上深海であったと推定される。また、浮遊性有孔虫群は primitive な *Globorotalia truncatulinoides* を含み、浮遊性有孔虫化石帯 Zone N. 22 の下部に相当することから、このシルトは更新統最下部に対比される。



第 3 7 図 イロイロ堆積盆坑井位置図

第8表 イロイロ堆積盆における坑井並びにガス徴候地測定値および水質水析表

| Loc. No. | Well | Depth (m) | Flow rate | | Gas Water ratio | Bubble of gas | Groundwater | | |
|----------|------------------------|-----------|--------------------------|--------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------|------|
| | | | Gas (Nm ³ /d) | Water (kl/d) | | | Temperature (°C) | Color | pH |
| 14 | Tampucac no.1(seepage) | - | - | 0.22 | - | - | 2.50 | - | - |
| 15 | Tampucac no.2(seepage) | - | - | 0.04 | - | - | - | - | - |
| 16 | Magsaysay no.1 | 1.27 | - | - | - | - | 2.52 | Yellowish green | 590 |
| 17 | " no.2 | 0.95 | - | - | - | - | 2.60 | Brown | 580 |
| 18 | " no.3 | .46 | - | 0.3 | 0.045 | Very small | 2.73 | Light brown | 1320 |
| 19 | Pacuan no.1 | 49 | 0.15 | - | 0.034 | - | 2.57 | " | 1550 |
| 20 | Bagacay Ext. no.1 | 91 | 0.02 | 0.58 | - | Very small | 2.73 | " | 1100 |

| Loc. No. | Groundwater | | | | | | | Note |
|----------|-----------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------------|--|---|------------|
| | Free CO ₂ (mg/l) | Cl ⁻ (mg/l) | I ⁻ (mg/l) | Br ⁻ (mg/l) | SO ₄ ²⁻ (mg/l) | I ⁻ /Cl ⁻ (×10 ⁻³) | Br ⁻ /Cl ⁻ (×10 ⁻³) | |
| 14 | - | - | - | - | - | - | - | Upstream |
| 15 | - | - | - | - | - | - | - | Downstream |
| 16 | 0 | 11370 | 328 | 60.1 | 30 | 288 | 5.29 | |
| 17 | 0 | 14090 | 369 | 80.8 | 70 | 262 | 5.73 | |
| 18 | 0 | 2540 | 59 | 11.3 | 5 | 232 | 4.45 | |
| 19 | 0 | 68 | - | - | 5 | - | - | |
| 20 | 0 | 1310 | 2.5 | 5.8 | - | 1.91 | 4.43 | |

第9表 イロイロ堆積盆における坑井およびガス徴候地のガス分析表

| Loc. No. | Free gas | | | | | | | Vol. % | | | Note |
|----------|----------|----------------|----------------|----------------|-----------------|------|-----------------|-------------------------------|------------------|--------------------|------|
| | He | H ₂ | O ₂ | N ₂ | CO ₂ | Ar | CH ₄ | C ₂ H ₆ | H ₂ S | N ₂ /Ar | |
| 14 | 0.000 | 0.000 | 0.20 | 2.22 | 0.09 | 0.06 | 9.743 | 0.00 | 0.00 | 37 | |
| 18 | 0.000 | 0.001 | 0.16 | 1.45 | 0.31 | 0.04 | 9.803 | 0.00 | 0.00 | 35 | |
| 19 | 0.000 | 0.000 | 0.16 | 4.88 | 0.07 | 0.08 | 9.353 | 0.00 | 0.00 | 61 | |
| 20 | 0.000 | 0.000 | 0.24 | 3.45 | 0.35 | 0.08 | 9.589 | 0.00 | 0.00 | 43 | |

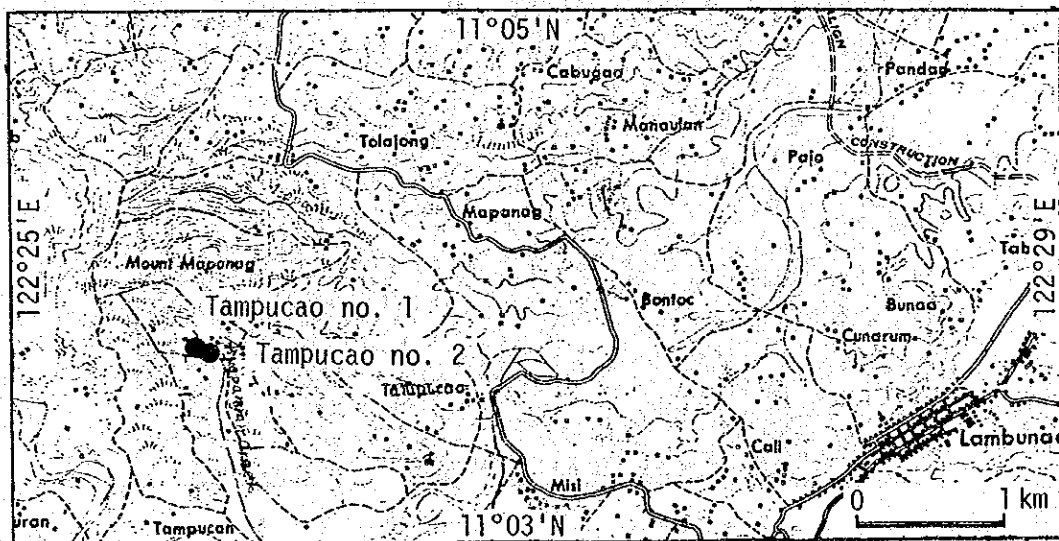
Maasin (Iloilo).

イロイロ市の北西15 kmのMaasinには、古くから塩水泉が知られ、町名のMaasinは塩水泉を意味する今回は手掘りの2井(Magsaysay no.1およびno.2)とボーリング坑井3本の調査を行った。Maasinの町の北方2 kmのBitin 部落からもガス徴が報告されている(VIL LALVA, 1976)。

Magsaysay no.1(第37, 39図, 第8, 9表, 写真25) Maasinの南東1.5 kmのMagsaysay 部落の道路脇を流れる谷筋に掘られた深さ1.27 mの手掘りの井戸であり、傍らの崖にMaasinの地名の由来や地質関係者の来訪史などを記した碑がはめ込まれている。水は黄緑色を呈し、濃い塩分と強い硫化水素臭をもつが、ガス徴は認められない。水中の Cl^- の濃度は11,370 mg/l, I^- の濃度は32.8 mg/l, I^-/Cl^- は 2.61×10^{-3} である。付近の崖から採取した青緑シルトを分析したところ、0.43%の有機炭素が検出された。

Magsaysay no.2(第37, 39図, 第8, 9表, 写真26) Magsaysay no.1の南約30 mの崖脇に掘られた深さ95 cmの手掘り井である。水は暗褐色を呈し、Magsaysay no.1のものより塩分が多く、硫化水素臭もより強いが、ガス徴は認められない。 Cl^- 濃度は14,090 mg/l, I^- は36.9 mg/l, I^-/Cl^- は 2.62×10^{-3} である。

Magsaysay no.3(第37, 39図, 第8, 9表, 写真27) 1956~7年にMagsaysay Project 井として掘削された深度46 m, 4インチ鉄管仕上げの坑井であり、Magsaysay 部落の道路脇に位置する。この坑井の水は軽い塩気と弱いガス徴を伴い、0.3 kl/dayの割合で自噴する。水の Cl^- 濃度は2,540 mg/l, HCO_3^- 濃度は1,320 mg/lである。ガスは93.63%のメタンを含む。



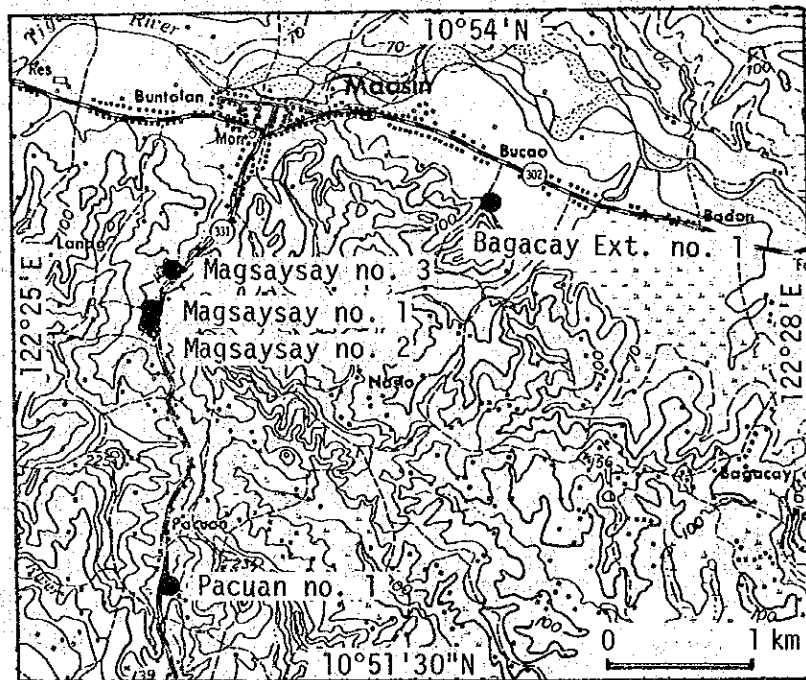
1:50,000 LAMBUNAO (PGCS 3453 II)

第38図 Tampucaao no.1 およびno.2 ガス徴候地位置図

Pacuan no.1 (第37, 39図, 第8, 9表, 写真28) Magsaysay 部落の南2 km の Magsaysay no.3 と同様, 1957年にMagsaysay 大統領による水開発プロジェクト井として掘削された。深度49 m, 内径10 cmの鉄管でケーシングされている。水は淡褐色を呈するものの, Cl^- 濃度は6.8 mg/lと低い。坑口近くに達した水面上に弱いガス徴が認められる。ガス中のメタン含有率は93.63%であった。

Bagacay Ext. no. 1(第37, 39図, 第8, 9表, 写真29) Maasinの町の東南東1.5 kmのBagacay Extensionに, 1974年2月, Magsaysay Project井の1つとして, 掘削された。深度91 m, 鉄管でケーシングされている。淡褐色の弱塩水を0.5 kl/dayの割合で自噴し, 0.02 m³/dayのガスを伴う。ガス中のメタン含有率は95.89%である。

Maasin 地区のガス徴を伴う塩水も, Lambunao 地区と同様にIday Conglomerateに相当すると思われる地層に由来する。Magsaysay no.1およびno.2の手掘り井戸脇の露頭は, 細礫の薄層を挟む炭素質の青緑色シルト質砂層からなり, 貝類, サンゴの破片等の大型化石とともに, Ammonia, Elphidium, Operculinaなどに代表される底棲有孔虫群と豊富な浮遊性有孔虫群を含み, 外洋性上浅海の堆積環境を示す。浮遊性有孔虫群は, Globotalia tosaensisの存在, Globotalia truncatulinoidesの欠如によって, Zone N. 21



1:50,000 POTOTAN (PCGS 3552 IV)

第39図 Magsaysay no.1~no.3, Pacuan no.1および Bagacay no.1 坑井位置図

(G. losaensis Zone)に属し、鮮新統最上部のものに相当する。従来、Iday Conglomerateの年代は鮮新世前期と考えられていたことから、今回の調査結果はこの地域の地質年代の再検討の必要なことを示している。

Maasin地区における塩分濃度の高い塩水の産出は、Iday Conglomerateの中にガスを含む化石海水がよく保存され、水溶性ガス層の形成されていることを示す。また、塩水中には最高36.9 mg/lのヨウ素が含まれ、Magsaysay no.2の手掘り井戸を例にとると、ヨウ素-塩素比は $36.9 \text{ ppm I}^- / 14090 \text{ ppm Cl}^- = 2.62 \times 10^{-3}$ となる。これは新潟県下でヨウ素工業原料として生産されているかん水中の値に近似し、原料水としてのポテンシャルが期待できそうである。堆積物の示す外洋性浅海～上深海の堆積環境は、日本各地のヨウ素を伴う水溶性ガス鉱床の環境と類似する。堆積物の年代が鮮新統上部～更新統下部と若いため圧密が進んでいない。この堆積物の延長部は、地質構造からみて、排水に便利な海岸地方の平野部の地下にも分布するものと考えられる。その海岸平野は共水性ガスの開発に耐え得る標高を有し、燃料ガスを必要とするパナイ島最大の都市、Iloilo市をも擁している。

以上の諸点により、Iロイロ堆積盆中～南部は共水性ガス鉱床の本格的な探査を試みる価値をもっているものと考えられる。

3) 石油探査井

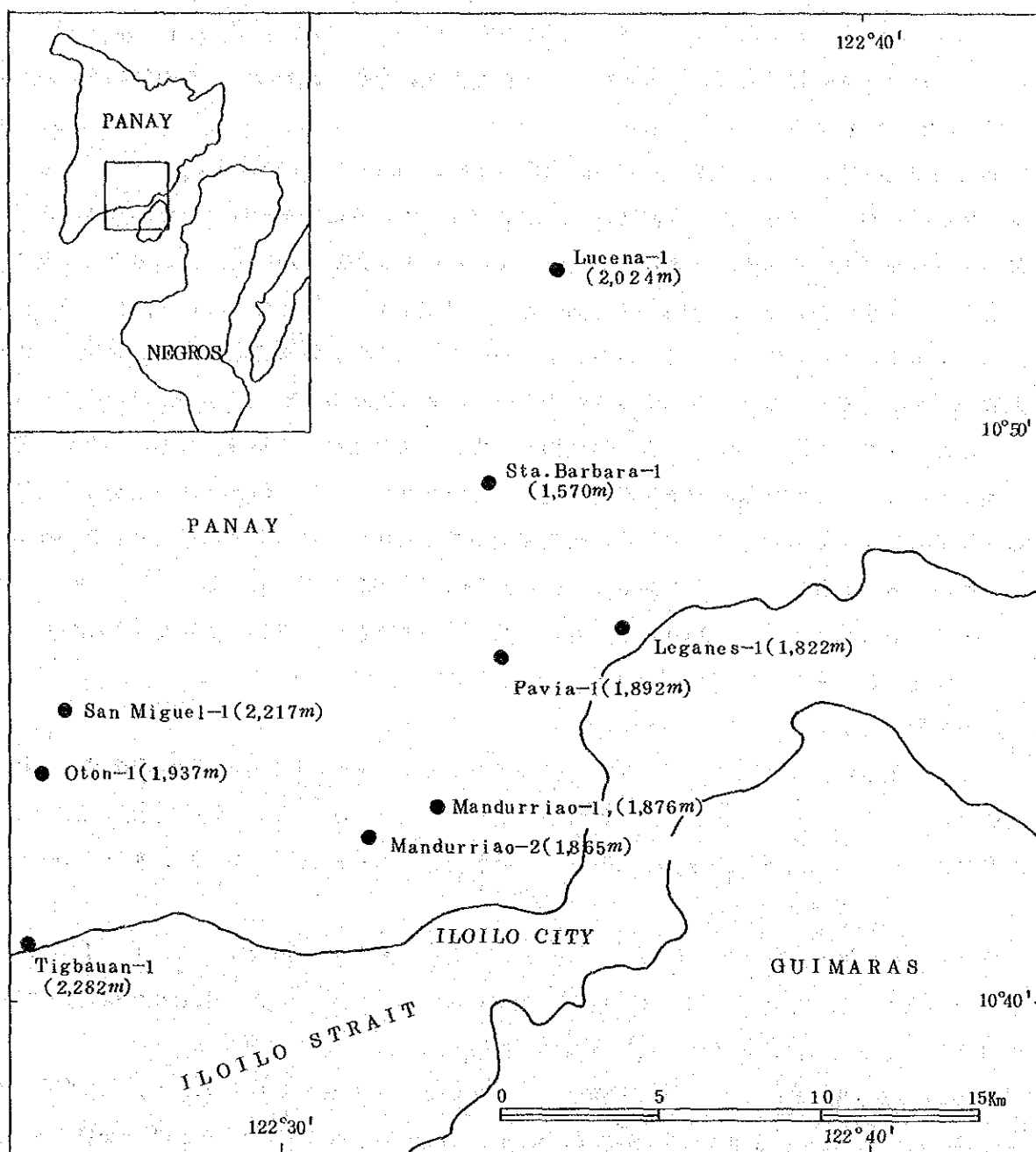
Iロイロ堆積盆においては、1953年以来現在までに9本の石油探査井が掘削され、掘削総延長は17,479 mに達する。これらの坑井はすべてIloilo市を中心とした半径20 km以内に集中している。附近の海上掘削井としてはIlog-1(第3図)が1978年にNegros Basinに掘削されている。

Oton-1(第40図, 第10表) 1953年1月～2月, PODCOにより, Iloilo provinceのOton(北緯 $10^{\circ}43'50''$ 東経 $122^{\circ}25'55''$)に掘削された深度1,937 mの坑井である。油徴, ガス徴は認められず廃棄された。

Tigbauan-1(第40図, 第10表) 1959年9月～1960年1月, PODCO/Vis.ExplorationによりIloilo provinceのOton(北緯 $10^{\circ}41'02.4''$ 東経 $122^{\circ}25'38''$)に掘削された深度2,281 mの坑井である。わずかにガス徴は認められたが廃棄された。塩水へ移る深度は120～150 mと推定される。

San Miguel-1(第40図, 第10表) 1960年3月～5月, PODCOにより, Iloilo provinceのOton(北緯 $10^{\circ}45'00''$ 東経 $122^{\circ}26'28.2''$)に掘削された深度2,220 mの坑井である。わずかに油徴, ガス徴は認められたが廃棄された。

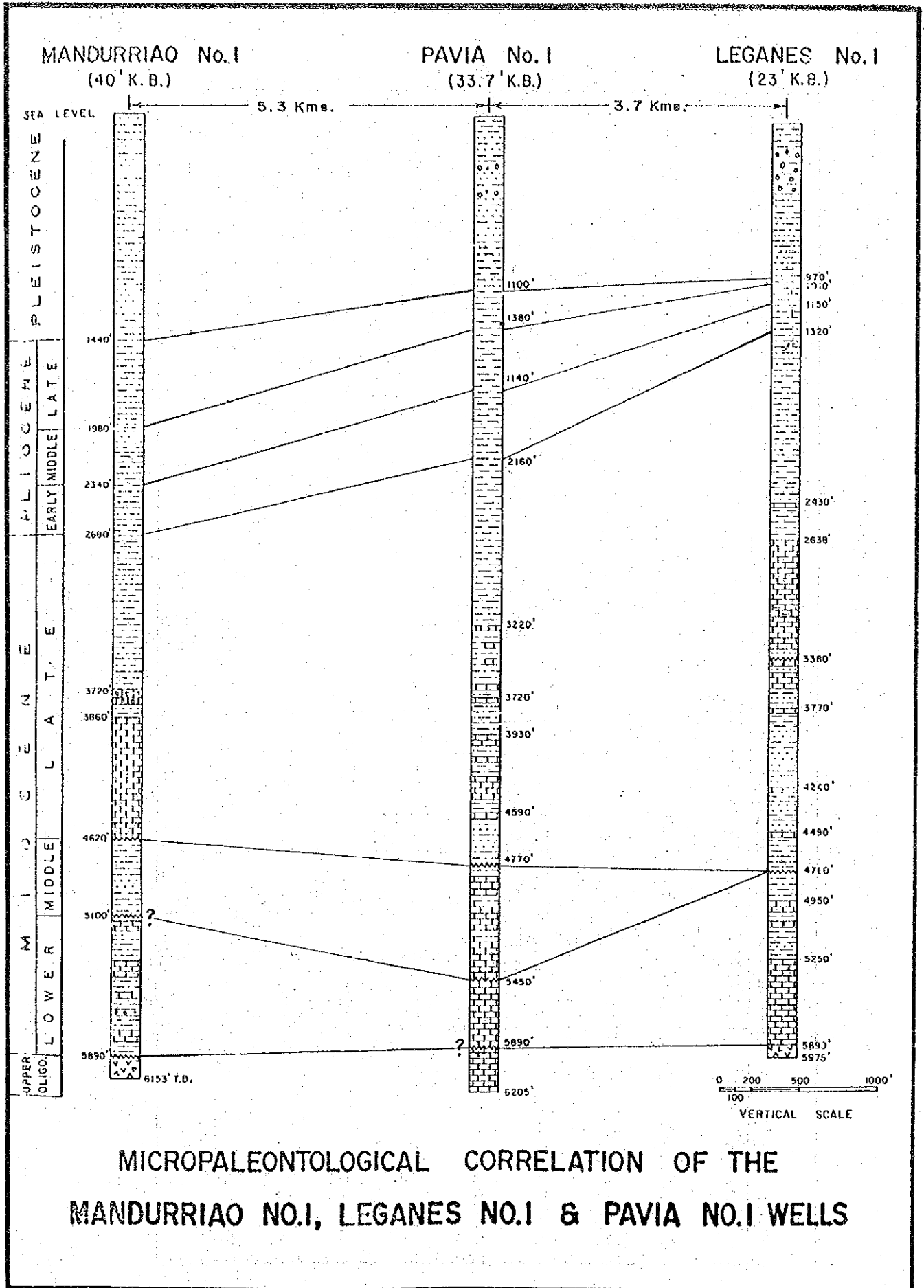
Lucena-1(第40図, 第10表) 1973年1月～2月, PODCOにより, Iloilo provinceのNew Lucena(北緯 $10^{\circ}52'50.2''$ 東経 $122^{\circ}34'50.4''$)に掘削された深度2,020 mの坑井である。油徴, ガス徴は認められず廃棄された。塩水へ移る深度



第 40 図 イロイロ堆積盆内の石油探査井位置図

第10表 イロイロ堆積盆内の石油探査井一覧

| WELL NAME | OPERATOR | DATE | DEPTH | GAS/OIL SHOW | TOP OF | | | TOP OF BRACKISH WATER |
|-----------------|----------|--------------------------------|--------|--------------------------------------|------------------------|---------|---------|-----------------------|
| | | | | | PLIOCENE | MIOCENE | OLIG. | |
| TIGBAUAN-1 | PODCOVIS | Sept '59 ~Jan '60 | 7,485' | Dry with miner gas shows | | | | 400' ~500' |
| SANTA BARBARA-1 | PODCO | March '73 ~Apr '73 | 5,150' | - | 1,148' (Mid. Plio.) | 2,429' | | 800' 以浅 |
| MANDURRIA0-1 | PODCO | Apr '73 ~May '73 | 6,153' | - | 1,440' | 2,680' | 5,890' | 800' 以浅 |
| MANDURRIA0-2 | PODCO | Jun '74 ~Jul '74 | 6,118' | - | | | | |
| LUCENA-1 | PODCO | Jan '73 | 6,640' | Dry hole | 970' | 1,320' | 5,890' | |
| LEGANES-1 | PODCO | Feb '73 Sep '74 ~Oct '74 | 5,975' | Dry hole | | | | 800' 以浅 |
| OTON-1 | PODCO | Jan '53 ~Feb '53 | 6,354' | Dry hole | 1,100' | 2,160' | 5,890'? | |
| PAVIA-1 | PODCO | Apr '80 ~May '80 | 6,205' | Dry hole | | | | |
| SAN MIGUEL-1 | PODCO | Mar '60 ~May '60 | 7,272' | Dry with traces of oil and gas | | | | |



MICROPALAEONTOLOGICAL CORRELATION OF THE
MANDURRIAIO NO.1, LEGANES NO.1 & PAVIA NO.1 WELLS

第 4 1 図 イロイロ堆積盆の石油探査井地質対比図 (BED資料)

は250 m以内である。

Sta. Barbara-1 (第40図, 第10表) 1973年3月~4月, PODCOにより Iloilo province (北緯 $10^{\circ}49'10.7''$ 東経 $122^{\circ}33'41''$) に掘削された深度1,570 mの坑井である。油徴, ガス徴は認められず廃棄された。深度350 mで鮮新統中部, 740 mで中新統に達している。塩水へ移る深度は250 m以内である。

Mandurriao-1 (第40, 41図, 第10表) 1973年4月~5月, PODCOにより, Iloilo provinceのMandurriao (北緯 $10^{\circ}43'26''$ 東経 $122^{\circ}32'38''$) に掘削された深度1,880 mの坑井である。油徴, ガス徴は認められず廃棄された。坑井地質は深度440 mまでが更新統, 440~817 mが鮮新統, 817~1,800 mが中新統, 1,800 m以下が漸新統となっている。深度1,410 m (上部中新統基底部), 1,550 m (中部中新統基底部) および1,800 m (下部中新統基底部) に不整合が推定される。岩相は深度1,130 m以浅が砂および泥質, 1,130~1,800 mの間がcarbonateと砂泥の互層, 1,800 m以深はbasin clasticsである。塩水へ移る深度は250 m以内である。

Mandurriao-2 (第40図, 第10表) 1974年6月~7月, PODCOにより, Iloilo provinceのMandurriao (北緯 $10^{\circ}42'55''$ 東経 $122^{\circ}31'41''$) に掘削された深度1,860 mの坑井である。油徴, ガス徴は認められず廃棄された。

Leganes-1 (第40, 41図, 第10表) 1974年9月~10月, PODCOにより Iloilo provinceのLeganes (北緯 $10^{\circ}46'33''$ 東経 $122^{\circ}35'30''$) に掘削された深度1,820 mの坑井である。油徴, ガス徴は認められず廃棄された。坑井地質は深度296 mまで更新統, 296~402 mが鮮新統, 402~1,800 mが中新統, 1,800 m以下が漸新統となっている。岩相は深度741 m以浅が砂泥質 (一部礫質), 741~1,800 mはcarbonateと砂泥の互層, 1,800 m以深はbasin clasticsである。深度1,030 m (上部中新統中部) および1,450 m (上部中新統基底部) に不整合が推定される。

Pavia-1 (第40~42図, 第10表) 1980年4月~5月, PODCO (Rig: Wilson Super Titan) により, Iloilo市のJaro (北緯 $10^{\circ}45'50.88''$ 東経 $122^{\circ}33'51.18''$) に掘削された深度1,890 mの坑井である。対象層は下部中新統のcarbonateである。油徴, ガス徴は認められず廃棄された。坑井地質は深度335 mまでが更新統, 335~658 mが鮮新統, 658~1,800 mが中新統, 1,800 m以下が漸新統と考えられている。岩相は深度981 m以浅が砂泥質 (一部礫質), 981 m以深はcarbonate相と砂泥の互層である。深度1,450 m (上部中新統基底部), 1,660 m (中部中新統基底部), 1,800 m (下部中新統基底部) に不整合が推定される。

| STAGE | FAUNAL ZONE | LITHOLOGIC LOG | DEPTH IN FEET | BATHYMETRY | | | | REMARKS |
|-------------------------------|---|----------------|---------------|------------|---------------|---------------|----------|---|
| | | | | BATHYAL | OUTER NERITIC | INNER NERITIC | LAGOONAL | |
| PLEISTOCENE | <i>Rotalia papillosa</i> <i>compressiuscula</i> | | 500 | | | | | Coarse clastics with meager planktonic foraminifera. |
| | Gastropods and Pelecypods | | 1000 | | | | | |
| PLIOCENE | <i>G. crassaformis</i> | | 1100' | | | | | Influx of forams. |
| | <i>Bullimina inflata</i> <i>Uvigerina</i> sp. 2 | | 1390' | | | | | Relatively deeper water sediments. |
| | <i>P. obliquiloculata</i> <i>S. dehiscens</i> | | 1740' | | | | | Deep water sediments. |
| | | | 2160' | | | | | |
| Eocene | <i>Globoquadrina altispira</i> | | | | | | | Near-bathyal to bathyal sediments. Abundant planktonic foraminifera. |
| | <i>Sphaeroidinellopsis subdehiscens</i> | | | | | | | |
| | <i>S. seminulina</i> | | | | | | | Basinal equivalent of Dingle Reef. |
| | <i>Operculina</i> spp. | | | | | | | Shallow water reefal debris. |
| | <i>Amphistegina</i> sp. | | | | | | | Common mafic minerals observed. |
| | | | 4770' | | | | | |
| MIOCENE | <i>Miogypsina</i> spp. | | 5000 | | | | | Inter-reefal carbonates. |
| | <i>Lepidocyclina dehiscens</i> | | | | | | | |
| EARLY MIDDLE | <i>Miogypsinoidea</i> spp. <i>L. eulepidina</i> spp. | | 5450' | | | | | Reef-flank biocalcarenite. |
| | | | | | | | | |
| UPPERMOST OLIGO.-BASE MIOCENE | <i>Spiroclypus</i> spp. | | 5890' | | | | | Lagoonal dense carbonates. |
| | | | 6205' TD | | | | | |

MICROPALAEONTOLOGIC & STRATIGRAPHIC SUMMARY OF
PAVIA WELL No. 1

第42図 石油探査井Pavia-1(イロイロ堆積盆)の地質柱状図(BED資料)

FSL/61880