

タイ王国オムコイ地域

資源開発協力基礎調査報告書

第一年次

昭和59年5月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

タイ王国オムコイ地域  
資源開発協力基礎調査報告書

第一年次

昭和59年5月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

JICA

122

66.1

MPN

LIBRARY

設計資

67157

84-80

タイ王国オムコイ地域  
資源開発協力基礎調査報告書

第一 年 次

JICA LIBRARY



1030836(5)

昭和 59 年 5 月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

|                     |      |
|---------------------|------|
| 国際協力事業団             |      |
| 受入<br>月日 '85. 4. 30 | 122  |
| 登録No. 11418         | 66.1 |
|                     | MPN  |

## は し が き

日本国政府はタイ王国政府の要請に応え、同国北西部オムコイ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査等の鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は本調査の内容が地質および鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は昭和58年度が第一年次にあたり、金属鉱業事業団は4名からなる調査団を構成して、昭和58年11月20日より昭和59年2月14日まで現地に派遣した。

現地調査はタイ王国政府機関、特に工業省鉱物資源局の協力を得て予定通り完了した。

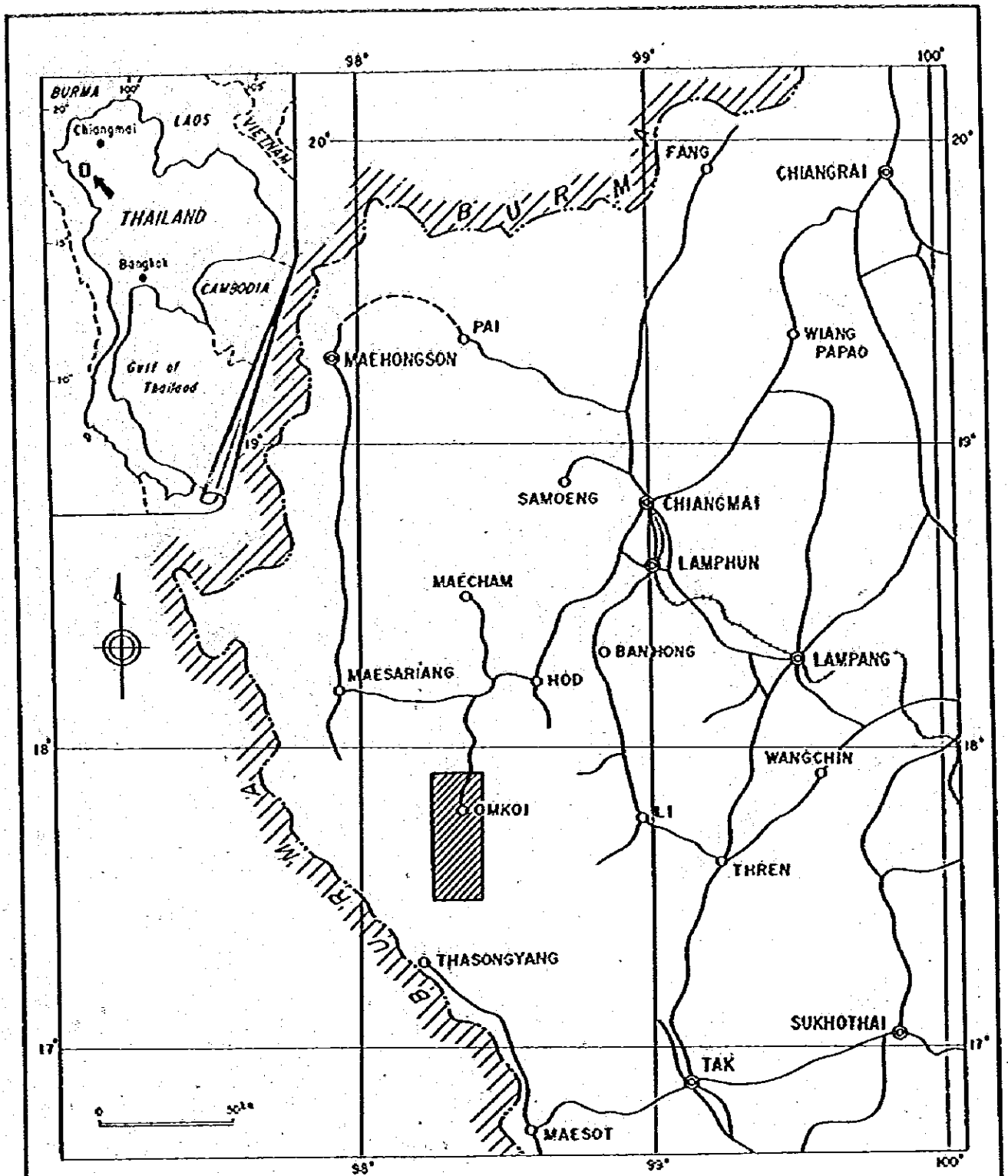
本報告書は第一年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告の一部となるものである。

おわりに本調査の実施にあたって御協力いただいたタイ王国政府機関ならびに外務省、通商産業省、在タイ日本国大使館および関係各社の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

昭和59年5月

国際協力事業団 総裁 有田 圭 輔

金属鉱業事業団 理事長 西 家 正 起








- Explonation
- |   |             |   |          |   |        |
|---|-------------|---|----------|---|--------|
|  | Survey area |  | Chongwoi |  | Amphoe |
|  | Main road   |  | Railway  |   |        |

Fig. 1 Location map of the survey area.

## 要 約

本報告書はタイ王国北西部のオムコイ地域における資源開発協力基礎調査の第一年次の調査結果をまとめたものである。

調査地域はチェンマイ (Chiang Mai) 県オムコイ (Omkoi) 郡オムコイ (Omkoi) 村を中心とする南北 50 km, 東西 20 km, 面積 1,000 km<sup>2</sup> の範囲である。

本調査では地域内の地質層序, 地質構造, 火成活動, 鉍化作用等の状況を把握し, 河床堆積物中の微量成分の分布状態との相互関係を検討することによって鉍床賦存の可能性の高い地区を抽出することを目的として, 地質調査, 地化学探査を実施した。

オムコイ地域の地質は先カンブリア時代, カンブリア～オルドビス紀とオルドビス紀の変成岩類, 堆積岩類, 石炭紀と三疊紀の花崗岩類および第三紀の堆積岩類より構成され, これらのうち花崗岩類が地域の大半を占めて分布している。花崗岩類は不透明鉍物比では, チタン鉄鉍が磁鉄鉍より多くチタン鉄鉍系に属する。

錫, タングステンの鉍化作用に関連すると思われる花崗岩類の試料 50 個の化学分析の結果から花崗岩類は, 主要成分の含有量の差はそれほど認められず, 均一な岩体であることを示している。錫の含有量は過半数の試料が 6.5 ppm 以上を示し, 本地域の花崗岩類は含錫花崗岩に相当する。

地質構造の主要なものは NW-SE 系, N-S 系および NE-SW 系である。NW-SE 系および N-S 系はタイ-ビルマ国境の造山帯より派生した断層系と考えられ, 主要な断層, リニアメントの方向として現われている。

NE-SW 系は断層や水系の方向として見られ, 小規模のものが多。

鉍床は錫・タンングステンの初生鉍床とその二次鉍床がある。これらは三疊紀の花崗岩類の中あるいはその近傍にあり, この花崗岩類の活動に関連する鉍床である。初生鉍床は調査地域北部に 3ヶ所あり, 片麻岩あるいは花崗岩中の含錫・タンングステン石英脈で, その脈幅は 10~100 cm である。鉍石鉍物は灰重石を主として鉄マンガン重石, 錫石を伴っている。

二次鉍床は河川沿いに堆積した小規模な原地残留鉍床で, 南部に 3ヶ所ある。鉍石鉍物は錫石を主として少量の灰重石, 鉄マンガン重石を伴っている。

既存鉍床の他では, 地域内の一部に花崗岩類のグライゼン化, 石灰質岩のスカルン化など鉍化に関係する変質作用がみられるほか, 河床堆積物中には微粒の灰重石がしばしば散見される。

地化学探査では 1,259 個の河床堆積物を採取し, ニオブ, タンタル, 錫, タングステン, ベリリウム, リチウム, フッ素の 7 元素について化学分析を行った。分析値について統計的に処理し,

各元素と地質との関係、各元素間の相関関係を検討するとともに各元素毎の異常域を抽出した。

抽出された異常域のうち、ニオブ、タンタル、錳、タングステンが比較的明瞭な異常域を示しヨック（Yong Ku）鉍山周辺、パブン（Pha Pun）-パブンドン（Pha Pun Dong）鉍山周辺、フアイヤープ（Huai Yarb）-フアイシア（Huai Sia）鉍山周辺にこれらの異常域が集中した。これらの異常域はいずれも既存鉍山の鉍徴に由来する高い異常を含む。パブン（Pha Pun）-パブンドン（Pha Pun Dong）鉍山周辺では比較的広い範囲に各元素の異常が重複して見られ、このうちタングステンの異常は鉍山を中心としているが、ニオブ、タンタル、錳の異常の中心はこれよりやや南へずれている。これは位置的にみて、既存鉍山とは別の鉍徴の存在を示唆していると思われる。

地質調査・地化学探査の結果を総合するとパブン（Pha Pun）-パブンドン（Pha Pun Dong）鉍山付近からその南方にかけての一带が、三疊紀の花崗岩類の分布域であること、既知鉍床があること、調査地域内で最もまとまったニオブ、タンタル、錳、タングステンの異常域であり、この中で特にニオブ、タンタル、錳については既存鉍山の鉍徴とは別の鉍徴に由来すると考えられる高異常を示すことなどから調査地域で新鉍床賦存の可能性の最も高い地区と考えられる。

# 目 次

|                      | 頁   |
|----------------------|-----|
| は し が き .....        | (1) |
| 位 置 図 .....          | (2) |
| 要 約 .....            | (3) |
| 目 次 .....            | (5) |
| 序 論                  |     |
| 第1章 調査の概要 .....      | 1   |
| 1-1 調査の経緯および目的 ..... | 1   |
| 1-2 調査の内容 .....      | 1   |
| 1-3 調査団の編成 .....     | 1   |
| 第2章 調査地域の概要 .....    | 4   |
| 2-1 位置および交通 .....    | 4   |
| 2-2 地 形 .....        | 4   |
| 2-3 気 候 , 植 生 .....  | 5   |
| 2-4 調査地域の一般情勢 .....  | 5   |
| 各 論                  |     |
| 第1章 地 質 調 査 .....    | 8   |
| 1-1 調 査 目 的 .....    | 8   |
| 1-2 地質鉱床の概要 .....    | 8   |
| 1-3 層 序 .....        | 10  |
| 1-4 火 成 活 動 .....    | 13  |
| 1-5 地 質 構 造 .....    | 31  |
| 1-6 鉱 床 .....        | 31  |
| 第2章 地 化 学 探 査 .....  | 40  |
| 2-1 調 査 目 的 .....    | 40  |
| 2-2 試 料 採 取 .....    | 40  |



|     |        |    |
|-----|--------|----|
| 2-3 | 分 析 法  | 40 |
| 2-4 | データの解析 | 41 |
| 2-5 | 異常域の区分 | 43 |
| 2-6 | 異常域の分布 | 55 |

結論および次年度への提言

|   |         |    |
|---|---------|----|
| 1 | 結 論     | 58 |
| 2 | 次年度への提言 | 58 |

|  |         |    |
|--|---------|----|
|  | 参 考 文 献 | 59 |
|--|---------|----|

巻末付図付表

## LIST OF ILLUSTRATIONS

|        |   | Page |
|--------|---|------|
| Fig. 1 | Location map of the survey area .....                                 | (2)  |
| 2      | Monthly temperature and precipitation in 1983 .....                   | 6    |
| 3      | Geologic map of northern Thailand .....                               | 9    |
| 4      | Schematic geological column .....                                     | 11   |
| 5      | Chemical variation diagrams of granitic rocks .....                   | 26   |
| 6      | Normative Q-Pl-Or and ACF diagrams .....                              | 27   |
| 7      | MFA and alkali-lime diagrams .....                                    | 28   |
| 8      | Cl-F and Sn-(F + Cl) variation diagrams .....                         | 29   |
| 9      | Sn-F and Sn-Cl variation diagrams .....                               | 30   |
| 10     | Plan of the Yong Ku mine .....  | 37   |
| 11     | Plan of the Pha Pun mine .....  | 38   |
| 12     | Plan of the Pha Pun Dong mine .....                                   | 39   |
| 13     | Cumulative distribution for Nb .....                                  | 48   |
| 14     | Cumulative distribution for Ta .....                                  | 49   |
| 15     | Cumulative distribution for Sn .....                                  | 50   |
| 16     | Cumulative distribution for W .....                                   | 51   |
| 17     | Cumulative distribution for Be .....                                  | 52   |
| 18     | Cumulative distribution for Li .....                                  | 53   |
| 19     | Cumulative distribution for F .....                                   | 54   |
| 20     | Location of mines and geochemical anomalies of Nb, Ta, Sn and W ..... | 57   |

## LIST OF TABLES

|         |   | Page |
|---------|---|------|
| Table 1 | List of laboratory examinations .....   | 2    |
| 2       | Statistics of temperature and precipitation in the Omkoi district .....                         | 7    |
| 3       | K-Ar Datings of granitic rocks .....  | 15   |
| 4       | Granitic rock samples for whole-rock chemical analyses .....                                    | 19   |
| 5       | Chemical analyses and C.I.P.W. norms of granitic rocks .....                                    | 20   |
| 6       | S-type/I-type classification of granitic rocks .....  | 25   |
| 7       | List of mines in the survey area .....  | 35   |
| 8       | Assay of ore samples .....  | 36   |
| 9       | Statistics of whole geochemical data .....  | 41   |
| 10      | Classification of geochemical data by bedrock lithofacies .....                                 | 41   |
| 11      | Statistics of geochemical data (excluding contaminated and abnormal<br>high content data) ..... | 44   |
| 12      | Correlation coefficients .....  | 45   |
| 13      | Logarithmic statistics of geochemical data and natural number-<br>transformed values .....      | 46   |
| 14      | Classification of geochemical background and anomaly .....                                      | 47   |

## LIST OF PLATES

|     |    |   |              |
|-----|----|---|--------------|
| PL. | 1  | Geologic map .....  | (1 : 50,000) |
|     | 2  | Geologic profiles .....   | (1 : 50,000) |
|     | 3  | Location map of rock and ore samples for laboratory<br>examinations ..... | (1 : 50,000) |
|     | 4  | Location map of geochemical samples .....                                 | (1 : 50,000) |
|     | 5  | Nb content distribution map .....   | (1 : 50,000) |
|     | 6  | Ta content distribution map .....   | (1 : 50,000) |
|     | 7  | Sn content distribution map .....   | (1 : 50,000) |
|     | 8  | W content distribution map .....  | (1 : 50,000) |
|     | 9  | Be content distribution map .....   | (1 : 50,000) |
|     | 10 | Li content distribution map .....   | (1 : 50,000) |
|     | 11 | F content distribution map .....  | (1 : 50,000) |

## LIST OF APPENDICES

|       |   | Page  |         |
|-------|---|---|---------|
| Apex. | 1 | Microscopic observations of thin sections .....     | Apex-1  |
|       | 2 | Microscopic observations of polished sections ..... | Apex-2  |
|       | 3 | Photomicrographs of rock and ore samples .....      | Apex-3  |
|       | 4 | Results of X-ray diffractions .....                 | Apex-13 |
|       | 5 | X-ray diffraction charts .....                      | Apex-14 |
|       | 6 | Chemical analysis of geochemical samples .....      | Apex-19 |

序

論

## 第1章 調査の概要

### 1-1 調査の経緯および目的

タイで産出されている鉱産物は錫を筆頭にタングステン、鉛、タンタル、重晶石、螢石、亜炭、ニオブ、アンチモン、石膏など30種類を超えているが、生産額においては錫が圧倒的なシェアを占め、1982年における全鉱産額101億6930万バーツのうち錫精鉱は79億5060万バーツで約78%を占めている。

また、この錫鉱業で注目すべきは錫生産量の多いことだけでなく副産物として産するニオブ、タンタル等の稀少金属の含有量の多いことである。これら希少金属は選鉱過程で一部回収されているが、生産の大半は錫製錬後のスラグに含まれるものによっている。

タイではこれらを輸出しているが、付加価値を高めるためProcess plantを準備中であり、資源の安定確保が必要となるとともに稀少金属の需要の増加も見込まれることから、タイ国政府は日本国政府に対してニオブ、タンタル等の稀少金属に関して、資源開発協力基礎調査を要請してきた。この要請に応じて、日本国政府は事前調査団を派遣し、1983年タイ国政府工業省鉱物資源局と本調査に関する現地視察、協定折衝を行い、ニオブ、タンタル等の稀少金属の賦存有有望視される北部タイのオムコイ地域について資源開発協力基礎調査を実施することとした。

本調査はチェンマイ県オムコイ郡のオムコイ村を中心とする約1,000㊦の範囲について地質状況を解明することによりニオブ、タンタル、錫、タングステン等の鉱床賦存状況を把握し、有望地区を抽出することを目的とした。

### 1-2 調査の内容

上記の目的のため、本年度は本地域1,000㊦にわたり地質調査・地化学探査(概査)及びそれに付随する室内試験を実施した。

地質調査及び地化学探査の試料採取は調査地域全域から均等な密度になるように水系を選定し、これらの水系に沿って行った。

室内試験の内訳はTable 1に示す通りである。

現地調査に際しては既存の縮尺1/50,000地形図を拡大した縮尺1/25,000地形図を使用し、調査結果は縮尺1/50,000地質図及び地化学異常図等にまとめられた。現地調査は昭和58年11月29日より昭和59年2月10日までの70日間である。採取した各種試料の分析、調査結果の解析は日本国内で実施した。

### 1-3 調査団の構成

本年度調査のための計画と折衝および現地調査に参加した調査員は次の通りである。

**Table 1 List of laboratory examinations**

| Examination and element  | Numbers  |
|--|--|
| Microscopic observations of thin sections  | 20 samples   |
| Microscopic observations of polished sections  | 10 samples   |
| X-ray diffractions   | 10 samples   |
| K/Ar datings   | 5 samples  |
| <p>Chemical analyses:</p> <p>Rocks: SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, MgO, CaO, K<sub>2</sub>O, BaO, Na<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, LOI, Cl, F, Sn, W</p> <p>Ores: Sn, W, Nb, Ta</p> | <p>50 samples<br/>(850 elements)</p> <p>10 samples<br/>(40 elements)</p> |
| <p>Chemical analyses of geochemical samples</p> <p>Stream sediment: Sn, W, Nb, Ta, Be, Li, F</p>   | <p>1,259 samples<br/>(8,813 elements)</p>                                |

(1) 調査計画策定および接銜

日本側

|       |         |
|-------|---------|
| 勝野 龍平 | 通商産業省   |
| 武富 義和 | ・       |
| 中野 裕  | ・       |
| 柘植 方雄 | 金属鉱業事業団 |
| 小山 恭一 | ・       |
| 沢谷 勝三 | ・       |
| 大迫 次郎 | ・       |
| 上田 英之 | ・       |
| 浅辺 正夫 | 国際協力事業団 |
| 松田 賢  | ・       |

タイ側

|                      |                                 |            |
|----------------------|---------------------------------|------------|
| Sivavong Changkasiri | Department of Mineral Resources | (局長)       |
| Charoen Piancharoen  | ・                               | (次長)       |
| Sermakdi Kulvanich   | ・                               | (担当課長)     |
| Phairat Suthakorn    | ・                               | (錫担当)      |
| Prachon Charoensri   | ・                               | (タングステン担当) |
| Paichit Pathnopas    | ・                               | (チェンマイ支所長) |

(2) 現地調査

日本側

|       |                |          |
|-------|----------------|----------|
| 内村 巖  | 日鉄鉱コンサルタント株式会社 | (地質, 総括) |
| 吉田 広  | ・              | (地質)     |
| 野沢 博光 | ・              | (地質)     |
| 阿部 昭夫 | ・              | (地質)     |

タイ側

|                       |                                 |             |
|-----------------------|---------------------------------|-------------|
| Sermakdi Kulvanich    | Department of Mineral Resources | (総括責任者)     |
| Phairat Suthakorn     | ・                               | (副総括責任者)    |
| Metha Amornsirinukroh | ・                               | (地質, 現場責任者) |
| Peerapong Khuenkong   | ・                               | (地質)        |
| Patchara Jariyawat    | ・                               | (地質)        |
| Surapol Udompornwirat | ・                               | (地質)        |
| Boonchu Panglinput    | ・                               | (調査助手)      |



## 第2章 調査地域の概要

### 2-1 位置および交通

調査地域はFig. 1に示す通りタイ北部チェンマイ市の南西方約180kmに位置し南北50km, 東西20km, 面積1,000km<sup>2</sup>の範囲である。行政上は大部分がチェンマイ県オムコイ郡に含まれ南西部の一部がタク(Tak)県タソンヤン(Tha Song Yang)郡にかかっている。

チェンマイから調査地域のほぼ中央にあるオムコイ郡オムコイ村までは, チェンマイ〜メサリアン(Mae Sariang), メホンソン(Mae Hong Son)を結ぶ国道108号線の途中キェウラン(Kiew Lan)村を起点として南下する国道1099号線が通じており1日1往復のバス便がある。国道108号線は完全舗装道路である。国道1099号線は未舗装であるが道路幅広く側溝もあり雨期でも通行可能である。チェンマイからオムコイまでは通常自動車ですら約4時間を要する。

チェンマイと首都バンコク(Bangkok)間は直距約570kmで国内航空のジェット機が毎日4〜5便就航しており, 所要時間は約50分である。鉄道はチェンマイ〜バンコク間751kmを約13.5時間(急行)で運行している。また, ハイウェイも通じており高速バスで約10時間を要する。

一方, 調査地域内には高地民族の部落, 農耕地を結ぶ小径が縦横に発達しているが, 自動車道路としてはオムコイを中心として, 西側のファイマヌアン(Huai Manuang), 東側のヤンケオ(Yang Kaeo)南側のメロン(Mae Long), ソプラン(Sop Lan)などの主要部落へ通ずる道路がある。しかしこれらはいずれも急坂, カーブの多い未舗装道路で四輪駆動車しか使用できない。また, 雨が降れば泥濘化して殆んど使用不能となる。

### 2-2 地 形

タイ国はインドシナ半島のほぼ中央部を占め広大な平野部と山岳地帯からなる。

地形上からは, 北部〜北西部の山岳高地, 北東部のコラート(Khorat)高原, 中央部のチャオプラヤ(Chao Phraya)平原および南部の半島部の4地区に分けられる。

これら地形区はタイを含めた東南アジア地域における先カンブリア時代から現在までに起った4回(先カンブリア時代, 石炭紀, 中生代, 古第三紀)の造構造運動とそれに前後した堆積作用, 火成活動を反映している。

調査地域の含まれる北西部は中国の雲南省に始まりビルマとの国境に沿って北から南へマレー半島まで続く山脈が走り, タイの最高峰インタノン(Intanon)山(2595m)をはじめタイの高山が集中する山岳地帯である。

調査地域はほぼN-S方向およびNW-SE方向に連なる山岳地帯でこれに並行な河川及

びその支流により急峻な地形が形成されているが、調査地域北半部を北西から南東方向へ流下するメツン(Mae Tun)川及びその上流のメラミット(Mae Lamit)川によって画される北東側と南西側で明瞭な地形的相異を示している。

北東側は800m~1,200mの標高を示しやゝ幅の広い谷をもつ緩い丘陵性の地形を示すのに対して、南西側は標高1,000~1,700mを示す山岳地帯で狭く深い谷と急峻な山稜よりなっている。

### 2-3 気候・植生

タイの気候は東南アジアの熱帯モンスーン気候の影響下にあり、地域的に年間を通じて降雨のある半島の熱帯雨林型の気候と夏のモンスーン期に雨量の85%が降り乾季には極度に乾燥する大陸部の熱帯性サバンナ型の気候とに分かれている。

調査地域は熱帯性サバンナ気候を示し、5~10月は南西モンスーンによる雨季、11~2月は北東モンスーンによる乾季となるが、3~4月は北東風が弱まり年間で最も暑い季節となる。

オムコイ地方の1983年の気温、降雨の状況をFig.2に示した。最近5年間の気温、降雨の状況はTable 2の通りである。

野外調査に最も適した時期は、気温が低く雨の少ない乾季の11~2月と考えられる。

調査地域内には、一部原生の雑木、灌木、草が密生するが、大部分は松など針葉樹を含む雑木の疎林となっており、この中に高地民族の小部落や農耕地が点在する。

### 2-4 調査地域の一般社会情勢

調査地域のほぼ中央にあるオムコイ村はオムコイ郡の中心地で行政府のほか小学校、中学校、病院、郵便局、警察署等がある。

オムコイ郡は人口約24,000人で高地民族(カレン族、メオ族、ムセル族)が大半を占めタイ族は少ない。

産業は農業(米作)が主体でその他牧畜(肉牛、水牛、豚)、織物、鉱業(錫、タングステン)等がある。

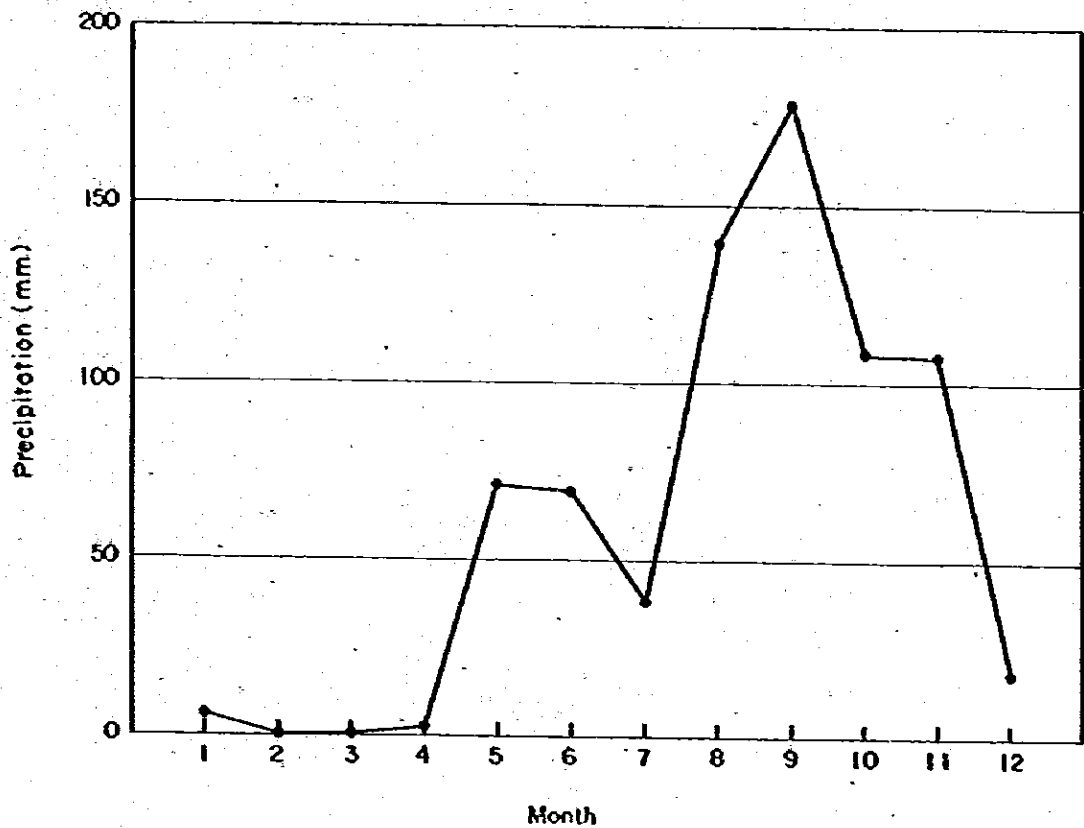
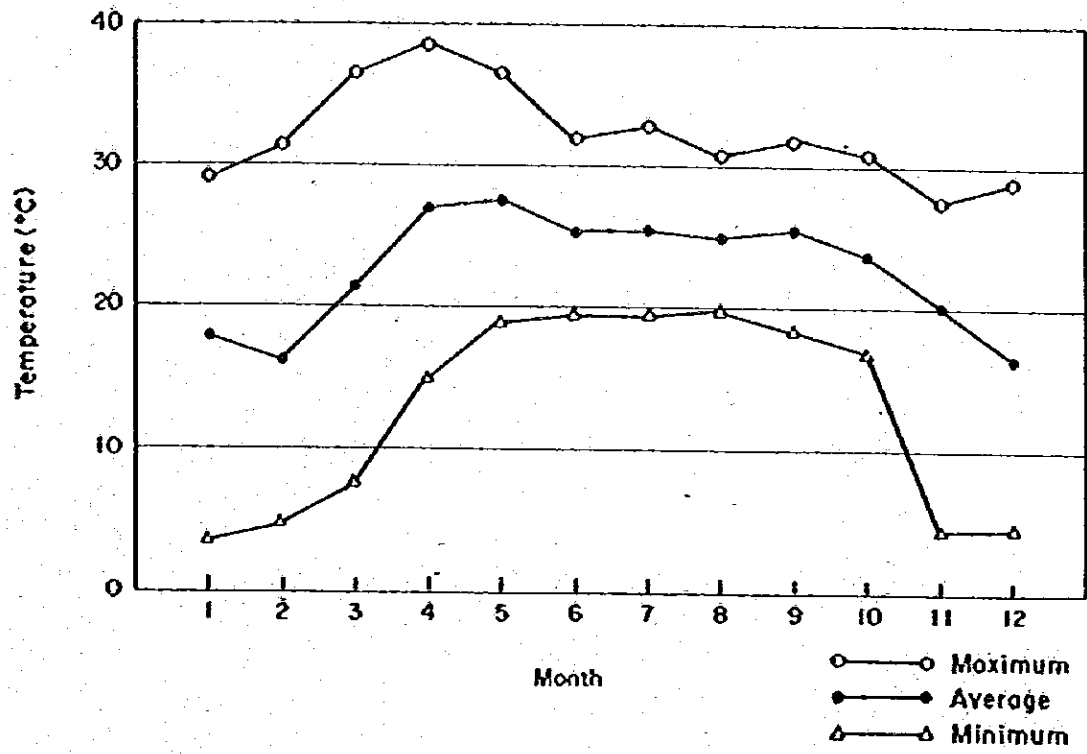


Fig.2 Monthly temperature and precipitation in 1983

Table 2 Statistics of temperature and precipitation in the Omkoi district

|                     | Month |      | Year  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                     | 1     | 2    | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |       |       |
| Rainfall<br>(mm)    | 1983  | 5.9  | -     | -     | 2.4   | 71.4  | 69.6  | 38.4  | 139.8 | 177.7 | 108.8 | 108.2 | 18.3  |       |
|                     | 1982  | -    | -     | 27.3  | 16.1  | 285.6 | 116.4 | 121.4 | 103.5 | 297.5 | 117.3 | 19.8  | -     |       |
|                     | 1981  | -    | -     | -     | 32.0  | 189.9 | 112.9 | 130.9 | 108.4 | 156.1 | 134.2 | 20.8  | 10.7  |       |
|                     | 1980  | -    | -     | 90.2  | 68.4  | 214.0 | 111.2 | 91.2  | 25    | 34.3  | 28.9  | 17.6  | -     |       |
|                     | 1979  | -    | -     | -     | 30.7  | 184.1 | 183.5 | 105.7 | 130.8 | 201.3 | 82.2  | -     | -     |       |
| Temperature<br>(°C) | 1983  | Av.  | 17.89 | 16.31 | 21.52 | 27.05 | 27.60 | 25.45 | 25.41 | 25.14 | 25.60 | 23.78 | 20.13 | 16.57 |
|                     |       | Max. | 29.1  | 31.4  | 36.6  | 38.4  | 36.6  | 32.0  | 32.8  | 30.7  | 31.8  | 30.8  | 27.7  | 28.9  |
|                     |       | Min. | 3.6   | 4.8   | 7.7   | 15.1  | 19.0  | 19.50 | 19.4  | 19.8  | 18.3  | 17.0  | 4.2   | 4.4   |
|                     | 1982  | Av.  | 17.43 | 18.63 | 23.07 | 24.42 | 25.54 | 24.54 | 38.64 | 23.87 | 24.21 | 23.29 | 21.83 | 16.90 |
|                     |       | Max. | 29.5  | 32.8  | 35.5  | 34.8  | 35.1  | 31.7  | 30.2  | 28.9  | 31.5  | 30.4  | 30.8  | 30.2  |
|                     |       | Min. | 3.0   | 3.9   | 7.8   | 14.8  | 18.2  | 20.0  | 18.2  | 19.2  | 17.5  | 15.2  | 11.8  | 2.7   |
|                     | 1981  | Av.  | 17.4  | 19.99 | 22.04 | 22.81 | 20.54 | 23.42 | 23.89 | 23.99 | 24.36 | 23.63 | 22.2  | 17.99 |
|                     |       | Max. | 28.6  | 34.6  | 34.1  | 35.2  | 34.7  | 29.0  | 30.4  | 30.0  | 32.3  | 31.1  | 32.2  | 29.9  |
|                     |       | Min. | 4.3   | 5.0   | 9.0   | 12.4  | 17.10 | 18.6  | 18.0  | 19.1  | 17.3  | 16.2  | 12.4  | 6.0   |
|                     | 1980  | Av.  | 26.87 | 18.48 | 23.27 | 23.27 | 25.82 | 22.97 | 42.35 | 24.36 | 23.93 | 23.90 | 21.12 | 19.05 |
|                     |       | Max. | 30.4  | 31.4  | 34.6  | 35.4  | 34.8  | 31.4  | 30.0  | 32.0  | 30.7  | 31.8  | 30.4  | 30.2  |
|                     |       | Min. | 0.5   | 1.5   | 6.7   | 15.0  | 17.6  | 18.9  | 19.1  | 18.2  | 17.0  | 11.4  | 11.9  | 6.4   |
|                     | 1979  | Av.  | 18.97 | 18.84 | 22.46 | 25.43 | 35.06 | 25.07 | 24.32 | 29.05 | 28.7  | 19.72 | 19.53 | 17.77 |
|                     |       | Max. | 31.4  | 34.7  | 34.5  | 35.7  | 34.8  | 32.1  | 31.1  | 31.3  | 32.1  | 31.6  | 29.9  | 29.5  |
|                     |       | Min. | 5.5   | 4.4   | 6.1   | 12.6  | 18.1  | 19.5  | 18.8  | 18.4  | 16.0  | 15.5  | 8.4   | 6.2   |

各 論

## 第1章 地質調査

### 1-1 調査目的

本調査の目的は地質及び地質構造を明らかにするとともに鉱化作用、鉱床の賦存状況を把握して有望地区を抽出することにある。

### 1-2 地質鉱床の概要

調査地域を含む北部タイはインドシナ半島のほぼ中央に位置し、その地質図をFig. 3に示した。

インドシナ半島一帯は中生代と新生代の造山帯であるが、その中にコンツン陸塊(Kontum massif)と呼ばれる先カンブリア時代最末期または古生代最初期の変成岩体とそれを取りまく古生代後期(ヘルシニア期)の造山地域が古い安定地塊として含まれている。

この地塊のすぐ西側からマレー半島にかけてはインドシナ期(三畳紀~ジュラ紀)の造山帯で、さらにその西側のビルマ西部はヒマラヤ期(白亜紀~現在)の造山帯が形成されており、時代とともに大陸地殻が外側へ向って順次成長していったと考えられている(Sato, 1979)。

インドシナ地塊に対するアルプス・ヒマラヤ造山運動の影響は、白亜紀~第三紀に起ったゆるやかな波曲と断層地塊化運動の形で出現する。北部タイに見られる地質構造要素は地質時代と強さの程度が異なる複数の造山運動によりもたらされたものであり、特に造山運動後の断裂運動が強く支配しており、断裂運動は第三紀以後も現在までつづき、上部第三系や更新統段丘に影響を与えている。

この断裂運動の結果にもとづいて、北部タイ地域は西側から西部構造区(タイ-ビルマ国境)、西部主要山岳地帯構造区、中央北部構造区および東部構造区(コラート高原)の地質構造区に分けられている(JICA, 1984)。

このうち調査地域の含まれる西部主要山岳地帯構造区はメサリアン(Mae Sariang)とチェンマイ(Chiang Mai)の間にあるタイ国の主要山岳地帯を含み、南方延長はカンチャナブuri(Kanchanaburi)にまで連続する。

本構造区を構成する岩石は花崗岩の貫入を伴う先カンブリア紀の堆積岩起源の変成岩類とこれを不整合におおひ古生代初期の弱変成作用を受けた浅海性堆積岩およびタングステン、錫、螢石、銅、鉛、アンチモンなど各種の鉱物の鉱化作用をもたらした三畳紀後期の花崗岩類よりなる。

その結果、北部タイでは錫、タングステン、螢石の鉱床、鉱徴地に加えて、銅、鉛、亜鉛、アンチモン、鉄、マンガン、セリウム、ベリル、ウランの鉱徴地が点在している。

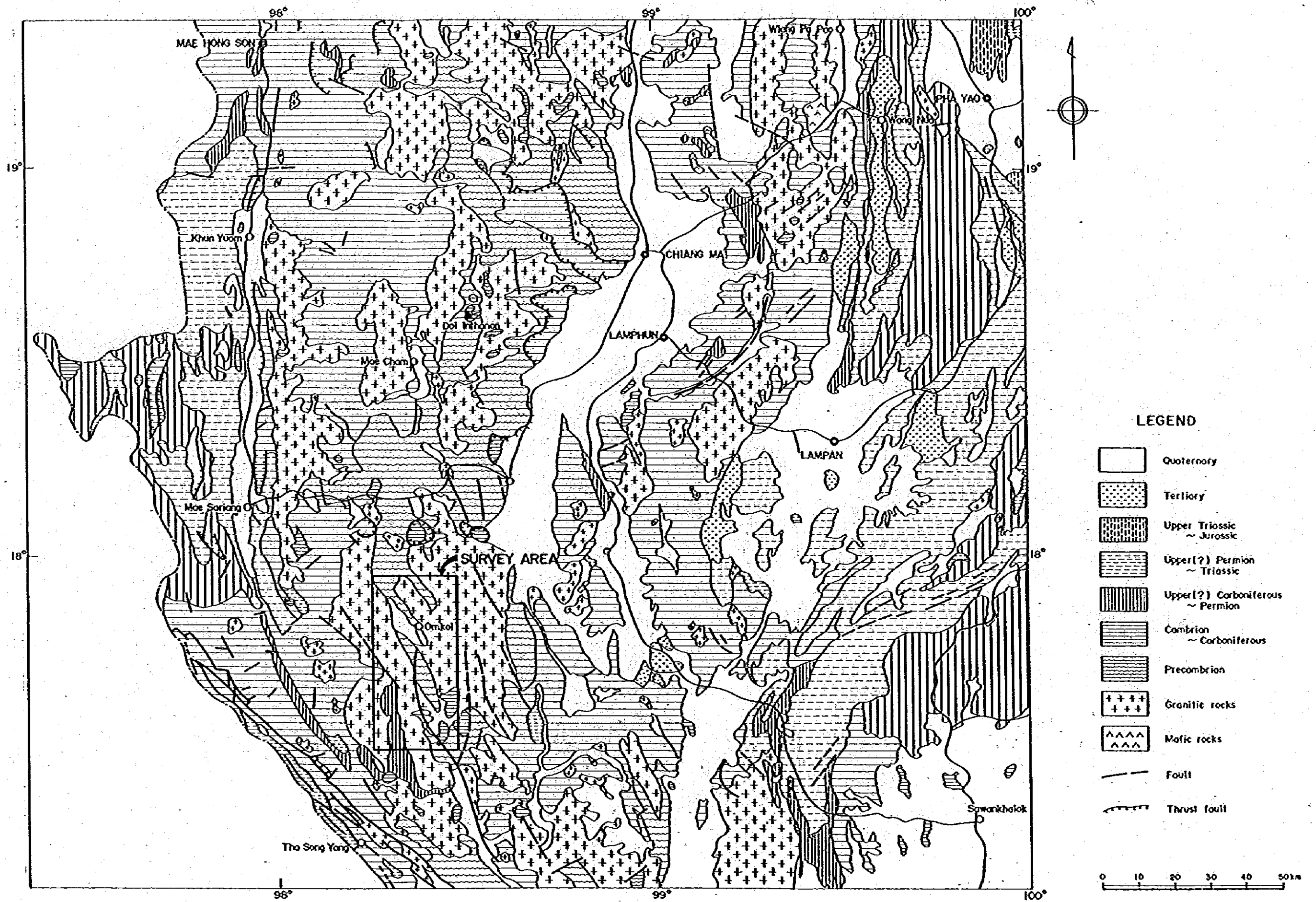


Fig.3 Geologic map of northern Thailand

マンガンを除くこれらの鉱物の鉱化作用は花崗岩に密接に関連しているが、石炭紀の花崗岩類は現在までのところでは注目すべき鉱化作用は伴わず、中生代以降の花崗岩類が各種の鉱化作用をもたらしている。

特に錫とタングステンは普通共伴し、錫、タングステン鉱床として中生代以降の花崗岩類およびそれから由来する石英脈に伴われ、岩株の頂部、縁辺部あるいは岩株上の変堆積岩中に生成している。

この中生代以降の花崗岩類は北部タイでは、チェンマイ盆地を境に西側のインタノン (Inthanon) 山脈と東側のクンタン (Khntan) 山脈を形成しており、調査地域の含まれる前者では、パイ (Pai)、サモエン (Samoeng)、メチャム (Mae Cham)、オムコイ (Om-koi)、タソヤン (Tha Song Yang) などで錫、タングステン鉱徴地が報告されている (Tan-lisukrit, 1978)。これらは花崗岩類 (主として三畳紀) と石灰岩との接触部あるいは花崗岩中の気成石英脈やペグマタイト脈中に見られる。その他、地形的凹地に濃集した残留堆積鉱床がある。

### 1-3. 層 序

調査地域には堆積岩類、変成岩類および花崗岩類が分布しており GGM (1972) によって、堆積岩類と変成岩類は下位から先カンブリア時代の変成岩類、カンブリア紀とオルドビス紀の堆積岩類、先石炭紀変成岩類、第三紀の礫岩および第四紀の砂礫層に分けられ、花崗岩類は石炭紀のものと三畳紀のものに分けられている。

本調査結果では、これらの地層の分布範囲については若干の違いがあるものの、層序関係を改めるべき証拠は見出されなかったので、本報告でも上述の区分に従って層序を述べる。地質図、地質断面図は PL 1, PL 2 に、模式層序図は Fig. 4 に示す。

#### (i) 先カンブリア時代変成岩類

本変成岩類は調査地域北端部のヨック (Yong Ku) 鉱山付近と中央部のメラン北東に分布し、準片麻岩と片岩からなる。

準片麻岩は本岩類の大半を占め、ヨック鉱山で典型的にみられ、黒雲母による明瞭な片麻状構造を特徴とする。本岩は石英、カリ長石、斜長石、黒雲母を主とし、少量の白雲母、スフェン、不透明鉱物を含む。片岩は、黒雲母を多量に含み片状構造を示す。

調査地域を含めたチェンマイ西方から南方にかけての山地に分布する片麻岩や片岩は、かつて先二畳紀の変成岩類 (Brown et al., 1951) として一括されていたが、その後の調査によりこれらのほとんどは先カンブリア時代の変成岩類とされ、これらは先カンブリア時代のアナテクシスや花崗岩化作用の影響により形成されたと考えられている (Braun et al., 1970; GGM, 1972)。

※ German Geological Mission



| Age         |               | Column | Lithology  | Igneous activity | Mineralization |
|-------------|---------------|--------|--|------------------|----------------|
| Cenozoic    | Quaternary    |        | Gravel, sand   |                  |                |
|             | Tertiary      |        | Conglomerate, sandstone  |                  |                |
| Mesozoic    | Cretaceous    |        |  |                  |                |
|             | Jurassic      |        |  |                  |                |
|             | Triassic      |        | Granite, opite, pegmatite  | Granite          | Sn, W, Ta, Nb  |
| Paleozoic   | Permian       |        |  |                  |                |
|             | Carboniferous |        | Gneissose granite, opite   | Granite          |                |
|             | Devonian      |        |  |                  |                |
|             | Silurian      |        |  |                  |                |
|             | Ordovician    |        | Quartzite<br>Alternation of limestone and quartzite<br>Limestone |                  |                |
|             | Cambrian      |        | Sandstone<br>Limestone, sandstone, shale                         |                  |                |
| Precambrian |               |        | Paragneiss, schist   | Granite ?        |                |

Fig.4 Schematic geological column

## (2) カンブリア紀堆積岩類

調査地域の南東端部に急峻な山塊をなして分布する。白色～灰色中粒結晶質の塊状石灰岩からなり、一部に灰色～暗黄緑色頁岩や細粒砂岩を挟んでいる。

石灰岩は花崗岩類との接触部付近ではスカルン化を受けており、ざくろ石、輝石、緑れん石、緑閃石などが生成している。

本岩類は先カンブリア時代の変成岩類とは分布地域を異にしており、直接の関係は認められないが、不整合であると考えられている ( Braun et al., 1970 )。

## (3) オルドビス紀堆積岩類

調査地域西端部のメロン ( Mae Long ) を始めとして地域内の各所に分布し、石灰岩、珪岩、片岩および石灰-珪酸塩岩よりなる。

本岩類中の石灰岩には、20 m以上の厚さをもつ厚層石灰岩と、1～3 cmの厚さで珪岩、片岩と互層する薄層石灰岩の2通りの産状がある。前者はヨック鉱山東方、メロン周辺、メハット川中流などでみられ、白色～灰色を呈し細粒結晶質である。ほとんどの場合酸化鉄や泥質部を薄く挟み、縞状構造を呈している。後者はその他の多くの分布地域でみられ、後述する石灰-珪酸塩岩に変わっている。

珪岩は、調査地域北西端部や南部のソプラン ( Sop Lan ) 西方に比較的厚く分布するほか、石灰岩との互層をなして地域内各所に分布する。本岩は石英と長石を主として、黒雲母の微粒が石英粒子中に生成している。ソプラン西方の珪岩は暗紫色を呈し細粒で泥質岩起源と思われる。

片岩は上述の石灰岩、珪岩に伴って分布し、黒雲母片岩である。

石灰-珪酸塩岩は、花崗岩岩体上にルーフペンダント状に分布していることが多く、石灰岩、珪岩、泥質岩からなる互層が花崗岩類による変成作用をうけて生成したものである。本岩は全体に暗黄緑色～灰色を呈し、露頭では風化に対する抵抗度の差により、1～3 cm単位で珪質部が突出した特徴的な風化面をもつ。構成鉱物は石英、長石、ざくろ石、輝石、緑れん石、珪灰石および方解石が主で、ルチル、スフェン及び不透明鉱物を微量含む。互層をなす原岩の違いによって単層毎に構成鉱物比が異なり、石灰岩部では珪灰石が、珪岩部や泥質岩部ではざくろ石、輝石が多量に生成している。

本岩類は下位層のカンブリア紀堆積岩類とは整合関係にあると考えられている。

## (4) 先石炭紀変成岩類

調査地域では、先カンブリア時代の変動の後、石炭紀および三畳紀の変動が起っている。これらの変動により先カンブリア時代の変成岩類と古生代の堆積岩類は共に変成作用を受

け、特に変成度が高いと思われる箇所では互いに同様の変成相を示すため、変成岩類を岩相によって先カンブリア時代のものと古生代のものに区分することが困難である。従って本報告では変成岩類については GGM (1972) により先カンブリア時代とされているヨック鉱山東方およびメロン北東のものを除いては、一括して先石炭紀の変成岩類として示す。

本岩類は黒雲母を含む準片麻岩および片岩からなり、場所により小規模な堆積岩類のレリックを含む。

#### (5) 第三紀礫岩

調査地域中央部のオムコイ付近の盆地に広く分布するほか、北部のパンオンムアン(Pang Ong Muang), 南部のソブラン付近にもみられる。

本岩は主に礫岩からなるが、場所によっては粗粒砂岩が卓越する。礫岩中の礫は中～大亜角礫が多く、礫種はそれぞれの分布地域の後背地の地質により、花崗岩類卓越部や変成岩類、堆積岩類卓越部がみられる。

本岩は下位層とは不整合の関係にある。

#### (6) 第四紀砂礫層

調査地域の主要河川に沿って狭小に分布し、未固結の礫、砂および粘土からなる。

### 1-4 火成活動

北部タイの花崗岩類の活動は石炭紀、中生代および新生代にみられ、中生代の花崗岩類は三疊紀と白亜紀(～第三紀)のものに分けられている(GGM, 1972)。

調査地域には底盤状および岩株状の花崗岩類が地域の大半を占めて広く分布しており、石炭紀の花崗岩類と三疊紀の花崗岩類に大別される。

#### (1) 石炭紀花崗岩類

調査地域東部および南部に広く分布し、さらに東方に広がっている底盤状岩体の一部をなす。

本岩類はほとんどの場合2～4 cmのかり長石巨肉晶を含む完晶質粗粒の黒雲母花崗岩であるが、まれに細粒のものもみられる。一般に黒雲母とかり長石が平行に配列して片麻状構造を示す。

構成鉱物は石英、かり長石、斜長石、黒雲母を主とし燧灰石、ジルコン、スフェーンなどは微量である。本岩類は後述する三疊紀の花崗岩類に比べて黒雲母の量がやや多い。不透明鉱物はチタン鉄鉱および磁鉄鉱であるが、チタン鉄鉱が磁鉄鉱より多く、本岩類は Ishihara (1977) のチタン鉄鉱系に属する。

## (2) 三疊紀花崗岩類

調査地域の西部に広く分布する底盤状の岩体のほか、変成岩類や石炭紀の花崗岩類に貫入する岩株状岩体がある。

本岩類はその岩相から、中粒～粗粒葉状花崗岩、中粒～粗粒花崗岩、細粒花崗岩およびアブライト・ペグマタイトに分けられる。前二者は2～4 cmのカリ長石巨斑晶を含む場合が多い。

葉状花崗岩は地域西半部に分布し、黒雲母が平行に配列して葉状構造を示す。この葉状構造は石炭紀の花崗岩類にみられる片麻状構造ほど明瞭なものではない。

粗粒花崗岩は岩株状の分布を示し、比較的大規模なものは4岩体である。

細粒花崗岩は小規模岩株あるいは岩脈として分布する。

以上の3つの岩相の構成鉱物はほとんど共通しており石英、カリ長石、斜長石、黒雲母が主である。白雲母は一般に少なく場所によっては全く含まれていない。その他微量の焼灰石、スフェーン、ジルコン、ルチルおよび不透明鉱物を含む。一般にカリ長石が斜長石より多く本岩類のほとんどは狭義の花崗岩に属する。不透明鉱物では磁鉄鉱よりチタン鉄鉱の量が多く、本岩類も Ishihara (1977) のチタン鉄鉱系に属する。

アブライトおよびペグマタイトは、花崗岩岩体および変成岩中に岩脈として産出し一般に岩体の周辺部に多くみられる。岩脈はNNE-SSW系、ENE-WSW系およびNW-S E系があり調査地域内の主要断裂系に一致している。

アブライト岩脈の幅は1～10 m程度である。構成鉱物は細粒の石英、カリ長石、斜長石、白雲母を主とする。場所により黒雲母、電気石あるいは少量のざくろ石を含む。

ペグマタイト岩脈の幅は0.01～5 mと変化に富むが、0.1～1 mのものが一般的である。本岩は粗粒の石英、カリ長石、斜長石、白雲母を主とする。ヨック鉱山付近のものは黒雲母を多く含んでいる。

## (3) 花崗岩類の年代測定結果

本地区に分布する三疊紀の花崗岩類の年代測定結果をTable 3に、試料採取位置をPL 3に示す。石炭紀の花崗岩類については、三疊紀の花崗岩類により若返りを受けていると予想されたので年代測定は行なっていない。

測定結果によれば4試料が白堊紀～第三紀、1試料が第三紀を示す。

タイ半島部におけるRb-Sr年代とK-Ar年代では後者の方が若く出る傾向があり、この年代の不一致は断層、剪断運動によって生じた熱、熱水作用、火成活動等によると考えられている (Ishihara, 1980)。本調査地域を含むタイ-ビルマ国境沿いの花崗岩帯

Table 3 K-Ar Datings of granitic rocks

| Sample No. | Coordinates |        | Rock description                                   | Mineral | K (%) | <sup>40</sup> Ar rad (sec/gm. x 10 <sup>-5</sup> ) | Atm. <sup>40</sup> Ar (%) | Age (m.y.) |
|------------|-------------|--------|--|---------|-------|--|---------------------------|------------|
|            | E           | N      |  |         |       |  |                           |            |
| OAR-10     | 433.1       | 1942.4 | Coarse-grained muscovite-bearing biotite granite   | Biotite | 4.60  | 74.3   | 1.19                      | 65.1±3.3   |
|            |             | 4.63   |  |         | 76.8  | 1.19   |                           |            |
| OAR-18     | 433.9       | 1972.2 | Fine-grained muscovite-biotite granite             | ditto   | 4.90  | 73.9   | 0.882                     | 46.2±2.3   |
|            |             | 4.91   |  |         | 68.3  | 0.901  |                           |            |
| ONR-61     | 424.2       | 1939.3 | Coarse-grained muscovite-bearing biotite granite   | ditto   | 7.02  | 84.9   | 1.96                      | 70.2±3.5   |
|            |             | 7.06   |  |         | 85.4  | 1.96   |                           |            |
| OUR-101    | 422.3       | 1975.4 | Medium-grained, foliated muscovite-biotite granite | ditto   | 7.48  | 87.0   | 2.09                      | 70.1±3.5   |
|            |             | 7.56   |  |         | 84.2  | 2.09   |                           |            |
| OYR-29     | 422.8       | 1964.4 | Coarse-grained biotite granite                     | ditto   | 6.50  | 83.6   | 1.79                      | 69.4±3.5   |
|            |             | 6.51   |  |         | 85.4  | 1.79   |                           |            |

The analysis was performed in duplicate.

The constants for the age calculation are:  $\lambda\beta = 4.96 \times 10^{-10} \text{ year}^{-1}$ ,  $\lambda_e = 0.581 \times 10^{-10} \text{ year}^{-1}$ ,  $^{40}\text{K}/\text{K} = 1.167 \times 10^{-4}$ .

についての放射能年代でも同じ岩体でRb-Sr年代が古く、K-Ar年代が新しくなっているものが多くあり、調査地域北方では一般にRb-Sr年代200 m. y. 以上を示すのに対してK-Ar年代35-108 m. y. の値を示すものが見られる(Thanasuthipitak, 1978)。

調査地域内の花崗岩類では三疊紀以後の造構運動により多数の断層が形成されているとともに各所で片麻状構造および葉状構造が認められる。また、調査地域西方約50 kmのメラマ(Mae Lama)では白亜紀の岩株状花崗岩類が見られる。

タイにおける三疊紀以降の花崗岩類の年代としては、白亜紀~第三紀および第三紀が知られており、今回の測定結果はこれらと一致している。しかし、今回得られたK-Ar年代値は、本地域の花崗岩類が上述の造構運動あるいは火成活動の影響を受けて、若返りの年代を示していると考えられることから、ここでは、従来三疊紀のものと考えられている各岩体について、今回の測定値を直ちに採用することは避け、三疊紀のものとしておく。

#### (4) 花崗岩類の化学的特性

調査地域に分布する花崗岩類と錫、タングステン、ニオブ、タンタル鉱化作用の関連を検討するために花崗岩類の各岩相から計50個の試料を採取し、主要成分と微量成分(錫、タングステン、フッ素、塩素)の化学分析を行なった。試料の内訳は、石炭紀の片麻状花崗岩類2試料、三疊紀の中粒~粗粒葉状花崗岩7試料、同中粒~粗粒斑状花崗岩22試料、同細粒花崗岩18試料、同ペグマタイト1試料である。試料採取位置と岩石名をPL3とTable 4に、分析結果とノルム値をTable 5に示す。

ノルムでは全ての試料からコランダムが算出され、調査地域の花崗岩類はパーアルミナスな花崗岩であることがわかる。分化指数(D. I., ノルム石英と同長石の合計値)では各岩相毎にやや違いがみられ、石炭紀の片麻状花崗岩類が76~78程度であるのに対し、三疊紀の花崗岩類は80以上の値を示し、特に三疊紀の細粒花崗岩は85以上の分化指数のものが多。このような分化指数の違いは石炭紀の花崗岩類については分析試料が少ないためその傾向ははっきりしないが、三疊紀の花崗岩類については、中粒~粗粒花崗岩から細粒花崗岩さらにペグマタイトに至る分化過程での主要成分の変化に応じたものである。

また、ノルムの石英、斜長石、正長石による花崗岩の分類(Fig. 6)ではほとんどの試料が狭義の花崗岩に属しており、野外および鏡下観察による結果とほぼ一致している。

主要成分および微量成分と分化指数の関連をみると、分化指数が増加するにつれてSiO<sub>2</sub>、Na<sub>2</sub>Oは漸増しているが、CaO、FeO、MgO、TiO<sub>2</sub>、MnO、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>は反対に減少している(Fig. 5)。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>およびK<sub>2</sub>Oは分化指数との明確な関係は示さず、一部の例外を除いては、それぞれ13~15%、0.3~0.8%、4~5.5%の範囲に集中している。これらの

傾向を岩相毎にみると、三疊紀の中粒～粗粒花崗岩類と細粒花崗岩では、重複区間はあるものの、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ は細粒花崗岩中でやや多く、 $\text{CaO}$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ は中粒～粗粒花崗岩類中でやや多いといえる。石炭紀の片麻状花崗岩類については、分析データが少ないため特定の傾向はつかめない。

三疊紀のペグマタイトは $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 量が他と極端に異なるものの $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{MnO}$ については、他の三疊紀の花崗岩類の傾向の延長線上にプロットされ、分化の最終段階のものであることを示している。微量成分では、フッ素、塩素、錫ともに分化指数や岩相に関連してなんらかの傾向を示すことはない。タングステンについては8割以上の試料が検出限界以下であり、またタングステンを含んでいる試料が特定の岩相に集中していることもないので図示していない。

近年、花崗岩についてはS (Sedimentary)タイプとI (Igneous)タイプへの分類(Chappel and White, 1974; White and Chappel, 1977)や、磁鉄鉱系とチタン鉄鉱系への分類(Ishihara, 1977)が行なわれている。これらのうち、前者は4種類の化学成分比を分類のパラメータとしている。これらのパラメータによる分類の結果(Fig. 6, Table 6)では、4つのパラメータが一致してどちらか一方のタイプだけを示す例はみられず、調査地域の花崗岩類の明確なS/Iタイプ分類はできない。後者の分類は花崗岩中の磁鉄鉱とチタン鉄鉱の量比を鏡下で観察して分類する方法で、この方法では本地域の花崗岩類は磁鉄鉱がチタン鉄鉱より少なくチタン鉄鉱系に属することが判明している。

また、一般に造山地帯の花崗岩類はカルクアルカリ岩系に属するが、調査地域の花崗岩類にはMFAダイアグラム(Fig. 7)ではソレイアイト系に相当すると思われるものもある。しかし、これらはダイアグラム上で高アルカリ側にたよっているため両系への明確な区分は困難であり、岩相毎に特別な傾向は認められない。

アルカリ-ライムダイアグラム(Fig. 7)では、三疊紀の葉状花崗岩の1試料が高 $\text{Na}_2\text{O}$ 側、同ペグマタイトが高 $\text{K}_2\text{O}$ 側にあるのを除けば、各岩相ともほとんど同じ領域にプロットされる。この領域はタイ半島部の花崗岩類が示す領域(Ishihara, 1980)とほとんど一致している。

微量成分により調査地域の花崗岩類について考察すると、まずフッ素は60～650 ppm、塩素は14～130 ppmである。フッ素/塩素比(Fig. 8)では、三疊紀の細粒花崗岩を除いてはフッ素/塩素比が高く、半島部の花崗岩類と同様の傾向を示す。

また、錫含有量は2～53 ppmである。最大値はパブン鉱山付近の三疊紀の葉状花崗岩試料から得られている。マレー半島では、錫花崗岩の平均値が6.5 ppm、不毛花崗岩の平均値

が5.1 ppmとされ (Yeap, Cited in Honsking, 1973), 日本では前者が4~9 ppm, 後者が1~2 ppmとされている (Ishihara and Terashima, 1978)。調査地域の花崗岩類試料の過半数は6.5 ppm以上を示しており, また2 ppm以下のものは1試料に過ぎないことから, 本地域の花崗岩類は錫花崗岩に相当する。20 ppm以上の高含有量を示す例は4例あり, それぞれ石炭紀の花崗岩類1試料, 三疊紀の葉状花崗岩1試料, 同粗粒花崗岩2試料であるが, これらが特に近接していたり, 何らかの配列を示しているわけではない。フッ素/錫, 塩素/錫, (フッ素+塩素)/錫の比率 (Fig. 8, 9) では, 岩相別に特に著しい傾向は示さないが, 大まかにはそれぞれ正の相関関係にある。

タングステンの含有量は検出限界以下の試料がほとんどで, 1~6 ppmのもの6試料, 20 ppm, 500 ppmのものがそれぞれ1試料である。このため, フッ素, 塩素および錫の含有量とタングステン含有量の関係は明瞭ではなく, タングステン含有量が500 ppmと異常に高い値を示す調査地中央部の三疊紀の細粒花崗岩でも錫含有量は5 ppmで特に錫に富んでいるとはいえない。しかし, タングステン20 ppmを示す調査地域南西端部の三疊紀の粗粒花崗岩は錫含有量も24 ppmと高く, 調査地域内では高錫・タングステン花崗岩となっている。



Table 4 Granitic rock samples for whole-rock chemical analyses

| Sample No. | Coordinates |         | Age    | Description        |
|------------|-------------|---------|--------|--------------------|
|            | E           | N       |        |                    |
| OAR-1      | 430.7       | 1,975.5 | Trias. | wk-gs m-g bi-gr    |
| 3          | 367.7       | 1,972.3 | "      | f-g bi-gr (dike)   |
| 4          | 429.5       | 1,964.3 | "      | wk-gs c-g bi-gr    |
| 7          | 440.3       | 1,952.7 | "      | f-g bi-gr          |
| 9          | 437.5       | 1,948.4 | "      | f-g bi-gr          |
| 10         | 433.1       | 1,942.2 | "      | c-g porph. bi-gr   |
| 11         | 430.9       | 1,939.8 | "      | f-g bi-gr          |
| 12         | 429.9       | 1,939.8 | "      | c-g porph. bi-gr   |
| 13         | 427.6       | 1,940.6 | "      | f-g bi-gr          |
| 14         | 434.9       | 1,945.4 | "      | f-g bi-gr (dike?)  |
| 15         | 424.2       | 1,933.6 | "      | c-g porph. bi-gr   |
| 16         | 428.2       | 1,934.8 | "      | f-g bi-gr          |
| 17         | 426.1       | 1,958.8 | "      | gs bi-gr           |
| 18         | 433.9       | 1,972.2 | "      | c-g porph. bi-gr   |
| 19         | 433.6       | 1,973.8 | "      | f-g bi-gr          |
| 20         | 434.1       | 1,975.4 | "      | c-g porph. bi-gr   |
| ONR-1      | 434.7       | 1,977.4 | "      | c-g porph. bi-gr   |
| 7          | 425.0       | 1,977.0 | "      | wk-gs porph. bi-gr |
| 11         | 423.0       | 1,979.2 | Carb.  | m-g gs bi-gr       |
| 12         | 428.1       | 1,967.6 | Trias. | m-g porph. bi-gr   |
| 14         | 425.0       | 1,967.1 | "      | c-g bi-ms peg.     |
| 15         | 424.6       | 1,966.9 | "      | m-g porph. bi-gr   |
| 16         | 427.7       | 1,966.4 | "      | f-g ga-big gr      |
| 20         | 436.3       | 1,957.1 | "      | wk-gs m-g bi-gr    |
| 26         | 435.0       | 1,951.9 | "      | f-g bi-gr          |
| 27         | 435.0       | 1,951.9 | "      | c-g porph. bi-gr   |
| 29         | 425.0       | 1,947.8 | "      | c-g porph. bi-gr   |
| 30         | 423.3       | 1,944.8 | "      | c-g porph. bi-gr   |
| 31         | 428.4       | 1,945.3 | Carb.  | f-g gs bi-gr       |
| 32         | 431.2       | 1,944.6 | Trias. | c-g porph. bi-gr   |
| 33         | 434.6       | 1,947.3 | "      | m-g porph. bi-gr   |
| 34         | 433.0       | 1,947.0 | "      | c-g porph. bi-gr   |
| 35         | 420.6       | 1,939.4 | "      | c-g porph. bi-gr   |
| 36         | 421.6       | 1,935.5 | "      | c-g porph. bi-gr   |
| 39         | 435.6       | 1,937.3 | "      | m-g bi-gr          |
| 42         | 425.9       | 1,981.1 | "      | f-g bi-gr          |
| 44         | 425.4       | 1,982.1 | "      | m-g porph. bi-gr   |
| 46         | 426.6       | 1,982.3 | "      | m-c-g porph. bi-gr |
| 61         | 424.2       | 1,939.3 | "      | c-g porph. bi-gr   |
| OUR-7      | 435.3       | 1,969.0 | "      | f-g bi-gr          |
| 10         | 426.5       | 1,969.0 | "      | f-g bi-gr          |
| 11         | 433.1       | 1,958.2 | "      | wk-gs m-g bi-gr    |
| 101        | 422.3       | 1,975.4 | "      | wk-gs m-g bi-gr    |
| OYR-4      | 433.9       | 1,968.9 | "      | f-g bi-gr          |
| 5          | 434.2       | 1,970.2 | "      | c-g porph. bi-gr   |
| 6          | 431.3       | 1,965.0 | "      | f-g bi-gr          |
| 9          | 432.6       | 1,960.6 | "      | m-g porph. bi-gr   |
| 15         | 438.1       | 1,944.6 | "      | f-g bi-gr          |
| 27         | 424.0       | 1,967.0 | "      | c-g porph. bi-gr   |
| 29         | 422.8       | 1,964.4 | "      | c-g porph. bi-gr   |

wk-gs; weak gneissic, f-g; fine grained, m-g; medium grained, c-g; coarse grained, bi; biotite, porph; porphyritic, gr; granite, peg; pegmatite, Carb; Carboniferous, Trias; Triassic

Table 5 Chemical analyses and C.I.P.W. norms of granitic rocks

| Sample No.                     | OAR-001 | OAR-003 | OAR-004 | OAR-007 | OAR-009 | OAR-010 | OAR-011 | OAR-012 | OAR-013 | OAR-014 |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| SiO <sub>2</sub> (%)           | 74.20   | 73.33   | 71.18   | 71.01   | 72.09   | 73.76   | 73.26   | 71.76   | 72.82   | 73.07   |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.18    | 0.16    | 0.41    | 0.37    | 0.50    | 0.25    | 0.24    | 0.24    | 0.17    | 0.21    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 13.61   | 13.81   | 13.69   | 13.76   | 13.86   | 13.89   | 13.52   | 13.79   | 14.06   | 13.80   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.31    | 0.40    | 0.30    | 0.27    | 0.57    | 0.26    | 0.25    | 0.31    | 0.26    | 0.20    |
| FeO                            | 0.61    | 0.76    | 2.05    | 1.84    | 1.94    | 1.37    | 1.44    | 1.58    | 1.01    | 1.08    |
| MnO                            | 0.01    | 0.03    | 0.04    | 0.04    | 0.04    | 0.04    | 0.04    | 0.03    | 0.02    | 0.04    |
| MgO                            | 0.36    | 0.24    | 0.90    | 0.55    | 1.02    | 0.50    | 0.38    | 0.44    | 0.30    | 0.32    |
| CaO                            | 1.52    | 0.98    | 1.20    | 1.83    | 1.31    | 1.47    | 1.14    | 1.50    | 1.56    | 1.23    |
| BaO                            | 0.450   | 0.022   | 0.074   | 0.078   | 0.077   | 0.051   | 0.060   | 0.059   | 0.180   | 0.052   |
| Na <sub>2</sub> O              | 2.39    | 2.90    | 3.14    | 2.78    | 2.94    | 3.15    | 2.54    | 2.86    | 3.60    | 3.15    |
| K <sub>2</sub> O               | 5.09    | 5.36    | 4.85    | 4.96    | 4.90    | 4.44    | 4.84    | 4.86    | 4.09    | 5.14    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.03    | 0.14    | 0.19    | 0.11    | 0.20    | 0.10    | 0.10    | 0.10    | 0.03    | 0.08    |
| Ign. loss                      | 0.60    | 0.81    | 0.43    | 0.63    | 0.84    | 0.85    | 0.51    | 0.57    | 0.46    | 0.41    |
| Total                          | 99.36   | 98.94   | 98.45   | 98.23   | 100.29  | 100.13  | 98.30   | 98.10   | 98.56   | 98.78   |
| Q                              | 36.50   | 33.49   | 29.60   | 30.18   | 31.36   | 33.91   | 36.23   | 31.85   | 31.76   | 31.46   |
| C                              | 1.18    | 1.77    | 1.50    | 0.70    | 1.76    | 1.44    | 2.23    | 1.30    | 0.83    | 0.98    |
| or                             | 30.08   | 31.68   | 28.66   | 29.31   | 28.96   | 26.24   | 28.60   | 28.72   | 24.17   | 30.38   |
| ab                             | 20.21   | 24.52   | 26.55   | 23.51   | 24.86   | 26.64   | 21.48   | 24.19   | 30.44   | 26.64   |
| an                             | 8.16    | 4.00    | 4.86    | 8.51    | 5.34    | 6.74    | 5.12    | 6.90    | 7.87    | 5.68    |
| hy                             | 1.48    | 1.45    | 5.15    | 3.99    | 4.88    | 3.21    | 3.08    | 3.40    | 2.14    | 2.34    |
| (en)                           | (0.90)  | (0.60)  | (2.24)  | (1.37)  | (2.54)  | (1.24)  | (0.95)  | (1.10)  | (0.75)  | (0.80)  |
| (fs)                           | (0.59)  | (0.86)  | (2.91)  | (2.62)  | (2.34)  | (1.96)  | (2.13)  | (2.30)  | (1.40)  | (1.55)  |
| mg                             | 0.45    | 0.58    | 0.43    | 0.39    | 0.83    | 0.38    | 0.33    | 0.45    | 0.38    | 0.29    |
| il                             | 0.34    | 0.30    | 0.78    | 0.70    | 0.95    | 0.47    | 0.46    | 0.46    | 0.32    | 0.40    |
| ap                             | 0.07    | 0.33    | 0.45    | 0.26    | 0.47    | 0.24    | 0.24    | 0.24    | 0.07    | 0.19    |
| Salic. Tot.                    | 96.13   | 95.46   | 91.17   | 92.22   | 92.28   | 94.96   | 93.66   | 92.96   | 95.08   | 95.13   |
| Femic. Tot.                    | 2.34    | 2.67    | 6.82    | 5.34    | 7.13    | 4.30    | 4.10    | 4.54    | 2.91    | 3.22    |
| D.I.                           | 88.14   | 91.40   | 86.56   | 85.09   | 85.68   | 87.44   | 88.29   | 86.93   | 88.15   | 89.96   |
| F (ppm)                        | 270     | 100     | 80      | 50      | 100     | 60      | 380     | 370     | 200     | 370     |
| Cl                             | 34      | 38      | 94      | 59      | 98      | 73      | 130     | 78      | 28      | 85      |
| Sn                             | 2       | 15      | 19      | 7       | 10      | 6       | 5       | 11      | 5       | 12      |
| W                              | N.D.    | N.D.    | N.D.    | N.D.    | N.D.    | N.D.    | 500     | 1       | N.D.    | N.D.    |

Table 5 (Continued)

| Sample No.                     | OAR-015 | OAR-016 | OAR-017 | OAR-018 | OAR-019 | OAR-020 | ONR-001 | ONR-007 | ONR-011 | ONR-012 |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| SiO <sub>2</sub> (%)           | 70.88   | 69.83   | 71.57   | 72.91   | 70.85   | 70.86   | 75.75   | 72.36   | 67.19   | 72.60   |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.39    | 0.26    | 0.39    | 0.30    | 0.38    | 0.48    | 0.04    | 0.34    | 0.62    | 0.26    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 13.21   | 15.69   | 13.78   | 13.59   | 13.72   | 14.49   | 13.48   | 13.70   | 14.85   | 13.00   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.30    | 0.24    | 0.39    | 0.23    | 0.53    | 0.57    | 0.16    | 0.51    | 0.50    | 0.47    |
| FeO                            | 2.05    | 1.26    | 1.80    | 1.51    | 1.66    | 1.77    | 0.18    | 1.22    | 2.52    | 1.01    |
| MnO                            | 0.04    | 0.03    | 0.05    | 0.04    | 0.04    | 0.05    | 0.01    | 0.04    | 0.05    | 0.02    |
| MgO                            | 1.50    | 0.78    | 1.21    | 0.67    | 0.87    | 0.61    | 0.19    | 0.58    | 1.24    | 0.48    |
| CaO                            | 1.36    | 2.35    | 1.26    | 1.63    | 1.97    | 1.94    | 1.82    | 1.67    | 2.69    | 0.83    |
| BaO                            | 0.094   | 0.160   | 0.059   | 0.056   | 0.068   | 0.089   | 0.050   | 0.076   | 0.220   | 0.054   |
| Na <sub>2</sub> O              | 2.68    | 4.55    | 2.81    | 2.95    | 2.84    | 2.84    | 3.14    | 2.94    | 2.80    | 2.40    |
| K <sub>2</sub> O               | 4.65    | 2.35    | 4.53    | 4.73    | 4.76    | 5.09    | 3.66    | 4.52    | 4.70    | 6.34    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.17    | 0.07    | 0.24    | 0.80    | 0.11    | 0.14    | 0.00    | 0.11    | 0.36    | 0.09    |
| Ign. loss                      | 0.75    | 0.86    | 0.81    | 0.79    | 0.88    | 0.61    | 0.55    | 0.70    | 0.98    | 0.27    |
| Total                          | 98.07   | 98.43   | 98.90   | 100.21  | 98.68   | 99.54   | 99.03   | 98.77   | 98.72   | 97.82   |
| O (%)                          | 31.42   | 27.47   | 32.92   | 34.38   | 29.93   | 29.18   | 39.20   | 33.17   | 24.66   | 31.61   |
| C                              | 1.64    | 1.45    | 2.49    | 2.51    | 0.53    | 1.06    | 1.01    | 1.15    | 0.98    | 0.86    |
| or                             | 27.48   | 13.89   | 26.77   | 27.95   | 28.13   | 30.08   | 21.63   | 26.71   | 27.78   | 37.47   |
| ab                             | 22.66   | 38.48   | 23.76   | 24.95   | 24.02   | 24.02   | 26.55   | 24.86   | 23.68   | 20.30   |
| an                             | 5.82    | 11.49   | 4.80    | 3.02    | 9.18    | 8.88    | 9.12    | 7.71    | 11.41   | 3.63    |
| by                             | 6.68    | 3.68    | 5.44    | 3.83    | 4.22    | 3.60    | 0.62    | 2.78    | 6.37    | 2.27    |
| (en)                           | (3.73)  | (1.94)  | (3.01)  | (1.67)  | (2.17)  | (1.52)  | (0.47)  | (1.44)  | (3.09)  | (1.19)  |
| (fs)                           | (2.95)  | (1.74)  | (2.43)  | (2.16)  | (2.06)  | (2.08)  | (0.15)  | (1.33)  | (3.28)  | (1.07)  |
| mg                             | 0.43    | 0.35    | 0.57    | 0.33    | 0.77    | 0.83    | 0.23    | 0.74    | 0.72    | 0.68    |
| il                             | 0.74    | 0.49    | 0.74    | 0.57    | 0.72    | 0.91    | 0.08    | 0.65    | 1.18    | 0.49    |
| ap                             | 0.40    | 0.17    | 0.57    | 1.89    | 0.26    | 0.33    | 0.00    | 0.26    | 0.85    | 0.21    |
| Salic Tot.                     | 89.02   | 92.78   | 90.75   | 92.81   | 91.79   | 93.22   | 97.52   | 93.61   | 88.50   | 93.87   |
| Femic Tot.                     | 8.26    | 4.69    | 7.32    | 6.63    | 5.97    | 5.67    | 0.93    | 4.42    | 9.12    | 3.66    |
| D. I.                          | 83.85   | 81.91   | 85.09   | 87.77   | 83.95   | 84.22   | 88.76   | 86.46   | 77.96   | 91.64   |
| F (ppm)                        | 430     | 260     | 460     | 380     | 530     | 610     | 370     | 200     | 380     | 50      |
| Cl                             | 76      | 34      | 22      | 49      | 36      | 43      | 73      | 36      | 58      | 32      |
| Sn                             | 15      | 5       | 29      | 11      | 8       | 7       | 3       | 8       | 6       | 6       |
| W                              | N.D.    | N.D.    | 6       | N.D.    | N.D.    | N.D.    | N.D.    | N.D.    | N.D.    | N.D.    |

Table 5 (Continued)

| Sample No.                     | ONR-014 | ONR-015 | ONR-016 | ONR-020 | ONR-026 | ONR-027 | ONR-029 | ONR-030 | ONR-031 | ONR-032 |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| SiO <sub>2</sub> (%)           | 84.65   | 73.64   | 75.88   | 72.99   | 73.68   | 72.27   | 69.65   | 68.95   | 63.17   | 73.51   |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.10    | 0.19    | 0.08    | 0.20    | 0.15    | 0.30    | 0.54    | 0.54    | 0.54    | 0.30    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 8.05    | 13.72   | 12.96   | 14.64   | 13.56   | 13.88   | 13.46   | 14.05   | 17.29   | 13.61   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.04    | 0.23    | 0.09    | 0.54    | 0.21    | 0.56    | 0.82    | 0.69    | 0.92    | 0.63    |
| FeO                            | 0.32    | 0.94    | 0.68    | 1.04    | 1.08    | 1.01    | 2.16    | 2.38    | 2.45    | 1.15    |
| MnO                            | 0.01    | 0.02    | 0.06    | 0.06    | 0.04    | 0.03    | 0.05    | 0.05    | 0.07    | 0.03    |
| MgO                            | 0.15    | 0.48    | 0.14    | 0.39    | 0.31    | 1.45    | 1.96    | 1.84    | 2.07    | 0.54    |
| CaO                            | 0.20    | 0.85    | 1.14    | 2.08    | 1.23    | 1.38    | 1.47    | 1.78    | 2.56    | 1.03    |
| BaO                            | 0.069   | 0.050   | 0.071   | 0.054   | 0.048   | 0.110   | 0.150   | 0.140   | 0.130   | 0.064   |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.61    | 2.73    | 3.34    | 5.52    | 3.03    | 2.77    | 2.82    | 2.39    | 5.06    | 2.80    |
| K <sub>2</sub> O               | 5.14    | 4.96    | 4.62    | 0.92    | 4.87    | 5.21    | 5.39    | 5.52    | 3.78    | 5.00    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.08    | 0.15    | 0.02    | 0.04    | 0.04    | 0.07    | 0.17    | 0.17    | 0.22    | 0.06    |
| Ign. loss                      | 0.31    | 0.60    | 0.20    | 0.52    | 0.52    | 0.30    | 0.23    | 0.55    | 0.37    | 0.65    |
| Total                          | 99.73   | 98.56   | 99.28   | 98.99   | 98.77   | 99.34   | 98.87   | 99.05   | 98.63   | 99.37   |
| Q                              | 60.76   | 36.06   | 35.61   | 31.85   | 33.66   | 30.79   | 25.79   | 26.38   | 9.88    | 34.68   |
| C                              | 1.26    | 2.64    | 0.39    | 0.85    | 1.13    | 1.27    | 0.62    | 1.22    | 0.66    | 1.82    |
| or                             | 30.38   | 29.31   | 27.30   | 5.44    | 28.78   | 30.79   | 31.86   | 32.62   | 22.34   | 29.55   |
| ab                             | 5.16    | 23.09   | 28.25   | 46.68   | 25.62   | 23.43   | 23.85   | 20.21   | 42.79   | 23.68   |
| an                             | 0.60    | 3.34    | 5.65    | 10.15   | 5.93    | 6.59    | 6.46    | 7.98    | 11.51   | 4.84    |
| hy                             | 0.78    | 2.45    | 1.50    | 2.22    | 2.41    | 4.56    | 7.37    | 7.58    | 8.13    | 2.50    |
| (en)                           | (0.37)  | (1.19)  | (0.35)  | (0.97)  | (0.77)  | (3.61)  | (4.88)  | (4.58)  | (5.15)  | (1.34)  |
| (fs)                           | (0.41)  | (1.26)  | (1.15)  | (1.24)  | (1.64)  | (0.95)  | (2.49)  | (3.00)  | (2.98)  | (1.15)  |
| mg                             | 0.06    | 0.33    | 0.13    | 0.78    | 0.30    | 0.81    | 1.19    | 1.00    | 1.33    | 0.91    |
| il                             | 0.19    | 0.36    | 0.15    | 0.38    | 0.28    | 0.57    | 1.03    | 1.03    | 1.03    | 0.57    |
| ap                             | 0.19    | 0.36    | 0.05    | 0.09    | 0.09    | 0.17    | 0.40    | 0.40    | 0.52    | 0.14    |
| Salic Tot.                     | 98.16   | 94.44   | 97.21   | 94.97   | 95.13   | 92.87   | 88.57   | 88.41   | 87.18   | 94.57   |
| Femic Tot.                     | 1.22    | 3.50    | 1.83    | 3.47    | 3.09    | 6.11    | 9.99    | 10.01   | 11.01   | 4.12    |
| D. I.                          | 96.90   | 90.32   | 92.04   | 85.50   | 89.66   | 85.89   | 82.68   | 80.48   | 76.39   | 89.08   |
| F (ppm)                        | 190     | 440     | 50      | 220     | 200     | 160     | 70      | 60      | 500     | 440     |
| Cl                             | 34      | 38      | 54      | 16      | 36      | 59      | 42      | 69      | 107     | 36      |
| Sr                             | 4       | 7       | 3       | 11      | 8       | 8       | 8       | 7       | 21      | 4       |
| W                              | N.D.    | 5       | N.D.    | N.D.    | N.D.    | N.D.    | N.D.    | N.D.    | N.D.    | N.D.    |

Table 5 (Continued)

| Sample No.                     | ONR-033 | ONR-034 | ONR-035 | ONR-036 | ONR-039 | ONR-042 | ONR-044 | ONR-046 | ONR-061 | OUR-007 |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| SiO <sub>2</sub> (%)           | 75.06   | 73.43   | 71.39   | 69.91   | 74.17   | 71.12   | 72.03   | 72.91   | 70.61   | 70.56   |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.24    | 0.31    | 0.44    | 0.51    | 0.25    | 0.41    | 0.38    | 0.38    | 0.52    | 0.37    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 13.00   | 13.25   | 13.48   | 13.94   | 13.38   | 14.11   | 13.90   | 14.66   | 13.80   | 14.01   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.29    | 0.31    | 0.59    | 1.43    | 0.36    | 0.44    | 0.37    | 0.61    | 0.54    | 0.56    |
| FeO                            | 2.23    | 1.44    | 2.02    | 2.30    | 1.12    | 1.69    | 1.51    | 1.44    | 2.38    | 1.73    |
| MnO                            | 0.03    | 0.03    | 0.05    | 0.05    | 0.04    | 0.04    | 0.03    | 0.04    | 0.07    | 0.05    |
| MgO                            | 0.39    | 0.76    | 1.55    | 1.43    | 0.40    | 0.67    | 0.69    | 0.63    | 1.48    | 0.59    |
| CaO                            | 1.05    | 1.22    | 1.59    | 1.89    | 1.25    | 1.84    | 1.64    | 1.56    | 1.17    | 1.78    |
| BaO                            | 0.029   | 0.079   | 0.083   | 0.100   | 0.046   | 0.095   | 0.120   | 0.098   | 0.120   | 0.078   |
| Na <sub>2</sub> O              | 3.06    | 2.88    | 2.71    | 2.76    | 2.98    | 2.71    | 2.90    | 2.64    | 2.63    | 2.86    |
| K <sub>2</sub> O               | 4.68    | 4.80    | 4.25    | 4.96    | 4.78    | 4.76    | 4.02    | 5.05    | 5.13    | 4.94    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.04    | 0.08    | 0.14    | 0.18    | 0.06    | 0.09    | 0.10    | 0.10    | 0.16    | 0.12    |
| Ign. loss                      | 0.33    | 0.50    | 0.88    | 0.49    | 0.81    | 0.42    | 0.85    | 0.92    | 0.60    | 0.70    |
| Total                          | 100.43  | 99.09   | 99.17   | 99.95   | 99.65   | 98.40   | 98.54   | 101.04  | 99.21   | 98.35   |
| Q (%)                          | 35.02   | 33.86   | 32.81   | 28.09   | 34.77   | 31.42   | 34.57   | 33.44   | 29.88   | 29.61   |
| C                              | 1.07    | 1.24    | 1.81    | 0.96    | 1.15    | 1.31    | 1.96    | 2.19    | 2.09    | 0.96    |
| or                             | 27.66   | 28.37   | 25.12   | 29.31   | 28.25   | 28.13   | 23.76   | 29.85   | 30.32   | 29.20   |
| ab                             | 25.88   | 24.36   | 22.92   | 23.34   | 25.20   | 22.92   | 24.52   | 22.33   | 22.24   | 24.19   |
| an                             | 5.00    | 5.68    | 7.13    | 8.39    | 5.89    | 8.72    | 7.70    | 7.27    | 4.99    | 8.19    |
| hy                             | 4.49    | 3.82    | 6.45    | 5.85    | 2.42    | 3.80    | 3.61    | 3.16    | 6.88    | 3.66    |
| (en)                           | (0.97)  | (1.89)  | (3.86)  | (3.56)  | (1.00)  | (1.67)  | (1.72)  | (1.57)  | (3.68)  | (1.47)  |
| (fs)                           | (3.51)  | (1.93)  | (2.59)  | (2.29)  | (1.42)  | (2.14)  | (1.90)  | (1.59)  | (3.20)  | (2.20)  |
| mg                             | 0.42    | 0.45    | 0.86    | 2.07    | 0.52    | 0.64    | 0.54    | 0.88    | 0.78    | 0.81    |
| il                             | 0.46    | 0.59    | 0.84    | 0.97    | 0.47    | 0.78    | 0.72    | 0.72    | 0.99    | 0.70    |
| ap                             | 0.09    | 0.19    | 0.33    | 0.43    | 0.14    | 0.21    | 0.24    | 0.24    | 0.38    | 0.28    |
| Salic Tot.                     | 94.63   | 93.49   | 89.78   | 90.09   | 95.26   | 92.49   | 92.51   | 95.07   | 89.52   | 92.15   |
| Femic Tot.                     | 5.46    | 5.05    | 8.47    | 9.32    | 3.56    | 5.43    | 5.11    | 5.00    | 9.03    | 5.46    |
| D. I.                          | 88.48   | 87.86   | 82.28   | 81.22   | 89.28   | 84.22   | 84.87   | 85.55   | 83.65   | 85.03   |
| F (ppm)                        | 220     | 250     | 430     | 310     | 200     | 550     | 210     | 170     | 650     | 130     |
| Cl                             | 42      | 46      | 56      | 48      | 48      | 70      | 27      | 45      | 38      | 60      |
| Sn                             | 5       | 6       | 9       | 9       | 5       | 6       | 5       | 9       | 24      | 10      |
| W                              | N.D.    | N.D.    | 5       | N.D.    | N.D.    | N.D.    | N.D.    | N.D.    | 21      | N.D.    |

Table 5 (Continued)

| Sample No.                     | OUR-010 | OUR-011 | OUR-101 | OYR-004 | OYR-005 | OYR-006 | OYR-009 | OYR-015 | OYR-027 | OYR-029 |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| SiO <sub>2</sub> (%)           | 70.26   | 72.33   | 72.88   | 71.76   | 72.21   | 73.37   | 72.60   | 69.47   | 72.61   | 69.17   |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.28    | 0.30    | 0.31    | 0.37    | 0.35    | 0.22    | 0.26    | 0.38    | 0.10    | 0.52    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 13.85   | 14.03   | 13.53   | 13.60   | 13.72   | 13.26   | 13.54   | 14.16   | 13.92   | 13.70   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.72    | 0.51    | 0.44    | 0.48    | 0.79    | 0.41    | 0.21    | 0.69    | 0.17    | 0.47    |
| FeO                            | 1.08    | 1.04    | 1.30    | 1.66    | 1.40    | 0.94    | 1.22    | 1.73    | 0.47    | 2.45    |
| MnO                            | 0.03    | 0.04    | 0.04    | 0.05    | 0.05    | 0.02    | 0.03    | 0.05    | 0.01    | 0.04    |
| MgO                            | 0.58    | 0.59    | 0.78    | 0.60    | 0.74    | 0.31    | 0.40    | 0.79    | 0.14    | 1.55    |
| CaO                            | 1.75    | 1.46    | 1.03    | 1.54    | 1.31    | 1.11    | 1.29    | 2.20    | 0.70    | 1.77    |
| BaO                            | 0.075   | 0.040   | 0.055   | 0.069   | 0.069   | 0.044   | 0.034   | 0.100   | 0.035   | 0.120   |
| Na <sub>2</sub> O              | 2.10    | 3.89    | 3.04    | 2.52    | 2.74    | 2.62    | 4.12    | 2.82    | 2.98    | 2.52    |
| K <sub>2</sub> O               | 5.09    | 3.30    | 4.72    | 4.96    | 5.01    | 5.54    | 3.52    | 4.74    | 5.92    | 4.90    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.10    | 0.07    | 0.14    | 0.10    | 0.08    | 0.06    | 0.14    | 0.12    | 0.14    | 0.21    |
| Ign. loss                      | 2.44    | 0.87    | 0.36    | 0.75    | 0.75    | 0.48    | 0.52    | 0.53    | 0.97    | 0.70    |
| Total                          | 98.36   | 98.47   | 98.63   | 98.46   | 99.22   | 98.38   | 97.68   | 97.78   | 98.17   | 98.12   |
| Q (%)                          | 33.74   | 32.76   | 33.40   | 33.19   | 32.72   | 33.75   | 32.18   | 28.36   | 31.03   | 28.65   |
| C                              | 1.89    | 1.55    | 1.84    | 1.48    | 1.55    | 1.05    | 1.14    | 0.61    | 1.65    | 1.45    |
| or                             | 30.08   | 19.50   | 27.90   | 29.31   | 29.61   | 32.74   | 19.62   | 28.01   | 34.99   | 29.98   |
| ab                             | 17.76   | 32.90   | 25.71   | 21.31   | 23.17   | 22.16   | 34.84   | 23.85   | 25.20   | 21.31   |
| an                             | 8.17    | 6.86    | 4.30    | 7.12    | 6.10    | 5.20    | 5.55    | 10.32   | 2.63    | 7.64    |
| hy                             | 2.43    | 2.54    | 3.53    | 3.63    | 3.28    | 1.83    | 2.69    | 4.04    | 0.92    | 7.18    |
| (en)                           | (1.44)  | (1.47)  | (1.94)  | (1.49)  | (1.84)  | (0.77)  | (1.00)  | (1.97)  | (0.35)  | (3.86)  |
| (fs)                           | (0.98)  | (1.07)  | (1.59)  | (2.13)  | (1.43)  | (1.06)  | (1.69)  | (2.07)  | (0.58)  | (3.33)  |
| mg                             | 1.04    | 0.74    | 0.64    | 0.70    | 1.14    | 0.59    | 0.30    | 1.00    | 0.25    | 0.68    |
| il                             | 0.53    | 0.57    | 0.59    | 0.70    | 0.66    | 0.42    | 0.49    | 0.72    | 0.19    | 0.99    |
| ap                             | 0.24    | 0.17    | 0.33    | 0.24    | 0.19    | 0.14    | 0.33    | 0.28    | 0.33    | 0.50    |
| Salic Tot.                     | 91.64   | 93.57   | 93.16   | 92.41   | 93.16   | 94.90   | 93.33   | 91.15   | 95.49   | 88.01   |
| Fornic Tot.                    | 4.24    | 4.01    | 5.09    | 5.26    | 5.27    | 2.99    | 3.82    | 6.04    | 1.69    | 9.35    |
| D.I.                           | 85.09   | 87.27   | 88.57   | 85.81   | 86.86   | 90.57   | 89.18   | 82.54   | 93.86   | 81.06   |
| F (ppm)                        | 470     | 260     | 260     | 630     | 330     | 110     | 420     | 380     | 80      | 610     |
| Cl                             | 14      | 55      | 50      | 91      | 48      | 49      | 70      | 77      | 29      | 65      |
| Sn                             | 14      | 8       | 53      | 9       | 8       | 7       | 13      | 7       | 9       | 12      |
| W                              | 2       | N.D.    | 3       | N.D.    | N.D.    | N.D.    | N.D.    | N.D.    | N.D.    | N.D.    |

Table 6 S-type/I-type classification of granitic rocks

|  | Sample No. | $K_2O/Na_2O$ | Mol. $Al_2O_3 / (Na_2O+K_2O+CaO)$ | Norm C (%) | A-C-F |
|--|------------|--------------|-----------------------------------|------------|-------|
| Peg.                                       | ONR- 14    | S            | S (1.16)                          | I (1.26)   | I     |
| Fine-grained Triassic granite              | OAR- 3     | S            | S (1.12)                          | I (1.77)   | S     |
|  | 7          | S            | I (1.04)                          | S (0.70)   | I     |
|  | 9          | S            | S (1.11)                          | I (1.76)   | S     |
|  | 11         | S            | S (1.18)                          | I (2.23)   | S     |
|  | 13         | I            | I (1.07)                          | S (0.83)   | S     |
|  | 14         | I            | I (1.06)                          | S (0.98)   | I     |
|  | 16         | I            | I (1.10)                          | I (1.45)   | I     |
|  | 19         | S            | I (1.02)                          | S (0.53)   | S     |
|  | ONR- 16    | I            | I (1.03)                          | S (0.39)   | I     |
|  | 26         | I            | I (1.09)                          | I (1.13)   | S     |
|  | 42         | S            | I (1.09)                          | I (1.31)   | S     |
|  | 44         | S            | S (1.15)                          | I (1.96)   | S     |
|  | OUR- 7     | I            | I (1.05)                          | S (0.96)   | S     |
|  | 10         | S            | S (1.14)                          | I (1.84)   | S     |
|  | OYR- 4     | I            | I (1.10)                          | I (1.48)   | S-I   |
|  | 6          | S            | ( 1.08)                           | S (1.05)   | S     |
| 15   | S          | I (1.03)     | S (0.61)                          | I          |       |
| 27   | S          | S (1.11)     | I (1.65)                          | S-I        |       |
| Medium- to coarse-grained Triassic granite | OAR- 10    | S            | I (1.10)                          | I (1.44)   | S     |
|  | 12         | S            | I (1.09)                          | I (1.30)   | I     |
|  | 15         | S            | S (1.11)                          | I (2.51)   | S     |
|  | 18         | S            | I (1.05)                          | I (1.64)   | S     |
|  | 20         | S            | I (1.06)                          | S (1.06)   | S     |
|  | ONR- 1     | S            | I (1.08)                          | S (1.01)   | I     |
|  | 12         | S            | I (1.06)                          | S (0.86)   | S-I   |
|  | 15         | S            | S (1.20)                          | I (2.64)   | I     |
|  | 27         | S            | I (1.09)                          | I (1.27)   | S     |
|  | 29         | S            | I (1.02)                          | S (0.62)   | S     |
|  | 30         | S            | I (1.07)                          | I (1.22)   | S     |
|  | 32         | S            | S (1.14)                          | I (1.82)   | S     |
|  | 33         | S            | I (1.08)                          | S (1.07)   | S     |
|  | 34         | S            | I (1.09)                          | I (1.24)   | S     |
|  | 35         | S            | S (1.13)                          | I (1.81)   | S     |
|  | 36         | S            | I (1.04)                          | S (0.96)   | S     |
|  | 39         | S            | I (1.08)                          | I (1.15)   | S     |
| 46   | S          | S (1.16)     | I (2.19)                          | S          |       |
| 61   | S          | S (1.15)     | I (2.09)                          | S          |       |
| Foliated Triassic granite                  | OUR- 11    | I            | S (1.11)                          | I (1.55)   | S     |
|  | OYR- 5     | S            | S (1.11)                          | I (1.55)   | S     |
|  | 29         | S            | I (1.08)                          | I (1.45)   | S     |
|  | QAR- 1     | S            | S (1.12)                          | I (1.18)   | S     |
|  | 4          | S            | I (1.09)                          | I (1.50)   | S     |
|  | 17         | S            | S (1.17)                          | I (2.49)   | S     |
|  | ONR- 7     | S            | I (1.07)                          | I (1.15)   | S-I   |
|  | 20         | I            | I (1.06)                          | S (0.85)   | I     |
| OUR- 101                                   | S          | S (1.13)     | I (1.84)                          | S          |       |
| OYR- 9                                     | I          | I (1.07)     | I (1.14)                          | S          |       |
| Curb. granite                              | ONR- 11    | S            | I (1.02)                          | I (1.15)   | S     |
|  | 31         | I            | I (1.01)                          | S (0.98)   | S     |

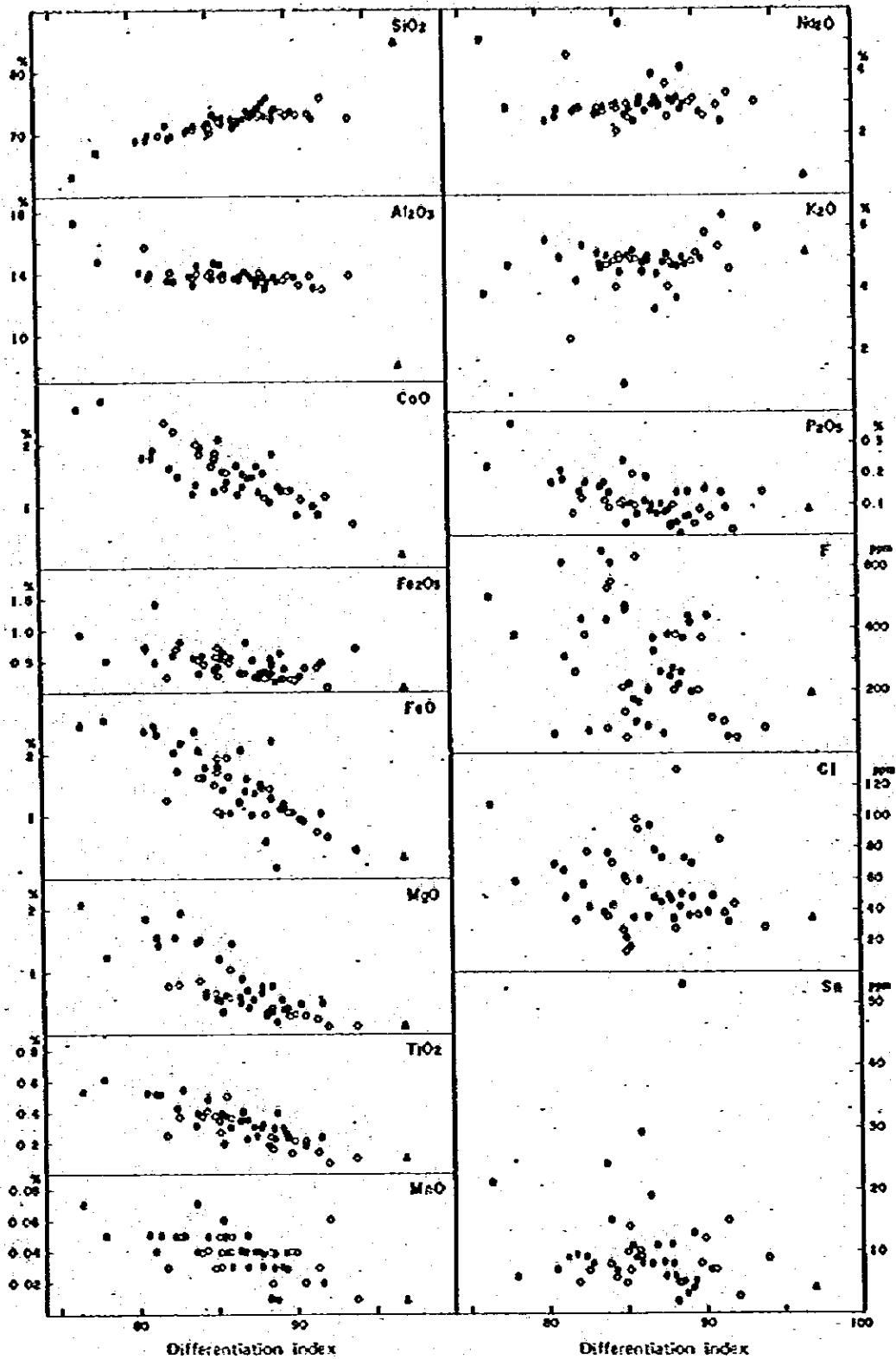
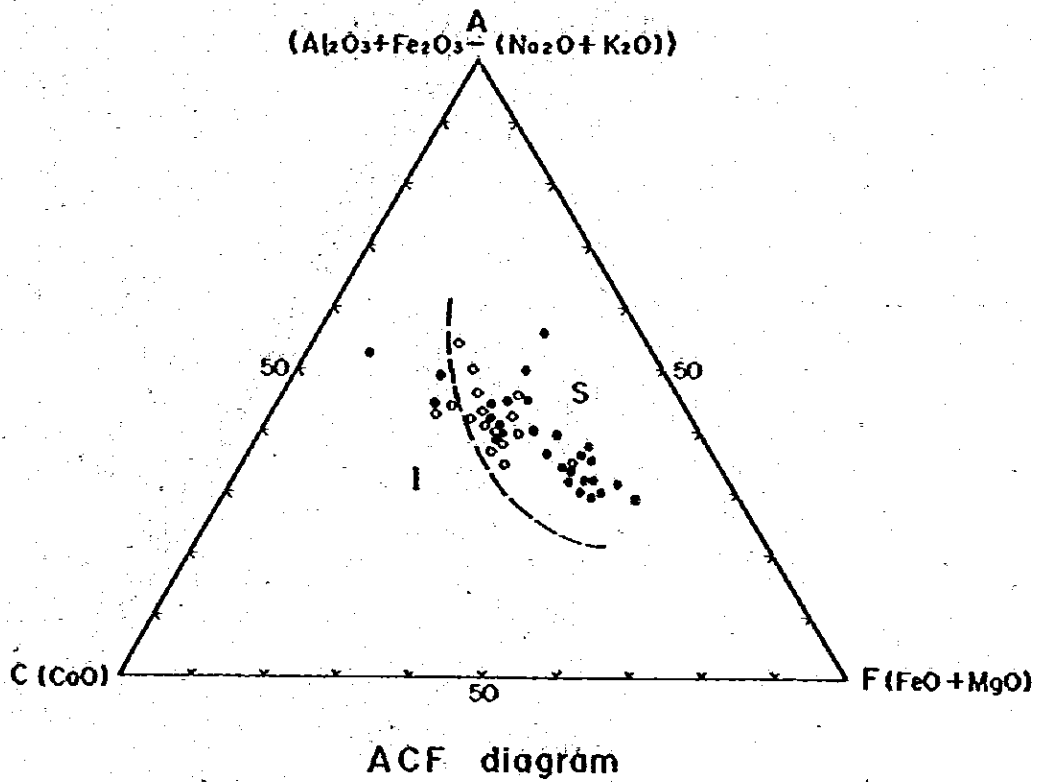
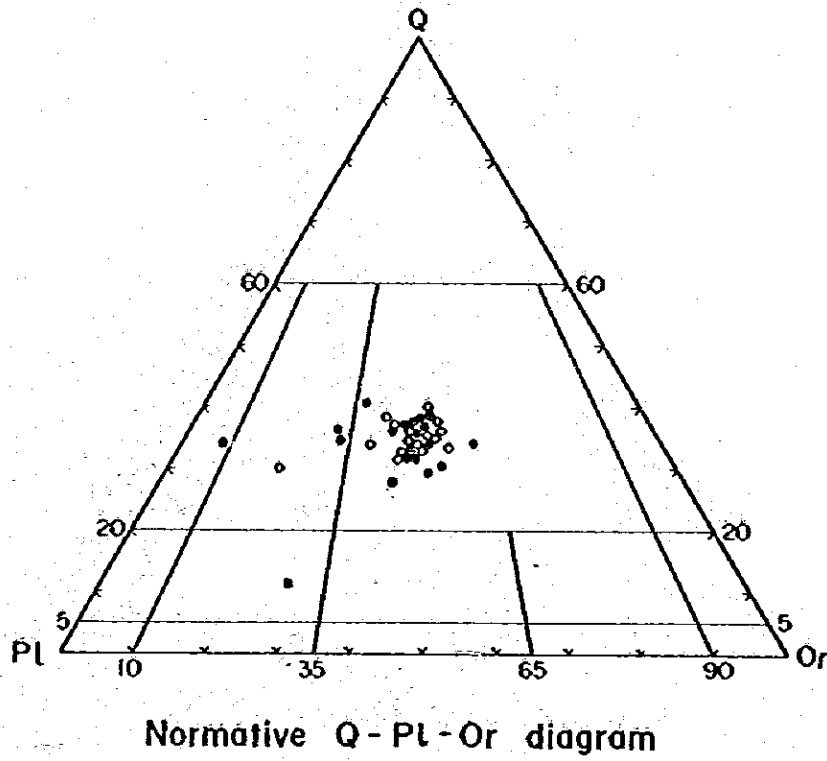


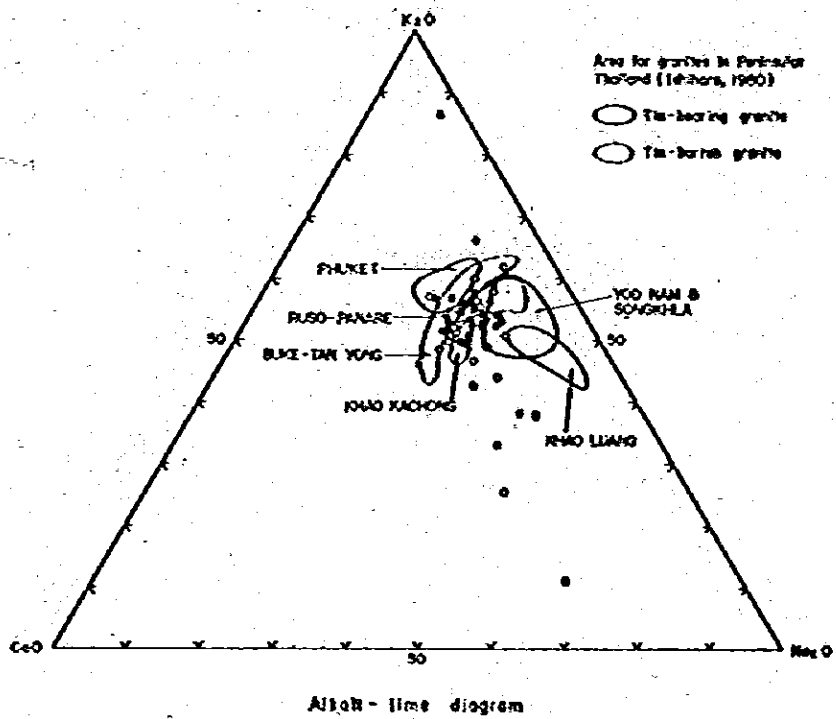
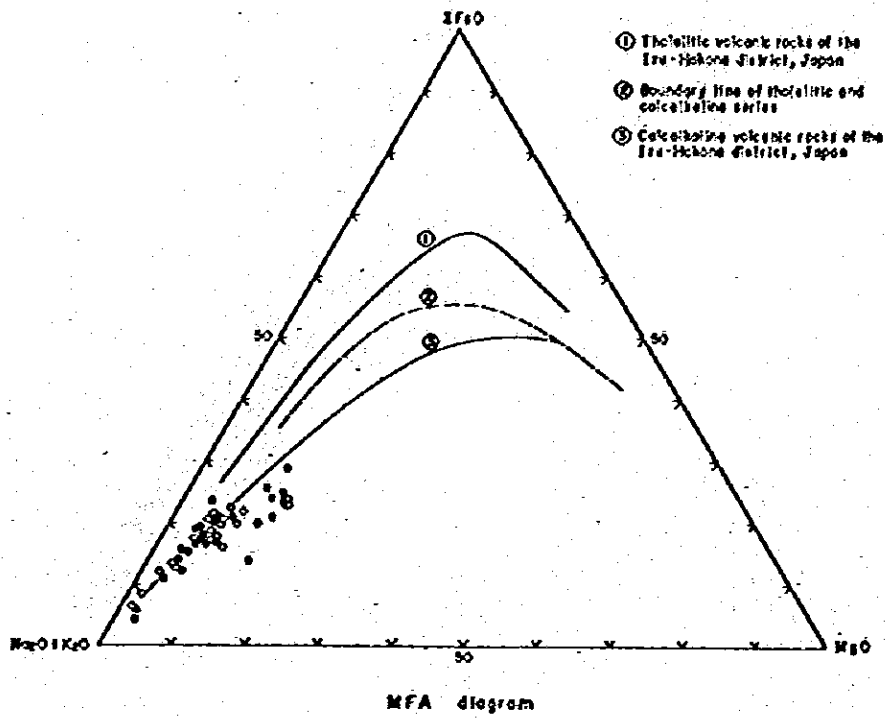
Fig.5 Chemical variation diagrams of granitic rocks





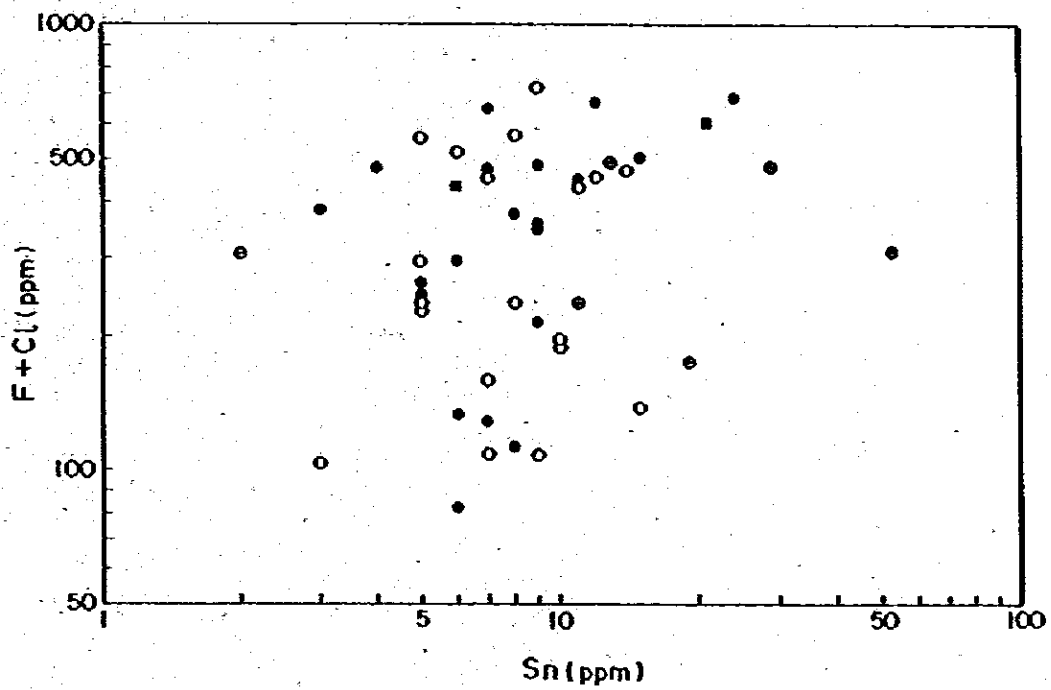
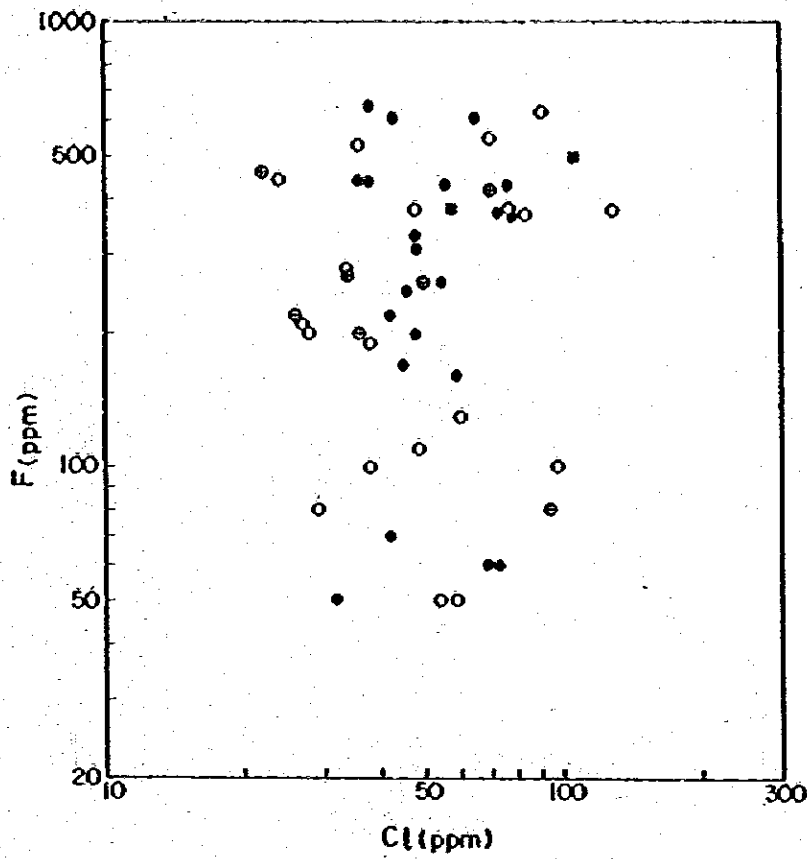
- Triassic fine-grained granite
- Triassic medium- to coarse-grained porphyritic granite (not foliated)
- ◐ Triassic medium- to coarse-grained porphyritic granite (foliated)
- Carboniferous gneissose granite

Fig.6 Normative Q - Pl - Or and ACF diagrams



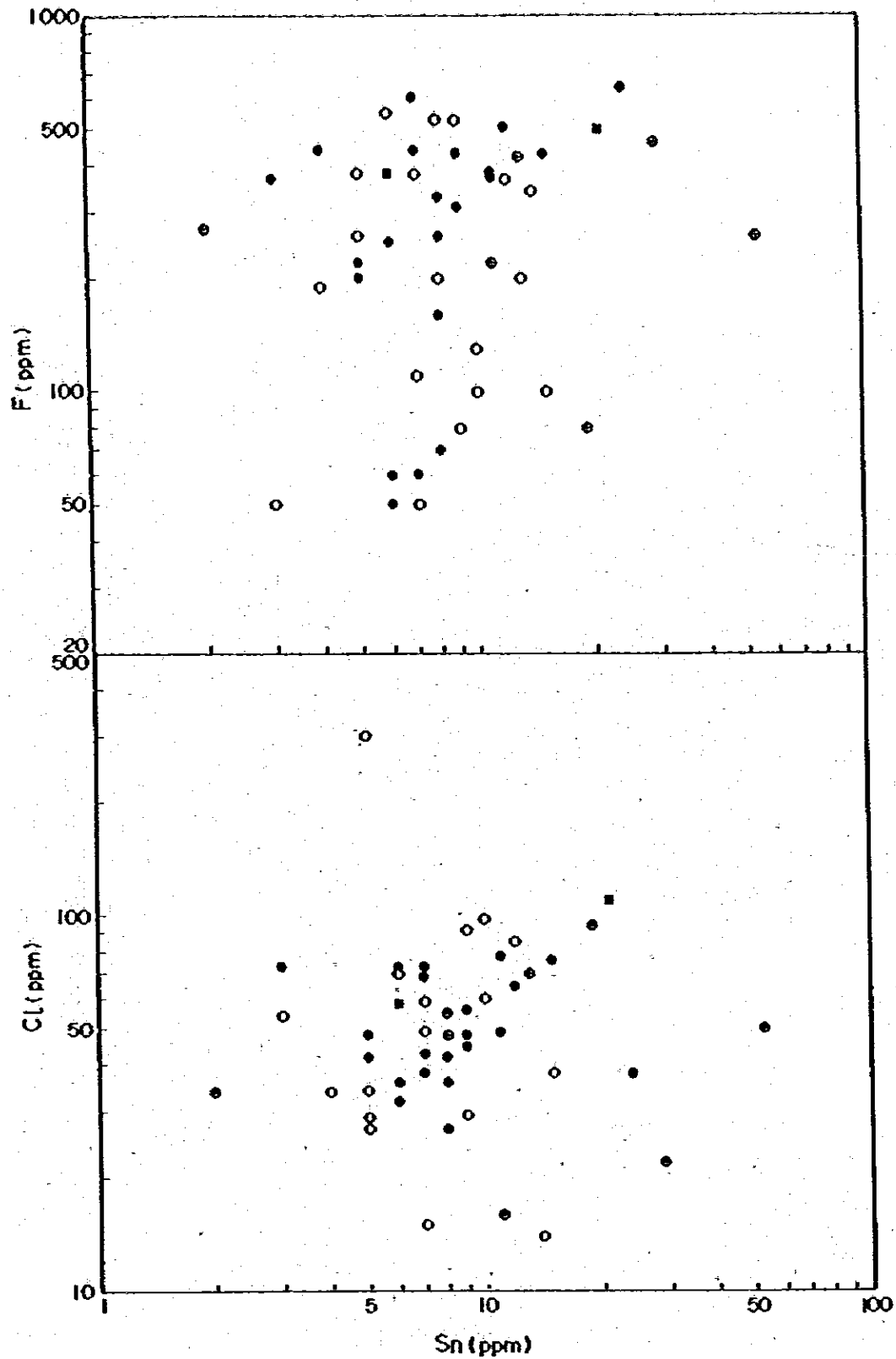
- △ Triassic pegmatite
- Triassic fine-grained granite
- Triassic medium- to coarse-grained granite (not foliated)
- Triassic medium- to coarse-grained granite (foliated)
- Carboniferous granitoid granite

Fig.7 MFA and alkali-lime diagrams



- Triassic fine-grained granite
- Triassic medium- to coarse-grained porphyritic granite (not foliated)
- ◐ Triassic medium- to coarse-grained porphyritic granite (foliated)
- Carboniferous gneissose granite

Fig.8 Cl - F and Sn - (F + Cl) variation diagrams



- Triassic fine-grained granite
- Triassic medium- to coarse-grained porphyritic granite (not foliated)
- ◐ Triassic medium- to coarse-grained porphyritic granite (foliated)
- Carboniferous gneissose granite

Fig.9 Sn - F and Sn - Cl variation diagrams

## 1-6 地質構造

### (1) 褶曲

調査地域を含む北部タイでは、先カンブリア時代、石炭紀、中生代および新生代の4回の構造運動が起っており、地質構造は複雑である。調査地域では沢沿いでも一般に露出が少なく、また石炭紀および三畳紀の花崗岩類の貫入により変成岩類、堆積岩類は復変成作用を受けてその大半は時代別区分が難しいためとそれらの分布が断続的なため広域的な褶曲構造を明らかにすることは困難である。しかしながら、調査地域の北東部では先カンブリア時代の準片麻岩がオールドビス系をとりまくように分布しており、この分布からNW-SE系の向斜軸の存在が推定される。

### (2) 断層

調査地域にはNNW-SSE系、NW-SE系、NE-SW系の断層系が卓越しており、N-S系およびE-W系のものも認められる。タイ北部全域を通じての主要構造方向はN-S系であるが、調査地域ではそれほど顕著ではなく、むしろNNW-SSE系あるいはNW-SE系が調査地域付近では主要構造方向であり、NE-SW系やE-W系はこれらの二次的構造方向と考えられる。

これらの断層により地域中央部から南部にかけては地層のブロック化が著しい。

## 1-7 鉱床

本地域に見られる錫、タングステン鉱床はTable 7, Fig. 20に示す通りで、初生鉱床と二次鉱床がある。

北部タイの錫、タングステン鉱床は中生代の花崗岩類に密接に関連するとされ(GOM 1972)、花崗岩の頂部や周縁部のグライゼン化、スカルン化に伴う塊状鉱床あるいは石英脈、ペグマタイト脈に伴う脈状鉱床がある。

Table 7に示した鉱床はいずれも三畳紀の花崗岩類の分布域およびその近傍にある。初生鉱床は花崗岩中あるいはループベンド状の変成岩中に産出される脈状鉱床で、二次鉱床は河川沿いの地形凹部に堆積した砂礫層の基底部に鉱石を含む小規模な残留堆積鉱床である。

初生鉱床の鉱石はタングステンを主として、錫を伴い二次鉱床は錫を主とする。

調査地域内の花崗岩中あるいは河床堆積物中には微粒の灰重石が各所で散見されるが、特定の場所に集中するほどのまとまりはみせていない。

また、堆積岩類、特に石灰岩中にはしばしばスカルン化が見られ、花崗岩中には石英脈、アブライト脈、一部グライゼン化も見られる。

各鉱床の状況は次の通りである。

## (1) ヨンク ( Yong Ku ) 鉱山

調査地域北端部にあるヨンク部落南東側の山稜上にあり、南側の尾根に沿って国道1099号線まで自動車道路が通じている。10年程前から採行を続け、最盛時には20数人の従業員がいたが現在は価格の低迷により10人で採業している。

鉱床は片麻状構造が明瞭な黒雲母片麻岩を母岩としてこれに併入した含タングステン、錫石英脈鉱床である。

石英脈は母岩の片麻状構造に沿って岩床状に併入し、走向N10-15°W、傾斜30-40°Eの平行脈として数条見られる。各鉱脈とも脈幅は20~80cm、平均40~50cmで走向延長40m、傾斜延長30m程度の規模を持つと推定される。

鉱石は、石英脈中に鉱染する微粒の灰重石を主として、鉄マンガン重石、錫石を伴う。石英脈の周辺部で黒雲母が濃集しているところがありそこでは灰重石の含有が多い。

鉱石の分析結果をTable 8に示した。

タングステンの品位は2箇所の切羽でそれぞれWO<sub>3</sub>:1.46%, 1.65%を示し、蛍光線照射により確認された灰重石の量からも鉱脈の品位としてWO<sub>3</sub>1~2%は見込まれると推定される。

一方、錫についてはSn:1.28%, 0.17%でかなり隔たりを見せ、これは錫石が石英脈中に数%の結晶で点在し、それらが偏在するためと考えられる。ニオブは0.01%, 0.03%, タンタルは0.00%, 0.00%でいずれも低い含有量である。

往時は地表部を露天採掘していたが、漸次深部へすすみ、現在は脈沿いに坑内採掘を行っている(Fig. 10)。切羽が深部へ移行するに従い硬岩となり、排水、通気の問題とともに採掘が困難になってきている。

採掘鉱石は坑外で破砕したのちジグで選鉱し、パンで細粒部を除き精鉱(錫、タングステンなど高比重鉱物の混合物)として出荷している。

## (2) バブン ( Pha Pun ) 鉱山

バブンドン ( Pha Pun Dong ) 川とバブンルアン ( Pha Pun Luang ) 川の支流タイ ( Tai ) 川に挟まれた山稜の南側斜面に位置し、オムコイより自動車道路が通じている。

鉱床は三疊紀の葉状花崗岩中に産出される錫、タングステン石英脈で、特徴的に電気石を伴っている。

石英脈は走向N70°E、傾斜80°-90°Sで、脈幅10~100cm平均10~30cm、走向延長10~30m程度の規模を持ち、150m×250mの範囲に10数条が雁行状に分布している。

鉱石は灰重石を主として鉄マンガン重石、錫石を伴っている。鉱石の分析結果はTable 8

に示す通りである。

採掘鉱石は $WO_3$ : 5.65%を示したが、錫は低品位でニオブ・タンタルもごくわずかしが含まれていない。

採掘は、露頭から脈沿いに溝状に掘り進み、現在は坑内掘へ移行しつつある (Fig. 11)。小規模ながら選鉱設備をもち、破砕後ジグ選鉱により精鉱を得ている。

### (3) バブンドン (Pha Pun Dong) 鉱山

バブンドン川南側山枝の頂上付近に位置し自動車道路が通じている。

鉱床はバブンドン山同様三疊紀の葉状花崗岩中の含錫・タングステン石英脈鉱床である。脈の走向傾斜は $N 30^\circ - 60^\circ W / 40^\circ - 80^\circ S$ でややばらつきを見せ、脈幅もまれに50 cm以上のものも見られるが、一般には2~15 cm程度である。特徴的に電気石が認められる。鉱石は灰重石を主として鉄マンガン重石、錫石を伴っている。

採掘跡の広さ、選鉱木桶の規模などから本地域では最も大規模に採掘したと思われるが、現在は小規模な選鉱設備をもち、選鉱用水のある時期だけ採棄している。

3年前までは網状石英脈を地表部の風化した母岩とともに露天採掘していたが採掘が深部へすすんだために主要脈の坑内採掘に切替えている (Fig. 12)。

現在坑道は水没して詳細は不明であるが、主要脈は脈幅50 cm、走向延長15 m程度の規模をもつと推定される。

採掘跡では優勢な鉱物は認められないが、ジグ精鉱の粗粒部の分析結果では、 $W$ : 32.9%,  $Sn$ : 0.65%,  $Nb$ : 0.13%,  $Ta$ : 0.07%を示した (Table 8)。

### (4) ビツキ (Pi Tu Khi) 鉱山

メハット (Mae Hat) 川上流の東支流中に位置し、メランからブルドーザー道路が通じている。

鉱床は、第四紀の砂礫層中に産出する原地残留含錫砂礫鉱床である。

3年前に採掘を中止しているが、採掘跡は2ヶ所みられそれぞれ広さ $30 \times 20 m$ 、 $50 \times 30 m$ で、深さ1.5 mほど小規模である。

鉱石は錫石を主としタングステンはごく微量である。上流側の採掘跡の残壁の砂礫層をパンニングして得られた1 mm以下の錫石を主とする重鉱物は、原料6.8 kgに対して数gしか得られず、高品位物は掘りつくしたものである。

### (5) ファイヤープ (Huai Yarb) 鉱山

メラア (Mae Ra-a) 川最上流の支沢中に位置し、メランからビツキ経由でブルドーザー道路が通じている。採掘は10人程度で行なわれており、ブルドーザーで表土を除き

砂礫層を露出させ、人力により礫を除いてパンニングにより精鉱を得ている。選鉱木桶も設置されているが、調査時点では使用されていない。

鉱床は、第四紀の砂礫層の基底部に胚胎される原地残留含錫砂礫鉄床である。

砂礫層は2 m程度の厚さで、支沢合流部では30 m程度の広がりをもつが100 m程さかのぼると数m程度に狭くなる。砂礫層中の礫は細粒花崗岩およびペグマタイトの大歪円礫でこれらが砂礫層全体の9割以上を占める。脈石英の礫は稀にしか認められない。

鉄石は1 cm以下の粒状錫石が主体で少量の灰重石、鉄マンガン重石を伴う。錫石は、石英脈中に含まれる褐色のものがほとんどを占め、ペグマタイト脈に含まれる黒色のものは少量である。パンニング精鉱の分析結果では、Sn: 69.0%, WO<sub>3</sub>: 0.71%であり、Nb, Taはそれぞれ0.01%, 0.02%と極めて低い含有量である( Table 8 )。

現在採掘している沢では、砂礫層の分布域の端部までほぼ採掘しおわっており、対岸の小沢を採掘しかかっているが、こちらではSn含有量が低いといわれている。

#### (6) ファイシア (Huai Sia) 鉄山

ファイヤーブ鉄山より上流0.7 kmの支沢中に位置する。ファイヤーブ鉄山からは小径のみ通じる。

数年前から数人程度の人力により採掘されている。

鉄床は、ファイヤーブ鉄山と同様の原地残留含錫砂礫鉄床で、礫層の規模は最大幅10 m程度、延長60 m程度、厚さ約1 mである。ここでも礫が9割以上を占め細粒砂はごくわずかである。規模、品位とも、ファイヤーブ鉄山より劣る。鉄石は、数mm以下の褐色錫石を主とし、細粒～微粒の灰重石、鉄マンガン重石を伴う。



Table 7. List of Mines in the Survey Area

| No. | Mine         | History of operation                                  | Mining method  | Personnel | Production of concentrate   |                           |   |  |   |
|-----|--------------|---|--|-----------|---|---------------------------|---|--|---|
|     |              |   |  |           |   | Host rock                 | Ore deposit   | Ore minerals   | Scope of distribution of mineralization     |
| 1   | Yong Ku      | More than 10 years                                    | Main part: underground (2 tunnels)<br>East side: opencut       | 10        |   | Precambrian gneiss        | Quartz veins: several veins with strike and dip of N10-15°W/30-40°E. Average width of veins underground is 40 to 50 cm. At opencut-mined part, 10 to 20 cm. In underground quartz veins there are biotite-concentrated lenses which contain much scheelite. | Underground: Sch > Wf, Cs<br><br>Opencut: Cs, Wf, Sch                      | 150 m X 250 m                               |
| 2   | Pha Pun      | 8 to 9 years  | Underground and opencut  | 10~15     | 2t (?) / month  | Triassic foliated granite | Quartz veins: over 10 veins with strike and dip of N70°E/80°-90°S. Mean width of veins: 10 to 30 cm, maximum about 1 m. strike length of veins is 15 to 30 m. There is much tourmaline.   | Sch > Wf, Cs   | 150 m X 250 m                               |
| 3   | Pha Pun Dong | More than 10 years                                    | Main mine: underground (depth 5 m)<br>2 nearby places: opencut | 20        | Main mine: 0.4 t / month<br>Opencut places:<br>{ 1 0.3 t / month<br>2 ? | Triassic foliated granite | Quartz veins: most of them with strike and dip of N30-60°W/40-80°S<br>vein width: 2 to 25 cm, rarely 50 cm (?)<br>strike length of veins is about 5 m<br>Much tourmaline is found.  | Tunnels: Sch > Wf, Cs<br><br>Opencut places:<br>{ 1 Wf (> Sch, Cs)<br>2 Cs | 70 m X 100 m<br><br>(including old openpit) |
| 4   | Pi Tu Khi    | Unknown<br><br>(Operation was suspended 3 years ago.) | (Opencut)  | -         | -   | Quaternary eluvium        | Eluvial gravel layer (1 to 1.5 m thick)   | Cs > Wf, Sch   | 2 pits<br>(30 m X 20 m)<br>(50 m X 30 m)    |
| 5   | Huai Yarb    | 14 years  | Opencut  | 6         | 0.15 t / month  | Quaternary eluvium        | Eluvial gravel layer (2 m thick)  | Cs > Wf, Sch   | 30 m X 100 m                                |
| 6   | Huai Sia     | 3 to 4 years  | Opencut  | 2 or 3    | Very small amount   | Quaternary eluvium        | Eluvial gravel layer (1 m thick)  | Cs > Wf, Sch   | 10 m X 60 (?) m                             |

Abbreviations: Cs; cassiterite, Sch; scheelite, Wf; wolframite.

Table 8 Assay of ore samples

| No. | Sample No. | Location          | Description                               | Nb (%) | Ta (%) | Sn (%) | WO <sub>3</sub> (%) |
|-----|------------|-------------------|---|--------|--------|--------|---------------------|
| 1   | 0AO-1      | Yong Ku mine      | Sn-W crude ore<br>(No. 1 tunnel, W=45 cm) | 0.01   | 0.00   | 1.28   | 1.46                |
| 2   | 0AO-2      | ditto             | Sn-W crude ore<br>(No. 2 tunnel, W=65 cm) | 0.03   | 0.00   | 0.17   | 1.05                |
| 3   | 0AO-4      | ditto             | Sn-W concentrate                          | 0.11   | 0.01   | 9.60   | 65.1                |
| 4   | 0AO-5      | ditto             | Sn $\geq$ W concentrate                   | 0.21   | 0.09   | 72.2   | 0.28                |
| 5   | 0NO-1      | Huai Yarb mine    | Sn $\geq$ W concentrate                   | 0.01   | 0.02   | 69.0   | 0.71                |
| 6   | 0UO-2      | Pha Pun Dong mine | Finer fraction of<br>jigger concentrate   | 0.13   | 0.07   | 0.65   | 32.9                |
| 7   | 0YO-1      | Pha Pun mine      | Sn-W crude ore<br>(ore dump for dressing) | 0.02   | 0.00   | 0.05   | 5.65                |
| 8   | 0YO-2      | ditto             | Sn $\leq$ W concentrate                   | 0.02   | 0.00   | 0.04   | 69.6                |
| 9   | 0YO-5      | ditto             | Primary tailing                           | 0.08   | 0.01   | 0.28   | 2.95                |
| 10  | 0AS-27     | Huai Om Par       | Fanning concentrate<br>of stream sediment | 0.31   | 0.03   | 0.03   | 0.89                |

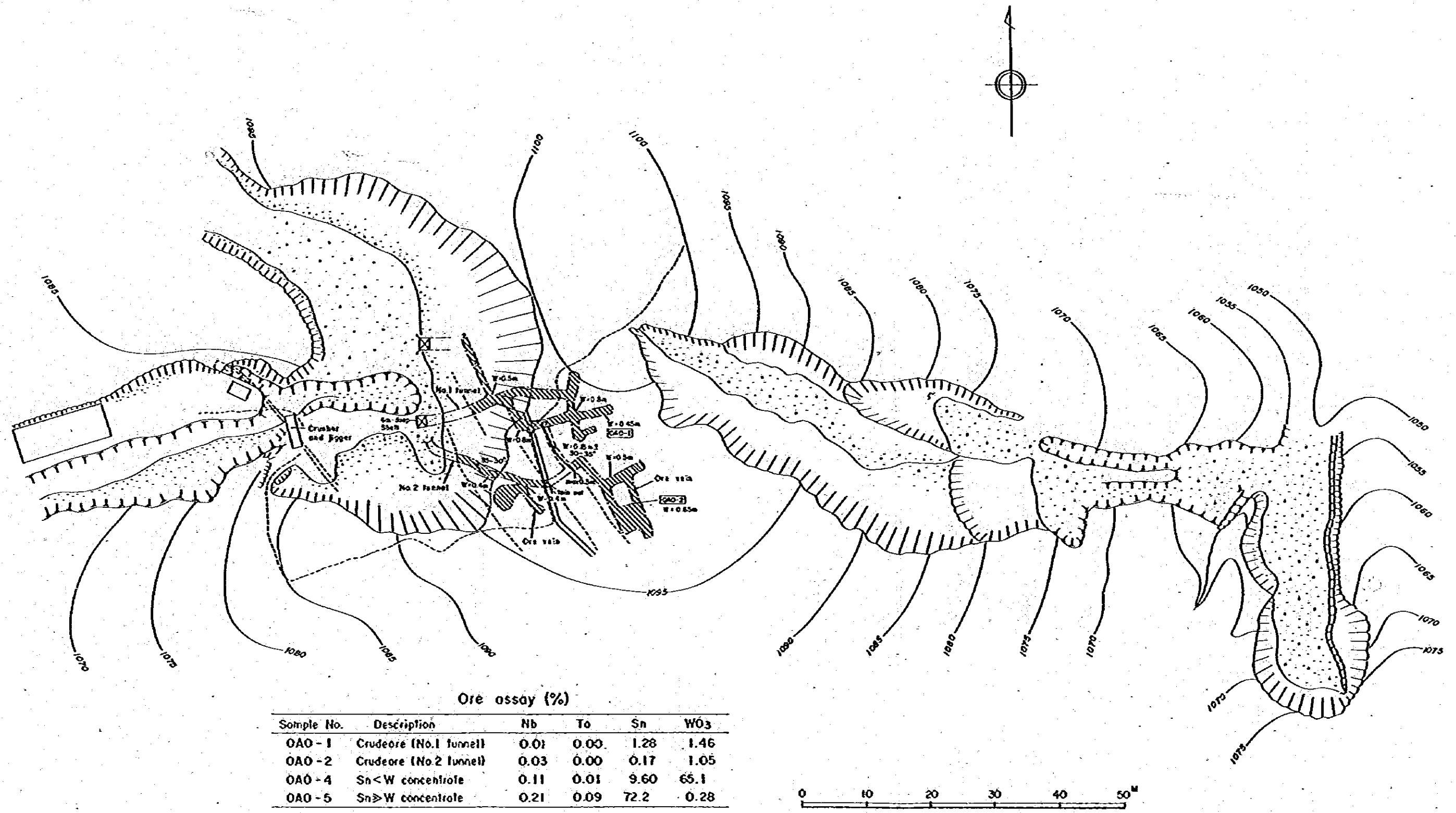


Fig.10 Plan of the Yong Ku mine

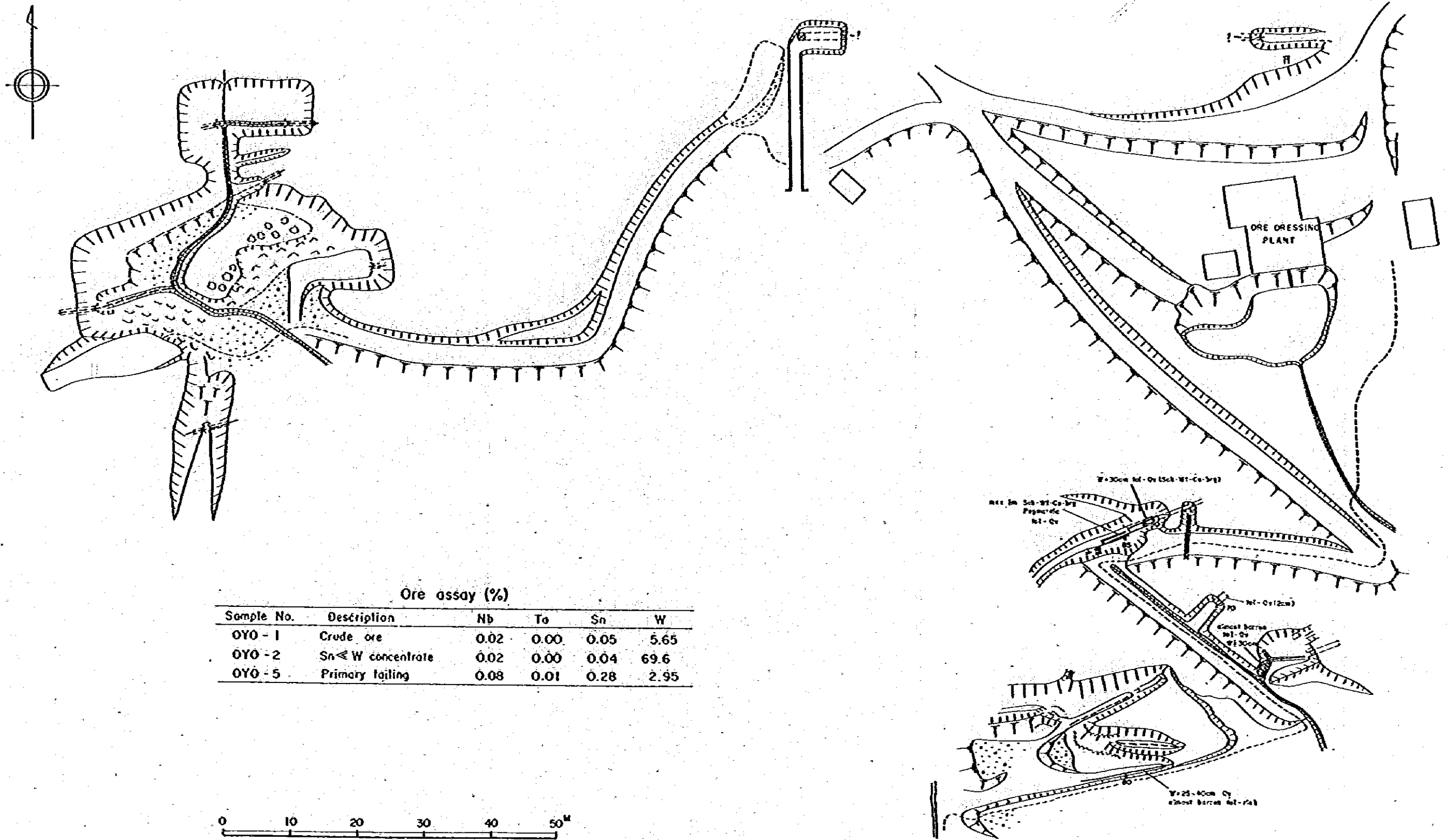


Fig.11 Plan of the Pha Pun mine

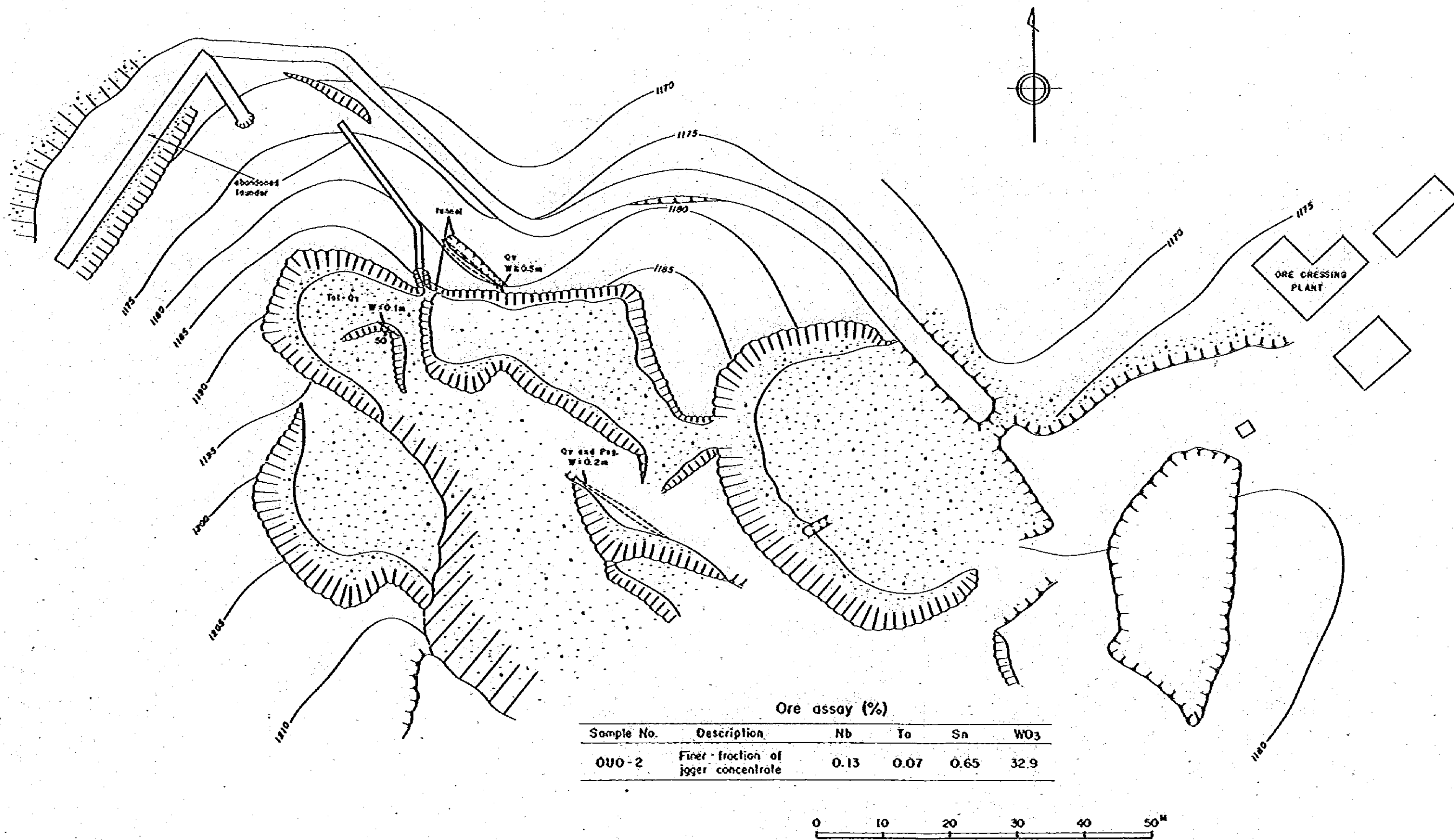


Fig.12 Plan of the Pha Pun Dong mine

## 第2章 地化学探査

### 2-1 調査目的

本地化学探査は調査地域内の河床堆積物中の元素含有量を分析して各元素の挙動を統計的に解析し、鉱化作用に由来する地化学異常域を抽出することと、本地域に対する今後の調査に対する基礎資料を得ることを目的とした。

### 2-2 試料採取

試料採取は主要な河川沿いに地質調査を平行して行った。採取地点は主要河川の支沢中とし、採取間隔は原則として400~500mとした。各採取地点では水流中央部の深さ20~30cmの沢砂を80メッシュ篩で篩分し-80メッシュ部分を50~100g採取した。

採取試料総数は1,259試料であり採取密度は1試料/0.79haとなる。

採取試料は風乾後二分しその一方を日本に持帰った。

### 2-3 分析法

本調査の対象となる鉱化帯は、ニオブ、タンタルを伴う錫・タングステン鉱床ということから指示元素は、ニオブ、タンタル、錫、タングステン、ベリリウム、リチウム、フッ素の7元素とした。

各試料は化学分析のための前処理として振動ミルにて200メッシュ以下に調整された。

化学分析は、ニオブ、タンタル、錫、タングステン、ベリリウムについてはプラズマ発光分光法、リチウムについては蛍光分析法、フッ素についてはイオン電極法による。

分析にあたっては標準試料(JO-1)を適時平行分析して分析値をチェックした。

分析操作の概略は次の通りである。

#### (1) ニオブ、タンタル、錫、タングステン、ベリリウム

試料2.0gを秤量後テフロンビーカーに投入し、フッ酸15ml、硝酸3ml、過塩素酸3mlを加えて加熱板上で蒸発乾固に至るまで加熱する。放冷後、塩酸10ml、純水20~30mlを加えて再加熱しながら溶解し、純水を加えて50ml定容とする。その後遠心分離器にて得られた上澄み液をプラズマ発光分光計にて測定する。

#### (2) リチウム

上記の検液を蛍光分析計にて測定する。

#### (3) フッ素

試料1.0gを秤量後、磁器製燃焼ボートに入れ管状電気炉にて蒸加水分解する。発生するフッ素ガスを捕集液に吸収させ、PH5に調整し、純水を加えて100mlに定容する。

この検液をイオン電極法により測定する。

## 2-4 データの解析

### (1) 一般統計値

地化学試料の分析結果の統計値をTable 9 に示す。試料毎の分析結果は巻末に付した。

Table 9 Statistics of whole geochemical data

| Element | ppm     |         |        |          |      |
|---------|---------|---------|--------|----------|------|
|         | Maximum | Minimum | Mean   | $\sigma$ | C.V. |
| Nb      | 1,150   | 2       | 26.63  | 47.95    | 1.73 |
| Ta      | 410     | 0*      | 8.65   | 18.79    | 2.07 |
| Sn      | 270     | 0*      | 12.83  | 12.54    | 0.99 |
| W       | 10,000  | 0*      | 43.39  | 172.52   | 5.62 |
| Be      | 16.0    | 0.40    | 4.03   | 2.09     | 0.58 |
| Li      | 85      | 2       | 25.45  | 15.57    | 0.60 |
| F       | 1,460   | 20      | 276.91 | 172.53   | 0.63 |

\*; Not detected,  $\sigma$ ; Standard deviation

### (2) 岩相別統計値

調査地域には各種の岩相が分布しており、各試料の分析結果は各岩相の地化学的特性を反映していると考えられる。そこで各採取地点の岩相により地化学データを大まかに4つの集団に分けて各指示元素の挙動を検討した。尚、錫、タングステンなどの高含有量を示す試料のうちで明らかに人為的汚染（鉱山廃滓など）を受けているものと、人為的汚染を受けていることは確認できないものの極端に高い値を示すものは除外している。各岩相毎の試料数をTable 10 に、岩相毎の統計値をTable 11 に示す。

Table 10 Classification of geochemical data by bedrock lithofacies

|    | Lithofacies                | Sample No. | Excluded samples | Analyzed samples |
|----|----------------------------|------------|------------------|------------------|
| 1. | Triassic granite area      | 647        | 11               | 636              |
| 2. | Carboniferous granite area | 375        | 0                | 375              |
| 3. | Gneiss and sediments area  | 171        | 5                | 166              |
| 4. | Tertiary conglomerate area | 66         | 0                | 66               |
|    | Total                      | 1,259      | 16               | 1,243            |

このようなグルーピングにより各元素は、岩相毎に次のような傾向を示すことが判明した。

i) ニオブ： 平均値で比較すると、第三紀の礫岩分布域が最高で、次に三疊紀の花崗岩類分布域となっている。前者の大半は、後者を後背地としていることを考えれば、三疊紀の花崗岩類がニオブを最も多量に含有しているといえる。最大値も同岩類分布域から得られている。

これに反して、石炭紀の花崗岩類分布域では、4岩相中では、最低の平均値を示しており、ニオブに比較的乏しい傾向がある。

ii) タンタル： 三疊紀の花崗岩類及び第三紀の礫岩分布域で、平均値が大きくなっている。最大値は、三疊紀の花崗岩類分布域から得られている。

石炭紀の花崗岩類分布域では、4岩相中で最低の平均値を示しており、ニオブと同様である。

iii) 錫： 平均値では、三疊紀の花崗岩類分布域が最高で、第三紀の礫岩分布域がこれに次ぐ。最大値は前者から得られている。

これに比べて、石炭紀の花崗岩類および片麻岩・変堆積岩類分布域ではやや低い。

iv) タングステン： 平均値では、石炭紀の花崗岩類分布域が他に比べてわずかに高いが、4岩相ともそれほど有意な差は示していない。

v) ベリリウム、リチウム： 平均値では、両花崗岩類分布域に比べて片麻岩・変堆積岩類・および第三紀の礫岩分布域で低く、これらの元素は花崗岩に関連していることを明示している。

vi) フッ素： 平均値では、三疊紀の花崗岩類分布域が他の3分布域に比べてやや高くなっている。

以上のことから、本地域全体としてはニオブ、タンタル、錫、フッ素については三疊紀の花崗岩類分布域が高ポテンシャルであり、ベリリウム、リチウムについては石炭紀および三疊紀花崗岩類分布域が高ポテンシャルであるといえる。タンングステンについては、各岩相分布域で平均値での有意な差はない。

### (3) 指示元素の相関関係

各指示元素の相関係数を Table 12 に示す。平均値その他の場合と同様に4岩相に分けて相関関係を検討した結果、次のように言える。

i) ニオブとタンタルは4岩相に共通して強い相関を示している。



- ii) ニオブおよびタンタルは、錫、タングステンに対して4岩相とも共通して中程度の相関を示すが、三疊紀の花崗岩類分布域では他の3分布域に比べてやや弱い。しかし、同地域でも実際には高錫・タングステン地点でニオブ、タンタルが高く出ている例があり、一概には決められない。
- iii) 錫とタングステンは、4岩相に共通して中程度の相関を示す。
- iv) ベリリウム、リチウム、フッ素の3元素は、4岩相に共通して互いに中(一部強)程度の相関を示す。
- v) 錫およびタングステンはベリリウム、リチウム、フッ素に対して一部例外を除けば4岩相とも共通してそれぞれ中程度の相関を示す。
- vi) ニオブおよびタンタルはベリリウム、リチウム、フッ素に対して第三紀の礫岩分布域を除いてはそれぞれの相関が弱く、特に三疊紀の花崗岩類分布域ではニオブとリチウム、ニオブとフッ素の相関はないようにみえる。これはニオブ、タンタルに対してベリリウムではベリリウムの値の変動幅が小さいため、みかけ上このようにみえるかも知れない。また、ニオブ、タンタルに対してリチウムでは、含リチウム鉱物である雲母の大半がサンプリングの際に排除されたことによるとも考えられる。さらに、フッ素ではニオブ、タンタルの値の変動幅がフッ素の値の変動幅に比べて1~2オーダー低いため、みかけ上低い相関を示すものと思われる。

## 2-5 異常域の区分

前述したように地化学データを岩相により4つの集団に大別し、それぞれについて Lepertier (1973)の方法によってしきい値を求めることにより、後背値と異常値の区分を試みた。解析に用いた指示元素別の累積頻度分布を Fig. 13~19に示す。

また、全試料の統計値とこれらを自然数に変換した値を Table 13に示す。

しきい値の決定は、厳密には岩相別に行うことが望ましいが指示元素の挙動は岩相別には大きな変動は見せていないので、代表的な岩相のしきい値で近似させることにした。

しきい値、平均値(M)、標準偏差( $\sigma$ )より異常値域、後背地域のレベル区分を行い、Table 14にまとめた。

指示元素のしきい値決定の手順は次の通りである。

Table 11 Statistics of geochemical data (excluding contaminated and abnormally high-content data)

ppm

| El. | Area | Max.  | Min. | Mean   | $\sigma$ | c.v. | $M + \sigma$ | $M + 2\sigma$ |
|-----|------|-------|------|--------|----------|------|--------------|---------------|
| Nb  | Wh   | 530   | 2    | 25.51  | 30.31    | 1.15 | 55.82        | 86.13         |
|     | Tgr  | 530   | 3    | 28.05  | 33.58    | 1.20 | 61.64        | 95.22         |
|     | Cgr  | 160   | 2    | 21.39  | 17.54    | 0.82 | 38.93        | 56.48         |
|     | Mgn  | 130   | 5    | 24.18  | 23.29    | 0.96 | 47.47        | 70.77         |
|     | Tcg  | 130   | 7    | 31.15  | 31.03    | 1.00 | 62.18        | 93.21         |
| Ta  | Wh   | 220   | 0*   | 8.28   | 15.10    | 1.69 | 23.29        | 31.57         |
|     | Tgr  | 220   | 1    | 9.58   | 14.88    | 1.55 | 24.46        | 39.34         |
|     | Cgr  | 93    | 0*   | 6.54   | 9.01     | 1.38 | 15.55        | 24.56         |
|     | Mgn  | 69    | 1    | 7.24   | 9.65     | 1.33 | 16.90        | 26.55         |
|     | Tcg  | 69    | 2    | 9.58   | 12.56    | 1.31 | 22.14        | 34.70         |
| Sn  | Wh   | 150   | 0*   | 11.50  | 8.68     | 0.70 | 20.18        | 28.86         |
|     | Tgr  | 150   | 1    | 12.82  | 9.31     | 0.73 | 22.12        | 31.43         |
|     | Cgr  | 31    | 1    | 10.36  | 5.20     | 0.50 | 15.55        | 20.75         |
|     | Mgn  | 52    | 0*   | 9.99   | 6.67     | 0.67 | 16.65        | 23.22         |
|     | Tcg  | 38    | 3    | 10.97  | 6.33     | 0.58 | 17.30        | 23.64         |
| W   | Wh   | 570   | 0*   | 21.23  | 38.58    | 2.00 | 59.81        | 98.39         |
|     | Tgr  | 360   | 0*   | 20.71  | 35.35    | 1.71 | 56.06        | 91.41         |
|     | Cgr  | 400   | 0*   | 22.94  | 38.94    | 1.70 | 61.88        | 100.82        |
|     | Mgn  | 570   | 0*   | 20.45  | 57.92    | 2.83 | 78.37        | 136.30        |
|     | Tcg  | 340   | 0*   | 21.97  | 50.76    | 2.31 | 72.73        | 123.49        |
| Be  | Wh   | 21.0  | 0.4  | 3.73   | 2.34     | 0.59 | 6.07         | 8.41          |
|     | Tgr  | 21.0  | 0.4  | 4.24   | 2.44     | 0.57 | 6.68         | 9.12          |
|     | Cgr  | 10.0  | 0.4  | 3.59   | 1.57     | 0.44 | 5.15         | 6.72          |
|     | Mgn  | 7.9   | 0.6  | 2.72   | 1.35     | 0.50 | 4.07         | 5.43          |
|     | Tcg  | 6.6   | 1.1  | 2.77   | 1.12     | 0.40 | 3.89         | 5.00          |
| Li  | Wh   | 85    | 2    | 23.81  | 15.30    | 0.60 | 39.11        | 54.41         |
|     | Tgr  | 85    | 2    | 27.98  | 16.38    | 0.59 | 44.36        | 60.73         |
|     | Cgr  | 71    | 2    | 21.59  | 14.64    | 0.68 | 36.23        | 50.86         |
|     | Mgn  | 51    | 3    | 17.23  | 10.14    | 0.59 | 27.37        | 37.51         |
|     | Tcg  | 49    | 5    | 16.86  | 7.99     | 0.47 | 24.85        | 32.84         |
| F   | Wh   | 1,290 | 20   | 254.30 | 175.01   | 0.63 | 429.31       | 604.32        |
|     | Tgr  | 1,290 | 20   | 279.50 | 179.32   | 0.64 | 458.81       | 638.13        |
|     | Cgr  | 1,230 | 20   | 235.97 | 145.44   | 0.62 | 381.42       | 526.86        |
|     | Mgn  | 730   | 20   | 236.02 | 132.22   | 0.56 | 368.25       | 500.47        |
|     | Tcg  | 540   | 60   | 203.94 | 96.62    | 0.47 | 300.56       | 397.19        |

\* Not detected.

Wh; whole area, Tgr; Triassic granite area, Cgr; Carboniferous granite area, Mgn; Precambrian - Paleozoic gneiss and sediments area, Tcg; Tertiary conglomerate area.

Table 12 Correlation coefficients

i) Whole area

|    | Nb     | Ta     | Sn     | W      | Be     | Li     | F      |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Nb | (1.00) | 0.83   | 0.46   | 0.45   | 0.24   | 0.14   | 0.11   |
| Ta | 0.83   | (1.00) | 0.47   | 0.44   | 0.35   | 0.18   | 0.17   |
| Sn | 0.46   | 0.47   | (1.00) | 0.59   | 0.63   | 0.66   | 0.56   |
| W  | 0.45   | 0.44   | 0.59   | (1.00) | 0.29   | 0.40   | 0.28   |
| Be | 0.24   | 0.35   | 0.63   | 0.29   | (1.00) | 0.65   | 0.54   |
| Li | 0.14   | 0.18   | 0.66   | 0.40   | 0.65   | (1.00) | 0.66   |
| F  | 0.11   | 0.17   | 0.56   | 0.28   | 0.54   | 0.66   | (1.00) |

ii) Triassic granite area

|    | Nb     | Ta     | Sn     | W      | Be     | Li     | F      |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Nb | (1.00) | 0.79   | 0.34   | 0.34   | 0.17   | -0.04  | 0.05   |
| Ta | 0.79   | (1.00) | 0.43   | 0.36   | 0.44   | 0.20   | 0.24   |
| Sn | 0.34   | 0.43   | (1.00) | 0.50   | 0.61   | 0.58   | 0.55   |
| W  | 0.34   | 0.36   | 0.50   | (1.00) | 0.30   | 0.33   | 0.27   |
| Be | 0.17   | 0.44   | 0.61   | 0.30   | (1.00) | 0.68   | 0.61   |
| Li | -0.04  | 0.20   | 0.58   | 0.33   | 0.68   | (1.00) | 0.67   |
| F  | 0.05   | 0.24   | 0.55   | 0.27   | 0.61   | 0.67   | (1.00) |

iii) Carboniferous granite area

|    | Nb     | Ta     | Sn     | W      | Be     | Li     | F      |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Nb | (1.00) | 0.88   | 0.56   | 0.50   | 0.25   | 0.26   | 0.27   |
| Ta | 0.88   | (1.00) | 0.43   | 0.43   | 0.19   | 0.10   | 0.14   |
| Sn | 0.56   | 0.43   | (1.00) | 0.64   | 0.46   | 0.72   | 0.63   |
| W  | 0.50   | 0.43   | 0.64   | (1.00) | 0.23   | 0.48   | 0.39   |
| Be | 0.25   | 0.19   | 0.46   | 0.23   | (1.00) | 0.52   | 0.40   |
| Li | 0.26   | 0.10   | 0.72   | 0.48   | 0.52   | (1.00) | 0.67   |
| F  | 0.27   | 0.14   | 0.63   | 0.39   | 0.40   | 0.67   | (1.00) |

iv) Precambrian - Paleozoic gneiss and sediments area

|    | Nb     | Ta     | Sn     | W      | Be     | Li     | F      |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Nb | (1.00) | 0.87   | 0.58   | 0.50   | 0.35   | 0.22   | 0.19   |
| Ta | 0.87   | (1.00) | 0.61   | 0.56   | 0.38   | 0.23   | 0.22   |
| Sn | 0.58   | 0.61   | (1.00) | 0.67   | 0.58   | 0.52   | 0.35   |
| W  | 0.50   | 0.56   | 0.67   | (1.00) | 0.33   | 0.39   | 0.22   |
| Be | 0.35   | 0.38   | 0.58   | 0.33   | (1.00) | 0.69   | 0.55   |
| Li | 0.22   | 0.23   | 0.52   | 0.39   | 0.69   | (1.00) | 0.60   |
| F  | 0.19   | 0.22   | 0.35   | 0.22   | 0.55   | 0.60   | (1.00) |

v) Tertiary conglomerate area

|    | Nb     | Ta     | Sn     | W      | Be     | Li     | F      |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Nb | (1.00) | 0.85   | 0.57   | 0.46   | 0.41   | 0.31   | 0.48   |
| Ta | 0.85   | (1.00) | 0.60   | 0.56   | 0.51   | 0.36   | 0.49   |
| Sn | 0.57   | 0.60   | (1.00) | 0.66   | 0.69   | 0.74   | 0.69   |
| W  | 0.46   | 0.56   | 0.66   | (1.00) | 0.42   | 0.53   | 0.33   |
| Be | 0.41   | 0.51   | 0.69   | 0.42   | (1.00) | 0.80   | 0.71   |
| Li | 0.31   | 0.36   | 0.74   | 0.53   | 0.80   | (1.00) | 0.63   |
| F  | 0.48   | 0.49   | 0.69   | 0.33   | 0.71   | 0.63   | (1.00) |

Table 13 Logarithmic statistics of geochemical data and natural number-transformed values

| Element | Maximum | Minimum | Mean | M + $\sigma$ | M + 2 $\sigma$ | M + 3 $\sigma$ |
|---------|---------|---------|------|--------------|----------------|----------------|
| Nb      | 2.73    | 0.60    | 1.34 | 1.60         | 1.86           | 2.12           |
| Ta      | 2.34    | 0.30    | 0.83 | 1.15         | 1.47           | 1.79           |
| Sn      | 2.18    | 0       | 1.06 | 1.29         | 1.57           | 1.75           |
| W       | 2.76    | 0       | 1.01 | 1.49         | 1.96           | 2.43           |
| Be      | 1.34    | 0.15    | 0.66 | 0.84         | 1.02           | 1.20           |
| Li      | 1.93    | 0.48    | 1.34 | 1.63         | 1.92           | 2.21           |
| F       | 3.11    | 1.32    | 2.36 | 2.64         | 2.93           | 3.22           |
| Nb      | 530     | 2       | 22   | 40           | 72             | 132            |
| Ta      | 220     | 0       | 6.7  | 14.1         | 29.5           | 61.6           |
| Sn      | 150     | 0       | 11.5 | 20           | 33             | 56.3           |
| W       | 570     | 0       | 10.2 | 31.6         | 91             | 270            |
| Be      | 21      | 0.4     | 4.6  | 6.9          | 10.5           | 16             |
| Li      | 85      | 2       | 21.9 | 43           | 83             | 162            |
| F       | 1,290   | 20      | 229  | 437          | 853            | 1,660          |

(1) ニオブ： 累積頻度グラフ (Fig. 13) では、各岩相とも 1 箇所以上の上方屈曲点をもつ。しきい値としては最もニオブ平均含有量の少ない石炭紀の花崗岩類分布域の上方屈曲点を用いた。後背値例では、三疊紀の花崗岩類、片麻岩・変堆積岩類および第三紀の礫岩分布域の最初の上方屈曲点を境に低後背値域、高後背値域に区分した。また異常値例では、三疊紀、石炭紀の両花崗岩類分布域の M +  $\sigma$  の値、および三疊紀の花崗岩類分布域の上方屈曲点を用いてそれぞれ低異常域、高異常域-1、高異常域-2に区分した。

(2) タンタル： 累積頻度グラフ (Fig. 14) で、最もタンタル平均含有量の少ない石炭紀の花崗岩類分布域の 2 つの上方屈曲点の中間点をしきい値とした。後背値例では、4 岩相がともに上方に最初に屈曲する点を境として低後背値域と高後背値域に区分した。また、異常値例では、石炭紀の花崗岩類分布域の 2 番目の上方屈曲点、全体の対数値計算による M + 3 $\sigma$  値 (これは三疊紀の花崗岩類分布域の M + 2 $\sigma$  値に一致する) の近似値をとって低異常域、高異常域-1、高異常域-2に区分した。

- (3) 錫 : 累積頻度グラフ ( Fig. 15 ) では, 三疊紀の花崗岩類分布域のものは, 他の3分布域とは異なった挙動を示す。これだけを考えても少なくとも2番目の上方屈曲点の値をしきい値とせざるを得ないが, 実際にこの値をしきい値とすると, 調査地域の大半部が異常域となり実用上不適當である。他の地域でもグラフにより適なしきい値を決定することは困難であるので, しきい値は, 全データの対数値による  $M + \sigma$  の値とした。後背値側では, 上述の屈曲点を境に便宜上低後背値域, 高後背値域に区分した。また異常域は, 対数値による  $M + 2\sigma$  値,  $M + 3\sigma$  値をもって低異常域, 高異常域-1, 高異常域-2に区分した。
- (4) タングステン: 累積頻度グラフ ( Fig. 16 ) では, 石炭紀の花崗岩類分布域を除いて, それぞれ上方屈曲点があり, 特に三疊紀の花崗岩類分布域のものは, 明らかに2つの母集団から形成されるように見える。しかし, 屈曲点の中間値をしきい値として採用すると調査地域の大半が異常域となり実用上不適當なので, しきい値は全データの対数値による  $M + \sigma$  とした。後背値側では対数値の平均値 ( $M$ ) を境に低後背値域, 高後背値域に区分し, 異常域は同様に  $M + 2\sigma$  値,  $M + 3\sigma$  値によって, 低異常域, 高異常域-1, 高異常域-2に区分した。
- (5) ベリリウム, リチウム, フッ素: これら3指示元素の累積頻度グラフ ( Fig. 17~19 ) では, 有効なしきい値をみいだすことは困難なので, 全データの対数値による  $M$ ,  $M + \sigma$ ,  $M + 2\sigma$  を用いて, 低後背値域, 高後背値域, 低異常域および高異常域に区分した。

Table 14 Classification of geochemical background and anomaly

| Element | ppm        |      |         |        |        |
|---------|------------|------|---------|--------|--------|
|         | Background |      | Anomaly |        |        |
|         | Low        | High | Low     | High-1 | High-2 |
| Nb      | 25         | 38   | 80      | 160    |        |
| Ta      | 8          | 12   | 20      | 50     |        |
| Sn      | 10         | 20   | 33      | 56     |        |
| W       | 16         | 32   | 120     | 270    |        |
| Be      | 4.0        | 7.0  | 10.5    | -      |        |
| Li      | 20         | 42   | 82      | -      |        |
| F       | 230        | 440  | 850     | -      |        |

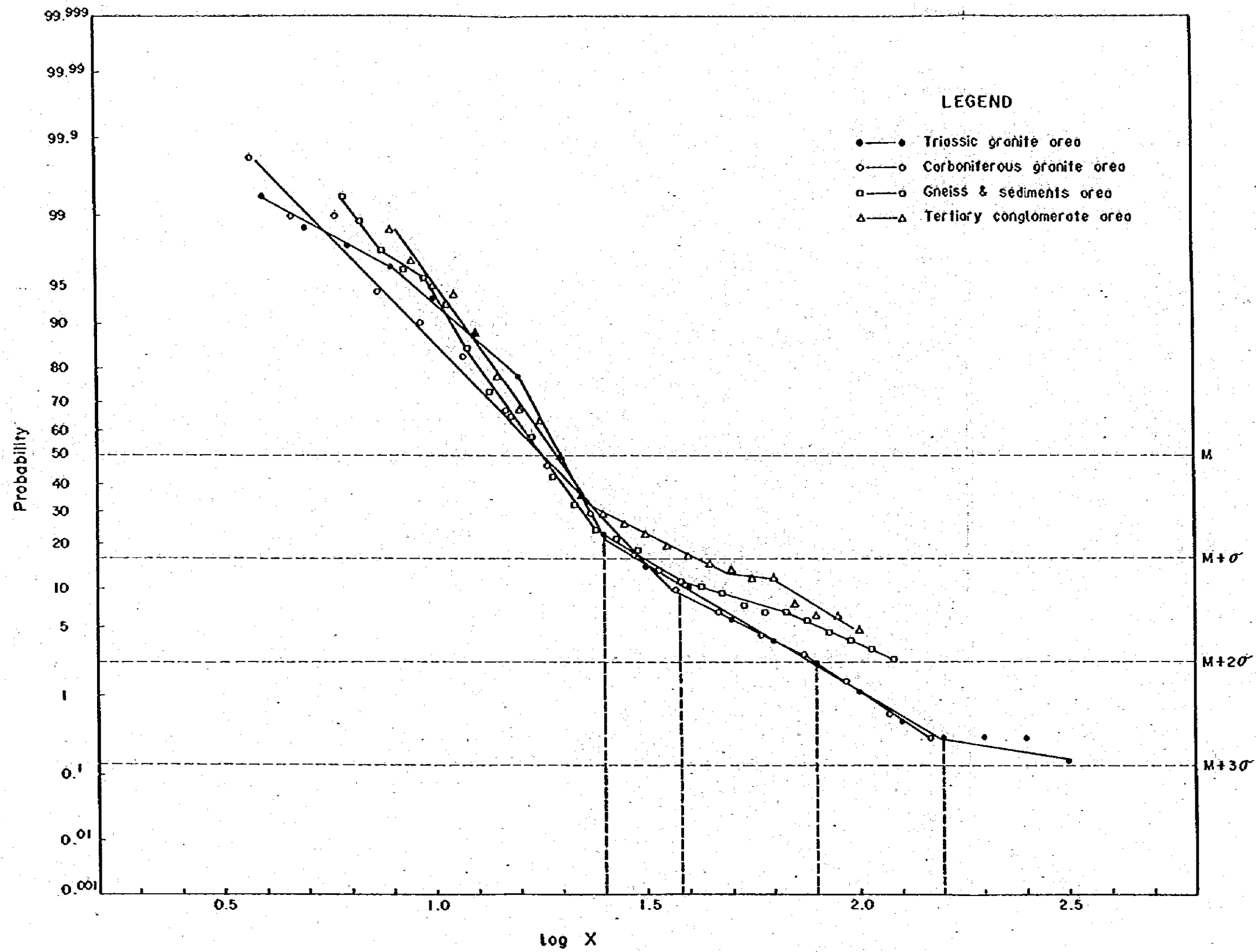


Fig. 13 Cumulative frequency distribution for Nb

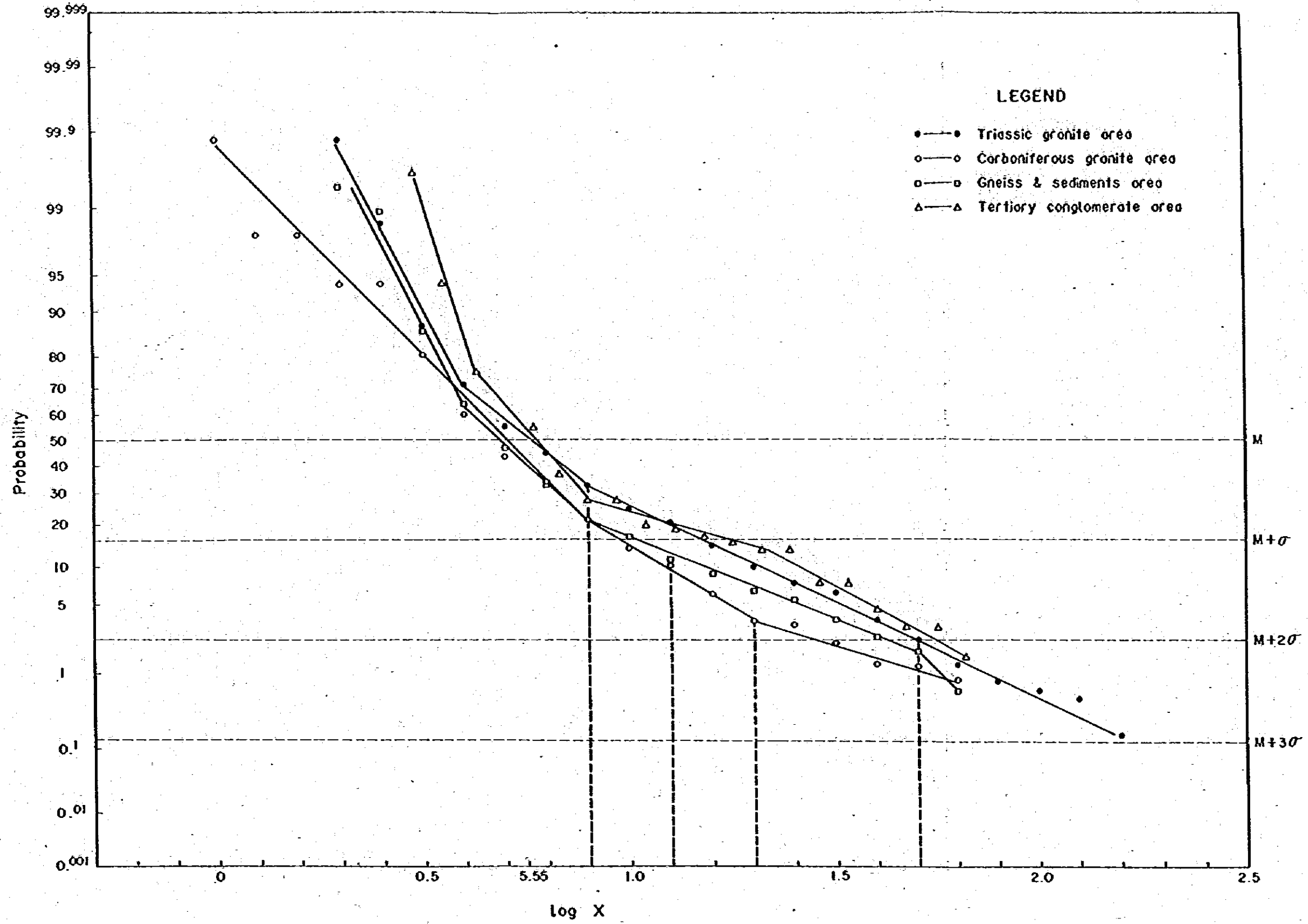


Fig.14 Cumulative frequency distribution for Ta

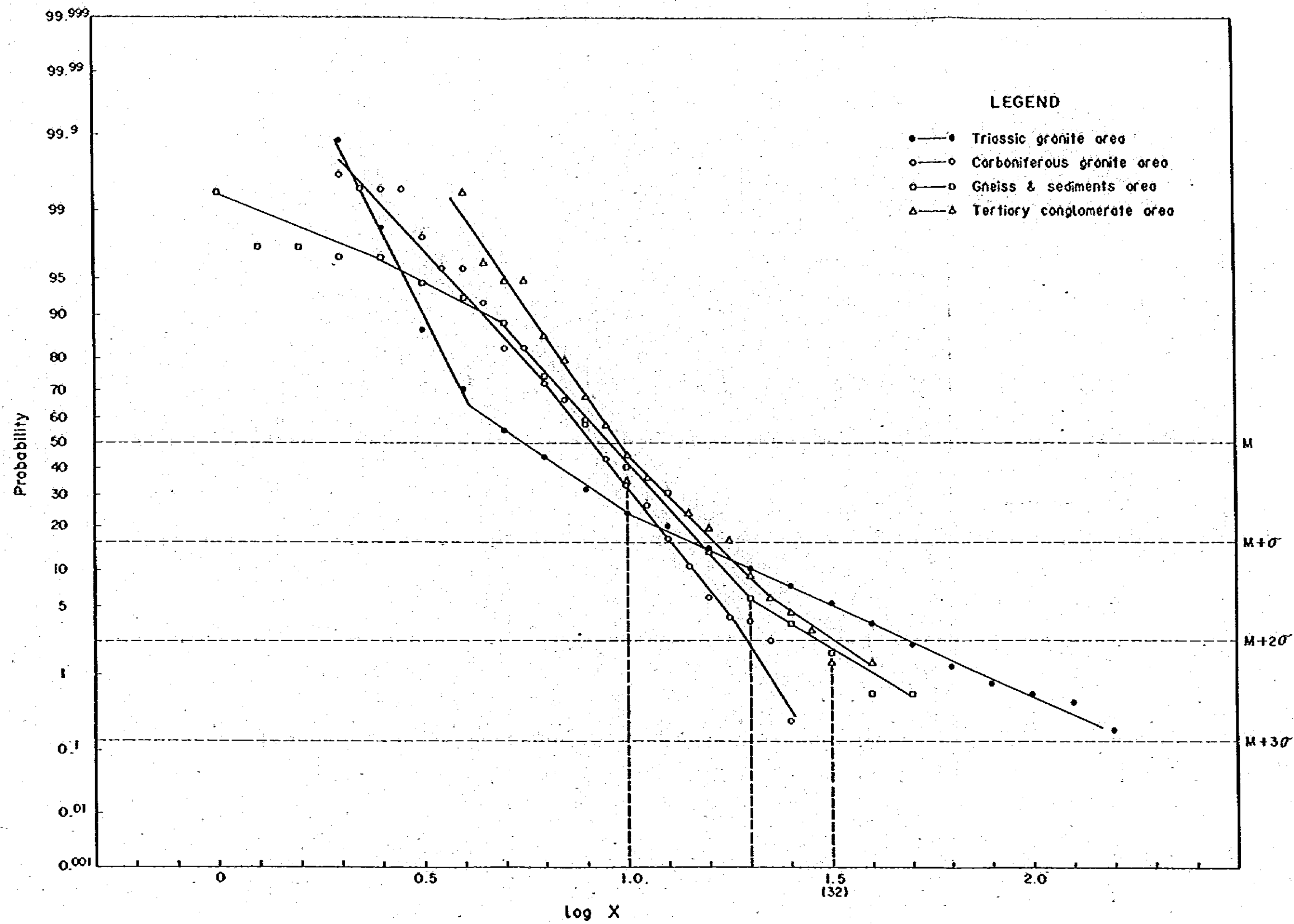


Fig. 15 Cumulative frequency distribution for Sn



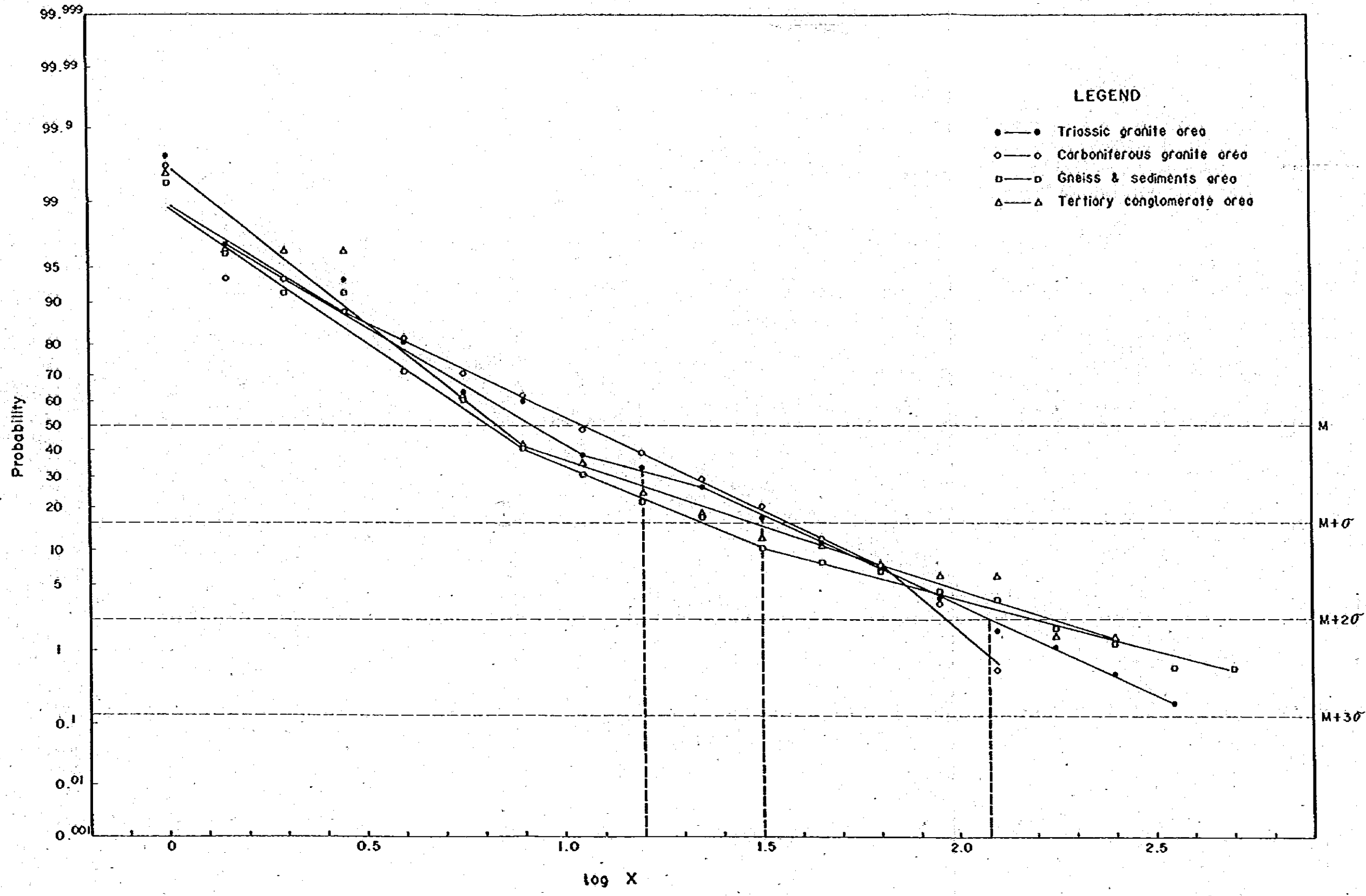


Fig. 16 Cumulative frequency distribution for W

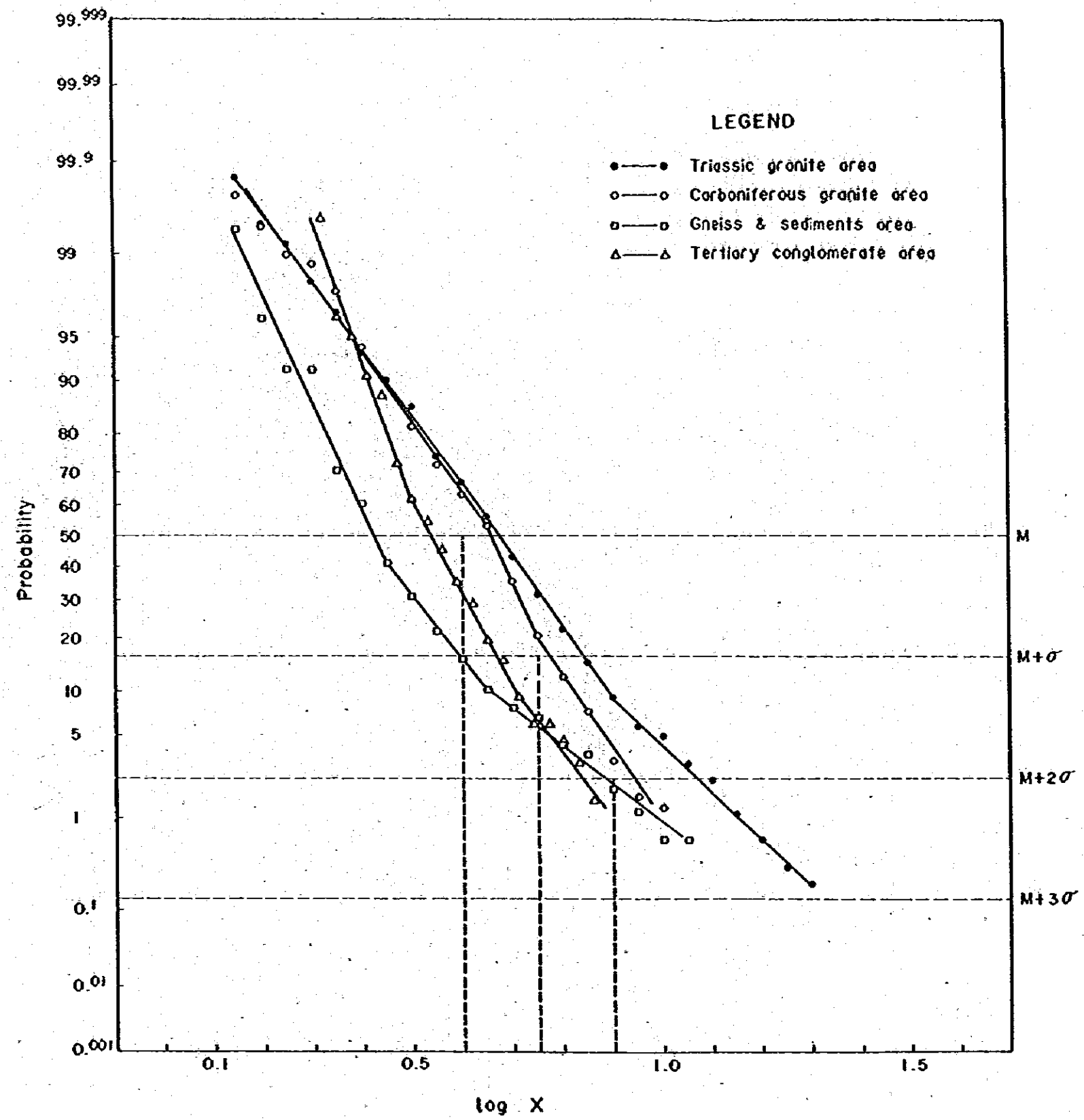


Fig.17 Cumulative frequency distribution for Be

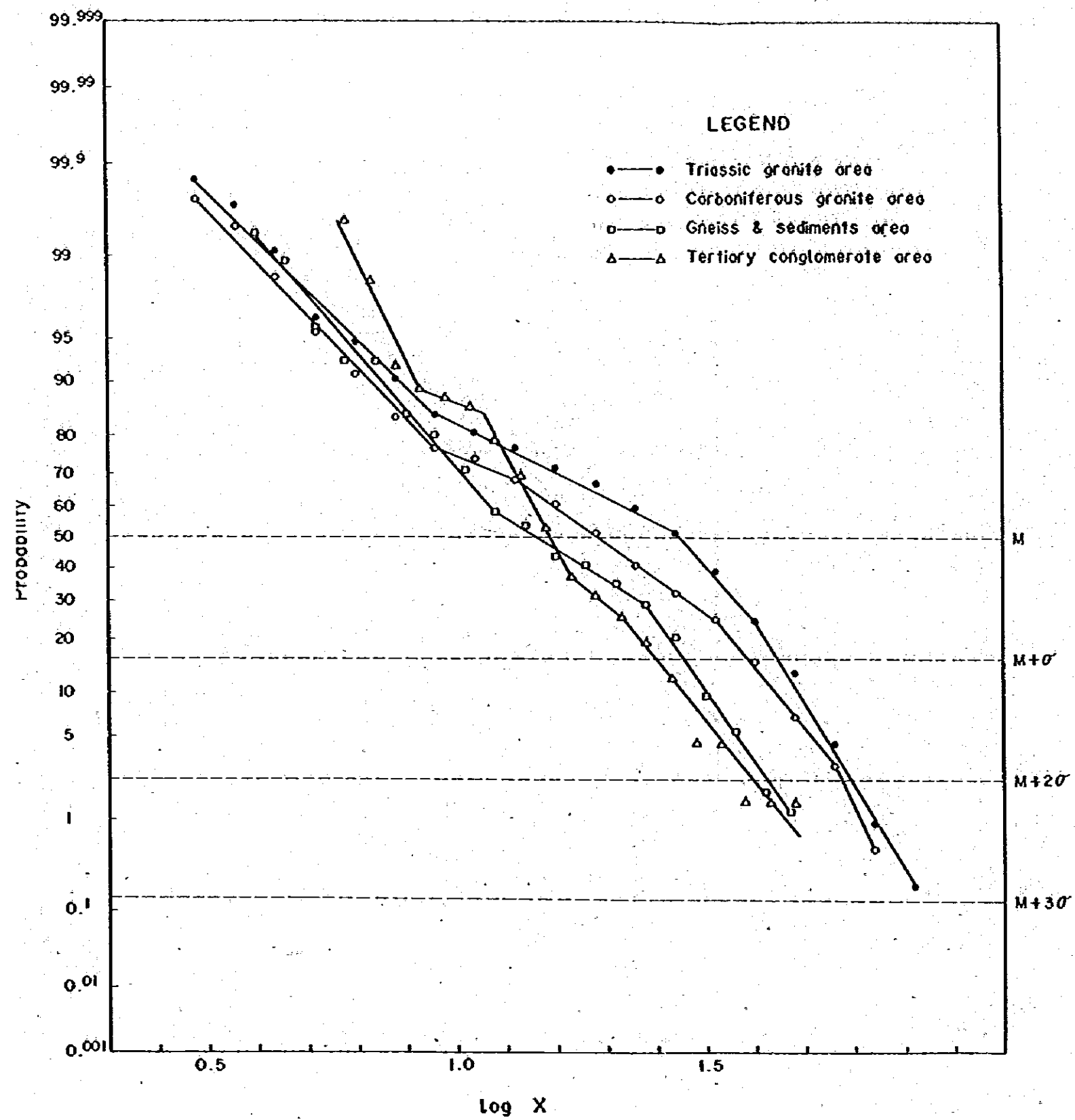


Fig. 18 Cumulative frequency distribution for Li

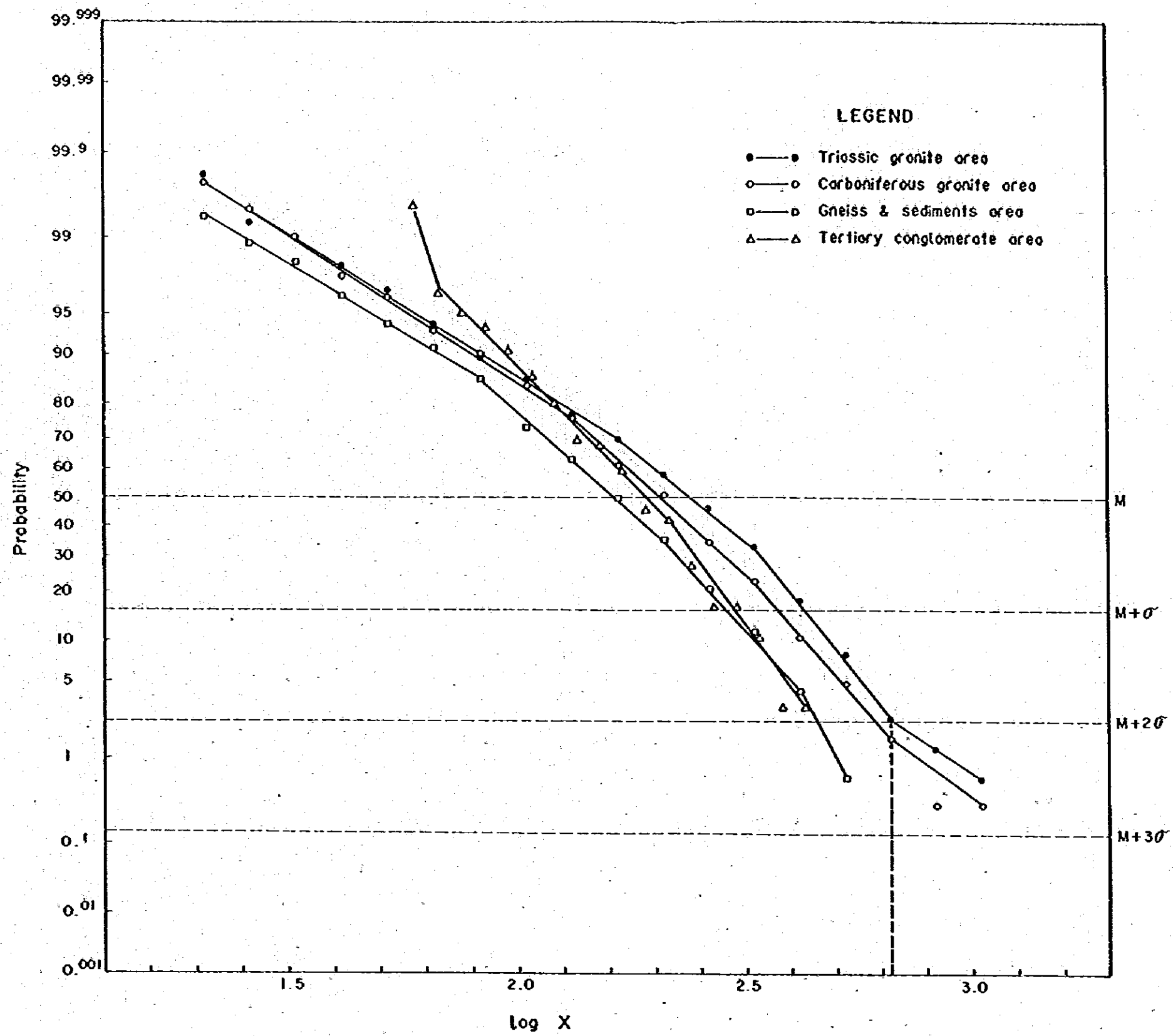


Fig. 19 Cumulative frequency distribution for F

## 2-6 異常域の分布

前項で述べた異常域区分をもとに、各指示元素毎の異常域を抽出し、Pl. 5~11に示した。ここでの異常域とは1つの水系上で隣接する2つ以上の異常地点からなるものとし、水系上で孤立した異常地点はその程度を示すにとどめた。各指示元素毎に抽出された異常域は次の通りである。

(1) ニオブ： ヨンク鉱山周辺、パブン、パブンドン両鉱山からその南部にかけての一带および調査地域の南部に異常域が分布する。

ヨンク鉱山周辺では岩株上に分布する花崗岩類を取りまくように小~中規模の異常域が見られるが高異常値は含まれていない。パブン、パブンドン両鉱山からその南部にかけての一带では2つの高異常域を含む比較的広い異常域が分布している。高異常域はパブン、パブンドン鉱山の南方にあり、両既存鉱床とは別の鉱徴に由来するものと考えられる。調査地域南部では小規模の異常域が点在し、そのうち西側の3つは南北に配列して分布する。

(2) タンタル： ニオブとはほぼ重複した分布を示す。ヨンク鉱山周辺、パブン、パブンドン両鉱山からその南部にかけての一带および調査地域南西部に異常域が分布する。

ヨンク鉱山周辺の異常域は鉱山近傍およびそれから南東方向へ片麻岩の分布に沿って点在する2つの異常域があり鉱山近傍にのみ高異常値が見られる。パブン、パブンドン両鉱山からその南部にかけての一带では、2つの高異常域を含む比較的まとまった異常域がニオブの異常域と殆んど重複して分布する。ここでも高異常域は2つの鉱山の南方にある。調査地域南西部では数箇の異常域が南北方向に配列して分布し、そのうち最大のものは、高異常域を含み南北に延びる帯状の広い異常域である。

(3) 錳： ヨンク鉱山周辺、パブン、パブンドン両鉱山からその南部にかけての一带および調査地域の中西部から南部にかけて異常域が分布する。

ヨンク鉱山周辺では既存鉱床に由来する小規模の異常域のみである。パブン、パブンドン両鉱山からその南部にかけての一带では、2つの高異常域を含む異常域が分布する。ニオブ、タンタルと殆んど重複しているが、これらに比べやや狭い分布を示す。高異常域はニオブ、タンタルと同様パブン、パブンドン両鉱山の南方に見られ、別の鉱徴に由来するものと考えられる。調査地域の中西部から南部にかけてはファイヤーブ、ファイニア両鉱床に由来する中異常

域を含む広い異常域があるほか、その周辺に小規模の異常域が点在する。

- (4) タングステン： ヨンク鉱山周辺、バブン、バブンドン両鉱山周辺および調査地域の中  
部から南部にかけて異常域が分布する。

ヨンク鉱山周辺の異常域は既存鉱床に由来する高異常域で殆んどハローを示さ  
ない。バブン、バブンドン両鉱山周辺の異常域は、両既存鉱床に由来する高異常  
域を含む比較的広い異常域で、ニオブ、タンタル、錫の異常域とはほぼ重複  
しているが、中心は北へずれている。調査地域の中部から南部にかけては、  
花崗岩体の周辺や岩株状花崗岩に対応するように小規模の低異常域が散在し  
ている。

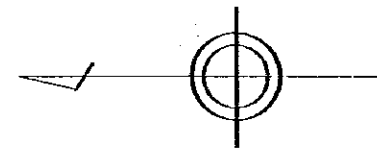
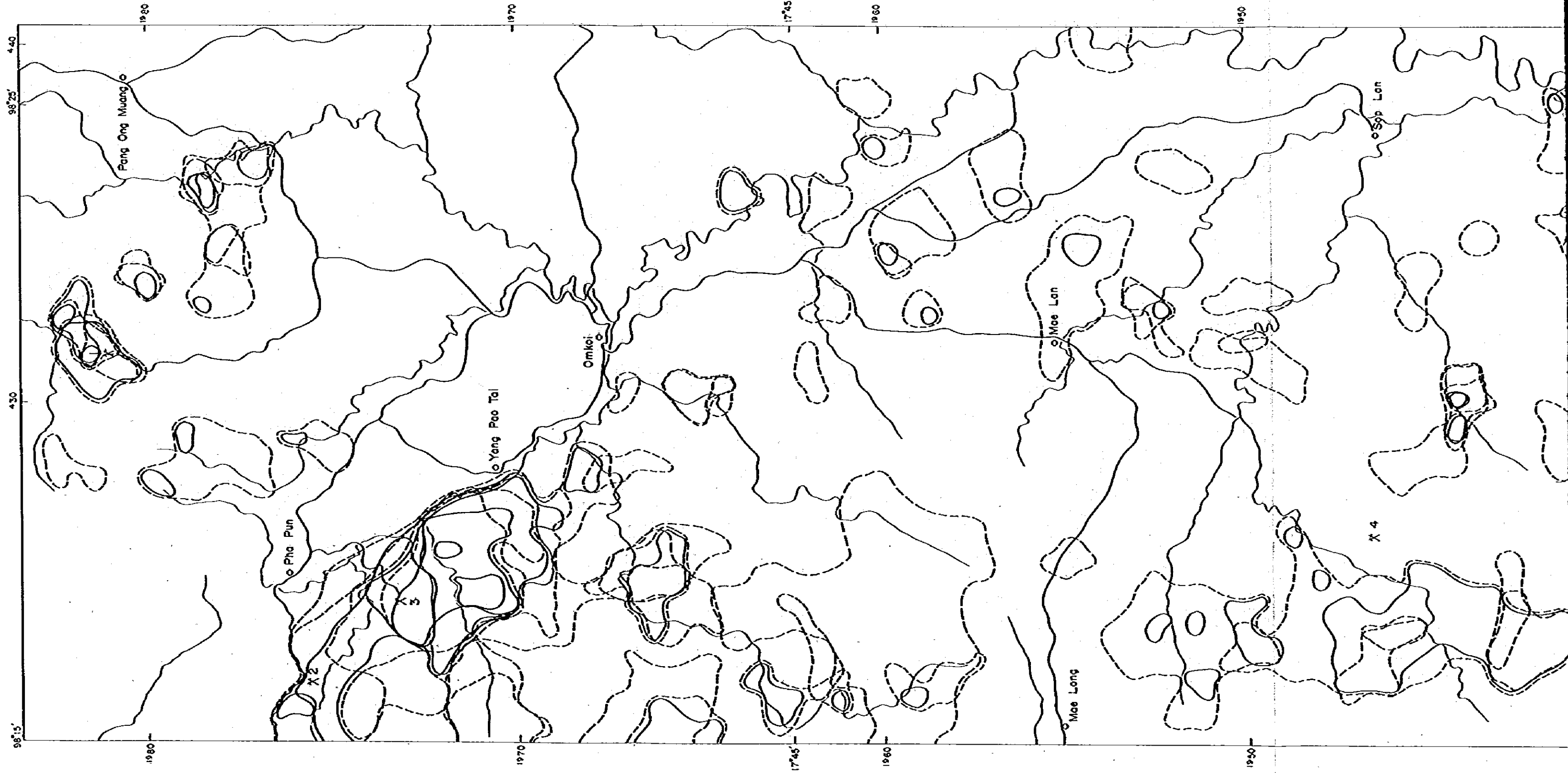
ファイヤーブ、ファイシア両鉱山周辺ではそれらの既存鉱床に由来する高  
異常域が見られるが広がりはない。

- (5) ベリリウム： 調査地域西端に南北に配列して、数箇の中～小規模の低異常域が分布す  
る。

- (6) リチウム： 調査地域中部から南部にかけて低異常域が広く分布し、ほぼ三疊紀の花崗  
岩類の分布と対応している。

- (7) フッ素： 調査地域中部から南部にかけて低異常域が広く分布する。リチウムと同じ  
様な分布を示すが東側へはやや広い範囲を占めている。

抽出されたそれぞれの異常域のうち、重複して分布するニオブ、タンタル、錫、タングス  
テンの異常域と既存鉱山との関係をまとめてFig.20に示した。



Geochemical anomalies (ppm)

|    |     |         |
|----|-----|---------|
| Nb | 80  | Nb      |
| Nb | 38  | Nb < 80 |
| Ta | 20  | Ta      |
| Ta | 12  | Ta < 20 |
| Sn | 33  | Sn      |
| Sn | 20  | Sn < 33 |
| W  | 120 | W       |
| W  | 32  | W < 120 |

Mines

1. Yong Ku
2. Pha Pun
3. Pha Pun Dong

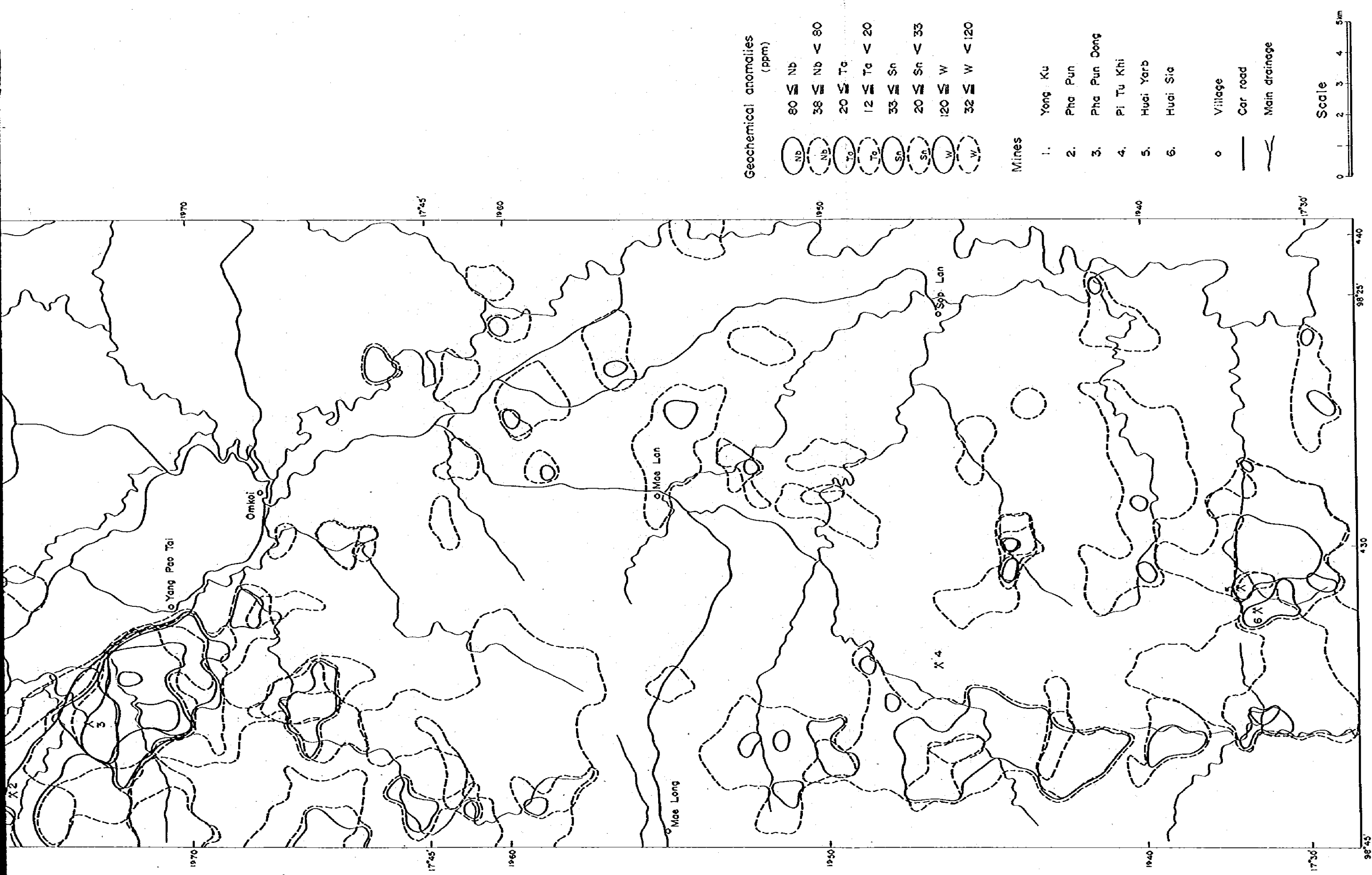


Fig.20 Location of mines and geochemical anomalies of Nb, Ta, Sn and W



## 結 論

## 結論および次年度への提言

### 1 結 論

本年度の調査はオムコイを中心とする1,000km<sup>2</sup>の地域から鉱床賦存の可能性の高い地域を抽出することを目的として、地質調査、地化学探査を実施し次のような結論が得られた。

- (1) 本地域内に分布する各種岩類のうち大半は花崗岩類で占められ、これらはその活動の時期により石炭紀の花崗岩類、三疊紀の花崗岩類に分けられる。
- (2) 本地域はマレー半島における錫ベルトの北方延長部にあたり地域内の三疊紀の花崗岩類にも錫、タングステンの鉱床が賦存している。
- (3) 石炭紀の花崗岩類は片麻状構造の明瞭な粗粒完晶質黒雲母花崗岩である。三疊紀の花崗岩類は中粒—粗粒(含白雲母)の黒雲母花崗岩で周辺部は細粒優白質になっている。三疊紀の花崗岩類はK-Ar年代測定では40-70 m.y.を示し、後期の変動を受けて若返ったものかも知れない。
- (4) 三疊紀の花崗岩類は岩石学的にはチタン鉄錫系に属し、錫、フッ素等の量比からも、マレー半島部の含錫花崗岩と同様の性格を示している。
- (5) 河床堆積物による地化学探査の結果では、各指示元素とも三疊紀の花崗岩類分布域で高含有量を示し特にニオブ、タンタル、錫、タングステンの4元素は互いに比較的強い相関が見られる。
- (6) 抽出された地化学異常域のうち、パブン(Pha Pun)、パブドン(Pha Pun Dong)鉱山を含む一帯にニオブ、タンタル、錫、タングステンの異常帯が重複して見られた。このうちタングステンの異常は両鉱山を中心としているが、ニオブ、タンタル、錫の異常の中心はこれよりやや南へずれている。これは位置的にみて既存鉱床とは別の鉱徴の存在を示唆していると思われる。

### 2 次年度への提言

以上の調査結果からパブン(Pha Pun)鉱山付近からその南方にかけての一帯が、調査地域内で最も鉱床賦存の可能性の高い地域と考えられ、今後はこの地区について地質調査と併行して、パブニングおよび土壌による地化学探査を行い、地質構造と鉱化作用の関係を解明することにより有望地区を抽出することが望まれる。

## REFERENCES

- Chappel, B.W. and White, A.J.R., 1974:  
Two constracting granite types. *Pacific Geology*, 8.
- Department of Mineral Resources, 1983:  
Mineral Statistic of Thailand 1978-1982
- German Geological Mission, 1972:  
Final Report of the German Geological Mission to Thailand 1966-1971,  
Geol. Surv. of Fed. Rep. of Germany
- Garson, M.S. et al, 1975:  
The geology of the tin belt in Peninsular Thailand around Phuket,  
Phangnga and Takua Pa, oversea Mem. Inst. Geol. Sci., No. 1
- Ishihara, S., 1977: The magnetite series and ilmenite series granitic rocks, *Min. Geol.*, vol. 27
- Ishihara, S. and Others, 1979:  
The magnetite-series and ilmenite-series granitoids and their bearing on  
tin mineralization, paticularly of the Malay Peninsula region, *Geol. Surv.,  
Malaysia, Bulletin*, 11, Dec.
- Ishihara, S. et al, 1980: Granites and Sn-W deposits of Peninsular Thailand, *Min. Geol.*, Spec.  
Issue, No. 8
- Japan International Cooperation Agency, 1984:  
The Pre-Feasibility Study for the San Kampaeng Geothermal Develop-  
ment Project in the Kingdom of Thailand, Technical Report
- Lepeltier, C. 1969: A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical repre-  
sentation, *Econ. Geol.*, vol. 64
- Miyashiro, A., 1979: Outline of Tectonics of the Asian Continent. *The Earth Science* 16,  
Iwanami Shoten (in Japanese)
- Metal Mining Agency of Japan, 1976:  
Tectonic Belt and Ore Deposit in Southeast Asia
- Metal Mining Agency of Japan, 1978:  
Geological Survey Report, Northern Thailand

- Metal Mining Agency of Japan, 1979:**  
Geological Survey Report, Northern Thailand
- Metal Mining Agency of Japan, 1980:**  
Geological Survey Report, Northern Thailand
- Metal Mining Agency of Japan, 1981:**  
Geological Survey Report, Mae Sariang Area, Thailand
- Okano, T., 1981:** On the niobium and tantalum mineral resources, Min. Geol. 31 (5)
- Payome Aranyakanon 1980:**  
Tin Deposits in Thailand Econo. Geol. Spec. Iss. No. 1, Dep. of Mine Res. Bangkok, Thailand
- Sato, T. 1979:** Geological Structure of The Indoshina Peninsula, The Earth Science 16, Iwanami Shoten (in Japanese)
- Tantisukrit, C., 1978:** Review of the metallic mineral Deposits of Thailand, third regional conference on geology and resources of Southeast Asia
- Thanasuthipitak, T., 1978:**  
A Review of Igneous Rocks of Thailand, Third Regional Conference on Geology and Mineral Resources of Southeast Asia.
- Vearaburus, N., et al, 1981:**  
Outline of Geology and Ore Deposits of Thailand, Report of Geological Survey of Japan, No. 261
- White, A.J.R. and Chappell, B.W., 1977:**  
Ultrametamorphism and granitoid genesis. Tectonophysics, 43.

卷末付図・付表

Apex. 1 Microscopic observations of thin sections

| No. | Sample No. | Location |         | Description          | Texture   | q | kf | pl | bt | ms | tl | ap | sp | ru | ga | wo | px | ep | ch | kn | sr | ac | ca | op | cs | sh | wf | zr | mz | be |   |  |
|-----|------------|----------|---------|----------------------|-----------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|--|
|     |            | X        | Y       |                      |           |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |  |
| 1   | OAR-2      | 431000   | 1972600 | calc-silicate rock   | mosaic    | o | o  | o  |    |    |    |    | *  |    | ⊙  | ⊙  | ⊙  | o  | *  |    |    |    |    | *  |    |    |    |    |    |    |   |  |
| 2   | OAR-9      | 437500   | 1948400 | granite              | mosaic    | ⊙ | ⊙  | ○  | o  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | *  | *  |    |    | *  |    |    |    |    |    |    |    |   |  |
| 3   | OAR-10     | 433100   | 1942200 | granite              | mosaic    | ⊙ | ⊙  | ○  | o  | *  |    |    | *  |    |    |    |    |    |    |    | o  |    | *  |    |    |    |    |    |    |    |   |  |
| 4   | OAR-18     | 433900   | 1972200 | granite              | mosaic    | ⊙ | ⊙  | ○  | o  | o  |    |    | *  |    |    |    |    |    |    |    | *  |    | *  |    |    |    |    |    |    |    |   |  |
| 5   | ONR-16     | 427700   | 1966400 | aplite               | mosaic    | ⊙ | ⊙  | ○  | o  | *  |    |    | *  |    | o  |    |    |    |    |    | *  |    |    |    |    |    |    | *  |    |    |   |  |
| 6   | ONR-17     | 434000   | 1959700 | quartzite            | laminated | ⊙ | ⊙  | ⊙  |    |    |    |    | *  |    | ⊙  |    | ⊙  |    |    |    |    |    |    | o  |    |    |    |    |    |    |   |  |
| 7   | ONR-31     | 428400   | 1945300 | gneissoid granite    | gneissose | ⊙ | ⊙  | ○  | ○  |    |    |    | *  |    |    |    |    |    |    |    | *  |    |    | *  |    |    | *  |    |    |    |   |  |
| 8   | ONR-39     | 435600   | 1937300 | granite              | mosaic    | ⊙ | ⊙  | ○  | o  | *  |    |    | *  |    |    |    |    |    |    |    | o  |    | *  |    |    |    |    |    |    |    |   |  |
| 9   | ONR-41     | 424000   | 1980400 | quartzite            | mosaic    | ⊙ | ⊙  | ⊙  | *  |    |    |    | *  |    |    |    |    |    |    | o  | o  |    | *  |    |    |    |    |    |    |    |   |  |
| 10  | ONR-61     | 424200   | 1939300 | granite              | mosaic    | ⊙ | ⊙  | ○  | o  | *  |    |    | *  |    |    |    |    |    |    |    | *  |    | *  |    |    |    | *  |    |    |    |   |  |
| 11  | OUR-25     | 425500   | 1953400 | quartz vein          | mosaic    | ⊙ | *  |    |    |    | o  |    |    |    |    |    |    |    |    | *  |    |    | *  |    |    |    |    |    |    |    | o |  |
| 12  | OUR-101    | 422300   | 1975400 | granite              | foliated  | ⊙ | ⊙  | ○  | o  | o  |    |    | *  |    |    |    |    |    |    |    | *  |    | *  |    |    |    | *  |    |    |    |   |  |
| 13  | OYR-21     | 437500   | 1934500 | skarn                | mosaic    | o | o  |    |    |    |    |    | *  |    | ⊙  |    | ⊙  | o  | *  |    |    | o  | o  | *  |    |    |    |    |    |    |   |  |
| 14  | OYR-29     | 422800   | 1964400 | granite              | mosaic    | ⊙ | ⊙  | ○  | o  |    |    |    | *  |    |    |    |    |    |    |    | *  |    | *  |    |    |    | *  |    |    |    |   |  |
| 15  | OAO-4      | 431400   | 1981000 | Sn concentrate       |           |   |    |    | *  | *  |    | *  | *  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | *  | ○  | ⊙  | ⊙  |    | *  |    |    |   |  |
| 16  | ONO-1      | 428800   | 1936800 | Sn concentrate       |           | ○ |    |    |    |    |    | *  | *  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | *  | ⊙  | *  | *  | *  | *  |    |    |   |  |
| 17  | OUD-1      | 424600   | 1973200 | Sn-W ore             | mosaic    | ⊙ | ○  |    |    |    | ⊙  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | *  |    |    |    |    |    | o  |    |    |    |   |  |
| 18  | OUD-2      | 424600   | 1973200 | Sn-W primary tailing |           | ⊙ |    |    |    |    | ⊙  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | *  |    | o  | ○  |    | o  |    |    |   |  |
| 19  | OYO-3a     | 422200   | 1975500 | W ore                | mosaic    |   |    |    |    |    | ⊙  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | *  |    |    |    | ⊙  | o  |    |    |    |    |   |  |
| 20  | OYO-3b     | 422200   | 1975500 | Sn ore               | mosaic    | ⊙ | ○  | o  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | *  |    |    | ○  |    |    |    |    |    |    |   |  |

Abbreviations: q; quartz, kf; potassium feldspar, pl; plagioclase, bt; biotite, ms; muscovite, tl; tourmaline, ap; apatite, sp; sphene, ru; rutile, ga; garnet, wo; wollastonite, px; pyroxene, ep; epidote, ch; chlorite, kn; kaolin, sr; sericite, ac; actinolite, ca; calcite, op; opaque, cs; cassiterite, sh; scheelite, wf; wolframite, zr; zircon, mz; monazite, be; beryl.

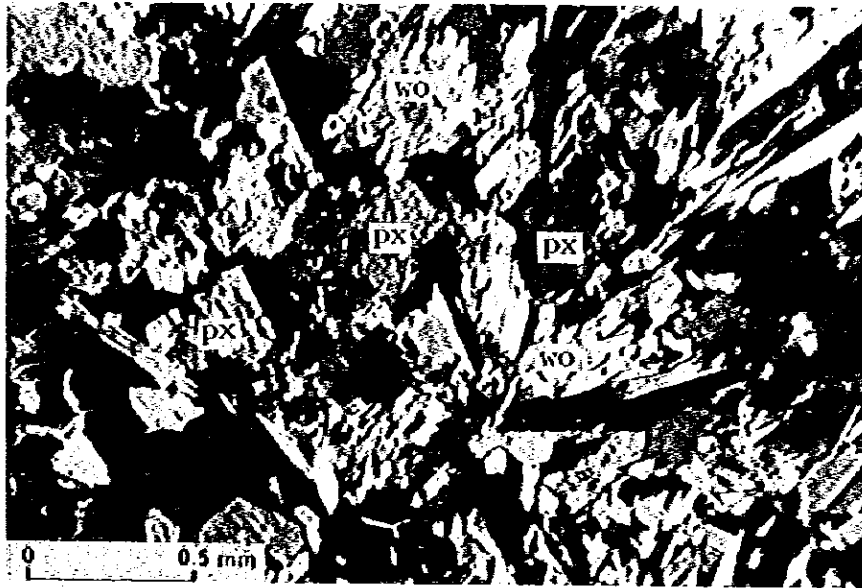
⊙ ; abundant, ○ ; common, o ; rare, \* ; very rare.

Apex. 2 Microscopic observations of polished sections

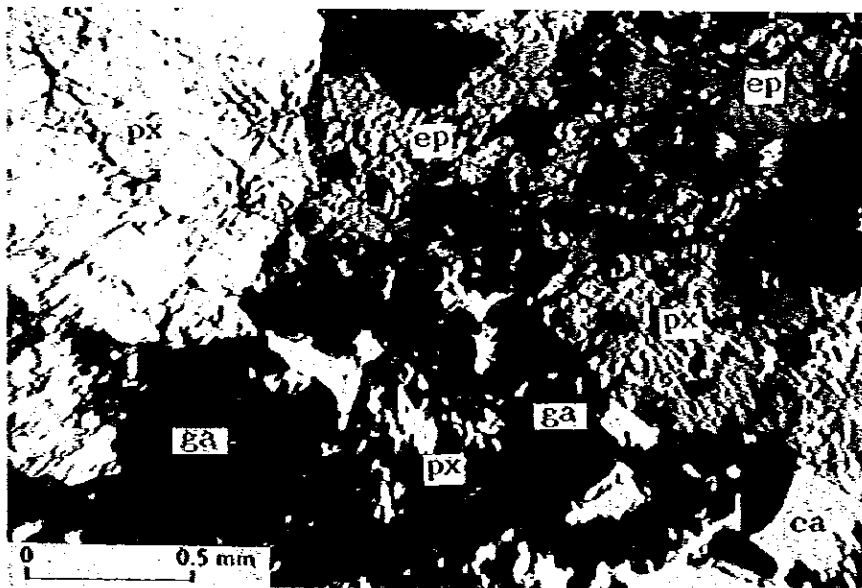
| No. | Sample No. | Location                                 | Description                            | cs | sh | wf | cp | il | mg | tl |
|-----|------------|--|--|----|----|----|----|----|----|----|
| 1   | OAO-3b     | Yong Ku Mine<br>(431400E, 1981000N)      | W crude ore                            |    | o  | ⊙  |    |    |    |    |
| 2   | OAO-4      | ditto                                    | Sa-W concentrate                       | ○  | ⊙  | ⊙  |    |    |    |    |
| 3   | OYO-2      | Pha Pun Dong mine<br>(424600E, 1973200N) | Finer fraction of jigget concentrate   |    | o  | ⊙  |    | •  | •  | ○  |
| 4   | OYO-3      | ditto                                    | W crude ore                            |    | •  | ○  | •  | •  |    | ○  |
| 5   | OYO-2      | Pha Pun mine<br>(422200E, 1975500N)      | Sa-W concentrate                       | ○  | ⊙  | ⊙  |    | •  | •  |    |
| 6   | OYO-3c     | ditto                                    | Sa-W crude ore                         |    | o  | ⊙  | •  |    |    |    |
| 7   | OYO-3d     | ditto                                    | ditto                                  | ○  | •  | ○  |    |    |    | ⊙  |
| 8   | OAS-27     | Huai Om Pat<br>(430500E, 1974800N)       | Panning concentrate of stream sediment |    | •  | •  |    | ⊙  |    | ○  |
| 9   | OAR-18     | Route 1099<br>(433600E, 1973800N)        | Porphyritic granite                    |    |    |    |    | •  | •  |    |
| 10  | ONR-31     | Nam Mac Ra-a<br>(428400E, 1945300N)      | Gneissose granite                      |    |    |    | •  | •  | •  |    |

Abbreviations: cs: cassiterite, sh: scheelite, wf: wolframite, cp: chalcopyrite, il: ilmenite, mg: magnetite, tl: tourmaline.  
 ⊙ : abundant, ○ : common, o : rare, • : very rare

Apex. 3 Photomicrographs of rock and ore samples

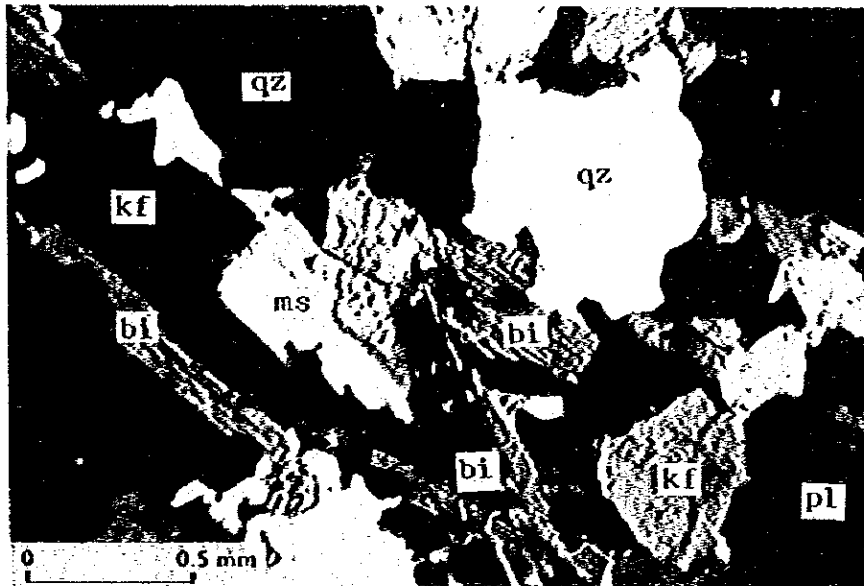


1. Calc-silicate rock (OAR-2): px; pyroxene, wo; wollastonite: transmitted light, crossed nicols.

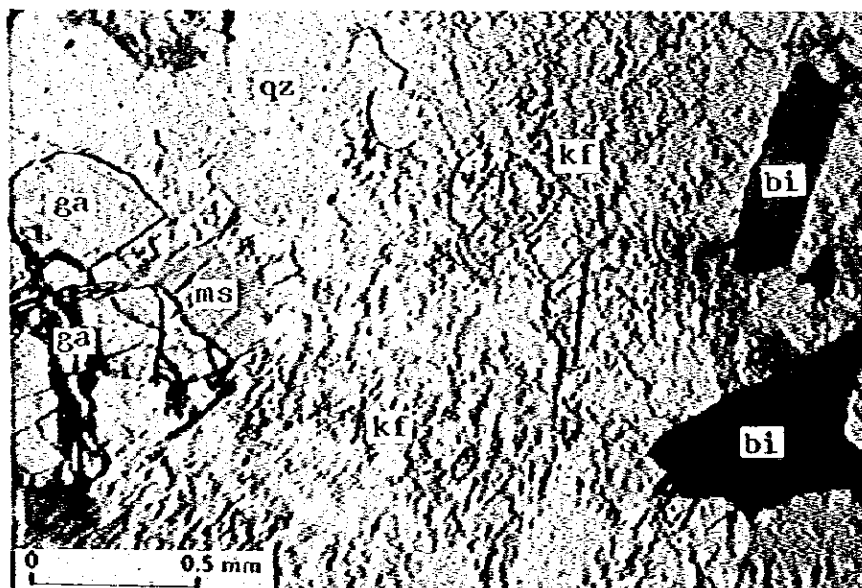


2. Skarn (OYR-21): px; pyroxene, ga; garnet, ep; epidote, ca; calcite: transmitted light, crossed nicols.





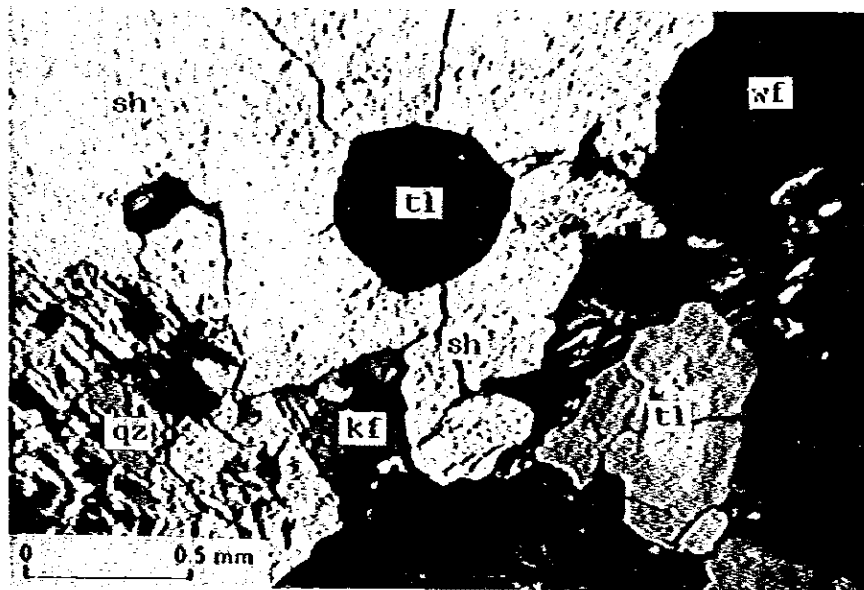
3. Triassic foliated granite (OUR-101): bi; biotite, ms; muscovite, qz; quartz, kf; potassium feldspar, pl; plagioclase: transmitted light, crossed nicols.



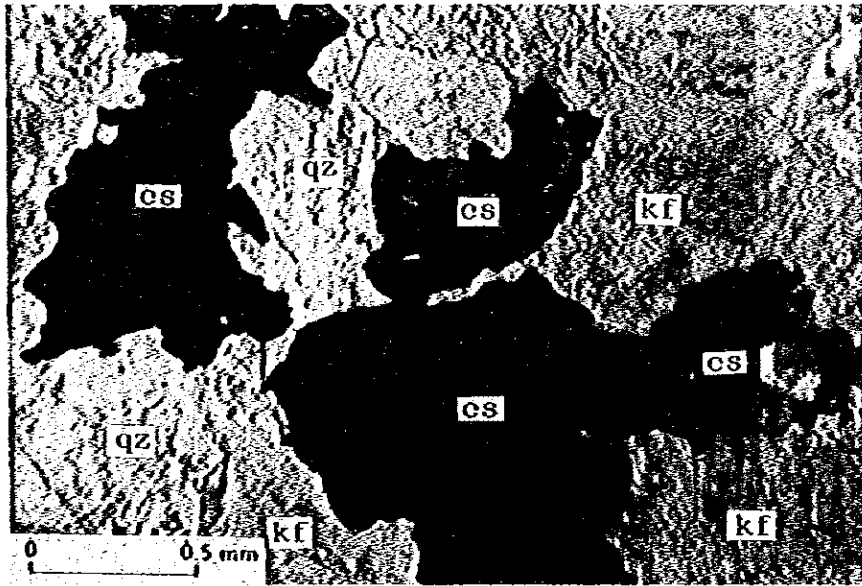
4. Triassic aplite (ONR-16): ga; garnet, bi; biotite, ms; muscovite, qz; quartz, kf; potassium feldspar: transmitted light, open nicol.



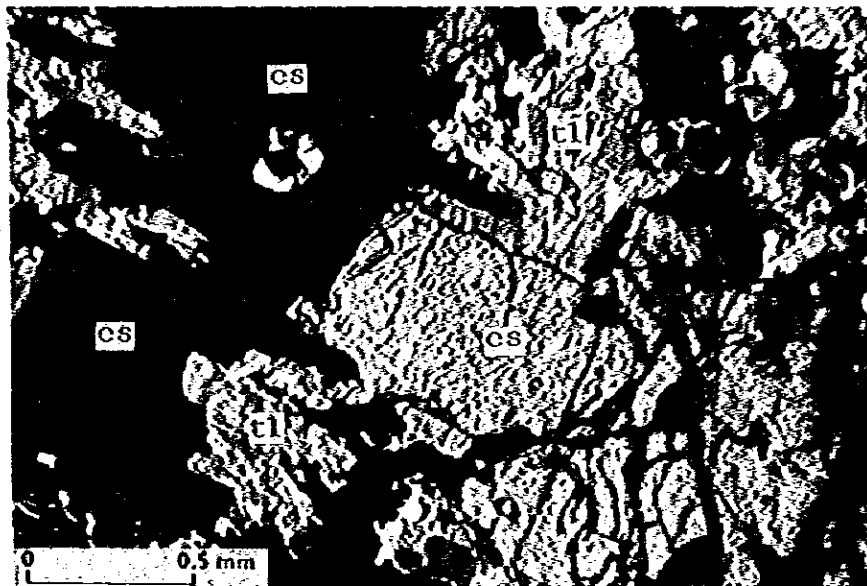
5. Sn-W concentrate (OAO-4, Yong Ku mine): cs; cassiterite, sh; scheelite, wf; wolframite: transmitted light, open nicol.



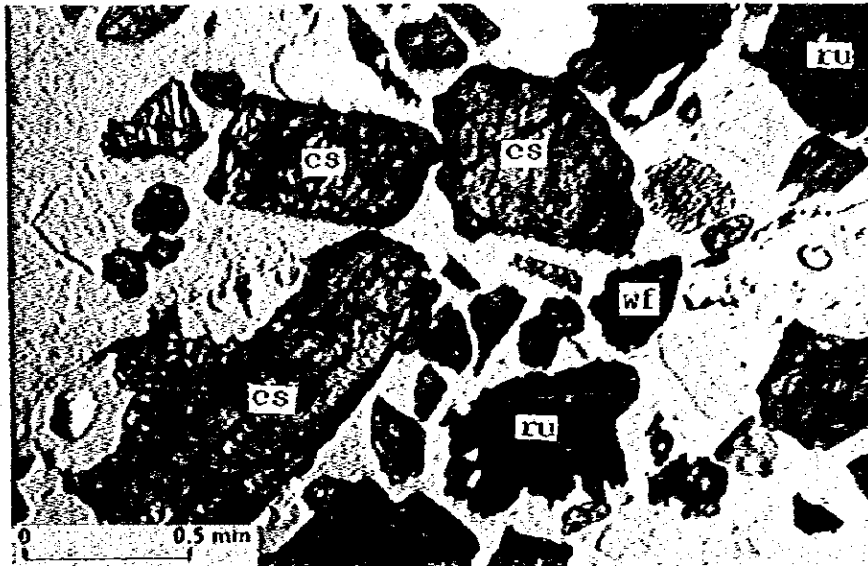
6. W-bearing quartz-tourmaline vein (OYO-3a, Pha Pun mine): sh; scheelite, wf; wolframite, tl; tourmaline, qz; quartz, kf; potassium feldspar: transmitted light, crossed nicols.



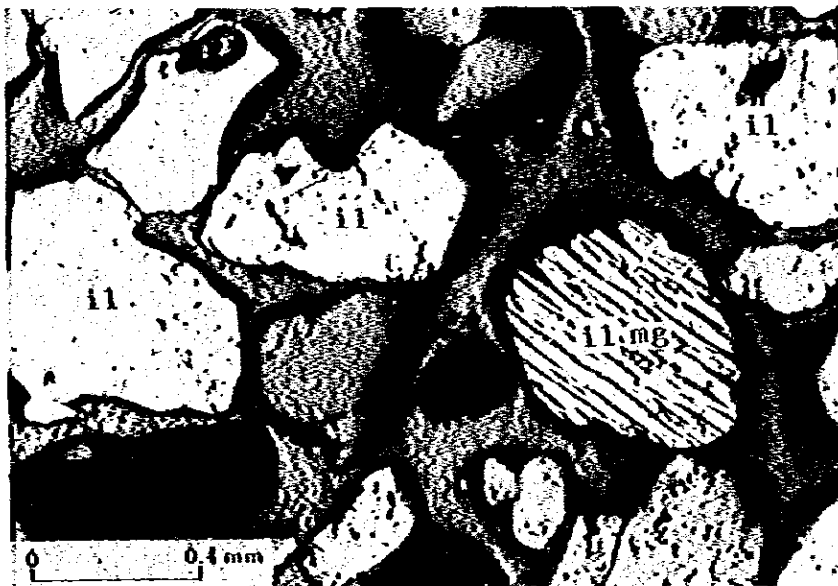
7. Sn-disseminated aplite (OYO-3b, Pha Pun mine): cs; cassiterite, qz; quartz, kf; potassium feldspar: transmitted light, open nicol.



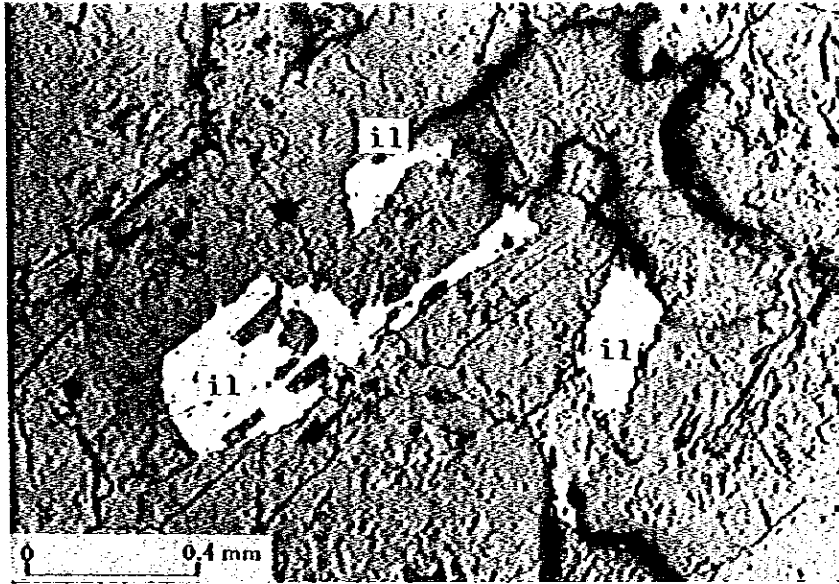
8. Sn-bearing quartz-tourmaline vein (OUO-1, Pha Pun Dong mine): cs; cassiterite, tl; tourmaline: transmitted light, crossed nicols.



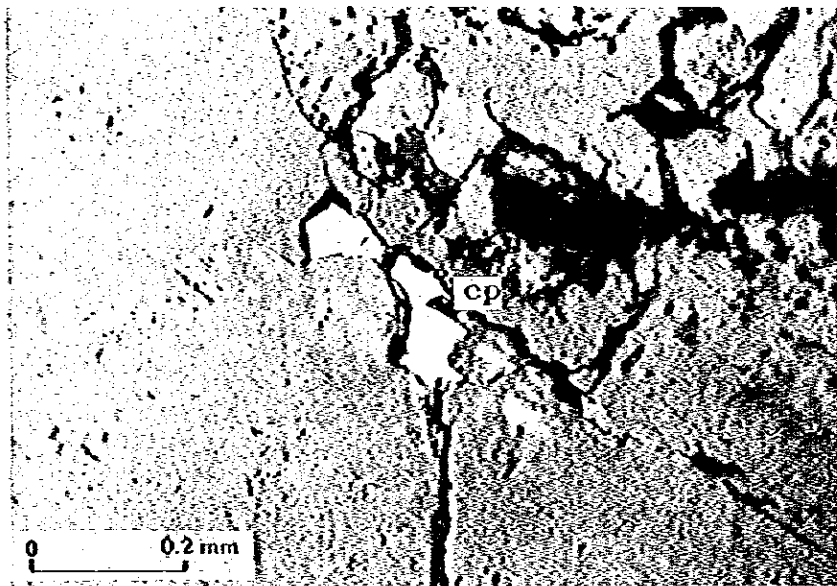
9. Sn-W concentrate (ONO-1, Huai Yarb mine): cs; cassiterite, wf; wolframite, ru; rutile: transmitted light, open nicol.



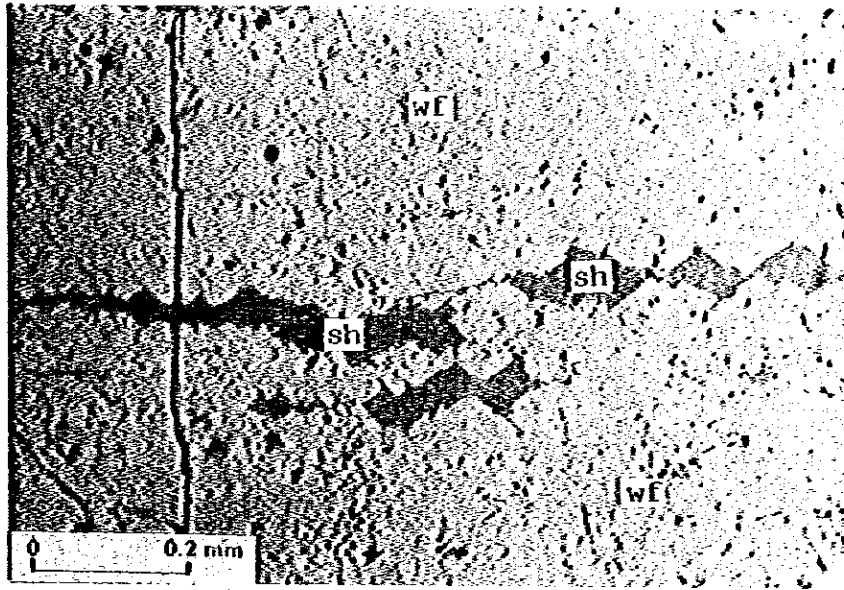
10. Ilmenite-rich panning concentrate of stream sediment (OAS-27): il; ilmenite, mg; magnetite: reflected light, open nicol.



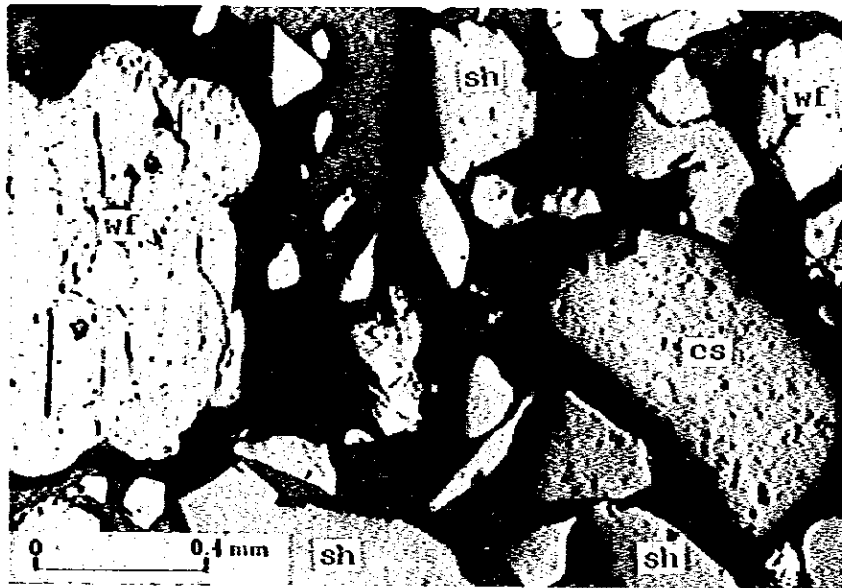
11. Ilmenite-series granite (OAR-18): il; ilmenite: reflected light, open nicol.



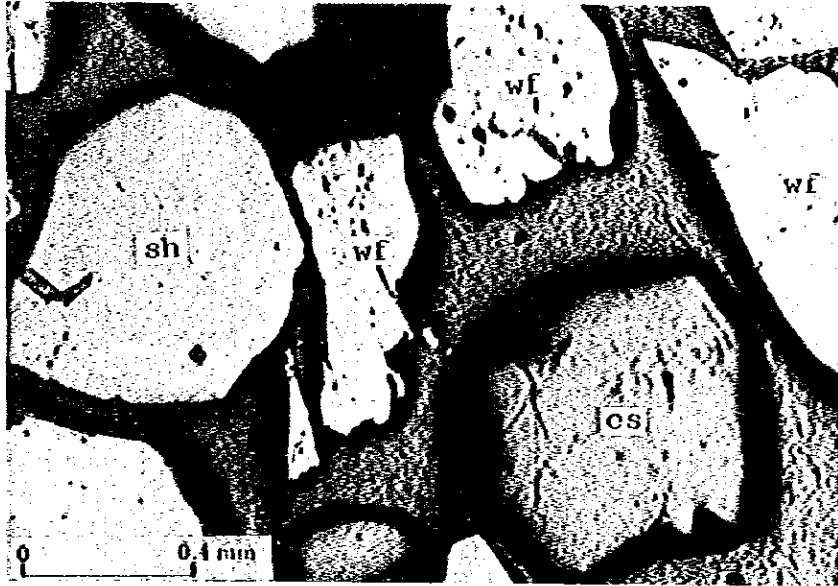
12. Sulfide dissemination in granite (OAR-18): cp; chalcopyrite: reflected light, open nicol.



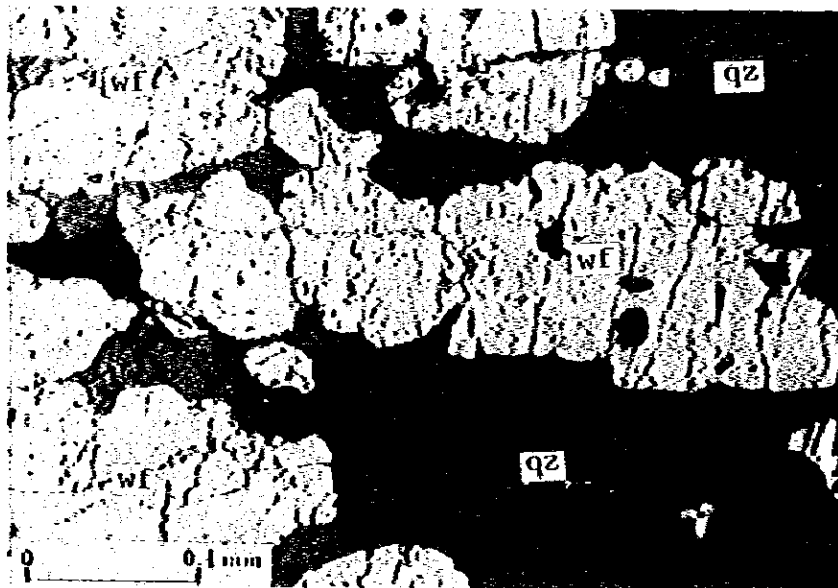
13. W crude ore (OAO-3b, Yong Ku mine): sh; scheelite, wf; wolframite: reflected light, open nicol.



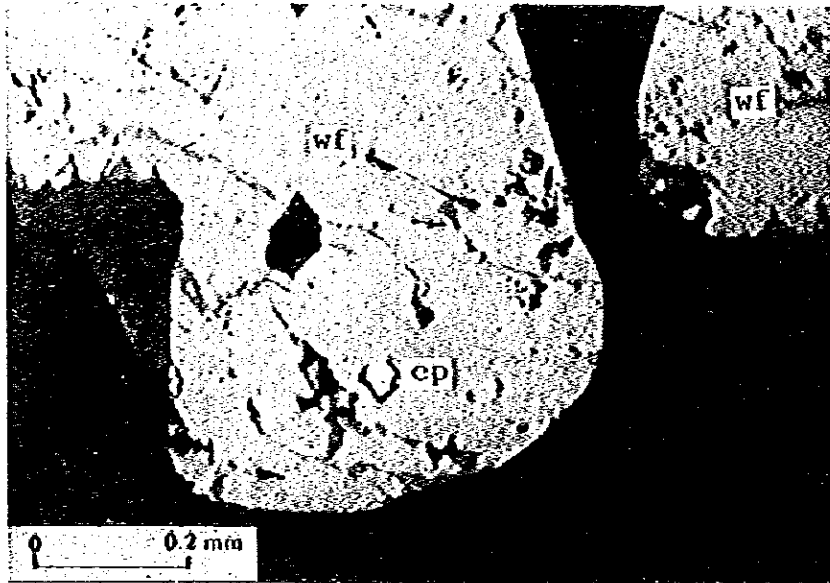
14. Sn-W concentrate (OAO-4, Yong Ku mine): cs; cassiterite, sh; scheelite, wf; wolframite: reflected light, open nicol.



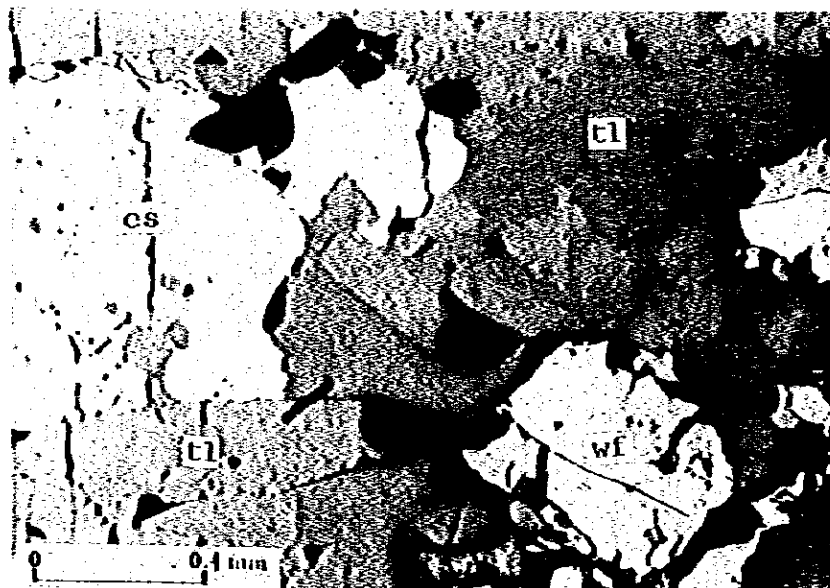
15. Sn-W concentrate (OYO-2, Pha Pun mine): cs; cassiterite, sh; scheelite, wf; wolframite: reflected light, open nicol.



16. Sn-W-bearing tourmaline-quartz vein (OYO-3c, Pha Pun mine): wf; wolframite, qz; quartz: reflected light, open nicol.

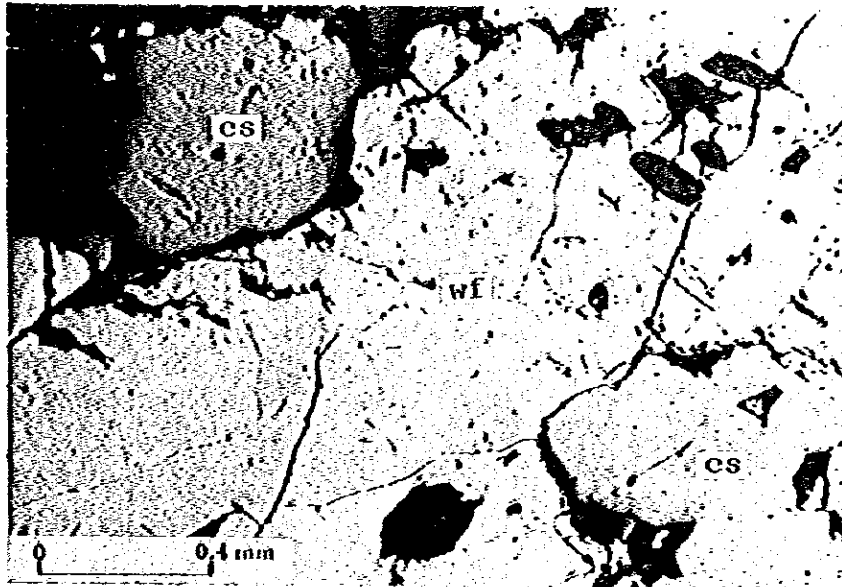


17. Sulfide inclusion in wolframite (OYO-3c, Pha Pun mine): cp; chalcopyrite, wf; wolframite: reflected light, open nicol.

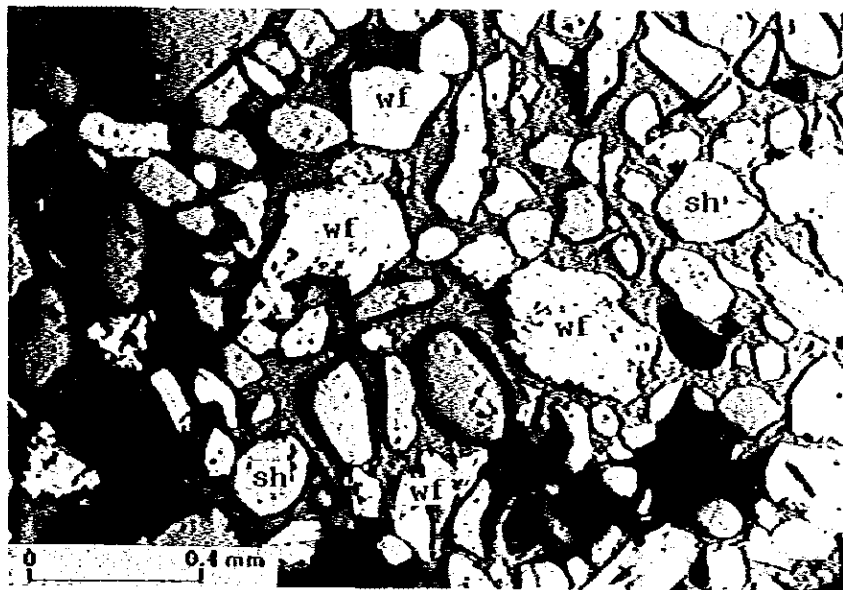


18. Sn-W-bearing tourmaline-quartz vein (OYO-3d, Pha Pun mine): cs; cassiterite, wf; wolframite, tl; tourmaline: reflected light, open nicol.





19. Sn-W-bearing tourmaline-quartz vein (OYO-3d, Pha Pun mine):  
cs; cassiterite, wf; wolframite: reflected light, open nicol.



20. Finer fraction of jigger concentrate: (OUO-2, Pha Pun Dong mine):  
sh; scheelite, wf; wolframite: reflected light, open nicol.