

中華人民共和国レアメタル総合開発調査 資源開発協力基礎調査報告書

広東南西部沿岸地域

第4年次

平成3年2月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

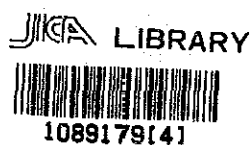
鉱計資
CR(5)
91-86

資源開発調査
レアメタル総合開発調査
広東南西部沿岸地域
第4年次
平成3年2月
国際協力事業団
5/31

中華人民共和国レアメタル総合開発調査
資源開発協力基礎調査報告書

広東南西部沿岸地域

第4年次



22155

平成3年2月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

22155

は し が き

日本国政府は、中華人民共和国政府の要請に応え、同国南部に位置する広東南西部沿岸地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査、物理探査、ボーリング調査など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及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。本年度調査はその第4年次にあたり、金属鉱業事業団は13名からなる調査団を編成して、現地に派遣した。

広東南西部地域の現地調査は、第3年次に継続して平成2年8月11日に開始され、中華人民共和国政府関係機関、中華人民共和国有色金属工業総公司広東地質勘查局の協力を得て、平成2年10月26日予定どおり完了した。

本報告書は、第4年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書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ご協力いただいた中華人民共和国政府関係機関、ならびに外務省、通商産業省、在北京日本国大使館及び関係各社の方々に衷心より感謝の意を表すものである。

平成3年2月

国際協力事業団

総 裁 柳 谷 謙 介

金属鉱業事業団

理 事 長 福 原 元 一

要 約

要 約

本年度の調査は、資源開発協力基礎調査・中華人民共和国レアメタル総合開発調査広東南西部沿岸地域の第4年次として、次のとおり実施した。

調査内容	地区	調査量	室内試験項目
地質調査 (起源岩調査)	陽江、湛江 及び 東里	面積 約3000km ² 踏査ルート長 300km 採取試料 { 河川砂 56 珩ライト性土壤 100 岩石 5	重砂分析, 粒度分析, 全岩分析, 年代測定, 分離重鉍物元素分析
ボーリング調査	湛江	13本 253.50m 採取コア試料	重砂分析, 粒度分析, 重砂多項分析, 重砂重鉍物分析, 分離重鉍物粒度試験, 花粉鑑定, 年代測定
	東里	7本 105.50m 採取コア試料	
選鉍予備試験	東里		
開発可能性の検討	東里		

以下、これらの調査の結果及び第5年次への提言について要約する（選鉍予備試験については別に報告する）。

1. 調査の結果

(1) 地質調査（起源岩調査）

目的：重砂鉍床中に含まれる重鉍物の起源及び濃集メカニズムの解明

本調査地域に胚胎する重砂鉍床の起源については、上記の目的すなわち、大河川により奥地から供給されたものか、または沿岸部後背地の地質母体の侵食によりもたらされたものか、さらに重鉍物が河川、海浜に運搬されて堆積した後、いかなる形で濃集したのかを究明するために、これまで地質調査を継続してきた。

その結果、本地域の起源岩としては主に後背地の地質母体が関与しており、当該地質母体の含有する重鉍物の量はその地区の重砂鉍床の濃集に密接に反映することが今までの調査で明らかになった。

第4年次の地質調査（起源岩調査）の結果は、次のとおりである。

① 重鉍物の起源岩は、東里地区では玄武岩類（Ba）及びQ₂層であり、また、陽江・湛江地区では、カンブリア系片麻岩・混合岩類（C）、カレドニア期混合花崗岩類（γ₃）及び燕山期花崗岩類（γ₅）などである。

② 分離重鉍物の元素分析の結果、陽江及び東里地区に産する重鉍物には、その構成元素に差

異があり、起源が異なる。

- ③ ルチルは遠隔地から大河川により運搬された可能性は少ない。すなわちルチルの起源岩は存在せず、ルチルはイルメナイトの変質の過程において形成されたものではないかと考えられる。
- ④ 単一地質母体内の重鉍物含有量の変化に関し、水平変化には一般傾向はみられないが、風化殻を含む垂直変化は、起源岩中に含まれている重鉍物の一部が風化殻において失われた可能性があることを示している。
- ⑤ 岩石、ラテライト性土壌、河川砂、海浜砂及び鉍床原砂のもつ重鉍物重量比は、その鉍床の賦存する流域ごとに一定の範囲内にある。
- ⑥ 以上のとおり、本地域の重砂鉍床を構成する重鉍物の起源岩の特定及び鉍床生成機構に関して、ほぼ大筋は明らかになり、各重砂鉍床はその鉍床を含む侵食流域内の地質母体が起源となっており、その地質母体の分布状態により各鉍床に含まれる重鉍物の含有量に地域的差異を生ずることがわかった。しかしながら、上記③、④に関連して次のような問題が今後の課題として残されている。

- イルメナイトの酸化・変質によるルチルの形成
- 風化の過程において失われた重鉍物構成元素の挙動

(2) ボーリング調査

湛江地区では、沖合浅海部においてQ₄層中に鉍床帯を捕捉した。本鉍床帯は、ボーリング孔口から着鉍し、第2年次物理探査の際の底質試料の基本5鉍物合計品位が平均値以上の範囲に分布するが、ボーリング間隔が広くまた鉍床厚が薄いので、その連続性にはやや不安がある。

東里地区のうち外羅南方には鉍床帯の延長は認められなかった。また本地区には、主要4鉍体が雷州半島東岸沿いに認められているが、そのボーリング密度は2,400m（一部3,600m）間隔の測線上で480m（一部500m）または960m（一部1,000m）ごとであり、その密度はまだ低い。

(3) 開発可能性の検討

これまでの各種調査結果を総合的に解析した結果、東里地区の開発可能性を調査する作業手順として、鉍床の開発順位の策定、採・選鉍法の決定、インフラ整備、環境への影響評価に関し、資料収集と実情把握が必要である。

2. 提 言

(1) 地質調査（起源岩調査）

- ① イルメナイトの酸化・変質によるルチルの形成という視点から、重砂中のルチルの起源を解明するため、必要試料を採取し、イルメナイトとルチルを分離の上、それらの化学的、光学的ならびにその他の検討を行う。
- ② ラテライト性土壌試料及びその基盤岩の岩石試料を採取し、岩石のラテライト化の際に、重鉍物が分解し、その構成元素が失われていないかを検討する。

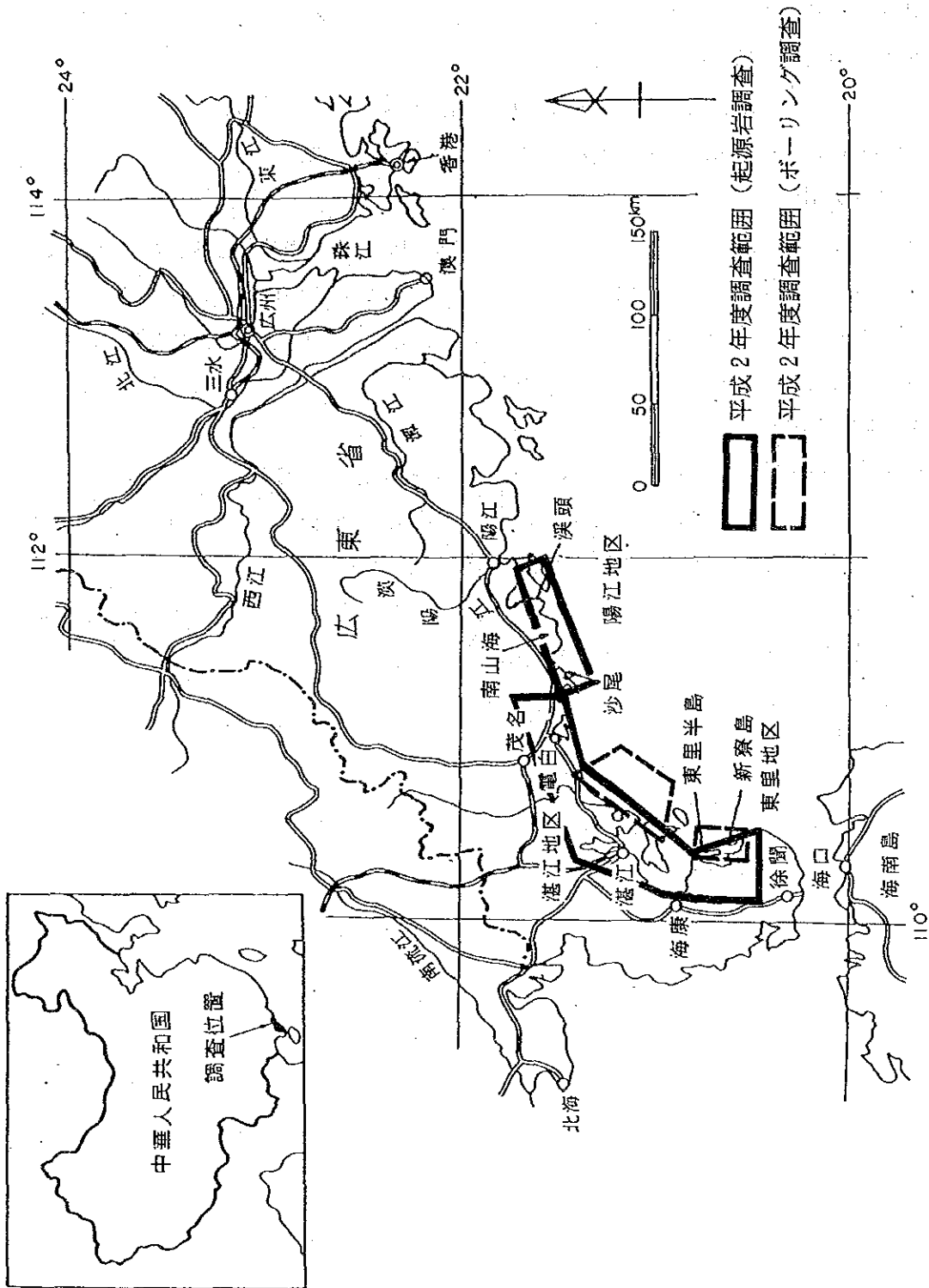
(2) ボーリング調査

これまでの4年間のボーリング調査の結果、本調査地域で最も優勢な鉍床帯が確認されているのは東里地区で、主要4鉍体が捕捉されている。しかしながらそのボーリング密度は低く、その概要を把握したのみであるので、今後のボーリング調査は、東里地区の主要鉍体に集中して、ボーリング調査密度を高め、将来の本地区の鉍床評価に資することが望ましいと考える。

(3) 開発可能性の検討

今後の調査は東里地区に絞り、1991年はボーリング調査及び開発環境予察調査を行う。

開発環境予察調査は、東里鉍床の採掘順序、採・選鉍法、資機材・製品の運搬、インフラストラクチャーの整備などの予察的検討を行うとともに、これらの開発に伴う環境に及ぼす影響について考察するために、海象、気象、地形、水文地質、法規などに関する資料収集を行い、対象地区の利用状況の実情把握などの調査を予察的に実施する。



図I-1-1 廣東西南部沿岸地域
調査地域位置圖

目 次

はしがき	
要 約	
広東南西部沿岸地域，調査地域位置図	
目 次	
図表一覧	

第I部 総 論

第1章 序 論	1
1.1 調査の経緯及び前年度調査の内容	1
1.2 本年度調査の概要	2
1.2.1 調査地域	2
1.2.2 調査目的及び調査内容	3
1.2.3 調査団の編成	6
1.2.4 調査期間	6
第2章 調査地域の地理	7
2.1 位置・交通	7
2.2 地形・水系	7
2.3 気 候	8
第3章 調査地域の地質概要	9
第4章 調査結果の総合検討	10
4.1 地質調査（起源岩調査）	10
4.2 ボーリング調査	13
4.3 開発可能性の検討	14
第5章 結論及び提言	15
5.1 結 論	15
5.1.1 地質調査（起源岩調査）	15
5.1.2 ボーリング調査	16

5.1.3	開発可能性の検討	16
5.2	提 言	16
5.2.1	地質調査（起源岩調査）	16
5.2.2	ボーリング調査	16
5.2.3	開発可能性の検討	17

第Ⅱ部 各 論

第1章	地質調査（起源岩調査）	19
1.1	地質概要	19
1.2	地質調査（起源岩調査）の目的及び方法	22
1.2.1	調査の目的及び調査内容	22
1.2.2	試料の採取	30
1.2.3	試料の分析	30
1.2.4	調査班の編成	30
1.2.5	調査データの解析	31
1.3	起 源 岩	31
1.3.1	東里地区	31
1.3.2	陽江及び湛江地区	40
1.4	重砂の運搬経路	64
1.4.1	重鉱物供給源としての大河川	64
1.4.2	一般河川	72
1.5	ルチル起源について	75
1.6	分離重鉱物の元素分析	78
1.7	中国側既存分析データ	84
1.8	重鉱物の濃集機構についての考察	84
1.8.1	岩石の侵食削剝と重鉱物の運搬	84
1.8.2	重鉱物の濃集過程	85
1.9	解析結果のまとめ	95
第2章	ボーリング調査	99
2.1	調査概要	99
2.2	調査実施状況	100
2.3	試料の鑑定及び採取	101

2.4	湛江地区	102
2.4.1	地質概要	102
2.4.2	調査結果	102
2.4.3	考 察	106
2.5	東里地区	106
2.5.1	地質概要	106
2.5.2	調査結果	107
2.5.3	考 察	107
2.6	鉍床母砂と重鉍物	111
2.6.1	粒度分析	111
2.6.2	分離鉍物粒度試験	113
2.6.3	重砂多項分析	116
2.6.4	重砂鉍物分析	117
2.6.5	花粉鑑定	119
2.6.6	絶対年代測定 (^{14}C 法)	119
第3章	開発可能性の検討	120

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章	結 論	121
1.1	地質調査(起源岩調査)	121
1.2	ボーリング調査	122
1.3	開発可能性の検討	122
第2章	提 言	123
2.1	地質調査(起源岩調査)	123
2.2	ボーリング調査	123
2.3	開発可能性の検討	123
文 献		124

図 表 一 覧

図 I - 1 - 1	広東南西部沿岸地域調査地域位置図	iv
図 I - 3 - 1	東南アジア大陸地質構造概略図	9
図 II - 1 - 1	調査地域地質模式層序図	20
図 II - 1 - 2	調査地域地質模式断面図	20
図 II - 1 - 3	重砂鉱床の重鉱物重量比	23
図 II - 1 - 4	起源岩調査試料採取位置図(1)~(6)	24~29
図 II - 1 - 5	玄武岩類試料採取概略位置図	32
図 II - 1 - 6	玄武岩類の $TiO_2 - Al_2O_3$ 図	34
図 II - 1 - 7	玄武岩類の $SiO_2 - 全 FeO/MgO$ 図	34
図 II - 1 - 8	玄武岩類の $Na_2O + K_2O - SiO_2$ 図	35
図 II - 1 - 9	ラテライト性土壌中のイルメナイト含有量-アルカリ度関係図	35
図 II - 1 - 10	ラテライト性土壌試料の地質母体別重鉱物重量比三角ダイヤグラム	54
図 II - 1 - 11	地質母体岩体内の重鉱物重量比の水平変化解析試料位置図	55
図 II - 1 - 12(1)	地質母体の重鉱物重量比領域図(1)	56
図 II - 1 - 12(2)	地質母体の重鉱物重量比領域図(2)	56
図 II - 1 - 13	風化殻中の希土類元素の挙動に関する考え方	61
図 II - 1 - 14(1)	大河川砂試料採取位置図	66
図 II - 1 - 14(2)	大河川砂中の基本 5 鉱物重量比率	66
図 II - 1 - 15	ラテライト性土壌及び近傍河川砂の重鉱物重量比の比較	73
図 II - 1 - 16	変質イルメナイトの化学構成	76
図 II - 1 - 17	分離重鉱物主要元素関係図 (ゼノタイム)	81
図 II - 1 - 18	分離重鉱物主要元素関係図 (モナザイト)	81
図 II - 1 - 19	分離重鉱物主要元素関係図 (イルメナイト)	82
図 II - 1 - 20	分離重鉱物主要元素関係図 (ジルコン)	82
図 II - 1 - 21	分離重鉱物主要元素関係図 (ルチル)	82
図 II - 1 - 22	起源岩調査結果解析図 (南山海鉱床及び河北港鉱床侵食流域範囲 及び試料採取位置図)	86
図 II - 1 - 23	起源岩調査結果解析図 (沙尾鉱床侵食流域範囲及び試料採取位置図)	87
図 II - 1 - 24	起源岩調査結果解析図 (河北港流域, 重鉱物重量比の変化図)	92
図 II - 1 - 25	起源岩調査結果解析図 (南山海流域, 重鉱物重量比の変化図)	92
図 II - 1 - 26	起源岩調査結果解析図 (沙尾流域, 重鉱物重量比の変化図)	93
図 II - 2 - 1	ポーリング位置図・解析平面図 (湛江地区)	104

図Ⅱ-2-2	ボーリング地質解析断面図（湛江地区）	105
図Ⅱ-2-3	ボーリング位置図・解析平面図（東里地区）	109
図Ⅱ-2-4	ボーリング地質解析断面図（東里地区）	110
図Ⅱ-2-5	粒度特性（ボーリング調査）	111
図Ⅱ-2-6	分離重鉍物の確率分布	115
図Ⅱ-3-1	総合開発基本フロー検討図	120
表Ⅰ-1-1	調査内容及び調査量	4
表Ⅰ-1-2	室内試験項目及び数量	5
表Ⅰ-2-1	平均最高・最低気温	8
表Ⅰ-2-2	平均降雨量・平均降雨日数	8
表Ⅱ-1-1	第4年次起源岩調査採取試料内訳	30
表Ⅱ-1-2	玄武岩類全岩分析結果一覧	33
表Ⅱ-1-3	U-Th法年代測定結果一覧	36
表Ⅱ-1-4	玄武岩類特性一覧	37
表Ⅱ-1-5	第2, 3年次ラテライト性土壌試料重砂分析値	41
表Ⅱ-1-6	第4年次ラテライト性土壌試料重砂分析値	42~48
表Ⅱ-1-7	中国側採取第四紀層試料重砂分析値（抜粋）	49
表Ⅱ-1-8	ラテライト性土壌重砂分析平均値	50
表Ⅱ-1-9	ラテライト性土壌試料の重鉍物重量比一覧	51~53
表Ⅱ-1-10	ラテライト性土壌試料の重鉍物重量比（地質母体別平均値）	53
表Ⅱ-1-11	岩体内の重鉍物含有量水平変化表 （ラテライト性土壌中の重鉍物含有量の対比）	57~58
表Ⅱ-1-12	地質母体別ラテライト性土壌中の重鉍物含有量	59
表Ⅱ-1-13(1)	大河川砂試料重砂分析値	62~63
表Ⅱ-1-13(2)	大河川砂中の基本5鉍物重量比率一覧表	65
表Ⅱ-1-14	一般河川砂試料重砂分析値	67~69
表Ⅱ-1-15	ラテライト性土壌及び近傍河川砂中の重鉍物重量比対比	70~71
表Ⅱ-1-16	一般河川砂試料粒度特性	74
表Ⅱ-1-17	変質イルメナイトの化学構成	76
表Ⅱ-1-18	分離重鉍物の元素分析結果一覧	77
表Ⅱ-1-19	元素分析試料個数	78
表Ⅱ-1-20	分離重鉍物の主要元素分析値対比表	79~80
表Ⅱ-1-21	中国側既存分析試料内訳	84

表Ⅱ-1-22	重鉱物の起源岩推定表	85
表Ⅱ-1-23	河北港流域, 重鉱物重量比一覧表	88
表Ⅱ-1-24	南山海流域, 重鉱物重量比一覧表	89~90
表Ⅱ-1-25	沙尾流域, 重鉱物重量比一覧表	91
表Ⅱ-2-1	ボーリング調査現地調査工程	99
表Ⅱ-2-2	ボーリング調査実績	99
表Ⅱ-2-3	ボーリング調査使用機器一覧表	100
表Ⅱ-2-4	碎屑物名称分類	102
表Ⅱ-2-5	土質分類	102
表Ⅱ-2-6	ボーリング着鉱状況(湛江地区)	103
表Ⅱ-2-7	粒度分析結果一覧表	112
表Ⅱ-2-8	分離重鉱物粒度試験結果一覧表	114
表Ⅱ-2-9	重砂多項分析結果一覧表	116
表Ⅱ-2-10	重砂鉱物分析結果一覧表	118
表Ⅱ-2-11	絶対年代測定結果(^{14}C)一覧表	119

巻末資料

資料1	採取試料リスト及び室内試験内訳表(1)~(6)	資-1~6
資料2	第1~4年次 砂試料重砂分析値及び同重量比一覧(1)~(6)	資-7~12
資料3-1	河川砂試料粒度分析結果一覧(1)~(4)	資-13~16
資料3-2	一般河川砂試料粒度分析図	資-17~21
資料4	中国側既存分析データ一覧表	資-22~35
資料5	花粉鑑定結果一覧表	資-36~40
資料6	ボーリング柱状図	資-41~84

付 図

付図1-1~4	起源岩調査試料採取位置図(I)~(IV) (縮尺1:100,000)
付図2	起源岩調査結果解析図
付図3	ボーリング地質断面図・解析図(湛江地区)
付図4	ボーリング地質断面図・解析図(東里地区)

第 I 部 総 論

第 I 部 総 論

第 1 章 序 論

1.1 調査の経緯及び前年度調査の内容

(1) 調査の経緯

日本国政府は、中華人民共和国政府の要請に基づき、黒竜江北西部地域及び広東南西部沿岸地域のレアメタル総合開発調査の実施を決定し、1987年7月3日、本調査の実施に関する口上書を中華人民共和国政府と交換した。同日、日本国政府が中華人民共和国政府へ発した口上書及び中華人民共和国政府の口上書による回答に基づき、日本側国際協力事業団及び金属鉱業事業団と中国側中国有色金属工業総公司是、調査の実施細則を定め調印した。

本調査は、締結された実施細則に基づき、資源開発協力基礎調査・レアメタル総合開発調査中華人民共和国広東南西沿岸地域の第4年次として実施されたものである。

(2) 前年度調査の内容

第3年次（平成元年度）の調査では、湛江地区における約1,100km²の範囲の地質調査（起源岩調査）、陽江地区における鉱床調査ならびに陽江・湛江及び東里地区におけるボーリング調査（55孔860.40m）をそれぞれ実施した。

この起源岩調査及び鉱床調査の結果、陽江、湛江及び東里地区の海浜重砂鉱床における重鉱物の起源、鉱床の特性、生成環境などに関して以下のような結論を得た。

① 湛江地区の後背地に分布する基盤岩類は、先カンブリア時代堆積岩類（Z）、カンブリア系片麻岩・混合岩類（C）、カレドニア期混合花崗岩類（ γ_3 ）、燕山期花崗岩類（ γ_5 ）に区分され、また、これらを覆って第四紀Q₁、Q₂層、玄武岩類（Ba）及びQ₄層が分布し、このうちQ₄層が主な鉱床母層になっている。

重鉱物のうちモナザイト、ゼノタイムはカンブリア系片麻岩・混合岩類とカレドニア期混合花崗岩類に、イルメナイトは主として燕山期花崗岩類及び玄武岩類に、そしてジルコンはカンブリア系片麻岩・混合岩類、燕山期花崗岩類及び玄武岩類に関係すると考えられるが、ルチルは原岩中にはほとんど認められない。

② 岩石中の重鉱物含有量の調査には、近接して存在するラテライト性土壌の重砂分析が有効である。また、後背地の地質母体中の重鉱物重量比と、その剝削・運搬産物の河川砂・海浜砂中の重鉱物重量比を比較すると、全体として重量比は保存されているが、地質母体種類や重鉱物種類により微妙に異なっている。

③ この結果、後背地の地質母体の種類や分布度合により、河川砂・海浜砂中の重鉱物の濃集度に地域的差異が生じると考えられる。

④ 陽江地区の河北港及び沙尾鉱床は中粒砂（中央粒径 $\phi = 1 \sim 2$ ）を、南山海鉱床は細粒砂

(中央粒径 $\phi = 2 \sim 3$)を鈹床母砂とする。含有重鈹物はいずれの鈹床もほぼ極細粒(中央粒径 $\phi = 3 \sim 3.5$)を呈し、ジルコン、モナザイト、ゼノタイム、ルチル、イルメナイトが極細粒→細粒の順に濃集している。

- ⑤ 3鈹床の堆積環境は、南山海は波浪の影響の強い環境、また河北港、沙尾鈹床は波浪の影響の弱い環境であったと考えられる。さらに重鈹物の移動中または鈹床形成時に特定重鈹物の選択的濃集はなく、海浜における濃集の前にすでに各重鈹物は極細粒にそろっていたことが推定される。

またボーリング調査の結果主として以下のような結論を得た。

- ① 陽江では、まとまりのある鈹体を捕捉する可能性は低い。
② 湛江地区では、探査対象2海域(硃州島北側海域と吳陽南東側海域)が選出された。
③ 東里地区では、北莉島～新寮島東側海域、新寮島東側海域に鈹床帯が捕捉された。また探鈹余地として東里半島北側沖合及び外羅沖合が考えられた。

(3) 第4年次調査への提言

以上の第3年次(平成元年度)の調査により、第4年次調査に向けて下記のような提言がなされた。

起源岩調査としては、

- ① 地質母体の岩体の位置や産状により重鈹物含有量に変動がみられるので、この傾向を詳細に把握するために、また、玄武岩類には噴出時期や岩相の差異がみられるが重鈹物をもたらした岩体がどのような時期、岩相であるかを知るために、岩石やラテライト性土壌試料を採取する。
② 個々の河川侵食流域内の岩石、ラテライト性土壌、河川砂、海浜砂及び鈹床原砂のそれぞれに含まれる重鈹物重量比を対比すると地域的特徴がみられるので、さらに試料を採取して対比し、この地域的特徴を明確にする。
③ 鈹床原砂中にかなり含まれるルチルが大河川により奥地から供給されていないかを確かめるために大河川砂試料を採取する。
④ 重砂鈹床原砂の分離重鈹物の構成元素の含有量に地域的差異がみとめられるのでこの傾向を詳細に確かめる。

ボーリング調査としては、

- ① 湛江地区探査対象2海域(硃州島北側海域と吳陽南東側海域)に対し、その鈹床帯のひろがりを確認する。
② 東里半島北部沖合及び外羅沖合の探査を行い、また上盤相当鈹床帯のひろがりを確認する。

1.2 本年度調査の概要

1.2.1 調査地域

本年度の調査地域は、第3年次(平成元年度)の提言に基づき、陽江、湛江及び東里地区の全

域にわたっている（図 I-1-1）。

1.2.2 調査目的及び調査内容

(1) 調査の目的

本年度の起源岩調査は、第3年次（平成元年度）までに得られている調査結果をベースとして、陽江、湛江及び東里地区の地質母体（岩石及びラテライト性土壌）及び河川砂試料を採取して、各種分析を行い、これらを総合的に組み合わせ、重鉍物の供給源となる地質母体の分布状況を確認し、重砂鉍床の由来及び生成機構を解明して、今後の鉍床探査全般に役立てることを目的として実施された。調査の重点課題は以下のとおり。

- 主要鉍床の河川侵食流域内の岩石、ラテライト性土壌、河川砂、海浜砂及び鉍床原砂それぞれの重鉍物重量比を比較して重砂鉍床の特徴を把握する。
- 東里地区の重砂鉍床をもたらした玄武岩類岩体を特定する。
- 鉍床原砂に含まれるルチルの由来を明らかにする。
- 鉍床原砂の分離重鉍物の構成元素の含有量の地域的差異を調べる。

本年度のボーリング調査は湛江及び東里地区における鉍床賦存状況を更に詳しく把握し、鉍床の全体像を明らかにして最終的な鉍床評価の材料とすることを目的として実施された。調査の重点課題は以下のとおり。

- 湛江地区は探査対象2海域（硃州島北側海域と吳陽南東側海域）の鉍床のひろがりを確認し、
- 東里地区は外羅沖合の探査と主要鉍床帯のひろがりを確認する。

(2) 調査内容

調査内容と調査量及び中国側・日本側双方で実施した室内試験項目と数量を、それぞれ表 I-1-1、表 I-1-2 に示す。

なお、選鉍予備試験の調査内容は別に報告する。

表I-1-2 室内試験項目及び数量

分析項目及び成分	数 量			
地質調査 (起源岩調査) 重砂分析 6 鉱物 (イルメナイト, ジルコン, ルチル, モナザイト, ゼノタイム, 磁鉄鉱) 河川砂試料 ラテライト性土壌試料 粒度分析 河川砂試料 ※ 全岩分析 13成分 (SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , FeO, Fe ₂ O ₃ , MnO, MgO, CaO, Na ₂ O, K ₂ O, P ₂ O ₅ , H ₂ O, LOI) 絶対年代測定 (K-Ar 法) ※ 分離鉱物元素分析 ・ジルコン試料 (Zr, Hf, TREO) ・モナザイト・ゼノタイム試料 (Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Er, Gd, Tb, Dy, Ho, Tm, Yb, Lu, Sc, Y, U, Th, Cs, Nb, P, La)				
	56件			
	100件			
	56件			
	1件			
	4件			
	2件			
	6成分			
	4件			
	84成分			
ボーリング調査	陽江地区	湛江地区	東里地区	合 計
コア試料分析				
重砂分析 (5 鉱物) (件)	—	263	112	375
粒度分析 (件)	—	48	—	48
重砂多項分析 (件)	—	9	—	9
重砂鉱物分析 (件)	1	7	2	10
分離鉱物粒度試験 (件)	2	2	2	6
花粉鑑定 (件)	9	32	10	51
絶対年代測定 (¹⁴ C) (件)	—	1	1	2

- 1) ※印のものは日本において実施。ほかは中国側分析所において実施。
- 2) 年代測定 (K-Ar 法) は時代が若いため測定できず, U-Th 法で実施。
- 3) コア試料分析は中国側分析所にて実施した。
- 4) コア試料分析, 東里地区は第3年次ボーリング調査で採取した試料を用いた。
- 5) コア試料分析のうち重砂分析 (5 鉱物), 重砂鉱物分析及び分離鉱物粒度試験は, イルメナイト, ジルコン, ルチル, モナザイト, ゼノタイムについて実施した。

1.2.3 調査団の編成

本調査の計画と折衝及び現地調査に参加した調査員は次のとおりである。

1) 調査計画と折衝

(a) 日本側

清水 浩 (金属鉱業事業団)
小山恭一 (")
松本勝時 (")
貝沼弘康 (")
佐藤直樹 (")
石田 真 (" 北京連絡員)

(b) 中国側

陳鉄生 (中国有色金属工業総公司)
劉善方 (")
袁傳盛 (")
崔虎林 (")
孫長慶 (" 広東地質調査局)

2) 現地調査

(a) 日本側

富沢尚明 (海外鉱物資源開発株式会社)
久米敏夫 (")
片山次男 (")
大田光弘 (三井金属資源開発株式会社)
山本延彦 (")
高橋隆夫 (")
石塚善章 (")
藤井究哉 (")
藤井満昭 (")
菊地孝夫 (")
成田秀行 (")
原田健二 (")
長崎重信 (")

(b) 中国側

張吉慶 (広東地質調査局)
候徳良 (")
孫長慶 (")
蒙合栄 (")
許幼撫 (")
馮家本 (")
梁維業 (" 935地質隊)
李 臣 (")
王家樹 (")
陳徳銭 (")
巫之修 (")
李振元 (")
謝禮義 (")
黄卓廣 (")
頼乙北 (")
季克昌 (")
邹育全 (")

1.2.4 調査期間

現地調査期間は、地質調査(起源岩調査)は平成2年8月29日から同年10月24日まで、またボーリング調査は平成2年8月11日から同年10月26日まで実施した。

第 2 章 調査地域の地理

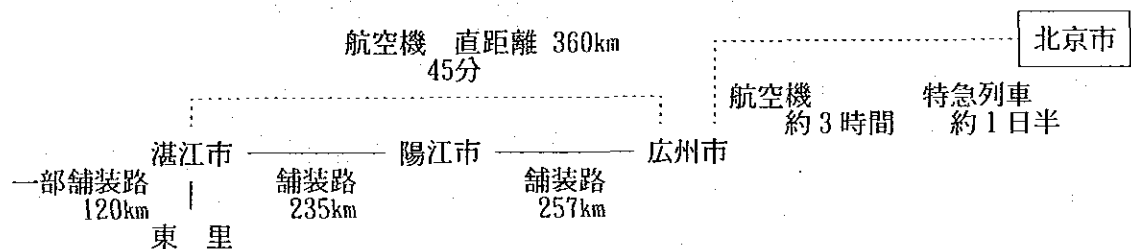
2.1 位置及び交通

調査地域は、中華人民共和国広東省のおよそ北緯 $21^{\circ} \sim 22^{\circ}$ 、東経 $110^{\circ} \sim 112^{\circ}$ の範囲に含まれ、調査面積は約 $3,000\text{km}^2$ である(図 I-1-1)。

行政上は、陽江地区及び湛江地区は広東省南西部の陽江市から湛江市までの各県及び各市に属し、東里地区は海康県及び徐聞県に属している。

本地域の鉱物資源の調査・探鉱等は主として有色金属工業総公司広東地質調査局の管轄下に置かれており、調査対象が海浜砂層中にレアメタル重鉱物を含有する、いわゆる重砂鉱床であるため、砂鉱床の調査を専門とする同地質調査局 935地質隊(本拠地広東省惠州市)が現地に派遣された。

北京市から広東省の省都広州市を経て調査地域へ至る主たる交通経路は次のとおりである。



調査地域内の道路網は、主要都市間は舗装された国道で結ばれているが、そのほかの自動車道は一般に未舗装で、雨季には泥濘化する部分が多い。また平野部の農村地区には多くの農道が走っているものの、その幅が耕運機用であるためジープ以外の車両の通行は困難である。

2.2 地形・水系

陽江地区から湛江地区にかけては、第四紀堆積層の基盤をなす片麻岩類・混合岩類及び花崗岩類が後背地として広く分布し、標高最大 300m 台の、主として南北乃至北東～南西の方向性をもつ起伏の多い山岳部が陽江地区に多く、湛江地区は次第になだらかな平野部が多くなる。また東里地区には玄武岩類の溶岩台地が広く分布する。

海岸までは河川に沿った盆地、なだらかな平野及び海岸低地がひろがり、各所で海岸より内陸へ向い幅 $1 \sim 2\text{km}$ の砂丘が形成されている。湛江地区の西部から東里地区にかけては、海岸沿いに沖合 $1 \sim 3\text{km}$ 以上に及び潮間帯が発達するが、陽江地区における潮間帯の発達はあまり良好ではない。

水系としては、吳川、陽江に流出する鹽江、漠陽江の大河川の本・支流が主なものである。その他、これらの支流から分れる小河川が湛江、陽江両地区に数多く発達するが、東里地区はやや

発達せず、河川の水量も少ない。

2.3 気 候

調査地域は低緯度地帯にあるにもかかわらず一応四季はみられるが、12月から2月までのやや寒い時期を除き、夏期が圧倒的に長く、春及び秋に相当する時期は短い。最も暑い季節は7月～8月で相当高温多湿である（表I-2-1）。

降雨量については、調査地域全体が南東モンスーンの影響を受ける場所にあり、陽江地区では年間平均 2,550mm、海康（東里）地区では年間平均、1,700 mm程度の降雨がある（表I-2-2）。

このうち、降雨の多いいわゆる雨期は、両地区共に4月から9月頃までの間で、特に5月、6月、7月及び8月に雨量は集中している。これは、本地域のモンスーンの影響による雨期と台風銀座といわれるくらい台風の影響を受けやすい場所に位置しているという地理的条件とに關係している。なお、7月から9月位までの間が、最も台風来襲の多い時期にあたる。

表I-2-1 平均最高・最低気温

(°C)

	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
陽江地区	平均	14.6	15.4	18.8	22.4	26.1	27.3	28.1	27.6	26.9	23.8	19.9	16.3
	最高	28.8	28.6	31.4	32.0	35.0	35.5	37.0	36.7	36.1	33.8	32.5	29.4
	最低	-1.4	2.2	6.6	9.9	16.4	19.6	21.5	20.6	17.2	9.4	4.6	2.2
海康地区 (東里)	平均	15.5	16.1	19.6	23.5	27.0	27.9	28.4	27.8	26.9	24.3	20.6	17.3
	最高	30.6	34.2	36.2	38.4	37.7	38.5	36.8	36.4	35.3	33.7	31.7	29.2
	最低	3.6	3.8	7.1	7.6	16.3	20.5	21.7	20.3	17.4	12.7	5.9	3.0

(注) 陽江地区 1953年～1980年資料
海康地区 1960年～1980年資料

表I-2-2 平均降雨量・平均降雨日数

(mm/月)

	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
陽江地区	平均降雨量	39.3	55.1	78.7	234.1	393.8	400.7	267.2	380.8	257.7	73.0	41.2	31.3	2,252.8
	降雨日数	8.2	11.3	14.0	13.9	17.6	21.0	19.2	19.7	15.3	7.2	5.0	5.4	157.8
海康地区 (東里)	平均降雨量	23.4	23.0	46.1	124.4	165.4	254.9	242.6	329.6	290.4	144.3	48.4	19.1	1,711.6
	降雨日数	7.3	8.9	11.1	11.0	13.3	15.3	14.1	17.7	15.0	9.7	6.9	5.3	135.6

(注) 陽江地区 1953年～1980年資料
海康地区 1960年～1980年資料

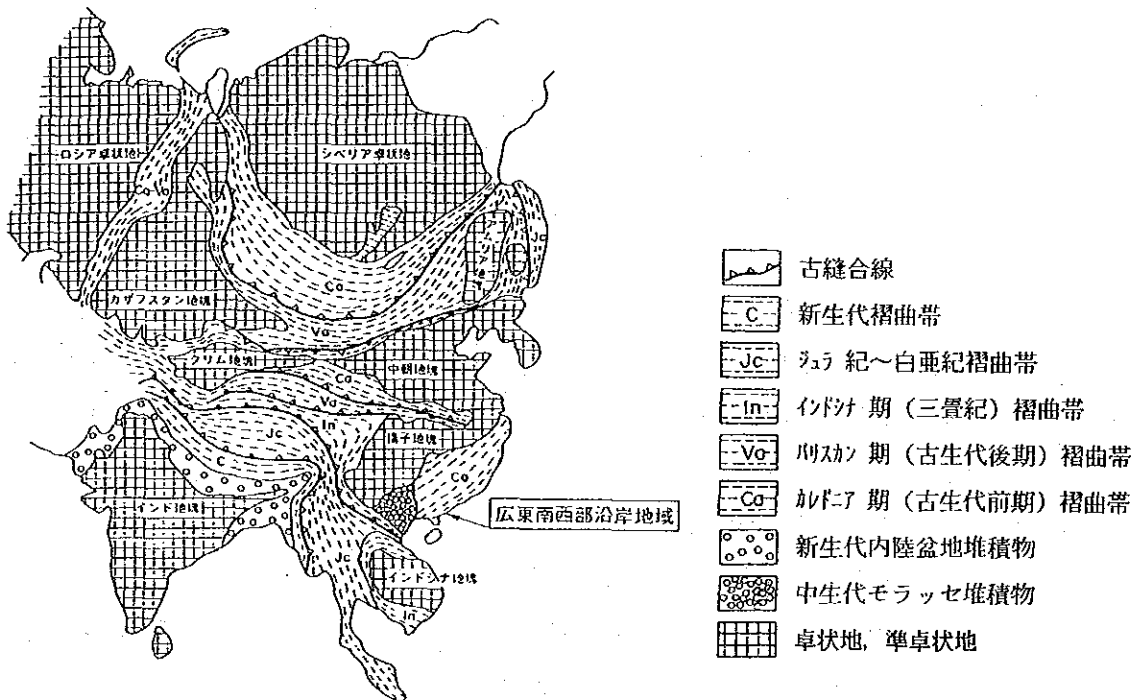
第3章 調査地域の地質概要

調査地域のある広東省南西部沿岸地域は、東アジア大陸の一部を構成する揚子地塊の東南側に発達するカレドニア造山帯中に位置する。古生代前期には揚子地塊はユーラシア大陸から離れていたと考えられ、当時この地塊に沿って形成された地向斜に堆積した陸源堆積物は、その後のカレドニア造山運動により酸性マグマの貫入やミグマタイト化を伴う構造的擾乱及び変成作用を受けた。その後中生代には、燕山期花崗岩類に代表される酸性火成岩活動が、断裂運動を伴って活動した(図I-3-1)。

調査地域には、これを反映して、カンブリア系片麻岩・混合岩類(C)、カレドニア期混合花崗岩類(γ_3)及び燕山期花崗岩類(γ_5)及び一部、先カンブリア時代堆積岩類(震旦系, Z)が基盤岩類として分布し、その上に第四紀層が被覆している。

本年度(第4年次)は沿岸地域の陽江から東里にいたる地域を調査対象としているが、本地域は主にカンブリア系片麻岩・混合岩類(C)、カレドニア期混合花崗岩(γ_3)が山地形をなして分布する陽江地区、燕山期花崗岩類(γ_5)が大規模に貫入し、カレドニア期混合花崗岩類(γ_3)と震旦系(Z)の基底部の露出する湛江地区、及び前2地区と地質構造が異なり、第四紀玄武岩類(Ba)の溶岩台地の発達した東里地区の3地区に分けられる。

また第四紀層は、下位よりQ₁層(湛江層群)、Q₂層(北海層群)、Q₄層の3層に分けられる。Q₁層は葉理の顕著なシルトを主とし、Q₂層はアルコーズ質中粒～粗粒砂層で、またQ₄層は細粒～粗粒砂層で主として本層中に重砂鉱床が胚胎している。さらにQ₂層を覆って玄武岩類(Ba)が発達している。



図I-3-1 東南アジア大陸地質構造概略図(丸山・酒井1986を簡略化)

第4章 調査結果の総合検討

本年度は、広東南西部沿岸地域の陽江、湛江及び東里地区、面積約 3,000km²について地質調査（起源岩調査）を行い、また湛江及び東里地区でボーリング調査を実施し、さらに採取試料について各種室内試験を行った。

以下、これらの調査・試験の結果について要約する。

4.1 地質調査（起源岩調査）

陽江・湛江及び東里地区において地質調査を実施し、重鉍物の供給源となる岩石及びその風化生成物の分布状況を確認し、採取試料の室内試験を行い、これらデータを総合的に解析した結果、次のようなことが判明した。

(1) 本地域で採取した岩石試料の人工重砂分析、全岩分析、岩石薄片鑑定、絶対年代測定やラテライト性土壌試料、河川砂・海浜砂各試料の重砂分析、粒度分析の結果明らかとなった各々の重鉍物の起源岩は、次のとおりである（起源岩は記号表示）。

重 鉍 物	起 源 岩	
	東 里 地 区	陽 江 ・ 湛 江 地 区
イルメナイト	Ba, Q ₂	Ba, γ ₅
ジルコン	Q ₂	C, γ ₅
モナザイト	Q ₂	C, γ ₃
ゼノタイム	Q ₂	C, γ ₃

(2) 東里地区に分布する重砂鉍床は主としてイルメナイト、ジルコンの濃集したもので、ルチルの含有量も高く、またモナザイト・ゼノタイムも含まれている。本年度までの調査の結果、これらの重鉍物の起源はこの付近に卓越して分布する玄武岩類ならびにQ₂層であることが明らかになった。

玄武岩類は噴出時代、鉍物組成、化学組成その他の点で性質の異なる多くの岩体から成っているが、(Na₂O+K₂O)/SiO₂ でアルカリ度を表わすと、これらの玄武岩類の中でアルカリ度の低い玄武岩ほどイルメナイトに富むということがわかった。このような玄武岩は大牛嶺、雷高、錦和に分布している。

また、Q₂層は陸化した時に侵食を受け、その際にこの地層から供給された物質はQ₄層の中に混入集積し、一部は重砂鉍床を形成したものとみられる。Q₂層を構成する物質の由来は明らかではないが、Q₂層の重鉍物含有量は実質的に高く、これがイルメナイト、ジルコンならびにモナザイト、ゼノタイムの起源となっていたものと考えられる。

(3) 重鉱物構成元素に関して、陽江・湛江から東里までのいくつかの地点から採取した試料に関して、イルメナイト、ジルコン、ルチル、モナザイト、ゼノタイムを分離して重鉱物の元素分析を実施した結果、陽江地区に産する重鉱物と東里地区に産する重鉱物とは構成元素に差異のあることが判明した。各々の重鉱物の元素構成はそれが形成された時の物理的・化学的諸条件によって定まるので、産地によって構成元素に違いがあるということは、その起源に地質学的地域特性に基づく差異があるということを示しているものとみられる。

(4) ルチルの起源岩については現在のところ明らかでない。当広東地域に分布している火成岩・変成岩を見ると、その代表的岩種であるカレドニア期混合花崗岩類 (γ_3) やカンブリア系片麻岩・混合岩類 (C) ならびに燕山期花崗岩類 (γ_5)、玄武岩類 (Ba) のいずれに関してもルチルの造岩鉱物としての出現はほとんど認められない。

一方、ルチルは当該調査地域外の遠隔地に起源をもち、そうした遠隔地から大河川によって運搬されてきたものではないかという仮説に対する検討も、本年度の大河川調査によって行なわれたが、その結果はその考えの可能性も少ないことが判明した。

つまり当広東地域では、ルチルを含有する起源岩が存在せず、したがってルチルについては他の重鉱物のように起源岩にもともと含まれていた重鉱物が風化・侵食・運搬というプロセスを通して濃集したという考え方は成立しない。したがって、ルチルは残された唯一の可能なプロセスであるイルメナイトの「変質」の過程において形成されたものであると考えるのが妥当であろう。実際、オーストラリアなどにはイルメナイトの酸化および引き続く Fe 成分の離脱によって形成されたルチル鉱床が現実存在している。

南山海および沙尾の試料に関するイルメナイト・ルチルの試験的分析結果からは、このようなプロセスでルチルの起源を説明することが不適當ではないことが示唆されている。またその可能性は、当該地域において重鉱物全体に占めるルチルの比率が、他の重鉱物の起源岩の段階ではほとんどゼロに近いのに、河川砂から海浜砂へ、さらに鉱床へと重鉱物が集積されてゆくにつれて大きくなっていくという事実によっても支持されている。

ルチルの起源に関するこのような視点での検討は今後に残された重要な課題のひとつである。

(5) 単一地質母体中での部位による重鉱物含有量の変化に関しては、水平的な分布調査の結果では、陽江・湛江地区においてはほとんど一般的な傾向は見出されていない。堆積岩起源の変成岩であるカンブリア系片麻岩・混合岩類においてバラツキが大きいことは当然であるが、火成岩である燕山期花崗岩類においても特徴的な傾向はあらわれなかった。したがって高品位部がひとつの岩体の中央部あるいは辺縁部など特定の部分にあるのではないかという予想は、調査の結果では成り立たなかった。一方、東里地区の玄武岩類は化学組成、鉱物組成や噴出年代などの点で異なる多数の岩体から成っており、これらの中では、低アルカリ玄武岩ほどイルメナイトに富んでいるということが明らかになった。

(6) 重鉱物の起源岩である岩石が風化してラテライト性土壤になった場合、通常はラテライト性土壤の方が岩石そのものよりも体積が減少しているから、岩石中の重鉱物が破壊されずに残留しているとすれば、ラテライト性土壤において或る程度濃縮していることが期待される。しかし風化殻からその基盤岩に至る重鉱物含有量の垂直的变化に関し、岩石におけるよりもラテライト性土壤における重鉱物含有量の方が高いとは言えないということがわかっているため、重鉱物の一部は風化の過程で失われている可能性がある。この流失は化学的なプロセスであるかもしれない。

このことは重砂鉱床が起源岩中に含有されている重鉱物の失われなかった部分だけを濃集させて形成されているものであることを示唆しており、他方の失われた有用元素が別の形式で集積している可能性については別途検討する価値がある。

(7) ラテライト性土壤ならびに岩石が剝蝕侵食され、その構成物質が河川によって運搬される場合、粒度分析の結果から河川砂は一般に淘汰不良で、十分な分級が行なわれていないということが明らかなので、重鉱物の特定箇所への濃集は通常の状態では生起しないとみられる。したがってラテライト性土壤中の重鉱物重量比とその近傍で採取した試料による河川砂中のそれとは近似した値をもつのは当然であるが、一般にラテライト性土壤よりも河川砂の方がイルメナイト含有比率が高いという傾向がある。

(8) 前項に述べたラテライト性土壤と河川砂に関する一般的傾向に加えて、鉱床調査データ解析結果から、鉱床そのものがその賦存位置によって異なる重鉱物重量比を有しそれぞれ地域的な特性を持っているということがはっきりしている。今年度は陽江・湛江地区を代表する南山海、沙尾ならびに河北港の3鉱床について、その分布位置を含む流域との関係で起源岩調査を行った。すなわち、イルメナイト、ジルコン、モナザイト+ゼノタイムを3頂点とする三角ダイヤグラムを用いてこれらの3鉱床に関し、鉱床原砂のもつ重鉱物重量比を、それぞれの流域における岩石、ラテライト性土壤、河川砂、海浜砂のもつ重鉱物重量比との関係で検討した。その結果、これらの重鉱物重量比は一般に運搬がすすむにつれてイルメナイト含有比率は高くなる傾向があるが、ジルコンとモナザイト+ゼノタイムとの比率はほぼ一定に保たれていることが明らかになった。このジルコンとモナザイト+ゼノタイムとの比率は流域ごとに異なっており、鉱床原砂についても、またその鉱床の賦存する流域の他の試料についても、その比率は流域ごとに一定の範囲内にある。上記の傾向がイルメナイトの添加によるものか、あるいはイルメナイト以外の重鉱物の除去、減少によるものかその理由は明らかでない。

これまでの調査で、この地域の重砂鉱床が砂州に形成されているということがわかっているが、以上の事実から、その砂州に物質を供給した河川の流域のもつ地質学的特性がその鉱床の性質（ジルコンとモナザイト+ゼノタイムの比率）を支配しているということが言える。

(9) 以上のとおり、この地域の重砂鉱床を構成する重鉱物につき、その起源岩の特定及び鉱床生成機構に関してほぼ大筋は明らかになってきたが、なお、次のような問題が今後の検討事項として残されている。

- 1) イルメナイトの酸化・変質によるルチルの形成という視点に立ったルチルの起源について
- 2) 風化の過程において失われた重鉱物の構成元素の挙動について

4.2 ボーリング調査

ボーリング調査は、第3年次調査に引き続き、湛江地区及び東里地区において海上ボーリングを実施した。作業量は湛江地区13本、253.50m、東里地区では7本、105.50mであった。

(1) 湛江地区：本地区のボーリング調査は、第3年次に吳陽から南三島へかけての東側沖合海域、瓊州島北側海域で捕捉された鉱床帯のひろがりを追跡するために、本海域で4km間隔の10測線上で行われた。その結果、本地区の地質は下から上へ第四系 Q_2 、 Q_3 及び Q_4 各相当層が認められた。本地区の重砂鉱床はジルコンに富む部分もあるので、イルメナイト、ジルコン、ルチル、モナザイト、ゼノタイムの基本5鉱物合計品位 $3,000\text{ g/m}^3$ 以上、またはジルコン $1,000\text{ g/m}^3$ 以上の品位で層厚1m以上の部分を鉱床とした。鉱床は、 Q_4 層の最上位においてボーリング孔口から着鉱したものが主で、その分布は第2年次に行われた物理探査時に採取された底質試料の合計品位が平均値($3,000\text{ g/m}^3$)以上でかつ水深16m以浅の地域とほぼ一致していることが特徴的である。そのほか下位層にも鉱床帯が認められたが、層相より連続性に乏しいと考えられる。

このように、本地区の主要鉱床は Q_4 層最上部層に胚胎するものと考えられるが、鉱床帯の層厚は3孔で4.00mまたは6.00mを捕捉したのみで、そのほかの10孔は1mから2mと薄く、さらにボーリング間隔も4km以上離れているのでその連続性にやや不安がある。

(2) 東里地区：ボーリング調査は、本地区南部に位置する外羅南方の東側浅海部での重砂鉱床胚胎の可能性を確かめるために行われた。その結果、 Q_4 相当層及びその下位の一部に Q_3 期の玄武岩を認めた。重砂鉱床としては基本5鉱物合計品位 $3,000\text{ g/m}^3$ を示す部分は捕捉されず、全体に低品位であったが、同 $1,000\text{ g/m}^3$ 以上にまとまる部分もあり、低品位ながらも本地区の鉱床帯の南方延長に相当することが判明した。

このように、本年度のボーリング調査では、新たな鉱床帯は捕捉できなかったが、本地区では今までのボーリング調査により下記の主要4鉱床が認められており、これらは雷州半島東岸沿いに北北西～南南東方向に分布していることが確認されている。

- ① 西側上盤鉱体：東里半島から錦和にかけて胚胎、延長10km以上、最大幅約3,000m、層厚平均約7m、最大層厚17.3m
- ② 東側上盤鉱体：北莉島から新寮島にかけて胚胎、延長12km以上、最大幅約3,000m、層厚平均約4m、最大層厚6.50m
- ③ 下盤鉱体：北莉島から新寮島の東側浅海部に胚胎、延長約17km、最大幅約5km、層厚平均約6m、最大層厚8.2m
- ④ 上盤相当鉱体：新寮島東側浅海部に胚胎、延長10km、最大幅3km、層厚平均約5m、最大層厚7m

このように、本地区には主要4鉱体が認められているが、ボーリング調査は2,400m（一部では3,600m）間隔の測線上で480m(500m)または960m(1,000m)ごとに行われており、十分な精度とは言い難く、今後はこれら鉱体のより詳しい調査、さらにこれまでのボーリング調査の未探査地域として東里半島北部の沖合浅海部があり、ここに対する調査も考えられる。

4.3 開発可能性の検討

今後の調査は東里地区に絞り、第5年次はボーリング調査及び開発環境予察調査を主に行うが、開発環境予察調査は、東里地区の鉱床を対象として、開発可能性の検討のために、作業手順として、次の内容の資料収集、実情把握を目的とした予察的調査が必要である。

- 鉱体の開発順位の策定
- 開発規模・範囲
- 対象鉱種
- 採・選鉱法
- 資機材、産品の運搬法
- 廃棄物処理
- 用水・動力などインフラ関連
- 環境への影響評価

第5章 結論及び提言

5.1 結論

5.1.1 地質調査(起源岩調査)

(1) 本年度までの起源岩調査の結果、明らかとなった各々の重鉱物の起源岩は次のとおり(起源岩は記号表示)。

重 鉱 物	起 源 岩	
	東里地区	陽江・湛江地区
イルメナイト	Ba, Q ₂	Ba, γ ₅
ジルコン	Q ₂	C, γ ₅
モナザイト	Q ₂	C, γ ₃
ゼノタイム	Q ₂	C, γ ₃

(2) Q₂層の重鉱物含有量は実質的に高く、これがイルメナイト、ジルコンならびにモナザイト、ゼノタイムの起源となっていたものと考えられる。このQ₂層は陸化した時に侵食を受け、その際にこの地層から供給された物質はQ₁層の中に混入集積し、その一部が重砂鉱床を形成したものとみられる。

(3) 重鉱物構成元素に関して、元素分析を実施した結果、陽江地区に産する重鉱物と東里地区に産する重鉱物とは構成元素に差異のあることが判明した。各々の重鉱物の元素構成はそれが形成された時の物理的・化学的諸条件によって定まるから、産地によって構成元素にちがいがあるといことは、その起源に地質学的地域特性に基づく差異があるということを示しているとみられる。

(4) 大河川調査の結果、ルチルは当該調査地域外の遠隔地に起源をもち、そうした遠隔地から大河川によって運搬されてきたものである可能性は少ないことが判明した。すなわちルチルを含有する起源岩は存在せず、重砂中のルチルはイルメナイトの変質の過程において形成されたものであろうと考えられる。

(5) 単一地質母体中での部位による重鉱物含有量の水平的な変化に関しては、陽江・湛江地区においてはほとんど一般的な傾向は見出されていない。一方、東里地区の玄武岩類は化学組成、鉱物組成や噴出年代などの点で異なる多数の岩体から成っており、個別岩体ごとに重鉱物含有状態は異なる。これらの中では、低アルカリ玄武岩ほどイルメナイトに富んでいるということが明らかになった。

(6) ただし、風化殻から基盤岩にいたるまでの重鉱物含有量の垂直変化に関する調査の結果、起源岩中に含まれている重鉱物の一部は風化殻において失われている可能性があるため、この問題に対しては、有用元素の化学的移動というような別の視点からの調査を加える必要がある。

(7) 南山海、沙尾ならびに河北港の3鉱床について、鉱床原砂のもつ重鉱物重量比を、それぞれの流域における岩石、ラテライト性土壌、河川砂、海浜砂のもつ重鉱物重量比との関係で検討した結果、これらの重鉱物重量比は一般に運搬がすすむにつれてイルメナイト含有比率は高くなる傾向はあるものの、ジルコンとモナザイト+ゼノタイムとの比率はほぼ一定に保たれていることが明らかになった。このジルコンとモナザイト+ゼノタイムとの比率は流域ごとに異なっており、また同一流域内では鉱床原砂についても、また鉱床の賦存する流域のほかの試料についても、その比率は一定の範囲内にある。

5.1.2 ボーリング調査

湛江地区では、沖合浅海部においてQ₄層最上位に、主要鉱床帯を捕捉した。本鉱床帯は、ボーリング孔口から着鉱し、第2年次物理探査時の底質試料が基本5鉱物合計品位の平均値(3000g/m³)以上を示し、水深16m以浅の分布域とほぼ一致していることを特徴としている。したがって今後の探査対象として、底質試料の重鉱物合計品位の平均値以上を示す2箇所範囲さらにその延長部分が考えられる。しかしボーリング間隔が4km以上で、鉱床帯は層厚1m程度のもものが多く、その連続性にはやや不安がある。

東里地区では、外羅南方の沖合浅海部に鉱床帯の南方延長部相当のものは捕捉されなかった。その結果、本地区には、主要4鉱体が雷州半島東岸沿いに認められているが、そのボーリング探査密度はまだ低いので、今後のボーリング調査は東里地区の主要鉱体に集中し、探査密度を高め、将来の本地区の鉱床評価に資することが望ましいと考える。

5.1.3 開発可能性の検討

東里地区の開発可能性に関する検討をすすめるために、これまでの地質調査及びボーリング調査結果を総合的に解析し、鉱体の開発順位の策定、開発規模、採・選鉱法、インフラ整備、環境への影響評価などを行うことが望ましくこれらの資料収集、実情把握が必要であろう。

5.2 提言

本年度の調査結果に基づく第5年次への提言は、次のとおりである。

5.2.1 地質調査(起源岩調査)

(1) イルメナイトの酸化・変質によるルチルの形成という視点からルチルの起源について調べるため、必要試料を採取し、イルメナイト、ルチルを分離の上、化学的、光学的ならびにその他の検討を行う。

(2) ラテライト性土壌試料及びその基盤岩の岩石試料を採取し、岩石のラテライト化の際の重鉱物の挙動について検討する。

5.2.2 ボーリング調査

東里地区には、主要4鉱体が認められているが、そのボーリング調査密度は、十分な精度とは言い難い。そこで、今後の調査は、本地域内で最も優勢な東里地区の主要鉱床帯に集中し、将来

の本地区の鉱床評価に資することが望ましく、さらに、ボーリング未探査地域（東里半島北部の沖合浅海部）の調査が考えられる。

5.2.3 開発可能性の検討

今後の調査は東里地区に絞り、1991年はボーリング調査及び開発環境予察調査を行う。開発環境予察調査は東里鉱床の採掘順序、採・選鉱法、資機材・製品の運搬、インフラストラクチャーの整備などの予察的検討を行うとともに、これらの開発に伴う環境に及ぼす影響について考察するために、海象、気象、地形、水文地質、法規などに関する資料収集を行い、対象地区の利用状況の実情把握などを目的とした調査を予察的に実施する。

第Ⅱ部 各 論

第Ⅱ部 各 論

第1章 地質調査（起源岩調査）

1.1 地質概要

調査地域は広東省南西部，南シナ海沿岸に位置し，揚子地塊の東南側に発達するカレドニア造山帯の中にある。本地域には，主として先カンブリア時代堆積岩類（Z），カンブリア系片麻岩・混合岩類（C），カレドニア期混合花崗岩類（ γ_3 ），燕山期花崗岩類（ γ_5 ）が主に分布し，これら基盤岩類を，下位より更新世のQ₁層（湛江層群），Q₂層（北海層群），玄武岩類（Ba）及び完新世のQ₄層から成る第四紀の堆積層が覆っている。

これら基盤岩類及び第四紀の岩層は風化して地表部はラテライト性土壤に変わっている。地形的には，燕山期花崗岩類（ γ_5 ）や玄武岩類（Ba）がゆるい丘陵を呈しており，ラテライト化も顕著である。

図I-1-1，I-1-2に本地域の模式層序図及び模式断面図を示した。

以下，これらの基盤岩類ならびに重砂鉱床を胚胎する第四紀層について記述する。

(1) カンブリア系片麻岩・混合岩類（C）

黒雲母，斜長石，石英による暗色，明色帯が交互に数mmの厚さで繰返す葉状（片麻状）構造を有し，カレドニア期混合花崗岩類（ γ_3 ）をしばしば挟在している。鏡下では，黒雲母5～20%，斜長石15～20%，カリ長石35～50%，石英30～35%を主とし，数%の角閃石，緑れん石や微量のジルコン，くさび石，緑泥石，燐灰石などから成り，また，磁鉄鉱，黄鉄鉱の不透明鉱物を伴う。

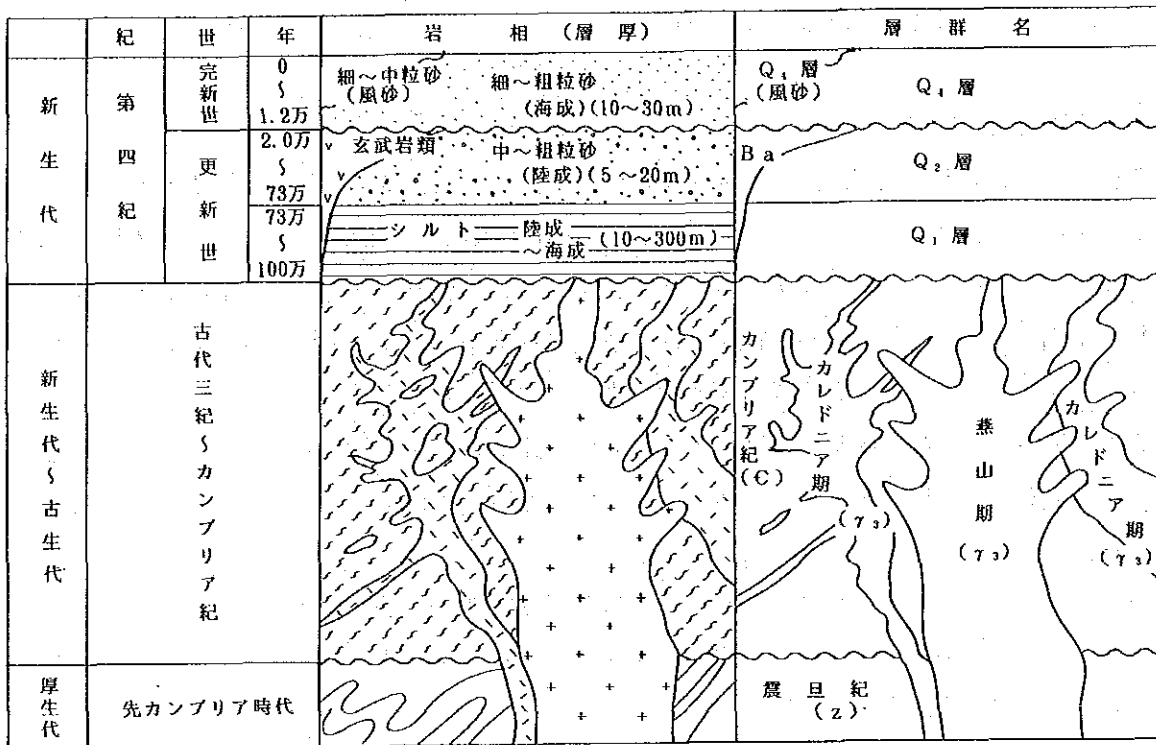
前年度に $Al_2O_3 + Fe_2O_3 - (Na_2O + K_2O)$ ，CaO， $FeO + MnO + MgO$ を3頂点とするACF図に，本岩の全岩分析結果をプロットした結果，泥質岩～グレイワック領域にあり，本岩が砂泥質岩起源であることが示されている。

(2) カレドニア期混合花崗岩類（ γ_3 ）

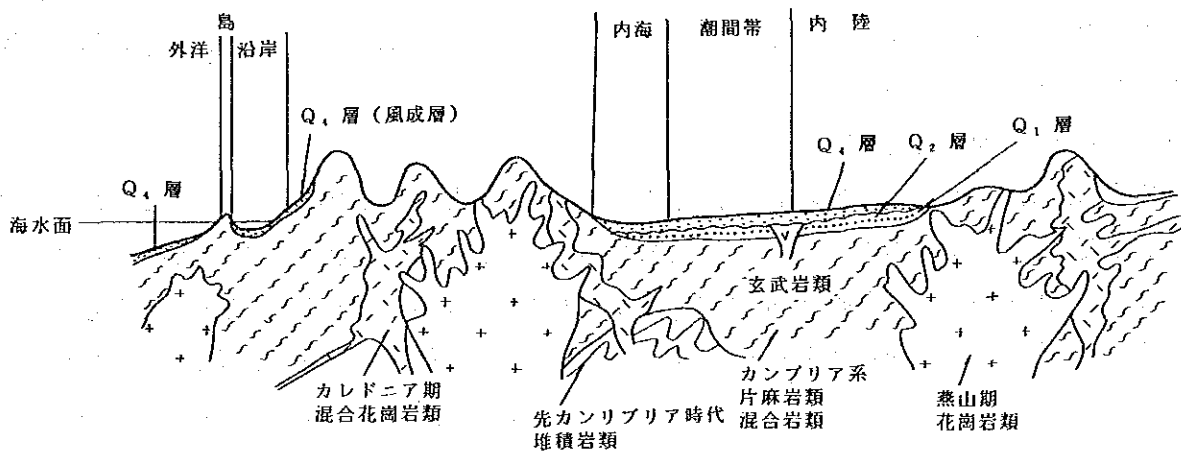
本岩は，上述のカンブリア系片麻岩・混合岩類（C）としばしば混在しており，この場合，優白質な花崗岩質部分の本岩（ γ_3 ）と片麻岩質部分（C）は1mから数m単位で互いに漸移関係にある。葉状構造も本岩にも弱い認められることができる。両者の混在する産状などからみると片麻岩類が部分熔融して花崗岩質メルトを生じた可能性もある。織篋南や尖山地区でこの岩体が分布しているところでは地形の突出していることがある。鏡下では，黒雲母6～15%，斜長石13～25%，カリ長石30～45%，石英30～40%を主とし，ほかに緑泥石，緑れん石，ジルコン，燐灰石などを微量含んでいるが，ペグマタイト質の部分では電気石，雲母，ざくろ石などの粗大結晶が認められることがある。

(3) 燕山期花崗岩類（ γ_5 ）

本岩は陽江地区から湛江地区電白付近にかけて北東～南西系統の大規模岩体をなして分布して



図II-1-1 調査地域地質模式層序図



図II-1-2 調査地域地質模式断面図

いる。岩質的に風化・削剝を受けやすく、ラテライト化も顕著で、多くの場合ゆるい丘陵地形をなしている。一般に中・細粒で時に斑状をなし岩相変化も著しい。鏡下では、黒雲母3～7%、斜長石12～33%、カリ長石43～50%、石英25～35%を主とし、磁鉄鉱、燐灰石、緑泥石、ジルコン、くさび石などを微量含んでいる。

(4) 先カンブリア時代堆積岩類 (Z)

本岩は砂岩、シルト岩の厚さ10cm程度の互層で、細かく圧砕されている。砂岩は、斜長石に富むアルコーズ砂岩で、シルト岩は粘土質で圧砕されちぎれている。湛江地区塘墾付近に分布するが、風化が著しい。

(5) 第三紀～白亜紀堆積岩類 (T)

本岩は、花崗岩質半角礫を主とする礫岩から砂岩質の固結度の高い岩層で、淘汰不良の岩層であるが、30cm程度の堆積輪廻が認められる。湛江地区東部、旦場周辺に局部的に分布しており北西～南東系統の走向、西南傾斜の層理が顕著である。

燕山期花崗岩類と断層で接していると考えられる。

(6) 第四紀層

本地区の第四紀層として、下位より更新世のQ₁層(湛江層群)、Q₂層(北海層群)、玄武岩類(Ba)及び完新世のQ₄層が、基盤岩類を覆って広く分布している。Q₁層は標式地の湛江市付近に、Q₂層は鑿江流域の吳川付近から坡頭、南三島、東海島にかけて、また玄武岩類は湛江西部、東海島東岸及び東里地区に溶岩層として発達している。重砂鉱床を胚胎するQ₄層は沿岸部全域に広く分布している。

Q₁層は主にシルトより成り、1cm単位の葉理が顕著で、しばしば褐鉄鉱層(10～30cm)を挟む。殆ど水平である。

Q₂層はアルコーズ質中粒～粗粒砂より成り、白色石英円礫(0.1～5cm)を含み、赤褐～赤紫色斑状の脆弱な粘土質層(数m)を挟んでいることがある。淘汰は不良である。層厚変化は著しく坡頭地域では本層は厚さ20m以上に達している。

玄武岩類(Ba)は湛江西部、東海島東岸部及び東里地区に分布する。東海島、東里地区ではQ₂層を覆っており、玄武岩溶岩台地を形成している。ここでは鉄赤色のラテライト土壤中に50cm～1m大の玄武岩の円礫～半角礫が残留している状況を観察できる。本岩は、少くともかんらん石1～2%、普通輝石48%の中粒玄武岩(大牛嶺産)と、かんらん石10%前後、普通輝石30%以下、単斜輝石20～30%のかんらん石玄武岩に分けられる。

1.2 地質調査（起源岩調査）の目的及び方法

1.2.1 調査の目的及び調査内容

本調査の目的は重砂鉍床を構成する重鉍物をもたらした起源岩を探り、その分布状況を確認し、原岩の風化後重鉍物が移動・濃集して最終的に鉍床を形成するまでのメカニズムを解明することである。

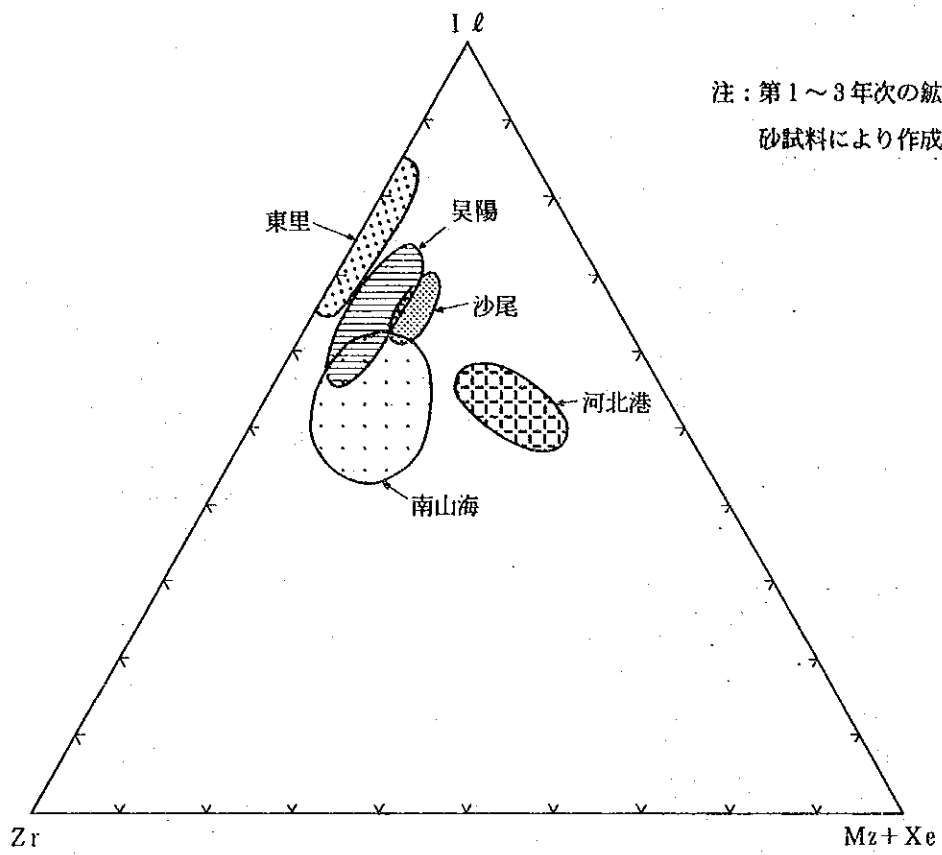
当該起源岩調査においては前年度までに、陽江・湛江地区はこれをA、B、C、D、E、Fの6ブロックに分け、さらに東里地区はこれをひとつのブロックとして、それぞれの地質学的特徴を探りながら起源岩の推定を実施してきたが、その結果から、濃集する重鉍物の重量比には地域的な違いがあり、それが岩石分布の差異によるものであるということが判明してきた。すなわち第3年次までの調査の結果、河川砂・海浜砂及び鉍床原砂の重鉍物の濃集に関して、陽江から湛江、東里に至る沿岸部では、東部でモナザイト、ゼノタイム、ジルコンに富み、西部はイルメナイト、ジルコンに富んでいること及びこの傾向をもたらす原因が、東部でモナザイト、ゼノタイム、ジルコンに富むカレドニア期混成岩類やカンブリア系片麻岩類が優勢であるのに対し西部はジルコン、イルメナイトに富む燕山期花崗岩類や玄武岩類が広く分布しているという事実にあるということがはっきりした。

そこでこれらの起源岩から鉍床の形成に至るプロセスを確認するため、一般河川で採取した砂試料及び付近のラテライト性土壌試料の重鉍物重量比を比較して、重鉍物の河川中に移動における挙動を地質母体別に考察することとした。

また推定された起源岩のそれぞれの岩体内部における重鉍物含有量のばらつきに関して何らかの傾向があるかどうかについて調べるため、各地質母体の重鉍物の重量および重量比の変化をみることにした。これは、地質母体の種類や岩体内の位置・産状により重鉍物の含有量及び重量比に差異があるかどうかを、その風化生成物であるラテライト性土壌試料について、重砂分析によって調べるものである。

さらに前年度の鉍床調査のデータを解析した結果、鉍床そのものも賦存する位置によって異なる重鉍物重量比を有しそれぞれ地域的な特性を持っているということが明らかになった（図Ⅱ-1-3）。また鉍床は砂州に形成され、その砂州に物質を供給した河川の流域にある地質学的特性がその鉍床の性質を支配しているであろうということが十分推定された。

そこで、この問題に関して今年度は代表的な鉍床についてその分布位置を含む流域との関係で起源岩調査を行うことにした。すなわち前年度の鉍床調査の結果、上記に関して比較的はっきりした傾向が出るとみられた陽江地区を代表とする南山海、沙尾ならびに河北港の3鉍床について、重鉍物の挙動を追跡し、これをそれぞれの流域における地質母体、ラテライト性土壌、河川砂、海浜砂のもつ重鉍物重量比との関係で検討することとし、そのため、これらの代表的な鉍床付近に位置しそれに物質を供給したとみられる河川の流域について、その流域内に分布する地質母体の種類との関係でどのように重鉍物が鉍床に濃集してきたかを考察することとした。

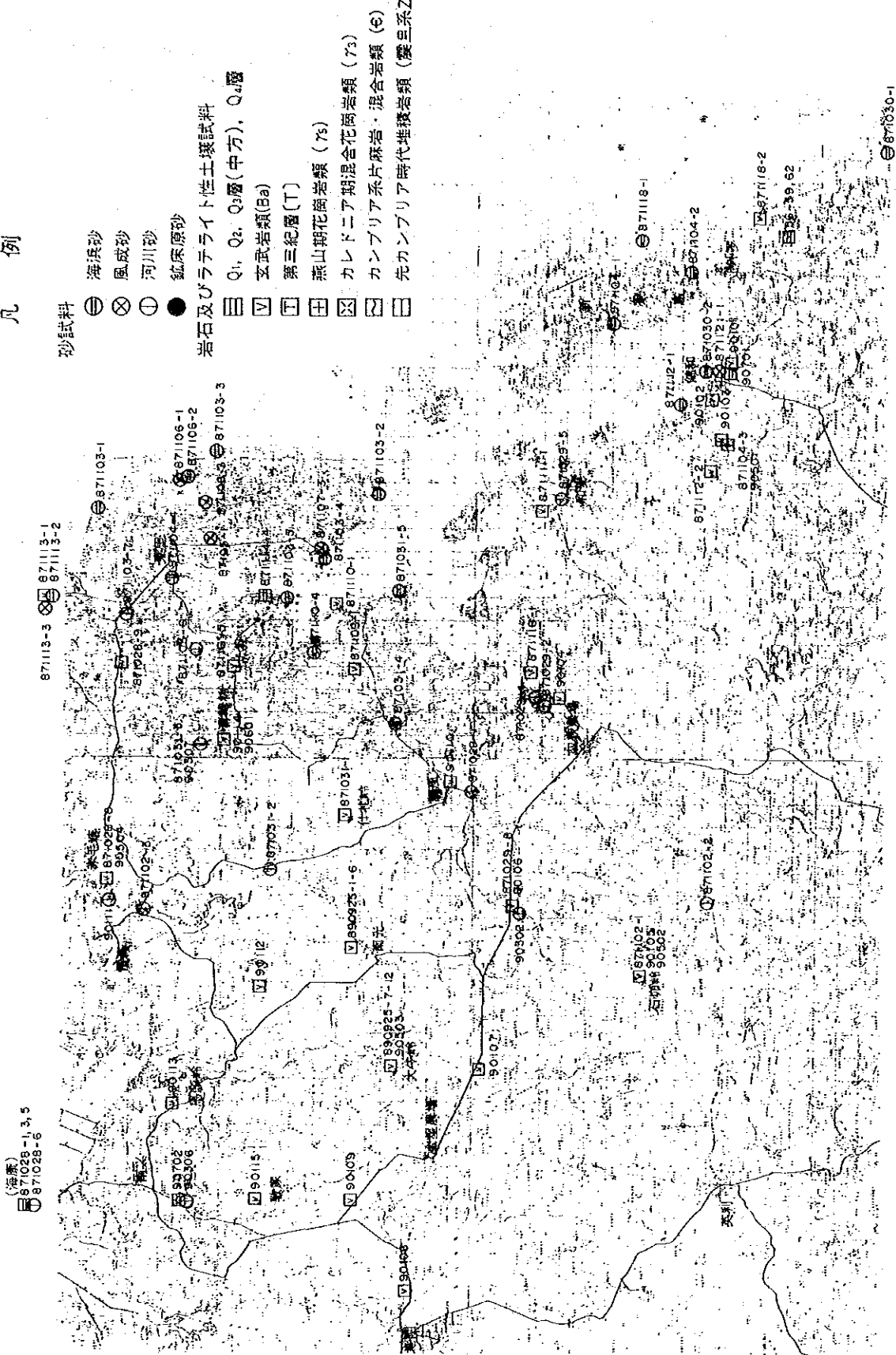


注：第1～3年次の鉍床原砂試料により作成。

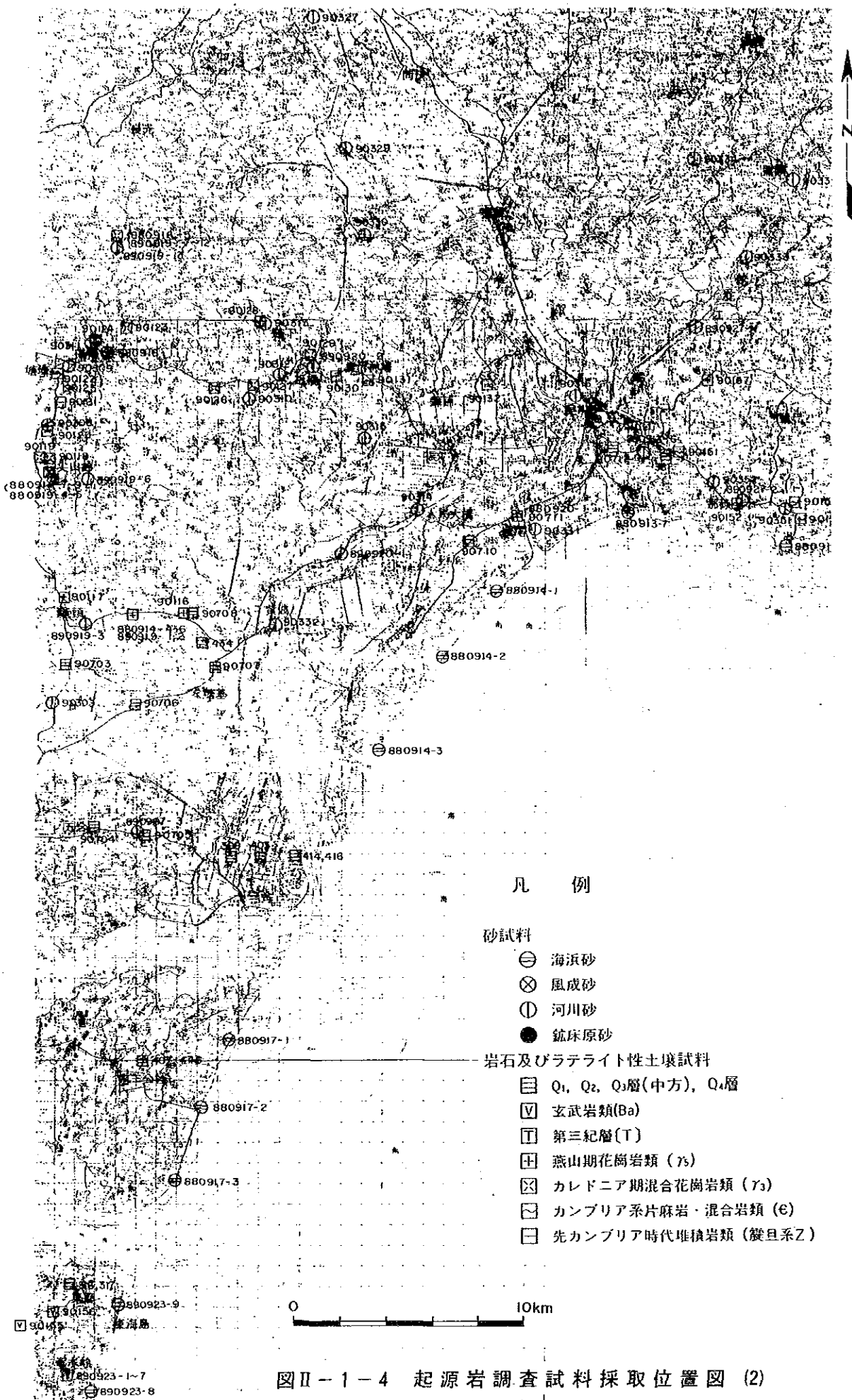
図II-1-3 重砂鉍床の重鉍物重量比

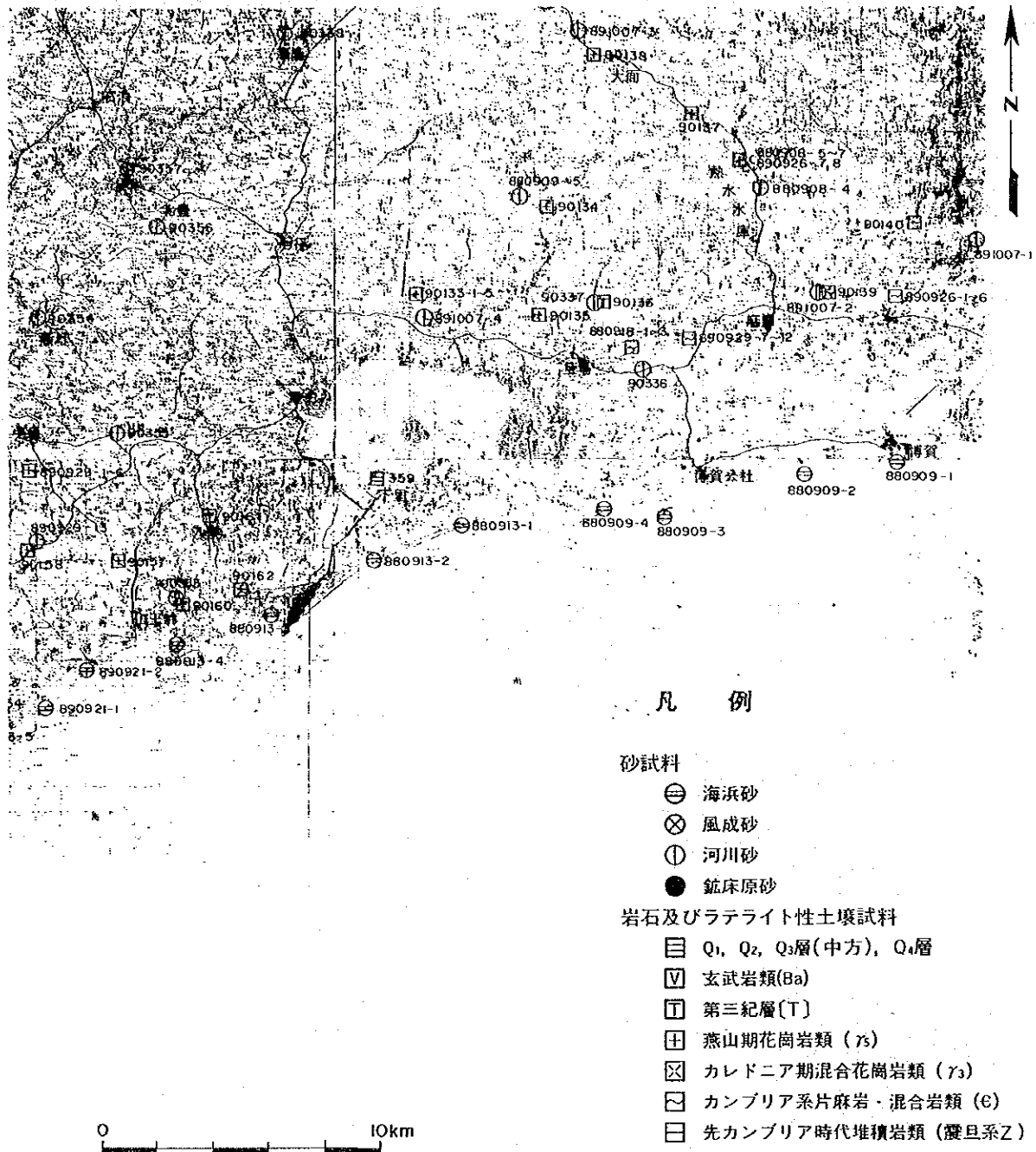
凡例

- 砂試料
- ⊖ 海浜砂
 - ⊗ 風成砂
 - ⊕ 河川砂
 - 礫床原砂
- 岩石及びラテライト性土壤試料
- ▨ Q₁, Q₂, Q₃層(中方), Q₄層
 - ▧ 玄武岩類(Ba)
 - ▦ 第三紀層(T)
 - ▩ 燕山期花崗岩類(7s)
 - ▨ カレドニア期混合花崗岩類(73)
 - ▧ カンブリア系片麻岩・混合岩類(6)
 - ▩ 先カンブリア時代堆積岩類(震旦系Z)

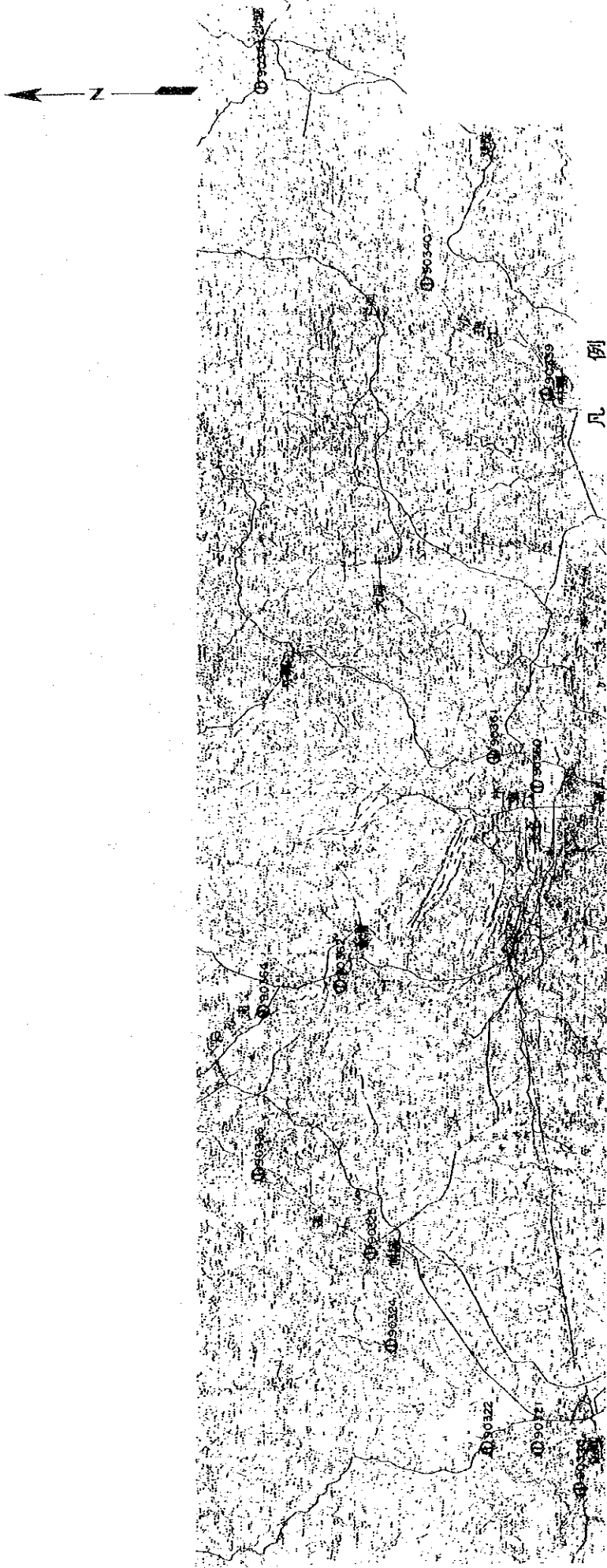


図II-1-4 起源岩調査試料採取位置図(1)





図II-1-4 起源岩調査試料採取位置図 (3)



砂試料

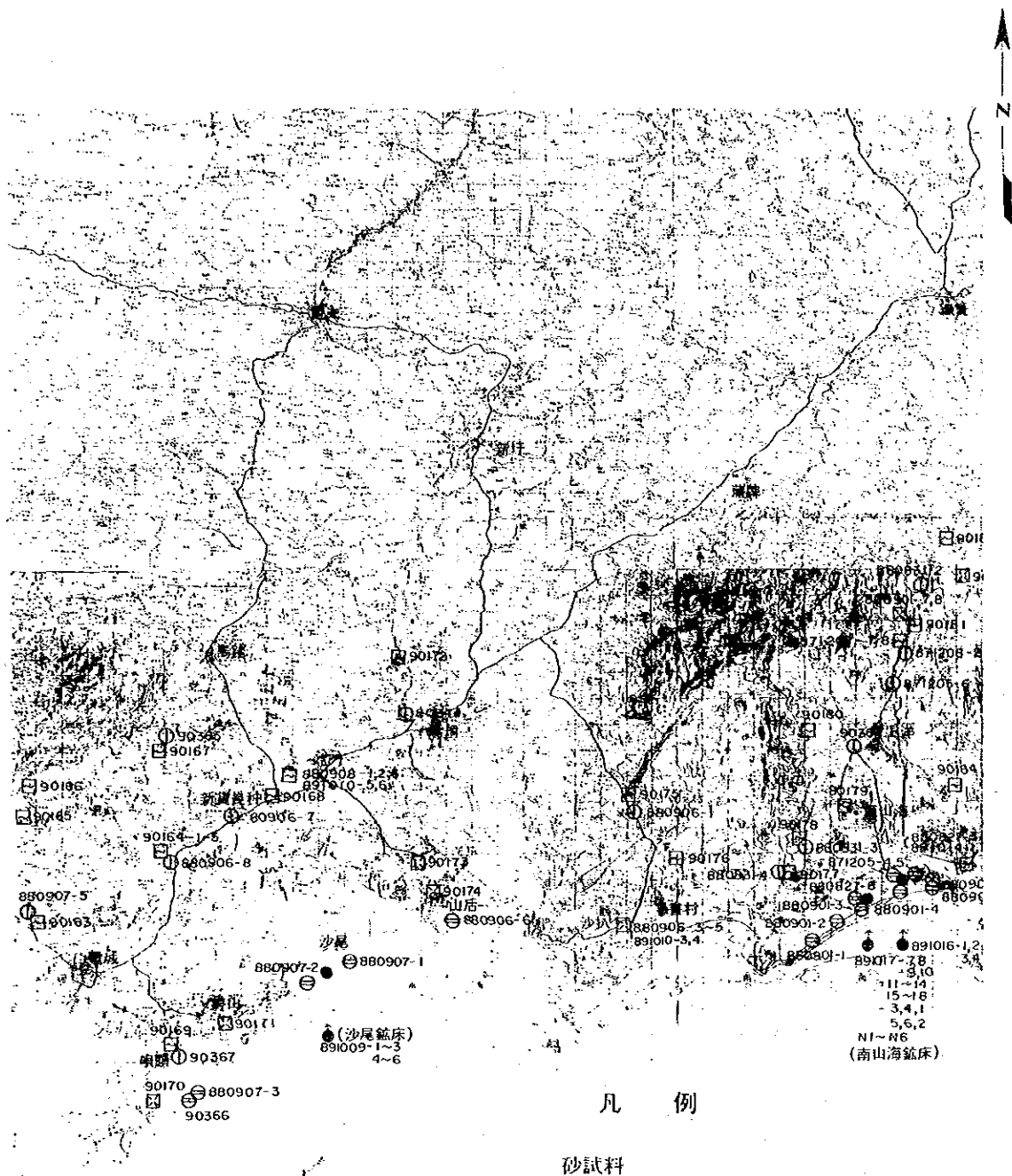
- ⊖ 海浜砂
- ⊗ 風成砂
- ⊕ 河川砂
- 氈床原砂

岩石及びびラテライト性土壌試料

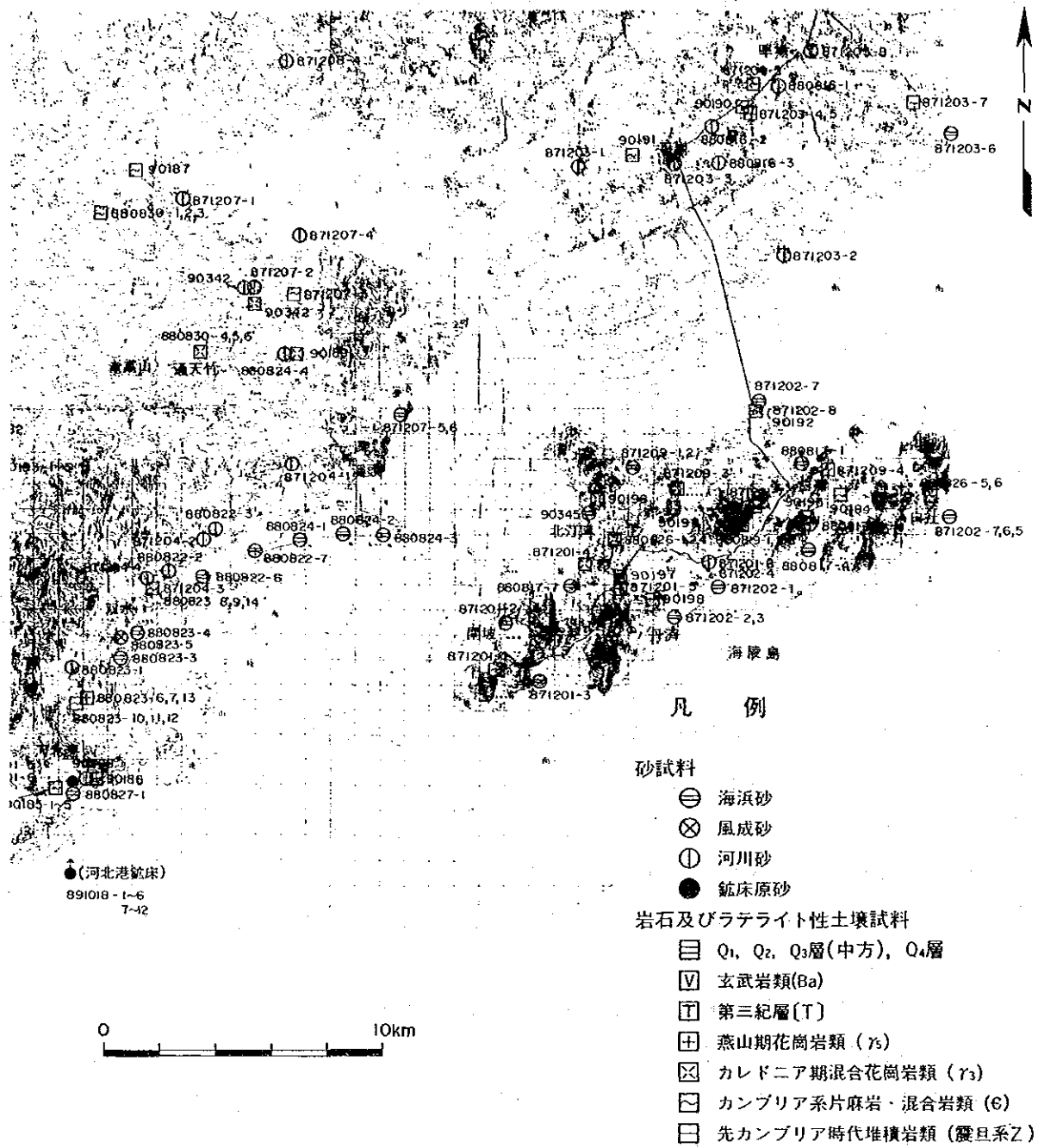
- ⊖ Q₁, Q₂, Q₃層(中方), Q₄層
- ⊗ 玄武岩類(Ba)
- ⊕ 第三紀層(T)
- ⊖ 燕山期花崗岩類 (T₅)
- ⊗ カレドニア期混合花崗岩類 (T₃)
- ⊖ カンブリア系片麻岩・混合岩類 (C)
- ⊕ 先カンブリア時代堆積岩類 (震旦系Z)



図II-1-4 起源岩調査試料採取位置図 (4)



図II-1-4 起源岩調査試料採取位置図 (5)



図II-1-4 起源岩調査試料採取位置図(6)

上記の3点のほか、東里鉍床のイルメナイト・ジルコンを主とする重鉍物の起源を確認するためにこの地域に分布する玄武岩類ならびにQ₂層に関する調査を進めた。また、地質母体中にはほとんど含有していないが、鉍床原砂中にはかなり含有されているルチルについて、大河川（鑿江及び漢陽江）による供給の可能性を調査することとした。

1.2.2 試料の採取

(1) 以上の課題に対し、本年度は次の試料を採取し、基礎データを得ている（表Ⅱ-1-1）。

表Ⅱ-1-1 第4年次起源岩調査採取試料内訳

試料	数量	目的
ラテライト性土壌	100箇所 100個	重砂分析（6重鉍物）
河川砂	56箇所 56個	重砂分析（6重鉍物）
”	” ”	粒度分析
岩石	5箇所 5個	全岩分析（1箇所）又は絶対年代測定（4箇所）
鉍床原砂分離重鉍物	2鉍床各3重鉍物	元素分析

(2) 採取試料の位置を図Ⅱ-1-4及び付図1に示し、また採取試料リスト及び室内試験内訳表を巻末試料1に示した。岩石試料は玄武岩類のみを対象とした。ラテライト性土壌は1箇所15～20kg（一部の箇所では80kg以上）を採取し、河川砂試料は1箇所約4kgを採取している。

なお、解析に使った鉍床原砂分離重鉍物は前年度に南山海及び吳陽両鉍床から採取・分離したものである。これら試料の採取は、前年度までにほぼ明らかになった縮尺1：50000の地質図及び縮尺1：50000の地形図を利用して実施したが、重要箇所及び重要路線についてはルートマップ（1：10000）を作成、また、随時スケッチや写真撮影、Kappa meter（携帯用KT-5型帯磁率計）により帯磁率の測定を行い、基盤岩類及び第四紀層の分布・産状の調査を実施した。

1.2.3 試料の分析

ラテライト性土壌及び砂試料は、中国側惠州分析所において重砂分析（イルメナイト、ジルコン、ルチル、モナザイト、ゼノタイム及び磁鉄鉍の6鉍物）を実施し、また砂試料は同時に粒度分析を実施している。岩石試料4個は中国側研究所においてU-Th法により年代測定を実施した。年代測定は当初K-Ar法を予定したが、K含有量が少なく、年代が若いためU-Th法に変更した。岩石試料のうち一部は日本で全岩分析を実施している。

なお、平成元年度追加調査において実施した日本持ち帰り試料分離重鉍物に対して、構成元素分析を行った。

1.2.4 調査班の編成

現地調査は日本人技術者3名、中国技術者2名、通訳2名、ジープ2台（運転手2名）により

2～3班を編成して実施した。

1.2.5 調査データの解析

本年度の解析には、過去（第1～3年次）の調査データを合わせて利用している。すなわち29箇所のラテライト性土壌試料のデータ、154箇所（うち2箇所はデータなし）の河川砂・海浜砂試料のデータ及び3鉱床の鉱床原砂試料のデータ（いずれも重砂分析値）ならびに各種岩石データ（人工重砂分析、岩石薄片観察、全岩分析、絶対年代測定データ）及び鉱床原砂分離重鉱物の元素分析データなどを解析に使用している。この他に中国側による重砂分析データも一部（とくに28箇所のQ₂、Q₃層データ）使用している。利用したデータは文中ないし巻末資料4に掲げている。

なお上記の重砂分析値（イルメナイト、ジルコン、ルチル、モナザイト、ゼノタイム、磁鉄鉱の6鉱物）は、イルメナイト（Il）、ジルコン（Zr）、モナザイト+ゼノタイム（Mz + Xe）の値を主に使用している。

1.3 起源岩

1.3.1 東里地区

(1) 岩石及び層序

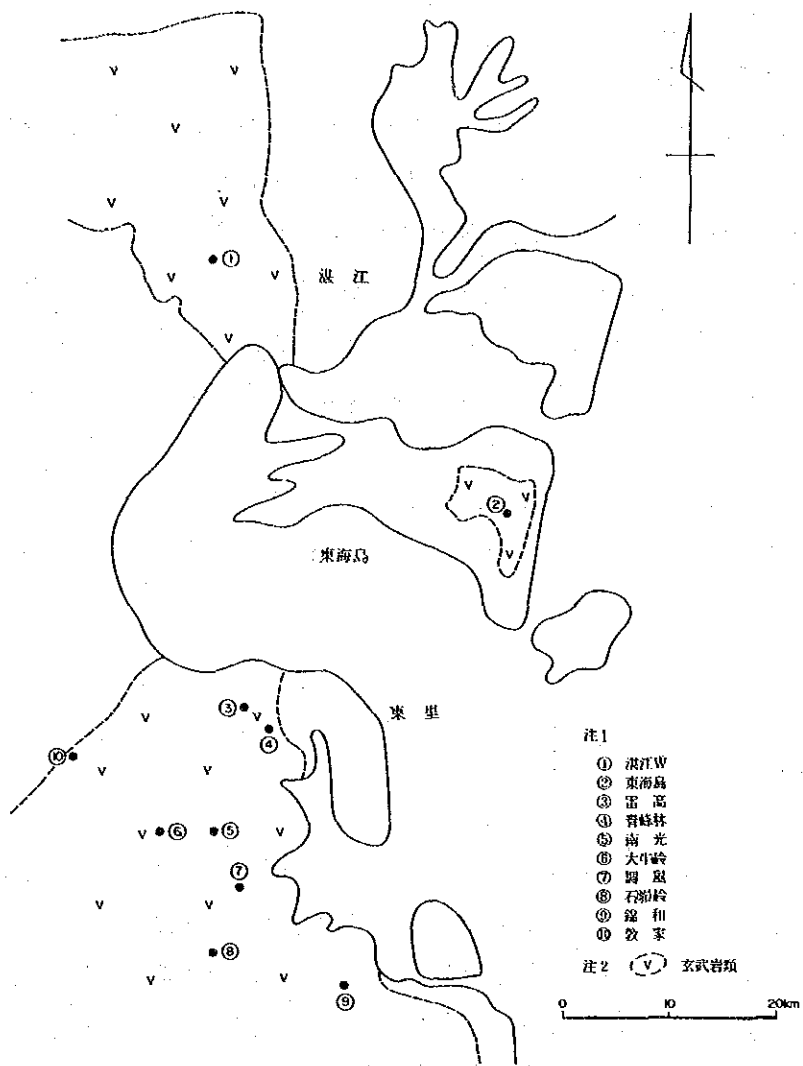
東里地区には玄武岩類ならびに第四紀層が分布する。第四紀層は下位から順にQ₁層（湛江層群）、Q₂層（北海層群）及びQ₄層に分けられており重砂鉱床は主としてQ₄層に胚胎している。この地区で最も優勢な分布を示す玄武岩類は東里から徐聞に至る雷州半島の南部ならびに湛江付近に分布し多数の岩体から成る。その噴出は更新世中期ないしそれ以前から更新世後期ないし完新世に至るまで、大きく見て少なくとも4回の時期にわたっている。更新世中期はQ₂層の堆積した時期に当たっており、実際Q₂層と玄武岩類とが接している露頭も見られる。重砂鉱床を胚胎するQ₄層は沿岸部に広く分布している。Q₁層はボーリングのコアでQ₂層の下位に認められる。

(2) 玄武岩類

当地区の玄武岩類について、平成2～3年度に採取した10個の試料で検討した結果、次のことが明らかになった。玄武岩類の解析のために図II-1-5にこれら10試料の採取概略位置を示した。

イ) 鉱物組成の上からは、かんらん石が少なく普通輝石が48%の中粒玄武岩（大牛嶺）とかんらん石10%前後、普通輝石30%以下、単斜輝石20～30%のかんらん石玄武岩とに区別される。

ロ) 東里地区の玄武岩類の全岩分析結果を表II-1-2に掲げた。本年度の分析は青峰林の試料である。化学組成をみると（表II-1-2）、雷州半島の付け根の部分に当たる湛江西及び東海島の玄武岩はアルカリ岩である。南部では石崩嶺の玄武岩が同じくアルカリ岩である（図II-1-8）が、これらの3試料以外はソレイトないしカルクアルカリ系列に属する玄武岩で

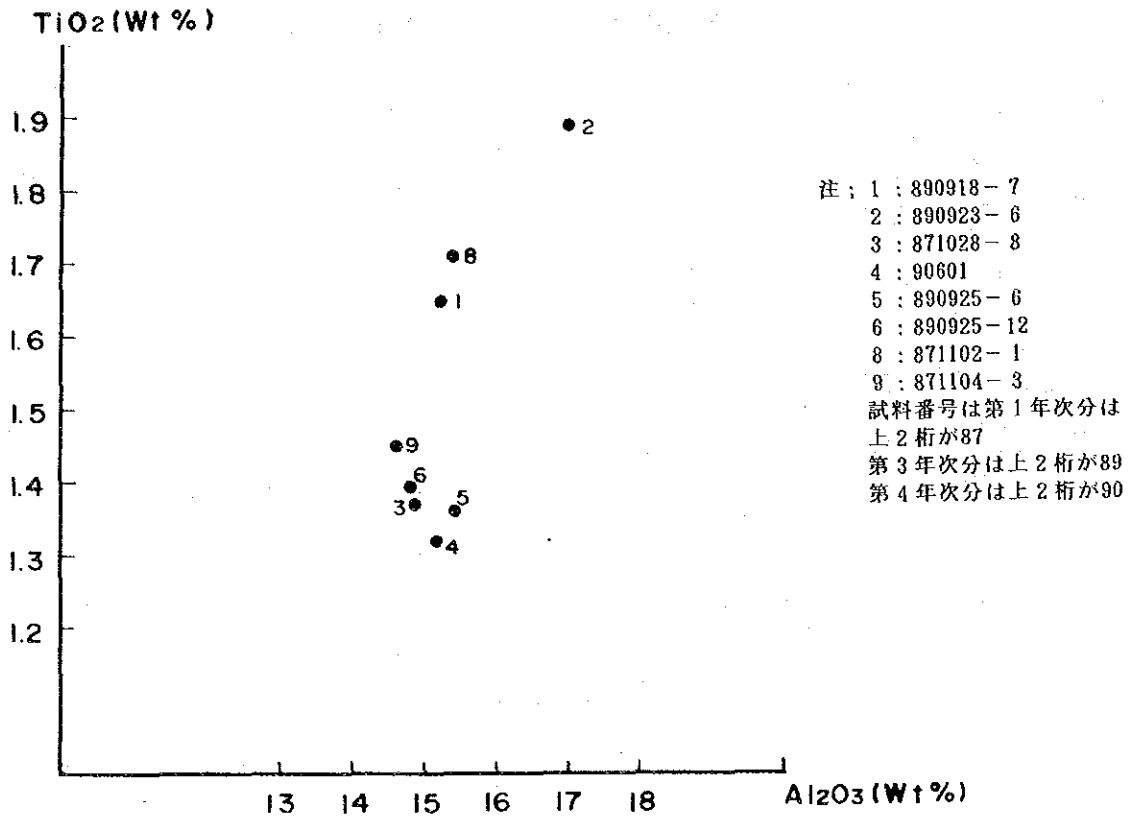


圖II-1-5 玄武岩類試料採取概略位置圖

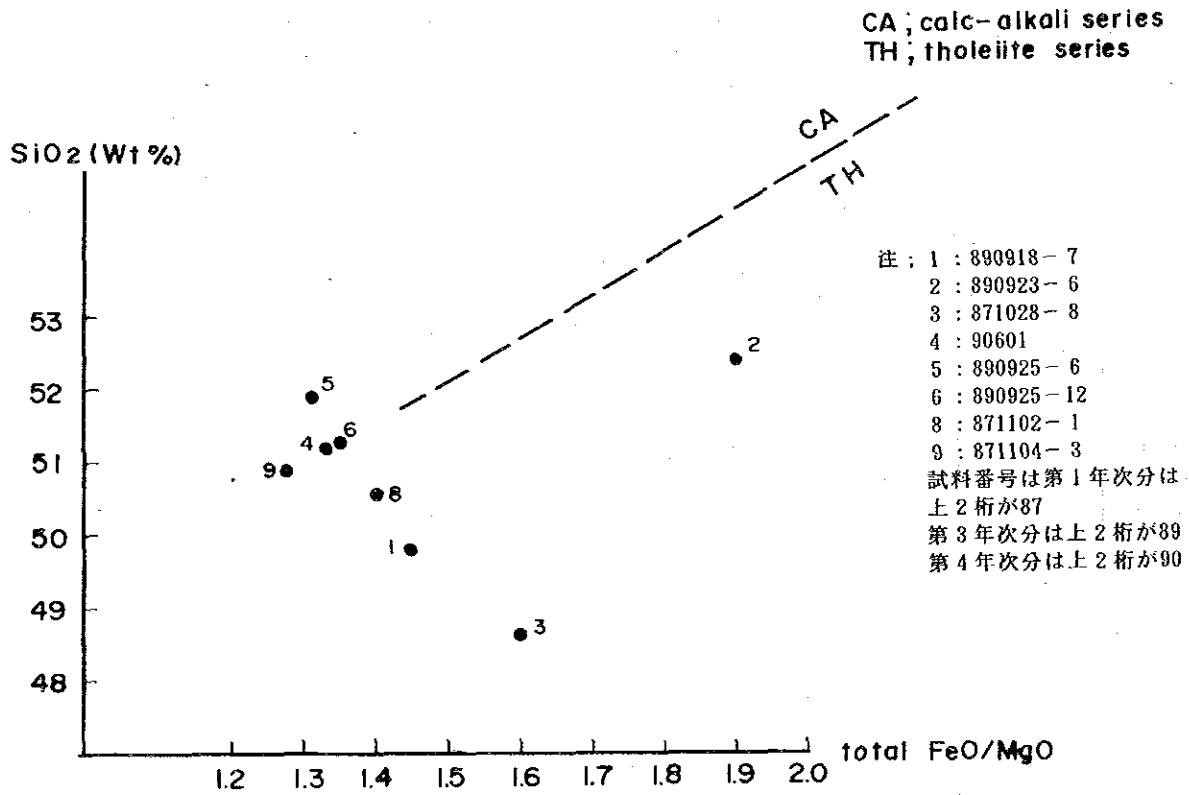
表II-1-2 玄武岩類全岩分析結果一覽

單位：%

SAMPLE No. 筒所 成分	871028-8	871102-1	871104-3	890918-7	890923-6	890925-6	890925-12	90601
	雷高 NE	岩崩嶺	錦和 SW	湛江 W	東海島	南光	大牛嶺	青峰林 (第4年次試料)
SiO ₂	48.63	50.58	50.84	49.82	52.42	51.81	51.25	51.17
TiO ₂	1.37	1.71	1.45	1.65	1.89	1.35	1.39	1.32
Al ₂ O ₃	14.88	15.31	14.60	15.19	16.99	15.38	14.75	15.12
Fe ₂ O ₃	0.45	1.25	0.75	1.14	0.95	1.01	1.00	2.55
FeO	10.41	7.80	9.33	10.24	8.54	9.11	8.99	7.49
MnO	0.42	0.18	0.22	0.29	0.13	0.14	0.14	0.13
MgO	6.78	6.45	7.89	7.83	4.99	7.68	7.38	7.57
CaO	6.57	6.50	6.63	8.51	8.53	8.45	10.30	8.50
Na ₂ O	2.55	3.18	2.59	3.20	3.88	2.98	2.83	3.25
K ₂ O	0.67	1.61	0.79	1.40	1.82	0.75	0.52	1.00
P ₂ O ₅	0.18	0.34	0.20	0.48	0.57	0.31	0.34	0.12
H ₂ O	1.09	0.52	0.45	0.50	0.18	0.74	0.27	0.40
CO ₂	1.42	0.25	0.12	-	-	-	-	-
LOI	-	-	-	0.51	< 0.01	0.60	1.47	< 0.01
Total	95.51	95.63	95.86	100.90	100.98	100.33	100.67	98.63
H ₂ O	-	-	-	0.22	0.06	0.43	0.20	0.13
Total FeO/MgO	1.61	1.38	1.27	1.45	1.90	1.32	1.35	1.33
Na ₂ O+K ₂ O	3.22	4.79	3.38	4.60	5.70	3.73	3.35	4.25



図II-1-6 玄武岩類のTiO₂-Al₂O₃ 図



(破線は, A.MIYASHIRO et, al, 1975による)

図II-1-7 玄武岩類のSiO₂-全 FeO/MgO 図

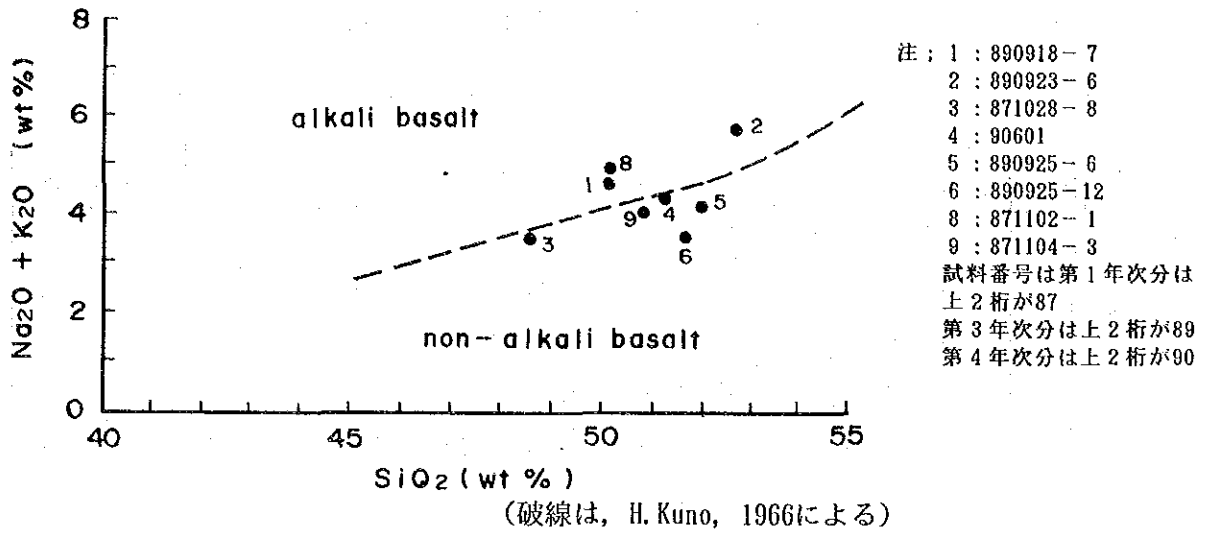


図 II - 1 - 8 玄武岩類のNa₂O + K₂O-SiO₂図

ラテライト性土壤中
 イルメナイト含有量(g/T)

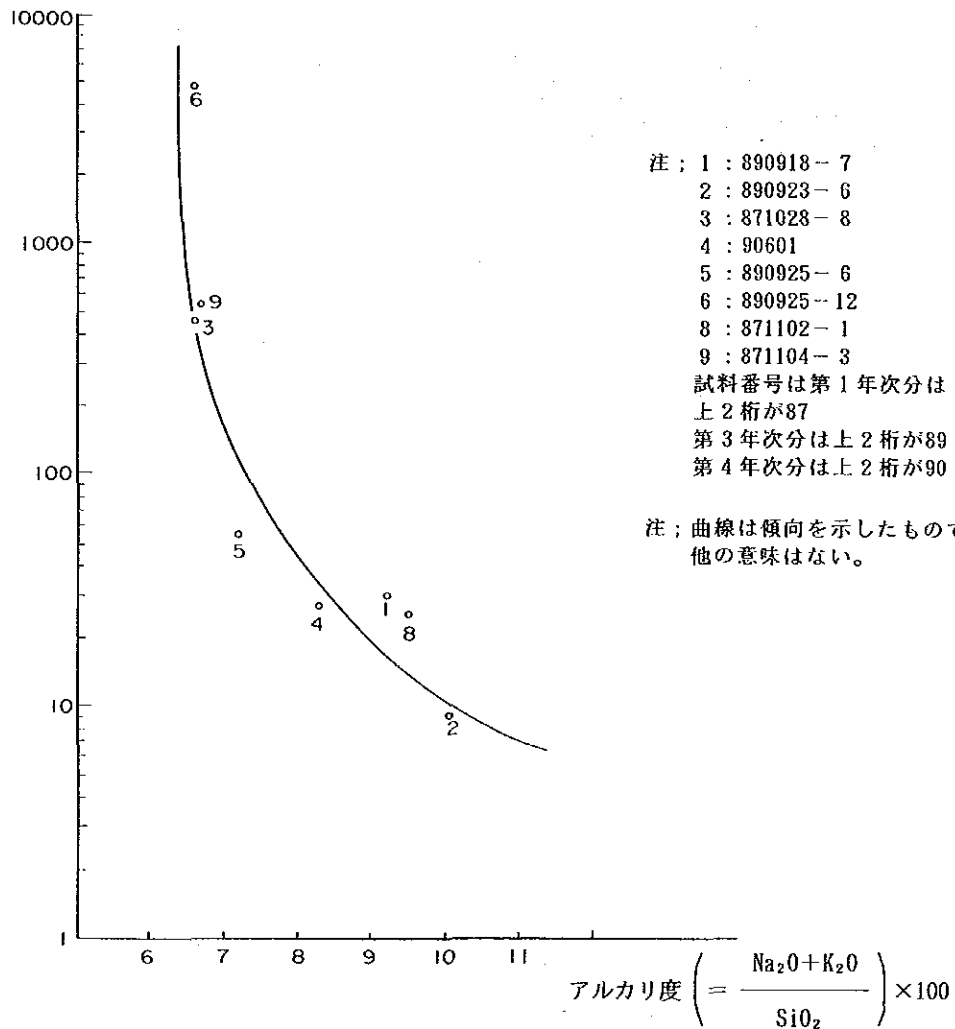


図 II - 1 - 9 ラテライト性土壤中のイルメナイト含有量-アルカリ度関係図

表II-1-3 U-Th 法年代測定結果一覧

SAMPLE No. (箇所)	同位体比注			測定年令	備考 (試料中 U, Th 量ppm)
	$\frac{^{230}\text{Th}}{^{232}\text{Th}}$	$\frac{^{238}\text{U}}{^{232}\text{Th}}$	$\frac{^{234}\text{U}}{^{238}\text{U}}$		
90501 (錦和)	0.52±0.07	0.36±0.06	1.04±0.21	>300,000	U 0.45 Th 1.96
	1.34±0.12	1.02±0.10	1.08±0.10		
	1.09±0.15	0.81±0.11	1.22±0.15		
90502 (石崩嶺)	0.41±0.05	0.46±0.06	1.04±0.14	124,000	U 0.64 Th 3.32
	0.48±0.06	0.53±0.08	0.96±0.12		
	0.58±0.06	0.53±0.06	1.17±0.14		
90503 (大牛嶺)	0.97±0.13	0.70±0.08	1.01±0.16	< 5,000	U 0.41 Th 1.41
	0.69±0.01	1.02±0.10	0.86±0.10		
	0.86±0.11	1.08±0.12	0.94±0.14		
90504 (雷高)	0.47±0.07	1.18±0.11	0.82±0.15	< 5,000	U 0.49 Th 1.40
	1.28±0.15	0.50±0.06	1.24±0.15		
	0.64±0.09	0.80±0.12	1.26±0.18		

注：各欄とも溶解相，不溶解相，全溶解相の順に記載。

表II-1-4 玄武岩類特性一覽

箇所 (Sample No.)	人工重砂分析 (%)					全岩分析 (%)						絶対年代 ※印 第4年次分析	顕微鏡結果 (%)				7777仕性土壌重砂分析 (g/T)				磁歪 ($\times 10^{-3}$ S. I. U)	ラテライト 性土壌
	I ♪	Zr	Ma	TiO ₂	Na ₂ O+K ₂ O (7検別度)	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MgO	olivine		pyroxene	glass	I ♪	Zr	Ma	岩石	磁歪 ($\times 10^{-3}$ S. I. U)			
① 港江 W (890918-1-7)	0.0033	-	0.03	1.65	4.60 (0.0923)	8.51	49.82	15.19	11.38	7.83	29,000 ±10,000	10	35	-	30	26	17	1~4	1~2			
② 東海島 (890923-1-7)	-	-	0.15	1.89	5.70 (0.1087)	8.53	52.42	16.99	9.49	4.99	715,000 ±27,000	8	20	-	9	11	53	0.5~2	0.5~10			
③ 雲高 (871028-8, 90111, 90504)	-	-	1~2	1.37	3.22 (0.0662)	6.57	48.63	14.88	10.86	6.78	5,000以下※	5	26	10	453	22	158	0.9				
④ 青峰林 (90601, 90114)	-	-	-	1.32	4.25 (0.0831)	8.50	51.17	15.12	10.04	7.57		3	28	10	27	1	79	<2				
⑤ 南光 (890925-1-6)	0.01		0.07	1.35	3.73 (0.0720)	8.45	51.81	15.38	10.12	7.68		10	30 (augite)	-	54	2	248	1.3	1~4.5			
⑥ 大牛岭 (890925-7-12 90503)	0.13		0.13	1.39	3.35 (0.0654)	10.30	51.25	14.75	9.99	7.36	5,000以下※	1~2	48 (augite)	3	4,787	15	1,371	2	1~7			
⑦ 網風 SE (871029-8, 90106)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		5	30	8	108	4	35	3.9				
⑧ 石柑岭 (871102-1, 90105, 90502)	0.0024	-	1	1.71	4.79 (0.0947)	6.50	50.58	15.31	9.05	6.45	124,000※	5	38	-	25	2	13	<7				
⑨ 綿和 (871104-3, 90103, 90501)	-	-	1~2	1.45	3.38 (0.0665)	6.63	50.84	14.60	10.08	7.89	300,000以上※	7	15	5	516	9	130	0.9~1.6	0.1~3			
⑩ 教家 (90115)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	278	35	33					

注・第1~4年次データを適用してまとめる。
 ・絶対年代測定は東海島試料はR-R法、ほかはU-Th法による。

$$\text{全岩分析 } \frac{\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}}{\text{SiO}_2} \text{ () 内はアルカリ度を示す。}$$

ある(図Ⅱ-1-7)。これら3個所のアルカリ岩は TiO_2/Al_2O_3 比率でみると TiO_2 に富んでおり海洋性玄武岩の性質をもっている(図Ⅱ-1-6)。10箇所の玄武岩類の特性をまとめたものを表Ⅱ-1-4に示す。

ハ) 今年度の同位体絶対年代測定結果は表Ⅱ-1-3に示したとおり5,000年前, 124,000年前ならびに300,000年前であった。これまでに明らかとなっている年代測定データも含めて, 噴出時期を整理すると次のようになる。(①~⑨は, 玄武岩類特性をまとめた表Ⅱ-1-4の番号に対応する)。

<5,000年前 ⑥大牛嶺③雷高

29,000年前 ①湛江西

124,000年前 ⑧石崩嶺

20~35万年前 ④青峰林⑤南光⑦調風南東(中国側データによる)

300,000年前 ⑨錦和

715,000年前 ②東海島

ニ) これらの玄武岩類の風化によって形成されたラテライト土壌中の重鉍物含有量は表Ⅱ-1-4にみられるとおりで, イルメナイトについて大牛嶺の玄武岩が極立って高く, 雷高, 錦和の玄武岩がこれに次ぐ。玄武岩類のジルコン含有量は極めてわずかである。

ホ) 検討の結果, ラテライト性土壌中のイルメナイト含有量の多寡は玄武岩類のアルカリ度と関係があるということがわかった。すなわち $(K_2O+Na_2O)/SiO_2$ でアルカリ度を表わしこれとラテライト土壌中の含有量との関係をグラフに表わすとききれいな右下りの曲線になるので, イルメナイトはアルカリ度の小さい玄武岩に多く含まれていると言える(図Ⅱ-1-9)。

ハ) このような低アルカリ玄武岩類は⑥大牛嶺③雷高⑨錦和付近に分布している。これらの絶対年代測定結果はそれぞれ<5,000年, <5,000年, 300,000年となっているので, 特定の時期に噴出したものだけが低アルカリ玄武岩であったというわけではない。

ト) 玄武岩類が岩相変化に富んでいることから, 低アルカリ玄武岩類は上記のほかにも賦存している可能性がある。こうした低アルカリ玄武岩類が東里地区の重砂鉍床のイルメナイトの起源となっていたものと考えられる。

(3) Q₂層

Q₂層はアルコーズ質の中粒~粗粒砂より, また白色の石英円礫(0.5~5cm)を含み, 淘汰は不良である。本層を構成するアルコーズ質の物質がどこに由来するのか明らかではない。また本層の上部は削剝を受けており, 従ってその層厚は削剝の度合によって極めて変化に富む。

東里地区のQ₂層の大きな特徴はイルメナイト, ジルコンをはじめモナザイト, ゼノタイムなどの重鉍物を相当量含んでいることである。本年度の調査で採取した試料11箇の重砂分析結果を表Ⅱ-1-6に示す。これによれば重鉍物含有量の平均値はイルメナイト572.6g/t, ジルコン326.8g/t, モナザイト26.2g/t, ゼノタイム12.9g/tである。また同じくQ₂層に関する中国側の

重砂分析結果を表Ⅱ-1-7に示してあるが、このうち東里地区のQ₂層の試料7箇の重鉍物含有量の平均値はイルメナイト8,493.7g/t、ジルコン1,463.3g/t、モザナイト130.47g/t、ゼノタイム14.6g/tとなっている。これらの分析結果をみると、このQ₂層が沿岸部に分布するQ₄層に胚胎している重砂鉍床の一部の重鉍物の起源として十分な量に達する重鉍物を含有していることがわかる。

(4) Q₄層

当地域のQ₄層は中粒ないし細粒の海成～風成層で海岸沿いに広く分布する。

東里地区の重砂鉍床は主としてこのQ₄層に胚胎する。

(5) 解析結果の考察

i) 東里地区の鉍床はイルメナイト、ジルコンの濃集したものでルチルの含有量も高い。またわずかではあるがモナザイトおよびゼノタイムをも含む。

ii) この付近に分布する岩石は玄武岩類ならびにQ₂層である。

iii) 玄武岩類は噴出時代、鉍物組成、化学組成その他の点で異なる多くの岩体から成っている。 $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / \text{SiO}_2$ でアルカリ度を表すとこれらの玄武岩類の中ではアルカリ度の低い玄武岩ほどイルメナイトに富む。特に大牛嶺に位置する岩体は全試料中、最も低アルカリでイルメナイト含有量が極立って高い。このように玄武岩類の重鉍物含有量分析結果から玄武岩類の中にはイルメナイトの起源となりうるものが存在することが明らかになった。

iv) Q₂層は現在では分布に限りがあるように見えるが、層厚の変化が著しいことからみて、このQ₂層が陸化した時に受けた侵食量は小さくなかったものとみられる。その際にこの地層から供給された物質はQ₄層中に混入集積したと考えられ、重鉍物が濃集する条件が生ずればそこに鉍床を形成した可能性がある。

実際Q₂層の重鉍物含有量は高く、イルメナイト、ジルコンはもとよりモナザイト、ゼノタイムの起源となっていたものと考えられる。

v) 以上により東里地区の重鉍物の起源は一部の玄武岩類ならびにQ₂層に求めるのが適當である。

1.3.2 陽江及び湛江地区

(1) ラテライト性土壤中の重鋳物の含有量及び重量比

陽江及び湛江地区の後背地の地質母体は先カンブリア時代堆積岩類 (Z), カンブリア系片麻岩・混合岩類 (C), カレドニア期混合花崗岩類 (γ_3), 燕山期花崗岩類 (γ_5), 第三紀～白堊系堆積岩類 (T), Q_2 層及び玄武岩類 (Ba) (以下一部は記号表示) から成るがこれらの風化残留生成物であるラテライト性土壤 (Q_2 層は砂層) の重砂分析値を示した (表 II-1-5, 6, 7)。これらにあわせて, 各地質母体の平均値を表 II-1-8 に掲げた。

これらの分析値を用いて, イルメナイト (Iℓ), ジルコン (Zr), モナザイト+ゼノタイム (Mz + Xe) の重量比を求め (表 II-1-9, 10), これを三角ダイアグラムに図示した (図 II-1-10)。

ここで解析に利用したラテライト性土壤試料は, 陽江, 湛江及び東里地区にまたがっており, 本年度採取した 100箇所のほかに前年度までに採取した 29箇所及び中国側提供データの一部 (28箇所) を含めて, 合計 157箇所 で採取したものである。

図 II-1-10 を地質母体別にまとめたものが図 II-1-12(1), 12(2) である。この結果をみれば, 地質母体別に重鋳物の重量比構成には大きな差異があることが明らかであり, これによれば, C, γ_3 , Q_2 層がモナザイト, ゼノタイム, ジルコンに富み, これと対照的に γ_5 , Ba はジルコン, イルメナイトに富むが, モナザイト, ゼノタイムに乏しい傾向があることを読みとることができる。

C はイルメナイト比率が低く, モナザイト+ゼノタイム重量比の高い領域に比較的にとまっている。また, Ba はイルメナイト重量比の高い領域に限定されている。

Q_2 層がイルメナイト, ジルコンに富むことも本年度の調査結果はじめて明らかになったが, モナザイト, ゼノタイムも相当量含有していることは注目される。

表Ⅱ-1-5 第2, 3年次ラテライト性土壌試料重砂分析値

SAMPLE No	地質母体	ILMENITE g/T	ZIRCON g/T	RUTILE g/T	MONAZITE g/T	XENOTIME g/T	MAGNETITE g/T
880819-1	C	101	156	5	74	15	19
880823-14	C	279	302	5	148	17	4
880823-10	C	9	192	1	79	25	2
880826-5	C	27	208	0	2	1	9
880830-1	C	8	120	1	36	2	1
880918-1	C	5	59	1	45	9	1
880826-1	γ_3	1	18	1	1	1	61
880830-4	γ_3	134	257	1	65	34	1
880901-7	γ_3	4	23	1	8	1	1
880823-13	γ_5	829	193	1	24	4	7843
880825-1	γ_5	1	169	5	1	1	8260
880829-4	γ_5	359	253	1	0	0	2664
880827-3	C	6	60	1	38	4	1
880908-1	C	2	178	1	53	3	100
890926-2	C	71	196	1	246	15	1
890929-8	C	3	337	1	1	1	397
890928-3	C	293	121	1	1	1	225
880906-5	γ_3	1178	187	40	66	60	2
890919-4	γ_3	38	9	1	74	6	1
890920-4	γ_3	228	52	7	29	18	1
890919-8	γ_3	1	3	8	4	2	1
891010-1	γ_5	47	100	3	1	1	806
880908-5	γ_5	457	19	2	1	1	403
880914-4	γ_5	983	11	1	49	1	952
890929-2	γ_5	1	178	1	1	1	304
890918-2	Ba	30	26	3	5	1	17
890923-2	Ba	9	11	5	1	1	53
890925-2	Ba	54	2	1	1	0	248
890925-8	Ba	4787	15	1	2	1	1371

注1. 第3年次の垂直変化の調査箇所は中間位置(B層相当)の値を使用する。

注2. <1g/Tは1g/Tに含める。

表 II - 1 - 6 第 4 年次ラテライト性土壤試料重砂分析値

SAMPLE No.	WEIGHT		ILMENITE		ZIRCON		RUTILE		MONAZITE		XENOTIME		MAGNETITE	
	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T
90101	18500	6.674	361	0.828	45	0.162	9	0.043	2	0.021	1	0.722	39	
90102	21000	27.492	1309	0.688	33	0.289	14	0.008	< 1	0.005	< 1	3.107	148	
90103	18200	9.387	516	0.171	9	0.054	3	0.006	< 1	0.002	< 1	2.358	130	
90104	18500	16.295	881	0.285	15	0.021	1	0.018	< 1	0.003	< 1	13.080	707	
90105	13000	0.320	25	0.020	2	0	0	0	0	0	0	0.162	13	
90106	18800	2.053	109	0.080	4	0.015	< 1	0.001	< 1	0.001	< 1	0.675	35	
90107	15400	6.437	418	0.476	31	0.188	12	0.023	< 1	0.002	< 1	0.280	18	
90108	20000	1.536	77	0.029	2	0.001	< 1	0.003	< 1	0.002	< 1	0.470	24	
90109	17800	4.806	270	0.211	12	0.001	< 1	0.016	1	0.003	< 1	0.570	32	
90110	19000	2.005	106	0.440	23	0.032	2	0.006	< 1	0.002	< 1	0.468	25	
90111	17700	8.018	453	0.388	22	0.059	3	0.009	< 1	0.010	< 1	2.803	158	
90112	20000	0.874	44	0.798	40	0.141	7	0.002	< 1	0.002	< 1	0.850	43	
90113	17500	0.712	41	0.162	9	0.004	< 1	0.004	< 1	0.001	< 1	0.260	15	
90114	16500	0.445	27	0.018	1	< 0.001	< 1	< 0.001	< 1	0	0	1.304	79	
90115	16500	4.594	278	0.578	35	0.066	4	0.021	1	0.018	1	0.549	33	
90155	18700	5.183	277	1.779	95	0.130	7	0.135	7	0.065	4	1.460	78	
90156	20000	4.875	244	2.855	143	0.888	44	0.333	17	0.144	7	0.556	28	

玄武岩類 (Ba)

表 II - 1 - 6 第 4 年次ラテライト性土壤試料重砂分析値 (つづき)

SAMPLE No.	WEIGHT		ILMENITE		ZIRCON		RUTILE		MONAZITE		XENOTIME		MAGNETITE	
	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T

Q₂ 層 (試料は主に砂層)

90702	19500	3.700	190	2.712	139	0.584	29	0.048	3	0.077	4	0.048	3
90703	21000	1.371	65	4.148	198	1.008	48	0.150	7	0.041	2	0.067	3
90704	17000	25.580	1502	11.151	656	1.027	60	0.456	27	0.472	28	0.150	9
90705	17800	11.099	624	4.812	270	0.291	16	0.213	12	0.117	7	0.080	5
90706	13900	7.185	517	6.075	437	0.706	51	0.146	11	0.132	10	0.055	4
90707	21500	9.768	454	3.962	184	0.343	16	0.300	14	0.185	9	0.330	15
90708	17500	4.455	255	1.421	81	0.273	16	0.284	15	0.007	< 1	0.238	14
90709	14200	5.433	383	3.311	233	0.720	51	1.203	85	0.342	24	0.126	9
90710	17500	18.399	1051	8.302	474	1.323	76	0.541	31	0.450	26	0.390	22
90711	16700	6.128	367	4.424	265	0.320	19	0.715	43	0.173	10	0.015	1
90712	21800	19.425	891	14.348	658	0.936	43	0.979	45	0.460	21	0.090	4

Q₄ 層 (試料は砂層)

90701	20700	104.680	5057	22.340	1079	11.044	534	0.816	39	0.136	7	1.708	36
-------	-------	---------	------	--------	------	--------	-----	-------	----	-------	---	-------	----

表 II - 1 - 6 第 4 年次ラテライト性土壤試料重砂分析値 (つづき)

SAMPLE No.	WEIGHT		ILMENITE		ZIRCON		RUTILE		MONAZITE		XENOTIME		MAGNETITE	
	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T
90116	19000	11.010	580	0.582	81	0.036	2	0.682	36	0.004	< 1	4.540	239	
90117	19000	2.361	124	1.838	97	0.672	35	0.260	14	0.070	4	3.960	208	
90128	19000	0.217	11	0.722	38	0.042	2	0.017	< 1	0.010	< 1	3.248	171	
90133-1~5	88900	38.617	434	37.595	423	4.400	50	0.087	1	0.001	< 1	4.268	48	
90134	19000	< 0.001	< 1	4.231	223	0.371	20	< 0.001	< 1	0.001	< 1	26.999	1421	
90135	20200	4.067	201	0.390	19	0.001	< 1	1.159	57	0.015	< 1	0.981	49	
90137	21700	2.771	128	0.331	15	0.051	2	0.017	< 1	0.009	< 1	0.036	2	
90138	21700	8.324	384	4.831	223	0.367	17	0.219	10	0.020	< 1	0.114	5	
90157	21500	0.488	23	1.744	81	0.096	5	0.014	1	0.005	< 1	0.130	6	
90158	16500	12.404	752	4.200	255	0.373	23	0.045	3	0.014	1	12.635	766	
90159	18000	5.406	300	1.270	71	0.025	1	0.001	< 1	0	0	1.161	65	
90160	18800	20.853	1109	11.095	590	< 0.001	< 1	0.001	< 1	0	0	95.013	5053	
90161	19000	126.032	6633	21.549	1134	0.020	1	0.020	1	0.001	< 1	480.984	25315	
90162	24500	15.468	631	13.131	536	0.481	20	1.369	56	1.251	51	4.110	168	
90197	20000	0.486	24	0.718	36	0.068	3	0.136	7	0.009	< 1	15.208	760	

燕山期花崗岩類 (γ_s)

表 II - 1 - 6 第 4 年次ラテライト性土壌試料重砂分析値 (つづき)

SAMPLE No.	WEIGHT		ILMENITE		ZIRCON		RUTILE		MONAZITE		XENOTIME		MAGNETITE	
	g		g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T
90118	17600		0.226	13	0.057	3	0.003	< 1	0.949	54	0.008	< 1	0.020	1
90119	14500		0.945	65	0.087	6	0.001	< 1	0.918	63	0.010	1	0.030	2
90123	18000		0.030	2	0.228	13	0.010	1	0.001	< 1	0.002	< 1	0.080	4
90124	17500		3.410	195	5.037	288	0.138	8	0.931	53	0.329	19	0.990	57
90126	19000		3.151	166	1.078	57	0.203	11	0.240	13	0.117	6	0.153	8
90127	17000		3.171	187	0.340	20	0.141	8	0.209	12	0.143	8	0.105	6
90129	17000		3.234	190	0.108	6	0.001	< 1	0.059	4	0.060	4	0.060	4
90170	22400		0.342	15	1.148	51	0.026	1	1.243	56	0.003	< 1	0.090	4
90171	18000		0.121	7	0.427	24	0.013	< 1	0.134	7	0.095	< 1	0.180	10
90173	16500		3.418	207	2.774	168	0.057	4	0.521	32	0.036	2	0.118	7
90174	18000		6.725	374	3.108	173	0.121	7	0.874	49	0.213	12	0.020	1
90183-1~5	87200		0.118	1	0.580	7	0.864	10	0.095	1	0.012	< 1	0.130	2
90188	21500		0.021	< 1	0.105	5	0.020	< 1	0.057	3	0.033	4	0.020	< 1
90189	21800		0.114	5	0.306	14	0.012	< 1	0.095	4	0.047	2	0.120	6
90195	25000		1.117	45	5.606	224	0.086	3	0.065	3	0.001	< 1	53.250	2130
90196	25000		1.944	78	1.794	72	0.046	2	1.805	72	0.199	8	2.349	94

カレドニア期混合花崗岩類 (γ₃)

表 II - 1 - 6 第 4 年次ラテライト性土壤試料重砂分析値 (つづき)

SAMPLE No	WEIGHT		ILMENITE		ZIRCON		RUTILE		MONAZITE		XENOTIME		MAGNETITE	
	g	g	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T
90139	20500	12.469	608	2.446	119	0.024	1	1.989	97	0.686	31	0.100	5	
90140	18000	0.371	21	2.523	140	0.033	2	0.918	51	0.361	20	0.387	22	
90151	16900	1.922	114	3.247	192	0.106	6	0.041	2	0.016	1	0.010	1	
90152	15000	0.657	44	1.183	79	0.001	< 1	0.026	2	0.013	1	0.070	5	
90153	14300	0.339	24	0.804	56	0.001	< 1	0.162	11	0.042	3	0.040	3	
90154	21400	7.222	338	4.339	203	0.001	< 1	0.001	< 1	0	0	24.805	1159	
90163	19000	0.205	11	1.939	102	0.004	< 1	0.708	37	0.460	24	0.001	< 1	
90164-1~5	89500	0.477	5	15.550	174	0.002	< 1	0.133	2	0.045	1	0.120	1	
90165	19000	0.949	50	6.514	343	0.006	< 1	1.437	76	0.331	17	0.312	16	
90166	17000	10.312	607	8.036	473	0.266	16	0.751	44	0.579	34	0.189	11	
90167	21300	1.368	64	6.138	288	0.268	13	0.559	26	0.129	6	0.368	17	
90168	17500	0.689	39	5.915	338	0.034	2	1.274	73	0.914	52	0.706	40	
90169	17000	0.235	14	1.485	87	0.040	2	0.753	44	0.002	< 1	0.240	14	
90172	18000	32.509	1806	7.485	416	0.858	48	0.532	30	0.187	10	0.133	7	
90175	17500	0.323	19	0.692	40	1.118	64	0.228	13	0.561	32	0.093	6	
90176	19500	14.388	738	3.405	175	1.073	55	0.617	32	0.912	47	2.529	130	

カンブリア系片麻岩・混合岩類 (C)

表 II - 1 - 6 第 4 年次ラテライト性土壌試料重砂分析値 (つづき)

SAMPLE No.	WEIGHT		ILMENITE		ZIRCON		RUTILE		MONAZITE		XENOTIME		MAGNETITE	
	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T
90177	18500	1.088	59	3.465	187	0.305	17	2.503	135	0.442	24	0.198	11	
90178	20500	0.711	35	3.109	152	4.465	218	1.248	61	0.534	26	0.441	22	
90179	15000	0.050	3	0.232	16	0.070	5	0.099	7	0.027	2	0.016	1	
90180	17500	0.319	18	3.554	203	0.462	26	1.311	75	0.090	5	0.247	14	
90181	22000	0.112	5	2.328	106	0.138	6	1.356	62	0.117	5	0.100	5	
90182	22200	0.871	39	6.520	294	1.051	47	2.134	96	0.165	7	0.030	1	
90184	14700	0.020	1	2.880	196	0.052	4	2.538	173	0.760	52	0.130	9	
90185-1~5	102600	2.472	24	34.800	339	0.001	< 1	76.293	744	0.073	1	0.314	3	
90186	21500	0.917	43	1.900	88	0.010	< 1	2.843	132	0.041	2	0.010	< 1	
90187	21500	1.998	93	6.080	283	0.036	2	0.522	24	0.124	6	0.152	7	
90190	20600	0.329	16	1.321	93	0.001	< 1	1.324	89	0.252	12	0.288	14	
90191	20400	0.102	5	1.830	90	0.021	1	0.261	13	0.020	< 1	0.144	7	
90192	18500	6.404	346	1.649	89	0.017	< 1	0.224	12	0.021	1	2.840	154	
90193	19000	0.276	15	2.617	138	0.001	< 1	2.813	148	1.116	59	0.120	6	
90194	19000	0.334	49	4.215	222	0.450	24	1.495	79	0.262	14	0.080	4	
90198	20500	0.708	35	3.722	182	0.058	3	3.333	163	0.025	1	0.120	6	

カンブリア系片麻岩・混合岩類 (C)

表 II - 1 - 6 第 4 年次ラテライト性土壤試料重砂分析値 (つづき)

SAMPLE No	WEIGHT g	ILMENITE		ZIRCON		RUTILE		MONAZITE		XENOTIME		MAGNETITE	
		g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T

先カンブリア時代 (震旦紀) 堆積岩類 (Z)

90120	19400	2.210	114	0.902	47	0.270	14	0.243	13	0.027	1	0.090	5
90121	16000	0.980	61	0.201	13	0.112	7	0.096	6	0.105	7	0.143	9
90122	22000	0.001	< 1	2.428	110	0	0	0.003	< 1	0	0	0.210	10
90125	18800	0.001	< 1	0.001	< 1	0.001	< 1	0.026	1	0.001	< 1	0.029	2
90130	16300	0.094	6	0.152	9	0.036	2	0.012	< 1	0.001	< 1	0.001	< 1
90131	17500	0.128	7	0.750	43	0.381	22	0.014	1	0.002	< 1	0.466	27
90132	18500	19.945	1078	0.054	3	0.199	11	0.023	1	0.005	< 1	0.048	3

第三紀～白亜紀堆積岩類 (T)

90136	23000	0.001	< 1	2.542	111	0.215	9	0.001	< 1	0.001	< 1	0	0
-------	-------	-------	-----	-------	-----	-------	---	-------	-----	-------	-----	---	---

表 II - 1 - 7 中国側採取第四紀層試料重砂分析値 (抜 粹)

Q₂ 層

SAMPLE No	採 試 地 点	MONAZITE g/T	ZIRCON g/T	XENOTIME g/T	ILMENITE g/T	RUTILE g/T
55	東塘村北東側 (東里地区)	16.67	183.33	5.55	8417.22	45
56	"	168.42	1726.30	31.56	10010.53	1403.16
57	"	114.28	1733.32	19.04	7599.05	1280.95
58	"	94.72	1221.04	21.04	6488.64	1034.74
59	"	238.09	2514.28	9.52	13122.86	1863.81
62-1	后村仔東50M (東里地区)	224	2008	8	9880.4	1975.2
62-2	62点往東約40M (東里地区)	57.14	857.14	7.14	3937.14	565.71
316	東筒竜騰 (湛江地区)	2	102	1	73	4
	以下同	2	5	< 1	5	0.2
	"	0.6	10	< 1	2	2
	"	9	31	2	77	3
	"	0.36	4	< 1	5	0.9
	"	15	66	8	176	6
	"	1	47	< 1	112	8
	"	19	91	4	154	5
	"	0.8	8	< 1	18	0.3
	"	6	100	1	110	10
317	東筒北西 300M (湛江地区)	< 0.1	430	< 0.1	508	3
381	流水山基花 (湛江地区)	18	558	12	439	39
399	坡頭鎮大塩園北東 (湛江地区)	8	516	1.2	688	31
434	応大村東 100M沟边 (湛江地区)	93	845	14	2073	109
434	" "	64	229	23	996	33

Q₃ 層

359	南海鎮霸王井 (湛江地区)	102	1196	23	1717	555
403	乾塘鎮五甲附近 (湛江地区)	26	280	6	570	59
407	南三島下木渭南西 (湛江地区)	6	99	1	92	15
414	乾塘鎮西村南西側 (湛江地区)	78	748	19	2027	116
416	埕天后西 150M (湛江地区)	494	3514	150	6708	1152
446	南三島田頭村西 200M (湛江地区)	89	865	49	2148	76

表II-1-8 ラテライト性土壤重砂分析平均値

単位 g/T

地質母体 種類	採取年次 注1	箇所数	Ilmenite	Zircon	Rutile	Monazite	Xenotime	Magnetite
Z	B	7	181.1	32.3	8.1	3.4	1.6	8.1
	A	11	73.1	175.4	1.6	65.7	8.5	56.5
C	B	32	165.3	184.5	17.9	79.8	15.6	53.2
	C	43	141.7	182.0	13.7	76.2	13.7	54.1
	A	7	226.3	78.4	8.4	35.3	17.4	9.7
γ ₃	B	16	96.9	70.7	3.8	26.7	4.5	146.1
	C	23	136.3	73.0	5.2	29.3	8.4	104.6
	A	7	264.0	117.6	2.0	11.0	1.3	3033.1
γ ₅	B	15	755.7	251.5	12.2	12.7	4.4	2285.1
	C	22	599.2	208.9	9.0	12.2	3.4	2523.1
T	B	1	1	111	9	1	1	0
Q ₂ (砂層)	B	11	572.6	326.8	38.6	26.6	12.9	8.1
参考(中方)※ Q ₂ (砂層)	A	22	2949.6	603.9	382.9	52.4	7.9	
Q ₄ (砂層)	B	1	5057	1079	534	39	7	86
参考(中方)※ Q ₃	A	6	2210.3	1117.0	328.8	132.5	41.3	
	A	4	1220.0	13.5	2.5	2.3	0.8	422.3
Ba	B	17	319.8	30.6	6.5	2.3	1.4	94.4
	C	21	491.2	27.4	5.8	2.3	1.3	156.9

注1: A 第2・3年次平均

B 第4年次平均

C 第2～4年次平均

※: 参考(中方)データは東里, 東海島などで採取分析されたもの

表II-1-9 ラテライト性土壌試料の重鋇物重量比一覽

単位：%

SAMPLENo.	地質母体	I ℓ	Z γ	Mz+Xe
880819-1	C	29.2	45.1	25.7
880823-14	C	37.4	40.5	22.1
880823-10	C	3.0	63.0	34.0
880826-5	C	11.3	87.4	1.3
880830-1	C	4.8	72.3	22.9
880918-1	C	4.2	50.0	45.8
880826-1	γ ₃	4.8	85.7	9.5
880830-4	γ ₃	27.3	52.4	20.3
880901-7	γ ₃	11.1	63.9	25.0
880823-13	γ ₅	79.0	18.4	2.6
880825-1	γ ₅	0.6	98.3	1.1
880829-4	γ ₅	58.7	41.3	0
880827-3	C	5.6	55.6	38.8
880908-1	C	0.8	75.4	24.0
890926-2	C	11.3	31.2	57.5
890929-8	C	0.8	98.5	0.7
880928-3	C	70.4	29.1	0.5
880906-5	γ ₃	79.0	12.5	8.5
890919-4	γ ₃	29.9	7.0	63.1
890920-4	γ ₃	69.7	15.9	14.4
890919-8	γ ₃	10.0	30.0	60.0
891010-1	γ ₅	31.5	67.1	1.4
880908-5	γ ₅	95.6	4.0	0.4
880914-4	γ ₅	94.2	1.1	4.7
890929-2	γ ₅	0.5	98.3	1.2
890918-2	Ba	48.4	41.9	9.7
890923-2	Ba	40.9	50.0	9.1
890925-2	Ba	94.7	3.5	1.8
890925-8	Ba	99.6	0.3	0.1
90101	Ba	88.3	11.0	0.7
90102	Ba	97.4	2.5	0.1

SAMPLENo.	地質母体	I ℓ	Z γ	Mz+Xe
90103	Ba	97.9	1.7	0.4
90104	Ba	98.1	1.7	0.2
90105	Ba	92.6	7.4	0
90106	Ba	94.8	3.5	1.7
90107	Ba	92.7	6.9	0.4
90108	Ba	95.1	2.5	2.4
90109	Ba	95.1	4.2	0.7
90110	Ba	80.9	17.6	1.5
90111	Ba	95.0	4.6	0.4
90112	Ba	51.2	46.5	2.3
90113	Ba	78.8	17.3	3.9
90114	Ba	93.1	3.4	3.5
90115	Ba	88.3	11.1	0.6
90155	Ba	72.3	24.8	2.9
90156	Ba	59.4	34.8	5.8
90702	Q ₂	56.5	41.4	2.1
90703	Q ₂	23.9	72.8	3.3
90704	Q ₂	67.9	29.6	2.5
90705	Q ₂	68.3	29.6	2.1
90706	Q ₂	53.0	44.8	2.2
90707	Q ₂	68.7	27.8	3.5
90708	Q ₂	72.4	23.0	4.6
90709	Q ₂	52.8	32.1	15.1
90710	Q ₂	66.4	30.0	3.6
90711	Q ₂	53.6	38.7	7.7
90712	Q ₂	55.2	40.7	4.1
90701	Q ₃	81.8	17.5	0.7
90116	γ ₆	89.5	4.8	5.7
90117	γ ₆	51.9	40.6	7.5
90128	γ ₅	21.6	74.5	3.9
90133-1~5	γ ₅	50.5	49.2	0.3

表II-1-9 ラテライト性土壌試料の重鉍物重量比一覧 (つづき)

単位: %

SAMPLENo.	地質母体	I ℓ	Z γ	Mz+Xe	SAMPLENo.	地質母体	I ℓ	Z γ	Mz+Xe
90134	γ ₅	0.4	98.7	0.9	90153	€	25.5	59.6	14.9
90135	γ ₅	72.3	6.8	20.9	90154	€	62.4	37.5	0.1
90137	γ ₅	88.3	10.3	1.4	90163	€	6.3	58.6	35.1
90138	γ ₅	62.1	36.1	1.8	90164-1~5	€	2.7	95.6	1.7
90157	γ ₅	21.7	76.4	1.9	90165	€	10.3	70.6	19.1
90158	γ ₅	74.4	25.2	0.4	90166	€	52.4	40.8	6.8
90159	γ ₅	80.6	19.1	0.3	90167	€	16.7	75.0	8.5
90160	γ ₅	65.3	34.7	0	90168	€	7.8	67.3	24.9
90161	γ ₅	85.4	14.6	0	90169	€	9.6	59.6	30.8
90162	γ ₅	49.5	42.1	8.4	90172	€	79.8	18.3	1.9
90197	γ ₅	35.3	52.9	11.8	90175	€	18.3	38.5	43.2
90118	γ ₃	18.3	4.2	77.6	90176	€	74.4	17.6	8.0
90119	γ ₃	48.1	4.4	47.5	90177	€	14.6	46.2	39.2
90123	γ ₃	11.8	76.5	11.7	90178	€	12.8	55.5	31.7
90124	γ ₃	35.1	51.9	13.0	90179	€	10.7	57.1	32.2
90126	γ ₃	68.6	23.6	7.8	90180	€	6.0	67.4	26.6
90127	γ ₃	82.4	8.8	8.8	90181	€	2.8	59.6	37.6
90129	γ ₃	96.0	3.0	1.0	90182	€	8.9	67.4	23.7
90170	γ ₃	12.2	41.5	46.3	90184	€	2.6	46.4	51.0
90171	γ ₃	17.9	61.5	20.6	90185-1~5	€	2.2	30.6	67.2
90173	γ ₃	50.6	41.1	8.3	90186	€	16.2	33.1	50.7
90174	γ ₃	61.5	28.5	10.0	90187	€	22.9	69.7	7.4
90183-1~5	γ ₃	10.0	70.0	20.0	90190	€	7.6	44.3	48.1
90188	γ ₃	7.7	38.5	53.8	90191	€	4.6	82.6	12.8
90189	γ ₃	20.0	56.0	24.0	90192	€	77.2	19.9	2.9
90195	γ ₃	16.5	82.1	1.4	90193	€	4.2	38.3	57.5
90196	γ ₃	33.9	31.3	34.8	90194	€	13.5	61.0	25.5
90139	€	71.1	13.9	15.0	90198	€	9.2	47.8	43.0
90140	€	9.1	60.3	30.6	90120	Z	65.1	26.9	8.0
90151	€	36.9	62.1	1.0	90121	Z	70.1	14.9	15.0
90152	€	34.9	62.7	2.4	90122	Z	0.9	98.2	0.9

表II-1-9 ラテライト性土壌試料の重鉍物重量比一覧 (つづき)

単位: %

SAMPLE No	地質母体	I ℓ	Z γ	Mz+Xe
90125	Z	25.0	25.0	50.0
90130	Z	35.3	52.9	11.8
90131	Z	13.5	82.7	3.8
90132	Z	99.5	0.3	0.2
90136	T	0.9	97.4	1.7
中方 55	Q ₂	97.6	2.1	0.3
中方 56	Q ₂	83.9	14.5	1.6
中方 57	Q ₂	80.3	18.3	1.4
中方 58	Q ₂	82.9	15.6	1.5
中方 59	Q ₂	82.6	15.8	1.6
中方 62-1	Q ₂	81.5	16.6	1.9
中方 62-2	Q ₂	81.0	17.6	1.4
中方 316-1	Q ₂	41.0	57.3	1.7
中方 316-2	Q ₂	38.5	38.5	23.0
中方 316-3	Q ₂	14.3	71.4	14.3
中方 316-4	Q ₂	64.7	26.1	9.2
中方 316-5	Q ₂	45.5	36.4	18.1

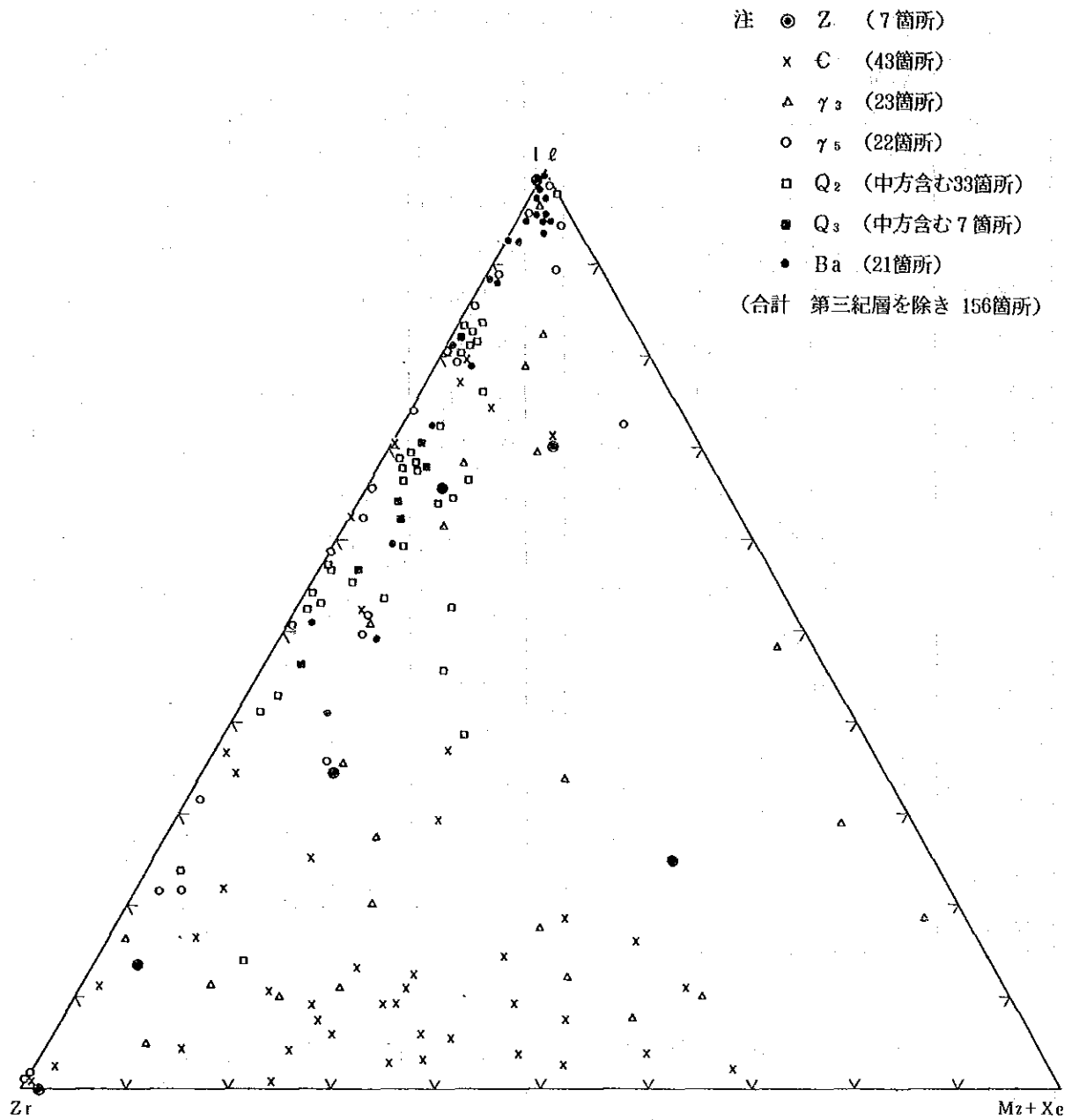
SAMPLE No	地質母体	I ℓ	Z γ	Mz+Xe
中方 316-6	Q ₂	66.4	24.9	8.7
中方 316-7	Q ₂	69.6	29.2	1.2
中方 316-8	Q ₂	59.0	34.0	7.0
中方 316-9	Q ₂	64.3	28.6	7.1
中方 316-10	Q ₂	52.4	47.6	0
中方 317	Q ₂	54.2	45.8	0
中方 381	Q ₂	42.7	54.3	3.0
中方 399	Q ₂	57.1	42.9	0
中方 434-1	Q ₂	68.5	27.9	3.6
中方 434-2	Q ₂	75.9	17.5	7.6
中方 359	Q ₃	56.5	39.4	4.1
中方 403	Q ₃	64.6	31.7	3.3
中方 407	Q ₃	46.5	50.0	3.5
中方 414	Q ₃	70.6	26.0	3.4
中方 416	Q ₃	61.7	32.3	6.0
中方 446	Q ₃	68.2	27.5	4.3

表II-1-10 ラテライト性土壌試料の重鉍物重量比 (地質母体別平均値)

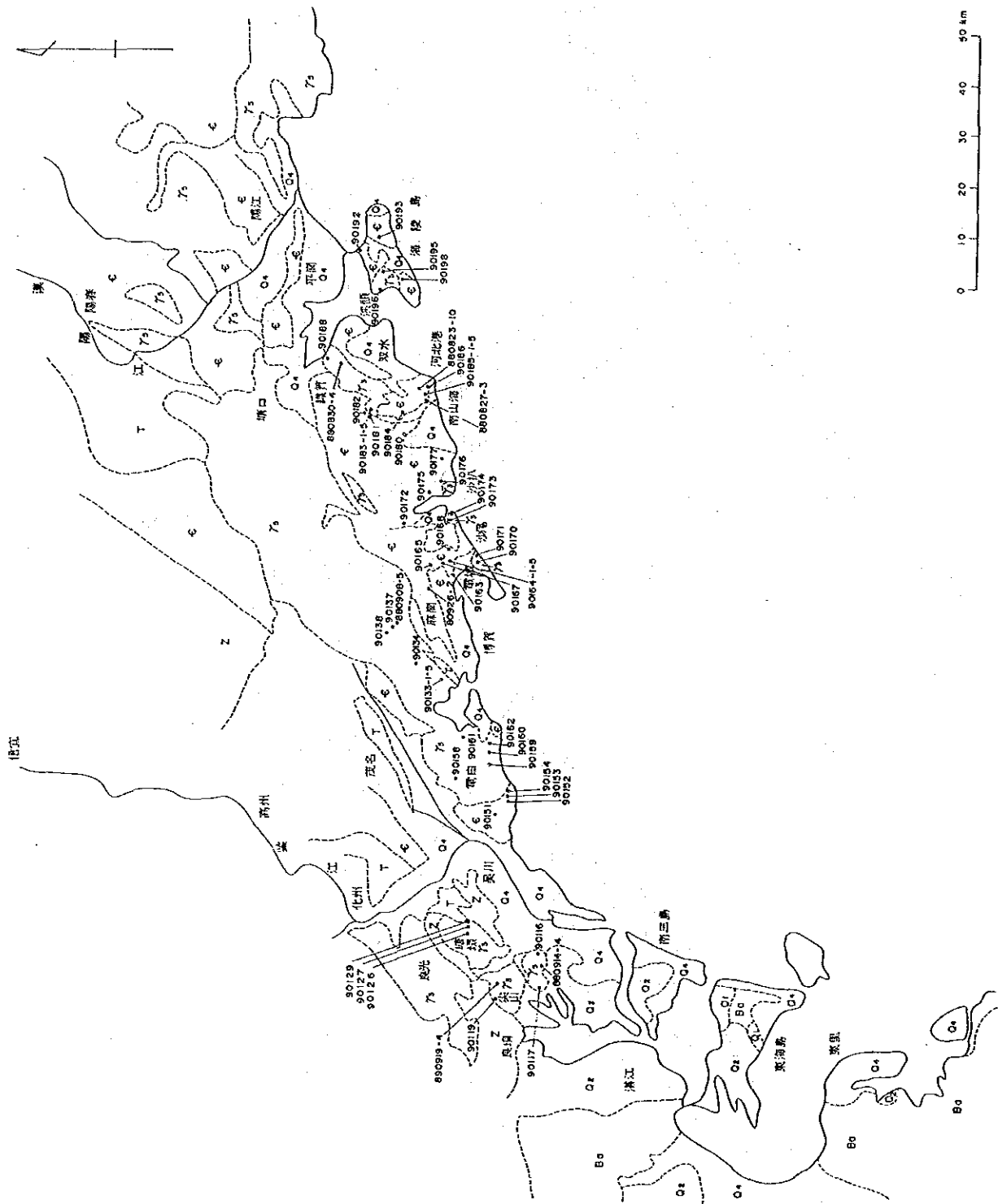
SAMPLE No	地質母体	I ℓ	Z γ	Mz+Xe
7箇所	Z	82.9	14.8	2.3
43箇所	C	34.3	44.0	21.7
23箇所	γ ₃	55.1	29.6	15.3
22箇所	γ ₅	72.7	25.4	1.9

SAMPLE No	地質母体	I ℓ	Z γ	Mz+Xe
1箇所	T	0.8	97.4	1.8
33箇所	Q ₂	77.4	20.4	2.2
7箇所	Q ₃ , Q ₄	75.0	22.7	2.3
21箇所	B a	94.1	5.2	0.7

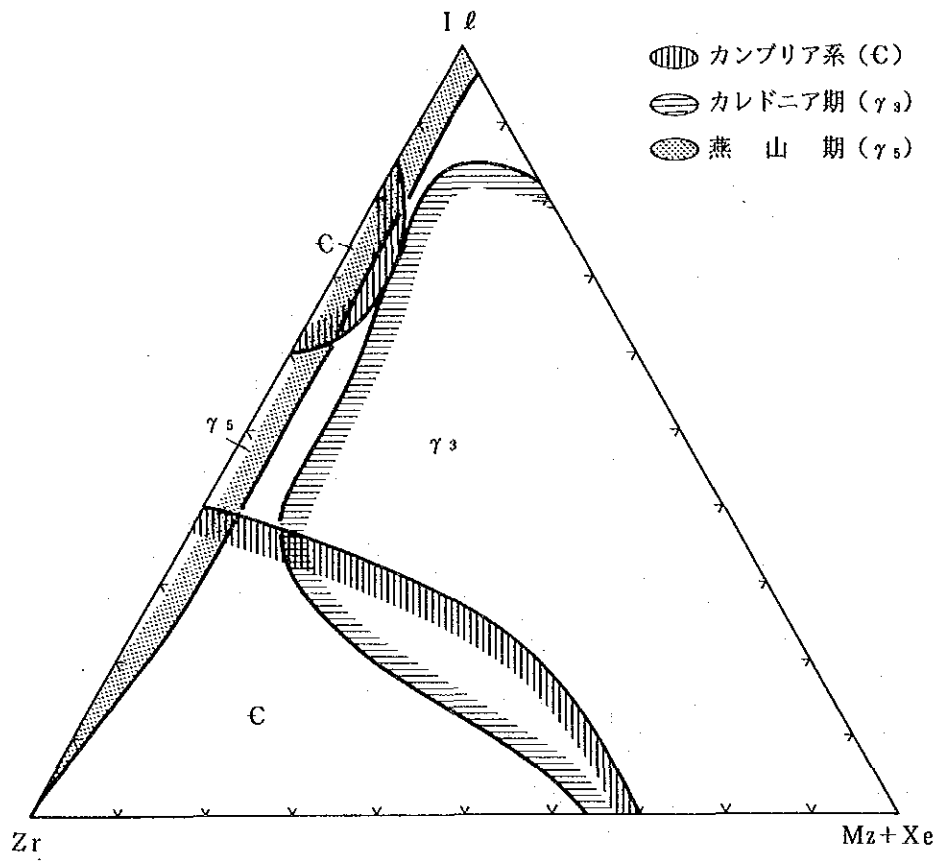
注: 表II-1-8より計算



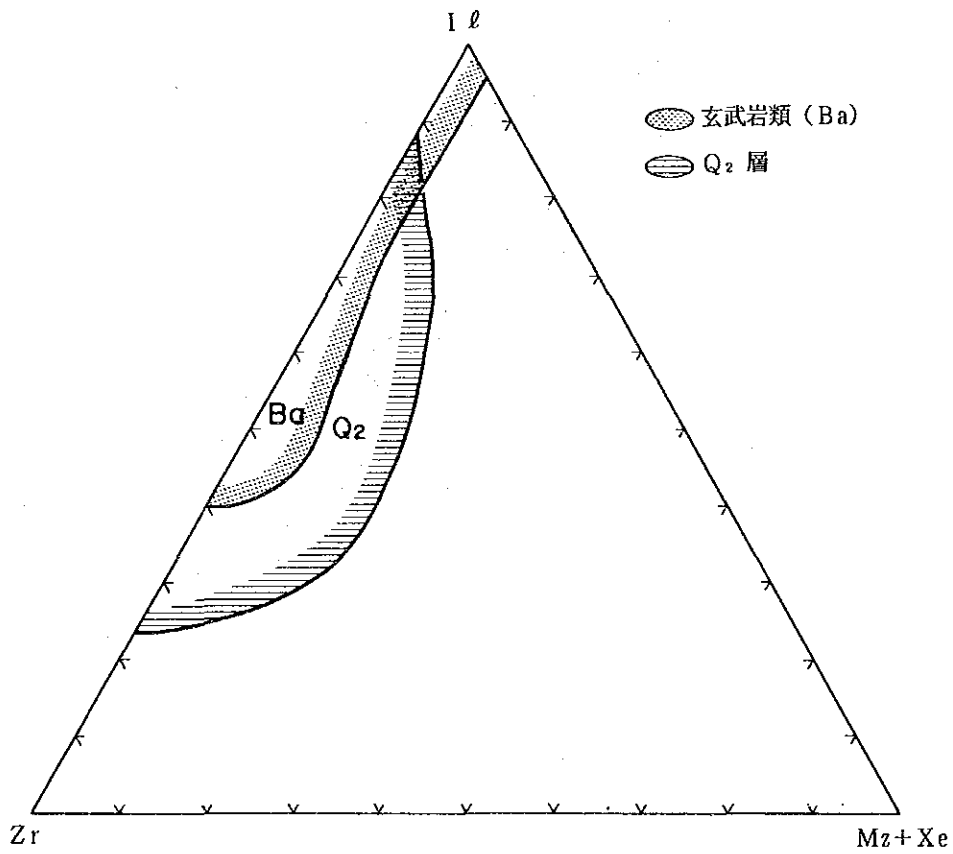
図II-1-10 ラテライト性土壌試料の地質母体別重鉱物重量比三角ダイヤグラム



図II-1-11 地質母体岩体内の重鉛重量比の水平変化解析試料位置図



図Ⅱ-1-12(1) 地質母体の重鉱物重量比領域図(1)



図Ⅱ-1-12(2) 地質母体の重鉱物重量比領域図(2)

表II-1-11 岩体内の重鉍物含有量水平変化表
(ラテライト性土壤中の重鉍物含有量の対比)

箇所及び 試料番号	I ℓ	Z γ	Mz+Xe
--------------	-----	-----	-------

カレドニア期混合花崗岩類 (γ ₃)			
尖 山			
890919-4	29.9 38	7.1 9	63.0 80
90119	48.1 65	4.4 6	47.4 64

鈴 門			
90173	50.6 207	41.1 168	8.3 34
90174	61.5 374	28.5 173	10.0 61

板 橋			
90126	68.6 166	23.6 57	7.9 19
90127	82.4 187	8.8 20	8.8 20
90129	93.1 190	2.9 6	3.9 8

織 賀 S			
880830-4	27.3 134	52.4 257	20.2 99
90183-1~5	10.0 1	70.0 7	20.0 2
90188	7.6 1	38.5 5	53.8 7

爵 山			
90170	12.2 15	41.5 51	46.3 57
90171	17.9 7	61.5 24	20.5 8

海 陵 島			
90195	16.5 45	82.1 224	1.5 4
90196	33.9 78	31.3 72	34.8 80

箇所及び 試料番号	I ℓ	Z γ	Mz+Xe
--------------	-----	-----	-------

燕山期花崗岩類 (γ ₅)			
沙 院			
90161	85.4 6633	14.6 1134	0 2
90160	65.2 1109	34.7 590	0 1
90162	49.5 631	42.1 536	8.4 107
90159	80.6 300	19.1 71	0.3 1
90158	74.4 752	25.2 255	0.4 4

麻 崗			
90138	62.1 384	36.1 223	1.8 11
90137	88.3 128	10.3 15	1.4 2
880908-5	95.6 457	4.0 19	0.4 2

麻 崗			
90138	62.1 384	36.1 223	1.8 11
90134	0.4 1	98.7 223	0.9 2
90133-1~5	50.5 434	49.2 423	0.2 2

黄 坡			
880914-4	94.2 983	1.1 11	4.8 50
90117	51.9 124	40.6 97	7.5 18
90116	89.5 580	4.8 31	5.7 37

注1 右下数字: g/T

左上数字: 重量比 (I ℓ + Z γ + Mz + Xe = 100%)

注2 各箇所欄は岩体中心部→縁辺部の順に記載

表II-1-11 岩体内の重鉍物含有量水平変化表(つづき)
(ラテライト性土壤中の重鉍物含有量の対比)

箇所及び 試料番号	1 ℓ	Z γ	Mz+Xe
--------------	-----	-----	-------

カンブリア系片麻岩・混合岩類(C)			
電 城			
90164-1~5	2.7 5	95.6 174	1.6 3
90167	16.7 64	75.0 288	8.3 32
90168	7.8 39	67.3 338	24.9 125
90172	79.8 1806	18.4 416	1.8 40

電 城			
90164-1~5	2.7 5	95.6 174	1.6 3
90163	6.3 11	58.6 102	35.1 61
90165	10.3 50	70.6 343	19.1 93
890926-2	11.8 48	42.0 171	46.2 188

沙 扒			
90175	18.3 19	38.5 40	43.3 45
90176	74.4 738	17.6 175	8.0 79
90177	14.6 59	46.2 187	39.3 159

那 碌			
90152	34.9 44	62.7 79	2.4 3
90151	36.9 114	62.1 192	1.0 3
90154	62.4 338	37.5 203	0.1 1
90153	25.5 24	59.6 56	14.9 14

海 陵 島			
90193	4.2 15	38.3 138	57.5 207
90198	9.2 35	47.8 182	43.0 164
90192	77.2 346	19.9 89	2.9 13

上 洋			
90180	6.0 18	67.4 203	26.6 80
90181	2.8 5	59.6 106	37.6 67
90182	8.9 39	67.4 294	23.6 103

箇所及び 試料番号	1 ℓ	Z γ	Mz+Xe
--------------	-----	-----	-------

カンブリア系片麻岩・混合岩類(C)			
河 北 港			
880827-3	14.3 6	55.6 60	38.9 42
90184	0.2 1	46.4 196	53.3 225

河 北 港			
880827-3	14.3 6	55.6 60	38.9 42
90186	16.3 43	33.3 88	50.4 133
90185-1~5	2.2 24	30.6 339	67.2 745
880823-10	3.0 9	63.0 192	34.1 104

注1 右下数字: g/T

左上数字: 重量比 (1 ℓ + Z γ + Mz + Xe = 100%)

注2 各箇所欄は岩体中心部→縁辺部の順に記載

表Ⅱ-1-12に地質母体別に重鉍物含有量を示した。これは表Ⅱ-1-8を基にしているが、明らかにそれぞれの重鉍物は、固有の起源をもっていることを表わしていると言える。

表Ⅱ-1-12 地質母体別ラテライト性土壤中の重鉍物含有量

地質母体の種類	箇所数	イルメナイト		ジルコン		ルチル		モナザイト		ゼノタイム		磁鉄鉍	
		平均値	ランク	平均値	ランク	平均値	ランク	平均値	ランク	平均値	ランク	平均値	ランク
先カンガ7時代(Z)	7	181.1	○	32.3	△	8.1	△	3.4	△	1.6	△	8.1	△
カンブリア系(C)	43	141.7	○	182.0	◎	13.7	△	76.2	◎	13.7	◎	54.1	○
カレドニア期(γ_3)	23	136.3	○	73.0	○	5.2	△	29.3	◎	8.4	◎	104.6	○
燕山期(γ_5)	22	599.2	◎	208.9	◎	9.0	△	12.2	△	3.4	△	2523.1	◎
玄武岩類(Ba)	21	491.2	◎	27.4	△	5.8	△	2.3	△	1.3	△	156.9	◎
Q ₂ 層	11	572.6	◎	326.8	◎	38.6	◎	26.6	○	12.9	◎	8.1	△

注：平均値は表Ⅱ-1-8を基にする(g/T)。
 ランクは ◎；極めて多い
 ○；多い
 △；少ない
 に分け、平均値を比較してきめた。

(2) 地質母体岩体内の重鉍物含有量の変動

潭后新, 孙岩編, 中国滨海砂碛(1988, P. 49)に, 広東省開平の火成岩体, 新興及び古兜山岩体について, 岩体の中心相の方が縁辺相よりもイルメナイト, ジルコンなどの含有量が高いという記述がある。本調査地域においても, カレドニア期混合花崗岩類(γ_3), 燕山期花崗岩類(γ_5)及びカンブリア系片麻岩・混合岩類(C)岩体に関して, イルメナイト, ジルコン, モナザイト+ゼノタイムの含有量及び重量比の変動の採取位置による比較を試みた。表Ⅱ-1-11に主要地質母体(γ_3 , γ_5 , C)の岩体内変動例を示す。また解析した箇所の位置を図Ⅱ-1-11に示した。

調査結果によれば, 表Ⅱ-1-11にみられるように顕著な一般傾向を示さない。すなわち, カレドニア期混合花崗岩類(γ_3)には中心相より縁辺相の方がイルメナイト重量比が高目であるように見えるが, ほかの岩体については明らかなトレンドは見出されない。

(3) 解析結果の考察

地質母体の種類により重鉍物の含有量及び重量比は異なり, これが重鉍物の起源岩推定の根拠となっているが前年度に引続きラテライト性土壤試料を数多く解析した結果, 一般に次の地質母体と重鉍物含有量の関係が推定される(表Ⅱ-1-12参照)。

これにより(地質母体は記号表示), 重鉍物の起源については次のことが言えよう。

- (イ) イルメナイトの起源岩としてはBa, γ_5 , Q₂層,
- (ロ) ジルコンの起源岩としてはC, γ_5 , Q₂層,

(ハ) モナザイト、ゼノタイムの起源岩としてはC, γ_3 , Q₂ 層,

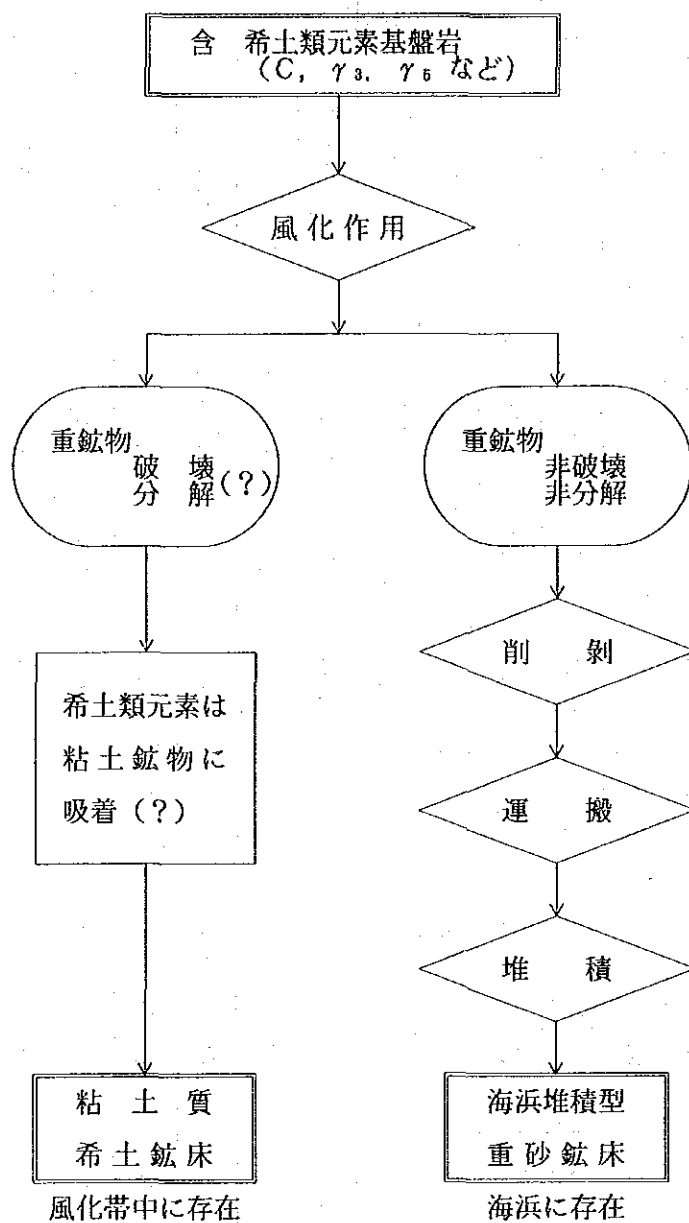
(ニ) ルチルの起源については、これだけでは起源岩を特定することはできない。

この結果は、Q₂ 層を除くと、前年度までに推定された重鉍物起源岩を再確認するものである。

Q₂ 層は基盤岩類と異なり、古三角州相として中期更新世に堆積したアルコーズ質砂岩である。堆積当時この地層に物質を供給した後背地の地質の状況についてはくわしいことはわかっていない。ただし、呉川付近ではQ₂ 層の基底はカレドニア期混合花崗岩類 (γ_3) であると報告されており (阮汀ほか, 1984, P. 28), このことはQ₂ 層の重鉍物含有に関するいくらかの示唆になり得る。重鉍物のうちルチルについては明瞭な起源岩を特定できないが、この問題については後述する。

単一地質母体内の重鉍物含有量の変化に関しては、今年度の調査では水平的変化に一般的な傾向があるとは言えないという結果が出た。ただし、東里地区の玄武岩類はいくつかの岩相をもつ多数の岩体の集まりであるとみられ、その中で低アルカリ質の玄武岩類がイルメナイトの起源岩であり、玄武岩類一般が起源岩であると考えてはならないことがわかっている。燕山期花崗岩類 (γ_5) についてもより詳細な調査を行えば同じような現象はみられるかもしれないが、これはさして意味のあることではないであろう。

一方、第3年次の調査では、岩石中の重鉍物が破壊されずに残留しているとすれば、岩石の風化生成物であり通常は岩石よりも体積が縮小しているとみられるラテライト性土壌においては、重鉍物含有量が高いのではないかという予想をもって、ラテライト風化殻中の重鉍物含有量の垂直的变化について検討した。その結果では重鉍物含有量は岩石におけるよりもラテライト性土壌の方が高いとは言えず、重鉍物の一部は風化の過程で失われている可能性があることが示唆されている (図II-1-13参照)。



図Ⅱ-1-13 風化殻中の希土類元素の挙動に関する考え方

表 II - 1 - 13(1) 大河川砂試料重砂分析值

SAMPLE No	WEIGHT		ILMENITE		ZIRCON		RUTILE		MONAZITE		XENOTIME		MAGNETITE	
	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T
90314	3300	5.443	0.601	1649	182	0.097	29	0.222	67	0.099	30	2.284	677	
90316	3500	2.994	0.475	855	136	0.057	16	0.266	76	0.024	7	0.780	223	
90317	3600	1.062	0.124	295	34	0.017	5	0.088	24	0.009	3	0.210	58	
90320	4600	4.005	0.537	871	117	0.099	22	0.209	45	0.086	8	0.120	26	
90321	3700	8.433	1.539	928	416	0.026	7	0.423	114	0.074	20	0.747	202	
90322	3200	1.340	0.340	419	106	0.016	5	0.206	64	0.047	15	0.072	23	
90324	4800	3.221	0.408	671	85	0.031	7	0.238	50	0.083	17	0.780	163	
90325	4000	4.177	1.343	1044	336	0.060	15	0.450	113	0.096	24	0.960	240	
90326	4600	0.675	0.358	147	78	0.026	6	0.086	19	0.024	5	0.232	50	
90327	4200	1.225	0.472	292	112	0.013	3	0.222	53	0.041	10	39.10	9310	
90329	4300	10.244	1.490	2382	347	0.108	25	0.621	144	0.237	55	10.536	2450	
90330	5300	4.114	0.090	776	17	0.0611	12	0.0401	8	0.069	13	0.207	39	
90331	3900	27.247	10.900	6986	2795	1.115	286	2.303	591	0.311	80	0.024	6	
90332	3600	6.919	1.264	1922	351	0.195	54	0.596	166	0.013	4	0.001	< 1	
90333	4500	22.834	22.932	5074	5096	0.842	187	5.568	1237	0.464	103	0.200	44	
90334	4200	3.722	1.724	886	411	0.158	38	0.586	140	0.021	5	5.310	1264	

表Ⅱ-1-13(1) 大 河 川 砂 試 料 重 砂 分 析 値 (つ づ き)

SAMPLE No	WEIGHT		ILMENITE		ZIRCON		RUTILE		MONAZITE		XENOTIME		MAGNETITE	
	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T
90335	3400	7.497	3.885	1143	0.260	77	0.770	227	0.175	52	0.059	17		
90338	4500	0.133	0.030	7	0.001	< 1	0.001	< 1	0	0	0.100	22		
90339	4400	0.088	0.027	6	0.001	< 1	0.001	< 1	0.001	< 1	0.030	7		
90340	5000	2.987	0.838	168	0.058	12	0.237	51	0.068	14	0.284	57		
90341	4100	1.014	0.469	114	0.531	130	0.179	44	0.018	4	0.167	41		
90343	4700	1.069	1.267	270	0.098	21	0.029	6	0.107	23	0.585	125		
90346	3700	5.842	0.757	205	0.410	111	0.028	8	0.003	< 1	0.200	54		
90354	3700	1.967	0.297	80	0.021	6	0.108	29	0.026	7	0.020	5		
90356	4700	0.348	1.149	245	0.053	11	0.074	16	0.002	< 1	0.210	45		
90357	3500	2.671	0.333	95	0.068	19	0.127	36	0.006	2	0.020	6		
90360	3600	4.616	1.194	332	0.068	19	0.599	166	0.104	29	0.206	57		
90361	4200	38.269	10.611	2526	0.188	45	7.068	1683	0.752	179	1.319	314		
90362	5000	2.839	0.615	123	1.102	20	0.369	74	0.138	28	0.900	180		
90364	5000	1.135	1.215	243	0.159	32	0.207	41	0.040	8	0.036	7		
90370	3700	2.321	1.528	413	0.200	54	0.053	14	0.027	7	1.154	312		

1.4 重砂の運搬経路

1.4.1 重鉱物供給源としての大河川

本調査地域を流下し、海へ入る大河川の運搬する堆積物が、重砂鉱床の重鉱物供給源と考えられるかを検討した。そのために、本地域の2つの大河川、鑿江とその支流の袂花江、及び漢陽江を対象として、河口より上流へ系統的に河川砂を採取し（表Ⅱ-1-13(1)）、含有するイルメナイト、ジルコン、ルチル、モナザイト、ゼノタイムの基本5鉱物の挙動を調べた。試料は第3年次までの試料も含め、鑿江とその支流では3km~10km間隔、漢陽江では10km~20km間隔となるように河岸または中洲で採取した（図Ⅱ-1-14(1)）。検討に際し、重鉱物含有量は採取地点の多様性を反映した局所的な絶対値を示すと考えられるので基本5鉱物の重量比率を検討した（表Ⅱ-1-13(2)、図Ⅱ-1-14(2)）。

その結果、それぞれの河川で、基本5鉱物の重量比率が2つの集団に分けられ、しかもその境は不連続的に変化することが判明した。鑿江では、試料番号1から7までの下流群と同8から14までの上流群が認められた。下流群はイルメナイト比率が約70%以上、ジルコン比率が10%~20%、上流群では試料番号11以外はイルメナイト比率が55%~70%、ジルコン比率が20%~30%で、しかもそれぞれの群中での比率変化は図Ⅱ-1-14(2)から読み取れるように全体として少なく、上・下流群がはっきり区分される。さらにこれら試料採取河川長をみると、上・下流群それぞれ約50kmとなっている。

同様の関係が袂花江、漢陽江でもみられ、袂花江では試料番号15~17の低イルメナイト・高ジルコン下流群（河川長20km）、同18~22の高イルメナイト・低ジルコン上流群（同30km）に区分できる。漢陽江でも試料番号1~3の低イルメナイト・高ジルコン下流群（河川長40km）、同4~5の高イルメナイト・低ジルコンの上流群（30km）に区分できる。

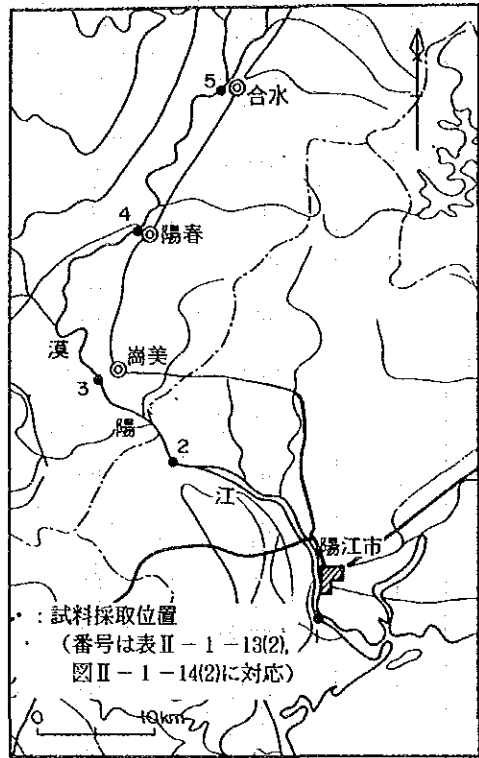
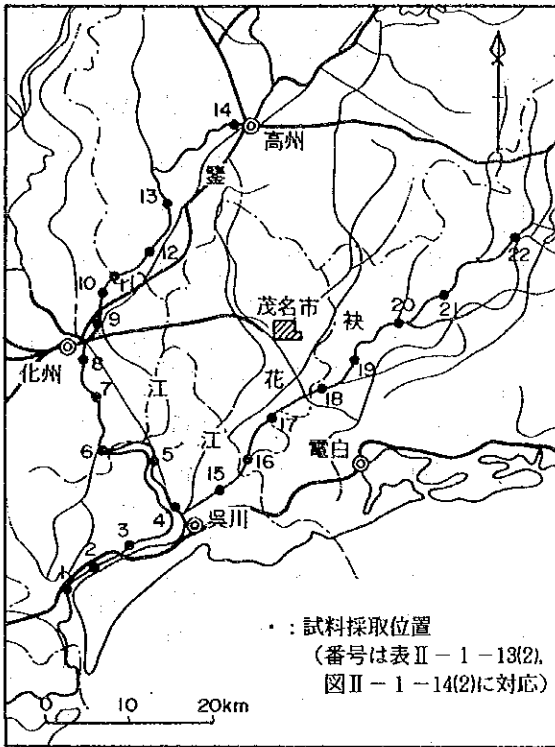
このように、一定の重鉱物重量比率を保った堆積物がある区間持続することは、その流域の地質を反映していて、地質が変われば、比率も急変すると考えると、大河川中の重鉱物は内陸奥地から延々と河口まで運搬されるわけではなく、ある一定の距離を移動・運搬されると推定される。従って、本地域に胚胎する重砂鉱床の重鉱物の起源は、海岸線からある距離に分布する岩石である可能性が強いと考えられる。

また、分離重鉱物の粒度分析から、海浜の波浪作用による重鉱物濃集過程では、特定重鉱物の選択的濃集または逸散はなかったことが第3年次調査で判明している。鑿江の試料中のルチル比率が1%であることは、その河口付近で行われた湛江地区ボーリング調査（第2年次、1989年）試料中のルチル比率、約9%と調和せず、大河川が重鉱物の供給源であったとは考え難いことを支持している。

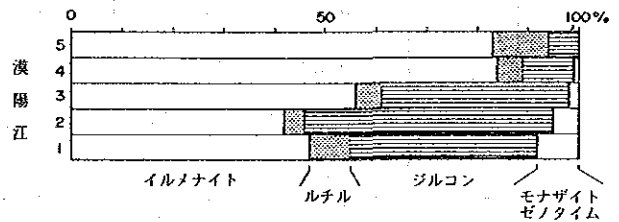
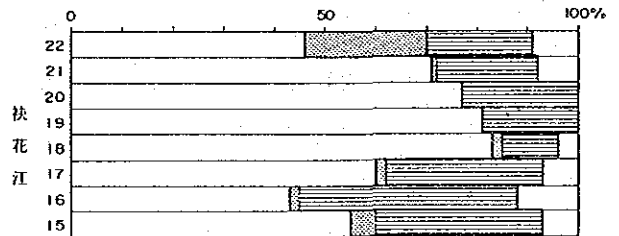
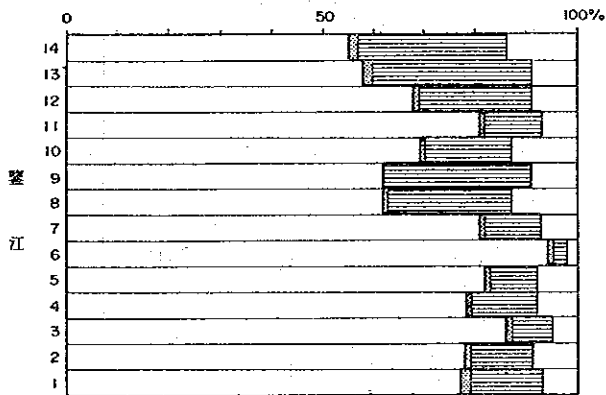
表II-1-13(2) 大河川砂中の基本5鉱物重量比率一覧表

番号	試料番号	重量比率(%)					5 鉱物 合計品位 (g/t)	河川名
		トルマリン	シリコン	ルチル	モザイト	ゼタイム		
1	90332	77	14	2	7	—	2,497	豊江
2	89920-1	68	22	1	7	2	695	"
3	90314	84	9	1	3	2	1,957	"
4	90316	78	12	1	7	1	1,090	"
5	90317	82	9	1	7	1	361	"
6	90330	94	2	1	1	2	826	"
7	90329	81	12	1	5	2	2,953	"
8	90327	62	24	1	11	2	470	"
9	90321	62	28	—	8	1	1,485	"
10	90322	69	17	1	11	2	609	"
11	90324	81	10	1	6	1	830	"
12	90325	68	22	1	7	2	1,532	"
13	90326	58	31	2	7	2	255	"
14	890928-9	55	34	2	8	—	1,269	"
15	89927-1	55	34	5	6	1	1,569	袂花江
16	90333	43	44	2	11	1	11,697	"
17	90335	60	31	2	6	1	3,704	"
18	90357	83	10	2	4	—	915	"
19	90338	81	19	—	—	—	37	"
20	90339	77	23	—	—	—	26	"
21	90340	71	20	1	6	2	842	"
22	90341	46	21	24	8	1	539	"
1	871203-8	47	37	8	8	—	1,081	漢陽江
2	90343	42	49	4	1	4	548	"
3	90370	56	37	5	1	1	1,115	"
4	871210-1	84	10	5	1	—	469	"
5	90346	83	11	6	—	—	1,903	"

(番号は図II-1-14(1), (2)の番号に対応)



図Ⅱ-1-14(1) 大河川砂試料採取位置図



図Ⅱ-1-14(2) 大河川砂中の基本5鉱物重量比率

表 II - 1 - 14 一般河川砂試料重砂分析値

SAMPLE No	WEIGHT		ILMENITE		ZIRCON		RUTILE		MONAZITE		XENOTIME		MAGNETITE	
	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T

注：標記岩石は河川をとりまく地質母体を示す（以下同じ）

玄武岩類 (Ba)

90302	4000	8.784	2196	8.162	2041	1.880	458	0.165	41	0.040	10	0.819	205
90307	4700	1.050	223	0.136	29	0.019	4	0.018	4	0.006	1	0.225	40

Q₂ 層

90303	3900	1.359	348	0.991	254	0.188	48	0.093	24	0.019	5	0.003	1
90306	5000	0.899	180	0.381	76	0.160	32	0.019	4	0.006	1	0.010	2

第三紀～白亜紀堆積岩類 (T)

90337	4100	0.001	< 1	0.018	4	0.007	2	0.001	< 1	0.001	< 1	0.038	9
-------	------	-------	-----	-------	---	-------	---	-------	-----	-------	-----	-------	---

燕山期花崗岩類 (γs)

90313	3900	2.090	5369	0.070	18	0.113	29	0.042	11	0.034	9	0.057	15
90352	4300	3.516	818	1.417	330	0.083	19	0.098	23	0.028	7	0.060	14
90353	4100	1.880	459	0.672	164	0.004	1	0.002	< 1	0.001	< 1	1.470	359
90355	4300	2.024	471	0.852	198	0.005	1	0.001	< 1	0.002	< 1	2.016	469

表Ⅱ-1-14 一般河川砂試料重砂分析値(つづき)

SAMPLE No.	WEIGHT		ILMENITE		ZIRCON		RUTILE		MONAZITE		XENOTIME		MAGNETITE	
	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T

カレドニア期混合花崗岩類(γ₃)

90311	39000	0.700	179	0.597	153	0.023	6	0.182	47	0.075	19	0.002	1
90312	3300	2.593	786	0.258	78	0.214	65	0.162	49	0.031	9	0.770	233
90342	5000	1.576	315	1.887	377	0.187	27	0.910	182	0.337	67	0.002	< 1
90345	4700	0.144	31	0.040	90	0.020	4	0.015	3	0.012	3	0	0
90367	4500	0.129	29	0.412	92	0.085	19	0.145	32	0.014	3	0.430	96

カンブリア系片麻岩・混合岩類(C)

90336	5000	0.882	176	0.872	174	0.001	< 1	0.264	53	0.073	15	0.059	12
90351	4300	0.174	41	0.166	39	0.015	4	0.005	1	0.001	< 1	1.030	240
90365	3800	0.378	100	0.190	50	0.010	3	0.063	17	0.005	1	0.813	214
90366	3600	0	0	0.029	8	0.002	< 1	0.001	< 1	0	0	0.010	3
90368	3700	1.731	468	0.134	36	0.002	< 1	0.351	95	0.066	18	0.020	5
90369	4800	0.446	104	0.338	79	0.102	24	0.257	60	0.101	24	0.020	5
90344	3800	4.346	1144	0.510	134	0.100	26	0.081	21	0.018	5	0.086	23

表 II - 1 - 14 一般河川砂試料重砂分析値 (つづき)

SAMPLE No	WEIGHT		ILMENITE		ZIRCON		RUTILS		MONAZITE		XENOTIME		MAGNETITE	
	g	g	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T	g	g/T

先カンブリア時代 (震旦紀) 堆積岩類 (Z)

90308	3900	2.860	733	0.900	231	0.086	22	1.116	286	0.090	23	0.010	3
90309	4600	0.281	61	0.109	24	0.010	2	0.450	98	0.034	7	0.020	4
90310	5000	6.382	1276	0.855	171	0.260	52	0.798	160	0.160	32	0.410	82
90315	4300	0.700	163	0.161	37	2.787	648	0.040	9	0.014	3	0.036	8

表 II - 1 - 15 ラテライト性土壌及び近傍
河川砂中の重鉍物重量比対比

SAMPLENo 注1	地質 母体	I ℓ 注2	Z γ	Mz+Xe
◎ 90703	Q ₂	23.9 65	72.8 198	3.3 9
90303		55.1 348	40.3 254	4.6 29
◎ 90702	Q ₂	56.5 190	41.4 139	2.1 7
90306		69.0 180	29.1 76	1.9 5
880914-4	γ _s	94.2 983	1.0 11	4.8 50
880919-3 ※		0 0	73.0 122	27.0 46
◎ 90134	γ _s	0.1 < 1	98.7 223	0.2 < 2
880909-5 ※		7.9 108	92.1 1255	0 0
◎ 90138	γ _s	62.1 384	36.1 223	1.8 11
891007-3 ※		49.9 1482	46.8 1391	3.3 98
◎ 90158	γ _s	74.4 752	25.2 255	0.4 4
890929-13 ※		80.0 633	19.6 155	0.4 3
◎ 90160	γ _s	65.2 1109	34.7 590	0.1 < 1
90353		73.4 459	26.2 164	0.4 < 2
◎ 90133-1~5	γ _s	50.5 434	49.2 423	0.3 < 2
891007-4 ※		52.6 1532	44.8 1305	2.6 76
90128	γ _s	21.6 11	74.5 38	3.9 < 2
90313		99.3 5369	0.3 18	0.4 20
◎ 880908-5	γ _s	95.6 457	4.0 19	0.4 < 2
880908-4 ※		74.8 83	23.4 26	1.8 < 2
◎ 90124	γ _s	35.1 195	51.9 288	13.0 72
90311		45.0 179	38.4 153	16.6 66

SAMPLENo 注1	地質 母体	I ℓ 注2	Z γ	Mz+Xe
◎ 871207-2	γ _s	25.8 79	41.5 127	32.7 100
90342		33.5 315	40.1 377	26.5 249
◎ 90127	γ _s	82.4 187	8.8 20	8.8 20
90312		85.2 786	8.5 78	6.3 58
◎ 90123	γ _s	11.8 2	76.4 13	11.8 < 2
880916-1 ※		53.8 464	31.3 270	14.8 128
890919-4	γ _s	32.5 38	7.7 9	59.8 80
890919-6 ※		67.3 74	20.9 23	11.8 13
90153	C	25.5 24	59.6 56	14.9 14
90351		50.0 41	47.6 39	2.4 < 2
90180	C	6.0 18	67.4 203	26.6 80
90369		38.9 104	29.6 79	31.5 84
90929-8	C	0.9 3	98.5 337	0.6 1.1
90336		42.1 176	41.6 174	16.3 68
90139	C	71.1 608	13.9 119	15.0 128
891007-2 ※		31.1 881	42.1 1191	26.8 758
90165	C	10.3 50	70.6 343	19.1 93
891007-1 ※		19.7 78	36.2 143	44.1 174
◎ 90172	C	79.8 1806	18.4 416	1.8 40
90344		87.7 1144	10.3 134	2.0 26

注1・各組合せの上段：ラテライト，下段：河川砂を示す。

注2・左上：重量比%，右下：重砂分析値。
重砂分析値の単位は※印はg/m³，ほかはg/T。

注3・◎印の組合せは図示（図 II - 1 - 15）。

表Ⅱ-1-15 ラテライト性土壌及び近傍
河川砂中の重鉱物重量比対比(つづき)

SAMPLENo 注1	地質 母体	I ℓ 注2	Z γ	Mz+Xe
90175	㊦	18.3 19	38.5 40	43.3 45
880906-1 ※		41.5 44	47.2 50	11.3 12
90177	㊦	14.6 59	46.2 187	39.3 159
880831-4 ※		20.0 13	4.6 3	75.4 49
◎ 90178	㊦	12.8 35	55.5 152	31.8 87
880831-3 ※		42.2 94	33.2 74	24.7 55
◎ 90182	㊦	6.0 39	67.4 294	26.6 103
880831-2 ※		25.6 373	54.3 793	20.1 293
90185-1-5	㊦	2.2 24	30.6 339	67.2 745
90368		75.0 468	5.8 36	18.3 113
90186	㊦	16.2 43	33.2 88	50.6 134
90368		75.9 468	5.8 36	18.3 113
90151	㊦	36.9 114	62.1 192	1.0 3
880913-6 ※		63.1 1588	30.5 766	6.4 161
90152	㊦	34.9 44	62.7 79	2.4 3
890927-2 ※		71.5 2648	24.2 897	4.3 158
90163	㊦	6.3 11	58.6 102	35.1 61
880907-5 ※		37.7 1131	41.6 1251	20.7 622

SAMPLENo 注1	地質 母体	I ℓ 注2	Z γ	Mz+Xe
90190	㊦	7.6 16	44.3 93	48.1 101
990816-1 ※		88.7 1733	4.1 80	7.2 140
90191	㊦	4.6 5	82.6 90	12.8 14
871203-1 ※		51.7 488	30.0 282	18.3 173
90193	㊦	4.2 15	38.3 138	57.5 207
880817-5 ※		19.6 781	15.6 619	64.8 2574
90120	Z	65.1 114	26.9 47	8.0 14
90308		57.6 733	18.1 231	24.3 309
90122	Z	0.9 < 1	98.3 110	0.9 < 1
90309		32.1 61	12.6 24	55.3 105
90127	Z	82.4 187	8.8 20	8.8 20
90310		79.9 1276	10.4 171	11.7 192
90131	Z	13.5 7	82.7 43	3.8 < 2
90315		76.9 163	17.5 37	5.6 12
90106	Ba	94.8 109	3.5 4	1.7 < 2
90302		51.2 2196	47.6 2041	1.2 51
90114	Ba	93.2 27	3.4 1	3.4 < 1
90307		86.8 223	11.3 29	1.9 5

注1・各組合せの上段：ラテライト，下段：河川砂を示す。

注2・左上：重量比%，右下：重砂分析値。

重砂分析値の単位は※印はg/m³，ほかはg/T。

注3・◎印の組合せは図示(図Ⅱ-1-15)。

1.4.2 一般河川砂

(1) 河川砂中の重鉍物の含有量及び重量比

表Ⅱ-1-14に採取一般河川砂試料（25箇所のうち2箇所は海浜砂）の重砂分析値（g/T）をその採取位置をとりまく地質母体別に示した。また、巻末にはそれらについて換算品位（g/m³）及び重量比を、過去（第1～3年次）の河川砂・海浜砂試料のデータも加えて一覧表にして掲げてある（巻末資料2）。

陽江及び湛江地区の砂試料については、前年度までの解析の結果、重鉍物重量比に地域的差異がみられること及びこの差異が後背地の地質母体の分布状況に影響されていることが明らかになっている。この解析の基礎となった手法は、ラテライト性土壌試料と近傍の砂試料中の重鉍物重量比の近似性である。

本年度はラテライト性土壌と近傍の河川砂試料における重鉍物重量比の近似性をさらに追跡確認し、一定領域内で重鉍物がどのような濃集傾向をもつかを解析することとした。すなわち、採取試料位置図上で、近傍に位置するラテライト性土壌試料と河川砂試料の組み合わせをえらび出し、重鉍物含有量及び重量比の対比を試みた（表Ⅱ-1-15、地質母体は記号表示）。一部東里地区試料も含めている。また一部の組み合わせを図Ⅱ-1-15に掲げた。

この結果、ラテライト性土壌試料の重鉍物重量比は近傍の河川砂試料のそれに対し大局的には近似した値を示すがイルメナイト含有比率が変化していること、及びZrとMz + Xeとの比率はほぼ一定に保たれていることが明らかとなった。

イルメナイト含有比率は多くの場合ラテライト性土壌に比して河川砂の方が大きい、燕山期花崗岩類（γ₅）に関してはその逆の場合もある。

(2) 河川砂の粒度分析

25箇所の河川砂試料の粒度分析結果を巻末に掲げる（巻末資料3-1, 2）。また一般河川砂の粒度特性を表Ⅱ-1-16に示した。

粒度分析の結果、明らかになったことは次のとおりである。

- イ) 一般に河川砂試料は淘汰不良である。
- ロ) 河川砂試料の採取位置により試料間の粒度構成が著しく異なる。
- ハ) 河川砂試料の粒度と重鉍物含有量との間に特定の傾向はみられない。すなわち、淘汰度、中央粒径、シルト・細砂含有率それぞれの値と重鉍物含有量との関係を検討したが、いずれの場合も特定の傾向を表わさないことが明らかになった。
- ニ) このことから、河川砂は海浜砂とは異なり、十分な分級は行われておらず、したがって重鉍物の濃集は一般には生起せず、生起している場合でもきわめて特殊な局面に限られていると考えられる。
- ホ) したがって、河川砂の重鉍物重量比が特定の重鉍物の濃集などによる影響を受けていることは小さいと言えよう。

(3) 解析結果の考察

1) ラテライト性土壌試料とその近傍で採取した河川砂試料との間には Il , Zr , $Mz + Xe$ 要素で見ると含有する重鉍物の重量比に近似性がある。

とくに Zr と $Mz + Xe$ の比率はほぼ一定に保たれており、河川砂の重鉍物重量比が、特段の他要素の混入がない限り、それを取りまく地質母体のもつ重鉍物重量比と大きな差異をもたない範囲にあることが示されている。

ただし、イルメナイトの含有比率については、燕山期花崗岩類 (γ_5) に関する例外を除き、ラテライト性土壌よりも河川砂の方が高くなる傾向がある。この傾向はイルメナイトが γ_3 や C にも相当量含まれていることからみてこれらの岩石からの添加によるものと考えられる。

なお、例外とした γ_5 に関しては、イルメナイト含有比率がラテライト性土壌より河川砂の方の減少する傾向をもっているものはもともとイルメナイト含有比率の高い試料である。

2) 一般に河川砂は淘汰不良であるがこれは淘汰作用が継続する場が少ないこと、物質の運搬距離が大きくないことなどの理由によるものであり当然のことである。しかし河川砂の重鉍物含有量は粒度との関係においては特定の傾向はみられない。このことから河川砂は海浜砂とは異なり、十分な分級は行われず、重鉍物の濃集は一般には生起されない。したがって河川砂の重鉍物重量比が特定の重鉍物の濃集などによる影響を受けていることは小さいと言えよう。

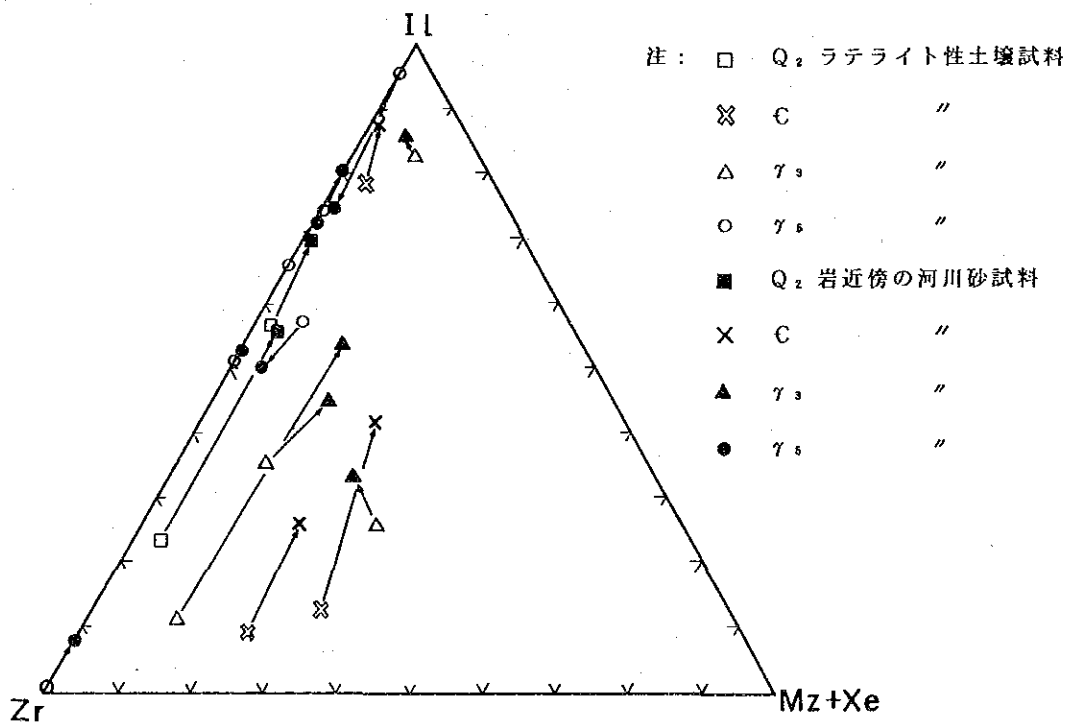


図 II - 1 - 15 ラテライト性土壌及び近傍河川砂の重鉍物重量比の比較

表II-1-16 一般河川砂試料粒度特性

流域内 地質母体	SAMPLE No.	φ 値				淘汰度 $(\phi_{84} - \phi_{16})/2$ σ	歪 度 $(M\phi - \phi_{50})/\sigma$ α
		累積16%値 ϕ_{16}	中央粒径 ϕ_{50}	累積84%値 ϕ_{84}	平均 値 Mφ		
Ba	90302	1.25	6	10	5.6	4.4	-0.1
	90307	0.25	1.25	2	1.1	0.9	-0.1
Q ₂	90303	-0.50	1	2.50	1.0	1.5	0
	90306	1.25	2	3.25	2.3	1.0	0.3
T	90337	0	1	1.75	0.9	0.9	0.1
γ ₅	90313	0.25	1.25	2.75	1.5	1.3	0.2
	90352	0	1.25	2.25	1.1	1.1	-0.1
	90353	-1	0	1.50	0.3	1.3	0.2
	90355	-1	0.25	7	3	4.0	-0.7
γ ₃	90311	1.75	2.50	3.25	2.5	0.8	0
	90312	1.50	2.25	3.25	2.4	0.9	0.2
	90342	0.75	1.50	2.25	1.5	0.8	0
	90345	1.50	1.75	2.50	2.0	0.5	0.5
	90367	-1	0.75	2.50	0.8	1.8	0.03
C	90336	1.50	2.25	2.75	2.1	0.6	-0.3
	90351	-2	-0.75	1	-0.5	1.5	0.2
	90365	-0.75	1	2.25	0.8	1.5	-0.1
	90366	0.25	0.75	1.25	0.8	0.5	0.1
	90368	-0.25	0.75	1.50	0.6	0.9	-0.2
	90369	-0.50	1.25	2.75	1.1	1.6	-0.1
	90344	1.25	1.75	2.25	1.8	0.5	0.1
Z	90308	1	3.00	5	3.0	2.0	0
	90309	-1	0.25	1.75	0.4	1.4	0.1
	90310	-2	1	2.50	0.3	2.3	-0.3
	90315	1.50	3.00	9	5.3	3.8	0.6

注 φ₁₆, φ₅₀, φ₈₄は粒度分析表より読取る。

1.5 ルチルの起源について

これまで岩石の人工重砂分析結果からもラテライトの重砂分析結果からもルチルの起源岩の存在を示唆するようなデータは見出されなかった。したがってこれまでの報告ではルチルの起源には触れていない。

ルチルは一般には火成岩ないし変成岩に造岩鉱物のひとつとして産するが、イルメナイトの変質によっても形成されることがわかっている。

当広東地域に分布している火成岩・変成岩をみるとその代表的な岩種であるカンブリア系片麻岩・混合岩類 (C), カレドニア期混合花崗岩類 (γ_3)ならびに燕山期花崗岩類 (γ_5)のいずれに関してもルチルの造岩鉱物としての産状は認められないか認められてもごくわずかなもので鉱床を形成するほど大量に賦存するルチルの起源としてふさわしいものであるとは到底考えられない。

一方、上述のように大河川による遠隔地からの運搬によるものではないかという考えも検討されたが、その結果をみるとこうした考えは否定せざるを得ない。

ルチルを含有する起源岩が存在せず、他の重鉱物のように起源岩にもともと含まれていた重鉱物が風化侵食運搬というプロセスを通して濃集したという考え方が成立しない以上、ルチルは残された唯一の可能なプロセスである「変質」の過程において形成されたものであろうという問題提起のもとにこれをとらえなければなるまい。

このことは重鉱物全体に占めるルチルの比率が起源岩ではほとんどゼロに近いのに河川砂から海浜砂へ、さらに鉱床へと重鉱物が集積されてゆくにつれて大きくなっていくという事実如実に現れている。この事実は調査結果の蓄積によってはじめて明らかになってきたものである。

イルメナイトは一般に $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ という化学組成を有するが、通常重砂鉱床として産するものはその Fe の一部が酸化され Fe_2O_3 になっている。この酸化のプロセスは粒子の周辺部や粒子内部の割れ目などの構造的不連続部で生起し、この酸化のプロセスが粒子内部で完全に進んだ場合は Fe 成分が赤鉄鉱などとして離脱し、ルチルの結晶構造をもつ粒子が形成される。このような酸化離脱の条件は地下水面の変動域上部に生ずるとみられている。

実際オーストラリアに産するルチル鉱床はこのようなイルメナイトの酸化過程によって形成されたものであることがわかっており、広東地域の重砂鉱床中のルチルも同様なイルメナイトの酸化変質の過程で形成されたものではないかという考えで検討してみる必要がある。

そこで、南山海、沙尾鉱床の鉱床原砂中のイルメナイト、ルチルに含まれている鉄及びチタンの量の変動について調べてみた。すなわち南山海鉱床原砂から分離したイルメナイトならびにルチル、及び沙尾鉱床原砂から分離したイルメナイトについて TiO_2 , FeO , Fe_2O_3 を分析し、その重量比を求め (表 II-1-17), 次に TiO_2 (Rutile), $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ (Ilmenite), $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2$ (Pseudobrookite) の三角ダイヤグラム上にこれをプロットしたところ、図 II-1-16 のようになった。

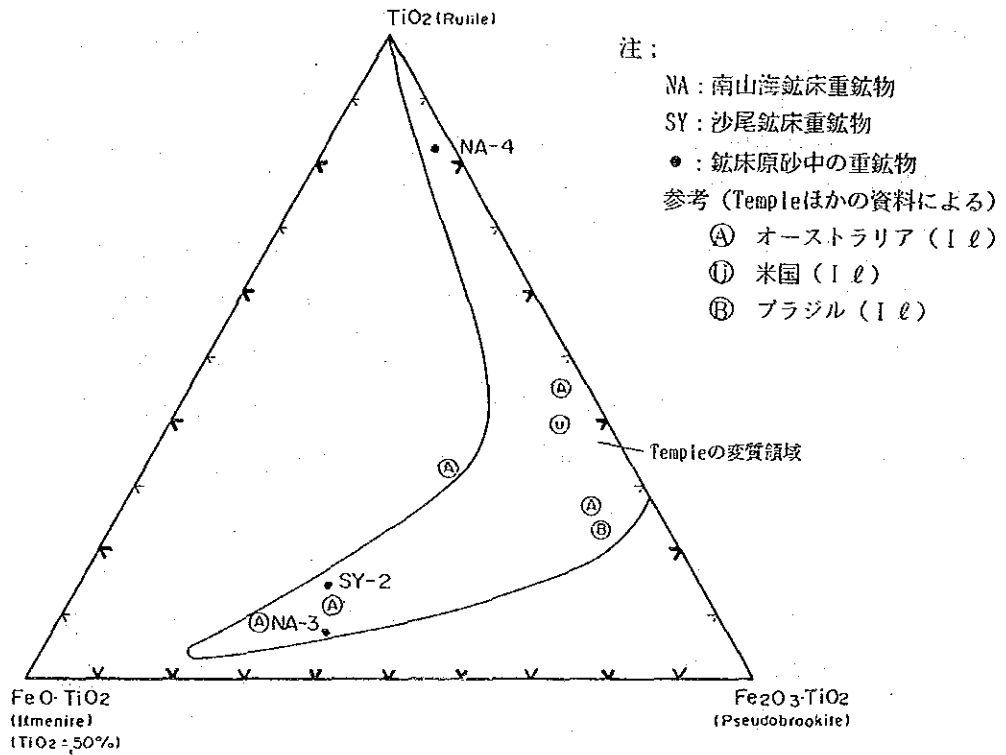
Temple (1966) はイルメナイトの酸化変質によるルチルの形成の問題についてオーストラリア

表II-1-17 変質イルメナイトの化学構成

鉍床	試料番号	試料種類	チタン, 鉄成分比(%)				注1	FeO / FeO+Fe ₂ O ₃	注2 Fe(%)
			TiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	合計			
南山海	NA-3	鉍床原砂中 I ℓ	53.49	27.49	19.02	100.00	59.1	21.4+13.3	
			51.26	26.34	18.23	95.83			34.7
南山海	NA-4	鉍床原砂中 Rt	91.27	1.49	7.24	100.00	17.1	1.2+ 5.1	
			50.67	0.83	4.02	55.52			6.3
沙尾	SY-2	鉍床原砂中 I ℓ	57.25	25.48	17.27	100.00	59.6	19.8+12.1	
			50.85	22.63	15.34	88.82			31.9

注1 右下数値: 化学分析値
 左上数値: TiO₂+FeO +Fe₂O₃ = 100%とした場合の重量比

注2 上段 Fe⁺⁺+Fe⁺⁺⁺
 下段 Fe total



図II-1-16 変質イルメナイトの化学構成

表II-1-1-18 分離重鉱物の元素分析結果一覧

試料番号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	P	Sc	Th	U	Nb	Cs	Y	Zr	Hf	TREO 注2
90XE-1	41.200	79.500	9.400	29.800	6.100	340	5.500	4.000	12.900	1.700	9.100	1.000	7.100	940	64.800	<40	21.000	1.200	40	<80	80.600	—	—	220.000
90XE-2	720	980	<80	630	100	<40	730	270	3.700	510	3.000	420	2.600	390	12.600	<50	430	2.200	970	<80	28.800	—	—	8.000
90MZ-1	107.000	222.000	26.200	76.900	15.200	630	10.300	8.100	6.300	660	900	90	590	40	108.000	<40	55.800	850	<40	<80	1.800	—	—	552.000
90MZ-2	33.500	64.600	7.700	23.400	5.200	150	3.400	2.300	2.100	<40	380	<40	270	<40	37.800	<40	16.900	1.300	<40	<80	6.500	—	—	166.000
90ZR-1	130	110	<80	1.830	30	<40	150	<80	60	<40	<40	<40	100	<40	550	<40	150	<200	510	<80	810	220.000	8.600	2.000
90ZR-2	150	160	<80	90	60	<40	140	<80	60	<40	<40	<40	130	40	2.100	<40	130	<2.000	500	<80	800	212.000	7.500	<1.000

(試料内訳)

複合試料の区分	試料番号
起源岩調査試料：南山海鉱床	90XE-1, 90MZ-1, 90ZR-1
ボーリング試料：呉瀨鉱床 (12-1 孔)	90XE-2, 90MZ-2, 90ZR-2

注1: XE, MZ, ZRはそれぞれゼノタイム、モナザイト、ジルコンの
 複合鉱物試料の意味。
 注2: TREO : 全酸化希土元素
 (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy)
 注3: 単位: ppm