

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 2 年 次

平成元年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

鉱計資

CR 6

89-33

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 2 年 次

JICA LIBRARY



1074263[3]

19138

平成元年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

19138

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。本年度調査は第2年次にあたり、金属鉱業事業団は14名からなる調査団を編成して、現地に派遣した。

現地調査は、第1年次に継続して昭和63年8月4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探公司の協力を得て、昭和63年12月15日予定どおり完了した。

本報告書は、第2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。

平成元年 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 佐 藤 淳一郎

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2年次として、次のように実施した。

調 査 内 容	地 区	調 査 量
陸上探査データの解析	陽江、湛江	—
地質調査(起源岩調査及び第四紀地質調査)	陽江	913km ²
予察調査	湛江	1,800km ²
ボーリング調査	東里、陽江	90孔、1,321.80m
室内試験	—	—

以下、これらの調査・試験の結果及び第3年次への提言について要約する。

1. 調査・試験の結果

1) 陸上探査データの解析

目的: 陸上部重砂鉱床の海側へ延長する可能性等の考察及び海上調査の是非の検討

上記の目的のもとに陸上探査データを解析した結果、次のようなことが判明した。

- ① 陽江地区及び湛江地区に分布する陸上部の各重砂鉱床は、海側へ連続して伸長する可能性は少ない。
- ② しかしながら、沖合浅海部においては陸上部の鉱床とは別の単位の重砂鉱床が賦存している可能性が考えられる。

2) 地質調査(起源岩調査・第四紀地質調査)及び予察調査

目的: 重砂鉱床中に濃集する重鉱物の起源及び形成メカニズムの検討

上記の目的のもとに地質調査及び予察調査を実施した結果、次のようなことが判明した。

- ① 後背地に分布する基盤岩類は、カンブリア系片麻岩・混合岩類(ε)カレドニア期混合花崗岩類(γ_3)、燕山期花崗岩類(γ_5)に区分される。
- ② 主な鉱床母層は第四紀Q₄層の海成～風成砂層である。
- ③ 重鉱物とその起源岩との関係は、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(及び磁鉄鉱)は、主として、カレドニア期混合花崗岩類及び燕山期花崗岩類に、そしてジルコンは全ての岩種に関係すると考えられる。一方、ルチルは原岩中にはほとんど認められない。

- ④ なお、岩石中の重鋳物含有量の調査には、人工重砂分析は機械的破碎を伴うので岩石中の重鋳物を一部損失する恐れがあり、本年度の調査による分析値の比較検討の結果、ラテライト性土壌の重砂分析の方がより有効であることが認められた。
- ⑤ 河川砂・海浜砂試料中の重鋳物重量比は、後背地の地質母体にみられる重鋳物重量比と近似的に一致している。

3) ボーリング調査

目的： 東里地区、第1年次(昭和62年度)捕捉重砂鋳床の確認

陽江地区、新規重砂鋳床の捕捉及び既存鋳床の広がり確認

上記の目的のもとにボーリング調査を実施した結果、次のようなことが判明した。

① 東里地区

- 南北方向に2列に分布する上盤鋳体が捕捉された。うち、1つは東里半島西側部分に延長10km以上、最大幅約3,000m、最大層厚約17mの規模で、もう1つは北莉島～新寮島の東側部分に延長約12km、最大幅約3,000m、最大層厚6.50mの規模でそれぞれ確認され、ほぼその全容が明らかにされた。
- 上盤鋳体と同じく南北方向に分布するとみられ、部分的に高品位を示す下盤鋳体が、延長約8km、最大層厚約8mの規模で北莉島～新寮島の東方に確認されたが、その幅については西限が捕捉されたのみで、南北方向への延長及び東側への広がりについては未確認のままで終わっている。

② 陽江地区

- 南山海及び双水両地区では連続性のある大規模な鋳床帯は捕捉できず、僅かに基盤近くに小規模な鋳床帯が認められた。
- 沙尾地区では、既存の沙尾鋳床の東方延長部と見られる鋳床帯を捕捉した。

4) 室内試験

目的： 調査結果の総合解析に資するため、地質調査、予察調査及びボーリング調査の採取試料についての各種室内試験

上記の目的のもとに、中国側及び日本側双方において実施した各種の室内試験の結果、主として次のようなことが判明した。

- ① 花粉鑑定の結果、鋳床形成時代の第四紀完新世は全般的に暖湿～熱湿気候で岩石の風化・ラテライト化に適した気候条件を備えていることが判明した。

② 粒度分析では、東里地区は波浪の比較的穏やかな、そして陽江地区は逆にその影響の強い堆積環境であったと推定される。

③ 重砂多項分析では、第四紀砂層中には、基本5鉱物(イルメナイト、ジルコン、ルチル、モナザイト及びゼノタイム)以外の有用重鉱物がほとんど存在しないことが確かめられた。

④ 重鉱物の元素分析の結果、東里地区のゼノタイムはLaが、陽江地区のものではY,Uがそれぞれ高い含有量を示した。モナザイトではP,U,Yの含有量が、そしてルチルではTaの含有量が陽江地区のものに高いことが認められた。一方、イルメナイト及びジルコンでは地区別の差はあまり認められなかった。

2. 提言

本年度の調査結果に基づく第3年次への提言は次のとおりである。

1) 海上調査の実施

陽江地区及び湛江地区の沖合浅海部に対して海上物理探査、表層砂泥サンプリングなどを実施して、浅海底部の第四紀砂層の堆積及び分布状況、海底地形、表層部の重砂濃集度などを調査することによって、浅海底部における重砂鉱床の賦存を確認・追跡する。

2) 地質調査(起源岩調査及び鉱床調査)

① 湛江地区及び陽江地区と東里地区の一部について、特にラテライト性土壌の系統的サンプリングを行い、まだよく判っていないラテライト性土壌中での重鉱物の挙動を引続き調査する。

② 本年度に予察調査を実施した湛江地区に対しては、岩石及び砂試料を引続き採取して、他地区と同じ調査精度に上げ、起源岩の分布及び性状を明らかにする。。

③ 重鉱物の最終的濃集の場である既存鉱床について、採掘ピットなどを利用して、これら鉱床の原砂中の分離重鉱物の重量比に対する地質母体との重鉱物重量比の近似性の検討を行い、さらに原砂と重鉱物別々の粒度分析を行うことによって、重鉱物濃集のメカニズムを究明する。この場合、粒度分析データは将来の開発段階での鉱物分離などにおける基礎データの一部として役立つ。

3) ボーリング調査の実施

① 東里地区

本年度(第2年次)までに北莉島~新寮島の東部で捕捉された下盤鉱体は、南北方向に約8km延長しており、現在はその西限を確認したのみである。したがって、本鉱体の南北への延長、とくに北への延長と、東への広がりを追跡・確認するためボーリング調査を実施する。

② 湛江地区

海上物理探査データ解析を補完するため、物理探査が実施される範囲外の浅海部(海岸~水深-5.0m程度)での地質解釈補完ボーリング、及び物理探査実施範囲内の鉱床賦存有望地区に対して、第四紀堆積砂層層厚及び堆積環境の調査、重砂含有量の確認などを目的とするボーリング調査を実施する。

③ 陽江地区

沙尾地区における既存鉱床の東方への延長部を追跡・確認するためのボーリング調査を実施する。潮間帯~沖合浅海底部において、海上物理探査実施の範囲の内外を対象とし、湛江地区のそれと同様の目的でボーリング調査を実施する。

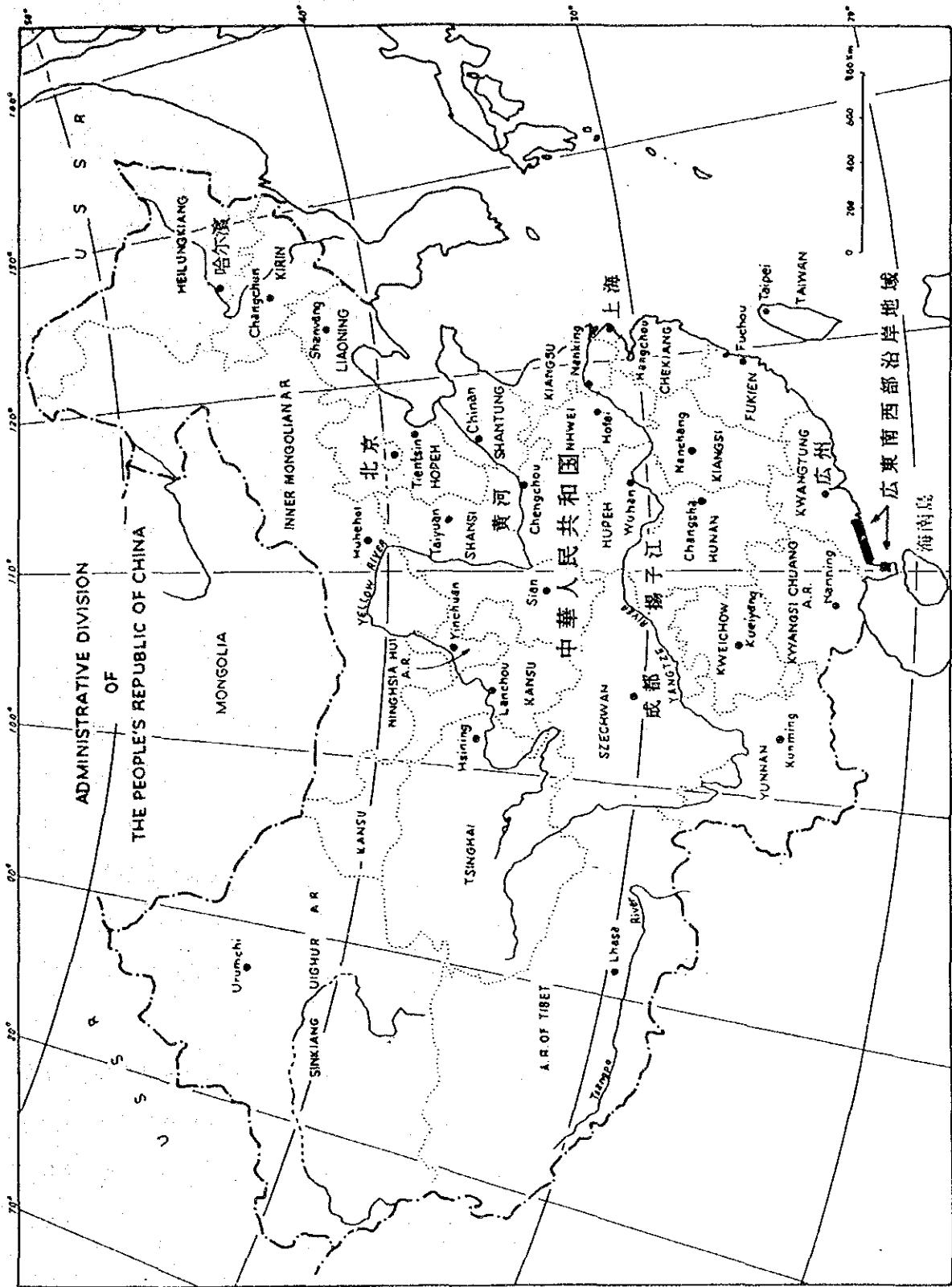


图 1—(1) 調查地域位置图

(広東南西部沿岸地域)

目 次

はしがき

要 約

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 調査の経緯及び目的	1
1.2 調査内容	3
1.3 調査期間	5
1.4 調査団の編成	5
1.4.1 調査計画と折衝	5
1.4.2 現地調査	6
第 2 章 調査地域の地理	8
2.1 位置及び交通	8
2.2 地形	8
2.3 気候	9
第 3 章 調査地域の地質概要	10

第4章 調査方法	12
4.1 陸上探査データの解析	12
4.1.1 中国側による陸上探査の概要	12
4.1.2 データ解析の目的	13
4.1.3 解析に使用した陸上探査データの内訳	13
4.1.4 データ解析の手順	15
4.2 地質調査	17
4.2.1 調査の目的	17
4.2.2 調査の方法	17
4.3 重鉄物の起源岩調査	18
4.3.1 調査の目的	18
4.3.2 調査の方法	18
4.3.3 砂試料	19
4.3.4 岩石試料及びラテライト性土壌試料	19
4.4 ボーリング調査	20
4.4.1 調査の目的	20
4.4.2 作業内容	20
4.4.3 作業量の概要	21
4.5 調査班の編成	21
4.5.1 陸上探査データの解析	21
4.5.2 地質調査及び予察調査	21
4.5.3 ボーリング調査	21
第5章 調査結果の総合検討	23
5.1 陸上探査データの解析	23
5.2 地質調査(起源岩調査及び第四紀地質調査)及び予察調査	23
5.3 ボーリング調査	24
5.4 室内試験	25

第6章 結論及び提言	26
6.1 結 論	26
6.1.1 陸上探査データの解析	26
6.1.2 地質調査(起源岩調査及び第四紀地質調査)及び予察調査	26
6.1.3 ボーリング調査	26
6.1.4 室内試験	27
6.2 提 言	27
6.2.1 海上調査	27
6.2.2 地質調査(起源岩調査及び鉍床調査)	27
6.2.3 ボーリング調査	28

第II部 調査の内容及び解析結果

第1章 陸上探査データの解析	29
1.1 解析図作成要領	29
1.1.1 限界品位の設定	29
1.1.2 ボーリング断面鉍画の設定	29
1.1.3 平面図による鉍床特性の検討	30
1.2 陸上部重砂鉍床の賦存形態	30
1.2.1 丹南モナザイト鉍区(海陵島)	30
1.2.2 南山海ナザイト鉍区	31
1.2.3 沙尾ゼノタイム鉍区	33
1.2.4 呉陽ゼノタイム鉍区	34
1.2.5 南三島ジルコン鉍区	35
1.3 海浜重砂鉍床形成メカニズムについての考察	41
1.3.1 海進・海退に伴う沿岸堆積形成の一般的な断面モデル	41
1.3.2 潮間帯における砂の挙動に関する平面モデル	43
1.3.3 広東南西部沿岸地域-陽江~湛江地区における 海浜重砂鉍床の形成モデル(作業仮説)	44

1.4 陽江～湛江地区における潮間帯及び沖合浅海底部での 鈹床帯賦存の可能性について	45
第2章 地質調査(地質調査及び第四紀地質調査)及び予察調査の内容と調査結果	
2.1 陽江地区(地質調査及び第四紀地質調査)	47
2.1.1 地質	47
2.1.2 鈹床	56
2.2 湛江地区(予察調査)	58
2.2.1 地質	58
2.2.2 鈹床	58
2.3 帯磁率の測定結果	58
第3章 起源岩調査の内容と解析結果	62
3.1 調査方法	62
3.2 岩石試料及びラテライト性土壌試料	67
3.2.1 岩石試料及びラテライト性土壌試料の重鈹物含有量について	67
3.2.2 岩石試料及びラテライト性土壌試料の重鈹物重量比	69
3.3 砂試料中の重鈹物重量比について	80
3.3.1 ラテライト性土壌試料と近傍の砂試料中の重鈹物重量比について	80
3.3.2 砂試料の地区別鈹物重量比について	84
3.4 解析結果及びその検討	94
3.4.1 重鈹物の起源岩の推定	94
3.4.2 河川・海浜砂形成にかかわる基盤岩類の区域別影響度	95
3.4.3 起源岩調査におけるラテライト性土壌試料の有効性	96
3.4.4 起源岩調査の今後の進め方	96
第4章 ボーリング調査の内容と解析結果	97
4.1 ボーリング概要	97
4.2 ボーリング作業	100
4.2.1 東里地区	100

4.2.2	陽江地区	102
4.3	試料鑑定及びサンプリング	102
4.3.1	試料鑑定	102
4.3.2	試料サンプリング法	103
4.3.3	採取試料数	103
4.4	東里地区の解析	104
4.4.1	地質概要	104
4.4.2	Q ₄ 層の分布と構造	105
4.4.3	鉍床帯の分布と規模	105
4.4.4	重鉍物の種類と量比	106
4.4.5	解析結果	106
4.5	陽江地区の解析	106
4.5.1	地質概要	106
4.5.2	解析方法と結果	107
4.6	探鉍有望地区	107
4.6.1	東里地区	107
4.6.2	陽江地区	108

第Ⅲ部 室内試験

第1章	中国側分析所における室内試験	111
1.1	試験目的及び試験内容	111
1.2	重砂分析	111
1.2.1	分析試料	111
1.2.2	分析方法	111
1.2.3	分析結果	112
1.3	人工重砂分析	112
1.4	岩石分析(全岩)	112
1.5	岩石薄片作成・鑑定	112
1.6	粒度分析	113

1.7	年代測定	114
1.7.1	Rb-Sr法	114
1.7.2	^{14}C 法	115
1.8	花粉鑑定	116
1.9	蛍光X線分析	118
1.10	重砂多項分析	120
第2章 日本持ち帰り試料の室内試験		123
2.1	試験目的	123
2.2	試験内容及び試料数	123
2.2.1	重鉍物分離試験	123
2.2.2	分離重鉍物の元素分析	123
2.2.3	EPMAによる定性分析	124
2.2.4	顕微鏡による鉍物モード測定と構成元素成分の 組合せによる重鉍物含有量分析	125
2.2.5	原砂試料及び岩石試料の顕微鏡観察	125
2.3	試験方法	126
2.3.1	重鉍物分離試験	126
2.3.2	元素分析	127
2.3.3	EPMAによる定性分析	129
2.3.4	顕微鏡観察	130
2.4	試験結果	131
2.4.1	重鉍物分離試験	131
2.4.2	元素分析	133
2.4.3	EPMAによる定性分析	133
2.4.4	顕微鏡による鉍物モード測定と構成元素成分の 組合せによる重鉍物含有量分析	134
2.4.5	原砂試料及び岩石試料の顕微鏡観察	136
2.5	試験結果のまとめ	138
2.5.1	重鉍物分離試験	138

2.5.2	重鉱物の構成元素	139
2.5.3	顕微鏡観察及びEPMA	139

第IV部 調査結果の総合検討

第1章	陸上探査データの解析	159
第2章	地質調査(起源岩調査及び第四紀地質調査)及び予察調査	161
第3章	ボーリング調査	163
第4章	室内試験	165

第V部 結論及び提言

第1章	結 論	167
1.1	陸上探査データの解析	167
1.2	地質調査(起源岩調査及び第四紀地質調査)及び予察調査	168
1.3	ボーリング調査	169
1.4	室内試験	170
第2章	提 言	172
2.1	海上調査	172
2.2	地質調査	172
2.3	ボーリング調査	173

図 表 一 覧

図 1-(1)	調査地域位置図	7
図 1-(2)	広東南西部沿岸地域位置図	7
図 2	東アジア大陸地質構造概略図	11
図 3	広東南西部沿岸地域-陽江~湛江地区-主要砂鉱区位置図	12
図 4	広東南西部沿岸地域中国側実施体制	22
図 5-(1)	丹南モナザイト鉱区 鉱床ポテンシャル等値線図	36
図 5-(2)	南山海モナザイト鉱区 鉱床ポテンシャル等値線図	37
図 5-(3)	沙尾ゼノタイム鉱区 鉱床ポテンシャル等値線図	38
図 5-(4)	呉陽ゼノタイム鉱区 鉱床ポテンシャル等値線図	39
図 5-(5)	南三島ジルコン鉱区 鉱床ポテンシャル等値線図	40
図 6-(1)	等速海進覆蔽	41
図 6-(2)	海退覆蔽	41
図 6-(3)	海退・海進複合覆蔽	42
図 6-(4)	交代覆蔽	42
図 7	砂礫の沿岸漂移モデル	43
図 8	湾状海岸における沿岸漂移と砂嘴形成のモデル	43
図 9	沿岸流の方向と砂嘴の発達モデル	43
図 10	砂嘴成長速度	43
図 11	再移動する沖積砂礫中における重鉱物濃集モデル	44
図 12-(1)	過去3万年以降における海面位置の変動(14C測定結果による)	46
図 12-(2)	図 12-(1)の実線部分を拡大したもの 波線はFairbridgeの海面変化曲線	46
図 13	完新世海水面昇降曲線(根据黙爾納 1969)	46
図 14	陽江、湛江地区地質模式柱状図	48
図 15	陽江、湛江地区地質模式断面図	48
図 16	カンブリア系片麻岩・混合岩類のACF図	50
図 17	陽江地区混合・変成岩類産状図	51
図 18	混合・変成岩類の産状モデル	52

図19	陽江、湛江地区花崗岩類の K_2O-Na_2O-CaO 図	52
図20	陽江、湛江地区花崗岩類のMFA図	53
図21	陽江、湛江地区花崗岩類のノルム $Q-(Ab+An)-Or$ 図	53
図22-(1)	陽江地区重砂鉍床側面スケッチ(1)	57
図22-(2)	陽江地区重砂鉍床側面スケッチ(2)	57
図22-(3)	陽江地区重砂鉍床側面スケッチ(3)	57
図23	陽江及び湛江地区における砂試料中の重鉍物重量比に関する デンドログラム	64
図24	岩石(人工重砂)重砂分析値比較図	66
図25	ラテライト性土壌重砂分析値比較図	66
図26-(1)	岩石(人工重砂分析)の重鉍物重量比三角ダイヤグラム(1)	71
図26-(2)	岩石(人工重砂分析)の重鉍物重量比三角ダイヤグラム(2)	71
図26-(3)	岩石(人工重砂分析)の重鉍物重量比三角ダイヤグラム(3)	72
図27-(1)	ラテライト性土壌の重鉍物重量比三角ダイヤグラム(1)	73
図27-(2)	ラテライト性土壌の重鉍物重量比三角ダイヤグラム(2)	73
図27-(3)	ラテライト性土壌の重鉍物重量比三角ダイヤグラム(3)	74
図28-(1)	鉍床起源岩調査試料採取位置図及び重砂分析結果図(1)	75
図28-(2)	鉍床起源岩調査試料採取位置図及び重砂分析結果図(2)	76
図28-(3)	鉍床起源岩調査試料採取位置図及び重砂分析結果図(3)	77
図28-(4)	鉍床起源岩調査試料採取位置図及び重砂分析結果図(4)	78
図28-(5)	鉍床起源岩調査試料採取位置図及び重砂分析結果図(5)	79
図29-(1)	ラテライト性土壌、砂試料の重鉍物重量比三角ダイヤグラム(1)	81
図29-(2)	ラテライト性土壌、砂試料の重鉍物重量比三角ダイヤグラム(2)	81
図29-(3)	ラテライト性土壌、砂試料の重鉍物重量比三角ダイヤグラム(3)	82
図30-(1)	砂試料の区域別重鉍物重量比三角ダイヤグラム(1)	90
図30-(2)	砂試料の区域別重鉍物重量比三角ダイヤグラム(2)	90
図30-(3)	砂試料の区域別重鉍物重量比三角ダイヤグラム(3)	91
図31-(1)	ラテライト性土壌試料の重鉍物重量比より求めた基盤岩類の 三角ダイヤグラム領域図(1)	92

図31-(2)	ラテライト性土壌試料の重鉍物重量比より求めた基盤岩類の 三角ダイアグラム領域図(2)	92
図31-(3)	ラテライト性土壌試料の重鉍物重量比より求めた基盤岩類の 三角ダイアグラム領域図(3)	93
図32	東里地区ボーリング位置図	101
図33	東里地区ボーリング地質・鉍床断面図	108
図34	東里地区総合解析結果図	109
図35	陽江地区ボーリング位置図	110
図36	陽江地区ボーリング地質・鉍床断面図	110
図37	Q ₄ 層と粒度分析・ ¹⁴ C年代・花粉鑑定結果	117
図38-(1)	惠州分析所重砂分析系統図(1)	121
図38-(2)	惠州分析所重砂分析系統図(2)	122
図39-(1)	重砂分離試験系統図(その1)	141
図39-(2)	重砂分離試験系統図(その2)	141
図40-(1)	ノルム計算のフローチャート	151
図40-(2)	ノルム計算値とモード分析値の散布図	153
図41-(1)	重砂分析日・中比較相関図-イルメナイト	154
図41-(2)	重砂分析日・中比較相関図-ゼノタイム	154
図41-(3)	重砂分析日・中比較相関図-モナザイト	154
図41-(4)	重砂分析日・中比較相関図-ルチル	154
図41-(5)	重砂分析日・中比較相関図-ジルコン	154

表 1	調査内容及び調査量	3
表 2	中国側分析所において実施した室内試験項目及び数量	4
表 3	日本において実施した室内試験項目及び数量 (第1年次採取試料)	4
表 4	平均最高・最低気温	9
表 5	平均降雨量・平均降雨日数	9
表 6	広東南西部沿岸地域－陽江地区及び湛江地区－砂鉱床の概要	16
表 7	岩種別・区域別試料数と試験項目	20
表 8	重鉱物の限界品位	29
表 9	陽江、湛江地区帯磁率測定値一覧	59
表10	岩種別・試料区分別帯磁率平均値	60
表11	岩石、ラテライト性土壌別及び区域別帯磁率比較	61
表12	起源岩の解析に用いた砂試料内訳	62
表13	陽江及び湛江地区における砂試料の重鉱物重量比に関する 2鉱物間の相関係数	63
表14	ラテライト性土壌の重砂分析値 (L) と岩石人工重砂分析値 (R)	65
表15	岩種と重鉱物含有量との関係	68
表16	重鉱物の起源岩の推定一覧	68
表17	ラテライト性土壌及び岩石 (人工重砂分析) の 三角ダイヤグラムの重鉱物重量比	70
表18	ラテライト性土壌試料及び近傍採取砂試料の比較・組合せ一覧	83
表19	区域別砂試料採取数一覧	84
表20	起源岩調査河川砂及び海浜砂重砂分析値の換算結果一覧	85
表21	砂試料重砂分析値及び同重量比一覧	86
表22	陽江及び湛江地区砂試料の区域別、重鉱物重量比平均値 (標準偏差) 一覧	87
表23-(1)	区域別基盤岩類固有領域-砂試料数 (1)	88
表23-(2)	区域別基盤岩類固有領域-砂試料数 (2)	89
表23-(3)	区域別基盤岩類固有領域-砂試料数 (3)	89
表24	三角ダイヤグラム (1)+(2)+(3)の砂試料の個数及び その区域・岩石別割合 (%)	89
表25	区域別・岩石別の砂試料への影響度割合	94

表26	ボーリング調査現地調査総括	97
表27	ボーリング調査実績	98
表28	ボーリング調査班構成人員数	98
表29	ボーリング調査使用機器一覧	99
表30	ボーリング調査消耗資材使用一覧	99
表31	ボーリング調査工程実績	99
表32	碎屑物名称分類	103
表33	土質名分類	103
表34	堆積物の粒径区分	113
表35	Rb-Sr 法年代測定結果	115
表36	^{14}C 法年代測定結果	116
表37	蛍光X線分析一覧	118
表38	中国側分析所における室内試験の項目明細及び数量	119
表39	惠州分析所重砂定量分析精度検査基準	141
表40	ボーリング採取砂半割試料、起源岩調査海浜砂試料及び中国側粗選精鉍試料の試料 詳細ならびに試験項目一覧	140
表41	複合試料区分及び試料番号一覧	124
表42	EPMAによる定性分析結果一覧	124
表43-(1)	重砂分離試験試料の重量、体積測定結果及び テーブル、重選工程の産物重量	142
表43-(2)	重砂分離試験における磁選工程の産物重量	143
表43-(3)	重砂分離試験結果	144
表44	重砂分離試験により得られた重鉍物精鉍の顕微鏡によるモード分析結果	145
表45	分離鉍物の元素分析結果一覧	146
表46-(1)	ボーリング採取砂半割試料、中国側粗選精鉍試料、起源岩調査海浜砂試料の 粗選精鉍の偏光顕微鏡によるモード分析結果一覧	147
表46-(2)	ノルム計算に用いた化学分析値一覧	148
表46-(3)-㉓	ボーリング採取砂半割試料、中国側粗選精鉍試料、起源岩調査海浜砂試料の 粗選精鉍X線回折による鉍物同定結果一覧	149

表46-- (3) - ⑥	ボーリング採取砂半割試料、中国側粗選精鉍試料、起源岩調査海浜砂試料の粗選精鉍X線回折による鉍物同定結果一覧	150
表47-- (1)	ノルム計算結果	152
表47-- (2)	ノルム計算値とモード分析値の相関係数一覧	153
表48	起源岩調査採取砂試料及びボーリング原砂試料の偏光顕微鏡によるモード分析結果一覧	155
表49	起源岩調査採取岩石試料の偏光顕微鏡による岩石鑑定一覧	156
表50	日本と中国の重鉍物分離結果の対比	157

卷 末 資 料

資料 1	採取試料リスト及び室内試験内訳表	資-1
資料 2	人工重砂分析結果一覧表	資-5
資料 3	陽江、湛江地区岩石の全岩分析結果一覧表	資-9
資料 4	陽江、湛江地区岩石のノルム鉱物計算表	資-10
資料 5	陽江、湛江地区岩石薄片検鏡結果一覧表	資-11
資料 6	岩石の顕微鏡写真	資-12
資料 7	粒度分析結果一覧表	資-19
資料 8	粒度分析ヒストグラム(海浜砂試料)	資-27
資料 9	Rb-Sr同位体測定結果一覧表	資-32
資料10	花粉鑑定結果一覧表	資-34
資料11	重砂多項分析結果一覧表	資-38
資料12	重鉱物鑑定結果-EPMAカラーマッピング写真	資-39
資料13	重鉱物鑑定結果-粗選精鉱の偏光顕微鏡写真	資-79
資料14	ボーリング柱状図(90孔)	資-87

付 図

- 付図1-(1) 陽江地区重砂鉍床、鉍床ポテンシャル等値線図及び
断面鉍画・平均品位図 (縮尺 1:50,000)
- 付図1-(2) 湛江地区重砂鉍床、鉍床ポテンシャル等値線図及び
断面鉍画・平均品位図 (縮尺 1:50,000)
- 付図2-(1) 陽江地区鉍床起源岩調査、試料採取位置図及び
重砂分析結果図 (縮尺 1:100,000)
- 付図2-(2) 湛江地区鉍床起源岩調査、試料採取位置図及び
重砂分析結果図 (縮尺 1:100,000)
- 付図3 陽江地区地質図及び地質断面図 (縮尺 1:50,000)
- 付図4-(1) 東里地区ボーリング位置図 (縮尺 1:50,000)
- 付図4-(2) 東里地区ボーリング位置図 (縮尺 1:50,000)
- 付図4-(3) 陽江地区ボーリング位置図 (縮尺 1:50,000)
- 付図4-(4) 陽江地区ボーリング位置図 (縮尺 1:50,000)
- 付図4-(5) 陽江地区ボーリング位置図 (縮尺 1:50,000)
- 付図4-(6) 陽江地区ボーリング位置図 (縮尺 1:50,000)
- 付図5-(1) ボーリング地質断面図及び品位図
東里地区 line 111 (縮尺 1:5,000及び1:200)
- 付図5-(2) ボーリング地質断面図及び品位図
東里地区 line 123 (縮尺 1:5,000及び1:200)
- 付図5-(3) ボーリング地質断面図及び品位図
東里地区 line 135 (縮尺 1:5,000及び1:200)
- 付図5-(4) ボーリング地質断面図及び品位図
東里地区 line 224 (縮尺 1:5,000及び1:200)
- 付図5-(5) ボーリング地質断面図及び品位図
東里地区 line 212 (縮尺 1:5,000及び1:200)
- 付図5-(6) ボーリング地質断面図及び品位図
東里地区 line 200 (縮尺 1:5,000及び1:200)

付図5-(7) ボーリング地質断面図及び品位図 東里地区 line 211	(縮尺 1:5,000及び1:200)
付図5-(8) ボーリング地質断面図及び品位図 東里地区 line 223	(縮尺 1:5,000及び1:200)
付図5-(9) ボーリング地質断面図及び品位図 東里地区 line 235	(縮尺 1:5,000及び1:200)
付図5-(10) ボーリング地質断面図及び品位図 陽江地区	(縮尺 1:5,000及び1:200)
付図6-(1) 東里地区ボーリング解析 Q ₄ 層下底等深度線図	(縮尺 1:50,000)
付図6-(2) 東里地区ボーリング解析 Q ₄ 層等層厚線図	(縮尺 1:50,000)
付図6-(3) 東里地区ボーリング解析 鉱床等層厚線図	(縮尺 1:50,000)
付図6-(4) 東里地区ボーリング解析 鉱床層厚×合計重鉱物品位図	(縮尺 1:50,000)
付図6-(5) 東里地区ボーリング解析 合計重鉱物品位図	(縮尺 1:50,000)
付図6-(6) 東里地区ボーリング解析 イルメナイト分析品位図	(縮尺 1:50,000)
付図6-(7) 東里地区ボーリング解析 ジルコン分析品位図	(縮尺 1:50,000)
付図6-(8) 東里地区ボーリング解析 ルチル分析品位図	(縮尺 1:50,000)
付図6-(9) 東里地区ボーリング解析 モナザイト分析品位図	(縮尺 1:50,000)
付図6-(10) 東里地区ボーリング解析ゼノタイム分析品位図	(縮尺 1:50,000)
付図7-(1) 探鉱有望地区位置図 東里地区	(縮尺 1:10,000)
付図7-(2) 探鉱有望地区位置図 陽江地区	(縮尺 1:10,000)
付図8 総合解析結果図 東里地区	(縮尺 1:50,000)

第I部 総論

第 I 部 総 論

第1章 序 論

1.1 調査の経緯及び目的

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部沿岸地域の第2年次として実施されたものである。

第1年次の調査は、東里、陽江両地区約4,500km²において、第四紀堆積層中の重砂鉱床に対する地質調査(起源岩調査を含む)及びボーリング調査を実施した。すなわち、東里地区では、陸上部を中心としたボーリング調査によってイルメナイトを主とする重砂鉱床分布の概要の把握につとめ、また鉱床起源岩の追跡による鉱床形成機構の解明を行った。一方、陽江地区においては、レア・アース鉱物を主とする重砂鉱床に関して、既存鉱床の分布範囲の広がりを追跡するとともに、ほかの有望地域での鉱床分布の概要の把握につとめ、また、起源岩の追跡による鉱床形成機構解明のための予備調査を行った。この結果;

- 1) 東里地区においては、東里半島の西側及び新寮島地区の主として陸上部に比較的まとまったイルメナイトを主とする重砂鉱床帯を捕捉した。
- 2) 陽江地区の平崗地区及び海陵島においては、有望な重砂鉱床帯を捕捉できなかった。
- 3) 東里地区ではイルメナイトの起源岩をほぼ明らかにすることが出来たが、陽江地区では調査範囲が全域を網羅できなかったこと、及び重鉱物の種類が多かったことなどのため、重鉱物の起源岩についてはその可能性を推定するにとどまった。

以上の結果に基づき、第2年次の現地調査は、以下の調査が計画され実施された。

1) 陸上探査データの解析

陽江地区及び湛江地区における中国側既存探査データを解析し、既知重砂鉱床の賦存形態を明らかにするとともに、沖合浅海部での鉱床賦存の可能性を推定する。

2) 地質調査(起源岩調査を含む)

陽江地区及び湛江地区(予察調査)を調査し、1)及び3)の結果とあわせ検討を行って、重鉱物の起源及び鉱床の形成機構を解明する。

3) ボーリング調査

東里地区では、第1年次に捕捉した鉱床帯の周辺調査、すなわち東里半島～新寮島間の潮間帯及びその外洋部での概査ボーリング、及び陽江地区では溪頭地区、南山海地区及び沙尾地区の陸上部及び潮間帯における概査のボーリングをそれぞれ実施し、既存鉱床の広がり追跡及び有望地区での鉱床賦存の確認を行う。

これらの調査の主要な目的は、東里地区では鉱床の延長及び広がりを追跡すること、陽江地区及び湛江地区では陸上部重砂鉱床賦存形態を明確にし、この地区での海上調査の是非を検討すること、及び湛江地区では予察調査によって起源岩追跡の明確な指針を得ること、などであった。

1.2 調査内容

調査内容と調査量、中国側分析所において実施した室内試験項目と数量、及び日本で実施した室内試験項目と数量(第1年次採取試料)を、それぞれ表1、表2、表3に示す。

表1 調査内容及び調査量

調査内容	調査量
陸上探査データの解析	陽江地区 丹南(海陵島)、南山海、沙尾及び馬店河の4 鉱区 湛江地区 吳陽及び南三島の2鉱区
地質調査 (陽江地区)	調査面積 913 km ² 調査延長及び 試料採取ルート長 200 km 採取試料 重砂分析試料 河川砂・海浜砂試料 40個 ラテライト性土壌試料 15個 計 55個 粒度分析試料 海浜砂試料 20個 岩石試料 全岩分析試料 7個 岩石薄片作成試料 15個 絶対年代測定試料 10個 人工重砂分析試料 15個
予察調査 (湛江地区)	調査面積 1,800 km ² 試料採取ルート長 100 km 採取試料 重砂分析試料 河川砂・海浜砂試料 22個 ラテライト性土壌試料 5個 計 27個 粒度分析試料 海浜砂試料 10個 岩石試料 全岩分析試料 3個 岩石薄片作成試料 5個 絶対年代測定試料 6個 人工重砂分析試料 5個
ボーリング調査	掘進総延長 1,321.80 m (90孔) 東里地区 894.10 m (55孔) 陽江地区 427.70 m (35孔) 採取試料数 1,410 個

表2 中国側分析所において実施した室内試験項目及び数量

試 験 項 目	数 量
重砂分析 (河川砂、海浜砂及びラテライト性土壌)	82件
〃 (ボーリング採取砂)	1,322件
人工重砂分析	20件
粒度分析 (河川砂及び海浜砂)	30件
〃 (ボーリング採取砂)	98件
花粉鑑定	48件
全岩分析	10件
岩石薄片作成・鑑定	20件
絶対年代測定 (Rb-Sr) 16件×4個	64件
〃 (14C)	10件
岩石蛍光 X線分析	10件
重砂多項分析	10件

表3 日本において実施した室内試験項目及び数量
(第1年次採取試料)

試 験 項 目	数 量
重鉍物分離試験	49件
分離重鉍物の元素分析	40件
EPMAによる定性分析	12件
顕微鏡モード測定及び構成元素成分の組合せによる重砂品位分析	32件
顕微鏡鑑定	40件
原砂モード測定	30件
岩石鑑定	10件

1.3 調査期間

昭和63年8月4日から昭和63年12月15日まで、計134日間現地調査を実施した。

1.4 調査団の編成

1.4.1 調査計画と折衝

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) 日本側

高 田 利 男 (金属鉱業事業団)
和 泉 武 (")
松 川 圭 男 (")
小 山 恭 一 (")
平 野 英 雄 (")
松 本 勝 時 (")
馬 場 洋 三 (")
神 谷 夏 実 (")
納 篤 (")
石 田 真 (" 北京連絡員)
伊 藤 正 (" ")

2) 中国側

陳 鉄 生 (中国有色金属工業総公司)
鄧 常 儉 (")
劉 善 方 (")
金 鐘 (")
袁 傳 盛 (")
袁 衛 新 (")
劉 正 愛 (")
孫 長 慶 (" 広東地質勘探公司)
蒙 合 榮 (" ")

1.4.2 現地調査

1) 日本側

相沢 直人 (海外鉱物資源
開発株式会社)
久米 敏夫 ()
富沢 尚明 ()
福元 勝治 (三井金属資源
開発株式会社)
山本 延彦 ()
中村 廉 ()
高木 哲夫 ()
石塚 善章 ()
清水 久司 ()
伊藤 建紀 ()
東沢 滋 ()
石田 憲一 ()
神成 総二 ()
藤井 究哉 ()

2) 中国側

孫 長慶 (広東地質勘探公司)
蒙 合栄 ()
許 幼撫 ()
馮 家本 ()
梁 維業 (広東地質勘探公司
935地質隊)
譚 徳康 ()
李 臣 ()
陳 開武 ()
王 家樹 ()
李 振元 ()
黄 卓慶 ()
陳 徳銭 (広東地質勘探公司
935地質隊東里分隊)
巫 之修 ()
謝 禮義 ()

以上のほか、中国側から約50名が、地質調査、ボーリング調査などの作業に参加した。

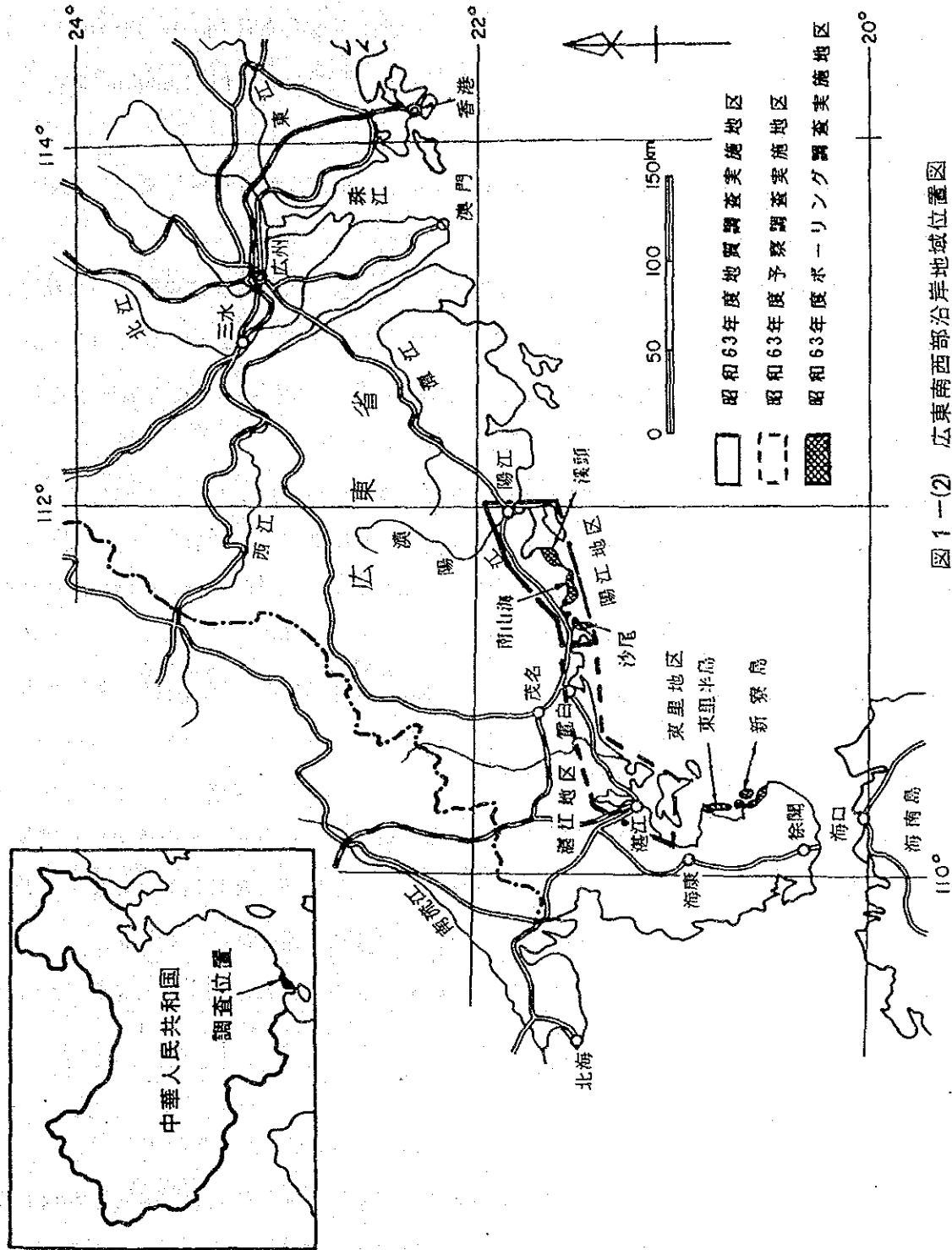


图 1--(2) 広東南西部沿岸地域位置図

第2章 調査地域の地理

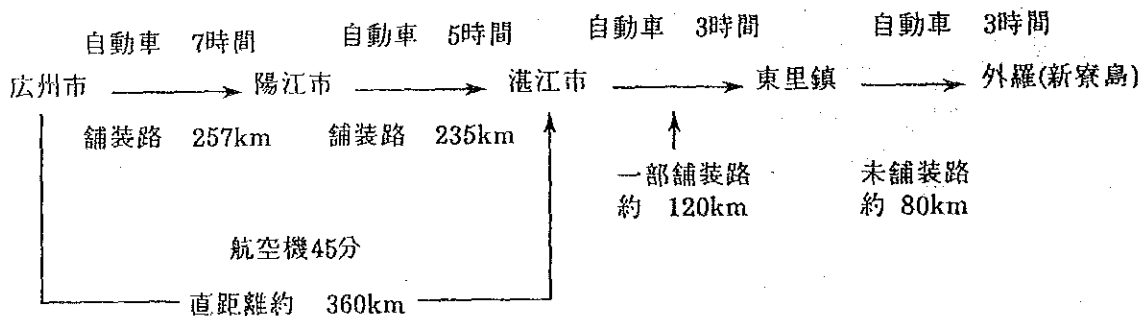
2.1 位置及び交通

調査地域は、中華人民共和国広東省のおおよそ北緯20°15'~22°、東経100°~112°10'の範囲に含まれ、調査面積は東里地区約600km²、陽江地区913km²及び湛江地区1,800km²を占めるが、実際にはこの外廓にも広がっている(図1-(2))。

行政上は、東里地区は広東省海康県及び同除聞県に属し、湛江地区及び陽江地区は広東省南西部の湛江市から陽江市までの各県及び各市に属している。

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勘探公司の管轄下に置かれているが、調査対象が海浜砂層中にレアメタル重鉱物を含有する、いわゆる重砂鉱床ということもあって、砂鉱床の調査を専門とする同地質勘探公司935地質隊(本拠地広東省惠州市)が現地に派遣された。

広東省の省都広州市より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的に未舗装で、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のためジープ以外の車両の通行は困難である。

なお、首都北京市から広州市までは航空機で約3時間、また、鉄道を利用すれば特急列車で約1日半を要する。

2.2 地形

東里地区は、平坦地形を示しながら南北に延びる雷州半島の東側に位置し、標高最大150m程度のなだらかな玄武岩台地、及び平坦な海成層・風成層によって構成される島々からなる。海岸沿いには沖合1~3km以上に及ぶ潮間帯が発達している。

湛江地区から陽江地区にかけては、第四紀堆積層の基盤をなす混合・変成岩類及び花崗岩類が後背地に広く分布し、標高最大300m台の、主として南北の方向性をもつ起伏の多い山岳部と、これから海岸へと続くなだらかな平野部からなる。

陽江地区における潮間帯の発達には東里地区に比較して良好ではないが、各所で内陸へ向い幅1~2kmの砂丘が発達している。

2.3 気候

調査地域は低緯度地帯にあるにもかかわらず、大陸の地続きということもあって一応四季は見られるが、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4)。

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2,350mm、海康(東里)地区では年間平均、1,700mm程度の降雨がある(表5)。

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、本地域の雨期と台風銀座といわれる位台風の影響を受けやすい場所に位置している地理的条件とに関係している。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り、多い時には1箇月3回ないし4回台風の接近に見舞われているが、本年の調査では、台風は10月になってから3回続けて来襲し、潮間帯でのボーリング作業が大きい影響を受けた。

表4 平均最高・最低気温

(℃)

	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(東里地区)	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 "

表5 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(東里地区)	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 "

第3章 調査地域の地質概要

調査地域の地質概要ならびにその東アジア大陸における地質的位置は次に述べるとおりである。

東アジア大陸はそれぞれシベリア地塊、カザフスタン地塊、タリム地塊、アムリア地塊、中朝地塊、揚子地塊ならびにインドシナ地塊と呼ばれるいくつかの大陸地塊と、それらの間に発達する造山帯とからなり立っている。広東地域はそうした大陸地塊のひとつ、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している。古生代前期には揚子地塊はユーラシア大陸(Gondwana大陸)とは離れた位置にあったと考えられ、当時その揚子地塊に沿って形成された地向斜に厚く堆積した陸源海成堆積物は、シルル紀末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作用を伴う構造的擾乱・変成作用を受けた。古生代後期には揚子地塊、中朝地塊、インドシナ地塊は互いに衝突して現在のアジア大陸東部の原形が形成された。その後中生代には東アジア大陸東部全体にわたり大規模な断層運動を伴う酸性火成岩の活動が顕著となった。ジュラ紀~白亜紀の燕山期花崗岩類の貫入はその最大の活動のひとつであり、長期にわたる複数の貫入によって多様な岩相の花崗岩をもたらした。調査地域には、以上を反映して、カレドニア造山運動に伴う混合・変成岩類ならびに燕山期の花崗岩類が基盤岩をなして分布し、その上を第四紀層が覆っている。

調査地域の広東省南西部は上述のように全体としてカレドニア造山帯の中にあるが、地質構造的には、清遠、肇慶から呉川、湛江を結ぶ北東から南西方向の線、及び湛江~遂溪~安鋪港を結ぶ線(雷州半島を付け根でくびれる線)によって、大きく三つのブロックに分けられる。すなわち、清遠、肇慶から呉川、湛江を結ぶ線の北西側は震旦系を主とするカレドニア造山帯の基底部の露出域で、カレドニア期花崗岩類の貫入の多い地域であるが、その南東側は主としてカンブリア系の露出する地域となっており、これを貫いて燕山期の花崗岩類が、東北東~北東方向に大規模に貫入している。一方、雷州半島は第三系及び第四紀玄武岩の分布域であり、前二者とは異なる地質構造をもっている(図2)。

本年度の調査地域は上述の清遠、肇慶から呉川、湛江を結ぶ線の南東側に位置する陽江地区とその北西側のブロックの一部を含む湛江地区の2地域である。陽江地区は第四紀層の基盤が主としてカンブリア系の片麻岩類、カレドニア造山運動に伴う混合岩類(混合花崗岩類を含む)及び燕山期花崗岩類からなる地域であるが、一方湛江地区はカンブリア系のほか震旦系ならびにカレドニア造山期の混合岩類から構成される基盤地質構造をもつ地域となっている。

第四紀には海進に伴って基盤岩類の上いくつかの海成堆積層が形成された。それらは下位よりQ₁層(湛江層群)、Q₂層(北海層群)、Q₃層及びQ₄層の4層に分けられている。調査地域に分布する重砂鉄床は主として最も若いQ₄層の一部に胚胎している。

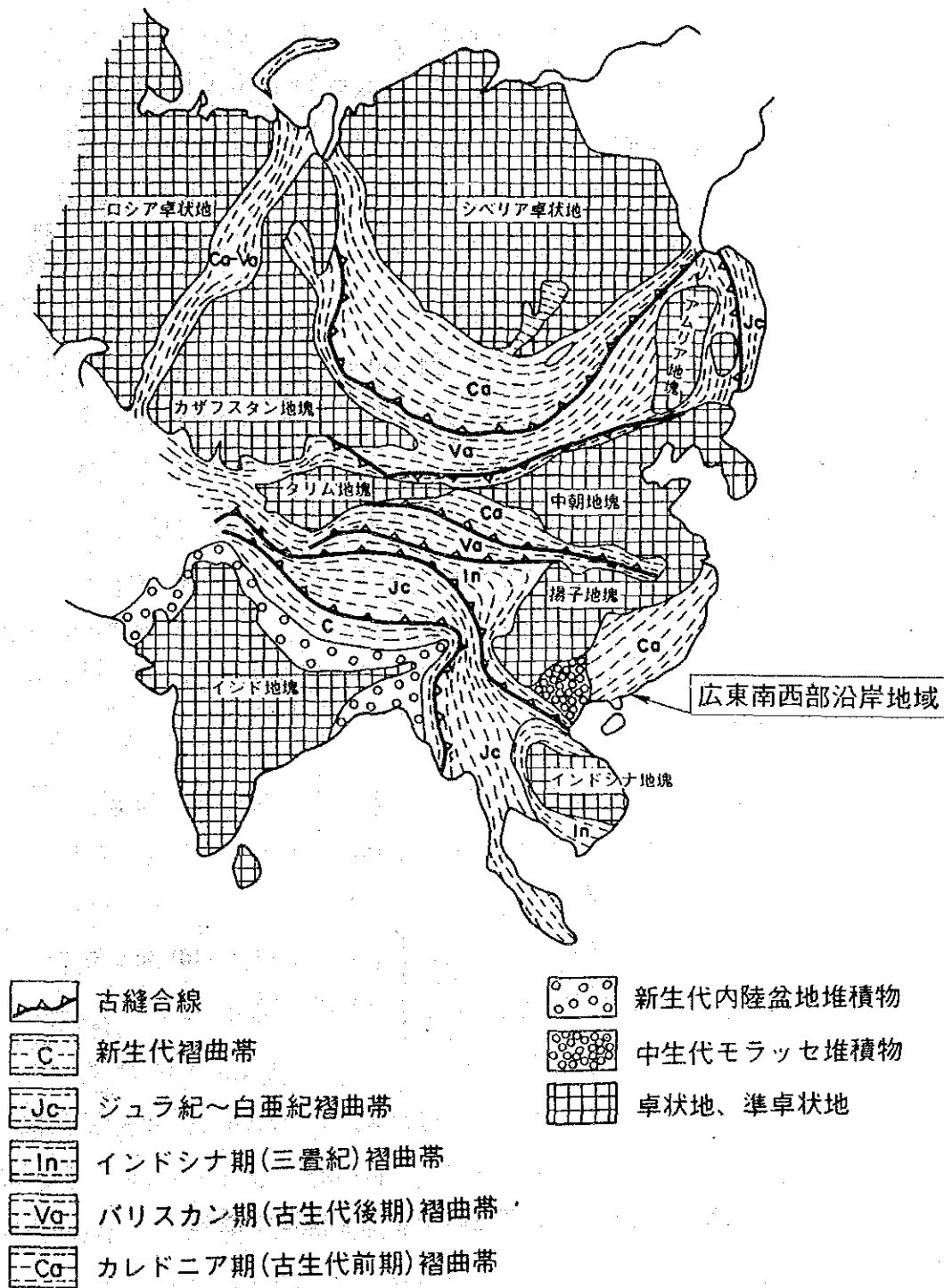


図2 東南アジア大陸地質構造概略図

(丸山・酒井1986を簡略化)

第4章 調査方法

4.1 陸上探査データの解析

4.1.1 中国側による陸上部探査の概要

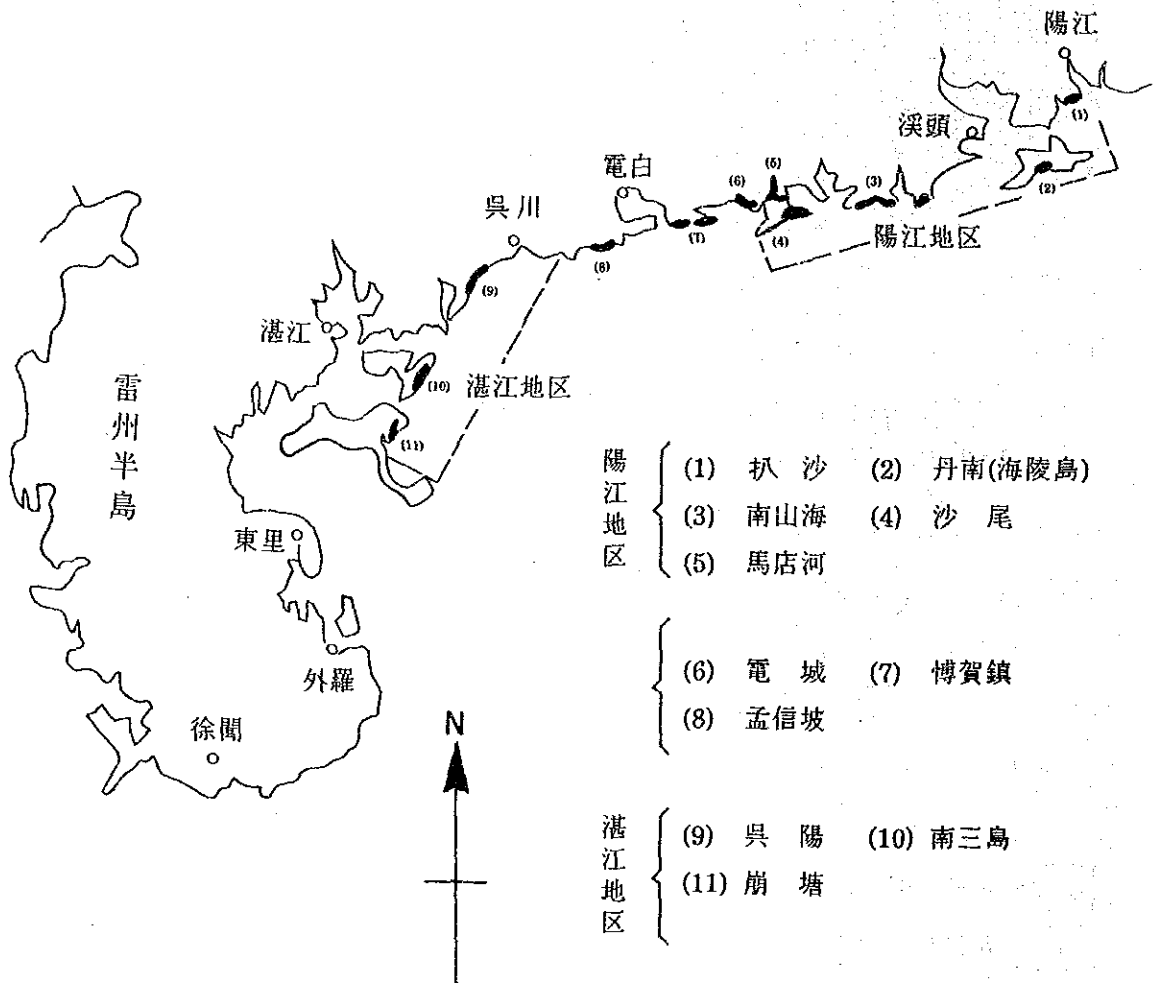


図3 広東南西部沿岸地域—陽江～湛江地区—主要砂鉱区位置図

広東地質勘探公司(1955年設立)及び広東地質局(1950年代前半設立)は協同で、1950年代において広東南西部沿岸地域の陽江~湛江~東里各地区に対して、海浜砂鉱床に関する一般調査を実施し、さらに有望地域に対して追加精密探査を実施した。その後1970年代に入り前記の二調査機関は調査を再開し、残された有望地域に対して精密探査を実施し現在に至っている。

図3は、これらの探査により、広東南西部沿岸地域の陽江~湛江地区において、現在までに重砂鉱床の賦存が確認されている主要砂鉱区の位置を示す。

中国側による陸上部の探査結果を、探査データに基づき地域の東部より、丹南、南山海、沙尾、馬店河、呉陽及び南三島の6鉱区についてまとめたものが表6である。

図3にある11箇所の砂鉱区のうち、陽江地区の扒沙鉱区及び湛江地区の崩塘鉱区の2鉱区については探査資料は逸散し既に無く、また表6にまとめられている6鉱区以外の電城、博賀鎮及び孟信坡の3鉱区についても詳しい探査資料はあまり残されていない。

前記の11砂鉱区のうち、丹南、南山海、馬店河及び南三島の4鉱区は1950年代に精密探査が実施され、また沙尾及び呉陽の2鉱区は1970年代に同じく精密探査が実施された。このうち、最も詳しく探査されたのは南山海鉱区(南山海鉱床、書村鉱床及び河北港鉱床の3鉱床を含む)で、うち南山海鉱床は1970年に採掘が開始され獲得鉱量のうち可成りの部分が現在まで既に採掘されており、また河北港鉱床も1988年に採掘が開始されている。

このほか、丹南(海陵島)及び沙尾の2鉱区においても地域住民の手によって部分的に小規模採掘が行われている。

なお、表6の中の、1950年代に精密探査された丹南、南山海及び南三島3鉱区の重鉱物分析品位については、モナザイトとゼノタイムの鉱物分離技術が当時まだ不完全であったために、ゼノタイムはモナザイト品位の内数に含められ記載されており、ゼノタイム単独の品位については不明である。また1970年に精密探査された沙尾及び呉陽の2鉱区についてはモナザイト品位、ゼノタイム品位がおのおの独立して表示されている。

4.1.2 データ解析の目的

陽江地区及び湛江地区において中国側が実施した陸上部の探査データのうち、ボーリング柱状図、ボーリング重鉱物品位図、ボーリング地質平・断面図等に、第1年次(昭和62年度)の調査結果をあわせてデータ・コンパイルを行い、海岸線沿いに広がる重砂鉱床の分布状況を把握したのち、これら各鉱床の潮間帯及び沖合浅海底部への延長の可能性等を考察し、さらに海上調査の是非について検討することを主たる目的としてデータ解析を実施した。

4.1.3 解析に使用した陸上探査データの内訳

1) 陽江地区

① 丹南(海陵島)モナザイト鉱区

- 総合平面図 縮尺 1:10,000 1葉
- ボーリング断面図 縮尺 1:1,000 4葉
(垂直 1:200)

全探鉱測線6本のうち、測線-3、-5、-6、-7の主要4断面。各断面ともに地質概要及びモナザイト品位記載あり。測線上のボーリング間隔は80m。

- 広東省陽江県海陵島丹南モナザイト砂鉱区探鉱報告書

② 南山海モナザイト鉱区(南山海、河北港及び書村の3鉱床を含む)

- 平面図(地質地貌図) 縮尺 1:10,000 1葉
- ボーリング断面図 縮尺 1:1,000 15葉
(垂直 1:200)

南山海鉱床 : 全探鉱測線15本のうち、測線-3、-8、-9、-22、-23、-24の主要6断面。

河北港鉱床 : 全探鉱測線3本、測線-15、-16、-29の3断面。

書村鉱床 : 全探鉱測線8本のうち、測線-5、-6、-7、-19、-27、-28の主要6断面。

各断面ともに地質概要及びモナザイト、ジルコン2鉱物の品位記載あり。測線上のボーリング間隔は30m~40m、または80mであるが、南山海鉱床主要部の測線-22においてはボーリング間隔は20m。

- 広東省陽江県南山海レアアース鉱山探鉱報告書

③ 沙尾ゼノタイム鉱区

- 平面図(第四紀地質図) 縮尺 1:7,500 1葉
- ボーリング断面図 縮尺 1:2,000 7葉
(垂直 1:200)

全探鉱測線13本のうち、測線-1、-6、-9、-10、-13、-14、-20の主要7断面。各断面ともに地質概要及びゼノタイム、モナザイト、ジルコン、イルメナイト4鉱物の品位記載あり。測線上のボーリング間隔は80m。

- 広東省電白県沙尾ゼノタイム砂鉱山探鉱報告書

④ 馬店河モナザイト鉱区

- 広東省電白県馬店河モナザイト砂鉱区探鉱報告書

(平面図及びボーリング断面図は欠)

2) 湛江地区

① 吳陽ゼノタイム鉱区

- 平面図(地形地質草図) 縮尺 1:10,000 1葉
- ボーリング断面図 縮尺 1:1,000 5葉
(垂直 1:200)

全探鉱測線21本のうち、測線-0, -1, -4, -9, -18の主要5断面。各断面ともに地質概要及びゼノタイム、モナザイト、ジルコン、イルメナイト4鉱物の品位記載あり。測線上のボーリング間隔は鉱床主要部で40mまたは80m。

- 広東省吳川県吳陽ゼノタイム海浜砂鉱床探鉱報告書

② 南三島ジルコン鉱区

- 鉱量計算平面図 縮尺 1:10,000 1葉
- ボーリング断面図 縮尺 1:2,000 3葉
(垂直 1:200)

全探鉱測線5本のうち、測線-2, -3, -5の主要3断面。各断面ともに地質概要及びジルコン、モナザイト2鉱物の品位が記載されているが、図面が古く、不鮮明で解読不可能な部分が多い。測線上のボーリング間隔は80m。

(探鉱報告書は欠)

4.1.4 データ解析の手順

中国側によって準備された陸上探査データ(4.1.3項に内訳)の各鉱区ごとの探鉱平面図及びボーリング断面図を使用し、先ずボーリング断面図により新たに品位基準(第II部1.1.1項詳述)を設け、これに基づき断面鉱画を設定し、あわせて第四紀層の岩相区分を行った。引続き、平面図へのプロットの都合上、断面図中のボーリング孔をほぼ80m間隔になるように選出し(ボーリング間隔80m以上の場合はそのまま使用)、選出されたボーリング孔ごとに設定された鉱画範囲内の各重鉱物ごとの平均品位、合計重鉱物品位、鉱床層厚及び鉱床ポテンシャル値(合計重鉱物品位×鉱床層厚)を算定した。さらに、これによって得られた数値をおのおの平面図にプロットし、各鉱床ごとに、主要重鉱物品位等値線図、鉱床層厚等厚線図及び鉱床ポテンシャル等値線図を作成し、これに基づき各鉱床の分布範囲、延長トレンド、富鉱部のありかた等を吟味したが、鉱床のいわゆる“賦存ポテンシャル”を最も明確に示しているのは鉱床ポテンシャル

表6 広東南西部沿岸地域-陽江地区及び港江地区-砂礫床の概要

	(2) 丹南モナザイト鉱区	(3) 南山海モナザイト鉱区(5鉱床含)	(4) 沙尾ゼノタイム鉱区	(5) 馬鹿河モナザイト鉱区	(9) 吳陽ゼノタイム鉱区	(10) 南三島ジルコニウム鉱区
探鉱経緯及び探鉱実施	1957/1/7-12/11間及び1958/4/19-7/16間探鉱実施。 探鉱測線28本(審判鉱床8本、南山海鉱床15本、河北港鉱床3本)、ボーリング間隔30-40mまたは80m、但し主要22-測線は20m。 ボーリング本数112孔、総延長2,000m。(推定460孔程度)	1959/6-1960/11間探鉱実施。 1962/8/24東省審判委員会が鉱量批准。 探鉱測線28本(審判鉱床8本、南山海鉱床15本、河北港鉱床3本)、ボーリング間隔30-40mまたは80m、但し主要22-測線は20m。 ボーリング本数112孔、総延長2,000m。(推定460孔程度)	1971/7/11-1972/3/5間探鉱実施。 探鉱測線19本、ボーリング間隔は鉱床主要部で80m、ボーリング本数122孔、総延長1,109m。	1950年代に探鉱実施され、詳細不明。 探鉱測線9本、ボーリング間隔、ボーリング本数、総延長など不明。 探鉱資料はほとんど整齊。	1958年概査、1972/1-1973/10探鉱実施。 探鉱測線21本、ボーリング間隔40mまたは80m、ボーリング本数364孔、総延長1,674m	1950年代に探鉱実施され、詳細不明。 探鉱測線5本、ボーリング間隔80m、ボーリング本数及び総延長は不明。 (推定150孔程度)
鉱床の性状及び重鉱物品位	鉱床面積 6.18km ² 、平均厚さ 5.26m、平均品位(g/m ³): モナザイト 223 ジルコニウム 525	● 豊村鉱床 4.0km×0.5km×4.7m、 鉱床面積 0.88km ² 、 平均品位(g/m ³): モナザイト 1,128、ジルコニウム 1,449、 イルメナイト 2,239 ● 南山海鉱床 6.0km×1.0km×3.3m、 鉱床面積 2.38km ² 、 平均品位(g/m ³): モナザイト 1,084、ジルコニウム 1,495、 イルメナイト 2,386 ● 河北港鉱床 1.6km×0.4km×4.9m、 鉱床面積 0.3km ² 、 平均品位(g/m ³): モナザイト 1,161、ジルコニウム 576、 イルメナイト 1,174	● 第1鉱床 9.0km×0.88km×3.77m、 鉱床面積 6.5km ² 、 平均品位(g/m ³): ゼノタイム 126 モナザイト 367 ジルコニウム 1,532 イルメナイト 2,680 ● 第2鉱床 0.9km×0.2km×0.89m、 平均品位は第1鉱床より低い。	鉱床分布面積: 25km ² 平均厚さ: 2.5m 平均品位(g/m ³): モナザイト 800-900 ゼノタイム 13	第1鉱床-第6鉱床があるが、第1及び第2鉱床で全体の鉱量の85%占有。 ● 第1鉱床 8.8km×0.34km×2.63m、 鉱床面積 2.89km ² 、 平均品位(g/m ³)-工業鉱量: ゼノタイム 152 モナザイト 478 ジルコニウム 1,516 イルメナイト 6,568 ● 第2鉱床 3.2km×1.2km×3.4m、 鉱床面積 3.68km ² 、 平均品位(g/m ³): ゼノタイム 57 モナザイト 255 ジルコニウム 1,487 イルメナイト 1,510	探鉱資料不詳明のため、品位は推定不可。 ジルコニウムを主とし、これにモナザイトが伴している。 品位の詳細は不詳だが、推定値は以下の通り。 ● 鉱床帯北北東主要部 品位(g/m ³): モナザイト 1,500-2,000 ジルコニウム 100-500 ● 鉱床帯南西主要部 品位(g/m ³): モナザイト 700-800 ジルコニウム 50-100
獲得鉱量(重鉱物品位)	モナザイト 7,268.84トン ジルコニウム 14,218.55トン	可採(表内)鉱量のC1級: モナザイト 35,057トン ジルコニウム 52,527トン イルメナイト 70,274トン 合計 157,858トン	工業鉱量 ゼノタイム 3,103トン モナザイト 9,058トン ジルコニウム 37,799トン イルメナイト 63,649トン	モナザイト 10,000トン ジルコニウム 14,000トン ゼノタイム 1,000トン	第1鉱床-工業鉱量: ゼノタイム 1,402トン モナザイト 3,458トン ジルコニウム 10,960トン イルメナイト 47,464トン	不明
鉱床賦存層と第四紀層岩相	最上部砂層中に主要鉱床賦存し、一部は下位の泥炭砂層にも見られる。更に下位に粘土層、砂礫層が分布。	鉱床は上部海成層-中粒砂層及び下部粘土-砂質粘土層の2層に見られるが、主要鉱床賦存層は上部層。このほかには湾湖、陸成、沖積層土の各相あり。 ● 鉱床内C14年代: 5,000-8,000年を示しQ4下部層準。	主要鉱床は上部の海成細粒砂層中にあり、一部は下位の海成砂層中にも見られる。この他に湾湖、陸成、沖積層土の各相あり。	砂泥層、粘土層の下位に広がる埋積砂層中に主要鉱床賦存し、最下位の層中にも若干見られる。河川堆積成層含砂礫床。	主要鉱床は北海層(Q2)にのる海成細粒砂層中に賦存し、このほか同砂層下位の含風化石層中にも一部は見られる。最上位にはデルタ堆積相及び洪積相がある。 ● 細粒砂層C14年代: 4,250年を示し、Q4中部層準。	上部の砂層中に主要鉱床賦存し、下部には粘土-含砂粘土層が見られる。
鉱床重鉱物品位分布トレンド	巾600m、延長4.0kmで海岸線に平行に分布。海側にも内陸側にも伸長しない。	南山海鉱床: 巾1.3km、延長3.0kmで海岸線と平行に分布。海側への伸長は見られないが内陸側には若干伸長の可能性あり。 豊村鉱床: 巾400m、延長2.5kmで海岸と平行に分布。海側、陸側ともに伸長は見られない。	鉱床の中央-東部で巾700m、延長3.0kmで海岸線と平行に分布。東端は内陸側及び海側に広がったままになっている。	不詳。内陸部に分布する鉱床、海側への分布トレンドはない。	内陸部2.5km付近を、巾400m、延長7.0kmで海岸線に平行に分布。南西部では海寄りには約2.5km張り出し見られるも、さらに海側への伸長は認められない。	巾600m、延長3.5km及び巾400m、延長2.0kmの2列あり海岸線に平行に分布。海側への伸長は見られない。
重鉱物品位比率(ゼノタイム:モナザイト:ジルコニウム:イルメナイト)	*:1:2.35:?	*:1:1.39:1.88	1:2.88:13.4:19.35	1:4.6:6.5:?	1:3.09:11.42:48.47	?:1:6:?

*注:ゼノタイムとモナザイトの重鉱物品位は行われずゼノタイムはモナザイトの百分として含まれている。

等値線図であると判断し、最終的にはこの鉱床ポテンシャル等値線図に基づいて各鉱床の分布及び延長トレンドを限定し、沖合浅海底部での砂鉱床賦存の可能性をあわせ検討した。

4.2 地質調査

重砂鉱床形成の背景を探り重鉱物の起源を明らかにする主要な手段の一つとして後背地の地質調査を行った。

4.2.1 調査の目的

地質調査の主たる目的は、

- 1) どのような岩石がどのように分布しているか
- 2) それらの岩石はどのようにして形成されたか
- 3) 重鉱物の起源はそれらの岩石の形成とどのように関わっているか

を調べることである。これは重鉱物の起源ならびに重鉱物の濃集機構の検討を目的とする後述の起源岩調査のバックグラウンドをなすものであり、起源岩の候補となる岩石について、その起源岩としての地質学的意義を追求することを可能にするものである。

4.2.2 調査の方法

上述の目的のため、後背地の地質について、次ような調査・解析を実施した。

- 1) 野外調査(含岩石試料採取)
- 2) 岩石の帯磁率測定
- 3) 岩石試料の鉱物学的ならびに化学的検討
- 4) 重砂鉱床の分布・産状及びその形成機構に関する情報収集
- 5) 重砂鉱床形成に関係するとみられる第四紀層の地質学的検討

野外地質調査は岩石の帯磁率の測定を併用しながら縮尺1:50,000の地形図を基にして地質図を作成し、或いは重要路線については縮尺1:10,000(儒洞~河北港、嶺門、爵山地区の帯磁率調査)ないし縮尺1:5,000(平崗、海陵島、双水、滑橋地区の地質調査)のルートマップを作成するという精度で、岩石の識別・区分ならびに岩石の分布・相互関係の確認を行ない、これに基づいて岩石試料の採取行なうという方法で実施した。野外地質調査における重要なポイントにおいては随時詳細な地質スケッチを行ない、あるいは写真撮影を行なった。帯磁率の測定には帯磁率計 Kappameter KT -5 型(携帯用)を用いた。なおルートマップ調査の総延長は77kmに及んだ。

採取した岩石試料については薄片作成、顕微鏡観察による鉱物学的検討、全岩分析による化学的検討、年代測定による地史学的検討を行ない、作成した地質図をベースとする当該調査地域の地質・地質構造及びその発達史の解明に資することとした。

重砂鉱床の産状に関する調査は主として稼行中の鉱床の観察によったが、その分布・賦存状況等に関する情報収集は、陸上探査データの解析とにらみ合わせて実施した。また重砂鉱床形成に関係するとみられる第四紀層の地質学的地形学的検討は主として野外調査によった。

なお本年度の地質調査は主として陽江地区を対象として行ない、湛江地区においては予察調査を実施した。調査延長及び試料採取ルート長は、陽江地区は200km、湛江地区は100kmである。

4.3 重鉱物の起源岩調査

当該重砂鉱床がどのようにして形成されたかを調べ、これを鉱床探査に役立てるために起源岩調査を行った。

4.3.1 調査の目的

起源岩調査の主たる目的は、次の2点を解明することである。

- 1) 重砂鉱床に濃集した重鉱物の起源はどこにあるか
- 2) 重鉱物の濃集機構ないし重砂鉱床形成のメカニズムはどのようなものであったか

4.3.2 調査の方法

前述の目的を達成するため次のような調査・解析を実施した。

- 1) 岩石試料及びその風化産物であるラテライト性土壌試料の採取により、陸上に分布する岩石及びラテライト性土壌ごとの重鉱物重量比を調べる。
- 2) 砂試料の採取により、海浜及び河川の砂試料の重鉱物重量比を調べる。
- 3) これらの重鉱物重量比を対比し、その重量比の近似性による起源岩の推定を行なう。
- 4) 海浜及び河川の砂試料における重鉱物重量比が、その背景となる地質母体の重鉱物重量比を反映していることを確かめる。
- 5) 重鉱物の濃集機構については、地質調査の一環として主として第四紀層の地質学的地形学的検討等を行なう。

ただし、この調査を行なうに当たっては、重鉱物の運搬が「岩石→ラテライト性土壌→河川の砂→重砂鉱床」という経路で行われたらしいということを考えの背景とし、第1年次の予

備的調査である程度実証された「重砂鉱床の重鉱物重量比は起源岩の重鉱物重量比を反映している」という前提を設けている。したがって、重砂鉱床のそのものの重鉱物重量比については、今後慎重にこれを調査することと致したい。

4.3.3 砂試料

1) 試料の採取

主としてハンドオーガーを使用して1試料あたり4~5kgを採取した。重量及び比重は現場で簡易測定を行った。海浜砂は海浜においてなるべく均等間隔になるように採取地点をきめ採取した。河川砂は採取可能な地点が限られていたので、巾10数m程度の河川の岸辺の砂層を採取可能な場所で採取した。陽江地区では河川砂15、海浜砂23、風成砂2、計40個、湛江地区では予察調査のため試料数を減じて、河川砂4、海浜砂16、計20個とし、両地区を合わせて合計60個の砂試料を採取した。なお、このほかに湛江地区においてQ₂層(北海層群)より母層の重鉱物含有量を調査するため2試料を追加採取した。

2) 分析

採取した砂試料については重砂分析(モナザイト、ジルコン、ゼノタイム、ルチル、イルメナイト及び磁鉄鉱の6鉱物)及び粒度分析を実施した。重砂分析は上記全試料について行い、粒度分析は陽江地区の20試料、湛江地区の10試料、計30試料について実施した。粒度分析の試料は淘汰不良の河川砂を避け、全て海浜砂試料よりえらんだ。

なお、データの解析にあたっては第1年次に陽江地区で採取した33試料を加え、合計93試料の分析データを用いた(後掲、表12)。

4.3.4 岩石試料及びラテライト性土壌試料

1) 試料の採取

岩石試料は鉱床の後背地を形成する地域で地質調査における岩石区分にしたがって採取した。すなわち陽江及び湛江地区において、カンブリア系の片麻岩・混合岩類(ε)、カレドニア期の混合花崗岩類(γ₃)及び燕山期の花崗岩類(γ₅)からそれぞれ岩石試料を採取し、全岩分析、岩石薄片観察、絶対年代測定、人工重砂分析を実施した。いずれの岩石も石材切り出し場から新鮮な試料を採るよう努め、人工重砂分析用試料は10kg以上を採取した。

また、本年度は岩石が風化し、侵食・運搬されて重砂鉱床を形成する過程を考察するために、ラテライト性土壌を採取し、この中の重鉱物の含有量を調べ、砂や岩石との対比を試験的に実施した。すなわち原地性のラテライト性土壌とその直下の岩石を対で採取し、それぞれ重砂分析と人工重砂分析を行うことにより、起源岩調査に資するために、岩石の人

工重砂分析値と近傍ラテライト性土壌の重砂分析値との直接比較を行なった。野外観察によればいずれの岩石においてもはげしいラテライト化は認められるが、とくに花崗岩類(γ₅, γ₃)は割目沿いにラテライト化が深部まで進行し、原岩をとりかこむような原地性ラテライトの発達が見られる。これらの現場は石材切り出し場で詳しく観察されうるが、試料の採取に際しては、それぞれの岩石試料はできるだけ新鮮なものが必要であり、またラテライト性土壌試料はラテライト化がはっきりしているものを採取する必要があったため、両者のサンプリング位置の間隔は数メートル程度に離すことが多かった。

(2) 試料の岩種別・区域別採取個数

岩石試料及びラテライト性土壌試料に関する岩種別・区域別の試料採取数は次のとおりである(表7)。なお、岩石試料については、同時に地質調査関連の室内試験を実施しているので、次表にはその個数も含めて表示してある。

表7 岩種別・区域別試料数と試験項目

	カンブリア系 片麻岩・混合岩類(ε)		カレドニア期 混合花崗岩類(γ ₃)		燕山期 花崗岩類(γ ₅)		合計			
	陽江	湛江	陽江	湛江	陽江	湛江	陽江	湛江	計	
ラテライト性土壌試料 重砂分析	7	1	4	2	4	2	15	5	20	
岩石 試料	人工重砂分析	7	1	4	2	4	2	15	5	20
	岩石薄片観察	7	1	4	2	4	2	15	5	20
	全岩分析	2	1	2	1	3	1	7	3	10
	絶対年代測定 (Rb-Sr法)	5	1	2	3	3	2	10	6	16

起源岩調査の試料採取位置は陽江及び湛江地区それぞれ付図2-(1)及び、2-(2)に示すとおりであり、また、採取試料リスト及び室内試験項目を巻末資料1に示してある。

4.4 ボーリング調査

4.4.1 調査の目的

本調査は広東南西部沿岸地域の東里、陽江両地区において、重砂鉱床の賦存状況の把握及び鉱床胚胎に関する地質構造の解明を目的として実施された。

ボーリング作業は、東里A、東里B及び陽江の3班、試錐機3台の作業体制で行われた。

4.4.2 作業内容

ボーリング工法はバイプロハンマー工法を採用し、ケーシングパイプを先行させながら、孔径PQサイズのバスケット式特殊サンプラーを使用して不攪乱試料を採取した。

ボーリングは全て垂直に実施され、調査地点の潮位に合わせてゴムクローラーまたは海上足場を使用して、作業の能率向上を図った。

採取試料は、全試料について基本5鉱物の重砂分析(イルメナイト、ジルコン、ルチル、モナザイト及びゼノタイム)を行い、また一部について粒度分析等の室内試験を実施した。

4.4.3 作業量の概要

1) ボーリング実績

東里地区	55孔	894.10m
陽江地区	35孔	427.70m
合計	90孔	1,321.80m

2) 重砂分析用採取試料数 : 1,410個

4.5 調査班の編成

4.5.1 陸上探査データの解析

解析に日本から派遣された調査員は1名で、広州市の広東地質勘探公司において、広東地質勘探公司及び935地質隊の地質技師の協力を得て解析作業を実施した。

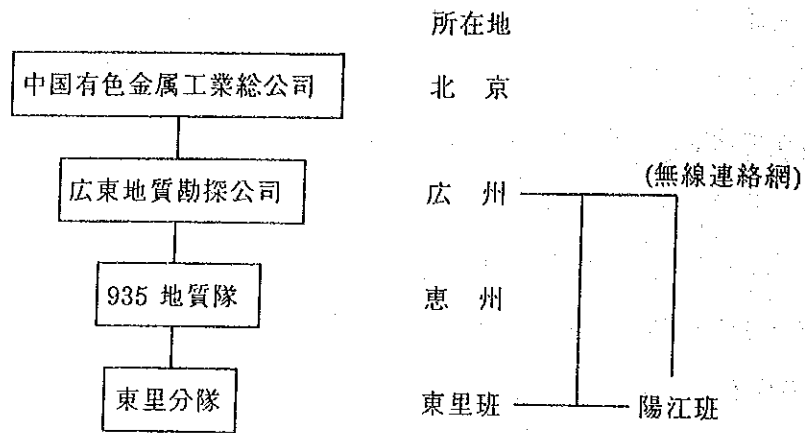
4.5.2 地質調査及び予察調査

日本から派遣された調査員は2名であったが、中国側から提供された地質調査用車輛は1台であり、通訳が1名であったため、広域的調査においては、中国側カウンターパートの地質工師1人を含む全員が一緒に行動した。

4.5.3 ボーリング調査

日本から派遣された調査員11名、(総括1名、ボーリング技師7名及び地質技師3名)を3名ずつ3班に編成し、試錐機3台で2交代作業を行った。各方につき、日本人1名ないし2名(地質技師は1の方のみ)で対応したが、中国側カウンターパートは、機械3台に対してそれぞれ、ゴムクローラーの場合9名、海上足場の場合11名(機長、班長、技術者、作業員、地質技師及び通訳を含む)の体制で対応した。

図4 広東南西部沿岸地域中国側実施体制



現場の実作業に携わっている935地質隊及び同東里分隊のメンバーは、大半が惠州市の地質隊本部から派遣された。

第5章 調査結果の総合検討

本年度は、広東南西部沿岸地域における、陽江地区及び湛江地区の既存陸上探査データの解析、陽江地区、面積913km²についての地質調査(起源岩調査及び第四紀地質調査)、湛江地区面積1,800km²についての予察調査、東里地区及び陽江地区におけるボーリング調査、及びこれら調査で得られた試料について各種室内試験を実施した。さらに第1年次に日本へ持ち帰った試料について日本でも各種室内試験を行った。以下、これらの調査・試験の目的、内容及び調査結果について要約する。

5.1 陸上探査データの解析

陽江地区及び湛江地区の陸上部に賦存する重砂鉍床の分布及びそれぞれの鉍床の鉍況を把握することによってこれらの鉍床の潮間帯及び沖合浅海底部への延長の可能性などを考察し、さらに海上調査の是非について検討することを目的として陸上探査データの解析を行った。

解析の内容は、まず中国側提供の探査データ、特に各鉍床のボーリングデータから、各重鉍物の基準限界品位に基づき新たに鉍画断面を設定した。そして、各ボーリング孔ごとの鉍床ポテンシャル値(合計重鉍物品位×鉍床層厚)を算出し、これを平面図にプロットすることによって、各鉍床の分布範囲、延長トレンドなどを検討した。

この結果、次のようなことが判明した。

- 1) 陽江地区及び湛江地区に分布する陸上部の各重砂鉍床は、海側へ連続して伸長する可能性は少ない。
- 2) しかしながら、沖合浅海部においては陸上部の鉍床とは別の単位の重砂鉍床が賦存している可能性が考えられる。

5.2 地質調査(起源岩調査及び第四紀地質調査)及び予察調査

陽江地区及び湛江地区に対して、重砂鉍床に濃集する重鉍物の起源及び重鉍物の濃集メカニズムなどの究明を目的として次のような方法で地質調査を実施した。

- 1) 鉍床後背地の地質母体(基盤岩類)の区分を明らかにする。
- 2) 岩石試料及びラテライト性土壌試料を採取し、重鉍物重量比を調べる。
- 3) 海浜砂及び河川砂試料を採取し、重鉍物重量比を調べる。

- 4) 2)と3)を対比することによって、重鉱物重量比の近似性による起源岩の推定を行い「岩石→ラテライト性土壌→河川砂、海成砂」の経路における重鉱物の挙動を調べる。
- 5) 重砂鉱床の形成に関係し、鉱床母層となっている第四紀堆積層の堆積環境を調査することによって、鉱床形成のメカニズムを追求する。
以上の調査によって、次のようなことが判明した。
 - 1) 後背地に分布する基盤岩類は、カンブリア系片麻岩・混合岩類(ε)カレドニア期混合花崗岩類(γ_3)、燕山期花崗岩類(γ_5)に区分される。
 - 2) 主な鉱床母層は第四紀 Q_4 層の海成～風成砂層である。
 - 3) 重鉱物と起源岩との関係は、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、また、イルメナイト(及び磁鉄鉱)は、主として、カレドニア期混合花崗岩類及び燕山期花崗岩類に多いが、ジルコンは岩種による差は少ない。ルチルは原岩中にはほとんど認められない。
 - 4) なお、岩石中の重鉱物含有量の調査には、人工重砂分析は機械的破碎を伴うので岩石中の重鉱物を一部損失する恐れがあり、本年度の調査による分析値の比較の結果、ラテライト性土壌の重砂分析の方がより有効であることが確かめられた。
 - 5) 河川砂・海浜砂試料中の重鉱物重量比は、後背地の地質母体にみられる重鉱物重量比と近似的に一致している。

5.3 ボーリング調査

本年度は、東里地区では、第1年次に陸上部～潮間帯に捕捉された重砂鉱体に対して、主として潮間帯における分布範囲の確認を、陽江地区では未探鉱有望地での新規重砂鉱床の捕捉及び既存陸上部重砂鉱床の広がり の追跡を、主たる目的としてボーリング調査を実施した。

調査で得られた重砂分析結果を基にして、東里地区では、イルメナイト、ジルコン、ルチル、モナザイト、そしてゼノタイムの合計重鉱物が $3\text{kg}/\text{m}^3$ 以上、陽江地区では、ジルコン $1,000\text{g}/\text{m}^3$ 、モナザイト $500\text{g}/\text{m}^3$ またはゼノタイム $70\text{g}/\text{m}^3$ 以上を鉱床帯として区分し、解析を実施した。

この結果、

1) 東里地区

- 南北方向に2列に分布する上盤鉱体が捕捉された。うち、1つは東里半島西側部分に延長10km以上、最大幅約3,000m、最大層厚約17mの規模で、もう1つは北莉島～新寮島の東側部分に延長約12km、最大幅約3,000m、最大層厚6.50mの規模でそれぞれ確認され、ほぼその全容が明らかにされた。
- 上盤鉱体と同じく南北方向に分布するとみられ、部分的に高品位を示す下盤鉱体が、延長約8km、最大層厚約8mの規模で北莉島～新寮島の東方に確認されたが、その幅については西限が捕捉されたのみで、南北方向への延長及び東側への広がりについては未確認のままで終わっている。

2) 陽江地区

- 南山海及び双水両地区では連続性のある大規模な鉱床帯は捕捉できず、僅かに基盤近くに小規模な鉱床帯が認められた。
- 沙尾地区では、既存の沙尾鉱床の東方延長部と見られる鉱床帯を捕捉した。

5.4 室内試験

調査結果の総合解析に資するため、地質調査、予察調査及びボーリング調査で得られた、岩石、砂及びラテライトの各試料について、中国及び日本双方の分析所において各種室内試験を実施した。

この結果、主として以下のことが判明した。

- 1) 花粉鑑定の結果、鉱床形成時代の第四紀完新世は全般的に暖湿～熱湿気候で岩石の風化・ラテライト化に適した気候条件を備えていることが判明した。
- 2) 粒度分析では、東里地区は波浪の比較的穏やかな、そして陽江地区は逆にその影響の強い堆積環境であったと推定される。
- 3) 重砂多項分析では、第四紀砂層中には、基本5鉱物(イルメナイト、ジルコン、ルチル、モナザイト及びゼノタイム)以外の有用重鉱物がほとんど存在しないことが確かめられた。
- 4) 重鉱物の元素分析の結果、東里地区のゼノタイムはLaが、陽江地区のものではY, Uがそれぞれ高い含有量を示した。モナザイトではP, U, Yの含有量が、そしてルチルではTaの含有量が陽江地区のものに高いことが認められた。一方、イルメナイト及びジルコンでは地区別の差はあまり認められなかった。

第6章 結論及び提言

6.1 結論

6.1.1 陸上探査データの解析

陽江地区及び湛江地区について既存の陸上探査データの解析を行った。

この結果、次のようなことが判明した。

- 1) 陽江地区及び湛江地区に分布する陸上部の各重砂鉱床は、海側へ連続して伸長する可能性は少ない。
- 2) しかしながら、沖合浅海部においては陸上部の鉱床とは別の単位の重砂鉱床が賦存している可能性が考えられる。

6.1.2 地質調査(起源岩調査及び第四紀地質調査)及び予察調査

陽江地区及び湛江地区において、地質調査及び予察調査を実施した。

この結果、次のようなことが判明した。

- 1) 後背地に分布する基盤岩類は、カンブリア系片麻岩・混合岩類(ε)カレドニア期混合花崗岩類(γ_3)、燕山期花崗岩類(γ_5)に区分される。
- 2) 重鉱物と起源岩との関係は、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、また、イルメナイト(及び磁鉄鉱)は、主として、カレドニア期混合花崗岩類及び燕山期花崗岩類に多いが、ジルコンは岩種による差は少ない。ルチルは原岩中にはほとんど認められない。
- 3) 河川砂・海浜砂試料中の重鉱物重量比は、後背地の地質母体にみられる重鉱物重量比と近似的に一致している。

6.1.3 ボーリング調査

東里地区及び陽江地区においてボーリング調査を実施した。

この結果、

1) 東里地区

- 南北方向に2列に分布する上盤鉱体が捕捉された。うち、1つは東里半島西側部分に延長10km以上、最大幅約3,000m、最大層厚約17mの規模で、もう1つは北莉島～新寮島の東側部分に延長約12km、最大幅約3,000m、最大層厚6.50mの規模でそれぞれ確認され、ほぼその全容が明らかにされた。
- 上盤鉱体と同じく南北方向に分布するとみられ、部分的に高品位を示す下盤鉱体が、延長約8km、最大層厚約8mの規模で北莉島～新寮島の東方に確認されたが、

その幅については西限が捕捉されたのみで、南北方向への延長及び東側への広がりについては未確認のままで終わっている。

2) 陽江地区

- 南山海及び双水両地区では連続性のある大規模な鉍床帯は捕捉できず、僅かに基盤近くに小規模な鉍床帯が認められた。
- 沙尾地区では、既存の沙尾鉍床の東方延長部と見られる鉍床帯を捕捉した。

6.1.4 室内試験

各種室内試験の結果、主として次のことが判明した。

- 1) 花粉鑑定の結果、鉍床形成時代の第四紀完新世は全般的に暖湿～熱湿気候で岩石の風化・ラテライト化に適した気候条件を備えていたらしい。
- 2) 粒度分析では、東里地区は波浪の比較的穏やかな、そして陽江地区は逆にその影響の強い堆積環境であったらしい。
- 3) 重砂多項分析では、第四紀砂層中には、基本5鉍物(イルメナイト、ジルコン、ルチル、モナザイト及びゼノタイム)以外の有用重鉍物はほとんど存在しない。
- 4) 重鉍物の元素分析の結果、東里地区のゼノタイムはLaが、陽江地区のものではY、Uがそれぞれ高い含有量を示す。モナザイトではP、U、Yの含有量が、そしてルチルではTaの含有量がそれぞれ陽江地区のものに高い。一方、イルメナイト及びジルコンでは地区別の差はあまり認められない。

6.2 提言

本年度の調査結果に基づく第3年次への提言は次のとおりである。

6.2.1 海上調査

陽江地区及び湛江地区の沖合浅海部に対して海上物理探査、表層砂泥サンプリングなどを実施して、浅海底部の第四紀砂層の堆積及び分布状況、海底地形、表層部の重砂濃集度などを調査することによって、浅海底部における重砂鉍床の賦存を確認・追跡する。

6.2.2 地質調査(起源岩調査及び鉍床調査)

- 1) 湛江地区及び陽江地区と東里地区の一部について、特にラテライト性土壌の系統的サンプリングを行い、まだよく判っていないラテライト性土壌中での重鉍物の挙動を引続き調査する。

- 2) 本年度予察調査を実施した湛江地区に対しては、砂試料を引続き採取して、調査精度を他地区と同じ水準にまで上げ、この地区においても地質母体のもつ重鉱物重量比と砂試料のもつそれとが近似的に一致することを確認する。
- 3) 重鉱物の最終的濃集の場である既存鉱床について、採掘ビットなどを利用して詳しく調査し、これらの鉱床原砂中の分離重鉱物の重量比に対する地質母体の重鉱物重量比との近似性の検討を行い、さらに原砂と重鉱物別の粒度分析を行うことによって、重鉱物濃集のメカニズムを究明する。この場合、粒度分析データは将来の開発段階での鉱物分離などにおける基礎データの一部として役立てる。

6.2.3 ボーリング調査

1) 東里地区

本年度に北莉島～新寮島の東部で捕捉された下盤鉱体は、南北方向に約8km延長しており、現在はその西限を確認したのみである。したがって、本鉱体の南北への延長、特に北への延長と、東への広がりを追跡・確認するためボーリング調査を実施する。

2) 湛江地区

海上物理探査データ解析を補完するため、物理探査が実施される範囲外の浅海部(海岸～水深-5.0m程度)での地質解釈補完ボーリング、及び物理探査実施範囲内の鉱床賦存有望地区に対して第四紀堆積砂層層厚及び堆積環境の調査、重砂含有量の確認などを目的とするボーリング調査を実施する。

3) 陽江地区

- 沙尾地区における既存鉱床の東方への延長部を追跡・確認するためのボーリング調査を実施する。
- 潮間帯～沖合浅海底部において、海上物理探査実施の範囲の内外を対象とし、湛江地区のそれと同様の目的でボーリング調査を実施する。

第Ⅱ部 調査の内容及び解析結果

第II部 調査の内容及び解析結果

第1章 陸上探査データの解析

1.1 解析図作成要領

1.1.1 限界品位の設定

陽江及び湛江地区のように各種重鉱物の混在する重砂鉱床の場合、重鉱物のいわゆる“限界品位”を鉱物ごとに単独に設定することは大変難しい。すなわち、副産物として産する重鉱物の主要産出重鉱物への価値換算が、鉱床の特性、副産物の回収率及びその金属価格等の要因で大きく変るため一定の基準を設定することが困難なためである。

しかしながら、現在中国側には各種重鉱物の単独ごとの暫定的な限界品位が一応存在しているので、これをベースとして表8のような限界品位の設定を行った。

表8 重鉱物の限界品位

	中国側の暫定的工業指標 (1987.10)				日本側の陸上探査 データ解析(1988.8)
	限界品位*1 (kg/m ³)	工業限界 品位*2 (kg/m ³)	最小廃石 除去層厚 (m)	最小可採 鉱床層厚 (m)	限界品位 (kg/m ³)
イルメナイト	10	15	↑	↑	3*3
ルチル	1	2	↑	↑	0.5
モナザイト	0.25	0.5	2	1	0.15
ジルコン	0.5	1	↓	↓	0.35
ゼノタイム	0.03	0.07	↓	↓	0.02

*1 現在開発対象とはならないが、将来の開発対象と考えられる品位指標

*2 現在開発対象と考えられる品位指標

*3 第1年次(昭和62年)、イルメナイトを主成分とする東里地区のボーリング調査結果の解析において、合計重鉱物品位で3kg/m³以上の箇所を抽出し鉱床帯として区分したことに準じ設定した。

1.1.2 ボーリング断面鉱画の設定

採取試料1mごとに分析されているボーリング品位の中から、最小限1種以上の重鉱物の限界品位(1.1.1項に記載)を越えている部分が1箇所(1m)以上存在するか、または同じく最小限1種以上の重鉱物で、その複数個の分析値をまとめた平均値が限界品位を越えている箇所を先ず抽出し、さらに、これらの中で地表部から連続して存在するか、または地表のごく近傍(鉱床帯

層厚の大小にもよるが、地表下2~5m程度まで)に存在するもののみを限定し鉱床として抽出し、隣接するほかのボーリング孔の中で同様の条件を有する場所と連続させてつなぎ、また隣接ボーリング孔の中に条件を満たす場所が存在しない場合には両孔の中間地点迄をボーリング断面鉱画とした。一方、限界品位を越えている部分の中で地下深部に存在するものについては特に高品位の部分でない限り一様に鉱画から除外した。

1.1.3 平面図による鉱床特性の検討

ボーリング断面の中から約80m間隔になるように選出され各ボーリング孔の、1.1.2項で設定された鉱画部分に対して、各重鉱物ごとの平均品位、これらを合計した合計重鉱物品位、鉱画部分の鉱床層厚及び鉱床ポテンシャル値(合計重鉱物品位×鉱床層厚)を算出し、さらに、これらを平面図にプロットし、各鉱床ごとに、主要重鉱物品位等値線図、鉱床層厚等厚線図及び鉱床ポテンシャル等値線図を作成した。等値線は各鉱床の特徴を勘案し、それぞれ5~6区分に表示されているが、これらの各等値線図を比較検討した結果、図面上でのバラツキが少なく、各鉱床の分布範囲及び延長トレンドといった鉱床評価の主要な要素を最も適切に表現しているのは鉱床ポテンシャル等値線図であると判断されたので、陸上部に賦存する重砂鉱床の特性究明は、最終的にはこの鉱床ポテンシャル等値線図によって実施した。

1.2 陸上部重砂鉱床の賦存形態

1.2.1 丹南モナザイト鉱区(海陵島)

1) 分布

鉱床帯は海陵島南岸中央部の第四紀砂層が分布する低地帯に広く分布するが、主要部は巾約600m、延長約4,000mの規模で海岸線に接しながら平行に、東北東-西南西方向に細長く限定され分布している(図5-(1))。鉱床帯主要部で特にポテンシャルの高い部分は、分布範囲の中央~南西部にかけて巾50m~60mで細長く帯状に分布し、南西部では後背地の基盤岩体沿いに見られる。鉱床帯の主要部はその大半が現在の海岸線の内陸部にあつて、ボーリング断面からは海側への顕著な伸長は認められず、鉱床帯北東部において部分的に層厚2~4m程度で薄く浅海底部への張り出しているのが見られるのみであるが、重砂鉱床の母層となっている海成中粒砂層は層厚10m以上をもってそのまま沖合浅海底部へと伸展していることが確認される。このように、鉱床帯の主要部は鉱床母層の広がりの方角とは特に関係なく、巾約600m、走行延長約4,000m程度の局在性を持って分布している。

2) 重鈳物品位

丹南鈳区の重鈳物はモナザイトを主とし(ゼノタイムはモナザイトに包含されており単独の品位としては不明)、ほかにはジルコンが認められる。しかし重鈳物の平均品位はおのおの、モナザイト223g/m³、ジルコン525g/m³と他鈳区のそれより著しく劣っている(表6)。

第1年次に丹南鈳区内で実施されたボーリング(25-1、26-1及び26-2)で第四紀砂層の基盤を構成している風化片麻岩・混合岩類中に、最大品位で、モナザイト173g/m³、ジルコン340g/m³が確認されており、ここの重砂鈳床の起源は、付近には後背地から重砂を供給したと考えられる主要河川が見当たらないことと合わせて考えると、近傍のカンプリア系片麻岩・混合岩類であるといえるかも知れない。

1.2.2 南山海モナザイト鈳区

1) 分布

南山海鈳区内には、東部の河北港鈳床、中央部の南山海鈳床及び西部の書村鈳床の3つの鈳床があって、これらは東西約17kmにわたって海岸線に沿って平行に分布している。

① 河北港鈳床

鈳床帯は巾約400m、延長約1,300mの規模で、海岸線に沿って北東-南西方向に細長く分布するが、後背地のカンブリア系混合・変成岩類及び花崗岩類に囲まれ発達は狭小である(図5-(2))。鈳床帯主要部(高ポテンシャル部)は鈳床帯のほぼ中央部に分布し、鈳床の賦存ポテンシャルはこれを中心にして周辺部へと劣化している。ボーリング断面からは、海側への鈳床帯の伸長は弱く、鈳床帯の走行方向中央部の海岸寄りでは層厚をやや劣化させながら部分的な浅海底部への張り出しが見られるが、鈳床母層である海成細~中粒砂層の発達があまり良くないため鈳床帯が沖合浅海底部へ連続して大きく発展する可能性は小さい。

② 南山海鈳床

南山海鈳区のみならず、広東南西部沿岸地域の全域で現在まで確認されている最大の重砂鈳床であり、鈳床帯の広りは巾約2,000m、延長約6,000mの大規模なものがあるが、主要部(高ポテンシャル部)は鈳床帯の中央部から東部よりに片寄って存在し、巾約1,200m、延長約4,000の規模で、海岸線に沿って東西方向にやや細長く分布し、鈳床の賦存ポテンシャルは西部へ向って緩く劣化している(図5-(2))。ボーリ

ング断面からは、鉱床帯の走行方向中央部で層厚を劣化させながらも海側への伸長が部分的に見られるが、鉱床母層である海成中粒砂層の発達も同時に劣化する傾向にあるため、鉱床帯が沖合浅海底部に連続して大きく発達する可能性は乏しいものと判断される。一方鉱床帯北東部においては、北部内陸側への伸長が認められ鉱床帯の北縁部を完全には確認し終えていないが、鉱床母層の海成中粒砂層が劣化し、粘土層が優勢になる傾向が見られることから、この方面でも鉱床帯の大きな発展は考え難い。

このように、本鉱床は鉱床母層である海成中粒砂層の発達の消長といく分関係しながら、現在の海岸線沿いに巾約2,000m、延長約6,000mの規模で鉱床の単一ユニットを形成しながら、局在性をもって存在しているものと考えられる。

③ 書村鉱床

鉱床帯は巾約1,000m、延長約4,000mの規模で海岸線に沿って東西方向に細長く分布し、うち主要部(高ポテンシャル部)は鉱床帯中央部からやや東部に片寄って存在し、巾600m、延長約3,000mの範囲に認められるが、この中で最もポテンシャルの高い部分は中央部に細長く存在し、これを中心として周辺部へと劣化している(図5-(2))。ボーリング断面からは、鉱床帯の走行方向中央部から東部にかけて海側への伸長が多少認められるが、鉱床帯の層厚は劣化の傾向を示しており、沖合浅海底部での鉱床帯の連続的発展は考え難い。しかしながら鉱床母層である海成中粒砂層は劣化せずそのまま浅海底部へと連続して伸長しているのが確認されている。このように本鉱床は、鉱床母層の発達とは特に関係なく陸上部で確認されている程度の規模を鉱床の単一ユニットとして局在性をもって分布しているものと考えられる。

2) 重鉱物品位

南山海鉱区における重鉱物はモナザイトを主とし(ゼノタイムはモナザイトに不分離で包含されており、単独の品位としては明示されていない)、ほかにジルコン及びイルメナイトが確認されている。河北港、南山海及び書村の3鉱床を総合した重鉱物の平均品位はおのおの、モナザイト1,084~1,161g/m³、ジルコン576~1,495g/m³及びイルメナイト1,174~2,386g/m³の範囲を示し(表6)、このうちモナザイト品位は広東南西部沿岸地域全体で最も高い値を示す。ジルコン品位は沙尾ゼノタイム鉱区及び呉陽ゼノタイム鉱区とほぼ同一水準を示しており、イルメナイト品位は沙尾鉱区とほぼ同一水準にあるが呉陽鉱区よりは劣っている。南山海、書村両鉱床にみられ

るように鉱床帯は後背地より流れ出る河川の河口付近の西側に細長く弓状に分布する特徴を持っている。

1.2.3. 沙尾ゼノタイム鉱区

1) 分布

鉱床帯の広がりはいち約1,500m、延長約6,000mでその規模は広東南西部沿岸地域では南山海鉱床に次ぐが、うち主要部(高ポテンシャル部)は、いち約700m、延長約6,000mの規模で海岸線に沿って東北東-西南西方向に細長く分布する(図5-(3))。さらにこの中で、最もポテンシャルの高い部分は、鉱床帯主要部の北北東部付近及び鉱床帯南西部で後背地の混合・変成岩類に狭く囲まれている場所と2箇所現出しているが、いずれも中心部に細長く存在しており、鉱床の賦存ポテンシャルはこれらを中心として、周辺部へと劣化している。ボーリング断面からは、鉱床帯北北東部の縁辺部が潮間帯に入ってしまうなどの関係で鉱床帯の北北東部での延長はまだ確認し終えていないが、鉱床帯及び鉱床母層である海成中粒砂層の発達状態から推定して今後の探鉱進捗によって沖合浅海底部ないし内湾側へ、最大いち約700m、延長約1,000m規模の伸長は期待できそうである。このほか鉱床帯の南西部においても一部分海側への伸長が見られるが、規模的にあまり大きなものは期待できそうにない。

2) 重鉱物品位

後述する呉陽ゼノタイム鉱区と同様に、1970年代になってから探鉱されたためゼノタイムはモナザイトより鉱物分離され品位が表示されている。鉱床帯の北東部(第1鉱体)での平均重鉱物品位はおのおの、ゼノタイム126g/m³、モナザイト367g/m³、ジルコン1,522g/m³及びイルメナイト2,680g/m³(表6)で、ゼノタイム品位は呉陽鉱区とともに広東南西部沿岸地域で最も高い値を示しているが、南山海鉱区、丹南鉱区及び南三島鉱区においてはゼノタイムの重砂分析が実施されていないので、これらとの直接比較はできない。モナザイト品位は南山海鉱区のそれに比較して著しく劣るが、ジルコン及びイルメナイトの両品位は南山海鉱区のそれとほぼ同一水準にある。

南山海鉱床及び書村鉱床と同様に、鉱床帯は後背地から流下する河川の河口付近の西側へ海岸線に沿って細長く弓状に分布している。

1.2.4 吳陽ゼノタイム鉱区

1) 分布

鉱床帯は全体として中約3,000m、延長約8,000mの不規則形状を示し、広大な規模を有し、海岸線とほぼ平行しながら北東-南西方向で内陸部に分布しているが、いわゆる鉱床帯主要部(高ポテンシャル部)はその南西部にあって、中約700m、延長約3,500m及び中約600m、延長約3,000mの規模で2列に分かれ、おのおの北東-南西の方向性を持って、海岸線より1.5km~3.0km程内陸に入った場所に帯状に賦存している。またこのほかに鉱床帯の北東部においても中約500m、延長約2,000mの小規模ながら比較的まとまりの良い部分が認められている(図5-(4))。これらの中で、最もポテンシャルの高い部分は鉱床帯南西部に2列に分れて分布する鉱床帯主要部のうちの内陸側主要部の中心部付近を北東-南西方向に細長く延びて存在しており、この高ポテンシャル部は、北東部の小規模にまとまっている鉱床帯へと連続するものと考えられるが、この間の探査データが欠落しており確認できていない。ボーリング断面で見ると限りでは海岸線付近まで延長している探鉱測線は鉱床帯南西部の測線-0の1本だけであり、しかもこの測線で鉱床帯の海側への伸長は認められないことから、吳陽鉱床帯全体としても沖合浅海底部への連続的伸長は期待できないと判断される。しかしながら、下位のQ₂層(北海層群)の上に乗って分布する鉱床母層の海成砂層はそのまま沖合浅海底部へと伸長しているのが確認される。

2) 重鉱物品位

沙尾ゼノタイム鉱区と同様に、1970年代になってから探鉱されたので、ゼノタイム品位が表示されている。本鉱床帯中には大小合せて6鉱体が区分されているが、鉱床帯南西部に2列で分布する鉱床帯主要部(第1鉱体及び第2鉱体)で全体の85%以上を占め、平均品位はおおの、ゼノタイム57~152g/m³、モナザイト255~478g/m³、ジルコン1,487~1,516g/m³及びイルメナイト1,510~6,568g/m³を示している(表6)。ゼノタイム品位は沙尾鉱区とほぼ同一水準にあり現在広東南西部沿岸地域で知られている最高値を示している。モナザイト品位は南山海鉱区に比較し著しく劣るが、ジルコンは南山海、沙尾両鉱区とほぼ同一水準にある。本鉱床で特に注目すべきはイルメナイトであり、特に第1鉱体で高品位を示しており(平均6,568g/m³)、広東南西部沿岸地域-陽江~湛江地区の中で突出した高い数値を示しているが、これは雷州

半島に分布する玄武岩からの影響によるものか、あるいは湛江地区の後背地を形成している基盤岩類の特質によるものかは現在は判っていない。

1.2.5 南三島ジルコン鉱区

1) 分布

鉱床帯は全体として、巾約2,500m、延長約10,000mの大規模な形状を示し、海岸線に沿って平行に北北東-南南西方向に分布するが、鉱床帯はさらに何本かの鉱床帯に帯状に細長く分れて分布しており、これらのうちいわゆる鉱床帯主要部(高ポテンシャル部)は、鉱床帯北北東部の内陸側約3km付近にあって、巾約500m、延長約4,500mの規模で北北東-南南西方向に細長く分布するものと、鉱床帯南南西部の海岸線沿いに、巾約700m、延長約3,500mの規模で北北東-南南西方向に分布するものとの2帯認められる(図5-(5))。

このうち、鉱床帯の北北東部に分布する主要部は巾は比較的狭小であるが、重鉱物品位が高く、重砂濃集度の高い場所と考えられ、一方、南南西部にあるもう1つの主要部は巾では前者より大きい重砂の濃集度の点では劣る。

ボーリング断面からは、鉱床帯の南西部を除いては海岸線近傍まで鉱床帯が直接延びている場所は見当らず、また南西部の最も海岸寄りまで探鉱された測線-4においても鉱床帯の海側に向っての伸長は認められない。したがって、当鉱区全体として鉱床帯の沖合浅海底部への連続的伸長発展は考えられないが、鉱床母層である海成砂層は層厚を劣化させながらも海底部へと連続しているのが確認されている。

2) 重鉱物品位

ボーリング断面図が古いため重鉱物品位が判読できず色彩区分による概略の分析数値しか得られない箇所が多かったため全体として重鉱物品位は正確さに欠けるが、平均品位でみた場合、おおよそ、鉱床帯の北北東主要部で、ジルコン1,500~2,000g/m³、モナザイト100~500g/m³程度、また南南西主要部で、ジルコン700~800g/m³、モナザイト50~100g/m³程度とみられる。これらの品位を他鉱区、特に南山海、沙尾及び呉陽の3鉱区のそれと比較した場合、鉱床帯の北北東主要部では、ジルコンはやや優っているがモナザイトは劣っており、また鉱床帯南南西主要部では、ジルコン、モナザイト双方ともに明瞭に劣っている。ゼノタイムは当鉱区が1950年代に探鉱されたため分析されておらず他鉱区と比較できず、またイルメナイトも分析値がないため、呉陽鉱区及び東里地区のそれとの直接対比はできない。

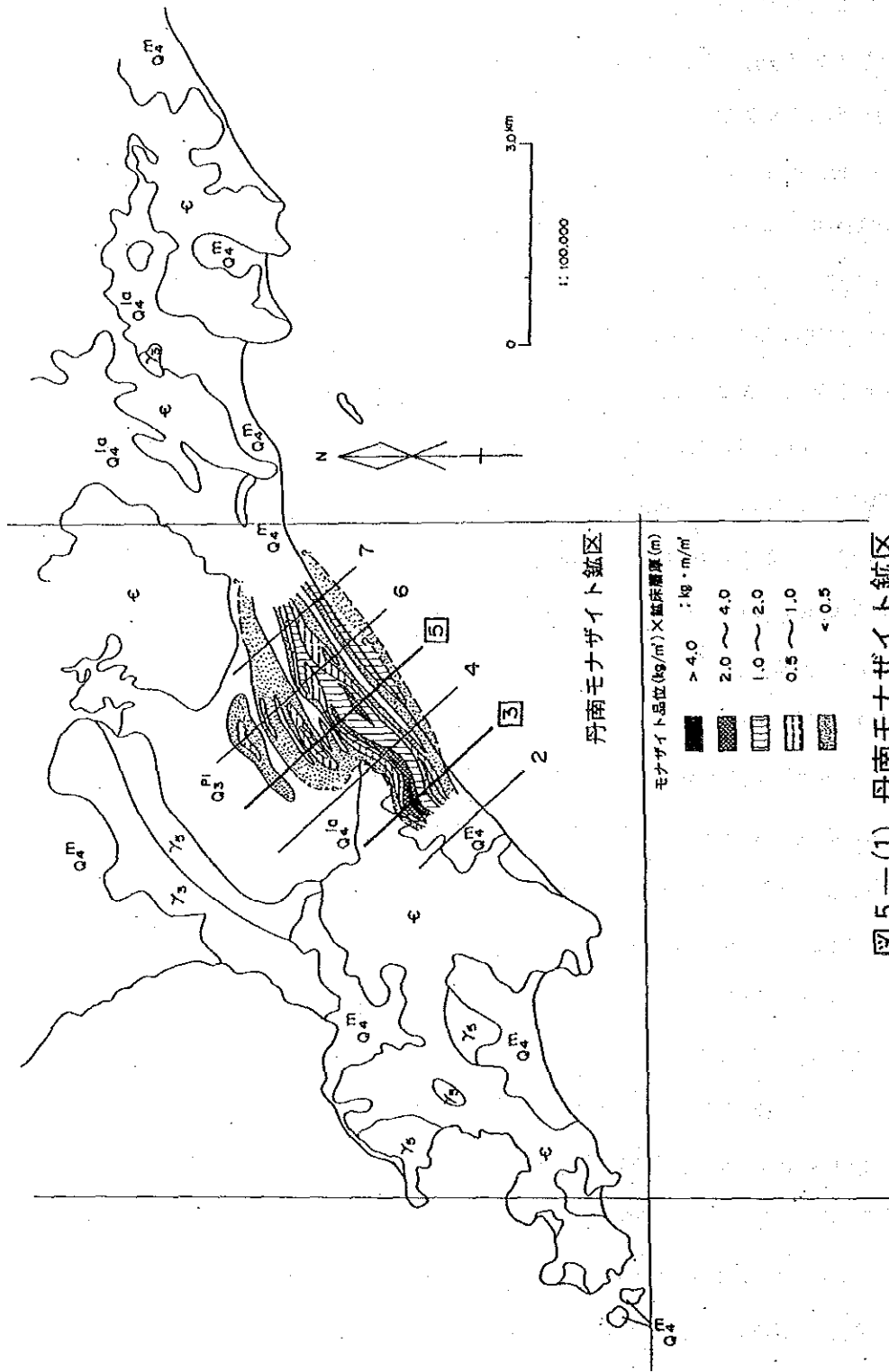


図5—(1) 丹南モナザイト鉱区
 鉱床ポテンシャル等値線図

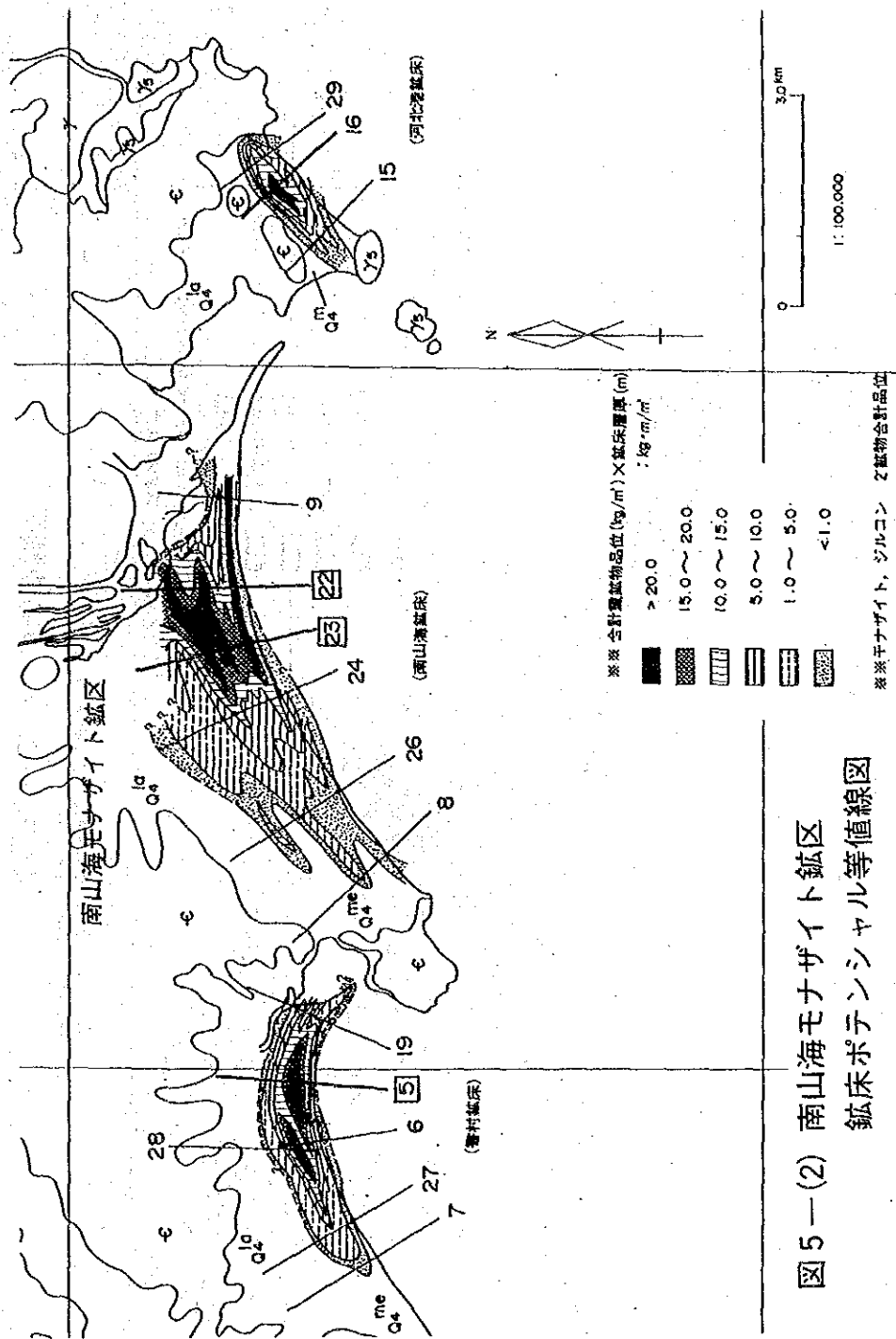


図5—(2) 南山海モナサイト鉱区
 鉱床ポテンシャル等値線図

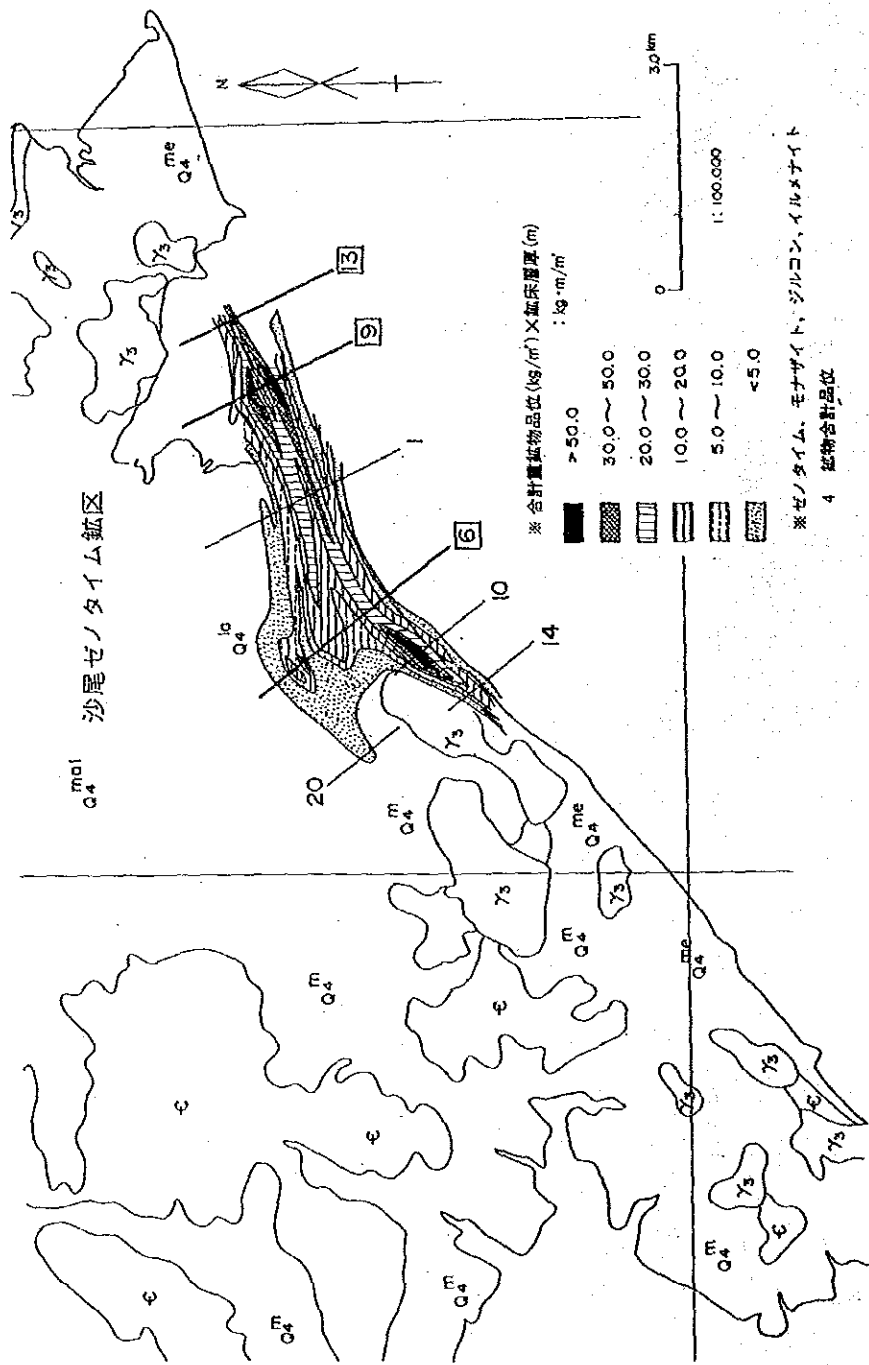


図 5—(3) 沙尾ゼノタイム鉱区
磁床ポテンシャル等値線図

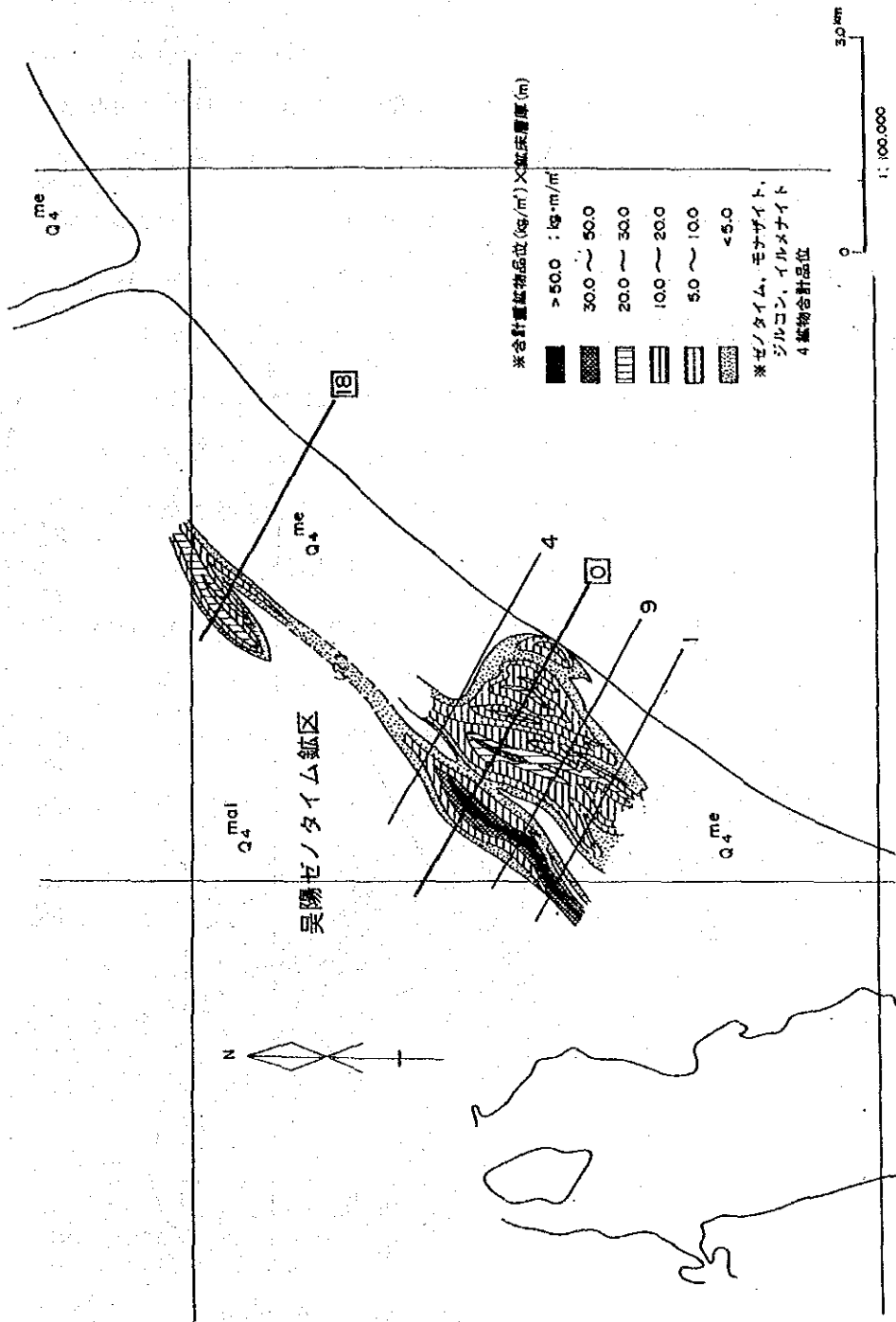


図5—(4) 吳陽ゼノタイム鉱区
鉱床ポテンシャル等値線図

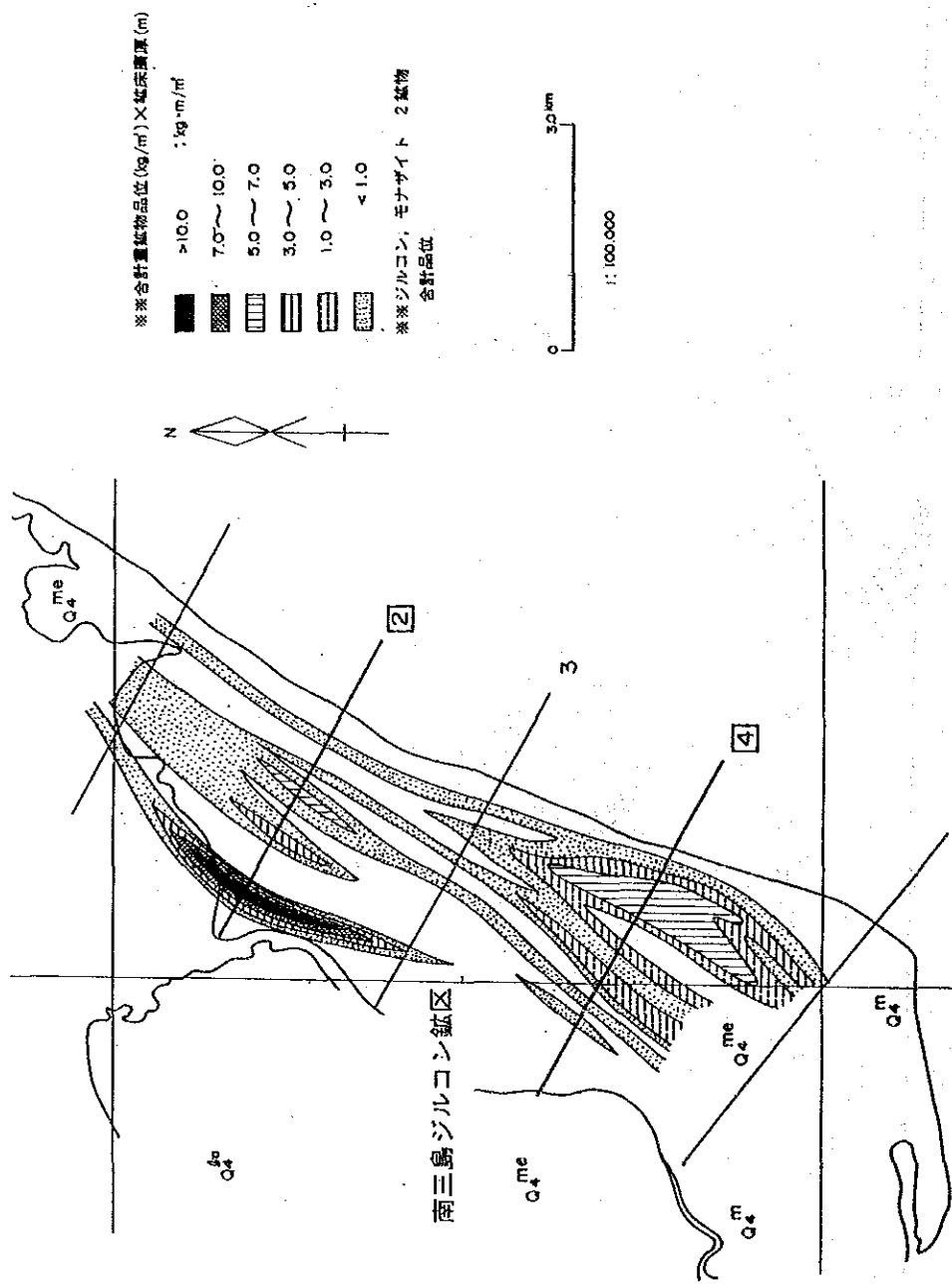


図 5—(5) 南三島ジルコニウム鉱区
鉱床ポテンシャル等値線図

1.3 海浜重砂鉱床形成メカニズムについての考察

広東南西部沿岸地域—陽江地区及び湛江地区における海浜重砂鉱床形成の大きい要因としては、次の2つがあげられる。

- 1) 重砂の可成りの部分は、後背地に分布する第四紀層の基盤岩類が風化・ラテライト化し、溶脱したものの中から化学的・機械的安定度の高い壊れにくい重鉱物が砂礫とともに河川によって運ばれ、河口付近の浅海中に砂に混じって沈積したものであり、このほか、海岸近傍の同じく基盤岩類が風化・ラテライト化したものの中から供給された原地性の重鉱物も一部これに加わった。
- 2) これらの重砂混りの沈積砂は、沖合を流れる海流の影響によって、浅海部を海岸線とはほぼ平行に移動し、選別分離され局部的に重砂が濃集し、現在見られるような海岸沿に細長く弓状をなして分布する重砂鉱床を形成した。

このことはすでに1.2項で述べた陸上重砂鉱床の賦存形態から容易に想定されるものである。しかしながらこの考え方では鉱床母砂層の発達及び重砂の分離濃集のメカニズムに関して十分に説明されているとはいえない。因って、ここで、浅海部の沈積砂が海流などの働きによってどのように動き、かついかにして、どこに重砂が濃集したのかという、いわゆる“重砂鉱床形成のメカニズム”について、一般的な堆積モデルによる考察を試み、暫定的作業仮説としてまとめてみた。

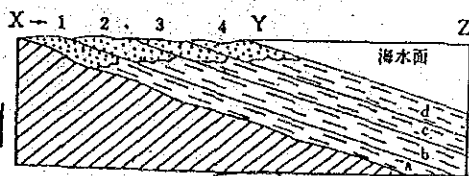
1.3.1 海進・海退にともなう沿岸堆積相形成の一般的な断面モデル

図6—(1) 等速海進覆蔽



陸地の下降に対して海水面が一定の場合に起こる覆蔽で、陸地の沈降速度と堆積物の供給量が等しい等速度海進覆蔽の場合の模式的断面図である。

図6—(2) 海退覆蔽



陸地の上昇に対して海水面が一定の場合に起こる海退覆蔽の断面図で、X→Yは海退距離を、a, b, c, dは海退によってつぎつぎと形成される地層を表わす。

海水面の上昇・下降によって、潮間帯においてつぎつぎに新しい堆積物が基盤におおいかぶさり堆積相を生ずる現象を海成覆蔽といい、このうち海水面の上昇・下降の速度、陸地の運動との関係、及び堆積物の供給速度によって、堆積相の成り方は図6—(1)、図6—(2)及び図6—(3)のような3つのモデルに大きく分けられる。

陸地の下降に対して海水面が一定の場合に起こる覆蔽を海進覆蔽といい、陸地の下降速度と堆積物の供給速度との関係で、多様な堆積相を形成するが、図6—(1)

図6-(3) 海退・海進複合覆蔽

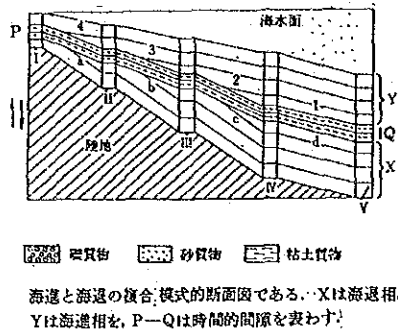
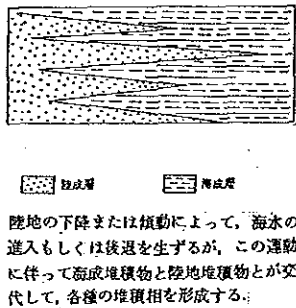


図6-(4) 交代覆蔽



一方、陸地の上昇に対して海水面が一定の場合に起る覆蔽を海退覆蔽といい、陸地の上昇に対する堆積物の供給速度によって各種の堆積相を形成する。図6-(2)は海退覆蔽の場合の一般的断面モデルあり、海浜重砂鉱床の形成を考えた場合、重砂を濃集するとされる砂質物とほかの各堆積相ユニットとの関係から重砂鉱床形成にあまり好適なモデルとはいえないように思われる。

図6-(3)は、海進と海退の複合覆蔽の断面モデルあり、図6-(4)は陸地の下降または傾動によって海水の進入もしくは後退が生じた場合に起こる交代覆蔽の断面モデルである。

以上の各断面モデルと、広東南西部沿岸地域-陽江~湛江地区の陸上部で現在確認されている海浜重砂鉱床帯の断面とを比較した場合、全体的に図6-(1)のモデルに近いような形態で鉱床及び鉱床母砂層が分布しているように思われる。

は陸地の沈降速度と堆積物の供給量が等しい等速度海進覆蔽の場合の断面モデルである。

このモデルにおける堆積相の各ユニットでは、海岸近くに礫質物ないし粗粒砂が堆積し、沖合へ向って細粒砂~粘土質物に移化する。重砂は通常は粗粒砂に含まれることが多く、細粒砂~粘土質物には含まれにくいとされている。図6-(1)は、現在広東南西部沿岸地域沖合浅海底の水深-20m付近に階段状に広く分布すると考えられている浅海性海成砂層についての1つの形成モデルと考えることができるが、重砂濃集の局在性を説明するのには十分ではない。

1.3.2 潮間帯における砂の挙動に関する一般的平面モデル

図7 砂礫の沿岸漂移モデル

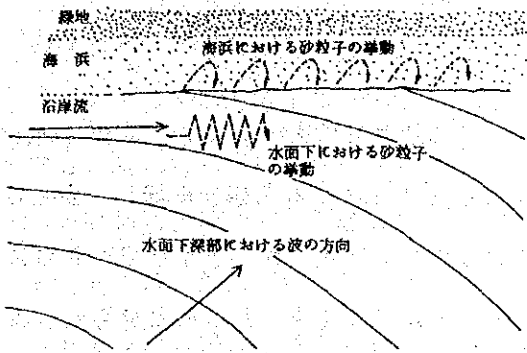
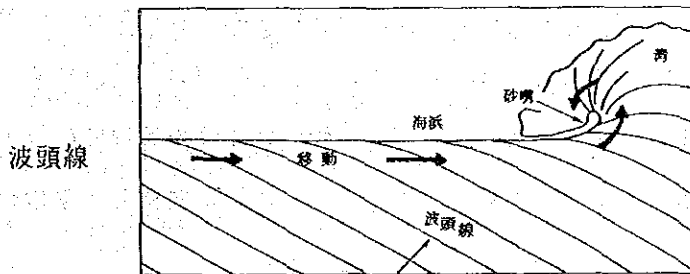


図7は、砂礫の沿岸漂移が、沿岸に平行に流れる沿岸流と、沿岸に斜交する波との相互作用によって生じることを表している。浅海部の砂粒子は、波によって岸にはほぼ直角に動かされ、さらに沿岸流によって横に移動される。

図8は湾状海岸における沿岸漂移のモデルで、沿岸漂移によって湾部に砂嘴が形成されるパターンを示している。

図8 湾状海岸における沿岸漂移と砂嘴形成のモデル



(from A.N. Strahler, 1971)

図9 沿岸流の方向と砂嘴の発達モデル

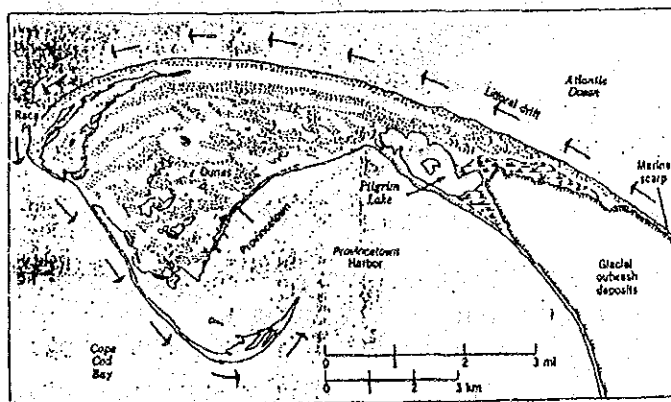
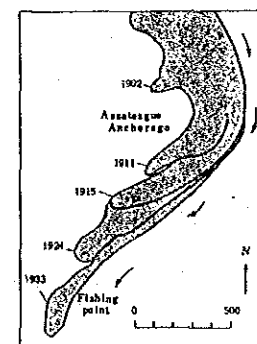


図9は沿岸流の方向と、砂嘴の成長する方向との関係を示したモデルである。

図10は、アメリカ合衆国北カロライナ州における砂嘴の成長速度を示す1例である。砂嘴は沿岸流の方向に重ね合うようにして成長して行く。

図10 砂嘴成長速度



(Fish hook spit at the south end of Assateague Island, North Carolina)

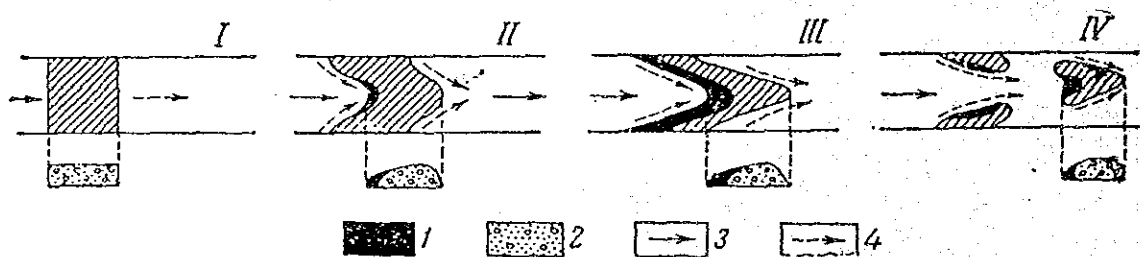
以上図7、8、9のモデルにより、砂礫の沿岸漂移は沿岸流と海岸に斜交する波との相互作用によって起り、湾状を呈する海岸部においては砂嘴が形成され、さらに砂嘴は沿岸流の方向に成長することが示されている。

1.3.3 広東南西部沿岸地域-陽江~湛江地区における海浜重砂鉱床の形成モデル(作業仮説)

陽江地区から湛江地区にわたって現在の海岸線に沿って分布する第四紀砂層は、2~3の例外を除きおしなべてその両端を基盤岩類の海側への張り出しに境せられ、西から東へとほぼ東西方向に、延長数km~10数km、巾数kmの規模で砂嘴~砂州状に発達したものと見られ、海陵島丹南鉱区、南山海鉱区、沙尾鉱区に見られるように弓状に分布することが多く、しかも陸上部で知られている重砂鉱床の大半はこの砂州状に分布する第四紀砂層中に賦存している。

砂州は、広東南西部沿岸地域の沖合を東から西へと向って流れる海流が、海岸に近い浅海部において基盤岩類の隆起部などの障害にさえぎられて反転し、環流となって西から東へと向きを変え沿岸流となったため、1.3.2項の図8ような沿岸漂移のモデルのように、河口などの浅海部に沈積していた砂が沿岸漂移して形成されたものと考えれば全体として矛盾はなさそうである。また、砂州形成のもとになった浅海部の重砂混りの沈積砂は海流によって沖合への流出をさえぎられ逸散せずに浅海部に沈積したものと考えられる。一方、砂州の中に賦存する重砂の濃集メカニズムについては今はほとんど判っていないが、一般的に漂移の過程で砂粒子が、分級・集積の淘汰作用を強く受けることが判っており、このような作用に関係して重砂の濃集が起ったものと考えられる。

図11 再移動する沖積砂礫中における重鉱物濃集モデル



(N. ラズミヒンとZ. チマシュコフの実験データによる)

I~IV 再移動過程の各段階; 1. 重鉱物分離体 2. 軽鉱物分離体
3. 流れの方向 4. 沖積物の移動路

図11は重鉱物濃集の1つのモデルであるが、これは砂洲の中でのこのような砂の移動及び重鉱物の分離濃集がくり返し起った可能性を示している。

1.4 陽江～湛江地区における潮間帯及び沖合浅海底部での鈹床帯賦存の可能性について

すでに1.2項で記述したとおり、陽江地区から湛江地区にわたって現在賦存が確認されている陸上部の海浜重砂鈹床は、そのまま潮間帯及び海上部へと連続して延長し発展する可能性はほとんど考えられない。しかしながら、1.3項で述べた重砂鈹床形成のメカニズムに基づいて考察した場合、現在陸上部に見られる重砂鈹床が形成された時期と異なった時期、つまり海水面の低かった時期に、沖合の浅海底部(当時の海浜部)に、重砂鈹床生成に好適な堆積環境が存在していたとすれば、鈹床が形成された可能性はあり、その後の海進によって破壊されて流出することがなく原形を保ってさえおれば、沖合の海底部に重砂鈹床が残存・分布している可能性は十分に考えられよう。

以下、第四紀後期における海水面上昇・下降のデータに基づいて、現在陸上部に見られる重砂鈹床と、沖合浅海底部に賦存が期待される重砂鈹床の形成時期について一般的な推定を試みる。

図12及び図13は現在の海水面を基準として、過去20,000年間の世界的海水面の変化を示したものである。

図12はウルム氷期以降の海進にともなう海水面上昇曲線で、前2万年頃から比較的急速に上昇し、前7,000年頃からその速さを緩めて現在に至っていることが判り、特に図12-(2)によって、前6,000～前5,000年及び前4,000年頃に現海水面より若干海進した時期のあったことが示されている。一方図12には前13,000年位よりの海水面上昇曲線が描かれてあり、前4,000年～前2,500年にわたって現海水面より若干海進の進んだ時期のあったことが示されている。そこで、図12及び図13を総合して現海水面より海進の進んだ時期を求めてみれば、おおよそ前6,000年～前2,500年位ということになり、これは陽江～湛江地区の第四紀層、 Q_4^{2-1} 、 Q_4^3 、層堆積の時期にあたり(陽江地区第四紀総合柱状図・中国)、陸上部に分布する各重砂鈹床の中の一部で現在知られている鈹床生成年代とはほぼ一致している。一方この時期に海底面の上下変動が、ほとんどなかったとの前提で陽江～湛江地区沖合の水深-20m付近に分布が期待される海底部の重砂鈹床の形成された時期を図12及び図13より求めれば、おおよそ前8,000年～前6,500年位と推定され、この年代に対応するある陽江～湛江地区の第四紀層の年代はちょうど Q_4^1 、 Q_4^{2-1} 層堆積時期にあっており(陽江地区第四紀総合柱状図・中国)、これらの沖合浅海部での鈹床母層としての発達・分布は十分予想されるので、あとは、この時期に重砂を濃集させるに十分な堆積環境が存在していたかどうかの問題となるが、現在これに関する客観的データはない。

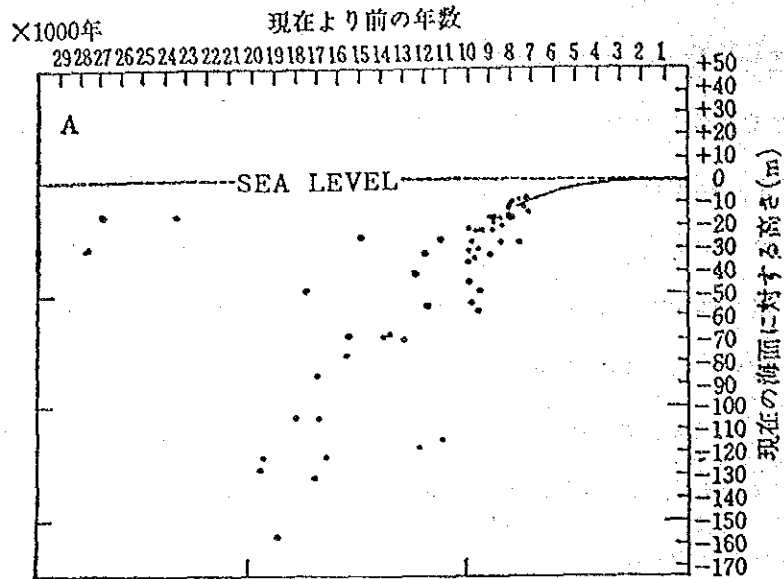


図12-（1） 過去3万年以降における海面位置の変動
(¹⁴C測定結果による)

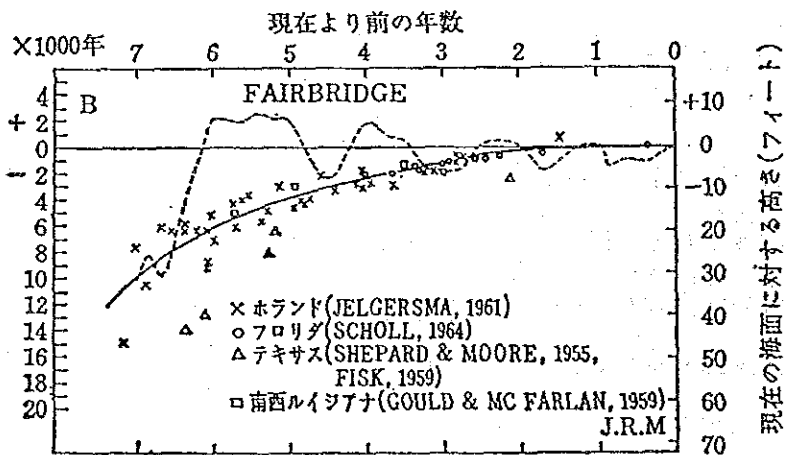


図12-（2） 図12-（1）の実線部分を拡大したもの

波線はFAIRBRIDGEの海面変化曲線

(SHEPARD, 1965)

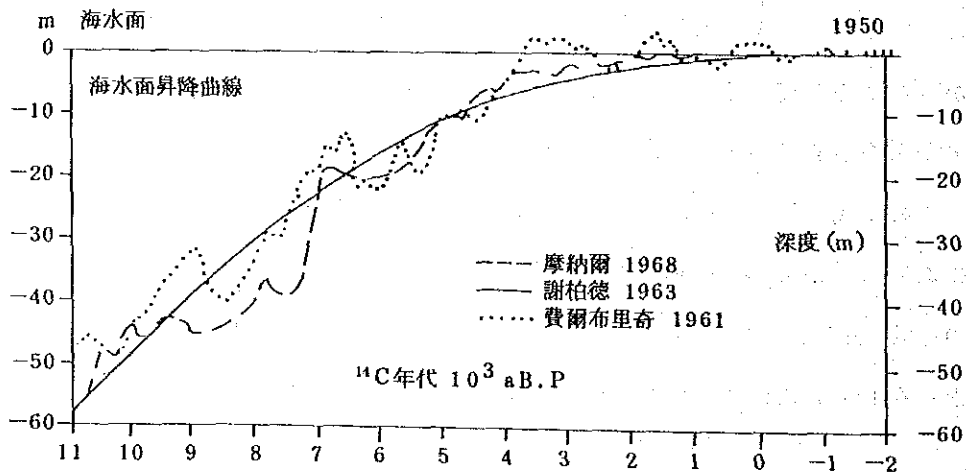


図13 完新世海水面昇降曲線 (根据默爾納 1969)

第2章 地質調査(地質調査及び第四紀地質調査)及び予察調査の内容と調査結果

2.1 陽江地区(地質調査及び第四紀地質調査)

2.1.1 地質

陽江地区は広東省南西部、南シナ海沿岸に位置し、東アジア大陸全体の地質構造区分からいうと、揚子地塊の東側に沿うカレドニア造山帯の中にある。この地区に分布する岩石は3種類すなわち混合・変成岩類、花崗岩類ならびに第四紀の碎屑物堆積層に大別される。

混合・変成岩類はカンブリア系片麻岩類、カレドニア期混合花崗岩類、及び両者の混じりあった混合岩類の3者からなる。

カンブリア系片麻岩類(ϵ)は主として黒雲母片麻岩で、その鉱物組み合わせからいうと角閃岩相の変成相をもち、さらにACF三角ダイアグラムではグレイワッケ~泥質岩の領域にプロットされるので砂泥質岩起源である。

カレドニア期混合花崗岩類(γ_3)は主として優白質な花崗岩質岩であるが、片麻岩類をアグマタイト的に内包したり黒雲母を含んでネピュライト的な片麻状構造をもつ場合もあり、またカンブリア系片麻岩類の中に細かく脈状ないし層状に入り込んで片麻岩類の優白質な部分とつながり注入片麻岩状になっていることもあることなどから、珪長質メルトと片麻岩類の源岩との混成岩(ミグマタイト)であると考えられる。

カンブリア系混合岩類は片麻岩類とカレドニア期混合花崗岩類とが混在するものをいう。広義に言えば片麻岩類もこの混合岩類の一種になるが、ここではこの混合岩類という名称を、産状的に見て両者が混在している場合にそれを総称する名称として用いる。

花崗岩類は中生代の燕山期に貫入した花崗岩類(γ_5)で、斑状黒雲母花崗岩、花崗閃長岩、花崗閃緑岩から狭義の花崗岩に至る多様な岩相を持つ。当地区では大小さまざまな規模で構造線に伴って貫入していることが多い。

以上の基盤岩類を覆って第四紀碎屑物堆積層が分布する。これらは第四紀の陸成または海成碎屑物の層で、礫質ないし砂泥質層である。重砂鉱床は海成の砂質層に胚胎する。

一般的にこの地区の基盤岩は著しい風化作用を受けており、地表は赤茶色をしたラテライト性土壌に厚く覆われている。地形的には燕山期花崗岩類の分布域が緩やかな丘陵をなしておりこれが最も風化を受けやすい岩石であるように見える。ラテライト性土壌の厚さは数mから10数mに及ぶことがある。

図14、15に当地区の模式柱状図及び模式断面図を、また付図3に当地区の地質図及び地質断面図を示した。試料採取位置については、後掲の図28-(1)、-(2)、-(3)、-(4)、-(5)に、また全

図 1 4 陽江及び湛江地区地質模式柱状図

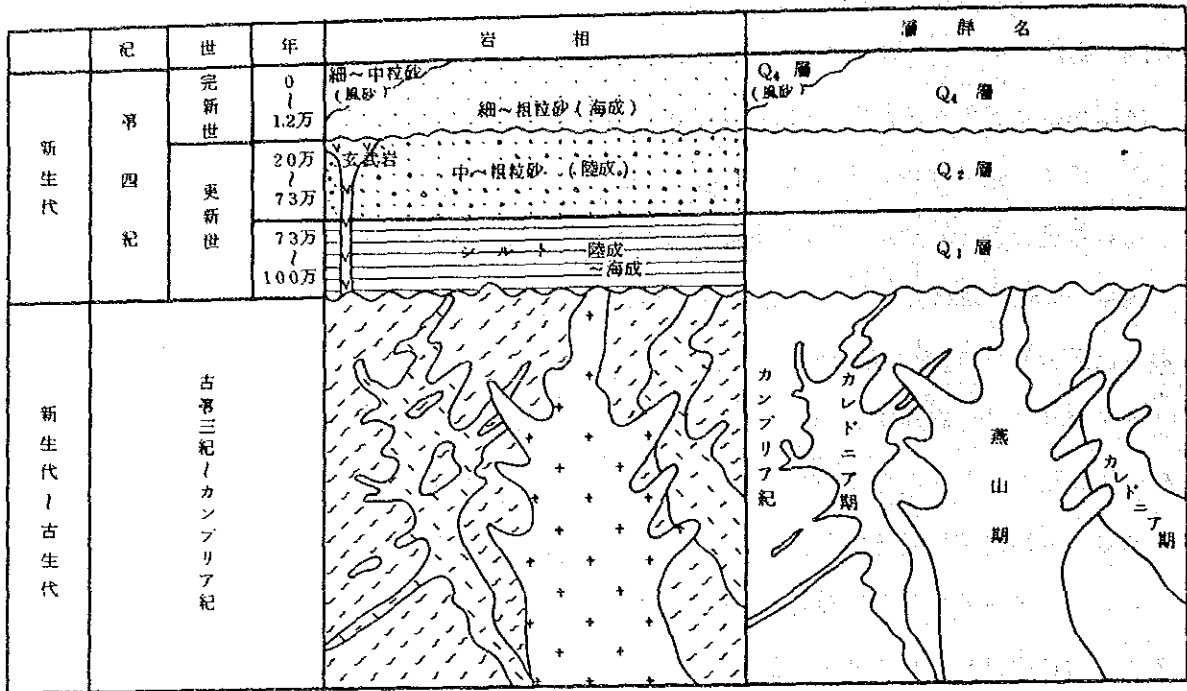
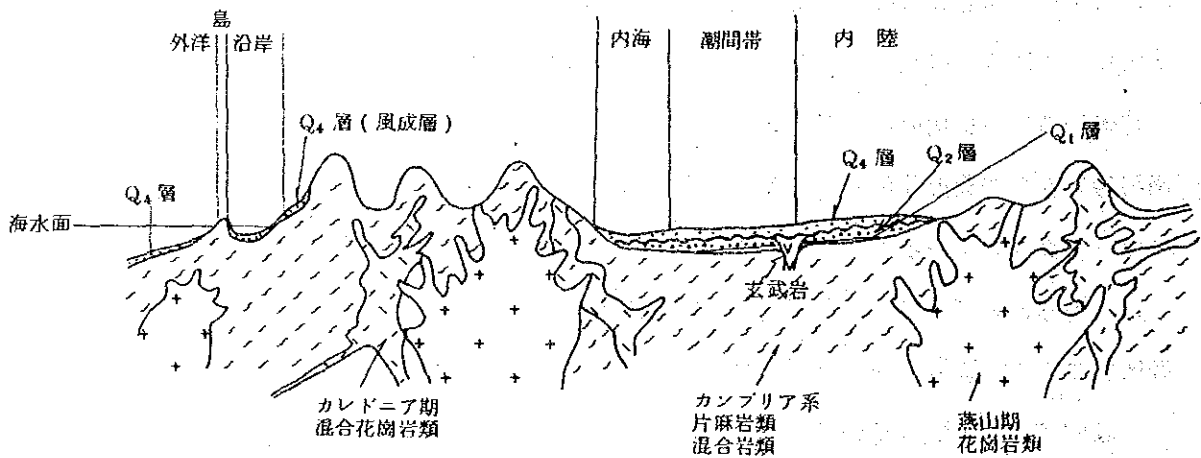


図 1 5 陽江及び湛江地区地質模式断面図



岩分析結果、ノルム計算結果及び岩石試料の薄片顕微鏡観察結果をそれぞれ一覧表にして巻末資料3、4及び5に示した。

以下、これら基盤岩類ならびに重砂鉍床を胚胎する第四紀の海成砂質層について詳しく述べる。

1) カンプリア系片麻岩類(€)

主として黒雲母片麻岩からなる岩石で本地区全域にわたって広く分布する。一般的に粗粒で、肉眼的にはその典型的なものは黒雲母の多い暗色帯と石英・長石の多い明色帯が交互に数mm程度の厚さで繰り返す葉状構造(片麻状構造)を持つ。後述のカレドニア期混合花崗岩類(γ_3)と複雑に入り組んでいる場合が多い。

鏡下では、斜長石(灰曹長石~中性長石)20~40%、微斜長石を主とするカリ長石10~35%、石英15~40%、黒雲母5~25%、白雲母1~3%に加えて、微量のジルコン、燐灰石、緑泥石、緑れん石、方解石、ざくろ石、絹雲母、不透明鉍物などからなる。

こうした鉍物組み合わせから見ると、本岩は角閃岩相の変成相をもつ変成岩であるといえる。全岩分析の結果をACF三角ダイアグラムにプロットすると、図16のようにグレイワッケ~泥質岩の領域に落ち、本岩が砂泥質岩起源であることが示されている。このことは鉍物組成的にも黒雲母やざくろ石(アルマンディン)が存在することで支持されている。

全岩分析の対象とした本岩の3箇所の試料は、採取位置がそれぞれ織笠、嶺門、旦場と離れており、かつ岩相も長石/黒雲母の量比(検鏡結果)でみて3.8、1.6、2.3と異なっている。しかしそれにもかかわらずACF三角ダイアグラム上ではこれらの3個の試料はほぼ近似した位置を占めておりバラツキが小さい。ACF三角ダイアグラムにおけるバラツキが小さいという事実は、このカンプリア系片麻岩類がほぼ一様な原岩組成をもっており、かつ変成作用における他の岩石成分の影響が小さかったか、あるいはほぼ一様であったことを示唆している。一方、岩石試料の薄片顕微鏡観察結果からは黒雲母の多い暗色帯と石英・長石の多い明色帯との間に化学平衡が成立していなかったことを示唆するようなデータ(例えば斜長石の帯状構造の差異など)は出ていないので、両者はメルトの注入によって形成されたものであるとしても同一の化学平衡の系の中にあつたと考えられる。したがって、本岩は花崗岩質メルトによるミグマタイト化を受けていることは確実であるが、その花崗岩質メルトは外部から侵入してきたマグマではなくこの変成岩が部分融解してできた融解物である可能性が高い。

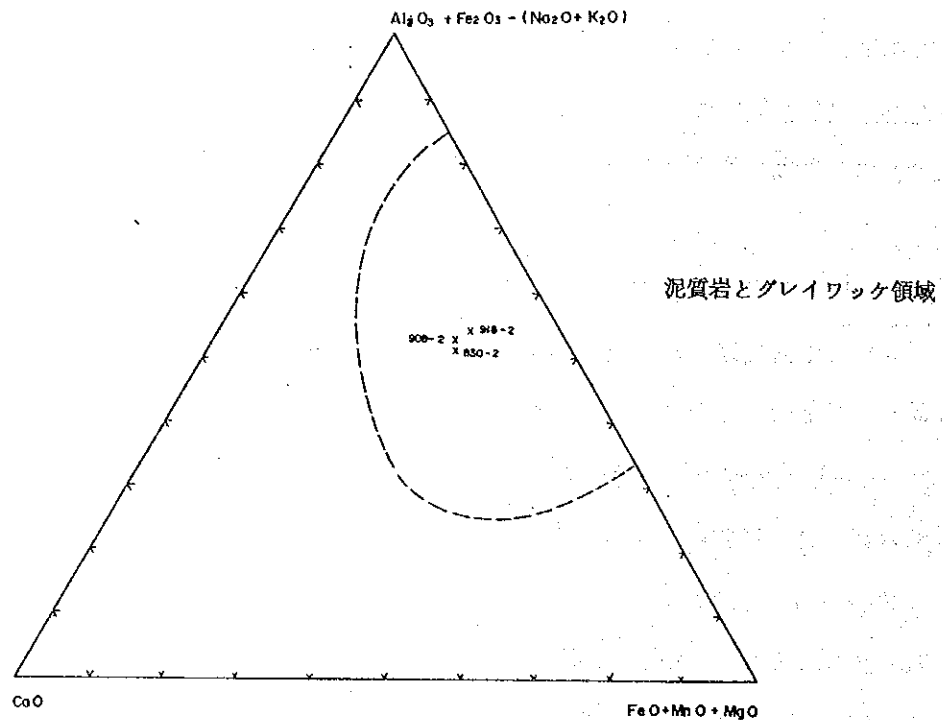


図16 カンブリア系片麻岩・混合岩類のACF図

2) カレドニア期混合花崗岩類 (γ_3)

本岩は主として優白質な花崗岩質岩である。陽江地区では、竜高山周辺を除けば単一岩体としては必ずしも広く分布しているわけではないが、多様な規模で上述のカンブリア系片麻岩類中に進入またはこれと漸移する関係にあり、同片麻岩類の分布域には常にこれに伴って産する。その産状は、黒雲母を含んで片麻状構造をもつネビュライトとなっていたり、花崗岩類をアグマタイト的に内包したり、またカンブリア系片麻岩類の中に多数の細脈状に進入しヴェナイト的な産状を示したり、あるいはこれに層状に入り込んで片麻岩類の優白質な部分と漸移し注入片麻岩状になっていることもある(図17及び18)。

鏡下では斜長石(灰曹長石~中性長石)10~20%、カリ長石(微斜長石を含む)15~45%、石英30~40%、黒雲母5~15%、白雲母1~3%、微量の絹雲母、ジルコン、電気石、りん灰石、不透明鉱物などからなる。

カリ長石は粒径1~8mmのかなり粗大な半自形柱状斑晶として産し、格子状双晶(アルバイト式及びカルスバッド式)もみられる。黒雲母は重なり合った変晶や変晶の大鱗片聚合で断続的な帯をなし、一部は緑れん石、緑泥石、白雲母に変化している。

通天竹、沙扒、尖山で採取した3個の本岩の岩石試料につき全岩分析を実施した。

図19は、この結果に基づいて必要な要素をとりだし、 K_2O , Na_2O , CaO を頂点とする三角ダ

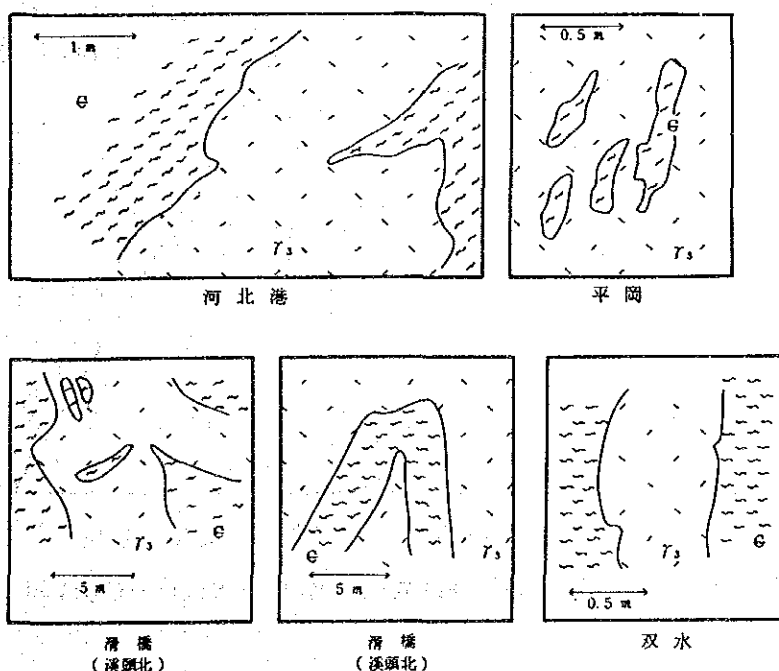
イアグラムにプロットしたものである。この図ではこれら3個の岩石は大きなバラツキを示し一定の傾向を持っているようにはみえない。また図20はこれらの岩石試料の分析値をMFA三角ダイアグラムでチェックしたものであるが、MgO, FeO*などの有色鉱物のもつ要素がほとんどないので本岩の化学的性質はこの図からはよく分からない。鉱物組成に関してノルム計算結果からQ, Or, Ab+Anを頂点とする三角ダイアグラムにプロットした(図21)。このダイアグラムではこれら3個の岩石は石英モンゾニ岩の範囲にあるが多少のバラツキを示している。

本岩は、その産状からみて花崗岩質メルトと片麻岩類との混成岩(ミグマタイト)であり、カレドニア造山運動において変成作用に伴うシンテクシスで形成されたものであると考えられる。後で述べる重鉱物含有量に大きなバラツキがあることをはじめ、前述の化学的性質のバラツキなども本岩のこのような混成的性質を表わしているものと考えられる。

3) カンプリア系混合岩類(ε)

本岩類は片麻岩類と混合花崗岩類とが混在して区別できないようなものをいう。先に述べたように混合花崗岩類には片麻状構造をもつネビュライト的なものや片麻岩類の小ブロックを内包するアグマタイト的なものなどがあるが、それらの一部を含め片麻岩類と混合花崗岩類が複雑に入り込んでいるものを、混合岩類と称する。すなわち、この混合岩類という名称は、産状的に見て両者が混在している場合にそれを総称する名称として用いる。

図17 陽江地区混合・変成岩類産状図



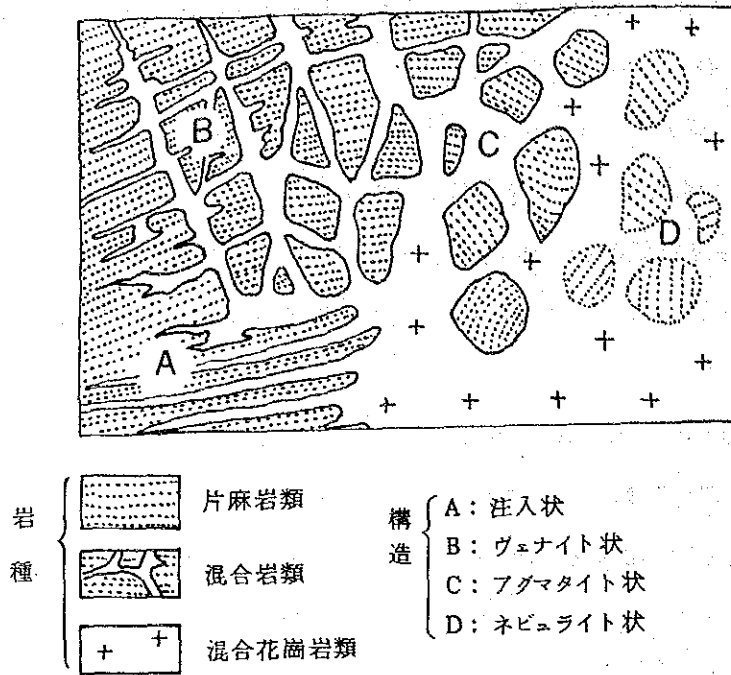


図18 混合・変成岩類の産状モデル

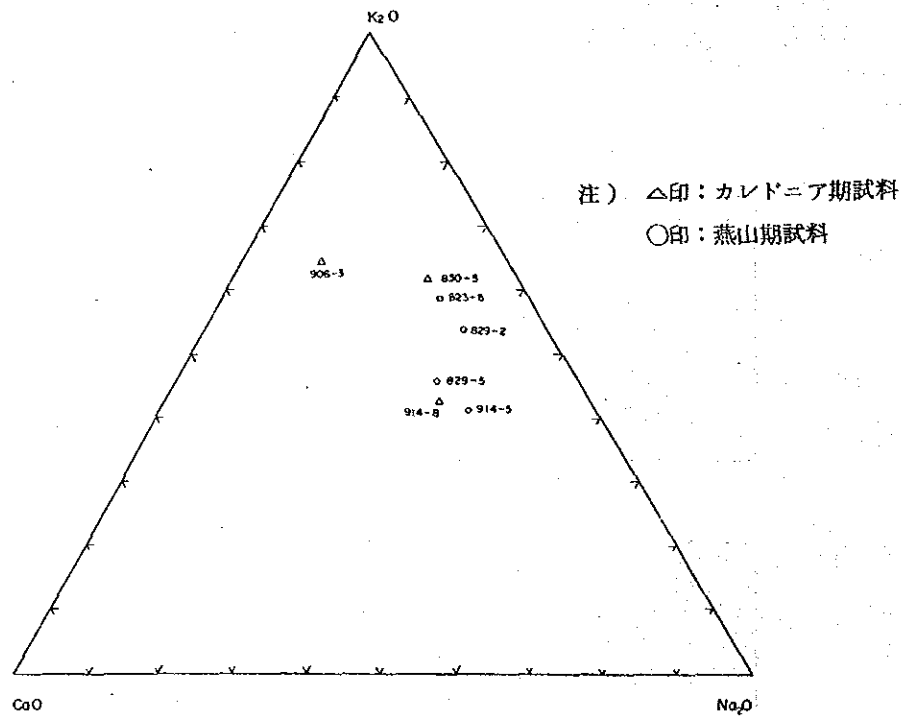
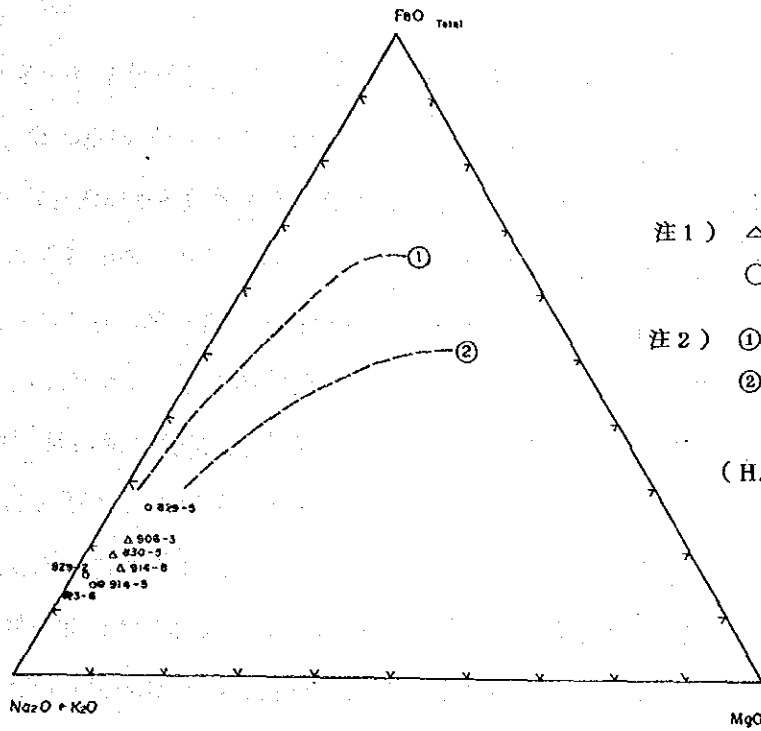


図19 陽江、湛江地区花崗岩類の $K_2O - Na_2O - CaO$ 図



注1) △印：カレドニア期試料

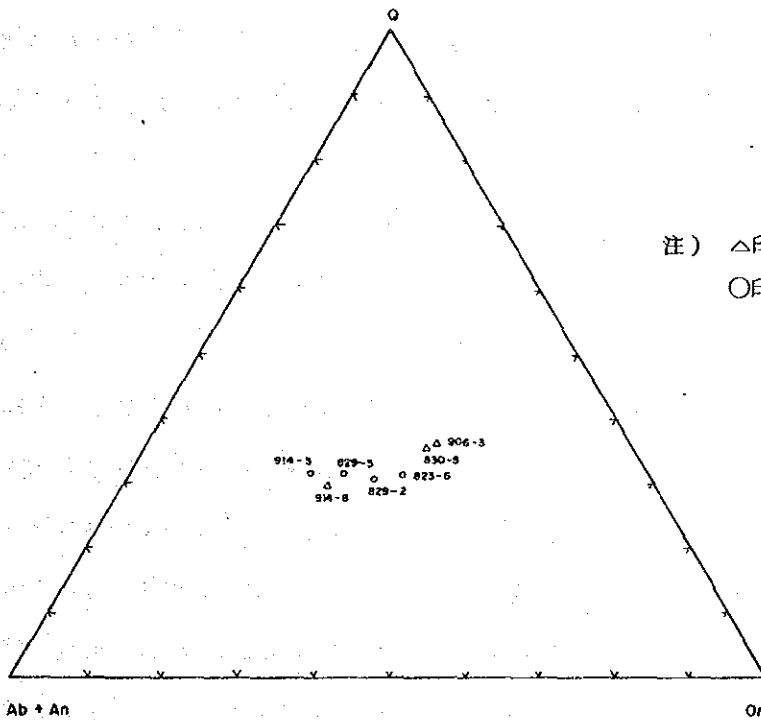
○印：燕山期試料

注2) ① 伊豆一箱根のソレアイト

② 伊豆一箱根のカルクアルカリ岩

(H. KUNO, 1956 による)

図20 陽江、湛江地区湛江花崗岩類のMFA図



注) △印：カレドニア期試料

○印：燕山期試料

図21 陽江、湛江地区花崗岩類のノルムQ-(Ab+An)-Or図

4) 燕山期花崗岩類(r_5)

本岩類は陽春から電白にかけて北東~南西に大規模な岩体をなして分布するほか海陵島西部、双水、上洋などに混合・変成岩を貫く侵入岩体として分布している。一般的に風化を受けやすく地表付近は厚いラテライト性土壤に覆われ緩やかな傾斜を持つ丘陵を形成することが多く、新鮮な岩石の露出は少ない。

岩質的には粗粒斑状黒雲母花崗岩 ($r_5^{2(1)}$)、複長石花崗岩~花崗閃長岩 ($r_5^{2(2)}$)、中~粗粒黒雲母花崗岩 ($r_5^{2(3)}$)、と多様であるが、ここでは代表的なものについて記載する。

鏡下では斜長石(中性~灰曹長石)15~50%、カリ長石(正長石、微斜長石)10~40%、石英15~50%、黒雲母2~10%、普通角閃石0~17%、微量のジルコン、クサビ石、りん灰石、緑泥石、モナザイト、白雲母、磁鉄鉱などからなる。斜長石は自形半自形柱状斑晶(1~3mm)で、アルバイト式双晶、複合双晶、累帯構造を示し、縁辺部では石英の微文象構造や絹雲母化、緑泥石化などの変質がみられる。カリ長石は正長石や微斜長石で他形、格子状斑晶(カルスパット式など)で大きいものは15mmに達し、局部的に斜長石細晶をとりこんだり晶間を交代したアルバイト化現象がみられる。石英は斜長石縁辺部の微文象組織や、他形粒状の交代が多い。黒雲母は片状で不均一に分布し局部的に緑泥石、緑れん石などに交代される。普通角閃石は緑色の多色性があり、自形~半自形の短柱状または菱形を示す。黒雲母や角閃石は、磁鉄鉱(0.2~0.8mm)、りん灰石、ジルコン、クサビ石(1mm)などをしばしばともなう。

双水の西及び南方で採取した斑状黒雲母花崗岩、同じく塘口の中粒黒雲母花崗岩、塘口北部及び河口の斑状黒雲母花崗岩、ならび湛江地区の黄坡で採取した中細粒黒雲母複長石花崗岩の計4個の岩石試料につき全岩分析を実施した。

図19は、これら4個の分析の結果に基づいて必要な要素をとりだし、 K_2O 、 Na_2O 、 CaO を頂点とする三角ダイアグラムにプロットし陽江地区と湛江地区を比較して検討したものである。この図ではこれら4個の岩石はある一定の傾向を持っているように見える。また図20ではこれらの岩石試料の分析値をMFA三角ダイアグラムでチェックしたもので、これによれば本岩はソレアイト系の岩石であるように見える。図21は、鉱物組成に関してノルム計算結果からQ, Or, Ab+Anを頂点とする三角ダイアグラムにプロットしたものであるが、このダイアグラムではこれら4個の岩石は全て石英モンゾニ岩の範囲にある。

5) 第四紀海成砂質層

陽江地区には広域的第四系地質層序の Q_1 層(湛江層群)及び Q_2 層(北海層群)は確認されておらず、一部に Q_3 層が見られるほかは、第四紀層の大半は Q_4 層が占めている。

Q_3 層は海陵島中央部の自動車道路に沿って局部的に見られる海岸段丘で、淘汰不良の中～粗粒砂及び礫質物からなり、海水面より4～5mの高さに分布している。

Q_4 層は石英及び長石質の細粒から粗粒の粒度変化に富む砂層及びシルトで構成され、部分的に白雲母、貝殻などをともなう。一般的に砂層は膠結は弱く、またシルトはしばしば粘土質となり酸化鉄をともなう。 Q_4 層は当地区での重砂鉱床を胚胎する主要層準であり、丹南鉱床、南山海鉱床、沙尾鉱床などの鉱床の主要部はみな Q_4 層中に形成されている。

① 表48に、第1年次(昭和62年度)に海陵島、溪頭、南山海の各地区より採取した Q_4 層砂持ち帰り試料について本年度実施した顕微鏡のモード分析結果を示してあるが、このうち Q_4 層海成砂層9試料(71202-1, 71202-5, 71203-6, 71205-5, 71207-5, 71209-1, (26-3)-1, (26-3)-8, (26-3)-11)について見れば、最も量比の大きいのは石英で、海陵島白社鉱床の50.5%を除けば81.4～98.8%を占める。次に多いのはカリ長石で最大12.7%を示しこのほか含有量の多い鉱物として、電気石(最大14%)、白チタン石(最大5.2%)、褐鉄鉱(最大4.3%)、黒雲母(最大15%)があり、さらにざくろ石、白雲母、モンモリロン石、ジルコン、ゼノタイム、角閃石などが微量認められる。

斜長石は全く認められない。岩石が浸食、破壊・運搬され、砂層として堆積するまでには多くの変化があるので、砂層の構成鉱物から原岩を推定することは大変難しいが、これらの構成鉱物の組合せと、量比からみると、この地域の Q_4 層の原岩は広義の花崗岩質岩類と推定される。

② 起源岩調査で採取した海浜砂の粒度分析結果(海浜砂30試料の粒度分析結果は巻末資料8に図示)では、 Q_4 層最上部の粒度は、海陵島の外洋に面した丹南地区では粒径88ミクロン～1,000ミクロン間に集中して淘汰が比較的よいが、海陵島北西部及び北東部の内湾側は粒径不揃いで淘汰は良くない。

西側の溪頭～双水～河北港地区は、粒径125～400ミクロン程度の細～中粒砂で、淘汰は普通～やや良であるが、砂粒子は200ミクロン付近と、150～170ミクロン付近とに分かれて集中する。

さらにこの西側の南山海地区では場所によって粒径は変わるが、一般的に淘汰はやや不良～不良。最も西側の沙扒～沙尾地区では、一部は粗粒砂も認められるが、一般的には

細～中粒砂で淘汰は普通～やや良となっている。しかしながら、ここでも砂粒子は200ミクロン付近と、150ミクロン付近とに分かれて集中する傾向を示す。陽江地区の砂は全体的に泥質分は少ない。

- ③ ボーリング採取海成砂(10-1, 26-1, 28-1, 30-1, 計4孔)の粒度分析結果(図37、Q₄層と粒度分析・¹⁴C年代・花粉鑑定結果に図示)、本地区のQ₄砂層は、砂粒子の粒径が極細～極粗まで変化し、淘汰は悪い。含泥率は一般的に低い。また、海浜堆積環境は強い波浪の影響を受けたことがうかがえる。図37に示すとおり本Q₄層はこまかい単位で層相が変化している。

2.1.2 鉱床

陽江地区には数箇所の重砂鉱床が知られているが、規模などについては第I部4.1.1及び第II部1.2 陸上探査データ解析の項で一括記述されるので、本項では今年度の地質調査の際に調査した2、3の鉱床についての観察結果を記述する。

1) 南山海鉱床(河北港鉱床を含む。有色金属工業総公司所有)

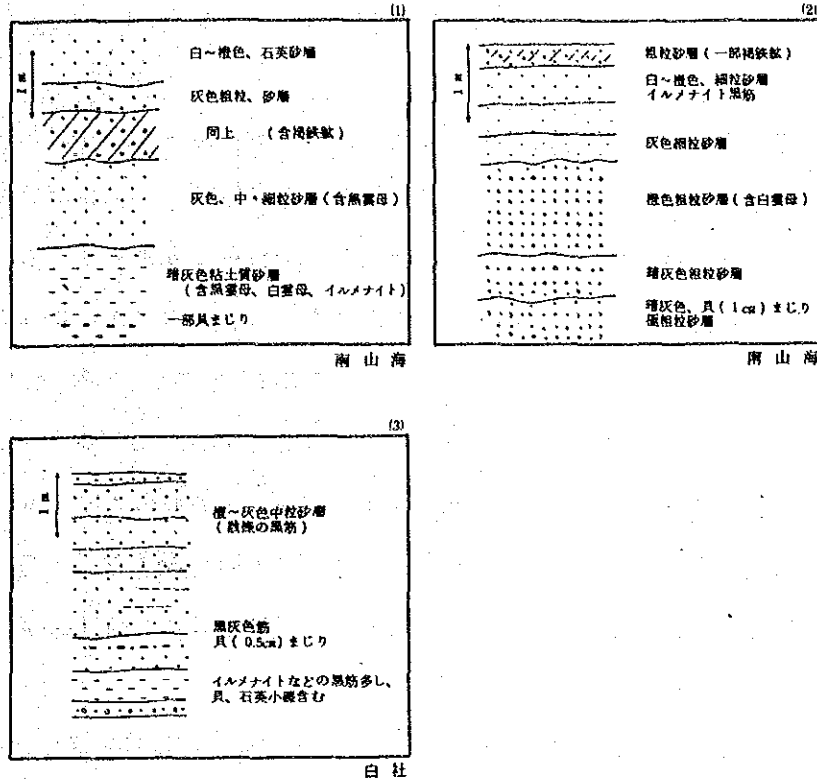
南山海鉱床；延長6km, 幅1km、河北港鉱床；延長1.6km, 幅0.4km。

南山海鉱床のビットによる採掘場は3～5mの厚さの砂層が対象で、これには50cm～70cmの細粒砂層及び粗粒砂層の数次の堆積サイクルが認められる。この中にはイルメナイトやジルコンなどの重砂シーム(seam)が含まれるが、イルメナイトによる黒いシームが明瞭でないものもあり、ジルコンを含む高品位シームの見分けがむずかしいことが多い。下盤には暗灰色粘土層があり、貝殻片、雲母類を含み、褐鉄鉱焼け部分もある(図22-(1)、-(2))。河北港鉱床の採掘(現在6ヶ所)は1988年より開始し、厚さは5m程度の中～粗粒砂層が対象である。

含有重鉱物の重量比については未調査であるが、中国側の既存探査データに基づけば、南山海鉱床はモナザイトに富む特徴を持っており、平均品位による重鉱物含有重量比はおおよそモナザイト：ジルコン：イルメナイト=1:1.39:1.88である。

両鉱床合わせて100万トン/年の重砂を、ジェットモニター、サンドポンプ(径20cm)で採掘し、スパイラル分離機(径1.3mプラスチック自家製、各箇所5台×2段)により年間約10万トンの重砂粗精鉱を生産している。

図 2 2 陽江地区重砂鉱床側面スケッチ



この粗精鉱は周辺の個人採掘分(全体のおよそ1割を占める)と合わせて南山海希土鉱の選鉱場を集められ、テーブル選鉱機(10台)、磁選機、静電選鉱機によって選鉱され、モナザイト(>60%)、ジルコン(>60%)、イルメナイト(48%)、ルチル(87%)の各精鉱に仕上げられる。

両鉱床は中国有色金属工業総会社が管轄する南山海稀土鉱が経営し、従業員1,000人が7日3交代で勤務している。

2) 住民(主として農民)による個人採掘

10~20人ぐらいが小規模に重砂を採掘し、粗精鉱(300~550元/トン程度)を売っている。

① 沙尾鉱床

1987年採掘開始。スパイラル分離機6台を用いて粗精鉱(約1トン/日)を生産し電白の鉱産会社に売っている。

② 海陵島白社鉱床

1987年採掘開始。スパイラル分離機6台を用いて粗精鉱(約2~3トン/日)を採掘し南山海希土鉱に売っている。厚さ3mぐらいの重砂を採掘しているが、下部では貝殻片及び石英小円礫を含む層とイルメナイトに富む数cmの黒色シームが互層をなし、上部では灰色中粒砂層中の黒色シームが縞状にみられる(図22-(3))。

2.2 湛江地区(予察調査)

2.2.1 地質

湛江地区は広東省南西部南シナ海沿岸にあり陽江地区の西側に連なる。陽江地区と同様にカンブリア系片麻岩類及び混合岩類(ε)、カレドニア期混合花崗岩類(γ_3)、燕山期花崗岩類(γ_5)が分布するが、カレドニア期混合花崗岩類はややまとまって大規模に分布している。また燕山期花崗岩は調査地域の電白付近に北東-南西系統の方向性をもち規模の大きい単一岩体として広く貫入している。第四紀の堆積層は下位より更新世の Q_1 層(湛江層群)、 Q_2 層(北海層群)、玄武岩溶岩及び完新世の Q_4 層が分布する。湛江周辺に分布する Q_1 層は主としてシルトよりなり、湛江~呉川にかけて分布する Q_2 層は黄~赤褐色のアルコーズ質中~粗粒砂よりなり淘汰はあまりよくない。玄武岩溶岩は東海島東岸部一帯に分布し、 Q_1 層または Q_2 層を覆う。 Q_4 層は中~粗粒砂層で石英及び長石に富み、白雲母、貝殻片をともなう。陽江地区と同様に Q_4 層には当地区の主要な重砂鉱床が胚胎している。

本地区の海浜砂試料の粒度分析結果(巻末資料・8に図示)では東側の博賀地区では極細~粗粒砂まで変化し、淘汰は不良~普通程度、中央部の電白~呉川~呉陽~黄坡にかけての地区は一般的に淘汰不良、そして南西部の南三島では、粒径200ミクロン~800ミクロンの淘汰の比較的良好な中~粗粒砂と、淘汰の不良の細粒砂との両者が分布することが判明した。湛江地区全体としては、陽江地区同様に泥質分の少い砂からなっている。図14及び15に当地区の模式柱状図及び模式断面図をあわせ示してある。

2.2.2 鉱床

呉陽(呉川)地区及び南三島に重砂鉱床が知られているが(第I部4.1.1及び第II部1.2 陸上探査データ解析の項参照)、現在稼行採掘されている鉱床はない。本年度は調査データは得られなかったが、中国側の探査データに基づけば、当地区の鉱床はジルコンに富む特徴を持っている。

2.3 帯磁率の測定結果

陽江地区及び湛江地区において基盤岩類ならびにその上部にあるラテライト性土壌について露頭における帯磁率の測定を行なった(ただし湛江地区は予察調査の精度で測定)。これは、岩種別の帯磁率の差異の確認、及びその岩石識別・区分への応用可能性の検討を主な目的とした。

表9 陽江、湛江地区帯磁率測定値一覧表 (10³S.I.Units)

C			I _s			I _s		
地 域	10 ⁻³ S.I.U		地 域	10 ⁻³ S.I.U		地 域	10 ⁻³ S.I.U	
平 岡	0.21		平 岡	0.01		塘 坪	30.0	斑 状
海陵島(白浦)	0.50		海陵島 W	0.1		海陵島(丹濟)	4.4	細 粒
" (白社)	0.30		通 天 竹	0.05		" W	8.0	"
" (丹濟)	0.11		織 篋 S W	0.05		双 水	4.0	
" (北汀)	0.20		福 湖 港	0.04		"	0.8	※ラテライト性 土
織 篋 S W	0.19		沙 扒	0.06		南 中	4.0	
双 水	0.3		南山海N(上洋)	0.05		織篋N(塘口)	5.2	
双 水 W	0.15		東 山 港	0.04		"	0.5	※ラテライト性 土
南 中	0.54		"	0.15	※ラテライト 性 土 壤	麻 崗	2.2	斑 状
河 北 港	0.16		爵 山	0.09		旦 場	5.7	細 粒
"	0.10	※ラテライト性 土	"	0.27	※ラテライト 性 土 壤	黃 坡	5.7	斑 状
南山海 E	0.30		尖 山	0.08				
福 湖 港	0.13		塘 晏	0.07				
偶 洞 E	0.15		良 光	0.08				
蛤 門	0.20							
"	0.10	※ラテライト性 土						
蛤 門 W	0.20	※ラテライト性 土						
"	1.00							
電 城	0.20							
旦 場	0.19							
平 均	0.24	※を 除 く	平 均	0.06	※を 除 く	平 均	7.69	※を 除 く

ものである。測定数及び岩種別平均値は表10のとおりである。なお測定箇所別の個別データは表9に示した。

表10 岩種別・試料区分別帯磁率平均値(単位: 10^{-3} S.I. Unit)

	岩石		ラテライト性土壤	
	測定箇所数	平均値	測定箇所数	平均値
カンブリア系片麻岩・混合岩類(€)	17	0.24	3	0.40
カレドニア期混合花崗岩類(γ_3)	12	0.06	2	0.21
燕山期花崗岩類(γ_5)	9	7.69	2	0.65
合計	38		7	

岩石に関しては、表10にあらわれた岩種別の帯磁率平均値からみて、これらの3種類の岩石の帯磁率特性が著しく異なっていることが明らかである。すなわち€の測定値平均は 10^{-1} 、 γ_3 のそれは 10^{-2} 、そして γ_5 ではそれが 10^0 のオーダーの値をもっており、それぞれの岩種ごとに1桁ずつの差異があることが示されている。このことは表9に示した測定箇所別の個別データを見るとさらに明らかで、 γ_5 の1箇所及び γ_3 の1箇所だけを除くすべての地点において認められる。

後述の岩石中の磁鉄鉱含有量をみると、特殊な例は別として、 γ_5 は4桁の値をもつものに対して€及び γ_3 は3桁の値を示している。この事実と帯磁率測定結果とは、 γ_5 を除くと必ずしも合理的な解釈が成立せず、帯磁率と磁鉄鉱含有量との間の関係は現在のところ明らかでない。

ラテライト性土壤の測定値の平均はどの岩種についても小数点以下1桁の値を示しているが、それぞれの個別の測定値を見ても、嶺門西の1箇所以外、すべての測定箇所において、原岩の如何にかかわらず同じく小数点以下1桁の値が得られている。これをそれぞれのラテライト性土壤の直下にある岩石の測定値と比較してみると次の表のようになる。

表11 岩石ラテライト性土壤及び区域別帯磁率比較

測定箇所	岩種	岩石測定値	ラテライト性土壤測定値
河北港	€	0.16	0.10
嶺門	€	0.20	0.10
嶺門西	€	0.20	1.00
東山港	γ_3	0.04	0.15
爵山	γ_3	0.09	0.27
双水	γ_5	4.00	0.80
織篋北	γ_5	5.20	0.50

(単位): 10^{-3} S.I. Unit

ϵ の一部及び γ_3 で岩石の測定値よりラテライト性土壌の測定値の方がより高い値になっているという事実及び全ての岩種についてのラテライト性土壌の帯磁率測定値が小数点以下1桁の値を示す結果になるという事実をみると、ラテライト性土壌の帯磁性はラテライト性土壌の性質そのものに原因する決定要因をもっているものとみられる。このことから磁性鉱物の風化過程における挙動については今後系統的に調査を進めることが必要であるといえよう。このことは、磁性鉱物以外の重鉱物についても同様であると考えられる。当面、地質調査における岩種の識別及びその区分に関しては、この帯磁率の測定がきわめて有効であることが判明したので、今後もこれを利用することとしたい。