

はLa~Ndの合計，中希土 (Σ Eu) はSm~Tbの合計で，重希土 (Σ Y) はDy~Lu, Sc, Yの合計とする。

(5) 上記の調査・分析データのうち重砂分析値の一部，現場スケッチ，粘土鉱物構成比及び元素分析結果の一部（主要希土類元素，U，Th，Zrなど）を図Ⅱ-1-13にとりまとめ，風化断面の希土類等元素等含有量の各層の異常値や垂直変化を対比できるようにした。

(6) 試料間の希土類の比較にはコンドライト・パターンを作成することが多いので，層準間の軽・中・重希土類の濃集度を対比するために，岩石及びラテライト性土壌（粘土分）の希土類分析結果（表Ⅱ-1-15）よりコンドライト比を求め，表Ⅱ-1-11に示した。この場合ラテライト性土壌の層別品位に変化がないか，または少ないPr，Gd，Ho，Er，Tmの個々の元素はのちの解析をはぶいた。

また，鉱床原砂分離重鉱物の希土類元素分析値及びコンドライト比を表Ⅱ-1-12に示した。鉱床原砂は，第5年次ボーリング中方鉱物分析値（東里鉱床，一部）及び第2~4年次南山海，沙尾，東里鉱床原砂複合試料のデータを用いている。

なお，基準としたコンドライトは Boynton (1984) の使用値を用いた。その値(ppm) は次のとおりである。

表Ⅱ-1-13 Boynton コンドライト基準値

希土類元素	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd
recommended chondrite value (ppm) by Boynton (1984)	0.310	0.808	0.122	0.600	0.195	0.0735	0.259
	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
	0.0474	0.322	0.0718	0.210	0.0324	0.209	0.0322

1.4.4 調査結果の解析

前項の調査分析データを用いて以下の解析をおこなう。このラテライト性土壌中の希土類等元素の挙動に関する検討は，一方では重鉱物が破壊されずに削剝，運搬に耐えて集積し重砂鉱床を形成するのに対し，他方，風化殻の中で重鉱物が物理・化学的に破壊された場合，そこに含有されていた希土類等の元素がラテライト性土壌の中でどのような挙動をするかを調べるのが目的である。したがって，ここでおこなう解析はラテライト性土壌中にこれらの元素の濃集があるかどうか，あるとすればそれがどこにあり，どういう特徴をもっているかを探ることにその検討内容を限定し，濃集のメカニズム等に関する検討はおこなわない。

(1) 試料採取地点の基盤をなす岩石の特徴は表Ⅱ-1-10に示してある。5地点のうち3地点は

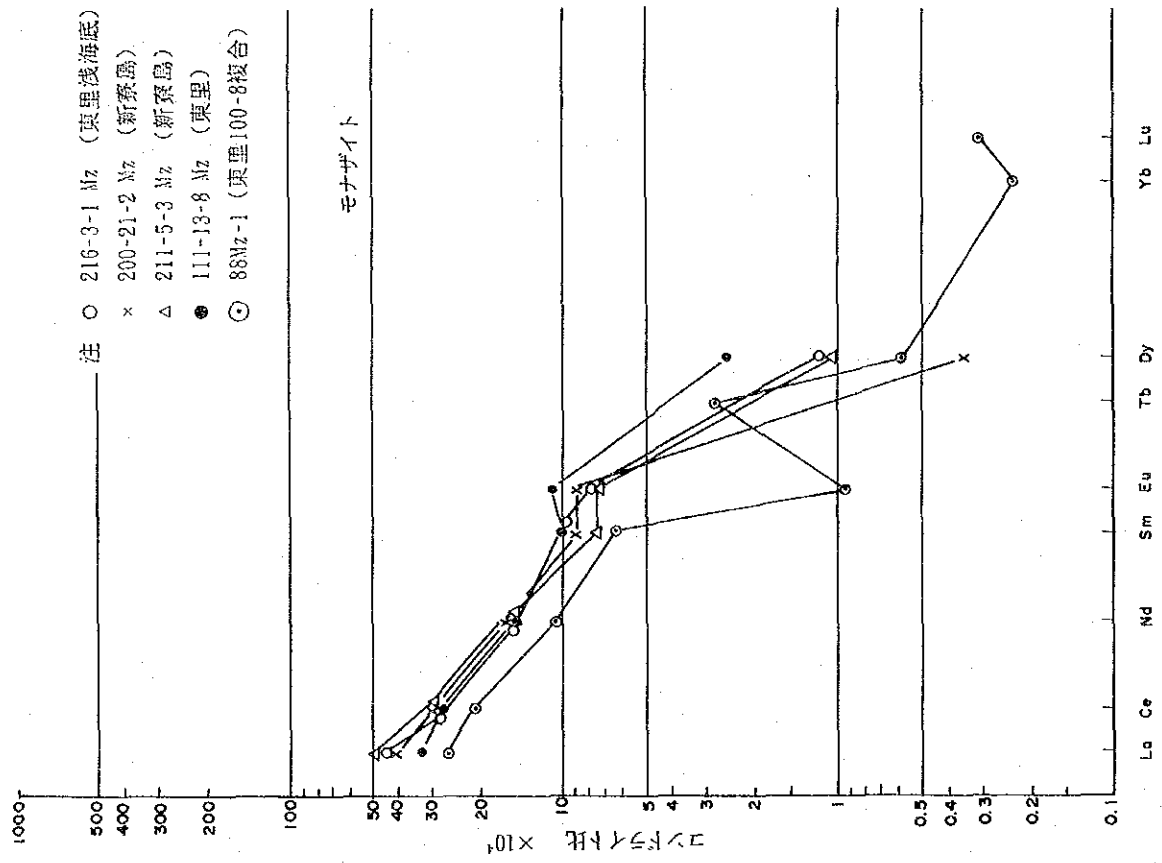
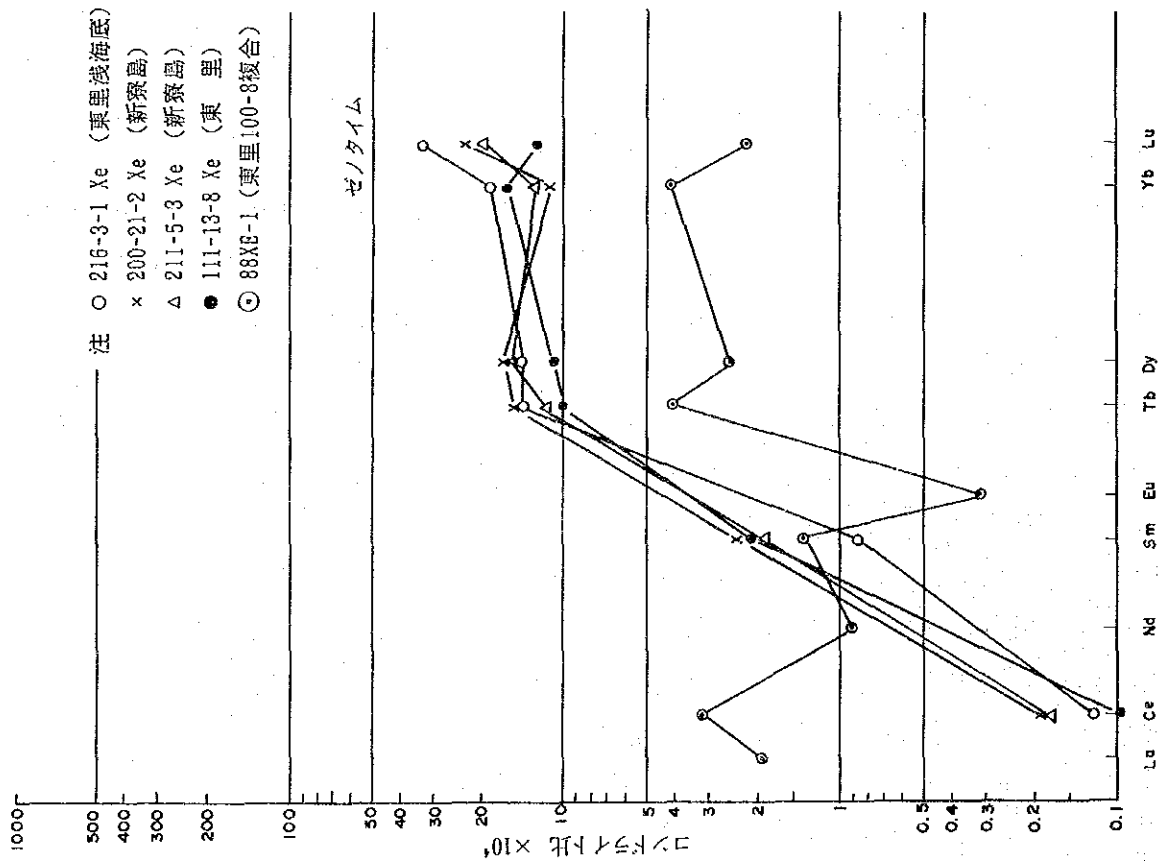
燕山期花崗岩 (γ_5)であり、ほかはカンブリア系 (ϵ)ならびにカレドニア期混合花崗岩類 (γ_3)である。燕山期花崗岩類は通常黒雲母花崗岩の大岩体で分布しているが、3地点のうち黄坡におけるそれは小岩体をなしている。これらは構成鉱物や磁性データならびに組織等からみて特殊例外的なものではなく、それぞれに分類された基盤岩類の特徴を明瞭にもつ岩石である。希土類元素は、これらの岩石中に存在している重鉱物のほか、くさび石、雲母、褐れん石、磷灰石などの造岩副成分鉱物にも含まれていると考えられる。したがって、こうした岩石の風化によって形成されたラテライト性土壌中の希土類等元素は、重鉱物に由来するもののほかにこれらの造岩副成分鉱物などに由来するものもあることに注意しなければならない。

(2) これらの基盤岩直上のラテライト性土壌は残留鉱物や砂礫を含み、おおむね褐色ないし赤褐色の粘土質土壌で基盤岩直上 7.1m (塘口) ~ 3.2m (良光) の厚さをもつ。

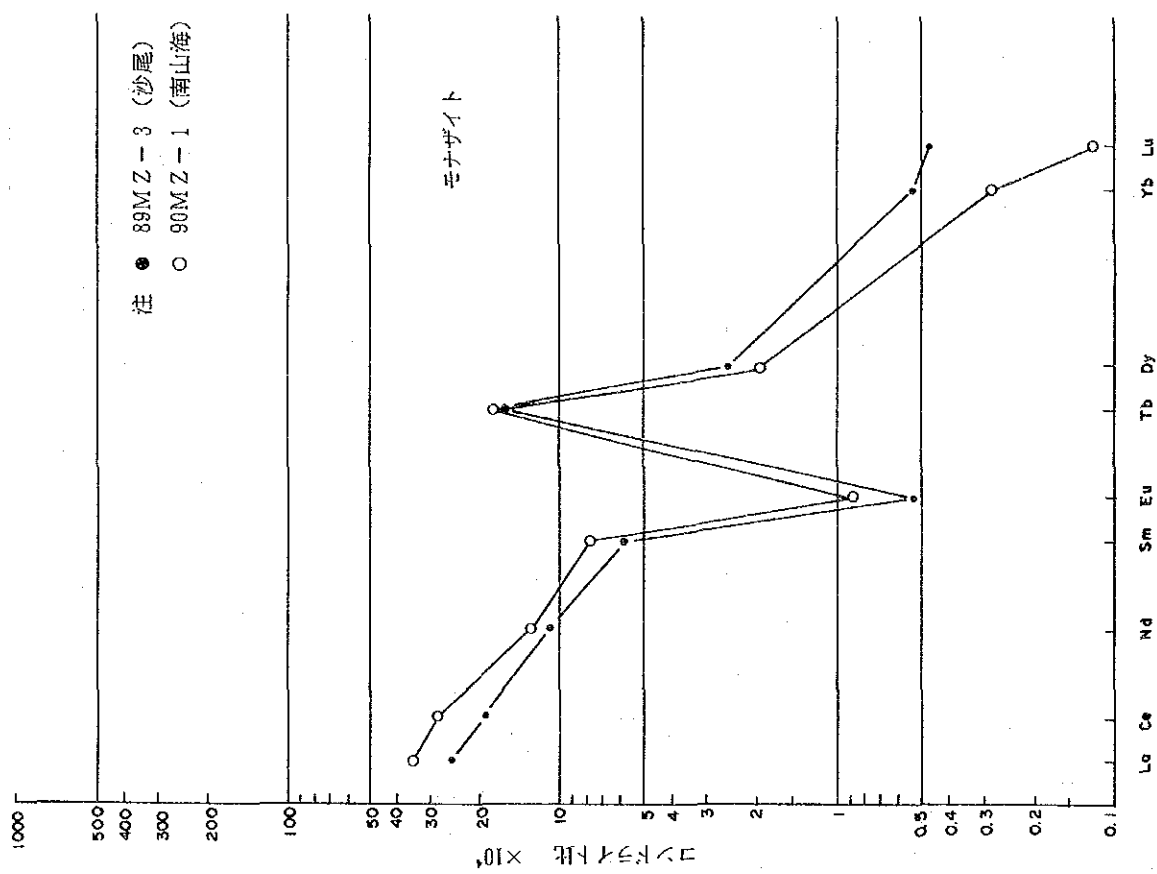
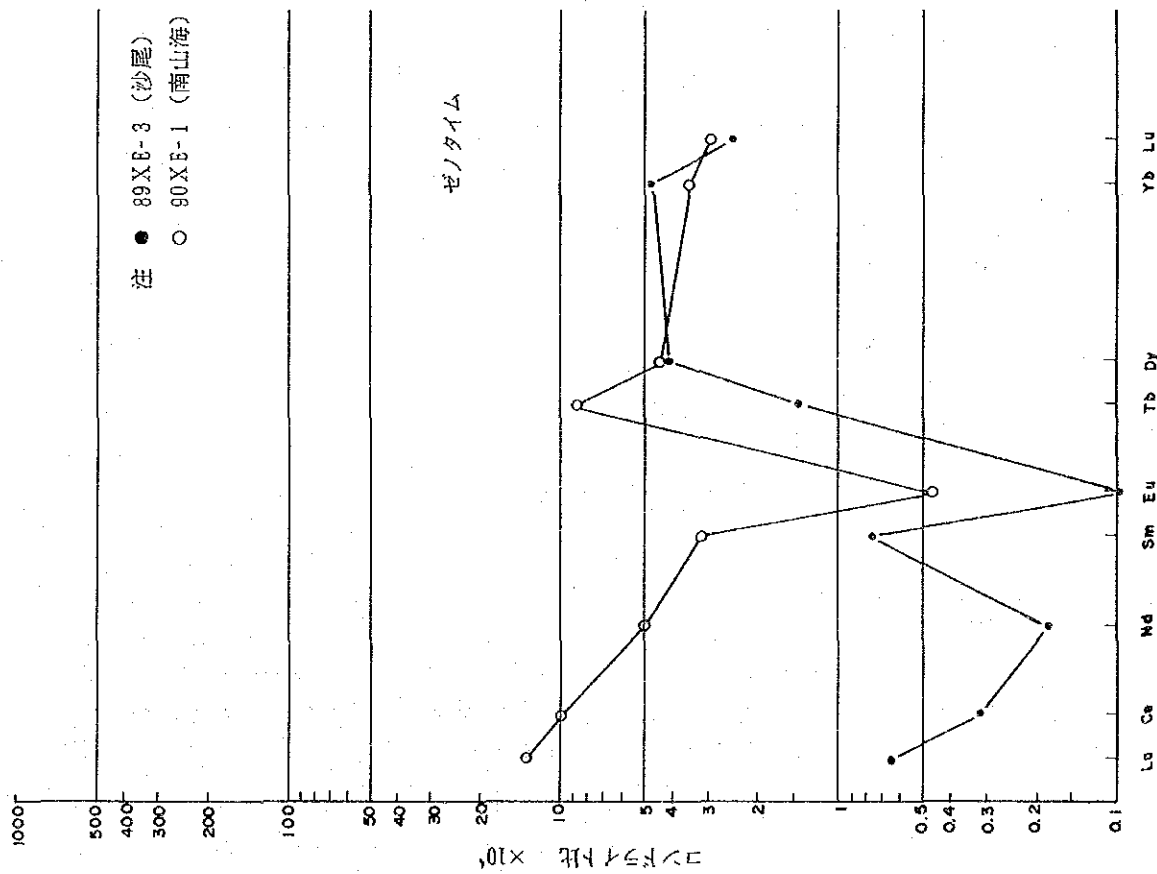
これらは腐植土を含むA層、含水酸化鉄による褐色~赤褐色の色調の明瞭な細粒、ち密なB層ならびに岩石が或る程度風化し粗しょうになった淡色角礫質なC層に分けられた。B層はさらに色調、粒度などにより細かく分層される場合が多い。これらはもとより堆積による層理とは異なり土壌生成作用により分化した土壌断面内の層区分である。試料は各地点ともこれらを10層に区分して採取された。

(3) ラテライト性土壌を構成する粘土鉱物はX線回折により主としてカオリナイト、イライト、ギブサイト、モンモリロナイトであると同定された。これらの粘土鉱物構成比率は地点により或いは層準によって異なる(図II-1-13)が、塘口においてはイライトがごくわずかしか存在せず、ギブサイトが多量に賦存すること、小良、黄坡では下部でイライトが発達していること、麻崗東では上から下まで粘土鉱物構成比に大きな変化がないこと、および良光では下部でカオリナイト比率が減少することなどが特徴的である。

(4-1) 基盤岩類中に含有されていた希土類等元素がその風化産物であるラテライト性土壌の中で存在する形態は、破壊されずに残留している重鉱物に含有されているか、重鉱物やその他の鉱物が物理化学的に破壊・分解されて溶出し粘土層中に何らかの形で残存しているかのいずれかである。そこで、前者を「重鉱物内保有量」、後者を「化学的残存量」と呼ぶこととし、それぞれの量を代表的な元素について計算を試みた。算出対象元素として主にモナザイト、ゼノタイムに含まれていて計算根拠を明確化しやすいことから軽希土からCe、中希土からSm、重希土からYをえらび、これに希土類を複雑大量に含むことが少なく化学的により単純な挙動をするとみられるZrを加えた。巻末資料1-8及び1-11から求めたこれらと関係する重鉱物の重砂分析値、ラテライト性土壌中の元素含有量及び基盤岩類中の元素含有量の各試料採取地点における平均値は表II-1-14のとおりである。なお、この平均値の計算に当っては各試料採取地点における層厚の変化は考慮に入れても無意味と考え算術平均を用いている。



図II-1-14 ポーリング鉱床原砂分離重鉱物の希土類元素コンドライトパターン



図II-1-15 鉱床原砂分離重鉱物の希土類元素コンドライトパターン

表Ⅱ-1-14 各種分析値の地点別平均値表

地 点 (基盤岩類)	重砂分析値 (g/t)			ララバ性土壤中元素含有量 (ppm)				基盤岩類中の元素含有量 (ppm)			
	Mz	Xe	Zr	Ce	Sm	Y	Zr	Ce	Sm	Y	Zr
塘 口 (γ _s)	1.03	1.216	131.36	821.7	1.81	5.5	81.5	116.0	6.4	55.0	91.0
小 良 (γ _s)	0.64	1.227	236.49	560.9	13.31	34.0	272.0	94.0	5.0	51.0	93.0
黄 坡 (γ _s)	71.69	0.596	14.80	104.9	5.51	7.5	191.5	70.0	3.7	23.0	157.0
麻崗東 (ε)	248.65	16.336	241.79	273.3	15.23	42.0	125.0	190.0	8.9	47.0	189.0
良 光 (γ _s)	13.30	14.203	10.70	221.9	18.05	23.5	235.5	162.0	32.0	84.0	169.0

(4-2) 重鉍物の元素分析のうちこの解析に関係するものにつき、前年度までの起源岩調査の中で実施されたものの一部結果を次表Ⅱ-1-15にまとめた。なお、これらの元素分析結果によるMz, Xeのコンドライト・パターンを図Ⅱ-1-14, 15に示してある。第5年次ボーリング中方鉍物分析値のコンドライト比については、La, Nd, Eu, Tb, Yb, Luの値にデータの欠けるものがあるが、傾向をみるためそのパターンを示した。

表Ⅱ-1-15 鉍床原砂分離重鉍物中の主要希土類元素及びZrの含有量比

(単位：%)

試料採取 鉍 床	試 料	年 次	Ce		Sm		Y		Zr
			Mz中	Xe中	Mz中	Xe中	Mz中	Xe中	Zr中
南 山 海	89-Mz-2	3	15.7	—	1.08	—	1.58	—	—
	90-Mz-1	4	22.2	—	1.52	—	1.80	—	—
	90-Xe-1	4	—	7.95	—	0.61	—	8.06	—
	90-Zr-1	4	—	—	—	—	—	—	22.0
沙 尾	89-Mz-3	3	15.4	—	1.15	—	2.87	—	—
	89-Xe-3	3	—	0.25	—	0.15	—	8.39	—
	89-Zr-3	3	—	—	—	—	—	—	40.6
呉 陽	90-Mz-2	4	6.46	—	0.52	—	0.65	—	—
	90-Xe-2	4	—	0.098	—	0.01	—	2.88	—
	90-Zr-2	4	—	—	—	—	—	—	21.2
平 均 値			14.94	2.766	1.07	0.26	1.73	6.44	27.9

注；上記(4-1)の鉍物内保有量に関して、それぞれの重鉍物中のそれぞれの元素の含有率の計算はこの表に基づきそれぞれの平均値を用いた。

(4-3) 表Ⅱ-1-14, 表Ⅱ-1-15のデータを用いると, 各地点のラテライト性土壤に含まれる重鉍物中のCe, Sm, Y, Zrの4元素の含有量は次表のように計算される(表Ⅱ-1-16)。

表Ⅱ-1-16 ラテライト性土壤に含まれる鉍物中の主要希土類元素及びZrの鉍物内元素保有量

地 点 (基盤岩類)	鉍物名	ラテライト性土壤重砂分析値 (g/l)	重鉍物中の元素含有率 (%)				鉍物内元素保有量 (ppm)			
			Ce	Sm	Y	Zr	Ce	Sm	Y	Zr
塘 口 (γs)	Mz	1.03	14.94	1.07	1.73	—	0.153	0.011	0.018	—
	Xe	1.216	2.766	0.26	6.44	—	0.034	0.003	0.783	—
	Zr	131.36	—	—	—	27.9	—	—	—	36.6
	計						0.187	0.014	0.801	36.6
小 良 (γs)	Mz	0.64	14.94	1.07	1.73	—	0.095	0.007	0.011	—
	Xe	1.227	2.766	0.26	6.44	—	0.034	0.003	0.780	—
	Zr	236.49	—	—	—	27.9	—	—	—	66.0
	計						0.129	0.010	0.801	66.0
黄 坡 (γs)	Mz	71.69	14.94	1.07	1.73	—	10.681	0.767	1.240	—
	Xe	0.596	2.766	0.26	6.44	—	0.017	0.002	0.384	—
	Zr	14.80	—	—	—	27.9	—	—	—	4.1
	計						10.698	0.769	1.624	4.1
麻 岡 東 (ε)	Mz	248.65	14.94	1.07	1.73	—	37.048	2.660	4.302	—
	Xe	16.336	2.766	0.26	6.44	—	0.453	0.042	10.520	—
	Zr	241.79	—	—	—	27.9	—	—	—	67.5
	計						37.501	7.702	14.822	67.5
良 光 (γs)	Mz	13.30	14.94	1.07	1.73	—	1.981	0.142	18.665	—
	Xe	14.203	2.766	0.26	6.44	—	0.393	0.037	0.230	—
	Zr	10.70	—	—	—	27.9	—	—	—	3.0
	計						2.374	0.179	9.377	3.0

(4-4) 上記(表Ⅱ-1-14, 16)の計算結果を含め各地点別に代表4元素の賦存状況をまとめると次の通りである(表Ⅱ-1-17)。

表Ⅱ-1-17 岩石及びラテライト性土壤の主要希土類元素及びZrの賦存状況

(単位: ppm)

項 目 地 点 (基盤岩類)	Ce				Sm				Y				Zr			
	岩石中	ラテライト性土壤中			岩石中	ラテライト性土壤中			岩石中	ラテライト性土壤中			岩石中	ラテライト性土壤中		
		鉍物内 保有量	化学的 残存量	計		鉍物内 保有量	化学的 残存量	計		鉍物内 保有量	化学的 残存量	計		鉍物内 保有量	化学的 残存量	計
塘 口 (γs)	116.0	0.187	321.7	821.9	6.40	0.014	1.81	1.82	55.0	0.801	5.5	6.30	91.0	36.6	81.5	118.1
小 良 (γs)	94.0	0.129	560.9	561.0	5.00	0.010	13.31	13.32	51.0	0.801	34.0	34.80	93.0	66.0	272.0	338.0
黄 坡 (γs)	70.0	10.698	104.9	115.6	3.70	0.769	5.51	6.28	23.0	1.624	7.5	9.12	157.0	4.1	191.5	195.6
麻 岡 東 (ε)	190.0	37.501	273.3	310.8	8.90	2.702	15.23	17.93	47.0	14.822	42.0	56.82	189.0	67.5	125.0	192.5
良 光 (γs)	162.0	2.374	221.9	224.3	32.00	0.179	18.05	18.23	85.0	9.377	23.5	32.88	169.0	3.0	235.5	238.5
平 均	126.4	10.178	396.54	406.72	11.20	0.735	10.78	11.52	52.2	5.485	22.5	27.99	139.8	35.38	181.0	216.5

(4-5) この結果は大変重要なことを示している。すなわち基盤岩中に存在していたCe, Sm, Y, Zrはいずれもラテライト性土壌中では、大部分粘土層中に化学的残存量として存在し、重鉍物中にその構成元素として保有されているものは全体のほぼ20%以下ときわめて少量であることを示している。この結果から各元素のラテライト性土壌中への濃縮倍率と化学的残存量、重鉍物保有量の土壌中の割合をみると次表のようになる(表Ⅱ-1-18)。

表Ⅱ-1-18 主要希土類元素及びZrのラテライト性土壌中への平均濃縮倍率

	記号	Ce	Sm	Y	Zr
基盤岩類中の残存量 (ppm)	(A)	126.4	11.20	52.2	139.8
ラテライト性土壌中の残存量 (ppm)	(B)=(C)+(D)	406.72	11.52	27.99	216.5
うち {	重鉍物内保有量 (割合)	10.18 (2.5%)	0.74 (6.4)	5.49 (19.6)	35.38 (16.3)
	化学的残存量 (割合)	396.54 (97.5%)	10.78 (93.6)	22.50 (80.4)	181.1 (83.7)
濃縮倍率	(B)/(A)	3.22	1.03	0.54	1.55

Ceの鉍物内保有量が極端に少ないのは、Ceは一般に天水の影響等で含水酸化物などの形で溶脱されやすい性質をもっているためとみられる。

(4-6) 基盤岩類中の含有元素がラテライト性土壌中で濃縮される倍率は1~3倍となっているが、Yに関する限り0.54倍であり濃縮されていない。

(5) 特定元素が特定の基盤岩上のラテライト性土壌に濃集する傾向があるかどうかという点に関し、巻末資料1-11のデータの平均値を使い、元素別・地点別に同土壌中の元素量(化学的残存量のみ)の岩石中の元素量に対する倍率を出してみた(表Ⅱ-1-19)。

これによれば平均値として濃縮倍率の高い元素はEu, Sc, Tb及びCeであるが、このうちEuとCeは塘口、小良の γ_5 地帯に、Tbは小良及び黄坡の γ_5 にとくに濃集している。

Scは良光(γ_3)で1.82倍とやや低い値となっているが全般に平均的に倍率が高い。良光(γ_3)では目立って濃集している元素はなく、また麻崗東(€)でもYbの3.03倍、Uの2.49倍のほかには著しく高倍率な元素はない。したがって、この表からいえることは主として軽、中希土元素が燕山期花崗岩地帯の一部で濃集している傾向があるということである。またYは、前項でも述べたように、濃縮倍率がとくに低い。

なお、La, Ce, Nd, Sm, Yb, Yに関しては、後項(8)において各地点の層準別に垂直変化について細部の解析を実施している。

表Ⅱ-1-19 希土類元素等各元素のラテライト性土壤中化学的残存量（平均値）の岩石中含存量に対する比率

地 点 (基盤岩類) 元 素	塘 口 (γ_5)	小 良 (γ_5)	黄 坡 (γ_5)	麻 崗 東 (ϵ)	良 光 (γ_3)	平 均
La	0.38	3.43	1.78	1.36	0.46	1.48
Ce	7.08	5.97	1.50	1.44	1.37	3.47
Nd	0.39	3.13	2.22	1.33	0.46	1.51
Sm	0.28	2.66	1.49	1.71	0.56	1.34
Eu	9.20	24.90	1.70	2.05	0.30	7.63
Tb	1.00	9.25	6.60	1.32	0.36	3.71
Yb	0.12	1.64	1.63	3.03	0.48	1.38
Sc	4.53	5.10	3.28	4.77	1.82	3.90
Y	0.10	0.67	0.33	0.89	0.28	0.45
Th	4.79	2.42	2.43	0.92	2.22	2.56
U	1.39	1.44	1.55	2.49	1.32	1.64
Cs	1.46	2.35	3.40	1.65	2.84	2.34
Nb	2.50	1.59	1.64	2.00	1.67	1.88
Zr	0.90	2.92	1.22	0.66	1.39	1.42

(6) 表Ⅱ-1-17に基づき基盤岩類中の元素含有量とラテライト性土壤中の元素総含有量（鉱物内保有量と化学的残存量との合計）との関係を図Ⅱ-1-16でみると、ジルコンを除き相関はないと考えられる。ジルコンではA層に特殊な濃集がみられる小良を除き、おおむね基盤岩のジルコン元素含有量とラテライト性土壤のジルコン元素総含有量の間には正の相関関係がある。

(7) ラテライト性土壤中の層準別元素含有量を図Ⅱ-1-13で見ると次のことがいえる。

- (イ) 塘口では第4層と第9層に元素が濃集する傾向がある。すなわち第4層にはとくにLa, Ce, Sm, Sc, Th, Uが、また第9層にはCe, Eu, Sc, Thの集積量が相対的に多い。
- (ロ) 小良では第7層と第10層に元素が濃集する傾向がある。すなわち第7層にはLa, Nd, Sm, Eu, Yb, Sc, Y, Zr, Cs, Nbが、また第10層にはLa, Nd, Sm, Eu, Yb, Y, Th, Uの集積量が相対的に多い。
- (ハ) 黄坡では第5層と第9, 10層に元素が濃集する傾向がある。すなわち第5層にはLa, Sm, Sc, Th, U, Csが、また第9, 10層にはLa, Ce, Nd, Zr, Csの集積量が相対的に多い。
- (ニ) 麻崗東では第6層と第8層に元素が濃集する傾向がある。すなわち第6層にはLa, Ce, Nd, Sm, Eu, Yb, Sc, Y, Uが、また第8層には、第6層に濃集している元素ならびにCsの集積量が相対的に多い。しかし、他地点に比し麻崗東では特定層にとくに元素が濃集していると

表II-1-20 軽・重希土類元素の地点別層別濃縮倍率

地 点 (基盤岩類)	分 層	La	Ce	Nd	Sm	Yb	Y	6 元素平均
塘 口 (γ _s)	①	0.30	1.29	0.34	0.22	0.05	0.09	0.38
	②	0.28	2.66	0.23	0.20	0.05	0.09	0.58
	③	0.28	2.24	0.29	0.19	0.10	0.09	0.53
	④	0.64	8.97	0.89	0.64	0.10	0.09	1.89
	⑤	0.30	2.93	0.31	0.19	0.10	0.09	0.65
	⑥	0.42	4.14	0.43	0.27	0.24	0.09	0.93
	⑦	0.36	3.76	0.23	0.23	0.10	0.09	0.79
	⑧	0.44	9.14	0.37	0.30	0.10	0.09	1.74
	⑨	0.50	29.74	0.54	0.33	0.24	0.09	5.24
	⑩ average	0.28	5.97	0.31	0.27	0.17	0.18	1.20
	average	0.38	7.08	0.39	0.28	0.12	0.10	1.39
小 良 (γ _s)	①	1.87	4.83	1.56	1.56	2.13	0.59	2.09
	②	2.21	6.86	2.16	1.76	1.50	0.29	2.46
	③	2.39	7.12	2.40	1.78	1.33	0.20	2.54
	④	1.89	6.12	1.76	1.42	0.63	0.10	1.99
	⑤	2.26	5.85	1.88	1.66	0.58	0.10	2.06
	⑥	2.63	6.17	2.36	1.88	0.88	0.29	2.37
	⑦	6.61	5.57	6.56	5.86	3.25	1.76	4.94
	⑧	3.42	6.78	3.60	3.00	1.58	0.78	3.19
	⑨	3.42	4.15	2.52	2.20	1.50	0.69	2.41
	⑩ average	7.61	6.22	6.48	5.54	3.04	1.86	5.13
	average	3.43	5.97	3.13	2.66	1.64	0.67	2.93
黄 坡 (γ _s)	①	2.25	1.57	1.73	2.41	2.00	0.65	1.77
	②	1.47	1.03	1.10	1.35	1.90	0.43	1.21
	③	1.53	1.10	1.13	1.46	1.60	0.43	1.21
	④	1.64	1.10	1.10	1.38	2.00	0.43	1.28
	⑤	1.97	1.71	1.23	1.54	2.00	0.22	1.45
	⑥	1.58	1.16	0.87	1.08	1.30	0.22	1.03
	⑦	1.42	1.17	0.77	0.89	1.40	0.22	0.98
	⑧	1.89	2.00	1.20	1.30	1.40	0.22	1.33
	⑨	1.94	2.00	0.37	1.62	1.20	0.22	1.23
	⑩ average	2.06	2.14	12.67	1.86	1.50	0.22	3.41
	average	1.78	1.50	2.22	1.49	1.63	0.33	1.49
麻 崗 東 (ε)	①	1.00	2.06	1.05	1.38	2.60	0.53	1.44
	②	1.31	1.29	1.18	1.48	2.60	0.85	1.45
	③	1.33	1.74	1.37	1.80	3.07	0.85	1.69
	④	1.45	1.30	1.43	1.83	3.07	0.96	1.67
	⑤	1.39	1.18	1.37	1.72	2.80	0.96	1.57
	⑥	1.63	1.89	1.63	2.02	3.47	0.96	1.93
	⑦	1.30	1.26	1.29	1.64	3.00	0.85	1.56
	⑧	1.56	1.46	1.49	1.97	3.67	1.66	1.87
	⑨	1.52	1.26	1.40	1.88	3.47	1.06	1.77
	⑩ average	1.15	0.95	1.06	1.39	2.53	0.85	1.32
	average	1.36	1.44	1.33	1.71	3.03	0.89	1.63
良 光 (γ _s)	①	0.17	0.62	0.15	0.19	0.41	0.18	0.29
	②	0.21	0.86	0.20	0.25	0.43	0.24	0.37
	③	0.19	0.74	0.16	0.20	0.30	0.12	0.29
	④	0.21	0.74	0.18	0.23	0.33	0.12	0.30
	⑤	0.45	1.86	0.38	0.46	0.24	0.06	0.58
	⑥	0.42	1.37	0.35	0.43	0.24	0.12	0.49
	⑦	0.55	2.47	0.48	0.53	0.26	0.12	0.73
	⑧	0.42	1.75	0.48	0.60	0.39	0.18	0.64
	⑨	0.90	1.87	1.04	1.24	0.80	0.53	1.96
	⑩ average	1.07	1.41	1.20	1.51	1.35	1.12	1.28
	average	0.46	1.37	0.46	0.56	0.48	0.28	0.60
TOTAL 平均		1.48	3.47	1.34	1.34	1.38	0.45	1.61

注：濃縮倍率は各元素の分析値につき、風化断面各層準（ラテライト性土壌）の値の岩石の値に対する倍率w/Rを示す。

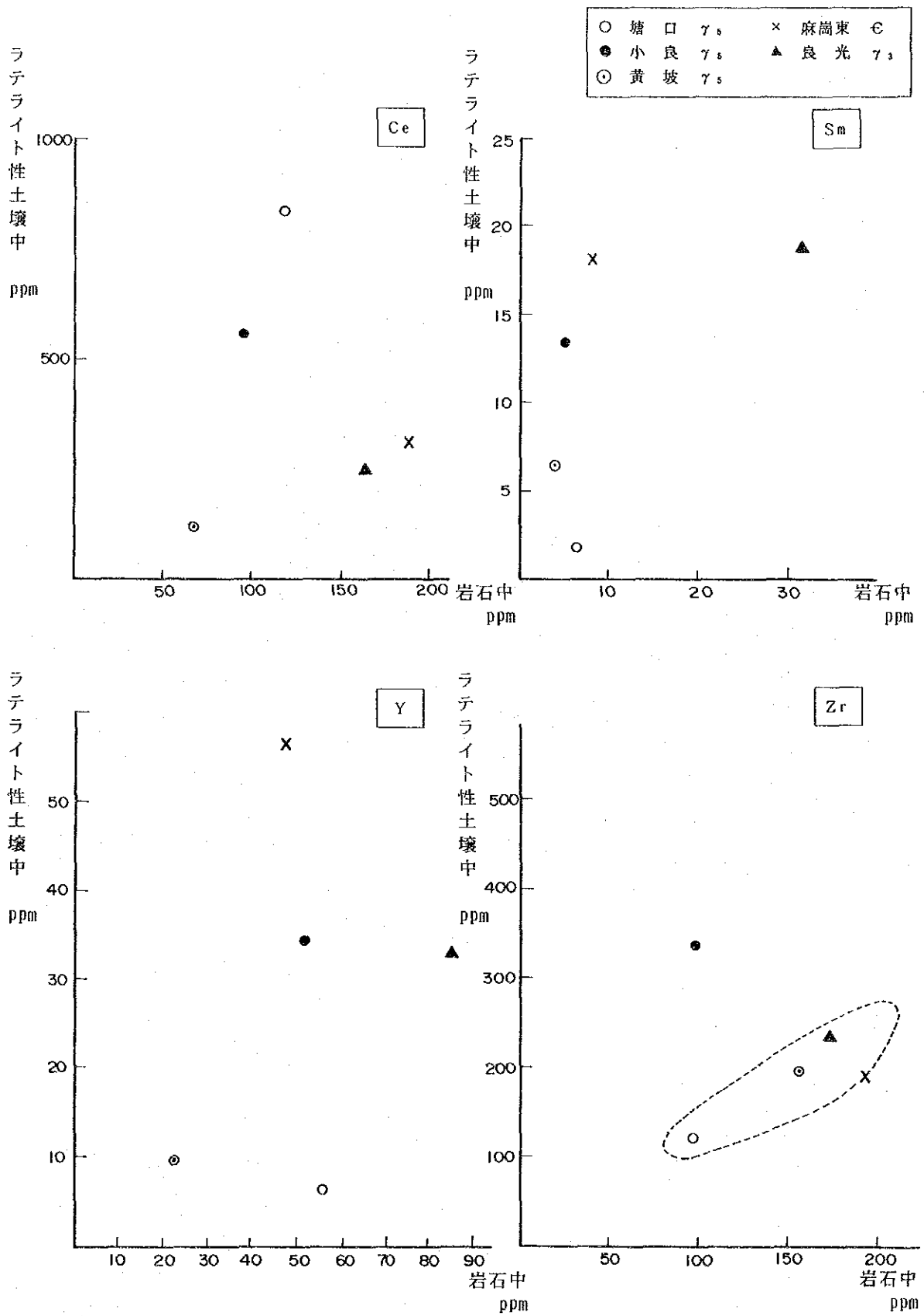
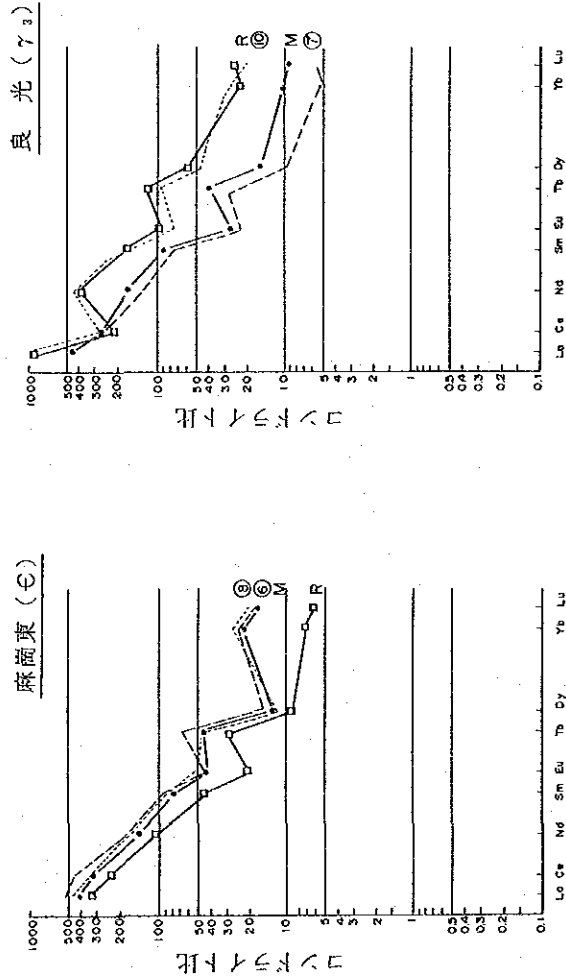
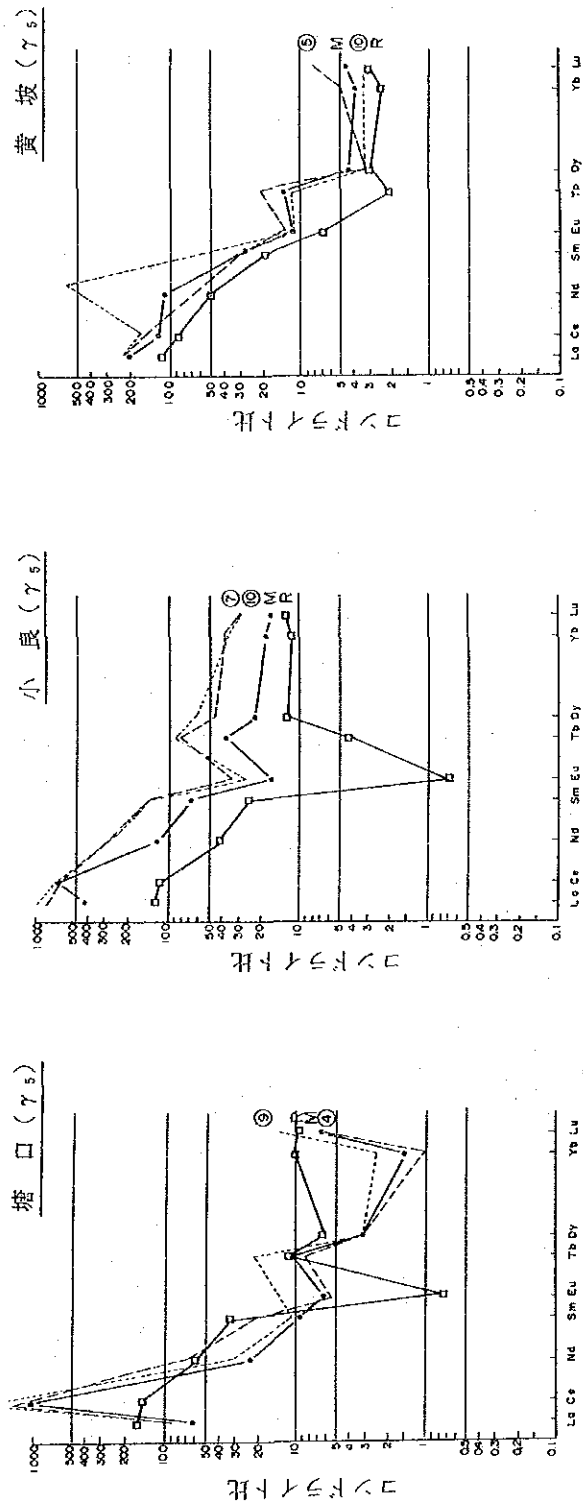
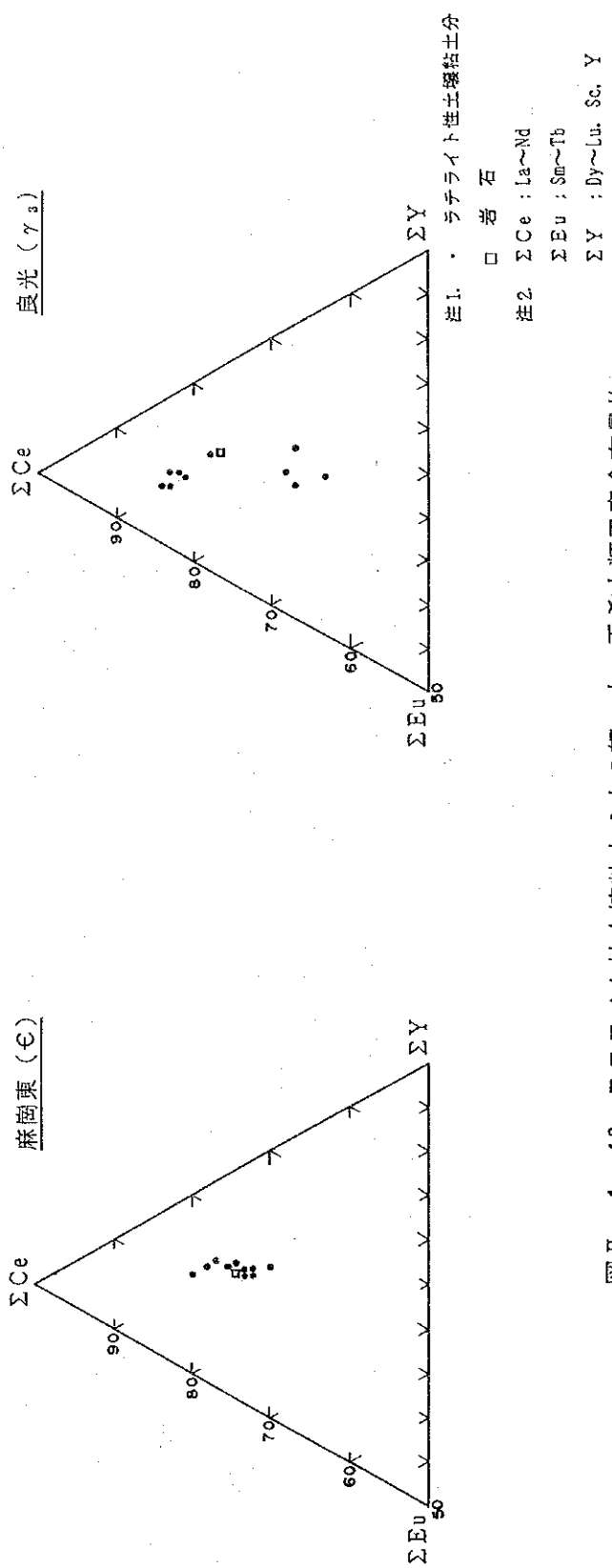
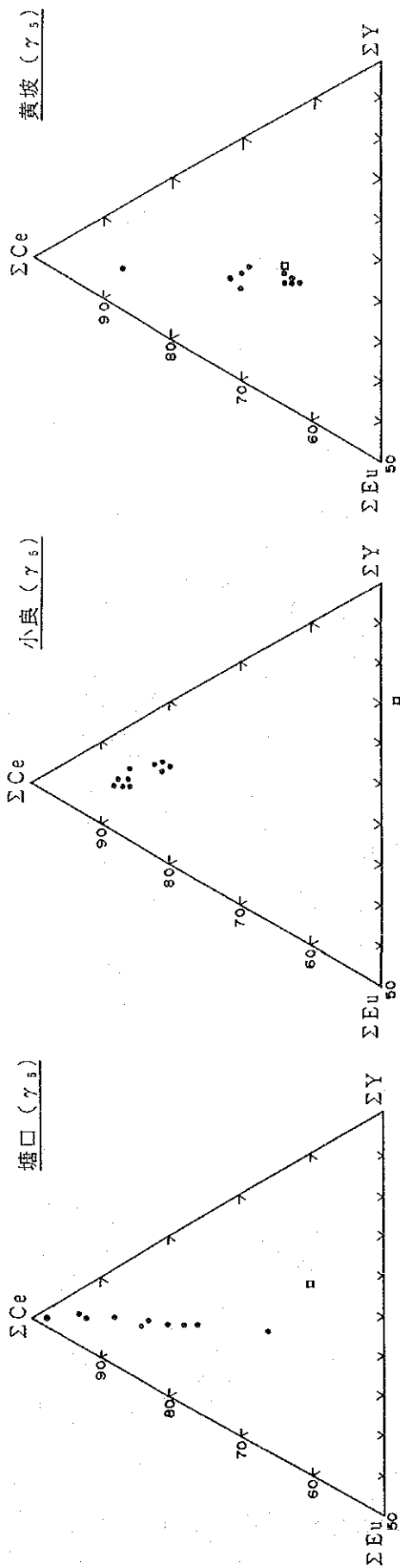


図 II - 1 - 16 主要元素の岩石中及びラテライト性土壤中の総含有量関係図

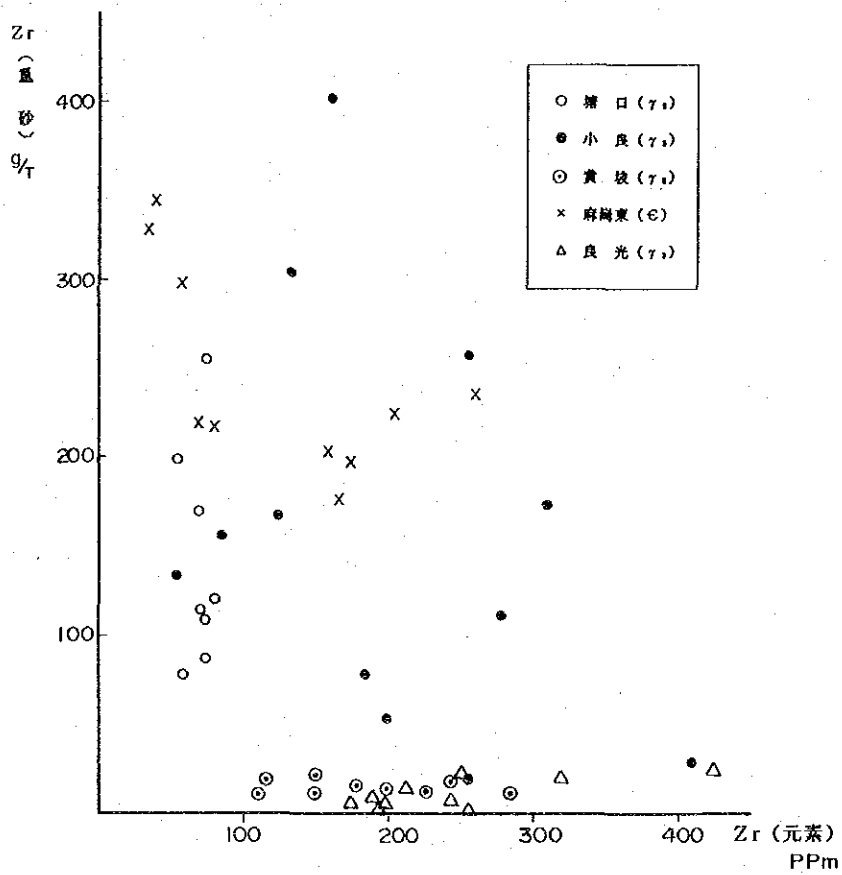
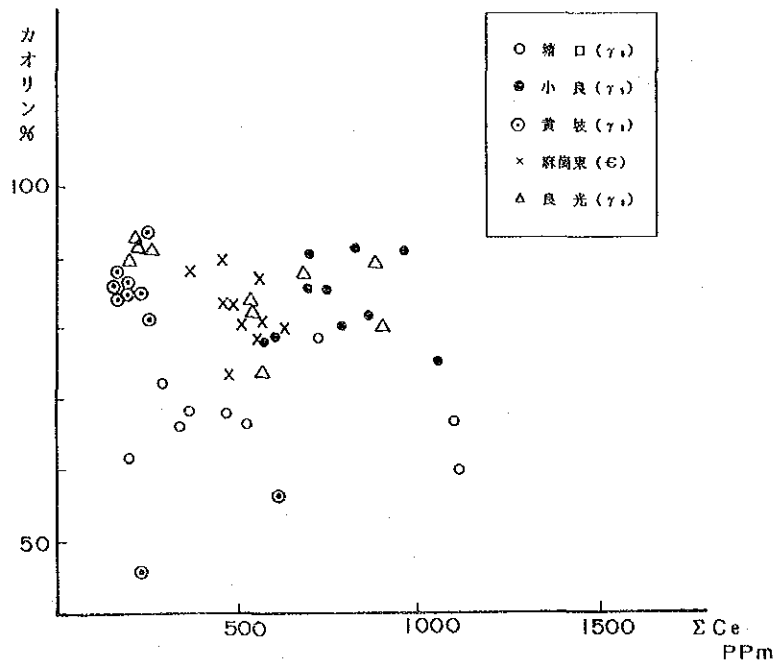


注：—□— 岩石 (R)
 —●— ラテライト性土壌 (粘土分) 10層平均値 (M)
 ラテライト性土壌 (粘土分) 異常層
 - - - - - (数字は分層準を示す)

図 II-1-17 ラテライト性土壌 (粘土分) 及び岩石の希土類元素コンドライト・パターン



図II-1-18 ラテライト性土壌粘土分中の軽・中・重希土類元素含有量比



図Ⅱ-1-19 ラテライト性土壌（粘土分）の元素分析結果関係図

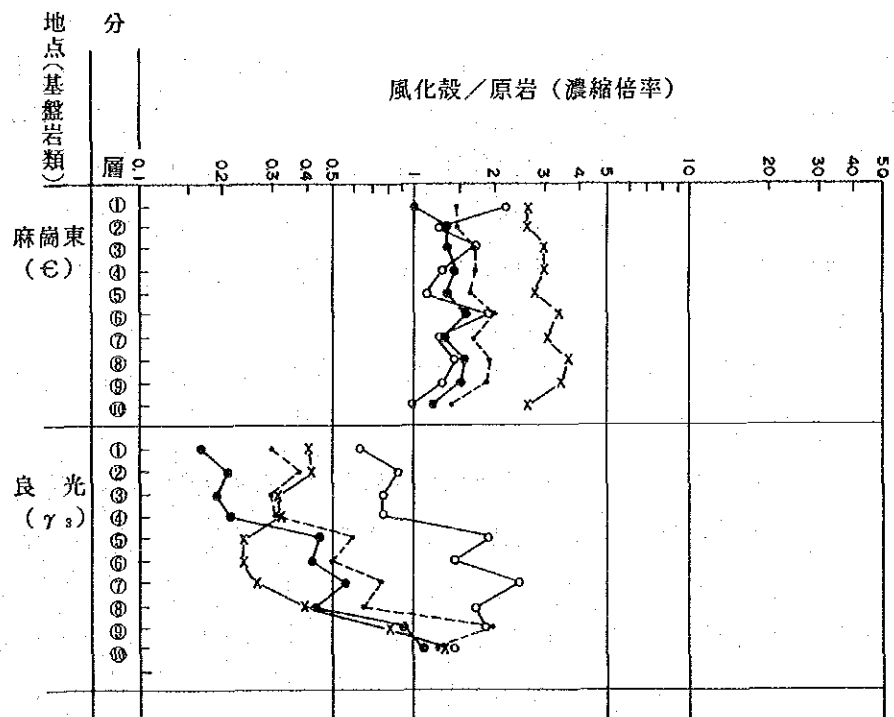
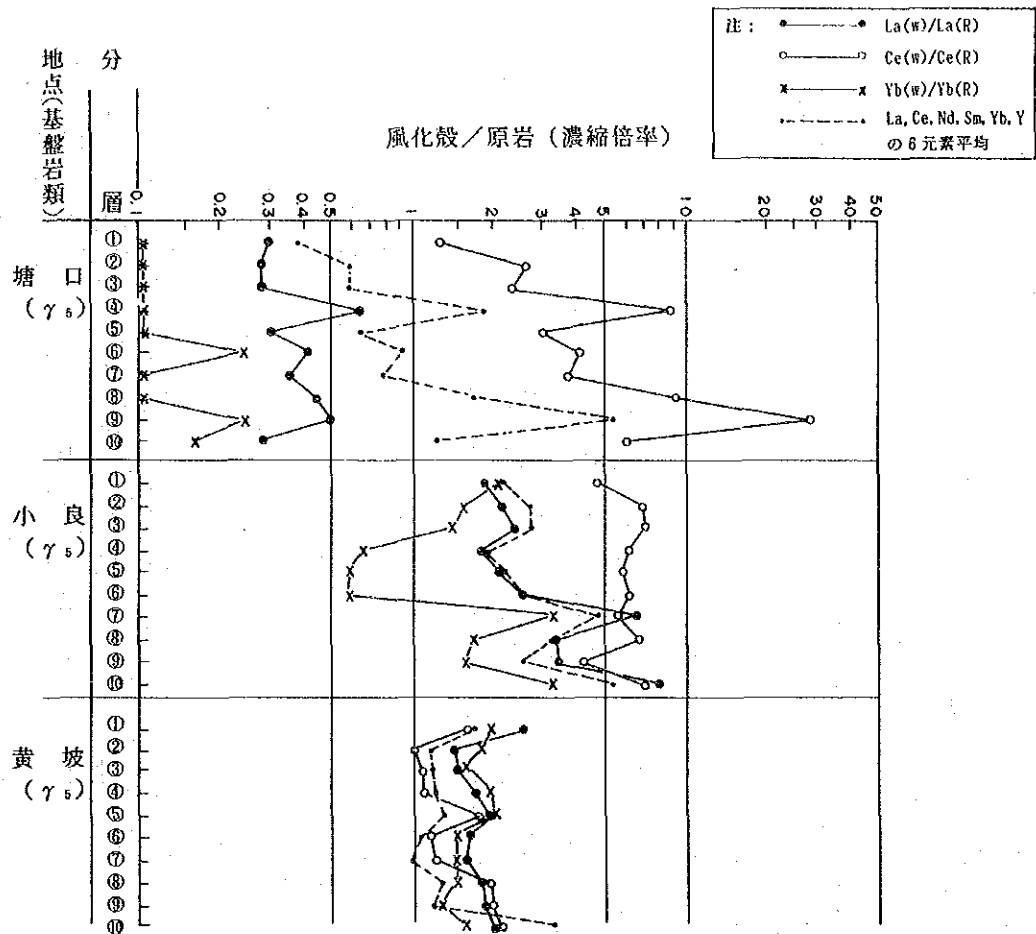


図 II - 1 - 20 軽・重希土類元素の風化殻／原岩（濃縮倍率）の垂直変化

はいえない。

- (ホ) 良光では第7層と第9, 10層に元素が濃集する傾向がある。すなわち第7層にはLa, Ce, Th, U, Ndが, また第9, 10層にはLa, Nd, Sm, Eu, Yb, Y, Zr, Nbの集積量がそれぞれ相対的に多い。

良光の層別元素濃集状況をみると第4層と第5層との間に落差があり, 何らかの理由で元素は第5層以下に濃集しやすい状況が生じていたものとみられる。

- (8) 主要希土類元素 (La, Ce, Nd, Sm, Yb, Y) について, 各地点の風化殻のラテライト性土壌 (w) 中における層準別濃縮度 (原岩Rに対する比率) を表II-1-20, 図II-1-20に示した。これら主要希土類6元素の平均含有量でも, 上記(7)に記した各層は相対的に元素濃集度の高い層であることがわかる。
- (9) これらの状況をより一般的にみるためコンドライト・パターンで確認してみた。同パターンは岩石, ラテライト性土壌10層の平均値および上記の特異層について作成した (図II-1-17)。これによれば軽希土は著しい濃集を示す場合があり, またこれとは別にTbは小良, 黄坡において濃集する傾向があることがわかる。
- (10) ラテライト性土壌の元素分析結果 (巻末資料1-11, 12) について地点ごとに軽希土, 中希土, 重希土元素の含有量の合計の比率を計算し, それぞれを頂点とする三角ダイアグラムを作成し (図II-1-18), 層準ごとの値をプロットした。その結果, 軽, 中, 重希土元素含有比はこれらのダイアグラムにおいてタテ長の分布を示しているので, 軽希土の比率は層ごとに変化すること, つまり軽希土は層準間を移動している可能性があることが示唆された。塘口の場合はその典型例であり, 中・重希土比率はほとんど一定に保たれたまま軽希土のみが大きく変化している。
- (11) 層準ごとの重鉍物含有量 (重砂分析結果) と元素の化学的残存量とをZrで比較してみると図II-1-19 (下) に示されているとおり全く相関は認められない。つまり, ラテライト性土壌中のジルコン重鉍物の多寡と粘土層中のZr元素の含有量との間には関係がない。
- (12) 層別の粘土鉍物比率と元素濃集との関係を図II-1-13からみると次のことがいえる。
- (イ) 塘口においては相対的に元素濃集度の大きい第4層と第9層では, 粘土鉍物比率でみると相対的にカオリナイト比が低く, ギブサイト比が高い。
- (ロ) 小良では相対的に元素濃集度の大きい第7層, 第10層は粘土鉍物比率でみるとイライトが形成されている下部ゾーンに相当する。
- (ハ) 黄坡では相対的に元素濃集度の大きい第9, 10層は相対的にカオリナイト比が低い。
- (ニ) 良光では第4層以上と第5層以下では粘土鉍物構成比に差異があり, 相対的に元素濃集度の大きい第5層, 第9, 10層は下部のカオリナイト比の低いゾーンにある。
- (13) 層間を移動して特定層に濃集する可能性のある軽希土元素の量の合計と粘土鉍物構成比との関係を図II-1-19 (上) でみる。

この図では全体としてカオリナイト構成比と軽希土元素量との間に相関があるとはいえないが,

各地点ごとにみると一部の例外を除くと逆相関があるらしくみえる場合がある。つまり一部には ΣCe が高くなればカオリナイト構成比が低下する傾向がある。

- (イ) 塘口では ΣCe の高いグループと低いグループに分けられるが、それぞれのグループで右下がりの分布がみられる。
- (ロ) 小良では ΣCe の低い一部の層を除くとおおむね右下がりである。
- (ハ) 黄坡の場合は第9層を除き著しい右下がり分布を示している。
- (ニ) 麻崗東では第2層を除き他は一団となって右下がりの分布を示す。
- (ホ) 良光では ΣCe の高い層を別にすると、他は右下がりの分布傾向をもつ。

1.4.5 考 察

(1) 基盤岩類中の重鉍物などに含まれている希土類等元素は、地表でその岩石が風化すると、風化抵抗力が強く破壊されずに残留している重鉍物中にそのまま保有されているもののほか、物理化学的にこのような重鉍物及びその他の造岩副成分鉍物が破壊された場合には岩石の風化産物であるラテライト性土壌（粘土分）の中に何らかの形で包含されている。そこで前者を重鉍物内保有量、後者を化学的残存量と呼ぶこととし、この2種類の存在形態をもつ各元素の量を計算した。

- (イ) ラテライト性土壌から岩石や鉍物の破片を取り除き粘土分だけを取り出してこの中に含まれている希土類等元素量を分析した。この中で、主としてモナザイト、ゼノタイムに含まれる Ce, Sm, Y, ならびにジルコンに含まれる Zr を計算の対象元素とした。
- (ロ) ラテライト性土壌の重鉍物含有量を重砂分析によって求め、過年度の重鉍物の元素分析結果から明らかとなっている重鉍物中の元素含有率平均値を算出、両者からラテライト性土壌中の重鉍物に含まれている希土類等元素の量を算出した。
- (ハ) 上記 (イ), (ロ) の結果に別途分析結果から判明している岩石中の希土類等元素の量をあわせて表 II-1-17 にまとめた。

(2) この表から次の重要な事実が明らかとなった。すなわち、希土類等元素の大部分は上記2種類の残存形態のうち、粘土中の化学的残存量として存在しており、残留重鉍物中に保有される量はここで試算した限りではほぼ20%以下である。

ただし、岩石中では希土類等元素は、ここで注目したモナザイト、ゼノタイム、ジルコンだけでなく、くさび石、褐れん石、燐灰石、雲母などの希土類元素を含む副成分鉍物にも含まれていると考えられるので、ラテライト性土壌中の希土類等元素のうち、どれだけが重鉍物の破壊に由来するものであるかは明らかでない。

(3) ラテライト性土壌中の希土類等元素の化学的残存量と基盤岩中存在量との比は Y を除き 1.0 以上となっており、ラテライト性土壌が基盤岩の風化により体積を縮小することならびに重鉍物中に保有されているものがこれに加わることを考慮に入れると、おおむね風化殻の中では濃縮されているといえる。ただし個別地点の個別元素量についてみると、必ずしも 1.0 より大きくな

いものもあるので溶出・移動などの別の要因が加わっているかもしれない。

(4) そこで基盤岩類中の希土類等元素の含有量とそのラテライト性土壌中の総含有量（鉱物内保有量+化学的残存量）との関係をCe, Sm, Y, Zrについて調べてみると、この両者の間にはZrを除くとほとんど相関が認められないので、これらの元素は確かにラテライト性土壌中で濃縮されているがその濃縮度は一様でなく、風化の過程において元素ごとに何らかの別の要因が作用している可能性があると思われる。

(5) ラテライト性土壌中の層別の元素集積状況につき、層準ごとと主要元素に関する風化殻/原岩の濃縮倍率を調べてみると、各地点において特定の層準に多くの元素が濃集する場合は認められる。たとえば、塘口では第4層と第9層にLa, Ce, Ndなどが濃集している。

軽希土、中希土、重希土元素のそれぞれの量の合計を3つの頂点とする三角ダイヤグラムに各層準のこの3者の比率をプロットしてみると、いずれの場合も軽希土の頂点に向ってほぼ直線的な分布を示している。このことは軽希土が移動しやすいことを示唆しており、ラテライト性土壌の中で何らかの要因により元素が移動し特定部位に集積したものとみられる。

(6) 元素濃集層準のカオリナイト構成比と軽希土元素の量の合計 Σ Ceとの関係を見ると、逆の相関になっている場合が見出されるので、カオリナイトが相対的に少ない部位に軽希土元素が濃集する傾向があるといえるかもしれない。

(7) 以上を取りまとめると次のとおりである。

(イ) 基盤岩類中の希土類等元素は、その上位のラテライト性土壌の中では、重鉱物中に保有されるか粘土層中に残存しているかの2通りの存在形態をもつ。

(ロ) 前者を鉱物内保有量、後者を化学的残存量と名づけると、基盤岩類中の希土類等元素はラテライト性土壌の中では大部分が化学的残存量として存在し、ここで試算した限りでは鉱物内保有量として存在しているのはおよそ全体の20%程度以下である。

(ハ) 基盤岩中の希土類元素はラテライト性土壌中に濃縮されているが、その濃縮度は元素によって一様ではない。

(ニ) ラテライト性土壌中の層別の元素集積状況をみると、各地点において特定の層準に多くの元素が濃集している。

(ホ) そのような層準は粘土鉱物構成比でカオリナイト比率が相対的に低い場合がある。

(ヘ) 希土類元素を軽希土、中希土、重希土に分けて3者の比率をみると、軽希土のみ変化が著しいので軽希土類元素はラテライト性土壌中を移動し特定の部位に集積しやすいとみられる。

(8) 上記(7)の中では(イ)、(ロ)の指摘がとくに重要である。何故なら従来の起源岩調査においては重鉱物の挙動のみに注目してきたので岩石中の大部分の希土類等元素が重鉱物中に保有されずに粘土中に残存しているということは考え得なかったところだからである。

1.5 解析結果のまとめ

(1) 起源岩調査において、ルチルは後背地の母岩中にごくわずかしか存在せず起源岩を特定することは不可能であったため、当地域の重砂鉍床中にかなり含まれるルチルの起源に関し、これがオーストラリアや米国の多くのルチル鉍床のように、イルメナイトの変質によって形成されたものである可能性があるという視点から本年度の調査をおこなった。その結果は次のとおりである。

(イ) 当地域の重砂鉍床中のチタン鉍物試料に関する化学分析の結果、イルメナイト($\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$)中の Fe^{2+} が酸化されて Fe^{3+} に変化し、イルメナイトから白チタン石($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2$)が形成されるということが明らかになった。さらに白チタン石から Fe_2O_3 が赤鉄鉍として溶脱しルチル(TiO_2)が形成される。

(ロ) 顕微鏡観察およびEPMA分析の結果によっても上記の事実は確認された。すなわち、イルメナイトは部分的に白チタン石を包有し、ルチルは白チタン石に取りこまれているので、イルメナイトが白チタン石に変質し、それがさらにルチルに変化したことが視覚的に確認できる。

(ハ) 東里地区では、風化・酸化にさらされた上盤鉍体には白チタン石+ルチル/イルメナイト比が高く、それより下位にある中盤鉍体ではその比が低い。この事実はイルメナイトから白チタン石を経てルチルにいたる過程が風化・酸化によるものであることを或る程度裏づけている。

(2) ラテライト性土壌は岩石の風化生成物であり、もとの岩石よりは体積が縮小しているため、その中では基盤岩中の重鉍物は基盤岩中におけるよりも濃集していることが期待されるが、いままでの調査結果では事実は必ずしもその期待に沿う形にはなっていなかった。

そのため、重鉍物が物理化学的に破壊され、そこに含まれていた希土類等の元素が解放され、別途化学的な挙動をしていることが予想された。そこでラテライト性土壌中にこのような希土類等元素の濃集が実際にあるかどうか、もしあるとすればそれがどこにあり、どういう特質をもっているかを本年度は調査した。その結果は次のとおりである。

(イ) 希土類等元素はラテライト性土壌を形成している粘土層の中に大部分が濃集している。Ce, Sm, Y, Zrの例で計算した限りでは、ラテライト性土壌中の当該元素含有量の大部分が粘土層に集積し、土壌中の重鉍物の中に固定されている量はかなり限定されている。

(ロ) 基盤岩中の希土類等元素はラテライト性土壌中に濃縮されているが、その濃縮度は元素により、また、地点によって一様ではない。

(ハ) ラテライト性土壌中の層別の元素集積状況を見ると、各地点において特定の層準に多くの元素が濃集している。

(ニ) 希土類元素を軽希土、中希土、重希土に分けて3者の比率をみると、軽希土のみ変化が著しいので、軽希土類元素はラテライト性土壌中を移動し特定の部位に集積しやすいとみられる。

(本) ラテライト性土壌を構成する粘土鉱物はカオリナイト，イライト，ギブサイト，モンモリロナイトなどと同定された。重鉱物構成元素の濃集をこれらの粘土鉱物構成比との関係で検討した結果では，はっきりした相関は認められなかったが，少なくとも軽希土元素についてはカオリナイト構成比の小さい層に濃集する傾向があるように見える。

第2章 ボーリング調査

2.1 調査概要

第4年次（1990年）までのボーリング調査の結果，東里地区内の陸上部及び浅海部にはイルメナイト・ジルコンを主体とする重砂鉱床が認められていた。

しかしながら，これら鉱床に対するボーリング調査密度は測線間隔 2,400m，測線上でのボーリング間隔 960m（一部では 480m）で，鉱床主要部の概要把握に十分とは言い難かった。

第5年次は，これら鉱床のうち，最も優勢な鉱体が胚胎すると考えられる東里半島，新寮島及び同島東側浅海部にボーリング調査を集中し，124本，1,783.00mのボーリング調査を実施した（図Ⅱ-2-1）。

この結果，本地区の鉱床のほとんどが陸上部では 1,200m × 480m 格子，そして浅海部では 1,200 m × 960m 格子のボーリングで覆われた。

ボーリング調査現地調査は1991年6月10日から同年9月25日まで，陸上部及び潮間帯をゴムローラー1台（一部は2台），海上部（最大水深 8.0mまで）を自己昇降式海上足場（SEP）2台を使用して行った。ボーリング工法はバイプロハンマー工法を採用し，砂の液状化による噴砂現象防止及びコア採取率向上のために，ケーシングパイプを先行させながらバスケット方式の特殊サンプラーを使用して掘進した。ボーリング調査の調査工程及び調査実績をそれぞれ表Ⅱ-2-1，表Ⅱ-2-2に示す。また，ボーリング調査使用機器を表Ⅱ-2-3に示す。

表Ⅱ-2-1 ボーリング調査現地調査工程

調査内容		6月	7月	8月	9月
動員		—			
資材搬入・掘進準備		—			
調査	ゴムローラー（A）				—
	ゴムローラー（B）				—
	海上足場（小型機）			—	
	海上足場（大型機）		—		
機材撤収・解体				—	—
移動・帰国					— —

表Ⅱ-2-2 ボーリング調査実績

工 法	東 里 半 島			新 察 島			浅 海 部			合 計			
	孔 数 (本)	掘進長 (m)	コア 試料数 (個)	孔 数 (本)	掘進長 (m)	コア 試料数 (個)	孔 数 (本)	掘進長 (m)	コア 試料数 (個)	孔 数 (本)	掘進長 (m)	コア 試料数 (個)	コア 採取率 (%)
ゴムローラー	37	463.0	487	46	748.0	766	-	-	-	83	1,211.0	1,253	94.7
海上足場	2	19.5	19	-	-	-	39	552.5	580	41	572.0	599	93.3
合 計	39	482.5	506	46	748.0	766	39	552.5	580	124	1,783.0	1,852	94.3

表Ⅱ-2-3 ボーリング調査使用機器一覧表

装 置 名	モデル名	仕様 (重量, 特性)	数 量	備 考
ゴムローラー	MST-1100	最大積載量 5 t	2	
海上足場	従来型	7m×7m 改造型	1	
海上足場	新規	7.5m×7.5m	1	
バイプロハンマー	MVA-10SS		3	
クレーン	TM-Z302	2.5t (2段7-m)	2	海上用
コントローラー		10KW	3	
ゼネレーター	SDG-25S	20KVA	2	掘削用
ゼネレーター	NE 55 SH	45KVA	1	一般電源
エンジン駆動溶接機	PGW-140V	3.4KW	3	
小型コンプレッサー	GUE-7D	1HP, 70 ℓ/min	3	
ステンレス水中ポンプ	CS-750		3	
小型ポンプ	SQ2-8TY	32~60 ℓ/min	3	
ウインチ	K-3C		1	
ウインチ	R-62		1	海上作業用
光波測距器	RED 2L	測距離 5 km	2	
サンドサンプラー		バスケット型他	1式	

2.2 調査実施状況

2.2.1 ゴムクローラー

ゴムクローラーによるボーリング調査は、ゴムクローラー1台を用いて6月30日から新寮島で開始された。陸上の調査ではゴムクローラーの移動には立木の伐採や田畑を迂回するなど時間を要した。また、潮間帯の調査では潮待ち時間が発生し、台風6号及び台風11号による調査の中断もあったが、新寮島の調査は比較的順調に進み8月28日までに46孔、掘進長748.0mを終了した。東里半島の調査は、ゴムクローラー2台を用いて調査班2班の体制で調査を進めた結果、9月14日には37孔、463.0m全ての調査を終了した。

ゴムクローラーによる陸上(含潮間帯)調査量は、合計83孔、掘進長1,211.00mであった。調査所要日数は132日、動員、準備、地区間移動、休日、天候障害日及びそのほかを除いた実調査日数は78日、天候障害による調査中止日数は5日であった。調査日当たり作業能率は15.53m/日、所要日数当たり作業能率は9.17m/日であった。調査域別には、陸上調査が64孔、掘進長928.0m、調査孔長平均14.5m/孔、コア採取率平均94.3%、そして潮間帯調査が19孔、掘進長283.0m、調査孔長平均14.9m/孔、コア採取率は平均95.8%であった。

2.2.2 海上足場

海上足場によるボーリング調査は、調査海域の水深に適合するように、水深1~5m用の海上足場(小型機)1台、水深3~8m用の同(大型機)1台の計2台で行われた。小型機は東里浜で組み立ての後、7月1日から、大型機は湛江港で組み立てて曳航の後、6月27日から新寮島東側浅海部にて、それぞれ調査を開始した。調査開始当初は比較的穏やかな海象条件に恵まれて調査は順調に進んだが、7月中旬の台風6号とその後連続して来襲した台風7号及び台風8号により、7月には約半月間の調査中断を生じた。その後は再び穏やかな海象状況となったため調査は順調に進展した。8月中の調査は8月中旬に再び大型台風11号の直撃をうけ数日間調査が中断した他はきわめて順調に進み、8月25日に新寮島沖合の調査は終了した。その後、小型機は引き続いて東里半島西側の内海部の調査を行い、8月27日には海上足場による全ての調査を終了した。

海上足場による調査量は、大型機が19孔、掘進長265.0m、そして小型機が22孔、掘進長307.0m、合計41孔、掘進長572.0mであった。調査所要日数は173日で、動員、準備、地区間移動及び天候障害日を除いた実調査日数は71日、天候障害による調査中止日数(退避日を含む)は48日であった。調査日当たりの作業能率は8.06m/日、所要日数当たり作業能率は3.31m/日であった。海上調査での調査孔長は平均14.0m/孔、コア採取率は平均93.3%であった。

2.3 試料の鑑定及び採取

ボーリング調査で採取した全試料について試料の肉眼鑑定を行い縮尺1:50の柱状図にまとめた(資料2-1)。碎屑物の名称は表II-2-4碎屑物名称分類に基づき、また、土質名は

表Ⅱ-2-5の中国側の分類を採用し鑑定を行った。土質の色調の記載にあたっては、鑑定者個々の個人差が生じないように(財)日本色彩研究所監修による「配色カード129」を利用した。このほか現場の調査においては市販の粒度表を補助に使用した。分析用の試料は原則としてコア試料を1mごとに採取したが、細かい層相変化もあり、ボーリング総掘進長1,783.00mに対し1,852試料を採取した。これらの試料の分析項目及び件数を表Ⅰ-1-2に示す。

表Ⅱ-2-4 碎屑物名称分類

碎屑物名	直径 (mm)
礫	>2.0
極粗砂	2.0 - 1.0
粗砂	1.0 - 0.5
中砂	0.5 - 0.25
細砂	0.25 - 0.063
シルト	0.063 - 0.004
粘土	<0.004

表Ⅱ-2-5 土質分類

碎屑物含有量(%)	粘土	シルト	砂	礫
15~25	含粘土-	含シルト-	含砂-	含礫-
25~50	粘土質-	シルト質-	砂質-	礫質-
50~75	-質粘土	-質シルト	-質砂	-質礫
75~90	含-粘土	含-シルト	含-砂	含-礫
>90	粘土	シルト	砂	礫

2.4 調査結果と考察

2.4.1 地質概要

東里地区は広東省南西部、雷州半島東側の海岸部に位置し、同半島より東～南東へ派生する小半島部(東里半島)及びその南側の新寮島一帯を含む地区である。

本地区に分布する地層は未固結堆積物で、¹⁴C年代測定結果から第四紀更新世～完新世の堆積物に対比させている。これらは下位から下部更新統Q₁層(湛江層群)と呼ばれるシルト質土(層厚10m以上)、中部更新統Q₂層(北海層群)のアルコース質中・粗粒砂(層厚0~6m)、上部更新統Q₃層のシルト及び完新統Q₄層の海成砂(層厚5~20m)、風成砂(0~8m)である。これら地層のうちQ₃層とQ₄層とは不整合に境するが、そのほかは整合的である。また、雷州半島中央部には更新世の数次に及ぶ噴出により形成された玄武岩が広く分布し、一部は同半島東側海岸近くまでみられる(図Ⅱ-1-1)。

これら堆積物のうち、重砂鉞床を胚胎するQ₄層の海成砂は細砂を主とし、粗・中砂及び粘土・シルトをともなう。細砂は石英の亜角粒子を主成分とする。その色調は、暗灰色から灰緑色、帯緑暗青色、暗青緑色と変化する。粗・中砂は、暗灰色～灰緑色を呈し、しばしば多量の貝殻片を含有する。Q₄層の風成砂は灰褐色からベージュ色ないし灰緑色を呈し、ほとんど膠結していない細砂からなる。

2.4.2 着鉱状況

東里地区の鉱床は、イメルナイト・ジルコン・ルチル・モナザイト・ゼノタイムの基本5鉱物合計品位が $3,000 \text{ g/m}^3$ 以上でボーリング着鉱長1 m以上を鉱床解析対象とした。第5年次までのボーリング調査による主要着鉱状況を資料2-2に示す。これら主要着鉱部は、その胚胎深度を考慮するとボーリング柱状で上盤・中盤・下盤の3層準にまとまると考えられる。これらは上盤鉱体が東里半島・新寮島に、中盤・下盤両鉱体が新寮島東側浅海部に分布している（図II-2-1, 図II-2-2）。

2.4.3 第四系の堆積環境と鉱床胚胎層準

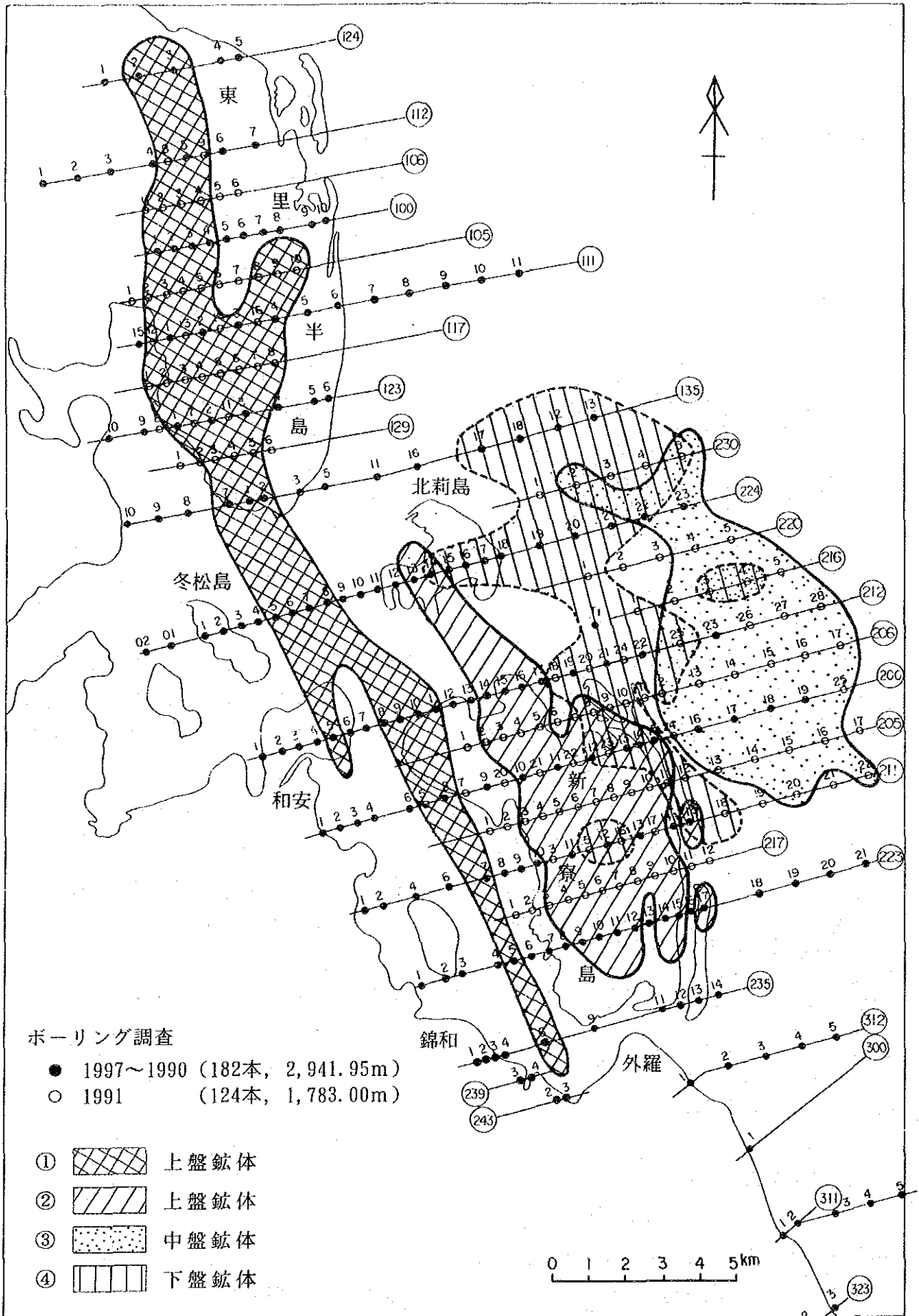
東里地区の鉱床胚胎層準、第四系完新統（ Q_4 層）及びその下盤と考えられる晩更新統（ Q_3 層）は、これまではボーリングコアの肉眼鑑定による層相に基づいて区分されてきた。第5年次は、これら第四系、特に鉱床を胚胎している、 Q_4 層の堆積環境・地質時代・古気候・古地理を推定し、鉱床胚胎層準の層位的な位置を明らかにするため、粒度分析(220件)、 ^{14}C 年代測定(10件)、花粉鑑定(60件)、微化石鑑定(33件)を行った結果、次のことが明らかとなった。

(1) 堆積環境

本地区のボーリング地質は、ボーリングコアの肉眼鑑定により下位よりシルト・粘土を主とする層（ Q_3 層相当）とその上部の細砂を主とする層（ Q_4 層相当）に区分されていたが、今回の調査による鉱床母砂の粒度分析（資料2-3）から、これら堆積物を次のような粒度特性を示す下部、中部、上部、最上部に4区分した。

- ① 下部はシルト・粘土を主とし、淘汰は不良、歪度はプラスのことが多い。層厚はボーリングが本部層を抜いていないので不明だが、3 m以上である。
- ② 中部は細砂のうち $\phi = 2 \sim 3$ に区分される細砂が20~50%を占める細砂層（中央粒径 $\phi = 3$ 前後）を特徴とする。層厚は2~4 m程度、最大約8 m、淘汰はやや良く、歪度はややマイナスである。
- ③ 上部は、 $\phi = 3 \sim 4$ に区分される極細砂が60%以上、泥分が20~30%を占める細砂層（中央粒径 $\phi = 3 \sim 4$ ）で、上へ向って極細砂分が増加（90%程度）し、泥分が減少（10%前後）していく。層厚は8~10 m程度（最大15 m）、淘汰は良く、上へ向ってさらに良くなり、歪度は一般にゼロ前後となっている。
- ④ 最上部は $\phi = 2 \sim 3$ の細砂分が10~50%、 $\phi = 3 \sim 4$ の極細砂分が50~90%、泥分が5~25%と層相変化のある細砂層（中央粒径 $\phi = 3.0 \sim 3.5$ ）である。層厚は0~8 m以上で、淘汰は良く、歪度はゼロ前後である。

鉱床母砂粒度分析で4区分されたこれらの地質時代は、 ^{14}C 法による年代測定結果（資料2-3）から、下部は晩更新世後期（ Q_3 期）、中部・上部は完新世中期（ Q_4 期）、最上部は完新



図II-2-1 東里地区ボーリング位置図・鉱床分布図

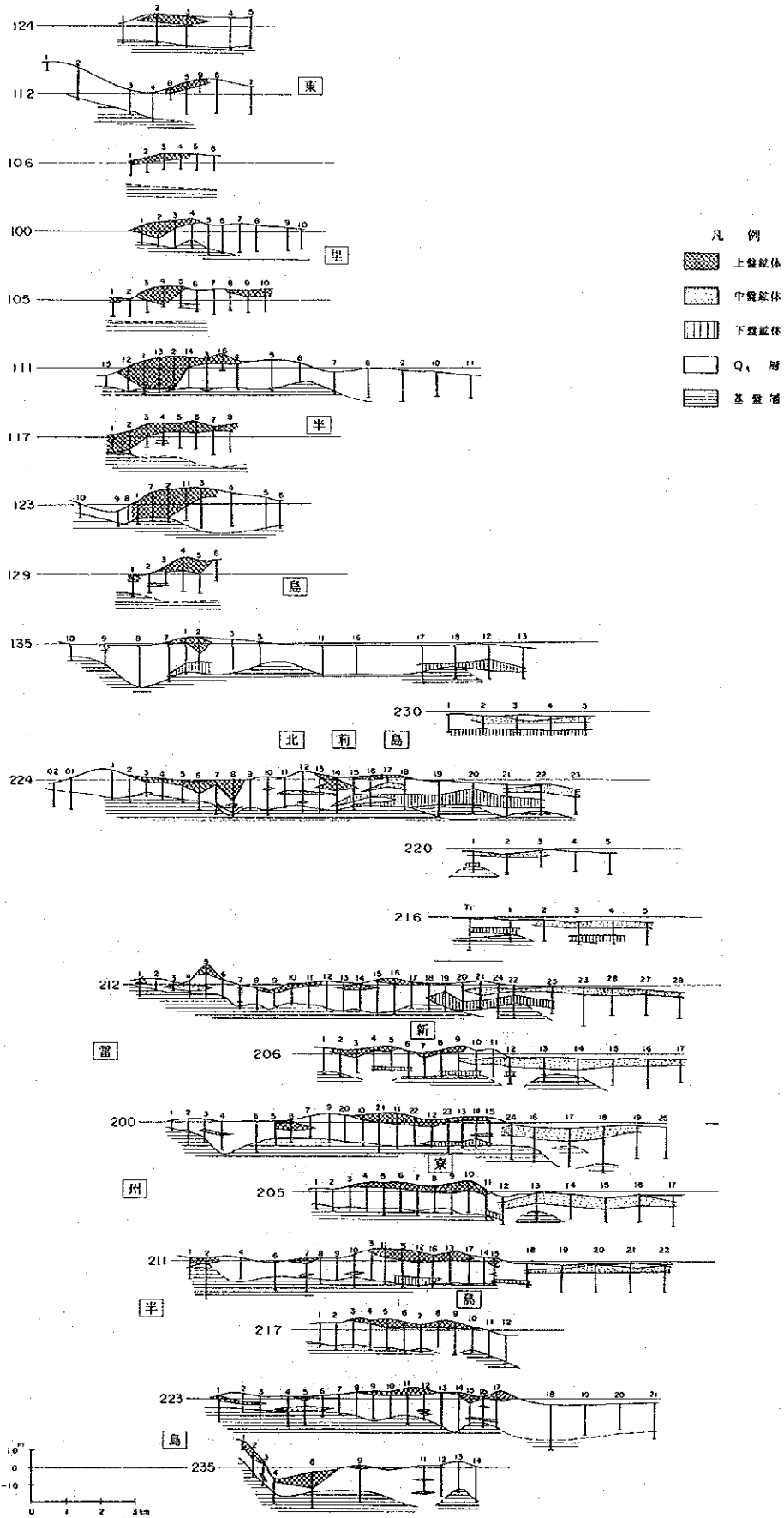


図 II - 2 - 2 東里地区ボーリング地質断面概略図

世後期 (Q₂ 期) に対比され、完新世前期 (Q₁ 期) の地層を欠くと考えられる (図 II-2-3)。

また、微化石鑑定 (資料 2-4) から、本地区の古地理は、Q₃ 層堆積時は河口～浜岸相で、その後、Q₁ 期には陸域となり、そして Q₂ 期になると海進が始まり、淡水～河口相から浅海相の海域に変化し、Q₂ 期に入ると海退・海進を繰り返しながら、海域が後退し、現在の地理を形成していったと考えられる。このような堆積環境の変遷は鈳床母砂の粒度分析結果とも調和的で、特に Q₂ 層がやや粗な細砂層で始まり、これを含泥極細砂層が覆い徐々に泥分が減少し、そしてさらに上位の Q₂ 層が粒度変化のある細砂層となっていることと調和している。また、歪度はゼロ前後のことが多く、一般に穏やかな海象であったと推定される (図 II-2-3)。

花粉鑑定 (資料 2-5) からは、Q₃ 期は暖熱乾燥気候、そして Q₂ 期・Q₁ 期は暖熱湿潤気候であったことが推定され、Q₁ 層堆積期は後背地の岩石風化作用が進むのに適した気候条件であったと考えられる (図 II-2-3)。

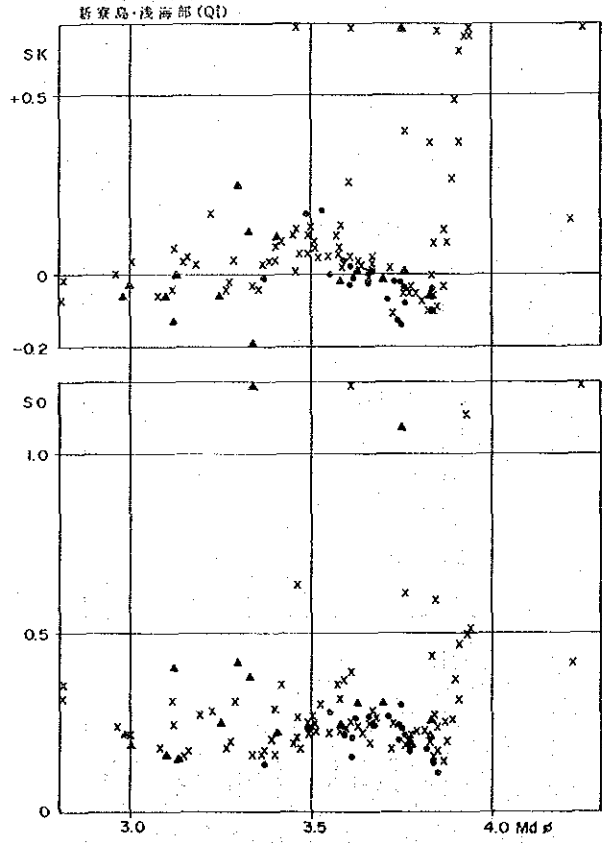
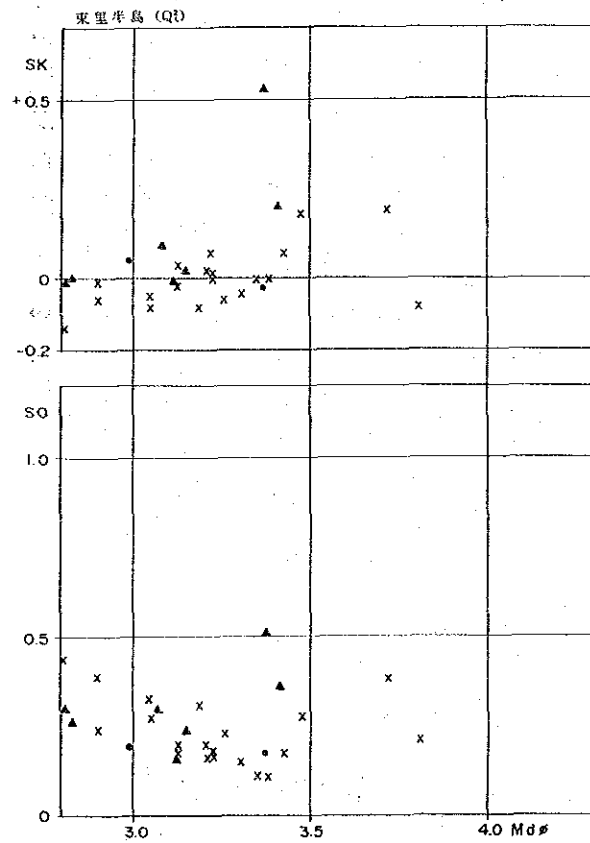
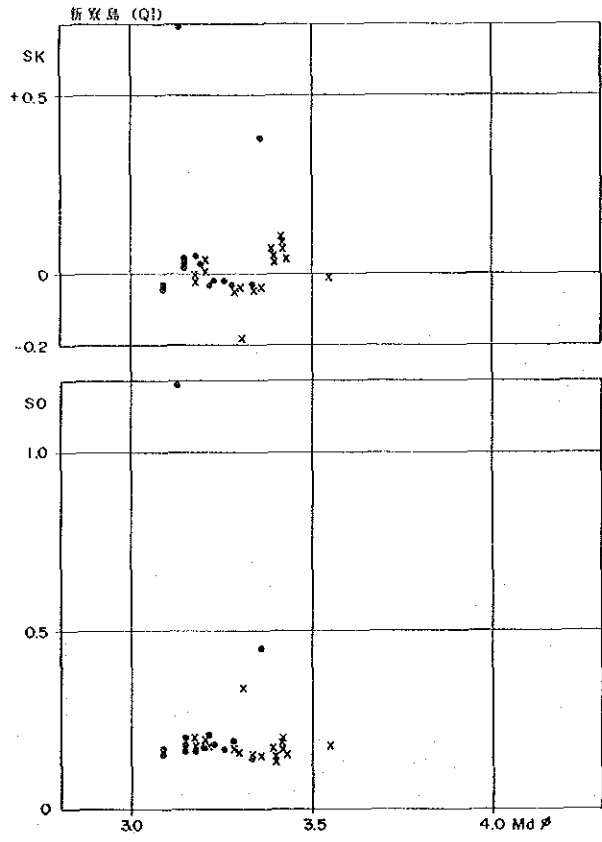
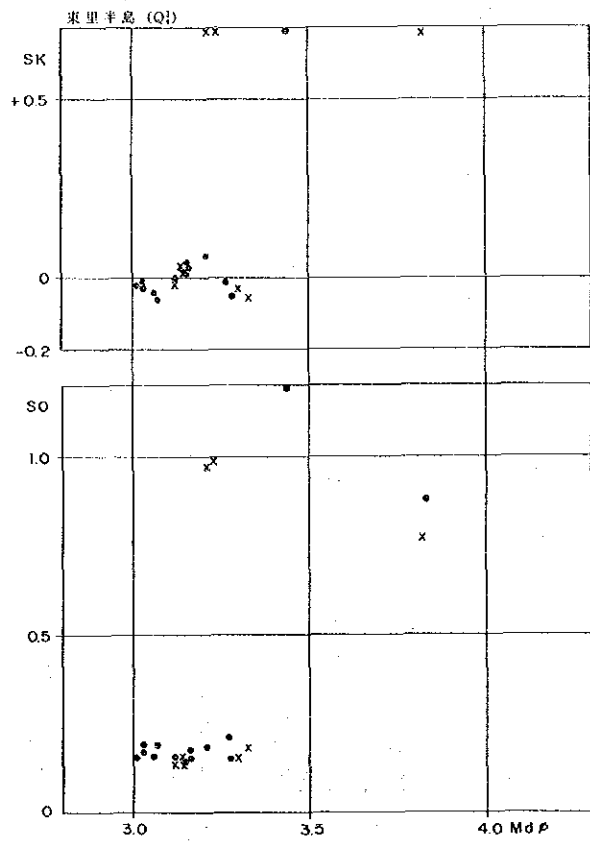
(2) 鈳床胚胎層準

本地区の鈳床は、上盤・中盤・下盤の 3 層準にまとめると考えられるが、これら層準を前述の第四系の堆積環境と対比させると次のように鈳床胚胎層準ごとの特徴がある。

① 下盤鈳体：本鈳体は主に新寮島東側浅海部に分布し、その胚胎層準は、Q₃ 層直上の Q₂ 層最下部層準に位置している。本層準は淡水～河口相の堆積環境と推定されており、合計品位 3,000 g/m² 以上の鈳床母砂の中央粒径もそれを反映して $\phi = 3 \sim 3.8$ と変動幅があるのが特徴である。また、歪度、淘汰度も同様に変化幅が大きい (図 II-2-4)。

② 中盤鈳体：本鈳体は主に新寮島東側浅海底部に直接露出する鈳体であるが、第 4 年次までは本鈳体に対するボーリング調査量が十分でなく、当時は本鈳体を上盤鈳体相当と考えていた。しかしながら第 5 年次のボーリング調査の結果、新寮島東側浅海底部に直接露出する鈳体が同島に分布する Q₂ 層直下へ連続するように分布すること、Q₂ 層最上部層準は、同層中部層及び直上の Q₂ 層最下部層準に比較して一般に不毛地帯でも品位が高いことから中盤鈳体として区分し、Q₂ 層最上部層準に対比した。本層準は浅海相の堆積環境と推定されており、波浪作用の穏やかなやや沖合が堆積の場であったようで合計品位 3,000 g/m² 以上を示す鈳体母砂は中央粒径が $\phi = 3.5 \sim 3.8$ 、淘汰が良く、そして歪度がゼロ前後にまとまっている (図 II-2-4)。また、中盤鈳体相当の 5 試料 (205-13-3, 206-13-2, 212-25-3, 216-3-1, 230-2-2) の重鈳物粒度分析結果から、これら重鈳物の中央粒径は、母砂のそれも細かいので、 $\phi = 4$ 以上のシルトサイズと推定される (資料 2-7, 図 II-2-5)。

③ 上盤鈳体：本鈳体は主に東里半島西側及び新寮島中央部に分布し、ボーリング孔口から合計品位 3,000 g/m² の鈳体となっており、その胚胎層準は Q₂ 層最上部層準に位置している。本層準は浅海～近岸相のやや波浪作用の働いた堆積環境と考えられ、合計品位 3,000 g/m² 以上の鈳床母砂は中央粒径が $\phi = 3.0 \sim 3.4$ 、淘汰良好、歪度がゼロ前後にまとまっている (図



試 体	5 鉱物合群品級		層 準
	3,000g/m ² 以上	3,000g/m ² 未満	
上 盤	●	X	Q1
中 盤	●	X	Q1
下 盤	▲	X	Q1

図 II - 2 - 4 粒 度 特 性

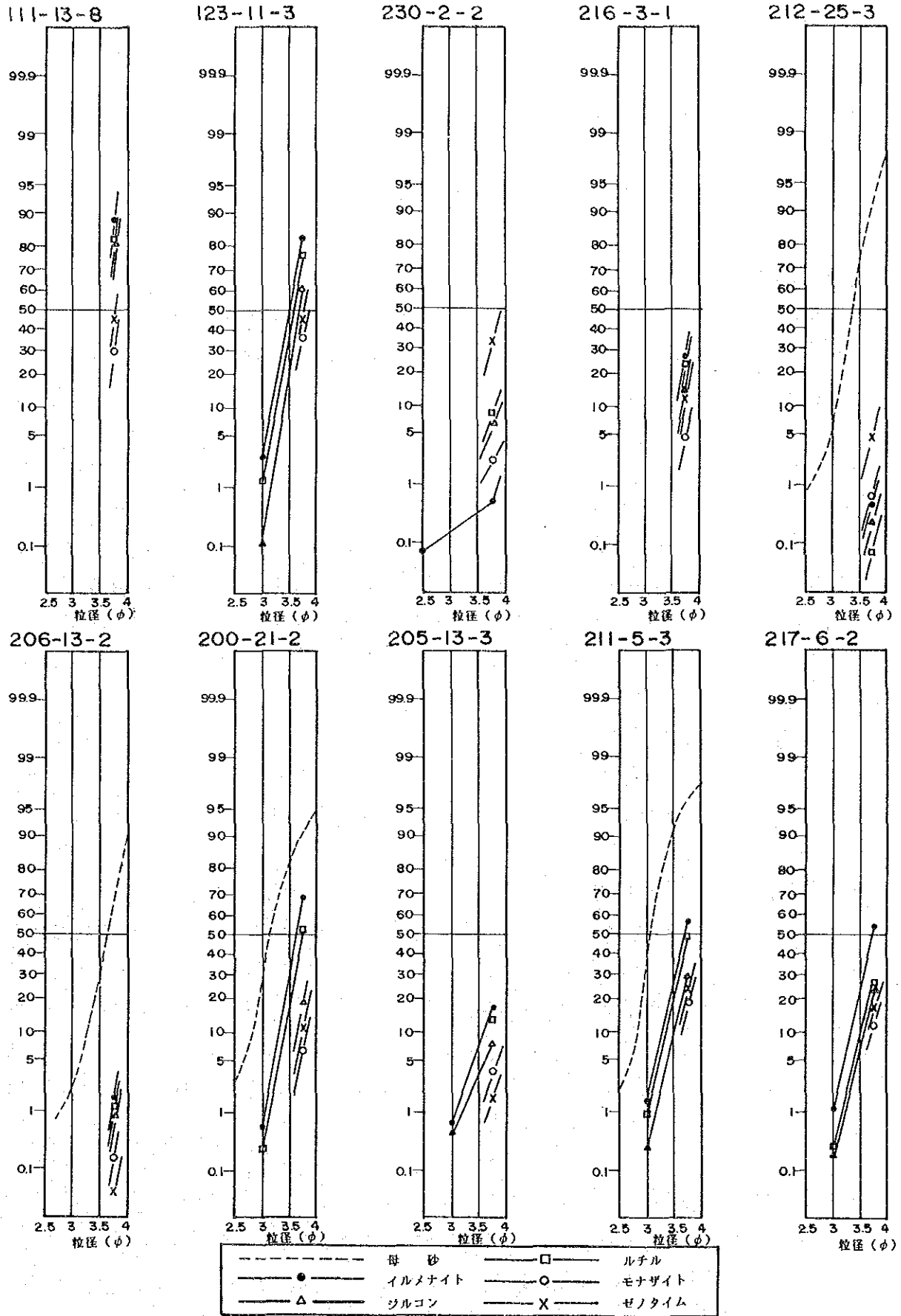


図 II - 2 - 5 鉱床母砂と分離重鉱物の確率分布

II-2-4)。また、上盤鉍体相当の5試料（東里半島より 111-13-8, 123-11-3, 新寮島より 200-21-2, 211-5-3, 217-6-2）の重鉍物粒度分析結果から、これら重鉍物の中央粒径は東里半島では $\phi = 3.5 \sim 3.8$, 新寮島では $\phi = 3.7 \sim 4.0$ の極細砂サイズと考えられる（資料2-7, 図II-2-5）。

以上のような第四系堆積環境と鉍床胚胎層準との対比をまとめて図II-2-3に示している。

2.4.4 主要鉍体の拡がり

第5年次までのボーリング調査（合計 306本, 4,724.95m）の結果、本地区には上盤鉍体として2鉍床帯、中盤鉍体及び下盤鉍体としてそれぞれ1鉍床帯の合計4鉍床帯が確認されているが、そのうち安定して連続性のある主要鉍体は次の通りである（図II-2-6）。

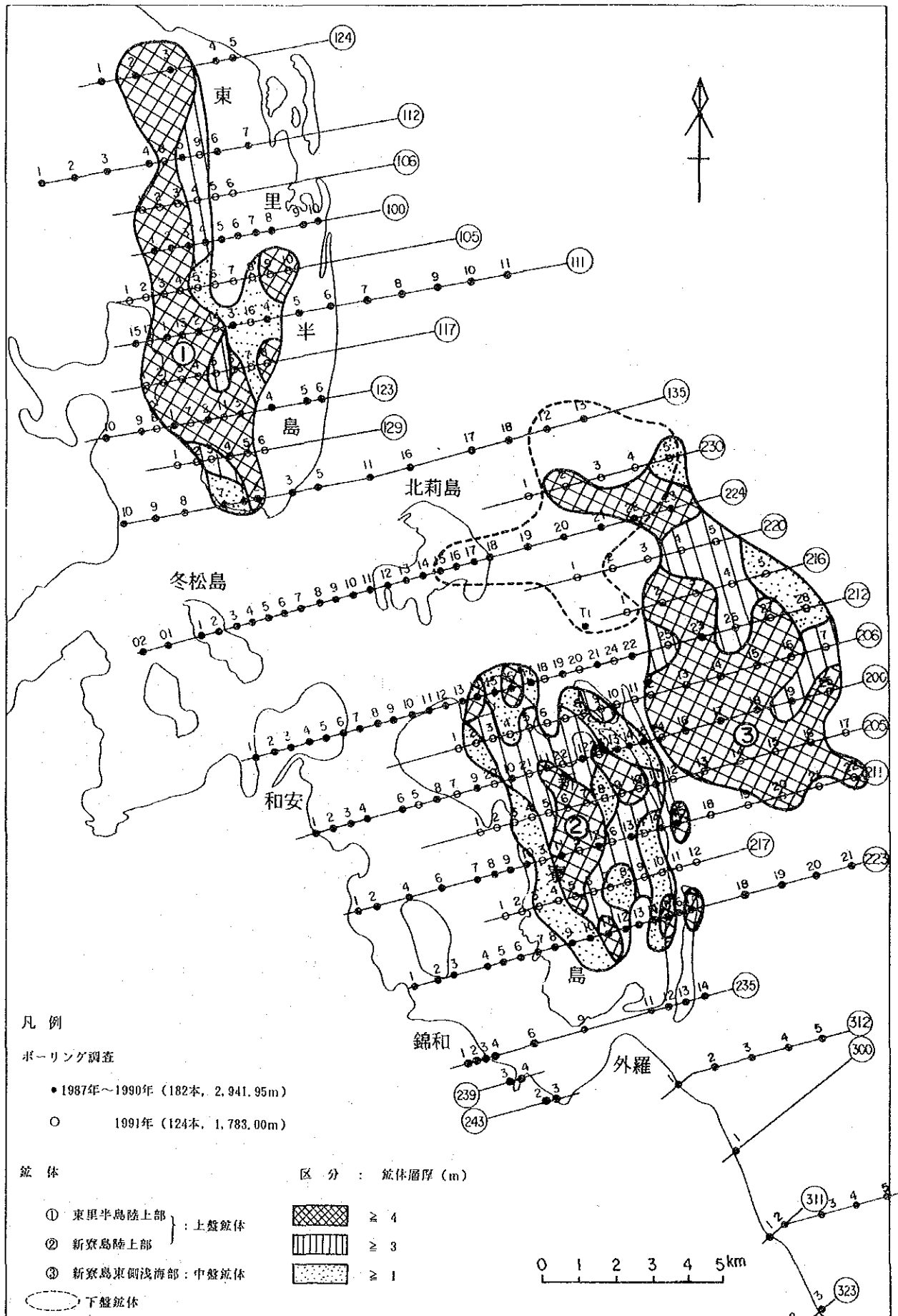
- ① 上盤鉍体（東里半島）：東里半島西側に、124測線から135測線にかけて、延長約12km, 最大幅約4km, 平均層厚6.1m（最大20.3m）の規模で分布する。本鉍体は鉍体層厚4m以上の部分が広い範囲を占めるが、品位 $6,000 \text{ g/m}^3$ 以上の高品位部分は小さく分散する。
- ② 上盤鉍体（新寮島）：新寮島陸上部、特にその中央部を中心として212測線から223測線にかけて、延長約8km, 最大幅約4km, 平均層厚3.0m（最大6.5m）の規模で分布する。本鉍体の鉍体層厚4m以上の範囲は200測線から217測線までの延長約4km, 幅約1.5kmであり、しかもその範囲は合計品位 $6,000 \text{ g/m}^3$ 以上の高品位域に一致しており、単位鉍量当りの重鉍物含有量の高い部分となっている。
- ③ 中盤鉍体：新寮島東側浅海部の海底に、230測線から211測線まで、延長約10km, 最大幅5km, 平均層厚5.0m（最大8.6m）の規模で分布する。本鉍床は平均層厚4m以上の範囲は広いが、合計品位 $6,000 \text{ g/m}^3$ 以上及び同 $5,000 \text{ g/m}^3$ 以上の高品位の範囲が極めて狭いことが特徴的である。
- ④ 下盤鉍体：北莉島より同島東側浅海部に、135測線から216測線までの約5km×約6kmの範囲に、平均層厚3.6m（最大8.2m）の規模で分布するが、その形状は本鉍体の堆積環境を反映してか北莉島から東へ開いた扇形を取り、他鉍体のような弧状を示さないようである。

本鉍体の層厚及び合計品位については、230測線上のボーリングのように本鉍体を完全に貫いていないボーリング孔があるので、その外形のみを図II-2-6に示してある。また、本鉍体はその上部を厚さ10m程度の不毛砂層に覆われてた状態であり、他の3鉍体がその上面を地表または海底に露出させているのと異なる。

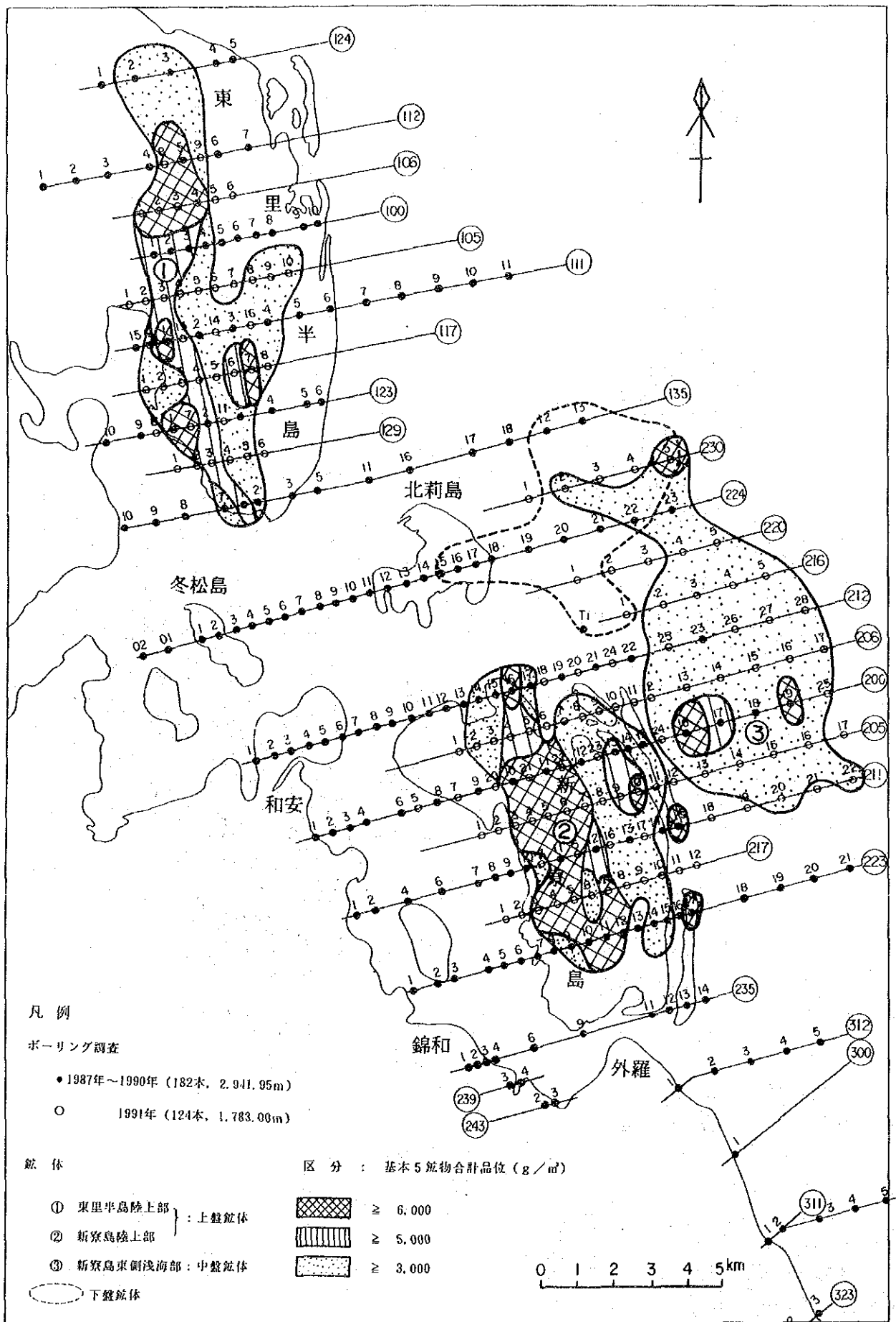
2.4.5 鉍床母砂の鉍物組成

鉍床母砂の鉍物組成及び基本5鉍物以外の有用鉍物の存在を確かめるために、ボーリングコア試料について重砂多項分析及び重砂全分析を行った（資料2-8, 資料2-9）。

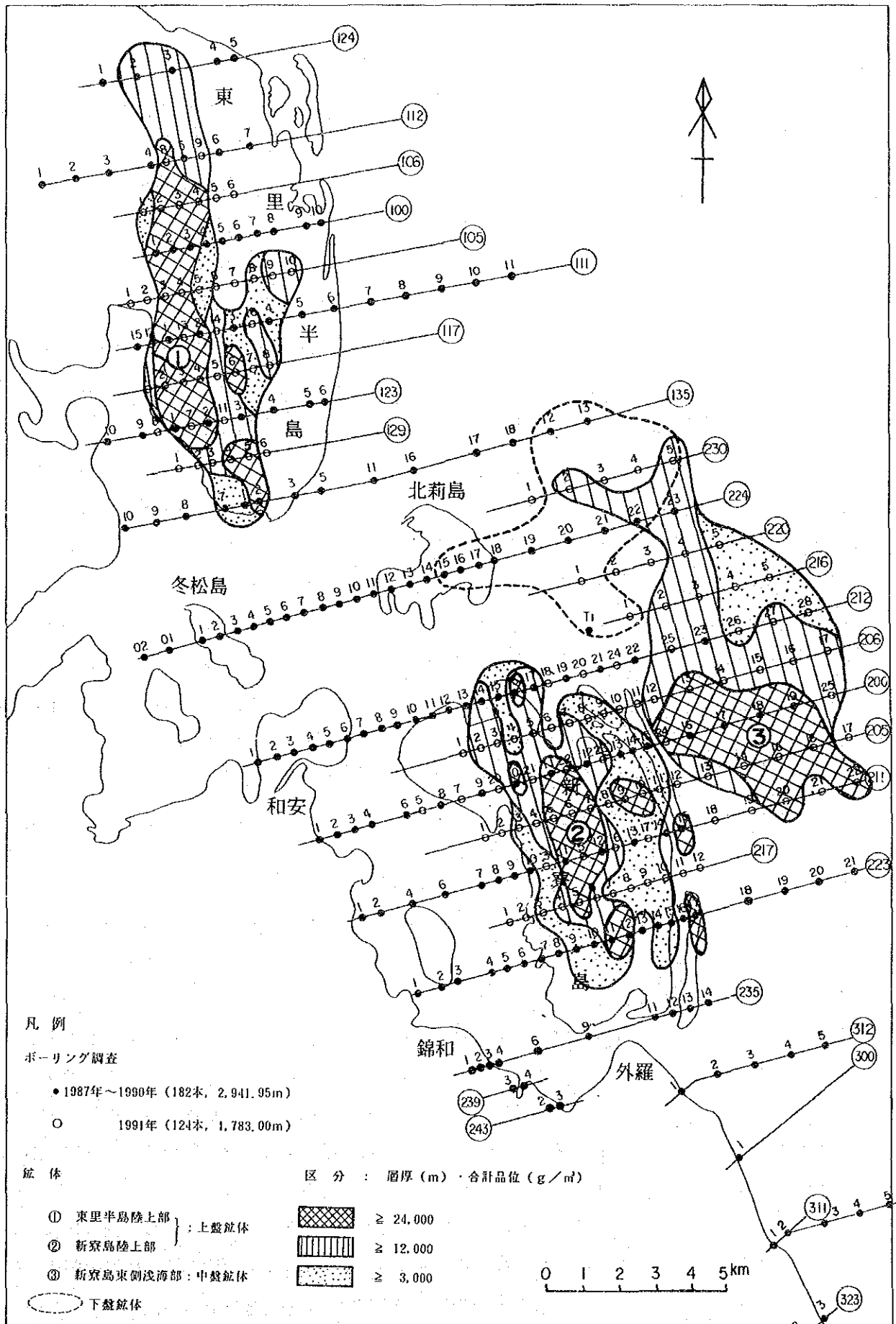
重砂多項分析試料は、上盤鉍体（東里半島）が2件（111-13-8, 123-11-3）、上盤鉍体



図II-2-6 ボーリング結果解析図・東里地区主要鉱体(I) (層厚図)



図II-2-6 ボーリング結果解析図・東里地区主要鉱体(2) (品位図)



図Ⅱ-2-6 ボーリング結果解析図・東里地区主要鉱体(3) (層厚・品位図)

(新寮島)が3件(200-21-2, 205-5-4, 211-5-3), 中盤鉍体が5件(206-13-2, 212-24-9, 212-25-3, 216-3-1, 230-2-2)の合計10件であった。このうち, 123-11-3及び211-5-3の2試料について重砂全分析が行われている。

含有重鉍物は基本5鉍物を主とするが, 上盤鉍体の白チタン石含有量が476~2,186 g/m³と高く, 特に新寮島では897~2,186 g/m³と目立つ。

鉍床母砂の鉍物組成としては, 石英91~95%, 雲母1~3%, 長石2~5%と石英に富む一般的な海浜砂(SiO₂ 90%以上)を示している。

2.4.6 重鉍物の化学組成

本地区の重砂鉍床に含まれる基本5鉍物の化学組成を明らかにするために, 20件の重砂鉍物分析を行った。試料は上盤鉍体(東里半島)より5試料(105-3-6, 111-13-8, 117-3-9, 123-11-3, 129-2-7), 上盤鉍体(新寮島)より6試料(200-21-2, 200-22-1, 205-5-4, 206-5-3, 211-5-3, 217-6-2), 中盤鉍体より8試料(205-13-3, 206-13-2, 212-25-3, 216-2-2, 216-3-1, 220-4-3, 230-2-2, 230-5-3), そして下盤鉍体より1試料(217-27-10)であった。

イルメナイトのTiO₂品位は51.84~58.95%, ジルコンのZrO₂品位は65.63~67.24%, ルチルのTiO₂品位は96.05~99.69%と, それぞれの標準的な品位, 52%, 65%, 95%以上を満足している。モナザイトはCeO₂品位26.87~32.14%, La₂O₃ 11.24~16.85%と軽稀土類に富み, ThO₂品位は3.99~9.21%の範囲が多く, P₂O₅品位も26.32~30.90%と標準的な品位に近い。ゼノタイムはY₂O₃品位が36.62~41.86%と標準的な35%以上となっている。これら基本5鉍物の化学組成は鉍体別での変動は少ない(資料2-10)。

2.4.7 まとめ

第5年次までのボーリング調査(306本, 4,724.95m)の結果, 東里地区の陸上部は1,200m×480m格子, 浅海部は1,200m×960m格子のボーリングで覆われ, 本地区に胚胎する主要4鉍体の規模及び性状の概要が把握された(表II-2-12)。

これら4鉍体は①上盤鉍体(東里半島), ②上盤鉍体(新寮島), ③中盤鉍体, そして④下盤鉍体で, いずれも数km~十数km×数kmの規模を有するが, これらの産状は①及び②の上盤鉍体が剥土量の少ない地表に露出する鉍体, ③の中盤鉍体が浅海底部に露出している鉍体, そして④の下盤鉍体が浅海部に分布する不毛層下の鉍体となっている。品位的には②上盤鉍体(新寮島)が最も高く, 下盤鉍体がこれに次ぐ。

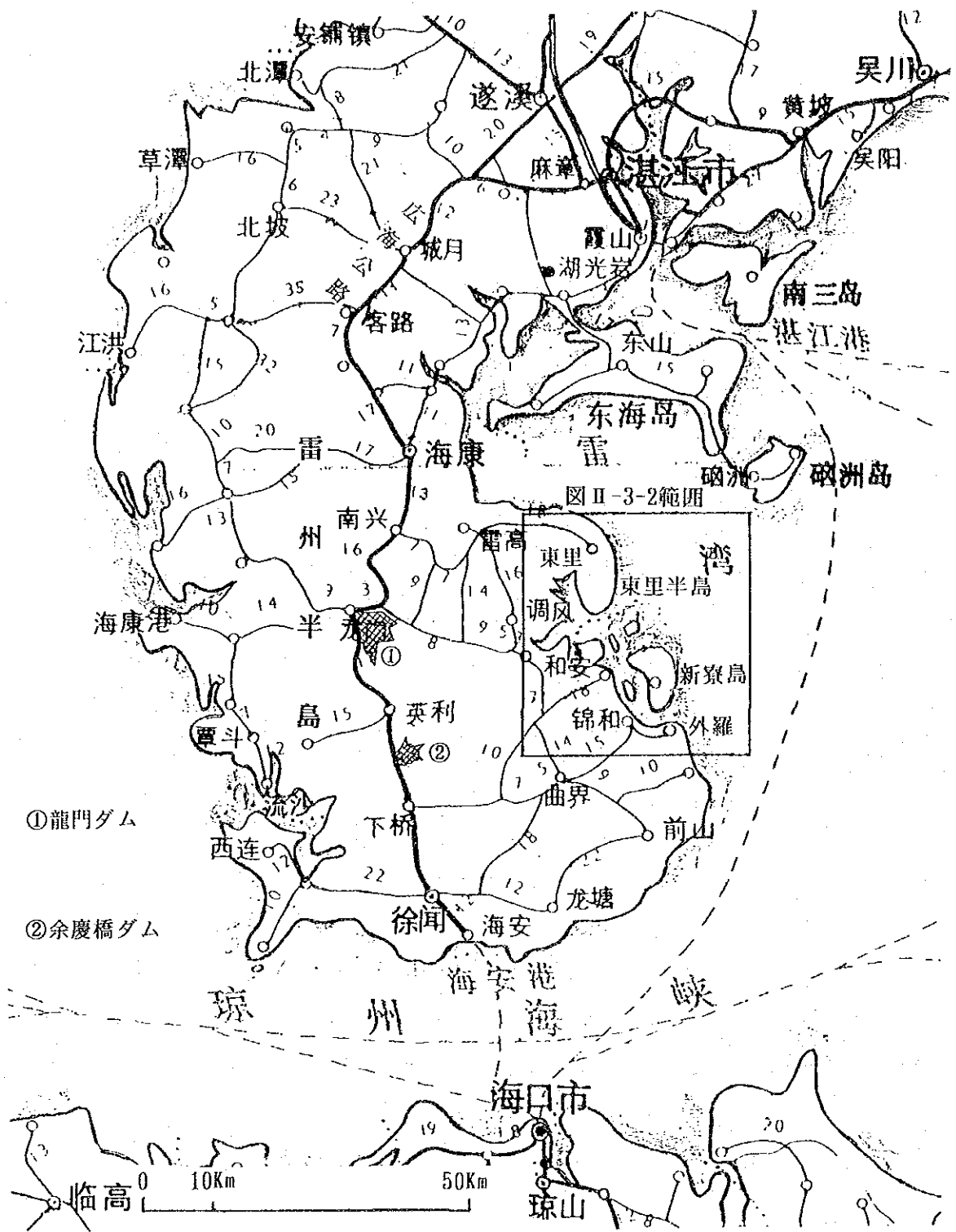
このような鉍体のなかで将来の採掘・選鉍を考えた場合, その第1順位に挙げられるのは高品位でまとまりがあり, 立地条件の良い上盤鉍体(新寮島)である(この新寮島陸上部に胚胎する鉍体を, より明確に呼称するために, 今後, 本鉍体を『新寮島鉍床』と呼ぶこととしたい)。

しかしながら新寮島鉱床におけるボーリング調査密度は 1,200m × 480m 格子で、鉱床評価に十分な密度とは言い難く、今後は新寮島陸上部でのより詳しい鉱体確認のためのボーリング調査を行い、将来の本地区の開発に資することが望ましいと考えられる。

表II-2-6 東里地区主要鉱体

鉱体名	位置	鉱体規模				特徴	重鉱物構成比 (%)					基本5鉱物 合計品位 (g/m ³)	鉱床母砂中 中央粒径範囲 (φ)	重鉱物中央 粒径範囲 (推定) (φ)
		延長 (km)	最大幅 (km)	平均厚 (m)	最大厚 (m)		体付率	沸石	ルチル	輝石	石英			
①上盤鉱体 (東里半島)	東里半島西側 陸上部	12	4	6.1	20.3	広範囲に層厚4m以上、高品位部は分散。	68.2	18.5	12.4	0.4	0.1	5,164	3.0~3.3	3.5~3.8
②上盤鉱体 (新寮島)	新寮島陸上部	8	4	3.0	6.5	層厚3m以上で高品位部がまとまる。	66.6	19.8	11.6	1.7	0.3	6,503	3.1~3.4	3.7~4.0
③中盤鉱体	新寮島東側浅 海底部	10	5	5.0	8.6	広範囲に層厚4m以上、高品位部は狭少。	59.3	27.1	10.7	2.6	0.3	4,111	3.5~3.8	(> 4.0)
④下盤鉱体	北莉島東側浅 海部	6	5	3.6	8.2	扇形分布、不毛層に覆われる。	62.0	24.0	12.4	1.4	0.2	5,804	3.0~3.8	(3.5~4.0)

- 1) 鉱体規模・平均厚 : 合計品位 3,000 g/m³以上の主要着鉱部の算術平均。
- 2) 基本5鉱物合計品位 : 合計品位 3,000 g/m³以上の主要着鉱部の加重平均。
- 3) 鉱床母砂中央粒径範囲 : 第5年次粒度分析(図II-2-4)参照。
- 4) 重鉱物中央粒径範囲(推定) : 第5年次分離重鉱物粒度分析(図II-2-5)参照。



図Ⅱ-3-1 雷州半島インフラ関連図

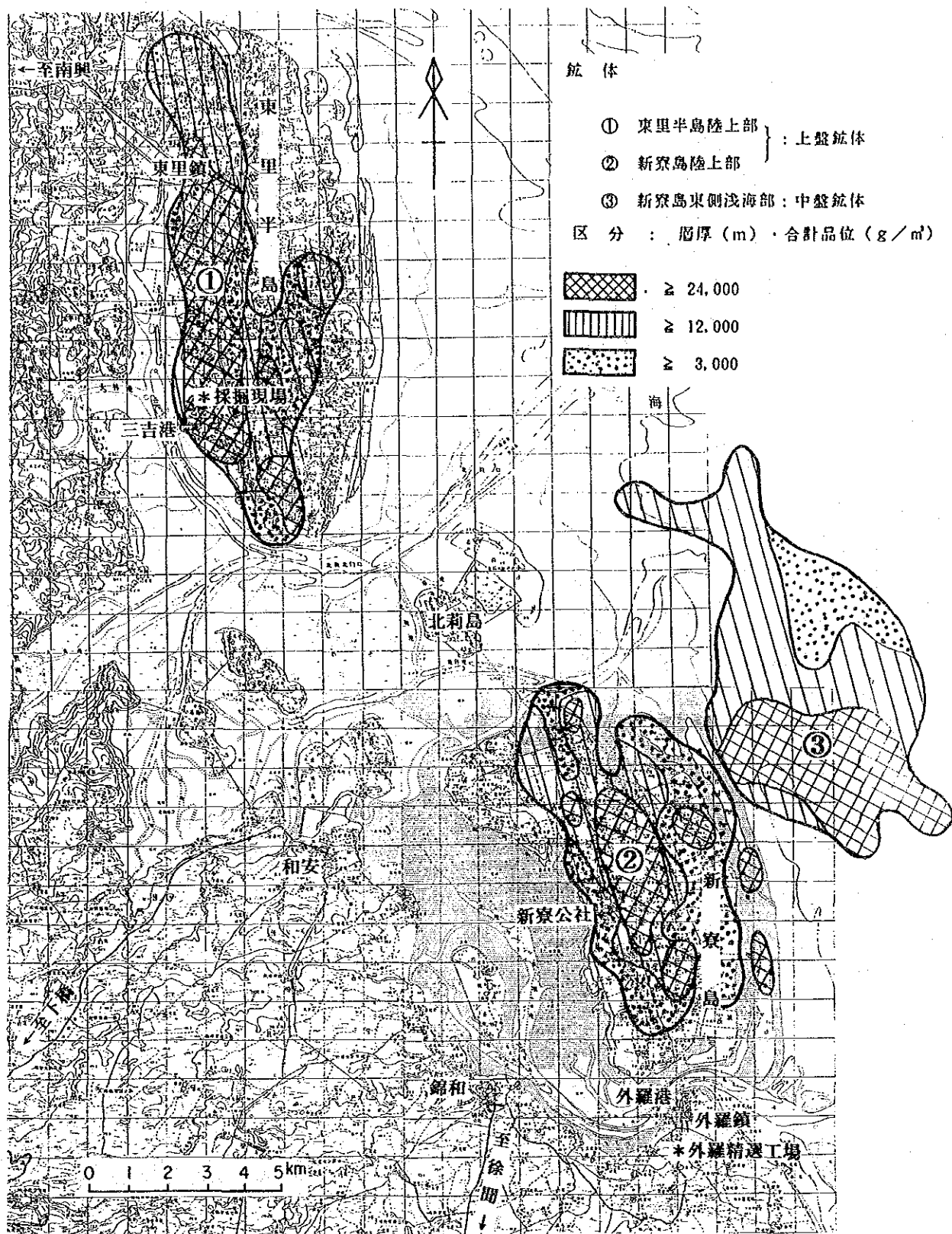


图 II-3-2 東里地区 (東里半島~新寮島) 關係図

第3章 重砂採掘方法検討調査

本調査で中国側情報として得られた東里地区の重砂鉍床に対する中国側開発計画の概要、現地調査の結果得られた東里地区の自然環境の状況、雷州半島のインフラの概要及び東里地区陸上部、潮間帯部及び浅海底部の重砂鉍床に対する採掘・粗選方法及び採掘・粗選に伴う環境への影響等に関する日本側の分野別技術的見解を以下に記す。

3.1 中国側開発計画の概要

東里地区の重砂鉍床に対する地質調査が中国の基準の上ではまだ完了しておらず、詳細な埋蔵鉍量・品位の評価ができないため、具体的な開発計画は作成されていない。しかし、中国有色金属工業総公司では埋蔵鉍量が多いこと及び多種の重砂が含有されていること等の理由からこのプロジェクトを有望と判断しており、一昨年から計画部を中心として開発のための検討を開始し、既に開発計画の概要は完成している。なお、本開発計画は1991年度からの第8次5ヵ年計画に組入れられている。

開発計画（広東東里海浜稀有金属砂碛－項目簡介）の概要は以下のとおり。

3.1.1 埋蔵鉍量・品位

・鉍体数；地域全体で9鉍体賦存（1号鉍体…東里半島陸上部及び潮間帯部，2，3，4，5，6，7号鉍体…新寮島陸上部及び潮間帯部，8号鉍体…錦和陸上部，9号鉍体…新寮島東部の浅海底部）。

9号鉍体が最大で埋蔵鉍量は全体の67%，埋蔵重砂量は全体の57%を占めており、次いで1，2号鉍体が大きくこの2鉍体をあわせた埋蔵鉍量は全体の25%，埋蔵重砂量は全体の31%を占める。

・埋蔵鉍量；6.3億トン

・品位及び鉍物量；

鉍物	品位 (g/m ³)	鉍物量 (万トン)
Ilmenite	4,550	221
Rutile	867	42
Zircon	1,640	79
Monazite	125	6
Xenotime	15	0.7
合計	7,197	348.7

3.1.2 年間生産量及び品位

(年間原砂処理量 10,000,000トン)

精 鉱	生産量 (トン)	品 位 (%)
Ilmenite	17,510	TiO ₂ 50~52
Rutile	3,270	TiO ₂ 90~93
Zircon	5,985	ZrO ₂ 63~65
Monazite	430	ThO ₂ 55~65
Xenotime	67	Y ₂ O ₃ 25~35
合 計	27,262	

3.1.3 採 掘

潮間帯、浅海域共サクシオンカッター・ドレッジャーで行い、陸上及び潮間帯では人工湖造成方式を採用する。原砂採掘量は年間10,000,000トンとし、平均ストリッピング比率は1 : 0.246、スラリーの運搬距離は500m以内とする。

3.1.4 選 鉱

選鉱設備は粗選系と精選系に分かれ、粗選系10,000,000トン、精選系50,000トンとする。

粗選は湿式法を採用し、台船に搭載したコーン・セパレーター及びスパイラル・コンセントレーターを用いて行い、台船と採掘ドレッジャーとの距離は500mに保つ。採収した粗選精鉱は船とトラックで精選工場へ運搬する。

精選工程は湿式と乾式で構成され、先ず粗選精鉱をパルプコンデショニング及びスクラビングしたのちスパイラル・コンセントレーターとテーブルを使用する湿式比重選鉱で軽砂を除去し、続いて比重選鉱で得られた重砂を湿式磁力選鉱機で磁性鉱物と非磁性鉱物とに分けそれぞれを乾燥したのち、各種ハイテンション・セパレーターで重鉱物を分離する。

3.1.5 インフラ関係

1) 電 力

浅海底部及び潮間帯部の採掘・粗選は頻繁な移動が必要なのでジーゼル自家発電を計画し、精選工場には湛江配電網からの買電を考えているが、容量不十分の場合にはジーゼル自家発電を行う。

2) 用 水

粗選には海水を、精選には淡水を用いる。精選工場の淡水が不足あるいは淡水源が遠隔の場合

には、浸透海水（半淡水）の使用を考える。

3) 建設用地等

現在、湛江、水東（電白）及び外羅の3箇所に精選工場があり生産中であるが、本プロジェクトのための精選工場・補助設備、生活施設等は、16万㎡の敷地を有する外羅精選工場内の余剰敷地を利用して建設する。

3.1.6 環境への影響

海浜砂鉱の採掘・選鉱には有毒・有害物質、試薬は使用しないので、重大な環境汚染は発生しないものと考えられるが、環境保護の観点から粗選尾鉱をいかに廃棄するか、精鉱と中鉱をいかに貯鉱・保管するかについて、詳細に検討しなければならない。また、環境問題の立場から、砂鉱中には放射性元素等の有害物質が含有されていないかを詳細に調査し、環境影響評価報告書を提出する必要がある。

3.1.7 その他

本計画は典型的な構想にすぎないが、本鉱床の開発は外国企業の直接投資・補償貿易または金融期間の借款を利用する。また、採掘プロセス・技術・設備の導入に基づいて投資規模と経済効果を分析する。

3.2 現地の状況

3.2.1 自然環境

1) 東里半島

重砂鉱床の開発対象地域は東里半島の西側一帯で、海域及びエビの養殖池は対象から外れている。

開発対象面積は約10～15km²で、海拔標高は海岸の近くで0.5～2.5m、約1km内陸に入った辺りから5～8.5mの平坦な地形を示す。

開発対象地域の北部には人家、学校、診療所、老人ホーム、飲食店などからなる集落“東里鎮”があり、水稲、陸稲、さつまいもの栽培が行われているが、一見した限りでは収穫量はあまり多くはなさそうである。

また、開発対象地域内の幾つかの地点で既に農民(?)による重砂の採掘及び粗選が行われている。

樹木は砂地に強く成育の早い馬尾松(2年で直径10cm程度、高さ約3～4mに成長)が植林されているが、他に目立つような樹木は少ない。

南西部海岸には漁港(三吉港)があり若干の漁船の係留がみられたが、雷州半島本土との間の入江では漁はあまりなさそうで、漁業は半島の東側数kmの沖合に出て行われている(地元民の

話)。

この周辺海域の主な漁業は殆どが養殖であり、エビ類(クルマエビ、ウシエビ等)、貝類(真珠貝、アワビ、ハマグリ)、魚類(スズキ、真鯛)等が盛んである(広州市国家海洋局の話)とのことであったが、現地ではエビの養殖池のみが確認されただけである。

2) 新寮島

重砂鉱床は中央部から北部にかけての陸上部と、東部の潮間帯部及び北東部の沖合約 0.5～6 kmの浅海底部に賦存している。陸上部の鉱床は開発対象面積約10～15km²で、潮間帯部及び浅海底部の鉱床主要部は、それぞれ約1～2 km²及び約10～15km²の広がりを持っている。

陸上部は海拔標高約3～6.5mの平坦な土地、潮間帯部は雷打沙と后沙を結ぶ砂泥域、浅海底部は水深約2mの海域である。

陸上部における土地利用状況は東里半島と殆ど同じであるが、異なる点としては、樹木として価値が高いといわれている椰子林が若干見られたこと、北部の養殖池が開発対象地域に含まれること等があげられる。

潮間帯部の鉱床賦存地域は、遠浅であり、漁業との直接的な関連は少ないと判断されるが、新寮島と雷州半島に囲まれた浅く狭い海域が幼稚魚の育成場になっている可能性も考えられ、この場合には一般の排水標準より厳しい漁場水質標準が適用されることになるので、今後調査を行う必要がある。

島周辺の漁業は沖合数kmで行われている(地元民の話)ということであるので、浅海部の鉱床賦存海域においても漁業が行われている可能性があり、今後の詳しい調査が必要である。

3.2.2 道 路

湛江～徐聞(海安)を結ぶ雷州半島幹線道路(広海公路)及び徐聞～外羅を結ぶ地方道の途中(曲界付近)までは片道一車線のアスファルト簡易舗装道路であるが、幹線道路沿の南興と東里を結ぶ主要地方道や雷州半島の東海岸沿に東里～外羅間を結ぶ数本の道等は簡易砂利敷道路である。

アスファルト簡易舗装道路を通行している車両は4～6トン・トラックが普通で、8～10トン級の大型車両は少なく、大型車両の通行制限を行っている可能性が考えられるので確認する必要がある。

簡易砂利敷道路にはローラー転圧の形跡はなく、また道路の維持・管理に必要なモーター・グレーダーやブルドーザーは見掛けられない。

各種道路とも側溝は一応掘削されているが、これと交差する道路に排水管が埋設されていないところが多く、雨季には砂利敷道路が泥寧化することが予想される。

3.2.3 用水ダム

雷州半島には主として灌漑に用いる用水ダムが数多く存在し、そのうち東里地区に近いものには新寮島の西方約40kmに大規模な龍門水庫（ダム）がある。

龍門ダムへの流入河川としては2つあり、それぞれ小規模な水庫を1～2有している。流域面積は約140km²であり、年間降雨量を約1,500mmとし、その約70%が地下水も含めて流出すると仮定した場合の龍門ダムへの年間流入量は1億5,000万m³程度と想定される。

龍門ダムの湛水面積は約10km²であり、利用水深を10mと仮定すると、周辺地域から見て水源の利用可能水量は約数千万m³オーダーと推定される。

3.2.4 電力・送電関係

1) 東里半島及び新寮島の現状

雷州半島には湛江発電所（石炭火力発電所？、能力不明なるも現在給電余力ありとのこと）以外には大型発電所はなく、雷州半島全域の配電網は湛江発電所をセンターとして構成されており、湛江発電所と広東発電所等との間には配電ネットワークができており電力供給の交互調整を行っている。

東里半島（東里鎮まで）及び外羅鎮への給電は35kvの高圧架空線で行われているが、新寮島には現在のところ独立した照明用の小型ディーゼル発電所があるにすぎない。

将来、鉞山開発に伴う電力供給を現在の電力網からの買電で賄うことを希望する場合には、湛江電力局にその旨申請する必要がある。

2) 将来計画

湛江市周辺及び雷州半島全体の将来の電力供給を考慮し、現在湛江市に600MWの石炭火力発電所を建設中（1993年完成予定？）で、湛江～海康間を220kv、さらに海康～徐聞間を110kvで送電線を計画中である。

3.2.5 港 湾

東里地区の港としては、東里半島西部の三吉港及び新寮島への交通の基点である外羅鎮の外羅港がある。両港とも現在主に漁港として使用されているが、外羅港の方が利用度が高い。三吉港は500トン程度、外羅港には200トン程度の船が接岸可能といわれている。

3.3 調査した施設の概要

調査した施設の中から東里半島の重砂採掘現場と外羅精選工場の概要を以下に記す。

3.3.1 東里半島の重砂採掘現場（広東省海康縣東里鎮近郊）

1) 概要

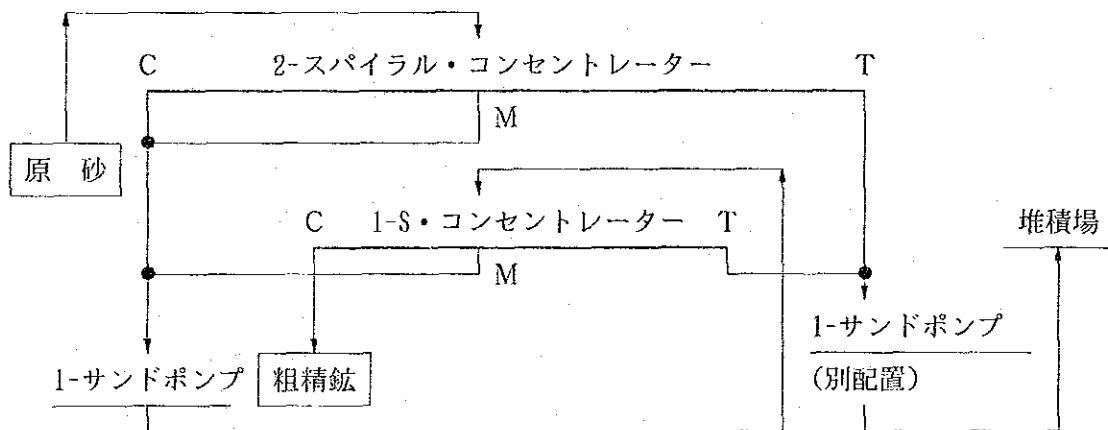
資源開発協力基礎調査のボーリングによって重砂鉱床の賦存が確認されている一部の地域では既に重砂の採掘・粗選事業が始められており、今回の調査でも東里公社近郊の道路沿僅か1km程の間に3箇所の採掘場が認められたが、恐らく半島全域では現在すでに相当な数の採掘場が存在しているものと思われる。

2) 操業の概況

見学した採掘場の話を経合すると以下のようである。

採掘開始時期 ; 約3年前	原砂品位 ; $TiO_2 > 1.0\%$
1日当り採掘量 ; 150~200トン	精鉱品位 ; $TiO_2 \ 30\sim 35\%$
粗選精鉱販売先 ; 電白精選工場	用水供給 ; 地下湧水及び廃砂堆積場の オーバーフロー
1日の作業時間 ; 8時間	動力供給 ; 自家発電, ジーゼル E.
就労者数 ; 20~25名	

採掘は人工湖に浮かべたドラム缶を利用したポントゥーン1隻に搭載したサクションプンプ2台で行っており、粗選はスパイラル・コンセントレーター3台、サンドポンプ1台を備えた簡単な構造の粗選ユニット5基を湖畔の地上に分散配置して行っている。粗選尾鉱はサンドポンプで自然分離嵩上式の廃砂堆積場に送っている（堆積高さ約15m）。粗選ユニットの設備フローは次のとおり。



3.3.2 外羅精選工場（広東省徐聞縣外羅鎮）

1) 概要

中国側では、現在この地域に稼働中の湛江、水東（電白）、外羅の3箇所の精選工場のうちから適当な工場を選び、これを改造・増強して本プロジェクトの精選業務に協力させることを考え

ている。

当工場は鉍床地域に近く、また外羅港に近接し（道路距離約 1.0km）かつ周辺の道路事情も良いなど海陸交通に便利であること、さらに工場敷地は広く（160,000㎡という）その半分以上が遊休地して残されていること、地下水が豊富らしいこと等に当工場利用の優位性があるように思われる。

2) 生産の現況

当工場には特定の重砂鉍山はなく、粗精鉍は全て農民などが極く小規模に生産したものを買上げて操業しており、買鉍単価は粗選鉍品位、買鉍時の市況・プロセスコストによって買鉍の都度個別に決めており、また年間の買鉍量及び産出精選精鉍量とも常に変動している。

最近1年の年間生産実績は概略は次のとおりである。

買粗精鉍量 (t) 20,000	産出精鉍量 (t) 合計 14,000
粗精鉍品位 (%)	精鉍別品位 (%)
Ilmenite TiO ₂ 31	Ilmenite精鉍 TiO ₂ 51~52
Rutile TiO ₂ 微量	Rutile精鉍 TiO ₂ 87
Zircon ZrO ₂ 11	Zircon精鉍 ZrO ₂ 63~65
Monazite TREO 微量	Monazite精鉍 TREO 58

3) 操業状況

建屋内機械設備はいずれも旧式かつ老朽化しているように見受けられ建屋も暗い。したがって将来工場をそのまま利用することは難しく、利用するには大幅な機械電気設備類の更新・増強が必要である。むしろ工場敷地内に別に新しい精選工場を建設した方が良いと考えられる。

主要設備は比重選鉍機（スパイラル・コンセントレーター、テーブル）、磁力選鉍機、静電選鉍機、浮遊選鉍機で構成され、産出精選精鉍は全て30kg袋詰で出荷されている。

モナザイト精鉍からのThO₂抽出は行っていない。

電力：電力公司より買電、買電単価 0.4元/kWh。

用水：地下水をポンプで揚水（揚水管 2本、管径 125mmφ、揚水量合計72~80㎡/hr、地下水位-13~-16m）用水繰返し率約70%。

人員：160名（1日当り3交替24時間操業）。

3.4 分野別技術的見解

東里地区の現地調査においては、陸上部、潮間帯浅海及び浅海底部に賦存する重砂鉍床の採掘方法、粗選方法及び採掘・粗選に伴う環境への影響等を中心に技術的検討を行った。調査の結果まとめられた日本側の分野別技術的見解は以下のとおりである。

3.4.1 採掘

1) 東里半島陸上部

周辺の状況より地下水量が豊富と推定されるので、ドレッジャーでの採掘が可能と推定される。以下、採掘の具体的手法及び問題点等について記す。

(1) 伐開作業

防砂林等の立木は先ずチェーン・ソウで地面すれすれより伐採、除去する。草木根はブルドーザーで起こし除去する。また、ブルドーザー2台を使用してチェーンにて立木を引き倒し、倒木・木根をチェーン・ソウで切断し処理する方法もある。

(2) 剝土作業

地表部分も重鉋物を含有しているが、採掘跡地の原状回復のため、有機物を含む表土は地表よりおよそ30cmブルドーザーで除去し仮置きしておき、採掘跡地の埋め戻し完了後この表土を均一にその表面に分配する。

(3) 採掘作業

採掘規模は鉋床の広がり、鉋床層厚より400～500トン/時間程度が適当と考えられ、粘土層・固結層等の挟みも無いのでサクシオンカッター方式で十分である。

乾季に地下水が不足する場合は海水の利用も可能だが、この場合には予め機械設備の防錆対策が必要。

ドレッジャーの固定・移動は、鉋床の下盤が粘土層であるため後部の2本のスパッドと前部の2台のウインチによる方式が適当である。

操業管理は送泥管途中に設置される濃度・流量計と粗選ポンプに設ける貯鉋槽のレベル計とで行う。

(4) 稼働時間

稼働形態は1日三方・24時間稼働とし、年間300日稼働を原則とする。

(5) 検討課題

ドレッジャーを使用する場合の重要な要素の一つである採掘深度は、人工湖水面レベルの設定に左右されるので、人工湖水面レベル決定に際しては、地下水レベルを十分測定し地下水レベルと鉋床の賦存深度との関係を考慮して慎重に検討せねばならない。

2) 新寮島陸上部

新寮島陸上部の鉋床は東里半島より高品位だが鉋体層厚が薄いためサクシオンカッター方式のドレッシングは適さない。したがって、乾・湿両方式の併用が適当である。

(1) 伐開作業・剝土作業・稼働時間

東里半島と同様。

(2) 採掘作業（乾・湿両方式の併用の場合の手順）

① 適当な場所にピットを掘削、ここにサクシオンポンプをセットし、ブルドーザーで原砂を

当該ピットに流し込み、ポンプで吸い揚げる。

- ② ブルドーザー掘削が地下水の湧水で困難になった後は、水力モニターで原砂を押し流しピットに流し込む。
- ③ ピット～水力モニター間の距離が長くなったら、原砂の流れを良くするため途中で水力モニターを追加する。
- ④ この方式は、ブルドーザーの移動距離の制約、水力採掘された原砂の安息角等の問題から、小規模な切羽を複数箇所稼働させ所要の生産量を得るよう計画する。
- ⑤ 人工湖方式とは異なり採掘と埋め戻しを同時平行的には行えないので、採掘と埋め戻しの場所を1テンポずらす。

3) 潮間帯部（新寮島北部及び北東部）

潮間帯の大部分は剝土・伐開作業は不要である。採掘方式は新寮島とほぼ同じ方式とし干潮時のみ採掘可能であるが、サクショポンプの設置については以下の点に留意する必要がある。

- ① ポンプは潮間帯の一番海側に設置し、満潮時にも冠水しないよう架台の上に据えつける。
- ② 満潮時に潮流で運ばれて来る砂で採掘中の切羽が一部埋まるのを最小限にするため、1切羽の採掘時間をできるだけ少なくする。そのためポンプの容量を大きくし、採掘幅を狭くする。
- ③ 台風のような高波時にはポンプ、架台を容易に撤去できる構造にしておく。

4) 浅海底部（新寮島北東部沖合）

浅海底を採掘する場合、海洋汚濁問題が出てくるが、ここでは採掘の技術的問題のみについて述べる。

採掘対象地区は外洋であり波浪が高いので、バケットライン型のドレッジャーと粗選設備を備えた安定の良い大型ポントゥーンが必要である。

波浪でポントゥーンが傾斜すると比重選鉤が困難になり、またポントゥーンの冠水・転覆の可能性もでてくる。したがって、ポントゥーンが5度傾斜したら操業中止、8度傾斜したら防波堤のある港湾へ避難するような措置を取らなければならない。

浅海底を採掘する場合、上記のようなダウン・タイム（予定外の休止時間）が大きく、年間稼働率は50%を下回るものと予想されるので、これを補うため大型ドレッジャー（1,500～2,000トン/時間）及び大型タグボートが必要となり、設備投資額は相当大きくなる。

粗選尾鉤は採掘跡へ投棄すると環境への影響が大きく、また陸地へ輸送するのも費用がかさむ。因って、海洋汚染に対する補償費と尾鉤輸送費との比較で処理方法を検討せざるを得ない。

なお、本採掘方式は現時点でのアイデアにすぎず、浅海底部の採掘が本格化した場合には、経済上・環境上・技術上の各方面から慎重に検討する必要がある。

3.4.2 粗 選

1) 粗選プロセス

粗選ユニットはそりに乗せたスキッド・マウント方式とし、ブルドーザー等で牽引可能な移動式とする。

現在、豪州をはじめ多くの国々で採用されている砂鉱床産の重砂の粗選プロセスは比重選鉱法で、使用する比重選鉱機械もスパイラル・コンセントレーター（重砂鉱物品位 < 5 % の低品位用、5 ~ 25 % の中品位用及び > 10 ~ 80 % の高品位用の 3 機種がある）、あるいはコーン・セパレーター（処理能力は大きいが選別効率はスパイラル・コンセントレーターに比べて劣る）の 2 種類が用いられている。

今回調査した南山海、南港、烏場及び東里半島（小規模採掘場）の粗選設備はいずれもスパイラル・コンセントレーターで構成されており、農民達の極小規模の採掘ですら全てこれを使用している（ただ烏場のみ粗選用に中国製コーン・セパレーターを使用していたが、選別効率は非常に悪い）。また、現在選鉱試験を行っている広州有色金属研究院でも粗選テストには実用型のスパイラル・コンセントレーターを使用しており、実用型と試験用のコーン・セパレーターもあるが使っていない。

以上の事実から、近い将来新しい画期的な比重選鉱機械が開発されない限り、本プロジェクトの粗選設備はスパイラル・コンセントレーターを主体として構成されるべきものとする。

なお、粗選の段階で湿式じりよく選鉱法によってイルメナイトと磁鉄鉱を選別分離する手法が豪州の鉱山などで用いられているので、本方式の採用も検討に値しよう。

2) 粗選上の問題点

① 本鉱床産原砂は、重砂鉱物の含有量が少なく、かつ原砂及び含有重砂鉱物の粒度が非常に細かい。このことから粗選精鉱を効果的に採取することは非常に難しいと考える。

広州金属研究院で粗選試験結果を中間的にまとめてみたという情報を整理すると、粗選給鉱品位（原鉱品位）；イルメナイト、ルチル、ジルコン、モナザイト、ゼノタイムの基本 5 鉱物合計 0.627 %、粗精鉱品位；基本 5 鉱物合計 10.45 %、採取率；基本 5 鉱物の平均 92.0 % となっており、採取率は非常に高いが、粗精鉱品位は極端に低い結果になっている。このような低品位粗精鉱から 2 次選鉱（精選）試験でどのような結果が出るのか待たれるところであるが、常識的にみて粗精鉱品位が低すぎる。

今回の調査で訪問した全ての粗選場の産出粗精鉱の 5 鉱物合計品位は約 30 %、農民達から粗精鉱を買っている外羅精選工場の受入買鉱ですら基本 5 鉱物の合計品位は 30 % 程度ある。

② 原砂をスパイラル・コンセントレーターに給鉱する前に、原砂中に混入する異物（礫、貝殻、樹木の枝・根など）を如何にして完全かつ効率的に除去するかが重要なポイントである。特に陸上鉱床採掘の場合、樹木・草木等の伐採・抜根を完全に行うことは不可能に高く、処理できなかったものの一部あるいは相当部分が色々な形・サイズで粗選場に原砂とともに送られて来るも

のと予想されるので、これの除去方法とそのため機械設備の選定には十分な配慮が必要である。

3.4.3 環 境

現地調査した結果及び中国側との討論から得た中国の環境保護方針の概要をもとに、東里地区の重砂鉞床採掘に伴う環境への影響予測評価を以下のとおり行った。

1) 開発に伴う環境への影響－評価と対策

(1) 東里半島

① 影響の要因

開発対象地域はほとんど陸域に限定されること、及び湿式採掘が考えられることから、採掘が周辺環境に及ぼす影響要因としては以下の項目が考えられる。

- ・半島の面積のうち1/4～1/2程度が掘削されるため住民、家屋及び一部の公共施設の移転が必要となり、また半島を南北に縦貫している幹線道路も使用不能になる。
- ・田、畑及び関連する用水路が使用不能になる。
- ・開発対象地域内の樹木伐採が必要になる。
- ・採掘深度が半島の中央部及び南西部では海面下10m程度に達するため、地下水脈の変化が予想され、特に半島南西部では海水が混入する可能性がある。
- ・採掘対象域の西側に存在するエビ養殖池に対しては、直接的な影響は及びないと考えられるが、間接的には堆積粗選尾鉞からの粉じん飛散の可能性はある。

② 影響の評価と対策

①項の前段3項目については、事前に半島における土地利用、経済活動、漁港利用状況等について詳細な調査を行い、対策費の算定基礎を十分に把握するとともに、採掘規模・方法と工事期間とを組合せて必要な対策費の算出が可能となるようなデータ整備が必要である。しかし、これらは中国における環境保護の範疇からは外される可能性も考えられ、この場合には環境影響予測評価及び対策の対象項目は以下のようなものが中心となる。

・地下水に対する予測評価

採掘を開始する数年前から、採掘対象域及びその周辺で観測用の井戸を数カ所設けて地下推移を連続測定し、降雨量などの気象条件と組み合わせて地下水盆の構造や帯水層の実態を把握する。また、現状における地下水の利用状況を把握する。

さらに、揚水試験、土質試験、水質試験などの結果を総合的にとりまとめ、採掘の位置・方法・規模などを勘案して地層の収縮量を予測・評価する。そして採掘期間中に地下水の枯渇あるいは地盤沈下の現象が生じないことを確認するため、観測井で水位観測を行うとともに代表点で水準測量を定期的実施する必要がある。

・海水の侵入に対する予測評価と対策

半島南西部の採掘深度が海面より低くなる区域では当然海水の侵入が予想されるが、こ

れを防ぐためには海域と採掘域の間に土質的に海水の浸入防止が可能なだけの幅をもった残壁を残してその背後に採掘域を設けるか、あるいは防水壁の設置が必要になるものと予想される。

・養殖池への粉じん飛散に対する対策

飛散防止のため、粗選尾鉤堆積場には常に淡水にて散水を行う必要があり、また堆積場をできるだけ養殖池から離れた場所に設置するよう配慮する必要がある。

(2) 新寮島及び周辺海域

① 影響の要因

島及び周辺海域における採掘は、陸上部においては乾式・湿式両方式の併用、潮間帯部では干潮時のみのブルドーザーによる採掘と陸上部における粗選、また沖合浅海底海域においては大型ポントゥーンを使用したバケットライン型のドレッジャーによる採掘・粗選方式が考えられている。

このような採掘方式及び粗選方式に基づき、環境への影響要因を以下のように考える。

- ・島の面積が約 $1/4 \sim 1/2$ 程度が掘削されるため、住民、家屋の過半数及び公共施設の一部が移転を必要とする。
- ・田、畑、一部の養殖池及び関連する水路、幹線道路の一部が使用不能となる。
- ・開発対象地域内の樹木伐採が必要となる。
- ・島陸上部における採掘深度は東里半島に比較して浅いため、地下水の変化や海水の混入は東里半島の場合と比較してあまり深く考慮する必要はなさそうである。
- ・潮間帯部における採掘は地形的にみて遠浅であり、ブルドーザーが運行可能な場所で採掘する限りでは海水に対する濁りの影響は僅かであろう。
- ・陸上部及び潮間帯部における粗選尾鉤堆積場からの粉じん飛散が周辺住民、田、畑、養殖場等に影響を及ぼす可能性がある。
- ・沖合浅海底海域における採掘と粗選費鉤廃棄にともなう周辺海域への濁りの影響が予想され、特に尾鉤廃棄の影響は著しいものと判断される。
- ・潮間帯部及び沖合浅海底海域での採掘に伴い海底地形や海流が変化することが懸念されるが、この周辺海域の海底地質は殆どが細砂であること（1991-6、中国科学院南海研究所報告資料）、及び新寮島の東側（沖合に面した方向）には砂州が発達していることから、海底を採掘しても短期間に漂砂により復元される可能性が高いと類推できるため、海底地形への影響や海流の変化は殆どないものと予想される。

② 影響の評価と対策

前期①項の前段3項目について東里半島の場合と同様に実施し、沖合浅海底海域については採掘と粗選尾項廃棄にともなう周辺海域への濁りと、これに関連して周辺の漁業実態について事前に調査を実施しておく必要がある。

したがって、環境影響の予測評価と対策については以下のような項目が中心となる。

・地下水に対する予測評価と対策

東里地区と同様に実施するが、事前及び採掘中のモニタリングを実施しておく必要がある。

・周辺への粉じん飛散に対する予測評価と対策

東里地区と同様に実施する。

・沖合浅海底海底採掘に伴う予測評価

採掘及び粗選の工程では砂の性状を変化させる要因は全くないため、海水に及ぼす濁り(SS)の影響についての調査を行えば充分と判断される。したがって、採掘海域のSS濃度分布について電算機によるシミュレーション予測を行う必要がある。

2) 中国の環境保護政策について

(1) 中国における環境行政の基本方針

中華人民共和国環境保護法(1989年12月26日通達)の具体的な施行規則は現在作成中とのことであり、重砂採掘に伴う環境影響予測評価が今後どのような形でオーソライズされるか現状では判断できない。

(2) 環境影響予測評価の位置付け

鉍産物は国の所有であり、有色金属総公司等の機関が鉍産物を採取するためには事前に鉍業権を取得する必要がある。鉍業権を取得するには以下の項目を記載したフィジビリティ・リポート(F/R)を国家に申請し認可を得る必要があるが、環境影響評価の報告は其中で重要な要素を構成している。

- ① 採掘、選鉍に関する簡単な設計書と説明(事業計画)
- ② 経済的な説明(採算性、企業性について記述したもの)
- ③ 事業の実施に伴う環境影響評価の報告

このF/Rをもとに国や県が審査を行うが、内容的に不備が認められると否決権が行使される場合がある。しかし、環境への影響が国の基準を上回るために不許可になった場合でも、適切な環境保全対策を提示し、この実施により基準を達することが可能との説明がつけば許可される。

(3) 環境影響評価のための事前調査対象項目

上記F/Rの中に記載する環境影響評価の対象となる具体的な項目は、事業者の判断で決める。即ち事業計画に基づき、事業を実施した場合の周辺に及ぼす影響について国の各種標準と対比しながらその指標となる項目を抽出し、その中から実際に予測評価を行う項目を選択する。予測評価のための現地調査項目については、明確な取決めはないので、事前に事業者が当該地域の県や省にある環境保護部門と協議を行って了解を得ながら進めることが望ましい。

また、予測評価の記載内容のうち特に人間の健康に影響を及ぼす恐れがあると考えられる項目については、当局と事前に相談することが望ましい。まお、鉍物中の放射性物質もこの調査・評

価の対象になるが、いつの時期に何を対象として行うかは明確でない。

(4) 工事中のモニタリング

F/R の審査の結果鉱業権の認可が出されたあとは、基本設計→詳細設計を経て開発に移行されることになるが、工事中の環境監視については、基本設計の中に環境監視の項を設け、この項に監視項目・機構・人員・設備等を記載する必要がある。

3.4.4 法律

1) 入手関係法令の概要

今回入手した各法律等の重要性については、東里地区が将来いかなる操業形態で開発されるかにより多少の差異が生ずるものと思われるが（例えば、仮に海上における採掘を当面実施しないとすれば、海洋環境保護法及びその関係法令、環境基準等の重要性は低くなる）、現時点で重要と思われる法律の内容は概略次のとおりである。

(1) 中華人民共和国鉱産資源法（86.10.1施行）

鉱業に関する基本的な考え方を規定したもの。鉱物資源の探査・採掘の認可手続き及び罰則等が定められている（全50条）。

(2) 鉱山安全条例（82.7.1施行）

鉱山の安全確保のため、坑内、外における通気、電気、運搬、爆破、衛生等につき保安基準を設定し、罰則を設けたもの（全75条）。

(3) 中華人民共和国環境保護法（89.12.26施行）

環境保護に関する基本的姿勢を規定し、国、省、市、県各々に環境保護の監督及び管理の責務を課したうえ、環境の保護、改善、汚染防止のための措置及び罰則を定めたもの（全47条）。

(4) 中華人民共和国水質汚染防止法（84.11.1施行）

水資源を確保し、汚染を防止するため、国、省、県各々に監督及び管理の責務を課したうえ、地表水及び地下水の汚染防止措置及び罰則を定めたもの（全46条）。

(5) 中華人民共和国水質汚染防止法施行規則（89.9.1施行）

水質基準、汚染物質排出基準の制定手続き、地表水及び地下水の汚染防止のための対策、手続き等につき規定したもの（全39条）。

(6) 水質汚染物質排出許可証管理暫行辦法（88.3.1施行）

水質汚染物質等の排出の総量規制を行うため、企業に対し排出物質の種類、量等を事前に届けさせた上、排出を許可する制度を設け、罰則を定めたもの（全29条）。

(7) 中華人民共和国海洋環境保護法（83.3.1施行）

海洋（海岸を含む）環境を保護するため、海岸における建設工事、洋上での石油開発、陸上における生産活動等、船舶の油類の処理及び各種廃棄物の海洋投棄に伴う海洋汚染の防止対策及び罰則を規定したもの（全48条）。

- (8) 中華人民共和國海岸における建設工事による海洋環境の汚染損害防止管理条例（90. 8. 1施行）

海洋環境保護法に基づき、海岸及びその隣接地域に於ける工場、諸施設の建設、操業（海浜鉱山を含む）、利用等による環境汚染を防止するため、汚染物質の排出を禁止・制限し、また、環境影響調査の実施、同報告書の内容等につき規定し、罰則を設けたもの（全34条）。

- (9) 中華人民共和國陸上の汚染物質による海洋環境の汚染損害防止管理条例（90. 8. 1施行）

海洋環境保護法に基づき、陸地における諸活動を汚染源とする海洋汚染を防止するため、汚染物質の排出を禁止・制限し、罰則を規定したもの（全37条）。

- (10) 土地復墾規定（89. 1. 1施行）

生産活動に伴い形状が改変された土地の現状回復または補償等の義務について定め、業務不履行者に対する罰則を規定したもの（全26条）。

- (11) 基本建設工事環境保護管理辦法（81. 5. 11頒發）

大、中、小規模建設計画策定時における環境影響調査につき規定したもの（全13条及び附件）。

- (12) 建設工事環境保護設計規定（87. 3. 20執行）

各設計段階における環境影響調査につき規定すると共に、各設計書に織り込むべき廃ガス、粉塵、廃水、廃滓による汚染の防止策等につき規定したもの（全71条）。

- (13) 中華人民共和國国家環境基準

環境保護法、大気污染防治法、水污染防治法、海洋環境保護法等に基づき定められた環境基準である。各々汚染原因物質等を列挙し、それらの許容基準値及び検出方法を定めたもの。

入手した基準のうち重要と思われるものは次のとおりである。

- | | |
|------------------|---------------|
| ① 汚水総合排出基準 | (89. 1. 1実施) |
| ② 漁業水質基準 | () 実施) |
| ③ 海水水質基準 | (82. 8. 1実施) |
| ④ 地面水環境基準 | (88. 6. 1実施) |
| ⑤ 生活飲用水衛生基準 | (86. 10. 1実施) |
| ⑥ 農地灌漑水質基準 | (85. 10. 1実施) |
| ⑦ 非鉄金属鉱業汚染物質排出基準 | (85. 8. 1実施) |

- 2) 開発に至る法的手続き

本項では F/S から建設・操業にいたるまでの各段階における法的手続き等について記す。

- (1) F/S 段階

- ① 環境影響報告書の作成

F/S を実施する際は、環境影響調査の実が義務付けられており、報告書を作成の上、監督官庁の審査を受ける承認を得ることとなっている。。

報告書の基本的内容は基本建設工事環境保護管理辦法に附属している大中型基本建設工事

環境影響報告書提要及び建設工事環境保護設計規定に列挙されているが、各事業体はそれらの調査項目から該当項目を選択して調査を実施し、環境保護措置を決定の上記載することとなっている。

本報告書は下記(2)項の鉱業権の取得申請と同時に提出することとなっているが、実際には鉱山の開発計画等の審査に先立ってまずこちらの審査が行われるため、その審査結果が鉱業権の認可に大きな影響を及ぼす可能性がある（調査内容の否決権は国、省、県の環境保護担当部門がそれぞれ持っているとのこと）。

② 鉱業権の取得申請

鉱業権の申請は F/S終了後、基本設計に入る前の段階で行うことになっているが、申請書には探鉱報告書を添付するとともに、鉱区範囲、鉱山開発設計（採掘案）、生産技術条件、保管措置及び環境保護措置について記載する必要がある（鉱産資源法）。

なお、鉱山を大・中・小に分け、大は中央政府、中は省政府、小は県政府が各々申請を受理し審査するシステムになっている。但し、中・小鉱山であっても国民経済に与える影響が大きいと判断される場合は、中央政府による審査が必要となる。なお、東里プロジェクトは第8次5ヵ年計画に組込まれており、大鉱山の範疇に入ることであった。

(2) 設計（基本、詳細）段階

各段階に応じて環境保護に関する諸事項につき調査検討の上、各設計書に記載することとなっている。記載すべき主要事項として、排出する主要汚染物質の種類、量、濃度及び排出方法、汚染防止措置等が建設工事環境保護設計規定に列挙されている。

(3) 建設・操業段階

① 汚染物質排出許可証の取得

建設工事及び操業時に汚染物質を排出する際には、工事または操業開始前にそれぞれ排出物の種類、量、濃度等を監督官庁に申告し汚染物質排出許可証を取得する必要がある。

汚染物質を排出する企業には、汚染物質排出料の納付義務が課せられる他、環境基準値を越えて排出した場合は、汚染物質排出基準超科料が併せて賦課されることとなっている（水質汚染防止法他）。

② 環境状況の観測

建設及び操業期間中、建設地域及び周辺を継続的に観測する必要がある。（水質汚染防止法他）。

③ 採掘跡の原状回復

採掘跡は採掘した物が原則として原状を回復しなければならない。採掘・選鉱用地として農地等を借り上げる場合、採掘後の原状回復が不可能な場合には、それぞれ補償をしなければならない。補償の可否、金額等の決定は所在地の各人民政府の土地管理担当部門が窓口となる（土地復墾規定）。

第Ⅲ部 結論及び提言

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章 結 論

本年度は、広東南西部沿岸地域において、陽江・湛江及び東里地区の地質調査（起源岩調査補充試験）を行い、また、東里地区でボーリング調査ならびに同地区重砂鉍床の採掘に関わる検討調査を実施した。さらに現地採取試料について各種室内試験を行った。これらの調査試験によって以下のような結論が得られた。

1.1 地質調査（起源岩調査補充試験）

本地域の重砂鉍床中の重鉍物のうち、これまで後背地の基盤岩類の中に起源岩を特定することの出来なかったルチルにつきその起源を追求すること、及び起源岩に含まれていた鉍物が風化過程において破壊されたとき、その重鉍物構成元素がラテライト性土壤中においてどのような挙動をするかを解明することの2課題に関して、本年度は鉍床原砂及びラテライト性土壤を採取して解析した。その結果は次のとおりである。

(1) ルチルの起源

本地域の重砂鉍床中のチタン鉍物試料の化学成分分析の結果、イルメナイト($\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$)の $\text{Fe}^\#$ が酸化されて $\text{Fe}^\#\text{III}$ に変わり、イルメナイトから白チタン石($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2$)が形成され、さらにこの中の Fe_2O_3 が赤鉄鉍として白チタン石から分離してルチル(TiO_2)が形成されている。この事実は顕微鏡観察及びE P M A分析の結果によっても確認された。

(2) ラテライト性土壤中における重鉍物構成元素の挙動

- ・基盤岩類中の重鉍物などを構成する希土類等元素は、一部の代表元素に関して試算した限りでは、風化に際しラテライト性土壤中に含まれる粘土層中に大部分は濃集し、逆にラテライト性土壤中の重鉍物に保有されている量はかなり限定されている。
- ・上記の濃縮度は元素により、また地点により一様ではない。
- ・ラテライト性土壤中の層準別の各元素濃縮状況をみると、特定の層準に多くの元素が濃縮していることがある。
- ・希土類元素を軽・中・重希土類に分けた解析によれば、軽希土類はラテライト性土壤中を移動して特定の部位に集積する傾向をもっているとみられる。
- ・ここでこれらの元素の濃集とその濃集層の粘土鉍物構成比の間にはっきりとした相関は認められなかったが、軽希土類元素はカオリナイト構成比の小さい層準に濃集する傾向がみられる。

したがって、このようなラテライト性土壤が侵食、運搬されて海岸に重砂鉍床を形成したとするならば、原岩中の希土類元素のうち、このようなメカニズムにより重砂鉍床を形成するものは、

全体のうちのごく一部であり、その他のものはその運搬過程で散逸してしまっていると考えられる。

1.2 ボーリング調査

第5年次までのボーリング調査の結果、調査対象地域内の東里地区、新寮島陸上部に、延長8 km、最大幅4 km、層厚平均3.0m（最大6.5m）の規模の新寮島鉱床が認められた。本鉱床は平均品位が高く、まとまりがあり、しかも陸上部に胚胎し、本地域内では将来の開発に最も有利な条件を備えている鉱床と考えられる。しかしながら、そのボーリング調査密度は1,200m×480m格子で、高品位部の在り方、連続性などの鉱床内部構造を把握するには十分と言えなく、今後のボーリング調査は将来の開発に資するように、これら構造を確認できるような密度の高いボーリング調査を行うことが望ましい。

1.3 重砂採掘方法検討調査

東里地区の陸上部、潮間帯及び浅海底部に賦存する各重砂鉱床の採掘・粗選及びこれに伴う環境への影響等に関わる技術的検討を中心課題として現地調査を実施した。

本調査における日本側の主な技術的見解は次のとおりである。

・採掘方法

（東里半島陸上部）本地域は地下水量が豊富と推定されドレッジャー採掘が可能と考えられるが人工湖水面レベルの設定に際しては地下水レベルと鉱床の深度との関係を慎重に考慮する必要がある。

採掘規模は400～500トン/時間のサクシオンカッター方式が適当で、稼動形態は一日三方24時間とし年間300日稼動を原則とする。

（新寮島陸上部）本地域は鉱体層厚がうすくサクシオンカッター方式は不適であり、乾・湿両方式の併用が適当である。

（潮間帯部（新寮島北部及び北東部））潮間帯の大部分は剝土・伐開作業は不要である。採掘方式は新寮島とほぼ同じ方式とし干潮時のみ採掘可能である。

（浅海底部（新寮島北東部沖合））採掘対象地区は外洋であり波浪が高いため、バケットライン型のドレッジャーと粗選設備を備えた安定の良い大型ポントーンが必要である。しかしながら、波浪の影響によりダウン・タイム（予定外の休止時間）が大きいものと予想されるので、これを補うため大型ドレッジャー及び大型タグボートが必要である。

・粗選方法

粗選ユニットはそりに乗せたスキッド・マウント方式とし、ブルドーザー等で牽引可能な移動式とする。粗選設備はスパイラル・コンセントレーターを主体として構成されるべきものと考えられる。

・環境への影響

陸上での採掘の場合の家屋の移転、田・畑や関連する用水路の使用不能化、樹木の伐採、海水の浸入、エビ養殖池対策などの陸上部の環境への影響のほか浅海底海域における採掘を行った場合には尾鉱廃棄による海水汚濁の影響などが考えられ、これらに対する詳細な調査や予測評価、対策が求められる。

第 2 章 提 言

本年度の調査結果に基づく第 6 年次への提言は、次のとおりである。

2.1 ボーリング調査

本調査地域内の東里地区には、将来の開発に有利な条件を備えた新寮島鉱床が認められているが、そのボーリングでの調査密度は鉱床評価に十分な精度とは言い難い。そこで今後の調査は新寮島鉱床を対象に密度を高めたボーリング調査を行い、本鉱床の評価に資することが望ましい。

2.2 開発計画調査

最終第 6 年次には、比較的まとまりの良い高品位部が捕捉されている新寮島陸上部の鉱床（新寮島鉱床）を対象として開発計画調査（Pre F/S）を実施する。

現地調査に際しては、当該地域の土地利用状況調査、インフラ調査、最終的な鉱床賦存状況のまとめ、採掘計画立案、計算基礎データの収集等を行うほか、Pre-F/S の前提条件設定のため、埋蔵鉱量、年間採掘量、採掘方法、選鉱成績、操業条件、電力・用水供給、用地補償、労働条件、福利基準、税制上の恩典、販売基準、インフレーション指数等について日中双方間で十分討議を行い、かつこれらに関する資料・情報を収集したあと、本プロジェクトの概括的な評価と問題点の指摘・提言を行う。

文 献

文 献

- 莫柱孙ほか (1980) 南岭花岗岩地質学, 地質出版社
- Burrett, C. F. (1974) Plate tectonics and the fusion of Asia. *Earth Planet Sci. Lett* 21, 181-198.
- 中国地質科学院構造地質室, 黄汲清指導 (1979) 中国台地構造図, 新華書店, 北京
- 中国地質科学院宜昌地質磁産研究所編 (1987) 南岭地質磁産科研報告集第1輯
- 中国地質科学研究院主編 (1971) 中華人民共和国地質図集
- 中国地圖出版社 (1979) 中華人民共和国地圖集
- Dewey, J. F. and Bird, J. (1970) Mountain belts and the new global tectonics. *J. Geophys. Res.*, 75, P. 2625-2647.
- Dickinson, W. R. (1973) Reconstruction of past arc-trench system from petrotectonic assemblages in the island arcs of the western Pacific. "In the western Pacific", Coleman P. J. ed., P. 569-601. Univ. W. Australia Press, Nedlands, Australia.
- Eoin, H. Macdonald (1973) Manual of Beach Mining Practice-Exploration and Evaluation Department of Foreign Affairs.
- Fan, P. (1978) Outline of the tectonic evolution of south western China. *Tectonophys.*, 45, P. 261-267.
- Huang, T. K. (1959) New studies on the geotectonic subdivisions of eastern China and their characteristics. *Internat. Geol. Rev.*, 1, P. 73-88.
- (1978) An outline of the tectonic characteristics of China. *Eclogae Geol. Helv.*, 71, P. 611-635.
- Irving, E. (1983) Fragmentation and assembly of the continents, Middle Carboniferous to Recent. *Geophys. Surv.*, 5, P. 299~323
- 石原舜三・張安棣 (1982) 中国の地質用語, 地質調査所月報, 第33卷第3号, P. 241-249.
- 佐藤岱生 (1982) 中国の鉱物資源③-華南の花崗岩類-地質ニュース, 第340号, P. 30-45.
- 岩下光男ほか編 (1976) 浅海地質学 (海洋科学基礎講座7), 東海大学出版会
- 井内美郎 (1990) 瀬戸内海における砂質堆積物分布様式と砂の起源 (英文), 地質調査所月報 第41卷2号, P. 49-86.
- J. L. Baxter, B. Sc. (Hons) (1977?) Heavy Mineral Sand Deposits of Western Australia *Mineral Resources Bulletin* 10
- 金属鉱業事業団・資料センター (1982) 昭和57年度地質解析委員会報告書
(1983) 昭和58年度地質解析委員会報告書

- (1988) 昭和62年度地質解析委員会報告書 中国のレアメタル
- 岸本文雄 (1985) 中国のバヤンオボ希土類-ニオブ-鉄鉱床, 地学雑誌94巻4号, P. 30-47.
- Klimetz, M. P. (1983) Speculations in the Mesozoic plate tectonic evolution of Eastern China. *Tectonics*, 2, P. 139-166.
- 公害資源研究所 (1985) レアメタルの精製技術に関する調査研究報告書, 通商産業省工業技術院国際協力事業団, 金属鉱業事業団 (1988~1991) : 中国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, 第1~4年次
- Kropotokin, P. N. (1972) Eurasia as a composite continent. *Trans. Am. Geophys. Inst.*, 53, 180
- Li Chunyu, Quan Wang, Xueya and Liu and Yaoqing Tang (1982) Tectonic map of Asia with its explanatory tect. Res. Inst. Geology, Chinese Academy of Geological Science, P. 49
- Lin, J., Fuller, M. and Zhang, W. (1985) Preliminary Phanerozoic polar wander paths for the North and South China Blocks *Nature*, 313, P. 444-449.
- 陸 志剛・佐藤岱生・石原舜三 (1982) 中国東部の中生代火山岩類の岩石化学とその地質学的意義, 地質調査所月報, 第33巻第8号, P. 409-415.
- 劉 洪浜 (1984) : 中国浜海砂鉄調査研究概要, 海洋地質与第三紀地質 Vol. 4, No. 2 P. 48, 89, 90
- 丸山茂徳・藤縄禎郎・酒井英男 (1984) アジアのテクトニクス, 海洋科学, 16, P. 474-485
- 丸山茂徳・酒井英男 (1986) 複合大陸塊……アジアのテクトニクス, 地団研専報 31, P. 487-518.
- Mc Elhinny, M. W. (1973) *Paleomagnetism and plate tectonics*. University Press, Cambridge, 358pp.
- Mackey, T. S. (1972) Alteration and recovery of ilmenite and rutile. *Aust. Mining Nov.*, P. 18-44.
- 都城秋穂 (1979) アジア大陸のテクトニクス概説, 岩波地球科学講座 地球科学16「世界の地質」 P. 237-261
- 中嶋輝允 (1984) 中国揚子プラットフォームの地質, 地質ニュース, 第359号, P. 42-56.
- 日本鉱山地質学会 (1988) 秋期講習会資料 (レアアース)
- 日本鉱山地質学会 (1989) 特集「レア・アース鉱物資源の地質と地球化学」*鉱山地質*, 39(2), P. 139-180
- 日本粘土学会 (1966) 粘土ハンドブック (技報堂)
- Parker, R. L. (1976) Composition of the earth's crust in *Data of Geochemistry*, 6th ed. U. S. Geol. Surv. Prof. Paper, 440-D, D-13~16.
- Peive, A. V., Perfillef, A. S., and Ruzhentsev, S. V. (1972) Problem of intracontinental

- geosynclines. 24th Int. Geol. Montreal. Sec. III,
Tectonics, 486.
- Prince of Songkla Univ, Thailand (Jan. 1991), Proceedings of International conference
on Rare Earth Minerals and Minerals for electronic uses
(P.33~42, Dr Peng Shaomei の paper)
- 阮汀, 超希涛 (1984) 広東滨海砂鋇成鋇時代の初步研究, 海洋地質与第四紀地質 Vol. 4,
No.1, P.27-36
- Sobolev, V. S. (Chief editor)(1982) Metamorphic complexes of Asia. Translated by B. A.
Brown. Pergamon Press, Oxford, 320
- 佐藤信次 (1979) 中国の地史, 岩波地球科学講座, 地球科学 16 「世界の地質」 P.301-326.
- Stocklin J. (1980) Geology of Nepal and its regional frame. J. Geol. Soc. London, 137,
P.1-34.
- スミルノフ, V. E. (1976) 新版鋇床地質学 (岸本文男訳), ラテイス社, P.541-588
- Temple, A. K. (1966) Alteration of ilmenite, Econ. Geol. Vol.61, P.695-714
- 譚起新ほか5名 (1985) 对我国滨海砂鋇的一些基本認識, 海洋地質与第四紀地質 Vol. 5, No.4,
P.41~47
- 譚起新, 孙岩主編 (1988) 中国滨海砂鋇, 科学出版社, 北京
- 山田新一 (1978) チタン鋇床とその起源, チタニウム・ジルコニウム, 第26巻3号, P.154-249
- Visher, G. S. (1969) Grain size distributions and depositional processes., J. Sedim.
Petr., Vol.39(3) P.1074-1106
- Whittington, H.B. and Hughes, C. P. (1972) Ordovician geography and faunal provinces.
Phil. Trans. R. Soc. London, 263, 235.
- Williams, A. (1972) Distribution of brachiopod assemblages in relation to Ordovician
paleogeography. In organisms and continents through time.
Sp. Papers Paleontol., 12, 241.
- 楊懷仁主編 (1987) 第四紀地質, 高等教育出版社, 北京
- Zhang, Z. M., Liou, J.G., and Coleman, R.G. (1984) An outline of plate tectonics of
China. Geol. Soc. Am. Bull., 95, P.295-312.
- Zonenshain, L. P., Kuzmin, M. I. and Kononov, M. V. (1985) Absolute reconstructions
of the Paleozoic oceans. Earth Planet Sci. Lett., 74,
P.103-116

卷 末 資 料

- 資料 1-1 変質チタン鉱物の化学構成(1), (2)
 - 資料 1-2 EPMA 研磨薄片顕微鏡写真(1)~(8)
 - 資料 1-3 EPMA 面分析 (組成像) (1)~(20)
 - 資料 1-4 EPMA 線・点分析位置図(1)~(4)
 - 資料 1-5 EPMA 線分析結果(1), (2)
 - 資料 1-6 EPMA 点分析結果一覧表(1), (2)
 - 資料 1-7 第 5 年次鉱床原砂重砂分析値
 - 資料 1-8 第 5 年次ラテライト性土壌重砂分析値(1)~(3)
 - 資料 1-9 ラテライト性土壌 X 線回折結果(1)~(5)
 - 資料 1-10 ラテライト性土壌の X 線回折結果 (粘土鉱物構成比)
 - 資料 1-11 ラテライト性土壌 (粘土分) 及び岩石の元素分析結果一覧(1), (2)
 - 資料 1-12 ラテライト性土壌 (粘土分) 及び岩石の元素分析結果 (合計希土類重量)
 - 資料 1-13 採取試料リスト及び室内試験内訳表(1)~(5)
-
- 資料 2-1 東里地区ボーリング柱状図 (1/50) 及び重砂分析結果
 - 資料 2-2 主要鉱床着鉱状況(1) (東里半島)
 - 資料 2-2 主要鉱床着鉱状況(2) (新寮島・浅海部)
 - 資料 2-3 年代測定 (^{14}C 法) 結果一覧表
 - 資料 2-4 微化石鑑定結果一覧表
 - 資料 2-5 花粉鑑定結果一覧表
 - 資料 2-6 粒度分析結果一覧表
 - 資料 2-7 分離重鉱物粒度試験結果一覧表
 - 資料 2-8 重砂多項分析結果一覧表
 - 資料 2-9 重砂全分析結果一覧表
 - 資料 2-10 重砂鉱物分析結果一覧表

資料 1 - 1 変質チタン鉱物の化学構成(1)

図中 番号	試料種類		化学分析値及びチタン, 鉄成分重量比 (%) 注 1				注 2		備考	
			TiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	合計 (TAF)	FeO / FeO + Fe ₂ O ₃	Fe (%)		
1	南	91101	I ℓ	57.0 47.23	39.3 32.56	3.7 3.12	100.0 82.91	91.3	30.5 + 2.6 33.1	
			Le	62.0 48.34	27.5 21.43	10.5 8.24	100.0 78.01	72.2	21.4 + 7.3 28.7	
			Rt	96.8 54.11	0.3 0.14	2.9 1.64	100.0 55.89	7.9	0.2 + 2.0 2.2	Zr 16.96%
2	山	91102	I ℓ	56.8 47.37	37.3 31.12	5.9 4.92	100.0 83.41	86.3	29.0 + 4.1 33.1	
			Le	63.4 48.27	23.0 17.55	13.6 10.34	100.0 76.16	62.9	17.9 + 9.5 27.4	
			Rt	91.2 31.66	2.1 0.72	6.7 2.35	100.0 34.73	23.5	1.6 + 4.7 6.3	
3	海	91103	I ℓ	55.9 47.27	37.2 31.44	6.9 5.88	100.0 84.59	84.2	28.9 + 4.8 33.7	
			Le	60.2 47.85	34.1 27.07	5.7 4.53	100.0 79.45	85.7	26.5 + 4.0 30.5	
			Rt	94.8 56.93	0.5 0.27	4.7 2.83	100.0 60.03	8.7	0.4 + 3.3 3.7	
4	床	91104	I ℓ	57.2 48.30	36.7 31.02	6.1 5.19	100.0 84.51	85.7	28.5 + 4.3 32.8	
			Le	58.1 47.24	36.0 29.31	5.9 4.80	100.0 81.35	85.9	28.0 + 4.1 32.1	
			Rt	91.3 54.85	0.4 0.26	8.3 4.96	100.0 60.07	5.0	0.3 + 5.8 6.1	Zr 5.46%
5	原	91106	I ℓ	54.6 44.67	32.9 26.91	12.5 10.22	100.0 81.8	72.5	25.8 + 8.7 34.3	
			Le	57.0 45.68	32.0 25.63	11.0 8.81	100.0 80.12	74.4	24.9 + 7.7 32.6	
			Rt	96.0 41.32	1.3 0.57	2.7 1.16	100.0 43.05	32.9	1.0 + 1.9 2.9	Zr 17.05%
6	砂	91107	I ℓ	56.0 45.94	32.5 26.64	11.5 9.42	100.0 82.00	73.9	25.3 + 8.0 33.3	
			Le	62.0 45.24	17.2 12.56	20.8 15.14	100.0 72.94	45.3	13.4 + 14.5 27.9	
			Rt	94.7 51.03	1.1 0.59	4.2 2.26	100.0 53.88	20.7	0.9 + 2.9 3.8	Zr 6.72%
7	尾	91108	I ℓ	57.2 46.28	33.1 26.82	9.7 7.86	100.0 80.96	77.3	25.7 + 6.8 32.5	
			Le	57.9 43.71	23.2 17.55	18.9 14.25	100.0 75.51	55.2	18.0 + 13.2 31.2	
			Rt	89.2 41.51	1.4 0.68	9.4 4.37	100.0 46.56	13.5	1.1 + 6.6 7.7	Zr 7.75%
8		91109	I ℓ	57.1 45.81	33.6 26.98	9.3 7.48	100.0 80.27	78.3	26.1 + 6.5 32.6	
			Le	60.6 47.12	26.5 20.61	12.9 10.02	100.0 77.75	67.3	20.6 + 9.0 29.6	
			Rt	81.0 16.93	4.0 0.82	15.0 3.14	100.0 20.89	20.7	3.1 + 10.5 13.6	

注 1 : 右下数値 ; 化学分析値
 左上数値 ; TAF = TiO₂ + FeO + Fe₂O₃ = 100%とした場合の重量比
 注 2 : 上段 ; Fe^{II} + 2Fe^{III} } (TAF = 100%)
 下段 ; Fe total

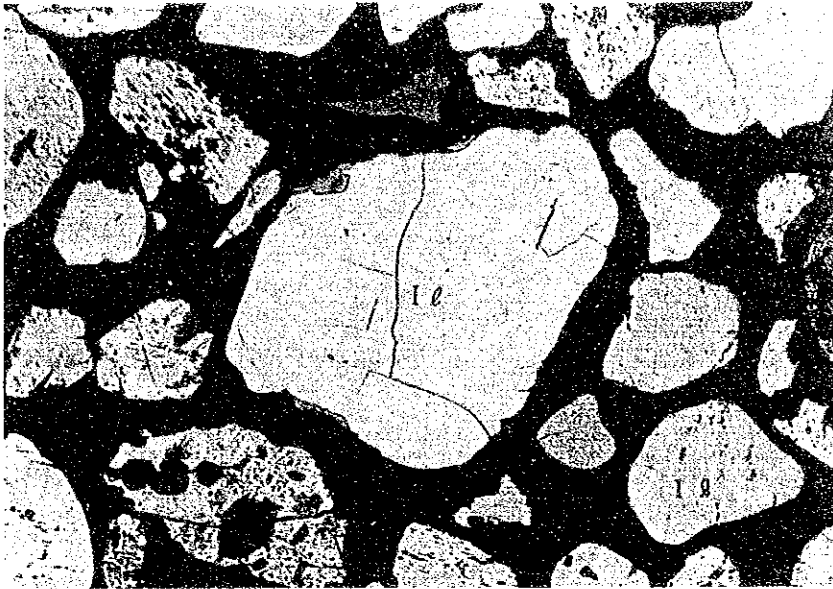
資料 1-1 変質チタン鉱物の化学構成(2)

図中番号	試料種類		化学分析値及びチタン、鉄成分重量比 (%) 注1				FeO / FeO + Fe ₂ O ₃ (%)	Fe (%) 注2	備考
			TiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	合計 (TAF)			
9	鉍床	223-12-1	I L	57.4 48.55	36.9 31.18	5.7 4.78	100.0 84.51	86.7 32.7	
			Le	58.4 46.75	26.4 21.11	15.2 12.17	100.0 80.03	63.4 31.1	
			Rt	91.5 64.44	0.1 0.09	8.4 5.90	100.0 70.43	1.5 6.0	Zr 6.28%
10	鉍床	223-12-2	I L	52.6 43.22	34.1 28.02	13.3 10.99	100.0 82.23	71.8 35.8	
			Le	59.0 45.60	29.6 22.89	11.4 8.85	100.0 77.34	72.1 31.0	
			Rt	95.9 63.34	0.4 0.30	3.7 2.44	100.0 66.08	10.9 2.9	Zr 2.47%
11	原砂	223-12-3	I L	53.3 44.03	36.0 29.72	10.7 8.81	100.0 82.56	77.1 35.5	
			Le	46.3 37.81	21.5 17.55	32.2 26.34	100.0 81.70	40.0 39.2	
			Rt	96.4 49.97	0.3 0.15	3.3 1.71	100.0 51.83	8.1 2.5	Zr 23.89%
12	鉍床	223-12-4	I L	57.2 47.41	40.1 33.18	2.7 2.26	100.0 82.85	93.6 33.1	
			Le	56.8 45.85	17.1 13.76	26.1 21.07	100.0 80.68	39.5 31.6	
			Rt	97.8 67.98	0.7 0.51	1.5 1.05	100.0 69.54	32.7 1.5	Zr 7.35%
13	後背地の南山海尾 (C)	I L	59.3 48.38	40.1 32.72	0.6 0.51	100.0 81.61	98.5 31.6	31.2 + 0.4	
			Le	60.0 45.28	34.4 25.94	5.6 4.26	100.0 75.48	85.9 30.6	26.7 + 3.9
14	ラテライトの南山海尾 (γ)	I L	56.3 49.03	39.0 33.64	4.2 3.59	100.0 86.26	90.4 33.2	30.3 + 2.9	
			Le	57.8 47.49	37.0 30.37	5.2 4.30	100.0 82.16	87.6 32.4	28.8 + 3.6
15	土壌の南光 (Ba)	I L	52.4 41.64	28.2 22.36	19.4 15.38	100.0 79.38	59.2 35.4	21.9 + 13.5	
			Le	49.5 36.18	0.9 0.63	49.6 36.26	100.0 73.07	1.7 35.4	0.7 + 34.7

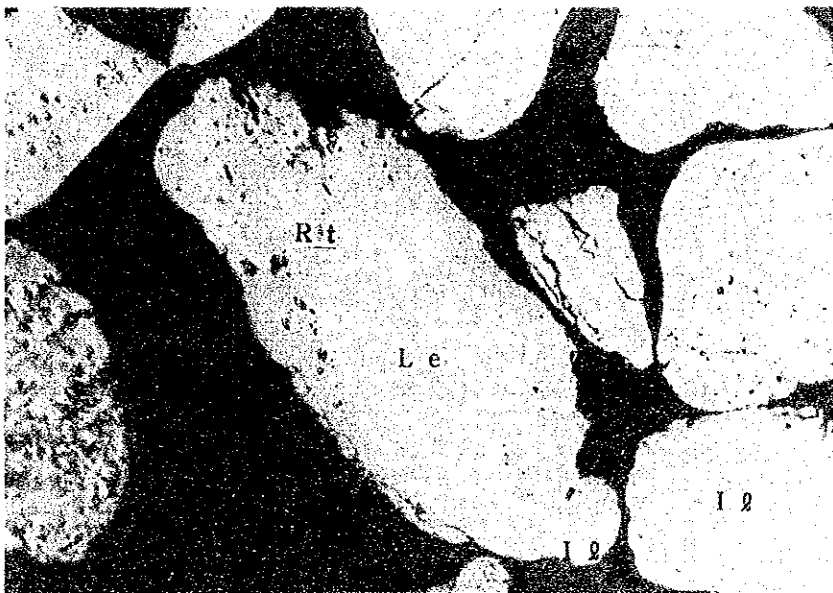
注1: 右下数値; 化学分析値

左上数値; TAF = TiO₂ + FeO + Fe₂O₃ = 100%とした場合の重量比

注2: 上段; Fe ++ + 2Fe ++ } (TAF = 100%)
下段; Fe total



FILM NO.		MEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE	沙尾鉍床		
試料番号 (A) 91109 Le (1) EPMA面分析 EPMA線分析 反射(-) 25倍			



FILM NO.		MEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE	南山海鉍床		
試料番号 (B) 91101 Le (二) EPMA面分析 透過・反射(-) 100倍			

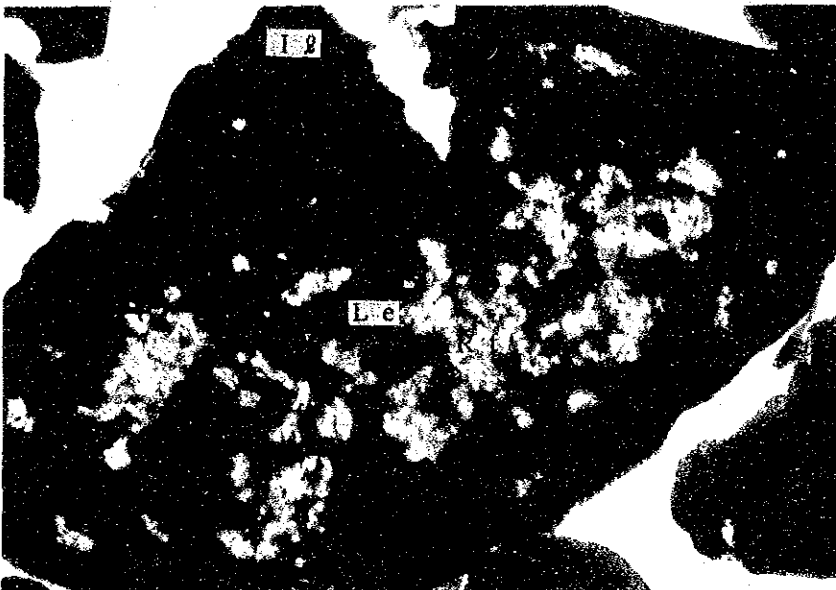


FILM NO.		MEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE	南山海鉍床		
試料番号 (B) 91101 Le (二) EPMA面分析 析 透過(-) 100倍			

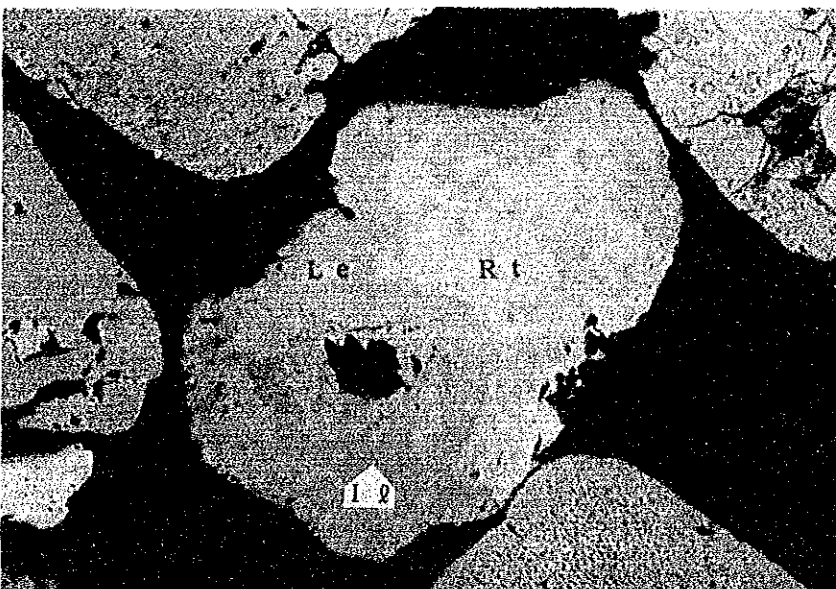
資料1-2 EPMA研磨薄片顯微鏡写真(1)
資-3



FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE	南山海鉍床		
試料番号 (C) 91102 Le (口) EPMA面分析 EPMA線分析 EPMA点分析 反射 (-) 100倍			



FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE	南山海鉍床		
試料番号 (C) 91102 Le (口) EPMA面分析 EPMA線分析 EPMA点分析 透過 (-) 100倍			



FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE	沙尾鉍床		
試料番号 (D) 91109 Le (ハ) EPMA面分析 EPMA線分析 EPMA点分析 反射 (-) 100倍			

資料1-2 EPMA研磨薄片顯微鏡写真(2)

