

東京都江戸川区 GS-ED-1 試錐コアの重鉱物組成

鈴木泰輔* 佐藤良昭**

SUZUKI, T. and SATO, Y. (1989) Heavy mineral composition of sand samples of Quaternary deposits in the drill core of GS-ED-1 borehole, Edogawa-ku, Tokyo. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 40(9), p. 509-520.

Abstract: A drilling was carried out near the mouth of the Edogawa river, which flows southeastward through the central Kanto Plain and debouches to the Tokyo Bay, to get information on the Quaternary history of the area.

Heavy mineral analyses were done on the fifty sand samples collected from the core of the borehole (hole depth 350 m).

Pyroxenes, common hornblende, and epidote constitute the greater part of the non-opaque heavy minerals. Zircon, tourmaline, garnet, olivine, andalusite, rutile, sphene, anatase, chlorite, and micas are present, but they are minor component.

Possible sources of the sediments are considered to be mostly from andesitic volcanic rocks and some (about 20%) from metamorphic rocks. Several glaucophane crystals which show replacement of relic pyroxenes and hornblende indicate the derivation from the Sanbagawa regional metamorphic rocks in the eastern part of the Kanto Mountains located 80 km to the northwest of the studied area.

1. はじめに

地質調査所では1987年, 東京都江戸川区中葛西(第1図)に深度350 mの層序試錐(GS-ED-1)を実施した。

本試錐は, 層序区分の基準・生層序・堆積環境の変遷・堆積物の供給源・地質年代及び地層の地球化学的・物理的諸特性など, 関東平野の第四紀地史解明のために行われたものである。

本論では, この試錐で得られたコア試料中の重鉱物組成を求め, その供給源などについて考察した。

2. 試料の処理方法

試料は次の方法で処理を行った。

試料→乾燥→篩分け(60メッシュ)→塩酸処理(20%液で20分煮沸)→水洗・水簸(泥分除去)→乾燥→秤量→重液分離(テトラブromエタン, 比重2.95)→重鉱物秤量→磁性鉱物選別→秤量→リゴブラックによる封入(スライド・カバーガラス)→標本

得られた重鉱物標本は, 偏光顕微鏡下で透明鉱物200-300個につき鉱物種を同定し, 各鉱物種間の百分率を求めた。

3. 重鉱物組成

3.1 重鉱物種

同定された透明重鉱物の種類は, 紫蘇輝石(図版 I-1, 3, II-2, 3, 5, III-6, IV-3, 5)・普通輝石(図版 I-4, 5, III-5, IV-2)・透輝石(図版 I-2)・普通角閃石(図版 I-3, 4, II-2, IV-5)・青緑色角閃石・玄武角閃石(図版 I-5)・かんらん石(図版 I-6)・陽起石-透明角閃石(図版 II-1, 2, 3, 4)・ジルコン(図版 I-3, II-5, IV-6)・電気石(図版 II-6)・ざくろ石(図版 III-1)・緑れん石(図版 II-6, III-2, 5, 6)・ゆうれん石(図版 III-3)・紅柱石(図版 III-4)・藍閃石(図版 III-5, 6, IV-1)・ルチル・鋭錐石・スフェーン(図版 IV-2)・緑泥石(図版 IV-3)・白雲母及び黒雲母(図版 IV-4)である(第1表)。

紫蘇輝石: 淡黄色から淡緑色もしくは無色に近い多色性を示すものが大部分を占めるが, ときには赤みがかった褐色-緑色になるものも観察される。結晶粒には火山ガラスの付いたものが多くみられ, この傾向は上半部に目立つ。とくに, No. 17(深度114.15-114.20 m)の浮石質白色火山灰層では, 本鉱物粒の殆どに火山ガラスが付いており, 一つの特徴となっている。

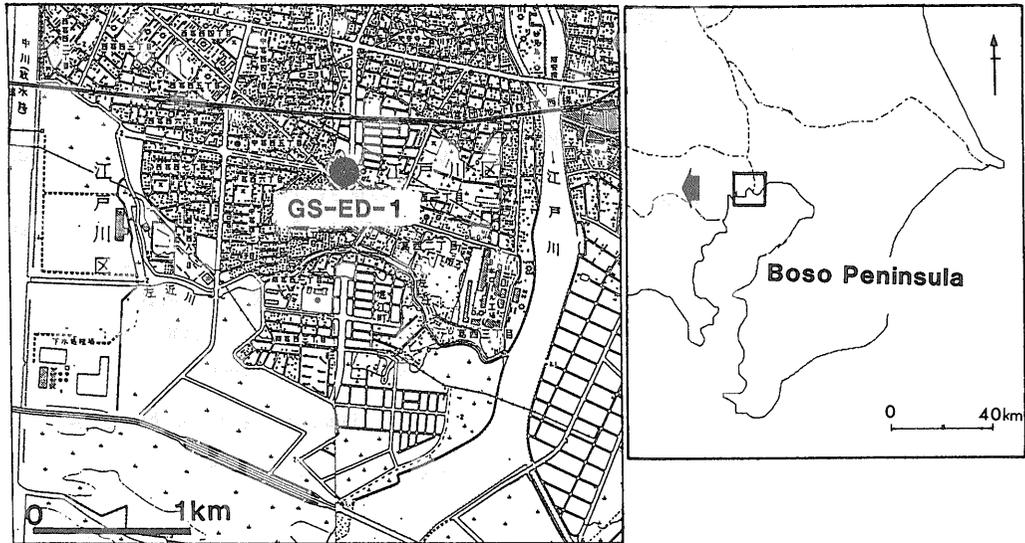
角閃石: 褐色角閃石に一括したものの中には, 少数であるが, 褐色→黒色の強い多色性を示すものを含めた。緑色角閃石は, 緑褐色から濃緑色の多色性を示すもの及

* 海洋地質部 **国際協力室(現 ㈱ダイコンサルタント)

第1表 GS-ED-1試錐コアの重鉱物組成表
Table 1 Heavy mineral composition of core samples of GS-ED-1 borehole.

試料 No.	深度 (m)	陽起石 透角閃石	角閃石			玄武 角閃石	かん らん石	普通 輝石	透輝 輝石	紫蘇 輝石	ジル コン	電気 石	ざく ろ石	緑れ ん石	ゆう れん石	紅柱 石	藍閃 石	ルチ ル石	鋭錐 石	スフ ェン	緑泥 石	白雲 母	黒雲 母	重鉱物/ 試料 (重量比)	マグ ネタイ ト (重量比)
			青緑 色	緑 色	褐 色																				
1	2.36-2.41		1	5	1	1		20	63	1	+	5	2											20.5	14.9
2	6.08-6.13	1	3	19	3	1		14	1	52	+	1	4	1						+				6.6	21.1
3	22.29-22.34		+	4	6			22	+	65	+		1											34.6	22.9
4	26.39-26.44		1	12	7	+	1	13	+	62	1	+	2	1						+				14.8	35.1
5	30.24-30.27		1	2	34			25	37	+			1									+		22.9	24.0
6	35.82-35.87	+	+	6	4			17	+	64	1	1	6	1						+		+		17.2	24.3
7	39.38-39.43		2	8	3			16	1	66			3	1										14.3	15.2
8	44.16-44.21	+	2	13	10	1		18	44	1	1	7	2									+		4.0	10.7
9	48.62-48.67			4	2	+	+	11	79			1	2							+				92.1	29.6
10	54.86-54.91	+		20	2	+		17	1	56	+	1	3	+										12.4	12.9
11	60.80-60.85		1	11	2	+		14	+	67	+	1	2	1						+				17.1	14.8
12	66.80-66.85			9	2			18	+	65			1	4	1					1				37.0	13.2
13	73.85-73.90	+	2	33	1	1		15	42	+		1	2	3										8.3	14.5
14	80.43-80.50		1	18	2			14	59	+	+	4	1							+				32.9	23.4
15	97.75-97.80	+	1	22	1	1		16	54	+	+	3	+											12.9	33.4
16	104.32-104.37	1	1	34	5	+		13	1	38	1	+	4	1				+		+				8.7	16.9
17	114.15-114.20			3	+			34	63				+											32.3	26.0
18	146.69-146.74	+	2	38	+	+		13	38	1	1	4	2							+				7.7	10.0
19	150.93-150.98	+	3	30	3	1		18	1	34	1	+	7	2						+				4.8	11.0
20	155.32-155.37	+	+	33	5	1		11	+	41	1	+	4	1						1		1		13.7	23.1
21	160.40-160.45	+	3	35	1	2		16	34	1	+	4	2							1		+		4.8	8.4
22	168.04-168.08		+	9	1	+		22	1	56	2	1	5	1			+			1				10.6	18.9
23	176.10-176.15		2	22	1	+		20	1	35	1	+	15	2					+	+				10.3	22.6
24	181.19-181.22	1	1	36	2	+		14	1	34	1	1	8	2						+				5.2	13.5
25	189.50-189.55	1	1	26	2	1		21	1	39	+		5	1				+		1				3.3	14.0
26	194.55-194.60	+	+	13	1	+		20	1	48	4	+	8	2	+		+			1				21.9	31.6
27	201.40-201.45	1	+	14	1	+		23	1	50	1	+	5	1	+					1				9.6	17.0
28	208.31-208.36	3	1	19	1	+		21	2	42	1	+	7	2			+			+	+	+		2.9	17.0
29	212.77-212.80		+	20	2	+		20	+	47	1	1	+	7	2									9.7	8.9
30	218.47-218.52		1	19	5			18	+	51	1	+	4	1						+				9.4	17.8
31	244.35-244.40	+	1	18	1	1		18	1	50	1	1	6	1						1				9.0	14.9
32	232.70-232.75	1	1	23	1	+		17	1	51	1	+	3	1						1		+		4.9	14.3
33	236.15-236.20	+	+	15	2	+		18	55	1	+	1	4	2						+				12.8	19.8
34	245.74-245.79	1	2	11	1	+		19	1	51	1	+	9	2			1			1		+		3.0	19.8
35	254.04-254.10	1	1	18	+	+		21	53	1	1	3	1					+		+				6.3	20.0
36	261.70-261.75	1	1	11	1	+		21	1	53	1	1	6	1					+	+		+		8.3	14.1
37	268.69-268.75	+	2	12	1	1		19	50	1	1	8	3							1		1		4.0	23.5
38	274.87-274.90	+	2	11	+	1		20	+	56	1	+	5	1	+					1		+		9.2	10.1
39	281.60-281.67	+	1	21	2	1		22	+	44	1	+	7	+								1		14.8	1.4
40	294.56-294.60	1	1	15	1	+		17	+	51	1	+	8	2						+	1	+	+	8.2	16.3
41	299.95-300.00	1	1	13	1	+		20	1	48	1	1	11	1			+	+		+				8.1	16.4
42	307.01-307.06	+	1	13	1	+		25	+	46	1	+	9	1					+	+	1	+		7.6	18.0
43	314.50-314.53	1	1	13	1	1		22	1	46	1	+	9	3					+		1			8.2	17.0
44	318.87-318.92	1	3	19	2	+		21	1	42	+	+	8	1				+		+		+		6.1	3.8
45	326.25-326.30	1	2	18	1	+		17	38	1	1	17	3					+	+	1		1		5.5	4.8
46	328.10-328.14	1	1	18	1	1		21	+	45	+	+	8	3					+	1		+		3.9	3.4
47	333.77-333.82	+	3	20	1	1		20	40	+	1	11	2				+	+		1		1		5.5	4.9
48	340.63-340.68	1	2	22	1	1		21	38	1	+	8	3							+		1		1.8	11.3
49	347.64-347.70	1	1	15	1	1		20	1	46	1	+	9	4				+				1		6.1	5.5
50	349.35-349.42	1	1	16	1	+		18	+	48	1	+	9	2						1	+	+		6.7	8.4

+は0.5%以下



第1図 試錐位置図

Fig. 1 Location of the drilling site.

び多色性に乏しい濃緑色のものを含めた。青緑色角閃石は、上述の角閃石と起源に差があることを考え、淡青緑色ないし淡緑色から一部無色、かつ、繊維状のものだけを識別している。

陽起石-透角閃石：針状もしくは繊維状。無色のものを透角閃石、褐色のものを陽起石としたが、鏡下で両鉱物を明瞭に区別することは難いため、本論では一括して表示してある。

ジルコン：無色のものが多いが、淡褐-ピンク色を呈するものも存在する。

電気石：淡褐色→青黒色、淡褐色→濃褐色、褐色→黒色及び灰色→濃青色など、さまざまな多色性を示す。

ざくろ石：無色及び淡褐色のものがみられる。

藍閃石：短柱状でみられるもののほかに、きわめて繊維質(ちりめん状)を呈するもの及びその中間を示す結晶がある(図版Ⅲ-5, 6, IV-1)。また、輝石や角閃石類の残晶が認められる藍閃石が3例確認された。

ルチル：赤褐色及び金黄色のものが認められた。

雲母類：白雲母には包有物が多い。黒雲母としたものには、茶-焦茶色を呈するものが多いが、淡黄緑-黄緑、稀に朱ないし赤褐色のものが含まれる。

3.2 重鉱物量

GS-ED-1 試錐コア全体を通じて、鉱物分離の際に求められた重鉱物量(全試料に対する重鉱物の重量比)をみると、明らかに上位に重鉱物の多いことが判る。すなわち、試錐最上部から深度115 m 付近までの17試料で

は、重鉱物量が20%を超えるものが半数近くを占めるが、それ以深になると、同数値を上回る層準は僅か1か所(深度194 m)認められるに過ぎず、他はいずれも15%以下である。また、上部のうちでも、とくに重鉱物量が多く目立つのはNo. 9(深度48.62-48.67 m)で、92%に達しており、他と異なった層準となっている。中-下部にかけては、下位になるに従い重鉱物量が漸減する傾向がみられる。一方、重鉱物量と堆積物の粒度(第2表)との関係を見ると、細粒砂よりも中-粗粒砂中に重鉱物が多くなる傾向にある。

本試錐試料中で、最も多量にみられる透明重鉱物は、最大97%に達する輝石類である。また、輝石類の中では、全層を通じて30%から79%を示す紫蘇輝石が圧倒的に多く、全試料の大半が50%を超えている。次いで、普通角閃石と普通輝石が多く、特殊な層準を除き両鉱物は10%台から30%台で、ほぼ同様の含有率を示す。以下、緑れん石類は数%から20%、ジルコン・ざくろ石・青緑色角閃石・陽起石-透角閃石・玄武角閃石及びスフェンなどが3%以下で、全層を通じ存在している。電気石・藍閃石及び黒雲母などは1%以下で一部の層準に見出される。かんらん石・紅柱石・ルチル・鋭錐石・緑泥石及び白雲母などは局所的に散見されるに過ぎない。

各鉱物量の垂直変化を詳細にみると、輝石類と普通角閃石(ここでは第1表の緑色+褐色角閃石量を意味する。これらと源岩に差があると考えられる青緑色角閃石は含まない)の間には、逆相関関係が認められる(第2図)。

第2表 試料の粒度と含有重鉱物量との関係
Table 2 Relation between visual grain size of samples and heavy mineral concentration. (○:heavy mineral content more than 20%)

試料番号	砂の粒度	重鉱物20%以上	試料番号	砂の粒度	重鉱物20%以上
1	細一中	○	26	中一粗(礫質)	○
2	細		27	細(礫質)	
3	細一中	○	28	細	
4	細(浮石質)		29	細(浮石質)	
5	細	○	30	細(浮石質)	
6	微細		31	細	
7	細一中		32	微細	
8	細		33	細(礫質)	
9	細一中	○	34	細	
10	細一中		35	細	
11	中		36	細(浮石質)	
12	中	○	37	細(浮石質)	
13	細		38	細(浮石質)	
14	細一中(礫質)	○	39	細(浮石質)	
15	細		40	細(浮石質)	
16	細		41	細	
17	中一細(浮石質)	○	42	細(浮石質)	
18	細		43	細	
19	細		44	細	
20	細		45	細	
21	細		46	細	
22	中一粗		47	細(礫質)	
23	中(礫質)		48	微細(浮石質)	
24	細		49	細一微細	
25	細		50	微細	

両鉱物の含有率がほぼ一定している下半部に比べ、本試錐の上半部、とくに、No. 24(深度181.19-181.22 m)以浅では、両鉱物種の含有率の変化が著しい。

一方、緑れん石類は、上半部よりも下半部で含有率が高くなる傾向がある。No. 18(深度146.69-146.74 m)以浅では、5%前後のものが多く認められるが、それ以深では、大半が10%前後あり、最高20%に達する。

電気石・紅柱石・藍閃石及び鋭錐石などは小含有率の鉱物であるが、上半部には全く認められず、下半部にのみ見出され、緑れん石同様の、下半部で含有率が増加する傾向を有している(第1表)。

4. 試錐地点周辺の地質

関東平野基盤面等高線図(垣見ほか, 1973)によれば、GS-ED-1 試錐地点付近の先第三系基盤面の深さは、

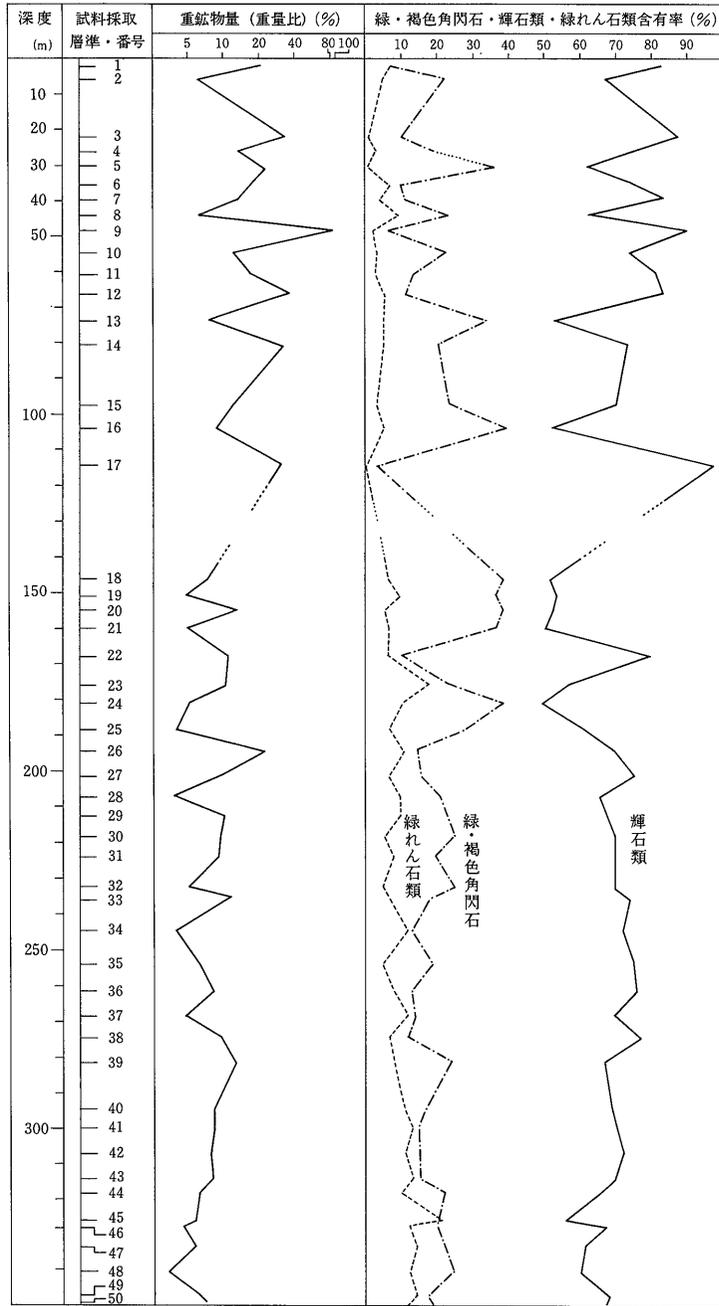
3,000-3,500 mの間にある。また、南関東ガス田鉱床の詳細な研究を行った石和田ほか(1962)及び河井(1961)らによれば、当該地域は、中新統または先上総新第三系を基盤として、上総層群及び下総層群が厚く累重し、その層厚は1,680 mに及ぶことを報じている。今回得られた試錐コアの長さは350 mであるが、これらのうち、遠藤・磯部(1988)は、深度200 mより以浅が下総層群に対比されると推定している。従って、本試錐地点には、少なくとも上総層群中-上部以上の地層が分布していると予想される。なお、GS-ED-1 試錐の層序・年代に関しては、遠藤らによって別途報告の予定である。

5. 供給源岩と若干の堆積学的考察

本試錐コア全体を通じて多量に存在する輝石類・普通角閃石は、主として安山岩質火山岩からの供給を強く反映したものである。房総半島に分布する上総・下総両層群中には、非常に多くのテフラが確認され、以前から地層対比の鍵層として使われている(三梨ほか, 1979; 徳橋・遠藤, 1984)。本試錐コア中にもしばしば軽石粒や火山灰などが認められる。

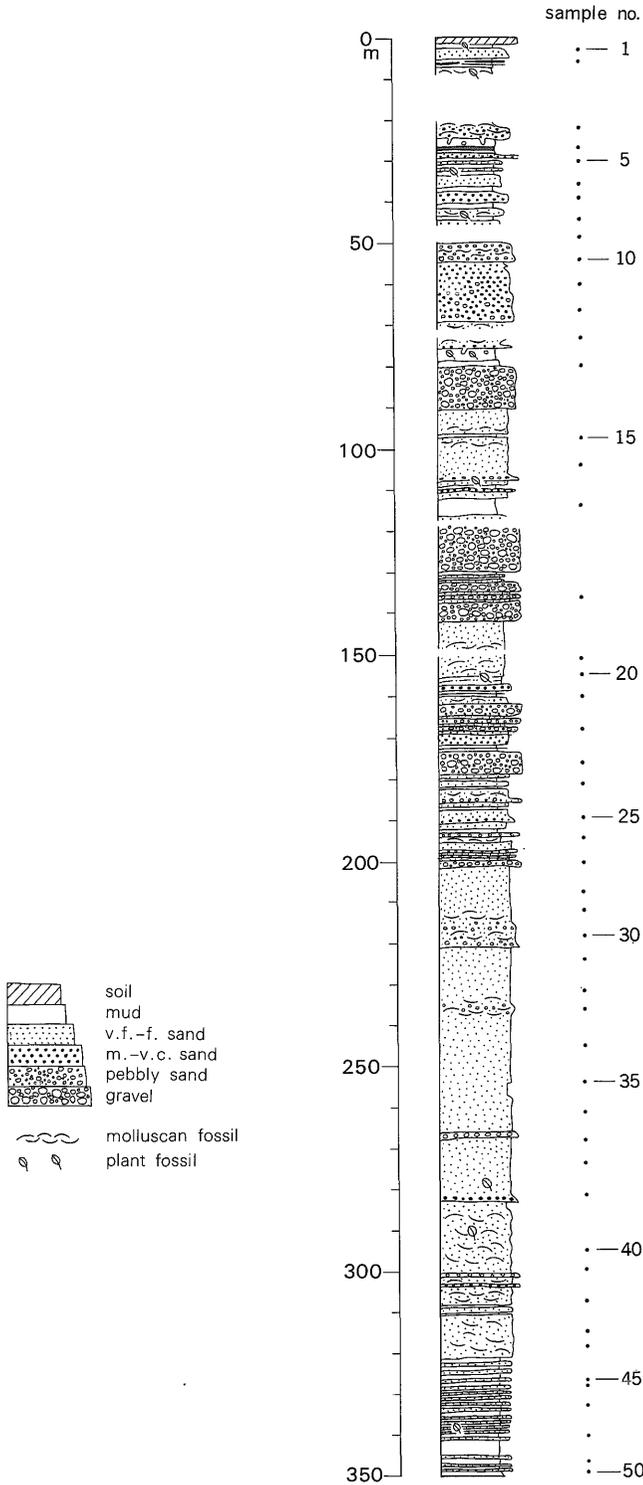
小玉(1979)は、上総層群の堆積盆地の変遷を等層厚線を用いて明確に図化した。これによれば、同盆地は、堆積の中心を移動させつつも、南に湾口部をもち、東に大きな開口部をもった堆積盆地であることを指摘している。従って、当時の陸域は、北・西及び南側に存在していたと考えられる。主な堆積物の供給は、北の古鬼怒川系・北西の古荒川系及び吉利根川系、南の古湾口部を通じて行われ、各水系が陸域に分布する火山砕屑物に富んだ土砂を多量に流入させると共に、堆積期間中に活発であった火山活動に伴う降灰物質も加わったものと考えられる。また、下総層群堆積期の古東京湾(菊地, 1980)も、沈降地域の移動に伴い、古東京湾の形態も変化するが、周辺の陸域は上総層群堆積期と大きな差は無く、前記同様の方向から火山砕屑物を主体とした土砂の供給を受けていたものと考えられる。

本試錐コアの上半部は下半部に比べ、重鉱物量の多い事実をすでに述べたが、これは堆積物中の重鉱物が一般に粗粒堆積物の分布域に濃集することと関連している(有田, 1973; 鈴木・佐藤, 1978; 鈴木・斎藤, 1987)。すなわち、第2表に示したように重鉱物が濃集されている試料(20%以上)の粒度は、微細ないし細粒砂よりも細一中粒砂か、中一粗粒砂の場合がとくに多く、深度200 m以浅の上半部に集中する。なお、上半部の分析試料は礫層に挟在する砂層部分(第3図)から採取されている例が多い。



第2図 重鉱物量, 普通角閃石・輝石類・緑れん石類含有量の垂直変化

Fig. 2 Vertical variation of heavy mineral concentration, contents of common hornblende, pyroxenes and epidote group in each sample.



第 3 图 GS-ED-1 試錐柱状图 (遠藤秀典 (環境地質部) 原图)
 Fig. 3 Geologic section of GS-ED-1 borehole (after H. ENDO)

徳橋・遠藤(1984)は、下総層群の多くの累層の最上部の中-粗粒砂層中に砂鉄質黒色葉理砂層を認めている。No. 9の異常高濃集層準(前出)も、これと似た堆積を示す地層と考えられる。恐らく、波や流れや風などによる運動エネルギーの高い堆積環境下で淘汰作用を受け、ある程度の比重選別が行われたものであろう。

重鉱物量と鉱物種との関連をみると、輝石類と関連していることが分る(第2図)。試料No. 1, 3, 7, 9, 12, 14, 17など重鉱物量が20%を超える試料はいずれも輝石類の含有率が他試料に比べて高い。輝石類のうちとくに高含有率となっている紫蘇輝石は、ずんぐりとした柱状結晶を示すものが多いのに対して、角閃石は細長くて葉片状を呈するものが多いことから、この結晶形状の差が鉱物種の運搬され易さの違いを生じたものと考えられる(鈴木, 1985; 鈴木・斎藤, 1988)。

同定した鉱物のうち、変成岩起源と考えられるものは、陽起石-透角閃石・青緑色角閃石・電気石・ざくろ石・緑れん石類・紅柱石・藍閃石及びスフェーンなどである。このうち、緑れん石類以外の含有率はきわめて低い。しかし、陽起石-透角閃石・青緑色角閃石・ざくろ石及びスフェーンなどは、試錐コアの全層を通じて見出される。また、電気石・紅柱石及び藍閃石は下半部のみ集中している。これらのことから変成岩を起源とする鉱物は、優勢な火山砕屑物を主とする堆積物中に少量ながらも絶えず供給されていたと推定される。下半部と上半部との変成岩起源の鉱物種の差は、地質・堆積条件の変化を示し、地層区分に使えるかも知れない。関東構造盆地を取り巻く関東山地には、後期古生代からジュラ紀に及ぶ三波川変成帯の分布が古くから知られている(日本の地質「関東地方」編集委員会, 1986)。TORIUMI(1975)によれば、緑色片岩中にはアクチノ閃石(陽起石)・藍閃石・緑れん石及びスフェーンが、黒色片岩中には緑れん石・ざくろ石及びスフェーンなどが存在することを報じており、関(1958)は関東山地東部の結晶片岩中に、輝石や角閃石を交代した藍閃石を認めている。本試錐コア中にみられるこれらと同種の鉱物は、古荒川系の河川によって関東山地の変成岩類から運搬されたであろうことは容易に推察できる。ごく稀にみられる紅柱石は、三波川帯には記載が無いので、あるいは、つくば変成岩が分布する古鬼怒川系の河川によってもたらされたのではなかろうか。

本試錐コアの上部は、褐色角閃石が他試料に比べ顕著である。とくに、試料No. 5(深度30.24-30.27 m)は、34%の含有率であり他に例をみない(第1表及び図版IV-5)。関東ローム層中には、角閃石に富む層準(多摩ロー

ム)があり、これと対比できる可能性がある(関東ローム研究グループ, 1965)。

さらに、試料No. 39(281.60-281.67 m)は、不透明鉱物が75%と非常に多く(図版IV-6)、透明鉱物が25%程度しかみられない特異な層準であり、一つの鍵層となるかも知れない。

かんらん石は、試料No. 4(深度26.39-26.44 m)及びNo. 9(深度48.62-48.67 m)の2層準に僅かながらみられる。本鉱物はきわめて不安定であり(佐藤, 1971)、関東ローム層以外では稀にしかみられないことを考慮すると、個体数が僅かであるが、この層準に存在することに注目したい。

6. ま と め

東京湾奥の江戸川河口付近で実施された層序試錐(GS-ED-1, 深度350 m)のコアについて重鉱物分析を行い、堆積物の鉱物組成及びそれらの起源などについて考察した。

1) 重鉱物は、火山岩起源と考えられる輝石類と普通角閃石の両鉱物種で構成鉱物の大半を占める。

緑れん石類・陽起石-透角閃石・藍閃石・電気石・ざくろ石・紅柱石及びスフェーンなどは変成岩起源であるが、緑れん石類以外はいずれも鉱物量としては僅かである。また、ジルコン・玄武角閃石及び雲母類は、普通に観察されるが、かんらん石・ルチル・鋭錐石及び緑泥石などは希少である。

2) 重鉱物は、淘汰作用によって微細-細粒砂よりも、細-中ないし粗粒砂により多く濃集している傾向が認められる。

3) 重鉱物組成からGS-ED-1試錐の堆積物を概観すると、火山性砕屑物を主体とし、これに、10-20%の変成岩を起源とする鉱物が加わったものであると結論される。

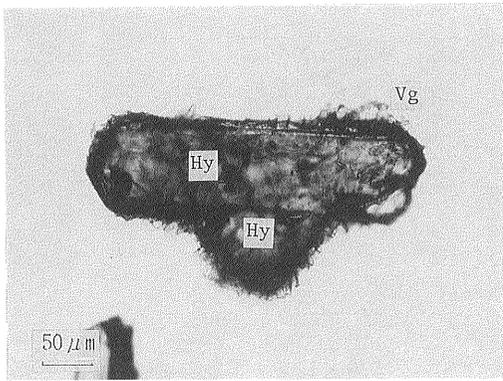
4) 主体となっている火山性起源の堆積物は、北・北西及び南側にあった陸域からそれぞれ供給された。また、変成岩起源の鉱物の一部(陽起石-透角閃石・藍閃石など)は、関東山地から、古荒川系の河川によって運搬・供給された可能性が高い。

文 献

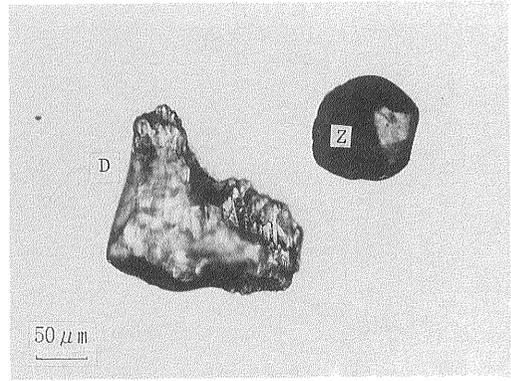
- 有田正史(1973) 乱泥流堆積物における重鉱物の研究。海洋科学, vol. 5, p. 28-33。
 遠藤秀典・磯部一洋(1988) 東京都江戸川区に掘削した深度350mのボーリング(GS-ED-1)。地調月報, vol. 39, p. 199。

- 石和田靖章・樋口 雄・菊地良樹(1962) 南関東ガス田の微化石層序. 石油技協誌, vol. 27, p. 68-77.
- 垣見俊弘・衣笠善博・木村政昭(1973) 50万分の1後期新生代地質構造図「東京」. no. 2, 地質調査所.
- 関東ローム研究グループ(1965) 関東ローム. 築地書館, 378p.
- 河井興三(1961) 南関東ガス田地帯についての鉱床地質学的研究. 石油技協誌, vol. 26, p. 212-266.
- 菊地隆男(1980) 古東京湾. アーバン・クボタ, no. 18, p. 16-21.
- 小玉喜三郎(1976) 関東地方の新生代末期の構造運動. 地団研第30回総会シンポジウム「日本列島地質構造発達史」資料集, p. 207-220.
- 三梨 昂・菊地隆男・鈴木尉元・平山次郎・中嶋輝允・岡 重文・小玉喜三郎・堀口万吉・桂島 茂・宮下美智夫・矢崎清貫・影山邦夫・奈須紀幸・加賀美英雄・本座栄一・木村政昭・楡井 久・樋口茂生・原 雄・古野邦雄・遠藤 毅・川島真一・青木 滋(1976・1979) 10万分の1東京湾とその周辺地域の地質同説明書. 特殊地質図(20), 地質調査所, 91p.
- 日本の地質「関東地方」編集委員会編(1986) 中・古生界. 日本の地質3, 共立出版, 東京, p. 1-78.
- 佐藤良昭(1971) 重鉱物研究の現状と問題点. 地調月報, vol. 22, p. 487-499.
- 関陽太郎(1958) 関東山地東部のアルカリ角閃石とその産状. 岩鉱, vol. 42, p. 128-135.
- 鈴木泰輔(1985) 石狩湾堆積物の重鉱物組成. 地調月報, vol. 36, p. 395-413.
- ・斎藤文紀(1988) 仙台湾底質の重鉱物組成と起源. 地調月報, vol. 39, p. 643-660.
- ・———(1987) 霞ヶ浦湖底堆積物の重鉱物組成と供給源. 地調月報, vol. 38, p. 139-164.
- ・佐藤良昭(1978) 佐世保炭田の一試錐コアにみられる重鉱物組成の垂直変化. 地調月報, vol. 29, p. 807-820.
- 徳橋秀一・遠藤秀典(1984) 姉崎地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 136p.
- TORIUMI, M. (1975) *Petrological study of Sambagawa metamorphic rocks the Kanto mountains, central Japan*. Univ. Tokyo Press, 99p.

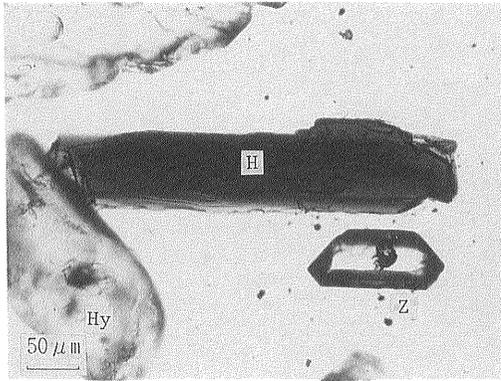
(受付: 1989年6月1日; 受理: 1989年6月17日)



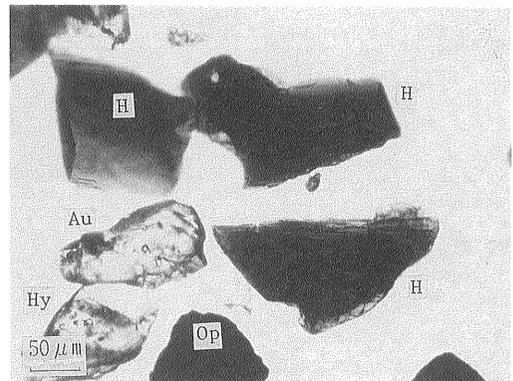
1



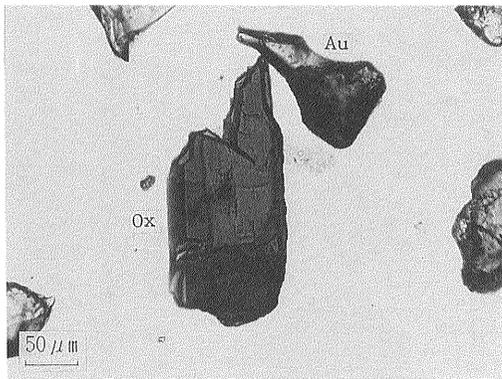
2



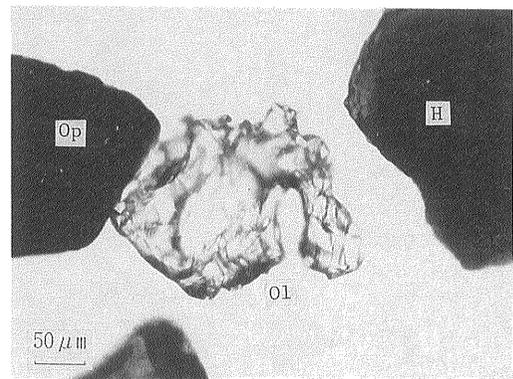
3



4



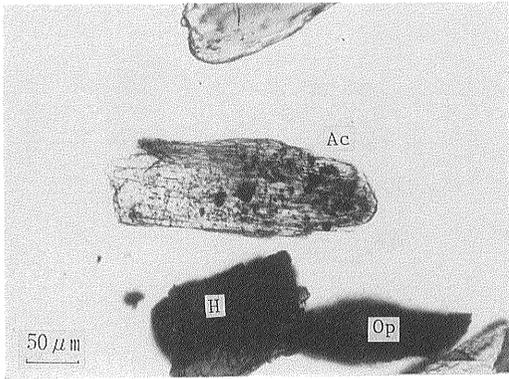
5



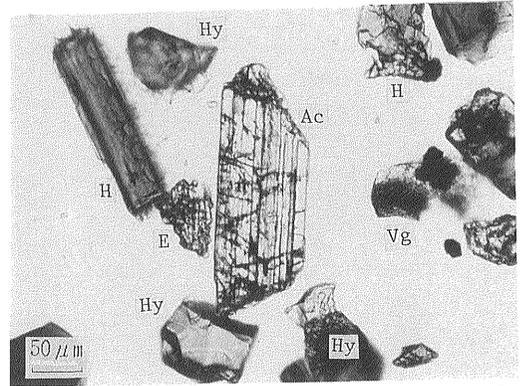
6

Hy: 紫蘇輝石 Hypersthene D: 透輝石 Diopside H: 普通角閃石 Hornblende Au: 普通輝石 Augite Ox: 玄武角閃石 Oxyhornblende Ol: かんらん石 Olivine Op: 不透明鉱物 Opaque mineral Vg: 火山ガラス Volcanic glass

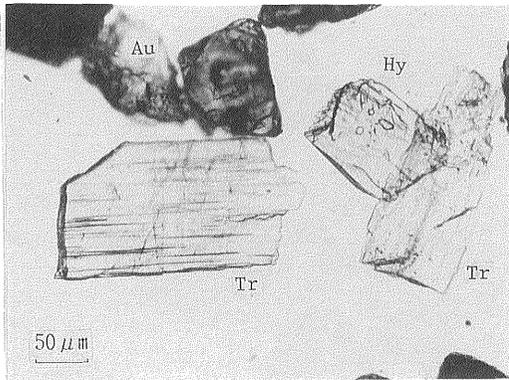
1: 試料 No. 1 2: 試料 No. 30 3: 試料 No. 35 4: 試料 No. 13 5: 試料 No. 37 6: 試料 No. 9



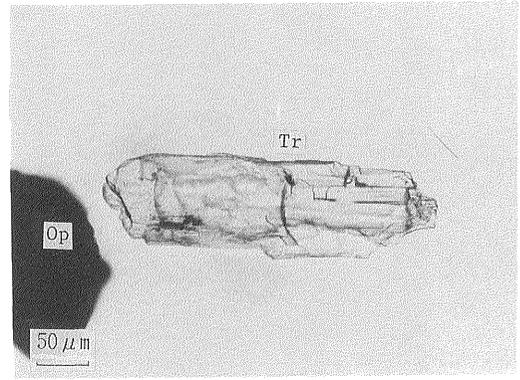
1



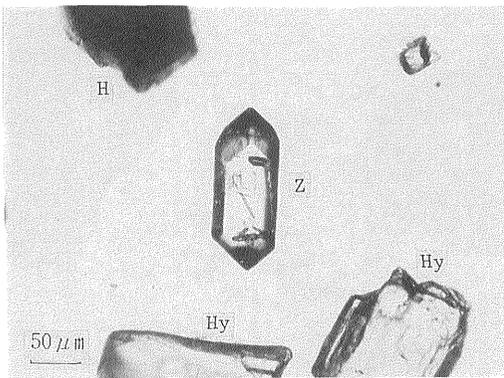
2



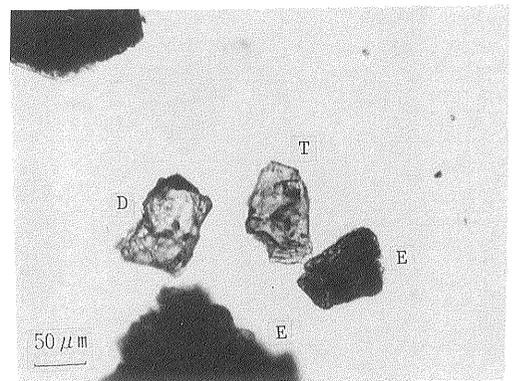
3



4



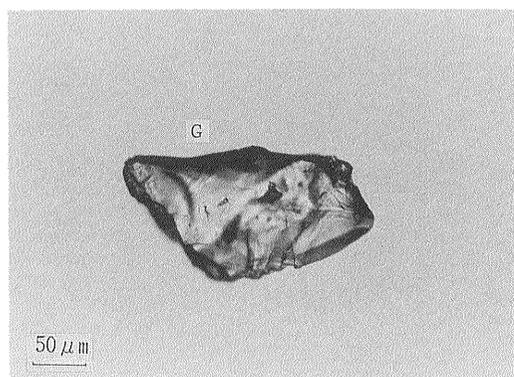
5



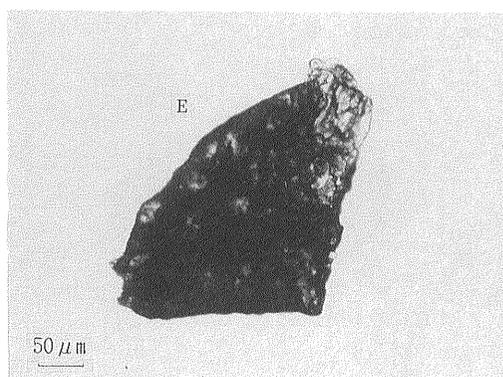
6

Ac: 陽起石 Actinolite H: 普通角閃石 Hornblende Hy: 紫蘇輝石 Hypersthene Tr: 透角閃石 Tremolite T: 電氣石 Tourmaline Z: ジルコン Zircon D: 透輝石 Diopside E: 緑れん石 Epidote Au: 普通輝石 Augite Op: 不透明鉱物 Opaque mineral Vg: 火山ガラス Volcanic glass

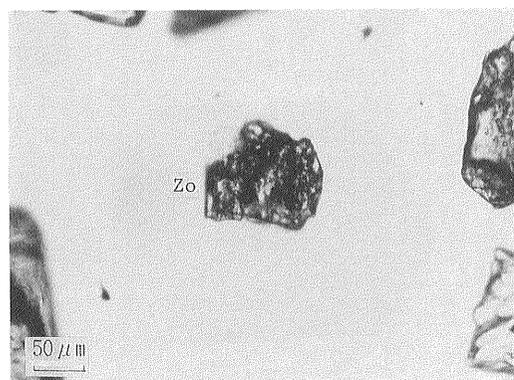
1: 試料 No. 24 2: 試料 No. 21 3: 試料 No. 45 4: 試料 No. 25 5: 試料 No. 20 6: 試料 No. 23



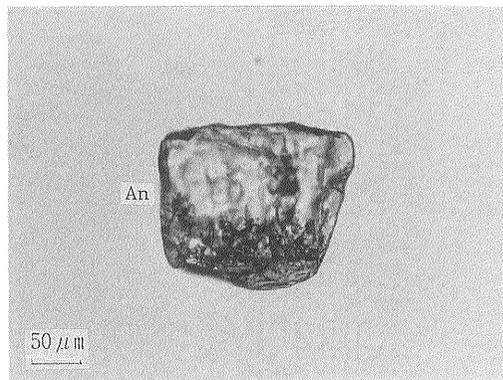
1



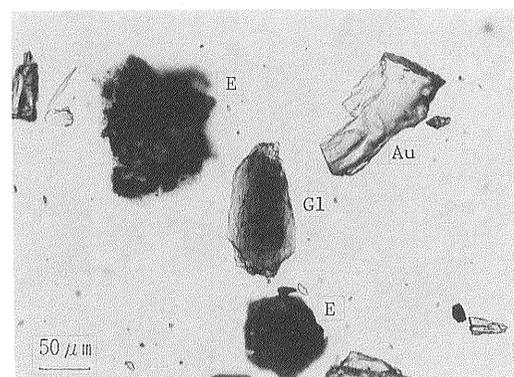
2



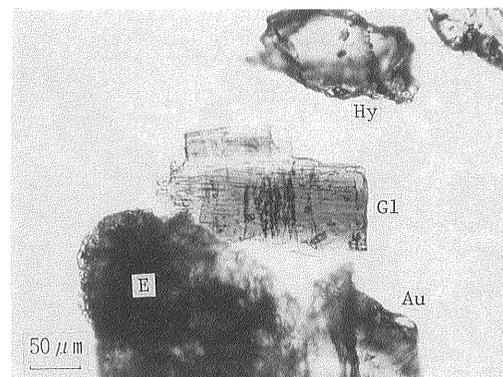
3



4



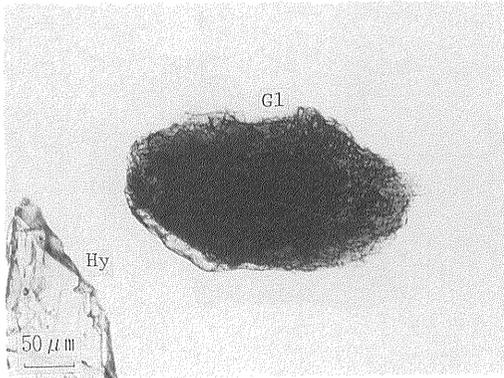
5



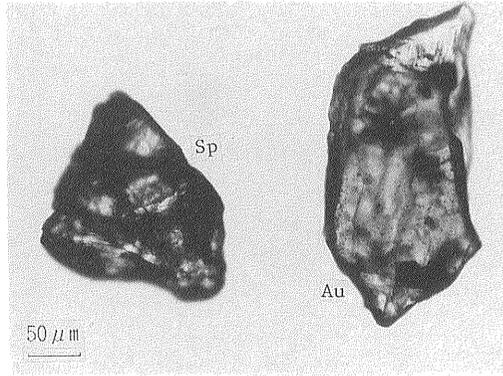
6

G: ざくろ石 Garnet E: 緑れん石 Epidote Zo: ゆうれん石 Zoisite An: 紅柱石 Andalusite Gl: 藍閃石 Glaucophane Au: 普通輝石 Augite Hy: 紫蘇輝石 Hypersthene

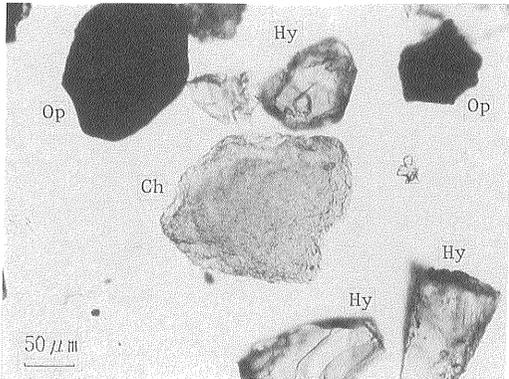
1: 試料 No. 36 2: 試料 No. 1 3: 試料 No. 15 4: 試料 No. 26 5: 試料 No. 45 6: 試料 No. 34



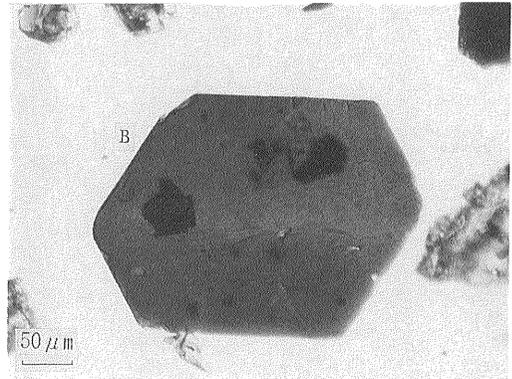
1



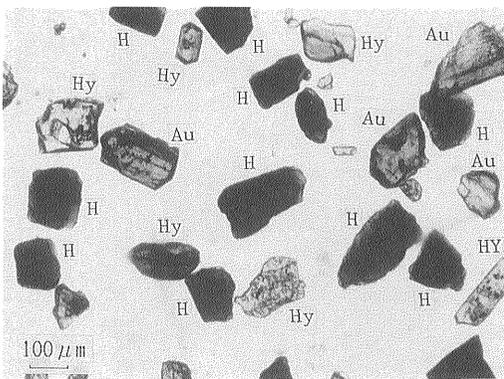
2



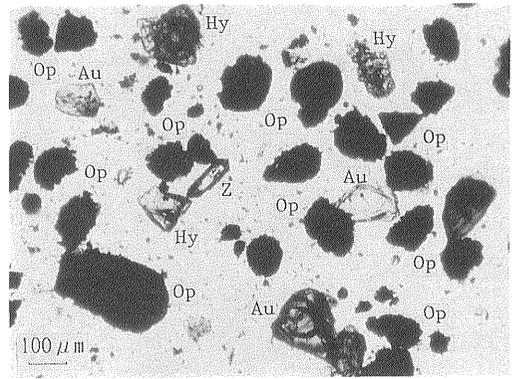
3



4



5



6

Gl: 藍閃石 Glaucophane Hy: 紫蘇輝石 Hypersthene Sp: スフェン Sphene Ch: 緑泥石 Chlorite B: 黒雲母 Biotite H: 普通角閃石 Hornblende Z: ジルコン Zircon Op: 不透明鉱物 Opaque mineral

1: 試料 No. 44 2: 試料 No. 14 3: 試料 No. 28 4: 試料 No. 45 5: 試料 No. 5 6: 試料 No. 39