

黄系の浅熱水性金鉱床に伴われる中性～弱アルカリ性の溶液による熱水変質帯上部あるいは井沢(1988)の日本の九州の浅熱水性金鉱床の熱水変質帯の下部の雲母-緑泥石帯から上部のカオリナイト-雲母帯にかけての熱水変質帯のそれと類似している。

さらに熱水変質帯中の含(金)・黄鉄鉱・褐鉄鉱-石英脈から石英4試料を採取して石英中の流体包有物の均質化温度を測定した結果, 219° ~ 237°C (平均 228°C), 218° ~ 256°C (平均 237°C), 232° ~ 259°C (平均 248°C) 及び278° ~ 284°C (平均 281°C) が得られ, 4試料全体の均質化温度218° ~ 284°CはHedenquist (1987)の環太平洋地域の火山作用に関係した熱水系に伴われる金鉱床の還元硫黄系 (low sulfidation system) に属する鉱床の石英中の流体包有物の均質化温度170° ~ 270°Cよりは酸化硫黄系 (high sulfidation system)の200° ~ 300°Cの温度範囲内に入ること或いはSillitoe (1988)の西太平洋島弧地域の金鉱床の氷長石-絹雲母型の流体包有物均質化温度133° ~ 349°Cまたは酸性硫酸塩型の120° ~ 320°Cの温度範囲内に入ることが分かった。

(2) Bt. Luminantai地域

Bt. Luminantai 周辺の石英モンソニ岩斑岩中には多数の平行節理に沿って褐鉄鉱及び局部的に石英を伴った脈状の熱水変質帯がみられる。この熱水変質脈の幅そのものは1~30cmで狭いが, Lu-2 鉱徴地では幅17m間に平行せる節理(走向EW・傾斜90°)に沿った35条の熱水変質脈, Lu-3 鉱徴地では幅40m間に平行節理(走向N60°W・傾斜90°)に沿った46条の熱水変質脈が発達しており, 両鉱徴地とも熱水変質脈群が全体としてはストックワーク状を呈している。しかし熱水変質脈間の石英モンソニ岩斑岩は熱水変質していないので塊状の熱水変質帯ではない。

Lu-2 及びLu-3 鉱徴地の熱水変質脈中の石英及び褐鉄鉱の多い部分を化学分析した結果, Lu-2-0 サンプルにはPbが2.46%, Znが0.13%, Cuが0.10%, Agが11.1g/t, Auが0.10g/t含まれていることが分かった。

次に熱水変質脈から採取した3試料(Lu-2-X, Lu-3-X, Lu-5-X)のX線回折試験の結果, これらの熱水変質脈はおもに多量の石英, 微量の緑泥石, カオリナイト, 中量~微量のカリ長石, 及び少量~微量の絹雲母からなっており, 一部(Lu-5-X)に微量の葉ろう石が含まれていることが分かった。これらの熱水変質鉱物の組み合わせはSillitoe他(1984)のフィリピンの斑岩銅鉱床の上部に伴われるSCC(絹雲母, 粘土, 緑泥石)変質帯のそれと類似している。

さらにLu-3 鉱徴地の熱水変質脈中にみられる石英・褐鉄鉱細脈から石英を採取して石英中の流体包有物の均質化温度を測定した結果, 350° ~ 417°C (平均 384°C) が得られたが, これは斑岩銅鉱床に伴われる石英脈のその温度範囲内に入ることが分かったが(長野他, 1977によるとマムート鉱床の場合300° ~ 480°C), 測定試料が1試料のみであるので断定的な事は言えない。

(3) Kg. Randagong地域

Kg. Randagong地域のS. Samalang流域にはTrusmadi Formationの砂岩と頁岩の互層(砂岩>>頁

岩)中の断層に胚胎した含褐鉄鋳石英脈の4露頭(R-1, R-2, R-3, R-5)及びR-5露頭付近の高品位輝安鋳の転石がみられる。これら4露頭でみられる褐鉄鋳は輝安鋳が酸化して生成されたものではないかと考えて、採取した含褐鉄鋳石英脈4試料(R-1-0, R-2-0, R-3-0, R-5-0-1)を化学分析した結果、アンチモンのみならず、有用金属はほとんど含まれていなかった。R-5鋳徴地の露頭付近のSamalang川の川原で採取した高品位輝安鋳の転石(R-5-0-2)にはアンチモンが23.79%含まれていた。

(4) Kg. Pingan Pingan地域

サバ州北部のMarudu湾沿いのKg. Pingan Pinganの東方直距約2kmにある旧坑(PP-2鋳徴地)では、ophiolite complexの枕状玄武岩中に胚胎したキプロス型網状~鋳染状含銅硫化鉄鋳の鋳化帯がみられる。黄鉄鋳及び微量の閃亜鉛鋳・孔雀石よりなる網状及び鋳染状鋳化帯の幅は約3mで、南北方向に延びている。

旧坑内で採取した網状及び鋳染状鋳化帯の化学分析の結果、有用金属としては亜鉛が0.62%含まれていることが分かった。

本旧坑の北方の地表ではMamut Copper Mining Sdn. Bhd. (MCM)によるトレンチング探鋳が行われたが、調査時にはトレンチが全て埋戻しされていたため、結果を確認できなかった。

Table II-1-3 List of Localities of Mineral Occurrence Investigated in Kinabalu Region

Region	Locality Name	Locality Number	Mineral Assemblage	Occurrence	Strike & Dip	Size of Orebody (in meter)	Host Rock	Alteration of Host Rock	Sample No.
Kinabalu	Lingangah	L-1*	Py·cp·bo·hm·lim+mal	boulder of massive ore	—	max. 3.0×1.3×1.3	—	—	L-1-0
"	Luminantai	Lu-2	lim·gn	stockwork	E-W·90°	L=6.0+, W=17.0	quartz monzonite porphyry	silicification, kaolinization chloritization, sericitization	Lu-2-0
"	"	Lu-3	lim·qz	stockwork	N60°W·90°	L=6.0+, W=40.0	quartz monzonite porphyry	silicification, chloritization, sericitization, kaolinization	Lu-3-0
"	Pingan Pingan	PP-2	lim·py·qz+mal	stockwork	N-S·90°	L=5.0+, W=3.0	pillow basalt	chloritization, silicification, epidotization	PP-2-0
"	Randagong	R-1	qz·lim	vein along fault	N86°W·48°N	L=2.7, W=0.05~0.14	sandstone, shale	none	R-1-0
"	"	R-2	qz+lim	vein along fault	N60°W·70°N	H=2.0+, W=2.0	sandstone, shale	none	R-2-0
"	"	R-3	qz+lim	vein along fault	N3°W·70°W	L=1.0, W=0.1~0.15	sandstone, shale	none	R-3-0
"	"	R-5	sb·qz·py	vein along fault	N14°E·70°W	L=3.0+, H=2.0, W=0.25	sandstone, shale	none	R-5-0-1
"	Tampang	T-1	qz+py·lim	stockwork	N45°W·86°N	H=2.0+, W=1.0	dacitic tuff breccia	silicification, sericitization, kaolinization, chloritization	T-1-0-1 T-1-0-2
"	"	T-3	qz+lim·py	lenticular	—	L=0.25, W=0.1	rhyolitic tuff breccia	silicification, sericitization, kaolinization, chloritization	T-3-0
"	"	T-7	py·lim	disseminated~lenticular	—	L=0.3, W=0.15	trachytic tuff breccia	silicification, sericitization, kaolinization, chloritization	T-7-0
"	"	T-10	qz+lim	vein along joint	N20°E·80°W	L=0.8, W=0.01~0.15	tuff	silicification, chloritization, sericitization, kaolinization, montmorillonitization	T-10-0

Abbreviations:

*: boulder of gossan, py: pyrite, cp: chalcopyrite, bo: bornite, hm: hematite, lim: limonite, mal: malachite, qz: quartz, sb: stibnite, gn: galena, max.: maximum, L: length, W: width, H: height, 6.0+: 6.0 and over

1-3-2 室内試験・化学分析

(1) 岩石のK-Ar年代測定(9試料)

鉞徴地及びその近くで化学分析用及び顕微鏡観察用に採取した18ヶの岩石試料のうち、Bt. Kimudu~Bt. Kamunsu 間の酸性侵入岩3試料(Km-1-D, K-1-D, Lu-1-D), Kg. Merungin西方の中性貫入岩2試料(S-1-D, Ta-2-D), ophiolite complex を構成している玄武岩2試料(M-1-D, PP-2-D)と斑れい岩1試料(Mo-1-D), 及びBt. Tampang山麓の砂岩1試料(T-4-D), 計9試料の全岩試料によるK-Ar法年代測定を行った。測定結果はTable II-1-4に示されているように、酸性~中性の侵入岩が 6.85 ± 0.17 ~ 7.47 ± 0.20 Ma(第三紀中新世後期), ophiolite complex に属する玄武岩が 17.0 ± 0.65 Ma(平均値, M-1-D, 中新世後期)と 44.9 ± 9.3 Ma(平均値, PP-2-D, 始新世中期), 斑れい岩(Mo-1-D)が 57.0 ± 11.45 Ma(平均値, 晩新世後期), Bt. Tampang山麓の砂岩(T-4-D)が 70.8 ± 2.2 Ma(平均値, 白亜紀後期)を示した。

Table II-1-4 Result of K-Ar Dating of Rock Samples in Kinabalu Region

Locality Name	Sample Number	Numbers in Laboratory	Sample Type	Potassium (K wt%)	Rad. ^{40}Ar (10^{-8}cc/g)	K-Ar Age (Ma)	Air Cont. (%)
Kamunsu	Km-1-D	SH5-208 -209	Whole Rock (Granodiorite porphyry)	2.36 ± 0.05	67.0 \pm 1.2 68.4 \pm 1.2	7.32 \pm 0.20 7.47 \pm 0.20 Avg. 7.39 \pm 0.20	39.6 38.4
Kiapako	K-1-D	SH5-210 -211	Whole Rock (Quartz diorite porphyry)	3.31 ± 0.07	88.3 \pm 1.3 88.1 \pm 1.3	6.87 \pm 0.17 6.85 \pm 0.17 Avg. 6.86 \pm 0.17	29.2 28.6
Luminantai	Lu-1-D	SH5-212 -213	Whole Rock (Quartz monzonite porphyry)	3.21 ± 0.60	90.0 \pm 1.1 89.7 \pm 1.1	7.21 \pm 0.17 7.19 \pm 0.17 Avg. 7.20 \pm 0.17	14.8 14.9
Mankadau	M-1-D	SH5-204 -223	Whole Rock (Basalt)	1.27 ± 0.04	84.1 \pm 2.1 83.3 \pm 1.4	17.1 \pm 0.7 16.9 \pm 0.6 Avg. 17.0 \pm 0.65	29.5 34.6
Morouporou	Mo-1-D	SH5-218 -219	Whole Rock (Gabbro)	0.13 ± 0.03	29.6 \pm 1.1 28.8 \pm 1.1	57.8 \pm 11.6 56.2 \pm 11.3 Avg. 57.0 \pm 11.45	65.9 66.4
Pingan Pingan	PP-2-D	SH5-220 -221	Whole Rock (Basalt)	0.07 ± 0.01	12.3 \pm 0.8 12.4 \pm 0.8	44.8 \pm 9.3 45.0 \pm 9.3 Avg. 44.9 \pm 9.3	78.9 78.7
Sasapan	S-1-D	SH5-214 -215	Whole Rock (Diorite porphyrite)	2.26 ± 0.05	65.1 \pm 0.9 64.0 \pm 0.8	7.42 \pm 0.18 7.31 \pm 0.17 Avg. 7.36 \pm 0.17	20.7 20.4
Tagap	Ta-2-D	SH5-216 -217	Whole Rock (Diorite porphyrite)	2.31 ± 0.05	66.2 \pm 2.6 66.5 \pm 2.6	7.38 \pm 0.32 7.42 \pm 0.33 Avg. 7.40 \pm 0.32	68.2 68.6
Tampang	T-4-D	SH5-224 -225	Whole Rock (Sandstone)	1.02 ± 0.03	284 \pm 3 285 \pm 3	70.6 \pm 2.2 71.0 \pm 2.2 Avg. 70.8 \pm 2.2	11.5 11.6

[The page contains extremely faint and illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the document. The text is too light to transcribe accurately.]

(2) 岩石化学分析 (18試料)

K-Ar年代測定に供したのと同じ9試料の他に, Bt. Luminantai付近の酸性侵入岩2試料, オフィオライトを構成している超塩基性岩3試料, 玄武岩1試料, Bt. Tampang 山麓の石英安山岩1試料, 流紋岩1試料, 及び粗面岩質凝灰岩1試料, 計18試料の全岩化学分析結果はTable II-1-5に示す通りである。

化学分析を行った18ヶの岩石試料のうち, オフィオライトを構成する玄武岩3試料 (M-1-R, PP-1-R, PP-2-R), Kg. Merungin 地域の閃緑玢岩2試料 (S-1-R, Ta-2-R), Bt. Tampang 山麓の流紋岩1試料 (T-3-R), 石英安山岩1試料 (T-1-R) 及び粗面岩質凝灰岩 (T-7-R), 計8試料の化学分析値を下記の各種ダイアグラム上にプロットしていろいろ検討してみた。

まず SiO_2 及び $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ を $\text{SiO}_2-\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 図上にプロットするとFig. II-1-7の如くとなり, オフィオライトの玄武岩は久野 (1968) のアルカリ玄武岩系列及び高アルカリソレイト系列, 閃緑岩玢岩は概ね高アルカリソレイト系列, Bt. Tampang 山麓の火山岩及び火山碎屑岩は高アルカリソレイト及び低アルカリソレイト系列の領域に入ることが分かった。

次に $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ (total FeOに換算), $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 及び MgO をMFA三角ダイアグラム上にプロットすると, Fig. II-1-8の如くとなり, PP-1-R (玄武岩) 及びT-7-R (粗面岩質凝灰岩) はIrvine and Barager (1971) によるソレイト系列の領域内, T-3-R (流紋岩) はソレイト系列とカルクアルカリ岩系列との境界付近に落ちたが, 残りの5試料はカルクアルカリ岩系列に属することが明らかになった。

更に $\text{SiO}_2-\text{FeO}^*/\text{MgO}$ 図 (FeO^* : $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ をtotal FeOに換算) 及び $\text{FeO}^*-\text{FeO}^*/\text{MgO}$ 図上にプロットすると, それぞれFig. II-1-9及びFig. II-1-10の如くとなり, Fig. II-1-9上ではT-3-R (流紋岩, FeO^*/MgO 値が11.30のため図外のTH領域内にプロット), T-7-R (粗面岩質凝灰岩), 及びM-1-R (玄武岩) が都城 (1974) によるソレイト系列の領域に, 残り5試料がカルクアルカリ岩系列の領域に入り, Fig. II-1-10上ではT-3-R 及びT-7-Rがソレイト系列の領域, 残り6試料がカルクアルカリ岩系列の領域に入った。

続いて $\text{TiO}_2-\text{FeO}^*/\text{MgO}$ 図 (FeO^* : $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ をtotal FeOに換算) 上にプロットすると, Fig. II-1-11の如くとなり, T-3-R及びT-7-Rは FeO^*/MgO 値がそれぞれ 11.30及び6.60のため図外にプロットされたが, 玄武岩3試料 (M-1-R, PP-1-R, PP-2-R) は島津他 (1990) のMORB (中央海嶺玄武岩) の領域に, 閃緑玢岩 (S-1-R, Ta-2-R) 及びT-1-R (石英安山岩) はIAT (島弧ソレイト) の領域にプロットされた。

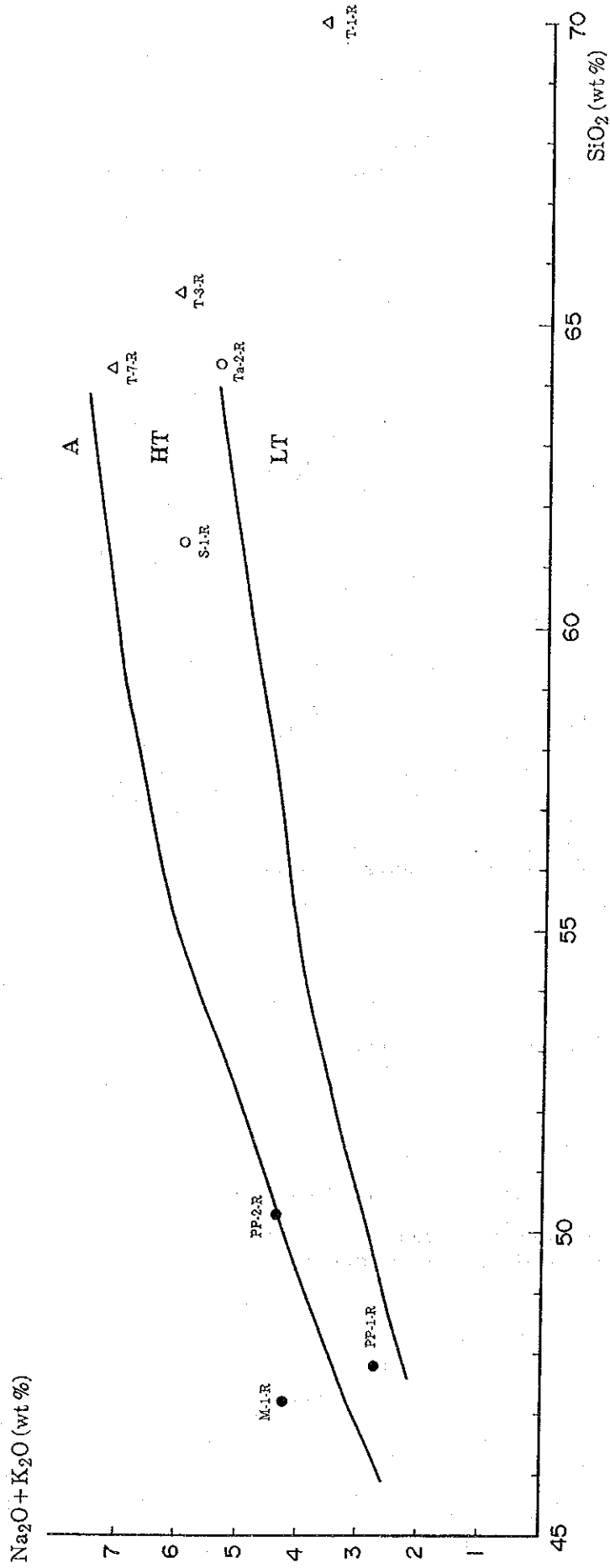
化学分析値を以上の各ダイアグラム上にプロットして検討した結果, ophiolite complex を構成する玄武岩 (M-1-R, PP-1-R, PP-2-R) は生成場所としては中央海嶺玄武岩 (MORB) に属し, 岩系としてはアルカリ玄武岩系列, ソレイト系列, カルクアルカリ岩系列のいずれに属するのかはっきりしなかった。Kg. Merungin地域の閃緑玢岩 (S-1-R, Ta-2-R

R) は生成場所としては島弧ソレイト系に属し岩系としてはカルクアルカリ岩系に属していることが明らかになった。Bl. Tampang 地域の酸性～中性の火山岩及び火山碎屑岩 (T-1-R, T-3-R, T-7-R) は生成場所としては概ね島弧ソレイト系列に属するが、岩系としては T-1-R (石英安山岩) がカルクアルカリ岩系列に、T-3-R (流紋岩) 及び T-7-R (粗面岩質凝灰岩) は高アルカリソレイト系列に属していることが分かった。

Table II-1-5 Assay Result of Rock Samples in Kinabalu Region

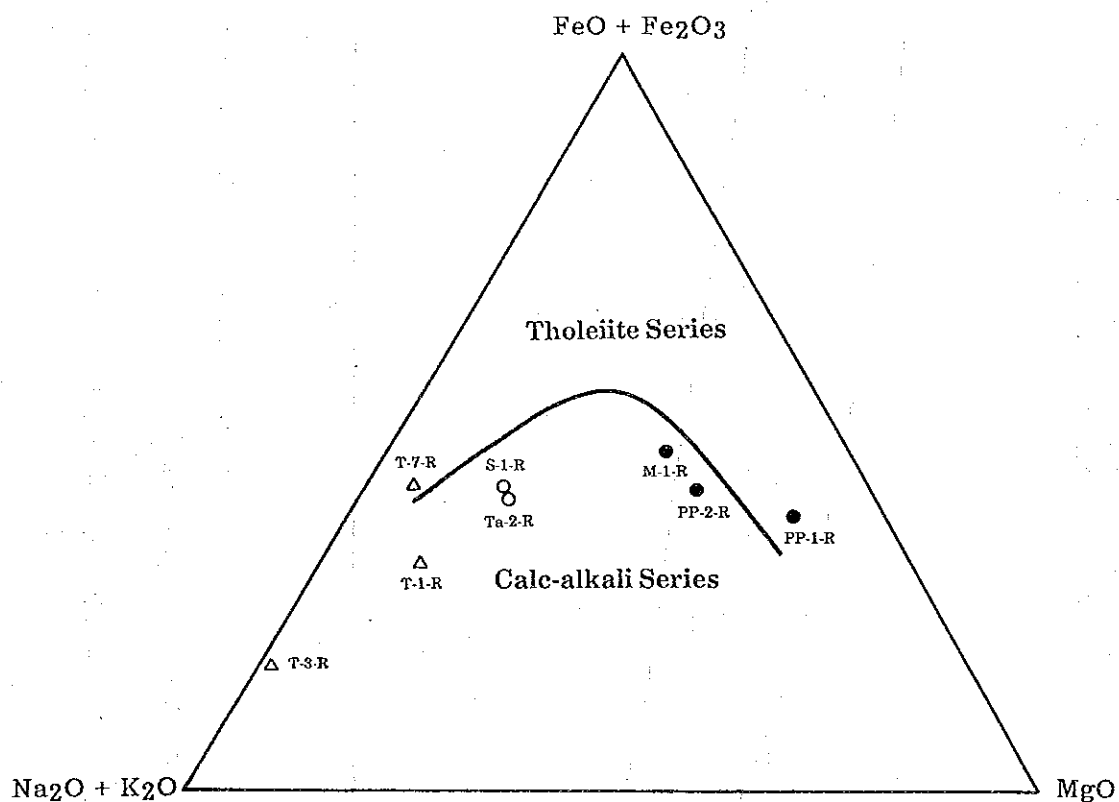
Locality	Sample Number	Rock Name	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	FeO %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	Ig-loss %	Total	Au ppb	Ag ppm	Co ppm	Cr ppm	Cu ppm	Mo ppm	Ni ppm	Pb ppm	S %	Zn ppm
B-1	B-1-R	Orthopyroxenite	41.73	0.14	3.02	5.60	3.14	0.13	36.05	3.68	0.02	<0.01	0.04	6.09	99.65	7	0.6	86	1716	13	<1	1634	101	0.234	106
Km-1	Km-1-R	Granodiorite Porphyry	66.03	0.48	15.64	0.94	3.20	0.06	1.98	4.25	2.88	2.73	0.17	1.10	99.46	<1	<0.5	11	135	21	<1	19	21	0.067	61
K-1	K-1-R	Quartz Diorite Porphyry	61.72	0.67	14.79	2.93	3.20	0.14	3.02	4.10	2.47	4.10	0.28	2.20	99.62	<1	<0.5	17	123	20	<1	18	28	0.046	76
Lu-1	Lu-1-R	Quartz Monzonite Porphyry	59.23	0.70	14.19	0.99	5.47	0.11	3.91	5.10	2.41	3.96	0.28	3.20	99.55	<1	<0.5	21	126	44	<1	19	16	0.049	52
Lu-3	Lu-3-R	Quartz Monzonite Porphyry	60.05	0.71	14.67	1.53	4.97	0.12	3.79	5.11	2.46	3.83	0.28	2.27	99.79	<1	<0.5	21	142	38	<1	18	24	0.086	63
Lu-4	Lu-4-R	Quartz Monzonite Porphyry	61.52	0.63	14.22	0.84	4.66	0.12	2.80	4.22	1.77	4.25	0.27	3.92	99.22	<1	<0.5	15	120	16	<1	12	30	0.127	59
M-1	M-1-R	Basalt	47.22	1.26	14.70	2.76	6.16	0.16	6.33	11.07	3.05	1.18	0.14	5.27	99.30	<1	<0.5	42	209	24	<1	102	7	0.072	66
M-2	M-2-R	Serpentinite	39.86	0.09	1.53	6.91	1.13	0.09	35.92	0.68	0.15	0.06	0.03	13.22	99.67	3	<0.5	78	1143	15	<1	1577	1	0.024	41
Mo-1	Mo-1-R	Gabbro	52.02	1.16	15.32	2.03	7.54	0.16	5.07	4.63	5.49	0.13	0.10	5.69	99.34	<1	<0.5	35	49	11	<1	26	8	0.067	65
PP-1	PP-1-R	Basalt	48.00	0.54	12.71	2.53	6.16	0.22	12.15	9.49	2.68	0.04	0.06	4.81	99.39	<1	<0.5	52	454	61	<1	352	5	0.579	111
PP-2	PP-2-R	Basalt	50.31	0.76	15.11	2.07	6.54	0.16	8.26	9.05	4.34	0.03	0.08	2.68	99.39	<1	<0.5	39	306	86	<1	106	8	0.173	58
P-1	P-1-R	Harzburgite	40.73	0.15	3.50	3.65	3.83	0.13	35.89	3.12	0.10	<0.01	0.03	8.37	99.51	5	<0.5	84	1715	25	<1	1520	2	0.042	50
S-1	S-1-R	Diorite Porphyrite	61.39	0.58	16.74	2.99	2.70	0.09	2.23	4.89	2.92	3.09	0.25	1.74	99.61	<1	<0.5	15	84	23	<1	24	14	0.039	50
Ta-2	Ta-2-R	Diorite Porphyrite	64.33	0.53	15.55	1.46	3.46	0.10	2.19	5.07	2.59	2.82	0.23	1.46	89.79	<1	<0.5	13	150	26	<1	18	26	0.118	62
T-1	T-1-R	Strongly Altered Dacite	69.96	0.66	15.02	1.59	0.37	<0.01	0.75	0.09	0.04	3.67	0.16	7.11	99.43	7	<0.5	12	150	82	<1	16	166	1.197	61
T-3	T-3-R	Altered Rhyolite	65.50	0.65	19.35	0.97	0.26	<0.01	0.10	0.18	0.98	5.16	0.13	6.29	99.58	<1	<0.5	8	93	13	<1	7	36	0.375	20
T-4	T-4-R	Sandstone	84.28	0.41	8.95	0.79	0.31	<0.01	0.39	0.02	0.03	1.89	0.05	2.49	99.62	2	<0.5	<1	224	6	<1	7	12	0.023	5
T-7	T-7-R	Strongly Silicified Trachytic Tuff	64.25	0.64	15.61	5.30	0.31	0.01	0.77	0.15	0.09	7.19	0.18	5.01	99.51	28	1	23	173	98	<1	26	75	3.807	31

Figure II-1-7 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ Diagram of Volcanic to Hypabyssal Rock in Kinabalu Region



● : Basalt of ophiolite complex; ○ : Diorite porphyrite in Merungin area
 Δ : Volcanic and pyroclastic rock in Bt. Tampang area
 A: Alkali basalt series; HT: High alkali tholeiite series, LT: Low alkali tholeiite series
 (after Kuno 1968)

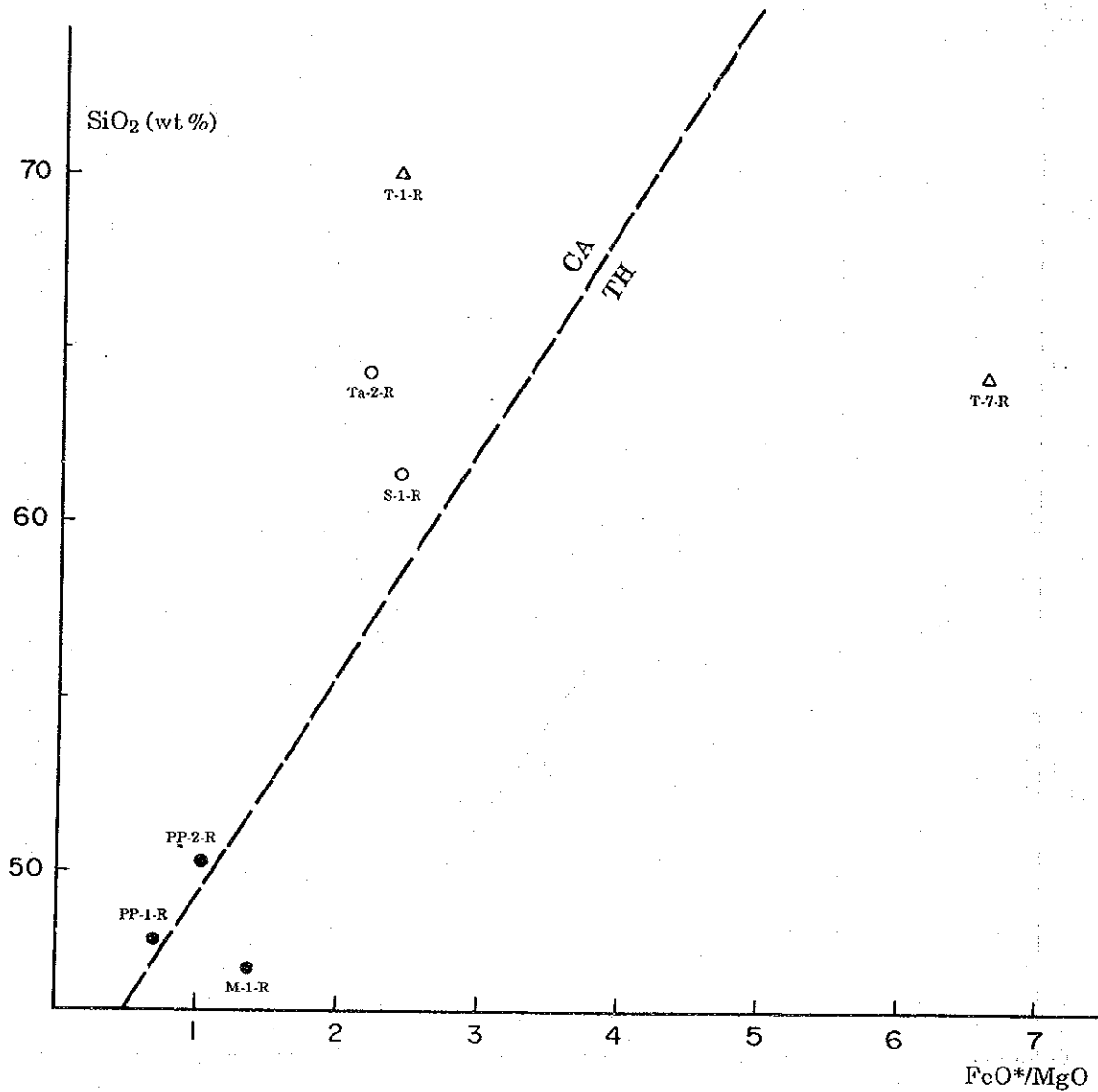
Figure II-1-8 FeO + Fe₂O₃ - Na₂O + K₂O - MgO Trigonal Diagram (MFA Diagram) of Volcanic to Hypabyssal Rock in Kinabalu Region



- : Basalt of ophiolite complex
- : Diorite porphyrite in Merungin area
- △ : Volcanic and pyroclastic rock in Bt. Kampang area

Solid line is boundary between tholeiite series and calc-alkali series after Irvine and Barager (1971)

Figure II-1-9 SiO₂ - FeO*/MgO Diagram of Volcanic to Hypabyssal Rock in Kinabalu Region



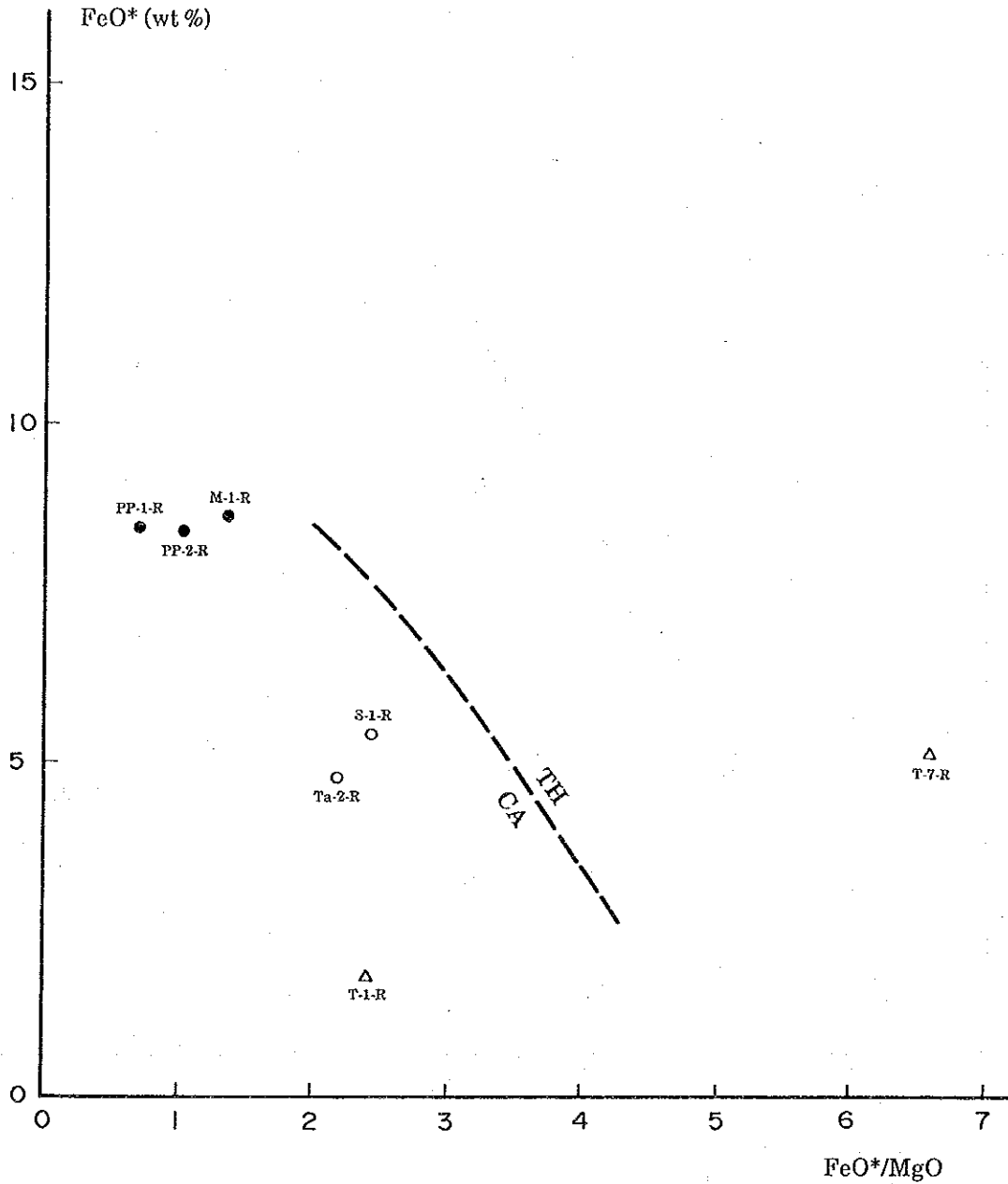
FeO*: Total Fe as FeO

● : Basalt of ophiolite complex ○ : Diorite porphyrite in Merungin area

Δ : Volcanic and pyroclastic rocks in Bt. Kampang area

TH (tholeiitic) / CA (calc-alkaline) boundary: after Miyashiro, 1974

Figure II-1-10 FeO* - FeO*/MgO Diagram of Volcanic to Hypabyssal Rock in Kinabalu Region



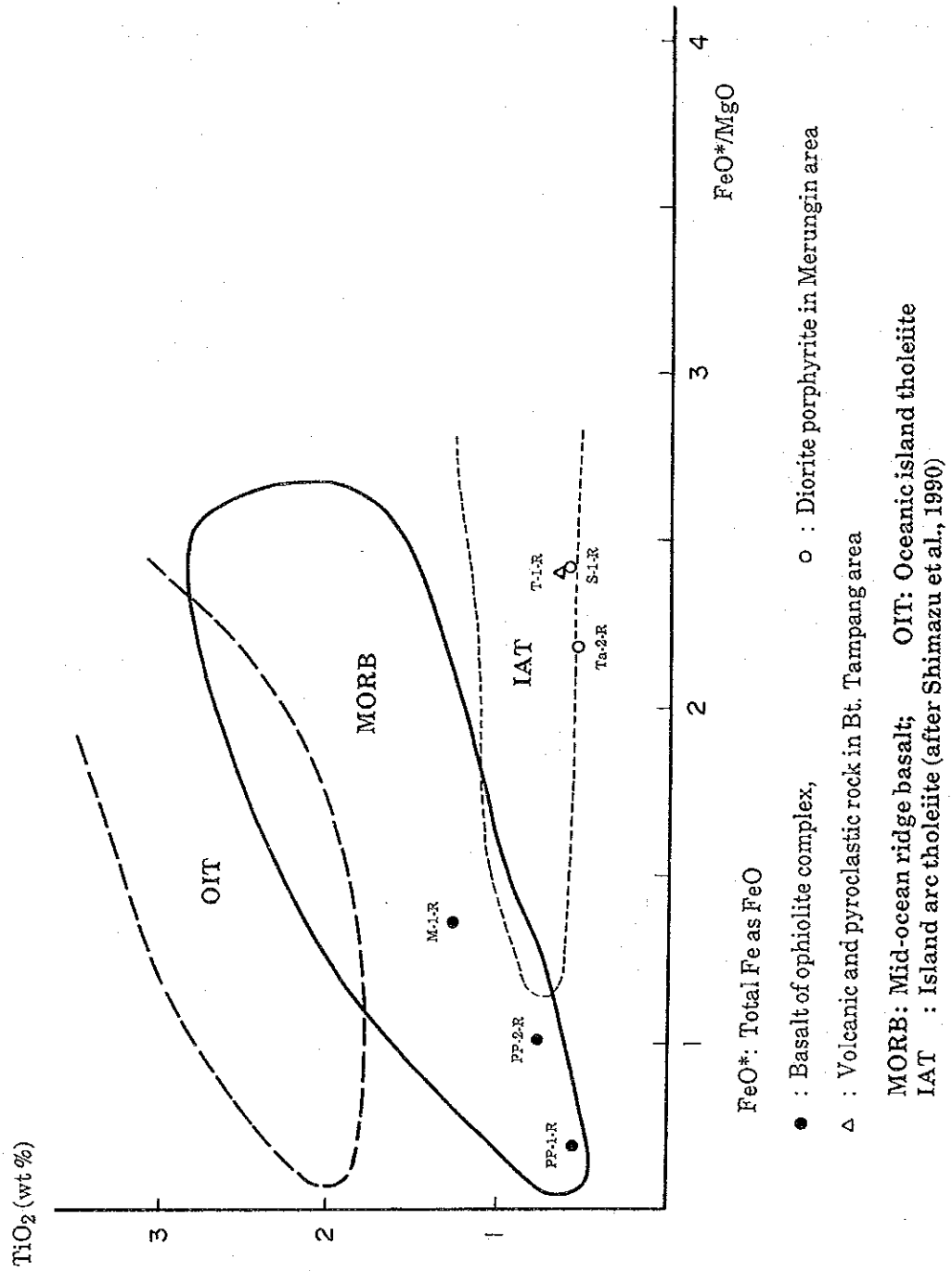
FeO*: Total Fe as FeO

● : Basalt of ophiolite complex, ○ : Diorite porphyrite in Merungin area

△ : Volcanic and pyroclastic rock in Bt. Tampang area

TH (tholeiitic) / CA (calc-alkaline) boundary: after Miyashiro, 1974

Figure II-1-11 TiO₂ - FeO*/MgO Diagram of Volcanic to Hypabyssal Rock in Kinabalu Region



(3) 岩石薄片顕微鏡観察 (18試料)

全岩化学分析に供したのと同じ18試料, すなわちBt. Kiapako~Bt. Kamunsu間の酸性侵入岩 5試料, Kg. Merungin地域の中性貫入岩 2試料, Bt. Tampang 地域の酸性~中性の火山岩, 火山碎屑岩及び堆積岩 4試料, ophiolite complex を構成する玄武岩 3試料, 斑れい岩 1試料, 及び超塩基性岩 3試料, の薄片の岩石顕微鏡観察結果はTable II-1-6に示す通りである。

(4) 鉍石試料化学分析 (14試料)

調査せる12鉍徴地で採取した14ケの鉍石試料の化学分析結果は後記1-4項のTable II-1-9に示されている。

(5) 鉍石研磨片顕微鏡観察 (7試料)

化学分析用に採取した鉍石試料の14ケのうち半分の7ケの研磨片を作成し、反射顕微鏡観察を行った。観察結果はTable II-1-7に示す通りで、Lingangah 川のキプロス型塊状含銅硫化鉍の転石 (L-1-P) は黄銅鉍、斑銅鉍、輝銅鉍、銅藍、黄鉄鉍、及び微量の閃亜鉛鉍よりなる高品位銅鉍、Kg. Randagong 地域の輝安鉍の転石 (R-5-P) は輝安鉍及び微量の黄鉄鉍よりなる輝安鉍鉍石、Bt. Tampang 山麓の熱水変質帯中の T-3鉍徴地の露頭は少量の黄銅鉍、黄鉄鉍、及び微量の閃亜鉛鉍よりなる鉍染鉍である。

Table II-1-7 Result of Microscopic Observation of Polished Sections of Ore Samples from Kinabalu Region

Locality Name	Lingangah	Pingan Pingan	Randagong	Randagong	Randagong	Tampang	Tampang
Sample Number	L-1-1	PP-2-P	R-1-P	R-2-P	R-5-P	T-1-P	T-3-P
Occurrence	High grade Cu ore	Pyrite veinlet and dissemination	Limonite (from oxidized outcrop?)	Limonite (from oxidized outcrop?)	Stibnite ore	Pyrite-quartz veinlet	Chalcopyrite-pyrite dissemination
Chalcopyrite	○	.					●
Bornite	○						
Chalcocite	○						
Covellite	○						
Sphalerite	.						.
Galena							
Pyrite	●	●			.	●	●
Magnetite							
Hematite			.	.			
Limonite (mostly goethite)			◎	◎			
Stibnite					◎		
Gangue minerals (Q: Quartz)	.	◎	○ ^q	○ ^q	○ ^q	◎ ^q	◎
Remarks					partly weathered with stibiconite		

[Notes] ◎: Abundant, ○: Common, ●: Rare, .: Trace

(6) 熱水変質岩のX線回折試験 (15試料)

Bt. Luminantaiの石英モンゾニ岩斑岩中の平行節理に沿った脈状の熱水変質帯から採取した3試料及び Bt. Tampang山麓の熱水変質を受けた酸性～中性の火山岩, 火山砕屑岩及び堆積岩から採取した12試料, 計15試料の粘土鉱物同定のためのX線回折試験結果はTable II-1-8に示す通りである。

Table II-1-8からBt. Luminantai周辺の熱水変質脈3試料 (Lu-2-X, Lu-3-X, Lu-5-X) は多量の石英, 中量～微量のカリ長石, 少量～微量の絹雲母, 微量のカオリナイト及び緑泥石からなっており, Bt. Tampang山麓の熱水変質帯 (T-1-X～T-12-X) はおもに多量の石英, 少量～微量のカオリナイト, 微量の緑泥石及び絹雲母からなっているが, 一部の試料には中量～少量のカリ長石 (T-3-X, T-6-X), 微量のスメクタイト (T-9-X, T-10-X), 黄鉄鉱 (T-3-X, T-7-X), 赤鉄鉱 (T-5-X), 及び磁鉄鉱 (T-2-X) が随伴していることが明らかになった。

Table II-1-8にみられる如く, Bt. Luminantaiの石英モンゾニ岩斑岩中の熱水変質脈及び Bt. Tampang 山麓の熱水変質帯の熱水変質鉱物組み合わせは水長石-セリサイト型 (Hayba et al., 1986; Heald et al., 1987) または還元硫黄系 (Low sulfidationsystem, Hedenquist, 1987) の浅熱水性含金石英脈に伴われる中性乃至弱アルカリ性の溶液による熱水変質帯上部或いはSillitou他 (1984) のフィリピンの斑岩銅鉱床上部に伴われるSCC (絹雲母, 粘土, 緑泥石) 変質帯のそれに類似している。

Table II-1-8 Result of X-ray Diffraction of Hydrothermally Altered Rock in Kinabalu Region

Area	Sample Number	Clay Minerals					Others				
		Kaolinite	Pyrophyllite	Sericite	Smectite	Chlorite	Quartz	K-felspar	Pyrite	Hematite	Magnetite
Luminantai	Lu-2-X	×		●		×	◎				
"	Lu-3-X	×		×		×	◎	○			
"	Lu-5-X	×	×			×	◎	×			
Tampang	T-1-X	●		×		×	◎				
"	T-2-X	●		×		×	◎				×
"	T-3-X	●		×		×	◎	●	×		
"	T-4-X	×		×		×	◎				
"	T-5-X	×		×		×	◎			×	
"	T-6-X	●				×	◎				
"	T-7-X	×		×		×	◎	○	×		
"	T-8-X	×		×		×	◎				
"	T-9-X	×		×	×	×	◎				
"	T-10-X	×		×	×	×	◎				
"	T-11-X	×		×		×	◎				
"	T-12-X	×		×		×	◎				

[Notes] ◎: Abundant, ○: Common, ●: Rare, ×: Trace

(7) 石英中の流体包有物の均質化温度測定 (10試料)

Bt. Luminantai周辺の石英モンゾニ岩斑岩中の熱水変質脈に伴った含褐鉄鉱・石英細脈 1 試料 (Lu-3-Q), Bt. Tampang山麓の熱水変質帯中の含(金)・黄鉄鉱・褐鉄鉱石英細脈から 4 試料 (T-1-Q-1, T-1-Q-2, T-3-Q, T-10-Q), Kg. Randagong 地域の Trusmi Formation中の含褐鉄鉱石英脈から 3 試料 (R-1-Q, R-2-Q, R-3-Q), 輝安鉄・石英・黄鉄鉱脈から 1 試料 (R-5-Q), 及び石英脈から 1 試料 (R-4-Q), 計 10 試料の石英を採取して, その生成温度を調べるために石英中の流体包有物の均質化温度を測定した。

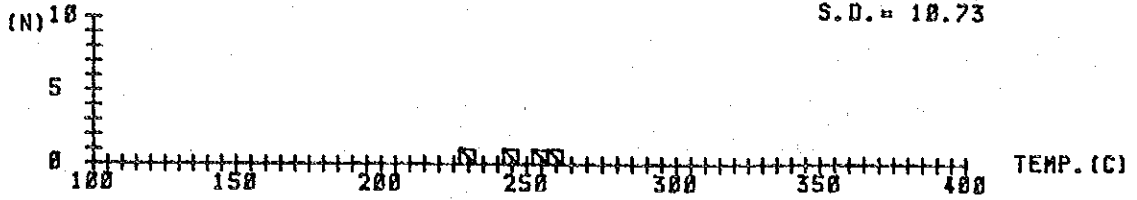
測定した均質化温度のヒストグラムはFig. II-1-12, Fig. II-1-13, 及びFig. II-1-14 に示す通りで, Bt. Tampang 山麓の 4 試料の均質化温度は, 温度測定した流体包有物の数が 1 ケしかない高温部分及び低温部分を除くと (以下同じ手法による) 219° ~ 237°C (平均 228°C), 218° ~ 256°C (平均 237°C), 232° ~ 259°C (平均 248°C), 及び 278° ~ 284°C (平均 281°C) を示し, Kg. Randagong 地域の 5 試料は 155° ~ 217°C (平均 181°C), 171° ~ 189°C (平均 178°C), 173° ~ 201°C (平均 185°C), 180° ~ 199°C (平均 189°C), 及び 183° ~ 212°C (平均 196°C) を示した。また Bt. Luminantai地域の 1 試料の均質化温度は 350° ~ 417°C (平均 384°C) で, 他の 9 試料に比べてかなり高い。

以上の均質化温度の測定結果から, Bt. Tampang 山麓の熱水変質帯中の含(金)・褐鉄鉱・黄鉄鉱石英細脈から採取した石英中の流体包有物の均質化温度は温度範囲が 218° ~ 284°Cで, Hedenquist (1987) の環太平洋地域の火山作用に関係した熱水系に伴われる金鉱床の還元硫黄系 (low sulfidation system) に属する鉱床の石英中の流体包有物の均質化温度 170° ~ 270°Cよりは酸化硫黄系 (high sulfidation system) の 200° ~ 300°Cの温度範囲内に入ることあるいは Sillitoe (1988) の西太平洋島弧の金鉱床の水長石-絹雲母型の流体包有物均質化温度 133° ~ 349°Cまたは酸性硫酸塩型の 120° ~ 320°Cの温度範囲内に入ることが分った。

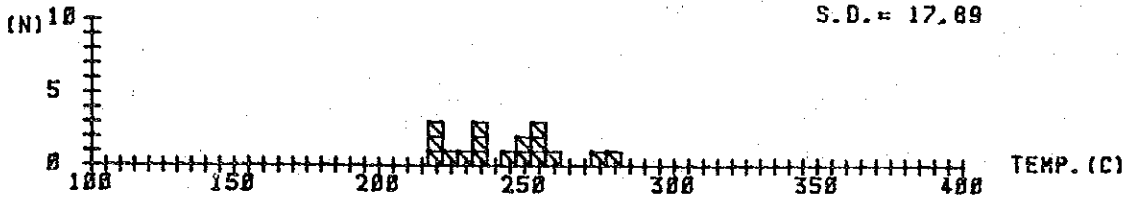
Kg. Randagong 地域の含(Sb)・(黄鉄鉱)・褐鉄鉱石英脈の流体包有物均質化温度は 155° ~ 217°Cで Bt. Tampang地域の含(金)・褐鉄鉱・黄鉄鉱石英脈よりも低くかつ温度範囲も狭い。

また Bt. Luminantai地域の含褐鉄鉱石英細脈の均質化温度 350° ~ 417°C (平均温度 384°C) は斑岩銅鉱床に伴われる石英脈のその温度範囲内に入るが, 測定試料が 1 試料のみであるので, 断定的なことは言えない。(Mamut鉱床の場合長野他, 1977によると 300° ~ 480°C)

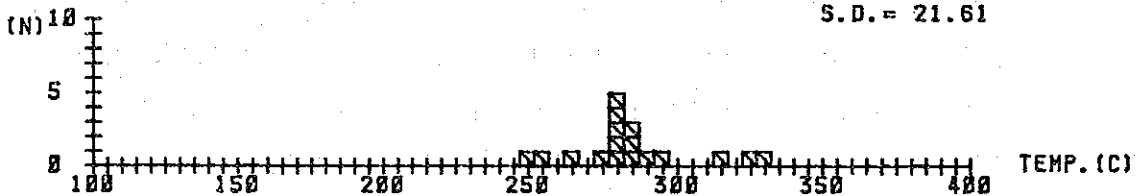
SAMPLE No. T-1-Q-1
 N= 4
 TEMP. RANGE 232 - 259
 AVERAGE TEMP. = 248
 S.D. = 18.73



SAMPLE No. T-1-Q-2
 N= 17
 TEMP. RANGE 218 - 278
 AVERAGE TEMP. = 243
 S.D. = 17.89



SAMPLE No. T-3-Q
 N= 17
 TEMP. RANGE 251 - 331
 AVERAGE TEMP. = 285
 S.D. = 21.61



SAMPLE No. T-10-Q
 N= 20
 TEMP. RANGE 217 - 338
 AVERAGE TEMP. = 237
 S.D. = 25.74

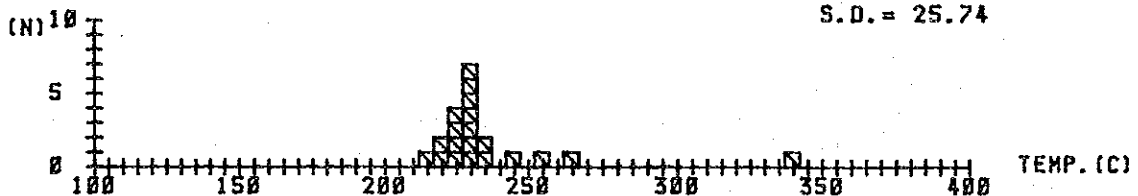
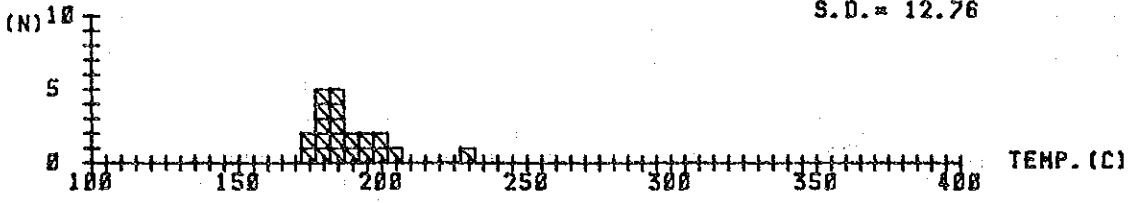
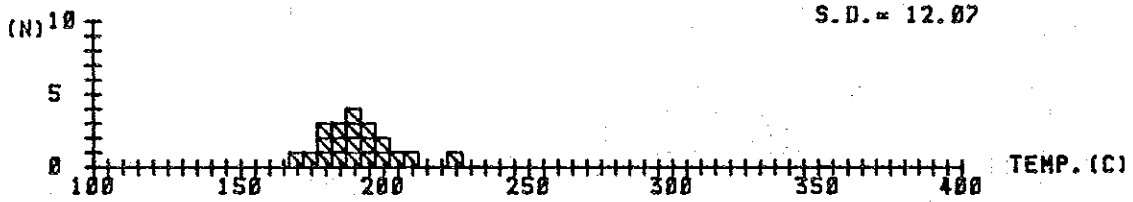


Figure II-1-12 Histograms of Homogenization Temperature of Fluid Inclusions in Quartz from Bt. Tampang Area (T-1-Q-1, T-1-Q-2, T-3-Q, T-10-Q)

SAMPLE No. R-1-Q
 N= 20
 TEMP. RANGE 173 - 229
 AVERAGE TEMP. = 186
 S. D. = 12.76



SAMPLE No. R-2-Q
 N= 20
 TEMP. RANGE 170 - 224
 AVERAGE TEMP. = 190
 S. D. = 12.07



SAMPLE No. R-3-Q
 N= 29
 TEMP. RANGE 150 - 271
 AVERAGE TEMP. = 184
 S. D. = 25.27

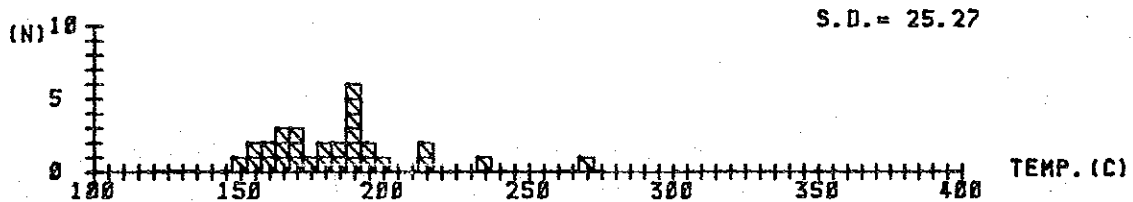


Figure II-1-13 Histograms of Homogenization Temperature of Fluid Inclusions in Quartz from Kg. Randagong Area (R-1-Q, R-2-Q-R-3-Q)

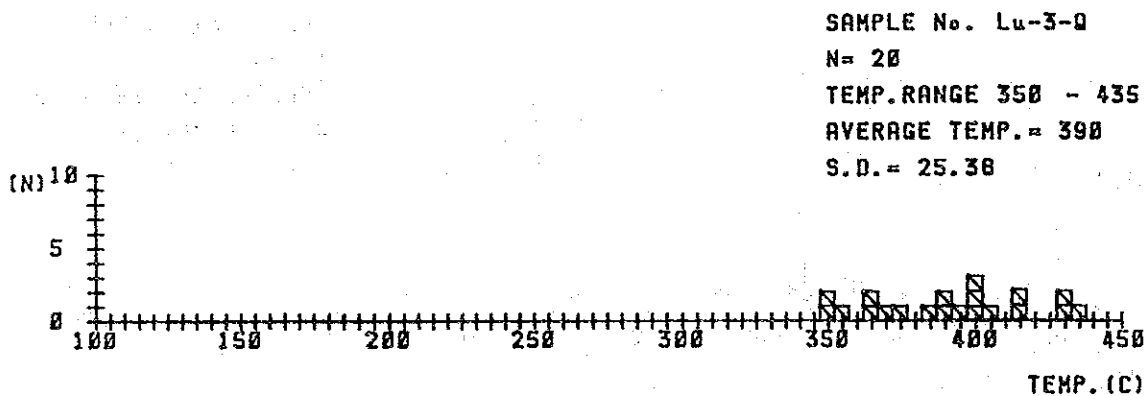
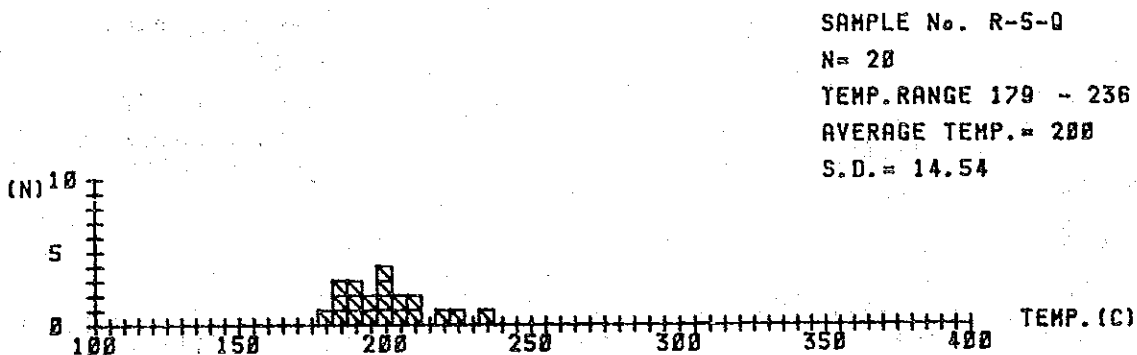
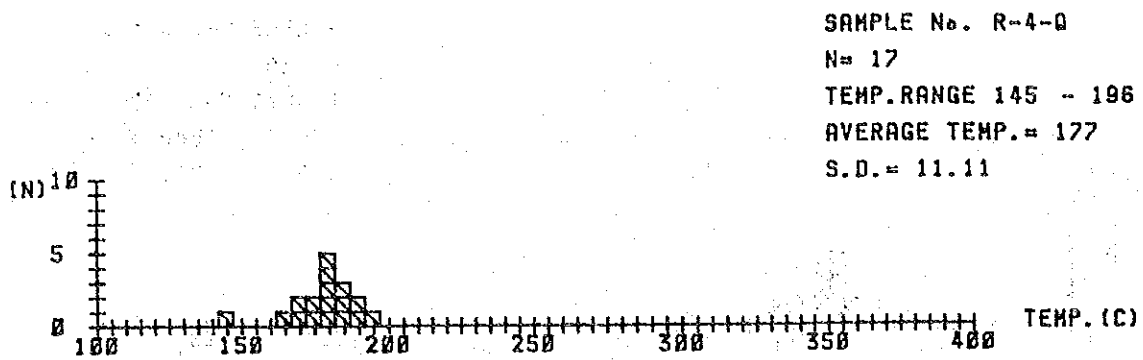


Figure II-1-14 Histograms of Homogenization Temperature of Fluid Inclusions in Quartz from Kg. Randagong and Bt. Tampang Areas (R-4-Q, R-5-Q, Lu-3-Q)

1-4 鉍石分析結果

調査せる12鉍徴地で採取した14ヶの鉍石試料の化学分析結果はTable II-1-9に示す通りである。

化学分析の結果、鉍徴地調査の際の肉眼観察から予想された通り、S. Lingangahのキプロス型塊状含銅硫化鉍の転石(L-1-0)がAu 2.63g/t, Ag 216.8g/t, 及びCu 36.58%を含むこと及びKg. Randagong地域の輝安鉍の転石(R-5-0-2)がSb 23.79%を含むことが分かった。さらにBt. Luminantaiの石英モンゾニ岩斑岩中の褐鉄鉍網状脈(Lu-2-0)がPb 2.45%, Cu 0.10%, Zn 0.13%, Ag 11.1g/t含んでいること及びBt. Tampang山麓の熱水変質岩中の含褐鉄鉍石英細脈(T-10-0)がAu 2.68g/t, 含黄鉄鉍・褐鉄鉍石英細脈がそれぞれPb 0.15% 及びHg 22.05ppm(T-1-0-2), Hg 22.45ppm (T-3-0), 及びSb 0.13% (T-1-0-1) 含んでいることが明らかになった。

Table II-1-9 List of Assay Result of Ore Samples taken in Kinabalu Region

Locating	Sample Number	Au g/t	Ag g/t	Cu ppm	Fe %	Hg ppb	Mo ppm	Pb ppm	S %	Sb ppm	Zn ppm	Occurrence of Ore
L-1	L-1-0	2.63	216.8	365,800	18.41	74	342	581	32.92	12	602	boulder of Cyprus type massive sulfide
Lu-2	Lu-2-0	0.10	11.1	1,015	28.92	124	<1	24,550	0.30	46	1,304	stockwork of limonite
Lu-3	Lu-3-0	<0.01	<0.1	51	4.67	<10	<1	88	0.01	6	178	stockwork of limonite-quartz
PP-2	PP-2-0	<0.01	<0.1	448	5.13	319	<1	12	2.33	6	6,159	Cyprus type limonite-pyrite-quartz-malachite stockwork
R-1	R-1-0	<0.01	<0.1	28	34.96	122	<1	12	0.01	2	636	quartz-limonite vein
R-2	R-2-0	<0.01	<0.1	25	15.27	1,002	<1	26	0.06	2	300	quartz-limonite vein
R-3	R-3-0	<0.01	<0.1	33	5.04	1,427	2	22	0.09	25	30	quartz-limonite vein
R-5	R-5-0-1	<0.01	<0.1	22	6.05	1,162	<1	15	0.62	27	86	quartz-limonite-pyrite-stibnite vein
R-5	R-5-0-2	<0.01	<0.1	48	1.40	9,300	<1	127	9.72	237,900	41	boulder of stibnite-pyrite ore
T-1	T-1-0-1	<0.01	<0.1	20	3.43	2,470	6	207	3.68	1,267	89	stockwork of quartz-pyrite-limonite veinlets
T-1	T-1-0-2	<0.01	<0.1	20	1.31	22,050	2	1,581	0.20	101	31	stockwork of quartz-pyrite-limonite veinlets
T-3	T-3-0	<0.01	<0.1	29	2.15	22,450	1	128	1.94	36	25	lens of pyrite-limonite-quartz
T-7	T-7-0	<0.01	1.3	76	2.52	2,825	2	85	2.50	25	34	lens of pyrite-limonite
T-10	T-10-0	2.68	0.1	91	13.98	5,575	<1	107	0.04	149	23	quartz-limonite veinlets

1-5 考 察

今回行った鉱微地調査及び採取した鉱石、母岩、石英等の各種試験・化学分析の結果から得られた結論を要約すると下記の如くとなる。

- (1) Bt. Tampang の西麓及び南麓には熱水変質を受けた酸性～中性の火山岩及び、火山碎屑岩が分布しており、この中に石英及び少量の黄鉄鉱・褐鉄鉱よりなる細脈状、網状、或いは鉱染状の鉱化帯がみられる。化学分析の結果、本鉱化帯の一部には金 (2.68g/t)、アンチモン (0.13%), または、水銀 (22.05ppm, 22.45ppm) が含まれていること、X線回折試験の結果、母岩の熱水変質鉱物組み合わせが石英-絹雲母-カオリナイト-緑泥石が主で一部にカリ長石及びスメクタイトを随伴すること、及び石英細脈の石英中の流体包有物の均質化温度が1試料 (278° ~ 284°C) を除き218° ~ 259°Cであることから推して、本鉱化帯は多分中新世～鮮新世と思われる火山作用に関係した中性～弱アルカリ性の熱水系に伴われた浅熱水性金鉱床の上部に該当するものと思われる。
- (2) Bt. Luminantai周辺の石英モンゾニ岩斑岩中には多数の平行節理に沿い、褐鉄鉱及び局部的に石英を伴った、全体としては網状を呈する熱水変質帯がみられる。本熱水変質脈に伴われる褐鉄鉱・石英脈の一部には Pb(2.46%), Zn(0.13%), Cu(0.10%), Ag(11.1g/t), 及びAu (0.10g/t) が含まれていること、熱水変質脈の変質鉱物組み合わせがおもに石英-緑泥石-カオリナイト-カリ長石-絹雲母からなっており、斑岩銅鉱床の上部に伴われるSCC変質帯(絹雲母-粘土-緑泥石)のそれと類似していること、及び熱水変質脈に伴われる褐鉄鉱・石英細脈の流体包有物の均質化温度は350° ~ 417°Cを示し斑岩銅鉱床に伴われる石英脈のその温度範囲内に入ることから推して、本熱水変質脈は斑岩銅鉱床上部に伴われるSCC変質帯に該当する可能性はあるが、化学分析用鉱石試料(2試料)、X線回折試験用試料(3試料)及び均質化温度測定用石英試料(1試料)の数が少ないこと及び熱水変質脈の間の石英モンゾニ岩斑岩が熱水変質を受けていないことを考慮すると、現時点では断定的なことは言えない。
- (3) Kg. TagapからBt. Kamunsuにかけてほぼ南北に配列している酸性-中性の進入岩(Bt. Luminantai周辺の石英モンゾニ岩斑岩を含む)のK-Ar年代は $6.87 \pm 0.17 \sim 7.47 \pm 0.20$ Maで、9.0Maと言われているキナバル山のバソリスよりもおよそ1.5~2.1Ma若い。
- (4) サバ州北部のMarudu湾沿いのKg. Pingan Pinganの東方直距約2kmにある旧坑ではophiolite complexの枕状玄武岩中に黄鉄鉱及び微量の閃亜鉛鉱・孔雀石よりなるキプロス型網状～鉱染状含銅硫化鉄鉱の鉱化帯がみられるが、本鉱化帯は規模が小さく、銅品位が低いものであると考えられる。
- (5) Kg. Randagong地域のSamalang川流域にはTrusmadi Formationの砂岩と頁岩の互層(砂岩>頁岩)中の断層に胚胎した含褐鉄鉱石英脈の4露頭及びこのうちの1露頭付近の高品位輝安鉱の転石がみられる。4露頭で採取した試料は化学分析の結果、アンチモンのみならず、有用金属をほとんど含んでいなかった。従って含褐鉄鉱石英脈中の褐鉄鉱は黄鉄鉱が酸化されて生成

されたものであり、高品位輝安鉱の転石は黄鉄鉱・石英脈中の輝安鉱濃集部からのものと考えられる。

- (6) 採取した代表的岩石の化学分析値を各種のダイヤグラム上にプロットして検討した結果、 $TiO_2 - FeO^*/MgO$ ダイヤグラムから、ophiolite complex の玄武岩（3 試料）は中央海嶺玄武岩（MORB）に、Kg. Merungin地域の閃緑玢岩（2 試料）及び Bt. Tampang地域の酸性～中性の火山岩・火山碎屑岩（3 試料）は概ね島弧ソレイト（IAT）に属することが分った。

第2章 ラブク地区

2-1 調査方法

2-1-1 鉍徴地調査

ラブク地区に分布する鉍徴地の地質及び鉍化作用の実態を把握し、その特性を解明するために ophiolite complex を構成する Chert-Spilite Formation の altered basalt 中に胚胎したキプロス型含銅塊状～網状～鉍染状硫化鉄鉍の鉍徴地を Bidu Bidu Hills 地域で13ヶ所、すなわち East Sualog で1鉍徴地、Kiabau で2、Porog で3、Southwest Sualog で3、Ulu West Sualog で1、West Sualog で3鉍徴地、及び Telupid 地域で15ヶ所、すなわち Tungud 川上流の支流 Unsadan 川で1 (Tg-1)、Ensuan 川上流の道端で1 (E-1)、Telupid の森林訓練会館建設現場で1 (TE-1)、Telupid の南西の Telupid 川沿いで11 (ST-2～ST-6, ST-9～ST-13, ST-15)、Karamuak 川上流の支流 Karang 川沿いで1鉍徴地 (Kg-2)、計28鉍徴地を調査した。調査した鉍徴地の位置は巻末の Fig. II-2-1 に示されている。

2-1-2 室内試験・化学分析

ラブク地区内に分布する鉍徴地の鉍化作用の実態と鉍徴地及びその周辺の地質を把握するために、各鉍徴地の鉍石及び母岩と鉍徴地近くの代表的岩石を採取して、下記の試験、化学分析、及び顕微鏡観察を行った。採取した試料の内訳は Table II-2-1 に、採取位置は巻末の Fig. II-2-2 に示されている。

(1) 岩石の K-Ar 年代測定 (11 試料)

ophiolite complex を構成している玄武岩 4 試料、粗粒玄武岩 5 試料、及び斑れい岩 2 試料、計 11 試料を採取して、全岩試料による K-Ar 法年代測定を行った。

(2) 岩石化学分析 (32 試料)

K-Ar 年代測定に供したのと同じ 11 試料の他に、ophiolite を構成する玄武岩 7 試料、粗粒玄武岩 3 試料、斑れい岩 2 試料、超塩基性岩 9 試料、計 32 試料を採取して、全岩化学分析を行った。

(3) 岩石薄片顕微鏡観察 (32 試料)

全岩化学分析に供したのと同じ 32 試料を採取して薄片を作成し、岩石顕微鏡観察を行った。

(4) 鉍石化学分析 (46 試料)

キプロス型塊状～網状～鉍染状含銅硫化鉄鉍の 28 鉍徴地で鉍石試料 34 ヶ及び超塩基性岩が風化して生成された含クロム・ニッケルラテライトを 12 試料、計 46 試料を Bidu Bidu Hills 及び Telupid 地域で採取し、化学分析を行った。

(5) 鉍石研磨片顕微鏡観察 (23 試料)

キプロス型塊状～網状～鉍染状含銅硫化鉄鉍の 28 鉍徴地で化学分析用に採取した 34 試料のうち、23 鉍徴地で採取した鉍石試料の研磨片を作成し、鉍石顕微鏡観察を行った。

Table II-2-1 List of Samples taken in Labuk Region for Laboratory Work

1/2

Locality Name	Locality Number	Dating	Analysis of Rock	Thin Section	Assay of Ore	Polished Section	X-ray Defraction	Fluid Inclusion	Specimen
Boto	Bo-1				Bo-1-0-L				
Chromite	Cr-1		Cr-1-R	Cr-1-T					
East Sualog	ES-1	ES-1-D	ES-1-R	ES-1-T					ES-1-D-S
"	ES-2		ES-2-R	ES-2-T					
"	ES-3		ES-3-R	ES-3-T	ES-3-0	ES-3-P			ES-3-0-S
Ensuan	E-1	E-1-D	E-1-R	E-1-T	E-1-0	E-1-P			E-1-D-S
"	"								E-1-0-S
Gambaran	Ga-1		Ga-1-R	Ga-1-T	Ga-1-0-L				
"	Ga-2				Ga-2-0-L				
Karamuak	Kr-1		Kr-1-R	Kr-1-T	Kr-1-0-L				
Karang	Kg-1	Kg-1-D	Kg-1-R	Kg-1-T					Kg-1-D-S
"	Kg-2				Kg-2-0	Kg-2-P			
Kiabau	KB-1				KB-1-0	KB-1-P			KB-1-0-S
"	KB-2	KB-2-D	KB-2-R	KB-2-T					KB-2-D-S
"	KB-3		KB-3-R	KB-3-T	KB-3-0				
Northeast Sualog	NE-1				NE-1-0-L				
Porog	Po-1				Po-1-0	Po-1-P			
"	Po-2		Po-2-R	Po-2-T	Po-2-0	Po-2-P			Po-2-0-S
"	Po-3				Po-3-0	Po-3-P			Po-3-0-S
Pumadagan	Pm-1		Pm-1-R	Pm-1-T	Pm-1-0-L				
Ruku Ruku	Rk-1				Rk-1-0-L				
Southwest Sualog	SW-1		SW-1-R	SW-1-T	SW-1-0	SW-1-P			SW-1-0-S
"	SW-2	SW-2-D	SW-2-R	SW-2-T					SW-2-D-S
"	SW-3		SW-3-R	SW-3-T					
"	SW-4		SW-4-R	SW-4-T					
"	SW-5		SW-5-R	SW-5-T	SW-5-0	SW-5-P			SW-5-0-S
"	SW-6		SW-6-R	SW-6-T	SW-6-0-1				
"	"				SW-6-0-2	SW-6-P			SW-6-0-2-S
"	SW-7		SW-7-R	SW-7-T	SW-7-0-L				
Sualog/Pari	SP-1	SP-1-D	SP-1-R	SP-1-T					
Sungai Telupid	ST-1	ST-1-D	ST-1-R	ST-1-T					ST-1-D-S
"	ST-2				ST-2-0				

Locality Name	Locality Number	Dating	Analysis of Rock	Thin Section	Assay of Ore	Polished Section	X-ray Defraction	Fluid Inclusion	Specimen
Sungai Telupid	ST-3				ST-3-0-1	ST-3-P			ST-3-0-1-S
"	"				ST-3-0-2				
"	ST-4				ST-4-0				
"	ST-5				ST-5-0				
"	ST-6				ST-6-0	ST-6-P			
"	ST-7		ST-7-R	ST-7-T					
"	ST-8		ST-8-R	ST-8-T					
"	ST-9		ST-9-R	ST-9-T	ST-9-0	ST-9-P			
"	ST-10				ST-10-0				
"	ST-11				ST-11-0-1				
"	"				ST-11-0-2	ST-11-P			
"	ST-12				ST-12-0-1	ST-12-P			ST-12-0-1-S
"	"				ST-12-0-2				
"	ST-13				ST-13-0	ST-13-P			ST-13-0-S
"	ST-14		ST-14-R	ST-14-T					
"	ST-15				ST-15-0	ST-15-P			ST-15-0-S
Tangkunap	TP-1				TP-1-0-L				
Telupid	TE-1	TE-1-D	TE-1-R	TE-1-T	TE-1-0	TE-1-P			TE-1-0-S
"	TE-2				TE-2-0-L				
"	TE-3				TE-3-0-L				
Tungud	Tg-1	Tg-1-D	Tg-1-R	Tg-1-T	Tg-1-0-1	Tg-1-P			Tg-1-D-S
"	"				Tg-1-0-2				Tg-1-0-1-S
Ulu Pari	UP-1		UP-1-R	UP-1-T	UP-1-0-L				
Ulu West Sualog	UWS-1	UWS-1-D	UWS-1-R	UWS-1-T					UWS-1-D-S
"	UWS-2		UWS-2-R	UWS-2-T	UWS-2-0	UWS-2-P			UWS-2-0-S
West Sualog	WS-1				WS-1-0	WS-1-P			WS-1-0-S
"	WS-2	WS-2-D	WS-2-R	WS-2-T					WS-2-D-S
"	WS-3		WS-3-R	WS-3-T	WS-3-0	WS-3-P			
"	WS-4				WS-4-0				
"	WS-5				WS-5-0	WS-5-P			WS-5-0-S
Total		11	32	32	46(34+12)	23			26

2-2 地 質

ラブク地区の地質は Bidu-Bidu Hills 地域の地質に代表されており、その層序は表 II-2-2 に要約されている。露出している最古の岩石は白亜紀後期以前の Crystalline Basement に属する片岩及び粗粒の珪長質岩石である。これらの上に載る白亜紀後期乃至暁新世の Chert-Spilite Formation は優地向斜成のスピライト、火山角礫岩、泥岩、砂岩、超塩基性岩質礫岩、及びチャートよりなっている。超塩基性深成岩は多分 Chert-Spilite Formation の堆積時に貫入したと考えられる。優地向斜性のフリッシュ型の堆積は始新世及び漸新世前期まで続き、灰色砂岩と灰色、赤灰色、紫色頁岩の互層よりなる Crocker Formation が堆積した。漸新世後期及び中新世前期には浅海状態となり、Kulapis Formation, Kamansi Beds, 及び Tambang Beds が堆積した。Kulapis Formation はチョコレート色の石灰質砂岩、頁岩、及び泥岩よりなっている。Kamansi Beds は中粒乃至粗粒の砂岩、頁岩及び薄い炭層よりなり、Tambang Beds は細粒乃至中粒で通常石灰質の砂岩及び灰色の頁岩よりなっている。

Tambang Beds の堆積に続いて中新世中期に褶曲が中新世後期以前の堆積岩のはげしい変形作用及び隆起を引き起こし、塩基性火成岩の貫入が伴って生じた。褶曲の間又は褶曲に続いて、Bidu-Bidu Hills 地域における灰色粘土の基質中の種々の大きさ及び岩質のやや円味を帯びた岩塊よりなる Garinono Formation で代表されるスランプ層が広い範囲に堆積した。次の Bongaya Formation は白色砂岩及び薄い石炭層を伴った炭質頁岩よりなる浅海成、三角州成の地層である。現世の沖積層は広範な Labuk 川の三角州に及び大きな川沿いに堆積した。崩積成物質が山の多くの斜面を覆い、谷底で沖積層と一緒にいる。

(Newton-Smith, J., 1967よりとった)

Table II-2-2 Stratigraphy of the Bidu-Bidu Hills Area

AGE	TERTIARY LETTER CLASSIFICATION	SEDIMENTARY ROCKS	IGNEOUS ROCKS	ABSOLUTE AGE M.Y.	PALAEOGEOGRAPHY AND DIASTROPHISM
Holocene		RECENT ALLUVIUM : boulder gravel			Erosion
Pleistocene	Th	PINOSUK GRAVELS : clayey to sandy boulder gravel	Uplift of Kinabalu pluton	15	Glacial and periglacial erosion and re-deposition Uplift and differential warping
Pliocene	Tg	Non-deposition	Intrusion of the Kinabalu batholith, mainly adamellite	7-9	Peneplanation
	Tf		Emplacement of ultrabasic rocks by faulting		Gravity sliding and slumping following uplift Strong folding, faulting, and uplift
Miocene	Ts5	(WARIU FORMATION : slump breccia) Non-deposition			
	Ts1-4	CROCKER FORMATION : sandstone, siltstone, red and grey shale and mudstone		26	Infilling of eugeosynclinal trough
Oligocene	Tcd		Intermittent spilite lavas	38	
	Tb	TRUSMADI FORMATION : grey and dark grey argillite, slate, siltstone and sandstone		54	Eugeosynclinal, flysch-type deposition
Palaeocene	Ta	(CHERT-SPIILITE FORMATION : chert, greywacke, limestone)	Intrusion of ultrabasic rocks at depth	65	Initiation of eugeosynclinal trough
		Non-deposition		100	
Upper Cretaceous		CRYSTALLINE BASEMENT : schist, gneiss		136	Deposition, folding, and metamorphism of the Crystalline Basement. Possibly two cycles of intrusion

(taken from Newton-Smith, J., 1967)

2-3 調査結果

2-3-1 鉍徴地調査

ラブク地区においては、ophiolite complex の玄武岩及び粗粒玄武岩中に胚胎したキプロス型塊状～網状～鉍染状含銅硫化鉄鉍の鉍徴地をBidu Bidu Hills地区で13ヶ所、すなわちEast Sualogで1ヶ所、Kiabauで2ヶ所、Porogで2ヶ所、Southwest Sualogで3ヶ所、Ulu West Sualogで1ヶ所、West Sualogで3ヶ所、及びTelupid地域で15ヶ所、すなわちTungud川上流の支流Unsadan川沿いで1ヶ所(Tg-1)、Ensuan川上流の道端で1ヶ所(E-1)、Telupidの森林訓練会館建設現場で1ヶ所(TB-1)、Telupid南西のTelupid川沿いで11ヶ所(ST-2～ST-6, ST-9～ST-13, ST-15)、Karamuak川上流の支流Karang川沿いで1ヶ所(Kg-2)、計28ヶ所調査した。

鉍徴地の調査結果はTable II-2-3、鉍徴地の位置は巻末のFig. II-2-1、鉍徴地で採取した鉍石試料の化学分析結果及び反射顕微鏡観察結果は後述の2-4項のTable II-2-9及び2-3-2-(5)項のTable II-2-7、鉍徴地及び付近の代表的岩石の化学分析結果及び偏光顕微鏡観察結果は後述の2-3-2-(2)項のTable II-2-5及び2-3-2-(3)項のTable II-2-6にそれぞれ示されている。

既知鉍床及び鉍徴地以外の主要な鉍徴地の調査結果をまとめると下記の如くとなる。

(1) Sungai Telupid地域 (ST-2～ST-6, ST-9～ST-13, ST-15)

Telupid町の西北西直距約6kmのTelupid川の兩岸に露出しているophiolite complex の玄武岩及び一部粗粒玄武岩中に主として黄鉄鉍、褐鉄鉍、石英、及び黄銅鉍よりなり、所により少量の斑銅鉍、輝銅鉍、銅藍、孔雀石、閃亜鉛鉍、あるいは磁鉄鉍を随伴した亜塊状、レンズ状、脈状、網状、鉍染状のキプロス型含銅硫化鉄鉍の鉍化帯の11鉍徴地が川沿いに約160mに亘ってみられるが、鉍化帯全体としては北東方向の長さ約155m、幅15m位の網状鉍体とみなし得る。

11鉍徴地で採取した14鉍石試料の化学分析の結果、6鉍徴地の試料が銅を0.5%以上(0.88%～11.05%)含んでいることが分かった。

11鉍徴地のうち、7鉍徴地で採取した鉍石は、Table II-2-5の反射顕微鏡観察結果に示す通り、主として多量～中量の黄鉄鉍、多量～中量の石英、及び中量～少量の黄銅鉍よりなり、一部に微量の斑銅鉍、輝銅鉍、銅藍、閃亜鉛鉍、中量～微量の磁鉄鉍、あるいは中量～微量の赤鉄鉍を随伴していることが分かった。

鉍化帯の母岩である玄武岩及び一部粗粒玄武岩は緑泥石化作用及び一部緑簾石化作用を蒙っている。

(2) Porog地域 (Po-1, Po-2, Po-3)

Bidu Bidu Hills地域のKg. Kiabauの北のKg. Porog付近には褐鉄鉍及び赤鉄鉍よりなるmassive gossanの転石(Po-1)及び露頭(Po-2, Po-3)がみられる。

Po-1鉍徴地の転石は尾根から斜面にかけて分布しているが、尾根でみられるものは露頭とみ

なして差し支えないと思われる。

Po-2 鉱徴地は logging road 際の幅 6 m の露頭であり、Po-3 鉱徴地では S. Porog 川の川床の距離 71 m 間に 4 ヶ所の露頭（面積 3.5 m × 2.0 m, 5.3 m × 4.4 m, 6.2 m × 5.4 m, 3.0 m × 2.0 m）がみられる。

これらの massive gossan は肉眼では褐鉄鉱（黄褐色）及び赤鉄鉱（赤色または鉄黒色）よりなっている。3 鉱徴地の massive gossan は研磨片の反射顕微鏡下の観察から褐鉄鉱、石英、及び赤鉄鉱よりなっており、化学分析結果から鉄を 55.58～58.34%、溶出した後残った銅分を未だ 0.11～0.40% 含んでいることが分った。これらの massive gossan はキプロス型塊状含銅硫化鉄鉱床である West Sualog 及び Kiabau 鉱体の地表部で特徴的にみられる massive gossan に、肉眼観察、反射顕微鏡観察、及び化学分析の結果がよく類似している。

以上から、これらの gossan はキプロス型塊状含銅硫化鉄鉱体の地表部付近が酸化して生成されたものと考えられる。

(3) Sungai Tungud 地域 (Tg-1)

Telupid 町の北北西直距約 30 km の Tungud 川の右岸支流たる Unsudan 川の川沿いに露出している ophiolite complex の変粗粒玄武岩中に長さ 20 m 以上、高さ 8 m 以上に亘って、黄鉄鉱、褐鉄鉱、石英、及び少量の黄銅鉱よりなる亜塊状～網状～鉱染状のキプロス型含銅硫化鉄鉱の鉱化帯がみられる。

採取した 2 鉱石試料の化学分析の結果、うち 1 試料 (Tg-1-0-2) 中には有用金属として銅が 0.27% ふくまれており、2 試料のうち 1 試料の反射顕微鏡下の観察の結果、多量の石英、中量の黄鉄鉱、及び微量の黄銅鉱よりなっていることが分った。

Yan (1987) によると、本鉱徴地を含む Unsudan 川の上流域にはマレーシアドイツ探鉱プロジェクト (1980-1984) の川砂による地化探（概査）の Cu 及び Zn の高アノーマリー及びマレーシア地質調査所による Base Metal 探鉱プロジェクト (1986-1990) の Bt. Luminintong 地域の川砂による地化探（精査）の Cu 及び Zn の高アノーマリーが出ている。

Table II-2-3 List of Localities of Mineral Occurrence Investigated in Labuk Region

1/2

Region	Locality Name	Locality Number	Mineral Assemblage	Occurrence	Strike & Dip	Size of Orebody (in meter)	Host Rock	Alteration of Host Rock	Sample No.
Labuk	East Sualog	ES-3	py·lim	semi-massive~disseminated	—	L=3.6, H=1.5	pillow basalt	chloritization	ES-3-0
"	Ensuan	E-1	py·lim+qz·cp	massive~semi-massive~disseminated	—	L=2.2, W=0.1~1.5	pillow basalt	chloritization	E-1-0
"	Karang	Kg-2	lim	semi-massive	N50°E·75°S	H=3.0+, W=2.6	pillow basalt	chloritization	Kg-2-0
"	Kiabau	KB-1**	hm+lim	boulder of massive gossan	—	max. D=0.5	—	—	KB-1-0
"	"	KB-3	qz+lim	vein along joint	N70°E·75°N	L=1.2, W=0.02~0.06	dolerite	chloritization	KB-3-0
"	Porog	Po-1**	hm	boulder of massive gossan	—	max. 1.0×0.5	—	—	Po-1-0
"	"	Po-2	hm·lim	massive gossan	N10°W·60°E	L=5.0+, W=6.0	?	?	Po-2-0
"	"	Po-3	hm·lim	massive gossan	N50°W·?	L=71.0+, W=5.5+	?	?	Po-3-0
"	Southwest Sualog	SW-1	qz+hm·lim·py·cp	vein~lenticular~disseminated	N45°E·?	L=4.8, W=0.1~0.75	basalt	chloritization	SW-1-0
"	"	SW-5	py·lim+qz	disseminated~lenticular	—	0.15×0.10×0.10	pillow basalt	chloritization, silicification	SW-5-0
"	"	SW-6	qz+py·lim·sp+cp	stockwork	N22°W·?	L=5.0, W=0.2~0.45	pillow basalt	chloritization	SW-6-0-1 SW-6-0-2
"	Sungai Telupid	ST-2	py·lim+qz	vein	N20°E·90°	L=4.5, W=0.06~0.1	pillow basalt	chloritization, epidotization	ST-2-0
"	"	ST-3	py·lim+qz	stockwork & lenticular	—	L=3.9+, W=5.0	pillow basalt	chloritization, epidotization	ST-3-0-1 ST-3-0-2
"	Sungai Telupid	ST-4	qz+lim·py	vein	N50°E·?	L=1.0, W=0.05~0.25	pillow basalt	chloritization	ST-4-0
"	"	ST-5	py·lim+qz·cp	lenticular	—	L=1.0, W=0.7	pillow basalt	chloritization	ST-5-0
"	"	ST-6	py·lim+qz·cp·bo	vein	N40°E·76°W	L=1.8, W=0.05~0.1	pillow basalt	chloritization	ST-6-0
"	"	ST-9	py·lim+cp·qz	stockwork	N16°~26°E·90°	L=5.5, W=0.5~1.3	metadolerite	chloritization, epidotization	ST-9-0
"	"	ST-10	py+qz·lim+cp	vein~lenticular	N60°E·90°	L=2.5, W=0.05~0.4	basalt	chloritization	ST-10-0
"	"	ST-11	lim·py·qz	vein	N60°E·90°	L=4.0, W=0.1~0.2	basalt	chloritization	ST-11-0-1
"	"		py·lim+cp·qz	vein	N60°E·90°	L=9.5, W=0.05~0.2	basalt	chloritization	ST-11-0-2
"	"	ST-12	py·lim+qz·cp	stockwork & lenticular	N50°E·?	L=20.0, W=0.2~5.0	basalt	chloritization	ST-12-0-1
"	"		py·lim+qz	stockwork & lenticular					ST-12-0-2
"	"	ST-13	qz+lim·py·cp·mal	stockwork	N40°E·?	L=13.5, W=2.0~4.5	basalt	chloritization, epidotization	ST-13-0

Region	Locality Name	Locality Number	Mineral Assemblage	Occurrence	Strike & Dip	Size of Orebody (in meter)	Host Rock	Alteration of Host Rock	Sample No.
Labuk	Sungai Telupid	ST-15	qz+mt·lim·py·cp·bo·mal	stockwork	E-W·?	L=10.0, W=1.0~4.0	basalt	chloritization, epidotization	ST-15-0
"	Telupid	TE-1	qz+py·cp	vein and disseminated	N12°W·72°E	L=0.8, W=0.02~0.05	basalt	chloritization	TE-1-0
"	Tungud	Tg-1	py·lim·cp	stockwork, semi-massive, disseminated	N60°W·?	L=20.0+, H=8.0+	metadolerite	chloritization	Tg-1-0-1 Tg-1-0-2
"	Ulu West Sualog	UWS-2	qz+py·lim·cp	stockwork	E-W·?	L=6.5, W=1.5	altered pillow basalt	chloritization, epidotization	UWS-2-0
"	West Sualog	WS-3	py·lim	lenticular	—	L=0.2, W=0.1	pillow basalt	chloritization	WS-3-0
"	"	WS-4**	hm·lim	boulder of massive gossan	—	max. 3.0×2.0×1.0	—	—	WS-4-0
"	"	WS-5	hm+lim	massive gossan	N30°E·?	L=18.0, W=1.3~3.0	—	—	WS-5-0

Abbreviations:

** : boulder of gossan nearly in situ, py: pyrite, cp: chalcopyrite, bo: bornite, hm: hematite, lim: limonite, mal: malachite, qz: quartz, sp: sphalerite, mt: magnetite, max.: maximum, L: length, W: width, H: height, D: diameter, 6.0+: 6.0 and over

2-3-2 室内試験・化学分析

(1) 岩石のK-Ar年代測定 (11試料)

Bidu Bidu Hills 及び Telupid地域の鉍徴地及びその近くで化学分析用及び顕微鏡観察用に採取した32ヶの岩石試料のうち代表的な11ヶ、すなわち ophiolite complexを構成している玄武岩4試料、粗粒玄武岩5試料、及び斑れい岩2試料の全岩試料によるK-Ar法年代測定を行った。測定結果はTable II-2-4に示されている通りで、玄武岩3試料 (E-1-D, TE-1-D, WS-2-D) 及び粗粒玄武岩5試料 (ES-1-D, KB-2-D, SW-2-D, SP-1-D, Tg-1-D) は 26.6 ± 8.1 Ma(漸新世後期) ~ 40.5 ± 4.2 Ma(始新世後期)を示し、比較的年代が似ているが、Kg-1-D (斑れい岩) は上記8試料よりも若い 13.1 ± 2.0 Ma(平均値, 中新世中期)を示し、ST-1-D (玄武岩) は8試料よりも古い 123 ± 63 Ma (平均値, 白亜紀前期)を示している。一方 UWS-1-D (斑れい岩) は年代測定をした20試料 (キナバル地区をも含む) 中では最も古い 248.5 ± 116 Ma(平均値, 二畳紀末期)を示している。

以上の測定結果から、カリウムの含有量が0.01%しかなかったため、測定誤差の大きかった2試料 (ST-1-D, UWS-1-D) を除くと、キプロス型塊状~網状~鉍染状硫化鉄鉍の母岩となっている ophiolite complex中の玄武岩及び粗粒玄武岩の大部分 (9試料中8試料) が $26.6 \pm 8.1 \sim 40.5 \pm 4.2$ Maを示していることが分った。

Table II-2-4 Result of K-Ar Dating of Basic Igneous Rock in Labuk Region

Locality Name	Sample Number	Numbers in Laboratory	Sample Type	Potassium (K wt%)	Rad. ^{40}Ar (10^{-8}cc/g)	K-Ar Age (Ma)	Air Cont. (%)
East Sualog	ES-1-D	SH5-226 -227	Whole Rock (Dolerite)	0.10 ± 0.02	13.3 ± 0.5 12.4 ± 0.5	33.9 ± 6.9 31.8 ± 6.4 Avg. 32.85 ± 6.65	68.1 69.7
Ensuan	E-1-D	SH5-228 -229	Whole Rock (Basalt)	0.38 ± 0.04	53.2 ± 1.0 53.9 ± 0.9	35.7 ± 3.6 36.2 ± 3.6 Avg. 35.95 ± 3.6	37.2 34.1
Karang	Kg-1-D	SH5-230 -231	Whole Rock (Gabbro)	0.27 ± 0.04	13.7 ± 0.5 13.9 ± 0.5	13.0 ± 2.0 13.2 ± 2.0 Avg. 13.1 ± 2.0	64.9 63.6
Kiabau	KB-2-D	SH5-232 -233	Whole Rock (Dolerite)	0.18 ± 0.04	24.2 ± 0.7 25.0 ± 0.7	34.3 ± 6.9 35.4 ± 7.1 Avg. 34.85 ± 7.0	55.5 54.4
Southwest Sualog	SW-2-D	SH5-234 -235	Whole Rock (Dolerite)	0.34 ± 0.03	54.0 ± 1.6 52.2 ± 1.4	40.5 ± 4.2 39.2 ± 4.0 Avg. 39.85 ± 4.1	59.5 55.8
Sualog/Pari	SP-1-D	SH5-236 -237	Whole Rock (Metadolerite)	0.08 ± 0.02	9.11 ± 0.69 8.32 ± 0.58	29.1 ± 8.9 26.6 ± 8.1 Avg. 27.85 ± 8.5	80.0 80.9
Sungai Telupid	ST-1-D	SH5-238 -239	Whole Rock (Altered basalt)	0.01 ± 0.005	5.39 ± 1.09 4.47 ± 0.74	134 ± 69 112 ± 57 Avg. 123 ± 63	92.3 91.3
Telupid	TE-1-D	SH5-240 -241	Whole Rock (Altered basalt)	0.19 ± 0.04	21.0 ± 0.6 20.6 ± 0.6	28.3 ± 5.7 27.8 ± 5.6 Avg. 28.05 ± 5.65	57.3 57.9
Tungud	Tg-1-D	SH5-242 -243	Whole Rock (Metadolerite)	0.11 ± 0.02	13.2 ± 0.6 13.3 ± 0.6	30.6 ± 6.2 30.8 ± 6.2 Avg. 30.7 ± 6.2	69.7 70.0
Ulu West Sualog	UWS-1-D	SH5-244 -245	Whole Rock (Gabbro)	0.01 ± 0.005	10.4 ± 0.5 10.2 ± 0.5	251 ± 117 246 ± 115 Avg. 248.5 ± 116	71.1 71.6
West Sualog	WS-2-D	SH5-246 -247	Whole Rock (Altered basalt)	0.49 ± 0.05	52.6 ± 0.8 52.4 ± 0.6	27.4 ± 2.76 27.3 ± 2.75 Avg. 27.35 ± 2.75	32.8 32.4

(2) 岩石化学分析 (32試料)

K-Ar年代測定に供したのと同じ11試料の他に, ophiolite complex を構成する玄武岩7試料, 粗粒玄武岩3試料, 斑れい岩2試料, 及び超塩基性岩9試料, 計32試料の全岩化学分析結果は Table II-2-5 に示す通りである。

全岩化学分析を行ったこれら32試料のうち, 玄武岩11試料及び粗粒玄武岩8試料, 計19試料の化学分析値を下記の各種ダイアグラム上にプロットしていろいろ検討してみた。

まず SiO_2 及び $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ を $\text{SiO}_2-\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 図上にプロットするとFig. II-2-6の如くとなり, 玄武岩及び粗粒玄武岩は久野(1968)のアルカリ玄武岩系列, 高アルカリソレイト系列, 及び低アルカリソレイト系列の何れの領域にも落ちている。

更に $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ (total FeOに換算), $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 及び MgO をMFA三角ダイアグラム上, SiO_2 及び FeO^*/MgO (FeO^* : $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ を total FeOに換算) を $\text{SiO}_2-\text{FeO}^*/\text{MgO}$ 図上, FeO^* 及び FeO^*/MgO を $\text{FeO}^*-\text{FeO}^*/\text{MgO}$ 図上にプロットすると, それぞれFig. II-2-7, Fig. II-2-8, 及びFig. II-2-9の如くとなり, 玄武岩及び粗粒玄武岩はIrvine及びBarager(1971)及び都城(1974)のソレイト系列及びカルクアルカリ岩系列の両方の領域に落ちている。

次に TiO_2 及び FeO^*/MgO を $\text{TiO}_2-\text{FeO}^*/\text{MgO}$ 図上にプロットするとFig. II-2-10の如くとなり, ST-1-R(玄武岩)試料を除き, ほとんどが島津他(1990)による中央海嶺玄武岩(MORB)の領域に入っている。

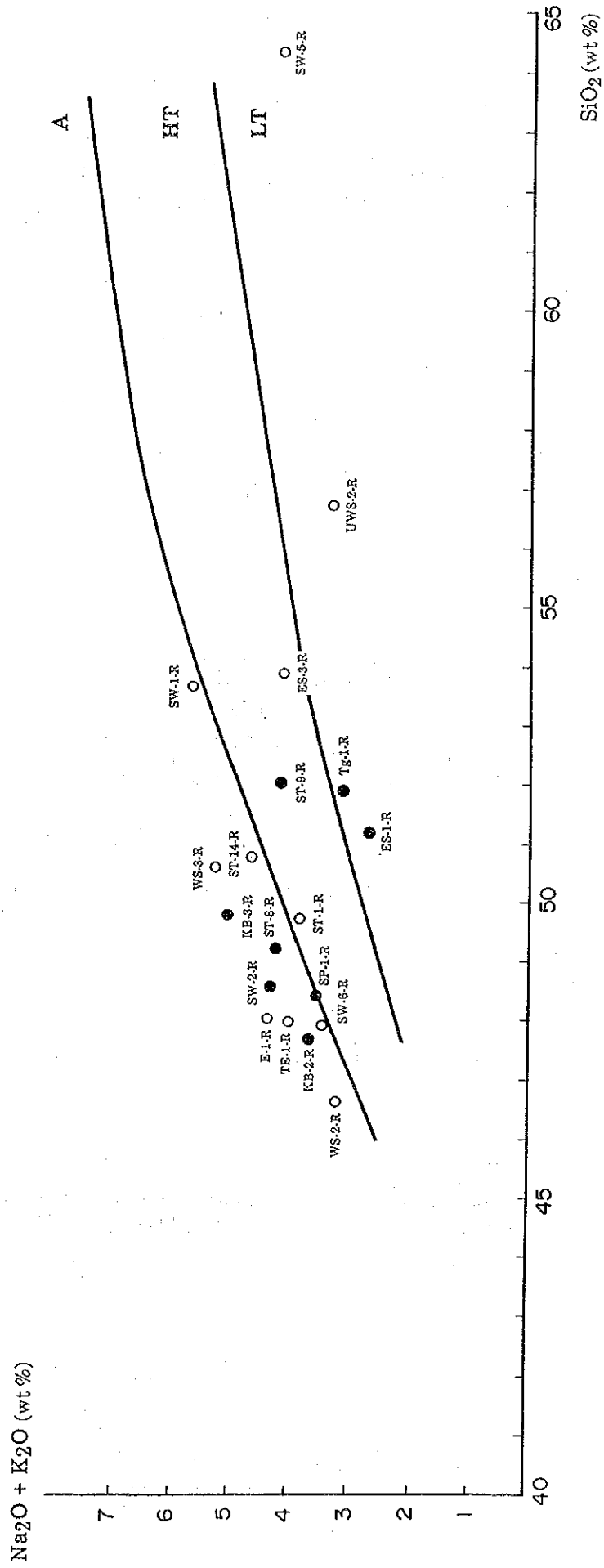
また Al_2O_3 及び TiO_2 を $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{TiO}_2$ 図上にプロットするとFig. II-2-11の如くとなり12試料が青木及び伊藤(1968)のMORBの領域, 2試料が海洋島ソレイト(OIT)の領域, 3試料がMORBとOITの重複領域に入っていること, すなわち19試料中15試料がMORBの領域に落ちている。

化学分析値を以上の各ダイアグラム上にプロットして検討した結果, ophiolite complex を構成し, キプロス型塊状~網状~鉍染状含銅硫化鉄鉍の母岩となっている玄武岩及び粗粒玄武岩は生成場所としては概ね中央海嶺玄武岩(MORB)に属し, 岩系としてはアルカリ玄武岩系列, ソレイト系列, 及びカルクアルカリ岩系列からなっていることが分かった。

Table II-2-5 Assay Result of Rock Samples taken in Labuk Region

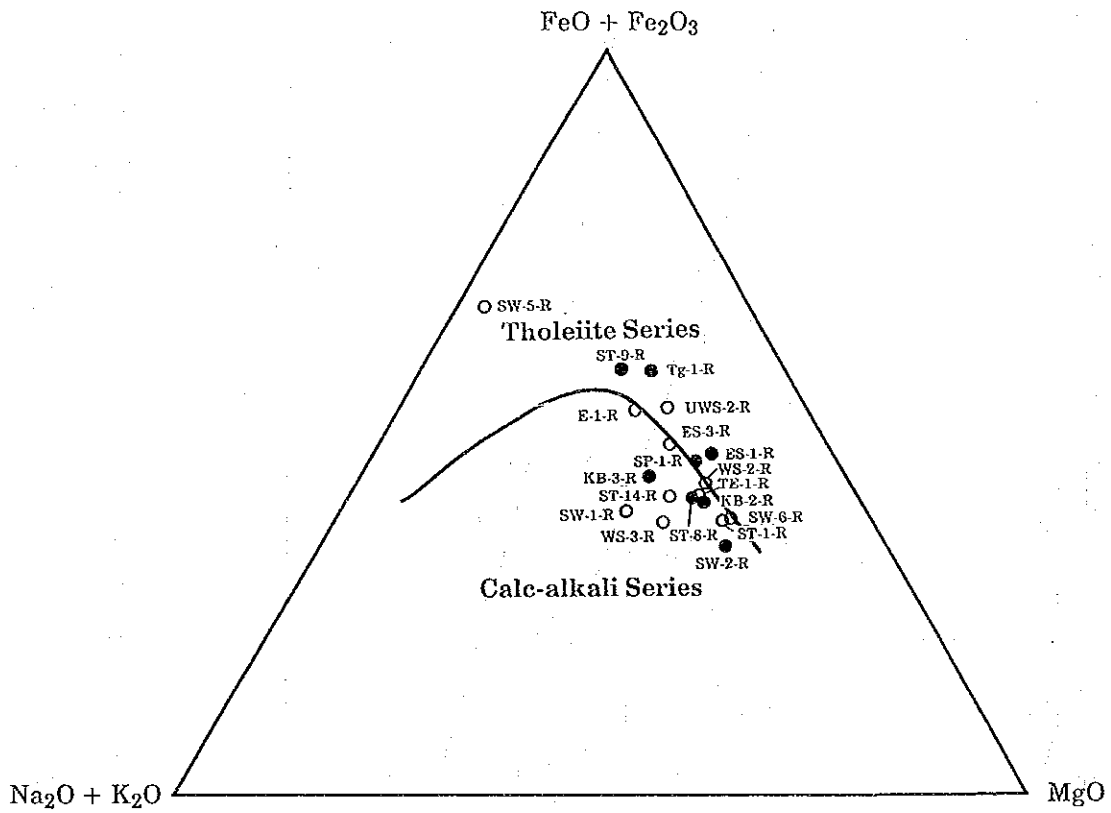
Locality	Sample Number	Rock Name	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	FeO %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	Ig-los %	Total	Au ppb	Ag ppm	Co ppm	Cr ppm	Cu ppm	Mo ppm	Ni ppm	Pb ppm	S %	Zn ppm
Cr-1	Cr-1-R	Serpentinized Harzburgite	36.13	0.01	0.59	8.13	0.37	0.11	36.97	0.71	0.10	<0.01	0.02	16.16	99.31	<1	<0.5	84	1,067	22	<1	1,728	<1	0.034	38
ES-1	ES-A-R	Dolerite	51.15	1.15	15.39	1.99	6.92	0.19	7.79	10.65	2.68	0.11	0.10	1.39	99.51	<1	0.6	41	200	11	<1	71	8	0.062	36
ES-2	ES-2-R	Serpentinized Lherzolite	40.58	0.10	2.58	5.58	2.51	0.14	35.97	2.05	0.09	0.01	0.03	10.00	99.64	67	<0.5	82	1,360	20	<1	1,601	<1	0.062	38
ES-3	ES-3-R	Altered Basalt	53.83	1.46	14.38	4.20	6.36	0.16	7.82	1.61	4.18	0.02	0.17	5.26	99.45	<1	<0.5	27	70	15	<1	27	9	2.204	113
E-1	E-1-R	Basalt	47.97	1.41	13.95	5.32	5.66	0.18	6.00	10.50	3.81	0.64	0.16	4.02	99.62	<1	0.6	44	214	58	<1	83	6	0.075	84
Ga-1	Ga-1-R	Serpentinized Harzburgite	42.04	0.03	0.95	2.90	5.09	0.12	41.64	1.15	0.02	<0.01	0.03	5.23	99.21	2	<0.5	90	1,071	13	<1	1,819	2	0.028	39
Kr-1	Kr-1-R	Serpentinized Wehrlite	36.46	0.02	6.03	3.99	3.90	0.11	30.85	7.24	0.08	<0.01	0.03	10.71	99.43	13	<0.5	79	458	57	<1	1,616	37	0.071	37
Kg-1	Kg-1-R	Gabbro	48.51	0.57	16.69	1.77	6.03	0.14	7.76	10.20	3.80	0.26	0.03	3.47	99.23	<1	<0.5	29	119	23	<1	38	8	0.593	44
KB-2	KB-2-R	Dolerite	47.66	0.93	16.38	2.12	5.72	0.25	8.71	9.11	3.59	0.19	0.09	4.65	99.40	<1	0.5	39	268	172	<1	86	8	0.449	829
KB-3	KB-3-R	Dolerite	49.75	1.30	15.05	2.53	6.60	0.23	7.46	7.46	4.85	0.29	0.13	3.88	99.53	<1	<0.5	39	142	77	<1	50	11	0.448	128
Po-2	Po-2-R	Serpentinized Lherzolite	41.45	0.11	2.26	4.09	3.90	0.12	36.59	2.52	0.03	<0.01	0.03	8.23	99.34	<1	<0.5	86	1,089	18	<1	1,643	<1	0.103	45
Pm-1	Pm-1-R	Serpentinized Harzburgite	36.11	0.01	0.44	6.16	1.13	0.10	37.39	0.74	0.01	<0.01	0.03	17.47	99.60	3	<0.5	83	868	13	<1	1,659	1	0.085	39
SW-1	SW-1-R	Basalt	53.64	1.21	15.54	3.75	3.77	0.26	6.89	4.15	5.74	0.01	0.08	4.26	99.30	<1	0.8	31	315	1,129	<1	87	11	0.465	665
SW-2	SW-2-R	Dolerite	48.52	0.71	15.55	4.33	3.27	0.30	11.14	6.09	4.20	0.21	0.07	5.01	99.40	<1	<0.5	39	308	183	<1	120	12	0.159	103
SW-3	SW-3-R	Metagabbro	47.77	0.20	17.48	4.60	2.01	0.10	11.36	13.15	1.32	0.06	0.03	1.21	99.29	<1	<0.5	36	485	19	<1	193	7	0.067	29
SW-4	SW-4-R	Serpentinite	37.50	0.06	1.53	10.08	0.13	0.09	36.04	0.06	<0.01	<0.01	0.03	13.52	99.06	<1	<0.5	104	2,783	4	<1	2,257	<1	0.010	50
SW-5	SW-5-R	Basalt	64.41	1.05	12.55	8.52	0.26	0.01	0.45	1.16	4.16	0.10	0.09	6.69	99.45	103	11.4	40	279	58	19	95	69	4.557	253
SW-6	SW-6-R	Basalt	47.90	0.98	16.54	2.64	5.16	0.35	10.00	7.12	3.50	0.06	0.11	4.91	99.27	2	0.7	38	228	63	<1	125	10	0.215	78
SW-7	SW-7-R	Serpentinized Lherzolite	39.69	0.09	3.01	8.65	0.13	0.14	33.19	1.83	0.03	<0.01	0.03	12.70	99.50	9	<0.5	87	1,151	24	<1	1,620	3	0.033	43
SP-1	SP-1-R	Metadolerite	48.36	1.02	14.68	4.42	4.90	0.16	8.24	8.99	3.57	0.07	0.10	5.22	99.73	2	<0.5	39	90	38	<1	51	4	0.070	56
ST-1	ST-1-R	Altered Basalt	49.68	0.35	14.61	3.82	4.34	0.19	10.40	7.54	3.93	0.01	0.03	4.52	99.42	<1	<0.5	33	292	87	<1	85	9	0.074	89
ST-7	ST-7-R	Metagabbro	48.56	0.35	18.52	3.82	0.31	0.07	6.91	14.13	2.86	0.15	0.04	3.95	99.67	1	<0.5	21	406	85	<1	133	9	0.078	19
ST-8	ST-8-R	Metadolerite	49.18	1.09	15.65	1.77	7.10	0.20	9.20	7.09	4.08	0.26	0.11	3.62	99.35	<1	0.6	40	260	15	<1	89	4	0.064	80
ST-9	ST-9-R	Metadolerite	52.04	2.05	13.86	4.37	8.49	0.27	5.21	5.83	4.06	0.20	0.22	2.77	99.37	<1	0.7	48	65	87	<1	23	5	0.253	132
ST-14	ST-14-R	Basalt	50.76	0.98	15.75	2.54	6.03	0.21	8.11	7.45	4.58	0.18	0.10	3.04	99.73	2	0.6	38	129	70	<1	51	5	0.288	113
TE-1	TE-1-R	Altered Basalt	47.94	1.09	15.19	3.16	5.91	0.22	9.27	6.77	3.65	0.46	0.11	5.84	99.61	2	<0.5	38	214	5	<1	66	6	0.061	79
Tg-1	Tg-1-R	Metadolerite	51.85	1.67	14.82	4.89	6.79	0.30	5.54	8.46	3.05	0.13	0.17	2.03	99.70	<1	0.5	47	61	102	<1	27	9	0.143	101
UP-1	UP-1-R	Serpentinite	38.74	0.01	0.08	8.78	0.13	0.25	36.04	0.07	0.01	<0.01	0.03	14.02	99.17	6	<0.5	116	12,930	3	<1	3,219	2	0.010	44
UWS-1	UWS-1-R	Gabbro	47.49	0.16	16.13	1.16	6.41	0.13	14.73	10.96	1.71	0.01	0.03	0.60	99.52	1	<0.5	55	369	64	<1	310	9	0.081	39
UWS-2	UWS-2-R	Altered Basalt	56.69	1.87	12.89	5.48	5.29	0.27	6.53	2.20	3.37	0.01	0.18	4.86	99.64	<1	0.6	39	102	56	<1	10	6	2.529	212
WS-2	WS-2-R	Altered Basalt	46.57	1.05	15.61	5.35	2.77	0.17	7.96	10.31	2.75	0.54	0.11	6.23	99.42	<1	<0.5	39	253	41	<1	80	11	0.054	61
WS-3	ES-3-R	Basalt	50.58	1.24	15.93	3.60	4.40	0.15	8.45	3.73	5.27	0.07	0.12	5.98	99.52	2	0.6	36	220	46	<1	71	5	0.342	86

Figure II-2-6 Na₂O + K₂O - SiO₂ Diagram of Basalt and Dolerite of Ophiolite Complex in Labuk Region



A: Alkali basalt series; HT: High alkali tholeiite series, LT: Low alkali tholeiite series
(after Kuno 1968)

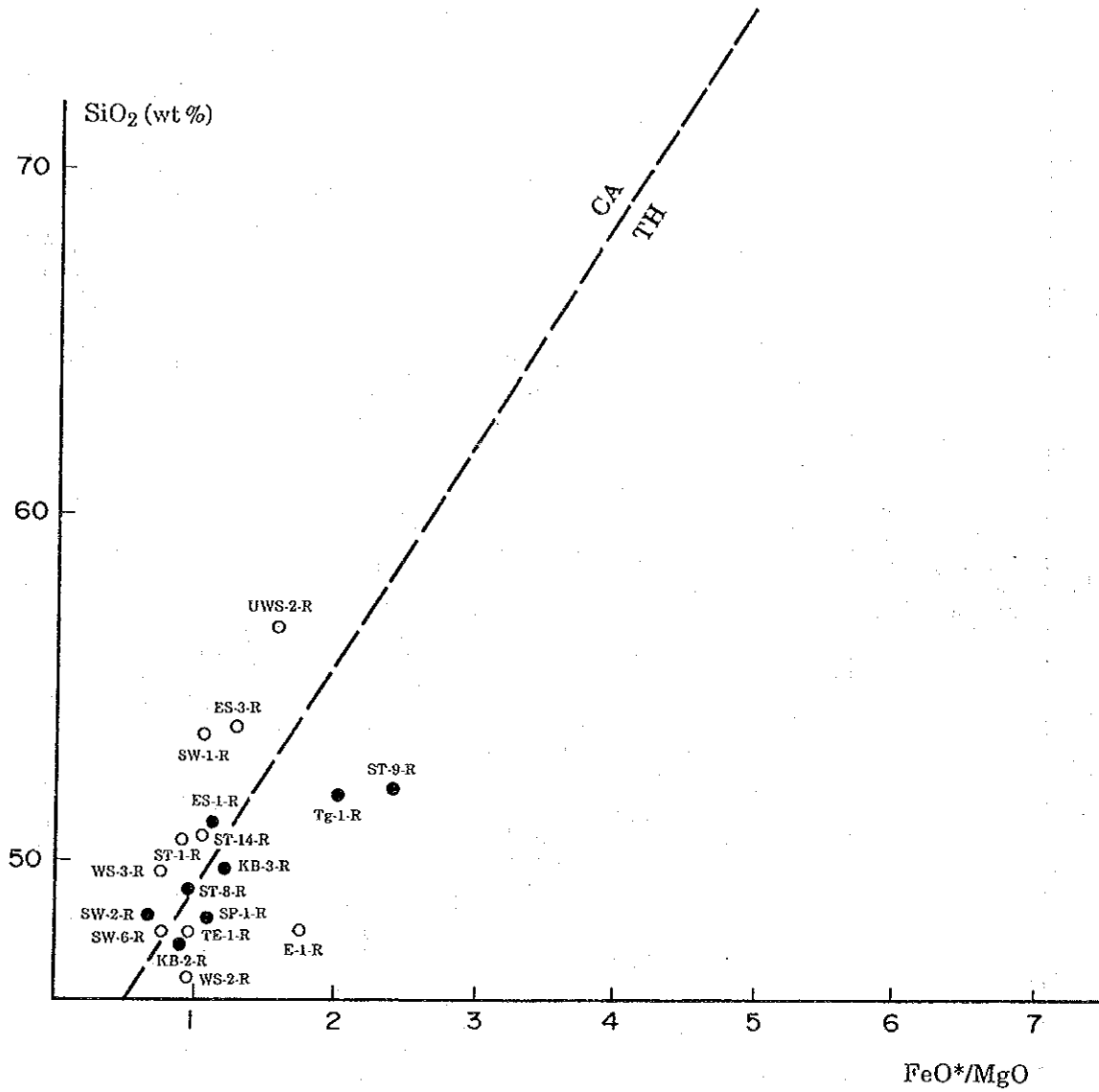
Figure II-2-7 FeO + Fe₂O₃ - Na₂O + K₂O - MgO Trigonal Diagram (MFA Diagram) of Basalt and Dolerite of Ophiolite Complex in Labuk Region



○ : Basalt ● : Dolerite

Solid line is boundary between tholeiite series and calc-alkali series after Irvine and Barager (1971)

Figure II-2-8 SiO₂ - FeO*/MgO Diagram of Basalt and Dolerite of Ophiolite Complex in Labuk Region

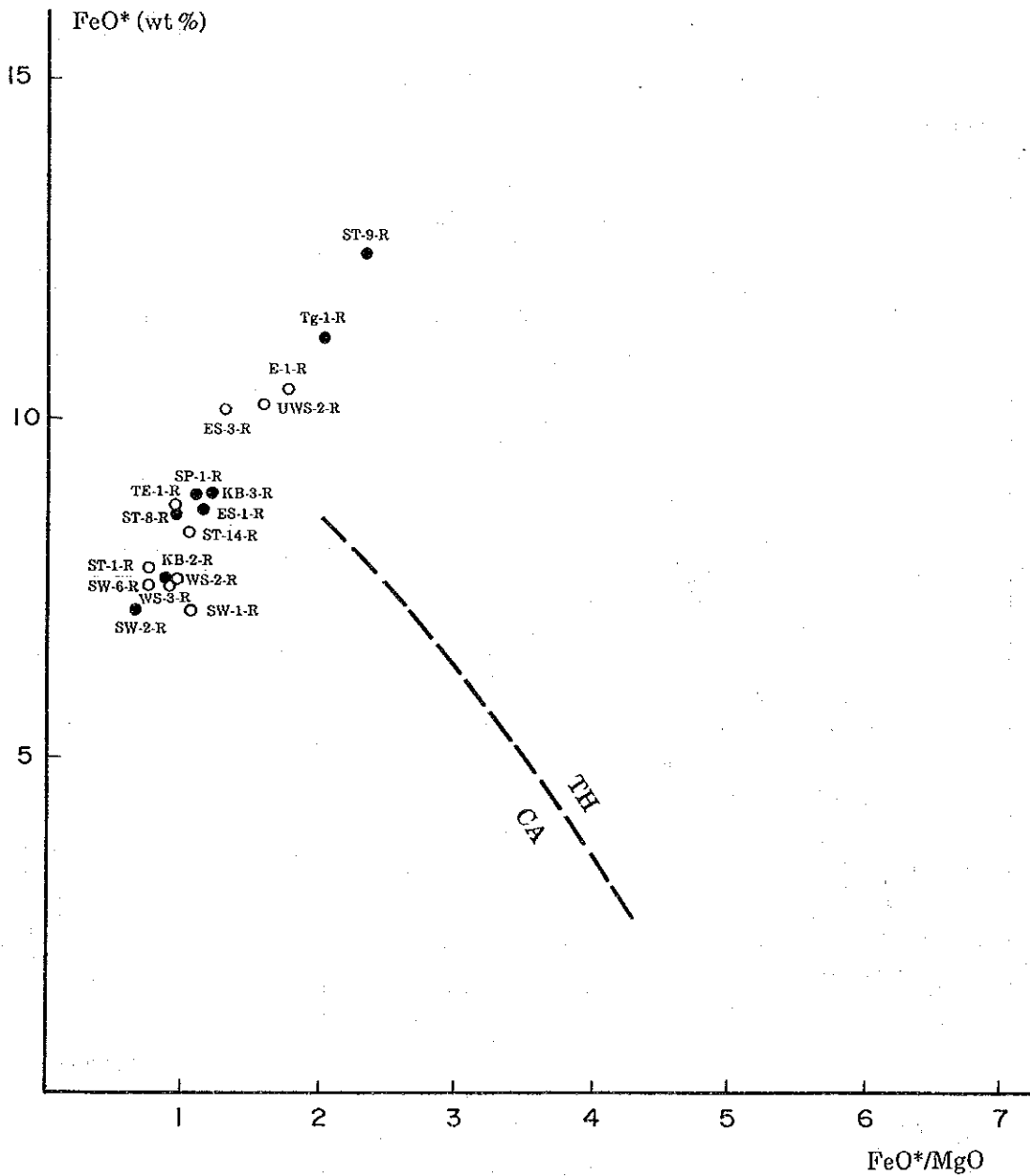


FeO*: Total Fe as FeO

○ : Basalt ● : Dolerite

TH (tholeiitic) / CA (calc-alkaline) boundary: after Miyashiro, 1974

Figure II-2-9 FeO* - FeO*/MgO Diagram of Basalt and Dolerite of Ophiolite Complex in Labuk Region



FeO*: Total Fe as FeO

○ : Basalt ● : Dolerite

TH (tholeiitic) / CA (calc-alkaline) boundary: after Miyashiro, 1974

Figure II-2-10 TiO₂ - FeO*/MgO Diagram of Basalt and Dolerite of Ophiolite Complex in Labuk Region

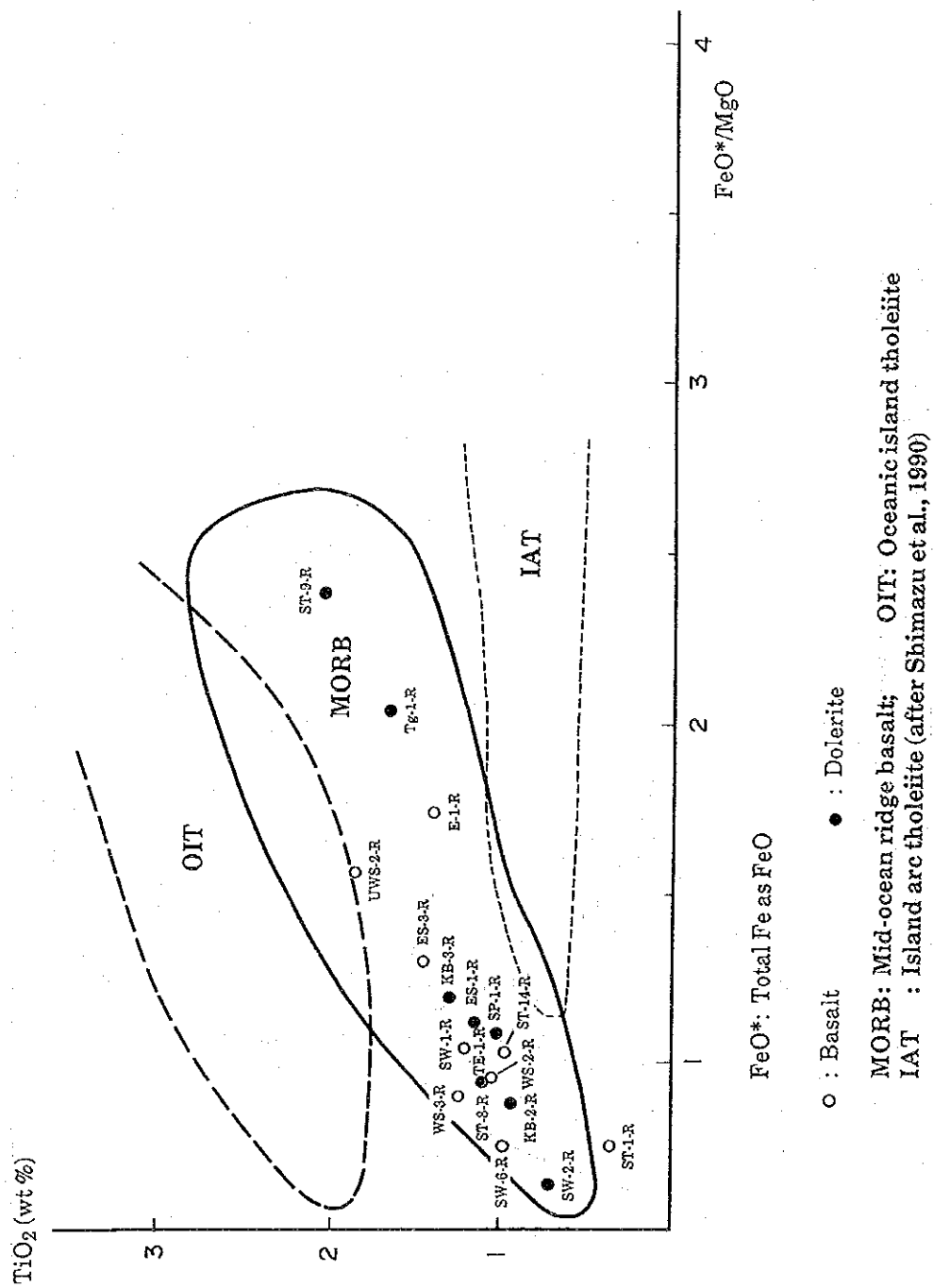
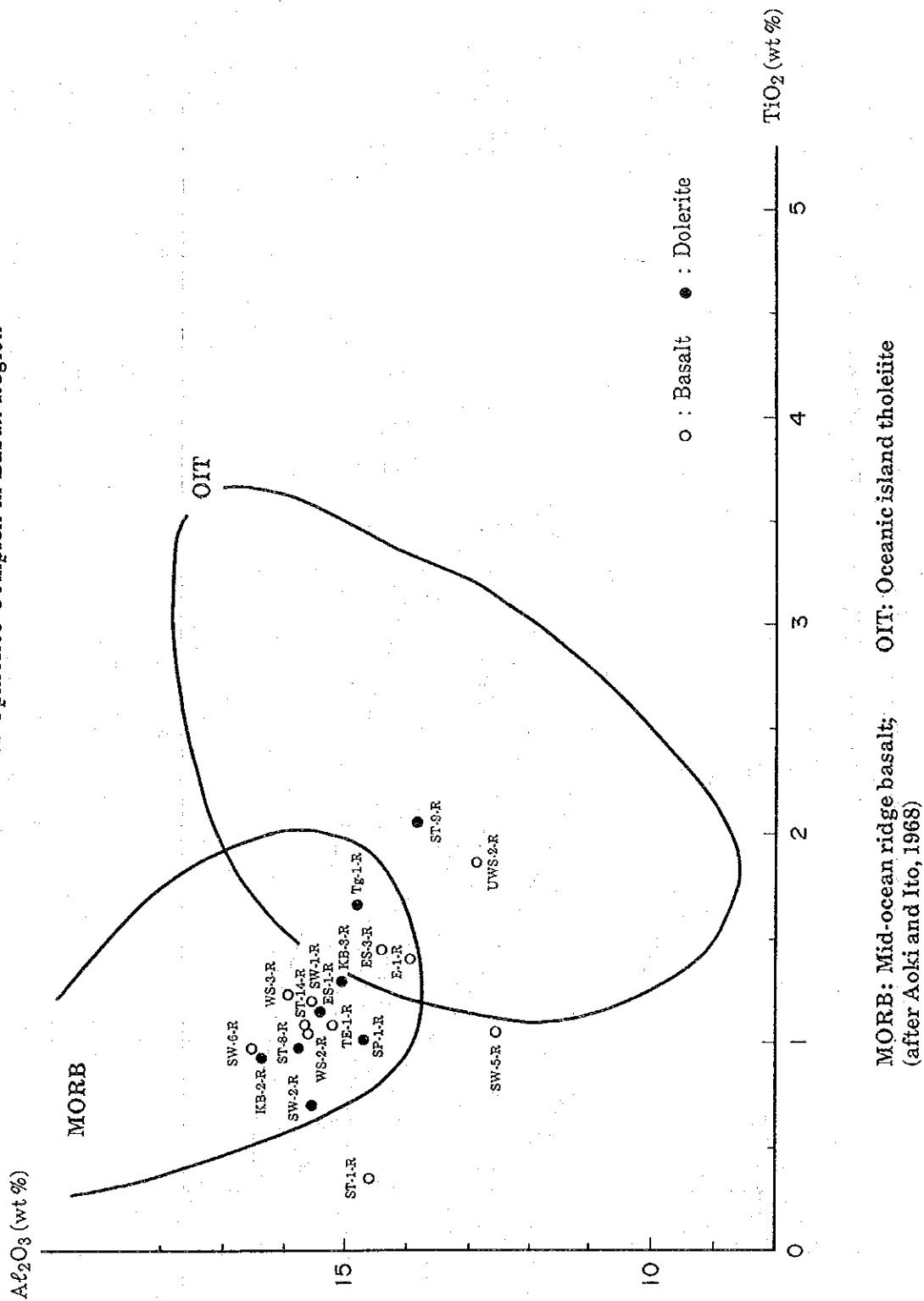


Figure II-2-11 TiO₂ - Al₂O₃ Diagram of Basalt and Dolerite of Ophiolite Complex in Labuk Region



(3) 岩石薄片顕微鏡観察 (32試料)

全岩化学分析に供したのと同じ32試料, すなわち ophiolite complexを構成している玄武岩11試料, 粗粒玄武岩 8 試料, 斑れい岩 4 試料及び超塩基性岩 9 試料の薄片の岩石顕微鏡観察結果は Table II - 2 - 6 に示す通りである。

Table II-2-6 Result of Microscopic Observation of Thin Sections of Rock Samples taken in Labuk Region

Location	Sample Number	Rock Name	Texture	Phenocryst, Fragments								Groundmass, Matrix, Accessory Minerals										Alteration, Metamorphic Minerals										Remarks							
				Quartz	Plagioclase	K-feldspar	Olivine	Augite	Hypersthene	Hornblende	Biotite	Others	Quartz	Plagioclase	K-feldspar	Augite	Hornblende	Biotite	Zircon	Apatite	Sphene	Opaque Minerals	Others	Quartz	Hornblende	Tremolite	Actinolite	Epidote	Zoisite	Biotite	Serpentine		Chlorite	Sericite	Calcite	Kaolinite	Others		
East Sualog	Es-1-T	Dolerite	subophitic										⊙	●					●	●					⊙	●													* Magnetite, equigranular dolerite, augite is changed to actinolite.
"	Es-3-T	Basalt	aphyric intergranular		●								⊙							●	*		○															* Pyrite, altered basalt, phenocryst is rare.	
Ensuan	E-1-T	Brecciated basalt	pyroclastic										○	⊙						●	**	⊙																* Basalt fragment of 1 ~ 0.5 cm, ** glass.	
Klabau	KB-2-T	Dolerite	cataclastic										⊙	⊙					●	*																		* Pyrite, hematite. Cataclastic dolerite.	
"	KB-3-T	Dolerite	subophitic										⊙	⊙					○	×																		equigranular dolerite.	
Southwest Sualog	Sw-1-T	Basalt	porphyritic intergranular		○								⊙	○					×	×																		Fine grained basalt with weak alteration.	
"	Sw-2-T	Dolerite	subophitic										⊙	⊙					×	●	*	⊙																* Zeolite, equigranular dolerite.	
"	Sw-5-T	Basalt	intersertal		●								⊙							●	*	**	⊙															*** Pyrite, ** glass, *** zeolite, fine basalt with quartz-pyrite vein, phenocryst is rare.	
"	Sw-6-T	Basalt	porphyritic intergranular		⊙			●					⊙	○					●	×	*	**	⊙		●													* Albite, chloritized basalt.	
Sualog/Parl	Sp-1-T	Metadolerite	blastophitic		⊙														×	●	*	**	⊙		×													* Zeolite, metamorphosed dolerite.	
Sungal Telupid	ST-1-T	Basalt	porphyritic intergranular		●			●					⊙	○					●	×	*	**	⊙															Fine grained altered basalt, alteration by epidote, calcite, chlorite.	
"	ST-8-T	Meta dolerite	subophitic										⊙	○					●	●	*	**	⊙															* hypersthene	
"	ST-9-T	Metadolerite	blastophitic										⊙	●					×	○	*	**	⊙															** Magnetite, ** zeolite, magnetite-rich metadolerite.	
"	ST-14-T	Basalt	porphyritic subophitic		○								⊙	⊙					×	●	*	**	⊙															* includes pyrite, coarse grained basalt.	
Telupid	TE-1-T	Basalt	porphyritic intersertal		×			×					⊙	⊙					●	×	*	**	⊙															* Zeolite, altered fine grained basalt with rare phenocryst.	
Tungud	Tg-1-T	Metadolerite	blastophitic										⊙						●	○	*	**	⊙															* Magnetite, magnetite-rich metadolerite	
Ulu West Sualog	UWS-2-T	Altered basalt	blastoporphyrific		●								○						●	●	*	**	⊙															* Pyrite, strongly altered basalt with pyrite dissemination.	
West Sualog	WS-2-T	Basalt	aphyric intergranular										⊙	⊙						●	*	**	⊙															** Magnetite and hematite, ** zeolite, altered aphyric basalt with amygdal filled by zeolite.	
"	WS-3-T	Basalt	porphyritic intersertal		○			●					○							●	*	**	⊙															* Albite, fine basalt with chloritization and albitization.	

Location	Sample Number	Rock Name	Texture	Primary Minerals									Metamorphic, Alteration Minerals											Accessory Minerals					Remarks				
				Plagioclase	Olivine	Augite	Hypersthene	Hornblende				Others	Hornblende	Cummingtonite	Actinolite	Tremolite	Epidote	Pumpellyite	Prehnite	Chlorite	Serpentine	Sericite	Calcite	Talc	Quartz	Others	Sphene	Picotite		Opaque			
Chromite	Cr-1-T	Hartzburgite	mesh			X	●												⊙			●					●	●*					* Magnetite, serpentized hartzburgite.
East Sualog	Es-2-T	Lherzollite	cataclastic	●	⊙	○	○												⊙			●				●	●*					* Magnetite, serpentized cataclastic lherzollite.	
Gambaran	Ga-1-T	Hartzburgite	cataclastic		⊙	●	○																			●						Less serpentized cataclastic hartzburgite.	
Karamuak	Kr-1-T	Wehrilite	mesh	X	⊙	●												●	○							X	●*					* Magnetite, pyroxene (probably augite) remains as only pseudomorphs, serpentized wehrilite.	
Karang	Kg-1-T	Gabbro	hypidiomorphic granular	⊙		⊙	●	●				●	●					●	○								●					plagioclase is saussuritized.	
Porog	Po-2-T	Lherzollite	mesh	●	⊙	○	○												○			●				●	●*					* Magnetite, serpentized lherzollite.	
Pumadagan	Pm-1-T	Hartzburgite	mesh			X	○*												⊙			●				●	●**					* Only pseudomorph remains, ** magnetite, serpentized hartzburgite	
Southwest Sualog	Sw-3-T	Metagabbro	hypidiomorphic granular	⊙	●	○	●				●		●		⊙		●				X						X						
"	SW-4-T	Serpentinite	mesh																⊙							X	○*					* Magnetite, completely serpentized.	
"	SW-7-T	Lherzollite	mesh		●	○	○						●						⊙			●				X	●*					* Magnetite, hematite, serpentized lherzollite.	
Sungal Telupid	ST-7-T	Metagabbro	hypidiomorphic granular	⊙		○	○	●				○	●	●	○	●									●*	●	X					* Zoisite, metamorphosed coarse grained gabbro, plagioclase is saussuritized.	
Ulu Pari	UP-1-T	Serpentinite	mesh																⊙								●*					* Magnetite and hematite, completely serpentized.	
Ulu West Sualog	UWS-1-T	Gabbro	hypidiomorphic granular	⊙	●	⊙	●				X						X	X									X					Coarse gabbro	

[Notes] ⊙: Abundant, ○: Common, ●: Rare, X: Trace

(4) 鉍石試料化学分析 (46試料)

Bidu Bidu Hills 及び Telupid地域で採取した鉍石試料46ヶ、すなわちキプロス型塊状～網状～鉍染状含銅硫化鉄鉍の28鉍徴地で採取した鉍石試料34ヶ及び超塩基性岩が風化して生成された含クローム・ニッケルラテライト試料12ヶの化学分析結果は後記2-4項のTable II-2-8及びTable II-2-9に示されている。

(5) 鉍石研磨片顕微鏡観察 (23試料)

キプロス型塊状～網状～鉍染状含銅硫化鉄鉍の28鉍徴地で化学分析用に採取した34試料のうち、23鉍徴地で採取した鉍石試料の研磨片を作成し、反射顕微鏡観察を行った。観察結果はTable II-2-7に示す通りで、massive gossan (Kg-2-P, KB-1-P, Po-1-P, Po-2-P, Po-3-P, SW-1-P, SW-5-P) はほとんど褐鉄鉍、石英、及び微量の赤鉄鉍よりなっており、一部には微量の黄鉄鉍が認められる。一方これら以外の塊状～網状～鉍染状含銅硫化鉄鉍はおもに石英、黄鉄鉍、及び黄銅鉍よりなっており、一部には磁鉄鉍、赤鉄鉍、及び微量の斑銅鉍、輝銅鉍、銅藍、閃亜鉛鉍が認められる。

Table II-2-7 Result of Microscopic Observation of Polished Sections of Ore Samples from Labuk Region

Locality Name	Sample Number	Occurrence	Chalcopyrite (cp)	Bornite (bn)	Chalcocite (cc)	Covellite (cv)	Sphalerite (sp)	Galena (gn)	Pyrite (py)	Magnetite (mt)	Hematite (hm)	Limonite (mostly goethite)	Stibnite (sb)	Gangue minerals Q:quartz	Remarks
East Sualog	ES-3-P	Pyrite dissemination							○			.		◎	
Ensuan	E-1-P	Chalcopyrite-pyrite ore	●						◎					○	
Karang	Kg-2-P	Limonite (from oxidized outcrop?)							.		.	◎		●	
Kiabau	KB-1-P	"									.	◎		○ ^a	
Porog	Po-1-P	"									.	◎		○ ^a	
"	Po-2-P	"							.		.	◎		○ ^a	
"	Po-3-P	"									.	◎		○ ^a	
Southwest Sualog	SW-1-P	"							.		.	◎		◎ ^a	
"	SW-5-P	Pyrite ore							◎					○ ^a	
"	SW-6-P	Chalcopyrite-pyrite-quartz veinlet and chalcopyrite-pyrite dissemination	●	.	.	.	.		○					◎^a	
Sungai Telupid	ST-3-P	Pyrite ore							◎	●	●			○ ^a	magnetite in pseudomorph after hematite
"	ST-6-P	Chalcopyrite-pyrite-quartz veinlet and chalcopyrite-pyrite dissemination	○	.	.	.	.		○					◎^a	
"	ST-9-P	"	○						○					◎ ^a	
"	ST-11-P	"	●		.	.			●					◎ ^a	
"	ST-12-P	(Chalcopyrite)-pyrite dissemination	.						○	.	.			◎ ^a	magnetite in pseudomorph after hematite
"	ST-13-P	Chalcopyrite veinlet	.				.		.					◎	
"	ST-15-P	Chalcopyrite-pyrite ore	○						○	○	○			○ ^a	magnetite in pseudomorph after hematite
Telupid	TE-1-P	Chalcopyrite-pyrite-quartz vein	○						○					◎ ^a	
Tungud	Tg-1-P	Pyrite dissemination	.						○					*◎ ^a	*jasper
Ulu West Sualog	UWS-2-P	(Chalcopyrite)-(pyrite)-quartz veinlet and (chalcopyrite)-pyrite dissemination	.						.					◎	
West Sualog	WS-1-P	Chalcopyrite-pyrite-magnetite ore	◎				.		○	○				●	massive compact ore; strata-bound cp-py-mt deposit?
"	WS-3-P	Pyrite dissemination							◎					◎	
"	WS-5-P	Limonite (from oxidized outcrop?)									.	◎		●	

[Notes] ◎: Abundant, ○: Common, ●: Rare, .: Trace

2-4 鉍石分析結果

Bidu Bidu Hills 及び Telupid地域で採取した鉍石試料46ヶ、すなわちキプロス型塊状～網状～鉍染状含銅硫化鉍の28鉍徴地で採取した鉍石試料34ヶ及び超塩基性岩が風化して生成された含クローム・ニッケルラテライト試料12ヶ、の化学分析結果はTable II-2-8及びTable II-2-9に示されている。

Table II-2-8にみられる如く、有用成分の銅が0.3%以上含まれているのが13試料で、その中で銅含有量の最も高いのが、ST-6-0試料の11.05%であること、3試料(SW-6-0-1, SW-6-0-2, WS-1-0)には亜鉛が0.58~2.26%含まれていること、及びSW-5-0試料には銀が57.9g/t含まれていることが明らかになった。

また massive limonite・hematite gossan (Kg-2-0, KB-1-0, Po-1-0, Po-3-0, WS-4-0, WS-5-0)の鉄含有量が46.29~58.34%で、溶出した残りの銅分が未だ0.11~0.40%含まれていることが分かった。

次にラテライト試料の化学分析の結果、Table II-2-9にみられる如く、クロームが1%以上含まれているのは12試料中9試料、ニッケルが0.4%以上含まれているのが9試料で、概してクローム含有量の多いラテライトにはニッケルも多く含まれていることが明らかになった。またマンガンも0.10~2.45%含まれていること及びppb単位ではあるが、全体的にPt含有量の方がAuよりも多いことが分かった。

Table II-2-8 List of Assay Result of Ore Samples taken in Lubuk Region

Locality	Sample Number	Au g/t	Ag g/t	Cu ppm	Fe %	Hg ppb	Mo ppm	Pb ppm	S %	Sb ppm	Zn ppm	Occurrence of Ore
ES-3	ES-3-0	<0.01	<0.1	25	17.10	275	<1	5	4.75	2	36	Cyprus type semi-massive-disseminated pyrite · limonite
E-1	E-1-0	<0.01	<0.1	12,690	26.96	91	21	24	31.54	<1	187	Cyprus type semi-massive-disseminated pyrite · limonite · quartz · chalcopyrite
Kg-2	Kg-2-0	<0.01	<0.1	2,066	46.29	172	<1	19	2.48	<1	84	Cyprus type semi-massive limonite
KB-1	KB-1-0	<0.01	<0.1	1,950	55.85	155	19	<1	0.19	<1	103	boulder of Cyprus type massive hematite · limonite gossan
KB-3	KB-3-0	<0.01	<0.1	533	2.94	112	1	7	0.10	3	181	Cyprus type quartz · limonite vein
Po-1	Po-1-0	<0.01	<0.1	1,104	58.34	124	7	17	0.13	<1	181	boulder of Cyprus type massive hematite gossan
Po-2	Po-2-0	<0.01	<0.1	3,685	57.50	118	<1	12	0.19	<1	164	Cyprus type massive hematite · limonite gossan
Po-3	Po-3-0	<0.01	<0.1	3,997	55.58	99	138	1	0.03	<1	162	Cyprus type massive hematite · limonite gossan
SW-1	SW-1-0	<0.01	6.2	4,600	14.45	78	8	5	3.00	<1	232	Cyprus type lenticular-disseminated quartz · hematite · limonite · pyrite
SW-5	SW-5-0	<0.01	57.9	96	28.95	6,425	16	31	32.95	<1	48	Cyprus type lenticular-disseminated pyrite · limonite · quartz
SW-6	SW-6-0-1	<0.01	<0.1	837	2.55	32	2	8	1.67	<1	9,540	Cyprus type quartz · pyrite · limonite · sphalerite · chalcopyrite stockwork
SW-6	SW-6-0-2	<0.01	<0.1	2,129	4.23	45	9	6	2.99	<1	22,610	Cyprus type quartz · pyrite · limonite · sphalerite · chalcopyrite stockwork
ST-2	ST-2-0	<0.01	<0.1	142	8.12	68	<1	3	4.08	1	89	Cyprus type pyrite · limonite · quartz vein
ST-3	ST-3-0-1	<0.01	<0.1	1,542	23.20	45	<1	<1	8.51	<1	76	Cyprus type pyrite · limonite · quartz lens-stockwork
ST-3	ST-3-0-2	<0.01	<0.1	1,578	12.96	30	<1	<1	8.86	4	52	Cyprus type pyrite · limonite · quartz lens-stockwork
ST-4	ST-4-0	<0.01	<0.1	13	8.36	61	<1	5	2.90	5	50	Cyprus type quartz · limonite · pyrite vein
ST-5	ST-5-0	<0.01	<0.1	11,320	18.40	16	<1	7	9.15	<1	271	Cyprus type pyrite · limonite · quartz lens
ST-6	ST-6-0	<0.01	5.8	110,500	26.02	<10	<1	3	27.92	<1	324	Cyprus type pyrite · limonite · quartz · chalcopyrite · bornite vein
ST-9	ST-9-0	<0.01	0.8	9,726	11.86	<10	<1	5	4.21	5	71	Cyprus type pyrite · limonite · chalcopyrite · quartz stockwork
ST-10	ST-10-0	0.27	4.2	62,760	28.26	<10	<1	<1	29.59	<1	51	Cyprus type pyrite · quartz · limonite · chalcopyrite vein-lens
ST-11	ST-11-0-1	<0.01	<0.1	1,529	25.40	30	<1	<1	7.27	<1	61	Cyprus type limonite · pyrite · quartz vein
ST-11	ST-11-0-2	0.08	0.8	8,841	11.49	<10	<1	8	6.18	2	40	Cyprus type pyrite · limonite · chalcopyrite · quartz vein
ST-12	ST-12-0-1	<0.01	<0.1	927	17.67	22	<1	6	8.25	<1	28	Cyprus type pyrite · limonite · quartz · chalcopyrite stockwork-lens
ST-12	ST-12-0-2	<0.01	<0.1	45	18.30	<10	<1	8	7.16	<1	78	Cyprus type pyrite · limonite · quartz stockwork-lens
ST-13	ST-13-0	<0.01	<0.1	2,616	5.82	18	<1	3	2.13	6	44	Cyprus type quartz · limonite · pyrite · chalcopyrite · malachite stockwork
ST-15	ST-15-0	<0.01	<0.1	26,910	38.74	31	<1	9	7.52	<1	73	Cyprus type quartz · magnetite · limonite · pyrite · chalcopyrite · bornite · malachite stockwork
TE-1	TE-1-0	<0.01	<0.1	46,340	11.14	<10	5	4	10.88	<1	493	Cyprus type disseminated quartz · pyrite · chalcopyrite and vein
Tg-1	Tg-1-0-1	<0.01	<0.1	372	11.44	<10	<1	5	9.01	<1	33	Cyprus type pyrite · limonite lens and stockwork
Tg-1	Tg-1-0-2	<0.01	<0.1	2,679	10.61	<10	1	9	5.07	<1	24	Cyprus type pyrite · limonite lens and stockwork
UWS-2	UWS-2-0	<0.01	<0.1	2,142	6.73	22	<1	<1	2.79	7	196	Cyprus type quartz · pyrite · limonite · chalcopyrite stockwork
WS-1	WS-1-0	<0.01	<0.1	94,480	31.74	<10	36	16	35.03	9	5,799	drill core of Cyprus type massive pyrite · chalcopyrite ore
WS-3	WS-3-0	<0.01	<0.1	196	15.80	62	<1	10	6.65	6	118	Cyprus type lenticular pyrite · limonite
WS-4	WS-4-0	<0.01	<0.1	3,456	52.66	41	23	12	0.29	<1	65	boulder of Cyprus type massive hematite · limonite gossan
WS-5	WS-5-0	<0.01	<0.1	452	58.23	139	1	56	0.13	5	80	Cyprus type massive hematite · limonite gossan

[The page contains extremely faint and illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the document. The text is too light to transcribe accurately.]

3

3

3

Table II-2-9 List of Assay Result of Laterits Samples taken in Labuk Region

Locality	Sample Number	Au ppb	Co ppm	Cr ppm	Cu ppm	Fe %	Mn ppm	Ni ppm	Pt ppb
Bo-1	Bo-1-0-L	12	836	12,740	105	35.43	4,337	4,490	45
Ga-1	Ga-1-0-L	12	865	16,610	110	42.48	3,645	8,690	45
Ga-2	Ga-2-0-L	6	550	12,530	122	39.30	2,460	5,039	45
Kr-1	Kr-1-0-L	<6	1,136	22,150	184	45.86	5,032	8,056	60
NE-1	NE-1-0-L	2	309	6,553	163	18.76	3,824	4,253	20
Pm-1	Pm-1-0-L	6	405	21,870	84	48.86	1,729	4,003	60
Rk-1	Rk-1-0-L	4	148	14,590	53	42.35	1,015	2,804	40
SW-7	SW-7-0-L	4	76	1,470	144	13.40	1,544	897	5
TP-1	TP-1-0-L	<2	5,814	13,680	156	40.65	24,470	9,501	25
TE-2	TE-2-0-L	6	1,065	11,110	136	38.55	7,595	5,468	30
TE-3	TE-3-0-L	<6	850	15,670	132	39.55	4,028	6,438	60
UP-1	UP-1-0-L	<2	61	188	27	8.54	1,527	132	<5

2-5 考 察

今回行った鉍微地調査及び採取した鉍石と母岩の各種試験・化学分析の結果から得られた結論を要約すると下記の如くとなる。

- (1) Telupid町の西北西直距約6kmのTelupid川の両岸に露出している ophiolite complexの玄武岩及び一部粗粒玄武岩中に主として黄鉄鉍，褐鉄鉍，石英及び黄銅鉍よりなり，所により斑銅鉍，輝銅鉍，銅藍，孔雀石，閃亜鉛鉍，あるいは磁鉄鉍を随伴した亜塊状，レンズ状，脈状，網状，鉍染状のキプロス型含銅硫化鉄鉍の鉍化帯が川沿いに約160mに亘ってみられる。

鉍化帯の中の11鉍微地で採取した14鉍石試料の化学分析の結果，6鉍微地の試料が銅を0.5%以上(0.88~11.05%)含んでいることが分った。

鉍化帯の母岩である玄武岩及び一部粗粒玄武岩は緑泥石作用及び一部緑簾石化作用を蒙っている。

本鉍化帯は鉍化帯全体としては，北東方向の長さ約155m，幅15m位の銅を含んだ比較的規模の大きい網状鉍体とみなし得る。

- (2) Bidu Bidu Hills地域のKg. Kiabauの北のKg. Porog付近には褐鉄鉍及び赤鉄鉍よりなる massive gossanの露頭(Po-2, Po-3)及びほとんど露頭とみなし得る転石(Po-1)がみられる。

これらのmassive gossanは鉄を55.58~58.34%，溶出した後残った銅分を未だ0.11%~0.40%含んでいることが分った。

3鉍微地のmassive gossanはキプロス型塊状含銅硫化鉄鉍床である West Sualog及びKiabau鉍体の地表部で特徴的にみられるmassive gossanに，肉眼観察，反射顕微鏡観察，及び化学分析の結果がよく類似している。

以上からこれらのmassive gossanはキプロス型塊状含銅硫化鉄鉍体の地表部付近が酸化して生成されたものと考えられるので，露頭部及びその延長部の下部に酸化していない塊状含銅硫化鉄鉍体が賦存している可能性があると考ええる。

- (3) Tungud川の右岸の支流であるUnsadan川の川沿い(Telupid町の北北西直距約30km)に露出している ophiolite complexの変粗粒玄武岩中に長さ20m以上，高さ8m以上に亘って，黄鉄鉍，石英，及び少量の黄銅鉍よりなる亜塊状，網状，鉍染状のキプロス型含銅硫化鉄鉍の鉍化帯(Tg-1)がみられる。

本鉍化帯の鉍石は銅を0.27%含んでいることが分った。

Bt. Luminintong 地域で以前(1980-1984, 1986-1990)行われた川砂による地化学探鉍の結果，本鉍化帯を含む Unsadan川の上流域にCu-Znの高アノーマリーが出ていることから推して，本鉍化帯の近くにもっと規模が大きい，かつ銅品位が高い鉍体が存在する可能性及び Unsadan 川上流域には本鉍化帯以外にもキプロス型含銅硫化鉄鉍の鉍化帯が存在する可能性があると考えられる。

(4) Telupid 町の森林訓練会館建設現場では ophiolite complexの玄武岩中に石英、黄鉄鉱、及び黄銅鉱よりなる細脈（脈幅2～5 cm）及び黄鉄鉱の鉱染した鉱染鉱が散在したキプロス型含銅硫化鉄鉱の鉱化帯（TB-1）がみられる。

本鉱化帯の細脈から採取した鉱石試料は、銅を4.63%含んでいることが分った。

本鉱徴地では細脈及び鉱染鉱が散在しており、Sungai Telupid及び S. Tungud鉱化帯に比べて鉱化作用が弱かったものと考えられる。

(5) Lubuk川の支流であるEnsuan川の上流の右岸沿いの道路端（Telupid町の北北西直距約24km）には ophiolite complexの枕状玄武岩中に黄鉄鉱、褐鉄鉱、石英、及び少量の黄銅鉱よりなる礫状（15cm×10cm）、亜塊状、及び鉱染状のキプロス型含銅硫化鉄鉱の鉱化帯がみられるが、鉱化帯全体の形状はレンズ状（最大幅1.5m、長さ2.2m）である。

礫状部分の鉱石は、有用金属として銅を1.27%含んでいることが分った。

本鉱徴地の鉱化帯はレンズ状のもの一つのみであり、鉱徴地における鉱化作用は弱かったものと考えられる。

(6) Bidu Bidu Hills及びTelupid地域にみられるキプロス型含銅硫化鉄鉱網状鉱化帯内の個々の細脈には一般に方向性がなく、あらゆる方向の割目に沿って鉱化されている。

(7) 鉱化帯を伴う ophiolite complexの玄武岩及び一部粗粒玄武岩は緑泥石化作用、緑簾石化作用、及び一部珪化作用を受けており、かつ石英の網状脈を伴うことが多いようである。

(8) Bidu Bidu Hills 及びTelupid地域でみられるキプロス型含銅硫化鉄鉱の鉱化帯はophiolite complex を構成している玄武岩、粗粒玄武岩、斑れい岩、及び超塩基性岩が断層により錯綜して分布している地域、特に比較的大きな超塩基性岩体に挟まれた地域の斑れい岩と相伴っている玄武岩または粗粒玄武岩中に胚胎しているように思われる。Bidu Bidu Hills地域、Bt. Luminintong 地域、及びTelupid町からS. Karangにかけての地域がかかる地質条件を満たしていると考えられる。

(9) 一般にキプロス型含銅硫化鉄鉱の網状鉱体は塊状鉱体の下位に伴われると言われているが、Bidu Bidu Hills及びTelupid地域の断層の発達が顕著で、地質が錯綜している所では、それぞれが単独に、或いは両方が同一深度に相伴って賦存している可能性があると考えられる。

(10) 超塩基性岩が風化してできたラテライト試料の化学分析の結果、クロームが1.11～2.22%及びニッケルが0.40～0.95%含まれている試料が多く、かつ概してクローム含有量の多いラテライトにはニッケルも多く含まれていることが分かった。

(11) Bidu Bidu Hills 及び Telupid地域で採取した ophiolite complexの玄武岩11試料及び粗粒玄武岩8試料の化学分析値を各種ダイヤグラム上にプロットして検討した結果、 $TiO_2 - FeO^*/MgO$ ダイヤグラム上ではこれらのうち18試料が中央海嶺玄武岩（MORB）に属することが分った。

またこれら19試料のうち玄武岩5試料及び粗粒玄武岩5試料並びに斑れい岩1試料のK-Ar年代を測定した結果、玄武岩4試料及び粗粒玄武岩4試料が 26.6 ± 8.1 Ma（漸新世後期）～ $40.5 \pm$

4.2Ma (始新世後期), 斑れい岩が $284.5 \pm 116\text{Ma}$ (二疊紀末期) を示した。

第Ⅲ部 結論及び提言

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章 結 論

本年度調査したキナバル地区及びラブク地区内で今後発見される可能性のある金属鉱床はキナバル地区ではBt. Tampang地域の金鉱床、ラブク地区ではSungai Telupid鉱化帯、Kg. Porog鉱化帯、及びS. Tungud鉱化帯のキプロス型含銅硫化鉄鉱床と考えられる。

Bt. Tampang の西麓及び南麓には熱水変質を受けた酸性～中性の火山岩及び火山砕屑岩が分布しており、この中に石英及び少量の黄鉄鉱・褐鉄鉱よりなる細脈状、網状、あるいは鉱染状の鉱化帯がみられる。

本鉱化帯の一部には金 (2.68g/t)、アンチモン (0.13%)、あるいは水銀 (22.05ppm, 22.45ppm) が含まれていること、母岩の熱水変質鉱物組合せは石英-絹雲母-カオリナイト-緑泥石が主で一部にカリ長石及びブスメクタイトを随伴すること、及び石英細脈の石英中の流体包有物の均質化温度が1試料 (278° ~ 284°C) を除き218° ~ 259°Cであることから推して、本鉱化帯は多分中新世乃至鮮新世と思われる火山作用に関係した中性～弱アルカリ性の熱水系に伴われた浅熱水性金鉱床の上部に該当するものと思われる。

従って本鉱化帯の下部にボナンザ型 (鉱脈型) の含金石英脈が賦存している可能性があると思われる。またかかる鉱化帯は本年度の調査で確認した Bt. Tampangの西麓及び南麓のみならず、東麓、北麓及び麓から頂上にかけての山腹にも存在する可能性があると考えられる。さらに Bt. Tampangから西北西に連なっている丘、Bt. Tampang北方のBt. Kotud, Bt. Tambiau, Bt. Tu'us, 及びBt. KalarakanもBt. Tampangと同じ酸性～中性の火山岩及び火山砕屑岩で構成されている可能性がある。若しそうであれば、これらの山の山腹及び山麓には Bt. Tampangの山麓でみられるような熱水変質帯を伴った含 (金)・黄鉄鉱・石英鉱化帯が発達している可能性があると考えられる。

ラブク地区のBidu Bidu Hills及びTelupid地域でみられるキプロス型含銅硫化鉄鉱の鉱化帯は ophiolite complex を構成している玄武岩、粗粒玄武岩、斑れい岩、及び超塩基性岩が断層により錯綜して分布している地域、特に比較的大きな超塩基性岩体に挟まれた地域の斑れい岩と相伴っている玄武岩または粗粒玄武岩中に胚胎しているように思われる。Bidu Bidu Hills地域、Bt. Luminintong 地域、及びTelupid町からS. Karangにかけての地域がかかる地質条件を満たしていると考えられる。

一般にキプロス型含銅硫化鉄鉱の網状鉱体は塊状鉱体の下位に伴われると言われているが、Bidu Bidu Hills及びTelupid地域の断層の発達が顕著で、地質が錯綜している所では、それぞれが単独に、或いは両方が同一深度に伴って賦存している可能性があると考えられる。

ラブク地区でキプロス型含銅硫化鉄鉱床賦存の可能性のあるのは、上記の地質条件及び本年度

の調査結果から判断すると、Bidu Bidu Hills地域の既知の鉱床及び鉱徴地を除いて、Sungai Telupid鉱化帯、Kg. Porog鉱化帯及びS. Tungud鉱化帯と考えられる。Telupid川の両岸に露出している ophiolite complexの玄武岩及び一部粗粒玄武岩中に胚胎したSungai Telupid鉱化帯は主として黄鉄鉱、褐鉄鉱、石英、及び黄銅鉱よりなり、所により斑銅鉱、輝銅鉱、銅藍、孔雀石、閃亜鉛鉱、あるいは磁鉄鉱を随伴している。本鉱化帯は個々の鉱徴地ではそれぞれ亜塊状、レンズ状、脈状、網状、または鉱染状を呈しているが、鉱化帯全体としては北東方向の長さ約 155m、幅15m位の網状鉱体とみなし得る。鉱化帯全体を一つの網状鉱体としてみた場合鉱石の分布密度が小さく、銅品位の低い網状鉱体となるが、本鉱化帯の近くにもっと銅品位の高い網状鉱体または塊状鉱体が賦存する可能性はあると考えられる。

Kg. Porog 鉱化帯は褐鉄鉱及び赤鉄鉱よりなるmassive gossanの2露頭及びほとんど露頭とみなし得る転石からなっている。これらのmassive gossanはキプロス型塊状含銅硫化鉄鉱床であるBidu Bidu Hills地域のWest Sualog及びKiabau鉱体の地表部で特徴的にみられるmassive gossanに、肉眼観察、反射顕微鏡観察、及び化学分析の結果がよく類似している。従って本鉱化帯のmassive gossanはキプロス型塊状含銅硫化鉄鉱体の地表部付近が酸化して生成されたものと考えられるので、露頭部及びその延長部の下部に酸化していない塊状含銅硫化鉄鉱体が賦存している可能性があると考えられる。

Bt. Luminintong地域のTungud川の右岸支流たるUnsadan川の川沿いに長さ20m以上、高さ8m以上に亘ってみられる S. Tungud鉱化帯は黄鉄鉱、石英、及び少量の黄銅鉱よりなっており、場所により亜塊状、網状、または鉱染状を呈するが、鉱化帯全体としては亜塊状に近い。

本鉱化帯を含む Bt. Luminintong地域で以前（1980-1984、1986-1990）実施された川砂による地化学探査では、本鉱化帯を含む Unsadan川の上流域に銅・亜鉛の高アノーマリーが出ているので、本鉱化帯の近くにもっと規模の大きいかつ銅品位の高い鉱体が存在する可能性及びUnsadan 川上流域には本鉱化帯以外にもキプロス型含銅硫化鉄鉱体が存在する可能性があると考えられる。

以上の他に、キナバル地区のBt. Luminantai周辺の石英モンゾニ岩斑岩中には、多数の平行節理に沿い褐鉄鉱及び局部的に石英を伴った、全体としては網状を呈する熱水変質脈がみられる。本熱水変質脈に伴われる褐鉄鉱・石英脈の化学分析結果及び石英の流体包有物均質化温度の測定結果並びに熱水変質脈のX線回折試験結果から推して、本熱水変質脈は斑岩銅鉱床の上部に伴われるSCC変質帯（絹雲母-粘土-緑泥石）に該当する可能性はあるが、化学分析、X線回折試験、及び均質化温度測定試験に供した試料の数が少ないこと及び熱水変質脈の間の石英モンゾニ岩斑岩が熱水変質を受けていないことを考慮すると、現時点では断定的なことは言えない。

従って本熱水変質脈が斑岩銅鉱床上部に伴われたものであるか否かの結論を出すためには、今後さらに地質精査、鉱石試料の化学分析、熱水変質脈のX線回折試験、及び石英の流体包有物の

均質化温度及び塩濃度の測定試験を行う必要があると考える。

第2章 第4年次調査への提言

「第1章 結論」の項で述べた如く、本年度調査したキナバル地区及びラブク地区内で今後発見される可能性のある金属鉱床はキナバル地区では Bt. Tampang 鉱化帯の金鉱床、ラブク地区では Sungai Telupid 鉱化帯、Kg. Porog 鉱化帯、及び S. Tungud 鉱化帯のキプロス型含銅硫化鉄鉱床と考えられる。

従ってこれら有望鉱化帯に対して今後下記のフォローアップ調査・探鉱を行うことを提言する。

1. Bt. Tampang 鉱化帯

(1) Bt. Tampang の山麓及び山腹においては地質精査、鉱化帯の systematic sampling と化学分析、熱水変質帯の熱水変質鉱物同定 (X線回折試験)、石英脈中の流体包有物の均質化温度と塩濃度の測定、母岩の顕微鏡観察・化学分析・K-Ar年代測定、鉱石試料の反射顕微鏡観察、及び土地地化探を行う。

(2) Bt. Tampang の西北西の丘、Bt. Tampang 北方の Bt. Kotud、Bt. Tambiau、Bt. Tu'us、及び Bt. Kalarakan の山麓及び山腹においては土地地化探及び物探を除いた上記の各種調査・試験を行う。

2. Sungai Telupid 鉱化帯

鉱化帯の systematic sampling と化学分析、鉱石試料の反射顕微鏡観察、母岩の顕微鏡観察・化学分析・K-Ar年代測定、鉱化帯周辺の地質精査、及び土地地化探を行う。

3. Kg. Porog 鉱化帯

露頭部周辺の地質精査、鉱石試料の化学分析と反射顕微鏡観察、母岩の顕微鏡観察・化学分析・K-Ar年代測定、及び土地地化探を行う。

4. S. Tungud 鉱化帯

鉱化帯周辺の地質精査、母岩の顕微鏡観察・化学分析・K-Ar年代測定、鉱化帯の systematic sampling と化学分析、鉱石の反射顕微鏡観察、及び土地地化探を行う。

次にキナバル地区の Bt. Luminantai 周辺の石英モンゾニ岩斑岩中の熱水変質脈が斑岩銅鉱床の上部に伴われたものであるか否かを解明するために、地質精査、熱水変質脈の顕微鏡観察・化学分析・X線回折試験、熱水変質脈中の褐鉄鉱・石英脈の化学分析と反射顕微鏡観察、及び石英中の流体包有物の均質化温度と塩濃度の測定を行うことを提言する。

REFERENCES

- Collenette, P., (1954): Geological Reconnaissance of the Kinabalu Area. Annual report of the Geological Survey Department for 1954, British Territories in Borneo, P.111-123.
- Collenette, P., (1958): The geology and mineral resources of the Jesselton-Kinabalu area, North Borneo. Memoir 6, Geological Survey Department, British Territories in Borneo.
- Collenette, P., (1963): A physiographic classification for North Borneo. Jour. of Tropical Geography, V.17, p.28 ~ 33.
- Fitch, F.H., (1958): The geology and mineral resources of the Sandakan area and parts of the Kinabatangan and Labuk valleys, North Borneo. Geological Survey Department, British Territories in Borneo, P.9-25.
- Hayba, D.O., Bethke, P.M., Heald, P. and Foley, N.K., (1986): Geologic, mineralogic, and geochemical characteristics of volcanic-hosted epithermal precious-metal deposits. Reviews in Econ. Geol., V.2, P.129-167.
- Heald, P., Foley, N.K. and Hayba, D.O., (1987): Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits; acid-sulfate and adularia-sericite types. Econ. Geol., V.82, P.1-26.
- Hedenquist, J.W., (1987): Volcanic related hydrothermal systems in the Circum-Pacific basin and their potential for mineralization. Mining Geol., V.37, P.347-364 (in Japanese with English abstract).
- Izawa, E. and Urashima, Y., (1988): Quaternary gold mineralization and its geologic environments in Kyushu, Japan. Econ. Geol. Mono. 6, The geology of gold deposits, P.233-240.
- Jacobson, G., (1970): Gunung Kinabalu area, Sabah, Malaysia. Report 8, Geological Survey of Malaysia, P.1-3.
- Lee, D.T.C., (1985): Regional geology, Sabah. Annual report for 1985, Geological

Survey of Malaysia, P.122-130.

Nagano, K., Takenouchi, S., Imai, H. and Shoji, T., (1977): Fluid inclusion study of the Mamut porphyry copper deposit, Sabah, Malaysia. *Mining Geol.*, V.27, P.201-212.

Newton-Smith, J., (1967): Bidu Bidu Hills area, Sabah, East Malaysia. Report 4, Geological Survey, Borneo Region, Malaysia, P.1-6.

Shikazono, N., Nakata, M. and Shimizu, M., (1990): Geochemical, mineralogic and geologic characteristics of Se- and Te-bearing epithermal gold deposits in Japan. *Mining Geol.*, V.40, P.337-352.

Sillitoe, R.H., (1973): The tops and bottoms of porphyry copper deposits. *Econ. Geol.*, V.68, P.799-815.

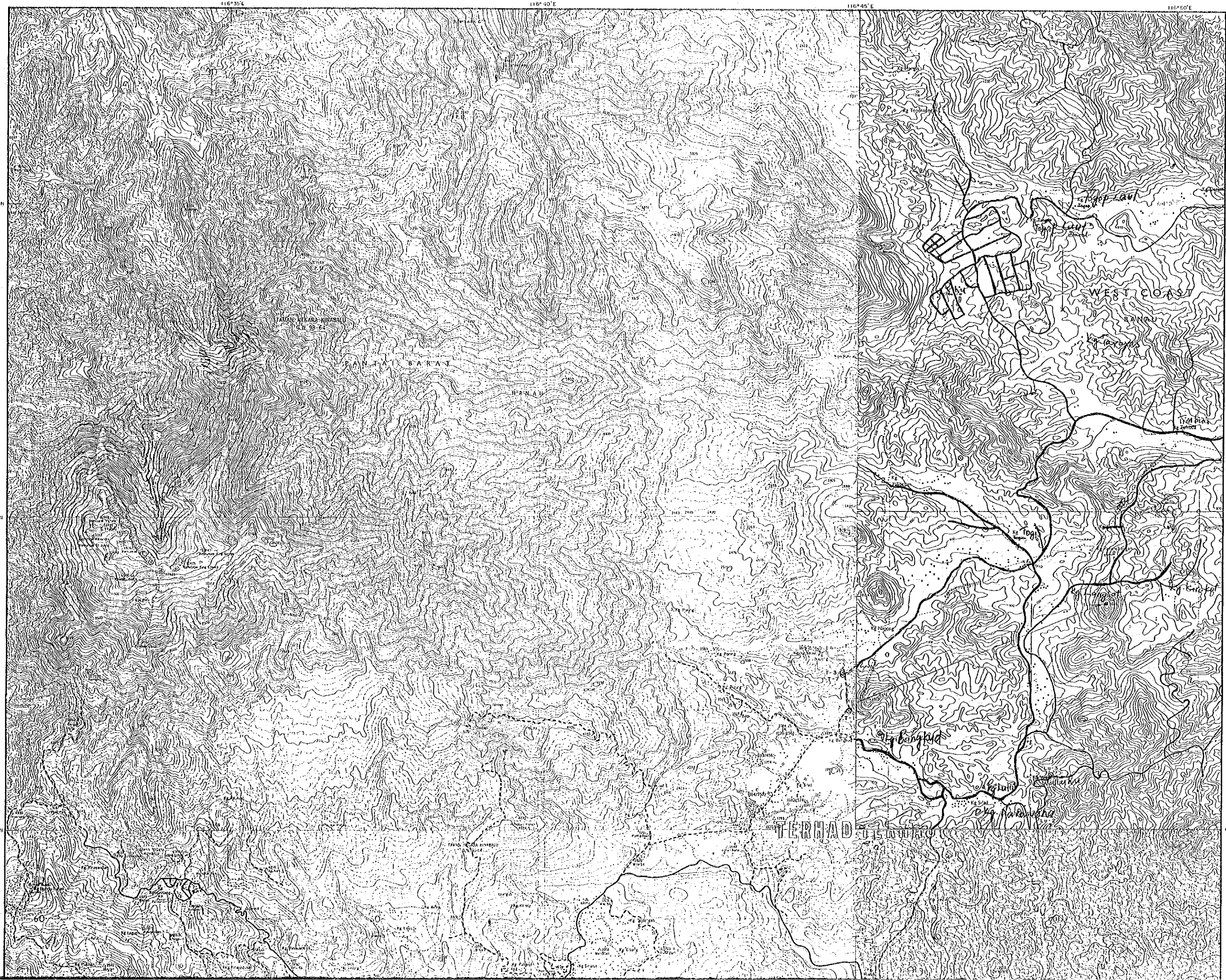
Sillitoe, R.H., (1988): Gold deposits in western Pacific island arcs; the magmatic connection. *Econ. Geol.*, Mono. 6, The geology of gold deposits, P.274-288.

Takenouchi, S., (1981): Fluid inclusion studies of several Philippine porphyry copper deposits. *Rept. Geol. Surv. Japan*, No.261, P.149-167.

Takenouchi, S., (1981): Fluid inclusion studies of Tertiary gold deposits. *Mining Geol.*, Mono. 10, P.247-258 (in Japanese with English abstract).

Takenouchi, S., (1983): Fluid inclusion study of the Nansatsu-type gold deposits. *Mining Geol.*, V.33, P.237-245 (in Japanese with English abstract).

Yan, A.S.W., (1987): Follow-up geochemical exploration for base metals in the Bukit Luminintong area, Labuk Valley, Sabah. Annual report for 1987, Geological Survey of Malaysia, P.375-387.



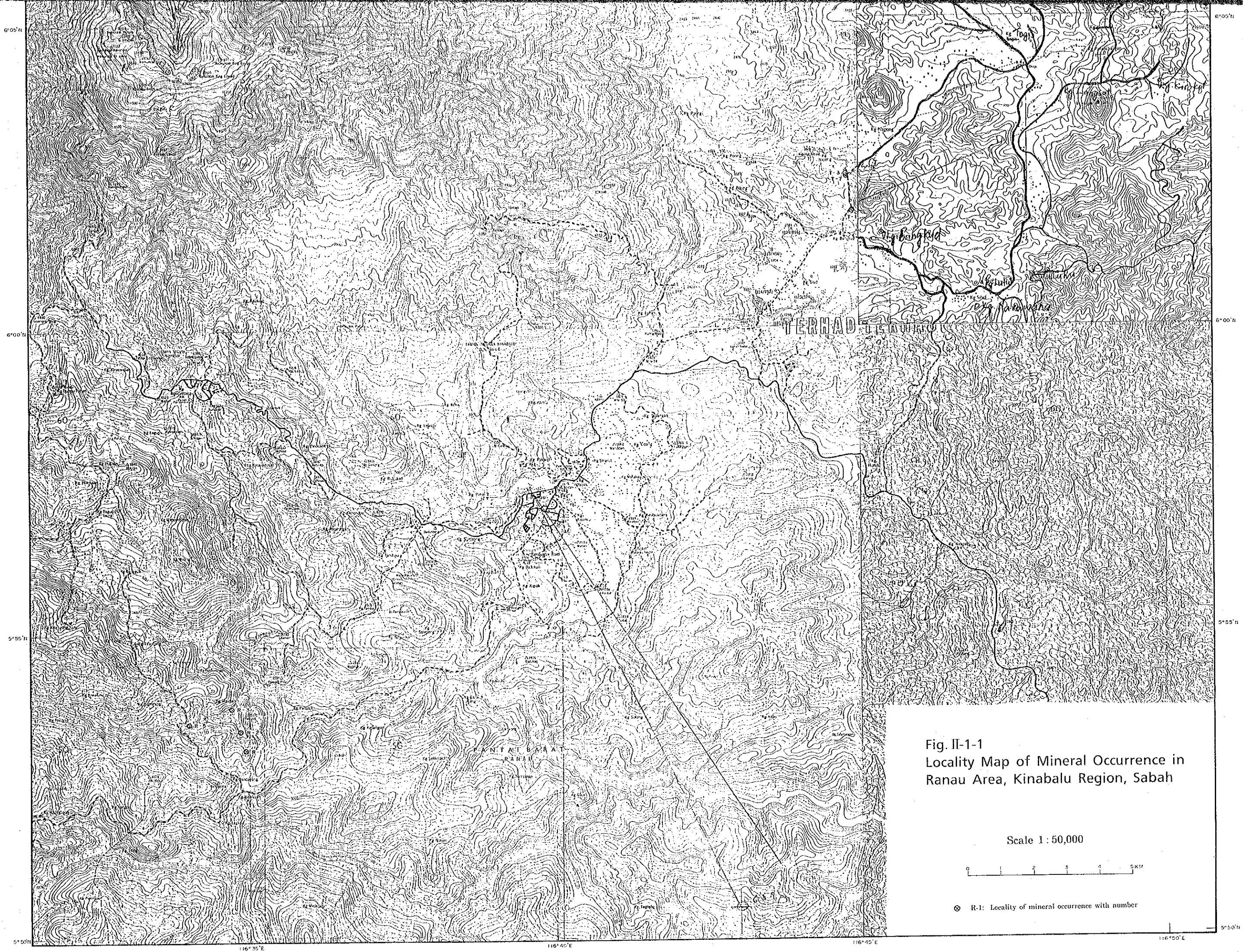
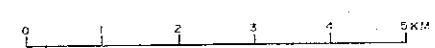


Fig. II-1-1
Locality Map of Mineral Occurrence in
Ranau Area, Kinabalu Region, Sabah

Scale 1 : 50,000



⊙ R-1: Locality of mineral occurrence with number