

1-2-5 岩石地化学探査

本地区で採取した51個の代表的な岩石試料に対して河床堆積物地化学探査で採用した元素と同じ21元素の化学分析を行った。採取した試料の一覧をTable II-1-4に、試料の採取位置を、Fig. II-1-3に、分析の結果をAppendix 8にそれぞれ示す。

分析の結果、Au、Hg、Moの3元素については、80%以上の試料で検出限界以下の値を示した。

各元素と岩石との関係は、以下のとおりである。

- As: 最高値21ppm は、頁岩で得られている。高い値は頁岩、砂岩などの堆積岩で多い。
- Au: 試料数の80% が検出限界以下の値を示した。最高値3ppbは片麻岩、チャートで得られ、高い値は基盤岩である片麻岩に多い。
- Ba: 最高値483ppmは、火山角礫岩で得られている。高い値は、火山角礫岩、砂岩、泥岩、花崗岩で得られている。
- Co: 最高値130ppmは、ハルツバージャイトで得られ、100ppm以上の高い値は超塩基性岩に限られる。
- Cr: 最高値2795ppm は、かんらん岩で得られ、2,000ppm以上の高い値は超塩基性岩に限られる。
- Cu: 最高値173ppmは、火山角礫岩で得られ、高い値は火山角礫岩、角閃岩、斑れい岩、ドレライトなどで得られた。
- Hg: 試料数の82% が検出限界以下の値を示した。最高値47ppb は砂岩で得られた。高い値は、砂岩、頁岩、泥岩、ドレライトで得られた。
- K: 最高値2.04% は、砂岩で得られたが、特定の岩石との関係は明らかでない。
- Mg: 最高値23.95%は、かんらん岩で得られた。高い値は、超塩基性岩に限られる。
- Mn: 最高値3,234ppmは砂岩で得られたが、特定の岩石との関係は明らかでない。
- Mo: 試料数の94% が検出限界以下の値を示し、特定の岩石との関係は明らかでない。
- Na: 特定の岩石との関係は明らかでない。
- Ni: 最高値2,391ppmは、かんらん岩で得られた。高い値は、超塩基性岩に限られる。Niは、超塩基性岩と深く関係する元素である。
- Pb: 最高値15ppm は、砂岩で得られた。試料数の68% は検出限界以下の値であるが、砂岩などの堆積岩で高い値を示す。
- S: 最高値0.557%は、頁岩で得られたが、特定の岩石との関係は明らかでない。
- Sb: 最高値18.4ppm は、玄武岩で得られた。Sbは、玄武岩、斑れい岩など塩基性岩類で高い値を示す傾向がある。
- Sr: 最高値1,216ppmは、片麻岩で得られ、Srは基盤を構成する片麻岩、花崗岩などで高い値を示す。
- Ti: 最高値2.24% は火山角礫岩で得られ、高い値は玄武岩、火山角礫岩、角閃岩、片麻岩などで

Table II-1-4 List of rock geochemical samples in the Segama area

Ser. No.	Sample No.	Coordinates		1/50,000 Topo. Sheet	Name of Stream	Descriptions	Geol. Unit
		N	E				
1	K037	1467.60	4747.10	Sungai Malua	S. Malua	sandstone	P ₄ Km
2	N101	1452.70	4747.75	Sungai Malua	S. Berseh	siliceous shale	KPCs
3	N097	1452.40	4750.50	Sungai Malua	S. Berseh	gabbro	Ub
4	G054	1468.55	4756.55	Sungai Malua	S. Bilong	sandstone	KPCs
5	N074	1475.85	4756.65	Sungai Malua	S. Latangah	sandstone	P ₄ Km
6	N079	1469.15	4764.45	Sungai Bole	S. Kling Kawang	basalt	KPCs
7	J040	1453.55	4783.80	Sungai Bole	S. Kawag	volcanic breccia	KPCs
8	N011	1469.25	4795.65	Mansuli	—	chert	KPCs
9	N015	1459.20	4796.10	Mansuli	S. Kawang Gibong	tonalite	Cb
10	J034	1461.65	4796.50	Mansuli	S. Dapalak	granite	Cb
11	N068	1463.00	4802.80	Mansuli	S. Upak	gneiss	Cb
12	J009	1456.30	4804.60	Mansuli	S. Taliwas	gneiss	Cb
13	J010	1457.40	4806.65	Mansuli	S. Taliwas	gneiss	Cb
14	C032	1461.20	4808.35	Mansuli	S. May May	gneiss	Cb
15	C030	1466.30	4809.00	Mansuli	—	mudstone	P ₄ Ay
16	N044	1466.90	4812.10	Mansuli	—	sandstone	P ₄ Ay
17	N089	1446.40	4737.30	Ulu Segama	S. Karangan	dolerite	Ub
18	K043	1451.30	4737.70	Ulu Segama	S. Malubuk	basalt	KPCs
19	N091	1445.40	4737.90	Ulu Segama	S. Karangan	gabbro	Ub
20	N088	1445.25	4737.90	Ulu Segama	S. Karangan	shale	P ₄ Km
21	N086	1445.20	4738.65	Ulu Segama	S. Karangan	sandstone	P ₄ Km
22	N084	1445.70	4739.40	Ulu Segama	S. Karangan	dolerite	Ub
23	K040	1451.25	4739.60	Ulu Segama	S. Malubuk	gabbro	Ub
24	N095	1442.70	4744.65	Ulu Segama	S. Danum	sandstone	P ₄ Km
25	P031	1447.00	4761.55	Sungai Ulu Bole	S. Purut	sandstone	KPCs
26	P030	1446.20	4765.40	Sungai Ulu Bole	S. Segama	tuff	P ₄ Km
27	P041	1434.40	4766.95	Sungai Ulu Bole	S. Beruang	gneiss	Cb
28	K031	1432.90	4767.75	Sungai Ulu Bole	S. Beruang	gabbro	Cb
29	Y033	1449.90	4768.10	Sungai Ulu Bole	S. Segama	sandstone	P ₄ Km
30	N022	1439.40	4773.00	Sungai Ulu Bole	S. Ulu Bole	amphibolite	Cb
31	N020	1442.30	4774.55	Sungai Ulu Bole	S. Ulu Bole	sandstone	KPCs
32	J014	1435.45	4776.75	Sungai Ulu Bole	S. Ulu Bole	amphibolite	Cb
33	J012	1438.00	4777.30	Sungai Ulu Bole	S. Ulu Bole	gneiss	Cb
34	J013	1437.35	4777.35	Sungai Ulu Bole	S. Ulu Bole	gabbro	Ub
35	J027	1435.10	4782.25	Sungai Ulu Bole	S. Ulu Bole	gabbro	Ub
36	N012	1437.05	4783.30	Sungai Ulu Bole	S. Juak	sandstone	KPCs
37	J024	1445.10	4784.65	Sungai Ulu Bole	S. Juak	peridotite	Ub
38	J020	1438.40	4785.00	Sungai Ulu Bole	S. Juak	volcanic breccia	KPCs
39	C033	1436.25	4785.55	Sungai Ulu Bole	S. Juak	sandstone	KPCs
40	N004	1451.80	4787.75	Sungai Ulu Bole	—	peridotite	Ub
41	C035	1432.85	4785.85	Sungai Ulu Bole	S. Juak	chert	KPCs
42	N013	1434.85	4786.65	Sungai Ulu Bole	—	chert	KPCs
43	G013	1436.75	4793.50	Silam	S. Takun	basalt	KPCs
44	G014	1435.00	4793.80	Silam	S. Takun	tuff	P ₄ Km
45	G015	1434.30	4794.00	Silam	S. Takun	sandstone	P ₄ Km
46	C008	1439.10	4797.50	Silam	S. Diwata	basalt	KPCs
47	Y017	1445.80	4799.70	Silam	S. Diwata	peridotite	Ub
48	Y002	1441.50	4801.00	Silam	S. Diwata	dolerite	KPCs
49	Y004	1445.70	4803.30	Silam	S. Diwata	dunite	Ub
50	N052	1447.40	4808.40	Silam	—	haezburgite	Ub
51	N053	1450.60	4811.80	Silam	—	peridotite	Ub

得られ、Tiは塩基性岩と関係する元素である。

U：最高値8.8ppmは火山角礫岩で得られたが、高い値は砂岩、頁岩で多く得られている。

W：最高値1,044ppmは、チャートで得られ、チャートで最も高い値を示す。砂岩も比較的高い値を示す。

Zn：最高値220ppmは、ハルツバージャイトで得られ、超塩基性岩で高い値を示す。玄武岩、ドレライト、斑れい岩、角閃岩などの塩基性岩類でも比較的高い値を示す。

各元素と各岩石との関係を総合すると、Co、Cr、Mg、Ni、Znは超塩基性岩で高い値を示し、Cu、Sb、Zn、Tiは塩基性岩で高い値を示す傾向がある。As、Hg、Pb、Uは砂岩、頁岩など堆積岩と深い関係を示す傾向がある。これらの元素と岩石との関係は、一般的に知られている岩石中の元素の傾向と同様である。

1-2-6 土 壌 地 化 学 探 査

本地区で採取した74試料に対して6元素（Al、Co、Cr、Fe、Ni、Pt）の化学分析を行った。

今回の土壌試料は、超塩基性岩及び塩基性岩の分布域のB層より採取した。採取した試料の一覧をAppendix 10に、その分析結果をAppendix 9にそれぞれ示す。

分析の結果、各元素について下記のような基本統計値を得た。

元素	平均値	最低値	最高値
Al	1.1 %	0.31 %	3.07 %
Co	112.9ppm	13.0 ppm	718.0 ppm
Cr	1326.7ppm	78.0 ppm	17305.0 ppm
Fe	2.2%	0.68 %	8.03 %
Ni	644.7ppm	36.0 ppm	5313.0 ppm
Pt	7.07 ppb	2.5 ppb	35.0 ppb

これらの分析結果では、Crで最高17,305 ppmが得られ、またNiで最高 5,313 ppmの高い値が得られた。Crの最高値を示した試料は、サイラム北西部の超塩基性岩の分布域の北部で採取されたものであり、付近で採取された試料で9,000 ppmを示す試料がある。Cr5,000ppm以上を示す試料は、10個であるが、これらの試料はいずれもサイラム北西部の超塩基性岩分布域に位置する。Niの最高値を示した試料は、サイラム北西部の超塩基性岩分布域の西端に位置する。Ni 3,000 ppm以上を示す試料は11個であるが、これらの試料はいずれもサイラムの超塩基性岩分布域に位置する。地区中央部から西部の超塩基性岩分布域では Cr 及び Ni とも高い値は得られていない。Coは、最高 718 ppmが得られたが、大部分の試料は 500 ppm以下の値である。Ptは、最高35 ppbが得られた。

1-2-7 室内試験結果

(1) 薄片鑑定

本地区に分布する岩石のうち、基盤岩類、超塩基性岩～塩基性岩及びチャート・スピライト層から12試料を採取し薄片鑑定を行った。鑑定の結果をTable II-1-5 に示す。かんらん岩、ダナイト及び斑れい岩では層状構造が認められ、これらの岩石がオフィオライトの一部を構成するものと考えられる。ダナイト（試料番号Y004）及びかんらん岩（試料番号N052）は、地区東部で採取されたもので蛇紋石化している。チャート・スピライト層から採取された玄武岩の試料（試料番号K043）は緑泥石化変質を受けており、また塊状～鉍染状黄鉄鉍の認められた地点で採取された試料（試料番号Y066）は強い珪化変質を受けている。

(2) 研磨片鑑定

本年度の調査で認められた鉍徴として、ダベル湾付近のダナイト中に含まれるクロム鉄鉍とセガマ川上流で認められた塊状～鉍染状黄鉄鉍及びダヌン川上流で認められた鉍染状黄鉄鉍を含む転石がある。これらの鉍徴から5試料を選び研磨片を作成し鑑定を行った。鑑定結果をTable II-1-6に示す。ダナイト中のクロム鉄鉍（試料番号N042）は、鏡下では少量で鉍染状の産状を示す。セガマ川上流で採取された試料のうち試料番号J050では鉍染状の黄鉄鉍の他に少量の黄銅鉍が認められ、また試料番号Y069では鉍染状黄鉄鉍の他に極少量の黄銅鉍、銅藍、閃亜鉛鉍、磁硫鉄鉍が認められた。ダヌン川上流で採取された転石試料のうち、試料番号J055では鉍染状黄鉄鉍と閃亜鉛鉍の他に少量の銅藍と斑銅鉍が認められたが、試料番号N090では鉍染状黄鉄鉍のみ認められただけである。

(3) 粉末X線回折試験

鉍石分析を行った5試料に対して粉末X線回折試験を行った。試験結果をTable II-1-7 に示す。セガマ川上流の塊状～鉍染状黄鉄鉍では絹雲母を伴う試料（試料番号J050）と緑泥石、石英、葡萄石を伴う試料（試料番号Y069）がある。ダヌン川上流で採取され、Auを含み、高いZn及びCu品位を示した試料（試料番号J055）は石英、絹雲母、モンモリロナイトが認められた。また、高いCu品位を示した試料番号N087及びN090は石英及び緑泥石を変質鉍物としている。本試験で同定された鉍物を変質鉍物とすると、その組み合わせより各鉍徴で若干異なった変質作用があることを示す。

(4) 鉍石分析

本地区で認められた鉍徴から採取された5試料について、Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Mo、Sの7元素を対象とする鉍石分析を行った。分析結果をTable II-1-8 に示す。セガマ川上流の塊状～鉍染状黄鉄鉍の鉍徴で採取された試料（試料番号J050、Y069）は、Cu及びZnとも低い品位であり、

Table II-1-5 Observation results of thin sections collected in the Segama area

Ser. No.	Sample No.	Location Coordinates		Geologic Units	Rock Name	Texture	Phenocryst and main minerals		Groundmass and accessory minerals		Metamorphic and altered minerals	
		N	E				quartz plagioclase biotite hornblende actinolite clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	plagioclase clinopyroxene glass allanite apatite zircon opaque minerals	quartz albite actinolite tremolite anthophyllite prehnite pumpellyite epidote chlorite serpentine montmorillonite calcite opaque minerals			
1	J014	1435.45	4776.75	Cb	Amphibolite	Nematoblastic	quartz plagioclase biotite hornblende actinolite clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	plagioclase clinopyroxene glass allanite apatite zircon opaque minerals	quartz albite actinolite tremolite anthophyllite prehnite pumpellyite epidote chlorite serpentine montmorillonite calcite opaque minerals			
2	J027	1435.10	4782.25	Ub	Gabbro	Sutured	quartz plagioclase biotite hornblende actinolite clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	plagioclase clinopyroxene glass allanite apatite zircon opaque minerals	quartz albite actinolite tremolite anthophyllite prehnite pumpellyite epidote chlorite serpentine montmorillonite calcite opaque minerals			
3	J051	1434.75	4750.85	Cb	Schist	Nematoblastic	quartz plagioclase biotite hornblende actinolite clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	plagioclase clinopyroxene glass allanite apatite zircon opaque minerals	quartz albite actinolite tremolite anthophyllite prehnite pumpellyite epidote chlorite serpentine montmorillonite calcite opaque minerals			
4	K031	1432.85	4767.75	Ub	Gabbro	Cumulus	quartz plagioclase biotite hornblende actinolite clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	plagioclase clinopyroxene glass allanite apatite zircon opaque minerals	quartz albite actinolite tremolite anthophyllite prehnite pumpellyite epidote chlorite serpentine montmorillonite calcite opaque minerals			
5	K040	1451.25	4739.60	Ub	Gabbro	Orthocumulus	quartz plagioclase biotite hornblende actinolite clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	plagioclase clinopyroxene glass allanite apatite zircon opaque minerals	quartz albite actinolite tremolite anthophyllite prehnite pumpellyite epidote chlorite serpentine montmorillonite calcite opaque minerals			
6	K043	1451.30	4737.70	KFCs	Basalt	Intergranular and amygdaloidal	quartz plagioclase biotite hornblende actinolite clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	plagioclase clinopyroxene glass allanite apatite zircon opaque minerals	quartz albite actinolite tremolite anthophyllite prehnite pumpellyite epidote chlorite serpentine montmorillonite calcite opaque minerals			
7	N015	1459.20	4796.10	Cb	Tonalite	hypidiomorphic granular	quartz plagioclase biotite hornblende actinolite clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	plagioclase clinopyroxene glass allanite apatite zircon opaque minerals	quartz albite actinolite tremolite anthophyllite prehnite pumpellyite epidote chlorite serpentine montmorillonite calcite opaque minerals			
8	N052	1447.40	4808.40	Ub	Harzburgite	Accumulus	quartz plagioclase biotite hornblende actinolite clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	plagioclase clinopyroxene glass allanite apatite zircon opaque minerals	quartz albite actinolite tremolite anthophyllite prehnite pumpellyite epidote chlorite serpentine montmorillonite calcite opaque minerals			
9	N089	1446.40	4737.30	Ub	Dolerite	Ophitic	quartz plagioclase biotite hornblende actinolite clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	plagioclase clinopyroxene glass allanite apatite zircon opaque minerals	quartz albite actinolite tremolite anthophyllite prehnite pumpellyite epidote chlorite serpentine montmorillonite calcite opaque minerals			
10	Y002	1441.50	4801.00	Ub	Dolerite	Ophitic	quartz plagioclase biotite hornblende actinolite clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	plagioclase clinopyroxene glass allanite apatite zircon opaque minerals	quartz albite actinolite tremolite anthophyllite prehnite pumpellyite epidote chlorite serpentine montmorillonite calcite opaque minerals			
11	Y004	1445.70	4803.30	Ub	Dunite	Accumulus	quartz plagioclase biotite hornblende actinolite clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	plagioclase clinopyroxene glass allanite apatite zircon opaque minerals	quartz albite actinolite tremolite anthophyllite prehnite pumpellyite epidote chlorite serpentine montmorillonite calcite opaque minerals			
12	Y066	1431.00	4746.10	KFCs	Altered rock	Lepidoblastic	quartz plagioclase biotite hornblende actinolite clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	plagioclase clinopyroxene glass allanite apatite zircon opaque minerals	quartz albite actinolite tremolite anthophyllite prehnite pumpellyite epidote chlorite serpentine montmorillonite calcite opaque minerals			

◎ : abundant, ○ : common, ○ : a little, ● : rare.

Table II-1-6 Observation results of polished sections collected in the Segama area

Ser. No.	Sample No.	Location Coordinates		Descriptions	Rangue minerals										Remarks			
		N	E		chalcopyrite	covellite	bornite	sphalerite	pyrite	pyrrhohite	magnetite	hematite	goethite	chromite		pyroinsite		
1	J050	1434.75	4750.85	Dissemination of pyrite in sericitized, silicified schist	○			◎	●									Pyrite:fractured, subhedral-euhedral.
2	J055	1447.40	4746.80	Dissemination of pyrite in silicified tuff breccia.				○										Pyrite:framboidal, euhedral.
3	N042	1445.80	4808.60	Dissemination of chromite in dunite.						●								
4	N090	1445.95	4737.65	Dissemination of pyrite in silicified, chloritized rock				◎										
5	Y069	1430.85	4746.20	Dissemination of pyrite in chloritized rock	●			◎			●							

◎ : abundant, ○ : common, ○ : a little, ● : rare.

Table II-1-7 Results of X-ray diffraction analyses for samples in the Segama area

Ser. No.	Sample No.	Location Coordinates		Descriptions	Detected minerals							Remarks		
		N	E		montmorillonite	chlorite	sericite	quartz	plagioclase	prehnite	pyrite		chalcopyrite	
1	J050	1434.75	4750.85	Dissemination of pyrite in sericitized and silicified schist.	●	○	○	●	●	○	○	○	○	
2	J055	1447.40	4746.80	Dissemination of pyrite and bornite in strongly silicified tuff breccia.	●	●	○	○	○	○	○	○	○	
3	N087	1445.35	4738.15	Dissemination of pyrite and quartz vein with pyrite and chalcopyrite in chloritized rock.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	size of float. 10×10×3cm
4	N090	1445.95	4737.65	Dissemination of pyrite in silicified, chloritized rock.	●	○	○	○	○	○	○	○	○	size of float 20×10×10cm
5	Y069	1430.85	4746.20	Dissemination of pyrite in chloritized rock.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

◎ : abundant, ○ : common, ○ : a little, ● : rare.

Table II-1-8 List of ore samples and their assay results in the Segana area

Ser. No.	Sample No.	Location Coordinates		Descriptions	Analytical Elements							Remarks
		N	E		Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Mo (ppm)	S (%)	
1	J050	1434.75	4750.85	Dissemination of pyrite in sericitized, silicified schist	0.1>	0.1>	642	1>	55	14	26.37	sampling width:2m
2	J055	1447.40	4746.80	Dissemination of pyrite and in silicified tuff breccia. bornite	1.2	42.6	9320	358	39900	42	9.96	size of float: 3 x 3 x 3m
3	N087	1445.35	4738.15	Dissemination of pyrite and quartz vein with pyrite and chalcopyrite in altered rock	0.4	15.0	51100	1>	300	1>	5.45	size of float: 10x10x3cm
4	N090	1445.95	4737.65	Dissemination of pyrite in silicified, chloritized rock	0.1>	0.1>	87	3	81	1>	12.78	size of float: 20x10x10cm
5	Y069	1430.85	4746.20	Dissemination of pyrite in chloritized rock	0.1>	0.9	439	6	506	1>	4.48	sampling width:2.5m

鉱石鉱物として大部分が黄鉄鉱であるという研磨片鑑定の結果と一致している。ダヌン川で採取した転石試料のうち、直径3 m大の転石(試料番号J055)はAu 1.2 g/t、Ag 42.6 g/t、Cu 0.9 %、Zn 3.9 %を、直径10 cmの転石(試料番号N087)はAu 0.4 g/t、Ag 15.0 g/t、Cu 5.1 %を示した。ダヌン川で採取した転石試料は、セガマ地区及びセンボルナ地区の両地区より採取した試料の中で最も高い品位を示した。

1-3 センボルナ地区調査結果

1-3-1 地質及び鉱化作用

センボルナ地区の地質は、セガマ地区と同様、基盤をなす三疊紀以前の結晶質岩類、白亜紀～始新世の超塩基性岩(Ub)と塩基性岩類の噴出を伴う堆積岩類、始新世以降の堆積岩類よりなり、さらに本地区南部では、鮮新世～完新世の火山岩類が広い範囲に分布する。本調査では、地化探の試料採取に並行して地質概査を行った。この結果と既存資料(H. J. C. Kirk; 1961, S. K. Chung; 1971, P. S. Lim; 1981, Y. E. Heng; 1985, D. T. C. Lee; 1988)により本地区の地質図(Fig. II-1-9)を作成した。

本地区の基盤をなす先三疊系の結晶質岩類(Cb)は地区北端のセガマ地区との境界部に分布しており、主として片麻岩及び片岩よりなる。調査地区の北東部には、先白亜系との石灰岩の小岩体(KMb)が分布する。

超塩基性岩類(Ub)は、調査地区北部で幅数 km の中規模の岩体をなし東西方向に散在する。本岩は、蛇紋岩、蛇紋岩化したかんらん岩及び斑れい岩よりなる。これらの岩石は密接な関係をもって分布する。超塩基性岩の周辺には、主として玄武岩質枕状溶岩よりなるチャート・スピライト層(KPCs)が分布しており、超塩基性岩類とともにオフィオライトを形成するものと考えられる。

調査地区の中央部の広い範囲には始新世～中新世中期の堆積岩類が分布する。これらの堆積岩類は、西部より東部にかけてカラバカン(Kalabakan)層(P₄Kl)、クアム(Kuamut)層(P₄Km)及びカルンパング(Kalumpang)層(P₄Kg)に区分されている。カラバカン層は、砂岩、シルト岩、泥岩及び頁岩よりなる。クアム層は、スランプ・ブレッチャーを特徴とし、礫岩、砂岩及びシルト岩より構成される。カルンパング層は、凝灰質の堆積岩を特徴とし、凝灰岩、凝灰質砂岩、頁岩、泥岩などより構成される。

調査地区西端には、中新世中期より後期にかけての堆積岩類が分布する。これらの堆積岩類は、タンジョン(Tanjong)層(N₂Tj)及びカピリッツ(Kapilit)層(N₂Kp)に区分されている。タンジョン層は、砂岩及びシルト岩よりなる。カピリッツ層は、主として泥岩及びシルト岩より構成される。調査地区の中央部のメロタイ・ベサル(Merotau Besar)川下流域の小範囲には、中新世中期～鮮新世のウマス・ウマス(Umas Umas)層(N₄Um)が分布する。本層は、砂岩、頁岩及び泥岩よりなる。調査地区東部のバルング(Balung)川中流域の小範囲には、ウマス・ウマス層と同時期のバルング(Balung)層(N₄B1)が分布する。本層は、火山灰、泥岩、凝灰岩、頁岩などより構成される。

更新世の段丘堆積物(Q₁)が調査地区の中央南部より東南部にかけての広い範囲に分布する。また海岸及び河川沿いには、沖積層(Q₂)が分布する。

調査地区の南央部より南東部の広い範囲には、鮮新世の火山岩類 (I₁)、及び更新世～完新世の火山岩類 (I₂) が分布する。鮮新世の火山岩類は、安山岩の卓越する部分と石英安山岩の卓越する部分とに区分される。調査地区の南東部にはこれらの火山岩類分布域には、細粒閃緑岩及び細粒花崗閃緑岩の小岩体が分布する。更新世～完新世の火山岩類は、石英安山岩及び玄武岩と同質の火山砕屑岩類より構成され、調査地区南部及び北東部の小範囲に分布する。

本地区の地質構造は、ENE-WSW 方向の火山岩類の分布に特徴付けられる。断層構造としては、NNW-SSE 系及び NNE-SSW系が卓越する。基盤の構造は複雑である。

本地区で認められる鉱化作用は、火山岩類に賦存する熱水性鉱床に代表される。最も顕著な鉱化作用は、バルング川の北側よりマンツリィ (Mantri) 山にかけての地区、東端の海岸部に位置するナゴス (Nagos) 地区などで知られている。これらの地区に対する探鉱活動は民間の Zamia SDN BHD により実施されている。

1-3-2 試料採取

地化学探査試料の採取は、河川沿い及び道路を利用して行った、調査地区南部及び東部はプランテーションが多く比較的道路網が発達していることから、これらの道路を利用して試料の採取を行った。調査地区北部及び西部では、道路網が限られていたことからティアガウ (Tiagau) 川及びブランティアン (Brantian) 川の下流、カルンパン (Kalumpang) 川の上流などにキャンプを設けこれらのキャンプより移動キャンプにより試料の採取より実施した。

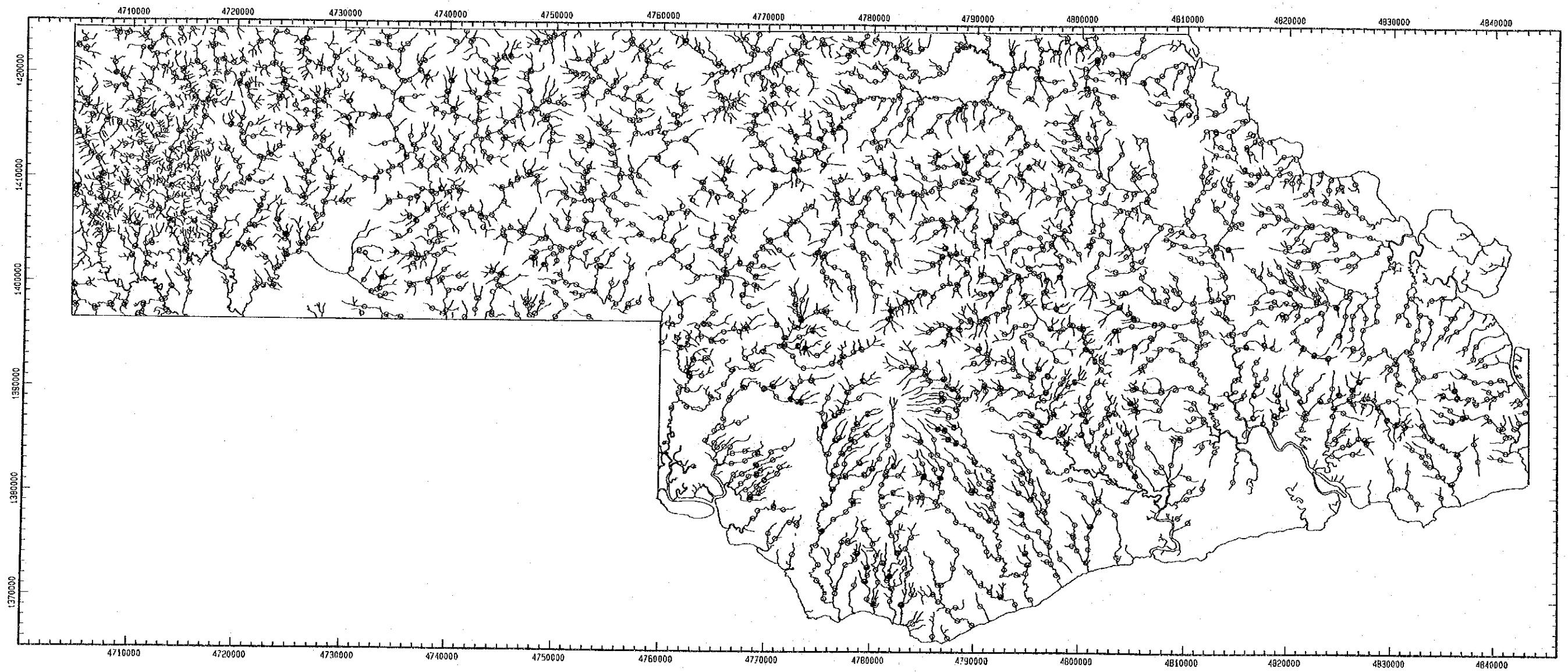
河床堆積物の試料採取では、各試料採取地点での地質、色調、粒度、河川のオーダーなどの記載を行い、示す試料の一覧表 (Appendix 11) を作成した。本調査で採取した試料の採取位置を、Fig. II-1-10 及びPlate II-1-2に示す。

バンニング試料は、各河川や主要な支流を代表する位置で採取した。各試料の採取地点では、河床堆積物試料と同様の記載を行い、試料採取一覧表 (Appendix 16) を作成した。バンニング試料の試料採取位置をFig. II-1-11 に示す。

岩石試料は、調査地区の地質を代表する岩石試料を採取した。採取した試料に対しては、現地記載を行った。岩石試料の採取位置をFig. II-1-11 に示す。

土壌試料は、主として超塩基性岩の分布域よりラテライト質土壌を採取し分析に供した。各試料の採取点では、採取地点の色調、粒度、地形などの記載を行った。土壌試料の採取位置をFig. II-1-11 に示す。

地化学探査の試料採取と平行して地質調査を実施するとともに、室内試験のための試料を採取した。本調査で実施した室内試験は、薄片観察、研磨片観察、粉末 X線回折試験及び鉱石分析である。室内試験に供した試料の採取位置をFig. II-1-11 に示す。



o Location of sample

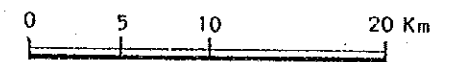


Fig. II-1-10 Location map of stream sediment samples in the Semporna area

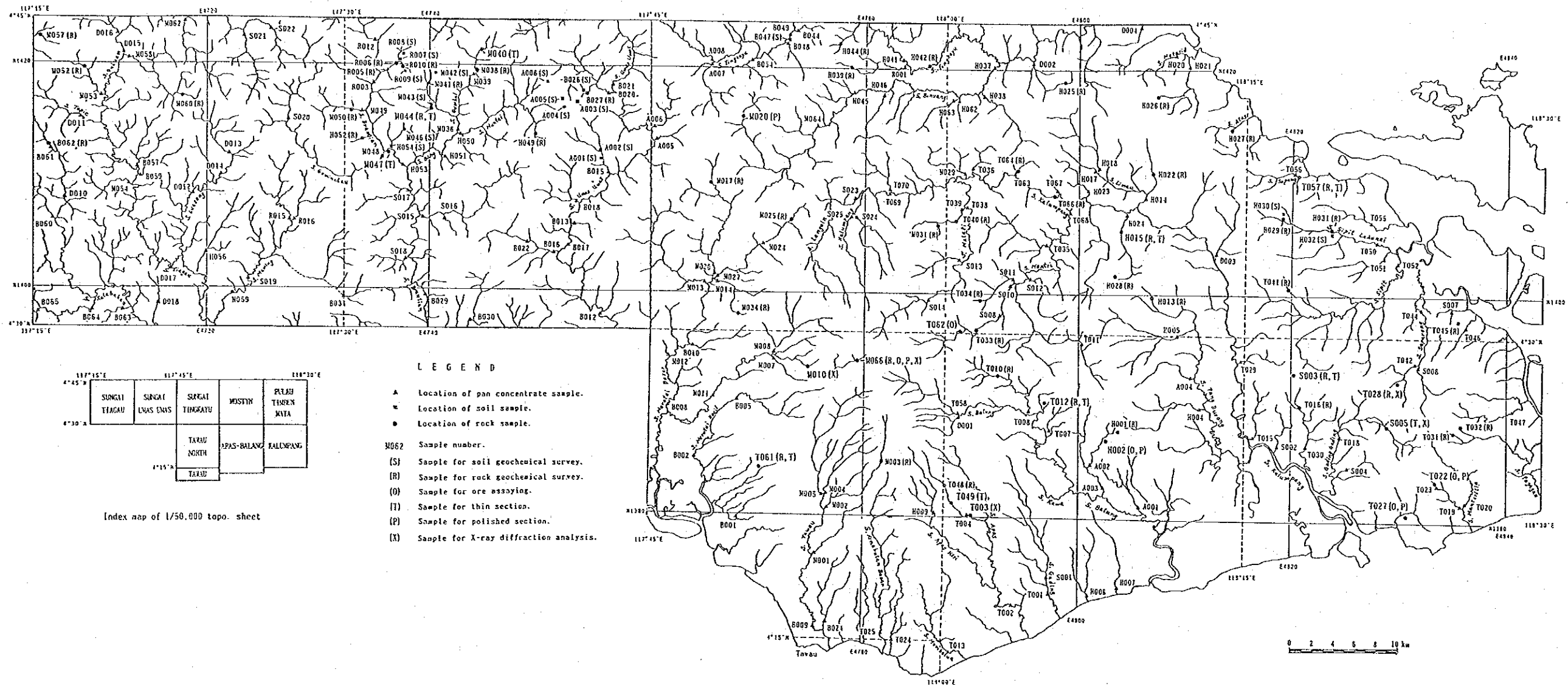


Fig. II-1-11 Location map of samples for geochemical and laboratorial studies in the Semporna area

1-3-3 河床堆積物地化学探査

本調査で採取した試料の一覧表をAppendix 11 に、分析結果をAppendix 12 に示す。

(1) 指示元素

採取した試料に対し 21 元素の地化探分析を行った。分析結果はコンピュータを用い統計解析をおこなった。この処理により得られた統計値をTable II-1-9に示す。この表で明らかなように Au、Mo、W の 3 元素については、大部分の試料で検出限界以下の値を示した。各元素の最高値を見ると、Au (9,320 ppb)、S (5.526 %)、Pb (789 ppm)、Ba (1,230 ppm) などの元素がかなり高い値を示している。

各元素の分布の傾向を明らかにするため、ヒストグラム及び累積頻度分布図 (Appendix 13) を元素ごとに作成した。この結果では、Hg、Ni、U などの元素が右折れの累積頻度分布を示しており、後背値の集団と濃度の高い集団の重なりより構成されていることを示す。

分析した各元素間の関係を明らかにするため、各元素間の相関係数を計算した。各元素間の相関表をTable II-1-10 に示す。各元素間で良い相関 (相関係数; 0.600 以上) を示す元素の組み合わせは、以下のとおり。

Ba-Cu、Ba-K、Ba-Sr、Co-Cu、Co-Mg、Co-Mn、Co-Sr、Co-Ti、Co-Zn、Cr-Ni、Cu-Mg、
Cu-Sr、Cu-Zn、Mg-Na、Mg-Sr、Mn-Ti、Mn-Zn、Na-Sr、Sr-Zn、Ti-Zn

これらの元素の組み合わせは、本地区の地質を良く反映している。Auと最も関係の深い元素としては Pb (相関係数; 0.325) が挙げられる。

(2) 単変量解析

単変量解析では、統計処理結果に基づき 1-1-3 の項で述べた 4 ランク分けによる濃度分布図を作成した。しきい値 (異常値) の抽出には、セガマ地区と同様 EDA 法を採用した。EDA 法による処理結果をAppendix 14 及びTable II-1-9に示す。作成した元素ごとの濃度分布図をAppendix 15 に示す。各元素の濃度及び異常値の分布は、以下のとおり。なお、高濃度としたものは、後背値プラス標準偏差の値以上の試料を示す。

As: 高濃度帯の内特に顕著なものは、バルング川の北側で知られている鉍化帯の周辺部、カルンバング川の最上流部、鉍化帯の存在が知られている東南部のナゴス (Nagos) 周辺などに認められる。西部の広い範囲では、全般に高い濃度を示す。Asの異常値は、10 ppm であるので、高濃度の範囲と異常帯の範囲とはほぼ一致する。この元素は、既知の鉍化帯を良く抽出していることから、この元素の高濃度帯は探査上重要である。

Au: 高濃度帯及び異常帯の大部分は、バルング川の北側で知られている鉍化帯周辺に集中して分布しており、この地区が Au の鉍化帯として有望であることを示す。著しく高い値 (最

Table II-1-9 Statistics of stream sediment geochemical survey in the Semporna area

Element	Statistics							EDA method**		
	Below detection limit (%)	Maximum value	Minimum value	Mean* ¹ value (b)	Standard deviation	b + 2S.D. **	Median	Upper Whisker	Upper Fence	
As (ppm)	53.1	227	< 1	1.8	0.652	36.4	0.5	10	512	
Au (ppb)	92.3	9,320	< 1	0.7	0.597	10.7	0.5	0.5	0.5	
Ba (ppm)	—	1,230	10	105.1	0.283	387.1	107	180	623	
Co (ppm)	2.3	233	< 1	12.0	0.443	92.3	13	31	169	
Cr (ppm)	—	19,479	43	194.7	0.336	915.2	166	316	832	
Cu (ppm)	0.4	604	< 1	15.5	0.331	71.2	16	31	140	
Hg (ppb)	15.9	1,250	< 10	22.2	0.403	141.5	23	44	190	
K (%)	4.4	2.45	< 0.01	0.259	0.545	3.182	0.32	0.71	3.82	
Mg (%)	—	17.13	0.01	0.465	0.432	3.406	0.49	1.07	5.02	
Mn (ppm)	5.1	6,970	< 5	276.9	0.756	8,994.9	449.5	1,212	33,283	
Mo (ppm)	80.9	22	< 1	0.6	0.239	1.9	0.5	1	0.5	
Na (%)	1.6	2.32	< 0.01	0.168	0.515	1.799	0.20	0.46	3.52	
Ni (ppm)	0.04	1,592	< 1	34.3	0.350	171.5	33	58	184	
Pb (ppm)	35.5	789	< 2	3.8	0.531	43.7	4	10	243	
S (%)	—	5.526	0.003	0.033	0.363	0.175	0.029	0.060	0.231	
Sb (ppm)	10.5	247.7	< 0.2	2.89	0.638	54.57	3.9	9.2	61.7	
Sr (ppm)	—	350	3	40.0	0.325	178.4	41	78	383	
Ti (%)	—	8.84	0.06	0.563	0.461	4.696	0.52	1.72	21.4	
U (ppm)	0.6	34.4	< 0.2	1.32	0.276	4.70	1.4	2.0	4.3	
W (ppm)	91.7	12	< 2	1.1	0.137	2.1	1	1	1	
Zn (ppm)	—	710	6	57.0	0.342	274.9	61	116	502	

*¹: geometric mean *²: background value + 2 x standard deviation *³: Exploratory Data Analysis (Kurzi H., 1988)

Table II-1-10 Coorelation matrix of elements for stream sediment in the Semporna area

	As	Au	Ba	Co	Cr	Cu	Hg	X	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	S	Sb	Sr	Ti	U	W	Zn
As	1.000																				
Au	.136	1.000																			
Ba	.135	.099	1.000																		
Co	-.354	-.010	.344	1.000																	
Cr	-.177	-.007	-.362	.150	1.000																
Cu	-.041	.069	.605	.658	-.106	1.000															
Hg	.096	.093	.415	.286	-.271	.387	1.000														
K	.222	.004	.696	.135	-.303	.492	.340	1.000													
Mg	-.275	-.067	.427	.609	.204	.705	.228	.357	1.000												
Mn	-.370	.125	.203	.697	.128	.420	.134	-.125	.547	1.000											
Mo	-.007	.000	.175	.093	-.089	.197	.137	.137	.102	.680	1.000										
Na	-.059	-.124	.585	.467	-.020	.575	.199	.698	.713	.194	.064	1.000									
Ni	-.118	-.048	.056	.424	.603	.337	.005	.102	.577	.185	-.070	.388	1.000								
Pb	.278	.325	.045	-.158	-.033	-.049	.112	-.078	-.276	-.030	.008	-.314	-.058	1.000							
S	.133	.092	.504	.320	-.160	.563	.428	.345	.350	.179	.166	.343	.116	.113	1.000						
Sb	-.188	.041	.116	.386	.246	.248	.004	.029	.407	.334	.226	.224	.203	-.081	.090	1.000					
Sr	-.133	-.064	.671	.615	-.164	.704	.347	.578	.743	.380	.183	.811	.239	-.259	.475	.306	1.000				
Ti	-.365	.128	.176	.702	.058	.392	.238	-.217	.469	.739	.139	.035	.042	.003	.266	.362	.350	1.000			
U	.103	.008	.087	-.055	-.272	-.025	.145	-.049	-.227	-.058	.001	-.261	-.276	.252	.141	-.183	-.119	.178	1.000		
W	.021	.043	.089	.100	-.001	.100	.087	.063	.080	.054	.131	.003	.046	.082	.072	.129	.039	.108	.008	1.000	
Zn	-.193	.126	.545	.830	-.038	.751	.375	.288	.732	.652	.154	.442	.254	-.004	.470	.347	.645	.740	.122	.143	1.000

高値：9,320 ppb)を示す試料は、マンツリィ (Mantri)川の上流に位置する。

Ba：高濃度帯及び異常帯(180 ppm以上)は、西部のブランチアン川上流域の超塩基性岩体の周辺部、バルング川とカルンバング川の間、地区北東端で超塩基性岩の分布する区域などである。バルング川とカルンバング川の間に見られる高濃度帯は、火山岩類の分布域で既知の鉍化帯の周辺部に位置する。従って、この元素は、鉍化帯と超塩基性岩の両者を抽出している。

Co：高濃度帯と異常帯の分布は、Baとほぼ同様の傾向を示し、火山岩の分布域及びチャート・スピライト層の分布域と良く一致する。しかしながらその絶対値が低いことから鉍化作用との関係は不明瞭である。

Cr：高濃度帯及び異常帯の分布は、超塩基性岩類、チャート・スピライト層及び玄武岩の分布域と良く一致する。但し、その絶対値が比較的低いことから、クロム鉄鉍の探査の対象となる地区は限られる。堆積岩類、安山岩、石英安山岩の分布域では、低濃度を示す。

Cu：高濃度帯の分布は、火山岩類、超塩基性岩類及びチャート・スピライト層の分布域に良く一致する。異常帯の分布域は、既存の鉍化帯の分布するマンツリィ山の南部に集中するがその絶対値はあまり高くない。

Hg：高濃度帯は、バルング川とカルンバング川との間、タワウの東方、地区西部のティアガウ川流域に主として分布する。Hgの異常帯(190 ppb以上)は、カルンバング川の最上流域及び中央部の南端に集中する。これらの異常帯の一部は著しく変質しており、温泉の湧出も認められる。

K：高濃度帯は、調査地区西部のタンジョン層、カピリッツ層の分布域とよく一致する。また地区中央部のバルング川とカルンバング川との間にも高濃度帯が散在する。異常帯(0.71%以上)の分布は、高濃度帯の分布と同様である。バルング川とカルンバング川の間に見られる異常帯の一部は、地表調査の結果からすると鉍化作用との関係が推定される。

Mg：高濃度帯は、超塩基性岩及びチャート・スピライト層の分布域と良く一致する。カルンバング川の上流域にも比較的濃度の高い範囲が認められる。この範囲は、安山岩及び凝灰岩質堆積岩の分布域と一致する。異常帯(5.02%以上)の分布は、超塩基性岩の分布域に限られる。

Mn：高濃度帯及び異常帯の分布は、調査地区の中央部より東部にかけての区域に集中する。これらの区域は、火山岩類の分布域及びその周辺である。堆積岩類の分布域では、顕著な異常帯は、認められない。

Mo：高濃度帯は、調査地区の中央部より東部にかけて分布する。Moの絶対値は、全般に低く、比較的高い値(20 ppm以上)を示す試料も散在しており、鉍化作用との関係は不明瞭である。

- Na : 高濃度帯の分布は、中央部の火山岩類の分布域及び超塩基性岩類の分布域に集中する傾向は有るが、全般的に見るとあまり顕著な傾向は示さない。
- Ni : 高濃度帯と異常帯の分布は、超塩基性岩類の分布域に集中しており、Crと同様の分布傾向を示す。Ni鉱床の可能性はこの超塩基性岩の分布域に限られる。
- Pb : 高濃度帯の分布は、Auの高濃度帯の分布と良く一致しており、バルング川の北側の既知の鉱化帯の分布域に集中する。また、カルンバング川の最上流部にも高濃度帯の集中する沢がある。異常帯(243 ppm以上)は、マンツリ川の最上流部に集中しており既知の鉱化帯と密接な関係を示す。
- S : 高濃度帯は調査地区の中央南部より東部にかけての火山岩類の分布域が最も顕著である。調査地区北西端の堆積岩類の分布域においても高濃度帯が集中する。地表調査の結果によると火山岩で見られる変質帯中には、黄鉄鉱の鉱染が認められることから、この変質帯の分布と密接な関係が推定される。この変質帯の分布域には、温泉の湧出が確認されていることから、この変質が鉱化作用と直接関係するかどうかは不明である。
- Sb : 高濃度帯は、調査地区中央部より東部にかけて主として分布する。全般的に見ると、火山岩類及び基盤岩類の分布域で高い傾向を示す。異常帯(61.7 ppm以上)の分布は、バルング川中流域北側の小範囲及び地区北東端の小範囲に限られる。
- Sr : 高濃度帯の分布は、地区中央部の火山岩類分布域及びその周辺と超塩基性岩類の分布域に認められ Na に似た分布傾向を示す。異常帯(333 ppm以上)の分布は高濃度帯中に散在しており、あまり明瞭な傾向は示さない。
- Ti : 高濃度帯の分布は、本地区の地質を反映しており、火山岩類の分布と良く一致する。Mnの分布傾向と類似した分布を示す。
- U : 高濃度帯及び異常帯の分布は、調査地区中央南部に集中しており、特徴的な分布傾向を示す。一般に酸性岩の方がウランの含有が高い傾向を示すので、この分布傾向よりすると、この区域に分布する石英安山岩との関連か、二次的なウランの濃集の可能性を示す。
- W : 高濃度帯及び異常帯は、地区の西部より中央部にかけて散在しており、あまり明瞭な傾向は示さない。分析の結果では、その絶対値が低いことからタングステン鉱床賦存の可能性は低いことを示す。
- Zn : 高濃度帯の分布は、Coの分布傾向と類似しており、地区中央部の火山岩類の分布域に主として認められる。異常値(502 ppm以上)を示す試料は、カルンバング川の中流域及びバルング川の中流域に見られる。カルンバング川に見られる異常帯は、孤立しており周辺部では高濃度を示さない。
- 各元素の濃度の分布傾向をより判断すると、調査地区の地質を反映する元素と、鉱化作用を反映すると判断される元素とに大別される。このうち鉱化作用を反映している、又はその可能性が

考えられる元素としては、As、Au、Ba、Cu、Hg、Pb、S、Sb、Zn の9元素が挙げられる。これらの元素の異常値を示す試料の分布をFig. II-1-12に示す。

(3) 多変量解析

各元素間の関係を明らかにするため、多変量解析の一手法であるクラスター分析を行った。分析の結果得られたデンドログラムをFig. II-1-13に示す。この図で明らかのように、以下の元素の組み合わせでクラスターを構成する。

Mn - Ti、 Na - Sr、 Mg - Co - Zn、 Cr - Ni、 Au - Pb

これらの各元素は、互いに同様の分布傾向を示しており、濃度分布図からもその傾向が読み取れる。

クラスター分析に加えてバリマックス法による因子分析を行った。因子分析の結果をTable II-1-11に示す。この因子分析の結果では、5個の因子が抽出された。抽出された因子とこの因子と関係の深い元素との関係は、以下のとおり。

第1因子 Ba-Cu-Na-S-Sr

第2因子 Co-Mg-Mn-Ti

第3因子 Cr-Ni

第4因子 Au-Pb

第5因子 Sb

これらの因子のうち第1、第2、第4及び第5因子は、関連の深い上記の元素と負の関係を示す。抽出された因子とその因子と関係の深い元素の組み合わせより判断すると、第1因子は、銅の鉱化作用と若干の関係が認められる因子、第2因子は、火山岩類に関係する因子、第3因子はいんしは超塩基性岩類に関係する因子、第4因子はAuの鉱化作用と関係する因子と考えられる。第5因子は、何を意味するかはっきりしない。抽出された因子のうち、鉱化作用との関係が考えられる第1因子(Fig. II-1-14)と第4因子(Fig. II-1-15)の因子得点分布図を作成した。これら因子の得点は、以下の分布傾向を示す。

第1因子：負の因子得点の高い範囲は、西端部のタンジョン層(N₂Tj)、カピリッツ層(N₂Kp)分布域に集中するとともに、中央部の火山岩類の分布域に散在する。本地区での銅鉱床としては、チャート・スピライト層(KPCs)中に賦存するキプロス型の銅鉱床が期待されるが、この結果ではチャート・スピライト層の分布域には高因子得点を示す試料が抽出されていないことから、その可能性が低いことを示す。

第4因子：負の因子得点の高い範囲は、バルング川とカルンバング川の間、調査地区の南東部東部のシピット(Sipit)川の上流域、カルンバング川の最上流部、メロタイ・ケシル(Merotai Kecil)川の下流域、タワウ川の最上流部などで認められる。このうち

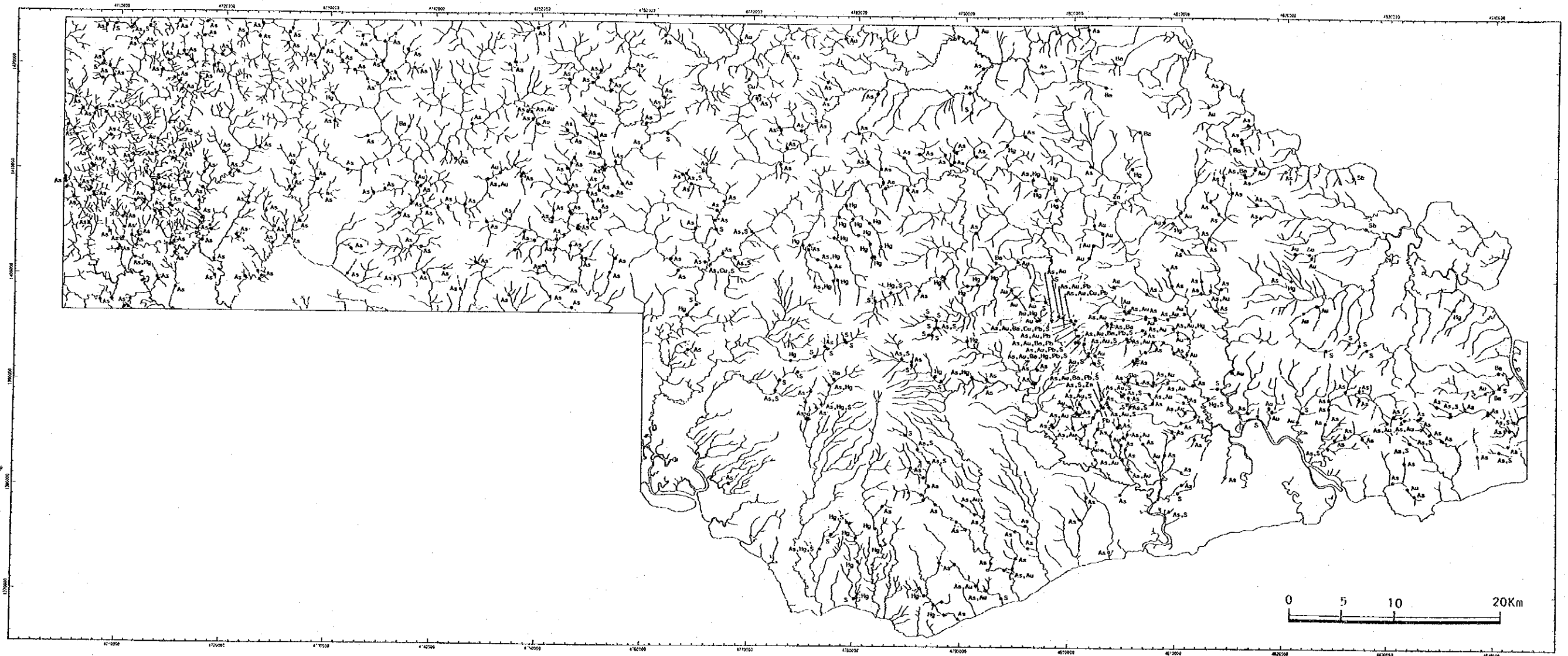


Fig. II-1-12 Distribution map of anomalous stream sediment samples for major elements in the semporna area

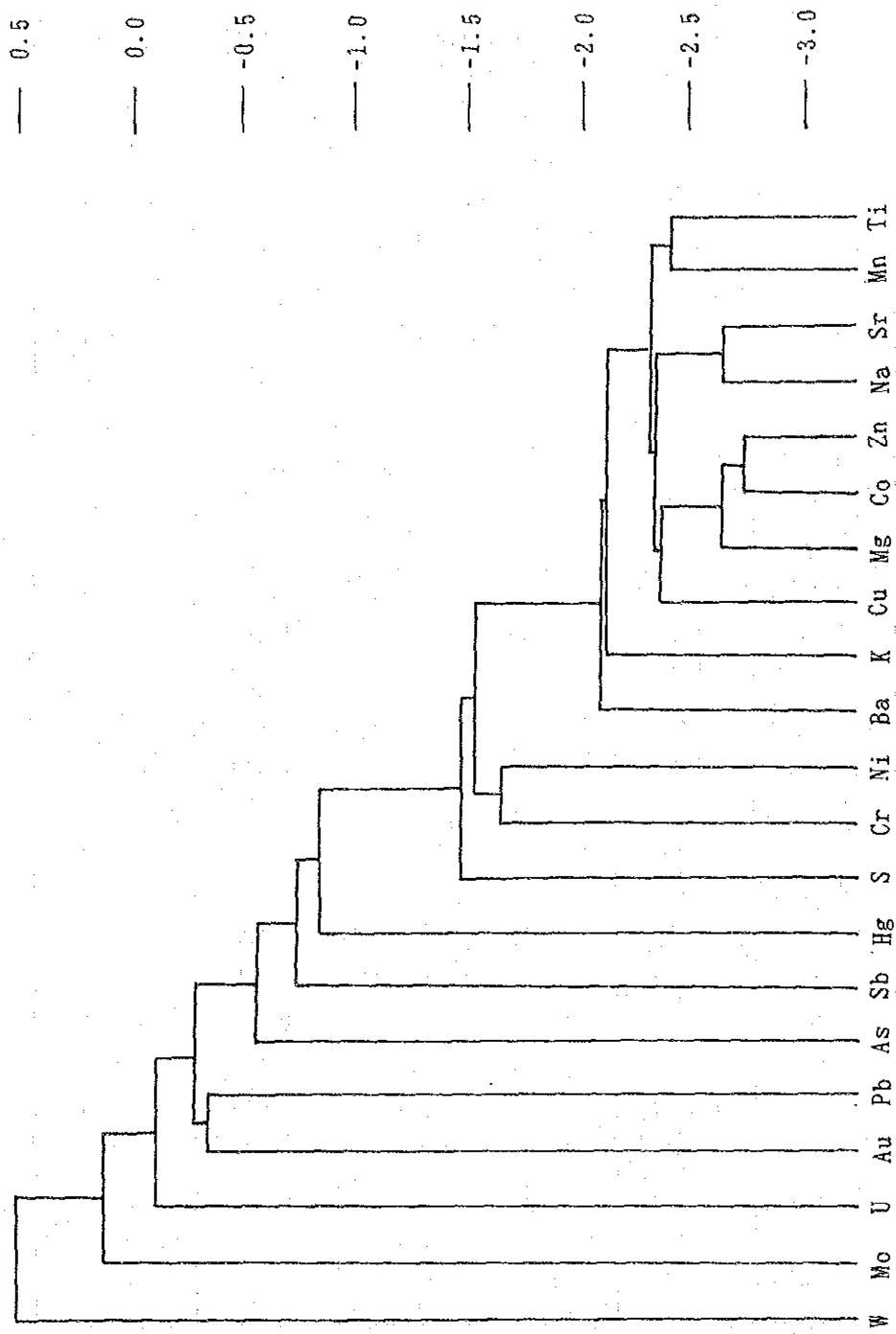


Fig. II-1-13 Dendrogram of elements for stream sediments in the Semporna area

Table II-1-11 Results of factor analyses for stream sediments in the Semporna area

Element	Factor loadings (Varimax rotation)					Communality
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	
As	-0.167	0.468	-0.089	-0.357	0.029	0.3830
Au	-0.012	-0.036	0.002	-0.458	-0.170	0.2396
Ba	-0.802	-0.071	-0.157	-0.084	-0.176	0.7110
Co	-0.423	-0.779	0.254	0.088	-0.043	0.8598
Cr	0.306	-0.139	0.739	-0.025	0.010	0.6593
Cu	-0.746	-0.383	0.137	-0.073	-0.103	0.7384
Hg	-0.490	-0.156	-0.190	-0.234	0.026	0.3559
K	-0.801	0.282	-0.015	0.098	-0.151	0.7546
Mg	-0.582	-0.528	0.443	0.238	-0.117	0.8841
Mn	-0.103	-0.806	0.103	-0.019	-0.213	0.7168
Mo	-0.138	-0.065	-0.101	-0.049	-0.379	0.1793
Na	-0.763	-0.042	0.294	0.402	-0.136	0.8509
Ni	-0.218	-0.156	0.777	0.010	0.101	0.6853
Pb	0.053	0.076	-0.075	-0.618	0.011	0.3964
S	-0.607	-0.178	-0.048	-0.281	0.002	0.4817
Sb	-0.065	-0.342	0.257	0.049	-0.487	0.4271
Sr	-0.780	-0.320	0.056	0.290	-0.217	0.8451
Ti	-0.077	-0.890	-0.090	-0.133	-0.135	0.8412
U	-0.019	-0.094	-0.406	-0.289	0.214	0.3040
W	-0.058	-0.061	0.031	-0.153	-0.202	0.0720
Zn	-0.569	-0.720	0.044	-0.135	-0.113	0.8747
F.C. *1	38.3 %	29.7 %	15.2 %	10.9 %	6.0 %	—

*1: Factor contribution

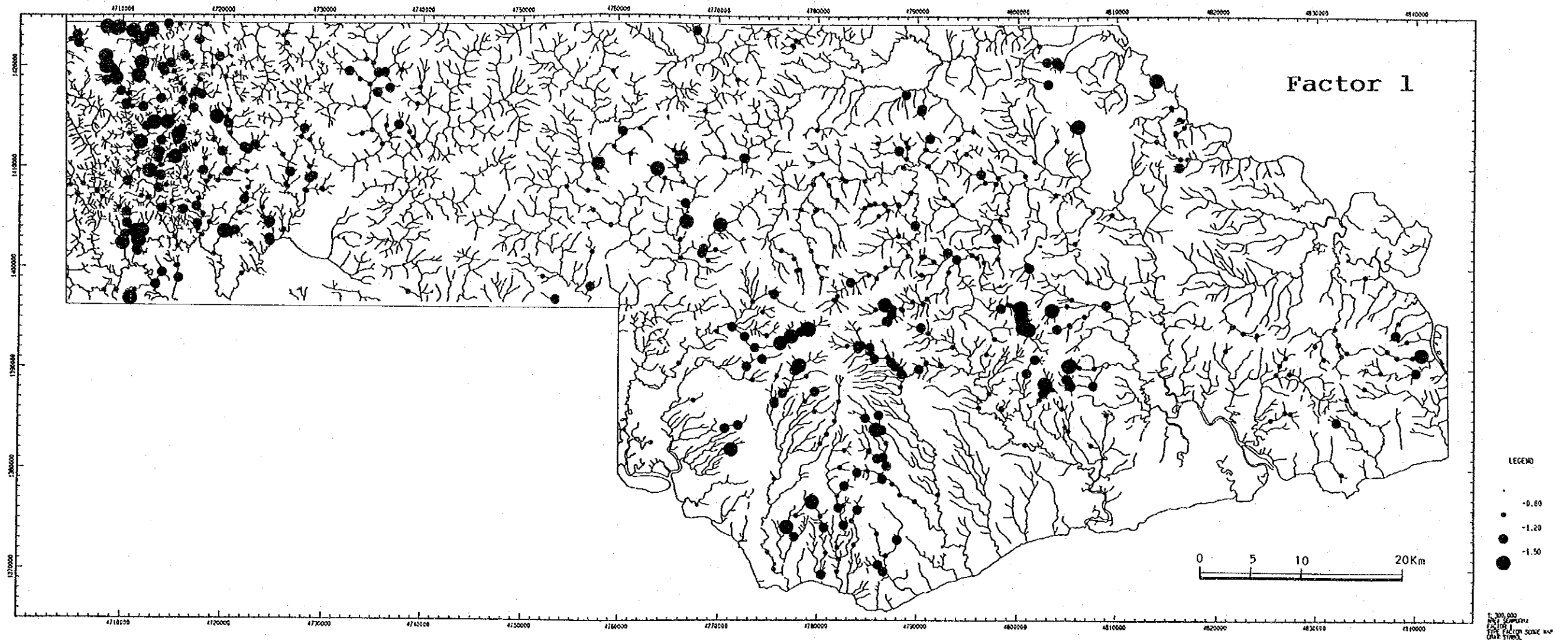


Fig. II-1-14 Distribution map of factor 1 factor scores for stream sediment samples in the Semporna area

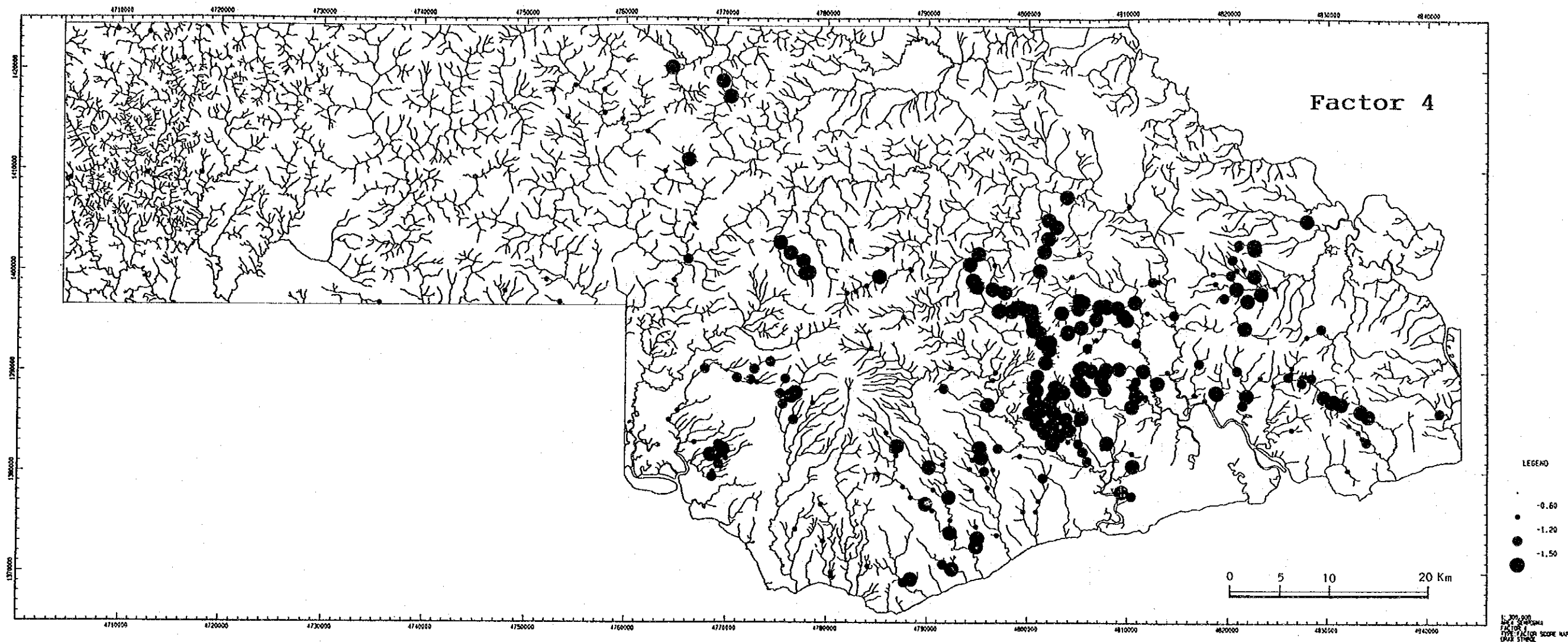


Fig. II-1-15 Distribution map of factor 4 factor scores for stream sediment samples in the Semporna area

バルング川とカルンバング川との間、地区の南東部については、既知の鉍化帯の分布と一致する。

因子分析の結果では、第4因子として抽出された Au の鉍化作用に関係付けられる因子は、既存の鉍化帯を抽出している。

1-3-4 パンニング試料地化学探査

(1) 試料

本地区の主な河川にてパンニング試料 160個を採取した。1地点5回のパンニング(約25リットル)で最高774gのパンニング試料が得られたが、堆積岩の分布域では採取試料が1グラム以下のものもある。パンニング試料の試料採取位置をFig. II-1-11 に、採取試料の一覧表をAppendix 16に示す。

(2) Q M E 分析

パンニング試料の Q M E 分析の結果を Appendix 17に示す。Q M E 分析の結果、磁鉄鉍、クロム鉄鉍、チタン鉄鉍、針鉄鉍、黄鉄鉍、ジルコンなどが主な重鉍物として認められた。また、少量であるが白チタン石、金紅石、モナズ石、電気石、白鉄鉍及び赤鉄鉍などが認められた。パンニング試料中には輝石類及び角閃石類を多量に含む試料もある。4試料で極少量であるが金が認められた。これらの出現鉍物は、セガマ地区とほぼ同様である。採取試料が少量の場合には、試料中に石英及び斜長石が多く認められた。Q M E 分析結果を各採取地点に図示したものをFig. II-1-16 に示す。主な重鉍物の分布と地質の関係は以下のとおりである。

磁鉄鉍 : 磁鉄鉍は、大部分の試料で認められた。多量の磁鉄鉍が認められた河川は、地区中央部の新期火山岩類の分布する区域である。

クロム鉄鉍 : クロム鉄鉍は、比較的多くの試料で認められた。多量のクロム鉄鉍が認められた河川は、地区東部、北部及び西部に位置する。これらの河川の付近及びその上流には超塩基性岩～塩基性岩が分布する。

チタン鉄鉍 : チタン鉄鉍は、大部分の試料で認められた。多量のチタン鉄鉍が認められた河川は地区中央部から東部に位置する河川である。これらの河川の流域にはカルンバング層と新期火山岩類が分布している。

針鉄鉍 : 針鉄鉍は、地区西部の主として堆積岩類の分布域で多い傾向がある。

黄鉄鉍 : 黄鉄鉍は、極少量であるが地区西部の堆積岩類分布域で認められた。グェミンチャウ(Geminchau)川上流では多量の黄鉄鉍が得られた。

自然金 : 自然金は極少量であるが、パンブロング(Pang Burong)川支流及び上流、バルング

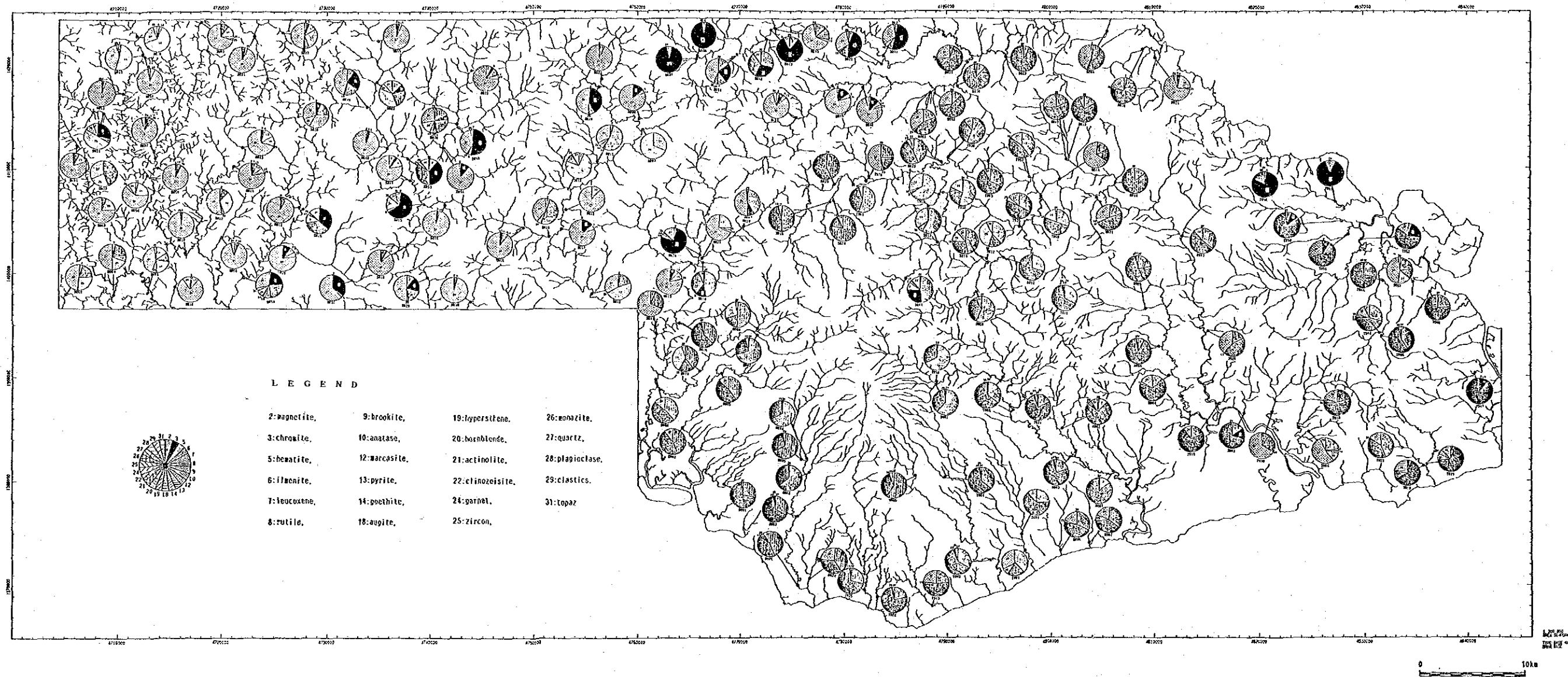


Fig. II-1-16 Interpretation map of pan concentrate samples in the Semporna area

(Balung)川及びカルンパング (Kalumpang) 川支流のマンツリィ (Mantri)川で採取された4試料で認められた。これらの金の認められた河川の区域は、カルンパング層新期火山岩類及びバルング層が分布し、河川堆積物地化学探査でもAu異常帯が位置するところである。

ジルコン : ジルコンは、地区西部の堆積岩類分布域で多い傾向を示す。

1-3-5 岩石地化学探査

本地区で採取した50個の代表的な岩石試料に対して河川堆積物地化学探査で採用した指示元素と同じ21元素の化学分析を行った。試料の採取位置をFig. II-1-11 に、採取試料の一覧をTable II-1-12 に、試料の分析の結果をAppendix 18 にそれぞれ示す。分析の結果ではAs、Au、Mo、Pbの4元素が60%以上の試料でその検出限界以下の値を示した。

各元素と岩石との関係は、以下のとおりである。

As: 試料数の70%が検出限界以下の値である。最高値23 ppmは、変質岩で得られた。変質岩の他に砂岩、泥岩で相対的に高い値(3 ppm~6 ppm)を示す。

Au: 試料数の94%が検出限界以下の値である。変質岩で高い値を示し、最高値23 ppbが得られた。

Ba: 最高値1,636 ppmは、細粒閃緑岩で得られた。閃緑岩、安山岩、玄武岩及び凝灰岩で比較的高く200ppm~600ppmの値を示す。

Co: 最高値110 ppmは、蛇紋岩で得られ、100 ppm以上の高い値は超塩基性岩に限られる。変質岩、玄武岩及び斑れい岩は比較的高く50 ppm前後の値を示す。

Cr: 最高値1,611 ppmは蛇紋岩で得られ、超塩基性岩は高い値を示す。斑れい岩及び玄武岩は、比較的高く200 ppm ~500 ppmの値を示す。

Cu: 最高値150 ppmは変質岩で得られた。玄武岩、斑れい岩及びチャートは比較的高く60 ppm~80ppmの値を示す。

Hg: 最高値2,905 ppbは変質岩で得られた。変質岩以外はいずれも低い値であるが、凝灰岩は比較的高く100 ppb ~300 ppbの値を示す。

K: 最高値5.23%は変質岩で得られた。泥岩、凝灰岩、玄武岩及び安山岩で比較的高い値を示すが、超塩基性岩では検出限界以下の低い値を示す。

Mg: 最高値21.33%は蛇紋岩で得られた。超塩基性岩類は20%以上の値を示すのに対し、斑れい岩及び玄武岩は3%~6%の値である。

Mn: 最高値4,960 ppmは砂岩で得られたが、特定の岩石との関係は不明瞭である。

Mo: 試料数の66%が検出限界以下の値を示した。最高値3 ppmは変質岩で得られた。変質岩及び凝灰岩が比較的高い値を示す。

Table II-1-12 List of rock geochemical samples in the Semporna area

Ser. No.	Sample No.	Coordinates		1/50,000 Topo. Sheet	Name of Stream	Descriptions	Geol. Unit
		N	E				
1	M057	1422.58	4705.07	Sungai Tiagau	—	siltstone (muddy)	N ₂ Tj
2	M052	1419.75	4708.66	Sungai Tiagau	S. Tiagau	siltstone	N ₂ Tj
3	B062	1412.23	4706.19	Sungai Tiagau	S. Kalabakan	mudstone	N ₂ Kp
4	M060	1417.24	4717.72	Sungai Tiagau	S. Gukuam	shale	N ₂ Kp
5	R006	1420.16	4737.02	Sungai Umas Umas	S. Brantian	meta-gabbro	P ₄ Km
6	R005	1419.58	4736.15	Sungai Umas Umas	S. Brantian	green rock, basalt?	KPCs
7	R010	1419.68	4737.57	Sungai Umas Umas	S. Brantian	meta-gabbro	Ub
8	M041	1418.30	4739.87	Sungai Umas Umas	S. Gumbal	meta-gabbro	Ub
9	M050	1416.05	4733.00	Sungai Umas Umas	S. Brantian	tuffaceous sandstone	P ₄ Km
10	H052	1413.35	4733.82	Sungai Umas Umas	S. Brantian	pillow lava	KPCs
11	M038	1419.35	4744.15	Sungai Umas Umas	S. Gumbal	sandstone	P ₄ Km
12	M044	1416.24	4740.22	Sungai Umas Umas	S. Gumbal	meta-gabbro	Ub
13	H049	1413.80	4749.55	Sungai Umas Umas	S. Muntai	sandstone	P ₄ Km
14	B027	1417.95	4753.93	Sungai Umas Umas	S. Umas Umas	serpentinite	Ub
15	M034	1398.06	4768.32	Sungai Tingkayu	S. Merotai B.	andesite	I ₁
16	H044	1422.01	4777.50	Sungai Tingkayu	S. Tingkayu	pillow breccia	KPCs
17	H039	1420.02	4778.70	Sungai Tingkayu	S. Tingkayu	sandstone	P ₄ Km
18	M017	1409.65	4765.85	Sungai Tingkayu	S. Merotai B.	silicified sandstone	P ₄ Km
19	M025	1406.82	4773.22	Sungai Tingkayu	S. Merotai B.	mudstone	P ₄ Km
20	H042	1420.38	4786.39	Sungai Tingkayu	S. Tingkayu	pillow breccia	KPCs
21	M031	1405.89	4787.05	Sungai Tingkayu	S. Malati	siltstone	P ₄ Km
22	M066	1393.80	4778.55	Tawau North	S. Merotai	altered rock w/py	I ₁
23	T061	1384.20	4770.45	Tawau North	S. Merotai K.	basalt	I ₂
24	M003	1384.75	4781.73	Tawau North	S. Tawau	andesite	I ₂
25	T048	1382.85	4787.75	Tawau North	S. Apas	andesitic lapill. tf.	I ₂
26	T040	1406.42	4788.50	Mostyn	S. Malati	lapilli tuff	P ₄ Kg
27	H025	1418.90	4798.55	Mostyn	S. Tingkayu	basalt	I ₂
28	T064	1410.75	4794.23	Mostyn	S. Kalumpang	tuffaceous sandstone	P ₄ Kg
29	T066	1408.63	4797.80	Mostyn	S. Kalumpang	coarse sandstone	P ₄ Kg
30	T034	1399.35	4790.95	Mostyn	S. Mantri	andesite w/py	I ₁
31	T033	1396.65	4790.55	Mostyn	S. Mantri	altered rock w/py	I ₁
32	H026	1417.62	4807.30	Mostyn	—	basalt	I ₂
33	H022	1410.70	4806.87	Mostyn	S. Limau	coarse tuff	P ₄ Kg
34	H015	1405.62	4803.94	Mostyn	—	micro-diorite	I ₁
35	H028	1401.64	4803.36	Mostyn	—	tuffaceous sandstone	P ₄ Kg
36	H013	1399.88	4806.94	Mostyn	S. Tundong	sandstone	P ₄ Kg
37	H027	1414.67	4814.16	Mostyn	S. Atas	red chert	KPCs
38	T010	1392.95	4792.46	Apas-Balang	S. Balung	medium tuff	I ₁
39	T012	1390.44	4796.70	Apas-Balang	S. Balung	dacite	I ₁
40	H001	1387.94	4803.56	Apas-Balang	—	altered An. w/py	I ₁
41	H029	1407.52	4819.20	Pulau Timbun Mata	S. Sipit Lahu.	serpentinite	Ub
42	T041	1400.95	4819.75	Pulau Timbun Mata	S. Sipit	co-tuff, argillized	P ₄ Kg
43	T057	1510.96	4820.10	Pulau Timbun Mata	S. Sapang	green rock, basalt?	KPCs
44	H031	1405.98	4823.41	Pulau Timbun Mata	S. Sipit Lahu.	serpentinite	Ub
45	T045	1397.92	4835.27	Pulau Timbun Mata	—	micro-diorite	I ₁
46	S003	1393.04	4820.15	Kalumpang	—	basalt	I ₂
47	T016	1390.05	4821.02	Kalumpang	S. Pinang B.	andesite	I ₂
48	T028	1392.35	4829.75	Kalumpang	S. Separong	sili. andesite w/py	I ₁
49	T032	1388.74	4835.56	Kalumpang	—	fine tuff	I ₁
50	T031	1388.05	4834.88	Kalumpang	—	andesite	I ₁

- Na: 最高値4.65 %は玄武岩で得られた。斑れい岩及び玄武岩で2 %以上の高い値を示す。変質岩及び超塩基性岩は0.2 %以下の低い値を示す。
- Ni: 最高値2,181 ppmは蛇紋岩で得られた。超塩基性岩は2,000ppm以上の高い値を示す。玄武岩及び斑れい岩は比較的高く100 ppm ~200 ppmの値を示す。
- Pb: 最高値10 ppmは砂岩で得られた。試料数の80 %は検出限界以下の値であるが、砂岩などで高い値を示す。Auの最高値を示した変質岩は、比較的高い6ppmの値を示した。
- S: 最高値7.944 %は変質岩で得られた。変質岩は3 %以上の値を示すが、変質岩以外の試料はすべて低い値である。泥岩で少し高く0.3 %が得られている。
- Sb: 最高値14.0ppmは玄武岩で得られた。玄武岩及び凝灰岩は、高い値を示す傾向がある。
- Sr: 最高値824 ppmは、凝灰岩で得られた。砂岩、閃緑岩、安山岩が比較的高い値を示す。
- Ti: 最高値2.03 %は玄武岩で得られた。玄武岩は1 %以上の高い値を示す。
- U: 最高値2.8 ppmは変質岩と安山岩で得られた。砂岩及び変質岩は高い値を示す。
- W: 最高値339 ppmは砂岩で得られ、砂岩で高い値を示す。
- Zn: 最高値180 ppmは蛇紋岩で得られ、超塩基性岩で高い値を示す。蛇紋岩、玄武岩及び閃緑岩は100 ppm以上の高い値を示す。

1-3-6 土壌地化学探査

本地区で採取した17試料に対して6元素(Al, Co, Cr, Fe, Ni, Pt)の化学分析を行った。試料の採取位置をFig II-1-11に、採取試料の一覧表及びその分析結果をAppendix 19に示す。

分析結果に対する統計処理の結果、各元素について下記のような基本統計値を得た。

元素	平均値	最低値	最高値
Al	0.82 %	0.16 %	2.32 %
Co	108 ppm	31 ppm	433 ppm
Cr	1,158 ppm	340 ppm	4,176 ppm
Fe	1.85 %	0.81 %	3.63 %
Ni	775 ppm	117 ppm	3,506 ppm
Pt	7 ppb	5 > ppb	25 ppb

これらの分析結果を見ると、全体的に低い値を示す。Coは、ウマス・ウマス川上流の試料で得られた433 ppmが最高値であり、大部分は250 ppm以下の低い値である。Crは、東部のシビット・ラフナイ川中流で得られた4,176 ppmが最高値である。Niは、西部のマンツリィ川上流で得られた3,506 ppmが最高値であり、大部分は2,000ppm以下の低い値を示す。本地区には超塩基性岩～塩基性岩が、東部と北部から北西部にかけ点在して分布しているが、分析結果に基づくと、これらの超塩基性岩～塩基性岩分布域にはニッケル鉱床の賦存の可能性が低いことを示す。

1-3-7 室内試験結果

(1) 薄片鑑定

本地区に分布する岩石のうち、塩基性岩、チャート・スピライト層、クアムツ層、鮮新世火山岩類及び更新世～完新世火山岩類から10試料を採取し薄片鑑定を行った。鑑定の結果をTable II-1-13 に示す。斑れい岩では層状構造が認められ、オフィオライトの一部を構成するものと考えられる。チャート・スピライト層から採取された凝灰岩（試料番号T057）は、弱い緑泥石化変質を受けている。クアムツ層の凝灰岩（試料番号M040）は、強い緑簾石化変質と弱い珪化変質を受けている。更新世～完新世火山岩類の安山岩（試料番号S003、T049）及び玄武岩（試料番号T061）では変質鉱物として緑泥石、モンモリロナイト、沸石が認められた。

(2) 研磨片鑑定

本地区の鉱徴・変質帯から5試料を選び研磨片を作成し、その鑑定を行った。研磨片の鑑定結果をTable II-1-14 に示す。試料は、鮮新世の火山岩類(I₁)の鉱徴及び変質帯より採取されたものである。鑑定結果では黄鉄鉱の他に針鉄鉱及び軟マンガン鉱が確認された。バルング川の北側で採取したゴッサンの試料では、多量の軟マンガン鉱が確認された。

(3) 粉末X線回折試験

粉末X線回折試験を行った。この試験結果をTable II-1-15 に示す。試験の結果出現した変質鉱物は、モンモリロナイト、カオリナイト、ハロイサイト、緑泥石、絹雲母、クリストバル石、石英、カリ長石であり、これらの鉱物以外には斜長石、黄鉄鉱が同定されている。これらの変質鉱物の組み合わせによれば、酸性～中性の熱水による変質作用が存在したことを示す。

(4) 鉱石分析

本地区で認められた鉱徴・変質帯から採取された5試料について、Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Mo、Sの7元素を対象とする鉱石分析を行った。分析結果をTable II-1-16 に示す。分析結果では、いずれの試料もAu及びAgは検出限界以下の値を示した。他の元素についても顕著な値は検出されず、Cuについて試料番号T027で得られた0.02%が、Pbについて試料番号H002で得られた0.05%が最高値であった。

Table II-1-13 Observation results of thin sections collected in the Semporna area

Ser. No.	Sample No.	Location Coordinates		Geologic Units	Rock Name	Texture	Fragments, grains and minerals	Matrix, groundmass and accessory minerals	Altered minerals
		N	E						
1	M015	1405.62	4803.94	I ₁	Gabbro	Equigranular	basalt andesite scoria quartz plagioclase biotite hornblende clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	tuff pumice quartz plagioclase biotite clinopyroxene orthopyroxene glass apatite opaque minerals	quartz actinolite prehnite pumpeilyite epidote chlorite zeolite illite sericite montmorillonite calcite opaque minerals
2	M040	1421.05	4744.37	P ₄ Km	Coarse tuff	Pyroclastic	basalt andesite scoria quartz plagioclase biotite hornblende clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	tuff pumice quartz plagioclase biotite clinopyroxene orthopyroxene glass apatite opaque minerals	quartz actinolite prehnite pumpeilyite epidote chlorite zeolite illite sericite montmorillonite calcite opaque minerals
3	M044	1416.24	4740.22	Ub	Gabbro	Cumulus	basalt andesite scoria quartz plagioclase biotite hornblende clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	tuff pumice quartz plagioclase biotite clinopyroxene orthopyroxene glass apatite opaque minerals	quartz actinolite prehnite pumpeilyite epidote chlorite zeolite illite sericite montmorillonite calcite opaque minerals
4	M047	1412.31	4736.45	Ub	Gabbro	Cumulus	basalt andesite scoria quartz plagioclase biotite hornblende clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	tuff pumice quartz plagioclase biotite clinopyroxene orthopyroxene glass apatite opaque minerals	quartz actinolite prehnite pumpeilyite epidote chlorite zeolite illite sericite montmorillonite calcite opaque minerals
5	S003	1393.04	4820.15	I ₂	Andesite	Porphyritic and intersertal	basalt andesite scoria quartz plagioclase biotite hornblende clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	tuff pumice quartz plagioclase biotite clinopyroxene orthopyroxene glass apatite opaque minerals	quartz actinolite prehnite pumpeilyite epidote chlorite zeolite illite sericite montmorillonite calcite opaque minerals
6	S005	1388.84	4828.62	I ₁	Tonalite	Hydromorphic granular	basalt andesite scoria quartz plagioclase biotite hornblende clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	tuff pumice quartz plagioclase biotite clinopyroxene orthopyroxene glass apatite opaque minerals	quartz actinolite prehnite pumpeilyite epidote chlorite zeolite illite sericite montmorillonite calcite opaque minerals
7	T012	1390.44	4796.70	I ₁	Pumiceous tuff	Pyroclastic	basalt andesite scoria quartz plagioclase biotite hornblende clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	tuff pumice quartz plagioclase biotite clinopyroxene orthopyroxene glass apatite opaque minerals	quartz actinolite prehnite pumpeilyite epidote chlorite zeolite illite sericite montmorillonite calcite opaque minerals
8	T049	1381.58	4788.37	I ₂	Andesite	Porphyritic	basalt andesite scoria quartz plagioclase biotite hornblende clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	tuff pumice quartz plagioclase biotite clinopyroxene orthopyroxene glass apatite opaque minerals	quartz actinolite prehnite pumpeilyite epidote chlorite zeolite illite sericite montmorillonite calcite opaque minerals
9	T057	1410.96	4820.10	KPCs	Andesitic coarse tuff	Pyroclastic	basalt andesite scoria quartz plagioclase biotite hornblende clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	tuff pumice quartz plagioclase biotite clinopyroxene orthopyroxene glass apatite opaque minerals	quartz actinolite prehnite pumpeilyite epidote chlorite zeolite illite sericite montmorillonite calcite opaque minerals
10	T061	1384.20	4770.45	I ₂	Basalt	Porphyritic and intergranular	basalt andesite scoria quartz plagioclase biotite hornblende clinopyroxene orthopyroxene olivine opaque minerals	tuff pumice quartz plagioclase biotite clinopyroxene orthopyroxene glass apatite opaque minerals	quartz actinolite prehnite pumpeilyite epidote chlorite zeolite illite sericite montmorillonite calcite opaque minerals

◎ : abundant, ○ : common, ○ : a little, ● : rare.

Table II-1-14 Observation results of polished sections collected in the Semporna area

Ser. No.	Sample No.	Location Coordinates		Descriptions	pyrite goethite pyrolusite gangue minerals	Remarks
		N	E			
1	H002	1387.37	4802.60	Gossan with quartz veinlets	◎ ◎	Pyrolusite: zonal.
2	M020	1415.55	4768.75	Reddish brown strongly silicified rock with quartz stringer and weak dissemination of pyrite.	●	
3	M066	1393.83	4778.55	Dark gray strongly silicified and argillized rock with dissemination of pyrite.	◎	Pyrite: subhedral-euhedral.
4	T022	1383.70	4833.30	Dissemination of pyrite in silicified rock.	◎	Pyrite: anhedral-euhedral.
5	T027	1380.65	4831.42	Gossan with quartz veinlets.	◎ ●	

◎ :abundant, ○ :common, ○ :a little, ● :rare.

Table II-1-15 Results of X-ray diffraction analyses for samples in the Semporna area

Ser. No.	Sample No.	Location Coordinates		Descriptions	Detected minerals										Remarks		
		N	E		montmorillonite	kaolinite	halloysite	chlorite	sericite	crystalite	quartz	plagioclase	k-feldspar	pyrite			
1	M010	1393.40	4774.70	Whitish gray bleached altered rock with dissemination of pyrite.	•	○	○	•	○	◎	○	○	○	○	○	○	
2	M066	1393.83	4778.55	Dark gray strongly silicified and argillized rock with dissemination of pyrite.	◎					◎	◎					○	
3	S005	1388.84	4828.62	Whitish gray weakly chloritized tonalite.	○				○	◎	◎						
4	T003	1380.42	4790.11	Light yellow strongly argillized rock.	○				○	◎	◎					○	
5	T028	1392.35	4829.75	Whitish gray strongly silicified rock with pyrite.	•					◎	◎				◎	○	•

◎ : abundant. ○ : common. ○ : a little. • : rare.

Table II-1-16 List of ore samples and their assay results in the Semporna area

Ser. No.	Sample No.	Location Coordinates		Descriptions	Analytical Elements								Remarks
		N	E		Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Mo (ppm)	S (%)		
1	H002	1387.37	4802.60	Gossan with quartz vein	0.1>	0.1>	18	508	132	1>	0.066	float	
2	M066	1393.83	4778.55	Dark gray strongly silicified and argillized rock with dissemination of pyrite.	0.1>	0.1>	58	14	9	1>	3.37		
3	T022	1383.70	4833.30	Gossan in silicified rock.	0.1>	0.1>	86	139	30	50	2.37		
4	T027	1380.65	4831.42	Gossan with quartz vein	0.1>	0.1>	215	268	5	1>	0.038		
5	T062	1396.12	4787.90	Dark gray strongly silicified and argillized rock with dissemination of pyrite.	0.1>	0.1>	87	13	25	1>	5.22		

1-4 キナバル・ラブク地区調査結果

1-4-1 地質及び鉱化作用

本調査地域の地質は、基盤をなす超塩基性岩類及びスピライトより成る火山岩類とこれを覆う砂岩を主とする堆積岩類とに大別される。本地域の地質図をFig. II-1-17 に示す。

基盤を成す超塩基性岩類 (Ub) は、主としてハルツバージャイト、ダナイト及びパイロキシナイトより構成され、調査地域の中央部の広い範囲に分布する。これらの超塩基性岩は、一般に蛇紋岩化作用を受けている。調査地域の南西端には、これらの超塩基性岩類と密接な関係を示す斑れい岩の岩体が分布する。これらの岩体の時代は、白亜紀～新第三紀初期 (Y. E. Heng, 1985) と考えられている。

主としてスピライトより成る火山岩類は、前述の超塩基性岩類を覆ってその周辺部に分布しており、超塩基性岩類の分布と密接な関係を示す。本層は、チャート・スピライト層 (KPCs) (Y. E. Heng, 1985) の一部を成し、超塩基性岩類と共にオフィオライトを構成するものと考えられる。本層の時代は、白亜紀～始新世とされている (Y. E. Heng, 1985) 。

調査地域の北部を中心とする広い範囲には、前述の超塩基性岩類及びチャート・スピライト層を覆って、砂岩を主とする始新世～漸新世のクロッカー (Crocker) 層 (P₂Cr) (Y. E. Heng, 1985) が分布する。調査地域の東部では、このクロッカー層と同時期のクラピス (Kulapis) 層 (P₂Ks) (Y. E. Heng, 1985) が小範囲に分布する。本層は、砂岩を主としシルト岩、頁岩などより構成される。

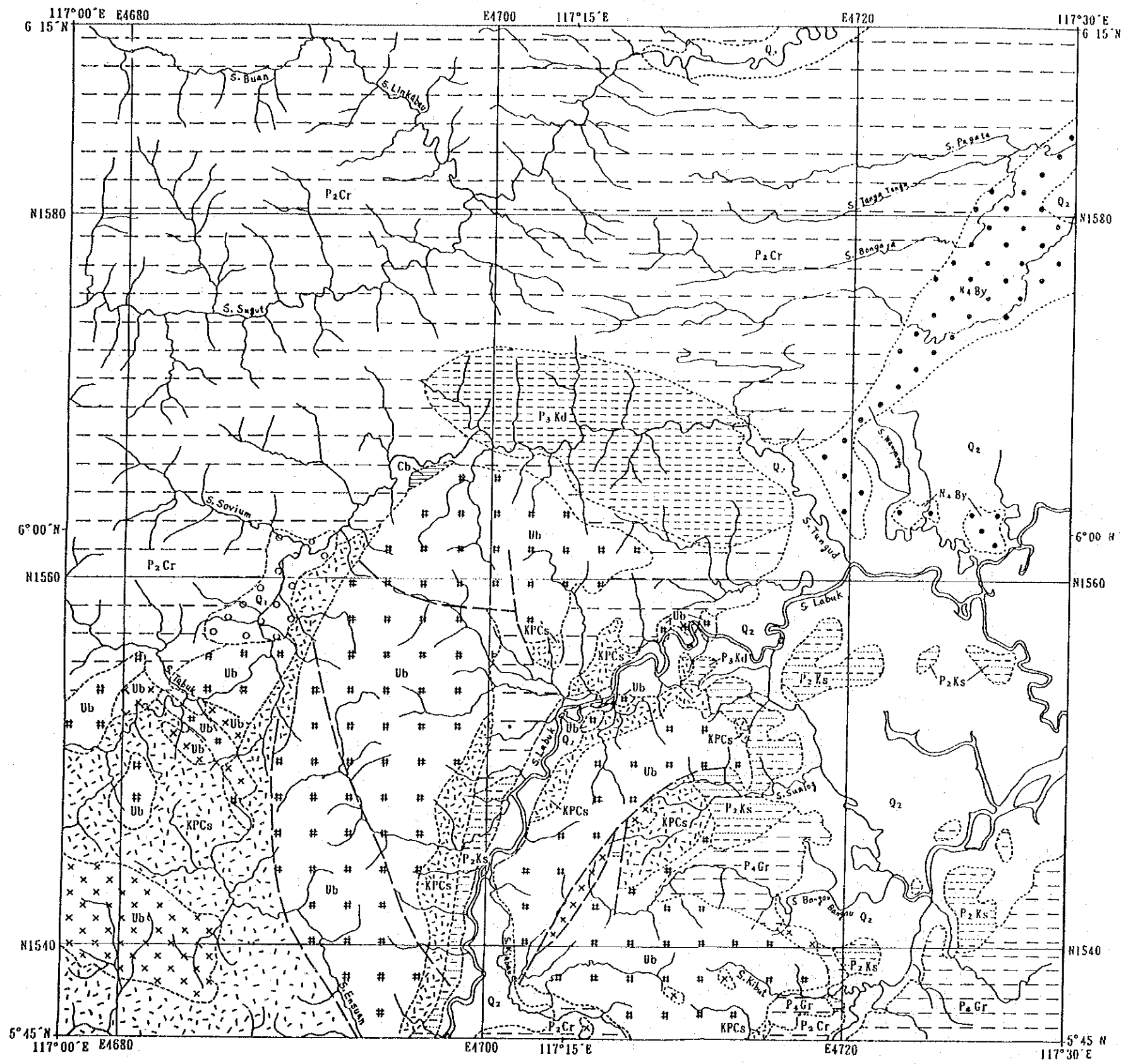
調査地域中央北部のツングッド川 (Sungai Tungud) に沿って前述のクロッカー層を覆って漸新世のクダット (Kudat) 層 (P₃Kd) (Y. E. Heng, 1985) が分布する。本層は、砂岩、頁岩、泥岩、シルト岩などの互層より主として構成される。

調査地域南東部では、クロッカー層及びクラピス層を覆って漸新世～中新世中期と考えられているガリノノ (Garinono) 層 (P₄Gr) (Y. E. Heng, 1985) が分布する。本層は、スランプ・プレッチャーを特徴とする堆積岩類より成るが、本調査地域では主として砂岩より構成される。

調査地域の北東端では前述のクロッカー層を覆って中新世中期～鮮新世のボンガヤ (Bongaya) 層 (N₄By) (Y. E. Heng, 1985) が分布する。本層は、砂岩を主とし、泥岩、シルト岩などより構成される。

調査地域の東部の低地では、第四紀の砂礫層が広い範囲に分布する。また、主要河川に沿っては段丘堆積物が認められる。

地質構造としては、超塩基性岩類の岩体及びチャート・スピライト層を切る NNW-SSE 系及び NNE-SSW 系の断層構造が顕著であるが、後期の堆積岩類よりなる各層では、あまり顕著な断層構造は認められない。褶曲構造は、不明瞭である。



L E G E N D

SEDIMENTARY AND SEDIMENTARY-VOLCANIC ROCKS

- Recent Q₂ Coastal and riverine alluvium.
- Pleistocene Q₁ Terrace sand and gravels.
- Middle Miocene - Pliocene N₄By Bongaya Formation: sandstone, mudstone conglomerate and lignite.
- Oligocene - Middle Miocene P₄Gr Garinono Formation: slump breccia and interbedded mudstone, sandstone, tuff, conglomerate.
- Oligocene P₃Kd Kudat Formation: sandstone, shale, mudstone, conglomerate and limestone.
- Eocene - Oligocene P₂Ks Kulapis Formation: sandstone and shale.
- Eocene - Oligocene P₂Cr Crocker Formation: sandstone and shale.
- Cretaceous - Eocene KPCs Chert-Spilitic Formation: sandstone, chert, basaltic pillow lava and its pyroclastics.

IGNEOUS ROCKS

- Cretaceous - Early Tertiary x Ub Dolerite, gabbro (x) and ultrabasic rocks (#) including serpentinite, peridotite and pyroxenite.

CRYSTALLINE BASEMENT

- Triassic and/or Earlier Cb Gneiss, amphibolite and schist.

- Geological boundary
- Fault



Modified Y. E. Heng (1985).

Fig. II-1-17 Geologic map of the Kinabalu/Labuk area

本調査地域での最も顕著な鉍化作用は、東部のスワログ川(Sungai Sualog)の中流域に位置するビドゥビドゥヒル鉍床である。本鉍床は、キプロス型の塊状含銅硫化鉍床でチャート・スピライト層(KPCs)中に賦存する。本地域では、これ以外にも銅、クロムなどの鉍微地が超塩基性岩類(Ub)やチャート・スピライト層(KPCs)中に比較的多く知られており、鉍床賦存の可能性の高い地域である。

1-4-2 試料採取

本地区は、キナバル地区の東部よりラブク地区の北部にまたがる範囲で、5万分の1の地形図4シート(Linkabau, Kiabau, Sungai Sungai 及びTerusan Sapi)の範囲である。本調査のベースキャンプは、地区南西部のメリオ川(Sungai Meliau)の下流に設けた。調査は、木材運搬道路を利用するとともに、道路の無い区域については移動キャンプにより実施した。調査地区北部のスグット川(Sungai Sugut)流域の調査には、2曹のエンジン付きボートを借りて実施した。調査地域東部の湿地帯は、河川中に砂礫が殆ど認められないこと、歩行が著しく困難なことから試料の採取は出来なかった。調査地域北東部の平坦地は、砂岩が広範囲に分布しており鉍床賦存の可能性が低いと予想されること、移動キャンプによる調査が著しく困難であることからその一部の地区の調査は、実施しなかった。

河床堆積物試料の採取は、セガマ地区及びセンボルナ地区と同様手法で実施した。採取した試料の一覧表をAppendix 20に、各試料の採取位置をPlate II-1-3にそれぞれ示す。

パンニング試料は、各河川を代表するような位置より採取した。採取試料の一覧表をAppendix 22に、試料の採取位置をFig. II-1-18に示す。

岩石試料は、調査地域に分布する代表的な岩石を採取した。採取した試料の一覧表をAppendix 24に、試料採取位置をFig. II-1-18に示す。

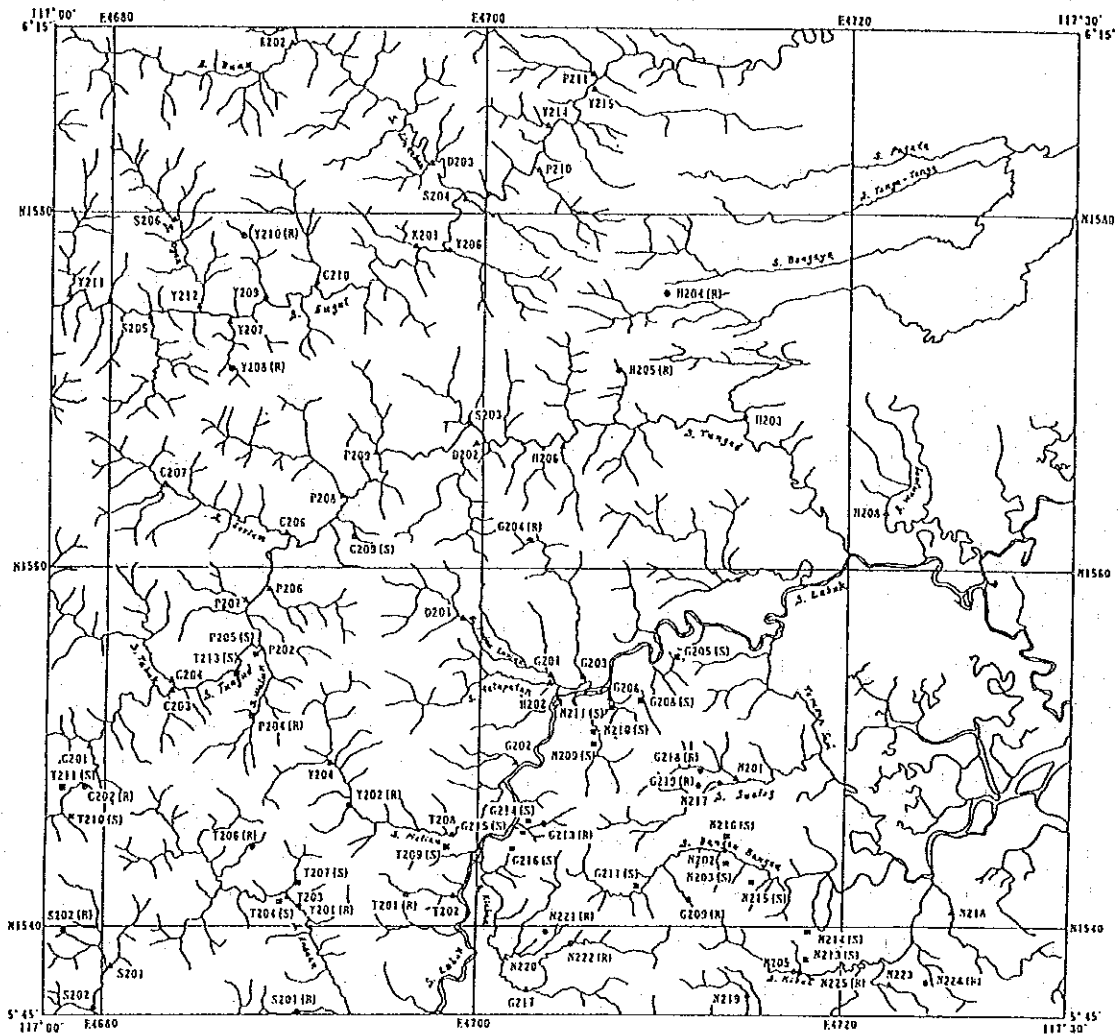
土壌試料は、超塩基性岩の分布域で特にラチライトの発達する箇所より採取した。採取した試料の一覧をAppendix 25に、試料の採取位置をFig. II-1-18にそれぞれ示す。

1-4-3 調査結果

本年度の調査では、現地調査及び採取した河床堆積物、岩石、土壌の各試料に対する地化探分析、及びパンニング試料に対する鉍物の定量分析(QME分析)実施した。地化探分析は、Au、Pt、Uの3成分をカナダのChemex Labos Ltd.で、残りの成分を大手開発(株)地科学試験所で実施した。

河床堆積物の分析結果をAppendix 21に、パンニング試料の定量分析結果をAppendix 23に、岩石試料の分析結果をAppendix 24に、土壌試料の分析結果をAppendix 25にそれぞれ示す。

本調査結果に対する解析は、次年度計画されている本調査地域を含む広域地化学探査の結果に加え実施する。



LEGEND

- ▲ Location of pan concentrate sample.
- Location of soil sample.
- Location of rock sample.

N200 Sample number.
(S) Sample for soil geochemical survey.
(R) Sample for rock geochemical survey.

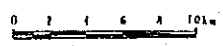


Fig. II-1-18 Location map of pan concentrate, rock and soil samples in the Kinabalu/Labuk area

第2章 空中物理探査

2-1 調査概要

空中物理探査は、ヘリコプターによる空中磁気法と空中放射能法（ γ 線）を併用して、調査地域の全磁力強度及び放射線強度を測定し、調査地域内の磁性岩体及び放射性岩体の分布を解明し、硫化金属鉱床及び鉱化変質による磁気異常を把握することを目的として実施された。

空中物理探査実施地区をFig. II-2-1に示す。

1990年度は、1990年11月13日から1991年3月20日までの現地調査期間で、キナバル地区南部の一部である旧キナバル地区 (Kinabalu)、セガマ (Segama) 地区及びセンボルナ地区南部 (Southern Semporna) (旧センボルナ地区 (Semporna)) の3地区 (総面積は5,650km²、総測線長は10,919 line-km) で、データ取得を行った。さらに、1991年度は、1991年9月24日から1992年1月20日までの現地調査期間で、キナバル地区北部 (Northern Kinabalu)、キナバル地区南部 (Southern Kinabalu)、ラブク地区 (Labuk) 及びセンボルナ地区北部 (Northern Semporna) の4地区 (総面積は7,700km²、総測線長は16,659.4 line-km) で、データ取得を行った。両年度にわたる空中物理探査の全調査量は、総面積13,350km²、総測線長27,578.4line-kmである。

また、データ処理・解析に資することを目的として、1990年度は、空中物理探査実施地区内に分布する代表的な岩石と鉱石の帯磁率と放射線強度のin-situ測定 (測定対象岩石種: 24種類) を実施し、1991年度は、セガマ地区及びセンボルナ地区で磁気・放射線異常が観測された地点で岩石試料を採取し (セガマ地区52個、センボルナ地区50個、計102個)、帯磁率と放射線強度を測定した。

1991年度は、上記6地区のうち、キナバル地区南部、ラブク地区、セガマ地区、センボルナ地区北部及びセンボルナ地区南部の5地区 (総面積10,650km²、総測線長21,923.4line-km) について、データ解析を実施した。

2-2 調査内容

空中物理探査の現地測定及びデータ処理は、カナダ・エアロダット社 (Aerodat Limited, Canada) が実施した。1990年度の現地データ取得は、霧雨～雨が多いなど悪天候及びヘリコプター整備不良による故障に伴う待機等により、当初の予定期間を2倍以上超過した。また、1991年度は、霧～雨の悪天候に加え、山火事の煙の影響を受けて調査の遅れをまねいたが、1システムを追加して計2システムで測定を行い、1992年1月20日に全地区の測定を終了した。

空中物理探査の仕様は以下の通りである。

- | | |
|----------|-------------------------------------|
| (1) 手法 | ヘリコプターによる空中物理探査 |
| (2) 測定項目 | 全磁力強度、放射線強度 (U, Th, K, Total Count) |

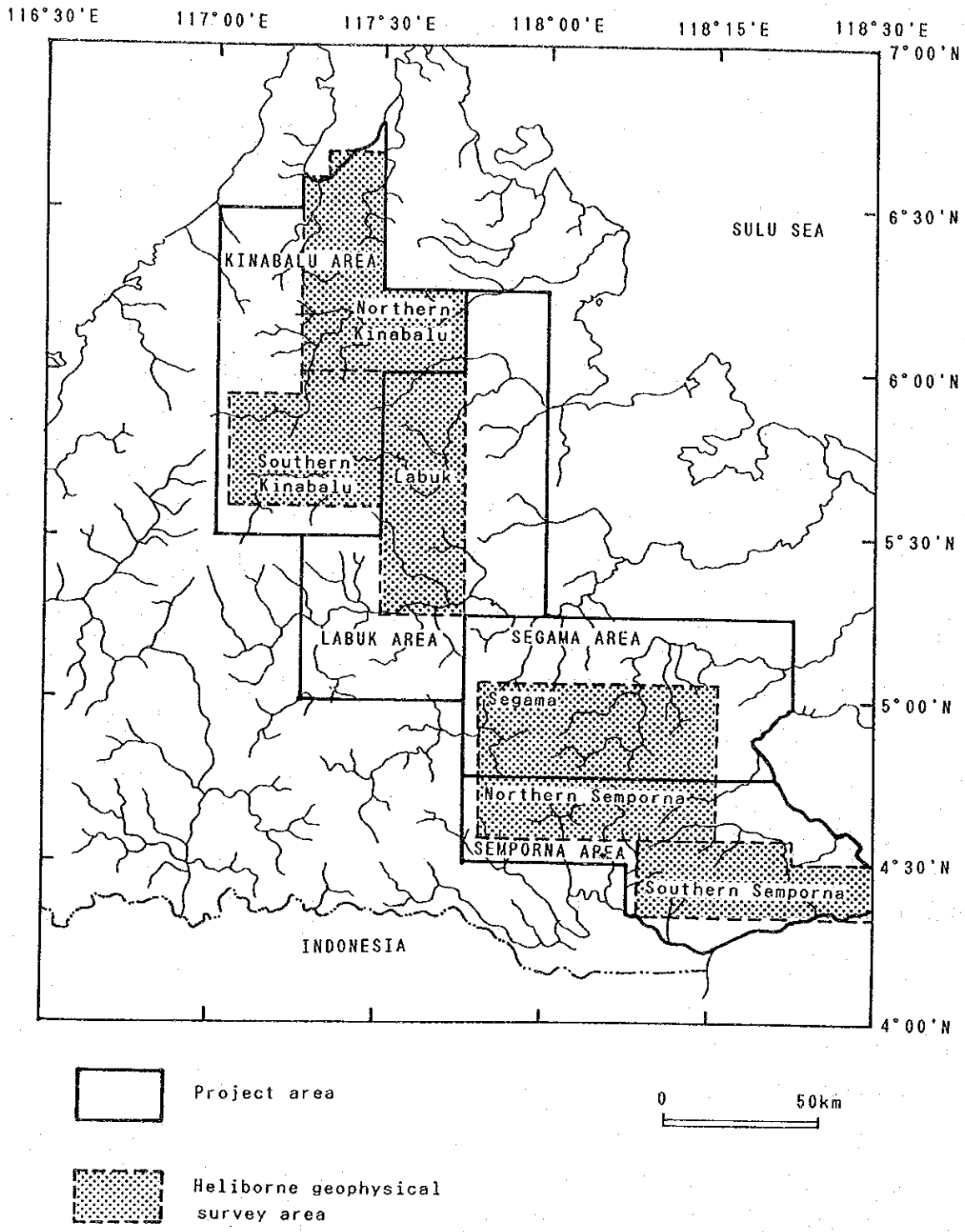


Fig. II-2-1 Location map of the heliborne geophysical survey area

(3) 飛行高度 対地 150 m ± 30 m、 磁力計センサー高度 対地 150 m
放射線センサー高度 対地 180 m

(4) 測線間隔 主測線 500 m、 交叉測線 10 km

(5) 測線方向、測線長及び調査面積

Survey area	Northern Kinabalu	Southern Kinabalu	Labuk	Segama	Northern Semporna	Southern Semporna
Traverse line	E-W		N-S			
Tie line	N-S		E-W			
Line length (km)	5,655.0	4,274.5	4,554.0	5,094.0	3,800.9	4,210.3
Total line length (km)	27,578.4					
Area (km ²)	2,700	2,320	2,300	2,820	1,130	2,080
Total area (km ²)	13,350					

(6) 調査使用機器 Table II-2-1に空中物理探査調査機器仕様一覧表を掲げる。

(7) 航法 GPS (Global Positioning System) 航法

(8) 航速 対地速度 約 75 knots (135 km/h)

調査地域周辺の地球磁場の全磁力強度は約41,000 nT、伏角は 6° ~ 8°S、偏角は S1°E である。飛行記録をAppendix 26 に示す。

2-3 現地調査

2-3-1 空中物理探査

空中物理探査の現地調査は下記の要領で実施された。

(1) 調査実施機関 Aerodat Limited (Canada)

(2) 現地調査期間

旧キナバル地区 (Kinabalu)	1990年12月13日～1991年1月6日
センボルナ地区南部 (Southern Semporna)	1991年1月11日～1991年2月8日
セガマ地区 (Segama)	1991年2月12日～1991年3月20日
ラブク地区 (Labuk)	1991年9月24日～1991年11月17日
キナバル地区南部 (Southern Kinabalu)	1991年9月24日～1992年1月20日
センボルナ地区北部 (Northern Semporna)	1992年1月6日～1992年1月10日
キナバル地区南部 (Southern Kinabalu)	1991年9月24日～1992年1月20日

(3) 航空基地

旧キナバル地区 (Kinabalu)	ラノウ (Ranau)
センボルナ地区南部 (Southern Semporna)	ダナム・バレー (Danum Valley Camp)
セガマ地区 (Segama)	タワウ (Tawau)

Table II-2-1 Specifications of heliborne geophysical survey instruments

Name	Model	Manufacturer	Specifications																								
Airborne Magnetometer	HSM2	IFG/Aerodat (Canada)	Resolution; 0.001 nT																								
Cesium Magnetometer Sensor.	V1W2321 H8	Scintrex (Canada)	Sensitivity; 0.005 nT, Range; 20,000 - 100,000 nT																								
Spectrometer	Pgam6000	Picodas (Canada)	Crystal volume; 32.7ℓ (downward), 4.1ℓ (upward),																								
	Pgam6100		Crystal resolution; >12 %,																								
	Pgam6500		Range; 0.1 - 3.0 MeV/256 ch, 0.1 photopeak resolution																								
Data Acquisition System /Graphic Recorder	DGR33	RMS Instr. (Canada)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Window;</th> <th>Lower</th> <th>Higher</th> <th>Window;</th> <th>Lower</th> <th>Higher</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bi (upward)</td> <td>1138</td> <td>1154</td> <td>Bi214 (downward)</td> <td>138</td> <td>154</td> </tr> <tr> <td>Total (upward)</td> <td>1034</td> <td>1233</td> <td>K40 (downward)</td> <td>113</td> <td>129</td> </tr> <tr> <td>T1208 (downward)</td> <td>201</td> <td>233</td> <td>Total (downward)</td> <td>034</td> <td>233</td> </tr> </tbody> </table>	Window;	Lower	Higher	Window;	Lower	Higher	Bi (upward)	1138	1154	Bi214 (downward)	138	154	Total (upward)	1034	1233	K40 (downward)	113	129	T1208 (downward)	201	233	Total (downward)	034	233
	Window;	Lower	Higher	Window;	Lower	Higher																					
Bi (upward)	1138	1154	Bi214 (downward)	138	154																						
Total (upward)	1034	1233	K40 (downward)	113	129																						
T1208 (downward)	201	233	Total (downward)	034	233																						
			Analog Inputs; 32, Analog Input Range; ±10V, Chart Resolution; 4x4dots/mm, Chart Sensitivity; 10 mV/cm - 10 V/cm, Interface; RS-232-C x 4ports, Data Sample Rate; 10/sec: Event Markers, Manual Fiducial Mark, 5/sec: Magnetometer, Navigation, 1/sec: Spectrometer																								
Cartridge Tape Recorder	TCR12	RMS Instr. (Canada)	Recording Density; 6400 BPI, Capacity; 11.7 MBytes																								
Station Magnetometer	M234	Barringer Research (Canada)	Sampling Rate; 1 sec, Resolution; 0.1 nT, Accuracy; 0.5 nT, Range; 20,000 - 90,000 nT																								
Radar Navigator	PNAV2001	Picodas (Canada)	Resolution; 0.5 m																								
GPS Receiver	TANS 12017-10	Trimble (U.S.A.)	Accuracy; ±10 m																								
Barometric Altimeter	1241M	Rosemount (U.S.A.)	Relative Accuracy; ±7 ft, Resolution; ±10 ft																								
Radar Altimeter	KRA-10A	King (U.S.A.)	Range; 40 - 2,500 ft, Resolution; 5 ft, Accuracy; 5 %																								
Flight Path Recorder	AG2400	Panasonic (Japan)	VHS style Video-Recorder in NTS format																								
Helicopter	TwinStar AS355F2	Aerospatial (France)	Type; Twin-engine turbine (Allison 250-C20F), Size; 10.3 ft (H) x 42.5 ft (L) x 8.3 ft (W), Main Rotor Diameter; 35.1 ft, Useful Load; 2,928 lb (1,212 Kg)																								

ラブク地区 (Labuk)	クンダサン (Kundasang)
キナバル地区南部 (Southern Kinabalu)	クンダサン (Kundasang)
センボルナ地区北部 (Northern Semporna)	ルアソン森林センター (Luasong Forestry Centre)
キナバル地区北部 (Northern Kinabalu)	クンダサン (Kundasang) 及び コタ・ムルド (Kota Murudu)

(4) 航 法

採用した航法システムはGPS (Global Positionary System) である。GPS受信機ではヘリコプターの位置の座標 (緯度/経度座標、またはUTM座標) が1秒間隔で求められる。これらの座標データは航法コンピューターへ送られ、測定前に入力済みの測線方向・間隔及び調査地域両端の座標と比較されて、飛行方向及び調査予定測線とのずれをパイロットに指示するようになっている。GPSでは、現在16個の衛星が利用可能であり、水平方向の位置決定精度は±5mである。GPS受信機アンテナは、磁力計バード吊り下げケーブルにそってヘリコプターから5m下に設置した。サンプリング間隔は1秒で、座標値は1mの分解能で記録される。

航跡は、5万分の1地形図上の明瞭な指標を利用してナビゲータ/オペレータが確認した。GPS航法が不可能な短距離区間では、オペレータとパイロットによる目視航法で測定を行った。

(5) 測定システム

1) 使用航空機

1990年度は、Aerospatiale社製AS 355F1・マレーシア登録番号 9M-DPK を使用した。空中物理探査システムのヘリコプターへの据えつけはコタ・キナバルのサバ・エア社の格納庫で行った。

一方、1992年度は、Aerospatiale社製AS 355F1・マレーシア登録番号 9M-TAN 及び 9M-AZ K の2機を使用した。空中物理探査システムのヘリコプターへの据えつけは、1990年度と同様に、コタ・キナバルのサバ・エア社の格納庫で行った。

2) 空中磁気システム

空中磁力計 (IFG/Aerodat 社製HSM2磁力計/Scintrex社製V1W2321H8 光ポンピング・センサー) の感度は 0.001 nT/0.2 sec であり、磁力計センサーはヘリコプターから30 m下に吊り下げたバードに収納されている。

ある角度の範囲内で磁力計センサーが地球磁場を横切るように設定しなければならず、本調査地域のような地磁気赤道に近い地域では各飛行測線ごとにセンサーの向きを変える必要があるが、本調査ではセンサーの向きを各測線ごとに変更する遠隔操作システムを採用した。

3) ガンマ線スペクトロメーター・システム

測定システム (Picodas 社製PGAM6000スペクトロメーター/PGAM6100キャリブレータ) は、(1.46MeV のカリウム・フォト・ピークを利用する) ゲイン自動安定化、宇宙線監視モニター (3.0~ 6.0MeV) 及び実時間補正の機能を保有している。

ガンマ線スペクトロメーターのクリスタル (Picodas 社製DXTL6500及びGeometrics社製GA X1000) は、下向きが33.6ℓ、上向きが 4.2ℓの容量をもつ2個から構成され、操縦席の後ろの客室の床に設置された。クリスタル・センサーは45℃の恒温槽内に保管されている。

スペクトロメーターのチャンネルとエネルギー・ウィンドーは次の通りである。

channel	Energy Window	channel	Energy Window
Total count - downward	0.41 - 2.81 MeV	Uranium - downward	1.66 - 1.86 MeV
Total count - upward	0.41 - 2.81 MeV	Uranium - upward	1.66 - 1.86 MeV
Potassium - downward	1.36 - 1.56 MeV	Thorium - downward	2.41 - 2.81 MeV
		Cosmic	3.0 - 6.0 MeV

放射線データは1秒あたりのカウント数 (counts/sec; cps) で記録され、デジタル記録分解能は 1 cpsである。

ガンマ線スペクトロメーターはセシウムで毎日校正するとともに、各測定飛行の直前に (最大1日2回) カリウム、ウラニウム及びトリウムを利用した地上チェックを行った。校正データは飛行記録番号ごとに整理され、アナログ及びデジタル形式で記録された後、コンプトンはぎ取り補正ファクターとして利用した。

放射線のバックグラウンド・レベルは、各測定飛行の開始時及び終了時に海面または湖面上空などの地上の影響のない場所で測定した。

4) 飛行高度記録システム

対地高度を記録するために電波高度計 (King社製KRA-10) を使用した。電波高度計の出力は対地高度の線形関数であり、高度計の精度は 5 %である。

平均海水面からの飛行高度を記録するために気圧高度計 (Rosemount 社製M1241) を使用した。

5) 航跡撮影システム

航跡を記録するためにカラー・ビデオ・カメラ (Panasonic 社製、VHS 方式) を連続モードで使用した。ビデオ・テープにはフィデューシャル番号、24時間時刻 (0.1 秒単位) 及びマニュアル・フィデューシャル番号が符号化されて記録されている。

6) アナログ記録計

測定飛行中正常な測定を確認するために、次に示す測定データをアナログ記録計 (RMS 社製ドット・マトリックス・プリンター) に記録した。

Label	Contents	Scale
Geophysical Sensor Data		
MAGF	Total Magnetic Field(Fine)	2.5 nT/mm
MAGC	Total Magnetic Field(Course)	25 nT/mm
TCDN	Radiometrics; Total Count Downward	100 cps/mm
K-40	Potassium Downward	10 cps/mm
URDN	Uranium Downward	5 cps/mm
URUP	Uranium Upward	2.5 cps/mm
TH	Thorium Downward	5 cps/mm
COSM	Cosmic Ray	10 cps/mm
Ancillary Data		
RALT	Radar Altimeter	10 ft/mm
BALT	Barometric Altimeter	20 ft/mm

アナログ記録計のチャート速度は 2 mm/sec である。さらに記録計には、24時間時刻、全磁力値及びGPS/PNAVシステムからのUTM座標がそれぞれ20秒、30秒及び1分毎に、さらに10番おきのマニュアル・フィデューシャル番号が記録紙の左端に印刷される。

7) デジタル記録計

デジタル測定データを磁気テープに記録するためにRMS社製DGR33データ収録システムを使用した。各収録データのサンプリング間隔は次のとおりである。

Data Type	Recording Interval	Recording Resolution
Magnetometer	0.2 sec	0.001 nT
Spectrometer (7 channels)	1 sec	1 cps
Position (2 channels)	1 sec	1 m
Altimeter (2 channels)	0.2 sec	1 ft.

(6) 地上基地

地球磁場の日変化を記録するとともに、磁気嵐を監視するために地上基地に地上磁力計を設置した。各地区の地上基地は航空基地と同一地点である。

データ処理で行う地磁気日変化補正のために、地上基地の時計と空中システムの時計とは完全な同期を取っている。記録分解能は 1 nT であり、サンプリング間隔は 4 秒である。

地球磁場の変化を 3 インチ・チャート紙にアナログ記録するとともに、デジタル形式で記録した。アナログ記録は、1分当たり1グリッド(0.25インチ)の紙送り速度で、縦軸は1グリッド 5 nT である。また、10分ごとに現在の日付・時刻及び全磁力値を印刷した。

2-3-2 地上調査及び物性測定

1990年度に、空中物理探査データの解析に資するために、空中物理探査実施地区内に分布する

代表的な岩石と鉍石の帯磁率と放射線強度のin-situ 測定を実施した。測定地域は、空中物理探査を実施したキナバル、セガマ、センボルナ及びラプクの4地区であり、測定点数は106点で、測定した岩種は24種類である。地上調査で使用した機器の仕様をTable II-2-2に示す。各測定地点をFig. II-2-2に、各地点の帯磁率及び放射線強度をAppendix 27に示す。

さらに、1991年度には、セガマ地区及びセンボルナ地区の磁気・放射線異常が観測された地点でセガマ地区52個、センボルナ地区50個、計102個の岩石試料を採取し、帯磁率と放射線強度を測定した。物性測定に使用した機器の仕様をTable II-2-3に、採取地点位置をFig. II-2-3に、各試料の帯磁率及び放射線強度をAppendix 28に示す。

2-4 データ処理

2-4-1 航跡図

河川、道路、山頂、地名位置などの明瞭な地形の特徴を数値化して基本図を作成した。

航法システムから1秒(5万分の1地形図上で約0.8 mm)ごとに与えられる測線上の各点のX、Y座標値を線形補間することで、測線の航跡を決定作成した。各点の位置はUTM easting (X)及びUTM northing (Y)で表現した。

航跡図では、マニュアル・フィデューシャルは、フィデューシャル番号付の円で示し、24時間時刻を1分ごとに小さな四角形で示し、2分毎に時刻をプロットした。

明瞭な地形の特徴(川、沢、道路、町、山頂等)付近を通過した際に記録するマニュアル・フィデューシャルを利用して航跡図を基本図に合成した。

2-4-2 空中物理探査データ

(1) 全磁力線図

空中磁気データは、地上磁気記録を利用して日変化補正を施した後、交叉測線のデータを利用して磁気データのレベルを一致させているが、地域的な変化に対する補正は施していない。補正済の測線データを、秋間のスプライン法を利用した内挿計算により、格子間隔100 mの格子データを計算した。

(2) 全放射線図

4種類(Total Count, K, U, Th)の放射線データに対してそれぞれ次の4段階の補正を施した。

- ① ローパス・フィルター(7点ハニング)
- ② バックグラウンド除去
- ③ 高度補正

Table II-2-2 Specifications of ground geophysical survey instruments

Name	Model	Manufacturer (Country)	Specifications
Magnetic Susceptibility Meter (Kappameter)	KT-5	Geofyzika Brno (Czechoslovakia)	Sensitivity; 1×10^{-5} SI units, Range; 9.99×10^{-3} , 99.9×10^{-2} , 999×10^{-3} SI units (automatically switched), Display; 4-digit LCD, Data memory; upto 12 measurements Dimensions; $\phi 65 \times 187$ mm
Scintillation Counter	GIS-5	Scintrex Limited (Canada)	Detector; NaI(Tl) crystal, Crystal volume; 5 inch ³ (82cc), Crystal dimensions; Near-cubic, 1.6" x 1.6" x 1.96", Energy thresholds; T.C.: >0.05 MeV, K+U+Th: >1.38 MeV, U+Th: >1.66 MeV, Th+Cal: >2.44 MeV, Counting periods; 1, 3, 10, 30 or 100 seconds, Digital display; 19, 999, Temperature; -20 °C to + 55°C, Dimensions; 250x190x95mm, Weight; 2.8 kg

Table II-2-3 Specifications of laboratorial measurement of geophysical property

Name	Model	Manufacturer (Country)	Specifications
Magnetic Susceptibility Meter	3101A	Bison (U.S.A.)	Sensitivity; 1×10^{-6} SI units, Range; $10^{-6} \sim 10^{-2}$ or $10^{-5} \sim 10^{-1}$ SI units
Scintillation Counter	GIS-5	Scintrex Limited (Canada)	Detector; NaI(Tl) crystal, Crystal volume; 5 inch ³ (82cc), Crystal dimensions; Near-cubic, 1.6" x 1.6" x 1.96", Energy thresholds; T.C.: >0.05 MeV, K+U+Th: >1.38 MeV, U+Th: >1.66 MeV, Th+Cal: >2.44 MeV, Counting periods; 1, 3, 10, 30 or 100 seconds, Digital display; 19, 999, Temperature; -20 °C to + 55°C, Dimensions; 250x190x95mm, Weight; 2.8 kg

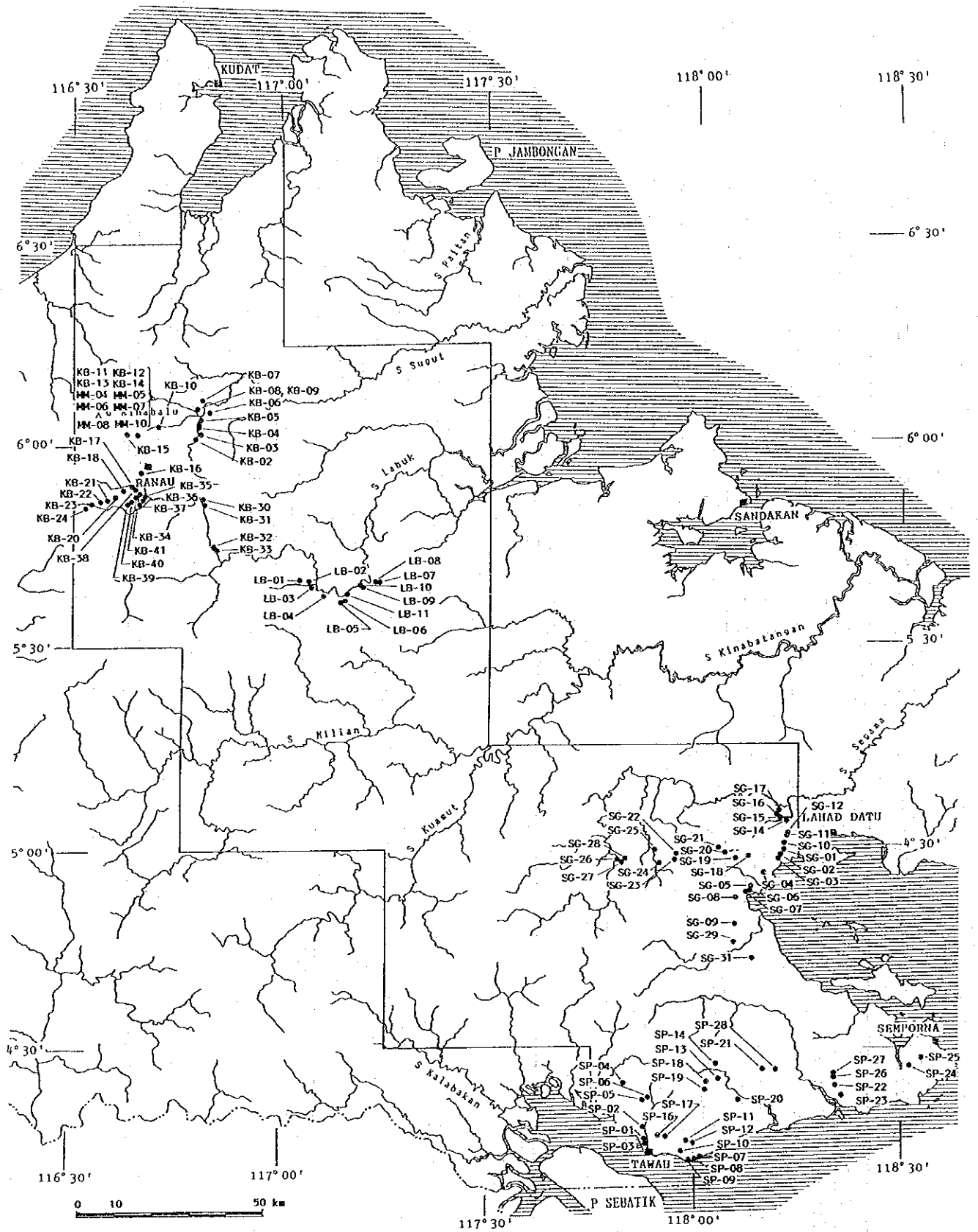


Fig. II-2-2 Location map of in-situ magnetic and radiometric measuring points

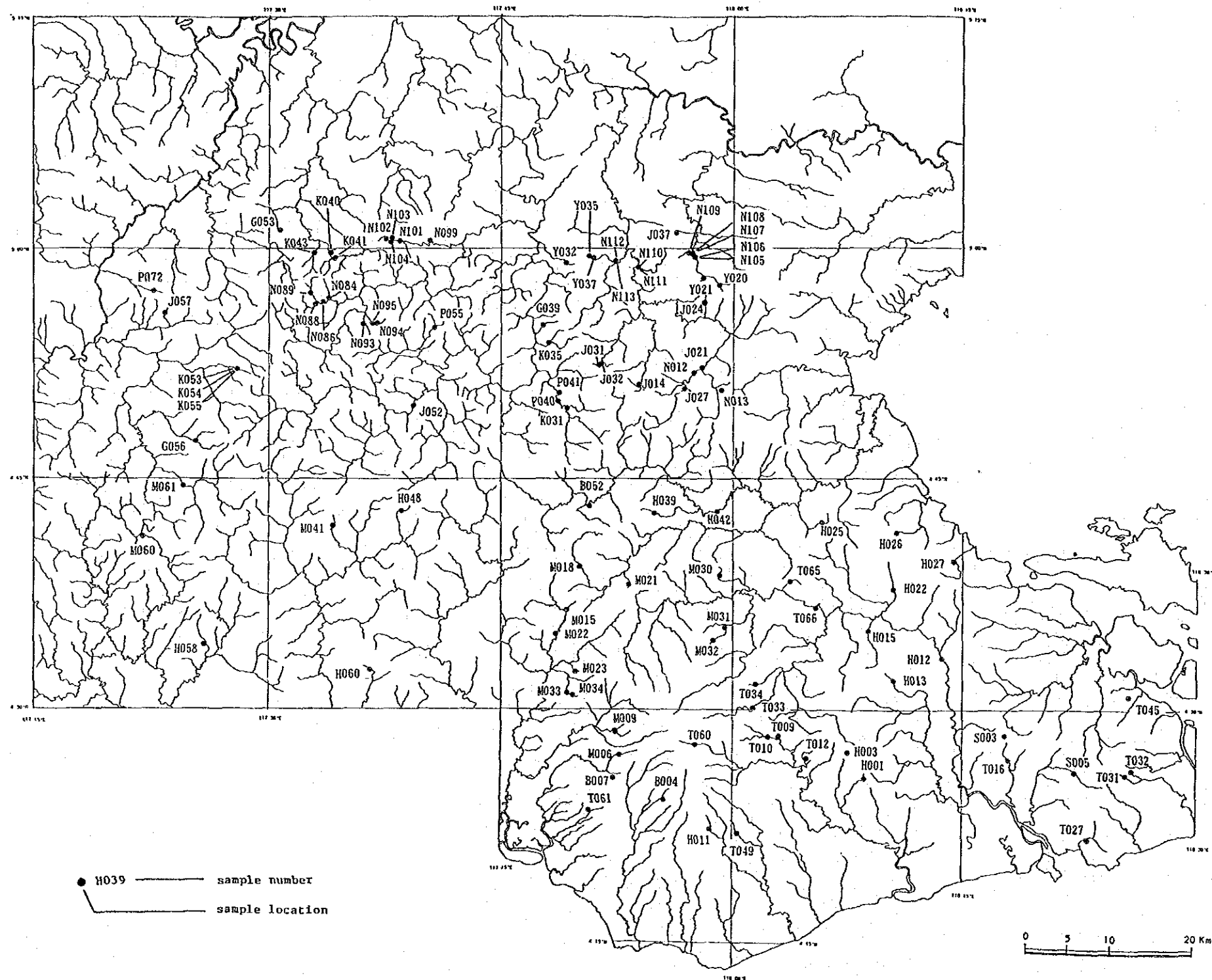


Fig. II-2-3 Location map of laboratorial magnetic and radiometric measurement samples in the Segama and Semporna area

④ コンプトンはぎ取り補正

予備段階のコンター図を作成・検討後、放射線バックグラウンド変動を除去した。使用したコンプトンはぎ取り補正ファクターは次のとおりである。

alpha ; 0.35 (Uの中のTh)	a ; 0.09 (Thの中のU)
beta ; 0.30 (Kの中のTh)	b ; 0.00 (Thの中のK)
gamma ; 0.73 (Kの中のU)	g ; 0.03 (Uの中のK)

ここで、alpha、beta及びgammaはフォワード（順方向）はぎ取り係数であり、a、b及びgはバックワード（逆方向）はぎ取り係数である。これらの係数は各測定飛行の開始時に行われるサンプル・チェック・データから決定した。

高度減衰係数としては、0.0072 (Total Count)、0.0058 (K)、0.0082 (U) 及び0.0067 (Th) を使用した。単位は 1/feet である。

次に、放射能データは約 145 mの平均センサー対地高度へ補正される。平均対地高度 180 mで測定されたデータに、2.37 (Total Count)、2.77 (K)、2.67 (U) 及び 2.23 (Th) の倍率をかけて補正後の値とした。

補正済データは秋間のスプライン法によって格子間隔 100 mで内挿計算され、格子データを作成した。

(3) 放射線合成図

放射線合成図は、カリウム、ウラニウム及びトリウムの3元素の格子データを利用して作成した。各元素にそれぞれ赤、黄及び青の色が割り当てられ、各格子セルの色の強さは、相対的な強さによって変化する。すなわち、カリウムの最高カウントは最も濃い赤が、最低カウントには最も薄い赤（ほとんど白）が割り当てられる。カリウム、ウラニウム及びトリウムのカウント数に比例した色の濃淡にしたがった3色を混合して作成したのが放射線合成図である。

色の濃さの変化の割合は全放射線図に似ているが、色調の変化は3放射性元素の強さに対応している。赤味、黄味及び青味を帯びた地域は、それぞれカリウム、ウラニウム及びトリウムが比較的高い地域である。理論的には、灰色～黒の中間色は3元素がそれぞれ相対的に同じ強さの場合に対応している。

2-5 調査結果

2-5-1 地上調査及び物性測定結果

(1) 地上調査結果

総計 106地点の測定結果を24岩種に分類し、各岩種ごとの帯磁率、放射線強度の平均及び地点数を求めた結果をTable II-2-4に示す。

斑レイ岩、蛇紋岩、玄武岩、安山岩、角閃岩、ホルンフェルス、アダメライト、花崗閃緑岩及び凝灰岩は 10^{-3} CGSemu以上の高磁性を示し、これらの岩石の分布する地区は振幅の大きな磁気異常が観測されるものと考えられる。

石灰岩・凝灰岩を除く砂岩、頁岩等の堆積岩類、ホルンフェルス、アダメライト、花崗閃緑岩などは全放射線が高カウントを示し、これらの岩石の分布する地区では高カウントの全放射線異常が観測されることが予想される。

また、高磁性・高放射線カウントを示す岩石は、ホルンフェルス、アダメライト及び花崗閃緑岩であり、これらの岩石の分布する地区では振幅の大きな磁気異常と高カウント全放射線異常が重複して現れると考えられる。

(2) 物性測定結果

セガマ地区及びセンボルナ地区南部の採取試料 52 個及び 50 個の物性測定結果を岩種ごとに分類し、各岩種の帯磁率及び放射線強度の平均値及び個数を求めた結果をTable II-2-5に示す。

帯磁率測定結果は、地上調査結果とほぼ同様の結果が得られている。角閃岩、頁岩、片麻岩、花崗閃緑岩、粗粒玄武岩、斑レイ岩、安山岩及び玄武岩は 10^{-3} CGSemu以上の高磁性を示し、これらの岩石が分布する地区では大振幅の磁気異常が観測されるものと考えられる。また、砂岩及び凝灰岩は時代によって磁性の高低があり、堆積環境の違いを反映しているものと考えられる。さらに、高磁性を示す岩石試料でも変質、特に熱水変質を強く受けた岩石は低磁性を示している。

放射線強度測定結果は、野外における測定結果ほど岩種による違いを示していない。これは採取試料の体積が十分大きくなかったためと考えられる。

2-5-2 空中物理探査データ

本調査地域のように地磁気赤道周辺地域（地磁気伏角が 0° 前後）では、Fig. II-2-4に示すように、磁性岩体の直上に振幅の大きな負の異常が、高磁性岩体の南方及び北方に小さな振幅の正の異常が現れ、さらに、東西方向に伸びた磁気異常が現れる。このように、本調査地域の全磁力線図から磁性岩体の分布を推定する際は、負（または低）異常の直下に高磁性岩体を、また、正・負（高・低）異常の間に磁性岩体の境界を想定する。また、ある方向に小磁気異常群が連続して分布している箇所には、岩質境界、断層等の地下構造線を反映する磁気不連続線を想定することができる。さらに、定量解析は、観測曲線とモデル曲線を照合して高磁性岩体の深さ、規模及

Table II-2-4 Results of radiometric count and magnetic susceptibility in the field (κ)

Ser. No.	Geologic unit	Lithology	Average (No.) (Upper), Minimum - Maximum (Lower)				
			Total count (cps)	K+U+Th (cps)	U+Th (cps)	Th (cps)	κ ($\times 10^{-9}$ CGSemu)
1	Cb	Amphibolite	32.9 (2)	1.42 (2)	1.12 (2)	0.68 (2)	5.82 (2)
			17.8 - 48.0	1.09 - 1.75	0.89 - 1.35	0.63 - 0.73	0.64 - 11.0
2	Cb	Schist/ Gneiss	21.5 (5)	1.09 (5)	0.89 (5)	0.76 (5)	0.93 (5)
			11.2 - 45.0	1.00 - 1.33	0.75 - 1.06	0.61 - 0.82	0.34 - 2.28
3	KMb	Limestone	11.7 (1)	0.41 (1)	0.37 (1)	0.24 (1)	0.03 (1)
4	I ₁	Gabbro	13.7 (4)	1.00 (4)	0.79 (4)	0.67 (4)	50.7 (4)
			5.00 - 36.5	0.79 - 1.35	0.69 - 0.91	0.63 - 0.71	0.60 - 163.
5	I ₁	Serpentinite	15.4 (14)	1.03 (14)	0.76 (14)	0.67 (14)	23.2 (14)
			4.03 - 80.1	0.62 - 2.96	0.61 - 0.88	0.57 - 0.75	1.89 - 96.5
6	KpCs	Basalt	13.7 (6)	0.91 (6)	0.80 (6)	0.66 (6)	10.1 (6)
			9.03 - 21.8	0.75 - 1.23	0.70 - 0.88	0.53 - 0.77	0.51 - 21.1
7	KpCs	Chert	19.7 (3)	1.00 (3)	0.80 (3)	0.70 (3)	0.91 (3)
			14.6 - 23.7	0.94 - 1.03	0.70 - 0.98	0.64 - 0.75	0.08 - 2.48
8	KpCs	Sandstone	95.9 (3)	2.92 (3)	1.63 (3)	0.75 (3)	0.17 (3)
			92.2 - 100.	2.61 - 2.99	1.51 - 1.70	0.67 - 0.80	0.13 - 0.23
9	P ₁ Ts	Phillite	188. (8)	5.20 (8)	2.59 (8)	1.03 (8)	0.19 (8)
			148. - 222.	4.48 - 5.99	2.13 - 3.01	0.81 - 1.13	0.10 - 0.33
10	P ₁ Ts	Shale	170. (3)	4.80 (3)	2.23 (3)	0.87 (3)	0.23 (3)
			159. - 184.	4.14 - 5.14	2.13 - 2.43	0.80 - 0.91	0.19 - 0.27
11	P ₁ Ts	Sandstone	139. (8)	4.10 (8)	2.14 (8)	0.88 (8)	0.14 (8)
			105. - 195.	3.15 - 5.11	1.81 - 2.45	0.77 - 1.10	0.08 - 0.22
12	P ₄ Gr	Sandstone	97.2 (6)	2.49 (6)	1.47 (6)	0.70 (6)	0.20 (6)
			73.2 - 115.	1.95 - 3.23	1.25 - 1.69	0.52 - 0.84	0.10 - 0.22
13	P ₄ Kg	Tuff	33.8 (2)	1.36 (2)	1.01 (2)	0.82 (2)	12.49 (2)
			33.8 - 33.8	1.36 - 1.36	1.01 - 1.01	0.82 - 0.82	7.87 - 17.1
14	P ₄ Kg	Limestone	17.7 (1)	0.90 (1)	0.70 (1)	0.60 (1)	0.04 (1)
15	P ₄ Km	Tuff	67.8 (1)	1.72 (1)	1.05 (1)	0.67 (1)	2.94 (1)
16	P ₄ Km	Basalt lava	32.6 (1)	0.96 (1)	0.82 (1)	0.62 (1)	28.4 (1)
17	P ₄ Km	Sandstone	73.3 (3)	1.92 (3)	1.24 (3)	0.58 (3)	0.18 (3)
			50.8 - 88.7	1.43 - 2.29	0.83 - 1.49	0.44 - 0.74	0.07 - 0.30
18	I ₂	Biotite Hornfels*	200. (3)	5.62 (3)	2.07 (3)	0.97 (3)	18.8 (3)
			191. - 216.	5.28 - 6.02	1.90 - 2.17	0.88 - 1.10	2.97 - 34.0
19	I ₂	Adamellite	186. (7)	4.99 (7)	2.34 (7)	1.04 (7)	5.81 (7)
			132. - 283.	3.81 - 5.79	1.80 - 2.97	0.80 - 1.32	0.33 - 31.4
20	I ₂	Granodiorite	175. (2)	4.40 (2)	2.13 (2)	0.82 (2)	1.59 (2)
			173. - 176.	4.38 - 4.42	1.97 - 2.28	0.80 - 0.83	1.51 - 1.67
21	I ₃	Microdiorite	119. (3)	3.28 (3)	1.74 (3)	0.81 (3)	32.7 (3)
			95.5 - 149.	2.87 - 3.65	1.50 - 1.92	0.80 - 0.82	31.0 - 35.9
22	I ₃	Andesite	82.4 (13)	2.35 (13)	1.37 (13)	0.73 (13)	14.3 (13)
			53.6 - 134.	1.75 - 3.95	1.06 - 2.17	0.61 - 0.99	0.10 - 27.4
23	I ₆	Dacite	94.7 (3)	2.96 (3)	1.55 (3)	0.75 (3)	19.6 (3)
			74.7 - 115.	2.37 - 3.47	1.45 - 1.63	0.60 - 0.83	0.17 - 31.4
24	I ₆	Basalt	73.7 (4)	2.41 (4)	1.34 (4)	0.71 (4)	5.72 (4)
			55.5 - 83.8	2.00 - 3.15	1.14 - 1.49	0.49 - 0.82	1.51 - 9.77

* Ore

Table II-2-5 Results of laboratorial radiometric count and magnetic susceptibility (κ)

Ser. No.	Geologic unit	Lithology	Average (No.) (Upper), Minimum - Maximum (Lower)				
			Total count (cps)	K+U+Th (cps)	U+Th (cps)	Th (cps)	κ ($\times 10^{-3}$ CGSemu)
1	Cb	Amphibolite	3.0 (4)	0.73 (4)	0.40 (4)	0.33 (4)	0.98 (4)
			1.17 - 4.78	0.10 - 1.53	0.40 - 0.44	0.12 - 0.44	0.110 - 2.391
2	Cb	Gneiss/Schist	3.2 (5)	0.72 (5)	0.38 (5)	0.34 (5)	2.16 (5)
			1.93 - 4.97	0.26 - 0.89	0.12 - 0.69	0.17 - 0.53	0.306 - 5.968
3	Cb	Granodiorite	5.0 (2)	0.80 (2)	0.20 (2)	0.44 (2)	1.99 (2)
			3.97 - 5.95	0.54 - 1.06	0.17 - 0.23	0.35 - 0.52	0.084 - 3.897
4	Cb	Dolerite	1.7 (2)	0.91 (2)	0.22 (2)	0.30 (2)	1.19 (2)
			1.42 - 2.50	0.89 - 0.93	0.17 - 0.26	0.20 - 0.39	0.786 - 1.593
5	Cb	Phyllite	2.91 (1)	0.84 (1)	0.52 (1)	0.06 (1)	0.098 (1)
6	Ub	Gabbro	3.5 (6)	0.47 (6)	0.40 (6)	0.32 (6)	1.69 (6)
			1.75 - 2.50	0.13 - 0.94	0.10 - 0.59	0.08 - 0.55	0.349 - 4.935
7	Ub	Dolerite	3.9 (5)	0.71 (5)	0.71 (5)	0.28 (5)	1.54 (5)
			1.65 - 5.26	0.32 - 1.58	0.49 - 1.07	0.15 - 0.44	0.344 - 2.555
8	Ub	Peridotite	1.3 (4)	0.59 (4)	0.37 (4)	0.33 (4)	1.32 (4)
			0.55 - 3.03	0.38 - 0.85	0.16 - 0.51	0.22 - 0.39	0.174 - 2.432
9	I ₁	Andesite	4.9 (7)	0.74 (7)	0.50 (7)	0.40 (7)	3.01 (7)
			3.00 - 7.94	0.60 - 1.21	0.15 - 0.89	0.13 - 0.84	0.722 - 4.503
10	I ₁	Microdiorite	4.7 (3)	1.20 (3)	0.56 (3)	0.27 (3)	2.09 (3)
			4.07 - 5.29	0.72 - 1.75	0.36 - 0.79	0.11 - 0.48	0.746 - 3.217
11	I ₁	Coarse-Med. Tuff	5.4 (2)	0.66 (2)	0.64 (2)	0.22 (2)	1.31 (2)
			3.30 - 7.40	0.36 - 0.96	0.56 - 0.71	0.18 - 0.25	0.986 - 1.632
12	I ₁	Fine Tuff	9.83 (1)	0.66 (1)	0.26 (1)	0.63 (1)	0.069 (1)
13	I ₁	Dacite	1.54 (1)	0.68 (1)	0.45 (1)	0.11 (1)	0.081 (1)
14	I ₁	Altered Rock	5.8 (3)	0.71 (3)	0.45 (3)	0.24 (3)	0.16 (3)
			3.35 - 7.21	0.56 - 0.80	0.11 - 0.96	0.14 - 0.42	0.043 - 0.378
15	KpCs	Basalt	2.8 (2)	0.85 (2)	0.56 (2)	0.29 (2)	2.85 (2)
			2.35 - 3.28	0.84 - 0.85	0.54 - 0.57	0.24 - 0.33	1.096 - 4.603
16	KpCs	Shale	1.6 (2)	0.60 (2)	0.29 (2)	0.41 (2)	1.29 (2)
			0.38 - 2.86	0.22 - 0.97	0.27 - 0.30	0.21 - 0.61	1.107 - 1.477
17	KpCs	Sandstone	2.6 (3)	0.51 (3)	0.70 (3)	0.15 (3)	0.22 (3)
			2.29 - 3.13	0.24 - 0.67	0.63 - 0.84	0.00 - 0.41	0.066 - 0.272
18	KpCs	Chert	4.3 (3)	0.66 (3)	0.47 (3)	0.34 (3)	0.28 (3)
			2.09 - 8.59	0.32 - 0.88	0.35 - 0.57	0.22 - 0.41	0.072 - 0.699
19	KpCs	Green Rock	2.34 (1)	0.62 (1)	1.03 (1)	0.40 (1)	3.107 (1)
20	P ₄ Kg	Tuff	3.9 (2)	0.64 (2)	0.26 (2)	0.39 (2)	1.85 (2)
			3.77 - 4.05	0.41 - 0.86	0.09 - 0.43	0.30 - 0.47	1.601 - 2.095
21	P ₄ Kg	Sandstone	2.7 (3)	0.55 (3)	0.19 (3)	0.41 (3)	1.56 (3)
			0.59 - 4.19	0.23 - 0.84	0.00 - 0.42	0.36 - 0.52	1.344 - 1.934
22	P ₄ Kg	Siltstone	1.9 (2)	0.59 (2)	0.20 (2)	0.35 (2)	0.074 (2)
			0.47 - 3.37	0.59 - 0.59	0.00 - 0.39	0.25 - 0.44	0.062 - 0.086
23	P ₄ Kl	Shale/Siltstone	5.0 (2)	1.02 (2)	0.51 (2)	0.42 (2)	0.066 (2)
			2.80 - 7.10	0.94 - 1.09	0.46 - 0.55	0.26 - 0.57	0.031 - 0.070
24	P ₄ Km	Sandstone	4.2 (20)	0.60 (20)	0.44 (20)	0.33 (20)	0.109 (20)
			1.16 - 7.24	0.00 - 1.18	0.11 - 0.86	0.02 - 0.69	0.051 - 0.856
25	P ₄ Km	Tuff.	5.91 (1)	0.89 (1)	0.22 (1)	0.51 (1)	3.341 (1)
26	P ₄ Km	Mudstone	3.9 (2)	0.77 (2)	0.32 (2)	0.39 (2)	0.587 (2)
			1.83 - 5.91	0.50 - 1.04	0.27 - 0.37	0.27 - 0.50	0.402 - 0.772
27	I ₂	Basalt	3.4 (5)	0.54 (5)	0.41 (5)	0.38 (5)	0.902 (5)
			2.77 - 4.45	0.08 - 0.83	0.25 - 0.77	0.08 - 0.71	0.124 - 2.205
28	I ₂	Andesite	5.4 (3)	0.87 (3)	0.26 (3)	0.30 (3)	2.54 (3)
			4.73 - 5.80	0.55 - 1.37	0.00 - 0.69	0.17 - 0.38	2.167 - 3.275

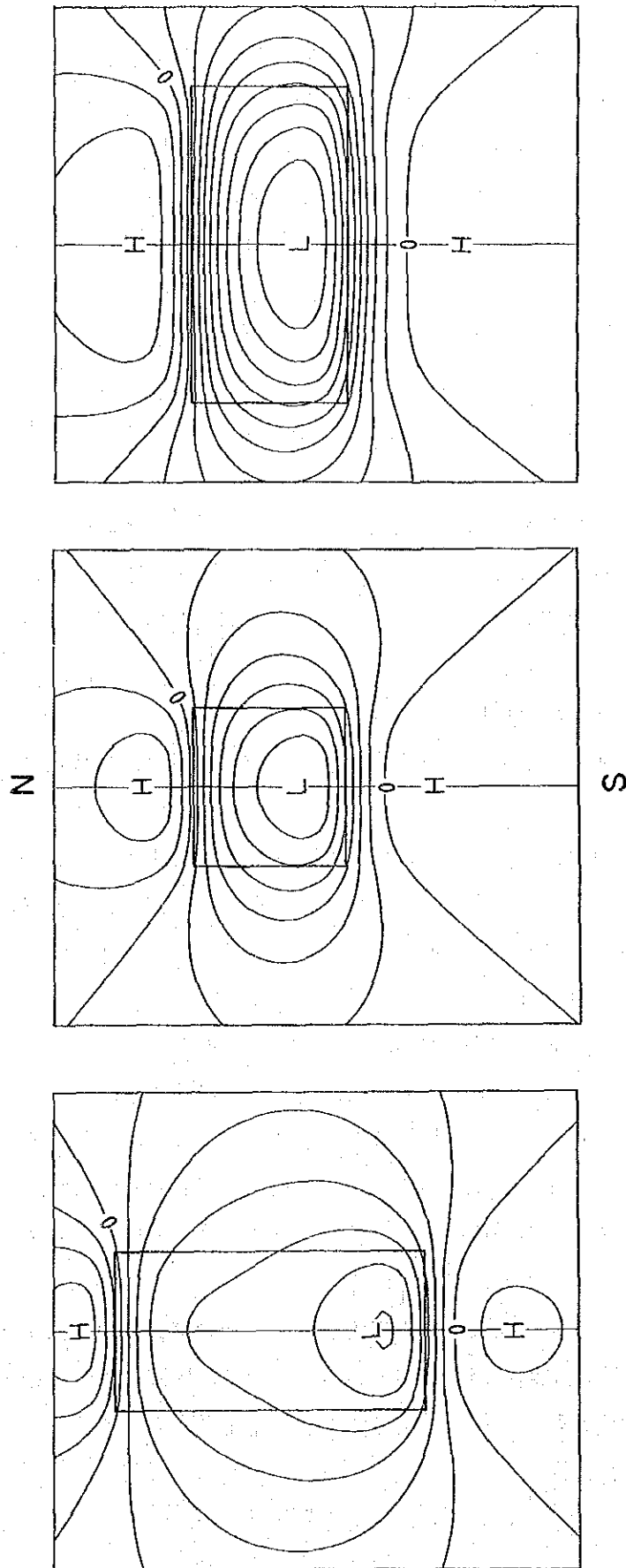


Fig. II-2-4 Theoretical magnetic anomaly due to prism model

び帯磁率をコンピューターを利用して自動的に決定する曲線照合法で行った。

以下では、キナバル地区南部とラブク地区をキナバル地区南部及びラブク地区、また、セガマ地区及びセンボルナ地区南部・北部をセガマ・センボルナ地区と称する。

磁気異常図には、全磁力図から定性及び定量解析によって推定される高磁性岩体の分布域と、断層または岩質境界に対応する磁気不連続線を示した。また、放射線異常図には、全放射線図及び放射線合成図から推定される、高カウント異常分布域と、断層または岩質境界に対応する放射線不連続線を表現した。

(1) キナバル地区南部及びラブク地区

① 磁気異常図

キナバル地区南部及びラブク地区の全磁力線図をFig. II-2-5及びII-2-6に、磁気異常図をFig. II-2-7に示す。

本地区では、キナバル地区南部で長波長で大振幅の高磁気異常が広く分布し、一方、ラブク地区で短波長低磁気異常群が卓越するというような、極めて対照的な磁気異常分布が得られた。このような対照的な磁気異常分布は、各地区の地質及び地質構造を直接反映しているものと考えられる。

1) キナバル地区南部

キナバル地区南部の高磁気異常域は、南東に向かうほど磁気異常値が上昇しており、磁性の低い岩石—砂岩・泥岩—が広く分布していることを示唆している。

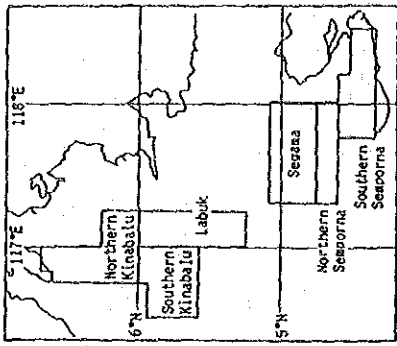
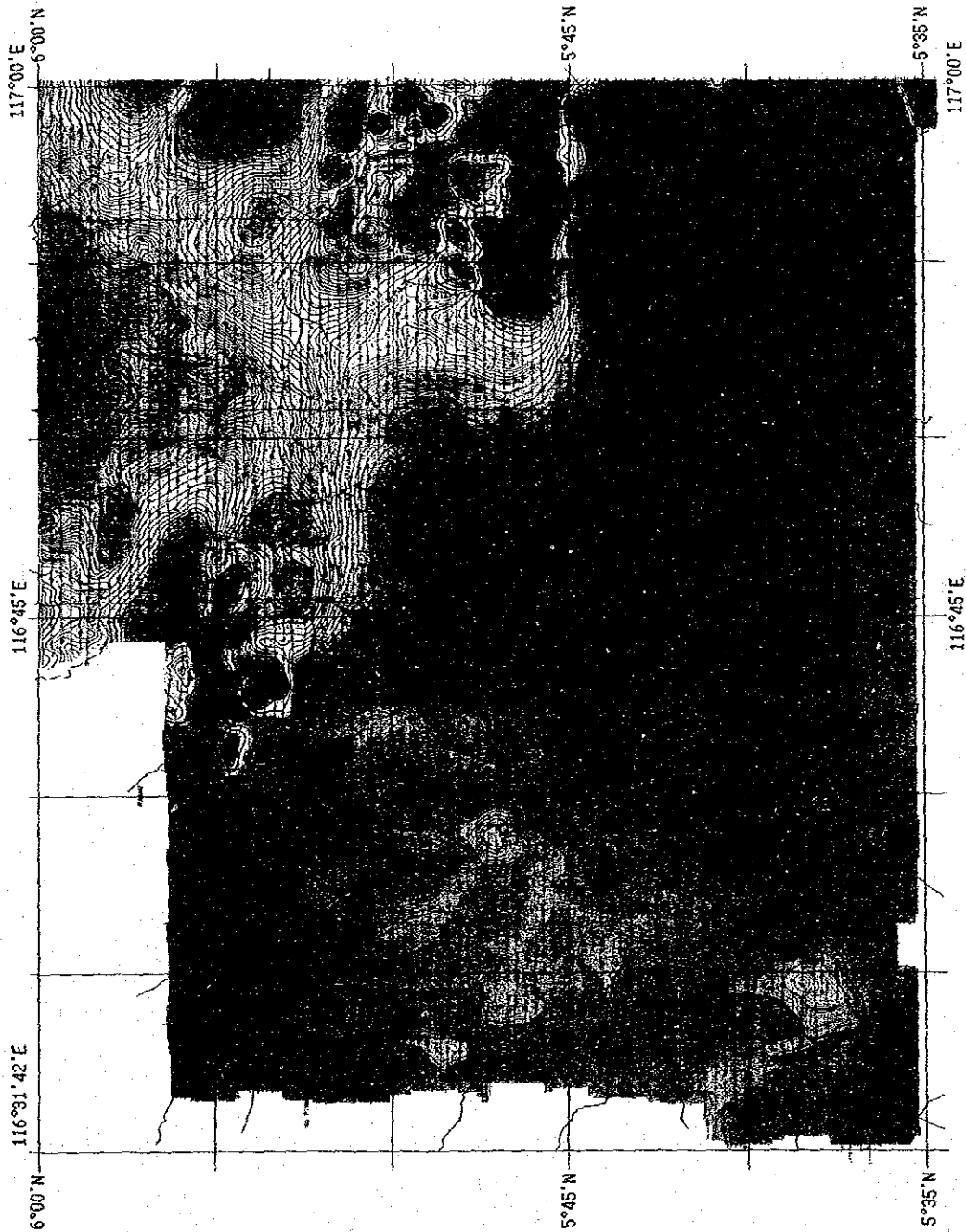
本高磁気異常域内では、全体としてN—S方向の等磁力線が卓越し、本地区の地質構造を反映していると考えられる。また、この他に、NE—SW方向の等全磁力線が見られ、西部ではNW—SE方向、北部～中央部ではN—S～NNW—SSE方向、また、中央部～南部ではE—W方向の全磁力線がそれぞれ卓越している。

比較的長波長で小振幅の磁気異常群が、西部ではNW—SE方向、中央部～南東部ではN—S方向、また、南部ではE—W方向に配列する傾向が見られる。これらの小磁気異常群は深部での砂岩・泥岩への貫入岩体の存在を示唆しており、曲線照合法による定量解析結果では、これらの小磁気異常群は地表下1～2 kmに上面があり、帯磁率が $0.2\sim 0.7\times 10^{-3}$ CGSemuのやや磁性の高い岩体によって誘起されており、帯磁率から推定すると、石英安山岩または斑レイ岩に対応すると考えられる。

さらに、高磁気異常域の北側には大規模な長波長低磁気異常の一部が分布するほか、北西端には大振幅短波長磁気異常が分布している。後者は、地表あるいは地下浅所の高磁性岩体—斑レイ岩及び超塩基性岩—により引き起こされたと考えられる。

2) ラブク地区

一方、ラブク地区では、キナバル地区南部とは対照的にブロック化した短波長低磁気異常



Total field magnetic (nT)

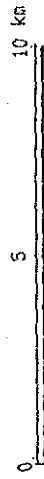


Fig. II-2-5 Total field magnetics the Southern Kinabalu area

