

1-5 考 察

今回調査した蛇紋岩化超苦鉄質岩中のクロム鉄鉱体及び Chert-Spilite Formationに属するスピライト中のキプロス型含銅塊状硫化物鉱体の下部に伴われるストックワーク鉱体の示徴と思われる露頭の鉱体はともに規模が小さく、かつ小島に位置しているので、これらの露頭の鉱体そのものを対象に今後探鉱を行う価値はないと考える。

しかし Silam港南の小島でみられる4鉱徴地は一般にキプロス型含銅塊状硫化物鉱体の下部に伴われるストックワーク鉱体の示徴と思われるので、少なくとも Silam地域で Chert-Spilite Formation に属するスピライトが分布している所にはスピライト中またはスピライトとその上位のチャートまたは頁岩の境界に沿ってキプロス型含銅塊状硫化物鉱体が賦存している可能性はあると考えられる。

第2章 セムボルナ地区

2-1 調査方法

2-1-1 鉱徴地調査

セムボルナ半島地区に分布する鉱徴地の地質、鉱化作用及び熱水変質作用の実態を把握し、セムボルナ地区内の鉱化作用及び熱水変質作用の特性を解明するために、Mantri地域、Wullersdorf地域、Pock地域及びNagos地域においてセムボルナ半島地区の代表的鉱化作用とみられる第三紀鮮新世の酸性乃至中性の火山岩または火山砕屑岩に胚胎した浅熱水成含金・硫化物・褐鉄鉱・二次生成赤鉄鉱-石英脈及び石英網状脈の鉱徴地を調査した。調査した鉱徴地はMantri地域で19鉱徴地、Wullersdorf地域で4鉱徴地、Pock地域で9鉱徴地、Nagos地域で14鉱徴地、合計46鉱徴地である。

Mantri, Wullersdorf, Pock, Nagosの4地域の鉱徴地の位置はそれぞれ巻末のFig. II-2-1, Fig. II-2-2, Fig. II-2-3, Fig. II-2-4に示されている。

2-1-2 試料採取

セムボルナ半島地区内に分布する鉱徴地の鉱化作用及び熱水変質作用の実態と鉱徴地及びその周辺の地質を把握するために、下記の各種試験・化学分析及び顕微鏡観察を行うことを目的として、調査した各鉱徴地の鉱石、母岩、熱水変質岩、石英、及び変質していない上記4地域の代表的岩石を採取した。採取した試料の内訳は次の通りであり、その詳細はTable II-2-1に、採取位置は巻末のFig. II-2-5及びFig. II-2-6に示されている。

(1) 年代測定(K-Ar法)用岩石試料(16試料)

Semporna Peninsula Regionに広く分布している第三紀鮮新世-第四紀の火山岩、火山砕屑岩及び貫入岩の年代測定を行うために、Mantri及びWullersdorf地域で粗面安山岩1ヶ、安山岩質凝灰岩2ヶ、安山岩2ヶ、玄武岩1ヶ、玢岩1ヶ及び強珪化岩1ヶ、Pock地域で安山岩6ヶ、閃緑岩1ヶ、玢岩1ヶ、合計16試料採取した。

(2) 全岩化学分析用岩石試料(29試料)

年代測定に供したのと同じ16試料の他に鉱徴地及びその近くから熱水変質を蒙った母岩13ヶ、すなわちMantri地域で3ヶ、Wullersdorf地域で3ヶ、Pock地域で5ヶ、Nagos地域で2ヶ、合計29試料を採取した。

(3) 岩石薄片作成用岩石試料(29試料)

岩石化学分析に供したのと同じ29試料を採取した。

(4) 化学分析用鉱石試料(40試料)

調査した46鉱徴地のうち、40鉱徴地、すなわちMantri地域の19鉱徴地、Wullersdorf地域の4鉱徴地、Pock地域の9鉱徴地のうち7鉱徴地、Nagos地域の14鉱徴地のうち10鉱徴地で含金・硫化物・褐鉄鉱・二次生成赤鉄鉱-石英脈または網状脈を採取した。

(5) 鉍石研磨片作成用鉍石試料 (20試料)

化学分析に供した40試料のうち、代表的とみられる20試料と同じものをMantri地域で7試料、Wullersdorf 地域で4試料、Pock地域で5試料、Nagos 地域で4試料採取した。

(6) X線回折試験用熱水変質岩試料 (40試料)

Mantri地域で11鉍徴地の熱水変質せる母岩11試料及び鉍徴地近くの熱水変質岩7試料、Wullersdorf 地域で3鉍徴地の熱水変質せる母岩3試料及び鉍徴地近くの熱水変質岩1試料、Pock地域で6鉍徴地の熱水変質せる母岩6試料、鉍徴地近くの熱水変質岩2試料、珩岩1試料及び安山岩1試料、Nagos 地域で7鉍徴地の熱水変質せる母岩7試料及び鉍徴地近くの熱水変質岩1試料、計40試料を採取した。

(7) 流体包有物試験用石英試料 (20試料)

石英中の流体包有物の均質化温度を測定するために調査した46鉍徴地のうちの20鉍徴地、すなわちMantri地域の19鉍徴地のうちの13鉍徴地、Wullersdorf 地域の4鉍徴地のうちの1鉍徴地、Pock地域の9鉍徴地のうちの3鉍徴地、Nagos 地域の14鉍徴地のうちの3鉍徴地で、石英脈から一般に流体包有物を多く含むとされているなるべく透明に近い結晶質の石英を20試料採取した。

(8) 標本用代表的岩石及び鉍石試料 (28試料)

上記の各種試験・化学分析用に採取した194試料のうち、代表的と思われる岩石及び鉍石28試料、すなわち安山岩6ヶ、粗面安山岩1ヶ、安山岩質凝灰岩2ヶ、珩岩3ヶ、熱水変質母岩3ヶ、強珪化岩1試料、含金・硫化物・褐鉄鉍・二次生成赤鉄鉍-石英脈11ヶ、石英脈の石英1ヶを標本用として同じ場所で採取した。

Table II-2-1 List of Samples taken in the Semporna Peninsula Region

Location	Analysis of Rock	Thin Section	Dating	Analysis of Ore	Polished Section	X-ray Diffraction	Fluid Inclusion	Specimen
M-1	M-R-1-A	M-T-1		M-O-1-A		M-X-1	M-Q-1	
M-2						M-X-2		
M-3				M-O-3-A	M-P-1	M-X-3		
M-4				M-O-4-A		M-X-4		
M-5						M-X-5		
M-6				M-O-5-A	M-P-2		M-Q-3	M-Q-3-S
M-7						M-X-6		
M-8				M-O-6-A				
M-9						M-X-7		
M-9'	M-R-2-A	M-T-5				M-X-8		
M-10	M-R-3-A	M-T-6		M-O-7-A	M-P-3	M-X-9	M-Q-4	M-O-7-A-S
M-11	M-R-5-A	M-T-8	M-D-1					M-D-1-S
M-12	M-R-6-A	M-T-9	M-D-2					M-D-2-S
M-13	M-R-7-A	M-T-10	M-D-3					
M-14	M-R-8-A	M-T-11	M-D-4					M-D-4-S
M-15	M-R-9-A	M-T-12	M-D-5					
M-16				M-O-8-A	M-P-4	M-X-10	M-Q-5	
M-17	M-R-10-A	M-T-14	M-D-6			M-X-11		M-D-6-S
M-18				M-O-9-A		M-X-12	M-Q-6	M-O-9-A-S
M-19				M-O-10-A				
M-20				M-O-11-A			M-Q-8	
M-21				M-O-12-A		M-X-13	M-Q-9	
M-22				M-O-13-A				
M-23				M-O-14-A		M-X-14	M-Q-10	
M-24				M-O-15-A	M-P-5			
M-25				M-O-16-A		M-X-15	M-Q-12	
M-26				M-O-17-A			M-Q-13	
M-27				M-O-18-A		M-X-17	M-Q-14	
M-28				M-O-19-A	M-P-6		M-Q-15	
M-29				M-O-20-A	M-P-7	M-X-16	M-Q-16	
M-30	M-R-11-A	M-T-15	M-D-7					M-D-7-S
M-31						M-X-19		
Sub Total	10	10	7	19	7	18	13	8

Location	Analysis of Rock	Thin Section	Dating	Analysis of Ore	Polished Section	X-ray Diffraction	Fluid Inclusion	Specimen
W-1				W-O-1-A	W-P-1	W-X-1		
W-3	W-R-2-A	W-T-2		W-O-2-A	W-P-2	W-X-3		W-R-2-A-S
W-4	W-R-3-A	W-T-3		W-O-3-A	W-P-3	W-X-4		W-O-3-A-S
W-8	W-R-5-A	W-T-5	W-D-1					W-R-5-A-S
W-11				W-O-5-A	W-P-4		W-Q-2	W-O-5-A-S
W-12	W-R-8-A	W-T-8				W-X-9		W-R-8-A-S
Sub Total	4	4	1	4	4	4	1	5
P-1	P-R-1-A	P-T-1	P-D-1			P-X-1		P-D-1-S
P-2	P-R-2-A	P-T-2	P-D-2					
P-3	P-R-3-A	P-T-3	P-D-3			P-X-3		P-D-3-S
P-4	P-R-4-A	P-T-4	P-D-4					P-D-4-S
P-5	P-R-5-A	P-T-5	P-D-5					P-D-5-S
P-6	P-R-6-A	P-T-6	P-D-6					
P-7	P-R-7-A	P-T-7	P-D-7					P-D-7-S
P-9	P-R-9-A	P-T-9	P-D-8					
P-10				P-O-1-A	P-P-1	P-X-6		P-O-1-A-S
P-12	P-R-11-A	P-T-11				P-X-8		
P-13	P-R-12-A	P-T-12		P-O-2-A	P-P-2	P-X-9		P-R-12-A-2 P-O-2-A-S
P-14				P-O-3-A	P-P-3	P-X-10	P-Q-2	P-O-3-A-S
P-17	P-R-13-A	P-T-13						
P-19	P-R-14-A	P-T-14				P-X-15		P-R-14-A-S
P-20	P-R-15-A	P-T-15		P-O-6-A	P-P-5	P-X-16		P-O-6-A-S
P-21				P-O-7-A	P-P-6	P-X-17	P-Q-4	
P-22				P-O-8-A		P-X-18	P-Q-5	
P-23				P-O-9-A				
Sub Total	13	13	8	7	5	10	3	11

Location	Analysis of Rock	Thin Section	Dating	Analysis of Ore	Polished Section	X-ray Diffraction	Fluid Inclusion	Specimen
N-1				N-O-1-A		N-X-1		N-O-1-A-S
N-2				N-O-2-A	N-P-1	N-X-2		
N-3				N-O-3-A	N-P-2	N-X-3	N-Q-2	N-O-3-A-S
N-4				N-O-4-A	N-P-3	N-X-4		
N-5				N-O-5-A		N-X-5		
N-8				N-O-8-A	N-P-4		N-Q-4	
N-9				N-O-9-A		N-X-9		
N-10	N-R-2-A	N-T-2		N-O-10-A		N-X-10		
N-11				N-O-11-A			N-Q-7	N-O-11-A-S
N-12				N-O-12-A				
N-15	N-R-1-A	N-T-4				N-X-15		N-R-1-A-S
Sub Total	2	2	-	10	4	8	3	4
Total	29	29	16	40	20	40	20	28

Abbreviations; M: Mantri, W: Wullersdorf, P: Poek, N: Nagos

2-2 地 質

2-2-1 Wullersdorf 地域

(1) 層 序

本地域の層序はTable II-2-2に地質はFig. II-2-7に要約されている。

最も古い岩石は Kalumpang Formationの凝灰岩、頁岩、タファイト、泥岩、礫岩及び石灰岩である。これらの岩石は中新世前期～中期 (Te-Tf₁)に浅海の環境で堆積したものである。石灰岩は海岸地域に堆積した。水成岩は火砕岩と互層をなしている。Kalumpang Formation は中新世中期に強い褶曲運動及び断層運動を蒙った。

火山灰、頁岩、泥岩、及び凝灰岩よりなるBalung Formationは Kalumpang Formationに影響を与えた強い地殻変動の時期直後の中新世中期～後期に多分堆積したものである。火山灰及び凝灰岩は近くの火山から出たものである。Balung Formationの岩石は、海岸近くの浅海から沼沢地まで変化するパラリア地向斜環境で堆積した。

鮮新世の火山活動は主として安山岩質溶岩及び火山砕屑岩及びそれに引き続いた石英安山岩質溶岩及び火山砕屑岩の噴出で終わった。この火山活動の間、微花崗閃緑斑岩及び微閃緑斑岩の岩株及び岩脈が火山岩及びその周囲の堆積岩中に貫入した。

鮮新世後期及び第四紀初め頃、隆起・断層運動及び浸食作用が起り、その結果火山は深く開析され、火山の間に低地が形成された。この期間、火山活動は繰り返され、Maria 山から石英安山岩が噴出した。

火山活動は第四紀後期に再び始まり、Quoin 山から紫蘇輝石安山岩及び橄欖石玄武岩が噴出して河川の流れを局部的に変えた。

(2) 火山岩類

鮮新世中期から第四紀後期にかけて大量の安山岩質及び石英安山岩質溶岩及び火山砕屑岩並びに玄武岩が本地域の北西方の Magdalena山と Maria山, Wullersdorf 山, 及び Quoin山から噴出した。これらの火山岩はSemporna半島のカルク-アルカリ玄武岩-安山岩-石英安山岩系列の一部を形成し、Mindanao島からSulu列島へと延びているフィリピンの火山ベルトの南西延長に当たっている。

鮮新世の早期の噴火は爆発タイプのものであった。Wullersdorf 地域の最古の火山岩は多分鮮新世に Magdalena山から噴出した安山岩と思われ、続いて火山砕屑岩が噴出した。Maria 山地域の石英安山岩は多分第四紀前期に噴出し、Quoin 山からは橄欖石玄武岩が第四紀後期に噴出した。

(3) 貫入岩類

鮮新世の火山活動は微閃緑斑岩及び微花崗閃緑斑岩の岩株及び岩脈が褶曲せる堆積岩及びその上位の火山岩中への貫入を伴った。岩株は低い円錐形の丘を形成し、接触変質を与えていないのが明らかな特徴であるが、Kalumpang Formation 中に貫入した岩脈は周りの岩石に熱の影響をもたらしている。

微花崗閃緑斑岩はBald山においては面積1 km²以下の岩株を形成し、Quoin 山の南及びBald山の南東では丘をなしている。小さな貫入岩は Apas RoadのMilestone 12の近くに露出している。微花崗閃緑斑岩は微晶質の石基中の角閃石、黒雲母、及び斜長石の斑晶よりなる灰色の岩石である。Bald山の微花崗閃緑斑岩中には灰黒色細粒の塩基性包有岩(10cm以下)が通常みられる。

微閃緑斑岩はKawa山において岩株を形成し、山頂では板状節理が密に(0.5乃至1cm)発達しているのが特徴的である。本岩は黄褐色、褐色或いは赤褐色土壤に風化している。

本岩は斑状を呈し、普通輝石、斜長石、紫蘇輝石の斑晶を含有している。

Kalumpang Formation 及び石英安山岩質岩石中に貫入した微閃緑斑岩の岩脈は Tundong川の上流及び Pang Burong川の支流でみられる。これらの岩脈は Kalumpang Formationと石英安山岩質岩石との境界部付近でみられる。本岩脈は北乃至北東方向を示し、断層に沿って貫入した可能性が強い。

典型的脈岩は緑灰色、緻密、堅硬で、斜長石及び黒色の苦鉄質鉱物を含有している。変質した緑色の苦鉄質鉱物の斑晶が通常みられる。

微花崗閃緑斑岩及び微閃緑斑岩の貫入は多分鮮新世の火山活動に伴われたと思われる。微閃緑斑岩の岩脈は Kalumpang Formation及び石英安山岩質岩石中に貫入した。微花崗閃緑斑岩及び微閃緑斑岩の岩株の野外での関係は明らかでないが、これらは安山岩中に貫入したものと思われる。

(4) 構造

Wullersdorf 地域は Kalumpang Formationに影響を及ぼした中新世中期の強い地殻変動の影響を受けた。この地殻変動の直後に堆積したBalung Formationは北西乃至北の走向を示し、南西及び西に緩く傾斜している。石英安山岩及び珪化せる火山岩中の断層は北西及び北東方向を示している。

Kalumpang Formation の海成層及びこの中に挟まれた火山岩は中部及び東部 Sabahに広がっている地向斜ベルトの南端部に沿って堆積したと思われる。中新世中期の強い地殻変動は Kalumpang Formation に褶曲作用及び断層作用をもたらした。Kalumpang Formation 中の主要な褶曲構造は西及び南西方向が多い。

Semporna半島のカルク-アルカリ玄武岩-安山岩-石英安山岩系列はMindanao島からSulu列島を通るフィリピンの火山ベルトの南西延長に当たっている。この火山ベルトは更にKalimantan中部及び Sarawak東部を通過して南西に延びている。安山岩及び石英安山岩の火山センターは Semporna半島の脊梁に沿って東西に配列している。

Mostyn地域の第四紀玄武岩質溶岩の分布は噴出の中心の配列方向である北西-南東方向に長く延びている。玄武岩質溶岩は多分北西-南東方向の断層または破碎帯に沿って再び活動した裂か
に沿って噴出したと思われる。Tawau 地域の第四紀玄武岩質溶岩は北西-南東方向に配列してい
る三つの小さな火口丘(Tiger山, Middle山, Bombalai山) から噴出した。Wullersdorf 地域にお
いては、玄武岩質溶岩は単一の火山である Quoin山から噴出した。

(5) 地 史

A) 中新世(Te_5-Tf_3)

Wullersdorf 地域は前期乃至中期中新世(Te_5-Tf) の時代には地向斜ベルトの一部であった。
浅海の環境が卓越し、石灰岩が浅海で堆積した。Kalumpang Formation の堆積は玄武岩質及び
石英安山岩質火山岩屑の流入が卓越していた。

Kalumpang Formation に激しく褶曲及び断層をもたらした地殻変動は不整合の上に重なって
いる Tf_{2-3} 時代のBalung Formationの堆積直後に起こった。

多分 Wullersdorf火山起源の火山灰、泥岩、頁岩及び凝灰岩が周囲の浅海及び沿岸の湿地に
堆積した (Balung Formation) Tf_{2-3} 時代に堆積が再び始まった。

B) 鮮新世 (Tgh)

大規模な火山活動が鮮新世に再び始まり、第四紀前期まで続いた。最初の噴出は本地域の西
の Magdalena山及びAndrassy山からの安山岩質溶岩及び火山碎屑岩が卓越していた。これらは
Wullersdorf 山からの石英安山岩質溶岩及び火山碎屑岩の噴出を伴った。同時に、微花崗閃緑
岩及び微閃緑岩の岩株及び岩脈が火山岩及びその周囲の堆積岩中に貫入した。

鮮新世後期及び第四紀前期頃、隆起、断層作用及び浸食が起こった。

C) 第 四 紀

第四紀前期まで浸食がそれ以前の火山岩を深く開析し、火山の間に低地を形成した。海水準
は多分現在より70乃至 100m高かった。

火山活動が再び始まり、石英安山岩の爆発的噴出が本地域の西の Maria山地域で起こった。

第四紀後期には、紫蘇輝石安山岩、引き続いて橄欖石玄武岩が Quoin山から噴出した。玄武
岩質溶岩は古い火山岩中の谷に沿って流れてBalung川の水系の変化及び湖成沖積層の形成をも
たらした。(Geological Survey of MalaysiaのReport 15, "Wullersdorf Area, Sabah" 1981
より引用)

Table II-2-2 Stratigraphy of the Wullersdorf Area

AGE	TERTIARY LETTER CLASSIFICATION (after Adams, 1970)	SEDIMENTARY-VOLCANIC ROCKS	IGNEOUS ROCKS AND ACTIVITY	PALAEOGEOGRAPHY AND DIASTROPHISM
HOLOCENE		RECENT ALLUVIUM: Coastal and fluvial alluvium - clay, mud, silt, sand, gravel and plant remains.	Siliceous sinter deposited by hot spring.	Recession of sea level and emergence of land along the coast.
PLEISTOCENE		HIGH LEVEL ALLUVIUM AND INLAND VALLEY DEPOSITS: Mainly tuffaceous with gravel, sand, silt and clay.	Olivine basalt Hypersihene andesite Dacitic lava from Gunung Maria Eruption of dacitic lava and pyroclastics from Gunung Wullersdorf and associated intrusion of microgranodiorite porphyry. Eruption of andesitic lava and pyroclastics from Gunung Magdalena and associated intrusion of microdiorite porphyry.	Uplift, faulting and erosion
PLIOCENE	T _{9h}	NO KNOWN SEDIMENTS OF THIS AGE		
UPPER MIOCENE	T _{f3}	---	Volcanic activity associated with the Balung Formation	Deposition in palae environment with fluctuations from nearshore shallow water to swamp conditions
MIDDLE MIOCENE	T _{f1-2}	BALUNG FORMATION: Volcanic ash, shale, tuff, mudstone and coaly beds.		Strong folding and faulting
LOWER MIOCENE	T _{e5}	---	Volcanic activity associated with the Kalumpang Formation	Deposition in a neritic environment. Limestone deposition on shoal areas
UPPER OLIGOCENE	T _{e1-4}	---		

GSJP 304/38

(Taken from "Wullersdorf Area, Sabah", Report 15, Geological Survey of Malaysia, 1981)

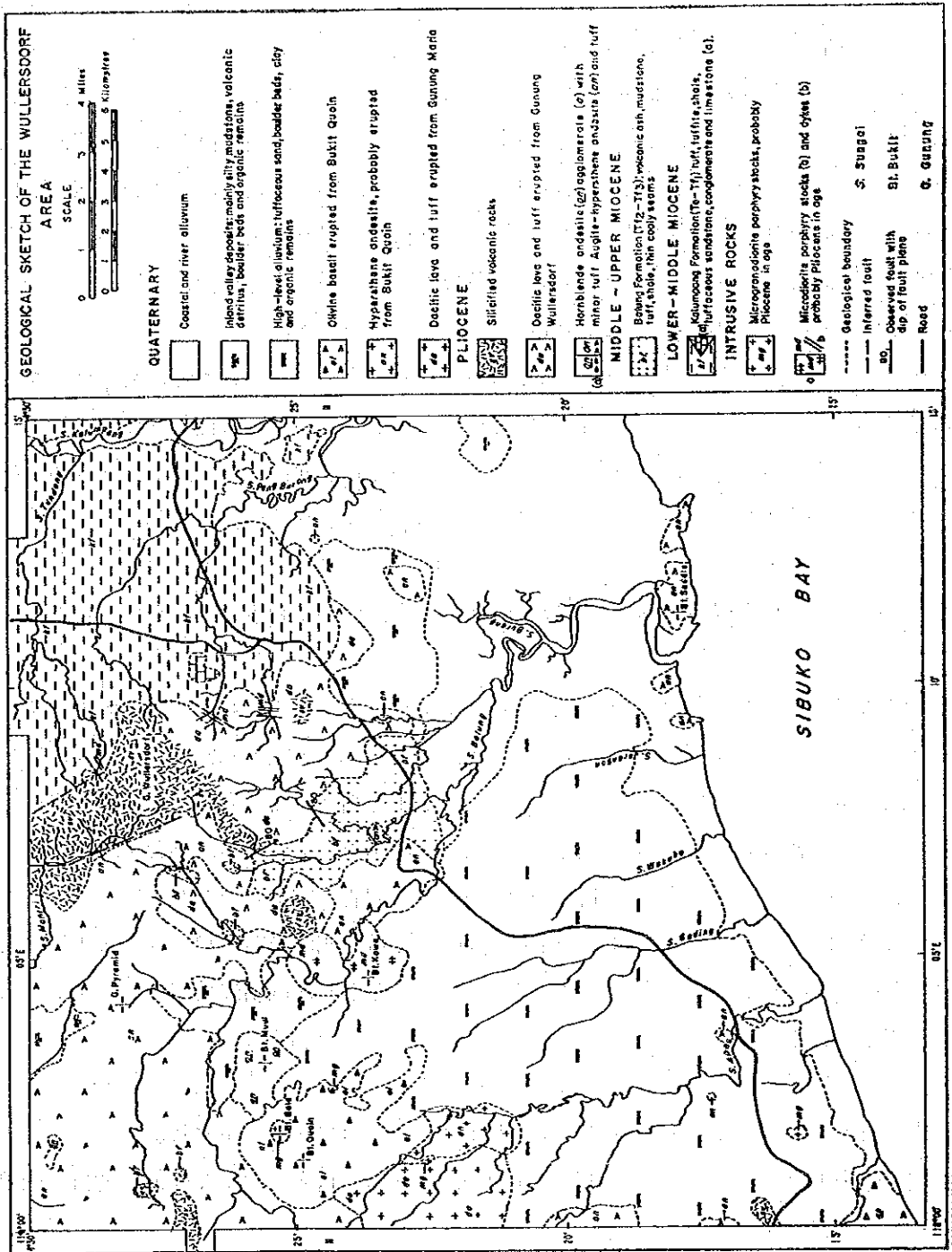


Figure II-2-7 Geological Sketch Map of the Wullersdorf Area
(Taken from "Wullersdorf Area, Sabah", Report 15, Geological Survey of Malaysia, 1981)

2-2-2 Pock地域

(1) 層序

Pock山地域の層序はTable II-2-3に要約されている。最も古い岩石は中新世の Kalumpang Formation の褶曲せる砂岩、シルト岩、泥岩、凝灰岩及びタファイトである。これらの岩石は主にPock山の北西麓の小丘に露出している。これらを覆っている岩石は玄武岩、安山岩、石英安山岩及び火山砕屑岩で、本地域の中央部及び南部でこぼこした丘を形成している。安山岩質凝灰集塊岩は火山の山腹下部にみられ、早期の噴出の産物と考えられる。凝灰集塊岩に続いて火山丘の下部を形成している安山岩質溶岩及び凝灰岩が噴出し、さらにPock山北西の丘及び北麓の小丘にみられる玄武岩の噴出がこれに続いたと考えられる。石英安山岩は最後に噴出し、いくつかの丘や尾根の頂部を形成している。おもな火山活動は多分中新世後期から鮮新世にかけて起こったが、早期のものは多分海底で生じたと考えられる。

長さ約6 km巾約3 kmの微花崗岩質貫入岩はPock山のすぐ南でみられる。貫入岩は閃緑岩質から花崗岩質まで組成に変化があり、多分火山活動の終結時に小さなカルデラに貫入したものであろう。多数の中性及び酸性の岩脈がこの貫入に伴って生じている。晩期の酸性溶液が貫入岩体及び火山噴出物中に侵入し、裂か帯に沿って広範なプロピライト化及び珪化が行われた。

(2) 火山岩類

Pock火山は西の Tawauから東のSulu列島及びMindanao島まで延びる新生代火山脈の一部をなしている。

Semporna半島における火山活動は Sabah及び Sarawakに影響を与えた中新世造構運動と同時期中の中新世前期時代に少なくとも始まった。半島のいくつかの活動センターからの火山放出物は Kalumpang Formation を形成している海成堆積物と共に海中で堆積した。火山活動は鮮新世にそのピークに達し、その衰退期である第四紀まで続いた。その結果いくつかの活動センター、すなわち Magdalena山、Wullersdorf 山、Pock山、Gaya島から玄武岩、安山岩及び石英安山岩の溶岩及び火砕岩が大量に噴出した。半島における最後の火山活動は第四紀後期に起こり、大規模な橄欖石玄武岩及び安山岩溶岩がMostyn及び Tawauで噴出した。しかしPock山地域では第四紀後期の火山噴出物は確認されていない。

(3) 貫入岩類

本地域の貫入岩は鮮新世の微花崗岩、アプライト及びランプロファイアー岩脈よりなっている。これらは本地域の中央部に分布し、全露出面積は約10km²である。貫入岩類はPock地域では火山噴出物層を切っている。

“Pock山微花崗岩”なる名称はここでは本地域の中央部に露出している微花崗岩貫入岩体に対して用いられている。露出は平面で、長さ約4 km、巾2.5kmの長楕円形を呈している。本岩体は3方を急峻な火山の尾根で境された平坦な高地を占めている。直径10乃至数100メートルの小さな微花崗岩体がすぐ周囲にみられる。

貫入岩の北部及び東部では火山岩との接触部に斑状の急冷ゾーンがみられる。急冷ゾーンは別として、微花崗岩体内には明瞭な分帯がみられないようである。貫入岩の西部にみられる露出は塩基性火山岩によるマグマの混成作用の結果、より塩基性で普通角閃石に富んでいるが、東部ではより酸性である。貫入岩体の中心部は組成がおもに花崗岩質、一般に粗粒で、斑状及び無斑晶状であるが、周縁部近くでは、岩石は細粒、斑状でかつ多くの捕獲岩を含有している。

露頭部で観察された特徴のすべては主貫入岩の頂部のみが浸食により露出していることを示している。貫入岩を開折した水系はすべて非常に若くかつ微花崗岩体を深く開折していない。このことは多分貫入岩体の大きさに拘らず、全体が細粒であることの説明になるであろう。

(4) 構造

Pock山地域は中期中新世に褶曲作用及び断層作用、鮮新世及び第四紀に断層作用及び隆起作用の影響を蒙っている。中期中新世の褶曲作用は Kalumpang Formationの地層に影響を与えた。一方その後の断層作用及び隆起作用はPock山地域のすべての岩石及び第四紀沖積層に影響を及ぼした。

Semporna半島全体の Kalumpang Formationは激しく褶曲作用及び断層作用を受けている。閉じた褶曲が Kalumpang川の中流及び Timbangan川の北側の最初の支流に沿ってみられる。褶曲軸は一般に東西乃至南東方向である。屈曲した地層が本地域のすぐ北の丸太切出し道路及びPock山の西斜面の丸太切出し道路跡に沿ってみられ、地層は北に急斜している。地層中には小さな断層及び剪断帯もみとめられる。

火山岩は裂か、節理及び剪断が生じ、その結果所々で深くまで風化している。或る裂かは石英脈で充填されている。小さな断層も或る露頭では認められる。柱状節理がMilestone 52の安山岩中によく発達しており、石英安山岩の角礫化作用は Timbangan川ダムサイトの露頭でみられる。

微花崗岩体は所々節理がよく発達し、強く剪断されている。節理は5系統がはっきりしており、そのうち3系統が顕著で大概の露頭でみられる。最も卓越している2系統はほぼ南北及び北～北東方向を示している。1系統は東に残り4系統は西に適度に傾斜している。これらの節理は一般に数cmから数m間隔で密に発達している。南北系統は剪断成分を有し、幅1mまでの剪断帯がこの方向に沿ってみられる。石英脈だけでなく苦鉄質及び酸性の岩脈もこの方向に沿っている。南北方向の剪断は他の節理系統を切っているので、貫入岩体中に生じた最後の運動と思われる。

(5) 地史

北方及び北西方に隣接するSegama地区の複雑なかつ長い地史と比較して、Pock山地域の歴史は中新世前期までさかのぼるだけである。

A) 中新世

Pock山地域を含むSemporna半島全域は前期及び中期中新世には浅い隆起海盆であった。細粒の海成層及び火山碎屑岩が堆積して Kalumpang Formationを形成した。大量の碎屑物及び火山碎屑物がどこから来たのか確かでないが、多分北西方のSegama川上流の現在の隆起せる基盤岩

地域から来たものと思われる。堆積岩は火山碎屑岩とともに中新世後期にはほぼ東西方向の軸に沿って褶曲した。

B) 鮮新世

鮮新世前期までに、Semporna半島の火山脈はその一部分が海面上まで現われた。Pock山地域における早期の噴火はSigalong山の丘陵を作った玄武岩質溶岩及び火山碎屑岩であった。次にPock山の南東及びSiagil山で火山円錐丘を形成し、かつ部分的に早期の玄武岩を覆った安山岩質火山碎屑岩及び溶岩流のより活動的かつ激しい噴火が続いた。安山岩質物質はまた割目に沿っても貫入した。Pock山の南東側は中央火道となって、更に石英安山岩質溶岩、凝灰岩及び角礫岩の噴火が起り、以前の噴出物を覆って高いPock火山複合体を形成した。直径約3 kmの小さなカルデラが爆発的噴火及び陥没によってこの時期に形成された。Siagil山においては火山活動はすでに止まっていたと思われる。最終時期には、酸性マグマがカルデラ及び割目に貫入し、Pock山の南東の微花崗岩の主要岩体及び微花崗岩とアプライトの数多くの小さな岩栓と岩脈を形成した。貫入活動はカルデラ及びその周囲の火山岩、火山碎屑岩の隆起を伴い、その結果母岩中に断層及び剪断裂かが生じた。銅、鉛、亜鉛などの金属を含む珪酸質流体が裂かを通して火山岩・火山碎屑岩及び微花崗岩中に侵入し、火山岩及び微花崗岩の周縁部が強い珪化作用及び変質作用を受けた。

C) 第四紀

第四紀前期までにPock山複合体の現在の地勢が形成された。本地域における火山噴火は止まったが、温泉は裂かを通して温泉水を流出し続けた。

急速な浸食が若い火山を深く開析し、これらの火山の間に低い平原が形成された。現在より約100m高いレベルまでの海水面の上昇は陸地の沈降をもたらし、これらの平地に粗粒の岩屑、シルト、砂及び火山からの細粒の火山物質が堆積した。更新世の海水面の変化は堆積物で覆われた広い海岸平地の出現をもたらし、海岸平地をさらに出現せしめた現世の約10mの海水面の後退がこれに続いた。

(“Gunung Pock Area, Semporna Peninsula, Sabah.” Report 9, Geological Survey of Malaysia, 1988より抜粋)

Table II-2-3 Stratigraphy of the Gunung Pock Area

AGE	SEDIMENTARY AND VOLCANIC ROCKS	IGNEOUS ACTIVITY	CONDITIONS OF DEPOSITION
HOLOCENE	RECENT ALLUVIUM: Coastal and fluvialatile alluvium and mangrove swamp deposits.		Erosion and deposition
PLEISTOCENE	Th HIGH-LEVEL ALLUVIUM: Terrace deposits, gravel beds, sand, clay and tuffaceous deposits.		Uplift, erosion and deposition
PLIOCENE	Tg VOLCANICS: Dacite, andesite and pyroclastics at Gunung Pock and Gunung Siagl.	Intrusion of Microgranite and dykes	Uplift and faulting
MIOCENE	Tf Basalt and andesitic basalt at Gunung Sigalong. Agglomerate, tuff, tuffite in volcanic foothills.	Active volcanism	Uplift, folding and faulting
	Te ₅ KALUMPANG FORMATION: Sandstone, shale, tuff, tuffite and minor calcarenite.		Deposition of marine sediments and volcanic detritus
	Te ₁₋₄		

(Taken from "Gunung Pock Area, Semporna Peninsula, Sabah", Report 9, Geological Survey of Malaysia, 1988)

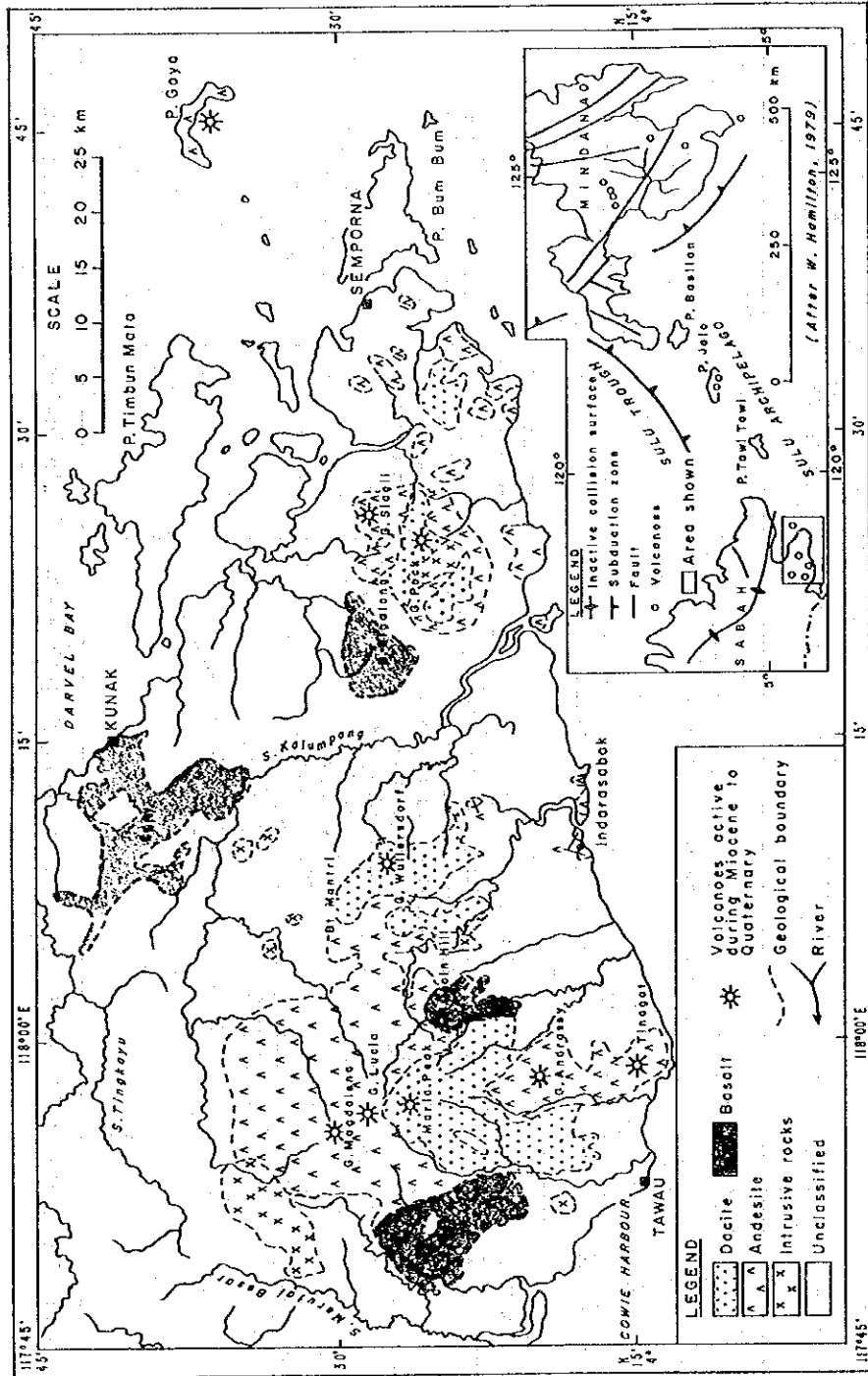


Figure II-2-8 Cenozoic Volcanoes, Semporna Peninsula
 (Taken from "Gunung Pock Area, Sabah", Report 9, Geological Survey of Malaysia, 1988)

2-3 調査結果

2-3-1 鉍徴地調査

Semporna半島地区にみられる鉍化作用及び熱水変質作用の特性を解明するために、Semporna半島に広く分布する第三紀中新世～鮮新世の酸性乃至中性の火山岩または火山碎屑岩中に胚胎した浅熱水性合金・硫化物・褐鉄鉍・二次生成赤鉄鉍-石英脈及び石英網状脈の鉍徴地を調査した。調査した鉍徴地はMantri地域で19, Wullersdorf 地域で4, Pock地域で9, Nagos 地域で14, 合計46鉍徴地である。

上記4地域の鉍徴地の調査結果はTable II-2-4に、鉍徴地の位置及び鉍徴地付近の地質は巻末のFig. II-2-1, Fig. II-2-2, Fig. II-2-3及びFig. II-2-4に、鉍徴地で採取した鉍石試料の化学分析結果は後記の2-4項のTable II-2-11にそれぞれ示されている。各地域ごとの鉍徴地の調査結果は次の通りである。

(1) Mantri地域 (19鉍徴地)

調査当時、本地域においてオーストラリアの民間会社 (Wullersdorf Service Sdn. Bhd., a member of the RGC Group)が金を対象にトレンチング及びボーリングによる探鉍を実施していた。本地域においてはトレンチ内、道路沿い及び沢沿いにみられる19鉍徴地を調査した。

調査した鉍徴地付近の詳細な地質は巻末のFig. II-2-17及びFig. II-2-18のルートマップに示されている。

調査した19鉍徴地のうち代表的な8鉍徴地の鉍石露頭のスケッチは本項末のFig. II-2-9～Fig. II-2-16に示す如くである。また代表的な鉍徴地の鉍石露頭、代表的な岩石の露頭及びその他の写真は巻末のPlate-10～Plate-29に示されている。

Table II-2-4に示す如く、Mantri地域の鉍徴地の鉍化作用は合金・硫化物・褐鉄鉍・二次生成赤鉄鉍-石英脈及び/または石英網状脈である。これらはFig. II-2-9, Fig. II-2-13, Fig. II-2-14, Plate-12, Plate-18及びPlate-19にみられるような脈のみのもの、Fig. II-2-10, Fig. II-2-11, Fig. II-2-16, Plate-13, Plate-15及びPlate-22にみられるような脈と網状よりなるもの及びFig. II-2-12, Fig. II-2-15, Plate-16, Plate-20及びPlate-24にみられるような網状脈のみのものの三つのタイプに大別されるが、全体的にみると含金石英網状鉍体である。

脈巾は脈のみの場合は2 cm～1.5mで、網状脈を構成する細脈の脈巾は5 mm～5 cmで、何れも細脈が多い。

石英脈及び石英網状脈の胚胎している割目の多くは節理であるが、脈巾の比較的広いM-4, M-23, M-26及びM-28鉍徴地の石英脈は破碎帯中に胚胎している。石英脈及び網状脈をなす石英細脈の走向は北東方向 (N40° E～N65° E) が最も多く、東西方向 (N75° E～N80° W) がこれに次いでいるが、南北方向 (N5° E～N5° W) は少ない。Mantri-Wullersdorf地域には一般に北東方向及び北西方向の断層が発達している。(Lim P. S., 1981)

2-4項のTable II-2-11にみられる如く、Mantri地域の19鉱徴地のうち、6鉱徴地(M-4, M-19, M-20, M-22, M-23, M-24)の石英脈または石英網状脈を構成する石英細脈中には低品位(1.16~3.42g/t)の金がふくまれている。またM-6鉱徴地のレンズ状石英脈には亜鉛が0.70%, M-10鉱徴地の石英脈には銀が53.4g/t, M-20鉱徴地の網状脈をなす石英細脈中には金の他に鉛が1.02%及びM-29鉱徴地の石英脈には鉛が0.86%含まれている。

母岩は非常に強い熱水変質を受けたため原岩が判らない熱水変質岩及び強い熱水変質作用を蒙った安山岩質凝灰岩がほとんどであるが、熱水変質を受けた粗面安山岩もみられる。

母岩が受けた熱水変質作用は珪化作用が最も強く、かつ最も普遍的で全鉱徴地で認められる。これに次ぐのが絹雲母化作用で、ほとんどの鉱徴地の母岩は絹雲母化作用も受けている。絹雲母化作用に次ぐのがカオリン化作用で、19鉱徴地のうちの約半分の鉱徴地の母岩にみられるが、風化作用により生成された可能性もある。

(2) Wullersdorf 地域 (4 鉱徴地)

本地域においては4鉱徴地を調査したが、肉眼的に黄鉄鉱以外に有用鉱物は認められず、かつ採取した4試料の化学分析の結果、有用成分はほとんど含まれていなかった。調査した4鉱徴地のうちW-4鉱徴地の露頭スケッチは本項末のFig. II-2-19に、2鉱徴地、代表的な岩石の露頭及び本地域の地勢の写真は巻末のPlate-30~Plate-34にそれぞれ示されている。

本地域の鉱徴地の鉱物組成及び産状は4鉱徴地のうち、2鉱徴地は黄鉄鉱が鉱染したもの、残り2鉱徴地は黄鉄鉱の鉱染した石英・黄鉄鉱・粘土鉱物よりなる脈及び含赤鉄鉱(二次生成)・褐鉄鉱-石英脈である。脈状を呈するものの走向はほぼ東西方向(N72°E~E-W)、脈幅は60cm及び2.5mで、破碎帯中に胚胎している。

黄鉄鉱の鉱染した2鉱徴地の母岩はプロピライト、脈状のもの母岩は非常に強い熱水変質を受けたため原岩の判らない熱水変質岩である。母岩が蒙った熱水変質作用としてはプロピライトは珪化作用、緑泥石化作用、曹長石化作用及び絹雲母化作用を蒙ったものであり、熱水変質岩は珪化作用、絹雲母化作用及び弱い緑泥石化作用を受けている。

(3) Pock 地域 (9 鉱徴地)

本地域においては9鉱徴地を調査した結果、肉眼的に有用鉱物がみとめられたのはP-13鉱徴地の石英・黄鉄鉱・閃亜鉛鉱・方鉛鉱・粘土鉱物脈のみであった。また採取した6試料の化学分析の結果、有用成分が含まれていたのはP-13鉱徴地の露頭で採取した試料(0.74% Pb及び2.38% Zn)のみであった。

調査した9鉱徴地のうち代表的なP-10及びP-13鉱徴地の露頭スケッチは本項末のFig. II-2-20及びFig. II-2-21に、代表的な鉱徴地の露頭、代表的な岩石の露頭及び本地域の地勢の写真は巻末のPlate-35~Plate-41にそれぞれ示されている。

Pock地域の鉱徴地の鉱物組成は石英を主とし、鉱徴地により、褐鉄鉱、二次生成赤鉄鉱、黄鉄鉱、粘土鉱物、閃亜鉛鉱及び方鉛鉱のうちの1~4鉱物が随伴している。

産状は脈状が最も多いがレンズ状または網状を呈するものもある。脈状のもの（6 鉱徴地）は北東方向（N20°～66° E）及び北北西方向（N4°～32° W）を示し、節理に沿って胚胎している。脈幅は5～35cm程度で何れも細脈である。

母岩はプロピライトが多く、熱水変質を強く受けたため原岩の分からない熱水変質岩及び強珪化岩がこれに次いでいる。母岩が受けた熱水変質作用は珪化作用が最も強く、かつ最も普遍的で全鉱徴地で認められる。これに次いで普遍的なのが緑泥石化作用である。強い曹長石化作用を受けている母岩も多く、絹雲母化作用も多かれ少なかれ蒙っている。

(4) Nagos 地域（14 鉱徴地）

本地域においては14 鉱徴地を調査した結果、肉眼的に有用鉱物が認められる鉱徴地はなかった。また10 鉱徴地で採取した10 試料の化学分析の結果、有用成分が含まれていたのはN-12 鉱徴地で採取した試料（Au 1.18g/t）のみであった。

調査した14 鉱徴地のうち、代表的なN-1、N-3、N-4 及びN-10 鉱徴地の露頭スケッチは本項末のFig. II-2-22～Fig. II-2-25に、鉱徴地付近の詳細な地質は巻末のFig. II-2-26のルートマップに、代表的な鉱徴地及び Nagos地域の地勢の写真は巻末のPlate-42～Plate-52にそれぞれ示されている。

Nagos 地域の鉱徴地の鉱物組成は石英を主とし、褐鉄鉱、二次生成赤鉄鉱、粘土鉱物及び場所により黄鉄鉱を随伴している。

産状は脈状、網状及び一部レンズ状を呈し、脈状のものは断層、破碎帯及び節理に沿って、網状脈は節理に沿って胚胎している。

脈の走向は南北乃至北北西方向（N4°～20° W）を示すものが最も多く、北東方向（N33°～35° E）がこれに次いでいるが東西方向（N80° W）を示すものもある。

脈幅は15cm～7 mを示すが、破碎帯中に胚胎した脈は脈幅が広い。

母岩は強い熱水変質を受けたため原岩の分からない熱水変質岩及び強珪化岩が最も多く、熱水変質を蒙った安山岩質凝灰岩がこれに次いでいる。

母岩が受けた熱水変質作用としては珪化作用が最も強くかつ最も普遍的で全鉱徴地で認められる。これに次ぐのがカオリン化作用でほとんどの鉱徴地で認められ、次いで明ばん石化作用も2 鉱徴地でみられる。

Table II-2-4 Result of Investigation of Localities of Mineral Occurrence in Semporna Peninsula Region

Area	Location	Mineral Assemblage	Occurrence	Strike & Dip	Scale (m)	Host Rock	Alteration of Host Rock	Nature of Vein Fissure
Mantri	M-1	qz+lim	vein	N18°E-52°E	H=2.0+, W=0.2	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization	joint
"	M-3	qz·lim·hm	network		W=0.06	hydrothermally altered rock	silicification, kaolinization (sericitization)	joint
"	M-4	qz+lim·hm	vein	N5°W-90°	H=1.5+, W=0.25	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, sericitization kaolinization	brecciated zone
"	M-6	qz+py·sp	lenticular		L=0.35, W=0.08	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization	
"	M-8	qz·lim	vein	N75°E-45°S	H=2.0+, W=0.06	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization	joint
"	M-10	qz+lim·hm	vein	N75°E-65°N	L=4.0+, W=0.05~0.1	hydrothermally altered trachy andesite	silicification, sericitization, kaolinization	joint
"	M-16	qz+py·lim·hm	vein & network	N80°W-80°N	H=2.0+, W=0.4~0.5	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, sericitization	joint
"	M-18	qz	vein & network	N82°W-70°S	L=4.0+, W=0.02~0.1	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, sericitization	joint
"	M-19	qz+hm	vein & network	N42°E-70°W	H=2.0+, W=0.02~0.06	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization (kaolinization)	joint
"	M-20	qz+lim·hm·gn	network		H=2.0+, W=0.01~0.05	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization (kaolinization)	joint
"	M-21	qz+hm·lim	lenticular & network		W=0.05	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization (kaolinization)	joint
"	M-22	qz+hm·lim	vein	N5°E-80°E	H=1.2+, W=0.2~0.25	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, sericitization (kaolinization)	joint
"	M-23	qz+hm·lim	vein	N43°E-90°	H=3.0+, W=0.8~1.0	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, sericitization	brecciated zone
"	M-24	qz+hm·lim	vein	N22°W-85°N	H=1.0+, W=0.5	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, sericitization	joint
"	M-25	qz+hm·lim	network	N40°E-90°	H=2.0+, W=0.04	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, sericitization, kaolinization	joint
"	M-26	qz+hm·lim	vein	N64°E-68°S	H=2.0+, W=0.12~0.3	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, sericitization, kaolinization	brecciated zone
"	M-27	qz+hm·lim	vein & network	N40°E-63°E	H=2.0+, W=0.1~0.15	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, sericitization	joint
"	M-28	qz+hm·lim	vein	N35°E-90°	H=2.0+, W=1.5	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization, kaolinization	brecciated zone
"	M-29	qz+hm·gn	vein	N65°E-70°S	H=2.0+, W=0.02~0.08	hydrothermally altered rock	silicification, kaolinization, (sericitization)	joint

Area	Location	Mineral Assemblage	Occurrence	Strike & Dip	Scale (m)	Host Rock	Alteration of Host Rock	Nature of Vein Fissure
Wullersdorf	W-1	py	dissemination			propylite	silicification, chloritization, albitization, (sericitization)	
"	W-3	qz·py·cm	dissemination	N73°E	W=1.4	propylite	silicification, albitization, chloritization, sericitization	
"	W-4	py	vein & dissemination	N72°E-90°	W=0.6	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization	brecciated zone
"	W-11	qz+hm·lim	vein	E-W	L=5.0+, W=2.5	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization, kaolinization	brecciated zone
Pock	P-10	qz·py·cm	vein	N20°E-60°W	L=1.4+, W=0.25	hydrothermally altered rock	silicification, chloritization, sericitization	joint
"	P-13	qz·py·sp·gn·cm	vein	N14°W-90°	H=0.6+, W=0.05~0.08	propylite	silicification, chloritization, sericitization	joint
"	P-14	qz+lim	network & massive			strongly silicified rock	silicification (sericitization)	joint
"	P-15	qz+lim·hm	vein & network	N50°E-90°	H=2.5+, W=0.35	strongly silicified rock	silicification (sericitization)	joint
"	P-16	qz+lim·hm·cm	lenticular		H=0.6, W=0.35	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization	
"	P-20	qz·py·cm	vein	N66°E-85°N	H=1.7+, W=0.2~0.3	propylite	silicification, chloritization, sericitization	joint
"	P-21	qz·lim·py	lenticular		H=0.8, W=0.4	propylite	silicification, albitization, chloritization	
"	P-22	qz	vein	N32°W-90°	L=2.0+, W=0.06	propylite	silicification, albitization, chloritization, sericitization	joint
"	P-23	qz+py·lim	vein	N4°W-74°E	H=0.8+, W=0.2~0.25	propylite	silicification, albitization, chloritization, sericitization	joint
Nagos	N-1	qz+cm	vein	N10°W-90°	L=2.5+, W=1.3	hydrothermally altered rock	silicification, kaolinization	joint
"	N-2	qz+hm·lim·cm	vein	N33°E-48°E	L=2.0+, W=0.15	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization, kaolinization	joint
"	N-3	qz+hm·lim·cm	vein	N80°W-70°S	H=1.6+, W=0.6	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, sericitization, kaolinization	joint
"	N-4	qz·hm·lim	vein	N14°W-90°	H=2.0+, W=4.0	hydrothermally altered rock	silicification	brecciated zone
"	N-5	qz+lim·hm·cm	vein	N20°W-90°	H=4.0+, W=3.0	hydrothermally altered rock	silicification, kaolinization	brecciated zone
Nagos	N-6	qz·cm	vein	N4°W-47°E	H=2.0+, W=7.0	hydrothermally altered rock	silicification, kaolinization	brecciated zone
"	N-7	qz·cm	lenticular		H=1.2, W=0.35	hydrothermally altered rock	silicification, kaolinization	
"	N-8	qz+hm·lim	network		4.0 (L) × 3.0 (W) × 2.0 (H)	strongly silicified rock	silicification	joint
"	N-9	qz+hm·lim·cm	network		L=4.5, W=1.5	hydrothermally altered rock	silicification, alunitization, kaolinization	joint
"	N-10	qz·cm+lim	vein	N4°W-70°E	H=3.0+, W=0.55	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, alunitization, kaolinization	fault

Area	Location	Mineral Assemblage	Occurrence	Strike & Dip	Scale (m)	Host Rock	Alteration of Host Rock	Nature of Vein Fissure
Nagos	N-11	qz+lim·hm·py	network		W=4.0	hydrothermally altered rock	silicification, kaolinization	joint
"	N-12	qz+lim·hm	network	N35°E·90°	W=1.5	hydrothermally altered rock	silicification, kaolinization	joint
"	N-13	qz·cm+hm·lim	vein	N12°W·80°E	H=2.0+, W=1.25	hydrothermally altered rock	silicification, kaolinization	brecciated zone
"	N-14	qz·cm+hm·lim	vein	N12°W	H=1.0+, W=0.5	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, kaolinization	brecciated zone

Abbreviations:

qz : quartz, py : pyrite, cp : chalcopyrite lim: limonite hm: hematite (secondary)
sp : sphalerite, gn : galena, cm : clay mineral
L : horizontal length, T : thickness, H : vertical height, W : width

Figure II-2-9 Sketch of M-4 Outcrop

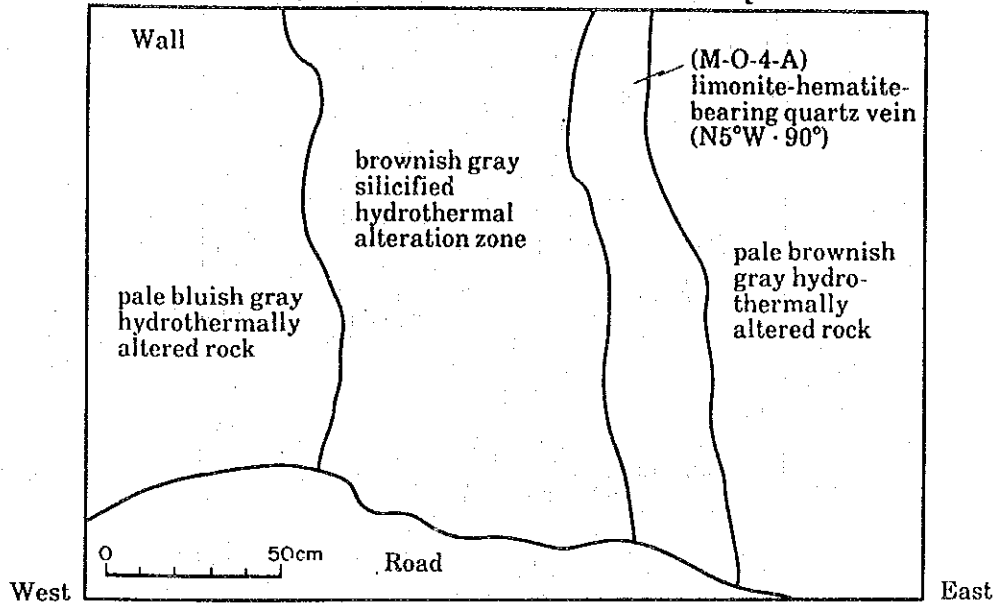


Figure II-2-10 Sketch of M-16 Outcrop

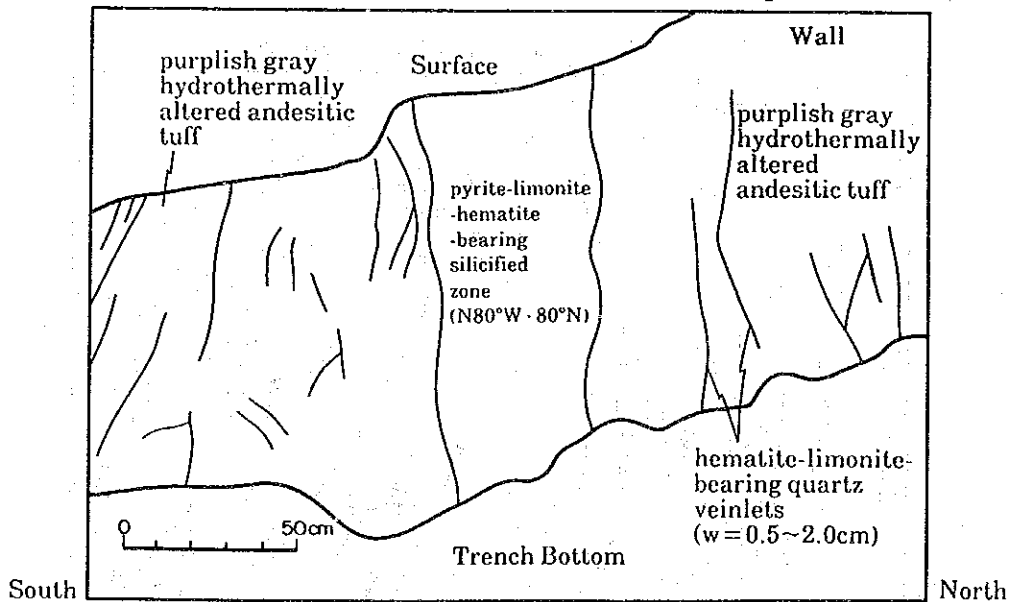


Figure II-2-11 Sketch of M-19 Outcrop

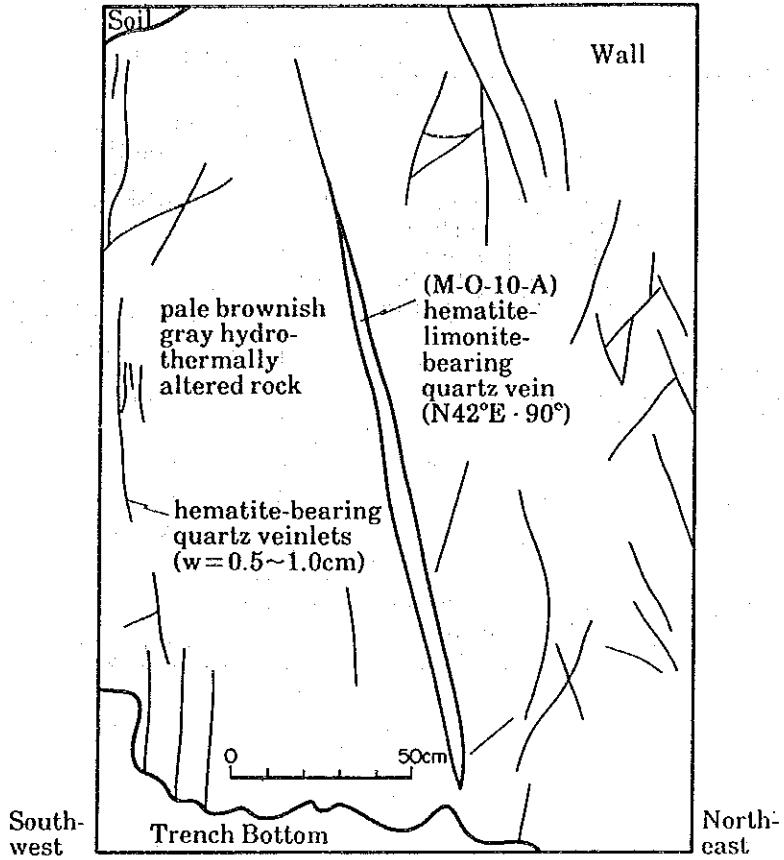


Figure II-2-12 Sketch of M-20 Outcrop

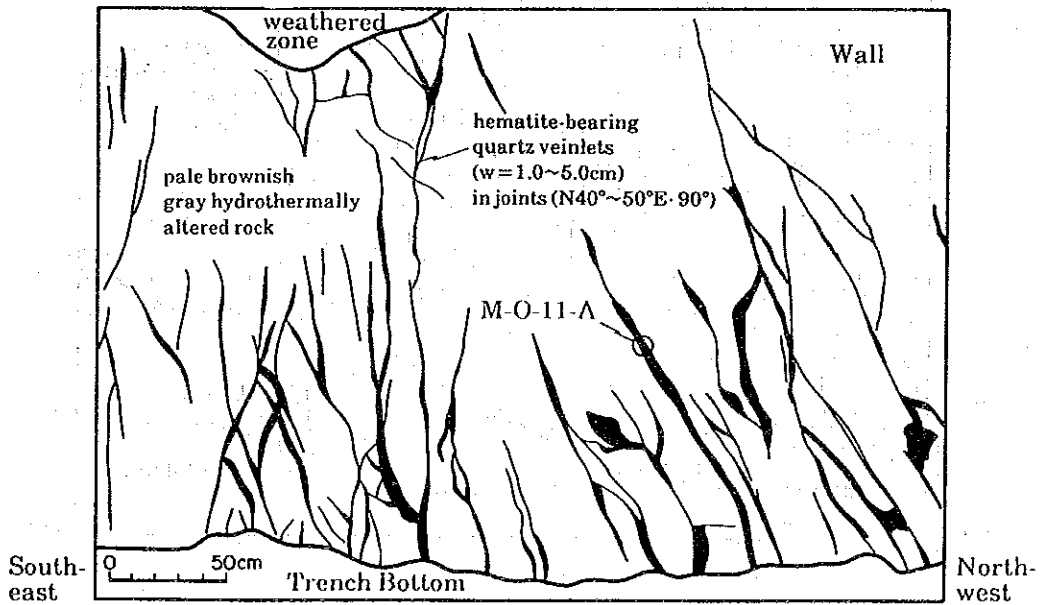


Figure II-2-13 Sketch of M-22 Outcrop

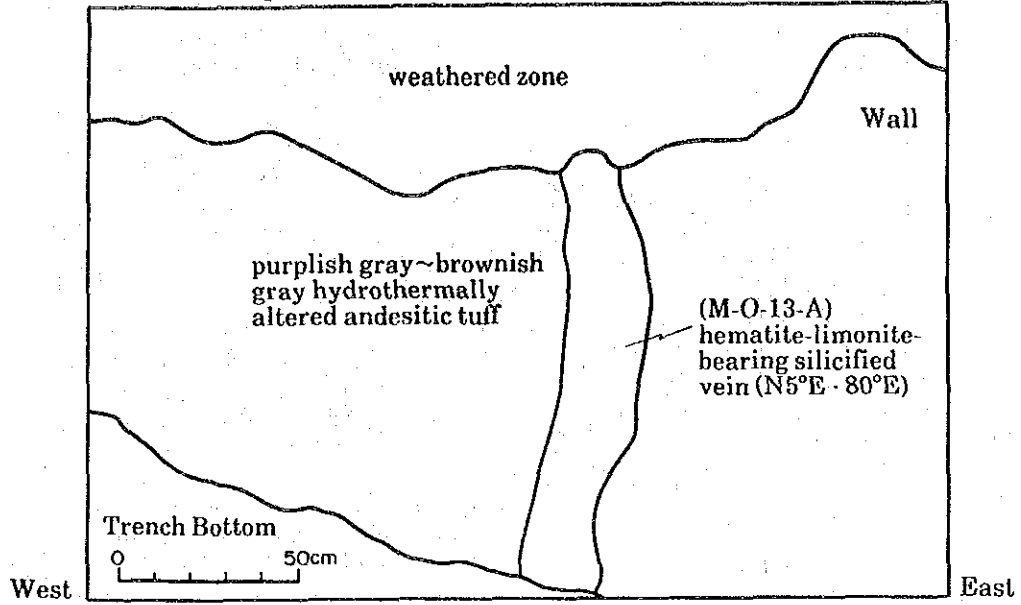


Figure II-2-14 Sketch of M-23 Outcrop

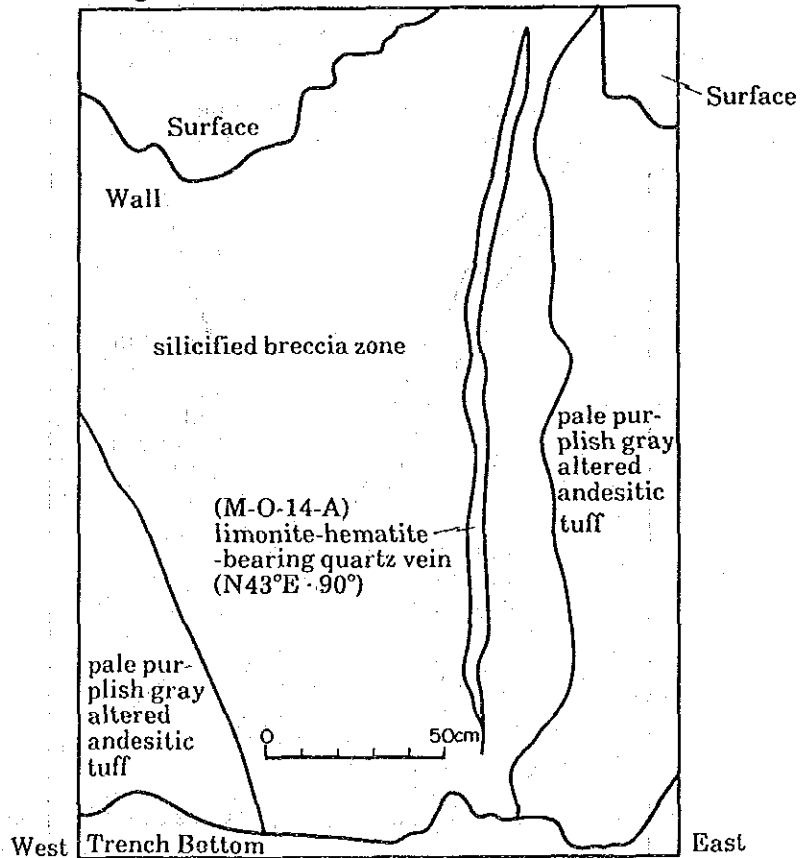


Figure II-2-15 Sketch of M-25 Outcrop

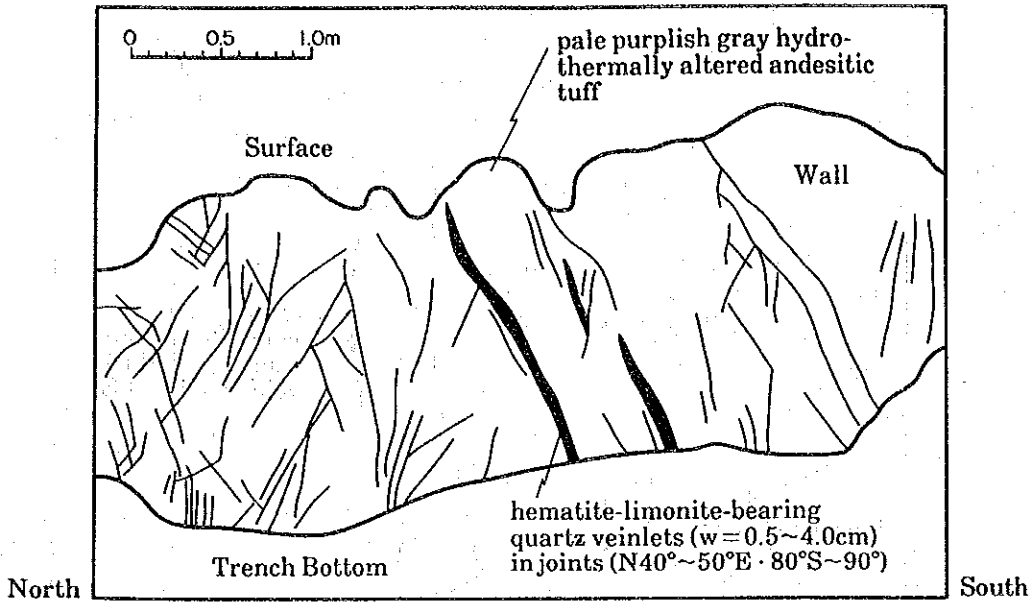


Figure II-2-16 Sketch of M-27 Outcrop

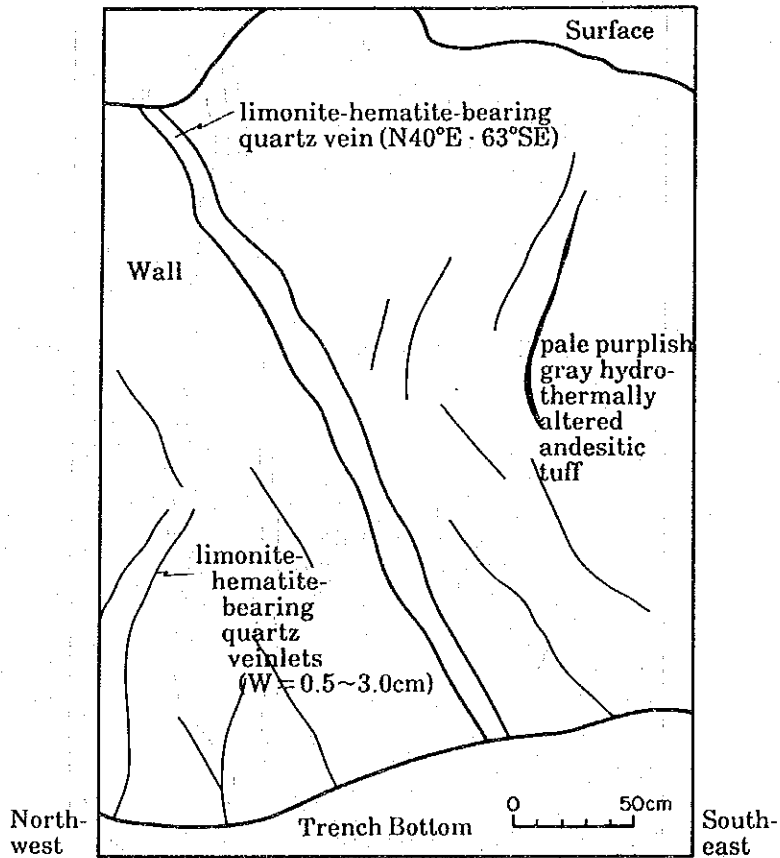


Figure II-2-19 Sketch of W-4 Outcrop

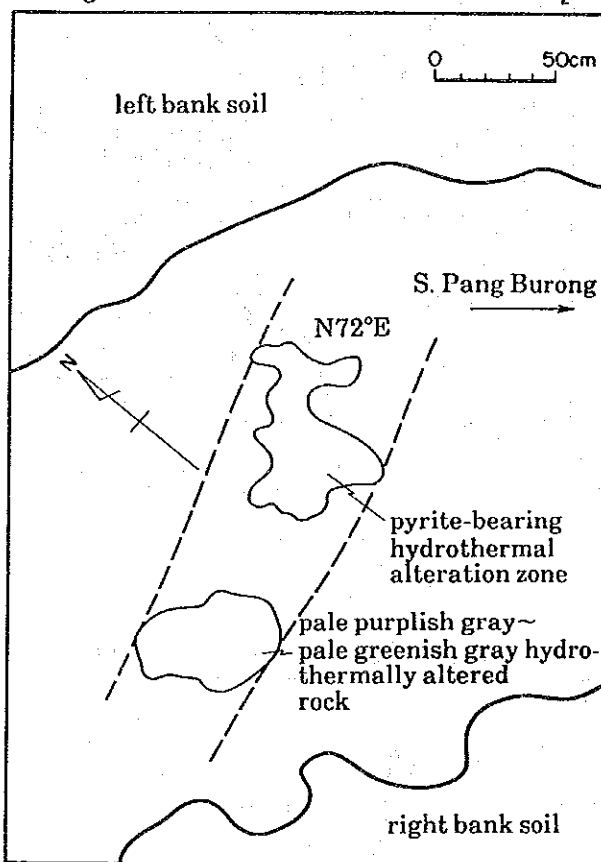


Figure II-2-20 Sketch of P-10 Outcrop

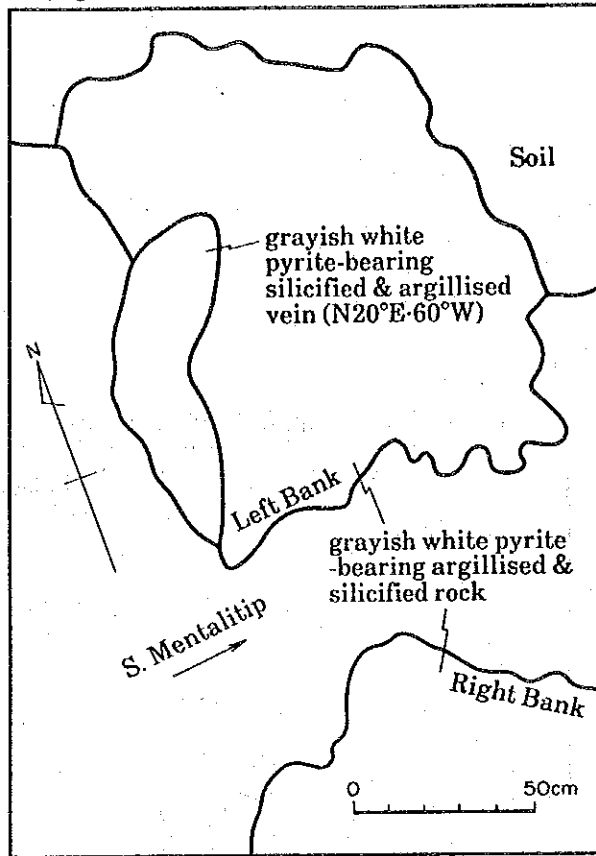


Figure II-2-21 Sketch of P-13 Outcrop

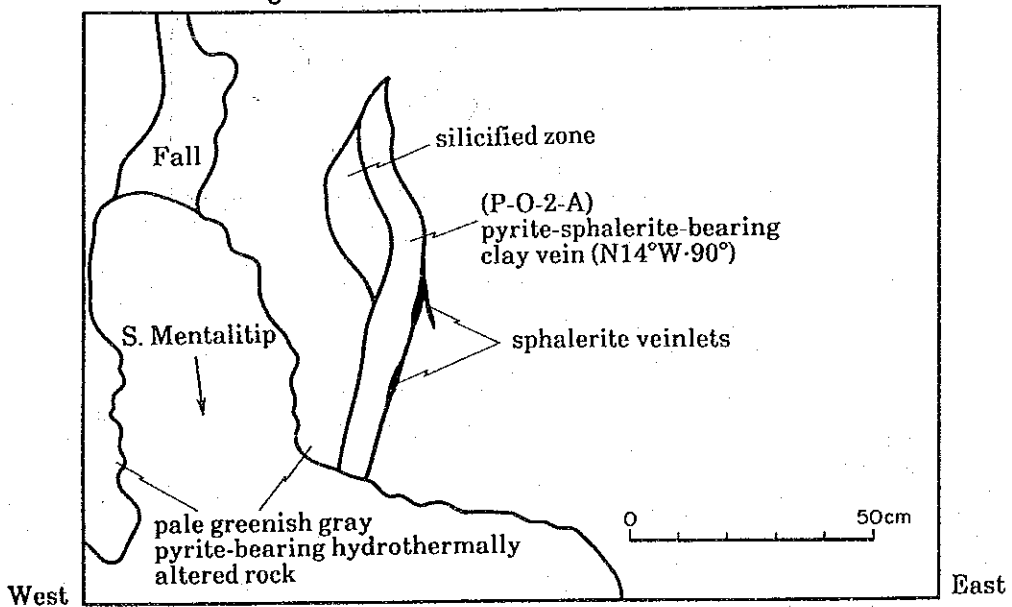


Figure II-2-22 Sketch of N-1 Outcrop

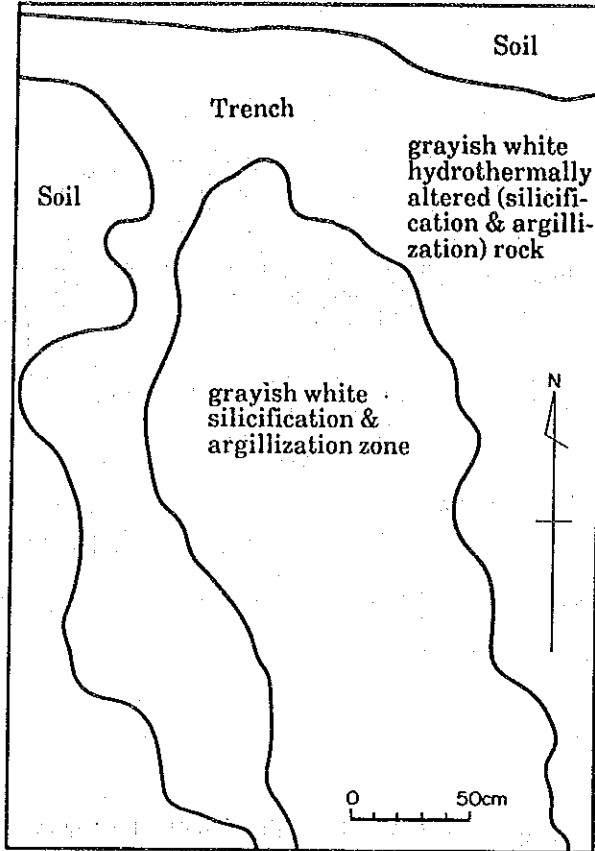


Figure II-2-23 Sketch of N-3 Outcrop

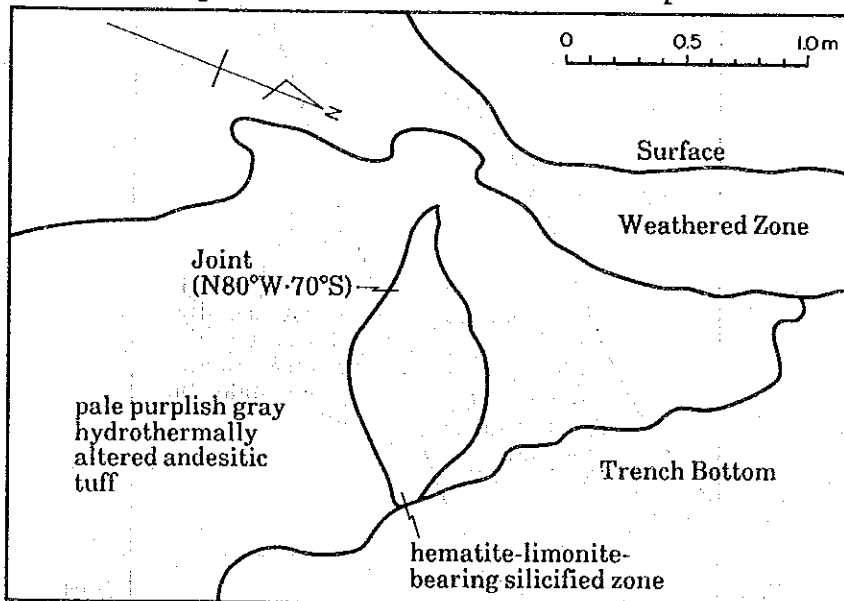


Figure II-2-24 Sketch of N-4 Outcrop

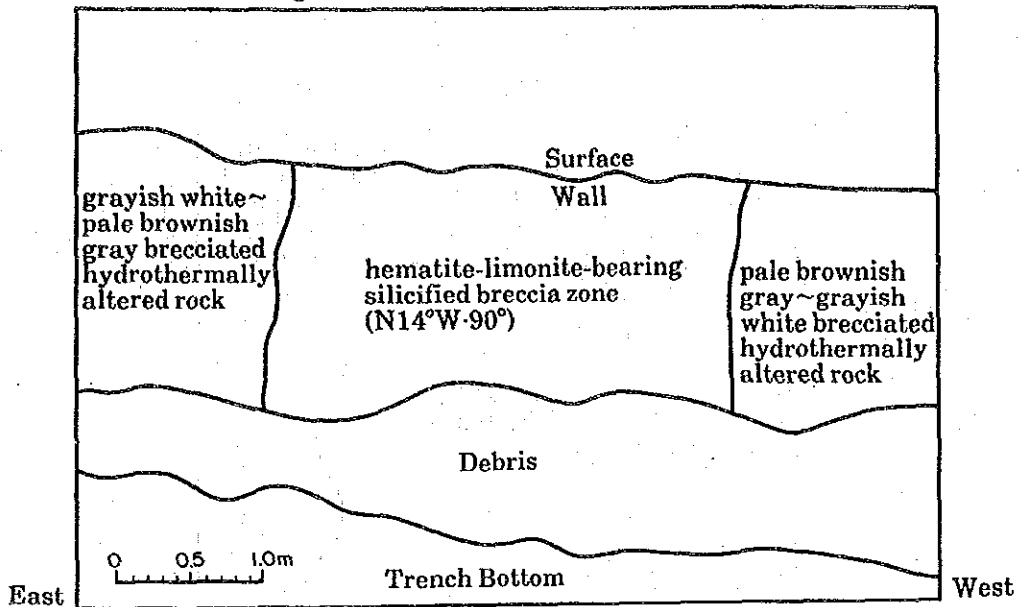
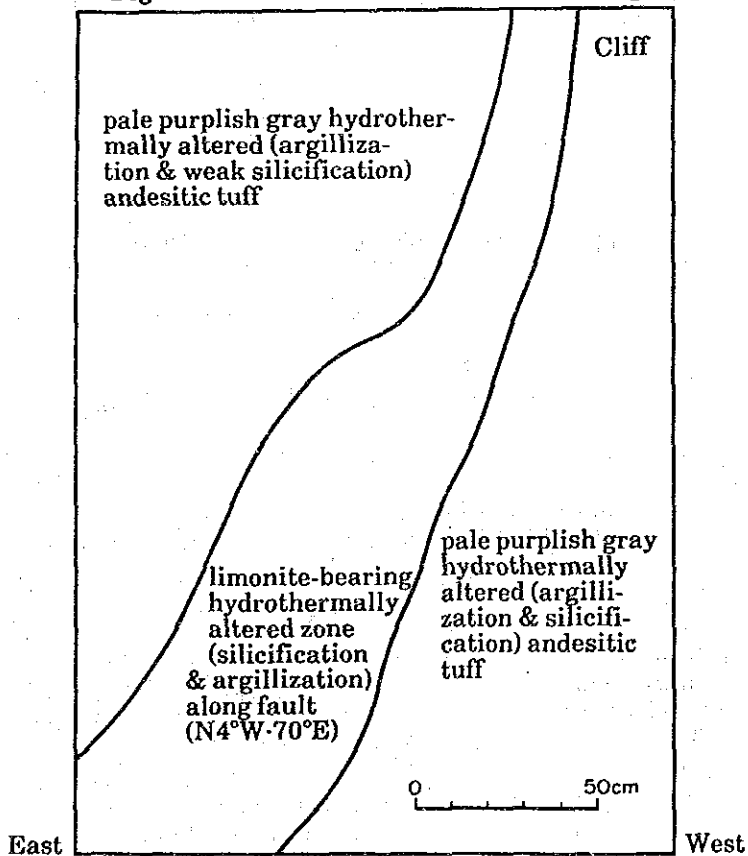


Figure II-2-25 Sketch of N-10 Outcrop



2-3-2 室内試験・化学分析

(1) K-Ar年代測定 (16試料)

Mantri, Wullersdorf 及びPock地域で採取した岩石16試料の全岩によるK-Ar年代の測定結果はTable II-2-5の如くである。

その結果, Mantri地域の安山岩及び安山岩質凝灰岩 5 試料のK-Ar年代は $9.09 \pm 0.52 \sim 11.05 \pm 2.55$ Ma (中新世後期), 玄武岩は 0.20 ± 0.12 Ma (更新世), Pock地域の誤差の大きいP-D-6試料を除いた安山岩 5 試料は 7.75 ± 1.06 Ma (中新世後期) $\sim 13.3 \pm 0.5$ Ma (中新世中期), Wullersdorf 地域の玢岩は 8.38 ± 0.70 Ma (中新世後期), Pock地域の閃緑岩は 13.9 ± 3.1 Ma (中新世中期), 玢岩は 9.52 ± 0.23 Ma (中新世後期) が得られた。Mantri地域の若い玄武岩を除いて, 地域及び岩種による年代の差はあまりはっきりしなかった。

Table II-2-5 Result of K-Ar Dating of Rock Samples
taken in Semporna Peninsula Region

Area	Sample Number	Numbers in Laboratory	Sample Type	Potassium (K wt %)	Rad. ⁴⁰ Ar (10 ⁻⁸ cc/g)	K-Ar Age (Ma)	Air Cont. (%)	Rock Name
Mantri	M-D-1	SH4 -250 -251	Whole Rock	1.64 ±0.05	62.6±1.4 63.2±1.1	9.81±0.37 9.91±0.34 avg. 9.86±0.35	45.0 27.8 36.4	Andesite
"	M-D-2	SH4 -248 -249	Whole Rock	1.06 ±0.32	43.9±0.8 42.4±0.8	10.7±0.4 10.3±0.4 avg. 10.5±0.4	28.3 27.3 27.8	Andesite
"	M-D-3	SH4 -252 -253	Whole Rock	1.34 ±0.40	47.4±2.3 47.1±2.2	9.12±0.52 9.07±0.51 avg. 9.09±0.52	72.7 72.0 72.3	Andesitic tuff
"	M-D-4	SH4 -254 -255	Whole Rock	1.94 ±0.58	70.9±1.2 73.0±1.2	9.40±0.32 9.67±0.33 avg. 9.53±0.33	30.0 27.7 28.8	Andesitic tuff
"	M-D-5	SH4 -256 -257	Whole Rock	1.47 ±0.04	1.1±0.7 0.3±0.4	0.20±0.12 <0.2 avg. 0.20±0.12	94.9 98.4 96.6	Basalt
"	M-D-6	SH4 -258 -259	Whole Rock	0.16 ±0.03	6.2±0.7 7.3±0.9	10.4±2.3 11.7±2.8 avg. 11.05±2.55	85.6 83.4 84.5	Trachy andesite
"	M-D-7	SH4 -260 -262	Whole Rock	<0.01 +0.01	0.3±0.6 0.8±0.6	7.60±16.3 19.7±18.9 avg. 13.65±17.6	99.0 97.4 98.2	Silicified rock
Wullersdorf	W-D-1	SH4 -263 -264	Whole Rock	0.50 ±0.03	16.0±0.9 16.6±1.0	8.24±0.69 8.53±0.71 avg. 8.38±0.70	75.0 73.2 74.1	Porphyrite
Pock	P-D-1	SH4 -265 -266	Whole Rock	7.97 ±0.16	296±4 294±4	9.56±0.24 9.48±0.23 avg. 9.52±0.23	10.2 7.3 8.7	Porphyrite
"	P-D-2	SH4 -267 -268	Whole Rock	0.12 ±0.02	5.9±0.6 7.1±0.7	12.7±2.8 15.2±3.4 avg. 13.9±3.1	84.0 81.5 82.7	Diorite
"	P-D-3	SH4 -269 -270	Whole Rock	1.09 ±0.03	55.5±1.6 56.7±1.7	13.2±0.5 13.4±0.6 avg. 13.3±0.5	57.0 52.5 54.7	Andesite?
"	P-D-4	SH4 -273 -274	Whole Rock	1.13 ±0.03	51.9±1.3 53.5±1.4	11.9±0.5 12.2±0.5 avg. 12.05±0.5	49.6 50.3 49.9	Andesite
"	P-D-5	SH4 -275 -276	Whole Rock	0.61 ±0.04	26.4±2.3 25.6±2.2	11.1±1.2 10.8±1.1 avg. 10.9±1.2	82.0 82.4 82.2	Andesite
"	P-D-6	SH4 -271 -272	Whole Rock	0.40 ±0.04	30.5±14.8 25.7±13.7	19.5±9.7 16.5±8.9 avg. 18.0±9.3	96.7 96.9 96.8	Andesite
"	P-D-7	SH4 -277 -278	Whole Rock	0.31 ±0.03	9.5±1.0 9.2±0.8	7.90±1.12 7.61±0.99 avg. 7.75±1.06	84.5 81.1 82.8	Andesite
"	P-D-8	SH4 -279 -280	Whole Rock	0.56 ±0.03	25.6±0.8 26.5±1.0	11.8±0.8 12.2±0.8 avg. 12.0±0.8	58.9 54.0 56.4	Andesite

(2) 岩石試料全岩化学分析 (29試料)

Mantri, Wullersdorf, Pock 及び Nagosの4地域で採取した熱水変質母岩, 安山岩, 安山岩質凝灰岩, 粗面安山岩, 玄武岩, 玢岩など29ヶの岩石試料の全岩化学分析結果はTable II-2-6, これより計算したC. I. P. W. ノルムはTable II-2-7に示されている。

全岩化学分析値のうち, 変質していないMantri地域の安山岩及び, 安山岩質凝灰岩4試料, 玄武岩1試料, Pock地域の安山岩6試料及び Nagos地域の安山岩質凝灰岩1試料, 計12試料の分析値のうち, SiO_2 及び $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ を $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ ダイヤグラム上にプロットすると, Fig. II-2-27の如くとなり, これらの岩石が久野による非アルカリ岩系列に属していることが判った。

次に上記12試料の分析値のうち, $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 及び MgO をMFA三角ダイヤグラム上にプロットすると, Fig. II-2-28の如くとなり, Pock地域の安山岩はIrvine and Baragerによるソレアイト系列に, Mantri地域の安山岩・安山岩質凝灰岩及び Nagos地域の安山岩質凝灰岩はカルクアルカリ系列に属することが判った。

すなわちMantri地域のPyramid山, Kawai山, Muul山, Quoin山及びNagos地域のNagos山の火山岩はカルクアルカリ岩系列, Pock地域のSigalonai山及びSiagil山の火山岩はソレアイト岩系列に属していることが明らかになった。

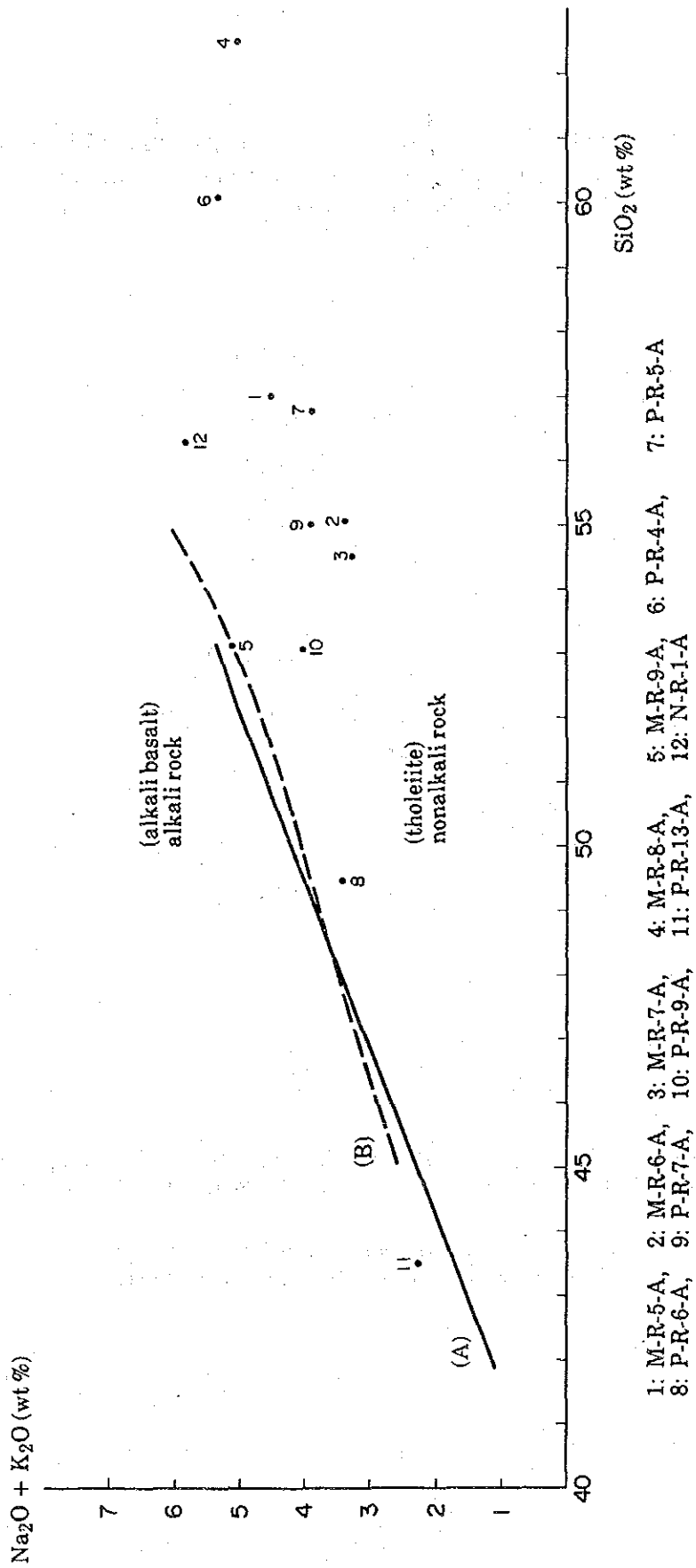
Table II-2-6 Assay Result of Rock Samples taken in Semporna Peninsula Region

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	Cu ppm	Mo ppm	Pb ppm	S %	Zn ppm
M-1	M-R-1-A	Altered Rock	63.82	0.69	16.93	5.28	0.13	0.04	0.96	0.03	0.05	4.52	0.11	6.94	99.50	16	1.1	394	<1	1,801	3.908	244
M-9'	M-R-2-A	Altered Rock	54.28	0.76	20.95	6.20	0.26	0.05	0.68	0.03	0.07	1.50	0.07	14.86	99.71	2	0.6	113	<1	46	4.482	227
M-10	M-R-3-A	Trachyandesite	59.59	0.92	23.30	1.52	0.13	0.03	0.23	0.04	0.08	6.49	0.11	7.34	99.78	<1	<0.5	39	<1	947	0.048	103
M-11	M-R-5-A	Andesite	56.99	0.50	17.00	4.98	0.89	0.08	2.74	5.65	2.44	2.04	0.17	6.13	99.61	<1	<0.5	27	<1	22	0.040	54
M-12	M-R-6-A	Andesite	55.04	0.83	18.78	3.60	3.95	0.13	3.73	8.76	2.20	1.17	0.17	1.08	99.44	<1	<0.5	43	<1	16	0.055	85
M-13	M-R-7-A	Andesitic tuff	54.51	0.71	18.39	4.93	3.00	0.13	3.92	7.54	1.85	1.42	0.17	3.19	99.76	<1	<0.5	34	<1	19	0.045	63
M-14	M-R-8-A	Andesitic tuff	62.43	0.48	16.52	4.52	0.95	0.10	2.35	5.50	2.81	2.23	0.16	1.37	99.42	<1	<0.5	26	<1	21	0.037	59
M-15	M-R-9-A	Basalt	53.12	1.57	16.22	2.89	5.74	0.15	5.84	8.31	3.34	1.79	0.36	0.11	99.44	<1	0.8	44	<1	13	0.048	80
M-17	M-R-10-A	Trachyandesite	59.23	0.61	15.54	3.06	3.82	0.54	2.03	0.04	0.14	10.40	0.06	3.65	99.12	7	1.1	54	<1	2,052	2.222	3,792
M-30	M-R-11-A	Silicified Rock	97.78	0.70	0.24	0.33	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.04	0.20	99.41	1	<0.5	10	<1	8	0.017	4
W-3	W-R-2-A	Altered Rock	55.67	0.92	19.28	4.73	1.60	0.11	2.95	1.34	3.66	3.29	0.16	5.74	99.45	<1	<0.5	51	<1	28	3.082	69
W-4	W-R-3-A	Altered Rock	55.34	0.73	16.57	3.82	4.59	0.33	4.45	6.79	2.16	0.49	0.10	3.94	99.31	<1	0.5	64	<1	18	0.201	79
W-8	W-R-5-A	Porphyrite	62.91	0.76	15.61	7.53	0.26	0.01	0.82	0.19	0.17	4.02	0.09	7.31	99.68	<1	<0.5	20	<1	22	5.643	20
W-12	W-R-8-A	Altered Rock	57.95	0.58	16.02	4.05	0.32	0.01	2.05	0.17	0.12	2.46	0.07	5.90	89.71	<1	<0.5	42	<1	22	2.920	71
P-1	P-R-1-A	Porphyrite	67.43	0.60	15.13	1.10	1.98	0.08	2.03	3.52	4.49	0.19	0.18	2.58	99.31	<1	<0.5	4	<1	12	0.040	19
P-2	P-R-2-A	Diorite	61.51	0.72	15.56	2.17	4.21	0.34	2.26	5.39	3.34	0.18	0.24	3.47	99.39	<1	<0.5	5	<1	11	0.037	32
P-3	P-R-3-A	Andesite?	68.40	0.46	13.44	1.30	3.51	0.16	1.85	1.43	4.47	1.49	0.17	3.02	99.40	<1	0.6	10	<1	12	0.065	73
P-4	P-R-4-A	Andesite	60.60	0.75	14.75	4.09	1.60	0.16	1.35	3.91	2.94	2.43	0.23	6.70	99.51	<1	0.9	8	<1	14	0.042	85
P-5	P-R-5-A	Andesite	56.76	0.88	17.79	2.26	6.64	0.20	2.13	7.83	3.15	0.72	0.17	1.23	99.76	<1	0.6	40	<1	16	0.065	89
P-6	P-R-6-A	Andesite	49.38	0.85	17.87	5.92	4.72	0.28	4.73	10.29	2.53	0.90	0.21	2.07	99.75	<1	<0.5	49	<1	14	0.709	79
P-7	P-R-7-A	Andesite	54.99	0.73	15.84	3.22	5.22	0.32	2.87	8.37	3.54	0.36	0.23	4.02	99.71	<1	<0.5	42	<1	12	0.065	72
P-9	P-R-9-A	Andesite	53.15	0.89	17.91	5.53	4.27	0.20	2.41	8.07	3.47	0.55	0.15	3.24	99.84	<1	0.5	36	<1	11	0.076	94
P-12	P-R-11-A	Andesite?	64.72	0.65	16.26	2.03	3.19	0.19	2.72	0.43	2.36	2.62	0.21	4.11	99.49	<1	<0.5	9	<1	12	0.341	207
P-13	P-R-12-A	Altered Rock	56.91	0.76	17.49	4.29	2.87	0.24	6.38	0.14	0.08	3.21	0.07	6.97	99.41	<1	0.7	9	<1	417	2.437	1,591
P-17	P-R-13-A	Andesite	43.47	0.80	18.47	5.25	4.08	0.13	5.25	7.60	1.75	0.53	0.12	12.30	99.75	<1	<0.5	45	<1	11	0.050	65
P-19	P-R-14-A	Porphyrite	63.40	0.80	15.37	2.75	3.45	0.18	2.57	3.46	4.76	0.36	0.28	2.47	99.85	<1	0.6	145	<1	14	0.170	77
P-20	P-R-15-A	Andesite	65.66	0.67	16.22	1.56	2.42	0.17	4.29	0.04	0.18	2.41	0.06	5.71	99.39	<1	0.7	5	2	13	0.599	109
N-10	N-R-2-A	Altered Rock	61.63	0.54	14.01	4.12	0.26	<0.01	<0.01	0.08	0.10	1.73	0.20	16.77	99.46	<1	1.4	7	<1	494	0.459	8
N-15	N-R-1-A	Andesitic tuff	56.30	0.63	19.07	6.46	0.51	0.11	2.84	0.69	4.28	1.56	0.04	7.26	99.75	<1	0.5	17	<1	21	0.023	61

Table II-2-7 Calculation Result of C.I.P.W. Norm from Assay Result of Rock Samples taken in Semporna Peninsula Region

Locality	Sample Number	Rock Name	Q	C	or	ab	an	ac	wo-di	en-di	fs-di	en-hy	fs-hy	fo-ol	fa-ol	mt	hm	il	ru	ap	Total
M-1	M-R-1-A	Altered Rock	40.082	10.585	26.712	7.192	0.149	-	-	-	-	2.391	0.000	-	-	-	-	0.360	0.500	-	93.250
M-9'	M-R-2-A	Altered Rock	47.054	19.157	8.864	0.592	0.149	-	-	-	-	1.694	0.000	-	-	-	6.200	0.655	0.415	-	84.780
M-10	M-R-3-A	Trachy andesite	28.623	14.590	38.353	8.292	0.198	-	-	-	-	0.573	0.000	-	-	-	1.520	0.338	0.742	-	93.230
M-11	M-R-5-A	Andesite	19.278	0.912	12.056	20.647	26.919	-	-	-	-	6.825	0.000	-	-	1.679	3.821	0.949	-	0.394	93.480
M-12	M-R-6-A	Andesite	13.437	-	6.914	18.616	37.912	-	1.852	1.272	0.431	8.018	2.718	-	-	5.219	-	1.576	-	0.394	98.360
M-13	M-R-7-A	Andesitic tuff	16.564	0.508	8.392	15.654	36.295	-	-	-	-	9.764	0.505	-	-	7.147	-	1.348	-	0.394	96.570
M-14	M-R-8-A	Andesitic tuff	22.792	-	13.178	23.777	25.876	-	0.152	0.131	0.000	5.722	0.000	-	-	1.996	3.143	0.911	-	0.371	98.050
M-15	M-R-9-A	Basalt	1.903	-	10.578	28.262	23.978	-	6.219	4.117	1.652	10.429	4.185	-	-	4.190	-	2.982	-	0.834	99.330
M-17	M-R-10-A	Trachy andesite	13.459	3.980	61.460	1.185	0.198	-	-	-	-	5.056	4.480	-	-	4.435	-	1.158	-	-	95.410
M-30	M-R-11-A	Silicified Rock	97.664	0.207	-	0.169	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.380	1.267	0.033	-	99.670
W-3	W-R-2-A	Altered Rock	14.972	7.645	19.443	30.970	5.602	-	-	-	-	7.348	0.000	-	-	2.848	2.765	1.747	-	0.371	93.710
W-4	W-R-3-A	Altered Rock	17.943	0.380	2.896	18.277	33.032	-	-	-	-	11.084	4.513	-	-	5.537	-	1.386	0.232	0.232	95.280
W-8	W-R-5-A	Porphyrite	45.160	10.849	23.757	1.438	0.355	-	-	-	-	2.042	0.000	-	-	-	7.530	0.570	0.460	0.209	92.370
W-12	W-R-8-A	Altered Rock	44.599	13.018	14.538	1.015	0.386	-	-	-	-	5.131	0.000	-	-	-	4.050	0.697	0.213	0.162	83.810
P-1	P-R-1-A	Porphyrite	29.667	1.569	1.123	37.993	16.287	-	-	-	-	5.056	1.884	-	-	1.595	-	1.139	-	0.417	96.730
P-2	P-R-2-A	Diorite	29.875	1.745	1.064	19.800	26.660	-	-	-	-	5.629	5.378	-	-	3.145	-	1.367	-	0.556	95.220
P-3	P-R-3-A	Andesite?	29.199	2.281	8.805	37.824	5.984	-	-	-	-	4.608	4.908	-	-	1.885	-	0.874	-	0.394	96.760
P-4	P-R-4-A	Andesite	24.457	0.725	14.360	24.877	17.895	-	-	-	-	3.363	0.000	-	-	3.503	1.673	1.424	-	0.533	92.810
P-5	P-R-5-A	Andesite	13.177	-	4.255	26.654	32.275	-	2.279	0.847	1.475	4.458	7.767	-	-	3.276	-	1.671	-	0.394	98.530
P-6	P-R-6-A	Andesite	4.618	-	5.319	21.408	34.745	-	6.235	4.540	1.114	7.242	1.778	-	-	8.582	-	1.614	-	0.487	97.680
P-7	P-R-7-A	Andesite	11.551	-	2.127	29.954	26.267	-	5.743	2.968	2.621	4.181	3.691	-	-	4.668	-	1.386	-	0.533	95.690
P-9	P-R-9-A	Andesite	11.004	-	3.250	29.362	31.668	-	3.084	2.090	0.757	3.913	1.417	-	-	8.017	-	1.690	-	0.348	96.600
P-12	P-R-11-A	Andesite?	35.297	9.345	15.483	19.546	0.761	-	-	-	-	6.775	3.459	-	-	2.943	-	1.234	-	0.487	95.330
P-13	P-R-12-A	Altered Rock	34.546	13.797	18.970	0.677	0.237	-	-	-	-	15.891	0.000	-	-	6.216	0.001	1.443	-	0.162	91.940
P-17	P-R-13-A	Andesite	6.544	1.487	3.132	14.808	36.919	-	-	-	-	13.077	2.075	-	-	7.611	-	1.519	-	0.278	87.450
P-19	P-R-14-A	Porphyrite	22.479	1.529	2.127	40.278	15.336	-	-	-	-	6.401	3.076	-	-	3.986	-	1.519	-	0.649	97.380
P-20	P-R-15-A	Andesite	47.832	13.242	14.242	1.523	0.198	-	-	-	-	10.685	2.364	-	-	2.261	-	1.272	-	-	93.620
N-10	N-R-2-A	Altered Rock	54.256	11.827	10.224	0.846	0.397	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.120	0.549	0.251	-	82.470
N-15	N-R-1-A	Andesitic tuff	19.835	9.182	9.219	36.216	3.162	-	-	-	-	7.074	0.000	-	-	0.176	6.338	1.195	-	0.093	92.490

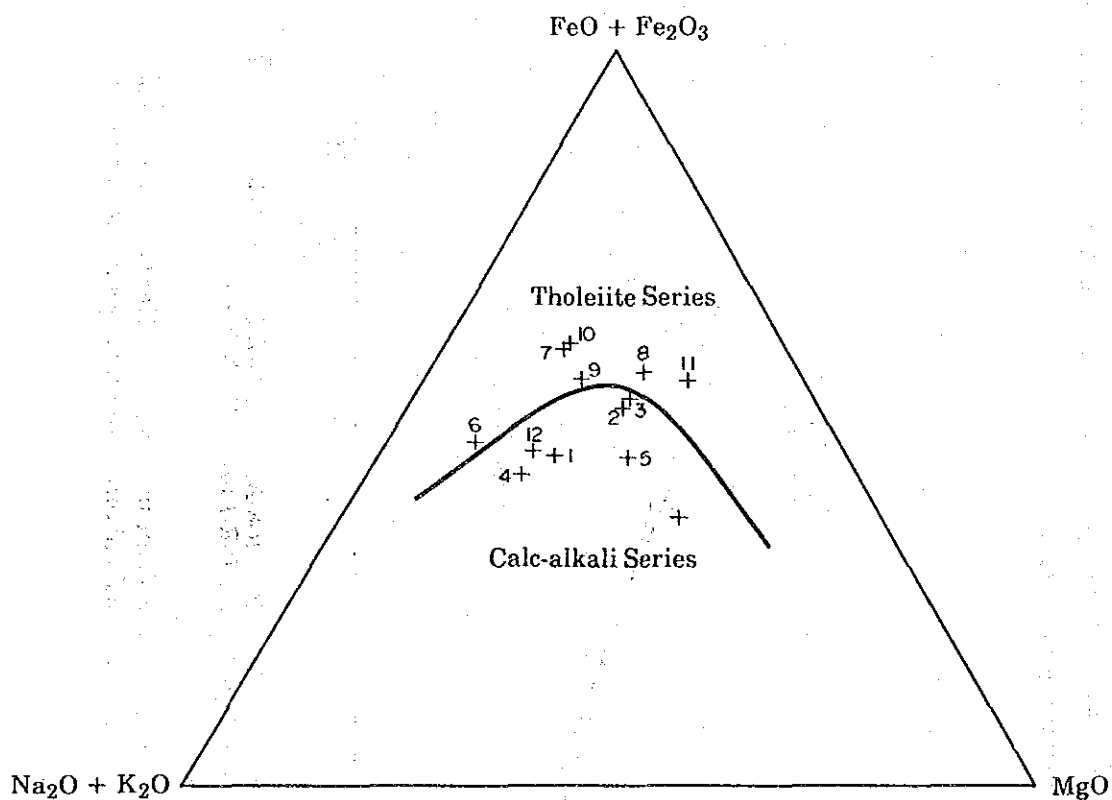
Figure II-2-27 Na₂O + K₂O - SiO₂ Diagram of Andesite, Andesitic Tuff and Basalt in Semporna Peninsula Region



1: M-R-5-A, 2: M-R-6-A, 3: M-R-7-A, 4: M-R-8-A, 5: M-R-9-A, 6: P-R-4-A, 7: P-R-5-A
 8: P-R-6-A, 9: P-R-7-A, 10: P-R-9-A, 11: P-R-13-A, 12: N-R-1-A

(A) Boundary line between alkali basalt and tholeiite in Hawaii after Macdonald and Katsura (1964)
 (B) Boundary line between alkali rock and nonalkali rock of volcanic rock in Japan after Kuno (1966)

Figure II-2-28 FeO + Fe₂O₃ - Na₂O + K₂O - MgO Trigonal Diagram (MFA Diagram) of Andesite, Andesitic Tuff and Basalt in Semporna Peninsula Region



1: M-R-5-A, 2: M-R-6-A, 3: M-R-7-A, 4: M-R-8-A, 5: M-R-9-A, 6: P-R-4-A
 7: P-R-5-A, 8: P-R-6-A, 9: P-R-7-A, 10: P-R-9-A, 11: P-R-13-A, 12: N-R-1-A

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

(3) 岩石顕微鏡観察 (29試料)

全岩化学分析に供した29岩石試料の薄片を作成し、顕微鏡観察を行った。観察結果はTable II-2-8に示す通りである。

Table II-2-8 Result of Microscopic Observation of Thin Sections of Rock Samples taken in Semporna Peninsula Region

Area	Mantri	"	"	"	"	"	"	"	"	"	Wullersdorf	"	"	"
Sample Number	M-T-1	M-T-5	M-T-6	M-T-8	M-T-9	M-T-10	M-T-11	M-T-12	M-T-14	M-T-15	W-T-2	W-T-3	W-T-5	W-T-8
Rock Name	Altered rock	Altered rock	Trachyandesite	Andesite	Andesite	Andesitic tuff	Andesitic tuff	Basalt	Trachyandesite	Silicified rock	Altered rock	Altered rock	Porphyrite	Altered rock
Texture			Porphyritic	Porphyritic Hyalopilitic	Porphyritic Intergranular	Pyroclastic	Pyroclastic	Porphyritic Intergranular	Porphyritic Trachytic				Porphyritic	
[Phnocryst, Fragments]														
Plagioclase				⊙	⊙	⊙	⊙	○			○*		○	
K-felspar			○*						⊙					
Olivine								△						
Augite				△	○	○		○						
Hypersthene				△	○	⊙		△						
Hornblende													△*	
Biotite				△			△							
Others						△*	△*			⊙*				
[Groundmass, Matrix, Accessory]														
Plagioclase				⊙	⊙	⊙	⊙	⊙					⊙	
K-felspar			⊙						⊙					
Quartz													○	
Hypersthene						△		△						
Augite					⊙	△		⊙						
Glass						⊙	⊙		⊙					
Zircon							•			•				•
Sphene									△		△			
Opaque	○	⊙	⊙	△	⊙	○	•	⊙	○	△	○	○	○	△
[Alteration, Metamorphic Mineral]														
Quartz	⊙	⊙	⊙				○		⊙		⊙	⊙	○	⊙
Sericite	⊙	△	⊙				△		⊙	•	⊙	⊙		⊙
Plagioclase	△													
Montmorillonite		△		⊙		○		△						
Kaolinite		△	△											
Chlorite				○	△		△	△	○		△		○	○
Calcite				△									△	
Epidote													○	
Actinolite													○	
Others								△*					○* △**	
Remarks			* replaced by sericite, altered trachy andesite with K-felspar			* andesite fragment, relatively fresh andesitic crystal tuff	* andesite fragment, slightly altered andesitic crystal tuff	* hematite		* quartz, aggregates of minute quartz grains (strongly silicified rock)	* plagioclase pseudomorph, replaced by sericite, unknown origin, strongly altered	* fluorite, ** cristobalite, strongly altered rock, unknown origin	* pseudomorph replaced by epidote, actinolite, chlorite	

Area	Pock	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	Nagos	"
Sample Number	P-T-1	P-T-2	P-T-3	P-T-4	P-T-5	P-T-6	P-T-7	P-T-9	P-T-11	P-T-12	P-T-13	P-T-14	P-T-15	N-T-2	N-T-4
Rock Name	Porphyrite	Diorite	Andesite?	Andesite	Andesite	Andesite	Andesite	Andesite	Andesite?	Altered rock	Andesite	Porphyrite	Andesite	Altered rock	Andesitic tuff
Texture	blasto-porphyritic	hypidiomorphic	porphyritic	porphyritic Hyalopilitic	Porphyritic hyalopilitic	Porphyritic hyalopilitic	Porphyritic hyalopilitic	Porphyritic hyalopilitic	Porphyritic intersertal		porphyritic	porphyritic	porphyritic		
[Phnocryst, Fragments]															
Plagioclase	△	⊙	△*	○	⊙	⊙	○	⊙			○*	○	△*		○
K-felspar															
Olivine															
Augite				△	○	△	•	○			○*				
Hypersthene				△	○	○		△							
Hornblende															
Biotite															
Others															△*
[Groundmass, Matrix, Accessary]															
Plagioclase	⊙			○	⊙	○	⊙	⊙	⊙			⊙			⊙
K-felspar															⊙
Quartz		⊙													
Hypersthene					△	△									
Augite					△	△									
Glass				⊙	⊙	⊙	⊙	⊙							
Zircon															
Sphene	△	•										△			
Opaque		△		△	△	△		△	○	○*		•		○	○
[Alteration, Metamorphic Mineral]															
Quartz	○		⊙	△				○	⊙	⊙	○	△	⊙	⊙	○
Sericite	△		○					○	⊙	⊙		○	⊙	○	△
Plagioclase			○										△		
Montmorillonite			○	△	△			○			⊙				○
Kaolinite														○	○
Chlorite	○	○	○		△			○	△	△	○	⊙	○	△	△
Calcite			○	△	○			△			⊙				
Epidote	○	○	△					△				⊙			
Actinolite															
Others		•*		△*											
Remarks		* clinzoisite, metamorphosed diorite	* pseudomorph replaced by calcite, strongly altered rock, probably andesite	* chalcedony filling vesicles							* pyrite, strongly altered rock, unknown origin	* pseudomorphs phenocrysts of pl. aug., strongly altered rock, probably andesite	* pseudomorph replaced by sericite, strongly altered rock, probably andesite		* andesite fragment, altered rock of unknown origin

[Notes] ⊙: Abundant, ○: Medium, △: Little, •: Trace

(4) 鉍石試料化学分析 (40試料)

採取した鉍石試料40ケの化学分析結果は後記の2-4項のTable II-2-11に示す如くである。

(5) 鉍石顕微鏡観察 (20試料)

化学分析に供した鉍石試料40ケのうち、半分の20ケの研磨片を作成し、反射顕微鏡観察を行った。

その結果、Table II-2-9にみられる如く、Mantri及び Nagos地域の試料の主成分鉍物は1試料 (M-P-2) を除き石英、針鉄鉍及び赤鉄鉍よりなるのに対し、Wullersdorf 及びPock地域の試料は1試料 (W-P-4) を除き、おもに石英 (または母岩) 及び黄鉄鉍よりなっている。針鉄鉍及び赤鉄鉍は黄鉄鉍を初めとする硫化鉍物の酸化により生成した二次鉍物であることを勘案すると、酸化作用がMantri及び Nagos地域で強かったものと思われる。

有用鉍物が鏡下で認められた試料は少量の閃亜鉛鉍、微量の黄銅鉍、輝銅鉍、銅藍及び方鉛鉍がみられたMantri地域のM-P-2試料、微量の黄銅鉍が認められた Wullersdorf地域のW-P-1試料、微量の閃亜鉛鉍がみられたPock地域のP-P-2試料、微量の黄銅鉍及び閃亜鉛鉍を含むPockのP-P-5試料及び微量の黄銅鉍が認められたPock地域のP-P-6試料であった。

Table II-2-9 Result of Microscopic Observation of Polished Sections of Ore Samples taken in Semporna Peninsula Region

Locality	Sample No.	Occurrence	Chalcopyrite	Chalcocite	Covellite	Sphalerite	Galena	Pyrite	Pyrrhotite	Malachite	Hematite	Goethite	Gangue	Remarks
M-3	M-P-1	(Oxidized) altered wall rock and quartz veinlet (?)						•			○	○	Q ⊙	Q: quartz
M-6	M-P-2	Sphalerite-pyrite-quartz vein	•	•	•	●	•	●					Q ⊙	Q: quartz
M-10	M-P-3	(Oxidized) altered wall rock and quartz veinlet (?)						•			●	○	Q ⊙	Q: quartz
M-16	M-P-4	(Oxidized) altered wall rock with pyrite dissemination						•			●	○	Q ⊙	Q: quartz
M-24	M-P-5	(Oxidized) quartz vein									○	○	Q ⊙	Q: quartz, colloform bands of hematite and goethite
M-28	M-P-6	(Oxidized) altered wall rock and quartz veinlet (?)									○	○	Q ⊙	Q: quartz
M-29	M-P-7	(Oxidized) quartz vein									●	●	Q ⊙	Q: quartz, colloform bands of hematite and goethite
W-1	W-P-1	Pyrite dissemination	•					●					⊙	
W-3	W-P-2	Pyrite dissemination						●					⊙	
W-4	W-P-3	Pyrite veinlet and dissemination						○					⊙	
W-11	W-P-4	(Oxidized) quartz vein						•			●	●	Q ⊙	Q: quartz
P-10	P-P-1	Pyrite-quartz veinlet and pyrite dissemination						○					Q ⊙	Q: quartz
P-13	P-P-2	Pyrite-quartz veinlet and dissemination				•		○					Q ⊙	Q: quartz
P-14	P-P-3	(Oxidized) quartz vein											Q ⊙	Q: quartz
P-20	P-P-5	Pyrite dissemination	•			•		○					Q ⊙	Q: quartz
P-21	P-P-6	Pyrite dissemination	•					○					Q ⊙	Q: quartz
N-2	N-P-1	(Oxidized) altered wall rock and quartz veinlet (?)						•			●	●	Q ⊙	Q: quartz
N-3	N-P-2	(Oxidized) quartz vein						•			●	○	Q ⊙	Q: quartz
N-4	N-P-3	(Oxidized) altered wall rock (?)						•	•		●	○	Q ⊙	Q: quartz
N-8	N-P-4	(Oxidized) altered wall rock (?)									○	○	Q ○	Q: quartz

[Notes]

⊙ > ○ > ● > •

(6) X線回折試験 (40試料)

Mantri, Wullersdorf 南東部, Pock及び Nagos地域の27鉱徴地で採取した熱水変質せる母岩27試料, 鉱徴地近くの熱水変質岩11試料及び鉱徴地から離れた場所の岩石2試料, 計40試料のX線回折試験結果はTable II-2-10に示されている。Table II-2-10から, 上記4地域の鉱徴地及びその付近の熱水変質帯の鉱物組合せが地域により異なることが判った。すなわち, Mantri地域の熱水変質鉱物としては多量の石英がほとんどの試料中に存在し, 絹雲母がこれに次いでいる。次いでカオリン, カリ長石及び黄鉄鉱が18試料のうち, ほぼ半分の試料に認められる。

Wullersdorf 南東部及びPock地域では多量の石英が全試料中に存在し, 緑泥石, 絹雲母, 斜長石(曹長石)及び黄鉄鉱がこれに次いで大部分の試料中に認められるが, Mantri地域に存在するカオリン及びカリ長石はみられない。

Nagos 地域ではやはり多量の石英が全試料中に存在し, カオリンがこれに次いで8試料のうち7試料中にみられる。明ばん石及びダイアスポアがそれぞれ2試料中にかなり多く認められ, 次いでモンモリロナイト及び絹雲母がそれぞれ2試料中にみられる。

以上の各地域の熱水変質鉱物の鉱物組合せから, Mantri地域の熱水変質帯は浅熱水性金銀鉱脈に伴い, 石英, 絹雲母, カオリン及びカリ長石で代表される中性乃至アルカリ性溶液による変質帯, Wullersdorf 南東部及びPock地域の熱水変質帯はプロピライト化作用による変質帯, Nagos 地域の熱水変質帯は金銀鉱脈上部の地表付近によくみられる酸性熱水溶液による珪化・粘土化変質帯と考えられる。

Table II-2-10 Result of X-ray Diffraction of Hydrothermally Altered Host Rock in Semporna Peninsula Region

Area	Sample No.	Rock Name	Clay Mineral					Silica Mineral		Others								
			Montmorillonite	Mixed-layer mineral of Ser. & Mont.	Chlorite	Sericite	Kaolinite	Cristobalite	quartz	Alunite	Diaspore	Epidote	Talc	Plagioclase	K-felspar	Hematite	Goethite	Pyrite
Mantri	M-X-1	Hydrothermally altered rock				○			◎									○
"	M-X-2	Hydrothermally altered rock				●	●		◎					○			●	
"	M-X-3	Hydrothermally altered rock				●	○		◎							●		
"	M-X-4	Altered andesitic tuff				○	○		◎							●	●	
"	M-X-5	Hydrothermally altered rock				○			◎									○
"	M-X-6	Hydrothermally altered rock				○			◎									○
"	M-X-7	Hydrothermally altered rock		○					●									○
"	M-X-8	Hydrothermally altered rock	●				○		◎					○				○
"	M-X-9	Altered trachy andesite				●	○		◎					◎		●		
"	M-X-10	Altered andesitic tuff				○			◎							○		
"	M-X-11	Trachy andestie			○	●			◎					◎				○
"	M-X-12	Altered andesitic tuff				○			◎					○				●
"	M-X-13	Hydrothermally altered rock				○	●		◎					○		●	●	
"	M-X-14	Altered andesitic tuff				○			◎							○		
"	M-X-15	Altered andesitic tuff				○	○		◎									
"	M-X-16	Hydrothermally altered rock				●	○		◎					○				
"	M-X-17	Altered andesitic tuff				●	●		◎					◎				○
"	M-X-19	Altered andesitic tuff				○			◎							○		
Wullersdorf	W-X-1	Propylite			○	●			◎				○					○
"	W-X-3	Propylite			○	○			◎				◎					○
"	W-X-4	Hydrothermally altered rock				○		○	◎									○
"	W-X-9	Hydrothermally altered rock				○	○		◎									○
Pock	P-X-1	Porphyrite	●		○				◎			●		◎				●
"	P-X-3	Propylite	●		○	●			◎					◎				●
"	P-X-6	Hydrothermally altered rock			○	○			◎									○
"	P-X-8	Propylite			○	○			◎					○				●
"	P-X-9	Propylite			○	○			◎									○
"	P-X-10	Strongly silicified rock							◎		○		○					
"	P-X-15	Propylite			○	●			◎			●		◎				
"	P-X-16	Propylite			○	○			◎									●
"	P-X-17	Propylite			○	●			◎					◎				●
"	P-X-18	Propylite			○	○			◎					◎				●

Area	Sample No.	Rock Name	Clay Mineral					Silica Mineral		Others								
			Montmorillonite	Mixed-layer mineral of Ser. & Mont.	Chlorite	Sericite	Kaolinite	Cristobalite	quartz	Alunite	Diaspore	Epidote	Talc	Plagioclase	K-felspar	Hematite	Goethite	Pyrite
Nagos	N-X-1	Hydrothermally altered rock					◦		◎		○		○					
"	N-X-2	Hydrothermally altered rock	●				◦	◦	◎									
"	N-X-3	Altered andesitic tuff					◦	◦	◎								●	
"	N-X-4	Hydrothermally altered rock							◎		○							
"	N-X-5	Hydrothermally altered rock						◦	◎				◦				●	
"	N-X-9	Hydrothermally altered rock						◦	◎	◎							◦	
"	N-X-10	Altered andesitic tuff						○	◎	○							●	●
"	N-X-15	Altered andesitic tuff	○					●	◎					◎				◦

[Notes] ◎: Abundant, ○: Medium, ◦: Little, ●: Trace

(7) 石英中の流体包有物の均質化温度の測定

調査した46鉱徴地のうちの20鉱徴地の石英脈から採取した20試料のうち19試料、すなわち Mantri地域13試料、Wullersdorf 地域1試料、Pock地域3試料、Nagos 地域2試料の石英中の流体包有物の均質化温度を測定したが、Nagos 地域のN-Q-7には流体包有物がなく、測定ができなかった。

測定した均質化温度のヒストグラムはFig. II-2-29~Fig. II-2-35に示されている。

Fig. II-2-29~Fig. II-2-33から、Mantri地域の13試料の均質化温度は140°~260°C、平均均質化温度は175°~236°Cを示している。

Wullersdorf 地域のW-Q-2試料の均質化温度は200°~290°C(平均247°C)である。Pock地域の3試料の均質化温度はP-Q-2試料の260°~280°C(平均272°C)、P-Q-4試料の175°~210°C(平均224°C)及びP-Q-5試料の345°~385°C(平均349°C)ではらついている。

Nagos 地域の2試料の均質化温度は230°~275°C(平均245°C)及び320°~340°C(平均328°C)で矢張りばらついている。

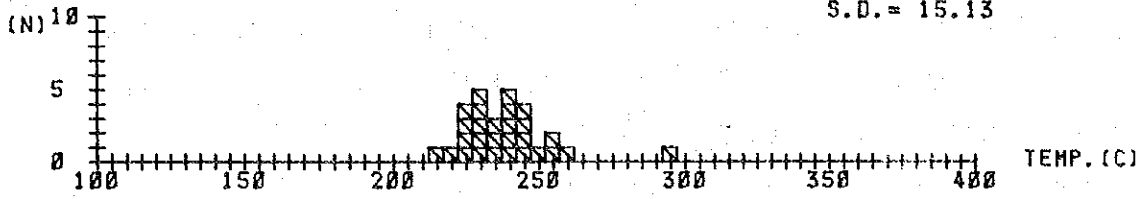
以上の如く、Wullersdorf、Pock及びNagos地域については測定試料が少ないので、均質化温度を云々できない。

Hedenquist(1987)は環太平洋地域の火山活動に関係した熱水系とそれに伴う浅熱水成の金鉱化作用をlow sulfidation型とhigh sulfidation型の二つに分け、low sulfidation型の鉱化作用は170°~270°C、high sulfidation型は200°~300°Cで生成したとしている。

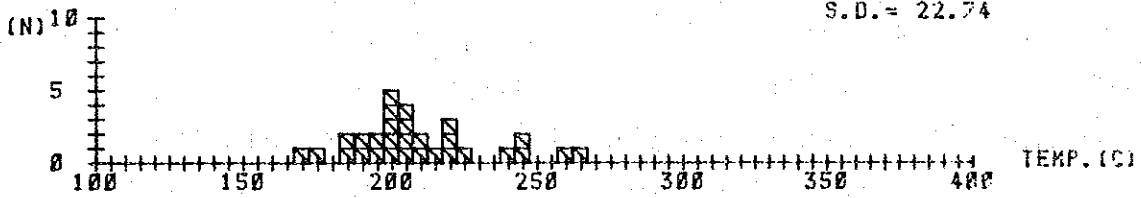
さらにHedenquistによるとすでに発見されている環太平洋地域の浅熱水成鉱床の大部分は地熱系の大半と同様、low sulfidation型とされている。

Mantri地域の石英中の流体包有物の均質化温度はHedenquistのlow sulfidation型の金鉱床の生成温度に近い。

SAMPLE No. M-Q-1
 N= 28
 TEMP. RANGE 214 - 295
 AVERAGE TEMP. = 238
 S.D. = 15.13



SAMPLE No. M-Q-3
 N= 29
 TEMP. RANGE 188 - 263
 AVERAGE TEMP. = 229
 S.D. = 22.74



SAMPLE No. M-Q-4
 N= 28
 TEMP. RANGE 155 - 293
 AVERAGE TEMP. = 213
 S.D. = 24.57

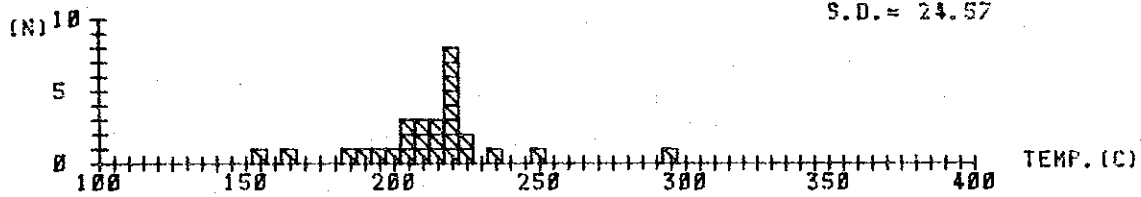
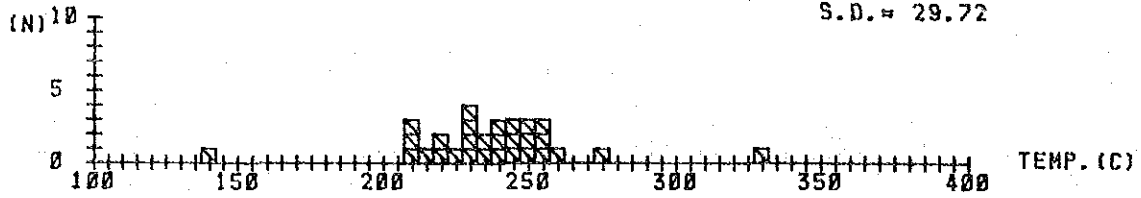
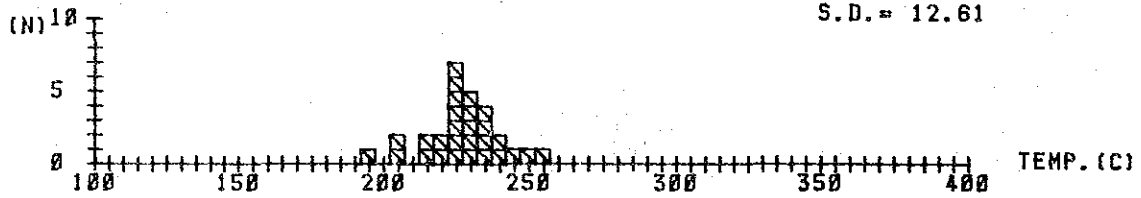


Figure II-2-29 Homogenization Temperature of Fluid Inclusions in Quartz from the Mantri Area (M-Q-1, M-Q-3, M-Q-4)

SAMPLE No. M-Q-5
 N= 29
 TEMP. RANGE 139 - 328
 AVERAGE TEMP. = 236
 S.D. = 29.72



SAMPLE No. M-Q-6
 N= 28
 TEMP. RANGE 197 - 254
 AVERAGE TEMP. = 227
 S.D. = 12.61



SAMPLE No. M-Q-8
 N= 28
 TEMP. RANGE 139 - 238
 AVERAGE TEMP. = 175
 S.D. = 26.07

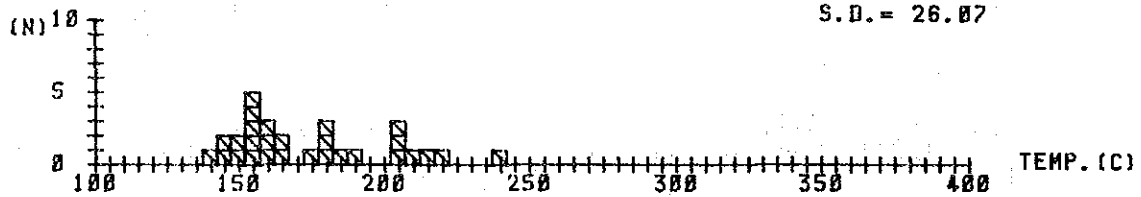
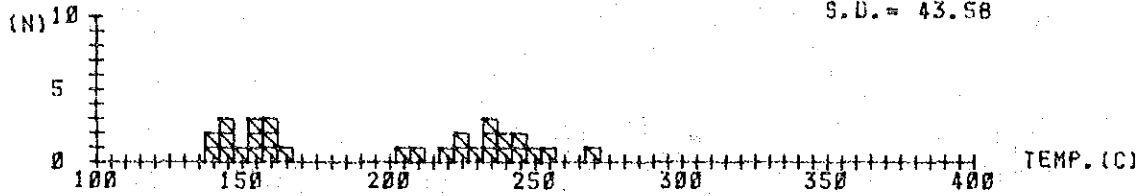
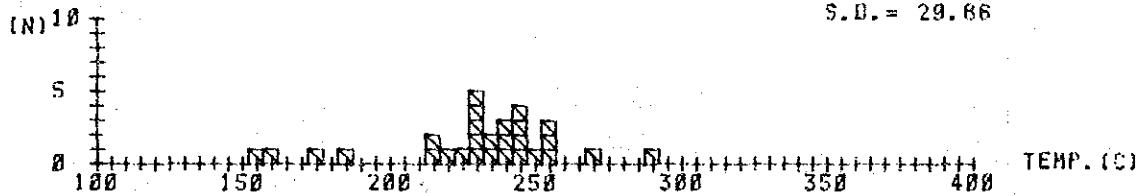


Figure II-2-30 Homogenization Temperature of Fluid Inclusions in Quartz from the Mantri Area (M-Q-5, M-Q-6, M-Q-8)

SAMPLE No. M-Q-9
 N= 29
 TEMP. RANGE 138 - 270
 AVERAGE TEMP. = 197
 S.D. = 43.58



SAMPLE No. M-Q-10A
 N= 28
 TEMP. RANGE 154 - 291
 AVERAGE TEMP. = 230
 S.D. = 29.86



SAMPLE No. M-Q-10B
 N= 33
 TEMP. RANGE 123.2 - 329
 AVERAGE TEMP. = 184
 S.D. = 43.27

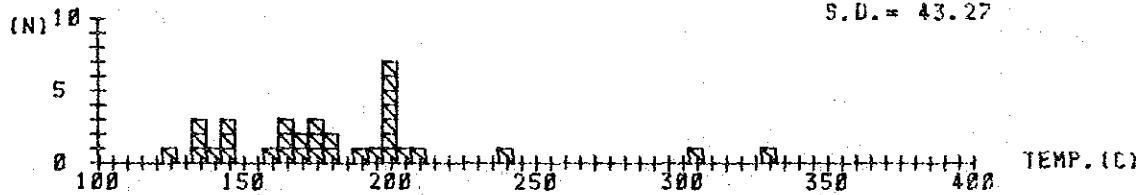
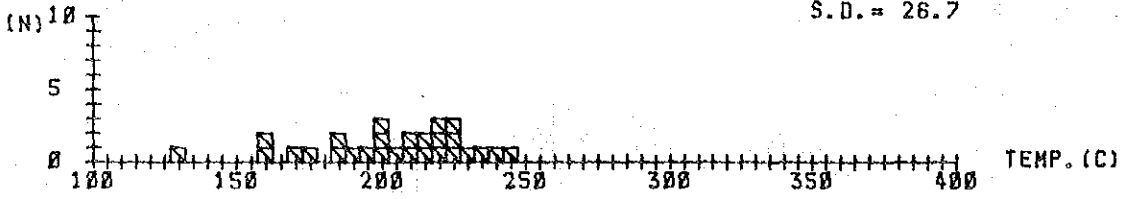
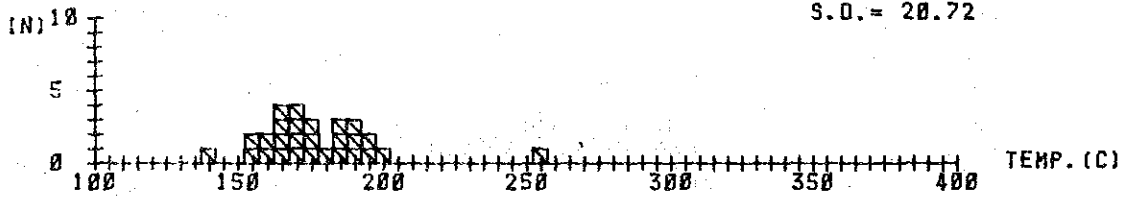


Figure II-2-31 Homogenization Temperature of Fluid Inclusions in Quartz from the Mantri Area (M-Q-9, M-Q-10A, M-Q-10-B)

SAMPLE No. M-Q-12
 N= 27
 TEMP. RANGE 132 - 245
 AVERAGE TEMP. = 203
 S.D. = 26.7



SAMPLE No. M-Q-13
 N= 27
 TEMP. RANGE 142 - 256
 AVERAGE TEMP. = 177
 S.D. = 20.72



SAMPLE No. M-Q-14
 N= 28
 TEMP. RANGE 156 - 302
 AVERAGE TEMP. = 209
 S.D. = 33.77

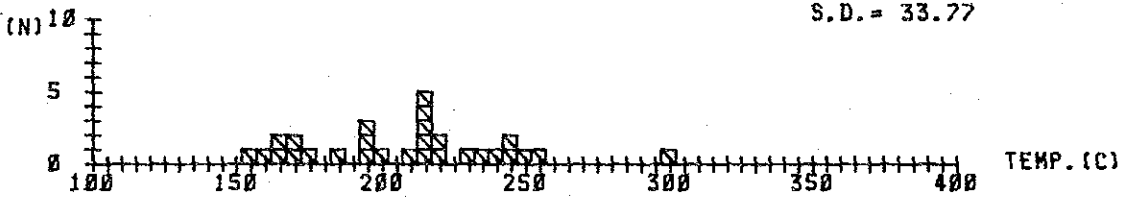
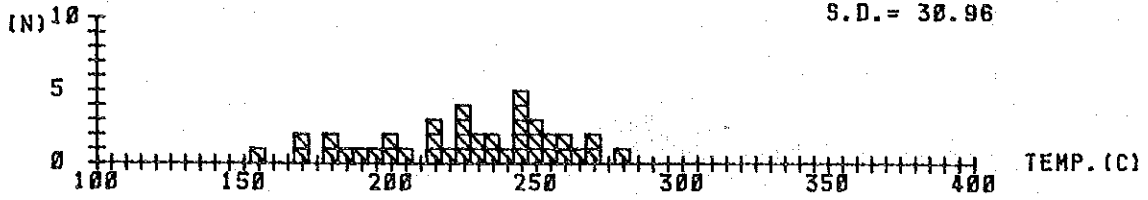


Figure II-2-32 Homogenization Temperature of Fluid Inclusions in Quartz from the Mantri Area (M-Q-12, M-Q-13, M-Q-14)

SAMPLE No. M-Q-16
 N= 40
 TEMP. RANGE 155 - 282
 AVERAGE TEMP. = 226
 S.D. = 30.96



SAMPLE No. W-Q-2
 N= 44
 TEMP. RANGE 195 - 311
 AVERAGE TEMP. = 247
 S.D. = 29.82

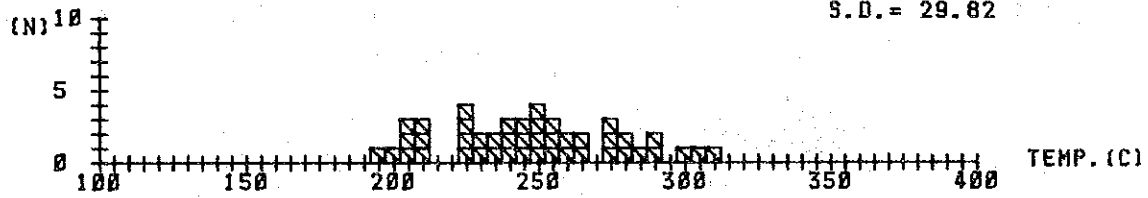
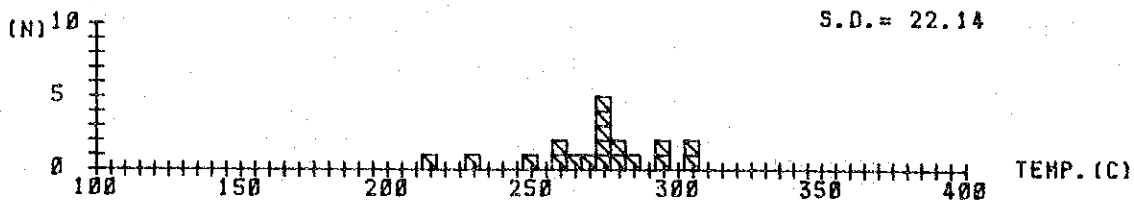
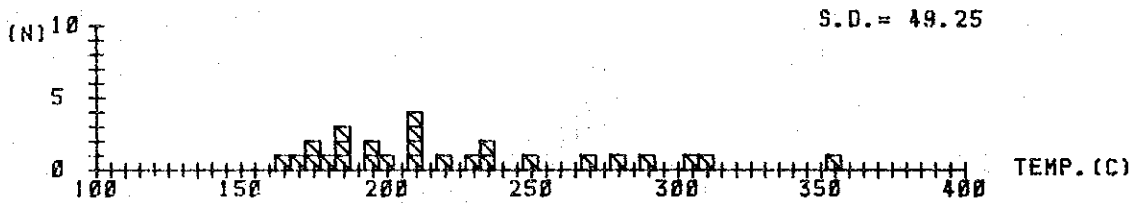


Figure II-2-33 Homogenization Temperature of Fluid Inclusions in Quartz from the Mantri and Wullersdorf Areas (M-Q-16, W-Q-2)

SAMPLE No. P-Q-2
 N= 19
 TEMP. RANGE 214 - 304
 AVERAGE TEMP. = 272
 S.D. = 22.14



SAMPLE No. P-Q-4
 N= 26
 TEMP. RANGE 164 - 356
 AVERAGE TEMP. = 224
 S.D. = 49.25



SAMPLE No. P-Q-5
 N= 26
 TEMP. RANGE 283 - 398
 AVERAGE TEMP. = 349
 S.D. = 32.83

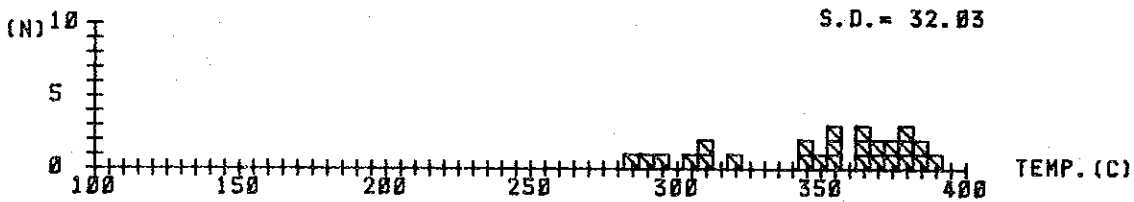


Figure II-2-34 Homogenization Temperature of Fluid Inclusions in Quartz from the Pock Area (P-Q-2, P-Q-4, P-Q-5)

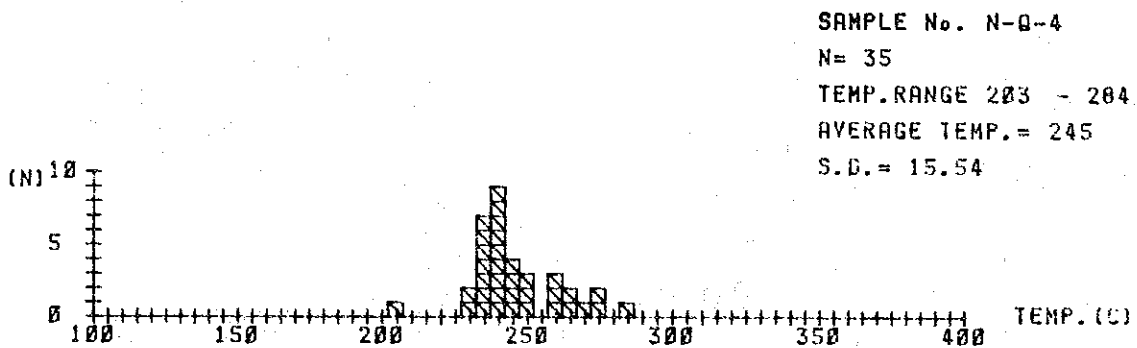
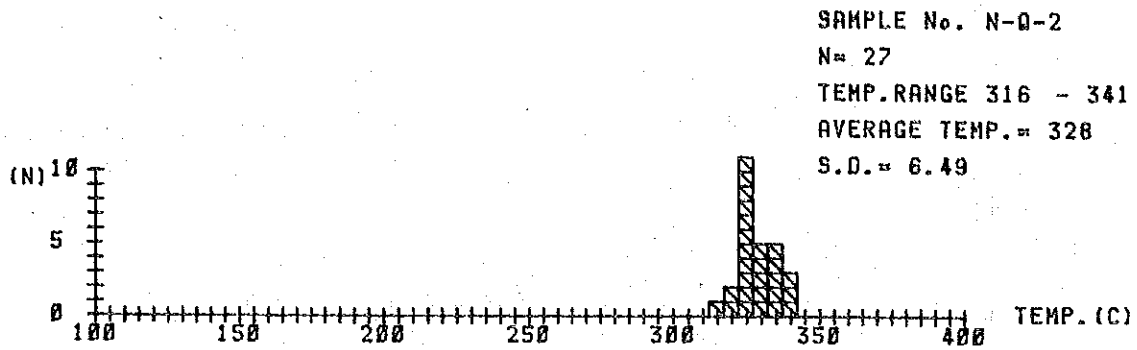


Figure II-2-35 Homogenization Temperature of Fluid Inclusions in Quartz from the Nagos Area (N-Q-2, N-Q-4)

2-4 鉱石分析結果

Semporna半島地区の Mantri, Wullersdorf, Pock及び Nagos地域の40鉱徴地で採取した合計40ヶの鉱石試料, すなわちMantri地域の19試料, Wullersdorf 4試料, Pock地域7試料及び Nagos地域10試料, の分析結果はTable II-2-11に示す通りである。

Table II-2-11の鉱石分析結果から金はMantri地域の含褐鉄鉱・赤鉄鉱(二次生成) - 石英脈及び Nagos地域の1部の含褐鉄鉱・赤鉄鉱 - 石英網状脈に含まれていること及びMantri地域とPock地域の一部の石英脈または石英網状脈は鉛及び/または亜鉛を含んでいることが明らかになった。

これらの試料のうち1g/t以上の金を含んでいるのはMantri地域の6試料, すなわちM-O-4-A (1.90g/t), M-O-10-A (3.42g/t), M-O-11-A (1.16g/t), M-O-13-A (1.42g/t), M-O-14-A (2.08g/t), M-O-15-A (2.02g/t), 及び Nagos地域の1試料 (N-O-12-A, 1.18g/t)であり, 1オンス/t以上の銀を含んでいるのはMantri地域の1試料 (N-O-7-A, 53.4g/t)である。0.5%以上の鉛または亜鉛を含んでいるのはMantri地域の3試料, すなわちM-O-5-A (0.70% Zn), M-O-11-A (1.02% Pb), N-O-20-A (0.86% Zn), 及びPock地域の1試料 (P-O-2-A, 0.74% Pb 及び2.38% Zn)である。

Table II-2-11 List of Assay Result of Ore Samples taken in Semporna Peninsula Region

Location	Sample Number	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Mo (ppm)	Pb (ppm)	S (%)	Zn (ppm)	Occurrence of Ore
M-1	M-O-1-A	<0.01	<0.1	29	<1	31	0.011	35	lim-bearing qz vein
M-3	M-O-3-A	0.26	7.9	167	<1	330	0.110	90	qz-lim-hm network
M-4	M-O-4-A	1.90	3.7	48	<1	152	0.017	25	lim-hm-bearing qz vein
M-6	M-O-5-A	<0.01	0.9	95	<1	258	0.911	6,992	py-sp-bearing qz lens
M-8	M-O-6-A	<0.01	<0.1	43	<1	157	0.019	22	qz-lim vein
M-10	M-O-7-A	0.10	53.4	135	<1	374	0.074	53	lim-hm-bearing qz vein
M-16	M-O-8-A	0.08	2.5	68	18	359	2.057	116	py-lim-hm-bearing qz vein & network
M-18	M-O-9-A	0.06	9.1	34	<1	753	0.815	60	qz vein & network
M-19	M-O-10-A	3.42	4.1	171	<1	1,670	0.012	235	hm-bearing qz vein & network
M-20	M-O-11-A	1.16	9.8	664	<1	10,176	0.035	508	lim-hm-gn-bearing qz network
M-21	M-O-12-A	<0.01	3.7	168	<1	1,585	0.029	100	hm-lim-bearing qz lens & network
M-22	M-O-13-A	1.42	1.3	213	<1	731	0.051	74	hm-lim-bearing qz vein
M-23	M-O-14-A	2.08	16.7	288	<1	356	0.078	320	hm-lim-bearing qz vein
M-24	M-O-15-A	2.02	2.9	229	<1	160	0.027	119	hm-lim-bearing qz vein
M-25	M-O-16-A	<0.01	<0.1	147	<1	2,579	0.040	209	hm-lim-bearing qz network
M-26	M-O-17-A	0.08	2.2	124	<1	633	0.025	59	hm-lim-bearing qz vein
M-27	M-O-18-A	0.30	22.1	336	<1	188	0.880	14	hm-lim-bearing qz vein & network
M-28	M-O-19-A	<0.01	<0.1	39	<1	136	0.013	19	hm-lim-bearing qz vein
M-29	M-O-20-A	0.82	5.9	117	<1	8,596	0.008	183	hm-gn-bearing qz vein
W-1	W-O-1-A	<0.01	<0.1	40	<1	27	0.452	142	dissemination of py
W-3	W-O-2-A	<0.01	<0.1	24	<1	33	4.450	65	dissemination of py
W-4	W-O-3-A	<0.01	<0.1	15	<1	20	6.495	38	qz-py-cm vein & diss.
W-11	W-O-5-A	<0.01	<0.1	77	<1	50	0.017	87	hm-lim-bearing qz vein
P-10	P-O-1-A	<0.01	<0.1	155	<1	143	1.535	17	qz-py-cm vein
P-13	P-O-2-A	<0.01	3.2	55	1	7,388	8.404	23,803	qz-py-sp-gn-cm vein
P-14	P-O-3-A	<0.01	<0.1	17	8	333	0.021	29	lim-bearing qz network
P-20	P-O-6-A	<0.01	<0.1	41	291	63	1.297	113	qz-py-cm vein
P-21	P-O-7-A	<0.01	<0.1	343	60	28	6.358	20	qz-lim-py lens
P-22	P-O-8-A	<0.01	<0.1	7	<1	7	0.017	11	qz vein
P-23	P-O-9-A	<0.01	<0.1	20	<1	19	0.545	810	py-lim-bearing qz vein
N-1	N-O-1-A	<0.01	<0.1	85	<1	217	0.007	7	cm-bearing qz vein
N-2	N-O-2-A	<0.01	<0.1	41	5	22	0.003	10	hm-lim-bearing qz vein
N-3	N-O-3-A	<0.01	<0.1	140	<1	79	0.141	23	hm-lim-cm-bearing qz vein
N-4	N-O-4-A	<0.01	<0.1	247	8	106	0.052	35	qz-lim-hm-cm vein
N-5	N-O-5-A	<0.01	<0.1	82	17	47	0.007	20	lim-hm-cm-bearing qz vein
N-8	N-O-8-A	<0.01	<0.1	88	<1	149	0.232	14	hm-lim bearing qz network
N-9	N-O-9-A	<0.01	<0.1	19	<1	364	0.203	25	hm-lim-cm-bearing qz network
N-10	N-O-10-A	<0.01	<0.1	15	<1	376	0.058	11	lim-bearing qz-cm vein
N-11	N-O-11-A	0.30	14.3	153	<1	434	1.719	18	lim-hm-py-bearing qz network
N-12	N-O-12-A	1.18	6.2	517	4	294	0.034	203	lim-hm-bearing qz network

Abbreviations; M : Mantri, W : Wullersdorf, P : Pock, N : Nagos,
 lim: limonite, hm: hematite (secondary), qz : quartz, py: pyrite,
 cp : chalcopyrite, cm : clay mineral, diss: dissemination, gn: galena,
 sp : sphalerite.

2-5 考 察

今回行った鉍微地調査及び採取した鉍石及び母岩の試料の各種室内試験・化学分析の結果からの結論は下記に要約される。

- (1) Semporna半島地区の鉍床は第三紀中新世後期～鮮新世の火山活動に関係した熱水系に伴う浅熱水成の含金石英脈及び石英網状脈で、火山岩及び火山砕屑岩中に胚胎している。化学分析の結果、低品位ながら1.0g/t以上の金が含まれていたのはMantri地域(1.16~3.42g/t Au)及びNagos 地域の一部(1.18g/t Au)である。
- (2) 全岩化学分析の結果によると、Mantri及び Nagos地域の火山岩及び火山砕屑岩がカルクアルカリ岩系、Pock地域がソレイト系である。
- (3) 上記(1)及び(2)を勘案すると、金鉍化作用はカルクアルカリ岩系の火山活動と関係がある可能性がある。
- (4) X線回折試験及び岩石顕微鏡観察から、Mantri地域の熱水変質帯、すなわち Wullersdorf山を中心とする珪化帯及びその周辺の粘土化帯は、金鉍化作用を伴った中性乃至アルカリ性の熱水溶液により生成された。Wullersdorf 南東部及びPock地域の熱水変質帯は鉍化作用と直接関係がなく、鉍化作用以前の広域変質と考えられるプロピライト化帯である。Nagos 地域の熱水変質帯は鉍床部の地表付近によくみられ、酸性の熱水溶液により生成された珪化帯・粘土化帯である。
- (5) 調査した4地域のうち、少なくともMantri地域の金鉍化作用は、熱水変質鉍物の鉍物組合せ及び石英中の流体包有物の均質化温度から推して、環太平洋地域に分布している大部分の浅熱水成金鉍床と同様、火山活動に関係した熱水系に伴う浅熱水性の金鉍化作用であり、Hedenquist (1987)の low sulfidation型に属するものと考えられる。
- (6) Mantri地域の鉍床は全体的にみるとストックワーク(ネットワーク)型であるので、この下部にボナンザ型(鉍脈型)の含金石英脈が存在する可能性がある。Nagos 地域では地表でみられるのは塊状の珪化・粘土化帯が主であるので、その下部にネットワーク型、さらにボナンザ型の存在する可能性がある。

第Ⅲ部 結論及び提言

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章 結論

本年度調査したセガマ地区及びセムボルナ地区内で今後発見される可能性のある金属鉱床はまず第1にセムボルナ地区の金鉱床と考えられる。

セムボルナ半島地区の金鉱床はMantri地域でみられるように、第三紀中新世後期～鮮新世の火山活動に関係した熱水系に伴う浅熱水成の含金石英脈及び石英網状脈で、火山岩及び火山砕屑岩中に胚胎している。

本地区の金鉱化作用をもたらした熱水溶液は主体が中性ないしアルカリ性で、Mantri地域にみられる如く、強い珪化作用、粘土化作用（絹雲母化作用、カオリン化作用）、カリ長石化作用および黄鉄鉱化作用よりなる熱水変質を母岩に与えているが、一部では Nagos地域にみられるように、一般に金銀鉱脈上部の地表付近によく認められる酸性熱水溶液による強い珪化作用、粘土化作用（カオリン化作用、絹雲母化作用、モンモリロナイト化作用）及び明ばん石化作用を蒙っている。

鉱化作用を規制しているのは本地区に発達している北東、北西、南北及び東西の断層と考えられる。

Mantri地域の金鉱床は全体的にみると、低品位（Au 1.0～3.0g/t位）のストックワーク（ネットワーク）型であるので、この下部にボナンザ型（鉱脈型）の含金石英脈が存在する可能性がある。

また Nagos地域では地表でみられるのは塊状の珪化・粘土化・明ばん石化酸性変質帯が主体であるので、その下部にストックワーク型、さらにボナンザ型の存在する可能性がある。

セムボルナ半島地区には Mantri, Wullersdorf, Pock及び Nagos地域以外にも、第三紀中新世～鮮新世の火山岩及び火山砕屑岩が分布しているので、これらの岩類がMantri地域または Nagos地域と類似せる熱水変質を蒙っている地域には金鉱床賦存の可能性があると考えられる。

火山岩及び火山砕屑岩の化学分析値から推して、本地区の金鉱化作用はカルクアルカリ岩系の火山活動と関係がある可能性が考えられるので、熱水変質を受けた火山岩及び火山砕屑岩がカルクアルカリ岩系列に属していれば、ポテンシャルティーはさらに高まると考えられる。

次に鉱床賦存の可能性があるのはセガマ地区のキプロス型含銅塊状硫化物鉱床と考えられる。Silam 港南方の無名の小島には、一般にキプロス型含銅塊状硫化物鉱体の下部に伴われるストックワーク鉱体の示徴と思われる鉱石が Chert-Spilite Formationに属するスピライト中に胚胎していることから推して、小島近くの陸上部の Silam地域の Chert-Spilite Formationに属するスピライトが分布している所にはスピライト中またはスピライトとその上位のチャートまたは頁岩との境界に沿ってキプロス型含銅塊状硫化物鉱体が存在する可能性はあると考えられる。

第2章 提 言

2-1 第3年次調査への提言

第2年次においては調査地域内に分布する鉱徴地の地質及び鉱化作用の実体を把握し、調査地域内の鉱化作用を解明するために、鉱徴地調査及び、調査の際採取した試料の各種室内試験・化学分析（K-Ar年代測定、岩石化学分析、岩石顕微鏡観察、鉱石化学分析、鉱石顕微鏡観察、X線回折試験、流体包有物の均質化温度測定）を行った結果、セガマ地区でキプロス型含銅塊状硫化鉱体（銅）の示徴と思われる鉱徴地を確認したこと及びその母岩のK-Ar年代が分ったこと、セムボルナ地区の金属鉱床は主として中性-アルカリ性の熱水溶液に伴われた浅熱水性の含金石英脈及び網状脈であること、鉱化作用に伴われた熱水変質作用は地域により異なること、含金石英脈・網状脈の石英の生成温度は環太平洋地域の多くの浅熱水性金鉱床のそれに近いことなどが明らかになり、一応の成果が得られたので、第3年次の調査が予定されているKinabalu及び Labuk地区においても、同じ手法の下記の調査を行うことを提言する。

(1) 鉱徴地調査

(2) 各種室内試験・化学分析

- a) 代表的岩石の年代測定
- b) 岩石の全岩化学分析
- c) 岩石薄片の顕微鏡観察
- d) 鉱石の化学分析
- e) 鉱石研磨片の鉱石顕微鏡観察
- f) 熱水変質岩のX線回折試験（Kinabalu地区）
- g) 石英中の流体包有物の均質化温度測定（Kinabalu地区）

2-2 将来への提言

第2年次の調査結果から、近い将来先ずセムボルナ地区において、金鉱床を対象に下記の調査・探鉱を行うことを提言する。

- (1) Mantri地域においては現在地表にみられる低品位のストックワーク鉱体の下部に期待されるボナンザ型のより高品位の含金石英脈を探鉱するためのボーリングを行う。
- (2) Nagos 地域においては、現在地表にみられる珪化帯の下部に期待されるストックワーク型またはボナンザ型（鉱脈型）の金鉱床を探鉱するためのボーリングを行う。
- (3) Mantri, Wullersdorf, Pock 及び Nagos地域以外の第三紀中新世-鮮新世の火山岩及び火山砕屑岩が分布している地域の詳細な地質調査を行い熱水変質帯をピックアップする。次に熱水変質帯上の土壌を対象にした地化学探鉱、熱水変質帯の鉱物組合せを明らかにするためのX線回折試験による熱水変質鉱物の同定、熱水変質帯中に石英脈があれば、その生成温度を知るための石

英中の流体包有物均質化温度の測定，熱水変質を受けた火山岩または火山碎屑岩の原岩の化学組成及び生成年代を知るための全岩化学分析及びK-Ar年代測定を行う。以上により金鉱床賦存の可能性が予想された場合はトレンチングを行う。

次にセガマ地区においてキプロス型含銅塊状硫化物鉱床の示徴をつかむために，先ず Silam地域において Chert-Spilite Formationの分布している地域の詳細な地質調査を行うことを提言する。

REFERENCES

- Bonham, Jr., H. F. (1986): Models for volcanic-hosted epithermal precious metal deposits; A review, International Volcanological Congress, 1~5
- Beimon, P. (1981): Exploration for epithermal gold and silver deposits: the epithermal model; 1st Intern. Symp. Small Mine Economics and Expansion, Taxco, Mexico, May 17-21, 1981, P15
- Hedenquist, J. W. (1987): Mineralization associated with volcanic-related hydrothermal systems in the Circum-Pacific Basin. In Transactions of the Fourth Circum-Pacific Conference on Energy and Mineral Resources (M. K. Horn, ed.), Singapore, August 18-22, 1987, American Association of Petroleum Geologists
- Henley, R. W. and Ellis, A. J. (1983): Geothermal Systems, ancient and modern. Earth Science Reviews, 19, 1-50
- Kuno, H. (1966): Lateral variation of basalt magma type across continental margins and island arc. Bull. Volcanol., 24, 195-222
- Lee, D. T. C. (1988): Gunung Pock area, Semporna Peninsula, Sabah, Malaysia; Report 9, Geological Survey of Malaysia
- Leong, K. M. (1974): The geology and mineral resources of the upper Segama valley and Darvel Bay area, Sabah, Malaysia; Memoir 4 (revised), Geological Survey of Malaysia
- Lim, P. S. (1981): Wullersdorf area, Sabah, Malaysia; Report 15, Geological Survey of Malaysia
- Lowell, J. D. and Guilbert, J. M. (1970): Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits; Econ. Geol., Vol. 65, No. 4, P373~408
- Sillitoe, R. H. (1973): The tops and bottoms of porphyry copper deposits. Econ. Geol., Vol. 68, P799~815

Streckeisen, A. L. (1973): Classification and nomenclature recommended by the IUGS subcommission on the systematics of igneous rocks., *Geotimes*, 18, 26~30

Takenouch, S (1981): Fluid inclusion studies of Tertiary gold deposits. *Mining Geology Special Issue*, No. 10, 247~258 (in Japanese, abstract in English)

Takenouchi, S. (1983): Fluid inclusion study of Nansatsu type gold deposits, Southern Kyushu, Japan. *Mining Geology*, Vol. 33, No. 4, 237~245 (in Japanese, abstract in English)

White, D. E. (1981): Active geothermal systems and hydrothermal ore deposits. *Econ. Geol.*, 75th Anniv. Vol., 392~423

P l a t e

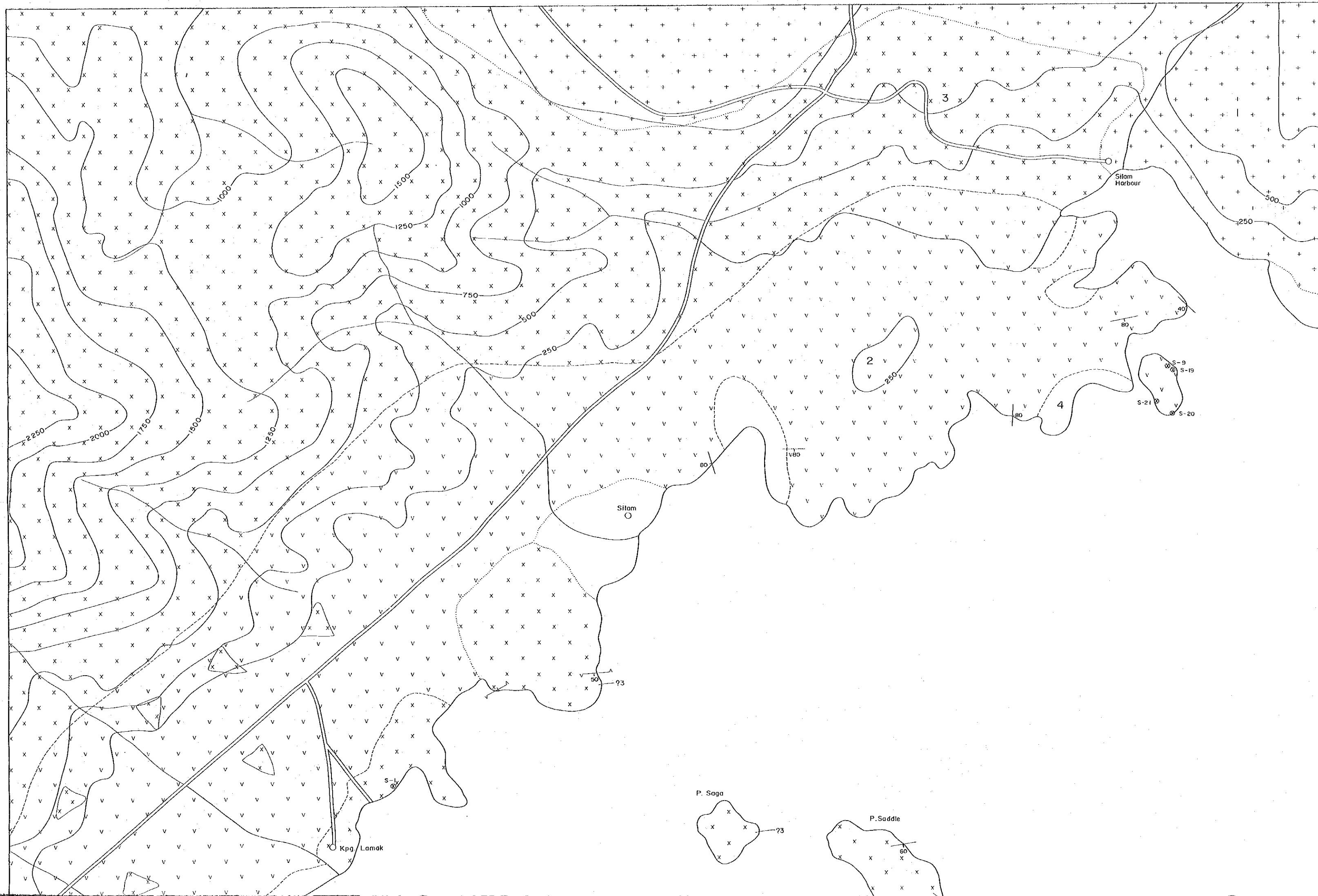
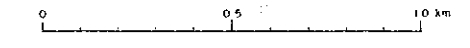


FIG. II-1-1 GEOLOGIC MAP WITH LOCALITY OF MINERAL OCCURRENCE OF SILAM AREA, SEGAMA-DARVEL BAY REGION, SABAH

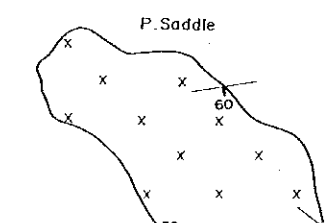
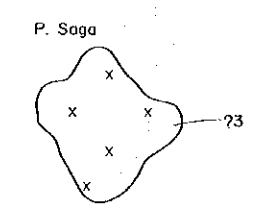
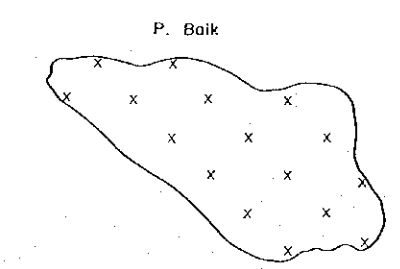
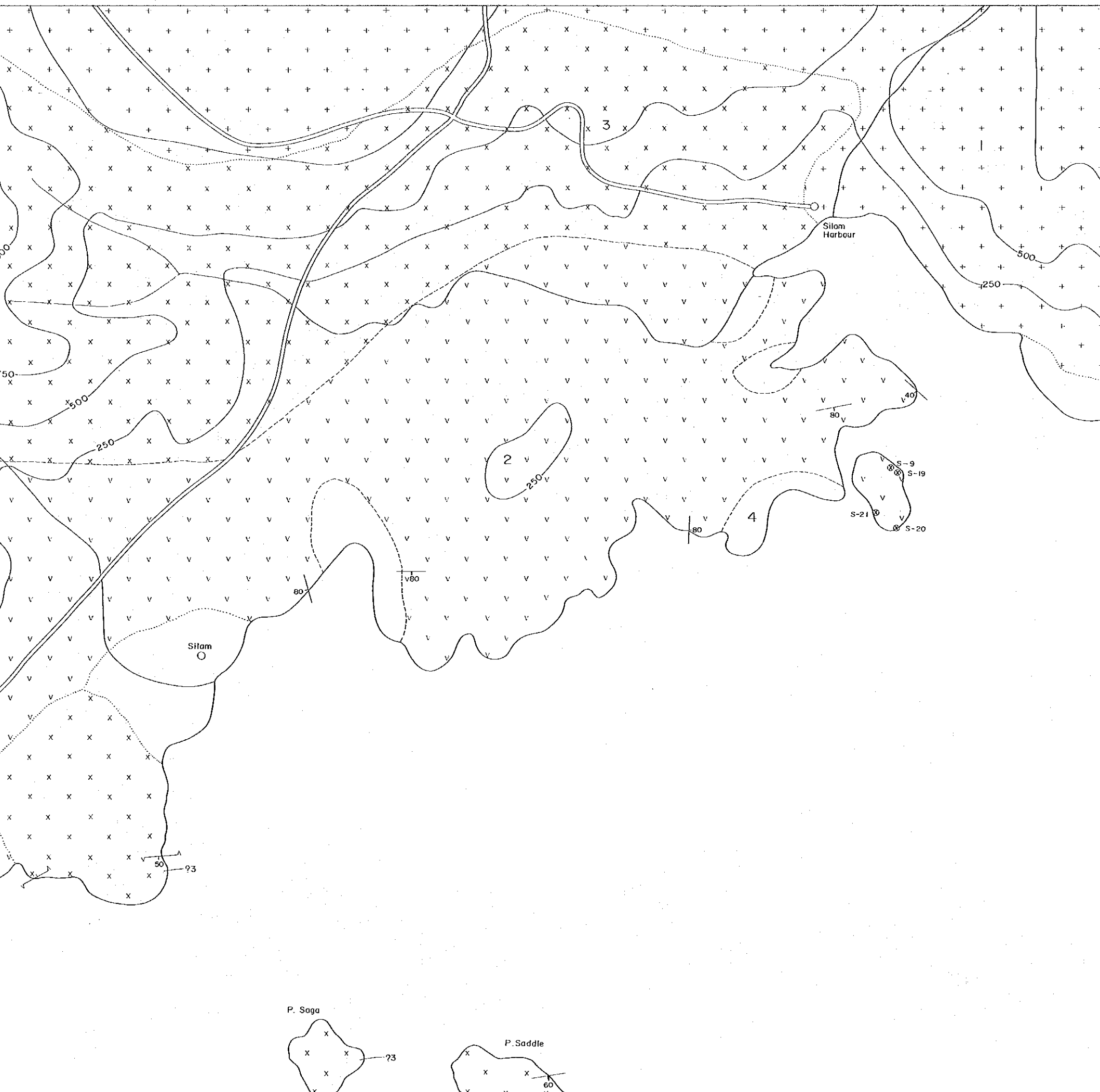
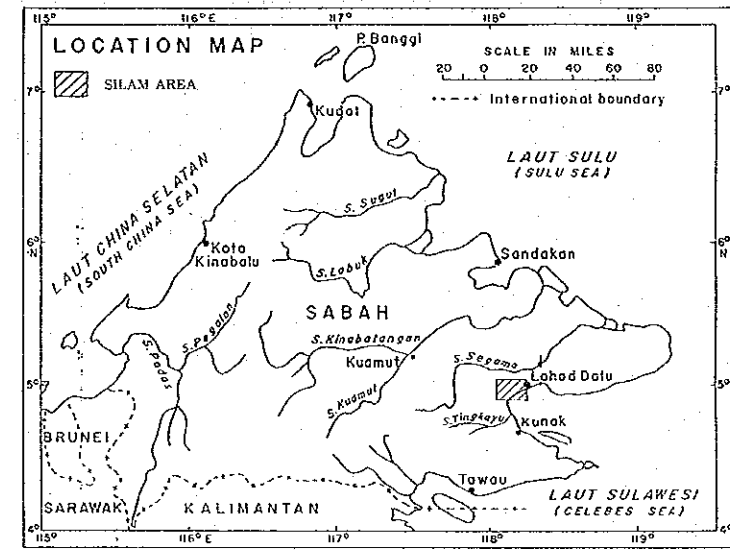
Scale 1:10,000

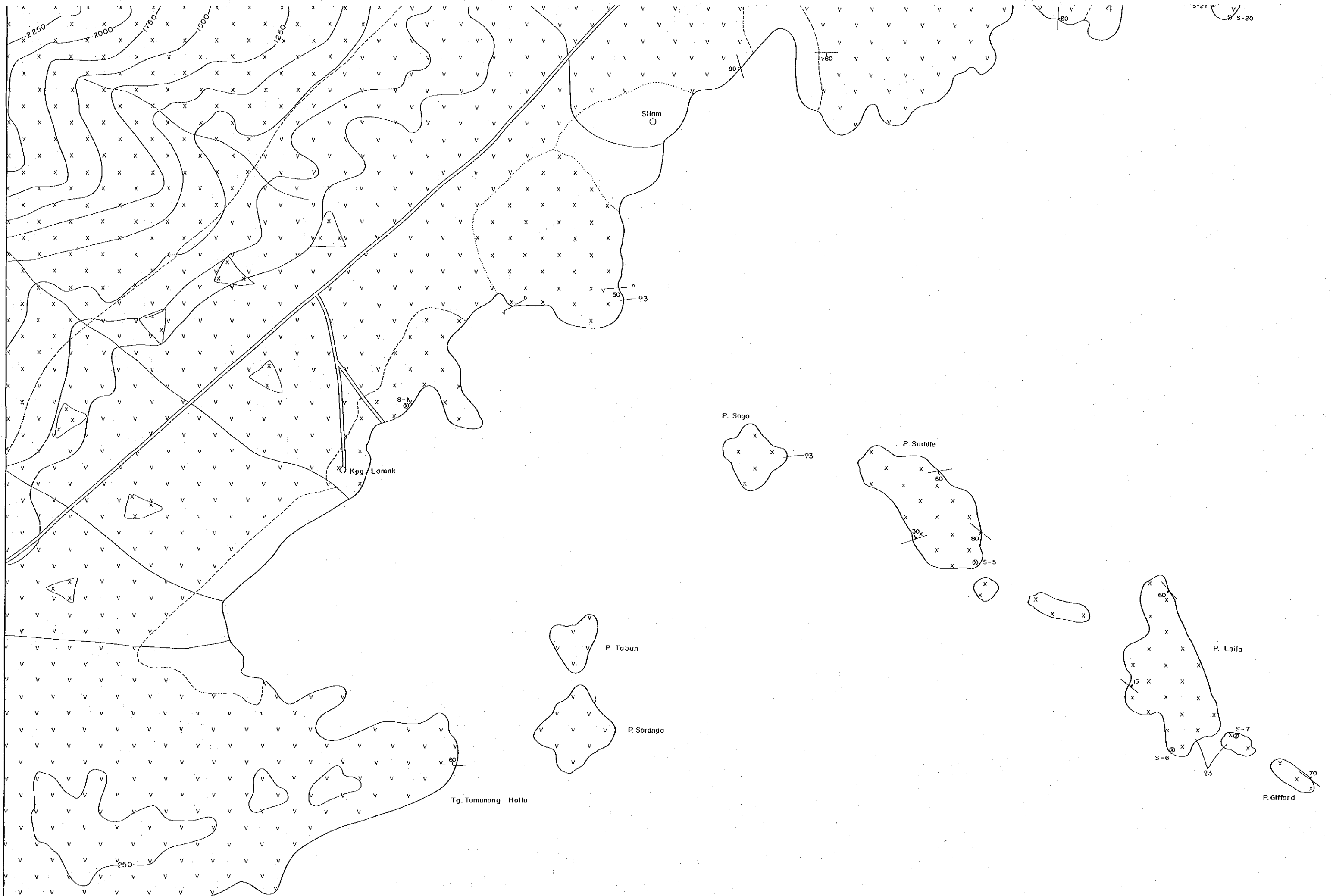


LEGEND

- | | |
|--|---|
| <p>QUATERNARY
RECENT</p> <p>4 Undivided river and coastal alluvium, beach and mangrove swamp deposits; active mud volcano, hot spring and salt spring deposits</p> <p>CRETACEOUS AND/OR EARLY TERTIARY</p> <p>X X X X ULTRAMAFIC ROCKS
Mainly serpentinite and serpenitized peridotite, predominantly harzburgite; some garnet peridotite, pyroxenite and dunite. Dunite containing podiform chromite ore and other ultramafic rocks exposed on the Darvel Bay islands and along the Silam coast, and large ultramafic bodies in the Segama area marked 13 may be older and associated with the amphibolite and hornblende-plagioclase gneiss of the Crystalline Basement.</p> <p>UPPER CRETACEOUS AND EARLY TERTIARY (EOCENE)</p> <p>V V V V CHERT-SPILITE FORMATION:
Mainly radiolarian chert, volcanic breccia, agglomerate, spilitic keratophyre, basalt, pillow lava, tuff, minor rhyolite and dacite, epidote hornfels, epidote, ophicalcite, some altered and schistose volcanic rocks and associated dolerite</p> <p>LOWER TRIASSIC AND/OR OLDER
CRYSTALLINE BASEMENT</p> <p>+ + + + Well foliated hornblende plagioclase gneiss, gneissic amphibolite, amphibolite, epidote amphibolite, some pyroxene and garnet amphibolite, hornblende schist, actinolite schist, actinolite-epidote schist, quartzofeldspathic gneiss, muscovite-quartz schist, some quartzite, chlorite schist, actinolite, metachert, meta-tuffaceous and other meta-volcanic rocks, some migmatitic rocks and cataclastics including augen, marlar and flaser gneiss</p> | <p>GEOLOGICAL SYMBOLS</p> <p>Geological boundary (defined, approximate, assumed) / / +</p> <p>Bedding (inclined, vertical, horizontal) / / +</p> <p>Foliation: schistosity and gneissosity (inclined, vertical, horizontal) / / +</p> <p>Layering in gabbroic rocks; primary foliation in ultramafic rocks (inclined, vertical, horizontal) / / +</p> <p>Lineation: mainly mineral lineations, some fold axes and crenulations (plunging, horizontal) / / +</p> <p>Fault (eppeestimate, assumed) / /</p> <p>Shearing and dip / /</p> <p>Mineral occurrence ⊗</p> <p>TOPOGRAPHICAL SYMBOLS</p> <p>Roads ————</p> <p>Other roads or trails (mainly overgrown) - - - - -</p> <p>Town ●</p> <p>Timber or estate camp ◆</p> <p>Contour or fence line (interval 250 feet) ————</p> <p>River course indefinite ————</p> <p>Kampung (village) *Kog</p> <p>Sungai (river) S</p> <p>Gunung, Bukit (mountain, hill) G G</p> <p>Pulau (island) P</p> <p>Tanjung (headland) Tg</p> |
|--|---|

(Geology is taken from "Geological Map of the Upper Segama Valley and Darvel Bay Area" by K. M. Leong, 1974)





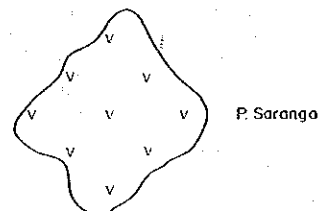
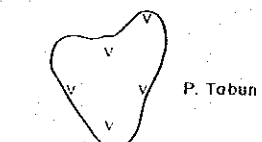
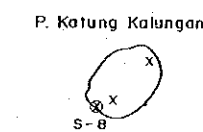
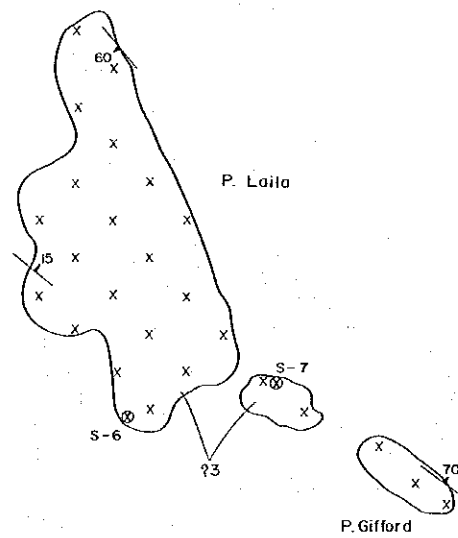
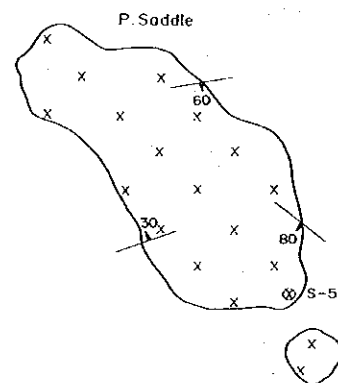
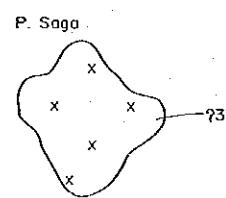
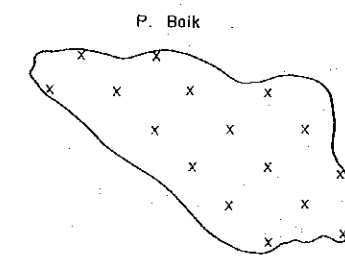
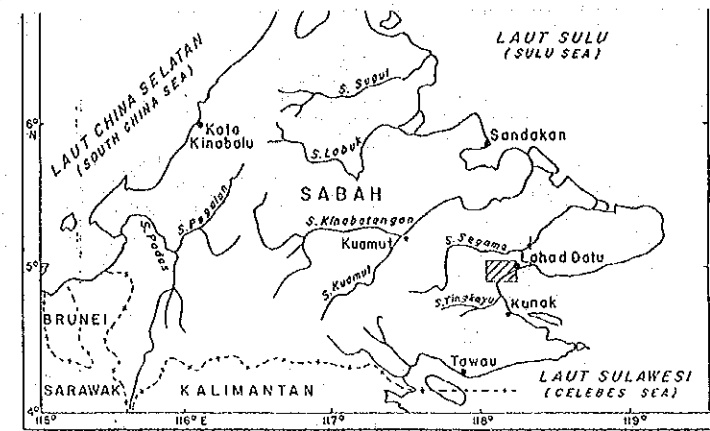
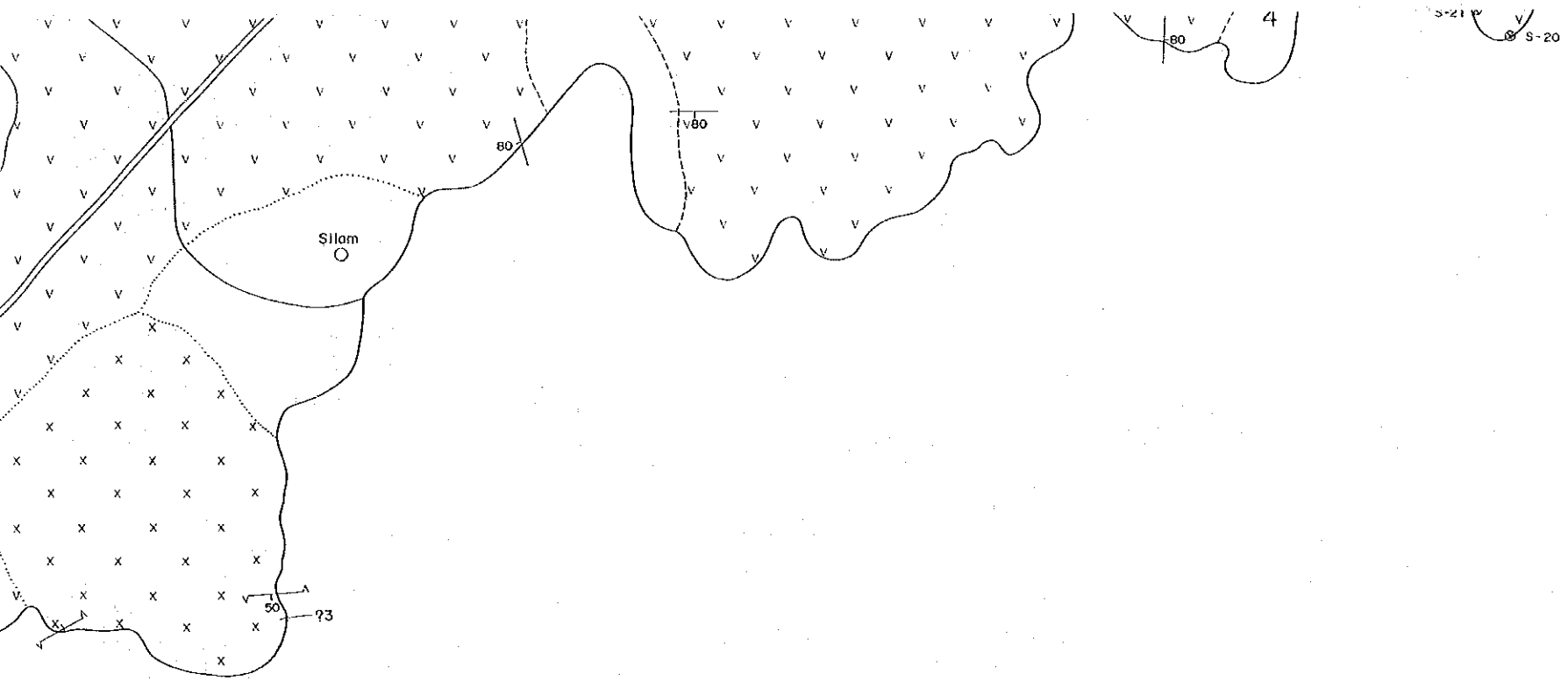
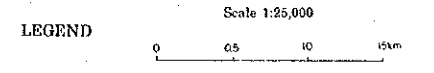


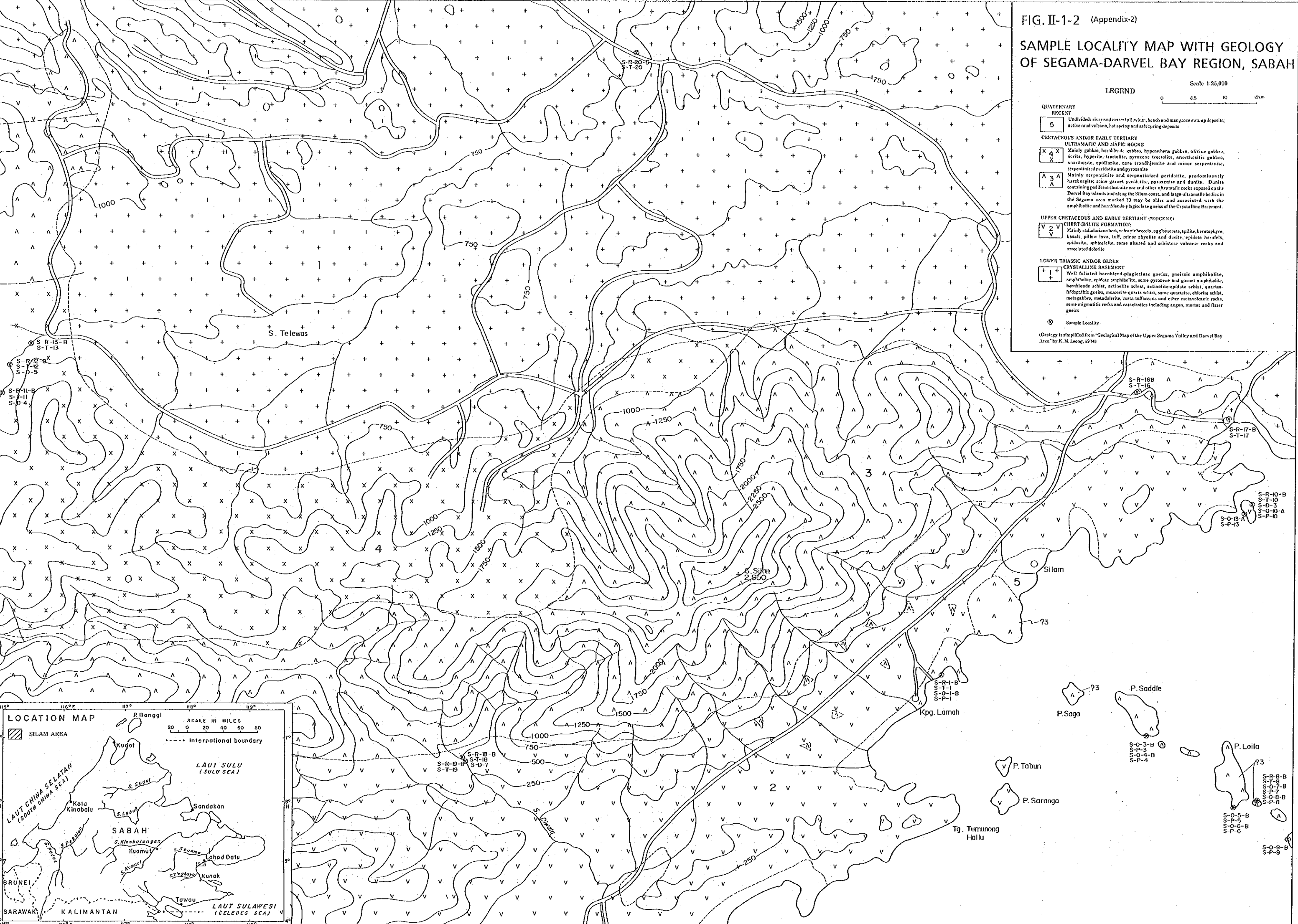
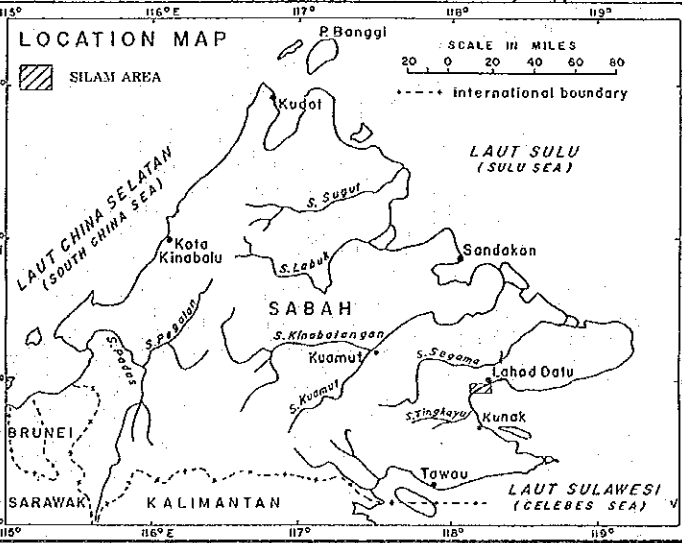
FIG. II-1-2 (Appendix-2)

SAMPLE LOCALITY MAP WITH GEOLOGY OF SEGAMA-DARVEL BAY REGION, SABAH



- QUATERNARY RECENT**
 5 Unaltered river and coastal alluvium, beach and mangrove swamp deposits; active sand volcano, hot spring and salt-crystalline deposits
- CRETACEOUS AND/OR EARLY TERTIARY ULTRAMAFIC AND MAFIC ROCKS**
 4 X X X Mainly gabbro, hornblende gabbro, hypersthene gabbro, olivine gabbro, norite, hyperite, troctolite, pyroxene troctolite, anorthositic gabbro, anorthosite, epidiorite, rare ironthornite and minor serpentinite, serpentinitic peridotite and pyroxenite
 3 A A A Mainly serpentinite and serpensitized peridotite, predominantly harzburgite; some garnet peridotite, pyroxenite and dunite. Dunite containing podiform chromite ore and other ultramafic rocks exposed on the Darvel Bay islands and along the Silam coast, and large ultramafic bodies in the Segama area marked ?3 may be older and associated with the amphibolite and hornblende-plagioclase gneiss of the Crystalline Basement.
- UPPER CRETACEOUS AND EARLY TERTIARY (Eocene) CHERT-SHILITE FORMATION:**
 2 V V V Mainly radiolarian chert, volcanic breccia, agglomerate, apilite, keratophyre, basalt, pillow lava, tuff, minor rhyolite and dacite, epidote hornfels, epidiorite, opicalcite, some altered and schistose volcanic rocks and associated dolerite
- LOWER TRIASSIC AND/OR OLDER CRYSTALLINE BASEMENT**
 1 + + + Well foliated hornblende-plagioclase gneiss, gneissic amphibolite, amphibolite, epidote amphibolite, some pyroxene and garnet amphibolite, hornblende schist, actinolite schist, actinolite-epidote schist, quartz-feldspathic gneiss, muscovite-quartz schist, some quartzite, chlorite schist, metagabbro, metadolerite, meta-tuffaceous and other metavolcanic rocks, some migmatitic rocks and catclastites including augen, mortar and flaser gneiss
- ⊙ Sample Locality

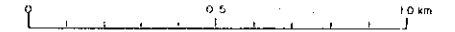
(Geology is simplified from "Geological Map of the Upper Segama Valley and Darvel Bay Area" by K. M. Leong, 1974)



(Appendix-3)

FIG. II-2-1 GEOLOGIC MAP WITH LOCALITY OF MINERAL OCCURRENCE OF MANTRI AREA, SEMPORNA PENINSULA, SABAH

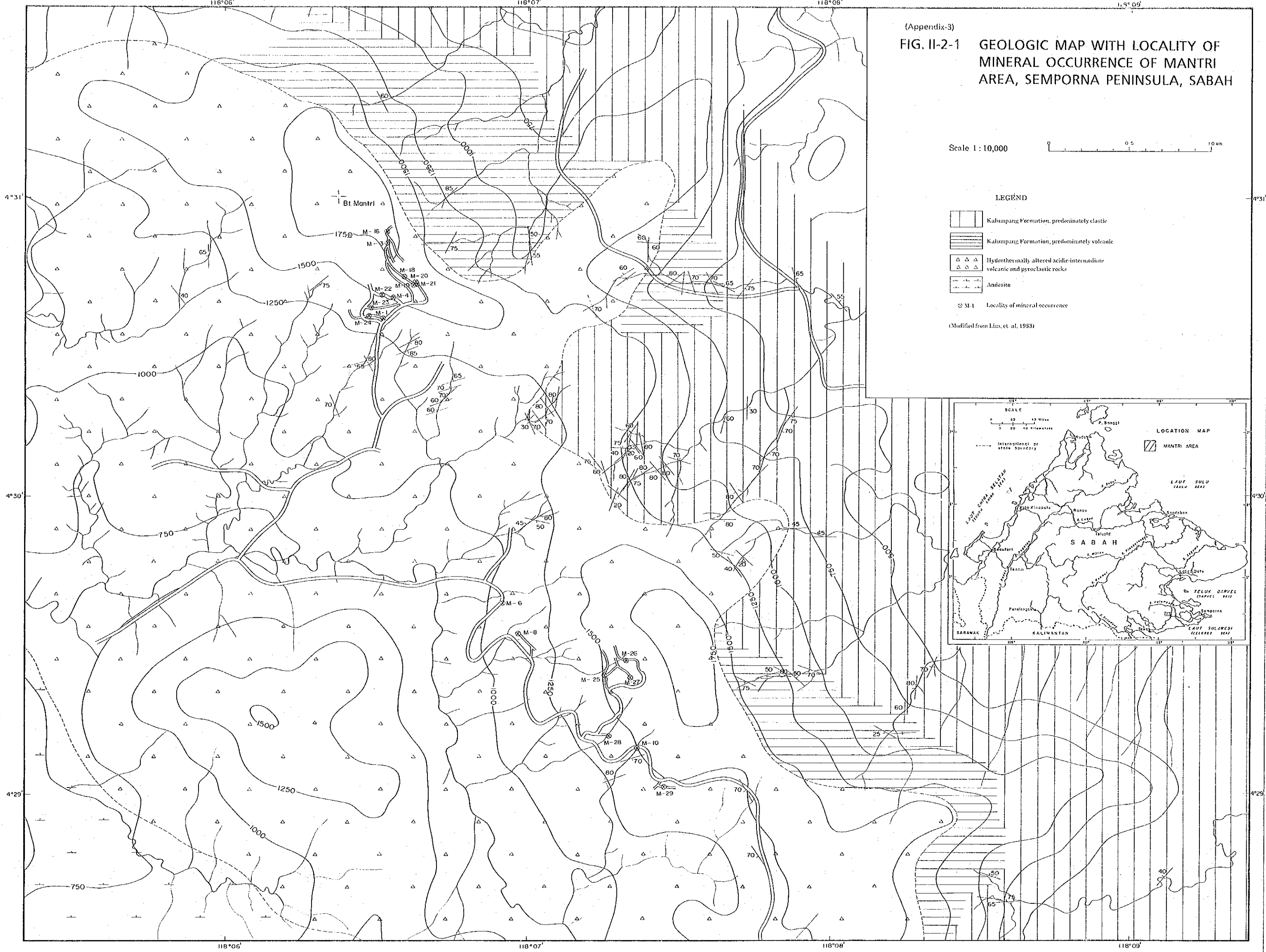
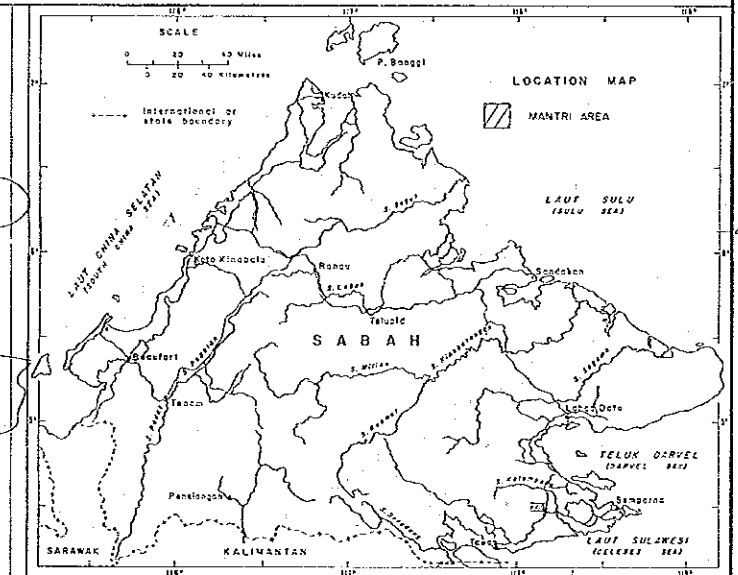
Scale 1 : 10,000

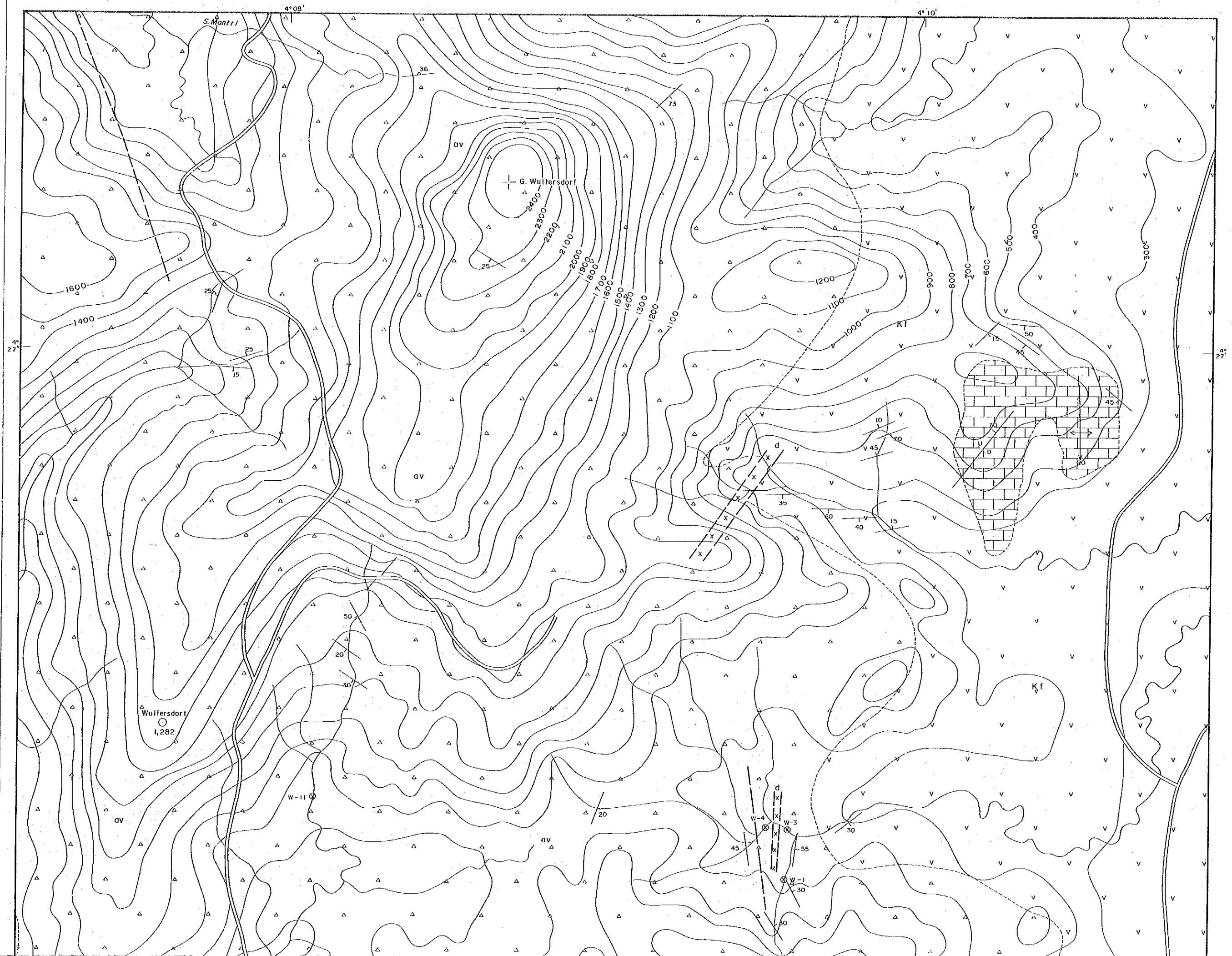


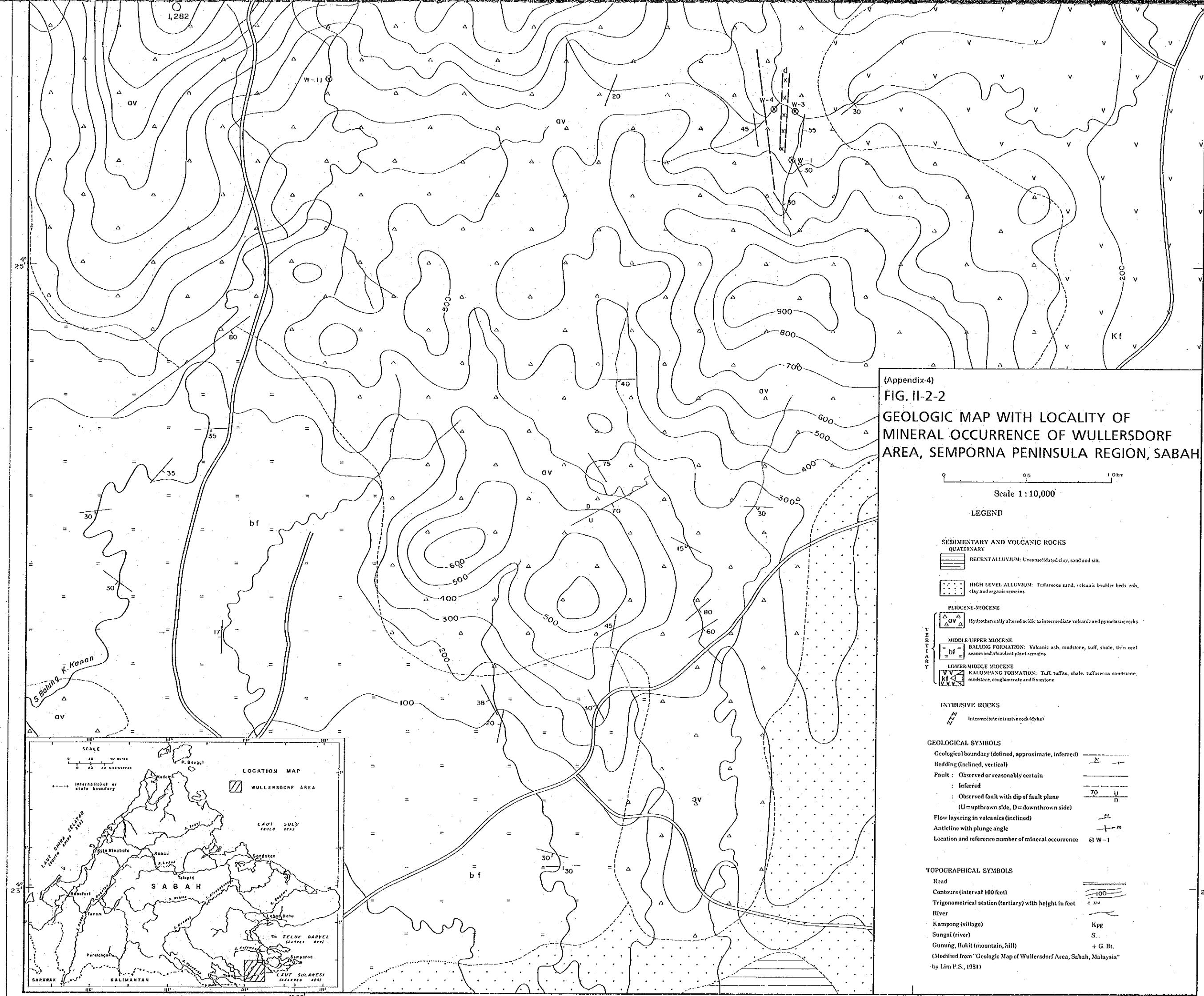
LEGEND

- Kolumpang Formation, predominately clastic
- Kolumpang Formation, predominately volcanic
- Hydrothermally altered acidic-intermediate volcanic and pyroclastic rocks
- Andesite
- M-1 Locality of mineral occurrence

(Modified from Lin, et. al. 1933)







(Appendix-4)
FIG. II-2-2
GEOLOGIC MAP WITH LOCALITY OF
MINERAL OCCURRENCE OF WULLERSDORF
AREA, SEMPORNA PENINSULA REGION, SABAH

0 0.5 1.0 km
 Scale 1 : 10,000

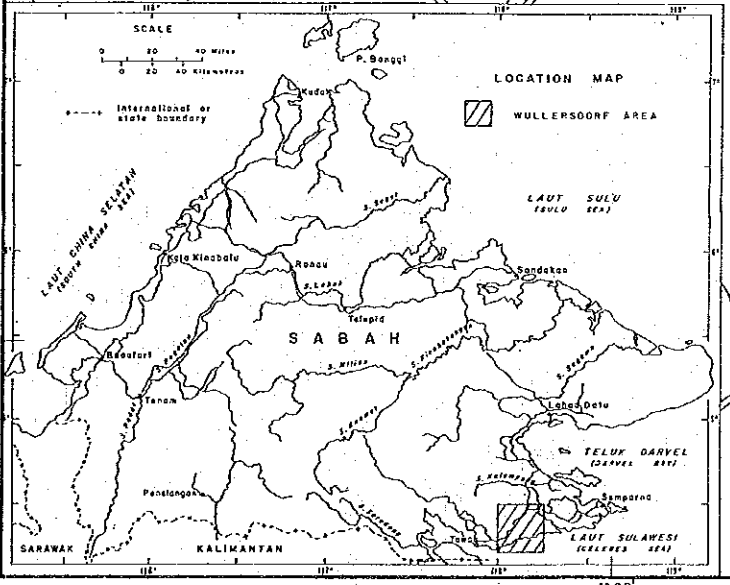
LEGEND

- SEDIMENTARY AND VOLCANIC ROCKS**
- QUATERNARY**
- RECENT ALLUVIUM: Unconsolidated clay, sand and silt.
 - HIGH LEVEL ALLUVIUM: Tuffaceous sand, volcanic boulder beds, ash, clay and organic remains.
- PLIOCENE-MIOCENE**
- MIDDLE UPPER MIOCENE**
BALUNG FORMATION: Volcanic ash, mudstone, tuff, shale, thin coal seams and abundant plant remains.
 - LOWER MIDDLE MIOCENE**
KALAMANG FORMATION: Tuff, tuffite, shale, tuffaceous sandstone, mudstone, conglomerate and limestone.

- INTRUSIVE ROCKS**
- Intermediate intrusive rock (dyke)

- GEOLOGICAL SYMBOLS**
- Geological boundary (defined, approximate, inferred)
 - Bedding (inclined, vertical)
 - Fault: Observed or reasonably certain
 - Inferred
 - Observed fault with dip of fault plane (U = upthrown side, D = downthrown side)
 - Flow layering in volcanics (inclined)
 - Anticline with plunge angle
 - Location and reference number of mineral occurrence

- TOPOGRAPHICAL SYMBOLS**
- Road
 - Contours (interval 100 feet)
 - Trigonometrical station (tertiary) with height in feet
 - River
 - Kampung (village)
 - Sungai (river)
 - Gunung, Bukit (mountain, hill)



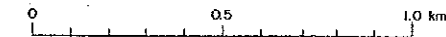
(Modified from "Geologic Map of Wullersdorf Area, Sabah, Malaysia" by Lim P.S., 1981)

118°23'

(Appendix-5)
FIG. II-2-3

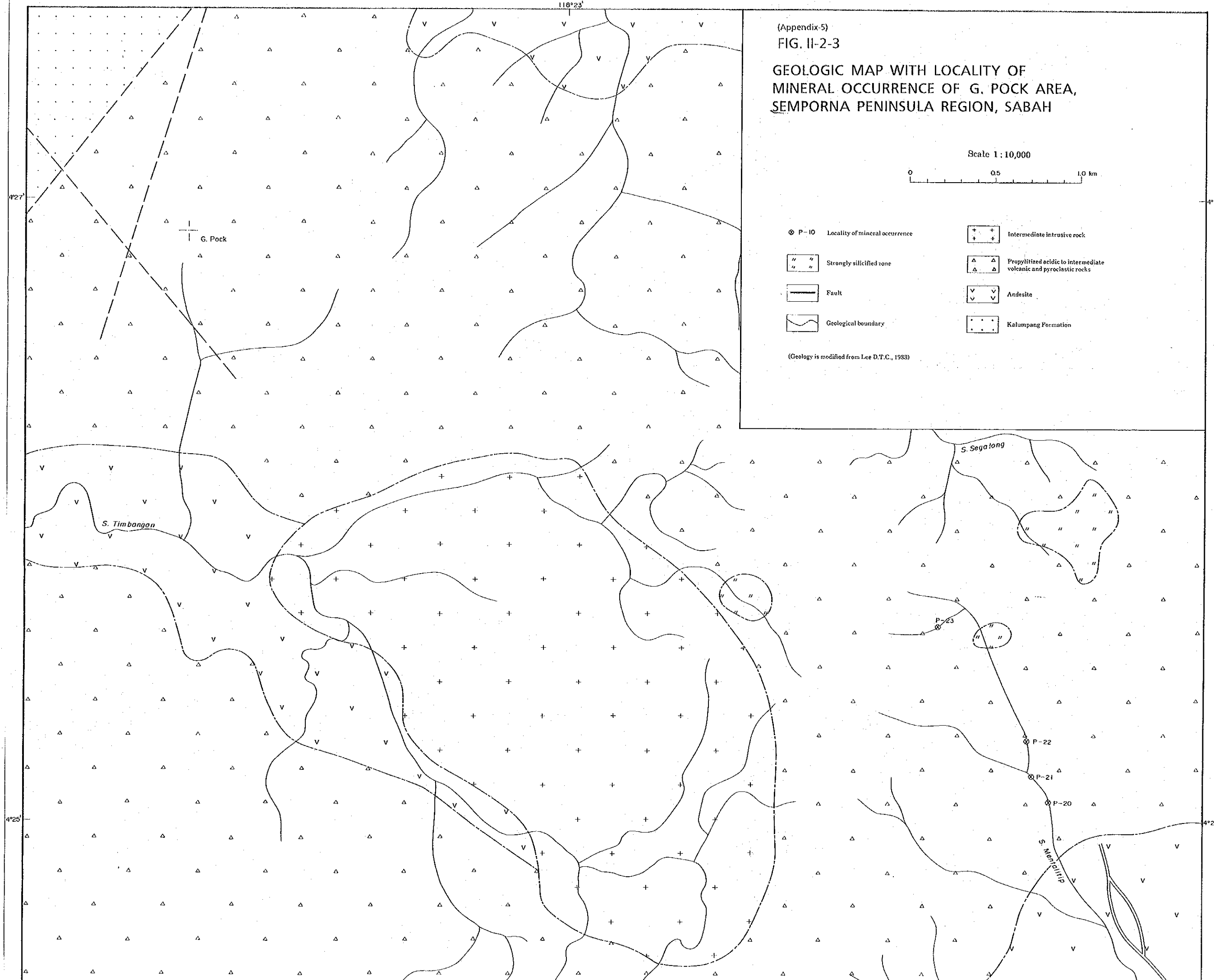
GEOLOGIC MAP WITH LOCALITY OF
MINERAL OCCURRENCE OF G. POCK AREA,
SEMPORNA PENINSULA REGION, SABAH

Scale 1:10,000



- ⊙ P-10 Locality of mineral occurrence
- ⊙ P-23
- ⊙ P-22
- ⊙ P-21
- ⊙ P-20
- ⊙ P-19
- ⊙ P-18
- ⊙ P-17
- ⊙ P-16
- ⊙ P-15
- ⊙ P-14
- ⊙ P-13
- ⊙ P-12
- ⊙ P-11
- ⊙ P-10
- ⊙ P-9
- ⊙ P-8
- ⊙ P-7
- ⊙ P-6
- ⊙ P-5
- ⊙ P-4
- ⊙ P-3
- ⊙ P-2
- ⊙ P-1
- ⊙ P-0
- ⊙ P-1
- ⊙ P-2
- ⊙ P-3
- ⊙ P-4
- ⊙ P-5
- ⊙ P-6
- ⊙ P-7
- ⊙ P-8
- ⊙ P-9
- ⊙ P-10
- ⊙ P-11
- ⊙ P-12
- ⊙ P-13
- ⊙ P-14
- ⊙ P-15
- ⊙ P-16
- ⊙ P-17
- ⊙ P-18
- ⊙ P-19
- ⊙ P-20
- ⊙ P-21
- ⊙ P-22
- ⊙ P-23
- ⊙ P-24
- ⊙ P-25
- ⊙ P-26
- ⊙ P-27
- ⊙ P-28
- ⊙ P-29
- ⊙ P-30
- ⊙ P-31
- ⊙ P-32
- ⊙ P-33
- ⊙ P-34
- ⊙ P-35
- ⊙ P-36
- ⊙ P-37
- ⊙ P-38
- ⊙ P-39
- ⊙ P-40
- ⊙ P-41
- ⊙ P-42
- ⊙ P-43
- ⊙ P-44
- ⊙ P-45
- ⊙ P-46
- ⊙ P-47
- ⊙ P-48
- ⊙ P-49
- ⊙ P-50
- ⊙ P-51
- ⊙ P-52
- ⊙ P-53
- ⊙ P-54
- ⊙ P-55
- ⊙ P-56
- ⊙ P-57
- ⊙ P-58
- ⊙ P-59
- ⊙ P-60
- ⊙ P-61
- ⊙ P-62
- ⊙ P-63
- ⊙ P-64
- ⊙ P-65
- ⊙ P-66
- ⊙ P-67
- ⊙ P-68
- ⊙ P-69
- ⊙ P-70
- ⊙ P-71
- ⊙ P-72
- ⊙ P-73
- ⊙ P-74
- ⊙ P-75
- ⊙ P-76
- ⊙ P-77
- ⊙ P-78
- ⊙ P-79
- ⊙ P-80
- ⊙ P-81
- ⊙ P-82
- ⊙ P-83
- ⊙ P-84
- ⊙ P-85
- ⊙ P-86
- ⊙ P-87
- ⊙ P-88
- ⊙ P-89
- ⊙ P-90
- ⊙ P-91
- ⊙ P-92
- ⊙ P-93
- ⊙ P-94
- ⊙ P-95
- ⊙ P-96
- ⊙ P-97
- ⊙ P-98
- ⊙ P-99
- ⊙ P-100

(Geology is modified from Lee D.T.C., 1988)



G. Pock

S. Timbangan

S. Segalong

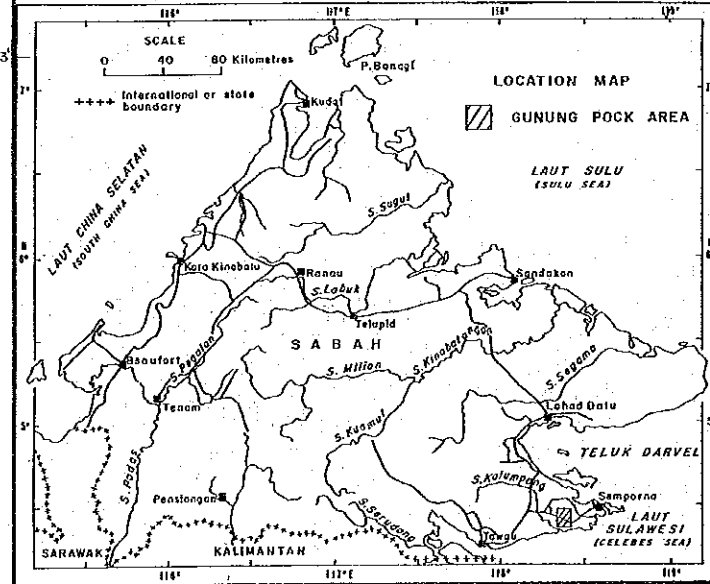
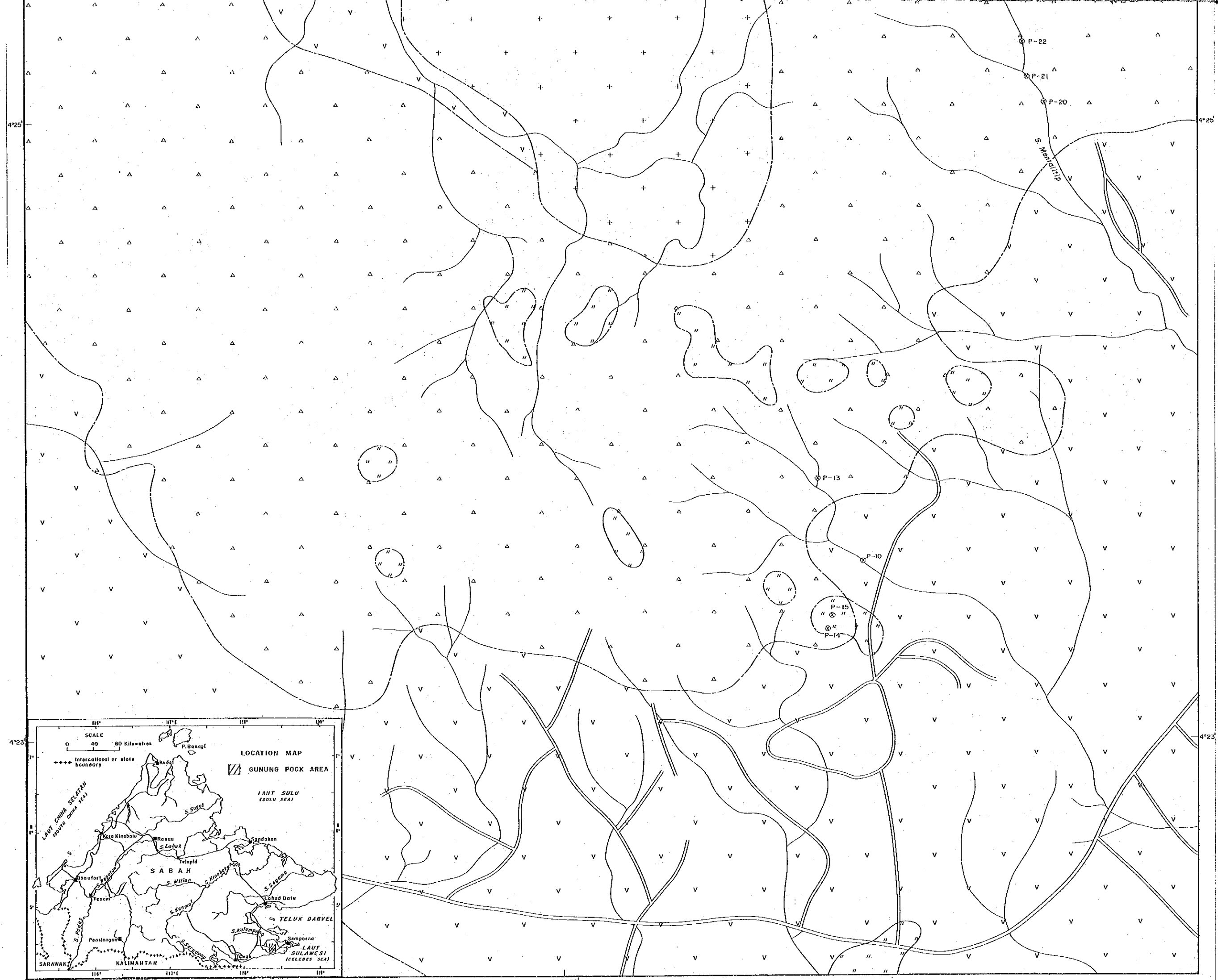
S. Menilitip

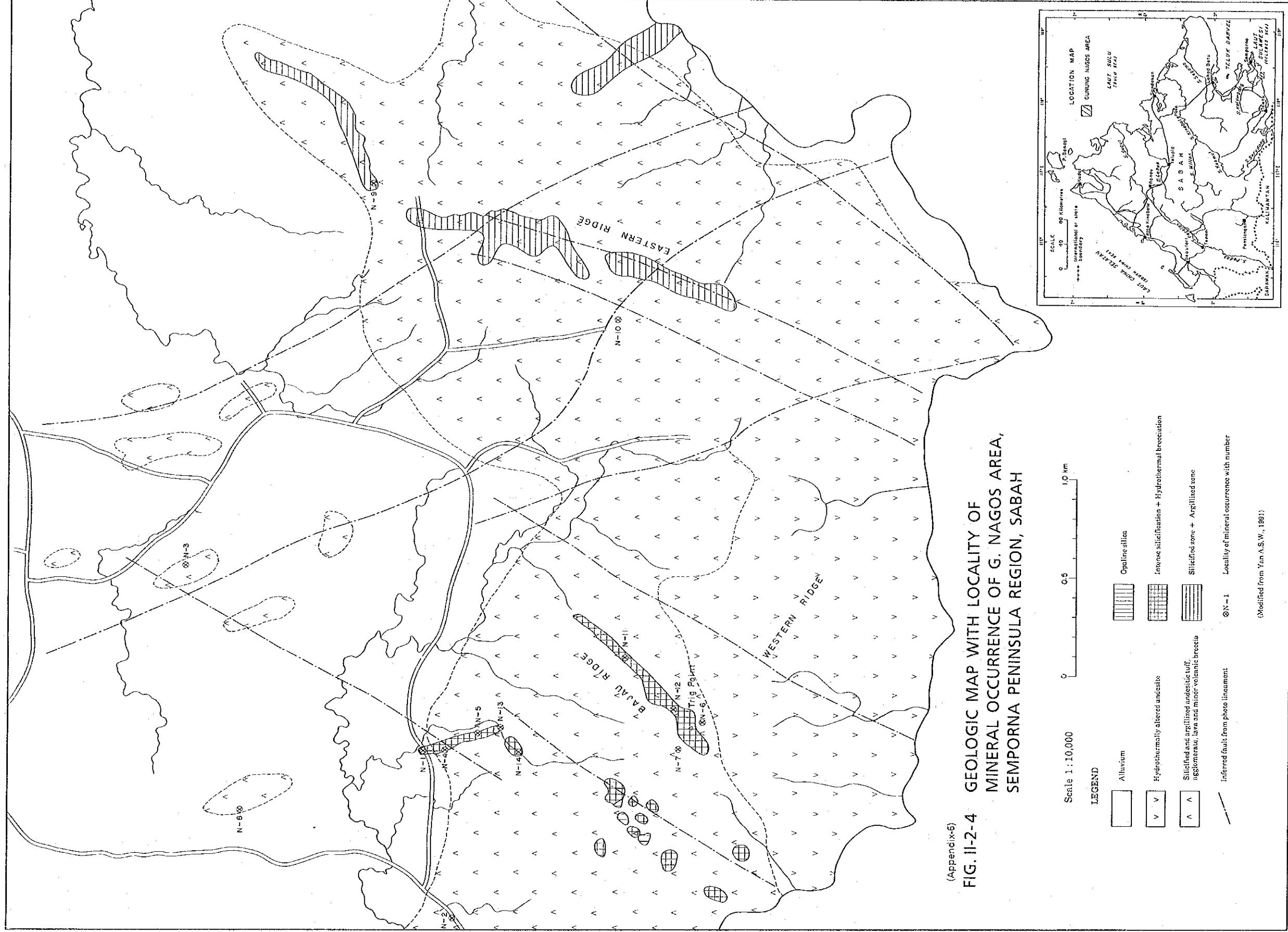
4°27'

4°27'

4°25'

4°25'





(Appendix-6)
FIG. II-2-4 GEOLOGIC MAP WITH LOCALITY OF MINERAL OCCURRENCE OF G. NAGOS AREA, SEMPORNA PENINSULA REGION, SABAH

(Modified from Yan A.S.W., 1991)

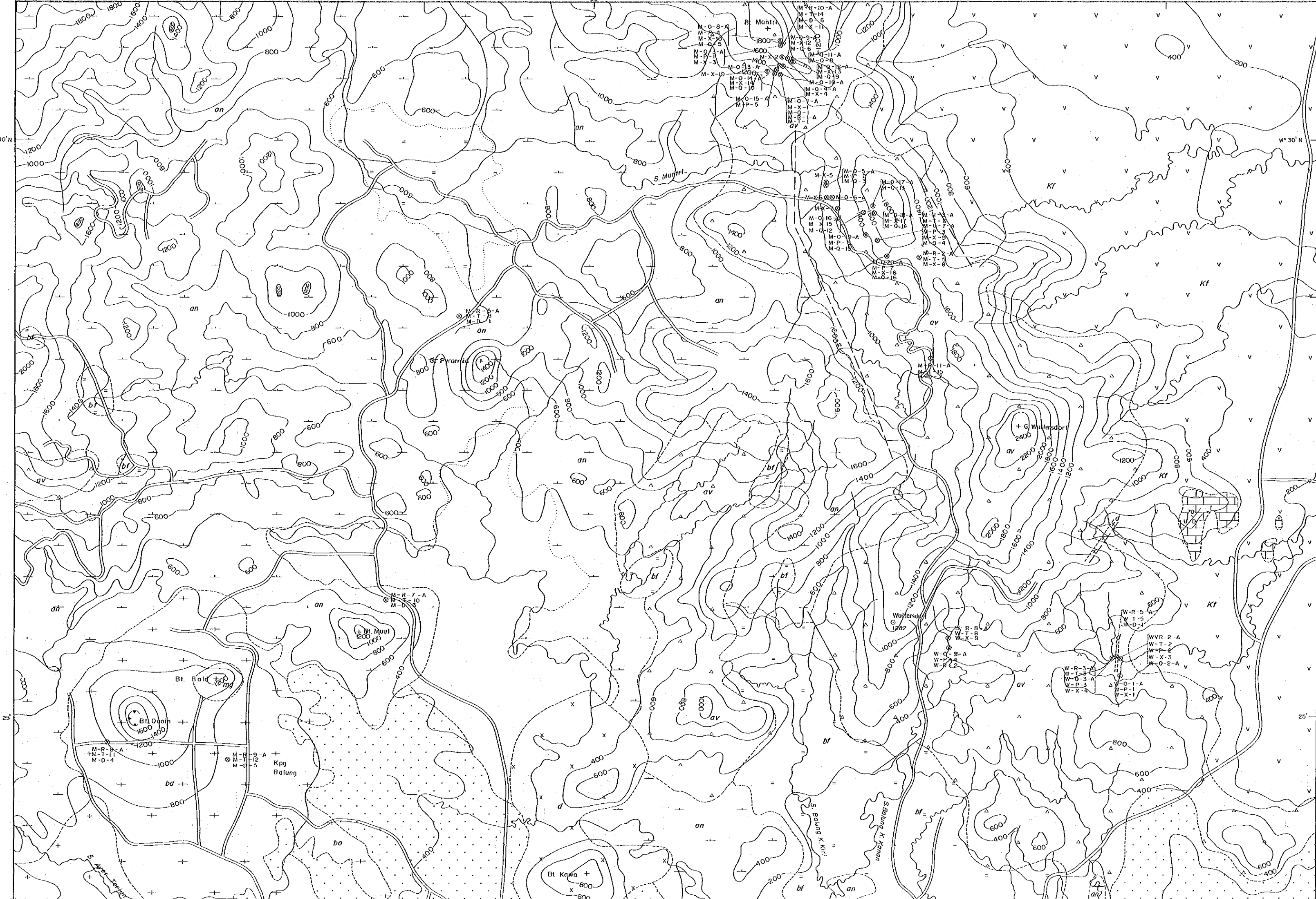
118° 00' E

05'

10'

4° 30' N

4° 30' N



25'

25'