



インドネシア共和国 カリマンタン地区

鉱物資源開発基礎調査報告書

第3年次 (第2号)

空中磁気探査

昭和53年2月

国際協力事業団
金属鉱業事業団




インドネシア共和国カリマンタン地区
鉍物資源開発基礎調査報告書

第 3 年 次 (第 2 号)

空 中 磁 気 探 査

JICA LIBRARY



1055340[2]

国	入	冊	53. 2. 23	210
	登録No.	6606		5.12
				L3-3

昭和 5 3 年 2 月

国 際 協 力 事 業 団
金 属 鉍 業 事 業 団

International Cooperation Association

International Cooperation Association

International Cooperation Association

International Cooperation Association

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 8. 30	108
登録No. 14494	66.1
	MPN

International Cooperation Association

International Cooperation Association

は し が き

日本政府はインドネシア共和国政府の要請に応え、同国中央カリマンタン地区の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質等の調査を実施することとし、この調査を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、同調査の内容が地質および鉱物資源の調査という専門的な分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

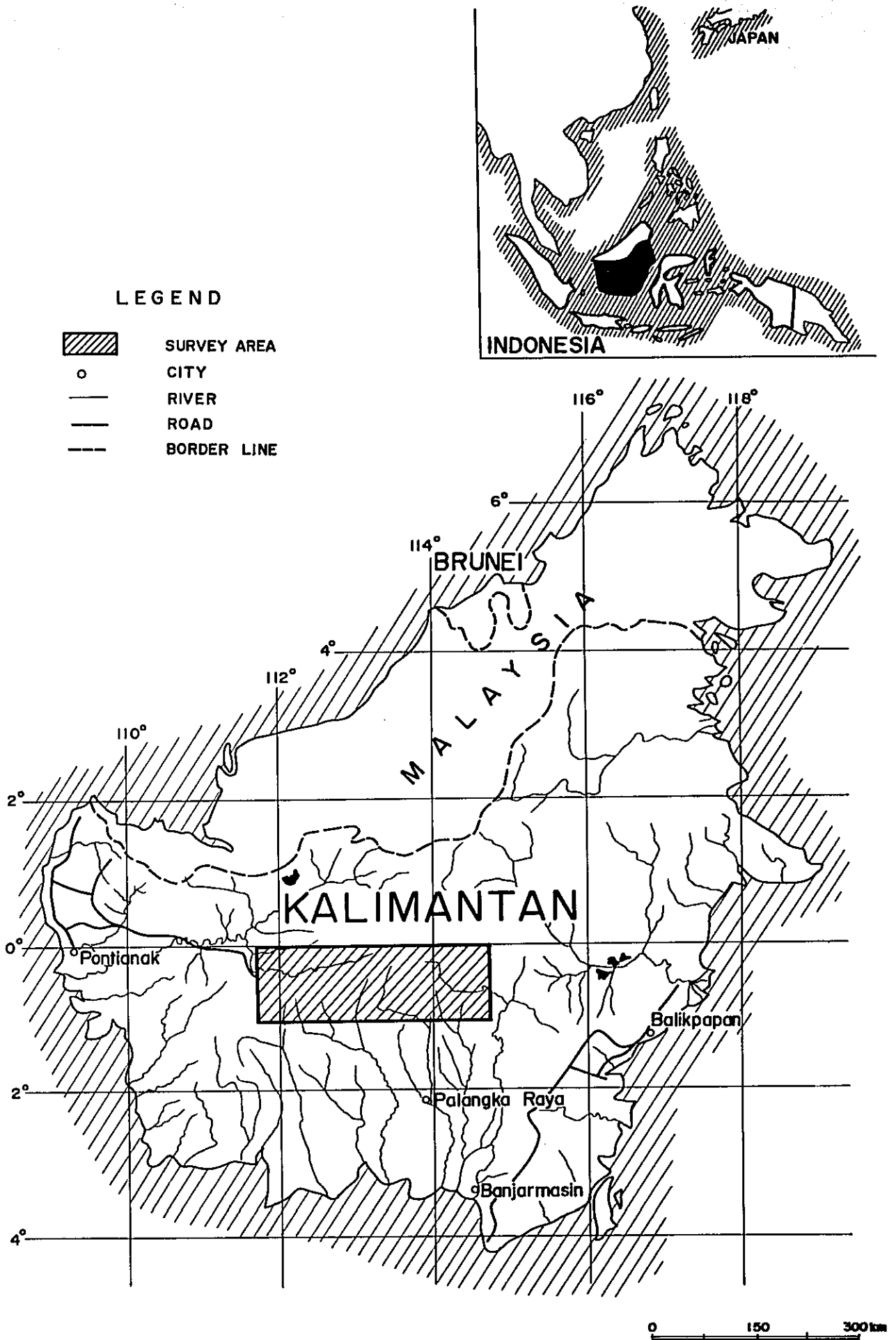
同調査は4カ年にわたって行われるものである。現在まで、日鉱探開株式会社平山晴彦氏を団長として、昭和50年12月9日から昭和50年12月29日まで、昭和51年4月12日から昭和51年11月5日まで、および昭和52年3月8日から昭和52年7月27日までの3回にわたって合計12名の調査団を派遣した。第1回目の調査はLANDSATデータの解析のため、第2、3回目の調査は空中写真撮影および空中磁気探査を目的として実施された。

本報告書は、空中磁気探査に関し、これまでに実施された範囲の結果をとりまとめたもので、第4年次の調査結果と併せて最終報告書の一部となるものである。

おわりに、同調査の実施にあたって御協力をいただいたインドネシア政府関係機関ならびに通商産業省、外務省、および関係各社の各位に衷心より感謝の意を表する次第である。

昭和53年2月

国 際 協 力 事 業 団
総 裁 法 眼 晋 作
金 属 鉱 業 事 業 団
理 事 長 平 塚 保 明



目 次

は し が き	i
調 査 位 置 図	ii
要 約	1
第1章 序 論	3
1-1 調 査 経 緯	3
1-2 調 査 目 的	3
1-3 調 査 概 要	3
1-4 調 査 団 員	4
第2章 調 査 地 概 要	7
2-1 位 置 ・ 交 通	7
2-2 地 形	7
2-3 気 候 お よ び 植 生	7
2-4 地 質 概 要	7
第3章 空 中 磁 気 探 査	12
3-1 調 査 地 域 お よ び 調 査 量	12
3-2 調 査 期 間	12
3-3 航 空 機 お よ び 測 定 機 器	16
3-4 調 査 仕 様	19
3-4-1 飛 行 計 画	19
3-4-2 飛 行 基 地	19
3-4-3 航 空 機 機 体 磁 気 補 償	21
3-5 調 査 飛 行	21
3-6 デ ー タ 処 理	23
3-6-1 現 地 デ ー タ 処 理	23
3-6-2 デ ー タ 処 理	23
3-7 解 析 方 法	29
3-7-1 ス ペ ク ト ル 解 析	29

3-7-2	鉛直二次微分フィルタ	33
3-7-3	擬似重力フィルタ	33
3-7-4	定量解析	35
3-8	岩石磁性測定	37
第4章	調査結果	39
4-1	残差図	39
4-2	鉛直二次微分図	41
4-3	擬似重力図	42
4-4	スペクトル解析図	42
4-5	定量解析結果	44
第5章	総合検討	46
第6章	結論	49
	参考文献	50

LIST OF ILLUSTRATIONS

- Fig. 1 Location map of survey area
- Fig. 2 Monthly precipitation in and around survey area
- Fig. 3 Structural map of Kalimantan
- Fig. 4 Modified geological column
- Fig. 5 Airport in Kalimantan
- Fig. 6 Flight altitude map
- Fig. 7 Flow chart of data processing and analysis
- Fig. 8 Lattice configuration for second vertical derivative calculation
- Fig. 9 Lattice configuration for magnetic pole reduction calculation
- Fig. 10 Sectional map of survey area
- Fig. 11 Energy spectrum vs. frequency

- Table 1 Results of surveys in Kalimantan
- Table 2 List of effective flight lines (Phase II, 1976)
- Table 3 List of effective flight lines (Phase III, No. 1, 1977)
- Table 4 List of effective flight lines (Phase III, No. 2, 1977)
- Table 5 List of survey flight hours (Phase II, 1976)
- Table 6 List of survey flight hours (Phase III, No. 1, 1977)
- Table 7 List of survey flight hours (Phase III, No. 2, 1977)
- Table 8 Aircraft inspection schedule
- Table 9 IGRF geomagnetic component in central Kalimantan (1977.5)
- Table 10 Susceptibilities of rock samples
- Table 11 Results of qualitative analysis

PL. I	Residual map	(scale 1:250,000)
PL. II	Second vertical derivative map - 1	(scale 1:250,000)
PL. III	Second vertical derivative map - 2	(scale 1:250,000)
PL. IV	Magnetic pole reduction map	(scale 1:250,000)
PL. V	Spectral analysis map (Deep effects)	(scale 1:250,000)
PL. VI	Spectral analysis map (Shallow effects)	(scale 1:250,000)
PL. VII	Interpretation map	(scale 1:250,000)
PL. VIII	Airborne magnetic tectonic profile	(scale 1:250,000)

要 約

本調査はインドネシア共和国カリマンタン地区鉱物資源開発協力基礎調査の一環として実施された空中磁気探査であり、調査地域の地質構造、火成岩の分布、金属鉱床賦存の可能性等の解明を計ることを目的としている。

空中磁気探査は上記協力基礎調査の第二年次にあたる昭和51年度より実施され本年度において完了し、本報告書は两年度にわたる調査成果をとりまとめた、空中磁気探査に関する総括報告書である。

本調査の結果、調査地域を3つに大別する顕著な磁気構造が把握された。すなわち、1) 調査地域北西部の長波長かつ極めて弱い磁気異常に反映される磁気構造、2) 調査地域南西部の短～中波長よりなる極めて強い磁気異常に反映される磁気構造、3) 調査地域東部の、上述2地域の特徴を併せ持つ磁気異常に反映される磁気構造である。

岩石磁性測定の結果からは、本調査地域の強い磁気異常は主として安山岩、閃緑岩によるものと解釈された。また、砂岩、泥岩、頁岩等の分布が支配的な地域では極めて弱い磁気異常が卓越するものと判断された。

磁気異常解析の結果は、岩石磁性測定結果および既存地質資料と併せて総合検討が行われ、その結果本調査地域の地質構造、火成岩の分布状況および金属鉱床賦存の可能性について次の点が解明された。

1) 本調査地域の基盤岩類と考えられる花崗岩類は調査地域南西部にWNW-ESE系で広く分布し、調査地域中央部付近においてその分布の方向をENE-WSW系に転じて調査地域東部中央付近に延びるものと判断される。

2) 砂岩、泥岩、頁岩等の岩石は主として調査地域北西部にほぼE-W系で広く分布することが判明した。特に北西部東域にはこれらの岩石の極めて厚い分布が推定される。

3) 安山岩と判断される岩石は主として調査地域東部において多数分布することが判明した。

4) 本調査地域の基盤岩類の分布を大きく規制する構造線に関係すると判断される磁気構造線が把握され、調査地域西部ではWNW-ESE系が、東部ではNE-SW系が卓越することが判明した。

5) 本調査地域中央部南域は基盤岩類およびその分布を規制する構造線が方向を転じる地域にあたり、さらに断層等を反映すると推定される磁気構造線が数多く認められ、複雑な地質構造を有する地域と判断される。

6) 本調査地域の金属鉱床に関係すると考えられる鉱化帯は主として調査地域中央部南域で把

握されており、鉍化作用は第三紀花崗岩に関連するものと考えられている。本調査からは第三紀花崗岩の分布については判明しないが、鉍化帯の分布状況および地質構造的特異性から判断すると、上述5)に指摘される本調査地域中央部南城が、第三紀花崗岩の分布を規制する地質構造的条件をそなえる場を形成しうるものと考えられる。

なお、明年度実施の望まれる調査として、本調査地域中央部南城を主体とする地質調査を実施すると同時に地化学探査を併用した鉍床賦存有望地域の選定を行うことが必要と考えられる。

第 1 章 序 論

1-1 調査経緯

昭和49年度事業として、日本国とインドネシア共和国との間で、鉱物資源開発協力基礎調査であるカリマンタン (Kalimantan) 地域における総合基礎調査が開始された。協力基礎調査の第一年次には Landsat データ解析が実施され、地形、森林状況、地質、地質構造の解明がなされた。第二年次には空中写真撮影および空中磁気探査が実施された。空中写真撮影の目的は空中磁気探査、空中写真地質調査および地上地質調査等に供する航空写真を作成することであり、調査地域の71%をカバーした。また空中磁気探査は調査地域の約25%を終了した。第三年次にあたる本年度には空中写真撮影および空中磁気探査が残された地域に対して引き続き実施され、それぞれ調査地域の22%および70%を完了した。Table 1 にこれら調査の経緯概要を示す。

Table 1 Surveys in Kalimantan

Item \ Year	1975 (phase I)	1976 (phase II)	1977 (phase III)	
			No 1	No 2
1 Landsat data analysis	100 %			
2 Aerial photography		71 %	22 % total 93%	
3 Airborne magnetic survey		about 25%	29 % total 54%	41 % total 95%

1-2 調査目的

本空中磁気探査の目的は、カリマンタン地域における地質構造、火成岩の分布、金属鉱床賦存の可能性等の解明を計ることにある。

1-3 調査概要

本調査はカリマンタン中央部の南緯0°00'~1°00'、東経111°45'~114°45'の緯線、経線で囲まれた面積36,300 Km²の地域を対象とし、昭和51年度より昭和52年度にわたって実施された。

昭和51年度の調査では全調査地域の50%の範囲を終了すべく開始されたが、昭和51年5月12日、ジャカルタ (Jakarta) ケマヨラン (Kemayoran) 空港におけるテスト飛行実施中、

着陸時の降着装置(main landing gear)故障による航空機事故のため調査用航空機の機体に損傷を受けた。このため本調査は代替航空機により、同年8月初旬より再開され、最終的には天候条件悪化のために調査の中断された10月23日までに全調査地域の25%を終了した。

昭和52年度には残る地域について4月19日より調査が開始され、6月30日までに全調査地域の約70%が終了した。この後、調査用航空機はバンジュールマシン(Banjarmasin)サムスディンヌル(Samsudin Nur)空港において第2回目の100時間定期点検を受け、調査基地パランカラヤ(Palangka Raya)パナルン(Panarung)空港に着地後、滑走路において再び降着装置の屈折事故により機体を損傷した。

この事故機の修復には2ヶ月以上を要するとの報告を受け、さらにこの時点までに調査は前年度分も含めて全調査地域のほぼ95%を終了していることを考慮し、日本国およびインドネシア共和国両政府の合意のもとに調査を終了した。

本調査により得られたデータは調査基地およびインドネシア地質調査所においてあらかじめ現地データ処理が行われ、電算機によるデータ処理および解析作業については日本において実施された。また、日本における電算機によるデータ処理およびデータ解析の一部についてはインドネシア地質調査所よりの2名の派遣員が参加して実施された。

1-4 調査団員

本調査に従事した団員は次の通りである。

昭和51年度調査従事者

総括・調整

官 副 信 隆	金属鉱業事業団
金 子 正 春	"
河 口 敏 夫	"
泰 野 裕	国際協力事業団

日本側調査団

団長 総括・渉外
平 山 晴 彦
日鉱探開株式会社

団員

野 村 拳 一
日鉱探開株式会社

インドネシア側調査団

Adjat Sudradjat
Geological Survey of Indonesia

Soetijoso Djojomihardjo
Geological Survey of Indonesia

吉 沢 正 夫
日 鉱 探 開 株 式 会 社

藤 川 保

〃

高 橋 郁 夫

〃

Marzuki Sani

Geological Survey of Indonesia

Kastidjo Mardjo

〃

運航作業員

Perusahaan Umum Survai Udara

昭和 5 2 年度 調査 従事者

総括・調整

官 副 信 隆 金属鉱業事業団

武 田 慶 一 国際協力事業団

日本側調査団

団長 総括・渉外

平 山 晴 彦

日 鉱 探 開 株 式 会 社

団員

野 村 拳 一

日 鉱 探 開 株 式 会 社

藤 川 保

〃

高 橋 郁 夫

〃

協力者(専門家)

市 原 栄

谷 古 宇 光 治

インドネシア側調査団

Adjat Sudradjat

Geological Survey of Indonesia

Mohamad Untung

Geological Survey of Indonesia

Soetijoso Djojomihardjo

〃

Sardjono

〃

Nana Komara

〃

Basuki Sugiharto

〃

Nano Suparno

〃

Bundan Mubroto

〃

運航作業員

Perusahaan Umum Survai Udara

調査にあたっては、インドネシア政府の方針および要請に基づいて、同国の航測会社 Perusa-
haan Umum Survai Udara と共同して作業を行った。

第 2 章 調査地概要

2-1 位置・交通

本調査の対象とする地域は Fig. 1 に示すとおりカリマンタン州のほぼ中央部に位置している。調査地域には大きな集落はみられず、河川沿いに小規模な部落が散在するに過ぎない。

交通は東部および西部の河川沿いに若干の道路が認められるに過ぎず、調査地域は全体としてほとんど未開発の状況にあり、河川が主な交通手段として利用されている。

2-2 地 形

調査地域の大半は標高 100~500 m の平野部を含む比較的低位より成り、山岳部は南西部より中央北部に連なり、標高は最高 2,278 m (Raja 山) である。

水系は、地域東部より南西部にかけては南北方向が支配的であり、東部よりバリト (Barito) 川、カプアス (Kapuas) 川、カハヤン (Kahayan) 川およびメンダワイ (Mendawai) 川等の水系から成っている。北西部には西流するメラウイ (Melawi) 川がありその支流は主として南北方向に発達している。

2-3 気候および植生

気候は本調査地域がほぼ赤道直下にあり、かつ標高も一部を除いて低いため高温多湿である。本調査地域とほぼ同緯度上の海岸の都市バリクバパン (Balikpapan) およびポンティアナック (Pontianak) における平均気温は年間を通じて 26~28 °C、湿度は 75~80% である。

一般に乾期は 6 月~9 月、雨期は 10 月~5 月であり、Fig. 2 に示すように雨量は場所によって異なるが全体的に見ると月間降雨量は乾期が 200~300 mm、雨期は 300~400 mm であり、年間降雨量は 3,000~4,000 mm に達し、降雨量の非常に多い地域といえる。また、調査地域の大部分は熱帯地方特有の密林地帯となっている。

2-4 地質概要

本調査地域はスンダランド (Sunda Land) 隆起帯およびテワ (Tewah) 隆起帯北縁部からメラウイ (Melawi) ベーゼンおよび、マハカムベーゼンの縁辺部にかけての地域にあたる。(Fig. 3 参照)

調査地域の地質に関する公表資料は、インドネシア地質調査所発刊の 1/50 万の地質図幅のみである。

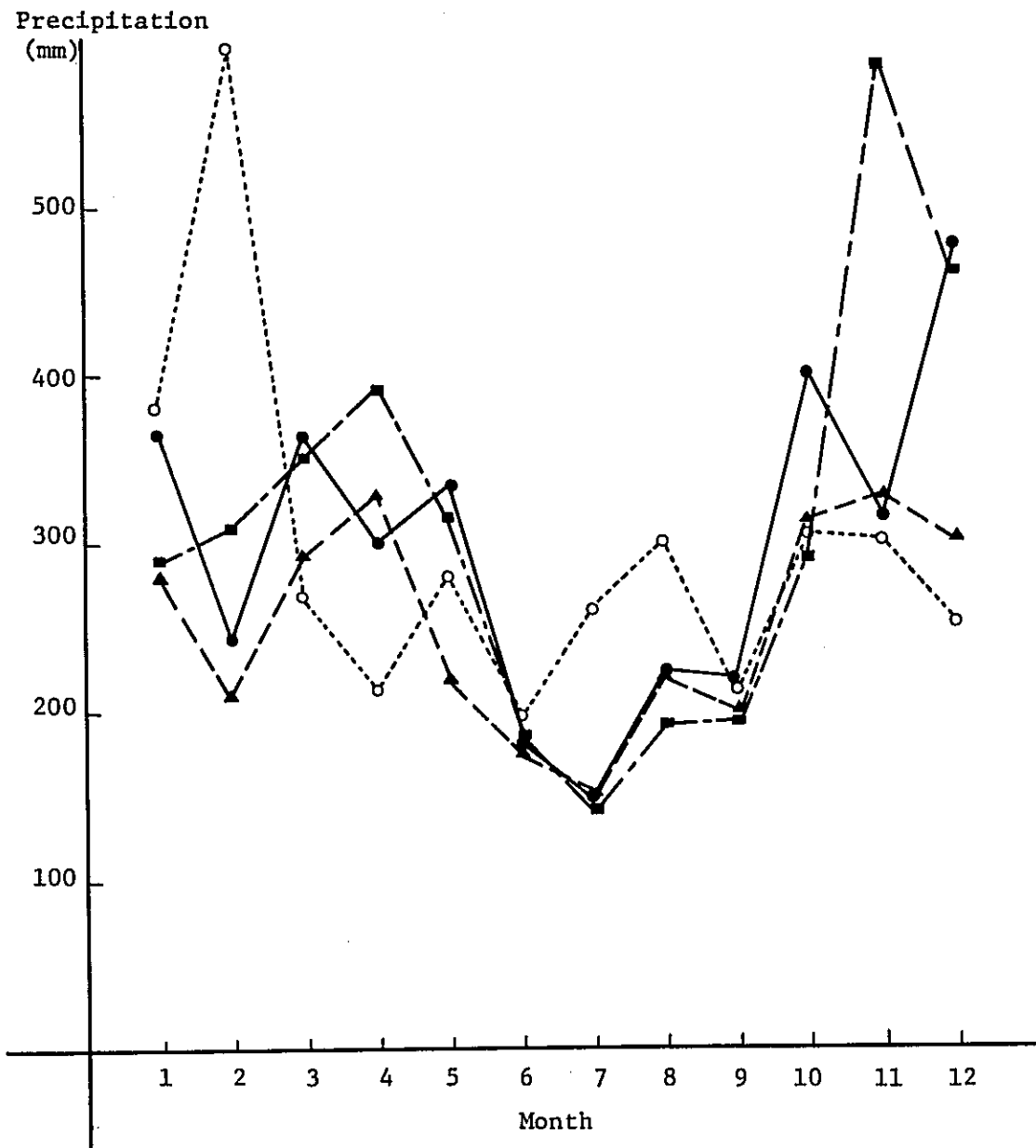
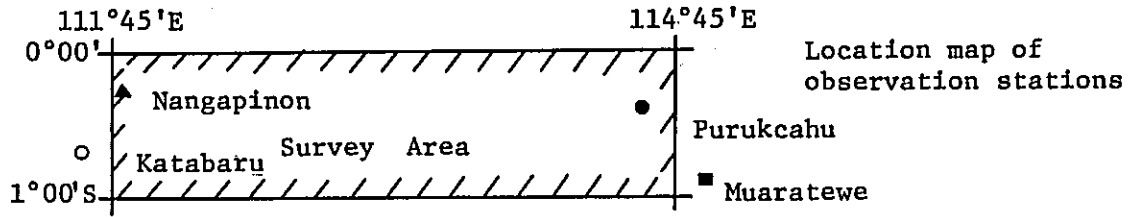


Fig. 2 Monthly precipitation in and around survey area (mean values from 1963 to 1974)

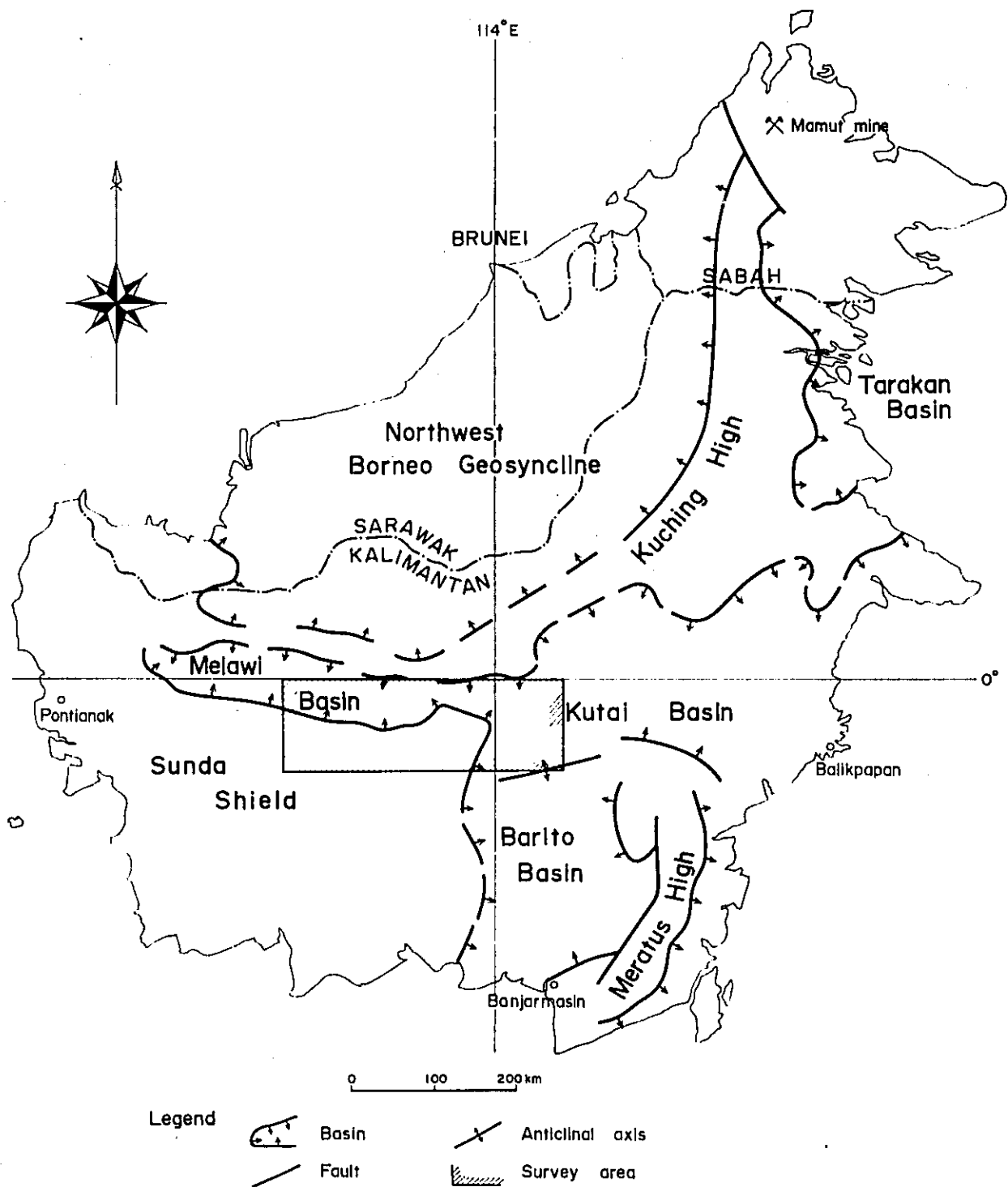


Fig.3 Structural map of Kalimantan

この図幅によれば既調査範囲内では南部は主として石炭系～三畳系、およびそれらに進入した酸性～中性の深成岩類より成り、北部は鮮新統～更新統、南東部は始新統～中新統より成るとされている。また調査地域北方では石炭系～三畳系および白亜系が分布している。なお、以上の各層の構成岩相は記載されていない。

地質構造は南部については資料がないため不明であるが、北部の鮮新統～更新統は東西系の褶曲に規制されているとみなされる。

インドネシア地質調査所の資料によると、カリマンタンの地質はFig. 4に示す通り西部のメラウイベースン、南部のバリト (Barito) ベースンおよび東部のクタイ (Kutai) ベースンに堆積した第三系～第四系ならびにこれらベースンの基盤である石炭系～三畳系および白亜系より成っている。

メラウイベースンからは未だ石油の発見をみていないが、バリトベースンおよび、クタイベースン中には大油田が知られている。

Age	Column	Descriptions
Alluvium		Alluvial Deposits Laterites
Plistocene		Basalts Andesites Coarse-Sandstones
		Sandstones Fine-Sandstones
Pliocene		
Miocene		Alternation Limestones of Shales and Sandstones
		Tuffs Pyroclastic rocks
Paleocene		Intrusive rocks
Cretaceous		Andesites
Triassic		Metamorphic rocks Metasedi- ments
Carboniferous		Granites

- Notes :
1. Lineament patterns of Units M and D are different from Units N to B.
 2. Folding structures are observed in Units E, T, H and *l*.
 3. Bedding planes of Units C, F, S and B are nearly flat.

Fig. 4 Modified geological column

第 3 章 空中磁気探査

3-1 調査地域および調査量

本調査地域は Fig. 1 に示す中央カリマンタン地域であり、南緯 $0^{\circ}00' \sim 1^{\circ}00'$ 、東経 $111^{\circ}45' \sim 114^{\circ}45'$ の緯線、経線により囲まれた面積 $36,300 \text{ km}^2$ の範囲内である。

昭和 51 年度の調査は調査地域北西部および中央部について実施され、有効測線長 $3,606 \text{ km}$ 、全調査地域の約 25% を終了した。昭和 52 年度にはこれに引き続き残る地域に対して調査が実施され、有効測線長 $9,144.9 \text{ km}$ 、全調査地域の約 70% を完了した。両年度を併せた総有効測線長は $12,750.9 \text{ km}$ (Table 2, 3 および 4 参照) であり、全調査地域の約 95% を調査完了した。

3-2 調査期間

本調査の主なタイムスケジュールは次の通りである。

昭和 51 年度調査 (第 2 年次)

昭和 51 年	4 月 30 日	～	5 月 11 日	動員・準備
	5 月 12 日			航空機事故発生。試験飛行後、降着装置 (Landing gear) の不調により着陸に失敗し、機体を破損。
	5 月 13 日	～	8 月 6 日	代替航空機準備
	8 月 7 日	～	10 月 23 日	空中磁気探査
	10 月 24 日	～	11 月 5 日	整理・撤収
	11 月 6 日	～	昭和 52 年	
			1 月 31 日	報告書作成

昭和 52 年度調査 (第 3 年次, 第 1 号および第 2 号)

第 3 年次第 1 号

昭和 52 年	3 月 8 日	～	3 月 18 日	動員・準備
	3 月 19 日	～	5 月 26 日	空中磁気探査
	5 月 27 日	～	7 月 31 日	報告書作成

第 3 年次第 2 号

昭和 52 年	5 月 27 日	～	7 月 6 日	空中磁気探査
	7 月 7 日			航空機事故。降着装置の不調による着陸時の事故

Table 2 List of effective flight lines (Phase II, 1976)

Traverse lines

Planned Line No.	Flight Line No.	Production km	Planned Line No.	Flight Line No.	Production km
T- 1	T- 1	80.8	T- 26	T- 26	73.7
2	2	61.2	27	27	71.5
3	3	42.7	28	1028	69.6
4	4	88.9	29	29	72.4
5	5	77.0	30	1030	73.3
6	6	50.6	31	31	73.5
7	7	70.0	32	1032	65.5
8	8	68.8	33	1033	60.8
9	9	73.4	34	34	70.9
10	10	80.6	35	35	69.3
11	11	84.9	36	36	60.0
12	12	79.7	37	2037	59.0
13	13	82.3	38	38	58.5
14	14	75.4	39	39	58.7
15	15	76.7	40	40	57.3
16	16	78.2	41	41	59.8
17	1017	71.3	42	42	111.0
18	18	67.7	43	43	111.0
19	1019	66.5	44	44	35.7
20	20	70.1	45	45	76.7
21	21	59.3	78	78	111.0
22	22	71.3	80	80	111.0
23	23	76.1	81	81	111.0
24	24	75.5	84	84	80.0
25	25	75.8			
				Total	3,606.0 km

(*) Total effective flight line length of traverse lines in Phase II is 3,606 km.

Table 3 List of effective flight lines (Phase III No. 1, 1977)

Traverse lines

Planned Line No.	Flight Line No.	Production km	Planned Line No.	Flight Line No.	Production km
T- 65	T- 62	111.0	T- 93	T- 92	111.0
66	63	111.0	95	93	111.0
67	64	111.0	96	96	111.0
68	65	111.0	99	1097	111.0
69	66	111.0	101	101	111.0
70	67	111.0	102	2102	111.0
71	1069	111.0	103	102	56.0
72	71	111.0	"	1103	55.0
73	72	111.0	104	102	55.0
74	73	111.0	105	105	111.0
75	74	111.0	106	106	111.0
77	1076	111.0	107	107	111.0
86	85	56.0	108	108	45.0
87	85	55.0	109	108	55.0
88	1087	111.0	110	112	90.0
89	88	111.0	"	1110	21.0
91	1089	111.0	112	1112	70.0
92	91	111.0	Subtotal		3,333.0 km

Tie lines

Planned Line No.	Flight Line No.	Production km	Planned Line No.	Flight Line No.	Production km
C-5002	C-7002	140.0	C-5003	C-6003	140.0
Subtotal				280.0 km	

(*) Total effective flight line length of traverse and tie lines in Phase III No. 1 is 3,613 km.

Table 4 List of effective flight lines (Phase III No.2, 1977)

Traverse lines

Planned Line No.	Flight Line No.	Production km	Planned Line No.	Flight Line No.	Production km
T- 1	T-2001	30.2	T- 45	T-1044	34.3
2	1002	49.8	46	46	56.0
3	2003	68.3	47	46,1047	111.0
4	1004	22.1	48	47	111.0
5	1005	34.0	49	48	111.0
7	1007	41.0	50	49	111.0
8	1008	42.2	51	1050	111.0
9	1009	37.6	52	50	111.0
10	1010	30.4	53	52	111.0
11	1011	26.1	54	53	111.0
12	2012	31.3	55	1054	111.0
13	1013	28.7	57	1055	111.0
14	1014	35.6	58	2057	111.0
15	1015	34.3	59	55	111.0
17	1017	39.7	60	56	111.0
18	2018	43.3	61	1057	111.0
19	2019	44.5	62	59	111.0
20	1020	40.9	63	1060	111.0
21	1022	51.7	64	61	111.0
23	1023	34.9	79	2078	111.0
24	1024	35.5	82	2081	111.0
25	1026	35.2	83	82	111.0
26	1027	37.3	84	83	31.0
27	2027	39.5	85	1085	111.0
29	1029	38.6	86	86	55.0
30	2030	37.7	87	3087	56.0
31	1031	37.5	94	94	111.0
33	3033	50.2	97	3097	111.0
34	1035	40.1	98	2098	111.0
35	2035	41.7	100	100	111.0
36	1036	51.0	104	2104	56.0
37	3037	52.0	108	2108,3108	66.0
38	1038	52.5	109	109	56.0
39	1039	52.3	111	111	111.0
40	2040	53.7	112	3112	41.0
41	1041	51.2	Subtotal		4,809.9 km

Tie lines

Planned Line No.	Flight Line No.	Production km	Planned Line No.	Flight Line No.	Production km
C - 5001	C-5001,6001	334.0	C - 5003	C - 7003	194.0
5002	8002	194.0	Subtotal		722.0 km

(*) Total effective flight line length of traverse and tie lines in Phase III No.2 is 5,531.9 km.

により機体を破損。

7月 8日～ 7月27日 データ整理・撤収

7月28日～昭和53年

2月15日 報告書作成

3-3 航空機および測定機器

本調査に使用された航空機はCessna Aircraft 社製双発エンジン搭載のセスナ402B型であり、昭和51年度および昭和52年度に使用された航空機の登録番号はそれぞれPK-VCEおよびPK-VCDである。なお、これらの航空機には空中探査用のテイルスティンガ (Tail stinger)が、またPK-VCDにはドップラ航法装置が装備されている。

調査に使用された測定機器は次の通りである。

a. Gulf Mark III Fluxgate 型空中探査用磁力計

本磁力計はFluxgate型であり、地球磁場の変化を1ガンマの精度で測定することが出来る。Fluxgate型磁力計では、強導磁物質の飽和磁気特性を利用した検出素子を用いている。コイルに交流を流して界磁鉄心の回りに励起した回転磁界を地球磁界中に置くと、その結果生じる交流磁界は、半サイクル毎に鉄心を飽和する。飽和に達する各励起サイクルの位相は、周囲磁界と交流磁界の強さとの重ね合わせあるいは差に依存する。実際には、2本の平行な鉄心の軸を地球磁界方向に配置する。直列に巻かれた1次コイルに交流を流すと2つの鉄心は同一磁束密度で磁化されるがコイルが各々の鉄心で反対に巻かれているため、反対方向に磁化され従って任意の励起サイクルにおいて地球磁界は一方のコイルで作られた磁界を強化し、もう一方の磁界を弱めるように働く。

Gulf Mark III型空中磁力計では、2つのコイルに流れる電流の非平衡によって作動する補償コイルによって周囲磁界の非平衡効果を打消すようになっている。このコイルを流れる電流を電位差計式自動平衡型記録計を通して読みとれば、この値は周囲磁界の強さに比例するため、磁界の大きさを正確に測定することができる。

なお、地球磁界の大きさを求めるには検出素子の方向は地球磁界と平行に保つ必要があり、そのためのサーボ機構が備わっている。

検出素子を含むヘッドは、航空機後部のテイルスティンガ内に取り付けられている。

b. Geometrics G-803型空中探査用プロトン磁力計

本磁力計はプロトン(水素の原子核)の自由才差運動(Proton free precession)を利用した磁力計であり、核磁気共鳴(Nuclear magnetic resonance)の原理に基づき、地球磁場の全磁力値を測定する装置である。プロトン磁力計の検出部(Sensor)は、プロトンを含む水ま

たはクロソン等の炭化水素化合物の液体、および液体容器の周囲に巻かれたコイルで構成されている。このコイルに数アンペアの直流電流を流し、センサ内に一様な磁場を発生させると、炭化水素化合物の液体に含まれる自転 (Spin) しているプロトンは小さな磁気双極子として働くため、コイルにより発生した一様な磁場の方向に整列する。ここで磁場を除去 (電流を瞬間的に切る) すると、プロトンは地球磁場の全磁力値に比例した才差周波数で地球磁場の方向を中心軸とする才差運動を行う。この才差周波数はラモア才差周波 (Larmor precession frequency) と呼ばれ、プロトンの磁気回転比 (Gyromagnetic ratio) 23.4874 ガンマ/Hz で決まる。自由才差周波数はスピンの地球磁場に対する方向とは無関係であり、スピンの地球磁場に直角の場合得られる信号が最大、平行な場合零となる。才差信号の周波数は磁気回転比から約 0.04 Hz/ガンマで、地球磁場 $30,000 \sim 80,000$ ガンマに対応する才差信号の周波数は $1,250 \sim 3,400$ Hz である。

なお、本調査では磁力値の測定間隔を 0.8 秒、測定精度 0.5 ガンマとして実施している。

c. Gulf 地上定点観測用磁力計

この磁力計は Gulf 社製 Fluxgate 型磁力計であり、精度は 2 ガンマ以上である。

本磁力計は、地上において地磁気の日変化観測を行って、機上で得られた磁気値の日変化の補正を行うこと、および調査飛行中の磁気嵐を監視することを目的として使用される。

d. Geometrics G-806型地上定点観測用プロトン磁力計

本磁力計は上記プロトン磁力計 G-803 と同じ原理により地球磁場の全磁力値を測定するものであり、 1 ガンマの測定精度を有している。本磁力計は、1) 地上定点において地磁気の日変化観測を行ない機上で得られた磁気データに対する日変化補正を行うこと、および 2) 調査飛行中の磁気嵐を監視し、得られた磁気データの有効性 (磁気擾乱の有無) を検討することを目的として使用した。

e. Honeywell AN/APN 171 型電波高度計

本高度計は航空機の対地飛行高度を正確に測定するためのもので、パルス型反射波追跡レーダで、送・受信機と2つのアンテナより構成されている。送信機の使用周波数は $4,300$ MHz、測定範囲は $0 \sim 5,000$ ft. である。飛行高度は操縦席の指示計に表示され、表示値のアナログ出力は記録計に連続記録された。

f. 気圧高度計

調査飛行高度を一定気圧高度に保持しながら磁気測定を行うための高度計である。今回の調査では気圧高度が海拔 $2,000$ m (一定) となるよう航空機の高度を保持した。

g. Hewlett Packard 7130A型および7100B型2チャンネルアナログ記録計

これらの記録計により下記の測定データを実時間で記録した。

I) 磁力計測定データ (全磁力値)

II) ドップラレーダ測定データ (アロングトラック, アクロストラック)

III) 電波高度計測定データ (対地高度)

上記両記録計には10秒毎の照合マークが同時に記録されるため、上記測定データおよび航跡標定フィルム照合カウントとの対応が可能となっている。

なお、今回の調査では磁力測定データは50ガンマフルスケールにセットして記録している。また記録計の紙送りスピードは2インチ/分とした。

h. NAC ST-1000型35mm航跡標定用カメラ

航空機の航跡決定のため使用された。これは連続ストリップ型カメラであり、下記の特徴を備えている。

- I) 1~7mm/分可変フィルムスピード
- II) 遠隔操作可能
- III) フィルム使用量表示カウンタ付
- IV) 独立作動の2現象照合マーク写し込み可能
- V) フィルム破損時の自動作動停止機構付
- VI) 400ft.マガジン使用

今回の調査では400ft.フィルム送りスピードを2mm/秒として撮影した。

i. Bendix DRA-12およびCPA-24型ドップラ航法装置

本装置は計画した飛行測線上に航空機を誘導すること、および航跡標定フィルムによる航跡決定の際の補助データとすることを目的としている。ドップラ航法装置は周波数トラッカー・送受信機で構成されるDRA-12型ドップラレーダシステム、およびCPA-24ナビゲーションコンピュータシステムより成っている。送受信機よりの出力は周波数トラッカーにより、航空機の対地スピードおよび偏流角に変換され、操縦席の指示計に表示される。さらに、これらの値はナビゲーションコンピュータにより設定測線からの左右へのずれおよび設定目標地点までの距離に変換されて、記録計および指示計に表示される。

本ドップラ航法装置は下記の特徴を備えている。

ドップラ型式	FM/CW
対地速度および偏流角計算方式	デジタル
周波数	8,800mc
送信機出力	0.5watts
ピッチ限界	45°まで (飛行高度・地形により変動)
ロール限界	60°まで (")

Name of Airport	Location	Size of Airstrip (m)	Airstrip Condition
Balikpapan	1.15°S 116.50°E	1,800	Asphalt-paved
Banjarmasin	3.22°S 114.33°E	1,775	Asphalt-paved
Batu Licin	3.00°S 116.00°E	900 x 12	Asphalt-paved
Muaratewe	0.57°S 114.54°E	600 x 20	Grass
Palangka Raya	2.16°S 113.56°E	1,500 x 30	Asphalt-paved
Pangkalanbuun	2.45°S 111.40°E	1,800 x 45	Grass
Pontianak	0.05°S 109.16°E	1,600	Asphalt-paved
Sampit	2.31°S 112.59°E	500 x 12	Grass
Sintang	0.04°S 111.29°E	557 x 30	Grass
Tanjung Warukin	2.13°S 115.26°E	1,300 x 30	Asphalt-paved

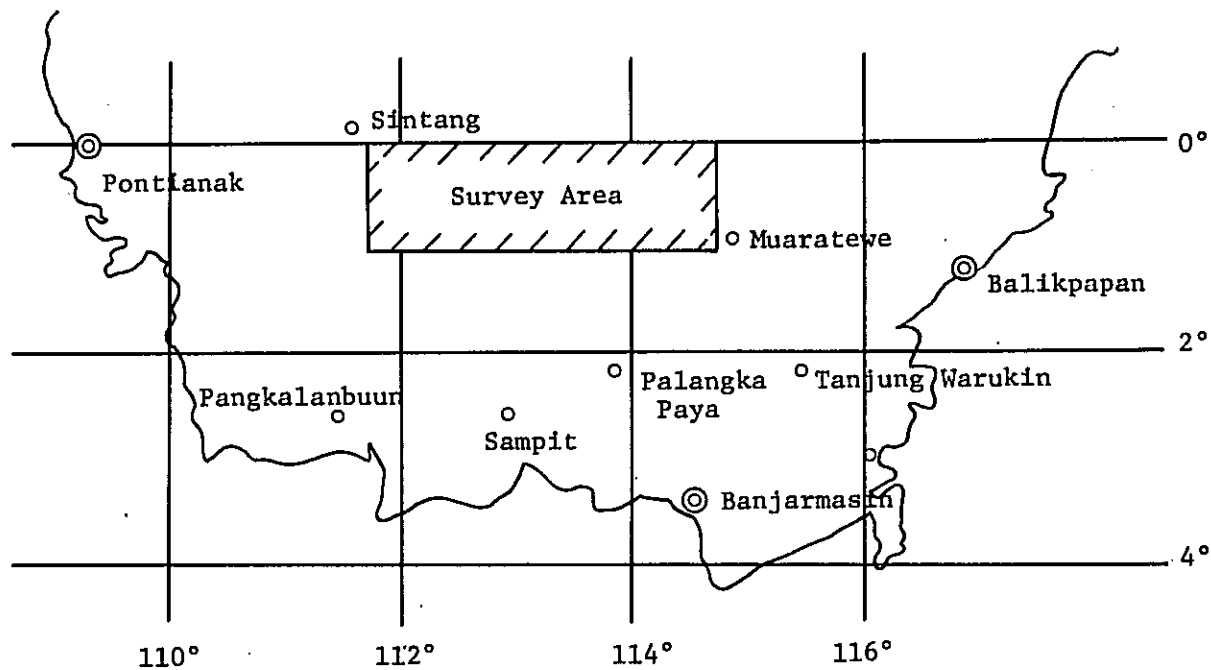


Fig. 5 Airport in Kalimantan

ン空港にて実施された。

3-4-3 航空機機体磁気補償

空中磁気測定において、航空機自体より測定磁気値に影響を与える原因として次の要素が考えられる。先ず、エンジン等の鉄を素材とする物質が持つ機体残留磁気があり、これらは航空機固有の磁気である。次には、上記物体が地球磁場の中で生じる誘導磁気、および渦電流によって生じる磁気的影響がある。今回の調査に当っては、パナルン空港にて、航空機スティンガ内に装着されている三軸補償コイルにより機体残留磁気補償作業を実施した。この結果、航空機の配置方向に対する磁力計表示値は次の通りとなった。

南 向	4 2, 2 2 5 ガンマ
北 向	4 2, 2 2 4 ガンマ
東 向	4 2, 2 0 2 ガンマ
西 向	4 2, 2 0 2 ガンマ

3-5 調査飛行

昭和51年度の調査では25万分の1地形図で比較的精度の良い等高線のある調査地域北西部より実施した。また、昭和52年度の調査では調査地域東部より着手し、順次中央部、南西部へと実施した。

航空機の運航はドゥブラ航法装置により、また計画測線への進入には25万分の1地形図(Printed by Army Map Service, Sheet No 12/VI, 12/VII, 12/VIII, 13/VI, 13/VII, 13/VIII), LANDSATおよびSLAR(Side Looking Airborne Radar)による映像モザイクおよび4万分の1航空写真モザイクをもとにした目視飛行により実施した。

トラバースラインの飛行は南北方向に測線長111km, 標準測線間隔3kmで実施した。

タイラインは東西方向に配置して実施した。当初の飛行計画ではタイラインの標準測線間隔は40kmが予定されていたが、計画測線への進入の際、地表目標物の確認が困難であり、標定作業の結果調査地域東部で実施された中央タイラインは北へ約10km, また南タイラインは南へ約5kmずれ、この結果上記両タイライン間隔は約55kmとなった。このため、当初の調査仕様をみたくより両タイライン間中央部に追加タイラインの飛行が実施された。

調査飛行時の航空機の高度は海拔2,000mであり、標高1,800mを越える山岳地域を除いては上記の一定気圧高度を保って飛行している。なお、海拔2,000mを越えて調査飛行を実施した地域についてはFig. 6に示した。

調査飛行時の航空機の対地速度は約140 knotsである。

調査飛行実施時にはパナルン空港において地磁気定点観測所を設けて毎日の地磁気日変化を観

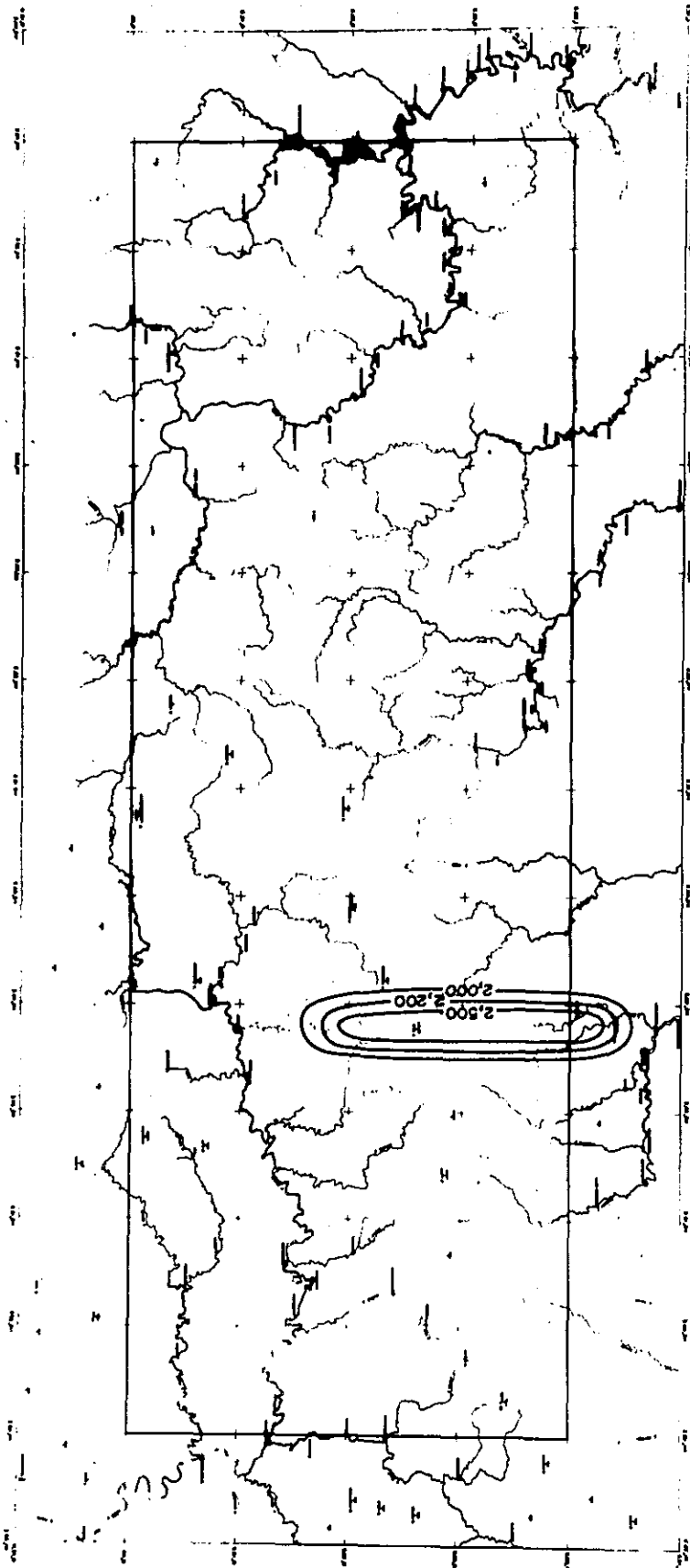


Fig. 6 Flight altitude map (contours indicate areas exceeding 2,000 m above sea level in flight altitude)

測しており、この観測記録からは調査飛行実施時において磁気嵐等の磁気擾乱は認められなかった。

本調査地域における地球磁場の要素は次の通りである。

全磁力値	4 1,7 0 0 ガンマ
伏 角	- 2 0°
偏 角	2° E

なお、本調査の調査飛行時間および航空機の定期点検に関するスケジュールは Table 5, 6, 7 および 8 に示した。

3-6 データ処理

3-6-1 現地データ処理

調査飛行により得られたデータは、バランカラヤにおいて下記の現地データ処理作業を実施した。

- 1) 調査飛行により撮影された航跡標定用フィルムを即日現像し乾燥する。
- 2) 航跡標定用フィルムから4万分の1航空写真モザイク上に飛行航跡を標定する。
- 3) 4万分の1航空写真モザイクより25万分の1地形図に航跡を移写する。この際、地表目標物の判読が困難な部分についてはドップラ記録を併用する。なお、調査飛行後の上記標定作業の過程で、25万分の1地形図には所によって大きな歪みが認められる事が判明したため、これらの地域については(上記地形図に比べて比較的信頼できると考えられる)25万分の1 LANDSATおよびSLAR映像モザイクを利用して標定作業を行っている。
- 4) 25万分の1地形図、LANDSATおよびSLAR映像モザイクより25万分の1ベースマップを作成し、このベースマップ上に上記の作業で標定された航跡データを移写して現地版航跡図を作成する。なお、この航跡図により追加測線の必要性を検討し翌日の調査飛行計画を立てている。
- 5) 地磁気定点観測記録から調査基地の標準全磁力値は4 2,2 5 0 ガンマと決定された。この標準全磁力値からの時間的変動分を観測記録より読み取り日変化補正表を定成する。この補正表を用いて、調査飛行により得られた磁気アナログ記録に対して補正を行い、地磁気日変化を含まない飛行測線上における地磁気全磁力値を求め、25ガンマ毎の読取表を作成する。
- 6) このようにして作成された日変化補正後の読取表をもとにし、航跡図上の照合カウントに従って25ガンマ毎に磁気値をプロットして現地版全磁力図を作成する。

3-6-2 データ処理

- 1) データのデジタル化

Table 7 List of survey flight hours (Phase III No. 2, 1977)

Date	Hour	Remarks	Date	Hour	Remarks
May 27	5.50	Palangka Raya → Banjarmasin (100-hour inspection)	June 19	4.45	Palangka Raya → Banjarmasin (100-hour inspection)
28	6.15		20	5.00	
29	4.00		21	9.10	
30	5.00		22	6.35	
31	0.50		23	8.00	
		24	8.30		
		25	8.40		
		26	6.50		
		27	7.05		
		28	0.50		
Subtotal	21.55	(May)			
June 8	2.20	Banjarmasin → Palangka Raya (including flight test at Banjarmasin)	Subtotal	100.25	(June)
9	5.20		July 7	2.20	Banjarmasin → Palangka Raya (including flight test at Banjarmasin)
10	3.45				
11	3.05				
14	3.25				
15	5.45				
16	4.30				
17	1.15				
18	5.35				
				Subtotal	2.20

(*) Total survey flight hours from May 27 to July 7

124 hr 40 min

Table 8 Aircraft inspection schedule

Aircraft	Inspection	Date	Airport	City
Cessna 402B PK-VCE	100-hour	Jul. 28, 1976	Kemayoran	Jakarta
	50-hour		Panarung	Palangka Raya
	100-hour	Sept. 5, 1976	Samsudin Nur	Banjarmasin
	50-hour		Panarung	Palangka Raya
	100-hour	Nov. 1, 1976	Kemayoran	Jakarta
Cessna 402B PK-VCD	50-hour	Apr. 21, 1977	Panarung	Palangka Raya
	100-hour	Apr. 30, 1977	Samsudin Nur	Banjarmasin
	50-hour	May 15, 1977	Panarung	Palangka Raya
	100-hour	Jun. 2, 1977	Samsudin Nur	Banjarmasin
	50-hour	Jun. 21, 1977	Panarung	Palangka Raya
	100-hour	Jun. 29, 1977	Samsudin Nur	Banjarmasin

調査飛行により得られたアナログ磁気データおよび航跡データは日本において Bendix 社製データグリッドディジタイザによるデジタル化が行われた。

航跡データについては10秒毎の照合カウントに従ってX, Y座標系でデジタル化された。また、アナログ磁気記録は同じく10秒毎の照合カウントと共にデジタル化を行っている。

このデジタル化されたデータは磁気テープおよびデータカードに記録され、CDC 6600型電子計算機による処理がなされ航跡図および全磁力図が作成される。

2) 磁気データの格子点値への変換

航跡図上で10秒毎の照合カウントと共にデジタル化された磁気データは電算機処理により、2.5 km間隔(25万分の1図面上で1 cm間隔)の格子点上の値への内挿法による変換が行われた。格子点のX, Y座標上での原点(1, 1)の位置は緯度 $0^{\circ}00'$ 、東経 $111^{\circ}45'$ の位置に対応している。

3) 全磁力図

デジタル化された航跡データおよび磁気データは電算機処理により航跡図上に10ガンマ毎の全磁力値および磁気異常の極大値・極小値がプロットされる。このプロットされた値はトラバースラインとタイラインの交差点において必ずしも一致しない場合が認められる。この違いの原因としては、飛行高度および航空機の飛行時のヘディングの違いおよび標定誤差等による位置的な違いが挙げられる。この様にトラバースラインとタイラインとの間に交差点において磁気値に違いが認められる場合には標定チェック等の再検討がなされる。この後、電算機により最小自乗法的手法により交差点上の磁気値の誤差を小さくする様に各測線に対して1次磁気トレンド補正を行う。この操作を繰り返すことにより各交差点上の誤差を小さくして最終的に全交差点上の誤差の2乗を最小とする。この様にしたデータより格子点磁力値への変換を行って全磁力図が作成された。

4) 残差図

地球磁場方向の磁力値として測定される全磁力値には、地下浅部よりの効果から極めて地下深部よりの効果までが含まれている。一般に地下に分布する磁性岩体による磁気異常のうち浅部よりの効果はその異常域に比較して大きい振巾を有する。一方、極めて地下深部よりの効果は広域のかつなめらかな磁気異常として表現される。したがって後者の磁気分布は最小自乗法的手法により、2次曲面近以によって表わすことが可能となる。この様にして極めて地下深部よりの規模の大きい磁気効果は球面函数によって表わされるため、調査により得られた全磁力値よりこの大規模磁気傾向面を差し引くことによって調査地域特有の磁気異常分布を得ることが出来る。これを残差図とよぶ。なお、上記の大規模磁気傾向面として差し引く標準磁場には国際標準地球磁場(IGRF)を用いている。本調査地域の国際標準地球磁場を緯度、経度それぞれ $10'$ および

15'毎の点において計算した結果を Table 9 に示す。

3-7 解析方法

空中磁気探査の結果を解析する手法として、定性解析と定量解析の2つがある。定性解析法では、残差図をもとに各種のフィルタ処理を行い、磁気異常を選択的に抽出したり、除去することにより磁気特性を定性的に判断する。

定性解析のためのフィルタ処理には次のものが挙げられる。

- a. 鉛直二次微分フィルタ (Second vertical derivative filter)
 - b. 帯域フィルタ (Band-pass filter)
 - c. 方向性フィルタ (Strike filter)
 - d. 擬似重力フィルタ (Magnetic pole reduction filter)
 - e. 接続フィルタ (Continuation filter)
 - f. 自己相関解析 (Auto-correlation analysis)
 - g. スペクトル解析 (Spectral analysis)
- etc.

一方、定量解析法は、各磁気異常の磁気断面につき、磁気異常を発生させる岩体の深度、形状および磁氣的性質を求める事を目的としており、次の方法が挙げられる。

- a. 特性点法 (Specific point method)
 - b. 曲線照合法 (Curve matching method)
 - c. 特性曲線法 (Specific curve method)
 - d. 解析的方法 (Analytical method)
- etc.

データ処理および解析のフローチャートを Fig. 7 に示す。

3-7-1 スペクトル解析

空中磁気探査により得られた磁気図には大規模的磁気異常から極めて小規模磁気異常までの種々の異常が含まれこれらの異常が重ね合わされた結果として表現されている。したがって磁気図を解析するに際しては、出来る限り有用な情報を得るために、合成された形で表現される磁気異常からそれぞれの磁気異常を分離する手法が必要となる。

一般に、浅部に分布する磁性岩体による磁気異常はそのシャープさと大振幅短波長異常で特徴づけられる。一方、深部に分布する磁性岩体による磁気異常は長波長でかつその広がりと比較して振幅は小さい。したがって、深部磁性岩体による効果と浅部磁性岩体による効果とを、磁気異常の波長バンドの異なる点に着目して分離することが可能となる。この様な観点から周波数フィ

Table 9 IGRF geomagnetic component in central Kalimantan (1977.5)

Longitude (E) Latitude (S)	111°45'	112°00'	112°15'	112°30'	112°45'	113°00'	113°15'	113°30'	113°45'	114°00'	114°15'	114°30'	114°45'
0°00'	41662.3	41646.2	41629.8	41613.5	41596.8	41579.9	41562.9	41545.8	41528.4	41510.9	41493.3	41475.5	41457.5
0°10'	41713.3	41697.2	41680.9	41664.6	41647.9	41631.1	41614.3	41597.2	41580.0	41562.6	41545.0	41527.3	41509.4
0°20'	41764.7	41748.7	41732.6	41716.3	41699.7	41683.0	41666.3	41649.2	41632.1	41614.8	41597.3	41579.8	41562.0
0°30'	41817.0	41801.2	41785.1	41768.9	41752.5	41735.8	41719.2	41702.3	41685.2	41668.0	41650.6	41633.1	41615.4
0°40'	41870.6	41854.8	41838.8	41822.7	41806.3	41789.9	41773.2	41756.4	41739.5	41722.4	41705.1	41687.9	41670.3
0°50'	41925.0	41909.3	41893.4	41877.4	41861.1	41844.8	41828.3	41811.6	41794.6	41777.6	41760.6	41742.9	41725.5
1°00'	41979.9	41964.3	41948.5	41932.6	41916.4	41900.2	41883.6	41867.0	41850.3	41833.5	41816.7	41799.0	41781.8

ルタ操作を磁気異常分布に適用することによって、磁気図に表現される様々な異常を強調あるいは弱めることが出来る。

調査地域の磁気図に表現された磁気異常の波長特性を知ることは、上記の如くフィルタ処理も含めた種々の解析を進める上で有効であり、さらにポテンシャル論から、平均磁気基盤深度の推定にも役立つものである。

a. エネルギースペクトルの求め方

点 (x , y) における観測値 F (x , y) を、2次元フーリエ級数で、

$$F(x, y) = \sum_{m=0}^M \sum_{n=0}^N \left(A_{mn} \cos \frac{2m\pi x}{L_1} \cos \frac{2n\pi y}{L_2} + B_{mn} \cos \frac{2m\pi x}{L_1} \sin \frac{2n\pi y}{L_2} + C_{mn} \sin \frac{2m\pi x}{L_1} \cos \frac{2n\pi y}{L_2} + D_{mn} \sin \frac{2m\pi x}{L_1} \sin \frac{2n\pi y}{L_2} \right) \quad (1)$$

とあらわすと、フーリエ係数 A_{mn} は

$$A_{mn} = \frac{4}{L_1 L_2} \int_0^{L_1} \int_0^{L_2} F(x, y) \cos \frac{2m\pi x}{L_1} \cos \frac{2n\pi y}{L_2} dx dy \quad (2)$$

として求めることができる。 B_{mn} , C_{mn} , D_{mn} , についても同様である。電算機によりこれらの値を求める場合には、 $x = i \Delta x$, $y = j \Delta y$ とおき、格子点 (i , j) における観測値を $F(i, j)$ とすると(2)式は、

$$A_{mn} = \frac{4}{L_1 L_2 \Delta x \Delta y} \sum_{i=0}^{L_1/\Delta x} \sum_{j=0}^{L_2/\Delta y} W_{ij} F(i, j) \cos \frac{2m\pi i \Delta x}{L_1} \cos \frac{2n\pi j \Delta y}{L_2} \quad (3)$$

と書きかえられる。 W_{ij} は二次元台形則の重み関数である。

よってこれからエネルギースペクトル E_{mn} は

$$E_{mn} = A_{mn}^2 + B_{mn}^2 + C_{mn}^2 + D_{mn}^2$$

として求まる。

b. エネルギースペクトルによる平均基盤深度の推定

深度 H における地下構造が白色スペクトルを持つ場合には、上述のエネルギースペクトル E_{mn} と H との間にはポテンシャル論から

$$E_{mn} \propto e^{-4\pi H f} \quad (4)$$

の関係が成り立つことが知られている。

ただし,

$$f = \sqrt{\left(\frac{m}{L_1}\right)^2 + \left(\frac{n}{L_2}\right)^2} \quad \text{である。}$$

よって縦軸に $\log E$, 横軸に f をとり各 E_{mn} をプロットすればこれらの点の回帰直線の勾配から H を推定することができる。

3-7-2 鉛直二次微分フィルタ

鉛直二次微分フィルタは地域的異常を強調し, 地方的異常を弱める特性を有する。

鉛直二次微分は2つの水平二次微分をたし合わせて符号を変えたものとして表わされる。この手法は磁気異常の変曲点を求めるものであることから, 鉛直二次微分図に表現される磁気異常は全磁力残差図における磁気異常の非線型部分を強調する様になっている。さらに本図では磁性岩体の境界が明瞭に表現されるという特徴も有しており, 本図の零コンタから磁性岩体の水平的分布状況を容易に把握することが出来る。

鉛直二次微分フィルタ計算には, 調査地域縁辺部では Henderson, Zietz による式を, また中央部では Rosenbach による式を使用している。

これらの式は次の通りである。

$$\frac{\partial^2 \Delta T}{\partial Z^2} = \frac{1}{S^2} \cdot \frac{1}{24} (96 \Delta T_0 - 72 \Delta T_1 - 32 \Delta T_2 + 8 \Delta T_4) \quad (\text{Rosenbach})$$

$$\frac{\partial^2 \Delta T}{\partial Z^2} = \frac{2}{S^2} (3 \Delta T_0 - 4 \Delta T_1 + \Delta T_2) \quad (\text{Henderson and Zietz})$$

ここで

$$\Delta T_1 = \frac{\Delta T_{11} + \Delta T_{12} + \Delta T_{13} + \Delta T_{14}}{4}, \quad \Delta T_2 = \frac{\Delta T_{21} + \Delta T_{22} + \Delta T_{24}}{4}$$

$$\Delta T_4 = \frac{\Delta T_{41} + \Delta T_{42} + \Delta T_{43} + \Delta T_{44} + \Delta T_{45} + \Delta T_{46} + \Delta T_{47} + \Delta T_{48}}{8}$$

なお, $T_{11}, T_{12}, \dots, T_{48}$ の格子点配置は Fig. 8 に示す。

3-7-3 擬似重力フィルタ

磁気測定点における地球磁場ベクトルおよび磁性岩体によって発生する磁化ベクトルは, 磁気異常の規模および形状を規定する上で重要なパラメータとなる。磁気異常解析において信頼度と精度の面からは, 磁性岩体を仮想的に北磁極に移動した場合に示すであろう磁気異常について評価をすることが有効である。この場合には磁化ベクトルは変換操作によって垂直方向に向き, 得られる磁気異常は見かけ上重力異常と同じとなる。

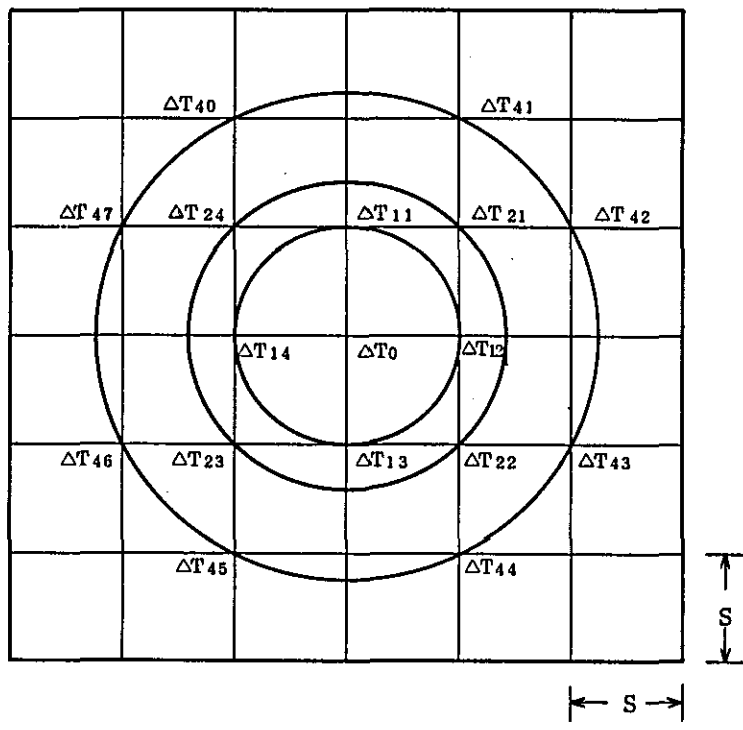


Fig. 8 Lattice configuration for second vertical derivative calculation

測定された磁場を磁極へと変換するに際しては、磁性岩体の持つ磁化ベクトルは不明であるため、磁化は岩体により誘導されたもののみと仮定して行う。したがって得られた結果の解釈には十分検討を要するが、この様にして得られた磁気図からは極めて有用な情報を得ることが出来る。

具体的なフィルタ計算では全磁力残差図の磁北の方向をY軸とする直交X, Y座標系を設定し格子間隔Sの格子点の磁気値 $T(x, y)$ を求める。この $T(x, y)$ から最小自乗法により近似平面 $N(x, y)$ を求め格子点における残余磁気値

$$\Delta TR(x, y) = T(x, y) - N(x, y) \quad \text{を求める。}$$

この $\Delta TR(x, y)$ と、8方向格子系の重み係数とのconvolution積をとり、格子点の擬似重力値を算出する。なお、重み係数は次式で与えられる。

$$W^{-1}(x', y') = \frac{1}{2\pi^2 S^2} \int_{-\frac{1}{N}}^{\frac{1}{N}} \int_{-\frac{1}{N}}^{\frac{1}{N}} e^{2\pi i \sqrt{m^2+n^2} (mx'+ny')} \frac{1}{\sqrt{m^2+n^2}} \cos 2\pi (mx'+ny') \, dm \, dn$$

格子点配置はFig. 9に示す。

3-7-4 定量解析

磁気図を解析するにあたって、磁性岩体の深度、位置、磁化の強さ等を磁気異常断面から電算機により自動解析計算によって求める手法は定量解析における有効な方法の一つである。この手法では磁性岩体には二次元断層モデルおよび二次元プリズムモデルを設定して実施している。本手法では非線型変換を用いており、非線型操作に置き換えることが出来る点の特徴である。本手法の概要を次に述べる。

磁気断面 $T(x)$ の、次式で定義されるフーリエ変換を $F(\omega)$ とすると、

$$T(x) = \sum_{m=0}^M A_m e^{-j2\pi mx} \quad (1)$$

$T(x)$ と、 $F(\omega)$ の関係は次の様に表わされる。

$$T(x) \leftrightarrow F(\omega) = A_m(\omega) + j B_m(\omega) \quad (2)$$

ここで、 $\omega = 2\pi m$, $j = \sqrt{-1}$ である。

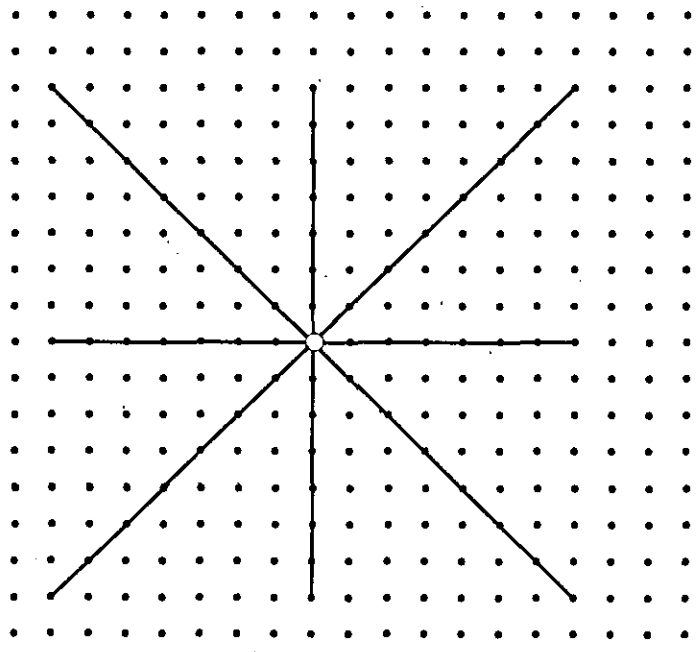
$T(x)$ の水平微分および鉛直微分を $T_x(x)$ および $T_z(x)$ とするとこれらは次式で与えられる。

$$T_x(x) = \frac{\partial T(x)}{\partial x} \leftrightarrow j\omega F(\omega) = -\omega B(\omega) + j\omega A(\omega) \quad (3)$$

$$T_z(x) = \frac{\partial T(x)}{\partial z} \leftrightarrow \omega F(\omega) = \omega A(\omega) + j\omega B(\omega) \quad (4)$$

この変換により微分操作は周波数領域において単純化され高次の微分が容易に得られる。ここで、次式で定義されるBell型関数 $a(x)$ を導入する。

$$a(x) = (T_{xz}(x))^2 + (T_{zz}(x))^2 \quad (5)$$



M.N.
↑

Fig. 9 Lattice configuration for magnetic pole reduction calculation

断層あるいはダイク等の二次元構造モデルに対して $a(x)$ は次式の通り単純な形に表現される。

$$\text{断層構造} : a_F = \beta^2 [(x-x_0)^2 + h^2]^{-1} \quad (6)$$

$$\text{ダイク構造} : a_D = 4\beta^2 d^2 [(x-x_0-d)^2 + h^2]^{-1} \cdot [(x-x_0+d)^2 + h^2]^{-1} \quad (7)$$

ここで、

$$\beta = KT_0 \cdot (1 - \cos^2 i \cdot \sin^2 \alpha)$$

k = 帯磁率差

T_0 = 全磁力値

α = 磁気断面と磁北とのなす角

x_0 = モデル位置

$2d$ = モデル巾

h = モデル頂部の深度

なお、計算の手順は次の通りである。

各磁気異常断面に対しフーリエ変換を施し、複素周波数領域における値を得る。これに対して二次微分演算を行った後フーリエ逆変換を施して空間領域の値を得る。ここで Bell 型関数 $a(x)$ を適用して $a(x)$ の極大値およびその位置を求め、極大値周辺の値を用いて最小自乗法による曲線照合を行ってモデル構造のタイプを判定し、見かけ帯磁率、深度および巾が自動的に求められる。

3-8 岩石磁性測定

インドネシア地質調査所の実施した地質調査より採取された岩石試料の中から、23ヶの試料について岩石帯磁率の測定が実施された。測定はインドネシア地質調査所によって行われ、測定器には Bison 社製帯磁率計が用いられた。測定結果は Table 10 に示す。

測定結果から算出された岩石試料の平均帯磁率は次の通りである。

$3,992 \times 10^{-6}$ cgsemu/cc	安山岩 (試料数 3ヶ)
$1,479 \times 10^{-6}$ cgsemu/cc	閃緑岩 (" 3ヶ)
120×10^{-6} cgsemu/cc	砂岩 (" 8ヶ)
48×10^{-6} cgsemu/cc	石灰岩 (" 2ヶ)
64×10^{-6} cgsemu/cc	頁岩 (" 3ヶ)
99×10^{-6} cgsemu/cc	粘板岩 (" 2ヶ)
99×10^{-6} cgsemu/cc	片岩 (" 2ヶ)

Table 10 Susceptibilities of rock samples

Sample No.	Rock name	Susceptibility $\times 10^{-6}$ cgsemu/cc	Mean susceptibility $\times 10^{-6}$ cgsemu/cc
OK- 7	Andesite	3307	3992
OK- 112	Andesite	4574	
TS-1670	Andesite	4096	
TS- 462	Dioritic rock	963	1479
TS- 340	Dioritic rock	2211	
VE- 5	Dioritic rock	1264	
OK- 336	Sandstone	351	120
OK- 36	Sandstone	46	
OK- 43	Sandstone	15	
TS- 707	Sandstone	75	
TS- 850	Sandstone	35	
TS- 925	Sandstone	369	
OK- 213	Sandstone	15	
OK- 219	Sandstone	57	
OK- 68	Limestone	53	48
OK- 130	Limestone	42	
OK- 392	Shale	60	64
OK- 72	Shale	53	
OK- 126	Shale	80	
TS- 558	Slate	29	99
TS-3682	Slate	169	
TS-1258	Schist	186	99
OK- 247	Schist	11	

第4章 調査結果

本調査により作成された磁気図は、残差図 (Residual map)、鉛直二次微分図2種類 (Second vertical derivative map)、擬似重力図 (Magnetic pole reduction map)、およびスペクトル解析図として深部効果図 (Deep effects map)と浅部効果図 (Shallow effects map)の合計6種類である。(PL. I~VI参照) これらの磁気図をもとに磁気異常の定性的および定量的解析を行った結果は、岩石試料の磁性測定結果および既存地質資料との総合検討を行い総合解析図 (Interpretation map)として示した。(PL. VII参照)

4-1 残差図 (Residual map, PL. I)

残差図に示される磁気異常について定性解析を行った結果、判断される調査地域の磁気的特性は次の通りである。

磁気異常分布の傾向から、調査地域は北西部、南西部、東部の3つの地域に大別される。以下これらの地域をそれぞれ地域Ⅰ、地域Ⅱ、地域Ⅲと呼ぶことにする。(Fig. 10参照)

地域Ⅰ：本地域では長波長かつ極めて弱い磁気異常の分布が優勢である。磁気異常の波長は40~60 km程度で振巾は50~60 gammas程度のものが卓越している。本地域の磁気異常分布状況から、地質構造を反映すると判断される磁気構造として①本地域北西端部より南東端部にかけてのWNW-ESE系で延びる等磁力線で表現される大規模磁気構造線、②本地域北端中央部よりNNE-SSW系で延びる等磁力線で表現される磁気構造線、③本地域東部において広範囲に分布する極めて長波長かつ緩やかな磁気異常で表現される大規模磁気盆状構造が指摘される。

地域Ⅱ：本地域は極めて等磁力線の密な磁気異常が密集することが特徴的である。磁気異常は短波長~中波長で構成されその波長は10~30 km程度であり、振巾は100~700 gammas程度である。本地域の地質構造を反映すると判断される磁気構造としては①WNW-ESE系およびE-W系が卓越する中波長磁気異常で表現される比較的規模の大きい磁気構造、②上記磁気構造に伴なりNW-SE系およびWNW-ESE系の磁気構造線、③ENE-WSW系およびNE-SW系が卓越する短波長磁気異常で表現される磁気構造、④この磁気構造に伴なりNE-SW系の磁気構造線が指摘される。

地域Ⅲ：本地域は上述地域Ⅰ、Ⅱで把握された特徴的な磁気異常分布の傾向に比較すると、これらの両傾向を併せ持つ磁気異常が分布している。即ち、本地域北西端部、北東端部および東端部中央においては比較的緩やかな長波長磁気異常が卓越することに対し、本地域中央部および南西部には等磁力線の密な短波長~中波長の磁気異常が分布している。本地域の地質構造を反映す

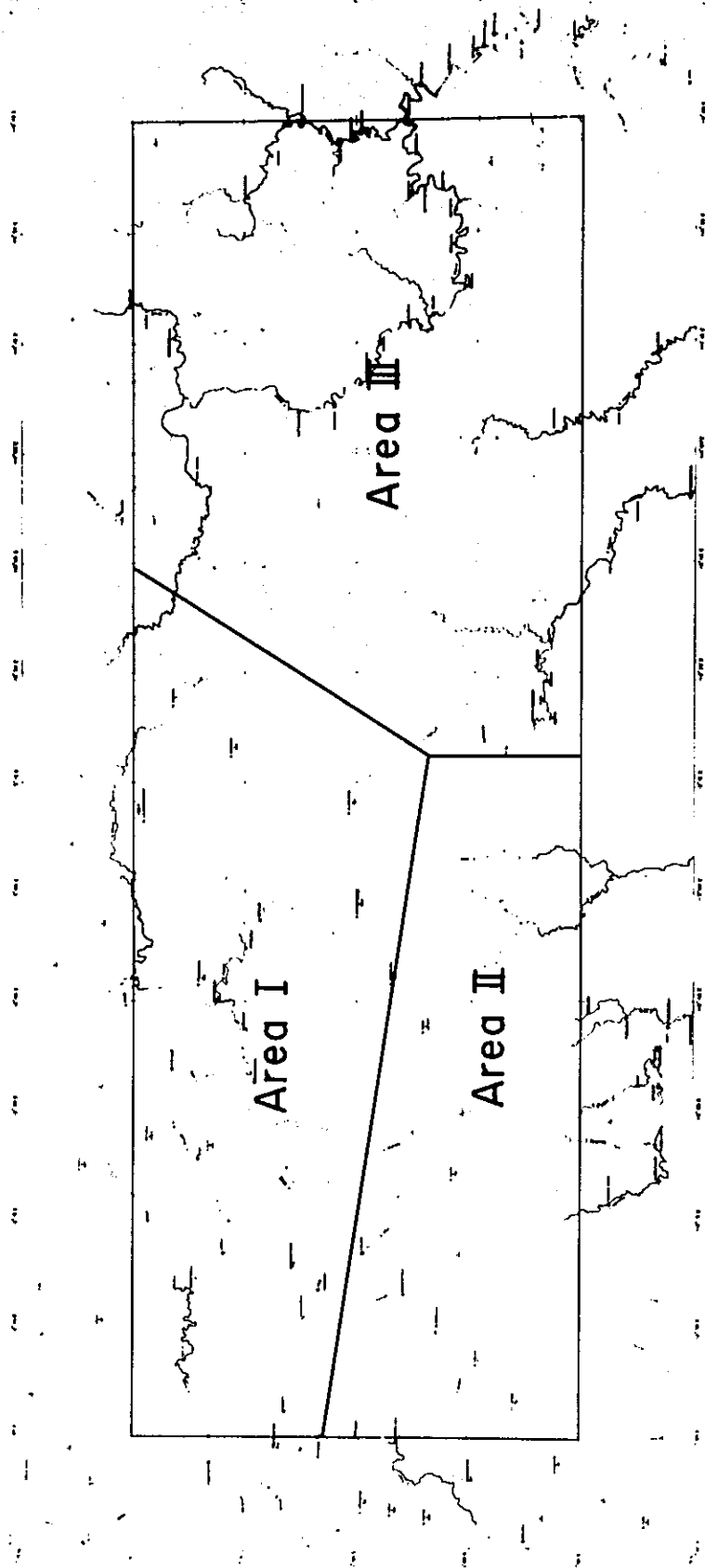


Fig. 10 Sectional map of survey area

ると判断される磁気構造としては、①本地域北西端部、北東端部および東端部中央に分布する比較的緩やかな磁気異常から推測される磁気構造、②北端部中央付近にWNW-ESE系で分布する磁気異常から推定される磁気構造、③本地域南西部にN-S系で配列する磁気異常で表現される磁気構造、④本地域中央部にE-W系あるいはNE-SW系の配列を示す磁気異常群で表現される複雑な磁気構造、⑤本地域南部において比較的密な等磁力線がほぼE-W系で分布することから推定されるE-W系の磁気構造、⑥本地域中央部に認められる等磁力線の系統的歪みから判断されるNE-SW系の大規模磁気構造線、⑦本地域東部中央付近よりNE-SW系で極めて密な等磁力線が分布することから判断される大規模磁気構造線が指摘される。

4-2 鉛直二次微分図 (Second vertical derivative map)

本調査では鉛直二次微分図としてフィルタの格子間隔を1cm (鉛直二次微分図-1) および3cm (鉛直二次微分図-2) の2種類を作成した。

1) 鉛直二次微分図-1 (Second vertical derivative map-1, PL. II)

本図では磁性の強い岩体の境界が顕著に把握されるとともに、磁気構造線についても明瞭に示されている。

地域Ⅰ：本地域では全般的に磁性の弱い岩体が分布すると考えられ、比較的磁性が強いと考えられる岩体の分布は本地域北端部中央、東端部中央および南端部に認められるのみである。なお本地域南端部に認められる磁気異常は北部へ向けて異常が弱くなる傾向を示しているが、地域Ⅱの磁気異常分布との関連性から判断すると、地域Ⅱ北部に分布する磁性岩体が地域Ⅰへ向けて深度を増すことも考えられる。異種岩体の境界、断層等を反映すると考えられる磁気構造線は本地域ではNE-SW系およびNW-SE系が卓越している。

地域Ⅱ：本地域ではほぼ全域を通じて顕著な磁気異常が密集しており、等磁力線の分布状況から磁気異常を強・中・弱の三段階に分類することができる。強い磁気異常は、本地域北部、南西端部、南端部中央および東端部に認められ、これらの分布域には極めて磁性の強い岩体が分布するものと判断される。上記異常に次ぐ中程度の磁気異常は主として本地域西部および東部に認められる。また、弱い磁気異常は本地域中央部に広く分布しており、これに比較してやや規模の劣るものが北西部と東部に認められる。顕著な磁気構造線は北部、西部、東部に多数把握され、最も卓越する方向はNE-SW系であり、次いでNW-SE系、WNW-ESE系およびENE-W-SW系等が挙げられる。本地域北部で把握された磁性岩体は大局的にはE-W方向に配列分布するが、各所でNE-SW系の磁気構造線によって切られる傾向が認められる。本地域中央部で把握されたWNW-ESE系の磁気構造線は比較的規模も大きく、本地域にほぼE-W系で分布する磁性岩体との関連性が認められることから、本調査地域の地質構造を規制する大規模構造に

関係するものと推定される。

地域Ⅲ：本地域では極めて顕著な磁気異常が3個所に認められる。即ち、本地域西端部中央付近およびその南方の磁気異常、および本地域東部中央の磁気異常であり、極めて磁性の強い岩体が分布するものと判断される。上記磁気異常に次いで、上記西端部中央付近の磁気異常よりE-W系で延びる磁気異常群、この東端部よりENE-W SW系で本地域南西端部へ延びる磁気異常群、本地域北端部中央よりWNW-E SE系で延びる磁気異常群、本地域東部中央付近よりNE-SW系で延びる磁気異常群、本地域南端部東の磁気異常群等が挙げられる。これらの磁気異常分布域には比較的磁性の強い岩体が分布するものと考えられる。

2) 鉛直二次微分図-2 (Second vertical derivative map-2, PL. III)

本図では地域Ⅰ北部から地域Ⅲ北西部にかけての広範囲にわたり極めて弱い磁気異常がほぼE-W系で分布している。また、地域Ⅱ西部から中央部にかけては磁気異常はNW-E SE系が、地域Ⅱ東部および地域Ⅲの西部から中央部にかけてはENE-W SW系が、地域Ⅲ東部ではNE-SW系が卓越する傾向が顕著に認められる。本図ではフィルタ格子は前述鉛直二次微分図-1の3倍の間隔を採用していることから、上述磁気異常分布には比較的規模の大きい岩体の大局的な分布状況が反映されているものと判断される。

4-3 擬似重力図 (Magnetic pole reduction map, PL. IV)

本図では、広がりをもつ顕著な高磁気異常は地域Ⅱ南西部および東端部、地域Ⅲ中央部および東部に認められ、これらの地域は磁性の強い岩体が広く分布する地域と推定される。また、地域Ⅲ中央部付近を境として東側ではなめらかな等磁力線で構成される磁気異常が分布するが、西側では短波長の複雑な磁気異常群が卓越する。このことから地域Ⅲ中央部付近を境として東西両地域では地質構造的に違いがあるものと推定される。この様な磁氣的違いを生じる一つの原因としては、東側地域の磁気異常分布には地下深部の磁性岩体による影響が卓越し、西側地域の磁気異常分布には地表付近あるいは比較的地下浅部の影響が卓越することが考えられる。

4-4 スペクトル解析図 (Spectral analysis map)

本調査により得られた残差図に対し、スペクトル解析を行った結果は Fig. 11 に示す。本図からは、磁気異常の周波数 0.06 cycles/km (波長約 17 km) 付近を境としてエネルギースペクトルの分布に折れ曲がりの傾向が認められる。上記周波数を境として低周波数部分を深部効果、高周波部分を浅部効果によるものと判断して、それぞれについてエネルギースペクトル分布の勾配を最小自乗法により求めた結果、深部効果および浅部効果をもたらす磁性岩体の平均的深度として、深部効果からは海拔 $-3,900 \text{ m}$ 、浅部効果からは海拔 -540 m の各値が得られた。

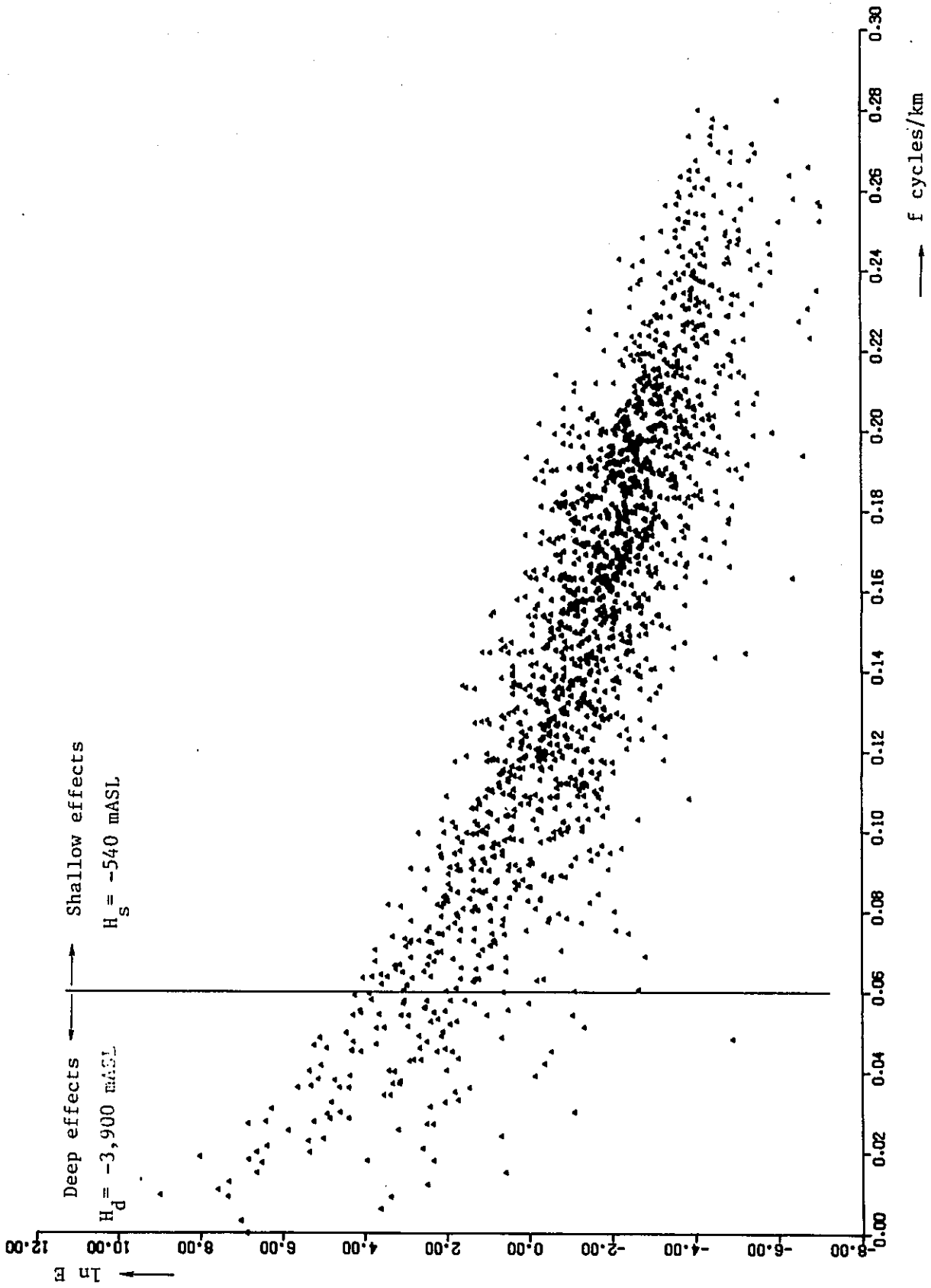


Fig. 11 Energy spectrum vs. frequency

本調査地域を支配する磁気異常を深部磁気構造，浅部磁気構造に起因するものとして分離した結果を深部効果図および浅部効果図として示した。

1) スペクトル解析図—深部効果 (Spectral analysis map : Deep effects, PL.V)

本図では大規模磁気構造に関する深部からの効果が主として反映されており，したがって深部における大規模磁性岩体の分布状況が表現されているものと考えられる。地域Ⅰでは磁性の弱い岩体の分布が優勢である。本地域全般を通じてはE-W系で岩体分布が卓越する傾向があるが，西部および東部においてはそれぞれWNW-ESE系およびENE-WSW系で岩体分布の傾向が認められる。地域Ⅱでは磁性の強い岩体がほぼWNW-ESE系で分布するものと考えられる。地域Ⅲでは北西端部，北東端部および東端部中央付近において磁性の弱い岩体の分布が認められる他は磁性の強い岩体の分布が優勢であると考えられる。なお，磁性の強い岩体は，本地域西部から中央部にかけてはE-W系あるいはENE-WSW系の分布傾向が，また北部ではNW-SE系が，南部ではほぼE-W系が卓越する傾向が認められる。

2) スペクトル解析図—浅部効果 (Spectral analysis map:Shallow effects, PL.VI)

本図では主として地表付近および地下浅部に分布する磁性岩体による効果が選択的に表現されている。地域Ⅰ北部から地域Ⅲ北西部にかけては磁性の弱い岩体がほぼE-W系で分布するものと判断される。地域Ⅰ南端部付近からはやや磁性の強い岩体の分布が優勢となり磁性岩体の分布の方向性はWNW-ESE系が卓越するものと考えられる。地域Ⅱは磁性の強い岩体の分布が優勢な地域と判断され，顕著な磁性岩体分布域としては本地域西端部，北端部中央，南端部中央および東端部が指摘される。地域Ⅲでは磁性の強い岩体は本地域西部中央付近から中央部にかけての地域，北端部中央付近，および東部中央付近からNE-SW系で南端部に至る地域に分布するものと判断される。

4-5 定量解析結果

本調査により得られた磁気図（残差図）に対し，電算機による自動解析法を用いた磁気異常断面解析を行った。また，自動解析法により得られた結果に対しては求められた磁気異常岩体の巾，深度，見かけ帯磁率等の値の妥当性を考察し，さらに地質資料との検討を加えた後，Talwani法による磁気異常断面解析を行った。これらの結果をあわせてTable 11に示した。なお，本表に示した異常岩体の位置，解析断面位置および解析結果についてはPL.VIIにその番号とともに記載している。

Table 11 Results of qualitative analysis

Anomaly No.	Profile No.	Automatic analysis			Talwani method		
		Width (m)	Depth (mASL)	Susceptibility ($\times 10^{-3}$ egsemu/cc)	Width (m)	Depth (mASL) Top/Bottom	Susceptibility ($\times 10^{-3}$ egsemu/cc)
I - ①	I - ① - 1	26,500	-1,750	0.5	26,500	-3750/-∞	1.1
II - ①	II - ① - 1	10,000	-750	1.13	7,500	+500/-∞	3.6
	II - ① - 2	10,500	0	2.1	7,300, 5,200	+500/-∞, +500/-1750	2.7
II - ②	II - ② - 1	4,000	+1,250	1.8	5,500	+1250/-∞	1.9
	II - ② - 2	3,500	+1,250	1.0	2,700	+1000/-∞	1.3
II - ③	II - ③ - 1	16,500	-750	1.18	13,000, 4,000	+1500/-1750, +1250/-∞	1.4
	II - ③ - 2	12,500	-1,250	3.1	5,000, 7,300	+500/-∞, +500/-3000	2.0
II - ④	II - ④ - 1	5,500	-1,000	2.7	9,400	+250/-∞	2.0
	II - ④ - 2	7,000	0	2.5	5,000, 3,700	+250/-1750, +250/-∞	2.5
II - ⑤	II - ⑤ - 1	—	—	—	8,800, 6,200, 5,000	+500/-1250, +500/-∞, +500/-2000	4.1
	II - ⑤ - 2	—	—	—	5,000	+1000/-∞	1.3
II - ⑥	II - ⑥ - 1	8,500	-2,750	4.5	8,700, 3,600	0/-∞, 0/-2250	1.2
	II - ⑥ - 2	7,000	+250	5.1	5,000	+250/-∞	2.2
III - ①	III - ① - 1	—	—	—	6,700, 13,300	+1000/-1500, +1000/-∞	1.5
	III - ① - 2	8,000	-1,250	3.9	8,800	+250/-∞	1.4
III - ②	III - ② - 1	—	—	—	5,800	-250/-∞	1.5
	III - ② - 2	—	—	—	2,250	-2750/-∞	1.6
III - ③	III - ③ - 1	—	—	—	6,700, 4,600, 3,400	+250/-750, +250/-3000, +250/-500	3.9
	III - ③ - 2	—	—	—	8,800	+750/-2000	4.1
III - ④	III - ④ - 1	—	—	—	6,200	+1000/0	3.6
	III - ④ - 2	—	—	—	5,200	+250/-500	4.3
III - ⑤	III - ⑤ - 1	—	—	—	6,700, 6,700, 3,600	-250/-1500, -250/-4750, -250/-1500	4.2
	III - ⑤ - 2	—	—	—	6,600	+250/-250	3.6

第 5 章 総合検討

本調査の結果からは、調査地域を北西部（地域Ⅰ）、南西部（地域Ⅱ）および東部（地域Ⅲ）の3地域に大別する顕著な磁気異常分布の傾向が把握された。

地域Ⅰでは長波長かつ極めて弱い磁気異常が分布することに対し、地域Ⅱでは短波長～中波長で極めて強い磁気異常が密集することが特徴的である。また、地域Ⅲにおいては上述両地域で把握された特徴的磁気異常分布の傾向を併せ持つ磁気異常が分布している。

岩石磁性測定の結果からは、安山岩、閃緑岩が極めて高い岩石帯磁率を有し、砂岩、石灰岩、頁岩、粘板岩、片岩は極めて低い岩石帯磁率を有することが判明しており、したがって、前者の岩石の分布が支配的な地域では強い磁気異常が卓越し、後者の岩石の分布が支配的な地域では弱い磁気異常が卓越するものと判断される。

この様な観点から調査地域の磁気異常を解釈すると、地域Ⅰは砂岩、石灰岩、頁岩、粘板岩、片岩等の岩石の分布が優勢な地域と判断され、特に本地域東部に把握された大規模磁気盆状構造域ではこれらの岩石が極めて厚く分布することが予想される。地質資料からは本地域は砂岩、泥岩、頁岩の広く分布する地域にあたる。泥岩については岩石磁性の測定データはないが、ほぼ砂岩等と同程度の低い岩石帯磁率を示すものと予想されることから、本地域は極めて厚い砂岩、泥岩、頁岩の分布する地域と判断され、特に上記大規模磁気盆状構造域ではスペクトル解析により得られた深部効果の原因となる深度－4,000mASL程度にまで及ぶ可能性が指摘される。

地域Ⅱでは極めて強い磁気異常がほぼ全域にわたって分布し、閃緑岩あるいは安山岩等の極めて磁性の強い岩石の分布が優勢な地域と判断される。地質資料からは本地域は頁岩、粘板岩、片岩、片麻岩および花崗岩類が分布する地域にあっている。磁気異常解析の結果からは本地域の磁気異常は強・中・弱の三段階に分類されるが、このうち強い磁気異常域として抽出された磁性岩体（Ⅱ－①、Ⅱ－②、Ⅱ－③、Ⅱ－④、Ⅱ－⑤、Ⅱ－⑥ etc.）は地質資料で花崗岩類、一部片麻岩、粘板岩、片岩の分布域に対応しており、本調査からは本磁性岩体は花崗岩類のうち閃緑岩に近い成分を有するものと判断される。また中程度の磁気異常域として抽出された磁性岩体分布域については地質資料との対比から花崗岩類分布域との対応が良い。花崗岩試料についての岩石磁性測定データはないが一般的に花崗岩は閃緑岩に比較して低い岩石帯磁率を示すことを考慮すると、本磁性岩体分布域には花崗岩あるいはやや閃緑岩質な花崗岩類が主として分布するものと判断される。本地域で弱い磁気異常域として抽出された磁性岩体分布域は、花崗岩類および片岩、粘板岩の分布域と対応していることから主として片岩、粘板岩および磁性の弱い花崗岩が分布するものと判断される。

地域Ⅲでは顕著な磁気異常が3ヶ所(磁性岩体Ⅲ-①, Ⅲ-⑤, Ⅲ-⑥)で把握され磁気異常区分からは地域Ⅱにおいて強い磁気異常として抽出された磁性岩体に対応されるものである。地質資料との対比から磁性岩体Ⅲ-⑤は安山岩と判断され、磁気異常解析からその厚さは3,000m程度と考えられる。磁性岩体Ⅲ-⑥分布域は砂岩、礫岩、頁岩の分布域に対応するが、本磁性岩体周辺には安山岩の分布が多数認められる。したがって本磁性岩体分布域には安山岩が比較的広く地表付近より分布することが推定され、この場合、磁気異常解析による岩体の厚さは3,000m程度と考えられる。磁性岩体Ⅲ-①分布域は粘板岩、片岩および花崗岩類の分布域に対応するが、磁気異常解析の結果から本磁性岩体は閃緑岩と解釈され、本岩は地表付近より地下深部にまで分分するものと判断される。本磁性岩体東方および南方には比較的強い磁気異常(Ⅲ-②およびⅢ-③)が分布するが、前者については砂岩、片麻岩、粘板岩、片岩の分布域に、また、後者については片麻岩、安山岩質集塊岩および小規模ではあるが花崗岩類の分布する地域に対応している。磁気異常解析の結果からは閃緑岩程度の磁性の強い岩体の分布が予想され、この場合、磁性岩体頂部の深度はそれぞれ1,000mASLおよび250mASL程度と考えられる。本地域中央部および東部には比較的顕著な小規模磁気異常に反映される磁性岩体の分布が把握され、地質資料からは安山岩あるいは砂岩の分布域に対応しており、磁性的な面からはこれらの小規模磁性岩体は安山岩と判断される。本地域北端部中央付近で把握された磁性岩体Ⅲ-④は磁気異常解析から磁性の強い岩体が比較的地下深部に分布するものと考えられる。本磁性岩体付近には主として砂岩が分分するが、一部基盤岩類である片麻岩の分布が認められることから基盤の閃緑岩の発達する可能性が考えられ、磁気異常解析によるこの場合の岩体頂部の深度は-250mASL程度と考えられる。本地域南端部東で把握された磁性岩体Ⅲ-⑦は砂岩、頁岩が広く分布する地域に対応するが、磁気異常解析からは磁性の強い岩体の分布が考えられる。本異常岩体北端部には粘板岩、片岩の小規模分布が認められることから、これらを買いて閃緑岩が地下に分布する可能性も考えられる。本地域北東端部および東端部中央に把握された緩やかな磁気異常分布域は砂岩、頁岩の分布する地域に対応することから、本磁気異常分布域にはこれらの岩石が厚く分布するものと判断される。なお、本地域東端部中央異常域は磁気異常解析により、一旦南西方向に延びてさらに西方へ連続する傾向が把握されているが、これは砂岩、頁岩等の磁性の弱い岩石が厚く分布する範囲を大局的に表現するものと推定される。本地域北西端部で把握された緩やかな磁気異常分布域は片麻岩が広く分布する地域に対応する。片麻岩については岩石磁性測定データはないが、磁気異常解析の結果からは磁性の弱い岩体が厚く分布する地域と判断される。なお、本異常域北方では磁性岩体Ⅲ-④が把握され、比較的地下深部に閃緑岩等の磁性の強い岩体の分布が推定されていることから、緩やかな磁気異常分布域地下深部には磁性岩体Ⅲ-④が南方へ向けて深度を増して分布する可能性が考えられる。

以上の、磁性岩体の分布状況と地質との対比により、本調査地域の地質構造は次の様に解釈される。

本調査地域の基盤の一部を構成する花崗岩類は地域Ⅱ全域にWNW-ESE系で広く分布する。さらに地域Ⅲ南西部では閃緑岩と推定される岩体の分布状況から、磁性の強い基盤岩類は大局的には本地域中央部付近にかけてENE-WSW系で分布するものと判断され、一部、地域Ⅲ北端部中央および南端部東へと連続する可能性が考えられる。

砂岩、泥岩、頁岩等は地域Ⅰのほぼ全域にE-W系で広く分布し、特に地域Ⅱ東部において把握された磁気盆状構造付近では極めて厚い分布が推定され、その厚さは4,000~5,000mにおよぶ可能性が考えられる。

本調査地域の地質構造を規制する断層等の構造線に関係すると考えられる磁気構造線は、地域ⅠではWNW-ESE系、NNE-SSW系、NW-SE系が認められ、このうちWNW-ESE系の磁気構造線は本調査地域の基盤岩類の大局的分布方向との関連性から、本調査地域の大規模地質構造を反映したものと考えられる。また地域Ⅱおよび地域Ⅲでは極めて顕著な磁気構造線が数多く認められる。大規模なものとしては地域ⅡではWNW-ESE系が、また地域ⅢではNE-SW系が指摘され、基盤岩類の大局的分布を規制する大規模地質構造に関連するものと考えられる。特に地域Ⅲで把握された磁気構造線については地質資料による断層との良い対応が認められる。これらの磁気構造線に比較してやや小規模な磁気構造線は、地域ⅡではNE-SW系およびNW-SE系が、また地域ⅢではNE-SW系およびENE-WSW系が卓越しており、磁性の強い基盤岩類の分布状況を規制しているものと判断される。

本調査地域の鉍化帯は主として地域Ⅱ東端部から地域Ⅲ西部にかけての地域において把握されている。鉍化作用は第三紀の花崗岩に関連するものと考えられているが本調査からは第三紀花崗岩の分布については判明しない。しかし、本調査地域で確認されている鉍化帯の分布状況にはほぼ磁性岩体Ⅱ-④、Ⅲ-①、Ⅲ-③周辺に分布する傾向が認められる。また、本地域は地域ⅡにおいてWNW-ESE系で分布する基盤岩類がENE-WSW系に方向を転じて分布すると考えられる地域にあたり、磁気構造線もNE-SW系、NW-SE系、ENE-WSW系が数多く把握されている。比較的複雑な地質構造を有すると判断される本地域は、鉍化作用に関連する第三紀花崗岩が分布するための地質構造的条件を有するものと考えられる。

第 6 章 結 論

本調査により調査地域の地質構造、火成岩の分布状況が磁気的な観点から解明された。

すなわち本調査地域の基盤の一部をなす花崗岩類は調査地域南西部にWNW-ESE系で広く分布し、調査地域中央部付近においてその分布の方向をENE-WSW系に転じて調査地域東部中央付近に延びるものと判断され、さらに調査地域東部北端および東部南端へと連続する可能性が指摘される。

砂岩、泥岩、頁岩等は主として調査地域北西部にほぼE-W系で広く分布し、特に北西部東域には極めて厚い分布が推定された。また、安山岩と判断される岩石は主として地域Ⅲ中央部付近に数多く分布することが判明した。

本調査地域の地質構造を大きく支配する構造線に関係すると判断される磁気構造線が把握され、調査地域西部ではWNW-ESE系が、また東部ではNE-SW系が卓越することが判明した。本調査地域の基盤岩類の大局的分布は、これらの構造線によって規制されているものと考えられる。

本調査地域の金属鉱床に関係すると考えられる鉱化帯は主として調査地域中央部南で把握されており、鉱化作用は第三紀の花崗岩と関連を有するものと考えられている。本調査からは第三紀花崗岩の分布については判明しないが、確認されている鉱化帯は本調査により調査地域中央部南において把握された磁性岩体周辺に分布する傾向が認められる。さらに本地域は基盤岩類およびその大局的分布を規制すると考えられる構造線がWNW-ESE系からENE-WSW系あるいはNE-SW系に方向を転じる地域にあっており、また前述構造線に比較してやや規模は小さいが、断層等を反映すると推定される磁気構造線が数多く認められることから地質構造的にも複雑な地域と判断される。このような地域では上述鉱化帯に関係する第三紀花崗岩が分布するための地質構造的条件をそなえる場が形成されるものと考えられる。

以上の考察から明年度実施の望まれる調査として、本調査地域中央部南域を主体とする地質調査を実施すると同時に地化学探査を併用した鉱床賦存有望地域の選定を行うことが必要と考えられる。

REFERENCES

1. Direktorat Geologi Indonesia, 1969, Peta geologi, Kalimantan Tenggara, sekala 1 : 500,000.
2. Direktorat Geologi Indonesia, 1970, Peta geologi, Kalimantan Barat dan Barat - Daja, sekala 1 : 500,000.
3. Edited by Morley, L. W., 1967, Mining and groundwater geophysics : Economic Geology Report, no. 26, Geological Survey of Canada.
4. Spector, A. and Grant, F.S., 1970, Statistical models for interpreting aeromagnetic data : Geophysics, vol. 35, p. 293-302.
5. Henderson, R.C. and Zietz, I., 1949, Computation of second derivative of geomagnetic field : Geophysics, vol. 14, no. 4, p. 508-516.
6. Rosenbach, O., 1953, A contribution to the computation of the "second derivative" from gravity data : Geophysics, vol. 18, no. 4, p. 894-909.
6. Baranov, V., 1957, New method for interpretation of aeromagnetic maps; Pseudo-Gravimetric Anomalies : Geophysics, vol. 22, no. 2, p. 359-383.
7. Hasegawa, H., 1967, A new method for numerical calculations of Pseudo-gravimetric anomalies : Butsuri-tanko (Geophysical Exploration), vol. 20, no. 5, p. 199-207.
8. Ogawa, K., 1977, A computer interpretation method for profiles of total intensity magnetic fields using a linear technique : Butsuri-tanko (Geophysical Exploration), vol. 30, no. 4 p. 218-228.

