

茨城県日立—千葉県鴨川地域の空中磁気異常と地質構造

第Ⅱ報 磁気構造と地質構造

小川 克郎* 堀川 義夫** 津 宏治***

Aeromagnetic Anomalies and Geological Features
in the Hitachi (Ibaraki Prefecture)—Kamogawa (Chiba Prefecture) Area
Part II Magnetic and Geologic Provinces

Katsuro OGAWA, Yoshio HORIKAWA and Hiroji TSU

Abstract: This paper describes the results of combined geophysical and geological interpretation of aeromagnetic anomalies of the Hitachi—Kamogawa area, located east of Tokyo, with the help of reflection seismic data. This area plays a very important role in discussing the structural development of the Japanese Islands because it is located in the boundary region between two major geologic provinces, i.e., Southwest Japan and Northeast Japan. The basement structure of the on-shore part of the area (Kanto Plain) has been discussed by several geologists with special attention to the structural relation between the two geological provinces.

However, different ideas have been given for this relation. This diversity of ideas is probably due to the fact that the basement structures are masked by thick cover of the latest Early Cretaceous to Recent sediments. Aeromagnetic anomalies of the Kanto Plain and the neighbouring off-shore area give some indications on the basement structures, that is: 1) igneous activity after middle Miocene was very weak or nonexistent, which may give weak anomalies, while on the contrary, 2) major tectonic zones of the basement group such as the Ryoke metamorphic belt or the Sambagawa metamorphic belt bear large quantities of igneous rocks, which may give medium to strong anomalies.

The area was divided into seven magnetic provinces (Fig. 6) by the characteristics of magnetic anomalies (Fig. 1) such as direction of magnetic trend, depth to the top of magnetic body, and effective susceptibility obtained by quantitative interpretation. Then, each magnetic province was compared with the major geological province or belt using oil and gas well data as well as available data on surface geology, gravity and reflection seismic. A table below shows the summary of the results.

Magnetic Province	Geological Province
Hitachi—Ryugasaki (A)	} Abukuma Belt
Off-Abukuma (A')	
Kashima—Narita (B)	} Sambagawa Belt
Off-Kashimanada (C)	
Off-Choshi (D)	Chichibu Belt
Off-Boso Peninsula (E)	North Shimanto Belt
Off-Kamogawa (F)	South Shimanto Belt

(Fig. 15, Table 2)

Several important results are reviewed as follows:

- 1) The Abukuma Belt (Magnetic Province A), which forms the southernmost part of Northeast Japan, extends southwards to the Pacific Ocean and then turns southwestward toward the Kanto Plain and reaches Ryugasaki, located about 40 km northeast of Tokyo. The Tanakura Tectonic Line which divides the Abukuma Belt from the non-metamorphosed Paleozoic formations may

* 地殻熱部

** 物理探査部

*** 元物理探査部 (現石油開発技術センター)

extend to the Kanto Plain along the western edge of the Abukuma Belt.

2) The Sambagawa Belt (Magnetic Province B and C), which is one of the major structural units of Southwest Japan and is characterized by crystalline schists and accompanying ultrabasic rocks, is situated immediately south of the Abukuma Belt at Ryugasaki, but is gradually off from it toward the northeast. The belt extends northeastward in a straight line to the Pacific Ocean passing through Kashima City.

3) The Chichibu Belt (Magnetic Province D) and the Shimanto Belt (Magnetic Province E and F), which belong to the Outer Zone of Southwest Japan, extend straight toward the east as far as 80 km off the coast of Choshi and the Boso Peninsula, respectively.

1. 緒言

本邦主要大陸棚の炭化水素鉱床を主体とした資源の賦存状況評価を目的とする地球物理学的基礎調査が開始されて以来、調査の進行につれ、我が国周辺陸棚-陸棚斜面の深部構造が次第に明らかになってきた。

関東以北の太平洋側地域に限って言えば、北海道根室半島から房総半島鴨川に到る全海域の反射法地震探鉱(資源エネルギー庁)および空中磁気探鉱(地質調査所)が終了し、現在解析と解釈が進行しつつある。

このうち、日立-鴨川海域(関東海域)の空中磁気異常の解析結果については別に報告されている(堀川ほか, 1979)¹⁾。

関東海域には隣接陸域の地質から、下部白亜系から第三系の発達が予想され、炭化水素資源探鉱の立場からは堆積物の分布形態、トラップ構造の有無等石油地質学上の問題点が含まれる。更に、関東海域は日本列島の主な構造単元である東北日本区と西南日本区の先新第三紀における境界域を占めるという重要性をもち、また地質学上両者を分ける明確な境界の位置について種々の見解が出されている関東平野東部および東方沖合を含んでおり、様々の問題点をはらんでいる地域である。

本稿(第II報)では、第I報で報告された磁気異常の分布と解析結果(磁性岩体の埋没深度、形状、磁化の方向と強さ)に基づき、本地域を幾つかの磁気区に区分し、しかる後、既存の地質学・地球物理学的データや知見を参考としてこれを地質区に対応づけてみた。その結果、西南日本区としての関東平野下の主要な地質構造単元-領家帯(筑波帯)、三波川帯、秩父帯、四万十帯および中央構造線の関東平野東部および東方海域への延長の分布輪郭を推定することができた。

なお、磁性岩体と磁気異常との関係については付録で若干の説明を加えた。

2. 地質概略

1) 地表地質

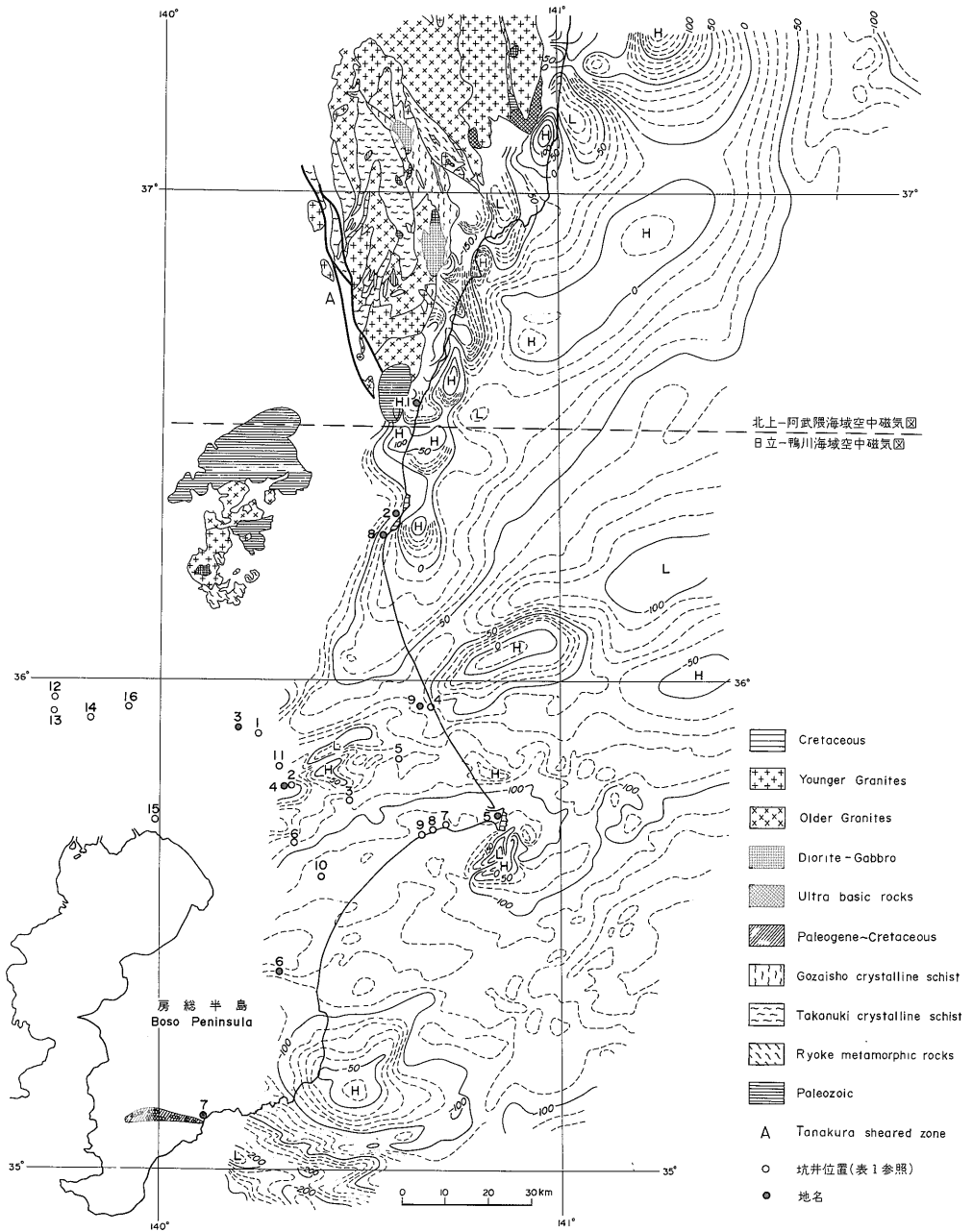
関東平野の北部足尾山地から西部関東山地には先第三紀古期岩類が露出し、これが関東平野下の基盤岩類として分布していると考えられる。今回の探査区域の陸域部では平野が広く発達し、先新第三紀基盤岩類は日立市周辺、那珂湊海岸、鉾子、および房総半島中部に少範囲に露出しているに過ぎない。

阿武隈山地南端部の日立地方にはひろく変成を受けた古生層とこれを貫ぬく深成岩類が分布している。古生層下部は火山岩起源の変成岩を主とし、その上位の石灰岩からは石炭紀の化石が産出し、砂岩、粘板岩がその上位に発達する。変成を受けた部分は角閃片岩・珪質片岩・変輝緑岩などからなり、片理や線構造が発達し、その一般走向はNE-SW方向を示している。この日立古生層の北部には圧碎花崗岩・花崗閃緑岩が分布し、西側には西堂平片麻岩が露出し、その西縁はNNW-SSEに走る棚倉破碎帯(構造線)によって壊され、八溝山地の古生層地域と隔てられている。日立から久慈にかけての海岸付近には基盤岩類を不整合に覆う中新世多賀層群が発達している。

那珂湊市東部の海岸には、上部白亜紀の礫岩・砂岩・シルト岩からなる那珂湊層群が分布する。本層群はヘトナイ統に対比され北東へゆるく傾斜し、地体構造上の位置・岩相・化石などの点で西南日本内帯の同時代の和泉層群に酷似するとされている(坂本ほか, 1972)。大洗町海岸には上部白亜系または古第三系と推定される、主として礫岩層から構成される大洗層が分布している。

鉾子には古生代・白亜紀前期(後半)の地層が分布するが、新生代の地層に覆われているため、露出は海岸付近に限られている。千坂ら(1972)によれば、古生層は二疊紀のチャート・珪質砂岩・頁岩等からなり、また中生層は白亜紀前期宮古世鉾子層群の礫岩・砂岩・頁岩等から構成され、いずれも露出範囲がせまい。新第三紀中新世の夫婦ヶ鼻層は北部の海岸に分布し、主として凝灰質泥岩で構成される。

1) この報告を第I報とし、本稿における図表類のI-第1図のごとき記載は第I報・第1図を示すことにする。

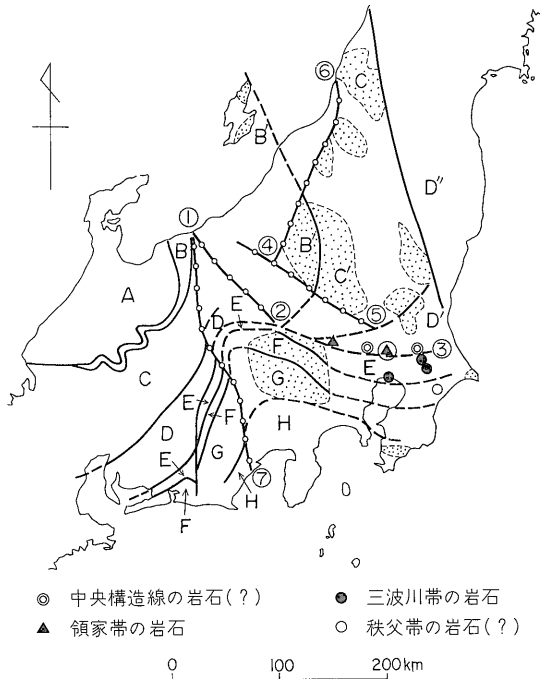


地質は地質調査所(1957)50万分の1地質図幅「新潟」および同所(1966)50万分の1地質図幅「東京」による
1. 日立 Hitachi, 2. 那珂湊 Nakaminato, 3. 竜ヶ崎 Ryugasaki, 4. 成田 Narita, 5. 銚子 Choshi,
6. 茂原 Mobarra, 7. 鴨川 Kamogawa, 8. 大洗 Oarai, 9. 鹿島 Kashima

第1図 日立—鴨川空中磁気図

Aeromagnetic map off the coast of Hitachi—Kamogawa area.
Surface geology and well locations are also shown.

たり地質学上極めて重要な役割をもつが、その多くは厚い第三紀、第四紀の堆積物に覆われ、先第三紀基盤岩類の分布については確定されていない。石井 (1962) は石油・天然ガス探鉱の目的で行われた物理探査、試錐などの資料から関東平野の基盤を論じ、中央構造線が関東山地の北縁付近からはほぼ利根川沿いに東進し、竜ヶ崎付近を経て鹿島灘に抜けると推論した (第2図)。畠山 (1964) は関東平野西部の屈折法地震探鉱、重力探鉱、磁気探鉱記録を総合的に検討して、利根川構造線 (山下ほか, 1962) および東松山断層の平野下の延長を推定し、この両者を中央構造線の北縁および南縁付近と考えた (第3図)。そして重力異常がこの線の北側では N-S の方向を、南側では E-W の方向をもつことを示した。更に、筑波山塊が高密度塩基性岩体から成る底盤状の根をもっていることを明らかにし、石井 (1962) の示した中央構造線がこの山塊の南方で NE 方向へ屈曲する一つの根拠とした。磯見・河田 (1968) は飛騨外縁帯—上越帯、美濃帯—足尾帯、領家帯—筑波帯をそれぞれ対応する基盤



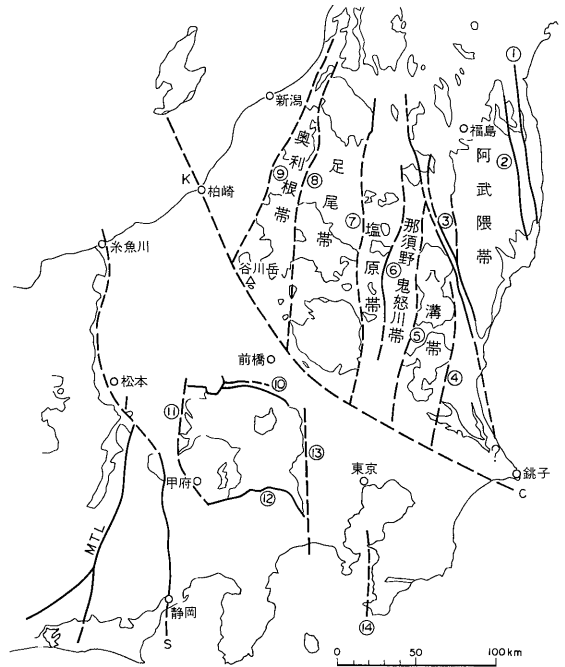
①—④: フォッサ・マグナ西縁構造線, ④—⑥: 利根川構造線 (山下・端山による), ①—②—③: 予想される“関東構造線”, ④—⑥: 新発田—小出線 (山下・端山による)

● 三波川帯の岩石
○ 秩父帯の岩石 (?)

▲ 領家帯の岩石

◎ 中央構造線の岩石 (?)

第4図 磯見・河田 (1968) による地体構造図
Figure shown by ISOMI and KAWADA (1968)



K—C; 柏崎—銚子線
第5図 山下 (1970) による地体構造図
Figure shown by YAMASHITA (1970)

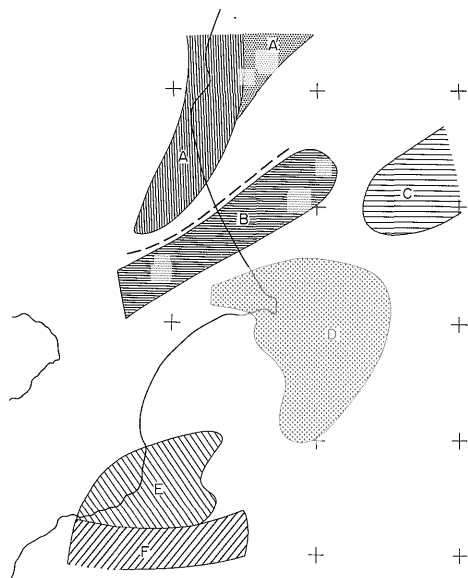
岩類とし、これと石井の提案とをあわせて、関東平野の基盤岩類の帯状配列を提唱した (第4図)。そしてこうした基盤の対応を説明するために第4図の①-②-③ (関東構造線) に沿った見かけ上 100 km もの水平転位を考えた。また阿武隈帯の西縁を画する棚倉破碎帯を東北日本区と西南日本区を分ける第一級の構造線とみなした。一方山下 (1970) は利根川構造線を北西には柏崎付近まで延長し、南東には銚子の南方へ延長し、改めて柏崎—銚子線を提唱した (第5図)。これによると関東平野の基盤は前橋市北方から銚子市南方に到る NW-SE の構造線により南北に二分される。さらに、山下 (1973) は信越房豆帯を提唱し、これをもって東北日本区と西南日本区との境界であると考えた。

こうしてみると、関東平野東部の基盤構造の分布については概略二様の考え方があることがわかる。

次章以下では関東平野東部およびその東方海域の空中磁気異常と地震探鉱記録に基づき第三系あるいは白亜系をはぎ取りその底に何が存在するかを明らかにした上でこの地域の基盤岩類の分布を推論してゆきたい。

3. 磁氣的構造とその地質学的解釈

磁気異常の分布はしばしば地質構造の分布と良好な対



第6図 磁気区
Magnetic province

応関係をもつ。こうした対応関係を明らかにする一つの方法として、「磁気区 (magnetic province)」あるいは「磁気ベルト (magnetic belt)」という概念が用いられる。これは磁気異常の波形、波長、振幅、配列方位 (系列) などを手掛りとして、対象地域を磁氣的構造の単元に区分し地質データとの対応づけを行うものである。

本地域でも IGRF 残差磁気図 (第1図, I-第13図) および鉛直二次微分図 (I-第14図) に現われている上のような磁気異常の特徴に基づき次のA-Fの六つの磁気区を設定した (第6図)。

また第7図は主な正磁気異常の分布状況を示したもので、磁気異常を発生する岩体の配列方位が北から南に順に、NNE-SSW, NE-SW, E-W と変化していることがわかる。

以下に、磁気異常の解析で得られ磁氣的構造 (I-第15図) とその地質学的解釈とを磁気区に分けて論ずる。

1) 磁気区A (日立—竜ヶ崎帯)

日立市付近から那珂湊沖合を通り関東平野に入り竜ヶ崎東方に延びる正磁気異常帯で、北部でのNNE-SSWの方位は南下するにつれて滑らかな曲線を描きつつ順次NE-SWへと転ずる (第8図)。北部での短波長で振幅の大きい異常は南下につれて波長を増し振幅を減ずる。磁気構造を計算するに当ってこの一連の異常をA1—A3の三区に分けた。A1は日立市南部の陸域の著しい異常とその東方の沿海の異常とから成る。解析結果によれば

前者は、 K_e (有効帯磁率)²⁾ = 3×10^{-3} emu/cc (以下 emu/cc 省略) 程度の強い磁化岩体が極く浅所に分布することを示している。この異常は対応する火成岩の露頭をもたないが、北—阿武隈空中磁気図 (地質調査所, 1970) によると、これは更に北方に続き日立変成岩の西縁を画す超塩基性岩類へつながる。一方後者の磁性岩体は $K_e = 1 \times 10^{-3}$ と前者に比しやや弱く海面下 2,500m 程度の深度にその岩体上面が推定される。この岩体の北方延長は高萩付近で陸に上る。この岩体に対比すべき火成岩露頭は存在しないが、強い磁化率や配列方位を考えると前者と同じく、阿武隈山地に点在する塩基性—超塩基性岩類に対応する可能性が強い。

A2は那珂湊沖に中心をもつ異常で、埋没深度 2,400—2,800m, $K_e = 1.7 \times 10^{-3}$ である。この磁性岩体の分布は海域であり、那珂湊付近に露出する白亜紀層の東側にすぐ接している。この岩体は北方のA1岩体の南方延長と考えられ、したがって阿武隈山地の塩基性—超塩基性岩類がここまで南下していると考えてよい。

A3は、大洗町沖合から北浦、霞ヶ浦を経て竜ヶ崎東部に達する NNE-SSW ないし NE-SW の方位を示す長波長、小振幅の延長性のある異常帯で、磁性岩体の埋没深度は北部で 2,400m, 南部で 3,400m 程度である。岩体幅は鉾田町付近で 18 km, 霞ヶ浦南岸で 8 km 程度で南下するにつれて狭小となる。 $K_e = 2.5 \times 4 \times 10^{-4}$ で A1, A2 に比べれば一桁小さい。この岩体は磁気異常の形状から A1 → A2 と南下する岩体の更に南方延長と考えられるが、大局的には A1, A2 をその中に含めて阿武隈山地の沖合を占める NE-SW 方向の広域磁気異常帯 (磁気区 A') の SW への延長部と考えることもできる。

2) 磁気区A' (阿武隈沖帯)

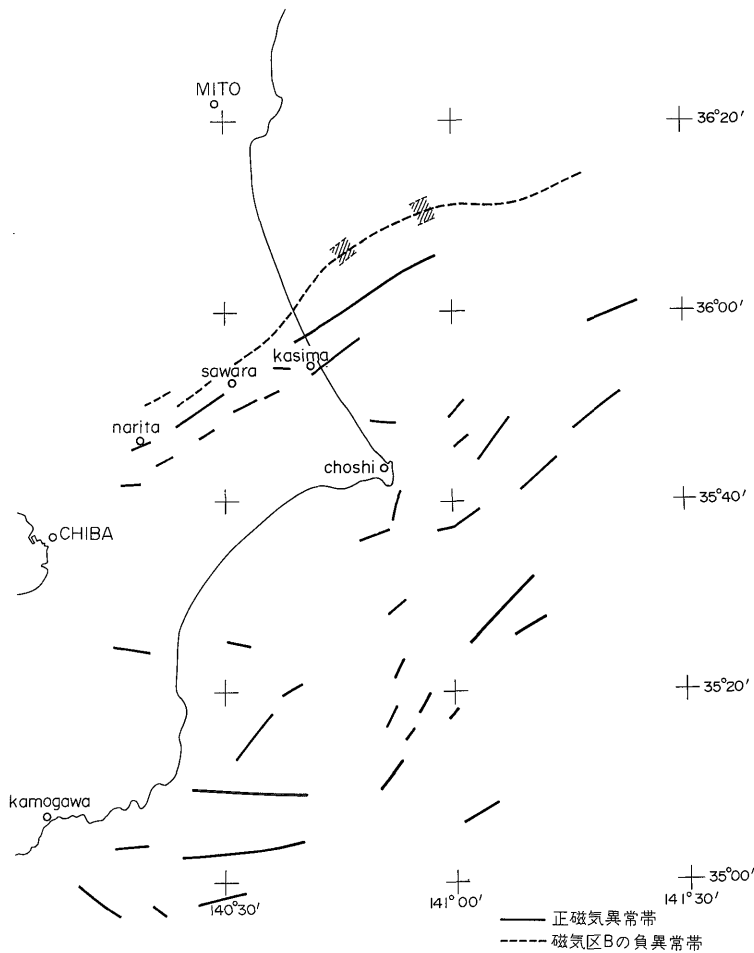
日立市沖合から NE へ延びいわき市東方 30 km 付近で N へ方位を転じ相馬沖合へと延びる波長の極めて大きい異常帯で、埋没深度 7—10 km の磁性岩体が推定される。この異常の大半は本論文の対象域外であるので詳細は述べないが、磁気区Aは大局的に見てこの磁気区の一部に含まれるものと想定される。すなわち、A'区はA区を包含して阿武隈地塊の海域への延長部に相当すると考えられる³⁾。

3) 磁気区B (鹿島沖—成田帯)

鹿島沖 40 km 付近から鹿島町を通り成田市を結ぶ NE-SW 方向を示す異常帯で、海域部では長波長、陸域部では短波長を示す (第9図)。解析された磁性岩体は、陸域

2) 誘導磁化ベクトルと残留磁化ベクトルのベクトル和の大きさを地球磁界強度で割った値 (第I報参照)。

3) 詳細は著者等が近く発表予定の“北—阿武隈沖の空中磁気異常と地質構造”で論じられる予定。



第7図 主な正磁気異常分布
Distribution of high magnetic anomalies

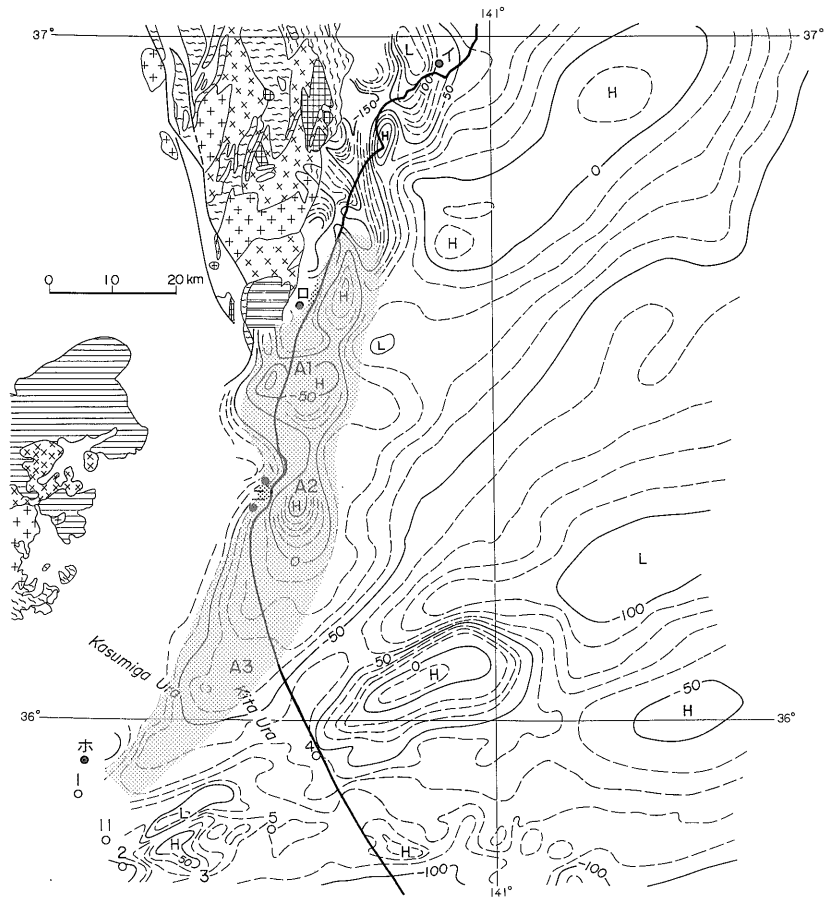
で深度900-1,800m, $K_e = 5 - 7 \times 10^{-4}$ である。

成田市から銚子方面にかけて、石油天然ガス探鉱の目的で掘られた坑井が数本あり(第9図, 第1表)磁気区Bの範囲にある鹿島R-1, 多古R-1, 成田R-1, 成田北部はそれぞれ深度887m, 825m, 1,018m, 849mで先第三紀基盤に達している(第1表)。このうち成田R-1, 多古R-1はほぼ磁気異常上に位置し、前者では深度1,800m, $K_e = 5.4 \times 10^{-4}$, 後者では深度1,000m, $K_e = 5.5 \times 10^{-4}$ という値が得られている。両坑井の基盤岩はいずれも緑色片岩で三波川帯に対比されており、したがって磁性岩体は三波川帯中の超塩基性岩(蛇紋岩等)に対応させることができよう。超塩基性岩はしばしば方向性のある磁気異常の母体となっており、我が国でも志摩半島や知多半島では三波川帯中の蛇紋岩露頭によく対応する一

連の磁気異常系列が得られている(津ほか, 1974)。中部地方の三波川帯に沿う地域の磁気異常と蛇紋岩類の分布とを第10図に示す。磁気図に基盤構造の方向性がよくあらわれていることがわかる。また鹿島R-1では磁気異常が丁度と切れている場所に相当し、一方坑井も白亜紀の堆積層で掘り止めになっていることもあって、磁気異常と三波川帯との対応の証拠は得られていない。

鹿島沖に分布する異常の磁性岩体の埋没深度は3,400-5,800mでNEへ向けて深くなる傾向がみられる。 $K_e = 1-2 \times 10^{-3}$ で比較的強い磁性をもつ。この磁性岩体について示唆する地質学的データはないが、反射地震探鉱によれば、この異常帯の南北両側の音響基盤⁴⁾に断層帯が認められる(第9図, 第11図のF1, F2)。この音響基

4) 本地域の音響基盤は白亜紀層の基盤に相当するものと考えられる。



(地質図の凡例は第1図参照のこと)

● いわき市, □ 日立市, △ 那珂湊市, ○ 大洗町, ⊙ 竜ヶ崎市

第8図 磁気区Aの磁気異常

Magnetic anomalies of province A

盤の深度は磁性岩体埋没深度とほぼ一致し、しかも音響基盤より上位に火成岩体による反射波と見なし得るものは分布しない。

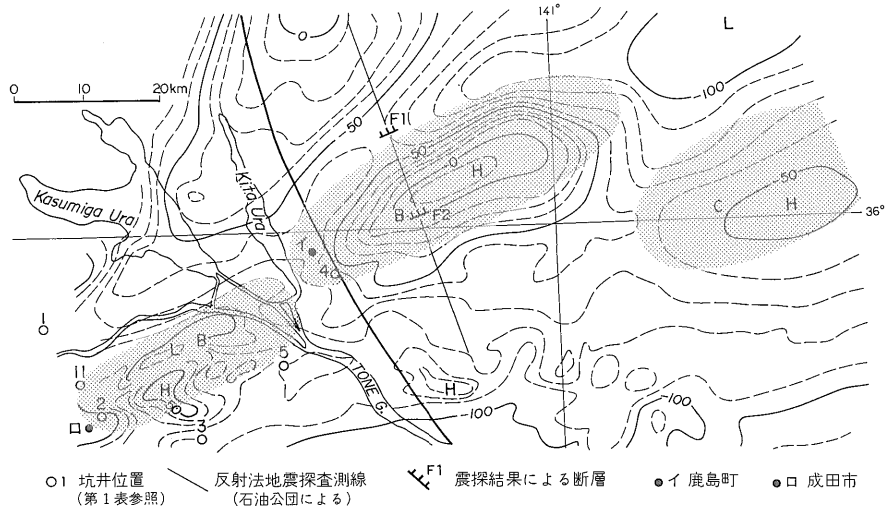
この磁性岩体が基盤グループに属することとさきの陸域の磁性岩体と全く同じ伸長方向をもつことを考慮すれば、この岩体が陸域の岩体と同じく三波川帯の超塩基性岩に相当すると言ってよい。磁気異常の波長の差異は、その上に分布する堆積層の急激な層厚変化によるものである。すなわち、堆積層の薄い陸域部では短波長、厚い海域では長波長という特性があらわれている。

なおこの岩体の北側の断層帯 (第11図F1) は関東構造線 (磯見・河田, 1968) に相当する可能性がある。

4) 磁気区C (鹿島灘東方帯)

鹿島沖約50 km 付近に中心部をもつ長波長の振幅80γ

の異常で磁気区BのNE方向の延長部よりSE方向へ約20 km ずれた形を取っている (第9図)。異常帯の方位はNE-SWで磁気区Bの方位に平行である。磁性岩体の埋没深度は6,700-8,500mと非常に深く、 $Ke = 8 \times 10^{-4}$ を示す。この岩体は探査区域の東縁に位置しその全貌は確認できない。反射法記録によればこの付近は堆積層が厚く往復走時4秒 (海面下4.5-6 km) の範囲で音響基盤は確認できず、したがって対応する岩体も判別できない。しかしながら、磁気区Bの海域の岩体とは南北方向のずれがあるものの配列方位が等しいことを考慮すると同一の構造単元に属するものと考えてよい。すなわち、三波川帯の超塩基性岩類を磁性岩体と考える。この場合、磁気区Bとの岩体との南北変位は、この間にNW-SEの横ずれ断層を仮定しても説明できるが、関東山地や西南



第9図 磁気区B, Cの磁気異常
Magnetic anomalies of province B and C

第1表 坑井データ (位置は第1図)
Well data in Kanto Plain

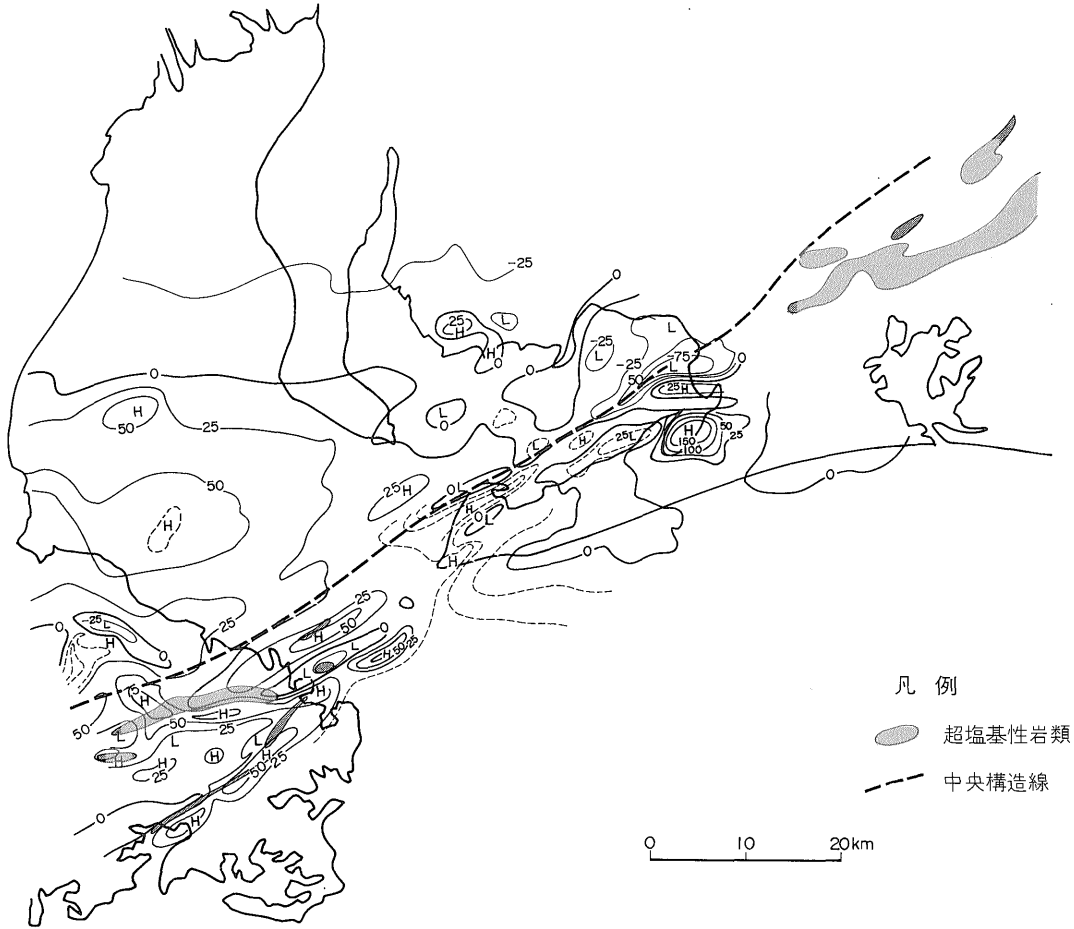
	坑井名	基盤深度	基盤の種類	文献	H	Ke
1	竜ヶ崎 R-1	813	破碎作用を受けた黒色千枚岩	石和田 (1958, 1960)		
2	成田 R-1	1,018	滑石を伴う緑色片岩	三川 (1958, 1960)	1.8	5.4×10^{-4} B-4
3	多古 R-1	825	緑色片岩	帝石資料	1.0	5.5×10^{-4} B-3
4	鹿島 R-1	887	堅硬な泥岩 (白亜系)	石和田 (1960)		
5	小見川 R-1	659	グレイワッケ (古生層)	帝石資料		
6	八街 R-1	1,989	礫岩砂岩の互層 (白亜系)	"		
7	飯岡 R-1	400	細粒アーユーズ砂岩 (古生層)	石和田 (1957 a, 1959 a) 金原ら (1958)		
8	旭 R-1	551	砂岩 (白亜系)	帝石資料		
9	旭 R-2	737	砂岩 (古生層)	"		
10	成東	1,983	先第三系堆積岩 (白亜系)			
11	(成田北部)	849	結晶片岩			
12	春日部 G S-1	3,072	先第三系堆積岩			
13	岩槻	3,346	領家変成岩			
14	松伏 S T-1	1,600	花崗岩類			
15	船橋	2,073	結晶片岩			
16	野田 R-1	1,037	片麻岩質花崗岩或いは花崗閃緑岩			

日本における三波川帯においては超塩基性岩類は構造方向と直交方向に20-30 kmの幅をもって分布することもあることを考えれば特にこのような断層を仮定しなくてもよい。

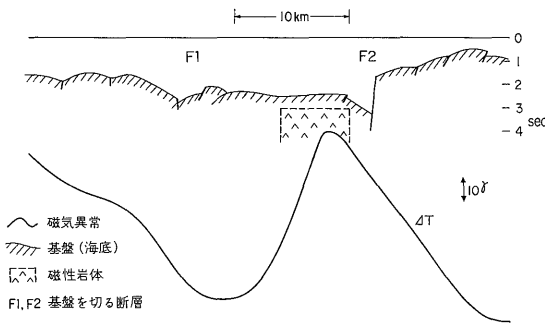
5) 磁気区D (銚子帯)

銚子東方海域に短波長、小振幅の異常が断続的に拡がっている (第12図)。これらの走向は ENE-WSW ないし

E-Wである。磁気異常の解析結果によれば、岩体の埋没深度は全般に浅く、300-3,000m, $Ke=2-13 \times 10^{-4}$ である。この磁気区内には小見川 R-1, 八街 R-1, 飯岡 R-1, 旭 R-1, 2の五本の坑井があり、それらは400-2,000mで白亜紀ないし古生代の砂岩、泥岩に当たっている (第1表)。銚子の海岸に白亜紀および古生代の地層が露出しており、海域の反射法記録によれば、突端部を中



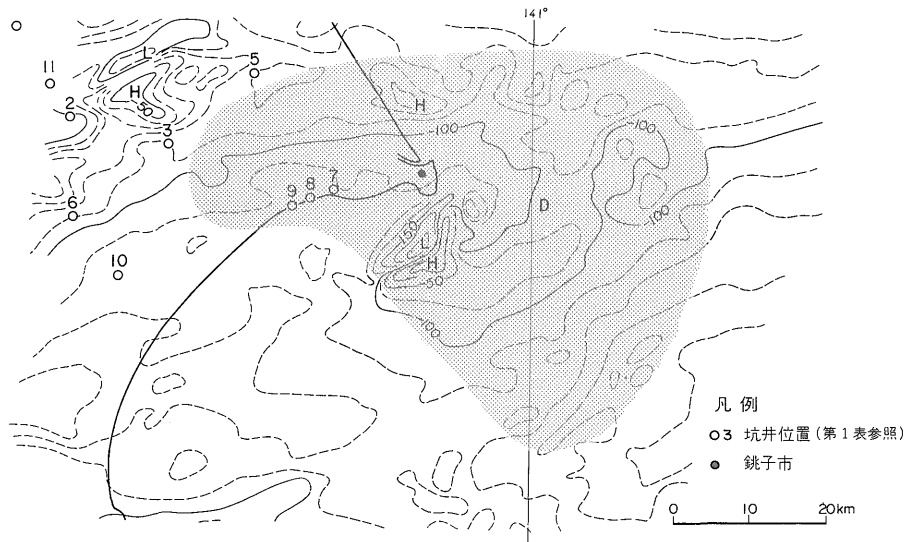
第10図 中部地方の三波川帯に沿う磁気異常と超塩基性岩類の分布
Magnetic anomalies along the Sambagawa belt in Chubu district showing the good correlation between magnetic anomalies and distribution of ultra-basic rocks



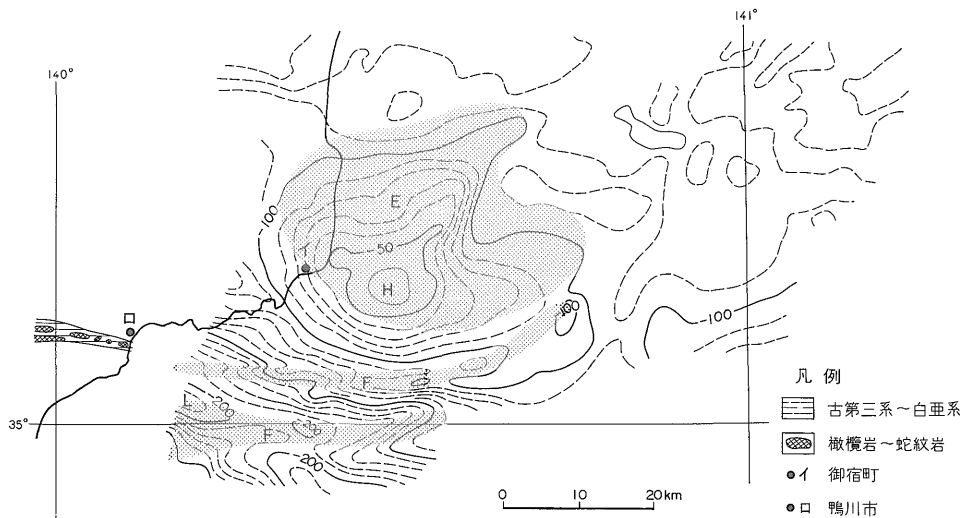
第11図 磁気区Bの南北断面(断面位置は第9図)
Magnetic and seismic profile crossing the magnetic province B (location is shown in Fig. 9)

心として、この磁気区の輪郭にはほぼ一致する形で音響基盤の急激な隆起がみとめられる(阿竹, 1971)。この隆起

域の坑井では薄い白亜紀堆積物の直下に古生層(秩父古生層, 磯見・河田, 1968)が分布すること、および、白亜紀以降の堆積物の層厚が増すと磁気異常が観測されなくなること、秩父古生層が著しい塩基性の火山性堆積物を含み、一部侵入岩体も考えられること(勘米良, 1970)を考えあわせると本区の磁気異常はおおむね秩父古生層の上面の凸凹や内部の磁性物質の変化に起因するものと考えてよい。これらの弱異常の他に銚子の南方沖合10 km 付近に短波長で振幅が500 rにも及ぶ特異な孤立型異常が分布する。岩体深度200-500m, $K_e=1.6-3.3 \times 10^{-3}$ と計算される。反射法記録の上では音響基盤が浅く、貫入岩として明瞭に認められる反射波はない。この異常の走向は南部でNE-SW, 北部でN-Sであり、本区の一般走向と一致しない。これらから推定して、この異常は新期の塩基性火山岩体によるものである(これ



第12図 磁気区Dの磁気異常
Magnetic anomalies of province D



第13図 磁気区E, Fの磁気異常
Magnetic anomalies of province E and F

は銚子付近に露出する古銅輝石安山岩に相当する可能性もある)。

6) 磁気区E (房総沖帯)

房総半島御宿沖合10 km 付近に中心が来る長波長、振幅100 rの強い正異常で、NE-SW とE-Wの二つの方向をもった異常が干渉して一つの異常を形成している(第13図)。NE-SWの異常は岩体深度1,600-2,400m, $K_e =$

$2.5 - 6 \times 10^{-4}$ である。E-Wの異常は南側が北側に比して磁気勾配が急で岩体深度は2,600-6,000mと変化が大きく、 $K_e = 2.5 - 8 \times 10^{-4}$ である。岩体の西縁は一部御宿付近の陸域にまで張り出しているが埋没深度が深いこともあって未知の岩体である。反射法記録上では二つは音響基盤が浅く対応する反射波は見られない。地質区としては四万十帯に属するから、この岩体は、九州から静岡

に至る四十帯にしばしば分布する深成岩類と考えることもできるだろう。問題は、熊野酸性岩を始めとして四十帯の深成岩類の磁性測定結果(金谷, 1975)では極めて弱い帯磁率(10^{-5} - 10^{-6})しか得られていないことである。しかし東海から宮崎に到る空中磁気図(地質調査所, 1973(御前崎—豊橋), 1975(紀伊沖, 四国沖))によると四十帯と推定される海域に極めて延長性の良好な100 γ 以上の正異常が観測されており、これを説明するためには四十帯ないしその基盤岩類に四十帯方向の大規模な火成岩系列を考える必要がある。これについては稿を改めて論じたい。

7) 磁気区F(鴨川沖帯)

鴨川市東方海域にE-W方向に延びる短波長の二つの並走する異常が分布する(第13図)。北側の異常は磁気区Eの南縁に接してそれをとりまくように西から東へ向かって順にE-Wから、ENE-WSWへと若干方向を変える。南側の異常はやや波長が長く振幅が大きい、東方のデータが欠けていてその全貌は明らかではない。解析結果から、この二系列の異常はいずれも海底近くに分布する $K_e = 3 \times 10^{-4}$ 程度の小規模火成岩体が推定される。これらは鴨川付近で房総半島を横切る丹沢—嶺岡隆起帯の東方延長として位置づけることができる。この隆起帯は中期中新世の変動で嶺岡層群、保田層群中の安山岩およびはんれい岩、蛇紋岩などを含み、これら塩基性—超塩基性火成岩類が磁性岩体となっている。

磁気区A-Fの他に、那珂湊東方60kmの海域および房総半島東北部から九十九里沖にかけの海域に弱異常帯が分布する(I-第13図)。前者は阿武隈常磐沖に分布するNNE-SSW性の弱異常帯(堀川ほか, 1974)の南方延長部に当るかもしれない。なお、この弱異常帯は、日上市沖から北海道南岸に到る沖合50-70kmの地点を延々と走る磁気ベルトで地質学的にも興味深いものがあるが、本稿の対象域外であるので、別の機会に詳しく論じたい。

4. 基盤岩類の帯状配列

これまで、磁気構造と地質構造との対応関係を各磁気区ごとに調べてきた。その結果を要約すると、

- i) 本地域では中期中新世以降の火成活動はほとんど認められず、したがって磁気異常は先中期中新世基盤岩類の構造を直接に反映している。
- ii) 磁気異常は全般に著しく連続性の良い方向性をもっており、これに基づいて本地域は磁気区A-Fに分帯できる。i)を考慮すれば、この磁気区は基盤の地質構造単元の配列と対応させ得る。

以上に基づいてやや詳細に基盤の地質構造単元の配列

を論じよう。

関東平野下の基盤構造は、磯見・河田(1968)によれば、中央構造線または関東構造線(第4図)を境として、北側は西南日本内帯に属するN-SないしNE-SW方向の基盤岩類が分布し、南側にはE-WないしNW-SE方向の西南日本外帯に属する基盤岩類が分布することが推定された。また彼らは、棚倉破砕帯を西南日本区と東北日本区を峻別する構造帯とみなし、阿武隈帯と領家帯とは原岩に差があるとした。更に関東平野の坑井で得られた領家帯と推定される岩石は棚倉破砕帯の西側の筑波帯に帰属させた。

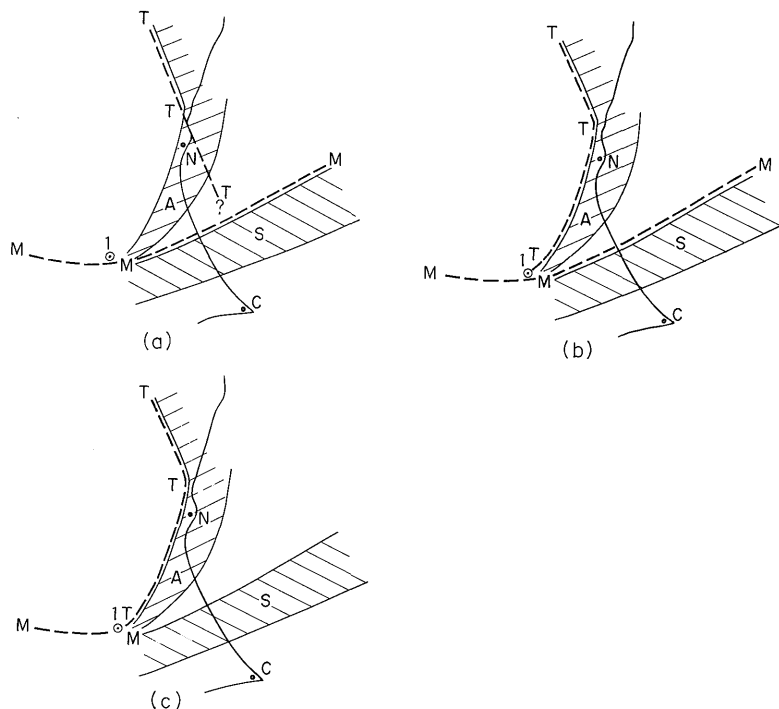
本稿における磁気区A(およびA')は明らかに阿武隈帯(日立変成岩を含めた広義の)に属し日上市から阿武隈帯方向を保ちつつ一たん海にでるが那珂湊沖でSW方向へ転じて関東平野の地下へ延びる。そして霞ヶ浦付近で三波川帯と推定される磁気区Bの系列と平行状に接し、更にSW方向へ両者は並走する。竜ヶ崎以西はデータが欠如しこの延長は確かではない。なお、A区は磁気異常のパターンからみて一連のものと思われる。

棚倉破砕帯を阿武隈帯の西縁として位置づけるならば、これも磁気区Aの西縁に沿っていったん那珂湊付近まで南下するが、方向を転じて霞ヶ浦へと延びることになる。また、これを東北日本区を画する構造線と考えず局地的構造線とすればそのままSSE方向に海域へ延長することもできようが、この場合、A区を一連の構造と考える限りこれは阿武隈帯自体を切断することになる(第14図-a)。

一方、A区の陸域部(大洗以南)と海域部を別の磁気区とみなすことができれば、陸域部を領家帯(筑波帯)と対応させることが可能となり、棚倉破砕帯を南方海域へ真直ぐに延長させることができる。しかしながら、海域の反射法記録の上では海域への延長に対応する構造線を認めることは困難であるし、更に、磁気異常の形からもこのような比較的大規模な局地的構造線を推定することは困難である。一方南部阿武隈の棚倉破砕帯に沿った負重力異常が報告されている(小笠原ほか, 1976)が、関東平野の磁気区Aの西縁に沿った負異常は明確ではない。これは堆積物の発達によって重力異常の中の基盤についての情報が失われることによるものであろう。

さて、磁気区Bを三波川帯に対応させれば、中央構造線はその北側を走ることになる。石井(1962)が推定した中央構造線(第2図)は磁気区Bの北縁と正確に一致する⁵⁾。石井は海域への延長についてはふれていない

5) 重力および磁気異常の解析をあわせると、この地点で基盤の顕著な差異が見られる(次章)。



A: 阿武隈帯, S: 三波川帯, T: 棚倉破砕帯, M: 中央構造線, N: 那珂湊市, C: 銚子市, I: 坑井竜ヶ崎R-1

第14図 中央構造線と棚倉破砕帯の関係についての三つの可能性

Three possible cases of relationship between the Median Tectonic Line and the Tanakura Tectonic Line

が、磁気区Bの海域の異常を三波川帯に対応させれば、石井の中央構造線は全く同じ方向 (NE-SW) で海域へと連なることになる。この磁気異常の北側の基盤を切る破砕帯 (第11図 F 1) を中央構造線の延長とみなすことも可能である。更に東方の海域については今のところ反射法記録がないので必ずしも明らかではないが、磁気区Cを三波川帯とみれば、中央構造線は鹿島沖80 kmの地点まで NE-SW方向で連続することになる。この時、磁気区BとCの間の20 kmの水平変位は前章でも論じたように二様に考えることができる。しかしながら、磁気図に示されるのはあくまで三波川帯中の超塩基性岩類の分布であり三波川帯自体ではなく、西南日本における三波川帯中の超塩基性岩の分布が点的であることを考慮すれば、磁気区Cの北縁沿いに中央構造線をずらせる必要はない。したがって超塩基性岩の分布の方向がほぼ三波川帯の系列方向に一致することを考えれば、大局的には中央構造線を磁気区Bの北縁の延長へもってきてよいだろう。間接的ではあるが、この位置に構造線があってもよいもう一つの根拠がある。即ち、この位置より南方の構造の系列方向がE-WないしENE-WSWであるの対

し、北方の阿武隈海域の構造が NNE-SSW の方向をもつことである。阿武隈沖に発達する堆積盆地はその東方を NNE-SSW の著しい基盤隆起帯で区切られる。この隆起帯は金華山東方沖合から那珂湊東方沖合までは連続的に追跡することができるが、その南方では認められなくなる。白亜紀前期以降のすべての堆積層がこれに対してせん滅する傾向がみられることから、これは白亜紀前期まで遡ることのできる古い隆起帯と推定される。この二つの著しく方向を異にする基盤構造の境界に何らかの構造線を推定することは許されるであろう。先きに導いた中央構造線は正しくこの境界に位置する。この場合、中央構造線と棚倉破砕帯との関係は、第14図-bに示したようにW-E方向に連なる前者に対して、北方から下ってきた後者が竜ヶ崎付近で接する形となる。

さて、中央構造線と棚倉破砕帯との関係については、もう一つ別の見方をする余地がなくはない。即ち、棚倉破砕帯を磁気区Aの西縁に沿って関東平野下へ延長すると、第1図に見られるように、“中央構造線の岩石(?)” (第4図) と記載された坑井竜ヶ崎 R-1の位置に正確に到達する。坑井位置は磁気区Aの正異常と負異常との間

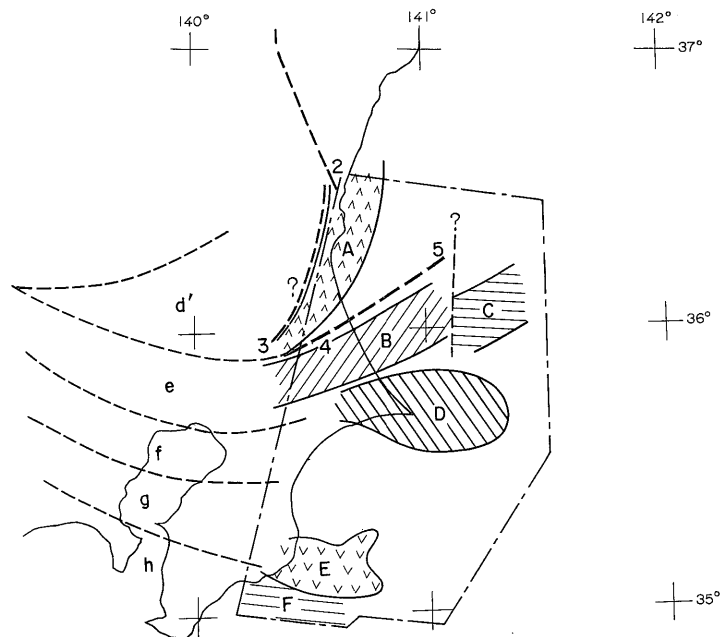
に在り、解析結果によれば磁性岩体のNW側の境界付近に来る。これを石井の図(第2図)あるいは畠山の図(第3図)に基づいて更に西方へ延ばすとそのまま中央構造線に連なる。つまり、中央構造線=棚倉破碎帯という関係が浮び上る(第14図-c)。磁気異常の分布と坑井資料だけをみる限り、実はこれが最も素直な見方であるといつてよい。ただしこう考えると、西南日本における、領家帯—(和泉砂岩)—中央構造線—三波川帯という一般的な関係が、阿武隈帯を含めた竜ヶ崎以東の地域で成りたたなくなる。

第14図に示した a, b, c いずれが正解であるかは現状では解答を示すことができないが、どの場合でも阿武隈帯が南下するにつれて狭小化することは確かである。これに関連するもう一つの問題は関東平野東部における阿武隈帯と筑波帯との関係である。残念ながら両者をつなげる磁気図がなく将来の調査を待つ外はないが、重力図(第16図)から読み取れる限りでは、両者は別の系列に属しているように見える。すなわち、筑波山塊の重力異常はその東北側では常陸大田から水戸市南方沼沼付近に延びる負異常によって阿武隈帯と隔てられている。一方、西および南側は菅生沼急傾斜帯(畠山, 1964)によって区切られる(第3図)。筑波山塊の重力正異常は南

へ、恐らく牛久沼付近まで張り出している。一方、関東平野西部の幾つかの坑井(岩槻, 松伏ST-1, 野田R-1; 第1図, 第1表)は領家帯とみられる基盤に当たっている。これを磁気区A, 即ち阿武隈帯の延長とみるか、それとも筑波帯の延長とみるかは重力異常分布からはいずれの可能性も否定できず確かではない。もし前者であるとすれば、領家帯と阿武隈帯が関東平野下でつながることになり、KOBAYASHI (1941) の地体構造と通ずることになる。

秩父帯は磁気区Dにほぼ対応し銚子から東方海域へとE方向へ延びる。また秩父帯の分布にほぼ対応した輪郭をもって基盤の隆起がみられ、北方の阿武隈沖堆積盆地と南方の房総沖堆積盆地とが隔てられている(I-第16図)。反射法記録からも同じ結果が得られるが(阿竹, 1971)白亜紀の堆積物(銚子層群—那珂湊層群)が北方からこの隆起帯に向ってせん滅することなく次第に上部から削剝された形跡が認められることからこの隆起運動は白亜紀以後に生じたものと推定される。

銚子沖合30 km 付近からSWへ延びる弱異常系列があり、これは同時に同じ方向の基盤隆起帯ともなっているが、これを秩父帯と一連のものとするか、別ものとするかの確証はない。もし一連と見れば秩父帯は海域でやや



A: 阿武隈帯, B・C: 三波川帯, D: 秩父帯, E: 四万十帯(北帯), F: 四万十帯(南帯), d': 筑波帯, e: 三波川帯, f: 秩父帯, g: 四万十帯(北帯), h: 四万十帯(南帯), 1---2 棚倉破碎帯, 2---3 棚倉破碎帯の延長, 4---5 中央構造線

第15図 磁気区からみた基盤岩類の带状配列(磯見・河田, 1968による)
Zonal arrangement of the basement rocks derived from magnetic anomalies

第2表 磁気区と地質区の対比
Comparison between magnetic province
and geologic province

磁気区	地質区
A (日立一竜ヶ崎帯)	阿武隈帯
A' (阿武隈沖帯)	
B (鹿島沖—成田帯)	三波川帯
C (鹿島灘東方帯)	
D (銚子帯)	秩父帯
E (房総半島帯)	四万十北帯
F (鴨川沖帯)	四万十南帯

南下することになる。また別ものとするれば、四万十帯に属するかあるいは全く別の系列とみなすか更に二様に分れる。四万十帯とみれば、このような弱異常を生じさせる磁性岩体が何であるかは判然としない。別系列とすると、先きに述べた阿武隈沖堆積盆地の東縁を画する基盤隆起帯—同時に弱異常系列でもある—と方向が同じであり、一連の系列と見なせないこともない。しかしながら両者をつなげるべき地域の調査が行われていない現時点では検討すべき材料がない。

丹沢—嶺岡隆起帯は磁気区Fに相当する延長性の良好な並走する二本の弱異常系列で特徴づけられ、鴨川東方60 kmの地点までは明瞭に追跡できる。これの北縁付近をもって四万十帯を南北に分割するならば、房総半島御宿沖の深成岩型の磁気異常は四万十北帯に帰属させることになる。

以上のまとめとして、関東平野東部および東方海域の基盤の帯状配列を第15図、第2表に示した。陸域部の中央構造線以南は磯見・河田(1968)に準じた。

5. 補足—重力基盤と磁気基盤からみた関東平野の基盤構造—

第16図は関東平野の重力図(松田ほか, 1964)である。第17図は那珂湊から鴨川に到る線上(重力は第16図のa-b-c, 磁気はa-b-d)に沿って解析された重力的基盤と磁氣的基盤とを示している。重力異常の解析は三層モデル—上から表層(第四紀堆積層), 第三紀層, 先第三系基盤—を設定し、坑井データ(八街R-1, 成田R-1)および房総半島の基盤露出域で深度をコントロールしつつ、広域成分を除去する移動平均フィルターの周波数特性および密度分布を変化させて、入力と出力重力異常が最もよく一致する構造を求めた(小川, 1975: 未公表)。その結果最大波長207 kmのフィルター, 密度分布1.6 g/cc(表層), 2.0 g/cc(第三紀層), 2.8 g/cc(基盤)の

時, 最適解を得た。

磁気異常の解析は第I報に報告されたグラフィックディスプレイによる方法(OGAWA *et al.*, 1976)に基づく。

結果をみると、磁気区B以南では重力基盤と磁気基盤がほぼ深度的に一致している。すなわち、磁気区Bでは坑井データ(成田R-1他)からも厚い白亜紀堆積物は考えられず、この一致は妥当である。磁気区Dは磁気異常の分布が粗で磁気基盤決定に無理があるが、解析された限りにおいては重力基盤との差がほとんどない。この地域では銚子西南にしか坑井(飯岡R-1等)がなく白亜紀堆積物の分布は明らかではないが、これらの坑井に限っていえば堆積物は厚くない。したがって磁気基盤を秩父古生層中の火山岩類と対応づけなければ、重力・磁気各基盤の一致は合理的である。磁気区Fは北方から上ってくる重力基盤の頂部に位置し、磁気基盤と深度的に一致している。

一方磁気区Aにおいては、全体に重力基盤よりも2,000-2,500m程度磁気基盤が深くなる。後者を阿武隈帯の火成岩類とみれば、ここで得られた基盤深度の差はほぼ白亜紀堆積物の層厚に対応するものとみられる。那珂湊付近に露出する白亜紀堆積層(大洗層, 那珂湊層群)の層厚がかなり厚い(2,500m以上?)と報告されていること(坂本ほか, 1972)を考えれば、重力基盤と磁気基盤のこのような差異は妥当である。この場合、この差異が生じているのは、磁気区Bの北縁以北であり、この付近に白亜紀堆積物の急激な層厚変化をもたらした構造境界を推定し得る。これを中央構造線と考えれば、那珂湊の白亜紀堆積物は西南日本における和泉砂岩に位置的には対応づけることができよう。

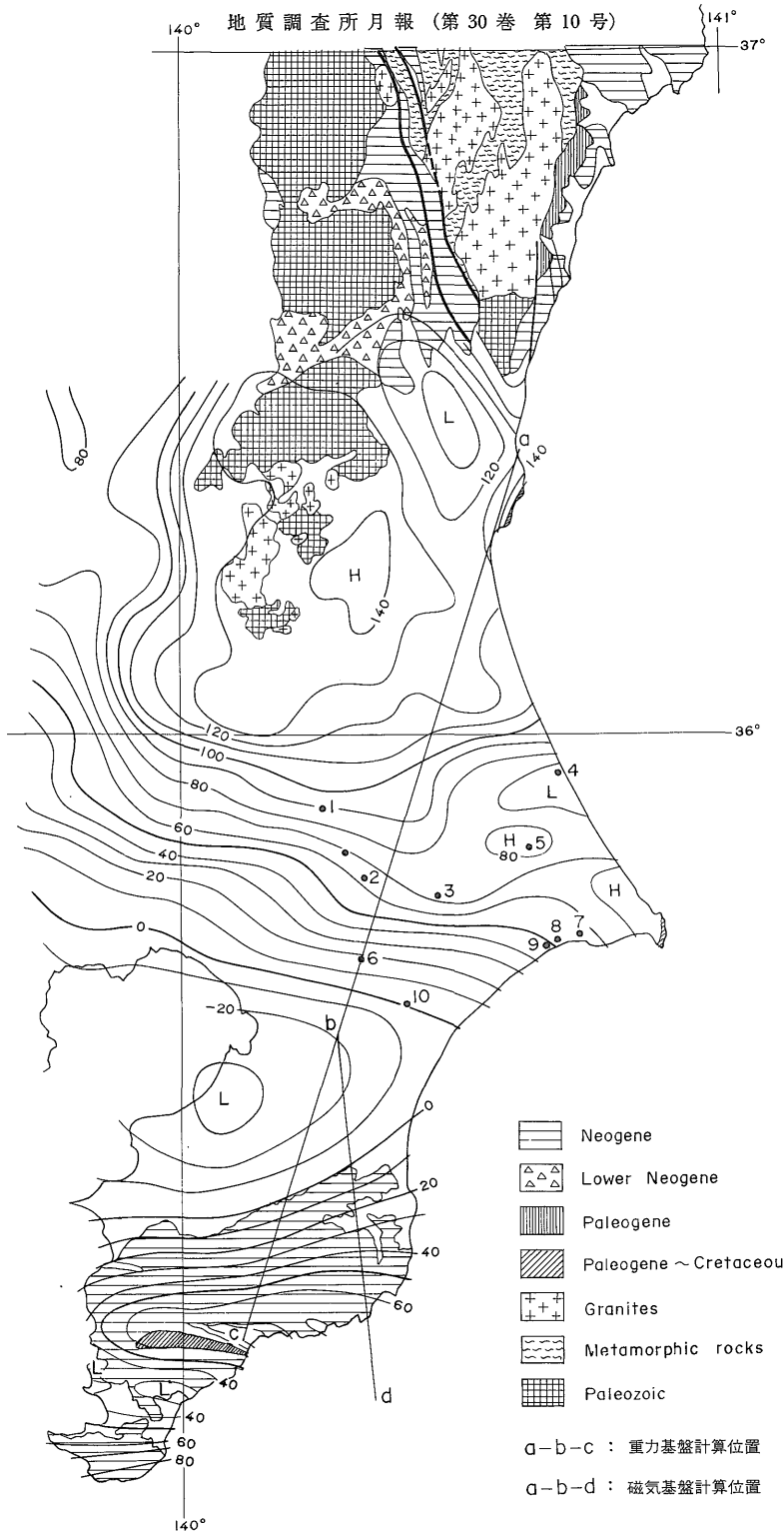
6. 結 語

日立—鴨川海域の空中磁気異常の分布と解析結果に基づき、関東平野東部および東方海域を幾つかの磁気区に区分し、しかる後既存の地質学・地球物理学的データや知見を参考として、これを地質区(帯)に対応づけてみた。その結果本地域における下部白亜系上部(銚子層群)—現世堆積物下の基盤構造の次の様な帯状配列を推定することができた。

i) 阿武隈帯は那珂湊沖からSW方向へ転じて東部関東平野下へ延びる。

ii) 三波川帯は関東平野東部では阿武隈帯とENE方向で接するが海域でもそのままENE方向へ延びる。

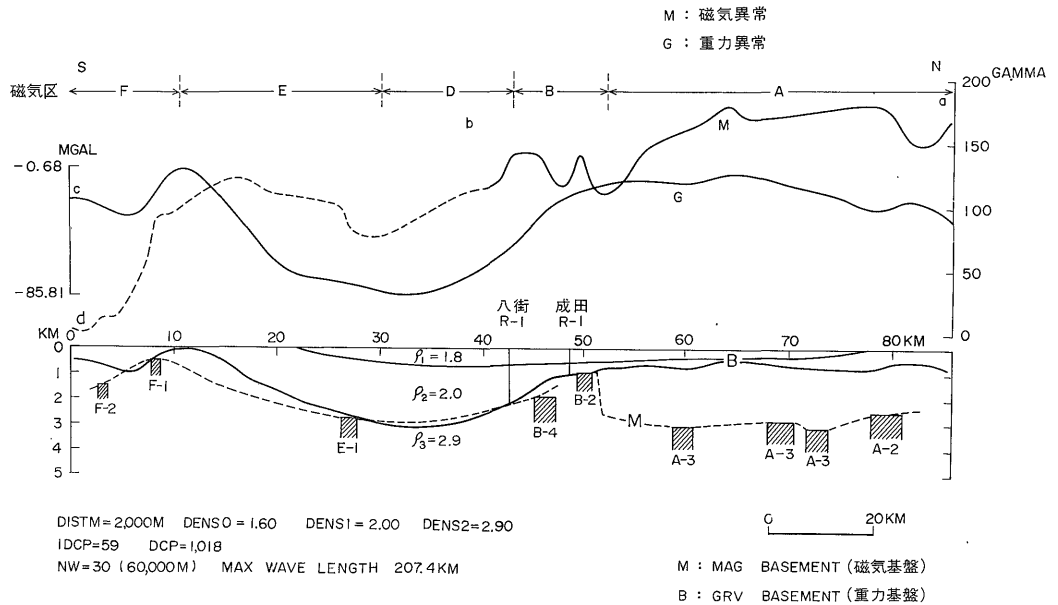
iii) 棚倉破砕帯はi)の阿武隈帯の西ないし北西縁に沿って関東平野へ延びるが中央構造線はii)の三波川帯の北縁に沿って海域へ延びる。



- Neogene
- Lower Neogene
- Paleogene
- Paleogene ~ Cretaceous
- Granites
- Metamorphic rocks
- Paleozoic

a-b-c : 重力基盤計算位置
 a-b-d : 磁気基盤計算位置

地質は地質調査所 (1957) 50万分の1地質図幅「新潟」および同所 (1966) 50万分の1地質図幅「東京」による
 第16図 関東平野の重力図 (松田ほか, 1964よりアレンジ)
 Gravity anomalies of Kanto Plain



第17図 那珂湊—房総の重力基盤と磁気基盤 (断面位置は第16図)
Gravity basement and magnetic basement along line-A in Fig. 16

iv) 秩父帯および四万十帯は海域ではE方向へ延びる。

本稿における上のような結論は、いうまでもなく、限られた地球物理学的データに基づいたものであり、議論をより精密なものとするためには、今後の調査—特に、関東平野西部および海域の東部—をまたねばならない。しかし、本論で述べられたことは、現時点での一つの仮説として提唱し得ると考える。今後、地質学的見地からの検討を期待したい。

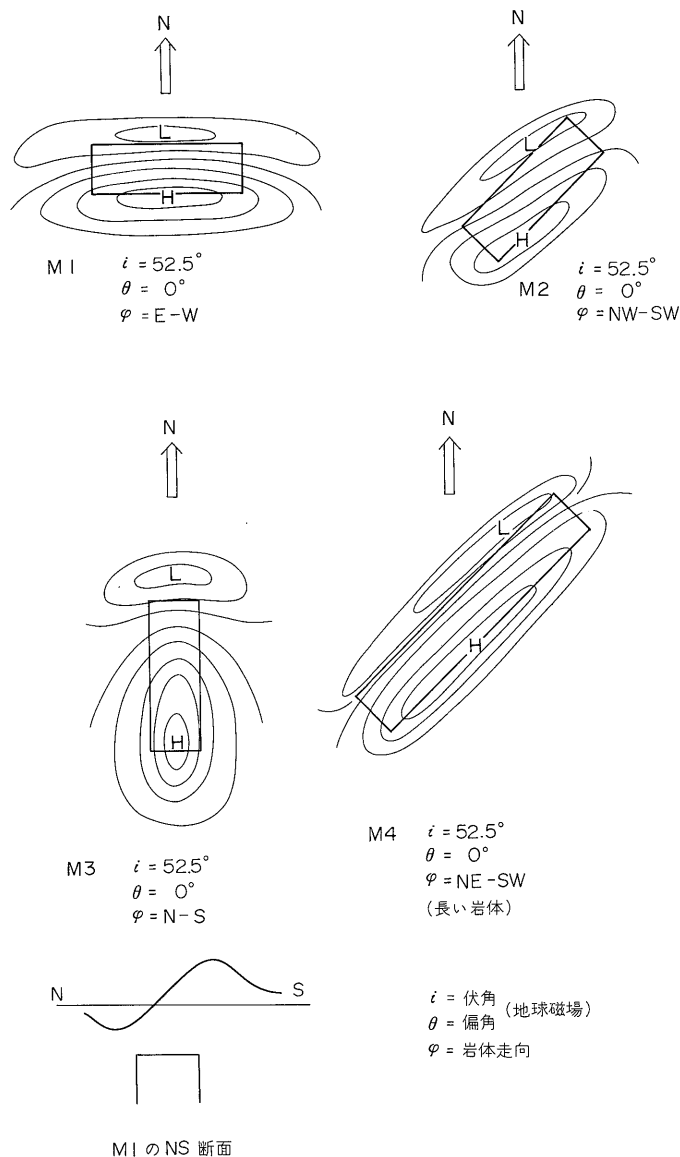
〔謝辞〕

本稿を執筆にあたって地質学的立場から終始ご討論をいただき、更に原稿を読んでいただき著者等の気づかなかった幾つかの問題点をご教示いただいた地質調査所吉田尚技官に心からの感謝の意を表したい。また、原稿を読んでいただき有益なご助言をいただいた地質調査所陶山淳治地殻熱部長、元石油開発公団技術センター副所長の畠山勉博士にもあわせて感謝の意を表したい。

付 録 全磁力異常と磁性岩体の関係

重力異常と比べて磁気異常と岩体との関係はより難解であるといわれている。例えば堆積盆地においては重力の負異常の中心が堆積物の最も厚い地域と一致し、縁辺

部に到るにつれて重力値が増加するのが普通である。しかし、磁気異常の場合はこうした明瞭な関係はなく、異常の正負を問わず堆積盆地の中心部では長波長、縁辺部



A-1 図 残留磁化のない場合の岩体と異常の関係 (日本周辺)
 Magnetic anomaly due to a dike like body with weak or none remanent magnetization (Japan)

では短波長の異常が卓越的である。物理的に言えば、重力異常は単極子場であるが、磁気異常は双極子場で、前者の一階微分型であることがその原因であり、地質的に言えば、前者は比較的横方向の密度変化の少ない成層構造で説明できる場合が多いのに対し、後者は貫入岩のような縦横両方向に著しい磁性の境界をもつより複雑な構造で説明しなければならないというのがもう一つの原因になっている。ここでは繁雑な数学的記述はさけて、全磁力異常 (現在ではほとんどすべての磁気図が全磁力図である) から岩体位置や形状・深度を見積るための二・三の知識について説明しておく。なお詳細は第I報あるいは小川 (1973) を参考としていただきたい。

1) 全磁力異常

全磁力場は地球磁界ベクトルの大きさである。全磁力異常はその場所の本来の全磁場からの歪みをあらわすもので、磁性岩体の位置・深度・形状のみならず、その場所における地球磁場ベクトルと岩体の磁化ベクトルも異常の形態を支配する要因となっている。岩体の磁化ベクトルは誘導磁化と残留磁化のベクトル和であるが、岩体に残留磁化がないか、あっても現在の地球磁場ベクトルと同方位をもつ場合は、その伏角・偏角はそれぞれ現在の地球磁場に一致する。

2) 残留磁化のない場合

A-1図は日本付近での伏角 (52.5°), 偏角 (0°—実際は7°W) における岩体 (長方形の貫入岩体) と全磁力異常との関係を示す。一般に、岩体の北縁付近に負異常

(L)が、南縁付近に正異常(H)が来る。岩体深度が深くなるとLとHの間隔が広がる (長波長となる)。また岩体の長さが増すと上の原則を保ちつつ、岩体形状をよくあらわす異常形態が得られる。

3) 残留磁化が大きい場合

残留磁化がある程度大きく、かつその方位が現在の地球磁場の方位と大きく異なる場合は複雑な形状の異常が得られる。A-2図に伏角=52.5°, 偏角=0°の場合の幾つかの例を示す。一般に異常の正(H), 負(L)の関係は後者が岩体磁化方向と地球磁場の方向の間に、前者がその逆側に来る。HとLを結ぶ方向は、残留磁化と誘導磁化の比率が大きいほど地球磁場方向から残留磁化方向へと向う。

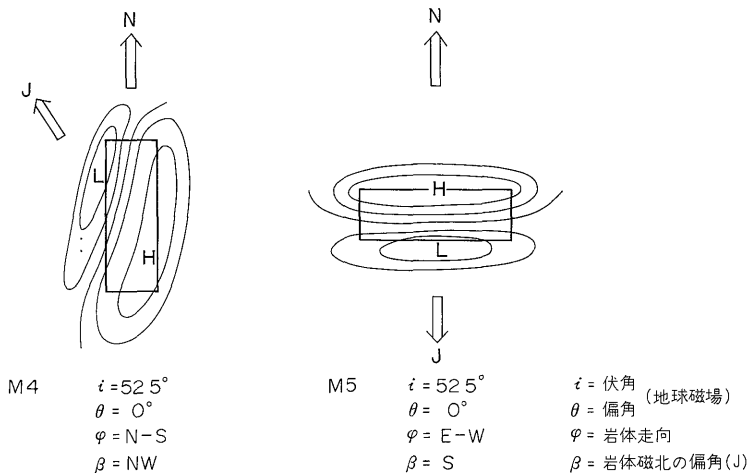
4) 実例

次に、本地域の磁気異常を例として実際の解析結果を示そう。

i) 磁気区Bの鹿島沖異常

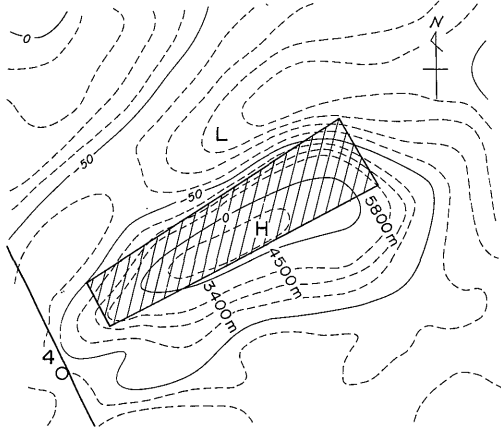
A-3図は磁気区Bの鹿島沖異常の形態と解析された岩体形状を示す。この異常は北側の負異常(L)と南側の正異常からなる日本付近での典型的な異常で、解析の結果斜線で示す岩体を得られた。HとLの間に岩体が分布すること、異常の方向と岩体の走向方向がほぼ一致することがわかる。また岩体の埋没深度がSWからNEへ次第に深くなっていることもわかる。

ii) 磁気区Aの那珂湊付近の異常

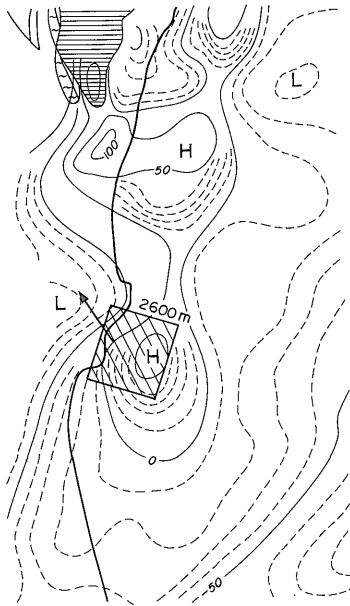


A-2 図 残留磁化の大きい場合の岩体と異常の関係 (日本周辺)
Magnetic anomaly due to a dike like body with significant remanent magnetization (Japan)

A-4図は磁気区Aの那珂湊沖合の異常と解析された岩体形状である。この例では岩体の磁化方向が北から西へふれており、NW方向の残留磁化が想定される。一般に磁気区Aの磁性岩体はNW方向の残留磁化ベクトルをもっている。この場合、負異常(L)が正異常(H)のNW側へ来る。



A-3 図 鹿島沖異常と推定される岩体
Off-Kashimanada magnetic anomaly and
calculated dike like body



A-4 図 那珂湊付近の異常と推定される岩体
Off-Nakaminato magnetic anomaly and
calculated dike like body

文 献

阿竹宗彦(1973) 物理探査の成果—関東・東海地域。日本の石油鉱業と技術, 石油技術協会, p. 101.

干坂武志・加藤靖之・山崎良雄(1972) 千葉県銚子半島の地質。日本地質学会第79年総会ならびに年会見学旅行案内書, p. 1-12.

畠山 勉(1964) 関東平野における物理探査の総合的研究。物理探査, vol. 17, no. 2, p. 2-23.

堀川義夫・津 宏治・小川克郎(1974) 三陸—北上—常磐沖陸棚海域の磁氣的構造。物理探査秋季講演会予稿集, p. 16.

————— (1979) 日立—鴨川海域の空中磁気異常と地質構造, 第I報 調査データ処理法および解析結果。地調月報, vol. 30, p. 487-511.

石井基裕(1962) 関東平野の基盤。石技協誌, vol. 27, p. 615-640.

磯見 博・河田清雄(1968) フォッサマグナ両側の基盤岩類の対比。日本地質学会第75年秋季学術大会討論資料「フォッサマグナ」, p. 4-12.

金谷 弘(1975) 私信。

勸米良龜齡(1971) 日本の古生代・初期中生代地向斜火山活動史。地質学論集第6号, p. 97-110.

KOBAYASHI, T. (1941) The Sakawa orogenic cycle and its bearing on the origin of the Japanese islands. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo*, II, vol. 5, p. 219-578.

松田武雄・須田芳朗(1964) 日本における重力異常図。地調報告, no. 209, p. 1-8.

小笠原正継・鈴木正芳・丸山孝彦・加納 博(1976) 重力探査による田人, 入四間岩体の構造および进入形態について。日本地質学会第83年学術大会講演要旨, p. 264.

小川克郎(1973) 空中磁気図解析・解釈法の研究。地調報告, no. 247, p. 1-107.

OGAWA, K. and Tsu, H (1976) Magnetic interpretation using interactive computer graphics. *Rep. Tech. Res. Cent, J.P.D.C.*, no. 3, p. 19-39.

坂本 亨・田中啓策・曾屋龍典・野間泰二・松野久

- 也(1972) 那珂湊地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 11 p.
- 津 宏治・陶山淳治・田村芳雄・小川克郎(1974) 東海沖空中磁気図について. 物理探鉱協会春季講演会予稿集, p. 5.
- 山下 昇ほか(1962) 30万分の1関東地方地質図幅説明書—地質構造発達史—. 内外地図社.
- 山下 昇(1970) 柏崎—銚子線の提唱. 島弧と海洋, 東海大学出版会, p. 179-191.
- (1973) 構造地質学的にみた関東地方の位置. 垣見俊弘・鈴木尉元編, 関東地方の地震と地殻構造, ラティス, p. 1-17.

(受付: 1979年1月19日; 受理1979年2月28日)