

鹿児島県開聞温泉地区砂鉄鉱床電気および磁気探鉱調査報告

陶山 淳治\* 斎藤友三郎\*\* 二日市 宏\*\*

Report on the Electric and Magnetic Investigations for Titanic Iron-sand Deposits,  
in the Kaimon-onsen District, Ibusuki-gun, Kagoshima Prefecture

By

Junji Suyama, Tomosaburō Saitō & Hiroshi Futsukaichi

Abstract

We performed the electric and magnetic investigations for titanite iron-sand deposits in the Kaimon-onsen district, Kagoshima prefecture.

For the electric investigation, vertical electric sounding with Wenner configuration was used. As its results, we recognized resistivity layer, horizontally bedding, with its thickness of about 20 m.

In the measurement of vertical geomagnetic field, we recognized several magnetic anomalies. Testing the rock specimens, it was found that the induced magnetization of high iron-sand and the topographic effect due to the weakly magnetic sedimentary bed showed the similar magnetic anomaly, but they may be derived from the topographic supposition.

From the results of the magnetic measurement with the rock specimens, we obtained the interesting magnetic susceptibility log which seems to be related with sedimentary process, and different thermo-remanent characteristics showing two groups of the rock specimens.

要 旨

海浜砂鉄および洪積層砂鉄鉱床に対する物理探鉱法の適応性を検討するため、鹿児島県開聞温泉地区砂鉄鉱床に対し、電気および磁気探鉱と岩石試料に関する測定とを行つた。

その結果

1) 電気探鉱(比抵抗法)により、洪積層はほぼ水平に堆積することを推定した。

2) 磁気探鉱により、海浜部においては砂鉄の濃集する部分に、洪積層台地においては砂鉄鉱層の露頭部に、それぞれ磁気異常の分布を認めた。

3) 岩石試料の比帯磁率の測定結果から、砂鉄試料は $1\sim 8 \times 10^{-2}$  e.m.u./gr の比帯磁率を示すこと、これらはフェリ磁性を示す TiMt と常磁性の石英・長石等との混合物であることが知られた。また、比帯磁率柱状図による地層の対比可能性を検討した。

4) 岩石試料の熱磁気分析により、含有磁性鉱物の化学成分および結晶構造について検討した。

1. 緒 言

昭和28年11月鹿児島県揖宿郡山川町開聞温泉地区において、砂鉄鉱床に対する物理探鉱の適応性を検討するための資料をうる目的で調査を行つた。こゝにその結果を報告する。

調査は原田種成の地質鉱床調査を参考として行つたものであり、調査に伴う地形測量は安藤高明が担当した。なお、本文中の砂鉄の磁氣的性質については、斎藤友三郎が担当した。

2. 位置および交通

鉱床は鹿児島県揖宿郡山川町開聞温泉にある(5万分の1地形図、佐多岬)。

鹿児島本線鹿児島駅(揖宿線)山川駅  
(気動車 53.2 km)  
(山川線)長崎鼻駅(徒歩)約1 km  
(国鉄バス約8 km)で現地に達する。

3. 地形・地質および鉱床

地質は安山岩類・熔岩類洪積層および沖積層からなる。安山岩類の噴出後、熔岩類が流出堆積し、これを覆

\* 物理探査部

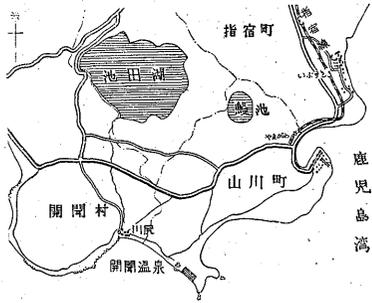
\*\* 元 所 員

つて洪積層および沖積層が分布する。調査区域西方村石、南東方長崎鼻附近の一部には安山岩類・熔岩類が分布するが、区域内には主として洪積層、一部に沖積層が分布し、緩慢な丘陵地形を呈し、地表はほとんど畑地となつている。

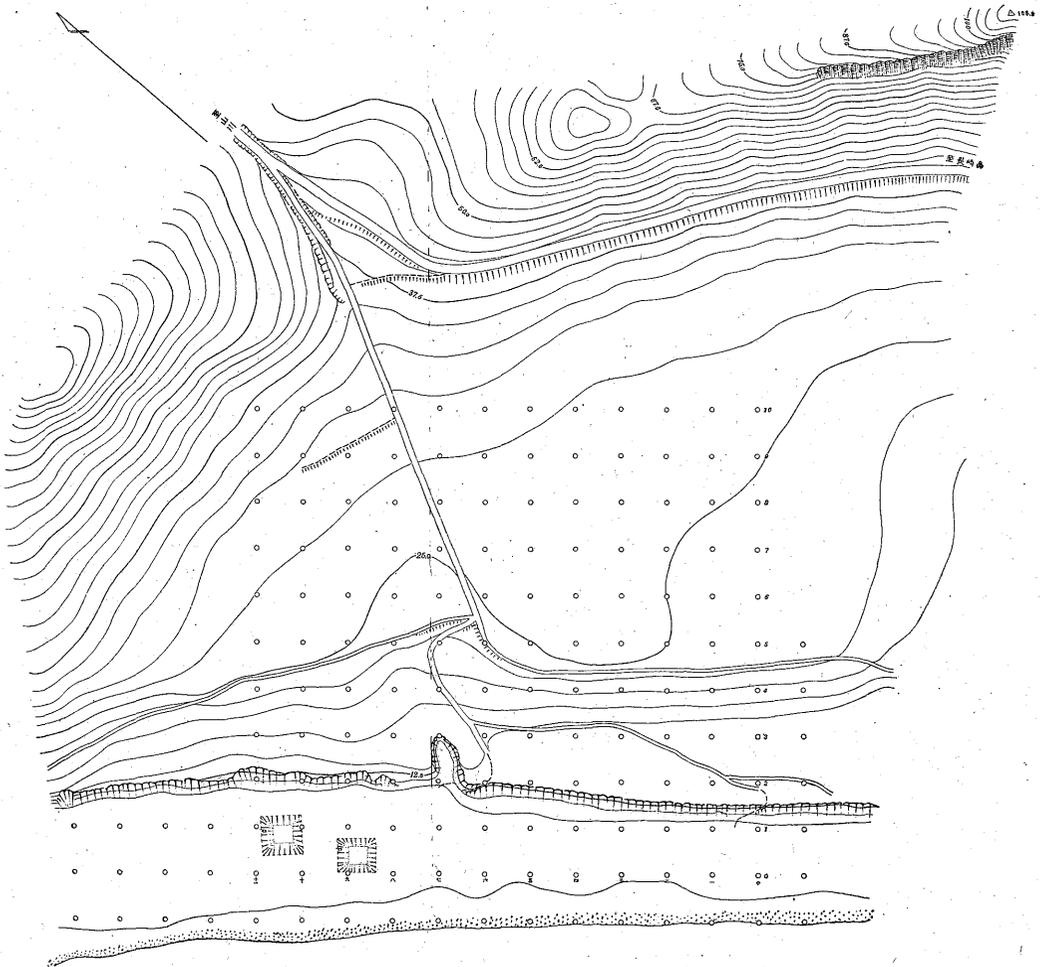
これら沖・洪積層は安山岩類および熔岩類の碎礫層・粘土質火山灰層・粘土質砂層等からなる互層で、その厚さは海岸線に露出する部分では6~10mであるが、おそらくそれ以上あるものと思われる。傾斜はほとんど水平に近いが、場所により3~4°あり、局部的に偽層の発達している所もある。

鉄床は、大別して下記の型式のものがある。

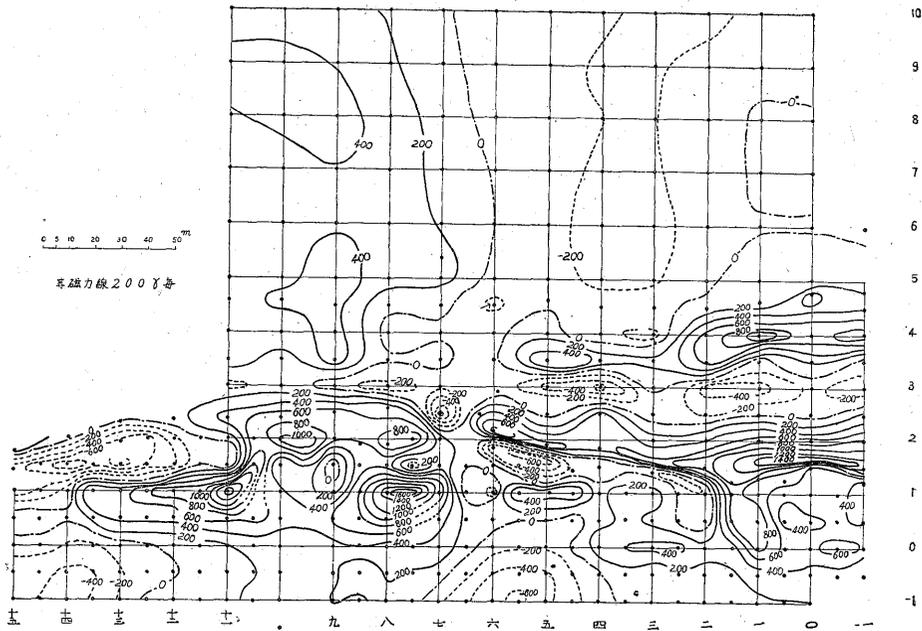
1. 現在引続いて砂鉄鉄床が堆積しているもの
2. 洪積層中の砂鉄鉄床
3. 気象の変化により不定期に鉄床のできるもの



第1図 位置図



第2図 開間温泉地区地形ならびに物理探鉄測線図



第3図 等鉛直磁力線図

等である。

1. この鉱床は現在海岸線において波浪により、砂鉄が浜砂とともに堆積しつつあるもので、通常砂鉄の層は薄く、数 cm~10 数 cm のものが何枚も層をなして堆積している。

2. 洪積層中に現在の1とは別に堆積したもので砂礫層・粘土質砂層の互層中にあり、砂鉄層の厚さは1m前後あるものと推定されているが、現在はまだ全然手をつけられていない。なおこのほか洪積層中に砂鉄の薄層を挟むことがある。

3. これは台風および潮流の急変により不定期に一時に大量の砂鉄が堆積するもので1の変形である。

#### 4. 物理探鉱

##### 4.1 目的

1. 浜砂とともに現在堆積しつつある砂鉄鉱床。2. 洪積層中の砂鉄鉱床。に対する物理探鉱の適応性を検討するための資料をうる目的で、磁気探鉱および電気探鉱法による調査を行うとともに、砂鉄層およびその周辺に分布する地層について、その磁気的性質の実験的検討を行った。電気探鉱は主として地質構造に対する資料をうることを目的とした。

##### 4.2 方法および区域

電気探鉱は垂直探査法により、磁気探鉱は鉛直磁力測定を行った。

これらの調査は第2図のように測点を設けて測定を行

った。磁気探鉱は海浜部では測線間隔 10 m, 測点間隔 10 m とし、段丘部では測線間隔 20 m, 測点間隔 10~20 m として測定した。電気探鉱は「0, 二, 四, 六, 七, 八, 九」および「十」の各測線上の、「3, 5, 7, 9」および「10」測点を中心とし、4 極法による垂直探査を電極間隔を 2 m ごとに増大して行った。その際、電極間隔の方向は測線に直角にとった。

砂鉄層およびその周辺に分布する地層の磁気的性質(帯磁率、熱残留磁気および自然残留磁気の各特性)について実験を行った。第1表に示した44個の試料は各種地層、岩石の平均的試料である。1) 帯磁率は、印加磁場Hを0~7.5 Oeの間に变化させ、弾動電流計を用いる Stschodro 型<sup>1)</sup>の装置によつて測定した。2) 熱残留磁気は、永田武<sup>2)</sup>らの製作されたものと同じ型の装置を用いて測定した。3) 自然残留磁気は磁力計法によつて測定した。この際使用した無定位磁力計は斎藤の試作したもので、 $3 \times 10^{-6}$  e.m.u./SD の感度が得られている。

##### 4.3 測定結果および考察

1) 磁気探鉱の結果は第3図に示した。海浜部の「七—0~1」から「十三—0~1」にかけて、当時砂鉄を採収していた。特に「八—1」および「十一—1」附近は採収精鉱の集積場所となつていた。「八—1」および「十一—1」附近を中心とする(+1,000 $\gamma$ )以上に達する正の磁気異常は、おそらく採収中の砂鉄鉱床および集積精鉱によつて生じたものであろう。なお、「一—0.5」附近に分布する(+800 $\gamma$ )の正の磁気異常も、またこの部分

第 1 表

試料番号	採取地	層厚 (cm)	試料名	FeO (wt%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (wt%)	TiO <sub>2</sub> (wt%)	X (e.m.u./gr)	Ⓜ (°C)
No. 1	長崎鼻洪積台地	180	泥熔岩腐蝕土	10.36	6.08	1.40	31×10 <sup>-4</sup>	(535), (340)
2	" "	50	泥熔岩?	5.90	6.00	0.75	11 "	
3	" "	70	粘土質泥熔岩	6.33	3.35	0.85	10 "	
4	" "	25	礫	5.32	5.43	1.00	8 "	
5	" "	約100	礫, 粘土質泥熔岩の互層	5.75	10.40	1.55	41 "	
6	" "	約 0.5	No. 5 中の砂鉄	19.86	23.92	5.60	158 "	(545), (530)
7	" "	約210	礫	7.19	7.20	1.55	25 "	
8	" "	35	泥熔岩?	7.77	8.56	1.55	48 "	(535), (325)
9	" "	約 5	砂鉄	21.58	28.23	5.75	247 "	(535) 540
10	" "	40	粘土質泥溶岩?	8.63	8.80	1.90	34 "	
11	" "	200+	砂	14.39	9.99	3.45	80 "	
12	" "	3	No. 11 中の砂鉄	24.17	15.40	5.40	134 "	(540)
13	" "	6	"	19.57	15.04	5.15	165 "	(545)
14	" "	2	"	22.16	22.21	6.00	217 "	(545)
15	" 冲積海岸	150	砂	9.21	4.55	1.15	21 "	
16	" "	8	砂鉄	26.48	27.75	7.50	269 "	535, 335
17	" "	80	砂	9.35	4.55	1.25	26 "	
18	" "	8	砂鉄	16.98	7.43	2.10	63 "	(540), (335)
19	" "	30	砂	12.67	4.00	1.35	20 "	
20	" "	5	砂鉄	32.23	44.94	9.92	707 "	540, 335
21	" "	8	砂	18.71	5.99	1.75	36 "	
22	" "	9	砂鉄	29.64	35.03	9.20	495 "	540, 330~345
23	" "	4	砂	32.53	43.18	10.40	777 "	540, 335
24	" "	8	砂鉄	27.63	25.67	7.25	311 "	530, 330
25	" "	6	"	30.79	33.75	9.40	625 "	540, 345
26	" "	15	砂	16.12	7.67	2.00	32 "	
27	" "	30+	砂鉄	30.57	38.07	7.66	540 "	(540), (335) 540, 335
28	" "	約 100	砂	12.09	4.16	1.15	21 "	
29	" "		"	6.28	9.24	1.15	29 "	
30	" "		"	7.23	5.57	1.15	12 "	
31	" "	約150	"	4.64	3.63	0.90	11 "	
32	" "		"	10.81	9.22	1.75	30 "	
33	" "		"	8.10	8.59	1.20	18 "	
34	" "		"	8.38	7.48	1.50	19 "	
35	" 洪積台地		泥溶岩腐蝕土	4.64	6.83	1.00	10 "	
36	村石洪積台地		泥(?)	1.76	9.23	0.80	8 "	
37	" 海岸		dacite	4.07	5.07	0.90	9 "	(530)
38	川尻冲積海岸	65	砂	5.51	9.47	0.90	17 "	
39	" "	5	砂鉄	17.02	21.07	4.00	229 "	530, 340
40	" "	14	砂	6.66	9.39	0.90	36 "	
41	" "	5	砂鉄	31.70	33.89	8.50	674 "	535, 330~370
42	" "	14+	砂	4.64	13.63	1.00	12 "	
43	長崎鼻冲積海岸	約0.5	砂鉄	25.19	24.86	8.04	361 "	540, 330
44	村石海岸		dacite	3.74	7.03	1.00	11 "	(540)

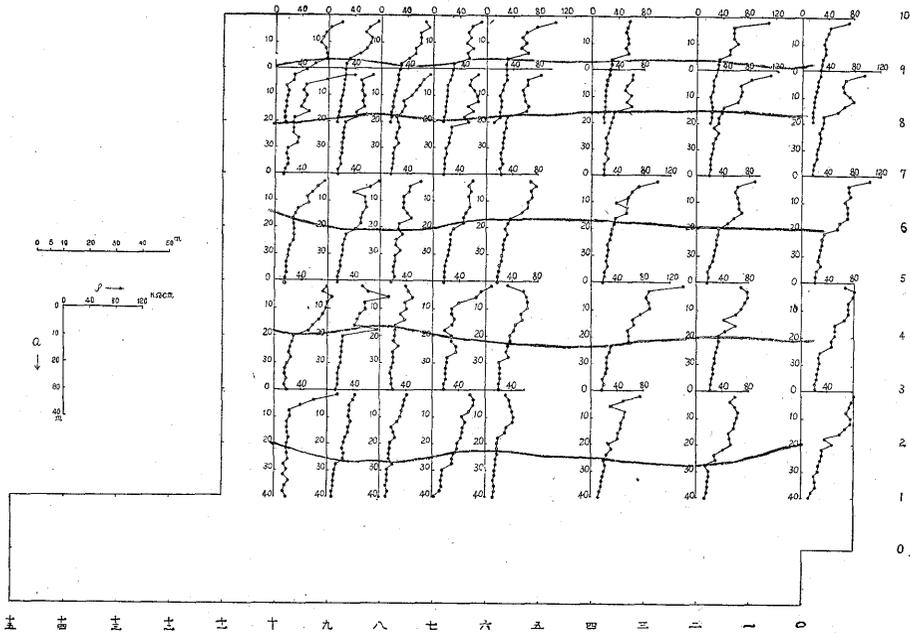
鑑定: 原田種成, 分析: 望月常一

の海浜砂中に幾分多量の砂鉄鉱が含まれるために現われた異常と考えることができる。

「八-2」から「十一-2」にかけて分布する正の磁気異常は、附近に集積されていた砂鉄原鉱の影響ない段丘の崖部に現われた地形の影響と考えられるが、そのいずれによるものかは判定し難く、むしろ両者の合成した磁気異常と考えるべきであろう。

次に、段丘部「〇-1.5」から「六一-2」にかけて正の磁気異常が分布する。この異常はその南西側の崖下に負の磁気異常を随伴している。洪積層中の碎礫層は比較的強い磁性(比帯磁率はおよそ10~30×10<sup>-4</sup>e.m.u./gr)を

示し、かつそのうちに比帯磁率 200~600×10<sup>-3</sup>e.m.u./gr を示す砂鉄の薄層を挟んでいる。したがって、上記のような磁気異常が地形的条件により充分生じうる。(先に述べた「八-2」~「十一-2」附近の異常の原因として地形の影響が同様に考えられる) 「(-)——4」から「一-4」を通り「五-3.5」に至る正の磁気異常も同様に、「(-)——3」から「五-3」に至る負の磁気異常を随伴しているが、その分布様相と地形とを対比すれば、この異常は洪積層中の碎礫層自体が磁性を有するために地形的条件により生じたものと考えよりは、むしろ洪積層中に含まれる砂鉄層に起因し、その層の露頭線に沿つ



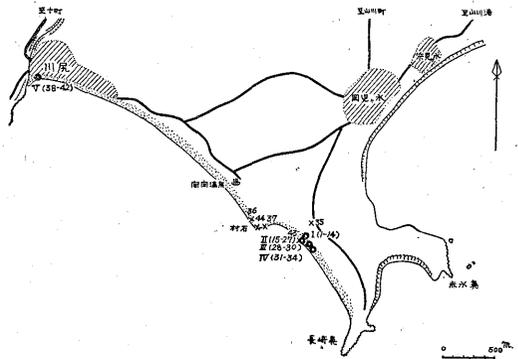
第4図 ρ-a 曲線

て分布するものと考えられる。

調査区域北部の「九一4~9」附近に分布する鈍い正の磁気異常は、北方山地に向け測線を設けて測定した結果から考えると、山地による地形の影響とは考え難い。むしろ、この異常は浅所に砂鉄に富む層が分布するためか、あるいは下部浅所まで基盤の安山岩が隆起しているために生じたものと思われる。しかしながら、後に述べるように、電気探鉱および岩石の磁性試験の結果からは、下部浅所まで基盤の安山岩が隆起しているとは考えられない。

2) 電気探鉱の結果は第4図に示した。全般的にみて20 m 附近を境として、上部に 50 kΩ-cm、下部に 20 kΩ-cm 程度の比抵抗が分布するものと考えられ、その境界面はほぼ水平であつて基盤岩が隆起すると考えられる明らかな示徴は認められない。

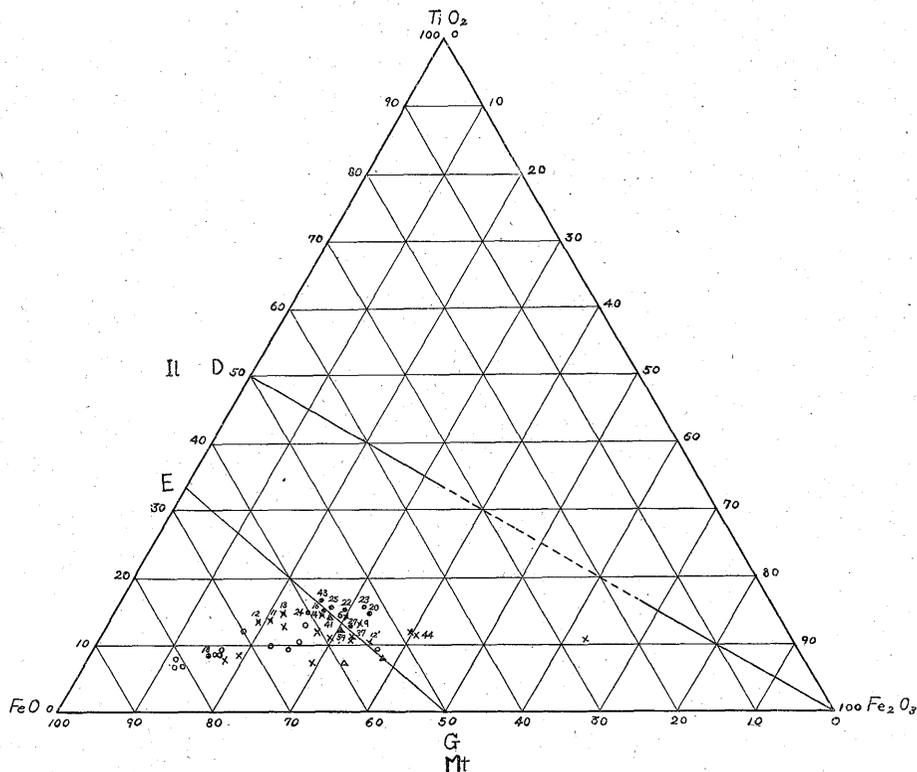
3) 地層および岩石試料の磁性試験の結果は第1表に掲げた。また、試料の採取位置は第5図に示した。これらの試料は FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> および TiO<sub>2</sub> の3成分のみについて分析し、その結果を第1表に並記するとともに、3成分の和を100%とし、おのおの mol % を計算して三角図表で表わした(第6図)。全試料のうちから砂鉄層と呼ばれるもの15個を取出し、その平均 mol % を求めると、FeO=26.07±4.99%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=29.33±10.12%, TiO<sub>2</sub>=7.29±1.88%となる。この平均 mol % の三角図表上の位置は、E. Pouillard<sup>3)</sup> によつて指摘された G(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), E(Fe<sub>2</sub>TiO<sub>4</sub>) を結ぶ線上に近い位置を占めて



第5図 試料採取地

おり、本砂鉄は純粹の磁鉄鉱(Mt)ではなく、E, G がある割合で溶け合つたチタン磁鉄鉱(TiMt)と推定される。

次に、比帯磁率(X)の測定結果は第1表に示したように、いわゆる砂鉄層と呼ばれる試料の比帯磁率はおよそ  $1 \sim 8 \times 10^{-2}$  e.m.u./gr、その他の試料の比帯磁率は  $1 \sim 5 \times 10^{-3}$  e.m.u./gr を示している(これらは印加磁場を 7.5 Oe としたときの値である)。また、印加磁場 0~7.5 Oe 間においても、いずれもかなり顕著な磁気履歴現象を示しているので、これらの磁性はそのうちに含むフェリ磁性を示す TiMt によるものであると考えられる。なお、第1表の各試料の示すXの値はフェリ磁性の TiMt と常磁性の石英・長石等との混合比率によつてお



第6図 FeO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub>系三角図表 (mol %)

おむね説明しうるようである。

次に、第1表のうち、IおよびII区域の試料のXの値を柱状図として描くと、第7図のようになり、地層の対比にXの値の柱状図を利用するのも面白い方法ではないかと思われる。

総試料の約半数についてキュリー点 (ⓐ) を定測した結果も第1表に記入しておいた。これらの結果をみると、本試料のⓐ値としては、540°C前後になるものと330°C前後になるものとの2種類がある。いま前者をⓐ<sub>1</sub>、後者をⓐ<sub>2</sub>とすると、No. 9, 12, 13 および14の各試料はⓐ<sub>1</sub>のみを示すが、残りの試料はⓐ<sub>1</sub>とⓐ<sub>2</sub>とを示す。ⓐ<sub>2</sub>のみを示す試料は認められない。ⓐの値は物質の化学成分およびその結晶構造によつて定まるものである。ⓐ<sub>1</sub>は多少のEを含む TiMt の示すキュリー点であり、ⓐ<sub>2</sub>はこれよりさらに多くのEが溶け込んでいる TiMt、ないしは TiFeO<sub>3</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 系の固溶体<sup>13)</sup> の示すキュリー点であると推定されるが、ⓐ<sub>1</sub>、ⓐ<sub>2</sub>を示す鉱物の決定するためにはさらに詳細な検討を必要とする。

いずれにしても、I区域のNo. 9, 12, 13 および14の各試料のみが、唯一つのキュリー点 ⓐ<sub>1</sub> を示すという事実は興味深い。IおよびII区域の試料について得た

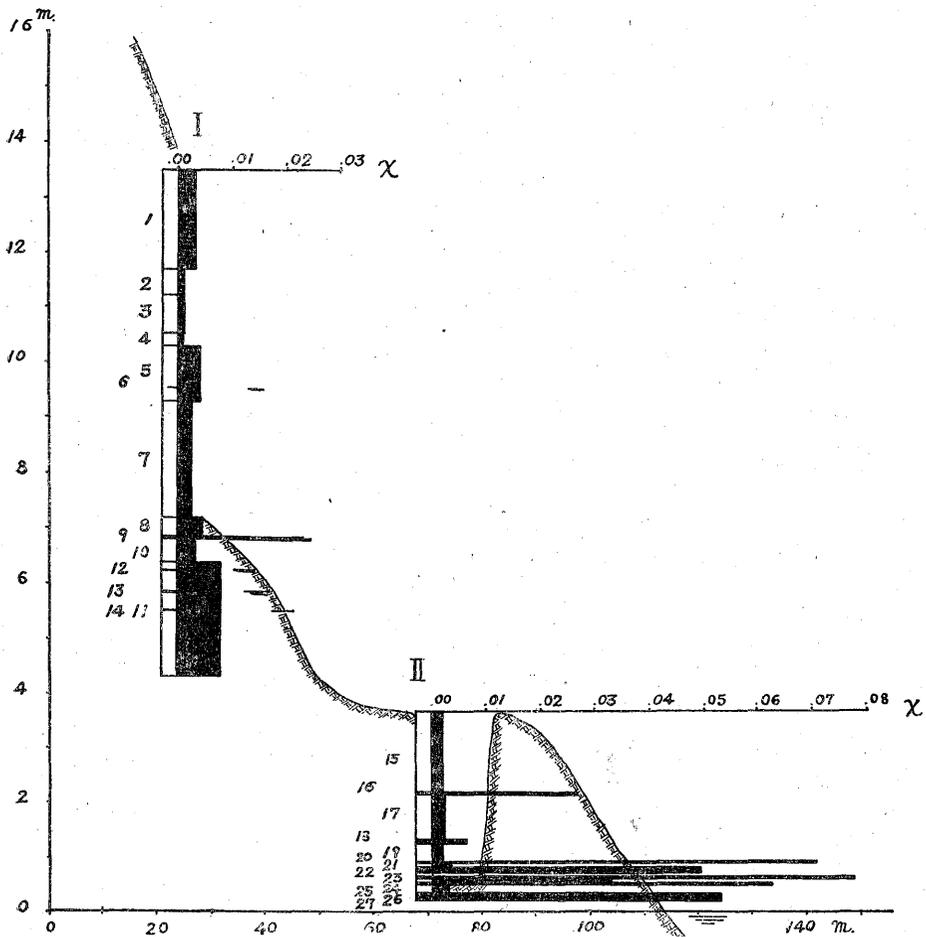
第 2 表

試料 No.	In (e.m.u./gr)	Qn	Qt
37	0.8 × 10 <sup>-3</sup>	1.9	1.5
44	1.5 × 10 <sup>-3</sup>	3.3	4.8
9	—	—	1.6
23	—	—	1.0
27	—	—	1.1
41	—	—	1.1

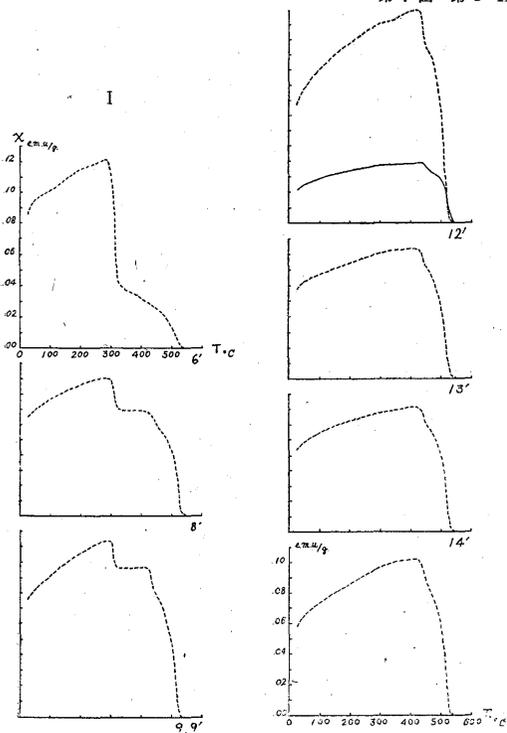
X-P 関係は第8・9図に示した。(図面上では上位にあるものほど、層位的位置が上位を占める。)

次に、村石岬(第5図参照)附近に露出する洪積層の基盤をなす Dacite の試料について、自然残留磁気の測定を行つた結果は第2表に示した。今回は、自然残留磁化強度(In)のみを測定したにすぎないが、自然残留磁化係数(Qn)と熱残留磁化係数(Qt)とはほぼ等しい値を示している。したがつて、この Dacite が有する自然残留磁気(N.R.M.)は噴出過程において生じた熱残留磁気(T.R.M.)によるものと推察される。

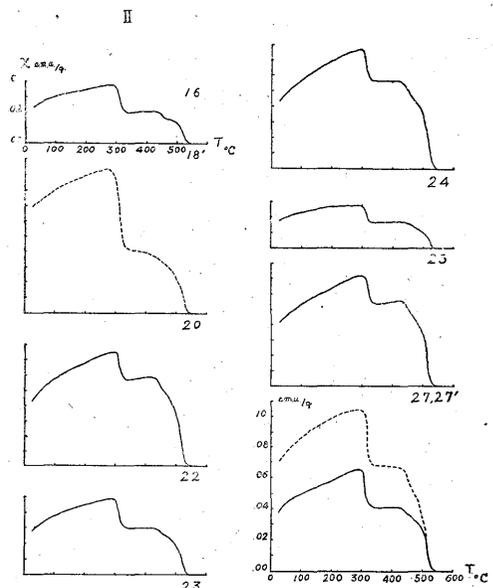
磁気探査結果にみられる磁気異常は地磁気による感応磁気と自然残留磁気の合成されたものと考えられてい



第7図 第I・II区域比帯磁率柱状図



第8図 第I区域試料のX-T曲線



第9図 第II区域試料のX-T曲線

る。揖宿産 Dacite の場合感応磁気と自然残留磁気の強度の和は  $2 \times 10^{-3}$  e.m.u./gr であり、砂鉄層の感応磁化強度  $5 \sim 15 \times 10^{-3}$  e.m.u./gr より小さい。Dacite は全般的にみて 20~30 m の深度に分布するものと考えられており、たとえ、Dacite が隆起して地表に近づく部分があるとしても、そのために生ずる磁気異常よりはむしろ浅所に不規則に分布する砂鉄層による磁気異常の方が著しい影響を及ぼすものと考えられる。

### 5. 結 語

本調査の結果得られた磁気異常は、海浜部においては砂鉄に富む部分に、洪積層段丘部においては浅所に砂鉄に富む部分と崖部等地形的条件で磁気異常を生ずる部分とに分布するように考えられる。これら磁気異常は地表に分布する砂ないし碎礫層の X の値の分布により著しく影響を蒙るものと考えられるので、磁力計法による磁気探査と併行に電磁的方法により浅所の X の分布を調べておく必要がある。

地層の X の値は砂鉄の含量でほぼ決められるものと考えられるから、X による地層柱状図は堆積過程と関連あるものと思われる。したがって、X の地層柱状図を地層の対比に応用することを検討してみてもどうかと思う。

④の値は鉱物の成分および結晶構造と関連するものであるから、④の分布を地域的に調べることは、堆積過程

の究明に役立つものと考えられる。このように岩石の磁気的性質とその分布を調べ、地質調査の補足的手段に取り入れてゆくことは有意義であろう。

(昭和 28 年 11 月調査)

### 文 献

- 1) Akimoto, S.: Thermo-magnetic study of ferromagnetic minerals contained in igneous rocks, Jour. Geomag. & Geoelectr., Vol. 6, No. 1, 1954
- 2) Nagata, T.: Some Physical Properties of the Lavas of Volcanoes Asama and Mihara, II. Magnetic Susceptibility, 地震研究所彙報, Vol. 18, 1940
- 3) Nagata, T.: The Natural Remanent Magnetism of Volcanic Rocks and Its Relation to Geomagnetic Phenomena, 地震研究所彙報, Vol. 21, 1943
- 4) Nagata, T., Akimoto, S. & Uyeda, S.: Self-reversal of thermo-remnant magnetism of igneous rocks, Jour. Geomag. & Geoelectr., Vol. 4, 1952
- 5) Pouillard, E.: Sur le comportement de l'alumine et l'oxyde de titane vis-a-vis des oxydes de fer, Annalen de Chemie, tome 5, 1950