



Title	1. 北海道火山の地球物理学的研究（その1）：北海道火山の地磁気伏角測量概報
Author(s)	佐久間, 修三; SAKUMA, Shüzō; 村瀬, 勉 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 4, 1-24
Issue Date	1956-03-31
DOI	<a href="https://doi.org/10.14943/gbhu.4.1">https://doi.org/10.14943/gbhu.4.1</a>
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/13799">https://hdl.handle.net/2115/13799</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	4_p1-24.pdf



# 1. 北海道火山の地球物理学的研究 (その1)

## 北海道火山の地磁気伏角測量概報

佐久間修三・村瀬勉

(北海道大学理学部地球物理学教室)

—昭和31年1月受理—

### I. 緒言

火山岩の磁氣的性質についての実験的研究は、最近20年間に目覚ましい進歩をした<sup>1)</sup>。火山岩の帯磁は  $10^{-3} \sim 10^{-2}$  emu/cc 程度の強さで、あまり強いものではないが、他の岩石の帯磁の強さ ( $10^{-4} \sim 10^{-3}$  emu/cc 位) よりははるかに強い。帯磁は造岩強磁性鉱物の熱残留磁気及び地球磁場による誘導磁気とによるものであることは既によく判つている。またその残留磁化方向は、沖積世及び上部洪積世の火山岩については、現在の地球磁場方向に近いことがたしかめられている。従つて火山地域の地球磁場は、帯磁した火山体(地上に凸出あるいは地下にかくれた)によつて乱されているわけである。

実際、一方では、多くの新しい火山の周辺で地磁気三成分の測量が行われて来た<sup>2)</sup>。その結果からもこれらの火山体は、全体としても、ほぼ現在の地球磁場の方向に帯磁しており、火山体全体の平均の帯磁の強さは構成岩石の帯磁の実験値と矛盾しないことが判つた。

これまでに判つたことを足場にして、われわれは更に立入つて火山の地磁気異常の問題を考察してみたい。火山地域の地磁気異常は、山をつくる岩石の帯磁の強さや方向、それに山の外形や地下構造を反映しているものである。そしてこれらの諸要素は、もつと立入つて考えれば、その火山の岩石学的、地質学的な特徴(歴史)によつているものである。従つて、火山地域の地磁気測量が、火山地下構造を知る一方法となる可能性があるわけである。

その上、火山活動に伴なつて火山地域の地磁気が、局地的に、時間的に変化することがある<sup>3)</sup>ことが知られている。その原因は現在の所では、地下の温度変化のため地下の火山岩が帯磁を

1) 例えば、T. Nagata, "Rock-Magnetism", (1953), 丸善。

2) T. Minakami and S. Sakuma, Proc. 7th Pacific Sci. Congr., 2 (1953), 544~557; Bull. Volcanologique, 16 (1955), 印刷中。

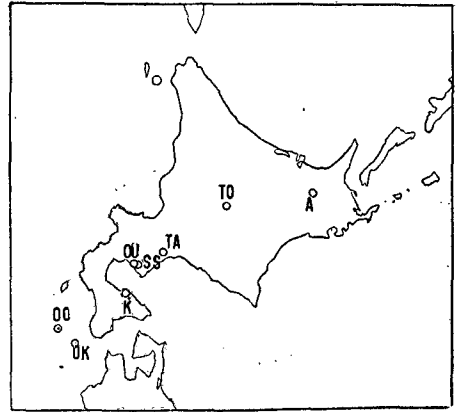
T. Rikitake and I. Yokoyama, Bull. Earthq. Res. Inst., 29 (1951), 161~182, 499~502, 583~604.

T. Rikitake, Bull. Earthq. Res. Inst., 30 (1952), 71~82.

3) 例えば T. Rikitake and I. Yokoyama, 前掲)

失いあるいは得るために起ると想像されている。従つて精密な地磁気測量を同一点で反復することにより、地下の温度変化をある程度推定する可能性もあるわけである。

以上の見地から、われわれは1953年から1955年までの間に北海道内の新しい(洪積世以後)火山8ヶの山上や周辺で、総計217点の地磁気伏角測量を実施した。(第1図)そのうち77点は後日再測可能な点——標石や杭など——である。伏角は地磁気三成分の中で最も測定し易く、かつ測点直下の帯磁を最も簡単な形で反映するので、便宜上伏角のみを測つたのである。使用器械は、ごく一部では磁針による伏角計を使用した<sup>4)</sup>が、殆どすべ



第1図 磁気測量が行われた火山

TA: 樽前山, K: 駒ヶ岳, OO: 渡島大島,  
OK: 渡島小島, TO: 十勝岳, A: アトサ  
ヌプリ, OU: 大有珠, SS: 昭和新山

ての点では東大震研型(測機舎製)小型地磁気感応儀によつた。増幅器は新たに試作した品を用いた。測定精度は最悪の時には3'位となつたこともあつたが、殆どどの点では1'程度であつた。1955年8月に女滿別地磁気観測所で器差の検定を行つた。補正值(器差)は-1'となつた。巻末の表(2~9)には、器差や日変化等の補正をしてない測定値を載せてある。

この論文では、北海道諸火山の磁場異常の大略を紹介し、特に比較によりそれぞれの特性を概観し、特殊な異常を示した昭和新山について若干の考察を行う。各箇の火山についての立入つた議論の大部分は後日に譲る。

## II. 測定結果

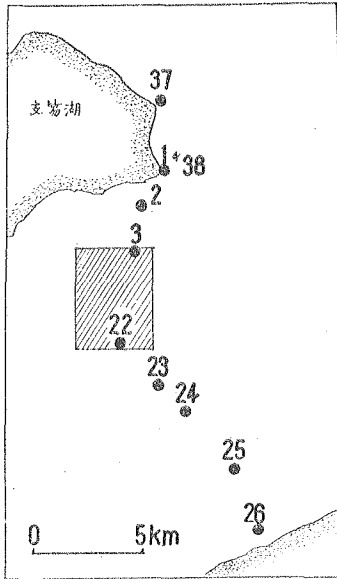
### (1) 樽前火山(安山岩)

第2表、第2~4図に見られる様にこの火山の地域の地磁気異常は、1909年ドームが他の部分より強く、但しいずれも現在の地球磁場方向に帯磁しているとすればよく説明出来るので、磁場異常から山体とドームとの帯磁の強さを別々に求めてみよう。計算の簡単のため山全体を二つの扁平回転楕円体におきかえる。上の一つはドームに近い形と大きさをもち、山体にちかい形と大きさをもつ他の扁平回転楕円体の上のつている。この二つの回転楕円体はいずれも一様に(但しそれぞれちがつた強さで)現在の地球磁場の方向に帯磁しているとす。この仮定は完全なものではない。なぜなら、ドームの形は回転楕円体でうまく近似されるが、下の山体の形はそううまくはいかない。それに、帯磁している部分の深さをどれ位にとるかきまらないので若干の不確かさは残る。また、帯磁した一つの回転楕円体があれば、もう一つの回

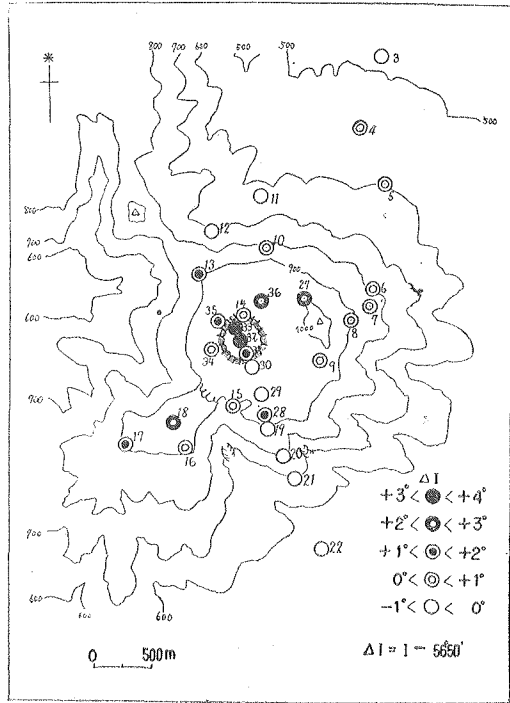
4) T. Rikitake, Bull. Earthq. Res. Inst., 29 (1951), 147~152.

なお、樽前山の一部の測量には東大震研所有の小型地磁気感応儀を借用した。

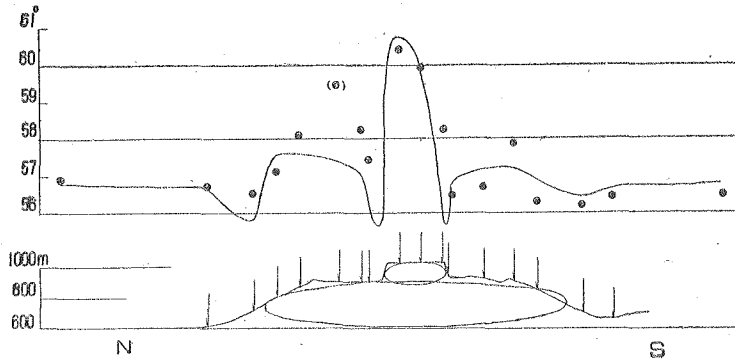
転楕円体に対しては外部磁場は一様でない筈だから、二つの回転楕円体を一様且つ同一方向に帯磁させることも厳密には正しくない筈である。しかしここでは第一近似としてそのようにしている。よい近似ではなくとも、少なくとも従来のように火山全体を一様帯磁とするよりはすぐれていると思う。



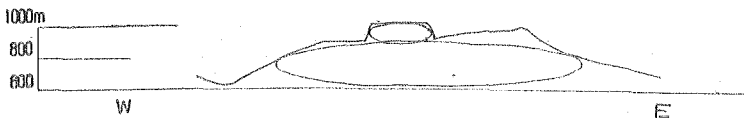
第2図(a) 樽前山地磁気測点  
斜線は(b)図の部分



第2図(b) 樽前山頂上附近の地磁気伏角  
数字は測点番号(第2表)



第3図 樽前山南北断面にそる伏角異常  
上の実線は2ヶの帯磁楕円体による計算値



第4図 樽前山東西断面と2ヶの楕円体の位置

一個の回転楕円体（一様帯磁，みかけ帯磁率  $K$ ）による磁場は，<sup>5)</sup>

$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{K}{1-KL} 3V \tan I \frac{xz}{\sqrt{X}(b^2+\nu)(a^2+\nu)^{1/2}} + \frac{K}{1-KM} 3V \left\{ \frac{(a^2+\nu)^{1/2} x^2}{\sqrt{X}(b^2+\nu)^2} - \frac{1}{2e^3} \left( \tan^{-1} l - \frac{l}{1+l^2} \right) \right\},$$

$$\frac{\Delta Z}{Z} = \frac{K}{1-KL} 3V \left\{ \frac{z^2}{\sqrt{X}(a^2+\nu)^{3/2}} - \frac{l - \tan^{-1} l}{e^3} \right\} + \frac{K}{1-KM} 3V \cot I \frac{xz}{\sqrt{X}(b^2+\nu)(a^2+\nu)^{1/2}},$$

ここに

$$b^2 - a^2 \equiv e^2, \quad l = e/(a^2 + \nu)^{1/2}, \quad V = \left( \frac{4\pi}{3} \right) ab^2,$$

$$X \equiv (x^2 + y^2 + z^2)^2 + (b^2 - a^2) \{ (b^2 - a^2) + 2\{z^2 - (x^2 + y^2)\} \},$$

$$\nu \equiv \frac{1}{2} (x^2 + y^2 + z^2) + \frac{1}{2} \sqrt{X},$$

但し， $x, y, z$ ： 回転楕円体の中心を座標原点としたときの観測点の位置，

$a, b$ ： 回転楕円体の2軸の半径，

$I, F$ ： 伏角，全磁力，

$$K\vec{F} \equiv \vec{J}_n + \kappa\vec{F}.$$

また  $L, M$  は楕円体の形の因子を含む数であるが， $K$  が小なる場合には  $KL, KM$  は 1 に比し十分小さい。

さて2個の楕円体につきみかけの帯磁率を  $K_1, K_2$  とおき，各観測点について2個の楕円体による異常磁場を求め，成分毎に加えて

$$\Delta I = \sin I \cos I \left( \frac{\Sigma \Delta Z}{Z} - \frac{\Sigma \Delta H}{H} \right)$$

と前の式とから

$$I_{obs} - I = \Delta I_i \equiv \sin I \cos I (K_1 \xi_i + K_2 \eta_i)$$

を得る。  $\xi_i, \eta_i$  は各点につき計算される量であるから，観測値を  $I_{obs}$  及び  $\xi_i, \eta_i$  に代入して  $I, K_1, K_2$  の値を求めることが出来る。その方法としては例えば最小自乗法が用いられるが，他の誤差分布を仮定してもよい。

楕円体の大きさをかえたり，誤差分布の仮定を変えたりいろいろな方法で計算してみた結果

$$\text{ド - ムの帯磁 } J = 8 \sim 6 \times 10^{-3} \text{ emu/cc}$$

$$\text{下の山体の帯磁 } J = 3 \sim 2 \times 10^{-3} \text{ emu/cc}$$

5) J. Königsberger, Beitr. Z. Geophys., 19 (1929),

T. Minakami, Bull. Earthq. Res. Inst., 18 (1940), 169~251.

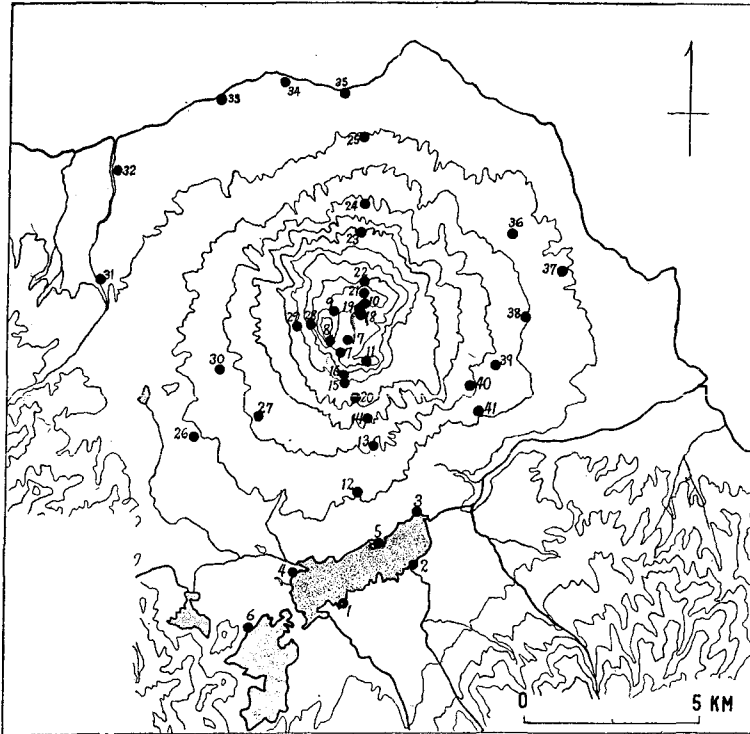
$$I = 56^{\circ}50' \sim 57^{\circ}0'$$

の結果を得た。

樽前山ドーム熔岩試料の自然残留磁気の強さは、秋本、横山両氏によれば  $J_n = 4.4 \times 10^{-3} \text{ emu/cc}$  である\*。この地方の地磁気伏角の標準値は地理調査所の実験式（1950）によれば  $56^{\circ}41'$  と計算される。われわれの得た結果はこれらの値とよく合っている。従つて、ドームが山体の他の部分の2~3倍の強さに帯磁していると結論してよいであろう。

地質学的にみれば、樽前山は少くとも表面近くでは緻密な熔岩に乏しく、殆ど碎屑物——多量の軽石をも含む——から構成されており、ただ中央火口をみたくドームのみが地表によくあらわれている唯一の緻密な岩体である。このドームは形成当時高温であつたことは判つているが、冷却に伴つて熱残留磁気を得、現在までそれを保持しているのであろう。これに対して、火山碎屑物は永久帯磁を得たあとでの飛行や落下後の移動のために、全体としてみるとその永久帯磁はいくらか消し合い、山体の平均的な帯磁の強さが少なくあらわれると考へ得る。

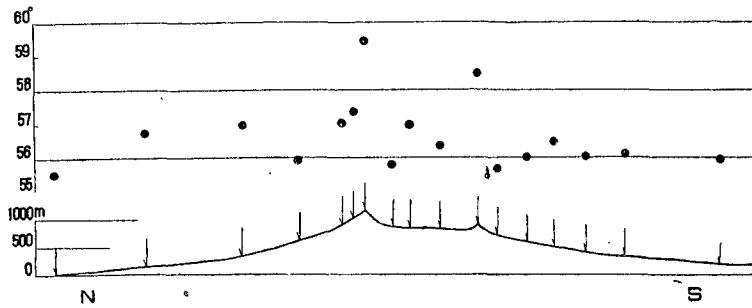
このように、火山地下構造に対する磁気探査法は決して見込のないことではない。



第5図 駒ヶ岳の地磁気測点  
数字は測点番号（第3表参照）

\* 秋本による。帯磁率  $\kappa$  は測られていないが、他の安山岩の  $\kappa$  の数値から考えると  $\vec{J} = \kappa \vec{F} + \vec{J}_n$  の大きさは  $6 \sim 5 \times 10^{-3}$  位であろう。

6) 例えば鈴木醇，石川俊夫，火山 1 (1933)。



第6図 駒ヶ岳の南北断面にそう伏角異常 (下は地形)

(2) 駒ヶ岳火山(安山岩) (第5~6図, 第3表)

地磁気伏角を41点で測定した。そのうち19点では再測が可能である。こまかい解析はしていないが、第7図の南北断面図をみると、伏角分布は地形をよく反映しているから、この火山は、正常でかつほぼ一様にちかい帯磁をしているように思われる。

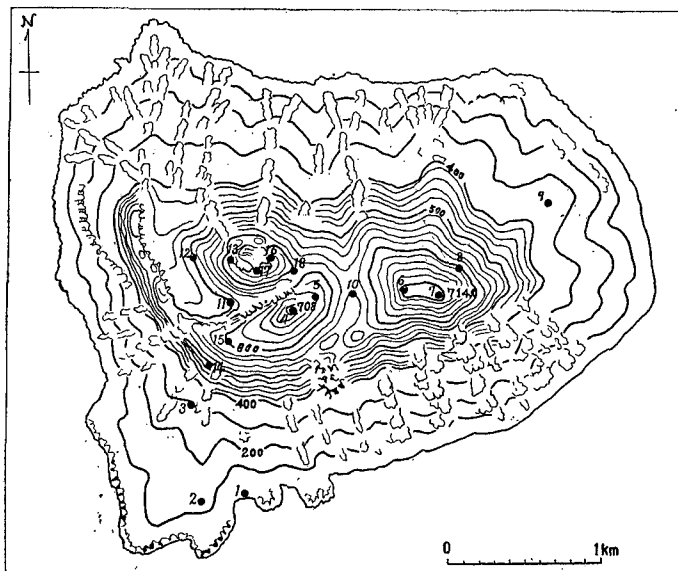
(3) <sup>オシマオシマ</sup>渡島大島(玄武岩) (第7図, 第4表)

渡島大島は松前の西方沖 50 km の日本海中にある無人島である。地磁気伏角は18点で測られた。

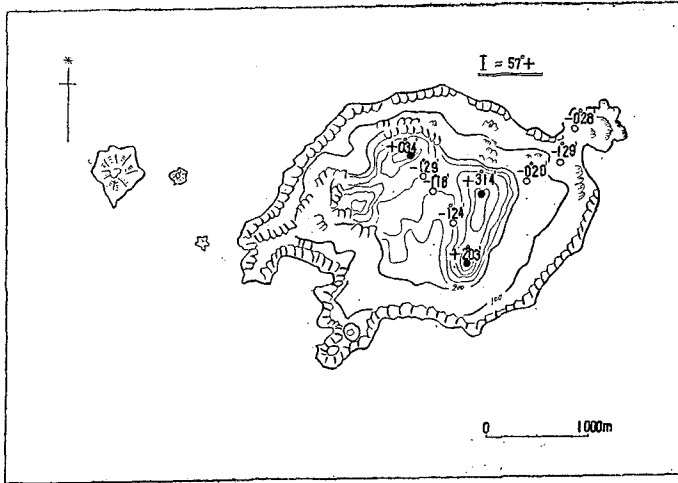
(4) 渡島小島(安山岩) (第8図, 第5表)

北海道西南端から 25 km 沖の島である。伏角の測定は9点で行われた。島の最高部には僅かな凹みがあるがこの凹地を横切る測線上で伏角が著しく変つていたので、われわれはこの凹地はデブリで埋められた以前の火口ではないかと想像している。こまかい計算も、地質学的な検討もまだ済んでいないが、火山の磁氣的地下探査の一例となり得るかもしれない。

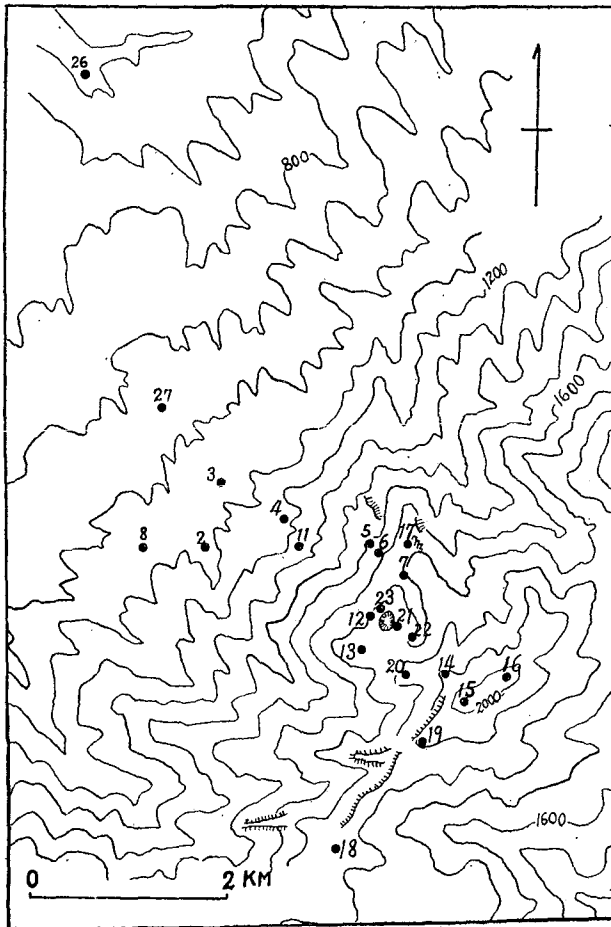
(5) 十勝岳(安山岩) (第9図, 第6表)



第7図 渡島大島地磁気測点 (第4表参照)



第8図 渡島小島の地磁気伏角異常 (第5表参照)

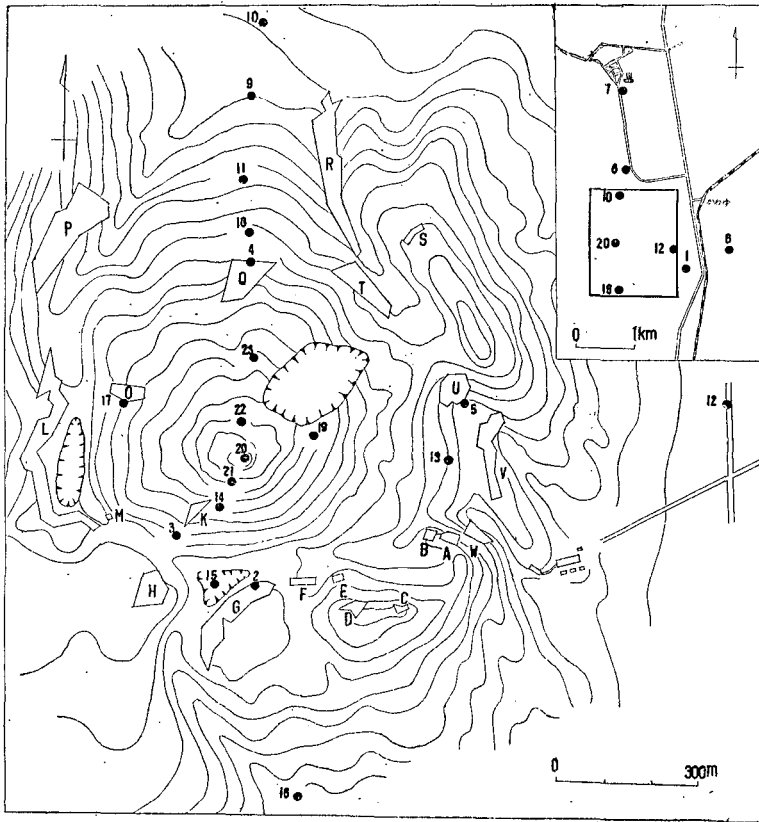


第9図 十勝岳地磁気測点 (第6表参照)

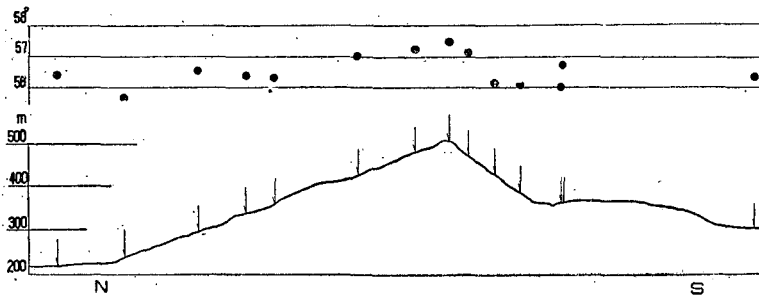
27 点で地磁気伏角を測つた。うち 26 点は再測可能である。

(6) アトサヌプリ〔跡佐登〕(石英安山岩ドーム) (第 10~11 図, 第 7 表)

伏角は主として頂上を通る南北の線に沿う点で測られた。得られた異常はドーム地形の効果をよくあらわしているのに、ドームが全体としてほぼ北向きに帯磁していることが想像される。帯磁の強さはまだ計算されていないが、異常の大きさから考えて樽前のそれよりずつと弱く、後で述べる大有珠(形、大き共に似ている)と比べると、おそらくその帯磁は大有珠の  $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{5}$  位と推定される。

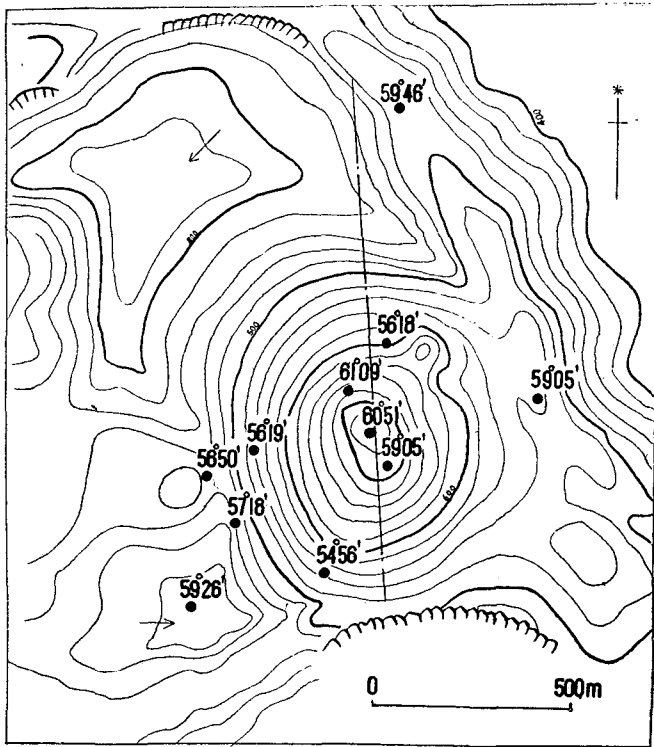


第 10 図 アトサヌプリの地磁気測点 (第 7 表参照)

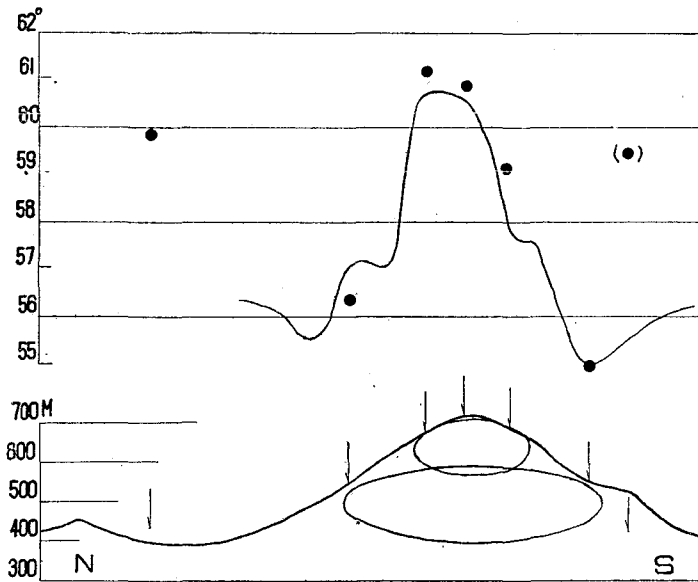


第 11 図 アトサヌプリ南北断面にそう伏角異常 (下は地形)

(7) 大有珠 (石英安山岩ドーム)



第12図 大有珠の伏角異常 (縦線にそり異常は第13図)



第13図 大有珠南北断面にそり伏角異常

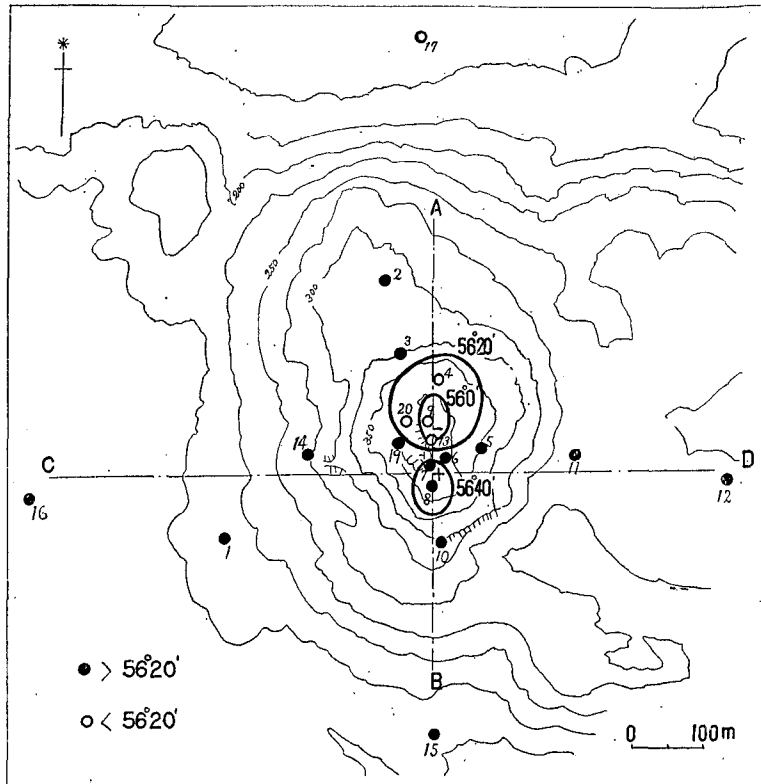
上の実線は2層円体による計算値 ( $I_0 = 57^\circ 20'$  とす)

第12~13図, 第8表に見られるように, 大有珠ドームはほぼ現在の地球磁場の方向に帯磁しているようである. ドームを2個の回転楕円体で近似して, 樽前山について行つたようにして帯磁の強さを求めてみると, 約  $6 \times 10^{-3} \text{ emu/cc}$  となる. なお地質調査所の実験によれば残留磁気  $J_r = 4 \sim 2 \times 10^{-3} \text{ emu/cc}$  で, われわれの値は略一致するが, あるいは形の近似がまだ十分でないかも知れない.

(8) 有珠昭和<sup>7)</sup>新山 (1943~5年に生れたドーム (または pseudo-belonite), 熔岩は石英安山岩)

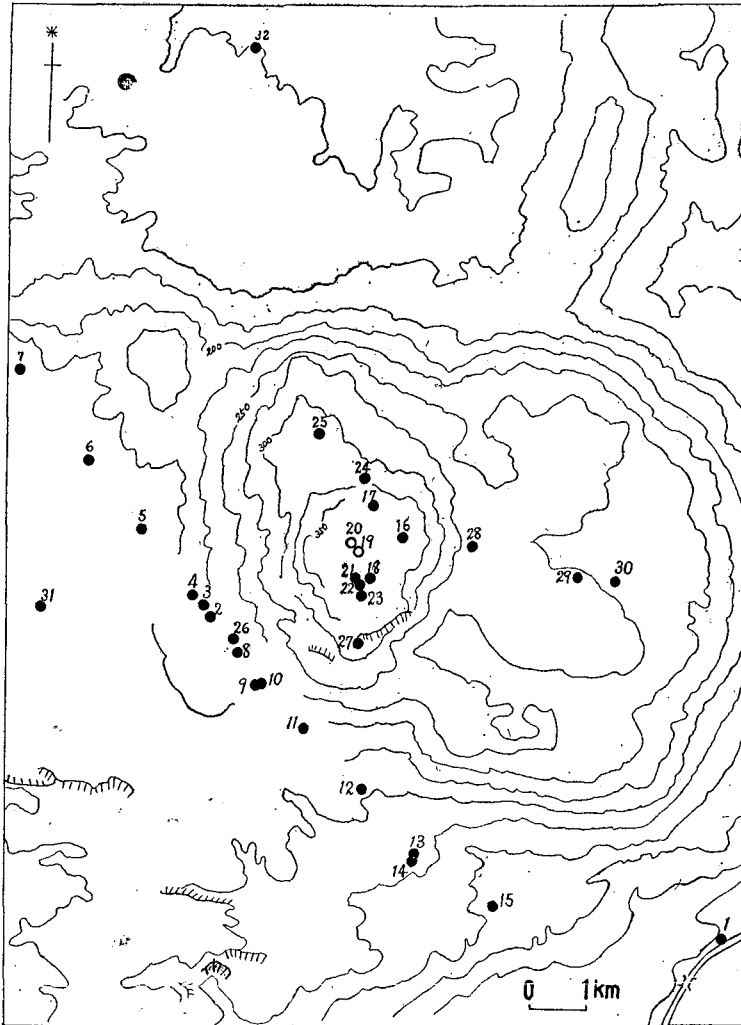
第14図, 第9表に示すように大変特殊な形の地磁気異常が観察された. 伏角はドーム頂上で増加せず南部で増加し, 北頂上には負の異常地域がある. これは, 樽前, アトサヌプリ, 大有珠などの, 形も岩石も似た各ドーム上の伏角異常と異なるのである. これについては詳細に次章で議論する.

1955年には, 将来の再測にそなえて多くの点で改めて伏角を測量しておいた. (第15図, 第10表) 54年の測点と異なつた点であるが, 伏角の大体の傾向は似ている.



第14図 有珠昭和<sup>7)</sup>新山の地磁気伏角異常 (1954年8月)  
(測点番号は第9表と同じ)

7) T. Minakami, T. Ishikawa and K. Yagi, Bull. Volcanologique, 11 (1951), 45~157.



第15図 有珠昭和新山の地磁気測点 (1955年7月新設) (第10表参照)  
白丸は  $I < 55^\circ 40'$  の点

### III. 結果の比較考察

#### (1) Konide 型火山について

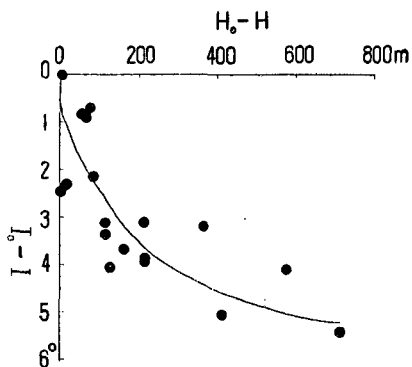
ポテンシャル論によれば、軸対称の形をした一様帯磁の物体による伏角異常を方位について平均すると<sup>8)</sup>

$$\Delta I = \frac{3}{4} \frac{J}{k^2 \rho} \frac{\sin 2I}{F} \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} \quad (k^2: \text{万有引力常数})$$

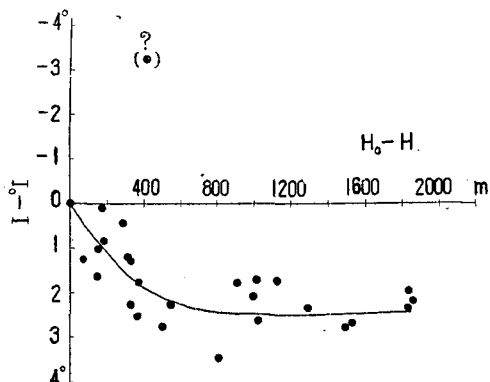
となる。但し  $V$  は重力ポテンシャルである。従つて、形のととのつた火山については、同

8) T. Minakami and S. Sakuma, 前掲 2)。

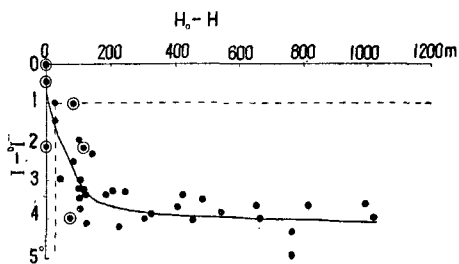
永田武, 東大震研 219 回談話会 (昭和 21 年 1 月)。



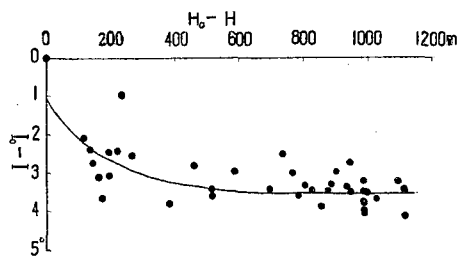
第16図 渡島大島の伏角と高度との関係  
 $H_0 = 714\text{m}$ ,  $I_0 = 60^\circ 07'$



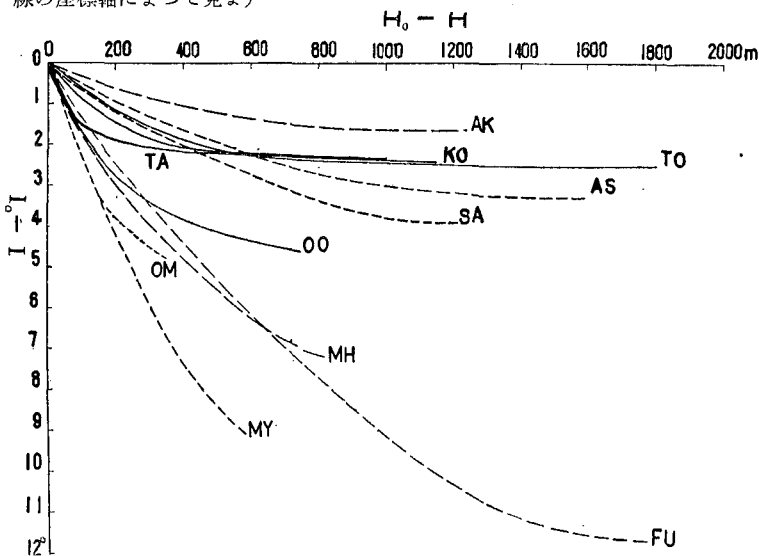
第17図 十勝岳の伏角と高度との関係  
 $H_0 = 2077\text{m}$ ,  $I_0 = 59^\circ 34'$



第18図 樽前山の伏角と高度との関係  
 二重丸はドームの存在による異常値  
 $H_0 = 1025\text{m}$ ,  $I_0 = 60^\circ 24'$   
 (ドームを除いた山体については点線の座標軸によつて見よ)



第19図 駒ヶ岳の伏角と高度との関係  
 $H_0 = 1115\text{m}$ ,  $I_0 = 59^\circ 26'$



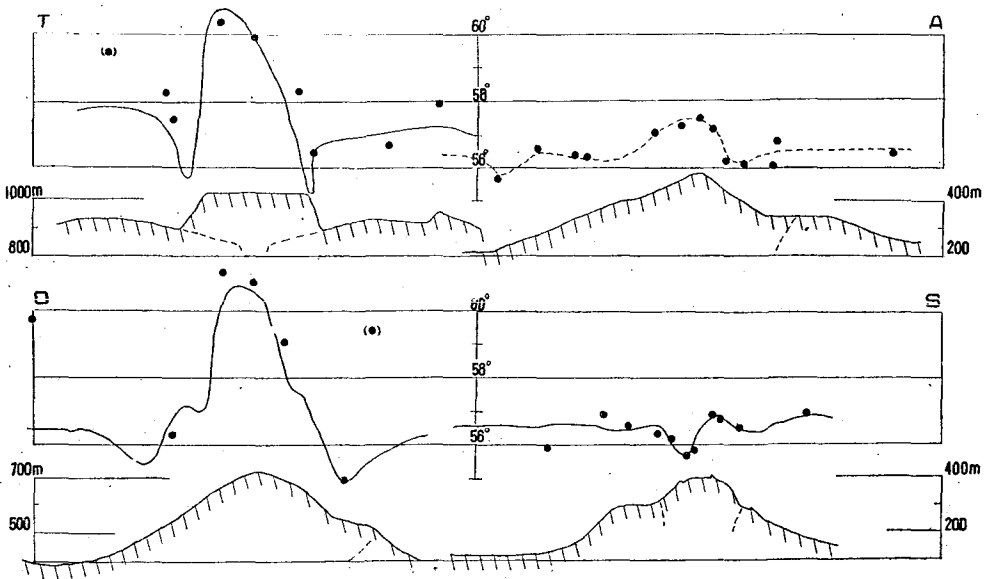
第20図 各火山の伏角(平均値)と高度との関係の比較 (Konide)  
 横軸: 頂上からの垂直距離, 縦軸: 頂上の伏角からの差.  
 AK: 赤城山, KO: 駒ヶ岳, TO: 十勝岳, AS: 浅間山, SA: 桜島,  
 TA: 樽前山(ドームを除く), OO: 渡島大島, MH: 三原山, FU: 富士山,  
 OM: 大室山, MY: 三宅島

じ高さでの伏角の観測値を方位について平均すれば、得られた異常は帯磁の強さと重力ポテンシャルの二次微係数とに比例するわけである。故に、形の似た火山について  $\overline{\Delta I}$  と高さ  $h$  との関係を比べると、 $J$  のちがいのについての知識を得ることが出来るのである。これについては既に力武が論じている。(第 16~20 図)

渡島大島は  $\overline{\Delta I}-h$  曲線で (第 20 図) 見ると、日本本土の玄武岩火山のグループに入る。十勝、樽前 (ドームを除く)、駒ヶ岳は安山岩火山のグループに入り、しかも構成岩石の珪酸%順に排列しているようにおもわれる。立入つた議論のためには  $\partial^2 V / \partial z^2$  の知識が必要となる。

(2) Troide 型火山

前節のポテンシャルの議論はここにもそのまま適用出来る。しかしこの型の地形の曲率は上に凸であるから、山体の形を回転楕円体で近似し易い。それで、樽前山や大有珠のドームに用いたような方法で帯磁の強さを求めることも出来る。4 個の火山の地磁気伏角と地形との南北断面図を第 21 図にならべて示してあるが、大有珠、アトサヌプリ、樽前ドームの 3 者の地磁気異常の形は大変よく似通っている。即ち頂上に正、南北中腹 (または麓) に負の異常がある。そして異常の大きさは、山の形や大きさのみならず構成熔岩の性質とに関係していることもよくわかる。即ち、最も基性である樽前が比帯磁が強く、甚だしく交代された石英安山岩から成



第 21 図 4 ドームの南北断面 (左が北) と、それにそう地磁気伏角 (地形断面内の点線は、着目したドームより古い山体との境)  
 T: 樽前ドーム, 実線は第 3 図のモデルによる計算値  
 O: 大有珠ドーム, 実線は第 13 図のモデルによる計算値  
 A: アトサヌプリドーム, 点線は観測値の平均  
 S: 昭和新山, 実線は第 22 図のモデルによる計算値

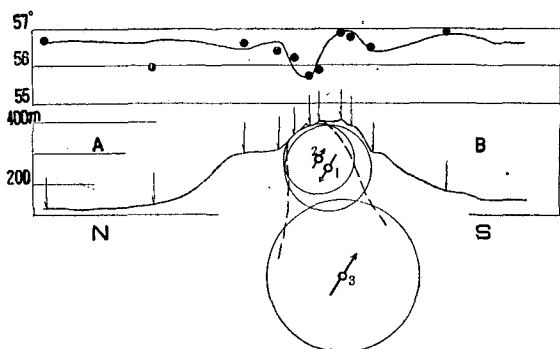
るアトサプリの帯磁が最も弱い。

(3) 昭和新山の地磁気異常

第21図をみると、新山の異常の形式は他のドームと著しくちがっている。構成岩石や外形は大有珠やアトサプリとよく似ているにも拘らずこのような特殊な異常を示すのはなぜであろうか？ これを説明するためには、ドーム内部が一様に地球磁場方向に帯磁しているという仮定は明らかに不適當である。それで次の2種の場合が考えられる。その第一はドーム全体が一様に、現在の地球磁場方向と全く異なつた方向に帯磁していると仮定することであり、その第二は、ドームの内部が地球磁場方向にはあるが、一様でない強さで帯磁していると仮定することである。<sup>\*</sup> 第一の仮定はわれわれの野外及び実験室での経験に照らしてやや考え難いので、ここでは第二の仮定に基づいて計算をすすめてみよう。帯磁の方向はこの地域の地球磁場方向 ( $I=56^{\circ}40'$ ) とし、強さにはただ2種類  $J$  及び  $0$  のみを考えることとする。

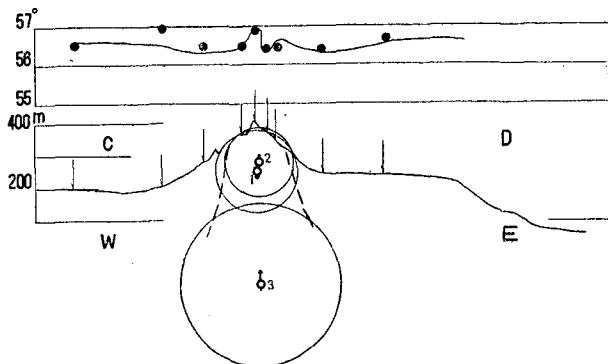
一般の形の帯磁した物体の生ずる磁場を計算することは大変に煩しい計算となるから、ここではドーム内部の、それぞれ球形の部分に等価ないくつかの磁気双極子を仮定し、その生ずる磁場を計算することとした。但し、等価双極子能率  $= \frac{4\pi}{3} r^3 J$  である。なお、一様に帯磁 ( $J$ ) した物体中の球形の部分 (半径  $r'$ ) が帯磁を失つている場合は、丁度その球の中心にあり逆方向を向く強さ  $-\frac{4\pi}{3} r'^3 J$  なる磁気双極子の磁場を、その物体による磁場に重畳させて表わすことが出来る。(帯磁の一樣さは失われないと仮定する。)

われわれは種々の位置に正または負の向きの双極子をおき、実測値に最もよくあうように最小自乗法によりそれぞれの強さ——即ち



第22図 有珠昭和新山の南北断面にそう伏角異常

1. 上の実線は、下のよな3ヶの双極子による計算値、黒丸は実測値
2. 下の球の大きさは、単位体積の磁化が  $3 \times 10^{-3} \text{ emu/cc}$  のとき各々の中心の双極子と同等となる球の大きさである
3. 点線内部は、ほとんど帯磁0となる領域



第23図 有珠昭和新山の東西断面にそう伏角異常 (説明は第22図と共通)

\* ドーム以外の、もつと深い地下に異常の原因を求めても、このような傾度の大きな異常は説明しえない。

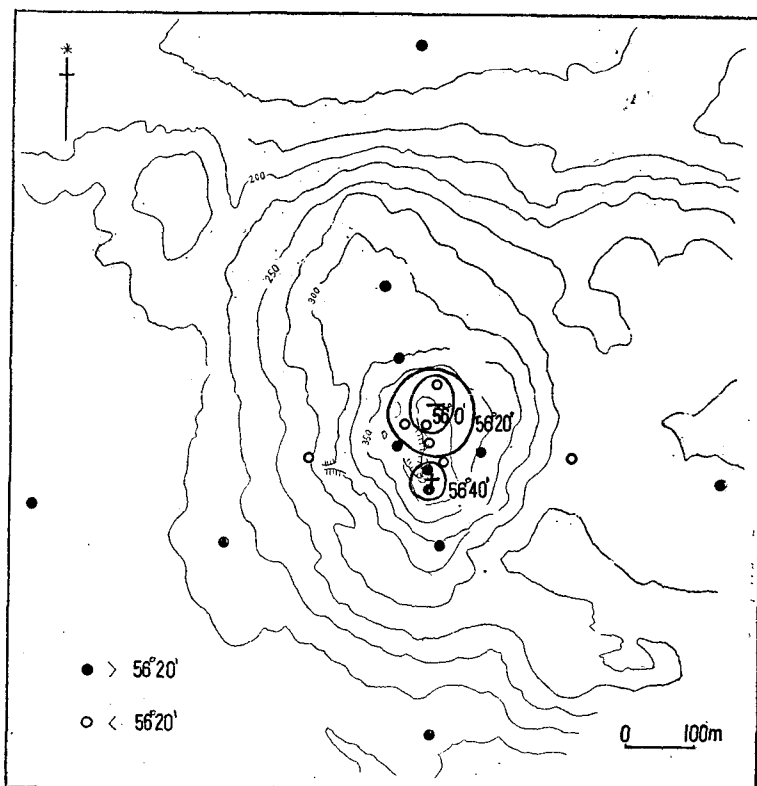
球形部分の大きさ——を求める操作を、双極子の位置や数をかえて数多く試みた。勿論双極子の数を多くすればよい近似は得られるが、ここでは4個以内に制限して大体の傾向を把握しようとしたのである。

その結果、大勢として殆ど動かし難い解として、第22~24図に示すように、ドーム全体の帯磁を代表する正の双極子1のすぐ北上方にこれを打消すやや弱い負の双極子2があらわれる。

帯磁の強さを  $3 \times 10^{-3} \text{ emu/cc}$ <sup>10)</sup> とすると(第21図の球の部分)、大体ドームの北半部上方が帯磁0で、他の部分——即ち南半部表面——は強さJに帯磁していることになる。また、ドーム上及び屋根山上の点では平均的にその外側より伏角が少いという傾向のために、より深い地下の一部が帯磁していないことをあらわす逆向双極子3があらわれている。なお屋根山の帯磁については、それによる異常を代表する観測点を欠くためここでは立入つてのべないこととする。

結局、地球磁場方向の帯磁を仮定する以上、第21図の点線内で大体あらわされる領域が帯磁していないと結論される。即ちドームの下方やや南側からドーム北部表面に至る円柱状乃至截頭円錐状の地域のみが帯磁していないといえることになる。

第9表には3双極子モデルによる計算値を、実測値と並べて記入してある。



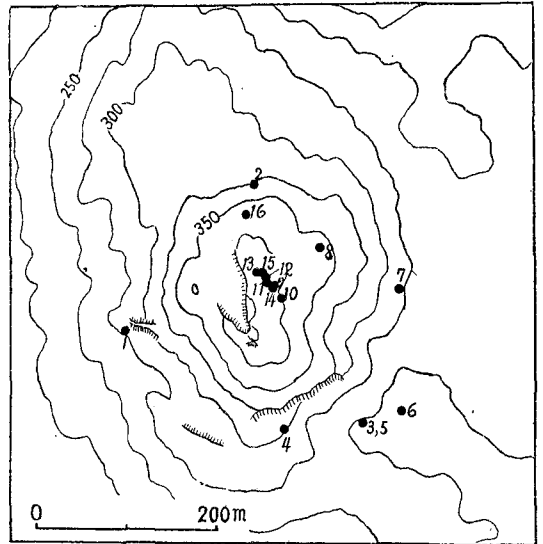
第24図 3双極子モデルによる計算値(第14図と比較せよ)

10) 地質調査所の実験によれば大有珠、新山の熔岩の  $J = J_n + \kappa F = 2 \sim 4 \times 10^{-3} \text{ emu/cc}$  である。(私信)

このような磁氣的な構造に対応する実際の地下構造として2種類考えられる。その一つは、ドーム北部地下の温度がまだ高く、造岩強磁性鉄物の Curie 点をこえているために、それだけの部分がまだ帯磁していないという見方；他の一つは、他に比べて強く帯磁した熔岩がドーム南半の地下にあつて、北半の地下にはそのようなものを欠いているという解釈である。われわれはいずれの可能性が果して正しいか断定すべき根拠をまだ持っていない。

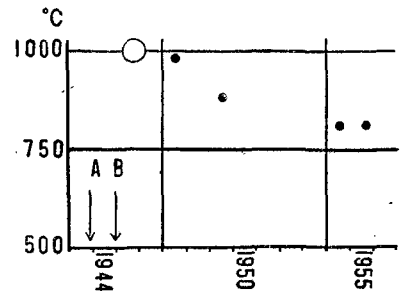
しかしここにもう一つ注意すべき事実がある。ドーム上或は側方の亀裂の所々は、ドームが生まれてから約10年を経た1954年になつても赤熱状態にあることが知られている。われわれは白金-白金ロジウム熱電対、アルメル-クロメル熱電対及び光高温計を用いて、1954年、1955年にそういう地点の岩の温度を測定した。赤熱した点は特にドーム頂上の北半分に多く、700°Cをこえている。(第1表、第25図) ドーム生成直後の温度は、1,000°C<sup>11)</sup>位といわれているから、ドームは冷却しつつあることは言うまでもないが、(第26図) ドーム内部に今なお、強磁性鉄物の Curie 点をこえるような高温部が存在することは間違いないのである。

もしわれわれが観測した地磁気異常が、ドーム北部地下の高温のためであるならば、将来この附近の地磁気は変化する筈である。従つて今後地磁気測定を同じ点でくりかえすことによつて上に述べた二つの可能性のいずれが正しいか判定出来るであろう。また、もし前者であるとすれば、今後地磁気測定のくりかえしにより地下の岩石の冷却の進行状態も知りうるであろう。



第25図 昭和新山温度測点 (第1表参照)

測点の分布は高温部(赤熱)の分布と略一致する



第26図 昭和新山の温度の変化(但し観測された最高値を採る)

A は地震活動開始日

B はドームが出現した日

#### IV. 総括

火山地域における地磁気の異常あるいはその変化は、火山地下の構造や温度状態について知る手がかりとなるであろう。ここではそれらが可能であることを示すために若干の例をあげて

11) T. Minakami et al; 前掲 7)

簡単に考察した。

終りに、この研究を実行するに当り多くの御援助、御忠告を賜わつた東大の水上武、力武常次、横山泉、秋本俊一、北大の石川俊夫、勝井義雄、鮫島惇一郎の諸氏、また野外調査を援助された早川正己氏、徳永達之氏、古本定氏、長嶺亘氏、十勝欽山、跡佐登欽山他現地の方々へ感謝する。なお本研究の一部は、文部省科学研究費によつて行われたものである。

第1表 有珠昭和金山高温部温度 (参照第25図)

年 月 計器 No.	1954. 8. 18~20	1955. 7. 19~20		備 考
	白金—白金 ロジウム熱電対 (°C)	アル—アル— クロ—クロ— メル—メル— 熱電対 (°C)	光 学 高 温 計 (°C)	
1	449	—	—	珊瑚岩下
2	581	485	—	北壁下亀裂
3	767	—	—	ドーム南東直立壁下端
4	783	—	753~750	南壁下屋根山上
5	775	—	—	3に同じ
6	666	—	—	ドーム東南凹地噴気口
7	684	—	—	ドーム東側下部の裂目
8	— 813~808	799 810~800	809 809~793	亀甲岩北 亀甲岩南
9	746	752	—	山上南寄り、洞穴Aの近く
10	692	694 (深90 cm)	700 (725?)	洞穴Aの下 40 m 裂目
11	681	—	—	南頂上の下
12	703	—	—	ク
13	764+	777	778~774	南頂下洞穴B
14	—	701	710	洞穴A
15	—	760	—	洞穴Bの下 20 m
16	—	730	—	北壁の窓 (遠隔測定)

註： 三種類の計器は実験室で比較校正された。

第2表 樽前山地磁気伏角 (参照第2図)

測 点 番 号	位 置	高 度 (海拔 m)	日 時	伏 角
1	モラップ造林事務所前	255	'54. 7. 17. 13. 05 <sup>h m</sup>	56°05'
2	モラップ登山口	370	14. 20	56°50'
3	北口登山道	480	15. 40	56°34'
4	ク	540	17. 10	56°54'
5	奥宮口小屋前	600	18. 09. 45	57°02'
6	奥宮口登山道	780	14. 05	57°08'
7	ク	840	14. 49	57°02'
8	ク	920	15. 30	57°11'
9	東山三角点南の鞍部	980	16. 35	57°27'
10	北口登山道枝道	820	17. 25	57°08'
11	北口登山道	620	19. 09. 45	56°43'

測点番 号	位 置	高 度 (海拔 m)	日 時	伏 角
12	北 口 登 山 道	700	19. 10. 25	56°32'
13	〃	880	11. 25	58°06'
14	ド ー ム 北 下	920	12. 10	57°25'
15	奥 宮 西 の 鞍 部	900	14. 10	57°02'
16	西 山 三 角 点 南 尾 根	920	20. 13. 50	56°55'
17	西 山 西 尾 根	920	14. 55	58°26'
18	西 山 三 角 点	996	15. 25	58°51'
19	覚 生 口 登 山 道	900	16. 35	56°17'
20	〃	800	21. 07. 20	56°10'
21	〃	720	07. 45	56°24'
22	覚 生 沢 道	570	08. 55	56°23'
23	〃	360	10. 10	56°27'
24	〃	210	11. 10	56°46'
25	カ ラ サ ワ 開 墾 地	30	13. 30	56°48'
26	錦 岡 海 岸 道 路	6	14. 45	56°34'
27	東 山 郡 千 187 標 石	995	'53. 9. 21. 11. 30	59°23'
28	奥 宮 横	940	14. 35	57°53'
29	奥 宮 と ド ー ム と の 間	920	15. 20	56°40'
30	ド ー ム 南 中 腹	950	16. 25	56°26'
31	ド ー ム 上	1025	22. 11. 20	58°16'
32	〃	1025	12. 20	59°55'
33	〃	1025	13. 15	60°24'
34	ド ー ム の 西 下	910	15. 10	57°12'
35	ド ー ム の 北 西	910	16. 10	58°13'
36	ド ー ム の 北	940	17. 00	59°25'
37	翠 明 閣 (湖 畔)	260	20. 12. 00	55°34'
38	モラップ造林事務所前(1と至近)	255	17. 25	56°04'

註: 27~38 では磁針による伏角計を用いた。

第3表 駒ヶ岳地磁気伏角 (参照第5図)

測点番 号	地 名	海 拔 高 度 (m)	日 時	伏 角
1	大 沼 水 準 点 No. 5	130	'54. 9. 26. 14. 15	55°58'
2	〃 No. 9	130	15. 15	55°43'
3	〃 No. 8	130	16. 10	55°27'
4	〃 No. 6	130	27. 10. 10	55°40'
5	地 獄 湾 登 山 口 水 準 点 No. 12	130	12. 40	55°23'
6	小 沼 水 準 点 No. 1	130	15. 10	56°14'
7	馬 ノ 背	950	10. 16. 11. 50	56°19'
8	劍 ケ 峰 南 下	980	13. 00	57°03'
9	駒 ノ 背	970	14. 00	56°40'

測点番 号	地名	海拔高度 (m)	日	時	伏角
10	砂原岳三角点	1,115		16. 15. 20 <sup>h m</sup>	59°26'
11	隅田盛三角点	880		16. 40	58°30'
12	銚子口登山道一合目標石	240		18. 11. 15	55°57'
13	銚子口登山道林道交点(杭)	310		12. 20	56°06'
14	銚子口登山道植生試験地(杭)	420		13. 40	56°00'
15	登山道三叉路	600		19. 11. 30	56°00'
16	馬ノ背下	730		12. 35	55°39'
17	大火山口中央	920		13. 25	56°21'
18	砂原岳南下	920		14. 25	56°57'
19	砂原岳南中腹	940		14. 50	55°46'
20	登山道, 14 と 15 の間	530		16. 10	56°27'
21	砂原岳北直下	1,000	'55. 9. 25.	13. 05	57°20'
22	砂原岳北尾根	900		14. 10	57°00'
23	〃	600		14. 50	55°52'
24	〃	380		15. 50	56°56'
25	〃	170		16. 50	56°43'
26	焼山水準点	181		26. 09. 00	56°05'
27	焼山口登山道植生試験地	330		10. 40	55°50'
28	剣ヶ峰西尾根	850		14. 25	56°53'
29	〃	650		14. 50	56°37'
30	東山南方開墾地林道交点	260		16. 40	55°35'
31	姫川水準点 (92. 93 <sup>m</sup> )	93		27. 09. 05	55°45'
32	尾白内南台地	25		10. 10	56°13'
33	掛瀨水準点	6		12. 35	56°02'
34	紋兵衛砂原水準点	4		13. 40	55°59'
35	砂原神社水準点	4		14. 30	55°19'
36	沼尻駅南方	170		28. 08. 40	55°56'
37	鷹待踏切手前道上	120		10. 20	55°55'
38	円山東方三等三角点	211		11. 30	56°27'
39	38 と 40 の中間	290		13. 00	56°01'
40	四等三角点北 1103	350		13. 40	56°26'
41	界標界乙三二	230		14. 55	56°10'

第4表 渡島大島地磁気伏角 (参照第7図)

測点番 号	地名	海拔高度 (m)	日	時	伏角
1	アイ泊番屋横	3	'55. 6. 10.	08. 50 <sup>h m</sup>	54°40'
2	アイ泊西'熔岩流	135		10. 10	56°01'
3	西山南尾根	300		12. 00	55°02'
4	708 m 独立標高点傍	708		15. 10	60°07'
5	708 独立標高点北東	640		15. 50	59°25'

測 番	点 号	地 名	海 拔 高 度 (m)	日 時		伏 角
				日	時	
6		東 山 714 m 三 角 点 西	700	11.	11. 30 <sup>h m</sup>	57°47'
7		714 m 三 角 点	714		12. 40	57°39'
8		東 山 東 北 尾 根	600		14. 35	56°45'
9		〃	360		16. 15	56°53'
10		東 山 と 西 山 と の 鞍 部	560	12.	11. 45	56°26'
11		中 央 火 口 南 西 凹 地	500		15. 05	56°10'
12		中 央 火 口 丘 西	500		15. 40	56°13'
13		中 央 火 口 丘 西 斜 面	630		17. 15	57°58'
14		西 山 南 尾 根	500	17.	08. 30	56°59'
15		〃	600		09. 20	57°05'
16		中 央 火 口 東 縁	650		10. 35	59°14'
17		中 央 火 口 南 縁	660		11. 00	59°17'
18		中 央 火 口 丘 東 下	590		11. 35	56°03'

第5表 渡島小島地磁気伏角 (参照第8図)

測 番	点 号	地 名	海 拔 高 度 (m)	日 時		伏 角
				日	時	
1		(北 山) 三 角 点 傍	282	'55. 6.	3. 12. 45 <sup>h m</sup>	59°03'
2		独 立 標 高 点	283		14. 15	57°34'
3		山 上 凹 地 東 山 西 下	240		16. 30	55°36'
4		登 山 道	170		17. 10	56°40'
5		(東 山) 北 頂	280	4.	08. 45	60°14'
6		山 上 凹 地 中 央	240		09. 00	55°42'
7		山 上 凹 地 北 部	250		10. 45	55°31'
8		番 屋 横	75		12. 50	55°31'
9		弁 天 ノ 鼻	10		14. 55	56°22'

第6表 十勝岳地磁気伏角 (参照第9図)

測 番	点 号	地 名	海 拔 高 度 (m)	日 時		伏 角
				日	時	
1		帝 国 製 麻 美 瑛 工 場 附 近	250	'55. 8.	8. 13. 20 <sup>h m</sup>	57°36'
2		感 震 器 室 前	1080		9. 09. 00	57°26'
3		鉦 山 道 路 と 白 銀 荘 路 交 点	1060		10. 40	57°51'
4		鉦 山 道 路 傍	1160		14. 00	57°45'
5		52 年 噴 気 口 尾 根	1520		15. 55	57°16'
6		〃	1570		16. 45	56°47'
7		52年噴気口尾根頂上, 指 導 標	1700		18. 20	57°47'
8		白 銀 荘 前	1040	11.	09. 45	56°54'
9		鉄 索 コ ー ス 中 間	790		10. 45	57°12'
10		中 茶 屋 碑 前	540		12. 20	56°51'

測点番 号	地名	海拔高度 (m)	日時	伏角
11	白銀荘口登山道	1260	12. 09. 35	55°55'
12	新噴火口縁	1740	10. 55	57°18'
13	前十勝頂上西	1780	13. 20	59°08'
14	本十勝頂上北西下	1900	14. 30	59°28'
15	十勝頂上三角点	2077	15. 15	59°34'
16	平ヶ岳界標	2000	15. 50	58°17'
17	熊ノ爪南	1660	17. 10	62°57'
18	上ホロカメトク独標点	1887	13. 11. 45	58°42'
19	十勝岳, 大砲岩間の鞍部	1920	13. 30	57°56'
20	十勝岳頂上西方	1920	14. 20	58°33'
21	新噴火口南東縁	1770	15. 40	58°22'
22	新噴火口南東凹地奥	1700	16. 45	57°00'
23	新噴火口縁	1740	17. 15	58°16'
24	富良野町上富良野神社	220	18. 11. 00	57°23'
25	美瑛町丸山公園	250	14. 00	57°13'
26	白金温泉門の向つて左側林中	580	16. 00	56°46'
27	望岳台標石	940	21. 08. 00	57°48'

第7表 アトサヌプリ地磁気伏角 (参照第10図)

測点番 号	地名	海拔高度 (m)	日時	伏角
1	鉢山グラウンド西端	170	'55. 8. 28. 13. 05	56°49'
2	G 鉢床傍	360	14. 15	56°44'
3	H 鉢床傍	380	15. 00	56°07'
4	Q 鉢床傍	360	16. 15	56°19'
5	U 鉢床下	270	16. 45	56°00'
6	摩周湖への道路上	190	29. 07. 30	57°29'
7	川湯温泉南外れ	145	08. 40	56°44'
8	川湯温泉と駅との中間	170	09. 30	56°42'
9	アトサヌプリ北麓	230	10. 10	55°40'
10	ク	210	10. 25	56°24'
11	ドーム北中段	290	11. 15	56°33'
12	青葉道路上	180	13. 00	56°48'
13	ドーム東側	300	13. 40	56°19'
14	K 鉢床の上	430	14. 35	56 10'
15	G 鉢床の南凹地	320	15. 15	56°01'
16	G 鉢床の南	270	16. 05	56°25'
17	O 鉢床の下	390	9. 1. 14. 50	57°48'
18	Q 鉢床の北	340	15. 25	56°32'
19	熊落し火口南	440	2. 08. 10	56°36'
20	頂上	510	08. 35	57°30'

測番	点号	地 名	海拔高度 (m)	日 時	伏 角
21		頂 上 南	480	2. 09. 00	57°09'
22		頂 上 北	480	09. 50	57°15'
23		熊 落 し 火 口 北 西	430	10. 20	57°01'

第8表 大有珠地磁気伏角 (参照第12図)

測番	点号	地 名	海拔高度 (m)	日 時	伏 角
1		有 珠 東 外 輪 山 上	550	'54. 8. 22. 10. 20 <sup>h m</sup>	59°05'
2		ド - ム 下 南 稍 西 寄 リ	550	11. 10	54°56'
3		放 牧 場	420	11. 55	59°26'
4		ド - ム 南 西 林 中	500	13. 05	57°18'
5		ド - ム 西 麓 林 中	480	13. 50	56°50'
6		ド - ム 西 下	540	14. 30	56°19'
7		ド - ム 上 北 部	650	15. 55	61°09'
8		頂 上 南 端	725	16. 10	60°51'
9		頂 上 南 端	720	16. 20	59°05'
10		ド - ム 北 中 腹	600	16. 50	56°18'
11		北 外 輪 山 上	490	17. 40	59°46'

第9表 昭和新山地磁気伏角 1954年度 (参照第14図)

測番	点号	地 名	海拔高度 (m)	日 時	伏 角
1		珊 瑚 岩 前 ア ズ マ ヤ	215	'54. 8. 20. 08. 20 <sup>h m</sup>	56°55'(56°28')
2		北 屋 根 山 上	310	09. 15	56°37'( 30')
3		ド - ム 北 直 下	325	09. 50	56°25'( 40')
4		新 山 北 中 腹	365	10. 40	56°14'(55°55')
5		亀 甲 岩 南	345	11. 50	56°25'(56°39')
6		赤 熱 洞 穴	380	14. 15	56°23'( 19')
7		ド - ム 頂 上 中 央	395	15. 00	56°52'( 56')
8		ド - ム 頂 上 南 端	390	15. 30	56°46'( 58')
9		ド - ム 頂 上 北 端	390	16. 20	55°45'(55°41')
10		ド - ム 南 壁 直 下	310	21. 09. 10	56°31'(56°23')
11		ド - ム 東 麓	260	10. 00	56°27'( 16')
12		ド - ム 東, 旧 フ カ バ	255	10. 45	56°39'( 34')
13		ド - ム 頂 上	395	11. 45	55°53'(56°10')
14		珊 瑚 岩 下	280	13. 15	56°29'( 17')
15		南 屋 根 山	180	13. 55	56°54'( 52')
16		新 山 西 登 山 道	210	14. 40	56°31'( 37')
17		新 山 北, 屋 根 山 麓	130	15. 30	55°57'(56°42')
18		西 湖 畔 登 山 道	125	16. 00	56°41'( 40')
19		ド - ム 西 側	360	23. 09. 25	56°25'( 23')
20		夕	360	10. 35	56°11'( 10')

註: 括弧内は第22, 23図の3双極子モデルによる計算値.

第10表 昭和新山地磁気伏角 1955年度(参照第15図)

測点 番号	位 置	海 拔 高 度 (m)	日 時	伏 角
1	南方バス道傍(北大3)	50	'55. 7. 17. 10. <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>	56°03'
2	地質調査所測線(地震54)	220	18. 09. 00	56°54'
3	〃(〃53)	215	09. 45	57°27'
4	〃(〃52)	210	10. 30	57°07'
5	〃(〃48)	185	11. 25	57°11'
6	〃(〃45)	180	11. 50	56°37'
7	〃(〃41)	185	12. 30	56°00'
8	〃(北大17)	225	14. 40	56°48'
9	〃(〃18)	225	15. 25	56°48'
10	〃(赤 杭)	230	15. 55	56°47'
11	〃(北大14)	210	16. 10	57°31'
12	〃(〃15)	180	17. 45	56°25'
13	〃(〃16)	155	19. 14. 30	56°29'
14	〃(地震69)	155	15. 30	56°27'
15	火 薬 庫 前(北大19)	120	16. 00	56°09'
16	亀 甲 岩 附 近(〃6)	355	20. 08. 45	57°27'
17	亀 甲 岩 西 北(〃7)	360	09. 30	57°47'
18	赤 熱 洞 穴 附 近(〃8)	380	10. 20	57°03'
19	北 頂 上(〃12)	385	10. 45	55°27'
20	北 頂 上 北 端(〃11)	390	11. 25	55°37'
21	南 頂 上(〃9)	395	12. 15	56°52'
22	南 頂 上 南(〃13)	395	12. 45	56°50'
23	南 頂 上 南 稍 下(〃10)	390	13. 10	56°55'
24	ド ー ム 北 下(地震104 北大5)	310	14. 25	60°04'
25	北 屋 根 山(北大4)	310	14. 45	56°33'
26	珊瑚岩前の道路近く(〃20)	235	21. 08. 35	57°08'
27	ド ー ム 南 下(〃21)	310	09. 25	56°15'
28	ド ー ム 東 側 麓(地震91)	265	10. 20	56°09'
29	東 屋 根 山(〃113)	255	10. 50	56°35'
30	〃(〃116)	245	11. 40	57°01'
31	湖畔行道路西(北大2)	190	12. 45	56°28'
32	〃(〃1)	125	16. 25	56°36'

註: ( )は杭番号.

# 1. Geophysical Studies of Volcanoes in Hokkaido, Japan. Part 1. Anomalies of the Geomagnetic Dip on and around Volcanoes, with Special Reference to the Anomalous Geomagnetic Field on Syōwa-Sinzan, Usu.

By Shūzō SAKUMA and Tsutomu MURASE

(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

Surveys of the geomagnetic dip were carried out on and around the eight Quaternary volcanoes in Hokkaido, in order to clarify the relation between the geomagnetic anomaly and the subterranean structures, and to know changes of the geomagnetic field accompanying with future volcanic activities, if any. Number of observations amounted to 217 in total, 77 among which were done on the identifiable marks. The name of the volcanoes are; Tarumai, Komagatake, Osima-Ōsima, Osima-Kosima, Tokachi, Atosanupuri, Ō-Uusu and Syōwa-Sinzan. Results obtained up to this date are as follows.

(i) We can distinguish the more intensely magnetized part from the less magnetized part within a volcano by means of geomagnetic surveys. For example, the magnetization of the massive central dome of Volcano Tarumai was estimated at  $8-6 \times 10^{-3}$  emu/cc, in contrast to  $3-2 \times 10^{-3}$  emu/cc of the other part of the volcano, which is composed mostly of coarse pyroclastic materials. (Figs. 2~4)

(ii) The average anomaly  $\overline{\Delta I}$  increases with altitude generally at the volcanoes of the Konide type. The degree of increase varies with the structure of the volcano and with the petrographical properties of the lavas. (Figs. 16~20)

(iii) The geomagnetic anomalies of the three domes (Atosanupuri, Ō-Uusu and Tarumai) are surprisingly similar with each other. The common existence of one positive anomaly on the top and two negative ones at the northern and southern foot is explained well with the uniform magnetization of the dome itself in the direction of the geomagnetic field. (Figs. 10~13 & 21)

(iv) The new dome of the Syōwa-Sinzan seems to be quite different from the other three domes, when we compare its geomagnetic anomaly with the others'. The positive anomaly of dip does not occur at its top but occurs at its southern part, though the shape of the mountain is similar to the other three domes just described. We conclude from this fact that the northern part of the volcanic body is not magnetized (or far less magnetized than the other part). (Figs. 14, 15, 21~24)

Many red-hot spots could be seen on the dome, especially at its northern part, even in 1955, about ten years after its birth. Temperature was measured in 1954 & 1955. (Figs. 25 and Table 1) If the presumed subterranean non-magnetic part is occupied by the lavas of high temperature above the Curie point of the ferromagnetic minerals, the geomagnetic field on and around the dome will inevitably change in future as the subterranean lava cools down. The question will be solved by repeating the geomagnetic and geothermal surveys in the future.