

三宅島火山の電磁気共同観測 (1995 年)

笹井洋一・石川良宣 (東大地震研) 西田泰典・佐藤秀幸・宇津木充 (北大理)
村上英記・網田和宏 (高知大理) 田中秀文 (高知大教育)
Jacques Zlotnicki・Paul Yvetot (LGO) Pierre Morat (IPGP)

Joint Cooperative Electromagnetic Observations of Miyakejima Volcano in 1995

Yoichi SASAI, Yoshinobu ISHIKAWA (ERI, Univ. Tokyo),
Yasunori NISHIDA, Hideyuki SATO, Mitsuru UTSUKI
(Fac. Sci., Hokkaido Univ.),
Hideki MURAKAMI, Kazuhiro AMITA (Fac. Sci., Kochi Univ.),
Hidefumi TANAKA (Fac. Edu., Kochi Univ.),
Jacques ZLOTNICKI, Paul YVETOT (Lab. Geophys. Orleans),
and Pierre MORAT (Inst. Phys. Globe Paris)

1 はじめに

三宅島火山は今世紀に入って、1940年、1962年、1983年と規則正しく噴火を繰り返してきた。3度あったことが4度も起こるとすれば、21世紀初頭に次の噴火が発生するであろうし、現在は約10年前の準備過程にあることになる。平成7年度は火山噴火予知計画で毎年行われている集中観測の対象として、三宅島が選ばれ、地震、GPS、重力、水準測量などの精密観測が行われた。それと共に、この火山の活動を監視する様々な観測体制が強化された。我々はその一環として、電磁気観測を担当した。期間は1995年10月13日-20日であった。

観測は自然電位の全島にわたっての分布を求めることを中心とした。この他に、10ヶ所にプロトン磁力計のセンサー柱を立てること、そして北東と南西の割れ目噴火地帯に、自然電位の連続測定システムを設置するという、本格的な電磁氣的火山活動監視のための、設備投資をおこなった。SPの観測成果については、本論文集の西田・他の報告にゆずる。ここでは三宅島火山の活動を電磁氣的手法で監視するシステムの紹介と、その基礎となった三宅島火山の噴火機構についての考察、そして全磁力の連続観測成果の序報を記す。

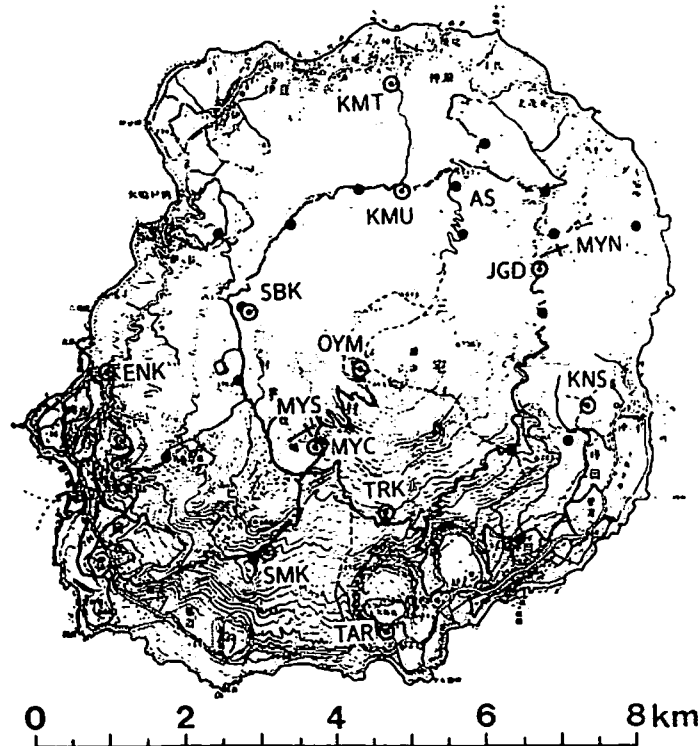
2 電磁氣的手法による三宅島火山の監視

第1図に三宅島における全磁力連続観測点、およびSPの連続観測点(MYNとMYS)を示した。このような観測点配置を考えた理由として、三宅島火山の噴火機構を、補遺にまとめてある。要は深さ2-3kmまでこっそり昇ってくるマグマをいかにしてとらえるか?という問題である。

プロトン磁力計のうち、MYC（三宅村営牧場）のそれは、ダイヤル・アップ方式で、地震研究所に1日1回テレメータされている。ここは乳牛の飼育場所で、センサーの囲いを牛に壊されて、観測が中断していた。アルミ製のパイプとバラ線で頑丈な囲いを再建し、10月から観測を開始した。三宅島では地磁気観測所が、1980年の集中観測の際に、全島に19点のくり返し測量点を作り（河村・他、1982）、以後数年に一度の頻度で、磁気測量を繰り返している。1983年噴火直後の頻繁なくり返し測量によって、噴火機構の解明に大きく寄与した（中川・他、1984）。その後の成果は山本・他（1987、1993）に、まとめられている。

プロトン磁力計センサー柱は、直径15cmの塩化ビニール管の上にセンサーを載せたもので、地上高2.5mである。第1図には連続観測点（二重丸）と共に、くり返し測量点（黒丸）も記入してある。連続観測点の配置にあたって、次の事柄を考慮した：(1) 従来の観測で重要な情報を提供してきたいくつかの測量点については、その近傍に設置した（SBK, OYM, TRKなど）。(2) 従来くり返し測量の度に基準点としてきたAS（北側山腹、通称アンテナ・ステーション）の近くで、大規模なスコリア採取が行われていて、基準点として放棄せざるを得なくなった。これに代わる点としてKMUを設けた（ただし、今後の基準点としては、MYCが適当である）。(3) 島の東西南北の海岸付近に、KMU, KNS, TAR, ENKと、4つの観測点を設けた。(4) 全磁力変化の特性から、KMT, KMU, OYM, TRK, TARと北から南に並ぶ観測点配置は、山頂直下の深さ2-3kmに起こる変化に狙いを定めている。

我々の目的のひとつは、離島効果による短周期変化の異常や海流の誘導磁場という「自然磁気ノイズ」の性質を調べ、その補正法を確立することにある。これによって、くり返し測量の成果の信頼性を吟味し、1980年以來のくり返し測量の成果に我々の連続観測データをうまくつなげ、三宅島火山の噴火サイクル全体にわたる全磁力変化を、把握できると期待される。もうひとつの目的は、長周期（数分から数日間）のF-Transfer Functionを求め、離島効果のモデル計算を通じて、三宅島の深部の電気伝導度構造を探ることである。



第1図 三宅島における電磁気観測点分布。

S Pの連続測定は、フランス・チームの器械を導入して行われている。これは噴火割れ目のスコリア地帯に、約200mの十字型に複数の電極を配置し、避雷装置を介して、8チャンネルのデータ・ロガーに収録する。フラッシュ・メモリを使用し、毎分計測を行っている(4秒サンプリングまで可能)。

ピトン・ド・ラ・フォルネーズ火山(インド洋・仏領レユニオン島)では、割れ目噴火地帯で、熱水循環に起因する顕著なS Pの変化が観測されている(ZLOTNICKI *et al.*, 1994)。マグマの上昇に伴う熱水循環を最も敏感に反映するのは、北東と南西の最近の割れ目噴火地帯におけるS Pではないかというのが、我々の予想であった。はたして、この両地帯は顕著なS Pの負異常を示すことが、今回の観測で明らかになった(西田・他(本論文集)参照)。ここでは三宅島火山の中心部にいたる、地下水の下降流が起こっているらしい。

フォルネーズ火山では、界面動電現象によると見られる、きわめて大きな(> 10 nT)全磁力の年周変化が知られている(ZLOTNICKI and LE MOUËL, 1988)。我々はこの点を考慮して、MYNの近くにJGD, MYSのフィッシャーぞいにSMKというプロトン点を設けた。これらも近い将来、連続観測を開始する予定である。

10月にセンサーを設置した後、順次プロトン磁力計を稼働させ、本年1月現在ではテレメータ点MYCに加え、KMT, KMU, OYM, KNS, ENK, TRKそしてTARと、8点で全磁力の毎分計測が行われている。MYCはテラテクニカ社製PM603, それ以外の点ではKM62式を用いている。月1回ROMおよびフラッシュ・カードの交換を行い、現在の所は順調に観測が続いている。

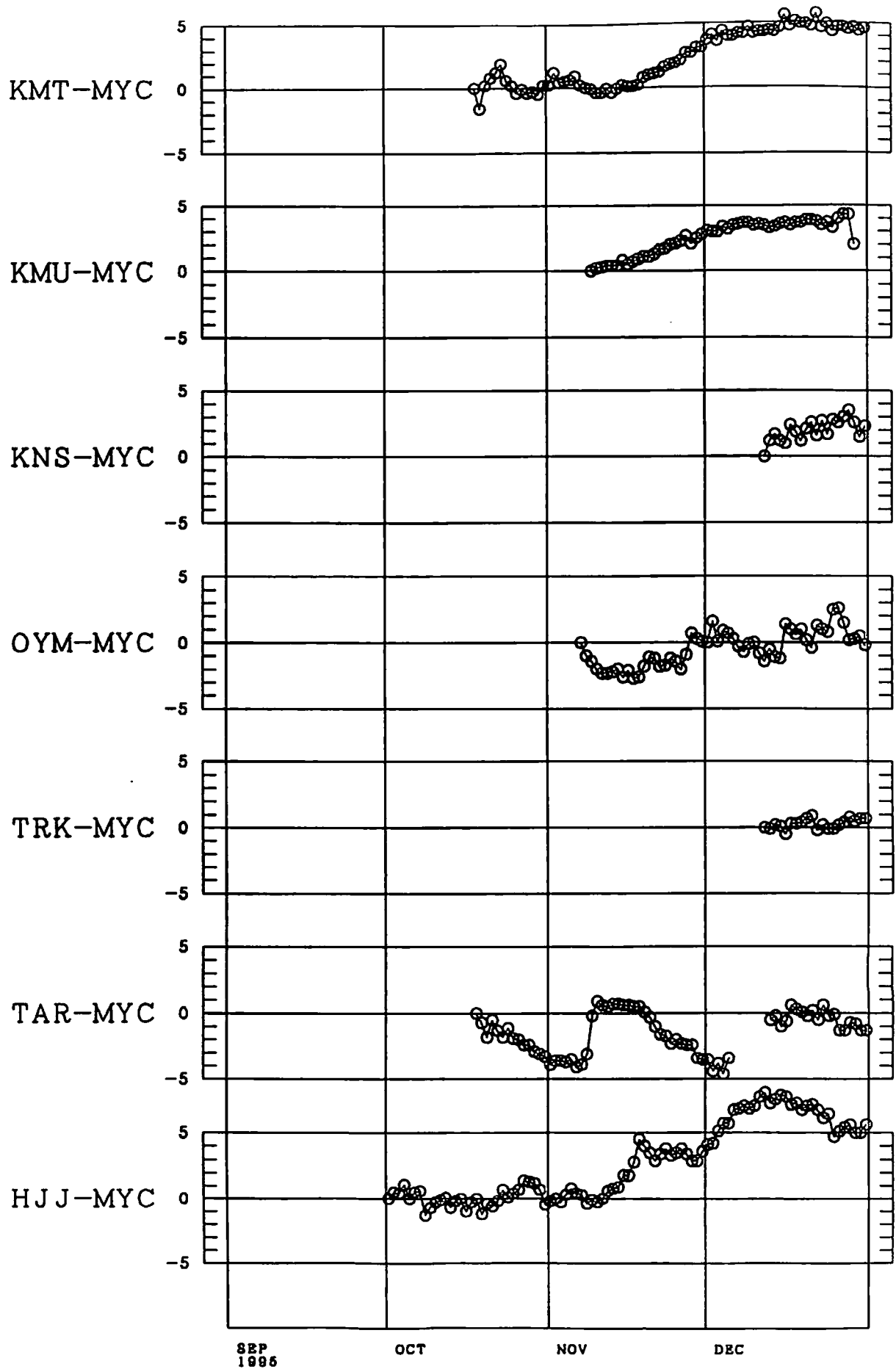
3 全磁力観測結果(序報)

第2図に1995年10月から12月までの、MYCを基準とした、全磁力単純差の日平均プロットを示す。下段のHJJは、海上保安庁水路部・八丈水路観測所(八丈島の南端近くに所在)のデータで、地磁気データ・ベースに昨年からの収録されているものを、さっそく使わせて頂いた。人工ノイズの少ない環境を反映して、バラツキの少ない滑らかな変動をしている。しかし11月の中頃から、TARの段差的変動を別として、全磁力地点差が最高5 nTもの増加を示している。これについてはすぐ後で述べる。

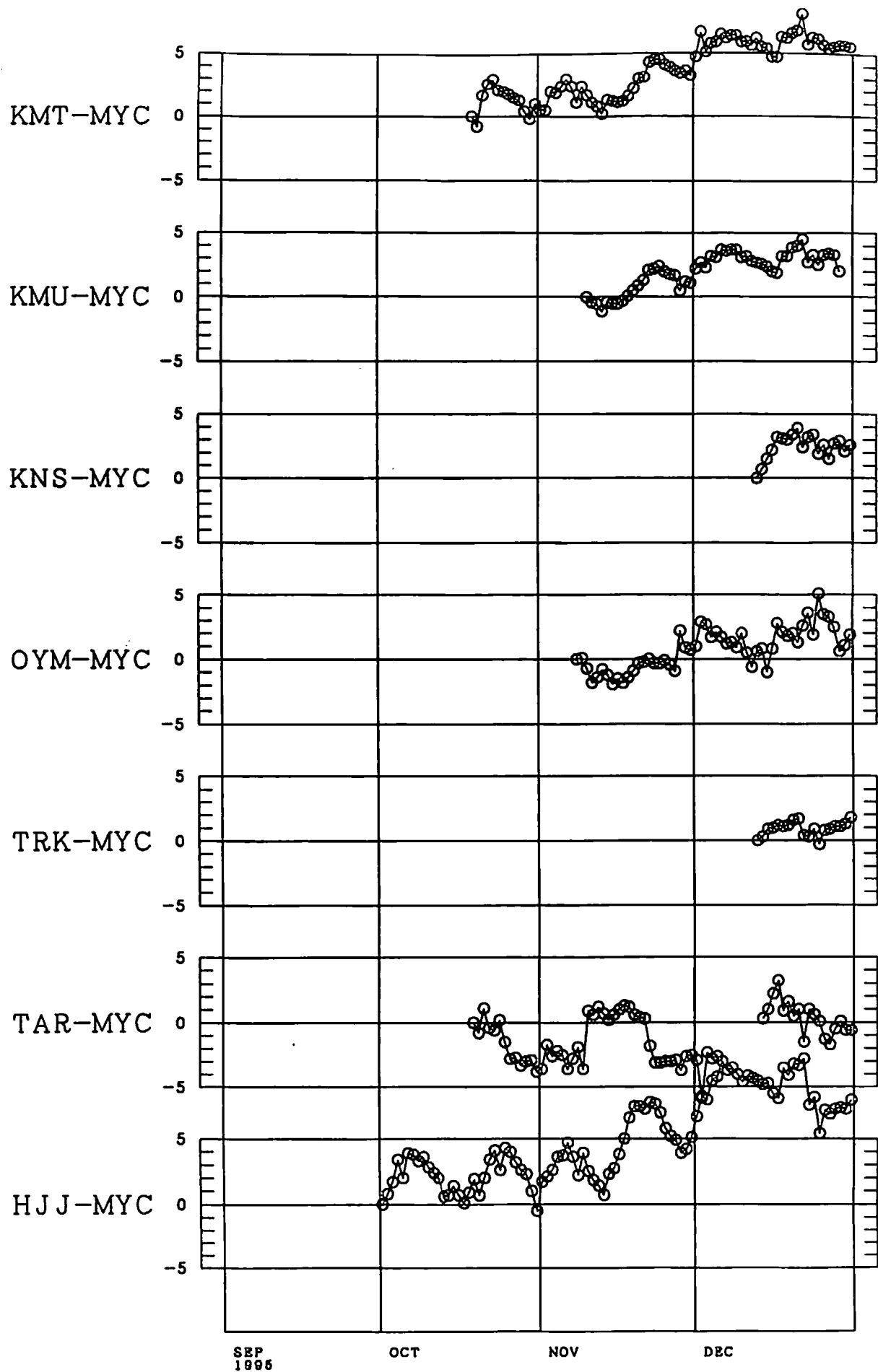
一方第3図は、0h00mから4h59mまでの5時間分のデータを用いた夜間単純差をプロットしたものである。この図では第2図に見られない、半月周期の変動が目立つ。これは潮流による誘導磁場を、夜間だけサンプリングすることで生じた、エイリアシングによる見掛けの長周期変動で、卓越周期から、潮汐の M_2 成分によるものと考えられる(笹井・石川, 1985)。伊豆半島の東海岸付近の地殻活動を監視する全磁力観測においては、潮汐磁場が最大の自然ノイズである。しかし伊豆では昼間の電車ノイズに阻まれて、その性質の解明がなかなか難しい。三宅島は人工ノイズが小さく、24時間のデータを利用できる上に、海岸線も単純で潮流を推定しやすい。三宅島の磁力計群列観測で、潮流磁場の性質を明かにし、その補正法を確立する道が開けるものと期待している。

第3図で、例えば11月2日の全磁力地点差が北のKMTと南のTARとで反転しているのは、地磁気短周期変化で顕著な離島効果によるものである。三宅島における離島効果の研究は、HONKURA(1971, 1973)によって行われ、フィリピン海プレートの電気伝導度構造を探る研究の先駆けとなった。プロトン磁力計は主磁場方向のみの成分を持った1成分磁力計とみなせる。ドリフトが無いという特性から、これは長周期における離島効果の性質を調べるのに適している。今回設置されたプロトン磁力計網は、F-Transfer Functionを用いた離島効果一ひいては三宅島火山の深部抵抗構造の研究も狙っている。

最後に再び、11月に発生した長周期変動について述べる。これは黒潮の流路変更に伴うダイナモ磁場である。「海洋速報」(海上保安庁・水路部)によれば、1995年9月と10月には黒潮の蛇行は無く、西から東へほぼ直線状に流れていたものが、11月前半から八丈島南方での曲がり角が顕著になり、三宅島付近では南から北への流れに変化した。HJJの全磁力データが、黒潮の流路変更の影響を強く受けている



第2図 三宅島における全磁力変化。MYCを基準とした全日平均。



第3図 三宅島における全磁力変化. 夜間 (0h-5h JST) 平均.

ことは、以前から気付かれていた(笹井・石川, 1985)。H J Jについては全磁力の他に、3成分の長期間変動と黒潮との関連も調べられている(植田・他, 1986)。三宅島においても、1983年噴火の後の連続観測で、同じ現象が観測されているが、観測の中断と共に、それ以上の説明は進んでいない。

TARの変化は、センサーのズレ等の局所的原因である可能性が強く、今後の調査に待ちたい。それを除くと、南北流の発生と共に、場所による違いはあれ、全磁力は増加している。この場合基準点のMYCも増加していると思われるので、海流の影響の無い基準点を用いるべきであるが、本報告には間に合わなかった。南から北への海流により、西向きの電流が誘導される。無限に深い海、もしくは成層構造の上に載った様な海では、誘導された電流は深部を反流となってもどり、磁場は導体の中に閉じ込められたトロイダル磁場となってしまう(水野, 1970)。離島という不均一があるために、磁場が外部にもれ出す。

このような準定常電流では当然、海と陸との、さらには陸部の表層比抵抗の違いを反映した離島効果が起こる。しかし島の北側(KMT)においても全磁力が増加している所を見ると、離島効果によるZ成分のマイナスも打ち消す程、全磁力に対してはH成分の寄与が大きいらしい。言い換えると、それぞれの観測点の足元を流れる、陸にしみこんだ電流の作る水平磁場が、周囲の電流を積分した効果であるZ成分より大きい。これはH J Jの3成分データを解析した植田・他(1986)の結果と異なるので、興味深い。三宅島火山の監視を考える時、この黒潮磁場の補正は最大の課題となろう。

4 今後の課題

「磁場・比抵抗・自然電位の結合観測で、こっそり昇ってくるマグマをとらえ、噴火のメカニズムを探る」—これが1983年三宅島噴火以来、伊豆大島、阿蘇、雲仙と、着実に経験を積んで来た「火山電磁気学」の方法であろう。その意味で、三宅島火山の観測システムとしては、まだまだ不十分な点が多い。我々が企画している電磁気観測としては、次のようなものがある。

- (1) 山頂カルデラ内でのMT法による比抵抗変化のモニター。
- (2) 山頂サウナ噴気帯のSP連続測定。
- (3) NW-MTの手法で、海岸付近とMYN, MYSでの電位測定を結合することを含めて、全島的なSP観測を行う。
- (4) TDEM法による、2-3kmの深さを的にした、比抵抗変化のモニター。

特に(1)と(3)は1996年度中の実現を目指している。

今回の集中観測にあたって、三宅村役場、東京都三宅支庁の関係者の方々に様々な便宜を図って頂いた。また山田民蔵氏には、観測点探しにあたって大変お世話になった。大石茂氏(KMT)、筑波栄一郎氏(KNS)、山本嘉治氏(SMK)、山田和快氏(ENK)には、プロトン磁力計の設置を快く承諾いただいた。以上の方々に深く感謝いたします。三宅島火山の噴火機構については、宮崎務、沢田宗久、渡辺秀文、歌田久司、鍵山恒臣、田中良和氏等との議論やご教示による所が大きい。本研究の費用の一部は、文部省科学研究費一般(C)(課題番号07640549)および平成7年度地震研究所特定共同研究(A)によった。

補遺： 三宅島火山の噴火機構

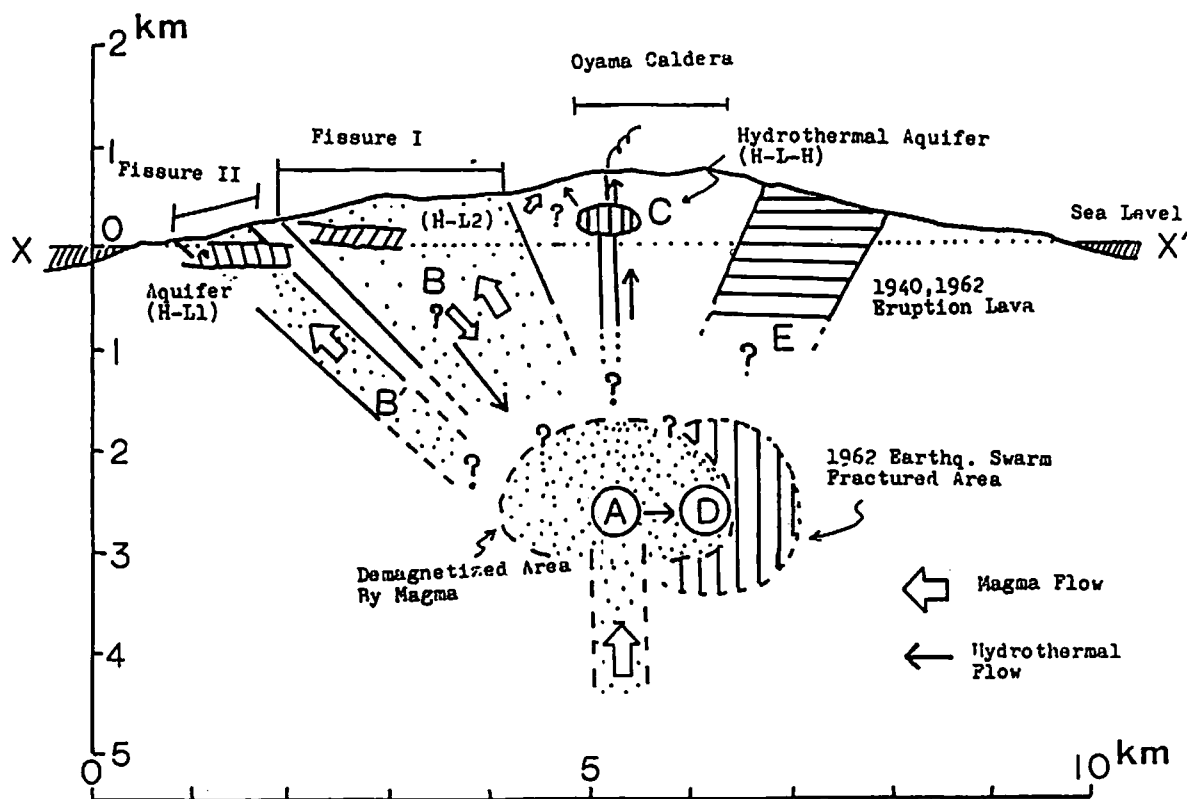
三宅島火山の噴火のうちでも、最近の1983年10月3日の噴火は、当然のことながら、最も良く調査されている。噴火直前の観測データはほとんど無いが、1980年に集中総合観測が行われ、噴火直後の観測成果と比較することによって、この火山の噴火機構が議論された。基本文献は、「1980年三宅島集中観測報告」(1982)、「昭和58年10月3日三宅島噴火および災害に関する調査研究」(1984)、「三宅島の噴火1983年」(「火山」第2集、第29巻、特集号)(1984)、「第2回三宅島集中総合観測報告」(1987)に、ほぼ網羅されている。

三宅島火山のマグマ配管系 (Plumbing System)

— 1983年噴火の場合 —

1983年噴火に伴う電磁気観測のデータ(中川・他, 1984; 歌田・他, 1984)に基づいて、笹井・歌田・中川(1984)は三宅島火山の噴火機構を推定した。第4図にその概念図を示す。図に従って、説明する。

- (1) 山頂直下3 km (海面下2.6 km)の深さ(図のA)にマグマが到達し、そこから南西方向に貫入して(図のB)、割れ目噴火を起こした(噴火をはさむ期間の全磁力変化による)。
- (2) マグマはこの深さにごく短期間滞在しただけであった可能性がある(残留した熱消磁域が小さい)。
- (3) この深さ(A)から山頂火口への火道は閉塞状態にある(山頂噴気地帯の直下300 mにある熱水溜り(図のC)の電気比抵抗変化による)。
- (4) しかし1962年に比べて1983年の方が、火道内の熱水の透過率ははるかに良くなっている(噴火後の噴気活発化までの間隔が1年(1962年)から1カ月(1983年)に短縮)。



第4図 1983年三宅島火山噴火の模式図

- (5) 噴火後の11月と12月の間に、山頂カルデラの北側直下3 km付近(図のD)に、熱水の拡散による熱消磁域を生じた。ここは1962年噴火の後1ヶ月間、激しい群発地震が起こった場所で、破碎されて熱水の浸透し易い状態にあるらしい。
- (6) 割れ目噴火のうちでも、海岸付近の海水浸透型の帯水層(H-L1)にマグマが接触することで、マグマ水蒸気爆発が起こった。山腹カルデラの陸水型帯水層(H-L2)では、マグマ水蒸気爆発は発生しなかった。
- (7) 噴火割れ目は北東部(1940年, 1962年)や北部(1874年)のそれを含めて、きわめて高比抵抗である。この高比抵抗は、ち密な溶岩によるというより、空隙が非常に多い状態による、と考えられる。この部分から降雨水が浸透してマグマ滞留部(A)で加熱され、CやDへ熱水が供給された可能性がある。

その後の全磁力くり返し測量データを整理して、山本・他(1993)は、(A)から(C)への途中の部分(閉塞した火道)で1985年以来帯磁が進んでいることを明らかにした。これは1983年噴火の前に、火道内の熱消磁が起こっていたことを意味する、と思われる。この部分が再度消磁される事態となれば、マグマ上昇についての有力な先行指標といえる。(A)の部分の変化と識別できるような、より密な観測点分布が必要かもしれない。また鍵山・他(1988)は噴火前の熱異常出現の原因を論じて、三宅島火山を熱的前兆の出ない典型例に分類した。しかし三宅島火山では、1940年の活動に際しては山頂噴火も起こっている。上記の(4)や山本・他(1993)の結果を考え合わせると、鍵山のモデルで想定される火道の状態が、時間的に変化しつつある可能性も捨てきれない。

今回の集中観測で、上述の(7)の可能性を支持する有力なデータが得られた。西田・他(本論文集)で議論されているように、割れ目噴火地帯からの地下水の浸透でSPの大きな負異常が作られている、と思われる。すなわち、割れ目噴火地帯は、三宅島火山の噴火機構の鍵をにぎる部分に開いている「窓」であるらしい。

開放火道系 (Open Conduit System)

その後我々は、1986年の伊豆大島火山噴火を経験した。噴火に至るまでの様々な観測成果によれば、伊豆大島火山においては、玄武岩質マグマは深部(～10 km)の溜りから、開放系をなす火道をゆっくり上昇し、その過程では周囲の変形・破壊をほとんどひき起こさない(渡辺, 1990)。ここで言う「開放火道系」とは、次のようなものである(伊豆大島火山研究電磁気グループ, 1988)。火口に近い浅部を除いて、数mから数10 mの直径の空洞が地下深部まで続くとは、岩石の破壊強度からして考えられない。そこで大きな岩塊がつまっていて岩盤圧を支え、なおかつこれら岩塊の隙間は十分連結している状態が、「火道」の実体であろう。マグマは周囲の岩盤圧とつりあった応力状態ではなく、マグマ柱の高さの静水圧(ρgh の ρ がマグマの密度; 以下「マグマ柱圧」と呼ぶ)の下にある。マグマ柱圧は常に岩盤圧より小さいから、マグマ内部の発泡や下方からの注入でマグマの総体積が増加すると、周囲の岩盤を押し広げることなく、マグマ先端部が上昇する。

マグマの体積膨張の原因は、マグマ内での揮発性物質(主として H_2O と CO_2)の発泡と、それらのマグマ柱上部への濃集である、と考えられる(篠原, 1990)。風早・篠原(1994)は、伊豆大島火山では地殻上部に低密度(2.4 g/cc)の基盤があり、マグマ(2.7 g/cc)は気泡を濃集(10 Volume %以上)してはじめて、上昇できると論じた。彼らはマグマ上昇の原動力を浮力としている。これはマグマと周囲の岩石が圧力平衡にあり、マグマと周囲の物質とに密度差があることによって、軽い物質(マグマ)が重い物質(周囲の岩石)と置き換わるという、巨視的には粘性流体で近似される上昇機構である(RYAN, 1987)。閉塞火道系(Closed Conduit System)のモデルといってもよい。我々は比較的深部の(マグマ溜りに到達するまでの)マグマ上昇過程について、このモデルを否定しない。しかし1987年のドレイン・バック現

象（三原山火孔からの溶岩の深部への逆流）から、伊豆大島火山の火道は山頂から数kmの深さまで、かなり粘っこい残留溶岩であってもスムーズに流れる位、隙間の多い状態と推定される。つまりマグマが周囲の岩盤と圧力平衡しているという仮定は、火口からある深さまでは成り立たない。

マグマ柱先端部の蓋

一方で、開放火道系モデルの立場に立つと、新たな問題点が生ずる。上昇するマグマ柱の先端の圧力は大気圧であるから、少なくとも火道が開放状態になる深さまでマグマが上昇すると、途端に爆発的な発泡が始まり、一気に噴火してしまうことになる。実際にはそのようなことは起こらない。電磁気データの解釈から、1986年伊豆大島噴火の最終段階で、マグマ先端部は150m/月の速度で上昇した、と推定されている（伊豆大島火山研究電磁気グループ、1988）。その後歌田（1991）は、三原山の山体内をマグマに相当する良導体が上昇する三次元モデルを用いて、噴火に先行した三原山の見掛け比抵抗変化を再現し、上記の推測を定量的に確かめた。11月15日の山頂噴火開始の様子は、火孔南南東壁の割れ目から溶岩が流れだし、やがて活発な溶岩噴泉活動に移行した（気象庁・地震火山部、1987）。前回活動サイクルの開始に当たる、1950年7月16日の噴火の状況も全く同様であった（同じ割れ目から溶岩流出が始まった！）ことが知られている（一色、1984）。つまり開放火道系では、上昇するマグマ柱先端部が、粘性は低いまま、極端に揮発性物質の少ない状態になっており、その部分のマグマ柱圧で、それより下のマグマ内部の爆発的な発泡を抑制しているらしい。これは伊豆大島火山の場合、観察から合理的に推定される事実と言って良い。

それでは何故、このような不揮発性のマグマ柱先端部が形成されるのであろうか？火道の空隙部分には前回噴火の残りかすが詰まっている。長い空白期間を置いて、再び上昇して来るマグマは、ガスが抜けきったこれらの残存物を溶かしながら昇ってくるから、先端部に揮発性成分が極端に少ないのは、当然と云える。この上昇過程は同時に、火道の詰まりを掃除することでもある。噴火の最盛期に見事な溶岩噴泉を規則正しく繰り返せる程、つまり山頂火口からある深さまで、実効的には円柱状火道とみなせる程、マグマの通りの良さ（気液二相流で云う環状流や噴霧流）が実現する。

ここで強調しておきたいのは、開放火道系のマグマ柱についても、風早・篠原（1994）の議論の本質的な部分は、そのまま成り立つことである。マグマの密度が火道周囲の物質の密度を（平均として）越えてしまうと、マグマ柱圧 < 岩盤圧という、開放火道系の特徴が成り立たない。マグマ柱圧によって火道が膨らみ、溜りを作ってしまう。従って玄武岩質マグマの上部に気泡が濃集して、密度を小さくする機構は必要である。またこの気泡の主体は、溶解度が小さいという性質から、CO₂であろう（風早・篠原、1994）。問題は閉塞火道系では心配する必要の無かった、H₂Oの発泡を抑える機構で、このために不揮発性の蓋が要請される。H₂Oの発泡は10MPaで抑制されるので、先端部の蓋は400m弱の高さがあればよい。

閉塞 = 開放火道系モデル

開放火道系と閉塞火道系は対立概念ではなく、ひとつの火道の深さによる状態の違いである、と考えられる。つまり深部でマグマの圧力は周囲の岩盤圧とつりあっていて、浅くなるに従って、徐々に開放火道状態になると想像される。とすれば、マグマ上昇過程のうち、初期の閉塞火道状態では、従来から提唱されているinflation-deflationモデルに対応する現象が見られるはずである。渡辺（1990）は伊豆大島の1986年噴火に先行した中長期的な前兆の有無を、再検討した。その結果、次のような事実が明らかになった：(1) 地震活動は1970年以前から1978/1980年にかけて活発化、(2) 光波測距による水平変位では、1970年代から1980年にかけて伸びで、それ以降停滞、(3) 野増の全磁力が1968-1980年に異常減少（-1.6nT/y）して、それ以降横ばいとなり、三原山付近の全磁力減少は1980年から始まった。(2)と(3)の異常は、カルデラ直下8kmを圧力源とする茂木モデルで、統一的に説明できる。このことから彼は、1980年からの伊豆大島における膨張停止、全島的全磁力減少停止は、その頃からマグマの上昇が始まり、マグマ溜りへのマグマの供給/流出がバランスしたため、と結論している。

渡辺(1990)は開放火道系という言葉こそ使っていないものの、それを前提としていることは明かである。火道—マグマ溜りをフラスコ容器に例えれば、容器の液量の増加分がフラスコの首を上昇することで、フラスコ下部の壁への圧力は大幅に軽減される。マグマの体積増加の原因が、外部(地殻下部)からの注入でなく、発泡によるものならば、開放火道を持つマグマ溜りでは、圧力増はまったく起こらないことになる。マグマ溜りではマグマの圧力は岩盤圧と等しく、火道を上昇するとある所で、空隙の多い開放火道となるような系が存在する可能性が高い。このような系では、マグマ溜りでの増圧の停止は、火道を上昇するマグマ柱先端部が、開放火道域に入ったことを意味し、むしろ噴火の臨界状態に入った、という「危険シグナル」である。

三宅島においては、火山噴火の前後で、島全体の傾動の向きが反転することが知られている(宮崎, 1990)。そして最近の傾動は南南西上がりで、これを単一の圧力源によるものとすれば、島の南西沖の海底下に中心がある。傾動の鈍化や停止が、三宅島の噴火準備過程の重要なステップになるかも知れない。

割れ目噴火の発生機構

三宅島と伊豆大島火山の決定的違いは、マグマが第4図の(A)から安定した火道を上昇できないことにある。開放火道系モデルは、何故(A)で割れ目噴火に至るのかについて、示唆を与える。もし(A)のあたりが空隙の多い状態で、マグマ柱の蓋が水平方向に広がって、押えが効かなくなってしまったなら、 H_2O の爆発的な発泡が起こるのではなからうか?あるいはこの部分に浸透している地下水が、マグマ水蒸気爆発に際しての水と、同じ役割を果たすのかも知れない。

この問題と関連するのは、1940年の噴火過程である。1940年7月12日に北東の山腹割れ目噴火が発生し、13日夕方までに終了した後、13日夜半から山頂噴火が始まり、8月5日まで続いた。問題はこの発生順序で、もし単一のマグマ柱であれば、山腹噴火でマグマが流れだした後で、山頂へ噴出する余力が残っているのは、不自然である。山腹へ出たマグマ柱と山頂へ向かったマグマ柱は、深部ではつながっていたとしても、第4図くらいの範囲では別々の系であった、と考える方がよい。この場合、片方の噴火の終了が、隣接するマグマ柱に劇的な減圧効果を与え、そこでの発泡を引き起こす、という相互作用が考えられる。これは1986年伊豆大島噴火において、山頂噴火したマグマと割れ目噴火したマグマが別個な溜りを形成していた(荒牧・藤井, 1988)とするならば、割れ目噴火の誘発メカニズムとしても、使える考え方である。これに対しては、単一火道でも、マグマの浸み出しで割れ目噴火も説明できる、というモデル(井田・他, 1988)もあり、今後の検討課題である。

1940年噴火については、後に割れ目噴火が起こった場所(山頂でないことに注意!)で、いくつか前兆的な異常現象があった、とされている(宮崎, 1984)。1940年噴火の前は1874年で、この間に66年の静穏期がある。この期間に2つのマグマ柱が上昇したのであれば、それらはどうやって(A)領域のバリアを爆発的噴火を起こすことなく、突破できたのだろうか?この辺りになると、憶測の上に憶測を重ねることになるので、おしまいにする。

この補遺で述べた考えは、1983年噴火に関連したやや乏しいデータと、1986年伊豆大島噴火で得られた様々な知見から組み立てた、作業仮説であり、今後の観測で検証されると期待する。

参考文献

荒牧重雄・藤井敏嗣, 伊豆大島火山1986~1987年噴火の岩石学的・地質学的モデル, 火山, 伊豆大島火山1986年噴火特集号, 33, S297-S306, 1988.

HONKURA, Y., Geomagnetic variation anomaly on Miyake-jima Island, *J. Geomag. Geoelectr.*, 23, 307-333, 1971.

HONKURA, Y., Island effect and electrical conductivity structure beneath Miyake-jima Island, *J. Geomag. Geoelectr.*, 25, 167-179, 1973.

井田喜明・山岡耕春・渡辺秀文, 伊豆大島1986年噴火と地下のマグマ活動, 火山, 伊豆大島火山1986年噴火特集号, 33, S307-S318, 1988.

一色直記, 大島火山の歴史時代における活動記録, 地質調査所月報, 35, 477-499, 1984.

伊豆大島火山研究電磁気グループ, 伊豆大島火山1986年噴火の電磁氣的観測, 鹿児島国際火山会議論文集, 181-184, 1988.

鍵山恒臣・歌田久司・笹井洋一, 火山噴火の熱的前兆の有無はなぜおこるか, 鹿児島国際火山会議論文集, 177-180, 1988.

河村 謙・大地洗・小池捷春・O. A. VELIZ CASTILLO・行武毅・吉野登志男・歌田久司, 三宅島火山における地磁気観測, 三宅島集中観測報告, 31-42.

風早康平・篠原宏志, マグマの上昇・噴火における揮発性成分の役割, 地質学論集, 43, 53-62, 1994.

気象庁・地震火山部, 災害時火山現象調査報告「昭和61年(1986年)伊豆大島噴火」, pp 163, 1987.

水野浩雄, 地磁気観測に及ぼす海流の影響, 測地学会誌, 15, 112-120, 1970.

宮崎務, 歴史時代における三宅島噴火の特徴, 火山, 三宅島の噴火1983年特集号, 29, S1-S15, 1984.

宮崎務, 水準測量によって明らかにされた日本の活動的火山の地殻変動, 震研彙報, 65, 665-807, 1990.

中川一郎・笹井洋一・歌田久司・石川良宣・小山茂・大地洗・徳本哲男, 1983年10月三宅島噴火に関連した地磁気変化, 火山, 三宅島の噴火1983年特集号, 29, S101-S112, 1984.

RYAN, M. P., Neutral Buoyancy and the mechanical evolution of magmatic systems, In *Magmatic Processes: Physicochemical Principles* (Ed. MYSEN B. O.), *Geochem. Soc. Spec. Publ.*, 1, 259-287, 1987.

笹井洋一・歌田久司・中川一郎, 電磁気観測から見た1983年三宅島噴火, 月刊「地球」, 6, 716-724, 1984.

笹井洋一・石川良宣, 伊豆半島東部地域の異常地殻活動に伴う全磁力変化(第5報) - 1982-1984年川奈崎沖群発地震と地殻隆起 -, 震研彙報, 60, 147-177, 1985.

篠原宏志, マグマ内における揮発性物質の挙動, 火山, 「火山学の基礎研究」特集号, 34, S99-S110, 1990.

植田義夫・東昇・大島章一・大久保秀一, 八丈島において観測された黒潮流軸変動に伴う地磁気変化, 測地学会誌, 32, 83-84, 1986.

歌田久司, 1986年伊豆大島火山の噴火に先行した電気比抵抗変化の解釈(1), 日本火山学会1991年秋季大会予稿集, p. 119, 1991.

歌田久司・笹井洋一・中川一郎・小山茂・石川良宣・浜野洋三, 1983年三宅島火山の噴火に関連した電気比抵抗変化, 火山, 三宅島の噴火1983年特集号, 29, S113-S124, 1984.

山本哲也・中川一郎・笹井洋一・歌田久司・下村高史, 三宅島における全磁力測定, 第2回三宅島集中総合観測報告(昭和60年), 29-34, 1987.

山本哲也・山崎明・中禮正明・笹井洋一・歌田久司・川瀬隆治・中川一郎, 三宅島における全磁力繰り返し観測, CA研究会論文集(1993年), 195-205, 1993.

渡辺秀文, 噴火の前兆現象と予知, 火山, 「火山学の基礎研究」特集号, 34, S215-S226, 1990.

ZLOTNICKI J. and J. L. LE MOUËL, Possible electrokinetic origin of large magnetic variations at La Fournaise volcano, *Nature*, 343, 633-636, 1990.

ZLOTNICKI J., S. MICHEL and C. ANNEN, Self-potential anomalies and convective systems on la Fournaise volcano (Reunion island, France), *C. R. ACAD. SCI. PARIS*, 318, ser. II, 1325-1331, 1994.