

1986年伊豆大島噴火後の全磁力変化

東京大学地震研究所

中川一郎、笹井洋一、下村高史

歌田久司、吉野登志男、小山茂

石川良宣、渡辺秀文、行武毅

京都大学理学部

田中良和

1. はじめに

伊豆大島では、火山活動に関連した地磁気変化を解明する目的で、プロトン磁力計による連続観測が行なわれてきた。1986年11月の噴火に伴う地磁気変化については浜野¹⁾、それ以前の観測結果については行武他^{2),3)}にまとめられている。ここでは、1986年11月伊豆大島噴火後から現在に至る観測結果と、その解釈について述べる。

2. 観測点分布

1986年11月噴火の際に行なわれていた連続観測点は、NOM、WST、FUT、MI1、MI2の5点だけであった。噴火後観測点の増強が行なわれ、最大時で17点にも及ぶに至ったが、現在は桜株(SKR)での観測は行なっていない。また、鎧端(YOR)は現在柿岡の点(NCR)になっている。観測点の分布を第1図に示す。黒丸で記したのは、カセットテープによってデータが記録されているもの、白丸は半導体メモリーによってデータが記録されるいわゆる田中式プロトンである。カルデラ内部の点はこの縮尺では書ききれないので、拡大図を第2図に示した。この図では、MI1、MI2以外はすべて田中式プロトンである。

各観測点での地磁気変化を求める際の基準点は基本的に野増(NOM)である。以下に示す各図は、すべて毎分値の差の日平均である。縦軸は基準点との差であるが、観測点によってスケールが異なる。すべての点での変化を、空間的にも時間的にも統一的に説明することは不可能なので、ここではカルデラ内部での変化とカルデラ外部での変化とをわけて考えることにする。

3. カルデラ内部での全磁力変化

野増を基準点としたMI0、MI1、MI2、SHR及び、MIE-MSEの全磁力変化を第3図から第7図に示した。

MI0は1987年3月から観測を始めた。観測開始から87年8月まで約60nT減少した。87年8月中旬から減少傾向が著しくなり、87年11月噴火直前までの減少量は総計130nT以上にも及ぶ。87年11月16日の噴火による噴石の直撃で11月後半は欠測しているが、観測再開後の12月になると減少傾向が急激に止まり現在に至っている。

MI1は、86年11月21日の噴火によって観測不可能になったが、87年3月から再開した。途中でセンサーが動いたため3月中旬にオフセットがあ

るが、連続であると考えてよい。87年3月から8月までの減少量はMI0ほど顕著ではないが、それでも25nT程度にも及ぶ。MI0と同様8月から減少傾向が著しくなり、87年11月16日噴火直前までにさらに20nT程度の減少が観測された。この点も87年11月16日の噴火によって噴石が命中し観測不可能になったが、11月18日から観測を再開した。この間のオフセットは約10nTあるが、センサー台に多少の損傷はあるものの、センサー自体が移動したための再設置誤差はほとんど考えられない。それ以降は、わずかに増加している傾向が認められる。

MI2もMI1同様87年3月から観測を再開したが、センサーの移動などがあり87年5月以前のデータは信用できない。87年3月上旬の全磁力減少傾向は、MI0、MI1と調和的である。87年8月から減少傾向が加速され、噴火直前の11月までの変化は約20nTに及ぶ。この全磁力減少は、87年噴火前の11月13日からさらに著しくなり、11月18日に急激に止まった。以降約5nTの変動がある。

SHRでも同様な減少傾向が見られるが、旧火口からの距離が離れているため全体の減少量は10nTに及ばない。

MIE-MSEは、87年4月からほぼ一様に増加してきた。87年9月から増加傾向が大きくなり、87年11月噴火時に急激に大きくなった後、11月18日以降は徐々に減少している。

これらの事をまとめると、カルデラ内部の三原山南部では全磁力はすべて減少した。三原山旧火口に距離が近づくに連れ基本的に減少量は大きい。MI0、MI1では減少傾向、MIE-MSEでは増加傾向が87年3月から87年8月にかけてある漸近線に収束するような変化が認められるのに対して、87年9月から87年11月噴火直前までは逆に発散するような変化が観測された。MI2では、87年11月13日から急激に全磁力が減少した。MIE-MSEの急激な増加は87年11月16日の噴火と同時である。このような期間によって異なった傾向を示す変化を全く同じモデルですべての時間で説明するのは不可能である。各点での時間的変化を見ると、すべての点でこれらの変化は4つの時間区間に分割できる。最初のステージは、86年11月噴火後（実際の観測は87年3月からであるが）全磁力の変化量が徐々に減少し、87年8月位にその変化がほぼ収束するような期間である。ここでは、最初のステージを87年3月から8月までとする。2番目のステージは、87年9月から観測値として十分有意な変化が始まり、87年11月噴火直前まで変化量が增大する期間である。第3のステージは、特にMI2で全磁力の減少が顕著に認められる87年11月13日の噴火直前から11月18日の噴火までの期間である。87年11月18日以降を第4ステージとするが、カルデラ内のすべての観測点で調和的な変化を示しているわけではない。

最初のステージは、MI0、MI1、MI2（とりあえず87年3月の観測値を信用すると）共に全磁力の減少量が徐々に減少していることで特長づけられる。87年3月15日から7月1日までの減少量はそれぞれ-42.4、-20.7、-13.3nTとなる。これらの変化は、三原山旧火口直下100m程度の位置に現在の地球磁場方向に帯磁していた球状の領域が消磁されたことによって説明可能である。消磁された領域の大きさは帯磁の強さにも依存するが、約 $1 \times 10^6 \text{ m}^3$ と推定される。全磁力の減少が時間と共に減少することから、この原因は86年11月の噴火によって旧火口内部にたまったマグマが旧火口周辺を消磁したものと思われる。87年3月以前は観測値がないが、MI0

の観測結果を元に外挿すると86年11月以降消磁された体積はこの値の3倍程度であろう。

第2ステージは、MI0、MI1、MI2すべての点で全磁力の減少が加速される変化で特長づけられる。87年8月15日から11月8日までの減少量はそれぞれ-57.0、-16.9、-13.9nTである。最初のステージでのMI0とMI1の変化の比は、 $\Delta MI0/\Delta MI1=2.0$ であったのに対して、この期間の変化の比は3.4である。もし、最初のステージと同様熱消磁によってこの変化を説明しようとするならば、考えている消磁領域は以前より南側、即ちMI0に近いほうに移動したことになる。この2点の地磁気変化から推定される単一ソースの消磁領域の中心は、A火口直下約300mであるとするのが最も考えやすいが、このモデルではMI2の変化は説明できない。MI0、MI1の変化を説明できるソースは無数に存在するが、どのような場合でもMI2の変化は説明不可能である。よって、この変化はピエゾ磁気効果、特に、磁気構造の大きく異なった境界での特異点での変化である可能性がある。

第3ステージでのMI0、MI1、MI2の変化を説明するモデルを構築するのは非常に困難である。87年11月13日から11月16日までの3日間での全磁力減少量は、MI0、MI1、MI2でそれぞれ-7.6、-2.6、-4.0nTである。前者の2点を説明可能な単一ソースのモデルは容易にできるが、MI1とMI2を同時に満足させるようなソースを少なくとも三原山内部に設定することはまず不可能である。また、この期間での変化はそのタイムスケールが非常に短いのも特長的である。よって、MI2での変化はピエゾ磁気効果の可能性が強い。もう一つ考えなければならないのは、熱消磁による磁性体の消滅ではなくて、火口底の崩落によって帯磁物質が落下したことである。この場合、この期間での急激な全磁力減少は時間的な問題としては容易に説明がつくが、熱消磁モデルと同様MI2での変化量を満足させることは困難である。

87年11月16日10時47分の噴火時刻の全磁力変化を拡大したのが第8図である。MI0、MI1は噴火時の噴石によって観測不可能になり、ちょうどその時刻で記録が途切れている。10時46分から10時47分までのわずかな時間での変化量は、MI0で-6.7、MI1で-3.2、MI2で-2.0nTである。実際にこの時刻で噴石を飛ばしているのであるから、この3点で観測された変化は帯磁物質の消滅（というより移動）によって引き起こされたと考えられるべきであろう。ここで問題になるのは、再びMI2での変化である。この時刻での変化だけを見るかぎりではMI2の全磁力減少は帯磁物質の移動であろう。しかし、87年9月から、特に87年11月13日以降のMI2での全磁力減少は、熱消磁モデルや帯磁物質消滅モデルでは容易に説明が出来ない。よって火道での圧力増加によるピエゾ磁気効果であろうと考えられるのであるが、もしそうであるとするならば、11月16日の噴火によって火道内部での圧力は減少したはずなので、噴火に伴う全磁力変化はこれまでとは逆に増加しなければならない。もっと極端な言い方をすれば、弾性的なピエゾ磁気効果のモデルを考える以上は、噴火によるMI2の変化は87年9月の時点まで増加しなければならない。これと同じことはMI0とMI1についても言える。つまり、噴火時での地磁気変化から第3ステージの地磁気変化はピエゾ磁気効果を考えるよりも帯磁物質の移動によって引き起こされた、と考えるほうがよい。

はほぼノーダルライン上になる。もちろん、帯磁消磁の中心の位置によってノーダルラインは大きく変わるが、よほど変なソースを考えないかぎりFUTはソースの南側、WSTはソースの北側になり、南側の変化量が北側よりも数倍以上大きいのが常である。ところが、FUTとWSTを見るかぎりそのような変化は認められない。ゼロ点を無理に変えてFUTとWSTの変化を山体深部の影響であるとするならば、86年11月以降山体深部は帯磁したことになる。しかし、この2点以外のカルデラ外部での点では、山体深部の帯磁の影響であると思われるような空間的にスケールの大きい全磁力変化は86年11月以降観測されていない。

5. まとめ

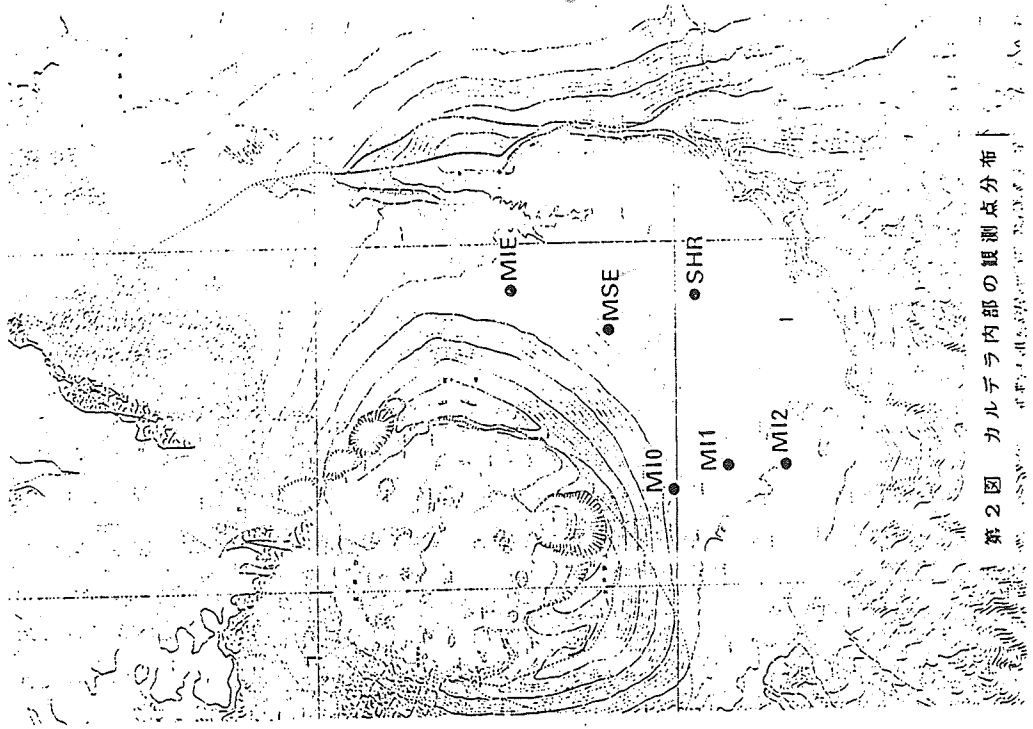
(1) カルデラ内部での地磁気変化は4つのステージに分割できる。86年11月から87年8月までは、三原山旧火口にたまったマグマによる熱消磁が地磁気変化の原因であろう。87年9月からの変化は、帯磁物質の落下モデルが考えやすい。この時の変化を説明するソースの位置は、A火口直下約300mである。ただ、このモデルでは、MI2の変化を説明できないう。87年11月16日の噴火時の変化から、それ以前の変化はピエゾ磁気効果によるものではないことがわかった。87年噴火後、全磁力はほとんど変化していないので、それ以前の変化は三原山旧火口周辺の熱消磁によるものではない。

(2) カルデラ外部でのFUT、WSTの変化は、応力の開放に伴うと思われる。この2点以外では、特に系統的な変化を示していない。また、山体深部での帯磁や消磁にともなった空間的にスケールの大きい変化も認められない。

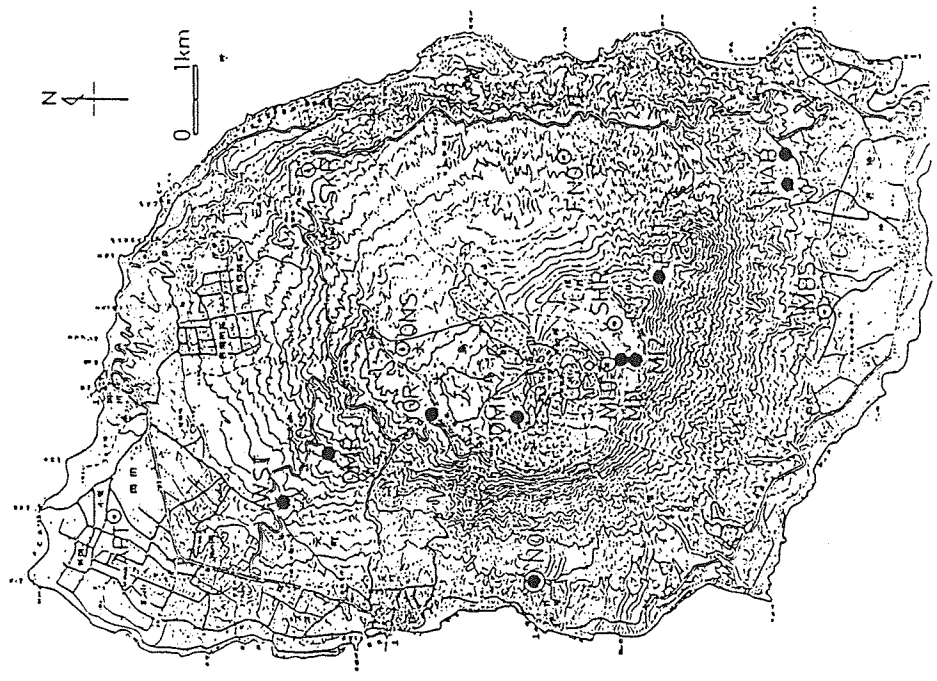
(3) カルデラ内部では変化量が著しく大きいので単純差による一次処理でも十分有意な変化を検出できるが、カルデラ外部、特に海に近い点ではインダクションの影響や海流の効果などを考慮して変化を検出する必要がある。これは、今後の課題である。

6. 参考文献

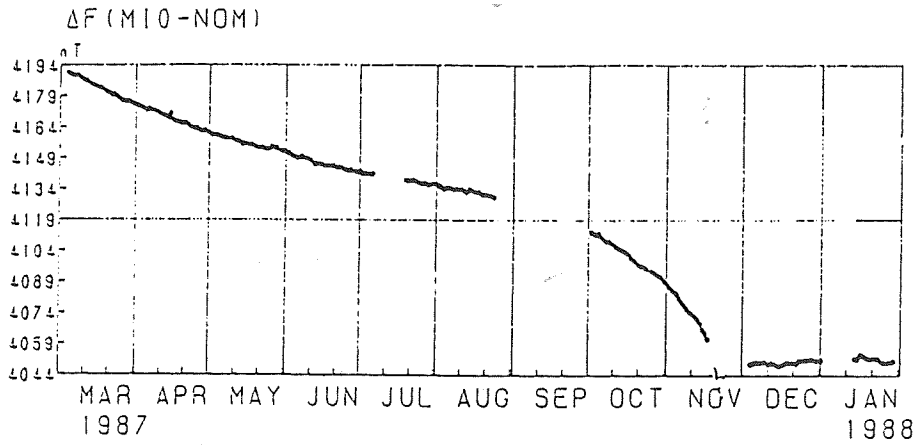
- 1) 浜野洋三, 1986年伊豆大島噴火に関連した電磁気観測の概要, 地球, 9, 446-451 (1987).
- 2) 行武毅・吉野登志男・大谷和美・木本栄二・下村高史・石川雄一, 伊豆大島における全磁力永年変化の異常, 地震研究所彙報, 53, 881-892 (1978).
- 3) 行武毅・木本栄二・吉野登志男・下村高史・歌田久司・大谷和美, 伊豆大島における全磁力永年変化, 伊豆大島総合観測報告, 77-82 (1985).



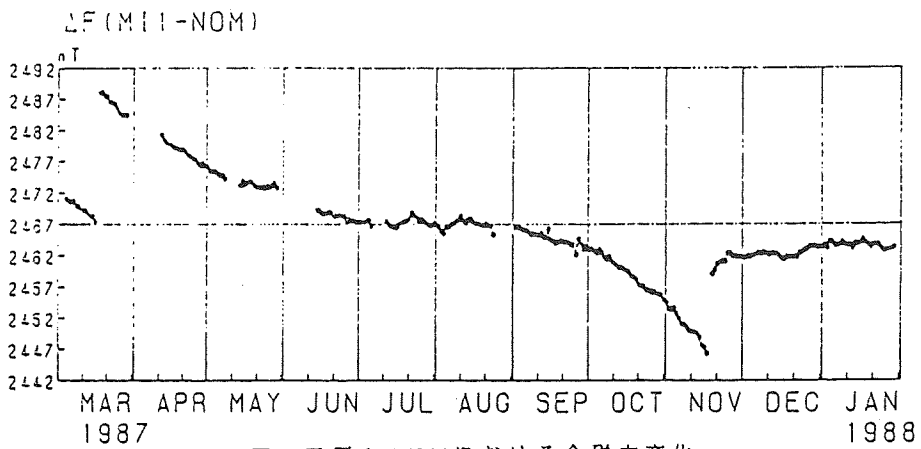
第2図 カラデラ内部の観測点分布



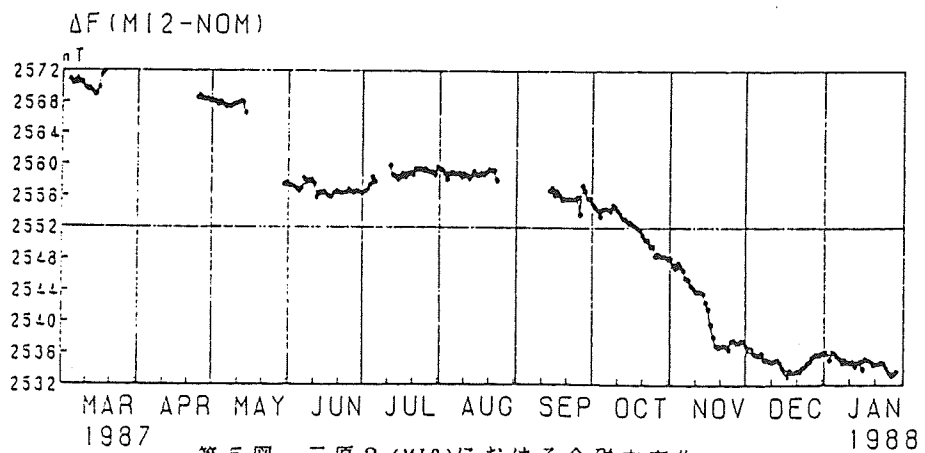
第1図 プロトン磁力計観測点分布。基準点は野増 (NOH)



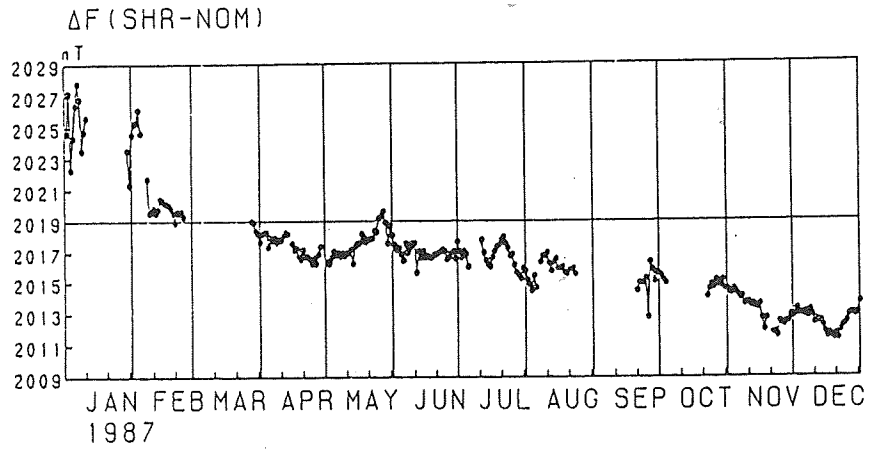
第3図 三原0 (M10)における全磁力変化



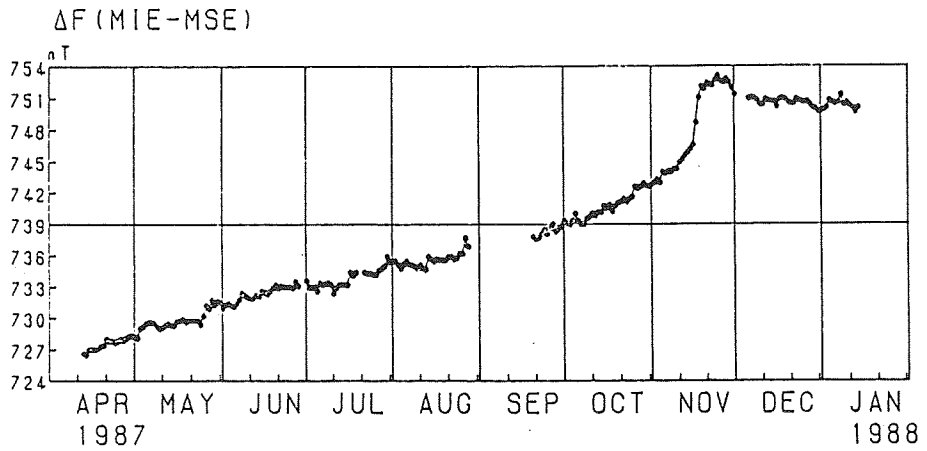
第4図 三原1 (M11)における全磁力変化



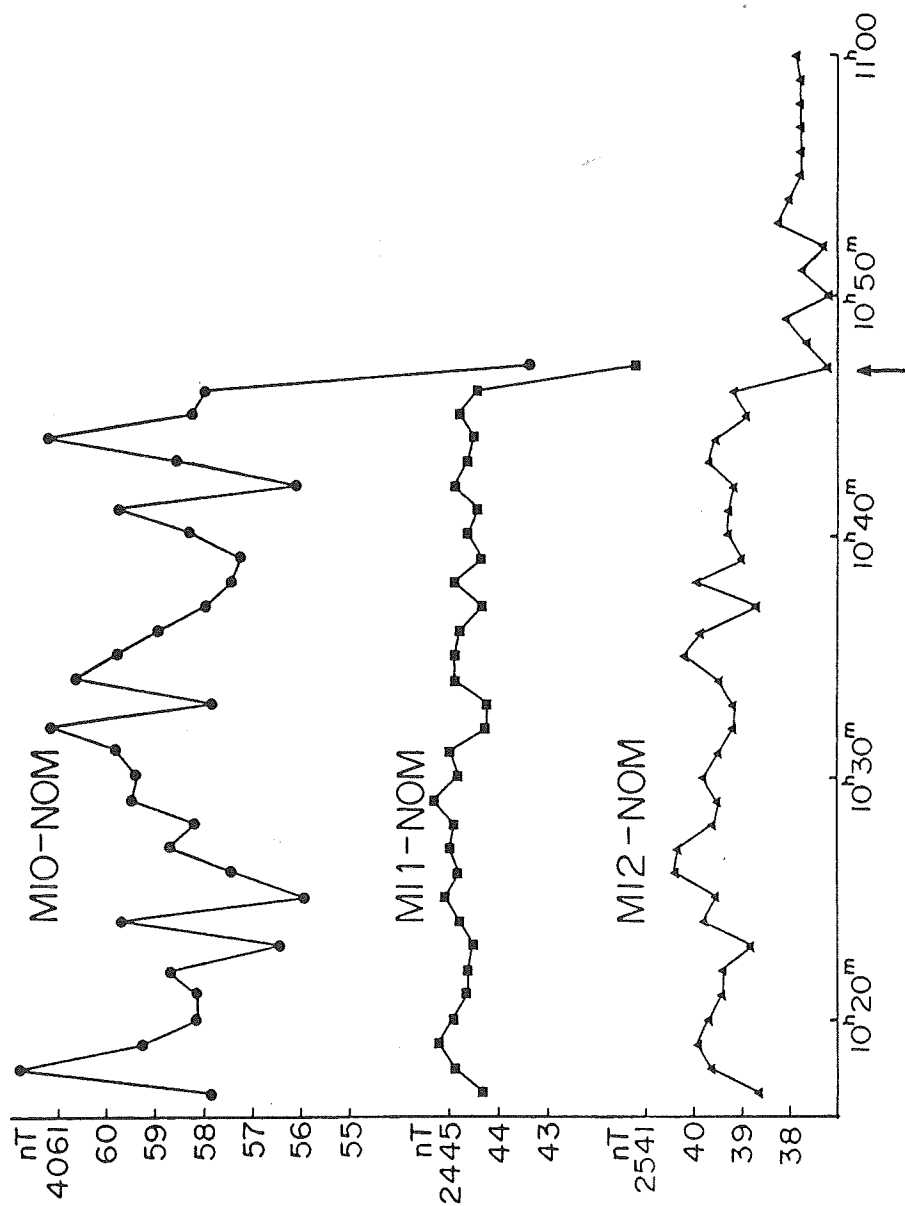
第5図 三原2 (M12)における全磁力変化



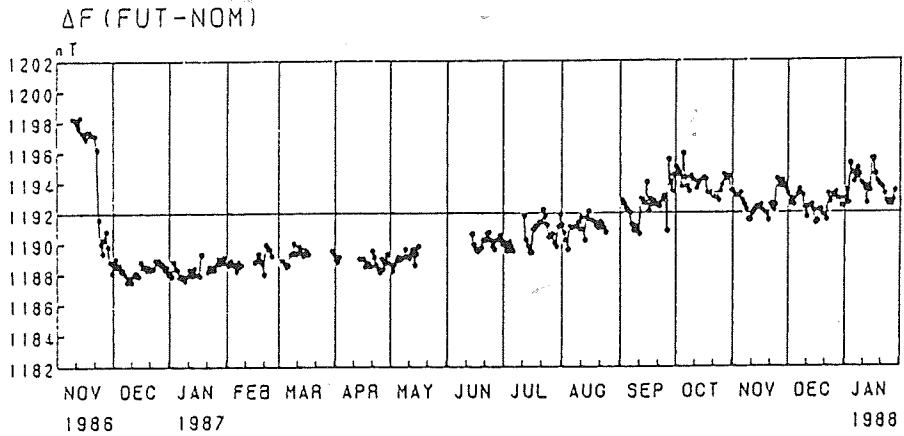
第6図 白石 (SHR)における全磁力変化



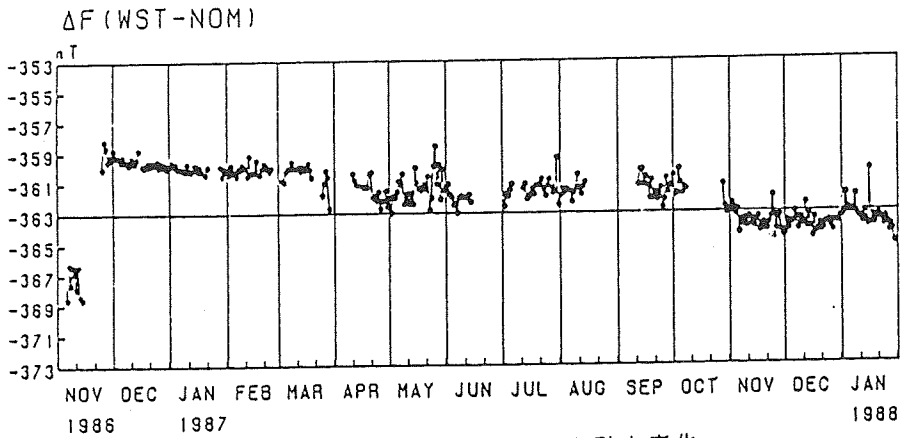
第7図 三原南東 (MSE)を基準とした三原東 (MIE)の全磁力変化



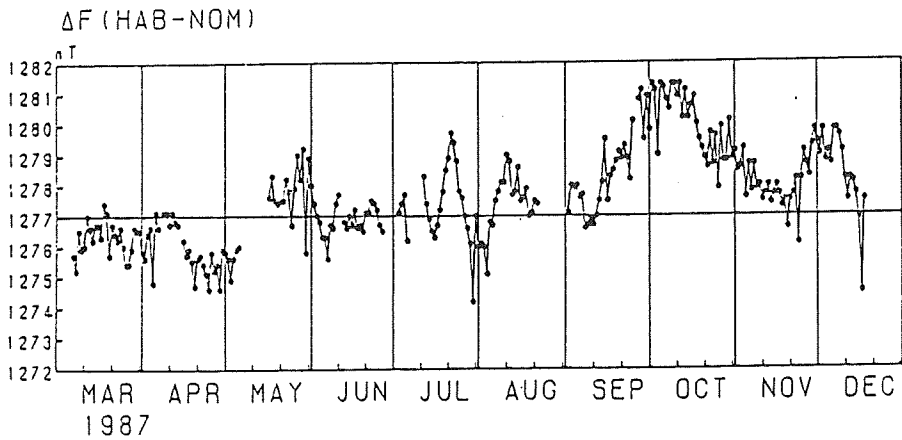
第8図 87年11月16日噴火時の全磁力変化



第 9 図 二子山 (FUT)での全磁力変化



第 10 図 測候所 (WST)での全磁力変化



第 11 図 波浮 (HAB)での全磁力変化