

活断層に関する調査研究^{*}
—微小地震観測—

技術資料		
開示区分	レポートNo.	受領日
Z	J1673 95-001	1995.7.28

この資料は技術管理室保存資料です
閲覧には技術資料閲覧票が必要です

動力炉・核燃料開発事業団 技術協力部技術管理室

活断層に関する調査研究^{*}
—微小地震観測—

(動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告書)

1995年3月

財団法人防災研究協会

限定資料

PNC ZJ 1673 95-001

1995年3月

活断層に関する調査研究*
—微小地震観測—

**安藤雅孝、伊藤 潔

要 旨

本調査研究は、跡津川断層系特に茂住祐延断層周辺に発生している微小地震の震源決定を精度良く行い、本地域における地震活動と断層活動を正確に把握することにより、活断層の発生メカニズムに関する知見を得ることを目的にしている。

本年度の調査項目以下の通りである。

- (1) 微小地震の観測
- (2) 地震解析
- (3) 報告書の作成

昨年度は、微小地震の深さ方向の精度を良くするため、茂住鉱山長棟坑道内に地震計を設置し、活断層沿いの微小地震分布とその特性を把握することに重点を置いた。観測点の位置は神岡鉱山茂住坑内の坑口より約 1.15 km 入った場所で、正確な位置は以下のとおりである。

北緯 36度26分05秒
東経 137度17分35秒
高さ 363m (S. L.)

*本報告書は、防災研究協会が動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

契約番号：050D0349

事業団担当部課室：環境技術開発推進本部地層科学研究グループ（青木和弘）

**京都大学防災研究所

本年は引き続き茂住観測点のデータを用いて震源決定精度の向上に努めた。地震の震源を精度良く決定するには、観測点が適正に配置される必要がある。今回の研究対象地域である跡津川断層付近の微小地震の観測網の観測点は約25—30 km間隔で設置されている。これらの観測点による震源決定は、断層付近の詳細な調査には不十分である。特に地震の深さを含めて精度の高い震源を得るには、震源に近いところに観測点が存在し、震源を取り囲みかつある程度遠方まで観測点が必要である。

観測装置は地震計および送受量装置、記録装置からなり、センサーとしては短周期（固有周期1秒）3成分の地震計が設置された。

現在までのところ十分なデータが得られていないので、解析は緒についたばかりである。上宝の従来の観測網での震源と茂住を加えた場合の震源の違いを比較すると、断層近くの地震の震源が震央と深さ方向で数km動いていることが分かる。このように観測点を追加することによって、震源の精度が著しく向上し、今後断層の構造の理解が進むものと考えられる。

Study on Active Faults*

--Microearthquake observation

Masataka Ando** and Kiyoshi Ito**

Abstract

The objective of this study is to make accurate determination of hypocenters near the Mozumi-Sukenobi fault of the Atotsugwa fault system in order to have a better understanding of the mechanical relations between active faults and microearthquake activity. The activities of the present survey for this year are as follows:

- (1) Observation of micro-earthquakes
- (2) Analysis of seismograms
- (3) Summary of the report

For the 1994 fiscal year, the emphasis was to install a seismic station in the Nagamune tunnel of the Mozumi mine and to understand the characteristics of microearthquakes along the active faults. The seismometer site is 1.15 km from the entrance of the tunnel: 36.434N, 137.293E, and 363 m high above S.L.. The observation system consists of seismometers, transmitter-receiver unit, and recording unit. The sensors are of 3-component and 1-s short-period seismometers.

It is well known that a proper arrangement of seismic stations is most basic to accurately locate hypocenters of earthquakes. Since the average separation of the seismic stations in the present area is as long as 25-39 km, it is not sufficiently close for the precise determination of hypocenters along active faults. In particular, arrival time data from both near and distant stations covering a certain range are necessary to locate their depths accurately. To satisfy these conditions, we installed a seismic station in the Kamioka mine. We selected a place where the basement rock is hard enough and the noise levels are low for seismic observation purposes.

We have started data analysis and preliminarily found that the hypocenters located on the basis of the combined data set of the Mozumi station and the routine ones are shifted 6 km in epicenter and 7 km away from the routinely determined solutions. This preliminary results suggest the importance of the Mozumi-Sukenobu station for the study of seismicity related to the active faults. Further analysis of the data will improve our understanding of the nature and structure of the active faults in the study area.

*Work performed by the Association of Disaster Prevention Research, under contact with Power Reactor and Nuclear Development Corporation.

PNC Liason: Geoscience Research Program Radioactive Waste Management Project (Kazuro Aoki)

**: Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

目 次

はじめに	1
地震観測	
今後の課題	
飛騨山脈における地震活動	15
1. はじめに	15
2. 飛騨山脈における地震活動	15
3. 1993年槍ヶ岳付近の地震活動	16
3.1 地震活動の時間的推移	16
3.2 震源分布	17
3.3 地震活動域の移動	19
3.4 発震機構	20
4. おわりに	21

はじめに

地震観測

地震観測は連続モニター、遅延トリガー記録の2方式で昨年度から継続されている。神岡鉱山のような深い坑道における観測では、通常の観測ではわからないような現象が発生する恐れがあるので、連続記録が必用である。実際、原因不明の回線断が頻発し、観測状況は必ずしも良好とはいえない。

図1-1～1-5にトリガー記録例を示す。図2は茂住観測点でのS-P時間の頻度分布である。小数ではあるが、S-P時間が3秒以内の地震が発生していることがわかる。

これらのデータに京都大学上宝観測所のデータを加えて、跡津川断層付近の地震活動を調査した。

図3は1994年1年間に発生した観測網付近の震央分布である。地震は能登半島沖地震の余震、長野県西部で活潑であるが、跡津川断層での活動も見られる。図4は跡津川断層付近の震央分布、図5はその深さ分布である。図6は19979-1993年の地震活動の分布であるが、1994年に特に変わった活動は見られなかった。これらの分布図は類似している。図7はマグニチュード頻度分布でb値は0.87である。

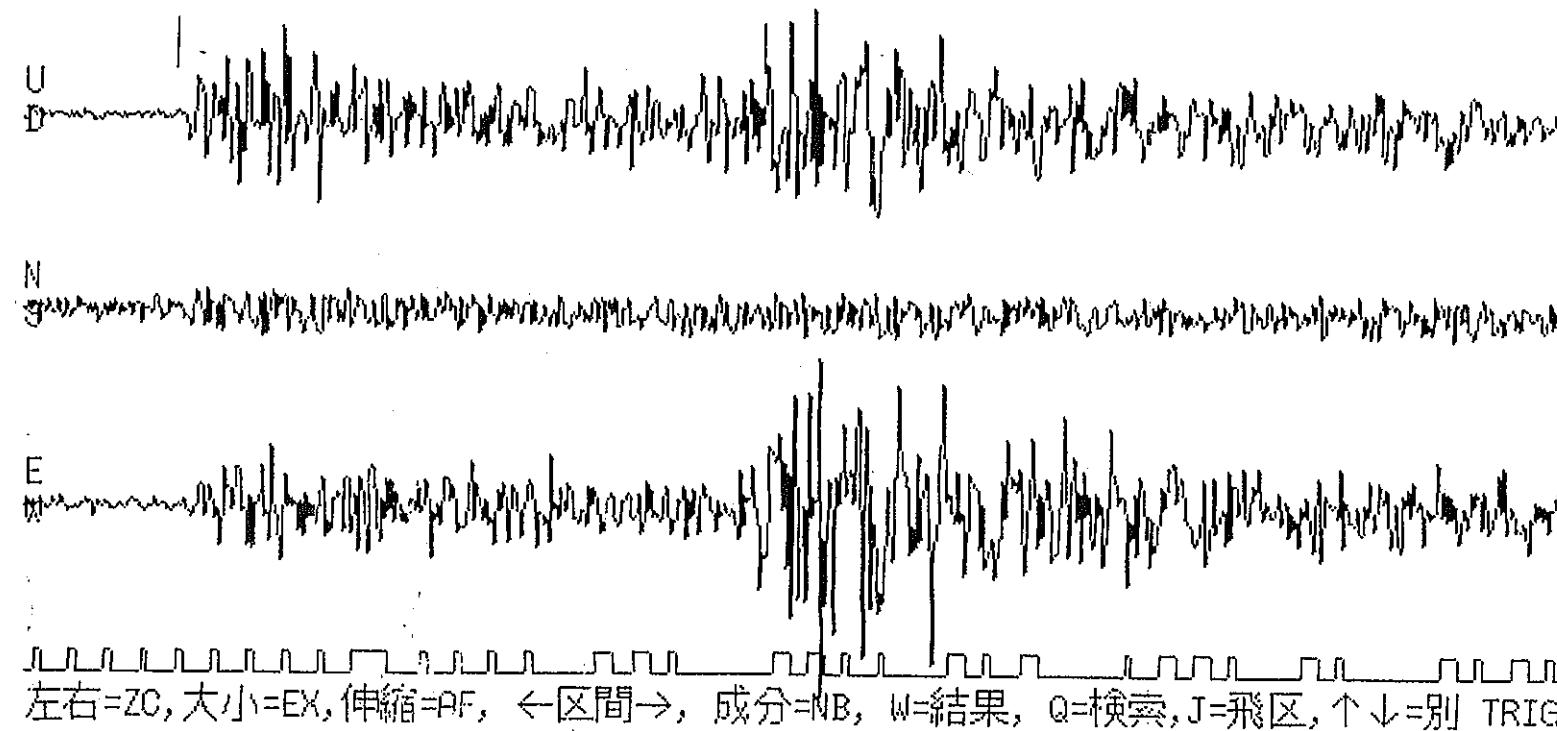
跡津川断層沿いの活動は北東部と南西部で活潑であり、中央部では活動がわずかに見られるにすぎない。図8は断層沿い投影した地震の分布である。図9には3つに分けた地域の地震数の変化を示す。図10には数の積算分布を示す。

今後の課題

上記のように観測点近傍の地震活動はそれほど高くないので、長期間の観測によって、データを取得する必要がある。また、精度よく震源を決めて、活断層と比較するためには周囲に観測点を増強する必要があろう。

さらに、波形の比較によって発震機構、震源パラメータを決定し、それを利用することが地震の発生機構の解明には重要である。

T-NO= 265 425 16 53 起伏 UD P time = 27.6 Fno.(4 ~ 7) Step= 7
53m 25.38sec Gain = 1/2 MAX.FILES= 21 群発登録済み個数 = 0

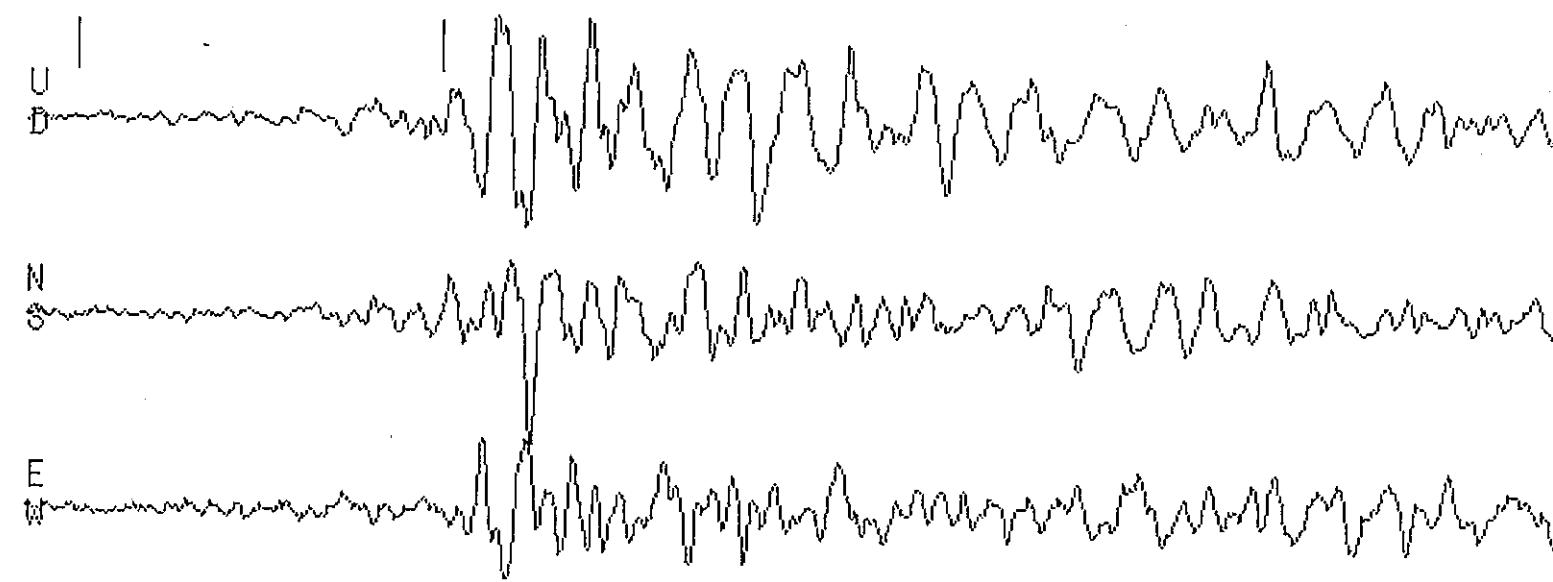


左右=ZC, 大小=EX, 伸縮=AF, ←区間→, 成分=NB, W=結果, Q=検索, J=飛区, ↑↓=別 TRIG.

吉野喜重

13 1-1

T-NO= 191 117 12 32 未定 UD P time = 60.1 Fno. (4 ~ 7) Step= 7
32m 59.38sec Gain = 1/32 MAX. FILES= 27 群発登録済み個数 = 0

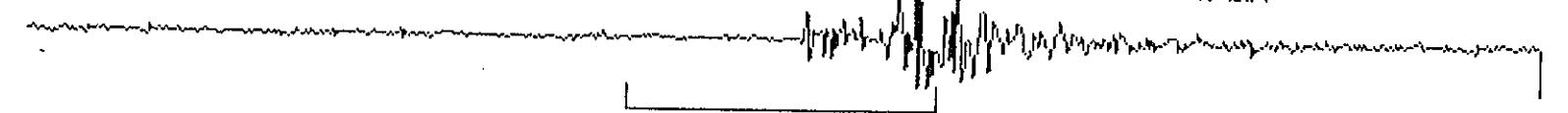


左右=ZC, 大小=EX, 伸縮=AF, ←区間→, 成分=NB, W=結果, Q=検索, J=飛区, ↑↓=別 TRIG.

兵庫県南部地震
余震

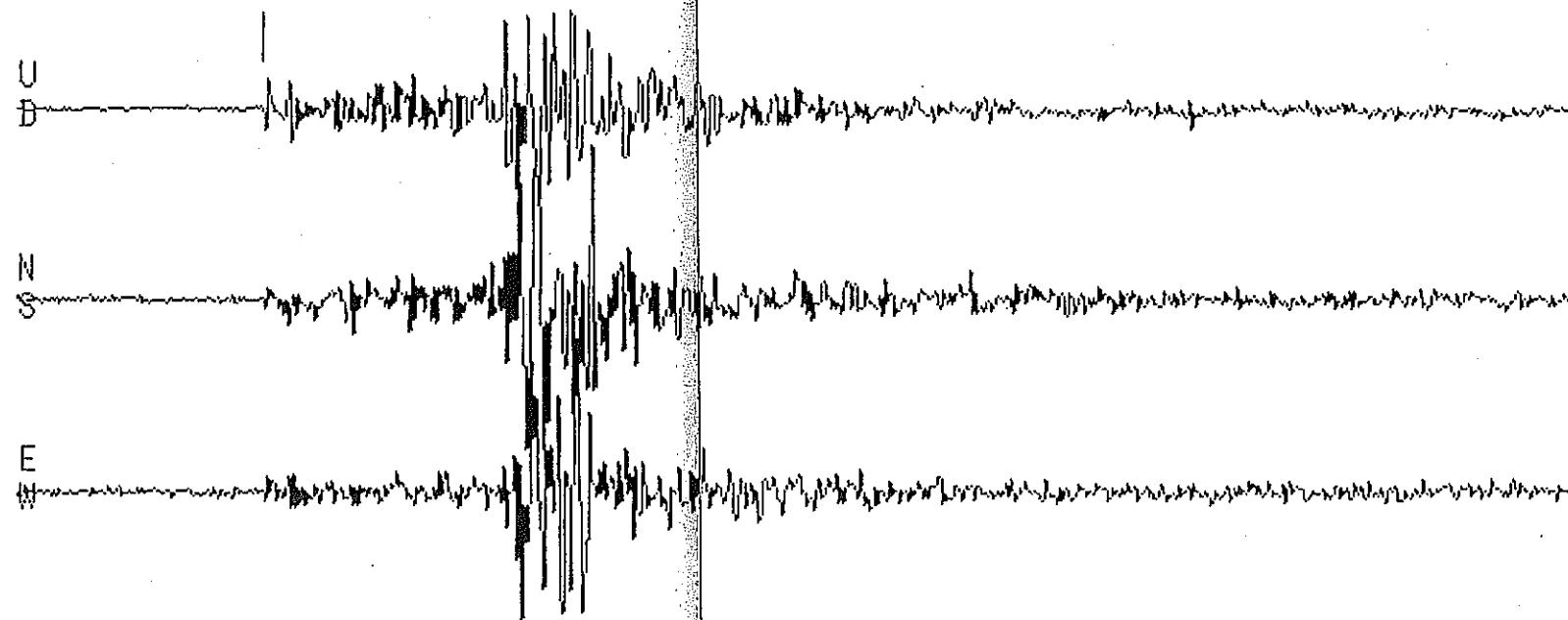
(2) 1-2

T-NO= 2751008 12 55 ~~波形~~ UD P time = 59.2 Fno. (1 ~ 4) Step= 3
55m 56.63sec Gain = 1/ 32 MAX. FILES= 16 群発登録済み個数 = 0



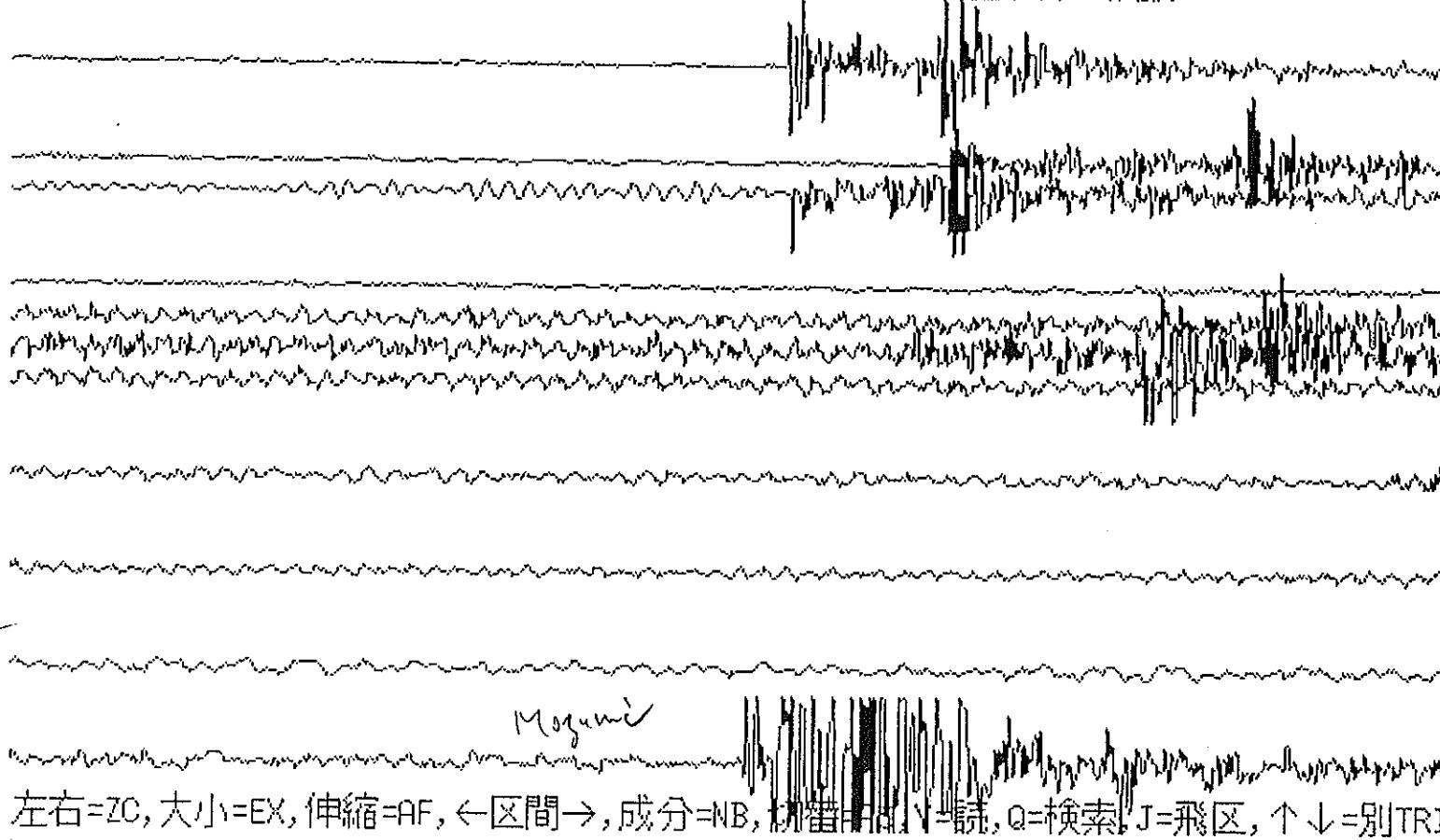
←左右=ZC, 大小=EX, 伸縮=AF, ←区間→, 成分=NB, W=結果, Q=検索, J=飛区, ↑↓=別 TRIG.

T-NO= 91 629 22 6 放往 UD P time = 31.1 Fno. (1 ~ 4) Step= 3
6m 29.59sec Gain = 1/ 32 MAX FILES= 13 群発登録済み個数 = 0



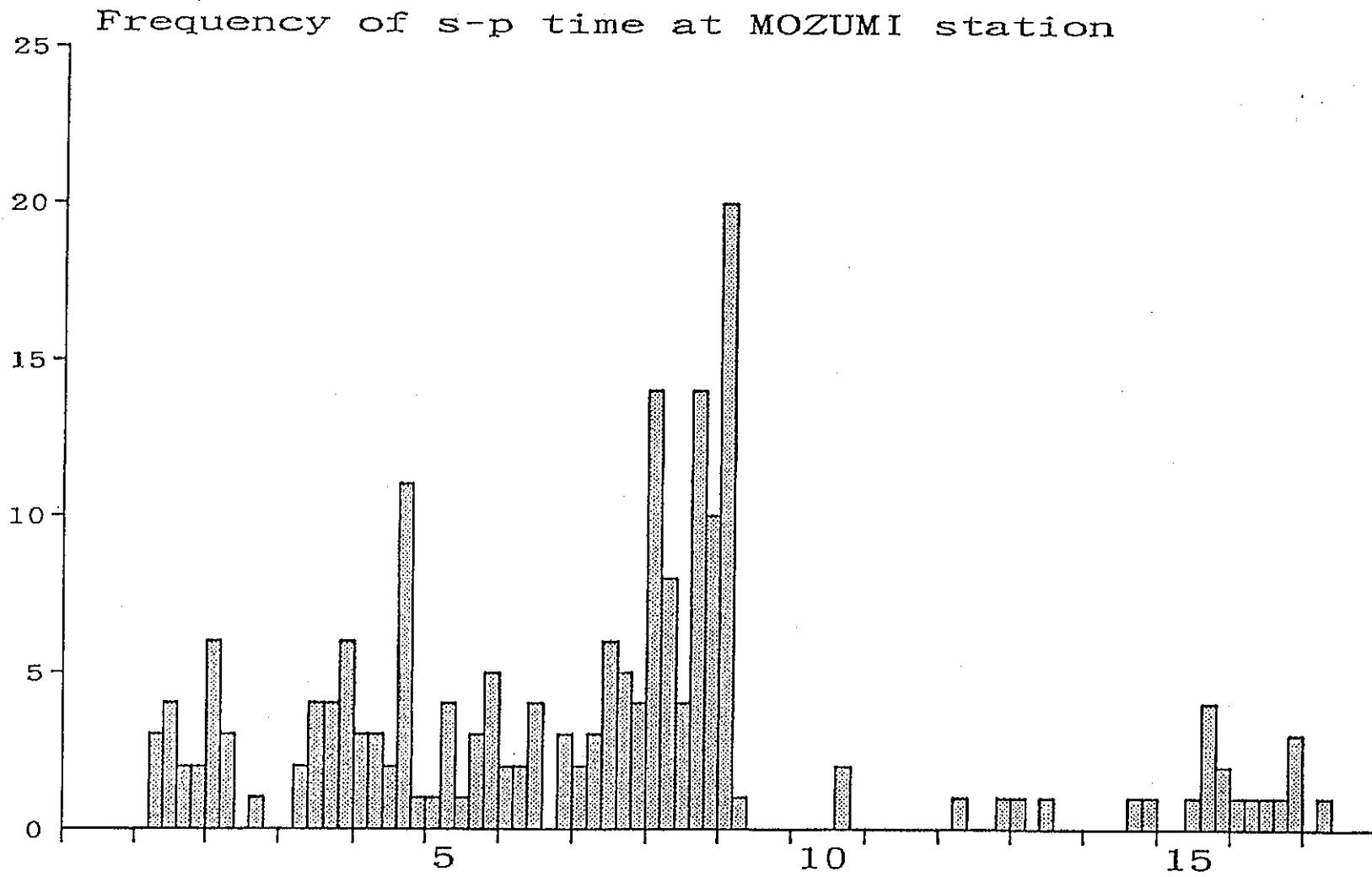
左右=ZC, 大小=EX, 伸縮=AF, ←区間→, 成分=NB, W=結果, Q=検索, J=飛区, 个↓=別 TRIG.

T-NO= 91 629 22 6 上室 UD P time を読み Fno. (1 ~ 4) Step= 7
6m 20.00sec Gain = 1/8 MAX.FILES= 13 群発登録済み個数 = 0



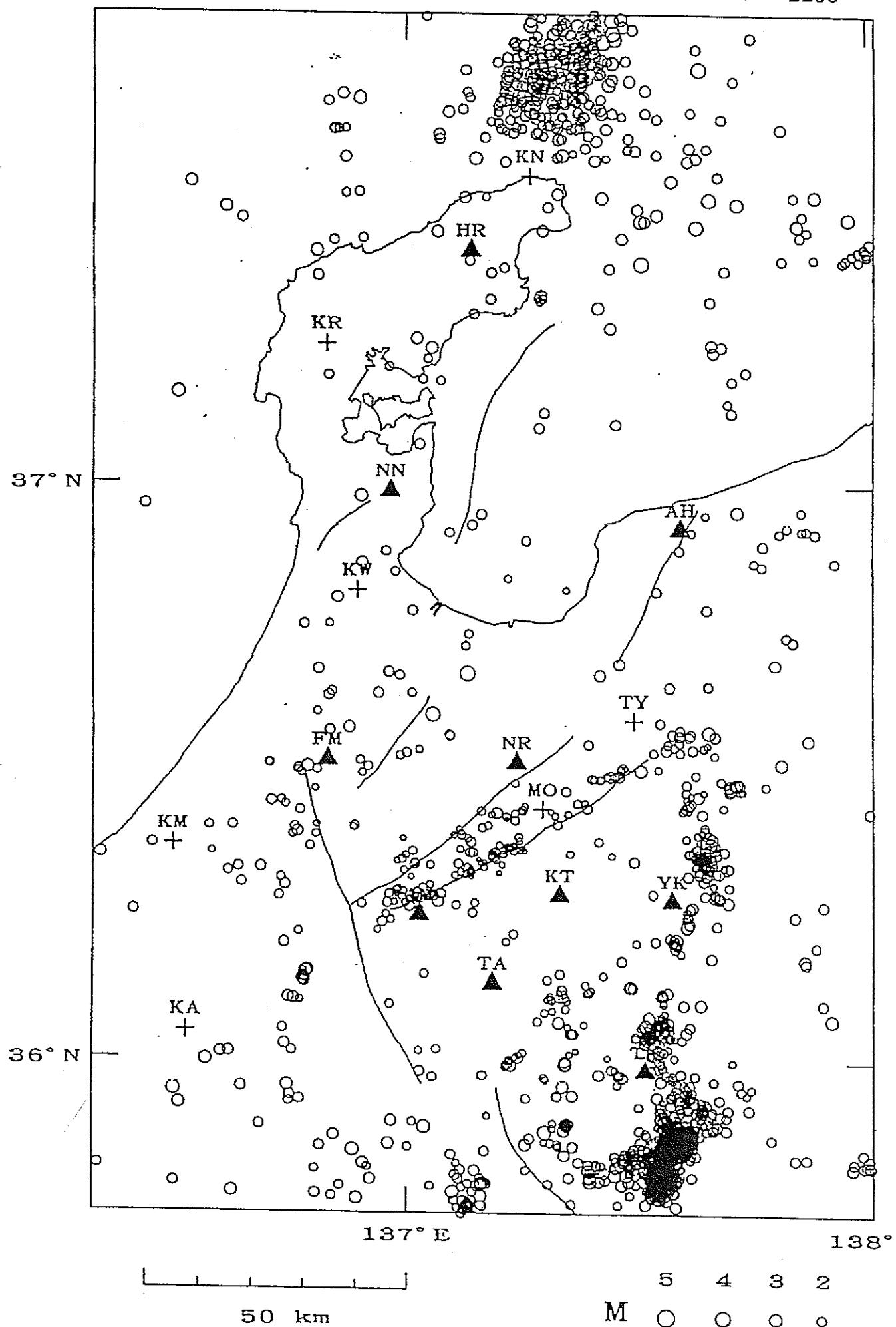
左右=ZC, 大小=EX, 伸縮=AF, ←区間→, 成分=NB, 切替時間=前, Q=検索, J=飛区, ↑↓=別TRIG

(2) 1-5



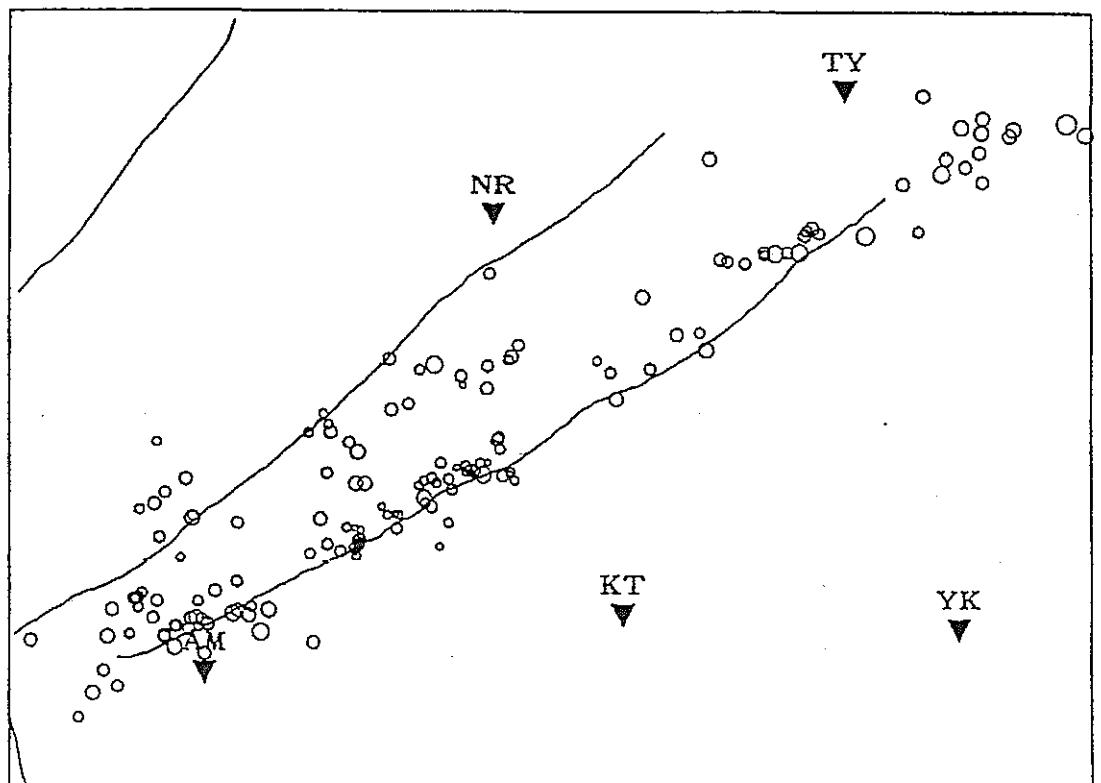
192

NOT DIFFERENT



Atotsugawa Fault Region 1994

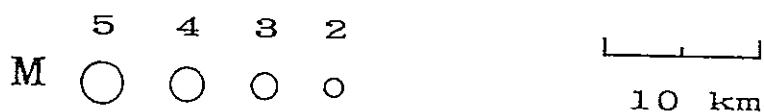
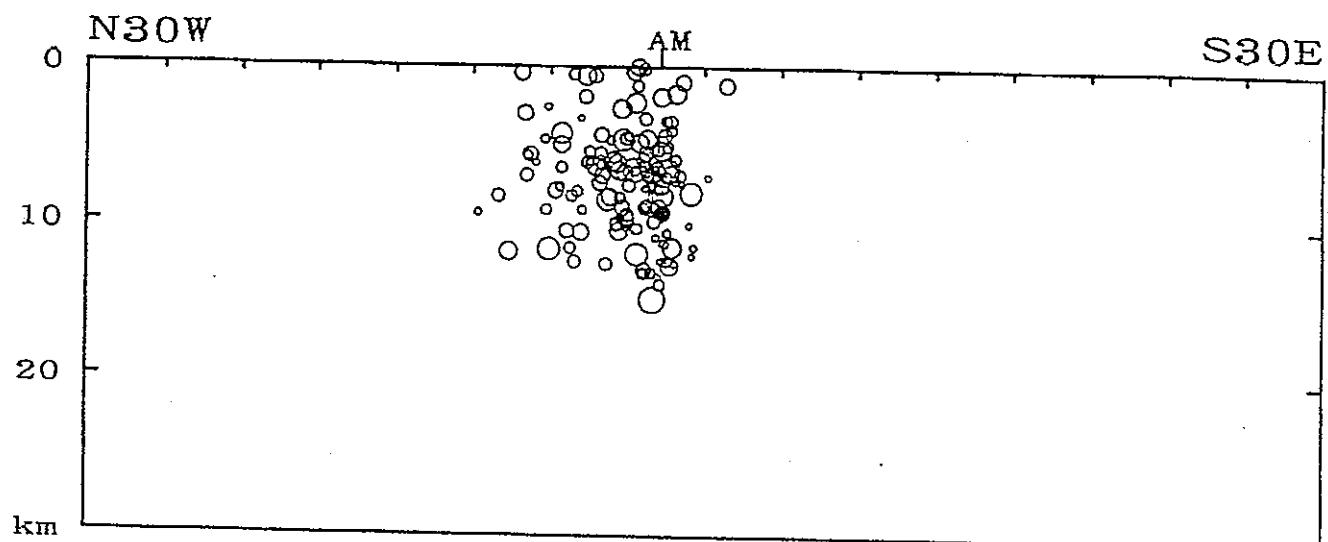
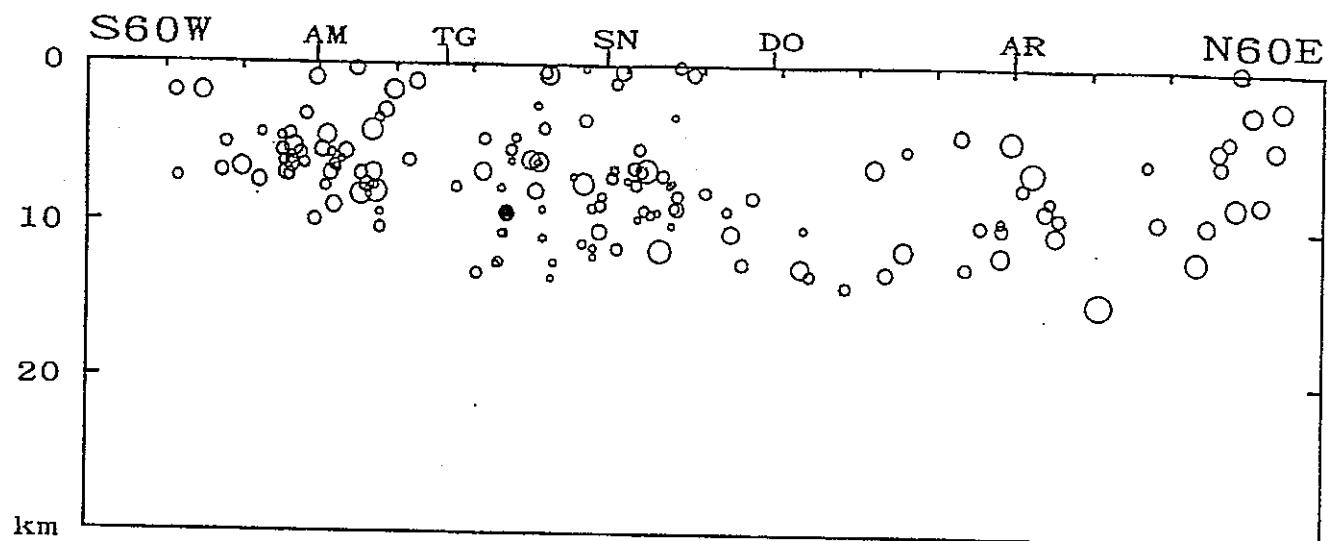
Total = 157



30 km

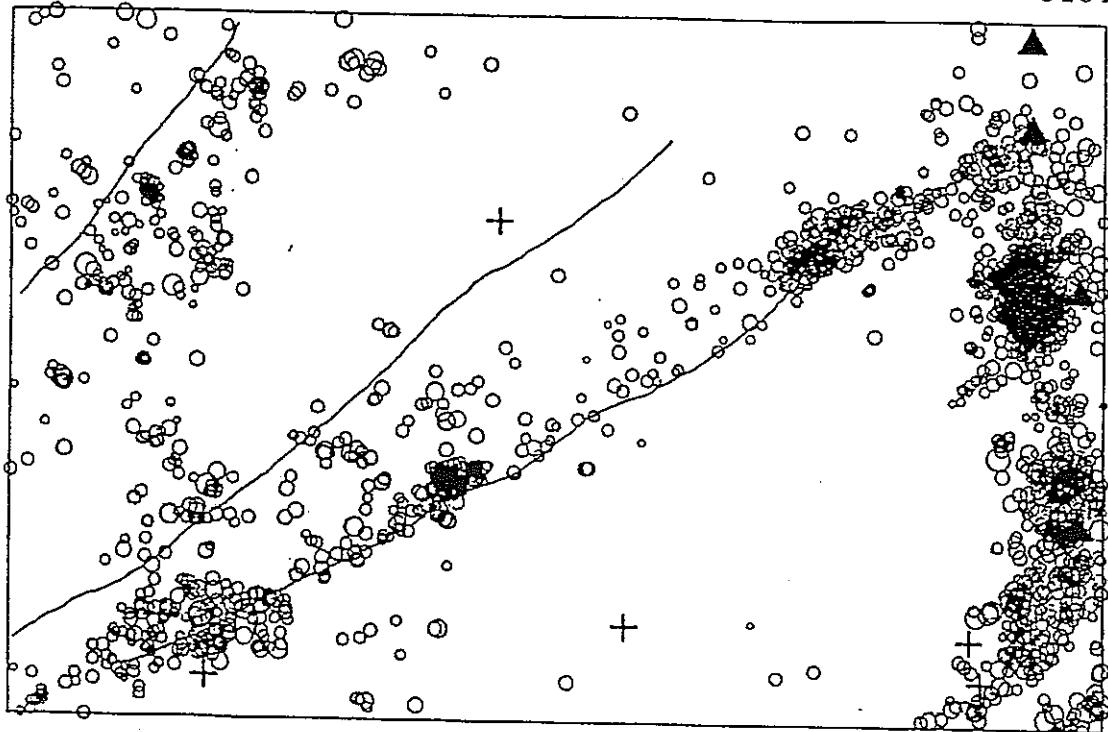
M	5	4	3	2
	○	○	○	○

Atotsugawa Fault Region 1994

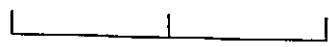
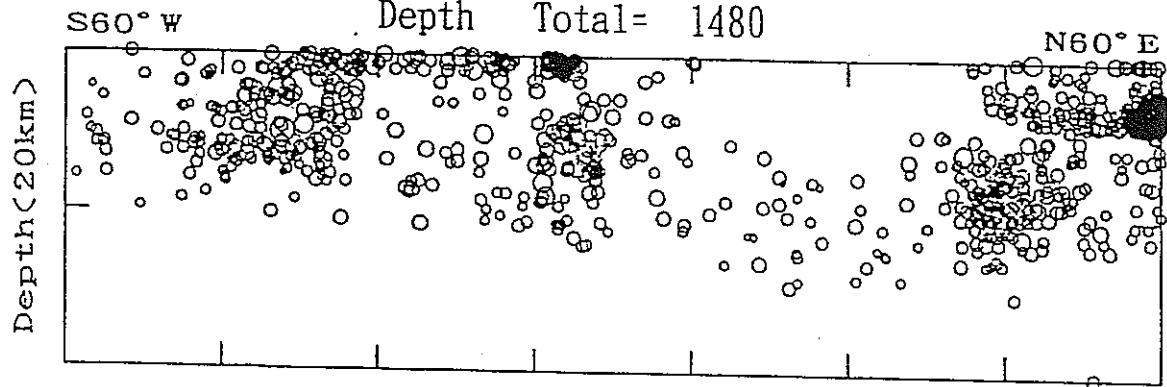


NO. = 155
 Direction=N150° E Xmin= -40. Xmax= 40.
 Dmin= -25. Dmax= 25.
 Mmin= -2. Mmax= 9. Nmin= 3

Near Atotsugawa Fault Region, 1979-1993 Total= 3194



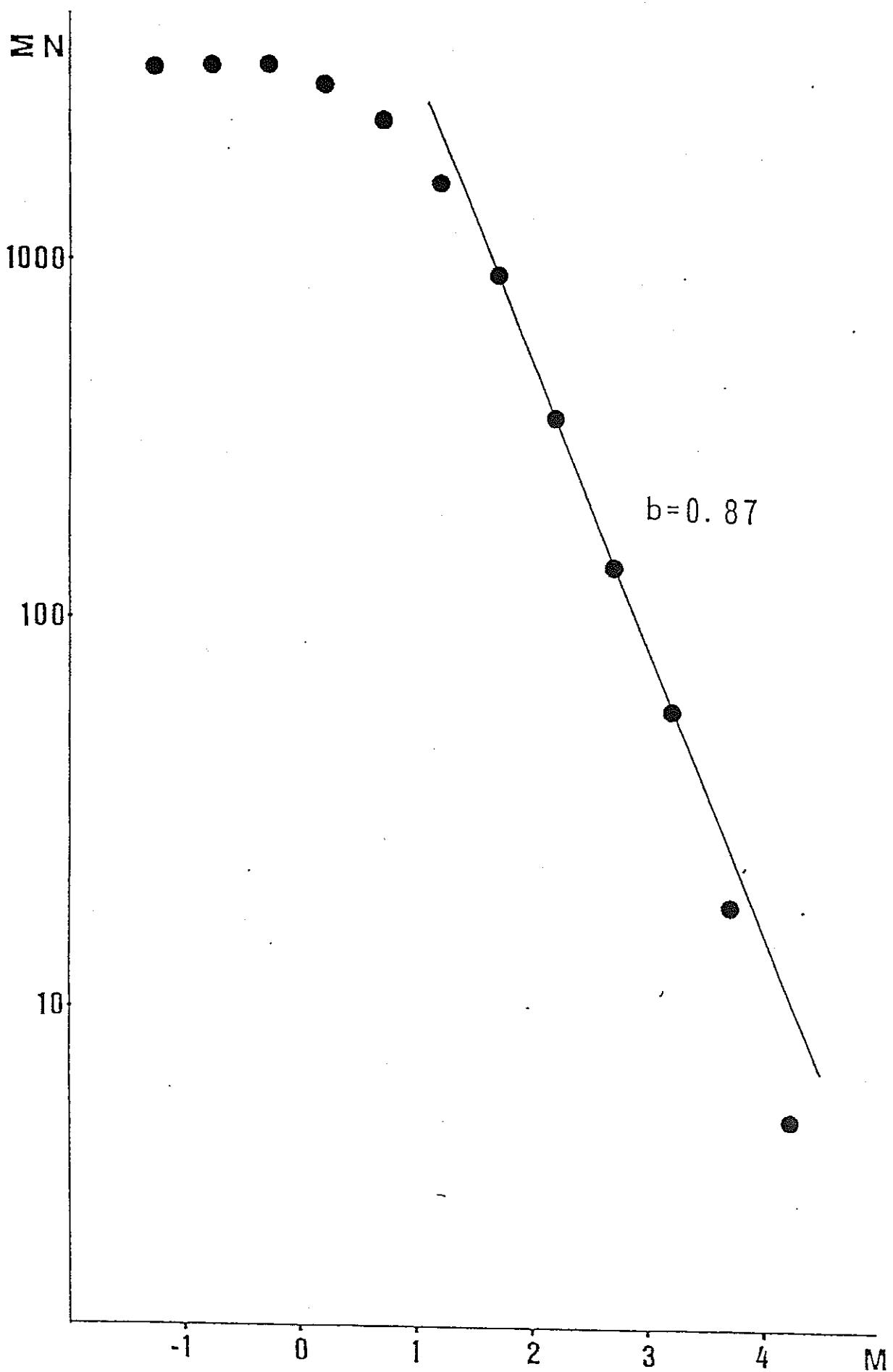
S60° W Depth Total= 1480



20 Km

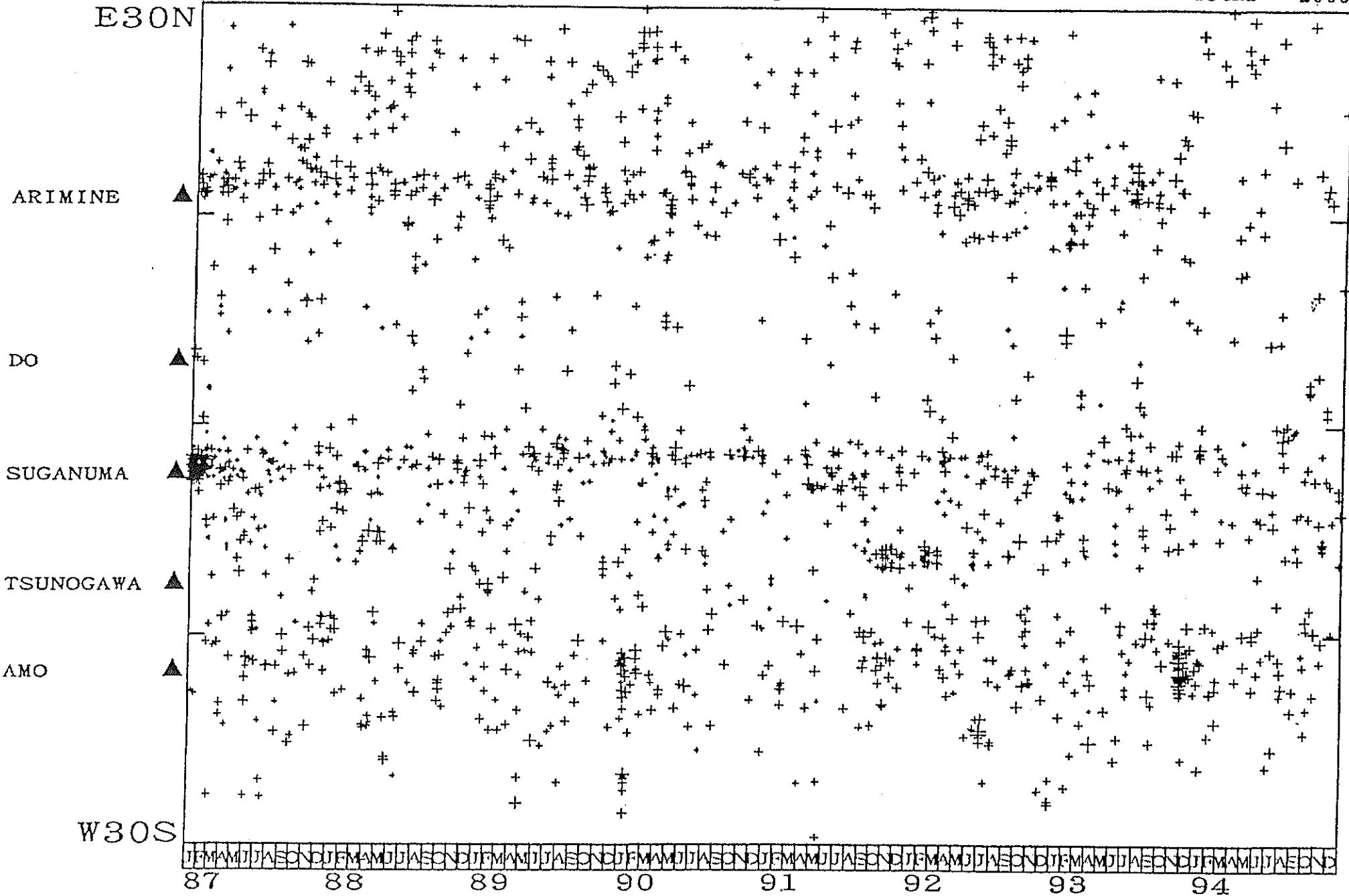
M 5 4 3 2
○ ○ ○ ○

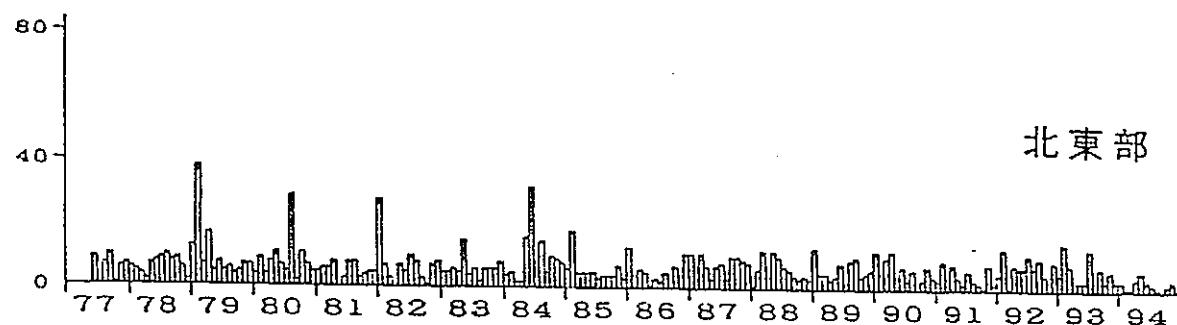
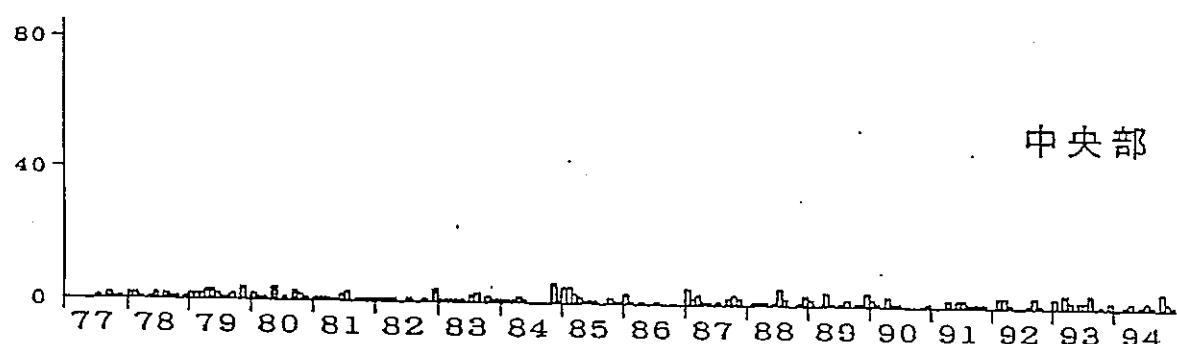
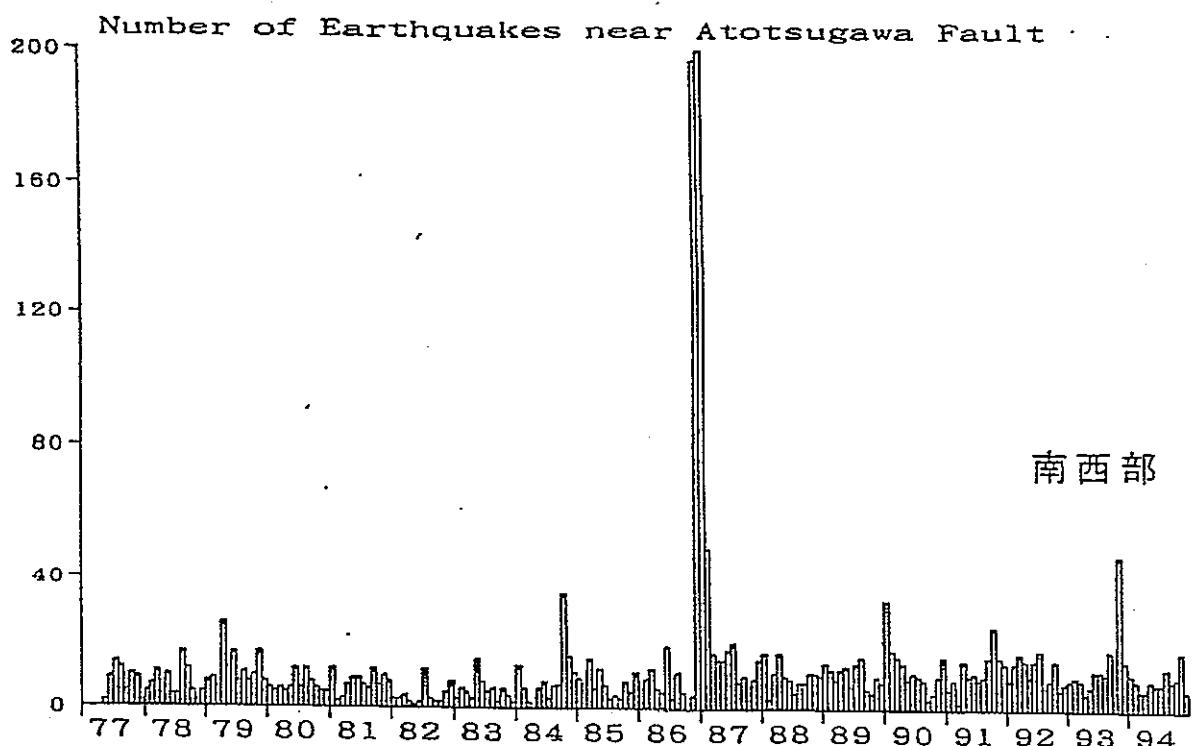
17 6

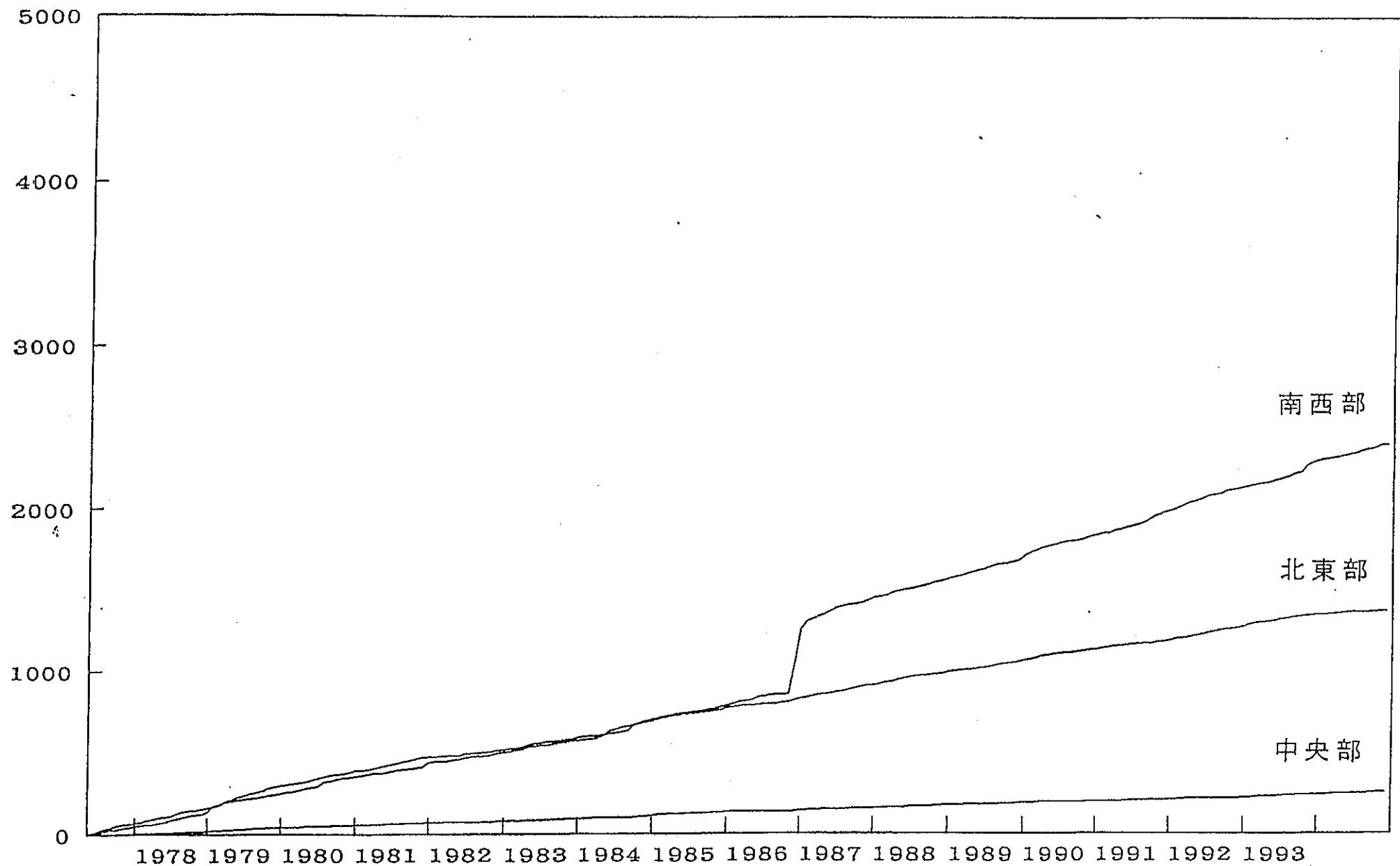


Time-Space Distribution Atotsugawa Fault Region

Total= 2006







飛騨山地の地震活動

1. はじめに

1993年7月12日の北海道南西沖地震 ($M = 7.8$) を契機として、日本各地において地震活動が活発化しているとの報告がある¹⁾。飛騨山脈槍ヶ岳付近においても、時期を同じくして地震活動が活発になった。この地域は従来南部の乗鞍岳南西、北部の鳥帽子岳の活発な活動域にはさまれた比較的低活動の地域として知られていた。ところが、1993年7月頃から、この地域としては最大規模のマグニチュード5を含む群発活動が始まった。この活動は翌年の1月まで続き、同月15日に焼岳付近へ移ってからの活動によって一応終息したかのように見える。

また、より長期間を見ると、飛騨山脈全域における地震活動は1990年頃から活発化しており、今回の地震活動は一連のものかもしれない。本報告では、1993年6月に発生した穂高岳付近の群発活動も含め、より長期間の活動についても報告する。

2. 飛騨山脈における地震活動

Fig.1 には地震予知研究センター上宝観測所（当時は上宝地殻変動観測所）にテレメータシステムが導入された1977年以来²⁾の、地震の震央分布を示す。長期にわたる分布を見ると、飛騨山脈はその山頂部分に幅10–15kmにわたって地震活動が活発な地域が連なっている。Fig.2には、Fig.1に囲をつけた焼岳から槍ヶ岳にかけての地域における月別頻度の積算グラフを示す。今回は主にこの地域の地震活動について述べる。

上宝観測所においては、1980年に1点増設（福光観測点）及び名古屋大学高山地震観測所とのローカルデータ交換（高山、焼岳、高根観

測点)、1986、87年に能登系の観測点3点(七尾、朝日、宝立観測点)の増設によって全体的には地震の検知能力が大幅に変わった地域があるが(例えば能登半島周辺など)、飛騨山脈特に焼岳より槍ヶ岳にかけての地域に関しては、1977年以降、それほど大きな違いは無いものと思われる。特に1980-1993の間は観測点、処理方式とも全く同一である。したがって、Fig.2の全期間にわたって、ほぼ均質なデータがとられているものと考えられる。Fig.2より1979、1984、1990、1993、1994年に顕著な群発活動が見られる。特に、1990、1993年以降は活動が盛んである。

これらの震源域は、1990年1、4月の活動は焼岳付近、1993年6月の活動は穂高岳、1994年1月の活動は焼岳であり、他の期間の活動は槍ヶ岳付近であった。1990年以降飛騨山脈全体において地震活動が活発化の傾向にあるが³⁾、焼岳から槍ヶ岳にかけての狭い地域においても同じような傾向が見られる。また、群発地震活動を差し引いて考えてみても、1990年を境としてこのグラフの傾きが少しづつ急になっていく様子が見られ、このことからも最近の飛騨山脈(焼岳～槍ヶ岳にかけての地域)において、地震活動が活発化していることが明らかである。

3.1 1993年槍ヶ岳付近の地震活動

3.1. 地震活動の時間的推移

焼岳から槍ヶ岳にかけての地域の全体的な活動を把握する意味において、今回の震源域に最も近い焼岳観測点(YK)における(Fig.2)S-P時間が2.5秒以下の地震について、日別頻度分布をFig.3に示す。焼岳観測点は名古屋大学高山地震観測所とのデータ交換による観測点であって、通常は他の観測点との組み合わせによるトリガーによってのみ記録が残されているが、1992年の焼岳火山周辺での臨時地震観測^{4・5)}以来、焼岳周辺の地震活動を調査する目的で、単独トリガーによってイベントレコーダー(EDR-1000)に収録することも併せて行って

いる。Fig.3 はこの E D R - 1 0 0 0 による記録に基づいている。なお、短時間の欠測が少しあるが、ほぼ連続的に収録されている。Fig.3 に示すように、8ヶ月のうちに、多くの群発地震が発生していることがわかる。その中には1日100回を越すような活発な活動が2回含まれている。

詳細な震源域については次節で述べるが、6月20日より始まった穂高岳付近の活動から、翌年1月15日の焼岳付近の活動まで、わずか8ヶ月の間に7回もの中、小規模の群発地震が発生している。このようなことは1990年1月から4月にかけても見られたが³⁾、それ以前には短期間にこのように群発地震活動が集中するということは見られず、この地域において地震活動が活発化している傾向にあることがわかる。また、この地域以外の飛騨山脈のこれまでの活動を振り返っても、時々群発地震活動がみられ、飛騨山脈全体の地震活動の特徴として、群発地震が発生しやすい地域であることがわかる。

3.2. 震源分布

上宝観測所における定常的な震源決定による飛騨山脈槍ヶ岳周辺の震源分布を Fig.4 に示す。左図が震央分布、右図が南北断面に投影した深さ分布である。震央分布からは槍ヶ岳の北方数 km 付近を中心として東西約 7 km、南北約 10km の南北に長い楕円形をした活動域と、この活動とは別に穂高岳付近において南北に、また、焼岳付近では北西 - 南東方向に帯状に分布している活動域が見える。Fig.3 に示した穂高岳、焼岳付近の活動以外の5回の群発地震活動が全く同一場所で発生しているのか、そうでないのかは、この結果からは区別できないが、活動域の移動の項にて少し詳しく述べる。

一方深さ分布を見ると、槍ヶ岳付近の活動は 3-4km の深さに集中している活動と、5km 付近から 12km にかけて南へ向かって深くなるような活動が見られる。従来この地域においては、深さの下限は約 5 km と言われており⁶⁾、今回の結果は従来の結果とは異なるものとなった。このことについては、このあと検討する。穂高岳及び焼岳付近の活動は、

周辺地域よりかなり浅く、2km以下と求められた。特に焼岳付近の活動の深さ分布については、従来からかなり浅く求められており、震源の精度を考慮しても有意に浅く、火山活動の影響ではないかと思われる。

次に震源及び深さ分布について検討する。このため、以下の2通りの方法によって震源再決定を行った。最初は、観測点を4点に固定して、定常的な震源決定プログラムによって震源を再決定した。観測点は、震源域に近い上宝・楡原・焼岳およびデータ数の多い天生の組み合わせを用いた。今回用いた4観測点はいずれも震源域の西方に位置しているため、絶対的な震源域については、今後隣接観測網のデータ統合によって検討する必要があるが、相対的な震源域についてはかなり精度の良い結果が得られた。

Fig.5には再決定した震央、深さ分布を示す。震央分布からは、穂高岳、槍ヶ岳、焼岳の活動により一層の集中が見られ、特に槍ヶ岳の活動においては、幾つかのクラスターに分けられるように見える。次に深さ分布では、槍ヶ岳付近の活動のうち5kmから12kmにかけて南方に向かって深くなる活動が、再決定の結果からは全く見られず、この地域の活動が、数km迄に収まり、従来から言われている飛騨山脈周辺の地震活動の下限と一致した。また、穂高岳や焼岳の活動は定常的な震源決定の結果と変わらず、かなり浅く決まった。

もう一つの方法として、観測点5点（上記に福光を追加）で観測された地震のみを用い、個々の震源を求め、地震の走時残差の平均値を観測点補正值として、再度震源を計算する方法を試みた。この際、P波のみを用い、震源の相対的な精度の向上を図った。この結果をFig.6に示す。この結果、5kmより深い地震はほとんどなくなり、震源は全体的に非常に浅いことが分かった。また、地震発生の下限を見ると、南の焼岳に向かって浅くなっていることが分かる。

以上により、3点による震源決定の場合、わずかの読み取り誤差が、数kmより深い活動を表すものとなったと思われるが、今後さらに詳細に検討すべきものと考える。今回の槍ヶ岳付近の活動は、かなり狭い範囲に集中して発生し、幾つかのクラスターに分けられる。また、深さは

4 kmあたりに集中しており、深い地震でも数 km内に収まり、地殻内最上部で発生した地震であることがわかった。

3.3. 地震活動域の移動

飛騨山脈では、前述のように1990年より地震活動が活発化している傾向があるが、1990年の焼岳及び鳥帽子岳付近の活動と、今回の活動域との位置関係を見るために、今回の震央分布に1990年の活動域を重ねて示す（Fig.7）。図より今回の活動は、南北両地域における1990年の活動域の中間ににおいて発生していることがわかった。また、焼岳付近においては、周辺において活動が活発であることがわかる。

次に今回の活動についてさらに詳しく活動域の変化を調べた。Fig.3によると7回の活動のピークが見られるが、活動ごとに場所の移動、再帰現象が見られた。Fig.8 に Fig.3 の活動ごとの震央分布を示す。また、Fig.9にはこれらの時空間分布を示す。これらの図を見ると、まず、6月16日に焼岳と槍ヶ岳の中間穂高岳付近（A）において活動が始まった。この活動は途中1～2回活動の高まりを見せたが、7月10日頃には殆ど終息した。この活動の震源域は北北西－南南東にのびるような帶状の分布を示した。つづいて7月19日より今回の一番活発な活動が槍ヶ岳の北方（B）において始まった。この活動の最大マグニチュードは5.0（JMA）であり、この地域としては最大級の地震である。この活動に関しては7月20日に150回を越すような活発な活動が見られた。この活動は槍ヶ岳の北方 2kmを中心として東西 6km、南北 3km位の橢円状の分布を表した。その後9月2日には槍ヶ岳南南東 3km付近（C）に移動、10月10日にはほぼ槍ヶ岳直下と思われる所（D）に活動域が移動した。そして11月11日には9月の活動域に隣接する場所（E）にて活動が見られた。以後50日ほど静穏な状態が続いたが、1月1日には再度昨年10月の震源域内（F）において活動が再開した。D, FおよびC, Eはほぼ同じ地域に発生しているが、詳細に見るとやはり異なった場所で発生しているようである。

引き続き1月15日には今度は場所を焼岳付近（G）に移動して活動

が始まった。この活動は非常に浅かったため、極近傍の観測点（焼岳観測点）では多数観測されているが、震源決定された地震はわずか十数個と一割にも満たなかった。このことは規模の小さな地震が多く、震源がかなり浅かったため、地震波が遠くまで届かなかったことを意味している。震源分布から、この活動は焼岳火山のほぼ直下であり、震源がかなり浅いことから、火山活動との関連が注目される。定常観測による焼岳付近の地震は火口直下より周辺に多いが、これは火口直下の地震の震源が従来の観測網では大きい地震のみしか決定できないことを示している。今後この付近のより詳細な観測が必要に思われる。

一方、Fig.9からは震源域が南北に数回、移動している様子が分かる。さらに、それぞれの活動の直前には空白域が見られる。このような、時空間分布を詳細に調査することによって、歪みの蓄積、解放の過程が分かるであろう。

さらに、このような活動域の移動現象を検討するために、広域の長期間にわたる時空間分布をFig.10に示す。この図によると上述の活動域では小規模な活動が断続的に続いていたことが分かる。しかし、今回の活動のような活発な地震活動は観測開始以来初めてであった。移動現象で顕著なのは、1990年1—4月に焼岳、鳥帽子、焼岳と移動した群発地震群がある⁷⁾。また、乗鞍岳南部の活動と御嶽山付近の活動は片方が増加すれば片方は減少すると言うような現象も見られる（Fig.10）。

このように、飛騨山脈の群発地震活動は、必ずしも独立に発生しているのではなく、お互いに何らかの関連をもっているのかもしれない。これは全体の火山活動などにも関連している可能性がある。

3.4. 発震機構

今回の群発地震活動のうち主な地震のメカニズム解をP波の初動分布から求めた(Table1,Figs.11,12)。これらは槍ヶ岳付近の5個と焼岳付近の1個で計6個である。これらの解は、7月20日00時10分の地震が正断層型を示したが、他の5個は正断層成分を含む横ずれ型を示した。また、焼岳付近の2個はやや決定精度が悪いが横ずれ型のようである。

これまでにこの地域において求められたメカニズム解は Fukao and Yamaoka⁸⁾, 小泉・他⁹⁾によって求められている。Fig.13 に小泉・他の結果を示す。この結果によると、正断層型、逆断層型それに横ずれ型が混在する。Fig.14 に小泉・他の結果に今回の結果を加えた飛騨山脈の応力場の断面図を示す。槍ヶ岳と焼岳付近を境として南部は逆断層と横ずれ型、北部は横ずれ型と正断層が多い。

Figs.15,16 に小泉・他⁹⁾の結果に今回の結果を加えた、T および P 軸の水平成分の方向を示す。概略的には前者は南東－北西ないし東南東－西北西の圧縮力軸をもち、後者は北北東－南南西ないし北東－南西方向の主張力軸を有する。ただし、かなり小領域で変化する場合も見られ、局所的には複雑な応力場を示している。ごく浅い地震のメカニズム解は仮定した地下の速度構造と震源の深さとの関係で微妙に変化することがあり、この点に関する検討も必要である。

飛騨山脈付近は圧縮場で、それによって、山脈の高さが支えられているという報告がある⁸⁾。しかし、上述のように飛騨山脈の北部では張力場が存在する。この地域に働く圧縮力と地殻が厚いことによる浮力さらにマグマ等の熱活動による力が応力場を複雑にしていることが考えられる。

4. おわりに

今回の解析から以下のことことがわかった。

飛騨山脈下の地震活動は、時々小規模な群発活動を行ってきたが、特に 1990 年の焼岳、鳥帽子岳付近での活動以来、全体的に活発化の傾向にある。

1990 年の群発活動域とは別の場所にて、今回の焼岳から槍ヶ岳付近の活動が発生した。今回の活動域は、穂高岳、槍ヶ岳及び焼岳付近の活動に分けられるが、槍ヶ岳付近の活動は、さらに 5 つのクラスターに分けられる。一方深さは数 km 以内に発生しており、地殻内上部に発生した地震活動であった。また、穂高岳、焼岳にかけて深さが浅くなっている、特に焼岳付近の活動は火山活動との関係が注目される。

今回の活動では、時間経過とともに、クラスターが移動・再帰するという現象が見られた。

今回の地震活動について6個のメカニズム解が求められた。この結果は、北北東-南南西方向の主張力軸をもつ横ずれ型および正断層型であるが卓越していることがわかった。横ずれ型が支配的であるが、正断層型も含まれていることから、火山活動の影響もあるものと思われる。

今回の結果から、飛騨山脈下においては、地震活動が大変活発な時期に入ったことが示唆される。極近傍の観測点においては震源決定されない微小地震が多く観測されており、これらの微小地震がより多く震源決定されるような観測網の設置が必要ではないかと思われる。特に焼岳火山は1962年（昭和37年6月17日）に噴火して以来活動は止んでいるが、周辺での群発地震活動は大変浅い場所にて活発である。そのため観測態勢の整備は大変重要であると思われる。

文献

- 1) 吉田明夫・細野耕司：北海道南西沖地震前後における周辺地域の地震活動の変化、日本地震学会講演予稿集、No.2、1993、P.20.
- 2) 上宝地殻変動観測所・地震予知計測部門：上宝地殻変動観測所の地殻変動・地震観測テレメータ・システム、京大防災研年報、第21号B-1、1978、PP.119-135.
- 3) 佃 為成・和田博夫：中部地方の地震活動とテクトニクス、月刊地球、号外 No.4、1992、PP.145-152.
- 4) 和田博夫・伊藤 潔・梅田康弘・角野由夫：焼岳火山付近の群発地震観測、京大防災研年報、第36号 B-1、1993、PP.291-303.
- 5) 細川盛樹：測地学的及び地震学的手法による焼岳の研究、信州大学大学院理学研究科修士論文、1994、PP.1-105.
- 6) 和田博夫・三雲 健・小泉 誠：飛騨地方北部及び富山湾・能登半島周辺の最近の地震活動、京大防災研年報、第33号 B-1、1990、PP.57-74.
- 7) 三雲 健・和田博夫・平原和朗：飛騨山脈下の群発地震活動の移動

現象とその1考察、地震学会講演予稿集、No.2、1990、P.115.

8) Fukao, Y. and K. Yamaoka: Stress estimate for the highest mountain system in Japan, Tectonics, Vol.2, pp.453-471, 199

9) 小泉 誠・伊藤 潔・和田博夫：中部地方北西部における地震の発震機構、京大防災研年報、第36号 B-1、1993、PP.305-324.

10) 平野憲雄・伊藤 潔・渋谷拓郎・和田博夫・中尾節郎：パソコン2台を用いた多成分トリガー地震収録システムの開発、京大防災研年報、第36号 B-1、1993、PP.399-407.

Figure captions

Fig.1. Distribution of epicenters determined by the telemetered network of the Kamitakara observatory from May, 1977 to December 1993. Rectangle shows studied area.

Fig.2. Cumulative number of earthquakes in the area shown in the encircled area by a rectangle from May, 1977 to January, 1994. Lines in the figure indicate rate of events per year.

Fig.3. Daily frequency of earthquakes with S-P time less than or equal to 2.5 s for the Yakedake station.

Letters A – G correspond to those in Fig.8.

Fig.4. Epicenter and depth distributions of earthquakes in the Hida Mountain range determined routinely by the Kamitakara Observatory from June, 1993 to March, 1994. Triangles and a rectangle in the left figure show major mountains and a observation station, respectively.

Fig.5. Epicenter and depth distributions of earthquakes in the Hida Mountain range determined by the data of four definite stations of the Kamitakara Observatory from June, 1993 to March 1994 (same period as that in Fig.4).

Fig.6. Epicenter and depth distributions of earthquakes in the Hida Mountain range determined by the data of five definite stations of the Kamitakara Observatory using station adjustments from June, 1993 to March 1994 (same period as that in Fig.4).

Fig.7. Epicenters of the studied earthquake swarms and the major swarm areas occurred in 1990 (encircled by dashed lines) .

Fig.8. Migration of swarm activities. Periods A – G correspond to those in Fig. 3.

Fig.9. Space-time diagram of studied earthquake swarms along the Hida Mountain region . Letters A – G corresponds to those in Fig.3 and 8.

Fig.10. Space-time diagram of earthquake swarms along the Hida Mountain region during the period from January, 1990 to March, 1994.

Fig.11. Focal mechanisms of earthquakes. Solid and open circles show compressional and dilatational first motions, respectively. Numbers refer to those in Table 1.

Fig.12. Epicenters and mechanisms of the earthquakes in Fig. 11. Solid and open quadrants indicate compressional and dilatational portions, respectively. Plus signs show observation stations and triangles denotes major mountains.

Fig.13. Epicenters and focal mechanisms in the Hida Mountain range during 1976–1992 (after Koizumi et

al. 1993). Solid and open quadrants indicate compressional and dilatational portions, respectively.

Fig.14. Vertical section of earthquakes of which focal mechanisms are determined along Hida Mountain range. Open circle, solid circle and diamond show strike-slip, normal and reverse fault types, respectively. Projection of T-axis on the vertical section is shown for events with strike-slip and reverse fault types. Triangles show major mountains.

Fig.15. Horizontal components of T-axes for major events in the Hida Mountain range. Results of this study are added to those by Koizumi et al., 1933.

Fig.16. Horizontal components of P-axes for major events in the Hida Mountain range. Results of this study are added to those by Koizumi et al., 1933.

Table caption

Table 1 List of mechanism solutions. Az, D and Sl denotes strike, dip and slip vector of nodal planes. N denotes total number of initial motions used for mechanism determination. Sc shows score of solutions. Ns indicates number of solutions that give the same score.

No.	Date	Time	Londitude	Latitude	H	M	N1			N2			P	T	B	N	Sc	Ns
			(E)	(N)	(km)		Az	D	S1	Az	D	S1	Az	D	Az	D	Az	D
1	930719	2141	28.54	137° 38' 12"	36° 23' 03"	3.9	4.7	187° 54°	-12°	284° 80°	-144° 151° 32°	51° 17° 297° 53° 28	90.	2				
2	930720	0010	7.79	137 38 41	36 22 36	3.4	4.8	321 47	-61	102 51	-118 306 69	211 2 120 20 32	91.	1				
3	931010	1915	17.12	137 38 58	36 21 10	15.8	3.9	91 57	-172	356 83	-34 308 28	48 18 166 56 24	84.	2				
4	940101	0447	2.91	137 39 04	36 21 40	1.7	3.4	176 49	-10	272 83	-138 143 34	37 22 281 48 21	83.	15				
5	940101	0522	18.18	137 37 26	36 21 30	0.6	4.1	169 82	-1	259 89	-171 124 7	34 5 270 82 27	87.	27				
6	940115	1629	38.69	137 42 08	36 16 27	0.0	3.7	324 66	-7	57 83	-155 284 22	188 12 72 64 21	96.	1				

Kamitakara Obs. Kyoto Univ., 1977-1993 Total= 39928

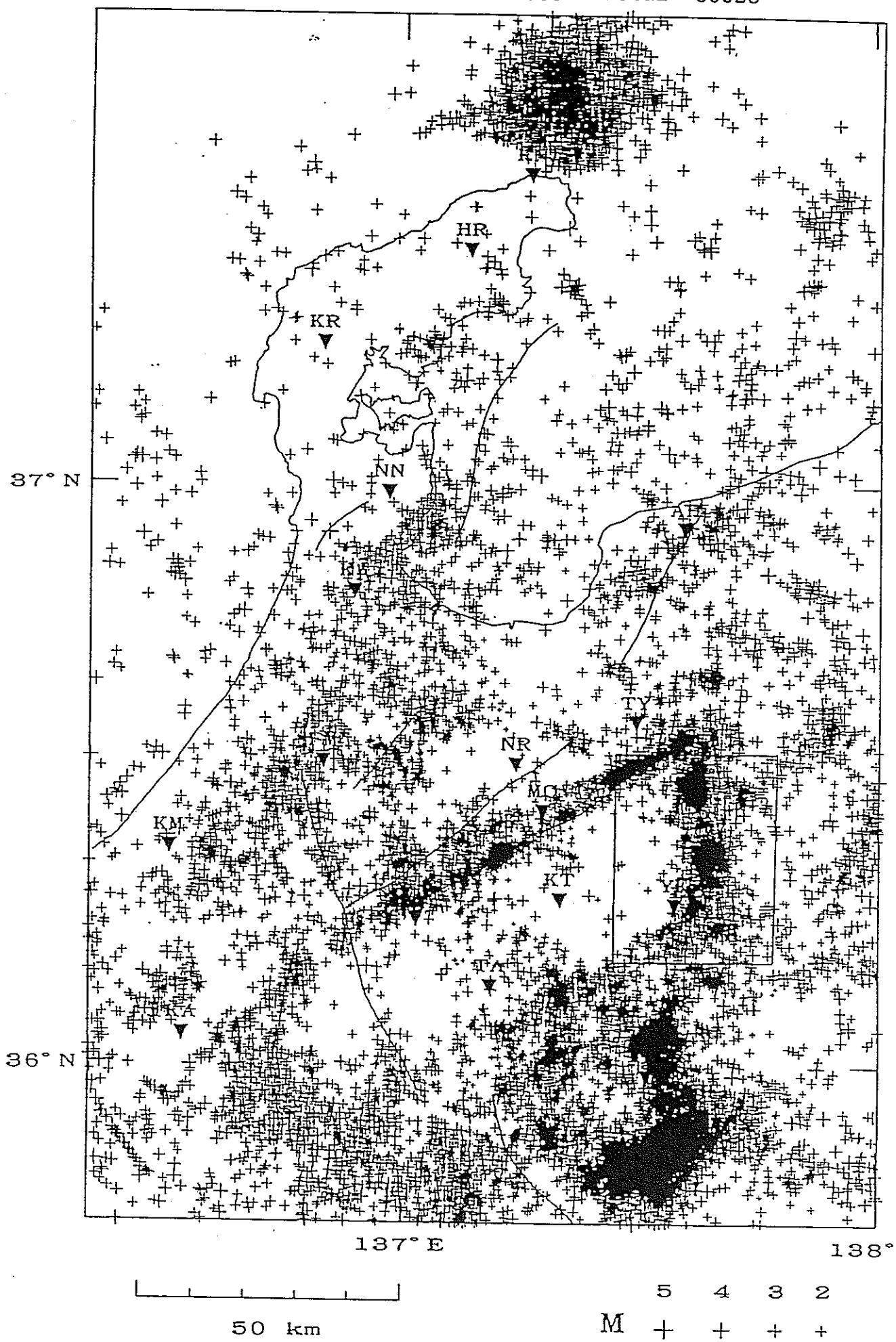


Fig. 1

× 60%

N

2000

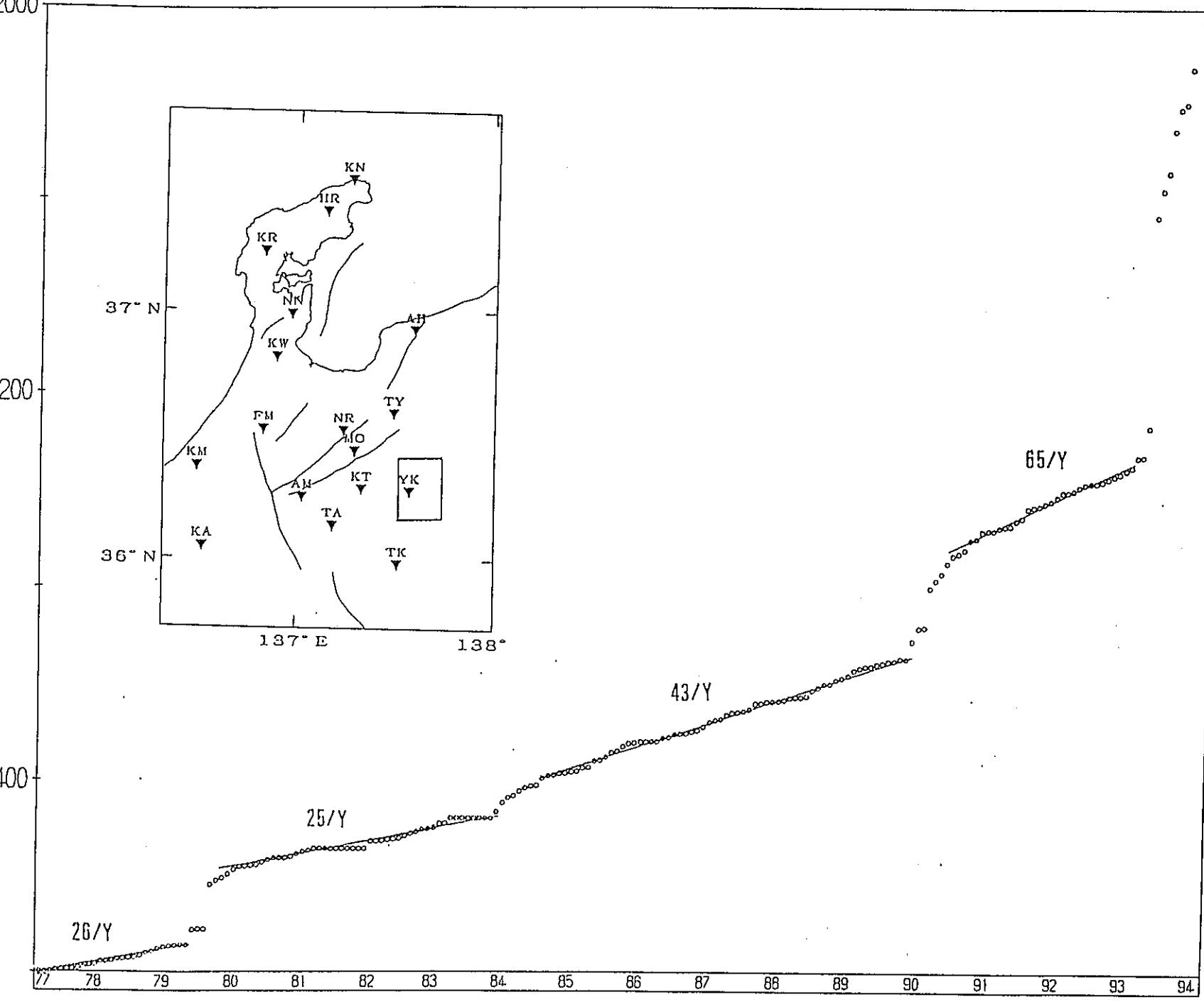


Fig. 2

× 50%

S-P time < 2.5" at Yakedake Station, June- 1993

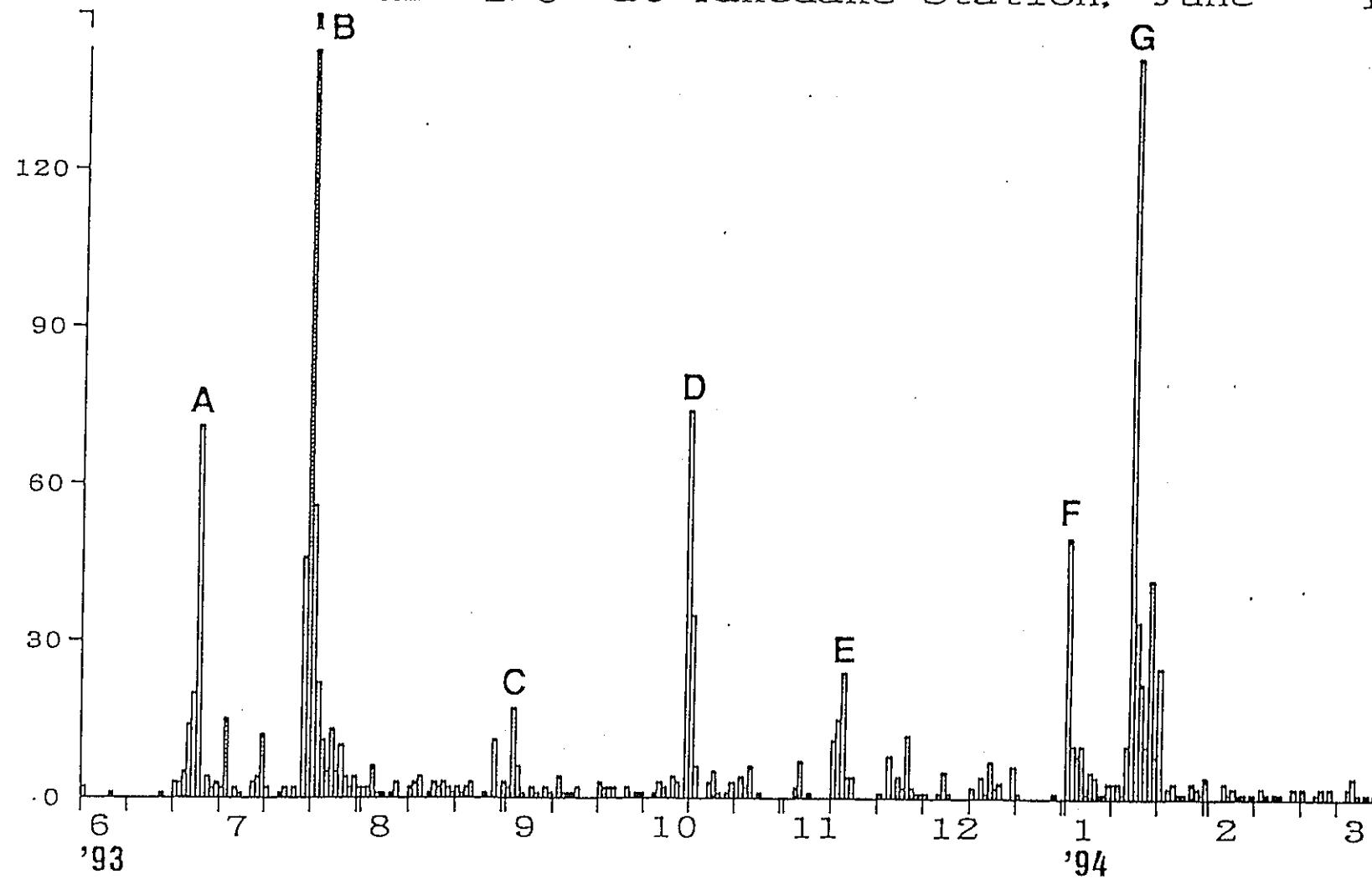


Fig. 3
x 5%

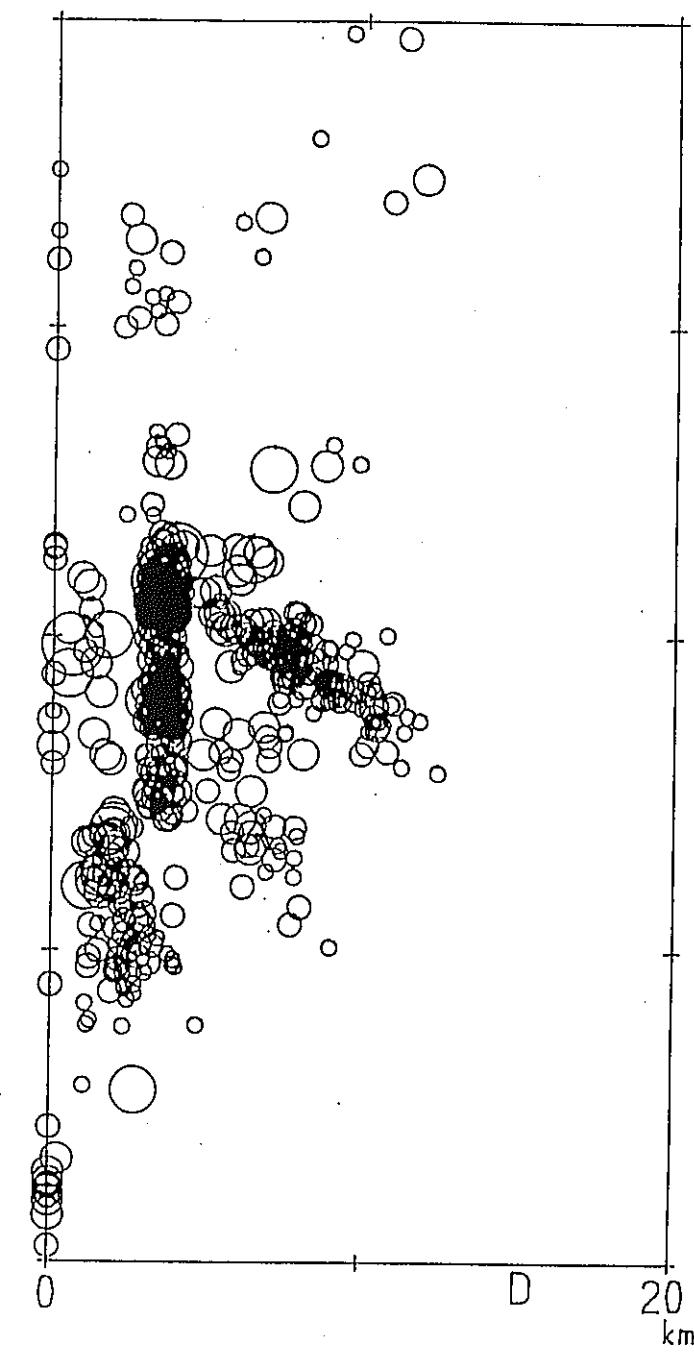
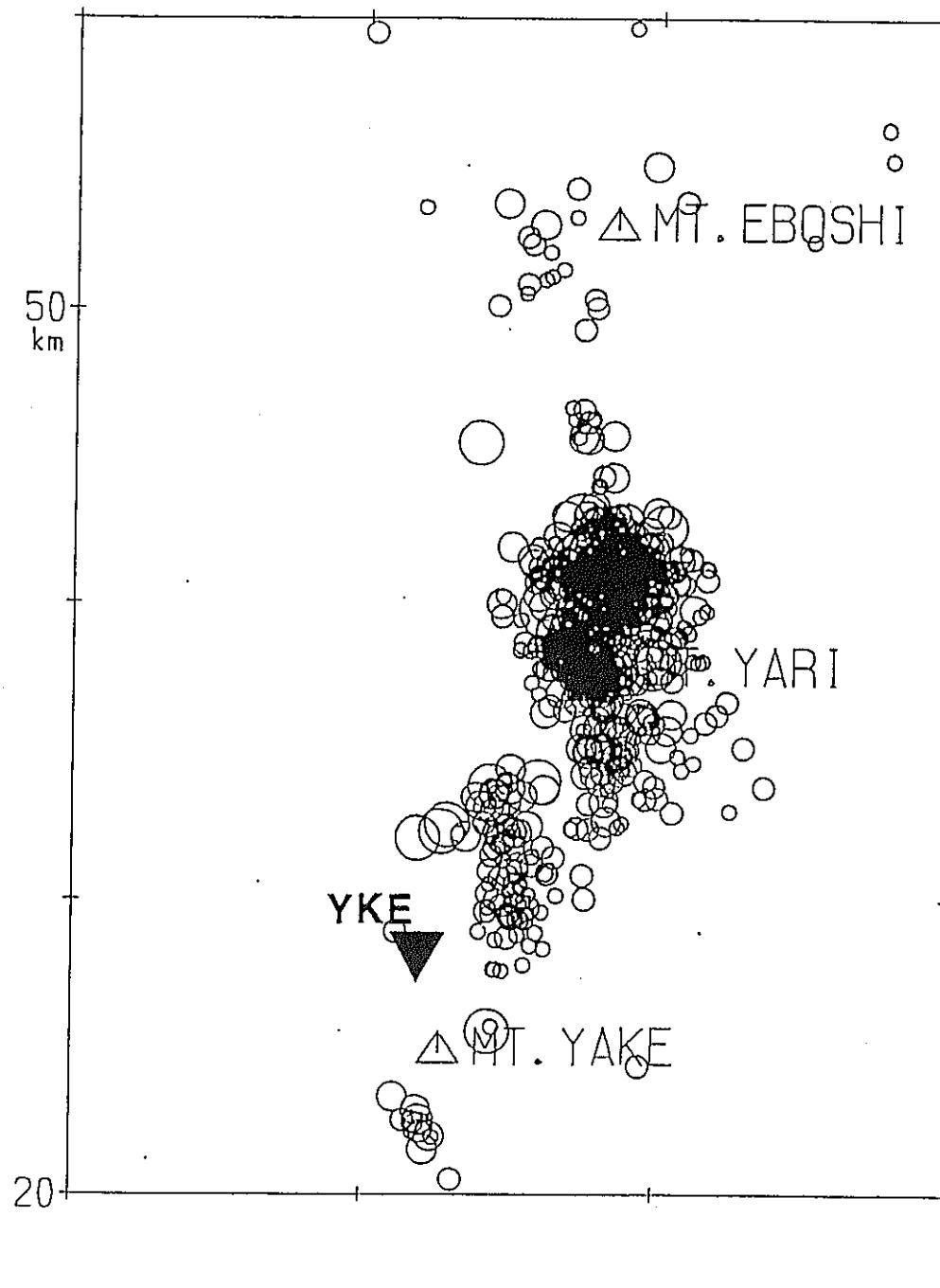
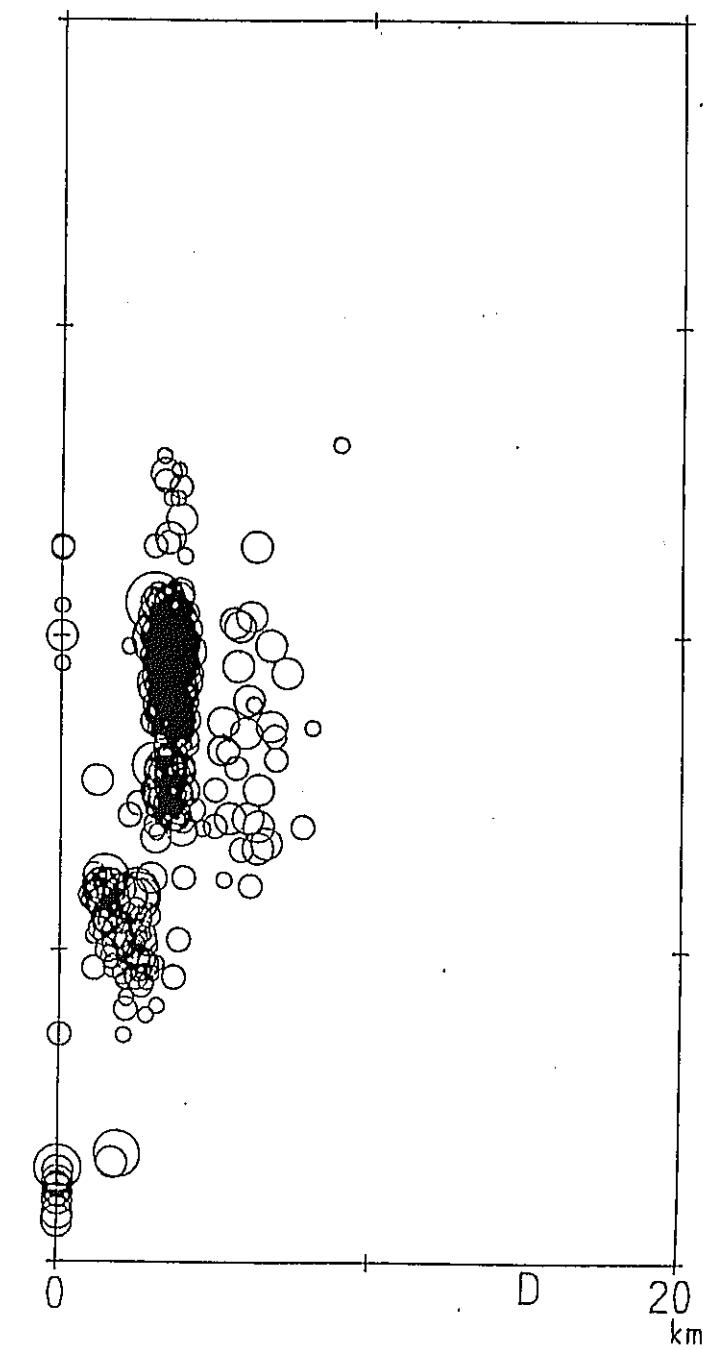
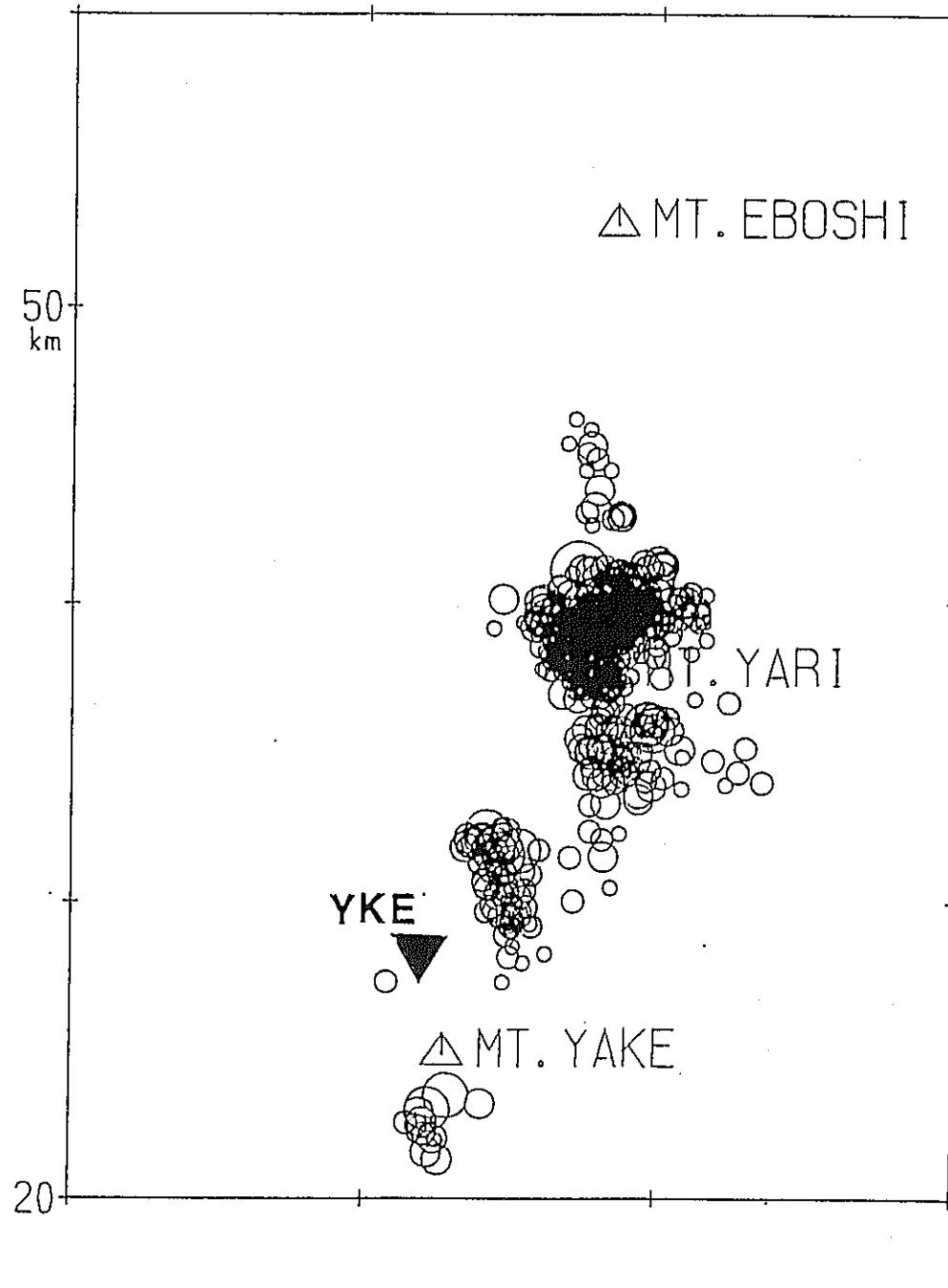


Fig. 4
x (to %)



Yakedake(R) Total= 152

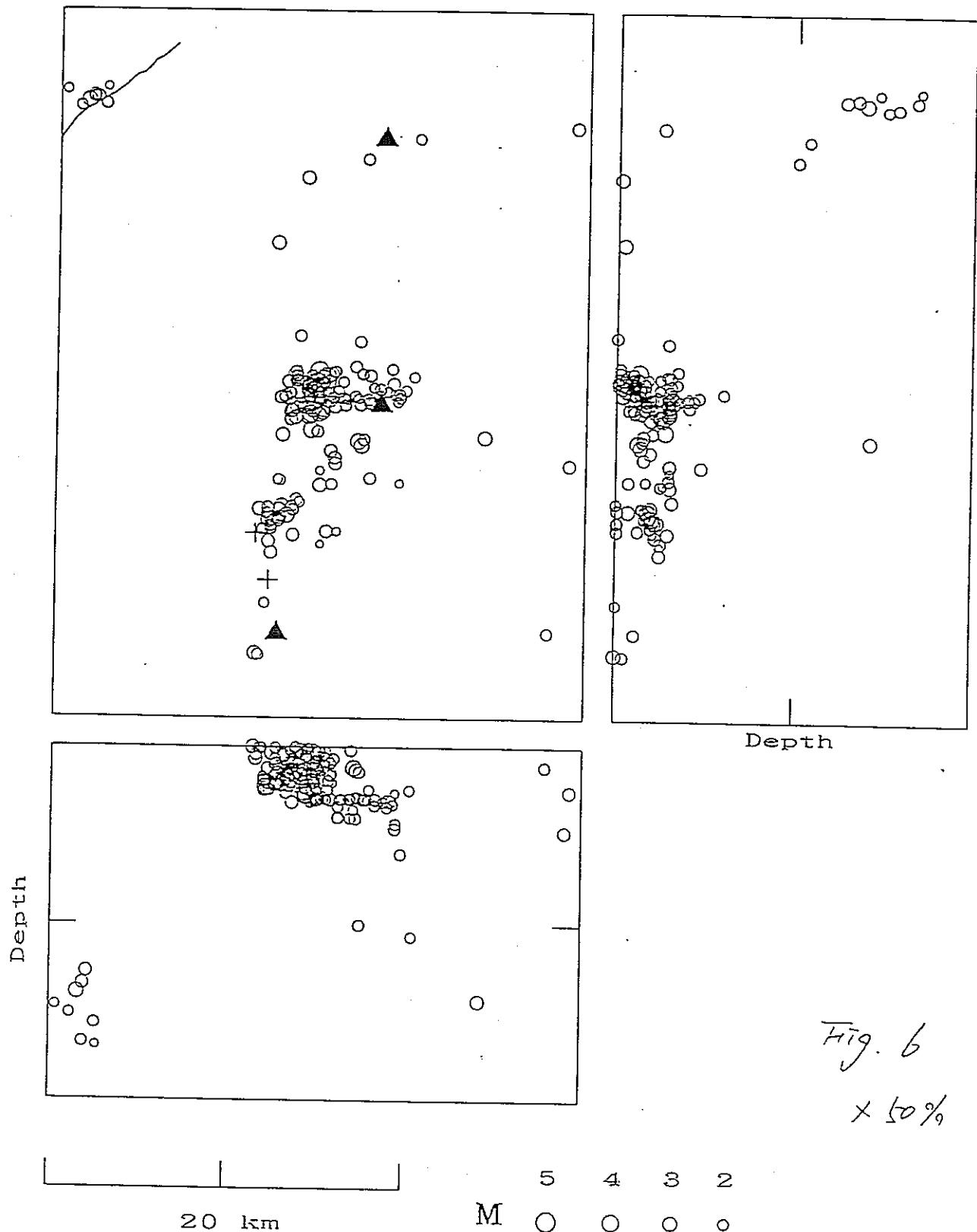
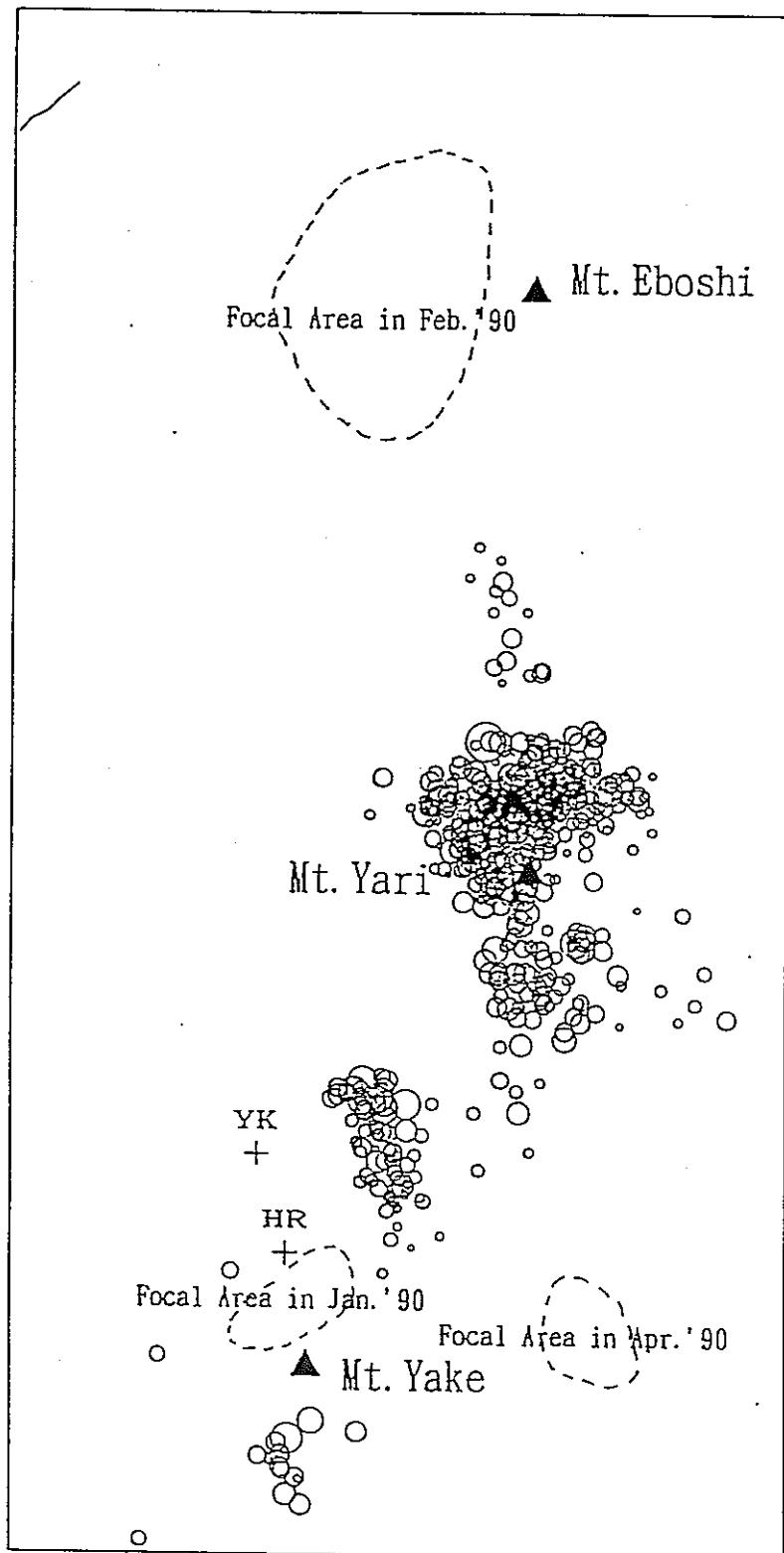


Fig. 6

$\times 50\%$

Hida Mounts. June'93-Jan.'94



5 4 3 2
M ○ ○ ○ ○

Fig 7

× (v %)

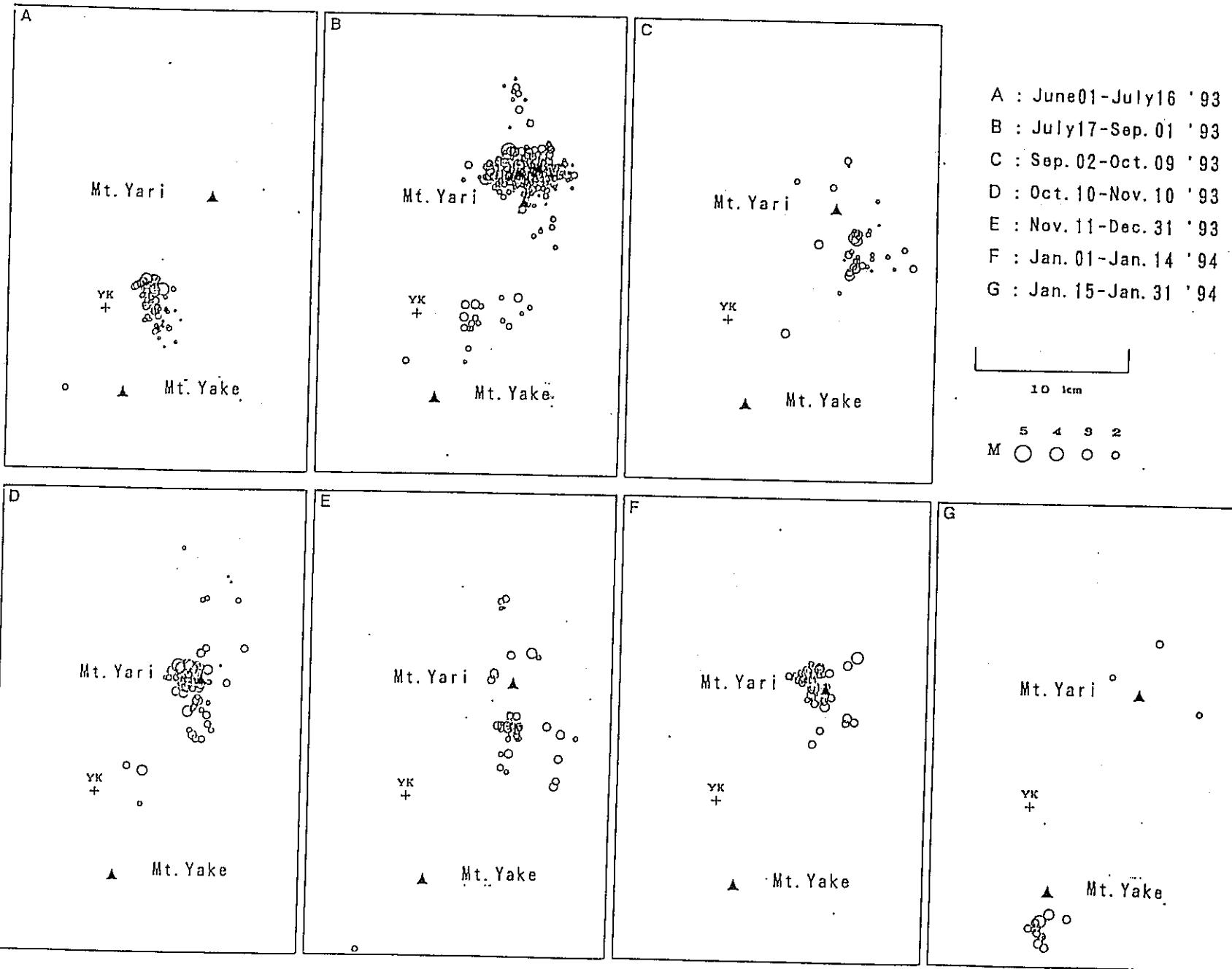
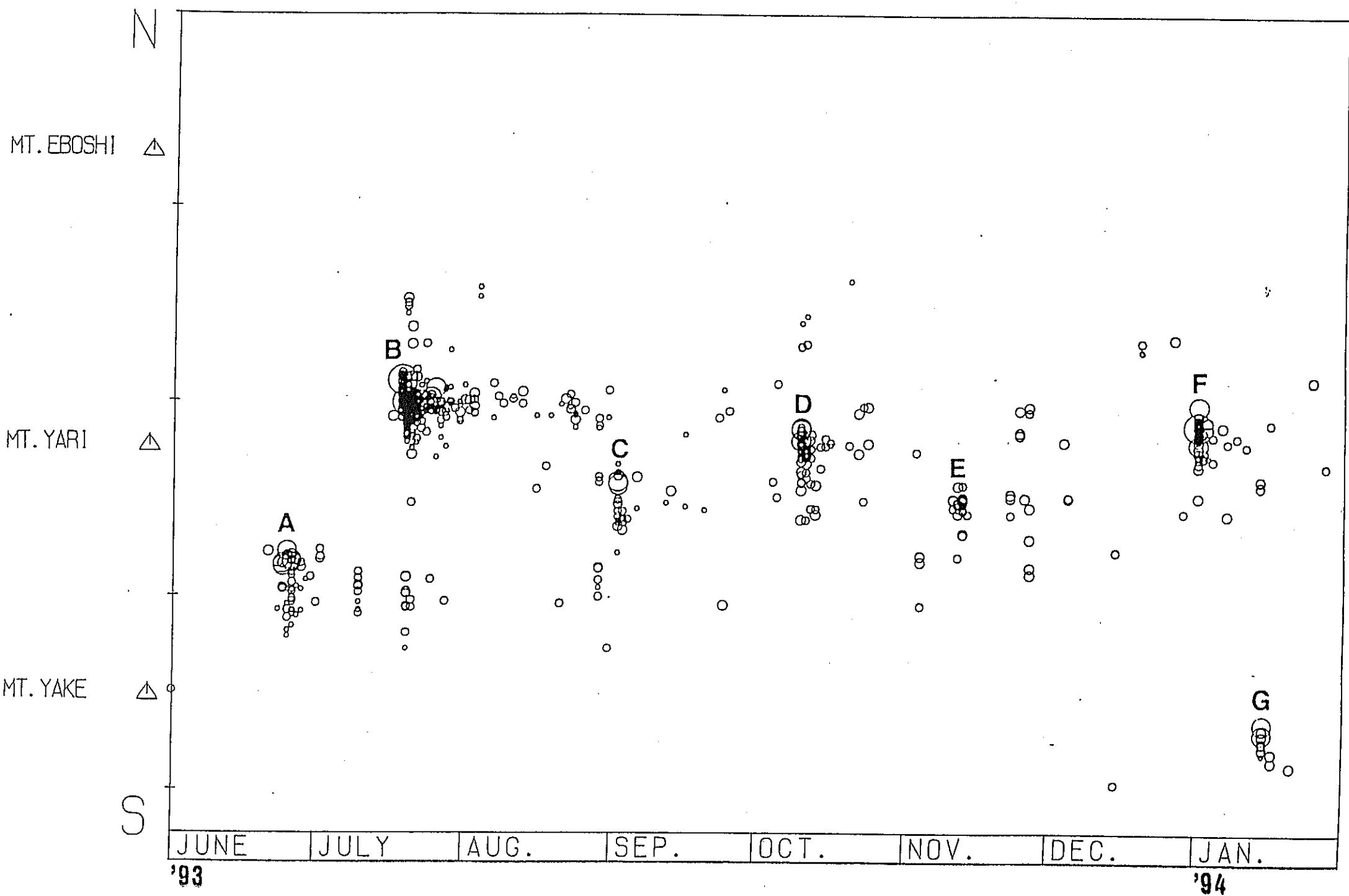


Fig. 8
x 50%

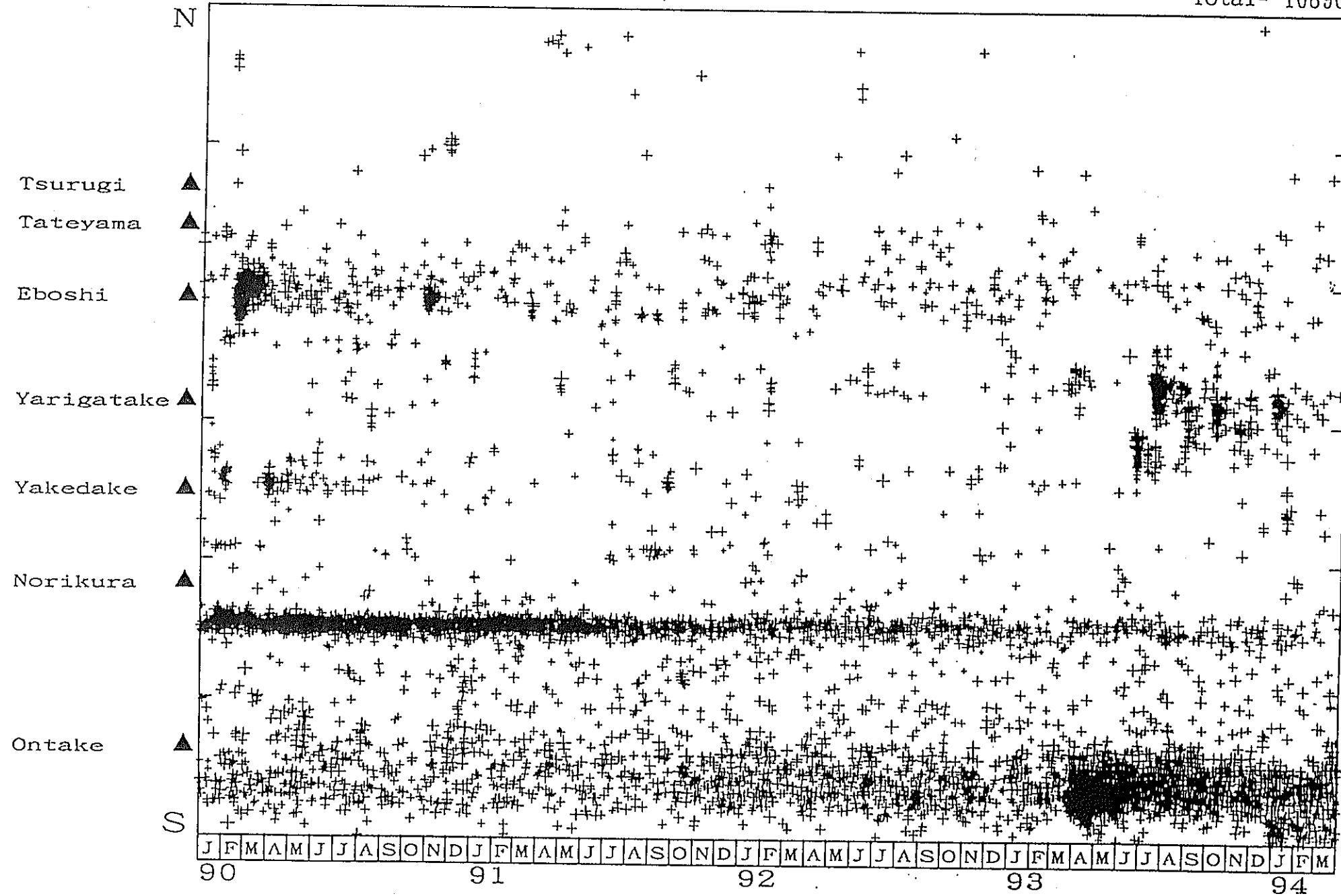
Fig. 9
x 40%



119.10
X 45%

Time-Space Distribution X (40 - 65)

Total = 10896



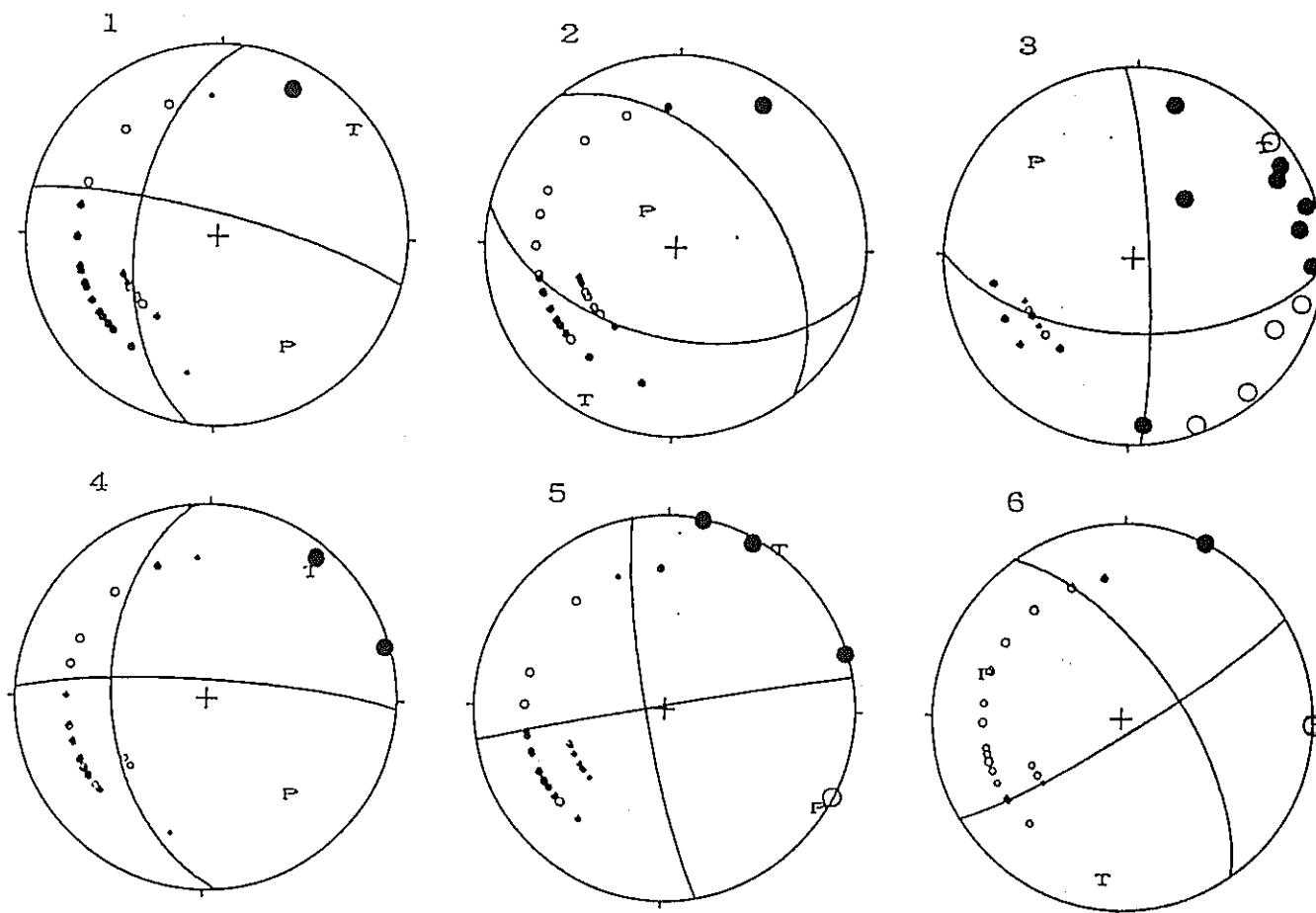
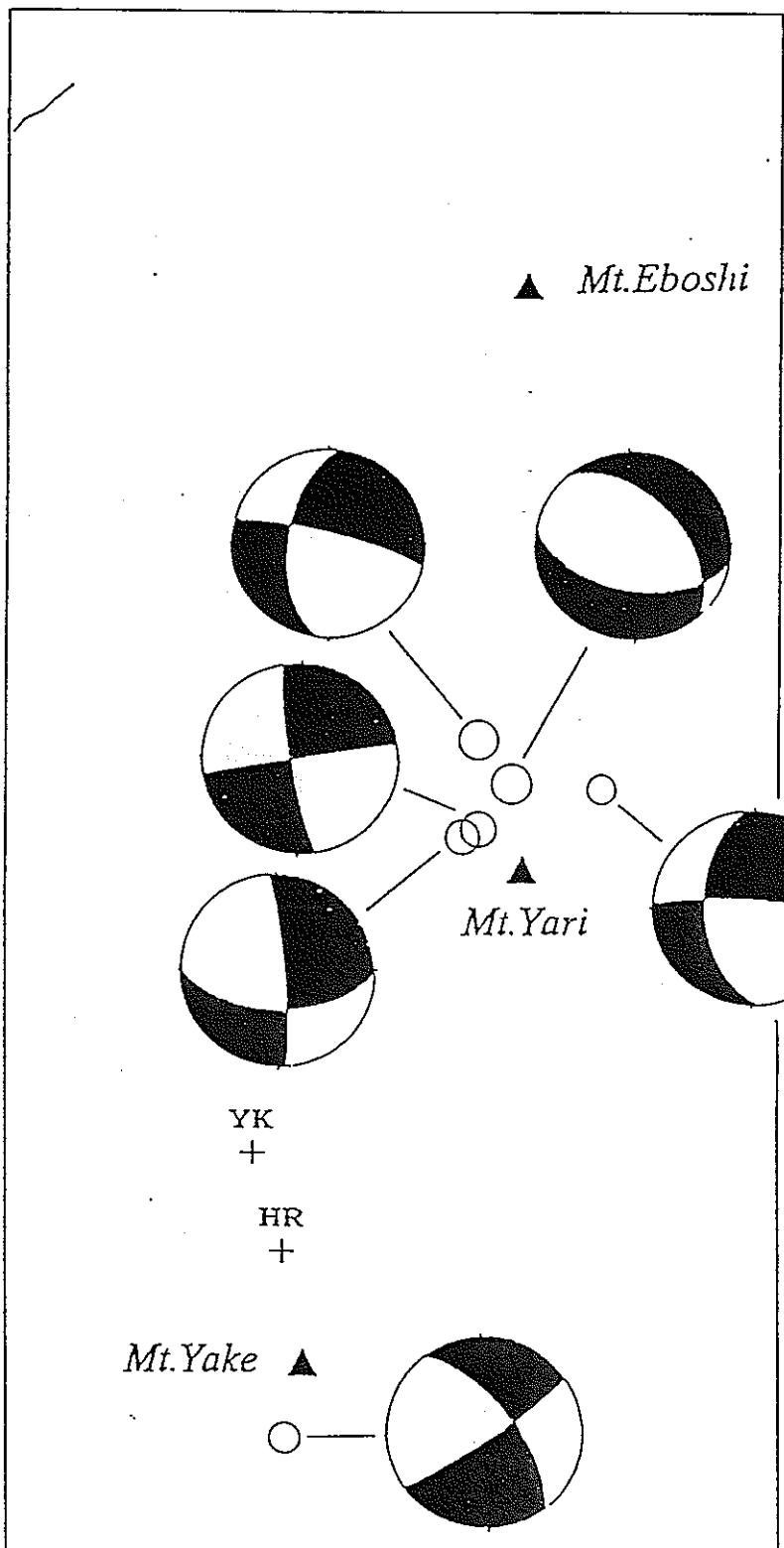


Fig. 11
x (%)

Hida Mounts. June' 93-Jan. '94

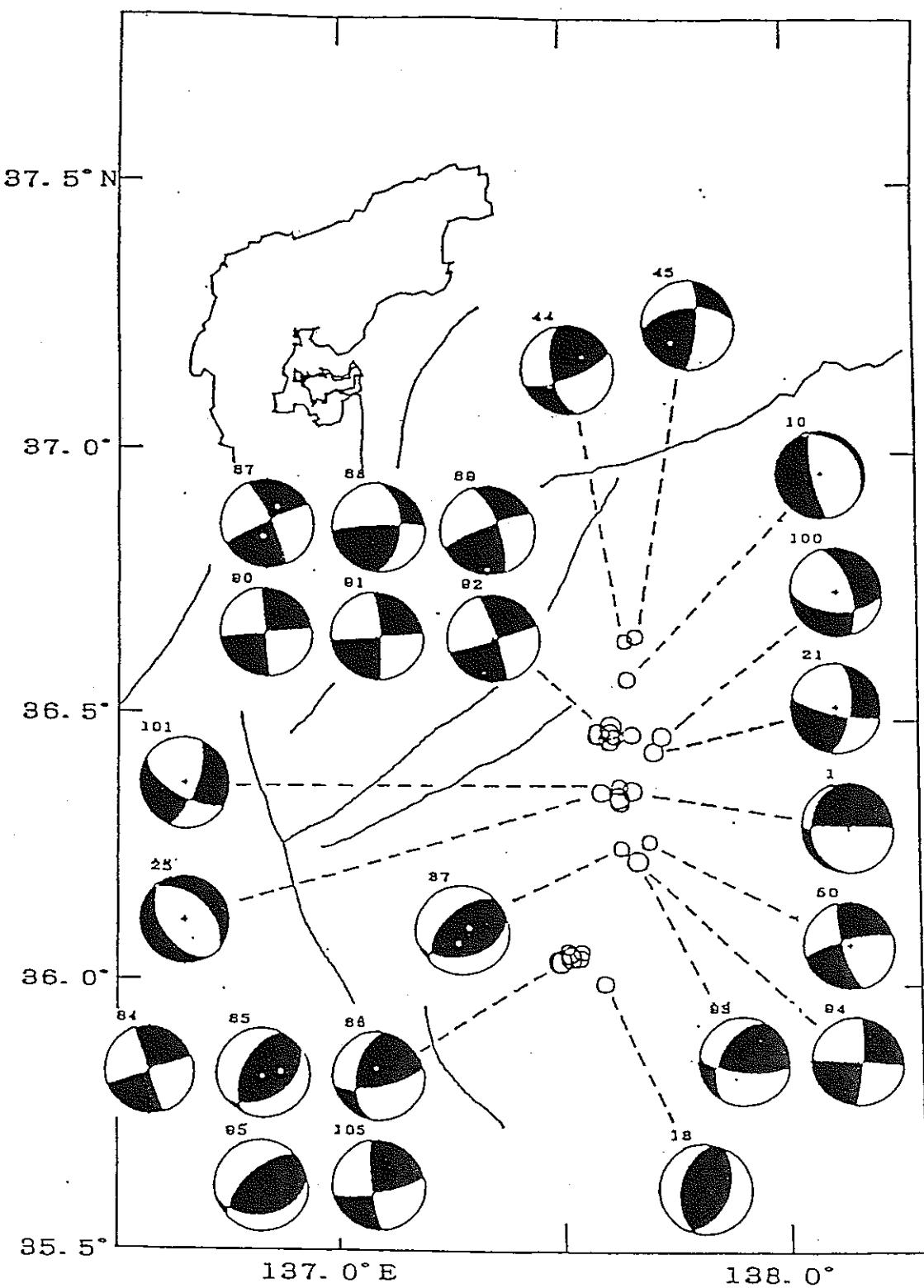


10 km

5 4 3 2
M ○ ○ ○ ○

Fig. 12

× 10%



M 6 5 4 3
 ○ ○ ○ ○ ○

Fig. 13
 x50%

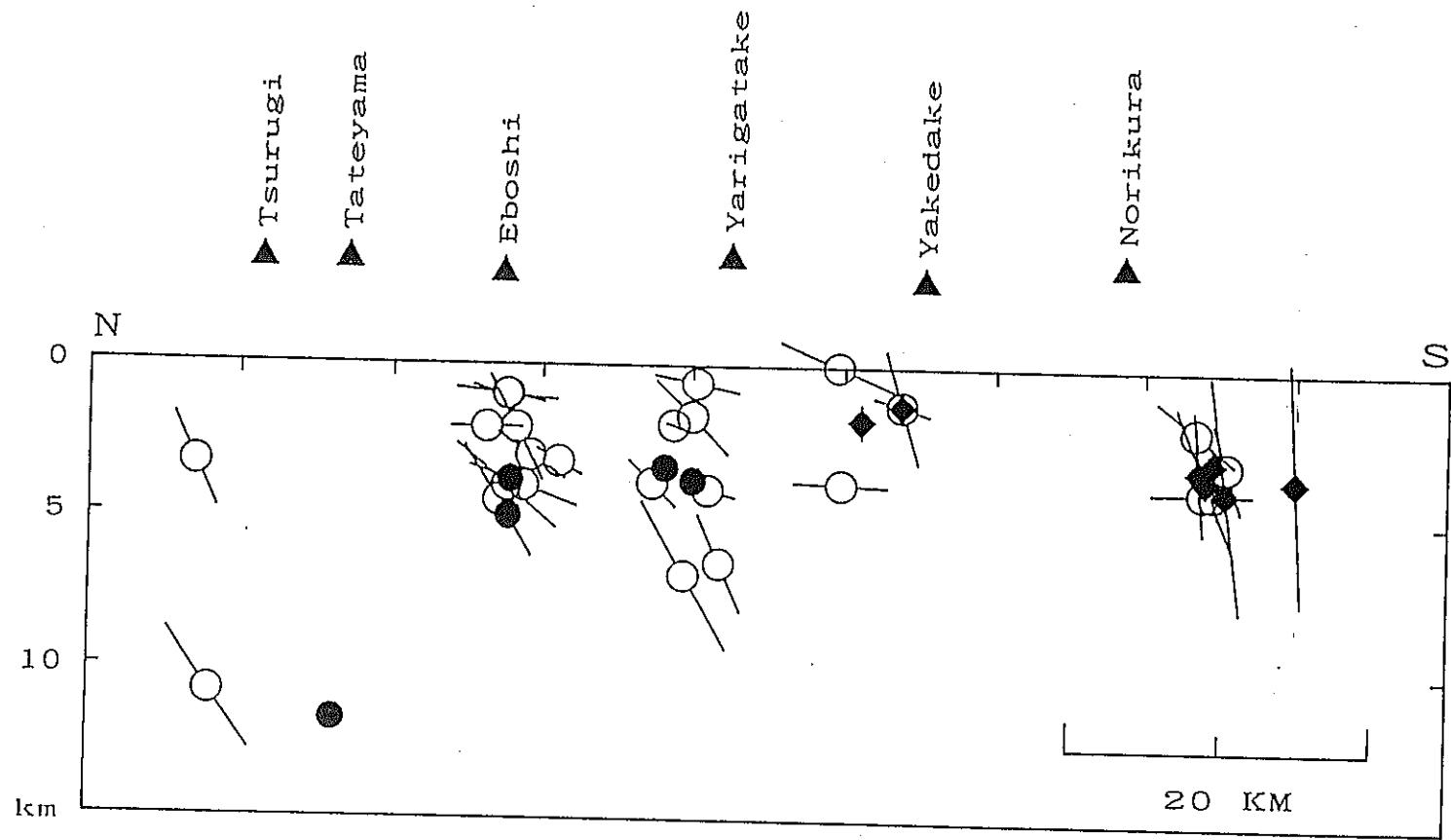


Fig. 14
x 60%

T-axis

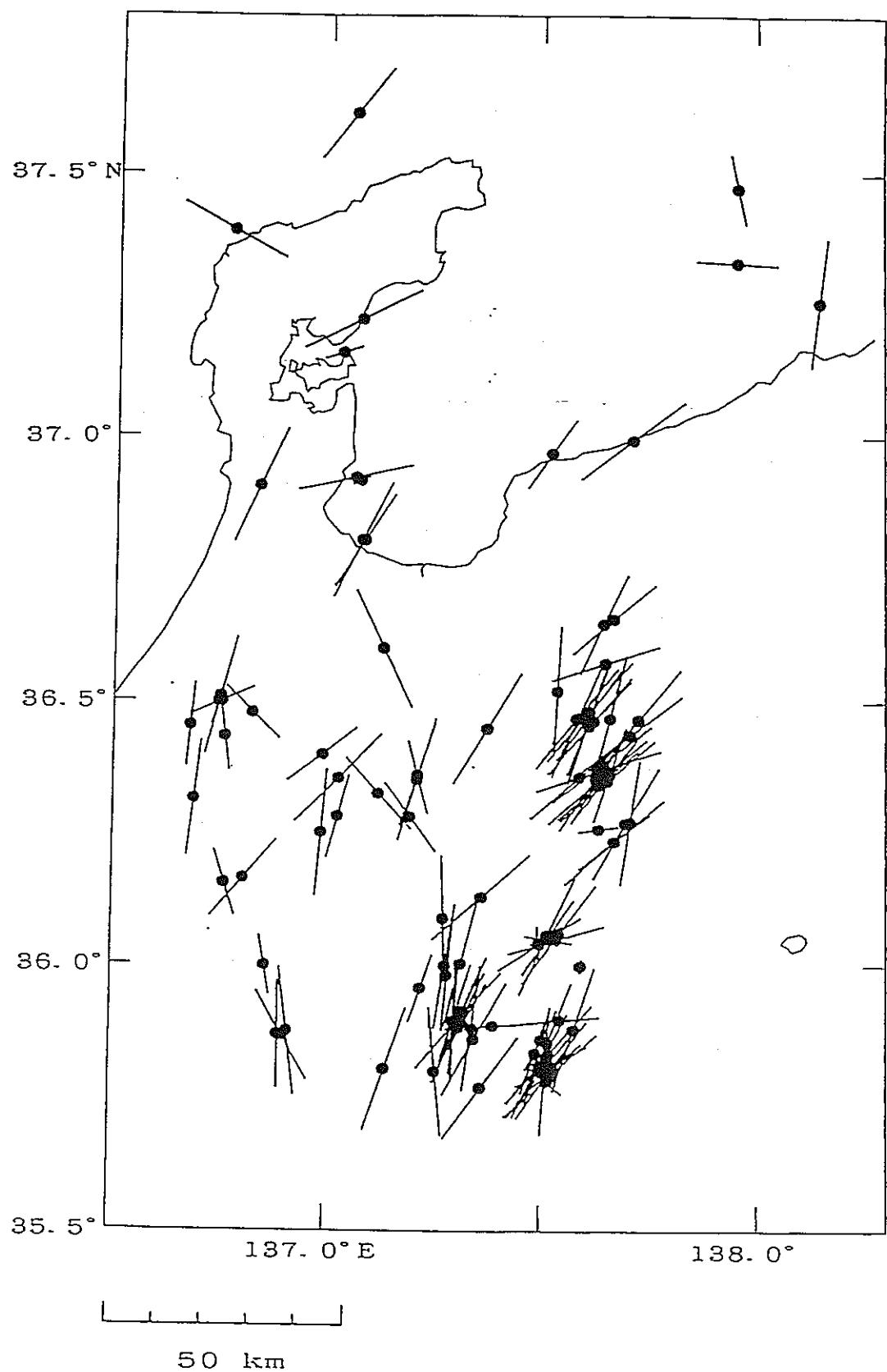


Fig. 15

X 50 %

P-axis

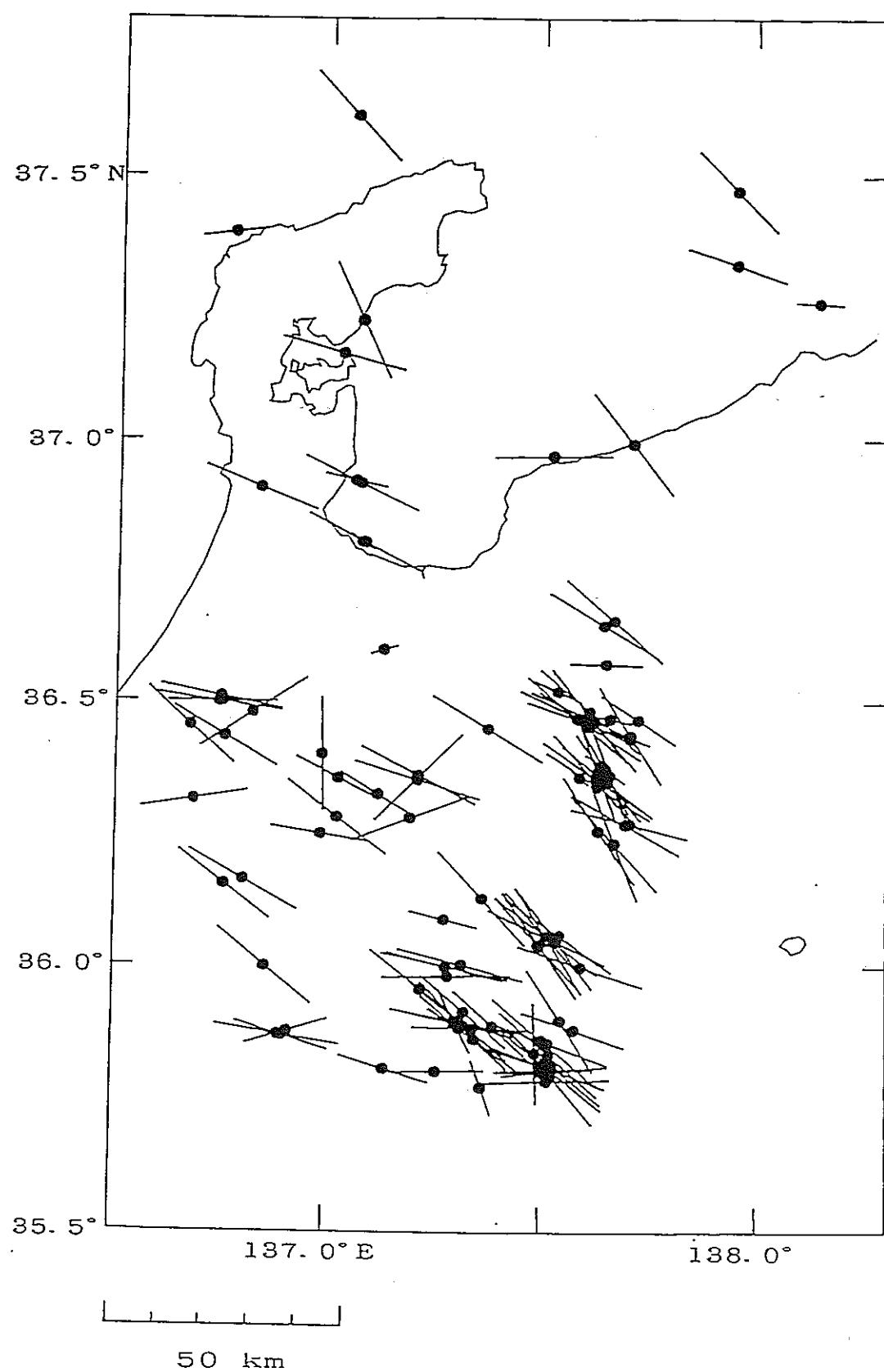


Fig. 16
x 10%