

鳥取—島根県境付近の地震活動

中尾 節郎・西田 良平・梅田 康弘

SEISMIC ACTIVITY ON THE BORDER OF TOTTORI—SHIMANE PREFECTURE

By *Setsuro NAKAO, Ryohei NISHIDA and Yasuhiro UMEDA*

Synopsis

Since the occurrence of 27 October, 1989 earthquake (M 5.3), the seismic activity on the border of Tottori-Shimane prefecture have become remarkably high. On the west side of Tottori prefecture, five earthquakes ($M \geq 5.1$) occurred along a line from southeast to northwest direction. This line with a length about 10 km may be an earthquake fault system in this area.

To obtain the accurate earthquake foci, portable seismic observation systems were temporally settled at six stations on the border of two prefectures. We found that the lower limit of earthquake distribution were about 12 km depth. The conspicuous "X" phases were found between P and S arrive on the seismogram for three stations. This phase may be a reflected wave from a liquid layer.

1. は じ め に

1989年10月27日の M 5.3 の地震発生¹⁾以来、鳥取県西部及び島根県東部においては、それまでに無かったほど高い地震活動となった。鳥取県西部における活動では北西—南東方向の線状配列が見られ、地下の地震断層も推定されている。この活動帯では1990年までに M 5 以上の地震が5回発生した²⁾。1991年8月27日にはこの推定断層の北西端で M 4.4 の地震が発生し、その10時間半後には西へ約 15 km 離れた島根県で M 5.9 の地震³⁾が発生した。この地震により、当地域で小被害が発生した。

鳥取—島根両県における上記地震発生以前の活動は、東は鳥取県中部から大山直下、西は三瓶山周辺の活動が目立っており、それらに比べるとその中間である当地域の地震活動は低調であった。従って1989年以降の上記一連の地震活動はとりわけ注目に値すべきものである。しかし、当地域は京都大学防災研究所地震予知研究センターの鳥取観測所と東京大学地震研究所の白木微小地震観測所、それぞれの観測網のはざまに位置し、観測体制の手薄な領域でもある。一方、当地域を含む鳥取県東部は地震予知における「特定観測地域」に指定されていることから、京大地震予知研究センターと鳥取大学は東大白木微小地震観測所や島根大学理学部地質学科の協力を得ながら、1992年から総合集中観測を実施した。

本論文では、まず当地域における長期間の地震活動を把握するため、鳥取観測所の観測網がテレメータ化された翌年の1977年からの地震活動を見ることにする。ついで、今回当地域に展開された臨時観測とその解析結果を述べる。特に、最近注目されている反射波が今回の密な観測網で発見されたので、このことについても述べたい。

2. 地震活動の長期的推移

1977年1月1日から1992年12月31日までの16年間の鳥取—島根県境付近の震央分布図を Fig. 1 に示した。島根県東部と鳥取県西部それぞれの地震活動の時間的推移を見るために、同図 a, b で示した領域毎に、 $M > 1.0$ の地震数の積算曲線を描いたのが Fig. 2 である。島根県東部 (a) では図中に矢印で示したように3~4年ごとに地震活動の高まりが見られる。このような活動の繰り返しの延長として、1991年8月に $M 5.9$ の地震が発生していることは地震予知の面からも注目すべき事実である。

鳥取県西部 (b) では1979, 1981, 1982年に小規模な活動があったものの全体としては低活動であった。1989年末から1991年には先に述べたように、この地域では比較的規模の大きい地震が発生し、その後余震と思われる活動が現在も続いている。

3. 地震活動の移動, 拡大

今回の一連の地震活動を示すため、1989年10月1日から1993年1月31日までの震央分布を Fig. 3 に、時空間分布を Fig. 4 に示した。時空間分布図の縦軸の A と B は Fig. 3 のそれに対応しており、A が北西端

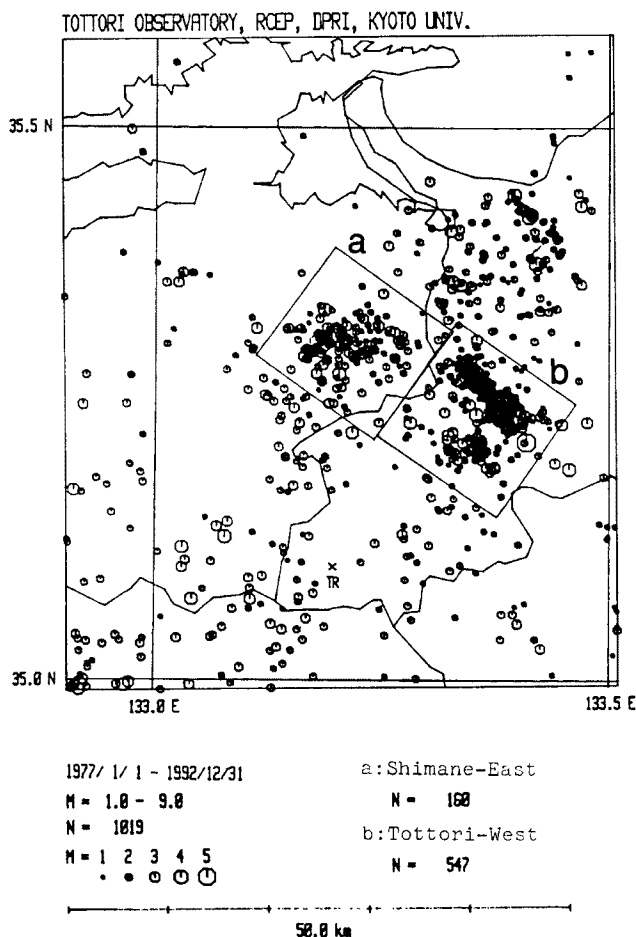


Fig. 1. Long term (1977-1992) seismicity map obtained from the network data of Tottori seismological observation.

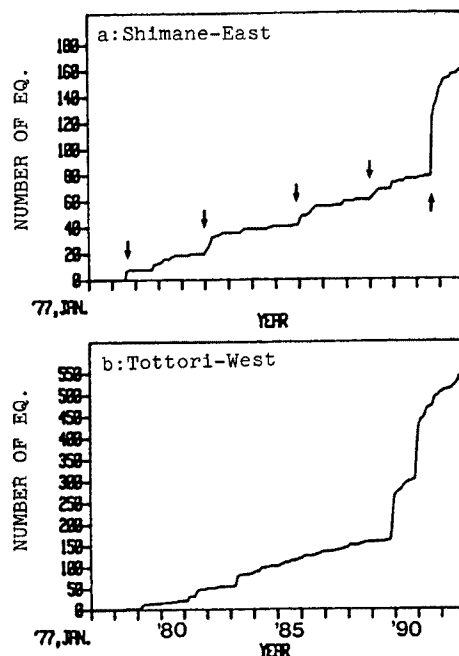


Fig. 2. Accumulation of occurrence number of earthquake ($M > 1.0$). East of Shimane (a) and west of Tottori (b) correspond to the area a and b in Fig. 1, respectively.

B が南東端である。Fig. 4から、およそ1年間隔で3回のイベントがあったこと、それらは南東から北西へと移動していった様子がうかがえる。

中尾・他⁴⁾は鳥取県の多くの地震活動を解析した結果、ある地震活動域に空白域が存在すると、次の地震活動はそれを埋め尽くすように発生することを見出した。今回の活動に関する震源移動や活動の拡大について、やや詳しい震源分布図 (Fig. 5) を基に説明する。Fig. 5-(a) は1977年から1989年9月30日、すなわち同年10月27日の M 5.3 の地震 (以降は単に1989年の地震と略す) 発生の27日前までの震源分布図である。図中網目の領域には、これ以降次々と M 5 クラスの地震が発生し、最終的には Fig. 3 で見たようにそれらの地震で埋め尽くされる。

Fig. 5-b は上記1989年の地震の27日前から、翌年10月31日、すなわち1990年11月21日 M 5.1 の地震 (以降は単に1990年の地震と略す) の21日前までの分布図である。この1989年の地震によって Fig. 5-a で網目を付けた低活動域の南東端が埋められた。この図で太線で囲んだ領域は次の、1990年の地震が発生する所である。

Fig. 5-c は上記1990年の地震の20日前から、翌年8月27日、すなわち1991年8月28日 M 5.9 の地震 (以降は単に1991年の地震と略す) の1日前までの分布図である。この1990年の地震によってさらに Fig. 5-a で網目を付けた低活動域の北西端が埋められた。この図でもまた太線で囲んだ領域は、次の1991年の地震が発生する所である。

その結果は Fig. 5-d で、期間は1991年の地震の1日前から1993年1月31日までを示した。鳥取県側では、南東から始まった活動が北西へと移動し、先にも述べたように1991年に北西端で M 4.4 が発生した10時間半後に島根県側で M 5.9 の地震が発生した。島根県側の地震活動の大半はその余震である。

4. 臨時観測の概要

地震の臨時観測は1989年の地震発生以降、断続的に行われていた (例えば、西田等³⁾)。前述のとおり、その後も当地における地震活動が異常に活発になったことから、諸機関の協力を得て1992年から Fig. 6 に示すように総合的な観測を行なっている。温泉水の温度や成分変化、あるいは地殻歪を測定する GPS 観測

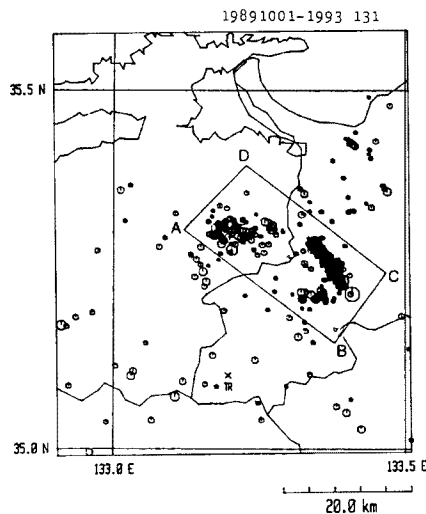


Fig. 3. Recent short term (1989–1993) seismicity map obtained from the network data of Tottori observation.

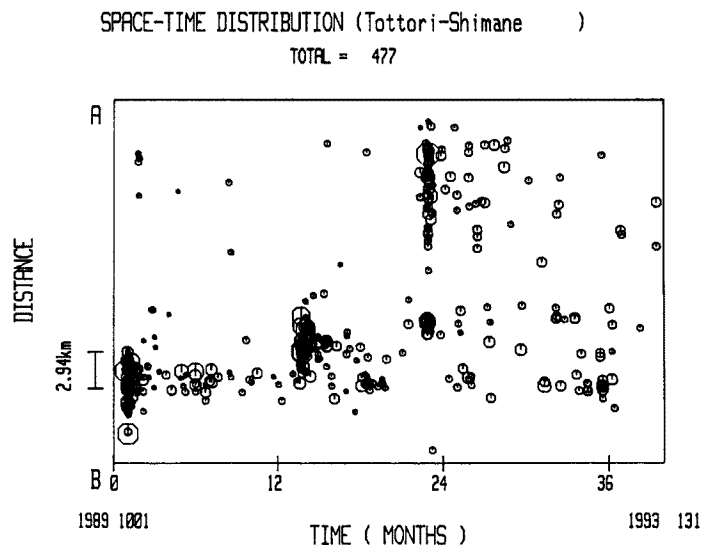


Fig. 4. Time-space distribution of earthquakes showed in Fig. 3

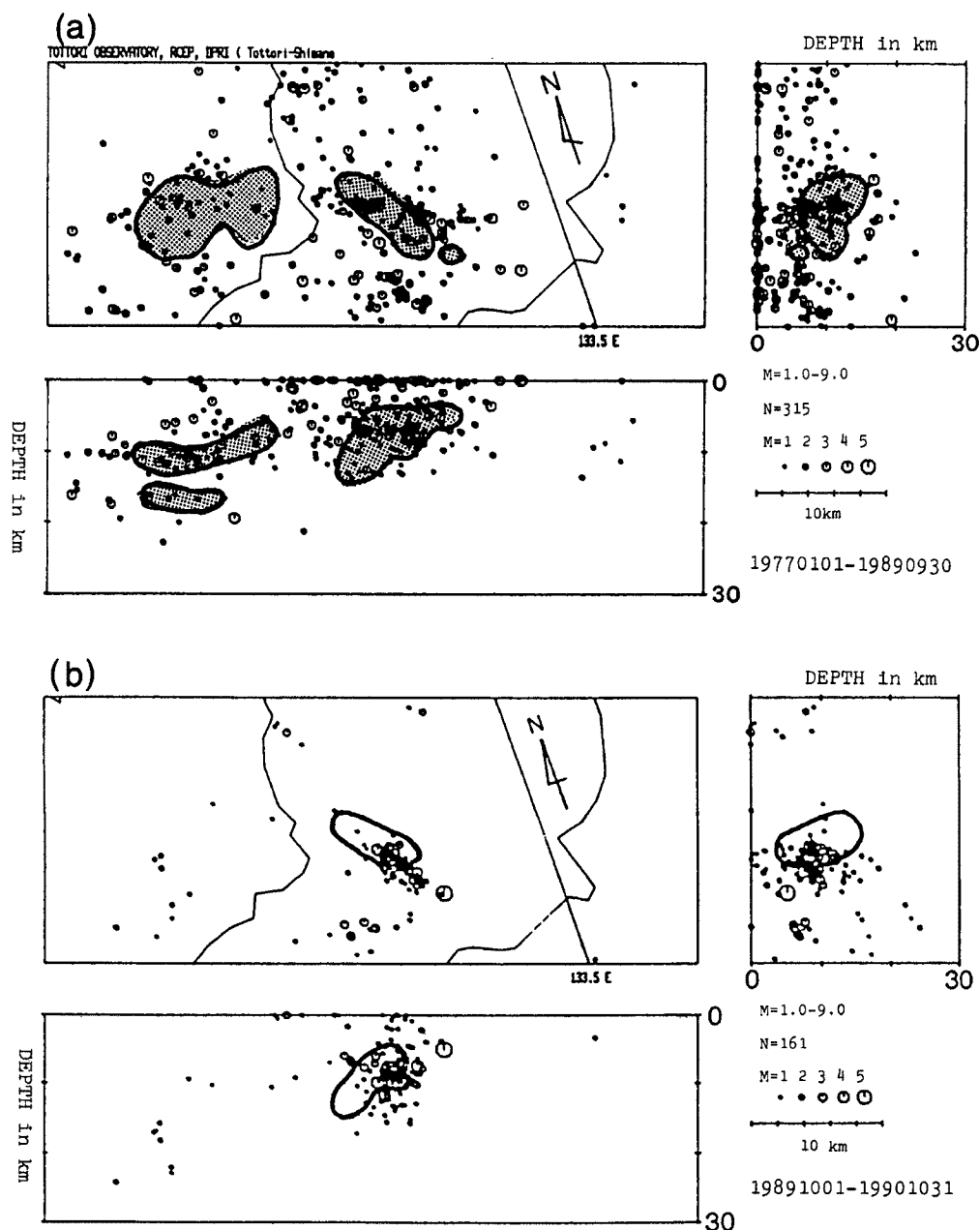


Fig. 5. Earthquake foci at each epoch. Shadow in Fig. 5-(a) indicates the area covered by following some events. The areas inclosed by thick lines in Fig. 5-(b), -(c) are occupied next events.

に関しては別途研究報告がなされる予定である。ここでは1992年5月から開始した地震の臨時観測網とその結果について述べる。

臨時地震観測点（図中黒丸印）は震源域を囲むように6カ所配置しており、それらの座標は Table 1 に記した。地震計は固有周波数 2 Hz の上下動1成分 (L-22D) で、波形収録には16ビット、デジタルイベントレコーダ (EDR-1000) を用い1 MB のフロッピーデスクに記録させている。内部時計信号に JJY 信号を重ね、再生読み取り時に時刻補正を行なっている。6観測点の内4点（広瀬、下中谷、宇波、菅沢）には可視記録装置 STR-100 も併設し、モニター記録として役立っている。震源決定に用いた地殻構造は Fig. 7-(a) に示

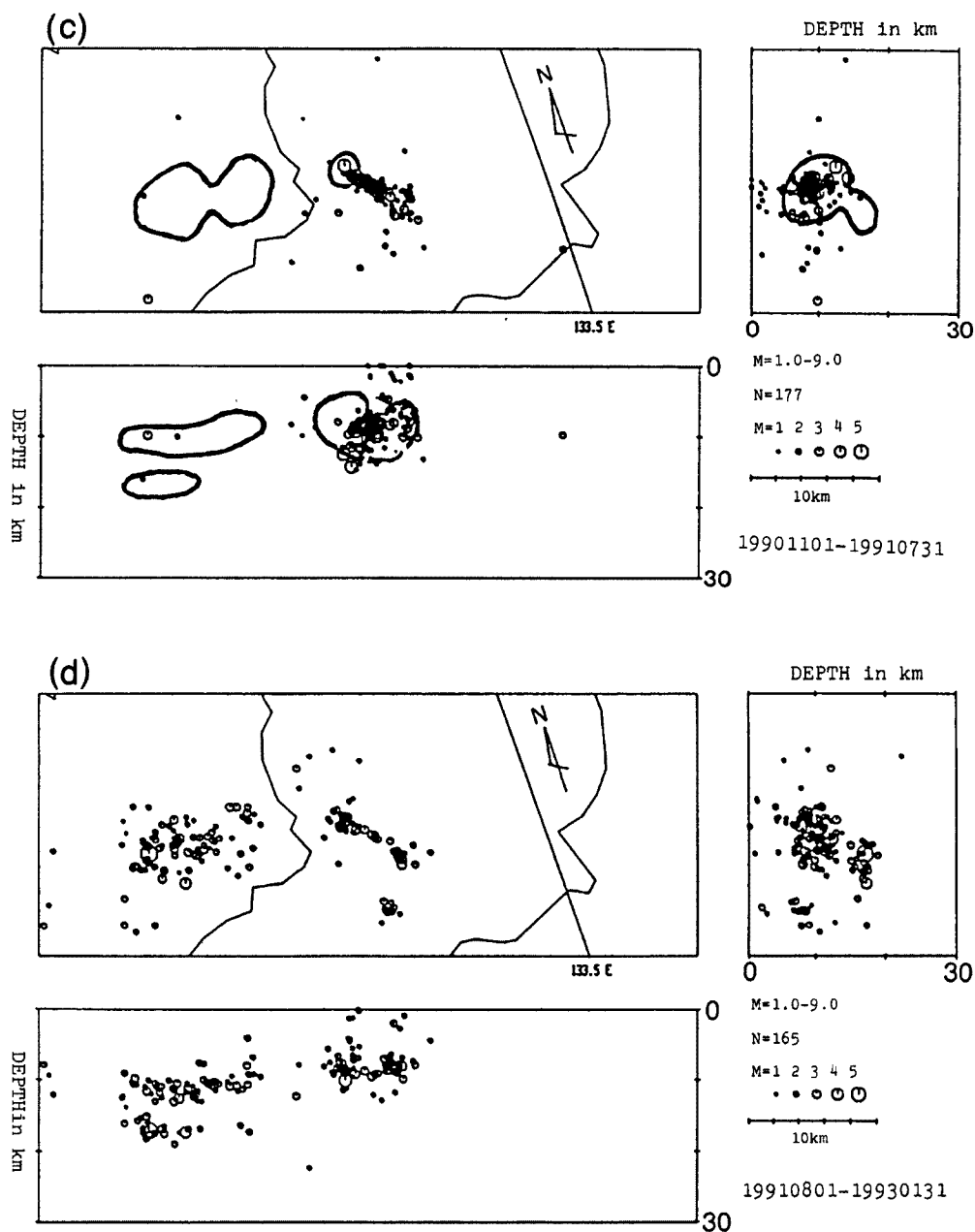


Fig. 5. (continued). Earthquake foci at each epoch. Shadow in Fig. 5-(a) indicates the area covered by following some events. The areas inclosed by thick lines in Fig. 5-(b), -(c) are occupied next events.

した。鳥取観測所のルーチンで使っている構造と少し異なるので、ルーチンのそれも合わせて同図 (b) に示してある。

5. 臨時観測の結果

臨時観測点の広瀬は1991年の地震 ($M 5.9$) 直後から観測しており、そこでの (S-P) タイムが3.0秒以下の月毎の地震数を Fig. 8 に示した。地震活動は順調に減衰しており、震源決定のための臨時観測6点によって

震源決定が可能となった1992年6月下旬にはかなり少なくなっていた。臨時観測によって求められた震源分布図を **Fig. 9-a** に示した。この図と同じ期間、同一領域のルーチン観測による震源分布図を **Fig. 9-b** に示し、以下に双方の比較をしながら地震活動の議論を進める。なお両図の断面図も同じ方向である。

観測された地震数は臨時観測では84個、ルーチン観測では43個であった。臨時観測の震源決定数が多いのは当然であるが、島根県側での決定精度が向上した結果、当地域での均質な震源データが得られている。またルーチン観測ではややぼんやりしていた地震のかたまり（地震の巣）が臨時観測の結果かなりはっきりしてきた。

震源の深さ分布について両者を比較すると、ルーチンでは全体として震源が深く、最近特に重要視されている地震の下限についてもかなり深い。また **Fig. 9-b** の北西—南東断面では北西側に震源が深くなっているように見えるが、観測精度が格段に良い臨時観測の結果ではこれらがすべて浅く決定され、また北西に向かって震源が深くなっているという事実もないことが判明した。**Fig. 5** の深さ分布図で島根県側の震源は全体として浅く見直す必要がある。又同図の (a), (d) で震源が2重になっているが、これは見掛けのものと思われる。

震源の深さ分布の精度、特に震源発生の下限を精度良く決めることが近年重要視されているのは次に述べる反射波・反射面とも関連して大地震発生の場合を示す情報として注目されているからである。

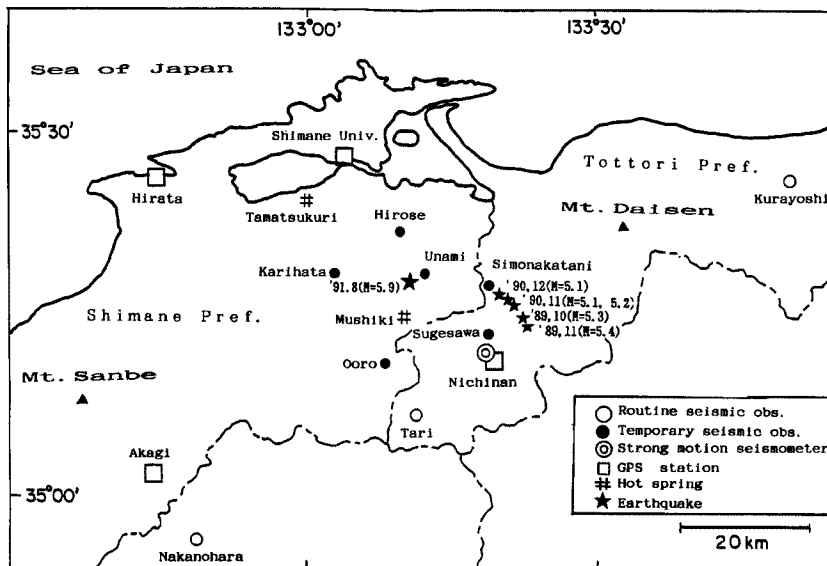


Fig. 6. Observation distribution and earthquake epicenters ($M > 5.1$)

Table 1. Station list.

Station	Code	Longitude	Latitude	Aititude (m)
Simonakatani	SNK	133°18'48.9"	35°17'32.5"	210
Sugesawa	SGS	133°19'17.0"	35°13'31.4"	420
Unami	UNM	133°12'37.0"	35°18'31.0"	210
Hirose	HRS	133°10'07.3"	35°21'53.0"	80
Ooro	ORO	133°08'11.8"	35°10'57.3"	350
Karihata	KHT	133°03'02.6"	35°18'23.3"	370

6. 記録上に見られる顕著な波について

臨時観測で得られた地震波形に興味あるフェイズが見られたので、波形を観測点毎にまとめて Fig. 10 に示した。波形に“X”と記したのがそれである。これらの震源はいずれも菅沢に近い地震の巣で発生したもので、Fig. 10 の地図中に黒丸 (E, Q) で示した所である。X フェイズは観測点広瀬の波形に最も顕著に表れ、P 波と S 波の中間付近に P 波より大きく S 波と同じか少し大きい振幅となっている。広瀬ほど顕著ではないが、同様の波は下中谷、菅沢、宇波でも確認できる。一方、観測点刈畑、大呂でははっきりしない。

いずれも上下動 1 成分だけの波形であるので、波の性質まではわからないが、地殻内のある層からの反射波ではないかと思われる。波の種類などの確認は近々 3 成分の群列観測を実施して確認する予定であるが、もし近年注目されている地殻内の溶融体からの反射波^{5),6)} だとすると非常に興味深い。震源から北西方向の観測点広瀬の波形に顕著に現われていることから、菅沢—広瀬の中間付近に反射効率の良い面が存在すると

説明に都合良い。ちょうどこの付近、観測点宇波の近傍が今回の最大地震、すなわち 1992 年の M 5.9、の震央でもある。先に述べた大地震発生場との関係に関心の持たれる所である。

7. ま と め

鳥取・島根県境付近では 1989 年 10 月以来 1992 年 8 月までに M $\geq$ 5 の地震が続けて 6 回も発生した。当地域ではこれまでにない異常な地震活動であった。鳥取観測所のルーチン観測網による震源分布を過去 16 年間にわたって調べた所、通常地震活動から見てやや低活動な領域を埋め尽くすように、次々と M 5 クラスの地震が発生していったことがわかった。

しかし、この地域が観測網の外れであり、震央はまだ良いとしても震源の深さについては十分な精度が得られていなかった。震源域に臨時の 6 観測点を配置し震源決定精度を向上させた。その結果全体として震源が浅く求まったこと、また北西側に震源が深くなるというルーチン観測

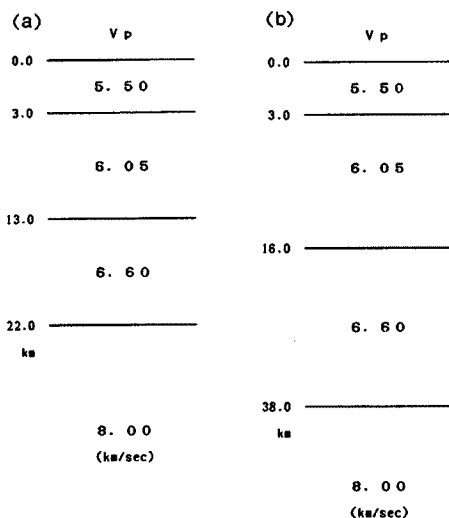


Fig. 7. Crustal structure for determination of earthquake foci. (a) and (b) is the structure used for this study and routine work, respectively.

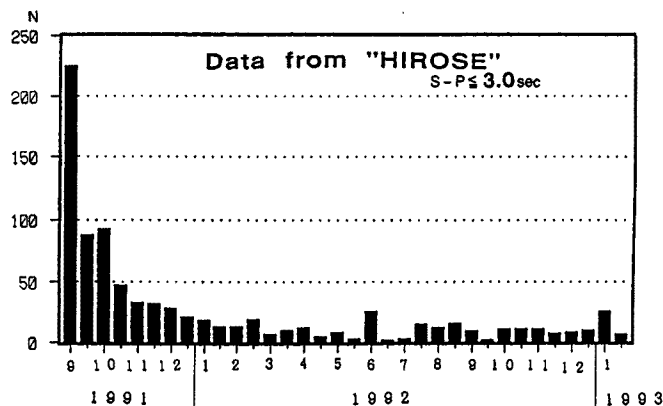


Fig. 8. Monthly number of earthquake at Hirose station.

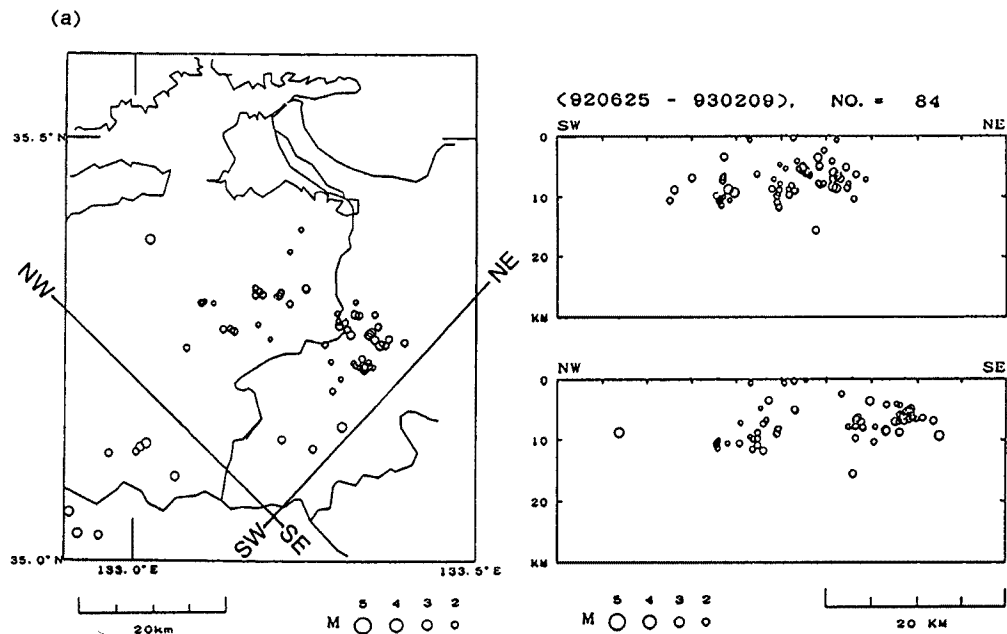


Fig. 9-(a). Seismic foci determined by temporary observation.

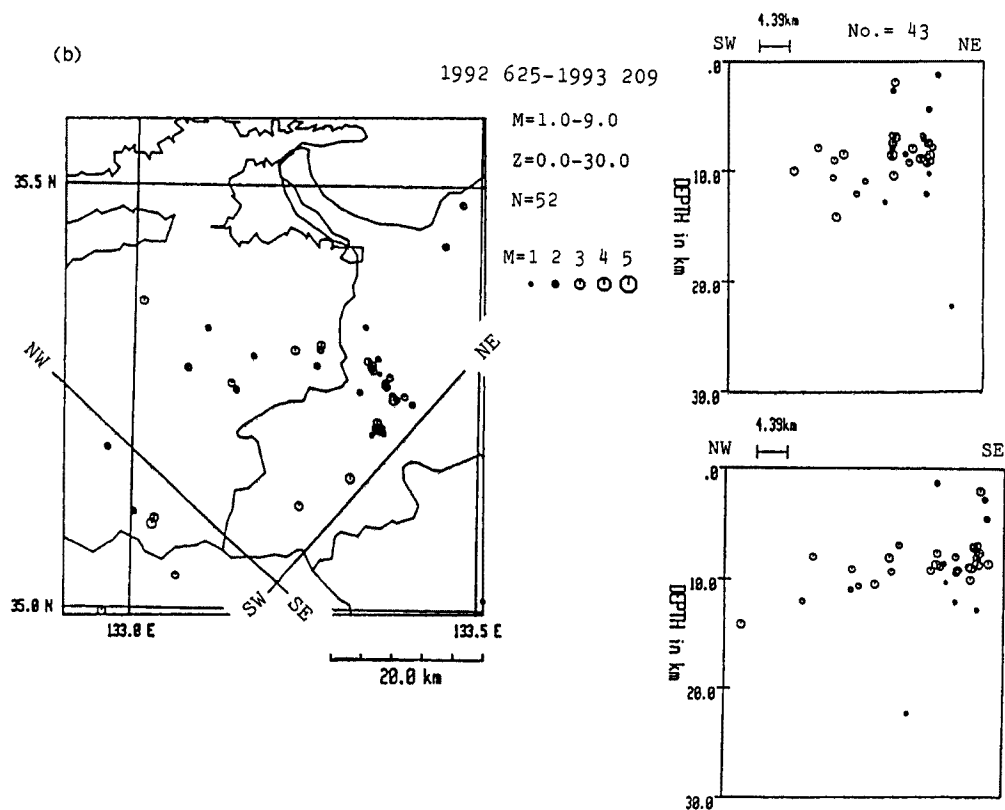


Fig. 9-(b). Seismic foci determined by routine observation.

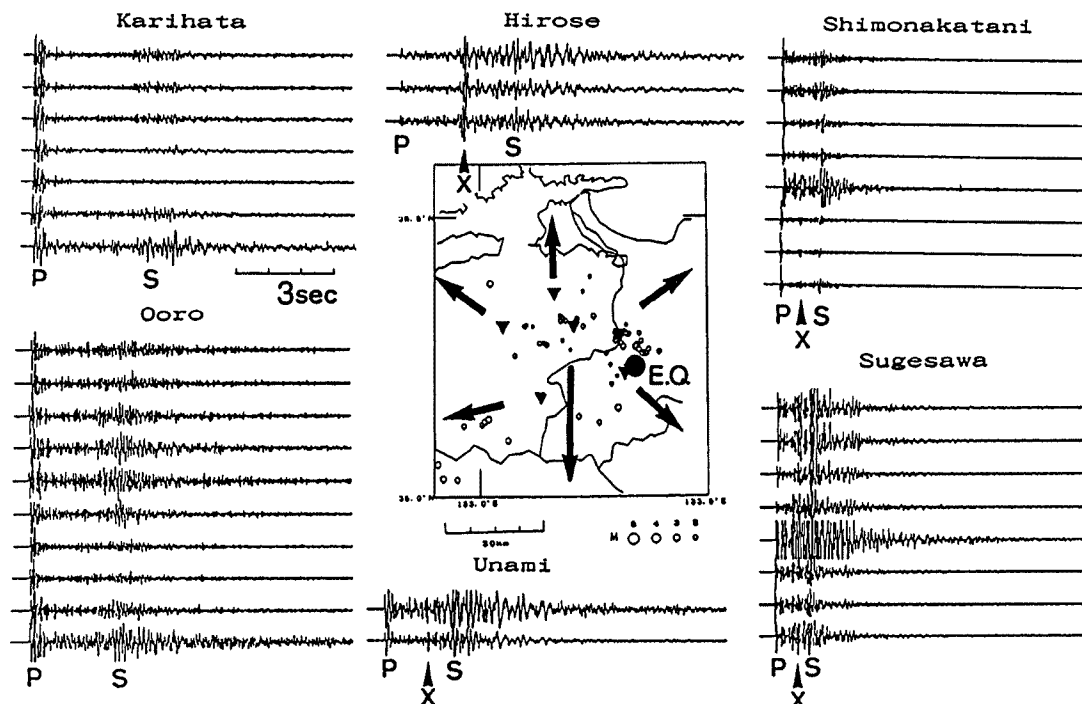


Fig. 10. Some examples showing "X" phase.

の結果は見掛けのものであることがわかった。

やや密な臨時観測の結果、地殻内反射面からのものと思われる顕著なフェイズが見つかった。まだ波の種類などは不明であるが、地殻内溶融体からの反射波だとすると、大地震発生場を議論する上で非常に興味深い。近々3成分地震計による群列観測を実施し、この種の研究を進めたいと考えている。

謝 辞

震源決定を含むデータ処理に関するソフトは京大防災研究所地震予知研究センターの伊藤潔先生が開発されたものを使わせていただいた。このソフトの利用についてもご指導いただきました。各観測点並びに当観測実施に当たっては以下の方々に多大のご協力を戴きました。菅沢（宮本宏巳様、建設省菅沢ダム管理所の八田育滋様、職員の皆様）、下中谷（長尾 保様）、広瀬（石田精悦様）宇波（岩田俊治様）、大呂（清水勇様）、刈畑（安達健様）。松江測候所、米子測候所、広瀬町役場、日南町役場、島根大学理学部の徳岡隆夫先生、石賀裕明先生。鳥取大学教育学部の森健彦様、京都大学防災研究所の小泉尚嗣、松村一男、中村佳重郎、渋谷拓郎、の各先生及び斎田市三技術長。この観測研究費の一部に東京海上各務記念財団から助成金を戴きました。厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 西田良平・渋谷拓郎・中尾節郎・小泉尚嗣・竹内文朗：1989年鳥取県西部の群発地震について、地震学会講演予稿集，No. 1, 1990, p. 95.
- 2) 渋谷拓郎・西田良平・中尾節郎・竹内文朗・小泉尚嗣・塩崎一郎：鳥取県西部の群発地震（1989年，1990年）について、地震学会講演予稿集，No. 1, 1991, p. 18.

- 3) 西田良平・渋谷拓郎・小泉尚嗣・松村一男・中尾節郎・竹内文朗：鳥取―島根県境付近の地震活動（1991年8月27・28日の地震），地震学会講演予稿集，No. 2, 1991, p. 29.
- 4) 中尾節郎・渋谷拓郎・西田良平・佃 為成・尾池和夫：地震活動帯における空白域と地震発生の関係について，防災研究所年報，34号，B-1, 1992, pp. 231-251.
- 5) 伊藤 潔：地殻内地震の下限と内陸大地震，内陸地震―発生の場合と物理―，1992, p. 47-52.
- 6) 松本 聡・長谷川昭：自然地震の反射 S 波による地殻不均質構造の推定，内陸地震―発生の場合と物理―，1992, p. 63-66.