

三重県飯高町西部の群発地震活動

中村正夫*・瀬戸憲彦*・北浦泰子*・田上貴代子*

Earthquake Swarm Activity beneath the Western Part of Iitaka Town, Mie Prefecture

Masao NAKAMURA*, Norihiko SETO*, Yasuko KITAURA* and Kiyoko TAGAMI*

Abstract

In the end of January 1999, seismic swarm began suddenly in the western part of Iitaka town, Mie prefecture. This activity continues to the present as of August 2000. We detected many earthquake swarms by routine observation. In addition, we installed temporary observation network to determine focal depth with precision in this area in March 1999. This paper reports those seismic activities during the period from January, 1999 to the present as of August, 2000.

Key words : Seismic activity, Earthquake swarm, Focal depth, Sanbagawa metamorphic rock

はじめに

1999 年 1 月 24 日に始まった三重県飯高町森地区近傍の地震活動は、翌 2 月には M3 クラスの地震を含む群発活動となり、震央付近では有感地震も多く発生するようになった。以後、消長を経ながら 2000 年 8 月現在もなお活動が続いている。この間に周辺部のやや孤立した活動を含めいくつかのクラスターに分類されるとともに、相互の活動相関など顕著な時間、地域変化が見られた。地形的には高見山、大台ヶ原山に代表される台高山脈の北部地域にあたり、地質的には中央構造線の南側に分布する三波川変成岩帯に大半が含まれ、南端部は秩父帯におよんでいる。紀伊半島東部の地震活動は従来は比較的低調で、今回の長期継続型の群発地震活動は、少なくとも微小地震観測が始められた 1960 年代以降では最初でしかも異常に顕著なものである。また有感地震発生数から考えても、紀伊半島各地の有感地震報告が始められた 1890 年代末から 1998 年までの約 100 年には見られなかった珍しい活動である。今回の活動の特徴を見極めるため、1999 年 3 月の震域近傍での予備観測に続き衛星無線と地上無線を利用した臨時観測網を設置し

た。これまでに出版されている結果に今回得られた資料を加え、広域地震活動の空間分布との関係、過去の近傍活動との関係、活動変化の特徴について検討する。

三重県飯高町および周辺地域の過去の地震活動

1. 過去の地震資料、観測網

紀伊半島東部の地震観測資料は図 1 に示す観測網によって得られたもので、1889 年、津、尾鷲測候所が開設され有感地震報告が始まるまでの資料としては古文書によるものしかなく、近傍観測点の計測資料としては 1897 年、八木（檀原）測候所に普通地震計が導入されて以後のことである。更に 1960 年代に大学関係の高感度観測網が整備され微小地震観測が始まるまでは、気象庁関係の旧観測点しかなく、中、小地震の震源が求められているのは八木、津測候所に加え 1912 年潮岬、1939 年尾鷲測候所の地震観測が始まって以後のことである。

図 1a には、紀伊半島と周辺部の臨時点を含めた現在の観測網を示し、比較のため気象庁関係の旧観測点（数字は観測開始年と終了年）を加えている。図 1b は今回の活動域近傍の観測点配置であり、活動開始当時、気象庁の処理には紀伊長島（KING）に基盤観測点である東吉野（HYSH）、川上（KAWH）、名古屋大学の観測点である美杉（MSG）の震源を囲む 4 点が主として用いられていた。

2. 過去の地震活動

紀伊半島および近傍地域の歴史上の被害地震分布は図 2

2000 年 10 月 16 日受付, 2000 年 10 月 30 日受理.

* 東京大学地震研究所地震地殻変動観測センター和歌山地震観測所.

* Wakayama Seismological Observatory, Earthquake Observation Center, Earthquake Research Institute, University of Tokyo.

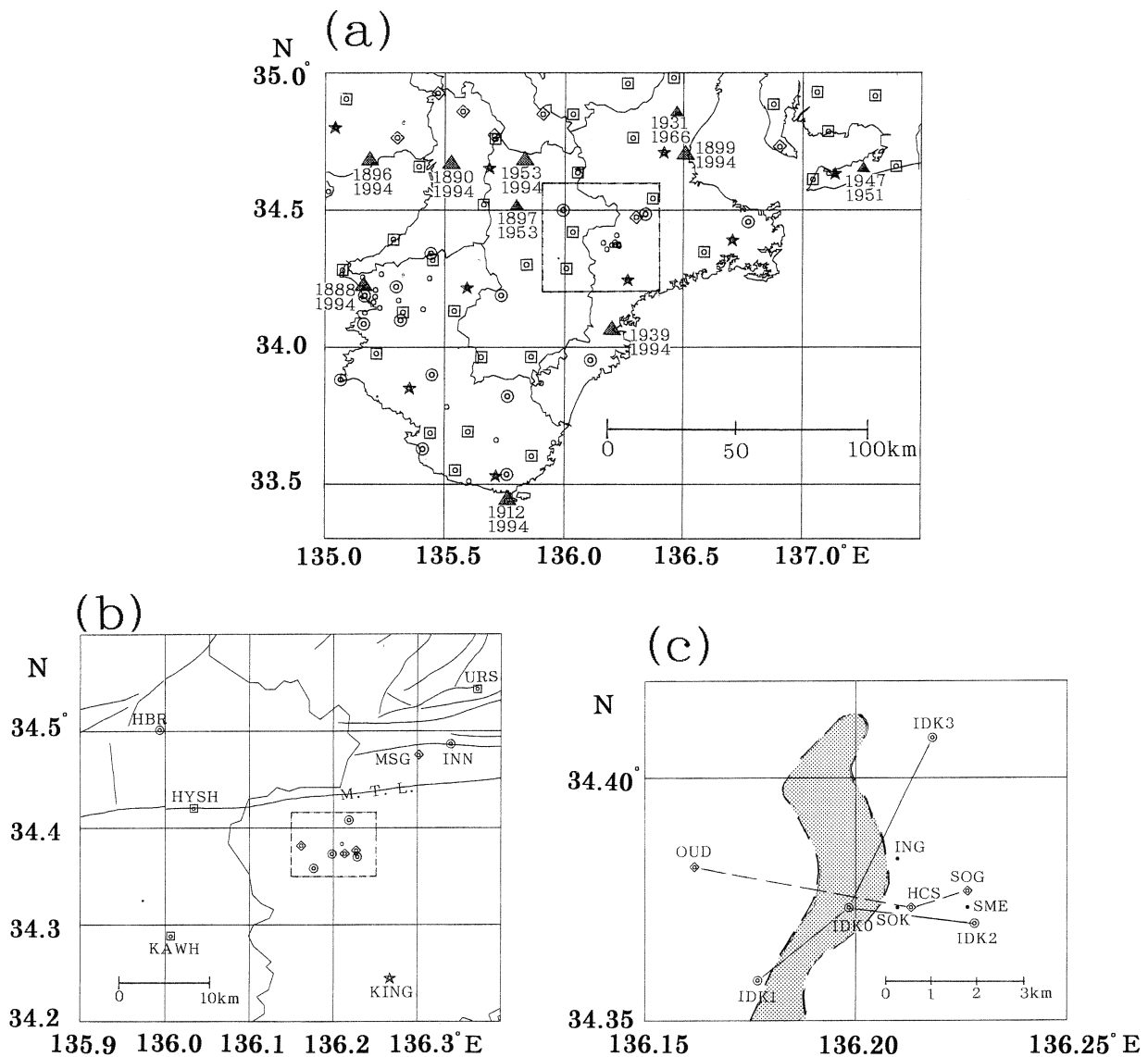


図 1. 紀伊半島周辺部の過去および現在の地震観測点分布：(a) 紀伊半島周辺部の地震観測点分布，(b) 三重県飯高町群発地震地域周辺観測網（a 図の四角で囲んだ地域），(c) 今回設置した臨時観測網（b 図の四角で囲んだ地域。破線で囲んだ灰色領域は今回の主な群発活動域を示す。）（詳細は図 8 に示す）。▲：気象庁関係の旧観測点（数字は上：開始年，下：終了年を示す。小▲は短期間のみの点）★：気象庁地震観測点（主に 1994 年以降に設置された）◎：和歌山地震観測所固定観測点（主に 1965 年以降設置，途中一部移設変更あり）○：和歌山地震観測所臨時観測点 ◇：京都大学および名古屋大学の観測点 □：基盤観測点（防災科学技術研究所）

(宇佐美, 1996) に示したものであるが，今回の活動地域とその周辺にあたる紀伊半島東部内陸部については熊野，大和などの大きな地方名の地震はいくつか収録されているが，特に顕著な被害地震は含まれていない。また，計測地震資料としては主に図 1a に示した気象庁関係の旧観測網によるものがあるが検知能力は低く，1965 年地震研究所による高感度観測資料による解析処理が行われるまでは殆ど M3 以上の有感クラスの地震しか把握されておらず，特に顕著な被害地震の報告例はない。なお，1902 年 7 月の奈良県宇陀郡の地震では若干の被害を伴ったことが報告されて

いるが（中央気象台，1902；中村，1978），局地的な地震で推定規模も M4.5 程度であったためか，気象庁の日本付近の主な地震の規模表（1952）には収録されていない。1925 年以前についてはこのような例もあるが，今回話題となったような群発地震活動を示唆する資料は見つかっていない。

図 3a は気象庁改訂震源結果による 1926～1997 年の 72 年間の地殻内部と思われる地震の震央分布図である。1960 年代以前は深さの精度に疑問があるため 30 km 以浅の地震を全て示したものであるが，やはり目だった地震はなく

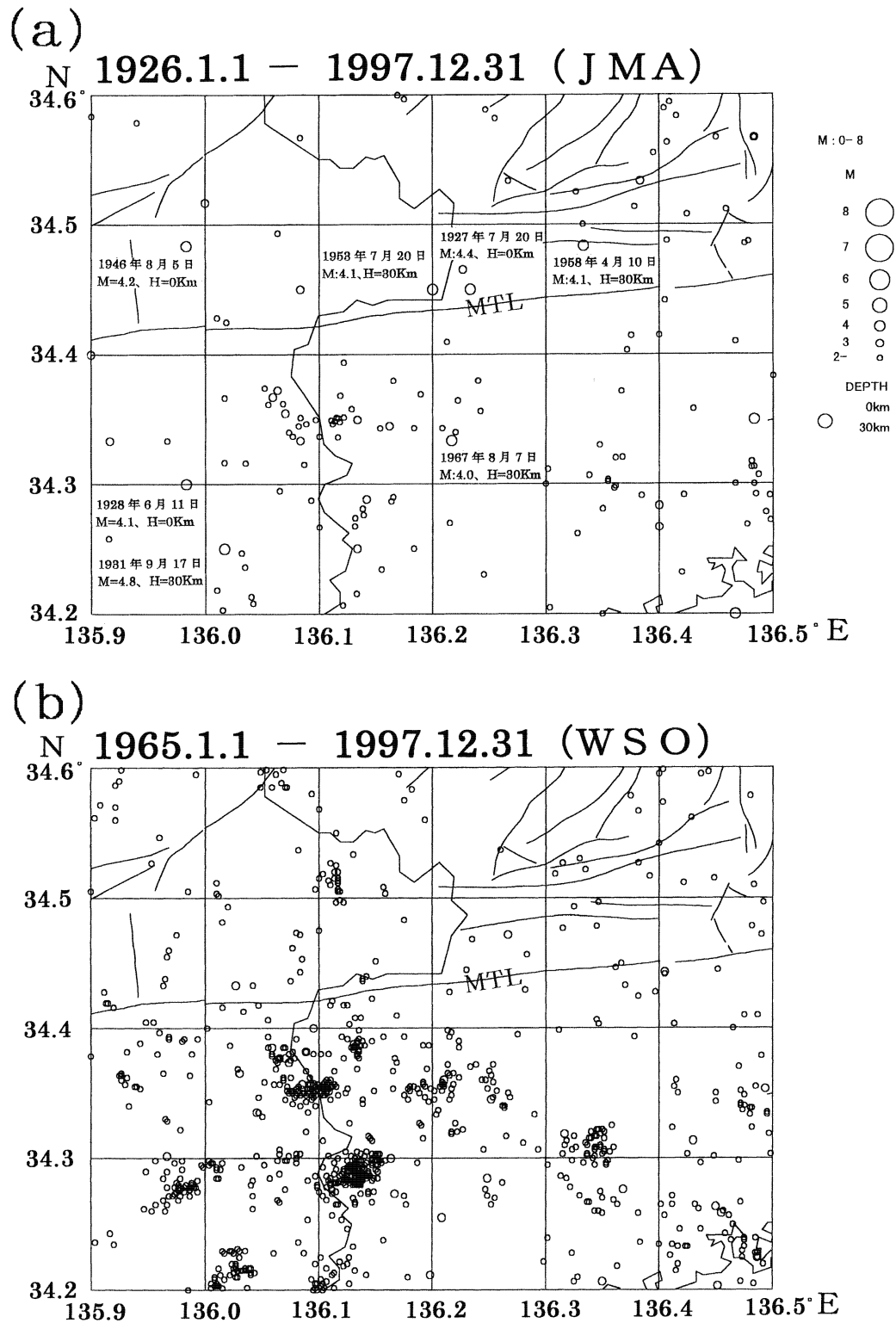


図 3(a) 気象庁改訂震源結果による 1926～1997 年の 72 年間の震央分布図
(b) 和歌山地震観測所による 1965～1997 年の 33 年間の震央分布図

N=889

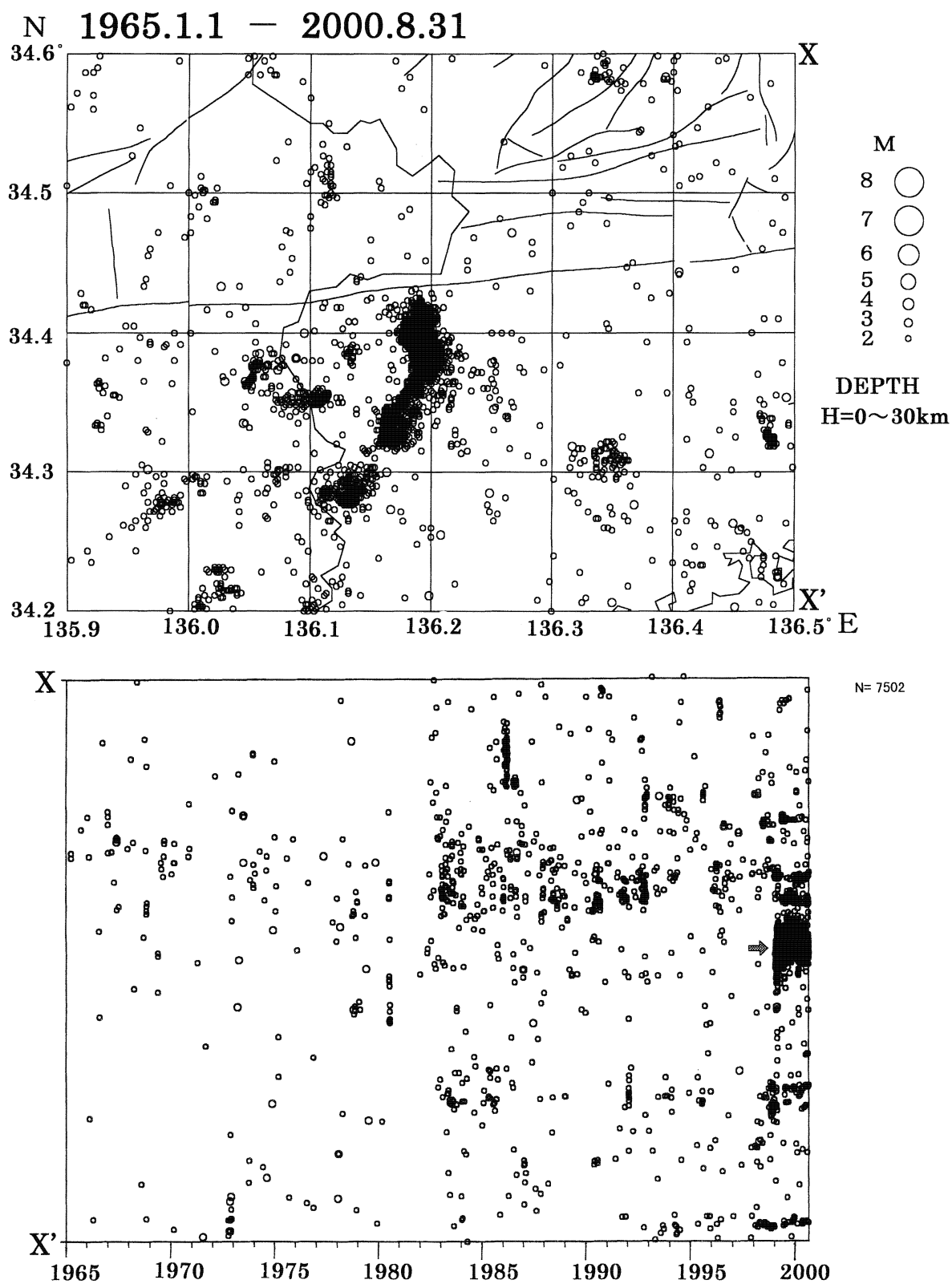


図 4. 和歌山地震観測所による 1965~2000 年 8 月の震央分布図 (上) と時空間分布図 (下: 矢印が群発開始点)

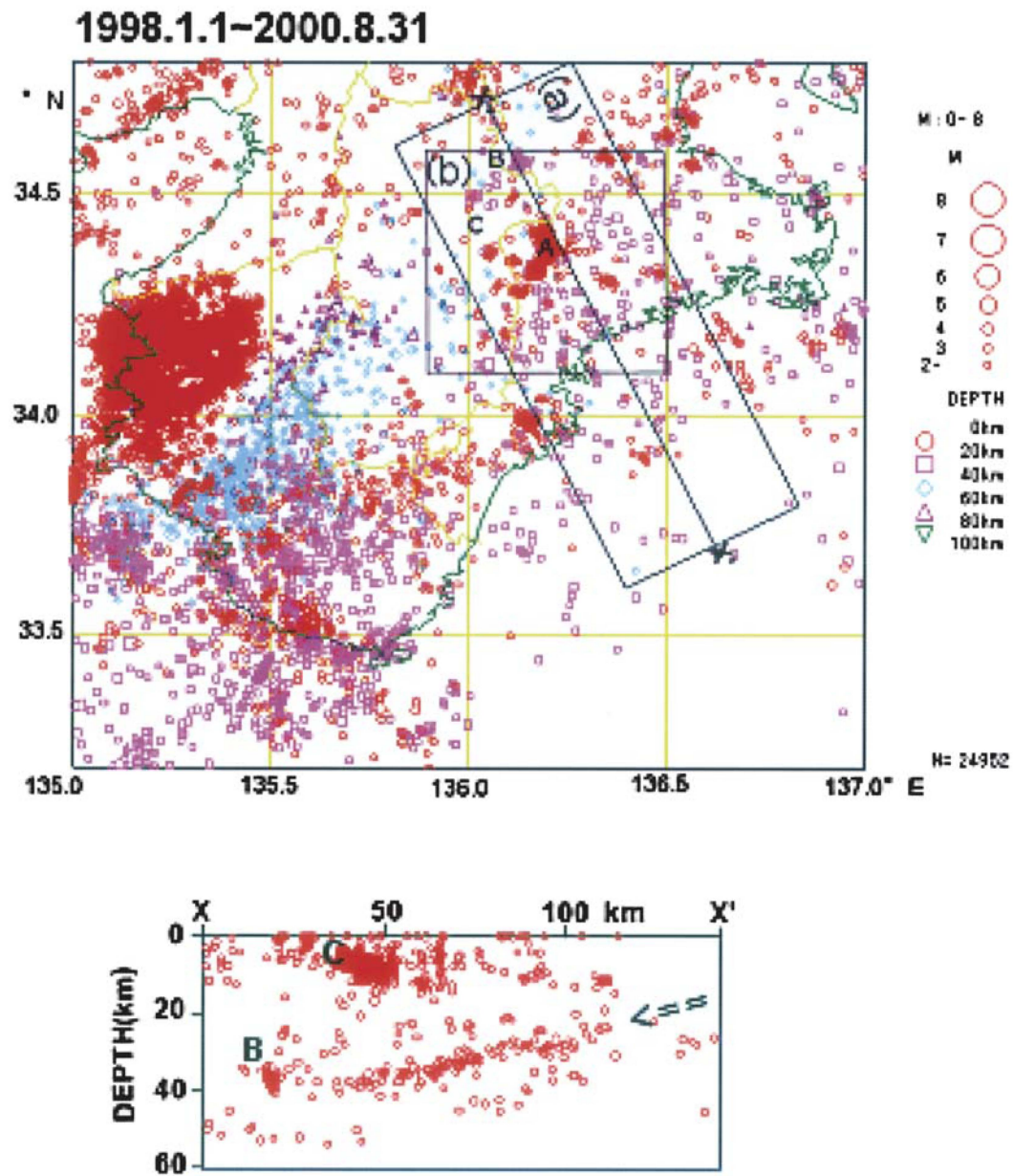


図 5. 上図：紀伊半島の震源分布（和歌山地震観測所による結果：1998 年 1 月～2000 年 8 月），下図：上図の (a) の領域を xx' に投影した垂直断面図。A：1999 年 1 月 24 日に始まった三重県飯高町の群発地震活動，B：1998 年 6 月 23 日に始まった三重県青山町の地殻底下の群発地震活動，C：B の活動直前に奈良県東吉野村の地殻上部の地震活動。下図の矢印はプレート境界付近の活動と考えられている地震活動面を示す。

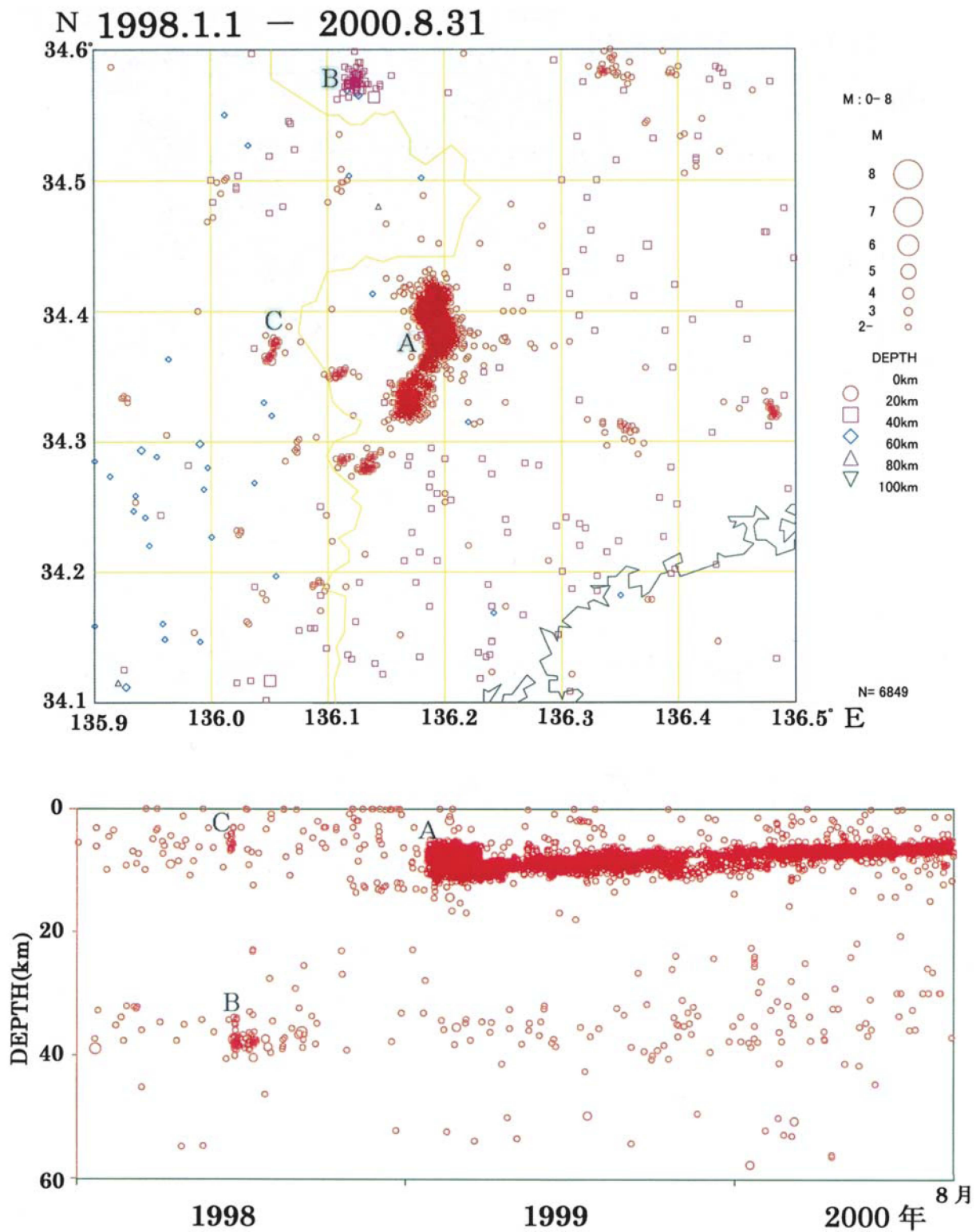


図 6. 上図：図 1 の (b) 領域の拡大図（三重県飯高町および周辺地域），下図：上図範囲内の地震の深さと発生時間を示す（D-T 図）。 A：1999 年 1 月 24 日に始まった三重県飯高町の群発地震活動。現在も継続中。深さが浅くなる傾向が見られる。 B：1998 年 6 月 23 日に始まった三重県青山町の地殻底下の群発地震活動。約 3 ヶ月間活動が見られた。 C：B の活動直前の奈良県東吉野村の地殻上部の地震活動。

表 1. 三重県飯高町の群発地震調査のための臨時観測点

◎ 和歌山地震観測所関係

観測点名	ST. CODE	緯度	経度	高度	観測方式	観測期間
津本（飯高0）	IDK0	34.3746	136.1985	312m	*(1)	1999/3/2-4/9
塩瀬（おしろ）	SMA	34.3748	136.2270	245m	*(1)	1999/3/2-3/3
犬飼	ING	34.3841	136.2112	225m	*(1)	1999/3/2-2000/5/6
蓮ダム倉庫	SOK	34.3742	136.2103	318m	*(1)	1999/3/3-4/9
飯高0（津本）	IDK0	34.3746	136.1985	312m	*(2)	1999/3/19-
飯高1（セウス谷）	IDK1	34.3586	136.1768	350m	*(3)	1999/3/19-
飯高2（唐谷）	IDK2	34.3712	136.2300	350m	*(3)	1999/3/19-
飯高3（七日市）	IDK3	34.4099	136.2199	270m	*(3)	1999/4/9-

◎ 名古屋大学関係

観測点名	ST. CODE	緯度	経度	高度	観測方式	観測期間
蓮（ダム）	HCS	34.3736	136.2136	325m	*(4)	1999/4/16-
塩瀬	SOG	34.3781	136.2272	240m	*(5)	1999/4/16-
青田	OUD	34.3831	136.1622	353m	*(6)	1999/4/16-

*(1):簡易記録計（STR-100） 上下動1成分紙テープ記録，地震計：L-22D 2Hz
 *(2):衛星無線 3成分速度記録，：L4C-3D 1Hz
 *(3):地上無線+衛星無線 上下動1成分速度記録，：JC-V100 1Hz
 *(4):衛星無線 3成分速度記録，：L4C-1D 1Hz
 *(5):地上無線+衛星無線 3成分速度記録，：L4C-3D 1Hz
 *(6):地上無線+衛星無線 3成分速度記録，：L4C-1D 1Hz

衛星利用観測網（地震研究所和歌山地震観測所：飯高0，1，2，3の4点
 および名古屋大学：蓮，塩瀬，青田の3点）

飯高1（IDK1）－ 地上無線－
 （上下動1成分） |
 飯高2（IDK2）－ 地上無線－ → 飯高0（IDK0）－ → 衛星無線
 （上下動1成分） | （3成分） 4点
 飯高3（IDK3）－ 地上無線
 （上下動1成分）
 塩瀬（SOG）－ 地上無線－
 （3成分） | → 蓮（HCS） → 衛星無線
 青田（OUD）－ 地上無線－ 3点
 （3成分）

た。しかし、深さについては両者に系統的な差が見られ、また活動域の厚さ（上，下限の幅）についても誤差の影響もあり5km以上という結果となり、活動域の実像を把握するには懸念があった。深さを確定するためには震央での観測が必要であり、これを追加した。臨時観測は1999年3月2日から簡易記録計（STR-100紙テープ記録）により、津本（蓮ダム津本水位観測点）、蓮ダム艇庫（初日のみホテルスメールで観測）、犬飼（いぬかい；民家）の3点で観測を開始、3月19日に津本観測点（飯高0：IDK0）を衛星観測に切り換え、セウス谷（飯高1：IDK1）および唐谷（飯

高2：IDK2）を設置、地上無線により津本に送信し3点観測を始めた。更に4月9日に七日市（飯高3：IDK3）を増設、地上無線により飯高2を経由して飯高0に送信し4点観測とした。これとは別に4月16日名古屋大学が蓮ダム事務所（HCS）を衛星基地局とし青田（おうだ；OUD）、塩瀬（しおがせ；SOG）の2点から地上無線を利用した3点観測網を設置している（図1-C）。詳細については表1および図7a～lに示す。

3. 飯高町群発活動の時空間分布

図8は今回の群発活動の中心地域を拡大して地図上に重

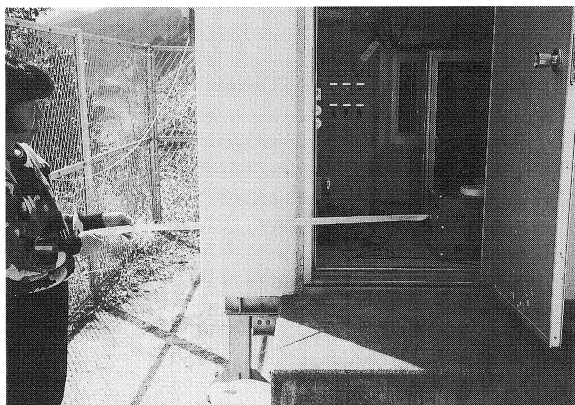


図 7a. 蓮ダム津本水位観測点において簡易記録計による予備観測開始 (3/2)

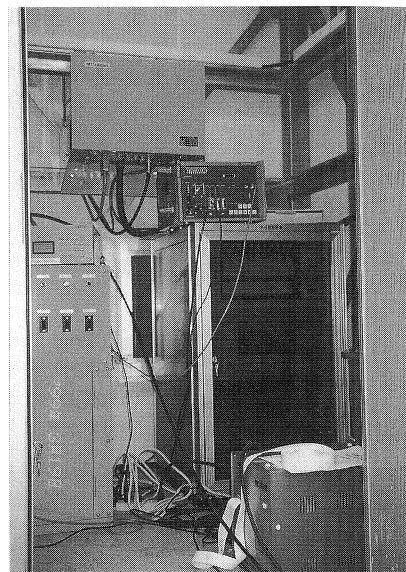


図 7d. 津本水位観測点に衛星観測機器および地上無線受信機を設置，簡易記録計（手前）による予備観測を引き継ぐ。

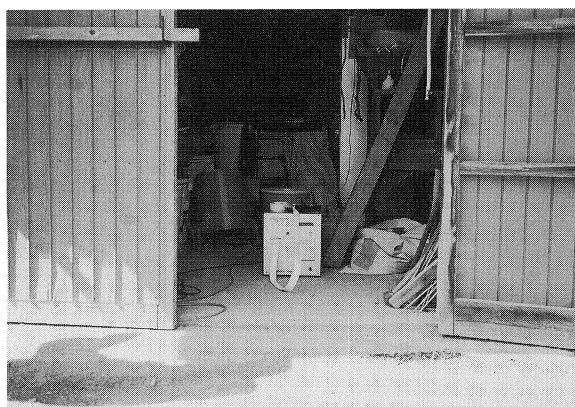


図 7b. 犬飼地区上田宅における簡易記録計による予備観測

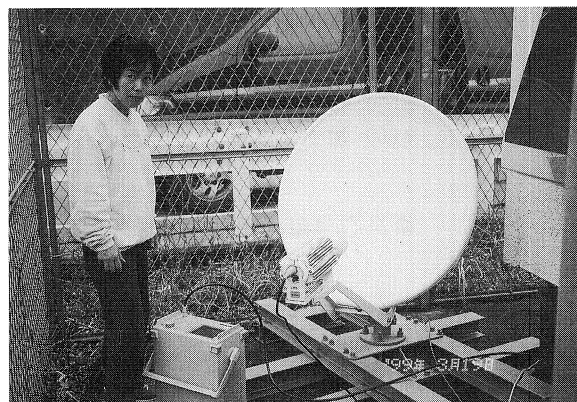


図 7e. 衛星無線用パラボラアンテナの設置

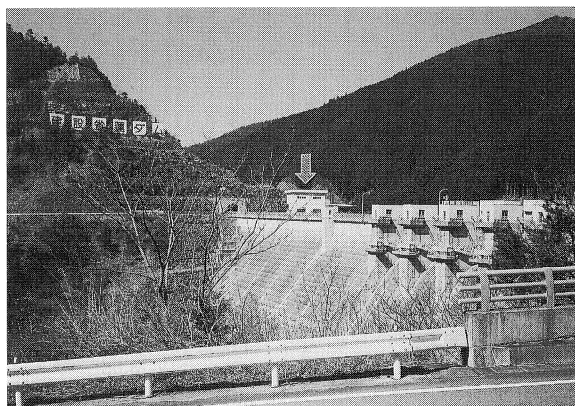


図 7c. 予備観測を行った蓮ダムの艇庫（矢印）

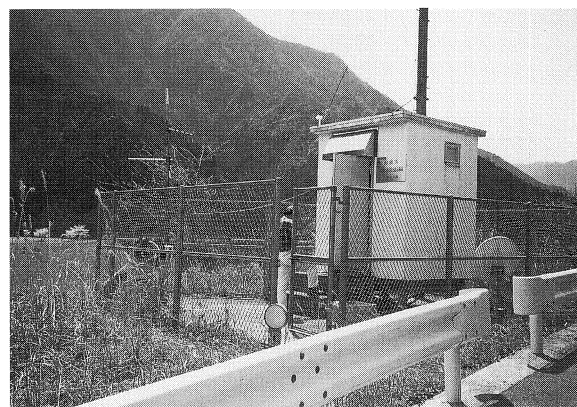


図 7f. 水位観測室の全容，地上無線用受信アンテナ 2 方向を設置。



図 7g. セウス谷の飯高1観測点. 前方に津本水位観測点(飯高0)を臨む.

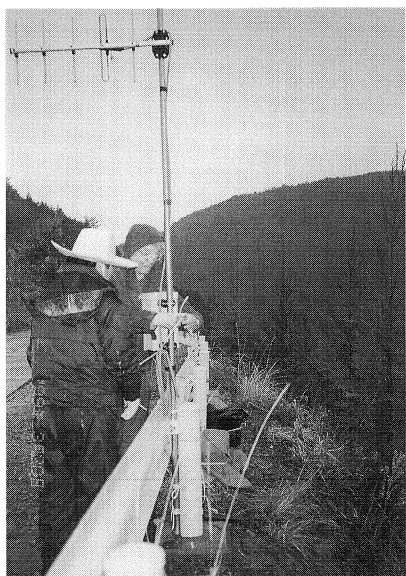


図 7h. 唐谷の飯高2観測点設置. 飯高3観測点の中継を兼ねる.



図 7i. 唐谷の飯高2観測点より飯高0(矢印:津本水位観測点方向)を臨む.

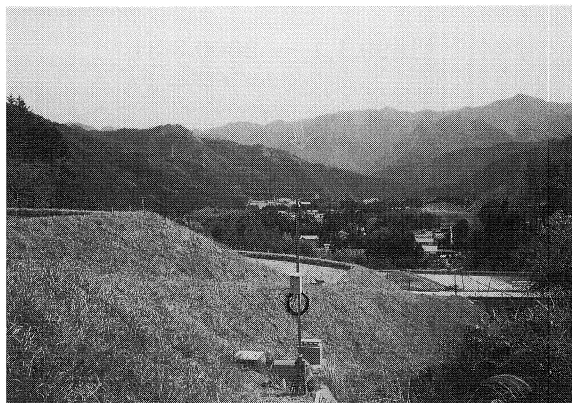


図 7j. 七日市(飯高3)観測点の設置機器. 矢印は前方の飯高2の方向を臨む.



図 7k. 名古屋大学蓮ダム事務所の庭に設置された衛星観測用パラボラアンテナ

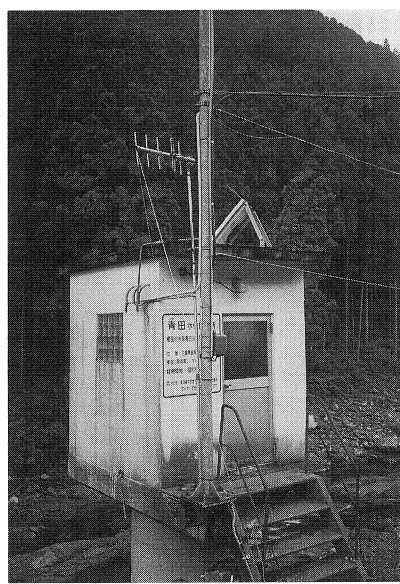


図 7l. 名古屋大学青田観測点(地上無線で蓮ダム事務所へ伝送).

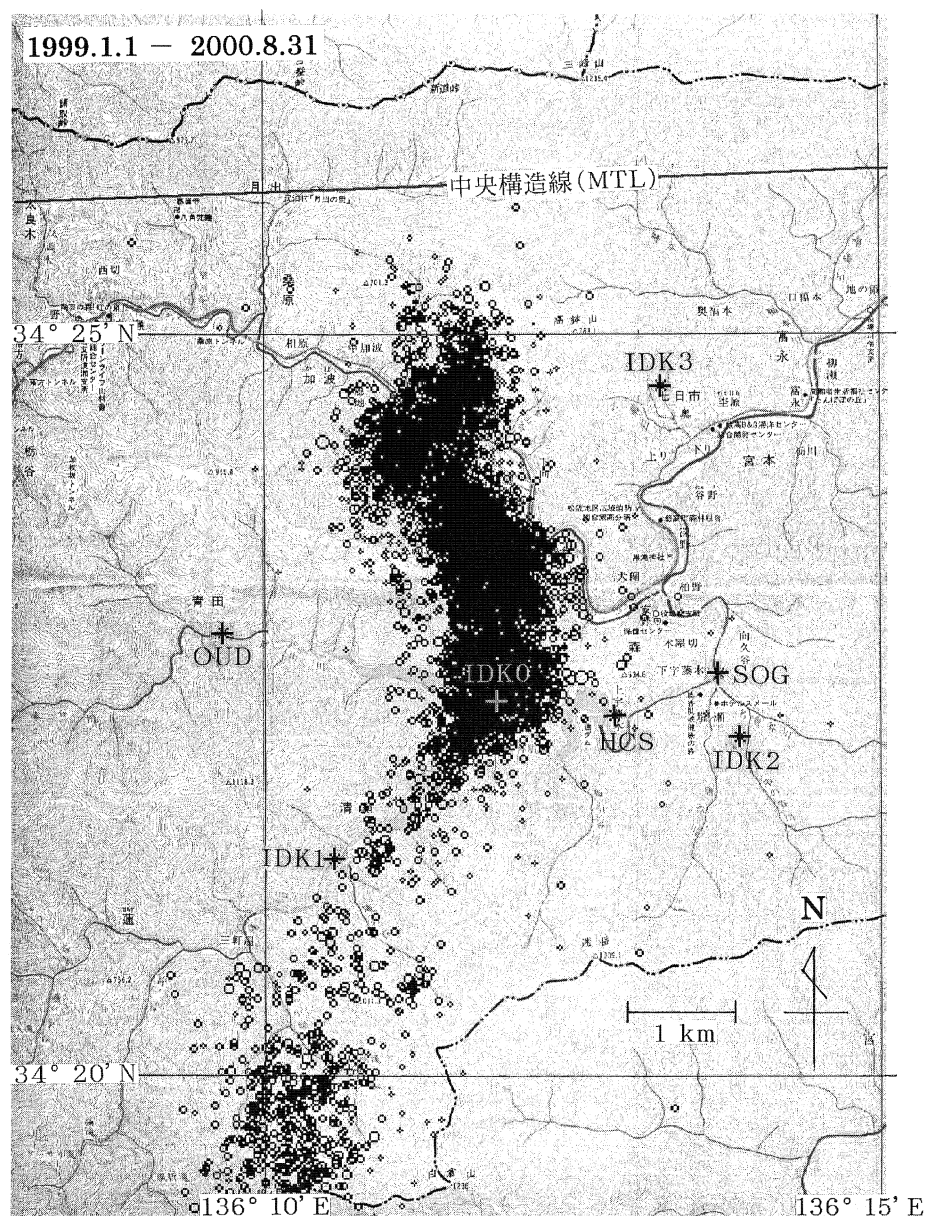


図 8. 三重県飯高町西部地図上に主な群発地震の震央（1999 年 1 月～2000 年 8 月）をプロットした図。+：臨時観測点（地上無線＋衛星無線利用）。中央の湖は蓮（はちす）ダムによる奥香肌湖（人造湖）。

ねたものであり、図 9 は日別の発生数と積算値を示したものである。約 1 年半の間に 6,000 個以上の地震が確認されている。なお、群発地震発生地域から最寄りの震度測定点である飯高町宮前までは約 15 km あるため、公式的な有感地震報告数は少ないが、現地の森地区では M2 程度でも局地的に有感となる地震が多く、近傍を含めると現在までに M2 以上の地震の回数は 960 回に達している。今回の群発活動の発生当初の位置は津本付近にあたり、約 10 年前に完成した蓮（はちす）ダムの直下にあたることから、地元では地震活動の動向と蓮ダムとの関係の有無にも関心が持たれた。また、近傍地域の地形地質は図 10 に示すとおり台高山脈北部の高見山高原地域で、基盤岩は三波川変成岩帯

である。今回の活動域の北端は榎田川上流の中央構造線（MTL）に迫っており、長期に群発活動が続いている和歌山付近と類似する点も多い。

図 11 は（A）気象庁（以下 JMA と表示）、（B）和歌山地震観測所（以下 WSO と表示）の震央分布（各下図）と、四角で囲んだ主な群発活動の深さの時間変化を示したものである。一部の欠測による影響を除き当初の両者の結果を比較すると、平均的な深さは約 8 km と 12 km、また活動域の厚さは共に 6 km 前後で、活動の最浅部はそれぞれ約 8 km と 5 km と求められた。3 月 2 日から震央付近で予備観測を始めた結果、図 12 に示す波形例のように S-P 時間頻度は 1.2 秒前後の狭い幅に限られ、深さの上限と層の厚さ

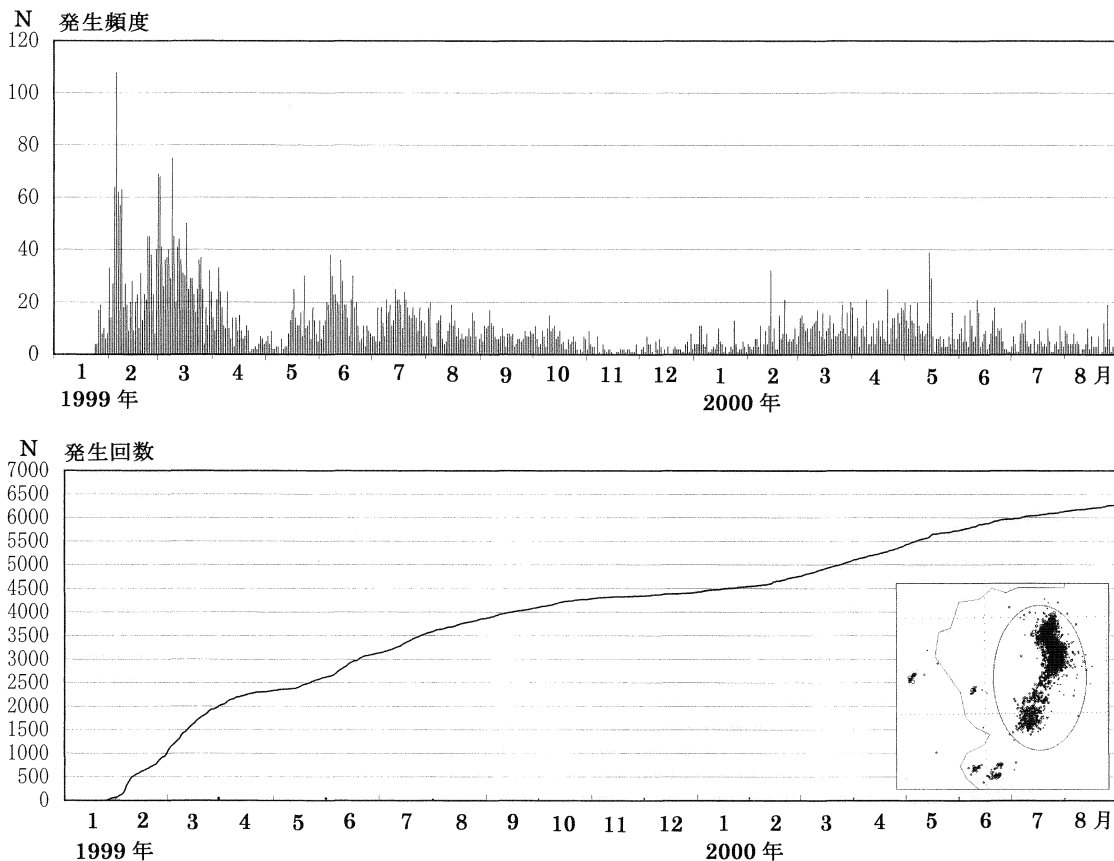


図 9. 三重県飯高町群発地震（補助図の楕円内）の日別地震発生回数（上図）と積算図（下図）（1999 年 1 月 1 日～2000 年 8 月 31 日、群発活動の開始は 1999 年 1 月 24 日）

の値を修正すべきことがわかった。また、地域移動を伴う活動の長期化が予測されたため 3 月 19 日より順次衛星利用の観測網に切り換えた。従って図 11 (B) の WSO による震源決定では 3 月 19 日以降、震源の深さの決定精度が改善されている。図 13 (a), (b) は、図 11 (B) の WSO の深さ分布図（右上図）の (a), (b) で示す期間中に、津本（飯高 0）観測点での臨時観測および衛星利用観測で求められた S-P 時間頻度分布と震源分布図（ルーチン結果には前者の予備観測データは用いていない）である。表示した深さは、S-P 時間から大森係数 $k=8$ を仮定して求めている。震源がほぼ直下であることから活動の上面は 9 km 程度、活動層の厚さはほぼ 2 km と推定される。なお、後者では平均の深さがやや浅くなっているが、これは活動がやや北上したことによるもので、後になって活動層の傾斜（北上り）が確認された。なお、予備観測期間の結果を考慮して 3 月 19 日以前について深さを修正すると、図 11 (B) の WSO の結果はほぼ 2 つの矢印で示す範囲内に納まる。WSO, JMA の結果とも時間と共に浅くなる傾向では一致しているが、深さの平均値は JMA の結果が系統的に 4 km 程度深く求められている。この付近の構造としては、深さ 10 km までは平均的に $V_p=5.8$ km/s であり（中村は

か、1990）、紀伊半島で一般的に用いている $V_p/V_s=1.72$ を仮定すると、 $k=8.05$ となり、上記の WSO の結果が妥当と思われる。

活動域の厚さについては当初の活動があった津本（飯高 0）直下では S-P 時間から 2 km 程度が得られる。また、最近の活動は北部に限られているが図 11 の矢印で示す 6～7 km の深さとなり、幅は約 2 km と大きな変化はない。図 14 は月毎の震央分布を示したもので、地域が離れた活動がある期間（例えば 1999 年 10 月）では幅のバラツキが大きくなっている。現在までの活動域は東西は約 2 km、南北には約 5 km と長く、厚さ約 2 km で北上がりの板状の活動域と考えられるが、図 14 に示したように時間変化は単純ではない。図 15 は、周辺地域を含め 1990 年以降について深さ 30 km で地殻内地震 (A) と地殻下地震 (B) に分け、主な活動区域別に地震発生の時系列を示したものである。(B) はプレート境界付近とされる活動であるが中央部分は活動が低く、北西側では k で示した三重県青山町近傍の群発活動を含むやや孤立した活動区のみが活発である。一方、地殻上部の活動は今回の群発域近傍に集中しており、(B) の活動はほとんど見られない。今回の群発活動と周辺の活動との関連の有無を見るため、(C) に示した各ブロッ

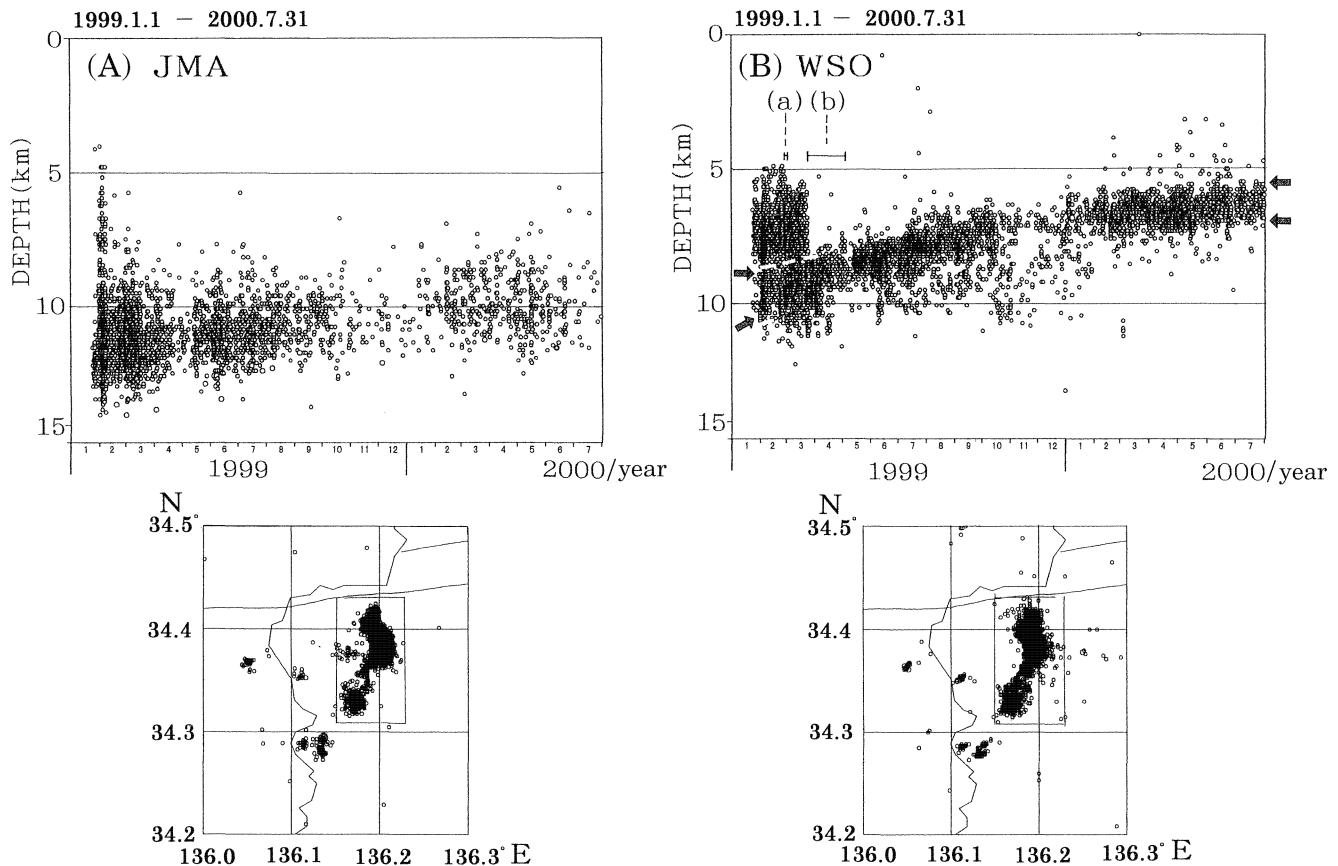


図 11 (A) 気象庁による震央分布と深さの時間変化, (B) 和歌山地震観測所による震央分布と深さの時間変化.

ク a~j について地震発生の時系列を示す. なお, 前年に見られた顕著な地殻下地震の群発活動を参考として k として加えている. 今回の群発活動は a~e がまとまったものであるが, 初期に活動が見られた中央付近の b には過去 10 年以内に微小地震が少数ながら起こっているが他は殆ど活動が無く, 今回は活動が誘発され拡大したことが考えられる. f は南方にやや離れて孤立した活動であり, 過去にも活動が見られるが今回は発生個数が増大しており, 誘発された可能性が高い. g は距離的に近いにも拘らず全く地震は起こっていない. h についてはやや発生回数が増えてはいるがむしろ定常的な活動が続いているように見える. i は初期には有感地震を含む活動があり注目されたが明瞭な相関があるとは言えない. なお, 前年に起こった地殻下群発地震 k の活動の直前に小規模ながら群発活動が見られた. 単なる偶然かも知れないが, 紀伊半島東部ではこのような例が過去にも見られた (和歌山地震観測所, 1984) ことがあるので注目している. j については地震数が少なく特に関係は見られない.

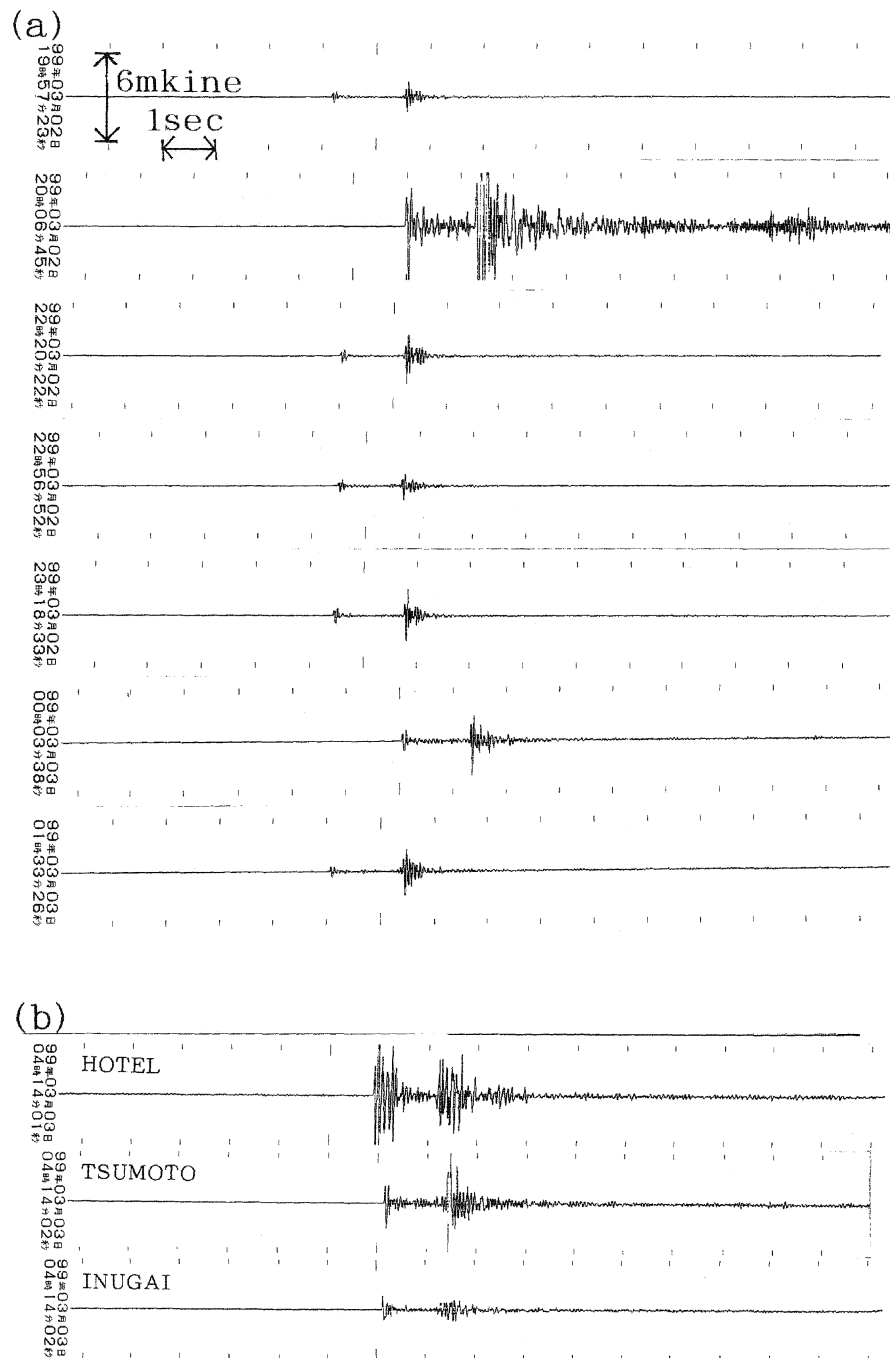
4. 発震機構

a) 飯高町群発地震域の主な地震のメカニズム解

図 16 は群発活動が始まった直後の主な地震のメカニズム解を示したもので主圧力の方向はほぼ東西であり, 一般的に言われている地殻内応力場の方向を示している. 一方主張力方向は南北方向ではあるが水平とは限らず, 逆断層型のメカニズム解が卓越しているようである. 図 17 はその後に発生した M3.5 以上の主な地震のメカニズム解を示したものであるが, 当初の結果と大きな違いはない. これは和歌山地域に見られる局発地震のメカニズム解と類似している. これらのメカニズム解から, 破壊面は活断層といわれる中央構造線 (MTL) の東西走向とは異なり, 図 10 の変成岩帯内に記されている中央構造線に斜交する北北東-南南西および北北西-南南東の走向の地質断層の走向に近い. これらのメカニズム解は和歌山付近の地殻上部地震のものと同様性が高い.

b) 1998 年 6 月の青山町南部の地殻下地震のメカニズム解

図 15 の (A) と (B) の比較から指摘したように今回の群発活動の近傍は地殻底下地震の活動が殆ど見られないが, この地域を挟んで両側はむしろ活発である. 紀伊半島では地殻底下地震の活動と, やや離れた地域の地殻上部地



: 臨時点による波形例 (a) : 津本 (飯高 0) での記録例
 (b) : 3 点の記録例

図 12. 予備観測による波形例

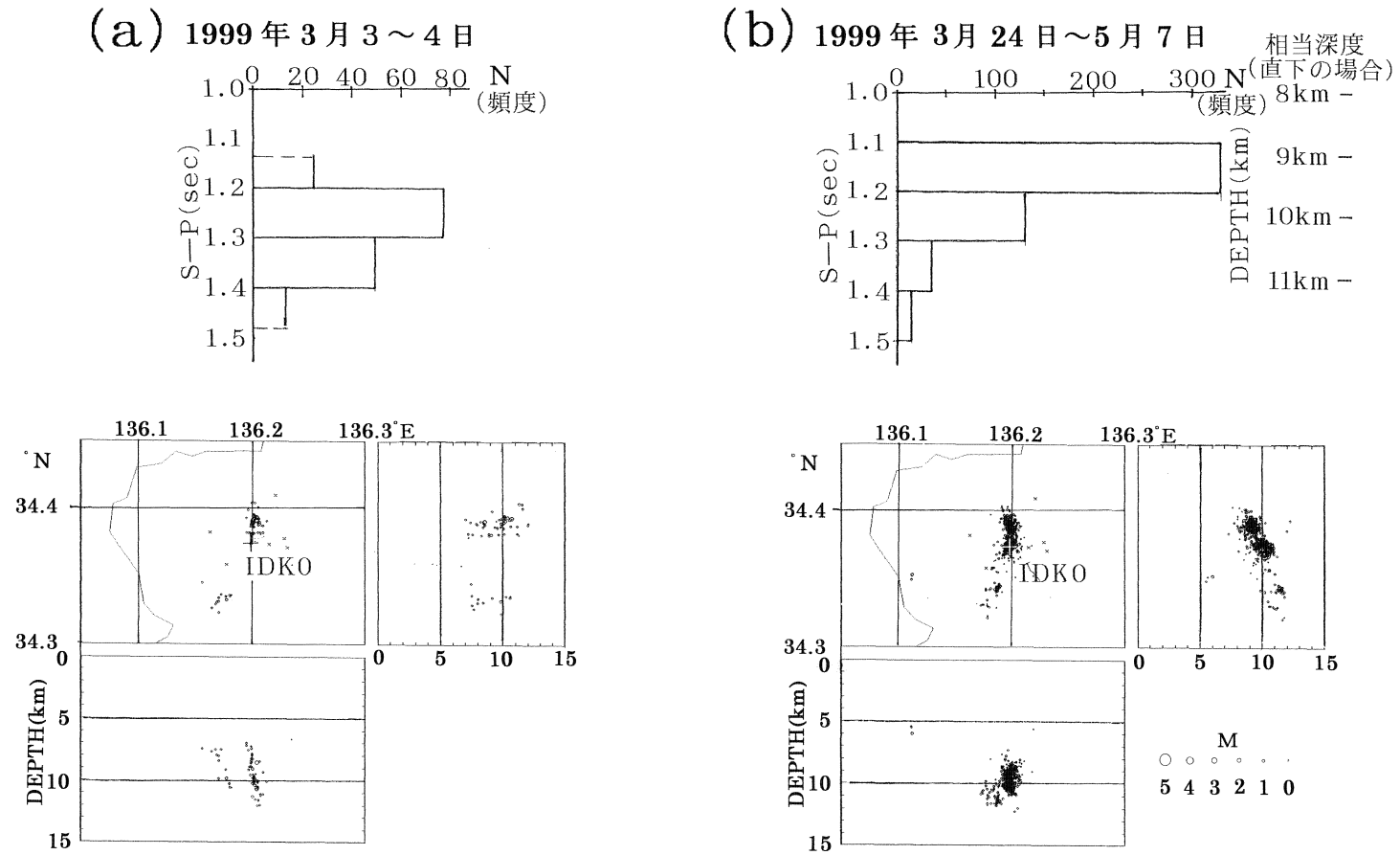
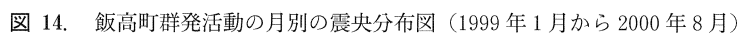


図 13. 津本(飯高0)観測点における予備観測期間中の3月2～3日と衛星観測網設置直後の3月24日～5月7日のS-P時間頻度分布図とそれぞれの期間に対応する震央分布図(ルーチン観測の結果). なお, (a), (b)は図11(B)の深さ分布図中に示した(a), (b)の期間に対応する.



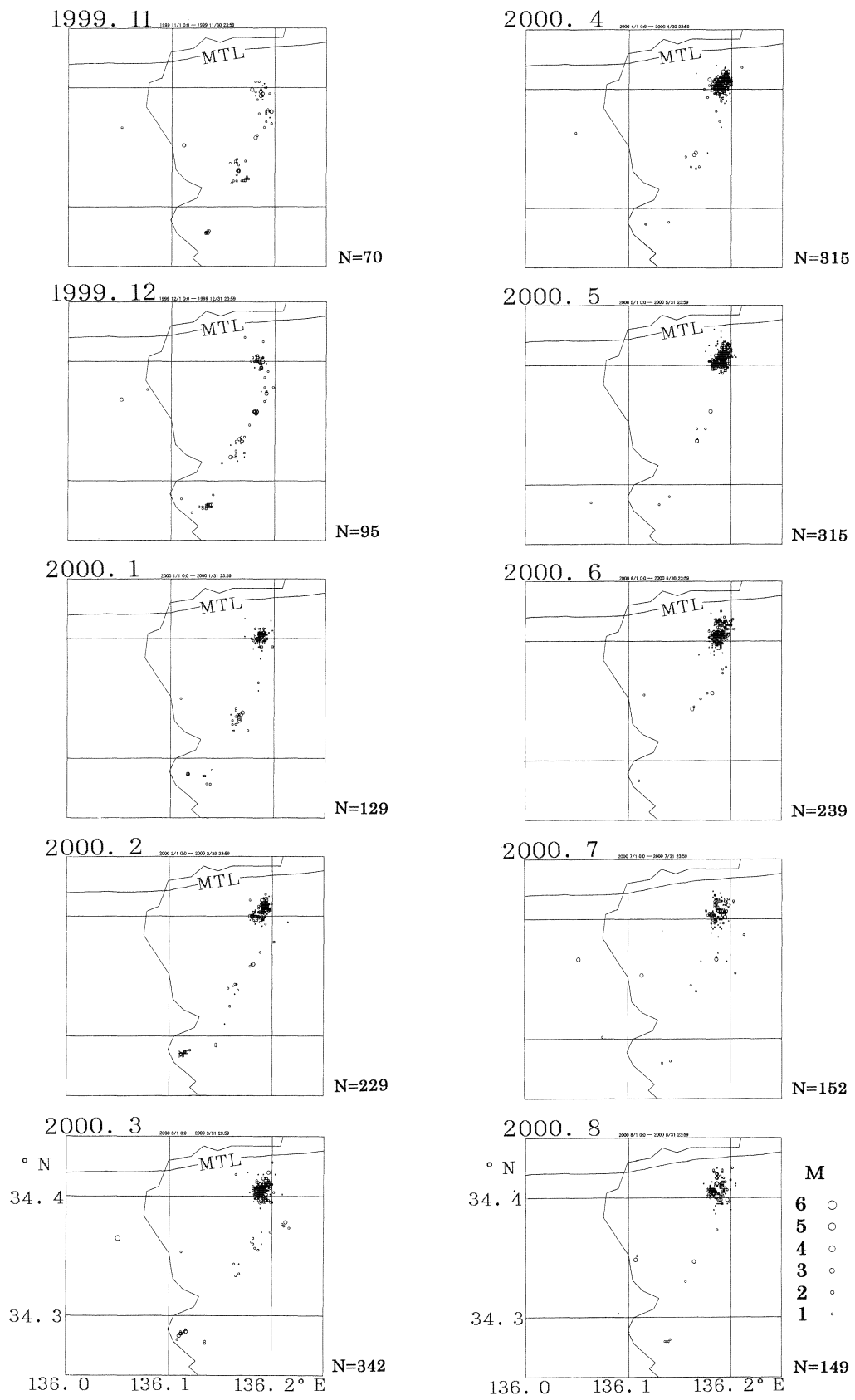


図 14. (つづき)

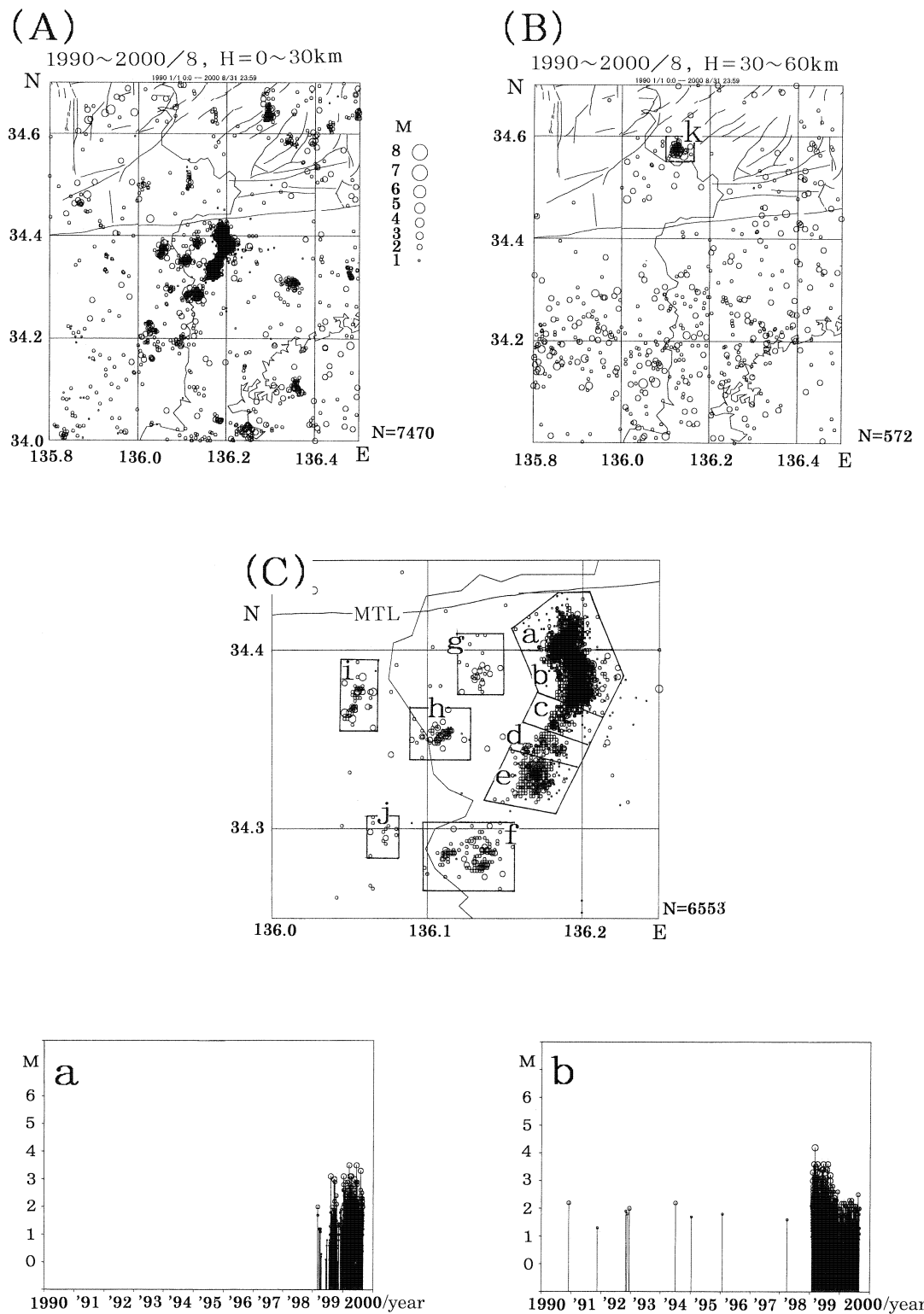


図 15. 周辺地域を含め 1990 年以降について深さ 30 km で地殻内地震 (A) と地殻下地震 (B) に分け、主な活動区域別に地震発生の時系列を示した図.

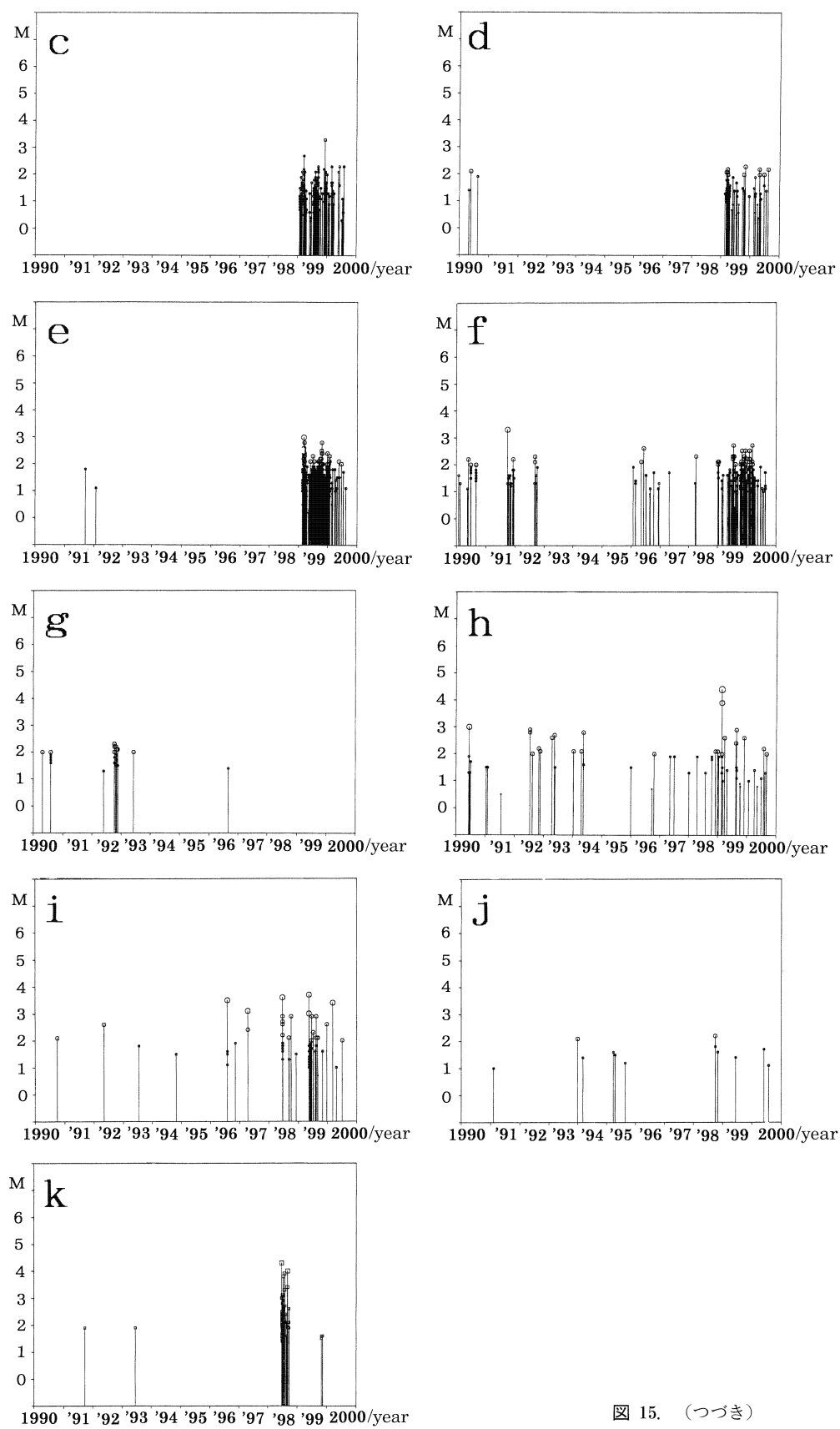
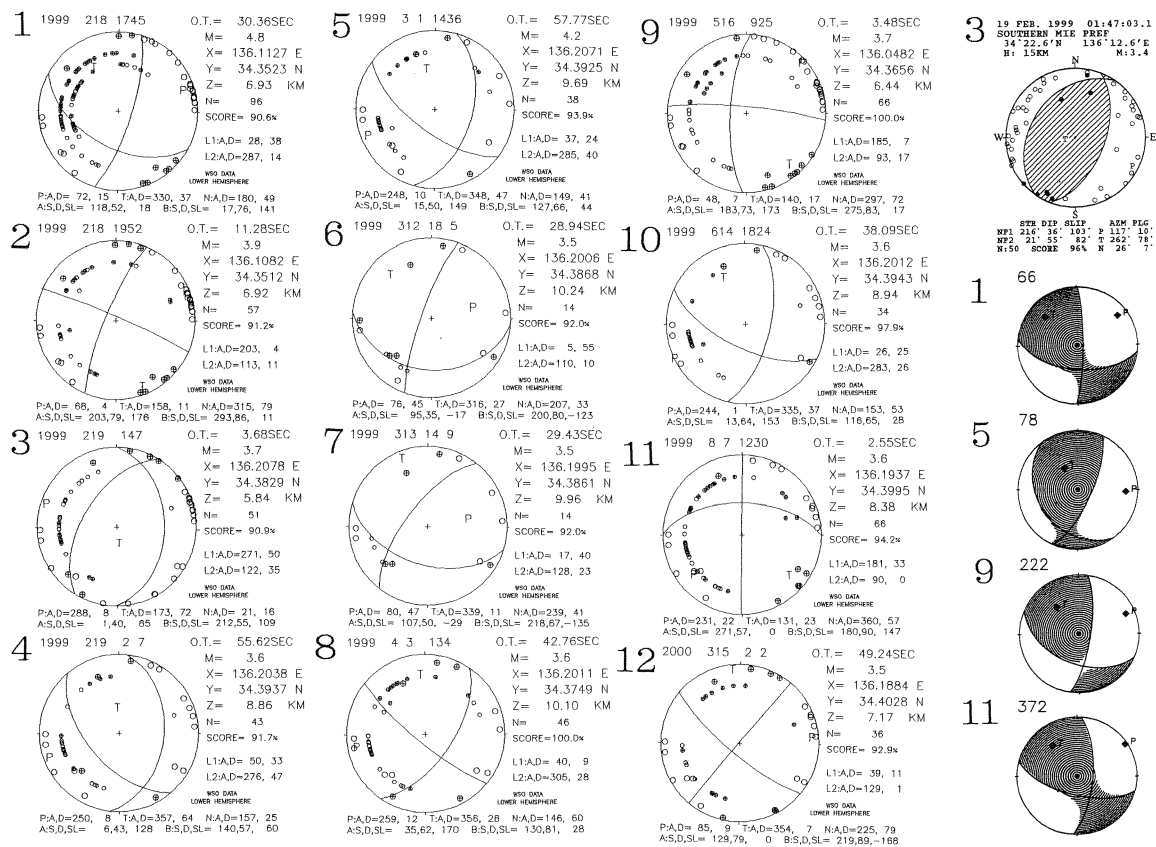
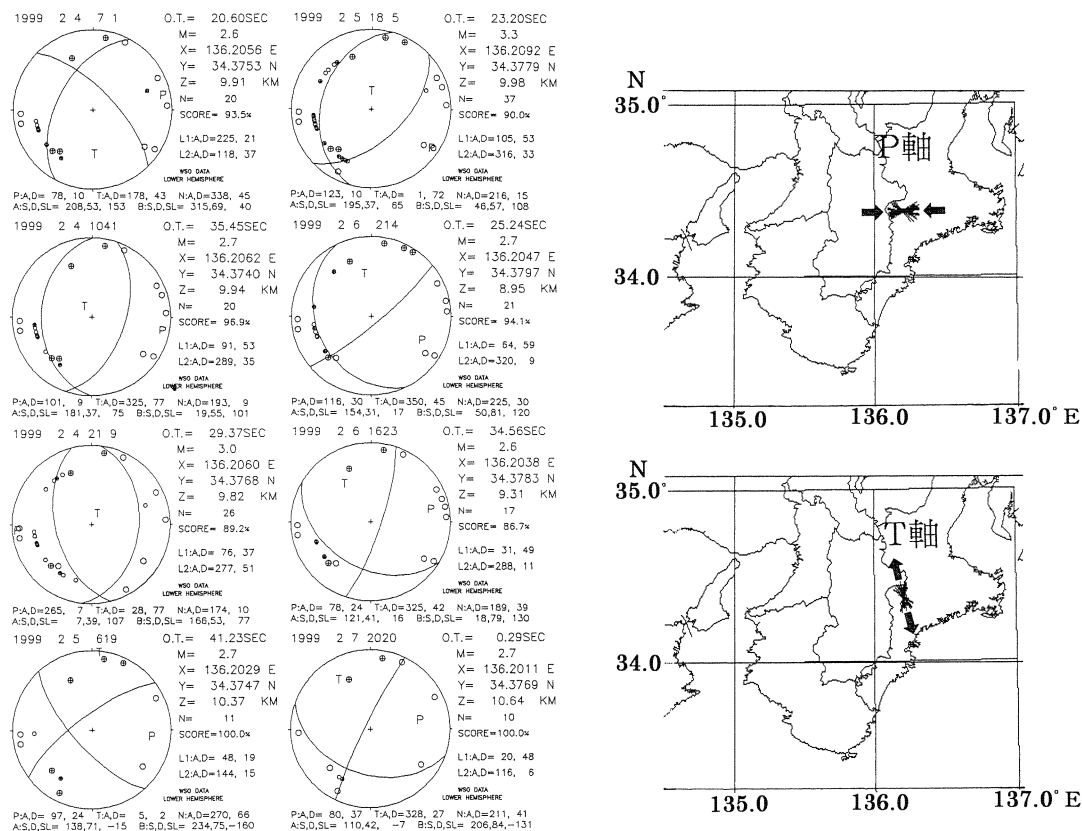


図 15. (つづき)



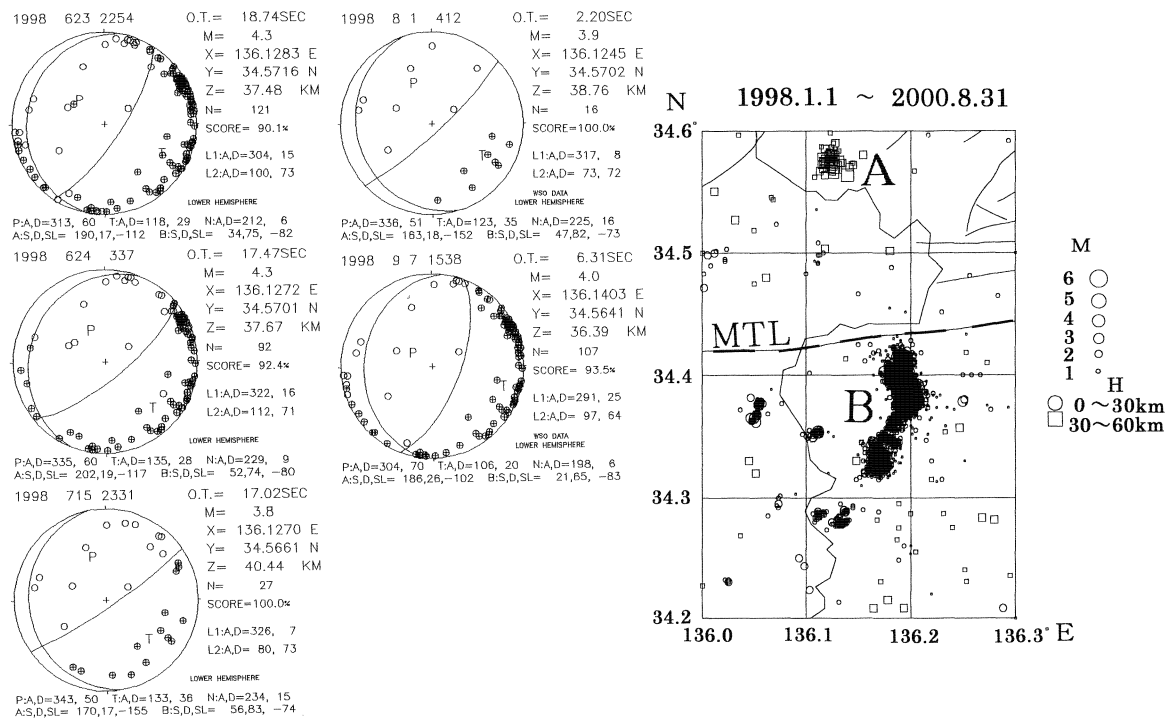


図 18. 1998 年 6 月 23 日に始まった三重県青山町南部の主な地殻底下地震 (A) のメカニズム解. B は今回の飯高群発地震活動域を示す.

震活動が連動することは時々ある。これは地殻構造と応力変化によるものであろうが、1998 年 6 月 23 日から青山町南部に顕著な地殻底下地震の群発活動が見られた。図 18 はこの活動中の主な地震のメカニズム解であり、いずれも相対的に南東側がほぼ垂直に落ち込む正断層タイプであることを示唆している。この活動に先立ち奈良県東吉野村で小規模ながら群発活動が見られたが、今回の群発活動も約 10 km 東側ではあるがほぼ等距離に起こった現象であり、地殻変動の有無が問題となるので精査が望まれる。

結 語

今回の三重県飯高町の群発活動は比較的低い活動状態にあった紀伊半島東部に発生し、活動が長期化していることで注目を集めている。1965 年の高感度観測網による微小地震観測開始後では最も顕著なものであり、当初有感地震が多発したため活動の拡大、特に大規模地震の発生が懸念された。しかし、1965 年以前については顕著な被害地震報告もなく、観測網が疎であったこともあり有感クラスの地震しか把握されていないため、今回の活動の行方を判断するには資料が少ない。ただし、1965 年以降の微小地震の発生分布から見ると近傍では地殻上部に多くの局所的な活動の塊がみられることから、潜在的には群発地震活動が生じやすい地域と考えられる。今回、震央での観測により活動域の深さは群発が始まった津本付近では平均値が 10 km 弱、

以後活動域が南北に拡大したが、2000 年 8 月現在では北端部の乙栗子付近の比較的狭い領域に限られており、深さは 7 km 付近でやや浅くなっている。層の厚さは全体に約 2 km でやや北上がりの傾斜をしていることが確認された。和歌山市付近の活動と比較するとやや深く、活動層の厚さも薄いという結果となる。厚さが薄いことから急激な地域拡大が無い限り大規模地震に結びつく可能性は低いと思われる。なお、今回の活動では地域変動に加え、数ヶ月程度の長周期変動があるようにも見られる。更に、従来から周辺部への拡散や、周辺に孤立して存在する活動部では誘発されたと見られる地震もあり、一帯の活動が長期化する可能性は高い。当分の間、地殻底下地震活動を含め動向を注視する必要がある。

謝 辞：今回の群発地震の調査および臨時観測点設置に際し、飯高町役場助役の宮本里美氏、総務課長中村正則氏、同寺脇昭典氏には資料の提供、観測点設置の便宜などに全面的に支援頂いた。また、ホテルスメールの佐々木和昭氏には無線中継点の設置に便宜を頂いた。なお、同役場波瀬支所長上田収一氏には犬飼観測点の観測をして頂いた。建設省運ダム管理事務所長の太高芳雄氏、総務課広瀬氏をはじめ同所の皆様には資料提供、予備観測、観測点設置に至るまで便宜を計って頂いた。名古屋大学地震予知センターの大井田徹、山崎文人両氏には今回の活動について有益な議論と助言を頂き、また臨時観測資料を使用させて頂いた。

た。投稿に際し、査読者からは有益な助言を頂いた。合わせて皆様に感謝申し上げます。

文 献

- 中央气象台, 1902, 気象要覧, 第 31 号, 1902 年 7 月号.
- 磯部 克編, 1979, 三重県地学のガイドー三重県の地質とそのお
いたち, コロナ社, 249 頁.
- 気象庁編, 1952, 日本附近に起こったおもな地震の規模表 (1885
～1950 年).
- 中村正夫, 1978, 明治 35 年 (1902) 大和地方における局地地震に
ついて, 和歌山微小地震観測所季報, 第 17 号, 12-15.
- 中村正夫・瀬戸憲彦, 1990, 紀伊半島東部の地殻上部構造につい
て, 地震学会予稿集 No. 2, A90.
- 中村正夫・渡辺 晃・許 斐直・木村昌三・三浦勝美, 1997, 西
南日本外帯における地殻下地震の活動特性, 京都大学防災研究
所年報, 第 40 号, B-1, 1-20.
- 総理府地震調査研究推進本部地震調査委員会編, 1999, 日本の地
震活動ー被害地震から見た地域別の特徴一, 追補版.
- 東京大学地震研究所和歌山微小地震観測所, 1994, 紀伊半島およ
びその周辺部の微小地震活動 (1983 年 10 月～1984 年 4 月), 地
震予知連絡会会報, 32, p.323-332.
- 東京大学地震研究所地震地殻変動観測センター和歌山地震観測
所, 1998 a, 紀伊半島およびその周辺部の地震活動 (1998 年 4
月～6 月), 第 129 回地震予知連絡会資料.
- 東京大学地震研究所地震地殻変動観測センター和歌山地震観測
所, 1998 b, 紀伊半島およびその周辺部の地震活動 (1998 年 7
月～10 月), 第 130 回地震予知連絡会資料.
- 東京大学地震研究所地震地殻変動観測センター和歌山地震観測
所, 1999 a, 紀伊半島およびその周辺部の地震活動 (1999 年 11
月～1999 年 1 月), 第 131 回地震予知連絡会資料.
- 東京大学地震研究所地震地殻変動観測センター和歌山地震観測
所, 1999 b, 紀伊半島およびその周辺部の地震活動 (1999 年 2
月～4 月), 第 133 回地震予知連絡会資料.
- 東京大学地震研究所地震地殻変動観測センター和歌山地震観測
所, 1999 c, 紀伊半島およびその周辺部の地震活動 (1999 年 5
月～7 月), 第 134 回地震予知連絡会資料.
- 東京大学地震研究所地震地殻変動観測センター和歌山地震観測
所, 1999 d, 紀伊半島およびその周辺部の地震活動 (1999 年 8
月～10 月), 第 135 回地震予知連絡会資料.
- 東京大学地震研究所地震地殻変動観測センター和歌山地震観測
所, 2000 a, 紀伊半島およびその周辺部の地震活動 (1999 年 11
月～2000 年 1 月), 第 136 回地震予知連絡会資料.
- 東京大学地震研究所地震地殻変動観測センター和歌山地震観測
所, 2000 b, 紀伊半島およびその周辺部の地震活動 (2000 年 2
月～4 月), 第 137 回地震予知連絡会資料.
- 宇佐美龍夫編, 1996, 新編日本被害地震総覧, 東京大学出版会.