

## 兵庫県南部地震前後の中国地方東部～近畿地方西部の地震活動

松村 一男・中尾 節郎・渡辺 邦彦・西上 欽也

### CHARACTERISTICS OF SEISMIC ACTIVITIES IN THE REGION FROM THE EASTERN PART OF THE CHUGOKU DISTRICT TO THE WESTERN PART OF THE KINKI DISTRICT BEFORE AND AFTER 1995 HYOGO-KEN NANBU EARTHQUAKE

By *Kazuo MATSUMURA, Setsuro NAKAO, Kunihiko WATANABE and Kin'ya NISHIGAMI*

#### Synopsis

Seismic activity in the region from the eastern part of the Chugoku district to the western part of the Kinki district before and after 1995 Hyogo-ken Nanbu earthquake is investigated. Time series of earthquakes, epicenter distributions and b-values are shown in the 3 regions where earthquakes with magnitude more than 5 occurred from 1978 to 1995.

3 regions are located around Tottori-Shimane border (A), along the Tottori Earthquake faults (B) and along the Yamasaki fault (C).

The change of seismic activity is clear in the nearest region to the Hyogo-ken Nanbu earthquake. Little change of seismic activity is appeared in the (A) region. In (B) region, seismic activity from 1989 to 1991 is higher than that from 1992 to 1994. But seismic activity of the period from 1992 to 1994 is extremely low for earthquakes with magnitude more than 2.5. In (C) region, seismicity of later period is higher than that of former period. For earthquakes with magnitude more than 2.5, seismic activity is high in the near area to the Hyogo-ken Nanbu earthquake.

The characteristics that b-value become large before earthquakes with M5 class is shown in the 3 regions. Before Hyogo-ken Nanbu earthquake, b-value becomes large in (B) and (C) regions.

After Hyogo-ken Nanbu earthquakes, seismic activity becomes high only in (C) region.

#### 1. はじめに

1995年1月17日に明石海峡を震源とするM7.2の兵庫県南部地震が発生した。震源域は本震の北東および南西方向に拡がって全長50kmにも及んだと推定されている。本震域は隣接する北摂山地に比べると非常に低調ではあったが定常的な地震活動はみられた。しかし南の淡路島側では1990年ごろから、北の神戸側では1994年ごろからほとんど地震が起きなくなってきていた。また、本震の発生域では前日の18時から本震発生までの間にM3.3を最大とする地震4個が発生していたが、1日の間に4個以上の地震が集中して起きたことはこの地域では今までになかったことである<sup>1)</sup>。一方、本震の北の近畿地方北部では、1992年93年はほとんど目立った活動がなく、1994年にはいった北摂・丹波山地周辺の地震活動が活発化してきて

いた<sup>2)</sup>。

今回の解析では、北摂地方の西側にあたる中国地方東部から近畿地方西部にかけての地域の兵庫県南部地震前後の地震活動の特徴を調べてみた。

震源データは地震予知研究センターの鳥取・阿武山・北陸・上宝観測所の震源データを統合処理した震源データファイル（通称 THANKS）を用いた。期間はテレメータ観測が4観測所で完成した翌年の1978年から1995年までである。

## 2. 兵庫県南部地震前の地震活動

### 2.1 主な地震活動

Fig. 1 に今回の研究の対象となった地域の1978年から1995年までの地震の震央分布を示す。マグニチュードは3以上、深さは30 km 以浅のものである。この地域の顕著な地震活動としては、1943年の鳥取地震の余震域と考えられる吉岡、鹿野断層を中心とする鳥取地震断層系に沿う鳥取県中部地震、山崎断層系に沿う地震および鳥取県西部から島根県東部にかけての群発地震活動が挙げられる。

M 5.0以上の地震もこれら3つの地域に発生している。鳥取断層系では1983年10月31日1時51分にM 6.2の鳥取県中部地震が発生した。1時55分にはM 5.9の地震が連発した。11月3日にM 4.7の最大余震が発生し余震活動は主なものでも1年余り続いた。山崎断層系では、1984年5月30日にM 5.6の地震が発生した。この地震は、この断層系で1948, 1961, 1973年と繰り返されてきた周期的な活動のひとつとも考えられる<sup>3)</sup>。鳥取・島根県境付近では1989, 90年の鳥取県側の群発活動および1991年からの島根県側の地震活動がある<sup>4)</sup>。1989年10月27日にM 5.3の地震が鳥取県西部に発生し11月2日にはM 5.4が発生している。さらに1年後の1990年11月21, 23日にM 5クラスの地震が2つ発生している。翌年には群発活動がすこし静穏化し、1991年8月27日にM 4.4の地震が起こりその10時間半後に、島根県東部にM 5.9の地震が発生し群発活動が見られた。

このほかには、地震の規模は小さいが兵庫県北西部の温泉町周辺の地震活動が1992年以来活発である。

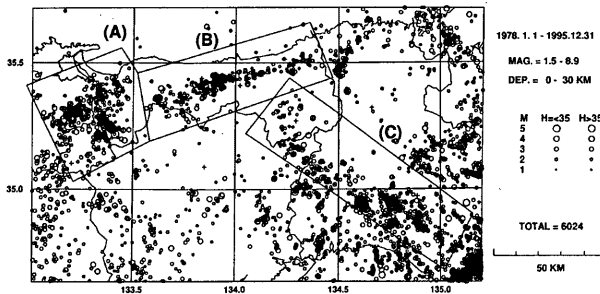


Fig. 1 Epicenter distribution of earthquakes during the period 1978-1995. Earthquakes with magnitude greater than or equal to 1.5 and depth shallower than or equal to 30 km are plotted. (A), (B) and (C) show the sub-region whose seismic activities are investigated. They are located around the Tottori-Shimane border, along the Tottori Earthquake faults and along the Yamasaki fault, respectively.

## 2.2 時系列

Fig. 1 に示された3つの地域 (A. 鳥取島根県境付近, B. 鳥取地震断層系, C. 山崎断層系) について地震の時系列および発生頻度積算分布を Fig. 2 および Fig. 3 に示す。Fig. 3 に示された4本の線は、上からそれぞれM 1.5, 2.0, 2.5, 3.0以上の地震の積算個数を表している。鳥取島根県境では1989年10月27日以来群発活動が起き、それ以来地震活動は活発である。鳥取地震断層系では、鳥取県中部地震以降1985年に小さな活動はあるが比較的平穏である。1985年中頃以降M 2以上の地震については、ほとんど変化していないがM 1.5以上の地震では1992年から少し増加気味である。M 3以上の地震は1991年後半からは1つも発生していない。また、鳥取県中部地震の発生前約7カ月にM 1.5以上の地震は1つも発生していないのは注目される。山崎断層系でも1984年山崎断層地震前の半年には地震活動が極端に低下している<sup>5)</sup>。M 1.5以上の地震の発生個数だけをみれば1980年代後半から地震活動が低下し1991年からの活動が活発化しているように見えるが、M 3以上の地震でみれば1993年後半からむしろ活動は低下している。

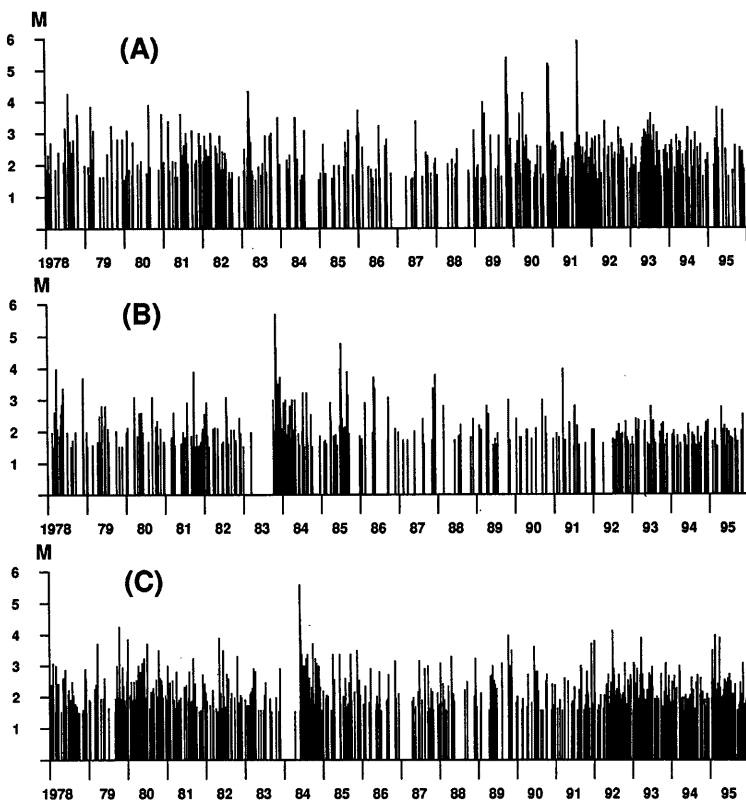


Fig. 2 Time series of earthquakes occurred in the 3 regions. (A), (B) and (C) indicate the sub-region as shown in Fig. 1

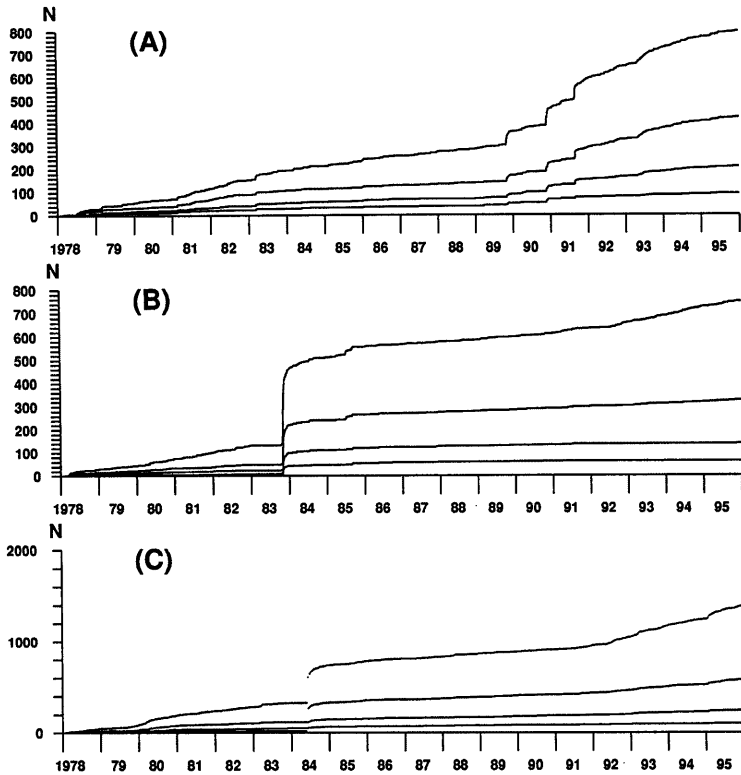


Fig. 3 Cumulative numbers of earthquakes occurred in the 3 regions. (A), (B) and (C) indicate the sub-region as shown in Fig. 1

### 2.3 空間分布

1991年前後で地震活動に差があることが認められたので、兵庫県南部地震前の6年間を1989～91年と1992～94年2つの期間に分けて震央分布の変化をみている。マグニチュードの下限を1.5, 2.5としたものをそれぞれFig. 4と5に示す。

鳥取鳥根県境では、前半は鳥取県西部および鳥根県東部の群発活動が比較的集中して起こっているが、後半では活動域が多少分散し、幾らか静穏化しているが、依然として活発な活動を示して。鳥取地震断層系では、前半よりも後半の方が地震の個数が多いが比較的小さな地震が多いだけで、M2.5以上の地震については後半は1つしか発生してなくて前半の7つに比べて極端に少ない。山崎断層系では鳥取断層系同様後半になって発生個数が増えているが増加の傾向は断層系の南東すなわち兵庫県南部地震の震源域に近い方が顕著である。この傾向はM2.5以上の地震についてみてみるとよりはっきりと分かる。

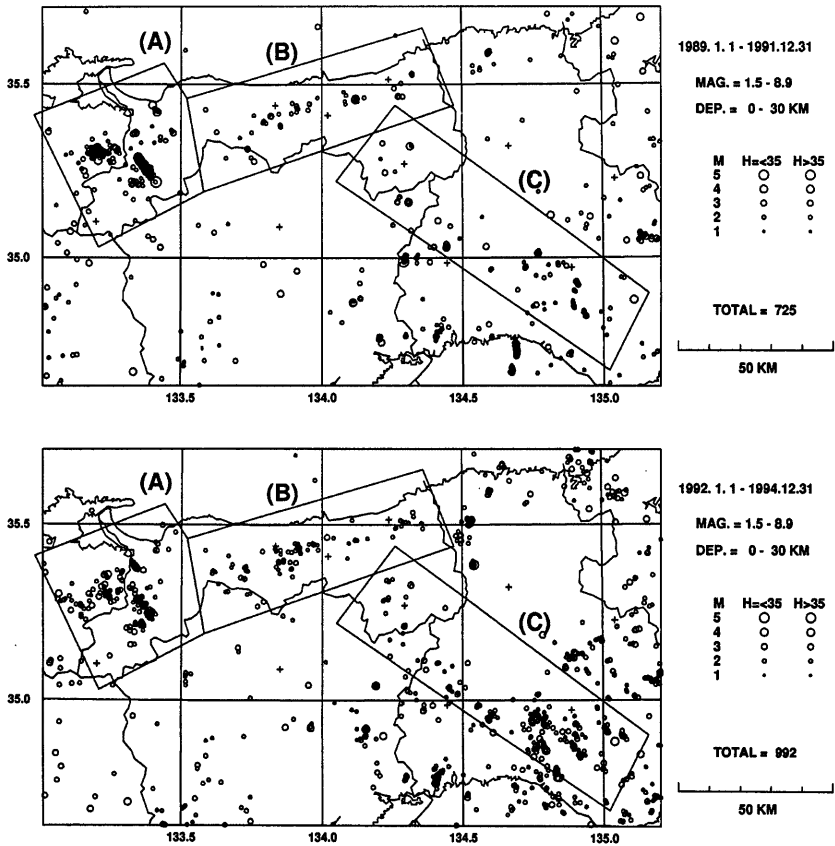


Fig. 4 Epicenter distributions of earthquakes during the two periods. One is 1989-1991 (upper), the other is 1992-1994 (lower). Earthquakes with magnitude greater than or equal to 1.5 and depth shallower than or equal to 30 km.

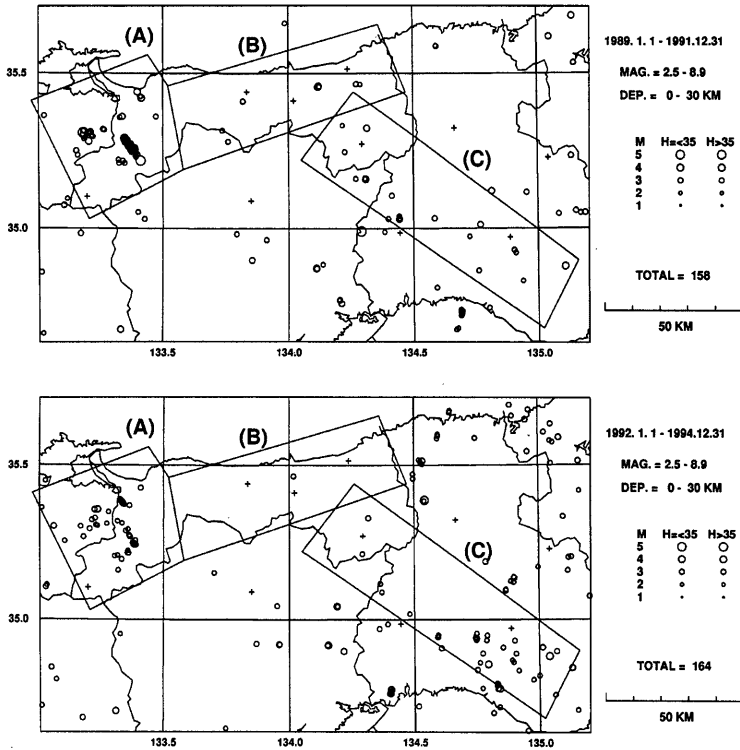


Fig. 5 Epicenter distributions of earthquakes during the two periods. Earthquakes with magnitude greater than or equal to 2.5.

#### 2.4 b 値の時間変化

前々節で地震発生個数の時間的な変化が地震の規模によって異なることが明らかにされたが、このことは、地震の b 値の変化に現れると考えられる。この節では、3つの地域の b 値の変動を調べた結果を述べる。

Fig. 6 に3つの地域および Fig. 1 に示される全域の1978年から1994年までの地震のマグニチュード頻度分布を示す。

マグニチュード頻度分布の直線性から地震の検知能力を見てみると、全域では、M 1.8以上、A 地域では M 1.6、B、C 地域では M 1.4以上の地震については漏れなく観測していると考えられる。以下の解析では、M 1.6以上の地震について b 値の変動を調べることにする。

マグニチュード  $M_{\min} \sim M_{\max}$  の区間の b 値は宇津による以下の式での算出した<sup>6)</sup>。

$$b = \frac{\log e}{\bar{M} - (mM_{\min} - 1M_{\max}) / (m-1)}$$

l, m は  $M_{\max}$  以上と  $M_{\min}$  以上の地震の個数、 $\bar{M}$  は  $M_{\min} \sim M_{\max}$  の区間内の地震についての平均マグニチュードである。

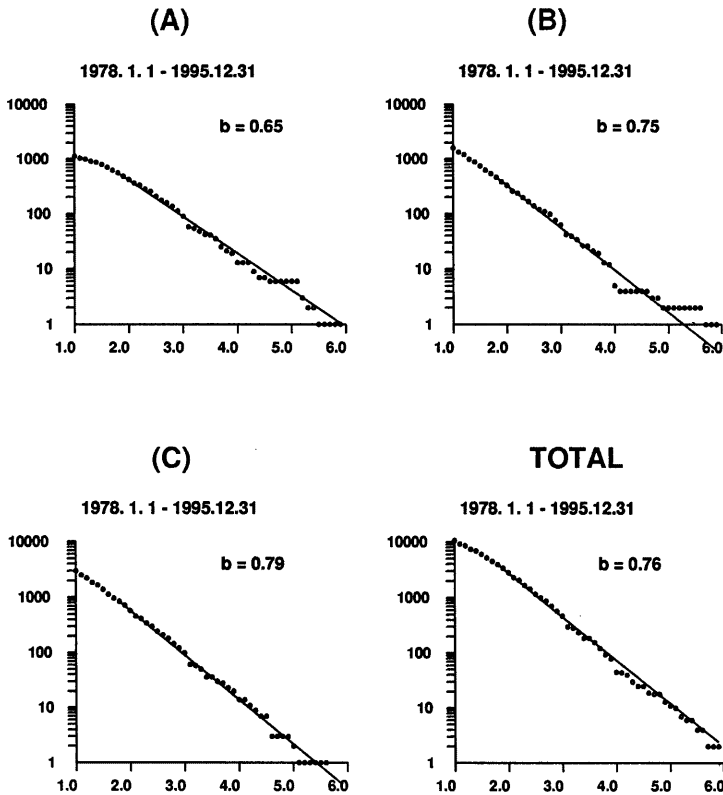


Fig. 6 Cumulative frequency distributions of magnitudes of 3 sub-regions and whole region during the period 1978-1995.

b 値を算出する上で地震の個数が少ないと b 値の意味そのものに疑問が残るので適当な期間を選ぶ必要があるが、期間が長すぎると地震活動の変化が反映されないおそれがある。今回は、2 年間毎の地震について b 値を決めてその時間変化を調べた。

また区間の選定、特にマグニチュードの下限の設定は b 値に大きな影響を与えるので、いくつかの値について調べてみた後、地震の検知能力なども考慮し M 1.6 とした、マグニチュードの上限については b 値にそれほど大きな影響を与えないので、M 4.0 とした。

Fig. 7, 8, 9 に A, B, C の 3 つの地域の 2 年間毎のマグニチュード頻度分布および b 値を示す。期間については 1 年毎にずらして示している。

地震の個数が 20 個前後の期間も含まれているため b 値の誤差はそれほど小さくはないが、地震活動の傾向をみる 1 つの目安としてどれだけ有効かを見てみた。3 つの地域で共通していることは、M 5 以上の大きな地震が発生し多くの余震を発生している区間はすなわち発生個数の多い期間では、マグニチュード頻度分布の直線性はよく b 値もそれほど大きくない。それ以外のところでは、直線性についても b 値についてもまちまちである。b 値の時間的な変動を Fig. 10 に示す。

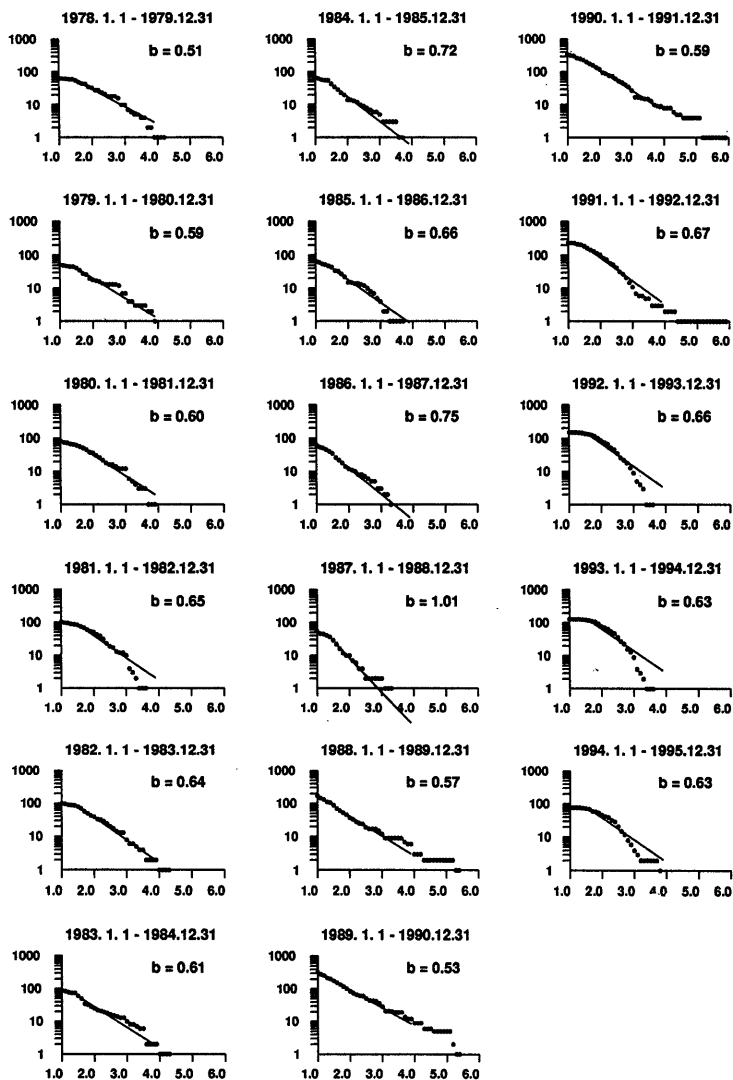


Fig. 7 Cumulative frequency distributions of magnitudes in the sub region (A). Each distribution is composed of earth-quakes during 2 years.

鳥取島根県境では、1988年までは $b$ 値が増加しているがマグニチュード3以上の地震が少なくなっていることを反映しているが原因はそれだけでなく、 $M$ 1.6~2.2の区間の傾きが大きくなっていることがあげられる。

活動が活発になるとともに $b$ 値は減少し現在に至っているが、地震活動が定常化した1992年からマグニ



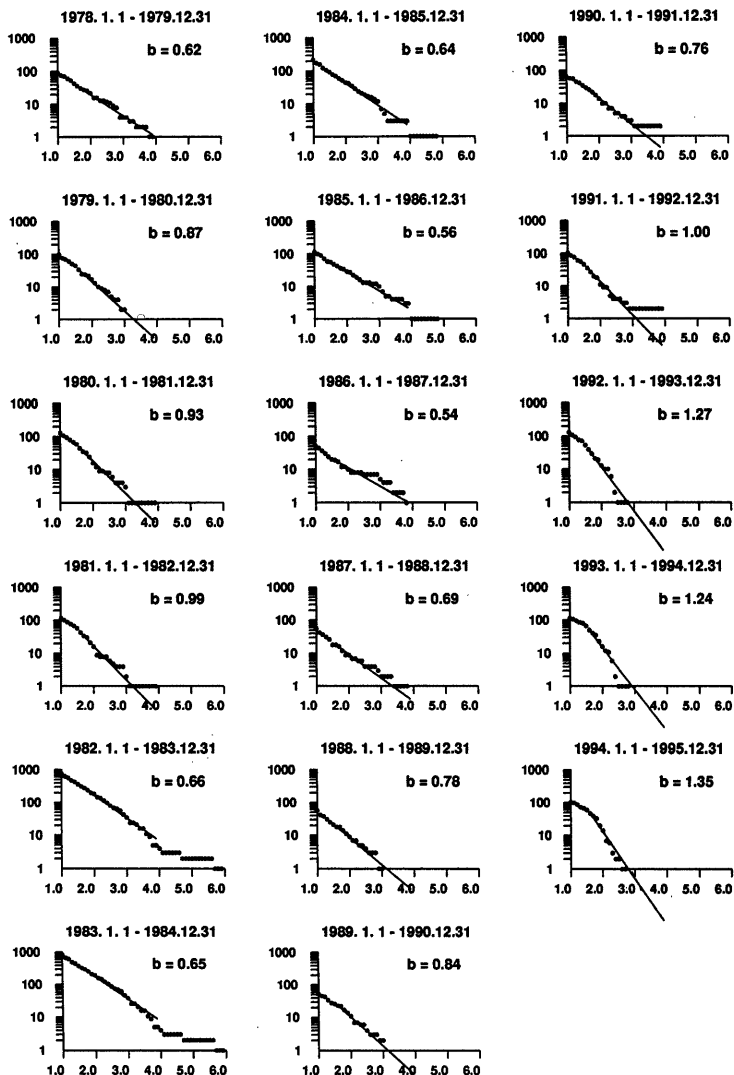


Fig. 8 Cumulative frequency distributions of magnitudes in the sub-region (B). Each distribution is composed of earthquakes during 2 years.

チュード頻度分布の直線性がきわめて悪くなっており、注目される。

鳥取地震断層系では、鳥取中部地震前に  $b$  値の増加が見られ、地震後  $b$  値は減少するが、1991 年以降急激に  $b$  値の増加が見られる。これは、 $M 1.6 \sim 2.2$  の区間の傾きに対応しており、単に  $M 2.5$  以上の地震の現象だけを意味しているわけではない。ただ、 $M 2.5$  以上の地震の減り方は鳥取中部地震にはみられなかつ

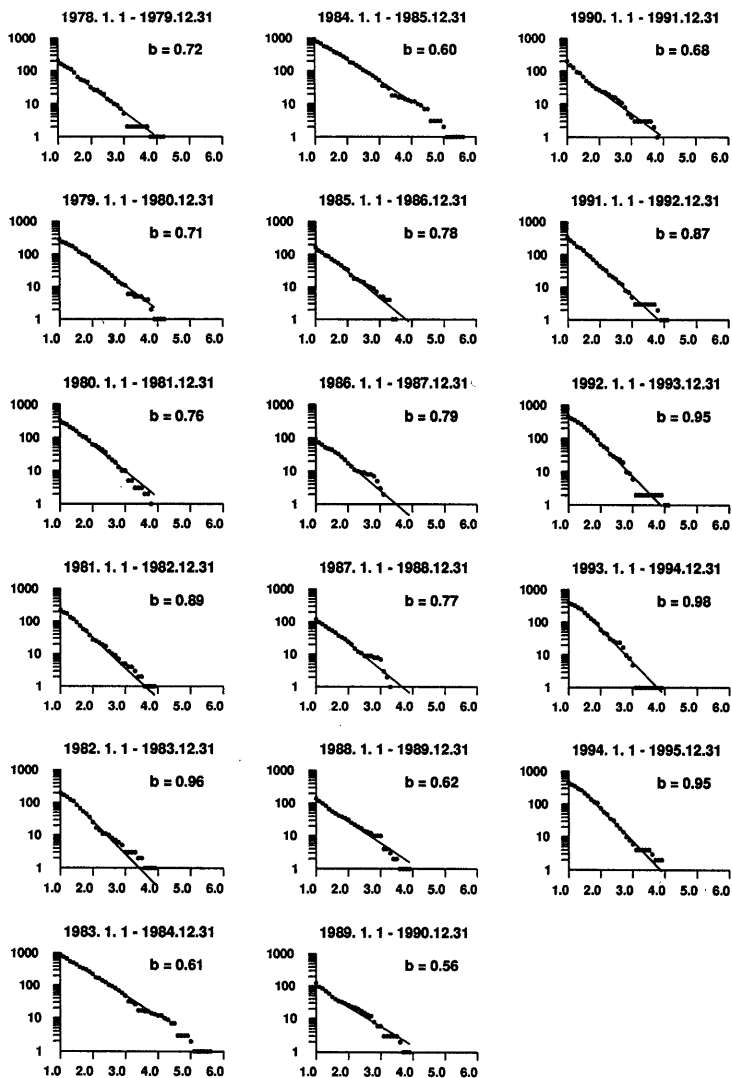


Fig. 9 Cumulative frequency distributions of magnitudes in the sub-region (C). Each distribution is composed of earth-quakes during 2 years.

た異常な現象である。

山崎断層系でも1984年の地震前に $b$ 値の増加が見られた。地震発生と同時に $b$ 値は下がり余震がおさまった1986年から増加しているが1987年前後のマグニチュード頻度分布が示すように異質な活動が加わったような印象を与える。その後 $b$ 値は減少し、鳥取断層系同様1991年から急激に増加している。山崎断層系

の場合は鳥取断層系の場合と異なり大きな地震の減少ではなく、小さな地震の増加を表していると考えられる。

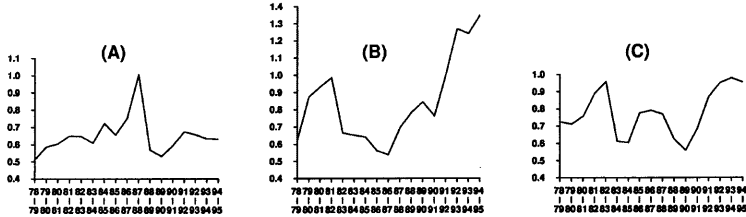


Fig. 10 Variations of b-values in 3 subregions.

### 3. 兵庫県南部地震後の地震活動

兵庫県南部地震後約1年間のこの地域の地震活動について述べる。Fig. 11に1994年1月～兵庫県南部地震前と兵庫県南部地震後～1995年12月の2つ期間の震央分布図を示す。

地震前1年間の活動は地震前3年間の活動と本質的には変わっていないが、山崎断層系の地震が兵庫県南部地震の本震域に近い南東側での活動が活発化している傾向はより強くなっている。地震発生後は鳥取島根県境および鳥取断層系では地震活動は低下してきている。とくに鳥根県東部の活動の低下が著しい。山崎断層系では、地震発生直後活動が活発化した、1995年後半には地震前と余り変わらない状態である。また、地震発生前活動が低下した北西部では地震活動は回復傾向にある。

北摂山地などと違って3つの地域以外では地震後活動が活発になったところは特にない。

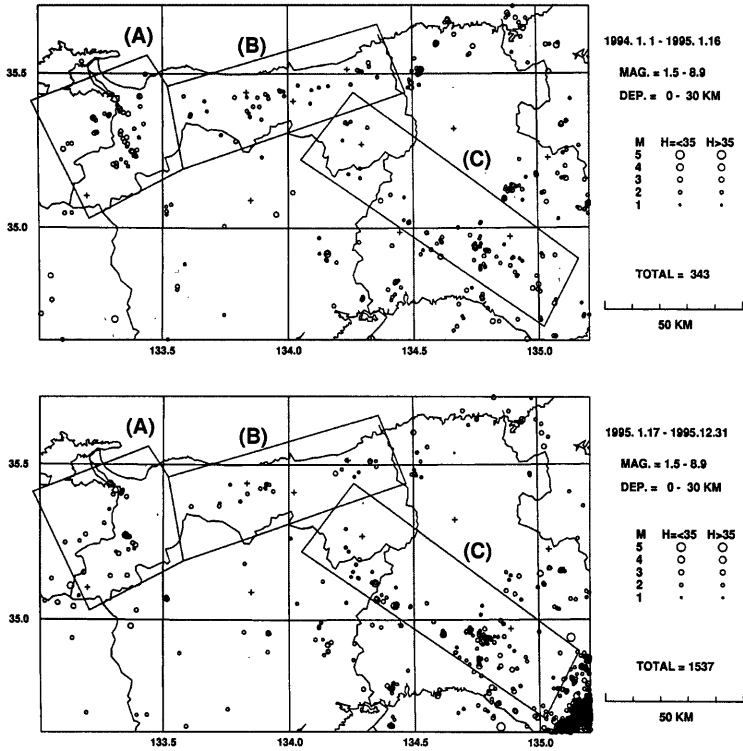


Fig. 11 Epicenter distributions of earthquakes during the two periods. One is 1994-1995.1.16 (upper), the other is 1995.1.17-1994 (lower). Earthquakes with magnitude greater than or equal to 1.5 and depth shallower than or equal to 30 km.

#### 4. おわりに

兵庫県南部地震発生前後の中国地方東部～近畿地方西部の地震活動をM5クラスの地震の発生した鳥取鳥根県境、鳥取地震断層系、山崎断層系の3つの地域について調べた。明らかになった事実は以下のとおりである。

- ・地震活動は兵庫県南部地震の本震域に近い所ほど地震前の変化が大きい。
- ・鳥取鳥根県境では、1989年の地震以来活動が活発になってきているがそれ以後活動度に特に変化はない。ただ、地震前3年間の地震活動の空間分布のばらつきとマグニチュード頻度分布の非直線性が見られた。
- ・鳥取地震断層系では、1985年中頃～1991年中頃とそれ以後では地震活動に大きな違いが見られる。1991年中頃以後は、小さい地震は増加しているもののM2.5以上の地震が極端に少なくなってきている。

- ・山崎断層系でも、鳥取断層系と同じく1991年を境にして地震活動に変化がみられる。ただ、山崎断層系では1991年以降のM2以下の地震の増加が目だつ。空間分布では兵庫県南部地震に時間的に近づくと空間的に近い地域の活動が活発になる傾向が見られる。
- ・b値の変動は、地震の個数が少ないため単純に値の変動だけを見て判断すると危険であるが、発生個数やマグニチュード頻度分布の形を見ることによって地震活動の特徴を見る目安となりうる。
- ・b値の増加は、大きな地震の発生個数が減っているためだけでなく、M1.6～2.2の区間のマグニチュード頻度分布曲線の傾きを表している場合が多い。
- ・M5クラスの地震発生前には3つの地域ともb値が増加している。
- ・鳥取地震断層系と山崎断層系では兵庫県南部地震前にb値が急増している。
- ・兵庫県南部地震発生後は山崎断層系以外の地域では地震活動は低下している。

これらの事実がすべて、兵庫県南部地震発生と関連があるかどうかは不明であるが、他の現象との比較や今後の地震活動の変化を見ていくことによって明らかになる部分があると思われる。とくにb値の変化は、兵庫県南部地震を引き起こしたこの地域全体の地殻の状況の変化によるものなのか、断層系特有の応力変化によるものかを明らかにする必要がある。

#### 参考文献

- 1) 松村 一男・片尾 浩：近畿地方の地震活動の特性，阪神・淡路大震災—防災研究への取り組み—，1996，pp.3-11.
- 2) 片尾 浩：兵庫県南部地震前後の北摂・丹波地域の地震活動，1995年度日本地震学会秋期大会講演予稿集，1995，A 49.
- 3) 岸本 兆方：1984年5月30日山崎断層の地震（M5.6），地震予知研究シンポジウム，1987，pp.101-107.
- 4) 西田 良平・岡田 昭明・渋谷 拓郎：鳥取地方の地震と活断層，1991.
- 5) 西上 欽也・中尾 節郎・矢部 征・渡辺 邦彦・松村 一男：兵庫県南部地震発生後の中国地方東部の地震活動変化，1995年度日本地震学会秋期大会講演予稿集，1995，A 50.
- 6) 宇津 徳治：地震の規模別度数の統計式  $\log n = a - bM$  の係数bを求める一方法，北海道大学地球物理学研究報告，13，1965，pp.99-103.