

丹波地方の地震活動と周辺地域の大地震との関連について

山崎純一*, 許斐直

*元京都大学研修員

要旨

1932 年以来約 60 年間に阿武山地震観測所（現地震予知研究センター阿武山観測所）で観測されたウィーヘルト地震計の記録を基に、丹波地方の地震活動を調べて、周辺地域の大地震による丹波地方の地震活動への影響を明らかにした。1984 年以降の短周期地震計の記録も併せて調べることにした。その結果丹波地方の地震活動に影響のあったのは、1936 年の河内大和地震（M6.4）、1946 年の南海地震（M8.0）及び 1995 年の兵庫県南部地震（M7.2）など丹波地方より南側に起こった大地震であることが明らかになった。

キーワード：微小地震、丹波地方、南海地震、ウィーヘルト地震計の記録

1. はじめに

1967 年に地震予知計画による地震観測が始まってから、丹波地方には近畿地方の中でも和歌山市付近（宮村他、1966）と並んで微小地震が頻発していることが明らかになって来た（Okano and Hirano, 1968）。一方理科年表(1996)の「日本付近のおもな被害地震年代表」によると近畿地方及びそれを取り巻く地域には過去 70 年余りの間に 1925 年の北但馬地震（M6.8）、1927 年の北丹後地震（M7.3）を始めとして、M6 以上の被害地震が多く起こっている（Fig. 1, Table 1）。それにもかかわらず微小地震の頻発している丹波地方では M6 以上の大きい地震は起こっていない。

本研究では 1929 年に阿武山地震観測所に設置されたウィーヘルト地震計の記録及び 1991 年 6 月にウィーヘルト地震計が廃止された後は中周期変位計の記録を解析して、丹波地方の平常の地震活動を明らかにし、その上で丹波地方を取りまく地域に発生した M6 以上の大地震の前後で丹波地方の地震活動が如何に変化したかを調べた。此处で考えているのは丹波山地を中心とする近畿地方中北部であって、西は兵庫県の丸山川と加古川を結ぶ線を境とし、東は滋賀県と福井県の境にある伊吹山脈及び滋賀県と

三重県の境にある鈴鹿山脈を結ぶ弧状の線を延長して、大阪府と和歌山県の境にある和泉山脈をつなぐ線を境とする内陸の地域である。

2. これまでの研究

近畿地方に近い将来起こることが予想される大地震の 1 つは太平洋側に発生する M8 級の南海地震である。南海地震の周期は 100 年から 150 年とされており、過去 70 年間にも 1944 年の東南海地震（M7.9）及び 1946 年の南海地震（M8.0）が起こっている。これらの巨大地震についてはいくつかの研究がなされている。Kanamori(1972)は世界中の地震観測所からこの 2 大地震の記録を集めて解析し、これらの地震は南海トラフ沿いに海洋プレートが低角度で大陸プレートの下に潜り込んで行くところに発生する地震であることを明らかにした。

また Ando(1975a,b)は南海トラフ沿いに起こった 1707 年の宝永の地震、1854 年の安政の地震 1 と 2、1944 年の東南海地震、1946 年の南海地震などを地殻変動や津波のデータを基に調べて、四国西部から東海地方まで 530km の距離に及ぶ震源域を西から A, B, C, D の 4 つの区域に分け、684 年から 1946 年までに 13 個の地震が平均 176 年の周期で起こっ

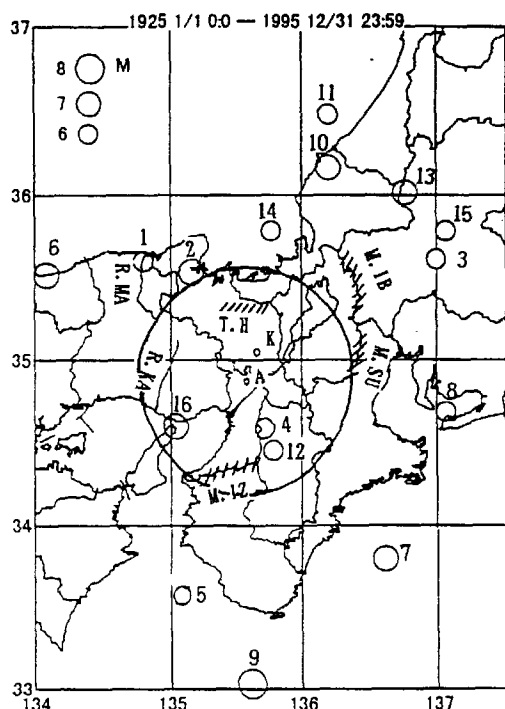


Fig.1 Epicentral distribution of large earthquakes which are listed in table 1. "A" denotes the Abuyama observatory. "K" denotes the Kamigamo observatory. The radius of the circle is 75 km.

ていることを明らかにした。

南海トラフ沿いの巨大地震と内陸の破壊地震発生
の関係についても幾つかの研究がなされている。
Mogi(1969)は東南海地震(1944)及び南海地震(1946)前
後の西南日本の地震活動について、大地震前の 20
年間は大地震の震源域の地震活動は静穏であって、
周辺地域の地震活動が大変活発であり、大地震発生
後はこのドーナツ型の地震活動は解消し、大地震の
震源域の内部及び近傍の地震活動が活発になると述
べている。

Ozawa(1973)は南海道及び東南海道沖に 887 年か
ら 1946 年までに発生した 8 個の大地震について、
その前後の近畿地方中北部の被害地震を調べて、大
地震の前 30 年以内に被害地震の発生することが多
いことを明らかにした。

プレートの地震と内陸の微小地震活動との関係に
ついて研究が進められている。Kanamori(1972)は
1923 年の関東地震 (M7.9), 1953 年の房総沖地震
(M7.4)など相模トラフ沿いにプレートの大地震が
起こる前の 4, 5 年間に震源から 500km 離れた和歌
山の群発地震活動が徐々に増加したことに注目して
いる。

Oike and Fujita(1988)は気象庁の観測データを用い
て 1983 年 5 月 26 日に秋田県沖に起こった M7.7 の
日本海中部地震の影響で、和歌山地方、四国東部及
び西南日本内帯の微小地震活動が活発になったこと
を明らかにした。

Table 1. List of large destructive earthquakes(M>6.0) which occurred during the period from 1925 to 1995, in and around Kinki district.

No	Year, Month, Day	Latitude (degrees)	Longitude (degrees)	M	Name
1	1925, 5, 23	35.6	134.8	6.8	Kita Tajima
2	1927, 3, 7	35.5	135.2	7.3	Kita-Tango
3	1934, 8, 18	35.6	137.0	6.3	Gujou Hachiman
4	1936, 2, 21	34.6	135.7	6.4	Kawati Yamato
5	1938, 1, 12	33.6	135.1	6.8	Tanabe-wan-oki
6	1943, 9, 10	35.5	134.1	7.2	Tottori
7	1944, 12, 7	33.8	136.6	7.9	Tonankai
8	1945, 1, 13	34.7	137.1	6.8	Mikawa
9	1946, 12, 21	33.0	135.6	8.0	Nankai
10	1948, 6, 28	36.2	136.2	7.1	Fukui
11	1952, 3, 7	36.5	136.2	6.5	Daisyuji-oki
12	1952, 7, 18	34.5	135.8	6.8	Yoshino
13	1961, 8, 19	36.0	136.8	7.0	Kita-Mino
14	1963, 3, 27	35.8	135.8	6.9	Etizen-misaki-oki
15	1969, 9, 9	35.8	137.1	6.6	Gifu-ken-chubu
16	1995, 1, 17	34.6	135.1	7.2	Hyogo-ken-nanbu

尾池ら(1992) はプレート境界に巨大地震が発生すると、その発生による影響が数 100km ~ 数 1000km ほど離れた地域にまで及ぶことがあるとして、1944 年と 1946 年の南海トラフの巨大地震前後の日本列島の地震活動の変化に注目した。その結果、東南海地震直後に地震活動が活発化した地域は東南海地震の震源域より東の伊豆、静岡、岐阜、三河であり、南海地震直後に地震活動が活発化した地域は南海地震の震源域より西の兵庫、京都、和歌山、四国東部等であることを明らかにした。

3. 観測データの特性

1946 年の南海地震発生当時に近畿地方で動いていた地震計には阿武山観測所のウーヘルト地震計、上賀茂観測所のウーヘルト地震計、京都地方気象台のウーヘルト 59 型地震計などがある。それに京都地方気象台の有感地震記録を併せて、周辺地域の大地震の発生と丹波地方の微小地震活動との関係を調べた。

3.1 阿武山観測所のウーヘルト地震計の記録の読み取りとその保有数

阿武山観測所のウーヘルト地震計等の特性は阿武山観測所より 1952 年 4 月から 1996 年 12 月まで年 2 回発行されていた地震報告に記されている。そのウーヘルト地震計の記録の総てに目を通して、

和歌山方面の南海地震の余震を除くために、S-P 時間 10 秒以内(阿武山から半径 75km の半円内)に発生した地震を残らず読み取った。Fig. 1 の A 印で示した阿武山を中心に描いた円が S-P 時間 10 秒以内の範囲を示す。円印は近畿地方及びその周辺地域で発生した大地震を示す。読み取った地震の中で、水平 2 成分のはっきりしたもの数を 1 年毎の棒グラフに示した (Fig. 2)。矢印 A は地震計がウーヘルト地震計から電磁式の中周期変位計に変わった年を示している (梅田・他, 1992)。

1968 年の和知地震 (M5.6) はその 2 年前から段階的に地震発生数が増加していることに注目し、その 2 年前の発生数を基準にして大体年間 60 個以上起こっている年は平常と異なって地震活動が活発であった年と考えることにする。図に描いた点線より上にあるのが異常に多い年である。そうすると河内大和地震 (M6.4) の発生した 1936 年が多い。また南海地震 (M8.0) の発生した 1946 年以降 1947 年から 1951 年までの 5 年間が多い。これはフィリピン海プレートの潜り込みに発生した南海地震の影響によって、その余震域から離れた丹波地方の地震活動が誘発され、地震活動が高まったものと考えられる。この活動の初期の段階を佐々 (1948) は次のように記している。『昨年末の南海大地震の後、京阪地方に小さい地震が頻々と発生して、人々に気味の悪い思いを時々おしつけた。』(1947.7.23) そして 1947 年 3 月には直ちに阿武山地震観測所において電磁式地

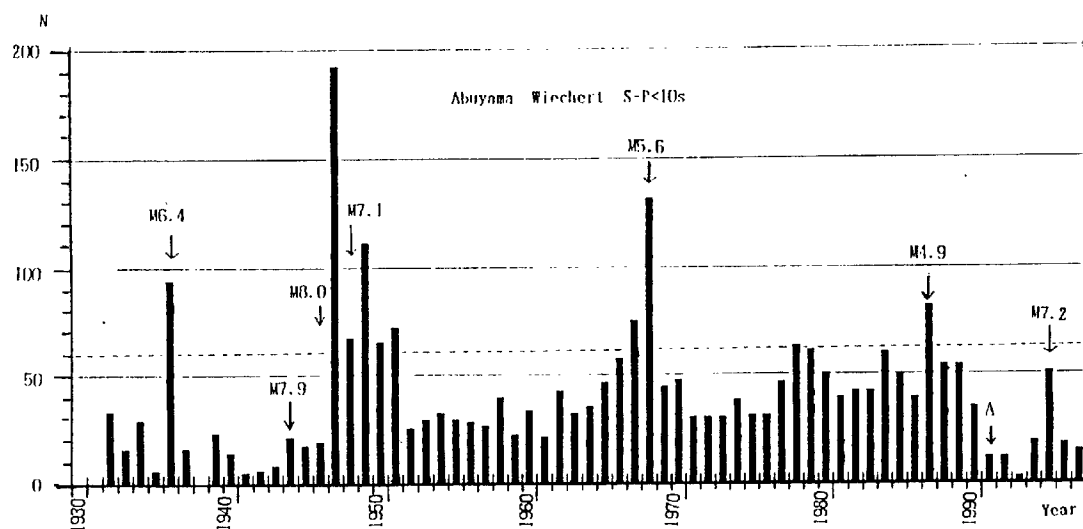


Fig. 2 Yearly number of earthquakes with s-p time less than 10 seconds at the Abuyama Observatory, detected by the Wiechert Seismograph during the period from 1932 to June 1991, and by the Middle Period Seismograph during the period from July 1991 to 1997. The arrow A means the time when the seismograph was changed.

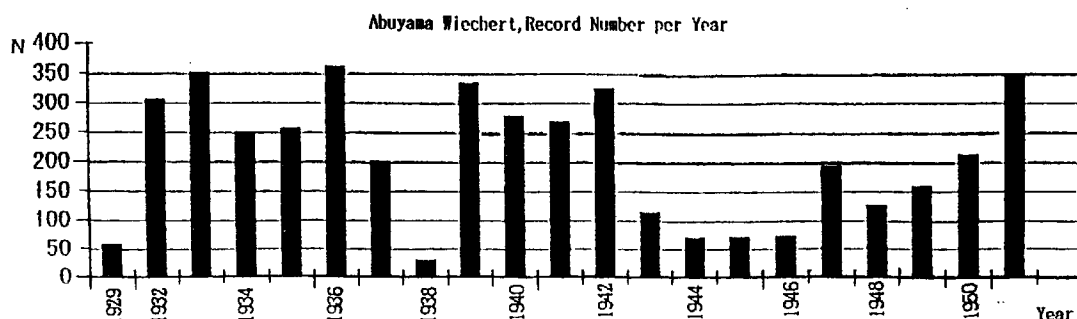


Fig. 3 Yearly number of days having at least two horizontal components of Wiechert seismograms during the period from 1929 to 1951 at the Abuyama Observatory.

Table 2. Yearly number of earthquakes corrected for the lack of records during the period from 1932 to 1951, and its comparison with yearly mean number of earthquakes.

Year	Number of Days	Number of Earthquakes	Corrected Number of Earthquakes	Comparison with Mean:34.0
1932	305	33	39.5	+
1933	350	16	16.7	-
1934	246	29	43.0	+
1935	255	6	8.6	-
1936	360	94	95.3	+
1937	199	16	29.3	-
1938	28	0		-
1939	333	23	25.1	-
1940	276	14	18.5	-
1941	266	5	6.9	-
1942	323	6	6.8	-
1943	113	8	25.8	-
1944	69	21	111.1	+
1945	70	17	88.6	+
1946	72	19	96.3	+
1947	192	192	365.0	+
1948	125	67	195.6	+
1949	158	111	256.4	+
1950	210	65	113.0	+
1951	348	72	75.5	+

震計による高感度の地震観測に着手している。(京都府地震対策委員会, 1950)

そのほかに目に付くのは河内大和地震 (M6.4)の発生した 1936 年以降南海地震 (M8.0)の発生した年の 1946 年までの 10 年間の地震発生数が和知地震 (M5.6)の発生した 1968 年から亀岡の地震(M4.9)の発生した 1987 年までの 18 年間の地震発生数と較べて極度に少なくなっていることである。これは南海地震の前に丹波地方の地震活動が静穏化したものの

ように見受けられる。一方、1968 年の和知地震(M5.6)の前の 1966 年から 1968 年までが多い。また、亀岡の地震 (M4.9)の発生した 1987 年が多い。1991 年から地震の数が極端に少なくなり、兵庫県南部地震 (M7.2)の発生した 1995 年の地震発生数が基準とした点線以下で、亀岡の地震(M4.9)よりも数が少なく、微小地震は中周期変位計では取れ難くなったことが分かる。

阿武山観測所のウーヘルト地震計の記録には戦

時下の物資不足によって欠測が多くなっている (Miki, 1987; 山崎, 2001)。そこで原記録に当たって調べ直し、少なくとも水平 2 成分の記録が残っている日数を数えて 1 年毎のグラフに示した (Fig. 3)。河内大和地震に関しては 1936 年が 360 日分と多く残っているが、1937 年が 199 日分と少ないのは残念である。南海地震に関しては、南海地震の前の 1943 年から 1946 年までの 4 年間は平均して 1 年間に 81 日分と極めて少なく、南海地震発生後の 1947 年から 1950 年までの 4 年間は平均して 1 年間に 171 日分の記録しか残っていない。従って Fig. 2 に見られるように南海地震の前に地震の数が少なくなっているが、南海地震の前に丹波地方の地震活動が静穏化したと断定することは出来なくなった。然し、木村・岡野(1995)は気象庁のデータによって南海地震の前に四国、和歌山及び丹波地方の地震活動が低下したことを明らかにしている。記録は十分でないが、不十分な記録でも地震が多いのだから南海地震の後で丹波地方の地震活動が活発化したことは間違いない事実である。

阿武山のウィーヘルト地震計の記録には 1932 年から 1950 年までの間に欠測が多い。観測が正常に行われるようになった 1951 年から 1991 年 6 月までの間に京都府中北部でやや大きい地震の起こった 1967 年、1968 年 (和知地震) 及び 1987 年 (亀岡の地震) を除いて、1952 年から 1990 年までの 36 年間の地震発生数の合計は 1230 個だから、年平均約 34 個となる。欠測の多かった 1932 年から 1950 年までの間でも、1 年間は同じ地震発生率で地震が起こっているものとして、1 年間に予想される地震発生数を計算で求めた。その上で観測が正常に行われている期間の平均の地震発生数と比較した (Table 2)。その結果、河内大和地震 (M6.4) の発生した 1936 年が多く、その 1 年前の 1935 年が少ない事が目につく。1937 年から 1943 年までの 7 年間は補正以前は勿論、補正以後も平常の地震発生数より少ないことが分かる。また 1944 年以後 1951 年までは補正以前では 1947 年から 1951 年までの 5 年間、補正以後では 1944 年から 1951 年までの 8 年間平常時の地震発生数より多くなっていることが分かった。従って地震発生率を用いて欠測の補正をした結果、阿武山観測所のウィーヘルト地震計の記録からも、東南海地震 (M7.9) の発生前 7 年間に丹波地方の地震活動が静穏化していたことが分かった (山崎, 2001)。

3.2 上賀茂観測所のウィーヘルト地震計の記録の読み取りとその保有数

阿武山観測所に保管してあった上賀茂観測所のウ

イーヘルト地震計の記録 (1931 ~ 1951) から S-P 時間 10 秒以内の地震を読み取って棒グラフにした (Fig. 4 の (1))。東南海地震の起こった 1944 年が少し多い。南海地震の後の 1947 年と 1949 年が多い。福井地震の起こった 1948 年はあまり多くない。また、記録の 1 年毎の保有数を棒グラフにした (Fig. 4 の (2))。記録の数は極めて少なく、1931 ~ 1933 年と 1947 年及び 1949 年がやや多い。このように少ない記録からは丹波地方の地震活動を詳しく知ることは困難である。

3.3 気象庁の観測データ

気象庁で得られた 1929 年から 1995 年までに近畿地方中北部 (' はじめに' で規定した地域) に発生

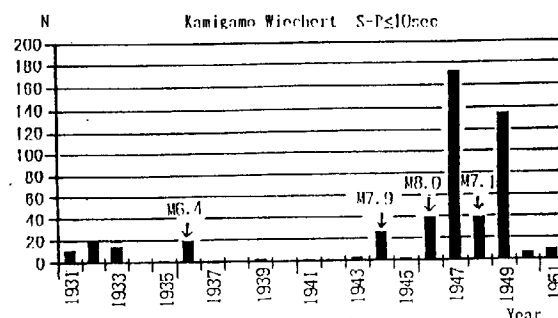


Fig.4(1) Yearly number of earthquakes with s-p time less than 10 seconds at the Kamigamo Observatory, detected by the Wiechert Seismograph during the period from 1931 to 1951.

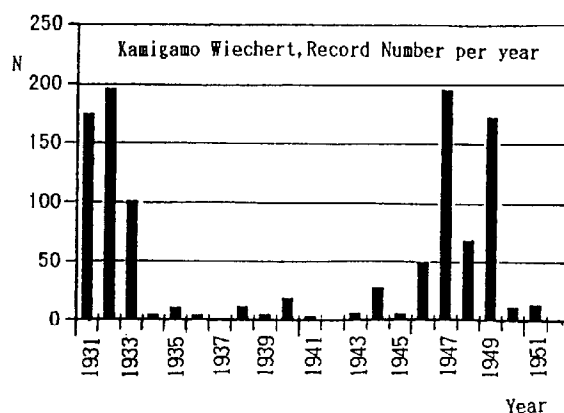


Fig.4(2) Yearly number of days having at least two horizontal components of seismograms during the period from 1931 to 1951 at the Kamigamo Observatory.

した地震の中で M3 以上、深さ 60km 以浅の地震の数を地震月報、SEIS-PC から選んで 1 年毎の棒グラフに示した (Fig.5)。柿下ら(1992)によると、1929 年から 1967 年まではウィーヘルト 59 型地震計 (周期 5 秒, 100 倍) が、1967 年から 67 型地震計 (周期 1 秒, 1000 倍) が、1976 年からは 76 型地震計 (周期 1 秒, 10000 倍, ボアホール型) が導入され、1983 年からは計算機が入り、トリガー方式になった。図を見ると 1983 年から地震数が急に増加していて、亀岡の地震 (M4.9) の発生した 1987 年の数が和知地震 (M5.6) の発生した 1968 年の数より多くなっているが、地震計や処理方式の変更の影響であると考えられる。そこで 76 型導入以前について概観すると、地震の数が多いいのは河内大和地震 (M6.4) の発生した 1936 年、東南海地震 (M7.9) の発生した 1944 年、そして南海地震 (M8.0) の発生した後の 1947 年から 1951 年までが多い。和知地震 (M5.6) の発生した 1968 年前後の 1966 年と 1969 年も多い。

ここでは、ウィーヘルト 59 型地震計でとれた 1929

年から 1967 年までの 39 年間に発生した地震 ($M \geq 3$) の総数 239 個から年平均値 $239 / 39 = 6.13$ を求め、1929 年から 1967 年までの間の地震発生数を年平均値と比較して表にした (Table 3)。地震発生数が年平均値を越えていたのは 1930 年から 1932 年までと、河内大和地震 (M6.4) の前後の 1935 年から 1938 年までと、1940 年及び東南海地震 (M7.9) の発生した 1944 年と、南海地震 (M8.0) の後の 1947 年から 1951 年まで、及び 1965 年から 1967 年までである。

南海地震 (M8.0) の前では 6 年前の 1941 年から東南海地震 (M7.9) の起こった 1944 年を除いて、1946 年までの 5 年間丹波地方の地震活動が減衰していたことが分かる。また、大地震発生後は 1947 年から 1951 年までの 5 年間に地震発生数が増加し、その後は 1952 年から 1964 年までの 13 年間に地震発生数が少なくなっていることが分かる。

3.4 京都地方気象台の有感地震

気象庁で得られた丹波地方の地震の発生数には、

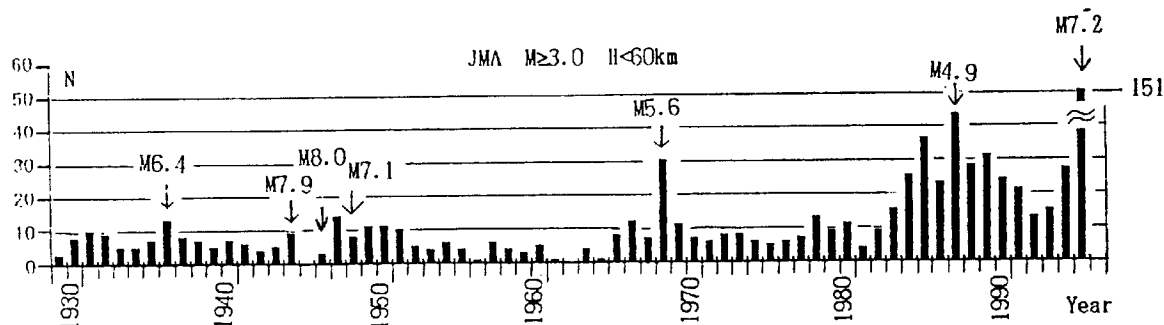


Fig. 5 Yearly number of earthquakes detected by JMA, which occurred in the Tanba district during the period from 1929 to 1995. Magnitude of them are larger than, or equal to 3.0, and the depth of them are less than 60 km.

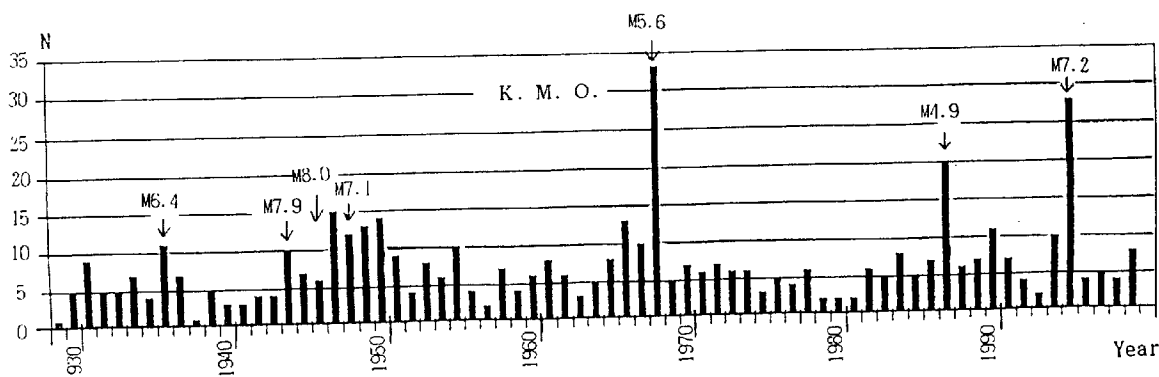


Fig. 6 Yearly number of earthquakes which were felt at the Kyoto Local Meteorological Observatory during the period from 1929 to 1999.

Table 3. Yearly number of earthquakes, and its comparison with yearly mean number of earthquakes which occurred during the period from 1929 to 1967.

Year	Number of Earthquakes	Comparison with Mean : 6.13
1929	3	-
1930	8	+
1931	10	+
1932	9	+
1933	5	-
1934	5	-
1935	7	+
1936	13	+
1937	8	+
1938	7	+
1939	5	-
1940	7	+
1941	6	-
1942	4	-
1943	5	-
1944	9	+
1945	0	-
1946	3	-
1947	14	+
1948	8	+
1949	11	+
1950	11	+
1951	10	+
1952	5	-
1953	4	-
1954	6	-
1955	4	-
1956	1	-
1957	6	-
1958	4	-
1959	3	-
1960	5	-
1961	1	-
1962	0	-
1963	4	-
1964	1	-
1965	8	+
1966	12	+
1967	7	+

地震計の改良と変更が度々行われて、均質なデータとは言えなくなっている（柿下・他,1992）。そこで京都地方気象台で得られた有感地震の中で丹波地方に発生したものの数を調べてグラフに示した。有感地震は人体の感覚に基づくもので、一定の感度で捕らえられている。ここには 1929 年から 1999 年までの 71 年間の有感地震の数を 1 年毎の棒グラフに示してある（Fig. 6）。総数は 505 個で年平均 7.11 個になる。平均値以上の有感地震があった年で注目されるのは、河内大和地震（M6.4）の発生した 1936 年、東南海地震（M7.9）の発生した 1944 年、南海地震（M8.0）の発生した 1946 年以降の 1947 年から 1951 年まで、和知地震（M5.6）の前後の 1965 年から 1968 年まで、亀岡の地震（M4.9）に関係のある 1987 年、兵庫県南部地震（M7.2）に関係のある 1994 年と 1995 年である。

南海地震の後の 1947 年から 1951 年までの 5 年間の有感地震の総数は 63 個で年平均が 12.6 個となり、71 年間の年平均値 7.11 よりも 5.49 個多い。従って南海地震後の 5 年間は丹波地方の地震活動が活発になったことが分かる。

南海地震の前に東南海地震があるので、1938 年から 1943 年までの 6 年間を考えると、有感地震の数は 20 個で年平均 3.33 個となる。これは 71 年間の年平均値 7.11 個よりも 3.78 個少ないことになる（Table 4）。木村・岡野（1998）は気象庁のデータを用いて、丹波地方の地震活動が南海地震の前に減衰したことを示しているが、京都地方気象台の有感地震のデータを用いても、東南海地震の 6 年前から、南海地震では 9 年前から丹波地方の地震活動が静穏化していたことが分かる。

4. 誘発地震の特性

4.1 月別地震発生数

丹波地方の地震活動に影響の有ったと見られる 2 つの大地震、即ち河内大和地震（M6.4）と南海地震（M8.0）の前後の丹波地方の地震活動を詳しく見るために、1 月毎の地震発生数をグラフにした（Fig. 7）。河内大和地震の前後を見るために 1932 年から 1938 年まで、南海地震の前後を見るために 1944 年から 1951 年までをグラフにした。河内大和地震前の 1932 年から 1935 年までの記録保有数が年平均 289 日分であって、約 79 % 残っており、1933 年は 350 日分であって、約 96 % 残っている。この 4 年間に発生した地震の総数は 84 個で年平均 21 個となる。地震発生率を考えると、もし記録が全部揃っていれば年平均 27 個とれることになる。1935 年の地震数 6

Table 4. Comparison between the yearly number of felt earthquakes detected by the Kyoto Local Meteorological Observatory during the three periods.

Period	Total number of felt earthquakes	Yearly number of felt earthquakes	Difference
1929~1999 (71)	505	7.11	
1947~1951 (5)	63	12.6	+5.49
1938~1943 (6)	20	3.33	-3.78

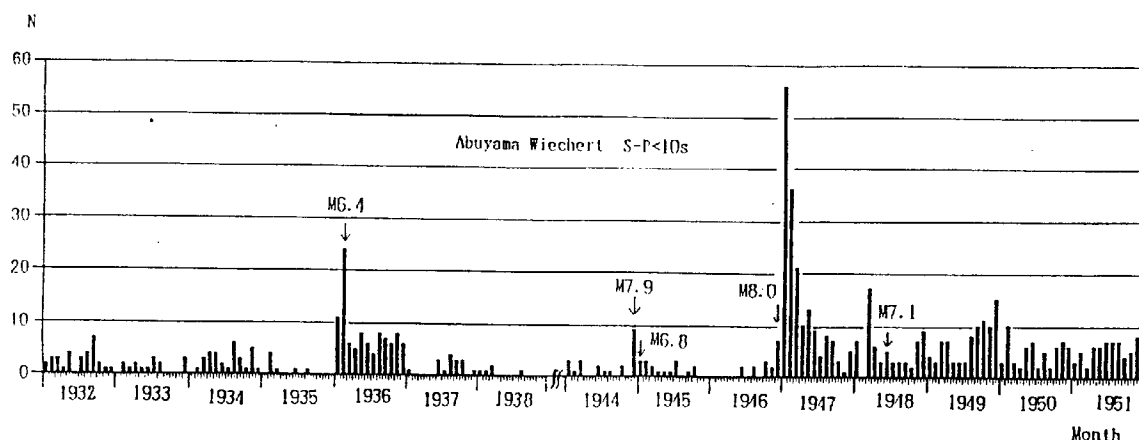


Fig. 7 Monthly number of earthquakes with s-p time less than 10 seconds, detected by the Wiechert Seismograph at the Abuyama Observatory, during the period from 1932 to 1938, and during the period from 1944 to 1951.

は極めて少ない値と言わねばならない。河内大和地震の1年前は地震が少なかったと考えられる。1936年は2月ばかりか3月以降も地震の数が多いことが分かる。

東南海地震の発生した1944年12月は少し地震が多いが1945年1月以降は多くない。東南海地震の丹波地方への影響は極めて軽微なものと考えられる。また、三河地震の発生した1945年1月以降には地震の数に急な増加は認められず、三河地震の影響は無かったものと考えられる。南海地震の発生した1946年以降1947年から1951年までは地震の数が大変多くなっている。特に1947年1月を頂点にして、2月、3月にかけて減少する様子は恰も本震余震型のような分布を示している。1948年6月15日に発生した田辺湾沖地震(M6.7)の影響は和歌山県内にとどまり、丹波地方には及ばなかった。福井地震の発生した1948年6月以降には突出した地震の増加は認められず、福井地震の影響は無かったものと考えられる。

4.2 S-P時間について

次に S-P 時間別の分布図を描き、阿武山からどれ位の距離の所に地震が多く発生したか調べた。Fig. 8に (a)河内大和地震 (b)南海地震(c)和知地震(d)亀岡の地震 (e)平常の地震について示す。(a)の河内大和地震の発生した1936年では S-P 時間4-6秒が多く、本震の近くに起こった余震を表している。次いで S-P 時間1-3秒が多いが、これは京都府中部に発生した地震を表している。Table5にそれぞれの発生数を月別に分けて示す。SEIS-PC(石川他, 1985)による1936年の近畿地方の震源分布図では本震周辺の他はそれから飛び離れた京都府中部に地震の固まりがみられる。(b)の南海地震の後の1947~1951年までは S-P 時間1-4秒が最も多い。これは紀伊半島沖の震源から遠く離れた京都府北部に誘発された地震を表している。(c)の和知地震前後の1966~1968年では S-P 時間5~7秒が多く、京都府北部の本震の近くで発生した余震を表している。また S-P 時間1~4も多く、これは京都府中部に発生し

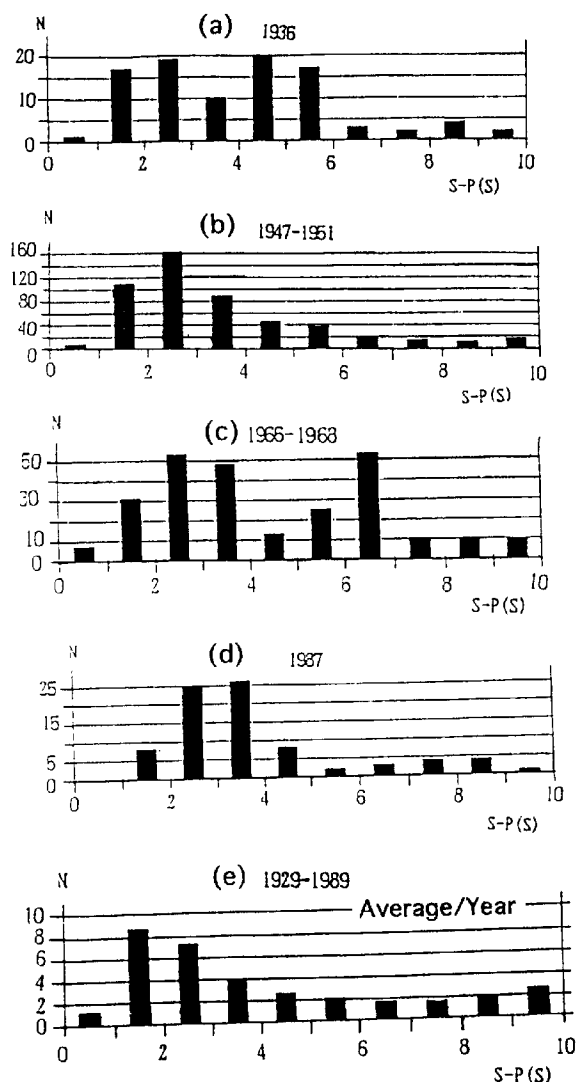


Fig.8 Histograms of earthquakes classified by s-p time intervals. (a) earthquakes which occurred in 1936. (b) during the period from 1947 to 1951. (c) during the period from 1966 to 1968. (d) in 1987. (e) during the period from 1929 to 1989, except for the earthquakes in (a),(b),(c) and (d).

た地震を表している。(d)の亀岡の地震の発生した1987年ではS-P時間2~4秒が多く、これは本震の周りに発生した余震を表している。(e)は1932年から1989年までの間に発生した地震の中で(a)から(d)の地震を除いた48年間に発生した地震の年平均値を表している。平常の微小地震活動は1秒以上3秒以下が多いことが分かる。南海地震によって圧倒的に多くの地震が誘発された地域は平常に地震のよく起こっている地域と重なり、S-P時間では亀岡の地震のそれと良く似ていることが分かった。

Table5 Monthly number of earthquakes, which occurred in 1936, classified by S-P time.

1936		
	S-P(S) 0~4]	4~10]
Month		
1	8	4
2	2	2
2, 21~	4	28
3	1	3
4	3	2
5	4	0
6	4	1
7	0	2
8	5	3
9	4	1
10	2	1
11	2	3
12	3	3
Total	42	53

4.3 Mについて

阿武山のウィーヘルト地震計でどれほどの大きさの地震が取れているかを見るために、河内大和地震の発生した1936年と、1946年に南海地震が発生した後の1947年から1951年までについてMを求めて、M別頻度分布図を作った(Fig.9)。Mを求めるには大森係数を7.5として、変位計に適用される坪井の式を用いた(例えば地震月報第169号昭和40年1月を参照)。河内大和地震ではM2以上3未満が多く、南海地震も同じくM2以上3未満が多い。Fig.5の気象庁の南海地震後の地震発生数の山がFig.2の阿武山のものに較べて低いのはこのM2以上3未満の地震の数のためであることが分かった。

5. 兵庫県南部地震について

1995年1月に発生した兵庫県南部地震(M7.2)発生前後の丹波地方の地震活動を見るために、(a)Wiechert地震計とそれに続く中周期変位計、(b)Hess型高感度変位計(20000倍)、(c)高感度速度計(65000倍)の記録を調べてS-P時間10秒以内の地震の数を1月毎の分布図にした(Fig.10)。

(a)では1991年7月からWiechert地震計が電磁式の中周期地震計に変わっているので比較は出来ないが、1994年11月に地震が増え、12月に地震が起こらなくなり、1995年1月に大地震が発生した様子が分かる。(b)では1991年の始め頃から地震の数が少なくなる傾向が見られる。(c)では1989年の12月から地震の数が少なくなっている傾向が見られる。

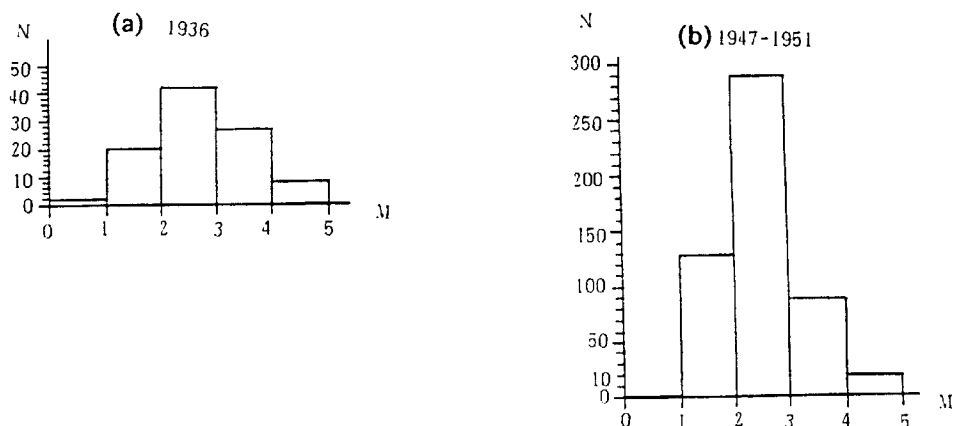


Fig.9 Histograms of earthquakes classified by the interval of magnitude. (a) in 1936. (Kawati-Yamato Earthquake). (b) during the period from 1947 to 1951. (Nankai Earthquake).

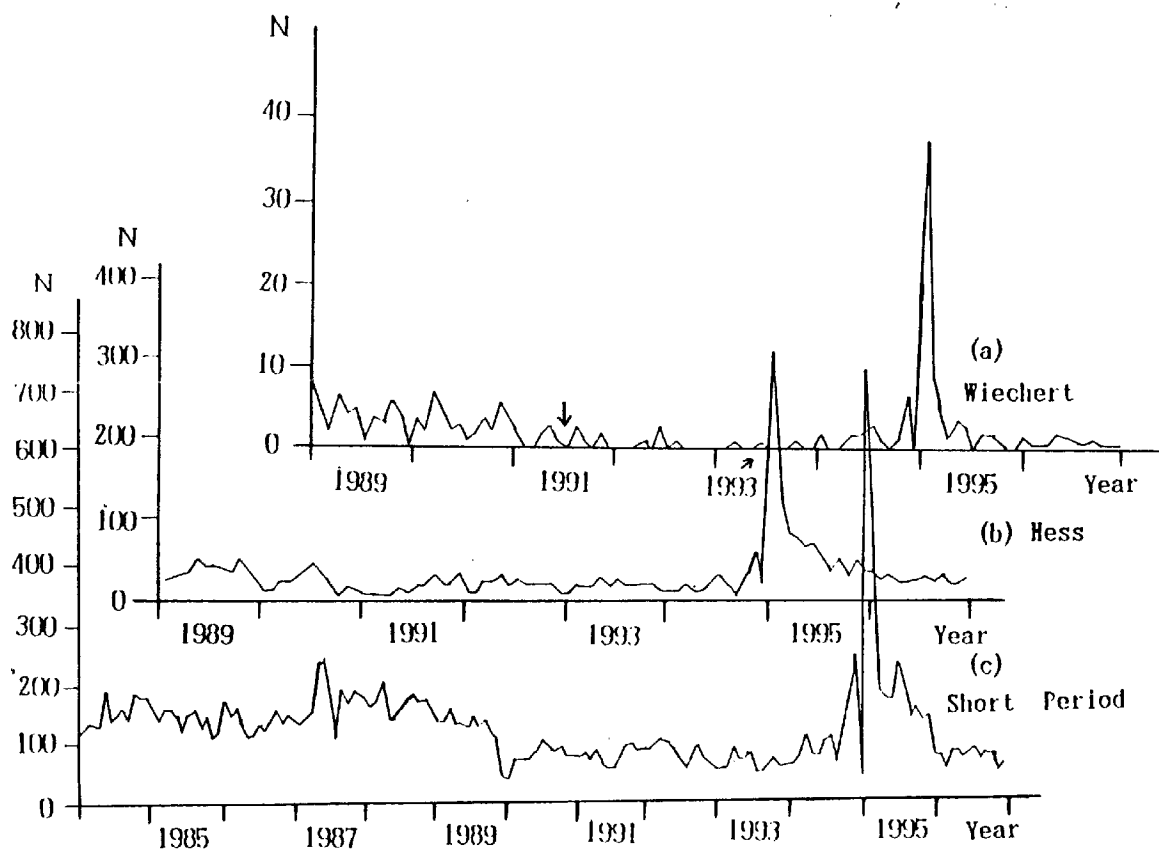


Fig.10 Monthly number of earthquakes with s-p times less than 10 sec detected by (a) the Wiechert Seismograph and the Middle Period Seismograph during the period from 1989 to 1996. The arrow shows the time when the seismograph was changed. (b) the Hess Type Seismograph during the period from 1989 to 1996. (c) the Short Period Seismograph during the period from 1984 to 1996.

大地震発生直前の様子は3種類の地震計とも同じである。これから周辺地域での大地震発生の5年前から丹波地方の地震活動が静穏化し、発生後の1年間

は丹波地方の地震活動が大変活発になったことが分かる。(片尾他,1996; Nakamura et al.,1996; 渡辺,1998)

6. むすび

阿武山観測所のウイーヘルト地震計の記録を中心に、上賀茂観測所のウイーヘルト地震計の記録、気象庁の地震の記録、及び京都地方気象台の有感地震等を調べて、周辺地域に発生した大地震の丹波地方の地震活動に及ぼす影響について調べた。その結果影響の有ったのは 1936 年の河内大和地震、1946 年の南海地震、1995 年の兵庫県南部地震の 3 つであることが分かった。

(1) 河内大和地震では発生前 1 年間丹波地方での地震活動の低下があり、本震の約 1 ヶ月前から今度は活動が活発となって、その年の間その活動の高い状態が続いた。

(2) 南海地震は発生前 7 年間丹波地方の地震活動が静穏化し、発生後は 5 年間活発化した。又本研究によって、宇津 (1957) が示した 6 ヶ月間の余震分布に見られる京阪地方での地震発生の全体像がかなり明らかになって来た。

(3) 兵庫県南部地震は発生の 5 年前から丹波地方の地震活動が静穏化し発生後は 1 年間活発化したことも分かった。

何れも東経 135 度から東経 136 度までの間の丹波地方の南側に発生した地震ばかりであった。その理由として考えられるのは、丹波地方の含まれる近畿地方にはフィリッピン海プレートが北西方向に 1 年に 30 乃至 40mm の割合でユーラシア・プレートの下へ潜り込んでおり (Seno, 1977)、また中国地方の側からは、インド・プレートの北向きの衝突の影響でユーラシア・プレートの東向きの運動が優勢である。(石橋, 1985) この 2 つのプレートの運動の結果、丹波地方には東西の主応力とともに北向きの応力が働くことになる。従って丹波地方では南側に起こった大地震の影響を受け易いことになる。

地震発生率で補正した阿武山のウイーヘルト地震計のデータによると 1937 年から東南海地震発生前の 1943 年までの 7 年間、気象庁の観測データによると 1941 年から東南海地震の発生した 1944 年を除いた南海地震発生の 1946 年までの 6 年間、京都地方気象台の有感地震によると 1938 年から東南海地震の発生前の 1943 年までの 6 年間丹波地方の地震活動が静穏化したことが分かった。この事実は次の南海地震の発生時期を予測する上で考慮すべきことである。

謝辞

本研究を始めるに当たり、親しくご指導頂きました

た高知大学名誉教授岡野健之助先生に心より感謝と御礼を申し上げます。また、研究の便宜を与えて下さいました元阿武山地震観測所所長京都大学名誉教授故三木晴男先生、前所長 京都大学名誉教授故渡辺晃先生及び、現所長京都大学防災研究所教授梅田康弘先生に厚く御礼申し上げます。また、度々貴重な資料を頂きました京都地方気象台の皆様にも有り難く御礼申しあげます。最後に大変お世話になりました阿武山観測所の皆様に厚く御礼申しあげます。

参考文献

- 石川有三・松村一男・横山博文・松本英照(1985): SEIS-PC の開発一概要一、構造地質, 19, pp. 19-27.
石橋克彦(1985): 東海地震の発生機構再考 (試論), 月刊地球, 7, pp. 128-131.
宇津徳治 (1957): 地震のマグニチュードと余震の起こり方, 地震 2, 10, pp. 35-54
梅田康弘・伊藤勝祥・斎田市三 (1992): ウイーヘルト地震計と等価な地震観測装置, 京都大学防災研究所年報, 35, B-1pp. 291-298.
尾池和夫・石川有三・清水洋(1992): 日本列島周辺のプレート境界巨大地震による広域地震活動の変化, 月刊地球, 号外, 4, pp. 54-60.
柿下毅・笹川巖・小林正志・永井章・浜田信夫.
(1992): 気象庁 87 型電磁式強震計記録を用いた気象庁マグニチュード決定式の評価, 地震 2, 45, pp. 263-277.
片尾浩・安藤雅孝(1996): 兵庫県南部地震前後の地殻活動, 科学, vol. 66, No.2, pp. 78-85.
木村昌三・岡野健之助 (1995): 1946 年南海地震直前の南海地域における地震活動の低下, 地震 2, 48, pp. 213-221.
木村昌三・岡野健之助(1998): 余震分布から推定される 1946 年南海地震の震源域, 地震 2, 50, pp. 461-470.
京都府地震対策委員会 (1950): 京都地震とその対策, pp.22-24.
佐々憲三(1948): 地震と災害, 甲文社, pp.3.
国立天文台編 (1996): 地学, 日本付近のおもな被害地震年代表, 理科年表, 第 69 冊, 地 206 ~ 地 237.
宮村摂三・堀実・松本英照 (1966): 紀伊半島の局地地震 (第 5 報) — 1957 ~ 1962 年における微小地震観測網の整備と同期間の地震活動一, 震研彙報第 44 号, pp. 709-729.
山崎純一 (2001): 阿武山観測所のウイーヘルト地震計による観測とその成果, 地震, 2, 53, pp. 303-312.

- 渡辺晃 (1998) : 1995 年兵庫県南部地震と震源域周辺の地震活動—バックグラウンド地震活動は何を示しているか—, 京都大学防災研究所年報, 第 41 号, A-1, pp. 1-25.
- Ando, M. (1975a): Possibility of a major earthquake in the Tokai district, Japan and its preestimated seismotectonic effects, *Tectonophysics*, 25, pp. 69-85.
- Ando, M. (1975b): Source mechanisms and tectonic significance of historical earthquakes along the Nankai trough, Japan, *Tectonophysics*, 27, pp. 119-140.
- Kanamori, H. (1972) : Tectonic implications of the 1944 Tonankai and the 1946 Nankaido earthquake, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 5, pp. 129-139.
- Miki, H. (1987): MICROFIRM OF HISTORICAL SEISMOGRAMS AT ABUYAMA SEISMOLOGICAL OBSERVATORY, A. S. O. Faculty of Science, Kyoto University.
- Mogi, K. (1969) : Some features of recent seismic activity in and near Japan(2) , activity before and after great earthquakes, *Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo Univ.*, 47, pp. 395-417.
- Nakamura, M., M. Ando (1996) : Aftershock distribution of January 17, 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake determined by the JHD method, *J. Phys. Earth*, 44, pp. 329-335.
- Oike, K., and K. Fujita (1988) : Relation between characteristics of seismic activity and neotectonics in Honshu Japan, *Tectonophysics*, 148, pp. 115-130.
- Okano, K. and I. Hirano (1968) : Earthquakes Occurring in the Vicinity of Kyoto, *J. Phys. Earth*, 16, pp. 141-152.
- Ozawa, I. (1973): Forecast of occurrences of earthquakes in the northwestern part of the Kinki district, *Contrib. Geophys. Inst., Kyoto Univ.*, 13, pp. 147-161.
- Seno, T. (1977): The instantaneous rotation vector of the Philippine sea plate relative to the Eurasian plate, *Tectonophysics*, 42, pp. 209-226.

The Relation Between the Seismic Activity in the Tanba District and the Large Earthquakes in the Surrounding Region.

Jun'ichi Yamazaki *, Tadasi Konomi

* previous trainee of Kyoto University

Synopsis

In this study by examining the Wiechert seismograms which were registered at the Abuyama Observatory during about 60 years since 1932, the earthquake activity in the Tanba district was made clear, and the effect of the large earthquakes in the surrounding regions on the earthquake activity in the Tanba district was examined. The short period seismograms since 1984 were also examined.

Consequently the earthquakes which gave the influence upon the earthquake activity in the Tanba district were the 1936 Katori-Yamato earthquake (M6.4), the 1946 Nankai earthquake (M8.0) and the 1995 Hyogo-ken Nanbu earthquake (M7.2) that occurred in the southern direction of the Tanba district.

Keywords: microearthquake, Tanba district, Nankai earthquake, Wiechert seismogram