

## 6-4 山崎断層の地震 (1984年5月30日, M5.6) について

### An Earthquake at the Yamasaki Fault (May 30, 1984, M5.6)

山崎断層研究グループ

The Research Group for the Yamasaki Fault

1) 1984年5月30日09時40分頃, 山崎断層系に属する暮坂峠断層<sup>1)</sup>の直上で, M5.6の地震が発生した。鳥取微小地震観測所のルーティン観測によれば, 発震時, 震央, 深さは次の通りである;

May 30th09h40m11.4s, 1984

34° 57' 22.7" N, 134° 36' 00.4" E 20.1 km

第1図は, 山崎断層系周辺の最近8年間の地震活動, 観測点, 今回の地震の余震活動(矢印)を示す。第2図は, 本震と  $M \geq 2.5$  の余震の位置の再決定結果で, 震央分布と2本の矢印の方向から見た鉛直断面分布である。震源域は鉛直に立った3角形の板状である。本震は震源域の最下端に発生した。

第3図は余震の減衰状態を示す。第4図は7月3日までの全地震についての  $b$  値であるが, 山崎断層系の常時地震活動の  $b$  値より明らかに小さい。姫路で有感34回を算えたことはこれと対応している。

第5図は, 気象庁による過去約60年間の山崎断層系の地震活動の時空分布である。 $M \geq 5$  の地震は, 11~13年に1度の割合で起こっている。斜線部は地震活動の高かった時期と断層沿いの位置を示すが, この状態は第6図に示されている。断層に沿う地震活動度は, 3~4年位の間隔で消長をくり返すように思われる。第6図下図の Activity は次のような量である。

$$\text{Activity} = \int_{M_0}^{\infty} w(M)n(M)dM$$

ここに,  $w(M) = 10^{b_0(M - M_0)}$ ,  $b_0$ : 最低の  $b$  値,  $M_0$ : 最低の  $M$ ,  $n(M)$ : 各  $M$  の地震の発生密度であり,  $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ , 1年とする。又  $M_0 = 1$  とした。第7図は, 今回の地震の約2年半前からの活動状態を示す。1982年には今回の地震の震央と同じ位置で深さ7 kmに群発地震が起こった(a)。1983年には, 今回の余震域を取り囲む広い範囲に空白域が形成され(b), 空白域の東~南東縁で活動があった(b, c)。地震の4日前から直接の前震4個が発生した(d, e)。

第8図(a)は本震及び最大余震のメカニズム解で, 東西圧力によるほぼ純粋な横ずれ型である。第8図(b)は主な余震のメカニズム解である。本震と最大余震の北西-南東の節線は暮坂峠断層

の走向とほぼ一致する。

第9図で本震AとB, CあるいはD, Cを結ぶ2つの震源域を仮定し, 破壊がAから円弧状に伝播した時の波形を計算し, 阿武山地震観測所及び上宝地殻変動観測所の長周期地震波形と比較すると, 次の結果が得られる。

モーメント  $M_0 = 2.8 \sim 3.6 \times 10^{23} \text{ dyne, cm}$

平均くい違い  $\bar{D} = 8 \sim 14 \text{ cm}$

ストレスドロップ  $\Delta \sigma = 19 \sim 38 \text{ bar}$

立上り時間  $\tau \doteq 0.1 \text{ sec}$

破壊伝播速度  $V_R = 2 \sim 3 \text{ km}$

(岸本兆方・佃 為成・西田良平・西上欽也)

## 2) 安富うすづく基線網における測量結果

基線網における精密測地測量は毎年11月下旬に実施しているが(連絡会報32巻), 今回は地震後の6月5日から3日間基線測量とMA100による辺長測量, Wild T 3による鉛直角観測を行った。水平角観測を行っていないので精度は例年より低く, また年周変化を含む可能性がある。結果は第11図に示すように基線は今回どの区間も伸となり, 上下変動は第12図のように5, 6号点の隆起, 4号点の沈降が目立つ。網全体が一様に傾動したと仮定して傾斜ベクトルを画くと第13図のようになる。第14図は網変動様相をもっともよく代表する1-A間のひずみと1-5-6-4号点のなす四辺形の面積ひずみ変化であり付近に発生した地震データと発生時期を示してある。これらの図から, 数km以内に発生したM3.7, 5.6の地震ではともに地震発生の1~2年前から水平変動は縮, 上下変動は将来発生する地震の震央方向が隆起, 地震時にその変動は回復し, 1年~2年間余効変動が続くことがわかった。震央距離が10 km以上の地震ではこのような変動はみられない。

(田中 豊・藤森邦夫・中村佳重郎・大塚成昭・田部井隆雄・大村誠)

## 3) 安富観測坑における地殻変動連続観測

### 3-1) 伸縮変動

外気温による $10^{-5}$ 程度の年周変化を除いた経年変動は, 数年間隔で山谷をくり返すが, 地震活動の数年間隔の盛衰と関連するとも考えられる。ただし, 外気温の経年変動との関連を考慮する必要がある(第15図)。

第16図は最近18ヵ月の伸縮変化である。1984年2月頃から縮みの量が大きくなり, 且つ波形や振幅が常と異なって, 大きな降雨レスポンスと思われる“ゆらぎ”が見られるようになった。

第17図は, 本震及び余震のstrain stepを示す。大きい地震の直後に続発した地震の,

strain step は比較的小さい。本震から1週間以上たつと、本震のものと異なる方向の step が現われる。第18図に、strain step を除いてつないだ地震前後の伸縮変動を示す。成分によって異なる時定数(1~5日)を持つ余効変動が認められる。また第19図に1984年1月~10月の伸縮変動を示す。ここで、成分4と11については1982及び83両年の変動を示してある。例年の変動と比較すると、成分1~6(N34°w方向の坑道内)には、地震後約1ヵ月間余効変動が認められる。

### 3-2) 傾斜変動

第20図は1ヵ月毎データによる傾斜ベクトルである。1983年9月頃から経年変化量が増大し、今回の地震の際の tilt step で通常のレベルに戻ったことが分かる。傾斜ベクトルの加速の開始時期は、第20図下段に示す本震周辺の空白域形成が始まった時期と一致する。第21図は地震前後の傾斜変動と tilt step を示す。step の量は約5秒角で、ほぼ震央方向に傾斜している。(渡辺邦彦・尾池和夫)

### 4-1) 生野観測室の伸縮計で観測された異常変動

生野は今回の震央の北東31kmにある。計器配置と記号は第22図に示す。異常変動は4月19日の降雨を契機(第22図矢印)として、EXT4は縮み、EXT1は伸びの変化により始まり、前震の発生した5月24日頃からEXT1は地球潮汐の振幅が減少し、EXT4は急激に伸びに転じた。本震時には、震央方向に $-7 \times 10^{-7}$ の strain step を生じ、傾斜計も含む全成分が大きな余効変動を示した(第23, 24, 25図)。

### 4-2) 六甲観測点および衛星観測点における coseismic, post-seismic な変動

六甲は震央の南東60kmにあり、地震の半月前にやや異常が認められるが、降雨もあり前兆は判然としない(第26図)。地震後の余効変動は傾斜計に小さく、伸縮計に大きくあらわれ、断層破碎帯における特殊な step と余効変動を示した。断層に平行な伸縮計は、断層の北側南側共に同方向の成分はいずれも類似の変化を行っているが、破碎の進んだ南側の方が変化量が大きい。断層に斜交する伸縮計のうち破碎帯内に設定したものは大きな伸びの step を示すものと、地震直後急激なクリープ的变化を示すものなどがあり、破碎帯における変動の特性を示している(第27図)。strainstep も断層の南側と北側で伸縮を逆にするが、直線のクリープ的变化を加算すると南側の step は北側のそれと似た傾向になる。(田中 豊・藤森邦夫・中村佳重郎・大塚成昭・田部井隆雄・大村 誠)

### 5) 地球電磁気学的現象

今回の地震発生に関連して、土地の電気抵抗、自然電位、地磁気場などにより明瞭な異常変化が観測された。観測点位置を第28図に示した。震央距離はおよそ3kmであった。

第29図は、比抵抗変化の経年変化(1983年1月~1984年7月)を、断層に平行な測線

(EW 成分) と、直交する測線 (NS 成分) について示したものである。測定は比抵抗法シュランベルジャー電極配置で行っており、電流電極間隔は EW で約 950m, NS で 350m である。したがって、探査深度は、それぞれ、およそ 480m, 780m に相当する。図のデータは、毎日の夜間 0 時～1 時の平均値である。

EW 成分を見ると、3 月中頃より比抵抗値は約 30% 減少し、5 月初め頃より増加に転じ、地震発生後の 10 日位前からその傾向が強まっているように見える。5 月 29 日の夜半から急激に比抵抗値は増大し、地震後もその傾向が続き、最大 500% 増にも達した。この変化は約 2 週間で元に戻った。地震前後の大きな変化は第 29 図には書き入れていない。第 30 図に詳細を示した。但し、5 月 29 日夜半より同月 31 日夕刻までは、スケール・オーバのため比抵抗値の正確な値は不明である。なお、第 29 図に見られる EW 成分の値が 1 月～3 月の間で 1 部クリップしているのは、アンプ・ゲインが高過ぎるためスケール・オーバしていたことによる。

一方、NS 成分を見ると、EW 成分のような著しい変化は地震の前後を通じて生じていない。ただ、2 月初め頃より僅かに 6% ほど減少し、地震後ゆるやかに回復しているようにも見える。しかし、NS 成分はもともと季節変化が 15% 程度あるので、今回の変化が地震に関連するものか否かは不明である。

第 31 図は、山崎断層観測室横の観測井中での、電気検層法による電気抵抗の変化を示したものである。データは、毎日夜間 1 時 45 分から 2 時 15 分までの 30 分間の平均値である。5 月初旬から中半にかけて、ゆるやかに 2% の増加が見られ、地震発生をはさむ一昼夜の間に約 2% のステップ状変化が観測された。地震後は定常状態が続いている。

第 32 図は、山崎断層観測壕内の自然電位の変化を示したものである。上段は、毎日夜間 0 時から 3 時までの平均値を用いた長期傾向を示すもので、下段は毎時の値を用いた地震前後の拡大図である。破碎帯をまたぐ E - 1 成分に顕著な変化が見られる。4 月中頃より異常な変化が目立ち始め、地震発生直前には、約 50mV の大きな変化があった。地震後には目立つ変化は無い状態が続いている。

第 33 図に、水平磁気勾配の経年変化を示す。断層の南側に、セシウム磁力計センサー 2 台を、水平距離約 60m 離して設置、この間の全磁力差を観測している。データは毎日の夜間 0 時～1 時の平均値を用いている。図によると、3 月末頃から勾配が約 10% 増加し、地震発生までこの状態が続いた。地震後、約 1 日経過してから、徐々に正常値へ戻った。この間の毎時の変化を第 34 図に示した。コサイスマミックな変化は全く観測されなかった。

第 35 図は、断層周辺での磁気測量の結果を示すものである。1983 年 3 月の測定値にくらべて、震央の南側約 1 km に当る磁気点 C - 3 では、約 4 nT の減少があった。しかし、その後の繰り返し測量の結果によると、ほぼ 1 ヶ月後には変化は徐々に消失した。

以上、今回の地震に関連して観測されて電磁気諸現象異常変化の原因については、目下検討中であるが、地下数百メートル以浅の地下水の動きに関連する可能性が高いと思われる。(山崎断層電磁気研究グループ)

## 6) ラドン濃度変化と水素放出

### 6-1) $\alpha$ トラック法による安富観測坑内空気中のラドン濃度

第36図は $\alpha$ トラック測定用フィルムの設置位置を示す。第37図は1977年3月から1983年5月までの $\alpha$ トラック密度変化を示す。

### 6-2) シンチレーション検出器による地中空気中のラドン濃度の連続観測

第38図に、安富観測坑付近で行っている地中空気中ラドンの1979年11月から1984年5月までの観測結果を示す。図中に示した地震との相関は明らかでない。

### 6-3) 水素分布

第39図は1979年11月から継続している水素分布観測結果である。安富観測坑付近の観測点(C点)では、3%に達する高濃度の水素放出が見出され、断層運動で形成される岩石表面と地下水の化学反応(ラジカル反応)に由来するものと考えられる。

1984年5月30日のM5.6の地震発生直後、暮坂峠断層及び主断層上で行った水素分布の観測では、水素放出量は極めて小さく、前述のC点及び震央付近で微量の水素放出が確認されたのみであった。第40図に1966年以降のActivity及びC点での最高水素濃度の変化を示す。1978年～1980年の高濃度の水素の放出は高い地震活動に、以後の水素放出の低下は、地震活動の低下に対応しているとも解釈できる。(脇田 宏・中村裕二)

## 7) 塩田温泉における水質変動

第41図に塩田温泉の位置、第1表の地震の震央を示す。

### 7-1) 前兆的变化

第42図に示すように、知新荘観測井(深さ300m, 自噴)では、今回の地震に関する前兆的Cl<sup>-</sup>濃度変化は認められなかった。上山旅館観測井(地表へ湧出)では、2～3ヵ月前からスパイク状のCl<sup>-</sup>濃度変化が出現している(図中の矢印)。これは、安富観測坑付近で観測された比抵抗値の変化(第29図)や、安富観測坑内での伸縮異常変化(第16図)とほぼ同じ時期に始まっている。また、このようなスパイク状の変化は、鳥取県中部の地震(1983年10月31日, M=6.2)の際、山陰地方の温泉でも認められた。<sup>2)</sup>ただし、上山観測井の水質は降雨その他の影響を受けているので、なお検討を要する。

### 7-2) Coseismic な変化

知新荘観測井においては、第43図に示すように、地震発生直後に鉱泉水の水温及び電気伝導度の急激な変化が認められた。この変化は、高々3分の間に発生している。一方、知新荘観

測井の自噴流速は10m / min 以下と推定されるので、この Coseismic な変化は、地表下 30m 以浅で起こったものと思われる。同様な変化は、鳥取県中部の地震の際、この観測井で認められた。(小泉尚嗣・告岡龍馬)

参 考 文 献

- 1) 活断層研究会：日本の活断層，東京大学出版会，1980.
- 2) 京大防災研・鳥取大地学教室：1983年10月31日鳥取県中部の地震（M6.2）について，連絡会報，31（1984），390 - 398.

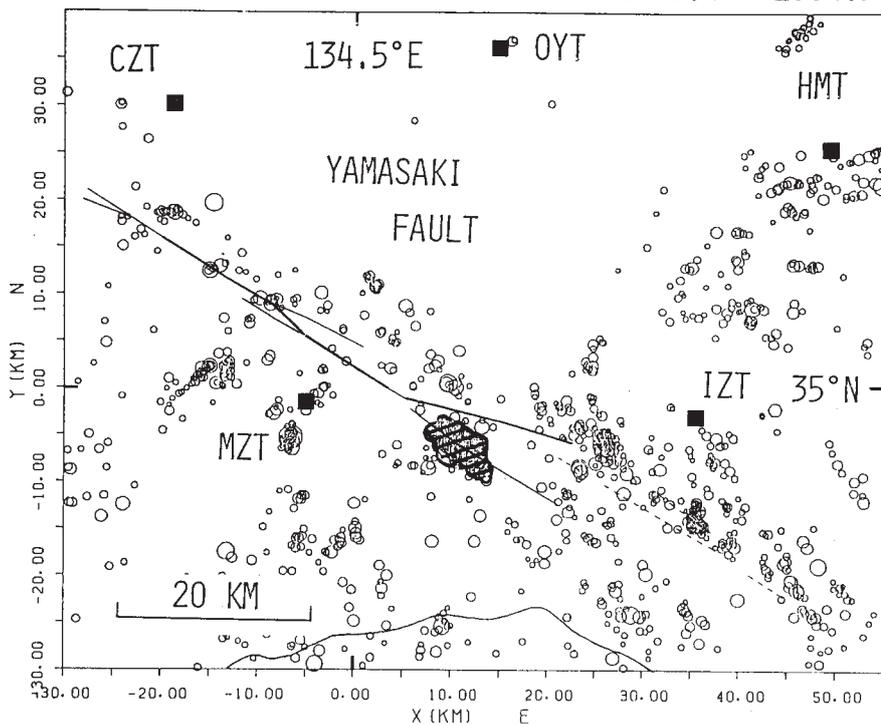
第1表 山崎断層で発生した  $M \geq 3.5$  の地震及び鳥取県中部の地震（No.7），山崎断層の地震（No.8）

Table 1 List of earthquakes of  $M \geq 3.5$  near the Yamasaki fault and two earthquakes of  $M > 6$  in the Kinki and Chugoku regions.

No.	Date			Origin time		Hypocentral coordinates (km)			Magnitude
	Y	M	D	h	m	x	y	h	
1	1977	9	30	16	23	9.7	0.5	17.8	3.7
2*	1978	6	4	5	3	-164.1	10.7	0.0	6.1
3	1979	10	13	16	30	26.2	- 5.6	11.1	4.3
4	1979	12	28	23	54	- 6.6	- 5.3	15.3	4.9
5	1980	1	2	22	39	26.6	- 6.5	12.1	3.9
6	1980	10	13	2	11	23.4	- 8.4	8.6	3.5
7	1983	10	31	1	52	- 52.1	47.4	10.1	6.2
8	1984	5	30	9	39	9.2	- 5.3	20.7	5.6

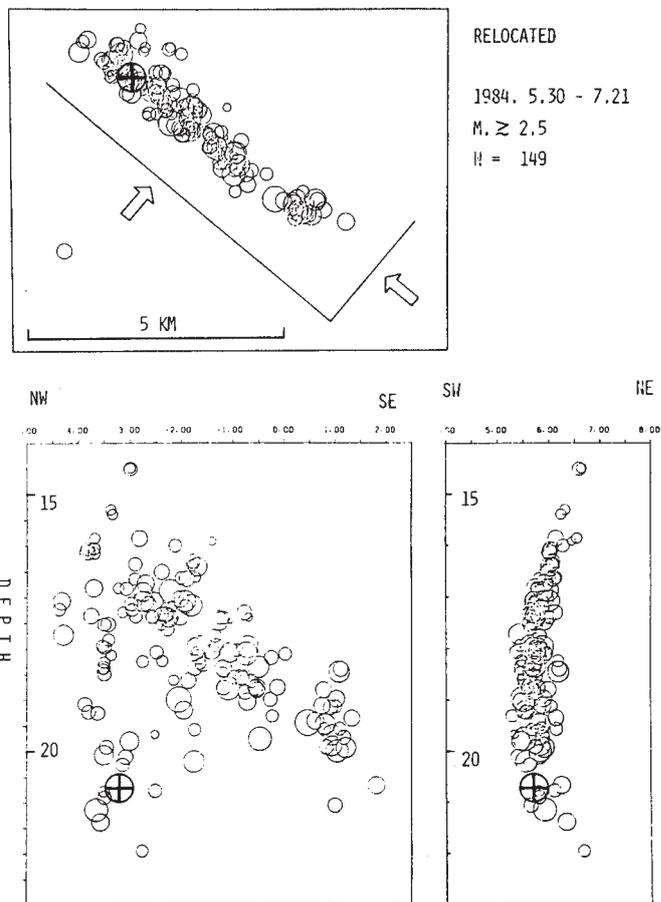
\* after J.M.A.

1976.4 - 1984.7



第1図 山崎断層系付近の地震活動。斜線部は今回の余震域を示す

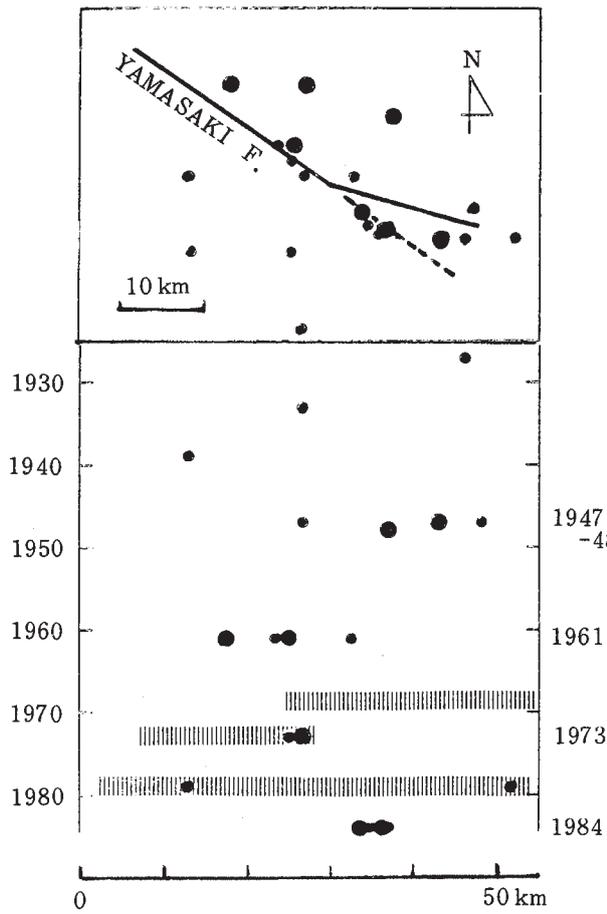
Fig. 1 Seismic activity around the Yamasaki fault system. The shaded portion indicates the aftershock area concerned.



第2図 本震⊕及びM ≥ 2.5の余震の分布。上図は震央分布、下2図は矢印の方向から見た鉛直断面上の分布

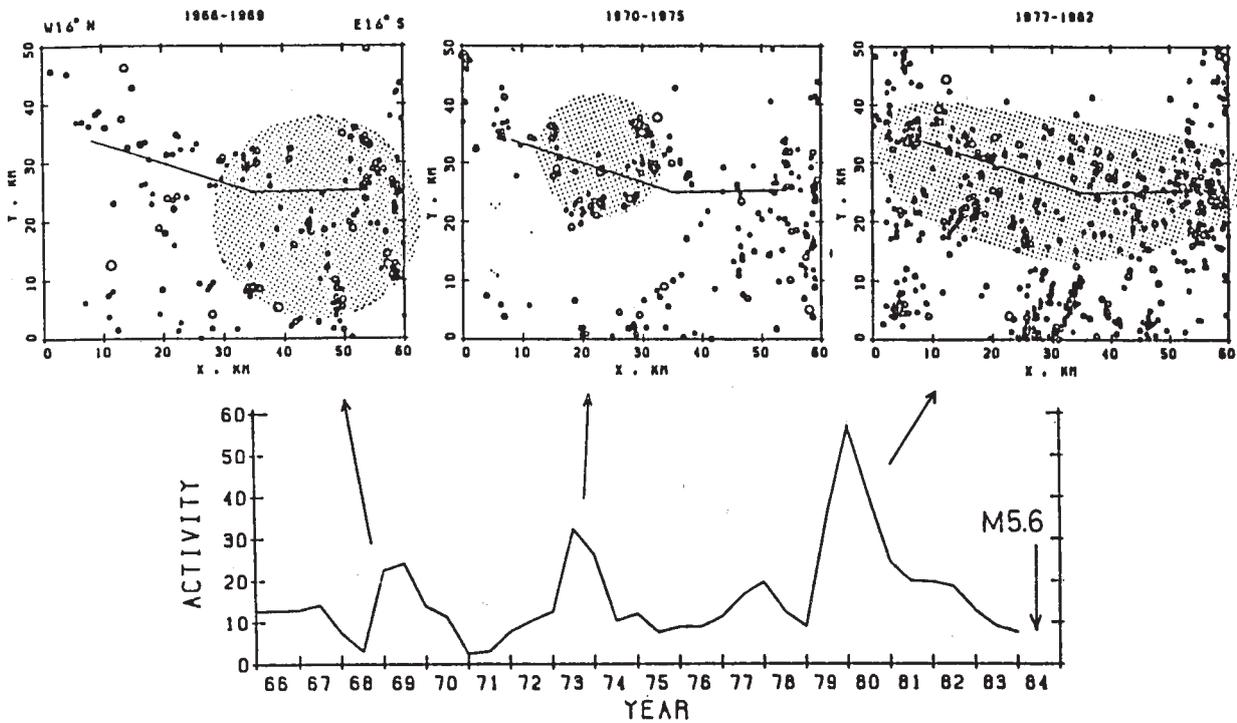
Fig. 2 Detailed distribution of the main shock and aftershocks with  $M \geq 2.5$ . Upper: epicenter distribution, lower: distributions on two vertical sections seen in the directions of white arrows.





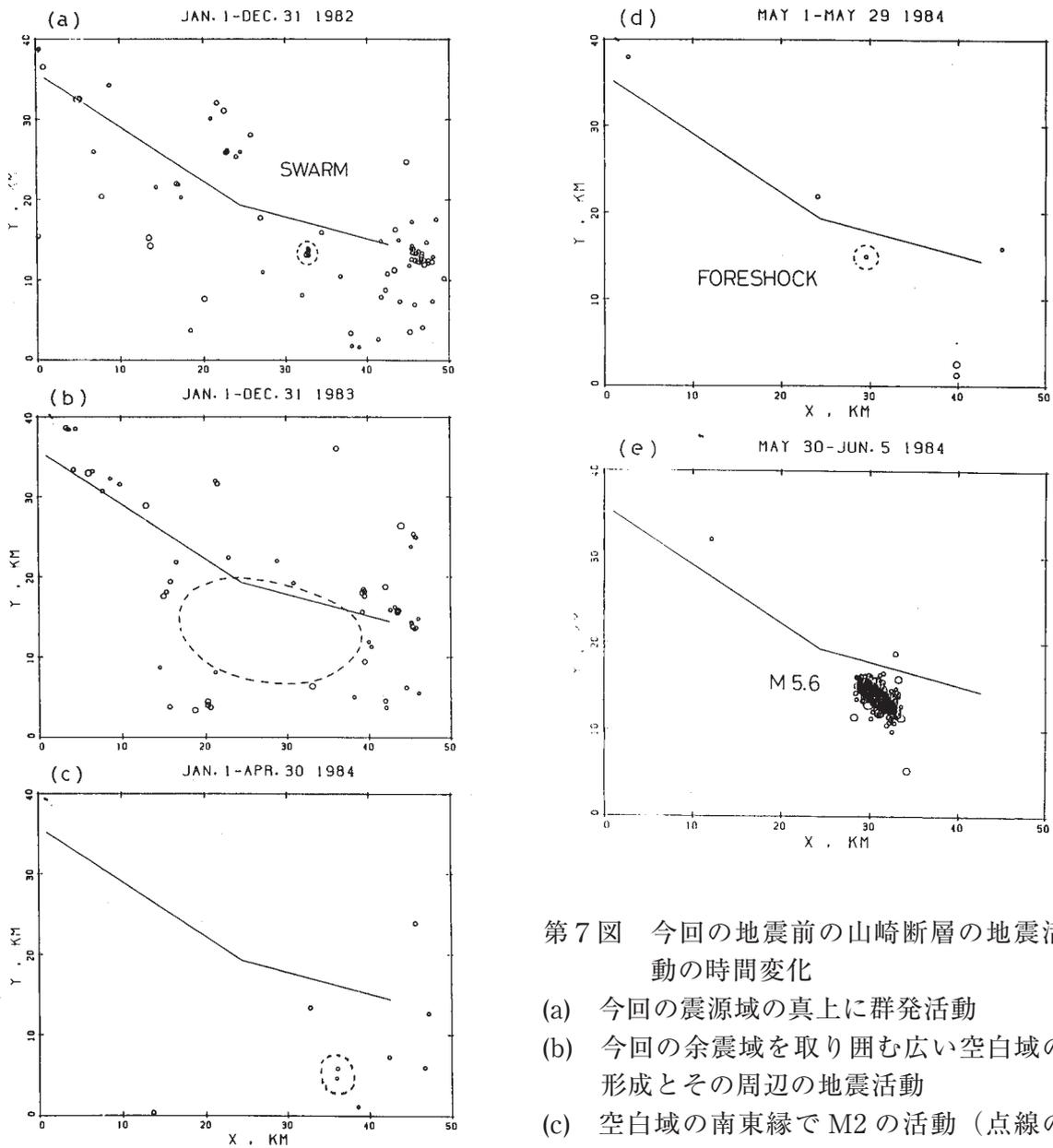
第5図 最近50年間の山崎断層地域の  $M \geq 4$  の地震の時空分布。大円： $M \geq 5$   
小円： $5 > M \geq 4$

Fig. 5 Spatio-temporal distribution of earthquakes of  $M \geq 4$  in the Yamasaki fault area in recent fifty years. Large and small circles represent earthquakes of  $M \geq 5$  and  $5 > M \geq 4$ , respectively.



第6図 山崎断層地域の地震活動度

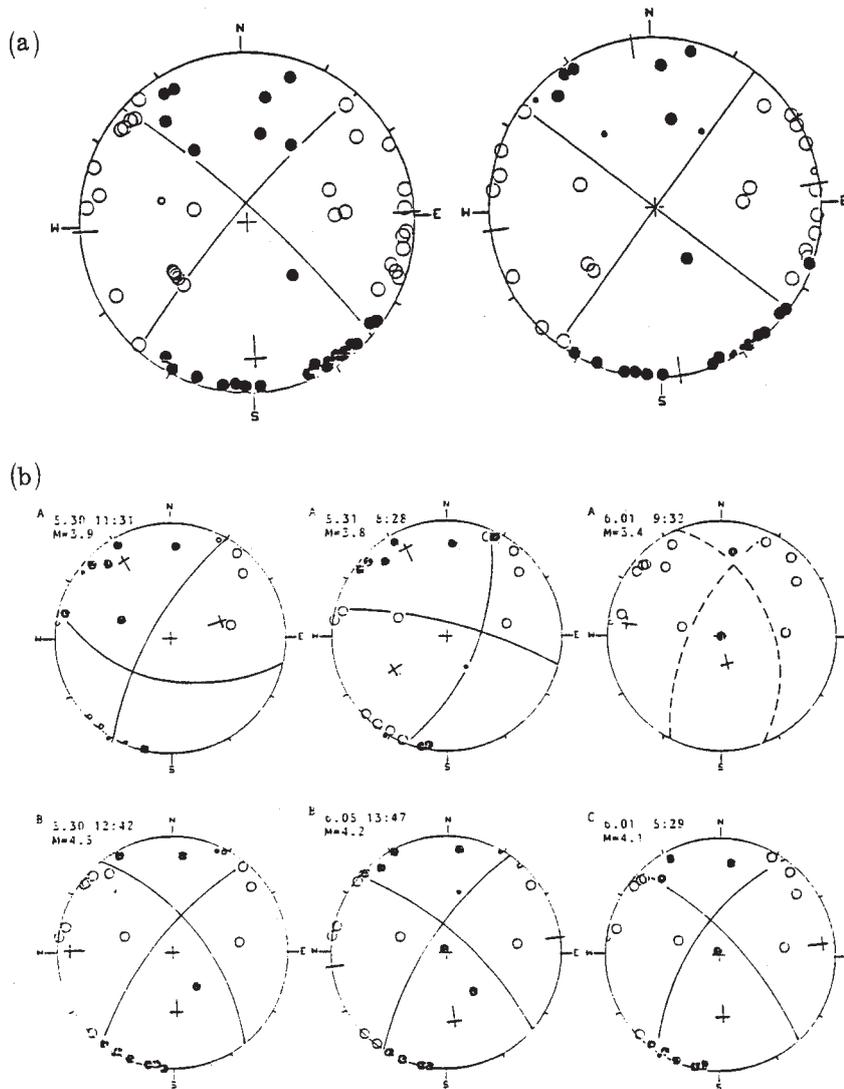
Fig. 6 Seismic activity in the Yamasaki fault area.



第7図 今回の地震前の山崎断層の地震活動の時間変化

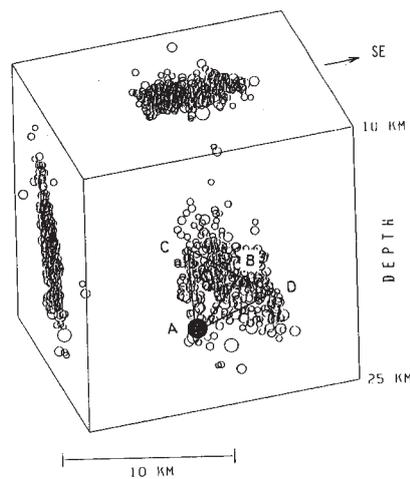
- (a) 今回の震源域の真上に群発活動
- (b) 今回の余震域を取り囲む広い空白域の形成とその周辺地震活動
- (c) 空白域の南東縁で M2 の活動（点線の円）
- (d) 前震発生
- (e) 今回の地震の余震分布

Fig. 7 Temporal variation of seismic activity in the Yamasaki fault area before the present earthquake sequence. (a) Swarm earthquakes in 1982 just above the focal region of the present sequence. (b) Formation of a wide seismic gap in 1983 surrounding the present aftershock area, and seismic activity around the gap. (c) Earthquakes of M2 (encircled by a dotted line) occurred on the southeastern edge of the gap. (d) Foreshocks. (e) The present earthquake sequence.



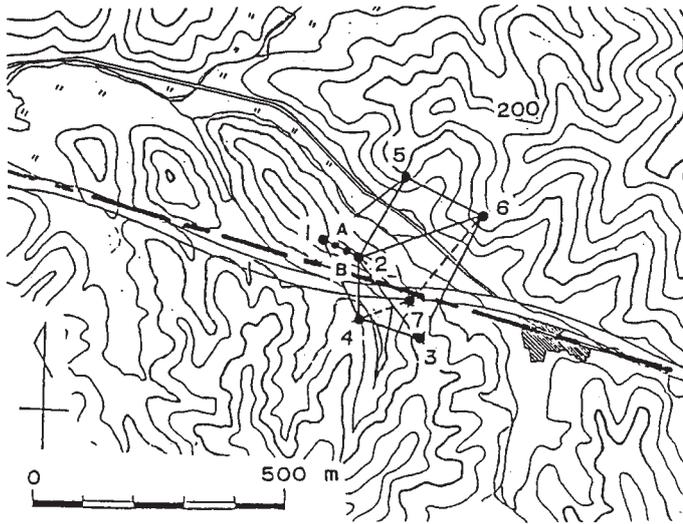
第8図 (a) 本震 (左) と最大余震 (右) のメカニズム  
(b) 大きい余震のメカニズム

Fig. 8 (a) Fault-plane solutions of the main shock (left) and the maximum aftershock (right).  
(b) Fault-plane solutions of relatively large aftershocks.



第9図 本震による破壊域

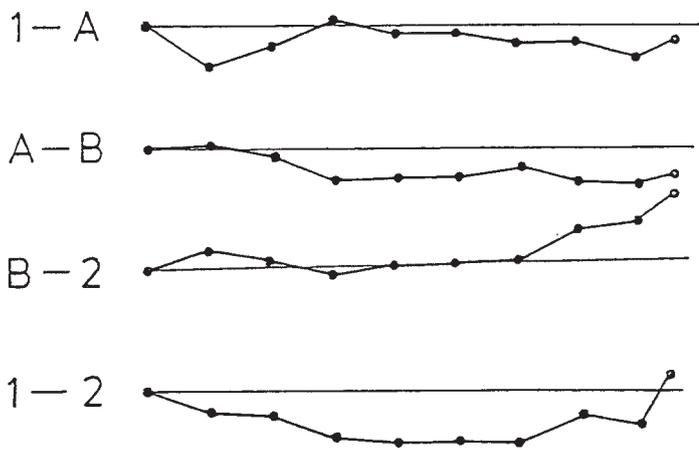
Fig. 9 Fracture by the main shock. A denotes the main shock.  $\triangle ABC$  and  $\triangle ADC$  represent two models of fracture part by the main shock.



第 10 図 山崎断層安富うすづく基線網  
と周辺地形図  
数字は標石番号を示す

Fig.10 The Yasutomi-USuzuku baseline net and the topography in its vicinity. Numerals indicate the numbers of markers.

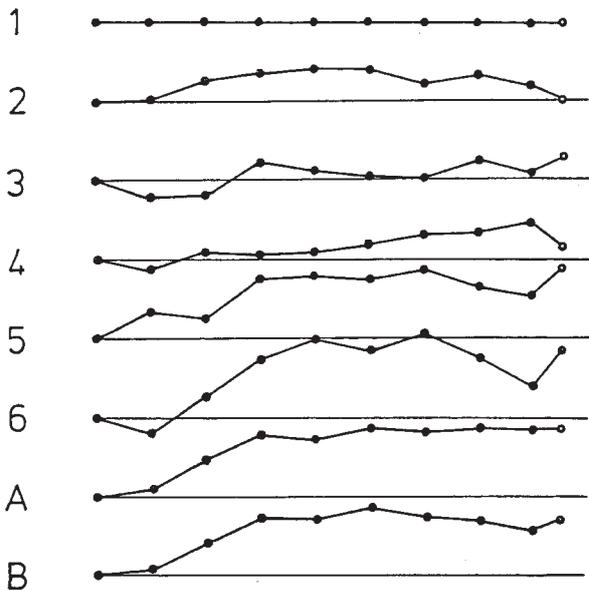
75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84



第 11 図 基線長の経年変化

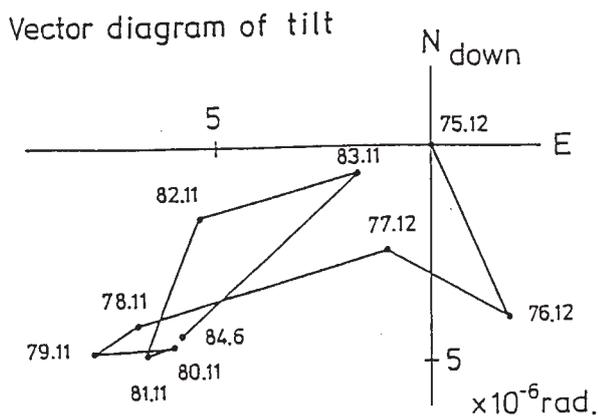
Fig.11 Secular variations of the length of 75 m baseline (1-A-B-2).

75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84



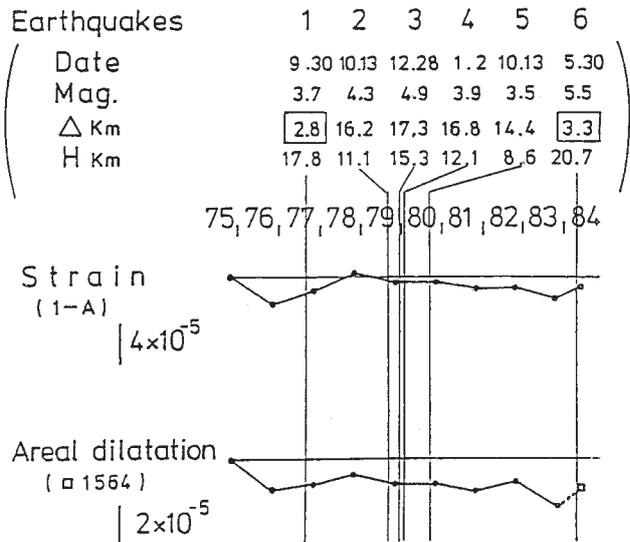
第 12 図 1 号点を基準にした各点の  
上下変動

Fig. 12 Relative vertical movement of each marker to the marker No.1.



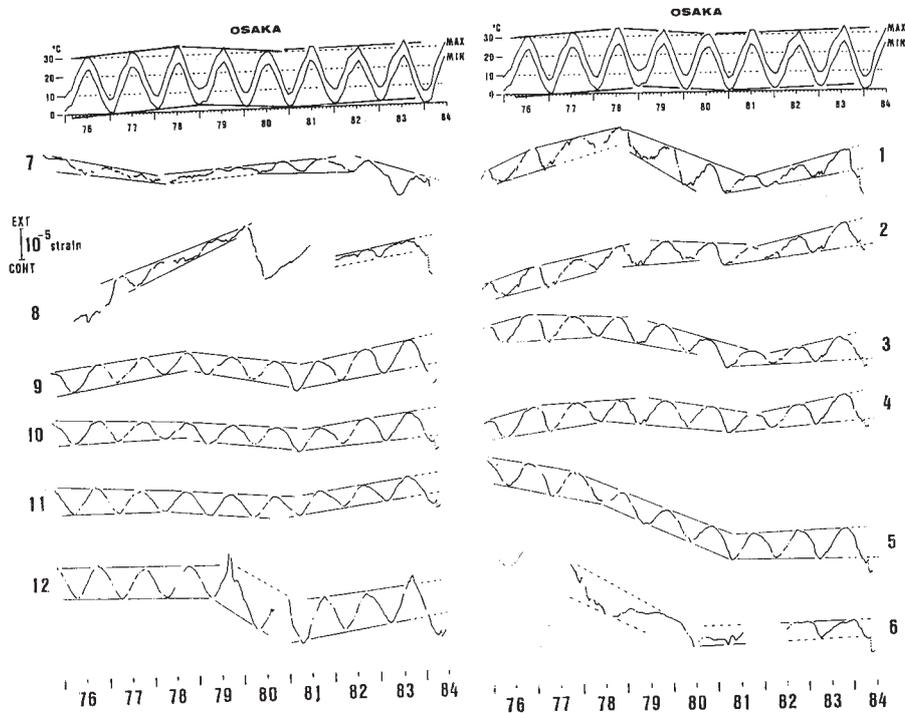
第13図 基線網の傾動ベクトル

Fig. 13 Vector diagram of ground tilt at the baseline net.



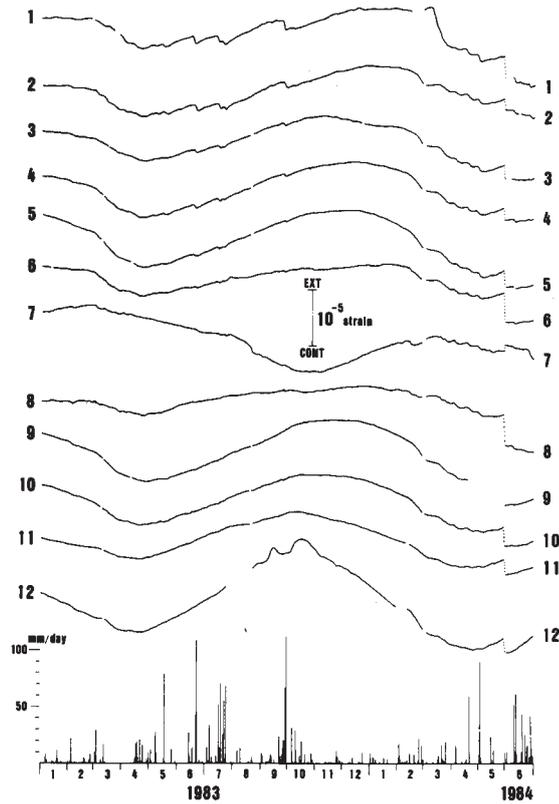
第14図 基線網の代表的なひずみ変化と山崎断層周辺に発生した地震のデータ

Fig. 14 Typical strain changes of the baseline net and data of earthquakes in the vicinity of the Yamasaki fault.



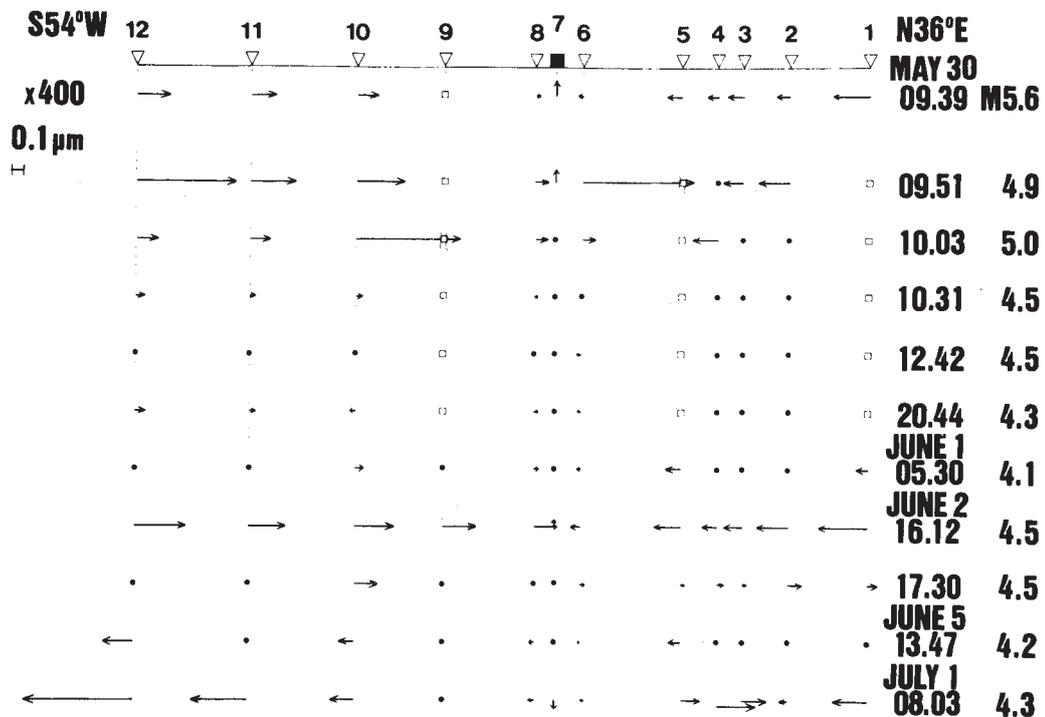
第15図 伸縮経年変化と大阪の最高・最低気温の変動

Fig. 15 Temporal variation of strain, and the maximum and minimum temperatures at Osaka.



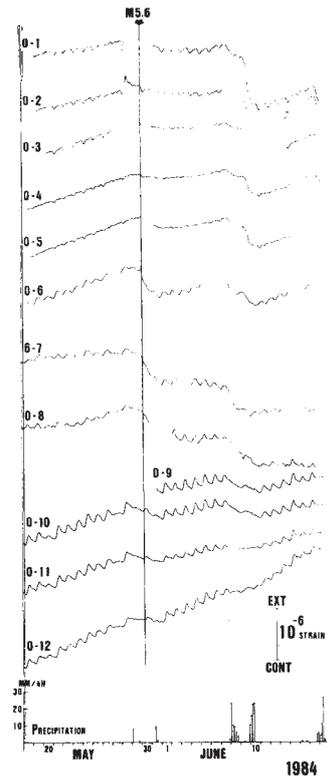
第 16 図 最近 18 ヲ月の伸縮経年変化

Fig. 16 Temporal variation of strain in recent 18 months.



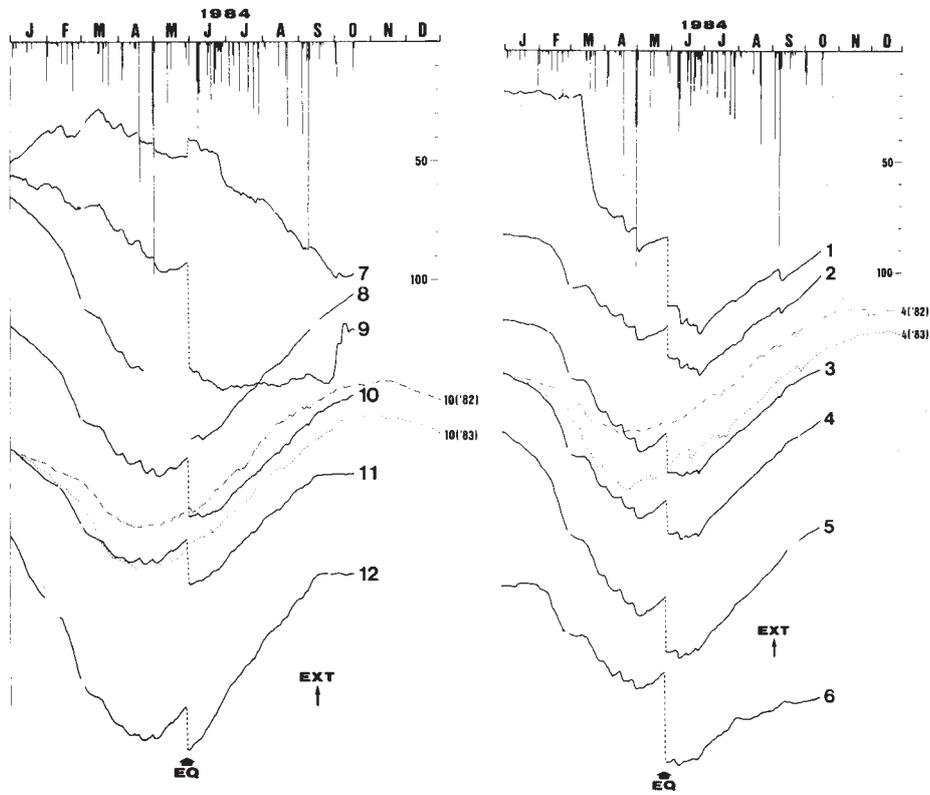
第 17 図 本震および大きな余震の際の strain step。固定端 (7) に対する相対変位で表わす。本震のみ 1 / 400 に縮小。

Fig. 17 Strain steps observed at the times of the main shock and large aftershocks. These are represented by relative displacement to the fixed point (7). Scale for the main shock is reduced by 1/400.



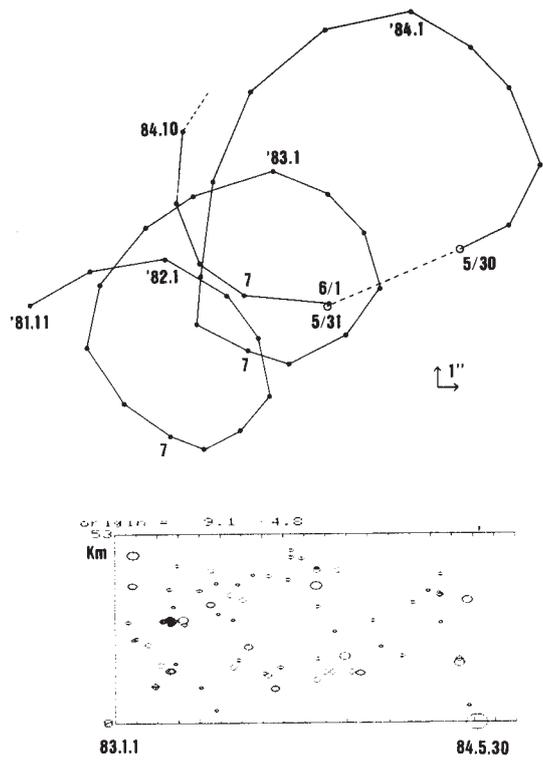
第 18 図 本震による step を除いた地震前後の伸縮変化

Fig. 18 Strain changes before and after the main shock, in which strain steps are removed.



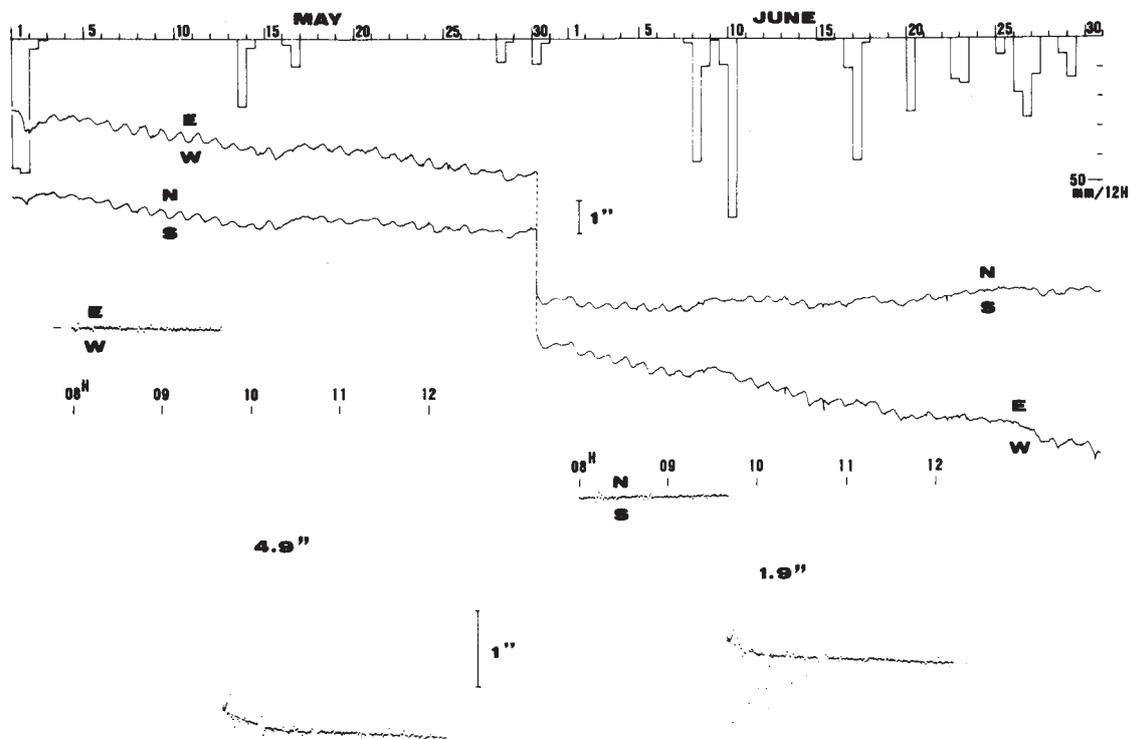
第 19 図 1984 年 1 ~ 10 月の伸縮変化。鎖線：1982 年の変化，  
点線：1983 年の変化

Fig. 19 Strain changes from Jan. to Oct., 1984. Chain and dotted lines denote the curves in 1982 and 1983, respectively.



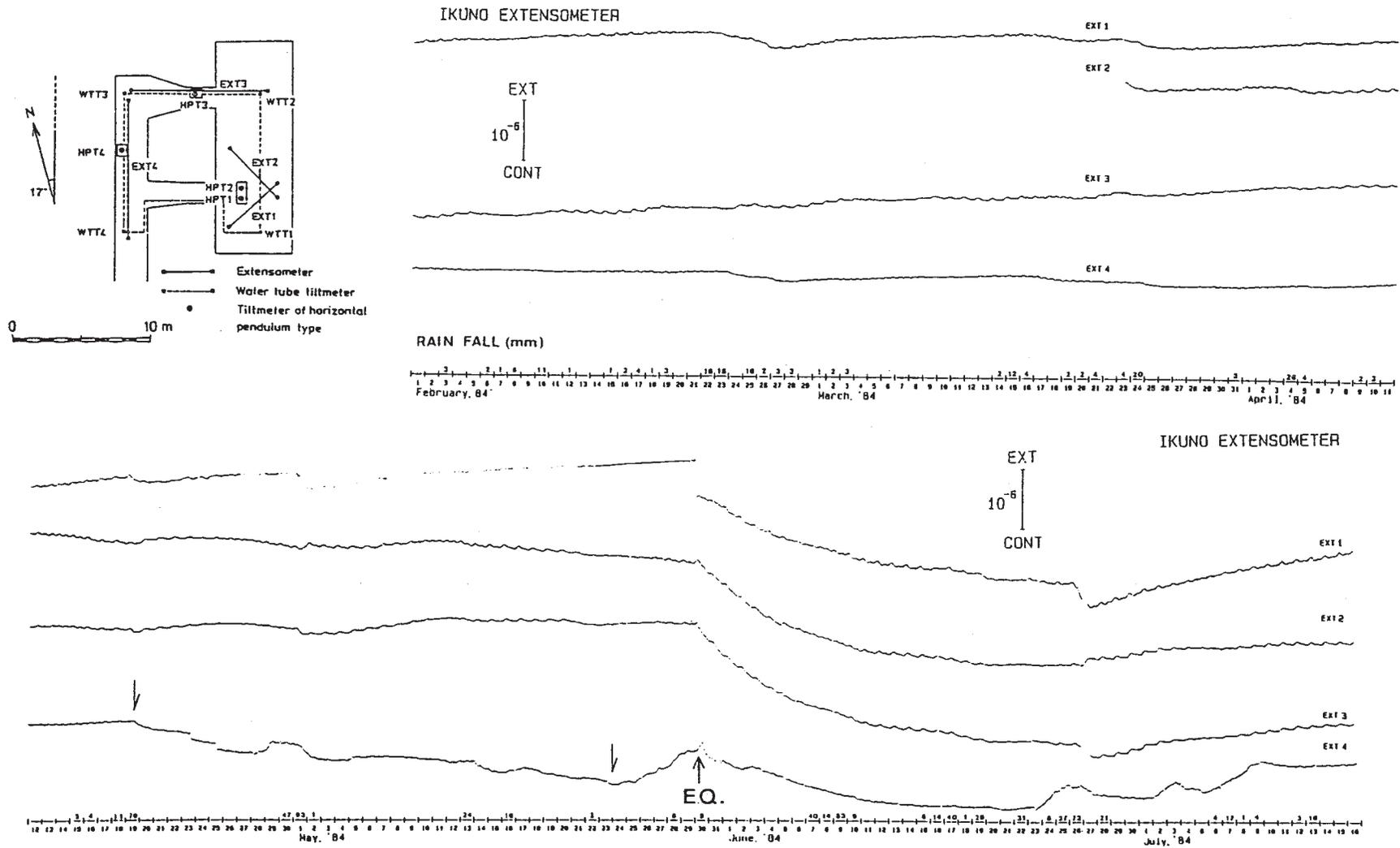
第 20 図 傾斜ベクトルと本震周辺の空白域の形成

Fig. 20 Vector diagram of ground tilt (upper) and formation of a seismic gap around the main shock (lower).



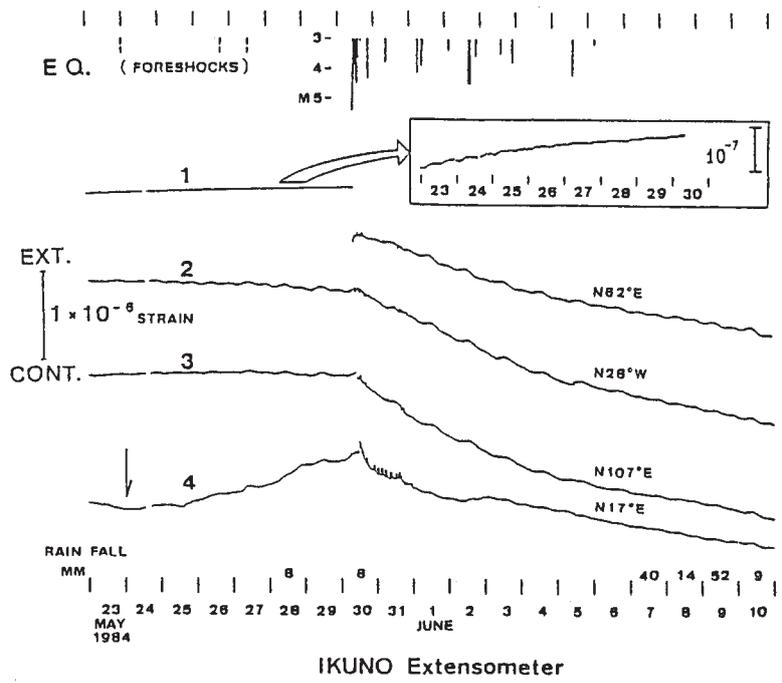
第 21 図 地震前後の傾斜変化

Fig. 21 Variation of ground tilt before and after the main shock.

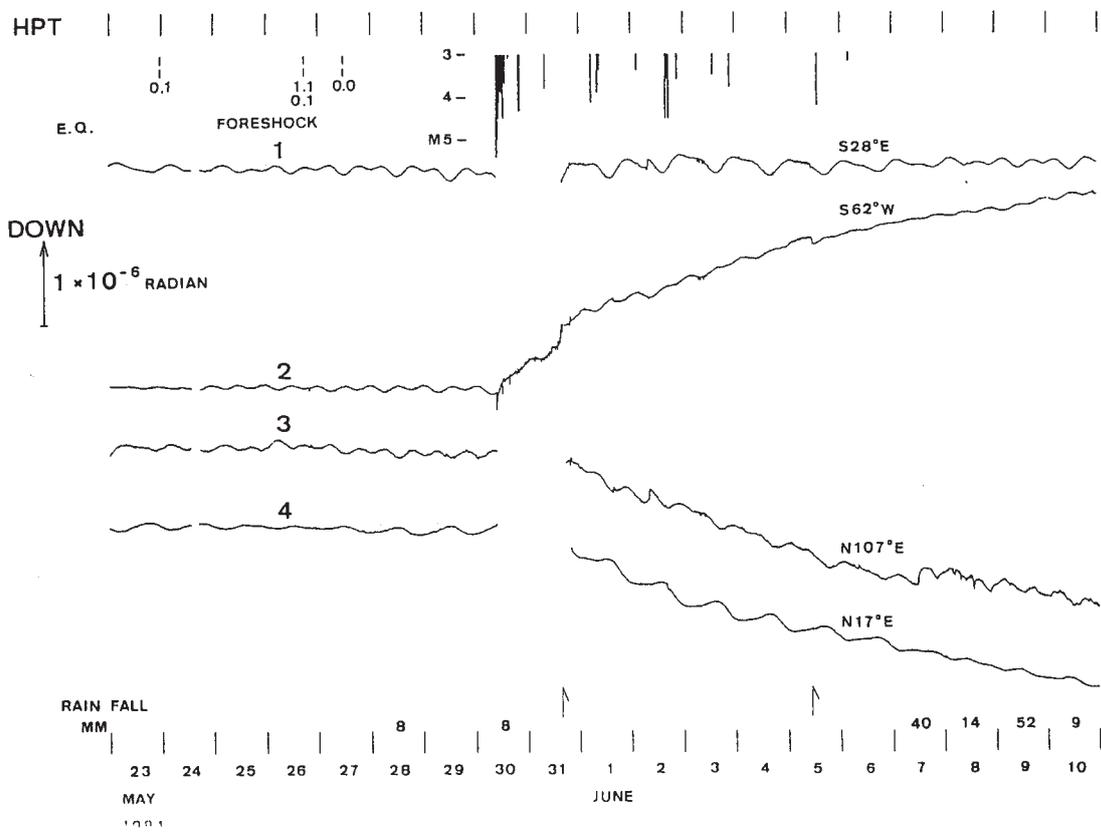


第 22 図 生野観測坑内の計器配置図と生野で観測されたひずみ変化 (Feb. ~ Jul., 1984)

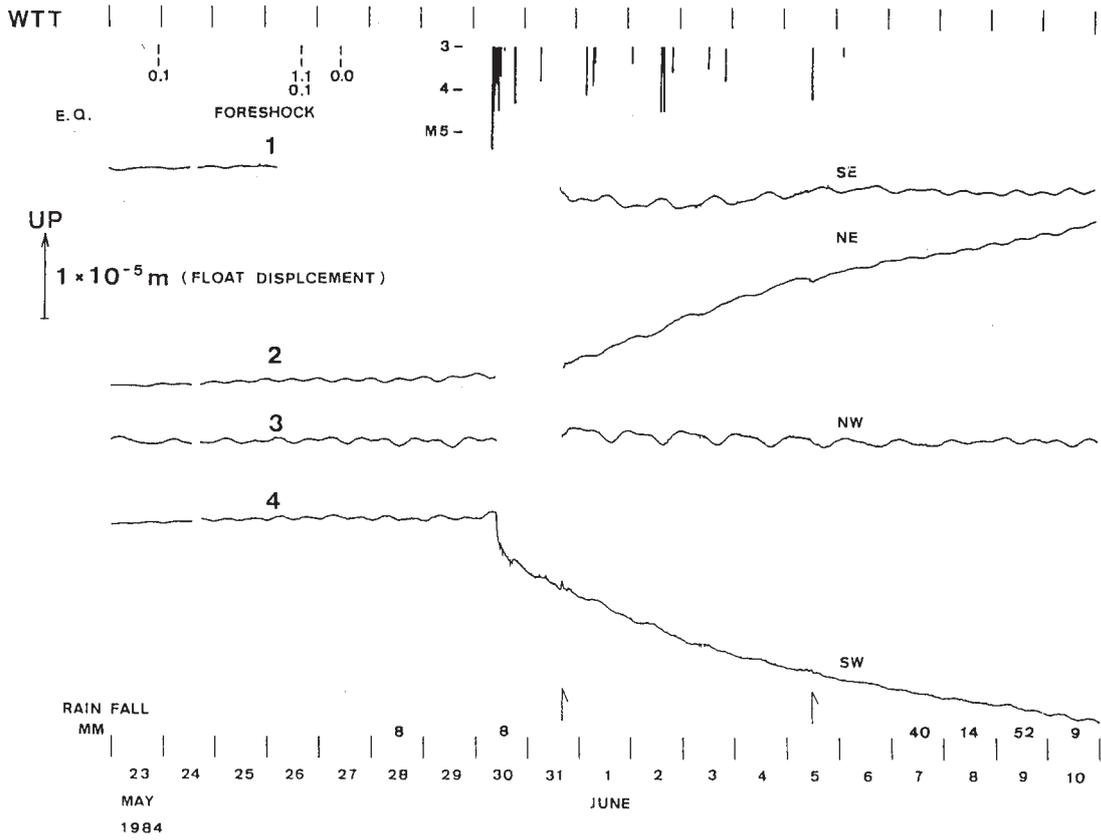
Fig. 22 Arrangement of instruments in the Ikuno observation tunnel and secular changes of strains observed from Feb. to July, 1984.



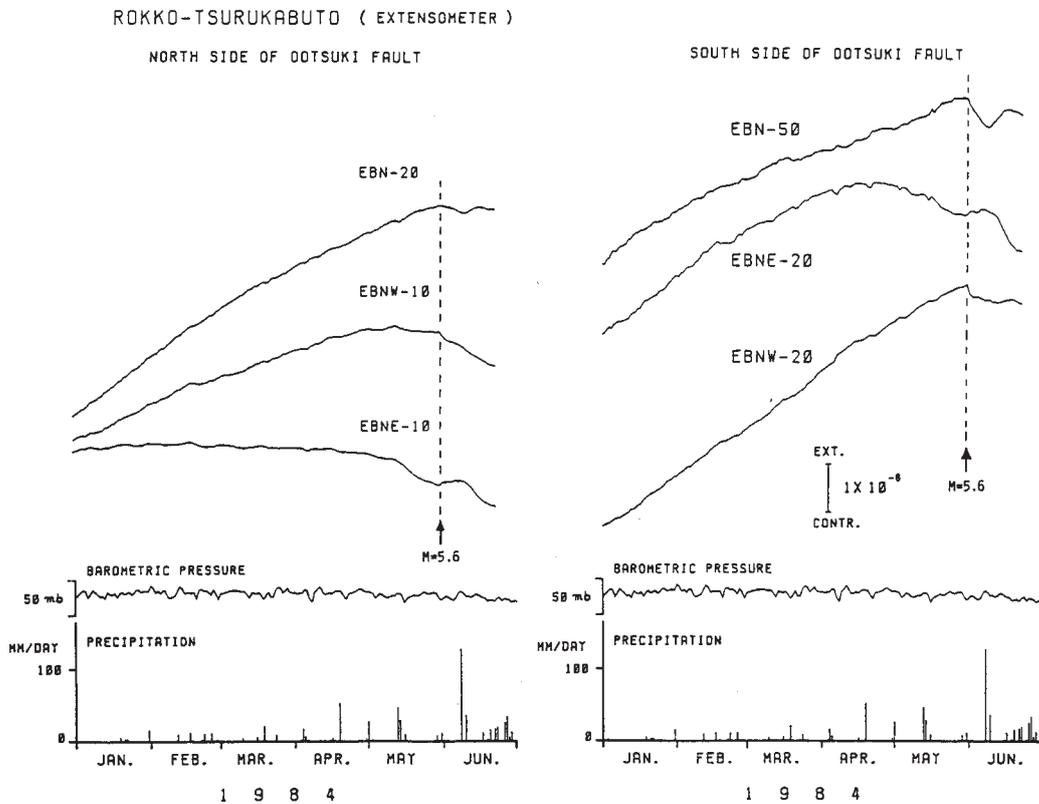
第 23 図 1984 年山崎地震前後に生野で観測されたひずみ変化  
 Fig. 23 Strain changes observed at Ikuno before and after the present earthquake.



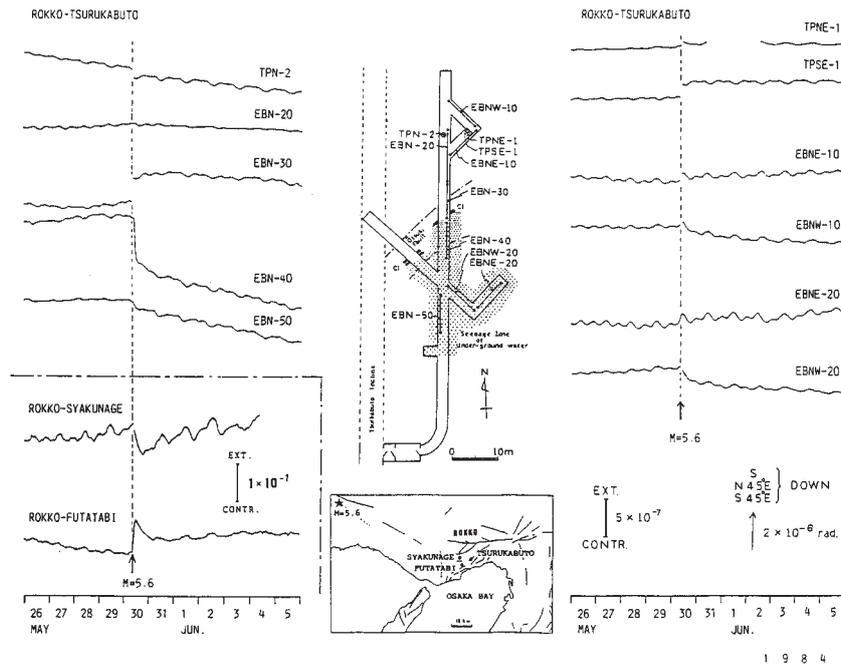
第 24 図 生野の水平振り型傾斜計で観測された傾斜  
 Fig. 24 Ground tilt changes observed by a horizontal pendulum type tiltmeter at Ikuno.



第 25 図 生野の水管傾斜計で観測された傾斜変化  
 Fig. 25 Ground tilt changes observed by water-tube tiltmeter at Ikuno.

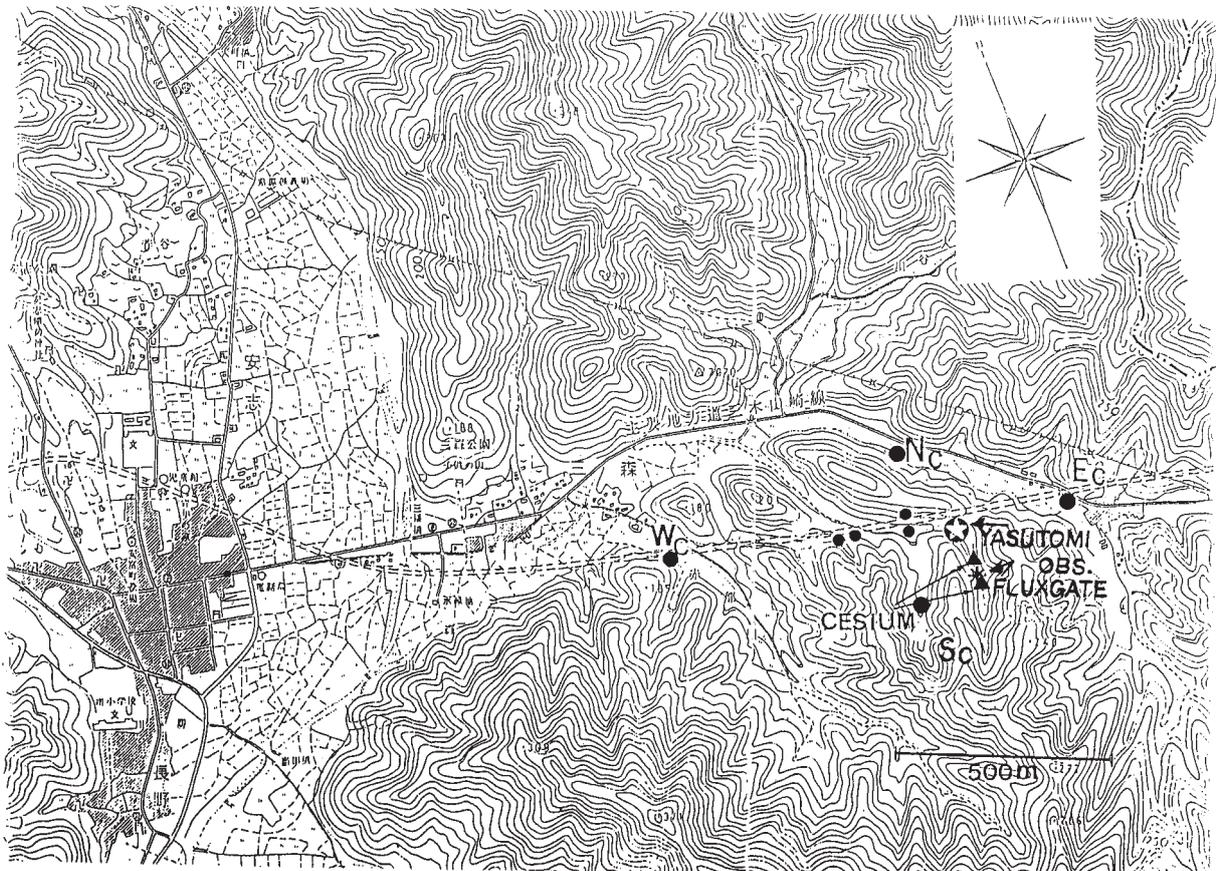


第 26 図 六甲鶴甲観測室の伸縮変化 (Jan. ~ Jun., 1984)  
 Fig. 26 Strain changes observed at Rokko-Tsurukabuto station from Jan. to June, 1984.



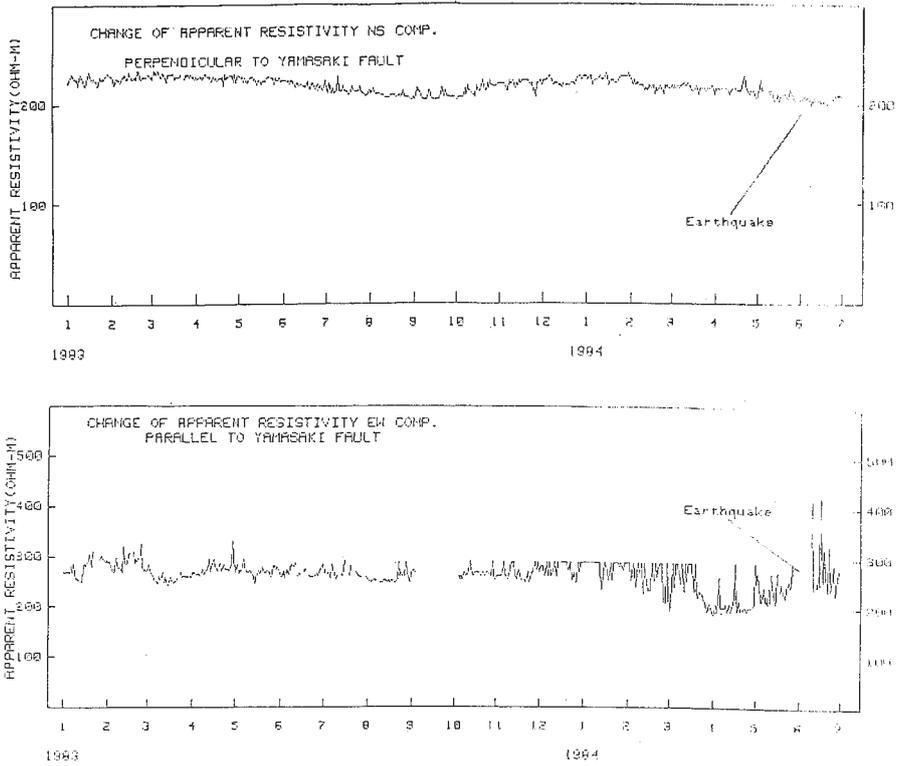
第 27 図 六甲鶴甲および六甲石楠花, 六甲再度衛星観測点で観測された傾斜変化および伸縮変化

Fig. 27 Variations of ground tilt and strain observed at Rokko-Tsurukabuto, Rokko-shakunage and Rokko-Futatabi stations, and arrangement of instruments in the Rokko-Tsurukabuto observation tunnel.



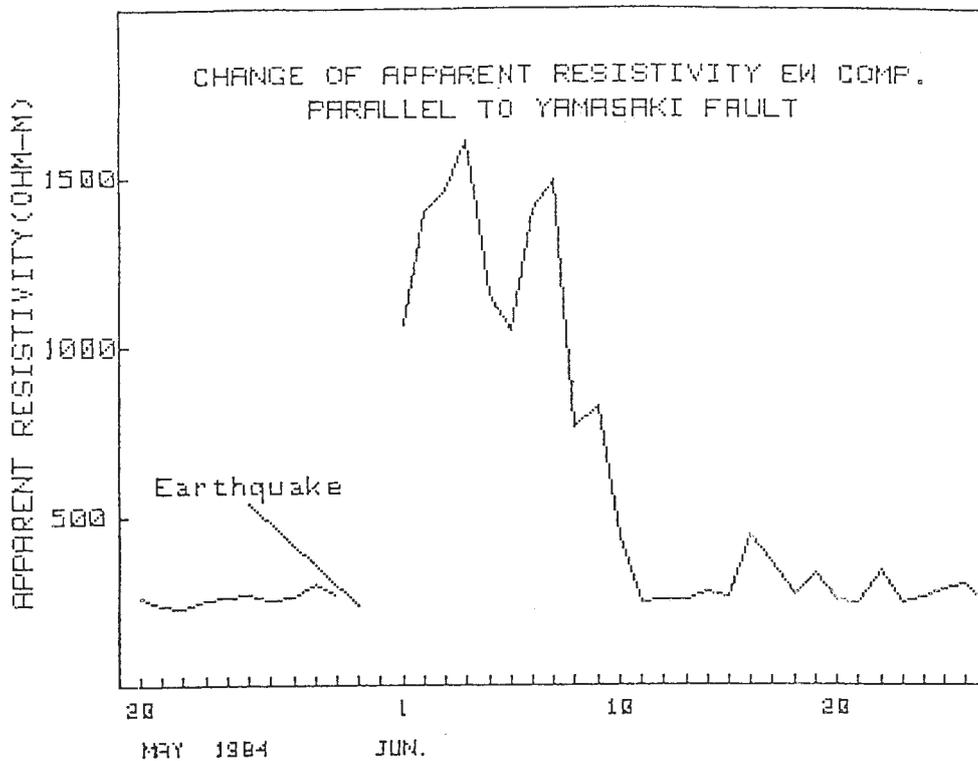
第 28 図 電磁気観測点位置図

Fig. 28 Locations of electromagnetic observation points.



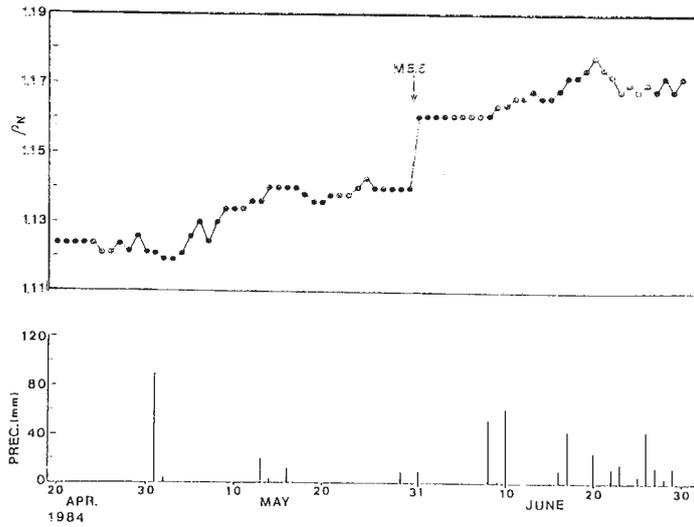
第 29 図 見かけ比抵抗の時間変化

Fig. 29 Temporal variations of the apparent resistivity by means of the direct current method.



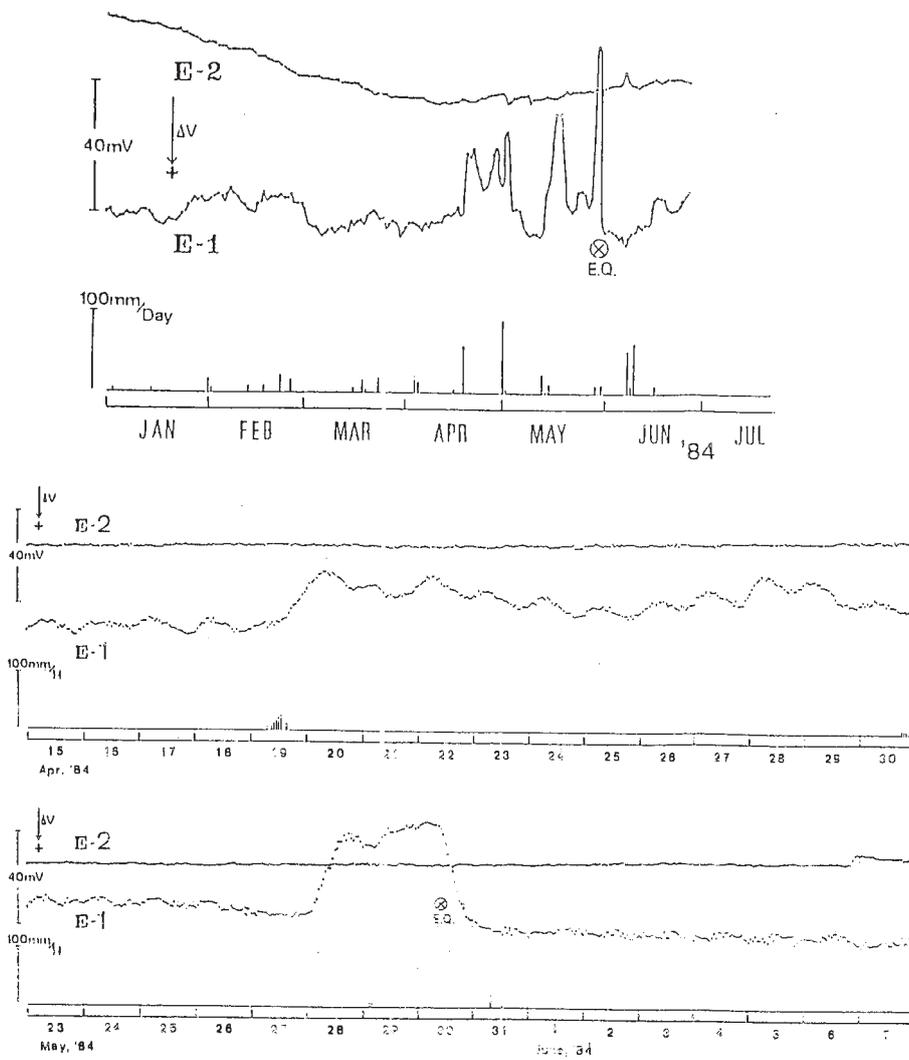
第 30 図 今回の地震前後の見かけ比抵抗の顕著な変化 (EW 成分)

Fig. 30 Remarkable postseismic change of the apparent resistivity in EW component.



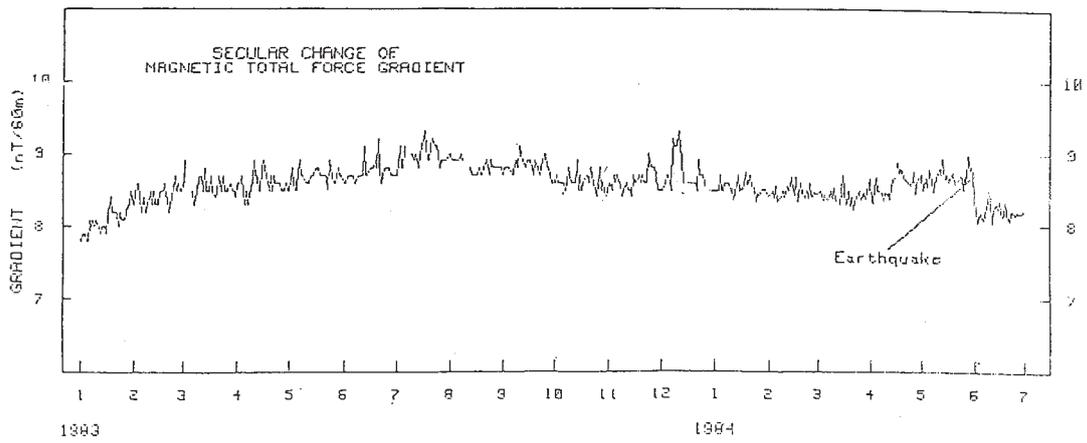
第 31 図 ボアホール中における電気検層法による見かけ比抵抗の変化

Fig. 31 Temporal variation of the apparent resistivity by means of the electrical well logging method in a bore hole.



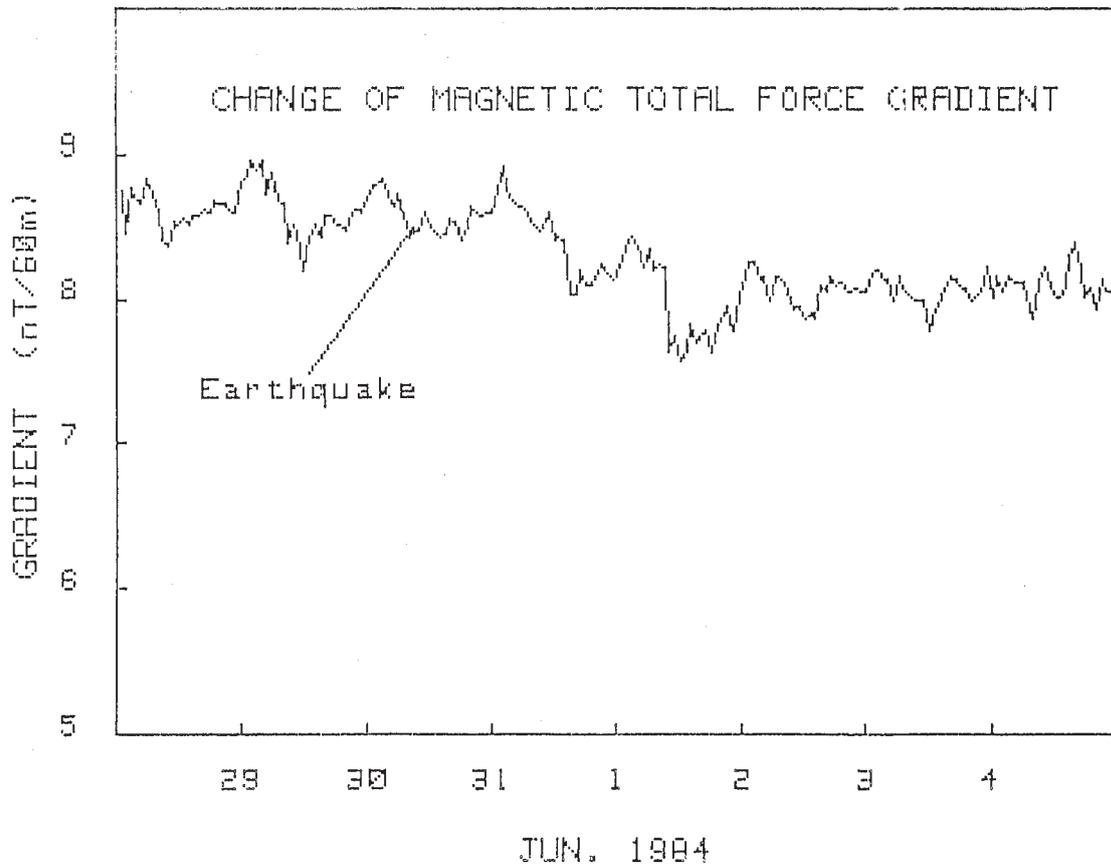
第 32 図 安富観測坑内における自然電位差の変化

Fig. 32 Temporal variations of geoelectric potential difference observed in the Yasutomi observation tunnel.



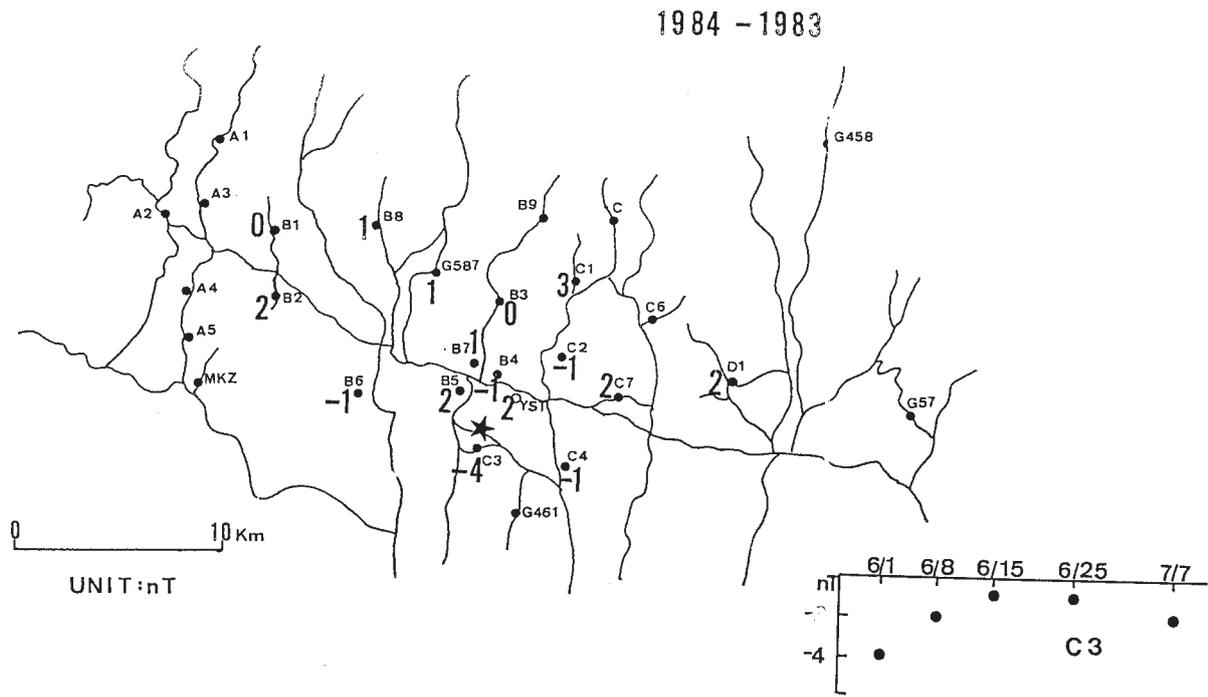
第 33 図 セシウム磁力計による水平磁気勾配の変化

Fig. 33 Temporal variations of horizontal geomagnetic gradient observed by a cesium magnetometer.



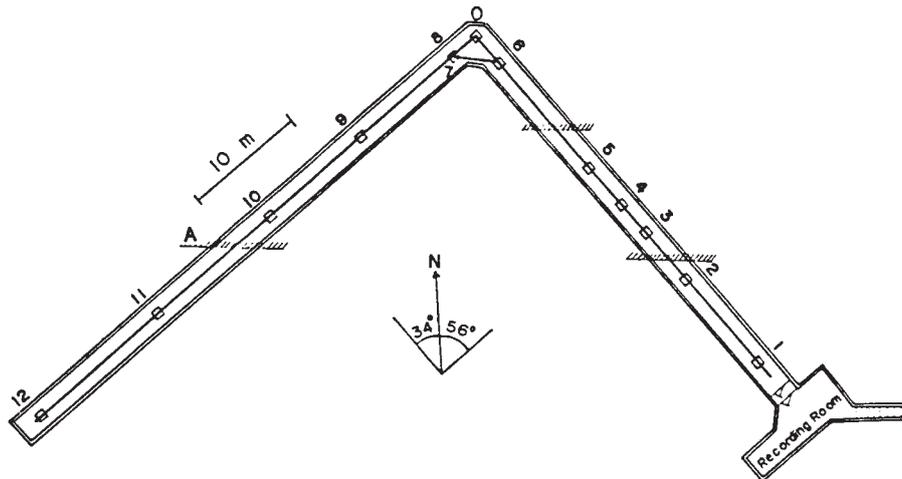
第 34 図 水平磁気勾配の地震前後の変化

Fig. 34 Postseismic change of the horizontal geomagnetic gradient.



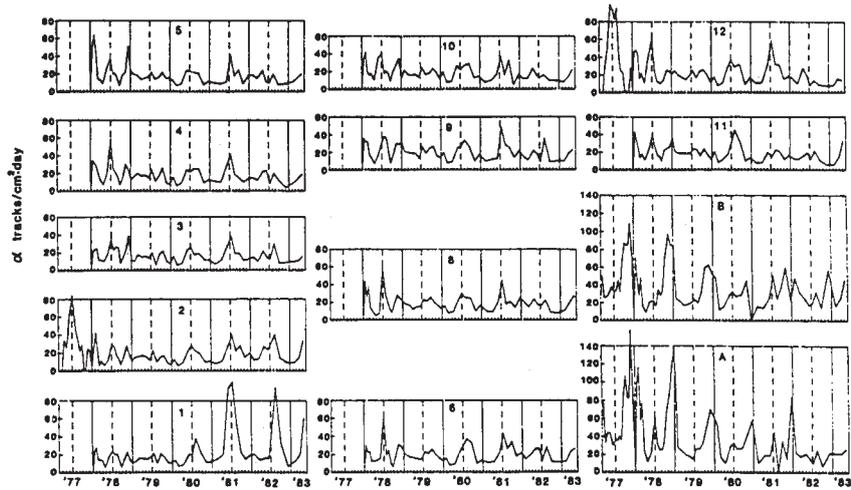
第 35 図 山崎断層系周辺の磁気点における全磁力変化。  
挿入図：C 3 点における全磁力の地震後の変化

Fig. 35 Temporal variations of the total magnetic force at magnetic observation points in the vicinity of the Yamasaki fault. A small inserted graph indicates postseismic short-term change at C3.



第 36 図  $\alpha$ トラック密度観測点の安富観測坑内の位置

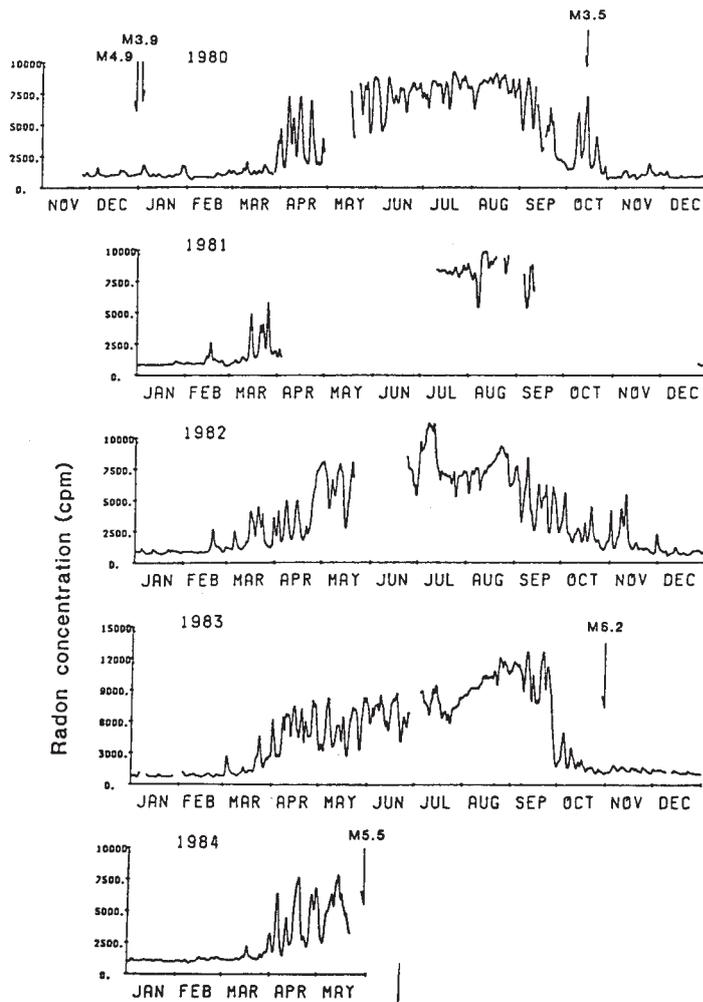
Fig. 36 Locations of 13 points for  $\alpha$ -track measurement in the Yasutomi observation tunnel.



第 37 図 各点における  $\alpha$ トラック密度変化

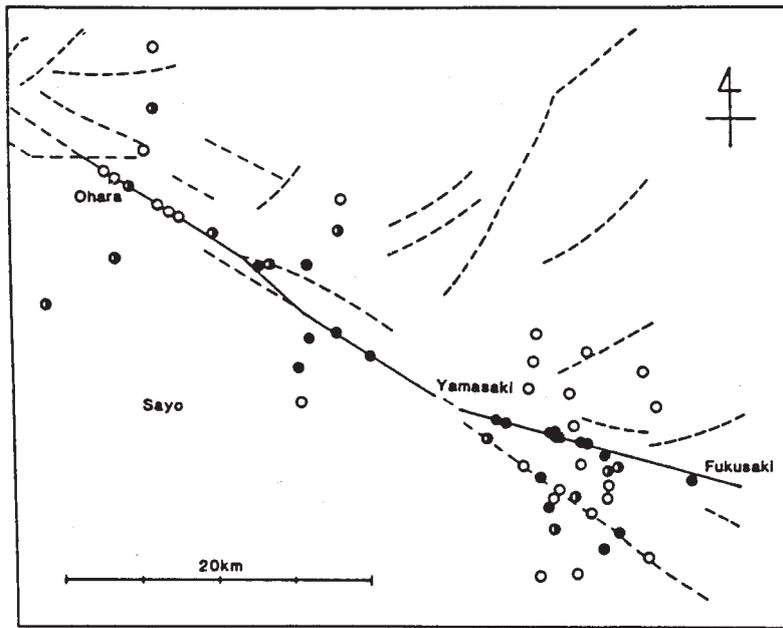
Fig. 37 Variations in  $\alpha$ -track densities at 13 measuring points.

YMS

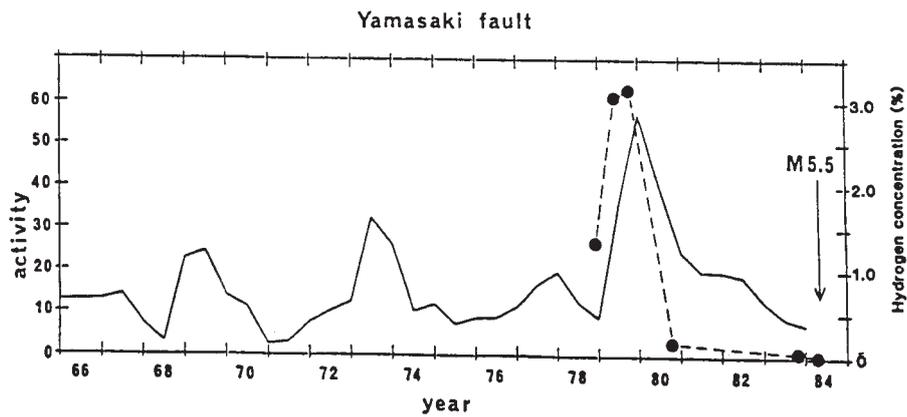


第 38 図 安富観測坑近傍における地中ラドン連続観測結果

Fig. 38 Records of continuous measurement of soil radon near the observation tunnel.

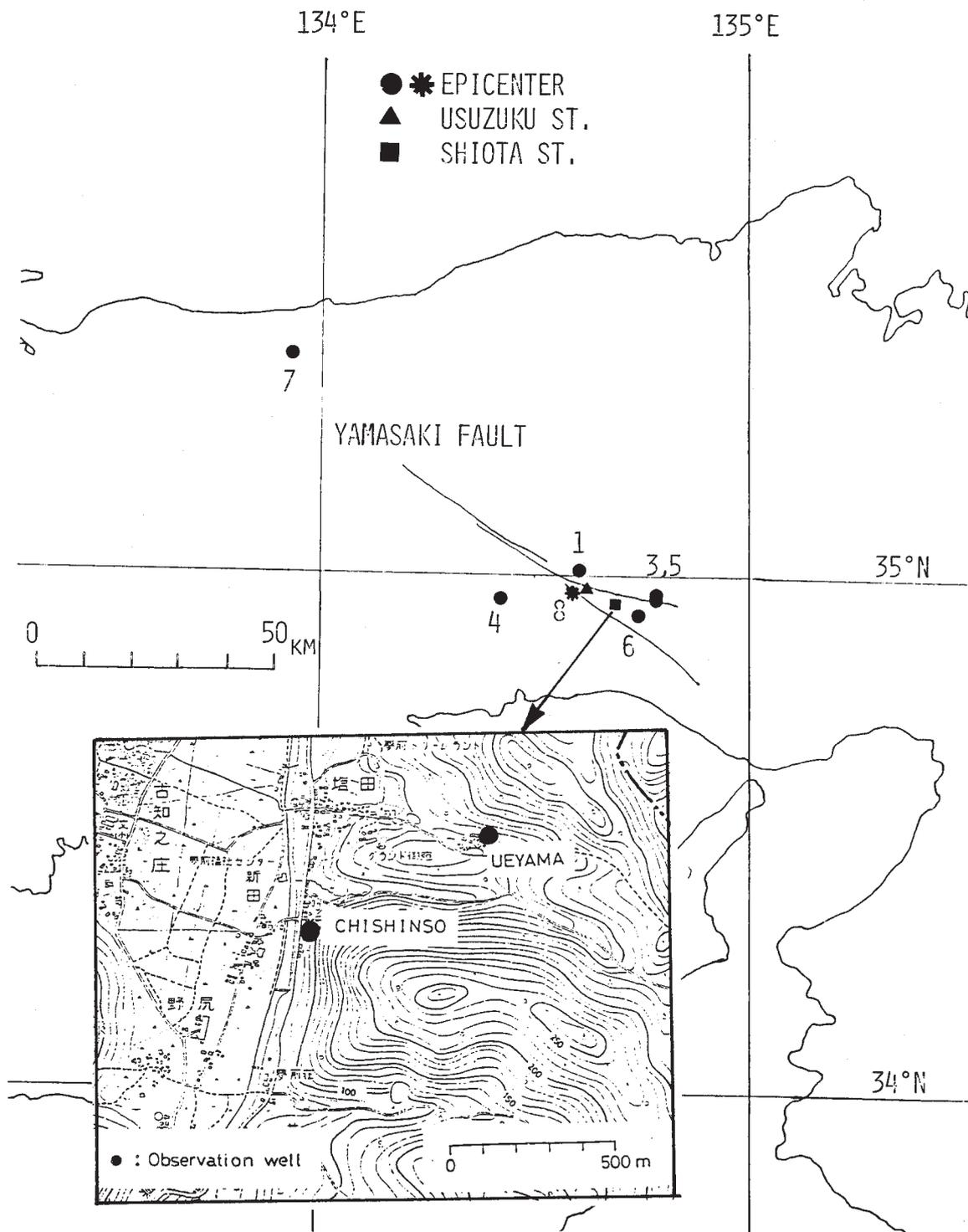


第 39 図 山崎断層周辺での水素分布  
 Fig. 39 Distribution of hydrogen emission in the Yamasaki fault area.



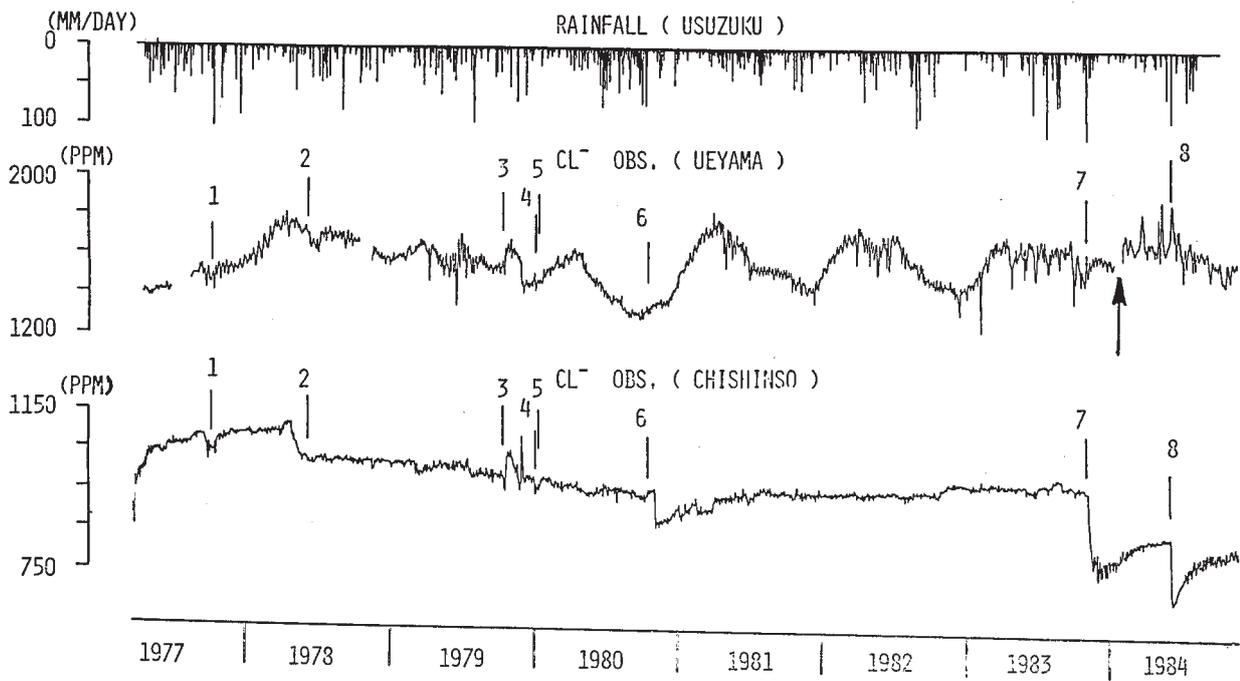
第 40 図 山崎断層地域における地震活動度と C 点における最大水素放出量の変化

Fig. 40 A trend of earthquake activity in the Yamasaki fault area and changes in the maximum H<sub>2</sub> emission at C point.



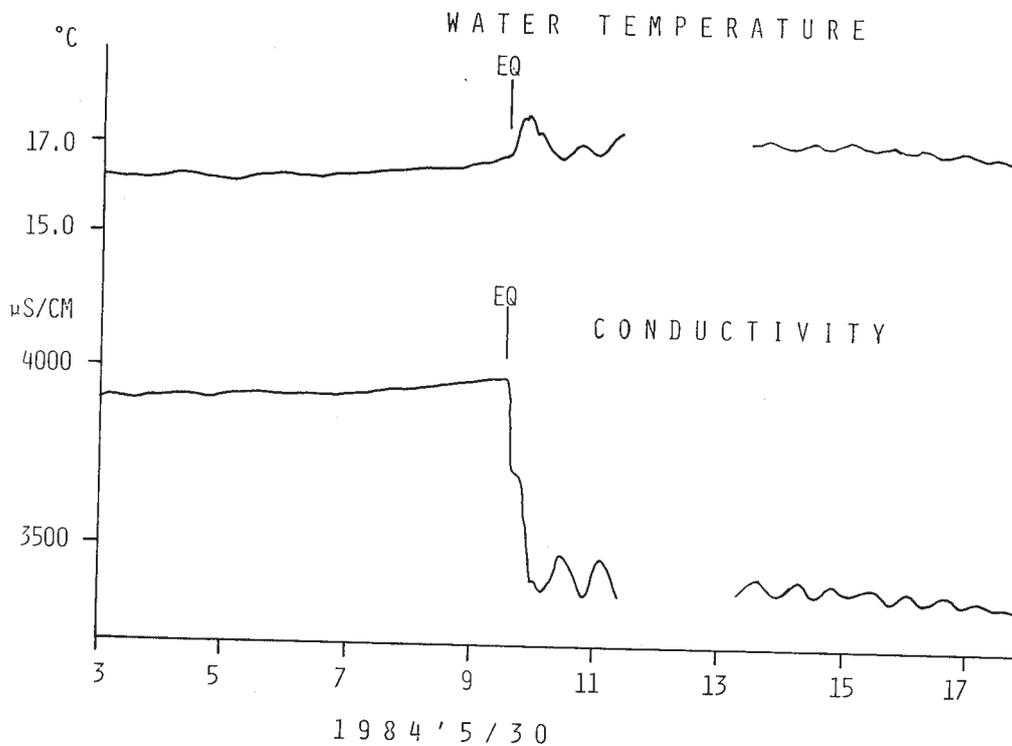
第 41 図 山崎断層周辺の主な地震と塩田温泉の観測井の位置

Fig. 41 Epicenters of earthquakes of  $M \geq 3.5$  near the Yamasaki fault shown in Table 1 and locations of observation wells at Shiota hot spring. No. 8 denotes the earthquake concerned.



第 42 図 塩田温泉の知新荘と上山旅館観測井における塩素濃度変化と雨量。  
数字は第 41 図の地震を示す。

Fig. 42 Temporal variations of  $\text{Cl}^-$  density observed at Chishinso and Ueyama in Shiota hot spring, and precipitation. Attached numerals indicate the earthquakes shown in Fig. 41 and Table 1.



第 43 図 今回の地震 (No. 8) の直前直後における水温と  
電気伝導度の変化 (知新荘)

Fig. 43 Short-term variations of water temperature and electric conductivity observed at Chishinso just before and after the main shock.