

4-11 伊豆半島東方沖地震活動に関連する地下水変動

Groundwater Changes Associated with the Seismic Swarms off the East Coast of Izu Peninsula

地質調査所・気象庁

Geological Survey of Japan・Japan Meteorological Agency

前報¹⁾に引き続き、伊豆半島東方沖群発地震活動に関連する地下水変動について報告する。第1図に観測点の配置を示す。1998年4月20日から始まった群発地震（以降 SWARM9804と呼ぶ）では、4月21日18時頃から OMR と ITO6 で顕著な水位・自噴量の増加が認められる（第2図）。同時刻に HGS の体積歪の減少も加速している（第2図、HGS の体積歪は BAYTAP-G のトレンド出力にノイズ出力（不規則成分）を加えた後、リニアトレンド（ $-4.5 \times 10^{-8}/\text{day}$ ）を除去している）、防災科学技術研究所の傾斜計も変化している。これらは群発地震の震源が浅くなったことに対応する地殻変動と考えられ、地下水もそのような地殻変動を反映して変化していると考えられる。また、OMRにおけるコサイスマックなステップ状の水位変化が当初の低下から4月26日以降上昇に転じているが（第3図）、これも、震源が浅くなって OMR におけるコサイスマックな体積歪変化が伸びから縮みへとセンスが反転したことを意味すると考えられる。

OMRで観測を開始した1994年10月から、伊豆半島東方沖で発生した規模の大きな群発地震活動は今回で4つめとなる。他の3つは、1. 1995年9月～10月に発生したもの（以降SWARM9509とする）、2. 1996年10月に発生したもの（以降 SWARM9610とする）、3. 1997年3月に発生したもの（以降 SWARM9703とする）である（第4～6図）。第6図は、SWARM9703のモデル²⁾以外は国土地理院のモデル^{3), 4), 5)}に基づいて作成した（これらのモデルは主にGPSによる測地データに基づいて作られたモデルである）。以上の群発地震前後の大室山北観測井の水位の記録を、気象庁東伊豆観測点（HGS）の体積歪計データおよび気象庁鎌田観測点（KMT）の地震回数の記録と比較したのが第4・7図である。データは基本的に1時間値である。OMRの水位記録には、気圧の寄与と潮汐の変化が認められるので、潮汐解析プログラム BAYTAP-G（石黒・他、1984）⁶⁾を用いて潮汐・気圧の影響を取り除いたが、不規則成分は残してある（第7図）。同様の操作をHGSの体積歪のデータについても行ったが、HGSについてはさらに系統的な縮みのトレンド（ $-5.5 \times 10^{-8}/\text{day}$ ）を除去している（第4・7図）。

すでに前報¹⁾でも報告したように、SWARM9509の発生の数時間前に、OMRの水位とHGSの体積歪が減少したように見え、SWARM9703発生前にもOMRの水位に同様な変化が認められる（第7a, c図の矢印）。他方、そのような地震前の現象はSWARM9610では認められない（第7b図）。今回の群発地震（SWARM9804）では、数時間前にHGSの体積歪減少が認められるが（第7d図矢印）、OMRの水位が地震前に低下したかどうかは、降雨の影響もあってはっきりしない。しかし以下に示す理由によって地震前に変化があった可能性が高い（第7d図と第8d図の矢印）。

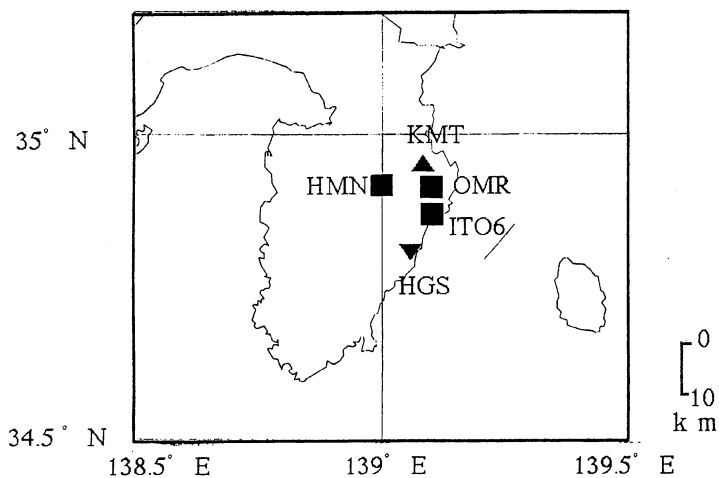
OMRの地震前の降雨による典型的な水位変化を第8図のa～cに示す。まとまった降雨があると、直後に水位が上昇して1日～2日で低下したのち、ゆっくりとした上昇を10日～20日続ける。

第8図dではこのゆっくりとした上昇が1998年4月15日の雨の後に5日で止まっており、通常の降雨レスポンスとは異なる。群発地震発生の数時間前に水位の増加傾向が変わっており（第8図dの矢印）、この付近で地震前の変化が現れていると判断される。第9a図に、第6図のモデルによって計算された群発地震後におけるOMRの理論的な体積歪変化総量と水位変化総量との比較を示す。地震前の水位変化が認められたものについては*印をつけており（SWARM9804については?印をつけた）、全体の地震後の体積歪変化が大きかったものについては、地震前の変化が認められる傾向にある。第9b図には同様に計算したHGSの理論的な体積歪変化総量と体積歪変化総量との比較をしている。両者は線形の関係にあり、傾きも1に近く、この歪の理論値の信頼性を示す。上図と同様に、地震前の体積歪変化が認められたものについては*印をつけている。SWARM9703の時も気象庁（1997）⁷⁾の判断するように地震前に体積歪変化があったとすれば、こちらもOMRの水位と同様、全体の体積歪変化が大きかったものについては、地震前の変化が認められることになる。

（小泉尚嗣・佃栄吉・松本則夫・高橋誠・佐藤努（地質調査所）・上垣内修（気象庁））

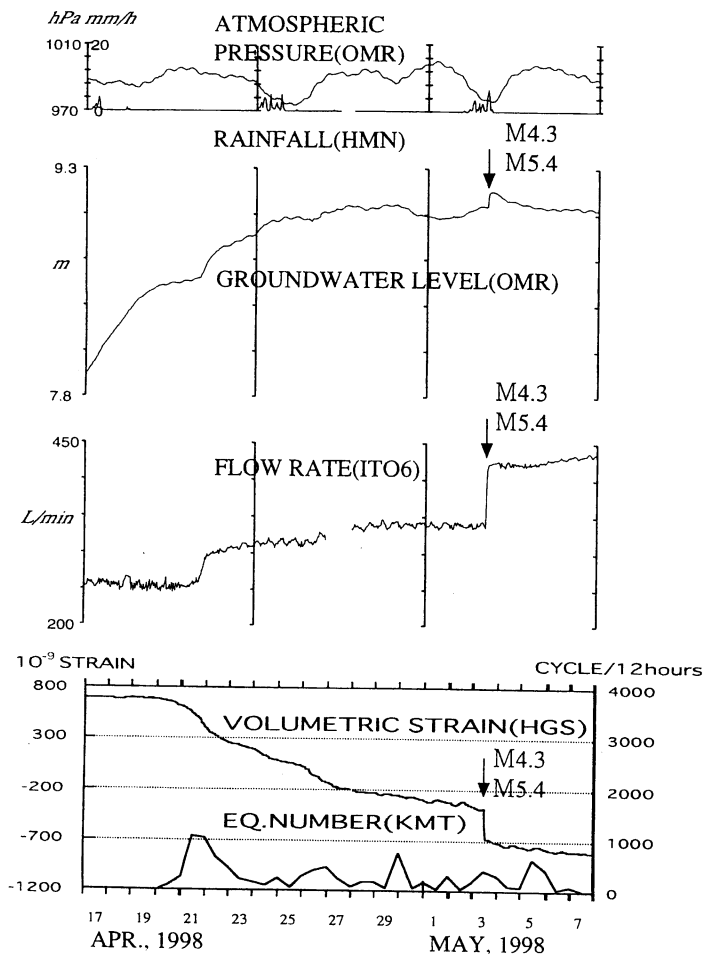
参 考 文 献

- 1) 地質調査所・気象研究所：1997年3月の伊豆半島東方沖群発地震前途の伊東市大室山北観測井における地下水水位変動について，連絡会報，59（1998），246-251.
- 2) 青木陽介・加藤照之：GPSデータから求めた1997年3月伊東沖群発地震の断層モデル，日本地震学会講演予稿集，2（1997）.
- 3) 国土地理院：伊豆半島の地殻変動，火山噴火予知連絡会会報，63（1995），40-44.
- 4) 静岡県地震対策課：伊豆東部火山群の活動源状の分析調査，（1997），248pp.
- 5) 国土地理院：伊豆地方の地殻変動，連絡会報，60（1998）.
- 6) 石黒真木夫・佐藤忠広・田村良明・大江昌嗣：地球潮汐データ解析 —プログラムBAYTAPの紹介—，統計数理研究所彙報，32（1984），71-85.
- 7) 気象庁：伊豆半島およびその周辺の地震活動，連絡会報，58（1997），229-238.



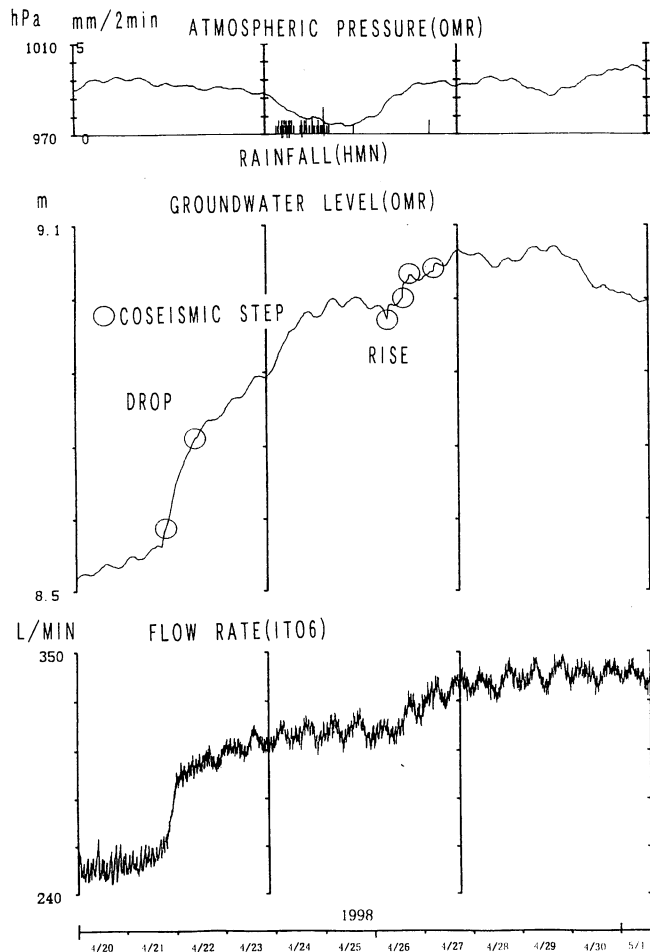
第1図 観測点配置。OMR:大室山北観測井, HMN:姫の湯観測井, ITO6:伊東6号観測井, HGS:気象庁東伊豆体積歪観測点, KMT:気象庁鎌田地震観測点

Fig. 1 Location of observation stations. OMR: Omuroyama-kita observation well, HMN: Himenoyu observation well, ITO6: Ito-6 observation well, HGS: Higashi-Izu observation station, KMT: Kamata observation station.



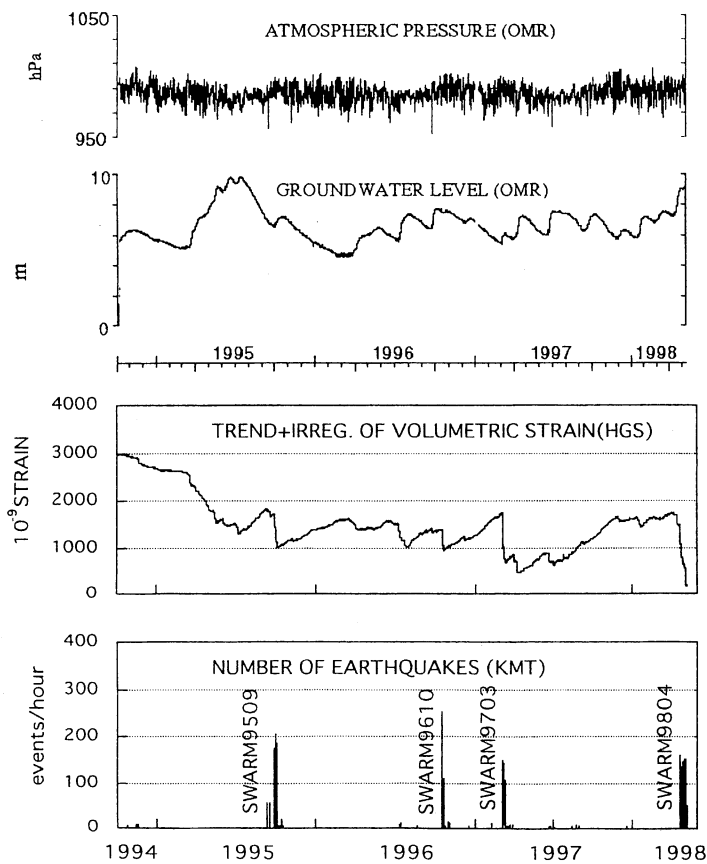
第2図 1998年4月17日～5月7日の観測結果(1時間値)

Fig. 2 Observational results during the period from April 17, 1998 to May 7, 1998 (hourly value).



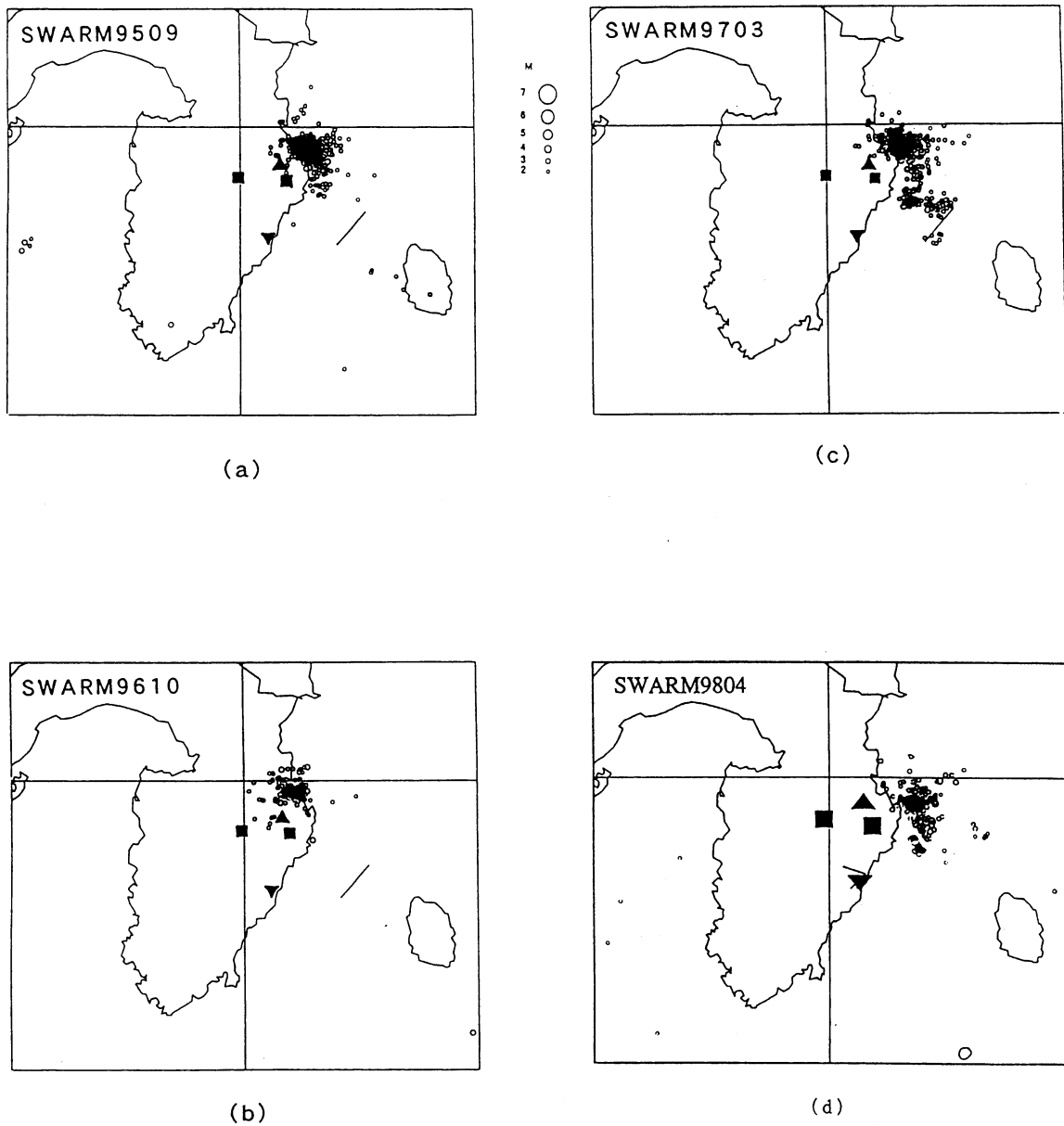
第3図 大室山北観測井におけるコサイ
スミックな水位変化の符号の反
転(2分値)

Fig. 3 Change in the sense of coseismic
groundwater level steps at OMR
(2-minute value).



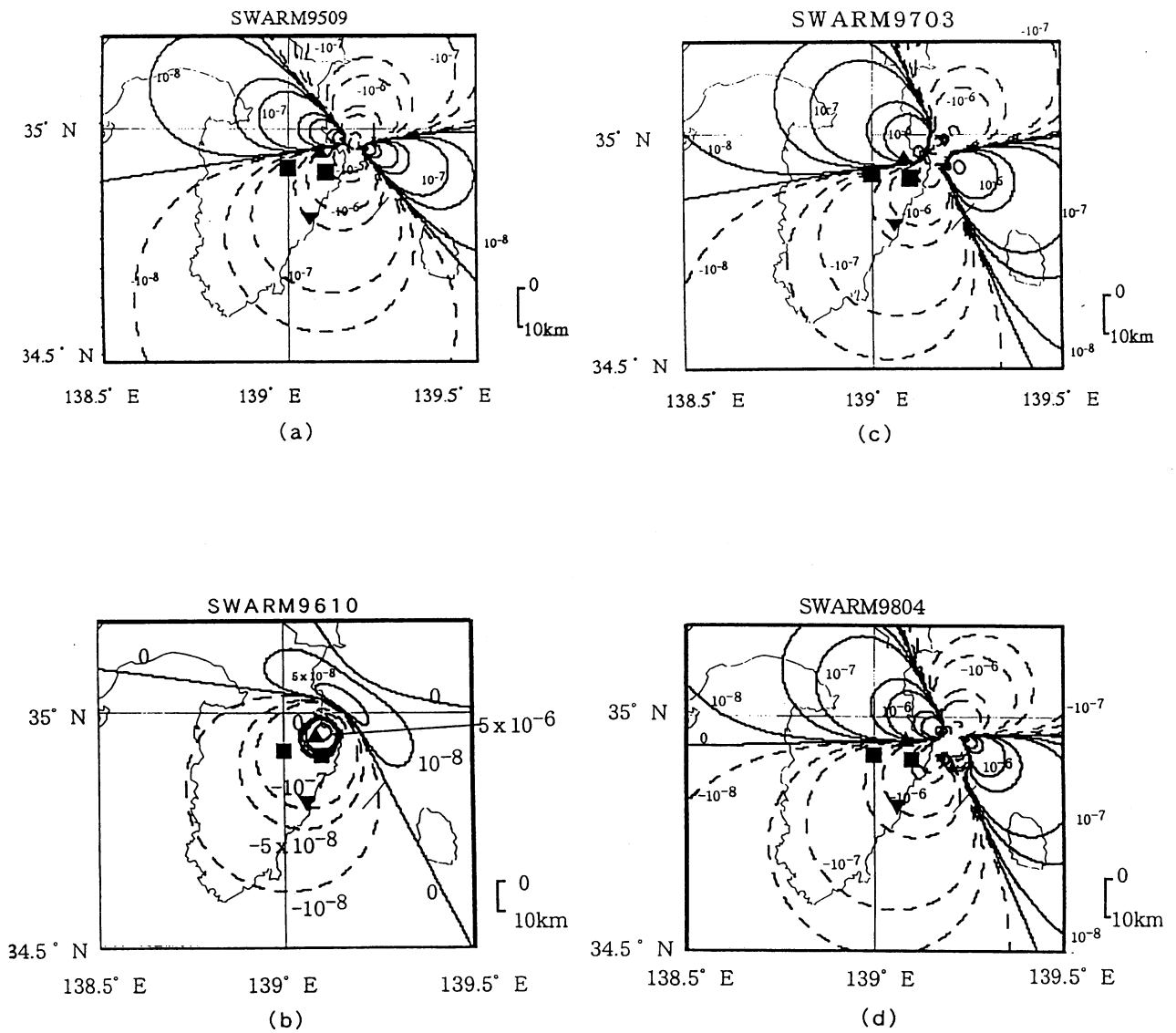
第4図 1994年10月~1998年5月の観測
結果(1時間値)

Fig. 4 Observational results during the
period from October 1994 to
May 1998 (hourly value).



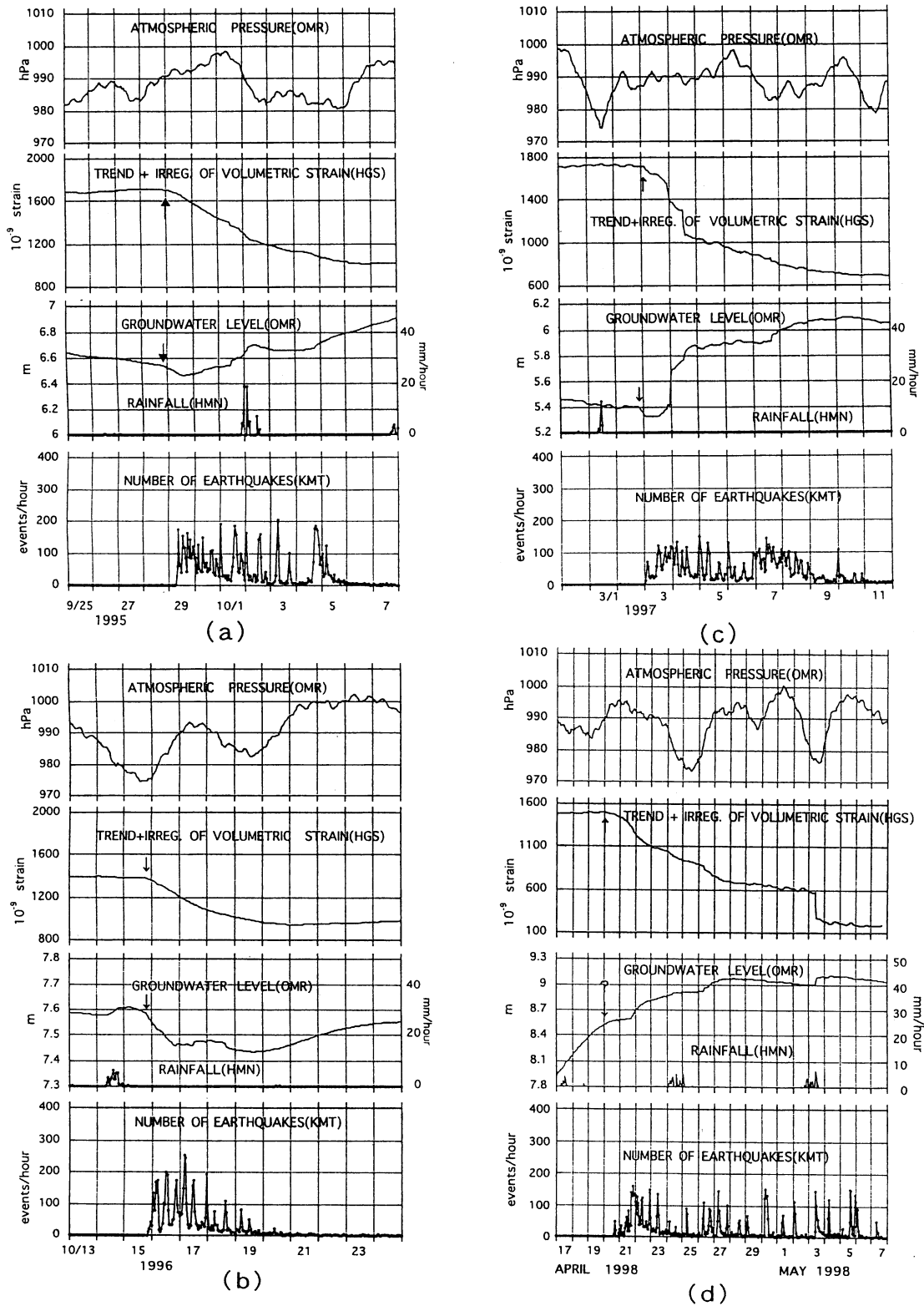
第5図 大室山北観測井での観測開始以来、伊豆半島東方沖で発生した主な群発地震の震央分布。地震の大きさはマグニチュード (M) 2以上、深さは30km以浅である。
a. SWARM9509, b. SWARM9610, c. SWARM9703, d. SWARM9804.

Fig. 5 Epicenter distribution of four relatively large seismic swarms off the east coast of Izu Peninsula which have happened since the observation at the Omuroyama-kita well started. Magnitudes of the earthquakes are 2.0 or greater and depths of them are 30 km or shallower.
a. SWARM9509, b. SWARM9610, c. SWARM9703, d. SWARM9804.

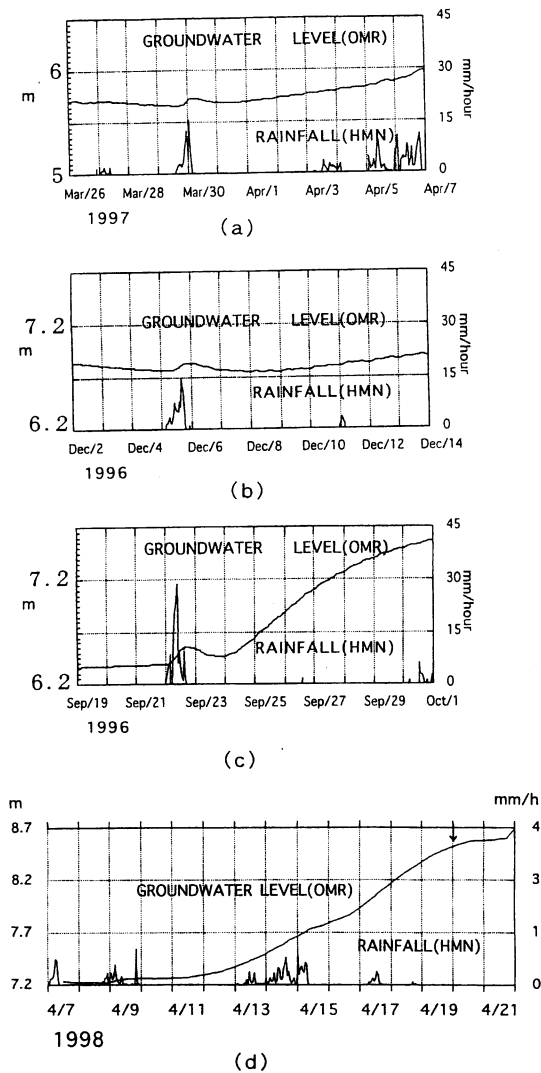


第6図 断層モデルから計算された，地震後の体積歪変化総量の分布。実線および正の値は伸びを示し，破線および負の値は縮みを示す。

Fig. 6 Distribution of postseismic volumetric strain changes calculated from the fault models for the seismic swarms. Positive values and solid lines show extension and negative values and broken lines show contraction.

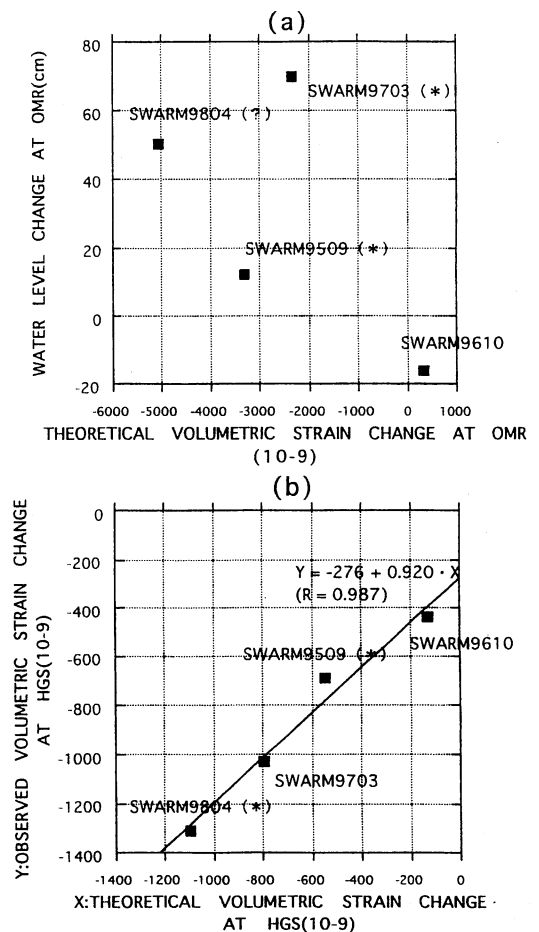


第7図 群発地震直前および群発地震継続中の観測結果。
 a. SWARM9509, b. SWARM9610, c. SWARM9703, d. SWARM9804.
 Fig. 7 Observational result before and during the swarm activities.
 a. SWARM9509, b. SWARM9610, c. SWARM9703, d. SWARM9804.



第8図 OMRにおける降雨による水位変化の典型的な例 (a, b, c) と1998年4月7日～21日の水位変化

Fig. 8 a~c. Typical examples of the groundwater level changes at OMR caused by rainfall. d. Groundwater level at OMR and rainfall at HMN during the period from April 7, 1998 to April 21, 1998.



第9図 a. 群発地震の断層モデルより計算された大室山北観測井での群発地震後の体積歪変化(総量)と水位変化(総量)との比較
b. 群発地震の断層モデルより計算された東伊豆観測点での群発地震後の体積歪変化(総量)と観測値(総量)との比較

Fig. 9 a. Comparison of theoretical postseismic volumetric strain changes at Omuro yama-kita observation well calculated from the fault models for the swarms to postseismic groundwater level changes at Omuroyama-kita observation well.
b. Comparison of the theoretical to observed postseismic volumetric strain changes at Higashi-Izu observation well.