

## 5-9 2009年12月の伊豆半島東方沖群発地震活動前後の伊東市周辺における地下水・地殻歪変化

### Changes in groundwater level and crustal strain related to the earthquake swarms off the east coast of Izu Peninsula, Japan in December, 2009

産業技術総合研究所  
Geological Survey of Japan, AIST.

伊豆半島東部にある産総研の大室山北地下水位観測点（第1図のOMR）は、1994年10月の観測開始以来、群発地震前に水位の低下を何度も生じており、群発地震の原因であるダイク（岩脈）の地下深部からの貫入による地殻変動（ここでは体積変化）を、ダイクが群発地震を引き起こす前に検出していると考えたと説明できる<sup>1)</sup>。この場所では、10km以深では、熱のために岩盤が柔らかくなっているダイクの貫入があっても岩盤は変形するだけで破壊（地震）は生じないと考えられているからである。OMRが1994年10月に設置されてから2009年11月まで（今回の活動以前まで）に比較的規模の大きな群発地震活動は4回あり、1995年9月、1996年10月、1997年3月、1998年4月が開始月であった。また、それ以外にも明瞭な水位低下が認められる規模の小さな群発地震活動が何回かあった。これらの活動では、気象庁の東伊豆体積歪観測点（第1図）では、体積歪が一貫して減少（縮む）のに対し、OMRでは当初水位の低下（体積膨張）で始まるが、震源が浅くなって地震活動が活発化するとともに水位が上昇する（体積圧縮）傾向が認められる。これは、想定されている貫入ダイクの先端の深さに関係なく東伊豆は圧縮領域だが、OMRの場合は、ダイクの先端深さが浅くなると体積膨張の領域から圧縮領域になることで説明出来る<sup>1)</sup>。今回の活動でもそのような変化が認められた（第2,3図）。なお、これらの図では、便宜上、12月17日～21日を群発地震活動期間としている。

2009年12月16日17時頃からOMRでは、長期的な水位低下傾向を越える水位低下が始まった（第3図）。気象庁の東伊豆体積歪観測点（HGS）では、それより数時間おくれ歪が減少し始めた。その後、17日午前11時頃から群発地震活動が始まった。12月17日23時45分のM5.0の地震（伊東市で震度5弱）の6時間程度前から水位低下が緩和し地震活動が活発化しているように見える。この時間帯は、震源の深さが当初の8km程度から6km程度にまで上昇した時期とも一致している（第4図）。M5.0の地震が発生した後水位は上昇した。また、12月18日8時45分にM5.1の地震（伊東市で震度5弱）が発生し再び水位が上昇し20日の未明まで水位上昇を続けた。12月16日17時を基準とすると、17日23時45分の地震直前までの水位低下量は（12月16日までの長期的な水位低下傾向： $-1.5\text{cm/日}$ も考慮して）約5cm、20日16時までの水位上昇量は約39cmである（第3図）。OMRの水位の体積歪変化に対する感度（約 $30\text{cm/ppm}$ <sup>1)</sup>）から単純に換算すると、それぞれ0.2ppmの伸び、1.3ppmの圧縮ということになる。他方、同時期の東伊豆の体積歪変化はそれぞれ0.06ppmの圧縮、0.3ppmの圧縮である（第3図）。12月20日0時頃から水位上昇が鈍り、HGSの体積歪変化の下降が穏やかになり、地震活動も沈静化しているように見える。なお、2010年1月21日2時59分にM4.4の地震（伊東市で震度4）が発生し、地震直後に約1cmの水位上昇が認められたが、その前後で特に大きな傾向の変化はなくHGSの体積歪の傾向にも変化が認められないので新たなダイクの貫入等はないように思える（第2図）。

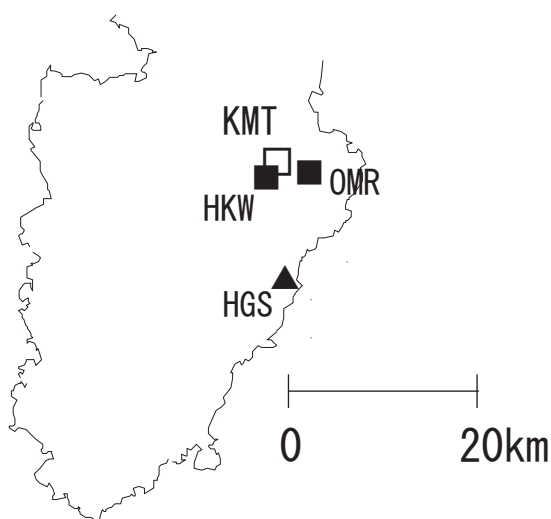
例年、この時期は、比較的降雨が少ない時期なので、長期的な水位低下があるのは特に異常ではない。冷川南（HKW）の方には、群発地震期間中に大室山北のような変化は認められない。第5図に上述

の OMR の水位と HGS の体積歪変化を説明する簡単な開口断層モデルを示した。計算には MICAP-G<sup>2)</sup> を用いている。第 5-a 図は 2009 年 12 月 16 日 17 時～17 日 23 時の OMR の水位低下(5cm → 0.2ppm の伸び)と HGS (▲) の体積歪変化 (-0.06ppm : 圧縮) を説明するモデルである。地震の震源分布を参考にして、幅 3 km、長さ 4.3 km、先端深さ 5 km の鉛直断層を考え、開口幅 100mm を与えると、HGS の歪 : -0.03ppm, OMR の体積歪 : 0.4ppm となっておおむね観測値を説明する。第 5-b 図は 2009 年 12 月 16 日 17 時～20 日 13 時の OMR の水位上昇 (39cm → -1.3ppm) と HGS の体積歪変化 (-0.3ppm) を説明するモデルである。第 5-a 図の断層が上に移動してさらに開くと考え、結果的に、幅 3 km、長さ 4.3 km、先端深さ 1.0 km の鉛直断層を与え、さらに開口幅 200mm にすると、HGS の歪 : -0.2ppm, OMR の体積歪 : -1.1ppm となって観測値を概ね説明する。第 5-b 図では、ダイクの先端の深さを 1km としているが、地震の震源の分布の深さは 2km より深く (第 4 図)、この点は今後の検討課題である。

(小泉尚嗣)

#### 参 考 文 献

- 1) Koizumi N., Y. Kitagawa, N. Matsumoto, M. Takahashi, T. Sato, O. Kamigaich and K. Nakamura, 2004, Pre-seismic groundwater level changes induced by crustal deformations related to earthquake swarms off the east coast of Izu Peninsula, Japan, Geophys.Res.Lett., 31, L10606, doi:10.1029/2004GL019557.
- 2) 内藤宏人・吉川澄夫, 1999, 地殻変動解析支援プログラム MICAP-G の開発, 地震 2, 52, 101-103.



第 1 図 観測点の位置。■ : 地下水観測点 (OMR: 大室山北, HKW: 冷川南), ▲ : 気象庁の体積歪観測点 (HGS: 東伊豆), □ : 気象庁の地震観測点 (KMT: 鎌田)。

Fig.1 Location of observation stations. ■ : Groundwater observation station (OMR: Omuroyama-kita station, HKW: Hiekawa-minami station), ▲ : Strain observation station of JMA (HGS: Higashi-izu), □ : Seismic station of JMA ( KMT: Kamata).

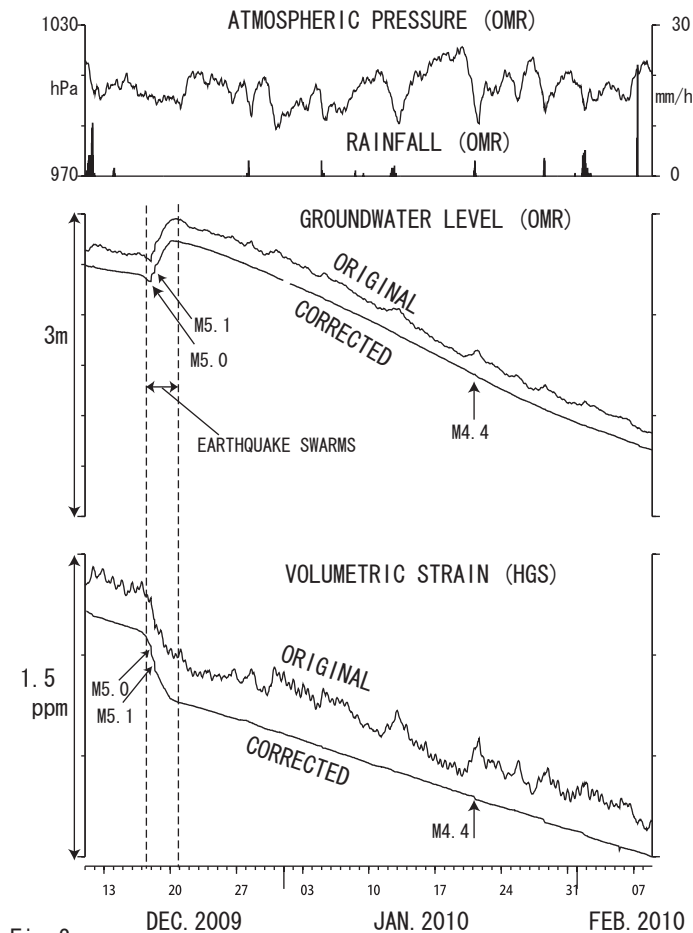


Fig. 2

第2図 2009年12月11日～2010年1月22日の観測結果。M5.0, M5.1, M4.4とは、マグニチュード5.0, 5.1, 4.4の地震。水位や体積歪の生データ (Original) から気圧や潮汐・雨量の影響を除去し、さらに水位からは雨量の影響も除去したものが補正值 (Corrected) である。

Fig.2 Observation results during the period from December 11, 2009 to January 22, 2010. M5.0, M5.1 and M4.4 denote the earthquake of M5.0, M5.1 and M4.4, respectively. The tidal and barometric effects on the groundwater level at OMR and volumetric strain at HGS were eliminated. The rainfall effect was also eliminated from the groundwater level at OMR. The residuals are drawn as "Corrected".

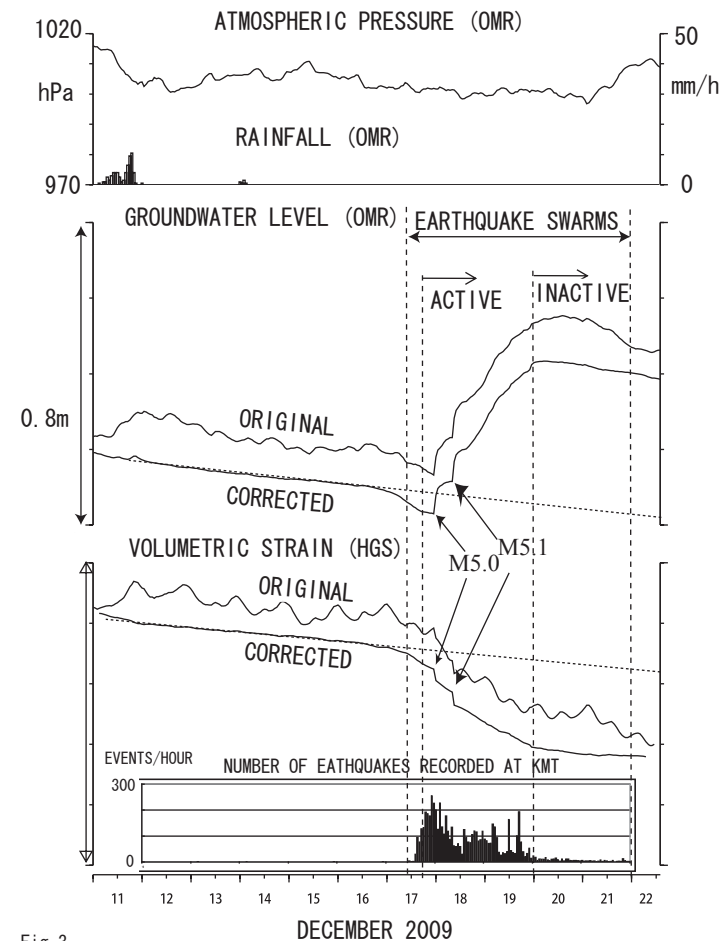
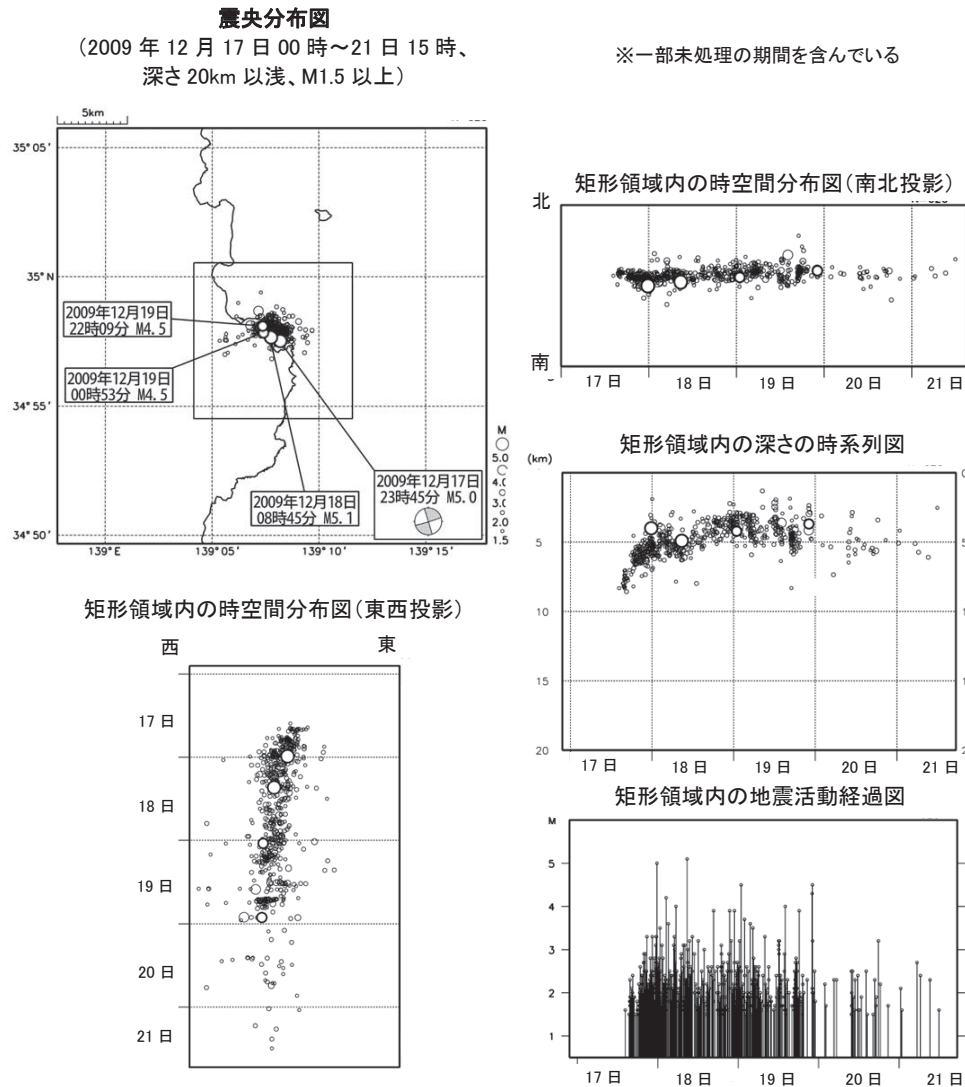


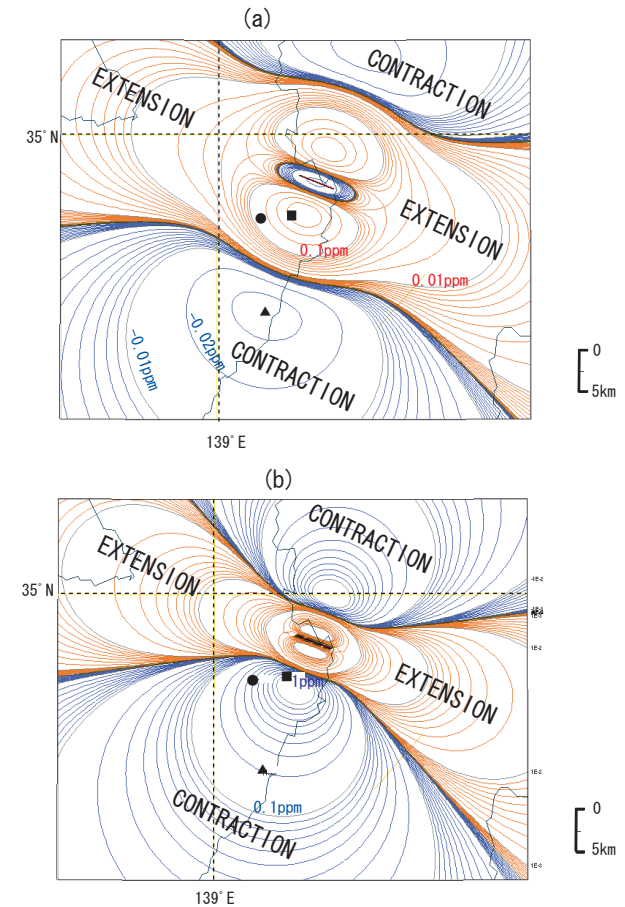
Fig. 3

第3図 2009年12月11日～12月22日の観測結果  
Fig.3 Observation results during the period from December 11 to 22 in 2009.

## 伊豆半島東方沖の地震活動



第4図 2009年12月21日気象庁発表資料による伊豆半島東方沖の地震活動。  
Fig.4 Earthquake activity off the east coast of Izu Peninsula announced by JMA on December 21, 2009.



第5図 (a)2009年12月16日17時～17日23時の観測結果を説明する断層モデルとそのモデルから計算される体積歪変化。■: OMR, ●: HKW, ▲: HGS。  
(b)2009年12月16日17時～20日13時の観測結果を説明する断層モデルとそのモデルから計算される体積歪変化。

Fig.5 (a) A fault model for observation results during the period from 17:00 on December 16 to 23:00 on December 17 in 2009. ■: OMR, ●: HKW, ▲: HGS.  
(b) A fault model for observation results during the period from 17:00 on December 16 to 13:00 on December 20 in 2009. ■: OMR, ●: HKW, ▲: HGS.