# 9-10 2009 年 7 月 22 日室戸岬沖の地震(M4.6)に関連した地下水位・地殻歪変化 Groundwater level changes and crustal strain changes associated with the M4.6 Earthquake off Cape Muroto on July 22, 2009

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

### 1. はじめに

2009 年 7 月 22 日 23 時 51 分に室戸沖で発生した M4.6 の地震は,海山が沈み込んでいると推定さ れている領域のすぐ西側で発生した.海山の沈み込みは,前弧斜面の付加体に大きな凹みを形成す る一方で,外縁隆起帯を大きく隆起させ,土佐碆と呼ばれる浅瀬を形成している<sup>1)</sup>(第1図).海山 の沈み込みは海底の地質構造にも大きな影響を与えていることは,海底地質図<sup>2)</sup>にも明瞭に現れて いる.

同地震前後の期間について,震源地付近の室戸・高知市・土佐清水・串本津荷(つが)の4観測点 のデータを調べた(第1図).各観測点には、3つの観測井(孔1:600m,孔2:200-250m,孔 3:30-150m)それぞれに水位計があり、室戸・土佐清水・串本津荷については孔1(深度 600m付 近)に、高知については孔2(深度 200m付近)に歪計がある(第2図).室戸・土佐清水・串本津荷 については、水平歪4成分に加えて鉛直歪も測定している.観測開始時期は、室戸が 2008年9月、 高知市が同年5月、土佐清水が同年9月、串本津荷が同年8月で、観測を開始して日が浅く、特に 歪計のデータには掘削の影響が残り(大きな長期トレンドがある),地震や降水に対する変化のパ ターンについても、まだ良く分かっていない.歪に関しては、上記の掘削の影響(応力緩和の影響) を除くため、長期トレンドを除去している.

2. 観測結果

#### ★地震時の変化

室戸では, 歪のステップ(第3図)及び孔3の地下水位の上昇(第4図)が認められた.

観測された歪ステップとM4.6の地震の点震源解<sup>3)</sup>から計算される理論的な歪変化とを比較すると, その大きさは観測された歪変化が数倍大きいものの,各成分の伸び縮みのセンスは一致していた. 観測された歪ステップは,M4.6の地震の震源での滑りで概ね説明可能と考える.

孔3の地下水位は、地震直後で0.3mm 程度の上昇、約6時間後で最大7mm 程度の上昇であった. 観測された歪ステップは体積歪換算で6x10<sup>-9</sup>の伸びであり,地下水位の上昇を説明できない.一方, M4.6 の地震の滑りから計算される理論的な体積歪変化は-1x10<sup>-9</sup>以下であり、孔3の地下水位の歪 感度(0.3-1.0mm/10<sup>-8</sup>)を考慮すると、地下水位の上昇は地震時の歪変化では説明できない.

★地震後の変化

・室戸(第4図)

水平歪3成分に変化が認められた.2成分については通常のバラツキを超えていないが、1成分 (青色の N12E:ほぼ南北成分)の伸び(地震後 2.5 日間で+1.6x10<sup>-8</sup>程度)は有意な変化の可能性 がある.この変化は最長でも4日間で終了している.

孔3については、地下水位の低下(地震後4日間で-8cm 程度)が認められた.孔3の地下水位の 歪感度(0.3-1.0mm/10<sup>-8</sup>)を考慮すると、この水位低下は地震後の歪変化では説明できない. ・高知市(第5図)

ノイズレベルを考慮すると、特に異常な変化は認められない.

・土佐清水(第6図)

通常のバラツキを超えていないが,水平歪のうちの1成分(青色のN111E:西北西-東南東成分) に伸びの変化(地震後2.5日間で+0.8x10<sup>-8</sup>程度)が認められる.N336Eの成分には地震後の縮み→ 伸びの変化が見られるが,地震発生とはタイミングが異なるので,無関係と考えている.

孔2と孔3には、地下水位の低下(いずれも地震後2週間で25cm 程度)が認められる.地下水位の歪感度(孔2:2-4cm/10<sup>-8</sup>,孔3:0.6-2.6mm/10<sup>-8</sup>)を考慮すると、これらの地下水位低下は歪変化では説明できない.

・串本津荷(第7図)

地震の2日後から水平歪の1成分(青色の N175E:ほぼ南北成分)に伸びの変化が認められる. 地震直後には変化がなく,室戸沖の地震とは無関係と考えている.

#### 3. 考察

### ★地震後の歪の原因

気象庁・気象研究所が使用している HITEQ(観測された歪変化を説明するようなプレート境界上のすべりをグリッドサーチで捜すプログラム)を用いて、下記の室戸(水平歪の4成分)と土佐清水(水平歪の1成分)の地震後の歪変化を説明できるようなプレート境界での滑りを検討した.

- ・地震後 2.5 日間の室戸(mur)の歪変化
  - 歪1 (N147E):- 5[x10<sup>-9</sup>] (有意かどうかは疑問)
  - 歪2(N237E):+11[x10<sup>-9</sup>](有意かどうかは疑問)
  - 歪 3 (N282E):- 2[x10<sup>-9</sup>] (変化なし)
  - 歪4(N12E):+16[x10<sup>-9</sup>](有意な可能性あり)
- ・地震後 2.5 日間の土佐清水(tss)の歪変化
- 歪 4 (N111E):+ 8[x10<sup>-9</sup>] (有意かどうかは疑問)

第8図は滑り候補地点の推定結果である. 歪変化の許容範囲は, 観測された変化量の 1/2 倍から 2 倍までの範囲, あるいは観測されたバラツキの範囲とした. 室戸の南南西(土佐清水の東)の地点における M6.0 程度の滑りによって, 地震後の歪変化が説明可能であることが分かった. 但し, 滑りが発生していたとしても, 地震後 2.5 日間(最長でも4日間)で終了していると思われる.

★地下水位変化の原因

室戸孔3の地下水位の地震時の上昇及び地震後の低下は地殻歪変化では説明できない.この地震 の室戸市での震度は4であり、透水性の変化などによる地下水の移動が原因として想定される.

土佐清水孔2及び孔3の地下水位の地震後の低下も地殻歪変化では説明できない. 降水の長期的 な変動に対応する変化と考えることが妥当である.

4. まとめ

室戸の地震時の歪変化は, M4.6 の地震がプレート境界での逆断層型地震であることを示唆する. 地震後の歪変化の原因は, 震源より南西側のプレート境界でゆっくり滑りが生じていた可能性が考 えられる. 今回観測された地下水位の変化は地殻歪変化が原因ではないことが分かった.

## 謝辞

室戸沖の地震の点震源解は防災科研 Hi-net<sup>3)</sup>による解を使用しました.体積歪変化の計算には Okada (1992)<sup>4)</sup>の Fortran サブルーチンを使用しました.気象庁・気象研究所の方々には、プログラ ム HITEQ の使用許可に加えて、使用方法も教えて頂きました.ここに記して感謝致します.

# 参考文献

- 1)Yamazaki, T. and Okamura, Y., 1989, Subducting seamounts and deformation of overriding forearc wedges around Japan, Tectonophysics, 160, 207-229.
- 2) 岡村行信, 1986, 20 万分の1「室戸岬沖海底地質図及び説明書」,海洋地質図シリーズ, no. 28, 地 質調査所.
- 3)防災科学技術研究所 Hi-net 高感度地震観測網, http://www.hinet.bosai.go.jp/
- 4)Okada, Y., 1992, Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, Bull. Seismol. Soc. Am., 82, 1018-1040.
  (北川有一,板場智史,松本則夫,小泉尚嗣)



GJS, AIST. Four stations, which data are checked at, are surrounded with squares.





Fig.2 Schematic figure of the observation system at four stations.





- 第3図 地震時に室戸(mur)で観測された歪変化(上)とその主歪場(左下)及び地震の点震源解から 計算される主歪場(右下).
- Fig. 3 Coseismic strain changes observed at mur (above), its principal strain field (lower left) and principal strain field calculated from the point source solution of the earthquake (lower right).



- Fig. 4 Observational results of crustal strains and groundwater levels at mur from June 2009 to August 2009. Gray areas mean that there is a possibility of the change after the earthquake.
- Fig.5 Observational results of crustal strains and groundwater levels at koc from June 2009 to August 2009.





Fig. 6 Observational results of crustal strains and groundwater levels at tss From June 2009 to August 2009. Gray area means that there is a possibility of the change after the earthquake.





第8図 HITEQを用いて推定したプレート境界での滑りの候補位置. Fig.8 Candidate position of the slip on the plate boundary estimated by HITEQ.