

3-26 2011年東北太平洋沖地震 (M9.0) に伴う東海～四国周辺における地下水・地殻歪変化

Changes in groundwater and crustal strain in Tokai, Kinki and Shikoku related to the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake (M9.0)

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

1. 歪ステップから推定した2011年東北地方太平洋沖地震の断層モデル

2011年3月11日の東北太平洋沖地震による断層変位に伴い、産総研が東海・紀伊半島・四国に展開している歪観測網で 10^5 オーダーの歪地震動と、 10^7 オーダーの strain step が観測された。本報告では、それらの観測結果と、歪ステップから推定される東北地方太平洋沖地震の断層モデルについて紹介する。

歪ステップ量は次の手順で求めた。下処理として、3/11の24時間分の記録から1次トレンドを取り除く。その後、本震や余震の揺れによる影響を避けるために、15:00-10の間の平均値から、14:35-45の平均値を引いて、これら4成分の値を、Matsumoto et al. (2010)¹⁾によってキャリブレーションしたものを観測値とした。このキャリブレーションによって、観測された歪変化値は概ね $1/2 \sim 1/3$ の大きさになる。断層面は、太平洋プレート境界面上^{2,3,4)}に1枚の均質な滑りの断層面を仮定してグリッドサーチにより推定する。断層面の中心の位置は、経緯度共に 0.1° ごと、すべり量は $1 \sim 30\text{m}$ の間で 0.5m 間隔、断層面の幅・長さをそれぞれ $50 \sim 500\text{km}$ の間で 50km 間隔で可変、すべり方向は太平洋プレートの沈み込み方向⁵⁾に平行($N115^\circ E$)として計算を行なった。仮定した断層面上のすべりによって各観測点で期待される歪変化の計算にはOkada (1992)⁶⁾のプログラムを用いた。

断層面を推定した結果を第1a図に、GPS観測結果から推定したプレート境界面上のすべり分布モデル(暫定)⁷⁾を第1b図に示す。また、観測データの例を第2図と第3図に示す。断層面の長さは 150km 、幅は 100km 、すべり量は 27.0m 、 M_w は 8.7 と推定された。観測値と、推定した断層面から期待される値は概ね一致している。国土地理院の結果は、3/9 11:45に発生した $M_{JMA} 7.3$ の前震や、本震後数時間分の余震、余効変動による変動が含まれているが、歪ステップから推定したモデルは本震を含む35分間のみのデータで推定しており、相対的に本震の情報をより多く含んでいると考えられる。2つのモデルを比較すると、地理院のモデルで 20m を超える大きなすべりが推定される領域と、本報告で推定した断層面の位置がよく一致していることが分かる。

2. 2011年東北太平洋沖地震 (M9.0) に伴う東海～四国周辺における地下水変化

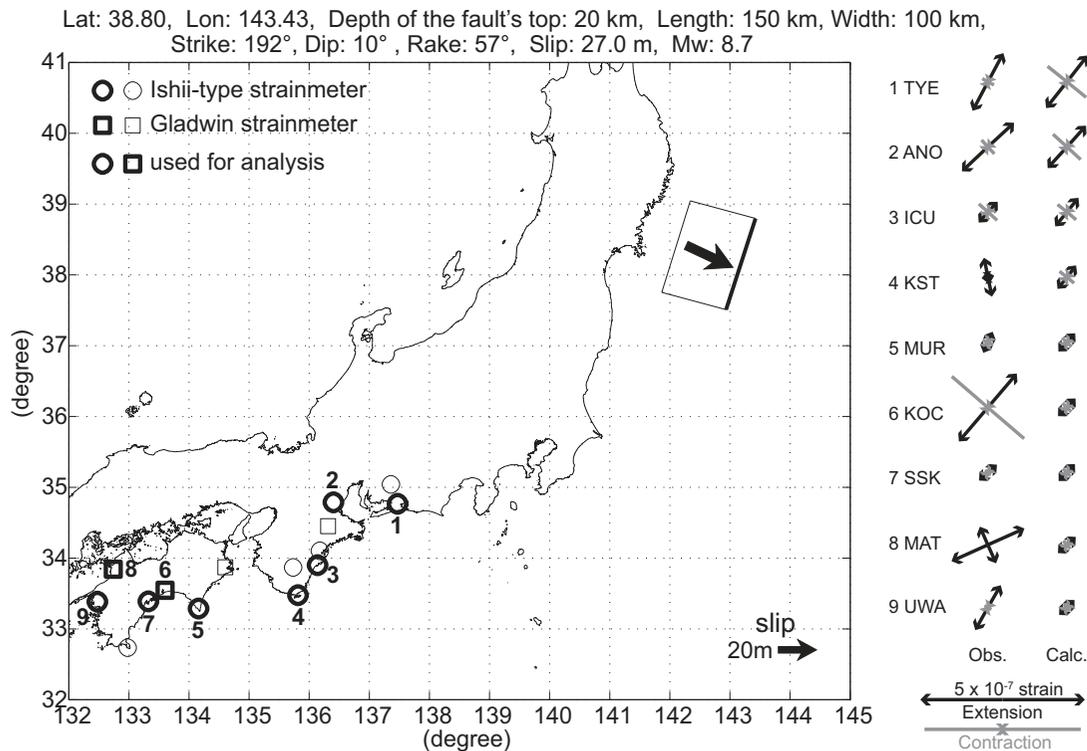
産業技術総合研究所が東海・近畿・四国に展開している観測井で、地震に伴う地下水位・水圧・自噴量に変化が観測された。47観測点の観測井82本(第4図)における地下水の観測結果を紹介する。複数の観測井がある観測点では、深い観測井から順に1, 2, 3と番号を付けている。第5図に観測例を示す。地震波に伴うダイナミックな振動・ステップ状の変化・地震直後からの上昇あるいは低下が観測された。海岸沿いの観測井の一部では大津波に伴う振動が観測された。

地震時のステップ状の変化および地震後の変化を以下の方法で計算した。まず、地震直前の値を2011/3/11 14:35-14:45 (JST)の平均値とする。次に、地震直後の値を2011/3/11 15:00-15:10 (JST)の平均値とする。更に、地震後1日目の値を2011/3/12 14:35-14:45 (JST)の平均値とする。そし

て、地震時のステップ状の変化は地震直後の値と地震直前の値との差とする。地震後1日間での変化は地震後1日目の値と地震前の値との差とする。変化の大きさが水位10mm以下（自噴量では $10\text{cm}^3/\text{min}$ 以下）の場合は変化なしと決めた。第4a図に地震時のステップ状の変化を示す。上昇した観測井が12本、低下した観測井が32本、変化なしの観測井が38本であった。最も水位が上昇した観測井はHGM2で250mm上昇した。最も水位が低下した観測井はANO2で511mm低下した。伊豆半島では全般に上昇した。それ以外の地域では低下の割合が大きかった。第4b図に地震後1日間での変化を示す。上昇した観測井が14本、低下した観測井が56本、変化なしの観測井が12本であった。最も水位が上昇した観測井はODGで403mm上昇した。最も水位が低下した観測井はKNG2で926mm低下した。伊豆半島では全て上昇した。それ以外の地域では低下の割合が非常に大きかった。複数の観測井がある観測点では、最も深い観測井の水位が上昇している傾向が見られた。国土地理院による暫定の断層モデル⁷⁾を用いて、地震の断層変位による静的な体積歪変化をMICAP-G⁸⁾によって計算した。全ての観測井は膨張の領域にあることが分かった。推定された体積歪変化量は $+10^{-8}$ から $+10^{-7}$ の桁であった。地震による変化は主に低下であり、低下傾向は地震の断層変位による静的な体積歪変化で説明可能である。しかしながら、幾つかの観測井では上昇であり、それは静的な体積歪変化では説明できない。

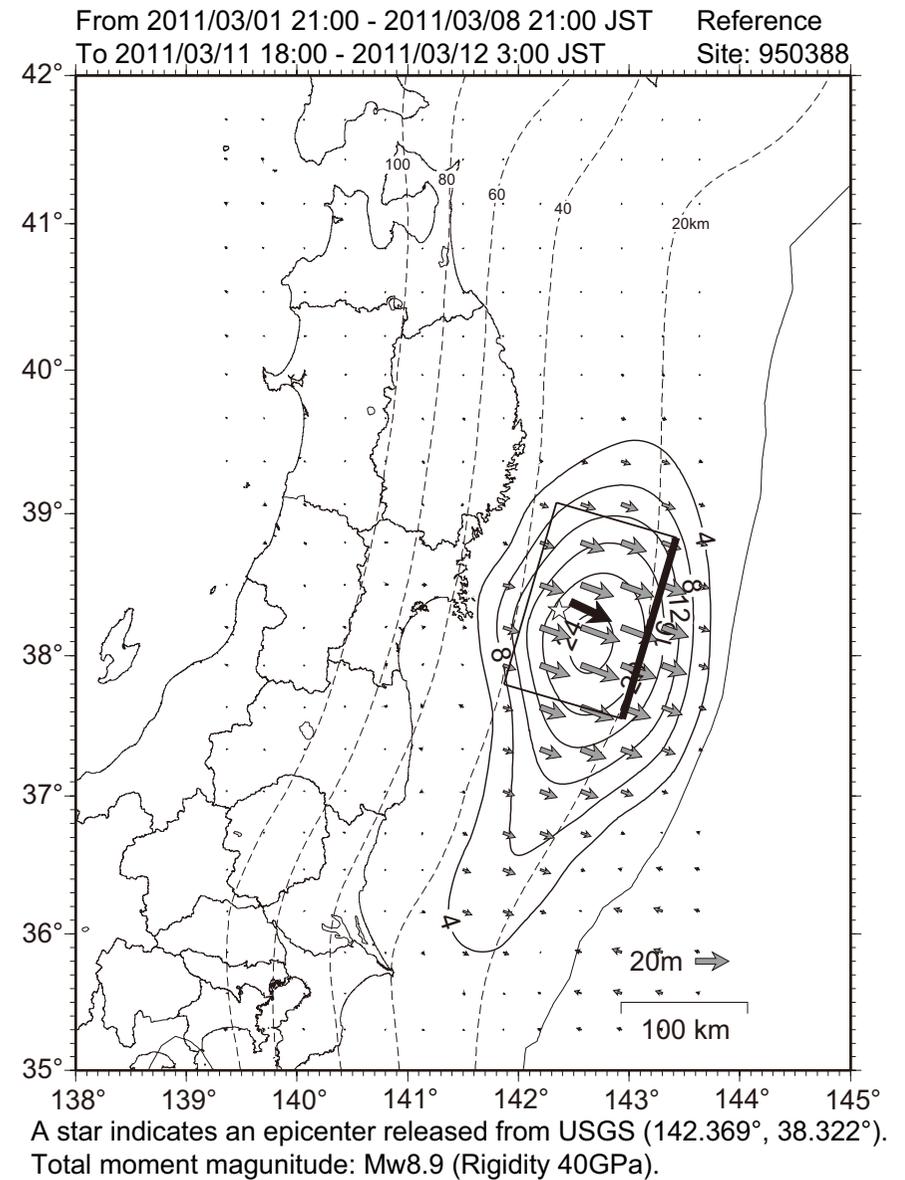
参 考 文 献

- 1) Matsumoto, N., O.Kamigaichi, Y.Kitagawa, S.Itaba and N.Koizumi(2010), Eos, Trans. AGU, Abstract G11A-0626.
- 2) Kita, S., T. Okada, A. Hasegawa, J. Nakajima, and T. Matsuzawa(2010), Earth Planet. Science Lett., 290, 415-426.
- 3) Nakajima, J., and A. Hasegawa (2006), Geophys. Res. Lett., 33, L16309, doi: 10.1029/2006GL026773.
- 4) Nakajima, J., F. Hirose, and A. Hasegawa(2009), J. Geophys. Res., 114, B08309, doi:10.1029/2008JB006101.
- 5) Wei, D. and T., Seno(1998), Geodynam. Series ed. by M. Flower et al. 27 337-346.
- 6) Okada, Y.(1992), Bull. Seismol. Soc. Am., 82, 1018-1040.
- 7) 国土地理院 (2011), <http://www.gsi.go.jp/cais/topic110315-index-e.html>.
- 8) 内藤宏人・吉川澄夫 (1999), 地震 2, 52, 101-103.



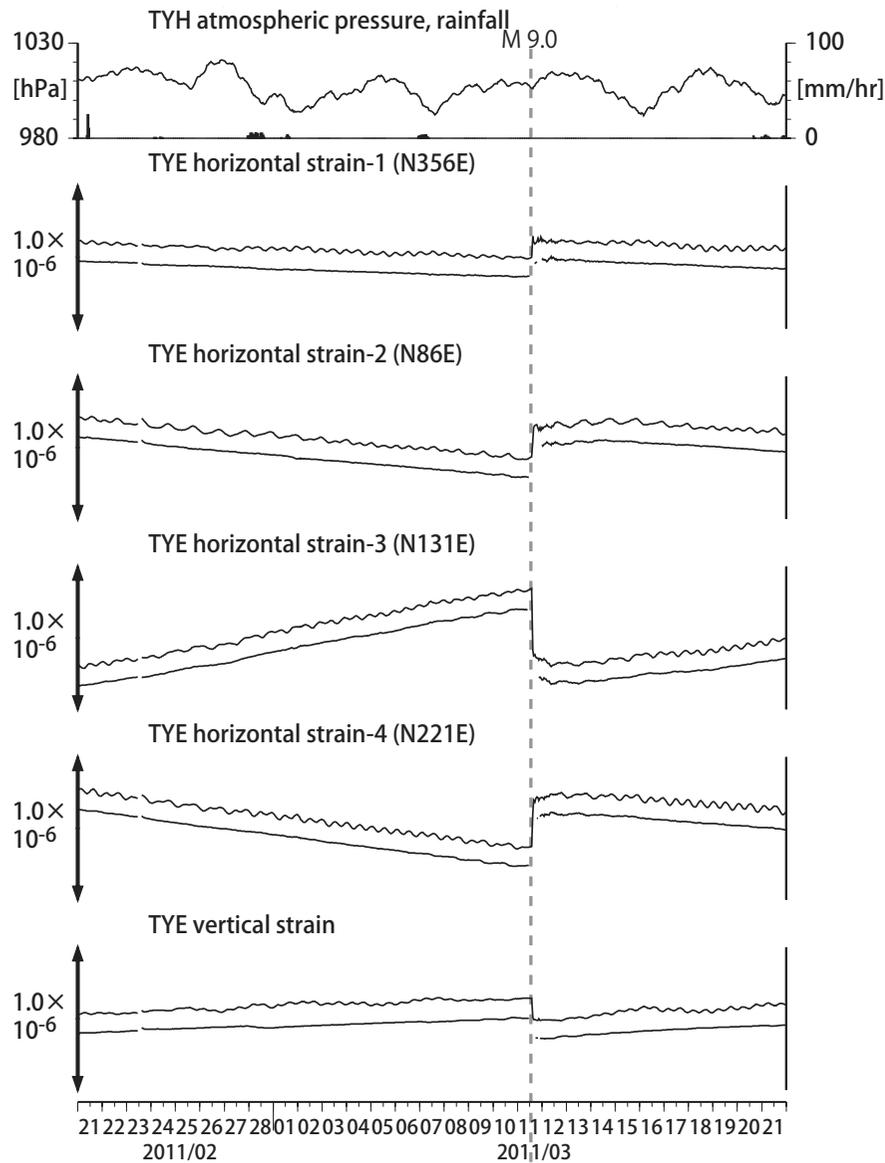
第 1a 図 観測された歪ステップから推定された断層モデル。主歪について、観測値と、推定した断層モデルからの計算値の比較を右側に示す。

Fig.1a Estimated fault model and observatories. Observed and calculated principal strains are shown in the right side of the figure.



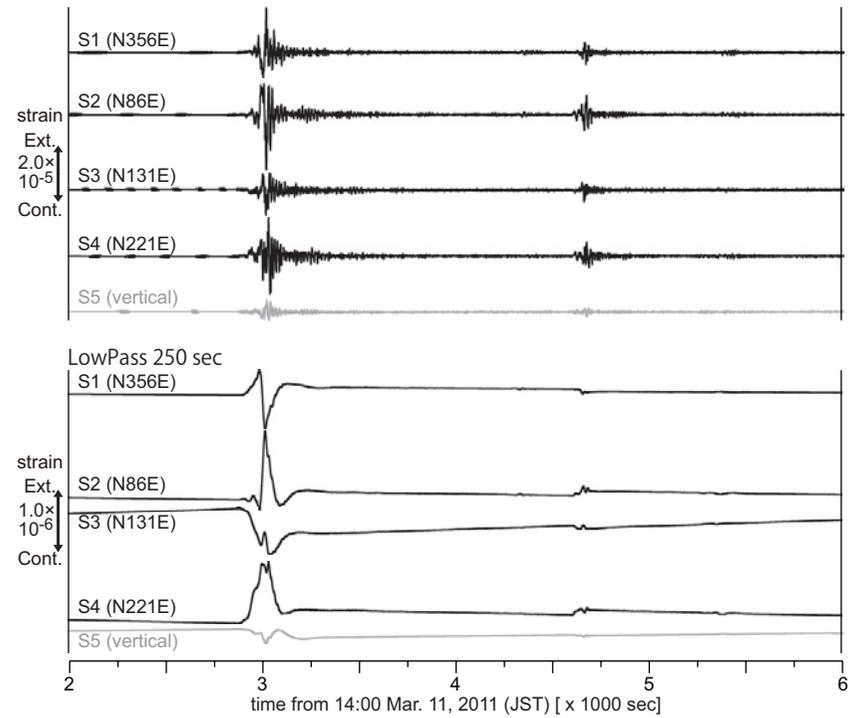
第 1b 図 GPS データにより推定された断層モデル⁷⁾と我々のモデルの比較。

Fig.1b Comparison of our model with that from GPS⁷⁾.



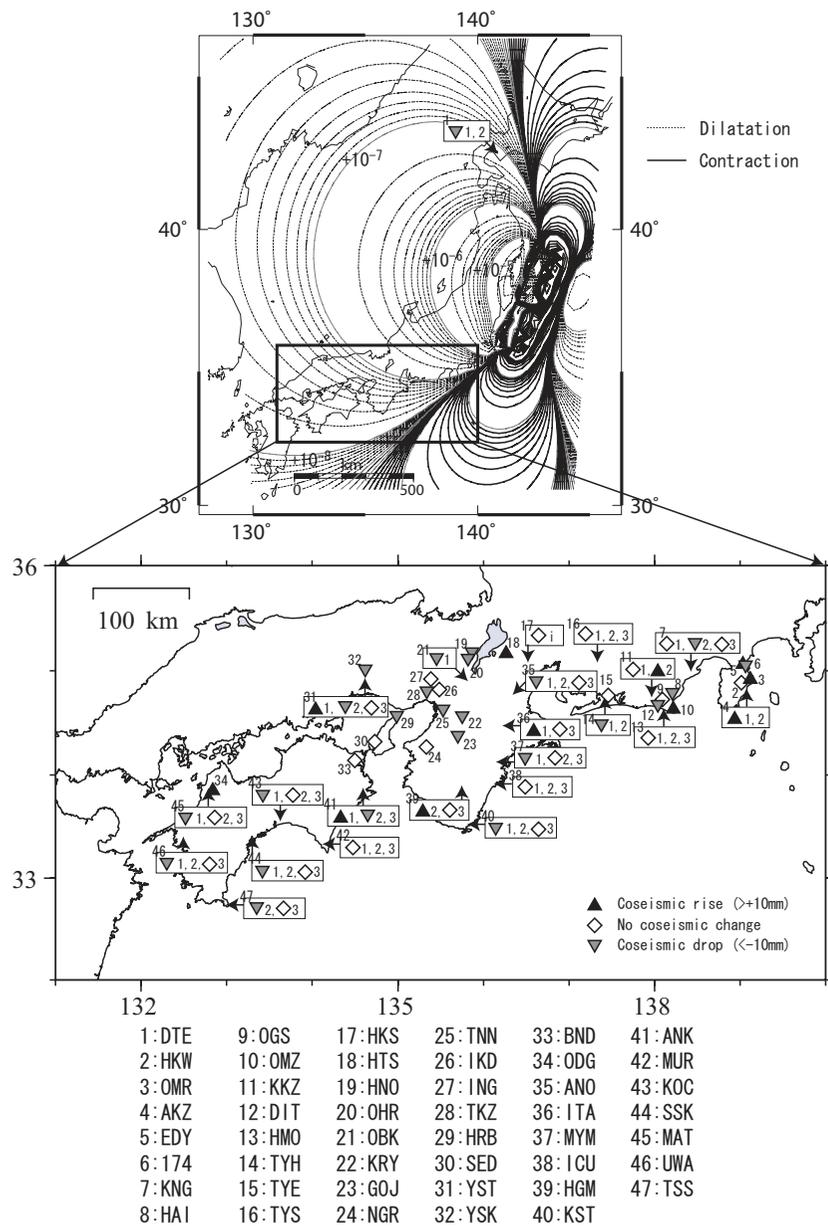
観測点名: 豊橋多米 (旧名称: 豊橋東, TYH(豊橋)は変更無し)
 Strainmeter depth = 266.5-267.9 [GL-m]
 上: 1次トレンドを除去
 下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答成分を除去後、1次トレンドも除去

第2図 2011年2月21日～3月22日のTYEにおける歪変化(時間値)
 Fig.2 Hourly values of the crustal strain at TYE from February 21 to March 22 in 2011.

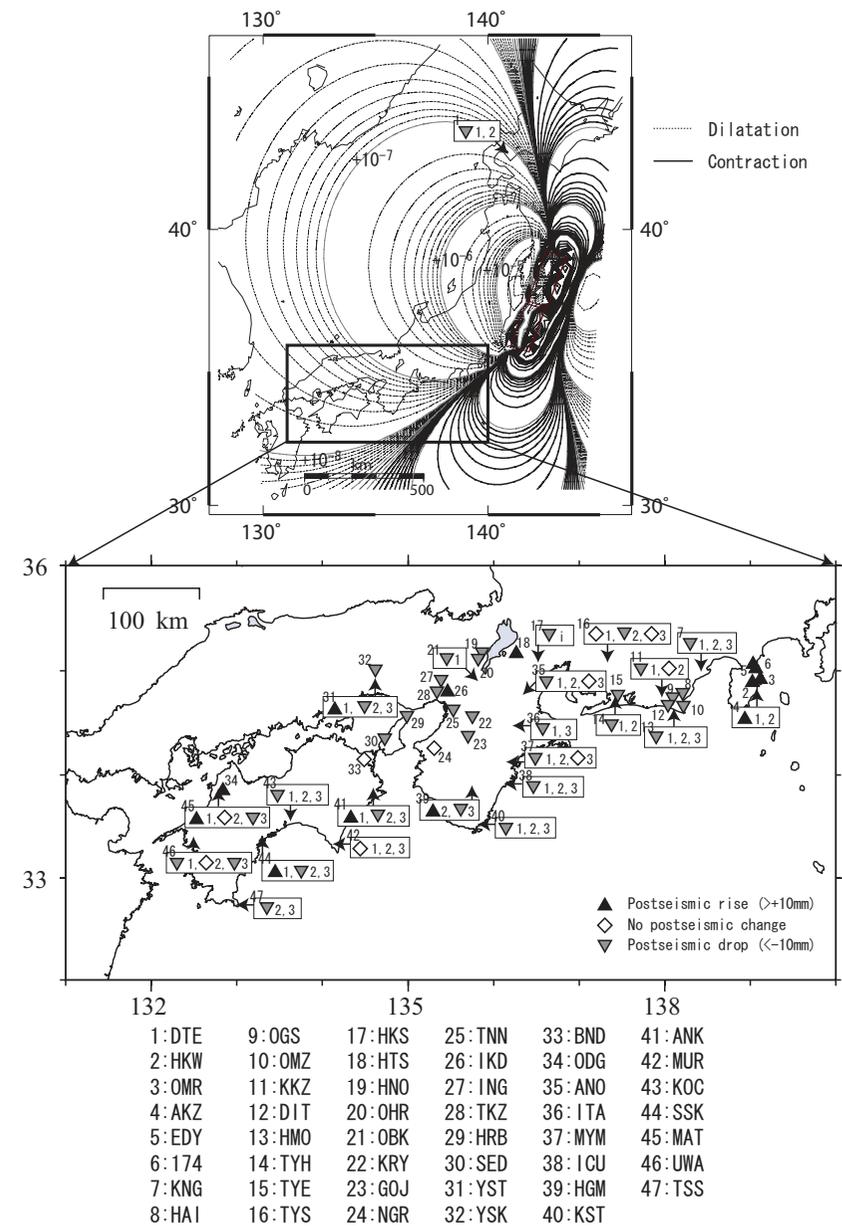


上図が生データ, 下図は250秒のローパスフィルターをかけたデータ。

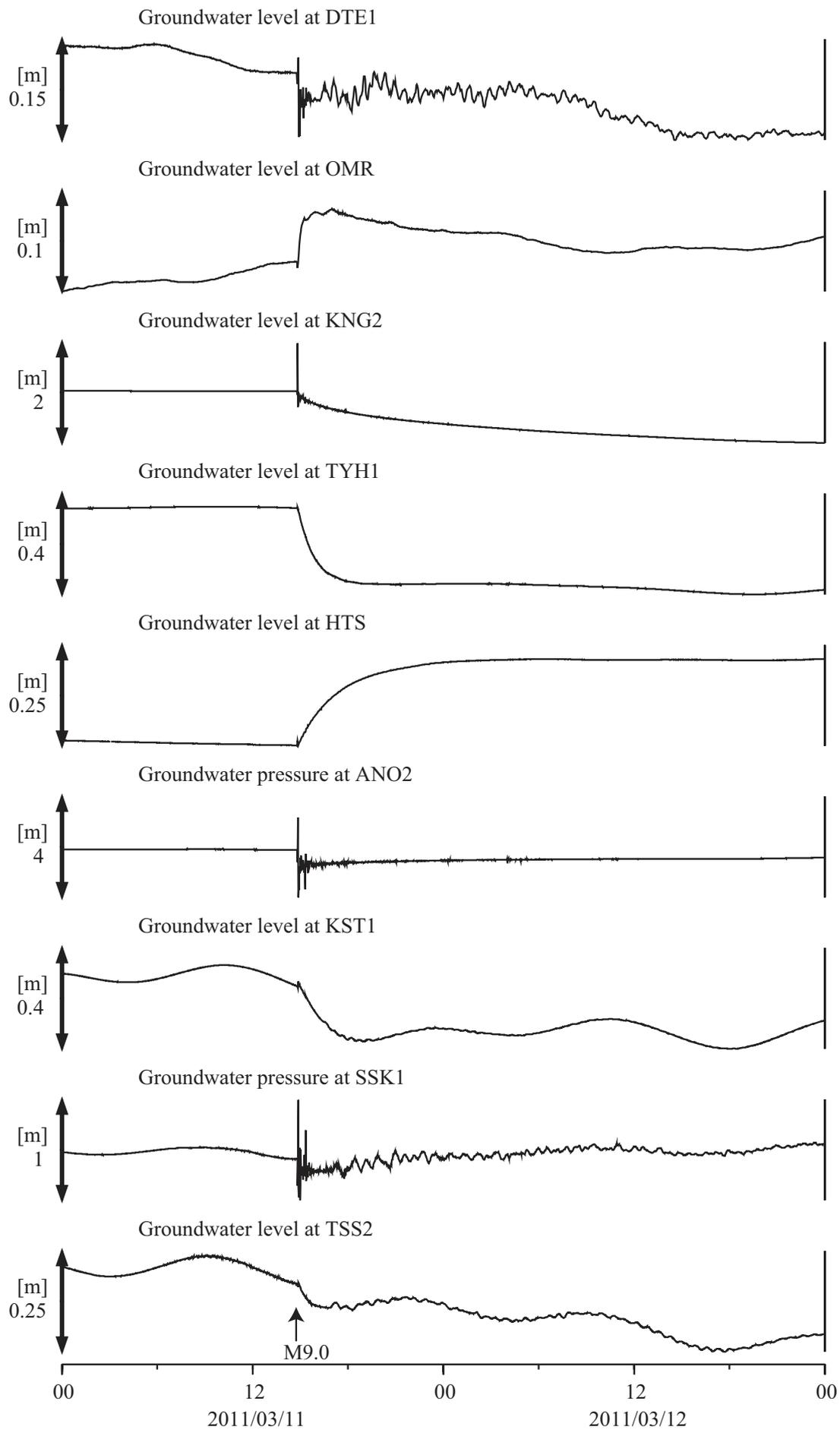
第3図 TYEにおけるダイナミックな歪変化。サンプリングは20Hzである。時間は3月11日14時からの経過秒数で示されている。3000秒付近が本震(M9.0)で4700秒付近が余震(M7.7)による変化である。上図が生データを示し、下図は250秒のローパスフィルターをかけたデータを示す。
 Fig.3 Dynamic strain changes at TYE. The sampling rate is 20 Hz. Time is shown by seconds after 14:00 on March 11, 2011. Changes around 3,000 seconds and those around 4,700 seconds were caused by the main shock (M9.0) and the aftershock (M7.7), respectively. Upper graphs show the raw data. Lower graphs show the results through a low-pass filter with 250 seconds.



第4a 図 国土地理院 (2011)⁷⁾ の断層モデルによる静的な体積歪変化 (上図) と産総研の観測井における地震時の地下水変化 (下図)
 Fig.4a The static volumetric strain changes (Upper) calculated from the fault model⁷⁾ and coseismic groundwater changes at the observation wells of Geological Survey of Japan, AIST.



第4b 図 国土地理院 (2011)⁷⁾ の断層モデルによる静的な体積歪変化 (上図) と産総研の観測井における地震発生1日後の地下水変化 (下図)
 Fig.4b The static volumetric strain changes (Upper) calculated from the fault model⁷⁾ and the groundwater changes 1 day after the main shock.



第5図 地下水位や水圧の地震に伴う変化の観測例。サンプリング間隔は1-2分。
 Fig.5 Some examples of observed changes in groundwater levels or pressures related to the main shock. The sampling interval is 1 or 2 minutes.