

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

産業技術総合研究所

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の平均値を除いて、これら4成分の値を、Matsumoto *et al.* (2010)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1/2～1/3の大きさになる。断層面は、太平洋プレート境界面上[Kita *et al.*, 2010; Nakajima and Hasegawa, 2006; Nakajima *et al.*, 2009]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1～30mの間で0.5m間隔、断層面の幅・長さをそれぞれ50～500km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[Wei and Seno, 1998]に平行(N115° 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]のプログラムを用いた。

断層面を推定した結果を図1a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)[国土地理院, 2011]を図1b示す。また、観測データの例を図2と図3に示す。断層面の長さは150km、幅は100km、すべり量は27.0m、Mw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(図4)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。図5に観測例を示す。地震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2011/3/1114:35-14:45 (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2011/3/1214:35-14:45 (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。図4a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AN02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。図4b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(国土地理院, 2011)を用いて、地震の断層変位による静的な体積歪変化をMICAP-G(内藤・吉川, 1999)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。

Lat: 38.80, Lon: 143.43, Depth of the fault's top: 20 km, Length: 150 km, Width: 100 km,
 Strike: 192°, Dip: 10°, Rake: 57°, Slip: 27.0 m, Mw: 8.7

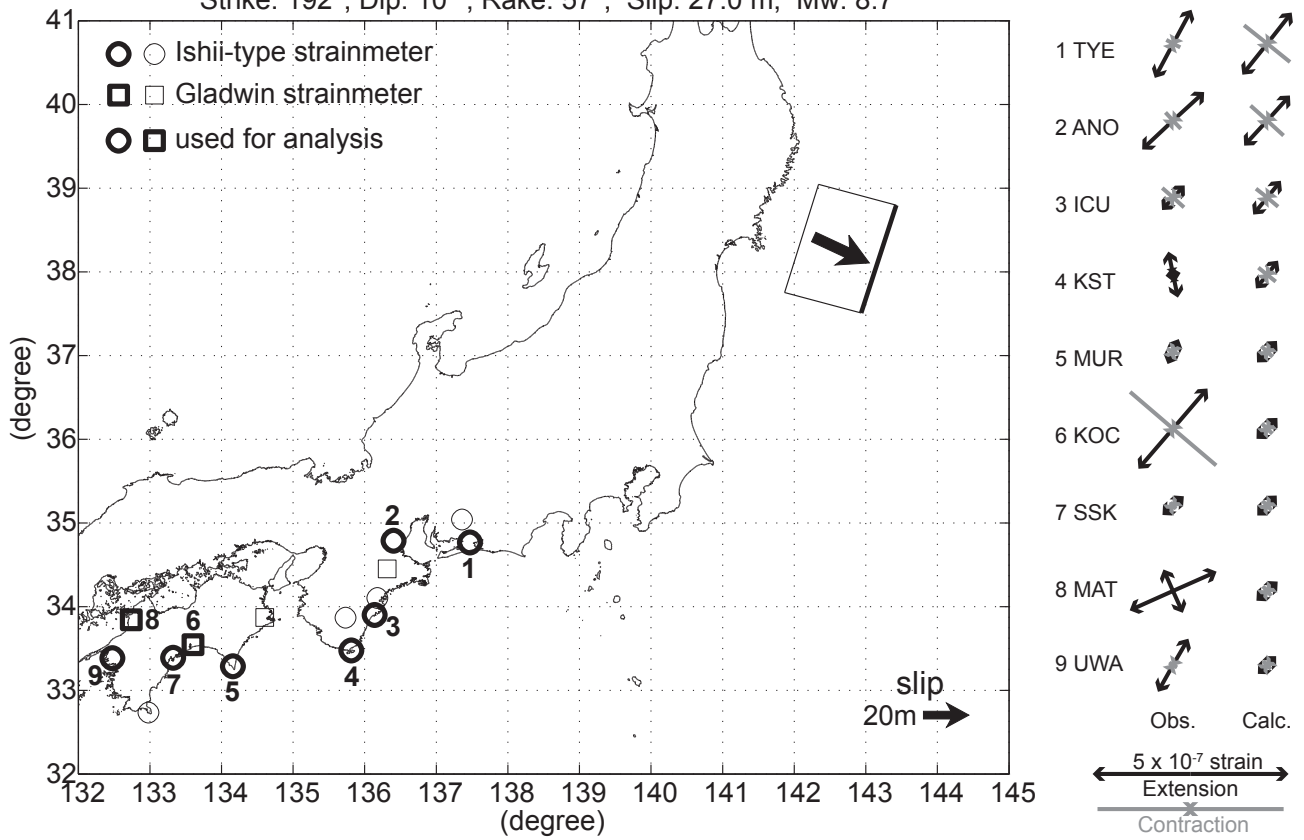


図1a 観測された歪ステップから推定された断層モデル。主歪について、観測値と、推定した断層モデルからの計算値の比較を右側に示す。

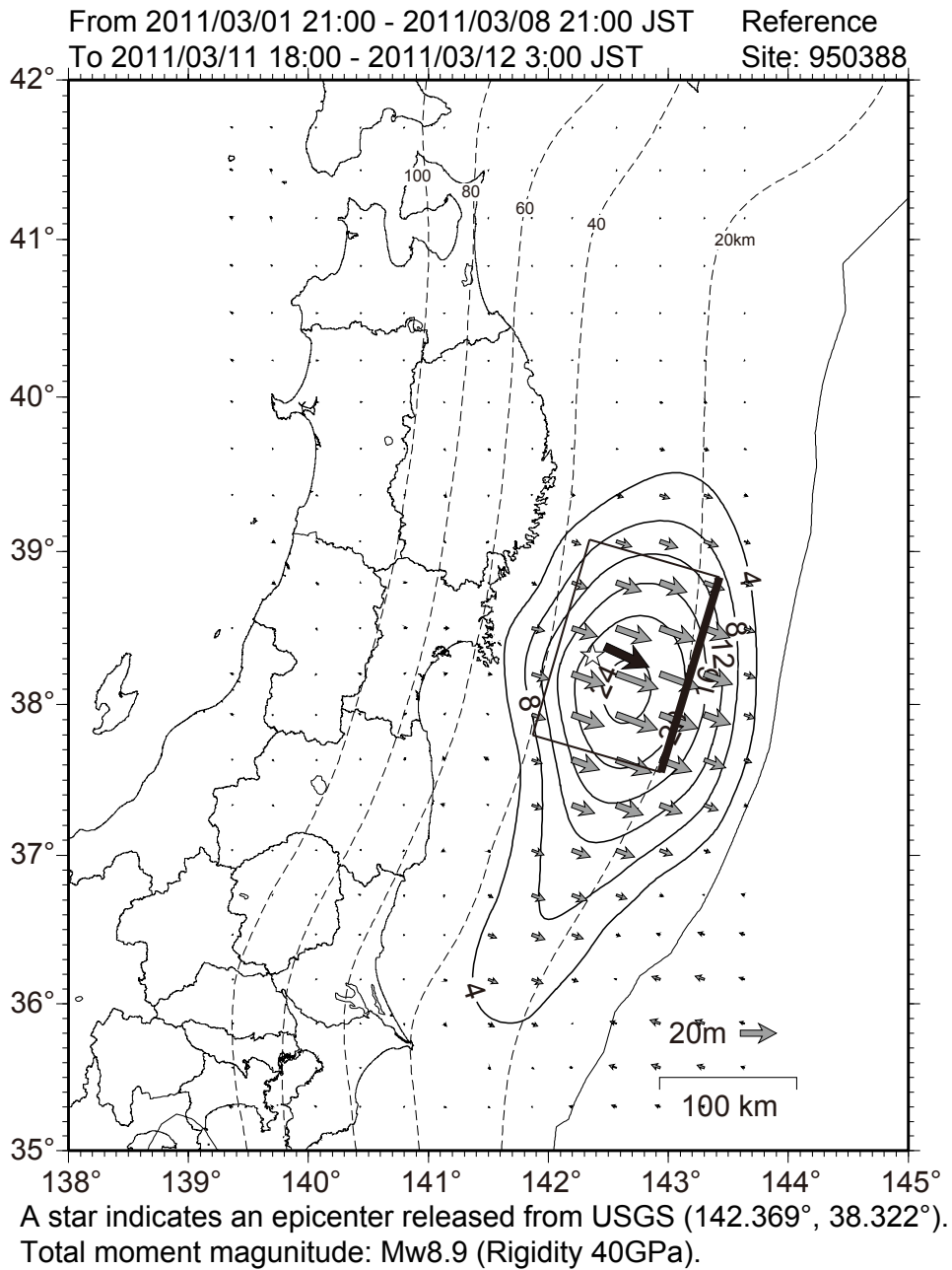
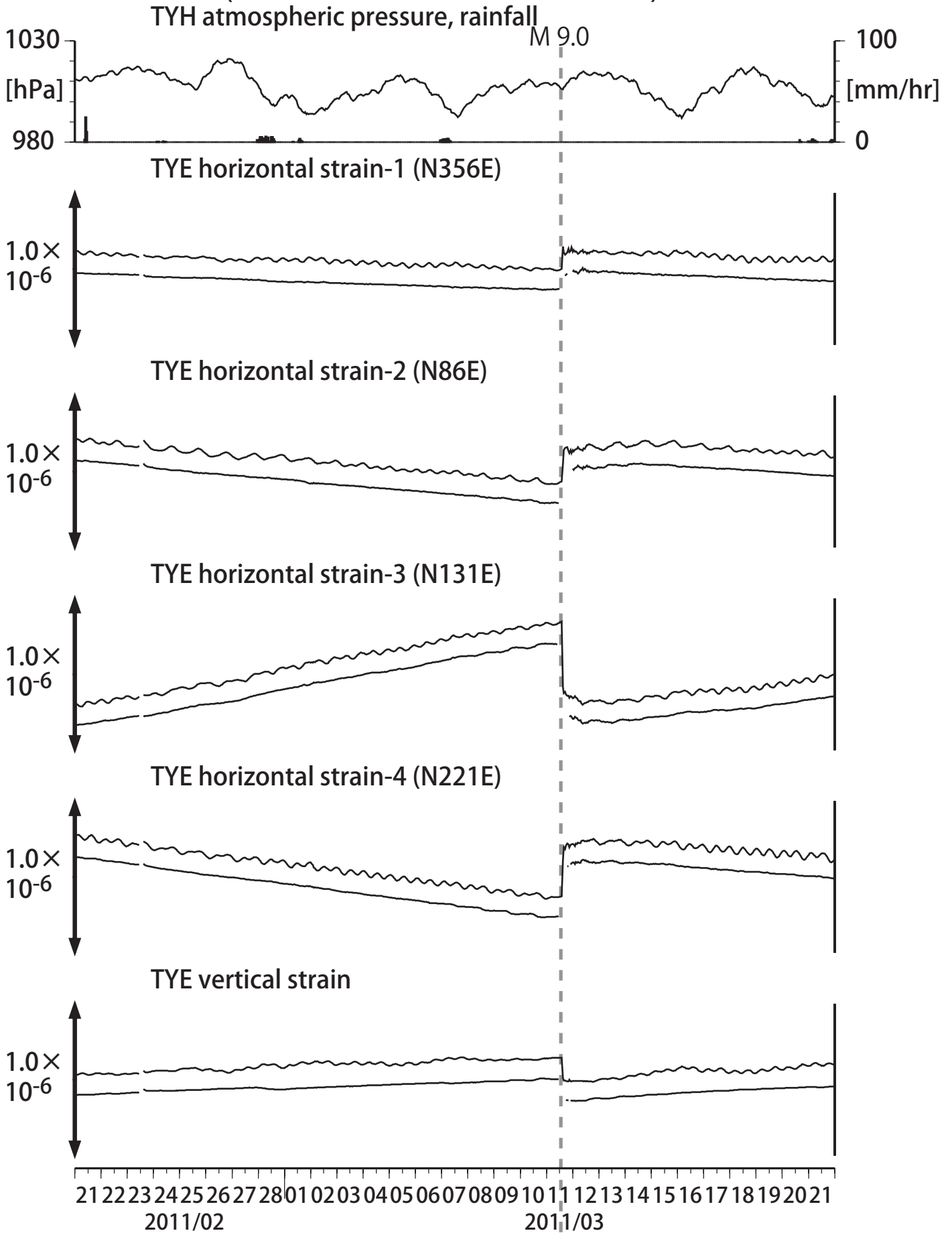


図1b GPSデータにより推定されたすべりモデルと、本研究で推定した断層モデルの比較。(国土地理院, 2011 に加筆)

図2: Crustal strain at TYE (時間値)
 (2011/02/21 00:00 - 2011/03/22 00:00)



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

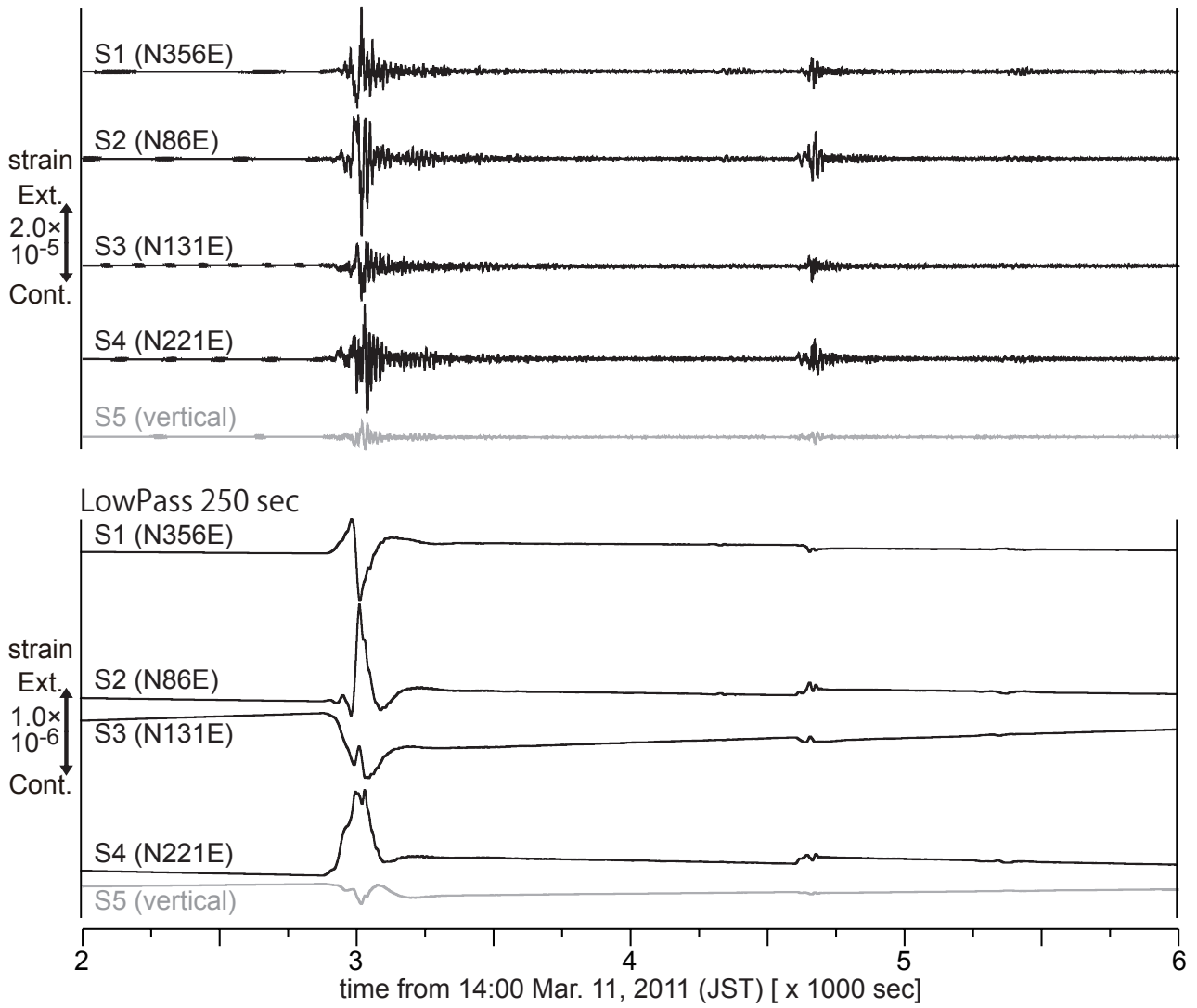


図3: TYEにおける歪地震動観測結果 (20Hz)
 上図が生データ, 下図は250秒のローパスフィルターを
 かけたデータ.

図4a 産総研の観測井における地震時のステップ状の地下水変化の分布と地震の断層変位による静的な体積歪変化

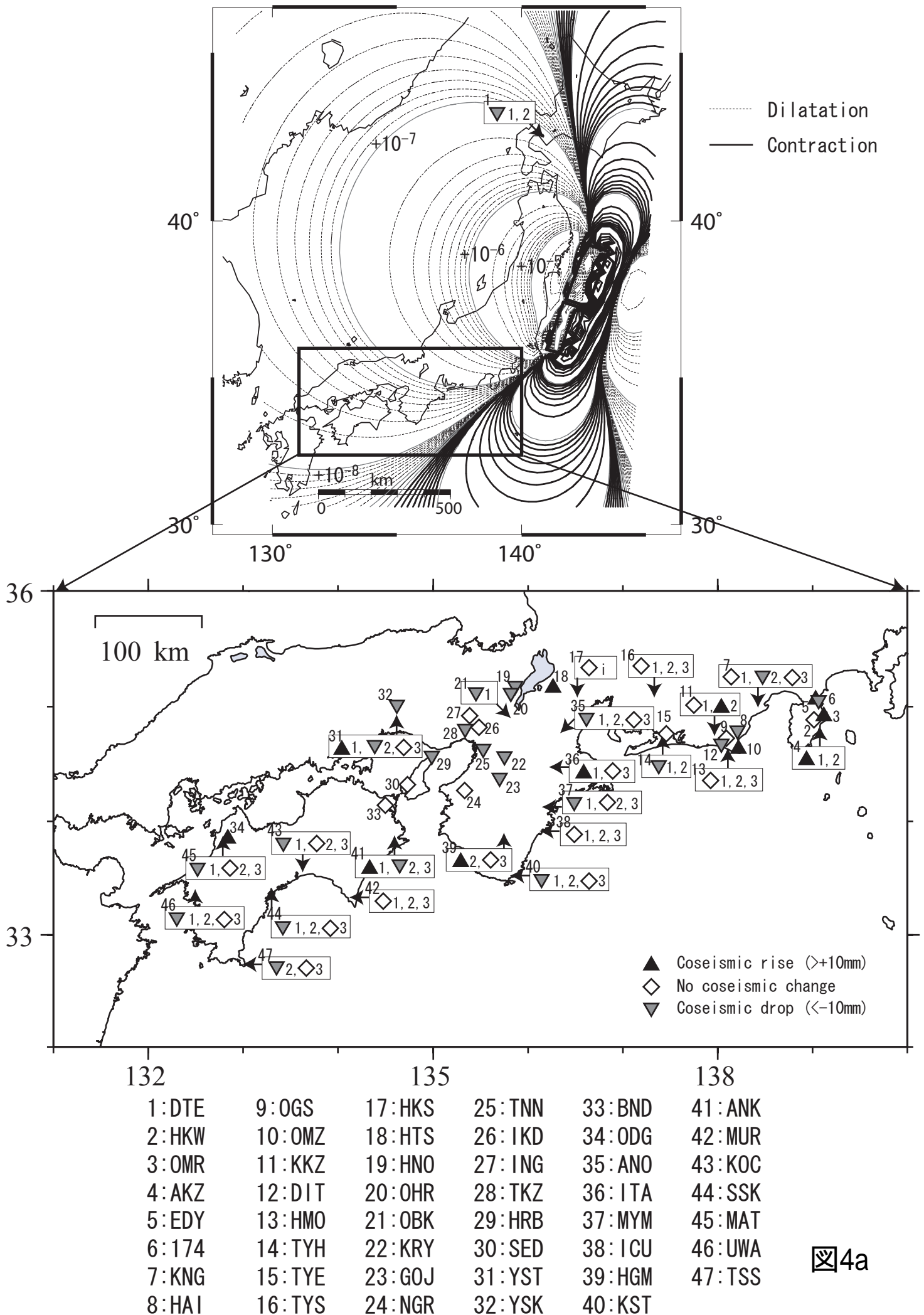


図4a

図 4b 産総研の観測井における地震後1日間の地下水変化の分布と地震の断層変位による静的な体積歪変化

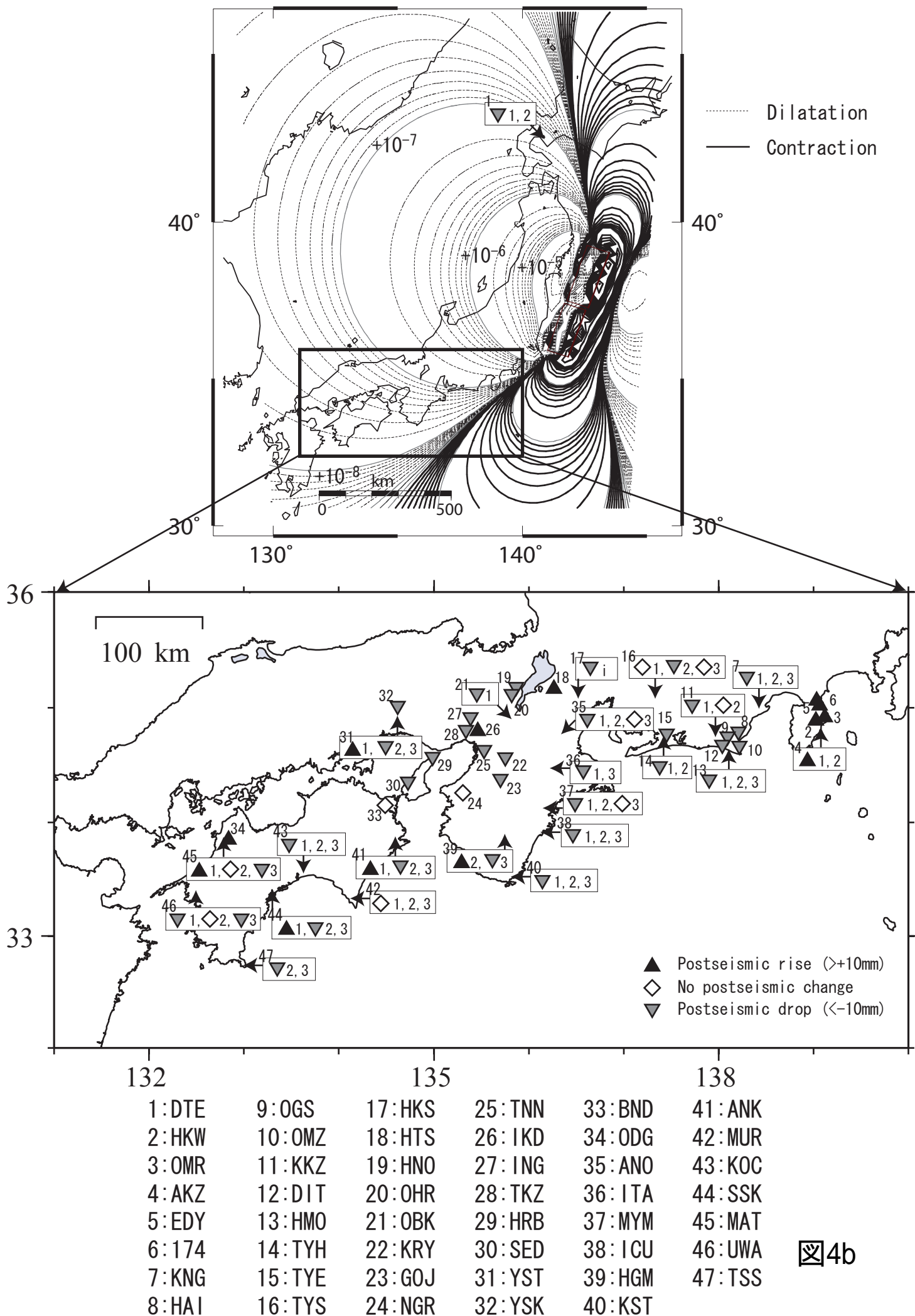


図4b

