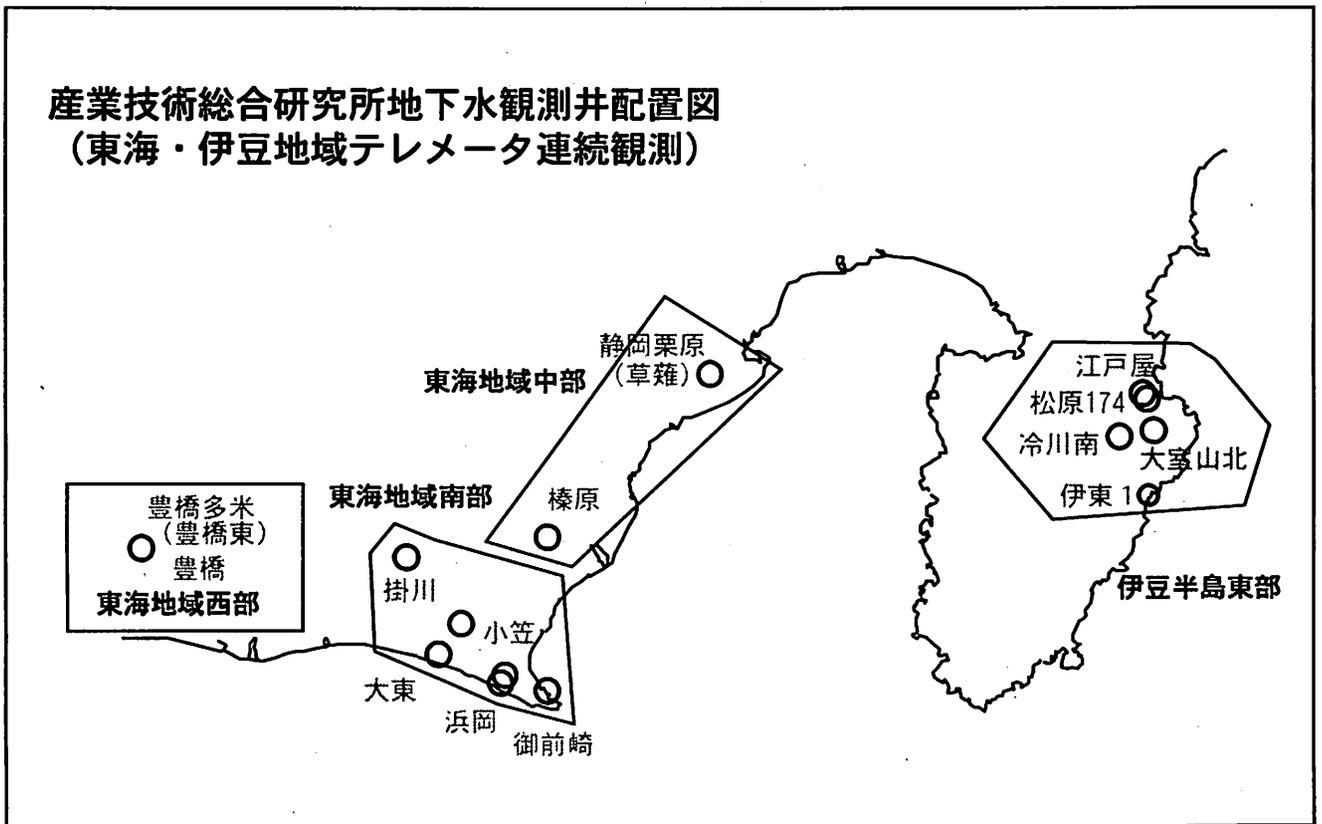


# 東海・伊豆地域等の地下水観測結果



# 【資料目次】

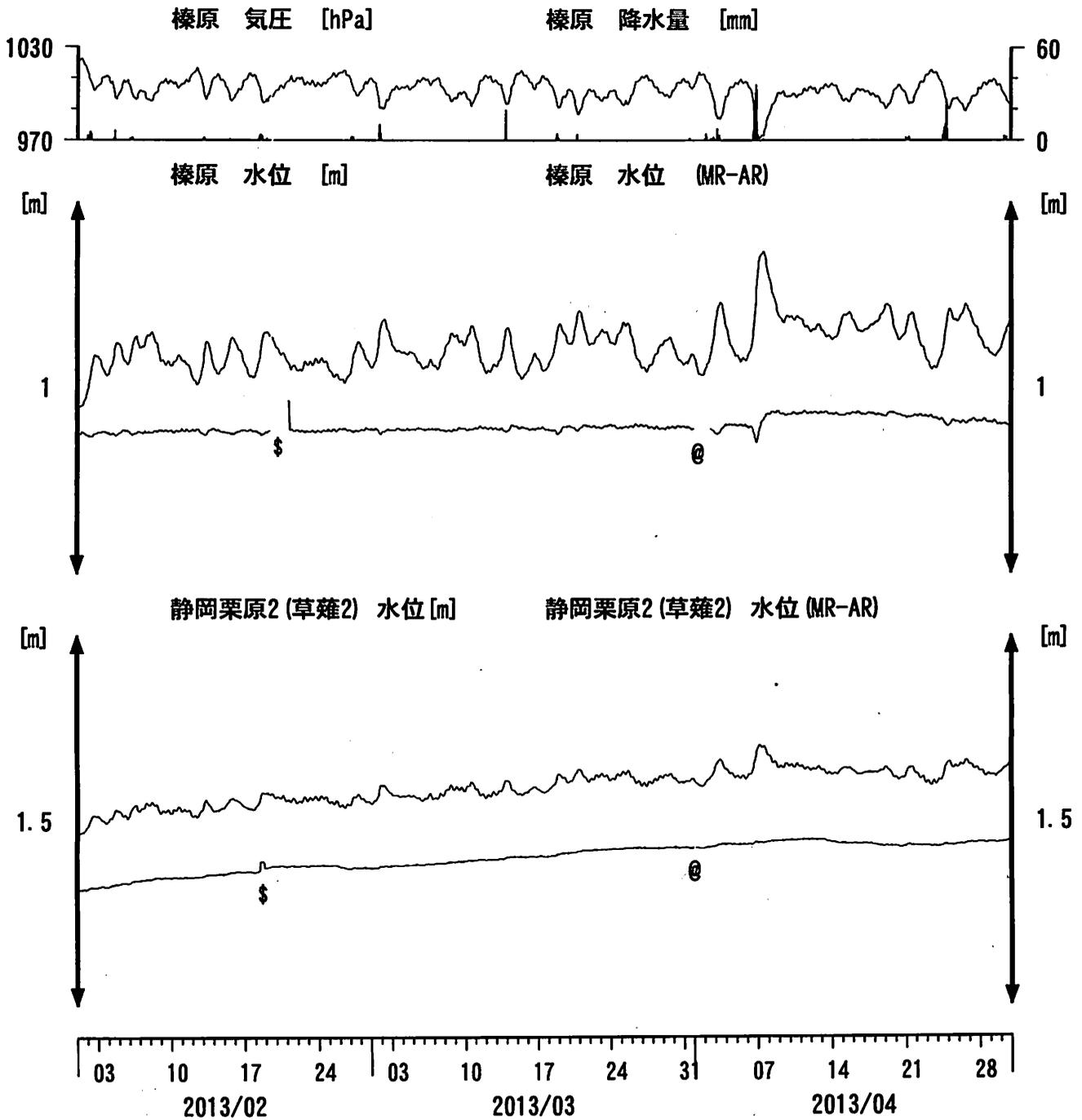
## 表紙

1. 東海地域中部 [榛原, 静岡栗原(草薙)] 地下水 3成分歪;中期
- 1-b. 東海地域中部 [静岡栗原(草薙)] 3成分歪;中期
2. 東海地域中部 [榛原, 静岡栗原(草薙)] 地下水 3成分歪;長期
3. 東海地域南部 [大東, 小笠, 浜岡, 御前崎] 地下水;中期
4. 東海地域南部 [大東, 小笠, 浜岡, 御前崎] 地下水;長期
- 4-b. 東海地域南部 [浜岡] 地下水・沈下;長期
- 4-c. 東海地域南部 [掛川] 地下水・沈下;長期
5. 東海地域西部 [豊橋, 豊橋多米(豊橋東)] 地下水・歪・傾斜;中期
- 5-b. 東海地域西部 [豊橋多米(豊橋東)] 歪等;中期
6. 東海地域西部 [豊橋・豊橋多米(豊橋東)] 地下水・歪・傾斜;長期
- 6-b. 東海地域西部 [豊橋多米(豊橋東)] 歪等;長期
7. 伊豆半島東部 [松原174, 江戸屋, 大室山北, 冷川南, 伊東1] 地下水;中期
8. 伊豆半島東部 [松原174, 江戸屋, 大室山北, 冷川南, 伊東1] 地下水;長期
9. 関東地域 [つくば1] 地下水;中期
10. 関東地域 [つくば1] 地下水;長期

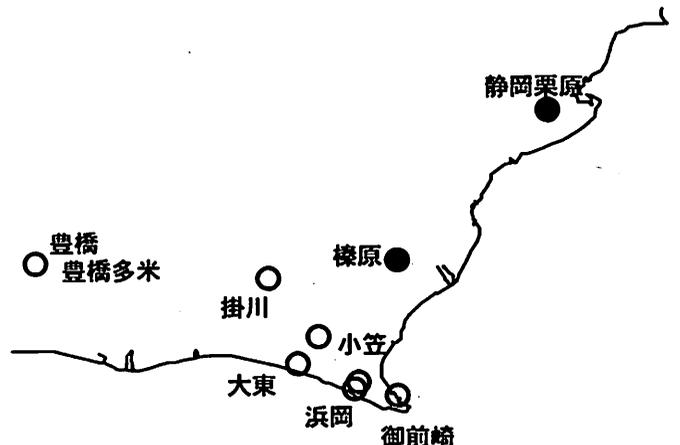
## 別紙

・榛原・浜岡の降雨グラフ

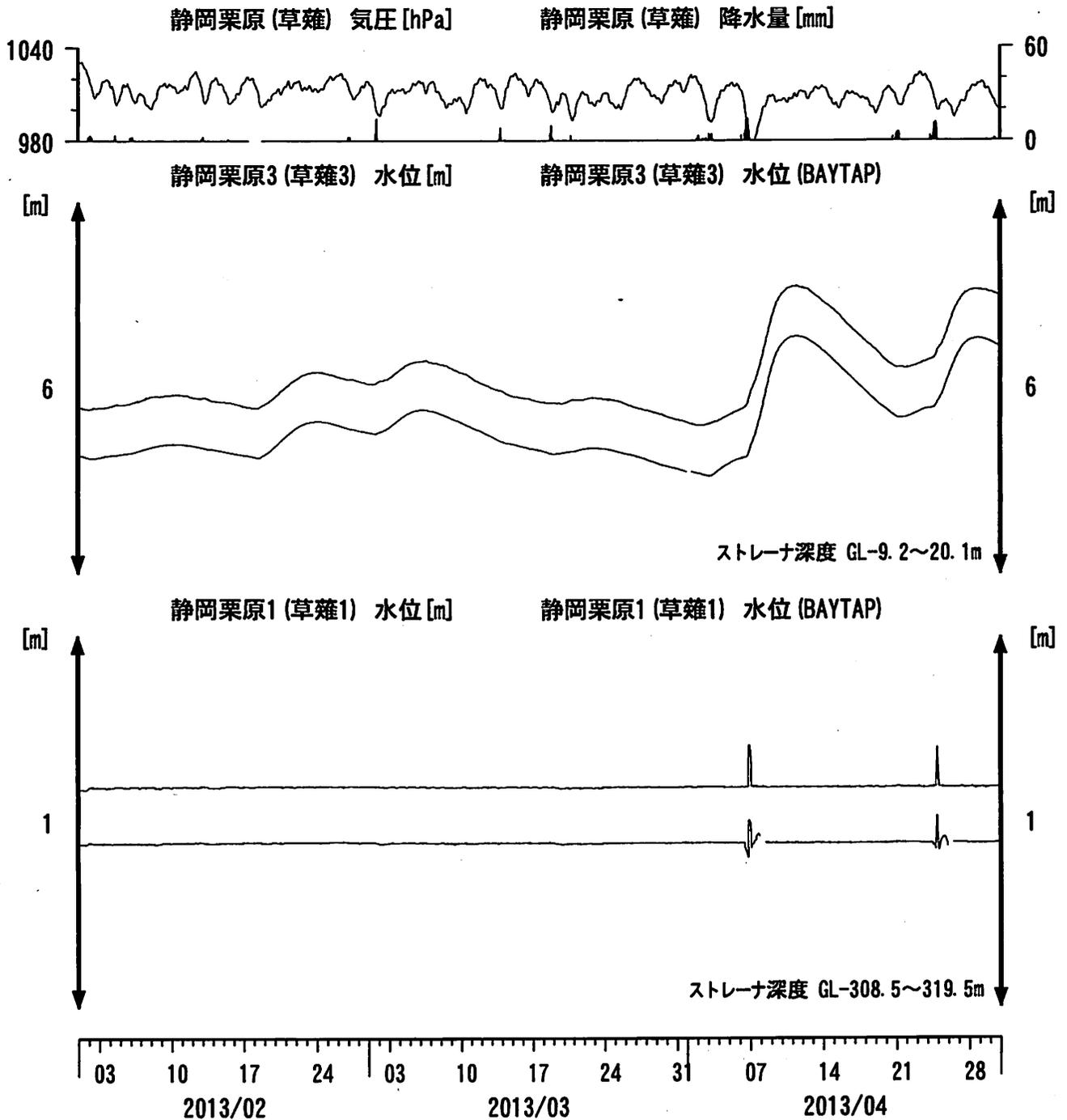
東海地域中部（榛原・草薙）中期（時間値）  
 (2013/02/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)



コメント：\*；雨量補正不十分。\$；保守。  
 @；月初めの補正值のギャップは、  
 解析プログラムの見かけ上のものである。  
 歪は2013年3月23日に故障したため表示しない。



東海地域中部 (草薙・歪) 中期 (時間値)  
 (2013/02/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)

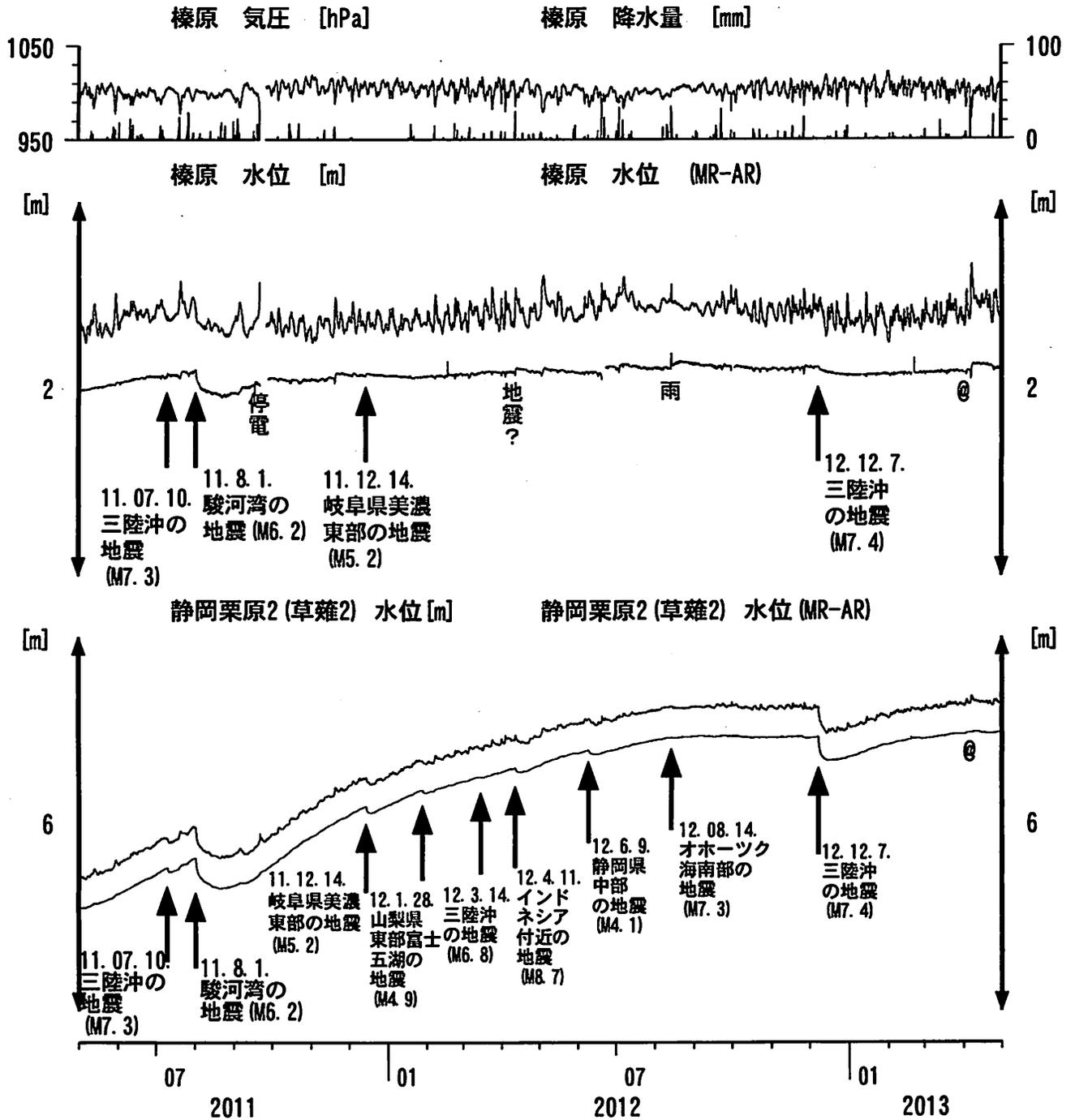


コメント：\$;保守.

静岡栗原1の降雨に伴う水位変化は  
 地表から水が流れ込むためと思われる。  
 歪は2013年3月23日に故障したため表示しない。



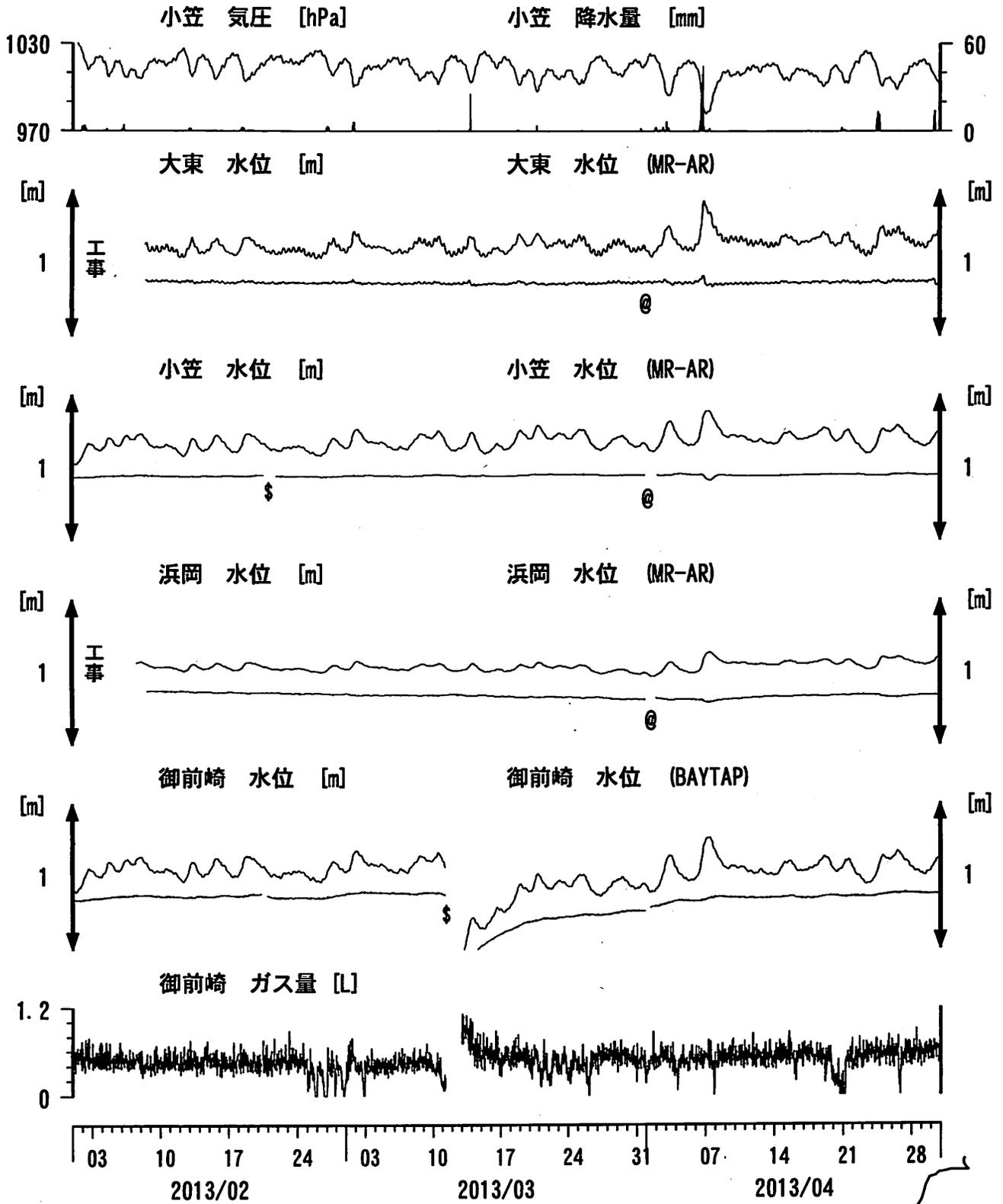
東海地域中部（榛原・草薙）長期（時間値）  
 (2011/05/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)



コメント：\*;雨量補正不十分。?;原因不明。  
 歪は2013年3月23日に故障したため表示しない。



東海地域南部 地下水観測結果 中期 (時間値)  
 (2013/02/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)



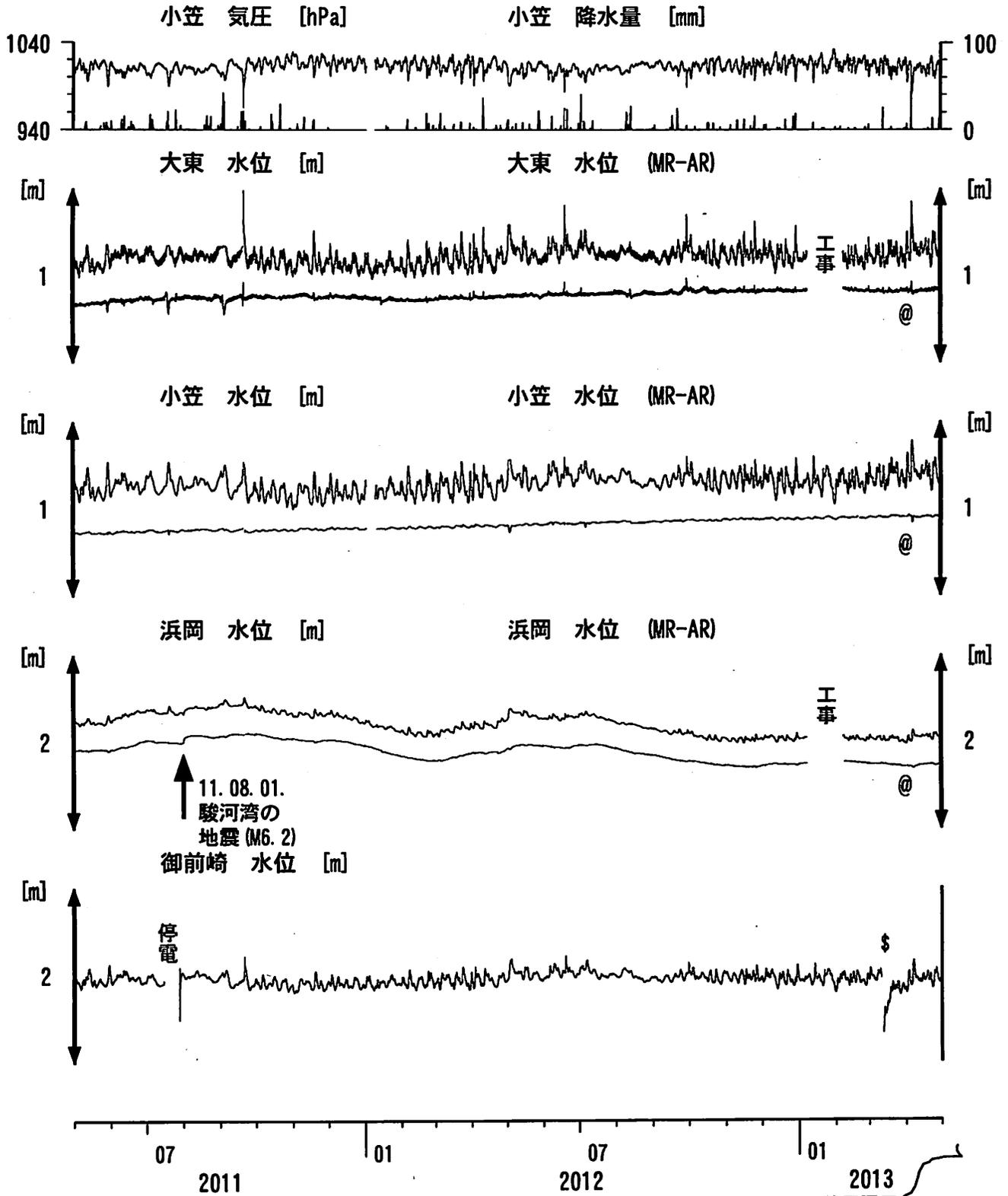
コメント:

\*;雨量補正不十分, \$:保守. ?;不明.  
 @;月初めの補正値のギャップは、  
 解析プログラムの見かけ上のものである。  
 2013年1月8日~2月9日の大東と浜岡は、  
 観測小屋老朽化のため建替工事で欠測。



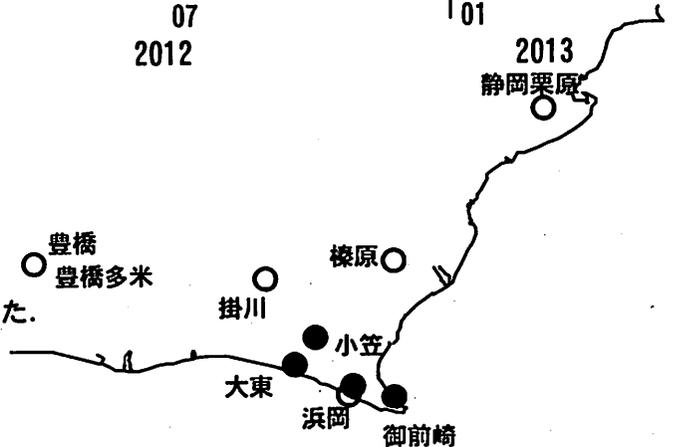
# 東海地域南部 地下水観測結果 長期 (時間値)

## (2011/05/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)



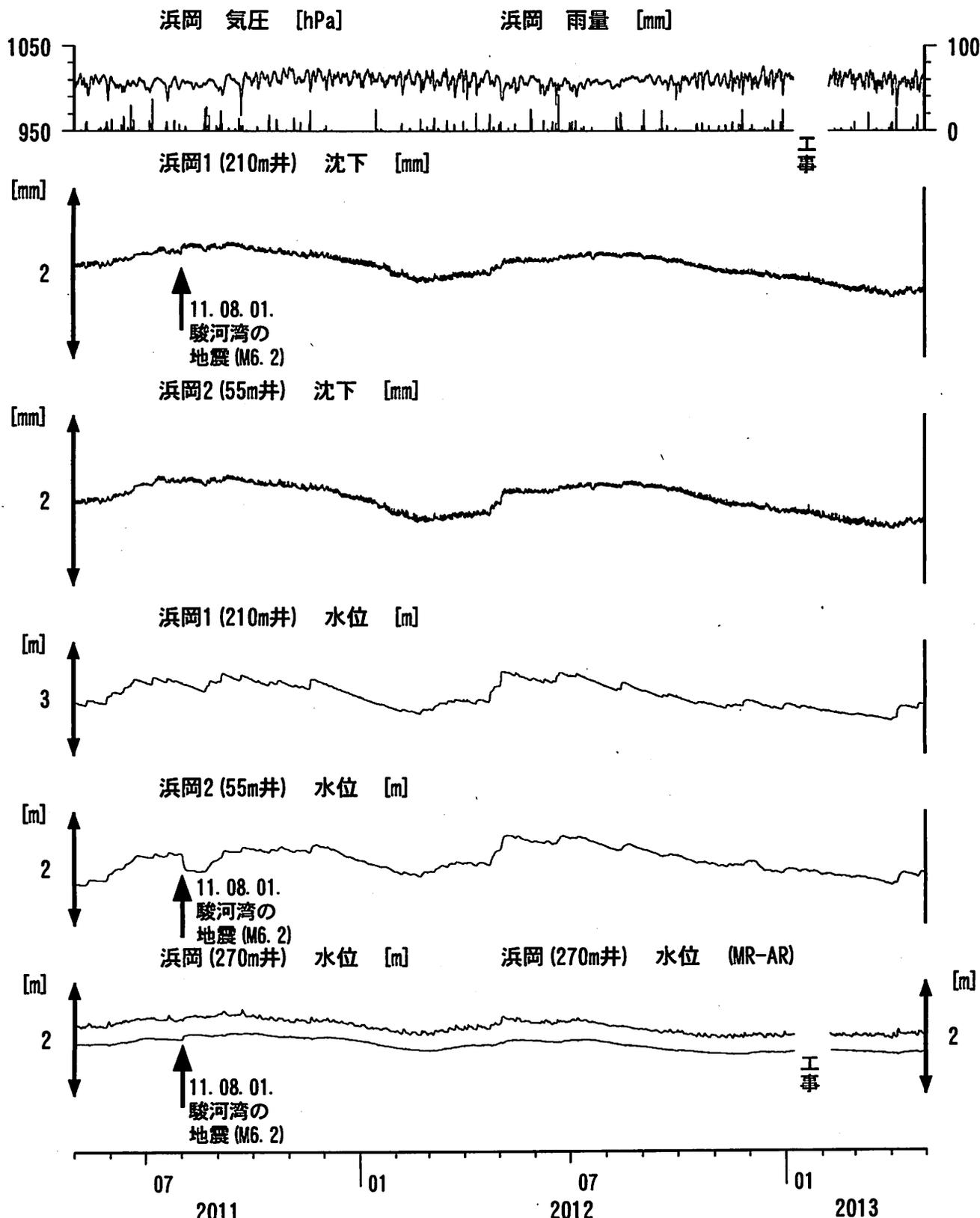
**コメント:**

\*:雨量補正不十分. \$:保守.  
 @:月初めの補正値のギャップは、  
 解析プログラムの見かけ上のものである。  
 大東・小笠の井戸口から水が時々溢れるよう  
 になったので、2011年9月21日に井戸口の管を延長した。  
 2013年1月8日～2月9日の大東と浜岡は、  
 観測小屋老朽化のため建替工事で欠測。

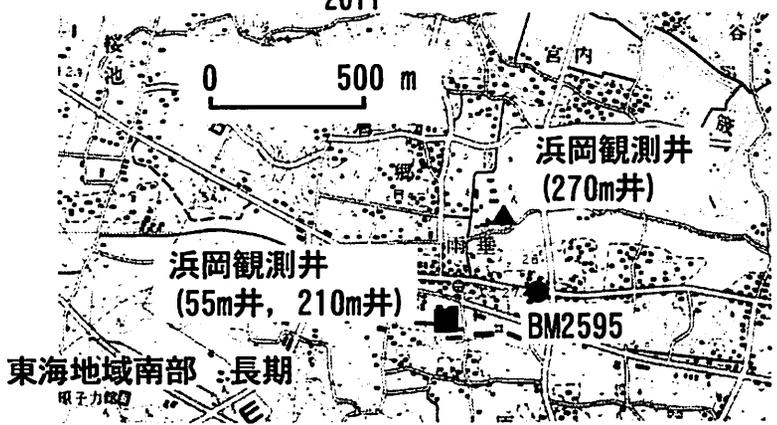


# 浜岡沈下・水位 (時間値)

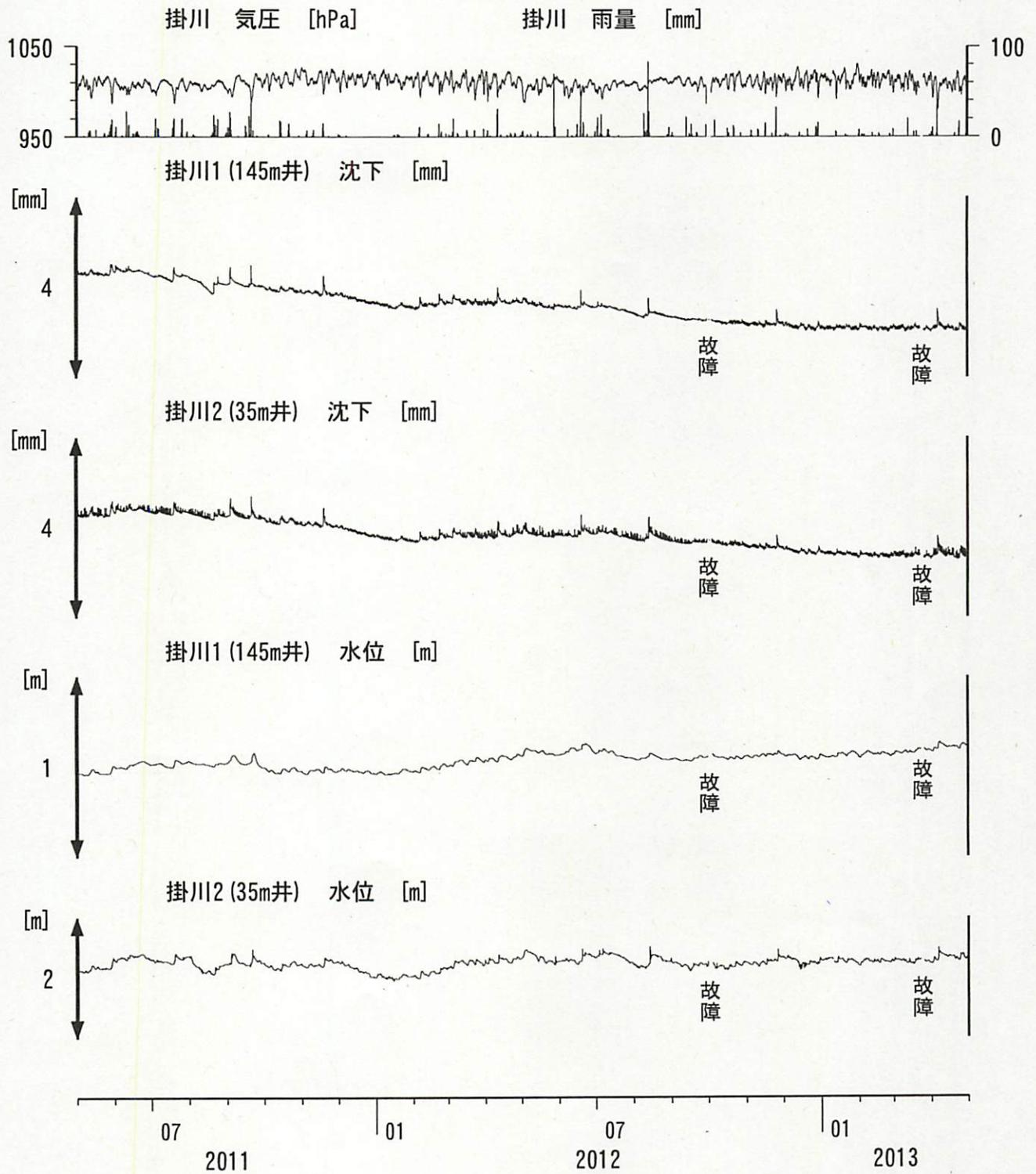
(2011/05/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)



コメント：\$,保守.



# 掛川沈下・水位 (時間値) (2011/05/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)



コメント：\$;保守。  
?;原因不明。



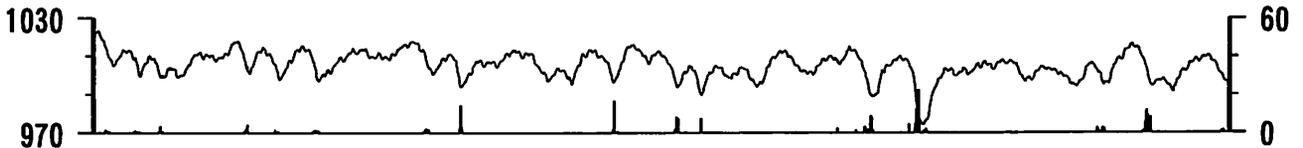
0                      500 m



東海地域西部（豊橋・豊橋東）中期（時間値）  
 (2013/02/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)

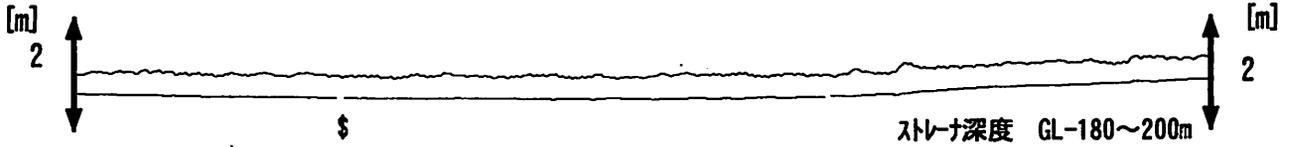
豊橋 気圧 [hPa]

豊橋 雨量 [mm]



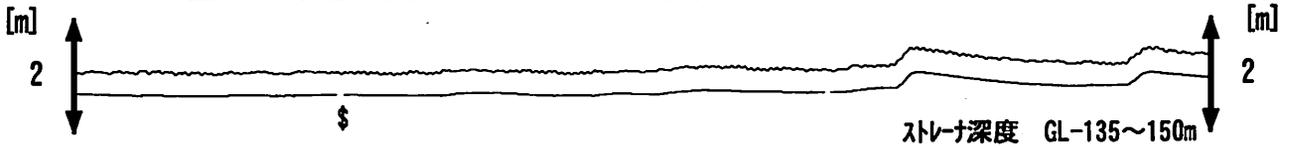
豊橋1 水位 [m]

豊橋1 水位 (BAYTAP)



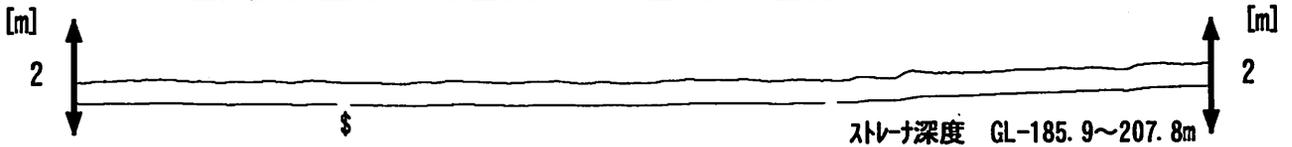
豊橋2 水位 [m]

豊橋2 水位 (BAYTAP)

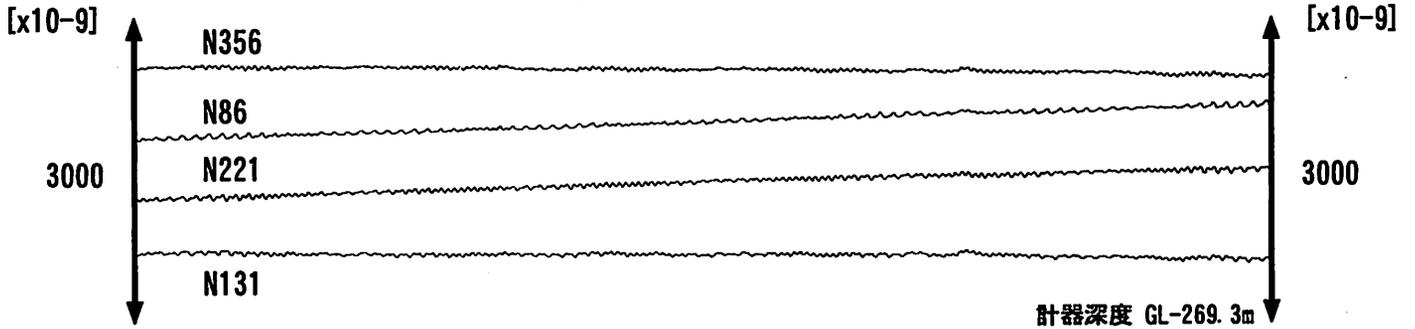


豊橋多米 (豊橋東) 水位 [m]

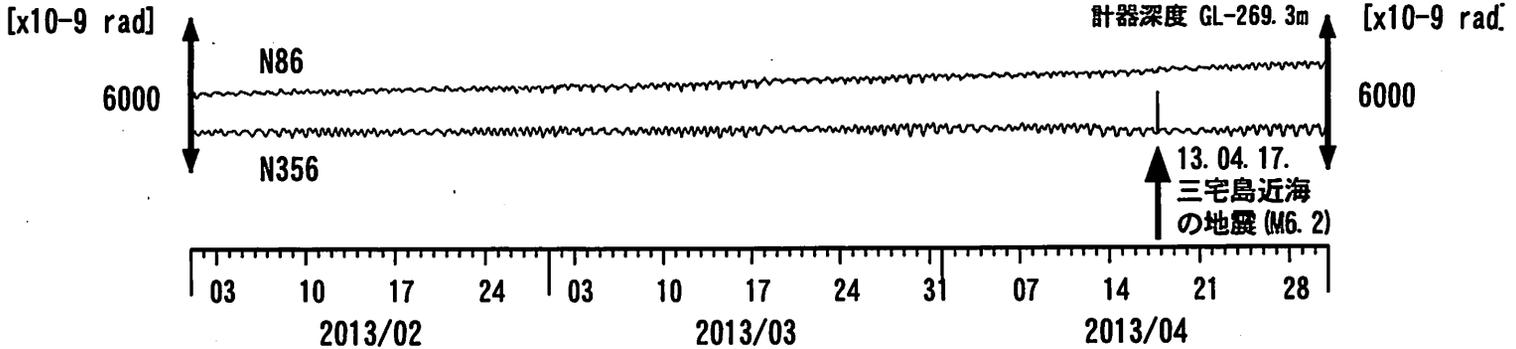
豊橋多米 (豊橋東) 水位 (BAYTAP)



豊橋多米 (豊橋東) 歪 [x10<sup>-9</sup>]



豊橋多米 (豊橋東) 傾斜 [x10<sup>-9</sup>]



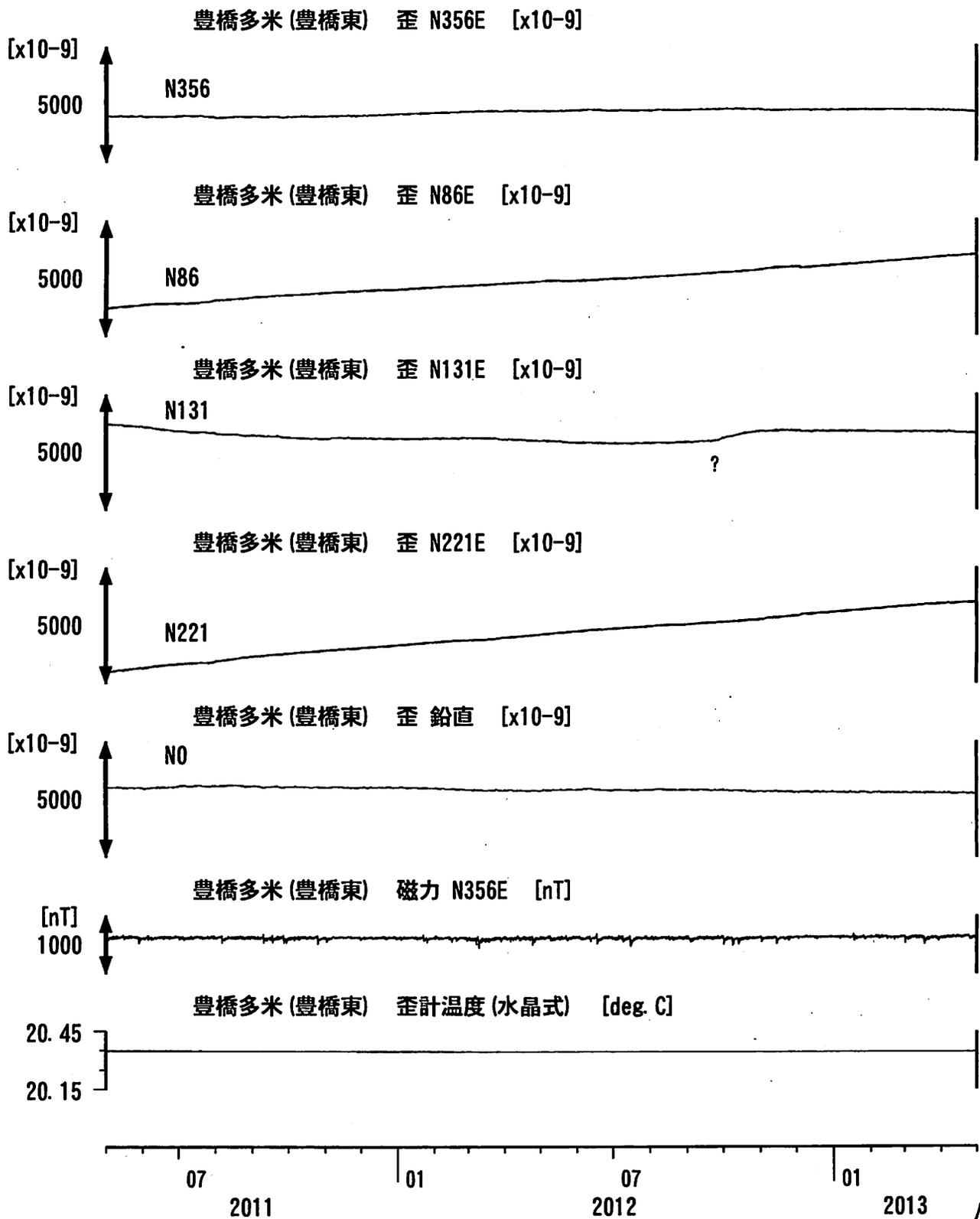
コメント：\$;保守. ?;原因不明.







# 東海地域西部（豊橋東 歪）長期（時間値） （2011/05/01 00:00 - 2013/05/01 00:00）

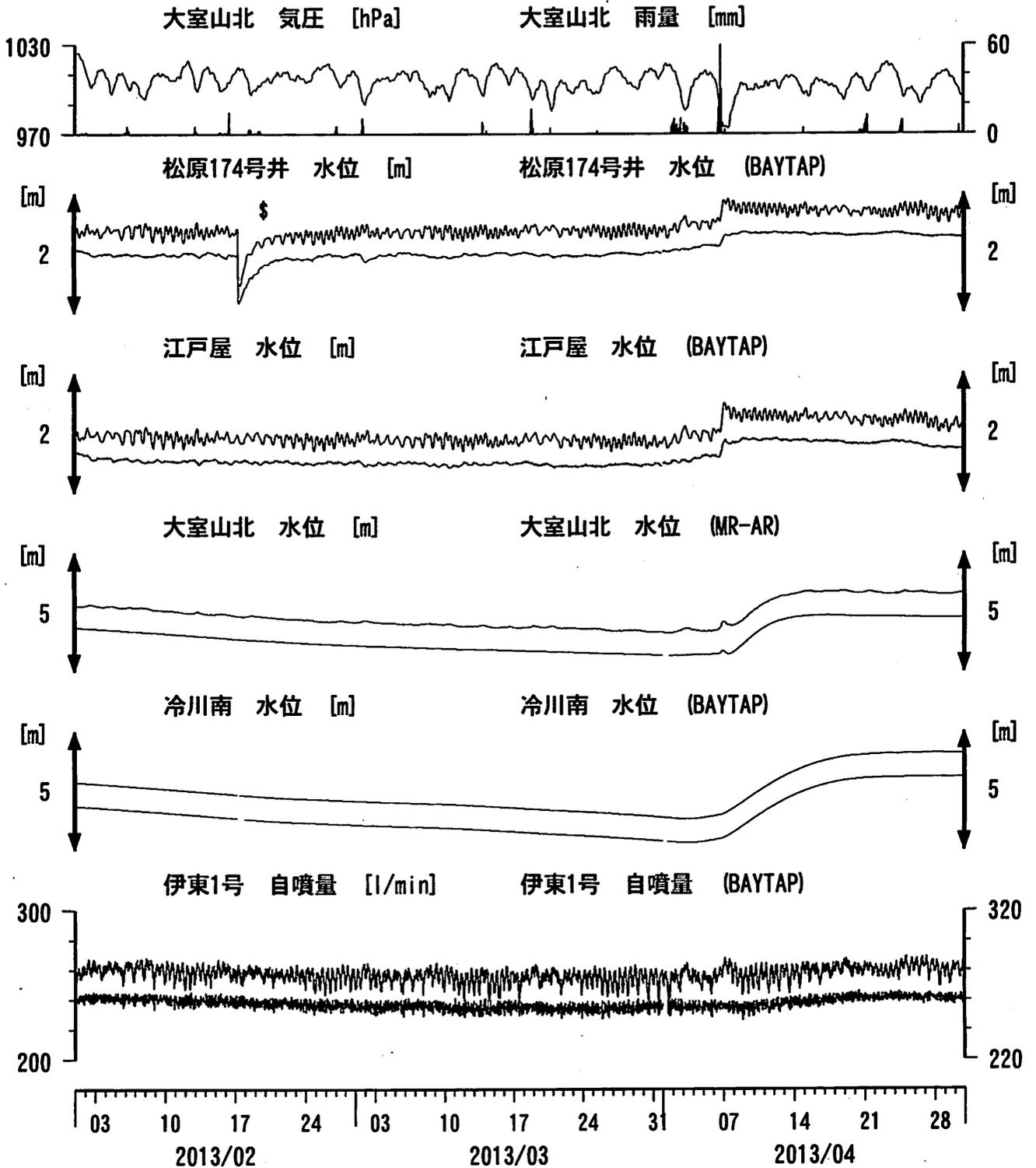


コメント：\$;保守. ?;原因不明.

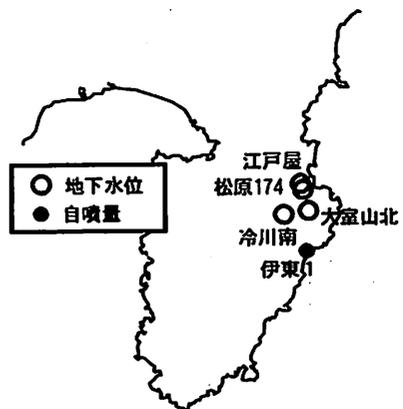


# 伊豆半島東部 地下水位・自噴量 中期 (時間値)

## (2013/02/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)

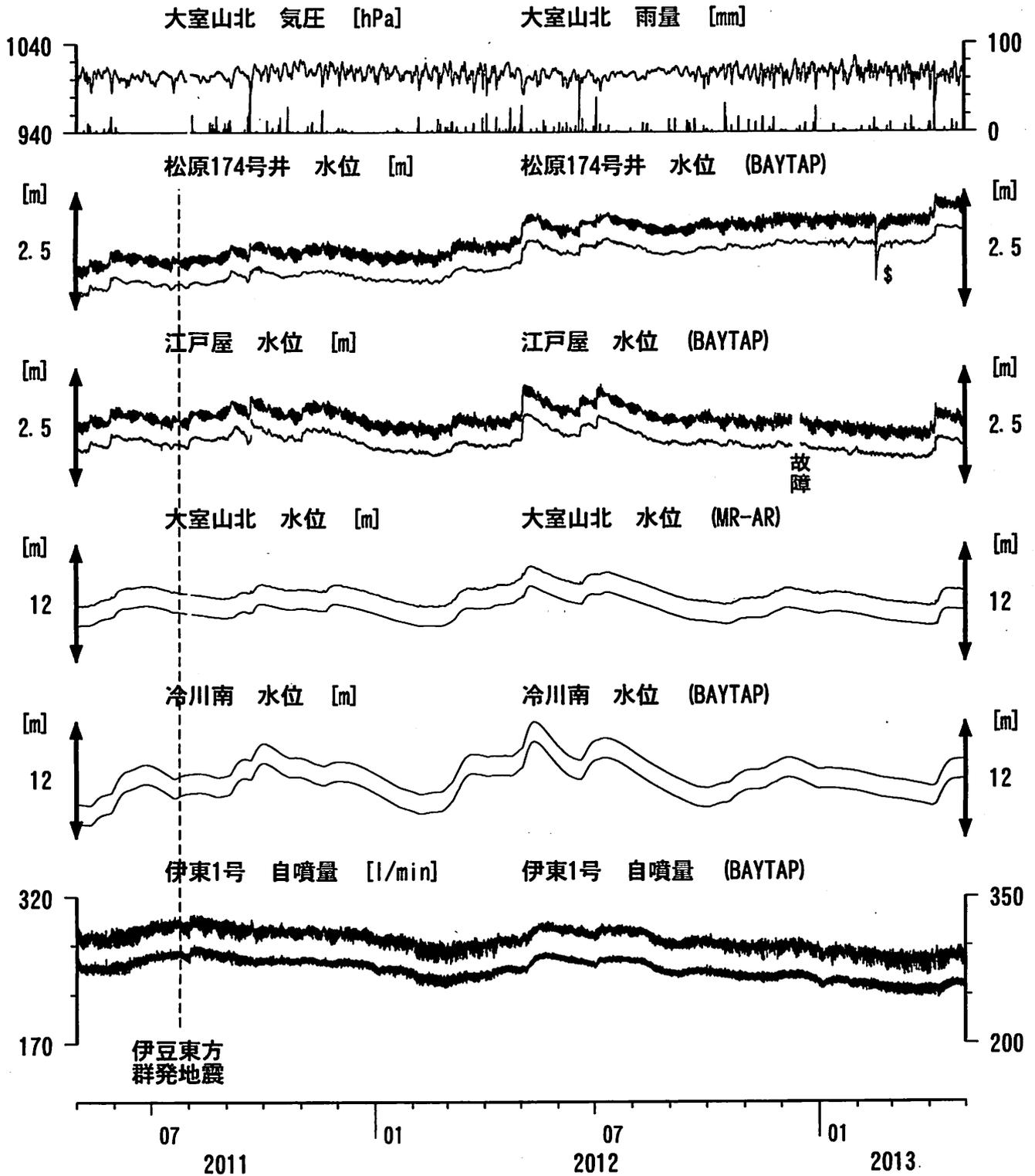


コメント：\$;保守。?;原因不明。  
 松原174号井は静岡県による観測。  
 伊東1は、休日・年末年始に周囲の温泉使用量が増加するため、自噴量が減少する。  
 伊東1の自噴量は、量が少なくなると配管構造のため、見かけ上、値がばらつく。



# 伊豆半島東部 地下水位・自噴量 長期 (時間値)

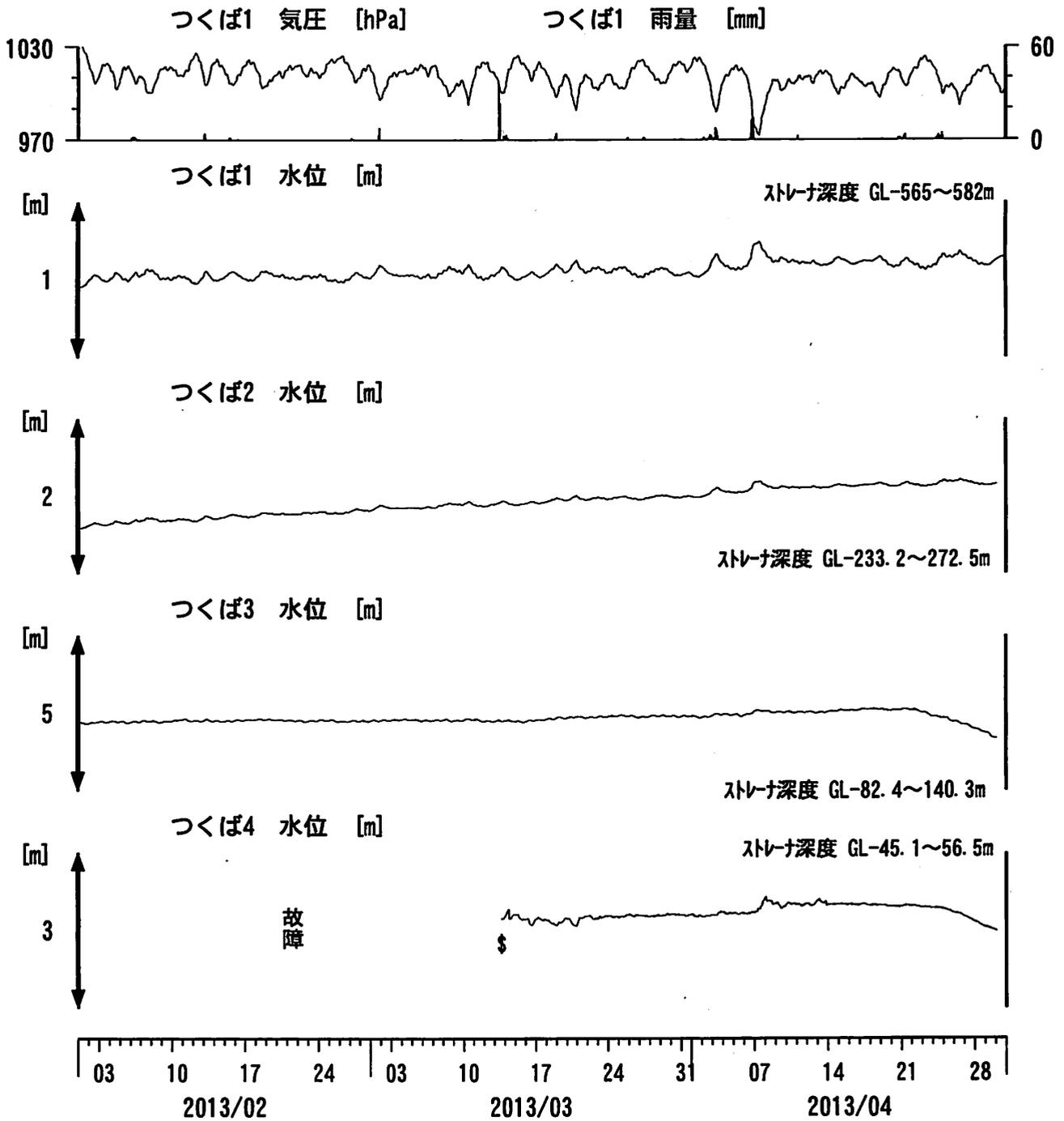
(2011/05/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)



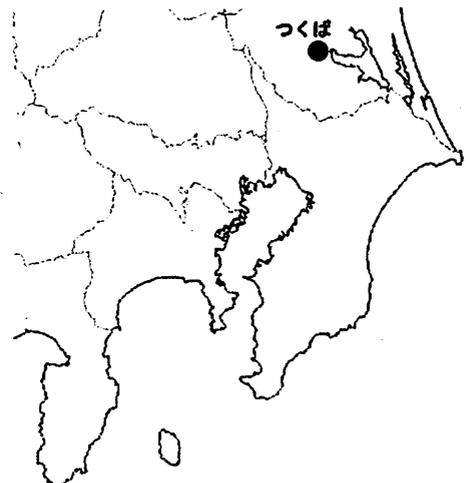
コメント：\$;保守. ?;原因不明.  
 松原174号井は静岡県による観測.  
 伊東1は、休日・年末年始に周囲の温泉使用量が増加するため、自噴量が減少する.  
 伊東1の自噴量は、量が少なくなると配管構造のため、見かけ上、値がばらつく.



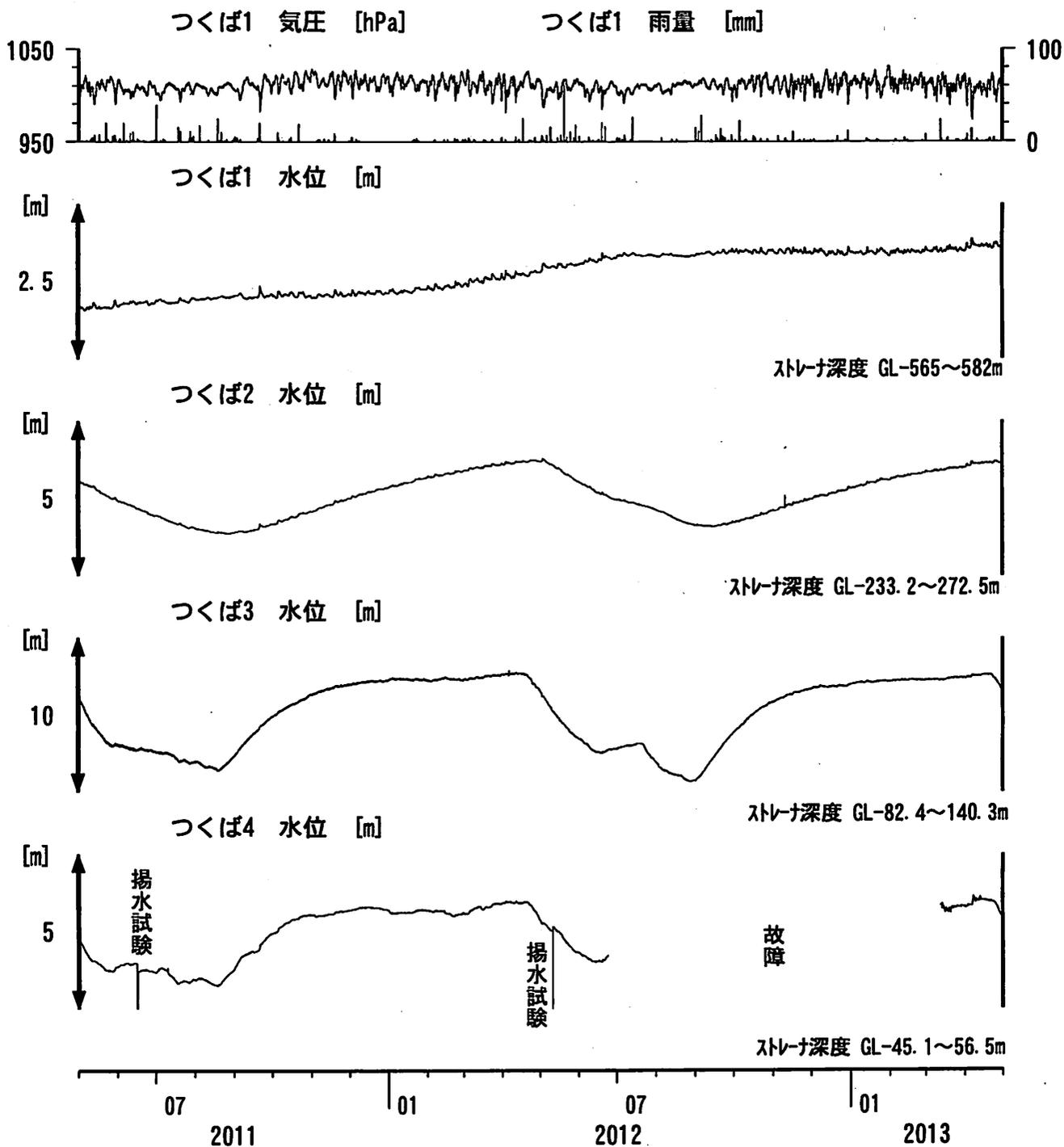
関東地域 地下水観測結果 中期 (時間値)  
 (2013/02/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)



コメント：\$;保守。  
 つくば2~4の水位が、例年春~秋に低下するのは、  
 周囲の揚水によると考えられる。  
 2012年7月頃から不調だった孔4水位計は  
 2013年3月13日に交換した。



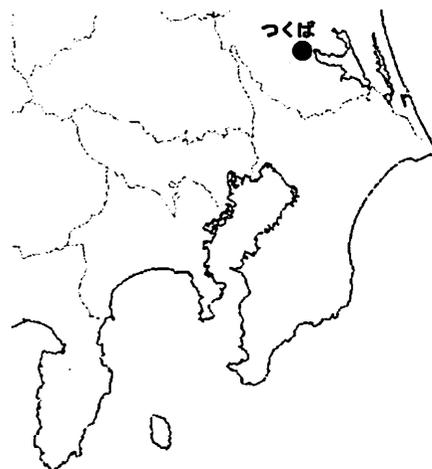
関東地域 地下水観測結果 長期 (時間値)  
 (2011/05/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)



コメント：\$;保守.

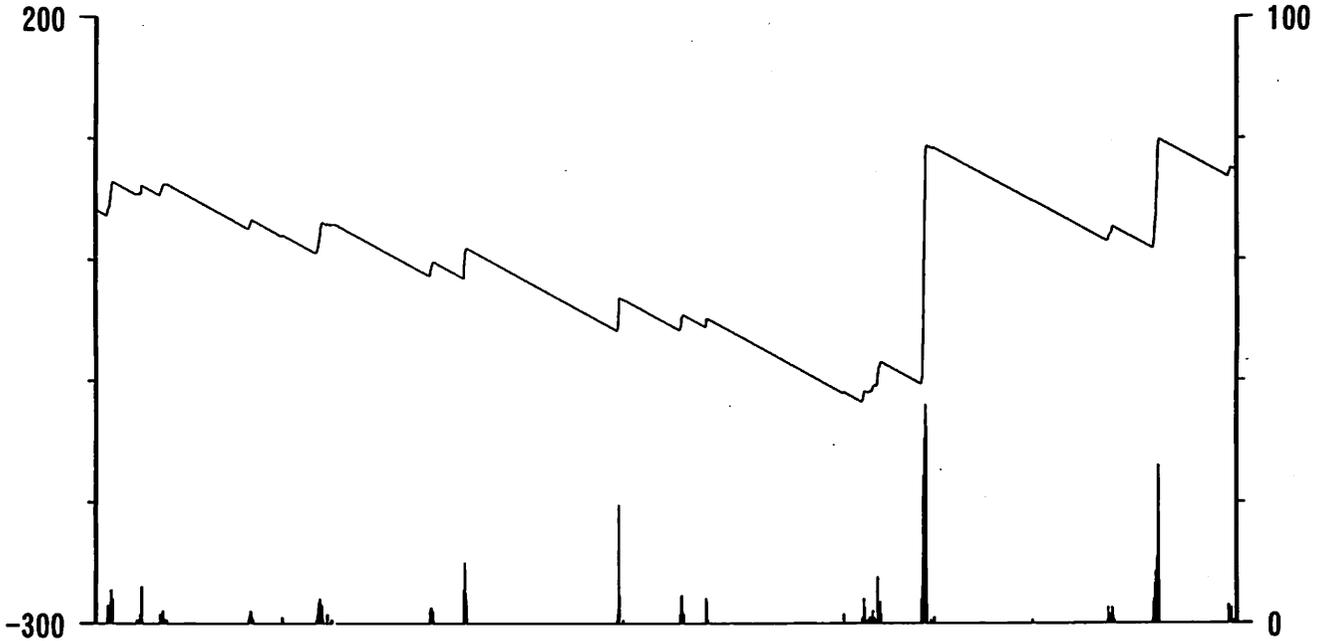
つくば2~4の水位が、例年春~秋に低下するのは、  
 周囲の揚水によると考えられる。

2012年7月頃から不調だった孔4水位計は  
 2013年3月13日に交換した。

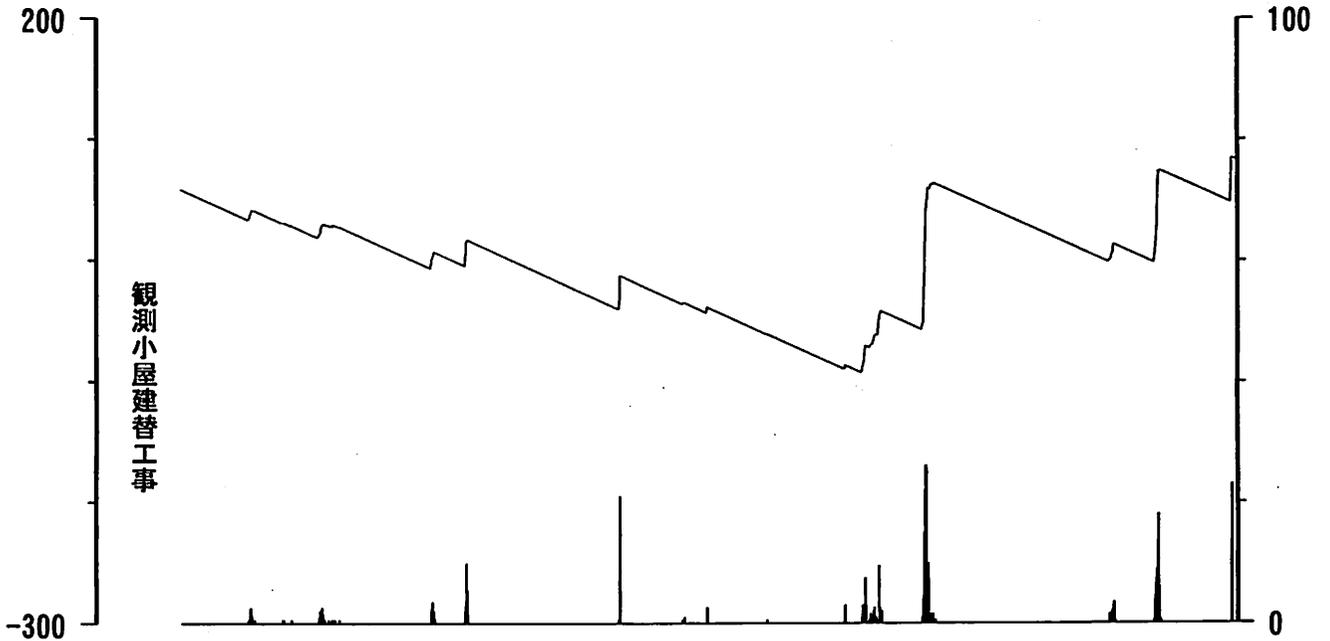


榛原・浜岡観測井 直近3ヶ月の積算降雨量トレンド除去グラフ [mm]  
 (2013/02/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)

榛原 降水量(積算) [mm] (時間値)



浜岡 降水量(積算) [mm] (時間値)

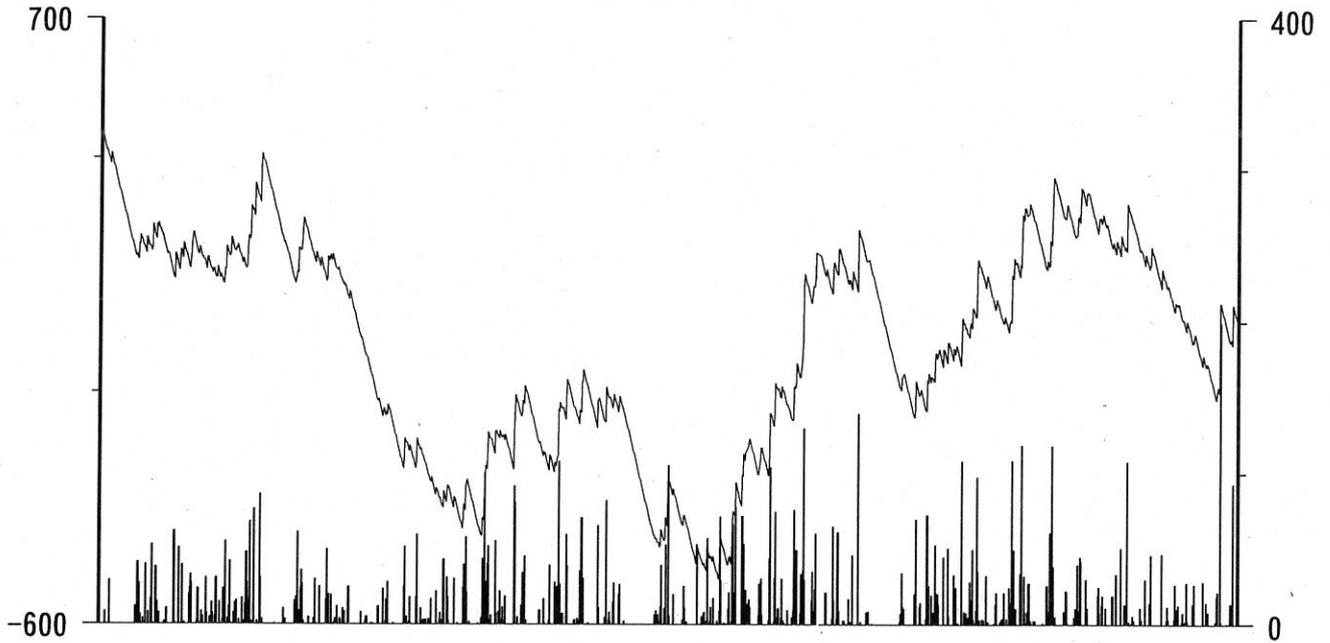


03 10 17 24 03 10 17 24 31 07 14 21 28  
 2013/02 2013/03 2013/04

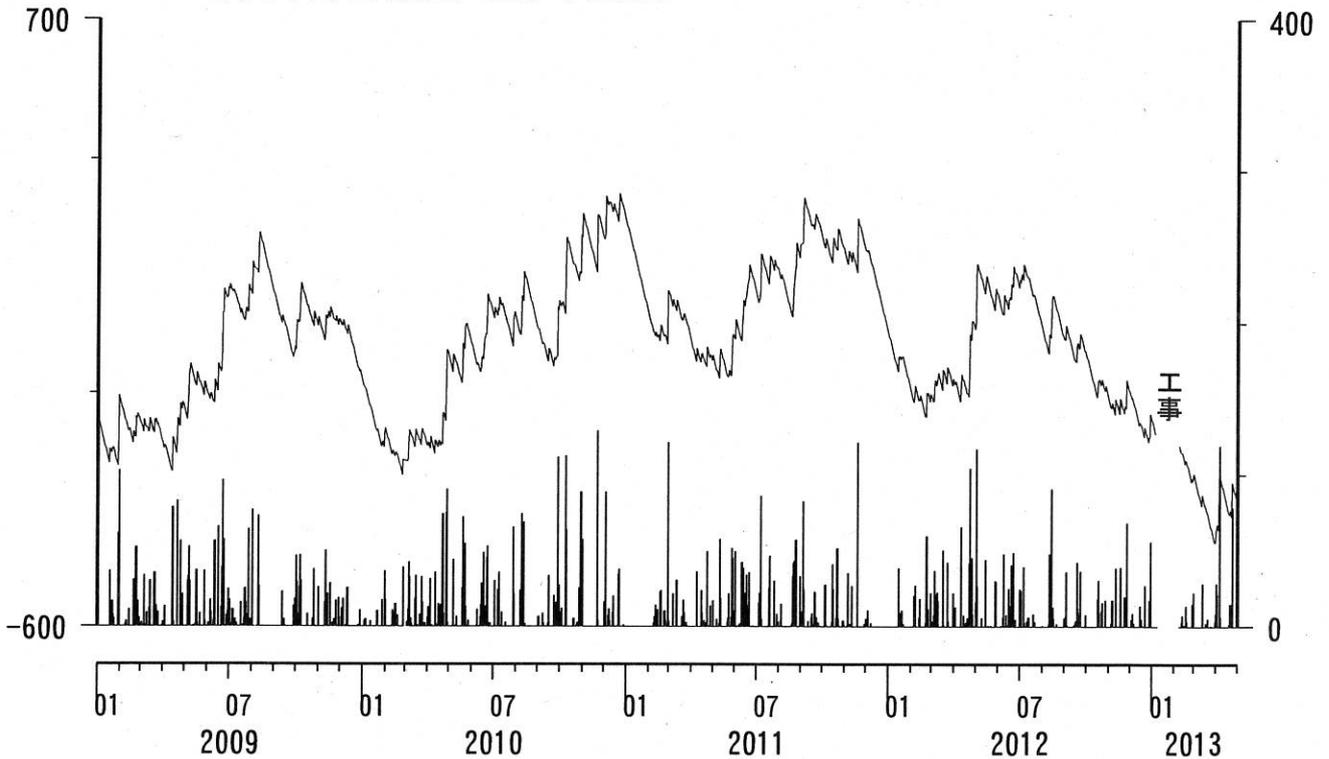
コメント：トレンドは、グラフに示している期間で求めている。

榛原・浜岡観測井 降雨量の積算からトレンド除去後のグラフ [mm]  
 (2009/01/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)

榛原 降水量 (積算) [mm] (時間値)



浜岡 降水量 (積算) [mm] (時間値)



コメント：トレンドは、グラフに示している期間で求めている。

# 近畿地域の地下水位・歪観測結果（2013年2月～2013年4月）

産業技術総合研究所

2013年2月～2013年4月の近畿地域におけるテレメータによる地下水位およびボアホール型歪計による地殻歪（水平3成分）の観測結果を報告する。観測点は、ingを含め、14点（観測井は16井戸）である（第1図）。ingでは2013年1月下旬で観測を終了している。同期間中に第1図で示す範囲内で、M4以上で深さ30kmより浅い地震は、2013年4月13日5時33分頃に発生した淡路島付近の地震（M6.3、深さ15km）である。M4以上で深さ30kmより深い地震は、無かった。

第2～6図には、2012年11月～2013年4月における地下水位1時間値の生データ（上線）と補正值（下線）を示す。ボアホール型歪計が併設してある観測点については、同期間における歪3成分の観測値（生データ）も示す。歪の図において「N120E」などと示してあるのは、歪の方向が北から120度東方向に回転していることを示す。水位補正值（corrected）は、潮汐解析プログラムBAYTAP-Gによって、気圧・潮汐・不規則ノイズの影響を除去した結果である。なお、tkz・ysk・yst1・yst2およびyst3は地上より上に水位が来るので、井戸口を密閉して水圧を測定し、それを水位に換算している。hksではケーシングを二重にして、外管で浅い方の地下水位（hks-o）を、内管で深い方の地下水位（hks-i）をそれぞれ測定し、別々の観測井にカウントしている。

ystの歪の2013年1月27日から2月11日までの欠測は装置の故障による（第2図）。hrbの地下水位の短期的な上下変化は口元から雨が流れ込んだためと思われる（第4図）。

2013年4月13日5時33分頃に発生した淡路島付近の地震（M6.3、深さ15km）に伴い、多数の観測点の水位・歪に変化が観測された。これらの結果は別資料「2013年4月13日淡路島付近の地震（M6.3）に伴う水位・歪変化」にまとめた。

これらのデータ（グラフ等）は、<http://riodb02.ibase.aist.go.jp/gxwell/GSJ/index.shtml>で公開されている。（北川有一・小泉尚嗣・高橋誠・佐藤努・松本則夫・大谷竜・板場智史・桑原保人・佐藤隆司・木口努・長郁夫）

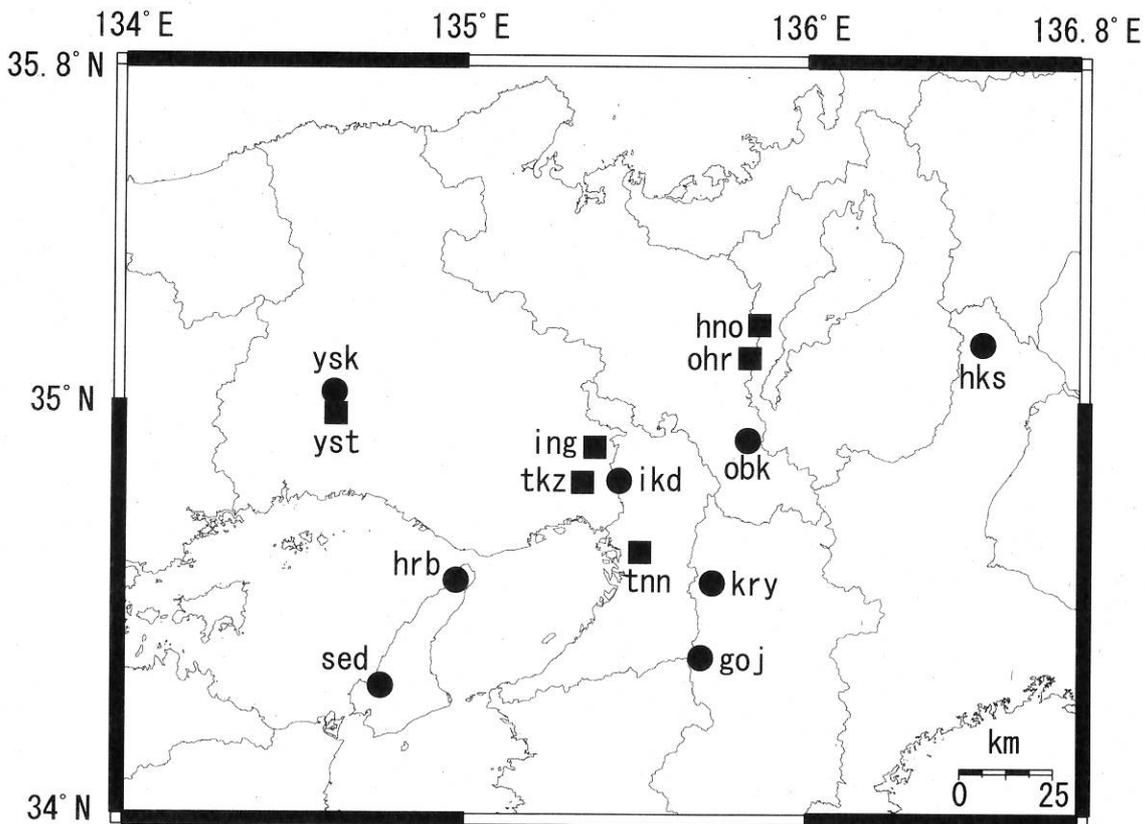


Fig.1 観測点分布図（●・■）。●は地下水のみの観測点で、■はボアホール型歪計を併設している観測点。

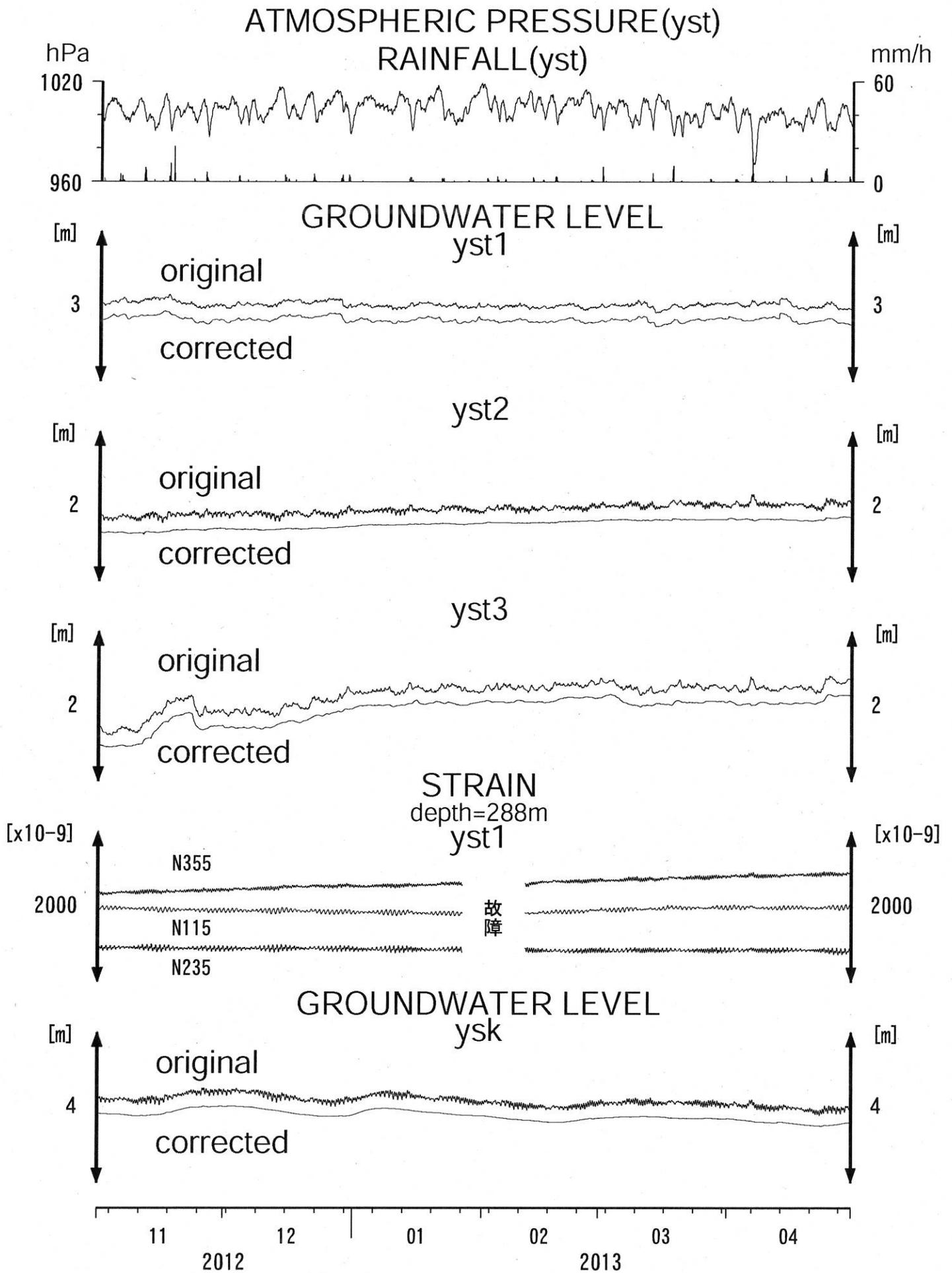


Fig.2

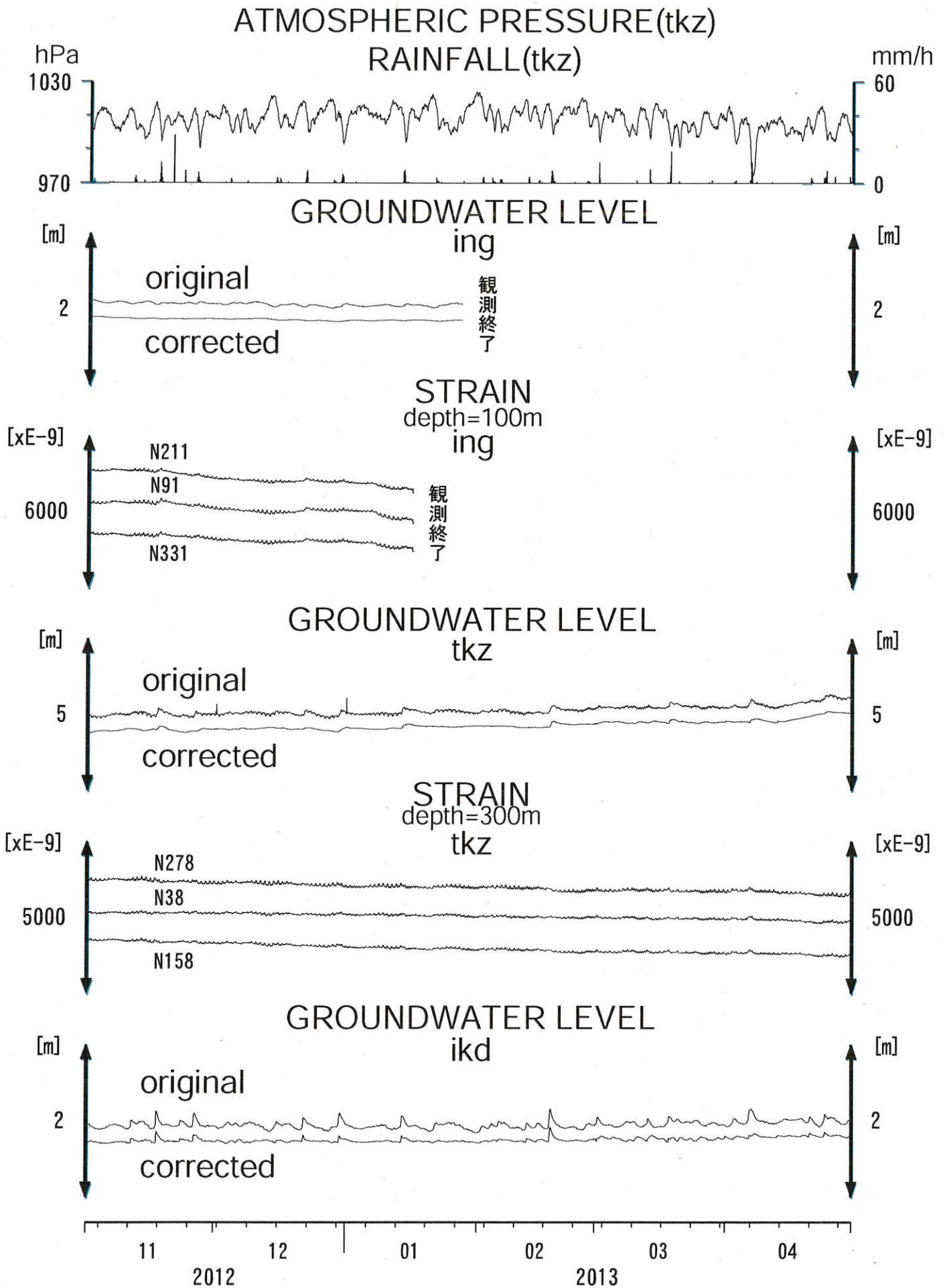


Fig.3

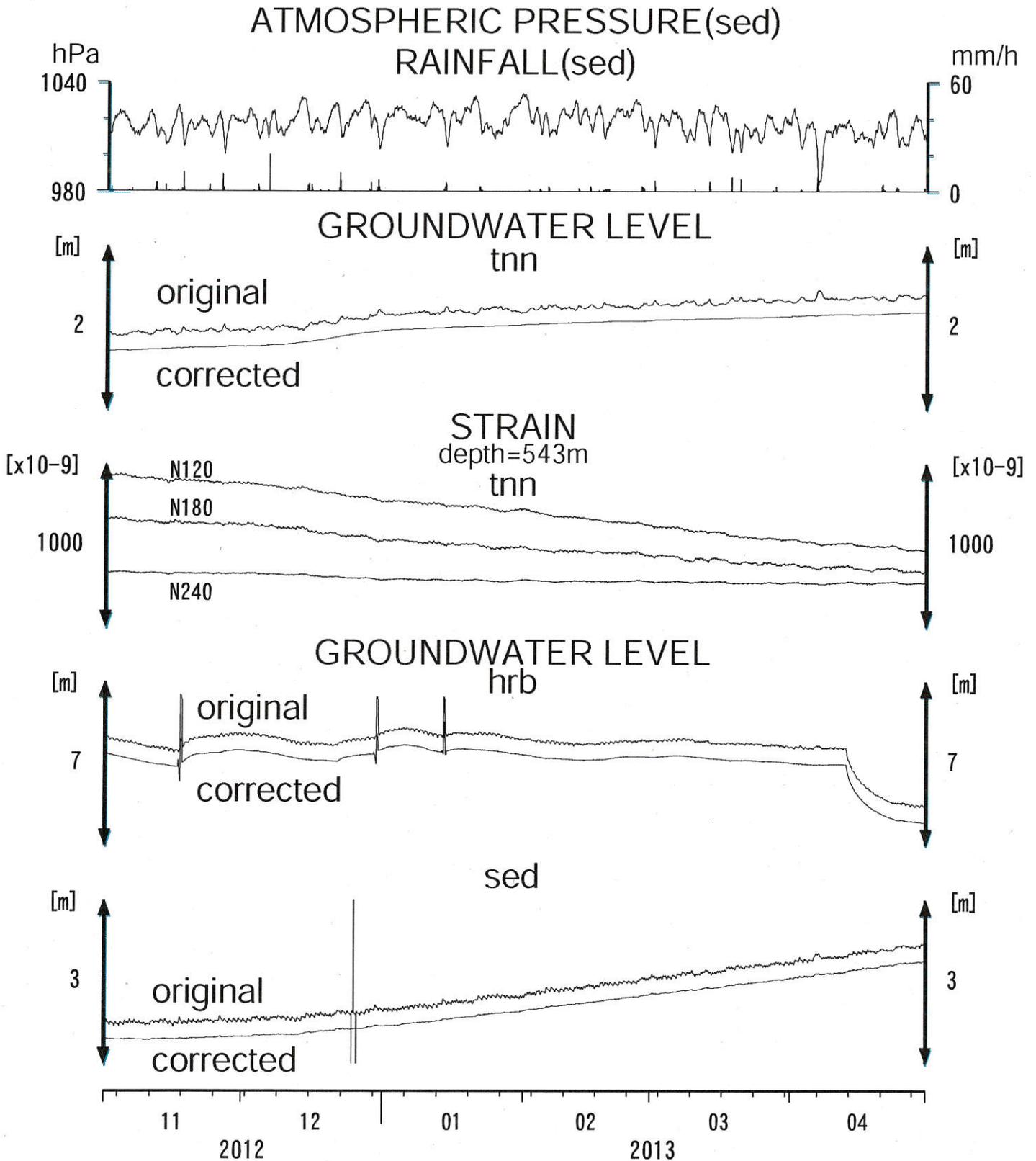


Fig.4

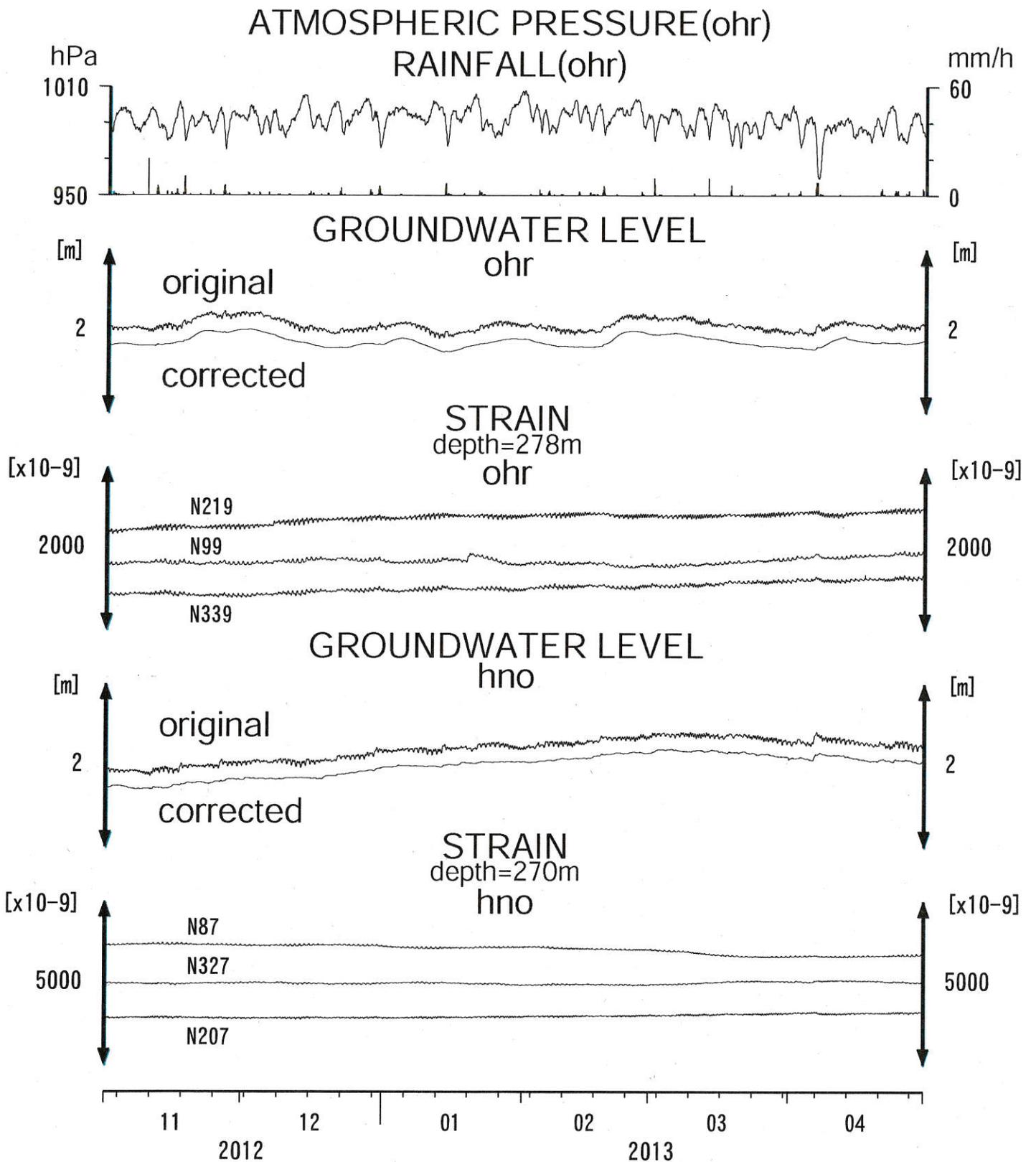


Fig.5

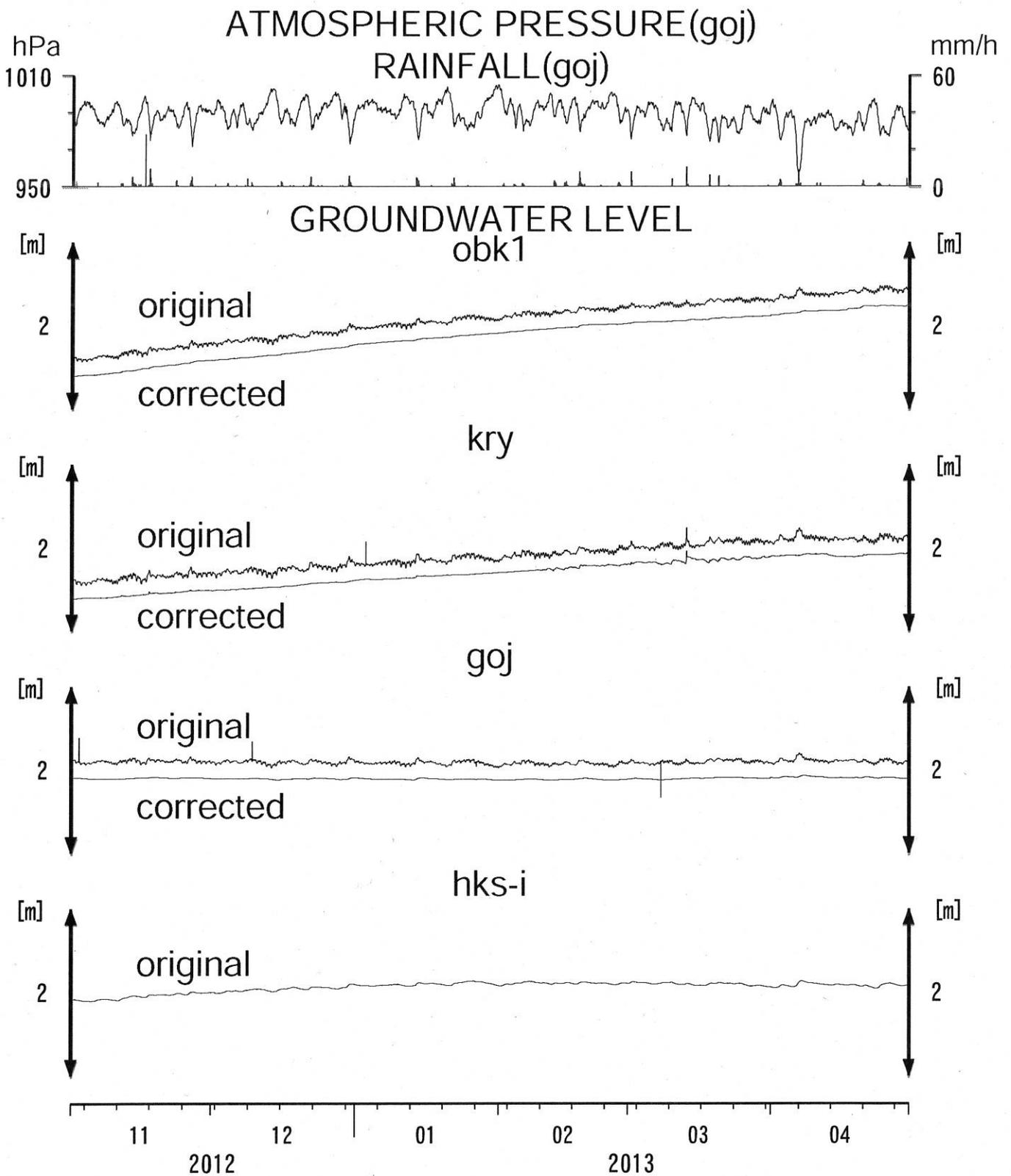


Fig.6

紀伊半島～四国の地下水・歪観測結果(2013年2月～2013年4月)

東海・紀伊半島・四国における短期的スロースリップイベント(2013年2月～2013年4月)

産業技術総合研究所

産業技術総合研究所(産総研)では、2007年度から東海・紀伊半島・四国の14点で地下水等総合観測施設を順次整備し、地下水・歪等の観測を開始している。既存の4観測点と合わせて、観測点配置図を第1図に示す。

第2～34図には、2012年11月～2013年4月における歪・傾斜・地下水位の1時間値の生データ(上線)と補正值(下線)を示す。歪・傾斜の図において「N120E」などと示してあるのは、歪・傾斜の測定方向が北から120度東方向に回転していることを示す。補正值は、潮汐解析プログラムBAYTAP-G[Tamura *et al.*, 1991]によって、気圧・潮汐・不規則ノイズの影響を除去した結果である。歪・傾斜のグラフについては、直線トレンド(1次トレンド)を除去している。第35～40図には、産総研で決定した、エンベロープ相関法による深部低周波微動の震源の時空間分布および個数を示す。

東海全体(RT0～3)で微動の発生回数が50個/日以上の日を含む期間(その期間については、回数が20個/日以上で活動開始、20個/日未満で活動終了と判断する)については、第2～6図および第35～36図に灰色網掛けにてその期間を主な活動地域(RT0～3)と共に表示した。紀伊半島全体(RK0～4)で微動の発生回数が50個/日以上の日を含む期間(その期間については、回数が20個/日以上で活動開始、20個/日未満で活動終了と判断する)については、第6～19図および第37～38図に灰色網掛けにてその期間を主な活動地域(RK0～4)と共に表示した。四国東部(RS4-RS6)の合計で微動の発生回数が25個/日以上の日を含む期間(その期間については、回数が10個/日以上で活動開始、10個/日未満で活動終了と判断する)については、第20～28図および第39～40図に灰色網掛けにてその期間を主な活動地域(RS4～6)と共に表示した。四国西部(RS0～RS3)の合計で微動の発生回数が100個/日以上の日を含む期間(その期間については、回数が20個/日以上で活動開始、20個/日未満で活動終了と判断する)については、第25～34図および第39～40図に灰色網掛けにてその期間を主な活動地域(RS0-3)と共に表示した。

歪・傾斜の変化から短期的SSEの断層モデルを推定したイベントについて、その解析結果を報告する。断層モデル推定手法については、解析結果の後に示す。

2013年3月8～11日頃にかけて、奈良県南部において、やや活発な深部低周波微動活動が観測され(第41図)、産総研の多成分歪3観測点において変化が観測された(第42図)。これらの観測結果から断層面の推定を行った結果を第43図に示す。推定されたMwは5.5であった。断層面に対して観測点の位置が南～南東方向のみに偏っていることから、断層面の位置および大きさに関して、任意性が高いと考えられる。

奈良県南部では、130日前の2012年10月27～29日午前にかけてMw5.5の短期的SSEが発生したと推定されている(第43図)。なお、Itaba and Ando [2011]によると、同領域の平均的な活動間隔は $120 \pm 20$ 日である。

2013年3月21日午後～22日頃にかけて、豊後水道において、やや活発な深部低周波微動活動が観測され(第44図)、産総研の多成分歪1観測点および防災科研のHi-net高感度加速度計(傾斜)1観測点において変化が観測された(第45図)。微動域に近接するHi-net1観測点を加えて、断層面の推定を行った結果を第46図に示す。推定されたMwは5.4であった。規模が小さく、解析に使用できる観測点数が少ないことから、モデルの任意性は高いと考えられる。

豊後水道では、124日前の2012年11月16-17日にかけてMw5.3の短期的SSEが発生したと推定されている(第46図)。

2013年4月7～10日頃にかけて、三重県中部において、活発な深部低周波微動活動が観測され(第47図)、産総研の多成分歪5観測点、地下水1観測点(2井戸)、傾斜2観測点、気象庁の多成分歪計2観測点、体積歪1観測点および防災科研のHi-net高感度加速度計(傾斜)4観測点において変化が観測されたほか、引き続き14日昼頃にかけて、産総研の多成分歪3観測点、気象庁の多成分歪2観測点において変化が観測された(第48図)。激しい降雨および気圧低下の影響を勘案した上で期間を3つに分けて断層面の推定を行った結果を第49～51

図に示す。推定されたMwは6.0、5.7、5.4であった。期間C(4月10～14日午前)については、断層面近傍には観測点が無いことから、断層面の大きさに関して任意性が高いと考えられる。

期間AおよびBにおいて短期的SSEが発生した領域(三重県中部～伊勢湾)においては、185日前の2012年10月2～4日にMw5.7の短期的SSEが、期間Cの領域(愛知県西部)においては、135日前の同年11月21-26日にMw5.6の短期的SSEが発生したと推定されている(第49～51図)。

## 解析方法

短期的SSEの断層面推定には、それぞれの観測点の水平歪4成分・体積歪・地下水圧・傾斜2成分の記録を用いる。地下水圧は、O1およびM2分潮の振幅をBAYTAP-G [Tamura et al., 1991]により計算し、GOTIC2 [Matsumoto et al., 2001]により推定した地球個体潮汐および海洋荷重潮汐(O1およびM2分潮)との振幅比を用いて、体積歪に変換する。歪・地下水・傾斜ともに、観測波形からBAYTAP-Gにより、気圧応答成分、潮汐成分およびホワイトノイズ成分を取り除く。また、イベント直前の期間を用いて1次トレンドも取り除く。微動活動も参考にして、数時間～半日単位で活動開始・終了時期を判断し、その期間の変化量を短期的SSEによる変化量とする。その際、歪についてはMatsumoto et al. [2010]の手法で理論潮汐歪を用いてキャリブレーションを行っている。

断層面の推定は、計算時間の短縮と、推定された結果の一意性を確認するために2段階で行う。断層面推定は板場ほか[2012]の手法を用いた。フィリピン海プレート境界面上[弘瀬ほか、2007]に多数の断層面を仮定してグリッドサーチにより推定する。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る。1段階目には、断層面のサイズは固定(幅・長さ共に20km)、断層面の位置(0.1° 間隔)およびすべり量(1～100mmの間で1mm間隔)のみ可変として広範囲で計算を行う。1段階目の結果を示す図では、それぞれの断層面において最適なすべり量を与えたときの、観測値と計算値(期待値)との残差分布を示している。これにより、短期的SSEが生じている可能性が高い領域を絞り込むとともに、推定された結果の任意性を確認することが出来る。2段階目には、1段階目で絞り込んだ領域(=残差が小さい領域)付近で、位置及びすべり量に加えて、断層面の長さを10～80km、幅を10～50km、それぞれ1km間隔で可変として計算を行なう。その結果、観測値との残差が最小となる断層面が1つ計算されるが、計算に使用している観測点数が少ない場合や、断層面と観測点配置の関係によっては任意性が高くなるので注意が必要である。なお、異種観測値を統合して解析するため、観測点ごとに残差をノイズレベルによって規格化している。ノイズレベルは、気圧応答、潮汐成分およびホワイトノイズ成分を取り除いた後(微動活動が活発な期間および周辺の日雨量50mmを超える時期を除く)の24時間階差の $2\sigma$ とした。

深部低周波微動の検出・震源決定には、エンベロープ相関法を用いている。

## 謝辞

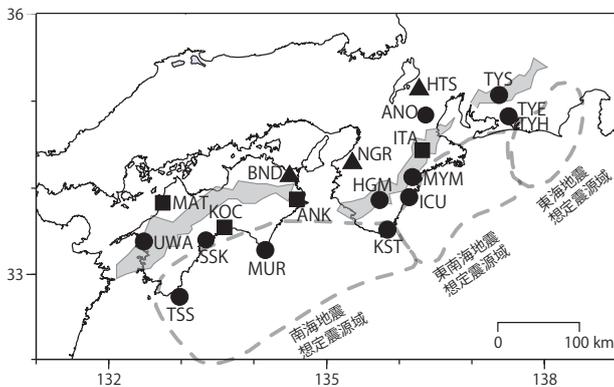
短期的SSEの断層モデル推定には、防災科研Hi-net高感度加速度計(傾斜計)および気象庁、静岡県の多成分歪計および体積歪計の記録を使用しました。気象庁の歪計データを解析する際には、気象庁によるキャリブレーション係数を使用しました。微動の解析には、防災科研Hi-net、気象庁、東京大学、京都大学、名古屋大学、高知大学、九州大学の地震波形記録を使用しました。低周波地震の震央位置表示には、気象庁の一元化カタログを使用しました。ここに記して感謝します。

(板場智史・北川有一・小泉尚嗣・高橋誠・松本則夫・武田直人)

## 参考文献

- 弘瀬冬樹, 中島淳一, 長谷川昭 (2007), Double-Difference Tomography法による西南日本の3次元地震波速度構造およびフィリピン海プレートの形状の推定, *地震*, **60**, 1-20.
- Itaba, S., and R. Ando, A slow slip event triggered by teleseismic surface waves, *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L21306, doi:10.1029/2011GL049593, 2011.
- 板場智史, 松本則夫, 北川有一, 小泉尚嗣, 松澤孝紀, 歪・傾斜・地下水統合解析による短期的スロースリップイベントのモニタリング, *日本地球惑星連合2012年大会*, 千葉, 5月, 2012.
- Matsumoto, K., T. Sato, T. Takanezawa, and M. Ooe, GOTIC2: A Program for Computation of Oceanic Tidal Loading Effect, *J. Geod. Soc. Japan*, **47**, 243-248, 2001.

- Matsumoto, N., O. Kamigaichi, Y. Kitagawa, S. Itaba, and N. Koizumi (2010), In-situ Calibration of Borehole Strainmeter Using Green's Functions for Surface Point Load at a Depth of Deployment, *Eos, Trans. AGU*, Abstract G11A-0626.
- Okada, Y. (1992), Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **82**, 1018-1040.
- Tamura, Y., T. Sato, M. Ooe and M. Ishiguro (1991), A procedure for tidal analysis with a Bayesian information criterion, *Geophys. J. Int.*, **104**, 507-516.

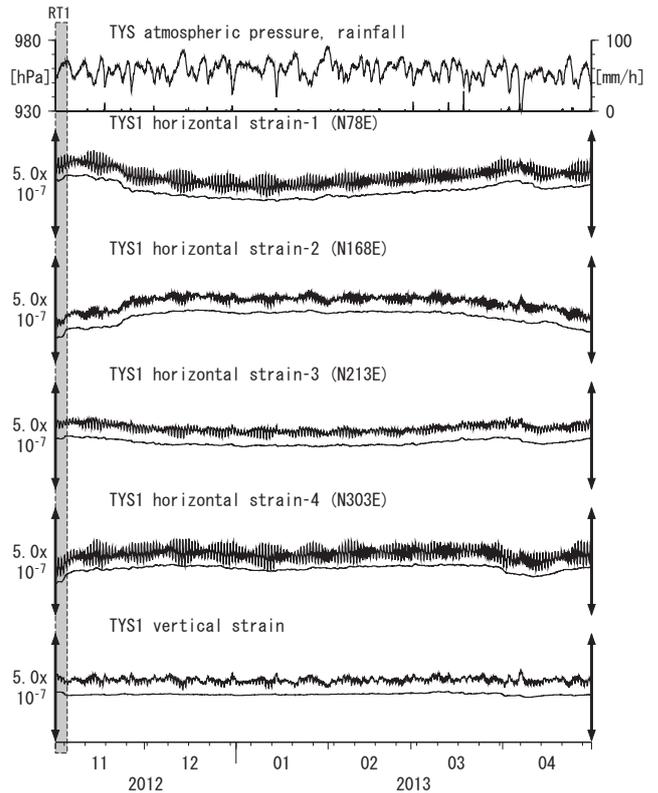


第1図: 地下水位観測点の分布図 (●・■・▲)。●はデジタル方式の石井式歪計・傾斜計を  
している新規観測点、■はGladwin式歪計・ミットヨ式傾斜計を併設している新規観測点、▲はア  
ナログ方式の石井式歪計を併設している既存の観測点。灰色の領域は短期的SSE及び深部低周波  
変動が定常的に発生していると考えられる地域。

第1表: 産総研観測点の新名称。平成23年11月17日から「市町村名」+「町・字名等」を基本とす  
る名称に変更している。なお、3文字コードは変更していない。

3文字コード (変更無し)	旧名称	新名称	新名称 ふりがな	市区町村	図
TYS	豊田下山	豊田神殿	とよたかんの	愛知県豊田市	2,3
TYE	豊橋東	豊橋多米	とよはため	愛知県豊橋市	4,5
HTS	秦荘	愛荘香之庄	あいしょうこうのしょう	滋賀県愛知郡愛荘町	6
ANO	安濃	津安濃	つあのおう	三重県津市	7,8
ITA	飯高赤桶	松阪飯高	まつさかいいたか	三重県松阪市	9,10
MYM	海山	紀北海山	きはくみやま	三重県北牟婁郡紀北町	11,12
ICU	井内浦	熊野磯崎	くまのいそざき	三重県熊野市	13,14
HGM	本宮三越	田辺本宮	たなべほんぐう	和歌山県田辺市	15,16
KST	串本津荷	串本津荷	くしもとつが	和歌山県東牟婁郡串本町	17,18
NGR	根来	岩出東坂本	いわでひがしきかもと	和歌山県岩出市	19
BND	板東	鳴門大森	なるとおおさ	徳島県鳴門市	20
ANK	阿南桑野	阿南桑野	あなんくわの	徳島県阿南市	21,22
MUR	室戸	室戸岬	むろとみさき	高知県室戸市	23,24
KOC	高知市	高知五台山	こうちごだいさん	高知県高知市	25,26
SSK	須崎	須崎大谷	すざきおおたに	高知県須崎市	27,28
TSS	土佐清水	土佐清水松尾	とさしみずまつお	高知県土佐清水市	29,30
UWA	宇和	西予宇和	せいようわ	愛媛県西予市	31,32
MAT	松山	松山南江戸	まつやまみなみえど	愛媛県松山市	33,34

第2図 Crustal strains at TYS (時間値)  
(2012/11/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)

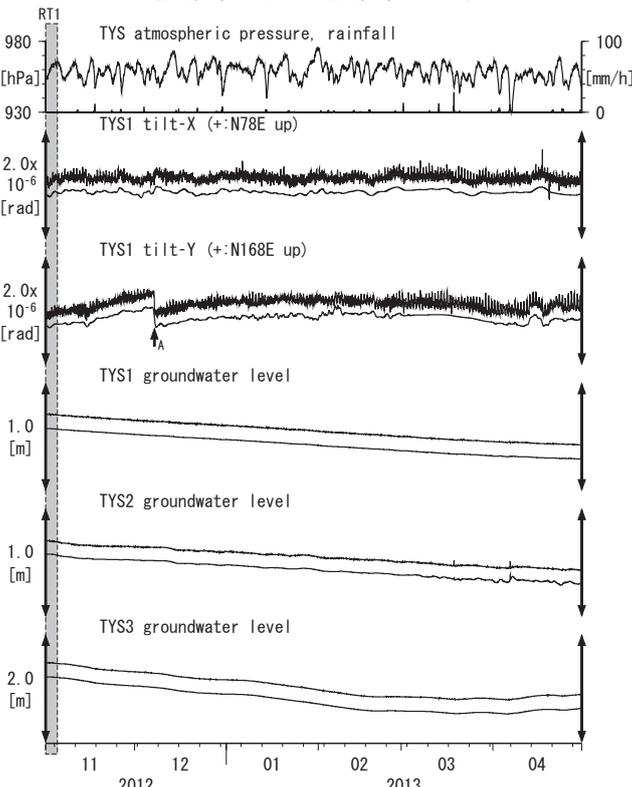


Strainmeter depth = 586.7-588.1 [GL-m]

上: 1次トレンドを除去

下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、1次トレンドも除去

第3図 Tilt and groundwater level at TYS (時間値)  
(2012/11/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)



Tiltmeter depth = 585.9-586.7 [GL-m] A:2012/12/07 三陸沖の地震 M7.3

TYS1 : Screen depth = 404.8-426.7 [GL-m]

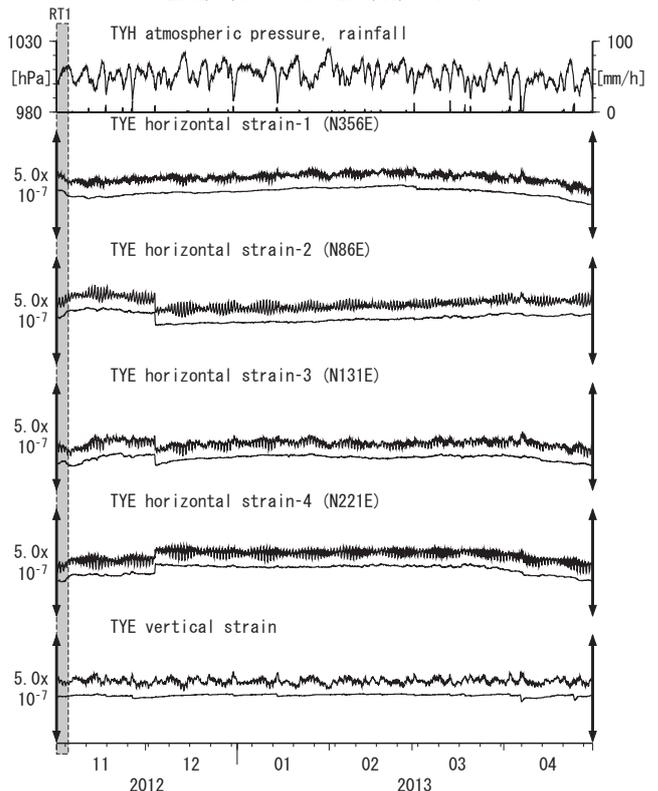
TYS2 : Screen depth = 148.8-154.3 [GL-m]

TYS3 : Screen depth = 26.8-32.3 [GL-m]

上: tiltは1次トレンド除去

下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分除去、tiltは1次トレンドも除去

第4図 Crustal strain at TYE (時間値)  
(2012/11/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)

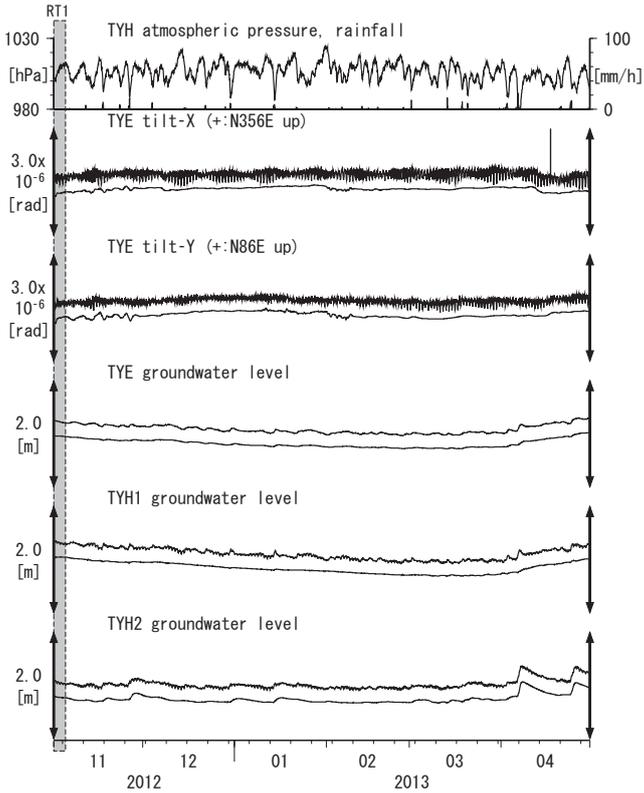


Strainmeter depth = 266.5-267.9 [GL-m] 2012/12/04の歪ステップは原因不明

上: 1次トレンドを除去

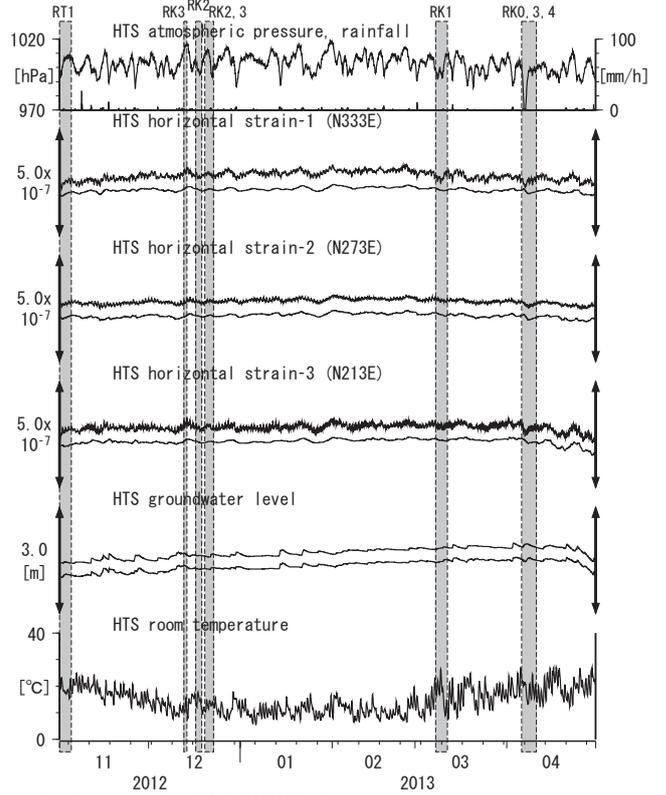
下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、1次トレンドも除去

第5図 Tilt and groundwater level at TYE and TYH (時間値)  
(2012/11/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)



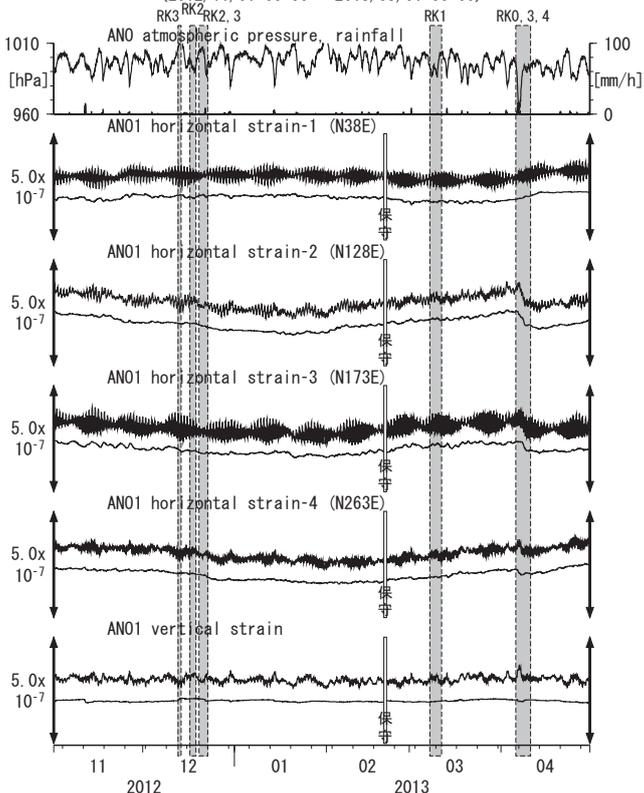
Tiltmeter depth = 265.6-266.5 [GL-m]  
 TYE : Screen depth = 185.9-207.8 [GL-m]  
 TYH1 : Screen depth = 178.6-200.4 [GL-m]  
 TYH2 : Screen depth = 133.7-150.0 [GL-m]  
 上: tiltは1次トレンドを除去  
 下: BAYTAP-Giにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去、tiltは1次トレンドも除去

第6図 Crustal strains and groundwater level at HTS (時間値)  
(2012/11/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)



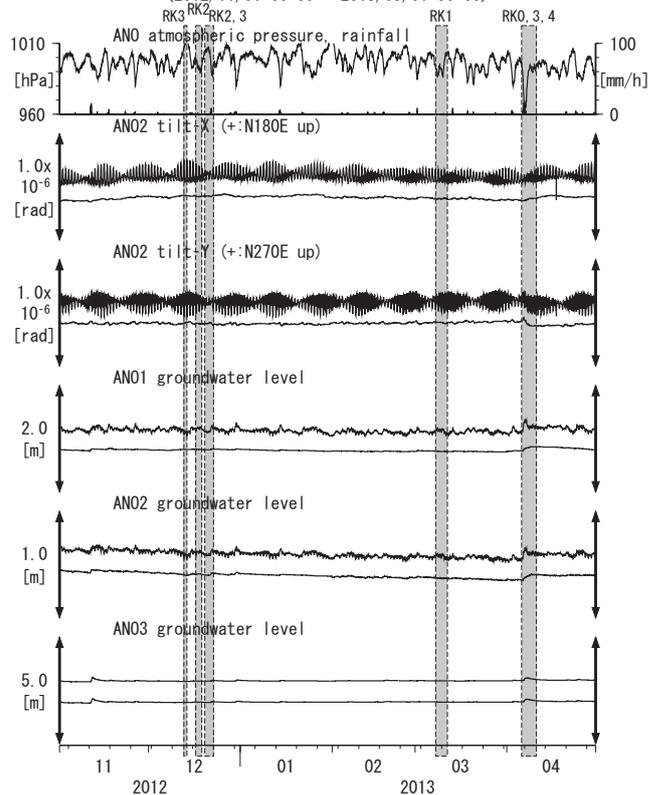
Strainmeter depth = 433.5-436.5 [GL-m]  
 Screen depth = 338.3-360.1 [GL-m]  
 上: strainは1次トレンドを除去  
 下: BAYTAP-Giにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、strainは1次トレンドも除去

第7図 Crustal strains at ANO (時間値)  
(2012/11/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)

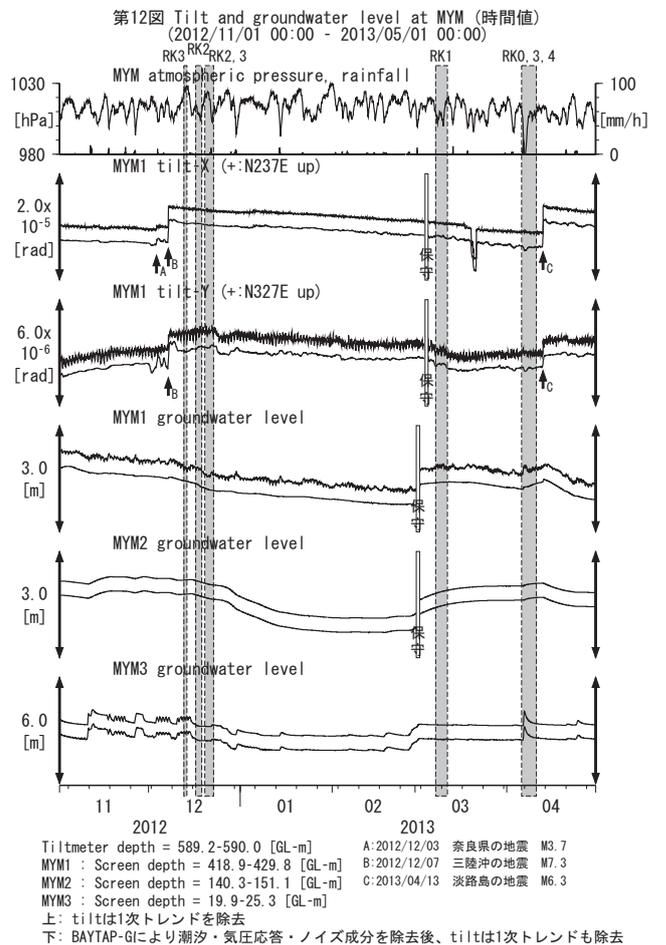
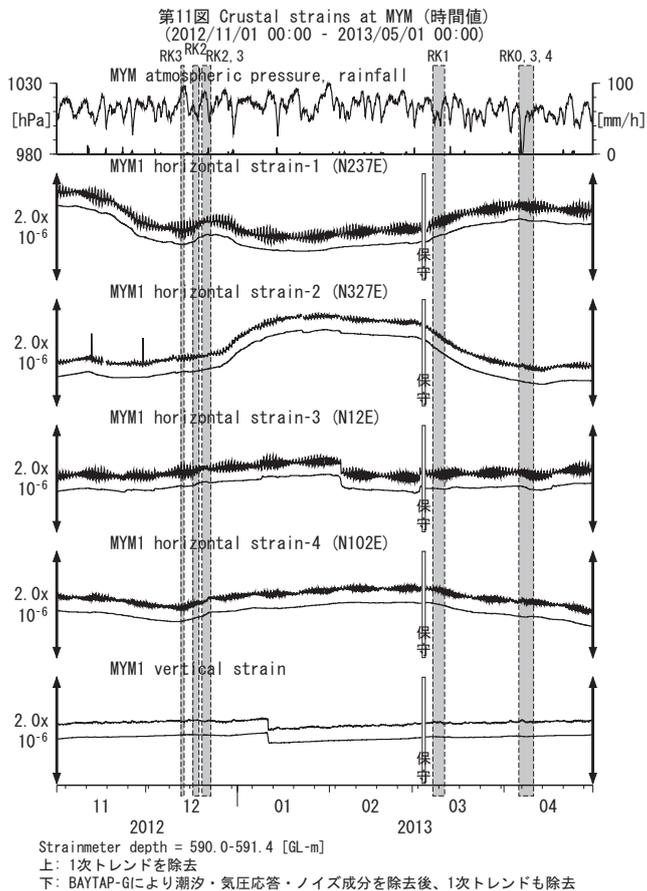
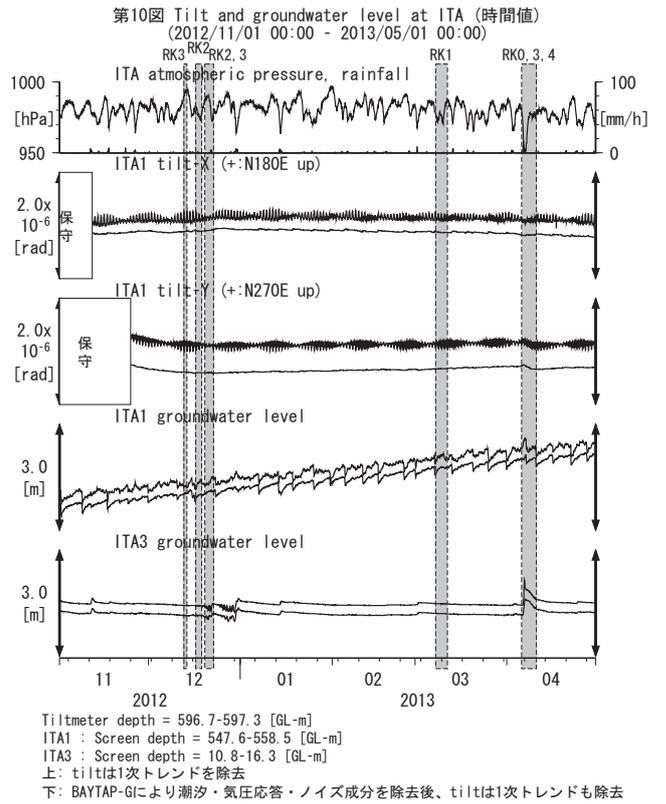
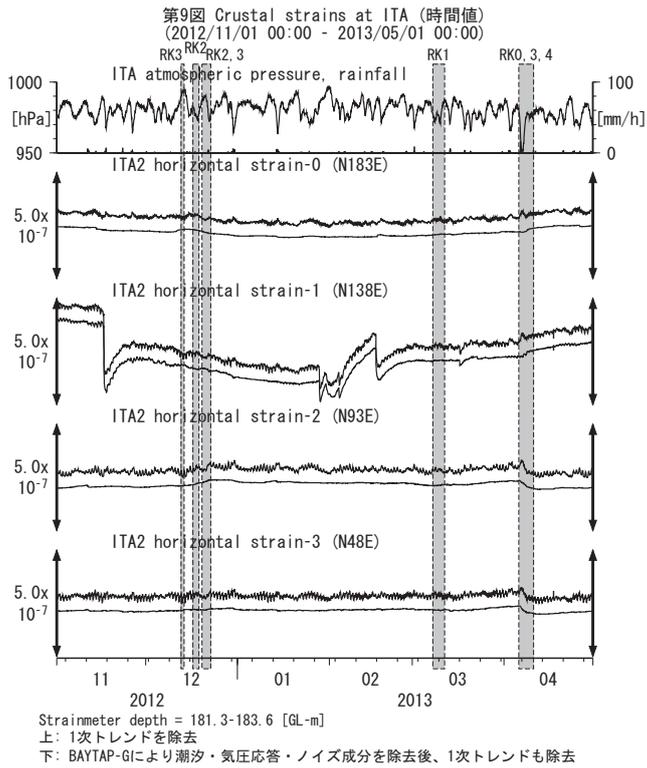


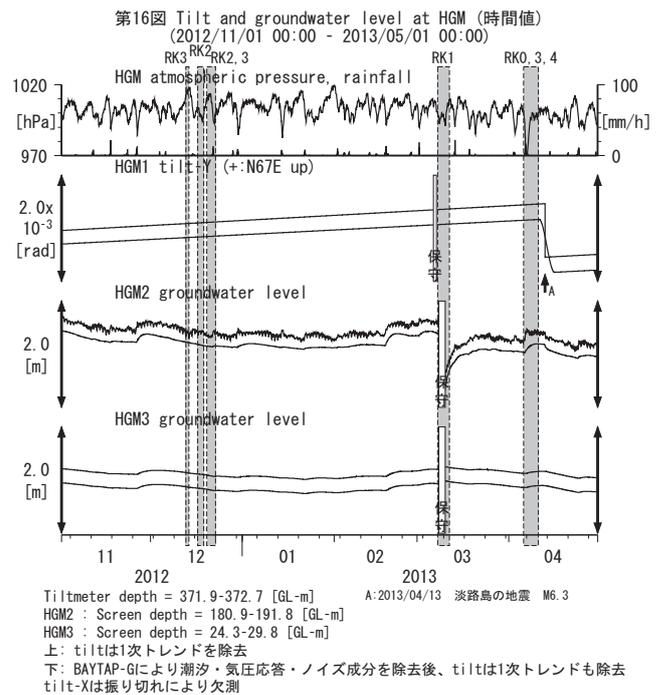
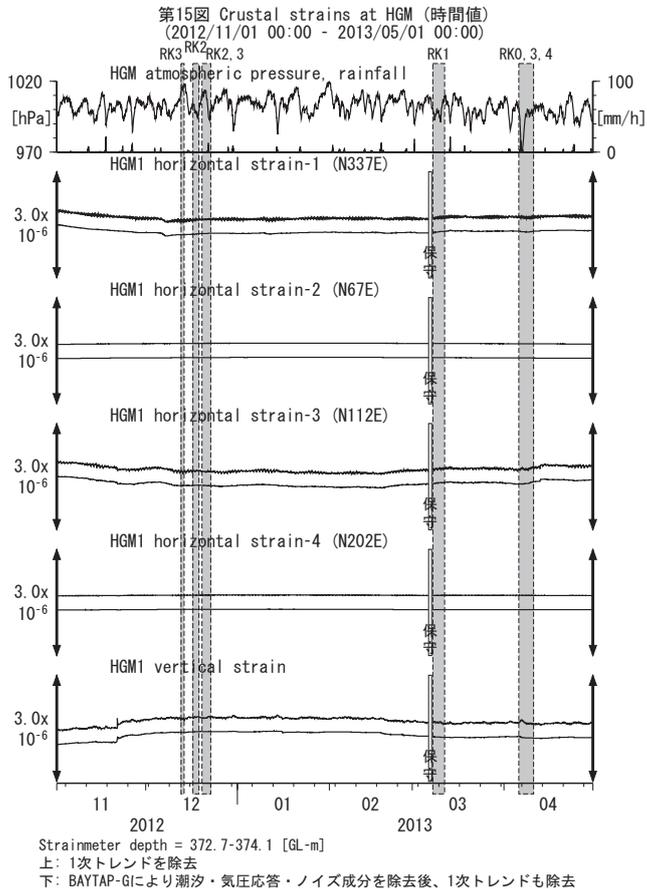
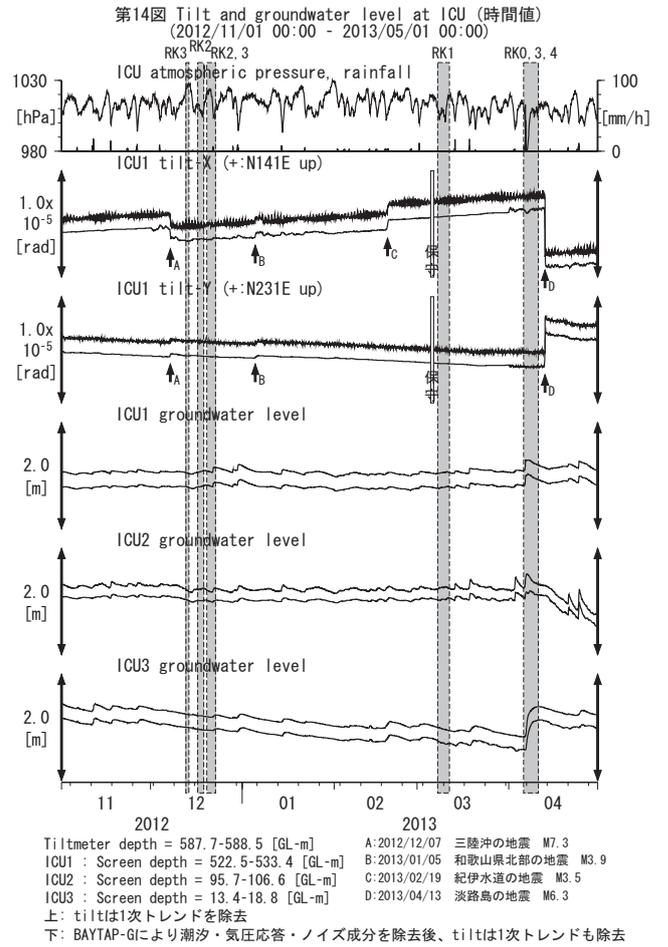
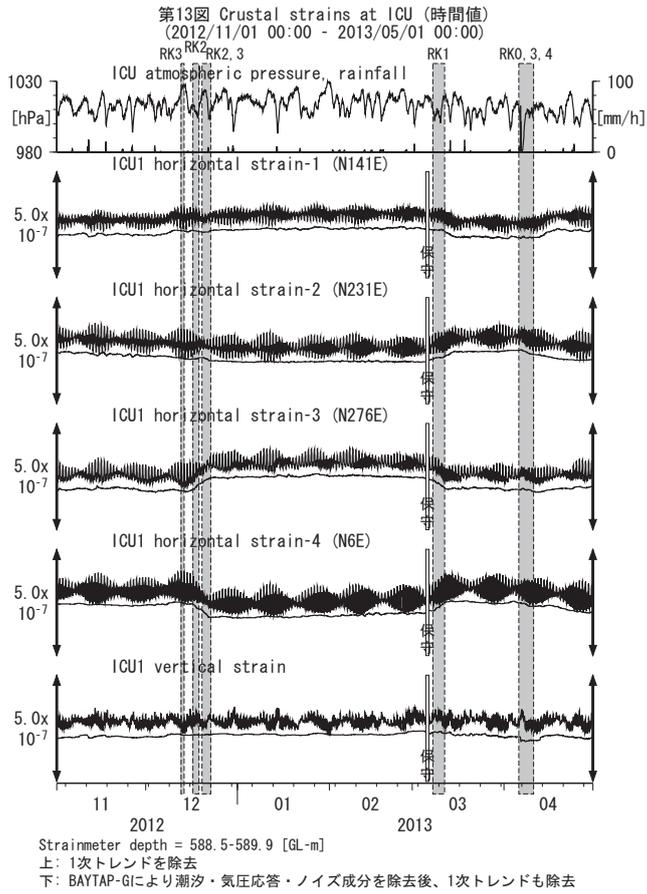
Strainmeter depth = 588.9-590.3 [GL-m]  
 上: 1次トレンドを除去  
 下: BAYTAP-Giにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、1次トレンドも除去

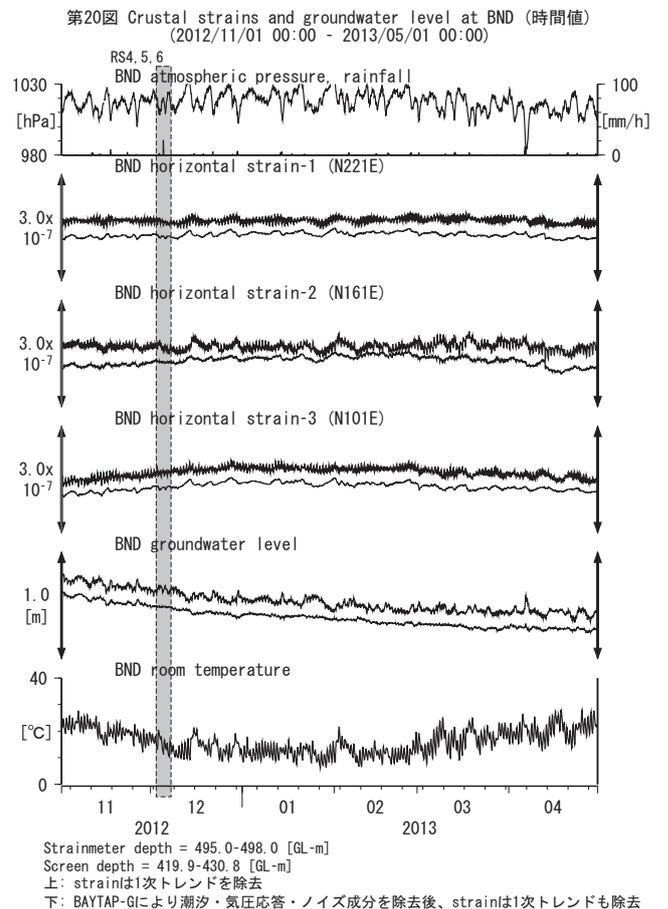
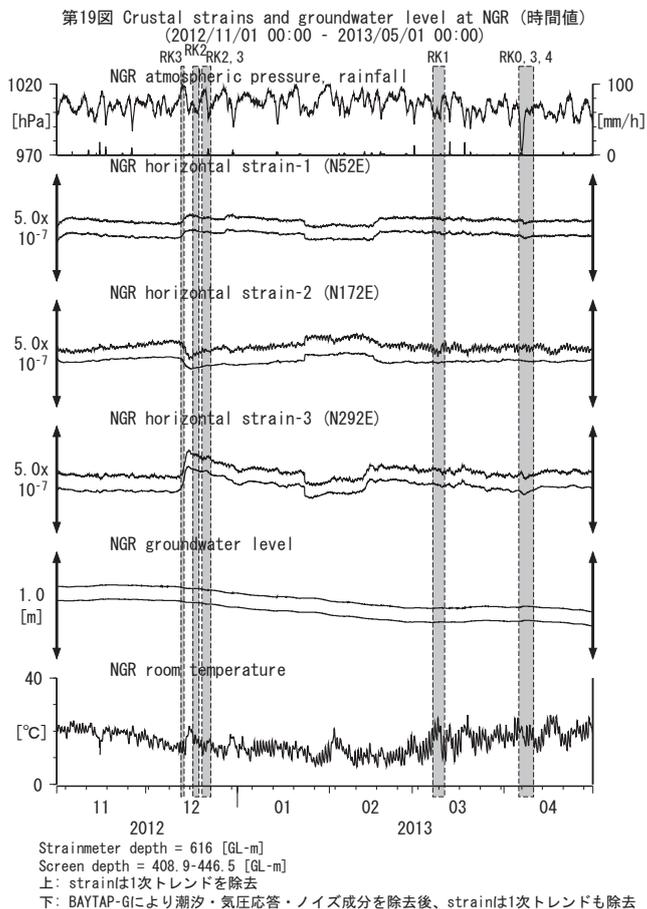
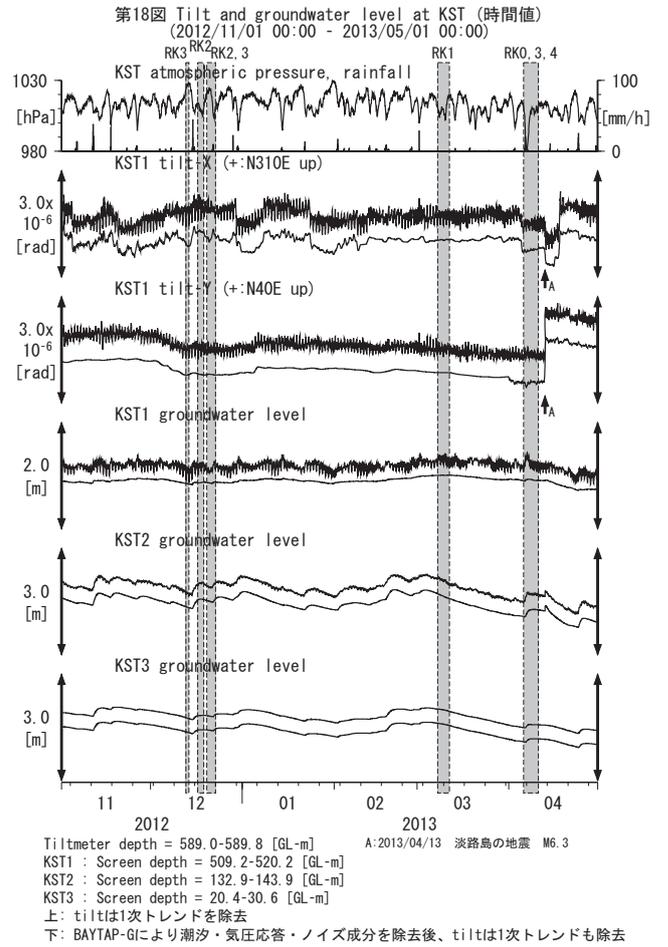
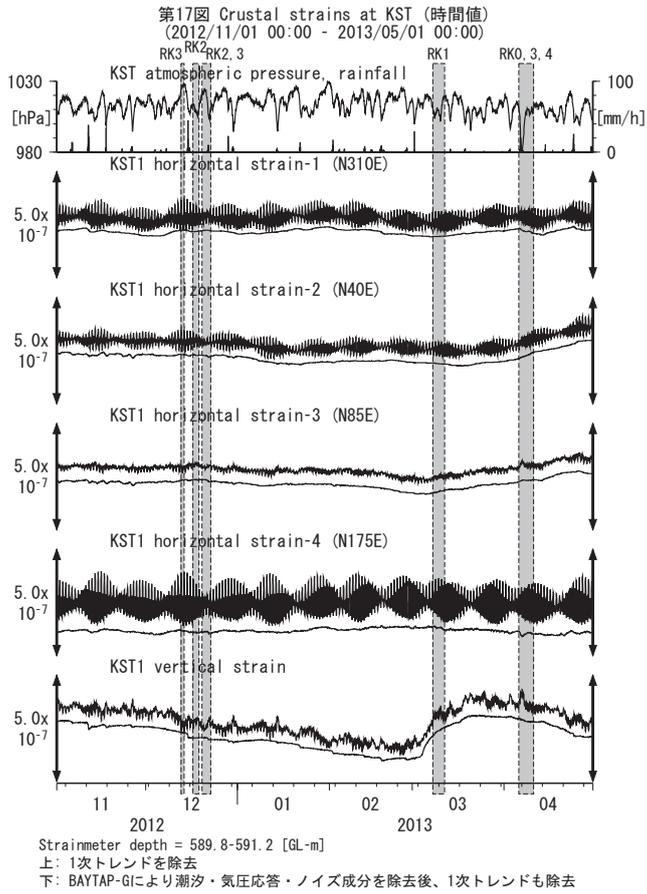
第8図 Tilt and groundwater level at ANO (時間値)  
(2012/11/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)

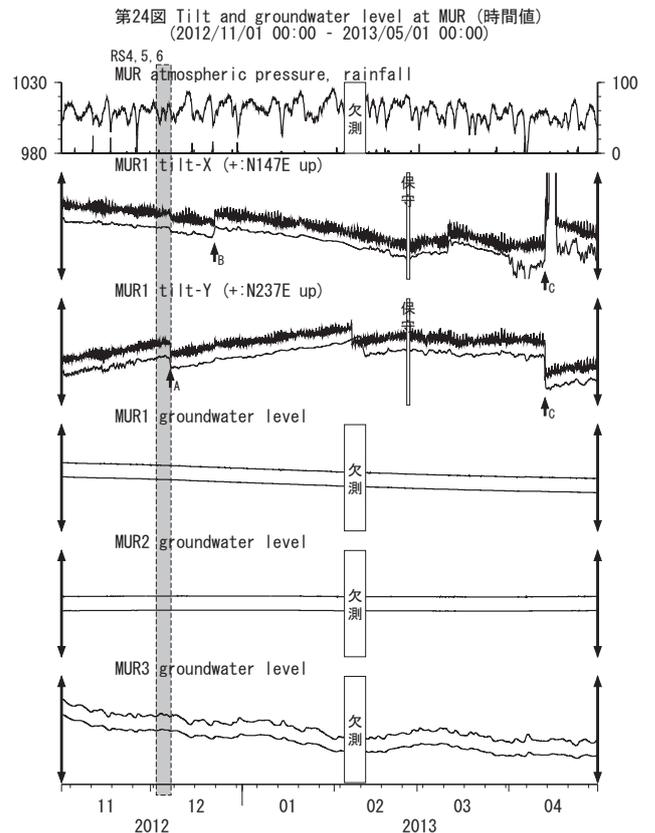
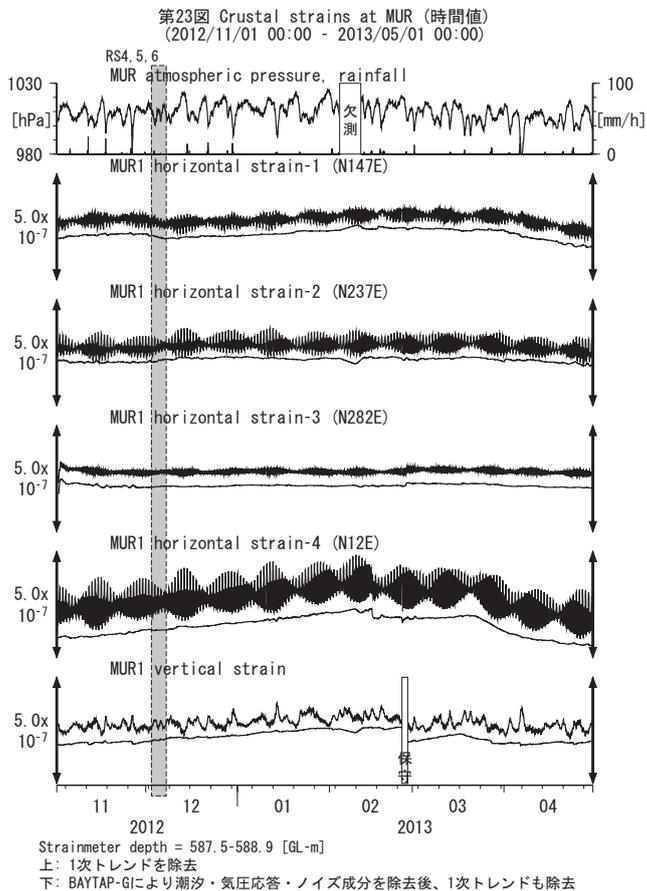
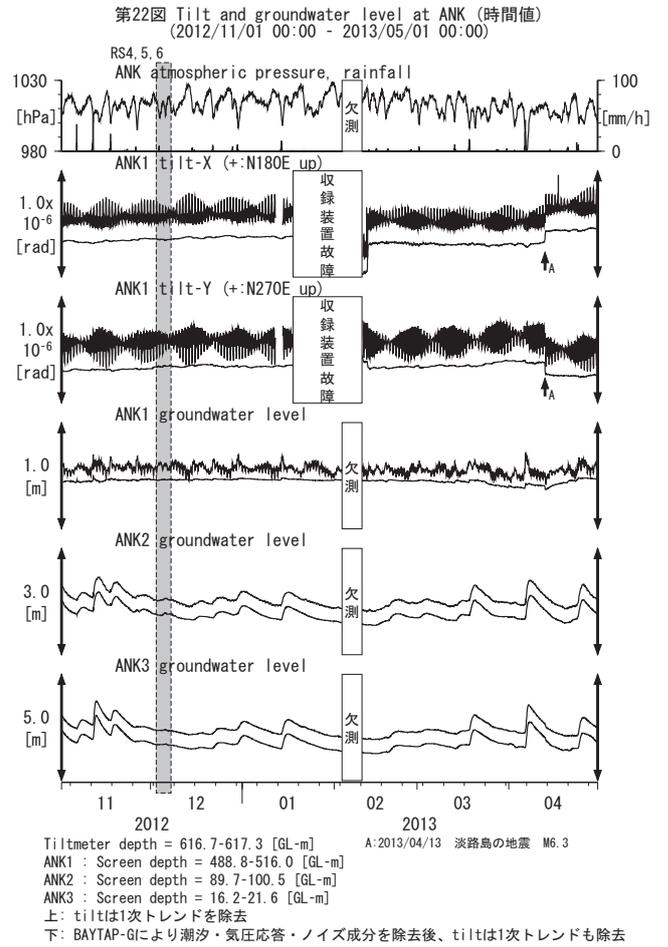
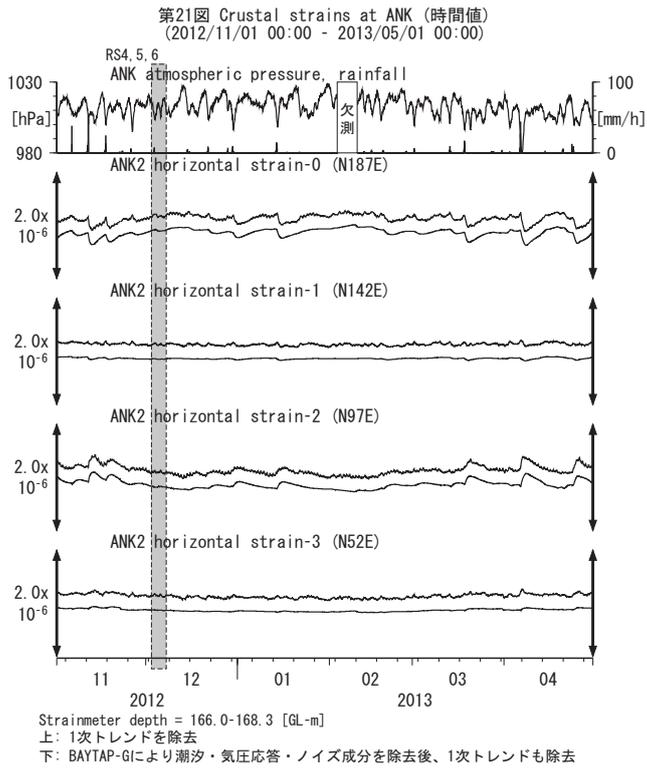


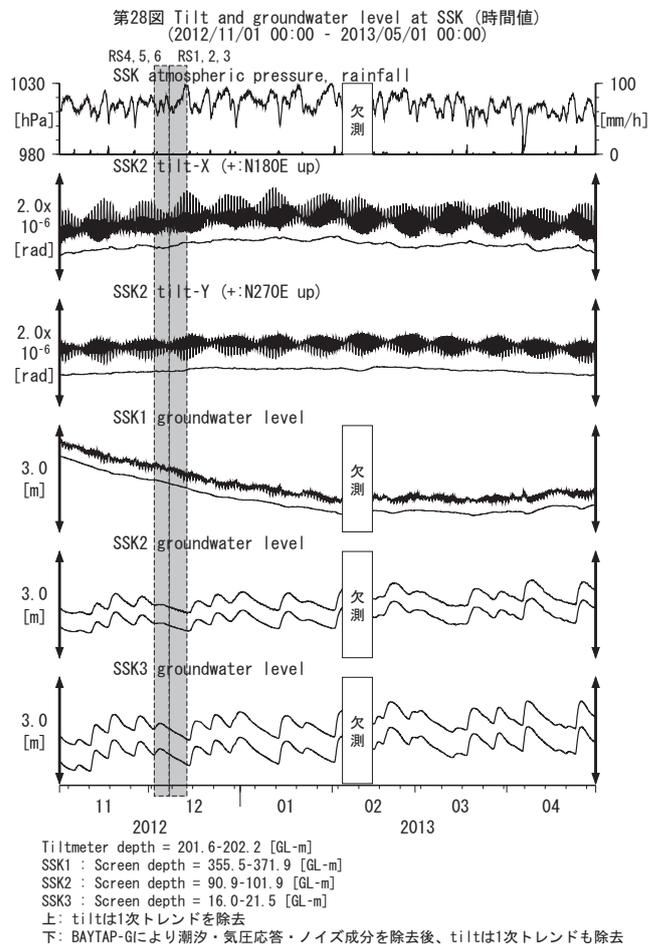
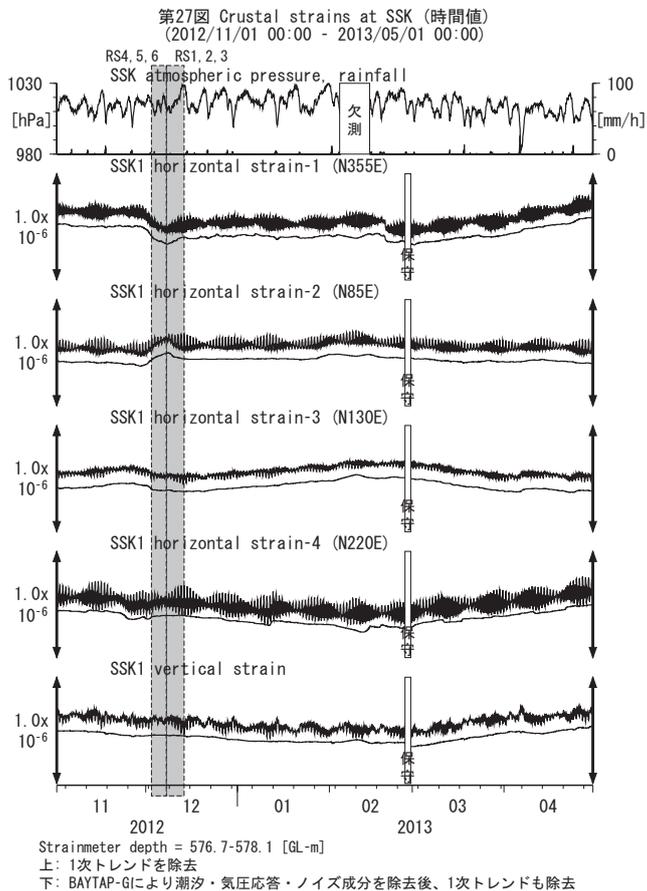
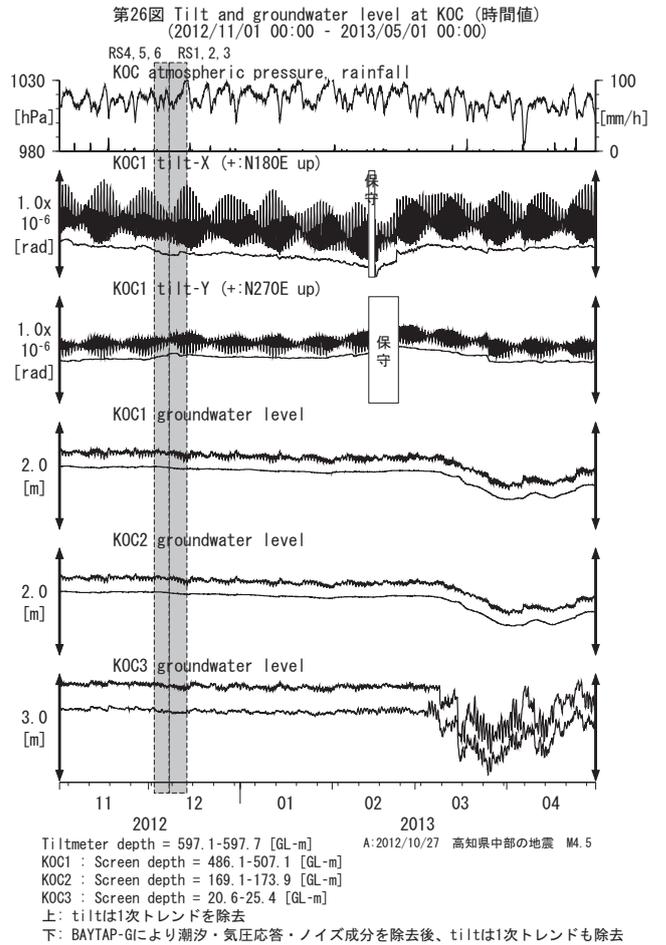
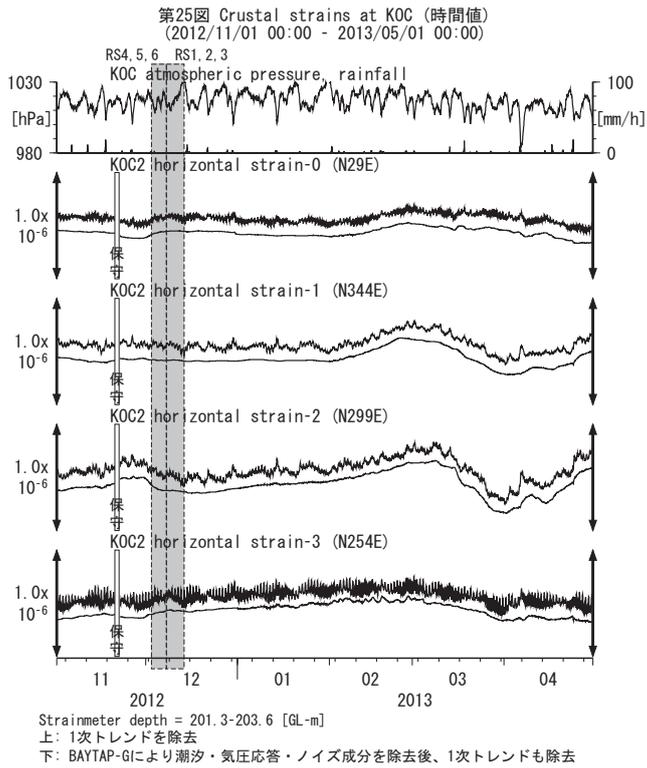
Tiltmeter depth = 236.6-237.3 [GL-m]  
 ANO1 : Screen depth = 502.7-513.6 [GL-m]  
 ANO2 : Screen depth = 197.5-208.5 [GL-m]  
 ANO3 : Screen depth = 12.0-22.9 [GL-m]  
 上: tiltは1次トレンド除去  
 下: BAYTAP-Giにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去、tiltは1次トレンドも除去



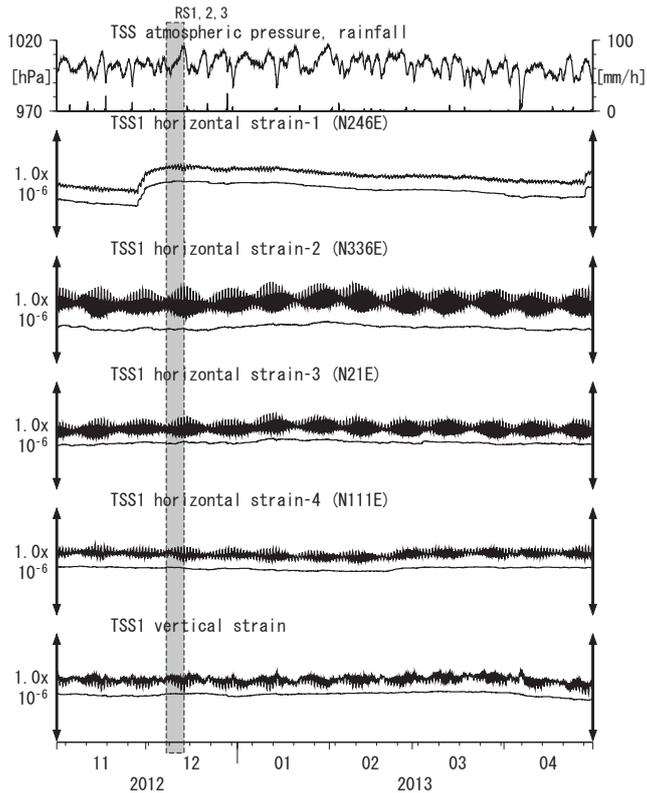








第29図 Crustal strains at TSS (時間値)  
(2012/11/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)

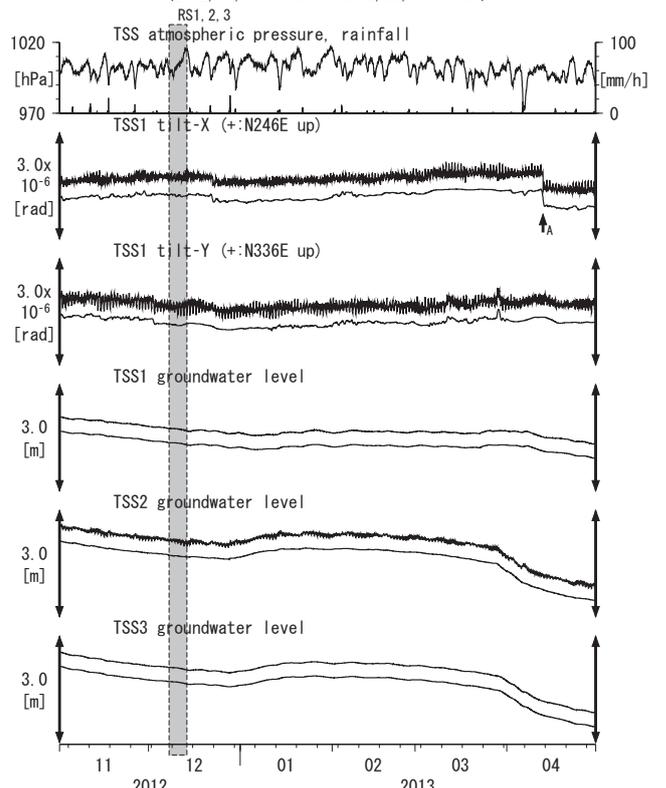


Strainmeter depth = 587.0-588.4 [GL-m]

上: 1次トレンドを除去

下: BAYTAP-Giにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、1次トレンドも除去

第30図 Tilt and groundwater level at TSS (時間値)  
(2012/11/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)



Tiltmeter depth = 586.2-587.0 [GL-m] A:2013/04/13 淡路島の地震 M6.3

TSS1 : Screen depth = 467.7-473.2 [GL-m]

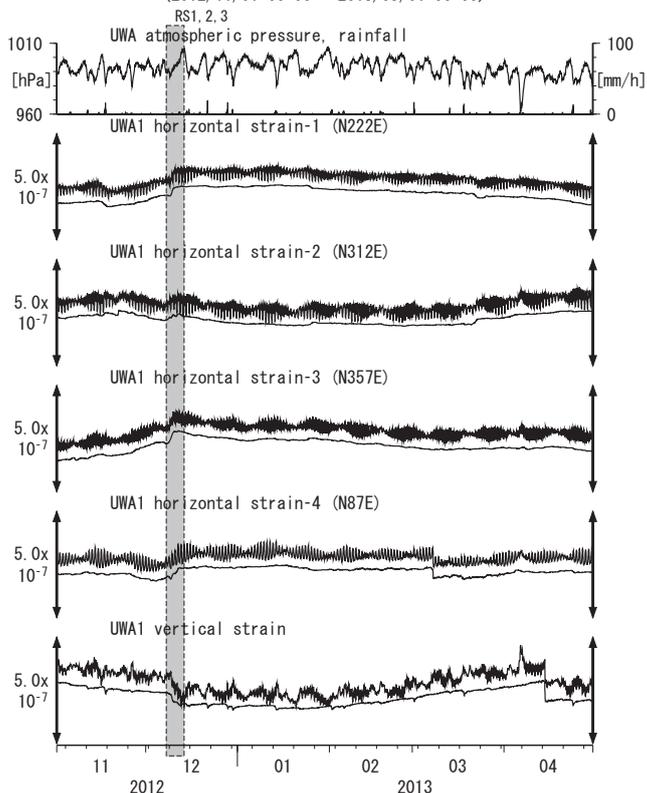
TSS2 : Screen depth = 238.9-244.3 [GL-m]

TSS3 : Screen depth = 129.1-134.6 [GL-m]

上: tiltは1次トレンドを除去

下: BAYTAP-Giにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、tiltは1次トレンドも除去

第31図 Crustal strains at UWA (時間値)  
(2012/11/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)

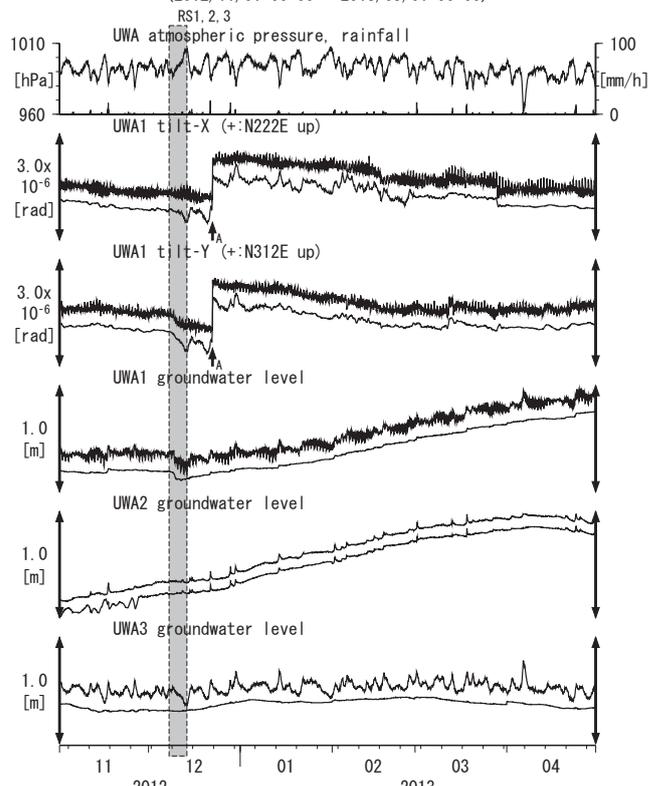


Strainmeter depth = 590.0-591.4 [GL-m]

上: 1次トレンドを除去

下: BAYTAP-Giにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、1次トレンドも除去

第32図 Tilt and groundwater level at UWA (時間値)  
(2012/11/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)



Tiltmeter depth = 589.2-590.0 [GL-m] A:2012/12/22 伊予灘の地震 M4.5

UWA1 : Screen depth = 446.4-457.4 [GL-m]

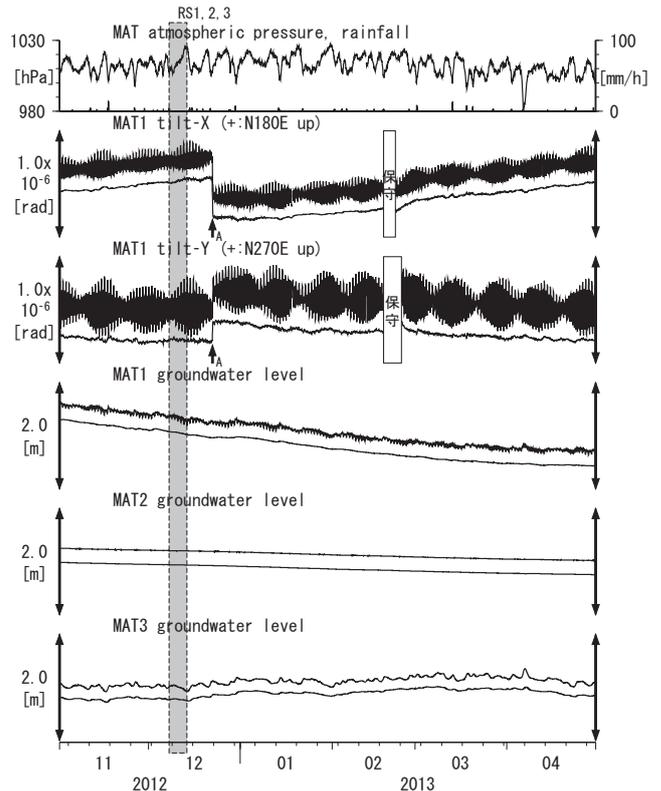
UWA2 : Screen depth = 68.9-79.9 [GL-m]

UWA3 : Screen depth = 13.6-18.4 [GL-m]

上: tiltは1次トレンドを除去

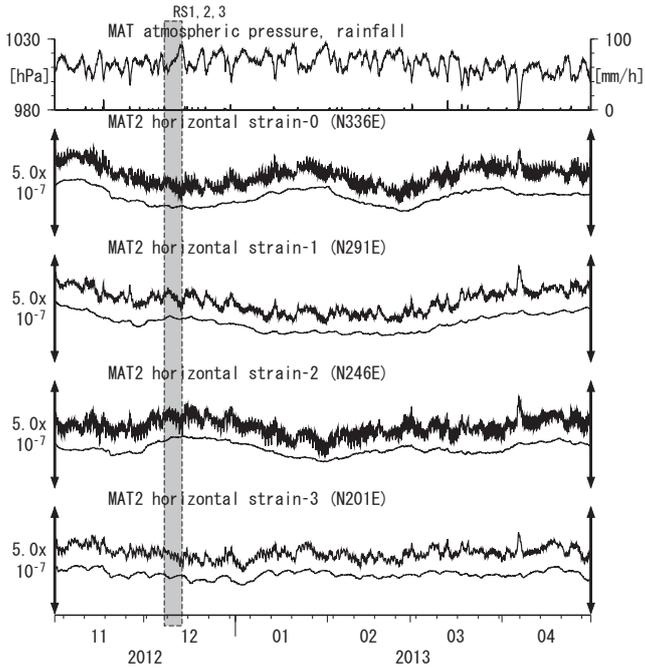
下: BAYTAP-Giにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、tiltは1次トレンドも除去

第34図 Tilt and groundwater level at MAT (時間値)  
(2012/11/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)

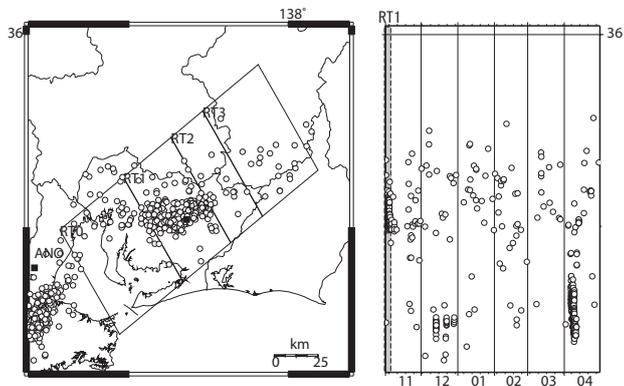


Tiltmeter depth = 596.7-597.3 [GL-m] A:2012/12/22 伊予灘の地震 M4.5  
MAT1 : Screen depth = 512.2-528.6 [GL-m]  
MAT2 : Screen depth = 170.2-181.1 [GL-m]  
MAT3 : Screen depth = 17.0-22.5 [GL-m]  
上: tiltは1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-Giにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、tiltは1次トレンドも除去

第33図 Crustal strains at MAT (時間値)  
(2012/11/01 00:00 - 2013/05/01 00:00)

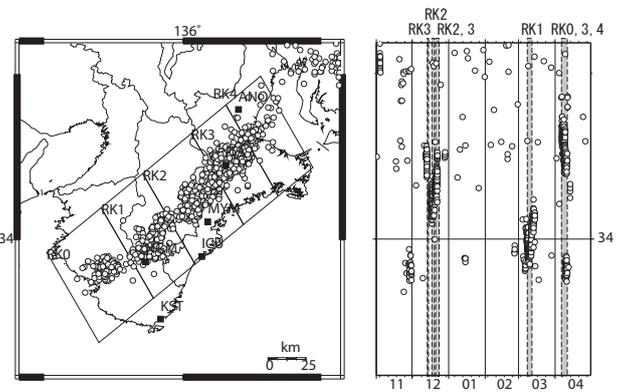
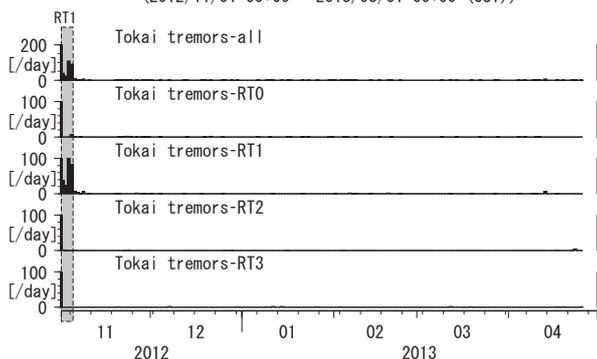


Strainmeter depth = 200.8-203.1 [GL-m]  
上: 1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-Giにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、1次トレンドも除去



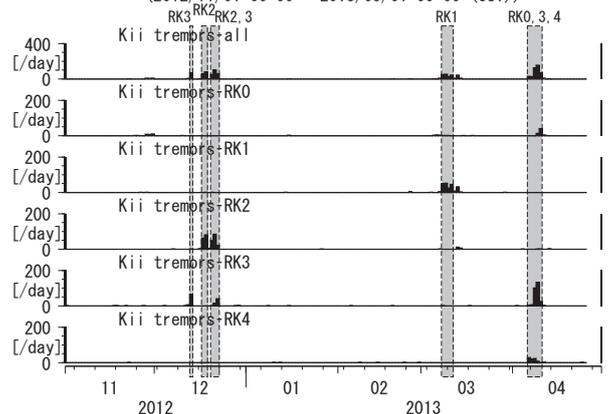
第35図 東海地方における深部低周波微動の時空間分布図(産総研による決定)

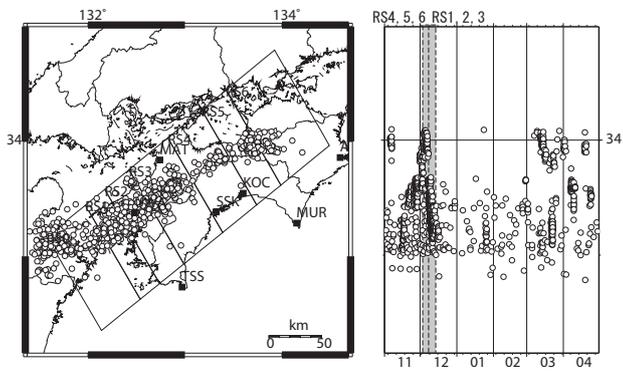
第36図 Deep low-frequency tremors in Tokai (日値)  
(2012/11/01 00:00 - 2013/05/01 00:00 (JST))



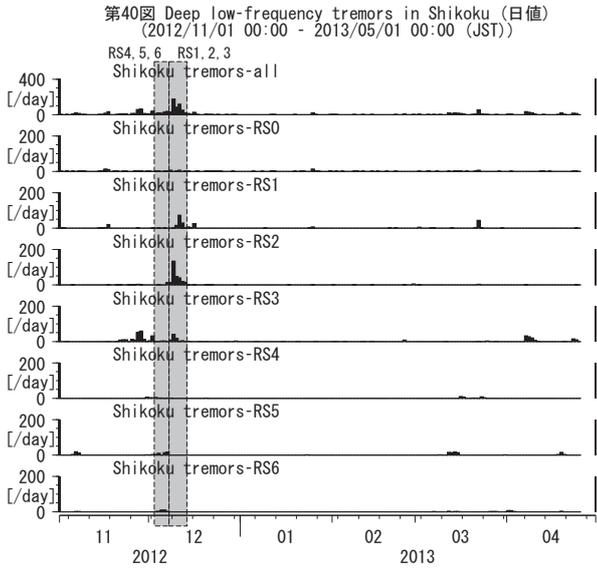
第37図 紀伊半島における深部低周波微動の時空間分布図(産総研による決定)

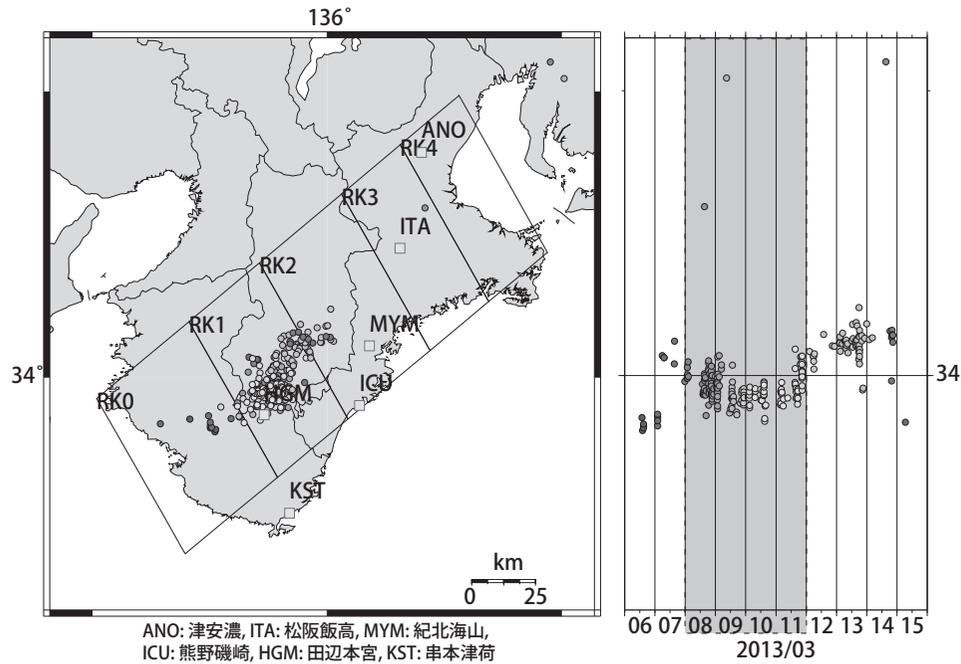
第38図 Deep low-frequency tremors in Kii Peninsula (日値)  
(2012/11/01 00:00 - 2013/05/01 00:00 (JST))



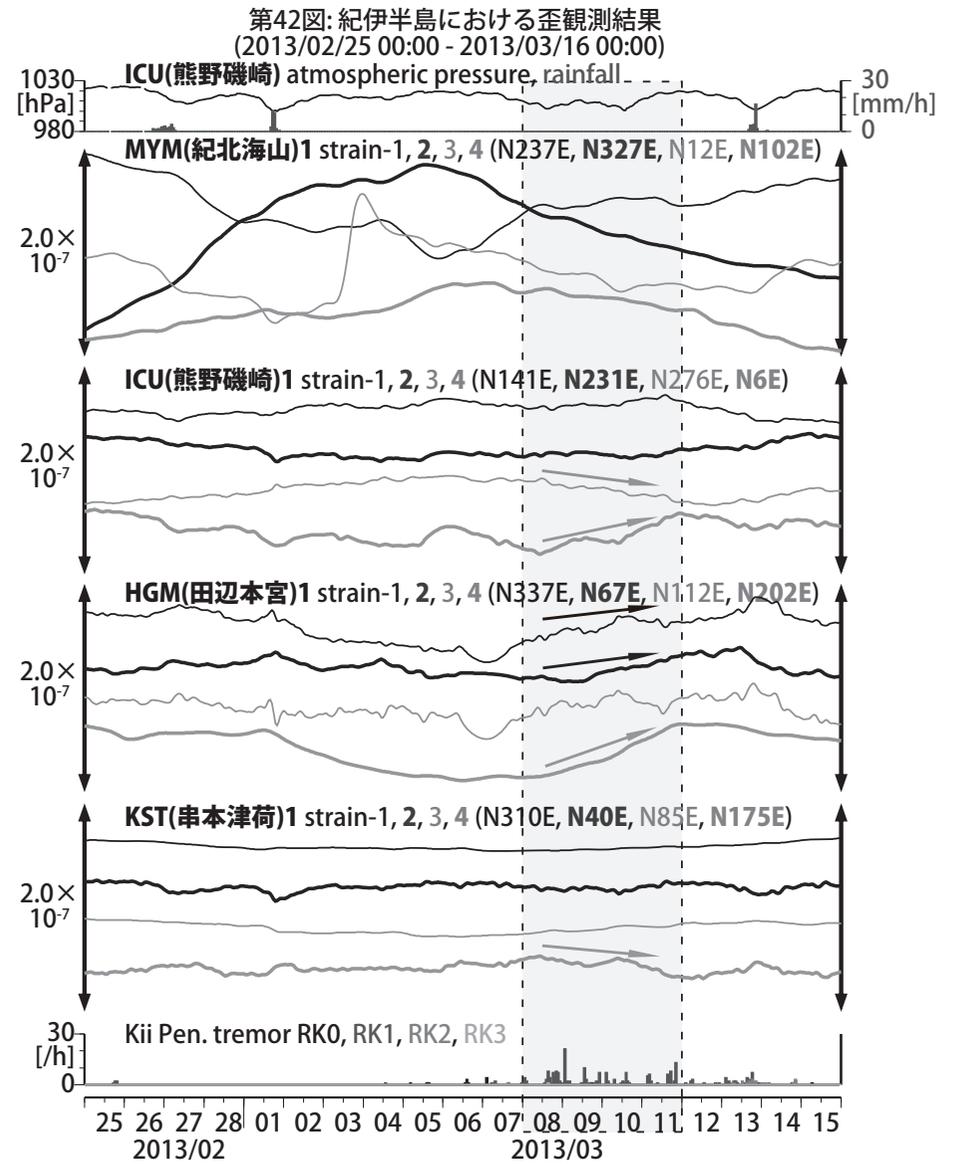


第39図 四国地方における深部低周波微動の時空間分布図(産総研による決定)

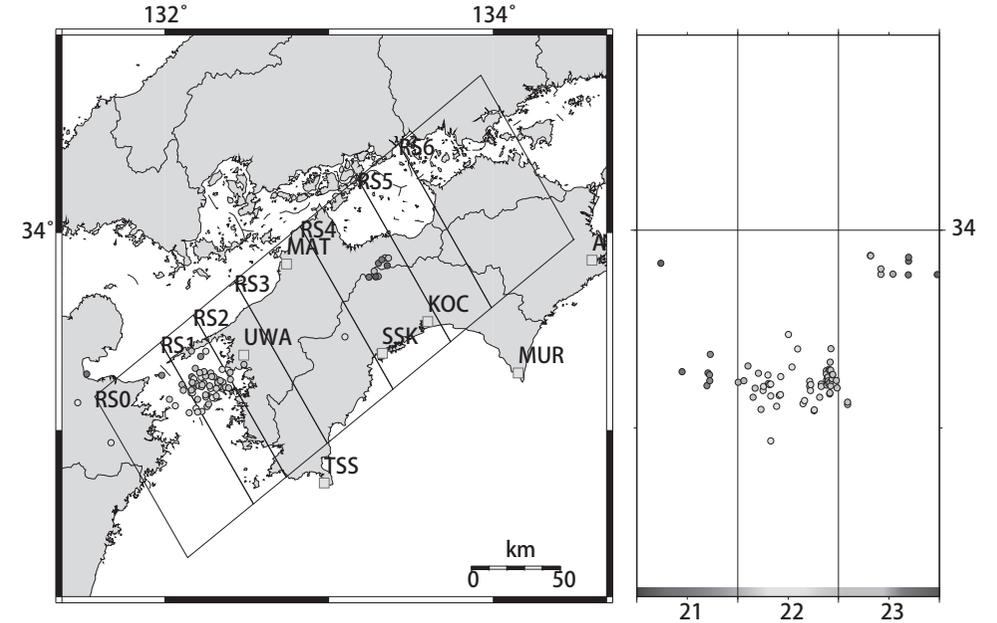
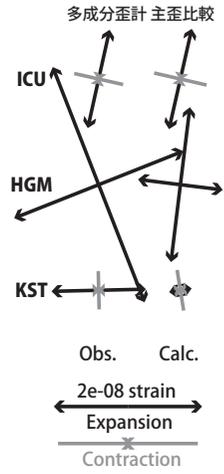
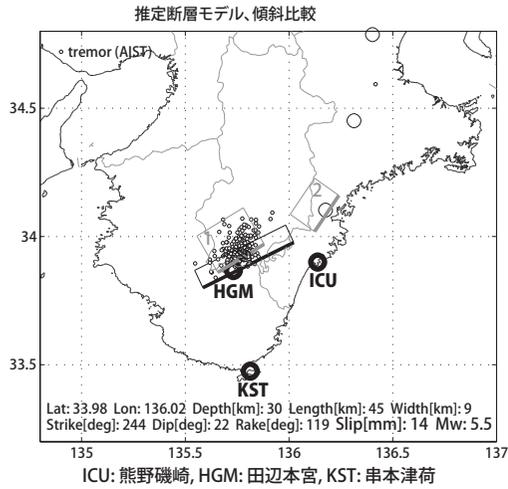
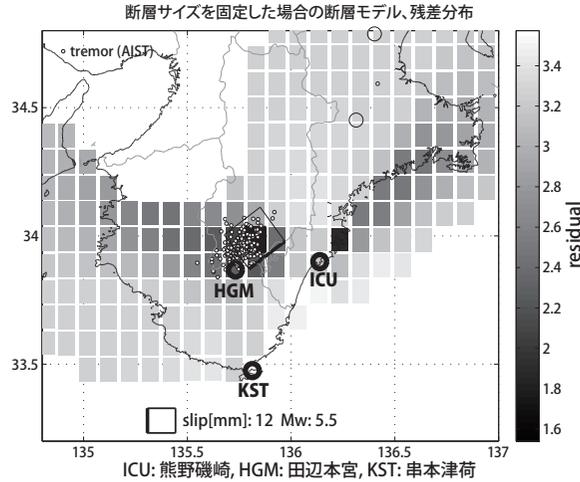




第41図: 2013/3/6 0:00 - 3/16 0:00 における紀伊半島の深部低周波微動の時空間分布図。  
 エンベロープ相関法により決定。



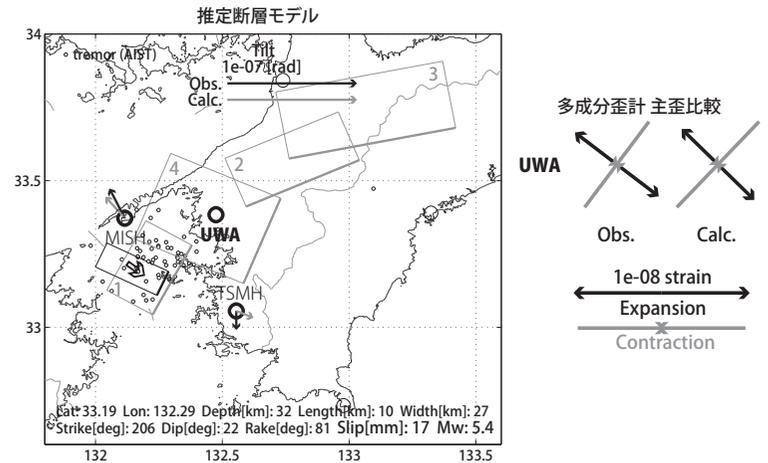
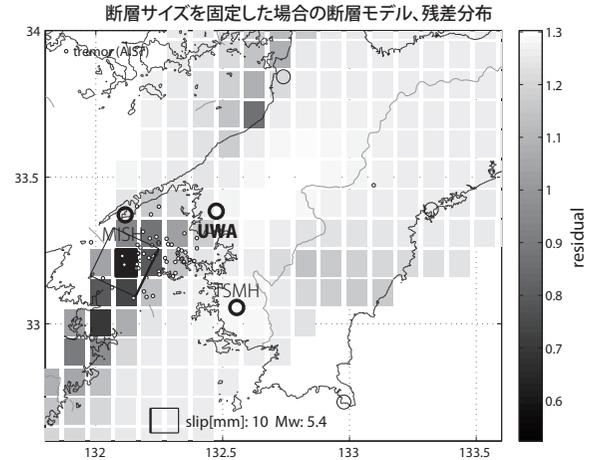
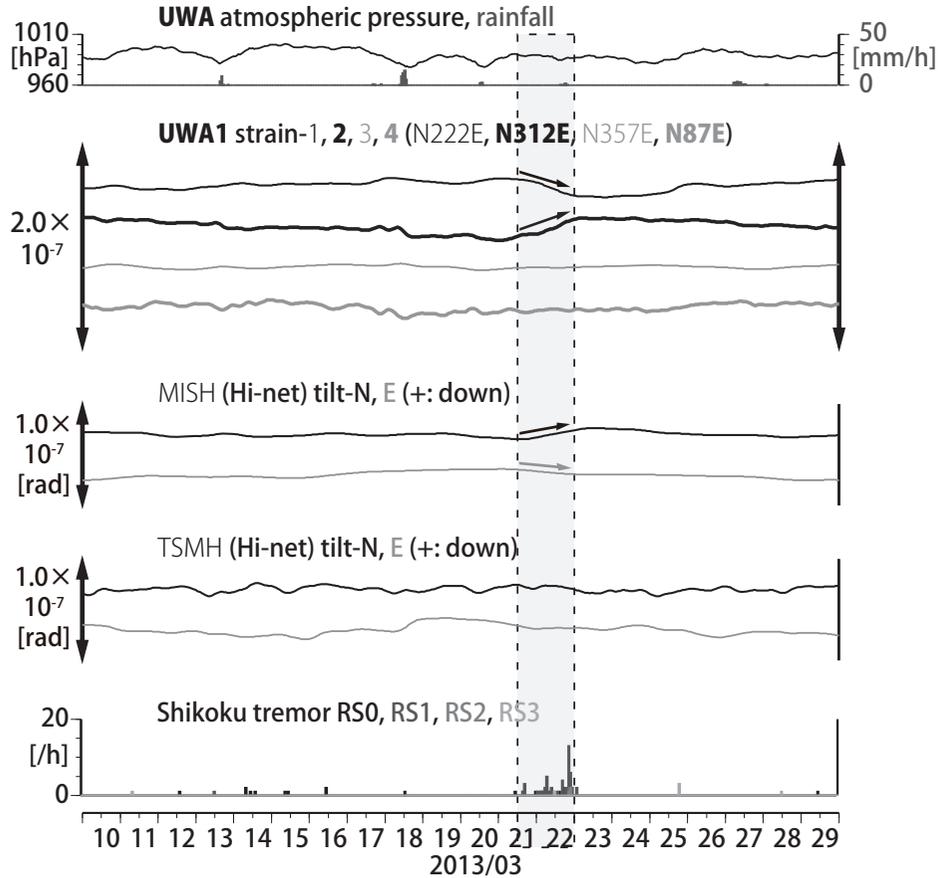
歪・傾斜は直線トレンド、潮汐・気圧応答・ノイズ成分除去 (BAYTAP-G)



第44図: 2013/3/21 0:00 - 3/24 0:00 における紀伊半島の深部低周波微動の時空間分布図。エンベロップ相関法により決定。

第43図: (上段)プレート境界面上のパッチ(断層面)をすべらせた際の、歪の観測値と計算値の残差分布図。断層面サイズは固定(20x20km)。黒色矩形は最小残差の断層面を表す。このパッチのすべり量、Mwを下部に示している。残差の小さい領域(色の濃い領域)が広くコントラストが低く、任意性が高いと考えられる。(下段)断層面推定結果(黒色矩形)。主歪の観測値とモデルからの計算値との比較を右側に示す。灰色の矩形は、最近周辺で発生した短期的SSEの推定断層面を示す。  
1: 2012年10月27-29日午前(微動域に限定した断層面推定), 2: 同年12月17-18日  
(共通)小さい黒色丸印は産総研による深部低周波微動の震央位置を示す。

第45図: 四国における歪・傾斜観測結果  
(2013/03/10 00:00 - 2013/03/30 00:00)

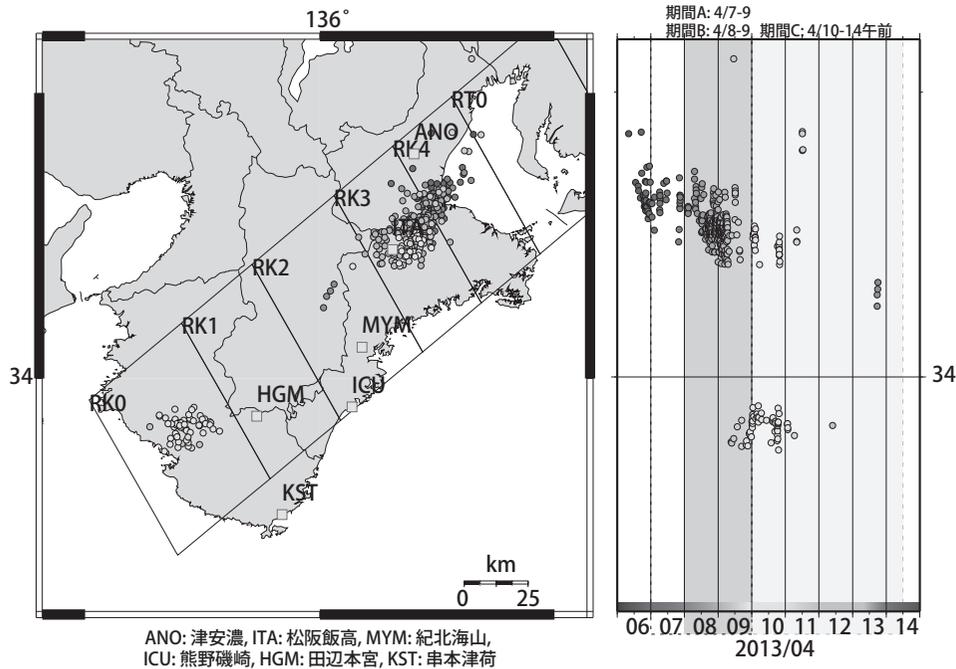


第46図: (上段)プレート境界面上のパッチ(断層面)をすべらせた際の、歪・傾斜の観測値と計算値の残差分布図。断層面サイズは固定(20x20km)。赤色矩形は最小残差の断層面を表す。このパッチのすべり量、Mwを下部に示している。

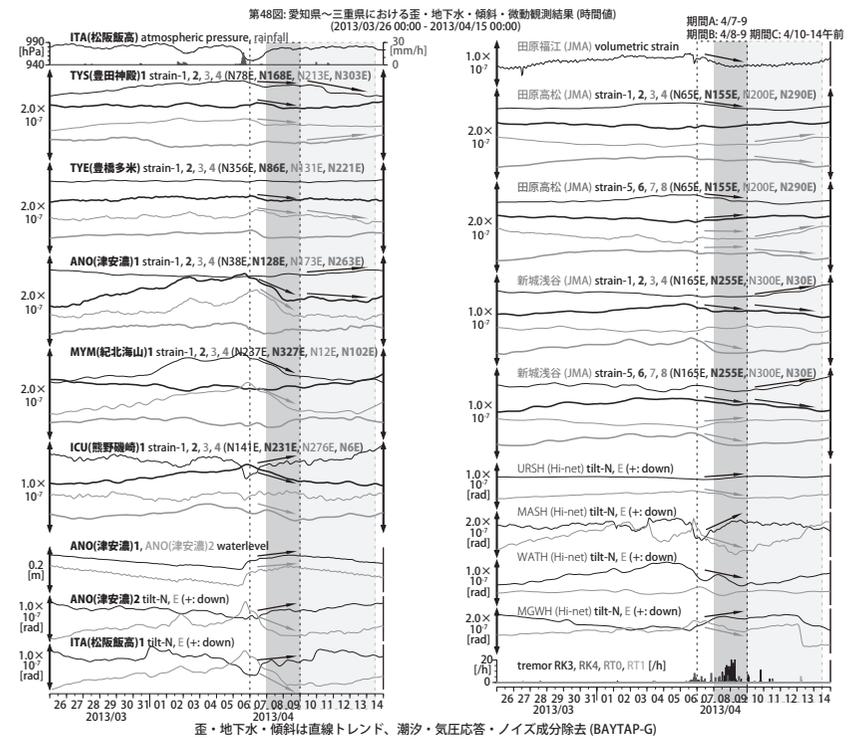
(下段)断層モデル推定結果(黒色矩形)。傾斜の観測値・モデルからの計算値との比較を地図内に、主歪および体積歪(地下水圧を変換)の観測値とモデルからの計算値との比較を右側に示す。灰色の矩形は、周辺で最近発生した短期的SSEの推定断層面を示す。

1: 2012年11月16-17日, 2: 同26-30日, 3: 12月1-3日, 4: 同9-11日

(共通)小さい黒色丸印は産総研による深部低周波微動の震央位置を示す。黒色太字は産総研の、黒色細字は防災科研Hi-netの観測点を、緑色は気象庁の観測点名を示す。

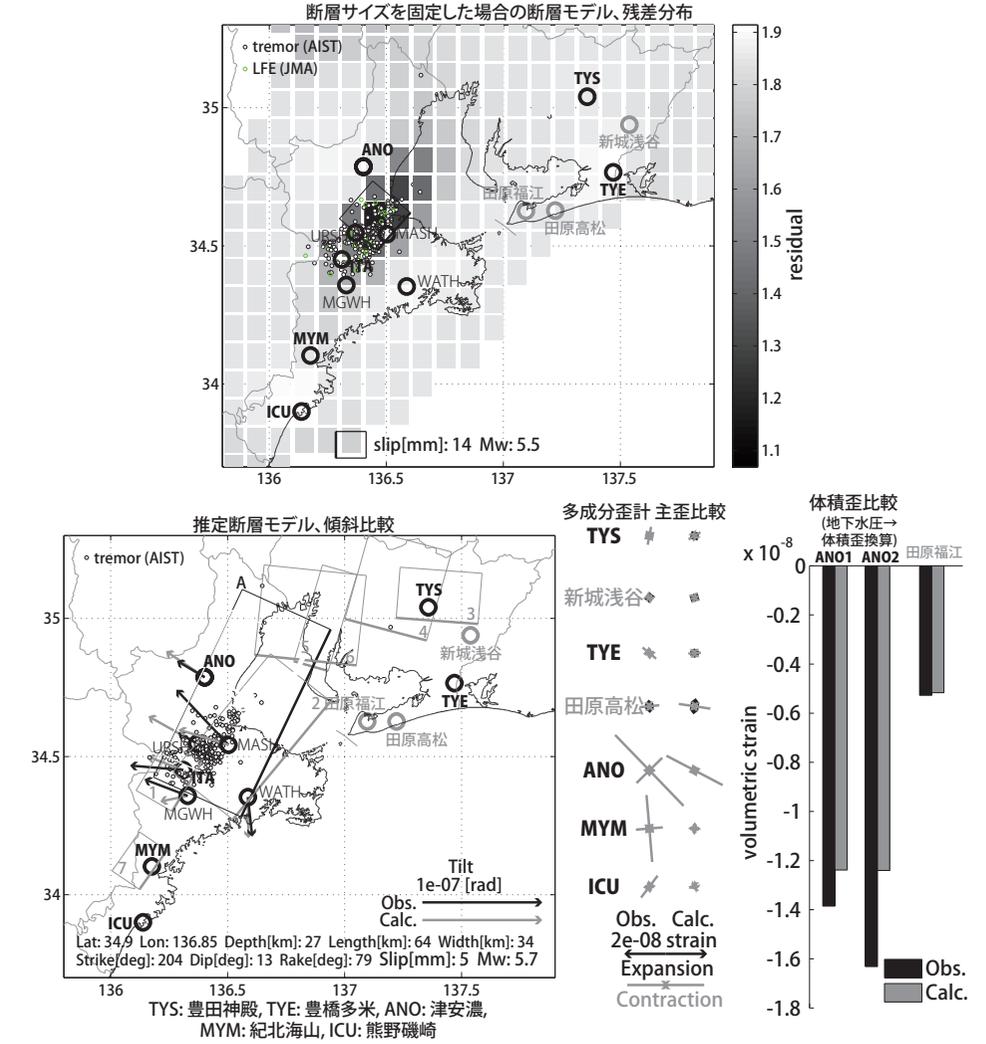
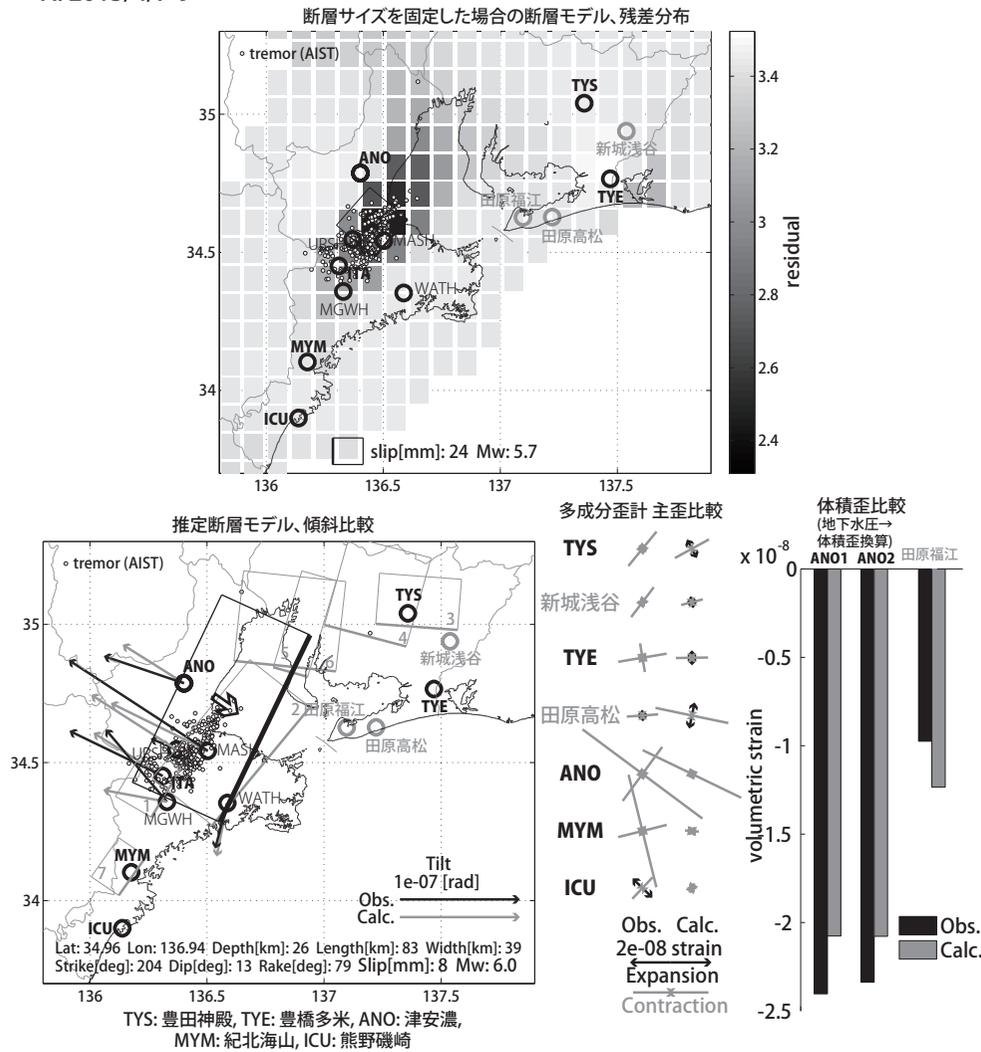


第47図: 2013/4/6 0:00 - 4/13 0:00 における紀伊半島の深部低周波微動の時空間分布図。  
エンベロープ相関法により決定。



A: 2013/4/7-9

B: 2013/4/8-9



第49図: (上段)プレート境界面上のパッチ(断層面)をすべらせた際の、歪・傾斜の観測値と計算値の残差分布図。断層面サイズは固定(20x20km)。黒色矩形は最小残差の断層面を表す。このパッチのすべり量、Mwを下部に示している。

(下段)断層面推定結果(黒色矩形)。灰色の矩形は、最近周辺で発生した短期的SSEの推定断層面を示す。  
 1: 2012年8月12-14日午前(Mw5.7), 2: 同年10月2-4日(Mw5.7), 3: 同月31日-11月2日(Mw5.5),  
 4: 同月3-5日(Mw5.7), 5: 同月21-26日(Mw5.6), 6: 同月22-23日(Mw5.5), 7: 同年12月17-18日(Mw5.3)  
 傾斜の観測値・モデルからの計算値との比較を地図内に、主歪および、体積歪(地下水圧は体積歪変換)の歪観測値・モデルからの計算値との比較を右側に示す。

(共通)小さい黒色丸印は産総研による深部低周波微動を示す。黒色太字は産総研の、黒色細字は防災科研Hi-netの観測点を、灰色は気象庁の観測点名を示す。

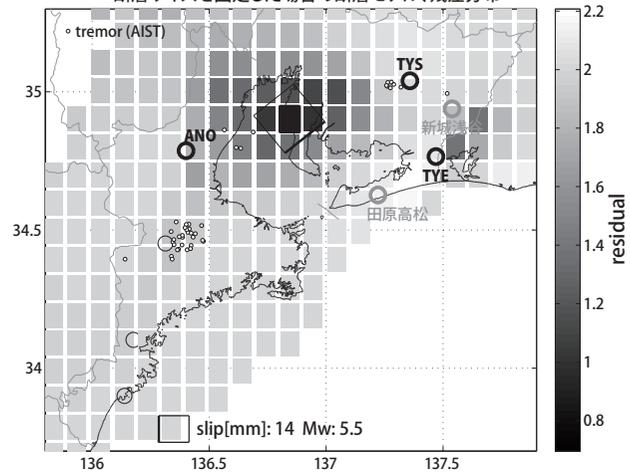
第50図: (上段)プレート境界面上のパッチ(断層面)をすべらせた際の、歪・傾斜の観測値と計算値の残差分布図。断層面サイズは固定(20x20km)。黒色矩形は最小残差の断層面を表す。このパッチのすべり量、Mwを下部に示している。

(下段)断層面推定結果(黒色矩形)。灰色の矩形は、最近周辺で発生した短期的SSEの推定断層面を示す。  
 1: 2012年8月12-14日午前(Mw5.7), 2: 同年10月2-4日(Mw5.7), 3: 同月31日-11月2日(Mw5.5),  
 4: 同月3-5日(Mw5.7), 5: 同月21-26日(Mw5.6), 6: 同月22-23日(Mw5.5), 7: 同年12月17-18日(Mw5.3)  
 傾斜の観測値・モデルからの計算値との比較を地図内に、主歪および、体積歪(地下水圧は体積歪変換)の歪観測値・モデルからの計算値との比較を右側に示す。

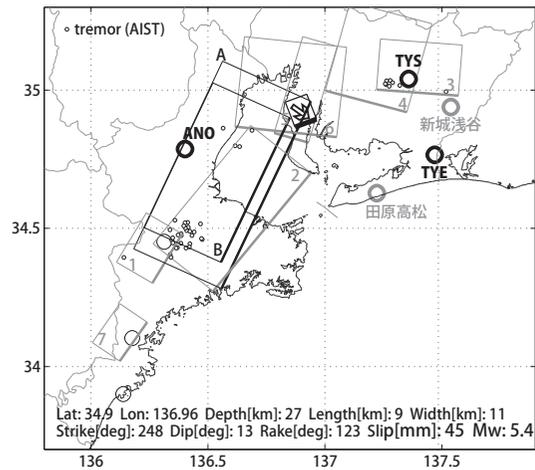
(共通)小さい黒色丸印は産総研による深部低周波微動を示す。黒色太字は産総研の、黒色細字は防災科研Hi-netの観測点を、灰色は気象庁の観測点名を示す。

C: 2013/4/10-14日午前

断層サイズを固定した場合の断層モデル、残差分布



推定断層モデル



多成分歪計主歪比較

TYS

新城浅谷

TYE

田原高松

ANO

Obs. Calc.

$2 \times 10^{-8}$  strain

Expansion

Contraction

第51図: (上段)プレート境界面上のパッチ(断層面)をすべらせた際の、歪・傾斜の観測値と計算値の残差分布図。断層面サイズは固定(20x20km)。黒色矩形は最小残差の断層面を表す。このパッチのすべり量、Mwを下部に示している。

(下段)断層面推定結果(黒色矩形)。灰色の矩形は、最近周辺で発生した短期的SSEの推定断層面を示す。

1: 2012年8月12-14日午前(Mw5.7), 2: 同年10月2-4日(Mw5.7), 3: 同月31日-11月2日(Mw5.5),

4: 同月3-5日(Mw5.7), 5: 同月21-26日(Mw5.6), 6: 同月22-23日(Mw5.5), 7: 同年12月17-18日(Mw5.3)

黒色矩形は、期間A(2013年4月7-9日)および期間B(同月8-9日)における推定断層面を示す。

主歪の歪観測値・モデルからの計算値との比較を右側に示す。

(共通)小さい黒色丸印は産総研による深部低周波微動を示す。黒色太字は産総研の、黒色細字は防災科研Hi-netの観測点を、灰色は気象庁の観測点名を示す。

# 鳥取県・岡山県・島根県における温泉水・地下水変化（2012年11月～2013年4月）

鳥取大学工学部・産業技術総合研究所

## 1. はじめに

鳥取県・島根県・岡山県は温泉が多く、その所在も地震活動と関連していると考えられる。この地方の特徴を生かし、国際ロータリー第2690地区、鳥取県西部地震義援金事業の一環として、温泉水の時間変化を観測網を山陰地方（鳥取県西部地震周辺及び鳥取県東部・岡山県北部地域）に整備し、地震活動との関連を調べている。

## 2. 観測

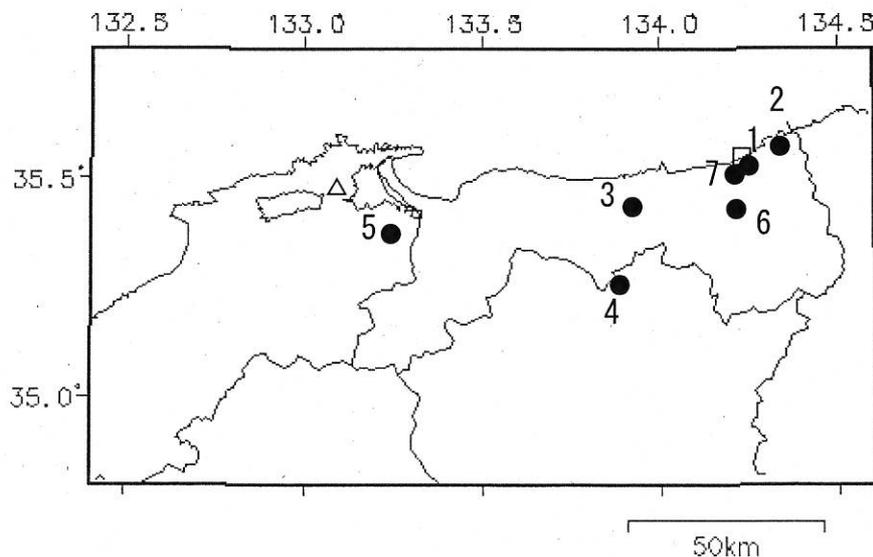
現在観測を行なっている地点は7点である（第1図）。観測方法としては、温泉井に水位計や温度計（分解能：1/100℃）を設置し、測定値をデータロガーにいったん収録した後、観測センター（鳥取大学工学部）へ電話回線を利用して転送する。観測センターには、データの回収・記録・解析システムを設置し、温泉データを地震データ等と比較して関係を調べる。解析の結果は、速報として観測センターのホームページで公開している（[http://www.geosd.jp/onsen\\_k/index.htm](http://www.geosd.jp/onsen_k/index.htm)）。

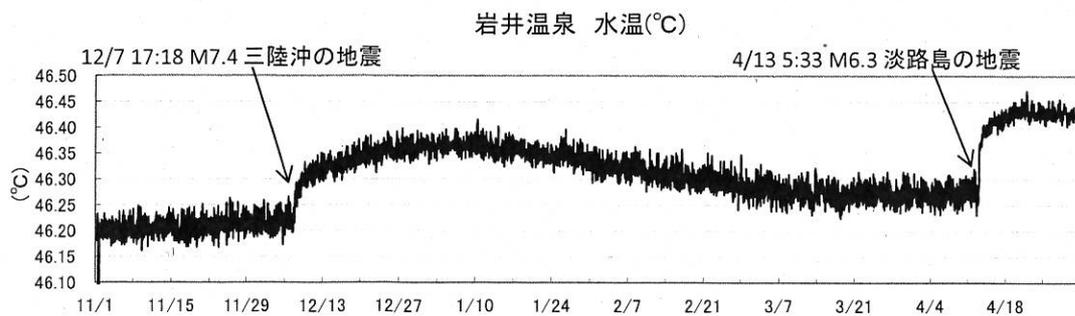
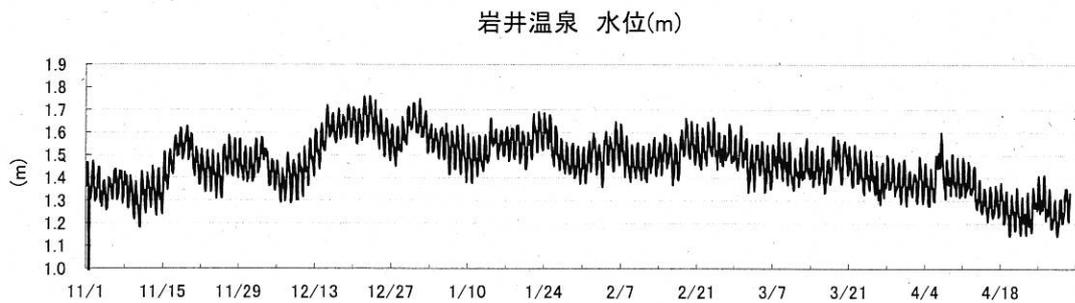
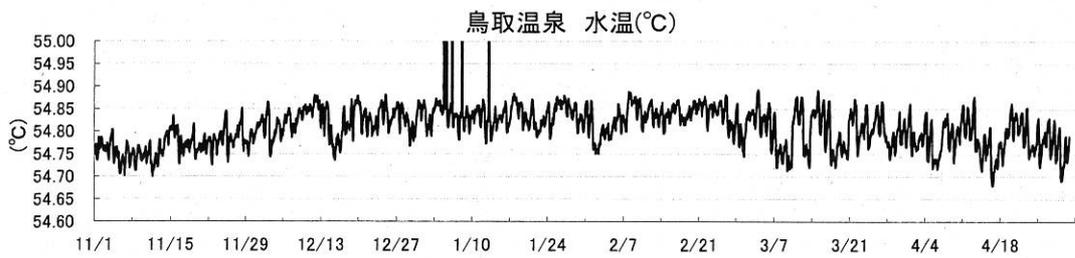
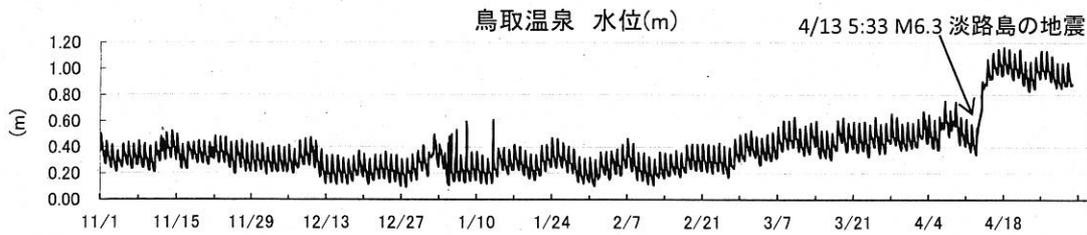
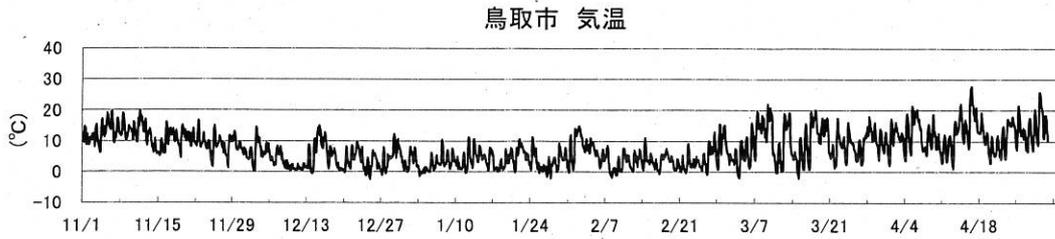
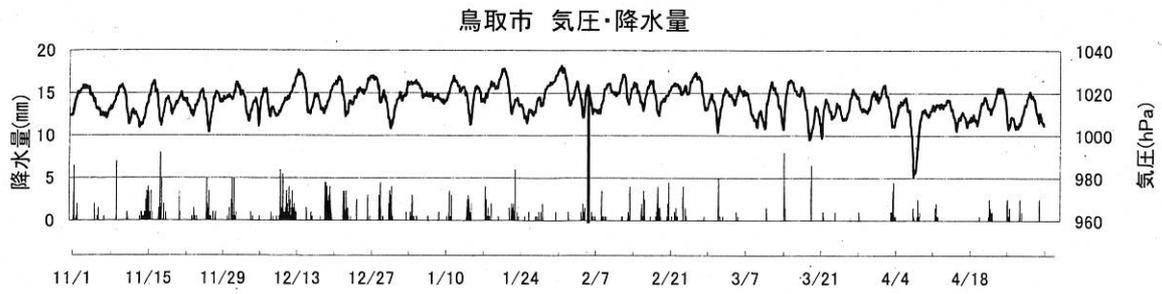
水位・水温の測定インターバルは10秒で1分間の平均値を記録している。温度センサーは、事前の温度検層により、湯谷温泉等を除いて、最も温度変化の大きい位置（深さ）に設置している（鳥取温泉175m、岩井温泉150m、三朝温泉25m、奥津温泉130m等）。なお、湯谷（第1図の6）と吉岡（7）では、2012年度からデータを現地集録に切り替えている。

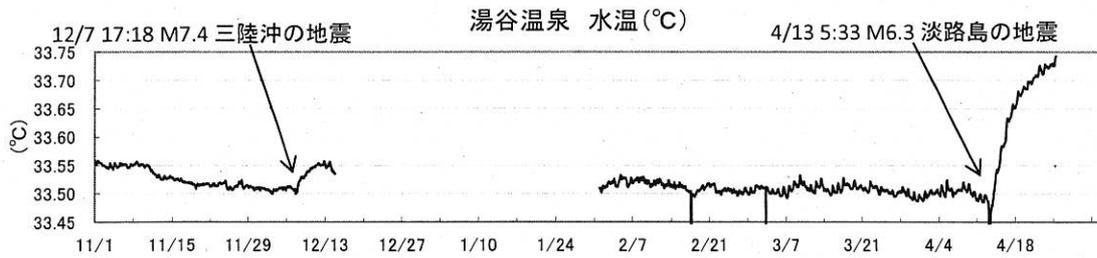
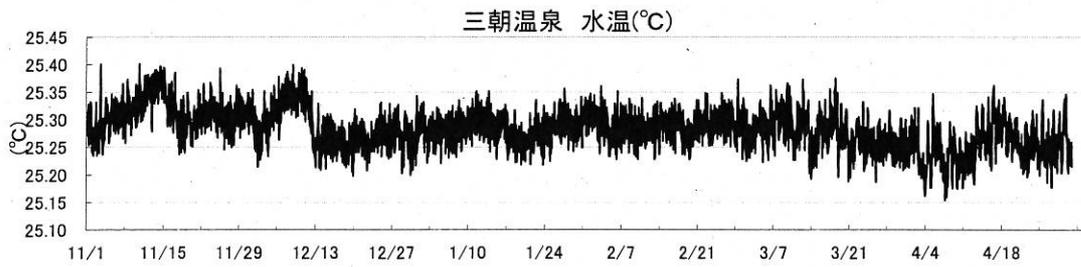
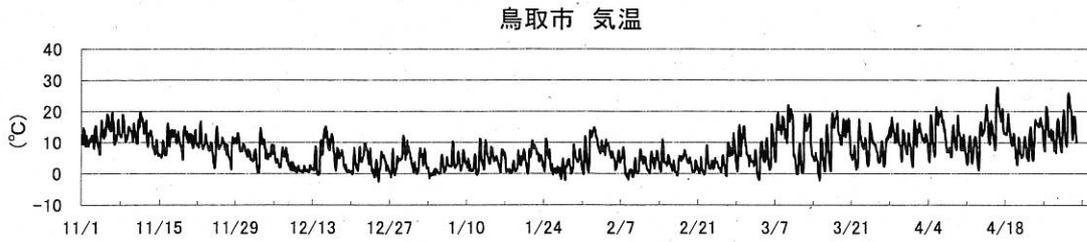
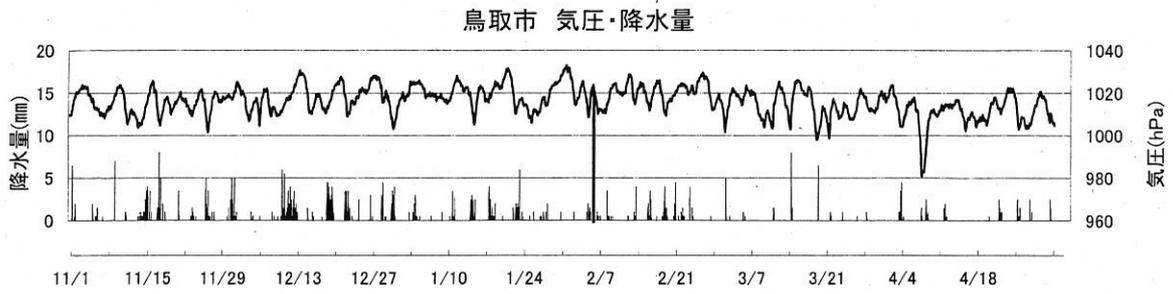
## 3. 結果（第2～4図）

結果（原則として1時間値）を第2～4図に示す。気圧や気温の記録は、鳥取や松江の気象台の測定値を用いている。2012年11月～2013年4月の間に、第1図の範囲内（北緯34.8～35.8度、東経132.4～134.6度）で深さ30km以浅でM4以上の地震はない。また、観測点周辺に震度2以上の揺れをもたらした地震は、2013年4月13日5時33分頃に発生した淡路島付近の地震（M6.2、深さ15km、観測点周辺の震度は3）。この地震の後に、鳥取温泉の水位および岩井温泉・湯谷温泉の水温に顕著な上昇が認められた。また、2012年12月7日の三陸沖の地震（M7.3、深さ49km、観測点周辺の震度1）の後に湯谷温泉と岩井温泉で水温の上昇が認められた（野口竜也・香川敬生・西田良平・小泉尚嗣）。

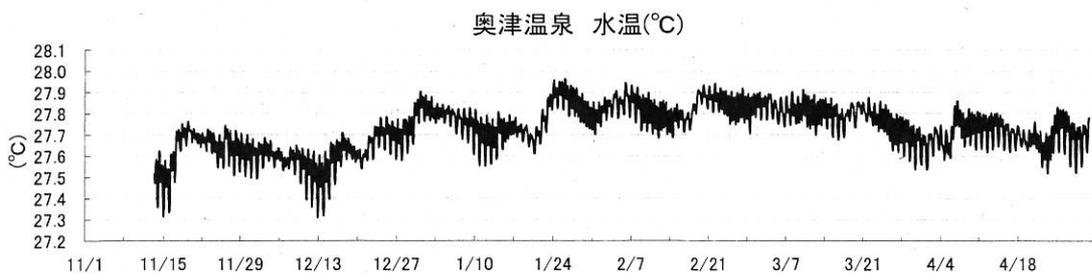
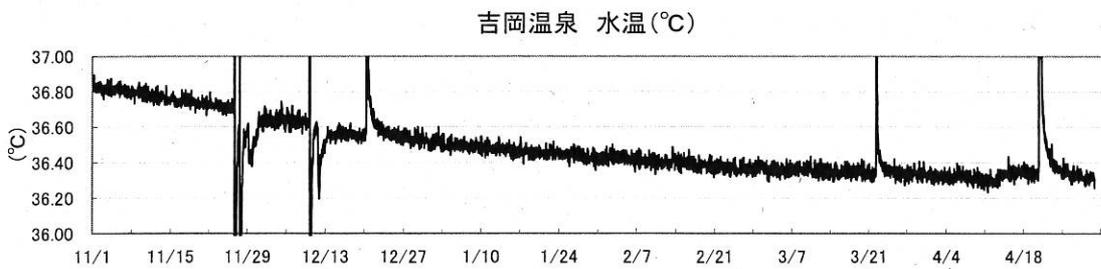
第1図 鳥取気象台（□）と松江気象台（△）および温泉水・地下水観測点（●）の分布。  
1：鳥取温泉，2：岩井温泉，3：三朝温泉，4：奥津温泉，5：鷲の湯温泉，  
6：湯谷温泉，7：吉岡温泉

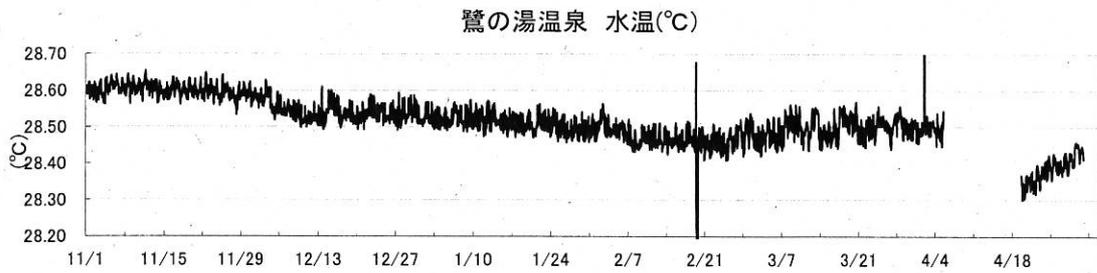
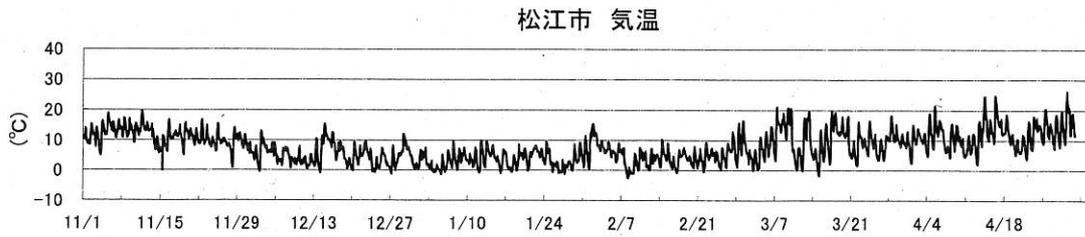
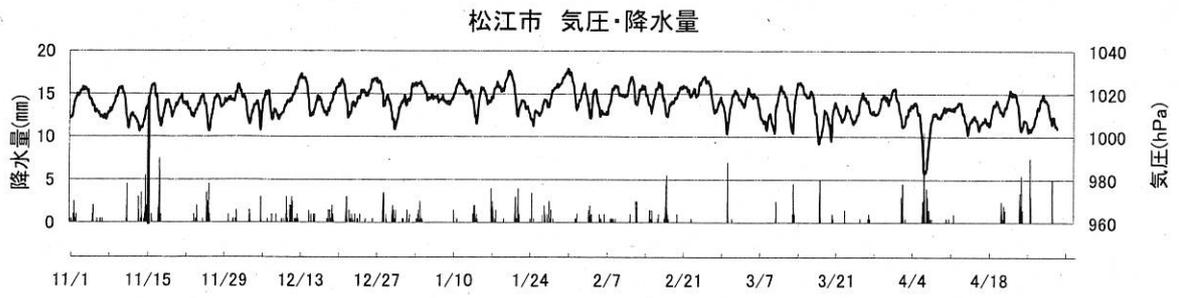






\*12/12/14~13/1/31計器不良のためデータ欠損





\* 13/4/5 ~ 4/19 計器不良のためデータ欠損

第4図

# 神奈川県西部地域の地下水位観測 (2013年2月～2013年4月)

神奈川県温泉地学研究所・産業技術総合研究所

## 1. はじめに

神奈川県温泉地学研究所では、神奈川県西部地震の予知研究の一環として、第1図・第1表に示した6箇所にて地下水位観測施設を整備し地下水位の連続観測を行っている。2013年2月-2013年4月の期間に重点をおいた観測結果を報告する。

## 2. 観測

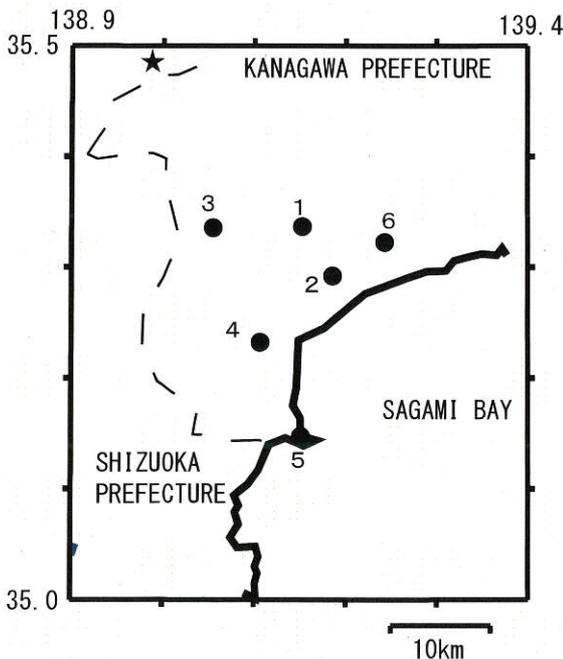
第1図の6箇所の観測点では、地下水位の他、気圧・降水量も1分サンプリングで観測を行っている。得られたデータは、1日1回テレメータにて温泉地学研究所に送信される。

## 3. 結果 (第2～3図)

結果を第2図 (原則1時間値, 真鶴・二宮のみ24時間平均値) と第3図 (原則0時の瞬時値) に示す。第1図の範囲内 (北緯35～35.5度, 東経138.9～139.4度) で、2013年2月～2013年4月に深さ30km以浅でM4以上の地震はない。同期間で、上記以外の地震で観測点周辺で震度2以上の揺れをもたらしたものは、

- 1) 2013年2月19日21時27分頃に発生した千葉県東方沖の地震 (M5.6, 深さ37km, 観測点周辺の震度1-2),
- 2) 2013年4月14日10時22分頃発生した埼玉県南部の地震 (M4.6, 深さ97km, 観測点周辺の震度は1-2),
- 3) 2013年4月17日17時57分頃発生した三宅島近海の地震 (M6.2, 深さ9km, 観測点周辺の震度は1-3),
- 4) 2013年4月21日12時22分頃発生した鳥島近海の地震 (M6.4, 深さ447km, 観測点周辺の震度は2),

の4つである。1時間値や日値で見るとこれらの地震の前後に特に変化はない (第2, 3図)。しかし、大井観測点の分値を見ると、3の地震に加え、2013年4月13日5時33分頃に発生した淡路島付近の地震 (M6.3, 深さ15km, 観測点周辺では無感) の時にコサイスマックな変化が認められる (第4図) (板寺一洋・原田昌武・小泉尚嗣)。



### 参考論文

横山尚秀・他, 1995, 神奈川県西部地震予知のための地下水位観測施設と地下水位解析, 温泉地学研究所報告, 26, 21-36.

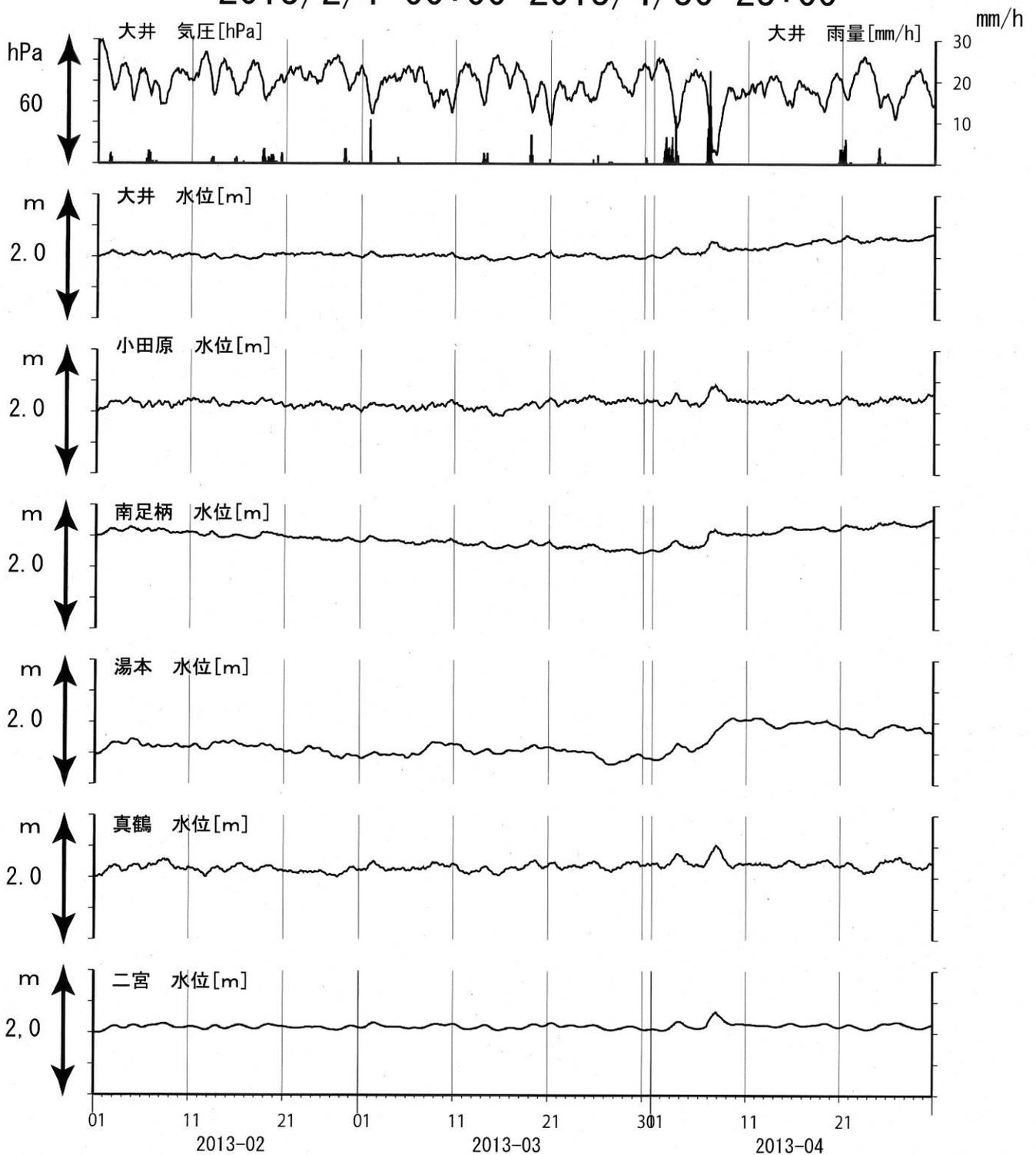
第1図 地下水観測点の分布 (●) と1月28日の山梨県東部・富士五湖の地震の主な震央 (★)。  
● 1 : 大井, ● 2 : 小田原, ● 3 : 南足柄, ● 4 : 湯本, ● 5 : 真鶴, ● 6 : 二宮。

第1表 : 地下水観測点の概要 (横山・他, 1995)

観測点名	標高 (m)	深度 (m)	スクリーン (m)	センサー位置 (m)	帯水層の地質
大井	47	300	270～300	18	更新統(固結レキ層)
小田原	22	300	270～300	15	更新統(固結泥岩層)
南足柄	143	150	120～150	32	足柄層群(固結レキ層)
湯本	67	300	250～300	20	早川凝灰角レキ岩
真鶴	40	300	250～300	43	箱根古期外輪山溶岩
二宮	51	500	450～500	13	先第四系(固結レキ層)

# 神奈川県西部地域の地下水位観測 中期(時間値)

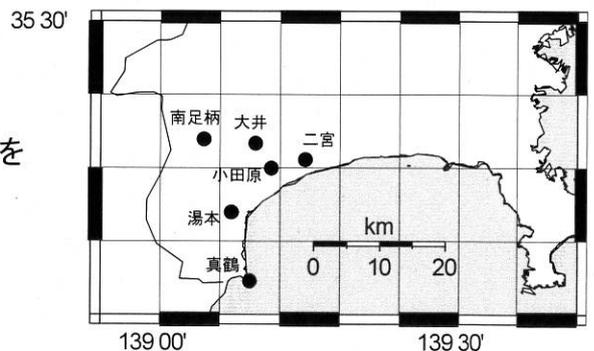
2013/2/1 00:00-2013/4/30 23:00



コメント：特記事項なし

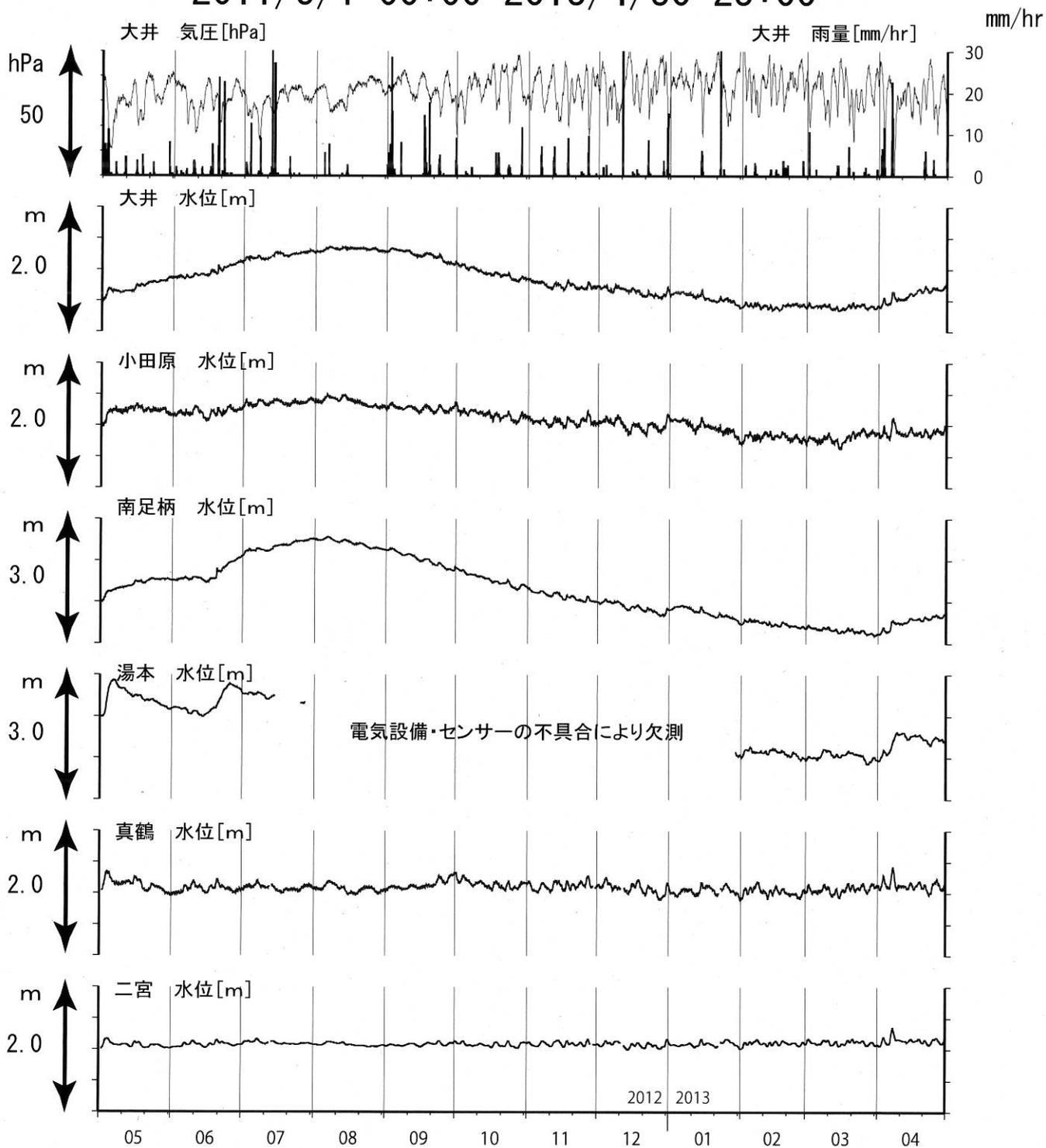
真鶴・二宮は潮汐の影響が大きいため日平均値を示している。他は一時間値(生データ)

## 第2図



# 神奈川県西部地域の地下水位観測 長期

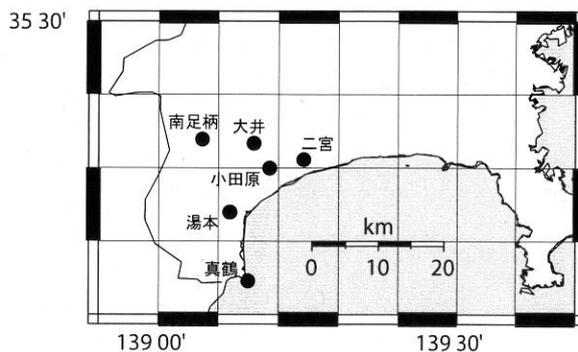
2011/5/1 00:00-2013/4/30 23:00

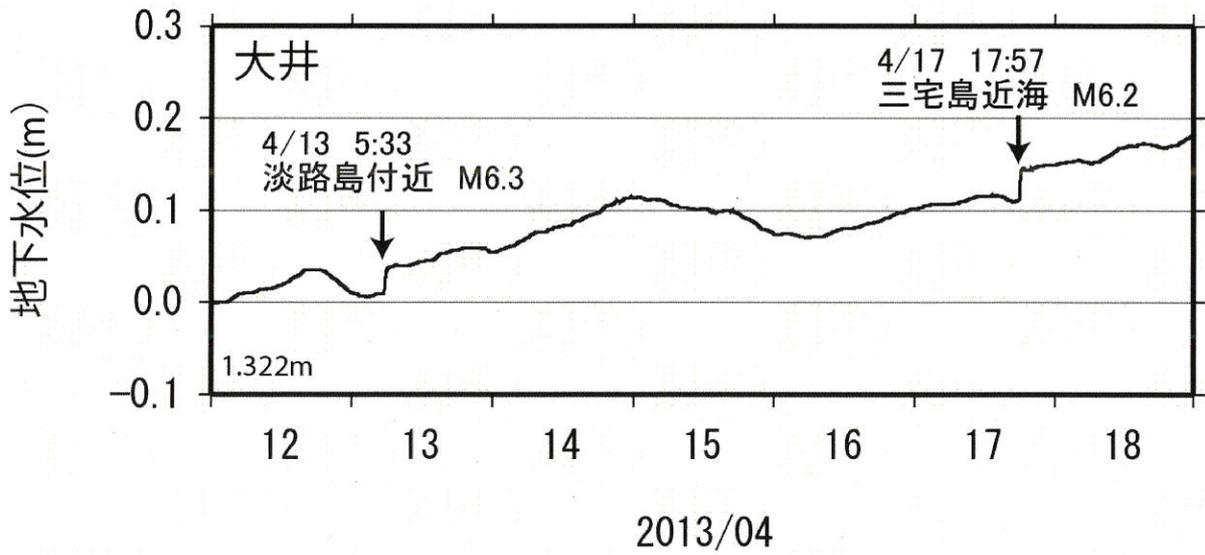


コメント：特記事項なし

真鶴・二宮以外は毎正時の瞬時値を示している。  
7月下旬以降の湯本の欠測は、観測点の電気設備  
およびセンサーの不具合による。

## 第3図





第4図 大井観測点の2013年4月12日～18日の1分毎の水位変化.

2013年4月13日5時33分頃に発生した淡路島付近の地震(M6.3)の後に、広範囲で水位・歪に変化が観測された。

第1図に地震直後の水位変化の空間分布を示すとともに、第2図と第3図に水位の観測結果を示す。第1図には地震の断層モデルによる体積歪変化も示した。使用した断層モデルは、気象庁による初動発震機構解 (<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/mech/ini/fig/mc20130413053317.html>) の震源情報および発震機構解の断層面解2を元に、松田(1975)の経験式により有限サイズの矩形断層(断層の長さを7.6km、断層の変位量を0.6mと与えた)に置き換えたモデルである。歪の計算には、MICAP-G(内藤・吉川, 1999)を用いた。第4図には、地震直後の水位の変化量と断層モデルによる各観測点の体積歪変化から推定した水位変化とを比較した図を示す。体積歪から水位への換算には、潮汐現象による歪感度係数(M2分潮)を用いた(北川ほか, 2004)。変化量の推定においては、地震波による振動の影響を避けて、地震発生後15分時点での変化量を推定した。観測された水位の上下変化は、ikdとtkzを除いて、断層モデルによる体積歪の伸縮と整合的である。12観測井では水位変化が断層モデルから推定される水位変化の0.1-10倍の範囲に含まれる。3観測井では0.1倍未満、2観測井では符号が反対である。観測された水位変化が断層モデルから推定される水位変化より大きかったのは3観測井で、小さかったのは10観測井である。使用した断層モデルのモーメントが実際よりも大きいのかもかもしれない。これらの地震直後の水位変化の多くは、断層変位による地殻変動(静的な体積歪変化)によって生じたと考えて良さそうである。なお、hrbとsedでは今回の断層モデルによる体積歪は縮みであるが、震源断層近傍に位置するため、想定される体積歪変化は計算に使用する断層モデルに大きく依存する。今回の地震の前に水位変化は観測されなかった。

第5図に地震直後の歪変化(主歪場)を示すとともに、第6図と第7図に歪の観測結果を示す。第5図には地震の断層モデルによる主歪場も示した。使用した断層モデルは第1図と同じである。第8図には、地震直後に観測された歪の変化量を面積歪に換算した結果と断層モデルによる面積歪変化を示す。主歪場は、hno・ohr・tkz・yst1では整合的である。bndでは主歪の方向に違いが見られる。ngrでは主歪の大きさに違いが見られる。tnnでは一致しない。面積歪の伸縮についてはすべて一致するが、大きさについては必ずしも一致しない。原位置キャリブレーションによる観測値の補正を行っていないことが原因の一つと考えられる。

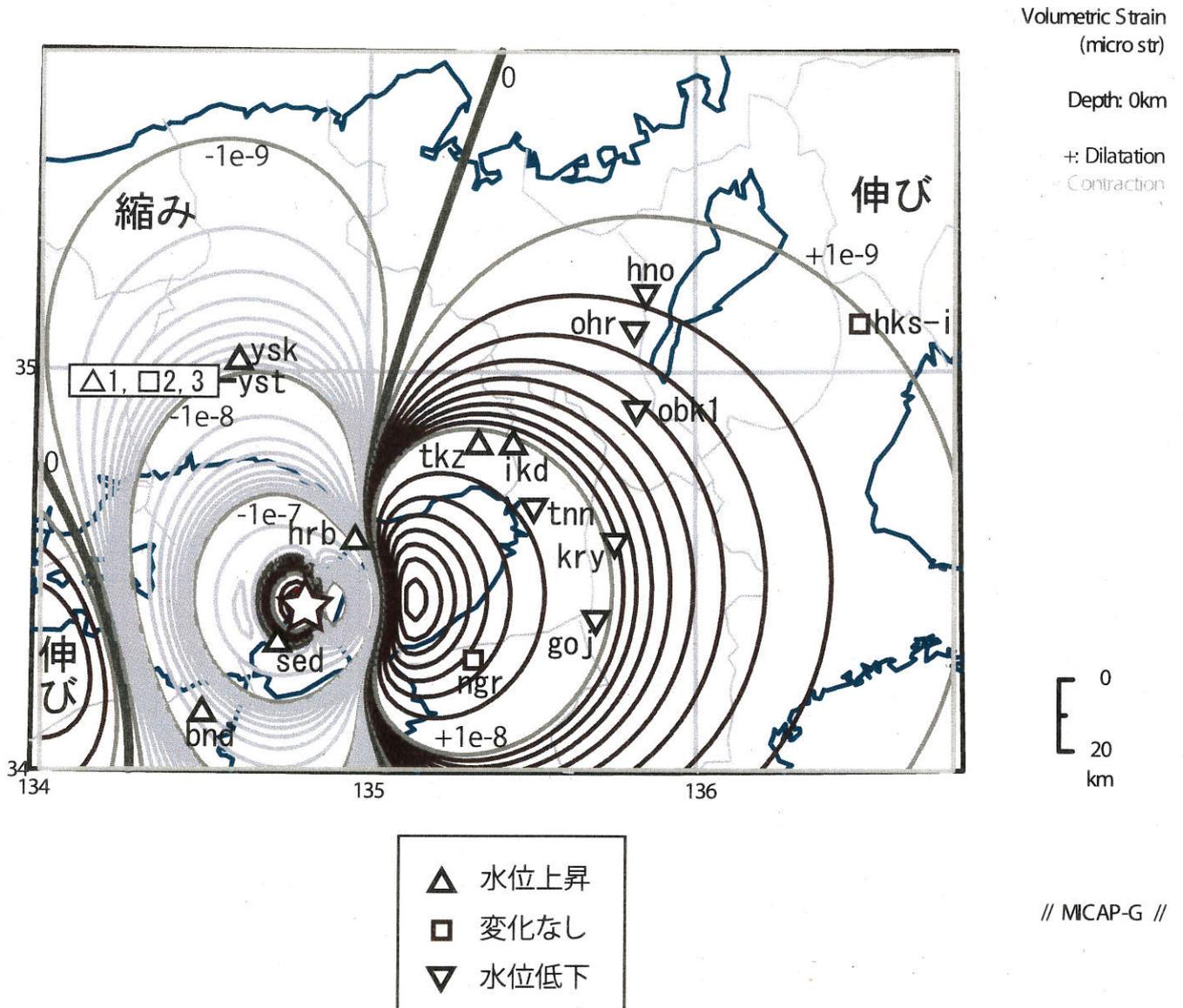
第9図に地震後の長期的な水位変化(地震後24時間以上)の空間分布を示すとともに、第10図に水位の観測結果を示す。最大の水位変化は、淡路島内に位置するhrbでの約2.3mの水位低下であった。これらの長期的な水位変化の原因は、断層変位による地殻変動(静的な体積歪変化)ではなく、地震動が帯水層の透水係数変化などの現象を引き起こして、帯水層内の地下水が流動したためではないかと考えられる。

(北川有一・松本則夫)

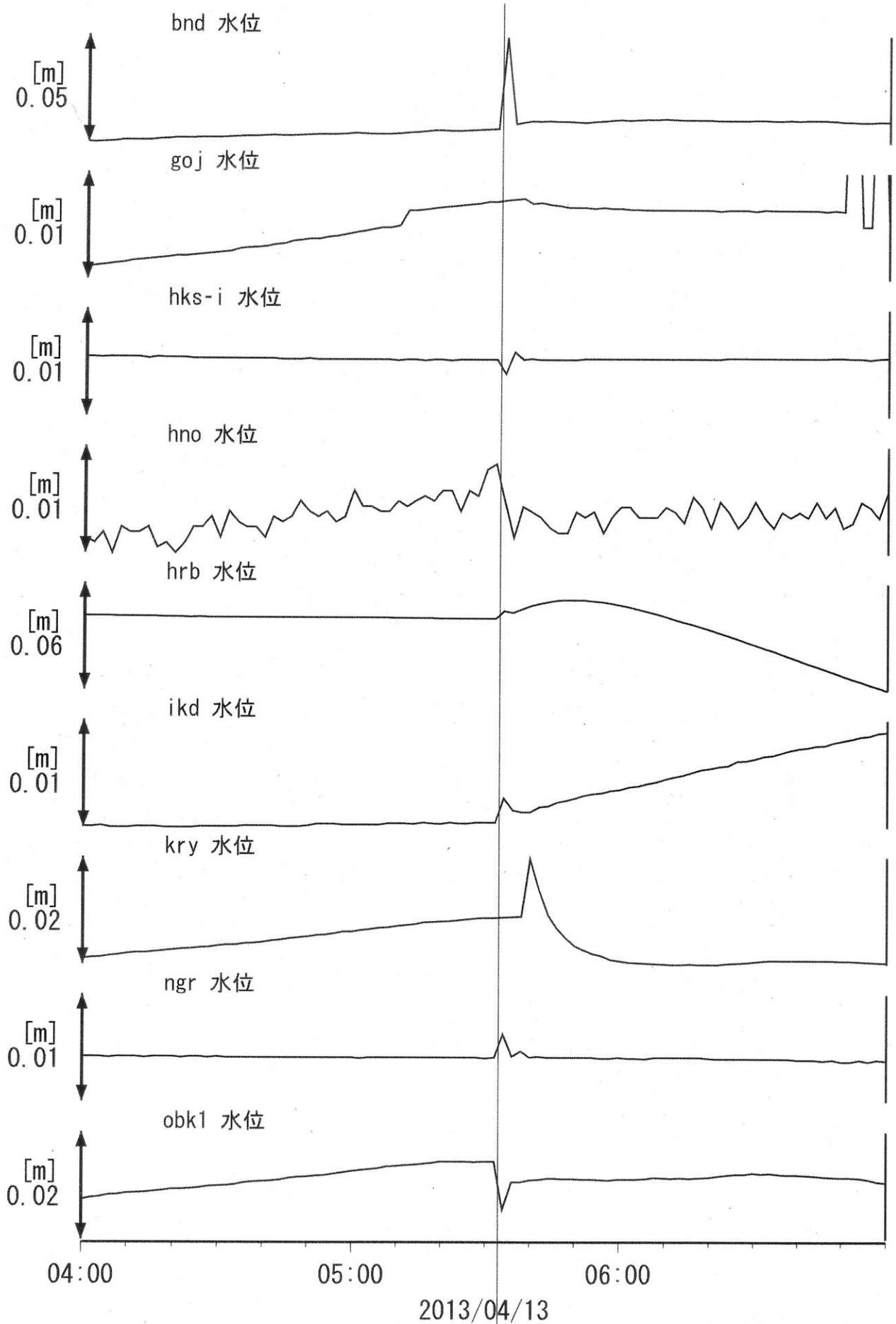
#### 文献

- 松田時彦, 活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震2, 28, 269-283, 1975.  
内藤宏人・吉川澄夫, 地殻変動解析支援プログラムMICAP-Gの開発, 地震2, 52, 101-103, 1999.  
北川有一・小泉尚嗣・高橋 誠・松本則夫・佐藤 努・桑原保人・伊藤久男・長 秋雄・佐藤隆司・佃 栄吉, 近畿地方及びその周辺における産業技術総合研究所地下水観測点での地下水位の気圧応答, 地質調査研究報告, 55, 5/6, 129-152, 2004.

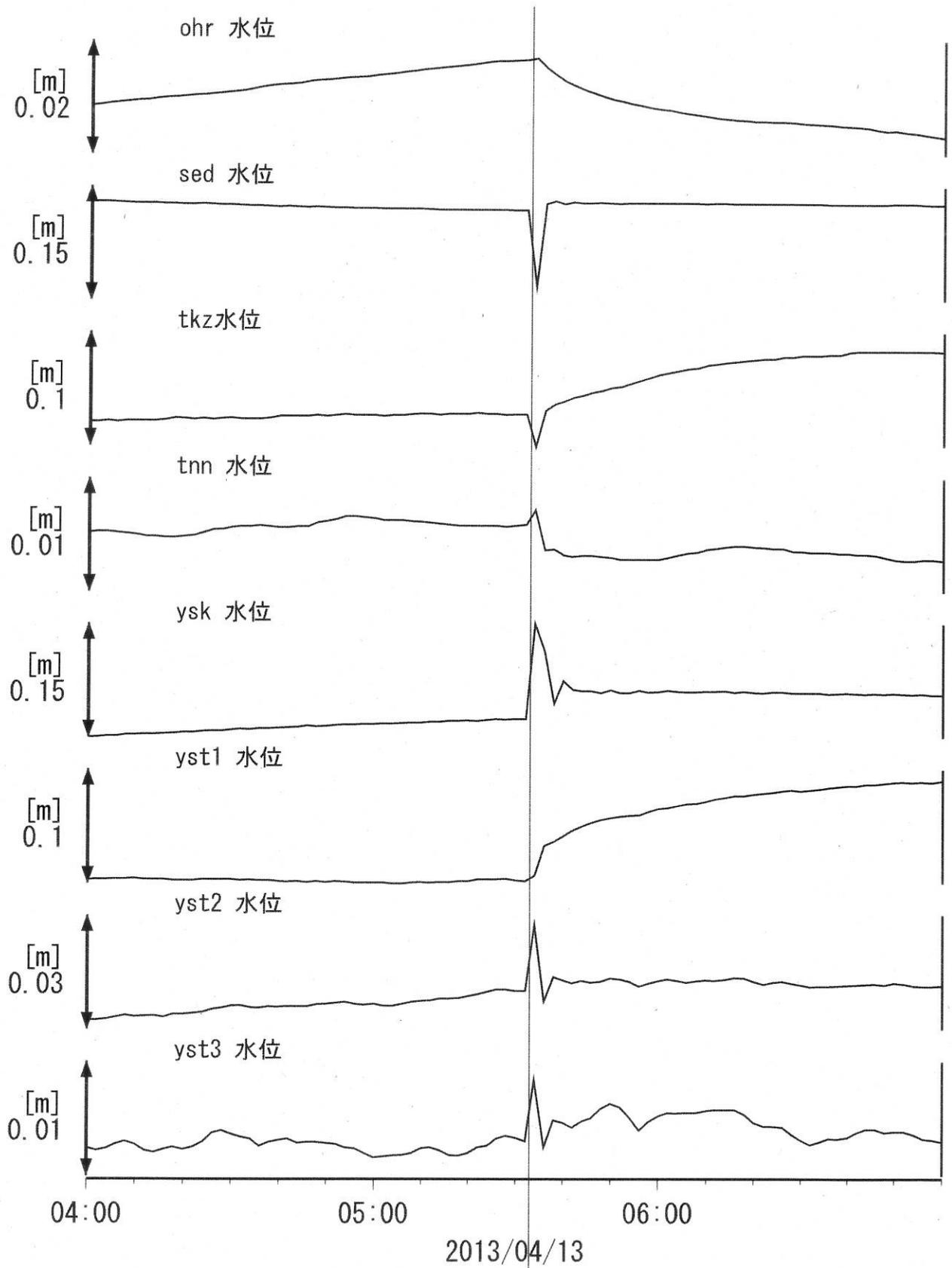
地震直後の水位変化と断層モデルから計算される体積歪変化



2013/4/13 淡路島付近の地震 (M6.3) 前後の水位変化  
(2013/04/13 04:00 - 2013/04/13 07:00)

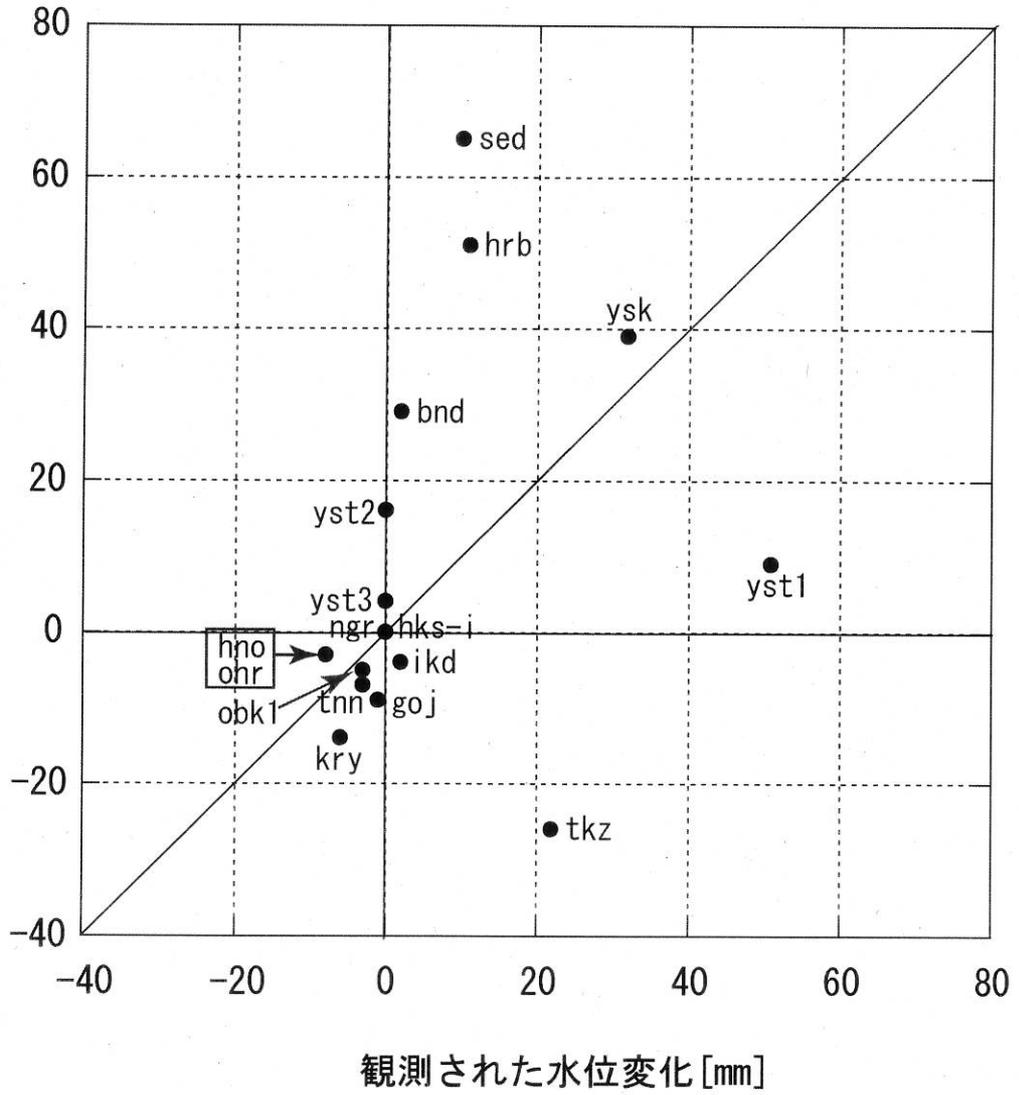


2013/4/13 淡路島付近の地震(M6.3)前後の水位変化  
(2013/04/13 04:00 - 2013/04/13 07:00)



淡路島付近の地震M6.3

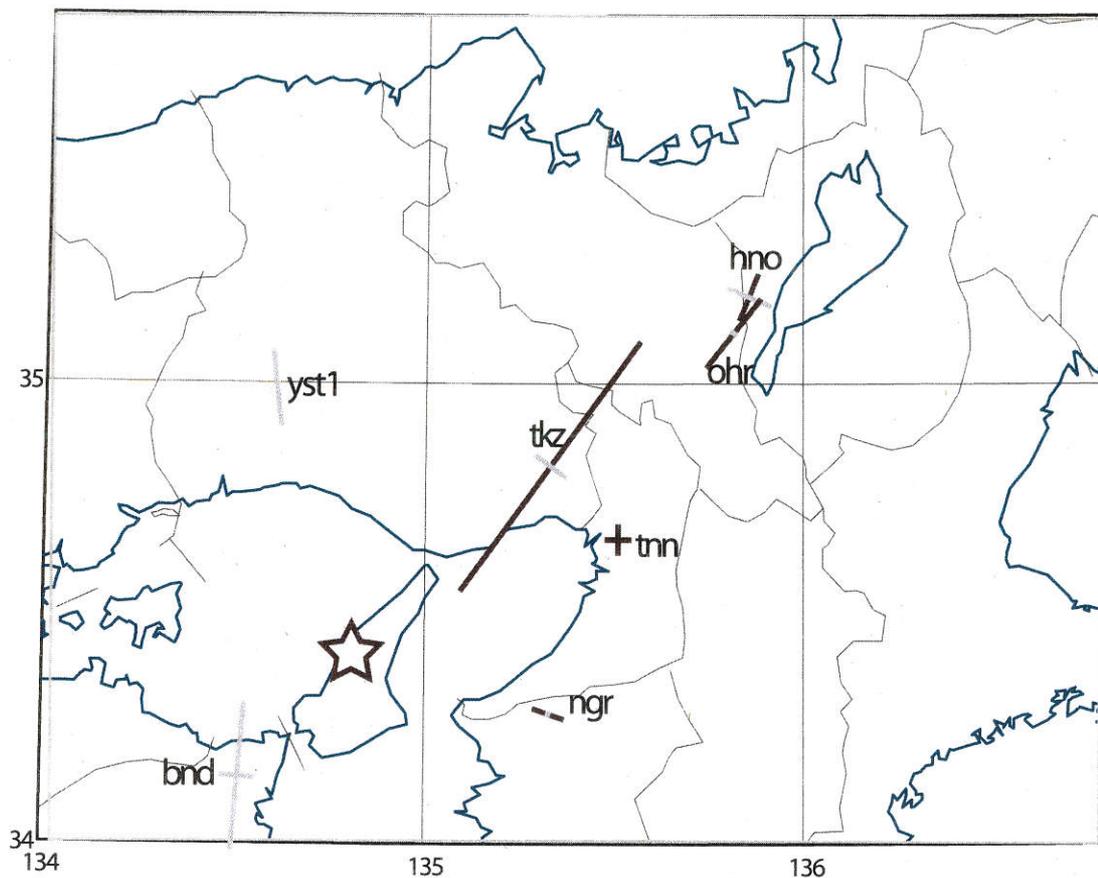
断層モデルから推定される水位変化 [mm]



地震直後に観測された歪変化の主歪場

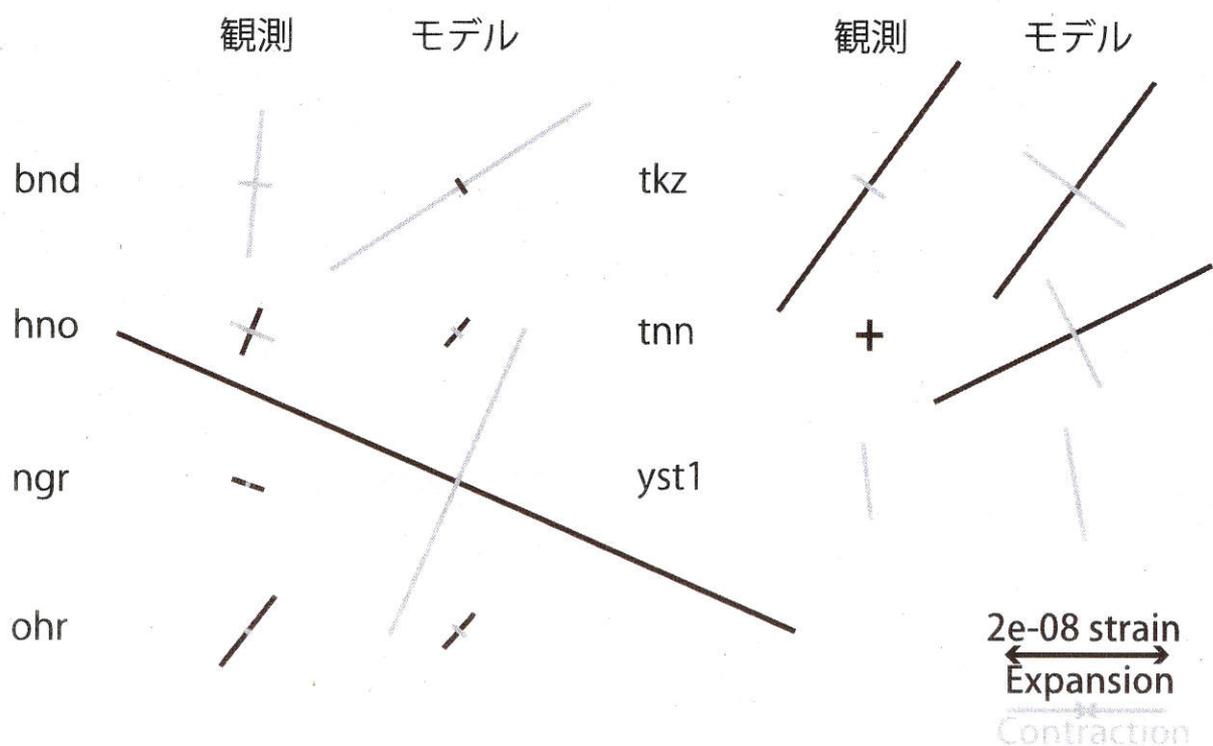
Principal Strain

Depth: 0km

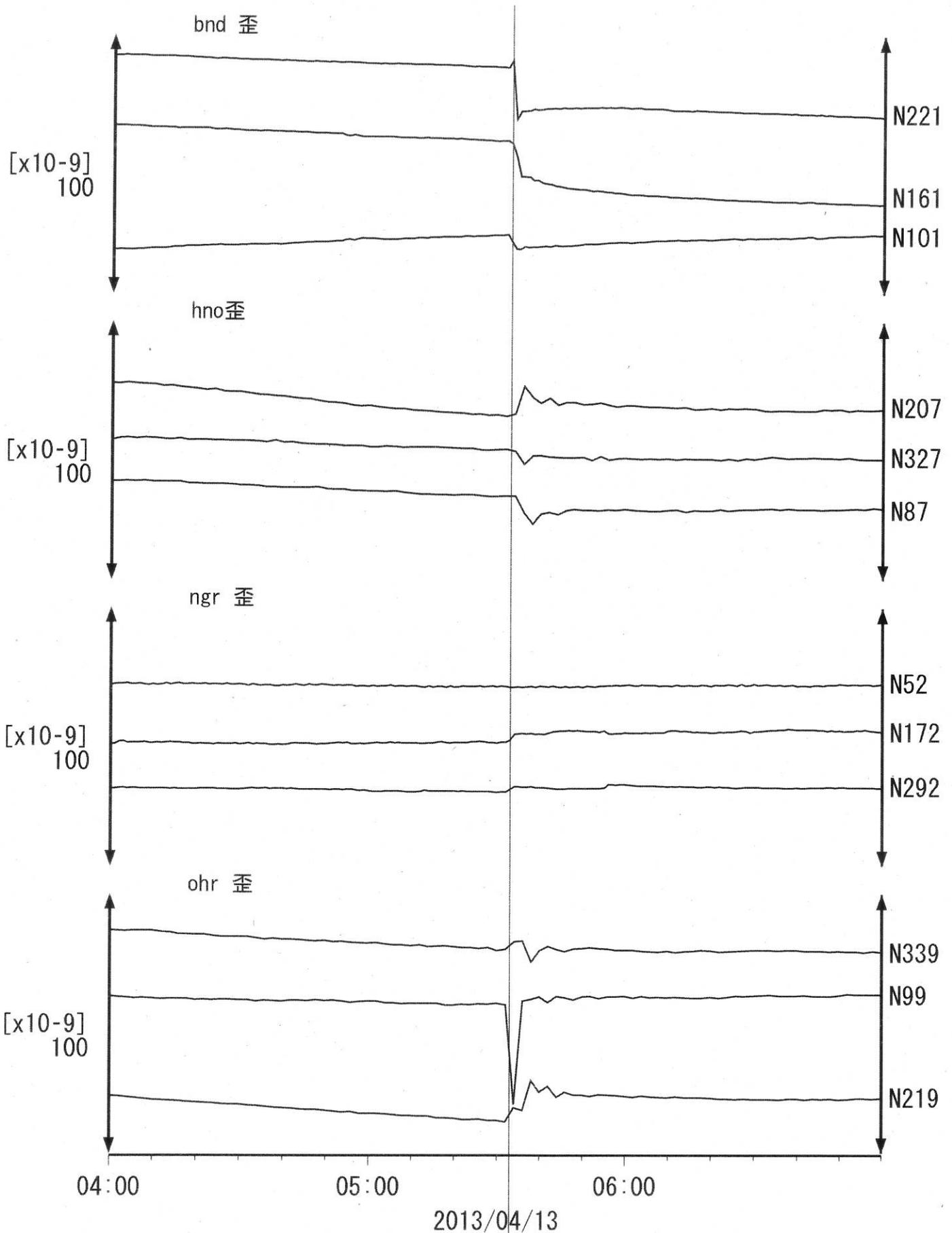


// MCAP-G //

観測された歪変化の主歪場と断層モデルによる主歪場との比較

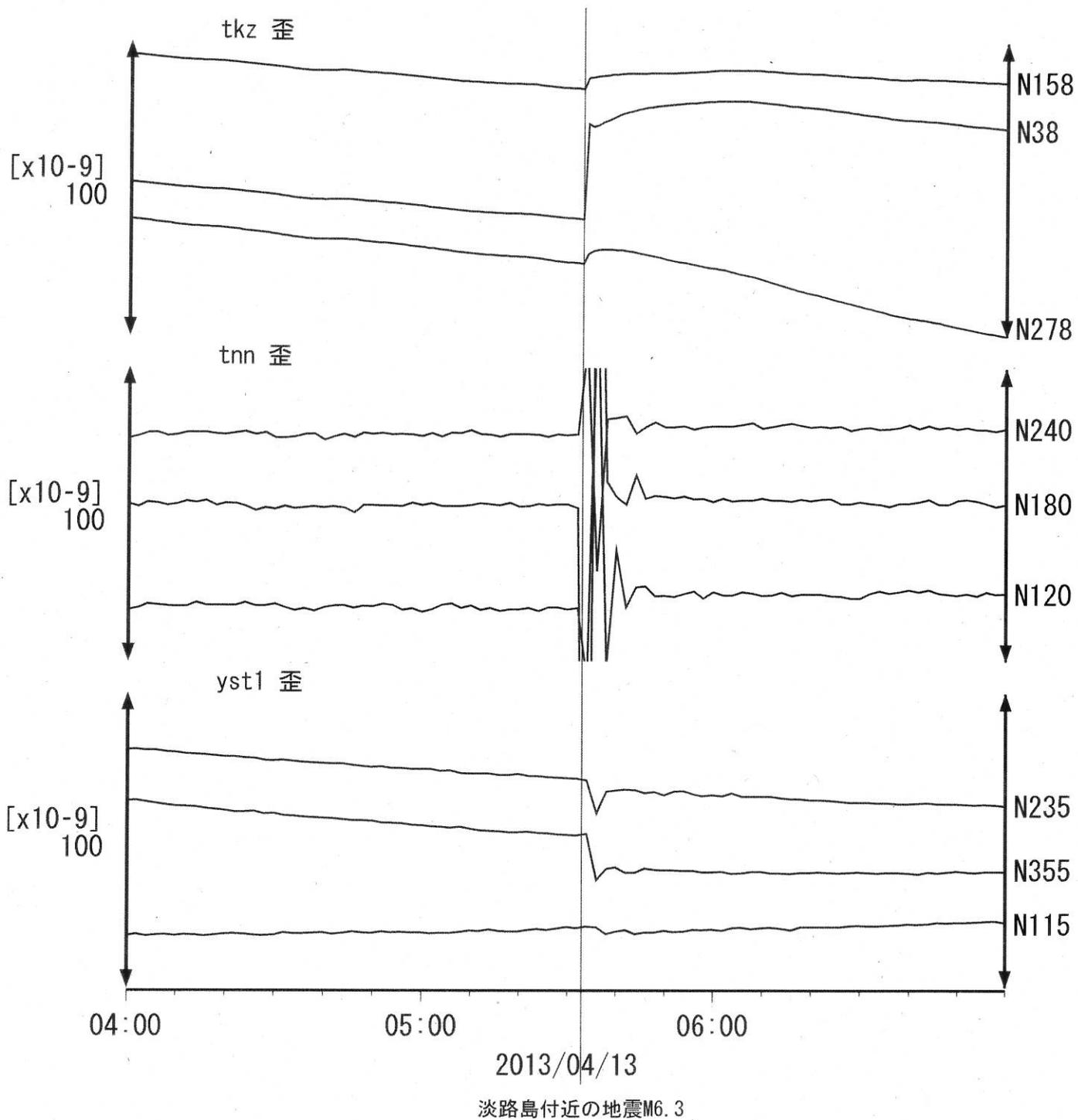


2013/4/13 淡路島付近の地震 (M6.3) 前後の歪変化  
 (2013/04/13 04:00 - 2013/04/13 07:00)

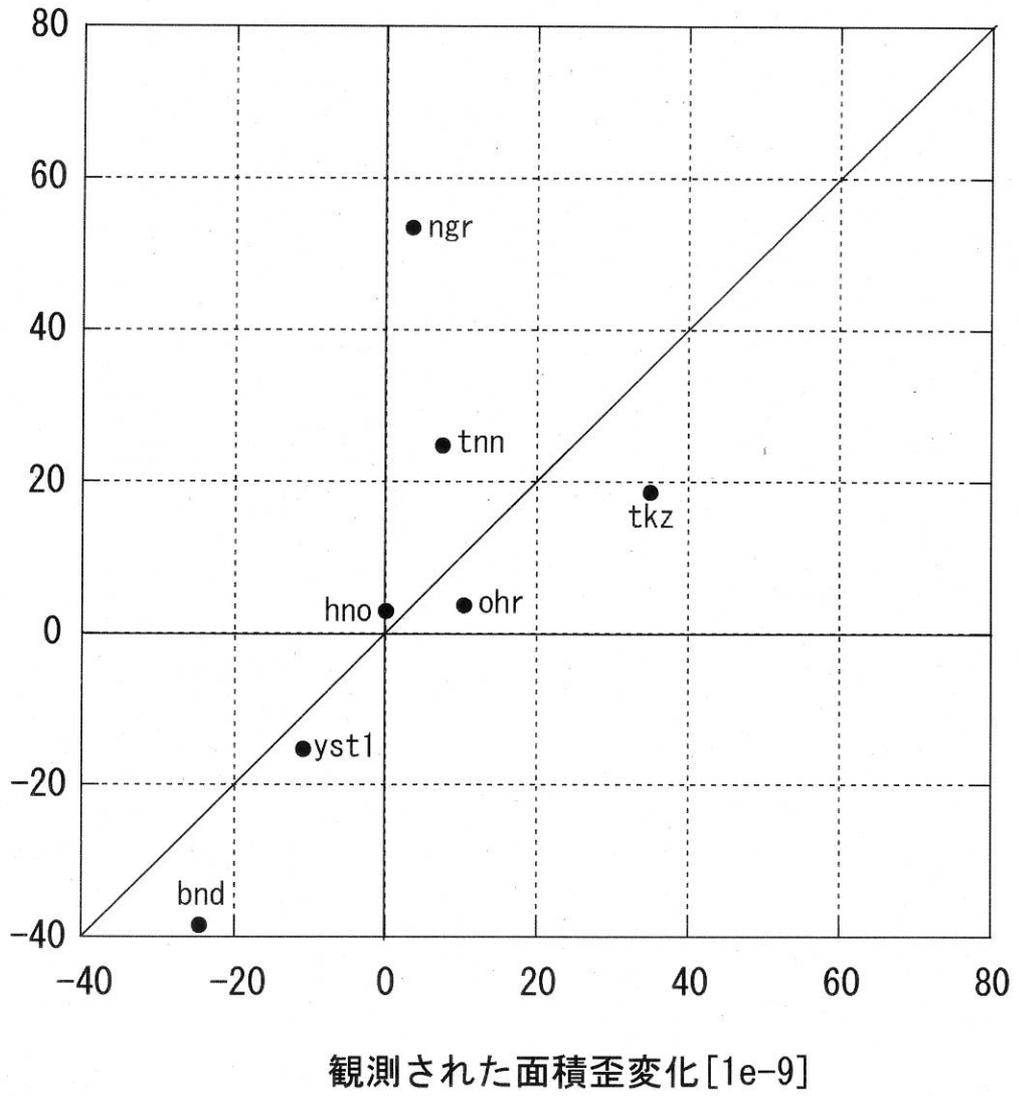


淡路島付近の地震M6.3

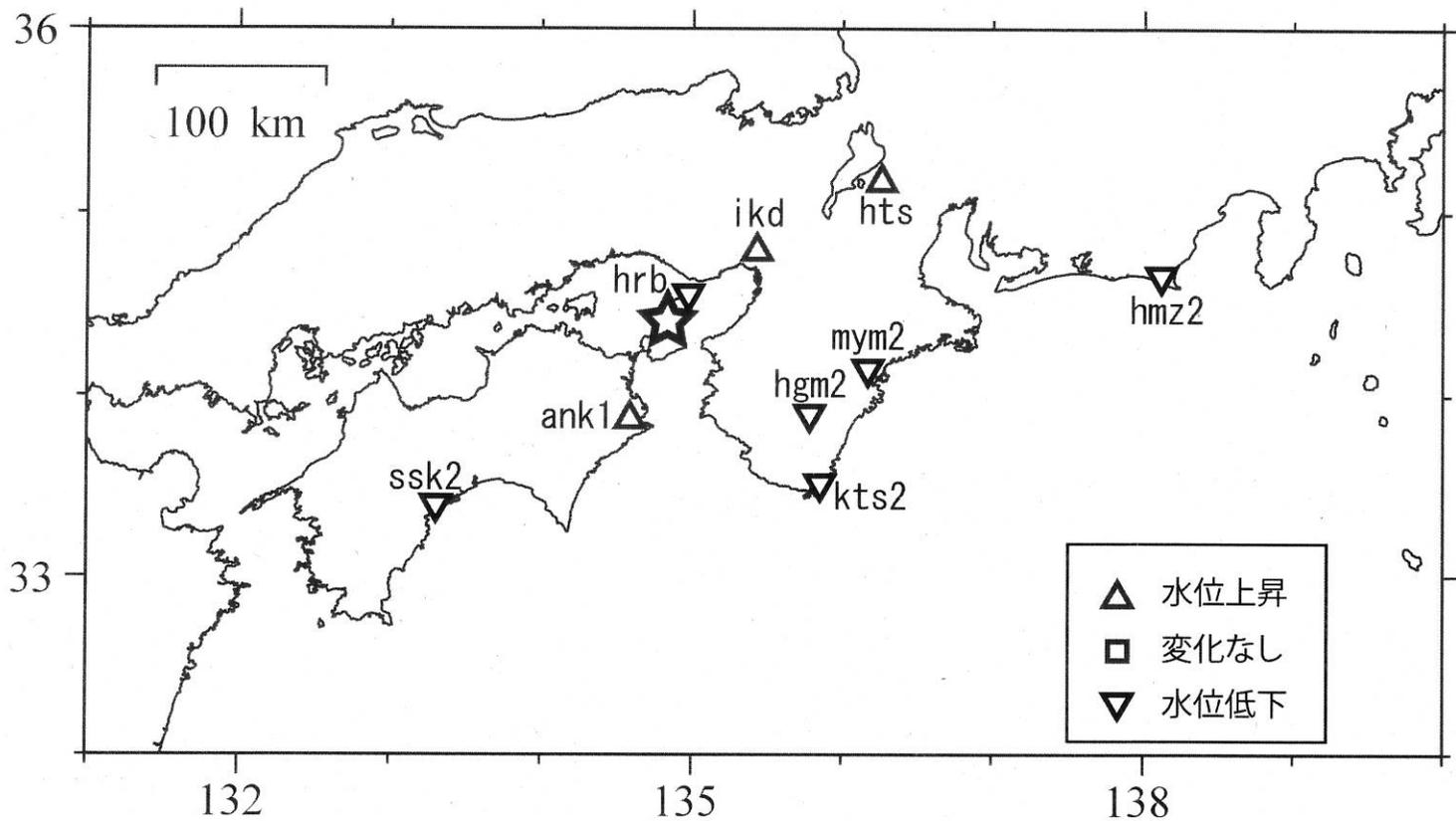
2013/4/13 淡路島付近の地震 (M6.3) 前後の歪変化  
 (2013/04/13 04:00 - 2013/04/13 07:00)



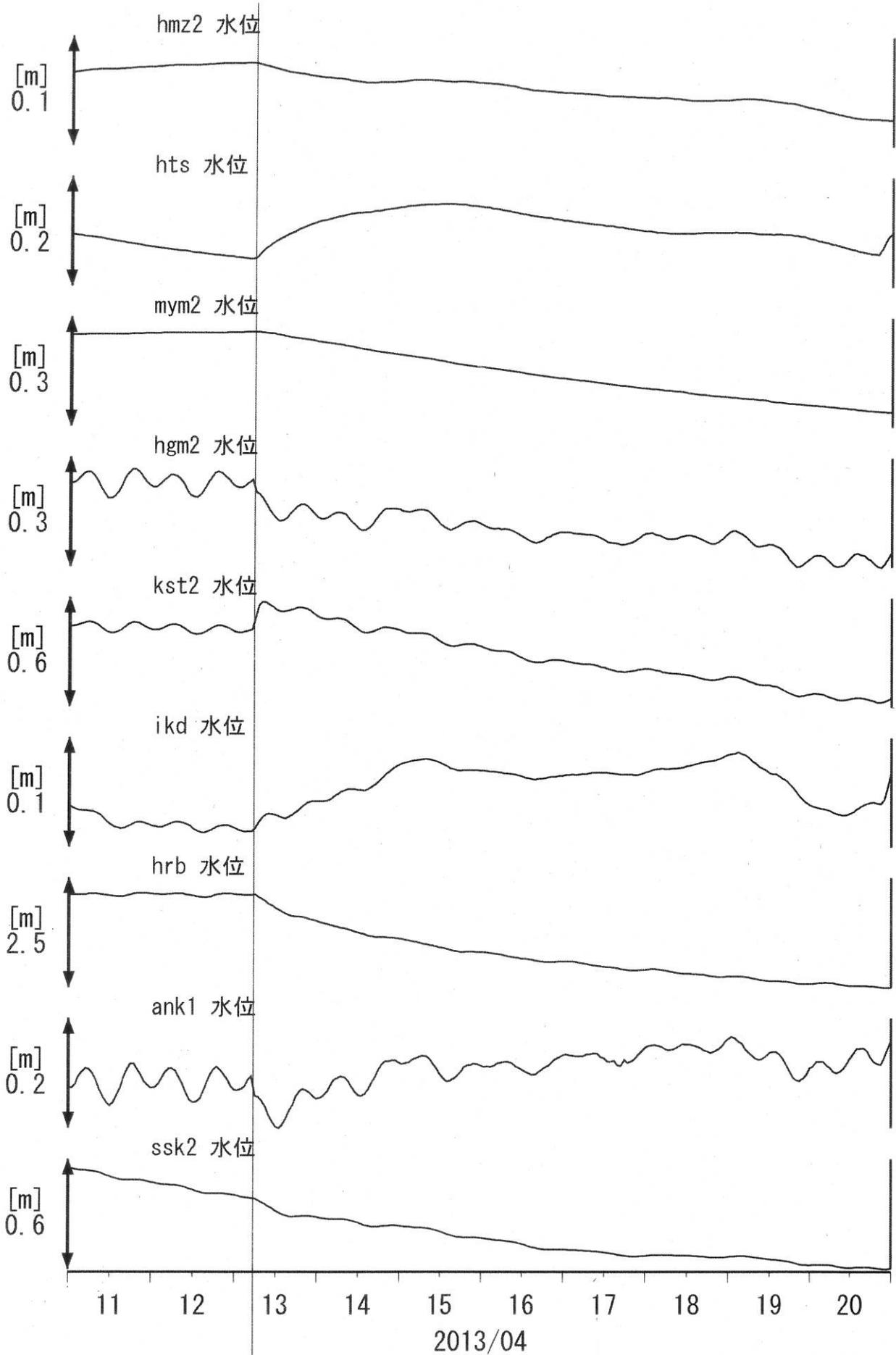
断層モデルから推定される面積歪変化[1e-9]



地震後の長期的な水位変化(地震後24時間以上)



2013/4/13 淡路島付近の地震(M6.3)前後の水位変化  
 (2013/04/11 00:00 - 2013/04/21 00:00)



淡路島付近の地震M6.3