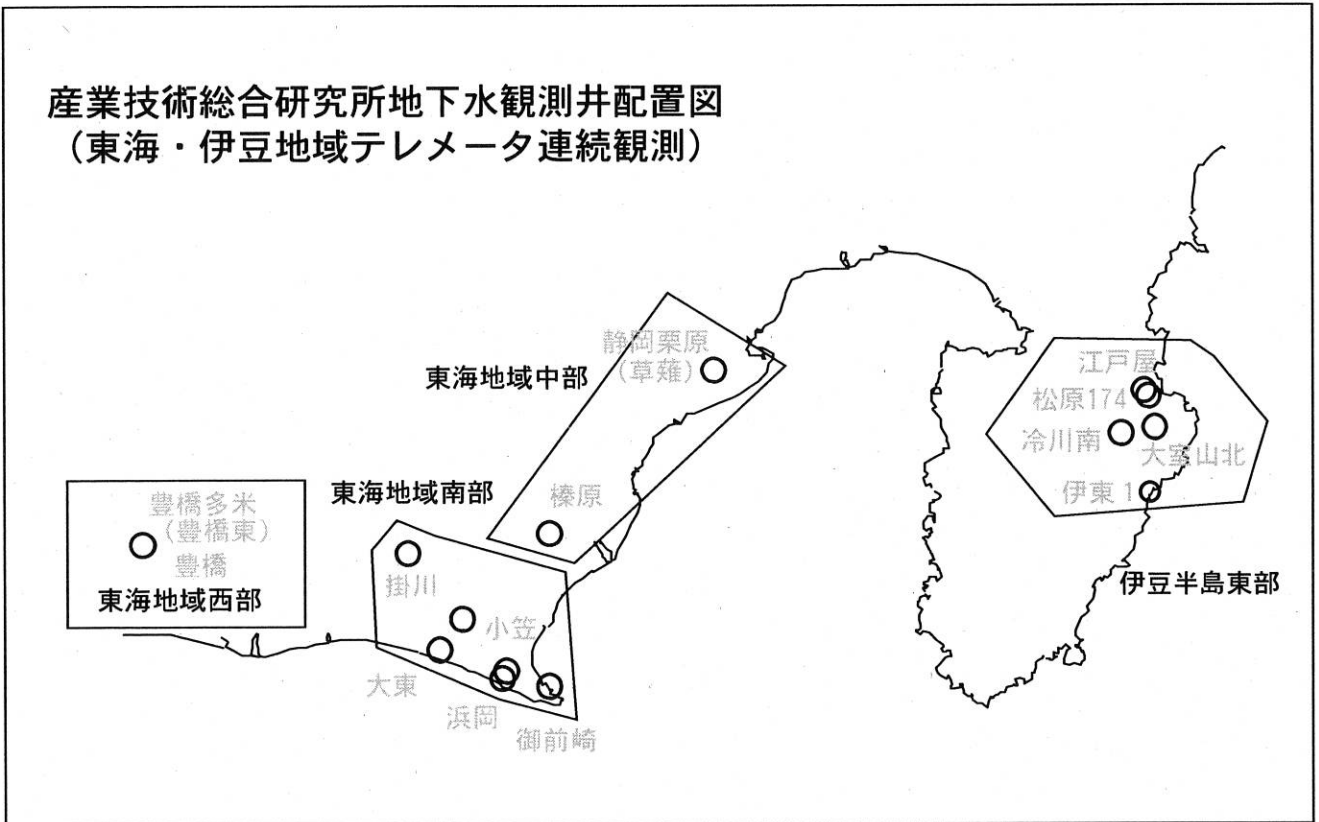


# 東海・伊豆地域等の地下水観測結果

産業技術総合研究所地下水観測井配置図  
(東海・伊豆地域テレメータ連続観測)



# 【資料目次】

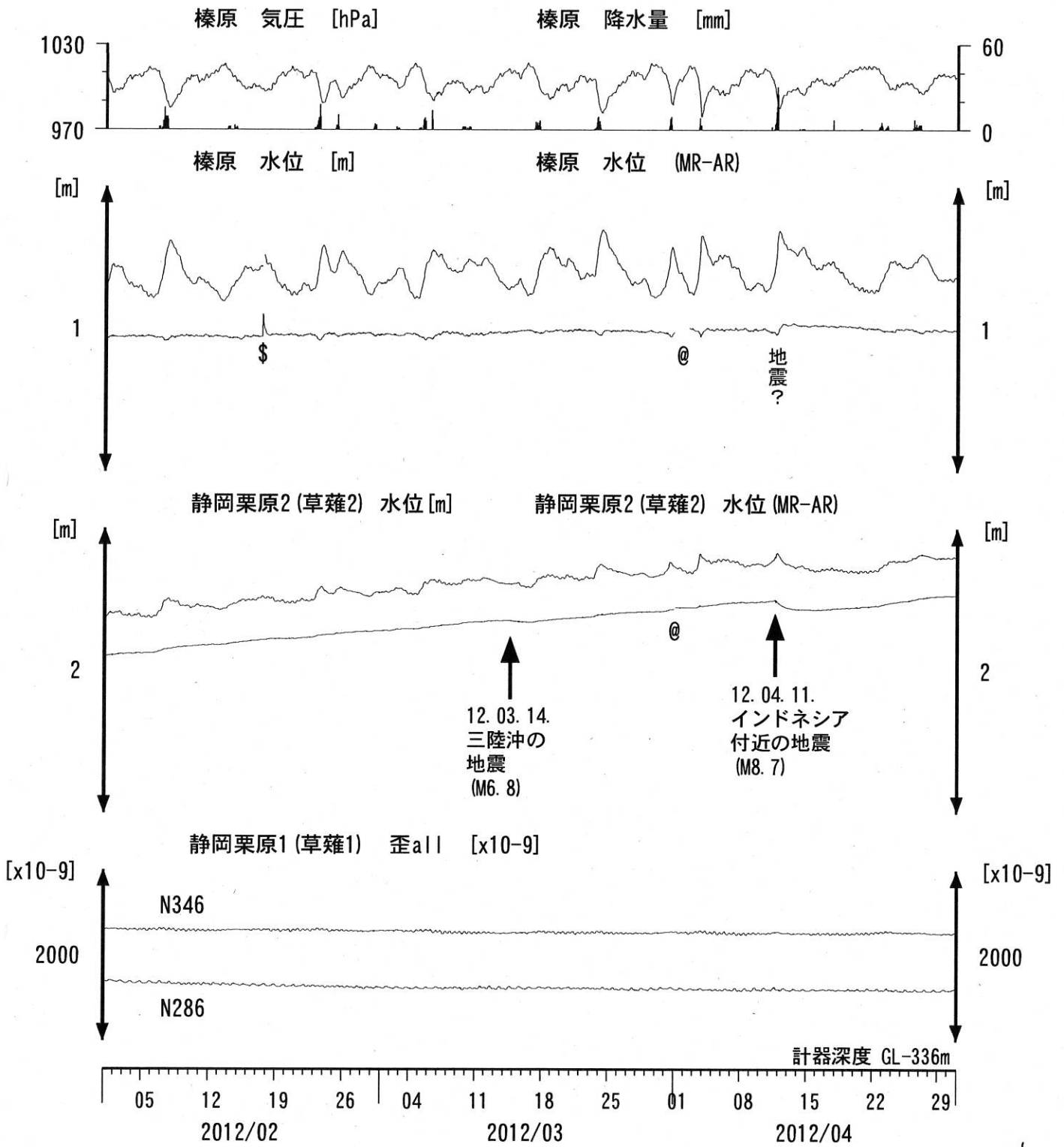
## 表紙

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

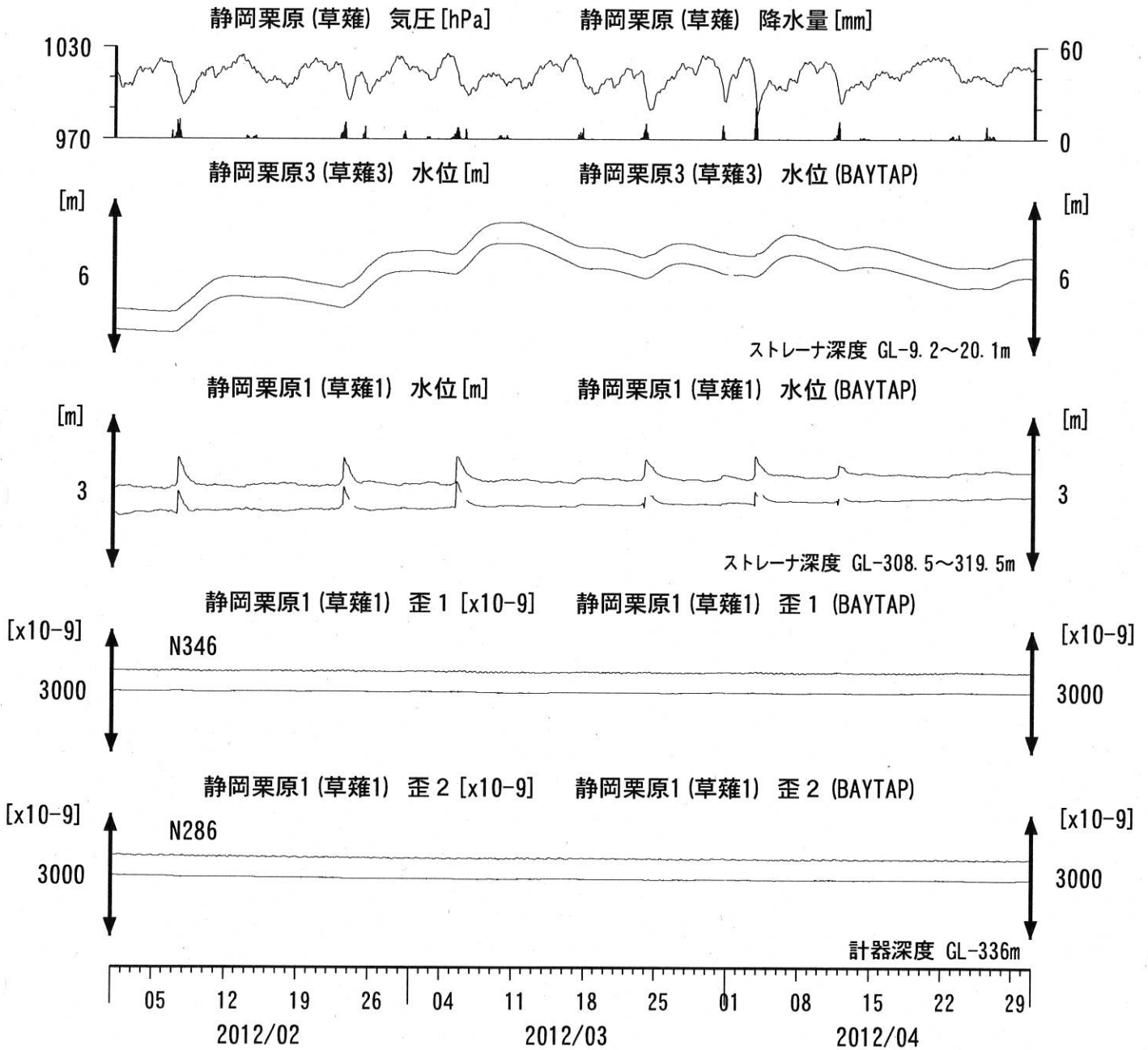
東海地域中部（榛原・草薙）中期（時間値）  
 (2012/02/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



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3 (N226成分)は2009年6月16日の雷で故障したため  
 表示していない。

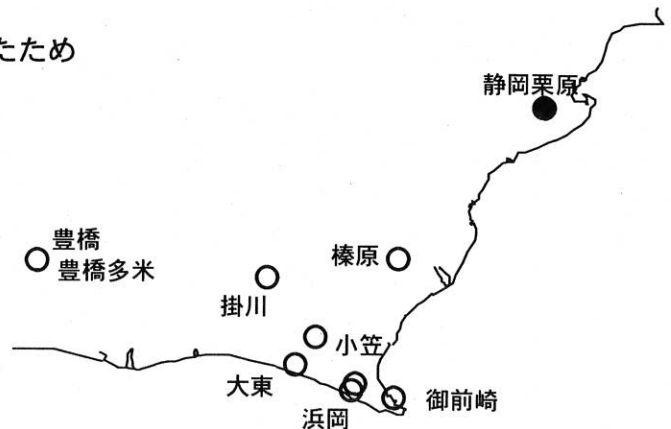


東海地域中部 (草薙・歪) 中期 (時間値)  
 (2012/02/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)

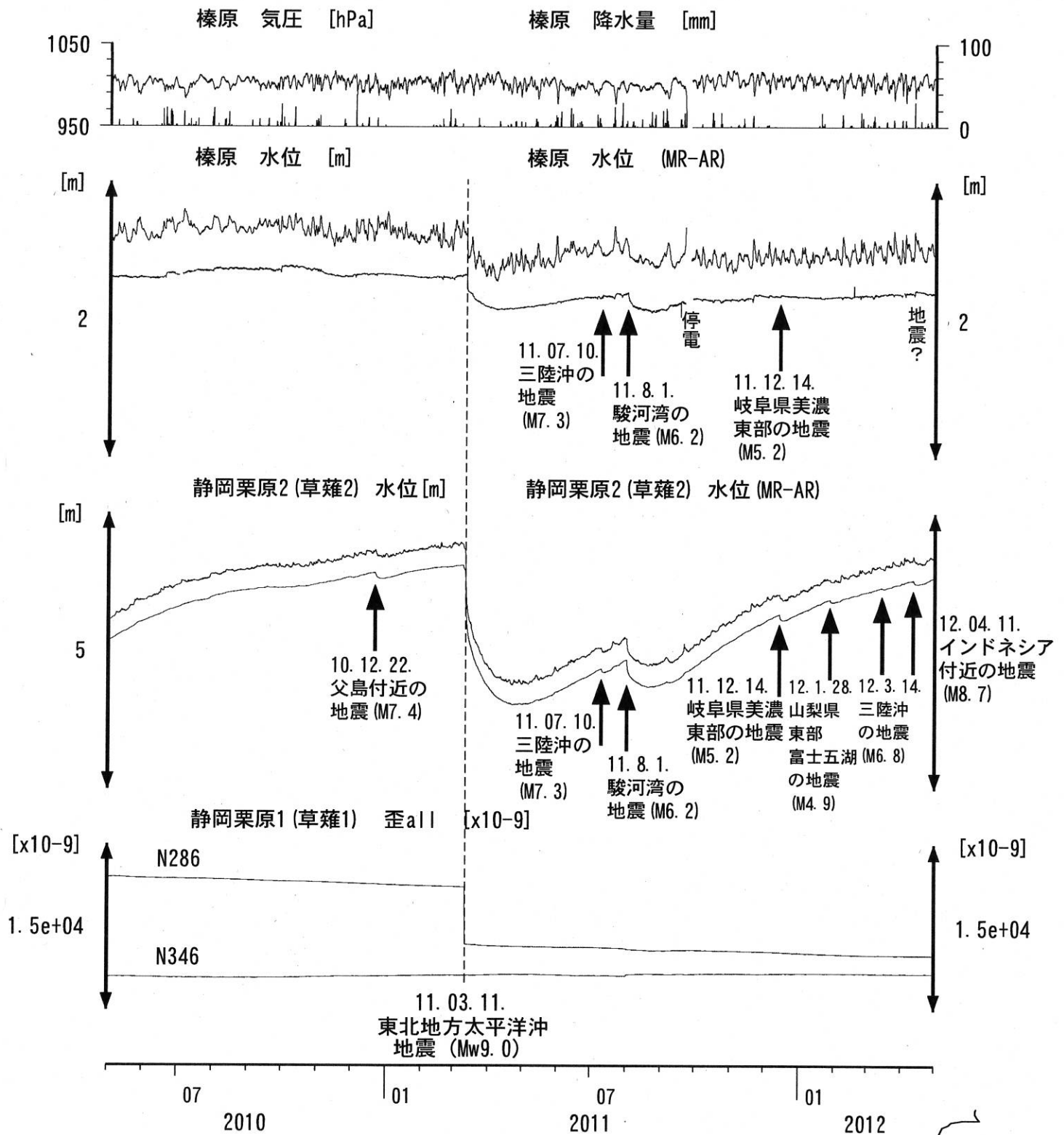


コメント：\$;保守.

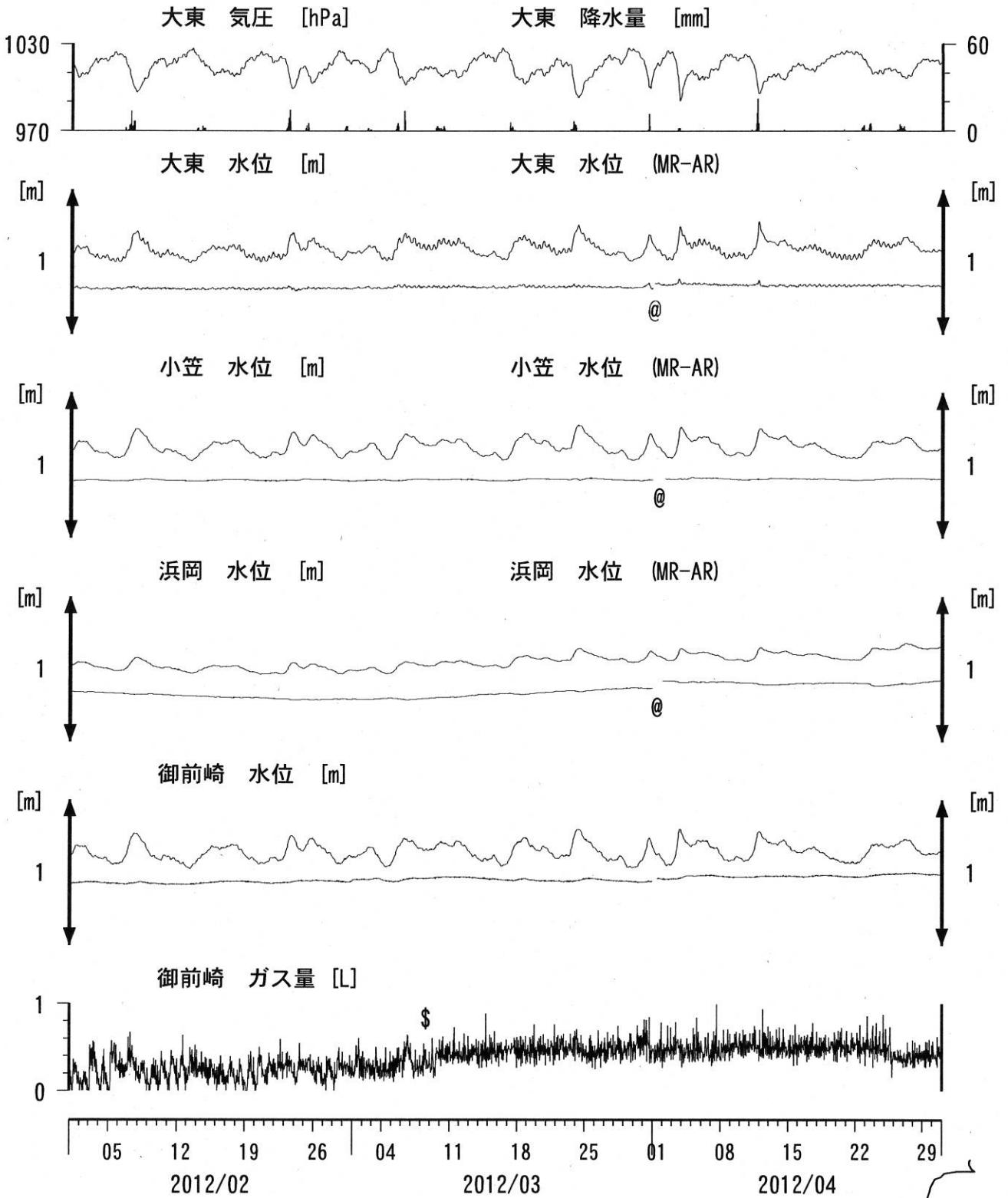
静岡栗原1の降雨に伴う水位変化は  
 地表から水が流れ込むためと思われる。  
 歪3 (N226成分) は2009年6月16日の雷で故障したため  
 表示していない。



# 東海地域中部（榛原・草薙）長期（時間値） (2010/05/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



東海地域南部 地下水観測結果 中期 (時間値)  
 (2012/02/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



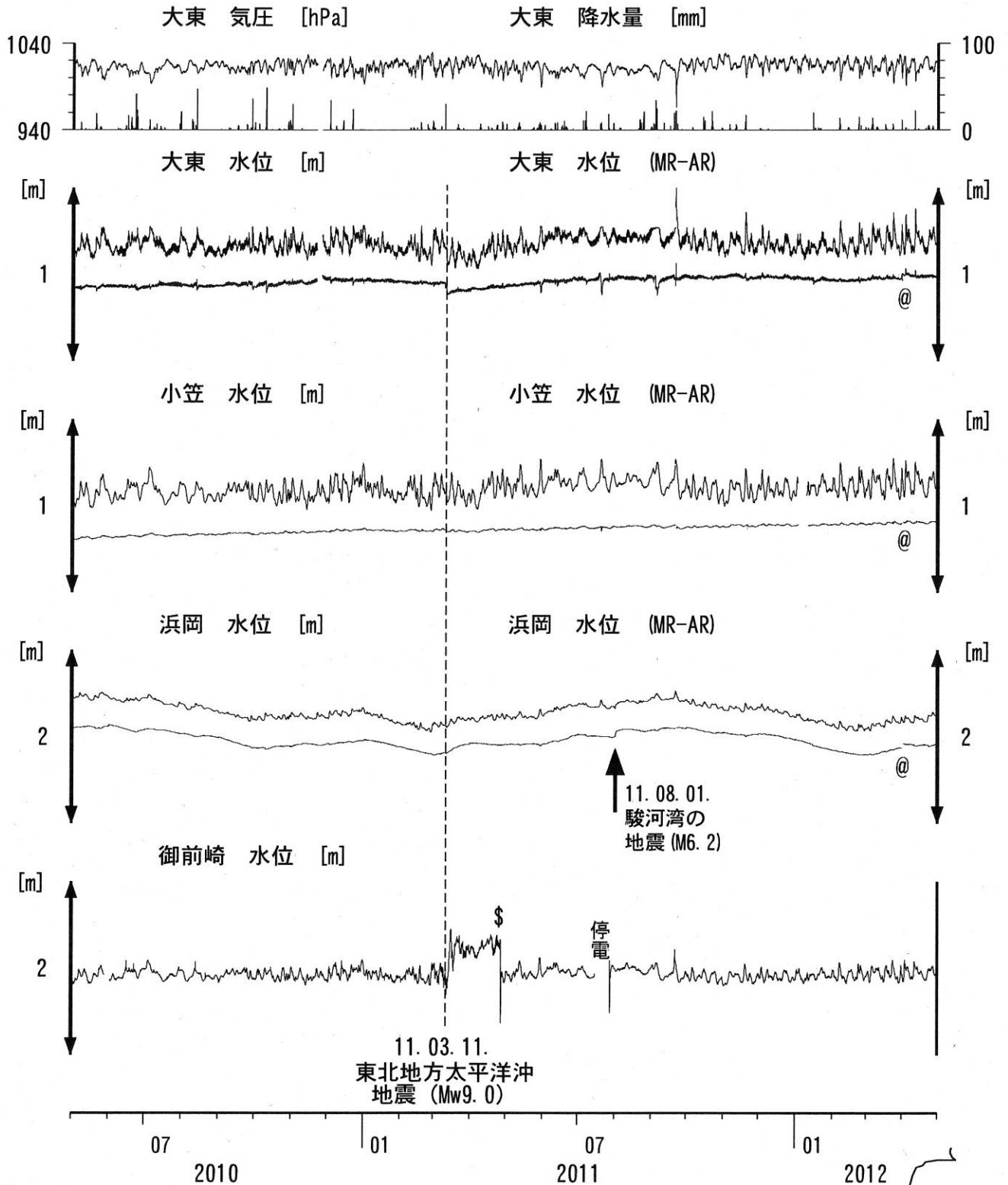
コメント:

\*: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.



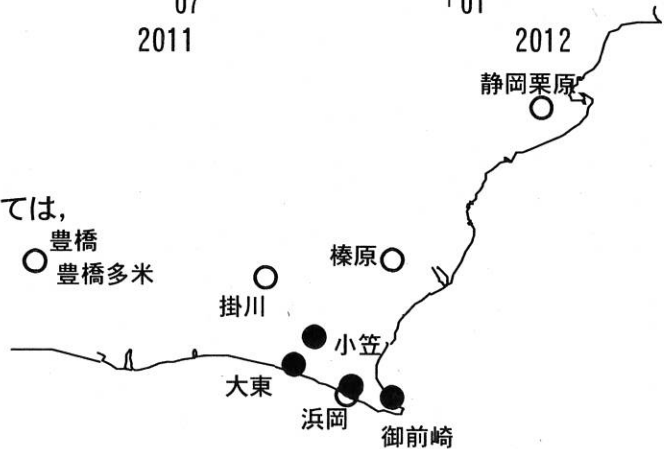
# 東海地域南部 地下水観測結果 長期 (時間値)

(2010/05/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



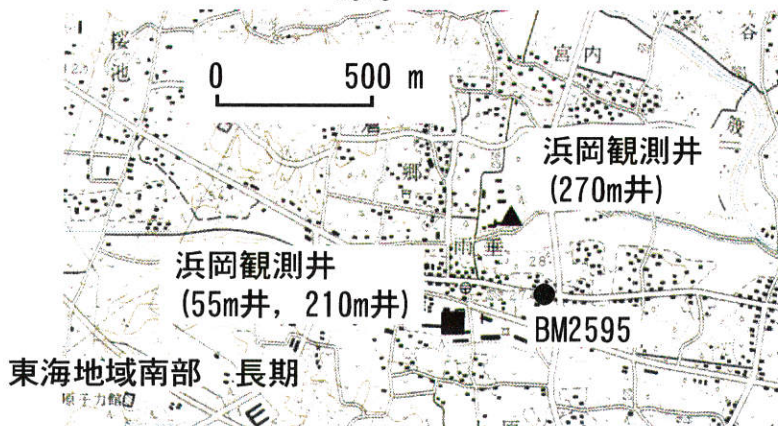
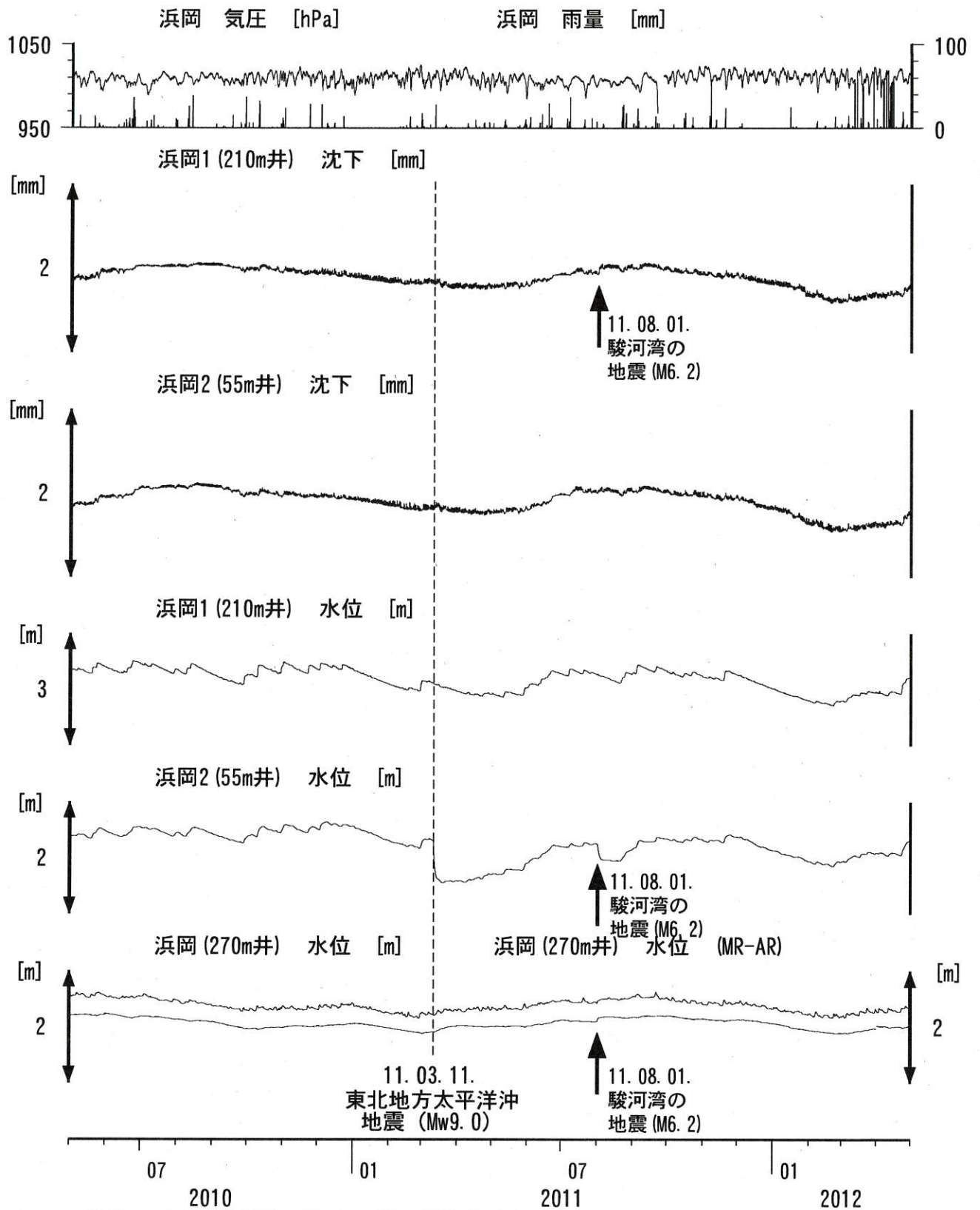
**コメント:**

\*;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。  
 2011年3月15日頃~4月28日の水位の上昇については、  
 ガス測定システムの故障によると思われる。  
 大東・小笠の井戸口から水が時々溢れるようになっ  
 ったので、2011年9月21日に井戸口の管を  
 延長した。



# 浜岡沈下・水位 (時間値)

(2010/05/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



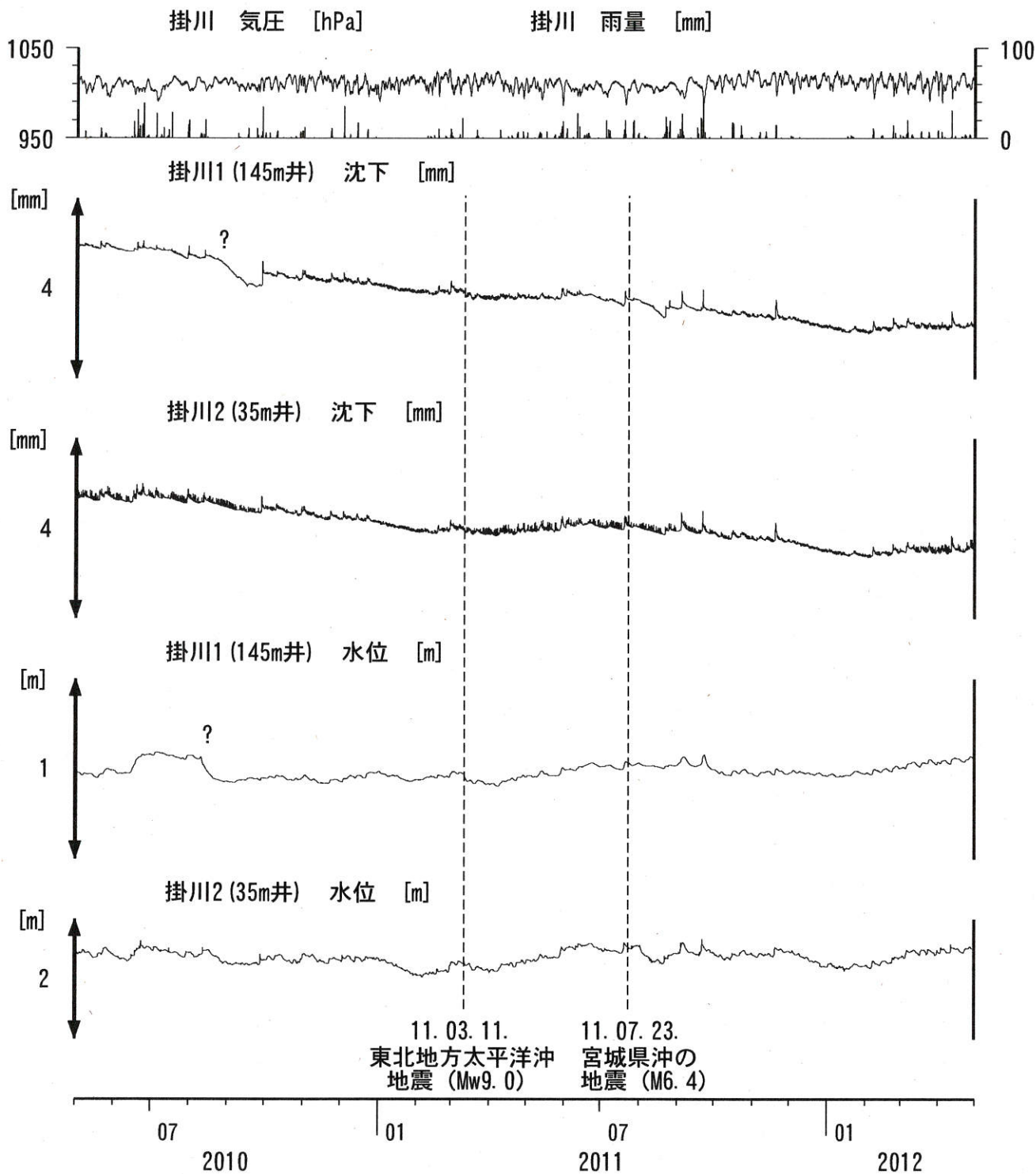
コメント: \$;保守.



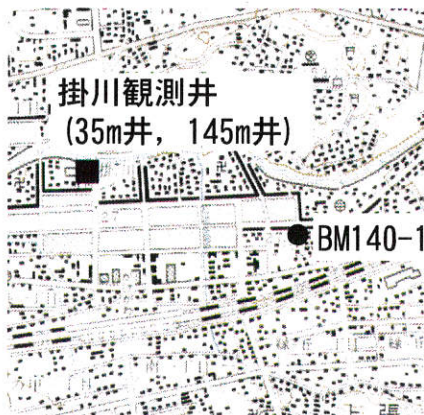


# 掛川沈下・水位 (時間値)

(2010/05/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



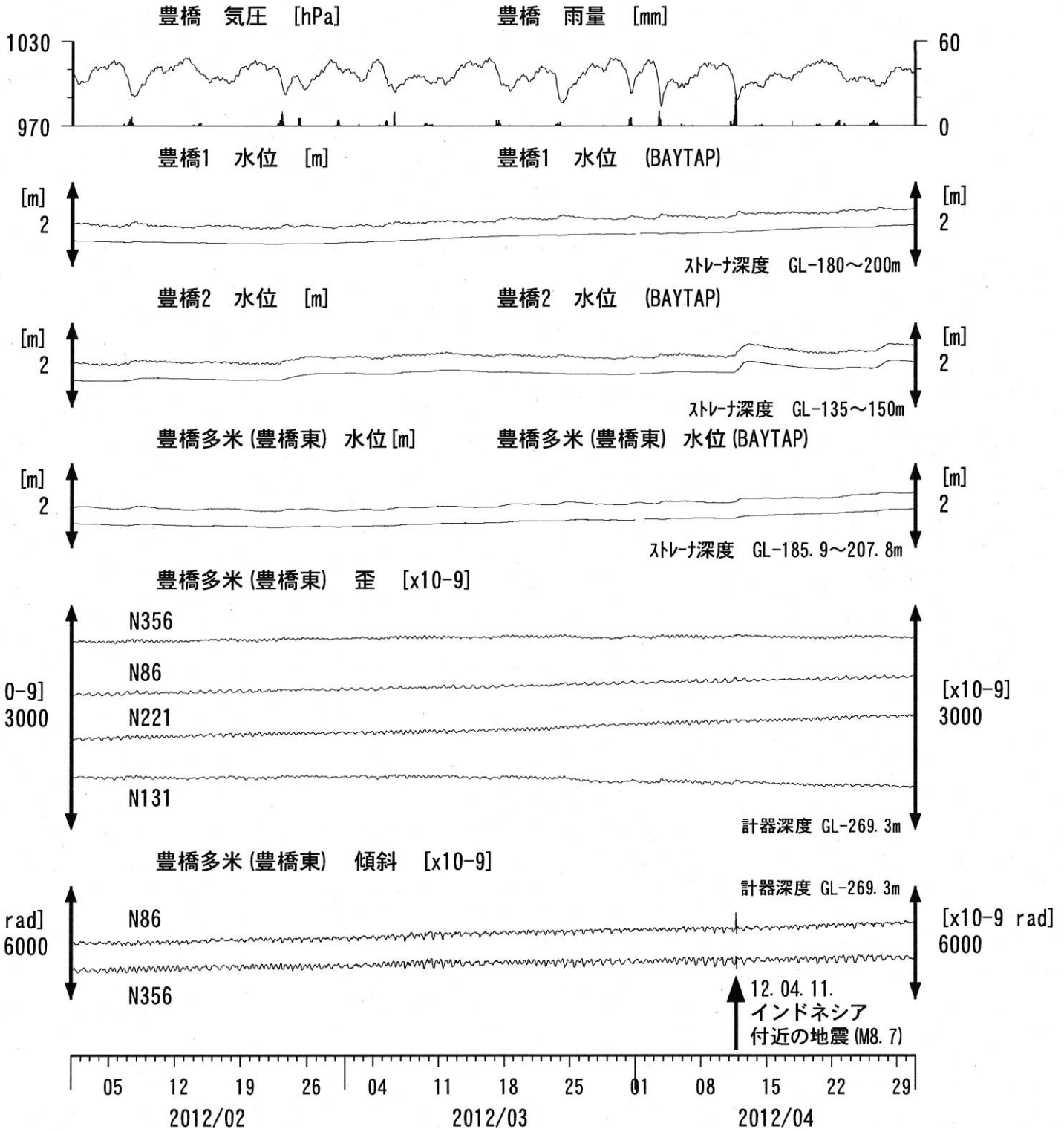
コメント：\$;保守.  
?;原因不明.



0                      500 m



東海地域西部（豊橋・豊橋東）中期（時間値）  
 (2012/02/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)

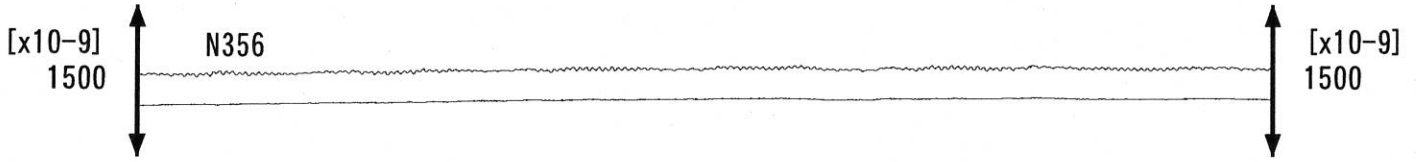


コメント：\$;保守. ?;原因不明.

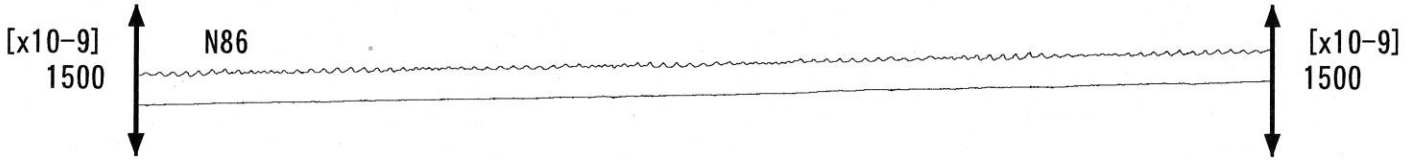


東海地域西部 (豊橋東 歪) 中期 (時間値)  
 (2012/02/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)

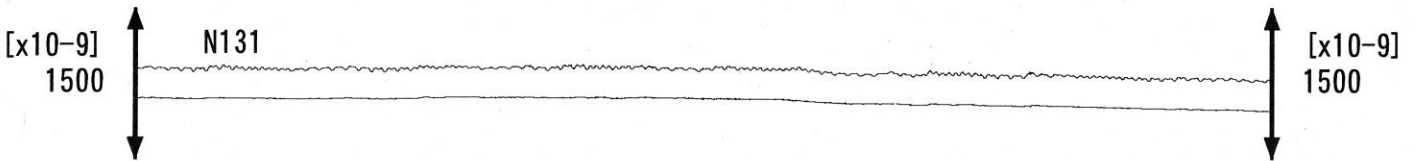
豊橋多米 (豊橋東) 歪N356E [x10-9] 豊橋多米 (豊橋東) 歪N356E (BAYTAP)



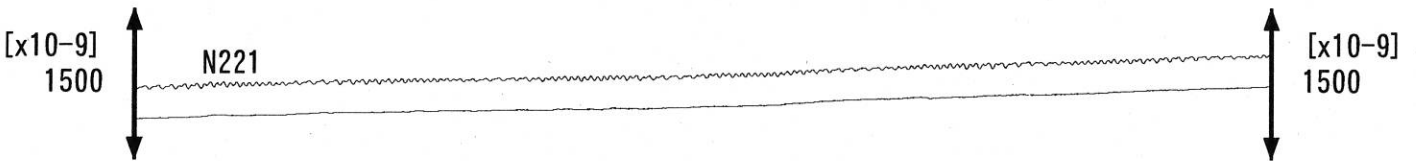
豊橋多米 (豊橋東) 歪N86E [x10-9] 豊橋多米 (豊橋東) 歪N86E (BAYTAP)



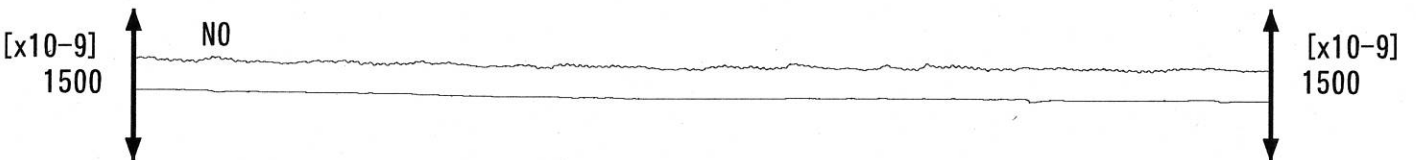
豊橋多米 (豊橋東) 歪N131E [x10-9] 豊橋多米 (豊橋東) 歪N131E (BAYTAP)



豊橋多米 (豊橋東) 歪N221E [x10-9] 豊橋多米 (豊橋東) 歪N221E (BAYTAP)



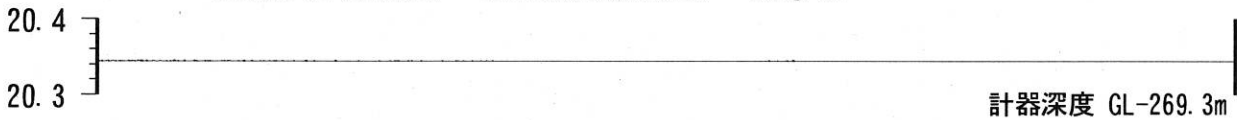
豊橋多米 (豊橋東) 歪鉛直 [x10-9] 豊橋多米 (豊橋東) 歪鉛直 (BAYTAP)



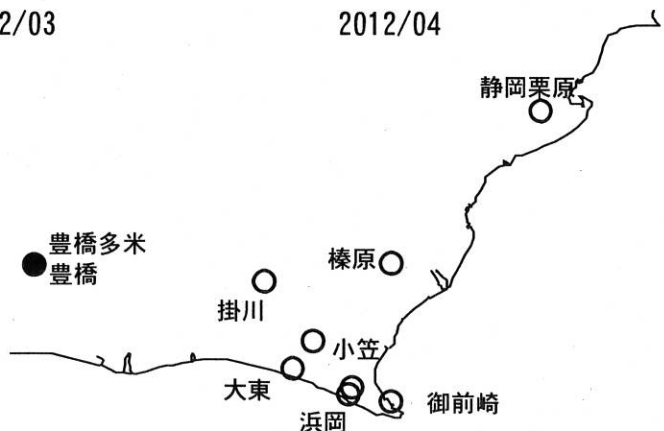
豊橋多米 (豊橋東) 磁力 N356E [nT]



豊橋多米 (豊橋東) 歪計温度 (水晶式) [deg. C]



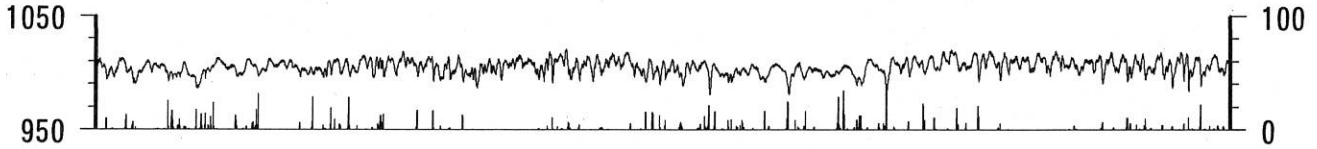
コメント: \$;保守. ?;原因不明.



東海地域西部（豊橋・豊橋東）長期（時間値）  
 (2010/05/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)

豊橋 気圧 [hPa]

豊橋 雨量 [mm]



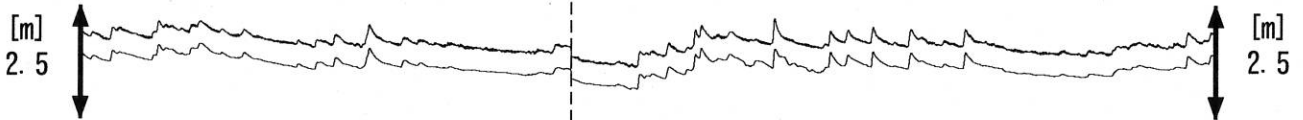
豊橋1 水位 [m]

豊橋1 水位 (BAYTAP)



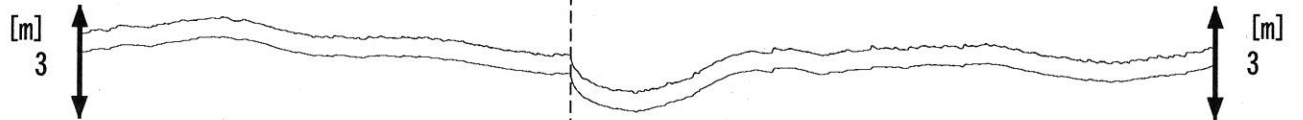
豊橋2 水位 [m]

豊橋2 水位 (BAYTAP)

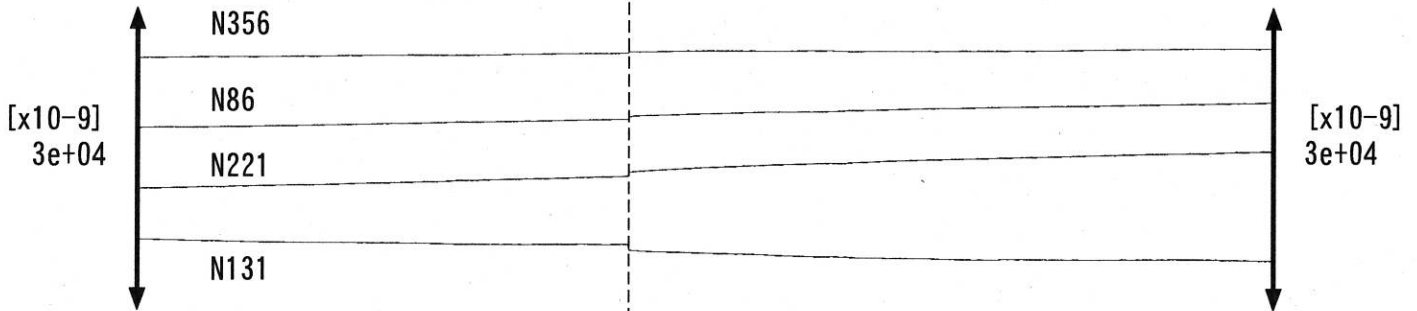


豊橋多米 (豊橋東) 水位 [m]

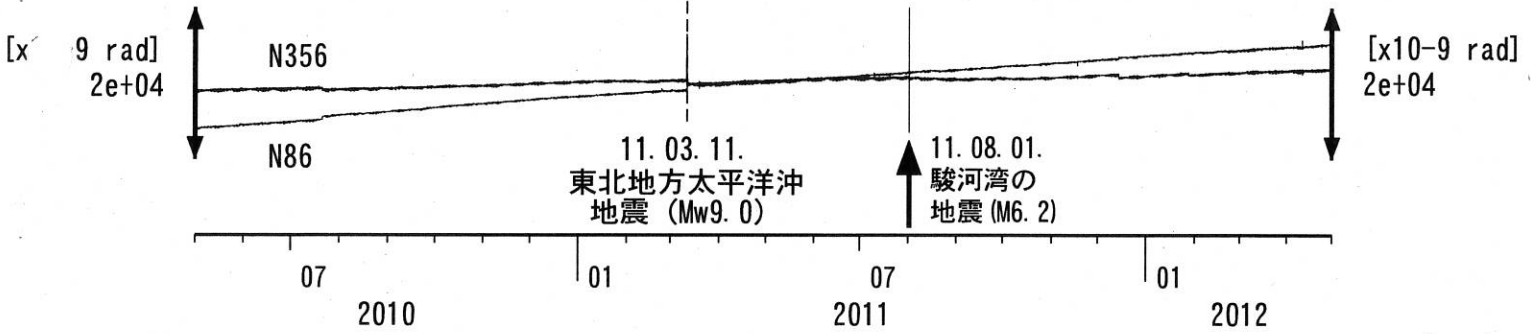
豊橋多米 (豊橋東) 水位 (BAYTAP)



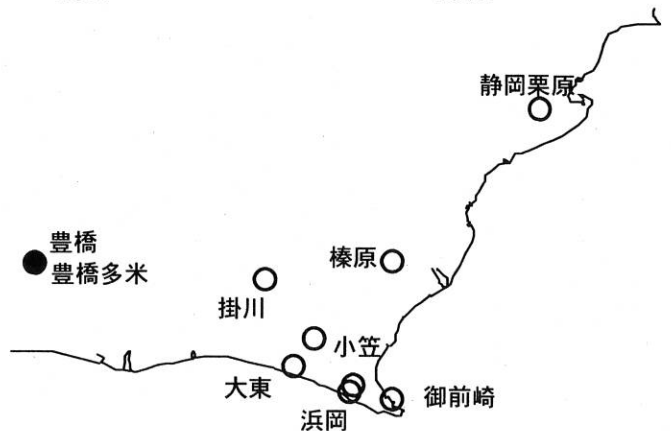
豊橋多米 (豊橋東) 歪 [x10<sup>-9</sup>]



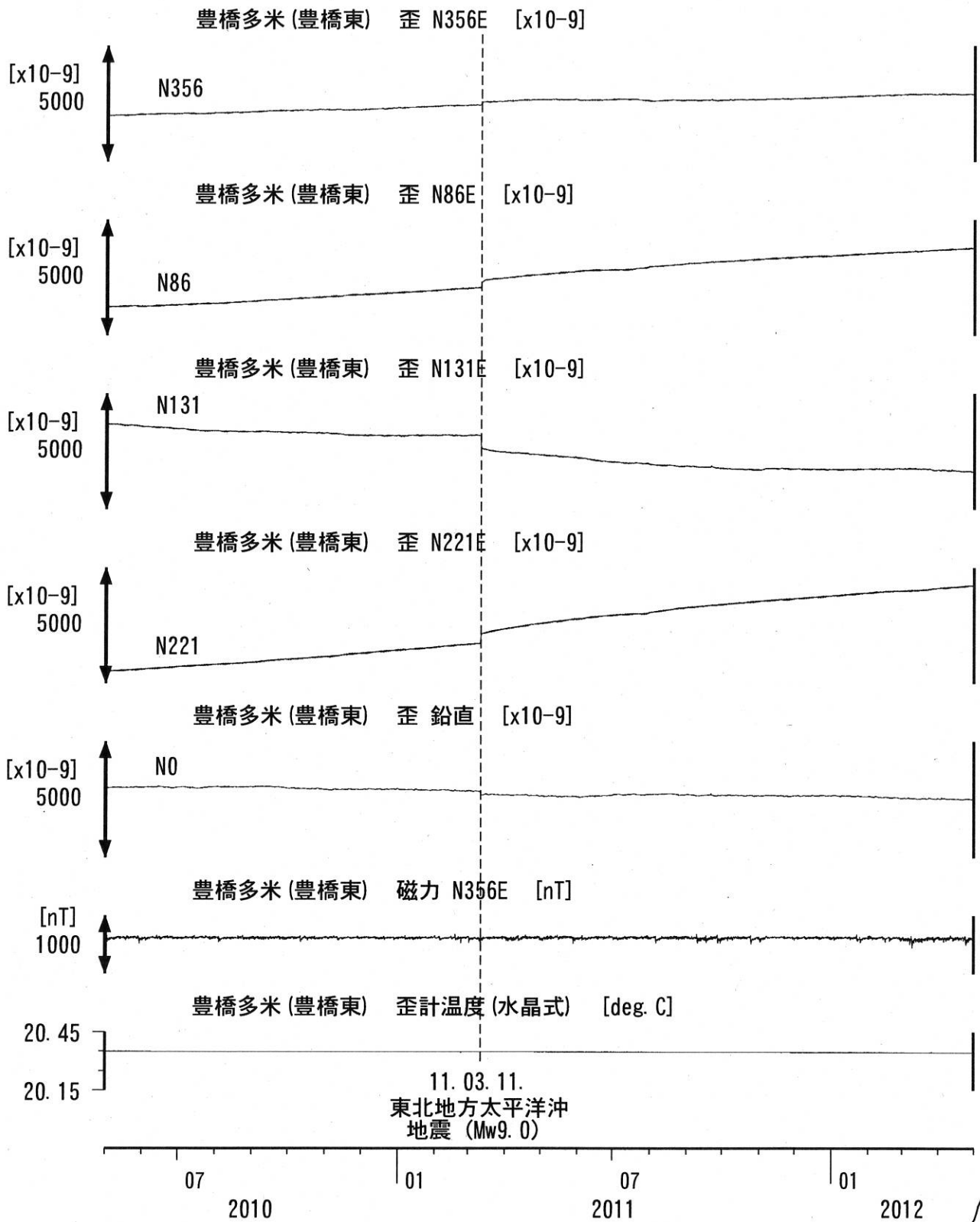
豊橋多米 (豊橋東) 傾斜 [x10<sup>-9</sup>]



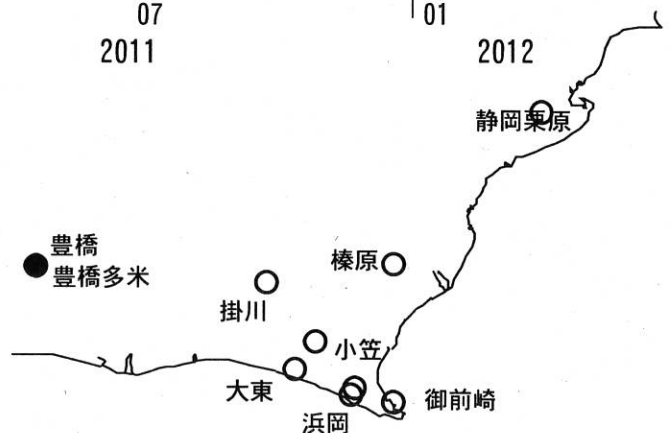
コメント：\$;保守. ?;原因不明.  
 傾斜計データの処理方法を変えたので、  
 地震時のパルス状の変化が見えにくくなった。



東海地域西部（豊橋東 歪）長期（時間値）  
 (2010/05/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)

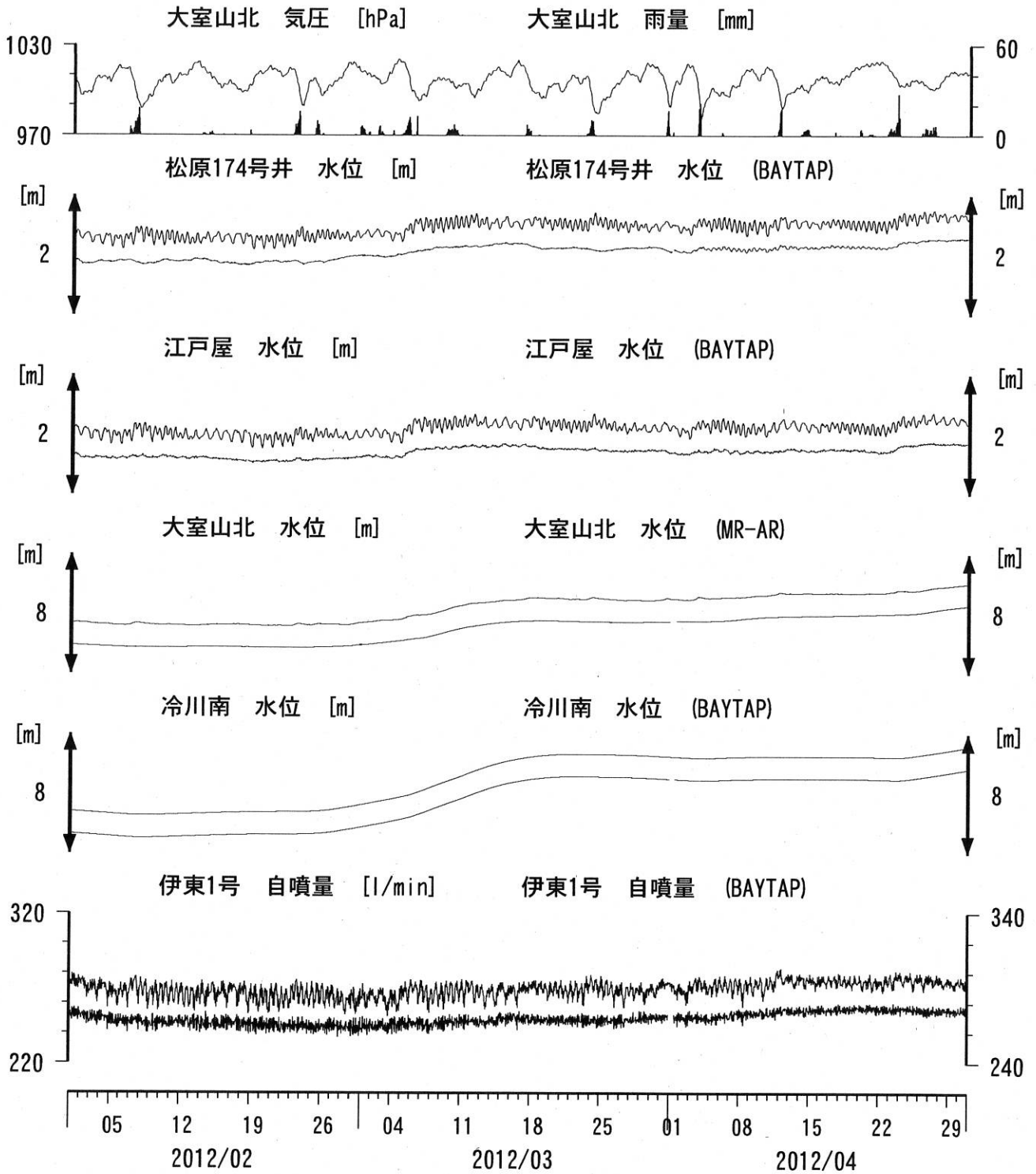


コメント：\$;保守. ?;原因不明.



# 伊豆半島東部 地下水位・自噴量 中期 (時間値)

(2012/02/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



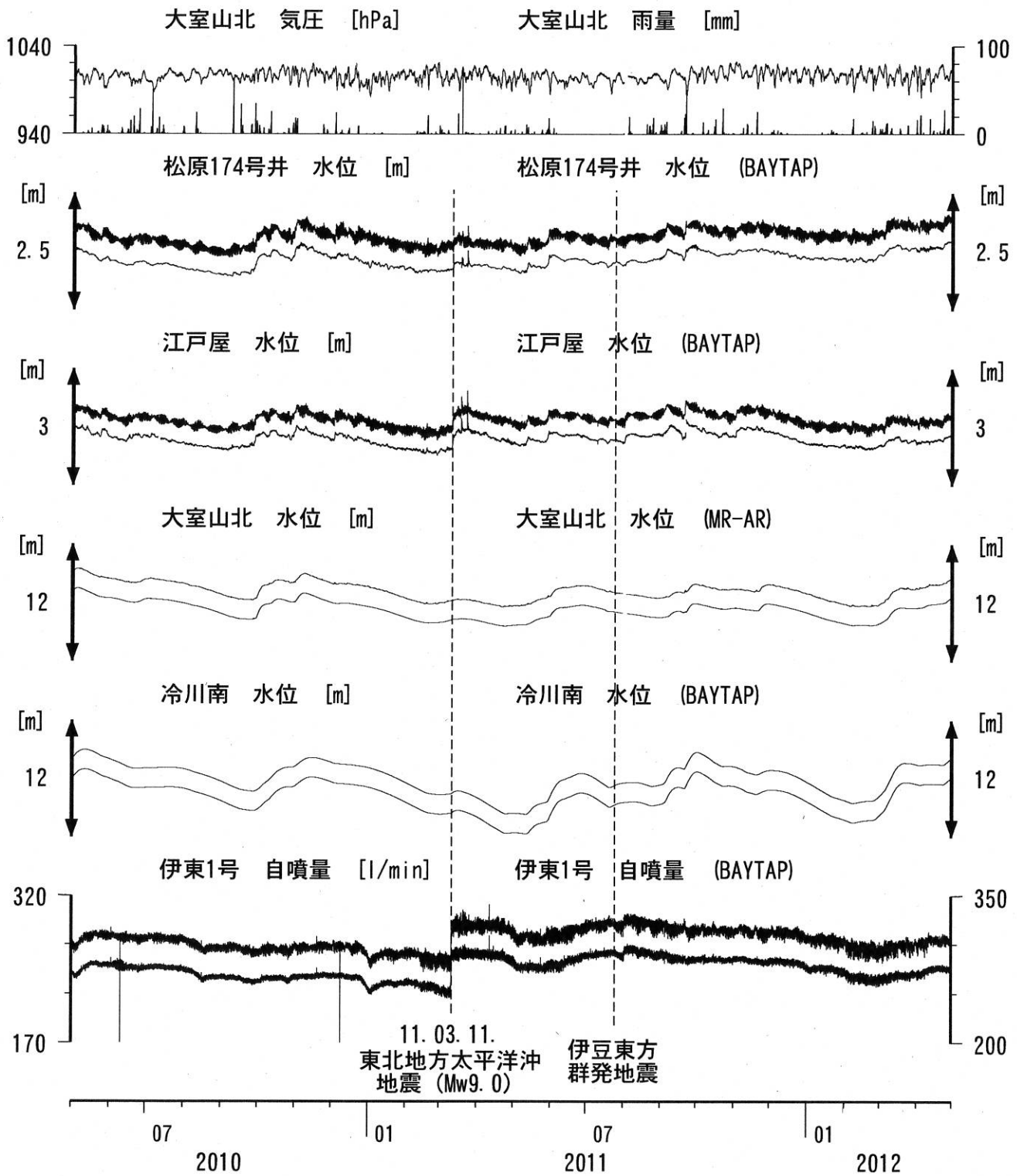
コメント：\$;保守. ?;原因不明.

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)

## (2010/05/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)

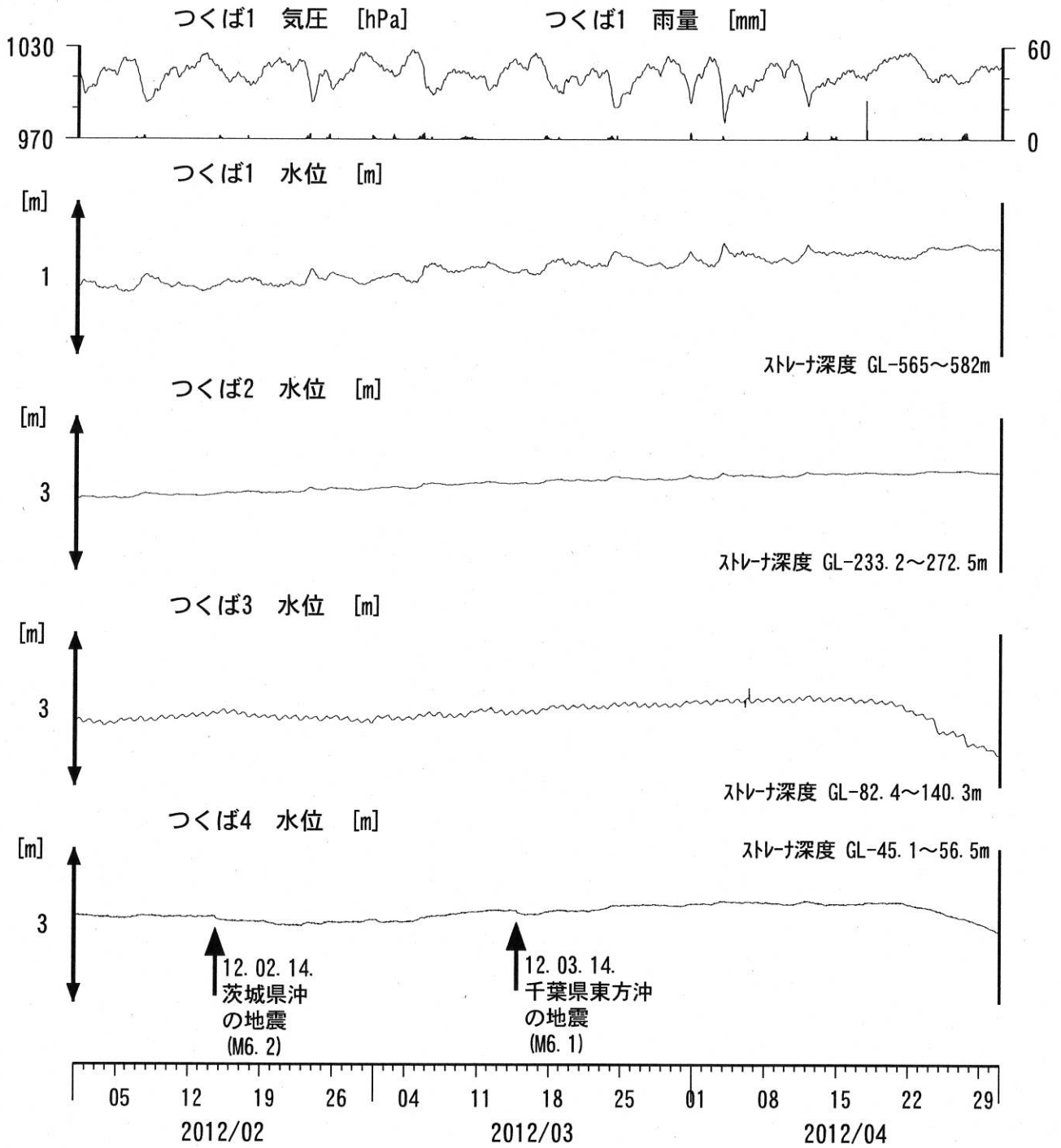


コメント：\$;保守. ?;原因不明.

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)  
 (2012/02/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)

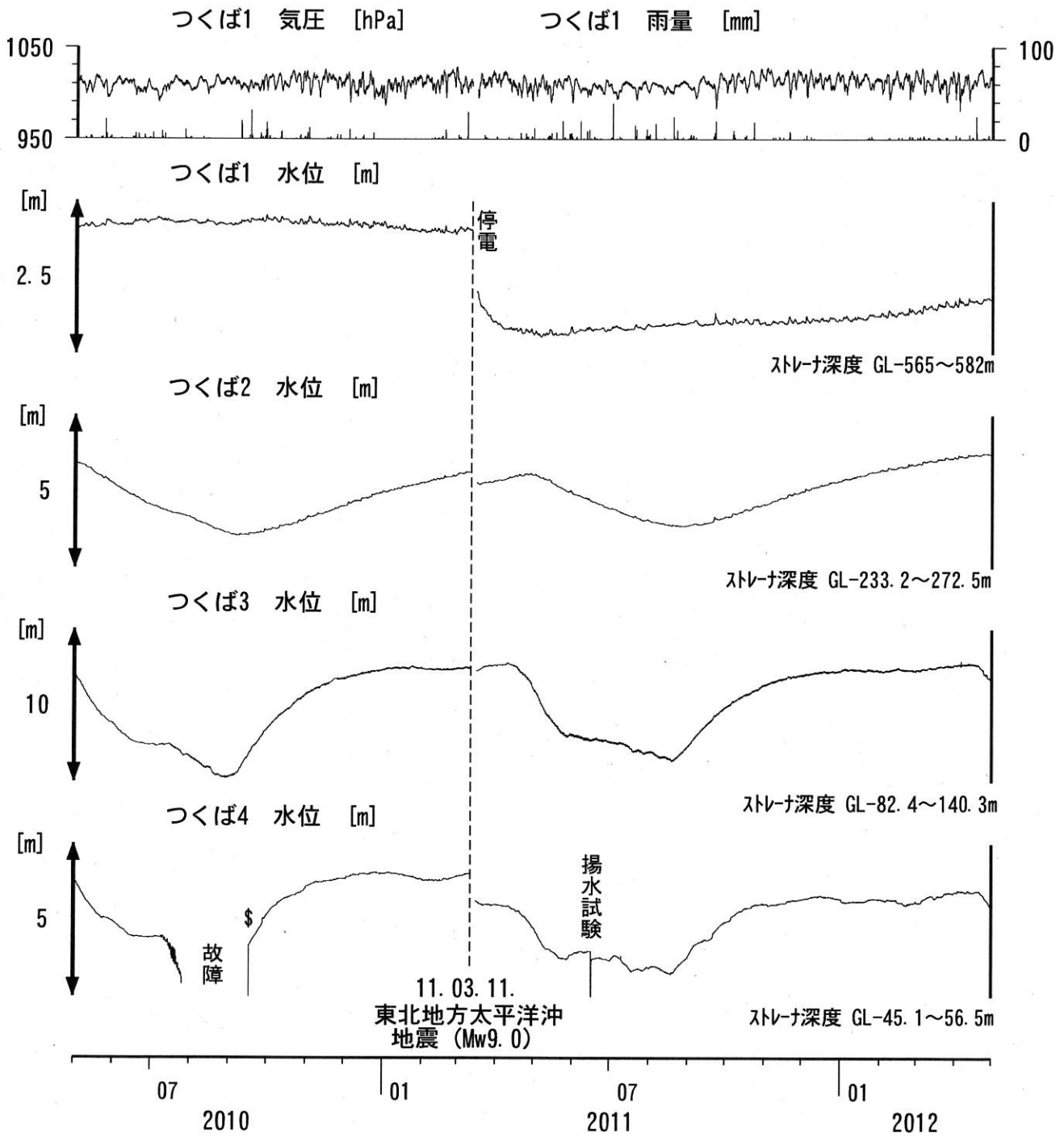


コメント：\$;保守。  
 つくば2~4の水位が、例年春~秋に低下するのは、  
 周囲の揚水によると考えられる。





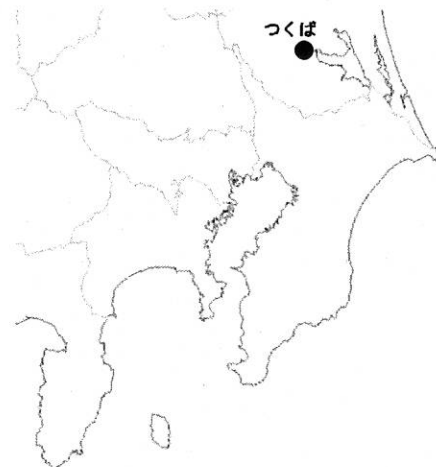
関東地域 地下水観測結果 長期 (時間値)  
 (2010/05/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



コメント：\$;保守.

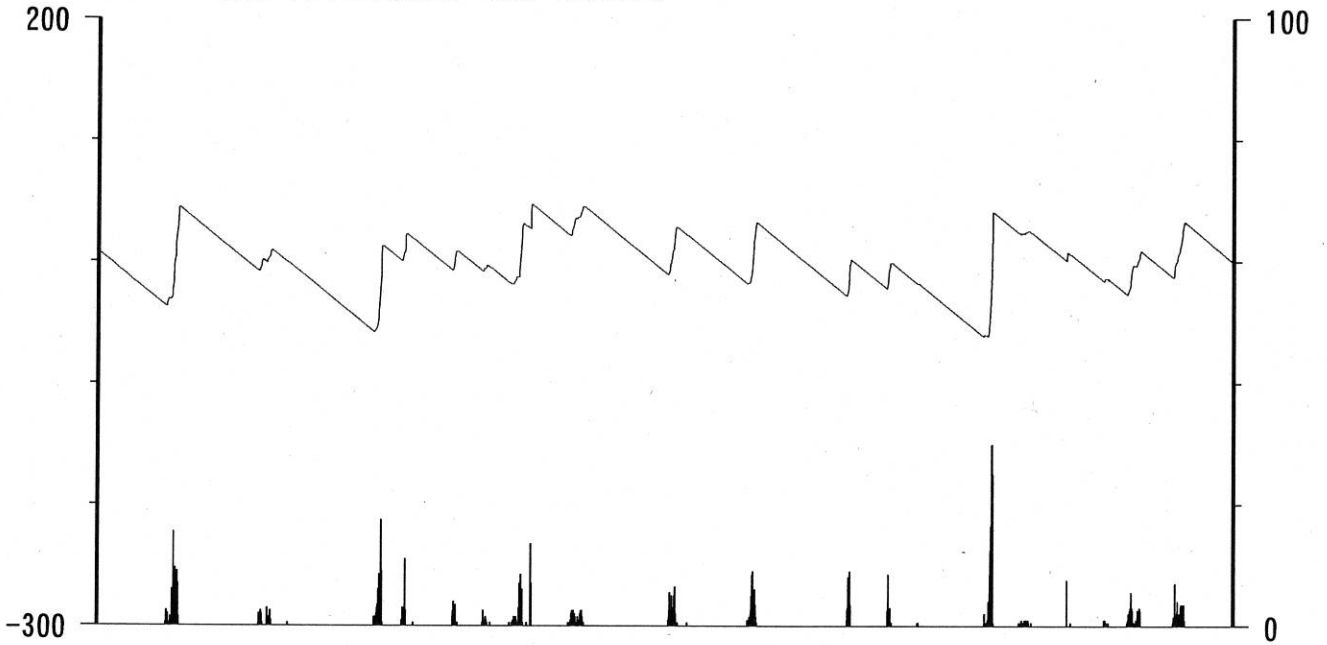
つくば2~4の水位が、例年春~秋に低下するのは、  
 周囲の揚水によると考えられる。

2010年7月中旬からつくば4の水位計が故障していたが、  
 2010年9月中旬に水位計を更新した。

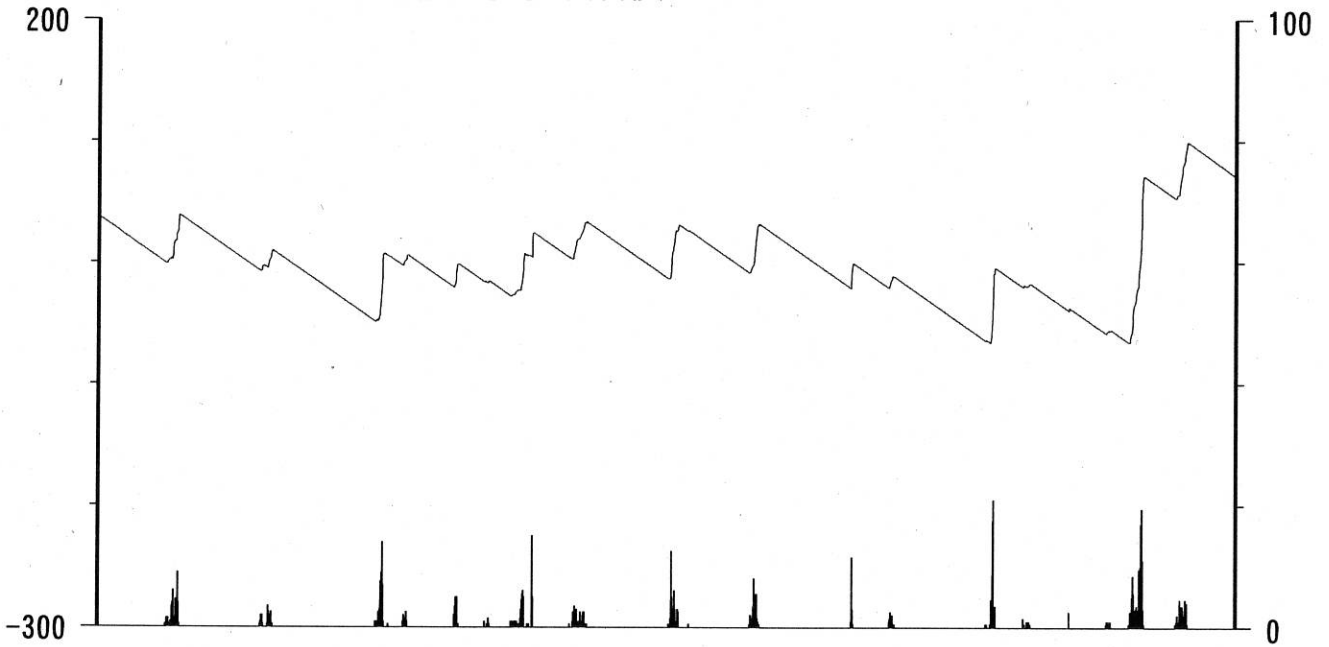


榛原・浜岡観測井 直近3ヶ月の積算降雨量トレンド除去グラフ [mm]  
 (2012/02/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)

榛原 降水量(積算) [mm] (時間値)



浜岡 降水量(積算) [mm] (時間値)

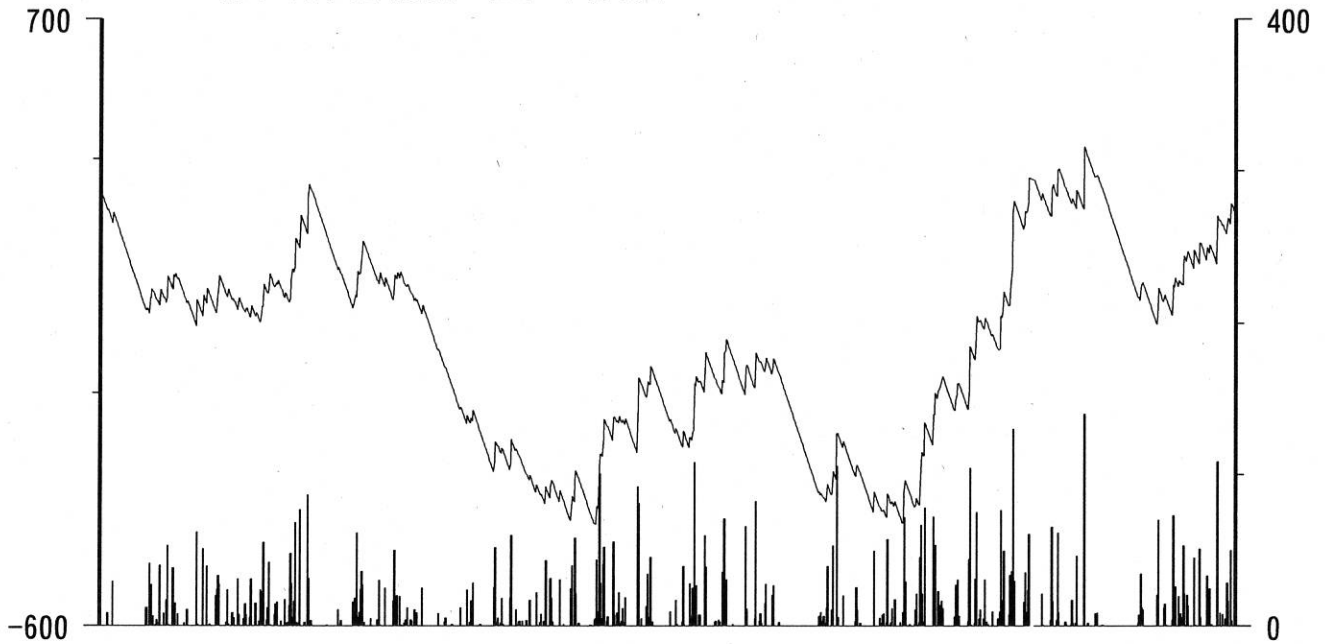


05 12 19 26 04 11 18 25 01 08 15 22 29  
 2012/02 2012/03 2012/04

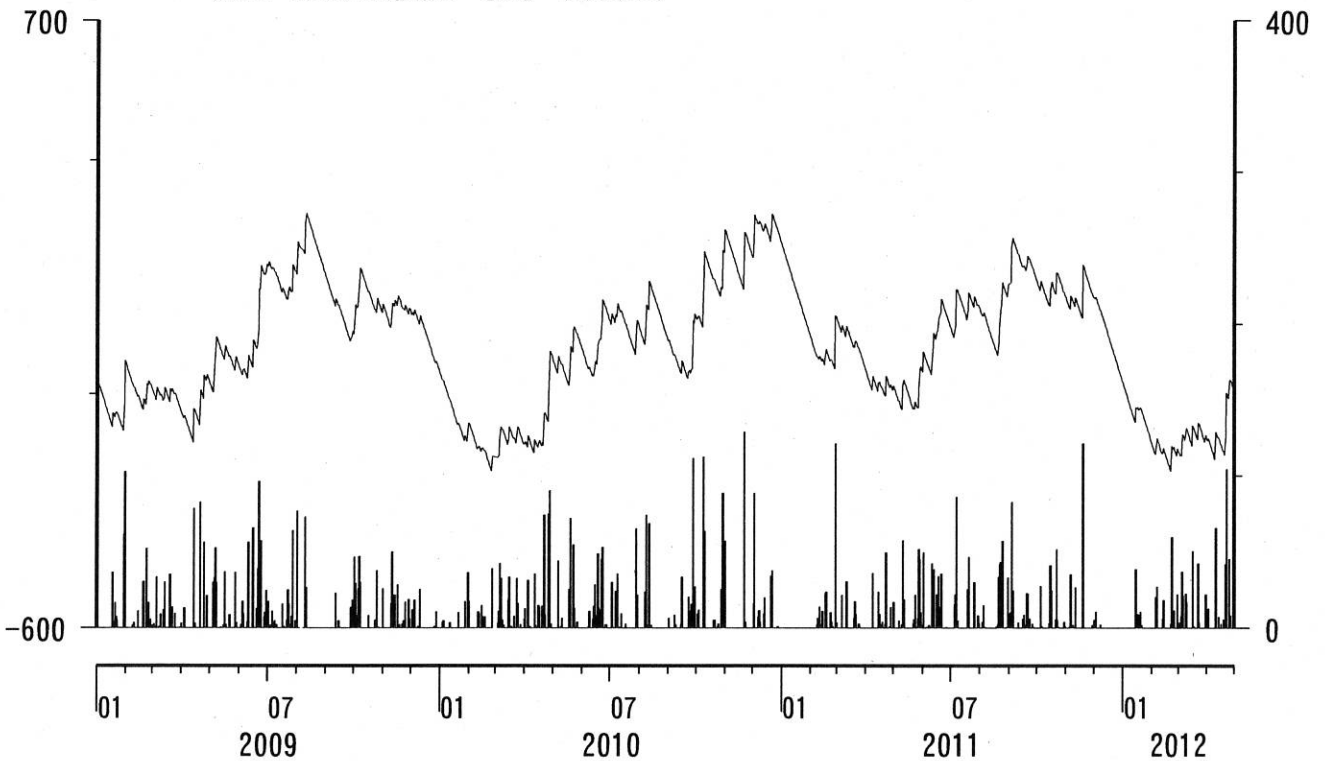
コメント：トレンドは、グラフに示している期間で求めている。

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 - 2012/05/01 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（2012年2月～2012年4月）

産業技術総合研究所

2012年2月～2012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14点（観測井は16井戸）である（第1図）。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、無かった。M4以上で深さ30kmより深い地震は、無かった。

第2～6図には、2011年11月～2012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2012年1月下旬から2012年2月上旬までの欠測は電源の故障のため（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）。

2012年4月11日に発生したインドネシア・スマトラ北部西方沖の地震（Mw8.6）に伴い、多くの観測点の地下水位・歪に振動が観測され、ohrの歪とhnoの歪にステップ状の変化が発生した（第5図）。

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）

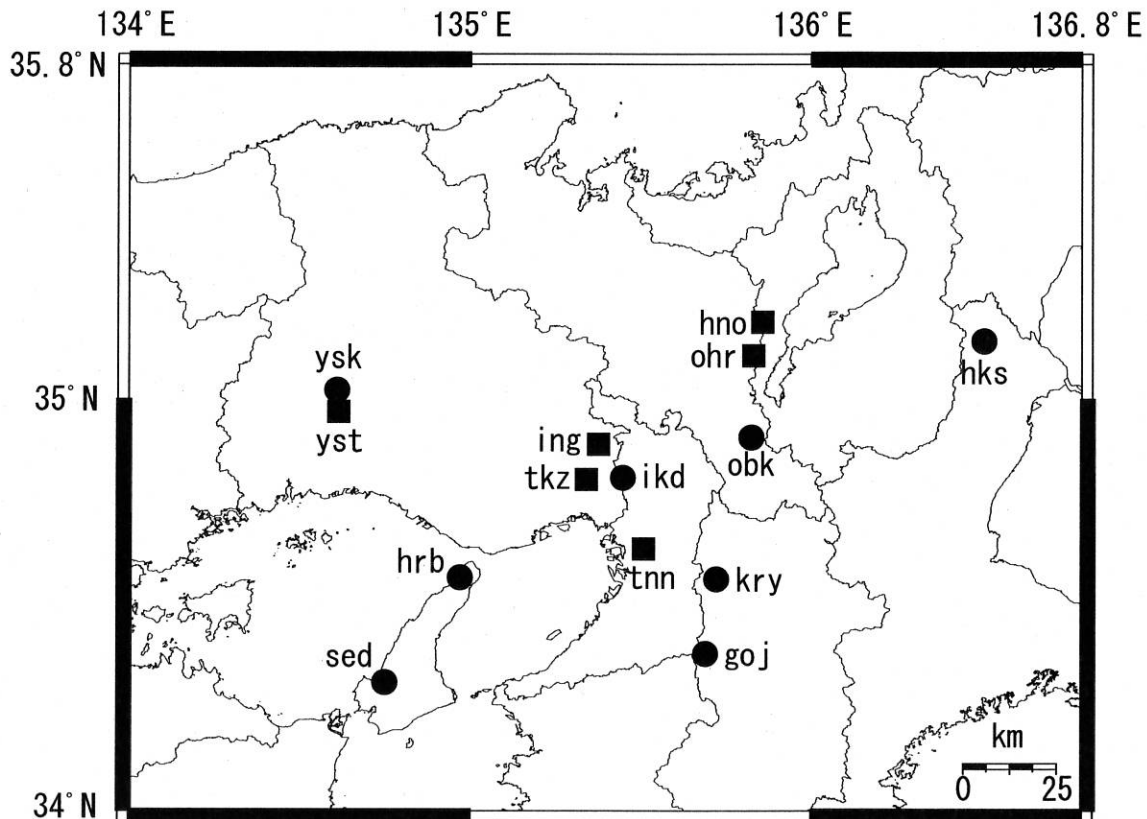


Fig.1 観測点分布図（●・■）。●は地下水のみの観測点で、■はボアホール型歪計を併設している観測点。

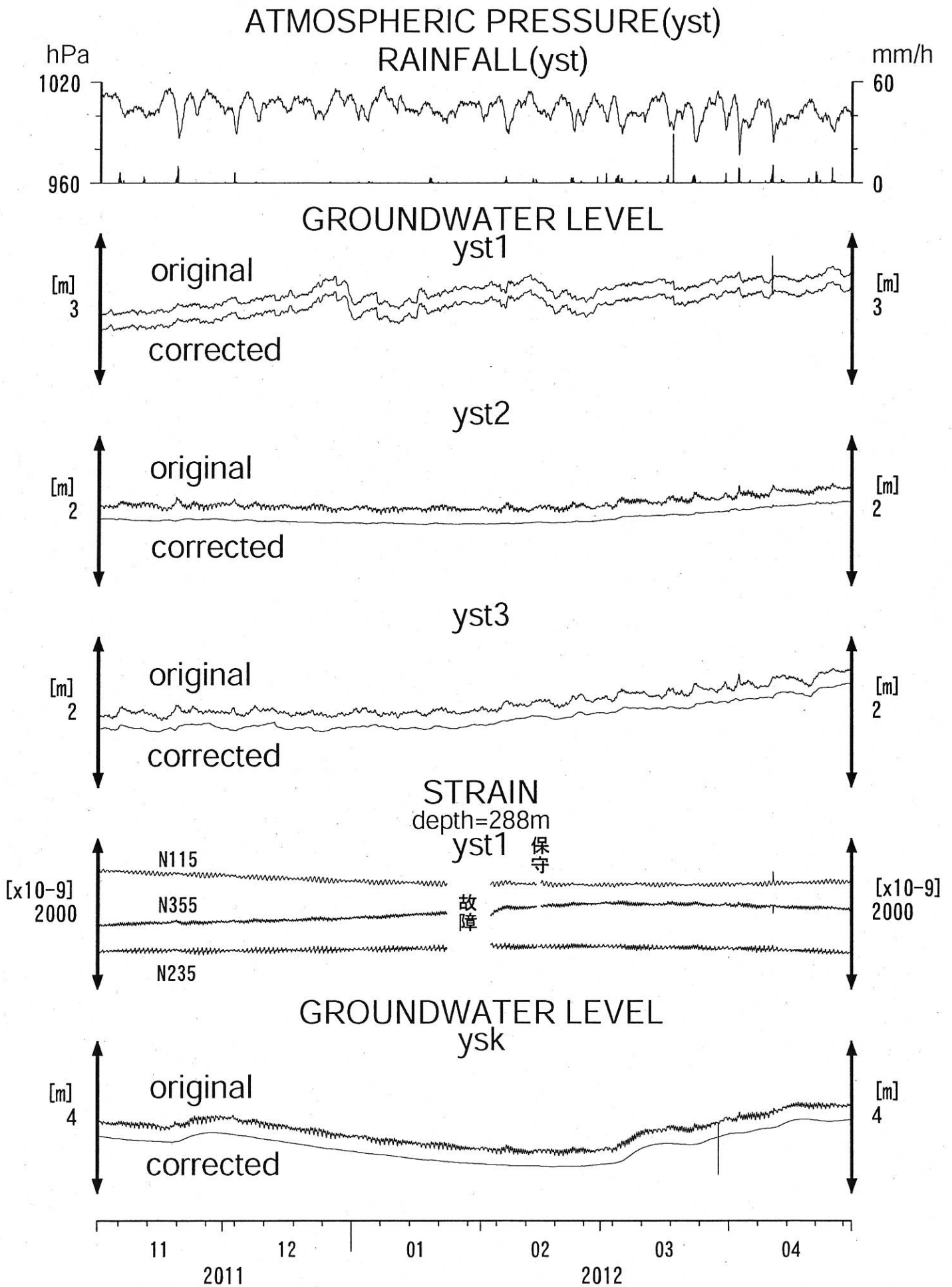


Fig.2

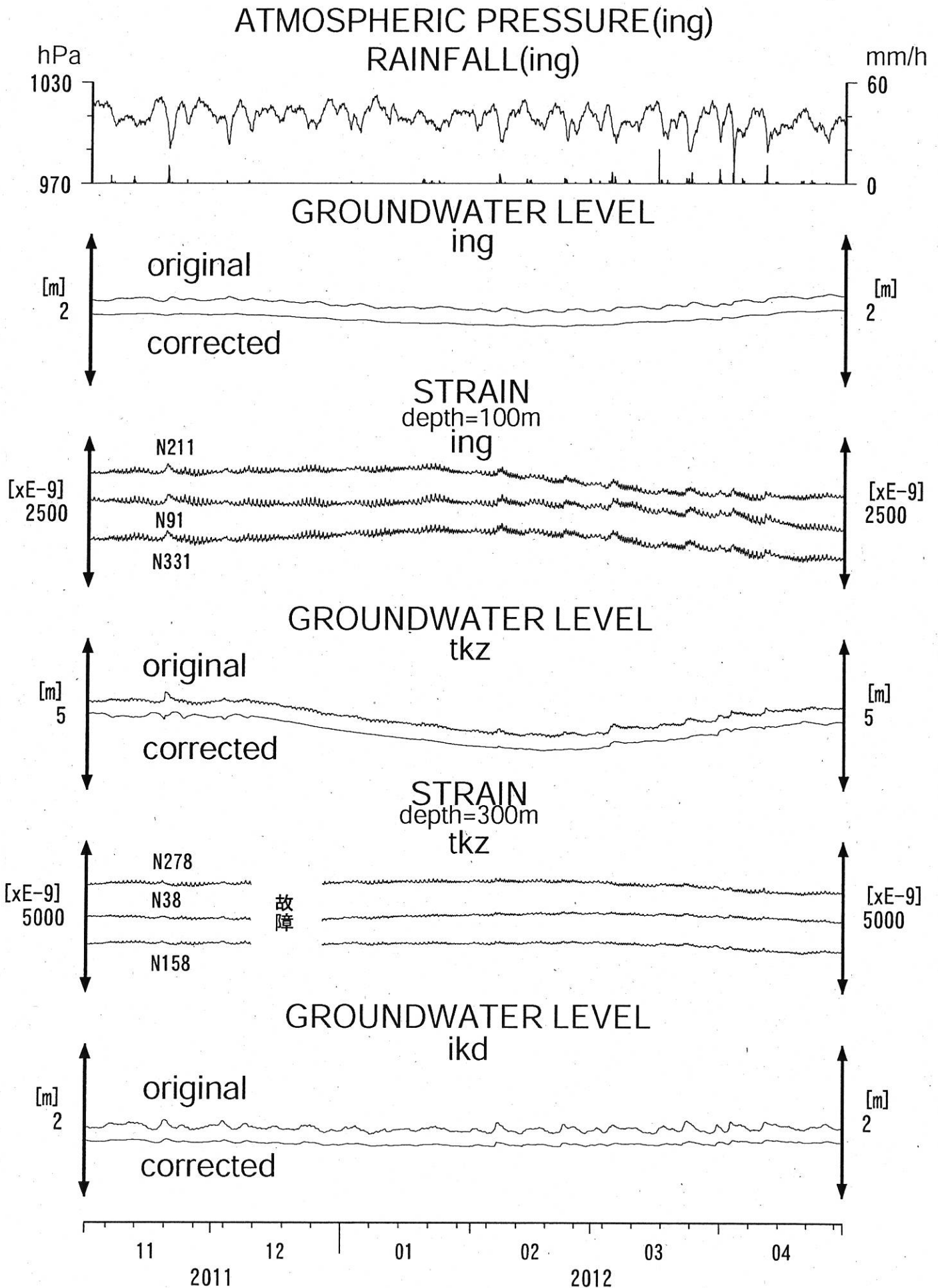


Fig.3

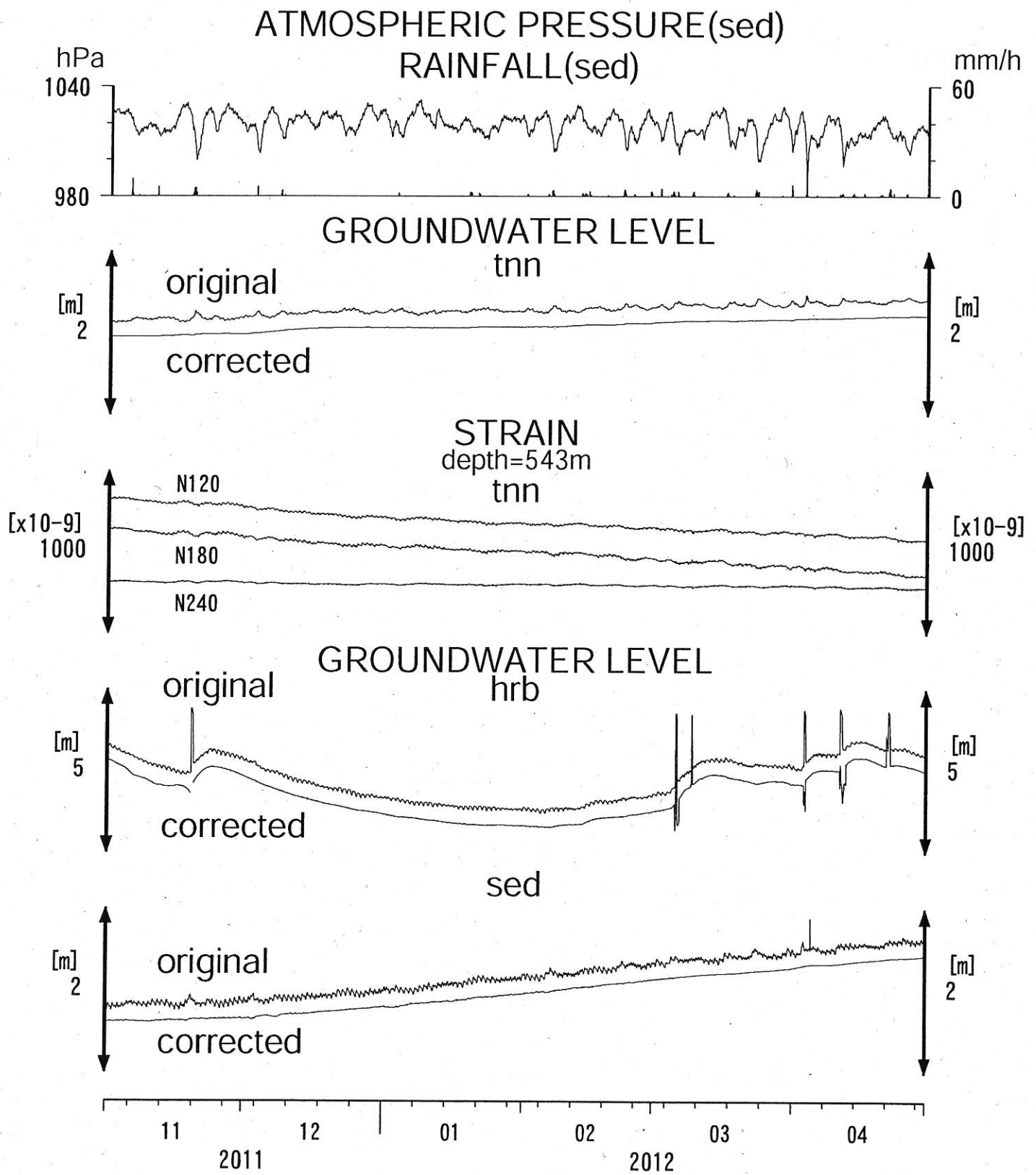


Fig.4

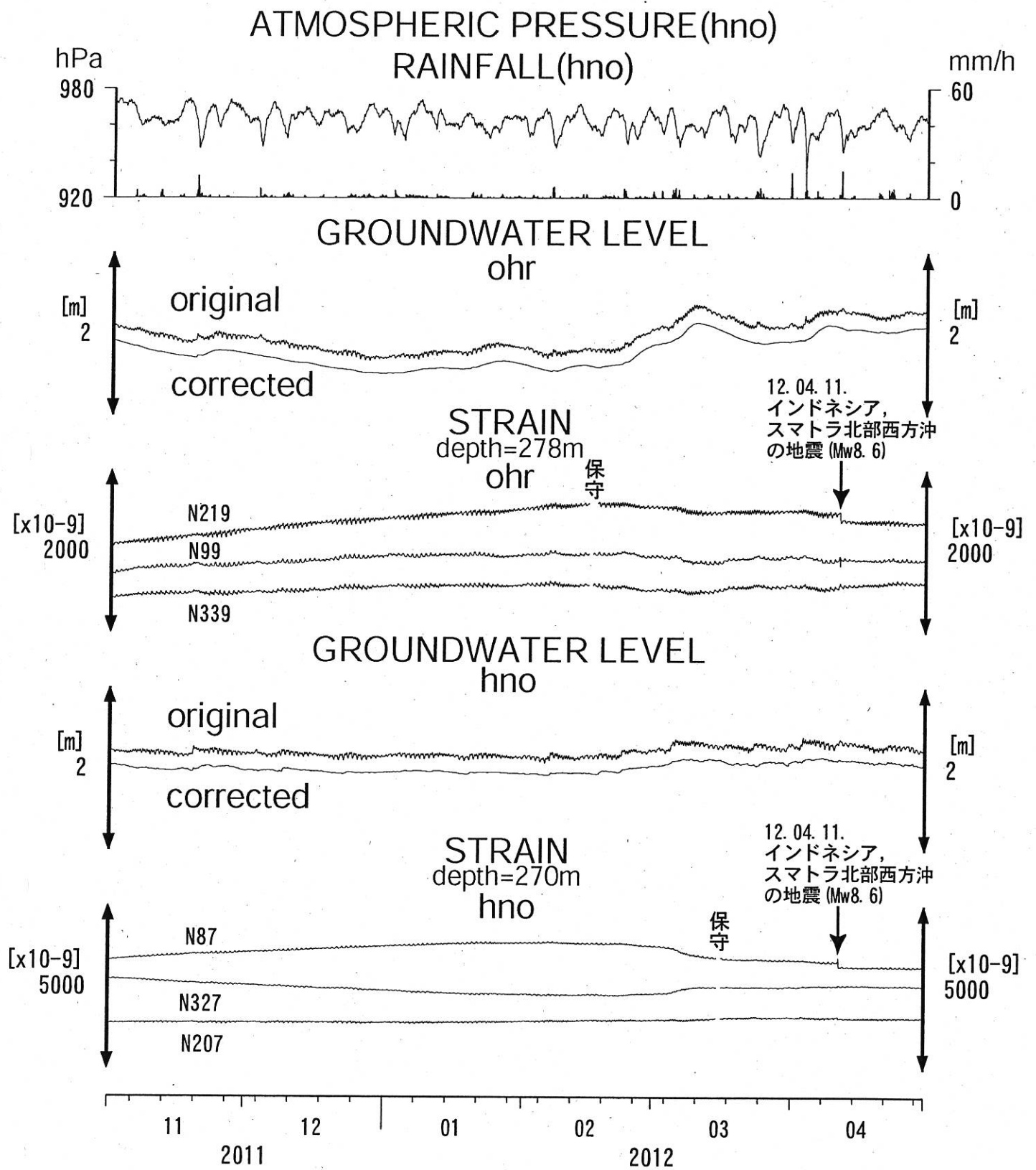


Fig.5



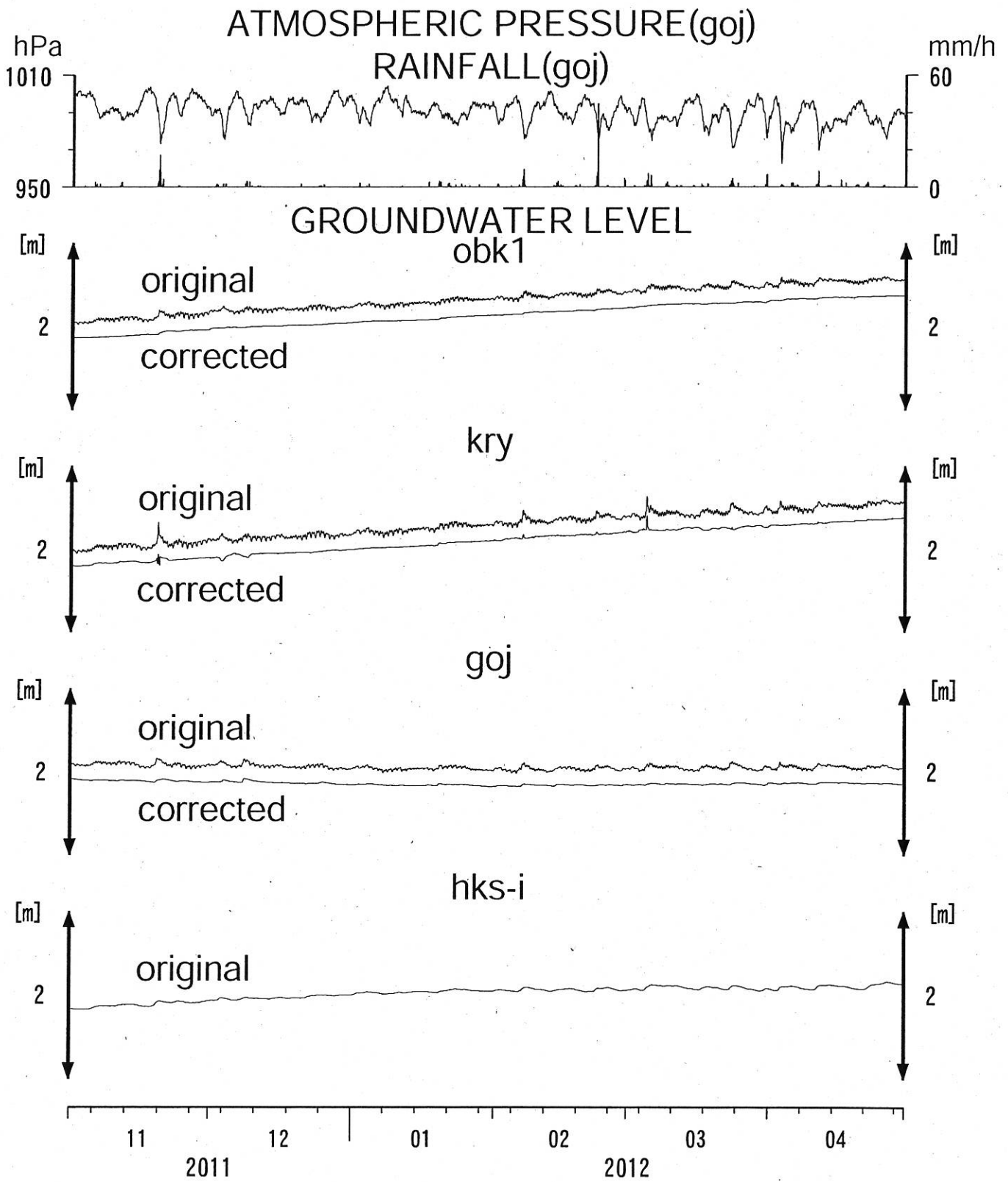


Fig.6

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、2011年11月～2012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。

2011年より、産総研の地下水等総合観測網の歪・傾斜計等と、防災科学技術研究所(防災科研)のHi-net高感度加速度計(傾斜計)等との相互データ交換を開始した(第41図)。板場ほか[2011]では、歪・傾斜の統合解析による短期的SSE断層モデルの推定手法を開発した。今後、歪観測点の密度が高く、高感度加速度計のノイズレベルが小さく、比較的規模の大きい短期的SSEが発生する、三重県中部において、両者で有意な変化が観測されたイベントについては、原則として統合解析の結果を報告するほか、準備が整い次第対象地域を広げていく予定である。断層モデル推定手法については、解析結果の後に示す。

2012年2月6日午後～11日午前にかけて、三重県中部～奈良県東部において活発な深部低周波微動活動が観測され(図42)、同9日午後～10日いっぱいにかけて、産総研の歪4観測点、傾斜1観測点および防災科研のHi-net高感度加速度計5観測点において、歪変化・傾斜変動が観測された(図43:ITAの歪は参考)。広域を対象に断層面の大きさを固定した1段階目での解析結果を図44に、この領域周辺を対象にした詳細な2段階目の解析で、残差最小の断層面を推定した結果を図45に示す。歪・傾斜を統合した解析では、微動域を広く覆う断層面が推定された。すべり量は5mm、Mwは5.7と推定された。この領域では、150日前の2011年9月12日～15日にほぼ同じ位置でMw5.9の短期的SSEが発生したと推定されている。この領域における2008年11月以降の7回(今回を除く)の活動間隔は、152～184日間であり、前回から今回までの間隔はやや短い。

2012年3月23日午後～28日午前にかけて、愛知県中央部周辺において活発な深部低周波微動活動が観測され(図46)、同23日～28日にかけて、産総研の歪2観測点および防災科研のHi-net高感度加速度計2観測点において、歪変化・傾斜変動が観測された(図47)。広域を対象に断層面の大きさを固定した1段階目での解析結果を図48に、この領域周辺を対象にした詳細な2段階目の解析で、残差最小の断層面を推定した結果を図49に示す。歪・傾斜を統合した解析では、微動域の一部を含む断層面が推定された。すべり量は15mm、Mwは5.7と推定された。この領域では240日前の2011年7月27日～8月1日に短期的SSEが発生したと推定されている。この領域における2008年5月以降の6回(今回を除く)の活動の発生間隔は198～266日間であり、今回は平均的な発生間隔である。

2012年4月14日午後～16日午前にかけて、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(図50)、同時期に産総研の歪3観測点、傾斜1観測点および防災科研のHi-net高感度加速度計4観測点にお

いて、歪変化・傾斜変動が観測された(図51)。広域を対象に断層面の大きさを固定した1段階目での解析結果を図52に、この領域周辺を対象にした詳細な2段階目の解析で、残差最小の断層面を推定した結果を図53に示す。なお、歪のみを用いた解析では、1段階目の解析で紀北海山観測点の南側および微動域周辺で残差が小さい領域が推定されたが、2段階目の解析では、これらのうち微動域周辺のみを対象とした。歪・傾斜を統合した解析では、微動域をより広く覆う断層面が推定された。すべり量は3mm、Mwは5.6と推定された。この領域および北東側では、116日前の2011年12月19日～20日にMw5.5の短期的SSEが発生したと推定されている。

## 解析方法

短期的SSEの断層面推定には、産総研の水平歪計4成分・傾斜計2成分と防災科研の高感度加速度計2成分の記録を用いる。まず、BAYTAP-G [Tamura et al., 1991]により、観測波形から気圧応答成分・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で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。断層面は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、推定された結果の一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、断層面の幅および長さを10～50km(奈良県東部、三重県中部～北部のイベントでは長さのみ10～80km)、それぞれ5km間隔で可変として計算を行う。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2点以下の場合や、断層面と観測点配置の関係によっては一意性が低くなるので注意が必要である。なお、異種間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。

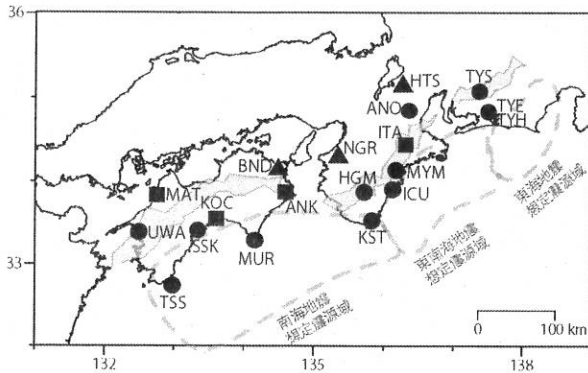
## 謝辞

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。短期的SSEの断層モデルの推定には、防災科研のHi-net高感度加速度計(傾斜計)のデータを使用しました。ここに記して感謝します。

(北川有一・板場智史・小泉尚嗣・高橋誠・松本則夫・武田直人)

## 参考文献

- 板場智史, 松本則夫, 北川有一, 小泉尚嗣, 木村武志, 木村尚紀, 廣瀬仁, 針生義勝, 歪・傾斜統合解析による短期的SSE断層モデルの推定, 日本地震学会, 2011年度秋期大会, 静岡, 10月, 2011.
- Okada, Y., Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **82**, 1018–1040, 1992.
- Tamura, Y., T. Sato, M. Ooe and M. Ishiguro, A procedure for tidal analysis with a Bayesian information criterion, *Geophys. J. Int.*, **104**, 507–516, 1991.
- 弘瀬冬樹, 中島淳一, 長谷川昭, 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, 2007.
- Matsumoto, N., O. Kamigaichi, Y. Kitagawa, S. Itaba, and N. Koizumi, 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, 2010.

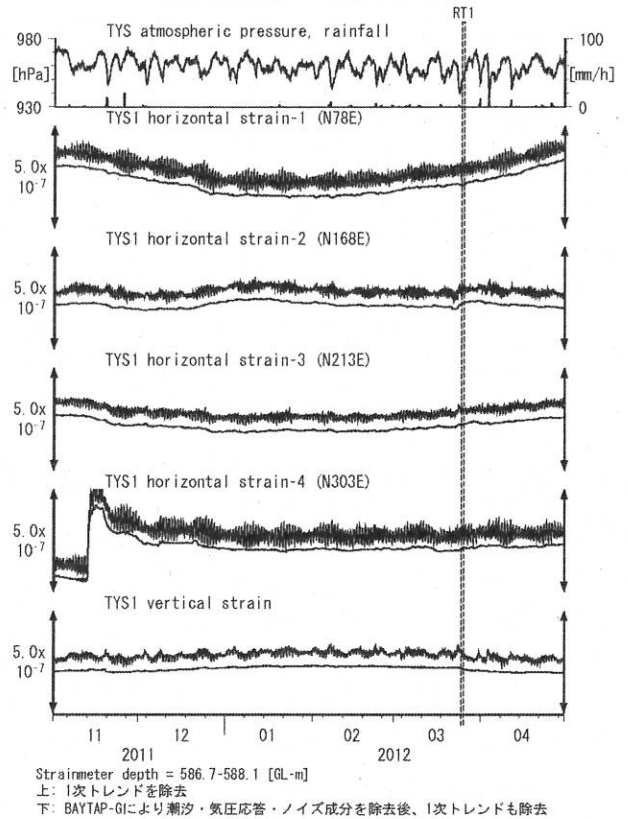


第1図: 地下水位観測点の分布図 (●・■・▲)。●はデジタル方式の石井式歪計・傾斜計を用いている新規観測点、■はGladwin式歪計・ミットヨ式傾斜計を併設している新規観測点、▲はアナログ方式の石井式歪計を併設している既存の観測点。灰色の領域は短期的SSE及び深部低周波微動が定期的に発生していると考えられる地域。

第1表: 産総研観測点の新名称。平成23年1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	とよはしため	愛知県豊橋市	4,5
HTS	兼荘	兼荘香之庄	あいしょうこうのしょう	滋賀県愛知郡兼荘町	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	まつさかいいたが	三重県松阪市	9,10
MYM	海山	紀北海山	きほくみやま	三重県北牟婁郡紀北町	11,12
ICU	井内浦	熊野崎崎	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	いわでひがしさがもと	和歌山県岩出市	19
BND	板東	鳴門大麻	なるとおおあさ	徳島県鳴門市	20
ANK	阿南泉野	阿南泉野	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)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)

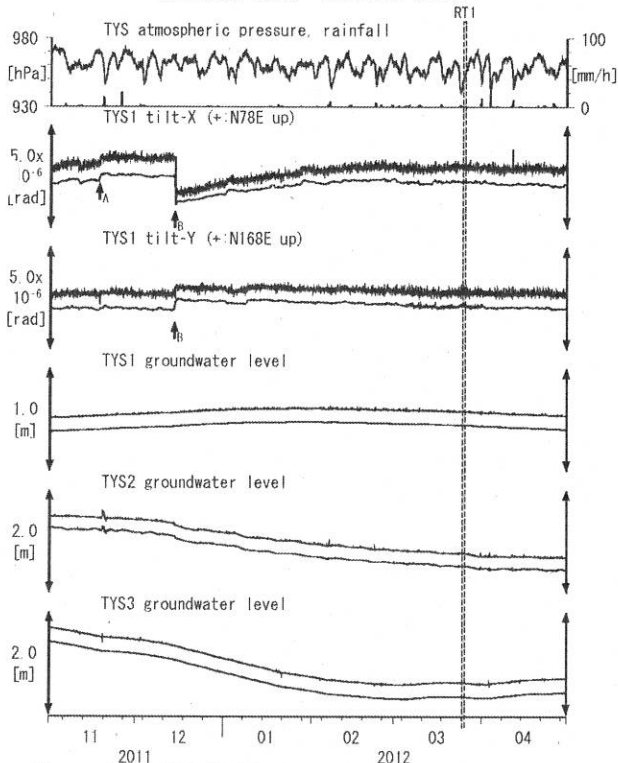


Strainmeter depth = 586.7-588.1 [GL-m]

上: 1次トレンドを除去

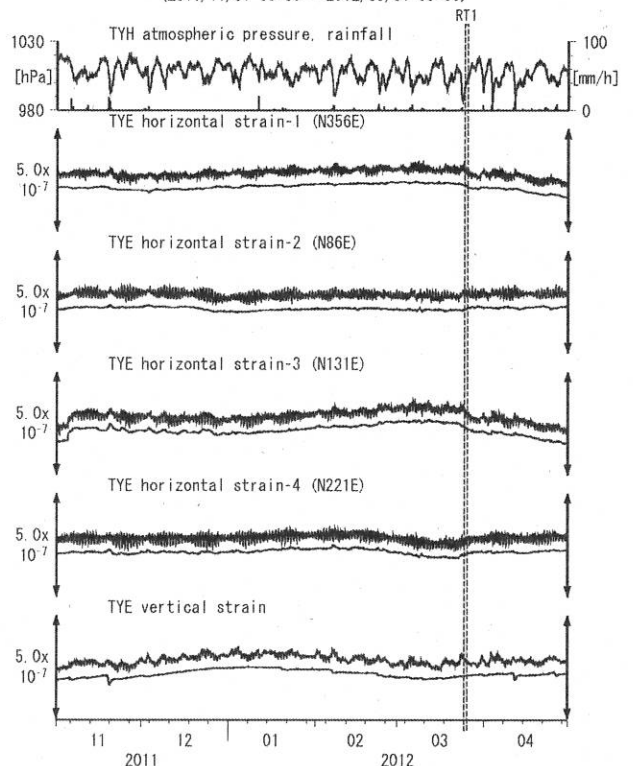
下: BAYTAP-GIにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、1次トレンドも除去

第3図 Tilt and groundwater level at TYS (時間値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



Tiltmeter depth = 585.9-586.7 [GL-m] A:2011/11/18 福井県嶺北の地震 M4.8  
TYS1: Screen depth = 404.8-426.7 [GL-m] B:2011/12/14 岐阜県美濃東部の地震 M5.1  
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-GI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)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)

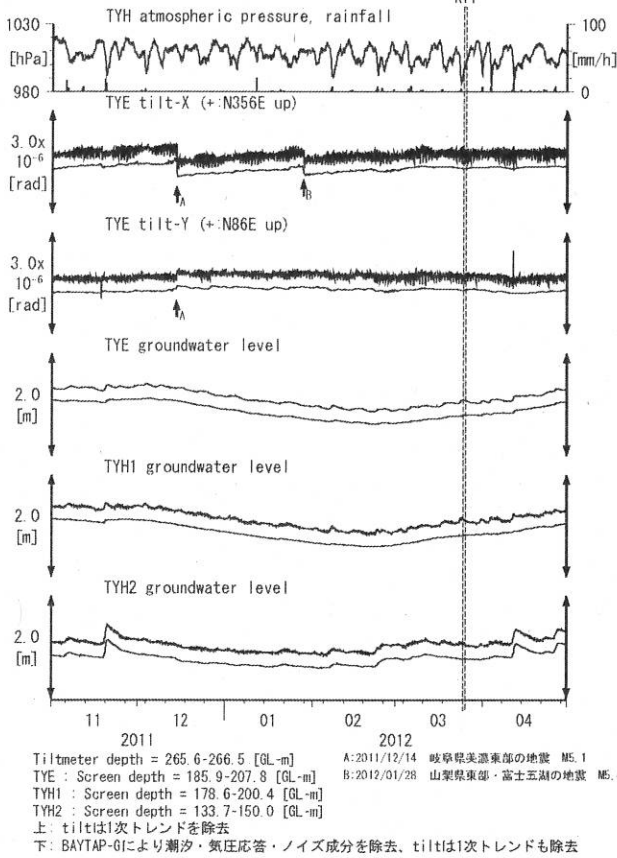


Strainmeter depth = 266.5-267.9 [GL-m]

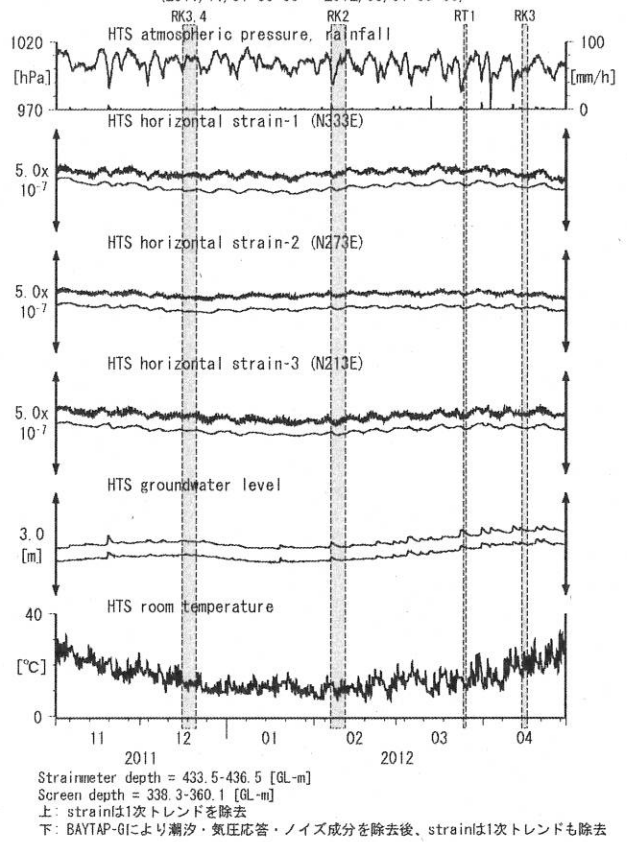
上: 1次トレンドを除去

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

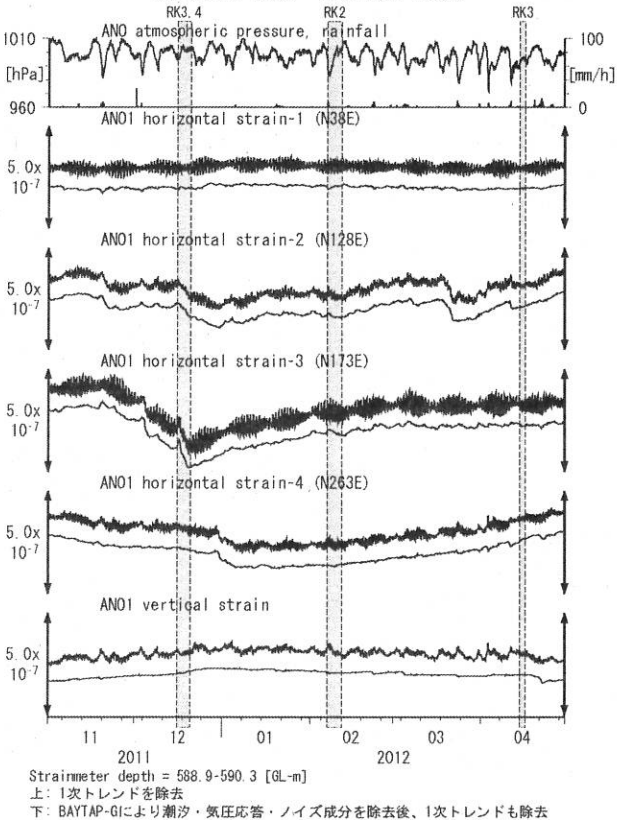
第5図 Tilt and groundwater level at TYE and TYH (時間値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



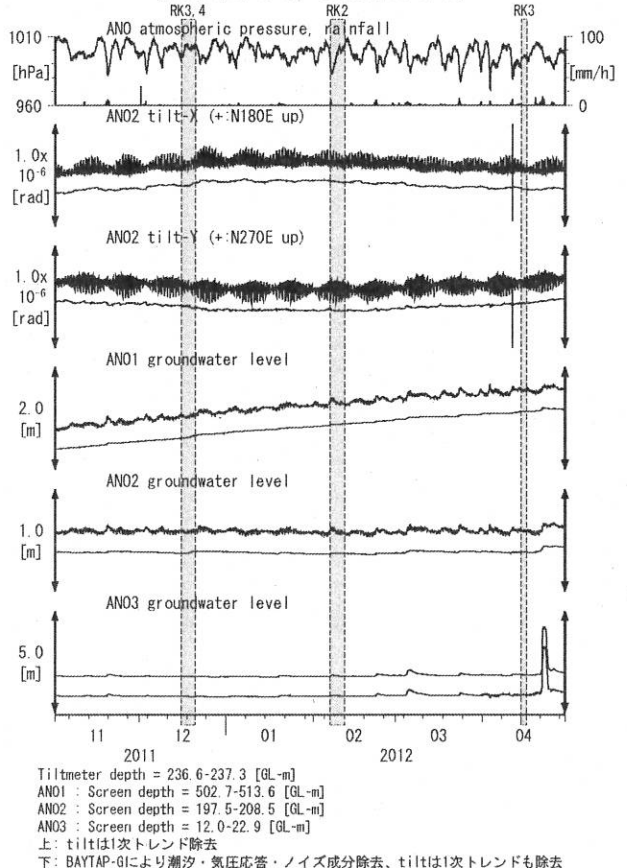
第6図 Crustal strains and groundwater level at HTS (時間値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)

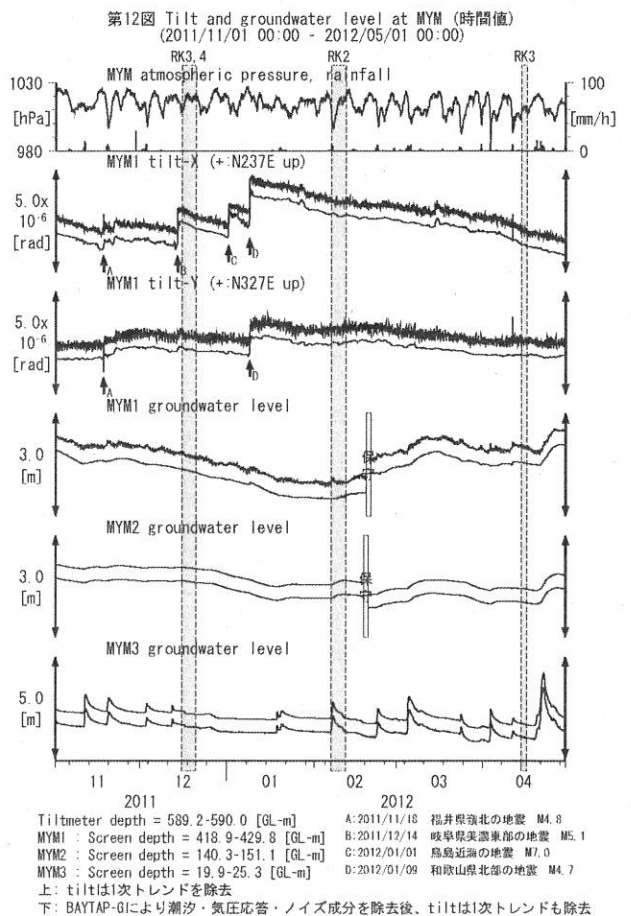
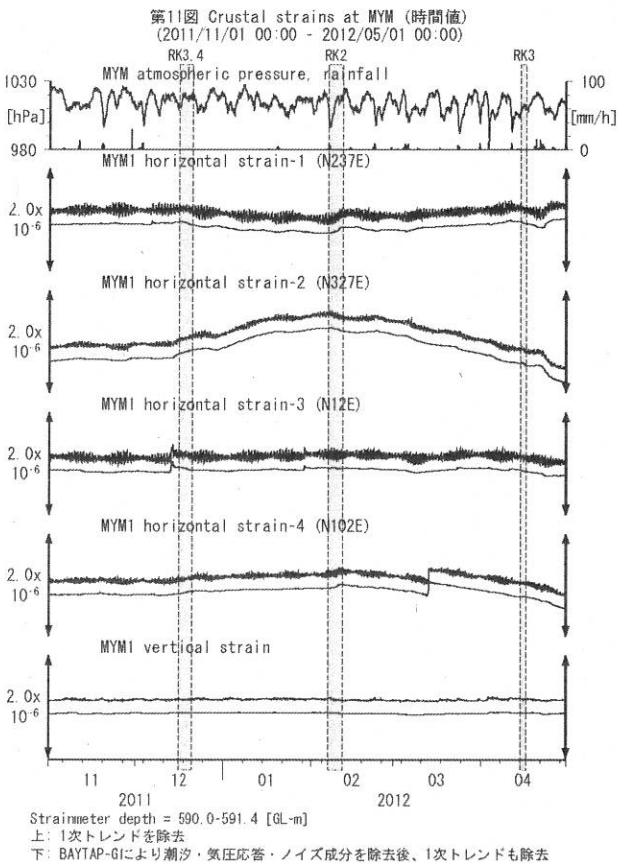
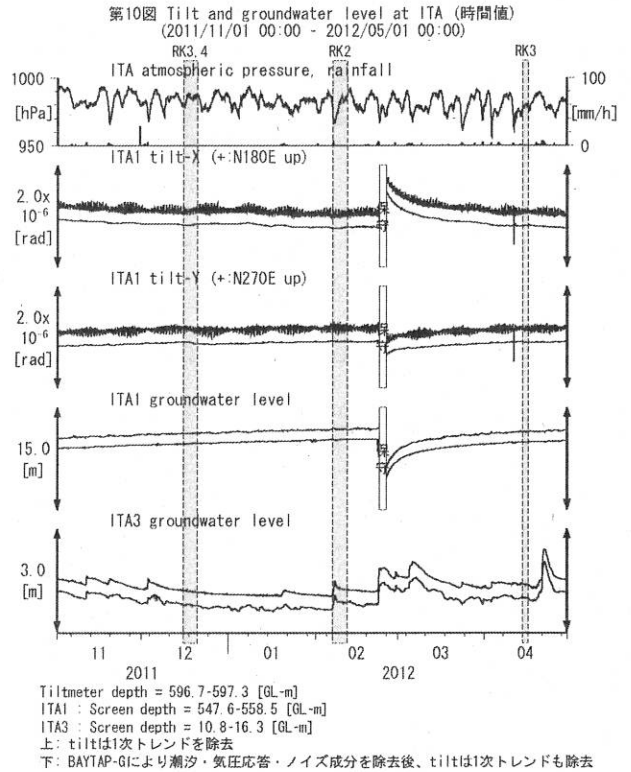
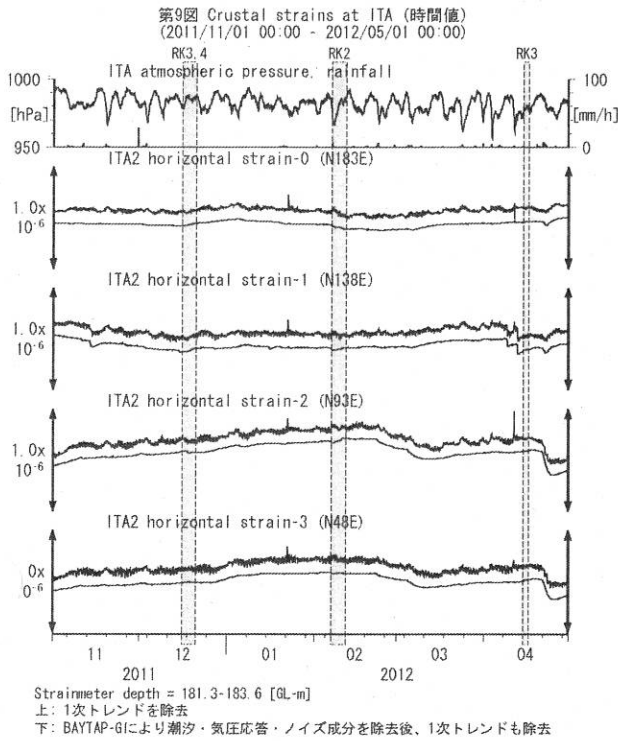


第7図 Crustal strains at ANO (時間値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)

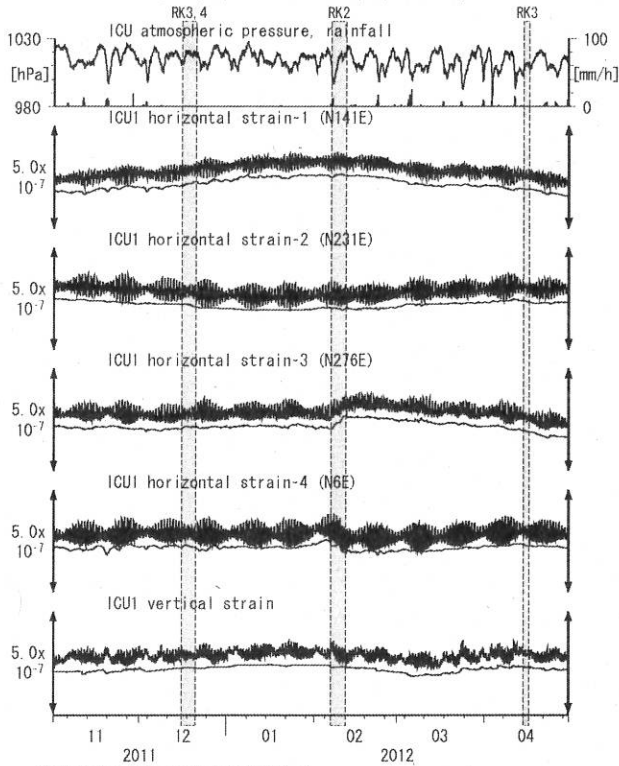


第8図 Tilt and groundwater level at ANO (時間値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



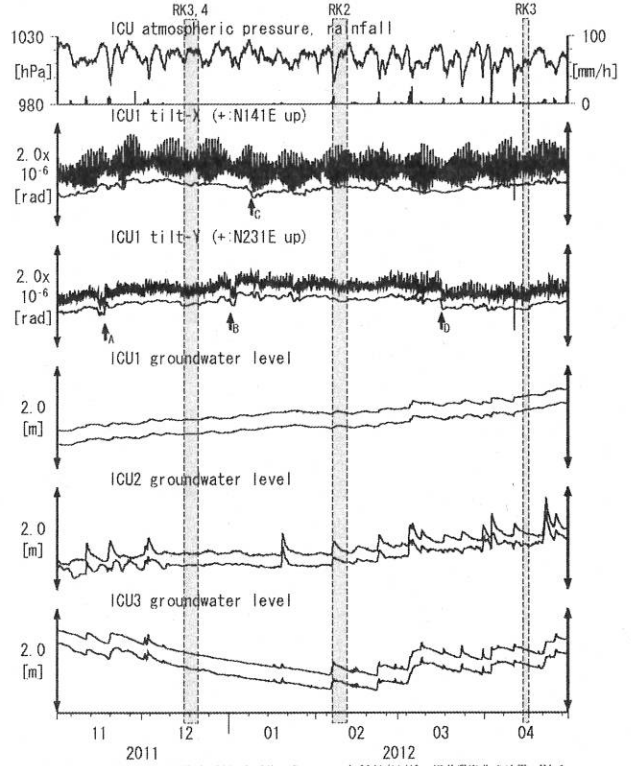


第13図 Crustal strains at ICU (時間値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



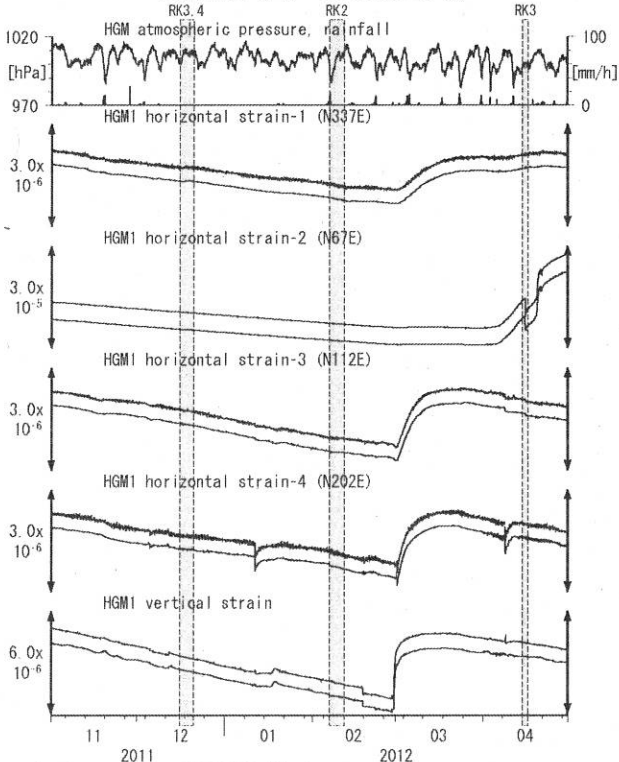
Strainmeter depth = 588.5-589.9 [GL-m]  
上: 1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-GIにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、1次トレンドも除去

第14図 Tilt and groundwater level at ICU (時間値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



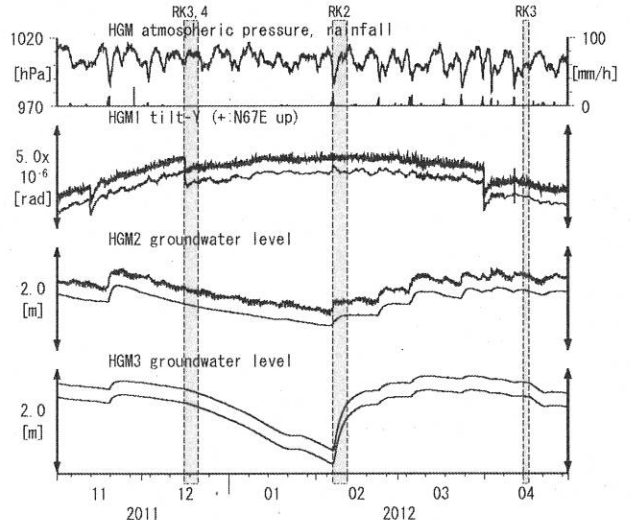
Tiltmeter depth = 587.7-588.5 [GL-m] A: 2011/11/18 福井県強北の地震 M4.8  
ICU1 : Screen depth = 522.5-533.4 [GL-m] B: 2012/01/01 鳥島近海の地震 M7.0  
ICU2 : Screen depth = 95.7-106.6 [GL-m] C: 2012/01/09 和歌山県北部の地震 M4.7  
ICU3 : Screen depth = 13.4-18.8 [GL-m] D: 2012/03/16 奈良県の地震 M3.5  
上: tiltは1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-GI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15図 Crustal strains at HGM (時間値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)

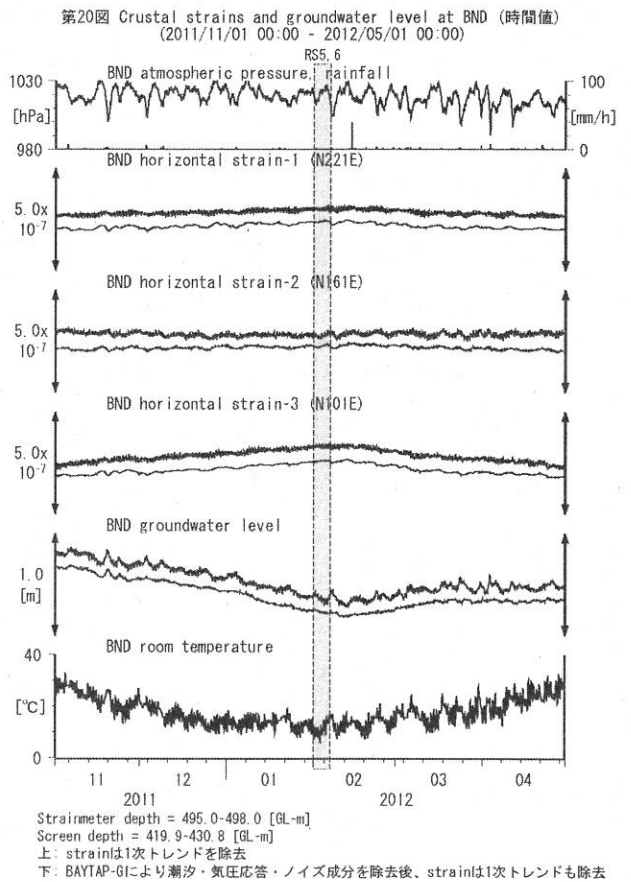
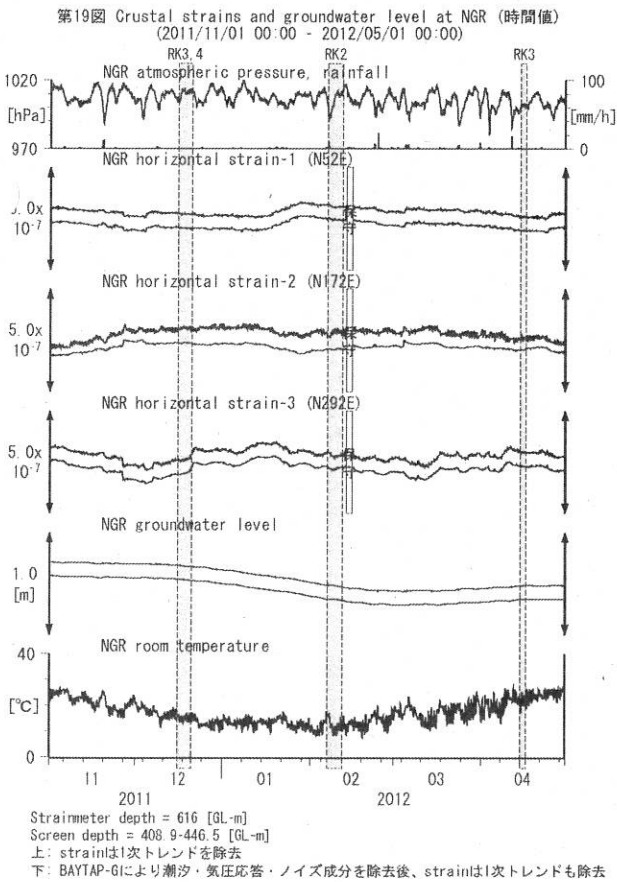
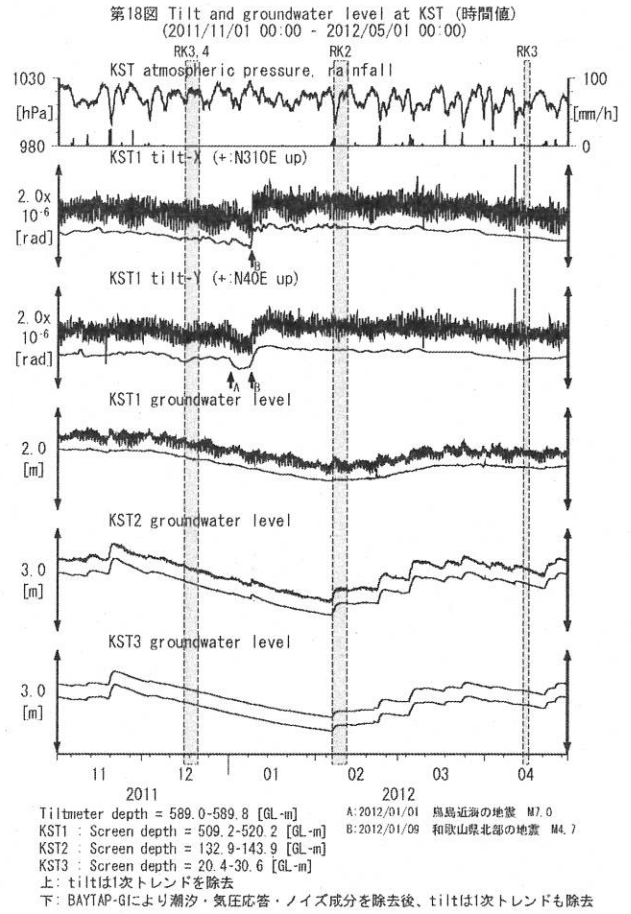
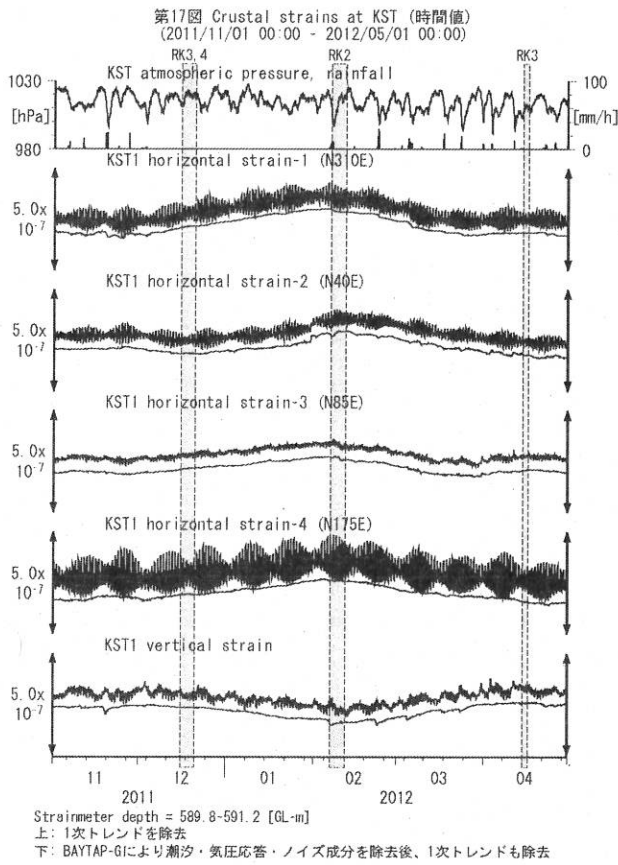


Strainmeter depth = 372.7-374.1 [GL-m]  
上: 1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-GIにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、1次トレンドも除去

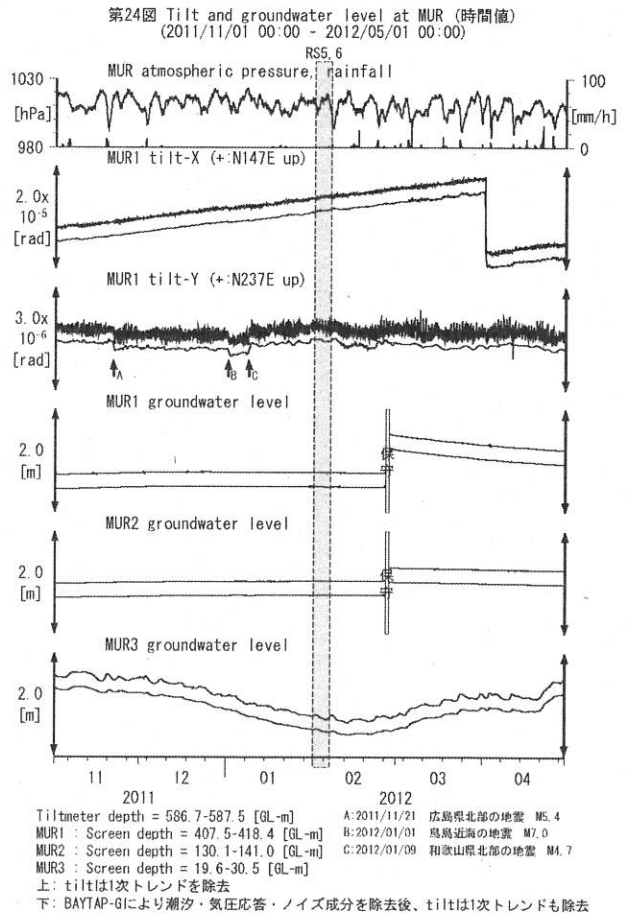
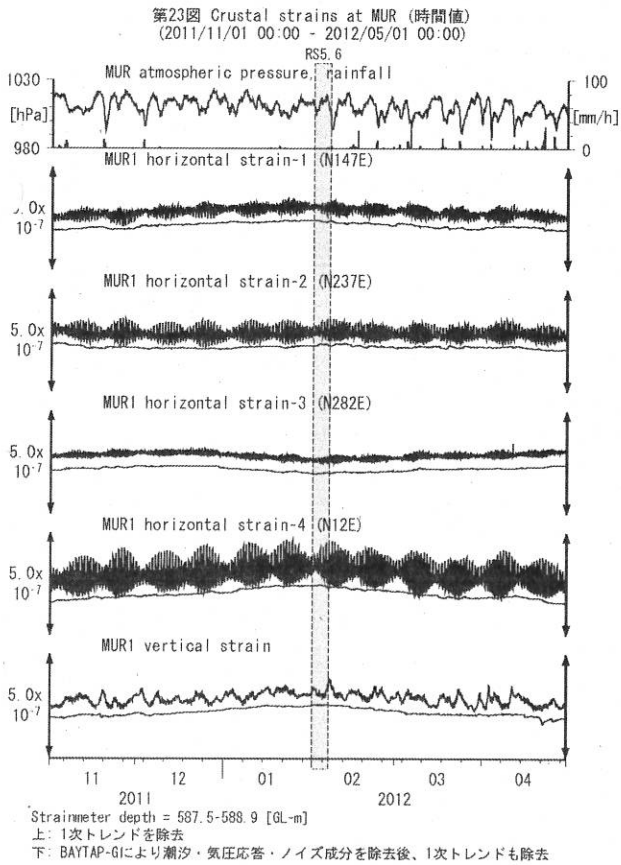
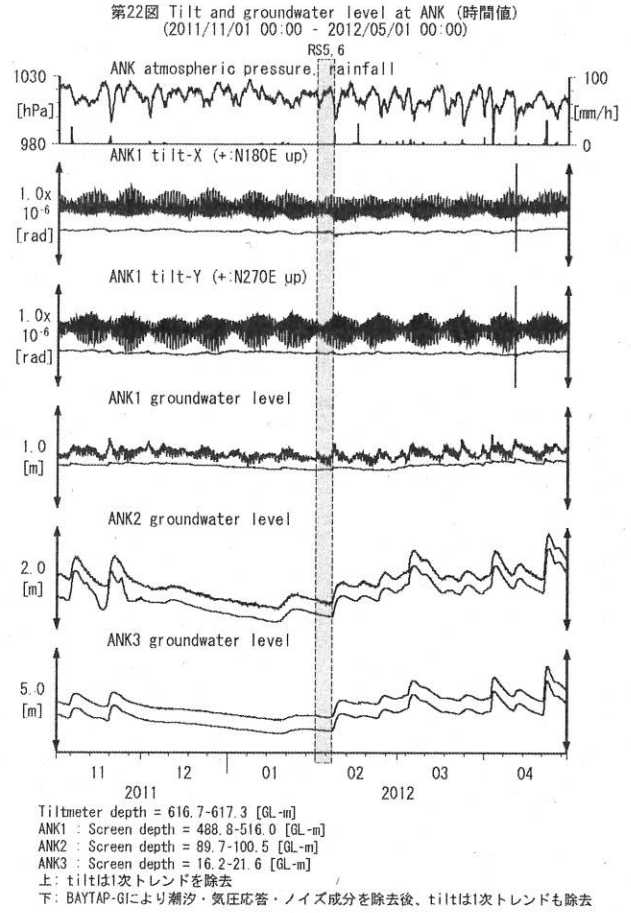
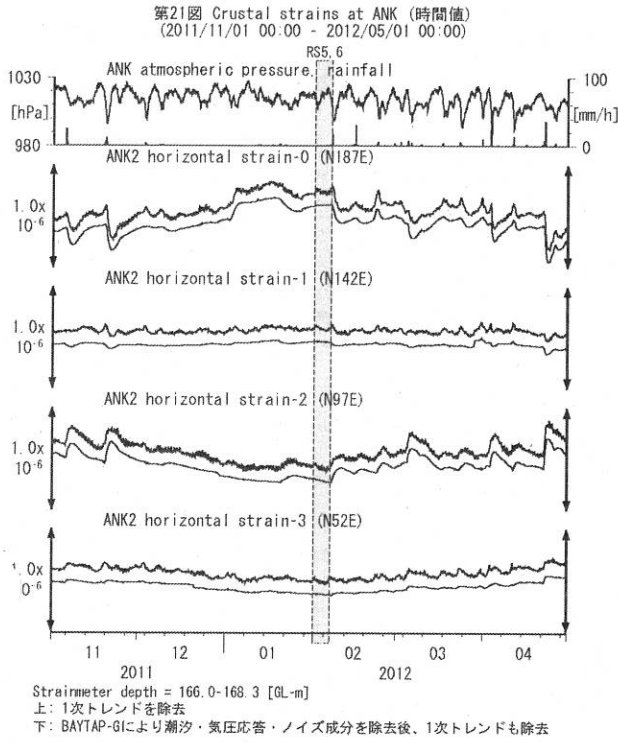
第16図 Tilt and groundwater level at HGM (時間値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



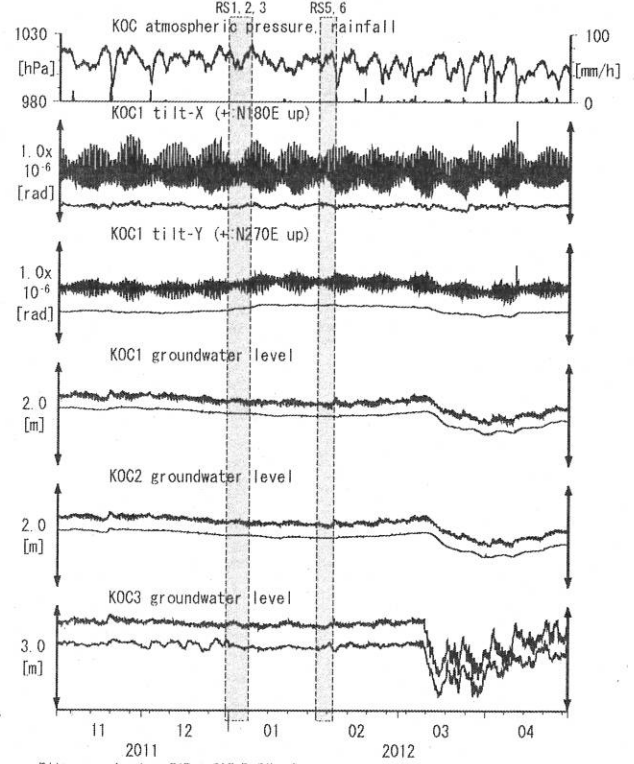
Tiltmeter depth = 371.9-372.7 [GL-m]  
HGM2 : Screen depth = 180.9-191.8 [GL-m]  
HGM3 : Screen depth = 24.3-29.8 [GL-m]  
上: tiltは1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-GIにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、tiltは1次トレンドも除去  
tilt-Xは振り切れにより欠測





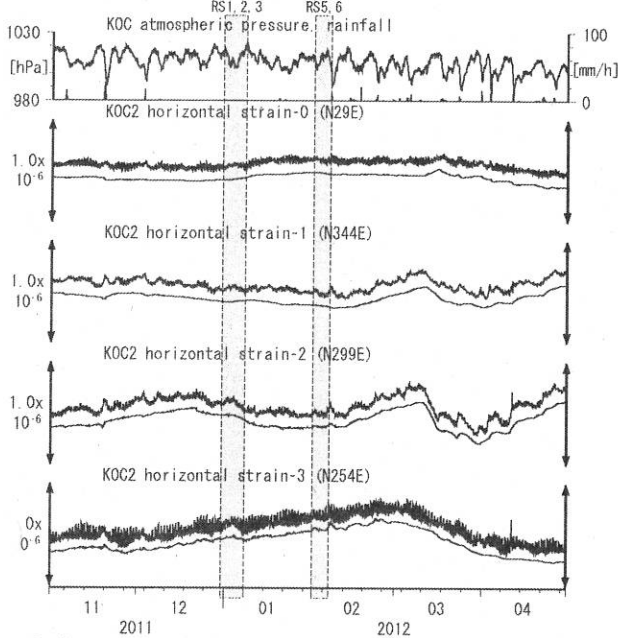


第26図 Tilt and groundwater level at KOC (時間値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



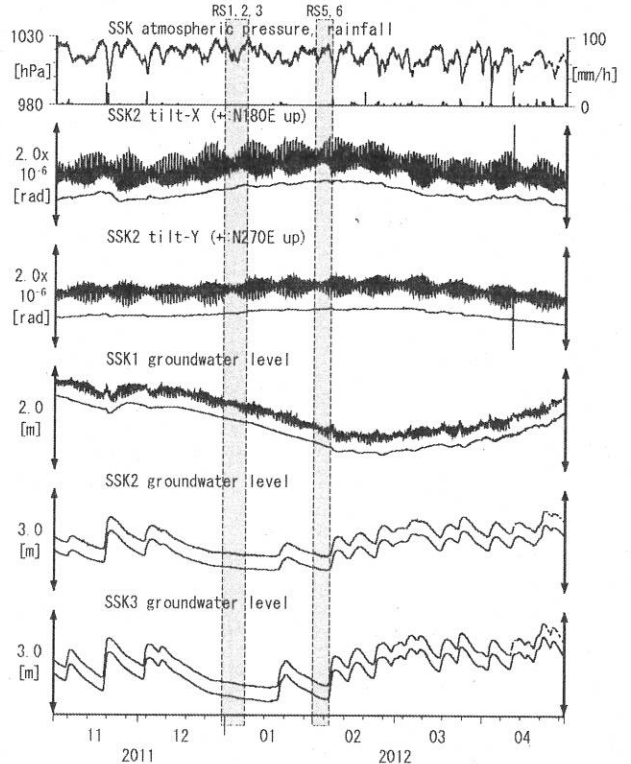
Tiltmeter depth = 597.1-597.7 [GL-m]  
KOC1 : Screen depth = 486.1-507.1 [GL-m]  
KOC2 : Screen depth = 169.1-173.9 [GL-m]  
KOC3 : Screen depth = 20.6-25.4 [GL-m]  
上: tiltは1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-GIにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、tiltは1次トレンドも除去

第25図 Crustal strains at KOC (時間値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



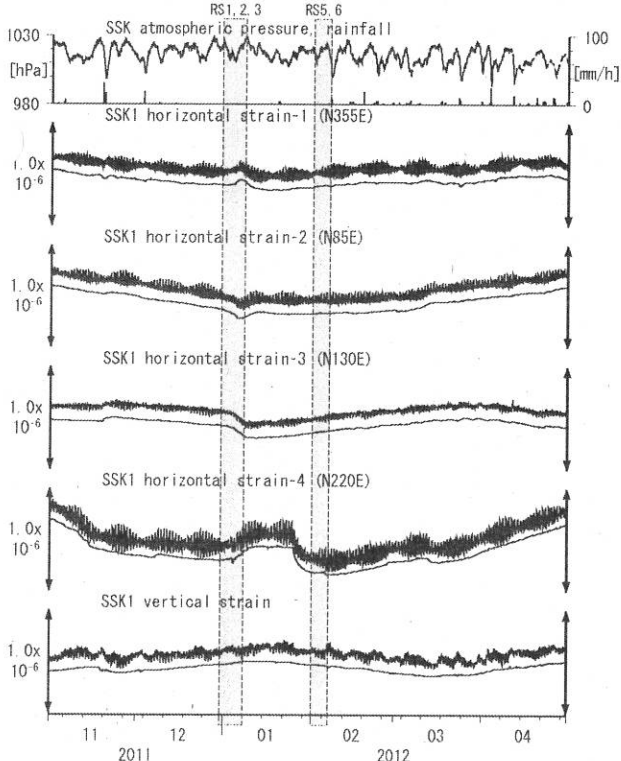
Strainmeter depth = 201.3-203.6 [GL-m]  
上: 1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-GIにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、1次トレンドも除去

第28図 Tilt and groundwater level at SSK (時間値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



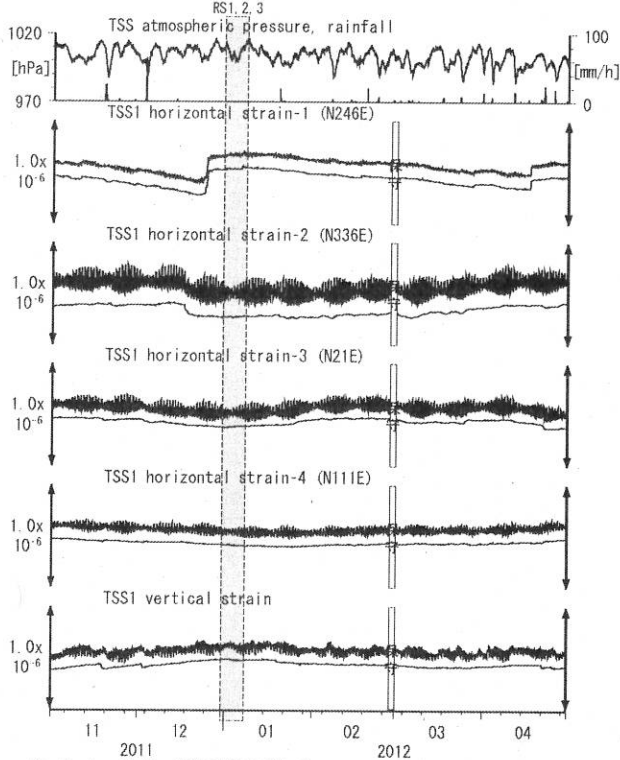
Tiltmeter depth = 201.6-202.2 [GL-m]  
SSK1 : Screen depth = 355.5-371.9 [GL-m]  
SSK2 : Screen depth = 90.9-101.9 [GL-m]  
SSK3 : Screen depth = 16.0-21.5 [GL-m]  
上: tiltは1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-GIにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、tiltは1次トレンドも除去

第27図 Crustal strains at SSK (時間値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



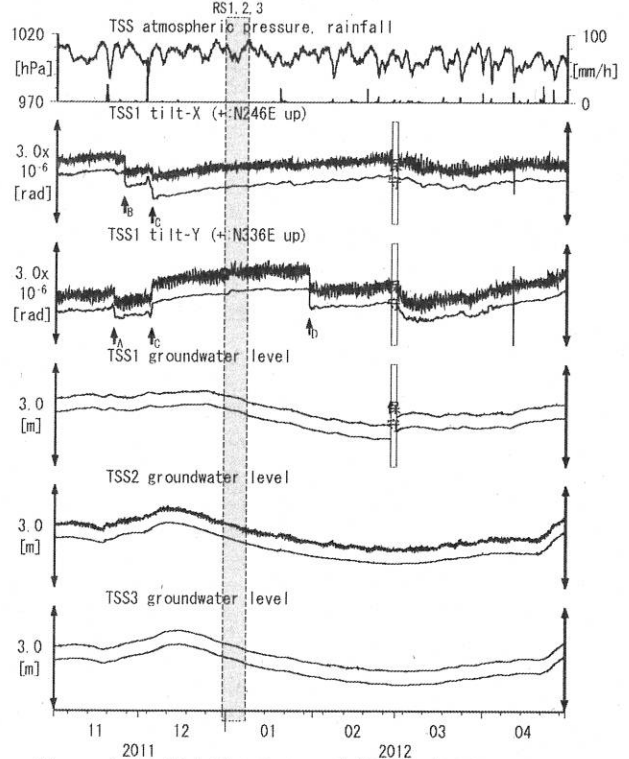
Strainmeter depth = 576.7-578.1 [GL-m]  
上: 1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-GIにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、1次トレンドも除去

第29図 Crustal strains at TSS (時間値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



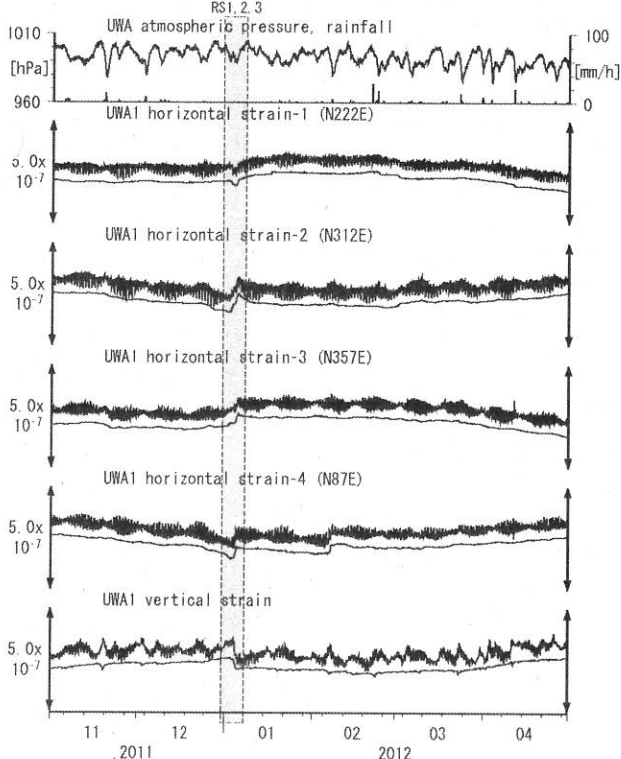
Strainmeter depth = 587.0-588.4 [GL-m]  
上: 1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、1次トレンドも除去

第30図 Tilt and groundwater level at TSS (時間値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



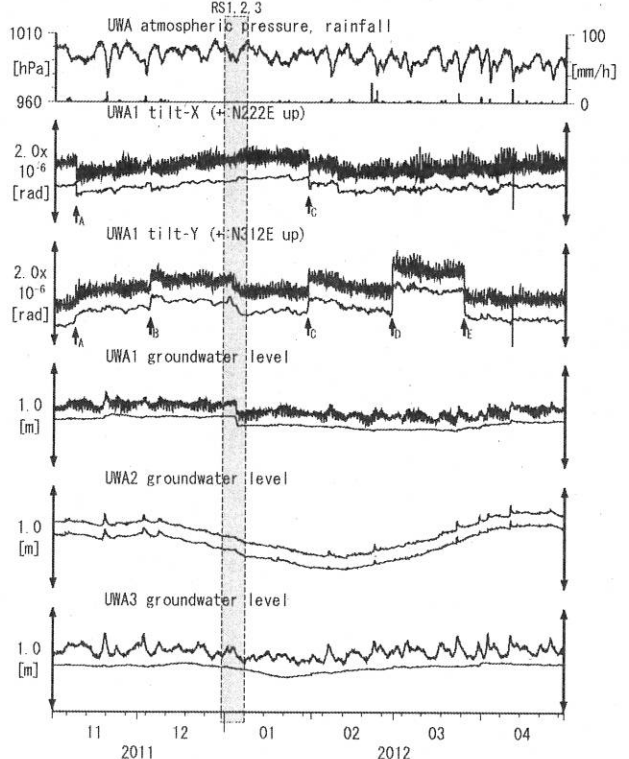
Tiltmeter depth = 586.2-587.0 [GL-m] A: 2011/11/21 広島県北部の地震 M5.4  
TSS1 : Screen depth = 467.7-473.2 [GL-m] B: 2011/11/25 広島県北部の地震 M4.4  
TSS2 : Screen depth = 238.9-244.3 [GL-m] C: 2011/12/06 豊後水道の地震 M4.0  
TSS3 : Screen depth = 129.1-134.6 [GL-m] D: 2012/01/30 日向灘の地震 M4.9  
上: tiltは1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、tiltは1次トレンドも除去

第31図 Crustal strains at UWA (時間値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



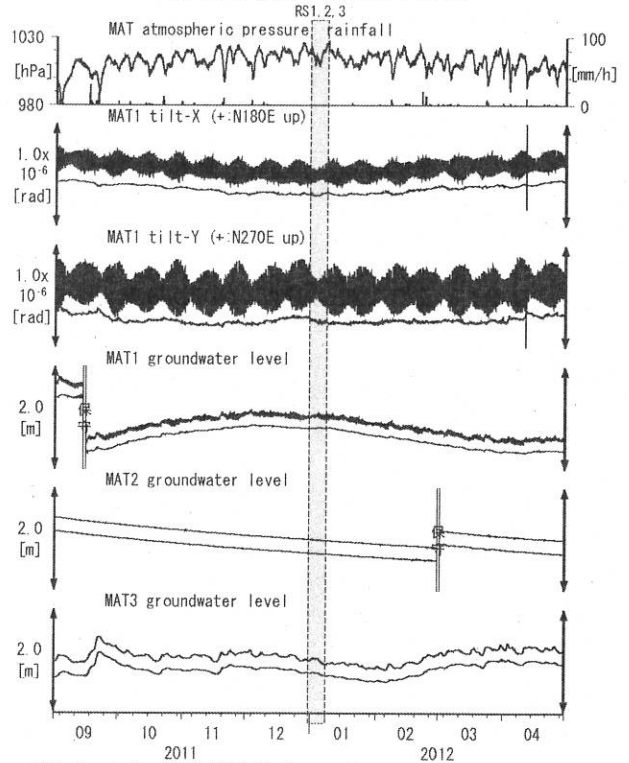
Strainmeter depth = 590.0-591.4 [GL-m]  
上: 1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、1次トレンドも除去

第32図 Tilt and groundwater level at UWA (時間値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



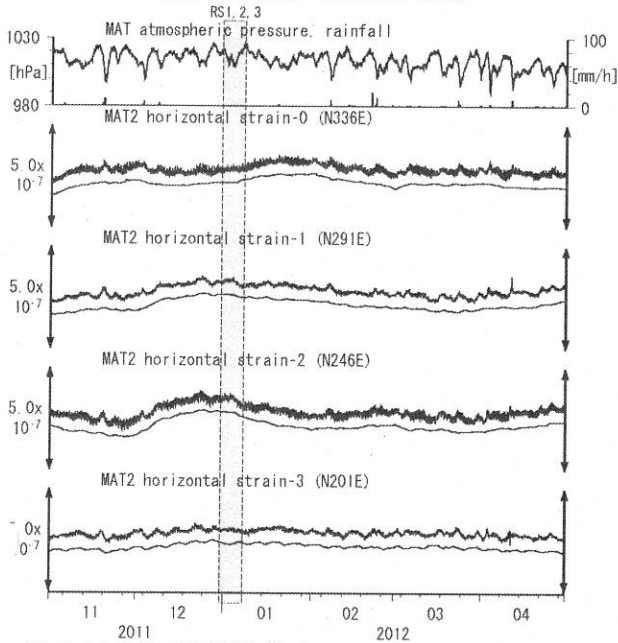
Tiltmeter depth = 589.2-590.0 [GL-m] A: 2011/11/8 沖縄本島北西沖の地震 M7.0  
UWA1 : Screen depth = 446.4-457.4 [GL-m] B: 2011/12/06 豊後水道の地震 M4.0  
UWA2 : Screen depth = 68.9-79.9 [GL-m] C: 2012/01/30 日向灘の地震 M4.5  
UWA3 : Screen depth = 13.6-18.4 [GL-m] D: 2012/02/29 日向灘の地震 M4.5  
上: tiltは1次トレンドを除去 E: 2012/03/25 豊後水道の地震 M2.9  
下: BAYTAP-G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)  
(2011/09/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)

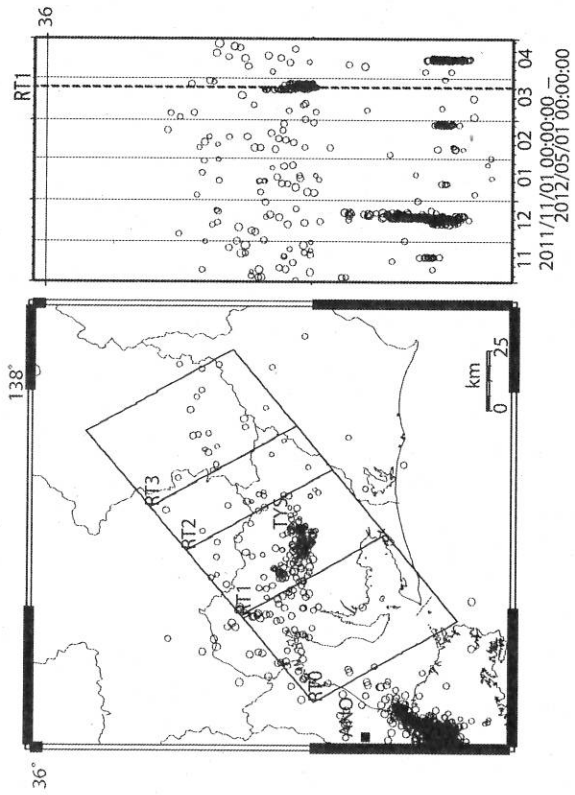


RS1,2,3  
Tiltmeter depth = 596.7-597.3 [GL-m]  
MAT1 : Screen depth = 512.2-528.6 [GL-m]  
MAT2 : Screen depth = 170.2-181.1 [GL-m]  
MAT3 : Screen depth = 17.0-22.5 [GL-m]  
上: tiltは1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-GIにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、tiltは1次トレンドも除去

第33図 Crustal strains at MAT (時間値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)

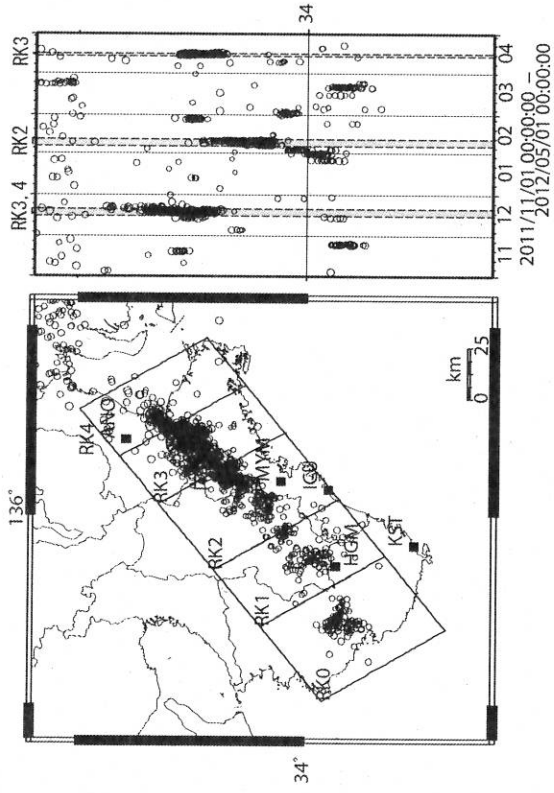
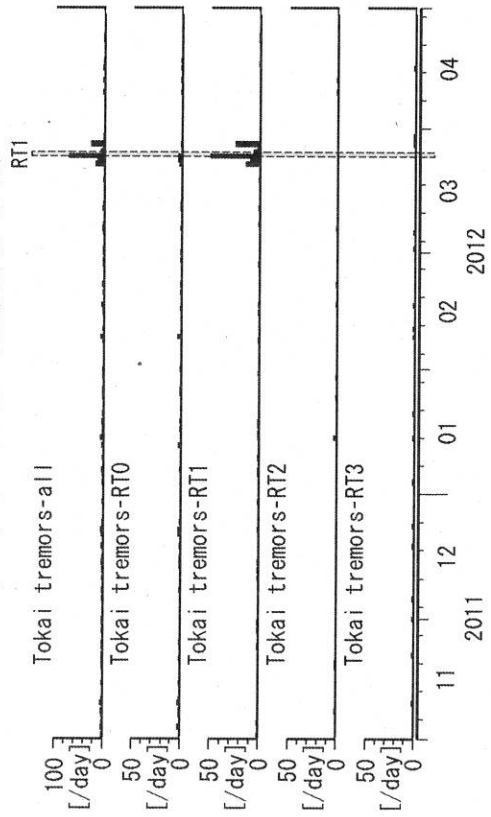


RS1,2,3  
Strainmeter depth = 200.8-203.1 [GL-m]  
上: 1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-GIにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、1次トレンドも除去



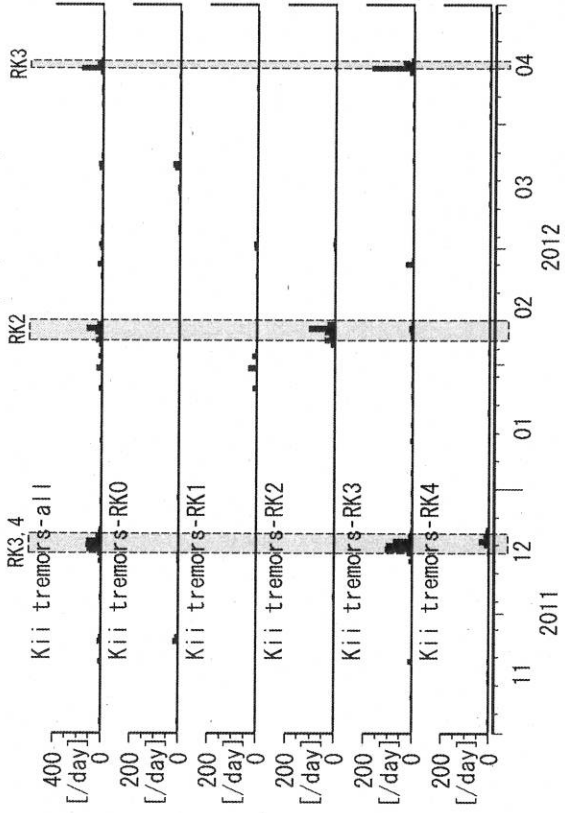
第35図 東海地方における深部低周波微動の時空間分布図(産総研による決定)

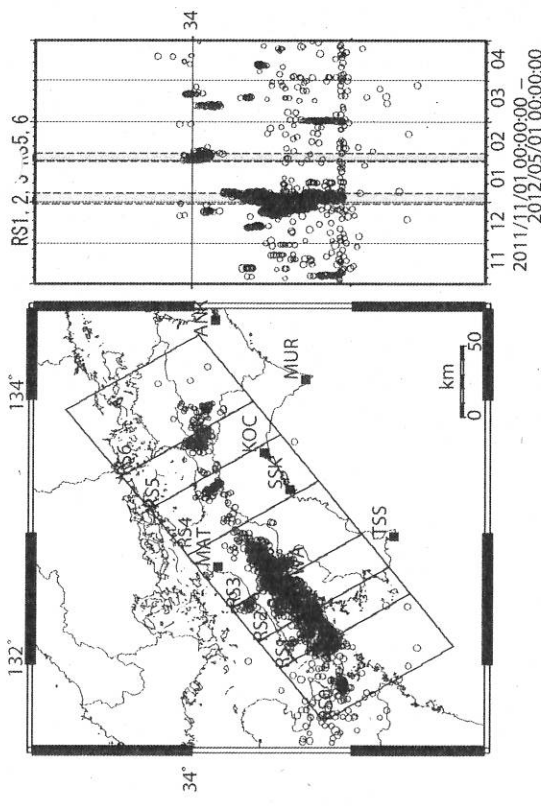
第36図 Deep low-frequency tremors in Tokai (日値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



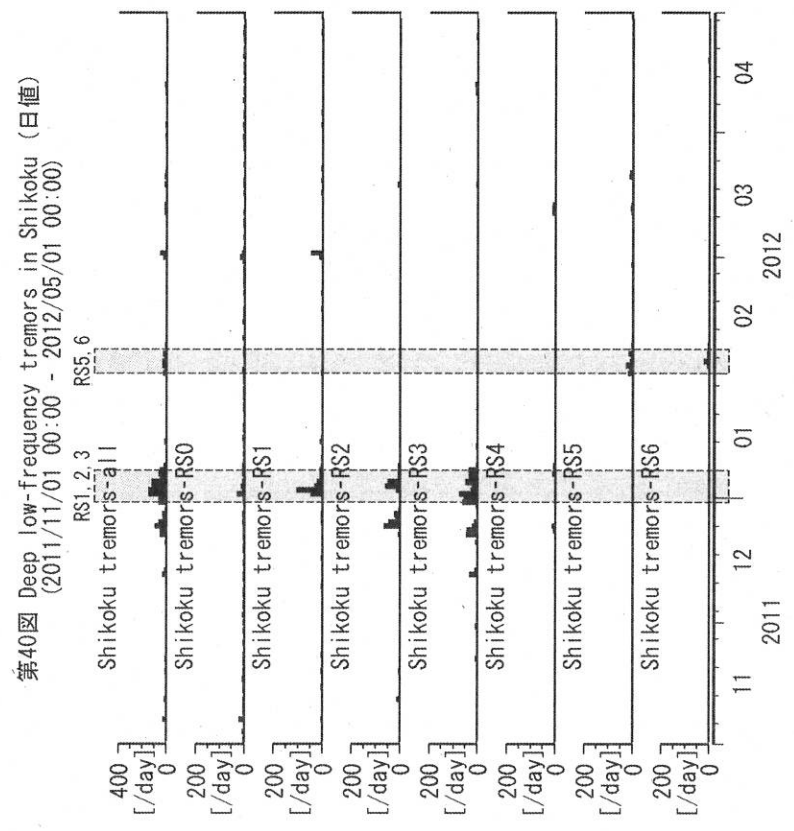
第37図 紀伊半島における深部低周波微動の時空間分布図(産総研による決定)

第38図 Deep low-frequency tremors in Kii Peninsula (日値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)

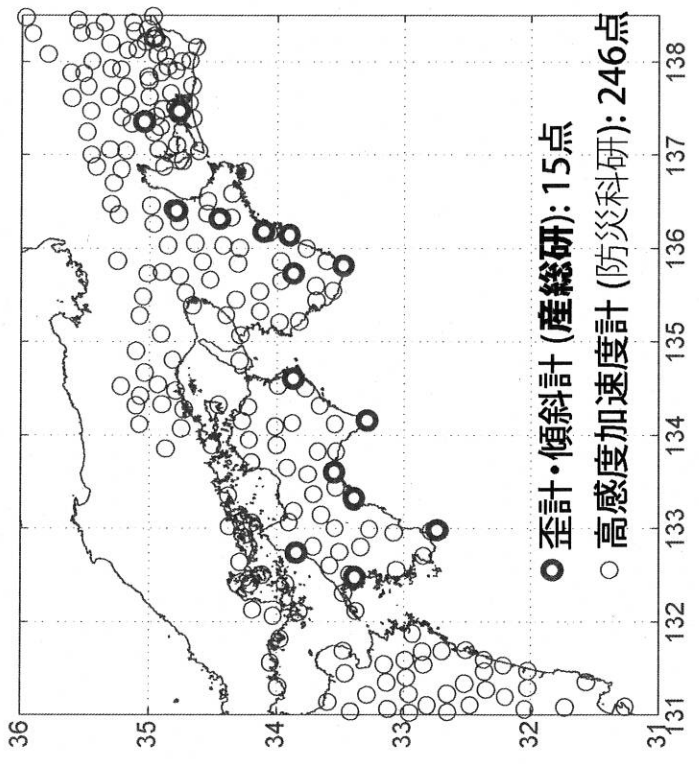




第39図 四国地方における深部低周波微動の時空間分布図(産総研による決定)

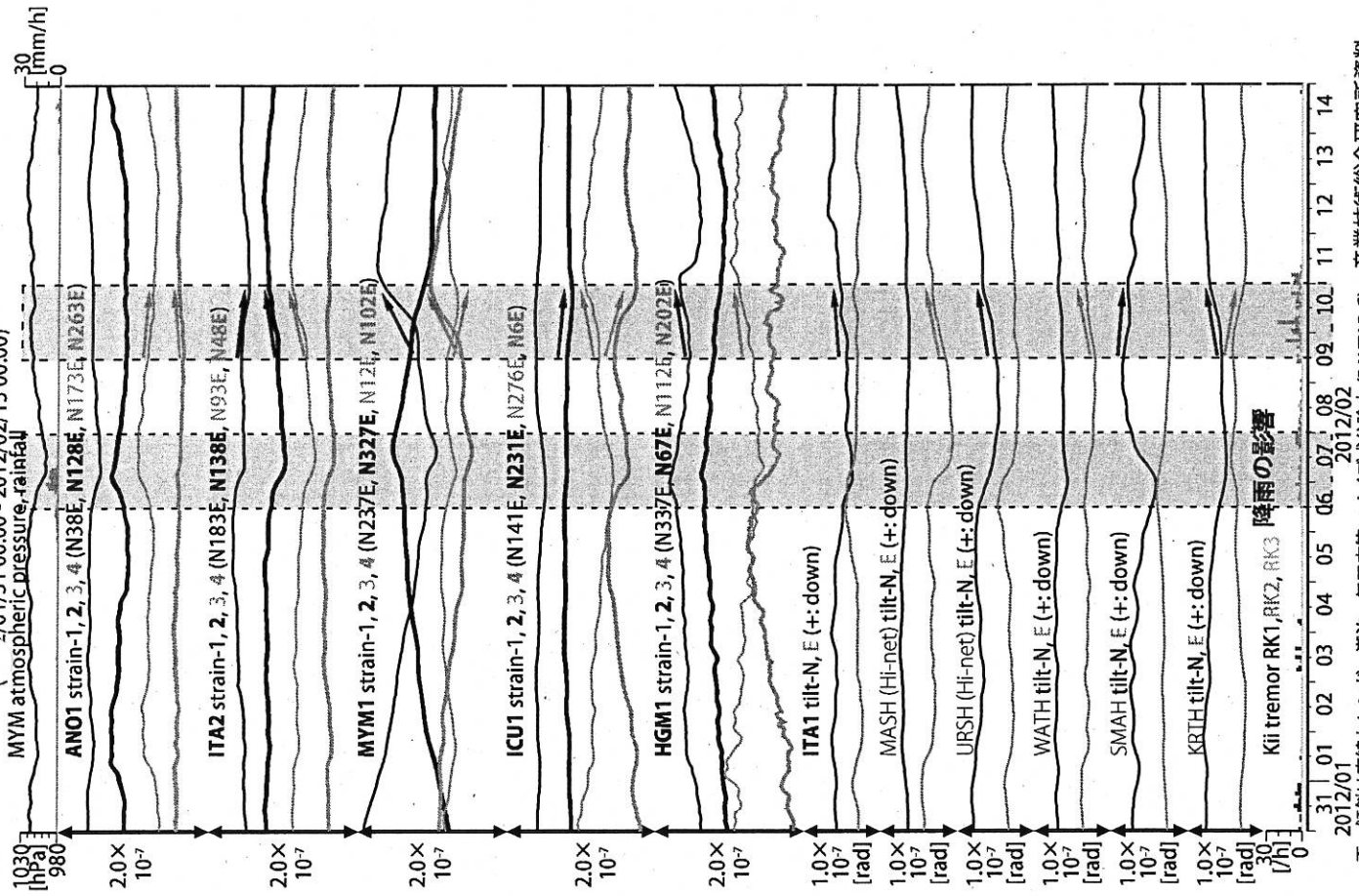


第40図 Deep low-frequency tremors in Shikoku (日値)  
(2011/11/01 00:00 - 2012/05/01 00:00)



第41図: 相互データ交換を行っている、産総研および防災科研の観測点位置図(東海・紀伊半島・四国およびその周辺を抜粋)。産総研の観測点には歪計および傾斜計が、防災科研の観測点には高感度加速度計がそれぞれ設置されている。

図41 紀伊半島における歪・傾斜観測結果 (時間値)  
 2/01/31 00:00 - 2012/02/15 00:00



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) 産業技術総合研究所資料

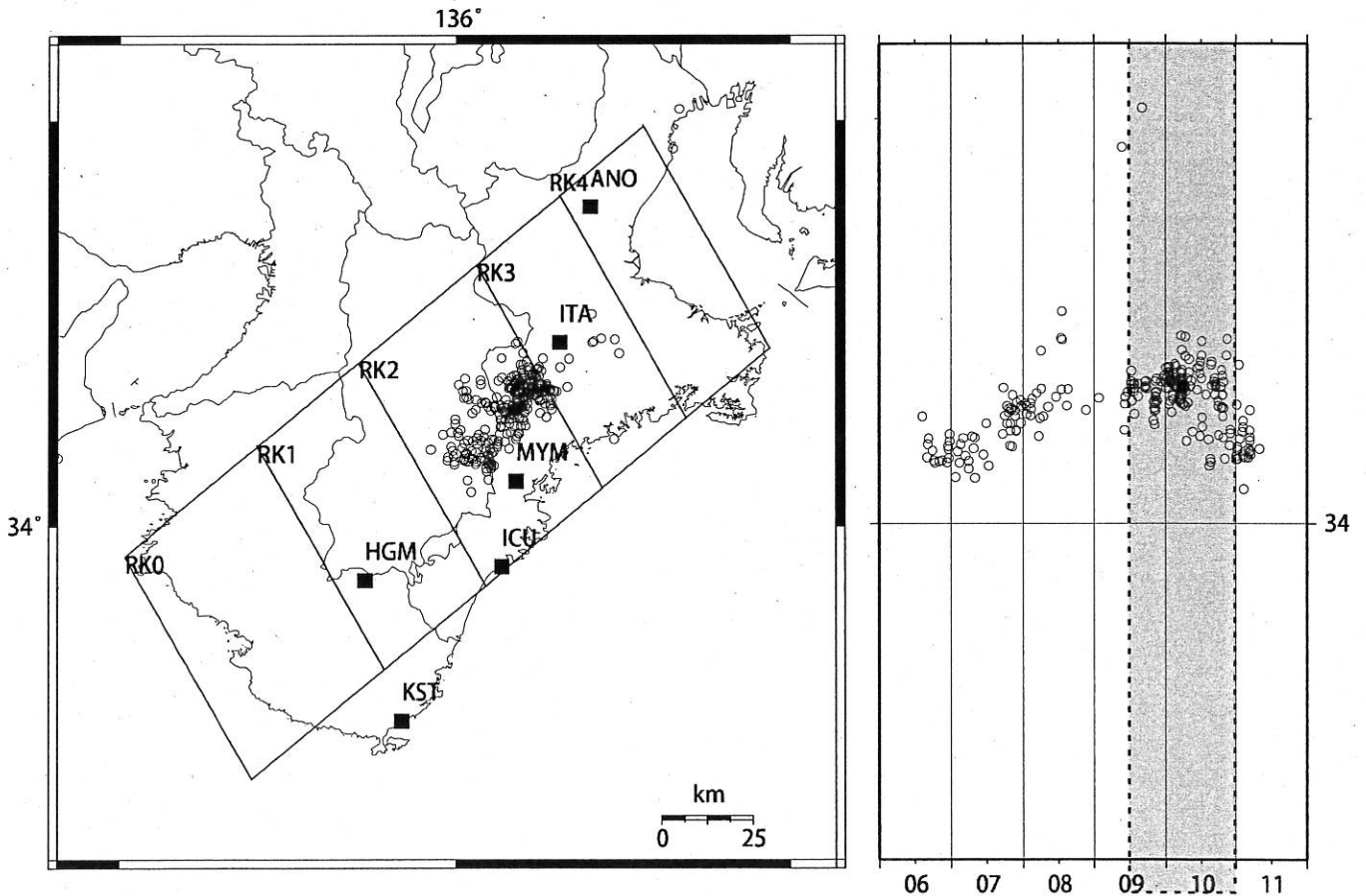


図42: 2012/2/6 0:00 - 2/12 0:00 における紀伊半島の深部低周波微動の時空間分布図。エンベロップ相関法により決定。

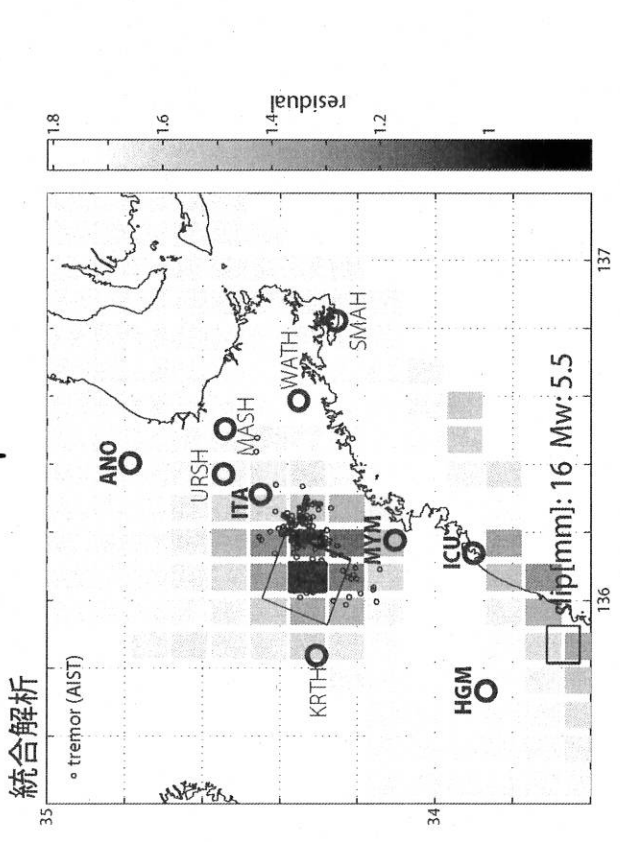
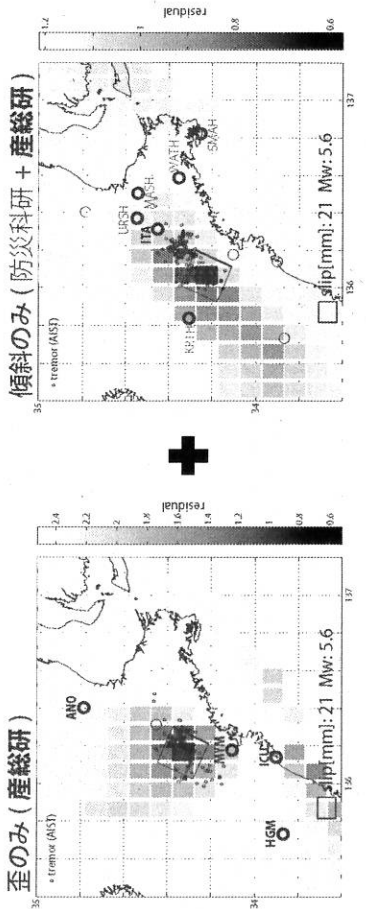


図44: プレート境界面上のバッチ(断層面)をすべらせた際の、歪・傾斜の観測値と計算値の残差分布図。小さい黒丸は産総研による深部高周波微動の震央位置を示す。太字は産総研の、細字は防災科研 Hi-netの観測点名を示す。バッチサイズは20×20km、すべり量は1-100mmで可変(1mm間隔)。表示しているグリッドは断層面下端中央の位置を示す。黒色矩形は最小残差の断層面を表す。このバッチのすべり量、Mwを下部に示している。太黒丸は計算に使用した観測点を示す。統合解析では、残差の小さい領域(色の濃い領域)が、歪のみ・傾斜のみの場合より狭まっており、一意性が高まっていると考えられる。

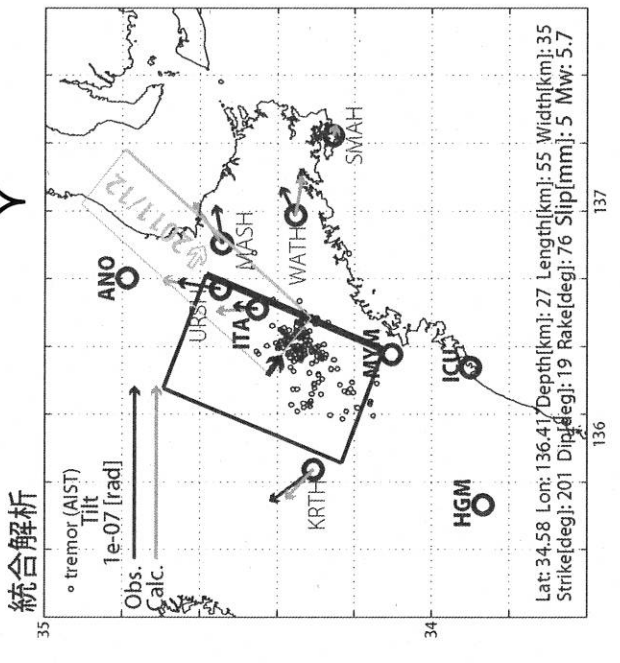
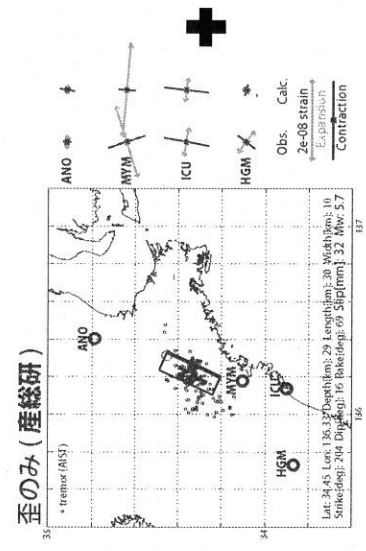


図45: プレート境界面上のグリッドサーチによる断層面推定結果(黒色矩形)。灰色の矩形は、2011年12月に三重県中部～伊勢湾にかけて発生した短期的SSEの推定断層面を示す。小さい黒丸は産総研による深部高周波微動の震央位置を示す。太字は産総研の、細字は防災科研Hi-netの観測点名を示す。断層位置は経緯度方向に0.1度間隔、断層面の幅は10~50km、長さは10~80kmまでそれぞれ5km間隔、すべり量は1~100mmまで1mm間隔で計算した。歪を使用した解析では、右側に主歪の観測値と、推定された断層面による計算値との比較を示す。太黒丸は計算に使用した観測点を示す。

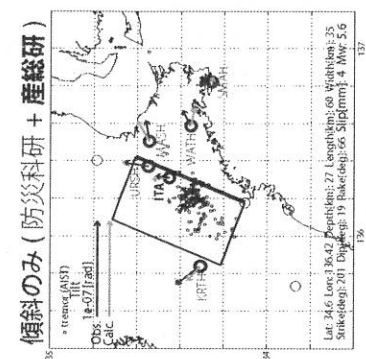
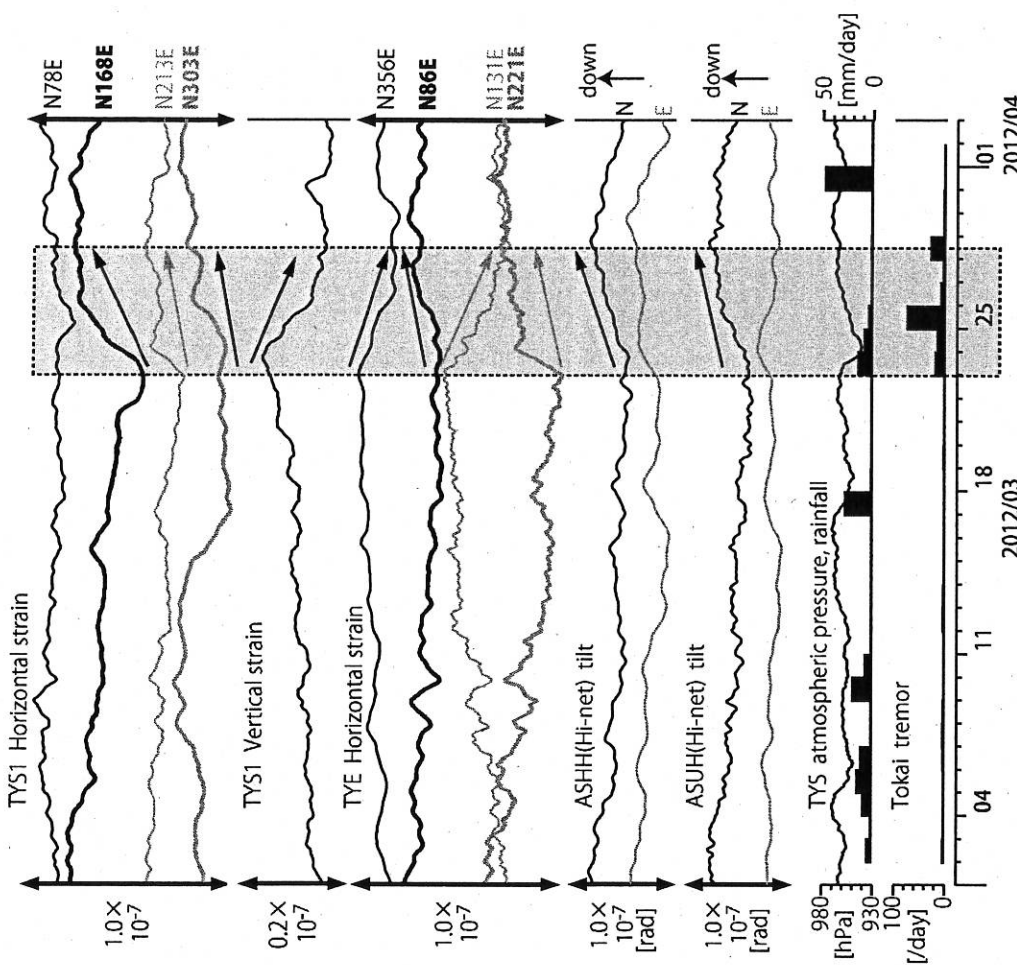




図47: 愛知県における歪・傾斜観測結果 (時間値)  
(2012/03/01 00:00 - 2012/04/03 00:00)



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)

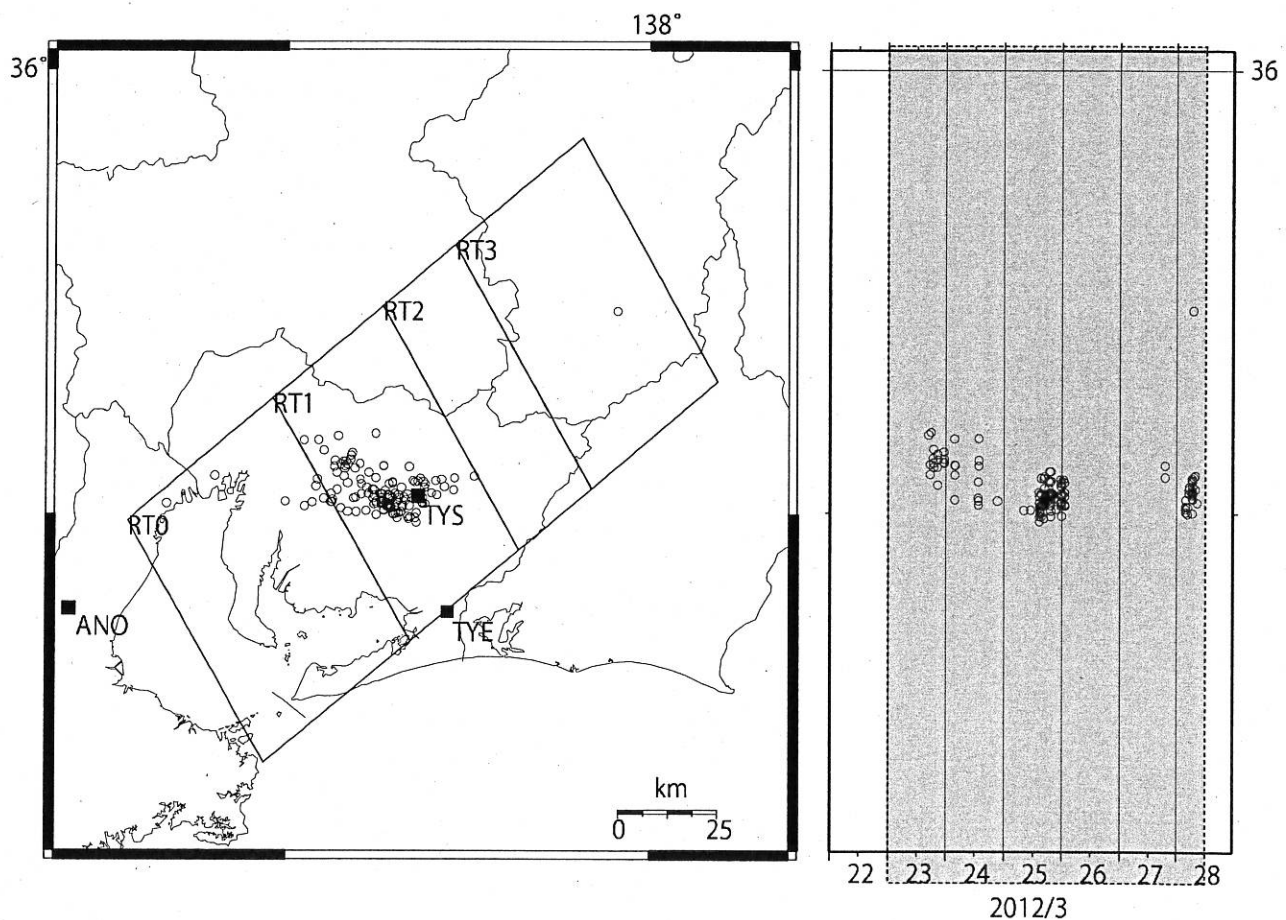
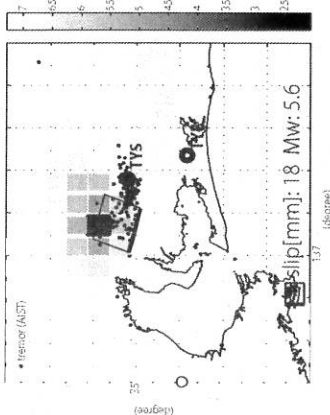
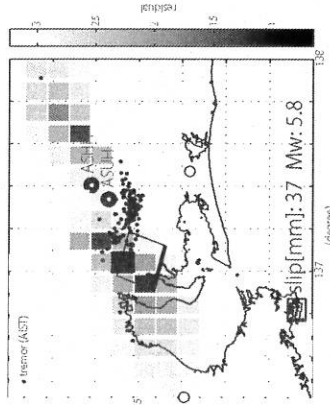


図46: 2012/3/22 0:00 - 3/29 0:00 における愛知県での深部低周波微動の時空間分布図。エンベロップ相関法により決定。

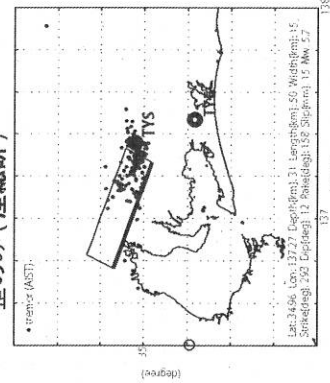
歪のみ (産総研)



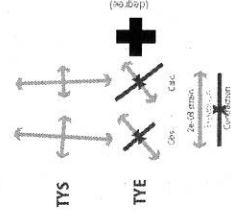
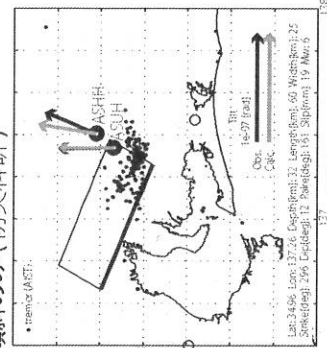
傾斜のみ (防災科研)



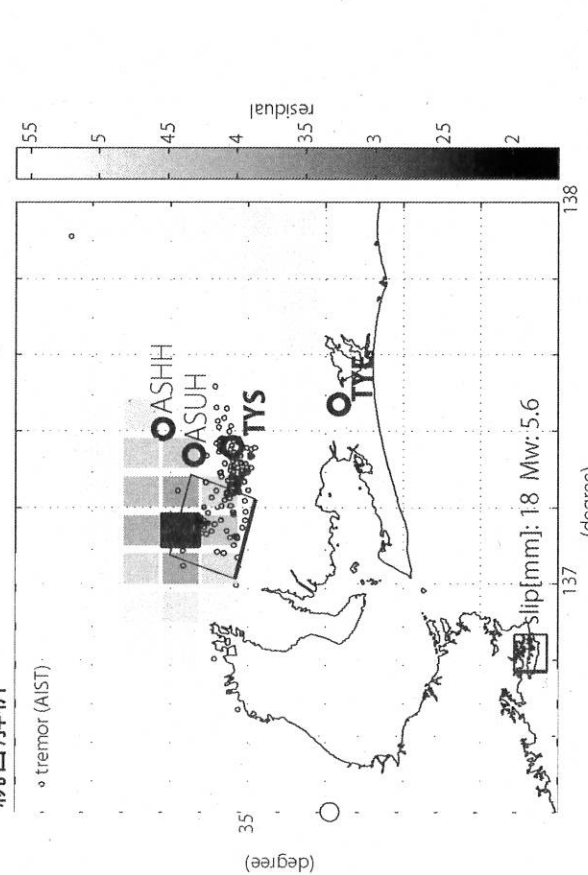
歪のみ (産総研)



傾斜のみ (防災科研)



統合解析



統合解析

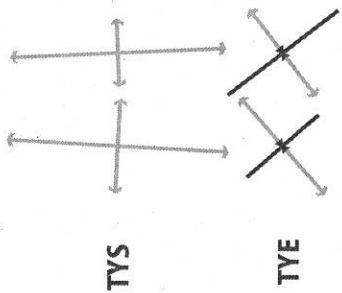
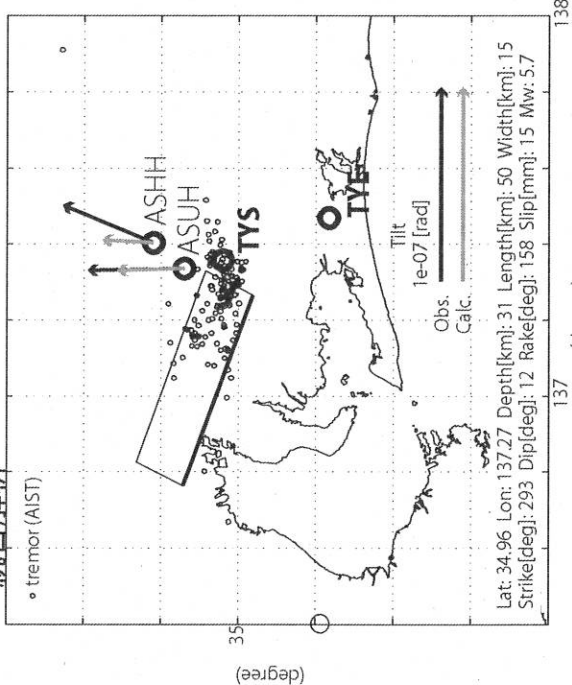
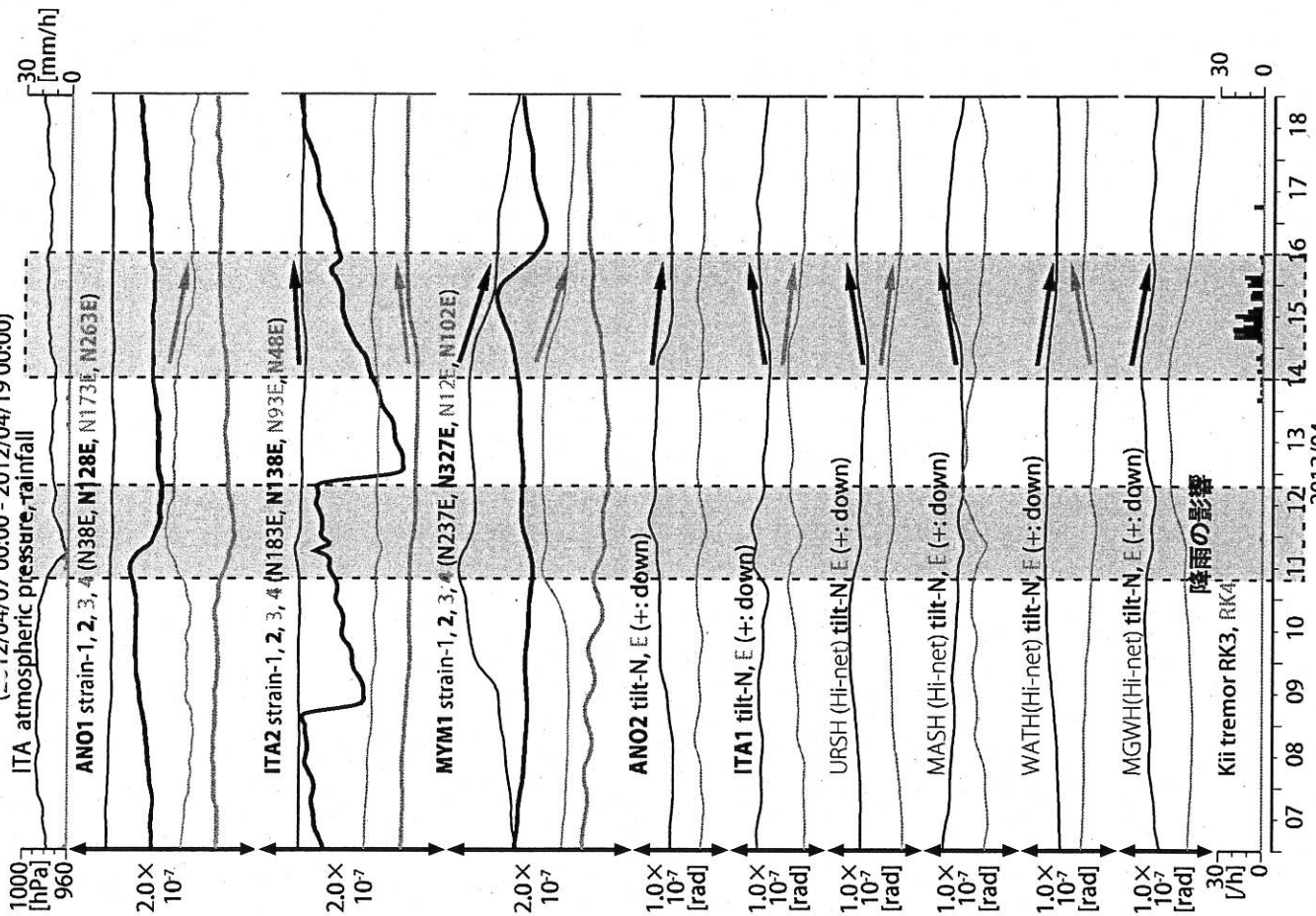


図48: プレート境界面上のバッチ (断層面) をすべらせた際の、歪・傾斜の観測値と計算値の残差分布図。小さい黒丸は産総研による深部低周波微動の震央位置を示す。太字は産総研の、細字は防災科研 Hi-net の観測点名を示す。バッチサイズは  $20 \times 20$  km、すべり量は  $1 \sim 100$  mm で可変 (1 mm 間隔)。表示しているグリッドは断層面下端中央の位置を示す。黒色矩形は最小残差の断層面を示す。このバッチのすべり量、Mw を下部に示している。太黒丸は計算に使用した観測点を示す。

図49: プレート境界面上のグリッドサーチによる断層面推定結果 (黒色矩形)。小さい黒丸は産総研による深部低周波微動の震央位置を示す。太字は産総研の、細字は防災科研 Hi-net の観測点名を示す。断層位置は経緯度方向に  $0.1$  度間隔、断層面の幅は  $10 \sim 80$  km、長さは  $10 \sim 50$  km、すべり量は  $1 \sim 100$  mm まで 1 mm 間隔で計算した。歪を使用した解析では、右側に主歪の観測値と、推定された断層面による計算値との比較を示す。太黒丸は計算に使用した観測点を示す。

紀伊半島における歪・傾斜観測結果  
 (2012/04/07 00:00 - 2012/04/19 00:00)



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) 産業技術総合研究所資料  
 2012/04

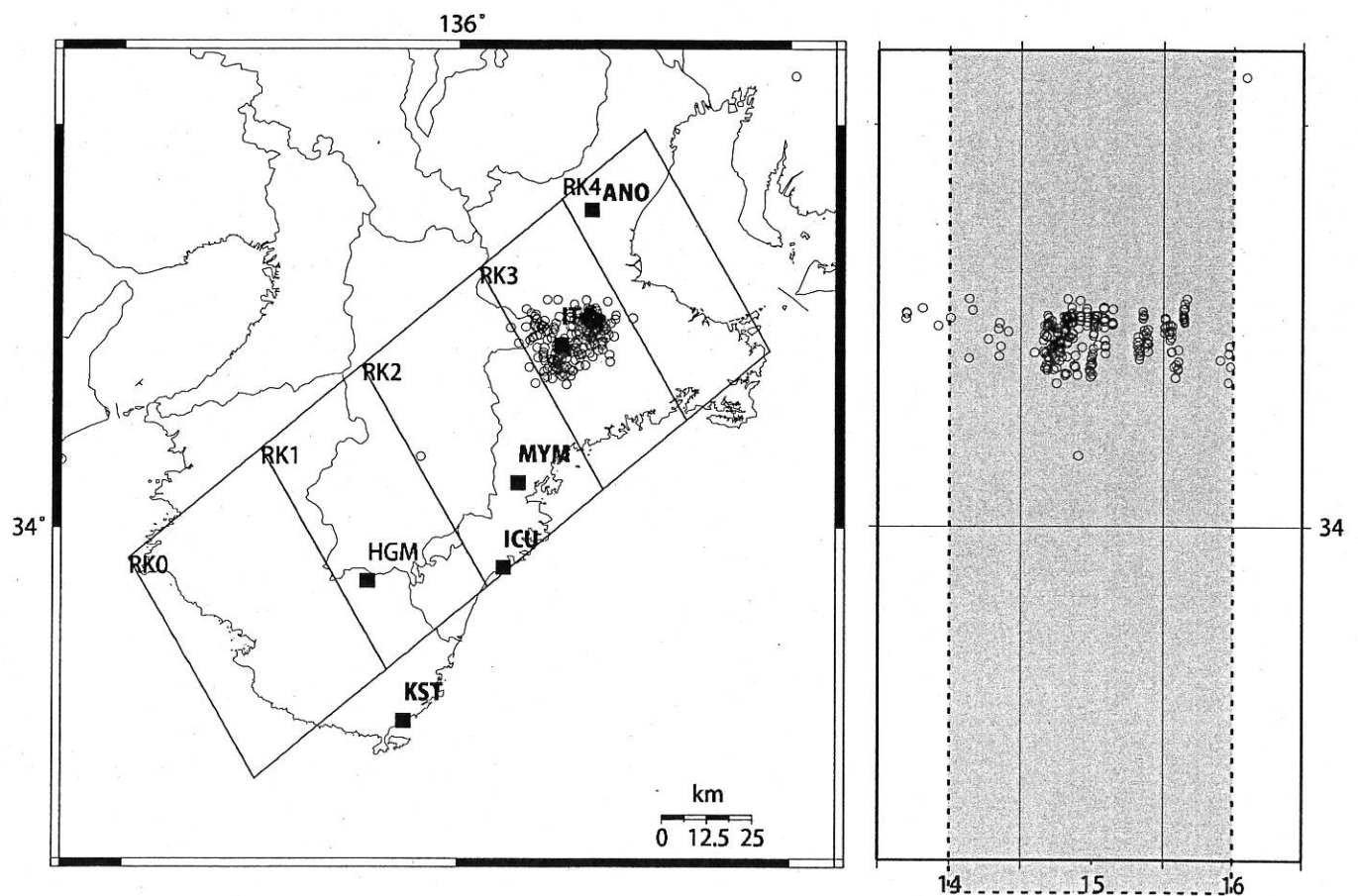
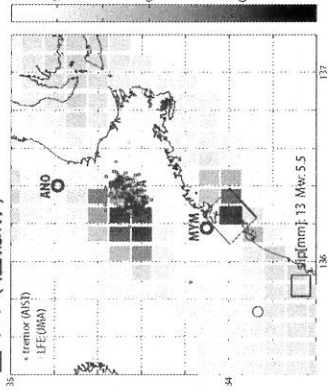
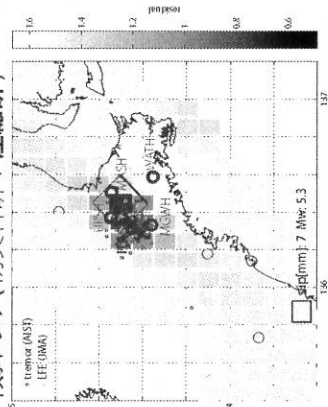


図50: 2012/4/14 0:00 - 4/17 0:00 における紀伊半島の深部低周波微動の時空間分布図。エンベロップ相関法により決定。

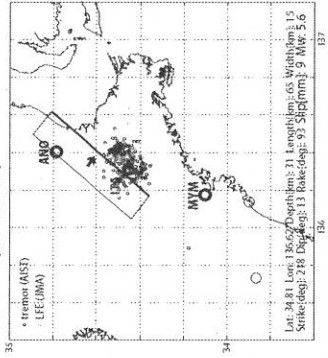
歪のみ (産総研)



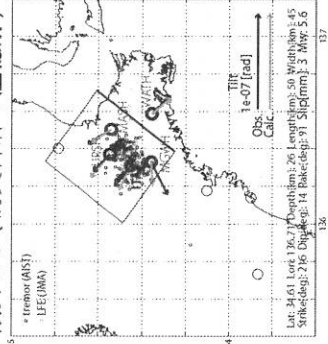
傾斜のみ (防災科研 + 産総研)



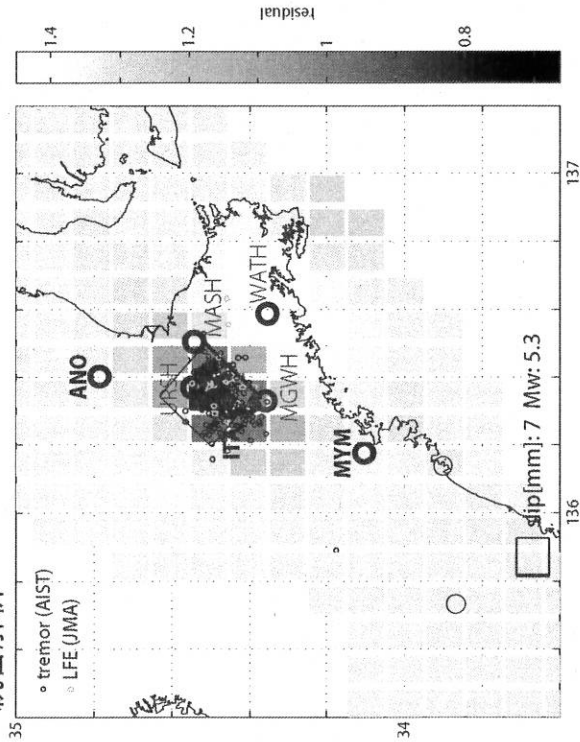
歪のみ (産総研)



傾斜のみ (防災科研 + 産総研)



統合解析



統合解析

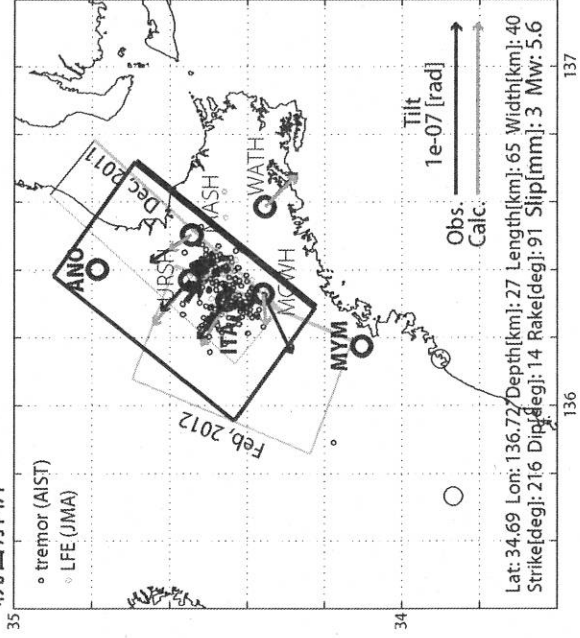


図52: プレート境界面上のパッチ(断層面)をすべらせた際の、歪・傾斜の観測値と計算値の残差分布図。黒色丸印は産総研による深部低周波微動、灰色丸印は気象庁一元化カタログによる低周波イベントの震央位置を示す。太字は産総研の、細字は防災科研Hi-netの観測点名を示す。パッチサイズは20×20km、すべり量は1-100mmで可変(1mm間隔)、表示しているグリッドは断層面下端中央の位置を示す。黒色矩形は最小残差の断層面を表す。このパッチのすべり量、Mwを下部に示している。太黒丸は計算に使用した観測点を示す。傾斜のみ、および統合解析では、残差の小さい領域(色の濃い領域)が狭く、一意性が高いと考えられる。

図53: プレート境界面上のグリッドサーチによる断層面推定結果(黒色矩形)。灰色の矩形は、2011年12月および2012年2月に発生した周辺の短期的SSEの推定断層面を示す。小さい黒色丸印は産総研による深部低周波微動、小さい灰色丸印は気象庁一元化カタログによる低周波イベントの震央位置を示す。太字は産総研の、細字は防災科研Hi-netの観測点名を示す。断層位置は経緯度方向に0.1度間隔、断層面の幅は10~50km、長さは10~80kmまでそれぞれ5km間隔、すべり量は1~100mmまで1mm間隔で計算した。歪を使用した解析では、右側に歪の観測値と、推定された断層面による計算値との比較を示す。太黒丸は計算に使用した観測点を示す。

# 神奈川県西部地域の地下水位観測 (2012年2月～2012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。2012年2月-2012年4月の期間に重点をおいた観測結果を報告する。

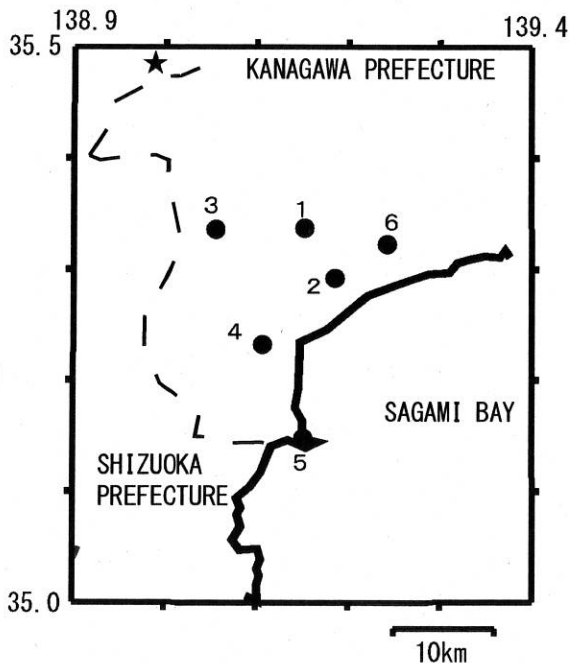
## 2. 観測

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、2012年2月～2012年4月に深さ30km以浅でM4以上の地震はない。また、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) 2012年2月11日10時26分頃発生した千葉県北西部の地震 (M4.7, 深さ46km, 観測点周辺の震度は1-2),
  - 2) 2012年2月14日15時21分頃発生した茨城県沖の地震 (M6.0, 深さ54km, 観測点周辺の震度は0-2),
  - 3) 2012年2月19日14時54分頃発生した茨城県北部の地震 (M5.2, 深さ7km, 観測点周辺の震度は0-2),
  - 4) 2012年2月26日22時01分頃発生した山梨県東部・富士五湖の地震 (M3.7, 深さ22km, 観測点周辺の震度は0-2),
  - 5) 2012年2月29日23時32分頃発生した千葉県東方沖の地震 (M5.9, 深さ39km, 観測点周辺の震度は1-2),
  - 6) 2012年3月1日7時32分頃発生した茨城県沖の地震 (M5.3, 深さ56km, 観測点周辺の震度は1-2),
  - 7) 2012年3月14日21時05分頃発生した千葉県東方沖の地震 (M6.1, 深さ15km, 観測点周辺の震度は1-3),
  - 8) 2012年3月16日4時20分頃発生した埼玉県南部の地震 (M5.3, 深さ94km, 観測点周辺の震度は1-3),
  - 9) 2012年4月13日19時10分頃発生した福島県沖の地震 (M6.0, 深さ32km, 観測点周辺の震度は0-2),
  - 10) 2012年4月25日5時22分頃発生した千葉県北東部の地震 (M5.5, 深さ43km, 観測点周辺の震度は1-2),
  - 11) 2012年4月29日19時28分頃発生した千葉県北東部の地震 (M5.8, 深さ48km, 観測点周辺の震度は1-3),
- である。これらの地震の前後に特に異常な変化はない (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 (★)。

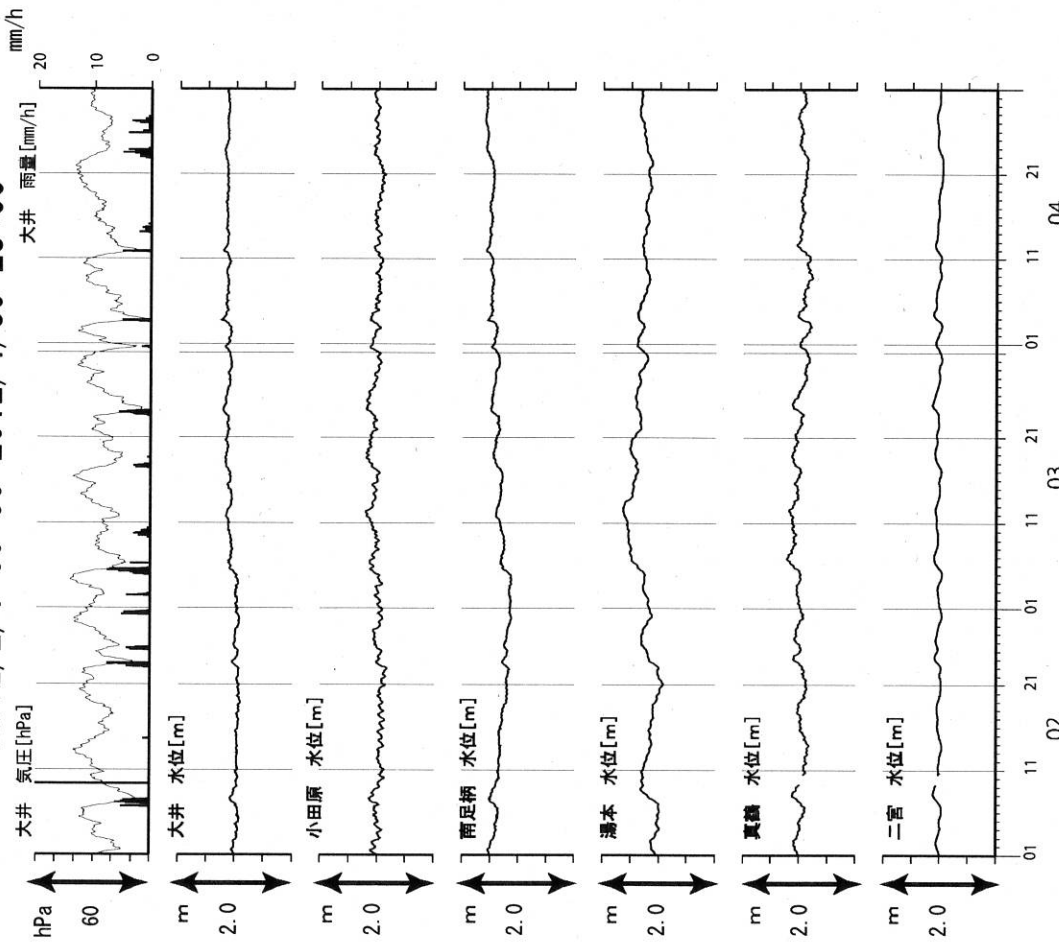
● 1 : 大井, ● 2 : 小田原, ● 3 : 南足柄, ● 4 : 湯本, ● 5 : 真鶴, ● 6 : 二宮。

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)

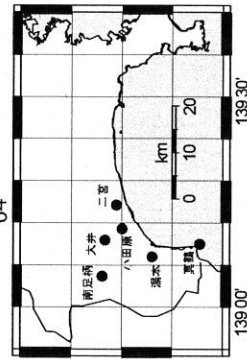
# 神奈川県西部地域の地下水観測 中期(時間値)

2012/2/1 00:00-2012/4/30 23:00



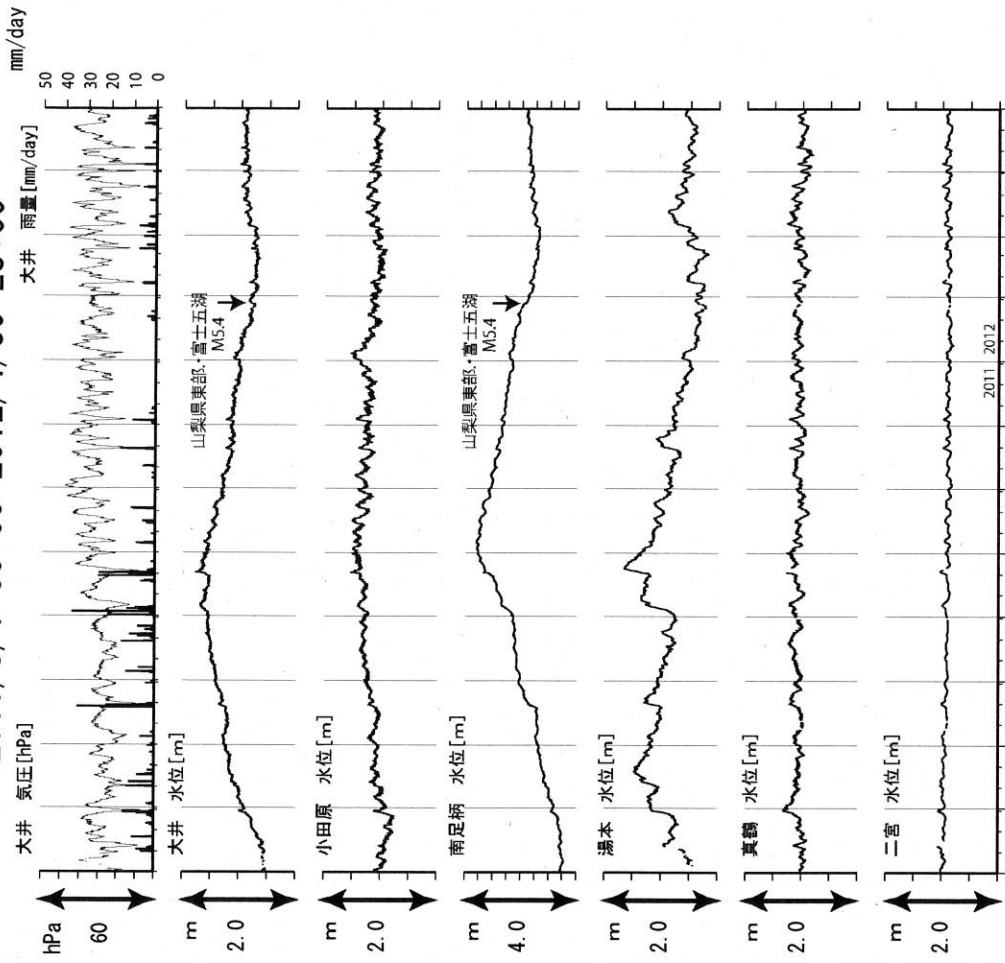
コメント：特記事項なし

真鶴・二宮は潮汐の影響が大きいので日平均値を示している。他は一時間値(生データ)台風等による欠測を含む。



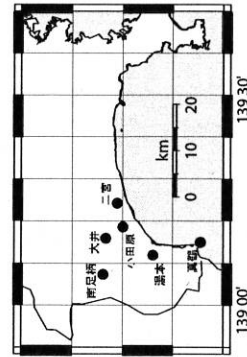
# 神奈川県西部地域の地下水観測 長期

2011/5/1 00:00-2012/4/30 23:00



コメント：特記事項なし

真鶴・二宮以外は1日1回の観測値を示している。2010年9月下旬の欠測はシステム更新による。その他、通信およびデータ登録の不具合による欠測を含む。



# 鳥取県・岡山県・島根県における温泉水・地下水変化（2012年2月～2012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°C）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)）。

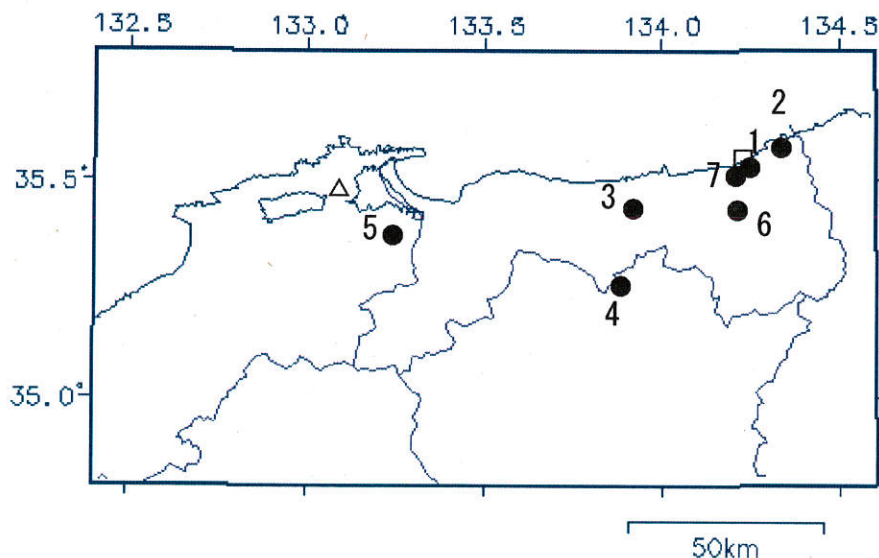
水位・水温の測定インターバルは10秒で1分間の平均値を記録している。温度センサーは、事前の温度検層により、湯谷温泉等を除いて、最も温度変化の大きい位置（深さ）に設置している（鳥取温泉175m、岩井温泉150m、三朝温泉25m、奥津温泉130m等）。なお、湯谷（第1図の6）と吉岡（7）では、2012年度からデータを現地集録に切り替える。

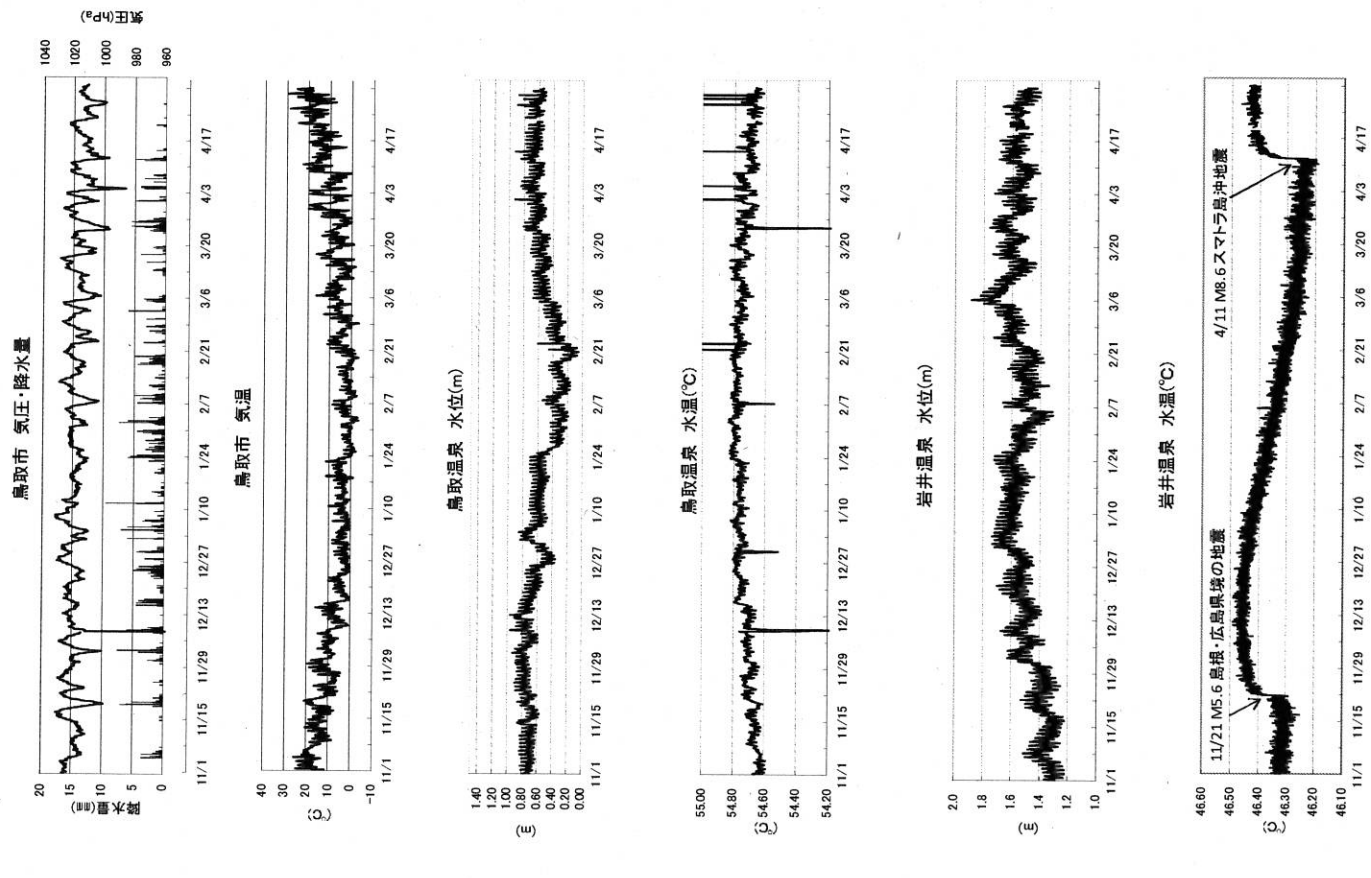
## 3. 結果（第2～4図）

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2月～2012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もない。他方、4月11日に発生した、スマトラ島沖地震（Mw8.6）の揺れによって、岩井・湯谷・鷺の湯で顕著な水温変化が認められた（野口竜也・香川敬生・西田良平・小泉尚嗣）。

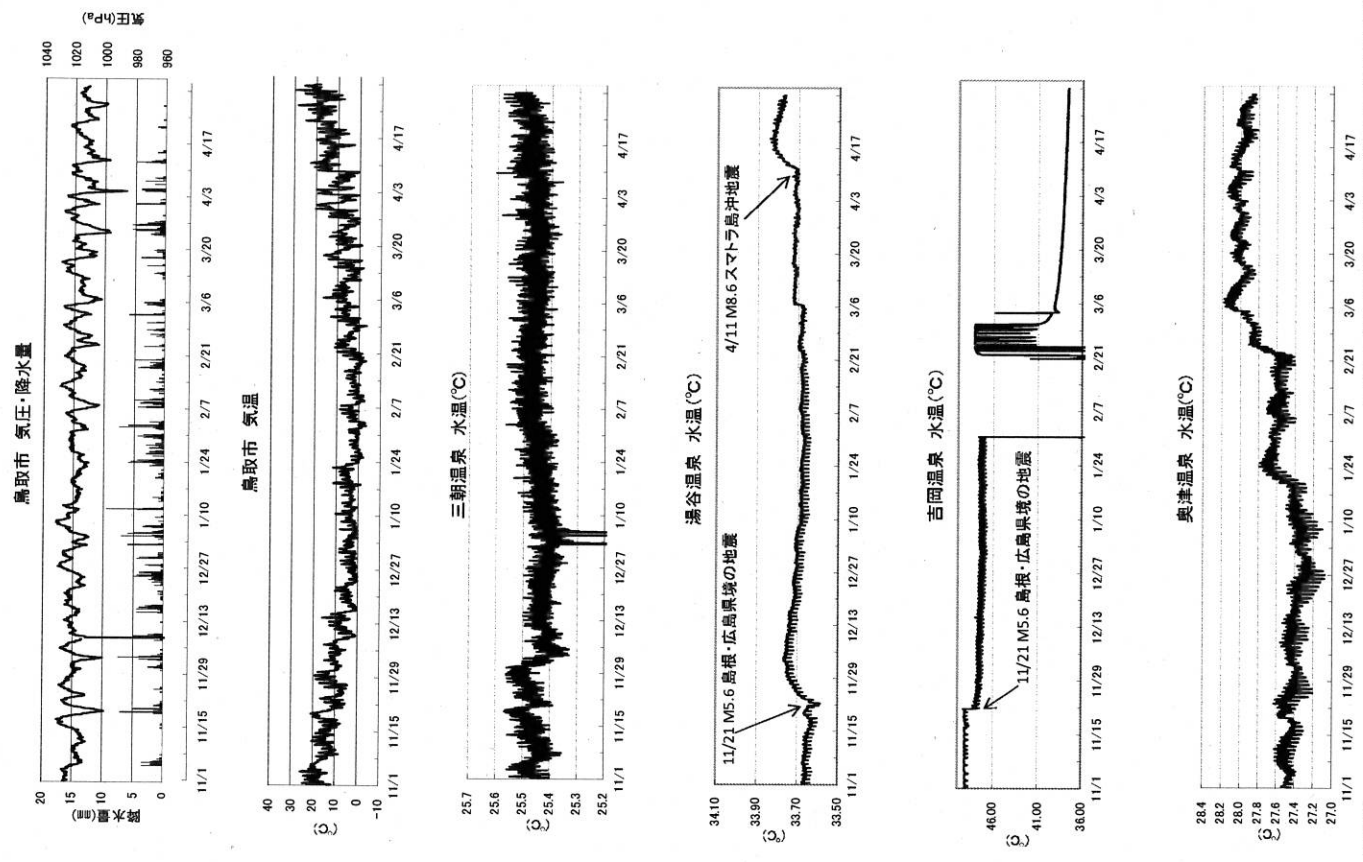
第1図 鳥取気象台（□）と松江気象台（△）および温泉水・地下水観測点（●）の分布。

1：鳥取温泉， 2：岩井温泉， 3：三朝温泉， 4：奥津温泉， 5：鷺の湯温泉，  
6：湯谷温泉， 7：吉岡温泉



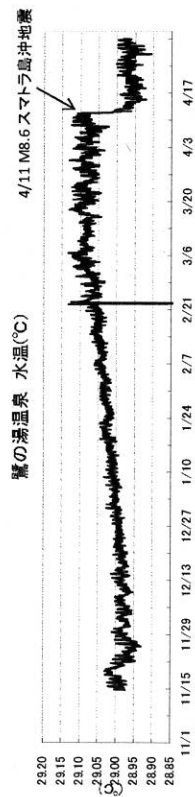
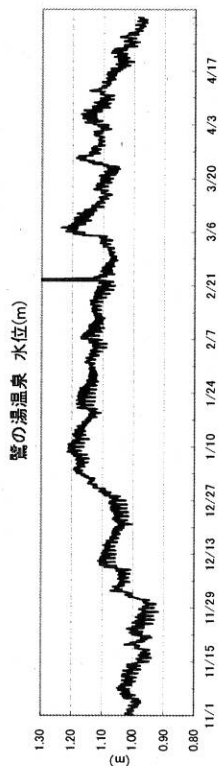
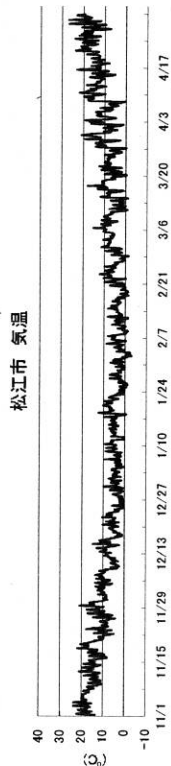
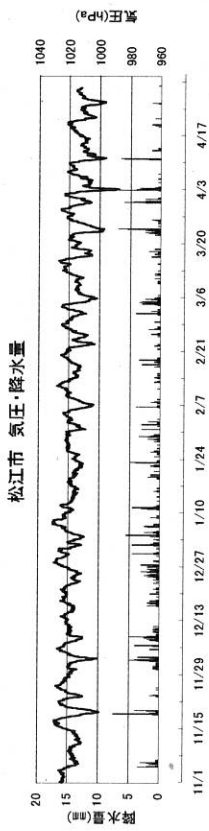


第2図



第3図





第4図