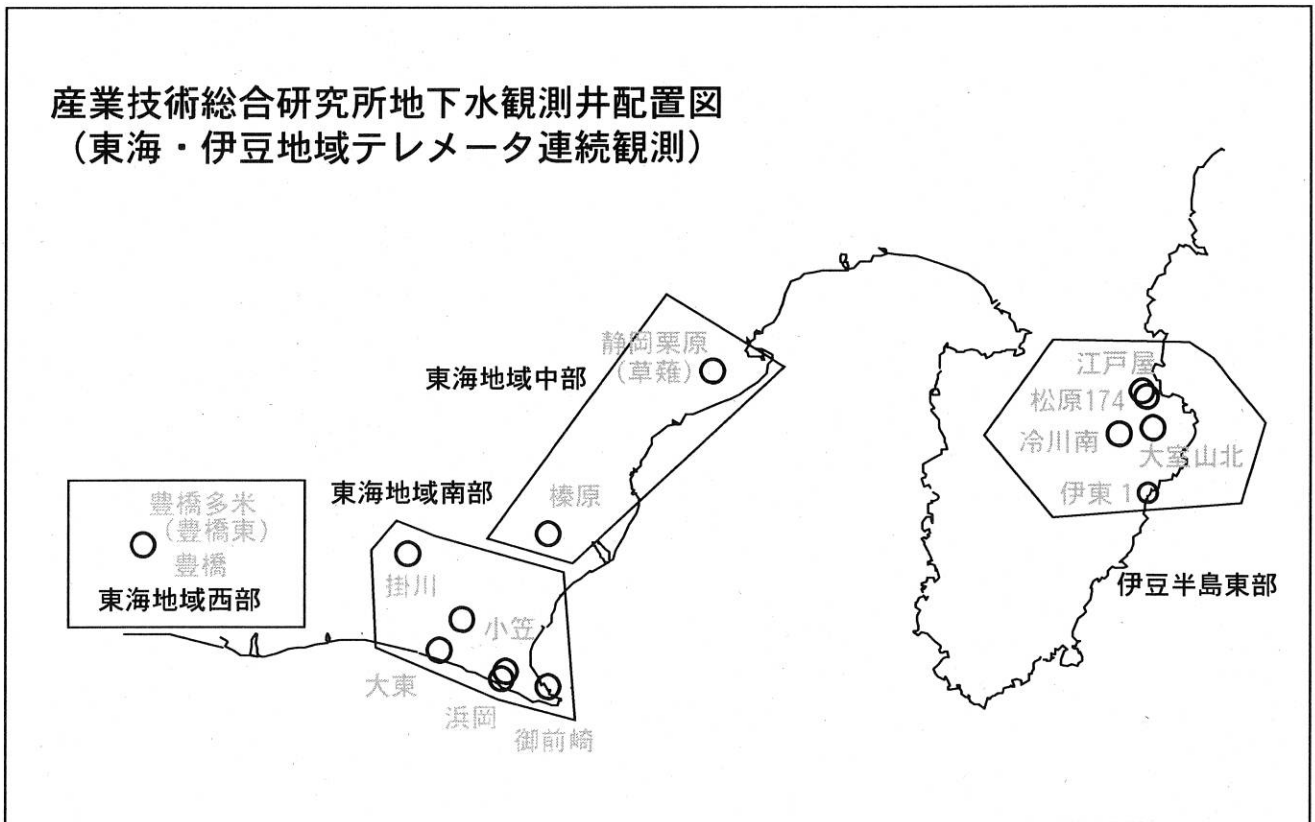


# 東海・伊豆地域等の地下水観測結果

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】

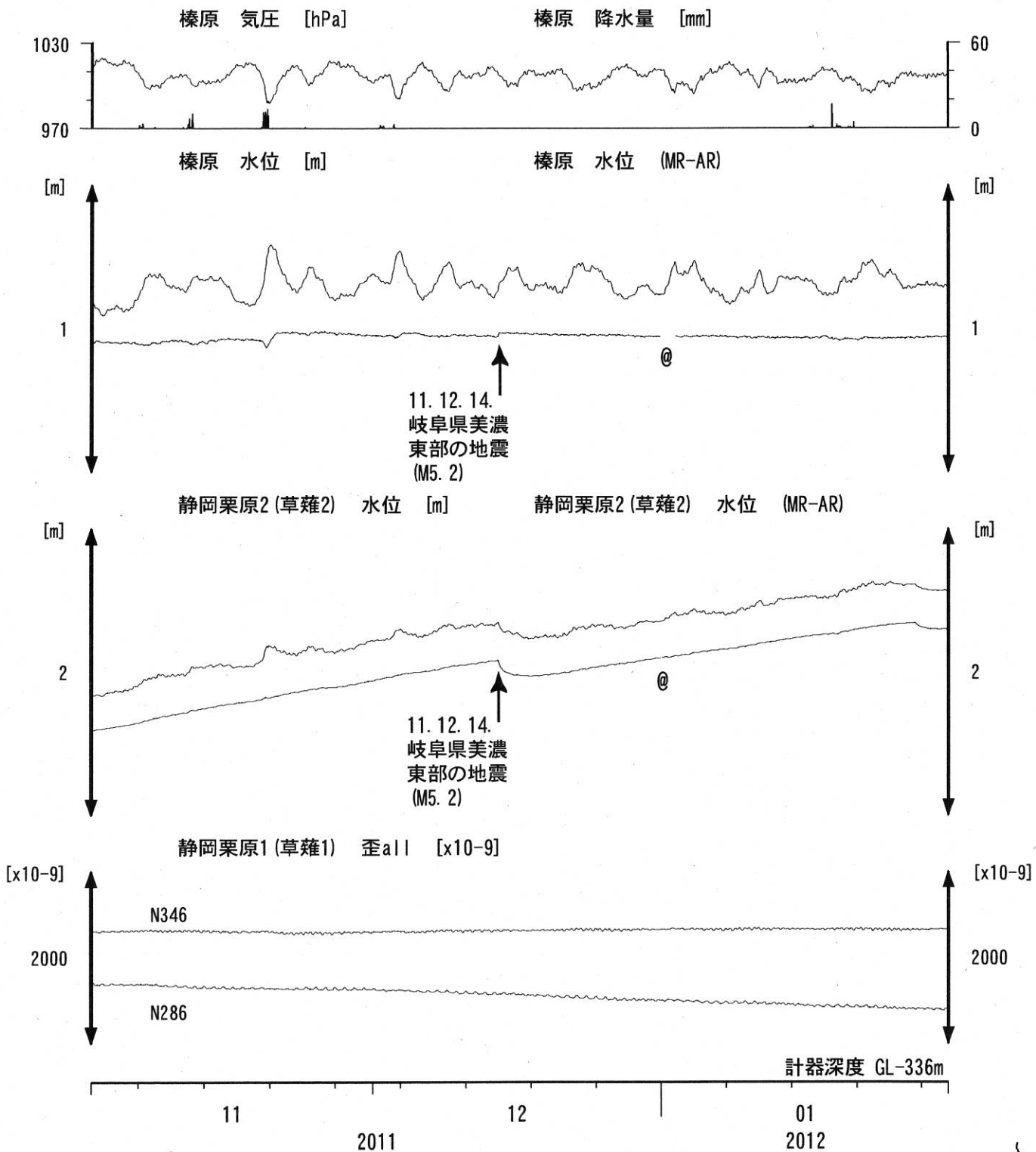
### 表紙

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)  
 (2011/11/01 00:00 - 2012/02/01 00:00)



コメント：\*;雨量補正不十分。\$;保守。

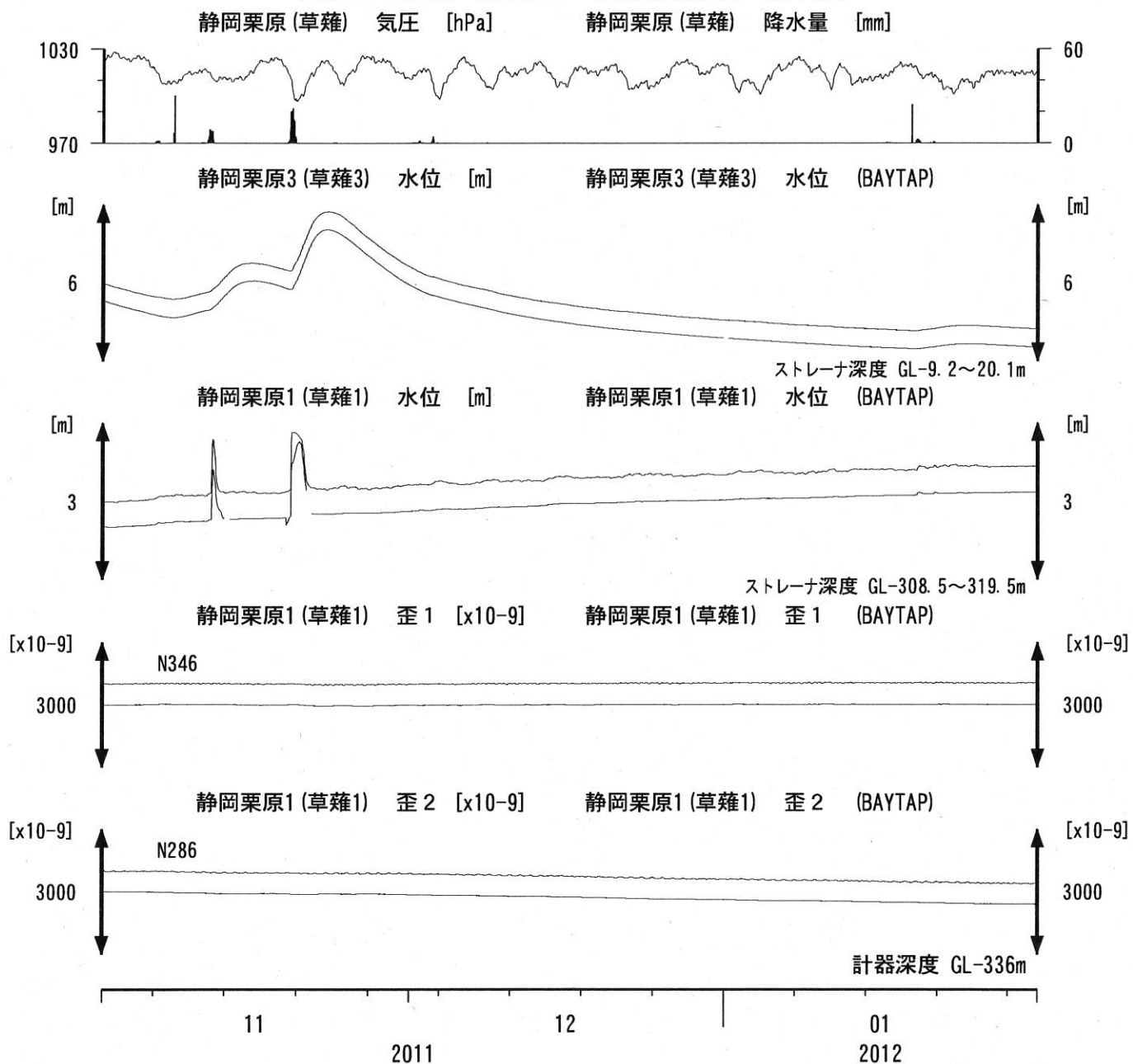
@;月初めの補正値のギャップは、  
 解析プログラムの見かけ上のものである。

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)

(2011/11/01 00:00 - 2012/02/01 00:00)



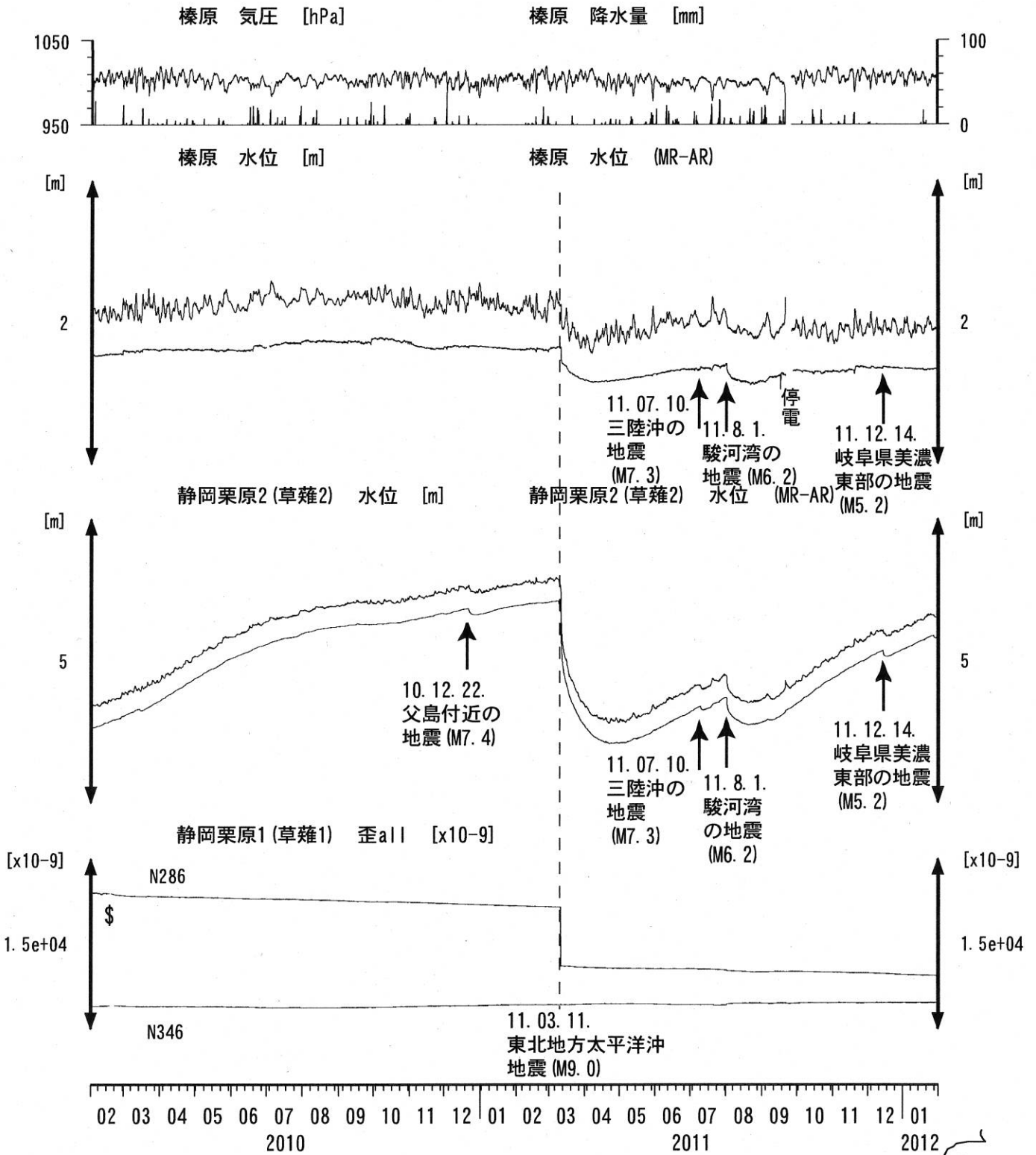
コメント: \$; 保守.

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。

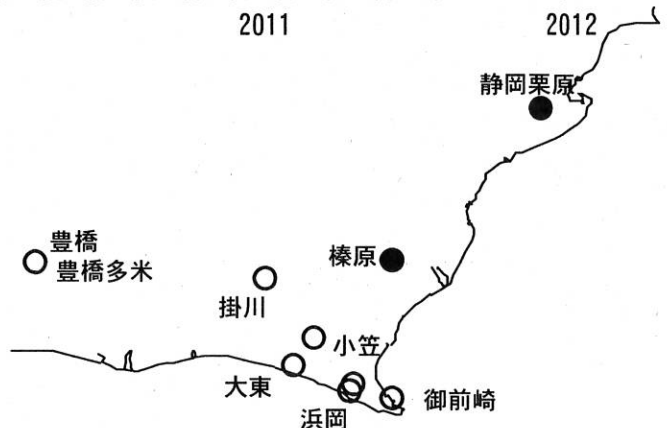




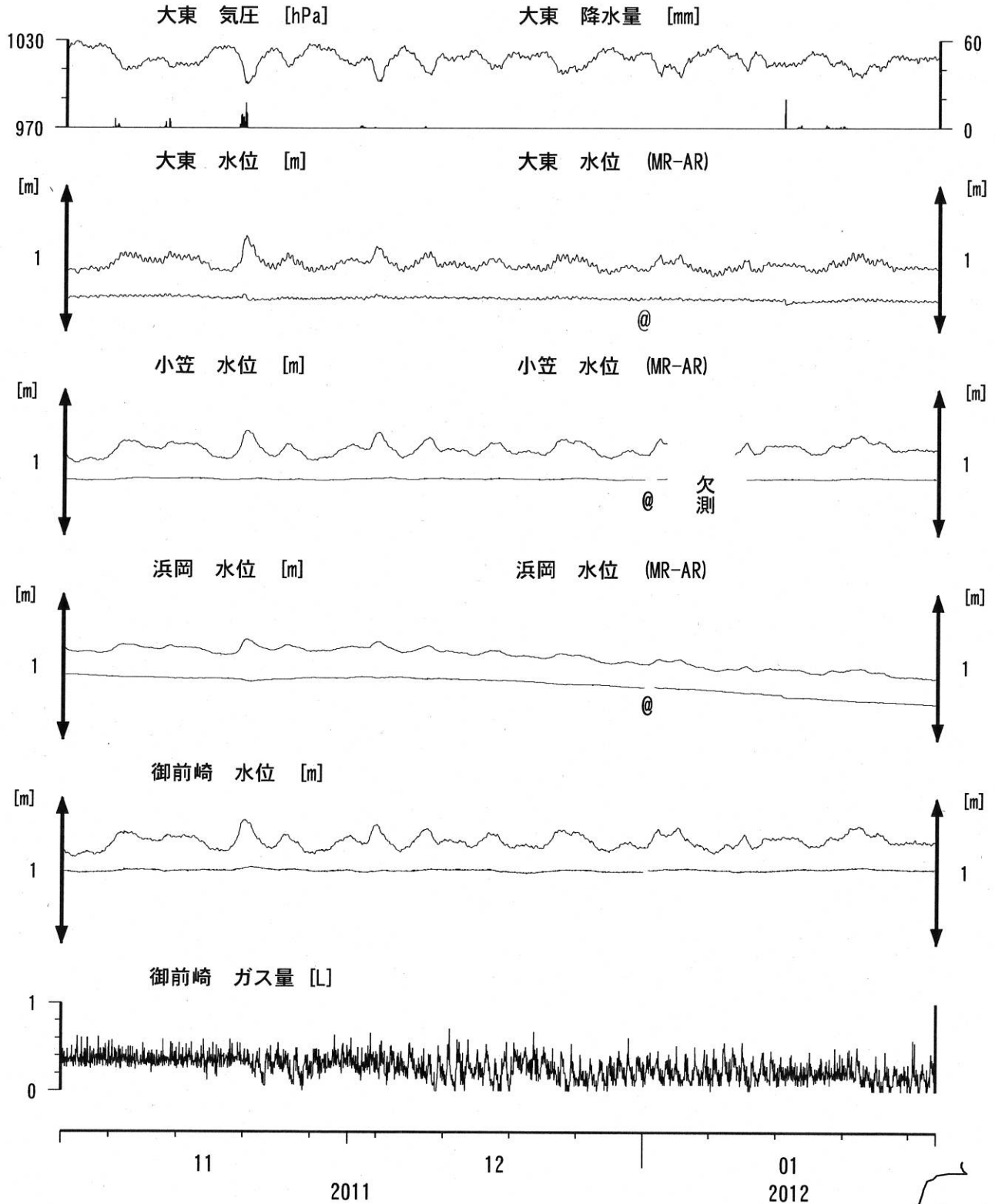
東海地域中部 (榛原・草薙) 長期 (時間値)  
 (2010/02/01 00:00 - 2012/02/01 00:00)



コメント：\*;雨量補正不十分。?;原因不明。  
 歪N226成分が2009年6月16日の雷で故障した。



東海地域南部 地下水観測結果 中期 (時間値)  
 (2011/11/01 00:00 - 2012/02/01 00:00)



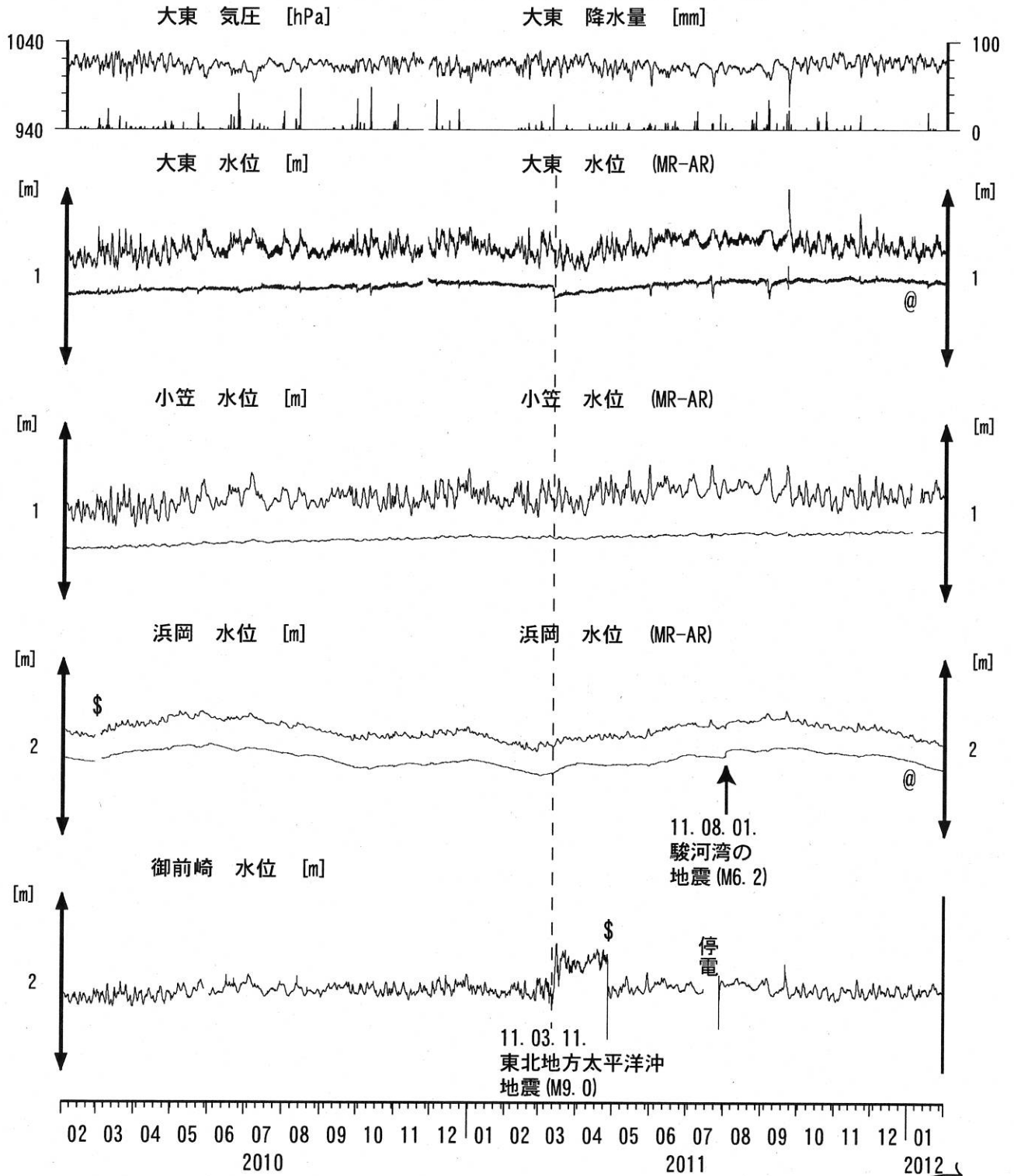
コメント :

\*: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.



東海地域南部 地下水観測結果 長期 (時間値)  
 (2010/02/01 00:00 - 2012/02/01 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。

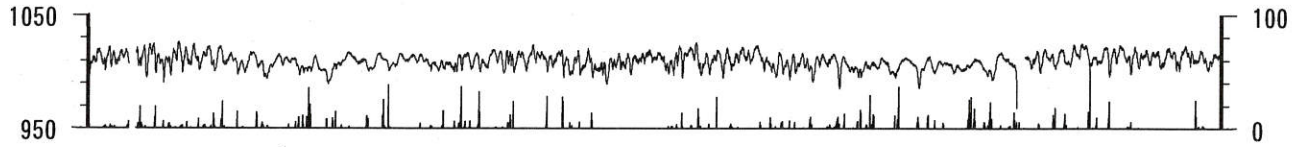
2011年3月15日頃～4月28日の水位の上昇については、ガス測定システムの故障によると思われる。大東・小笠の井戸口から水が時々溢れるようになったので、2011年9月21日に井戸口の管を延長した。



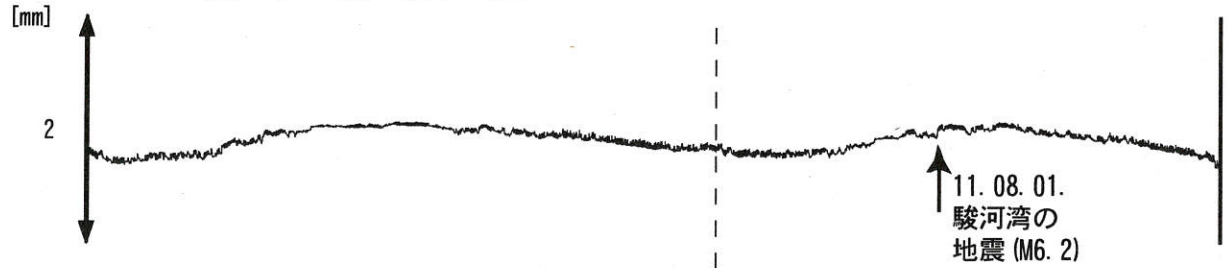
# 浜岡沈下・水位 (時間値) (2010/02/01 00:00 - 2012/02/01 00:00)

浜岡 気圧 [hPa]

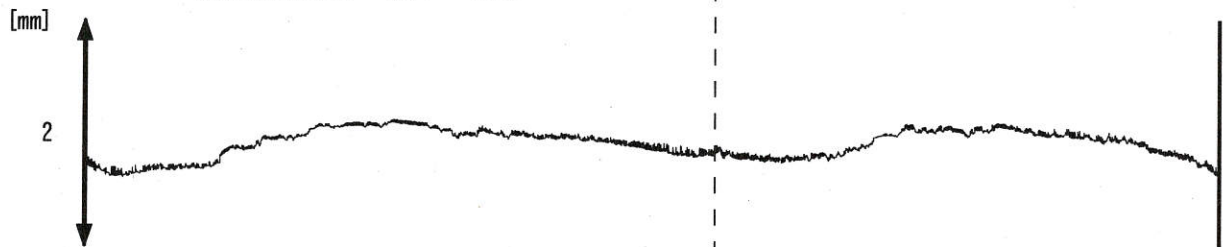
浜岡 雨量 [mm]



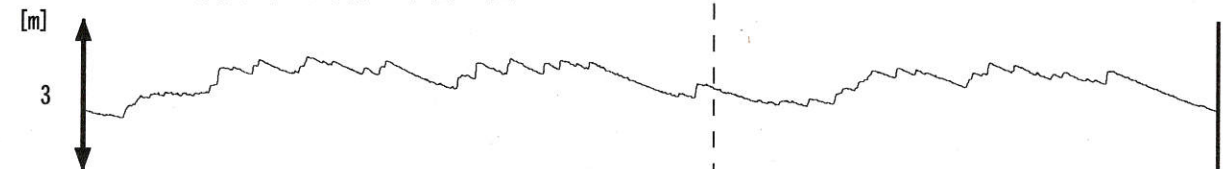
浜岡1 (210m井) 沈下 [mm]



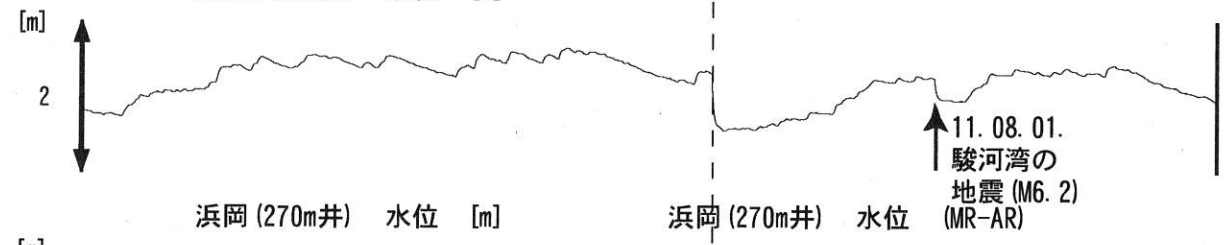
浜岡2 (55m井) 沈下 [mm]



浜岡1 (210m井) 水位 [m]

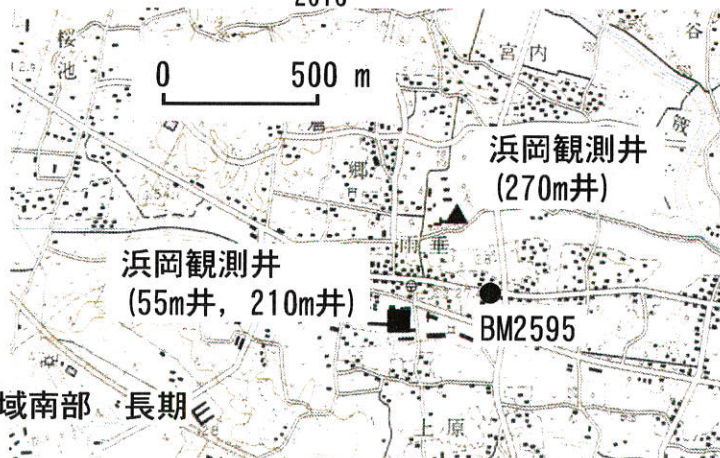
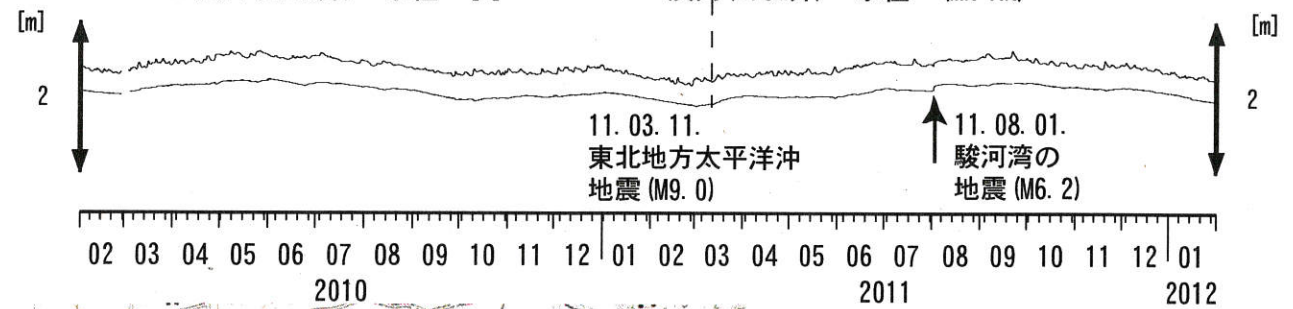


浜岡2 (55m井) 水位 [m]



浜岡 (270m井) 水位 [m]

浜岡 (270m井) 水位



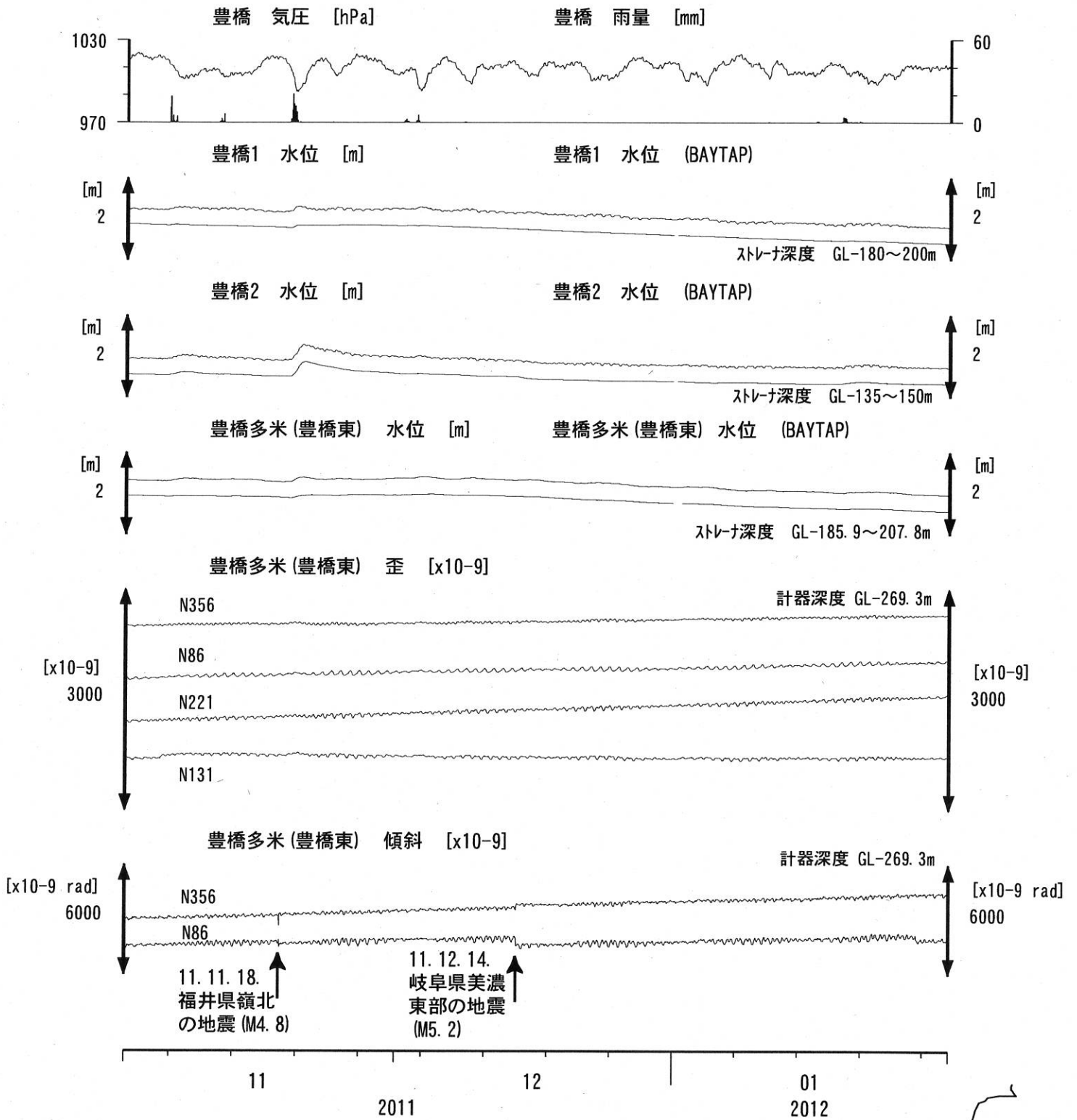
コメント: \$; 保守.







東海地域西部（豊橋・豊橋東）中期（時間値）  
 (2011/11/01 00:00 - 2012/02/01 00:00)



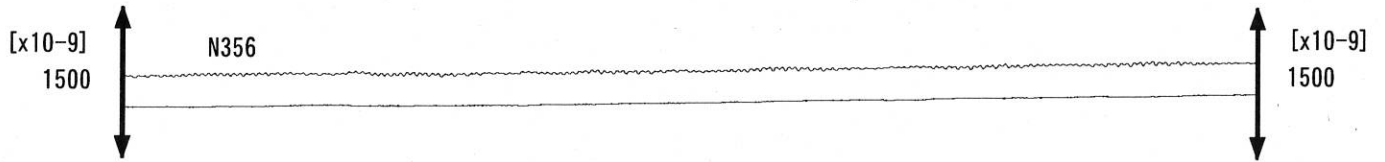
コメント：\$;保守. ?;原因不明.



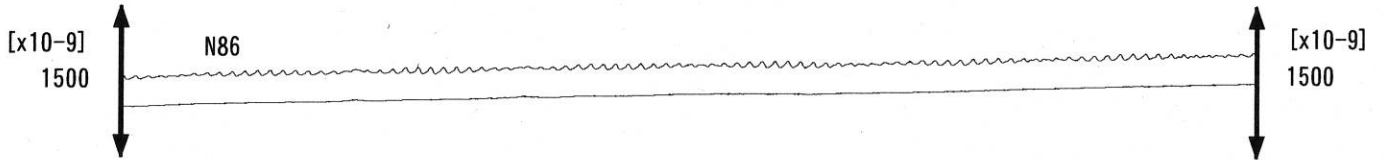
東海地域西部（豊橋東 歪）中期 （時間値）

(2011/11/01 00:00 - 2012/02/01 00:00)

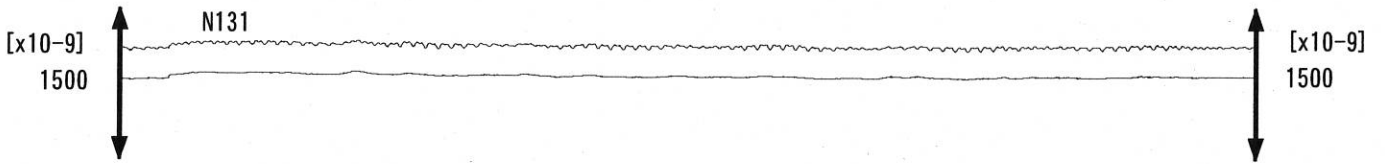
豊橋多米（豊橋東）歪N356E [x10-9]    豊橋多米（豊橋東）歪N356E (BAYTAP)



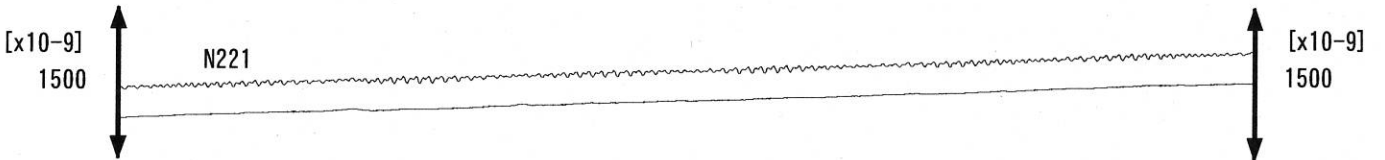
豊橋多米（豊橋東）歪N86E [x10-9]    豊橋多米（豊橋東）歪N86E (BAYTAP)



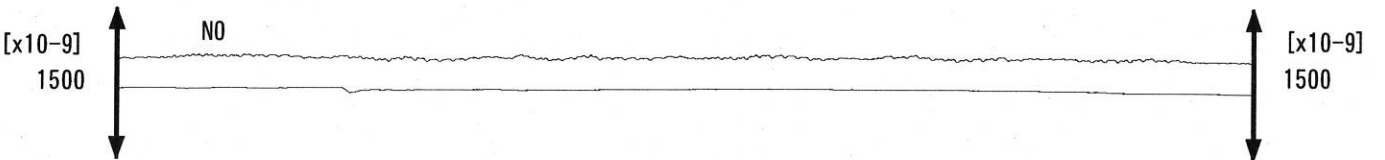
豊橋多米（豊橋東）歪N131E [x10-9]    豊橋多米（豊橋東）歪N131E (BAYTAP)



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]



計器深度 GL-269.3m

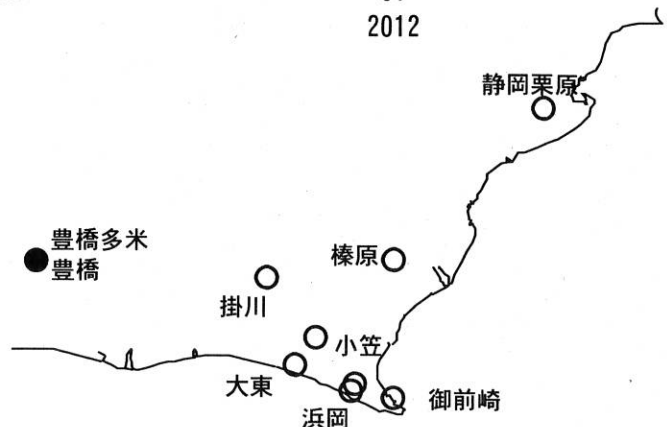
11

2011

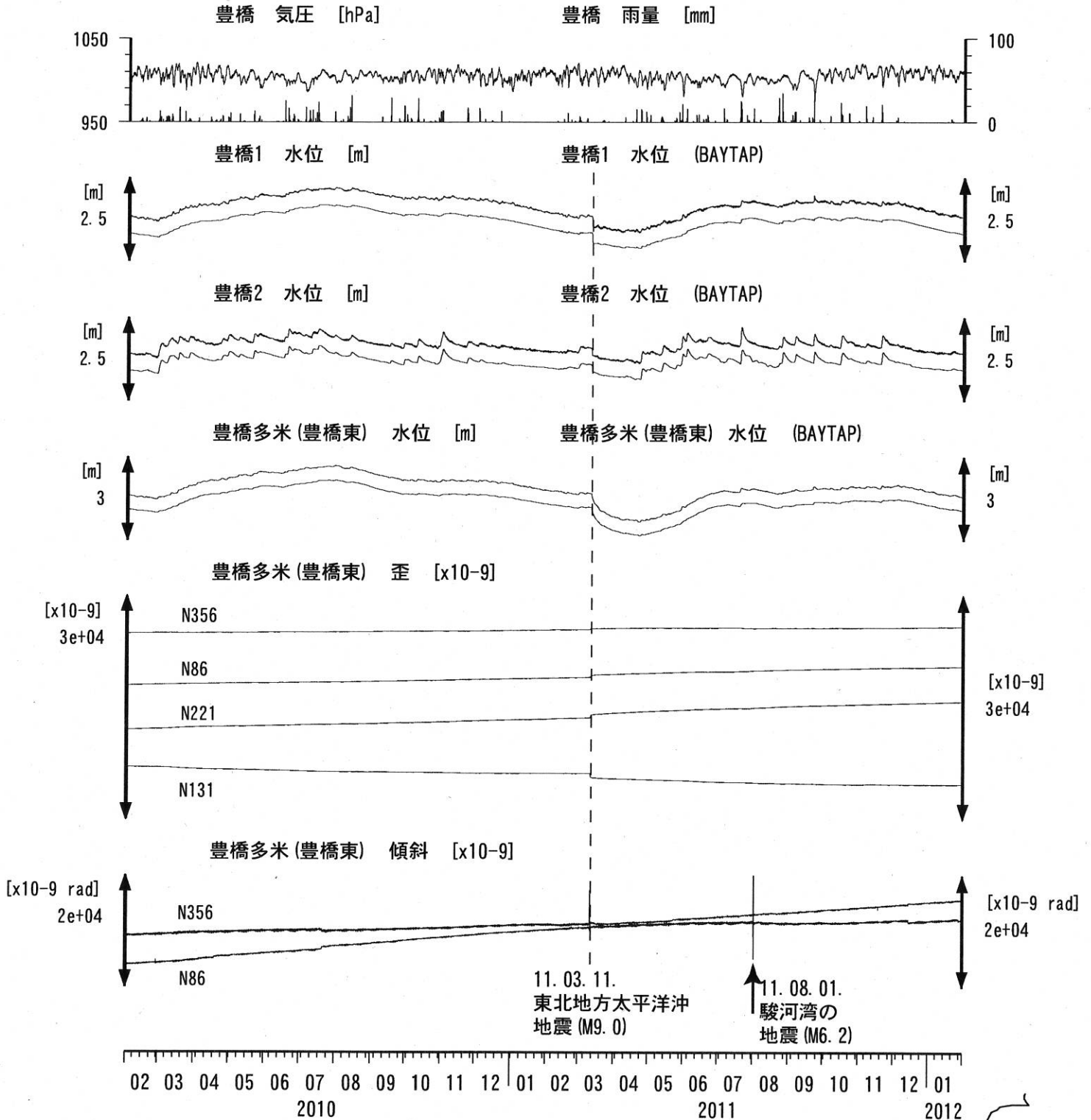
12

01  
2012

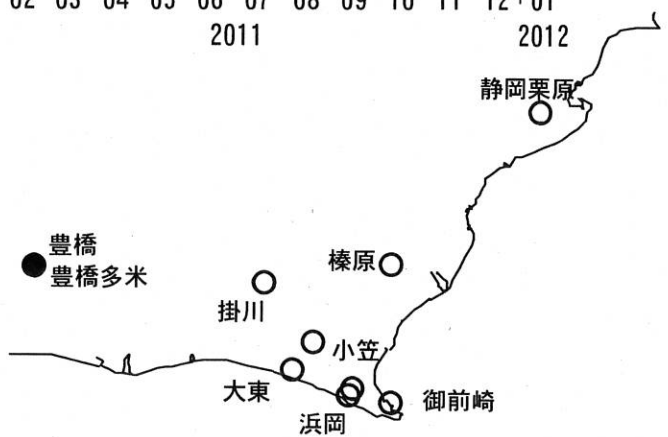
コメント：\$;保守. ?;原因不明.



東海地域西部（豊橋・豊橋東）長期（時間値）  
 (2010/02/01 00:00 - 2012/02/01 00:00)



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。

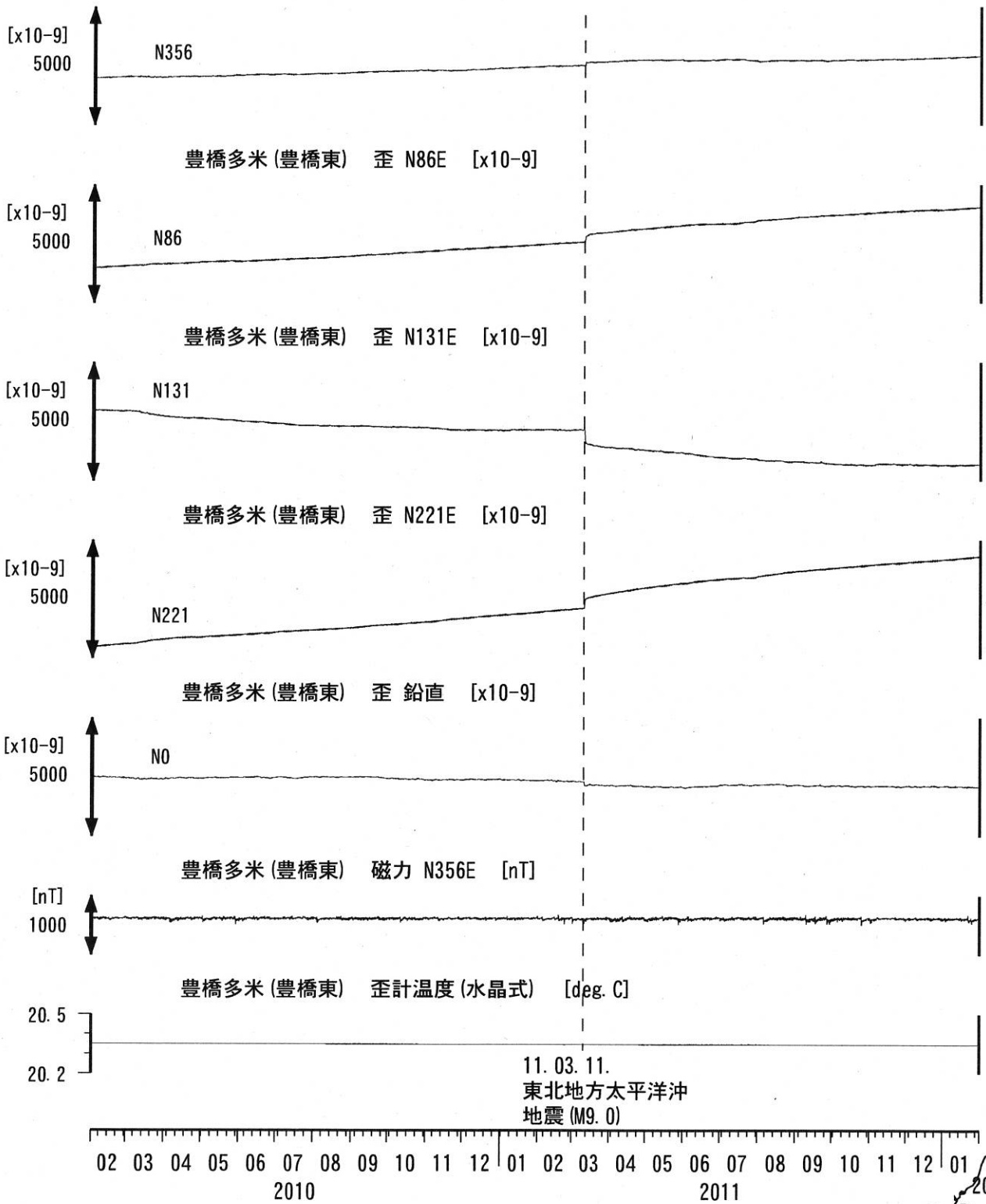




東海地域西部 (豊橋東 歪) 長期 (時間値)

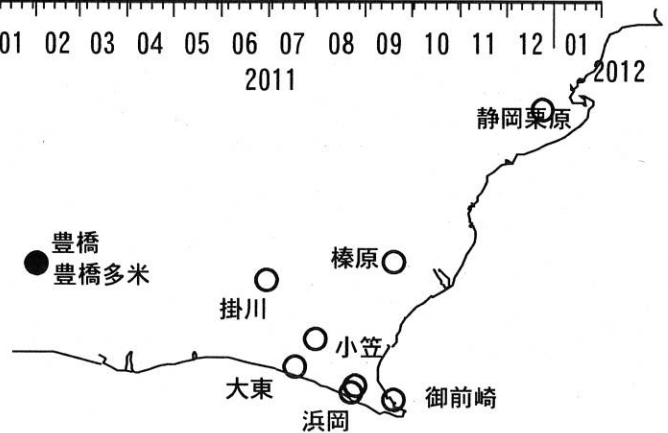
(2010/02/01 00:00 - 2012/02/01 00:00)

豊橋多米 (豊橋東) 歪 N356E [x10<sup>-9</sup>]



11. 03. 11.  
東北地方太平洋沖  
地震 (M9.0)

コメント: \$;保守. ?;原因不明.

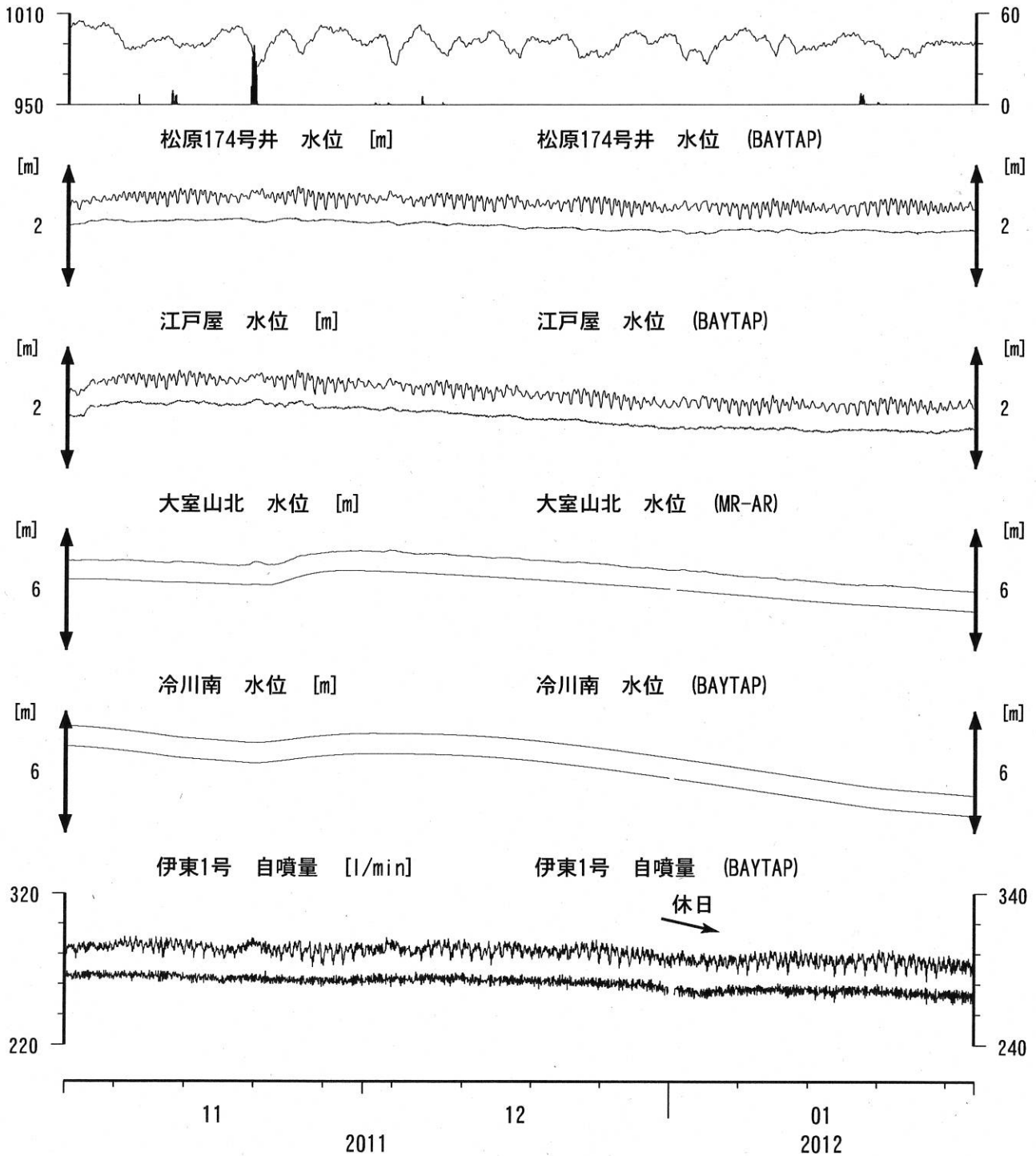


# 伊豆半島東部 地下水位・自噴量 中期 (時間値)

(2011/11/01 00:00 - 2012/02/01 00:00)

冷川南 気圧 [hPa]

伊東6号 雨量 [mm]



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.

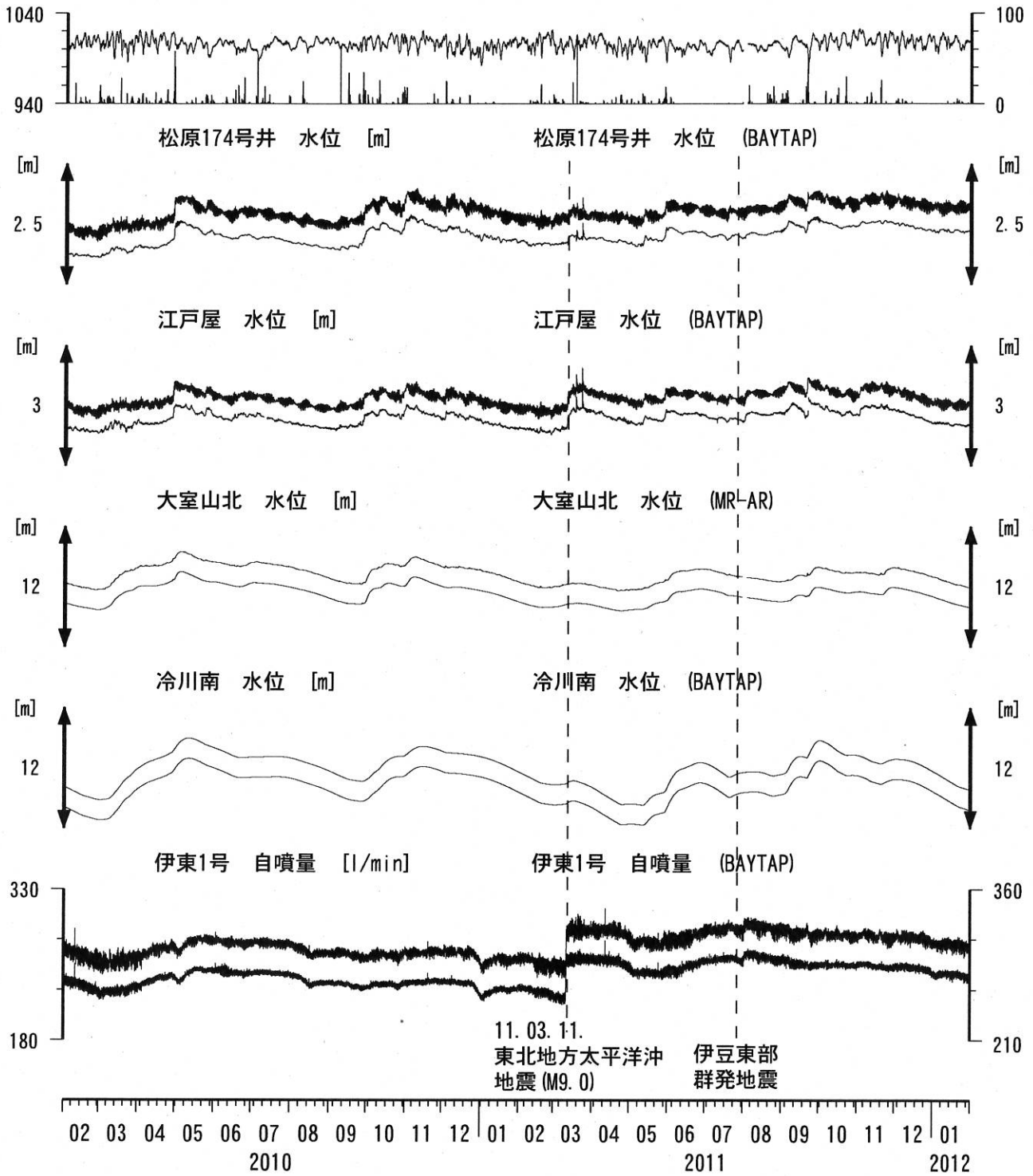


# 伊豆半島東部 地下水位・自噴量 長期 (時間値)

(2010/02/01 00:00 - 2012/02/01 00:00)

大室山北 気圧 [hPa]

大室山北 雨量 [mm]



コメント：\$;保守. ?;原因不明.

松原174号井は静岡県による観測.

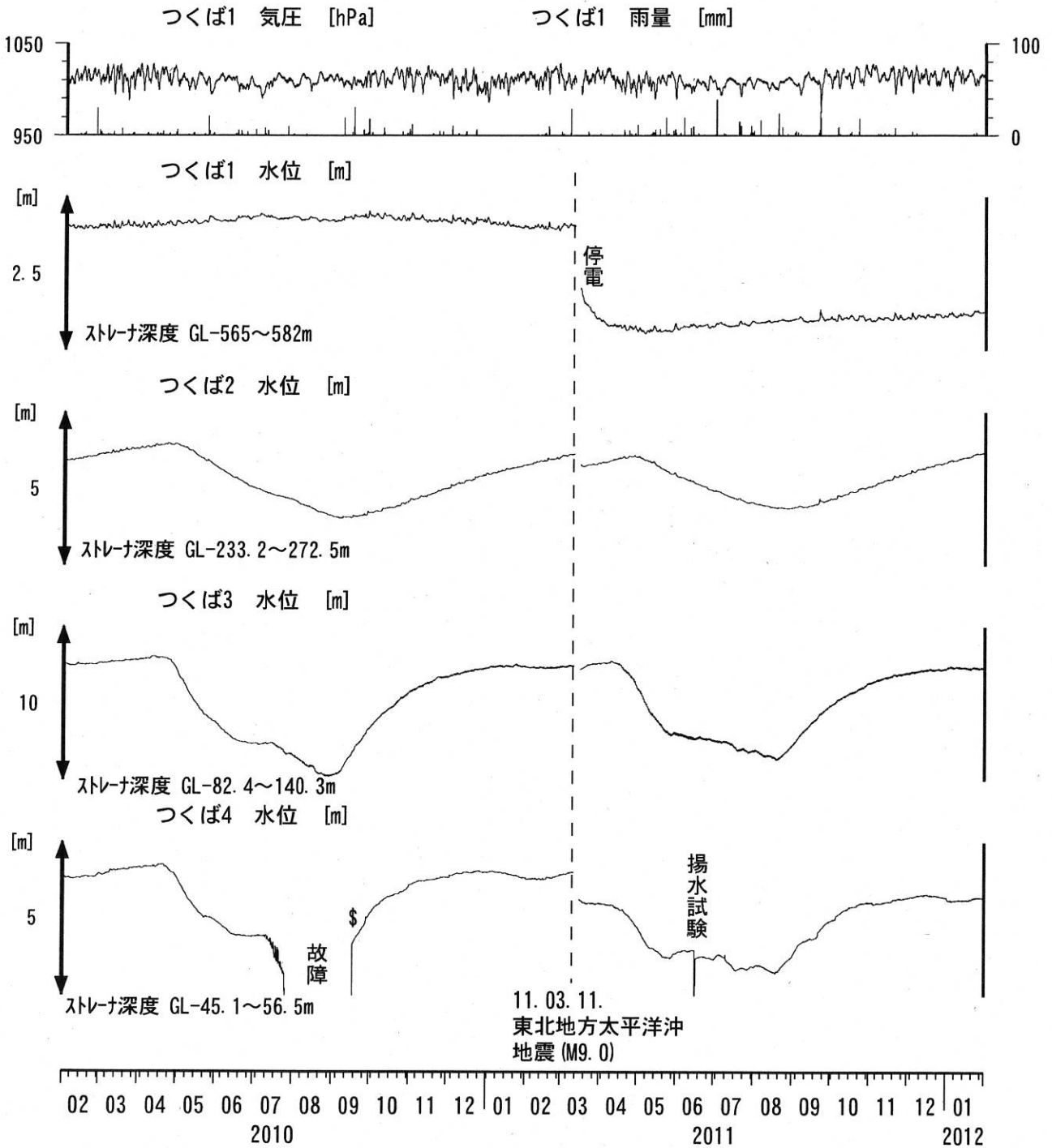
伊東1は、休日・年末年始に周囲の温泉使用量が増加するため、自噴量が減少する.

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 長期 (時間値)  
 (2010/02/01 00:00 - 2012/02/01 00:00)

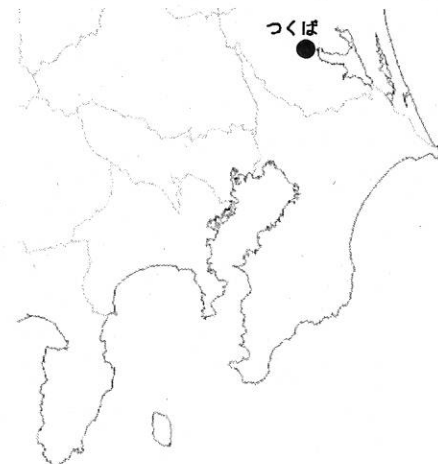


コメント：\$;保守.

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。

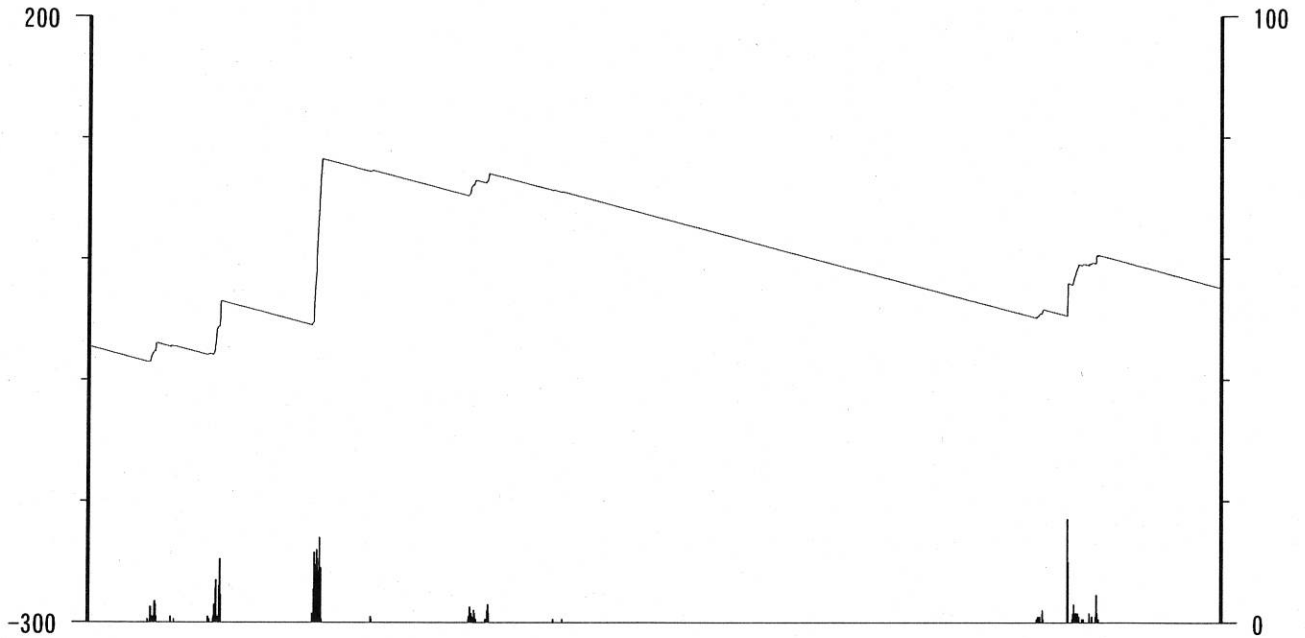
2009年12月7日~22日はつくば3, 4の井戸を使った実験を行っているため水位は欠測。

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。

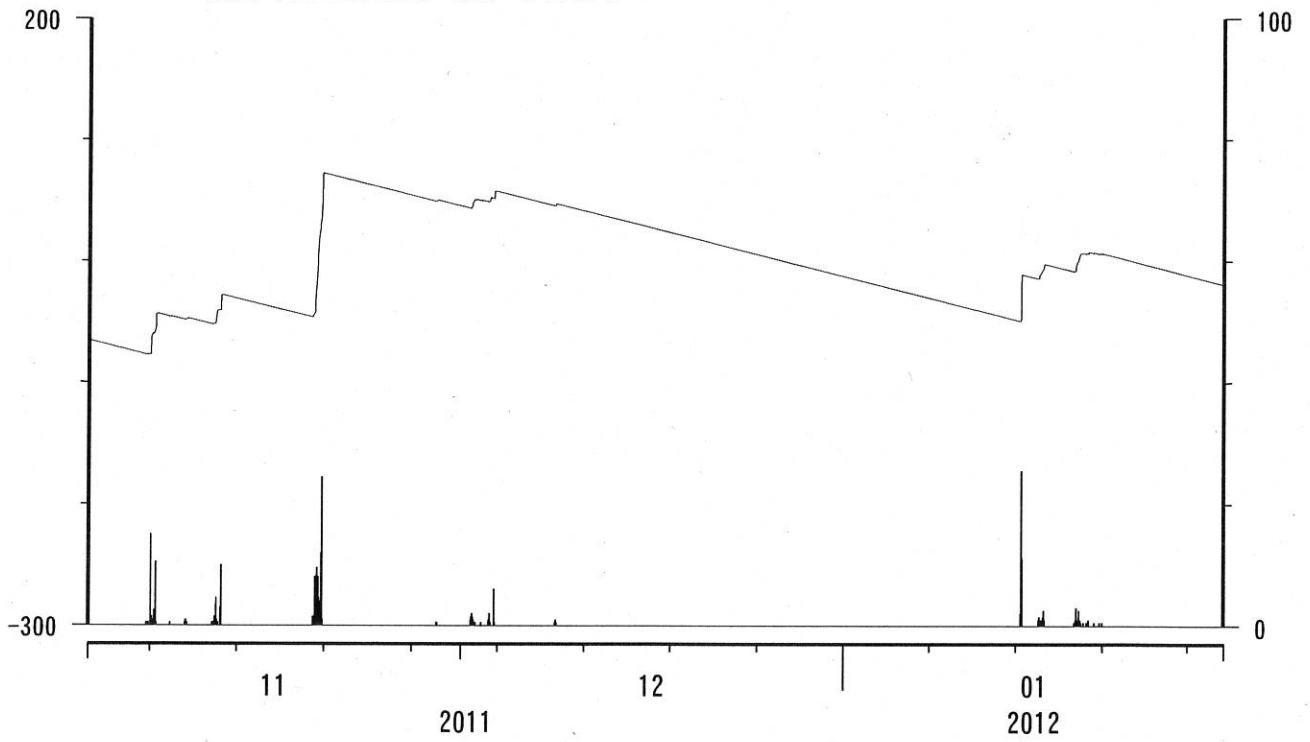


榛原・浜岡観測井 直近3ヶ月の積算降雨量トレンド除去グラフ [mm]  
 (2011/11/01 00:00 - 2012/02/01 00:00)

榛原 降水量(積算) [mm] (時間値)



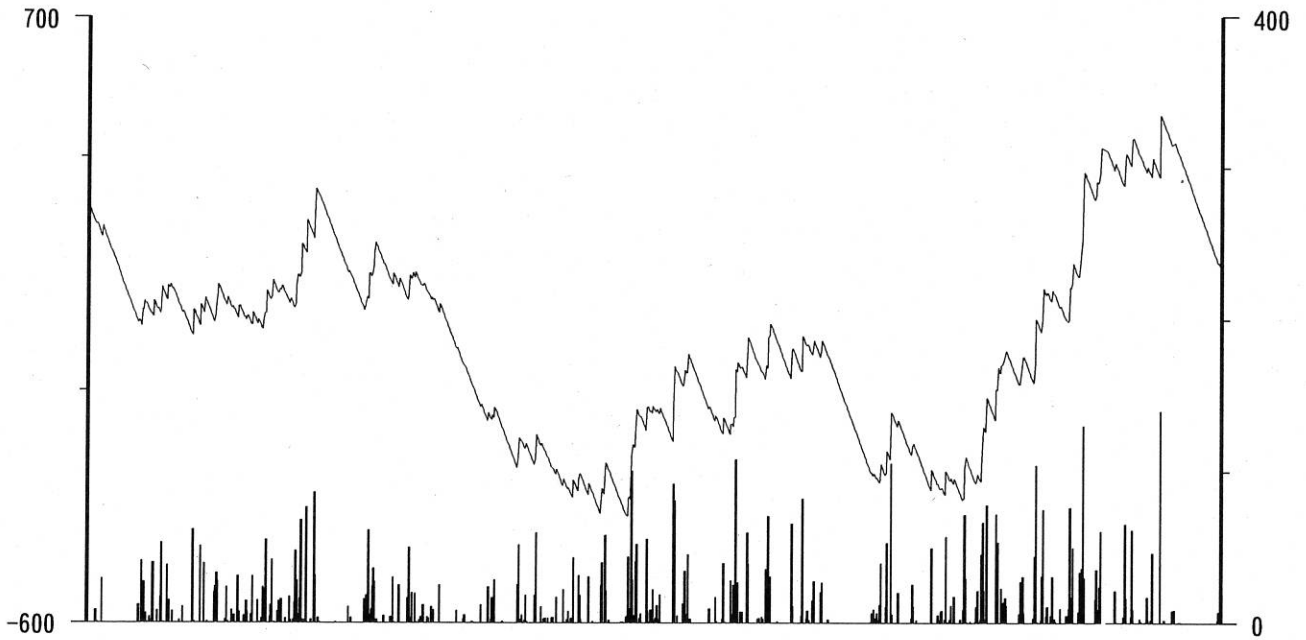
浜岡 降水量(積算) [mm] (時間値)



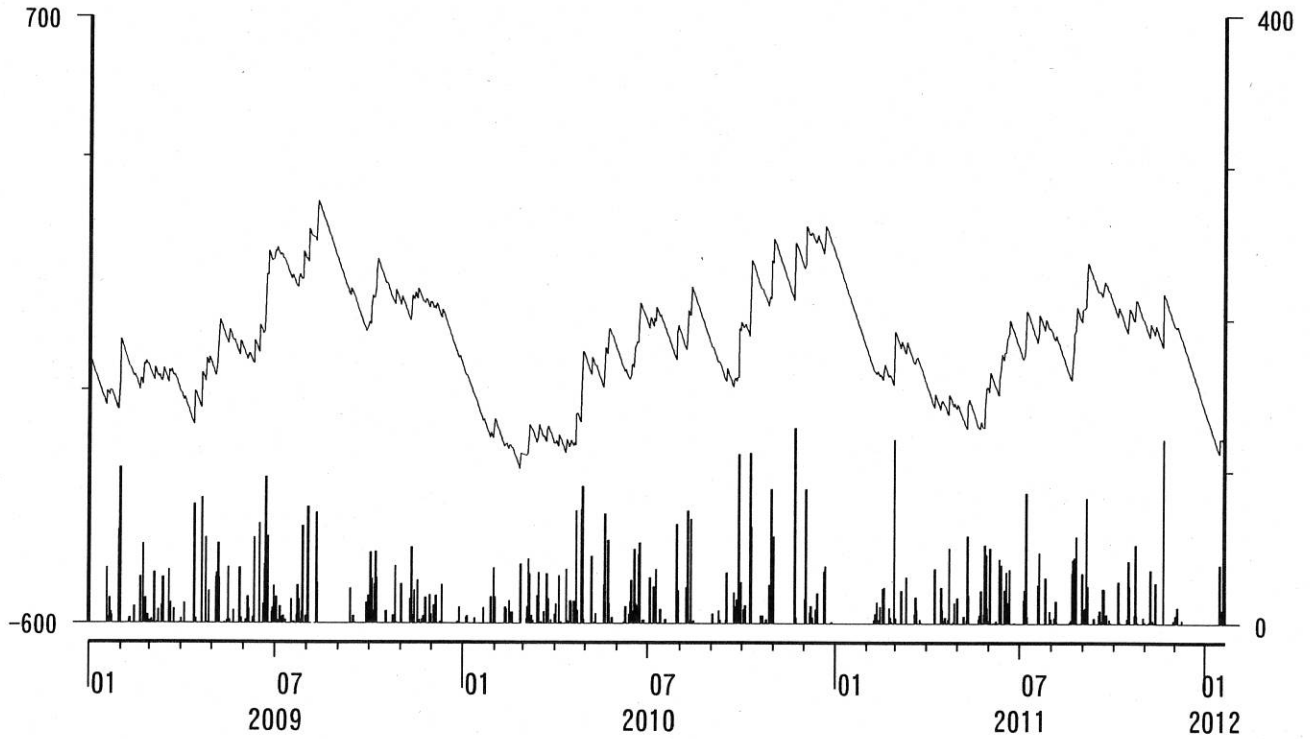
コメント：トレンドは、グラフに示している期間で求めている。

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 - 2012/01/20 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。

# 神奈川県西部地域の地下水位観測 (2011年11月～2012年1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。2011年11月～2012年1月の期間に重点をおいた観測結果を報告する。

## 2. 観測

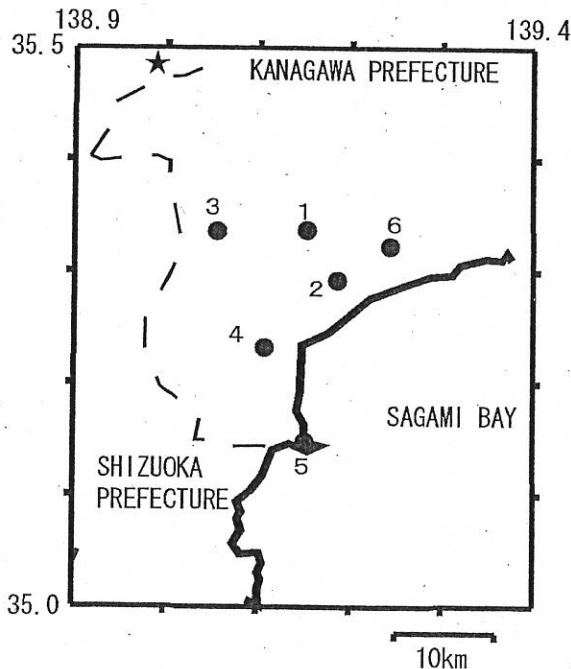
第1図の6箇所の観測点では、地下水位の他、気圧・降水量も1分サンプリングで観測を行っている。得られたデータは、1日1回テレメータにて温泉地学研究所に送信される。

## 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、2011年11月～2012年2月に深さ30km以浅でM4以上の地震は、2012年1月28日の7時43分頃～8時5分頃に発生した山梨県東部・富士五湖の一連の地震4つ (M4.2～M5.4, 深さは20km前後, 観測点周辺の最大震度は3-4) である。この地震によって、大井・南足柄で、地震時の水位変化が認められる。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) 2011年11月3日19時34分頃に発生した茨城県南部の地震 (M4.9, 深さ62km, 観測点周辺の震度1-2),
- 2) 2011年11月24日4時24分頃発生した福島県沖の地震 (M6.1, 深さ45km, 観測点周辺の震度は0-2),
- 3) 2011年12月3日5時55分頃発生した千葉県北東部の地震 (M5.2, 深さ22km, 観測点周辺の震度は1-2),
- 4) 2011年12月14日13時01分頃発生した岐阜県美濃東部の地震 (M5.1, 深さ49km, 観測点周辺の震度は1-2),
- 5) 2011年12月21日の15時04分頃発生した埼玉県南部の地震 (M4.0, 深さ116km, 観測点周辺の震度は1-2),
- 6) 2012年1月1日14時27分頃発生した鳥島近海の地震 (M7.0, 深さ397km, 観測点周辺の震度は2-4)

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。

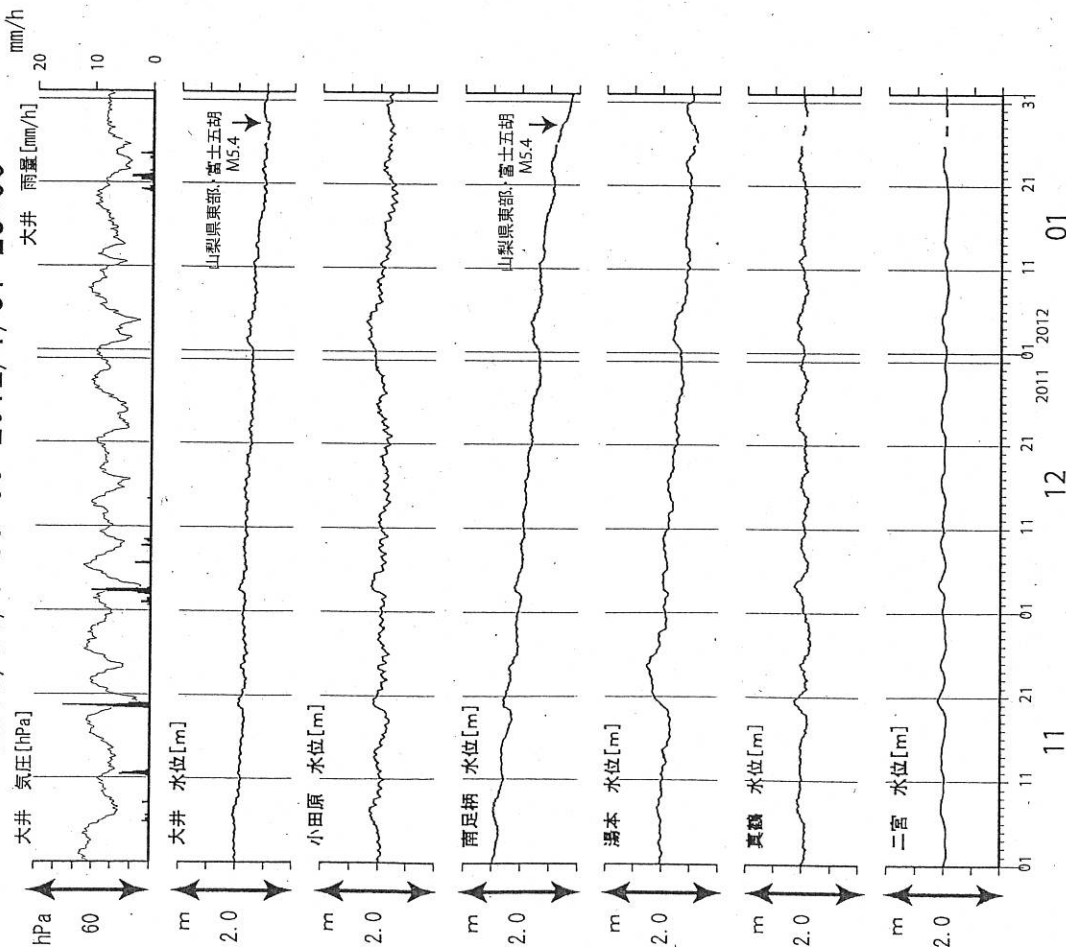
第1表 : 地下水観測点の概要 (横山・他, 1995)

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)



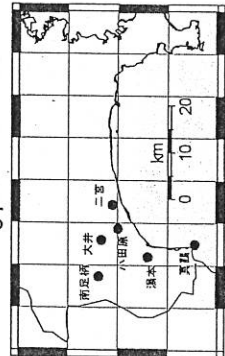
# 神奈川県西部地域の地下水位観測 中期(時間値)

2011/11/1 00:00-2012/1/31 23:00



コメント：特記事項なし

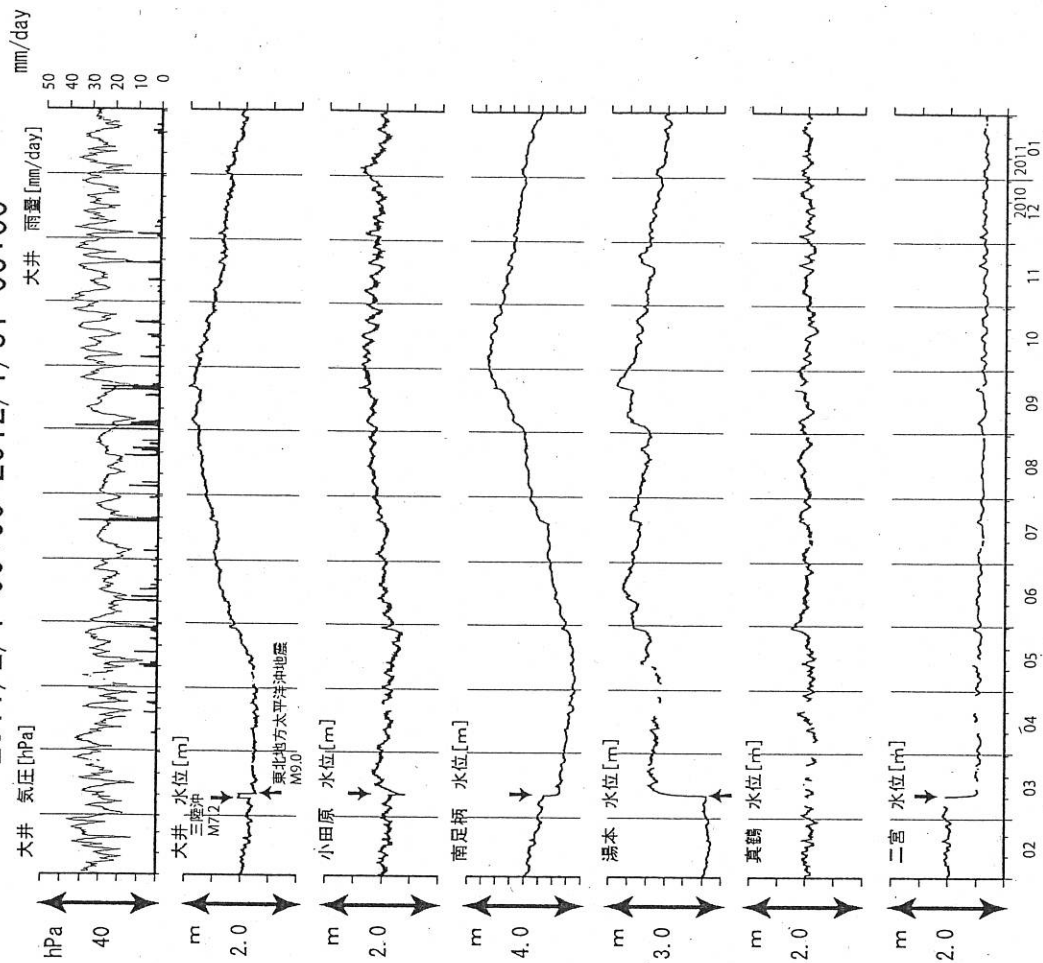
真鶴・二宮は潮汐の影響が大きいので日平均値を示している。他は一時間値(生データ)台風等にもなう停電による欠測を含む。



第2図

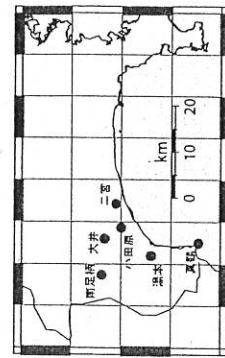
# 神奈川県西部地域の地下水位観測 長期

2011/2/1 00:00-2012/1/31 00:00



コメント：特記事項なし

真鶴・二宮以外は1日1回の瞬時値を示している。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。



第3図

# 近畿地域の地下水位・歪観測結果（2011年11月～2012年1月）

産業技術総合研究所

2011年11月～2012年1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、2012年1月9日0時37分頃に発生した和歌山県北部の地震（M4.7、深さ56km）である。

第2～6図には、2011年8月～2012年1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月の欠測は電源の故障のため（第2図）。tkzの歪の2011年12月の欠測は電源の故障のため（第3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）。

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）

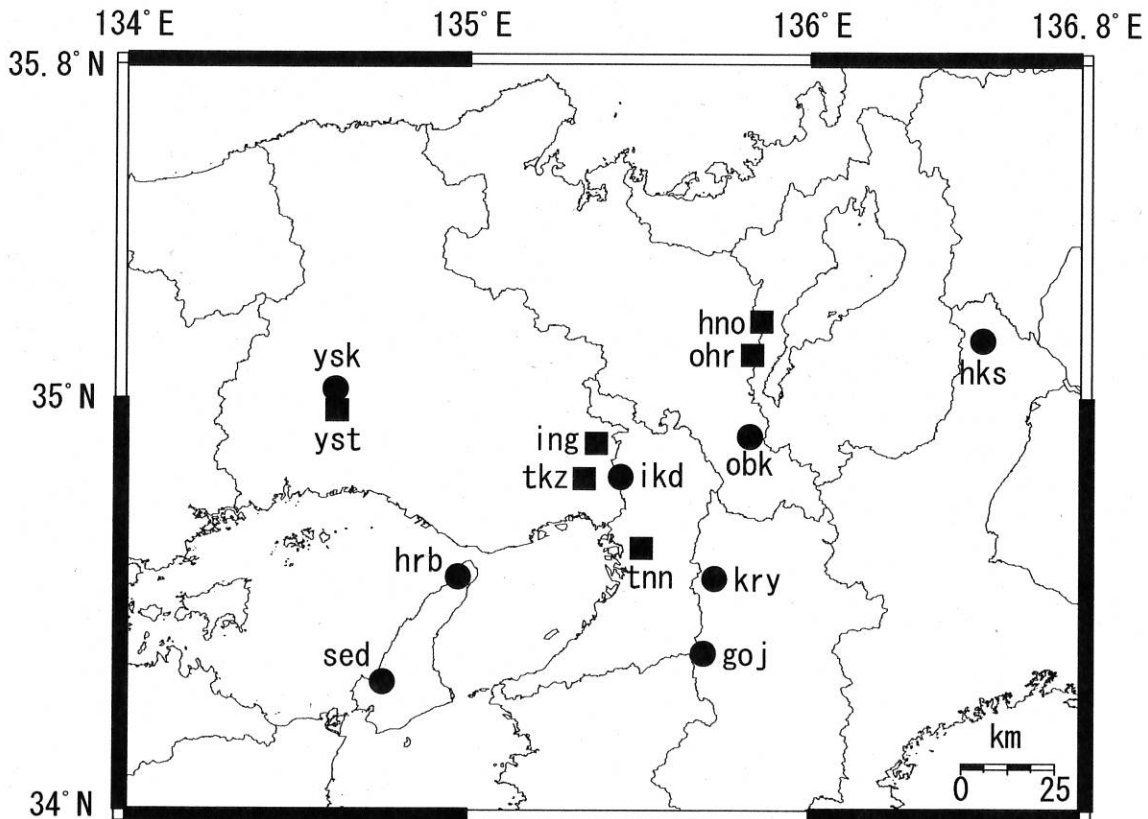


Fig.1 観測点分布図（●・■）。●は地下水のみの観測点で、■はボアホール型歪計を併設している観測点。

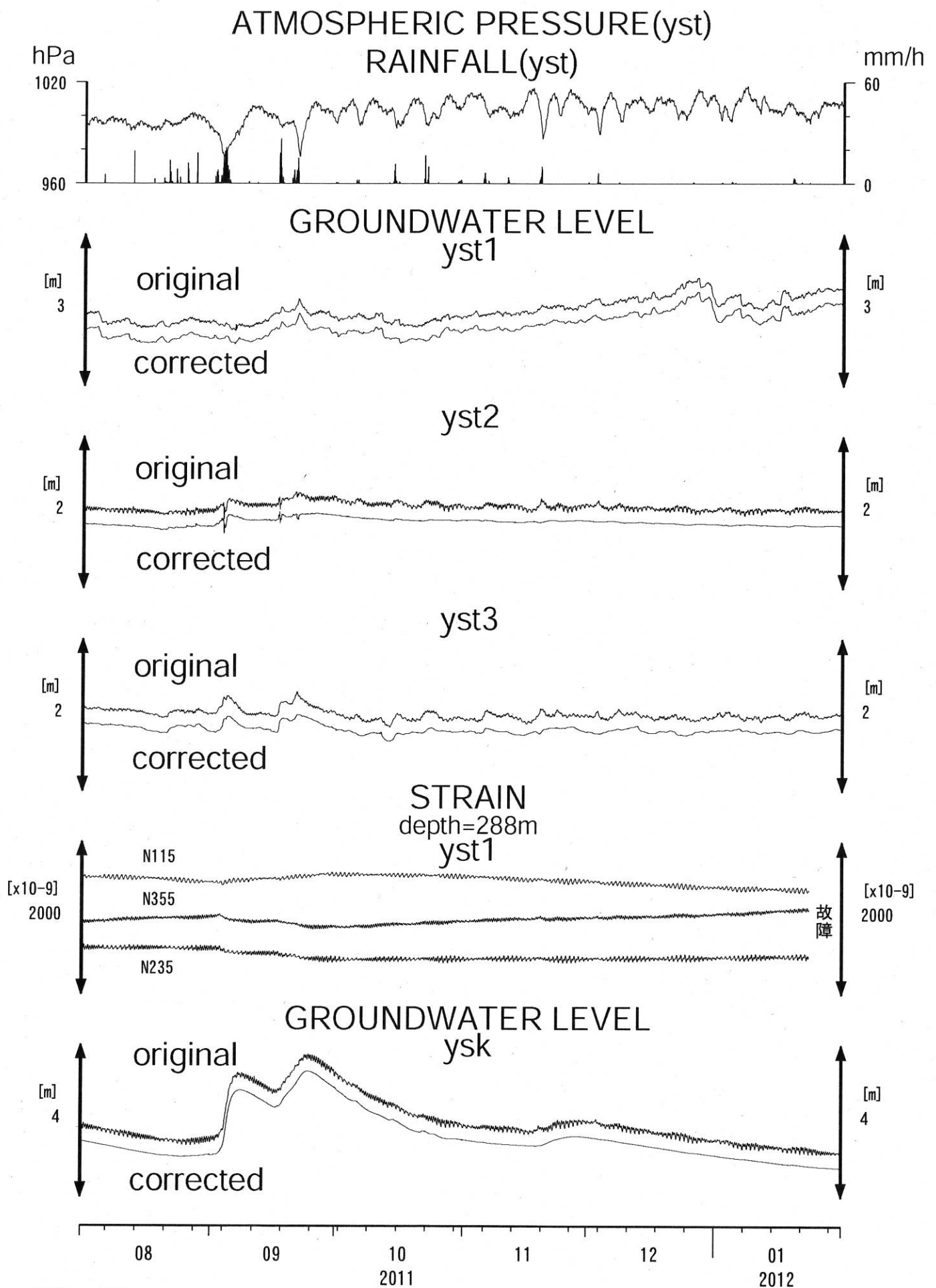


Fig.2

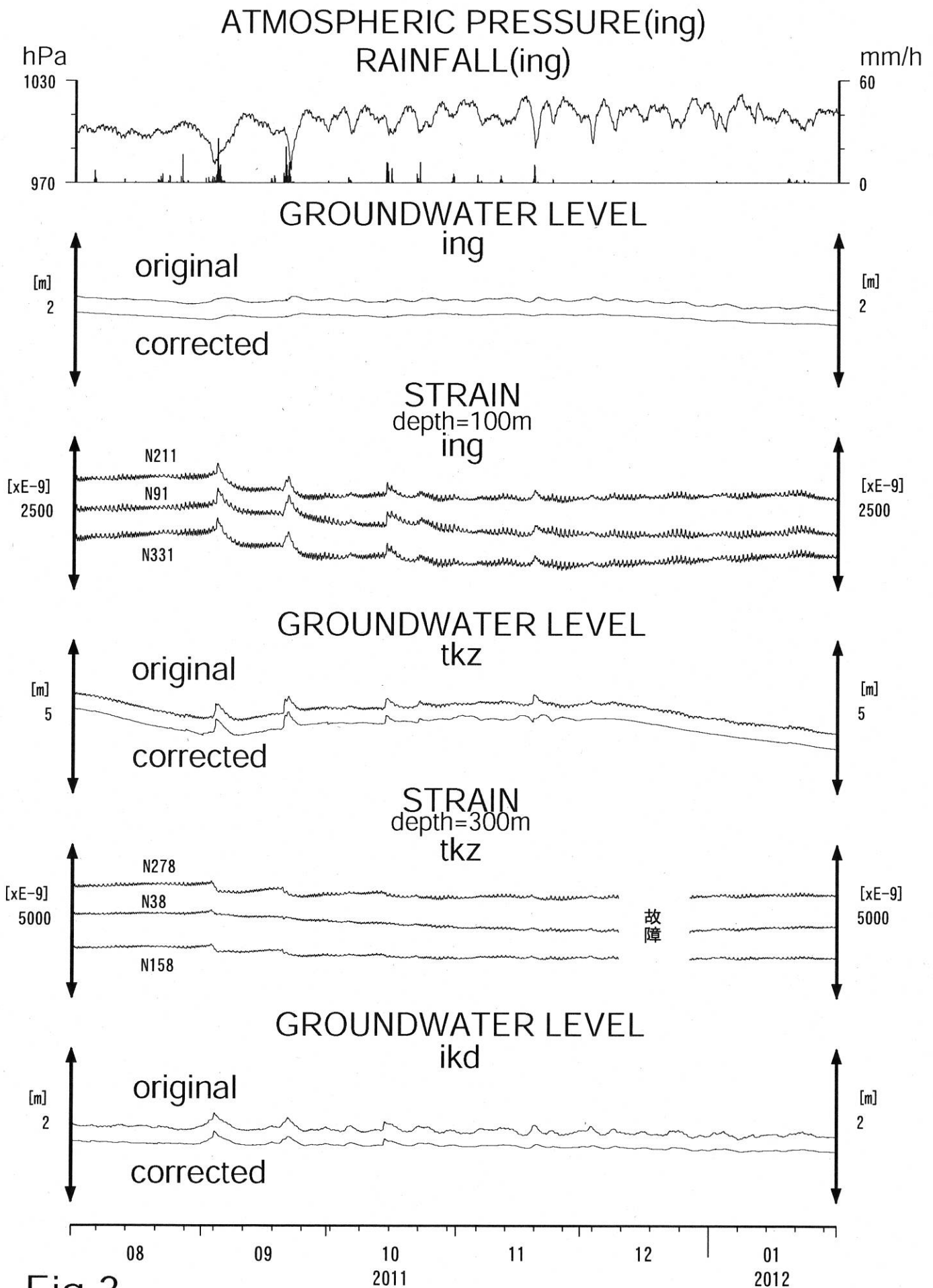


Fig.3

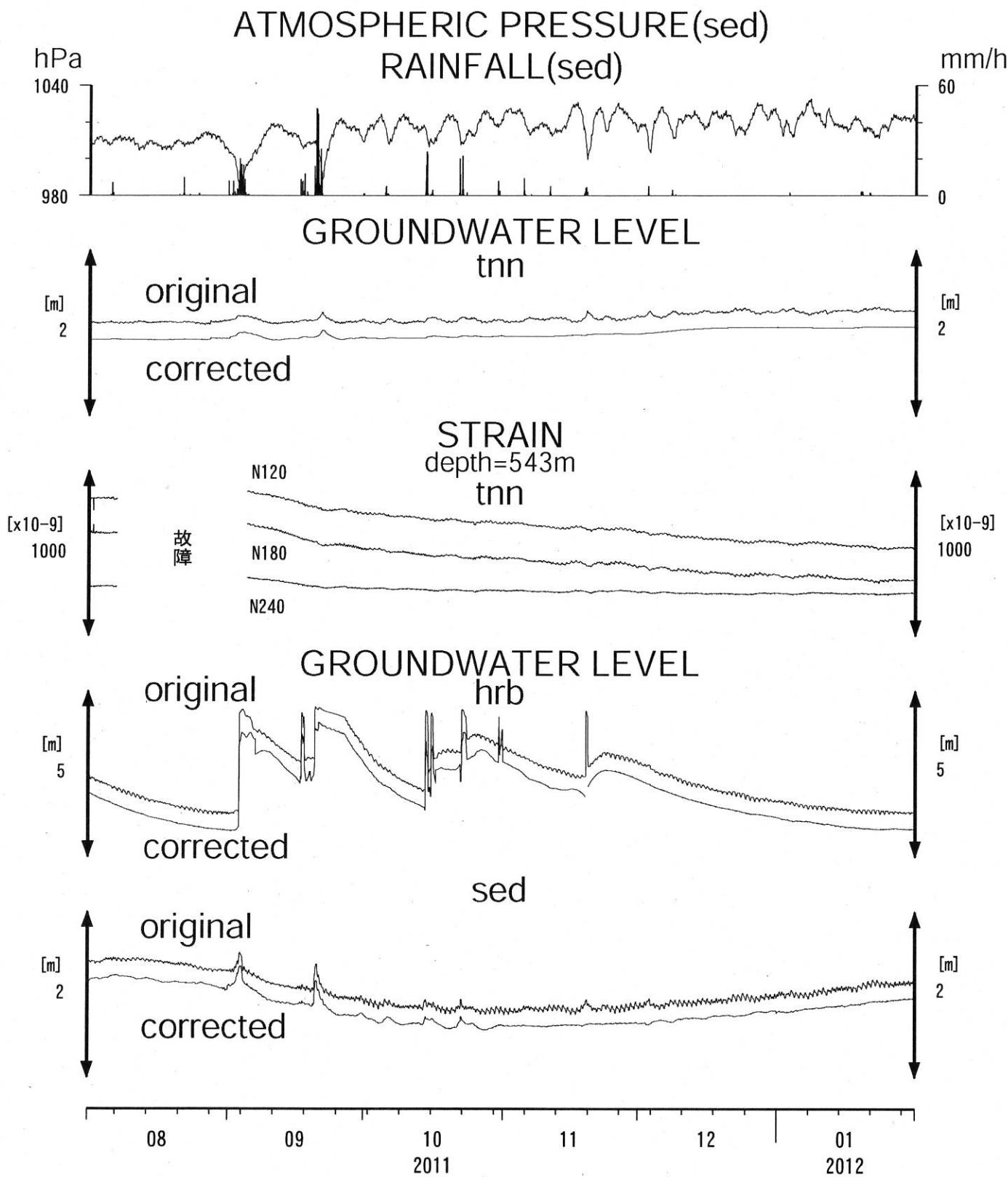


Fig.4

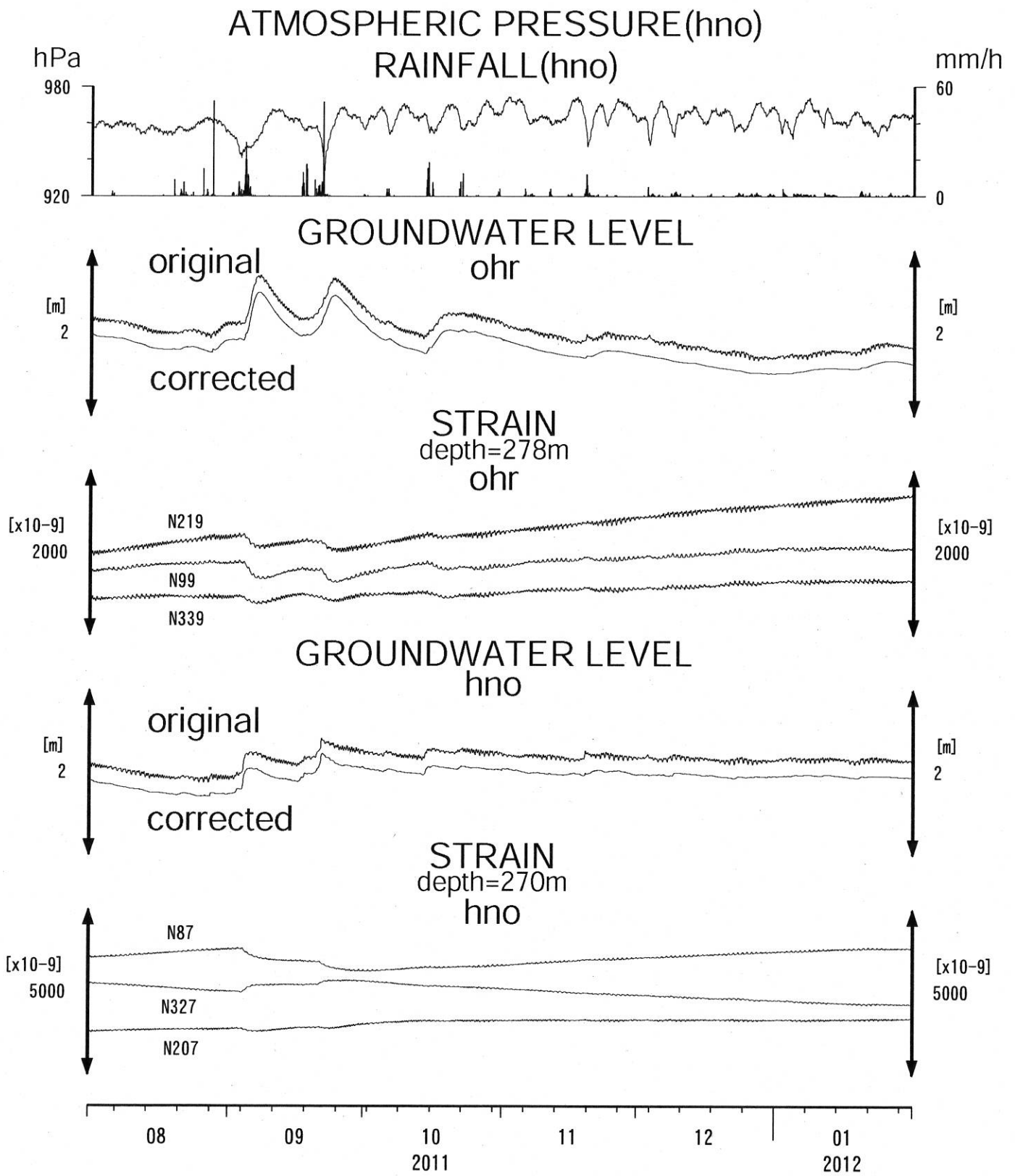


Fig.5

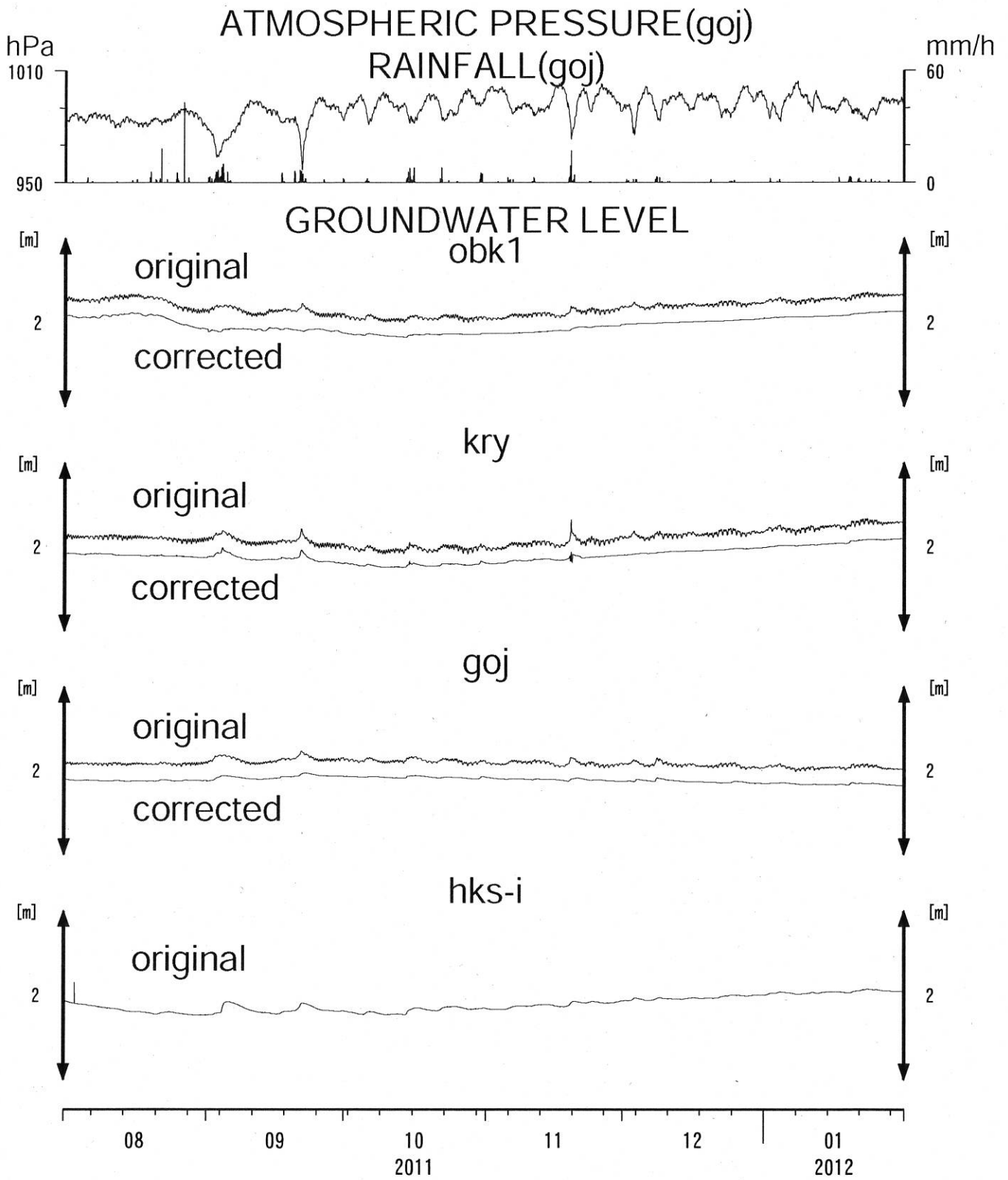


Fig.6



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8月～2012年1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。

2011年12月16日～20日にかけて、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42図)、2011年12月19日頃に産総研の歪計3観測点・傾斜計2観測点と防災科研の高感度加速度計2観測点において、歪変化・傾斜変動が観測された(第43図)。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第44図に示す。歪変化のみの場合および統合後の場合は微動域の北東側を中心に残差の小さい領域が、傾斜変動のみの場合は微動域全体で残差の小さい領域が広がっている。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第45図に示す。統合解析では、微動域を含み、微動域の北東側に広がった断層面が推定された。すべり量は4mm、Mwは5.5と推定された。

2011年12月25日頃～2012年1月6日頃にかけて、四国西部において活発な深部低周波微動活動が観測され(第46図)、2011年12月25日12時頃～27日12時頃(期間A)に産総研の歪計2観測点と防災科研の高感度加速度計3観測点において、2012年1月4日0時頃～5日12時頃(期間B)には産総研の歪計3観測点と防災科研の高感度加速度計7観測点において、歪変化・傾斜変動が観測された(第47図)。産総研のMATの歪は変化の有無の確認にのみ用いている。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第48図に示す。2つの期間ともに残差が小さい領域が狭く、場所の一意性が高い。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第49図に示す。期間Aのすべり量は4mm、Mwは5.5、期間Bのすべり量は16mm、Mwは5.8と推定された。



## 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(1~100 mm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。

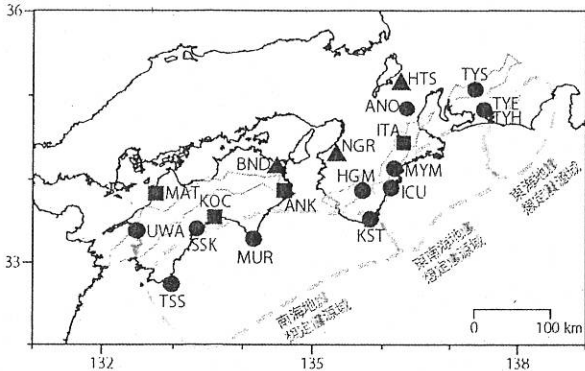
## 謝辞

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.

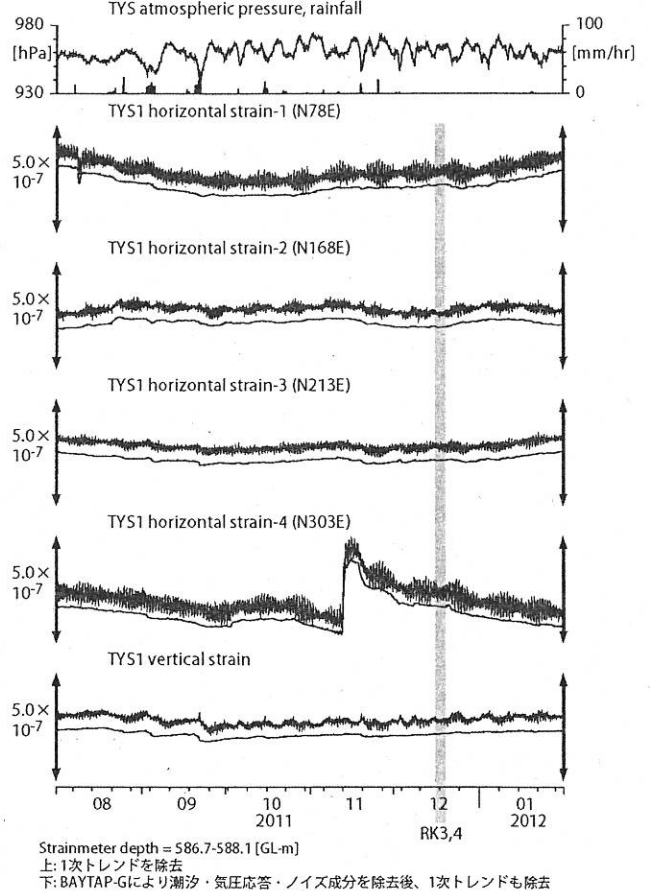


第1図: 地下水観測点の分布図 (●・■・▲)。●はデジタル方式の石井式歪計・傾斜計を用いている新規観測点、■はGladwin式歪計・ミッドヨ式傾斜計を併設している新規観測点、▲はアナログ方式の石井式歪計を併設している既存の観測点。灰色の領域は短期的SSE及び低周波地震活動が定期的に発生していると考えられる地域。

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。

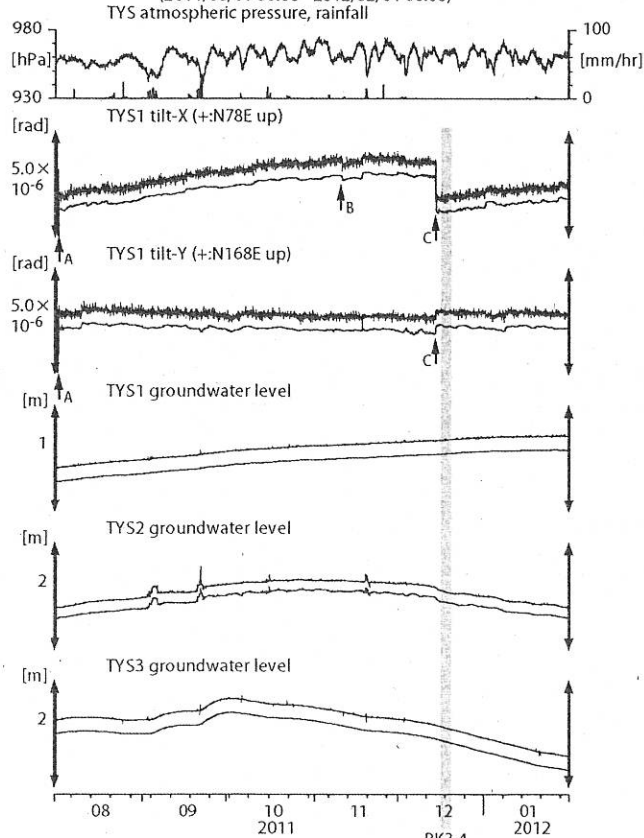
3文字コード (変更無し)	旧名称	新名称	新名称ふりがな	市区町村	図
TYS	豊田下山	豊田神殿	とよたかんの	愛知県豊田市	2,3
TYE	豊橋東	豊橋多米	とよはしため	愛知県豊橋市	4,5
HTS	養庄	養庄香之庄	あいしょうこうのしょう	滋賀県愛知郡養庄町	6
ANO	安濃	津安濃	つあのおう	三重県津市	7,8
ITA	飯高赤穂	松坂飯高	まつざかいいたか	三重県松阪市	9,10
MYM	海山	紀北海山	きほくみやま	三重県北牟婁郡紀北町	11,12
ICU	井内浦	龍野浦崎	くまのいそざき	三重県龍野市	13,14
HGM	本宮三越	田辺本宮	たなべほんぐう	和歌山県田辺市	15,16
KST	串本津衝	串本津衝	くしもつが	和歌山県東牟婁郡串本町	17,18
NGR	根来	岩出東坂本	いわでひがしざかもと	和歌山県岩出市	19
BND	板東	鳴門大坂	なるとおおあさ	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)  
(2011/08/01 00:00 - 2012/02/01 00:00)



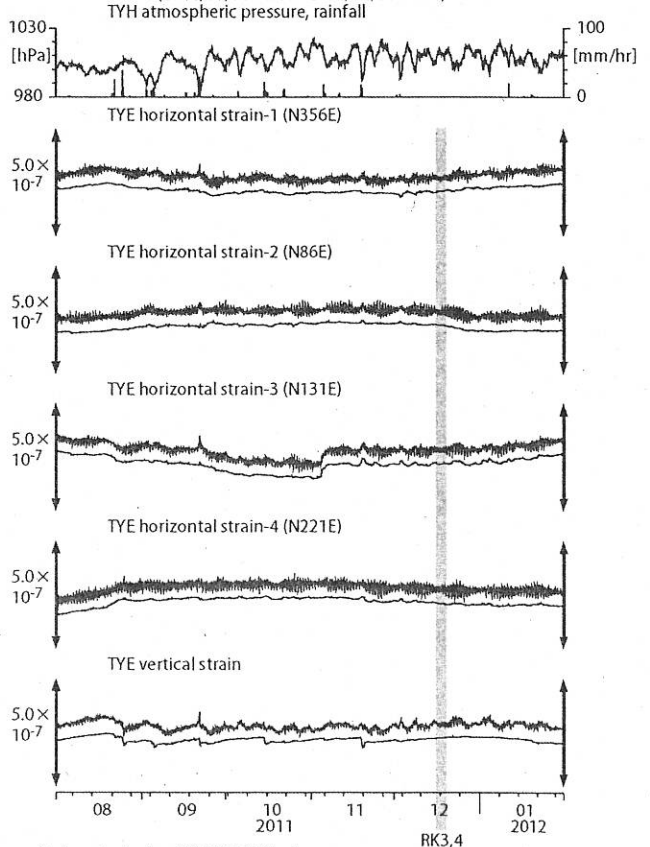
Strainmeter depth = 586.7-588.1 [GL-m]  
上: 1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-Giにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、1次トレンドも除去

第3図 Tilt and groundwater level at TYS (時間値)  
(2011/08/01 00:00 - 2012/02/01 00:00)



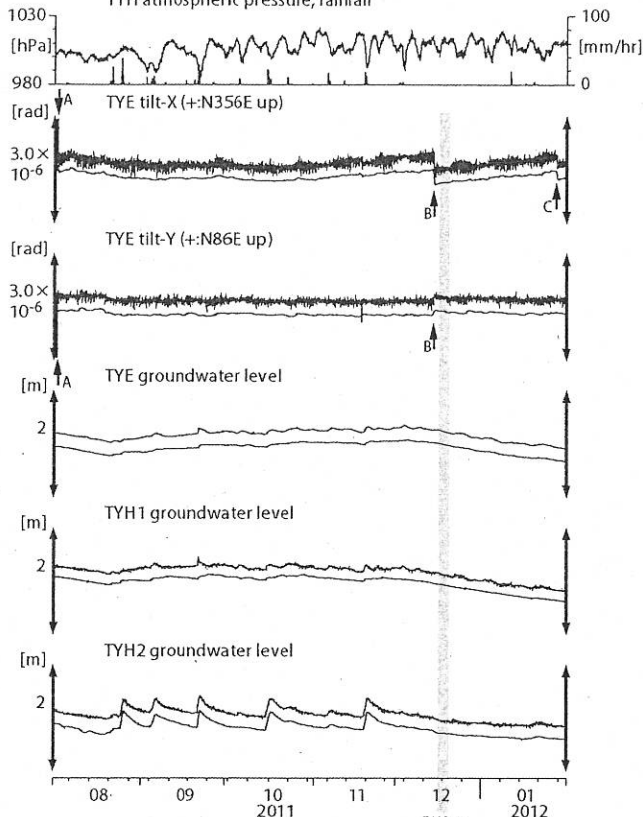
Tiltmeter depth = 585.9-586.7 [GL-m]  
TYS1: Screen depth = 404.8-426.7 [GL-m]  
TYS2: Screen depth = 148.8-154.3 [GL-m]  
TYS3: Screen depth = 26.8-32.3 [GL-m]  
上: tiltは1次トレンド除去  
下: BAYTAP-Giにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分除去、tiltは1次トレンドも除去

第4図 Crustal strain at TYE (時間値)  
(2011/08/01 00:00 - 2012/02/01 00:00)



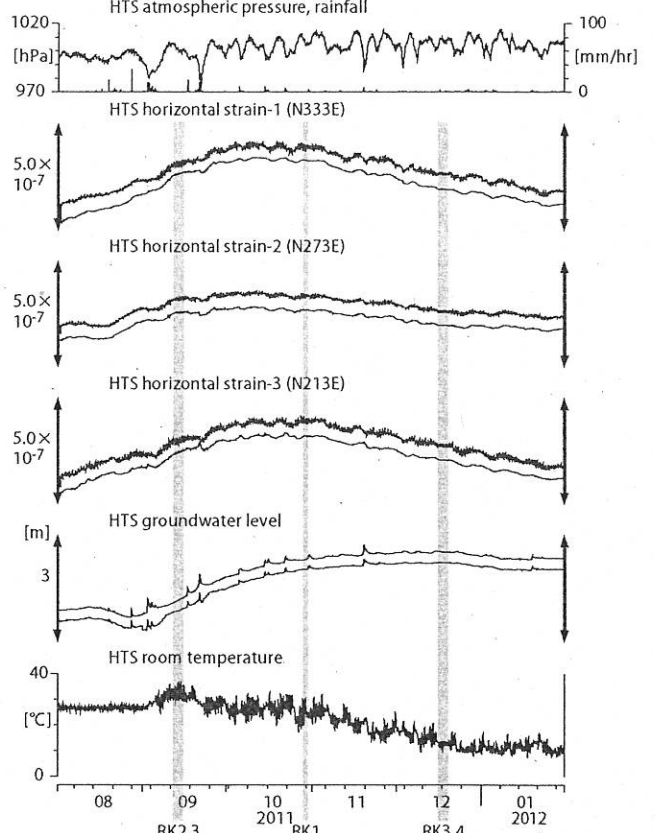
Strainmeter depth = 266.5-267.9 [GL-m]  
上: 1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-Giにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、1次トレンドも除去

第5図 Tilt and groundwater level at TYE and TYH (時間値)  
(2011/08/01 00:00 - 2012/02/01 00:00)



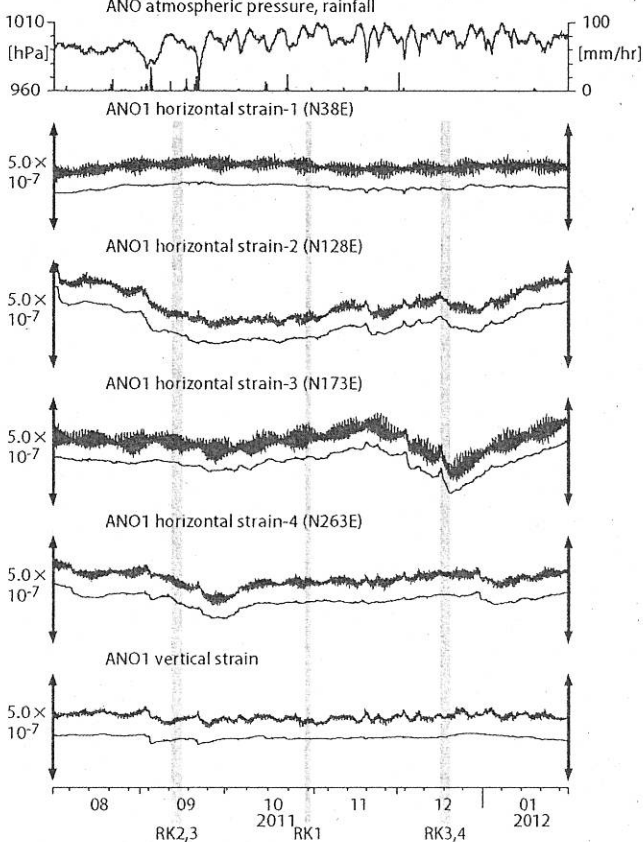
Tiltmeter depth = 265.6-266.5 [GL-m]  
 TYE: Screen depth = 185.9-207.8 [GL-m]  
 TYH1: Screen depth = 178.6-200.4 [GL-m]  
 TYH2: Screen depth = 133.7-150.0 [GL-m]  
 上: tiltは1次トレンドを除去  
 下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去、tiltは1次トレンドも除去

第6図 Crustal strains and groundwater level at HTS (時間値)  
(2011/08/01 00:00 - 2012/02/01 00:00)



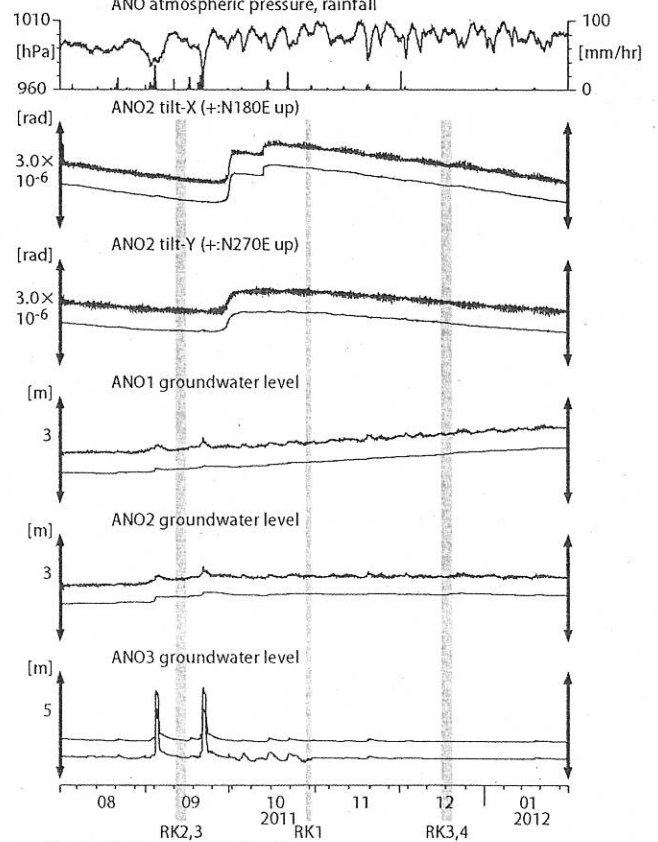
Strainmeter depth = 433.5-436.5 [GL-m]  
 Screen depth = 338.3-360.1 [GL-m]  
 上: strainは1次トレンドを除去  
 下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、strainは1次トレンドも除去

第7図 Crustal strains at ANO (時間値)  
(2011/08/01 00:00 - 2012/02/01 00:00)

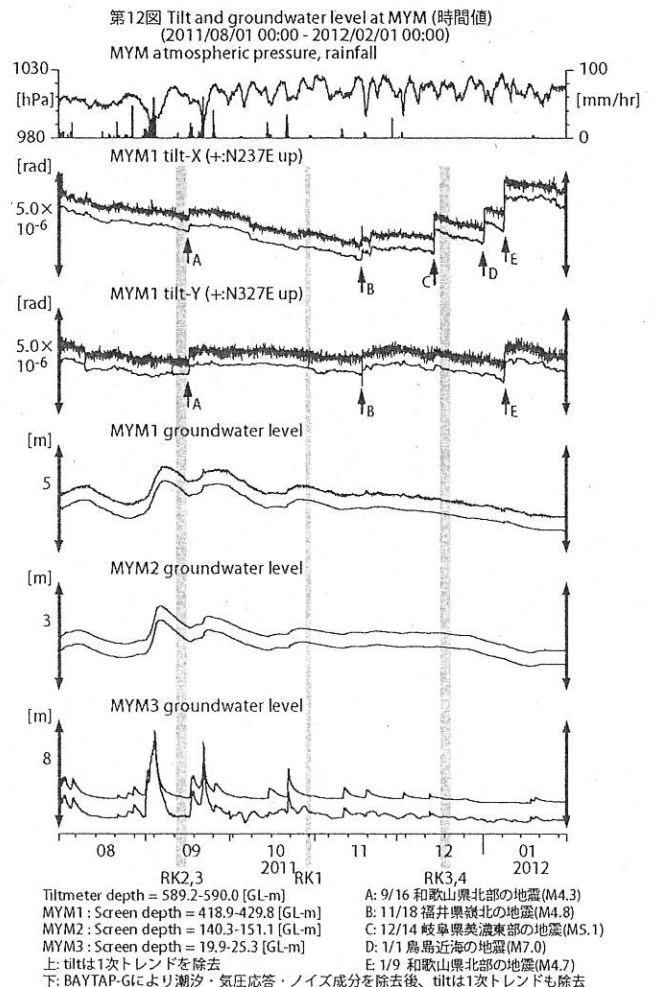
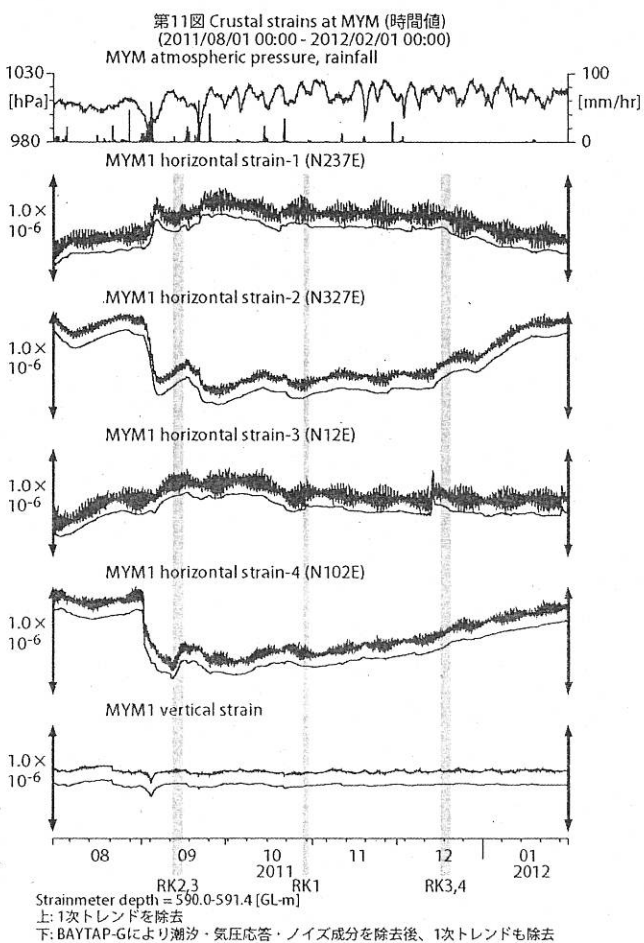
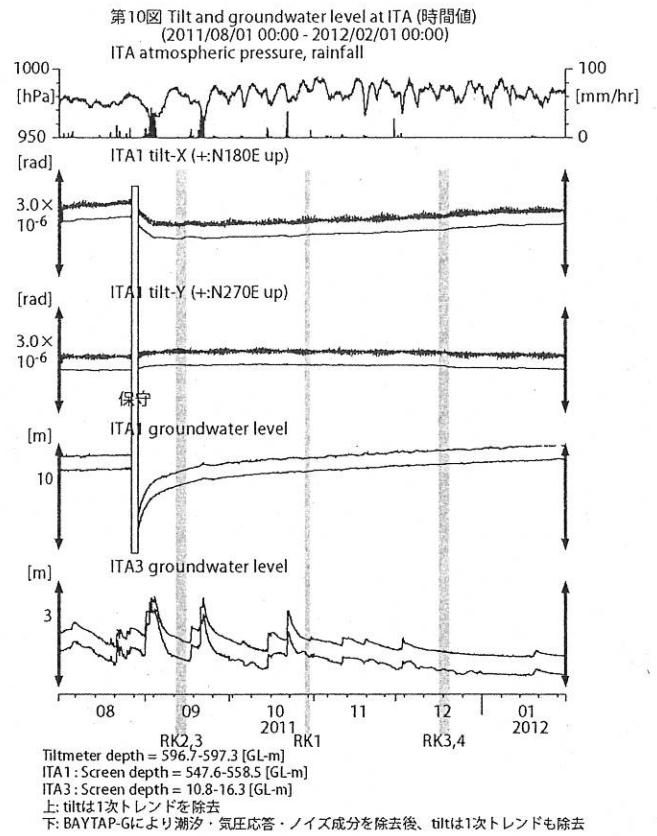
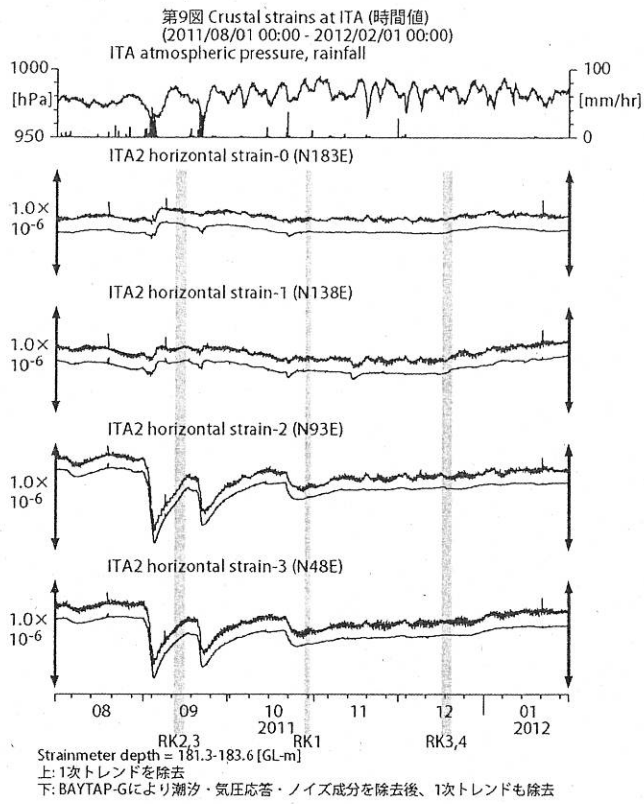


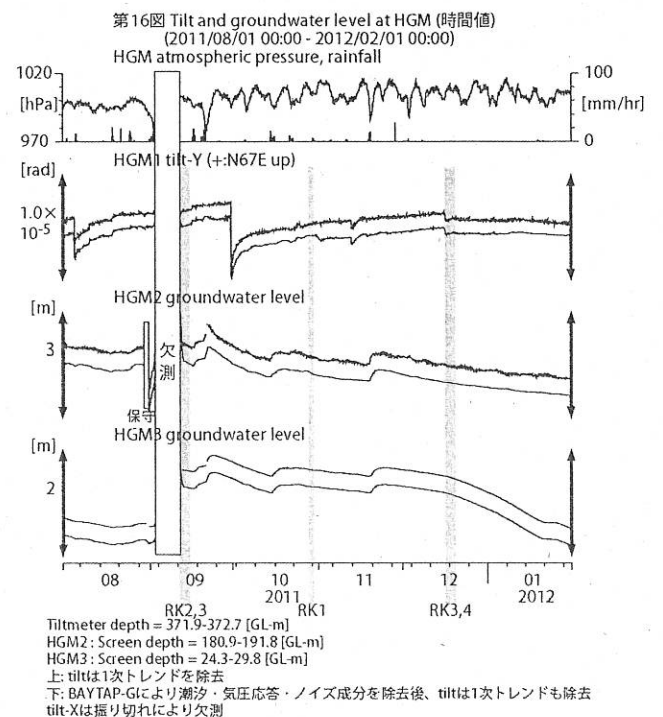
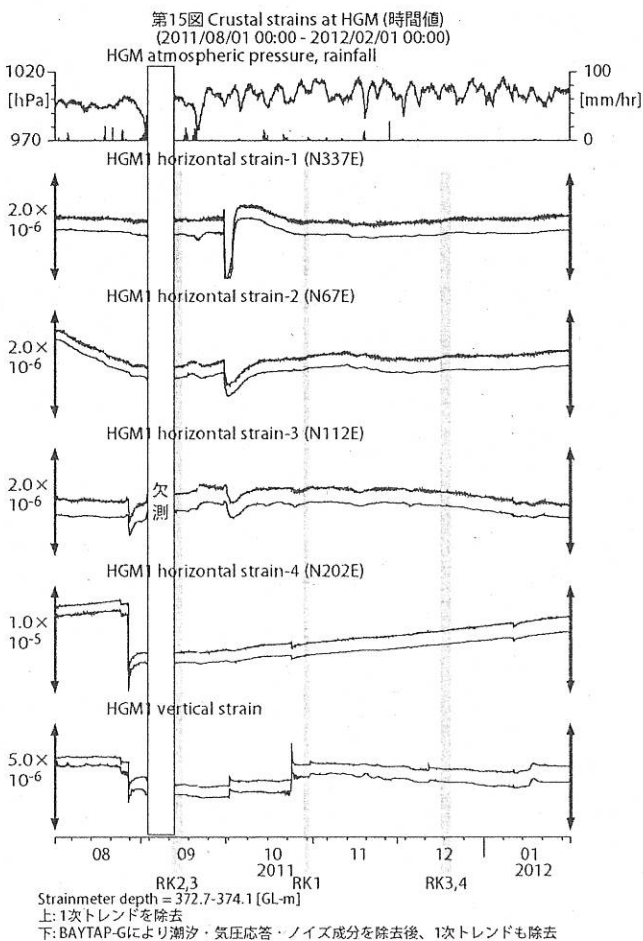
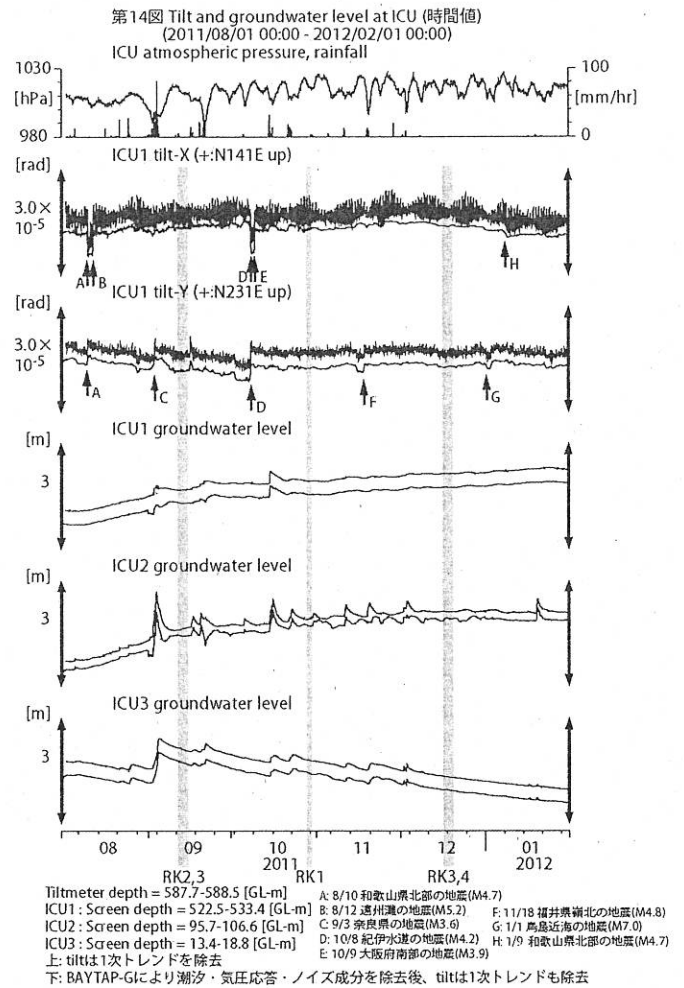
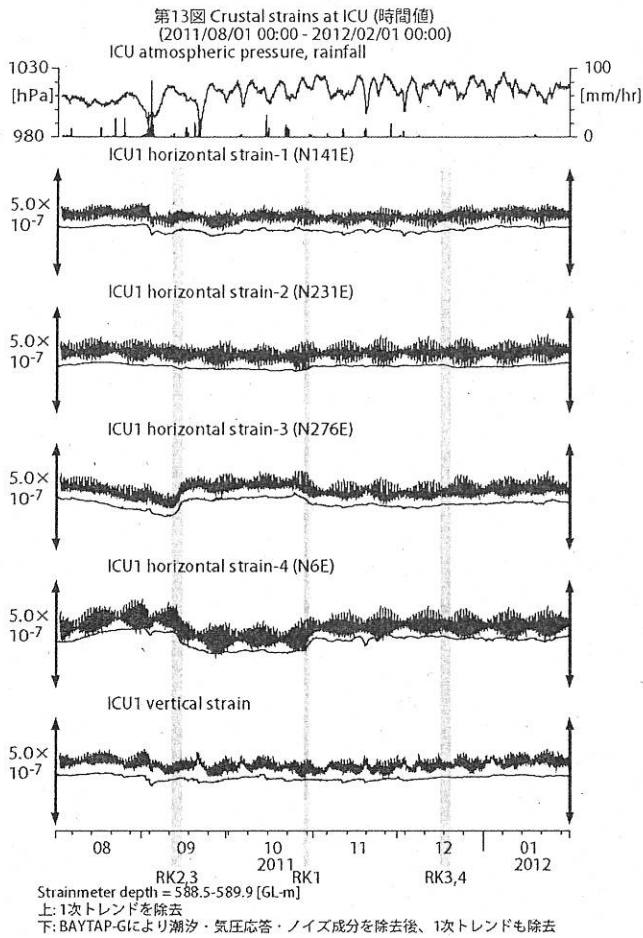
Strainmeter depth = 588.9-590.3 [GL-m]  
 上: 1次トレンドを除去  
 下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、1次トレンドも除去

第8図 Tilt and groundwater level at ANO (時間値)  
(2011/08/01 00:00 - 2012/02/01 00:00)

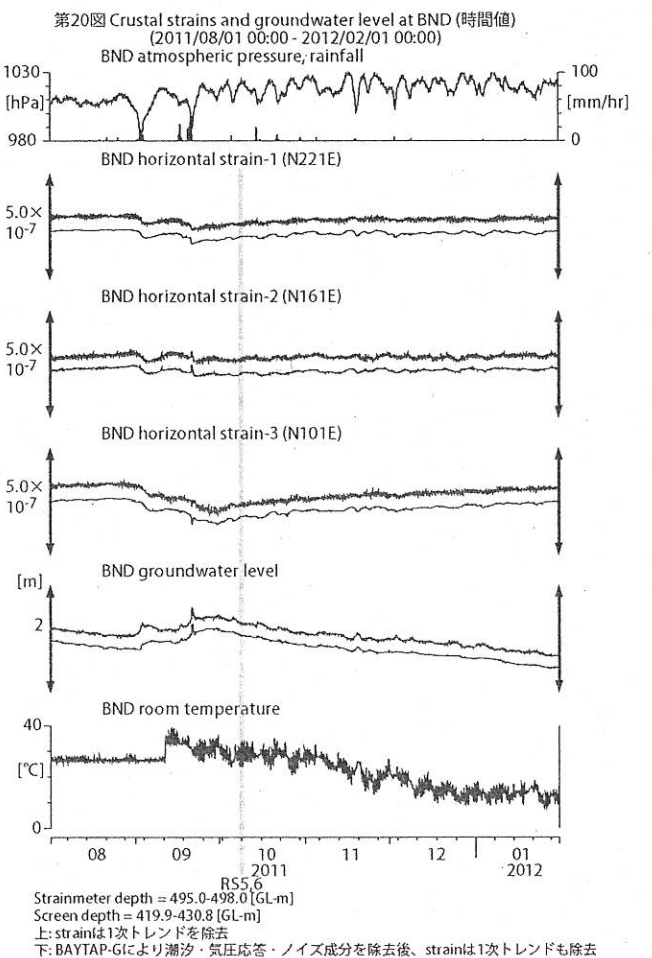
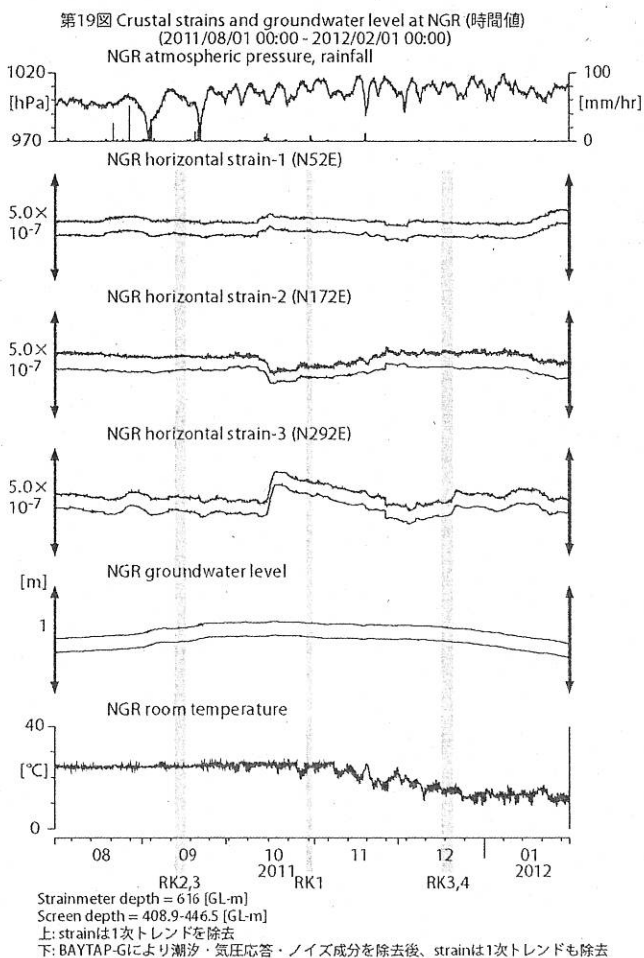
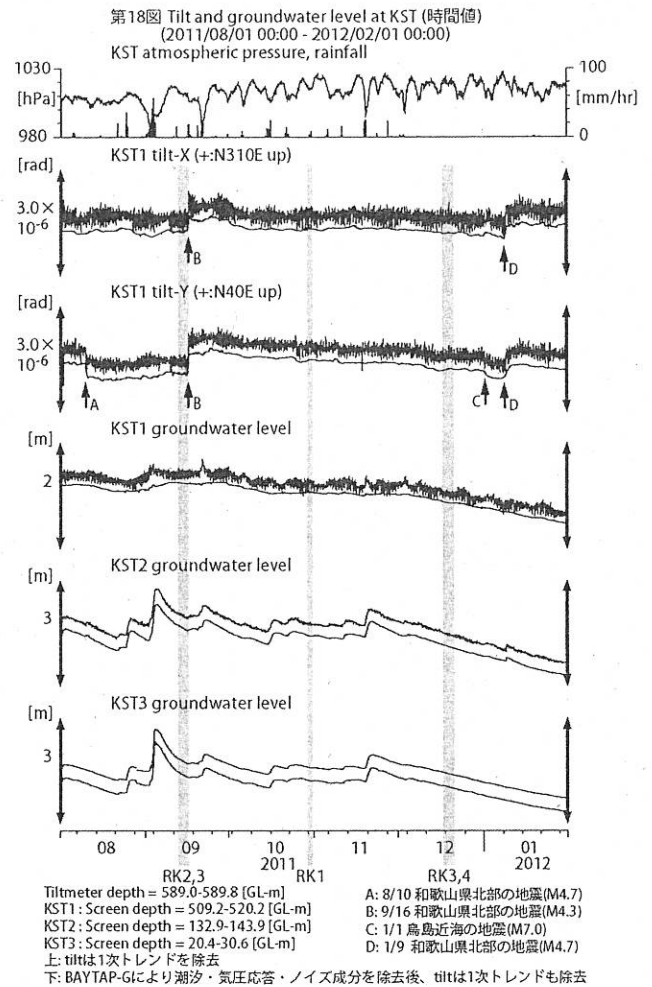
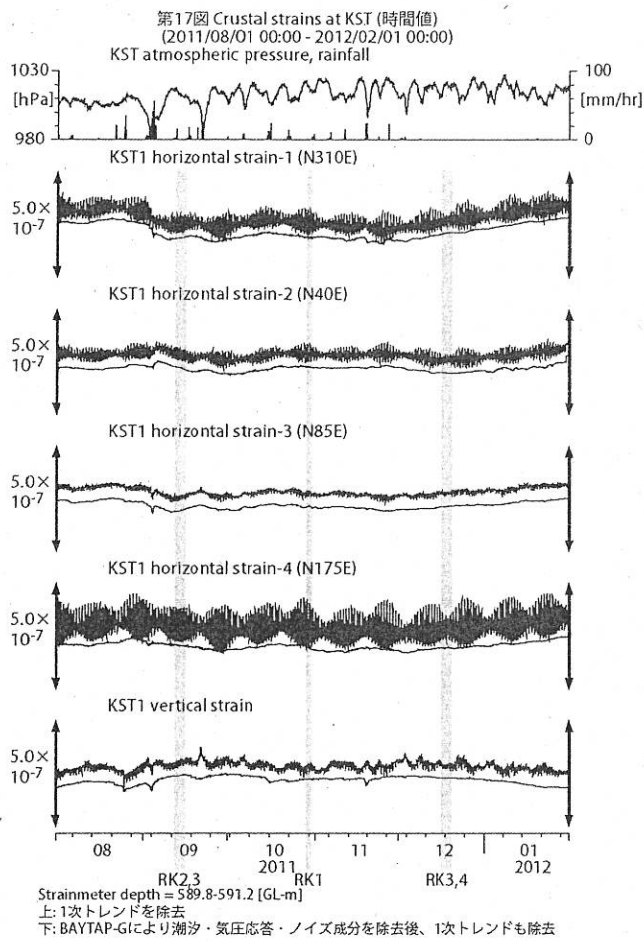


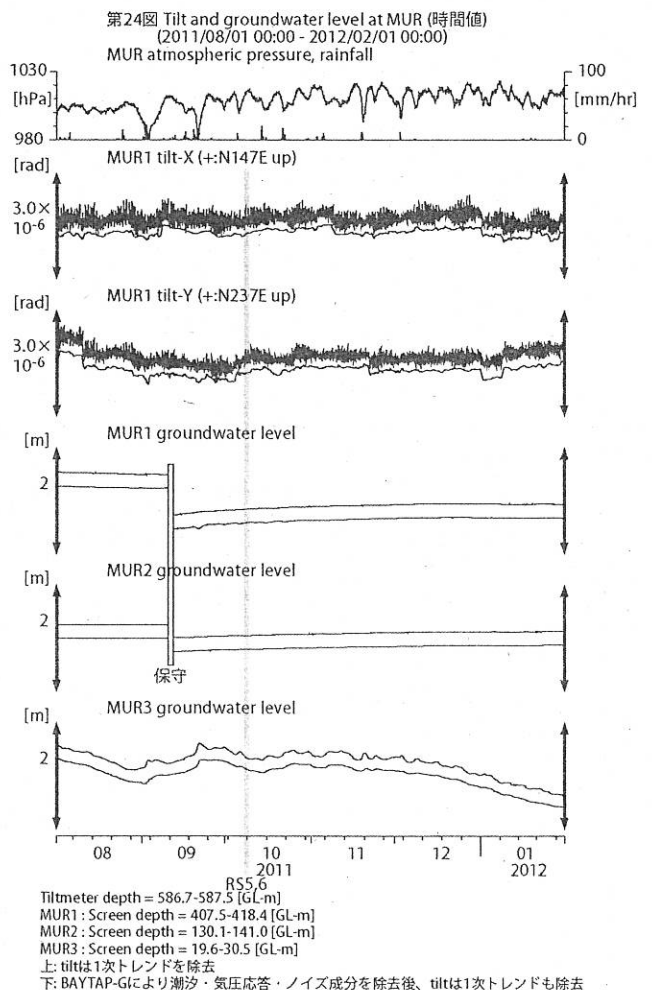
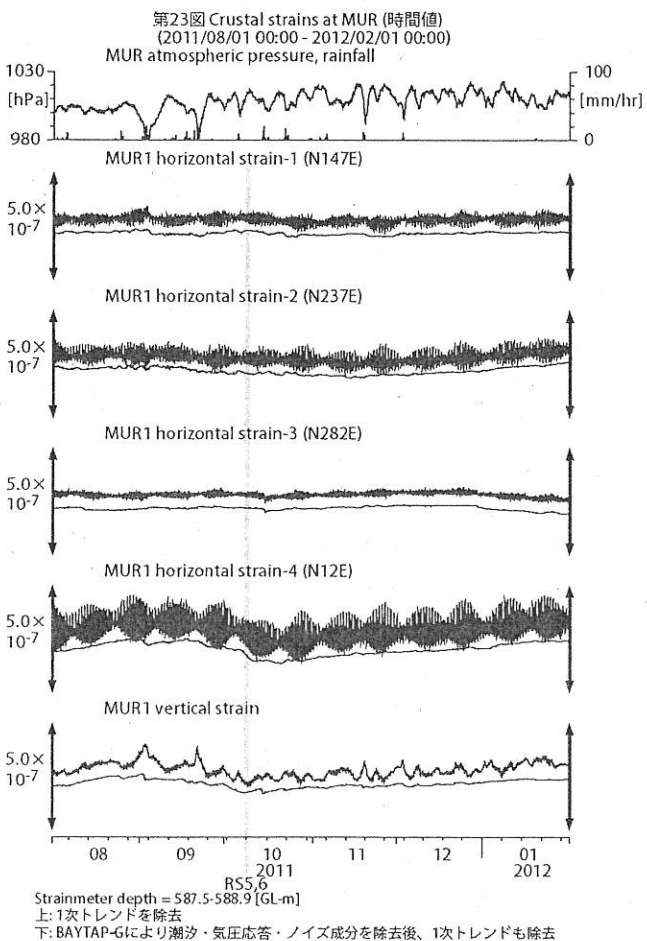
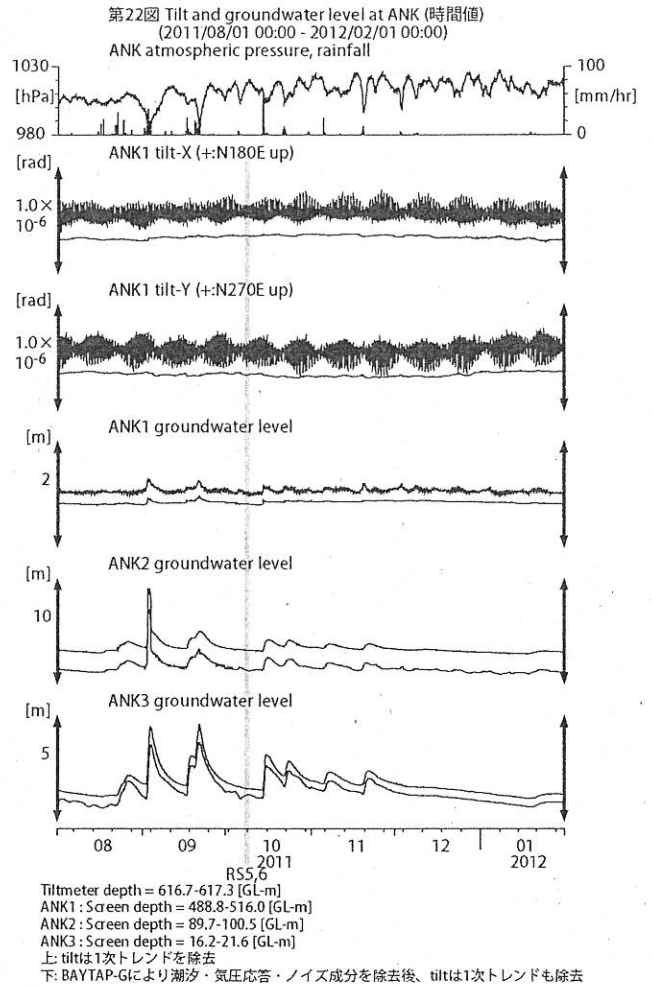
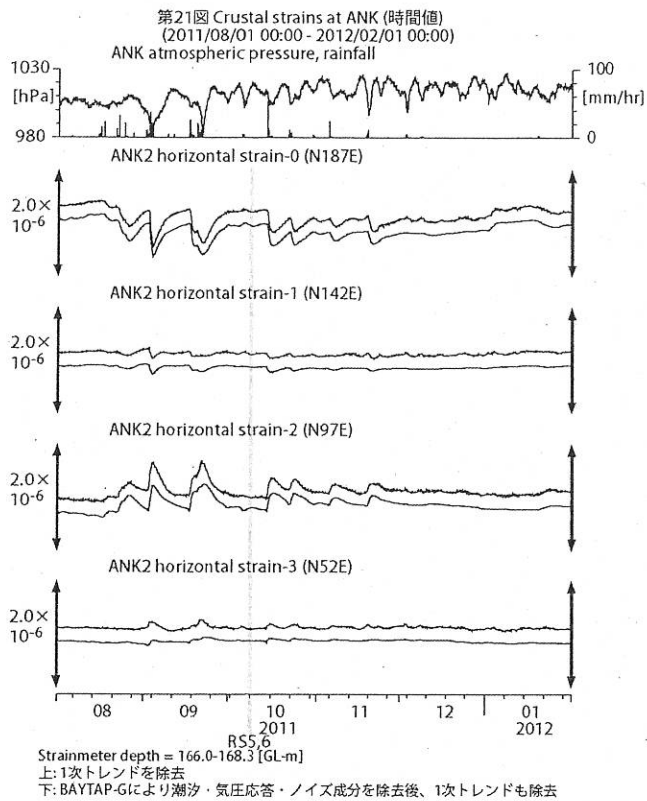
Tiltmeter depth = 236.6-237.3 [GL-m]  
 ANO1: Screen depth = 502.7-513.6 [GL-m]  
 ANO2: Screen depth = 197.5-208.5 [GL-m]  
 ANO3: Screen depth = 12.0-22.9 [GL-m]  
 上: tiltは1次トレンド除去  
 下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去、tiltは1次トレンドも除去

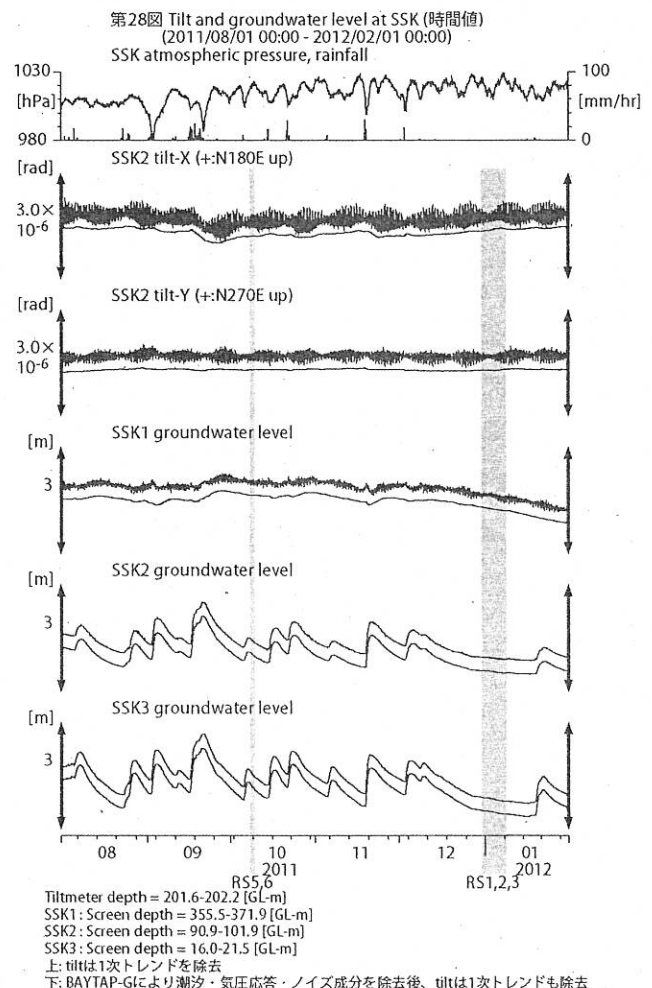
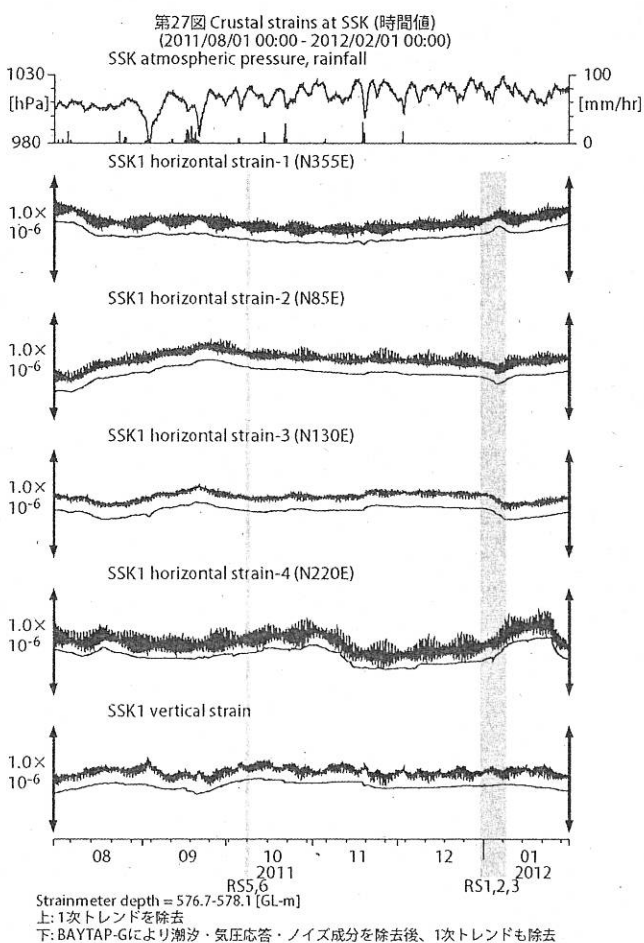
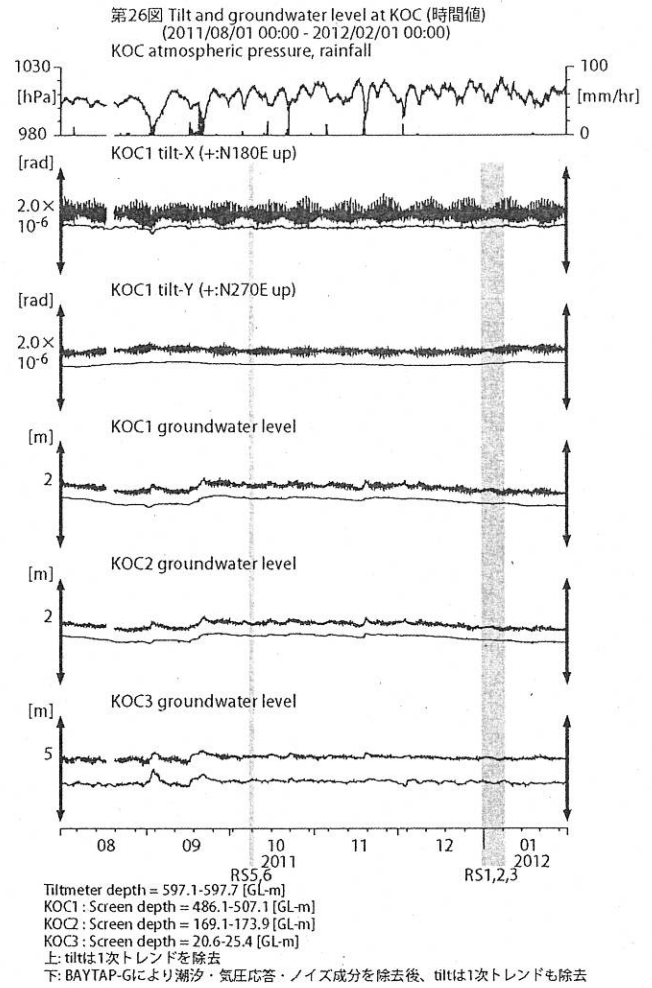
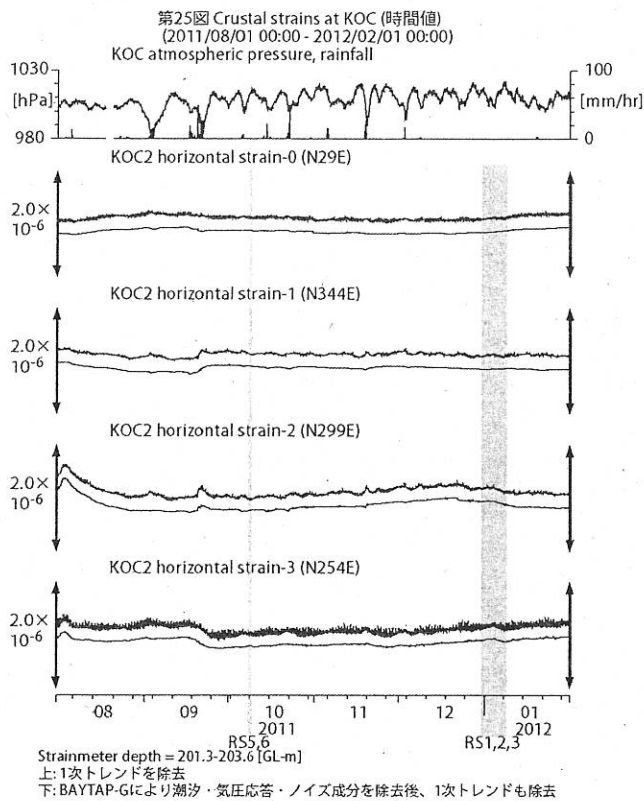




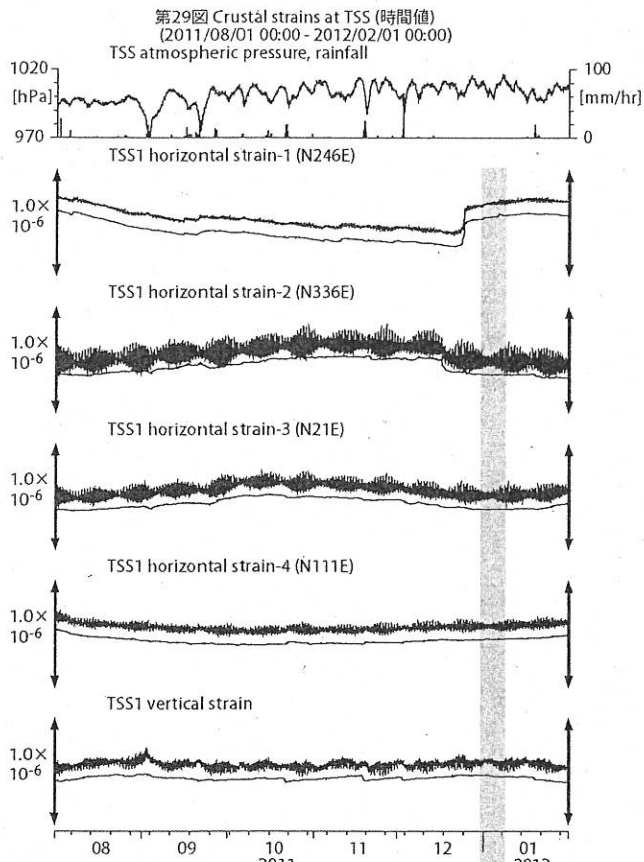




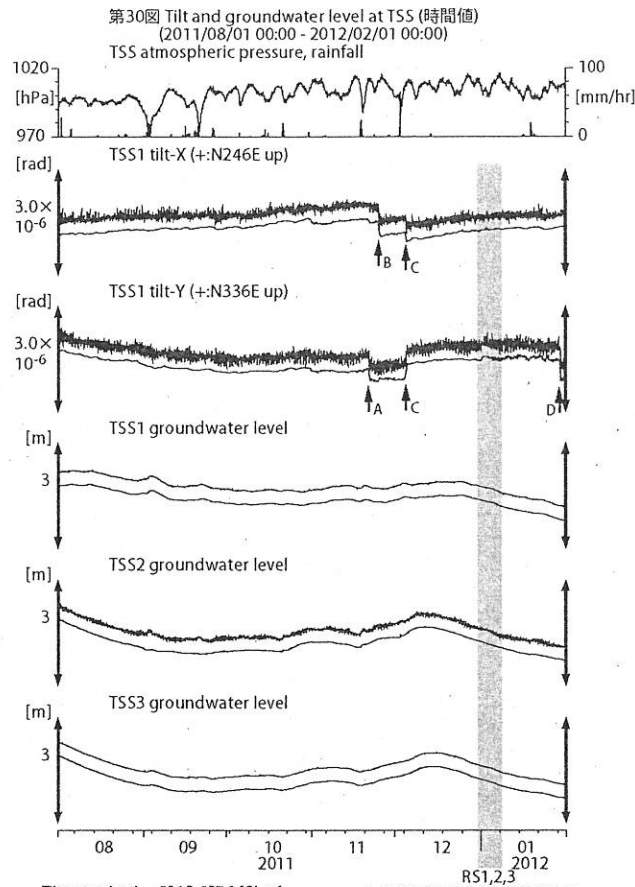






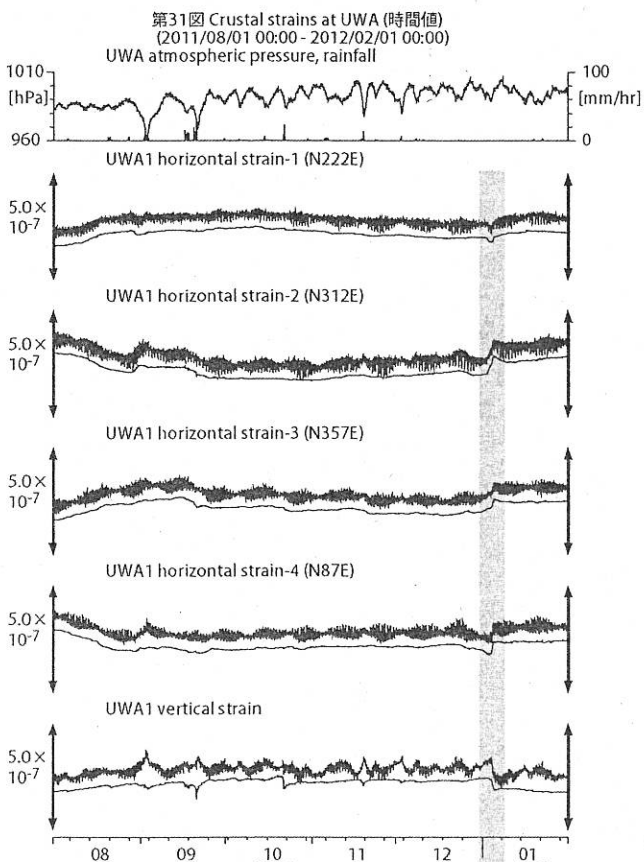


Strainmeter depth = 587.0-588.4 [GL-m]  
上: 1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、1次トレンドも除去

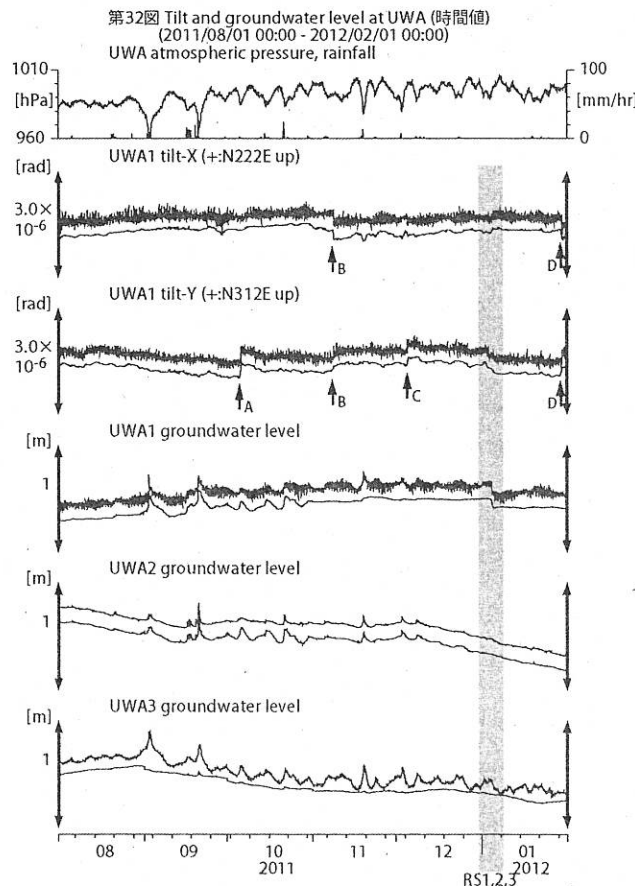


Tiltmeter depth = 586.2-587.0 [GL-m]  
TSS1 : Screen depth = 467.7-473.2 [GL-m]  
TSS2 : Screen depth = 238.9-244.3 [GL-m]  
TSS3 : Screen depth = 129.1-134.6 [GL-m]  
上: tiltは1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、tiltは1次トレンドも除去

A: 11/21 広島県北部の地震(M5.4)  
B: 11/25 広島県北部の地震(M4.7)  
C: 12/5 豊後水道の地震(M4.0)  
D: 1/30 日向灘の地震(M4.9)

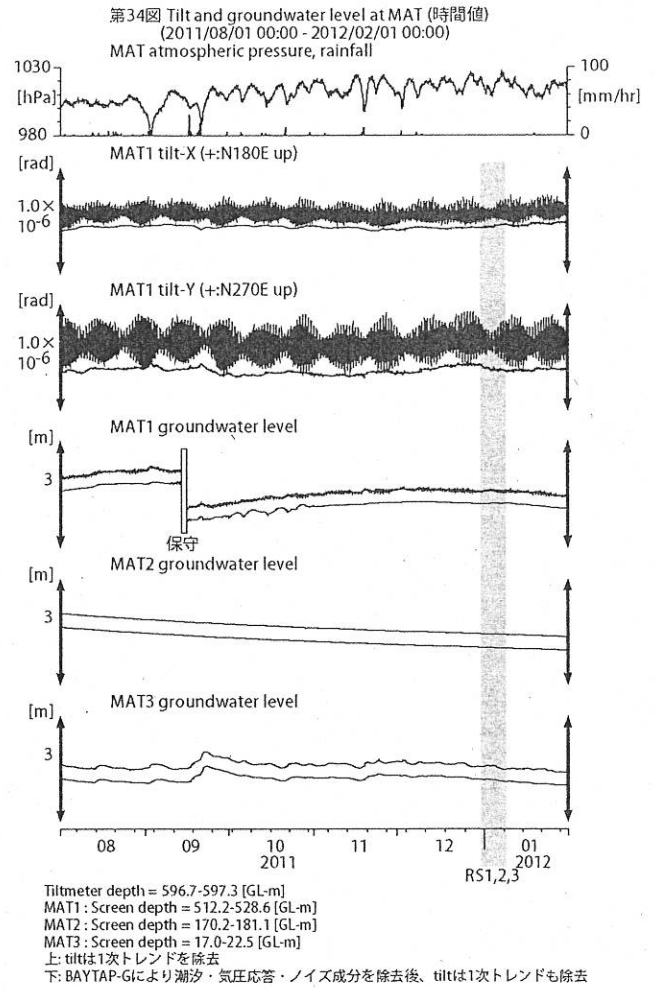
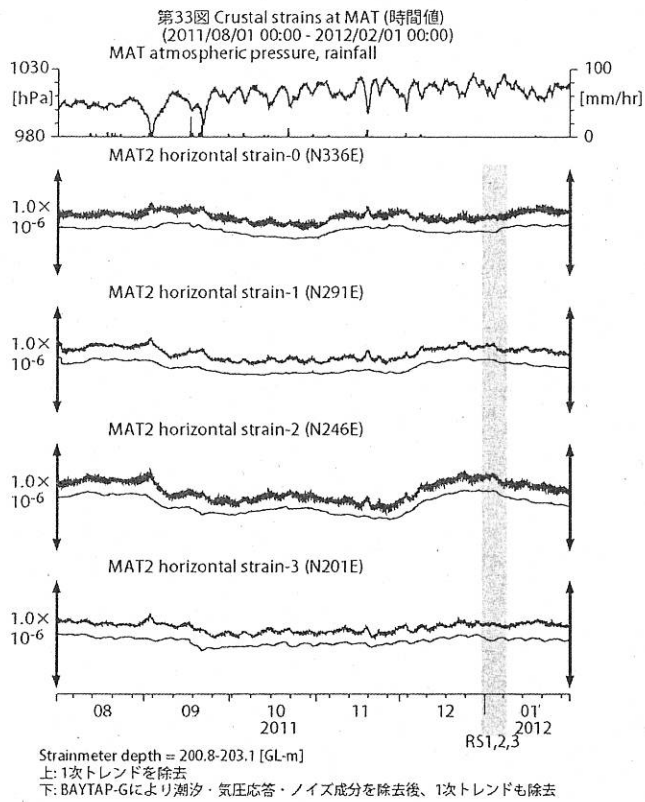


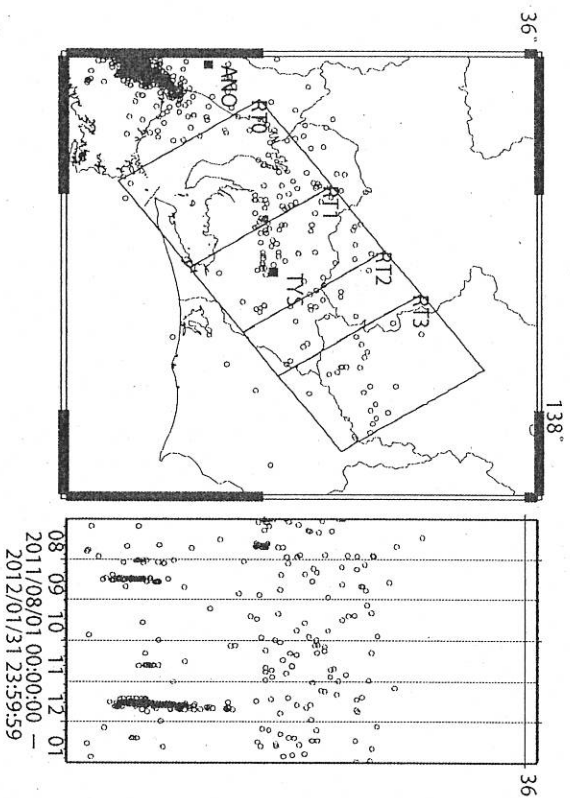
Strainmeter depth = 590.0-591.4 [GL-m]  
上: 1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、1次トレンドも除去



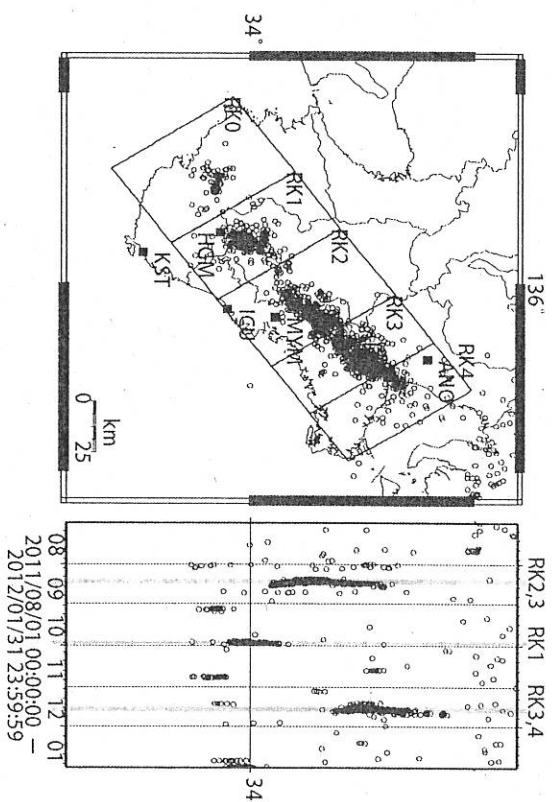
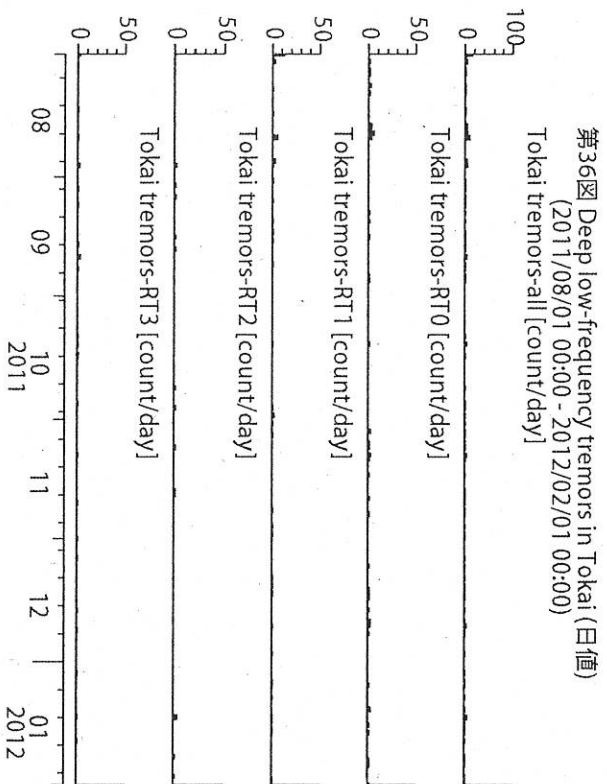
Tiltmeter depth = 589.2-590.0 [GL-m]  
UWA1 : Screen depth = 446.4-457.4 [GL-m]  
UWA2 : Screen depth = 68.9-79.9 [GL-m]  
UWA3 : Screen depth = 13.6-18.4 [GL-m]  
上: tiltは1次トレンドを除去  
下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、tiltは1次トレンドも除去

A: 10/5 熊本県熊本地方の地震(M4.5)  
B: 11/8 沖縄本島北西沖の地震(M7.0)  
C: 12/5 豊後水道の地震(M4.0)  
D: 1/30 日向灘の地震(M4.9)

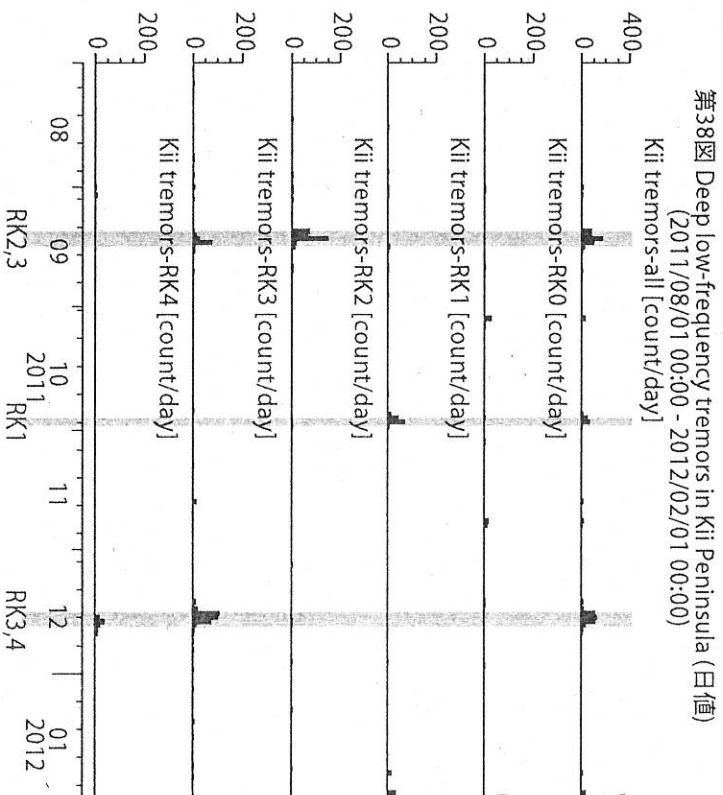


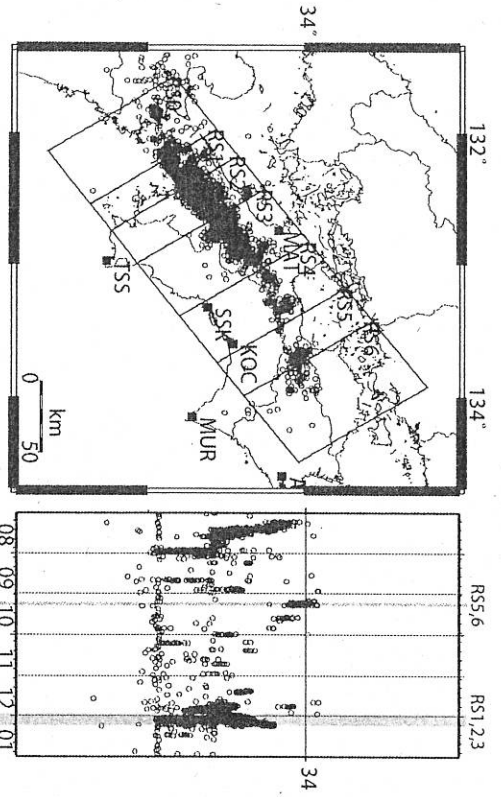


第35図 東海地方における深部低周波微動の時空間分布図(産総研による決定)

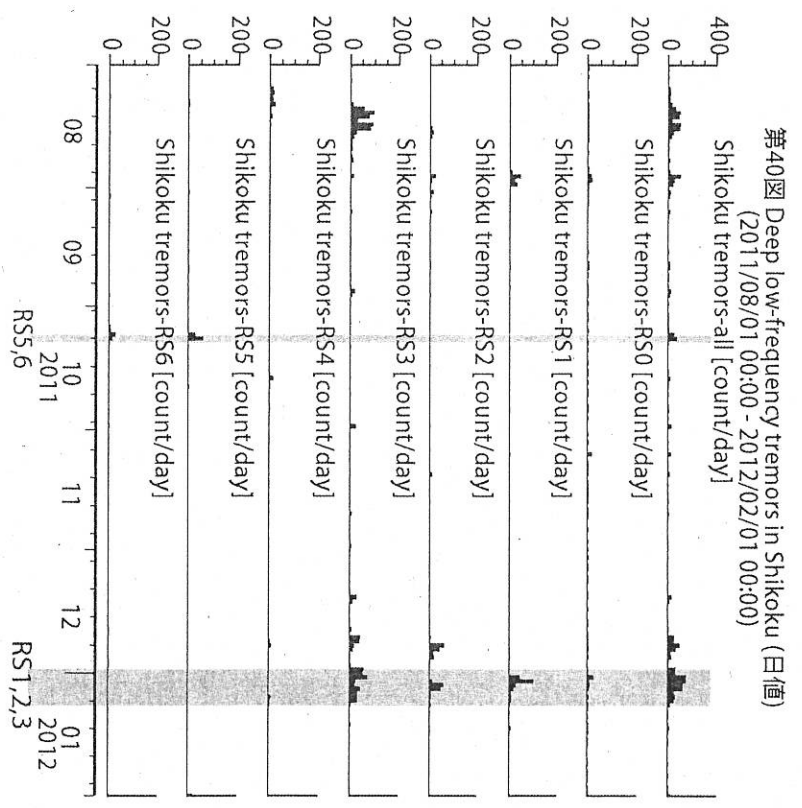


第37図 紀伊半島における深部低周波微動の時空間分布図(産総研による決定)

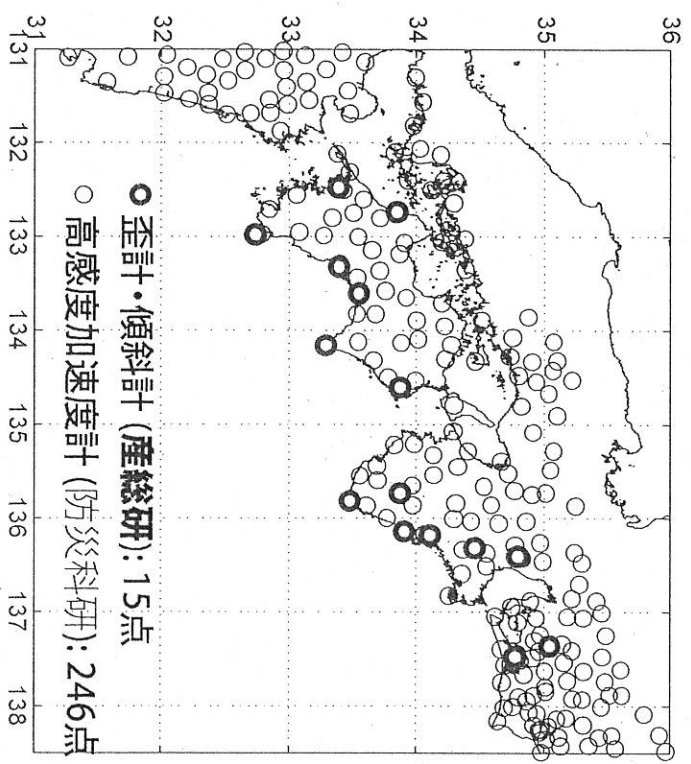




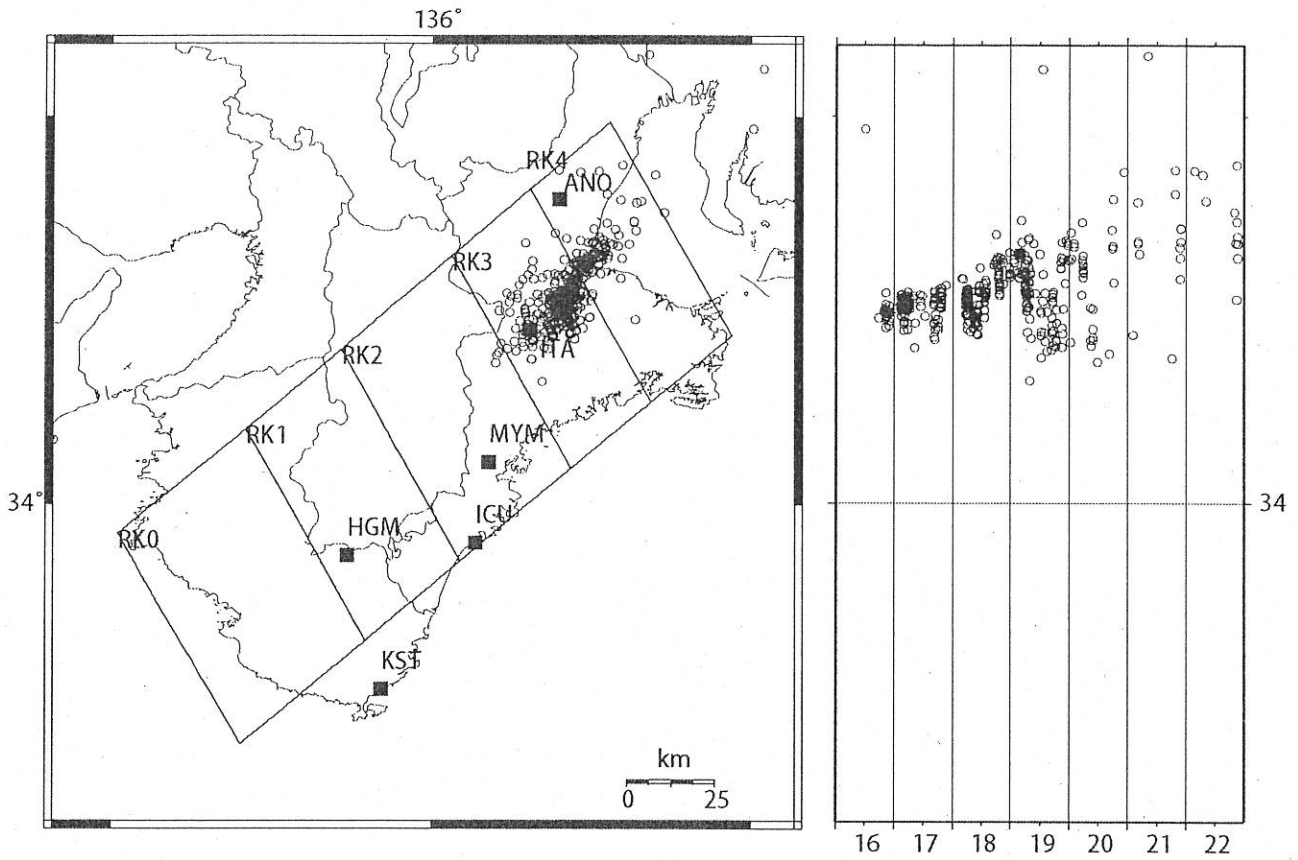
第39図 四国地方における深部低周波微動の時空間分布図(産総研による決定)



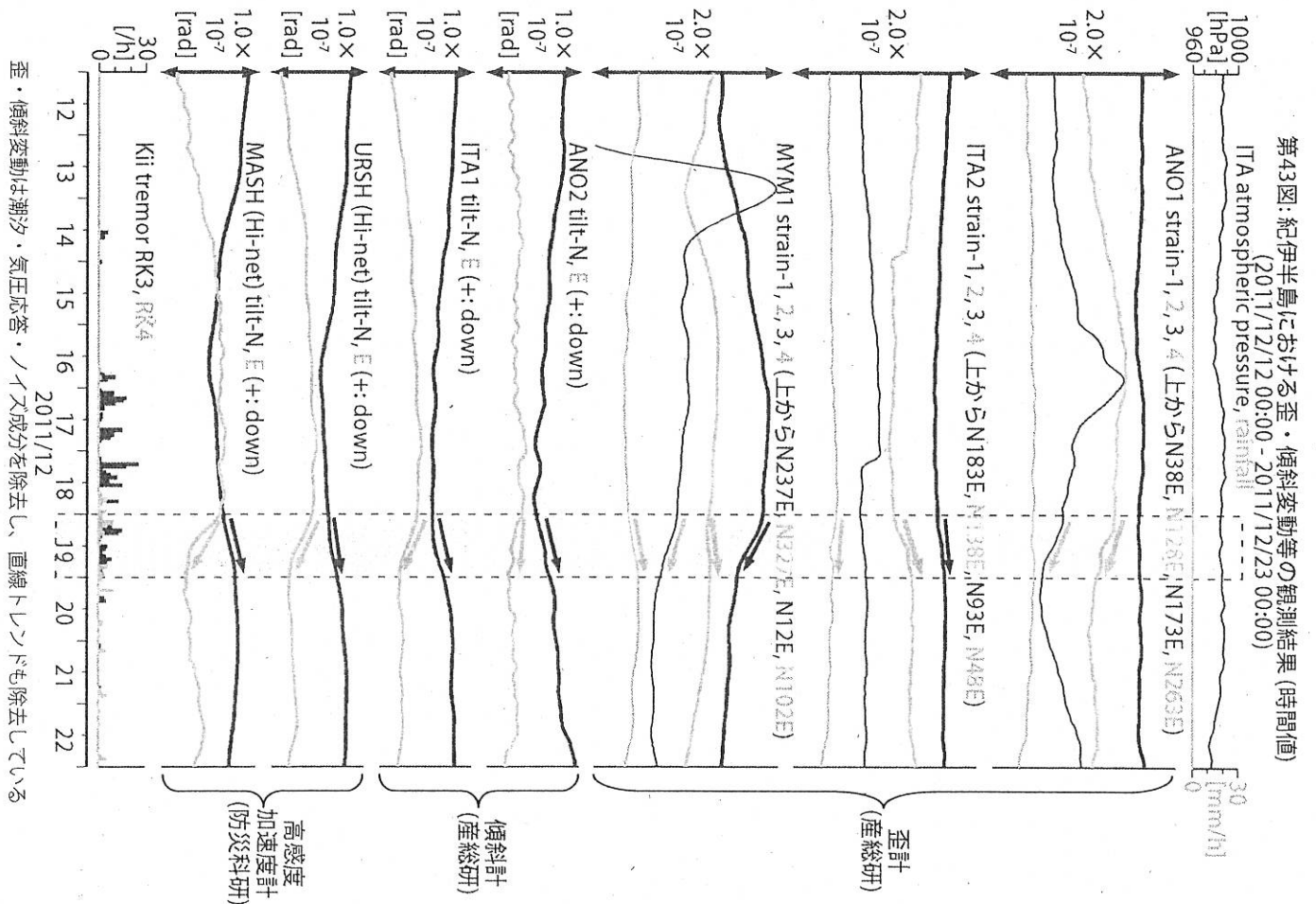
第40図 Deep low-frequency tremors in Shikoku (日値)



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。

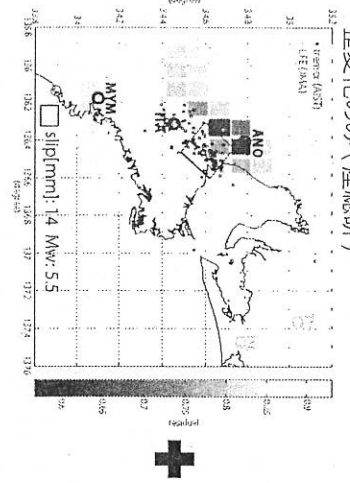


第42図: 2011/12/16 0:00 - 12/23 0:00 における紀伊半島の深部低周波微動の時空間分布図。エンベロープ相関法により決定。

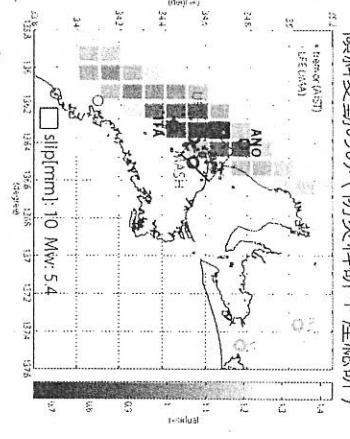




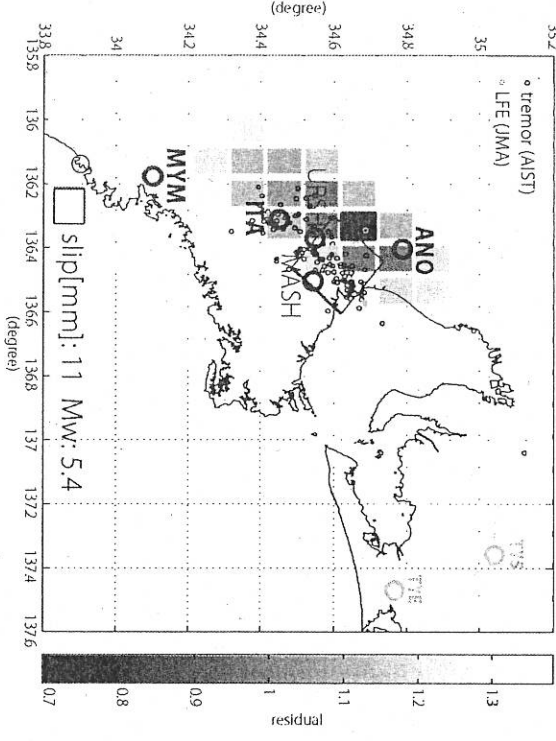
歪変化のみ (産総研)



傾斜変動のみ (防災科研 + 産総研)

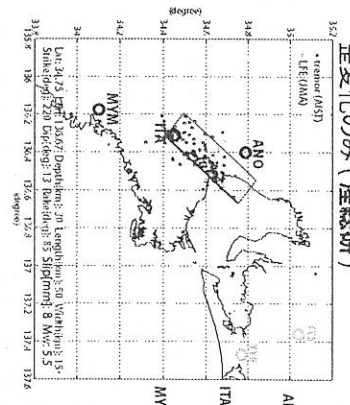


統合解析

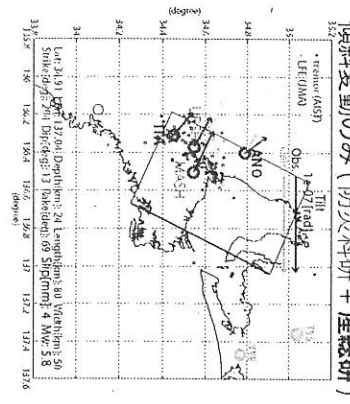


第44図: プレート境界面上のバッチ(断面面)をすべらせた際の、歪・傾斜の観測値と計算値の残差分布図。黒色の小さい丸印は産総研による深部低周波微動、灰色の小さい丸印は気象庁一元化カタロクによる低周波イベントの震央位置を示す。太字は産総研の、細字は防災科研Hi-netの観測点名を示す。バッチサイズは20×20km、すべり量は1-100mmで可変(1mm間隔)。表示しているグリッドは断面面下端中央の位置を示す。黒色矩形は最小残差の断面面を表す。このバッチのすべり量、Mwを下部に示している。太い黒丸は計算に使用した観測点を示す。太い灰色の丸は、観測値=0として計算に使用した観測点であり、一意性が高まっていると考えられる。

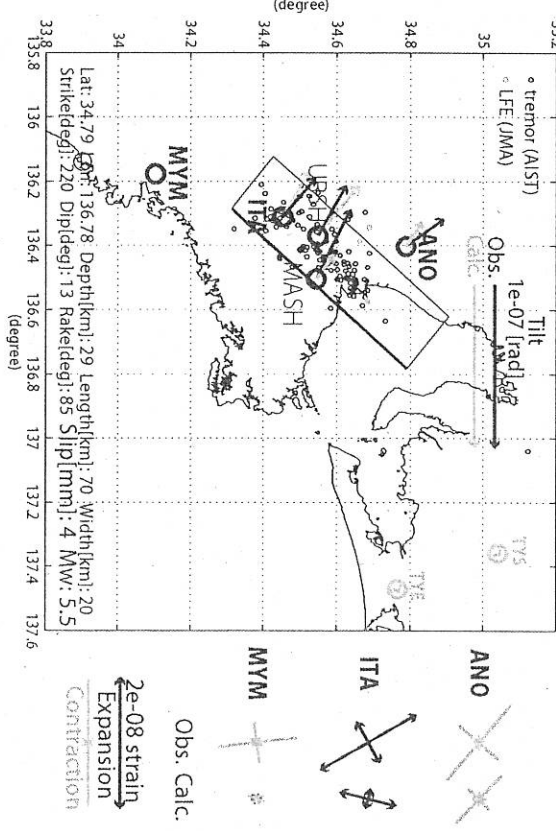
歪変化のみ (産総研)



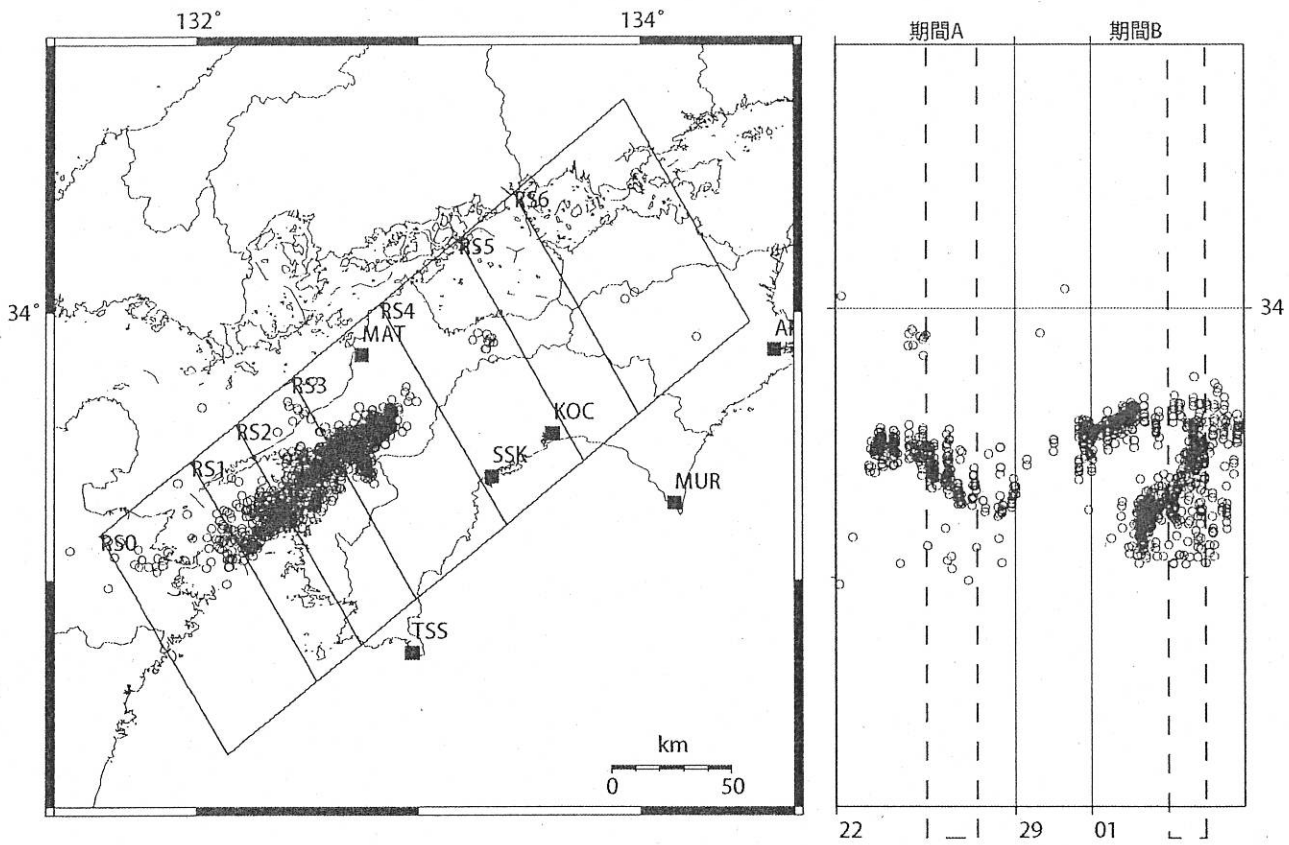
傾斜変動のみ (防災科研 + 産総研)



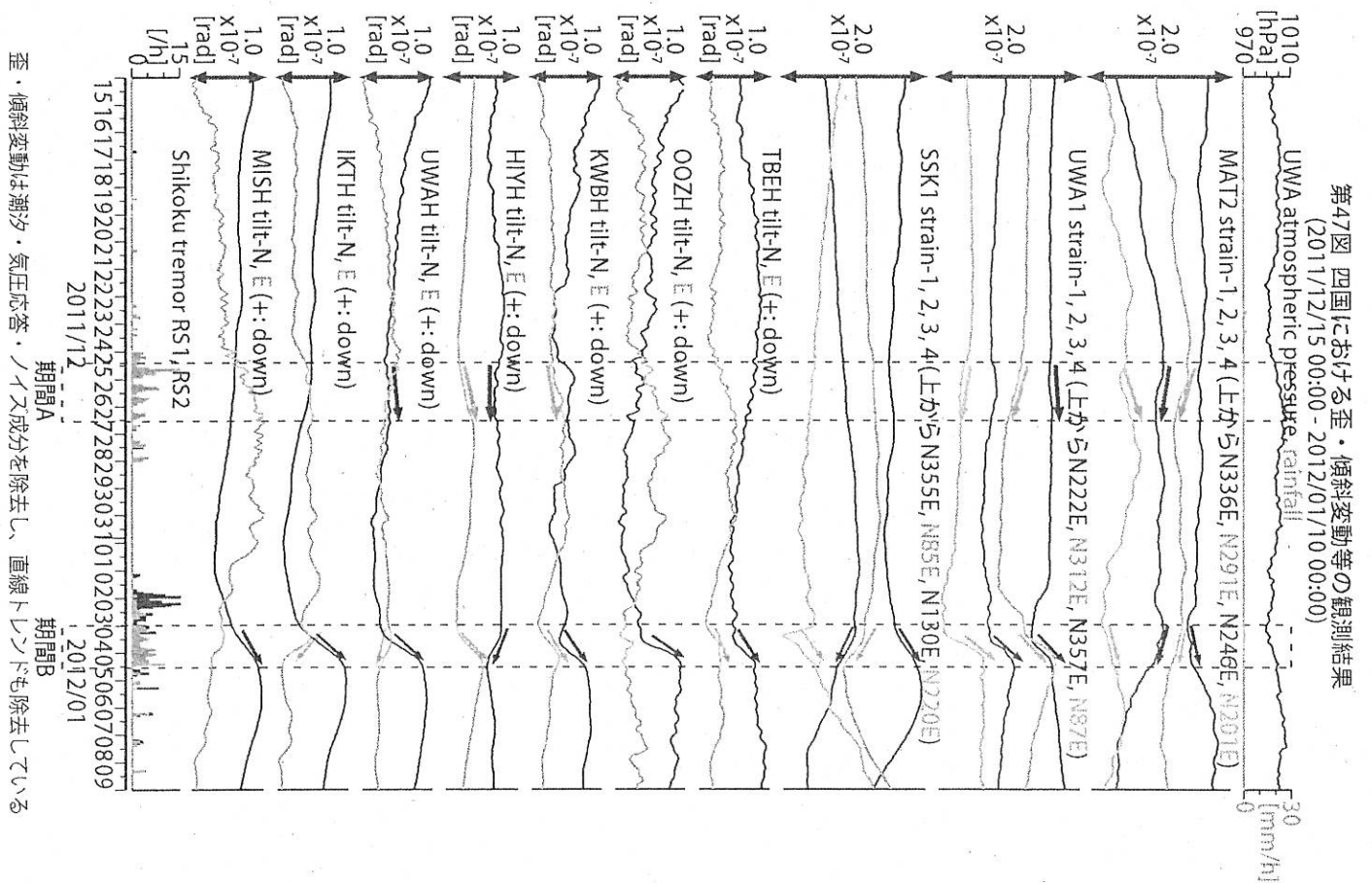
統合解析



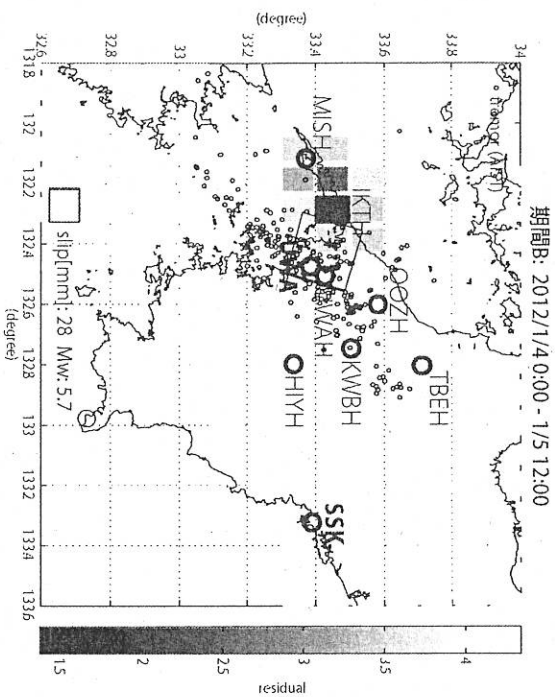
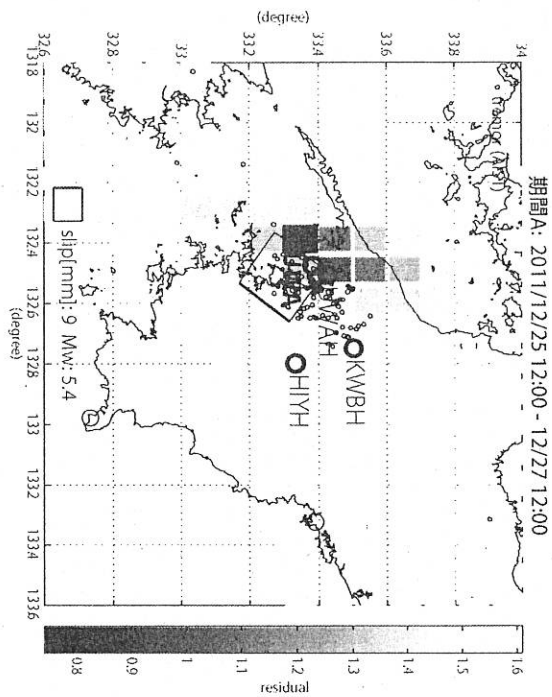
第45図: プレート境界面上のグリッドサイズによる断面面推定結果(地形)。黒色の小さい丸印は産総研による深部低周波微動、灰色の小さい丸印は気象庁一元化カタロクによる低周波イベントの震央位置を示す。太字は産総研の、細字は防災科研Hi-netの観測点名を示す。断面位置は経緯度方向に0.1度間隔、断面の幅は10~50km、長さ10~80kmまでそれぞれ5km間隔、すべり量は1~100mmまで1mm間隔で計算した。歪を使用した解析では、右側に歪の観測値と、推定された断面面による計算値との比較を示す。太い黒丸は計算に使用した観測点を示す。太い灰色の丸は、伊勢湾側への断面面の無制限な拡がり防止するために、観測値=0として計算に使用した観測点である。これらの観測点ではサイズレベルを超える変化は観測されていない。



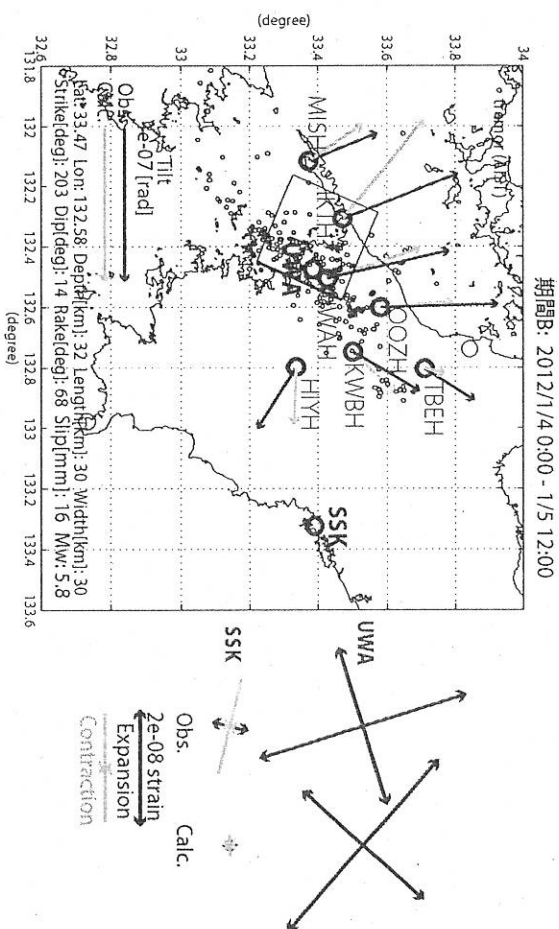
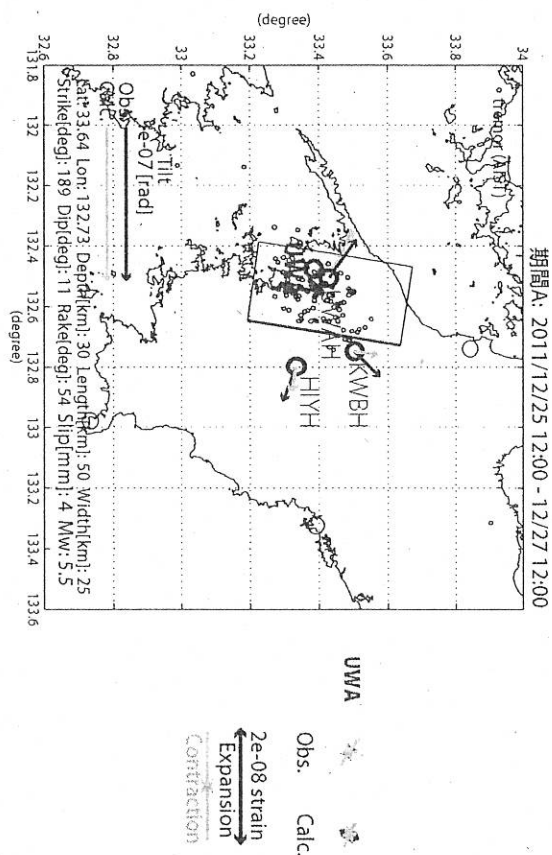
第46図: 2011/12/22 0:00 - 2012/1/7 0:00 における四国の深部低周波微動の時空間分布図。エンベロープ相関法により決定。



歪・傾斜変動は潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去し、直線トレンドも除去している



第48図: プレート境界面上のバッチ(断面)をすべらせた際の、歪・傾斜変動の観測値と計算値の残差分布図。黒色の小さい丸印は産総研による深部低周波微動を示す。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1-100mmで可変(1mm間隔)、表示しているグリッドは断面下端中央の位置を示す。黒色矩形は最小残差の断面面を表す。このバッチのすべり量、Mwを下部に示している。太い黒丸は計算に使用した観測点を示す、太い灰色の丸は、観測値=0として計算に使用した観測点である。統合解析では、残差の小さい領域(色の濃い領域)が狭く、場所の一貫性が高いと考えられる。



第49図: プレート境界面上のグリッドサイズによる断面面推定結果(矩形)。黒色の小さい丸印は産総研による深部低周波微動を示す。太字は産総研の、細字は防災科研 Hi-netの観測点名を示す。断面位置は経緯度方向に $0.1$ 度間隔、断面面の幅は $20 \sim 50$ km(但し長さ以下とする)、長さは $30 \sim 80$ kmまでそれぞれ5km間隔、すべり量は $1 \sim 100$ mm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、推定された断面面による計算値との比較を示す。太い黒丸は計算に使用した観測点を示す。



# 鳥取県・岡山県・島根県における温泉水・地下水変化（2011年11月～2012年1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)）。

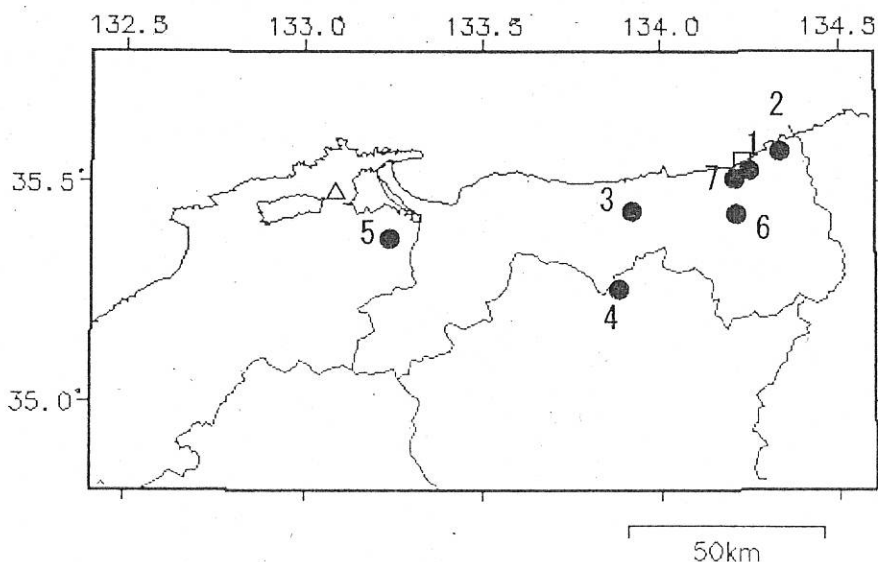
水位・水温の測定インターバルは10秒で1分間の平均値を記録している。温度センサーは、事前の温度検層により、湯谷温泉等を除いて、最も温度変化の大きい位置（深さ）に設置している（鳥取温泉175m、岩井温泉150m、三朝温泉25m、奥津温泉130m等）。なお、湯谷（第1図の6）と吉岡（7）では、2012年度からデータを現地集録に切り替える。

## 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。2011年11月～2012年1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、1) 2011年11月21日19時16分頃に発生した広島県北部の地震（M5.4、深さ12km、観測点周辺での震度2-3）、2) 2011年11月25日4時35分頃に発生した広島県北部の地震（1）の地震の余震、M4.7、深さ12km、観測点周辺での震度1-3）、2) 2011年11月25日4時52分頃に発生した広島県北部の地震（1）の地震の余震、M4.3、深さ13km、観測点周辺での震度0-1）の3つである。上記以外で観測点周辺に震度2以上の揺れをもたらした地震はない。1）の地震の後に、岩井温泉・湯谷温泉・吉岡温泉で水温の変化が認められた（第2, 3図）（野口竜也・香川敬生・西田良平・小泉尚嗣）。

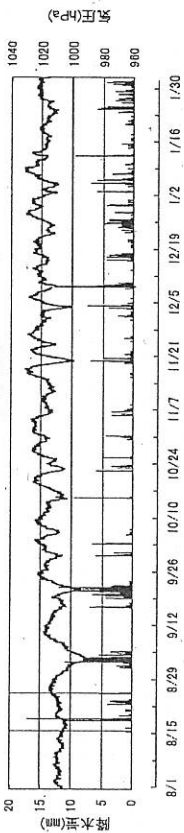
第1図 鳥取気象台（□）と松江気象台（△）および温泉水・地下水観測点（●）の分布。

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

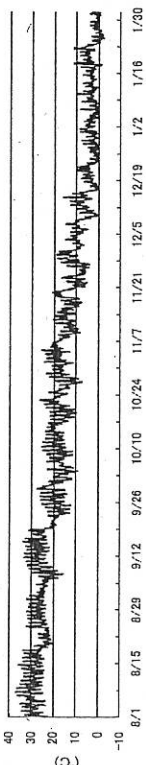


鳥取大学工学部・産業技術総合研究所資料

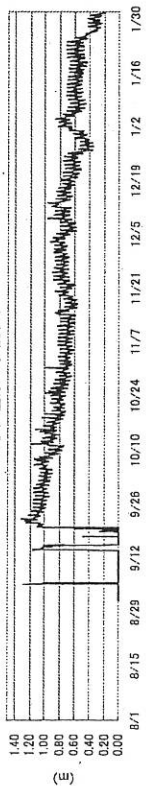
鳥取市 気圧・降水量



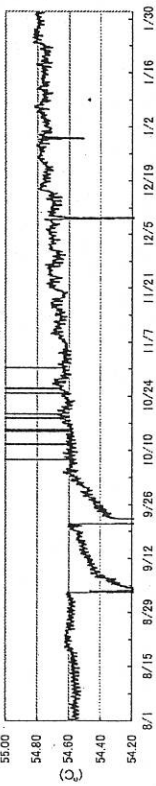
鳥取市 気温



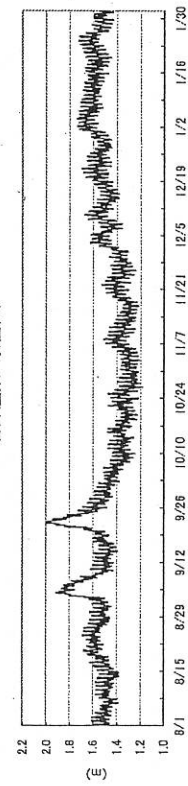
鳥取温泉 水位(m)



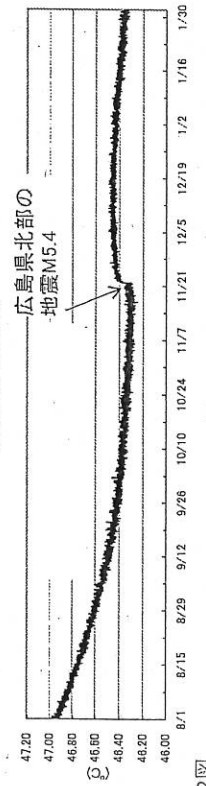
鳥取温泉 水温(°C)



岩井温泉 水位(m)

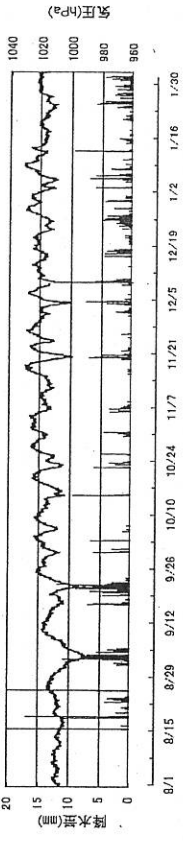


岩井温泉 水温(°C)

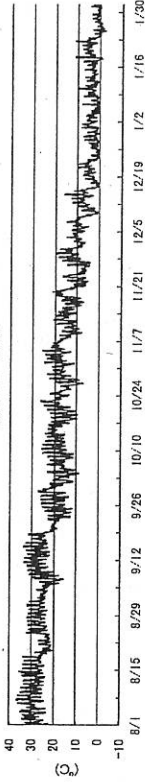


第2図

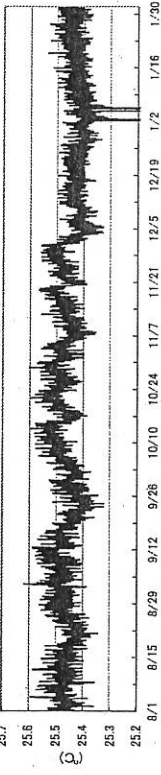
鳥取市 気圧・降水量



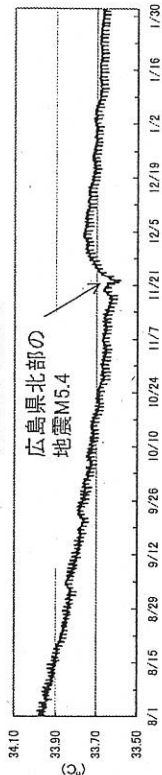
鳥取市 気温



三朝温泉 水温(°C)

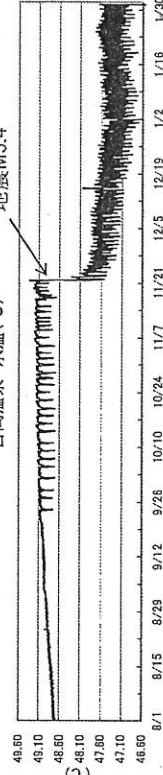


湯谷温泉 水温(°C)

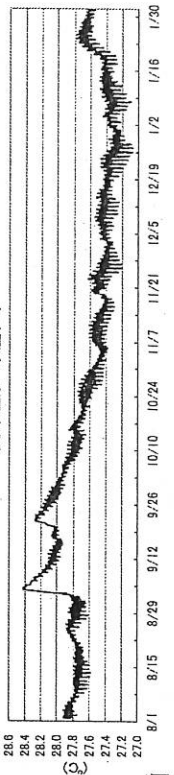


広島県北部の地震M5.4

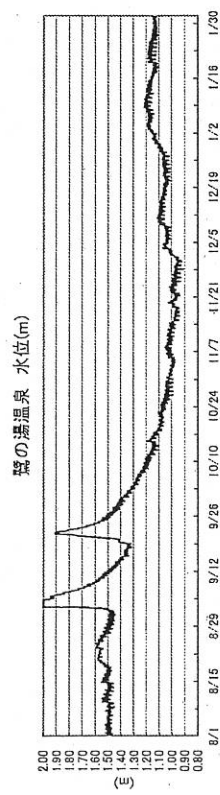
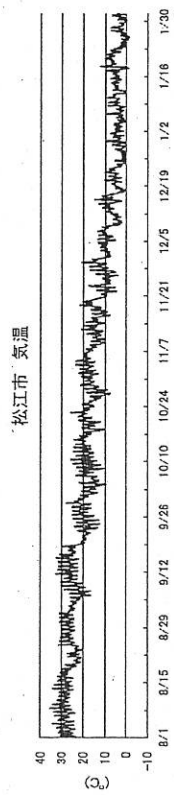
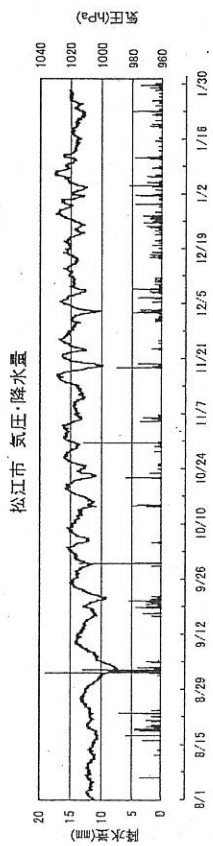
吉岡温泉 水温(°C)



奥津温泉 水温(°C)



第3図



第4図