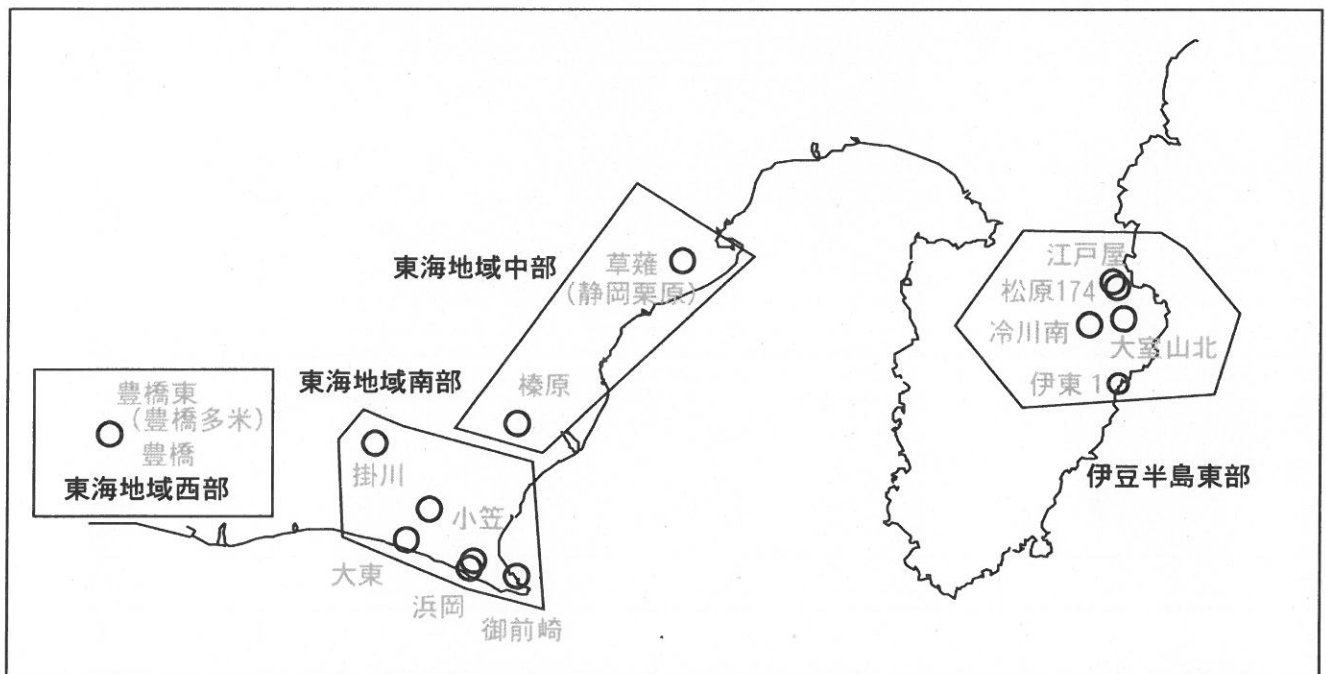


第299回 地震防災対策強化地域判定会

産業技術総合研究所

地質調査総合センター資料

産総研地質調査総合センター地下水観測井配置図
(伊豆・東海地域テレメータ連続観測)



平成23年3月28日

【資料目次】

表紙

1. 東海地域中部 [榛原, 草薙(静岡栗原)] 地下水 3成分歪;中期
- 1-b. 東海地域中部 [草薙(静岡栗原)] 3成分歪;中期
2. 東海地域中部 [榛原, 草薙(静岡栗原)] 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, 豊橋東(豊橋多米)] 地下水・歪・傾斜;中期
- 5-b. 東海地域西部 [豊橋東(豊橋多米)] 歪等;中期
6. 東海地域西部 [豊橋・豊橋東(豊橋多米)] 地下水・歪・傾斜;長期
- 6-b. 東海地域西部 [豊橋東(豊橋多米)] 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

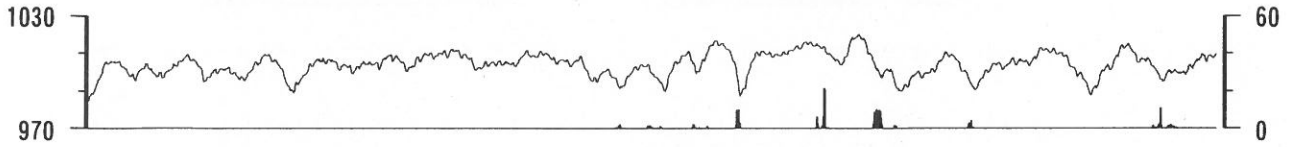
別紙

・紀伊半島～愛知県の地下水・歪等観測結果

東海地域中部 (榛原・草薙) 中期 (時間値)
 (2011/01/01 00:00 - 2011/03/26 00:00)

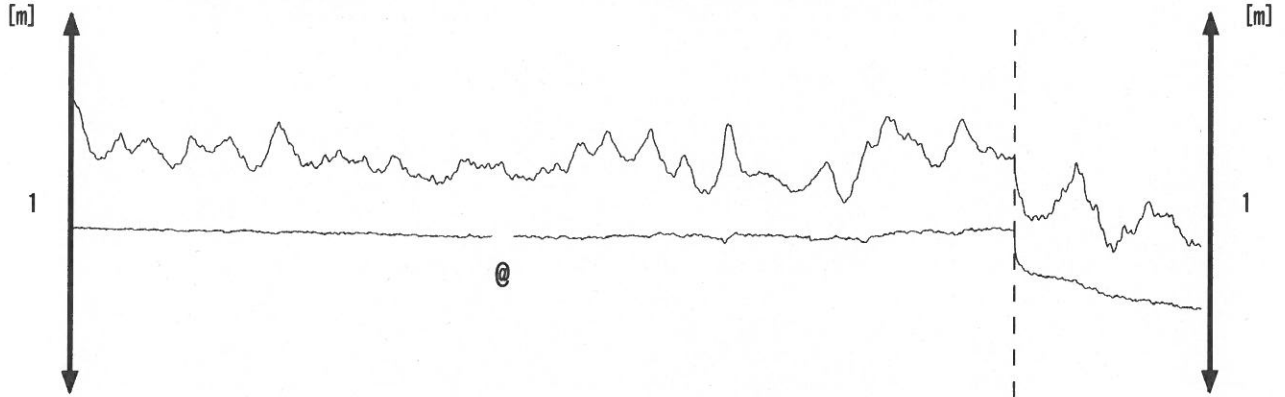
榛原 気圧 (Vaisara) [hPa]

榛原 降水量 (積算) [mm]



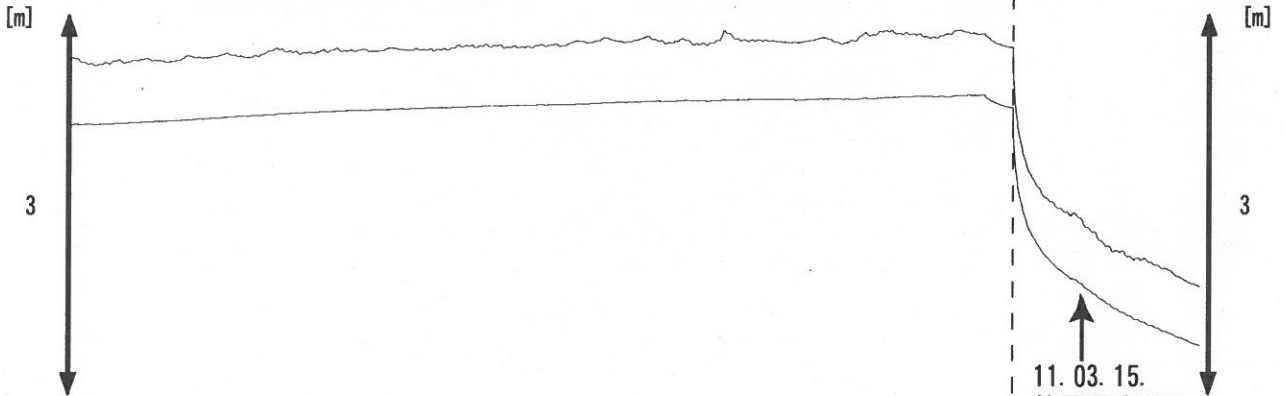
榛原 水位 (差圧) [m]

榛原 水位 (差圧) (MR-AR)

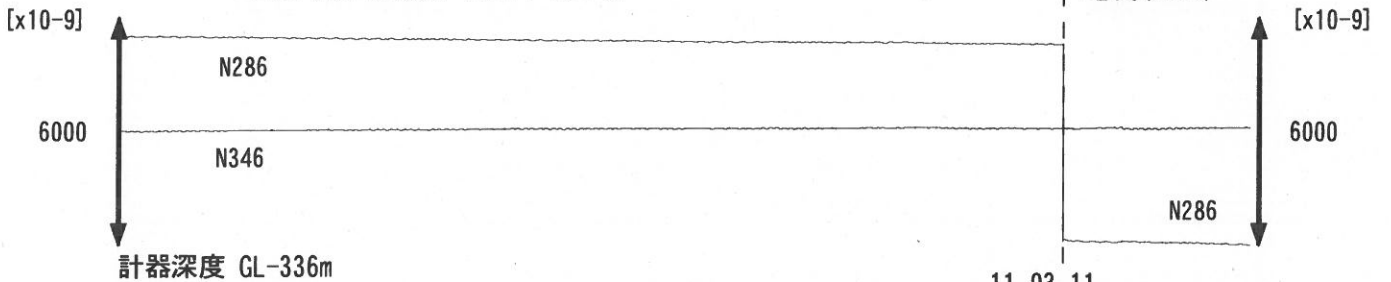


草薙2 (静岡栗原2) 水位 [m]

草薙2 (静岡栗原2) 水位 (MR-AR)



草薙1 (静岡栗原1) 歪all [xE-9]



計器深度 GL-336m

11.03.11.
 東北地方太平洋沖
 地震 (M9.0)

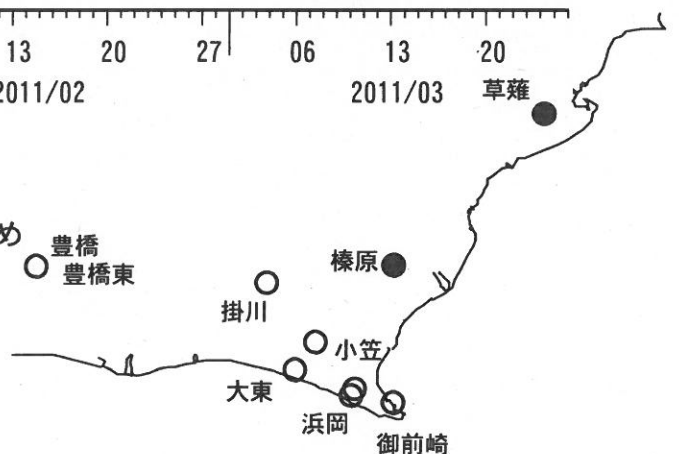
11.03.15.
 静岡県東部の
 地震 (M6.4)



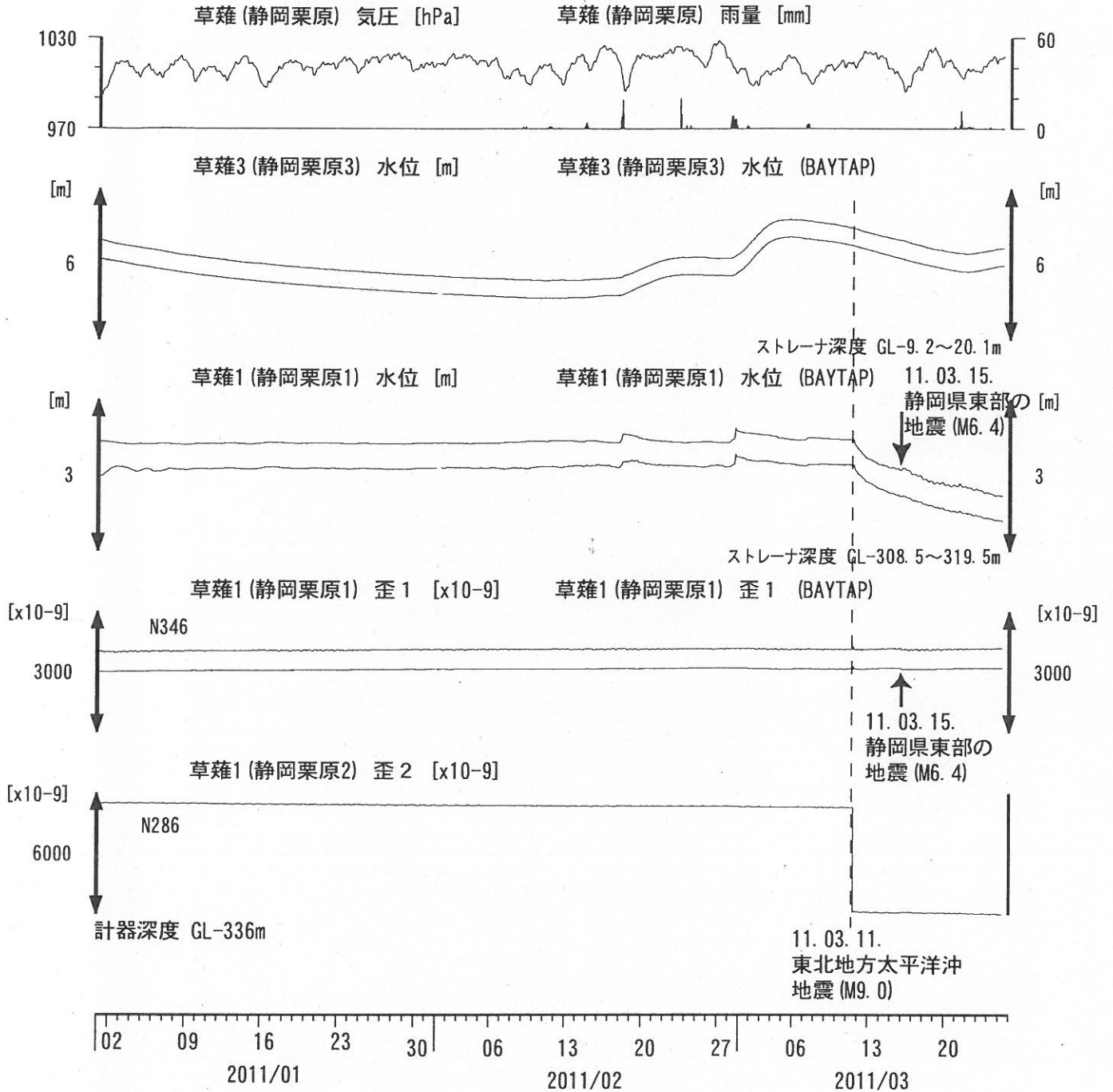
コメント: *;雨量補正不十分. \$;保守.

@;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。



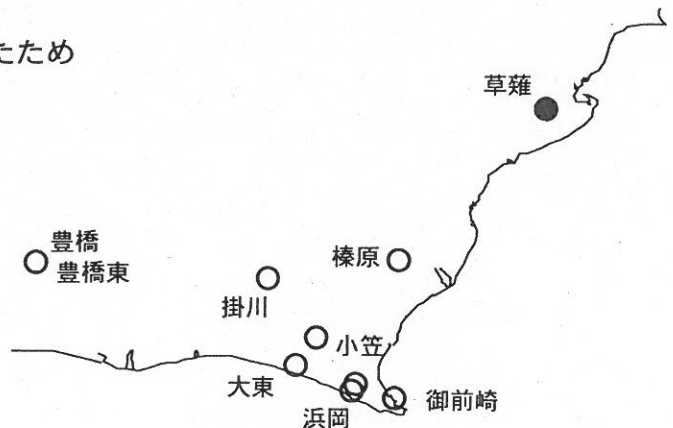
東海地域中部 (草薙・歪) 中期 (時間値)
 (2011/01/01 00:00 - 2011/03/26 00:00)



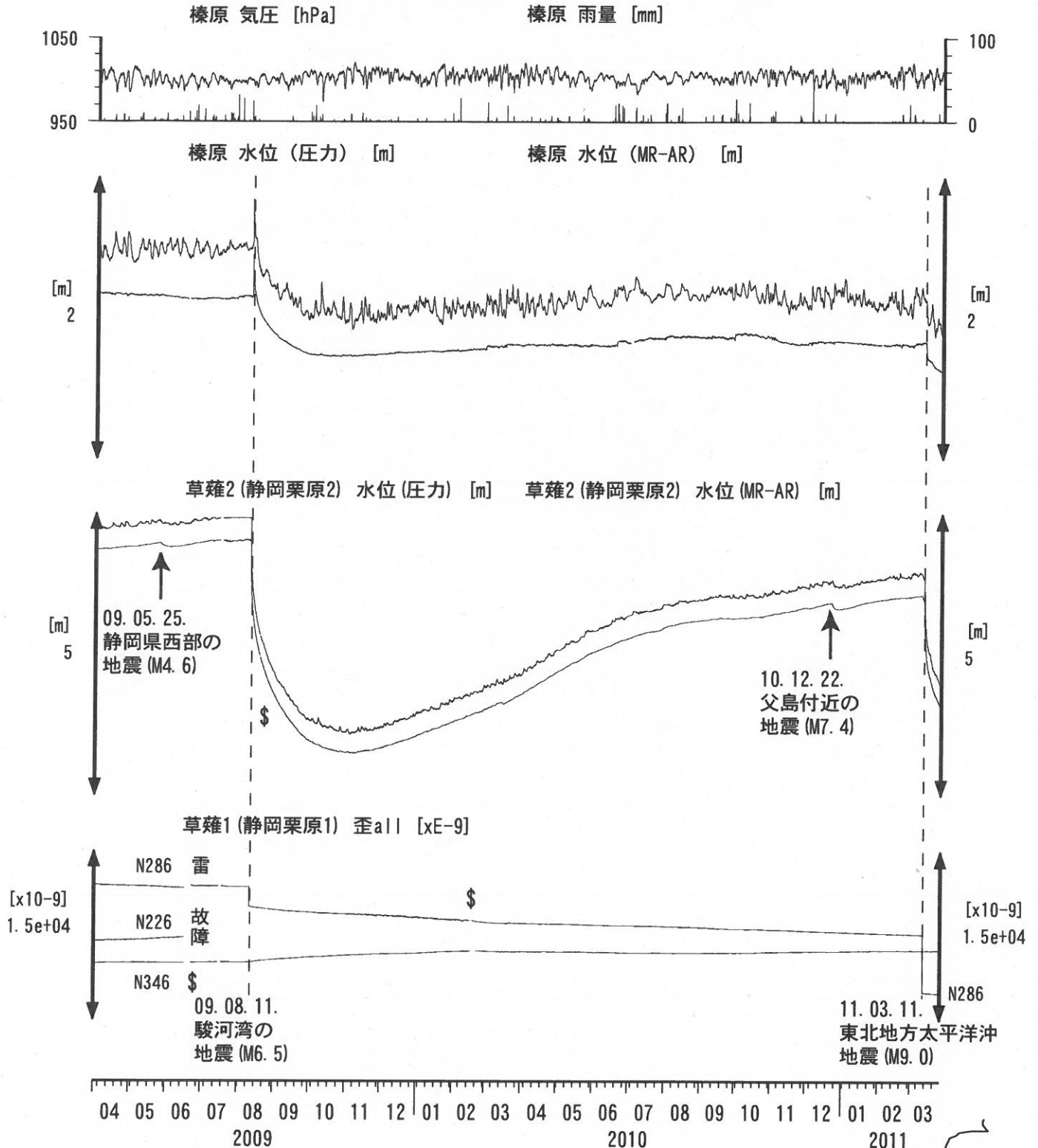
コメント：\$;保守.

草薙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。

02



東海地域中部 (榛原・草薙) 長期 (時間値)
 (2009/04/01 00:00 - 2011/03/26 00:00)

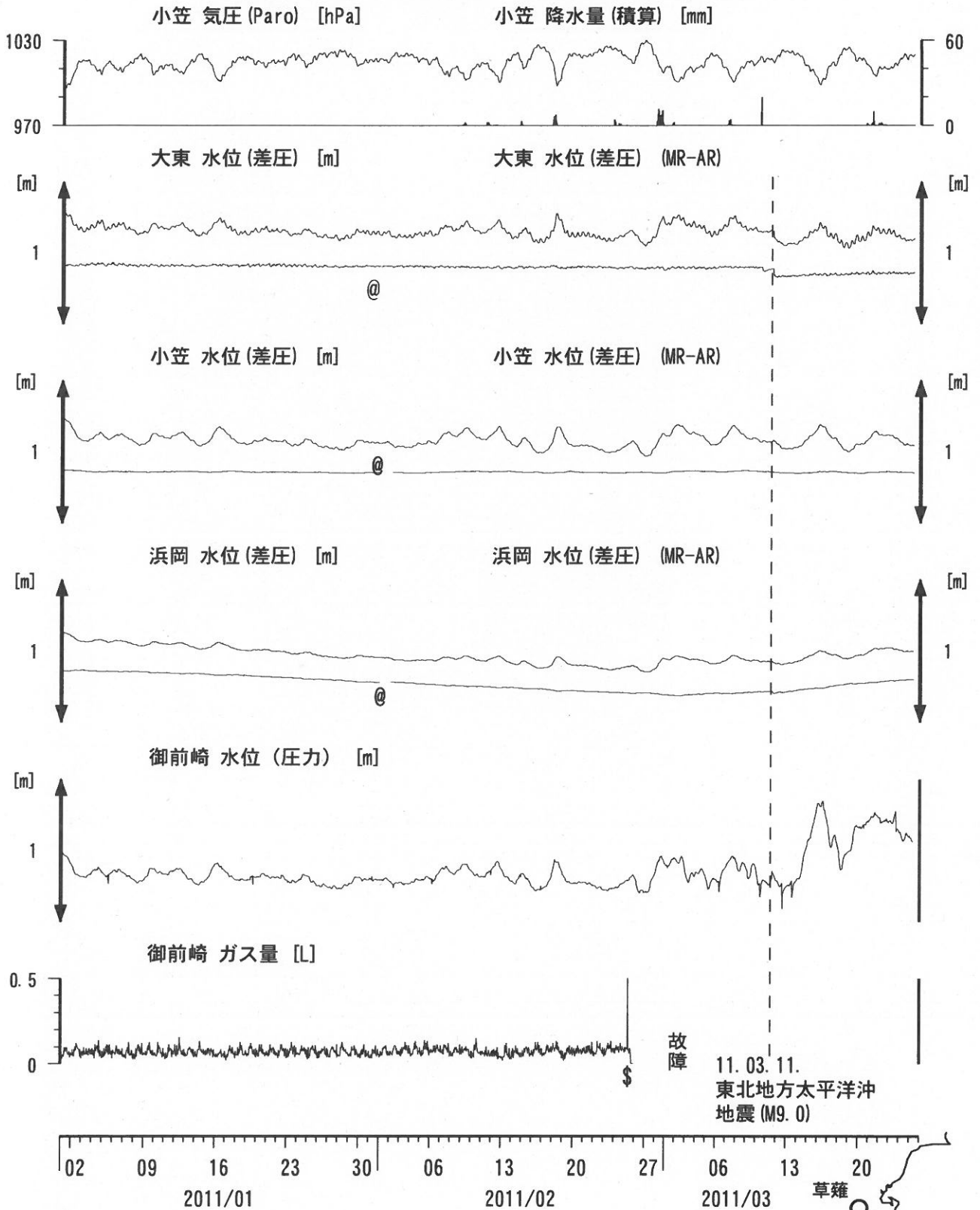


コメント：*;雨量補正不十分。?;原因不明。
 歪N226成分が2009年6月16日の雷で故障した。
 草薙2の水位は2009年7月中旬に井戸口から
 溢れたので2009年8月11日の地震まで
 一定値になっているように見える。



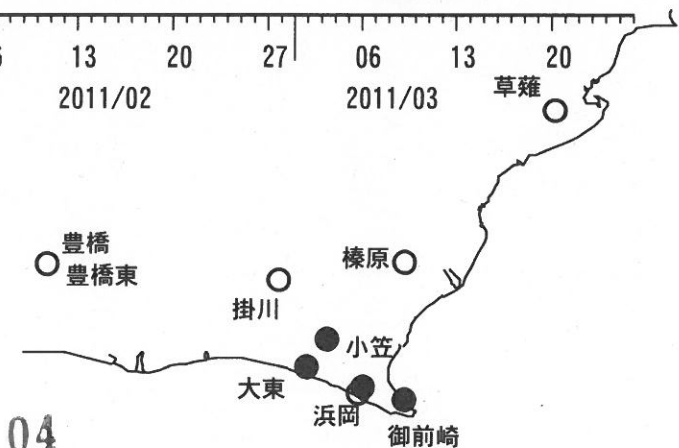
東海地域南部 地下水観測結果 中期 (時間値)

(2011/01/01 00:00 - 2011/03/26 00:00)

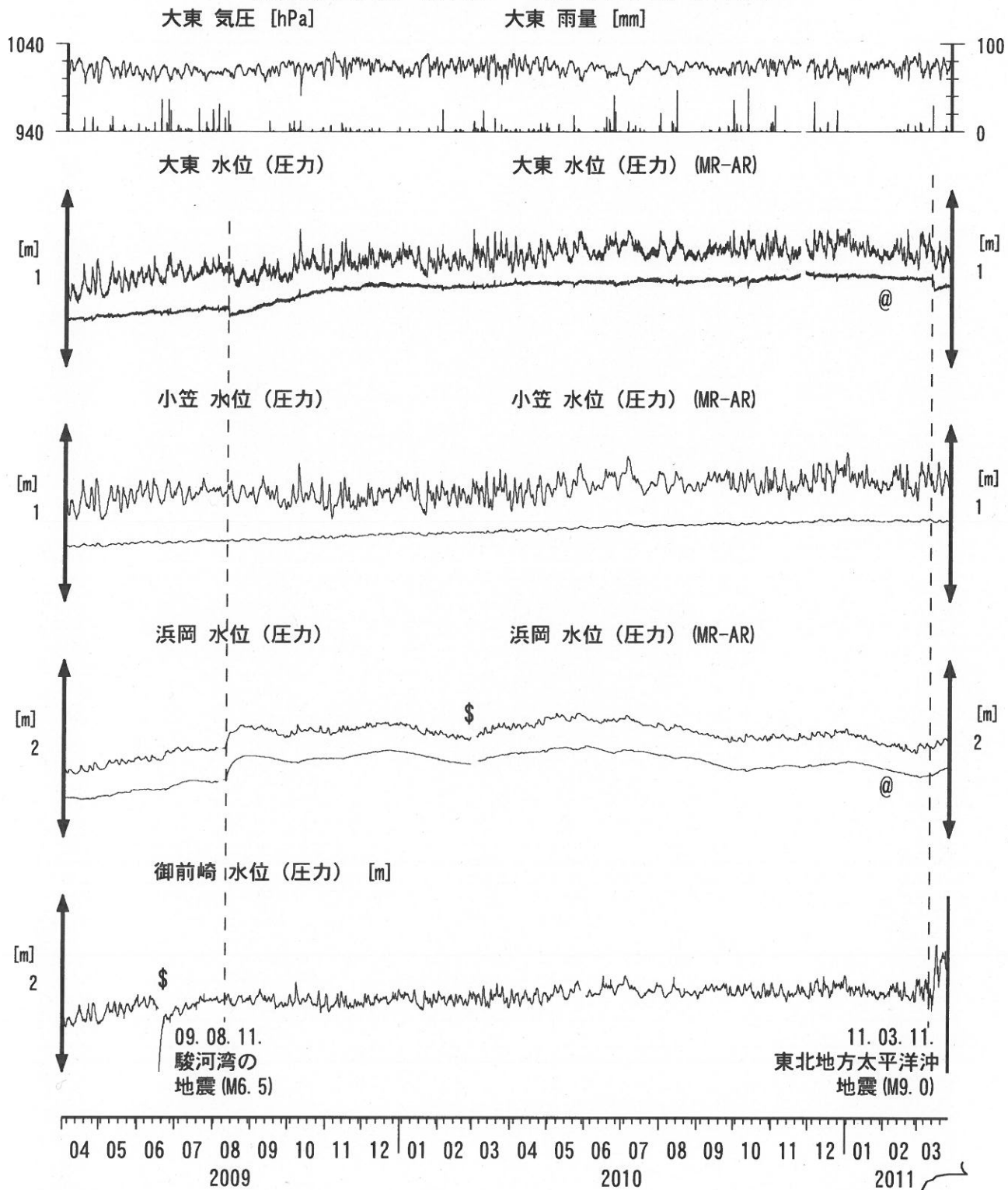


コメント:

*;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.
 御前崎の水位が時々パルス状に変化するの
 は、間欠的な泡の発生のためと考えられる.

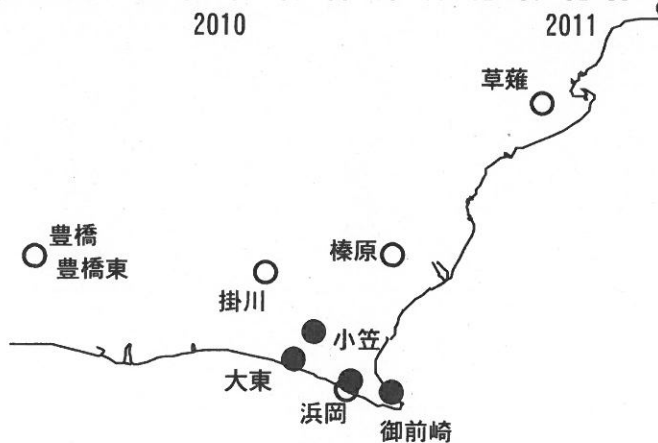


東海地域南部 地下水観測結果 長期 (時間値)
 (2009/04/01 00:00 - 2011/03/26 00:00)

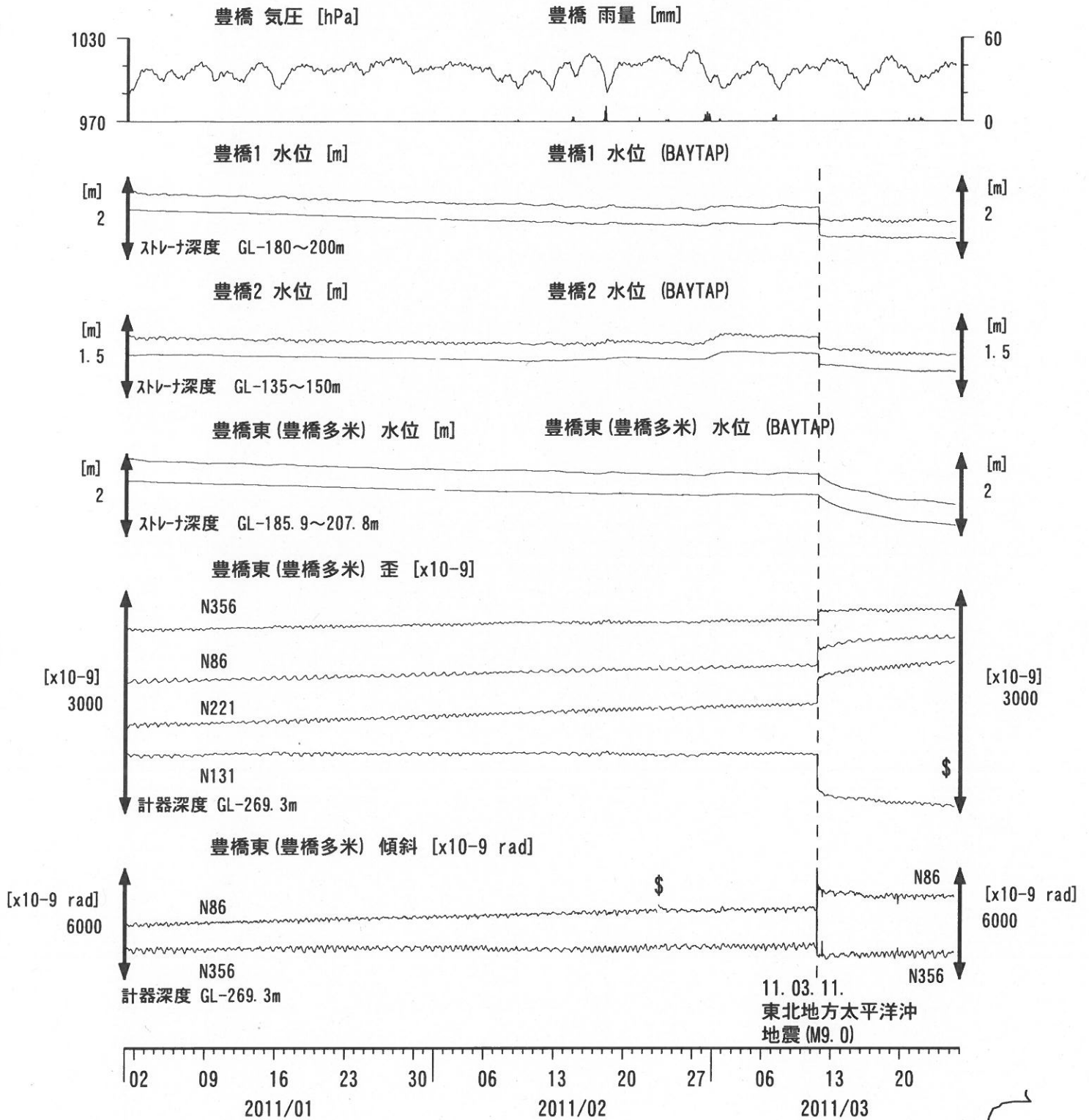


コメント:

*;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.



東海地域西部 (豊橋・豊橋東) 中期 (時間値)
 (2011/01/01 00:00 - 2011/03/26 00:00)

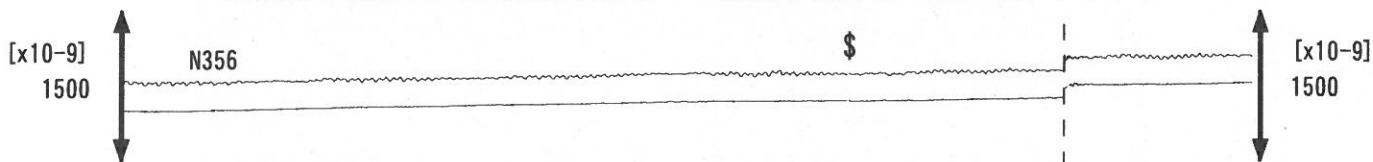


コメント: \$; 保守. ?; 原因不明.
 傾斜計データの処理方法を変えたので,
 地震時のパルス状の変化が見えにくくなった.

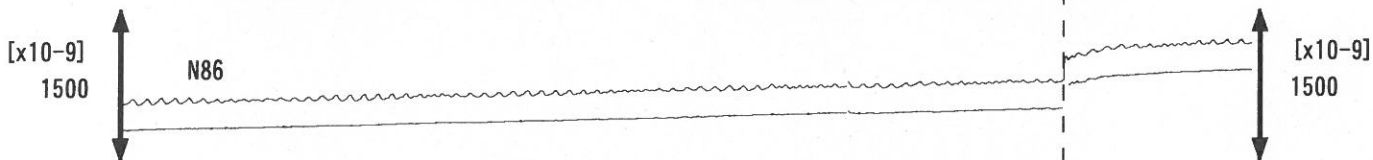


東海地域西部 (豊橋東 歪) 中期 (時間値)
 (2011/01/01 00:00 - 2011/03/26 00:00)

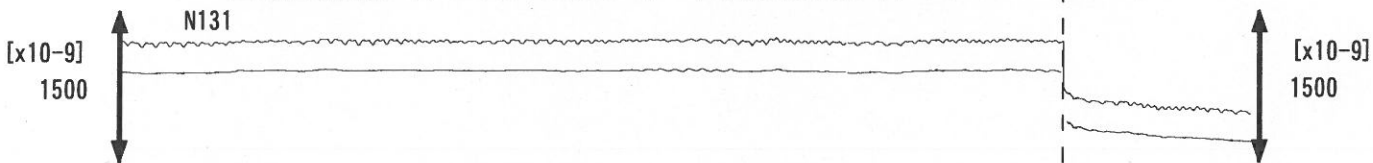
豊橋東 (豊橋多米) 歪 N356E [x10⁻⁹] 豊橋東 (豊橋多米) 歪 N356E (BAYTAP)



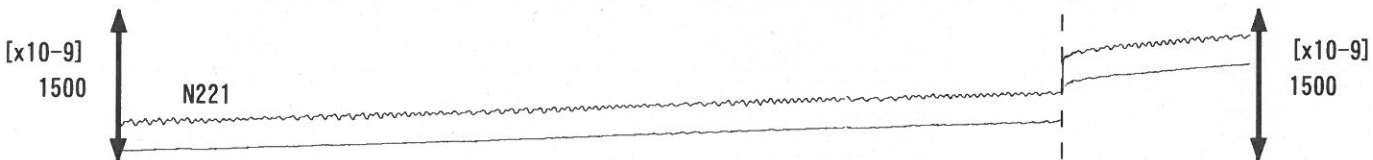
豊橋東 (豊橋多米) 歪 N86E [x10⁻⁹] 豊橋東 (豊橋多米) 歪 N86E (BAYTAP)



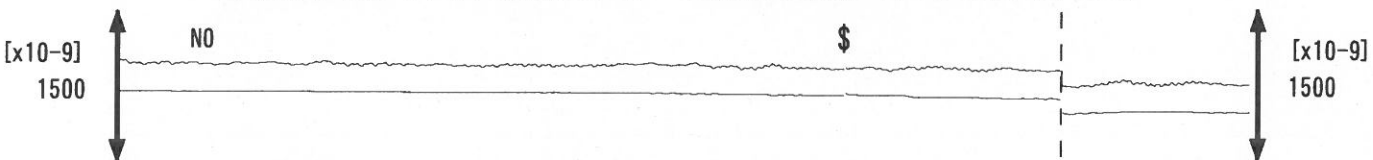
豊橋東 (豊橋多米) 歪 N131E [x10⁻⁹] 豊橋東 (豊橋多米) 歪 N131E (BAYTAP)



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



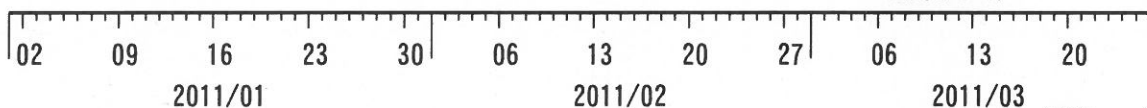
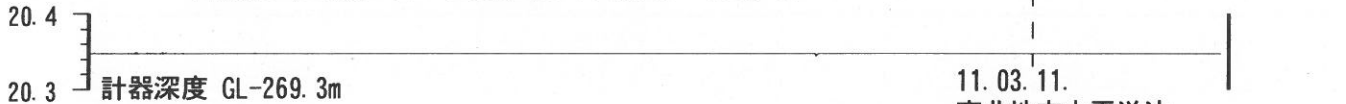
豊橋東 (豊橋多米) 歪 鉛直 [x10⁻⁹] 豊橋東 (豊橋多米) 歪 鉛直 (BAYTAP)



豊橋東 (豊橋多米) 磁力 N356E [nT]

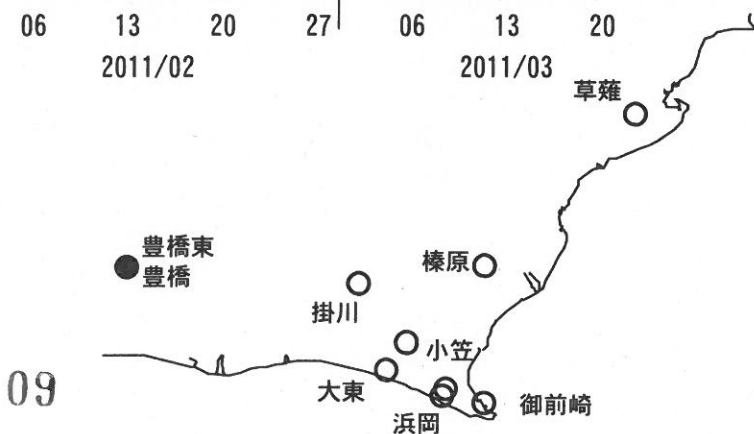


豊橋東 (豊橋多米) 歪計温度 (水晶式) [deg. C]

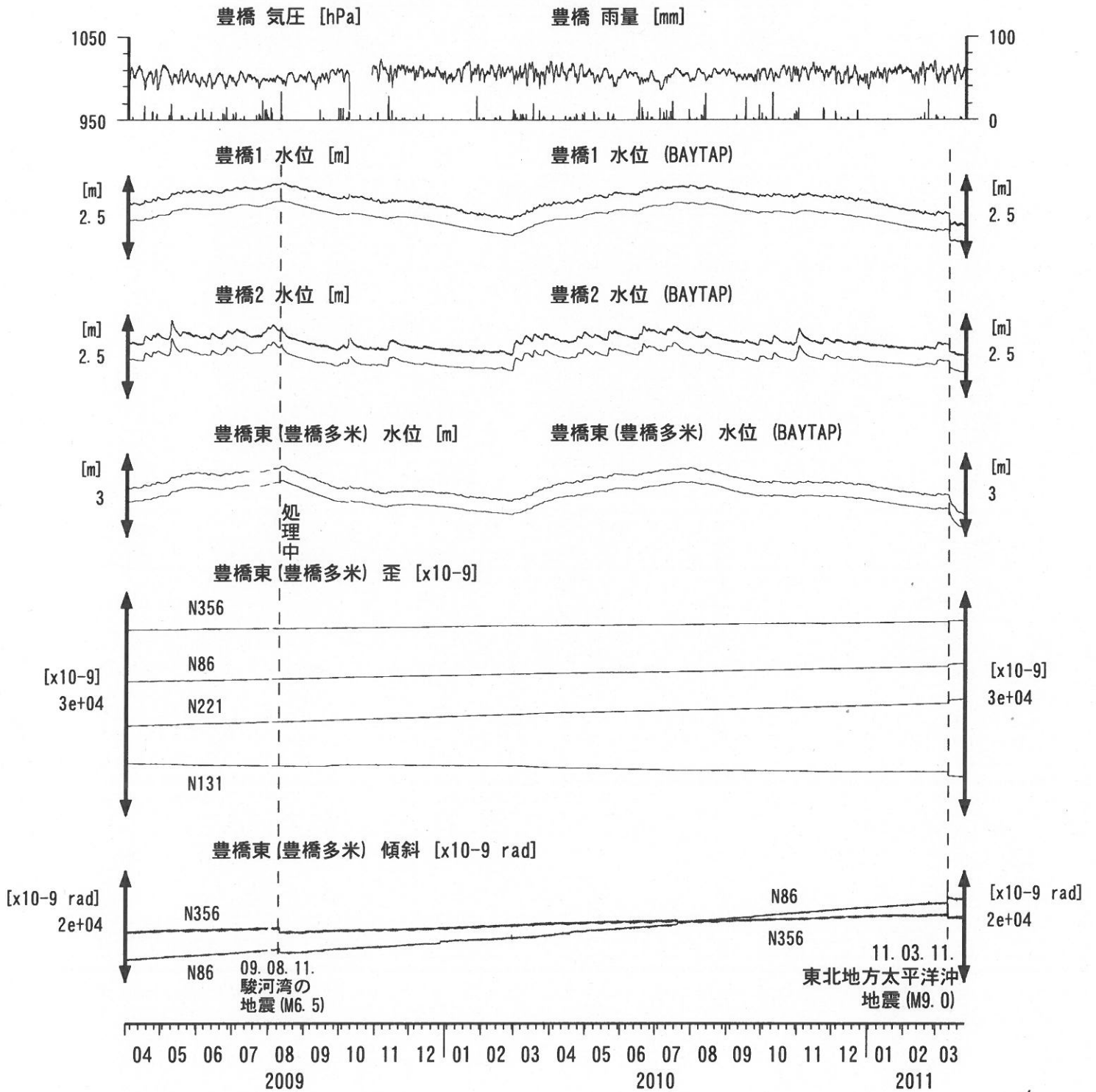


11.03.11.
 東北地方太平洋沖
 地震 (M9.0)

コメント: \$; 保守. ?; 原因不明.



東海地域西部（豊橋・豊橋東）長期（時間値）
 (2009/04/01 00:00 - 2011/03/26 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）
 (2009/04/01 00:00 - 2011/03/26 00:00)

豊橋東(豊橋多米) 歪 N356E [x10⁻⁹]



豊橋東(豊橋多米) 歪 N86E [x10⁻⁹]



豊橋東(豊橋多米) 歪 N131E [x10⁻⁹]



豊橋東(豊橋多米) 歪 N221E [x10⁻⁹]



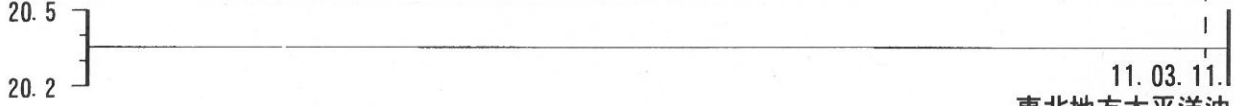
豊橋東(豊橋多米) 歪 鉛直 [x10⁻⁹]



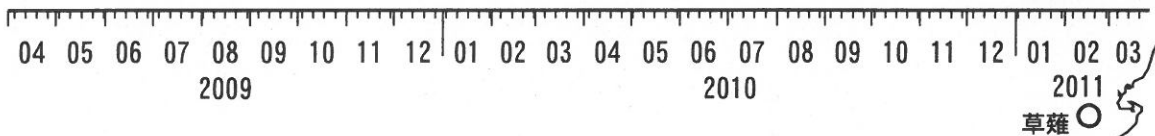
豊橋東(豊橋多米) 磁力 [nT]



豊橋東(豊橋多米) 歪計温度(水晶式) [deg. C]



11. 03. 11.
 東北地方太平洋沖
 地震 (M9.0)



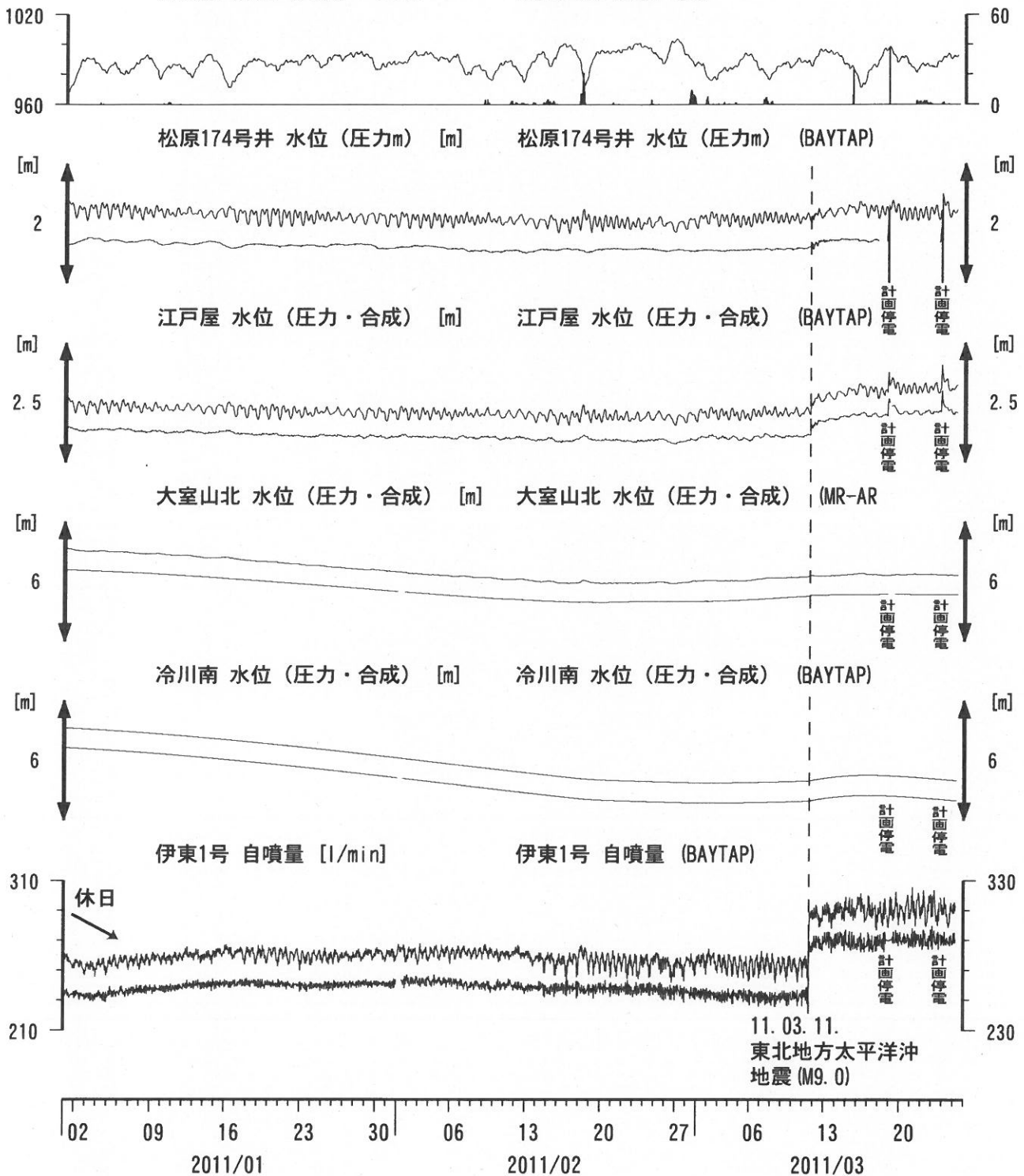
コメント：\$;保守. ?;原因不明.



伊豆半島東部 地下水位・自噴量 中期 (時間値)

(2011/01/01 00:00 - 2011/03/26 00:00)

冷川南 気圧 (円筒) [hPa] 大室山北 雨量 [mm]



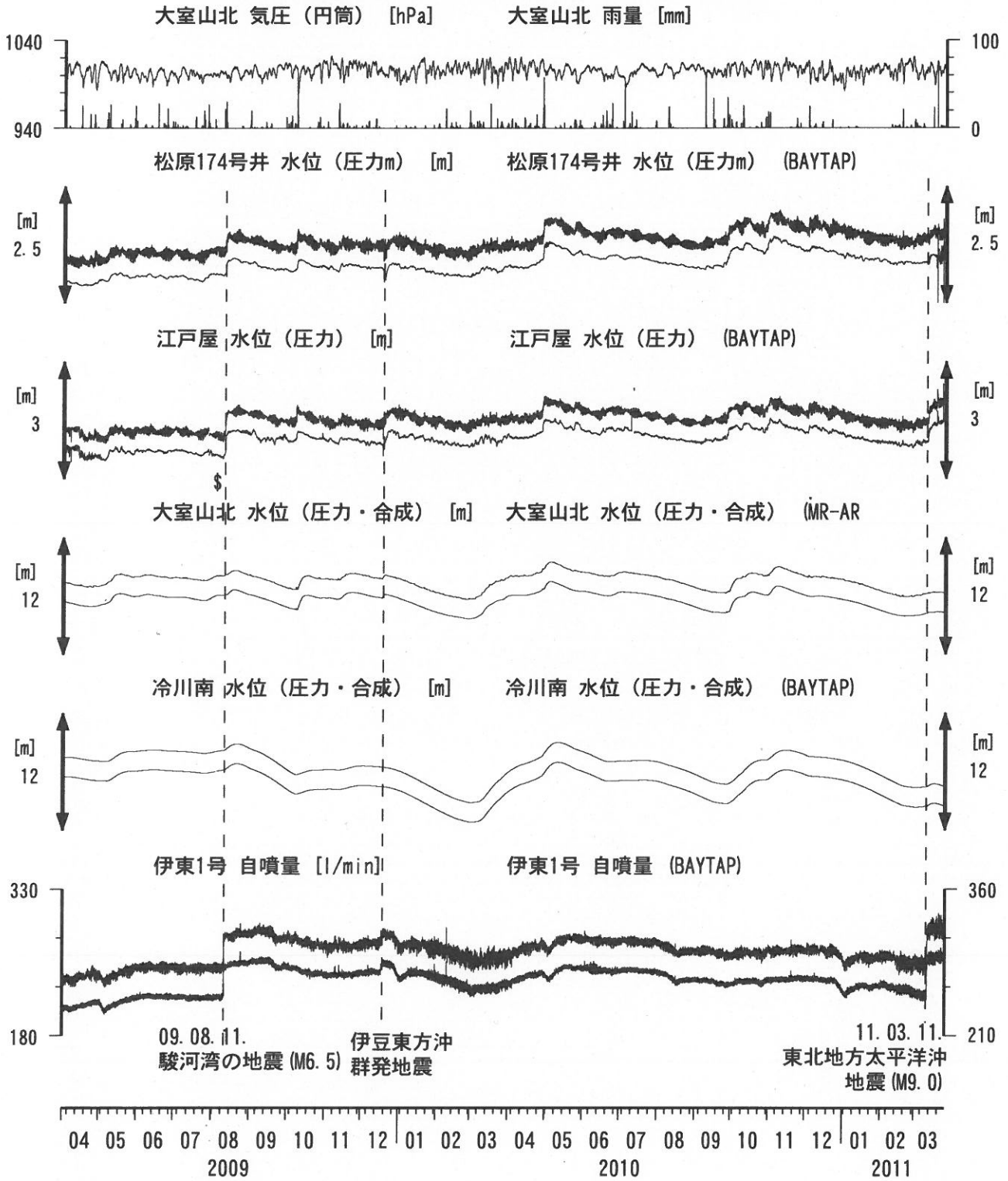
11. 03. 11.
東北地方太平洋沖
地震 (M9.0)

コメント：\$;保守。?;原因不明。
 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)

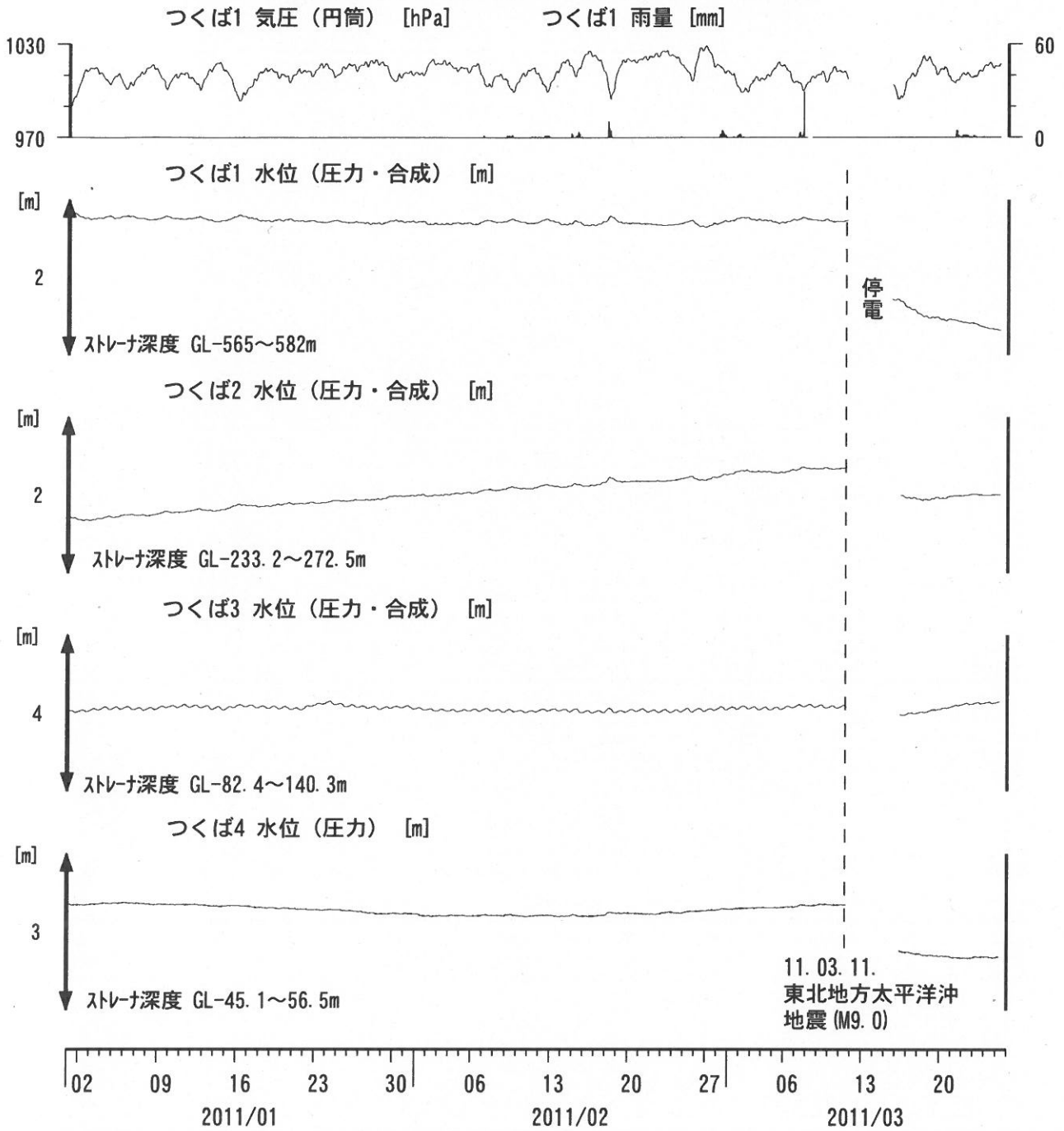
(2009/04/01 00:00 - 2011/03/26 00:00)



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.
 2009年7月28日に江戸屋の水位計を更新した.



関東地域 地下水観測結果 中期 (時間値)
 (2011/01/01 00:00 - 2011/03/26 00:00)

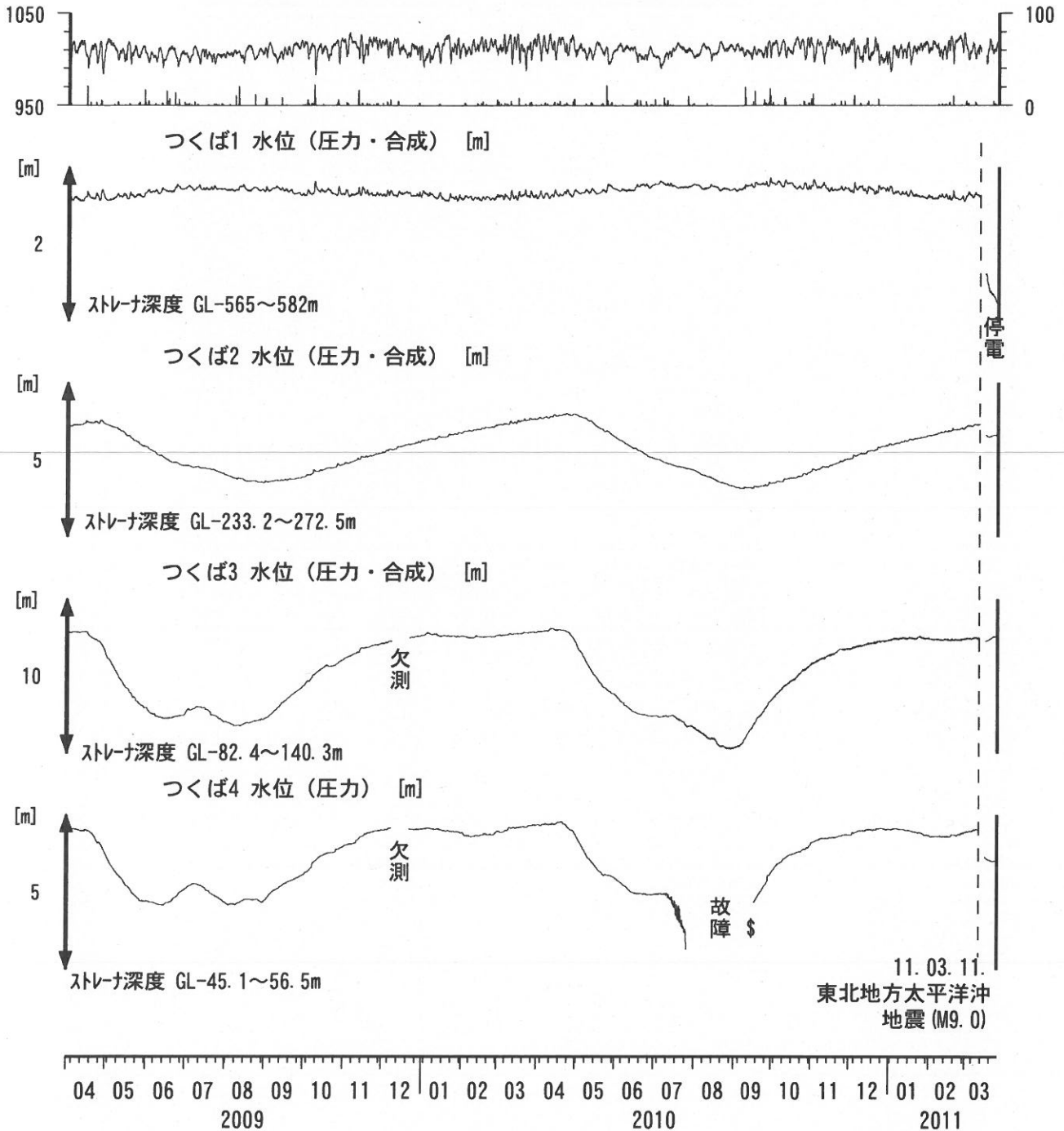


コメント：\$;保守。
 つくば2~4の水位が、例年春~秋に低下するのは、
 周囲の揚水によると考えられる。



関東地域 地下水観測結果 長期 (時間値)
 (2009/04/01 00:00 - 2011/03/26 00:00)

つくば1 気圧 (円筒) [hPa] つくば1 雨量 [mm]



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。

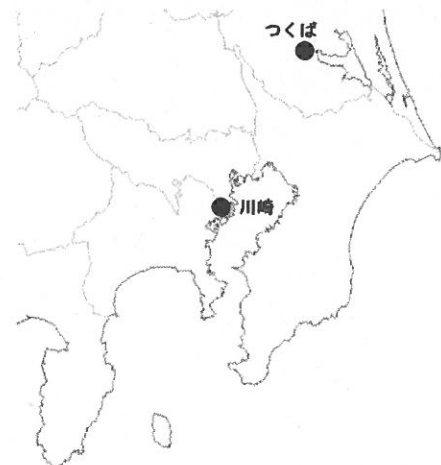
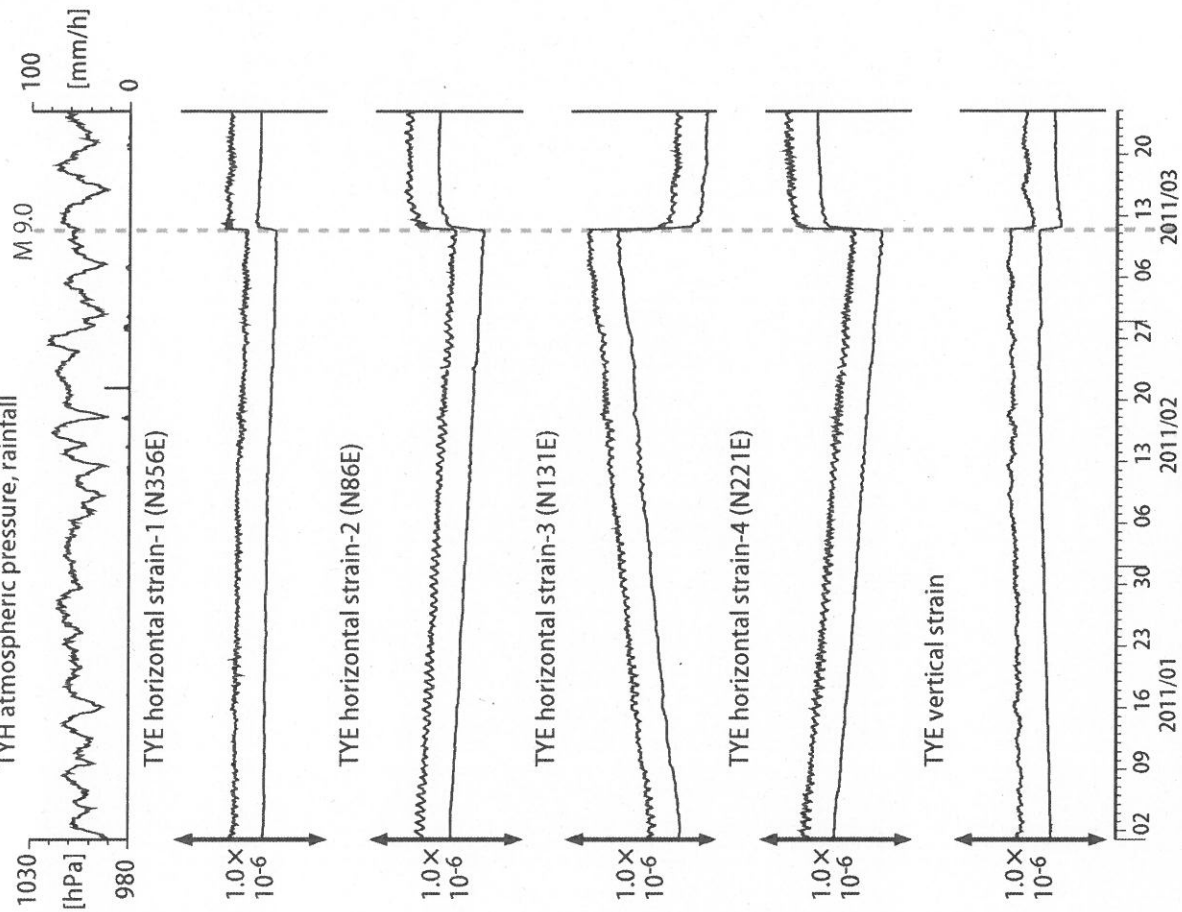


図2: Crustal strain changes at TYE (時間値)
(2011/01/01 00:00 - 2011/03/25 00:00)
TYH atmospheric pressure, rainfall



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

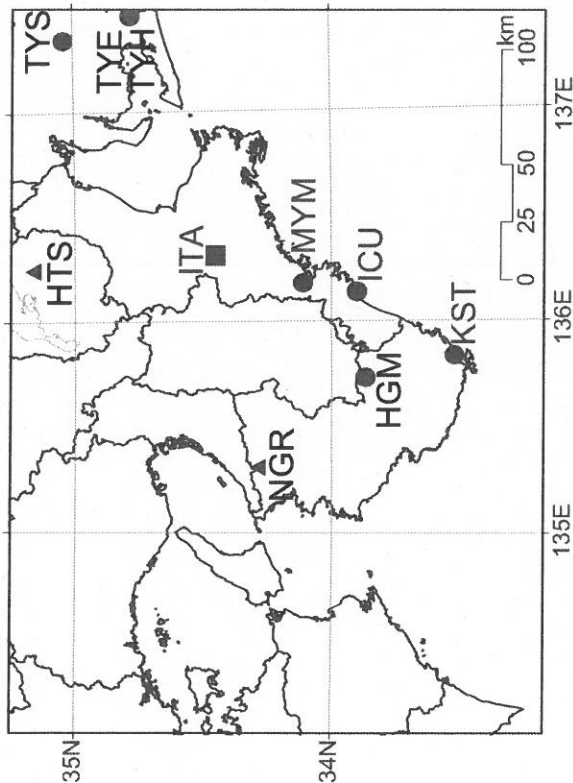
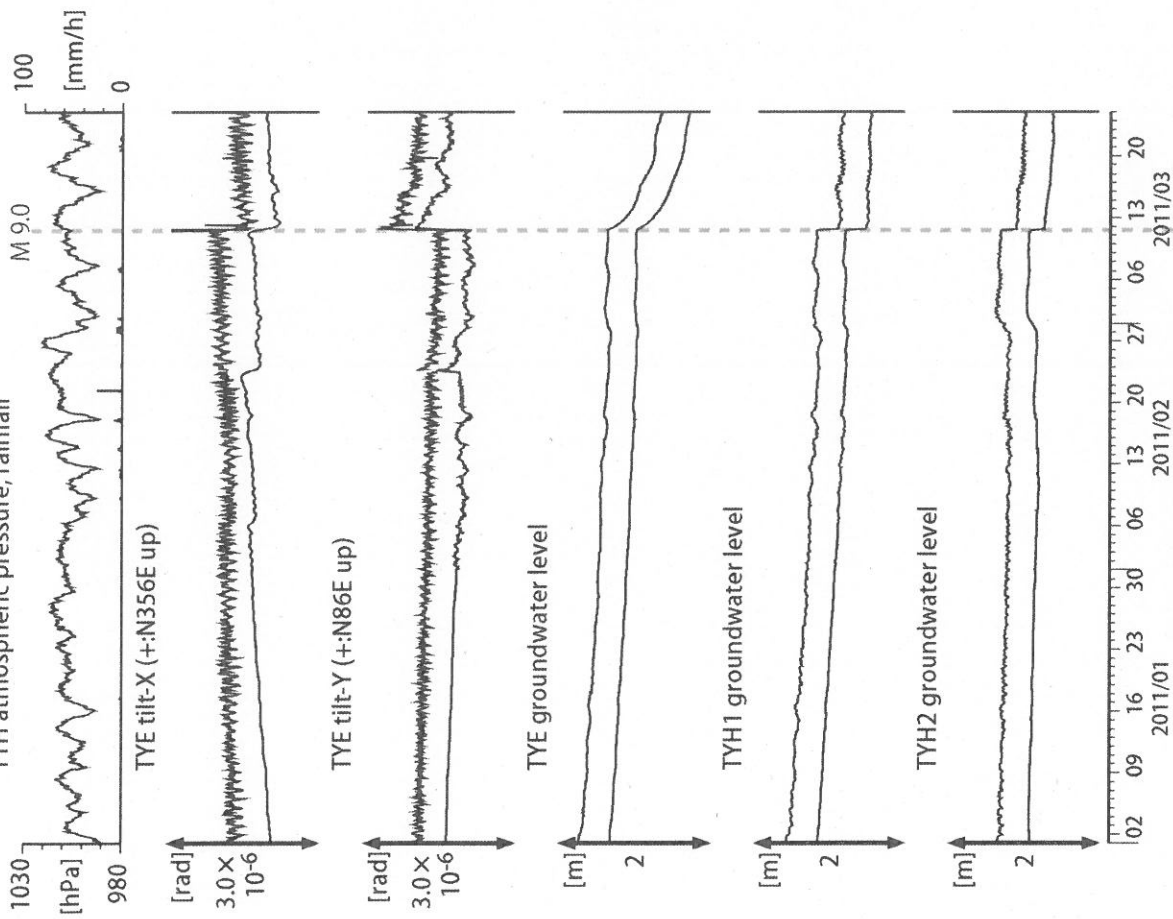


図1: 紀伊半島～愛知県における地下水等総合観測施設の分布図 (●・▲・■)はデジタル方式の石井式歪計・傾斜計を併設している観測点、■は Gladwin 式歪計・ミットヨ式傾斜計を併設している観測点、▲はアナログ方式の石井式歪計を併設している観測点を示す。

表1: 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た。なお、3文字コード変更しない。

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
TYE	豊橋東	→ 豊橋多米	とよはしため	愛知県豊橋市	2,3
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	4
ITA	飯高赤桶	→ 松阪飯高	まつさかいいいたか	三重県松阪市	5,6
MYM	海山	→ 紀北海山	きほくみやま	三重県北牟婁郡紀北町	7,8
ICU	井内浦	→ 熊野磯崎	くまのいそざき	三重県熊野市	9,10
HGM	本宮三越	→ 田辺本宮	たなべほんぐう	和歌山県田辺市	11,12
KST	串本津荷	→ 変更無し	くしもつが	和歌山県東牟婁郡串本町	13,14
NGR	相来	→ 岩出東坂本	いわでひがしざかもと	和歌山県岩出市	15

図3: Tilt and groundwater level changes at TYE and TYH (時間値)
(2011/01/01 00:00 - 2011/03/25 00:00)



観測点名: 豊橋多米 (旧名称: 豊橋東, TYH(豊橋)は変更無し)
Tiltmeter depth = 265.6-266.5 [GL-m]

TYE : Screen depth = 185.9-207.8 [GL-m]

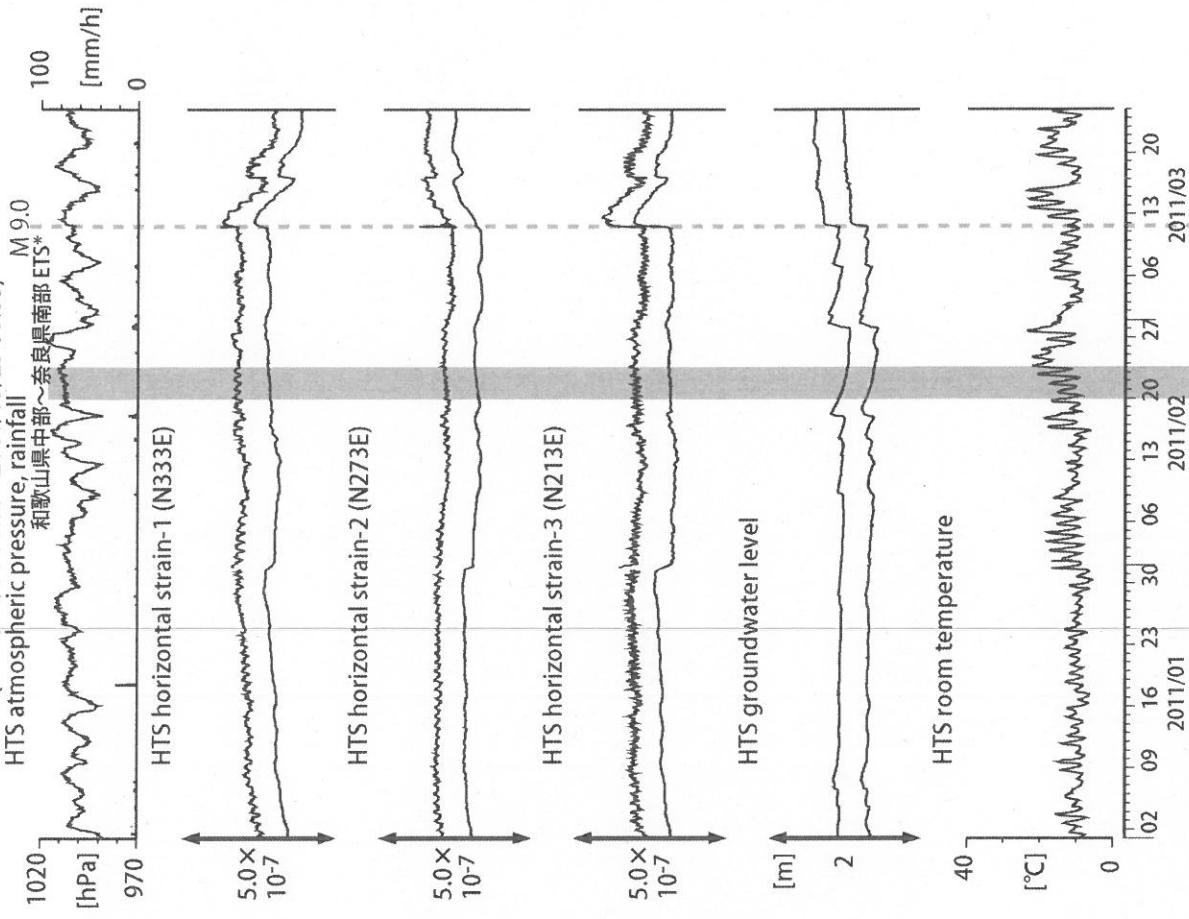
TYH1 : Screen depth = 178.6-200.4 [GL-m]

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

図4: Crustal strain and groundwater level changes at HTS (時間値)
(2011/01/01 00:00 - 2011/03/25 00:00)



観測点名: 愛荘香之庄 (旧名称: 香荘)

Strainmeter depth = 433.5-436.5 [GL-m]

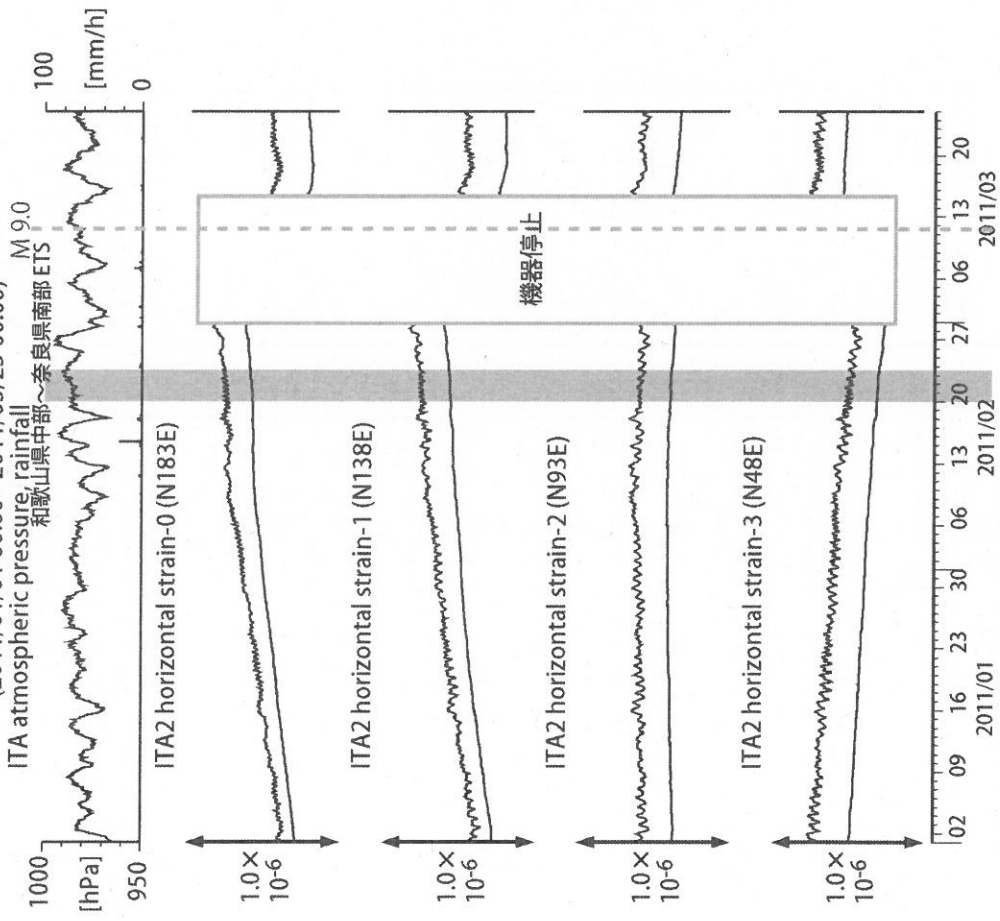
Screen depth = 338.3-360.1 [GL-m]

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、strainは1次トレンドも除去

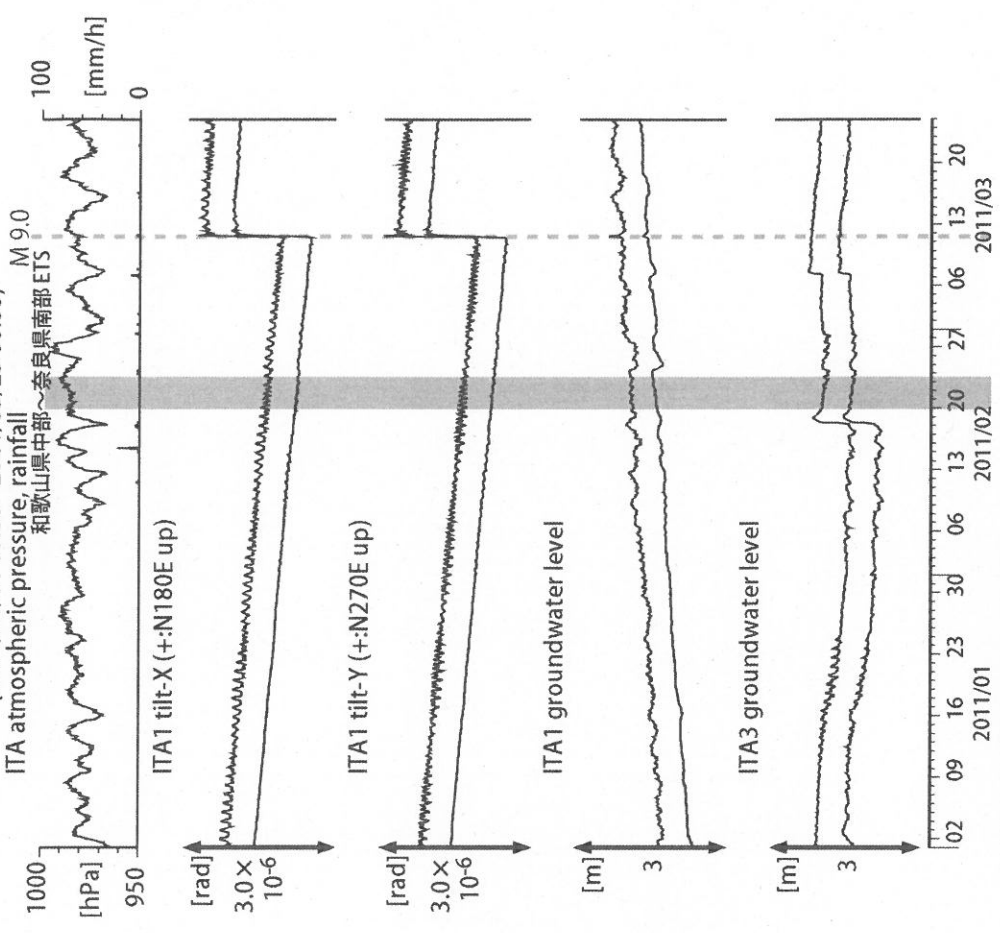
*ETS: Episodic Tremor and Slip

図5: Crustal strain changes at ITA (時間値)
(2011/01/01 00:00 - 2011/03/25 00:00)



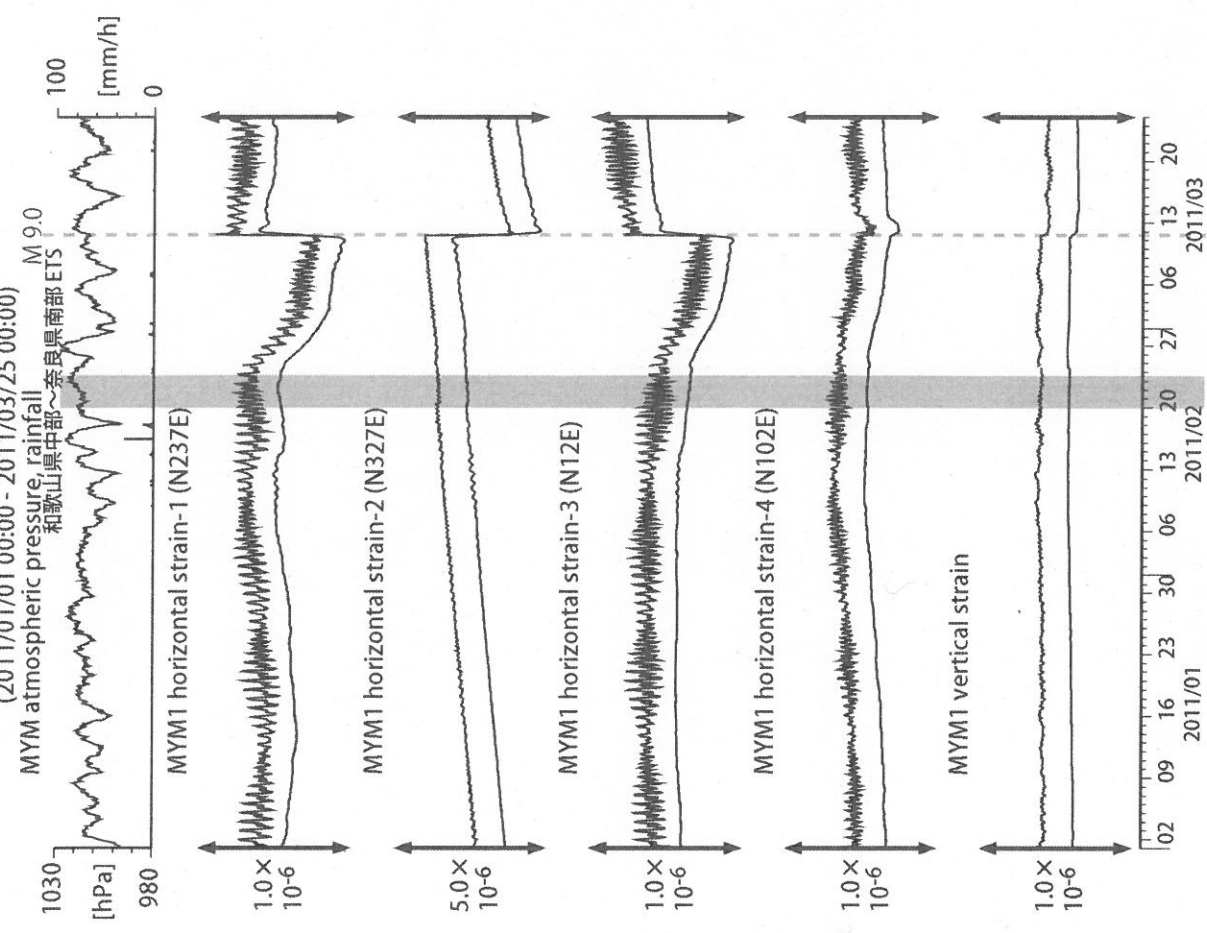
観測点名: 松阪飯高 (旧名称: 飯高赤桶)
Strainmeter depth = 181.3-183.6 [GL-m]
上: 1次トレンド除去
下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分除去後に1次トレンド除去

図6: Tilt and groundwater level changes at ITA (時間値)
(2011/01/01 00:00 - 2011/03/25 00:00)



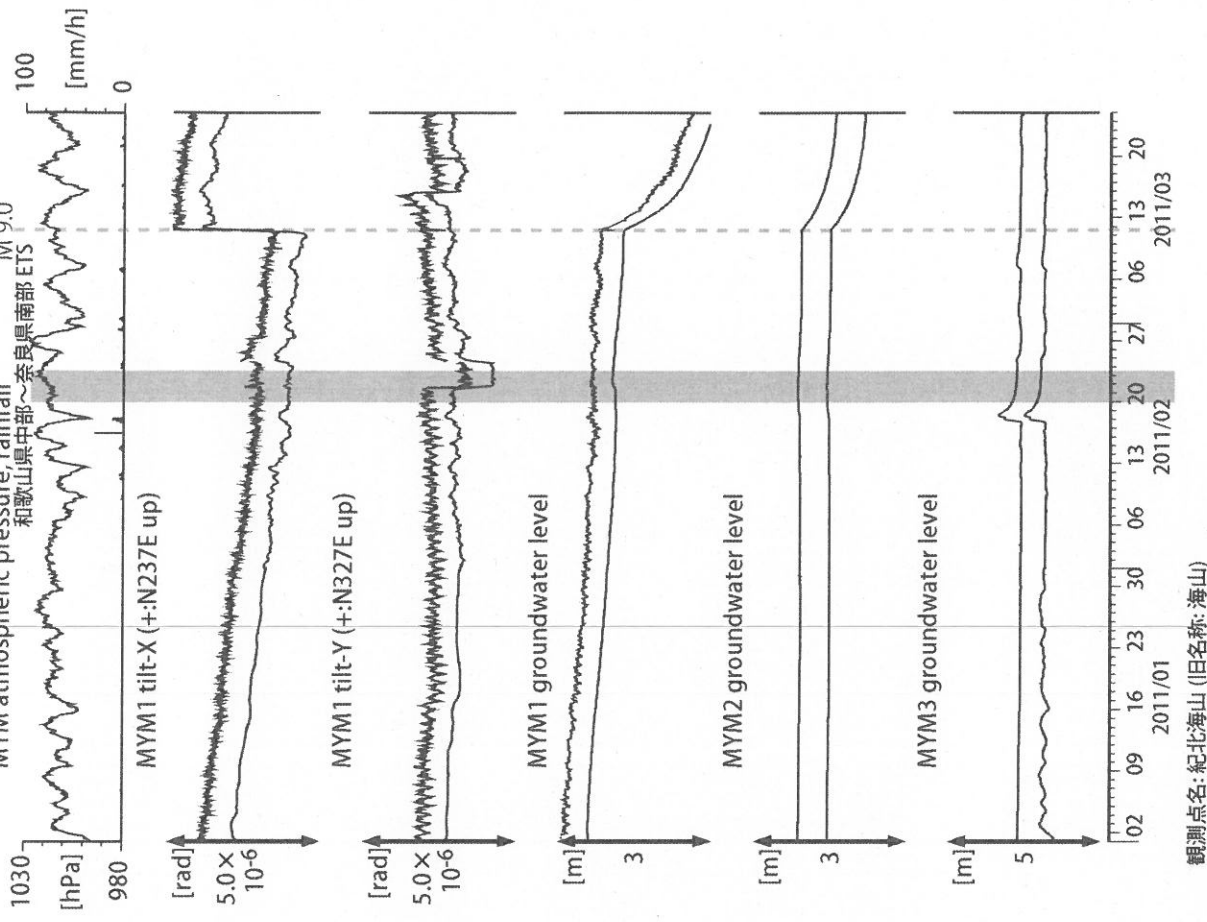
観測点名: 松阪飯高 (旧名称: 飯高赤桶)
Tiltmeter depth = 596.7-597.3 [GL-m]
ITA1 : Screen depth = 547.6-558.5 [GL-m]
ITA3 : Screen depth = 10.8-16.3 [GL-m]
上: tiltは1次トレンド除去
下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分除去、tiltは1次トレンドも除去

図7: Crustal strain changes at MYM (時間値)
(2011/01/01 00:00 - 2011/03/25 00:00)
MYM atmospheric pressure, rainfall
和歌山県中部~奈良県南部 ETS M 9.0



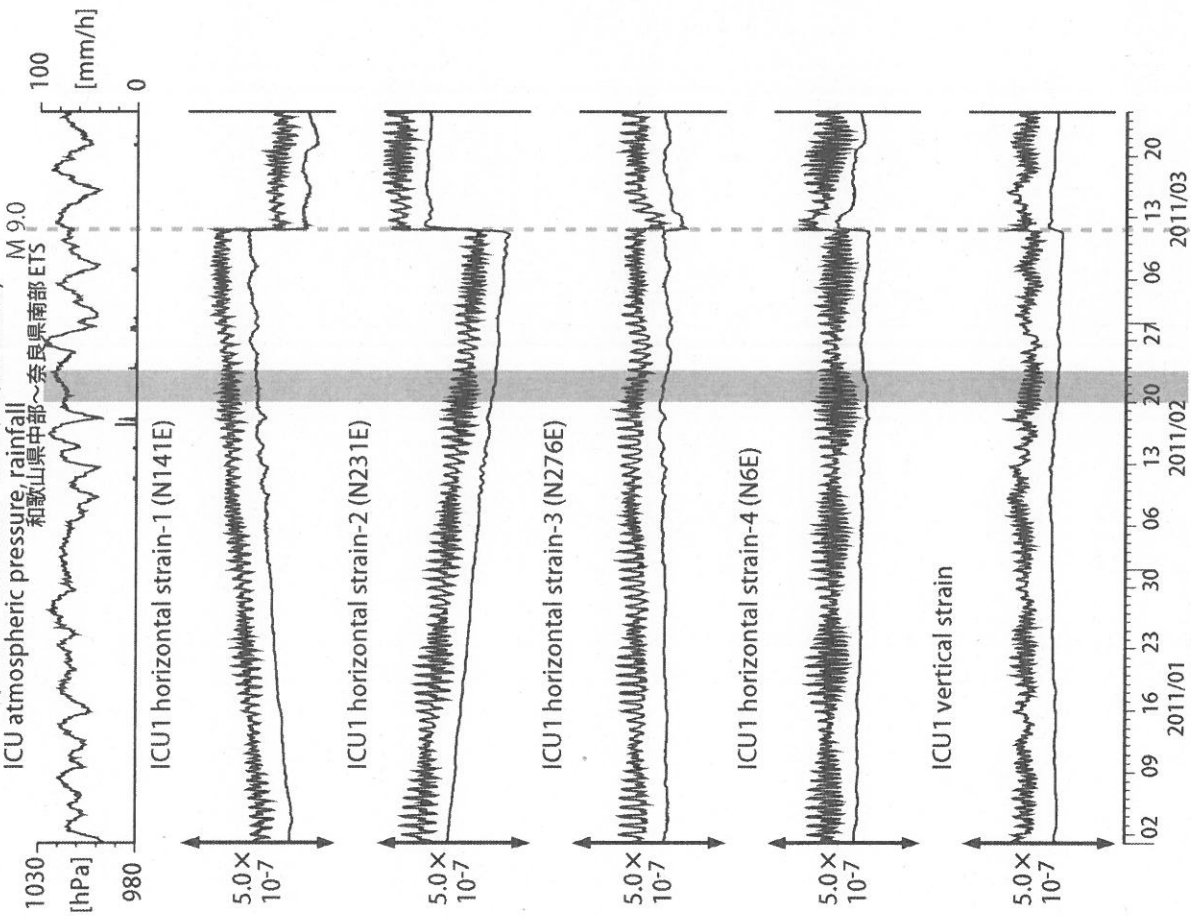
観測点名: 紀北海山 (旧名称: 海山)
Strainmeter depth = 590.0-591.4 [GL-m]
上: 1次トレンド除去
下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分除去後に1次トレンド除去

図8: Tilt and groundwater level changes at MYM (時間値)
(2011/01/01 00:00 - 2011/03/25 00:00)
MYM atmospheric pressure, rainfall
和歌山県中部~奈良県南部 ETS M 9.0



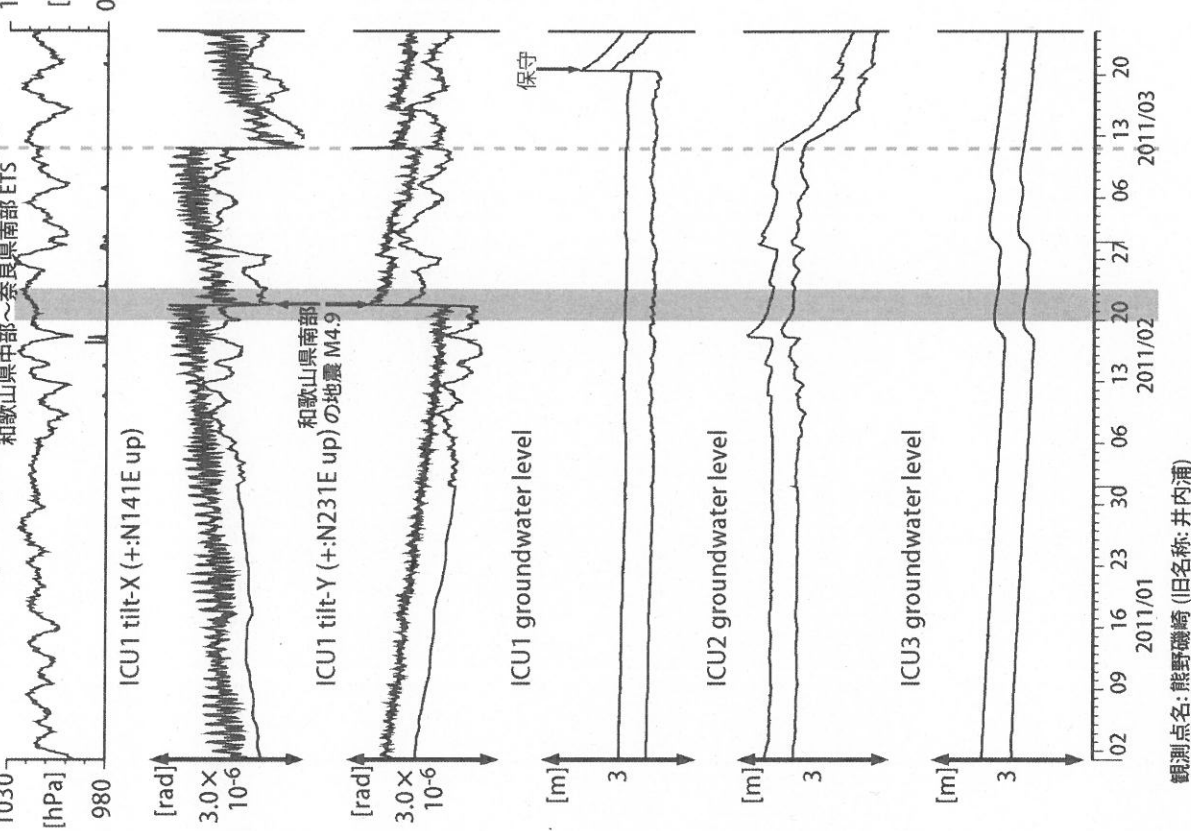
観測点名: 紀北海山 (旧名称: 海山)
Tiltmeter depth = 589.2-590.0 [GL-m]
MYM1 : Screen depth = 418.9-429.8 [GL-m]
MYM2 : Screen depth = 140.3-151.1 [GL-m]
MYM3 : Screen depth = 19.9-25.3 [GL-m]
上: tiltは1次トレンド除去
下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分除去、tiltは1次トレンドも除去

図9: Crustal strain changes at ICU (時間値)
(2011/01/01 00:00 - 2011/03/25 00:00)
ICU atmospheric pressure, rainfall
和歌山県中部~奈良県南部 ETS
M 9.0

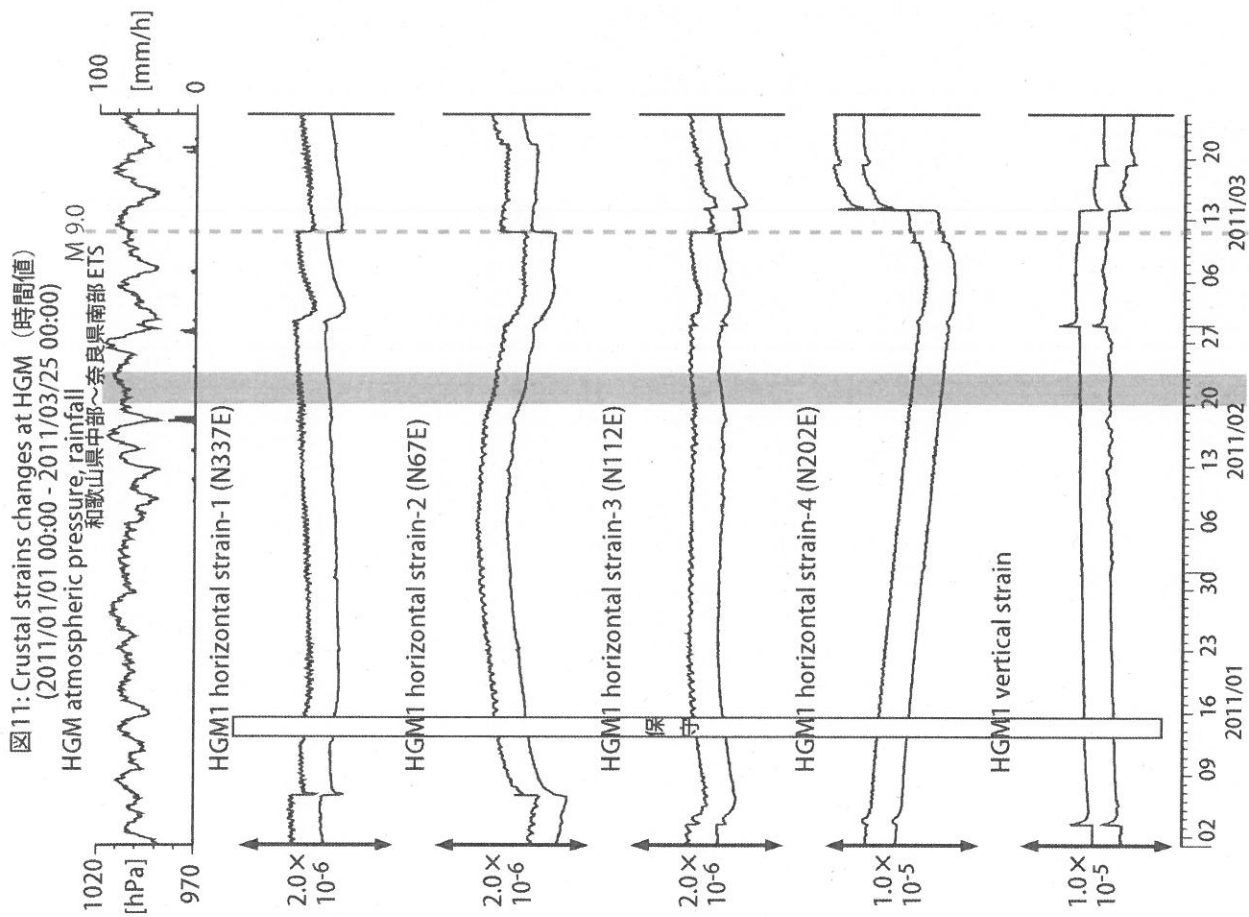


観測点名: 熊野磯崎 (旧名称: 井内浦)
Strainmeter depth = 588.5-589.9 [GL-m]
上: 1次トレンド除去
下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分除去後に1次トレンド除去

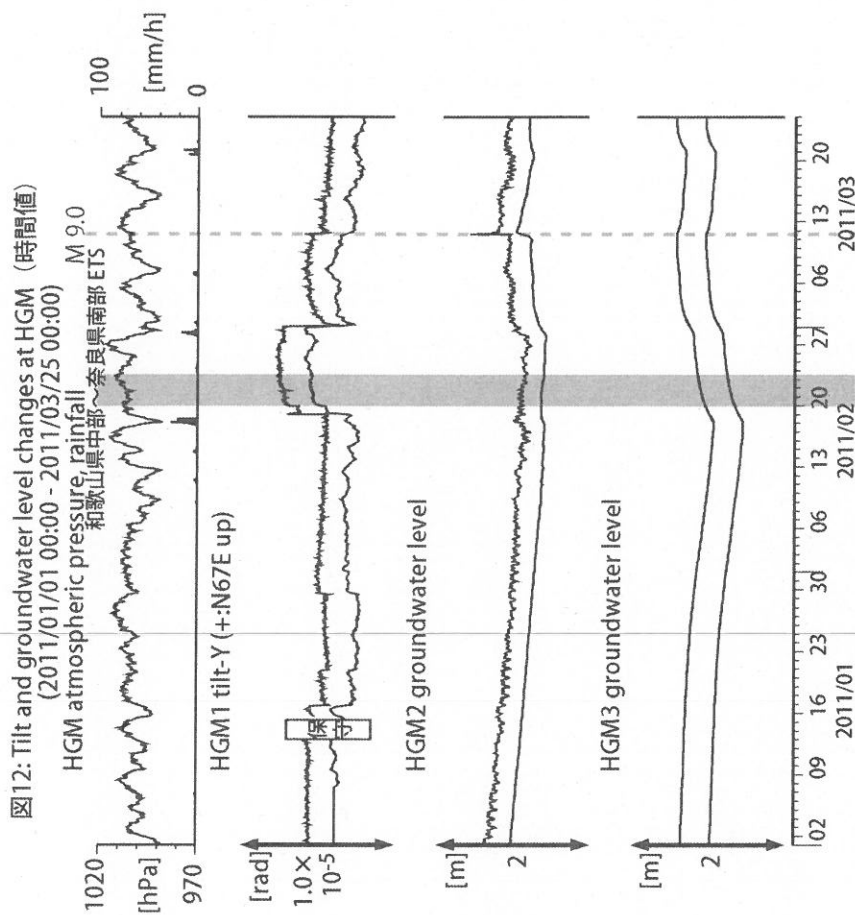
図10: Tilt and groundwater level changes at ICU (時間値)
(2011/01/01 00:00 - 2011/03/25 00:00)
ICU atmospheric pressure, rainfall
和歌山県中部~奈良県南部 ETS
M 9.0



観測点名: 熊野磯崎 (旧名称: 井内浦)
Tiltmeter depth = 587.7-588.5 [GL-m]
ICU1 : Screen depth = 522.5-533.4 [GL-m]
ICU2 : Screen depth = 95.7-106.6 [GL-m]
ICU3 : Screen depth = 13.4-18.8 [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

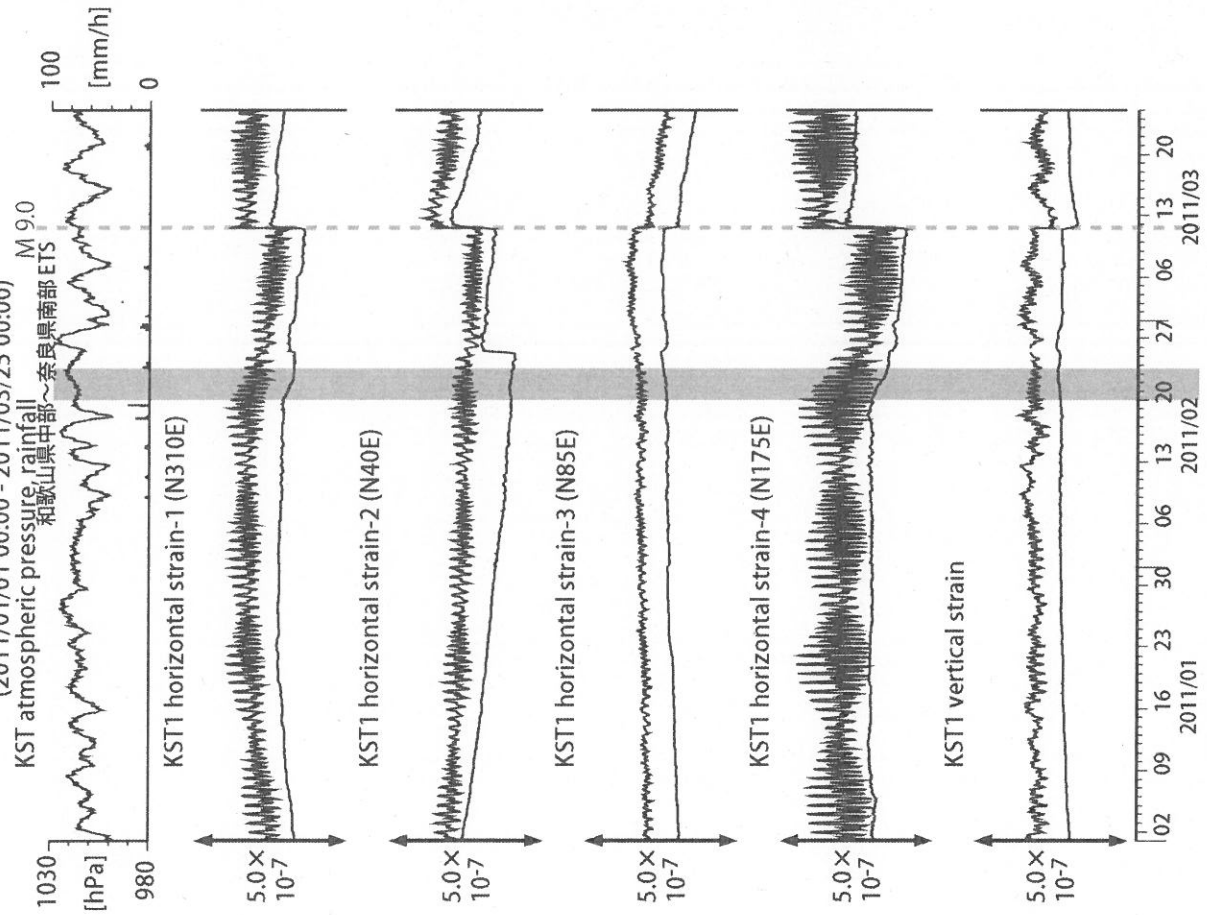


観測点名: 田辺本宮 (旧名称: 本宮三越)
 Strainmeter depth = 372.7-374.1 [GL-m]
 上: 1次トレンド除去
 下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分除去後に1次トレンド除去



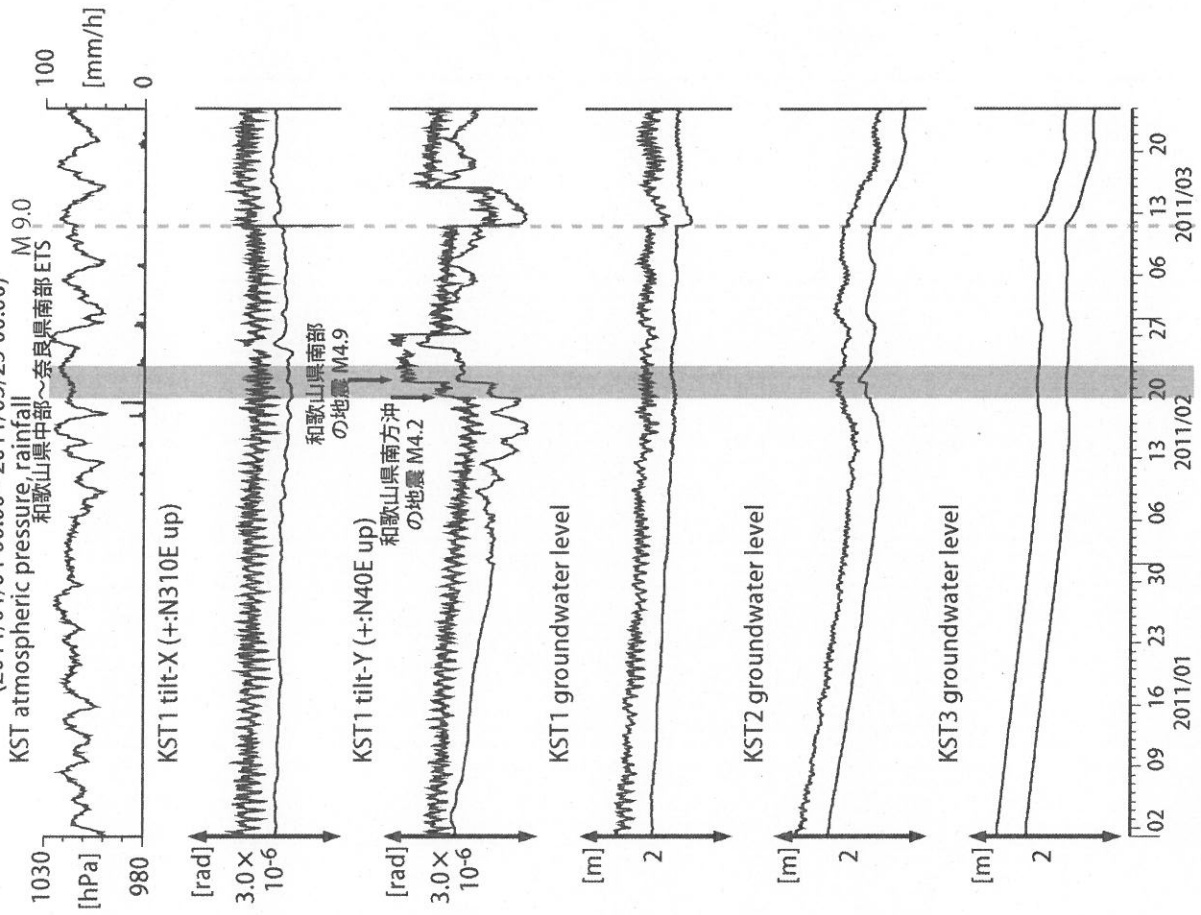
観測点名: 田辺本宮 (旧名称: 本宮三越)
 Tiltmeter depth = 371.9-372.7 [GL-m]
 HGM2 : Screen depth = 180.9-191.8 [GL-m]
 HGM3 : Screen depth = 24.3-29.8 [GL-m]
 上: tiltは1次トレンド除去
 下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分除去、tiltは1次トレンドも除去
 tilt-Xは振り切れにより欠測

図13: Crustal strain changes at KST (時間値)
(2011/01/01 00:00 - 2011/03/25 00:00)



観測点名: 串本津荷 (変更無し)
Strainmeter depth = 589.8-591.2 [GL-m]
上: 1次トレンド除去
下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分除去後に1次トレンド除去

図14: Tilt and groundwater level changes at KST (時間値)
(2011/01/01 00:00 - 2011/03/25 00:00)



観測点名: 串本津荷 (変更無し)
Tiltmeter depth = 589.0-589.8 [GL-m]
KST1 : Screen depth = 509.2-520.2 [GL-m]
KST2 : Screen depth = 132.9-143.9 [GL-m]
KST3 : Screen depth = 20.4-30.6 [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

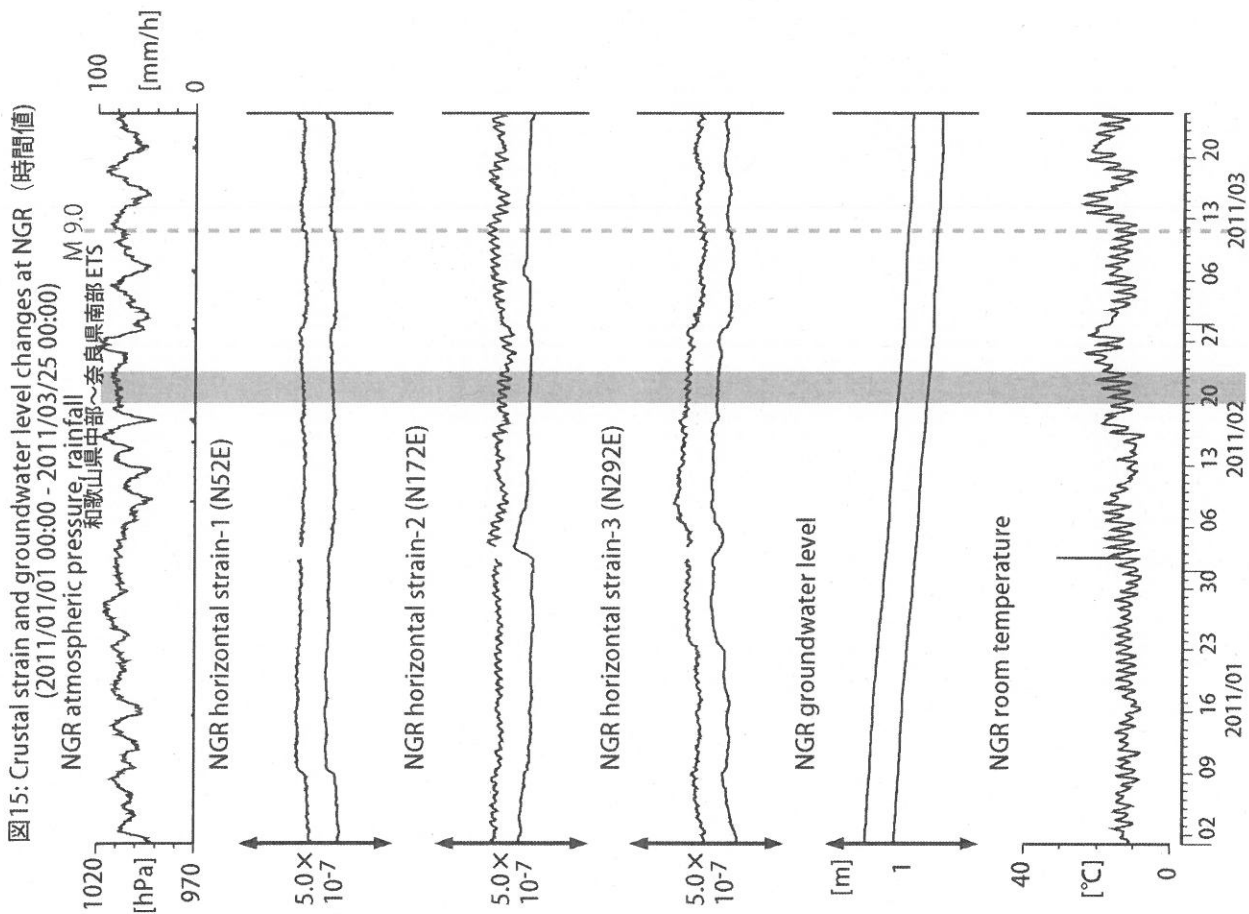
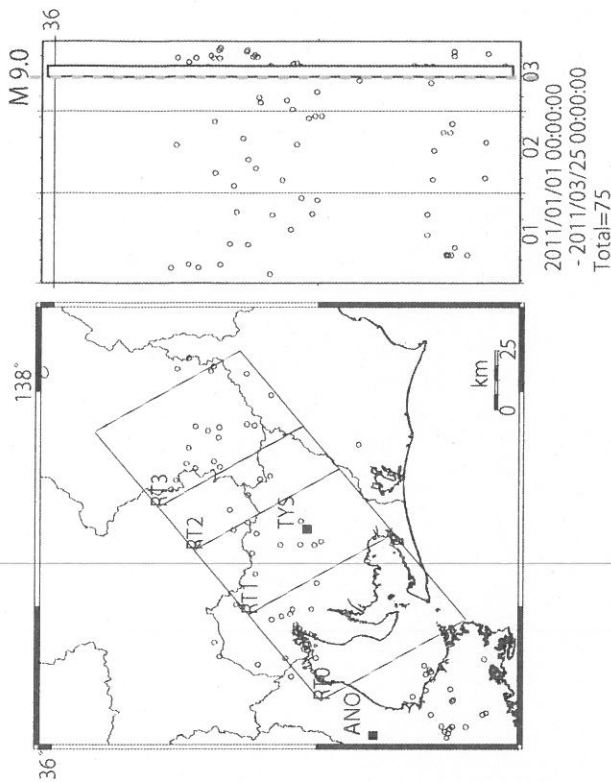


図15: Crustal strain and groundwater level changes at NGR (時間値)
(2011/01/01 00:00 - 2011/03/25 00:00)

観測点名: 岩出東坂本(旧名称: 根来)
Strainmeter depth = 616 [GL-m]
Screen depth = 408.9-446.5 [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、strainは1次トレンドも除去



Deep low-frequency tremors in Tokai (日値)
(2011/01/01 00:00 - 2011/03/25 00:00)
Total=75

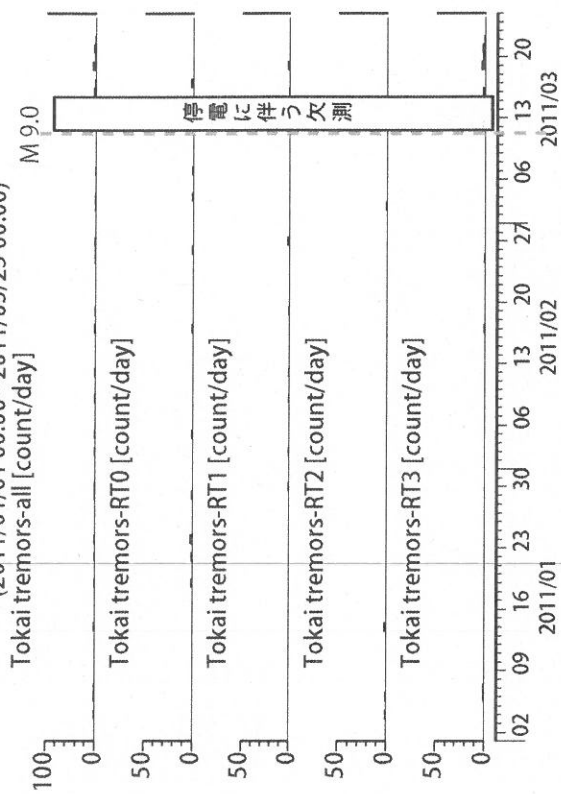
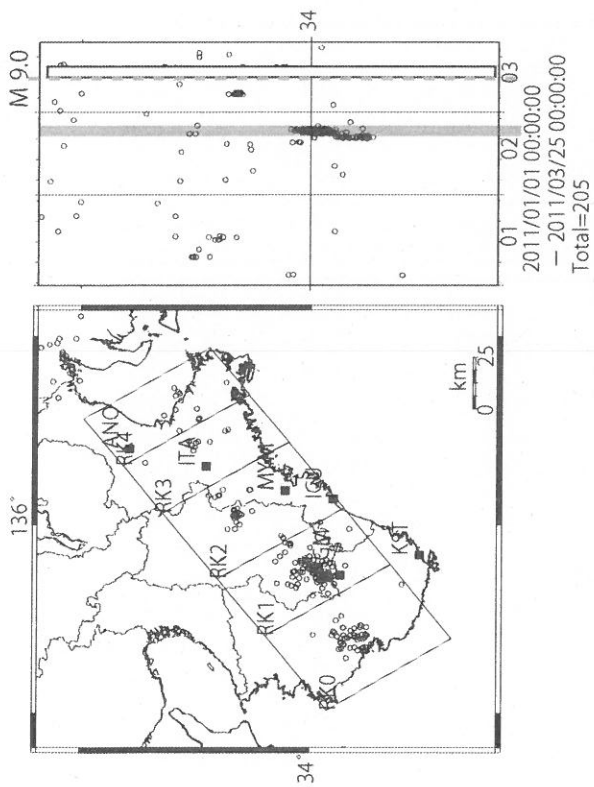


図16: 愛知県およびその周辺における深部低周波微動の時空間分布(上段)、各領域における発生頻度(日値)。エンベロープ相関法により決定した。防災科研 Hi-net、気象庁、東京大学、京都大学、名古屋大学、高知大学、九州大学の地震波形記録を用いました。



Deep low-frequency tremor activities in Kii Peninsula (日値)
 (2011/01/01 00:00 - 2011/03/25 00:00)

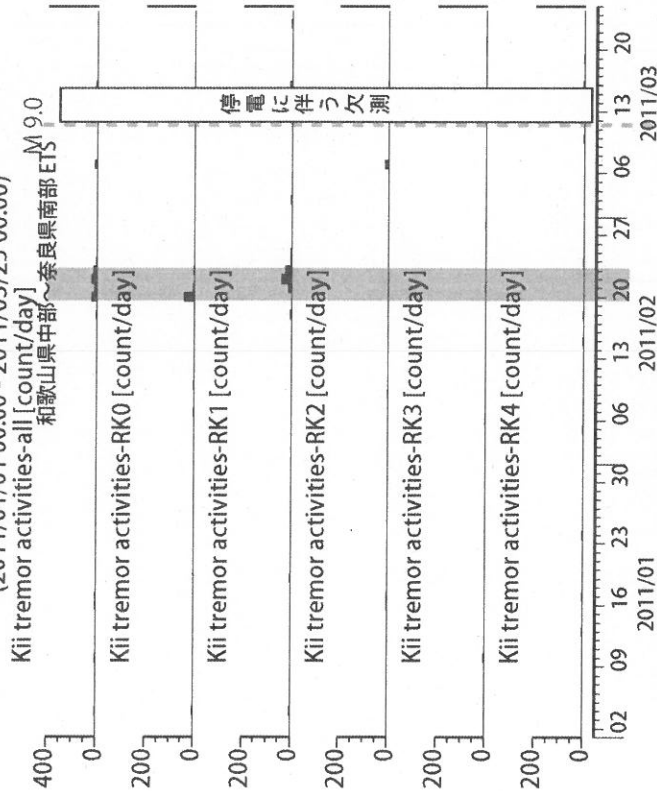


図 17: 紀伊半島～愛知県における深部低周波微動の時空間分布(上段)、各領域における発生頻度(日値)。エンベロープ相関法により決定した。防災科研 Hi-net、気象庁、東京大学、京都大学、名古屋大学、高知大学、九州大学の地震波形記録を用いました。

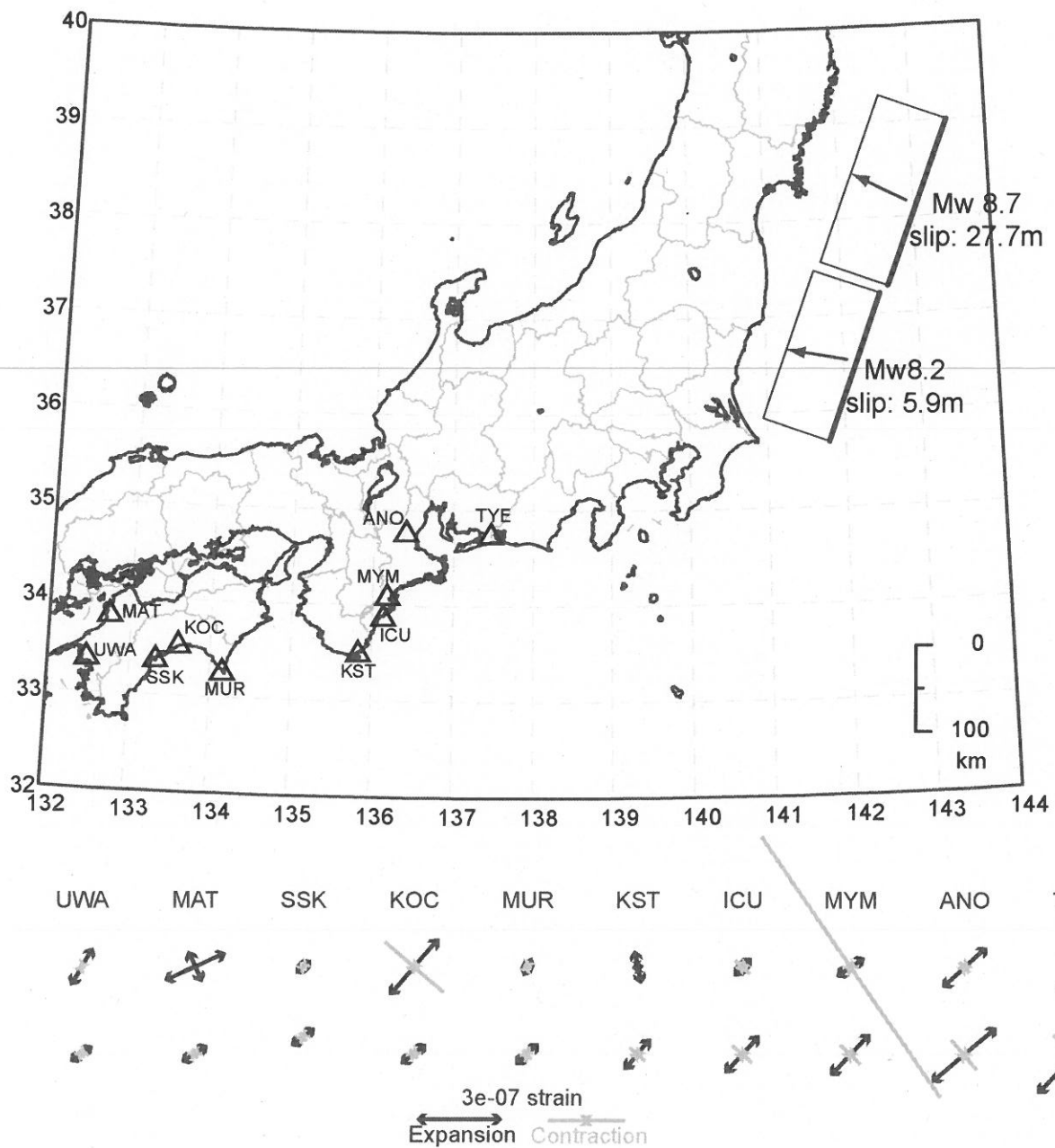


図 18: (上段)2011 年東北地方太平洋沖地震の震源断層モデルおよび産総研の歪観測点。震源断層モデルは国土地理院の暫定値 (<http://www.gsi.go.jp/cais/topic110313-index.html>) を用いた。(下段)産総研歪観測点で観測された地震時(歪ステップ)の主歪変化と、断層モデルからの推定値。概ね観測値を説明可能である。

産業技術総合研究所(以下、産総研)では、2007から2009年度にかけて東海・紀伊半島・四国の14点で地下水等総合観測施設を整備し、地下水・歪・傾斜等の観測を行なっている。この中の歪データを用いて以下に示す方法で、歪変化を説明する短期的SSEの断層面を推定している。

解析には、それぞれの観測点の水平4成分(一部は3成分のみ)の歪記録を用いる。観測波形から、BAYTAP-G [Tamura et al., 1991]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、長期ドリフト成分を取り除くため、1次トレンドも取り除いている。その際の、1次トレンドの推定期間はグラフで表示している期間である。短期的SSEによる歪変化は小さく、立ち上がり時間の数時間単位での推定が困難である場合が多いため、微動活動を参考に、半日単位で活動開始・終了時期を判断し、その期間の歪変化量を短期的SSEによる歪変化量とする。その際、Matsumoto et al. [2010]の手法で理論潮汐歪を用いて歪データの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た。1段階目には、断層面のサイズは固定(幅・長さ共に20km)、断層面の位置およびすべり量のみ可変として広範囲で計算を行う。断層面の中心の位置は、経緯度共に 0.1° ごと、すべり量は5~500mmの間で5mm間隔で可変としている。1段階目の結果を示す図では、 0.1° ごとの断層面それぞれ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・長さをそれぞれ10~50kmの間で5km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、断層面の大きさについても一意性が低くなるので注意が必要である。

参考文献

- 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.
- 松本則夫, 上垣内修, 北川有一, 板場智史, 小泉尚嗣, 設置深度を考慮した孔井内多成分歪計の原位置キャリブレーション, *日本地震学会2010年度秋期大会*, 広島, 2010.10.

産総研における深部低周波微動の検出手法

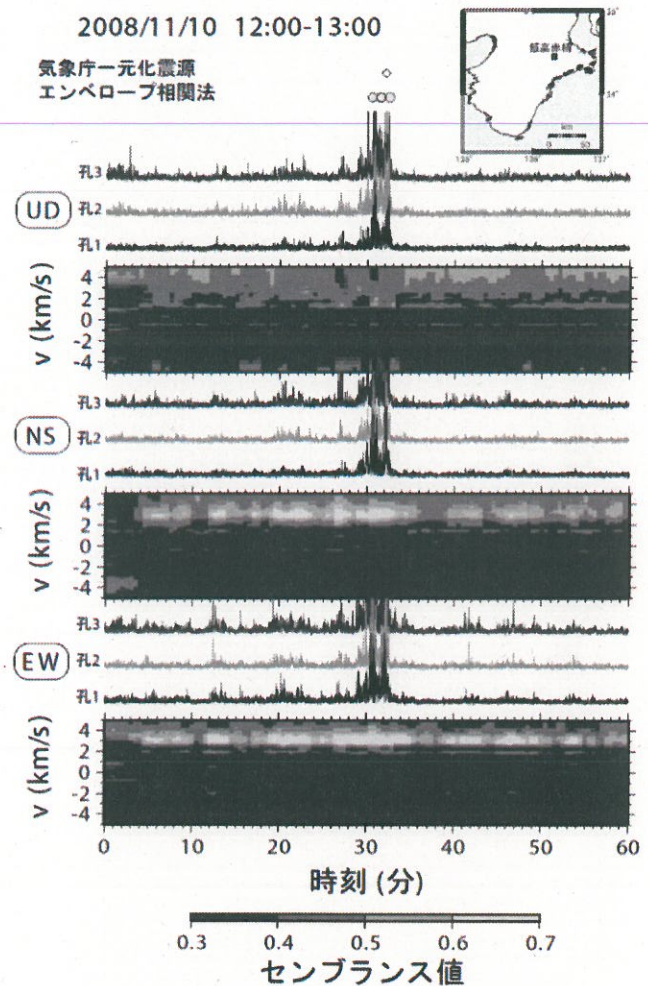
1. エンベロープ相関法 (ECM : Envelope Cross-correlation Method)

複数の観測点における地震計連続記録のエンベロープ波形を用い、それらの相互相関をとることで深部低周波微動信号の検出及びその震源位置を決定する手法(Obara 2002)。気象庁地震カタログに掲載されている低周波イベントと比べ、深さ方向の精度で劣るが、(例えば連続して起きている時などの様に)位相のはっきりしない場合でも深部低周波微動の検出が可能である。

2. 鉛直地震計アレイを用いた検出法 (VSAD : Vertical Seismic Array Detection)

西南日本に展開している産総研の地下水等総合観測点(小泉他 2009)に設置されている3深度の鉛直地震計アレイ網 (V-net : Vertical seismic array network)を用い、各深度の地震計連続波形の同期をとる(センブランス解析)ことで、微弱な深部低周波微動による信号の検出を行う手法(今西他 2009)。解析の一例を各深度・各成分の地震計エンベロープ波形と共に右図に示す。センブランス値が高くなると、その時間帯で位相のそろった波が検出されたことを表す。速度が正の場合は観測点下方向からの入射、負の場合は観測点上方向からの入射を示す。観測孔の掘削時に行った速度検層の結果より、例に挙げた観測点近傍でのS波速度は秒速約3kmであることが分かっており、図の時間帯においてはほぼ連続して深部低周波微動を検知していたことが分かる。

本手法は深部低周波微動の検知感度はエンベロープ相関法に比べ格段に高いが、その震源位置を決定するのは困難である。



センブランス解析結果例。(今西他 2009 より引用.)

参考文献

Obara, K. (2002), Nonvolcanic deep tremor associated with subduction in southwest Japan, *Science*, 296(5573), 1679–1681, doi:10.1126/science.1070378.
 小泉尚嗣他 (2009), 東南海・南海地震予測のための地下水等総合観測点整備について, 地質ニュース 662号, 6-10.
 今西和俊他 (2009), 東南海・南海地震予測のための地下水等総合観測点整備における鉛直アレイ観測網の構築, 地質ニュース 662号, 45-50.