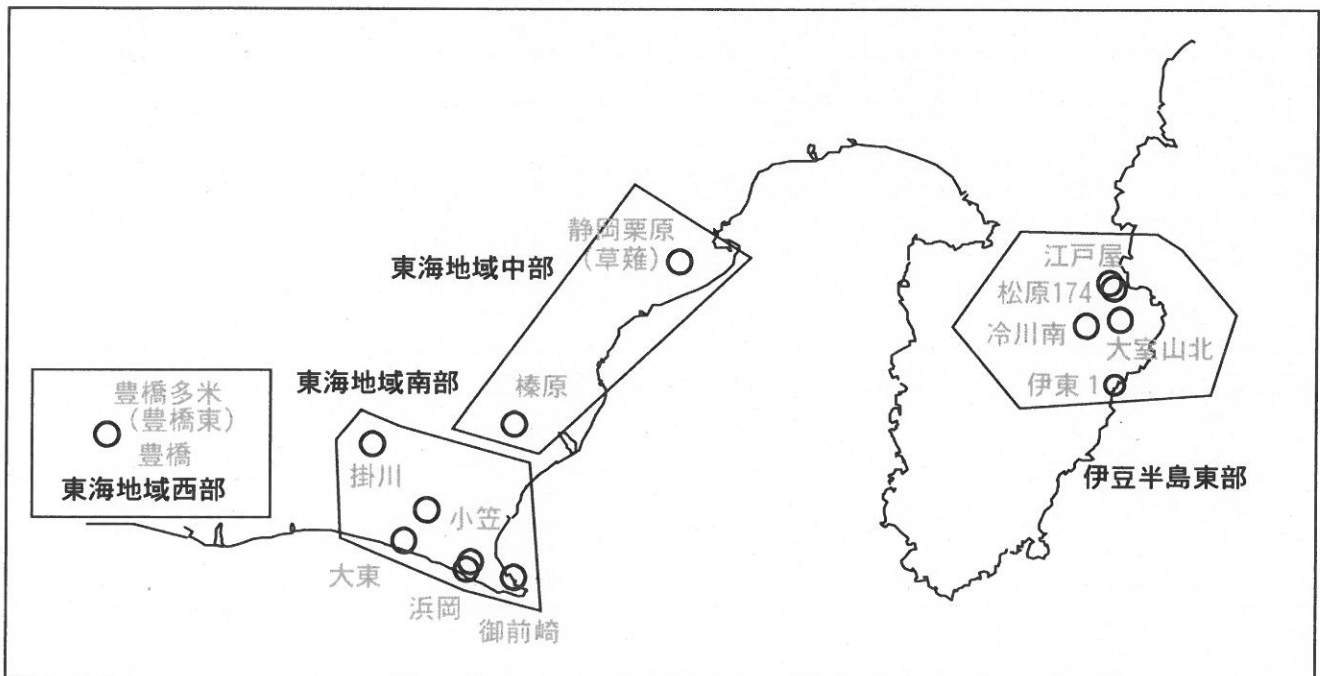


第303回 地震防災対策強化地域判定会

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7月25日

【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

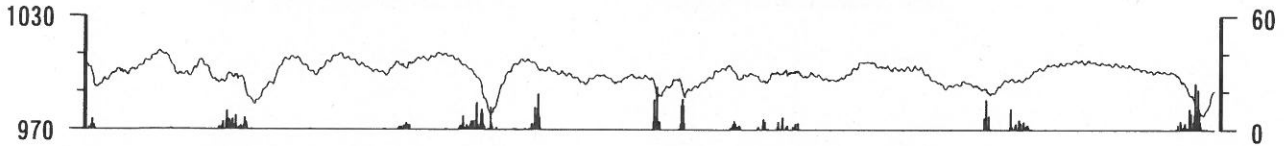
別紙

- ・2011年7月の伊豆半島東部における群発地震活動に伴う地下水・地殻歪変化
- ・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)
 (2011/05/01 00:00 - 2011/07/22 00:00)

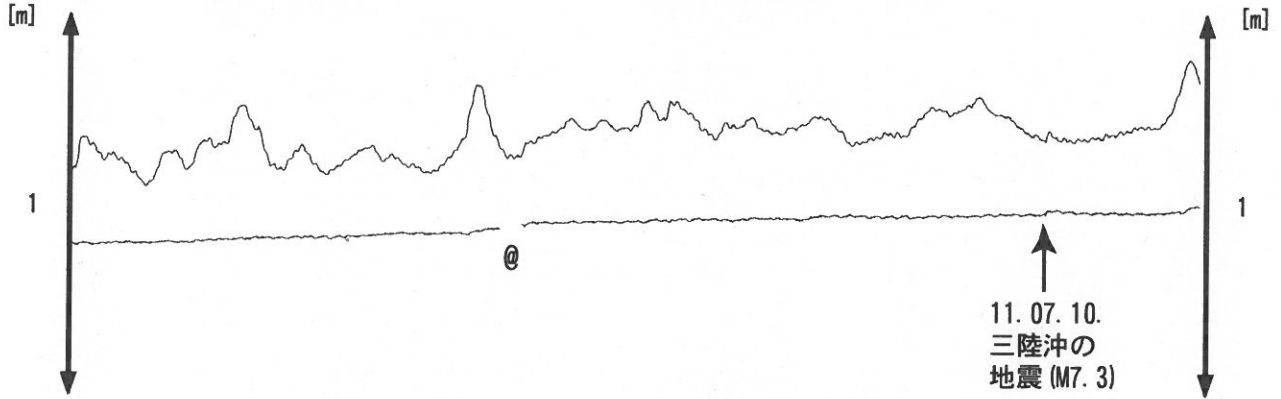
榛原 気圧 (Vaisara) [hPa]

榛原 降水量 (積算) [mm]



榛原 水位 (差圧) [m]

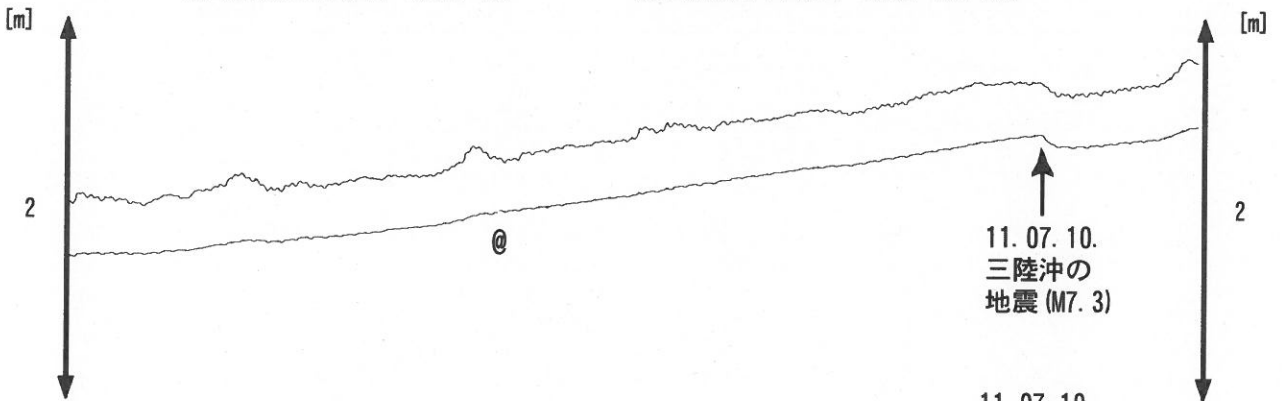
榛原 水位 (差圧) (MR-AR)



11. 07. 10.
 三陸沖の
 地震 (M7. 3)

静岡栗原2 (草薙2) 水位 [m]

静岡栗原2 (草薙2) 水位 (MR-AR)



11. 07. 10.
 三陸沖の
 地震 (M7. 3)

静岡栗原1 (草薙1) 歪all [xE-9]

[x10⁻⁹]

N346

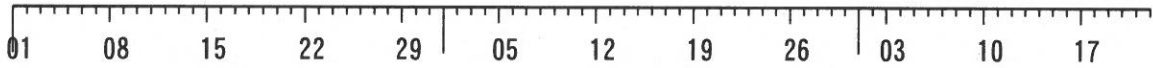
N286

[x10⁻⁹]

2000

11. 07. 10.
 三陸沖の
 地震 (M7. 3)

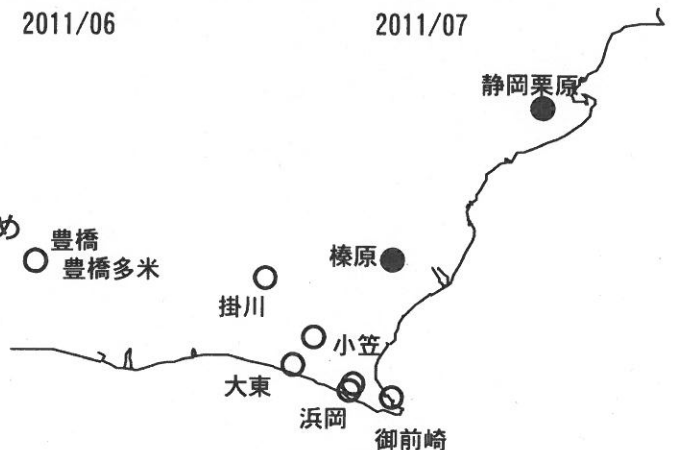
計器深度 GL-336m



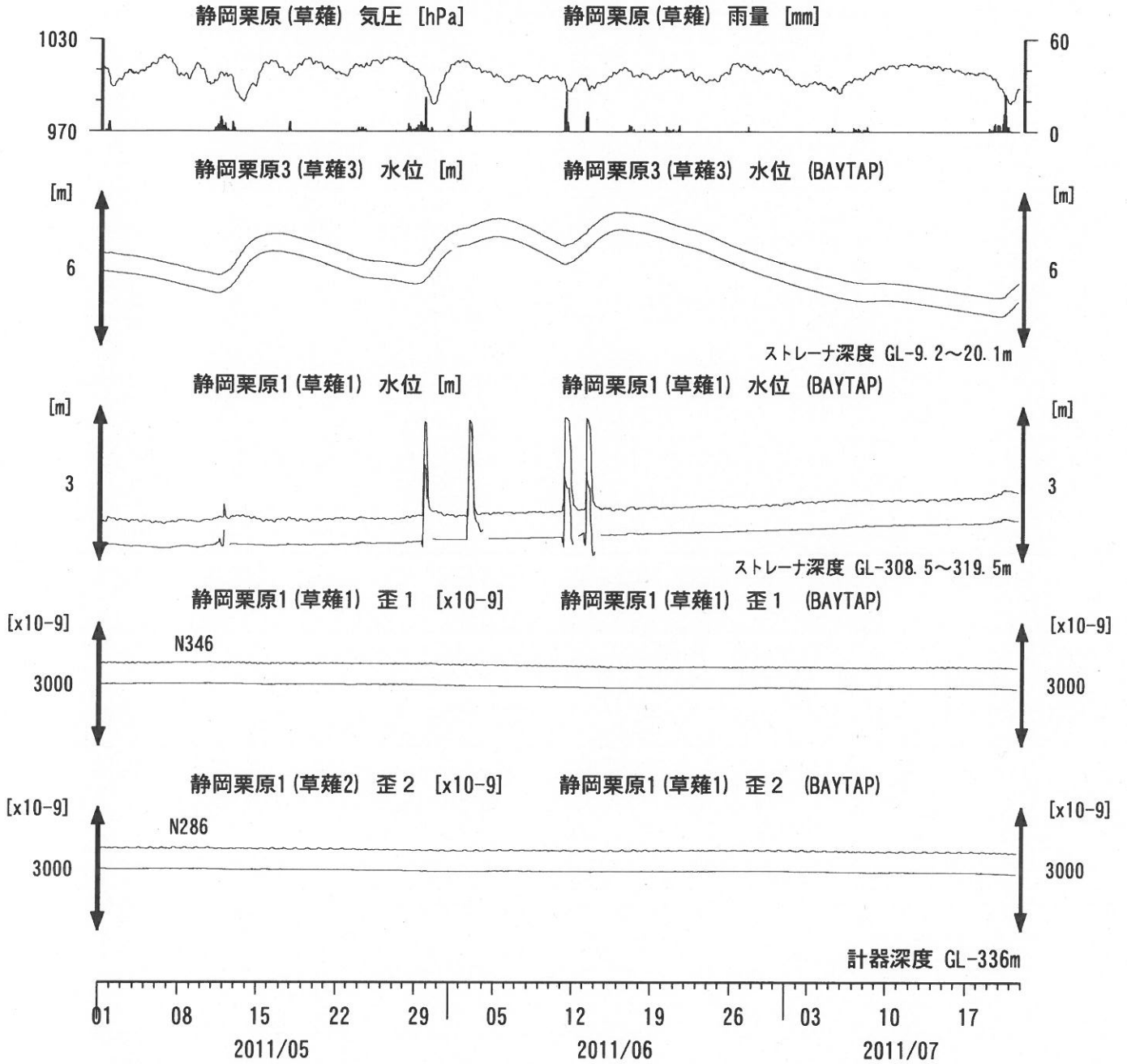
コメント: *;雨量補正不十分. \$;保守.

@;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。

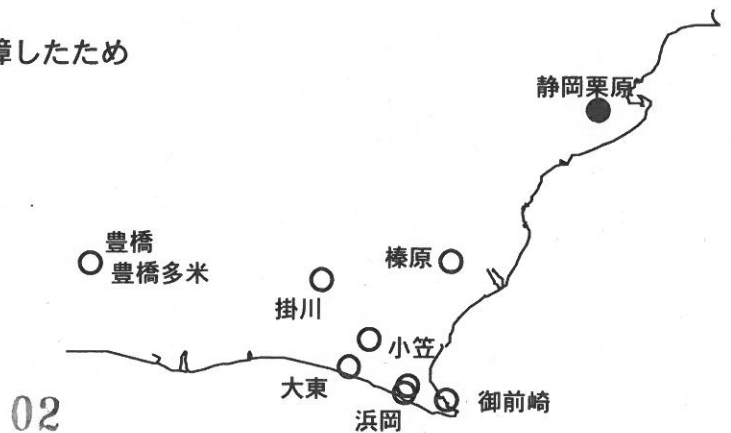


東海地域中部 (草薙・歪) 中期 (時間値)
 (2011/05/01 00:00 - 2011/07/22 00:00)



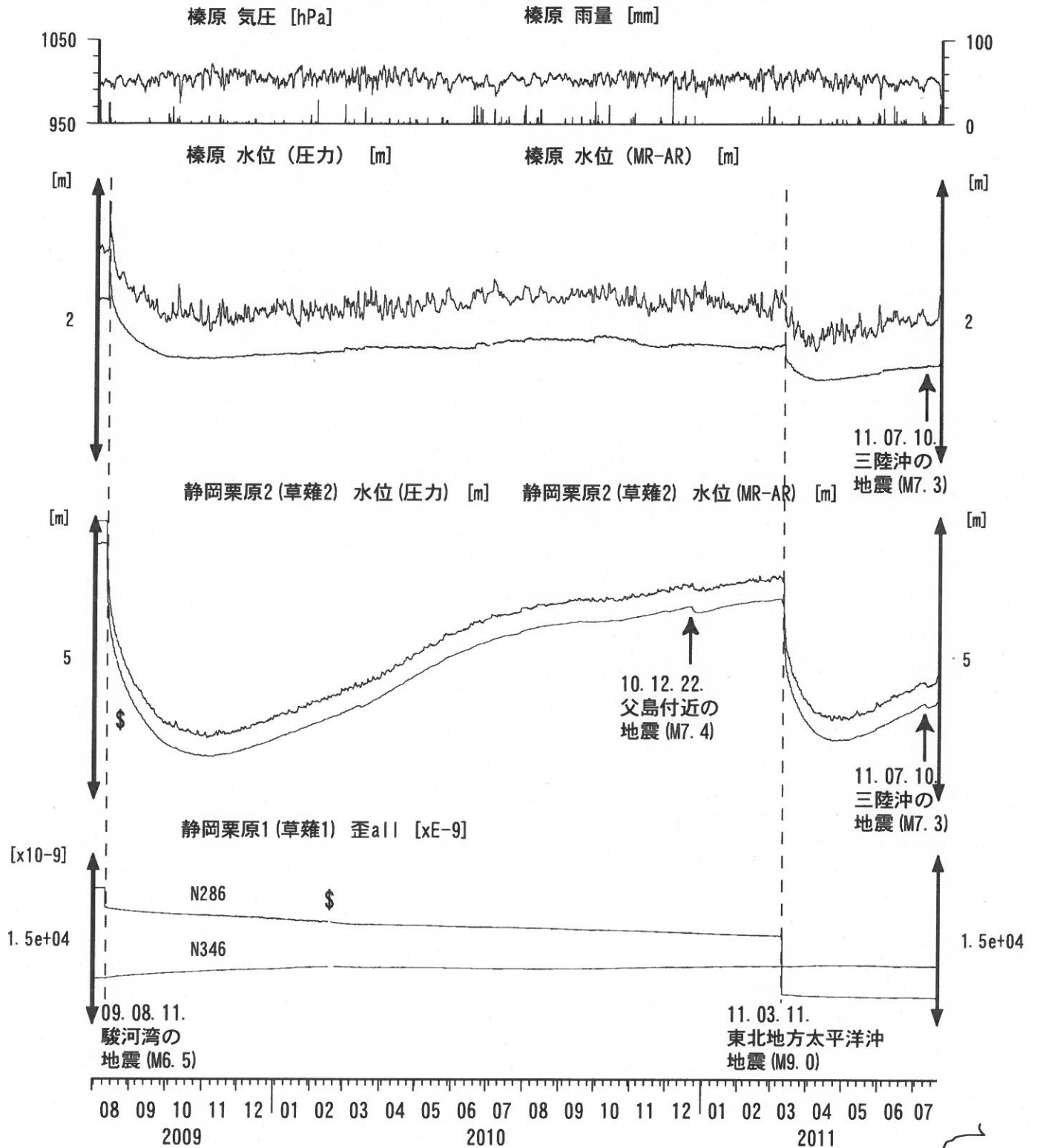
コメント: \$; 保守.

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)

(2009/08/01 00:00 - 2011/07/22 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.
 静岡栗原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.

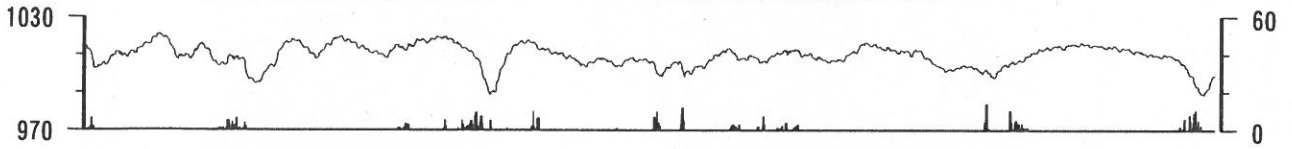


東海地域南部 地下水観測結果 中期 (時間値)

(2011/05/01 00:00 - 2011/07/22 00:00)

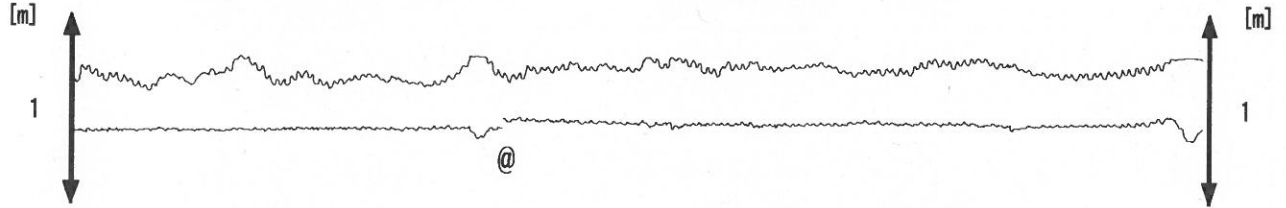
小笠 気圧 (Paro) [hPa]

小笠 降水量 (積算) [mm]



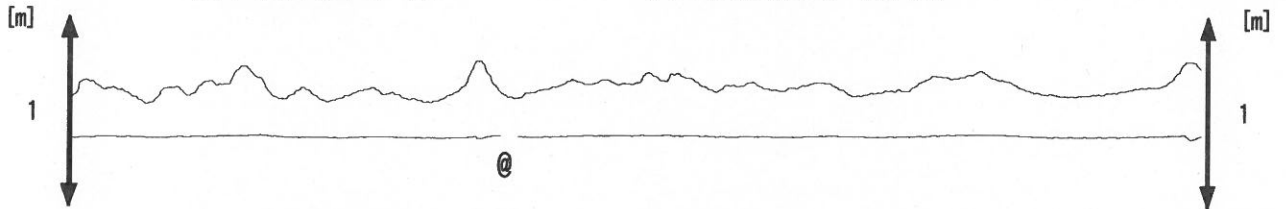
大東 水位 (差圧) [m]

大東 水位 (差圧) (MR-AR)



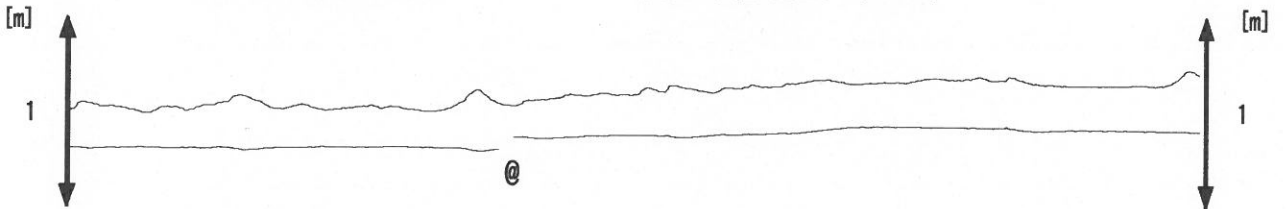
小笠 水位 (差圧) [m]

小笠 水位 (差圧) (MR-AR)

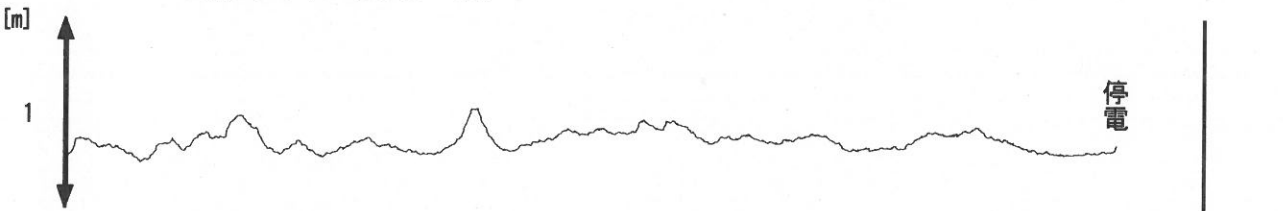


浜岡 水位 (差圧) [m]

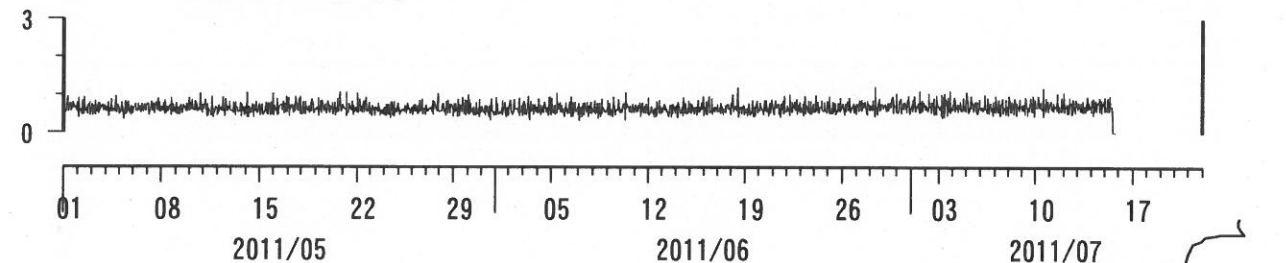
浜岡 水位 (差圧) (MR-AR)



御前崎 水位 (圧力) [m]



御前崎 ガス量 [L]



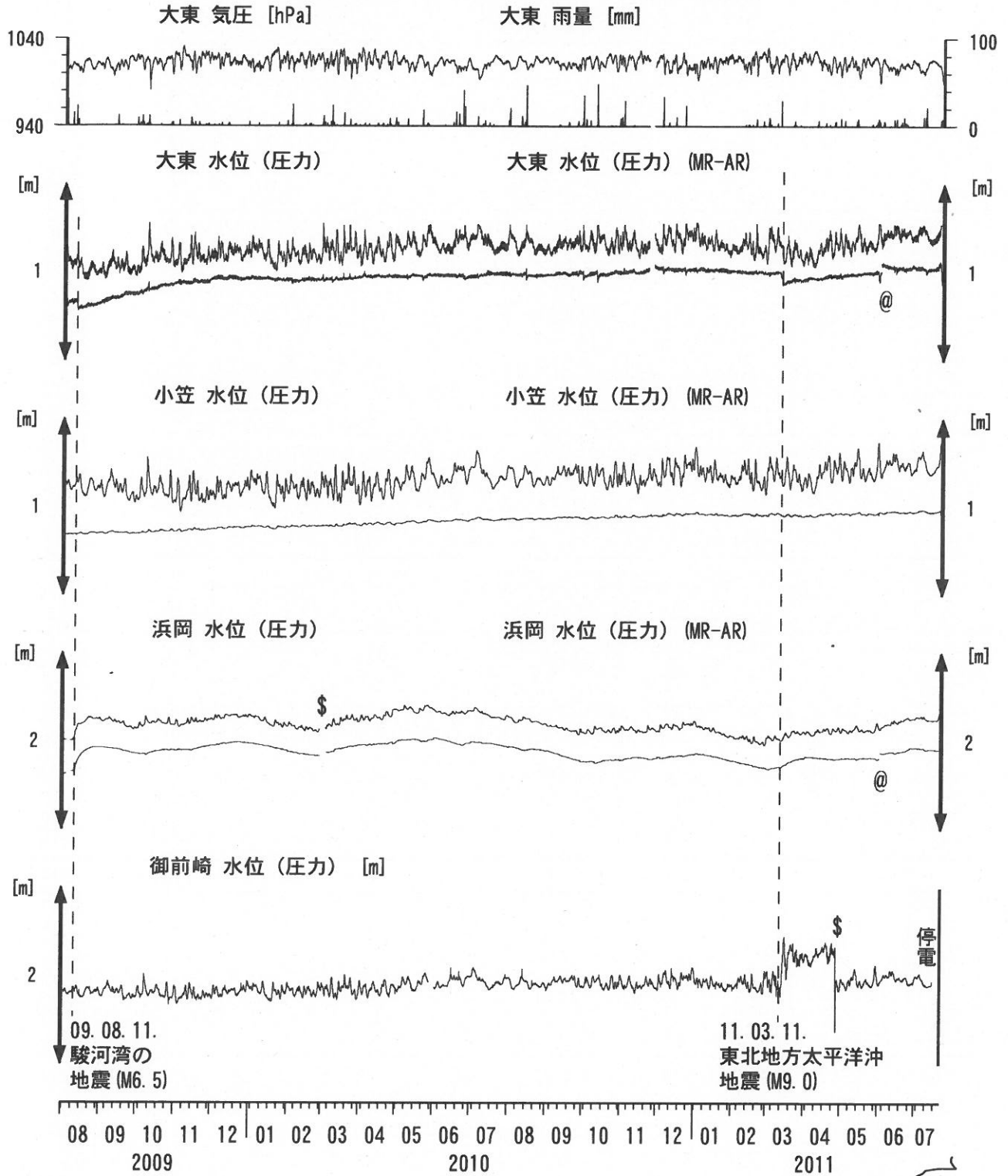
コメント:

*;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。
 2011年5月末と2011年7月20日頃の
 大東・小笠の補正值の低下は、
 井戸口から水が溢れたための
 見かけ上の変化である。



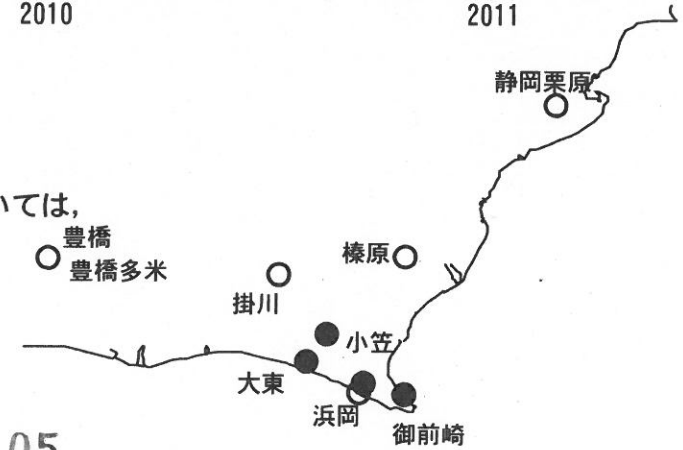
04

東海地域南部 地下水観測結果 長期 (時間値)
 (2009/08/01 00:00 - 2011/07/22 00:00)



コメント:

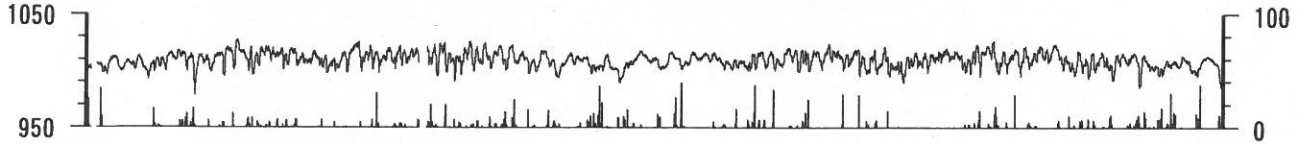
*;雨量補正不十分. \$;保守.
 @;月初めの補正値のギャップは、
 解析プログラムの見かけ上のものである。
 2011年3月15日頃~4月28日の水位の上昇については、
 ガス測定システムの故障によると思われる。



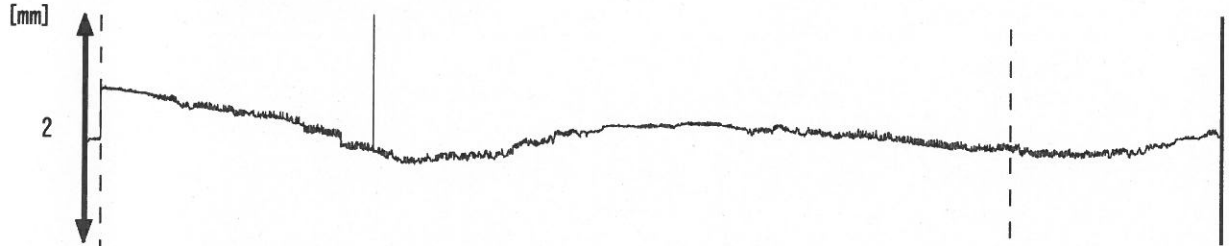
浜岡沈下・水位 (時間値) (2009/08/01 00:00 - 2011/07/22 00:00)

浜岡 気圧 [hPa]

浜岡 雨量 [mm]



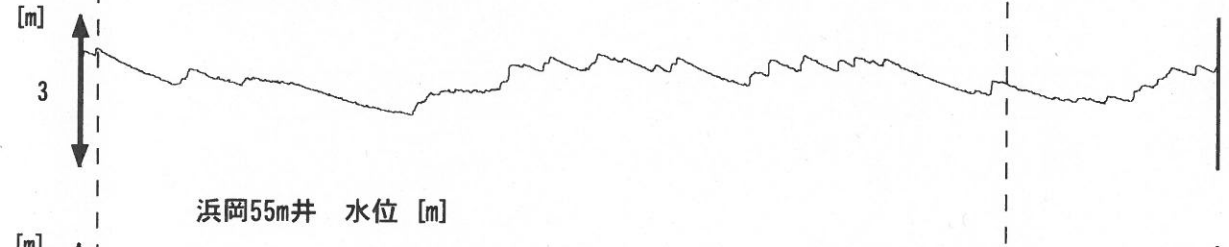
浜岡210m井 沈下 [mm]



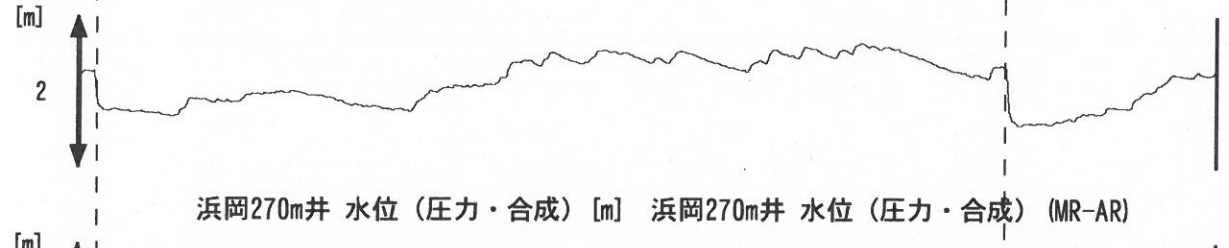
浜岡55m井 沈下 [mm]



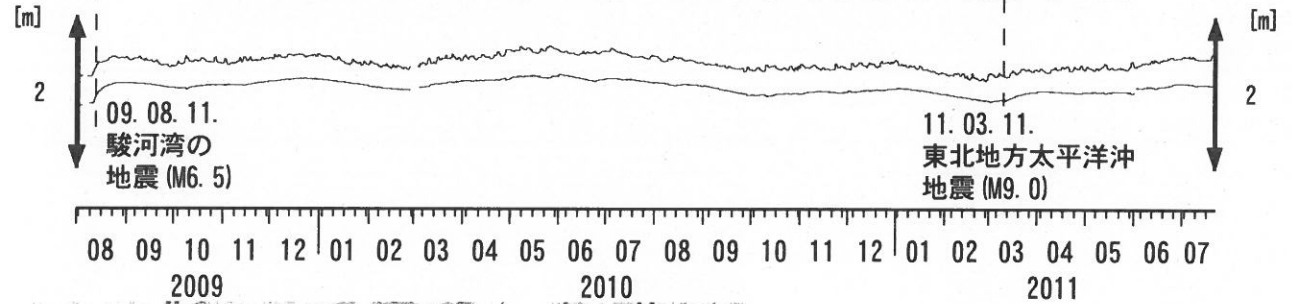
浜岡210m井 水位 [m]



浜岡55m井 水位 [m]



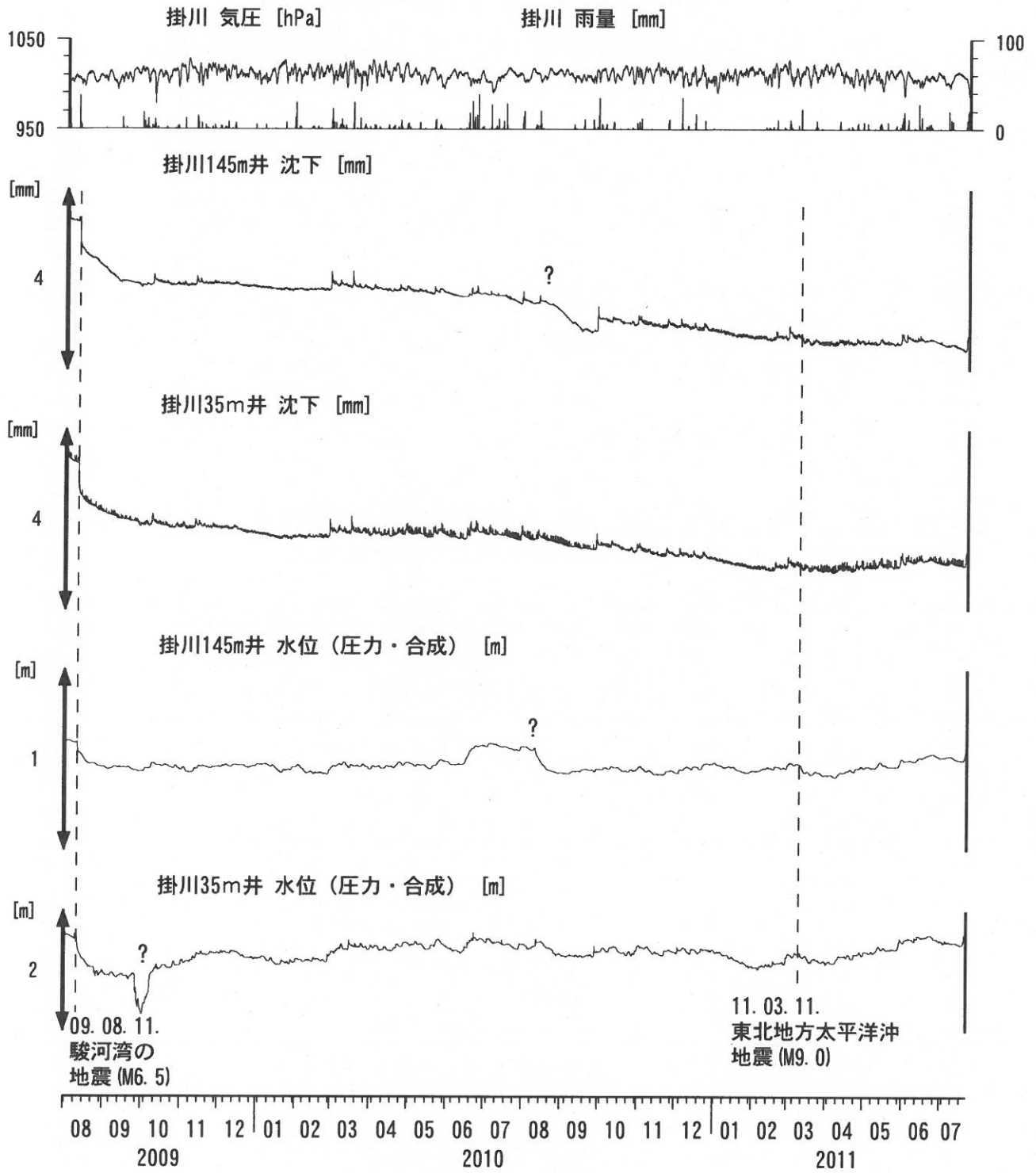
浜岡270m井 水位 (圧力・合成) [m] 浜岡270m井 水位 (圧力・合成) (MR-AR) [m]



コメント：\$, 保守.



掛川沈下・水位（時間値） （2009/08/01 00:00 - 2011/07/22 00:00）



コメント：\$;保守。
?;原因不明。



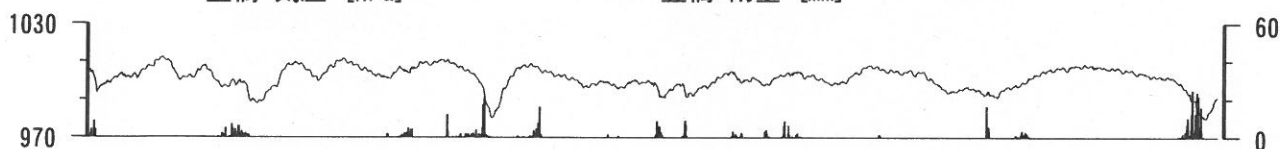
0 500 m



東海地域西部（豊橋・豊橋東）中期（時間値）
 (2011/05/01 00:00 - 2011/07/22 00:00)

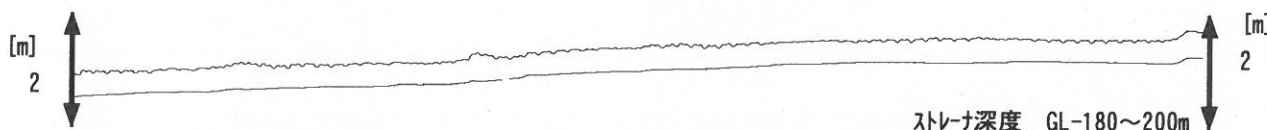
豊橋 気圧 [hPa]

豊橋 雨量 [mm]



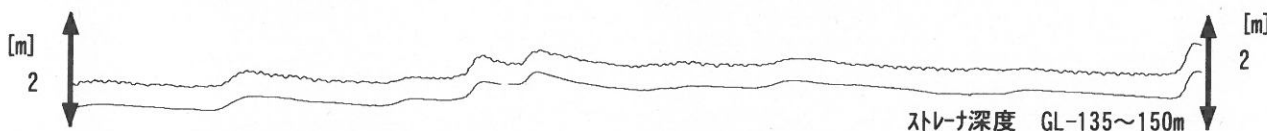
豊橋1 水位 [m]

豊橋1 水位 (BAYTAP)



豊橋2 水位 [m]

豊橋2 水位 (BAYTAP)

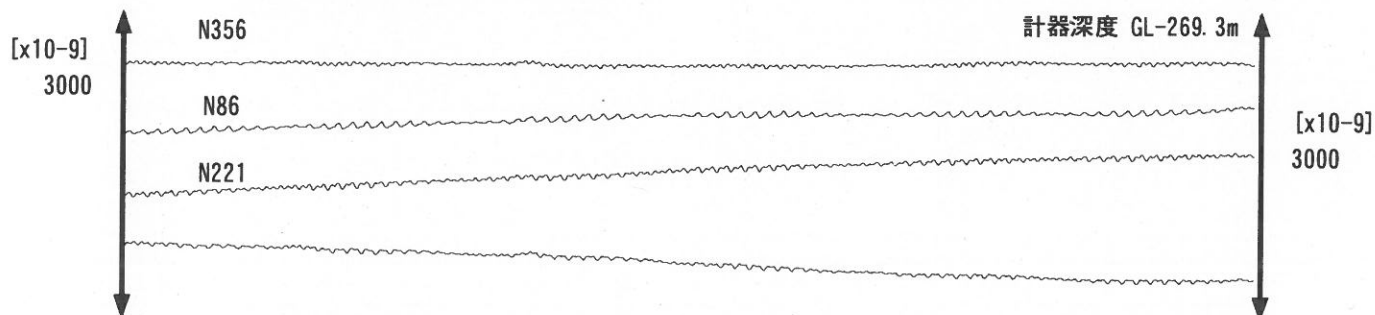


豊橋多米 (豊橋東) 水位 [m]

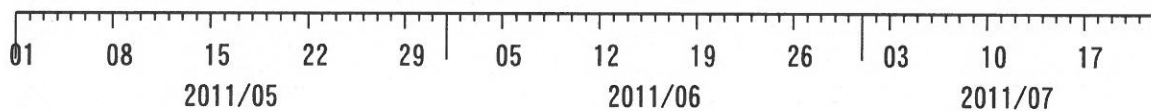
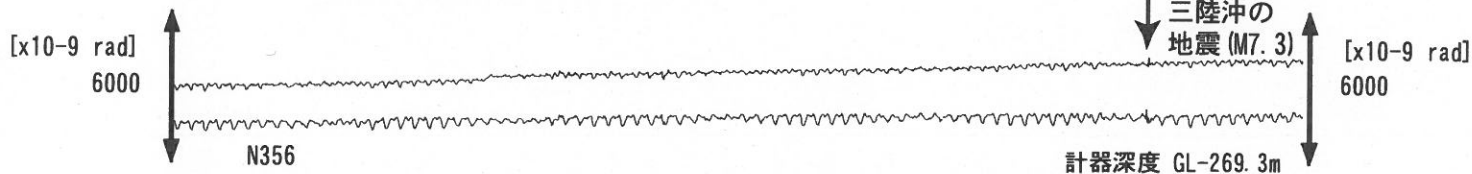
豊橋多米 (豊橋東) 水位 (BAYTAP)



豊橋多米 (豊橋東) 歪 [x10-9]



豊橋多米 (豊橋東) 傾斜 [x10-9 rad]

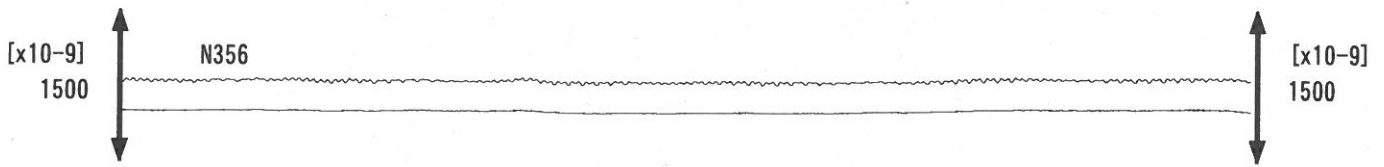


コメント：\$;保守. ?;原因不明.

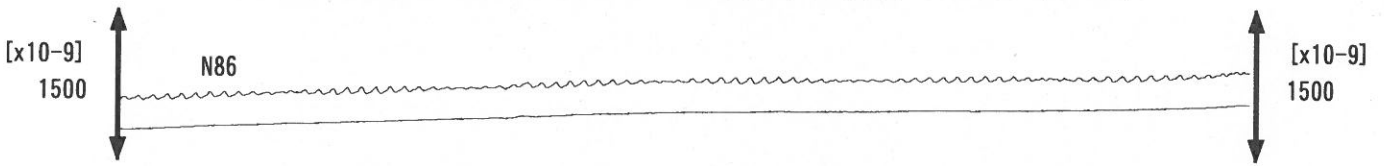


東海地域西部（豊橋東 歪）中期（時間値）
 (2011/05/01 00:00 - 2011/07/22 00:00)

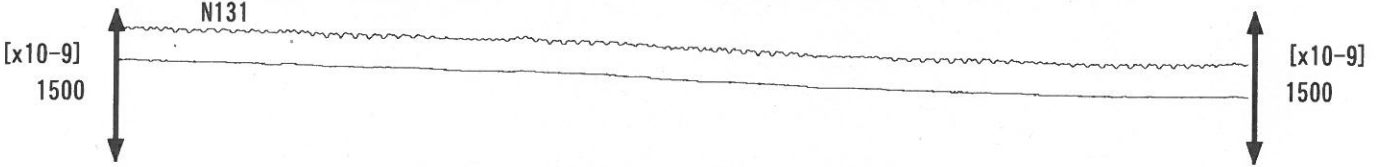
豊橋多米（豊橋東）歪 N356E [x10⁻⁹] 豊橋多米（豊橋東）歪 N356E (BAYTAP)



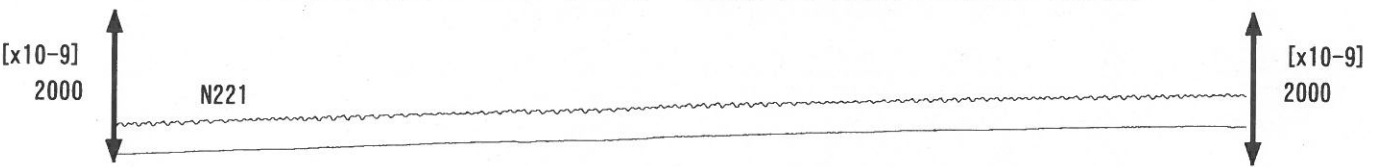
豊橋多米（豊橋東）歪 N86E [x10⁻⁹] 豊橋多米（豊橋東）歪 N86E (BAYTAP)



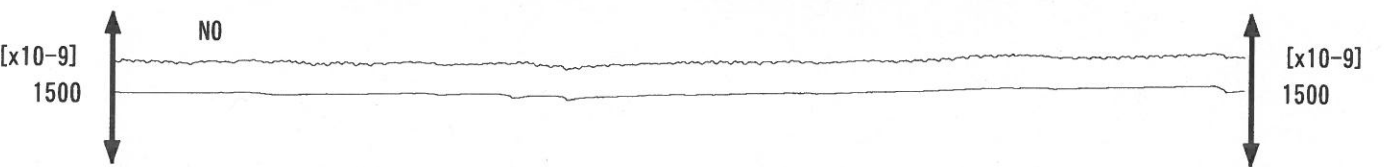
豊橋多米（豊橋東）歪 N131E [x10⁻⁹] 豊橋多米（豊橋東）歪 N131E (BAYTAP)



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



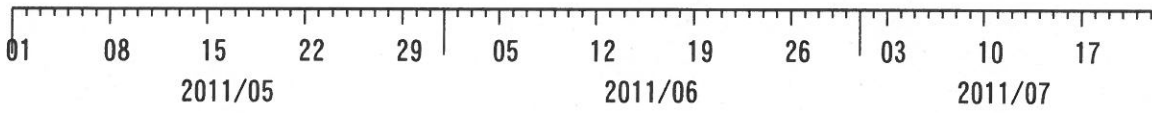
豊橋多米（豊橋東）歪 鉛直 [x10⁻⁹] 豊橋多米（豊橋東）歪 鉛直 (BAYTAP)



豊橋多米（豊橋東）磁力 N356E [nT]



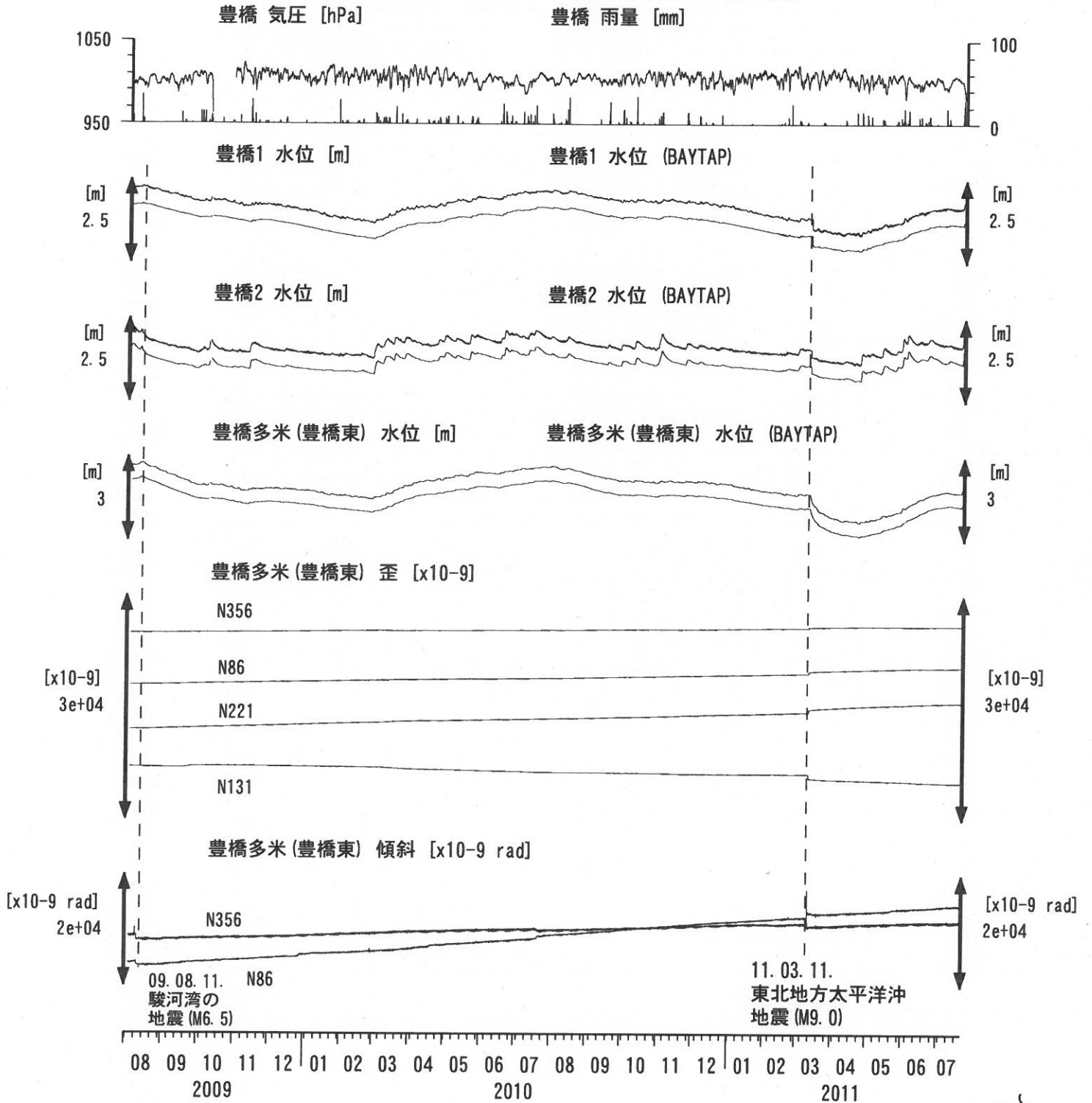
豊橋多米（豊橋東）歪計温度（水晶式） [deg. C]



コメント：\$;保守。?;原因不明.



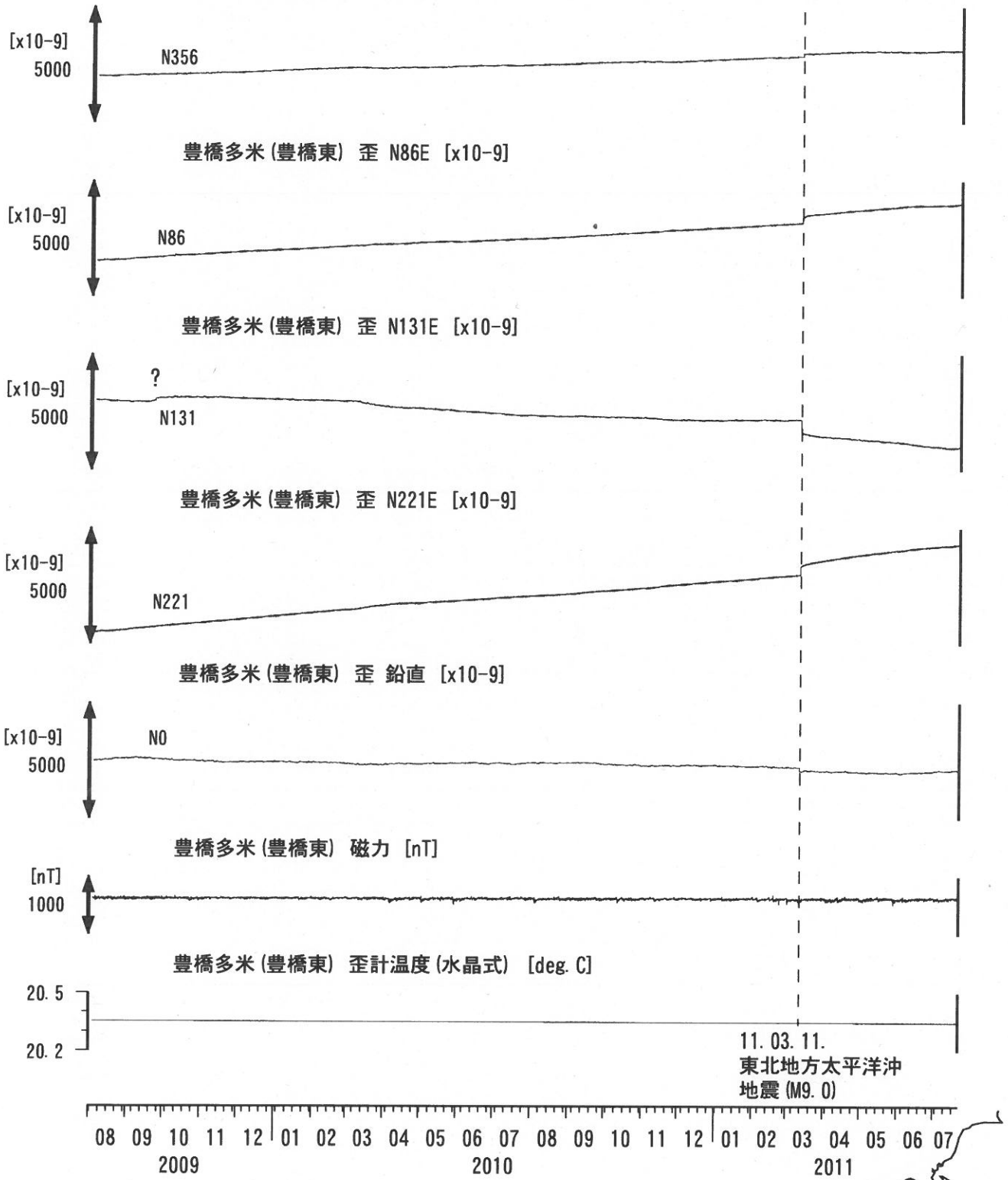
東海地域西部（豊橋・豊橋東）長期（時間値）
 (2009/08/01 00:00 - 2011/07/22 00:00)



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。



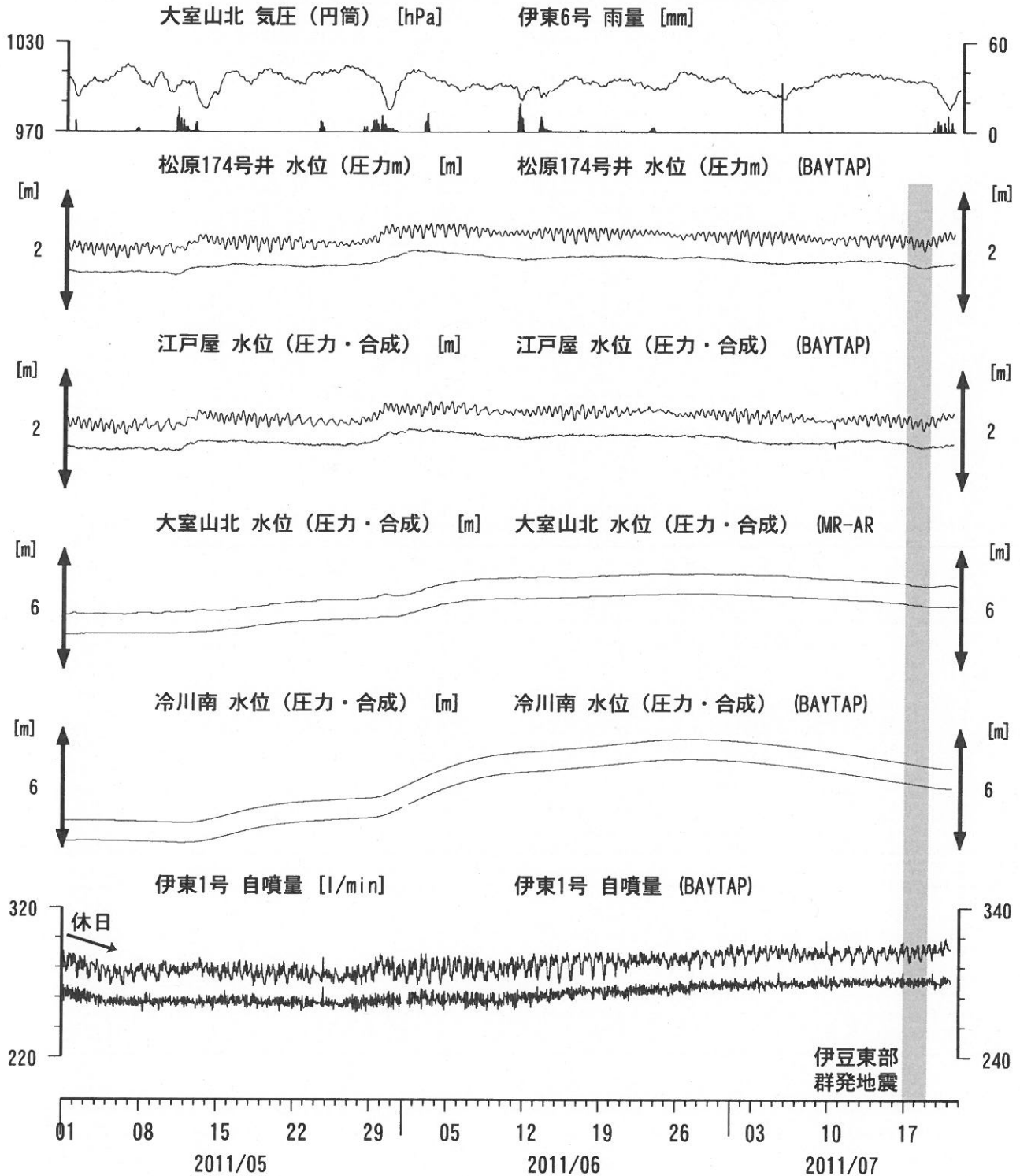
東海地域西部 (豊橋東 歪) 長期 (時間値)
 (2009/08/01 00:00 - 2011/07/22 00:00)
 豊橋多米 (豊橋東) 歪 N356E [x10⁻⁹]



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)
 (2011/05/01 00:00 - 2011/07/22 00:00)

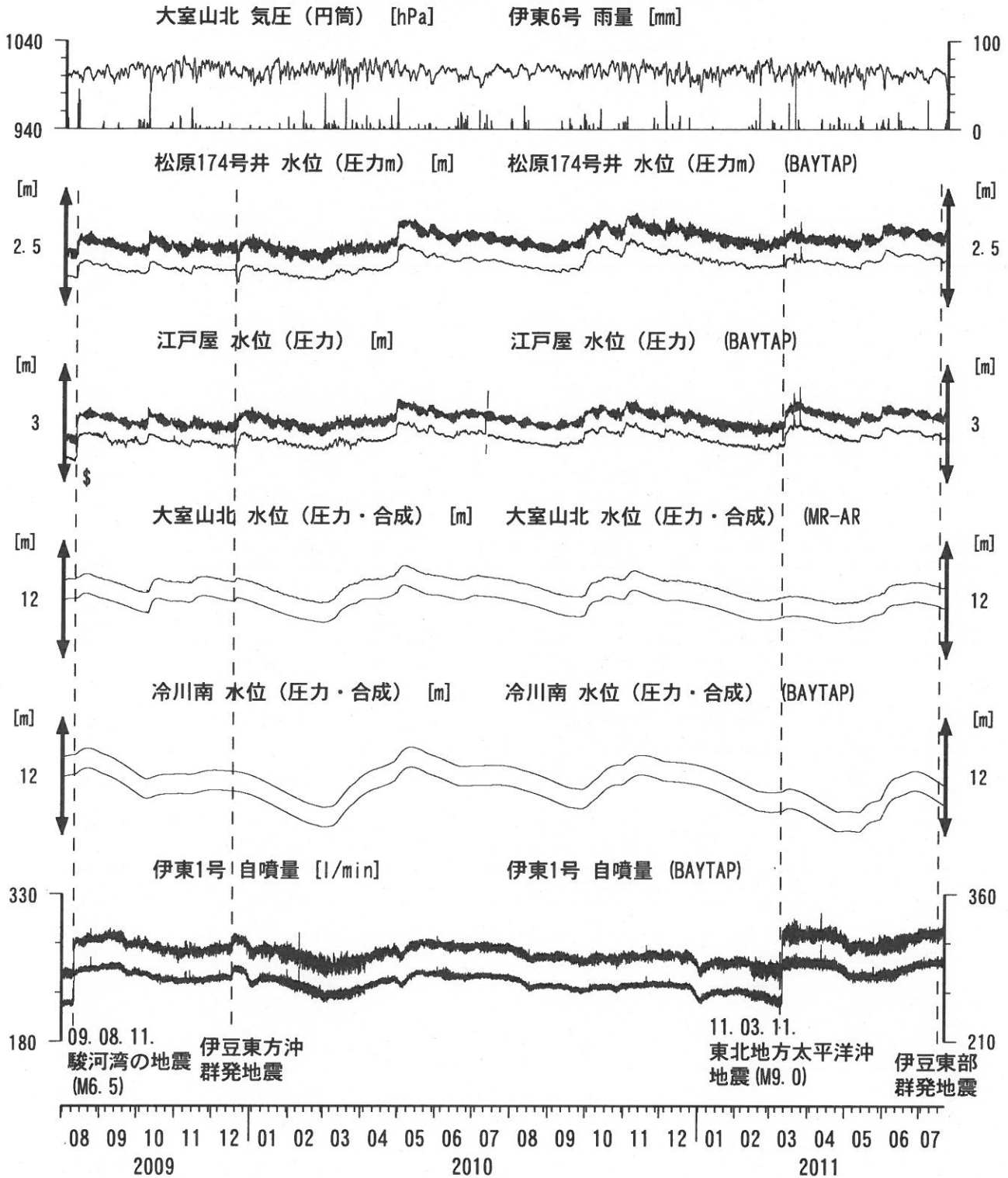


コメント：\$;保守. ?;原因不明.
 松原174号井は静岡県による観測.
 伊東1は、休日・年末年始に周囲の
 温泉使用量が増加するため、自噴量が減少する.
 伊東1の自噴量は、量が少なくなると
 配管構造のため、見かけ上、値がばらつく.



伊豆半島東部 地下水位・自噴量 長期 (時間値)

(2009/08/01 00:00 - 2011/07/22 00:00)

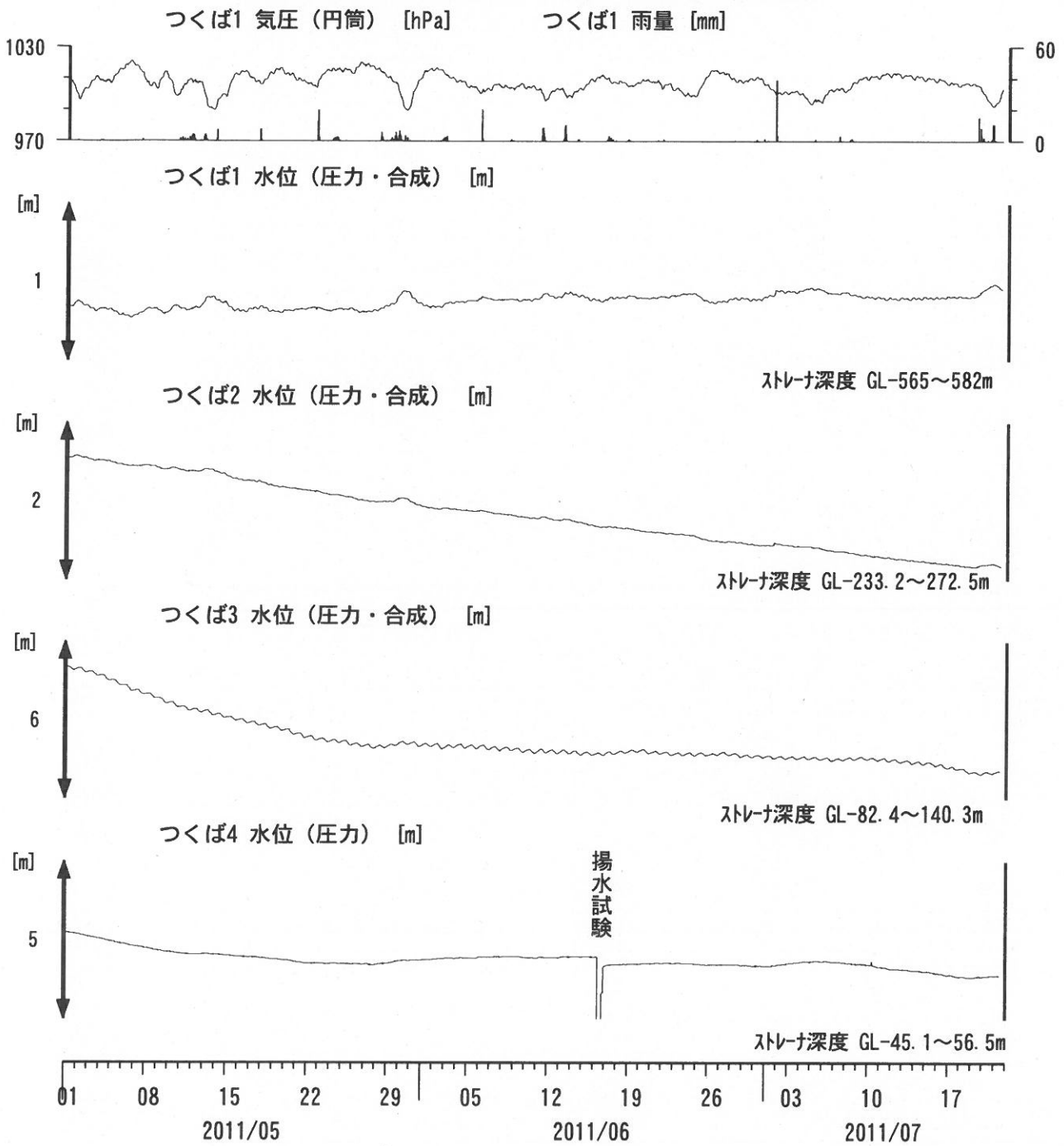


コメント：\$;保守. ?;原因不明.

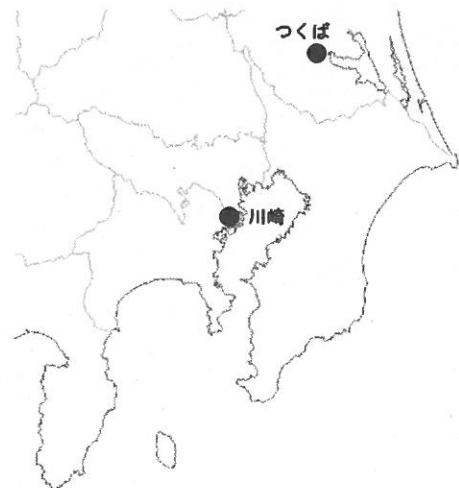
松原174号井は静岡県による観測。
 伊東1は、休日・年末年始に周囲の温泉使用量が増加するため、自噴量が減少する。
 伊東1の自噴量は、量が少なくなると配管構造のため、見かけ上、値がばらつく。
 2009年7月28日に江戸屋の水位計を更新した。



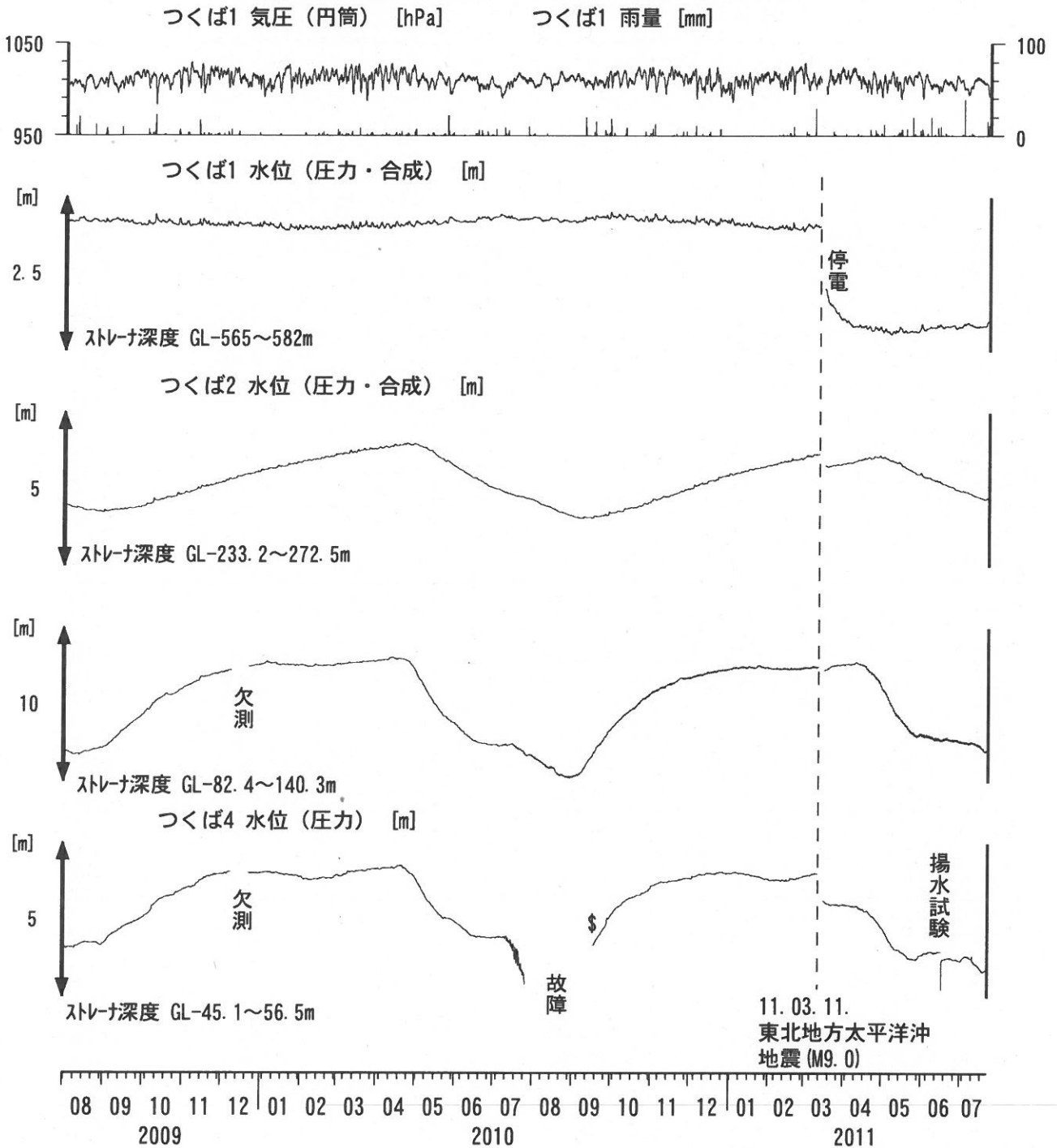
関東地域 地下水観測結果 中期 (時間値)
 (2011/05/01 00:00 - 2011/07/22 00:00)



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)
 (2009/08/01 00:00 - 2011/07/22 00:00)



コメント：\$;保守.

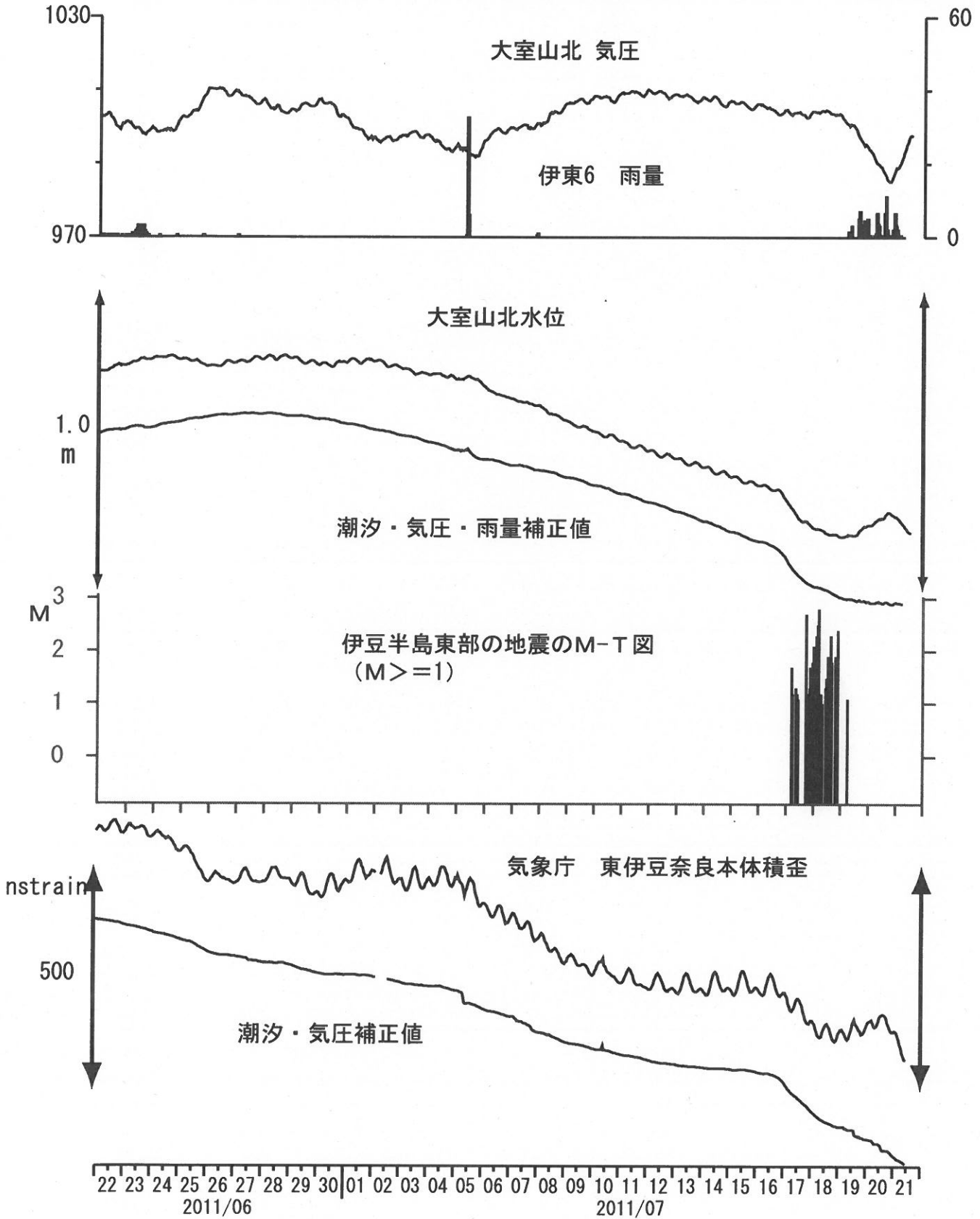
つくば2~4の水位が、例年春~秋に低下するのは、
 周囲の揚水によると考えられる。

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。



2011年7月の伊豆半島東部における群発地震活動に伴う地下水・地殻歪変化



2011/07/13 00:00-2011/07/20 24:00 N= 595

H : 0.0- 30.0km M: 0.5-8.5

JMA

Magnitude

2.0

3.0

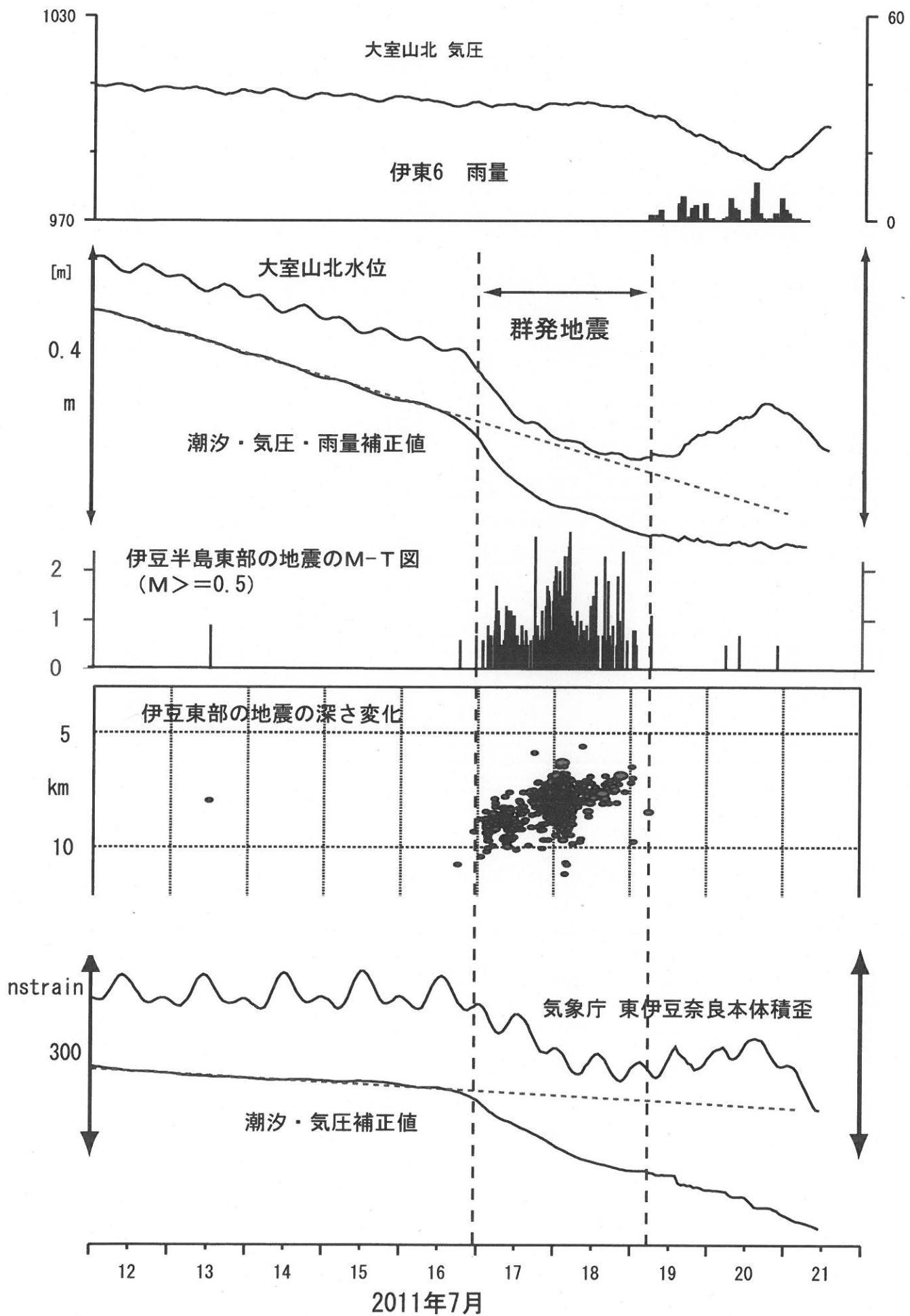
4.0

5.0

6.0

16

○



2011年7月

2009年12月の伊豆半島東部における群発地震活動に伴う地下水・地殻歪変化

小泉尚嗣 (産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター)

1. はじめに

伊豆半島東部では、1978年以来繰り返し火山性の群発地震が発生している。産業技術総合研究所（以下、産総研）の大室山北地下水位観測点（図1のOMR）は、1994年10月の観測開始以来、群発地震前に水位の低下を何度も生じている。これは、群発地震の原因であるダイク（岩脈）の地下深部からの貫入による地殻変動（体積歪変化）を、ダイクが群発地震を引き起こす前に検出していると考えたと説明できる（Koizumi et al., 2004）。伊豆半島東部の10km以深では、熱のために岩盤が柔らかくなっていてダイクの貫入があっても岩盤は変形するだけあり、10kmより浅くなってから地震（脆性破壊）が生じるからである（Okada et al., 2000）。

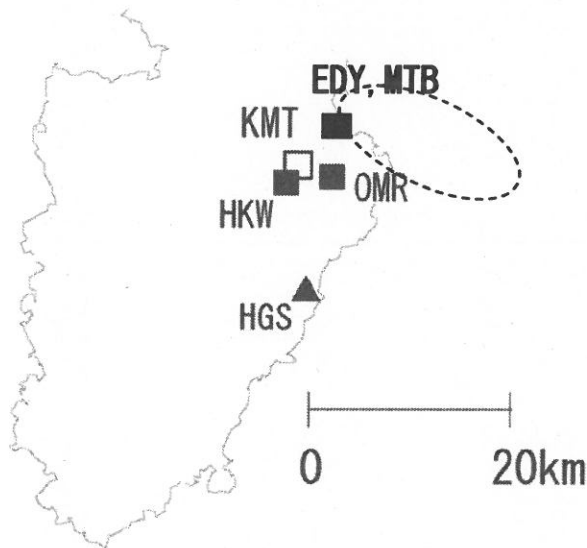


図1 観測点の位置。■：地下水観測点（OMR:大室山北, HKW:冷川南, EDY:江戸屋, MTB:松原174, MTBは静岡県の観測点）, ▲：気象庁の体積歪観測点（HGS:東伊豆奈良本）, □：気象庁の地震観測点（KMT:鎌田）。破線で囲んだ領域が過去の群発地震の大まかな位置。

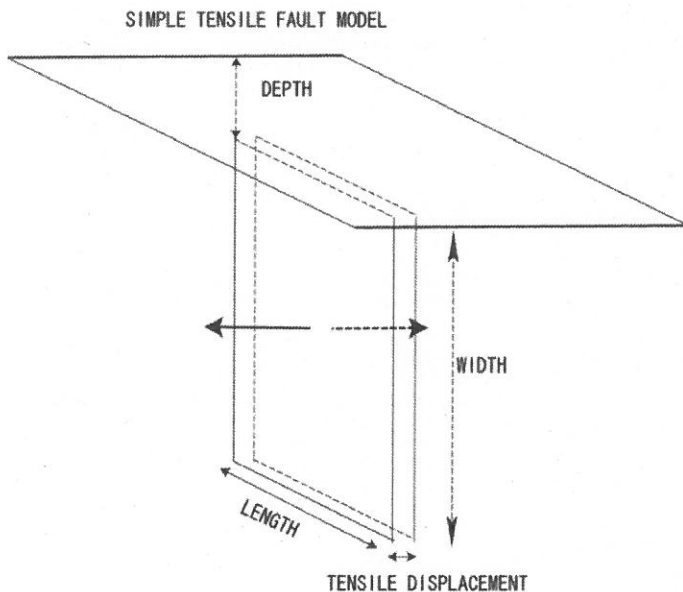


図2 開口断層モデル

OMRが1994年10月に設置されてから2009年11月まで（今回の活動以前まで）に比較的規模の大きな群発地震活動は4回あり、1995年9月、1996年10月、1997年3月、1998年4月が開始月であった。また、それ以外にも明瞭な水位低下が認められる規模の小さな群発地震活動が何回かあった

(Koizumi et al., 2004)。これらの活動において、気象庁の HGS 体積歪観測点 (図 1) では、体積歪が一貫して減少 (縮む) のに対し、OMR では当初水位の低下 (体積歪増加) で始まるが、震源が浅くなって地震活動が活発化するとともに水位が上昇 (体積歪減少) する傾向が認められる。図 1 で示されている領域に北西-南東ないし西北西-東南東にダイクが貫入して群発地震を発生させると考え、この位置に開口断層 (図 2) を想定すると、開口断層 (貫入ダイク) の先端の深さに関係なく HGS は圧縮領域だが、OMR の場合は、開口断層の先端深さが浅くなると体積膨張の領域から圧縮領域になり、上記の観測結果が説明出来る (Koizumi et al., 2004)。

2009 年 12 月の伊豆半島東部の群発地震活動でも地震前から地震後にかけて顕著な地下水位変化が OMR で観測された。それについて報告する。

2. 観測結果

今回の活動でも従来と同様な変化が認められた (図 3, 4)。なお、これらの図では、便宜上、12 月 17 日~21 日を群発地震活動期間としている。

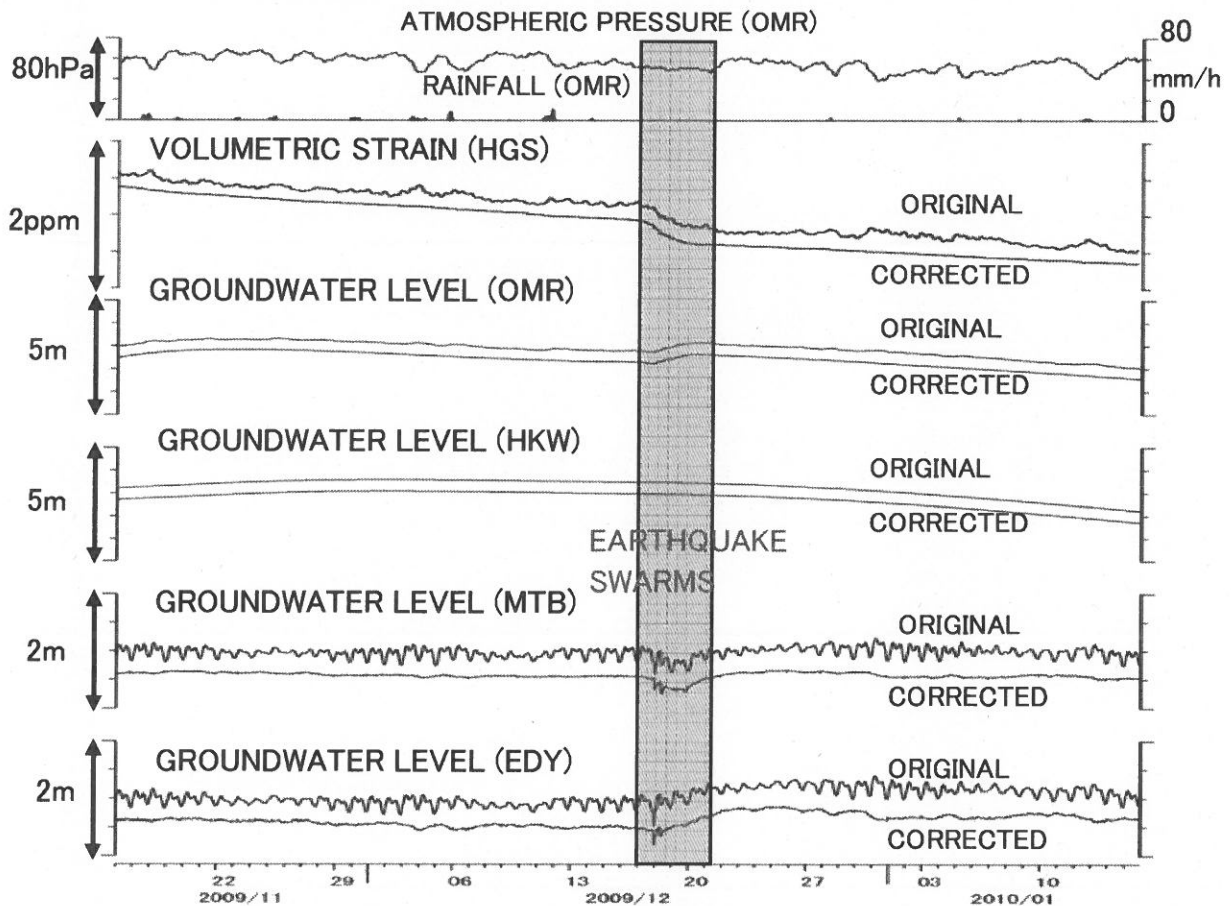


図 3 2009 年 11 月 16 日~2010 年 1 月 16 日の観測結果。赤で示した群発地震期間中に地下水位や体積歪が変化していることがわかる。

2009 年 12 月 16 日 17 時頃から OMR では、長期的な水位低下傾向を越える水位低下が始まった (図 4)。気象庁の HGS では、それより数時間おくれ歪が減少し始めた。その後、17 日午前 11 時頃から群発地震活動が始まった。12 月 17 日 23 時 45 分の M5.0 の地震 (伊東市で震度 5 弱) の 6 時間程度前から水位低下が緩和し地震活動が活発化しているように見える。この時間帯は、震源の深さが当初の 8km 程度から 6km 程度にまで上昇した時期とも一致している (図 5)。M5.0 の地震が発生した後水位は上昇した。また、12 月 18 日 8 時 45 分に M5.1 の地震 (伊東市で震度 5 弱) が発生し再び水位が上昇し 20 日の未明まで水位上昇を続けた。12 月 16 日 17 時を基準とすると、17 日 23 時 45 分の地震直前までの水位低下量は (12 月 16 日までの長期的な水位低下傾向: -1.5cm/日 も考慮して) 約 5cm ,

20日16時までの水位上昇量は約39cmである(図4)。OMRの水位の体積歪変化に対する感度(約30cm/ppm(Koizumi et al.,2004))から単純に換算すると、それぞれ0.2ppmの伸び、1.3ppmの圧縮ということになる。他方、同時期の東伊豆の体積歪変化はそれぞれ0.06ppmの圧縮、0.3ppmの圧縮である(図4)。12月20日0時頃から水位上昇が鈍り、HGSの体積歪変化の下降が穏やかになり、地震活動も沈静化しているように見える。なお、2010年1月21日2時59分にM4.4の地震(伊東市で震度4)が発生し、地震直後に約1cmの水位上昇が認められたが、その前後で特に大きな傾向の変化はなくHGSの体積歪の傾向にも変化が認められないので新たなダイクの貫入等は無いように思える。例年、この時期は、比較的降雨が少ない時期なので、長期的な水位低下があるのは特に異常ではない。冷川南(HKW)の方には、群発地震期間中に大室山北のような変化は認められない(図3)。

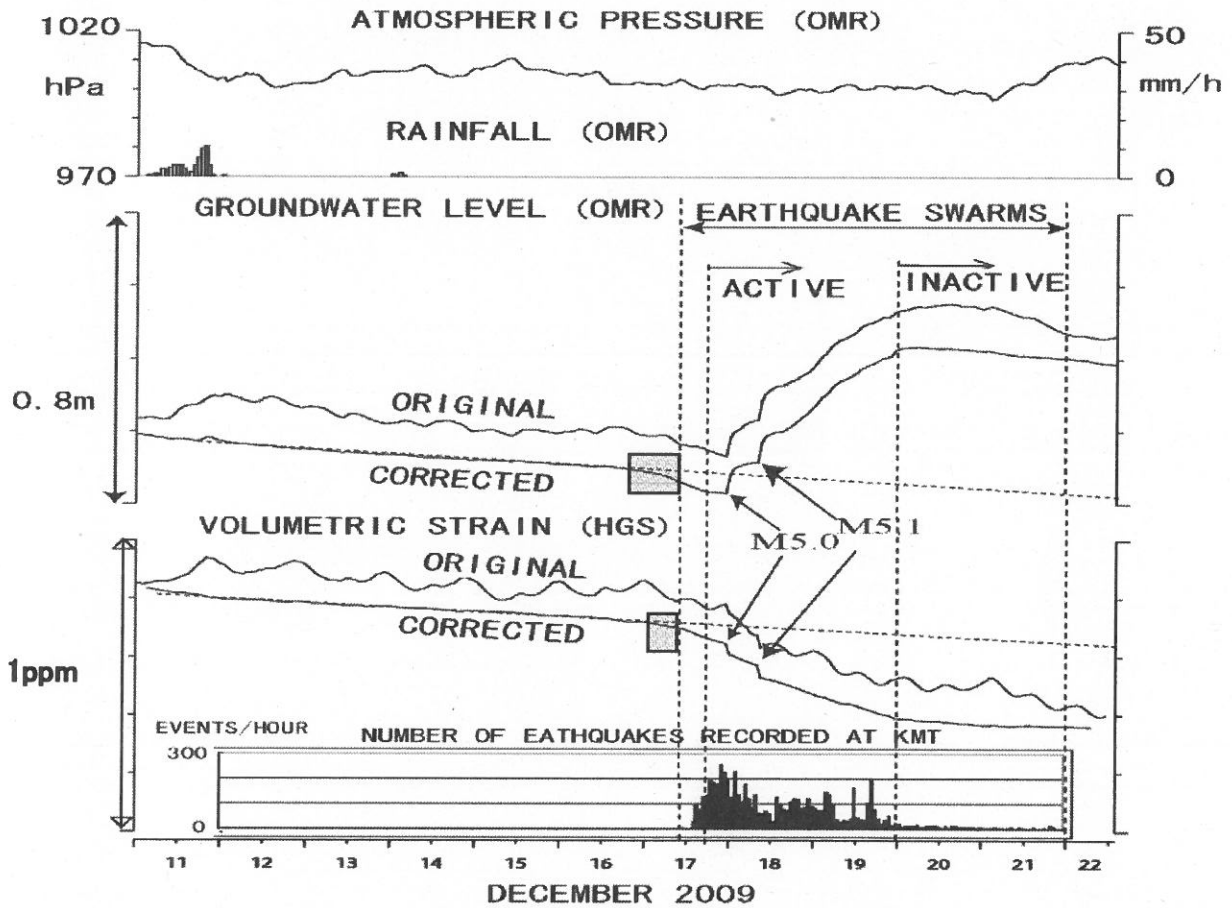


図4 2009年12月11日~22日の観測結果。水色で塗りつぶした部分に前兆的な地下水位変化や体積歪変化が認められる。一番下の棒グラフは、2009年12月21日気象庁発表資料によるKMTで記録された1時間当たりの地震回数。

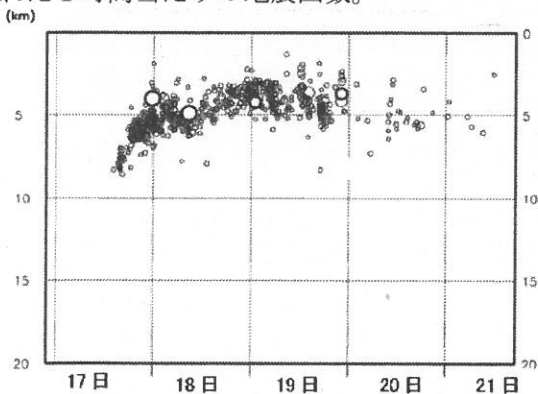


図5 2009年12月17日~21日の群発地震の深さの時間変化(2009年12月21日気象庁発表資料)。

3. 議論

図6に上述の OMR の水位と HGS の体積歪変化を説明する簡単な開口断層モデルを示した。計算には MICAP-G (内藤・吉川, 1999) を用いている。第5-a 図は 2009 年 12 月 16 日 17 時~17 日 23 時の OMR の水位低下 (5cm→0.2ppm の伸び) と HGS (▲) の体積歪変化 (-0.06ppm : 圧縮) を説明するモデルである。地震の震源分布を参考にして、幅 3 km, 長さ 4.3 km, 先端深さ 5 km の鉛直断層を考え、開口幅 100mm を与えると、HGS の歪 : -0.03ppm, OMR の体積歪 : 0.4ppm となっておおむね観測値を説明する。第5-b 図は 2009 年 12 月 16 日 17 時~20 日 13 時の OMR の水位上昇 (39cm→-1.3ppm) と HGS の体積歪変化 (-0.3ppm) を説明しようとしたモデルである。第5-a 図の断層が単純に上に伸びたと考えてモデルを作ると先端が 500m に達しないと OMR は縮みにならない。これは、地震の震源の分布の深さが 2km 以深という観測事実と整合しない (図5)。地殻浅部は、深部よりも圧縮率が大きいと考えられ、ダイクは成長して伸びるのではなく移動するとも考えられる。この考察に基づ

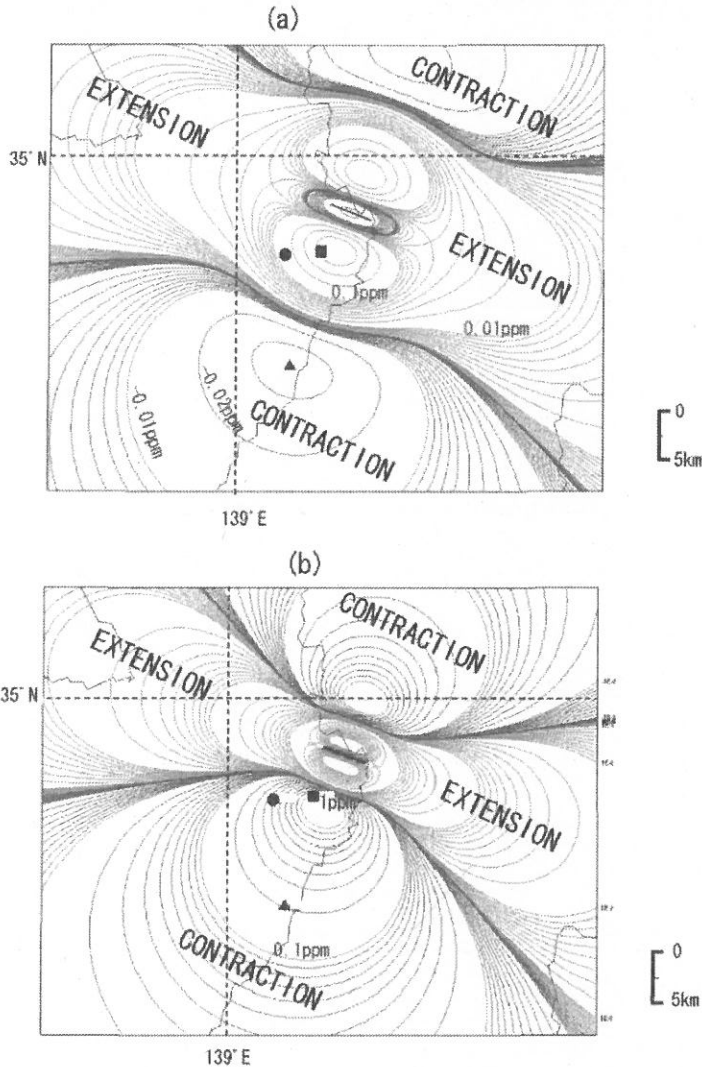


図6

(a) 2009 年 12 月 16 日 17 時~17 日 23 時の観測結果を説明する断層モデルとそのモデルから計算される体積歪変化。
■: OMR, ●: HKW, ▲: HGS。

(b) 2009 年 12 月 16 日 17 時~20 日 13 時の観測結果を説明する断層モデルとそのモデルから計算される体積歪変化。

き、第5-a 図の断層が上に移動してさらに開くとしてモデルを作り直した。それでも先端深さ 2 km では、OMR 付近が縮みにはならない。結局、先端深さを 1 km とし、幅 3 km, 長さ 4.3 km の鉛直断層を与え、さらに開口幅 200mm にすると、HGS の歪 : -0.2ppm, OMR の体積歪 : -1.1ppm となって観測値を概ね説明するが (第5 b 図), それでも地震の震源の観測値とは 1km 浅い。この作業を、実は、群発地震活動中に行っており、マグマの先端が 1 km 以浅にきているのではないかと考えて冷や汗をかいた。リアルタイムに近い形で解析を行っているときは、得られるデータが不十分なので単純なモデルに頼らざるを得ない。東伊豆の体積歪も大室山北の水位もマグマの動きを的確に反映した変化をしたと思われるが、それを使ってリアルタイムにマグマの位置を推定し防災情報に役立てるのにはまだ課題がある。

4.まとめ

2009年12月に発生した伊豆東部の群発地震活動で、気象庁東伊豆の体積歪と産総研の大室山北における水位は、地下のマグマの動きを反映する顕著な変化を示した。それは、従来の研究から想定される通りの変化で会ったが、それを元にリアルタイムにダイクの位置を把握するためには、まだ課題があることがわかった。

参考文献

- Koizumi N., Y. Kitagawa, N. Matsumoto, M. Takahashi, T. Sato, O. Kamigaich and K. Nakamura, Pre-seismic groundwater level changes induced by crustal deformations related to earthquake swarms off the east coast of Izu Peninsula, Japan, *Geophys.Res.Lett.*, 31, L10606, doi:10.1029/2004GL019557, 2004.
- 内藤宏人・吉川澄夫, 地殻変動解析支援プログラム MICAP-G の開発, *地震* 2, 52, 101-103, 1999.
- Okada, Y., E. Yamamoto, and T. Ohkubo, Coswarm and preswarm crustal deformation in the eastern Izu Peninsula, central Japan, *J. Geophys.Res.*, 105, 681-692, 2000.

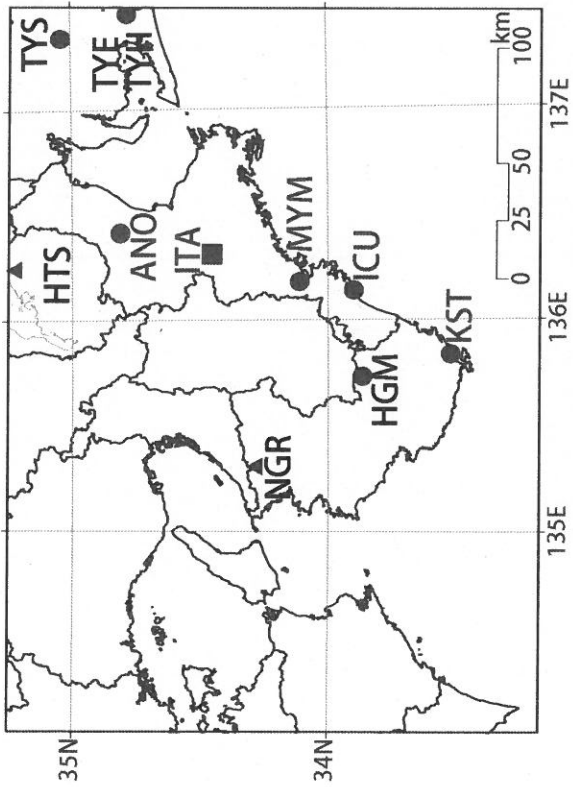
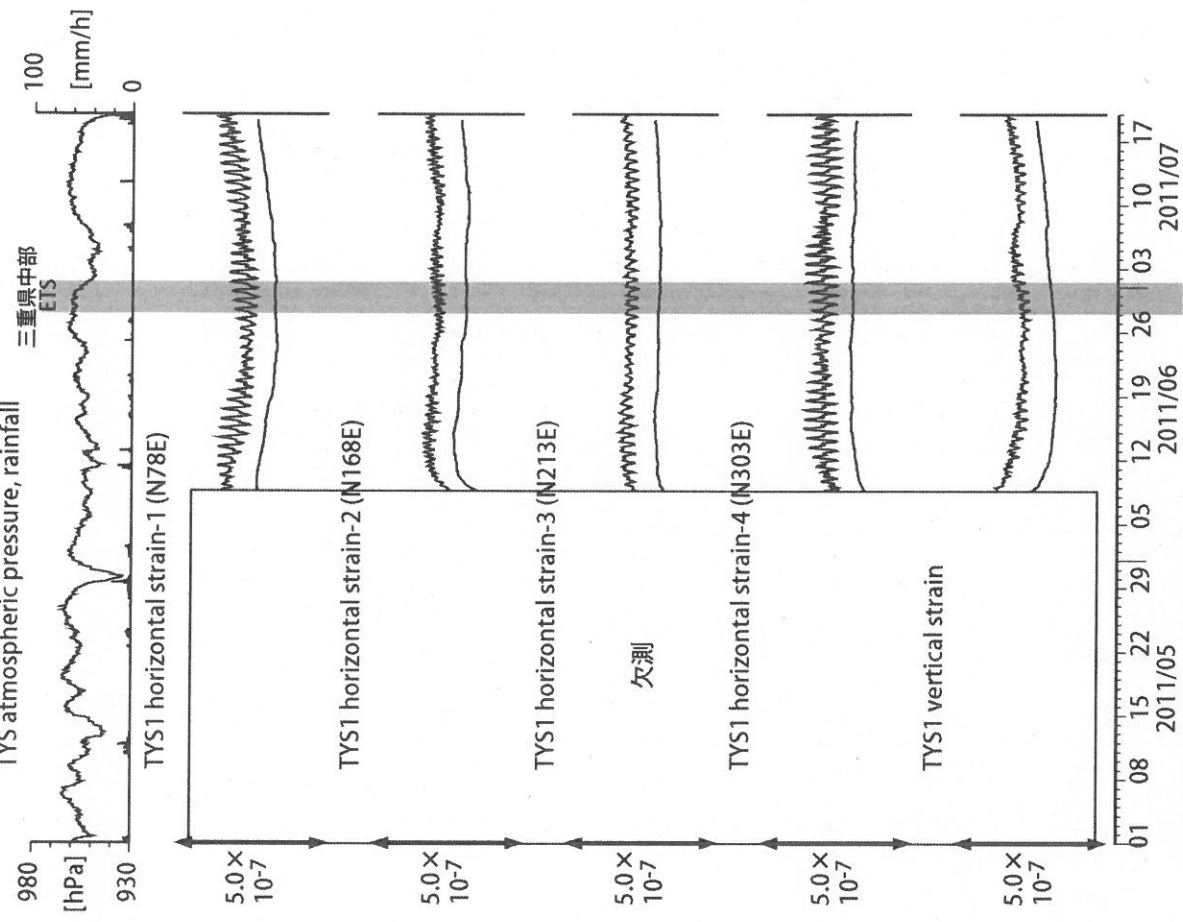


図1: 紀伊半島～愛知県における地下水等総合観測施設の分布図(●・■・▲)はデジタル方式の石井式歪計・傾斜計を併設している観測点、■は Gladwin 式歪計・ミットリ式傾斜計を併設している観測点、▲はアナログ方式の石井式歪計を併設している観測点を示す。

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。

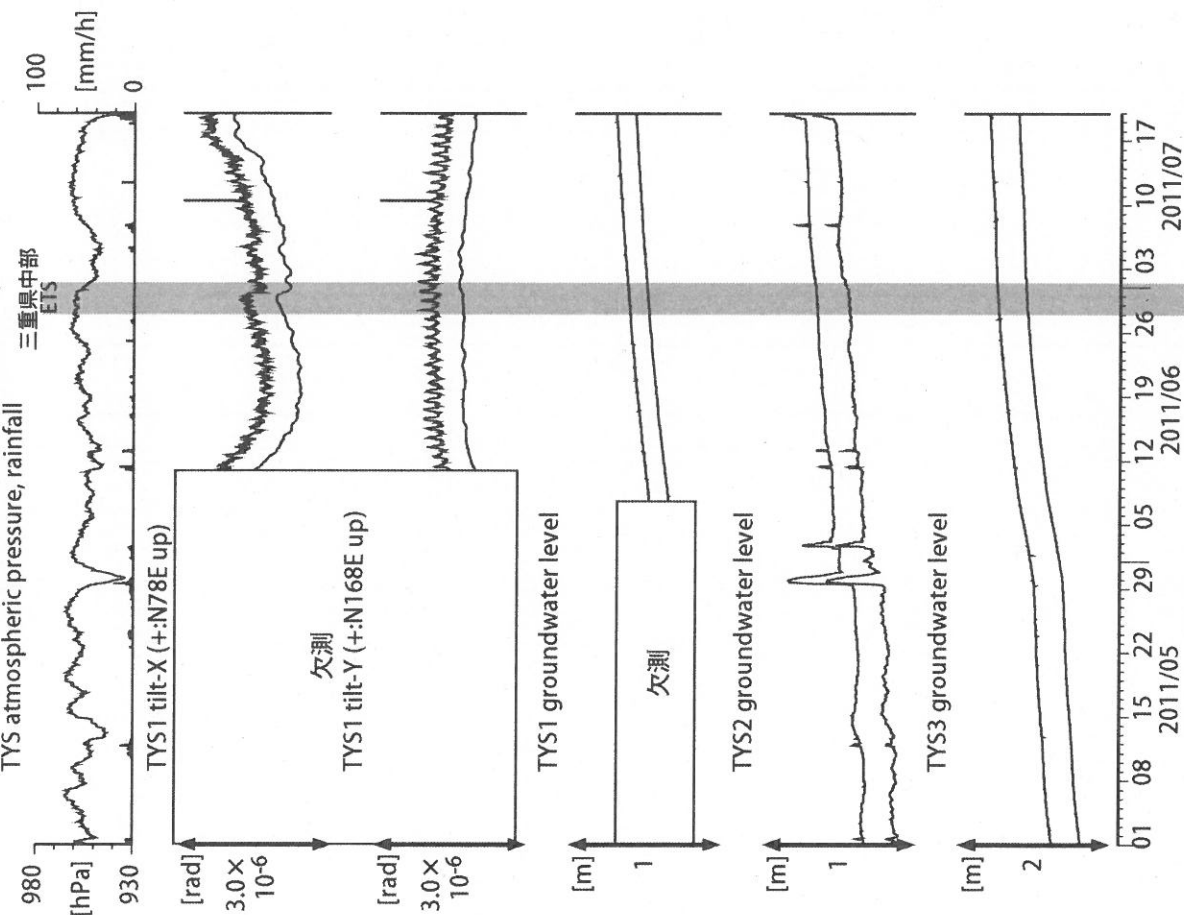
3文字コード (変更無し)	旧名称	新名称	新名称ふりがな	市区町村	図
TYS	豊田下山	豊田神殿	とよたかんの	愛知県豊田市	2,3
TYE	豊橋東	豊橋多米	とよはしため	愛知県豊橋市	4,5
HTS	秦荘	愛荘香之庄	あいしょうこうのしょう	滋賀県愛知郡愛荘町	6
ANO	安濃	津安濃	つあのう	三重県津市	7,8
ITA	飯高赤桶	松阪飯高	まつさかいいたか	三重県松阪市	9,10
MYM	海山	紀北海山	きほくみやま	三重県北牟婁郡紀北町	11,12
ICU	井内浦	龍野磯崎	くまのいそざき	三重県龍野市	13,14
HGM	本宮三越	田辺本宮	たなべほんぐう	和歌山県田辺市	15,16
KST	串本津荷	変更無し	くしもとつが	和歌山県東牟婁郡串本町	17,18
NGR	根来	岩出東坂本	いわでひがしきかもと	和歌山県岩出市	19

図2: Crustal strains changes at TYS (時間値)
(2011/05/01 00:00 - 2011/07/20 00:00)
TYS atmospheric pressure, rainfall



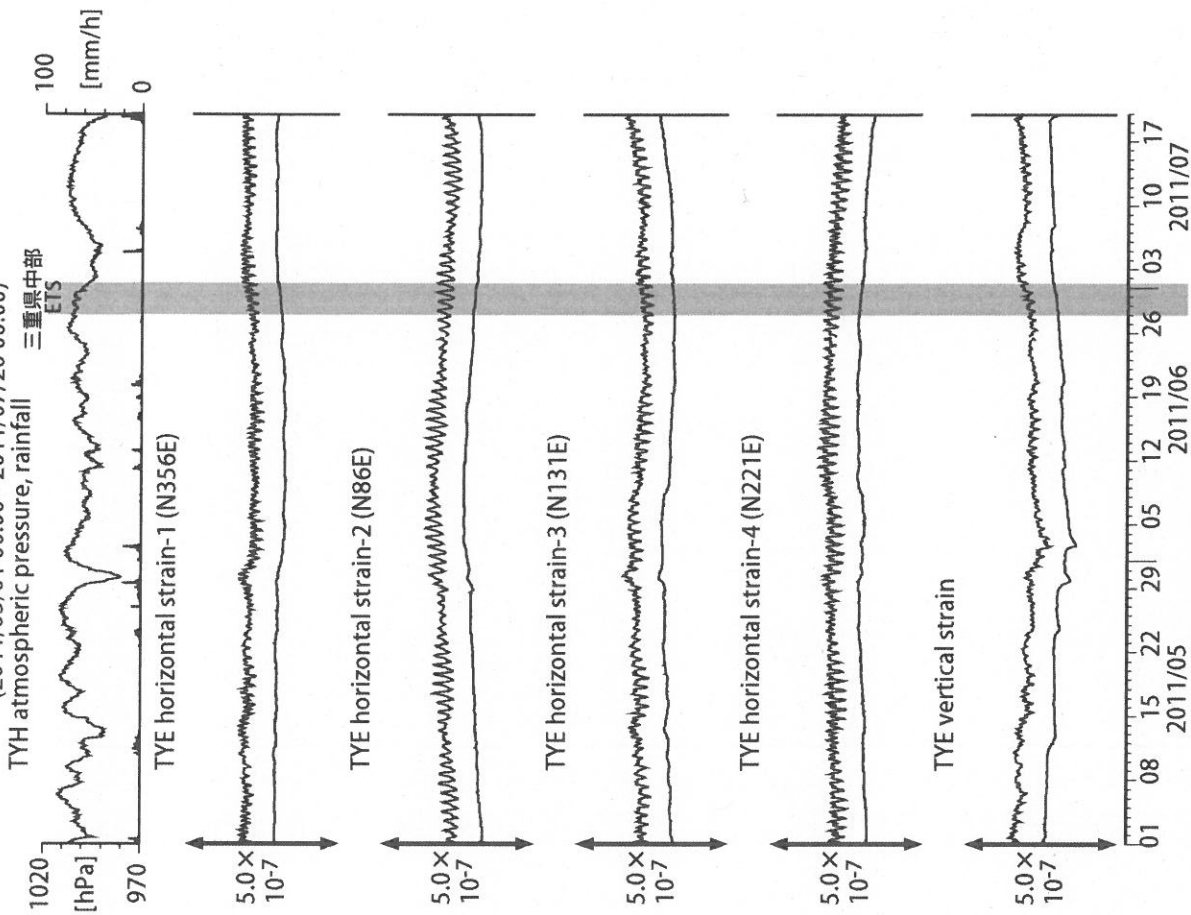
観測点名: 豊田神殿 (旧名称: 豊田下山)
Strainmeter depth = 586.7-588.1 [GL-m]
上: 1次トレンドを除去
下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、1次トレンドも除去

図3: Tilt and groundwater level changes at TYS (時間値)
(2011/05/01 00:00 - 2011/07/20 00:00)



観測点名: 豊田神殿 (旧名称: 豊田下山)
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-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4: Crustal strain changes at TYE (時間値)
(2011/05/01 00:00 - 2011/07/20 00:00)



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

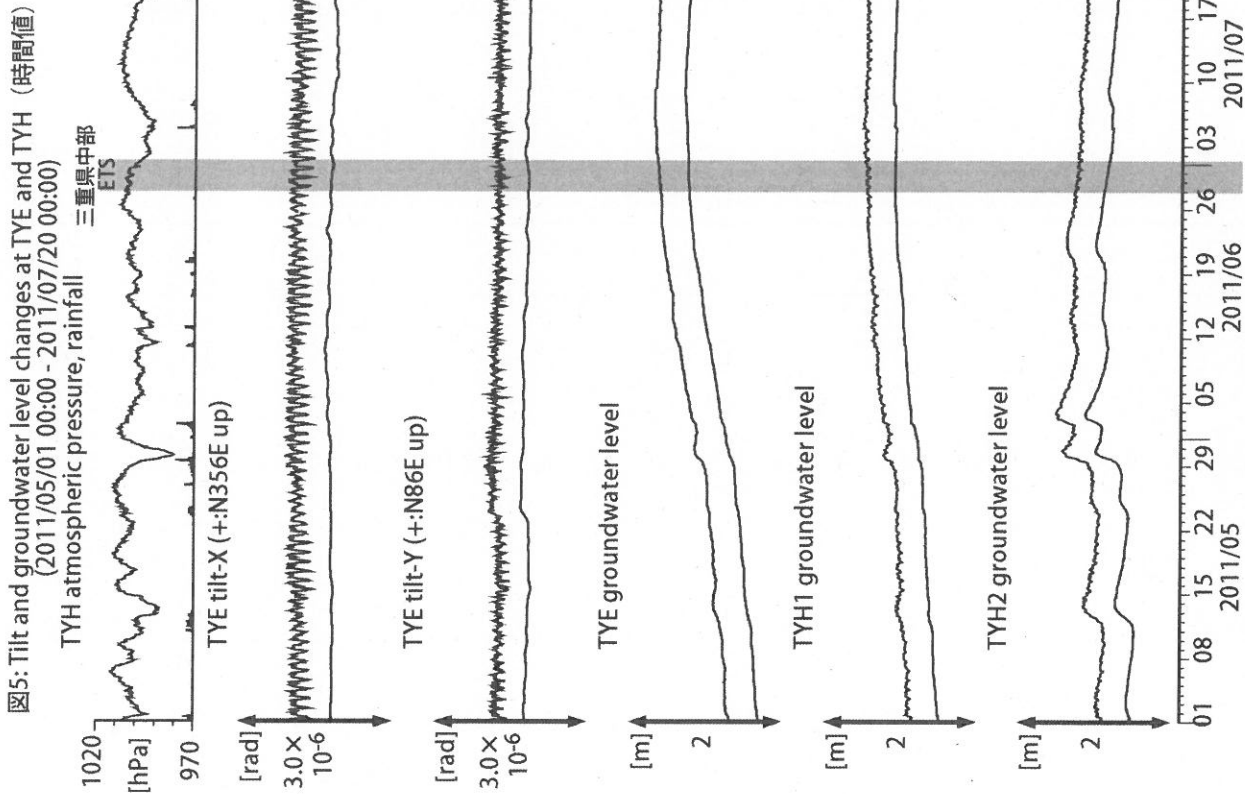


図5: Tilt and groundwater level changes at TYE and TYH (時間値)
(2011/05/01 00:00 - 2011/07/20 00:00)
TYH atmospheric pressure, rainfall
三重県中部 ETS

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-Giにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去、tiltは1次トレンドも除去

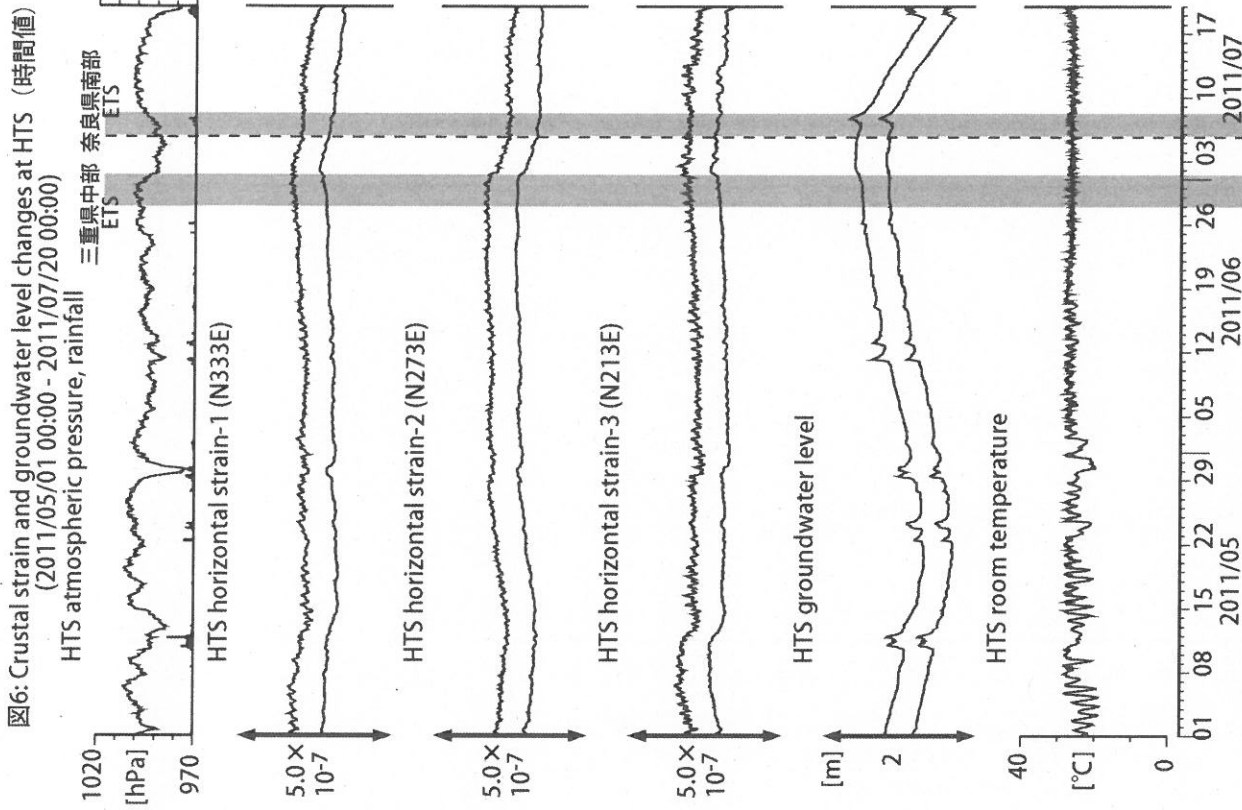
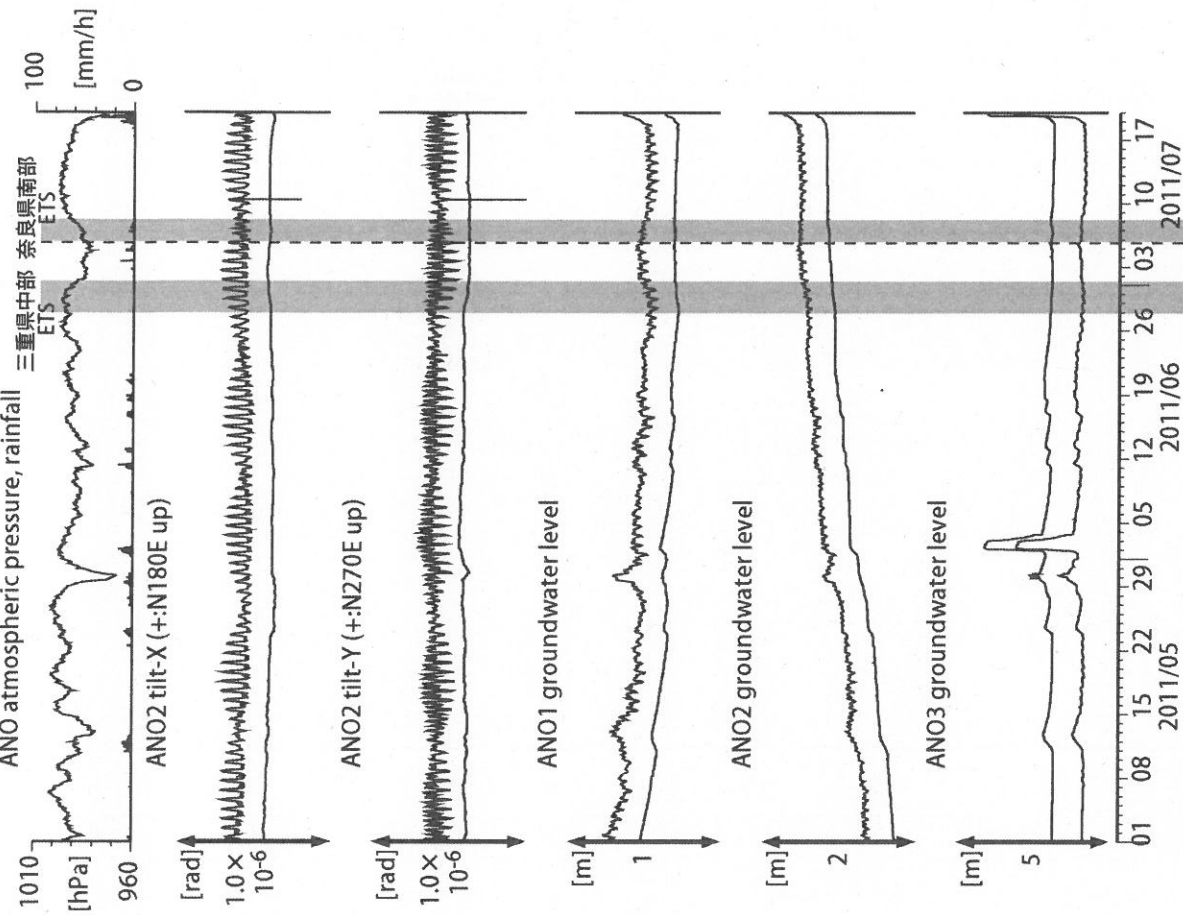


図6: Crustal strain and groundwater level changes at HTS (時間値)
(2011/05/01 00:00 - 2011/07/20 00:00)
HTS atmospheric pressure, rainfall
三重県中部 奈良県南部 ETS

観測点名: 愛荘香之庄 (旧名称: 養荘)
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-Gi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

和歌山県北部
の地震 M_{JA} 5.4

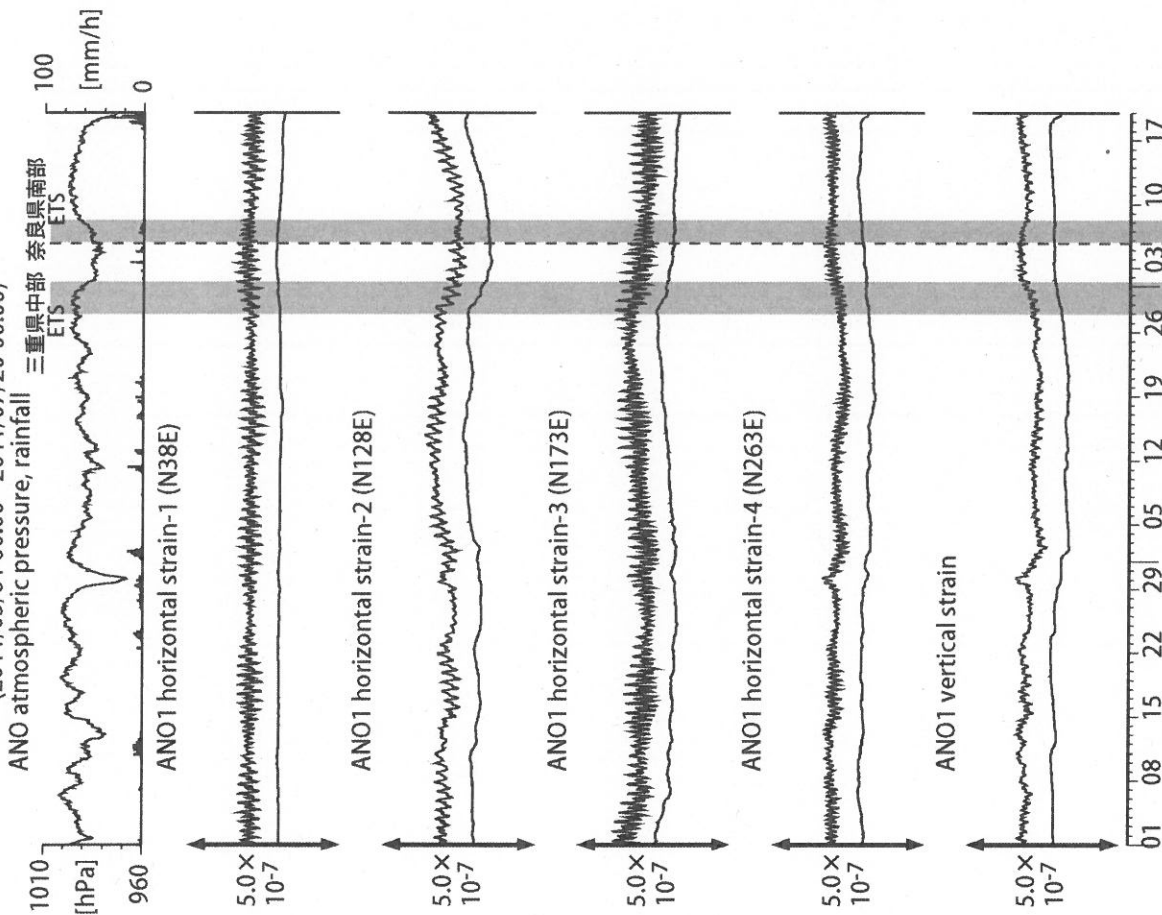
図8: Tilt and groundwater level changes at ANO (時間値)
(2011/05/01 00:00 - 2011/07/20 00:00)



観測点名: 津安濃 (旧名称: 安濃)
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・ノイズ成分除去、tiltは1次トレンドも除去

和歌山県北部
の地震M_{max}5.4

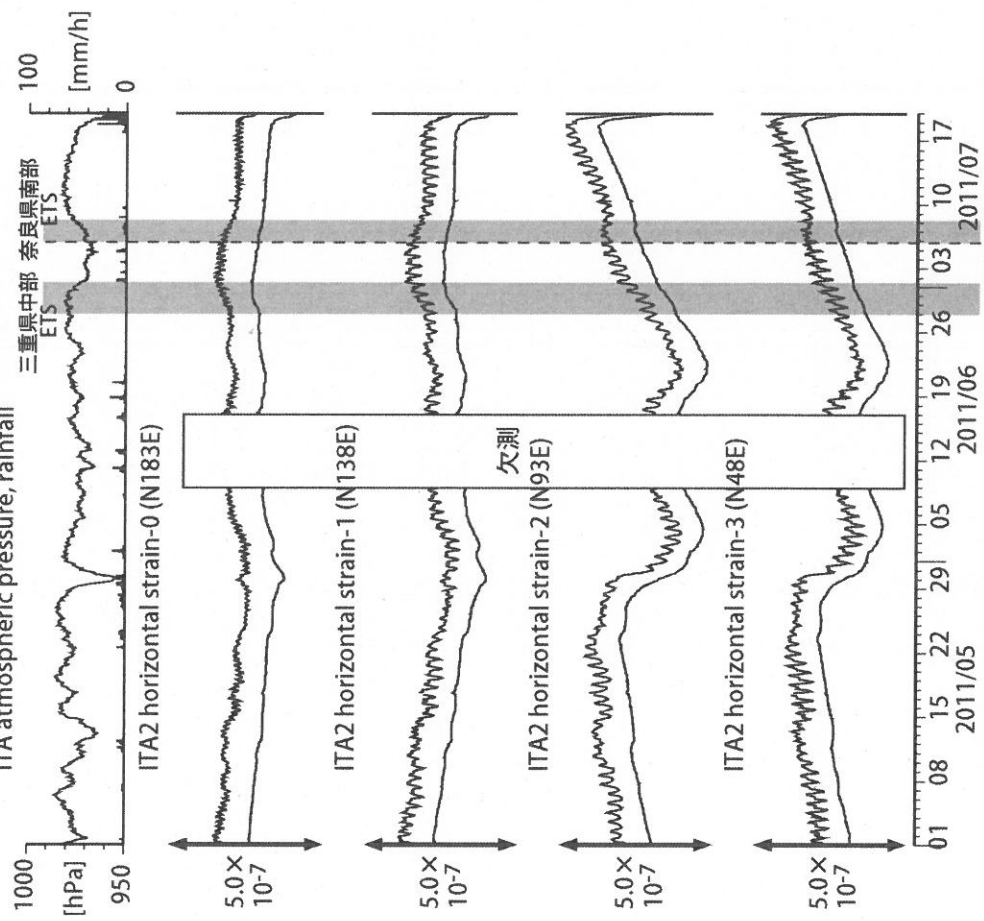
図7: Crustal strains changes at ANO (時間値)
(2011/05/01 00:00 - 2011/07/20 00:00)



観測点名: 津安濃 (旧名称: 安濃)
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

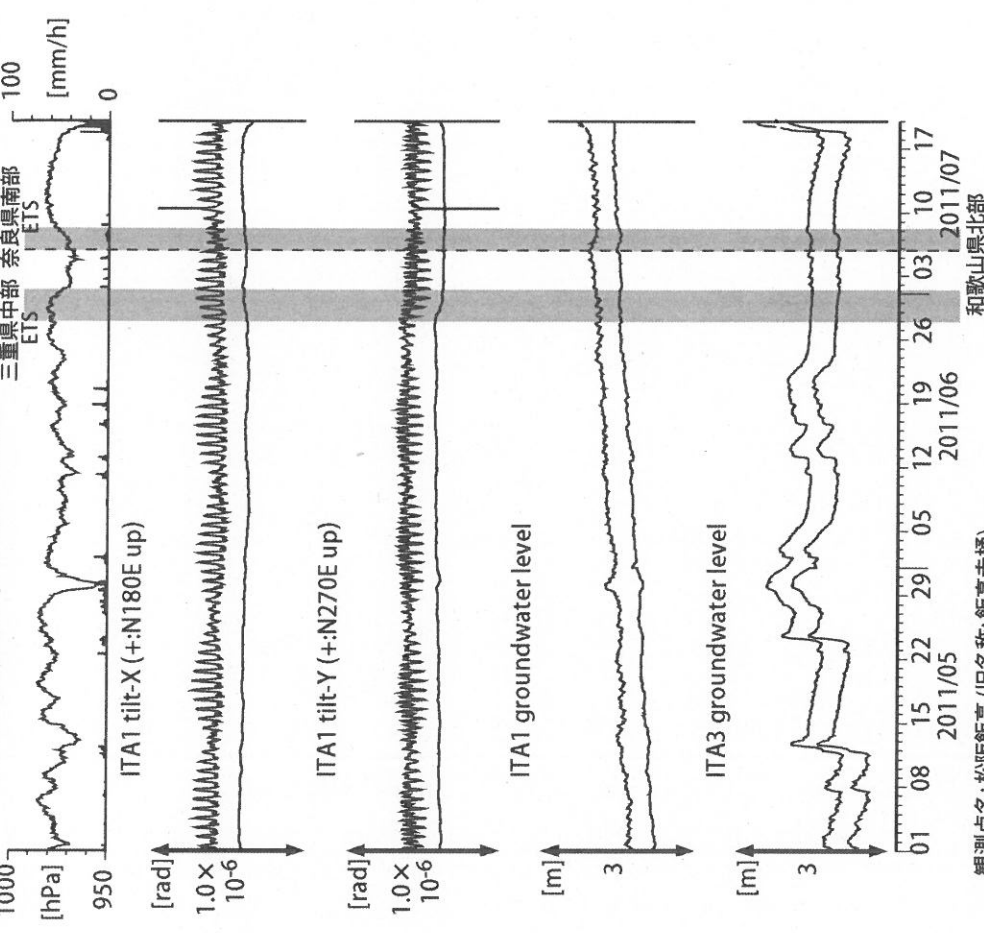
和歌山県北部
の地震M_{max}5.4

図9: Crustal strain changes at ITA (時間値)
(2011/05/01 00:00 - 2011/07/20 00:00)
ITA atmospheric pressure, rainfall



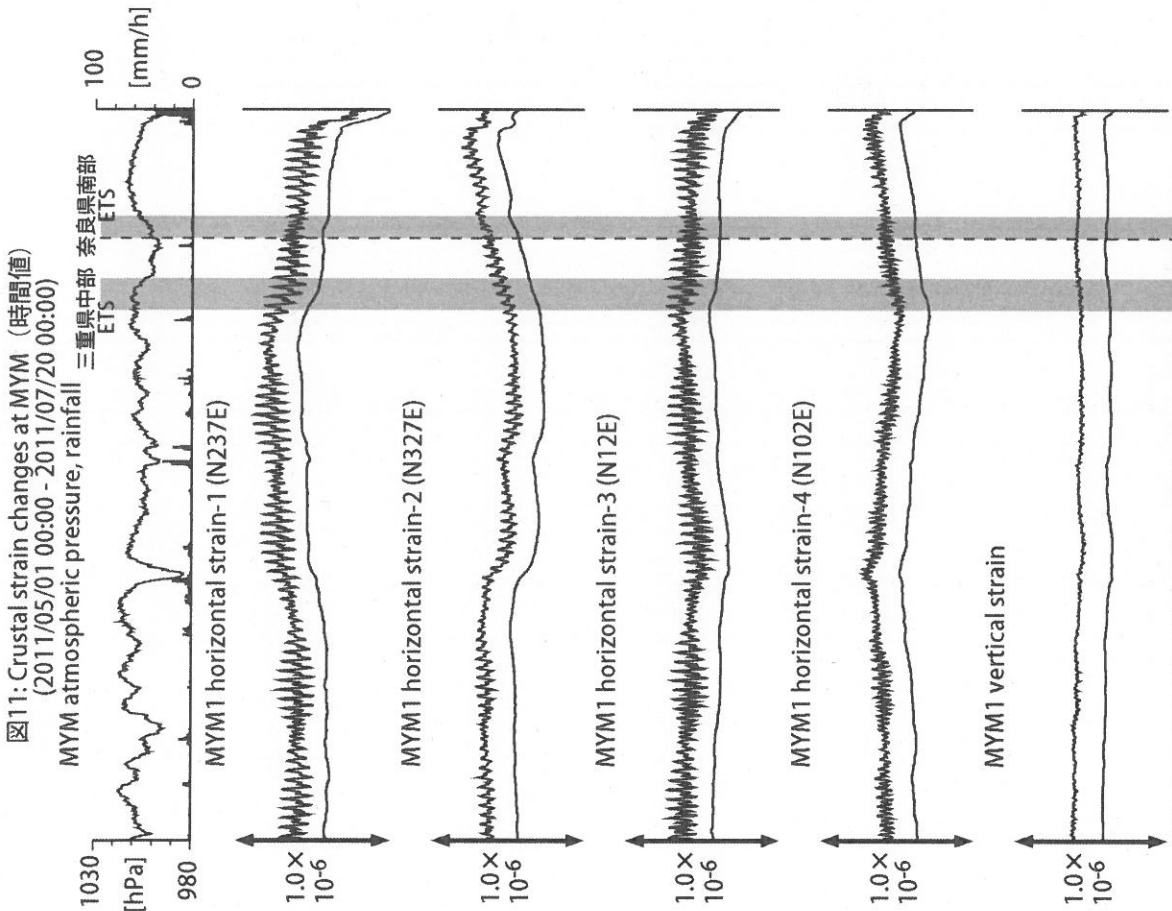
観測点名: 松阪飯高 (旧名称: 飯高赤桶)
Strainmeter depth = 181.3-183.6 [GL-m]
上: 1次トレンド除去
下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分除去後に1次トレンド除去

図10: Tilt and groundwater level changes at ITA (時間値)
(2011/05/01 00:00 - 2011/07/20 00:00)
ITA atmospheric pressure, rainfall



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

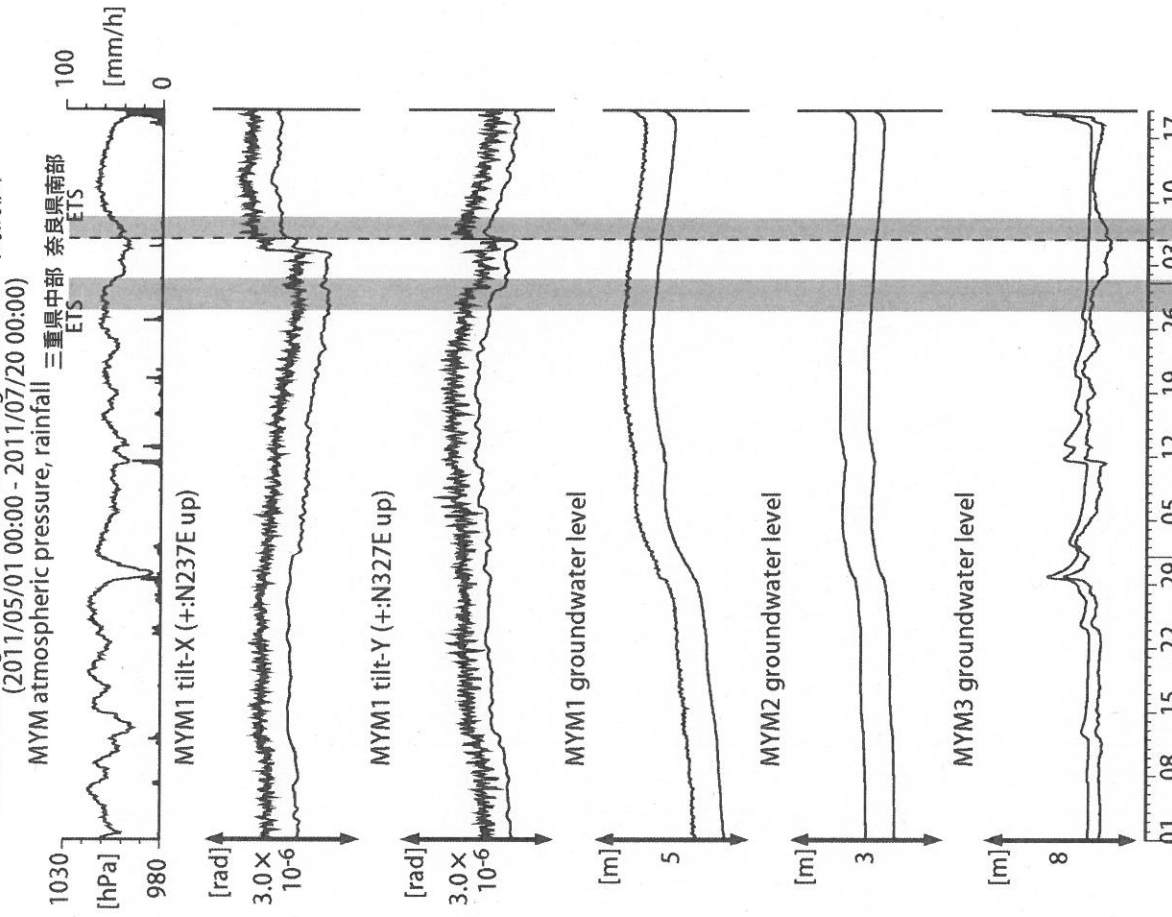
図11: Crustal strain changes at MYM (時間値)
(2011/05/01 00:00 - 2011/07/20 00:00)



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

和歌山県北部
の地震 $M_{JA} 5.4$

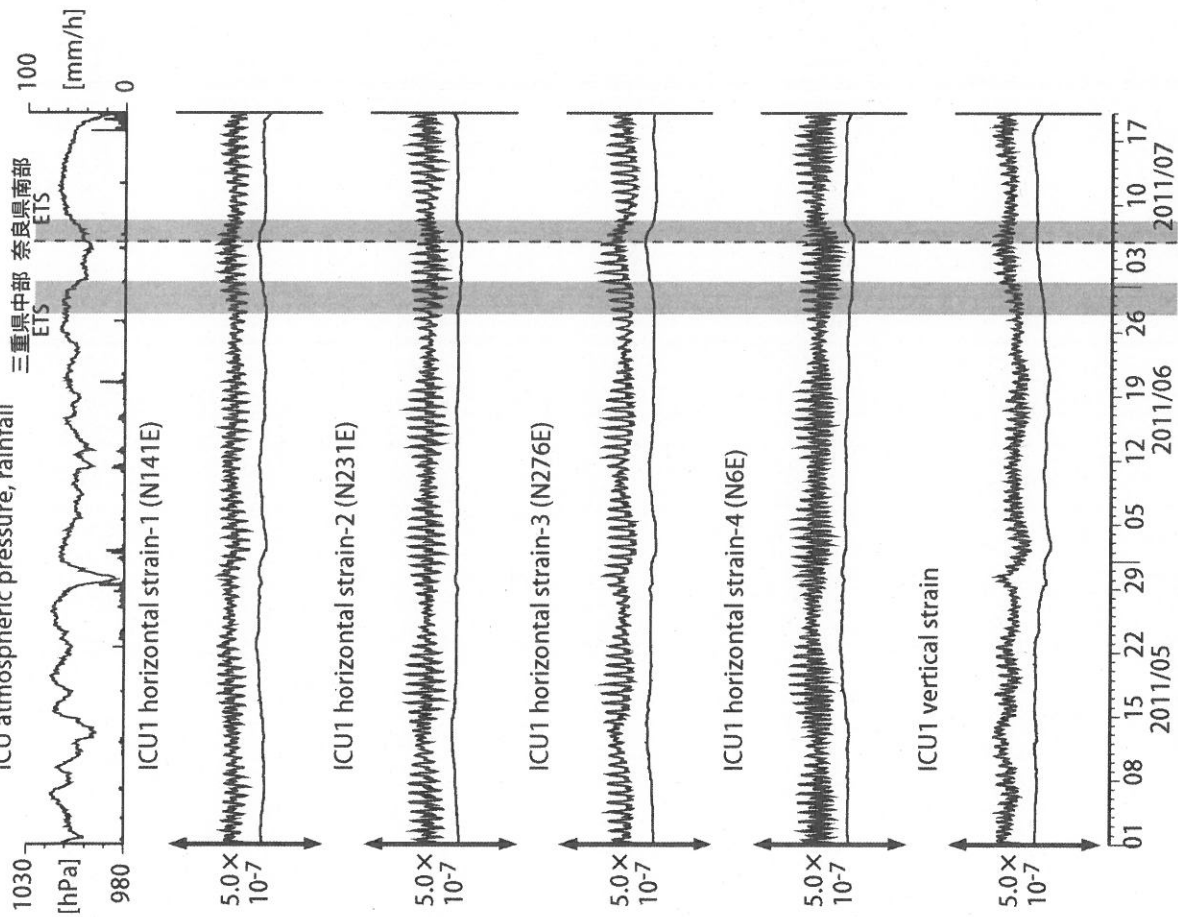
図12: Tilt and groundwater level changes at MYM (時間値)
(2011/05/01 00:00 - 2011/07/20 00:00)



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

和歌山県北部
の地震 $M_{JA} 5.4$

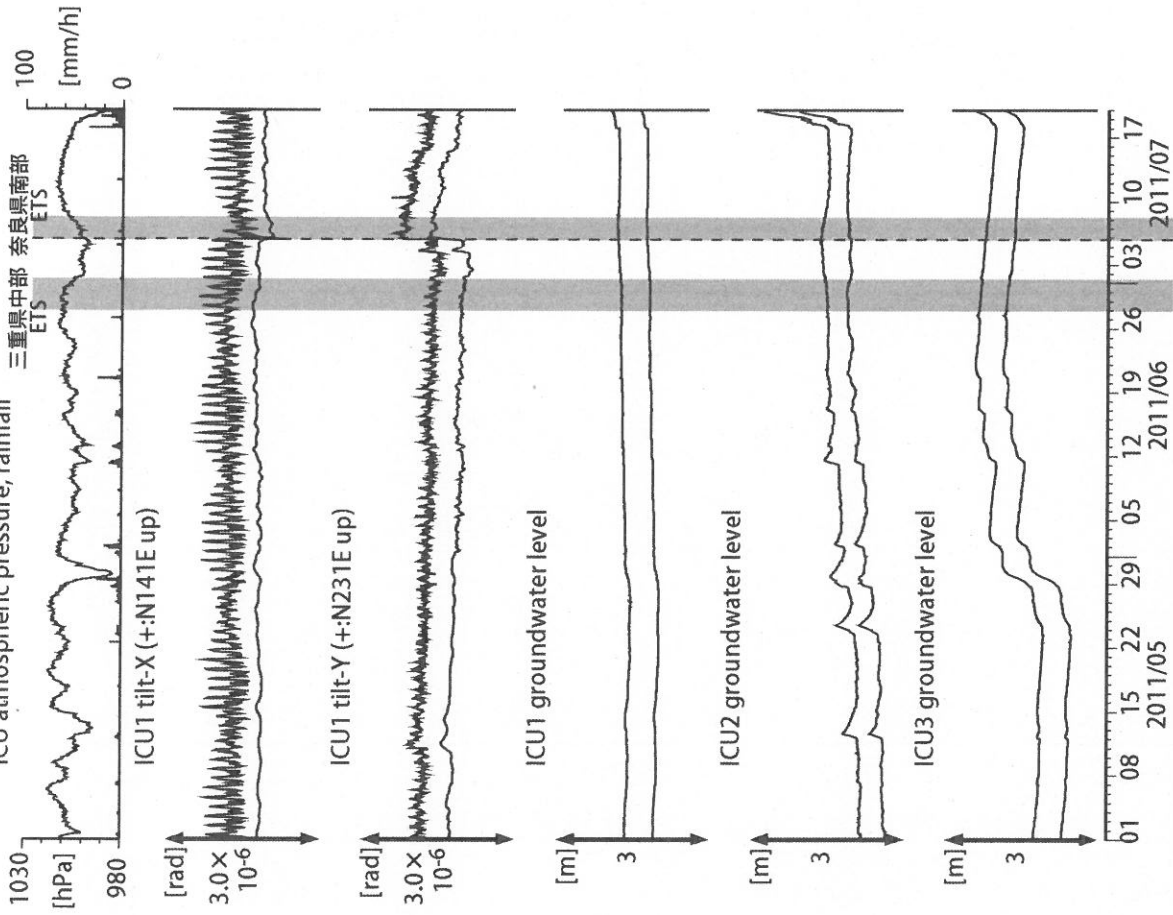
図13: Crustal strain changes at ICU (時間値)
(2011/05/01 00:00 - 2011/07/20 00:00)
ICU atmospheric pressure, rainfall



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

和歌山県北部
の地震M_{JMA}5.4

図14: Tilt and groundwater level changes at ICU (時間値)
(2011/05/01 00:00 - 2011/07/20 00:00)
ICU atmospheric pressure, rainfall



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

和歌山県北部
の地震M_{JMA}5.4

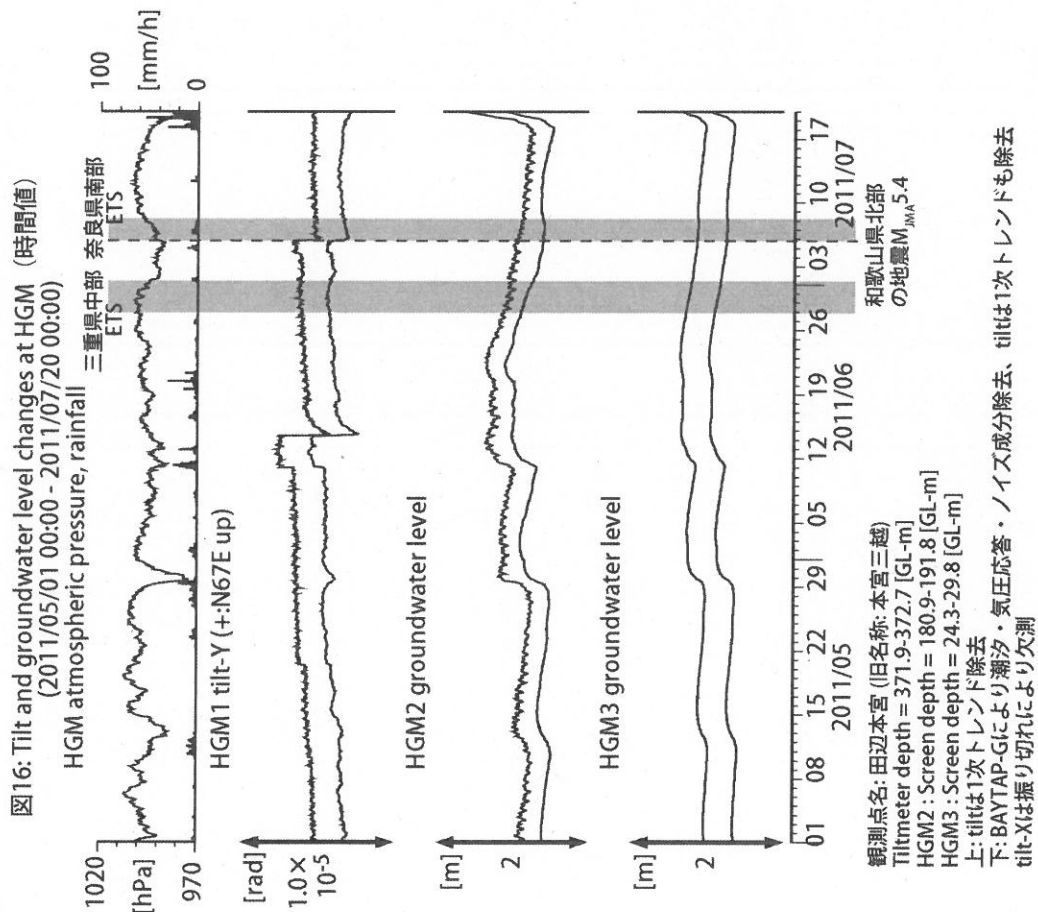
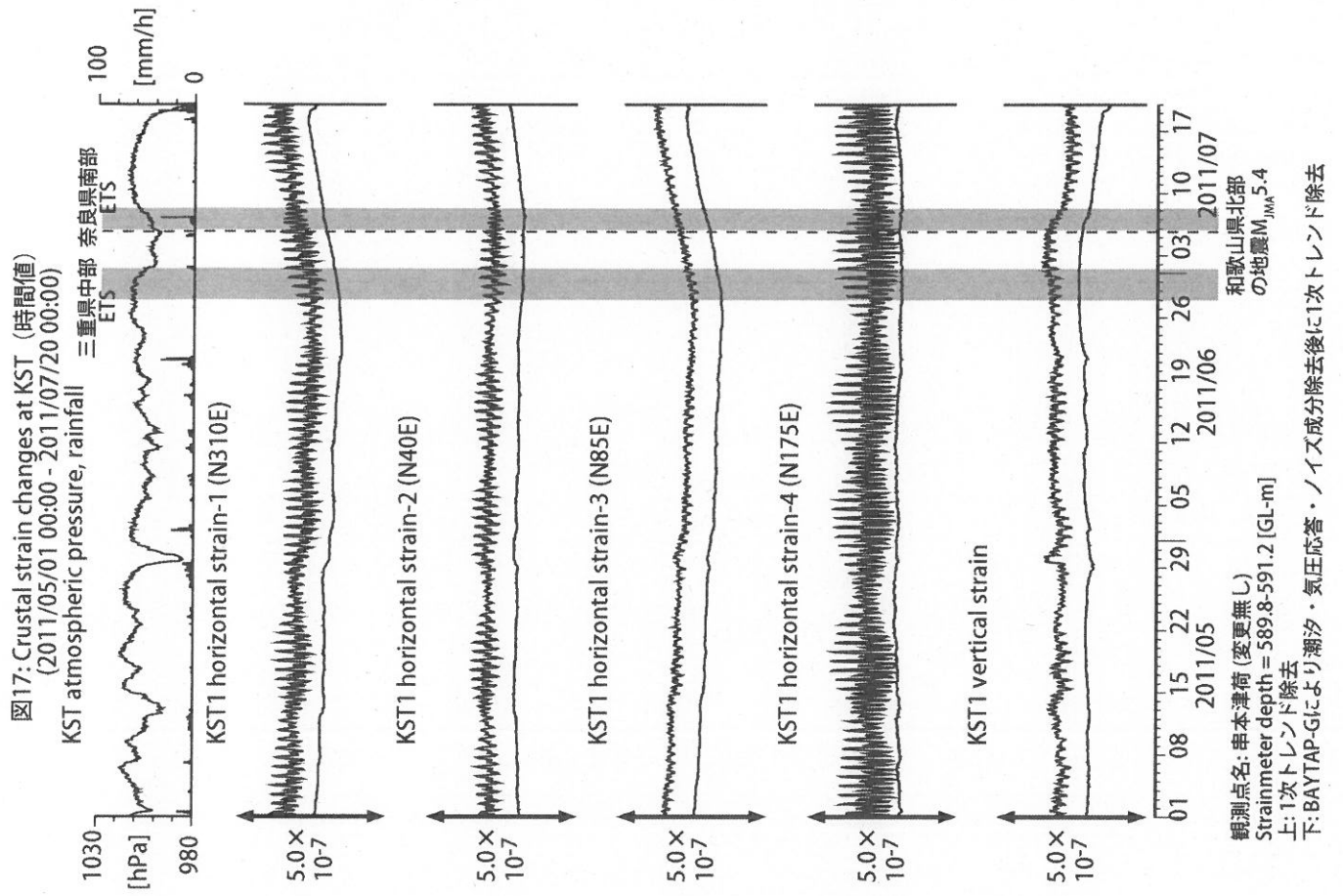
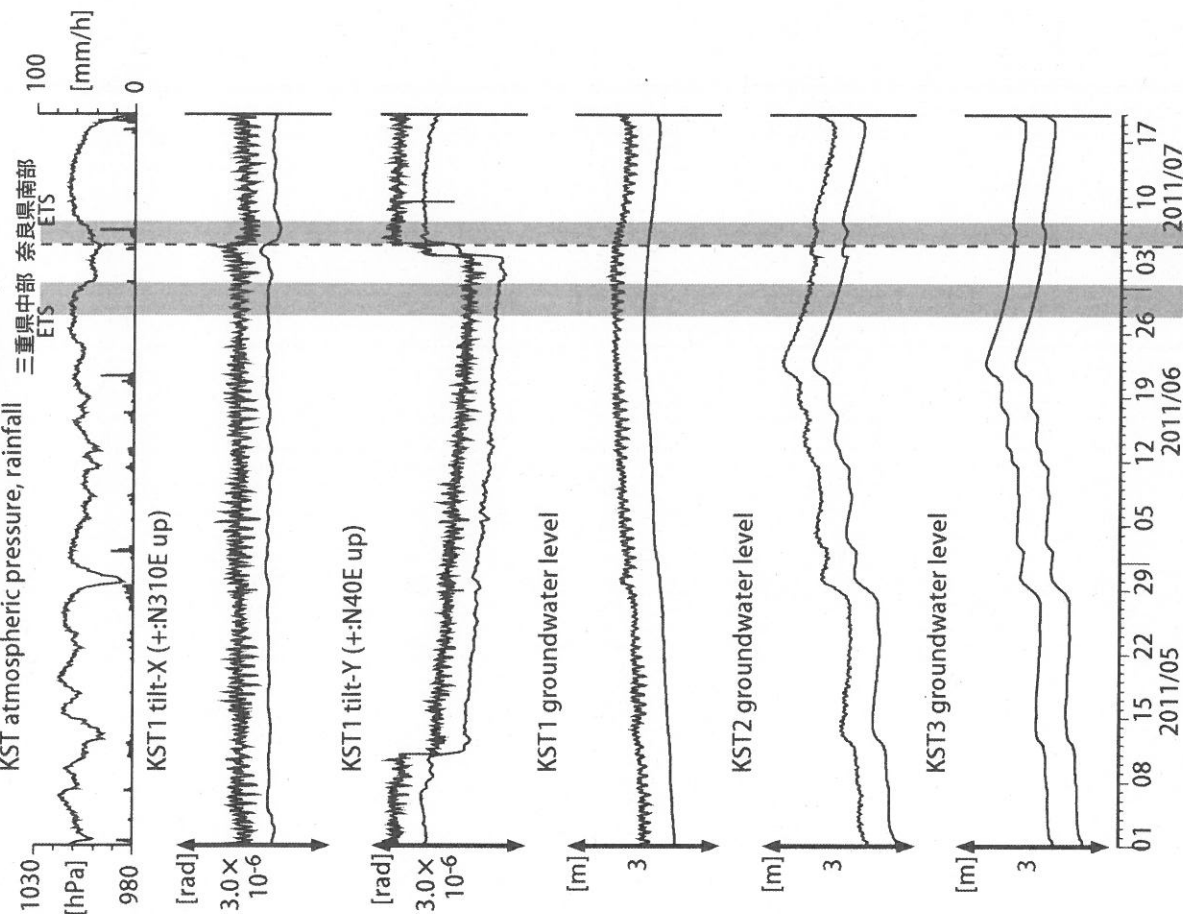
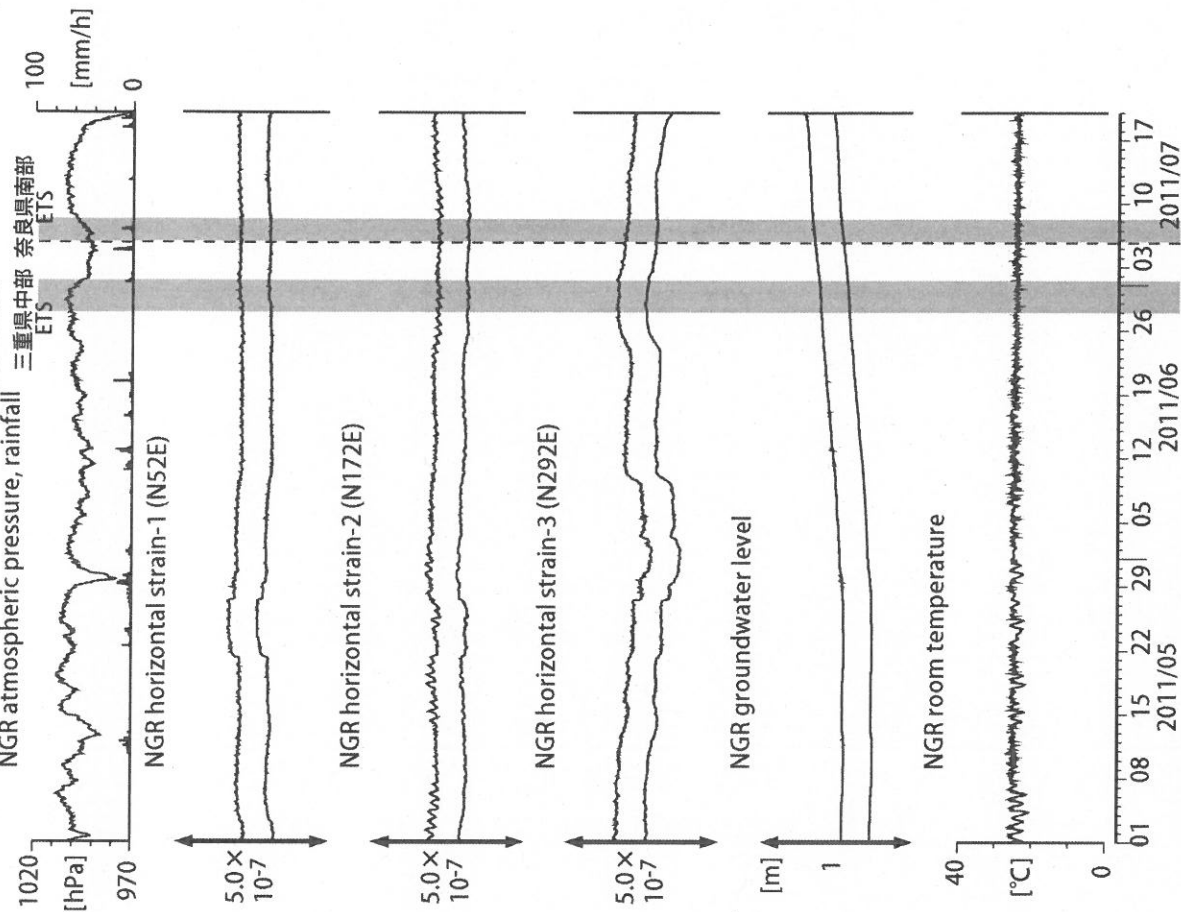


図18: Tilt and groundwater level changes at KST (時間値)
(2011/05/01 00:00 - 2011/07/20 00:00)

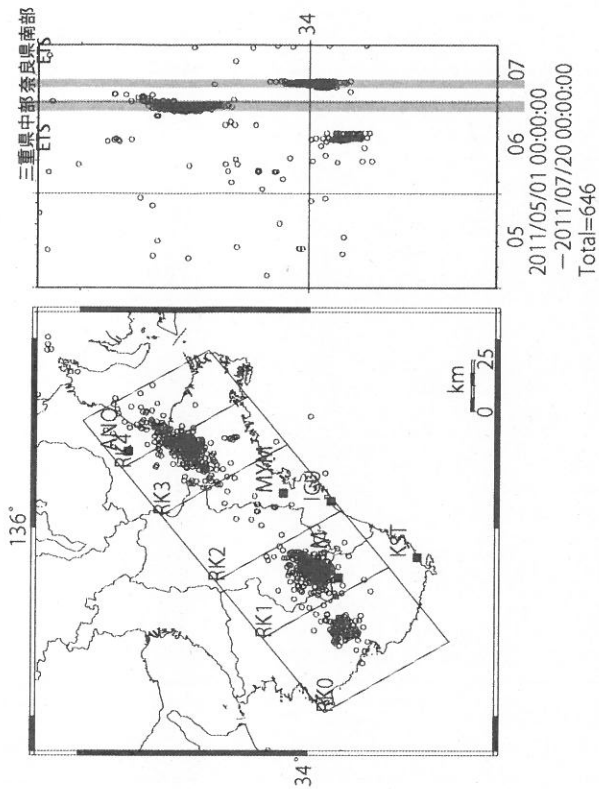


観測点名: 串本津荷 (変更無し)
Tiltmeter depth = 589.0-589.8 [GL-m]
KST1 : Screen depth = 509.2-520.2 [GL-m]
KST2 : Screen depth = 132.9-143.9 [GL-m]
KST3 : Screen depth = 20.4-30.6 [GL-m]
上: tiltは1次トレンド除去
下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分除去、tiltは1次トレンドも除去

図19: Crustal strain and groundwater level changes at NGR (時間値)
(2011/05/01 00:00 - 2011/07/20 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 tremor activities in Kii Peninsula (日値)
(2011/05/01 00:00 - 2011/07/20 00:00)

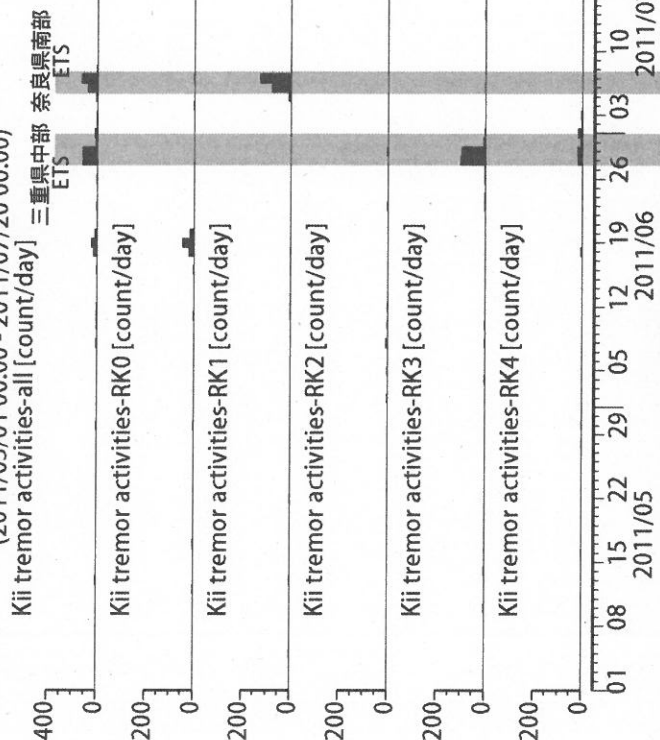
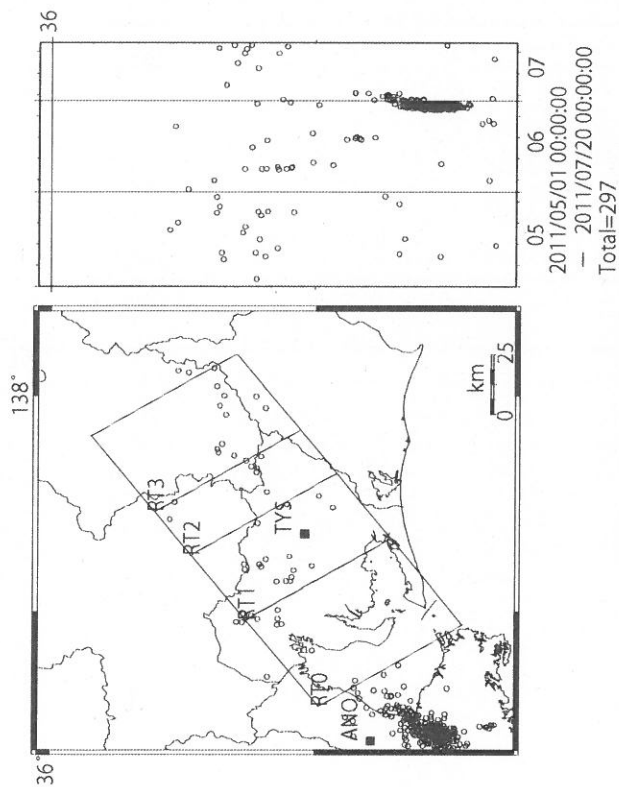


図 21: 紀伊半島～愛知県における深部低周波微動の時空間分布(上段)、各領域における発生頻度(日値)。エンベロープ相関法により決定した。防災科研 Hi-net、気象庁、東京大学、京都大学、名古屋大学、高知大学、九州大学の地震波形記録を用いました。



Deep low-frequency tremors in Tokai (日値)
(2011/05/01 00:00 - 2011/07/20 00:00)

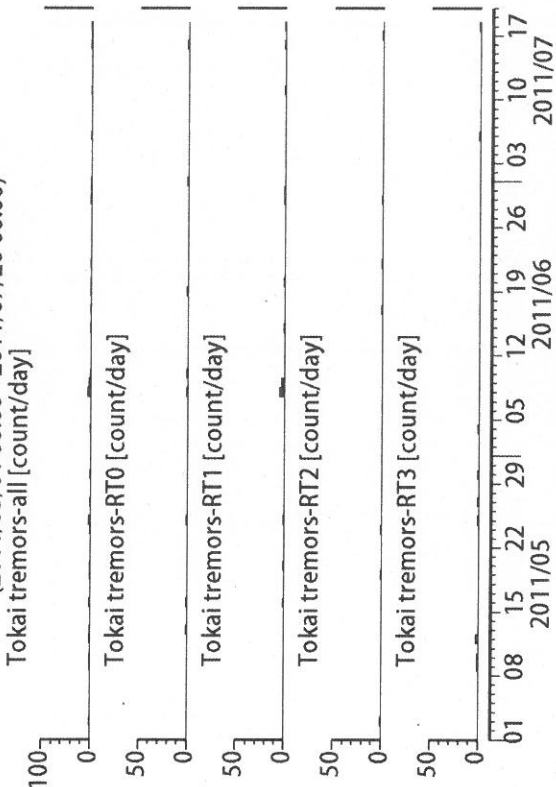
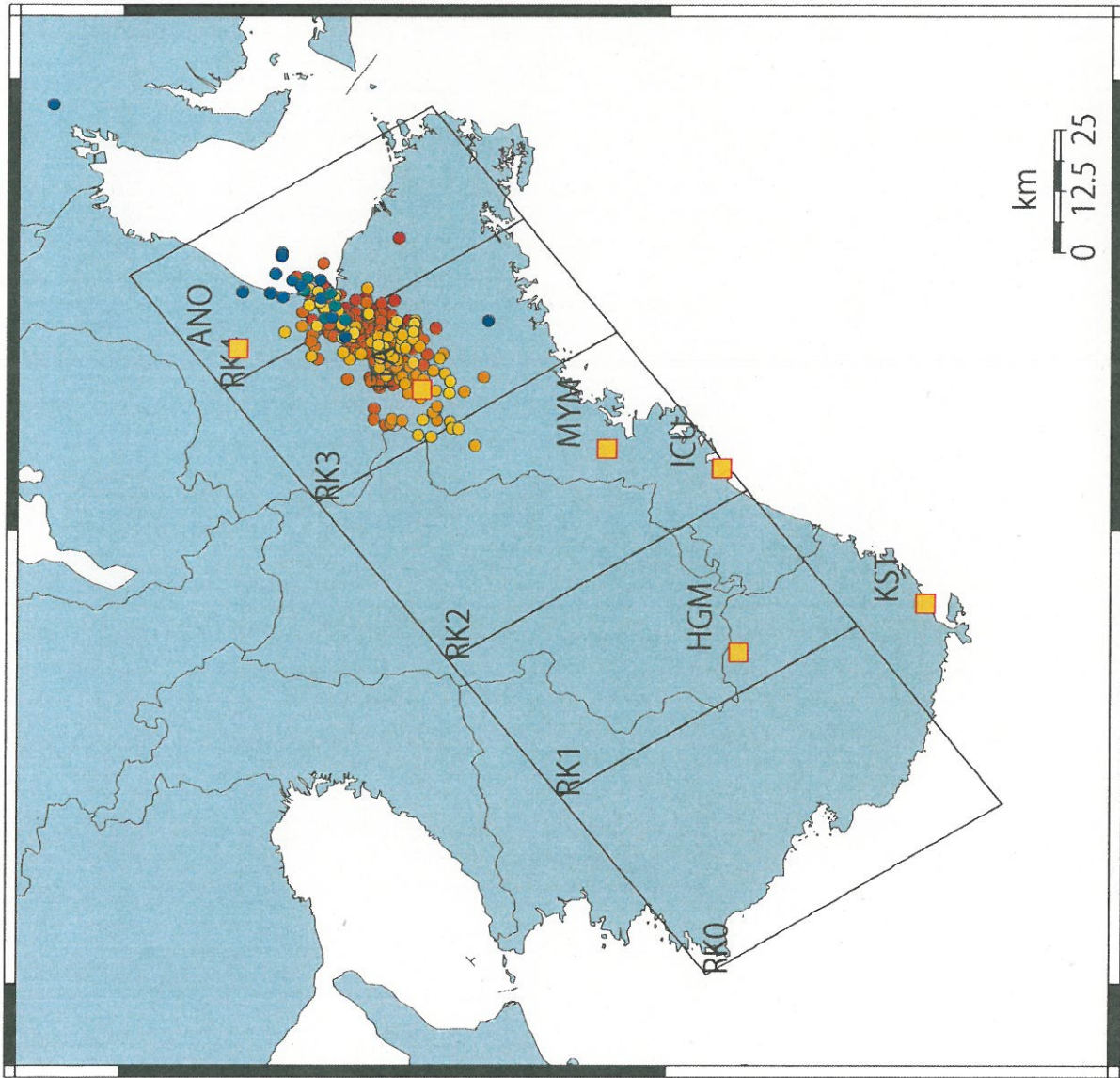


図 20: 愛知県およびその周辺における深部低周波微動の時空間分布(上段)、各領域における発生頻度(日値)。エンベロープ相関法により決定した。防災科研 Hi-net、気象庁、東京大学、京都大学、名古屋大学、高知大学、九州大学の地震波形記録を用いました。

136°



33 34

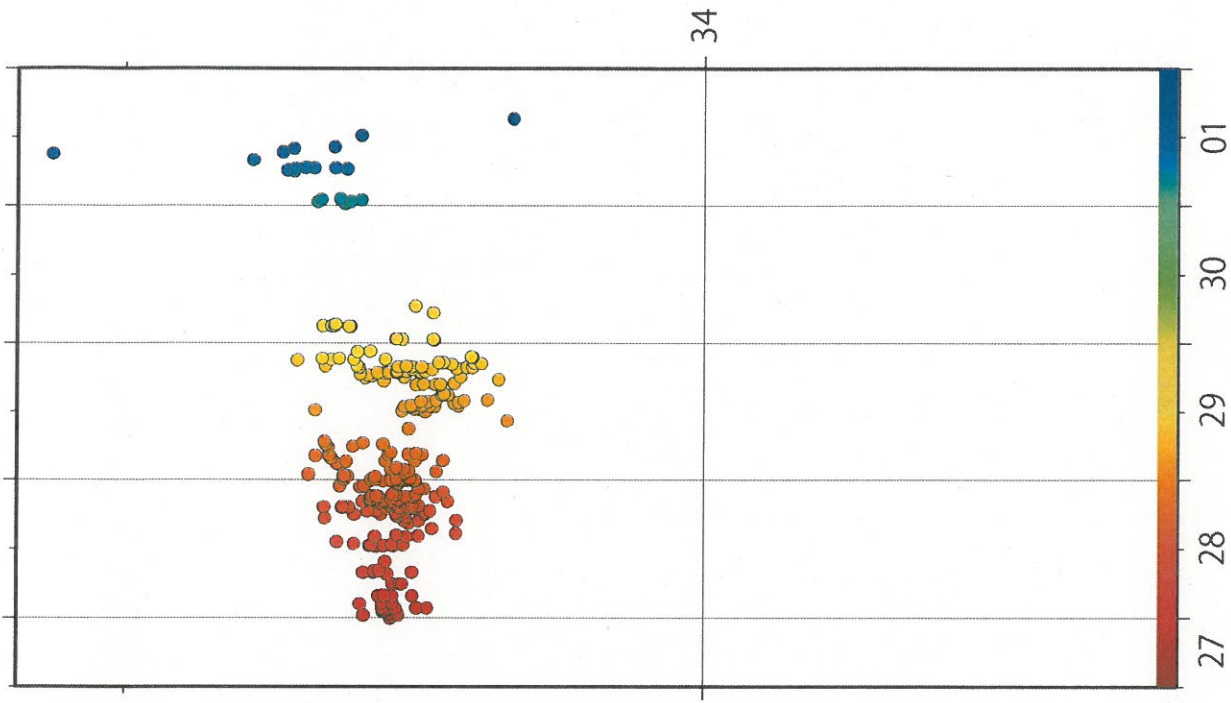
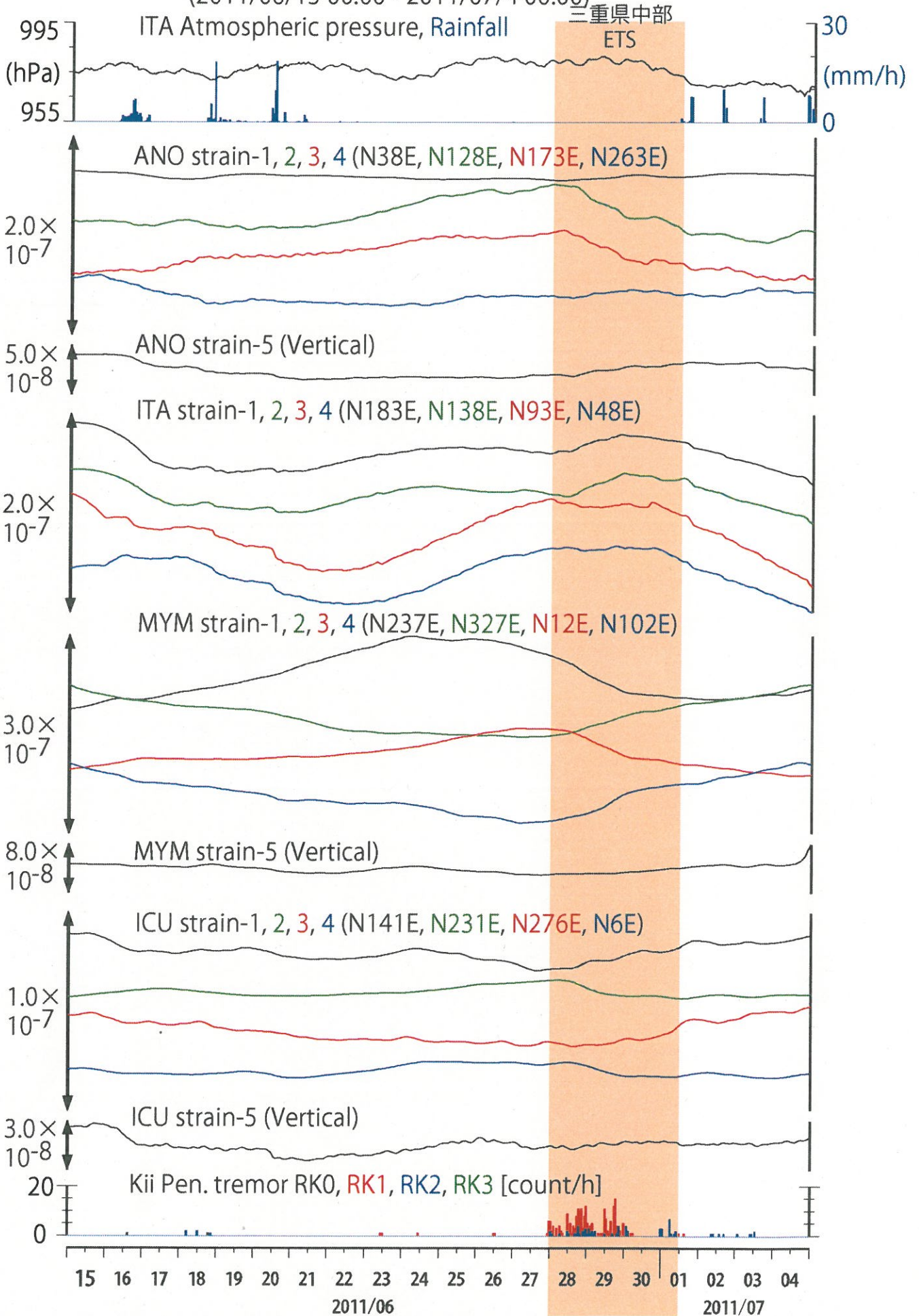


図22: 2011/6/27 12:00 - 7/2 0:00における紀伊半島の深部低周波微動の時空間分布図。エンベロープ相関法により決定。

図23: 紀伊半島における歪観測結果 (時間値)

(2011/06/15 00:00 - 2011/07/4 00:00)



2011/6/28 0:00 -7/1 12:00 三重県中部

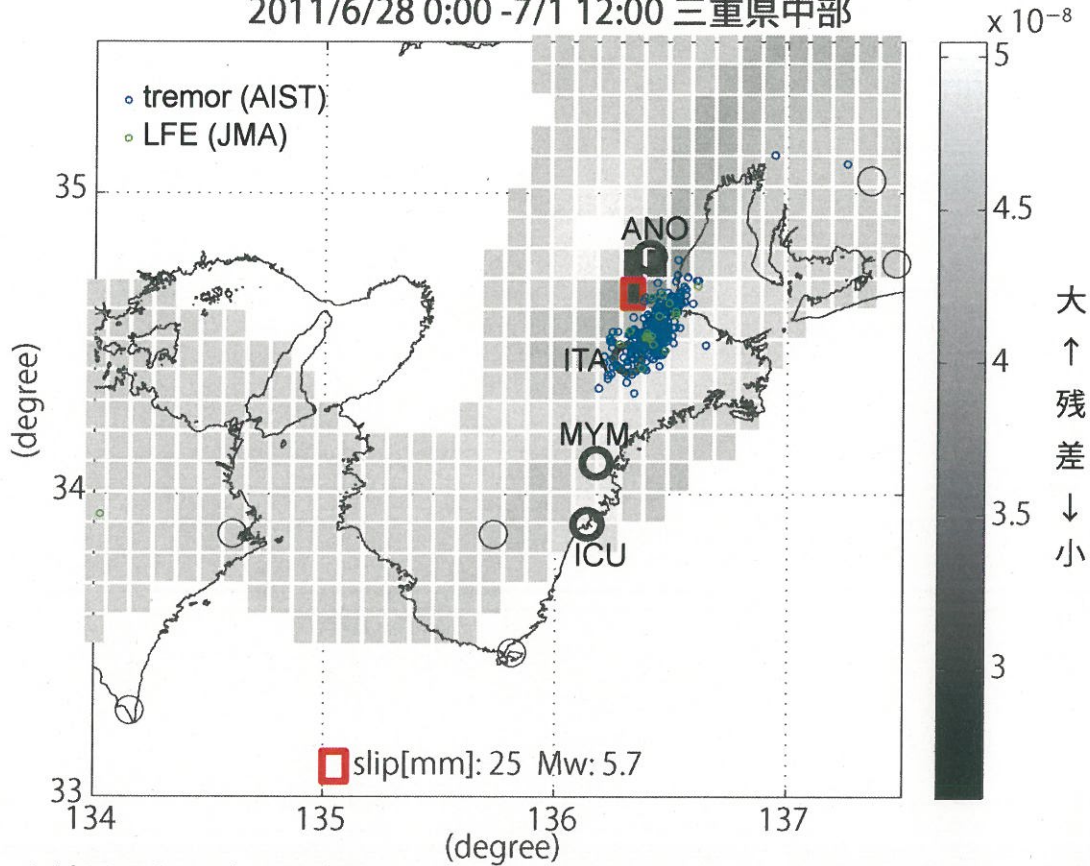


図24: プレート境界面上のパッチ(断層面)をすべらせた際の、歪3成分の観測値と計算値の残差分布図。青丸は産総研による深部低周波微動震央。パッチサイズは20×20km、すべり量は5-500mmで可変(5mm間隔)。赤線は最小残差のパッチ。このパッチのすべり量、Mwを下部に示している。太黒丸は計算に使用した観測点を示す。

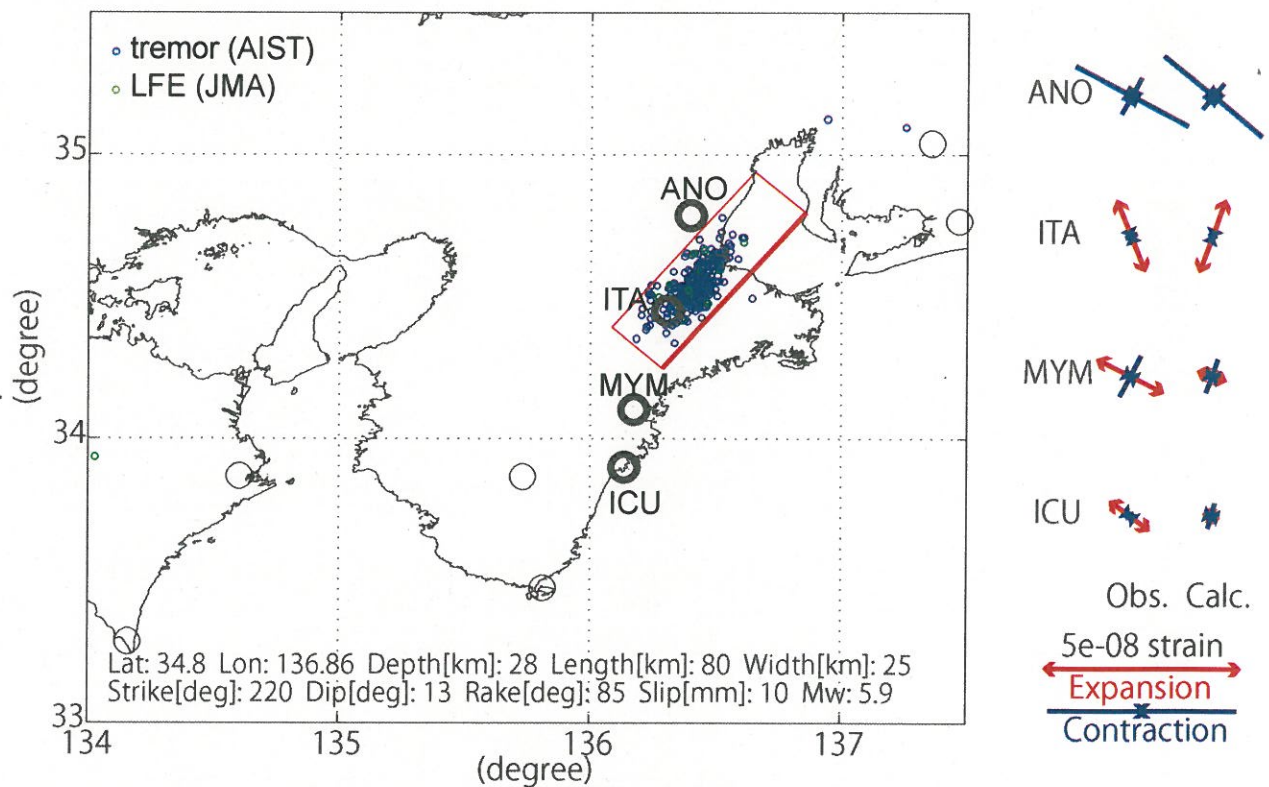


図25: プレート境界面上のグリッドサーチによる断層面推定結果。青丸は産総研による深部低周波微動震央。層位置は経緯度方向に0.1度間隔、断層面の幅と長さはそれぞれ10~80kmまで5km間隔、すべり量は1~100mmまで1mm間隔で計算した。太黒丸は計算に使用した観測点を示す。右側に、主歪の観測値と、推定された断層面による計算値との比較を示す。

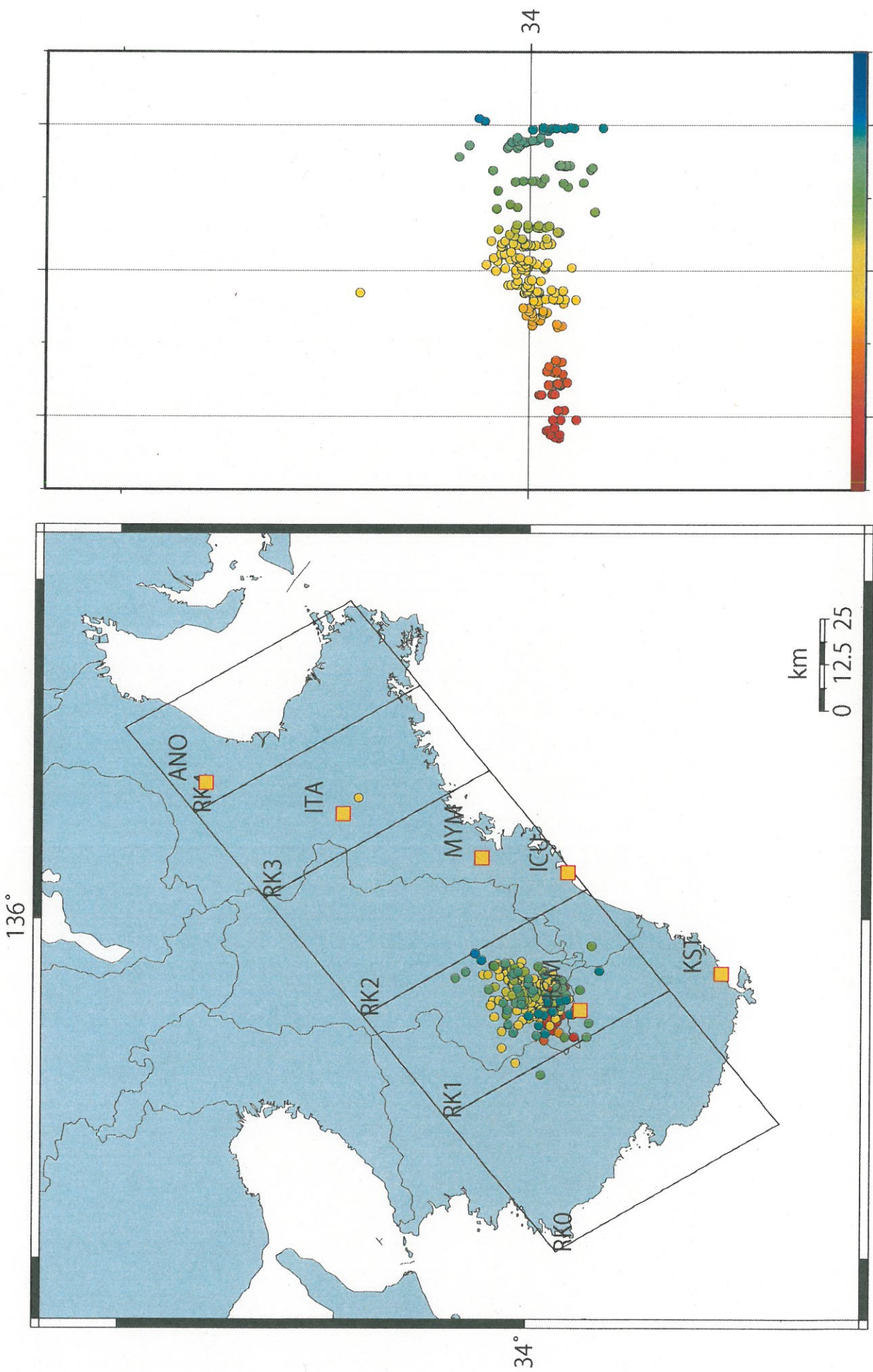
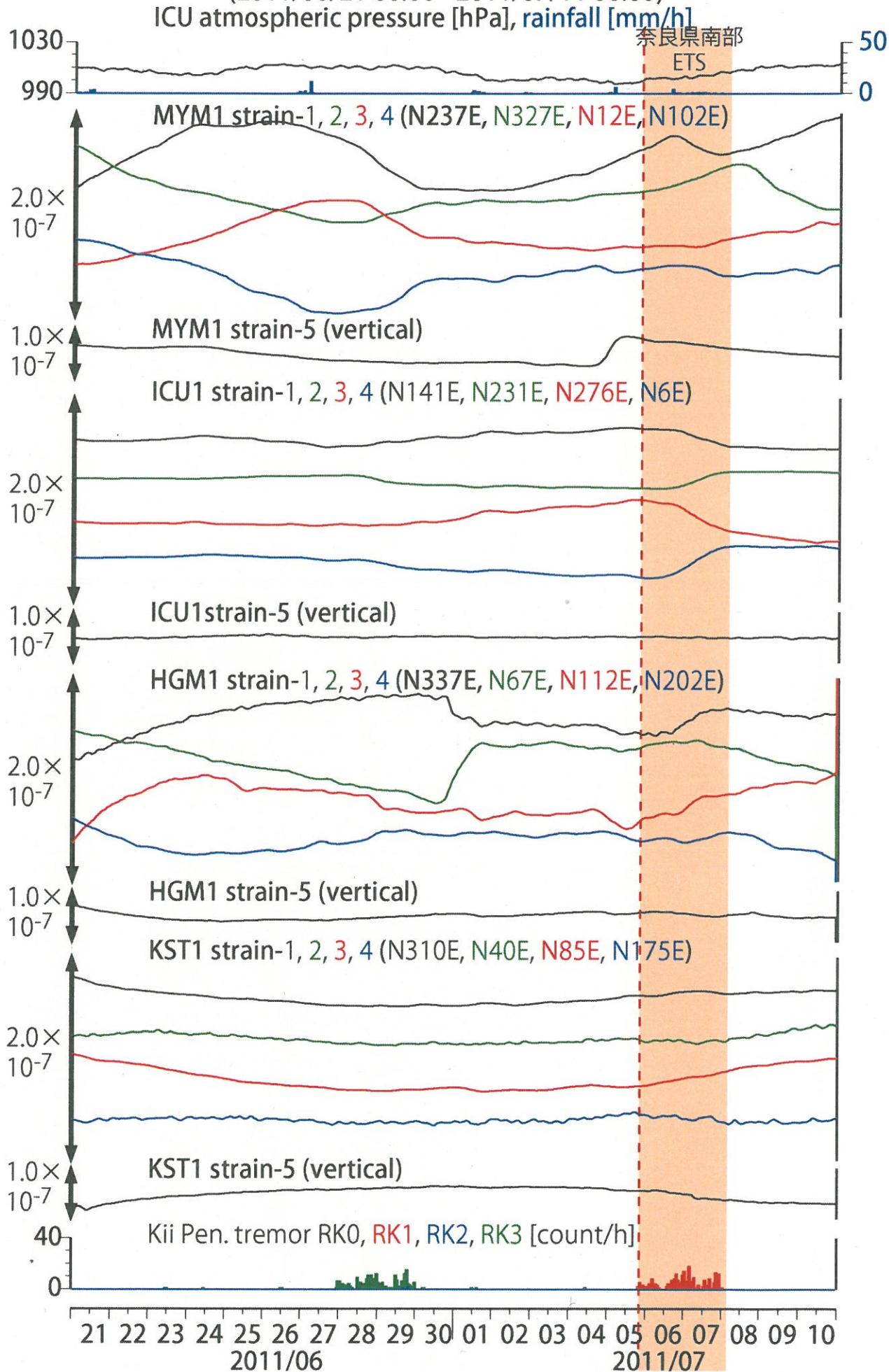


図26: 2011/7/5 12:00 - 7/ 8 12:00 における紀伊半島の深部低周波微動の時空間分布図。エンベロープ相関法により決定。

図27: 紀伊半島における歪観測結果 (時間値)
 (2011/06/21 00:00 - 2011/07/11 00:00)



和歌山県北部
 の地震 $M_{JMA} 5.4$

2011/7/5 20:00 -7/8 06:00 奈良県南部

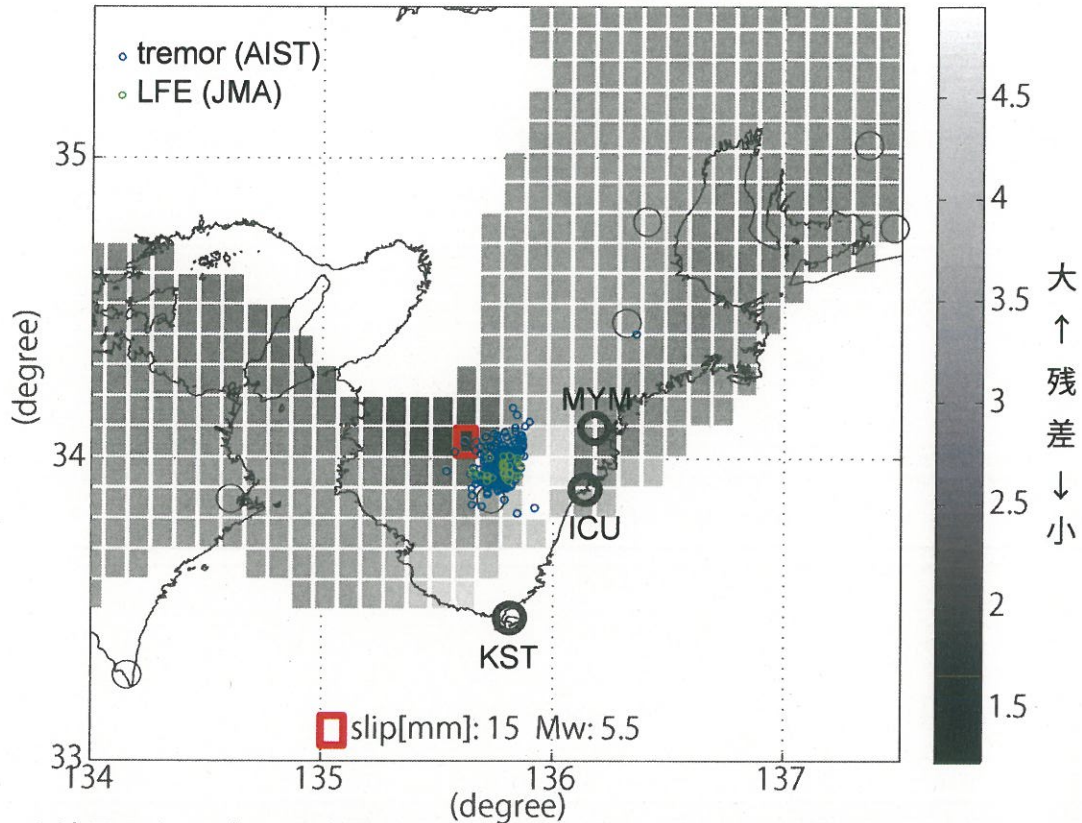


図28: プレート境界面上のパッチ(断層面)をすべらせた際の、歪3成分の観測値と計算値の残差分布図。青丸は産総研による深部低周波微動震央。パッチサイズは20×20km、すべり量は5-500mmで可変(5mm間隔)。赤線は最小残差のパッチ。このパッチのすべり量、Mwを下部に示している。太黒丸は計算に使用した観測点を示す。

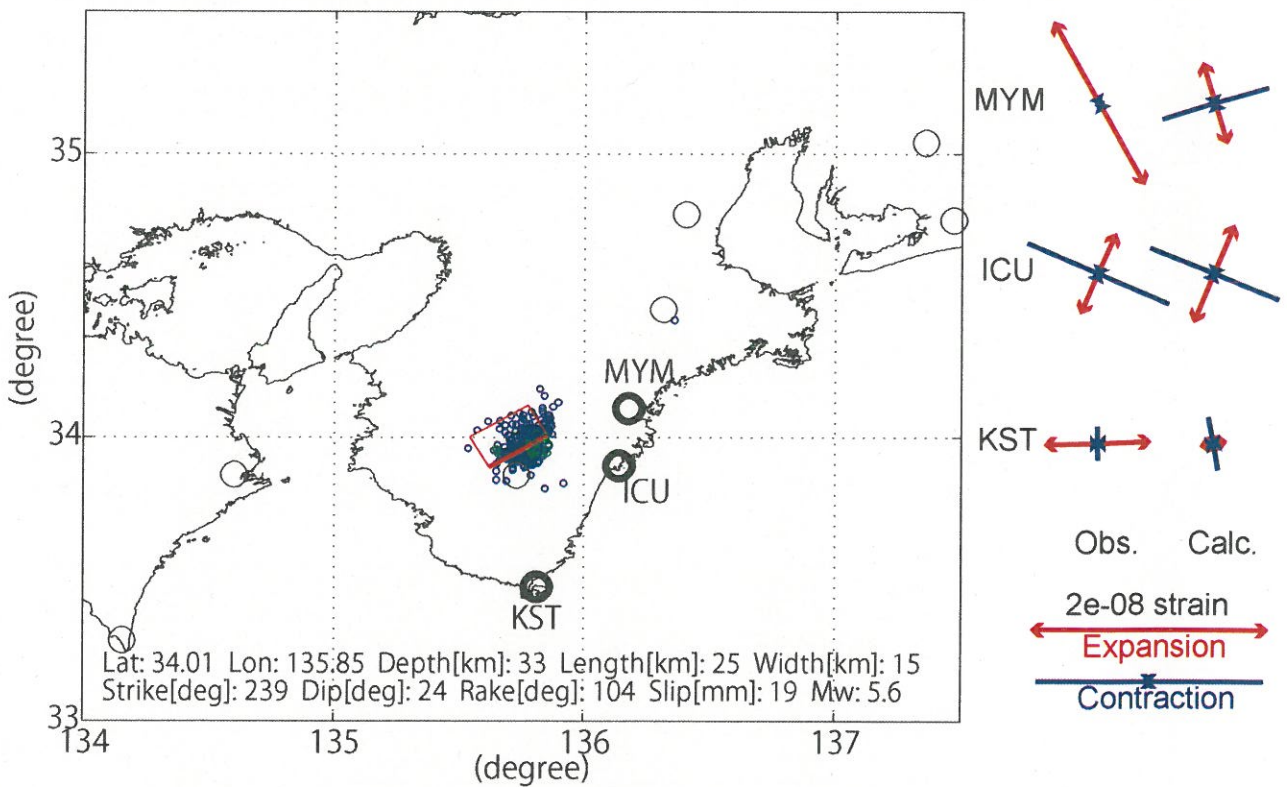


図29: プレート境界面上のグリッドサーチによる断層面推定結果。青丸は産総研による深部低周波微動震央。層位置は経緯度方向に0.1度間隔、断層面の幅と長さはそれぞれ10~80kmまで5km間隔、すべり量は1~100mmまで1mm間隔で計算した。太黒丸は計算に使用した観測点を示す。右側に、主歪の観測値と、推定された断層面による計算値との比較を示す。