

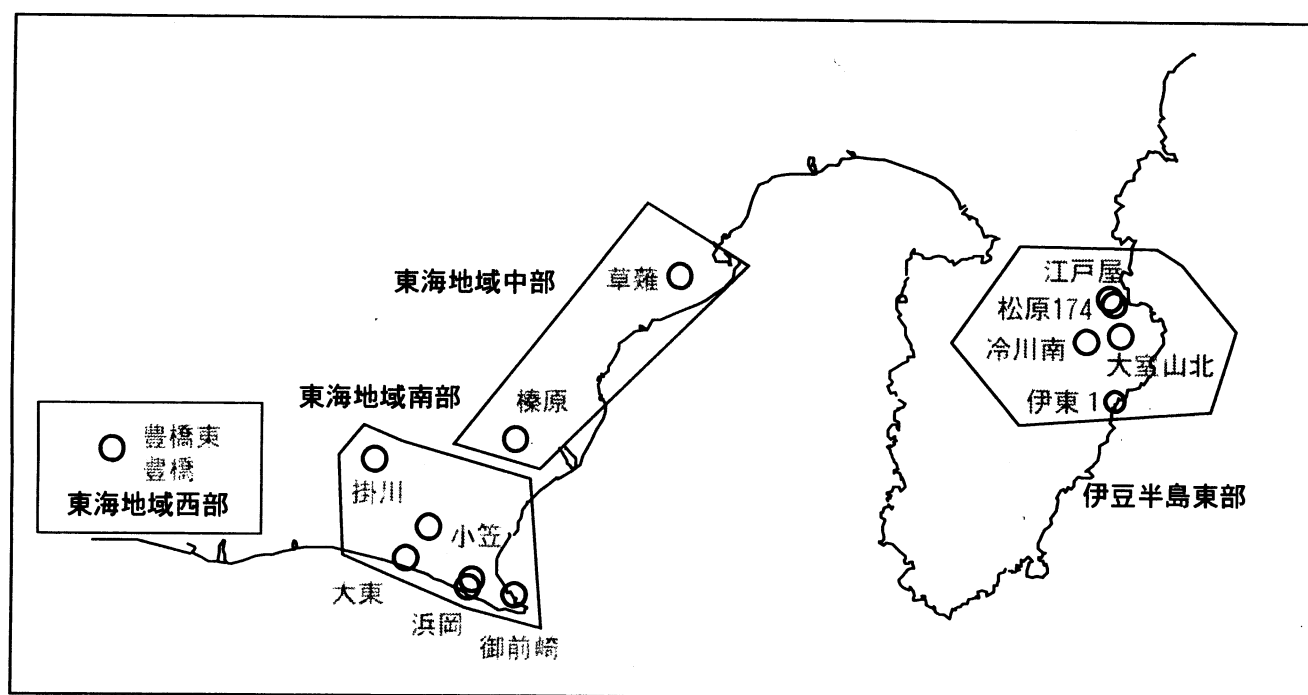
第276回

地震防災対策強化地域判定会 委員打合せ会

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21年5月25日

【資料目次】

表紙

1. 東海地域中部（榛原，草薙）地下水 3成分歪；中期
- 1-b. 東海地域中部（草薙）3成分歪；中期
2. 東海地域中部（榛原，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，豊橋東）地下水・歪・傾斜；中期
- 5-b. 東海地域西部（豊橋東）歪等；中期
6. 東海地域西部（豊橋・豊橋東）地下水・歪・傾斜；長期
- 6-b. 東海地域西部（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，川崎）地下水；中期
10. 関東地域（つくば1，川崎）地下水；長期

別紙

- ・ 紀伊半島南部の地下水・歪等観測結果
- ・ 2009年5月17-19日の愛知県での深部低周波地震に伴う地殻歪変化
- ・ 浜岡・榛原の降雨グラフ

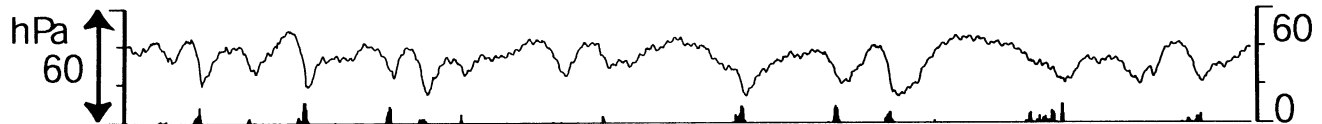
東海地域中部（榛原・草薙）中期（時間値）

(2009/03/01 00:00 - 2009/05/22 00:00)

榛原 気圧 (Vaisara) [hPa]

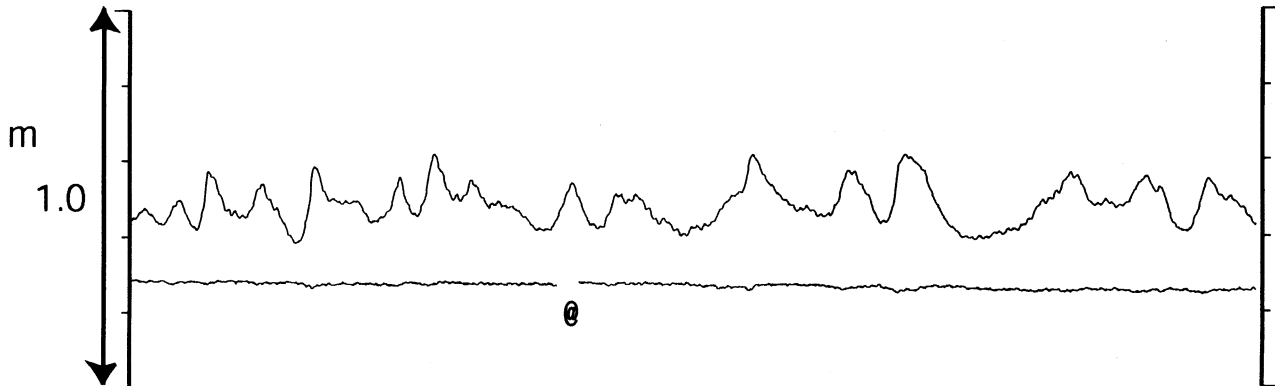
榛原 降水量 (積算) [mm]

mm/h



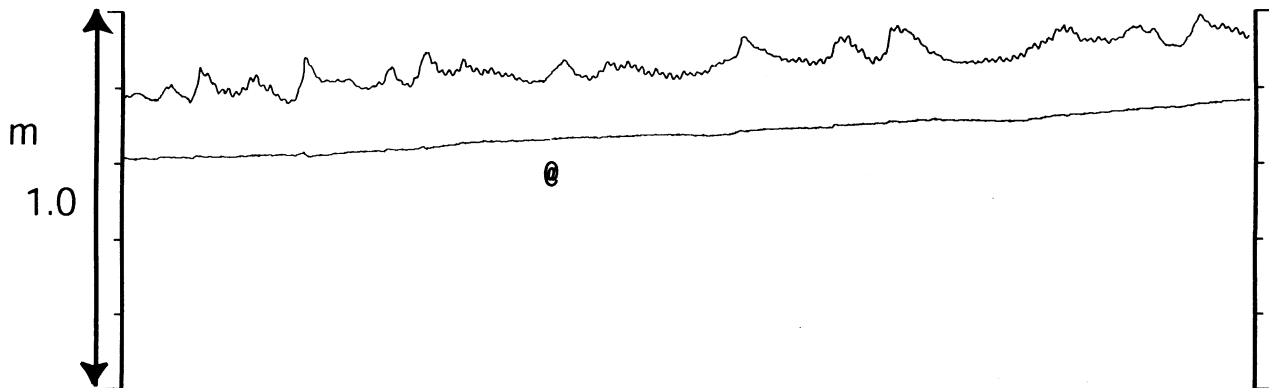
榛原 水位 (差圧) [m]

榛原 水位 (差圧) (MR-AR)

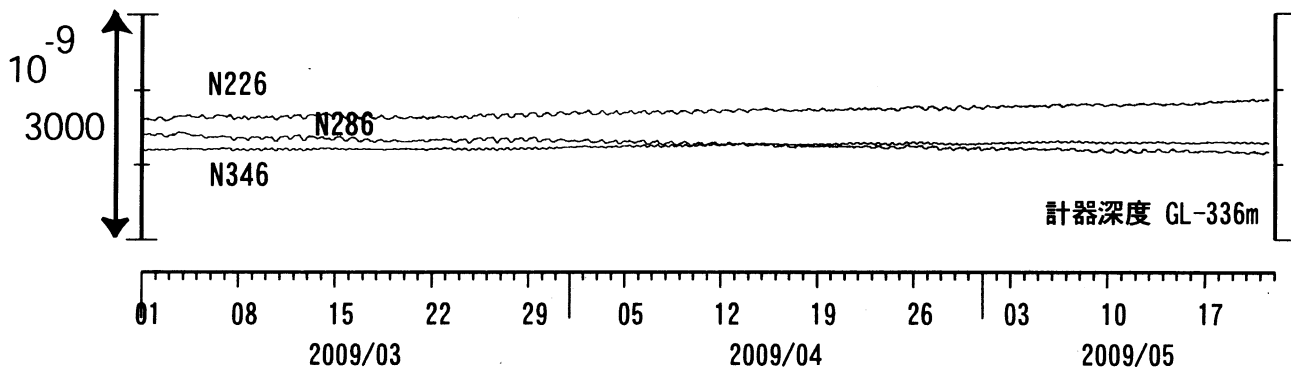


草薙2 水位 (差圧) [m]

草薙2 水位 (差圧) (MR-AR)



草薙1 歪a11 [xE-9] 草薙1 歪3 [xE-9]

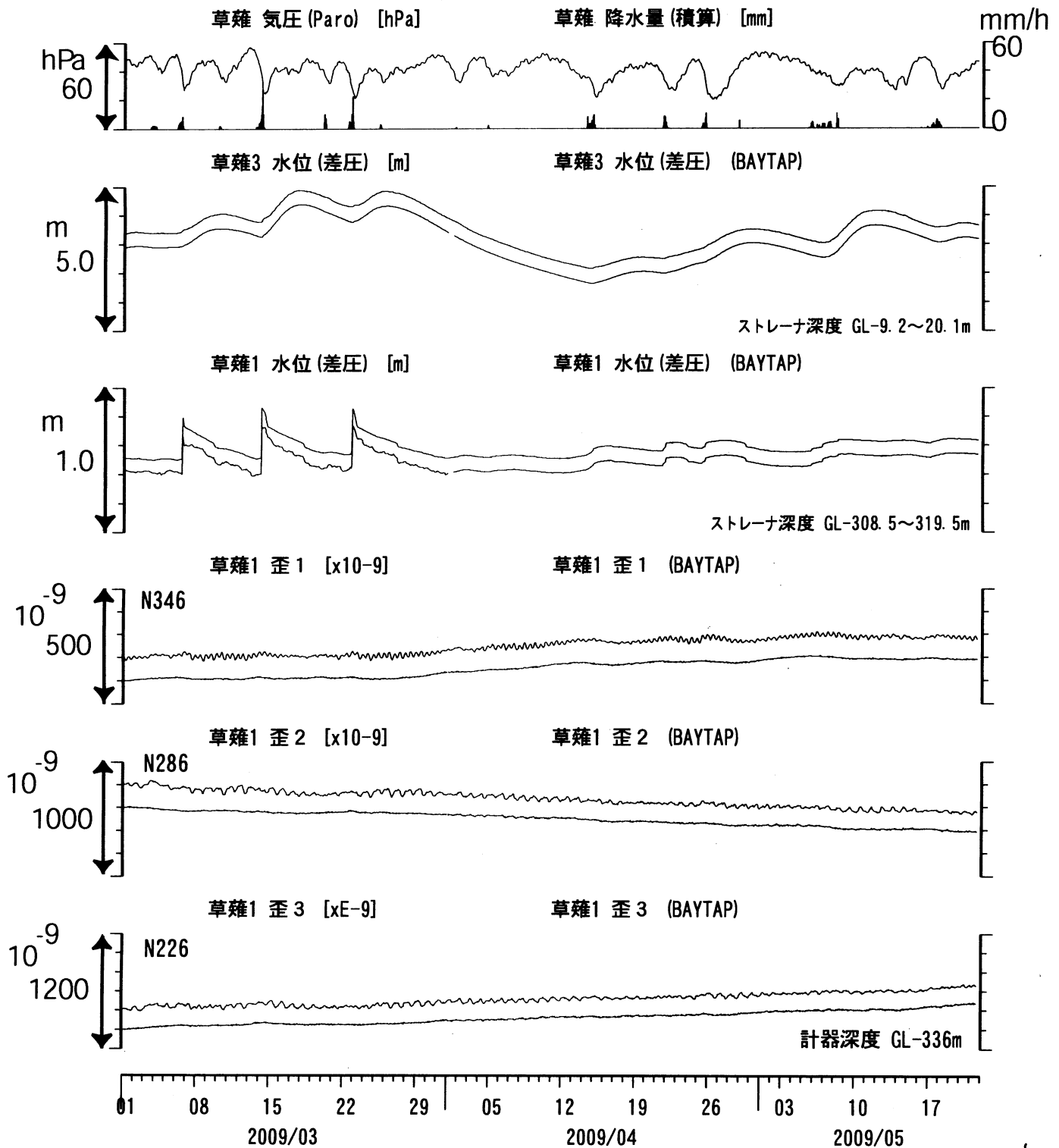


コメント：\$;保守.

@;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。

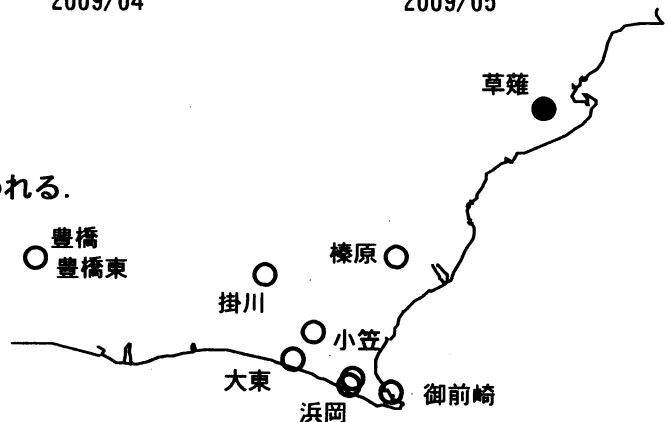


東海地域中部（草薙・歪）中期（時間値）
 (2009/03/01 00:00 - 2009/05/22 00:00)

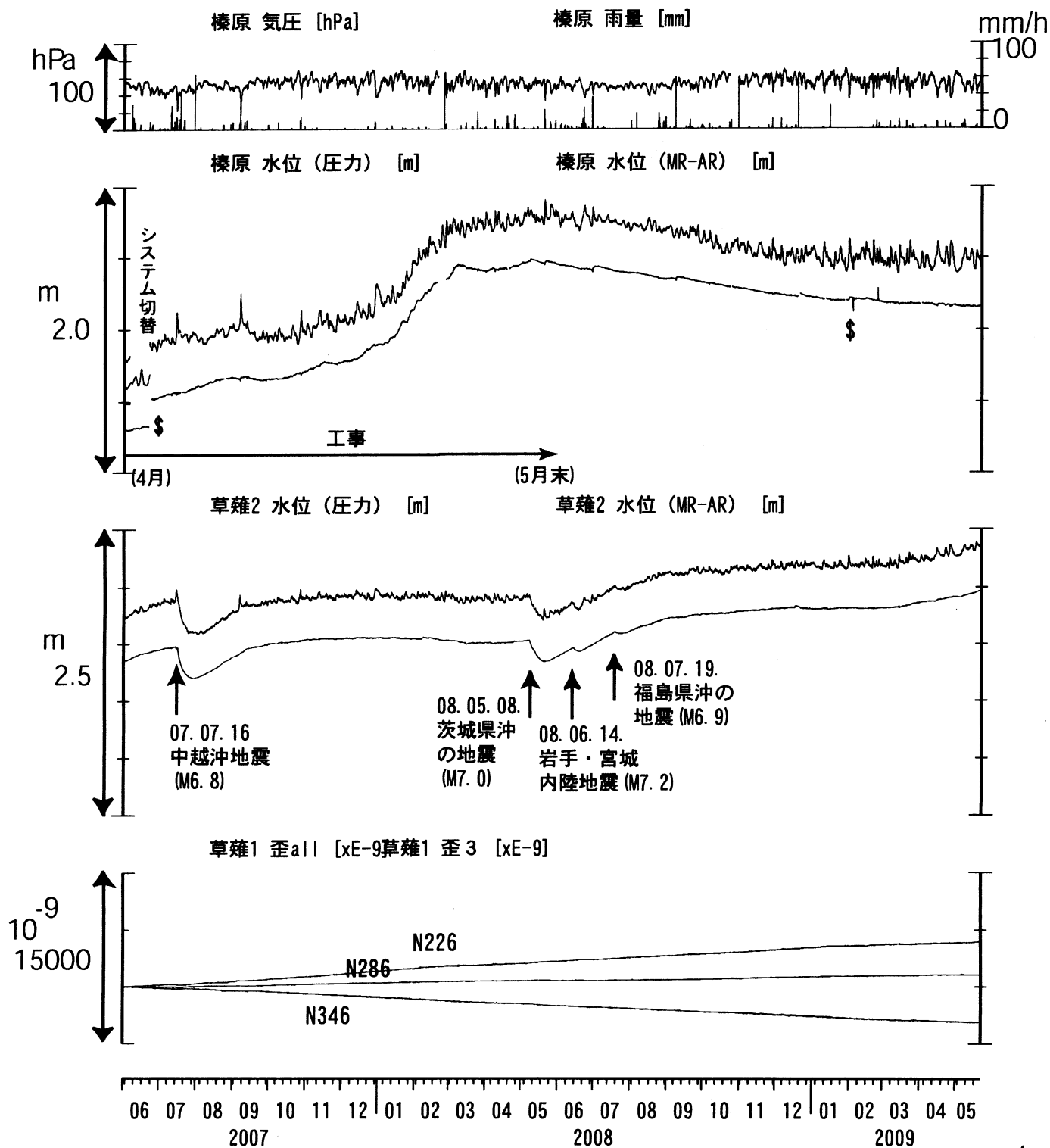


コメント：\$;保守.

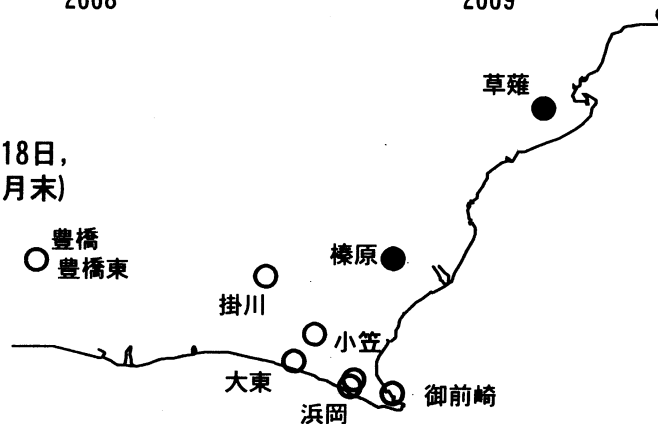
草薙1の2009年3月における急激な水位上昇は、
 降雨により地表から水が流れ込んだためと思われる。



東海地域中部（榛原・草薙）長期（時間値） (2007/06/01 00:00 - 2009/05/22 00:00)

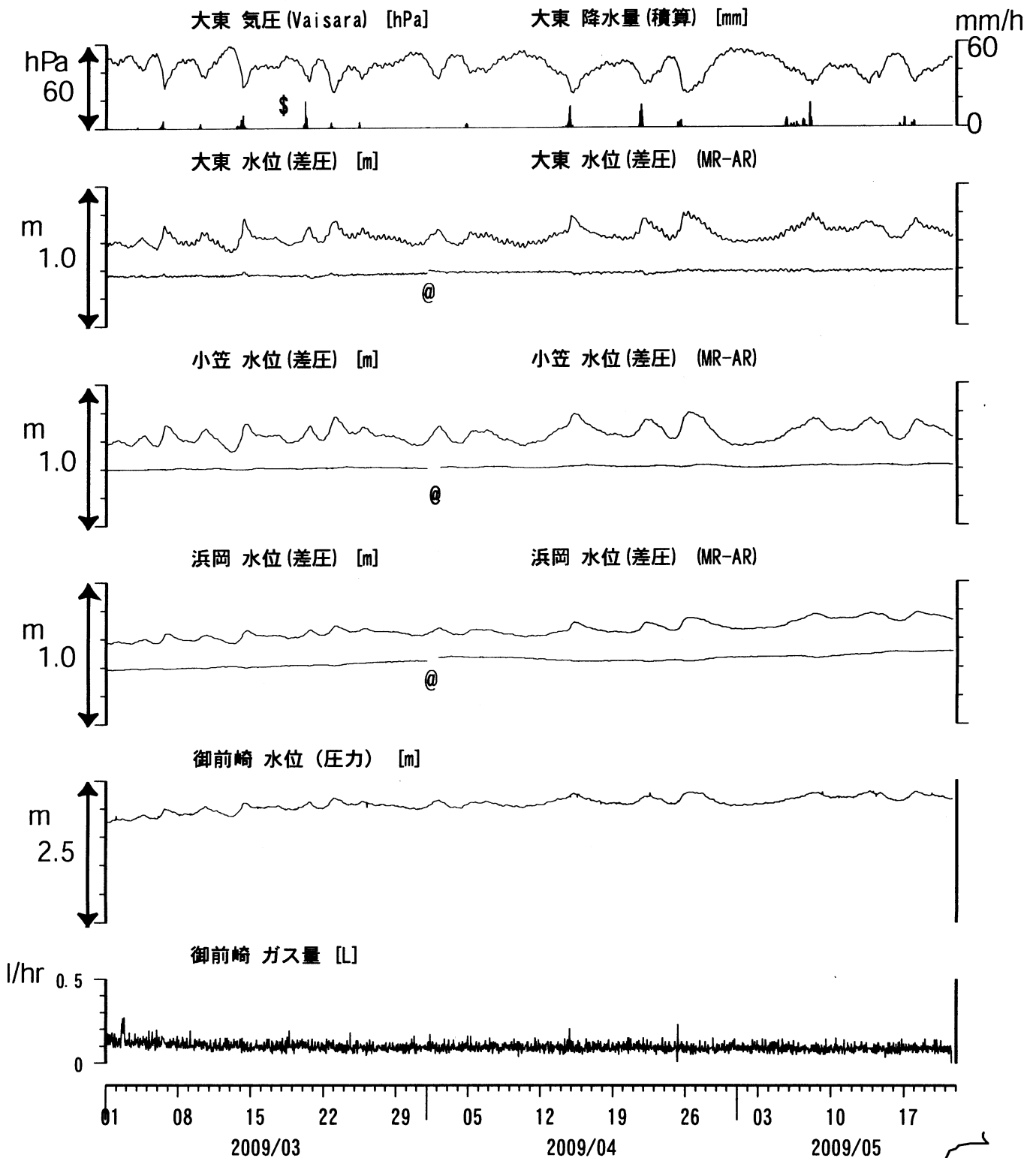


コメント：*;雨量補正不十分. ?;原因不明.
静岡空港建設工事 (2002年7月～2003年2月,
2003年5月～2004年3月, 2004年8月末～2005年5月18日,
2005年5月21日～2006年8月, 2007年4月～2008年5月末)
が榛原で行われている。



東海地域南部 地下水観測結果 中期 (時間値)

(2009/03/01 00:00 - 2009/05/22 00:00)

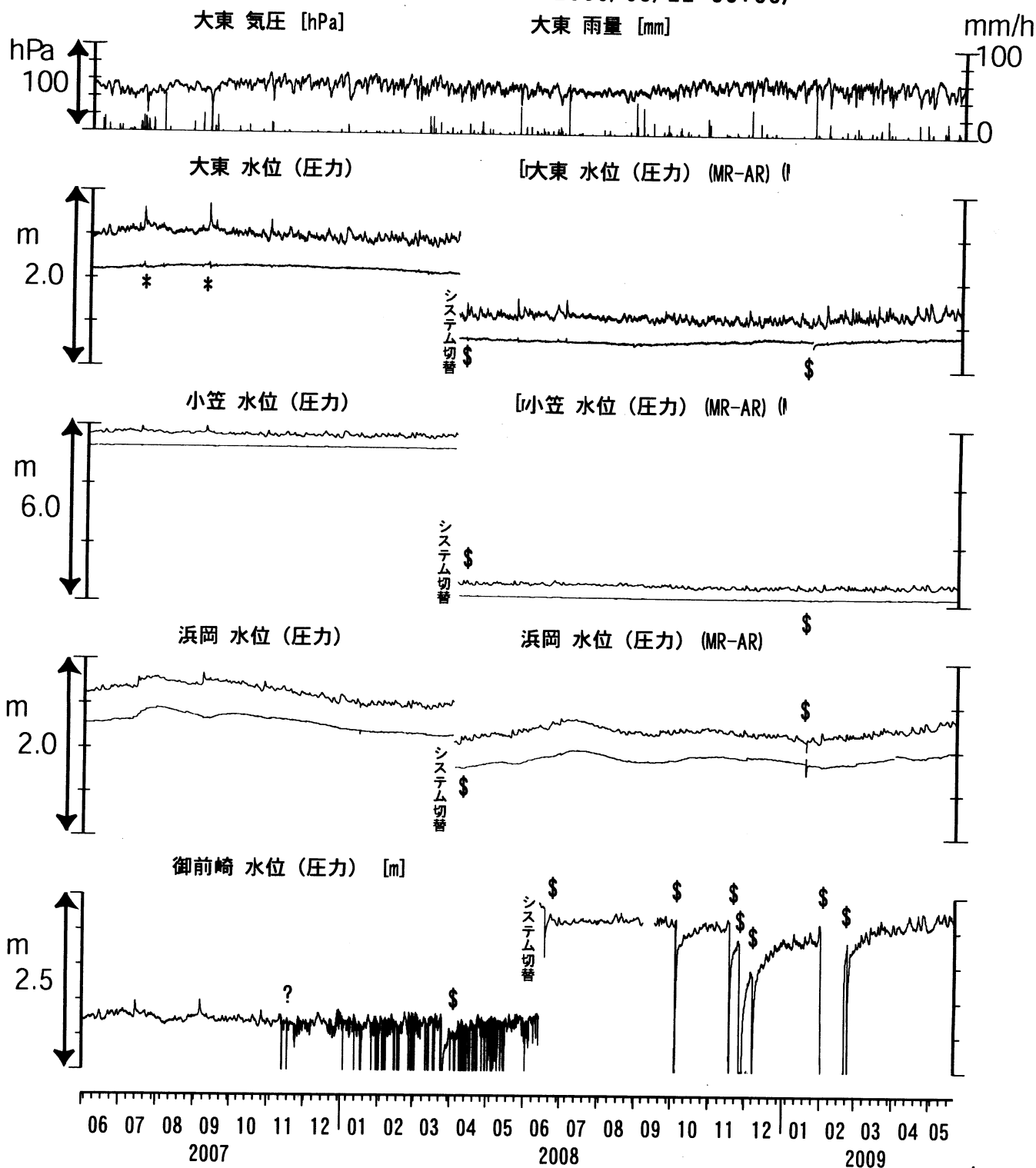


コメント:

*;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.

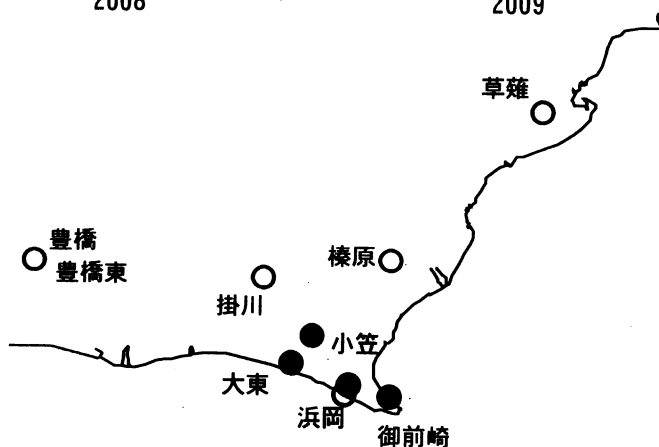


東海地域南部 地下水観測結果 長期 (時間値) (2007/06/01 00:00 - 2009/05/22 00:00)

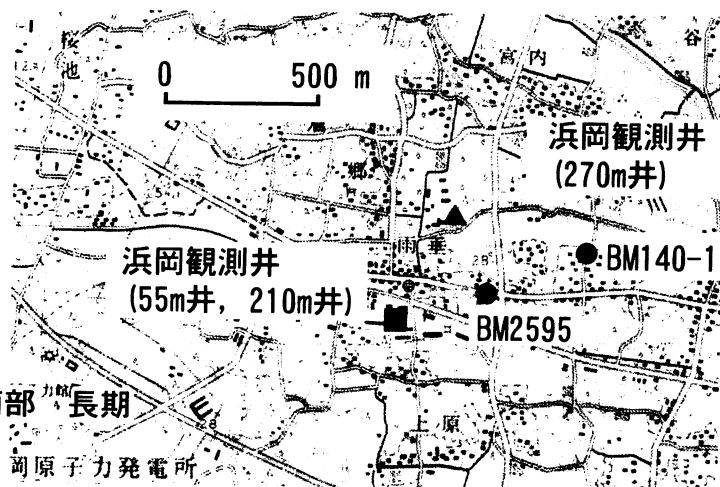
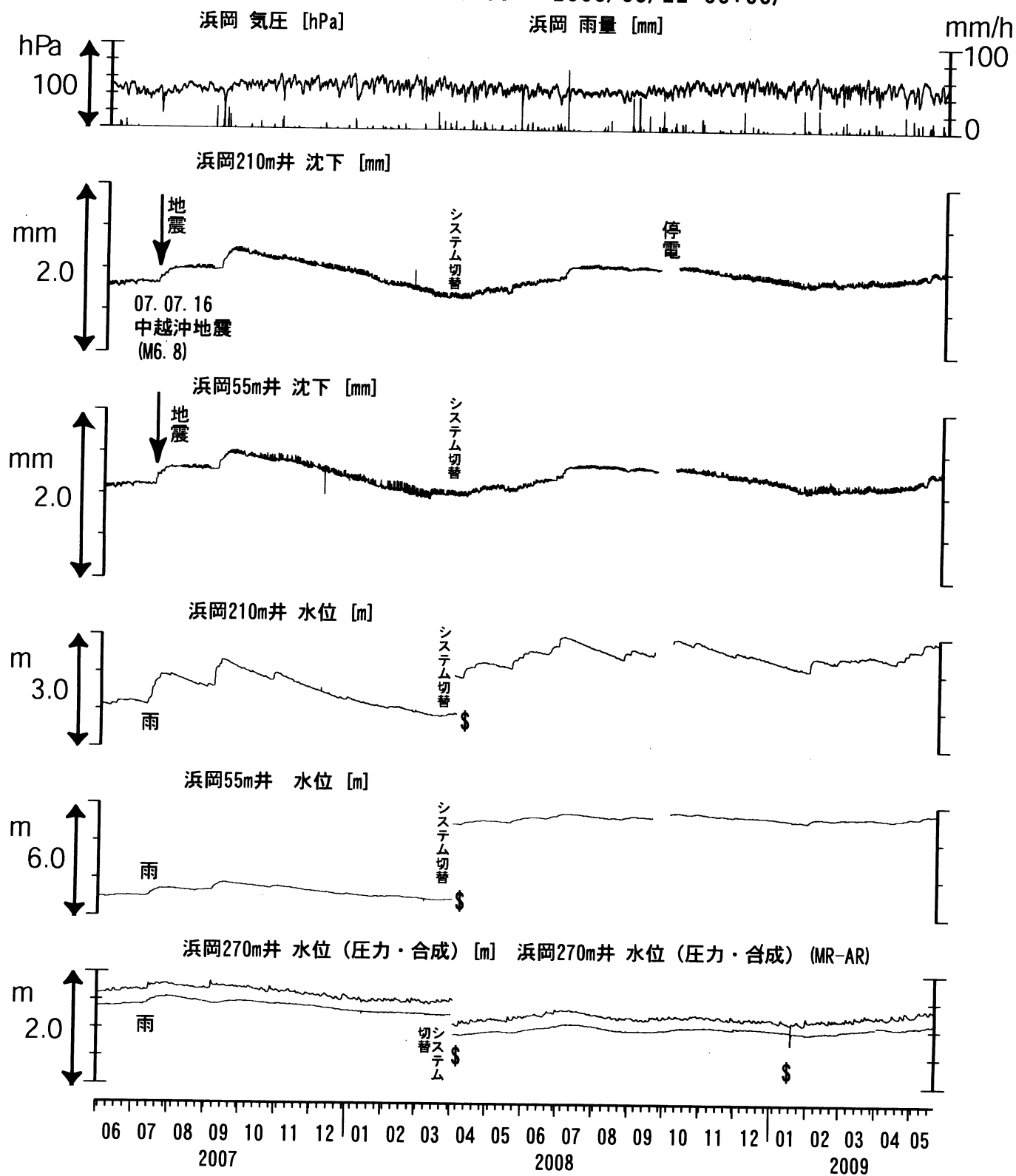


コメント:

*;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。
?;2007年11月中旬から
御前崎の水位データに異常が認められるが、
水位計の不具合の可能性が高い。
2008年6月末に水位計を更新した。



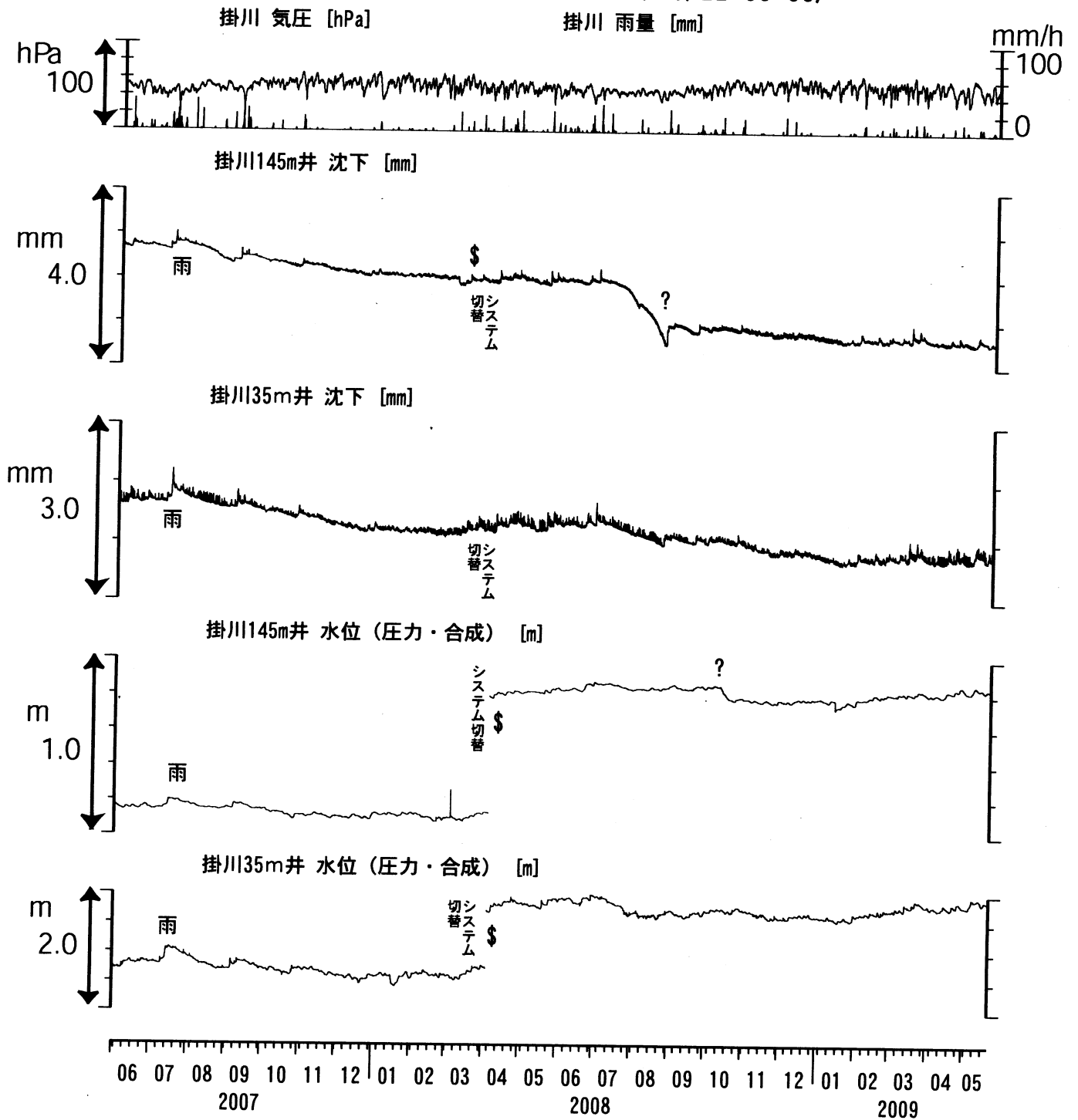
浜岡沈下・水位（時間値） (2007/06/01 00:00 - 2009/05/22 00:00)



コメント：\$;保守.



掛川沈下・水位（時間値） (2007/06/01 00:00 - 2009/05/22 00:00)



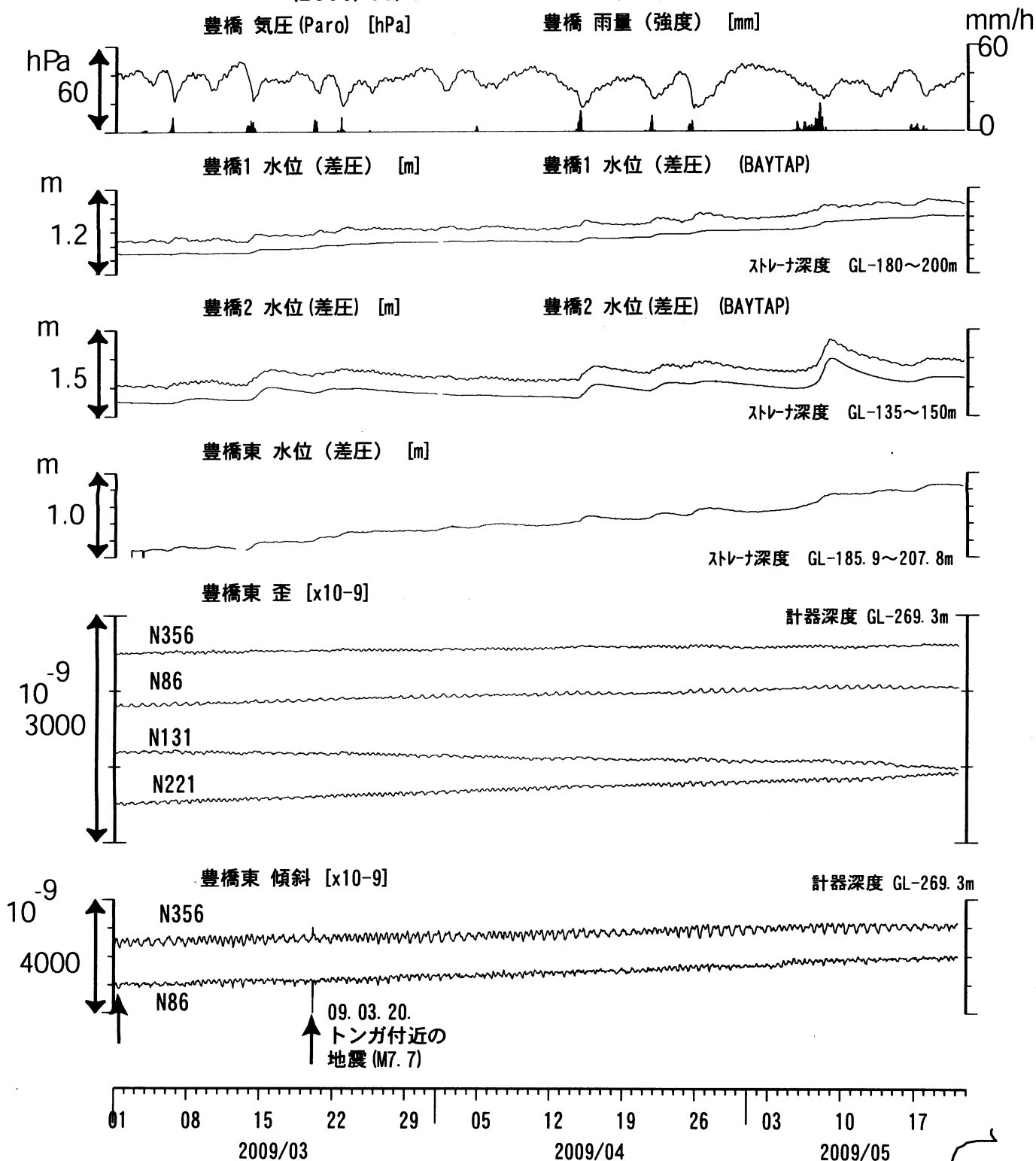
コメント：\$;保守.
 ?;原因不明.



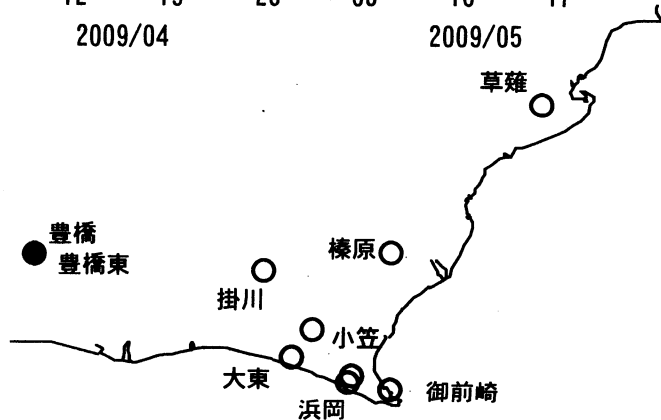
0 500 m



東海地域西部（豊橋・豊橋東）中期（時間値） (2009/03/01 00:00 - 2009/05/22 00:00)



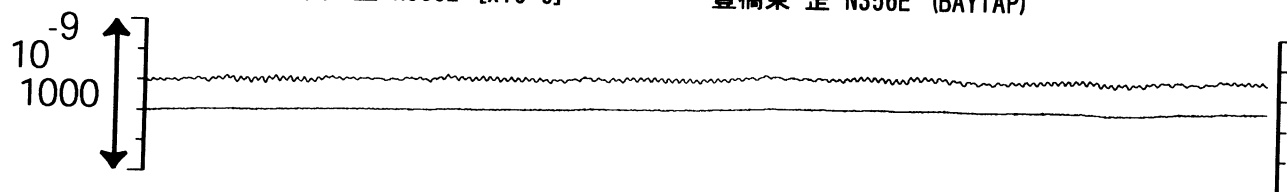
コメント: \$; 保守. ?; 原因不明.



東海地域西部（豊橋東 歪）中期（時間値）
 (2009/03/01 00:00 - 2009/05/22 00:00)

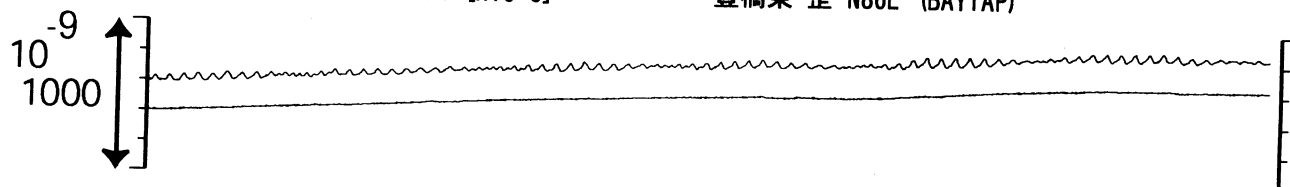
豊橋東 歪 N356E [x10⁻⁹]

豊橋東 歪 N356E (BAYTAP)



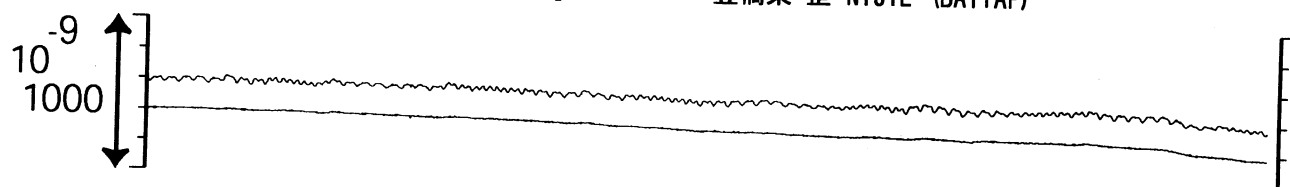
豊橋東 歪 N86E [x10⁻⁹]

豊橋東 歪 N86E (BAYTAP)



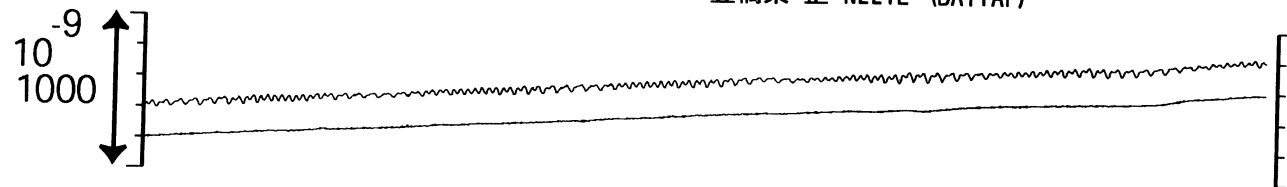
豊橋東 歪 N131E [x10⁻⁹]

豊橋東 歪 N131E (BAYTAP)



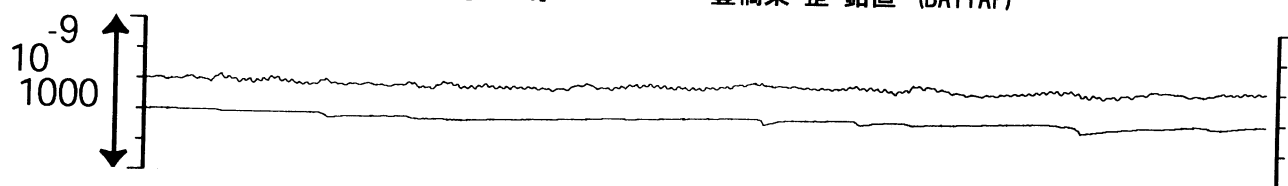
豊橋東 歪 N221E [x10⁻⁹]

豊橋東 歪 N221E (BAYTAP)

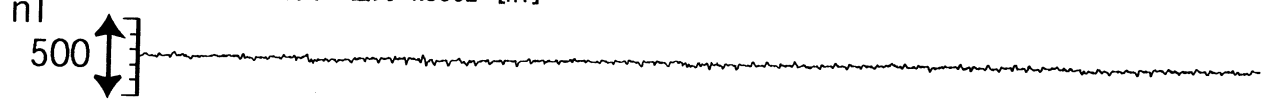


豊橋東 歪 鉛直 [x10⁻⁹]

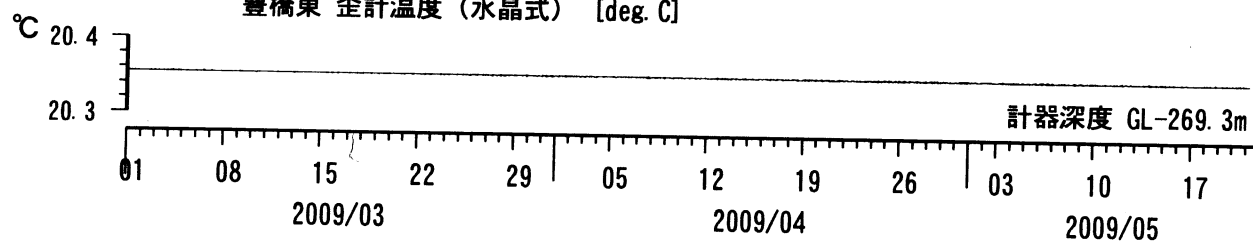
豊橋東 歪 鉛直 (BAYTAP)



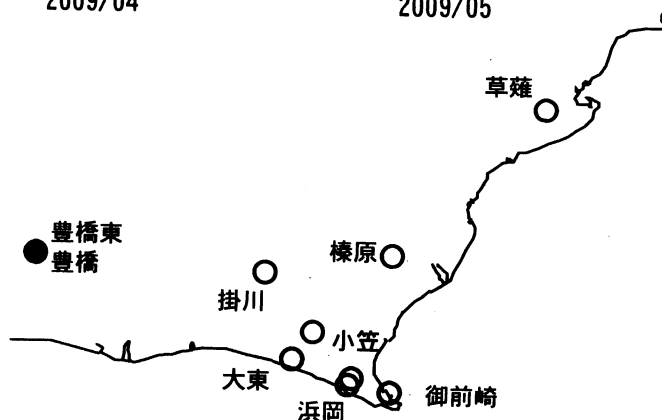
豊橋東 磁力 N356E [nT]



豊橋東 歪計温度（水晶式） [deg. C]



コメント：\$;保守. ?;原因不明.



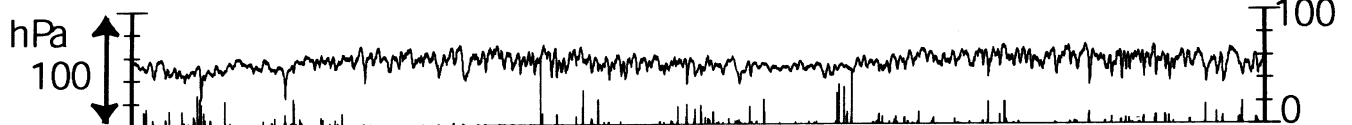
東海地域西部（豊橋・豊橋東）長期（時間値）

(2007/06/01 00:00 - 2009/05/22 00:00)

豊橋 気圧 [hPa]

豊橋 雨量 [mm]

mm/h



豊橋1 水位 [m]

豊橋1 水位 (BAYTAP)

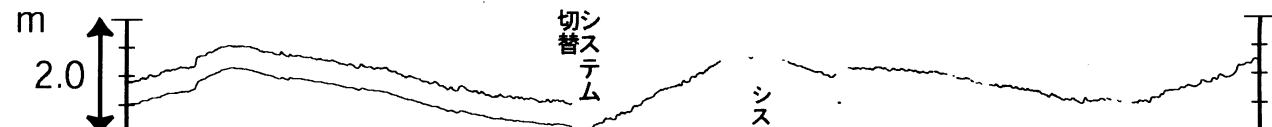


豊橋2 水位 [m]

豊橋2 水位 (BAYTAP)



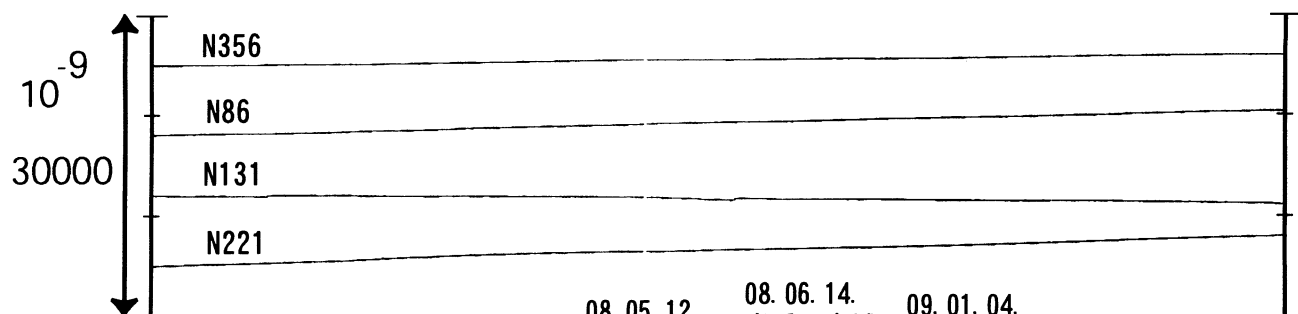
豊橋東 水位 [m]



豊橋東 歪 [x10⁻⁹]

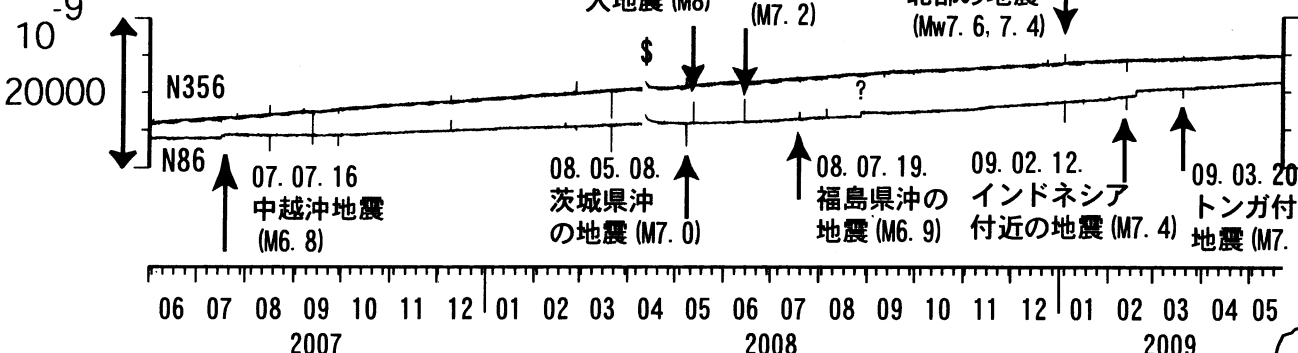
\$

システム不具合



豊橋東 傾斜 [x10⁻⁹]

\$



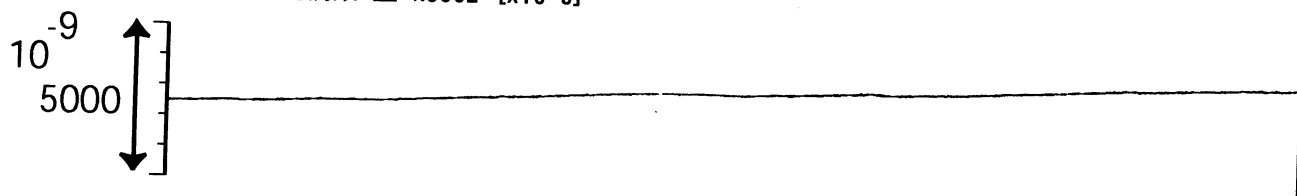
コメント：\$;保守. ?;原因不明.



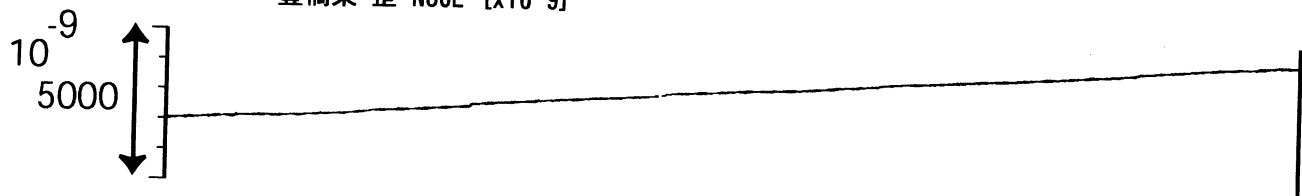
東海地域西部（豊橋東 歪）長期（時間値）

(2007/06/01 00:00 - 2009/05/22 00:00)

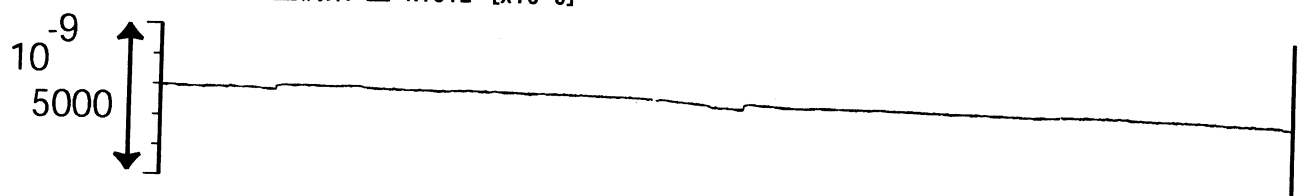
豊橋東 歪 N356E [x10⁻⁹]



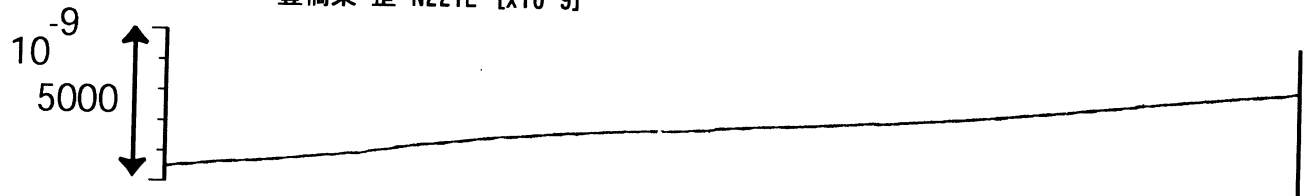
豊橋東 歪 N86E [x10⁻⁹]



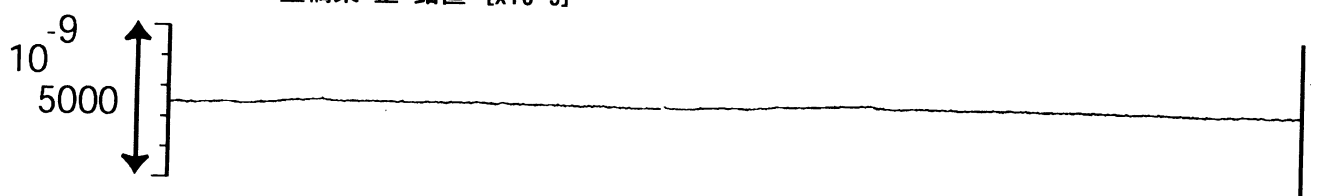
豊橋東 歪 N131E [x10⁻⁹]



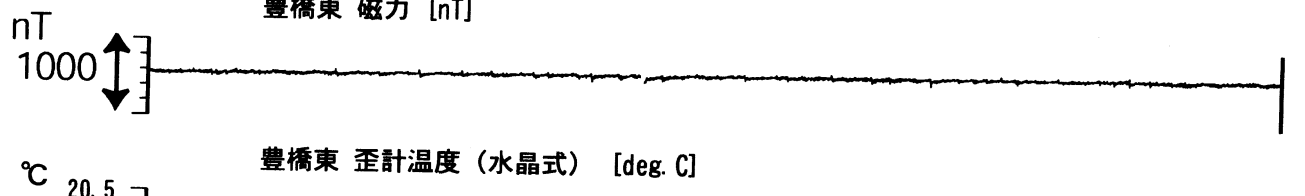
豊橋東 歪 N221E [x10⁻⁹]



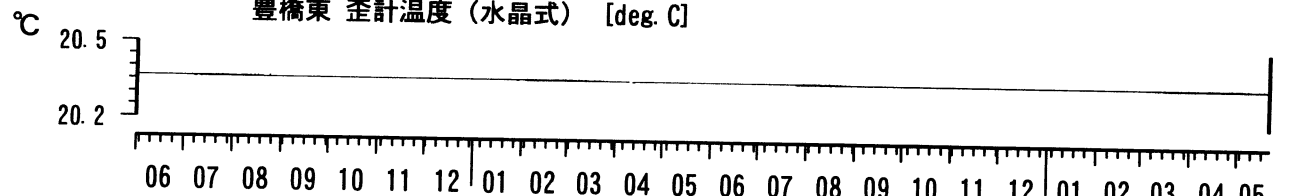
豊橋東 歪 鉛直 [x10⁻⁹]



豊橋東 磁力 [nT]

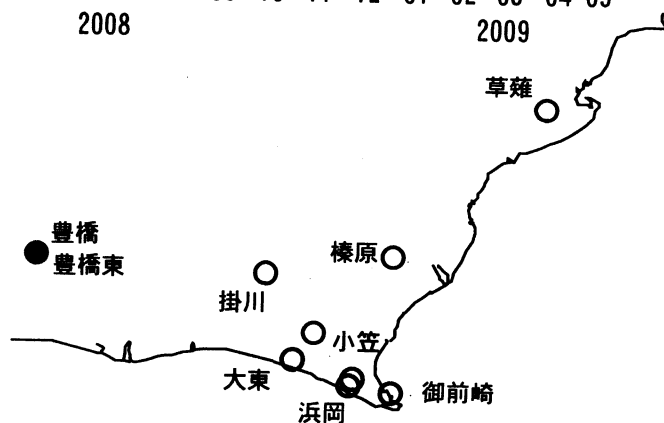


豊橋東 歪計温度（水晶式） [deg. C]



06 07 08 09 10 11 12 | 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 | 01 02 03 04 05
2007 2008 2009

コメント：\$;保守.

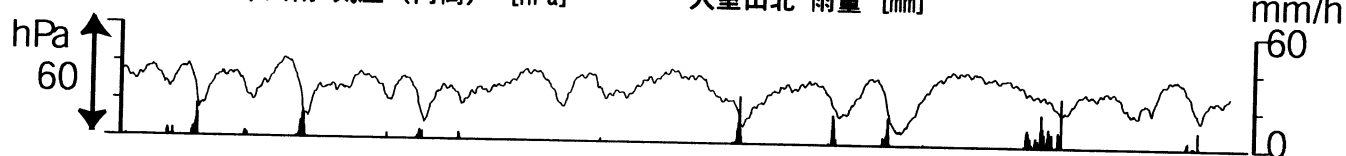


伊豆半島東部 地下水位・自噴量 中期 (時間値)

(2009/03/01 00:00 - 2009/05/22 00:00)

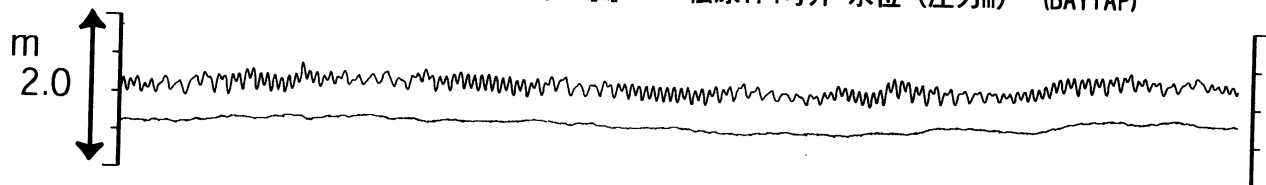
冷川南 気圧 (円筒) [hPa]

大室山北 雨量 [mm]



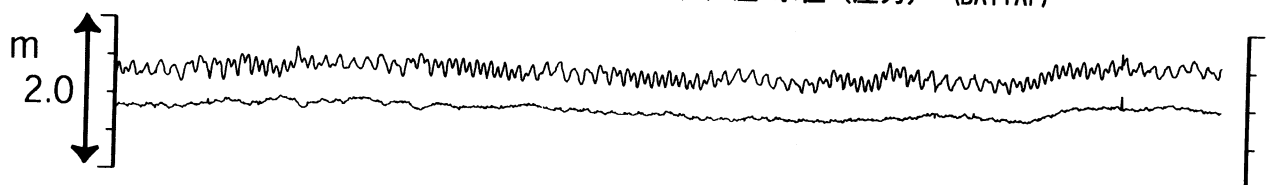
松原174号井 水位 (圧力m) [m]

松原174号井 水位 (圧力m) (BAYTAP)



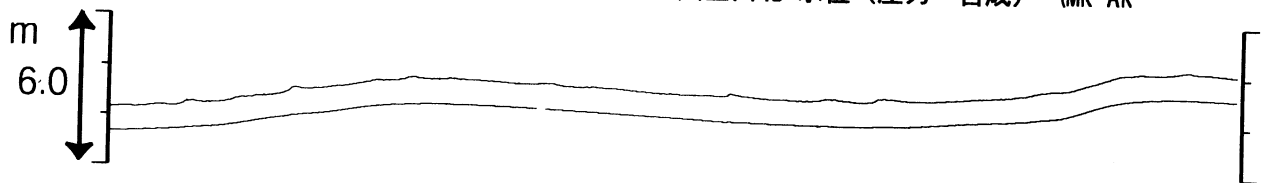
江戸屋 水位 (圧力) [m]

江戸屋 水位 (圧力) (BAYTAP)



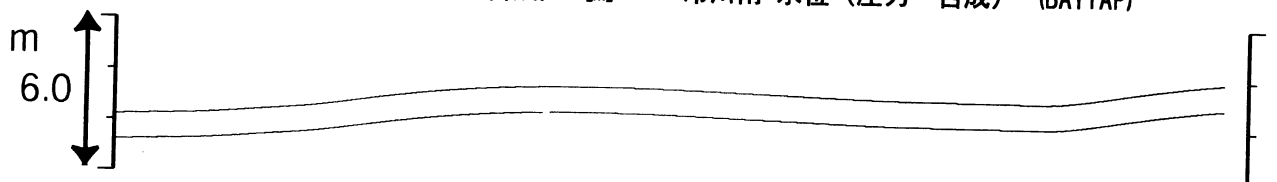
大室山北 水位 (圧力・合成) [m]

大室山北 水位 (圧力・合成) (MR-AR)



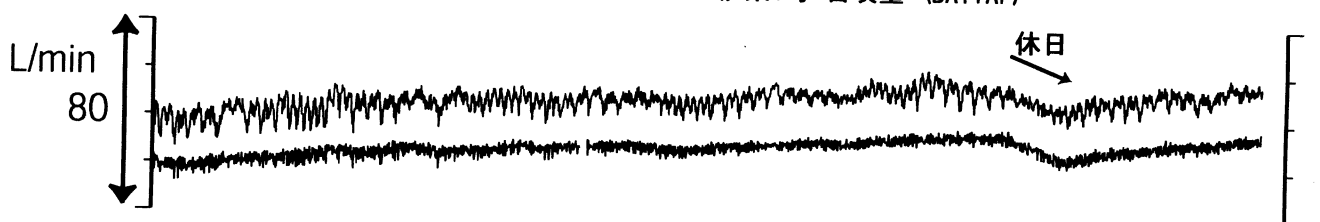
冷川南 水位 (圧力・合成) [m]

冷川南 水位 (圧力・合成) (BAYTAP)



伊東1号 自噴量 [l/min]

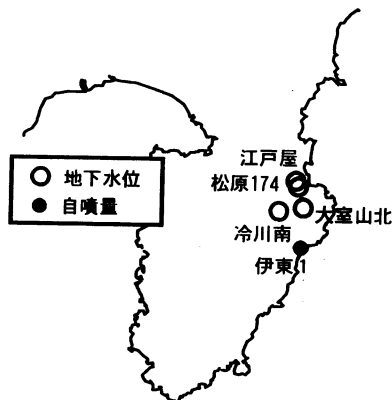
伊東1号 自噴量 (BAYTAP)



01 08 15 22 29 05 12 19 26 03 10 17
2009/03 2009/04 2009/05

コメント: \$;保守. ?;原因不明.

松原174号井は静岡県による観測.



伊豆半島東部 地下水位・自噴量 長期 (時間値)

(2007/06/01 00:00 - 2009/05/22 00:00)

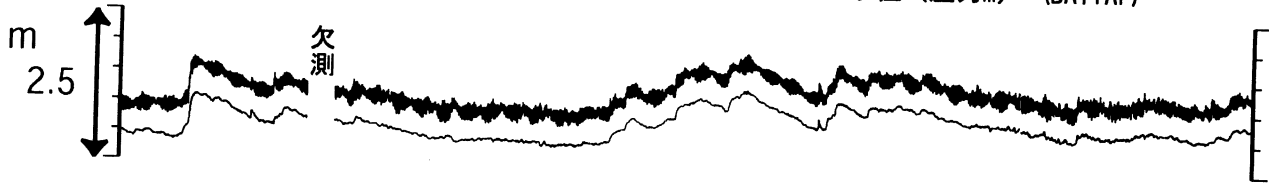
大室山北 気圧 (円筒) [hPa]

大室山北 雨量 [mm]



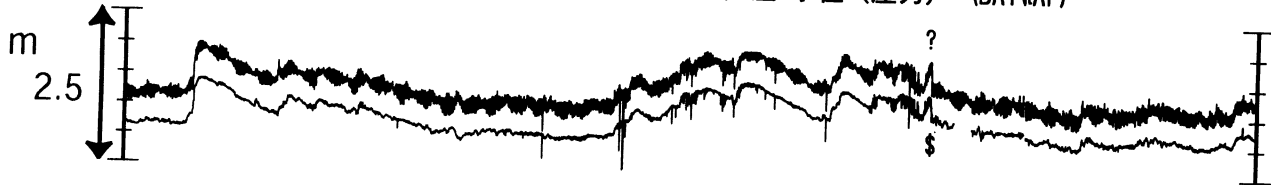
松原174号井 水位 (圧力) [m]

松原174号井 水位 (圧力) (BAYTAP)



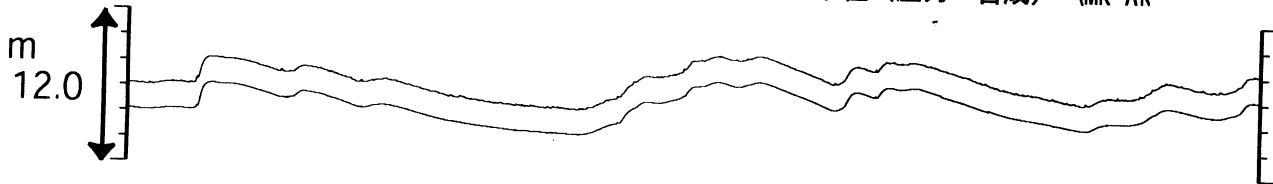
江戸屋 水位 (圧力) [m]

江戸屋 水位 (圧力) (BAYTAP)



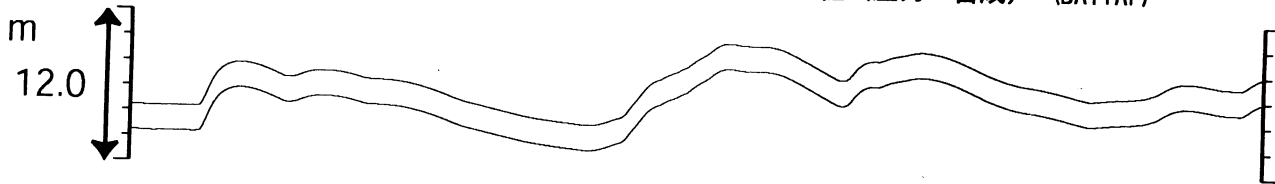
大室山北 水位 (圧力・合成) [m]

大室山北 水位 (圧力・合成) (MR-AR)



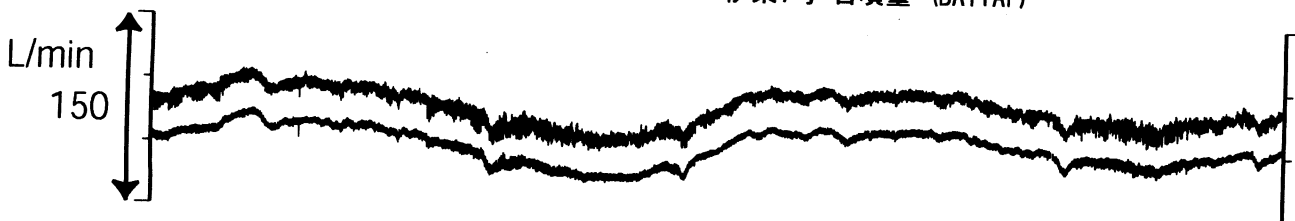
冷川南 水位 (圧力・合成) [m]

冷川南 水位 (圧力・合成) (BAYTAP)



伊東1号 自噴量 [l/min]

伊東1号 自噴量 (BAYTAP)



06 07 08 09 10 11 12 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 01 02 03 04 05
2007 2008 2009

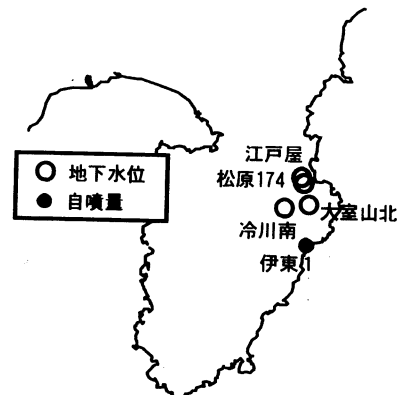
コメント: \$;保守. ?;原因不明.

松原174号井は静岡県による観測.

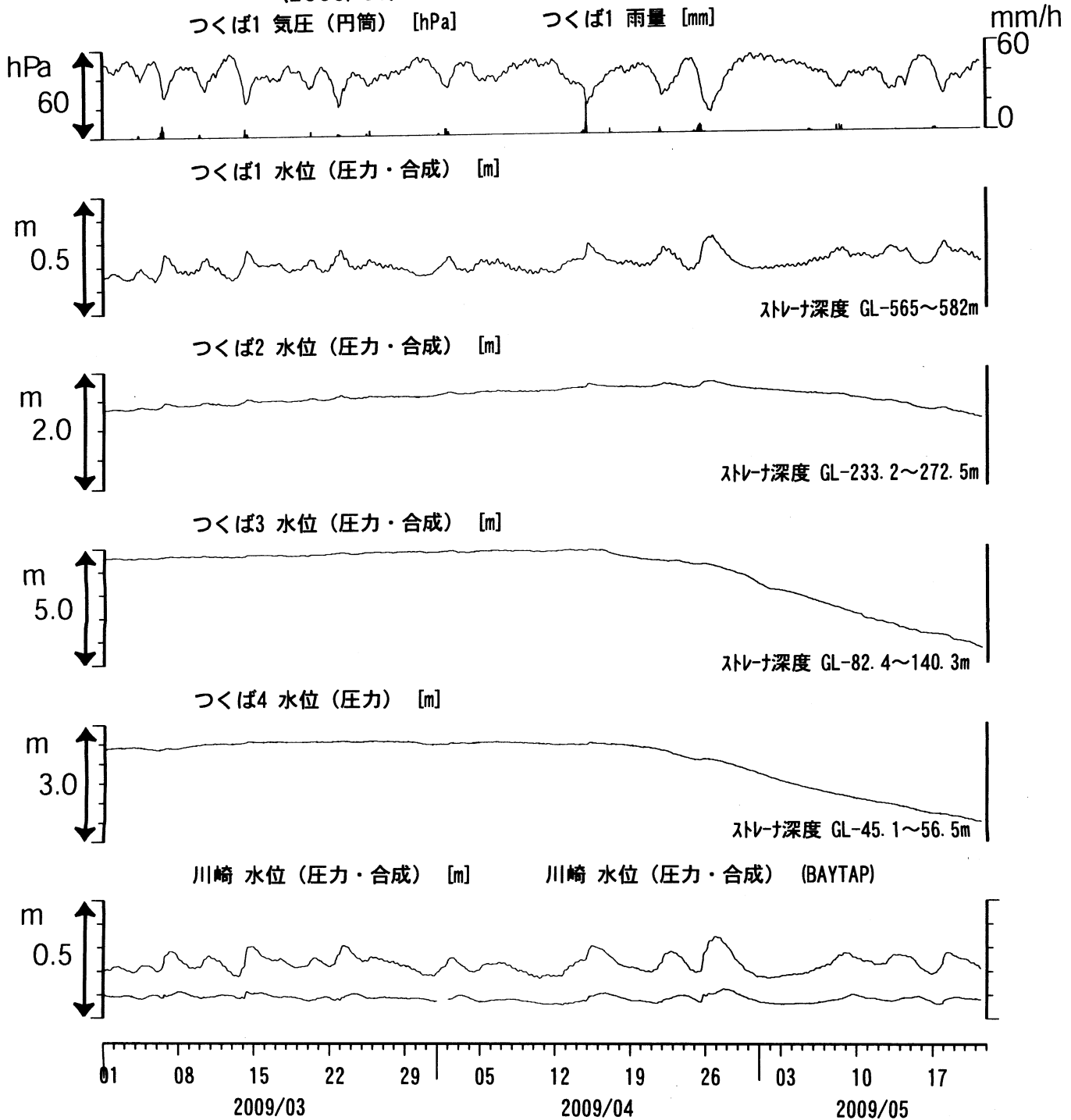
伊東1は, 休日・年末年始に周囲の温泉使用量が増加するため, 自噴量が減少する.

江戸屋の水位が2008年4月中旬以降乱れているが, 水位計の不具合が原因と思われる.

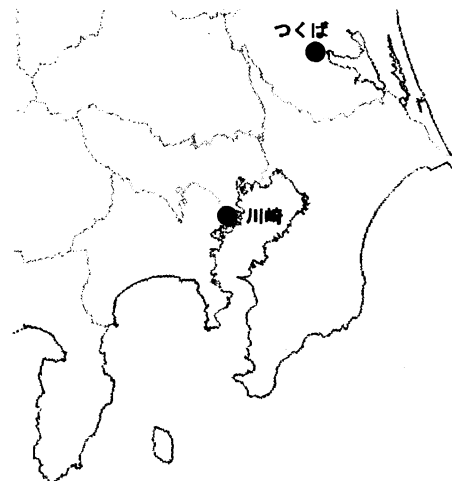
2008年10月30日に江戸屋の水位計の保守を行った.



関東地域 地下水観測結果 中期 (時間値)
(2009/03/01 00:00 - 2009/05/22 00:00)



コメント: \$; 保守.

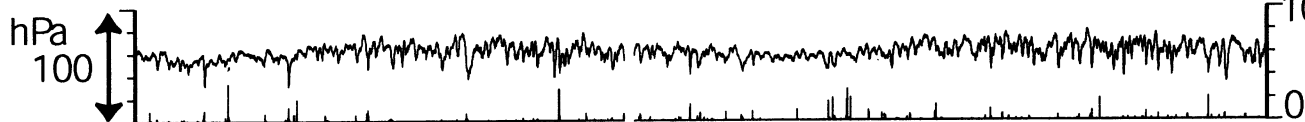


関東地域 地下水観測結果 長期 (時間値)
(2007/06/01 00:00 - 2009/05/22 00:00)

つくば1 気圧 (円筒) [hPa]

つくば1 雨量 [mm]

mm/h



つくば1 水位 (圧力・合成) [m]



ストレナ深度 GL-565~582m

つくば2 水位 (圧力・合成) [m]



ストレナ深度 GL-233.2~272.5m

つくば3 水位 (圧力・合成) [m]



ストレナ深度 GL-82.4~140.3m

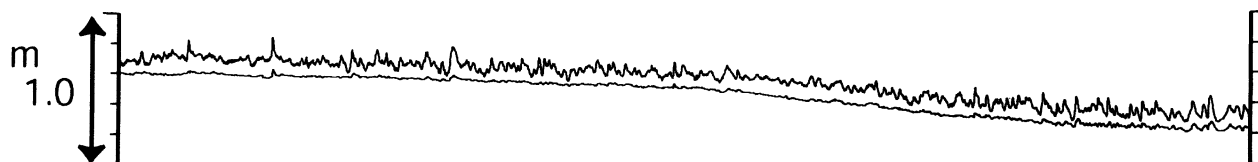
つくば4 水位 (圧力・合成) [m]



ストレナ深度 GL-45.1~56.5m

川崎 水位 (圧力・合成) [m]

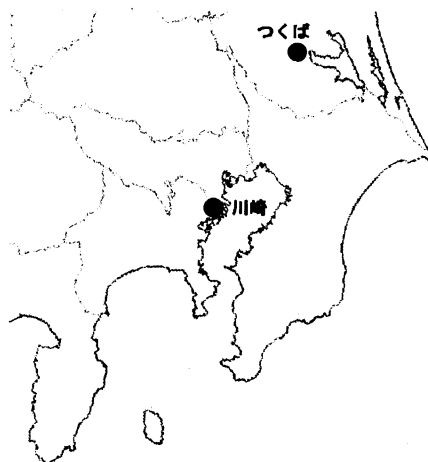
川崎 水位 (圧力・合成) (BAYTAP)



06 07 08 09 10 11 12 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 01 02 03 04 05
2007 2008 2009

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。



紀伊半島の地下水・歪観測結果(2009年3月～2009年5月)

産業技術総合研究所

産業技術総合研究所で2007年以降に地下水等の観測を開始した、紀伊半島の5観測点(ITA, MYM, ICU, HGMおよびKST)における2009年3月1日から同年5月18日までの観測結果を図1～5に示す。ITAにはGTSM社製歪計が、その他4点には石井式歪計が600m孔(標準)に埋設されている。

広島大学の低周波微動自動モニタリングシステム(ATMOS)、気象庁一元化リストや産総研による低周波微動モニタリングによると、2009年5月3日昼頃～6日頃にかけて奈良県東部で、その後11日頃まで三重県中部～伊勢湾にかけて、北東方向へゆっくりと移動する活発な低周波微動(低周波地震)が観測された(図6～7)。また、13日頃～17日頃にかけて、和歌山県中部でもやや活発な低周波微動(低周波地震)が観測された(図6～7)。同期間の5観測点(HGM, KST, ICU, MYMおよびITA)における観測結果を図8～9に示す。複数の観測点で、微動の活発化や移動に対応した変化が認められた。微動の移動と歪変化を基に、5つの期間に分けて短期的SSEの有無について解析を行った。

ATMOSによる低周波微動の震央域のプレート形状モデル(弘瀬ほか, 2007)を参考にスロースリップイベント(SSE)の断層モデルを仮定し、Okada(1992)と内藤・吉川(1999)によって各観測点で期待される主歪変化を計算した他、水平歪の観測結果から各期間の主歪を計算した(図10～14および表1)。断層面の水平位置は、微動の震央域付近とし、深さおよびすべり方向等はプレート形状から決定した。すべり量のみ、観測結果に合うよう設定した。なお、歪計のキャリブレーションは行っていないため、すべり量は実際より最大で2倍程度大きく見積もられている可能性がある。水平歪は4成分観測しているため、主歪観測結果は3組ずつの組み合わせで4通り計算して平均値を使用しているが、4組のばらつきが大きい場合はその旨示している。期間A(2009/5/3 12時～5/6 0時)、B(2009/5/6 0時～5/7 0時)、C(5/7 0時～5/8 0時)については、観測された主歪と断層モデルからの計算値は概ね調和的であるが、期間D(5/8 0時～5/11 0時)や期間E(5/15 0時～5/17 0時)はずれがやや大きい。期間Dについては、微動域とすべり面が一致していない可能性がある。期間Eについては、ノイズレベル程度の変化のため、誤差が大きいと思われる。5期間のMwの総和は6.2と推定される。

紀伊半島では、2009年1月に奈良県南部、同年2月に和歌山県中部、同年3月と4月に奈良県南部で深部低周波微動にともなうSSEによると考えられる歪変化が観測されているが、奈良県東部～三重県中部は2008年11月以来微動の活発化は発生していなかった。広島大学ATMOSによると、奈良県東部～伊勢湾にかけて活発な微動が北東方向へ移動するのは、2006年1月以来である。

(板場智史・北川有一・武田直人・小泉尚嗣)

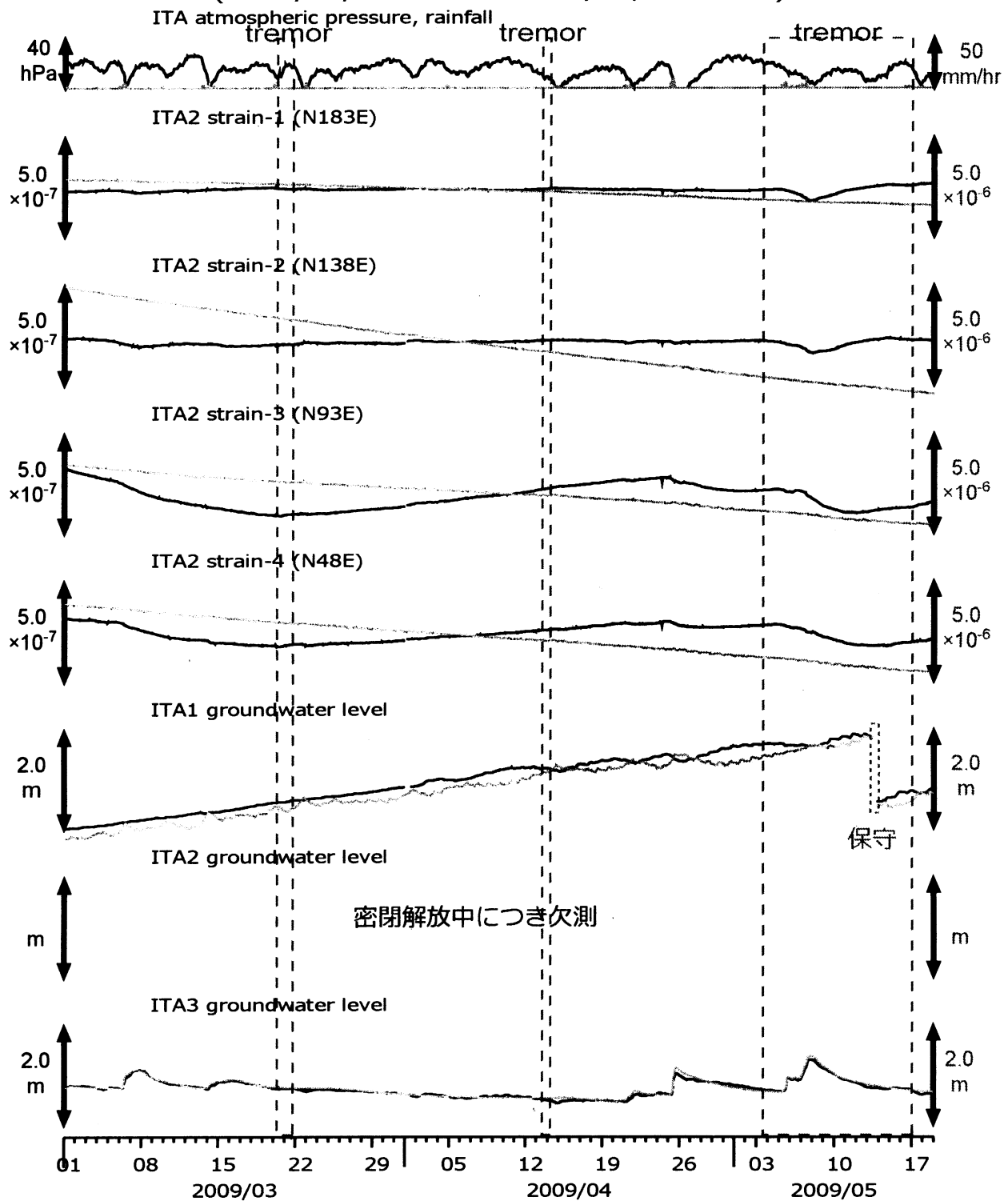
謝辞

広島大学の低周波微動自動モニタリングシステム(ATMOS)によるモニタリング結果を使用させて頂きました。低周波地震の分布および個数は、気象庁一元化震源リストを基にしました。産総研による低周波微動の解析には、産総研、防災科研Hi-net、気象庁、東京大学の観測点の地震計データを使用しました。ここに記して感謝致します。

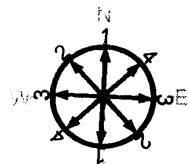
参考文献

- 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.
- 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*, **52**, 101-103, 1999.
- 広島大学, 低周波微動自動モニタリングシステム(ATMOS), <http://tremor.geol.sci.hiroshima-u.ac.jp/>.
- 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.

図1: 紀伊半島南部の地下水・歪観測結果: ITA (時間値)
(2009/03/01 00:00 - 2009/05/19 00:00)



灰色線は生データ(毎正時値)、黒色線は潮汐・大気圧応答成分、2次曲線トレンド(歪のみ)を取り除いている。



instrument	installed depth (GL-m)
ITA2 strainmeter	181.3 - 183.6
well	screen depth (GL-m)
ITA1	547.6 - 558.5
ITA2	145.5 - 156.4
ITA3	10.8 - 16.3

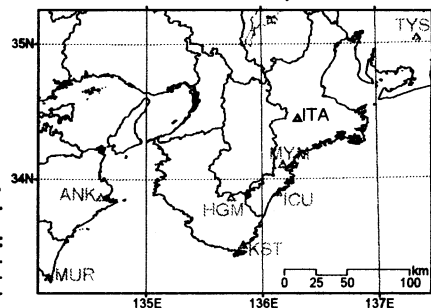
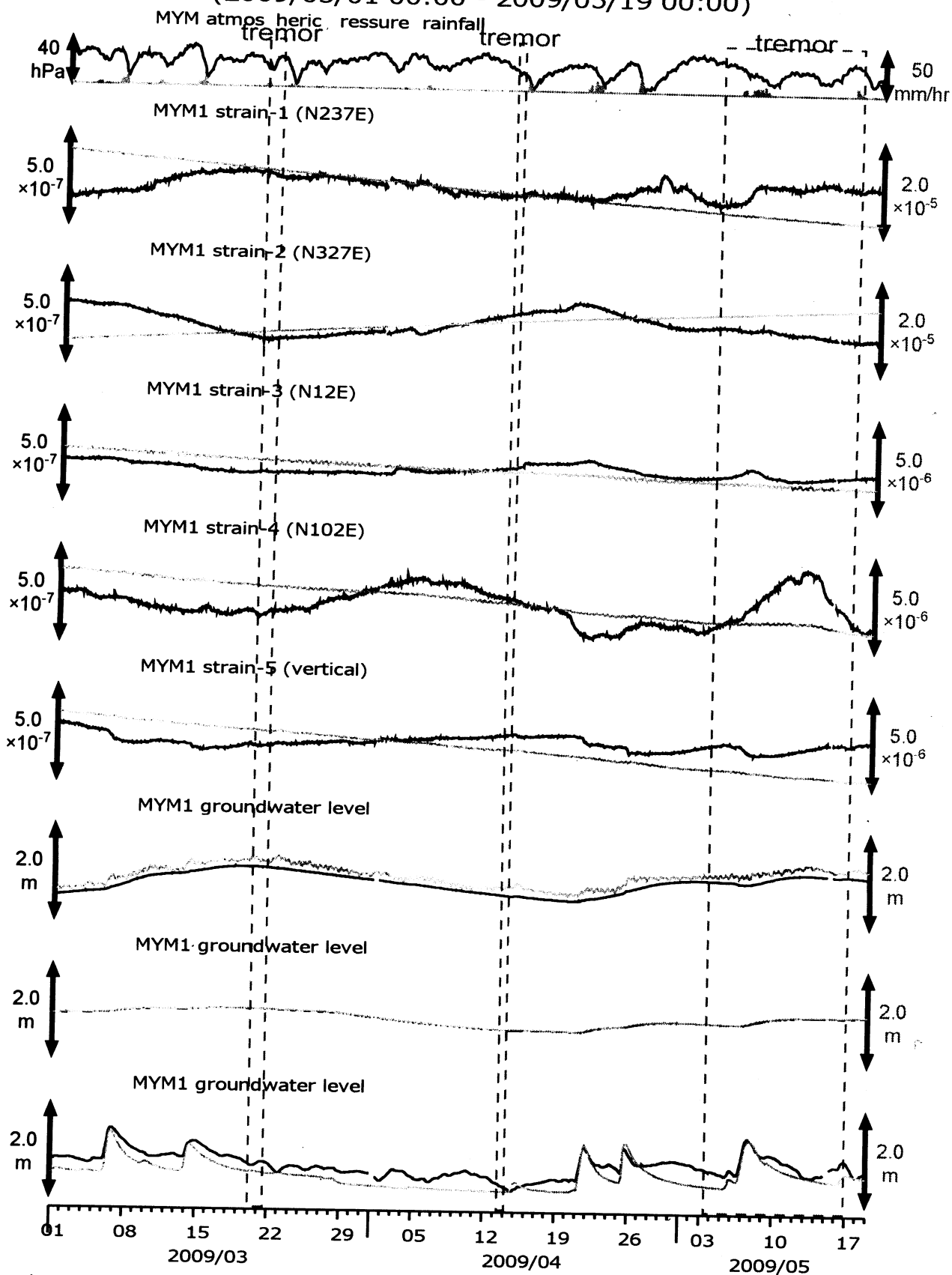


図2: 紀伊半島南部の地下水・歪観測結果: MYM (時間値)
(2009/03/01 00:00 - 2009/05/19 00:00)



灰色線は生データ(毎正時値)、黒色線は潮汐・大気圧応答成分、2次直線トレンド(歪のみ)を取り除いている。

instrument	installed depth (GL-m)
MYM1 strainmeter	585.4 - 592.3
well	screen depth (GL-m)
MYM1	418.9 - 429.8
MYM2	140.2 - 151.1
MYM3	19.9 - 25.3

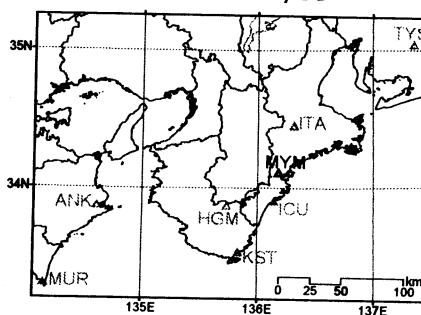
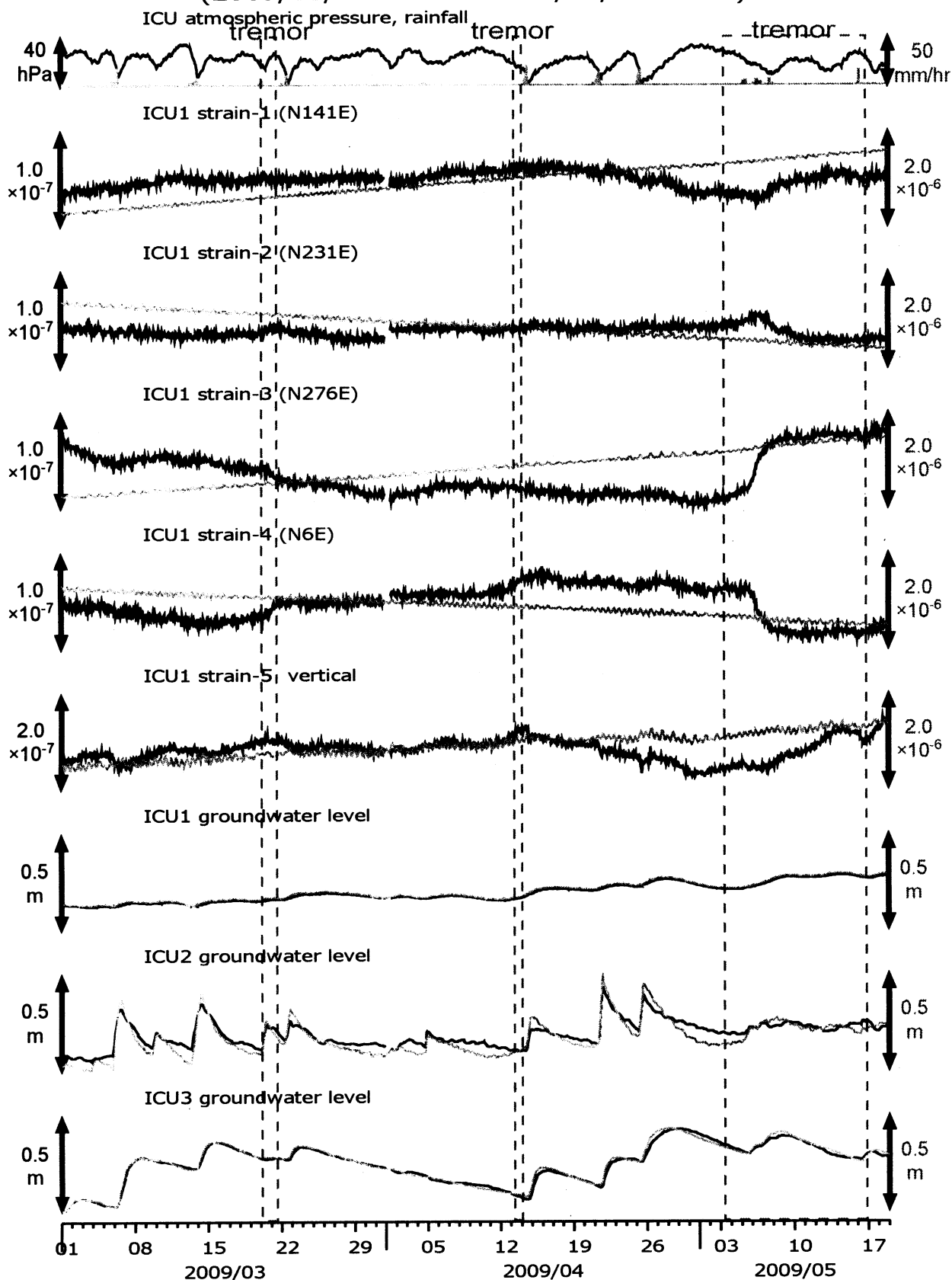


図3: 紀伊半島南部の地下水・歪観測結果: ICU (時間値)
(2009/03/01 00:00 - 2009/05/19 00:00)



灰色線は生データ(毎正時値)、黒色線は潮汐・大気圧応答成分、直線トレンド(歪のみ)を取り除いている。

Instrument	installed depth (GL-m)
ICU1 strainmeter	583.9-590.8
well	screen depth (GL-m)
ICU1	522.4-533.4
ICU2	95.7-106.6
ICU3	13.4-18.8

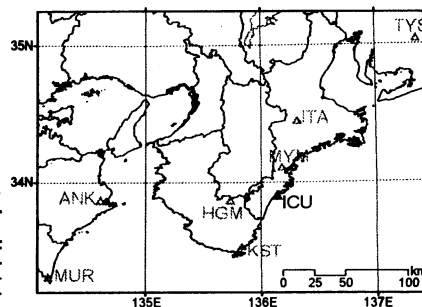
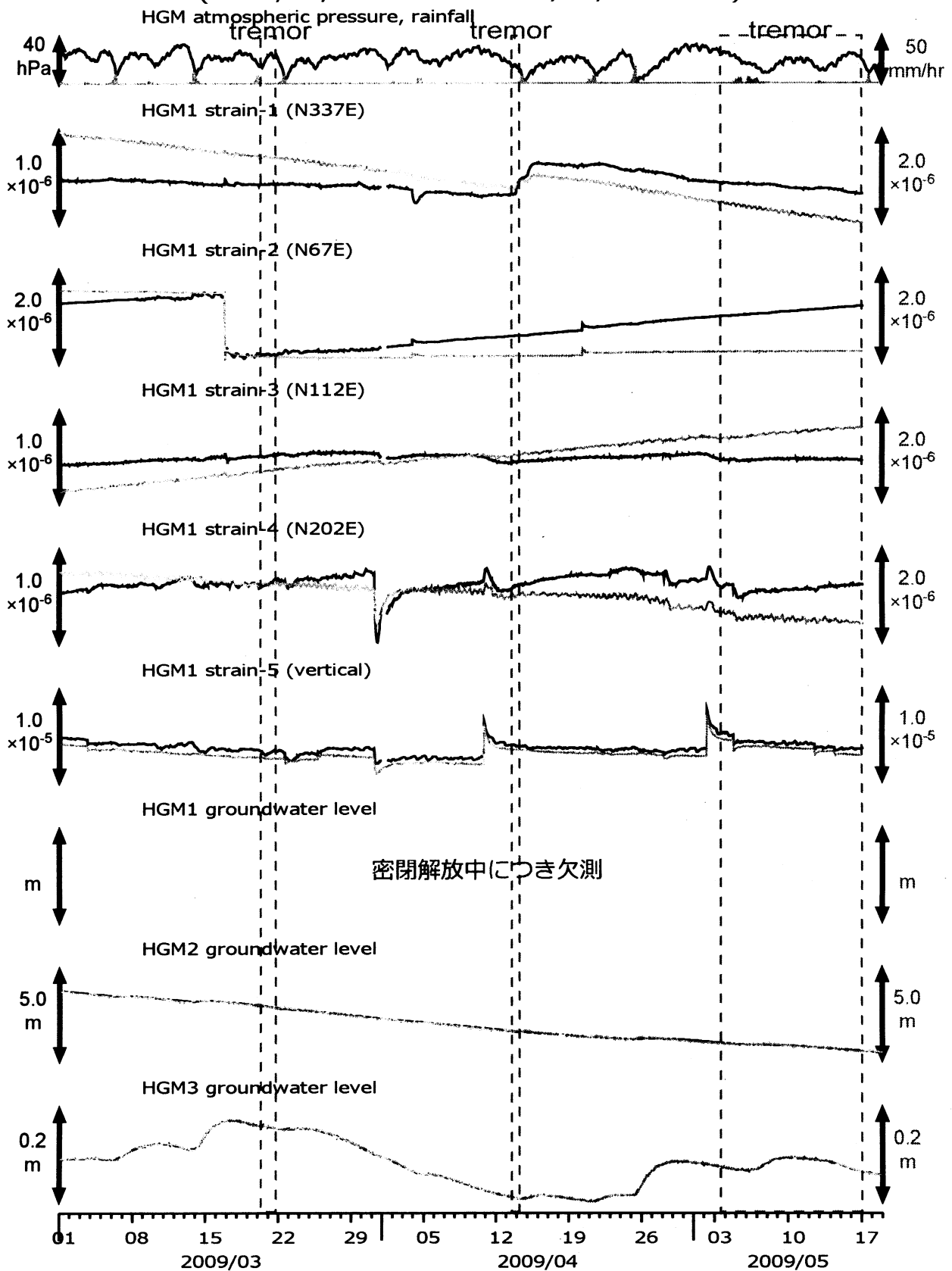


図4: 紀伊半島南部の地下水・歪観測結果: HGM (時間値)
(2009/03/01 00:00 - 2009/05/19 00:00)



2009/1/30にHGM1の密閉開放を行ったため歪全成分とHGM2の水圧に影響が出ている。歪各成分で頻発するステップはセンサーの近傍の間隙水圧の変化が原因と考えられる。灰色線は生データ(毎正時値)、黒色線は潮汐・大気圧応答成分、直線トレンド(歪のみ)を取り除いている。

instrument	installed depth (GL-m)
HGM1 strainmeter	368.2 - 375.0
well	screen depth (GL-m)
HGM1	320.4 - 331.3
HGM2	180.9 - 191.8
HGM3	24.3 - 29.8

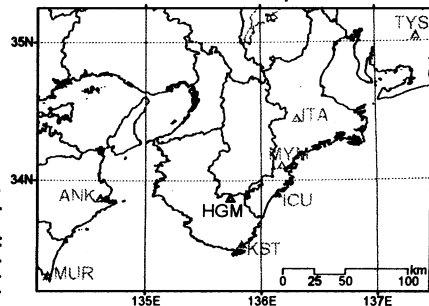
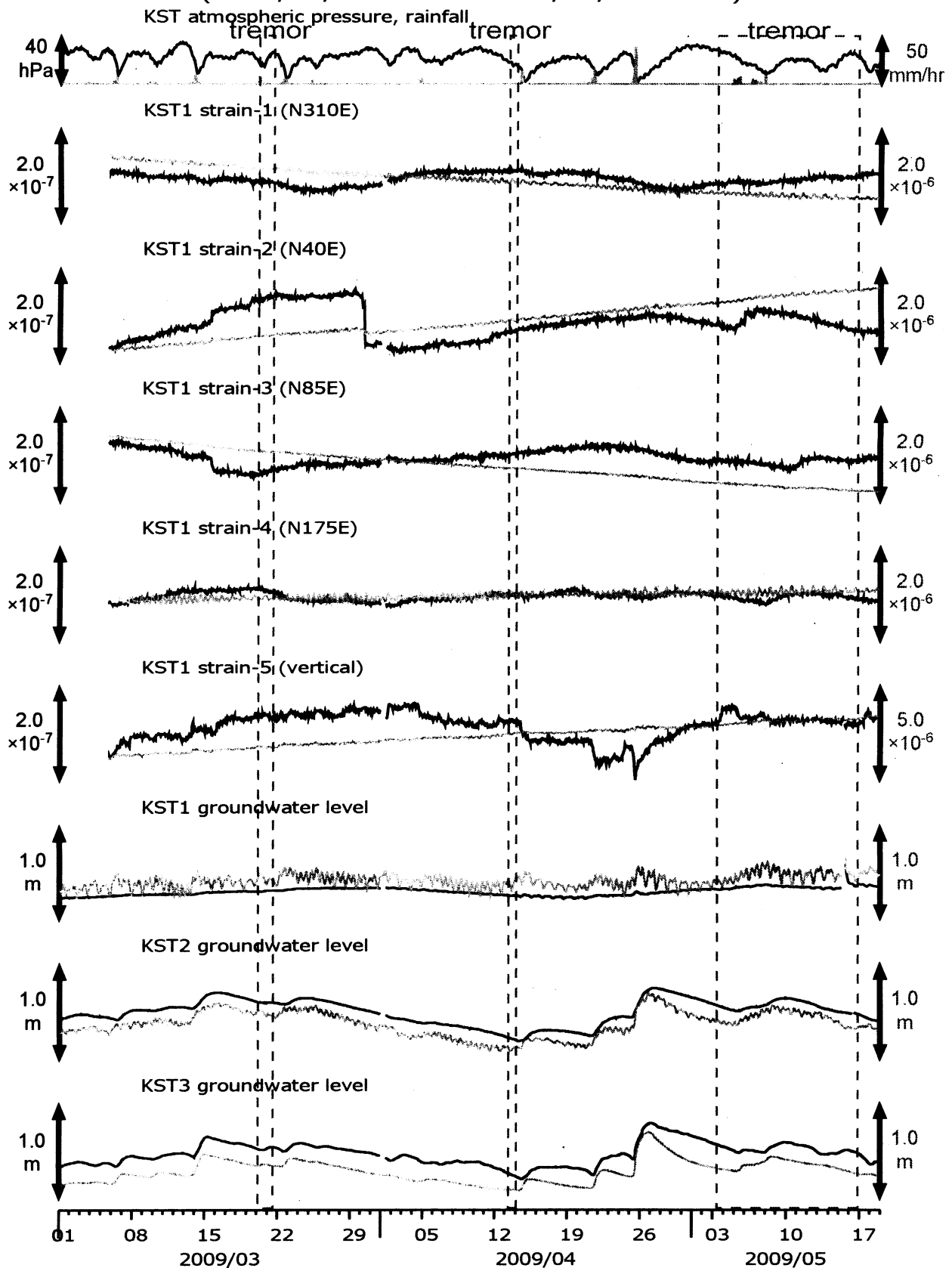
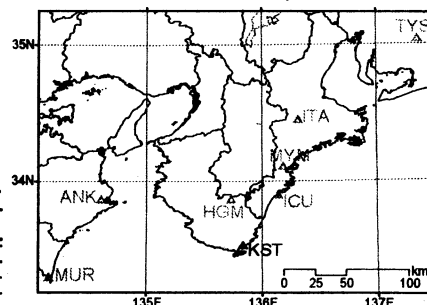


図5: 紀伊半島南部の地下水・歪観測結果: KST (時間値)
(2009/03/01 00:00 - 2009/05/19 00:00)

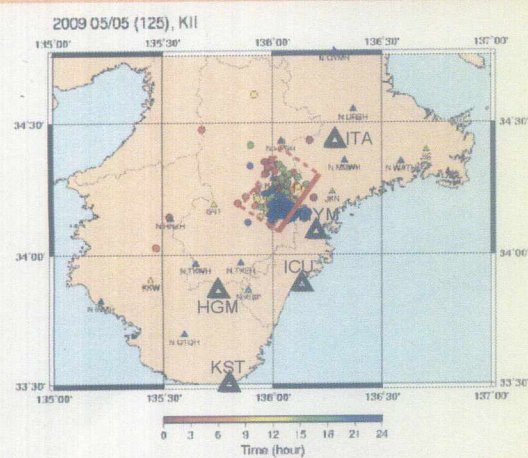
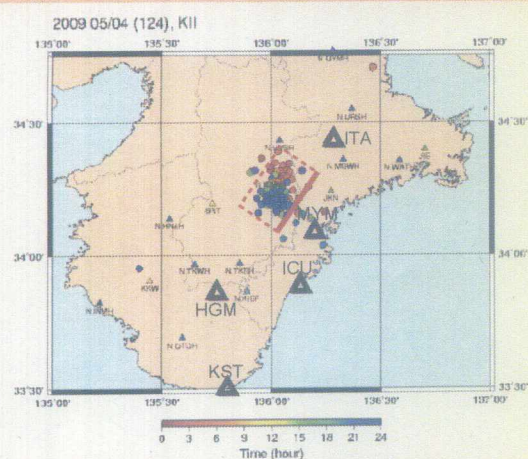
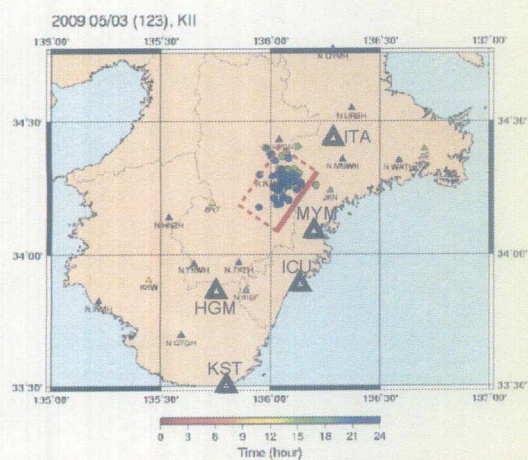
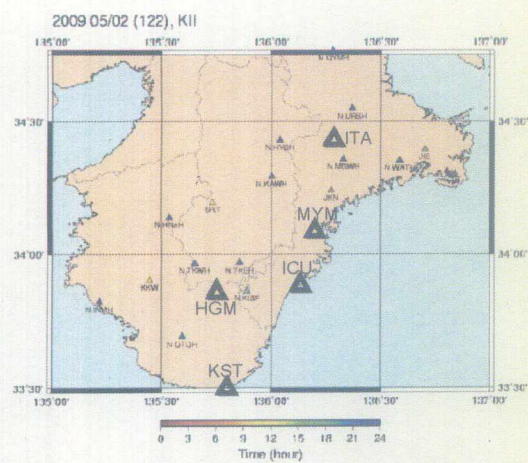


灰色線は生データ(毎正時値)、黒色線は潮汐・大気圧応答成分、2次曲線トレンド(歪のみ)を取り除いている。

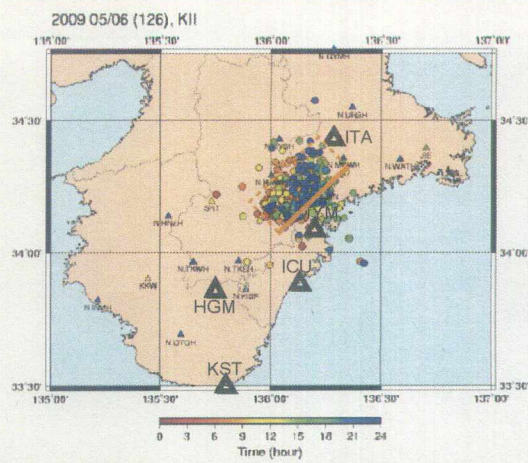
instrument	installed depth (GL-m)
KST1 strainmeter	585.2 - 592.1
well	screen depth (GL-m)
KST1	509.2 - 520.2
KST2	132.9 - 143.9
KST3	20.4 - 30.6



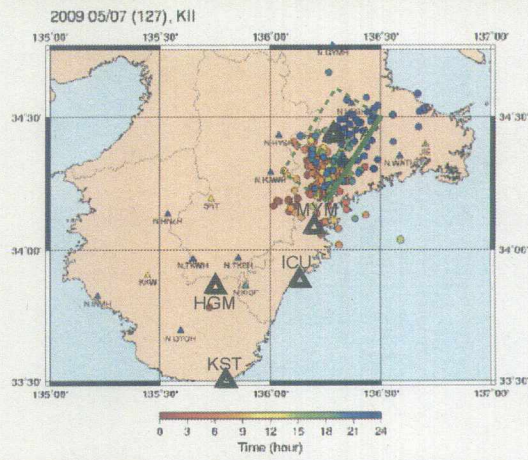
A



B



C



D

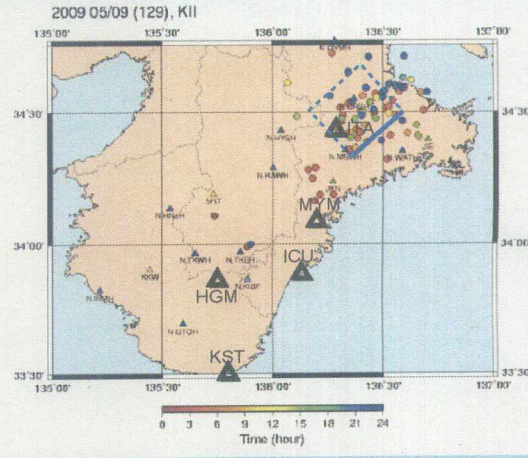
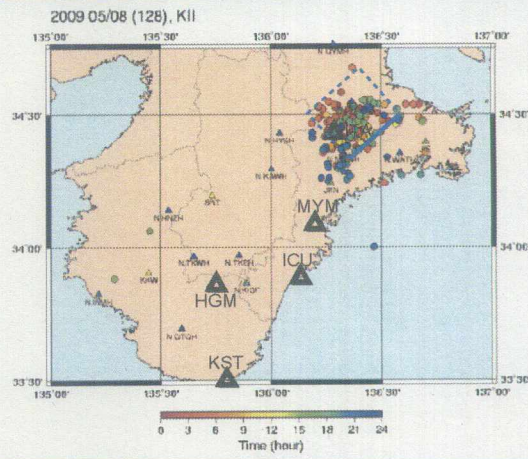


図 6-1: 広島大学の低周波微動自動モニタリングシステム ATMOS による 2009/5/3-9 の紀伊半島におけるモニタリング結果 <http://tremor.geol.sci.hiroshima-u.ac.jp/index.html>

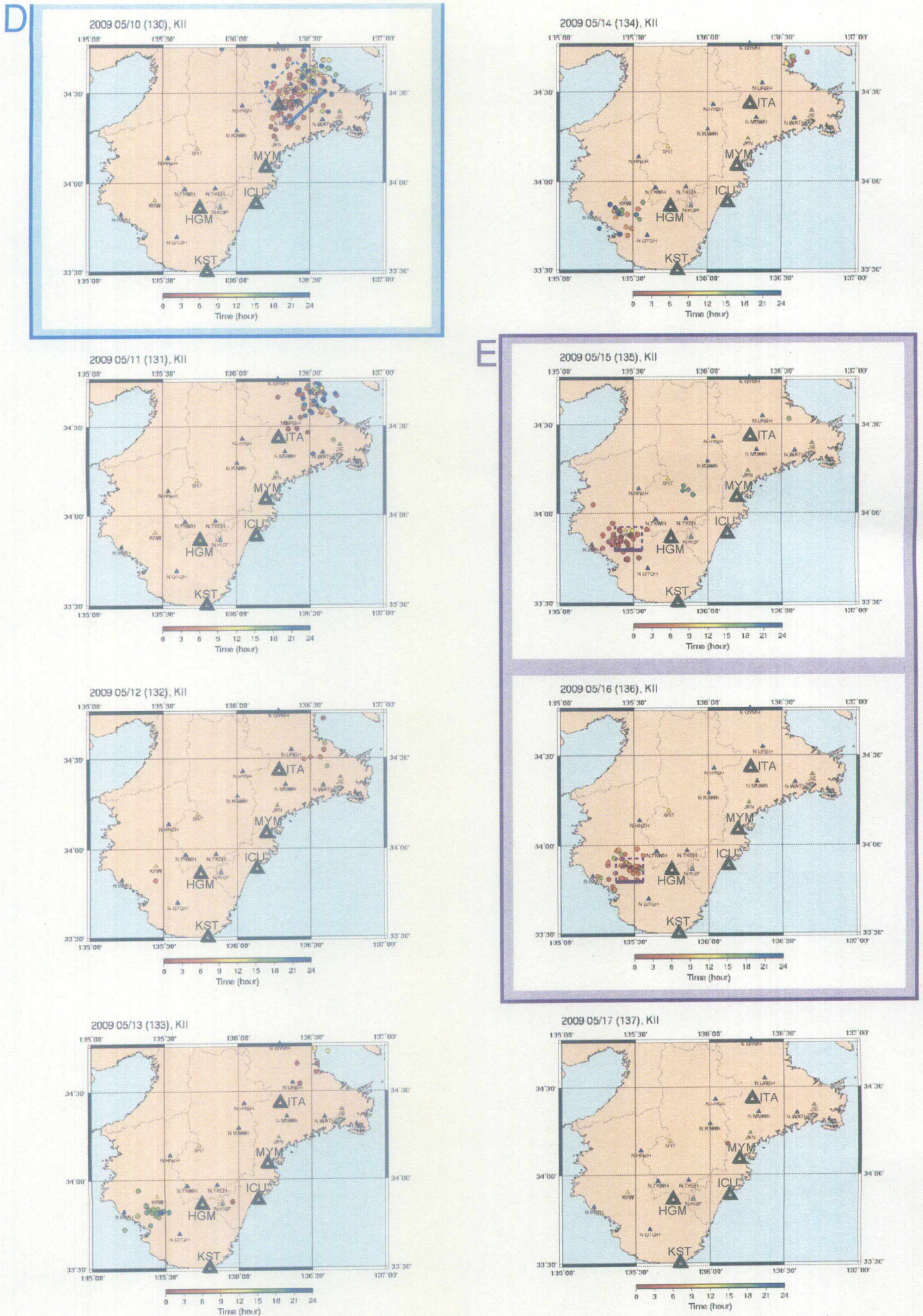
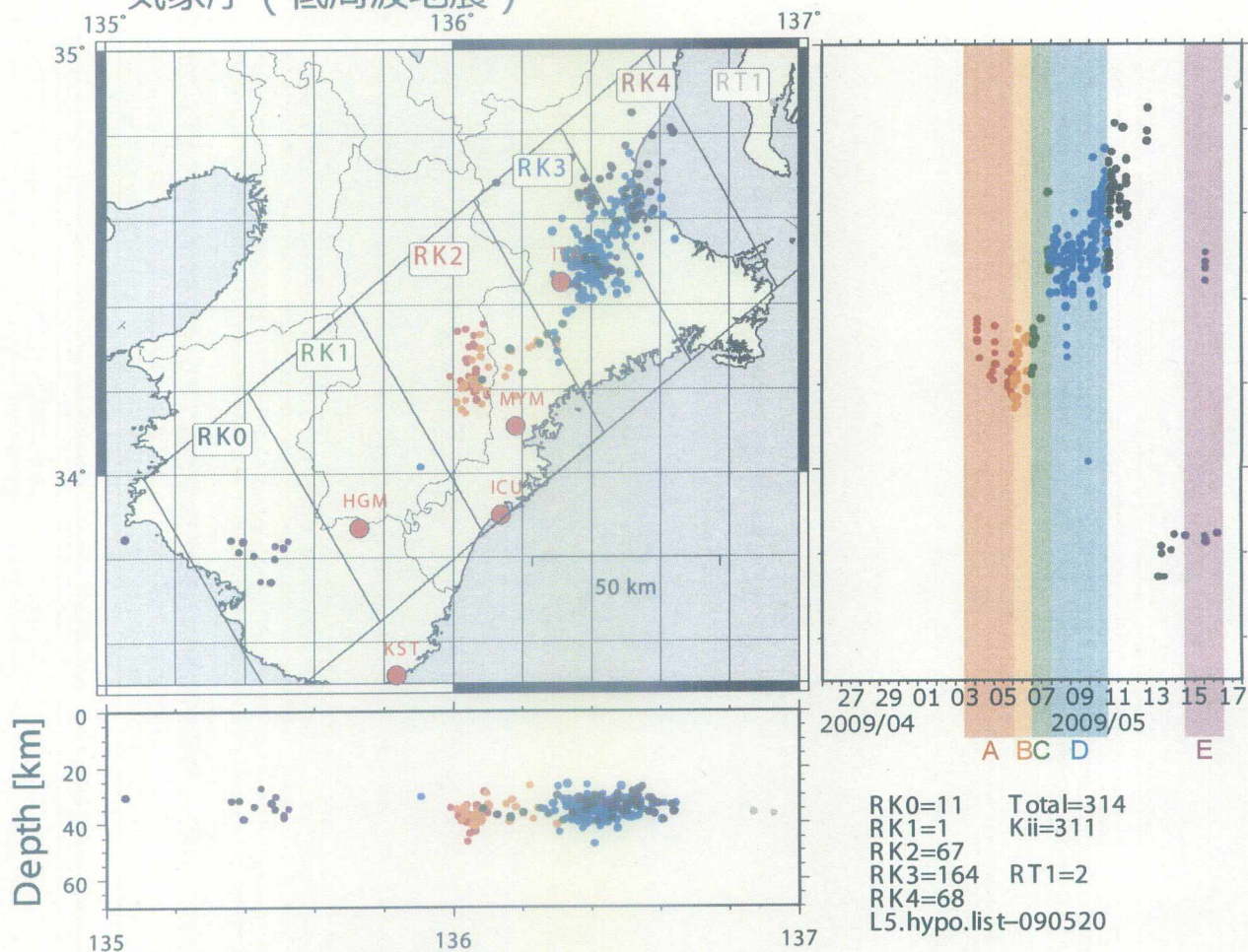


図 6-2: 広島大学の低周波微動自動モニタリングシステム ATMOS による 2009/5/10-17 の紀伊半島におけるモニタリング結果 <http://tremor.geol.sci.hiroshima-u.ac.jp/index.html>

気象庁 (低周波地震)



産総研 (低周波微動)

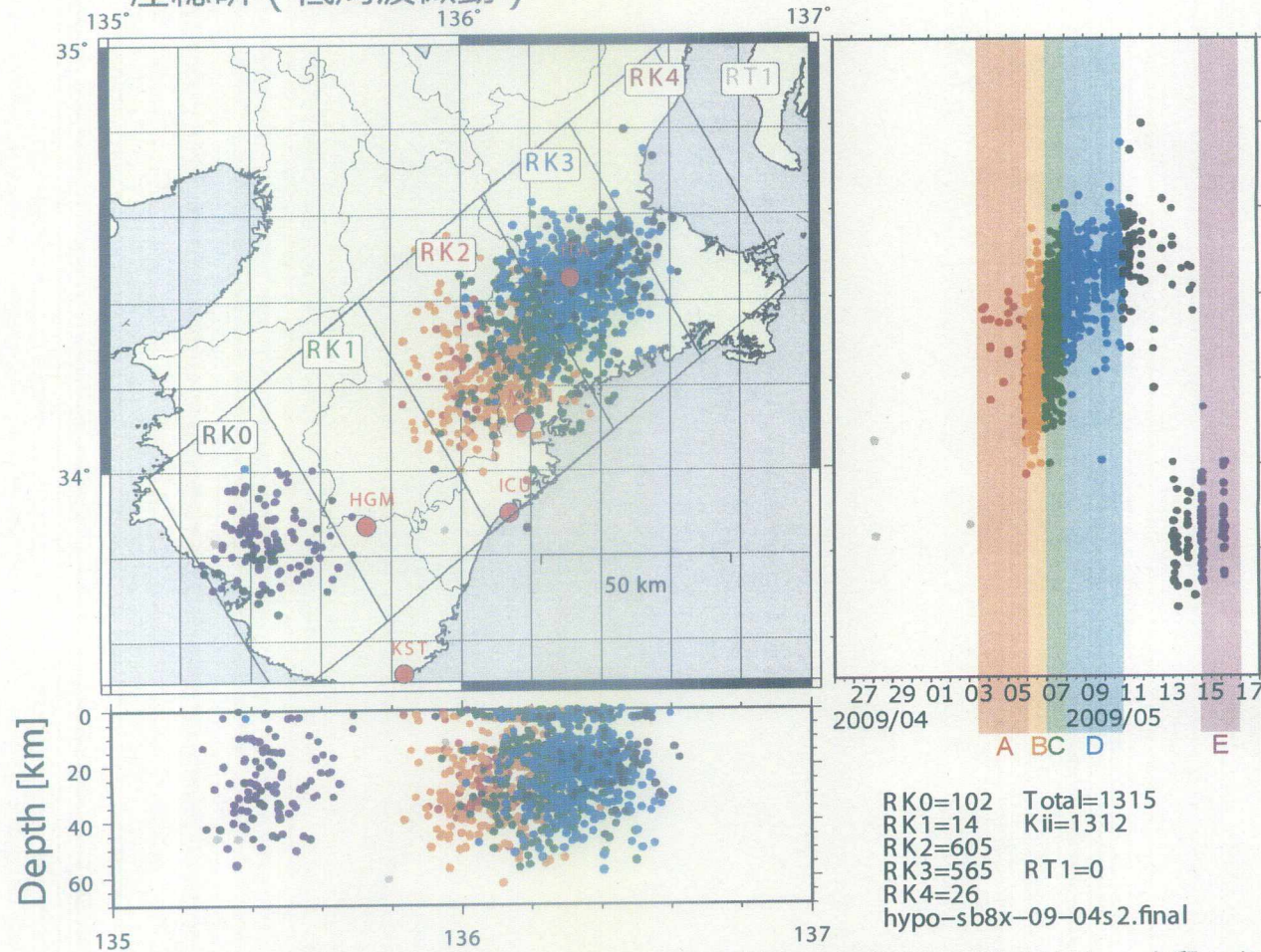
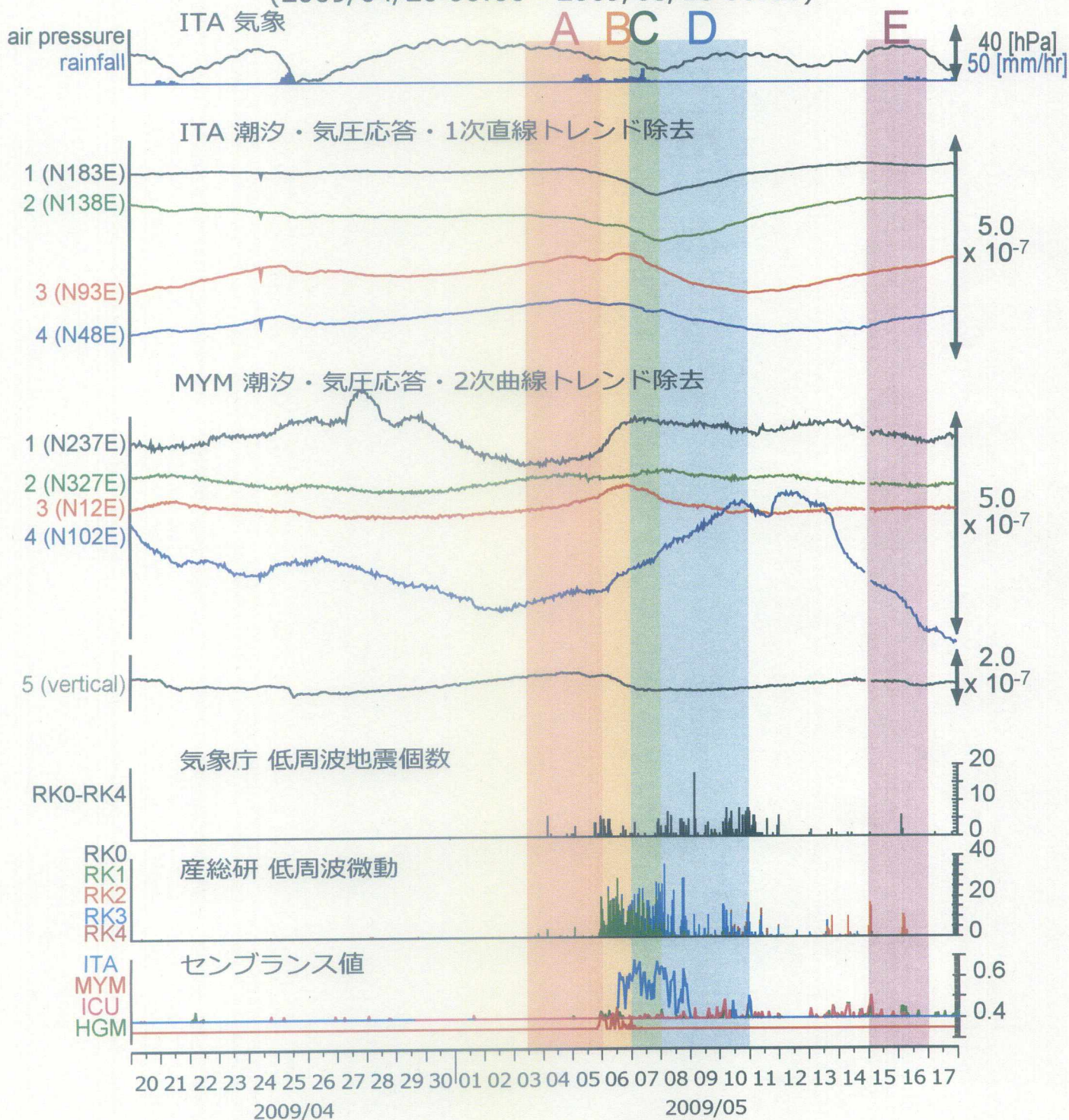


図 7: 2009/4/26 ~ 5/17 の紀伊半島における低周波地震 (気象庁一元化リスト; 上段) および低周波微動 (産総研モニタリング; 下段) の時空間分布図。

図8: 紀伊半島中部における歪観測結果 (時間値)
(2009/04/20 00:00 - 2009/05/18 00:00)



ITAのセンブランス値は、
4/29～5/6および5/9-10は
欠測である。

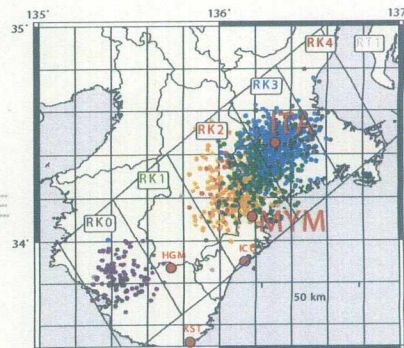
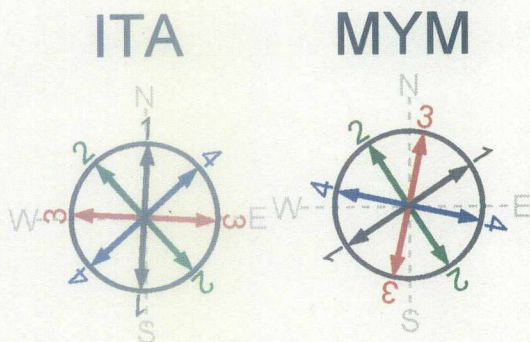
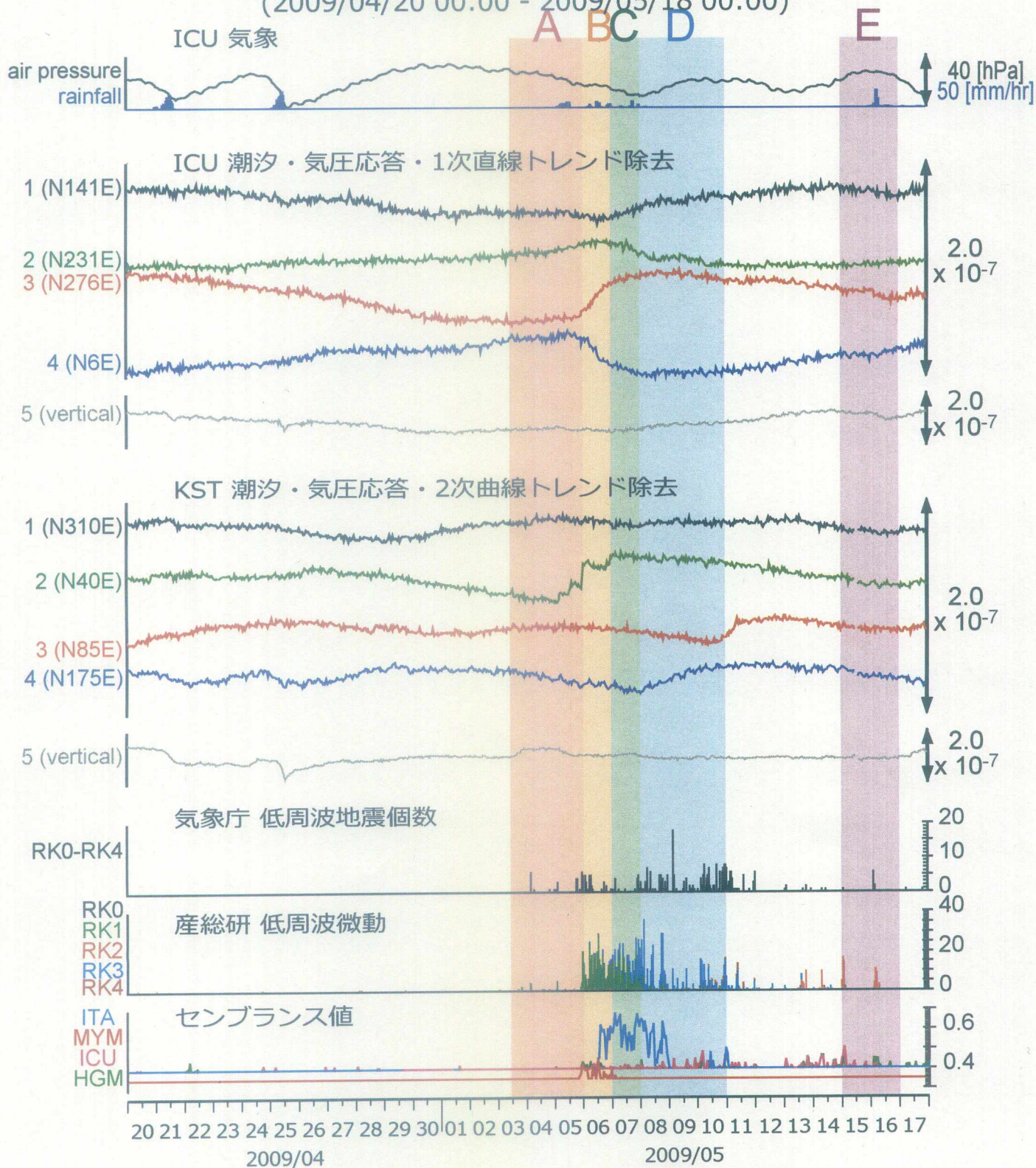
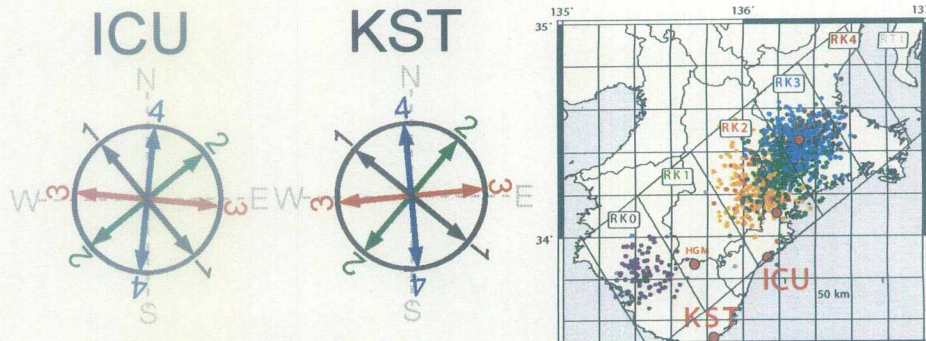


図9: 紀伊半島南部における歪観測結果 (時間値)
(2009/04/20 00:00 - 2009/05/18 00:00)



ITAのセンブランス値は、
4/29~5/6および5/9-10は
欠測である。



A: 2009/05/03 12:00 - 05/06 00:00

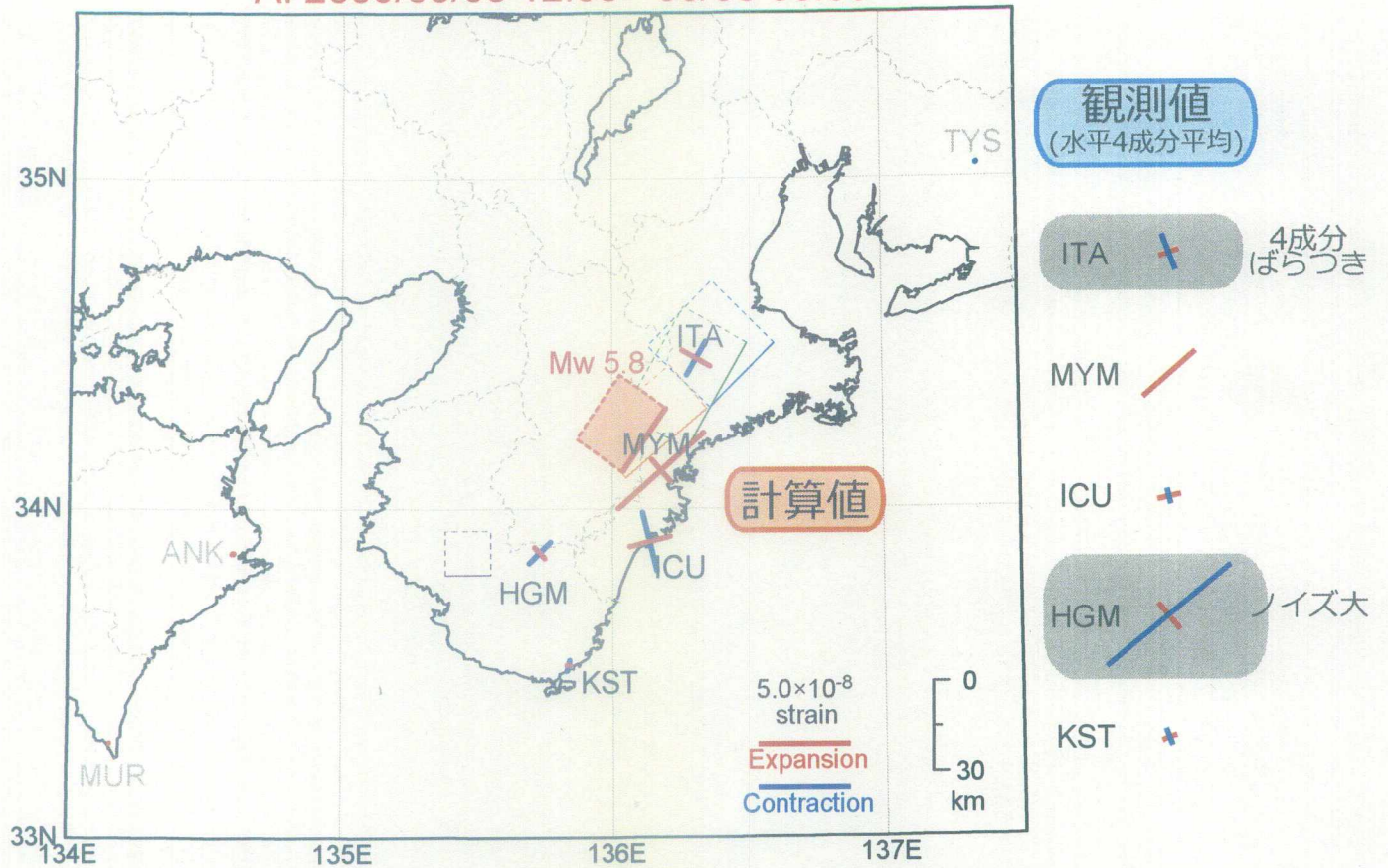


図 10: 期間 A(2009/5/3 12 時～ 5/6 0 時の推定断層モデルおよび各観測点で期待される主歪変化 (計算値)、および観測値。

B: 2009/05/06 00:00 - 05/07 00:00

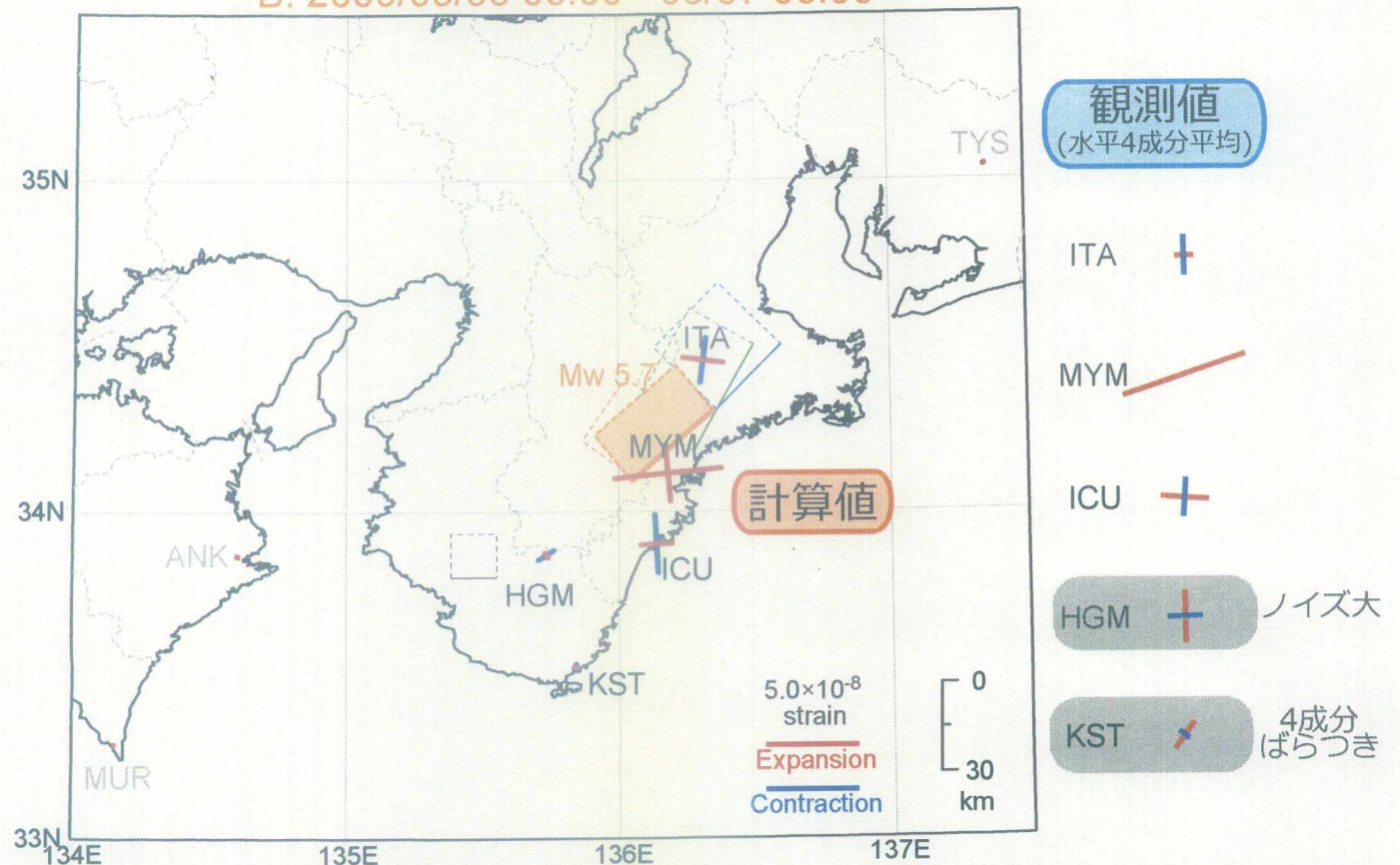


図 11: 期間 B(2009/5/6 0 時～ 5/7 0 時の推定断層モデルおよび各観測点で期待される主歪変化 (計算値)、および観測値。

A: 2009/05/03 12:00 - 05/06 00:00

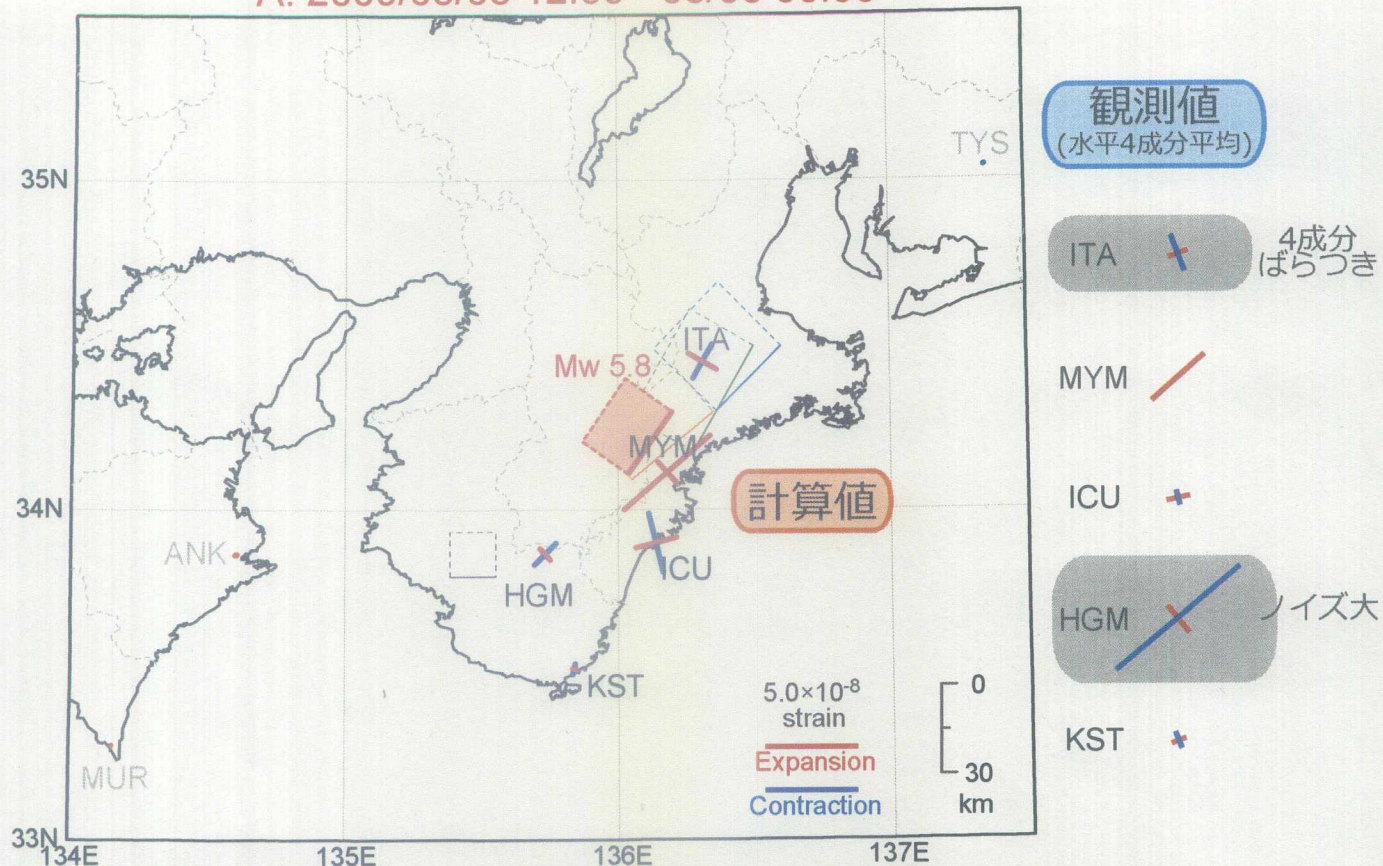


図 10: 期間 A(2009/5/3 12 時～ 5/6 0 時の推定断層モデルおよび各観測点で期待される主歪変化 (計算値)、および観測値。

B: 2009/05/06 00:00 - 05/07 00:00

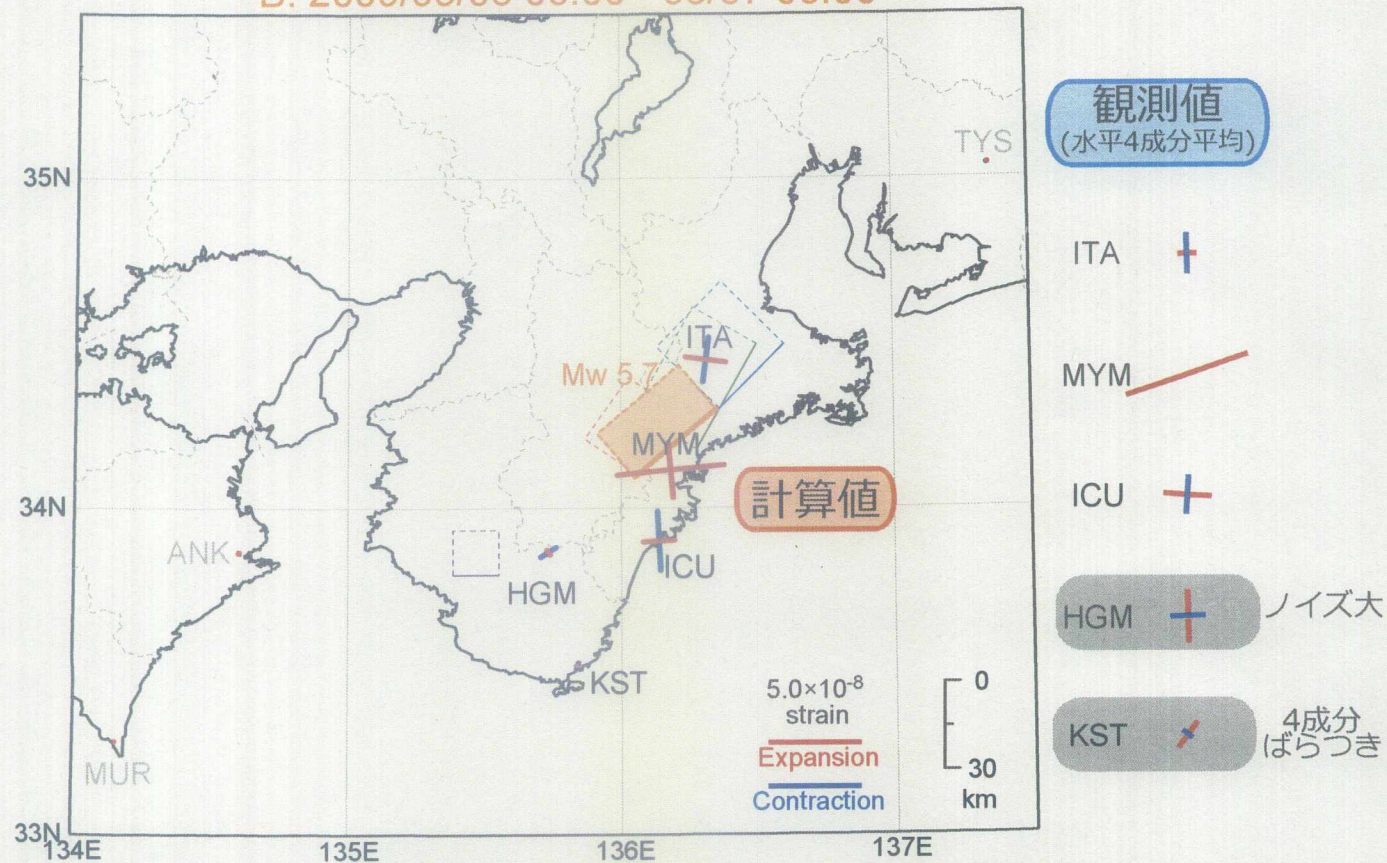


図 11: 期間 B(2009/5/6 0 時～ 5/7 0 時の推定断層モデルおよび各観測点で期待される主歪変化 (計算値)、および観測値。

C: 2009/05/07 00:00 - 05/08 00:00

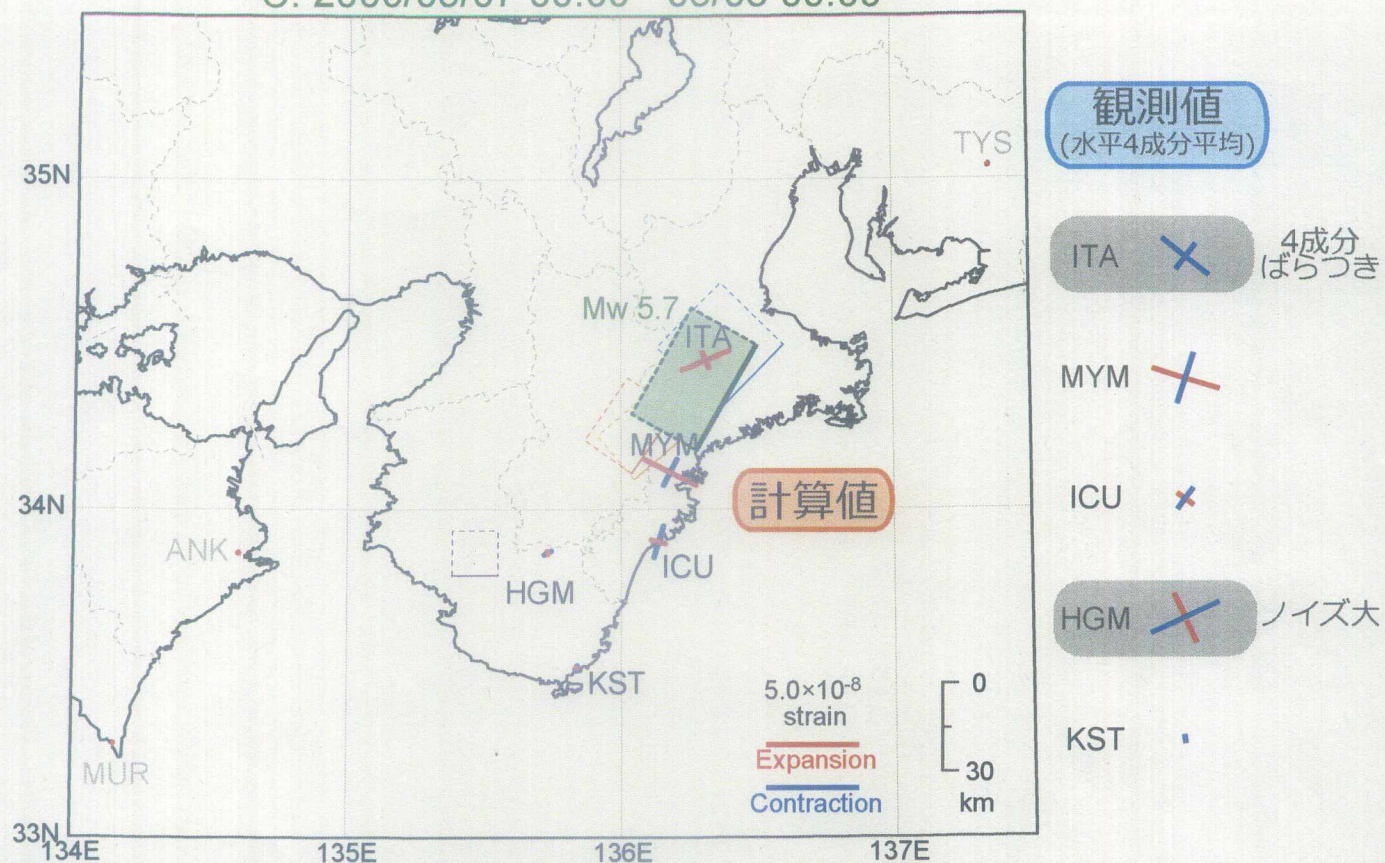


図 12: 期間 C(2009/5/7 0 時～ 5/8 0 時の推定断層モデルおよび各観測点で期待される主歪変化 (計算値)、および観測値。

D: 2009/05/08 00:00 - 05/11 00:00

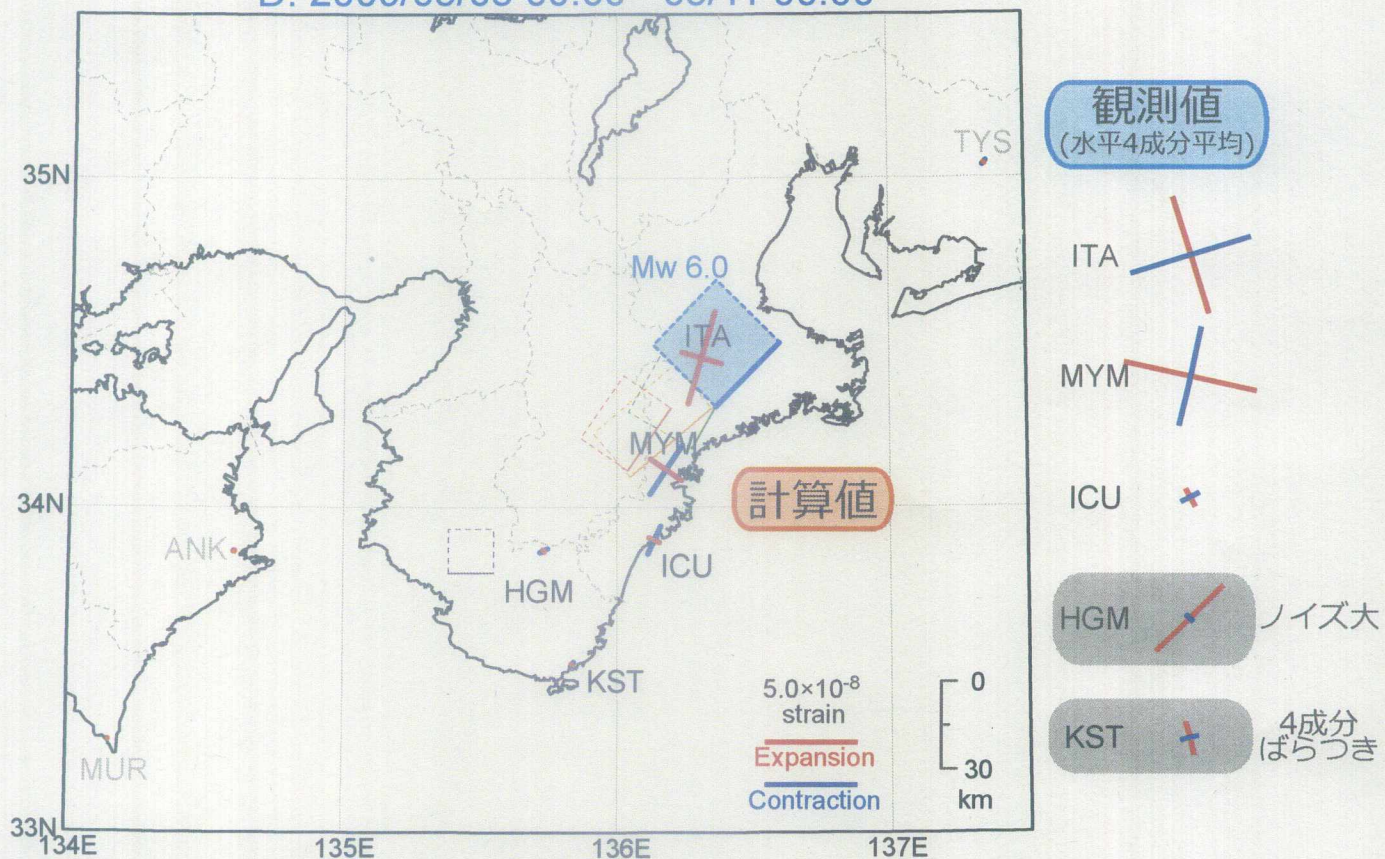


図 13: 期間 D(2009/5/8 0 時～ 5/11 0 時の推定断層モデルおよび各観測点で期待される主歪変化 (計算値)、および観測値。

E: 2009/05/15 00:00 - 05/17 00:00

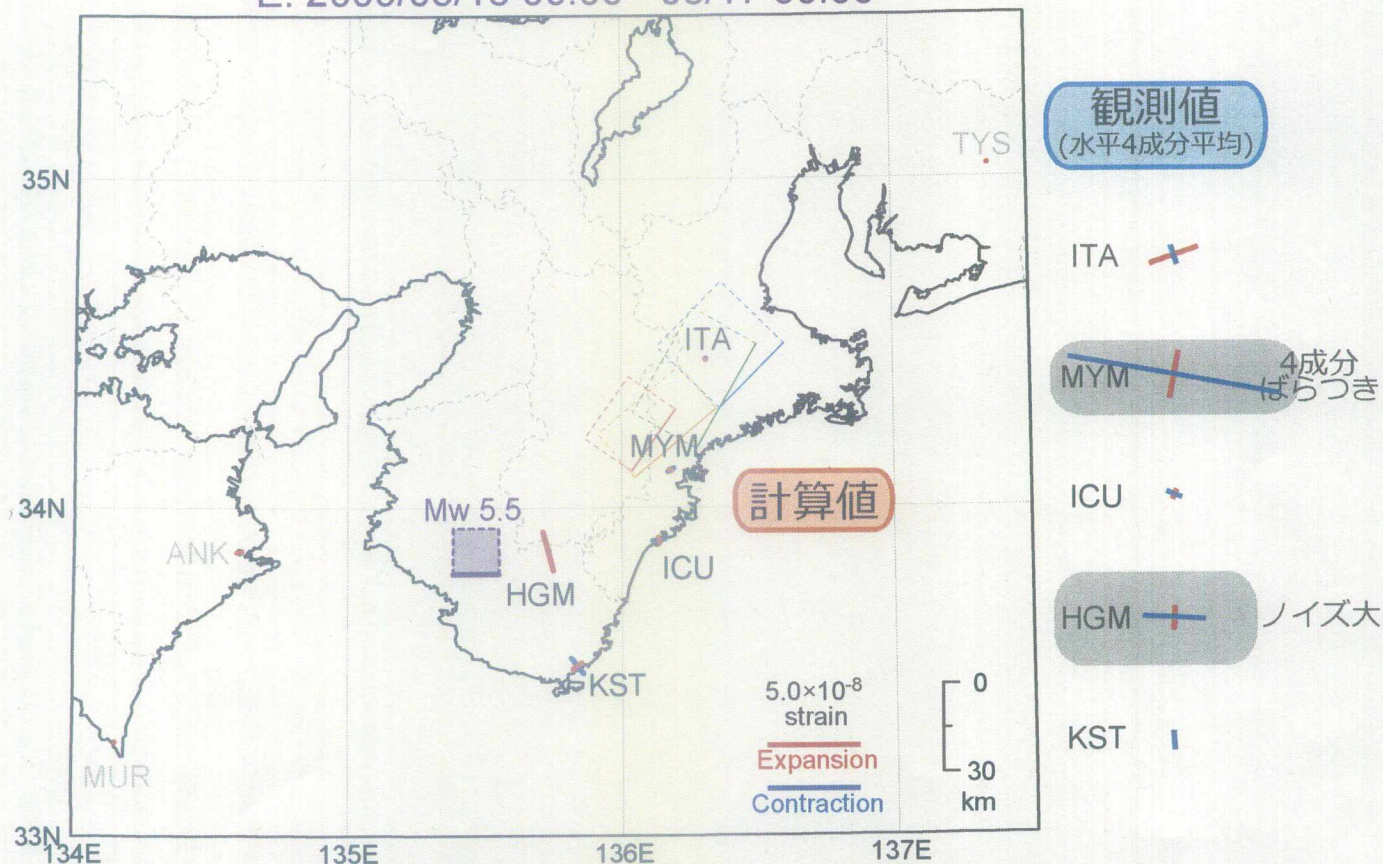


図 14: 期間 E(2009/5/15 0 時～ 5/17 0 時の推定断層モデルおよび各観測点で期待される主歪変化 (計算値)、および観測値。

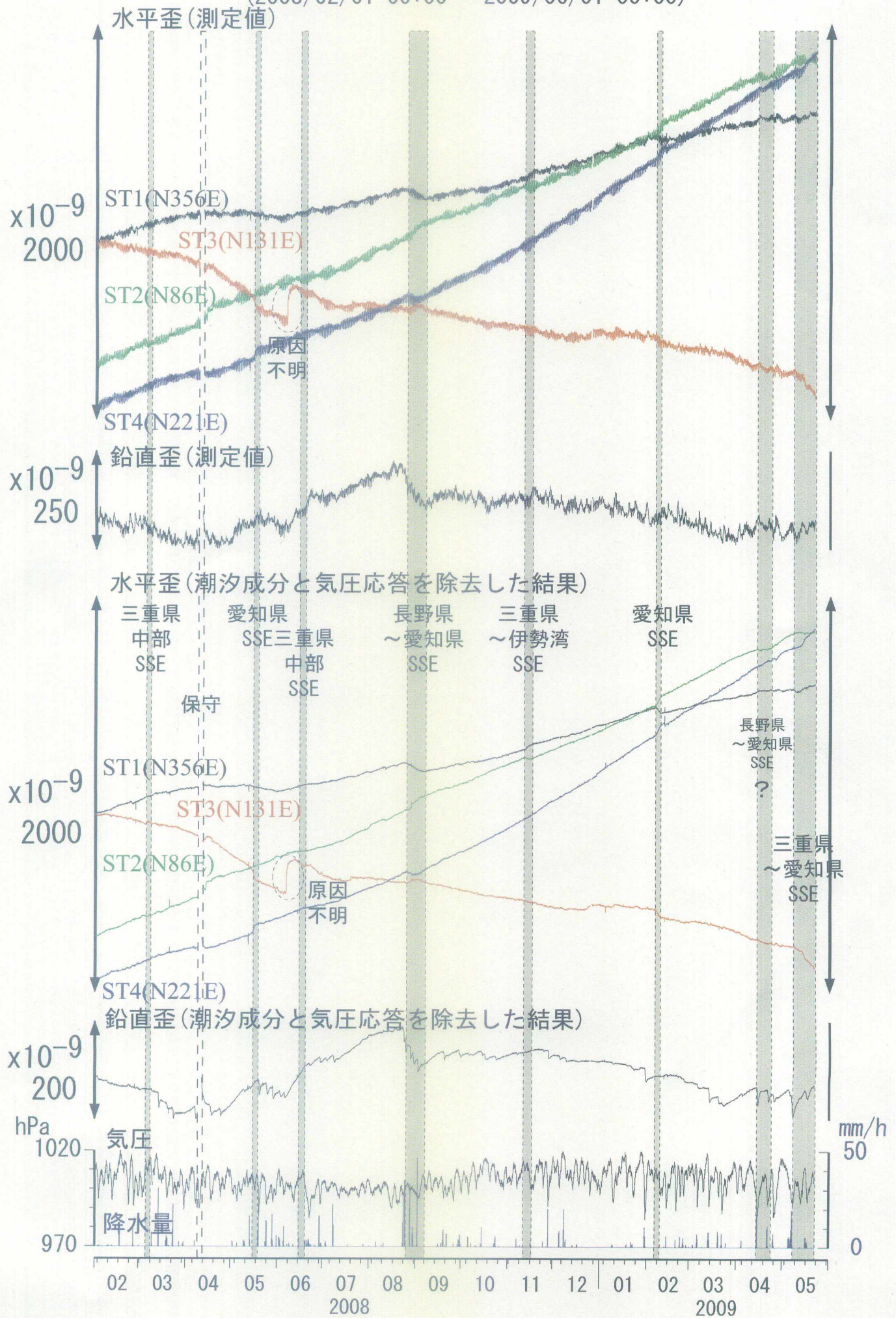
表 1: 各機関の推定断層モデルのパラメータ

[illegible]

★2009年5月17-19日の愛知県での深部低周波地震に伴う地殻歪変化

TYE(豊橋東)

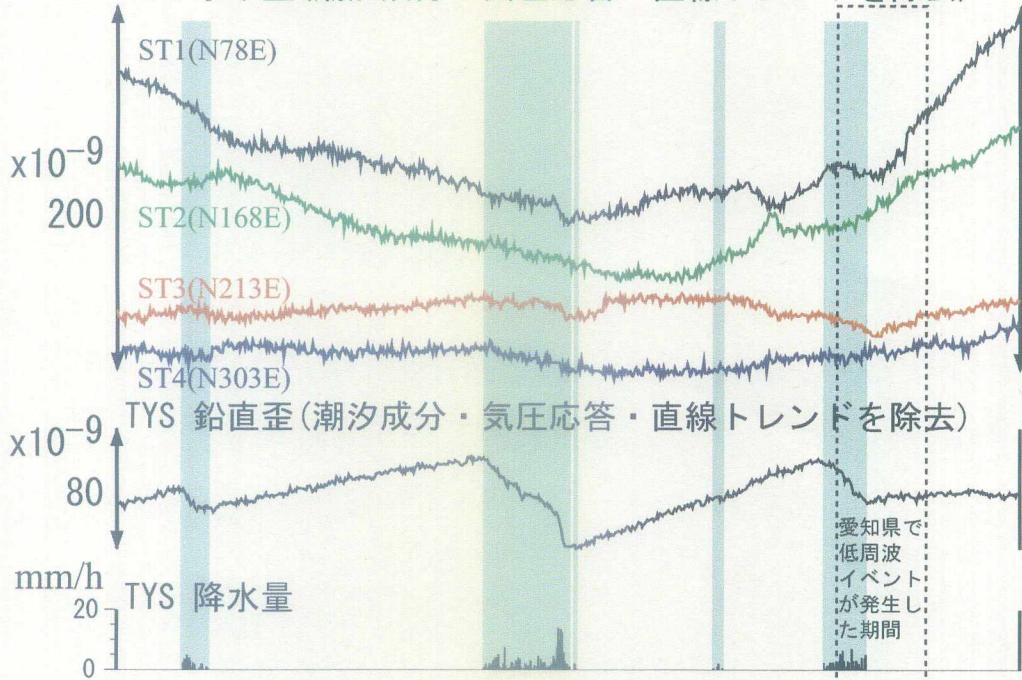
(2008/02/01 00:00 - 2009/06/01 00:00)



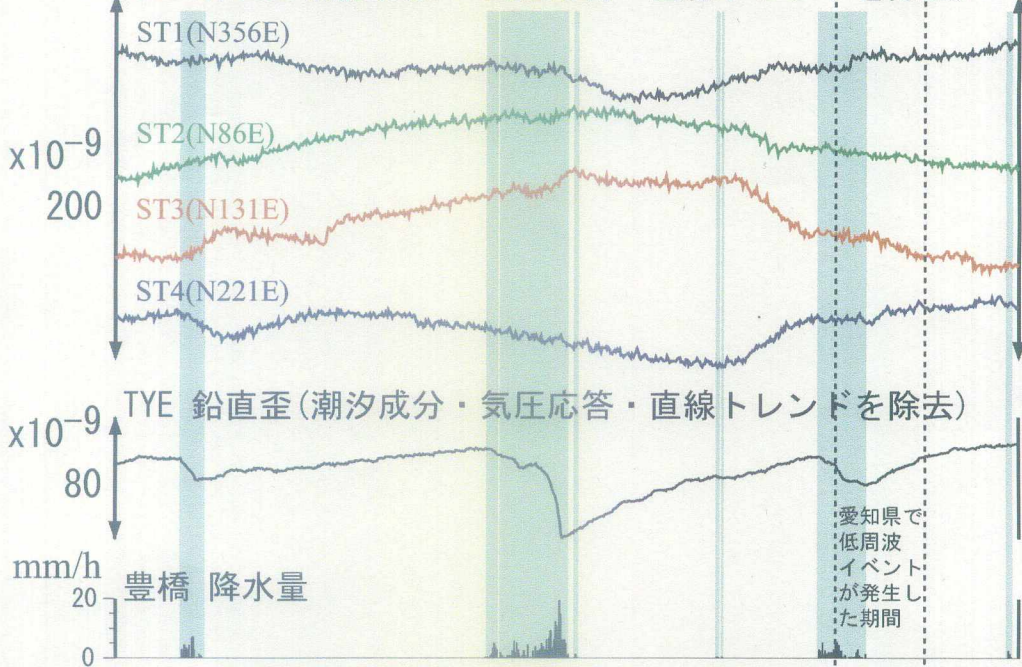
TYS(豊田下山)・TYE(豊橋東)・HTS(秦荘)

(2009/04/23 00:00 - 2009/05/23 00:00)

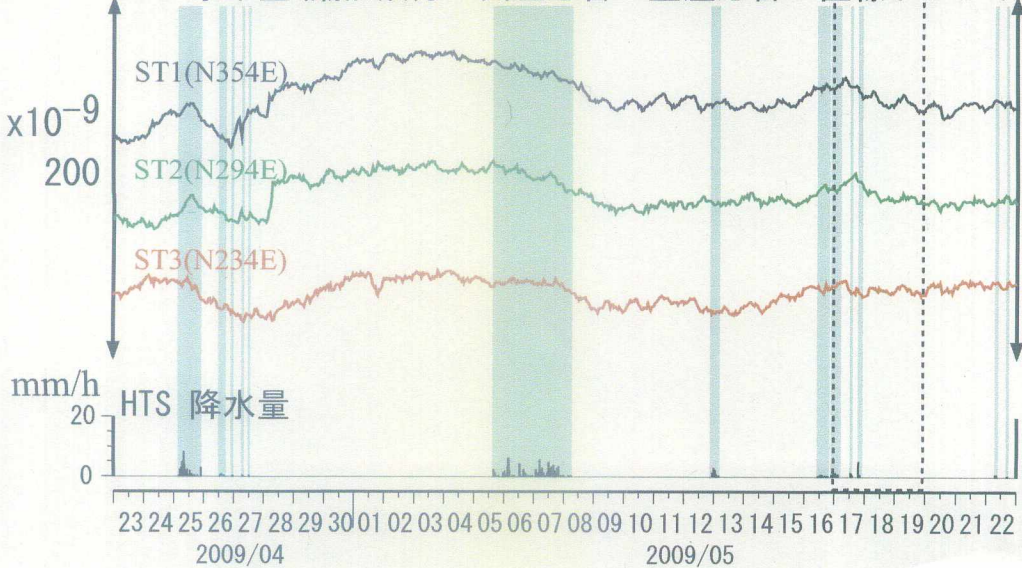
TYS 水平歪(潮汐成分・気圧応答・直線トレンドを除去)

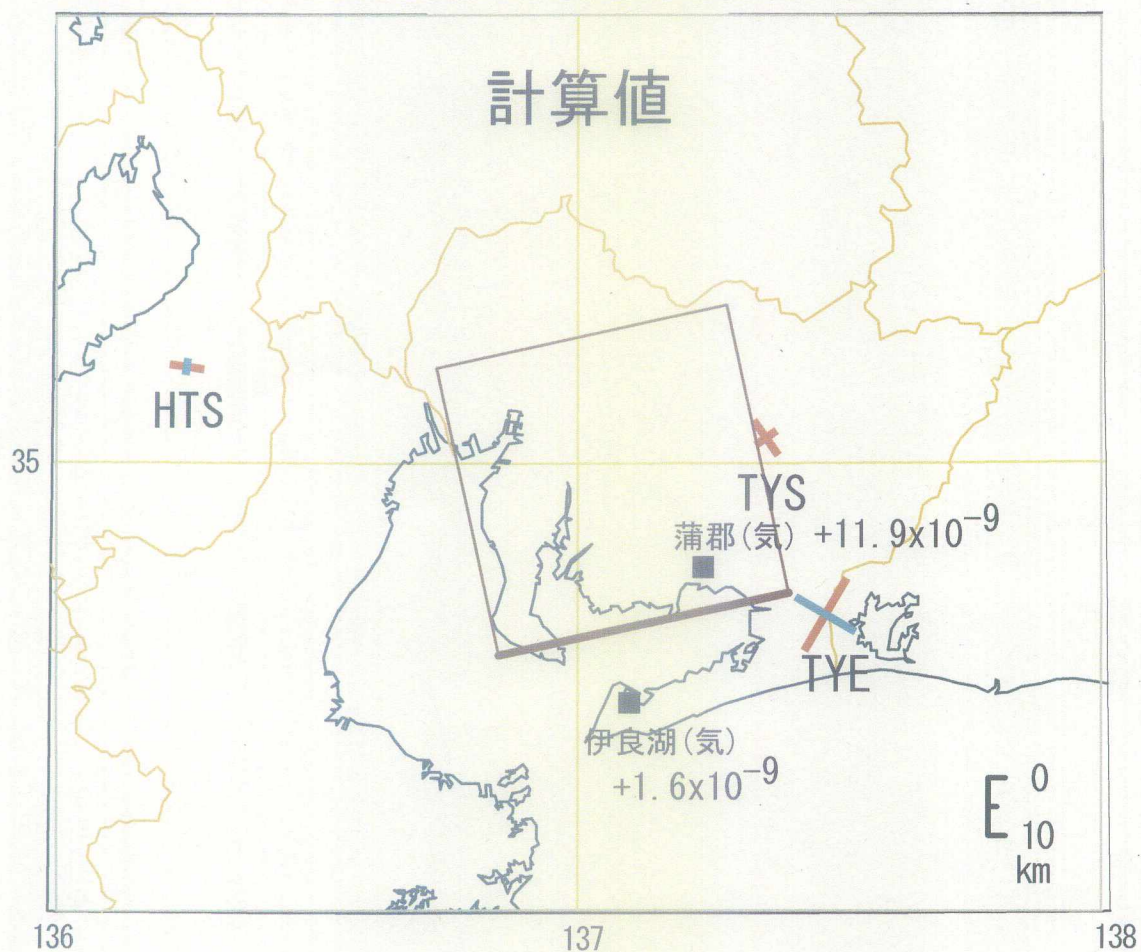
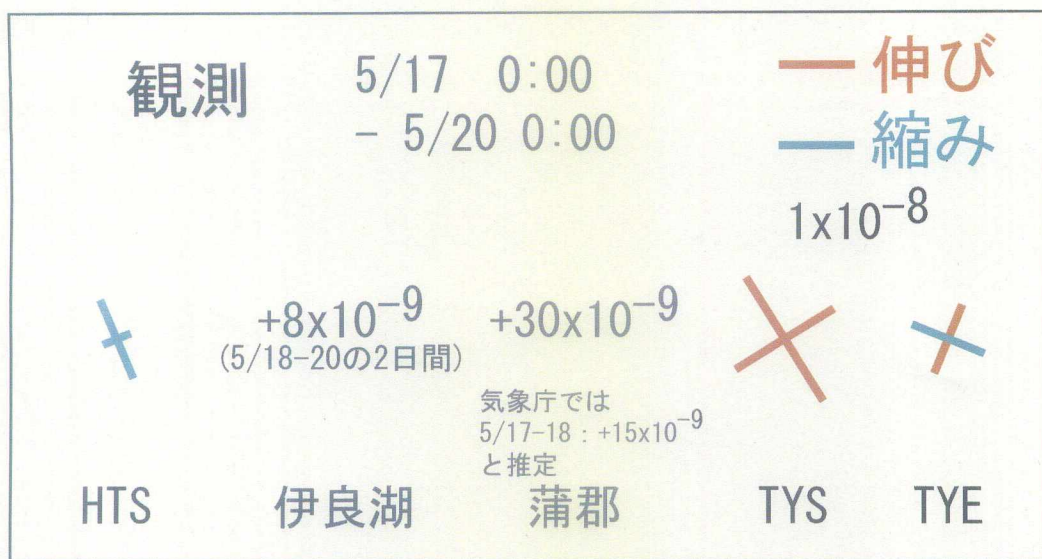


TYE 水平歪(潮汐成分・気圧応答・直線トレンドを除去)



HTS 水平歪(潮汐成分・気圧応答・室温応答・直線トレンドを除去)



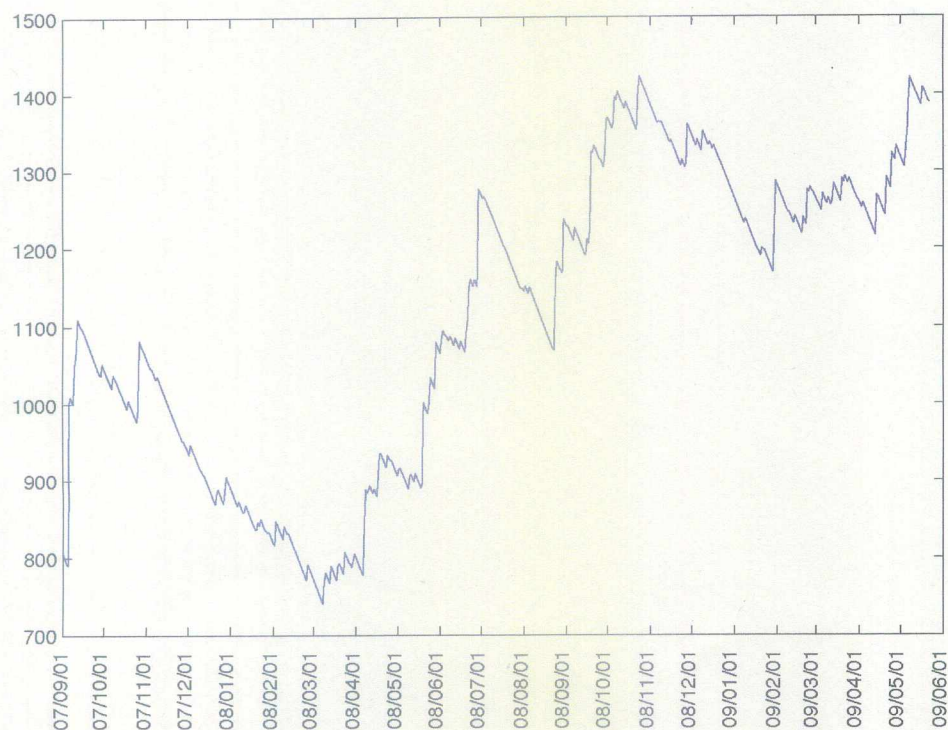


第1表 短期的スロースリップイベントの断層パラメータ

Latitude (deg)	Longitude (deg)	Depth (km)	Strike (deg)	Dip (deg)	Rake (deg)	Length (km)	Width (km)	Slip (mm)	Mw
34.80	137.80	24	278	9	123	50	50	3	5.6

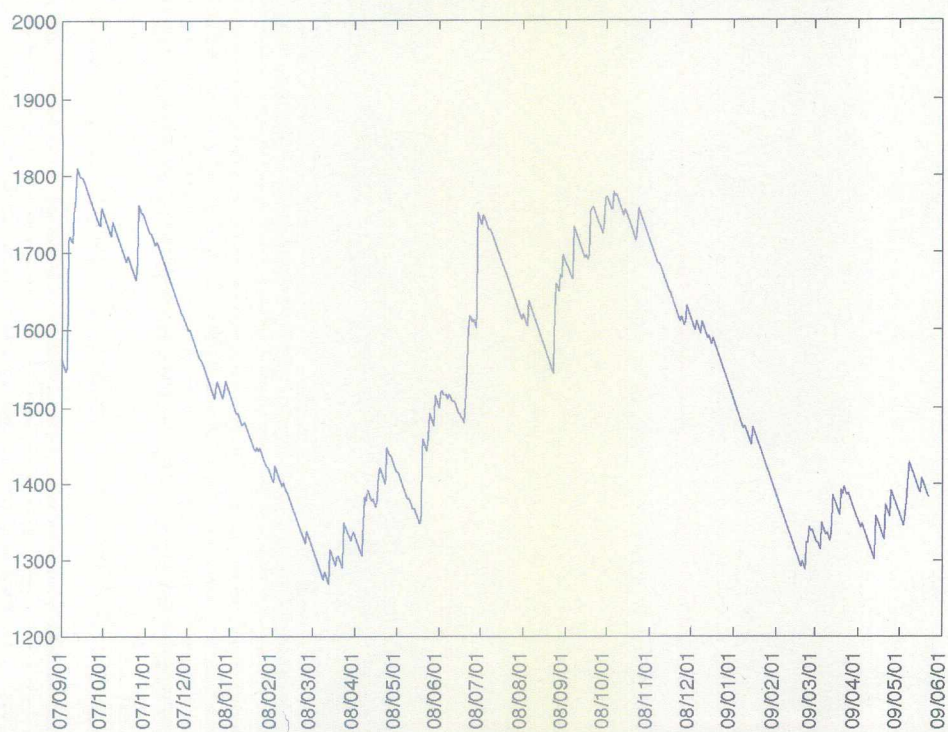
浜岡観測井 降雨量の積算からトレンド除去後のグラフ (mm)
(2007. 9. 1-2009. 05. 22)

※トレンドは1998. 10. 1~2004. 10. 1の期間のデータを用いて定めた



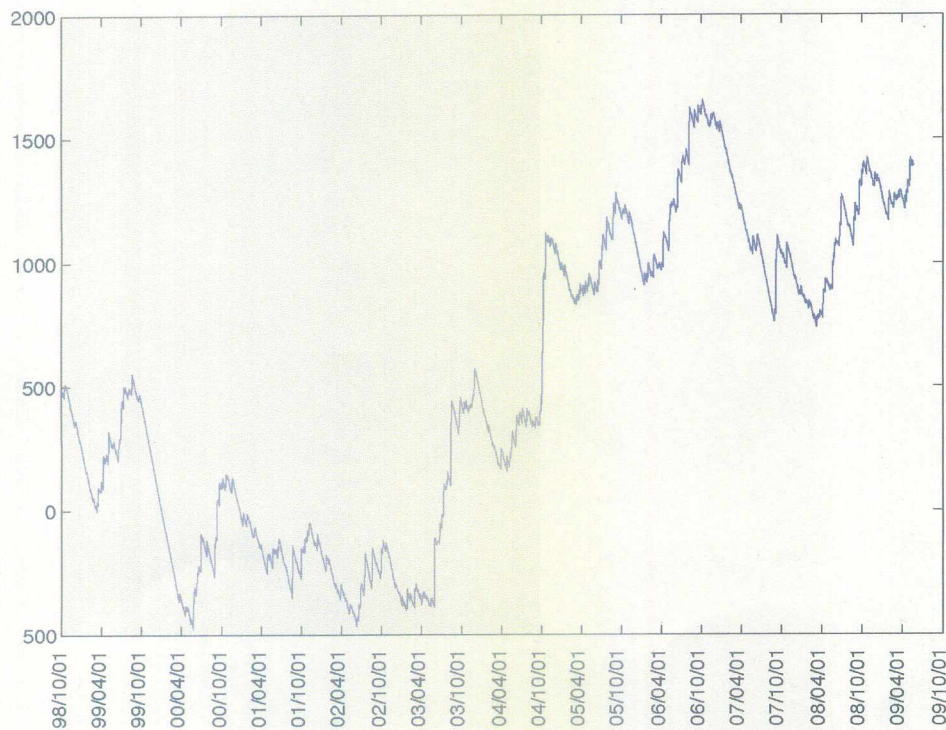
榛原観測井 降雨量の積算からトレンド除去後のグラフ (mm)
(2007. 9. 1-2009. 05. 22)

※トレンドは1998. 10. 1~2004. 10. 1の期間のデータを用いて定めた



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)
(1998. 10. 1-2009. 05. 22)

※トレンドは1998. 10. 1～2004. 10. 1の期間(影部分)のデータを用いて定めた



榛原観測井 降雨量の積算からトレンド除去後のグラフ (mm)
(1998. 10. 1-2009. 05. 22)

※トレンドは1998. 10. 1～2004. 10. 1の期間(影部分)のデータを用いて定めた

