

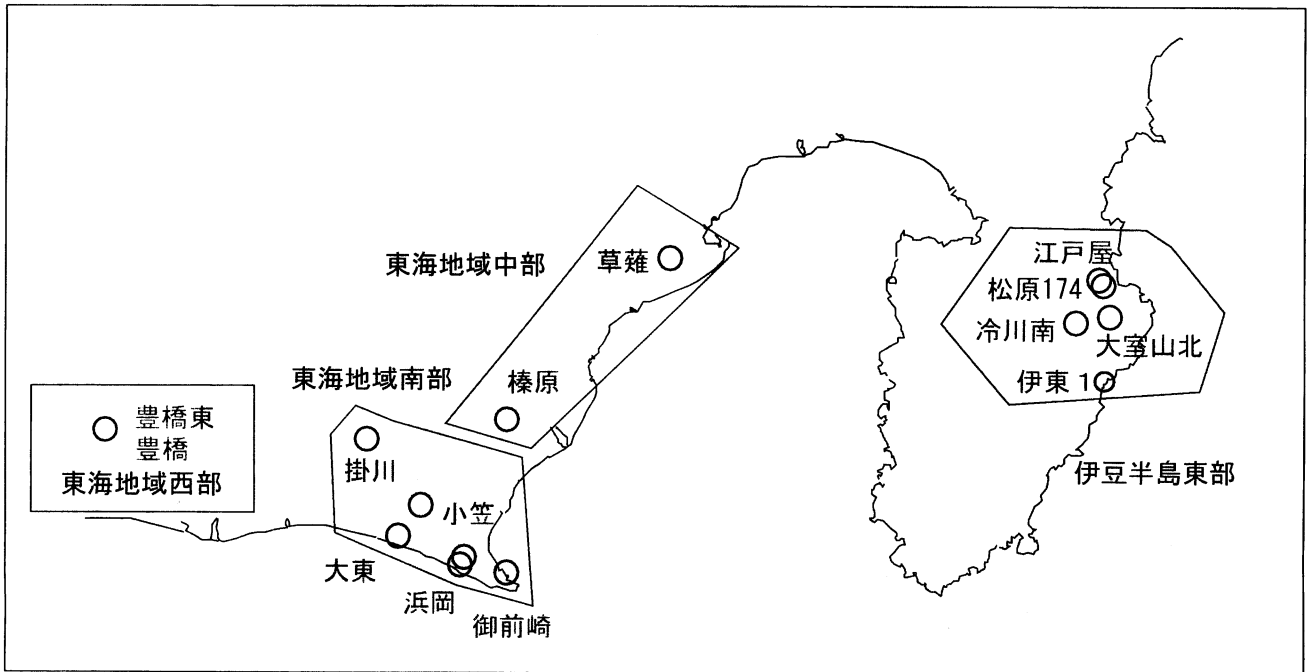
第261回

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20年2月25日

【資料目次】

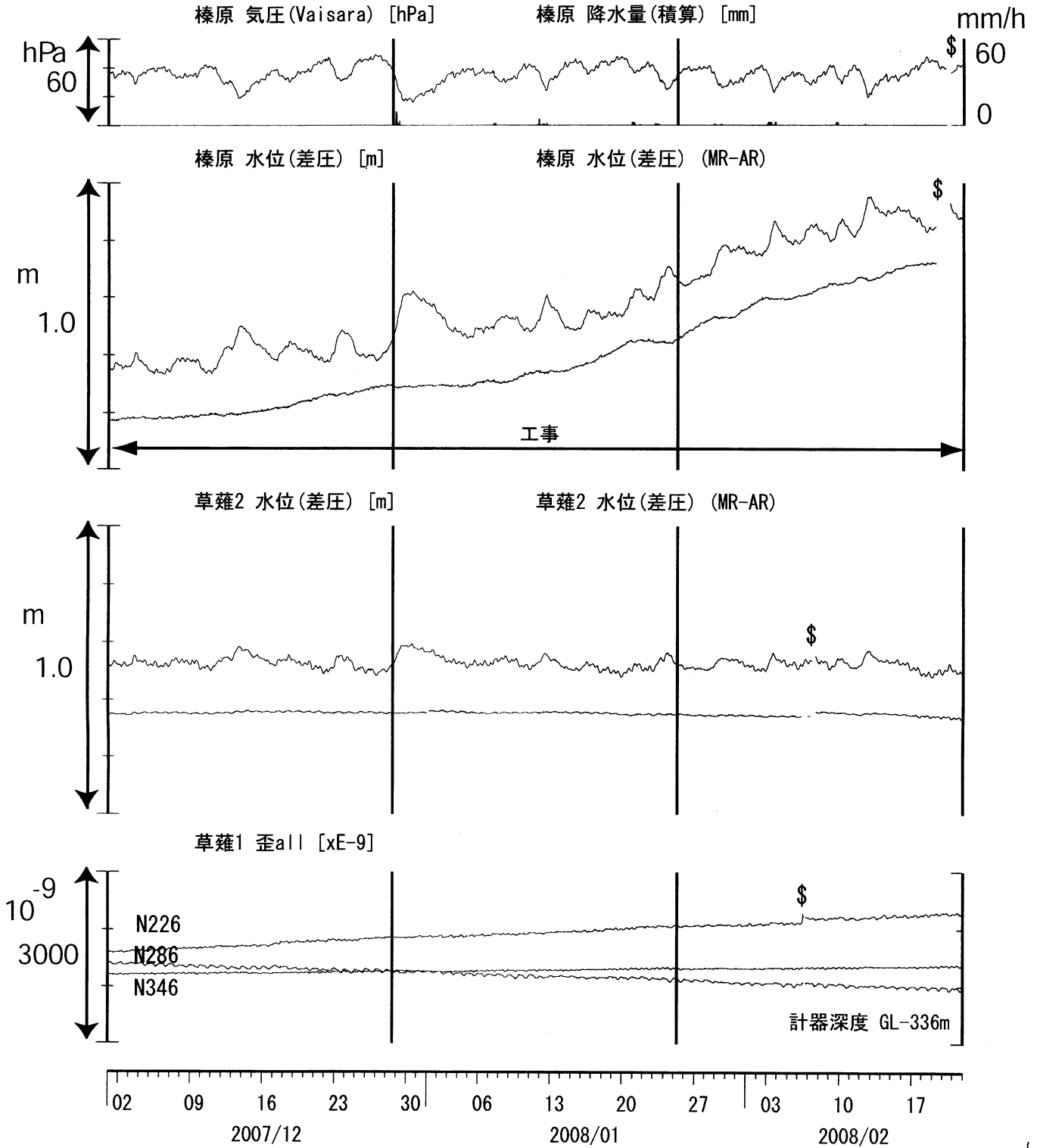
表紙

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
- 2-b. 東海地域中部(草薙)主歪解析; 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; 中期
- 5-b. 東海地域西部(豊橋, 豊橋東)傾斜; 中期
- 5-c. 東海地域西部(豊橋, 豊橋東)歪・歪計温度; 中期
- 5-d. 東海地域西部(豊橋東)歪・磁力; 中期
6. 東海地域西部(豊橋・豊橋東)地下水・歪; 長期
- 6-b. 東海地域西部(豊橋, 豊橋東)傾斜; 長期
- 6-c. 東海地域西部(豊橋, 豊橋東)歪・歪計温度; 長期
- 6-d. 東海地域西部(豊橋東)歪・磁力; 長期
- 6-e. 東海地域西部(豊橋)豊橋1: 主歪解析
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

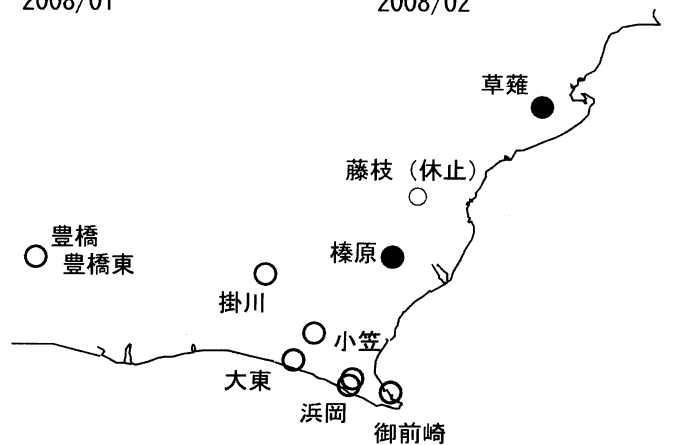
- ・紀伊半島南部の地下水・歪等観測結果

東海地域中部（榛原・草薙）中期（時間値）
 (2007/12/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)

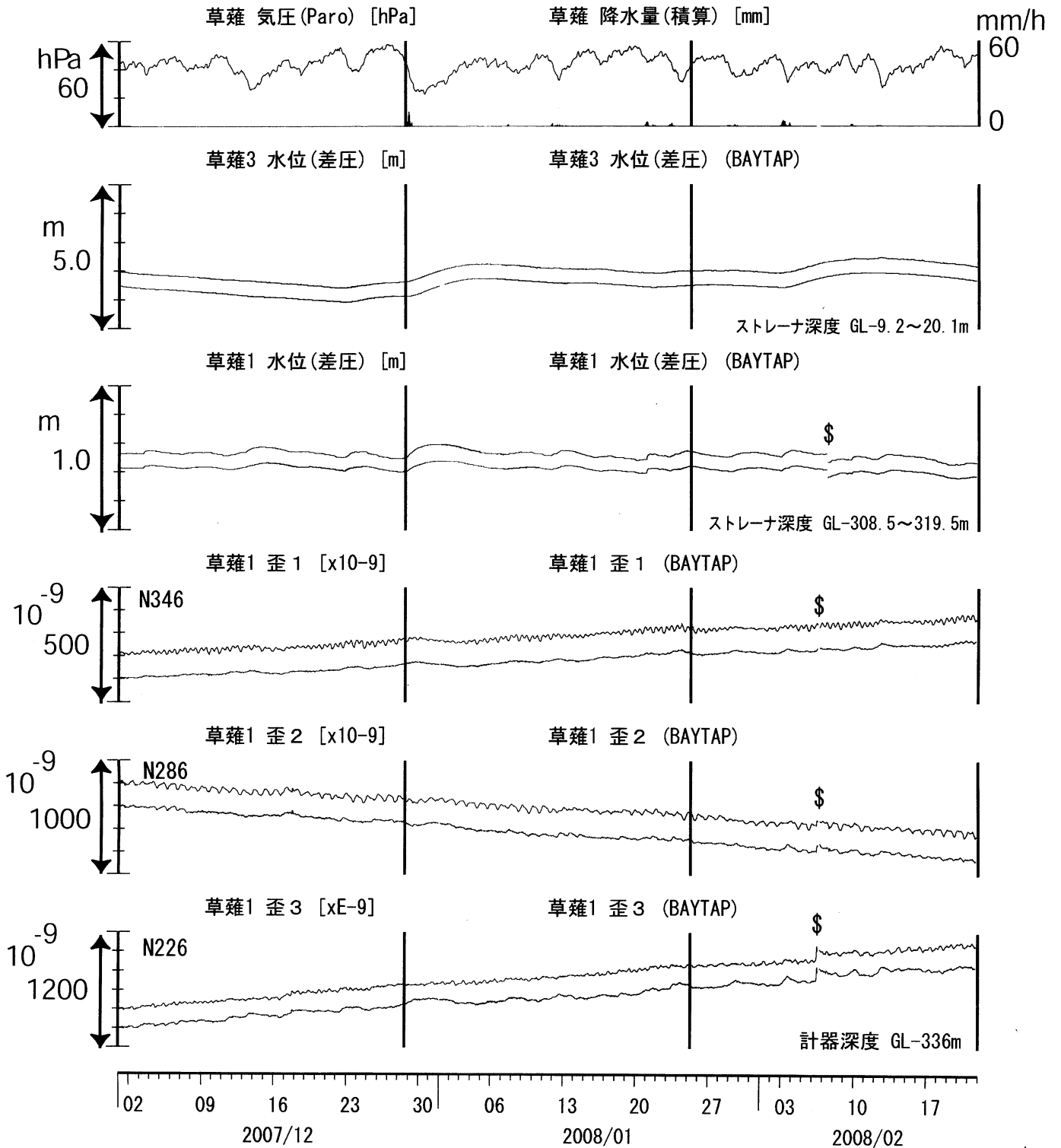


コメント：\$;保守.

@;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。
 静岡空港建設工事中(2007年4月~).



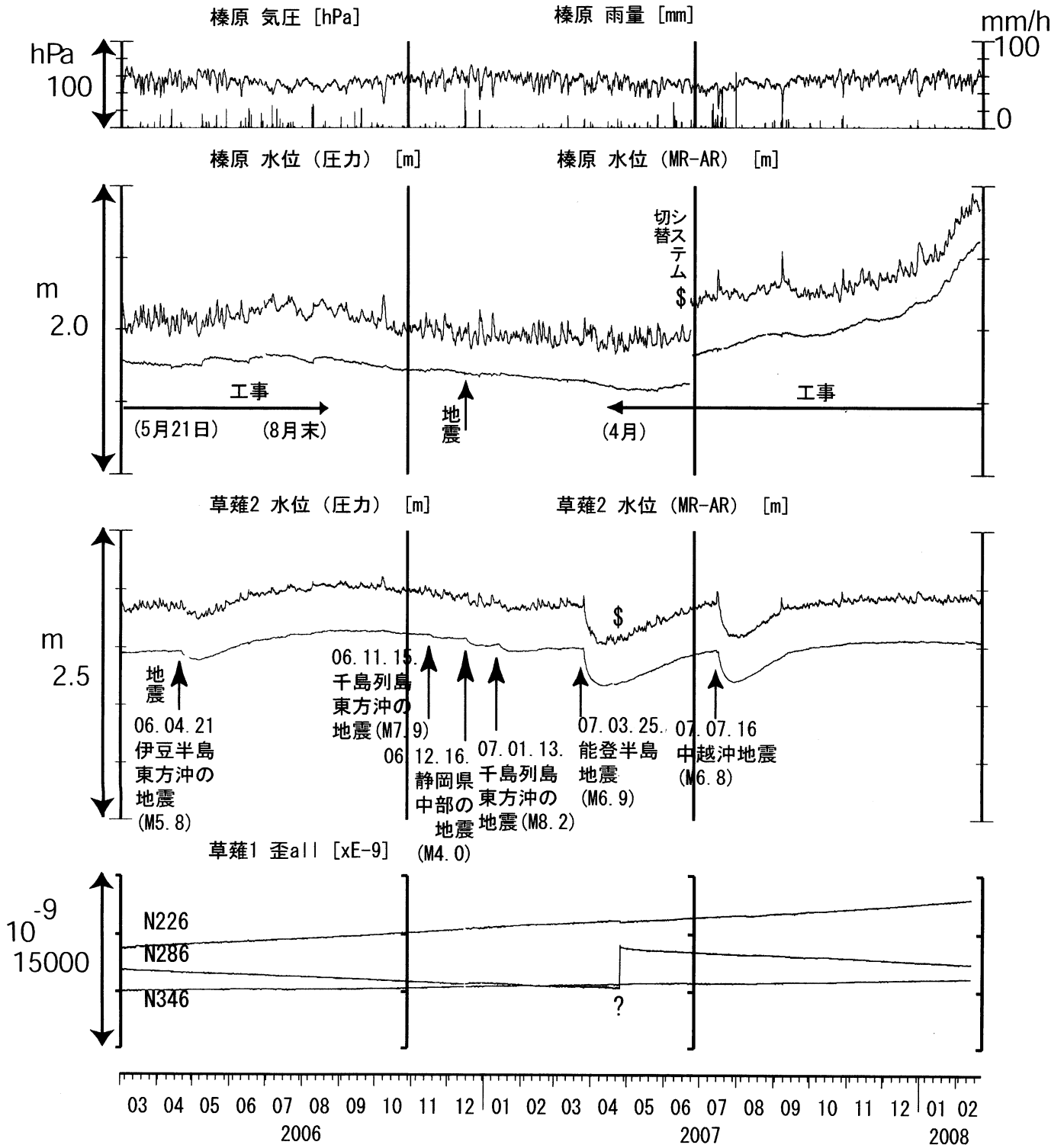
東海地域中部（草薙・歪）中期（時間値）
 (2007/12/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)



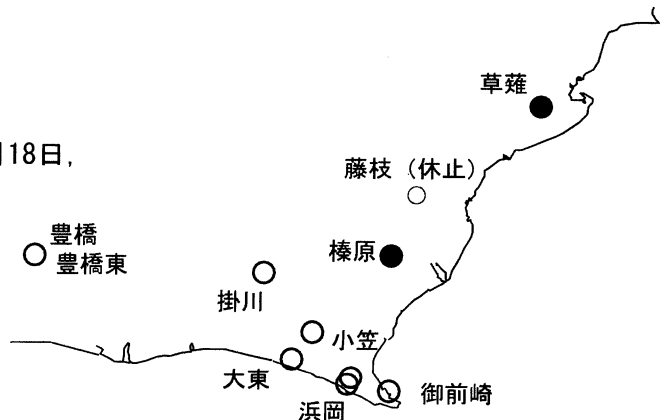
コメント：\$;保守.



東海地域中部（榛原・草薙）長期（時間値）
 (2006/03/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)

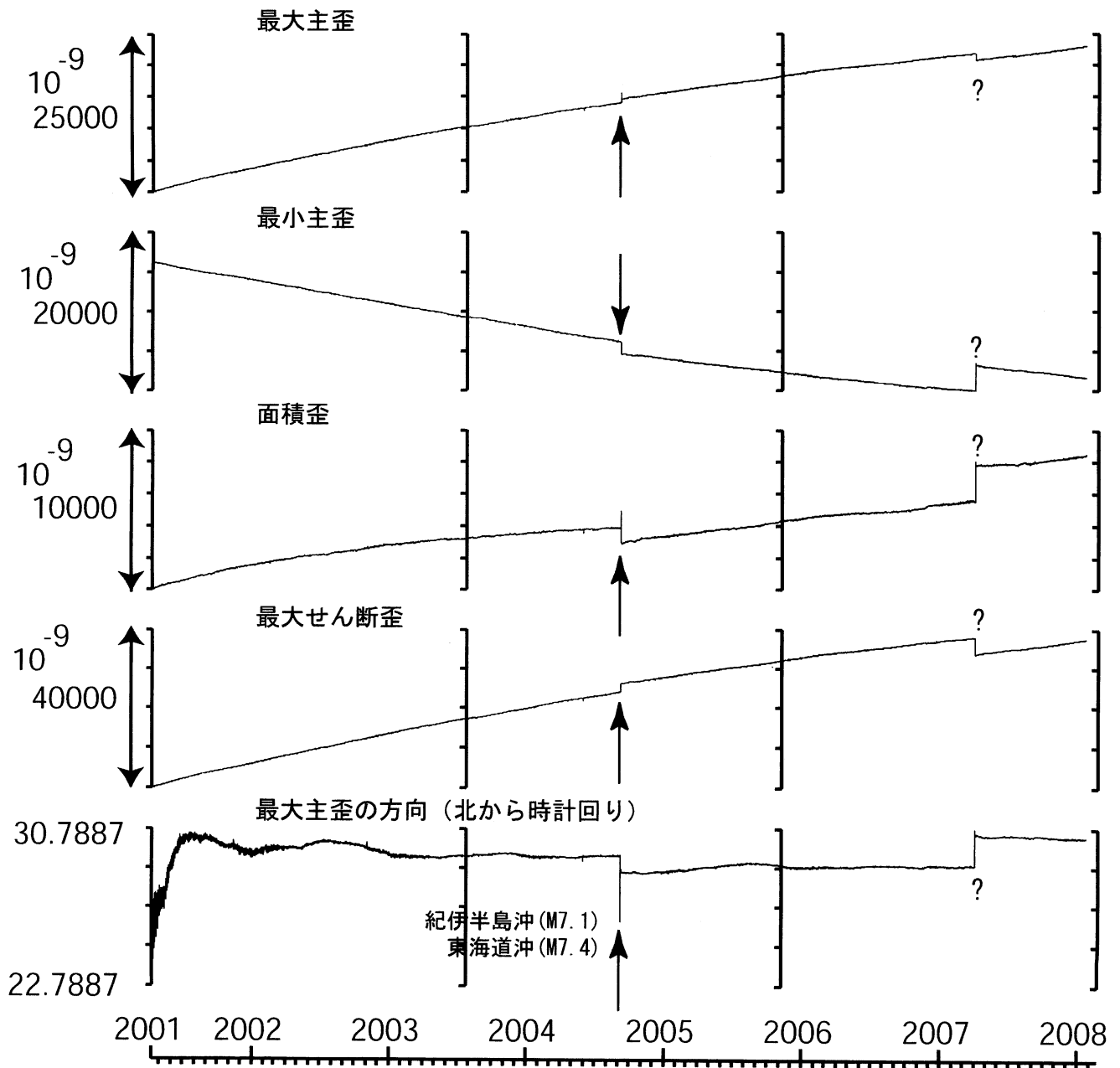


コメント：*;雨量補正不十分。?;原因不明。
 静岡空港建設工事(2002年7月~2003年2月,
 2003年5月~2004年3月, 2004年8月末~2005年5月18日,
 2005年5月21日~2006年8月, 2007年4月~)
 が榛原で行われている。

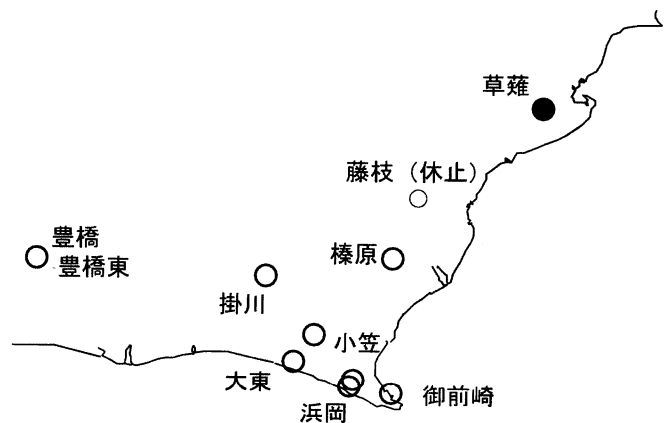


草薙長期：主歪解析

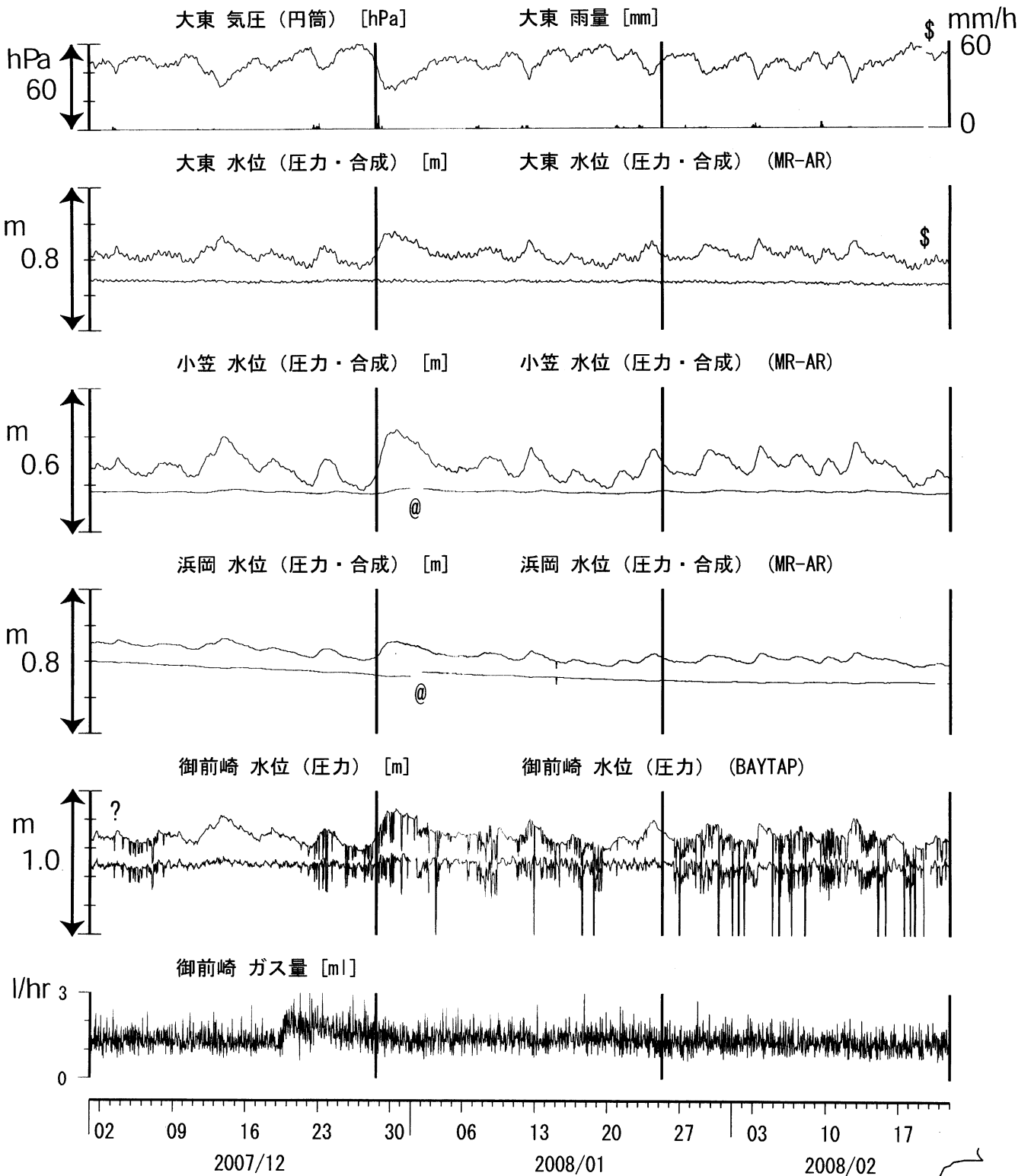
(2001/04/10 00:00 - 2008/02/22 00:00)



コメント：主歪解析の起点は2001年4月5日。
?: 原因不明.

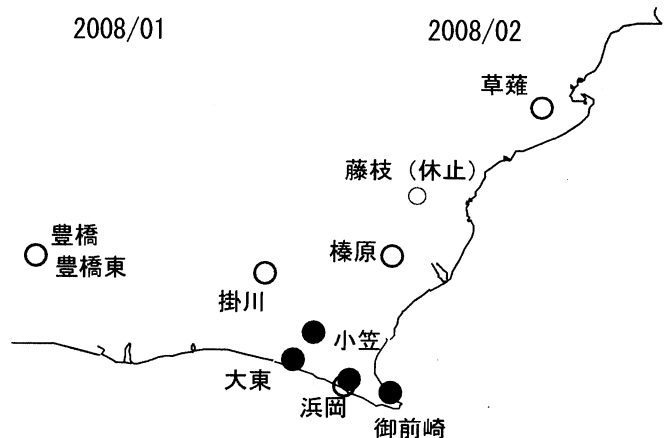


東海地域南部 地下水観測結果 中期 (時間値)
(2007/12/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)



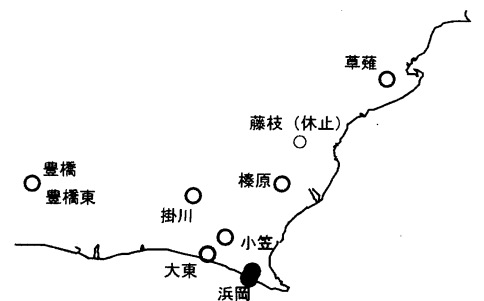
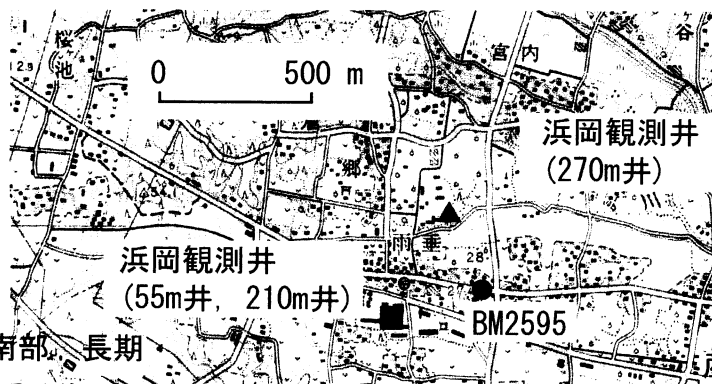
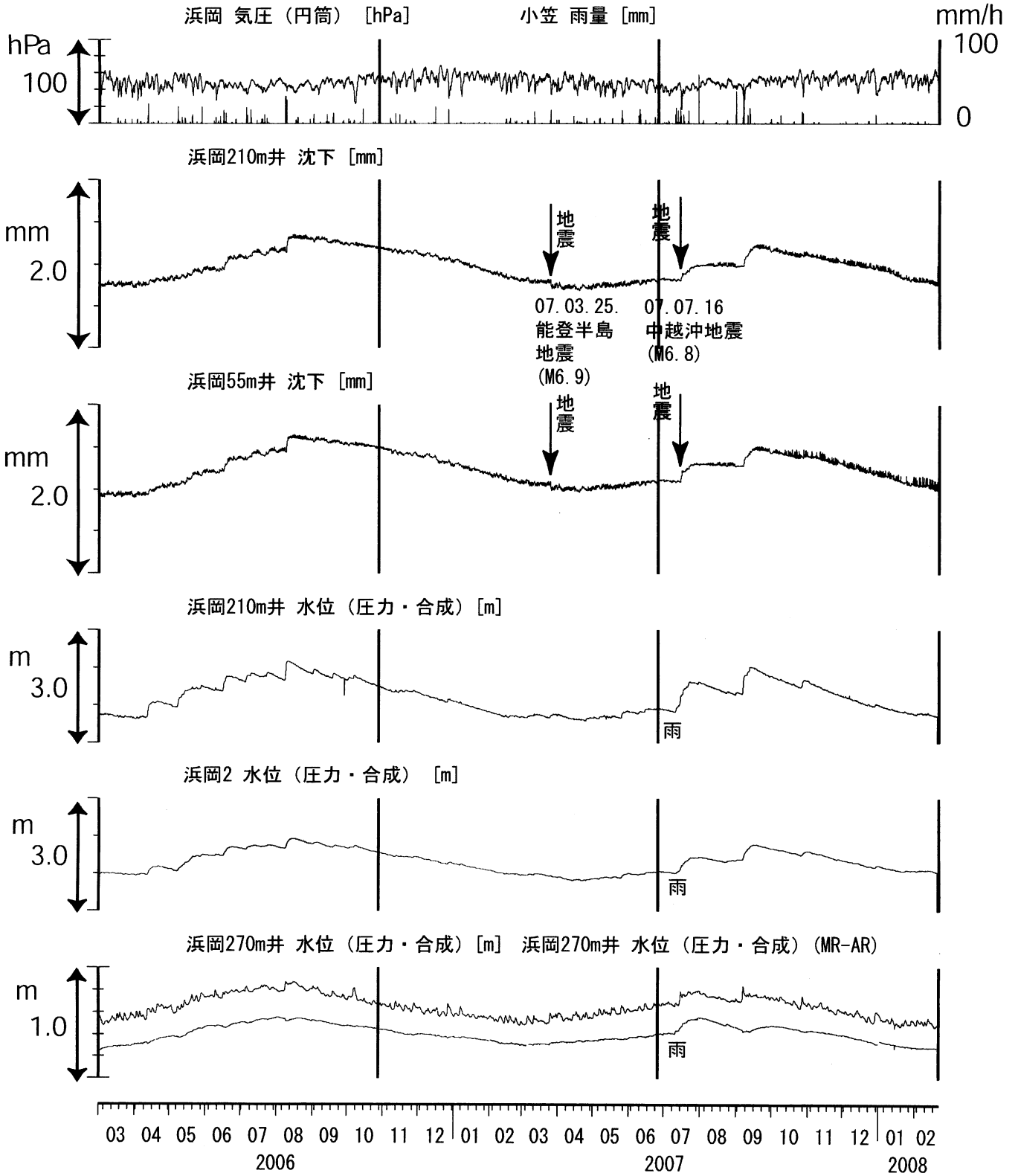
コメント :

- *;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.
- ガス量の変化理由については不明.
- ?;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.
- 水位計更新予定.

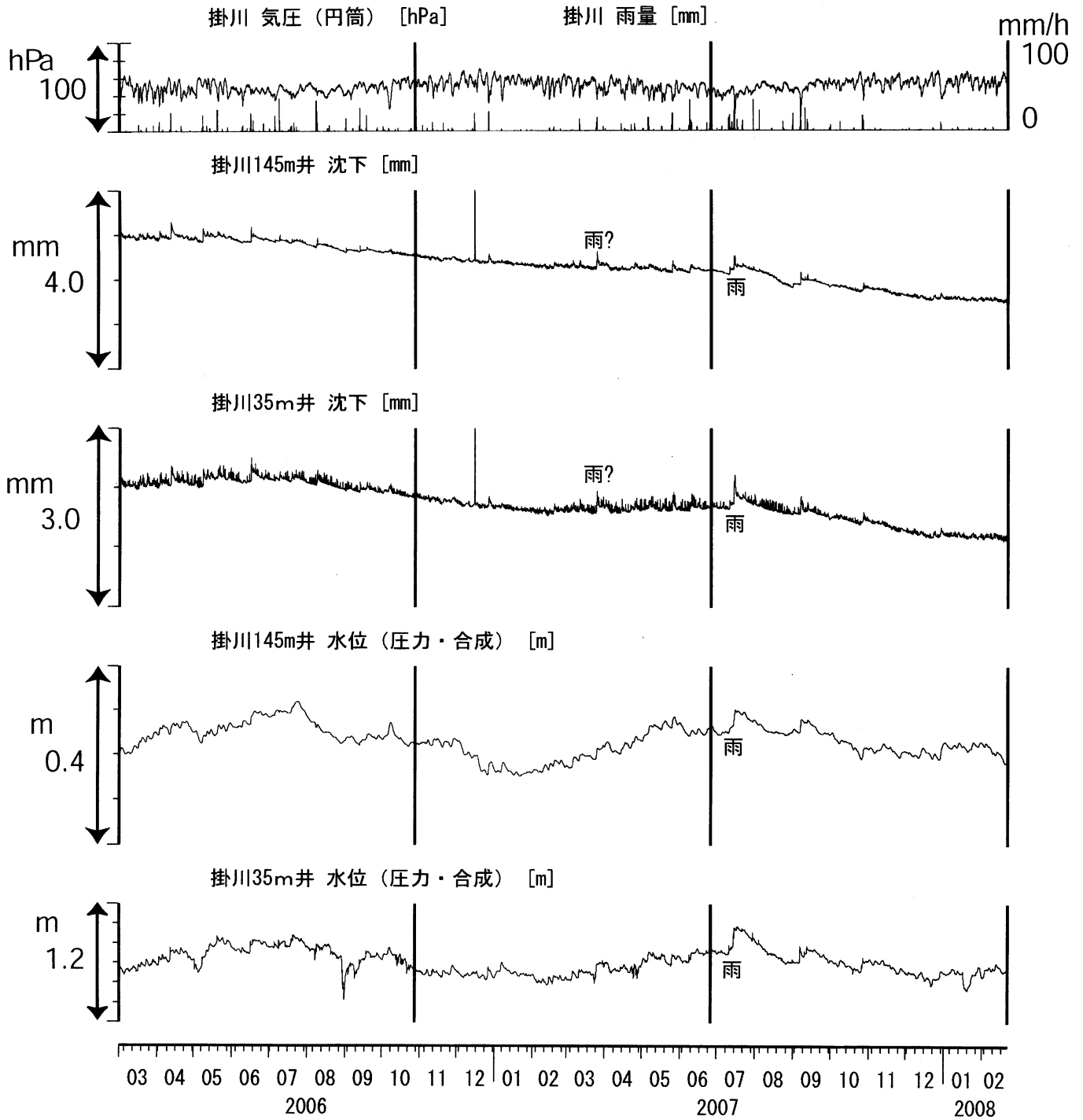


浜岡沈下・水位（時間値）

(2006/03/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)



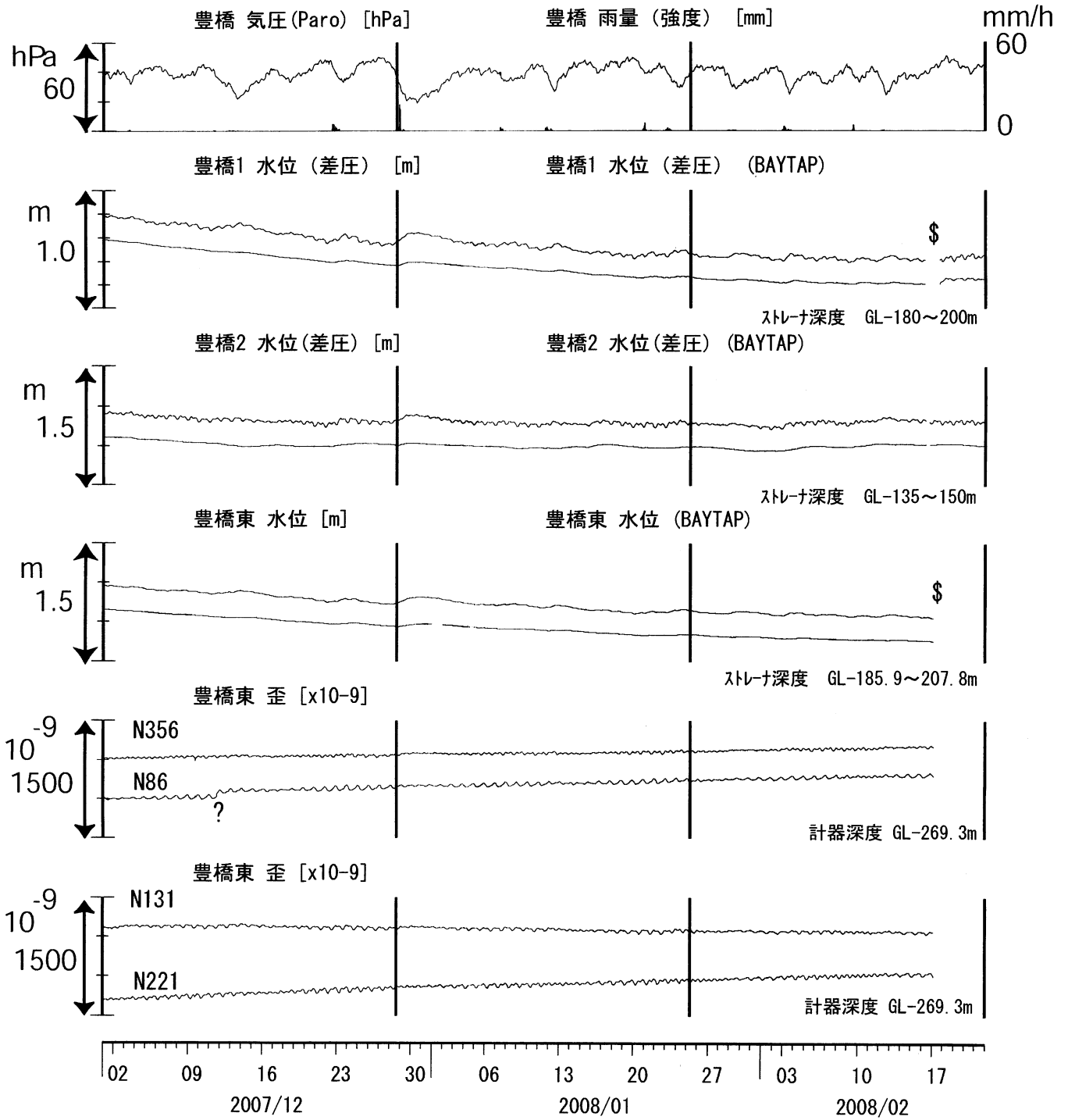
掛川沈下・水位（時間値）
 (2006/03/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)



0 500 m



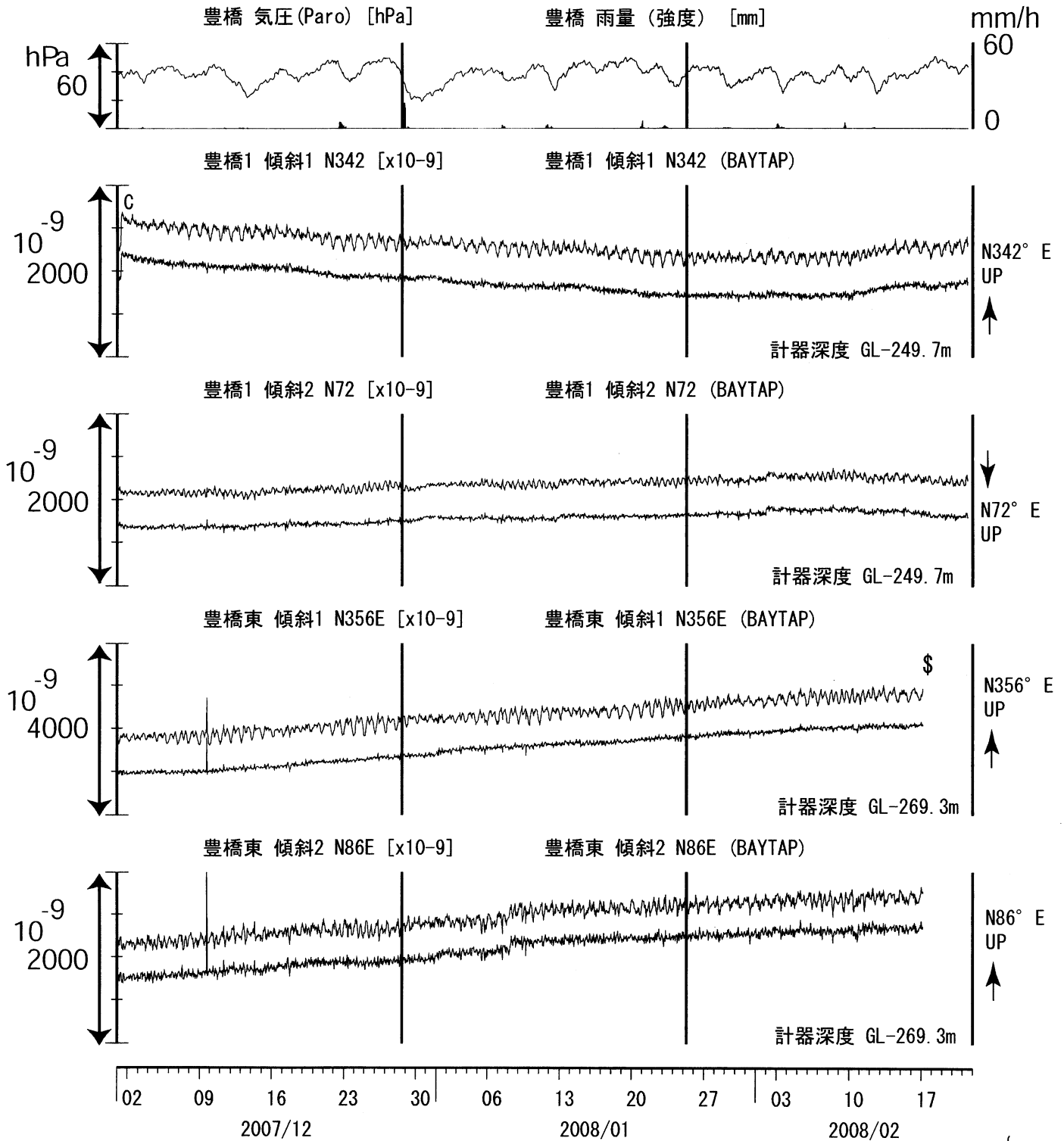
東海地域西部（豊橋・豊橋東）中期（時間値）
 (2007/12/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)



コメント：\$;保守. ?;原因不明.

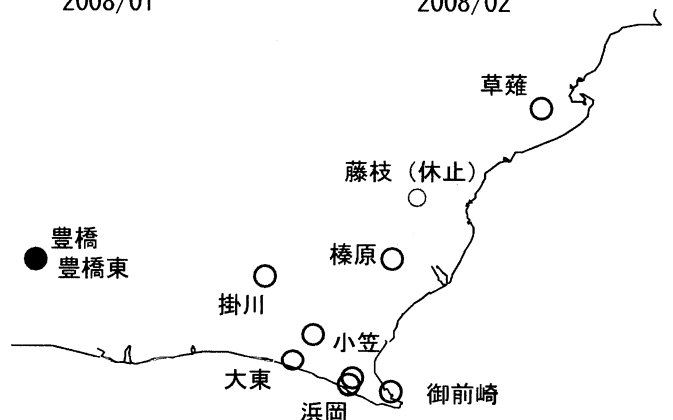


東海地域西部(豊橋・豊橋東 傾斜)中期 (時間値)
 (2007/12/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)



コメント: \$; 保守. ?; 原因不明.

C: トンネル工事が原因と考えられる急激な伸びで
 歪計近傍で微小破壊が生じる
 ことによる変化と推定できるもの.



東海地域西部（豊橋・歪）中期（時間値）
 (2007/12/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)

豊橋 気圧 (Paro) [hPa]

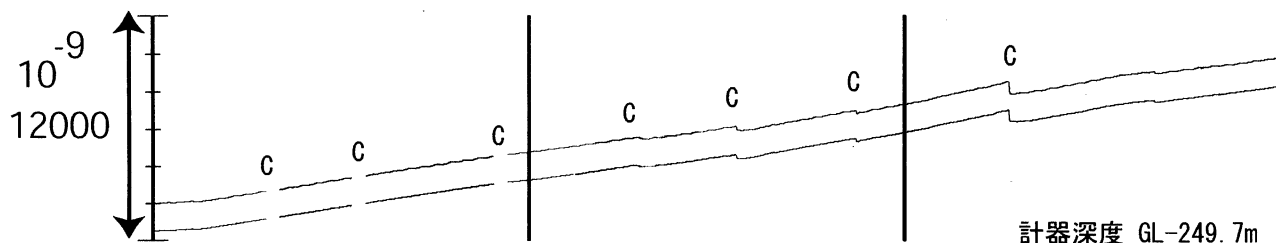
豊橋 雨量 (強度) [mm]

mm/h



豊橋1 歪 1 N102 [$\times 10^{-9}$]

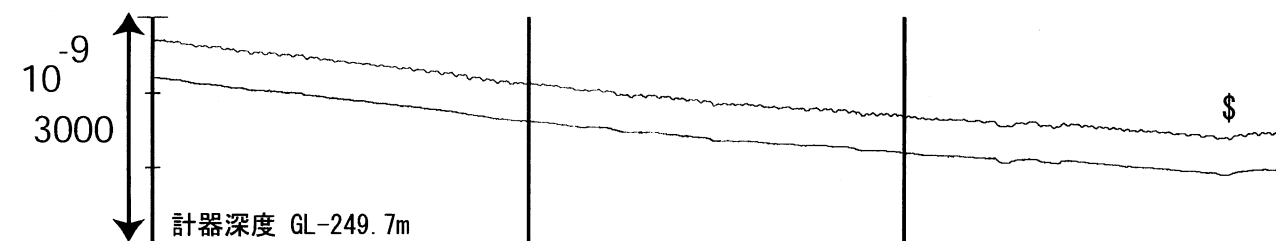
豊橋1 歪 1 N102 (BAYTAP)



計器深度 GL-249.7m

豊橋1 歪 2 N222 [$\times 10^{-9}$]

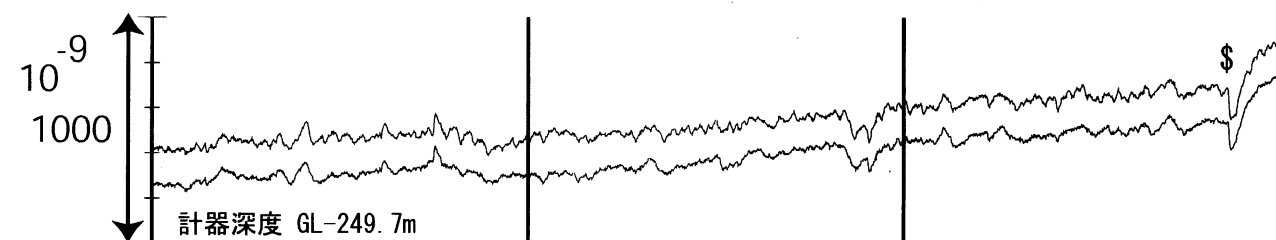
豊橋1 歪 2 N222 (BAYTAP)



計器深度 GL-249.7m

豊橋1 歪 3 N342 [$\times E-9$]

豊橋1 歪 3 N342 (BAYTAP)



計器深度 GL-249.7m

豊橋1 歪計温度 [°C]

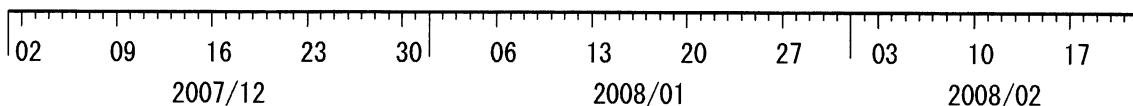


計器深度 GL-249.7m

豊橋東 歪計温度 [°C]



計器深度 GL-269.3m



コメント：\$: 保守.?; 原因不明.

C: トンネル工事が原因と考えられるN102方向の急激な伸びで歪計近傍で微小破壊が生じることによる変化と推定できるもの.

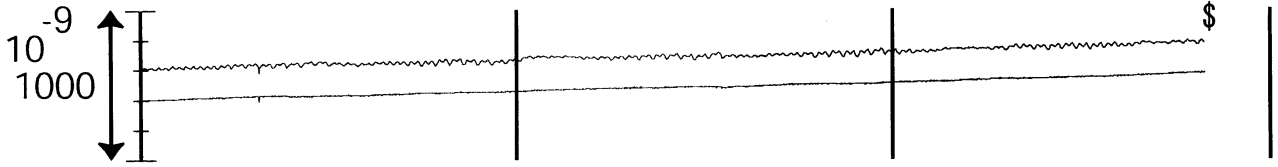
(主歪解析結果と逆センスのステップ状変化に見えるもの. グラフ上では大きなステップを取り除いている)



東海地域西部 (豊橋東 歪) 中期 (時間値)
 (2007/12/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)

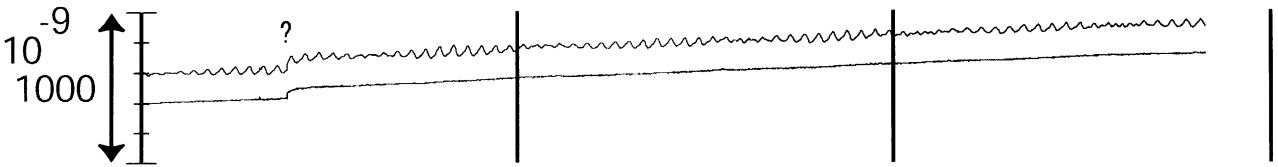
豊橋東 歪 N356E [x10⁻⁹]

豊橋東 歪 N356E (BAYTAP)



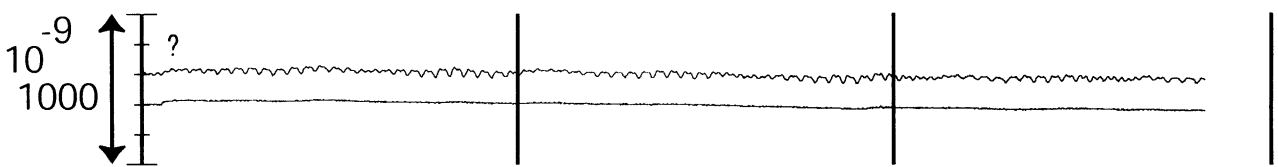
豊橋東 歪 N86E [x10⁻⁹]

豊橋東 歪 N86E (BAYTAP)



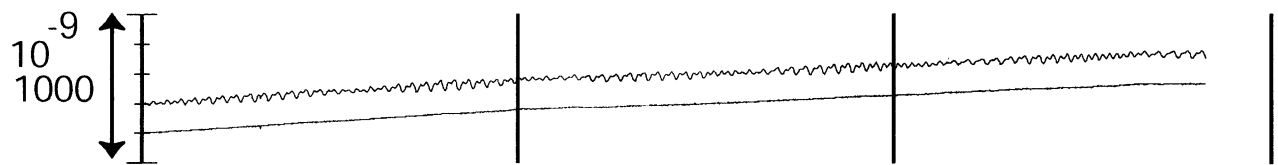
豊橋東 歪 N131E [x10⁻⁹]

豊橋東 歪 N131E (BAYTAP)



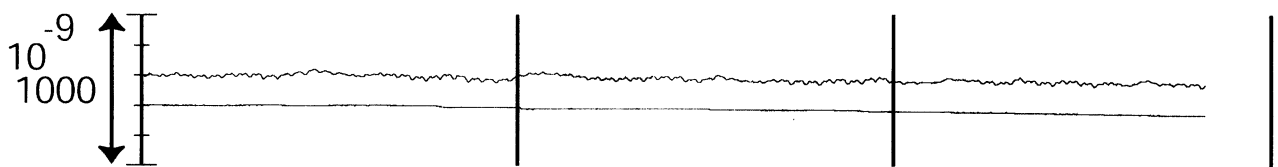
豊橋東 歪 N221E [x10⁻⁹]

豊橋東 歪 N221E (BAYTAP)

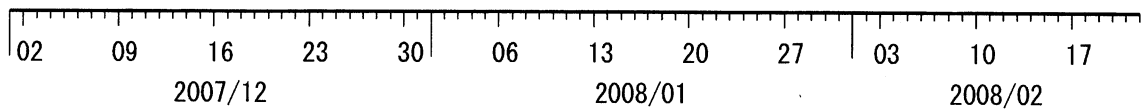
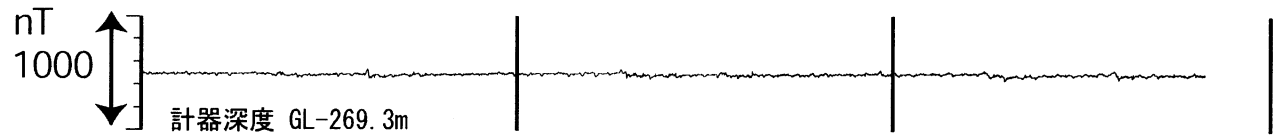


豊橋東 歪 鉛直 [x10⁻⁹]

豊橋東 歪 鉛直 (BAYTAP)



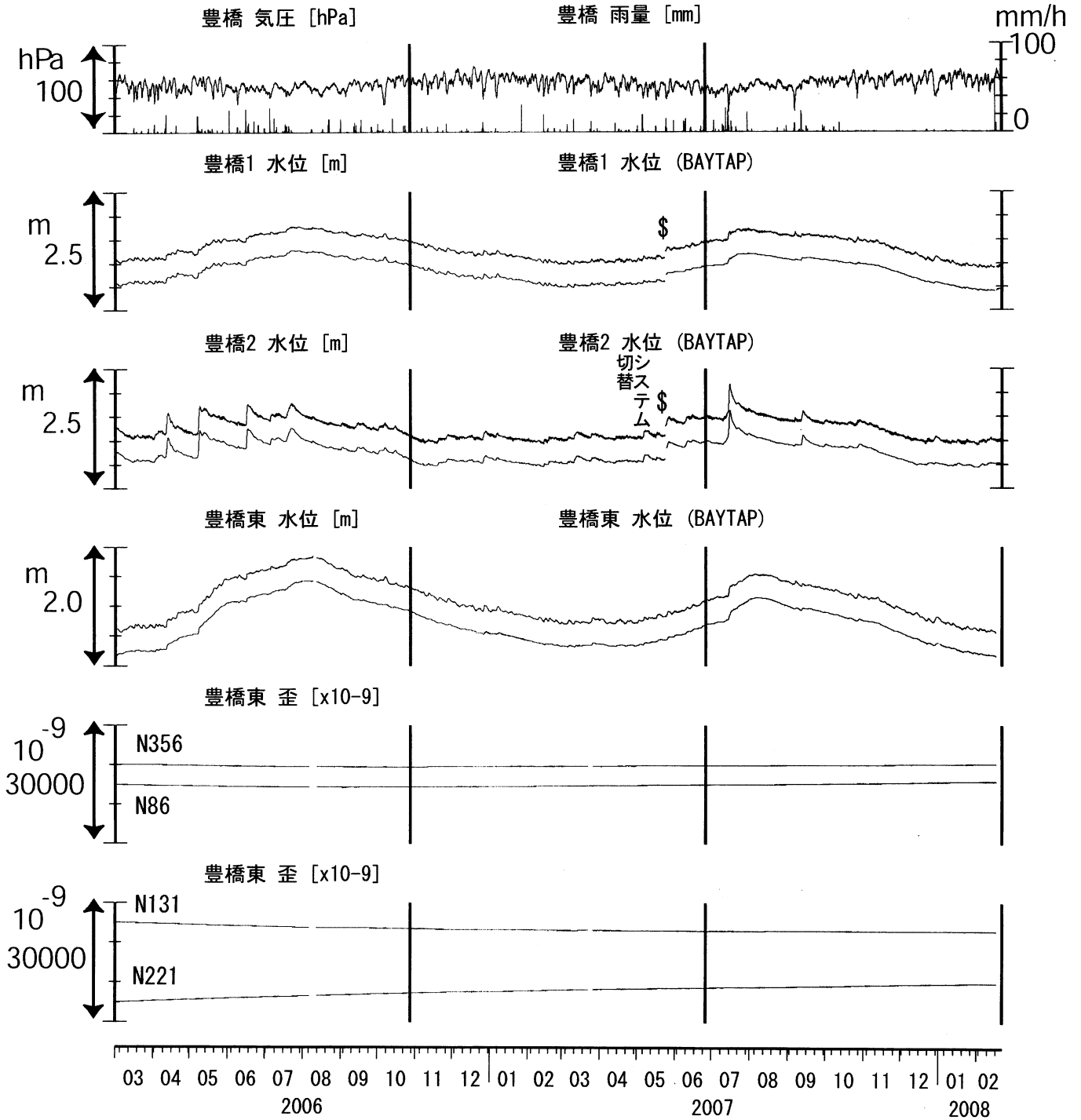
豊橋東 磁力 N356E [nT]



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）
 (2006/03/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)



コメント：\$;保守. ?;原因不明.

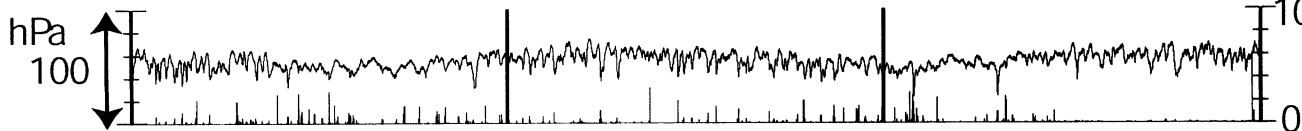


東海地域西部(豊橋・豊橋東 傾斜)長期 (時間値)
 (2006/03/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)

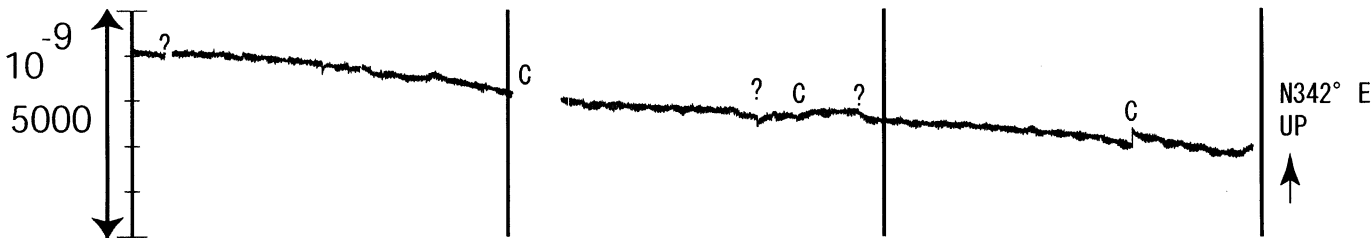
豊橋 気圧 [hPa]

豊橋 雨量 [mm]

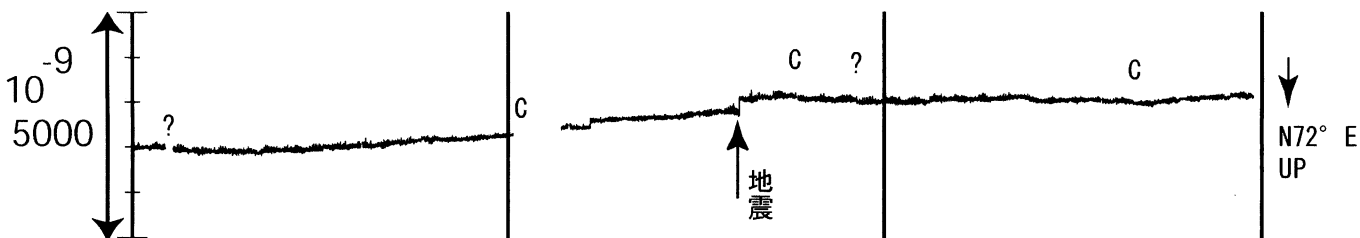
mm/h



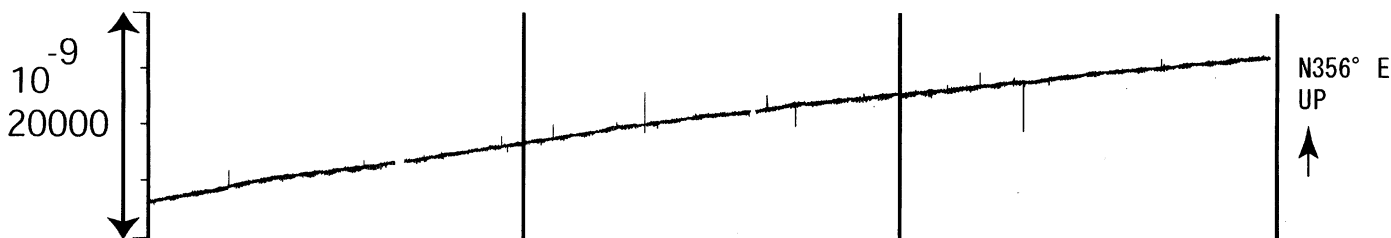
豊橋1 傾斜1 N342 [x10⁻⁹]



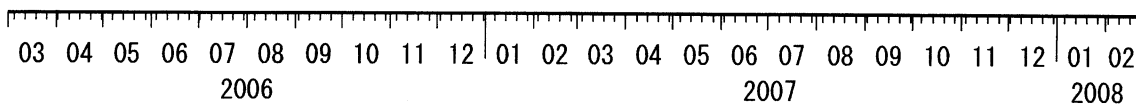
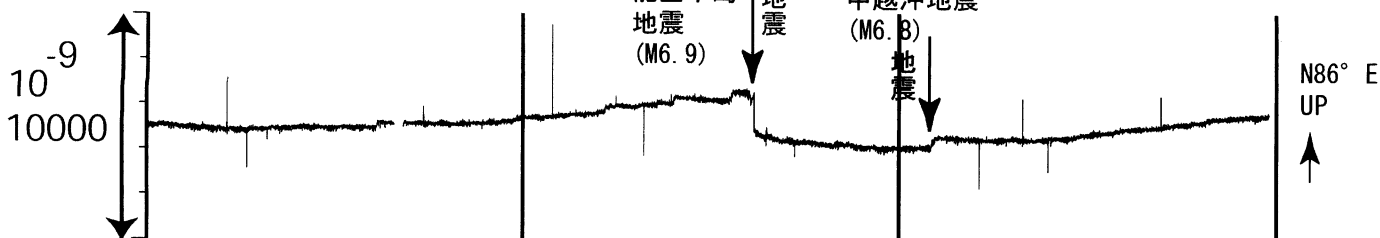
豊橋1 傾斜2 N72 [x10⁻⁹]



豊橋東 傾斜1 N356E [x10⁻⁹]

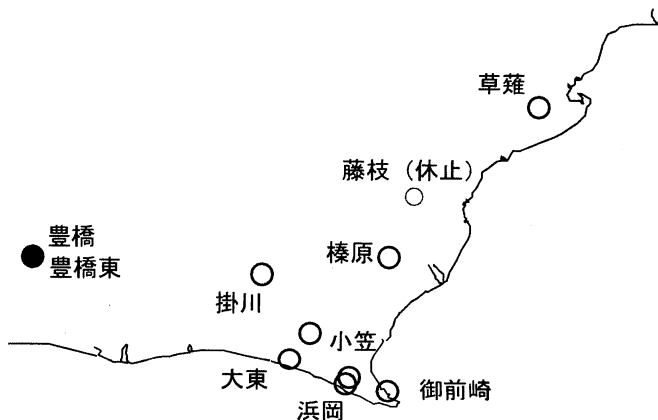


豊橋東 傾斜2 N86E [x10⁻⁹]



コメント: \$; 保守. ?; 原因不明.

C: トンネル工事が原因と考えられるN102方向の急激な伸びで歪計近傍で微小破壊が生じることによる変化と推定できるもの.

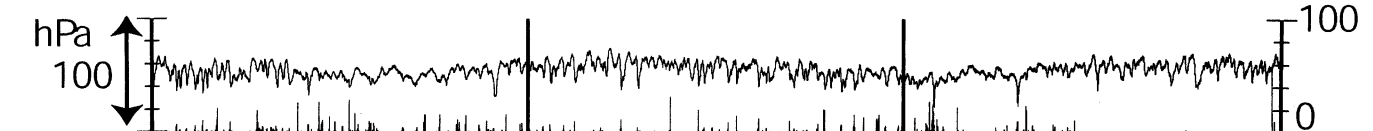


東海地域西部（豊橋・歪）長期（時間値）
 (2006/03/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)

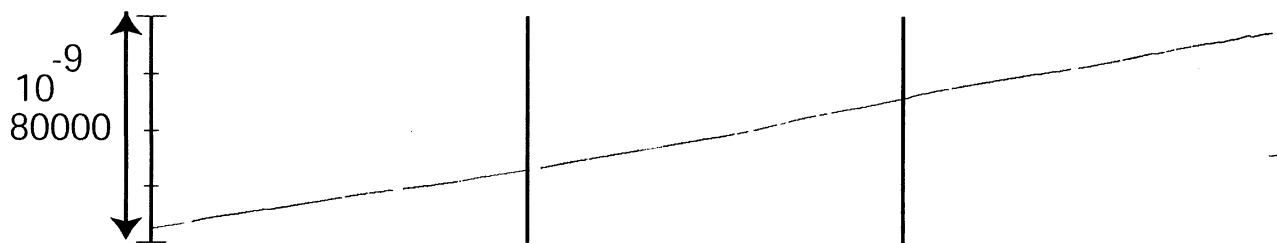
豊橋 気圧 [hPa]

豊橋 雨量 [mm]

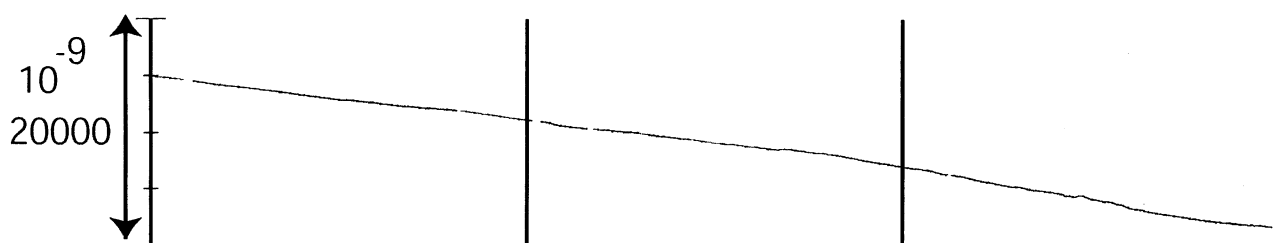
mm/h



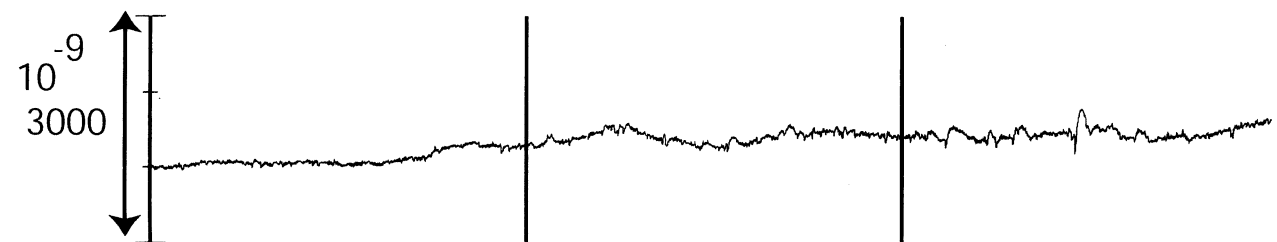
豊橋1 歪 1 N102 [x10⁻⁹]



豊橋1 歪 2 N222 [x10⁻⁹]



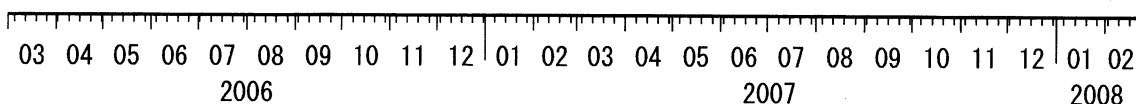
豊橋1 歪 3 N342 [xE-9]



豊橋1 歪計温度 [°C]



豊橋東 歪計温度 [°C]

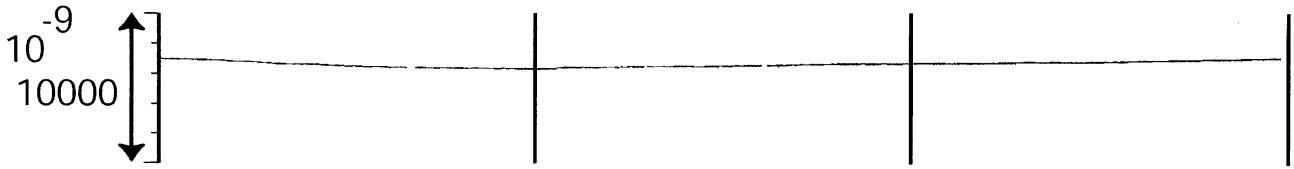


コメント：\$:保守.

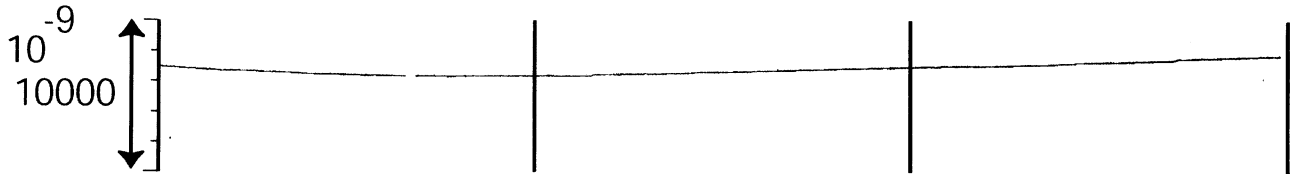


東海地域西部（豊橋東 歪）長期（時間値）
 (2006/03/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)

豊橋東 歪 N356E [x10⁻⁹]



豊橋東 歪 N86E [x10⁻⁹]



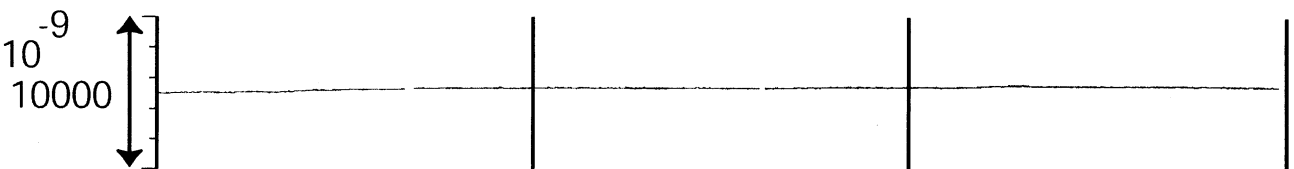
豊橋東 歪 N131E [x10⁻⁹]



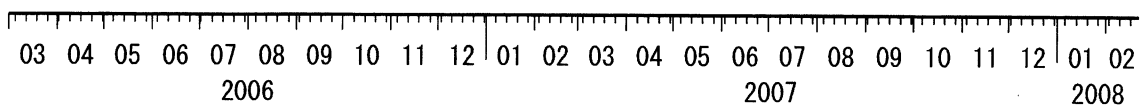
豊橋東 歪 N221E [x10⁻⁹]



豊橋東 歪 鉛直 [x10⁻⁹]



豊橋東 磁力 [nT]

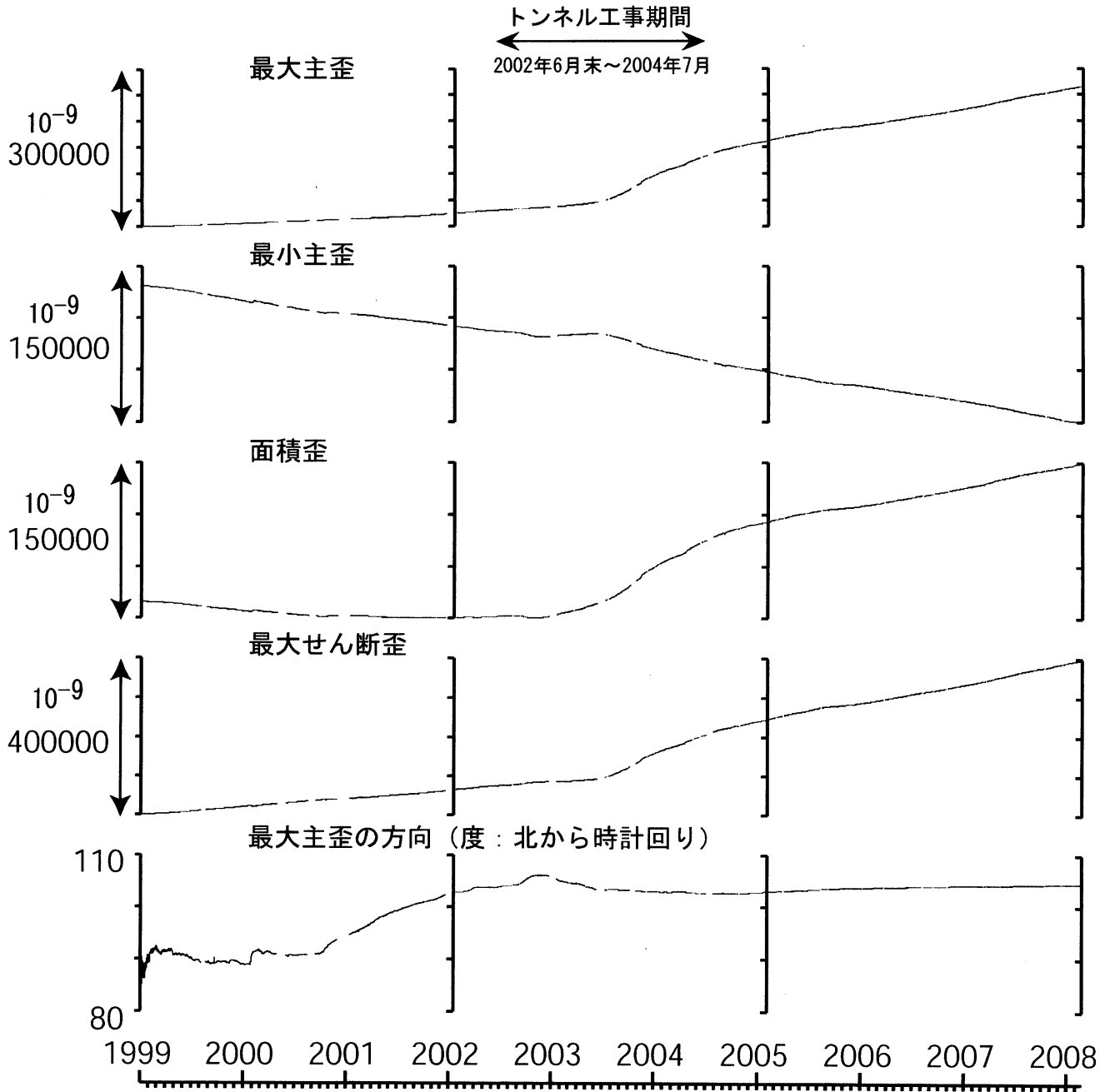


コメント：\$;保守.



豊橋1:主歪解析

(1999/01/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)



コメント:

ステップ状の変化を除去した上で、解析を行った。

主歪解析の起点は1999年1月1日

2002年6月末~2004年7月の期間、

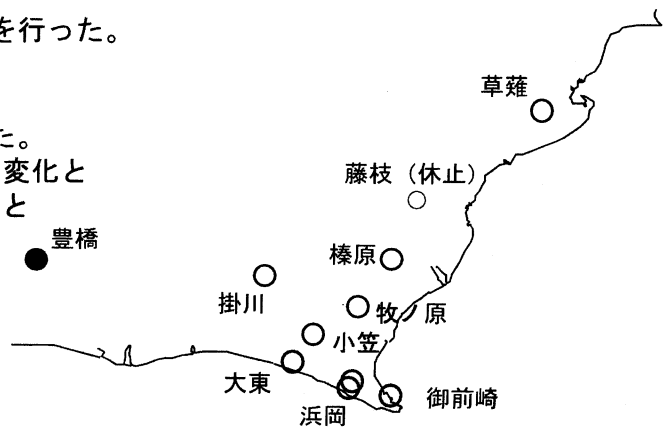
観測点の西方200mでトンネル工事があった。

主に、2002年9月初めからの歪2 (N222) の変化と

2003年4月頃からの歪1 (N102) の上昇加速と

2004年9月頃からの減速により、

解析結果に影響が出ている。



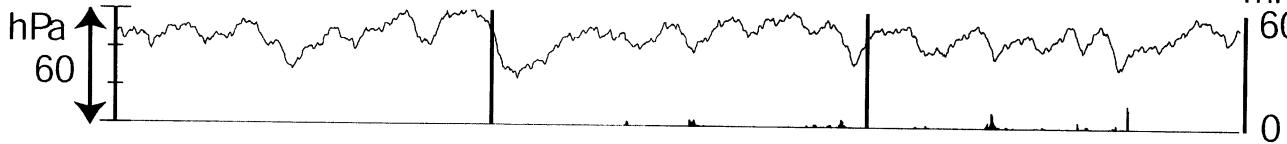
伊豆半島東部 地下水位・自噴量 中期 (時間値)

(2007/12/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)

大室山北 気圧 (円筒) [hPa]

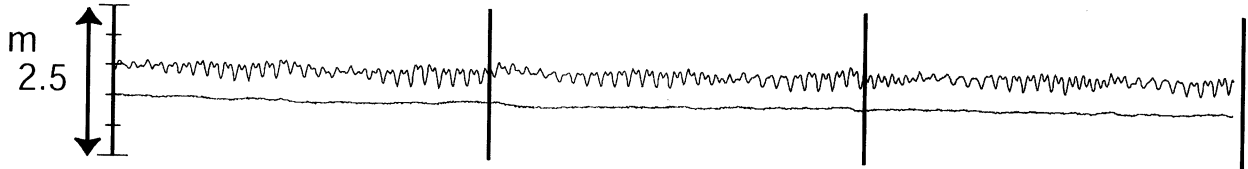
大室山北 雨量 [mm]

mm/h



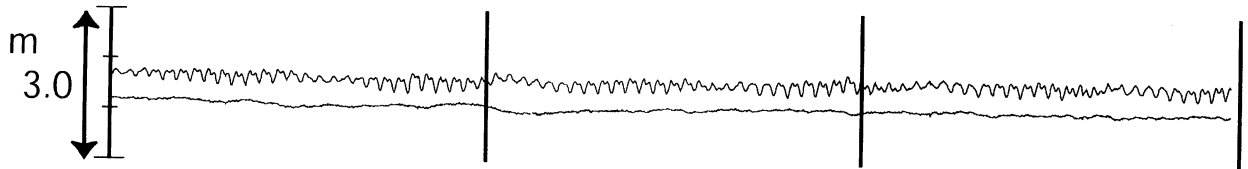
松原174号井 水位 (圧力m) [m]

松原174号井 水位 (圧力m) (BAYTAP)



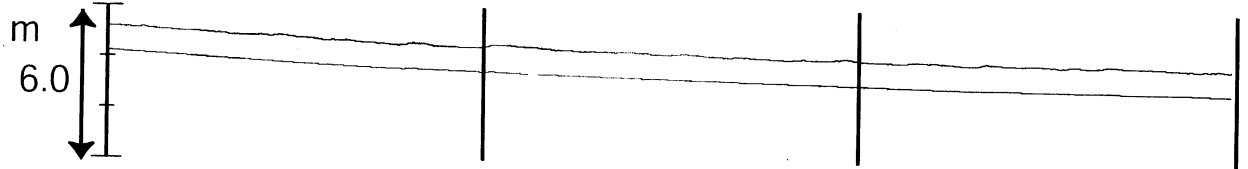
江戸屋 水位 (圧力) [m]

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)



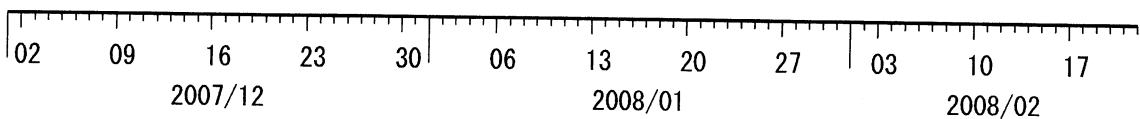
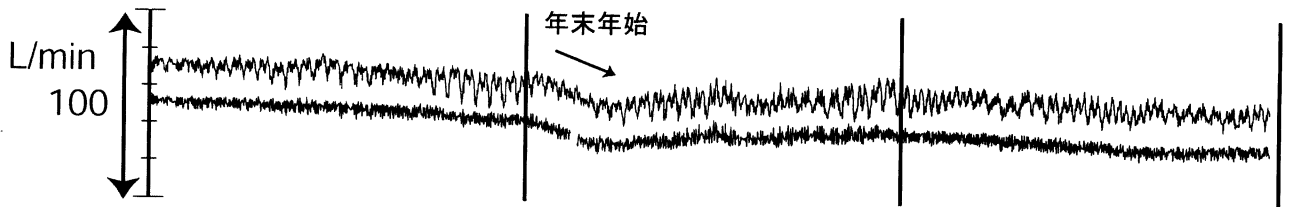
冷川南 水位 (圧力・合成) [m]

冷川南 水位 (圧力・合成) (BAYTAP)



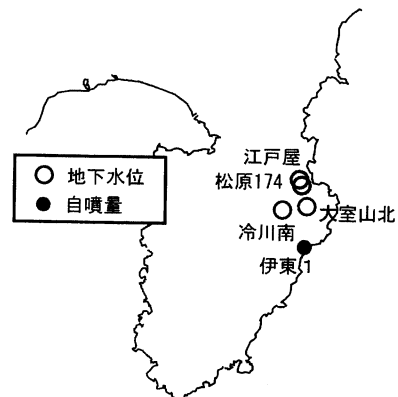
伊東1号 自噴量 [l/min]

伊東1号 自噴量 (BAYTAP)



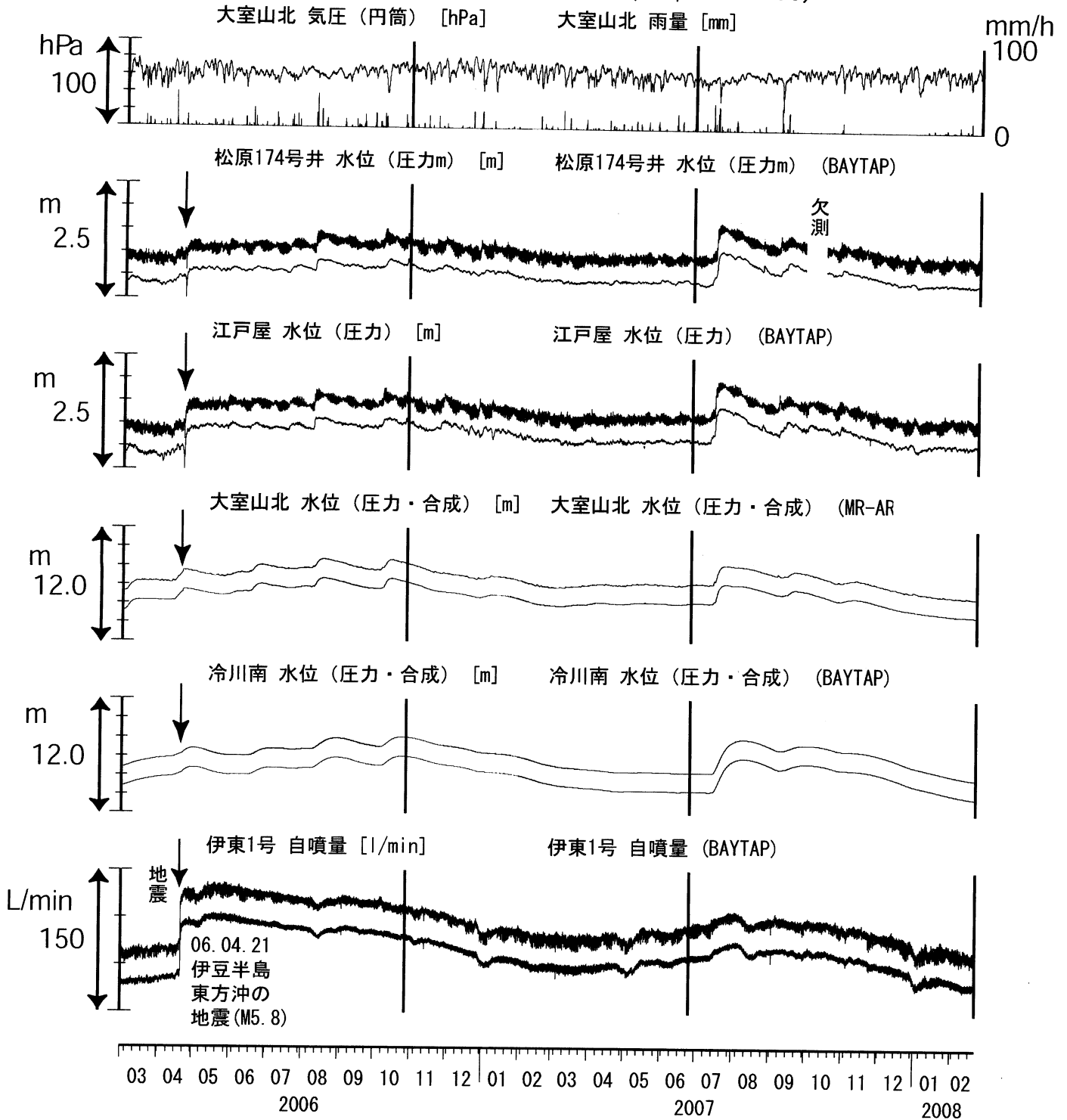
コメント:

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。



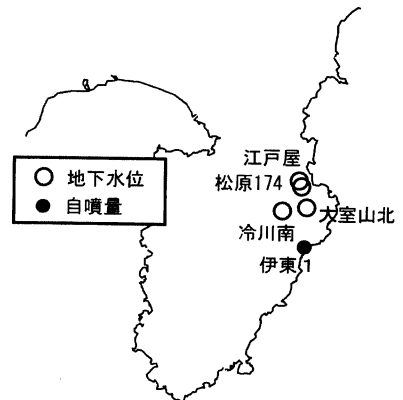
伊豆半島東部 地下水位・自噴量 長期 (時間値)

(2006/03/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)



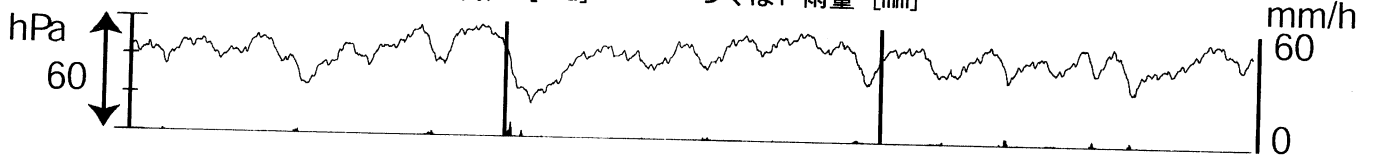
コメント:

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。
 2006年4月21日M5.8の地震で伊東1の自噴量が大きく増加した。

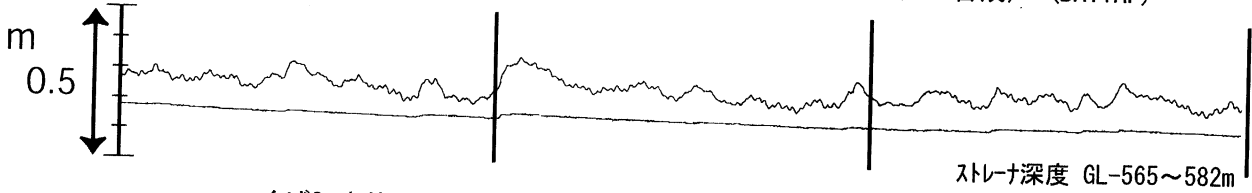


関東地域 地下水観測結果 中期 (時間値)
 (2007/12/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)

つくば1 気圧 (円筒) [hPa] つくば1 雨量 [mm]



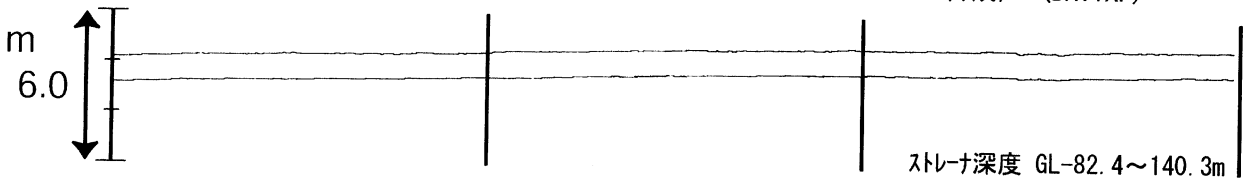
つくば1 水位 (圧力・合成) [m] つくば1 水位 (圧力・合成) (BAYTAP)



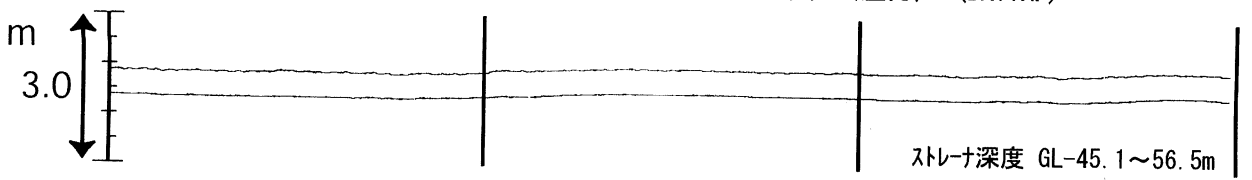
つくば2 水位 (圧力・合成) [m] つくば2 水位 (圧力・合成) (BAYTAP)



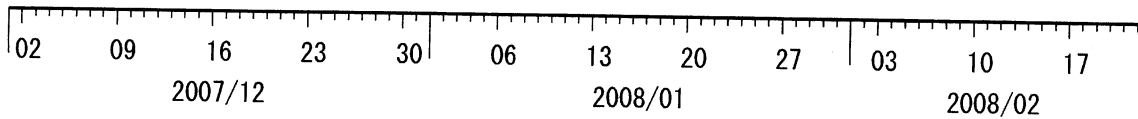
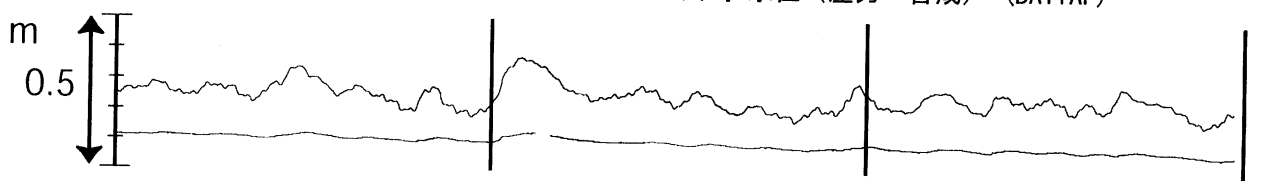
つくば3 水位 (圧力・合成) [m] つくば3 水位 (圧力・合成) (BAYTAP)



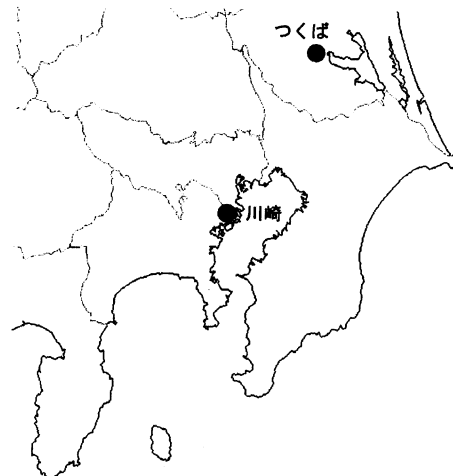
つくば4 水位 (圧力) [m] つくば4 水位 (圧力) (BAYTAP)



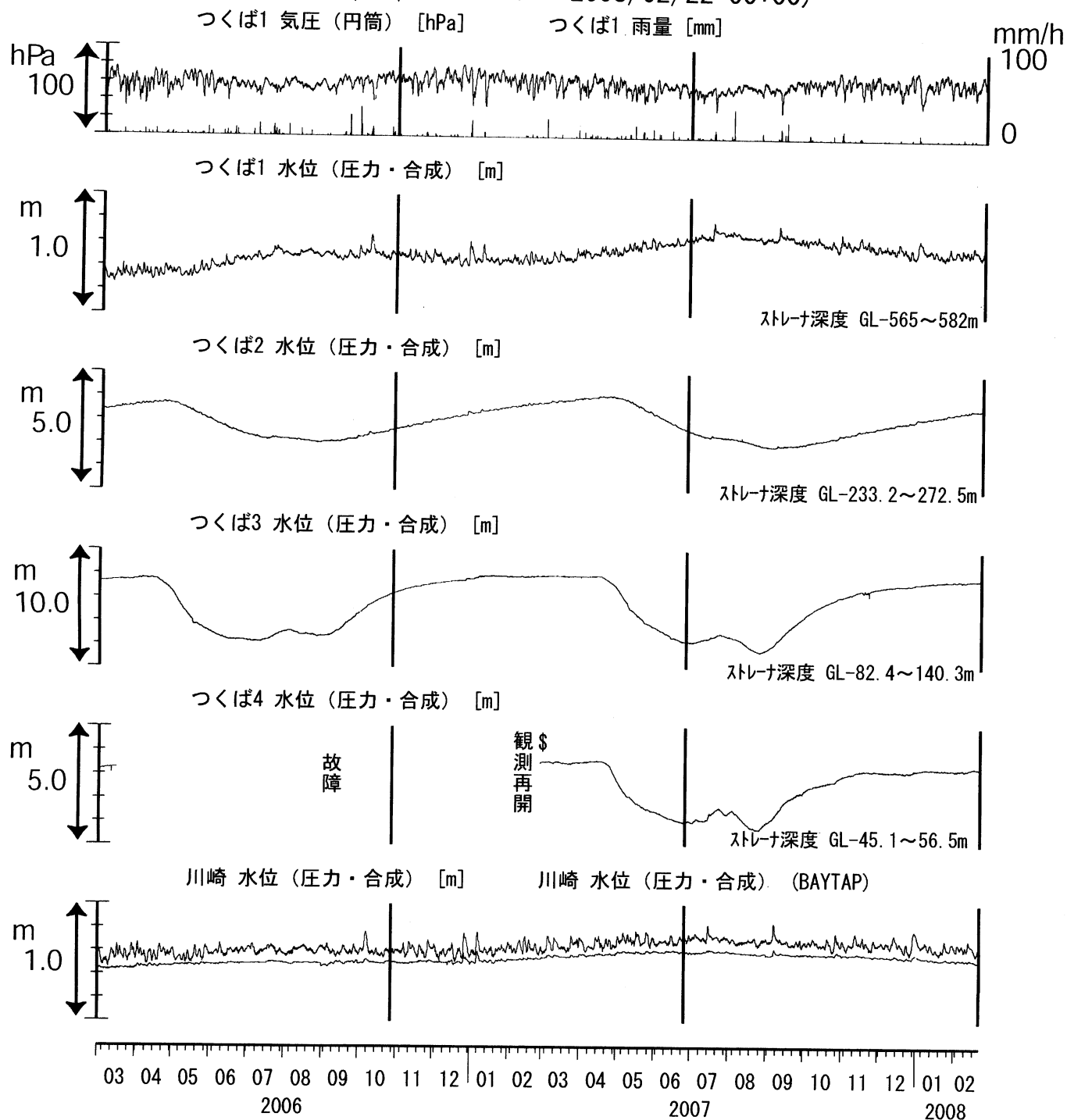
川崎 水位 (圧力・合成) [m] 川崎 水位 (圧力・合成) (BAYTAP)



コメント：特記事項なし。



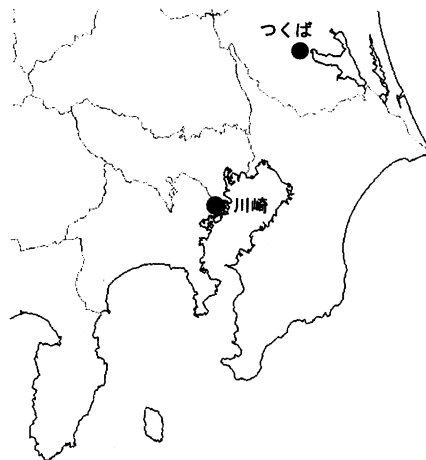
関東地域 地下水観測結果 長期 (時間値)
 (2006/03/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)



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。

2007年2月26日よりつくば4水位観測再開。



紀伊半島南部の地下水・歪観測結果

産業技術総合研究所

産業技術総合研究所では、2007年より紀伊半島南部の2観測点(HGM、ICU)において地下水等の観測を行っている。2007/12/1～2008/2/22の観測結果を図1と2に示す。観測施設は深度の異なる3本の井戸からなり、全ての井戸で水位、水温、地震観測を行っている他、最も深い井戸では歪・傾斜の観測を行っている。観測施設の概要を図3に示す。

広島大学の低周波微動自動モニタリングシステム(ATMOS)によると、2007年11月中旬に紀伊半島南部～三重県中部地方において活発な低周波微動が観測された(図5)。はじめは奈良県南東部～三重県南部の地域で微動活動が活発で、その後奈良県南部と三重県中部の2地域に活動域が分離・移動した。両観測点共に、この2つの期間に対応した歪変化が観測されたほか、HGMでは水位変化も観測された(図6, 7)。

低周波微動の発生地域のプレート形状(Satake, 1993)を参考に3枚の断層モデルを仮定し、Okada (1992)と内藤・吉川(1999)によって2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該当期間の主歪を計算した(図8～10)。ICUでは、観測値と、仮定した断層面のすべりによる計算値が全期間で概ね一致しているが、HGMでは全期間で振幅は概ね一致するものの、方位は60度程度ずれている。

HGM1と2で観測された水位変化の妥当性を検証するために、理論体積歪の潮汐(M2)の振幅と、観測された水位変化の潮汐成分から、体積歪-水位変化の感度を求めた(表1)。理論体積歪の潮汐振幅の計算にはgotic-2(Matsumoto *et al.*, 2001)を、水位変化の潮汐成分の計算にはBAYTAP-G(Tamura *et al.*, 1991)を使用した。仮定した断層面から計算される体積歪変化と体積歪-水位変化の感度から予想される水位変化と、観測された水位変化は定性的には一致するものの、量的には開きがある(表2)。気圧応答成分の除去が不十分であることが原因と考えられる。

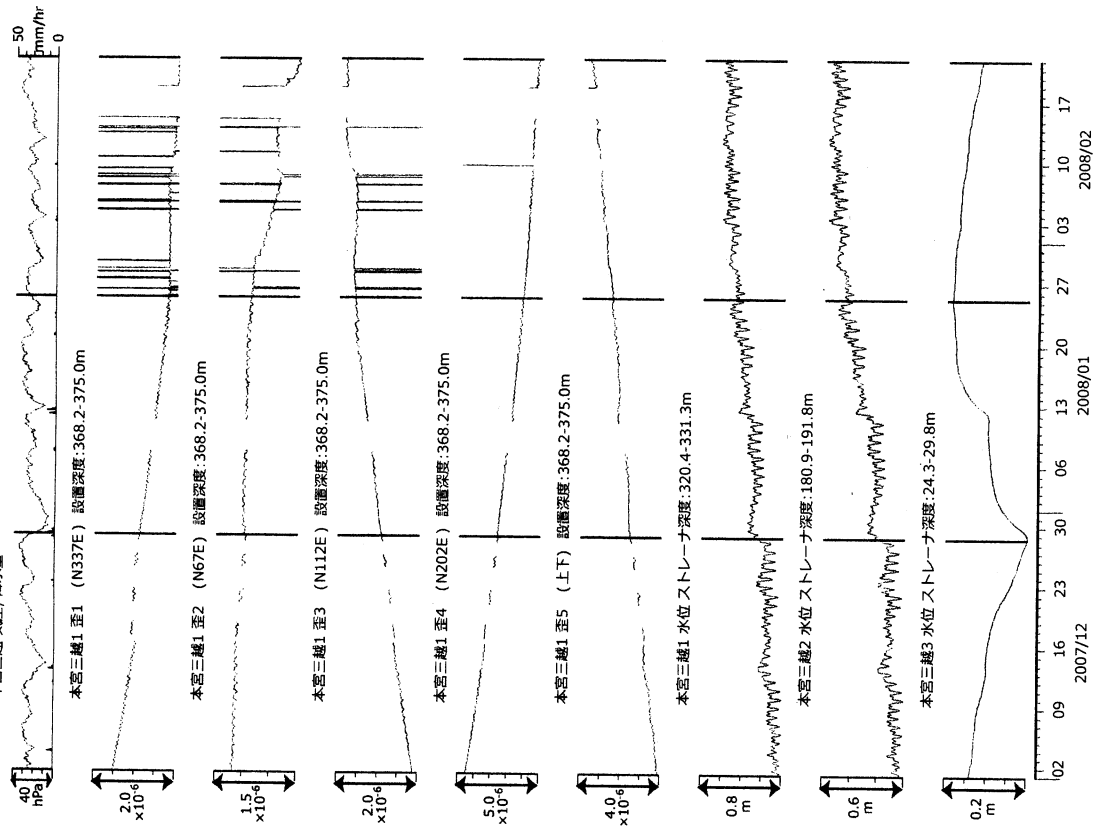
紀伊半島南部ではこれまでも低周波微動がしばしば観測されているが、三重県中部～北部とは異なり、Hi-netの傾斜計ではスロースリップイベント(SSE)を伴うかどうかは必ずしも確認されていない。今年度整備中の観測点(四国～紀伊半島～東海地方10カ所)を加えて、これらのイベントのメカニズム解明への寄与が期待される。

(板場智史・北川有一・小泉尚嗣・高橋誠・松本則夫・佐藤努・大谷竜)

参考文献

- Matsumoto, K., T. Sato, T. Takanezawa and M. Ooe, GOTIC2: A Program for Computation of Oceanic Tidal Loading Effect, *J. Geod. Soc. Japan*, **47**, 243-248, 2001.
- Okada, Y., Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **82**, 1018-1040, 1992.
- Satake, K., Depth distribution of coseismic slip along the Nankai Trough, Japan, from joint inversion of geodetic and tsunami data, *J. Geophys. Res.*, **98**, 4553-4565, 1993.
- 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/>.

図1：紀伊半島南部の地下水・歪観測結果：本宮三越（時間値）
 (2007/12/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)
 本宮三越 気圧, 降水量



2008/1/26から歪5成分で頻発しているスパイク状ノイズは機器トラブルによる。

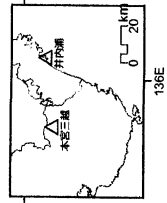
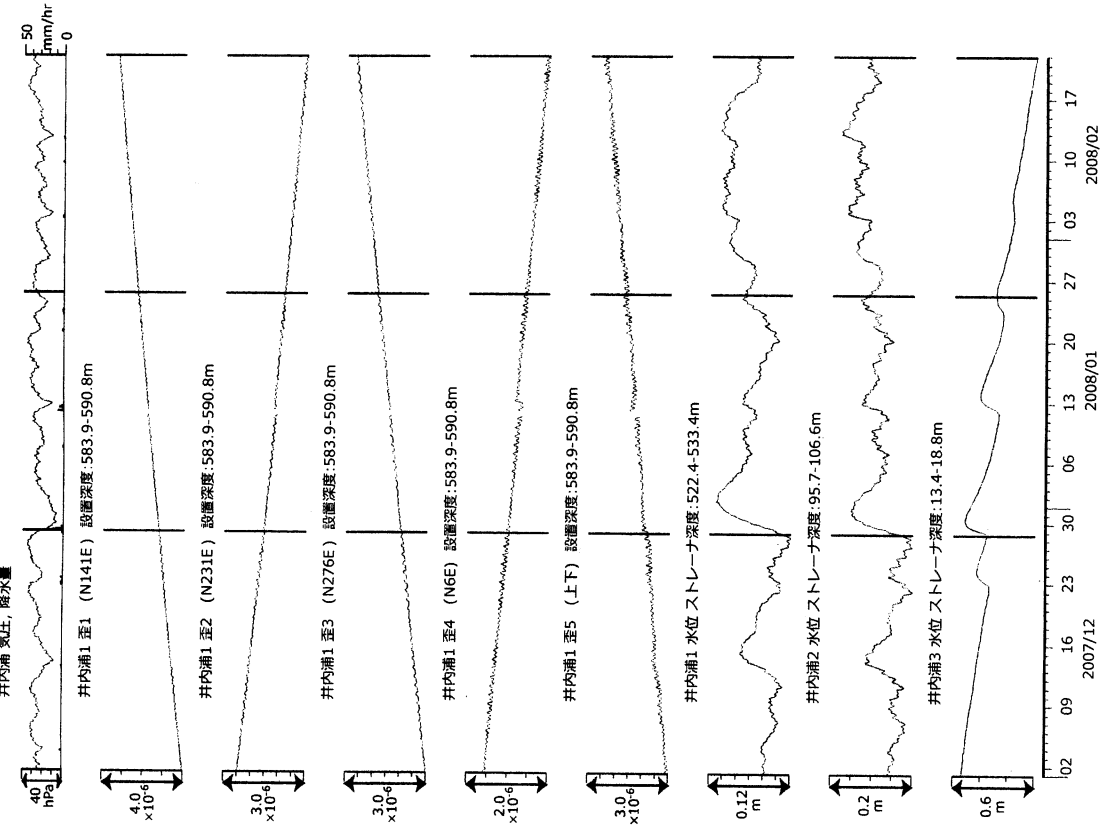
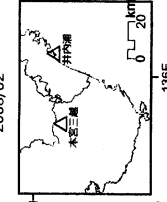
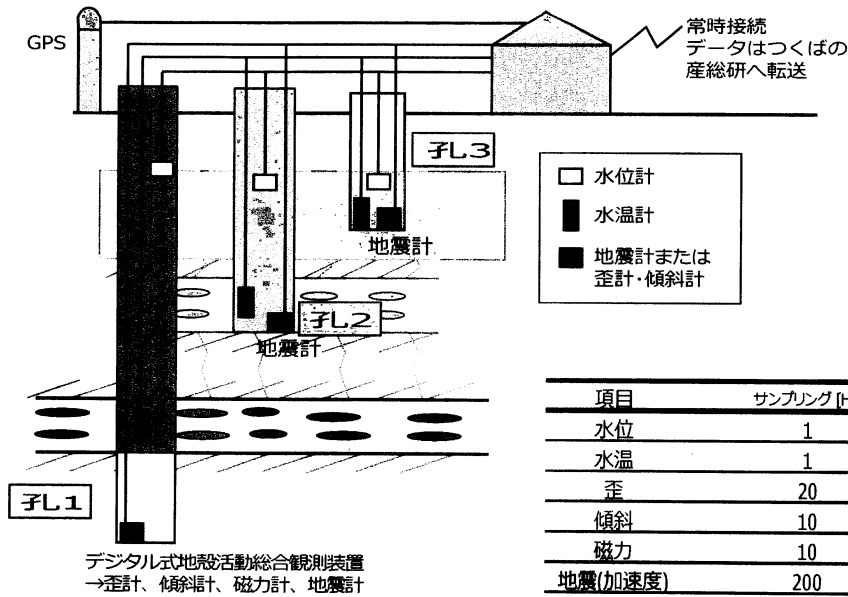


図2：紀伊半島南部の地下水・歪観測結果：井内浦（時間値）
 (2007/12/01 00:00 - 2008/02/22 00:00)
 井内浦 気圧, 降水量



2008/1/11における歪5成分の欠測等は機器トラブルによる。





項目	サンプリング [Hz]	成分
水位	1	-
水温	1	-
歪	20	水平4, 鉛直1
傾斜	10	水平2
磁力	10	水平2, 鉛直1
地震(加速度)	200	水平2, 鉛直1
地震(速度)	100(連続), 1000(トリガー)	水平2, 鉛直1

孔	観測点	深度	ストレナ深度	観測装置深度	観測項目
1	HGM	376.0	320.4-331.3	368.2-375.0	水位・水温・歪・傾斜・地震(加速度)
	ICU	601.0	522.4-533.4	583.9-590.8	
2	HGM	200.0	180.9-191.8	194.0-197.6	水位・水温・地震(速度)
	ICU	128.6	95.7-106.6	123.0-126.6	
3	HGM	40.0	24.3-29.8	34.0-37.6	水位・水温・地震(速度)
	ICU	30.0	13.4-18.8	24.5-28.0	
地上					GPS・雨量・気圧・気温・風向・風速

図3: 本宮三越 (HGM) と井内浦 (ICU) 両観測施設の概要。HGM1,2 では湧水しているため、孔口を密閉している。

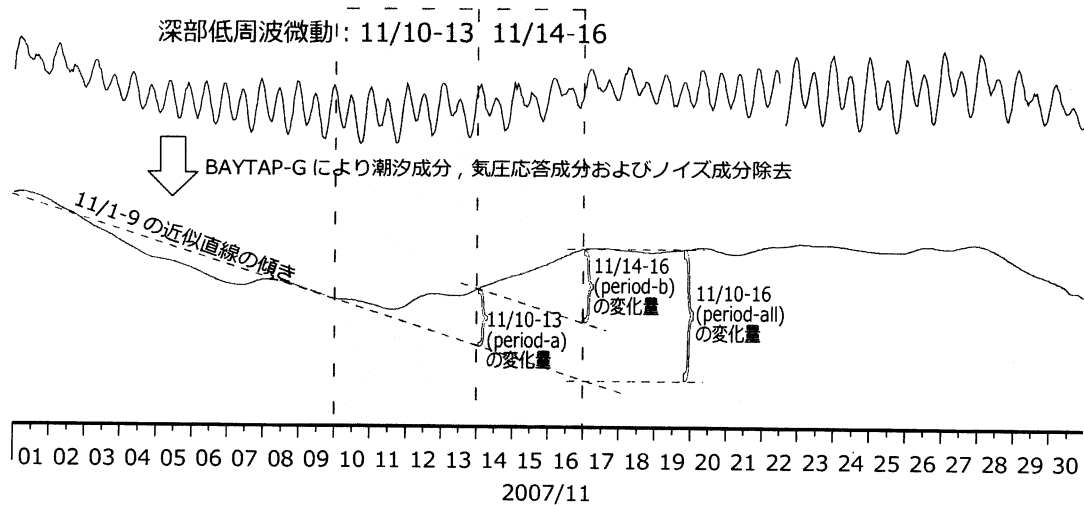
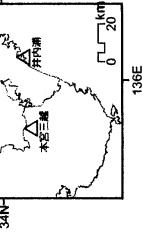
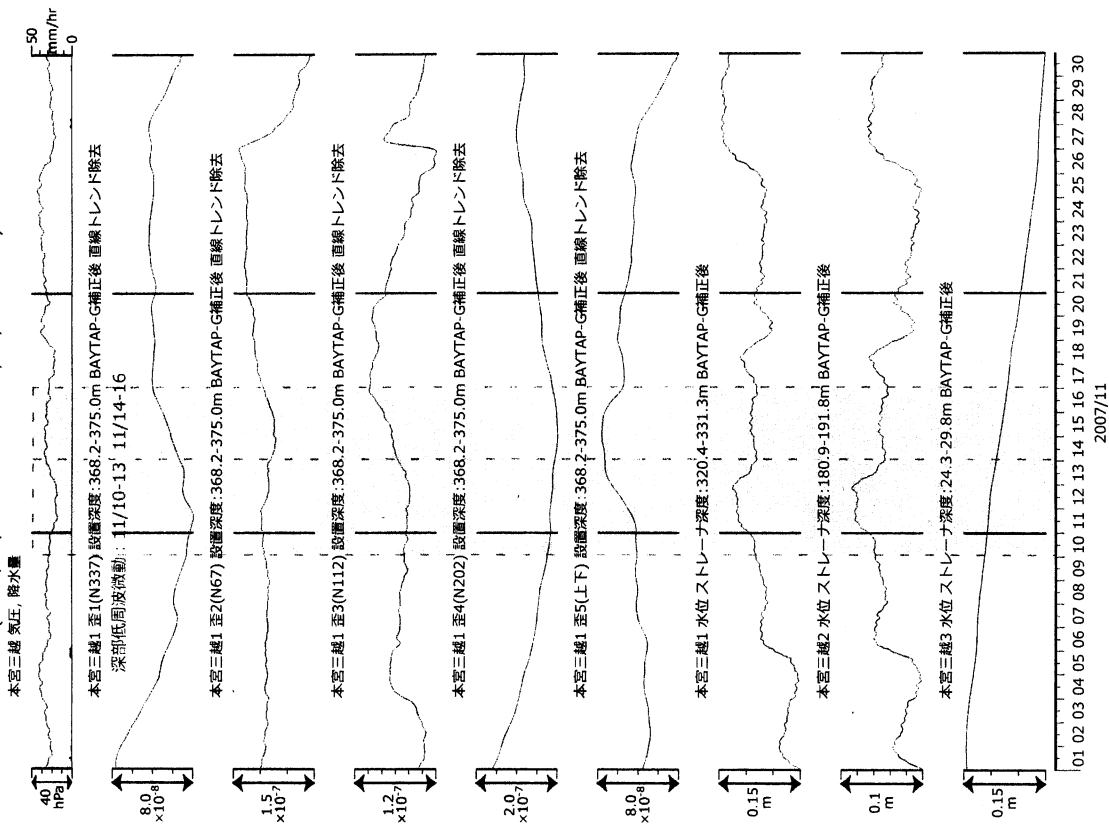


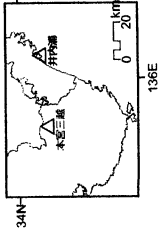
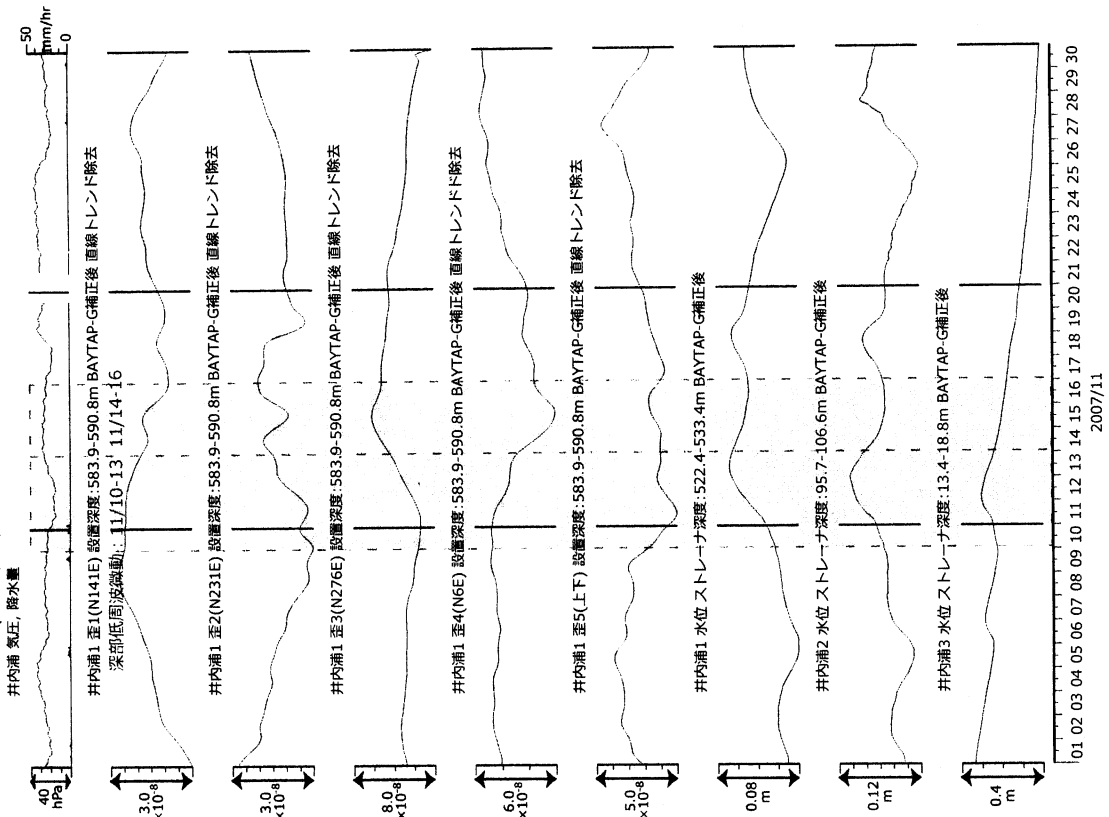
図4: 各々の期間における変化量の算出方法

図6：紀伊半島南部の地下水・歪観測結果：本宮三越 (BAYTAP-G補正後) (時間値)
(2007/11/01 00:00 - 2007/11/30 23:00)



歪5成分は計器設置後の緩和の影響が強いため、直線トレンドを差し引いている。

図7：紀伊半島南部の地下水・歪観測結果：井内浦 (BAYTAP-G補正後) (時間値)
(2007/11/01 00:00 - 2007/11/30 23:00)



歪5成分は計器設置後の緩和の影響が強いため、直線トレンドを差し引いている。

period-a (10-13 Nov, 2007)

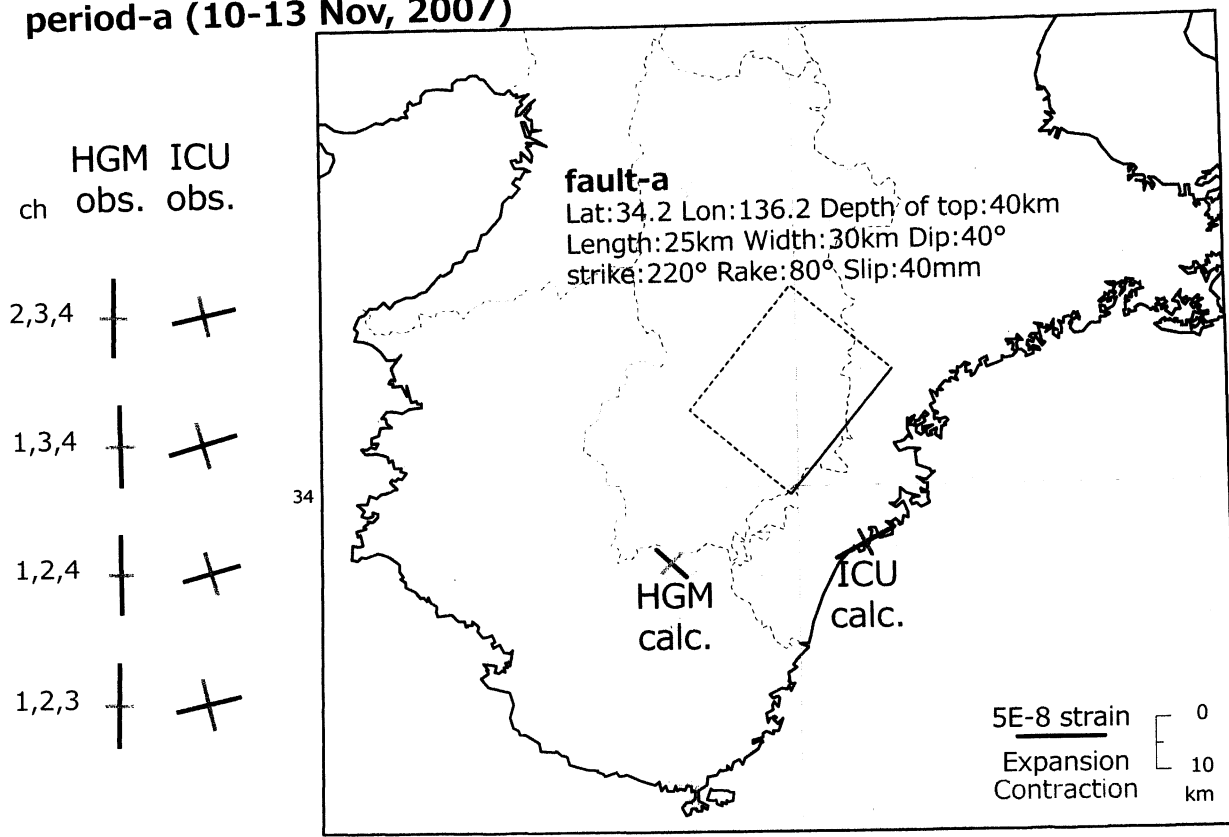


図8:2007/11/10-13(period-a)の主歪観測結果と、深部低周波微動活動域付近に断層面を仮定して予想される主歪変化。水平4成分による歪み観測を行っているため、主歪観測結果は3成分の組み合わせで4組計算される。

period-b (14-16 Nov, 2007)

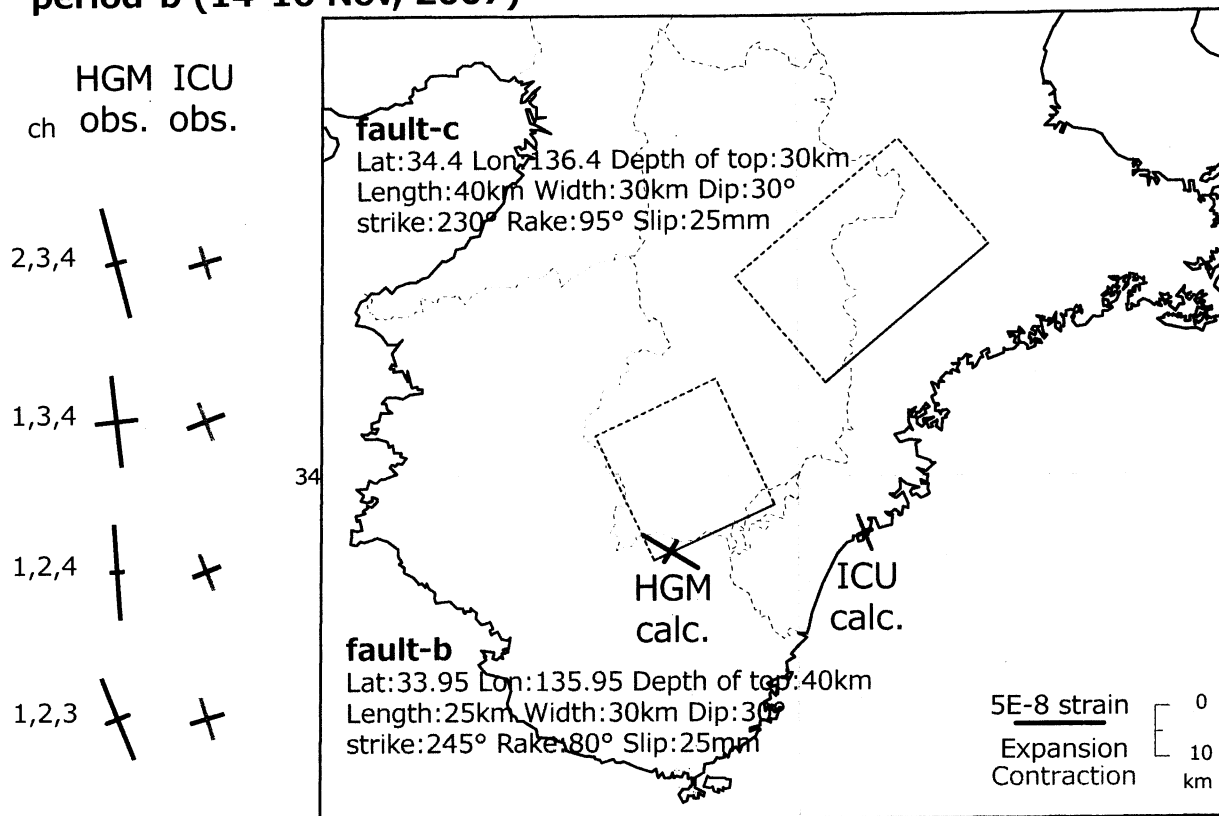


図9:2007/11/14-16(period-b)の主歪観測結果と、深部低周波微動活動域付近に断層面を仮定して予想される主歪変化。

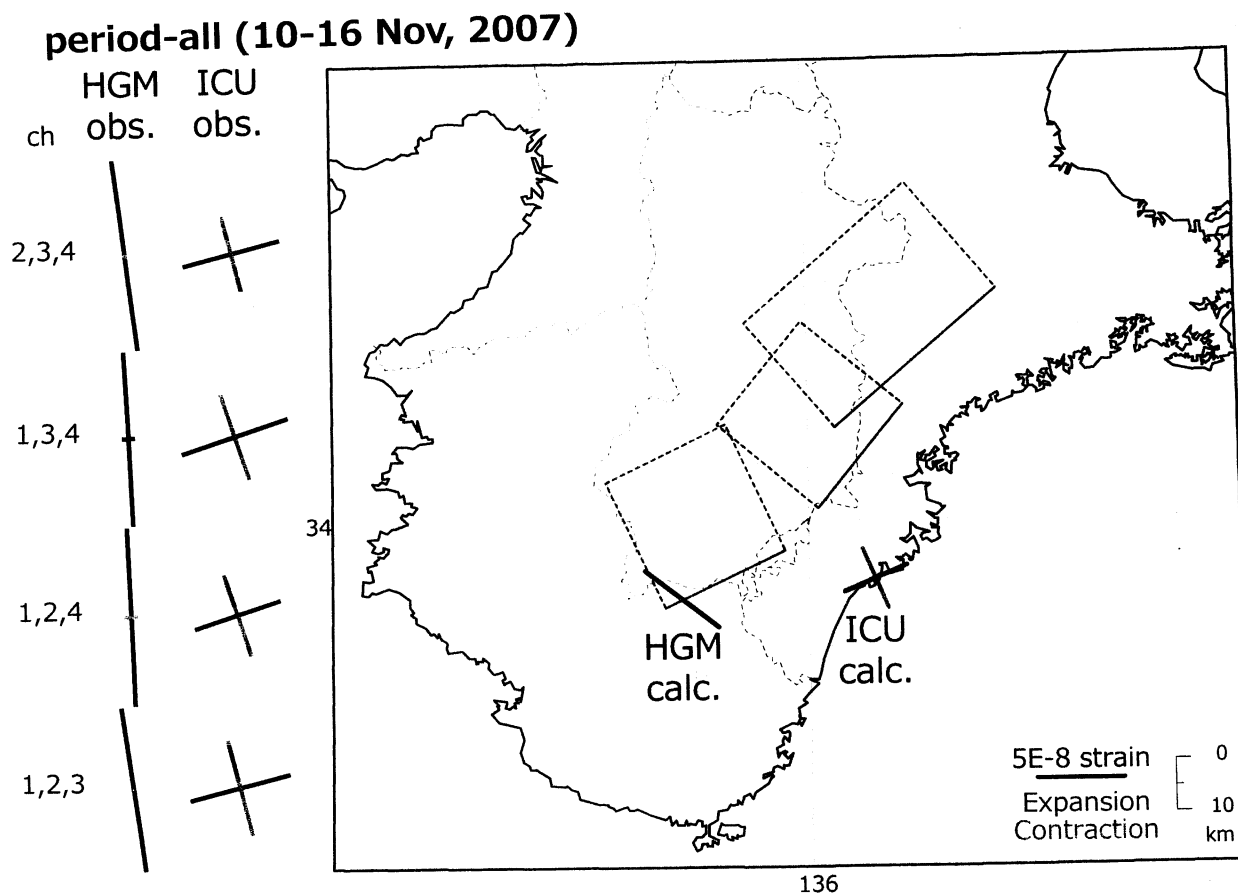


図10:2007/11/10-16(period-all)の主歪観測結果と、深部低周波微動活動域付近に断層面を仮定して予想される主歪変化。

	HGM1	HGM2
理論体積歪M2振幅(gotic2) [ppb:10 ⁻⁹]	9.63	9.63
観測水位M2振幅(BAYTAP-G) [mm]	2.80	2.11
感度 [mm/ppb]	0.29	0.22

表1:HGM1、HGM2における体積歪-水位変化の感度計算結果。観測期間は2007年10月1ヶ月間である。

	理論体積歪変化 [ppb]	予想水位変化 [mm]	観測水位変化 [mm]
HGM1 period-1	1.02	-0.30	-29.41
HGM1 period-2	33.80	-9.82	-22.72
HGM1 period-all	34.89	-10.14	-54.04
HGM2 period-1	1.02	-0.22	-29.37
HGM2 period-2	33.80	-7.40	-17.51
HGM2 period-all	34.89	-7.64	-48.46

表2:仮定した断層面のすべりに伴う理論体積歪変化と、体積歪-水位変化の感度から予想される水位変化、観測水位変化。