

第202回

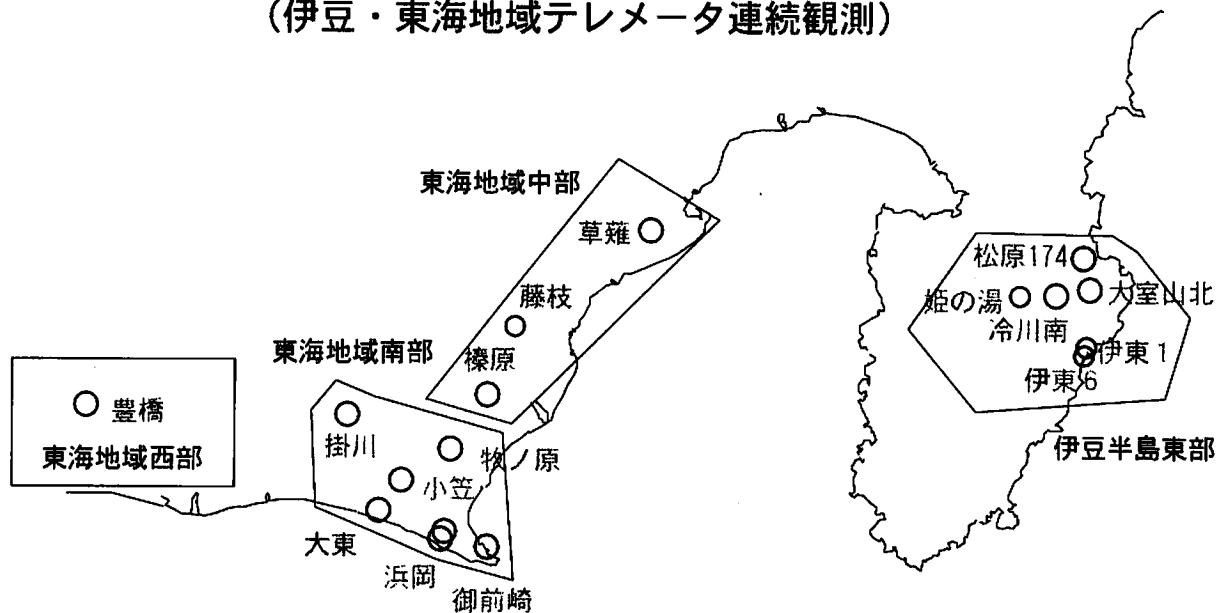
地震防災対策強化地域判定会

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)



資料目次

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
5. 東海地域西部 (豊橋) 地下水 3成分歪・傾斜; 中期
- 5-b. 東海地域西部 (豊橋) 3成分歪・傾斜; 中期
6. 東海地域西部 (豊橋) 地下水 3成分歪 傾斜; 長期
- 6-b. 東海地域西部 (豊橋) 主歪解析; 長期
- 6-c. 東海地域西部 (豊橋) 主歪の時間変化; 長期
7. 伊豆半島東部 (松原174, 大室山北, 冷川南, 伊東1, 伊東6) 地下水; 中期
8. 伊豆半島東部 (松原174, 大室山北, 冷川南, 伊東1, 伊東6) 地下水; 長期

別添資料

1. 静岡空港建設にともなう榛原観測井の水位変化
2. 想定東海地震直前のすべりに対する産総研地下水位観測網の検知能力

平成14年11月25日

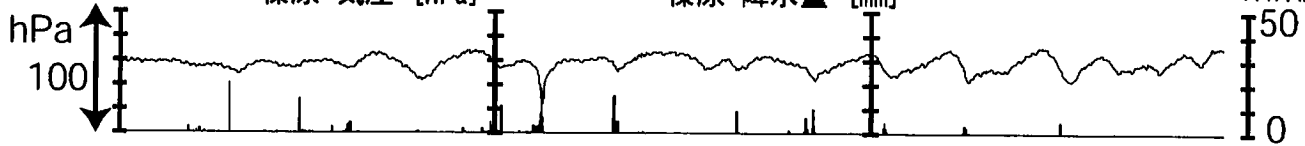
東海地域中部 (榛原・草薙) 中期 (時間値)

(2002/09/01 00:00 - 2002/11/22 00:00)

榛原 気圧 [hPa]

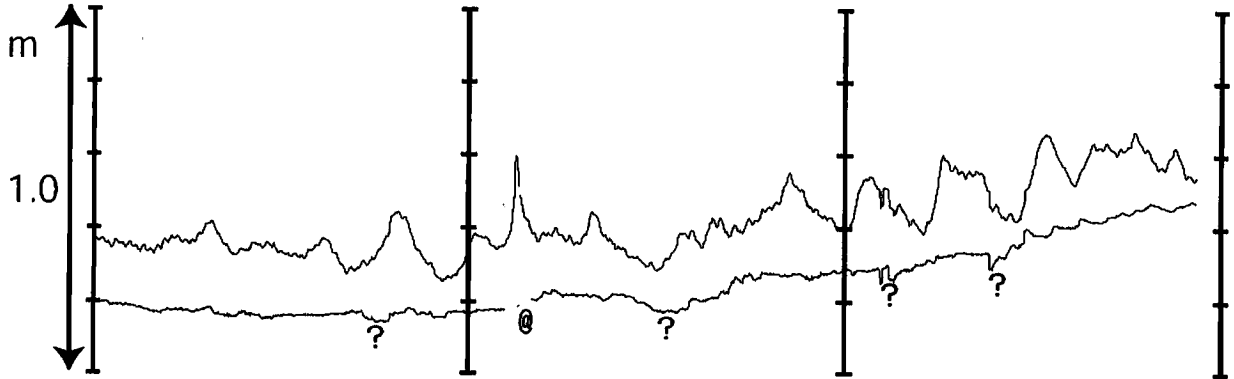
榛原 降水量 [mm]

mm/h



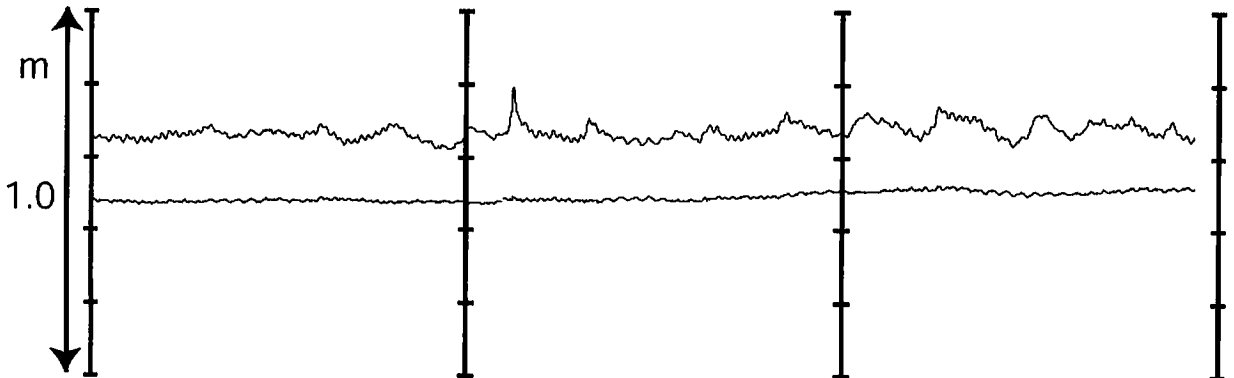
榛原 水位 (圧力) [m]

榛原 水位 (圧力) (MR-AR)

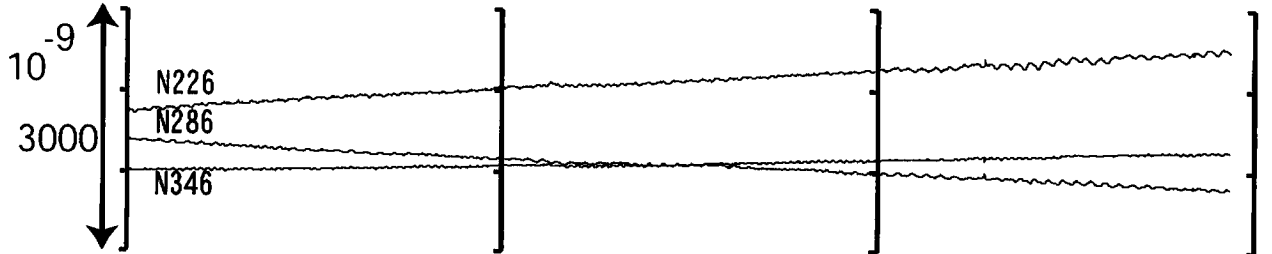


草薙2 水位 (3気圧) [m]

草薙2 水位 (3気圧) (MR-AR)



草薙3 歪all [xE-9]



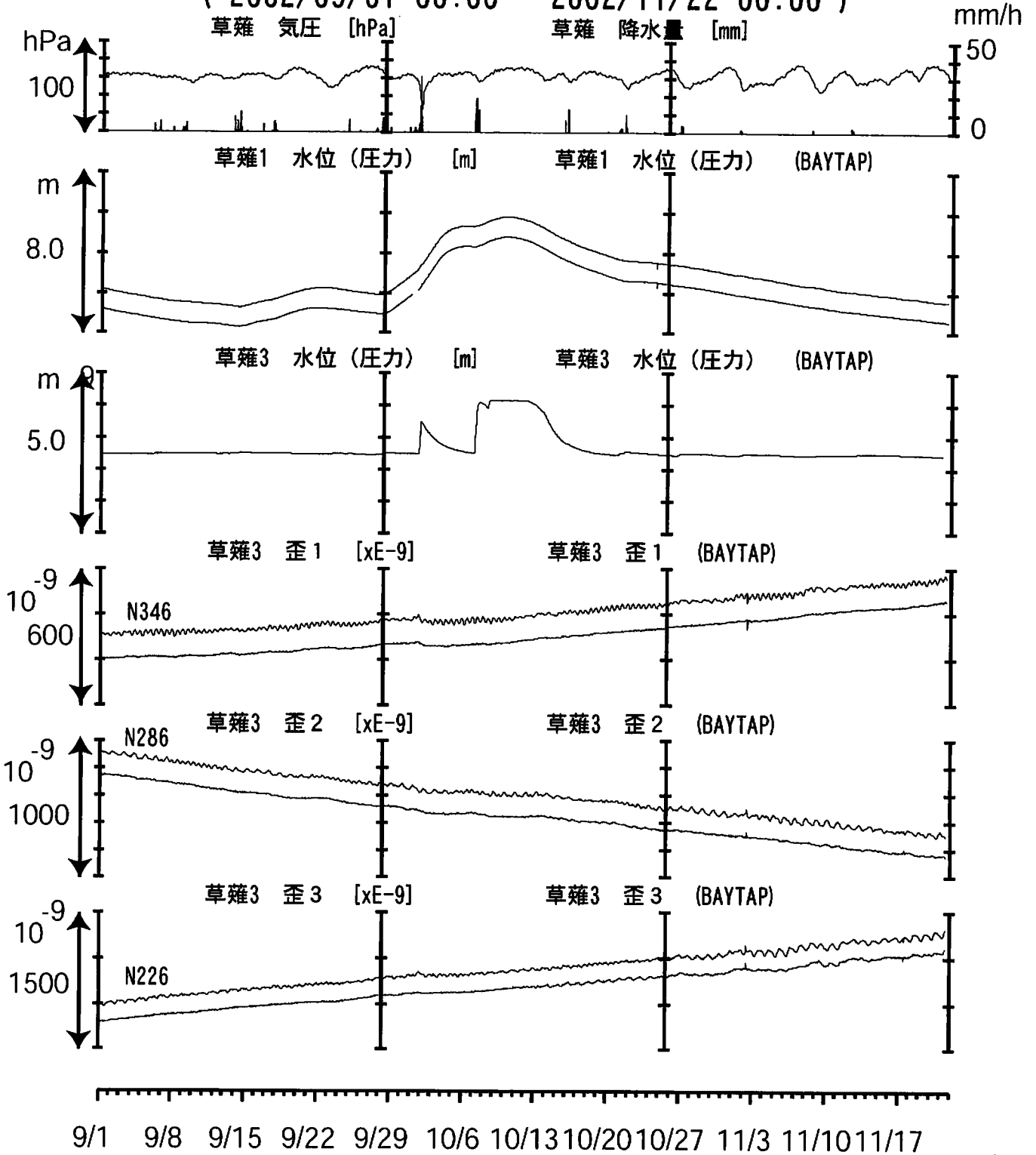
9/1 9/8 9/15 9/22 9/29 10/6 10/13 10/20 10/27 11/3 11/10 11/17

コメント：@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。
？原因不明。
榛原の10月初旬からの水位上昇は、
空港工事に伴う土砂の
除去および盛り土による。



東海地域中部（草薙・歪）中期（時間値）

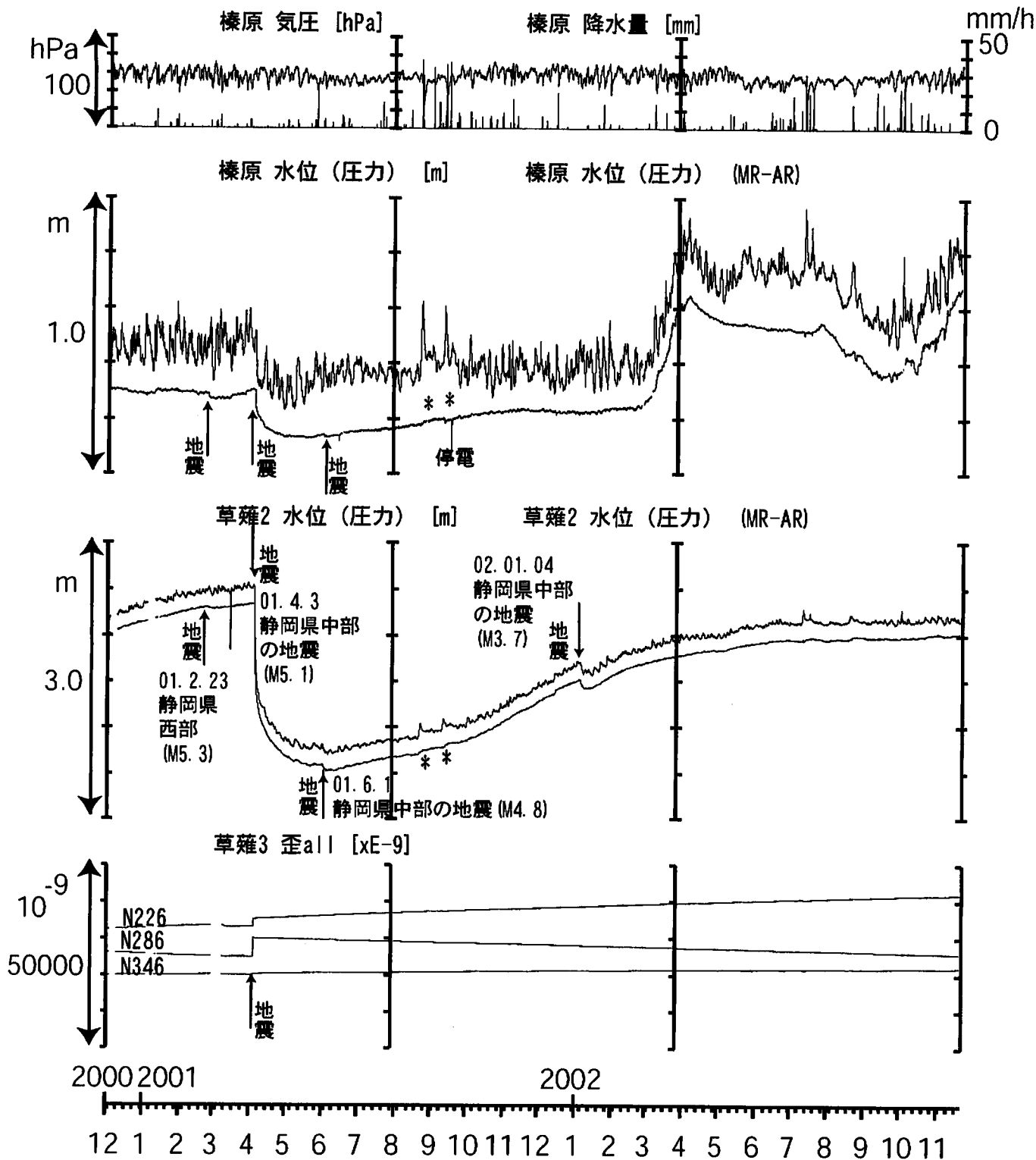
(2002/09/01 00:00 - 2002/11/22 00:00)



コメント：10月初旬の草薙3の水位増加は、草薙1（浅井戸）から溢れた水が入り込んだ為、その水位増加により歪3成分に、縮みが出ているように見える。



東海地域中部（榛原・草薙）長期（時間値） （2000/12/01 00:00 - 2002/11/22 00:00）



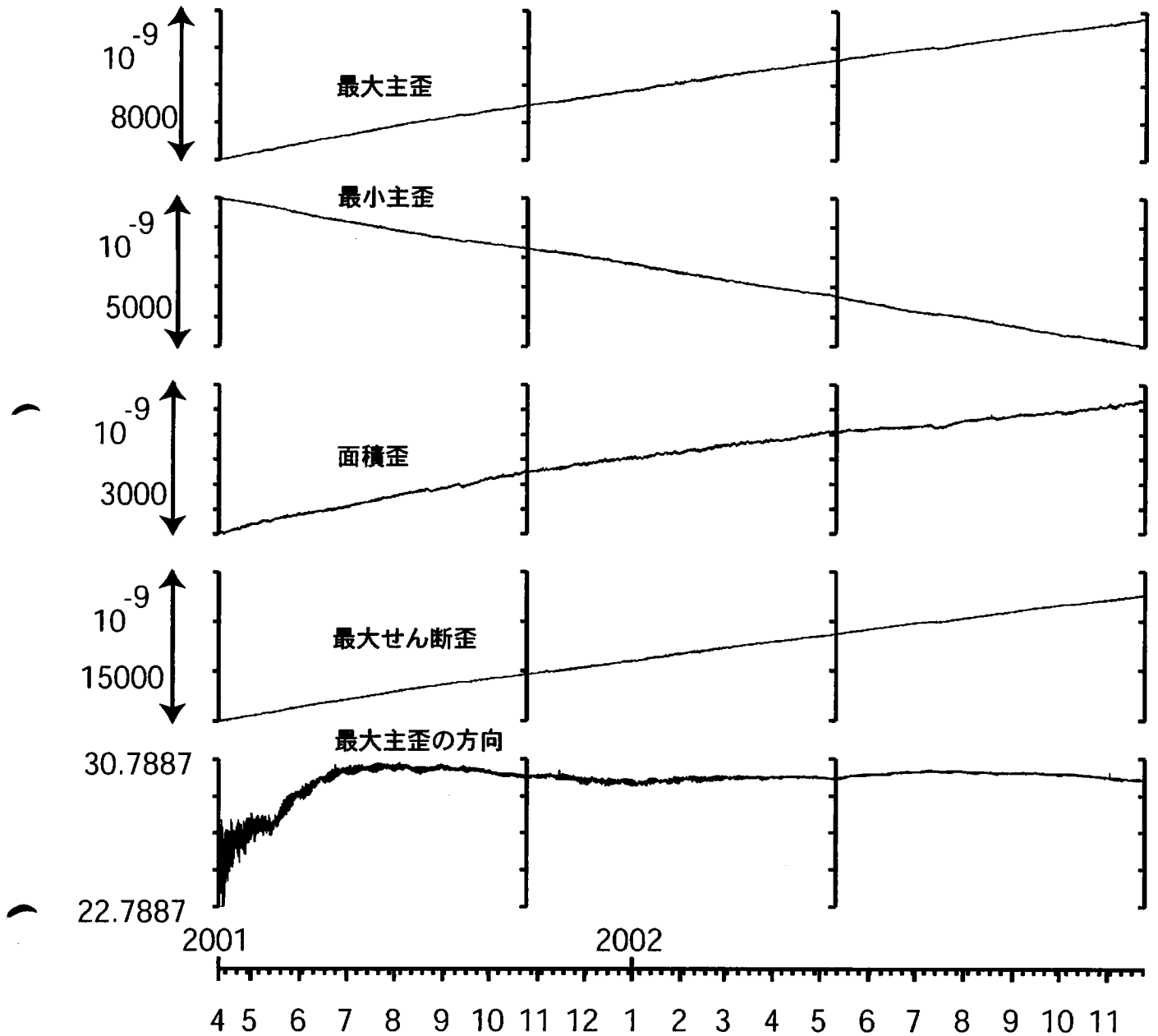
コメント:

2002年2月～4月の榛原の水位上昇・低下は、静岡空港建設工事による盛土・土砂除去工事（工事期間2002年2月13日～4月8日、8月12日以降）の影響による。
2002年7月以降の榛原の水位変化も、再開した盛土・土砂工事（8月12日以降）によると思われる。
*雨量補正不十分。



草薙:主歪解析 (長期)

(2001/04/10 00:00 - 2002/11/25 00:00)

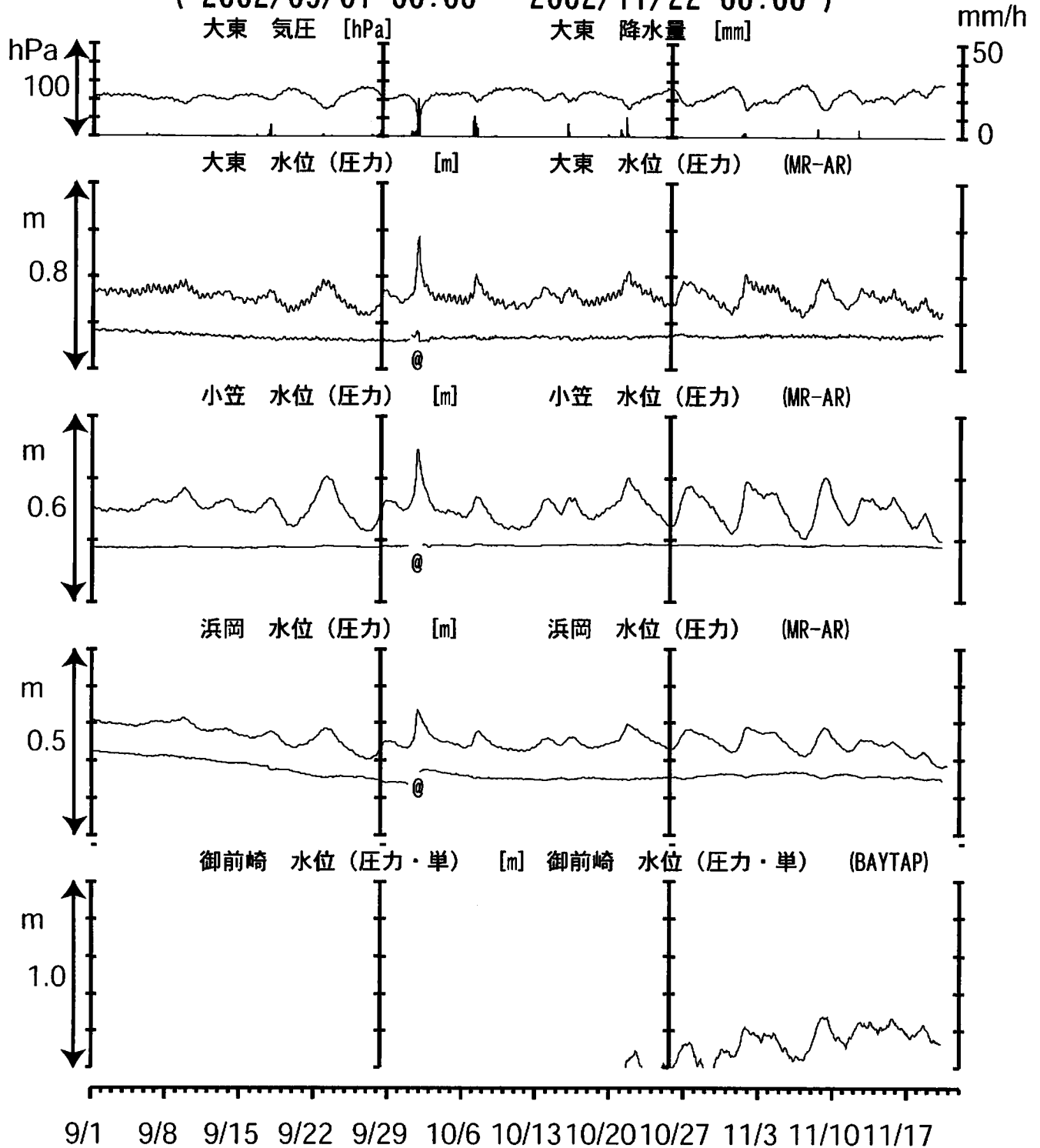


コメント：主歪解析の起点は2001年4月5日



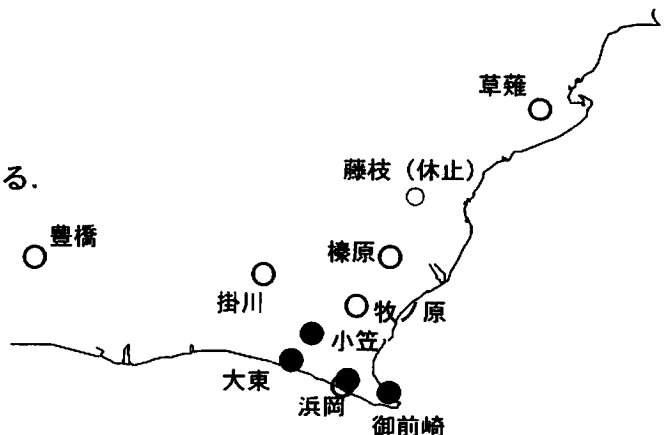
東海地域南部 地下水観測結果 中期 (時間値)

(2002/09/01 00:00 - 2002/11/22 00:00)



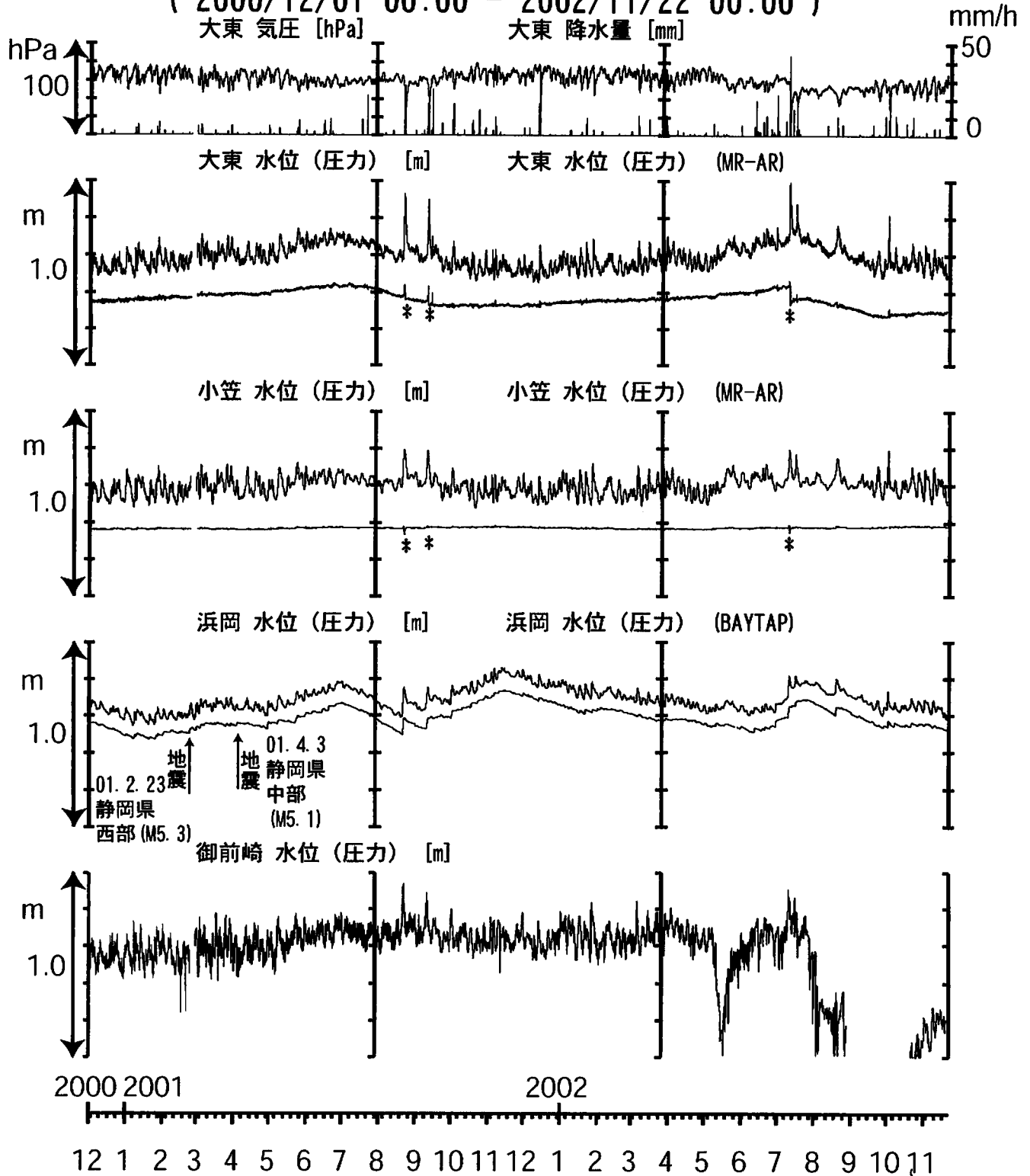
コメント:

*雨量補正不十分。
 @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。
 御前崎の水位異常は、配管からの
 圧力漏れによる。
 根本的な修理が必要で、現在は
 実質的に欠測状態にある。



東海地域南部 地下水観測結果 長期 (時間値)

(2000/12/01 00:00 - 2002/11/22 00:00)

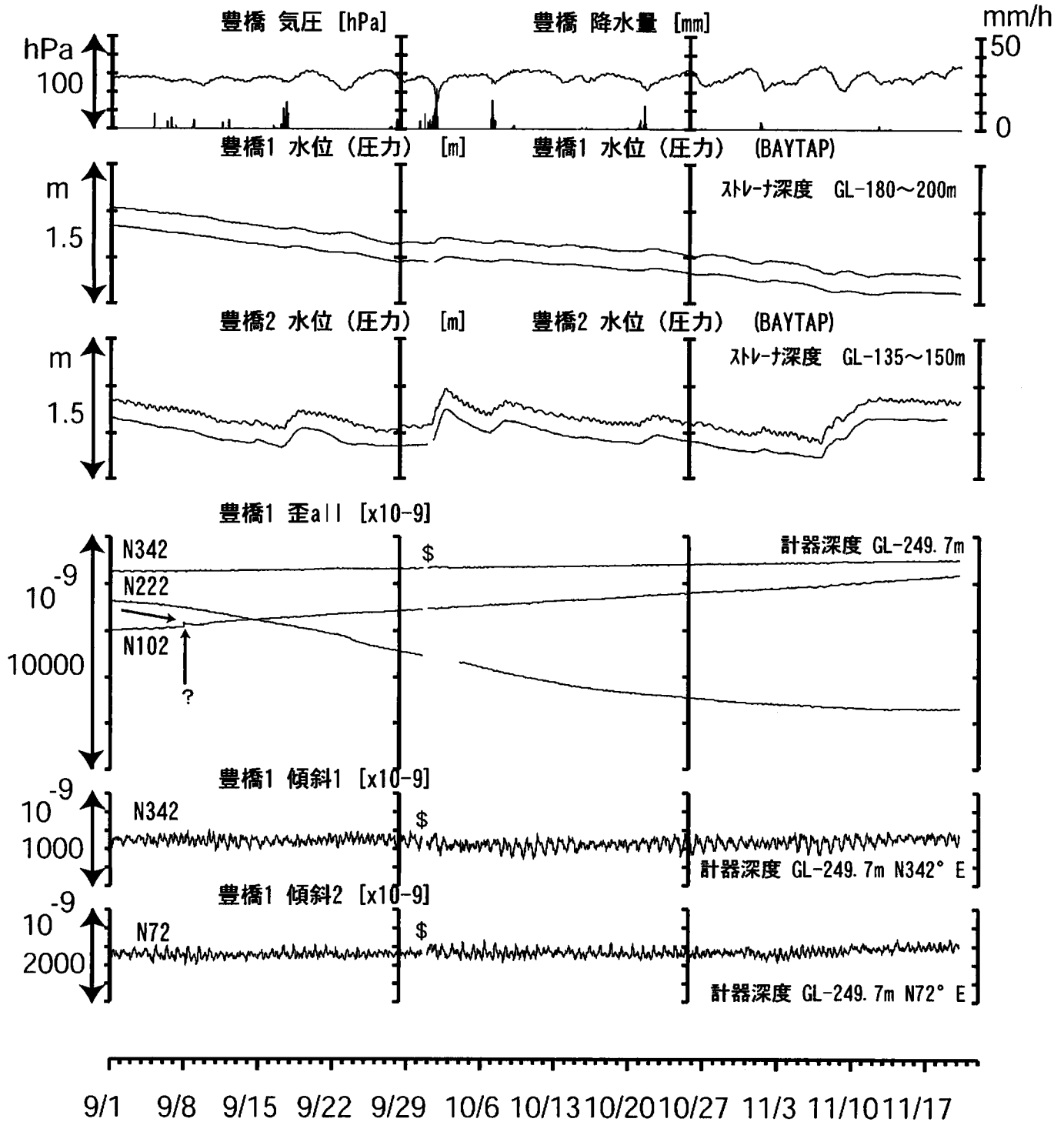


コメント :

*雨量補正不十分.
 2002年5月初めからの御前崎の水位異常は、
 配管からの圧力漏れによる。
 根本的な修理が必要で、現在は
 実質的に欠測状態にある



東海地域西部（豊橋）中期（時間値） （2002/09/01 00:00 - 2002/11/22 00:00）



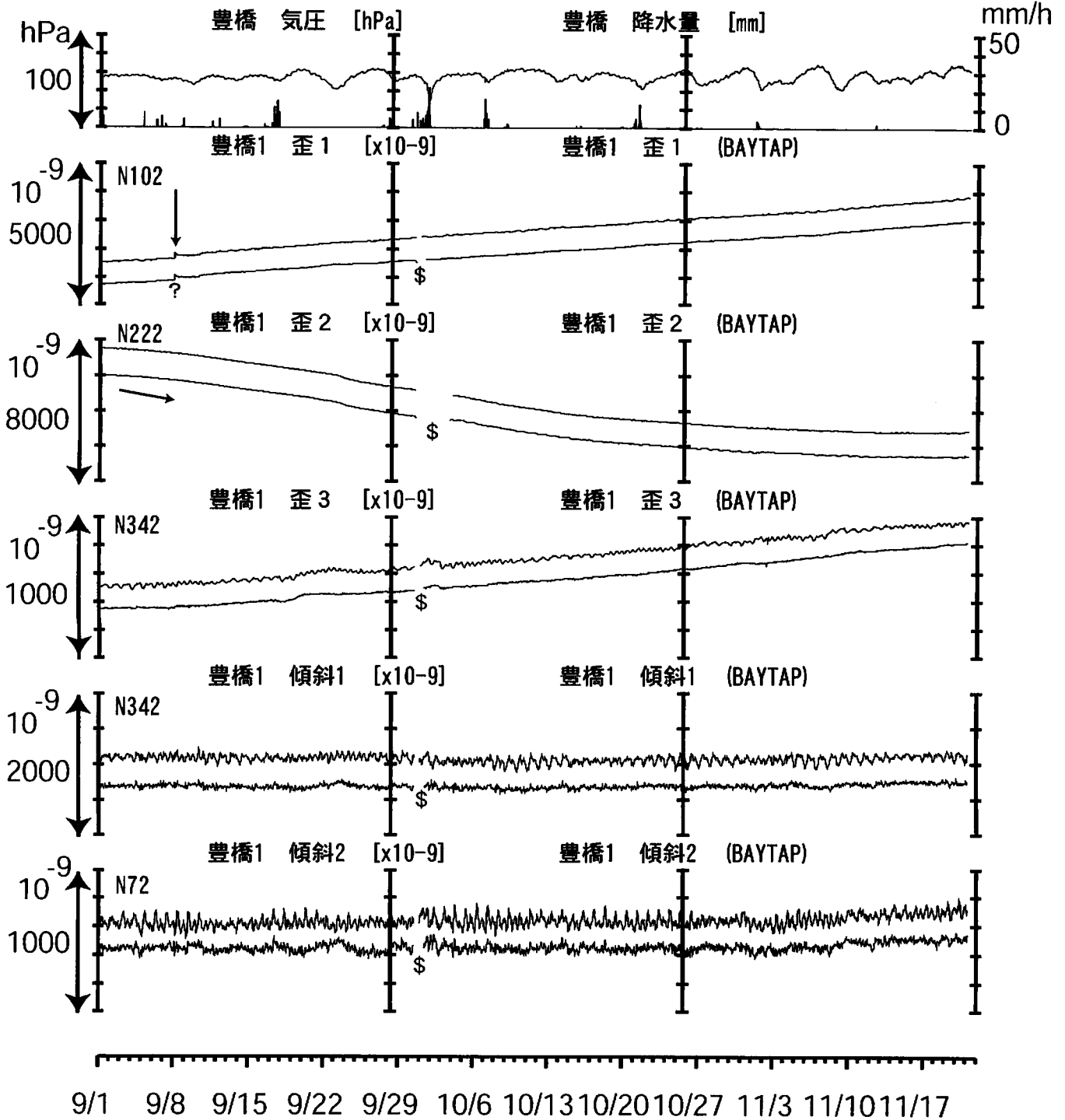
コメント：

?原因不明. \$ 保守.
 6月末から観測点から約200M離れた場所で、
 トンネル掘削工事が始まっている。
 歪1 (N102) が9月8日に変化、
 歪2 (N222) が9月初めから減少している。
 11月上旬から豊橋2の水位が上昇しているが、
 トンネル掘削工事の影響である可能性が高い。



東海地域西部（豊橋・歪）中期（時間値）

（ 2002/09/01 00:00 - 2002/11/22 00:00 ）



コメント：？原因不明。\$ 保守。
 7月22日から観測点から約200M離れた場所で、
 トンネル掘削工事が本格的に始まった。
 歪 1 (N102) が9月8日に変化、
 歪 2 (N222) が9月初めから減少している。



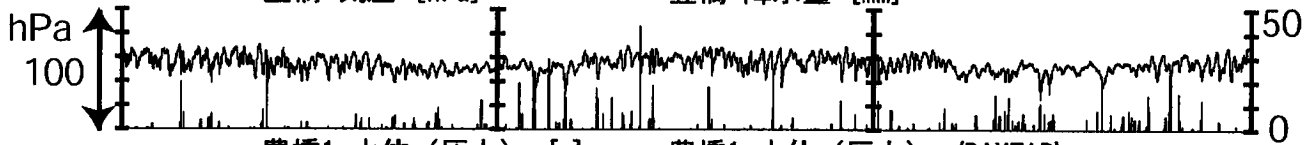
東海地域西部（豊橋）長期（時間値）

(2000/12/01 00:00 - 2002/11/22 00:00)

豊橋 気圧 [hPa]

豊橋 降水量 [mm]

mm/h



豊橋1 水位 (圧力) [m]

豊橋1 水位 (圧力) (BAYTAP)

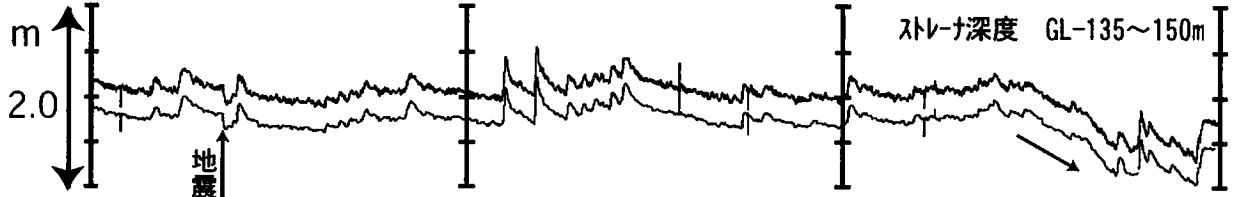
ストレーナ深度 GL-180~200m



豊橋2 水位 (圧力) [m]

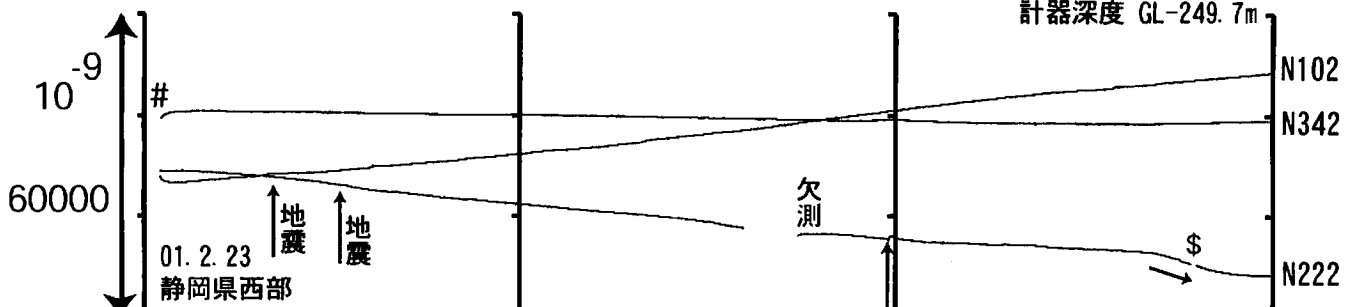
豊橋2 水位 (圧力) (BAYTAP)

ストレーナ深度 GL-135~150m



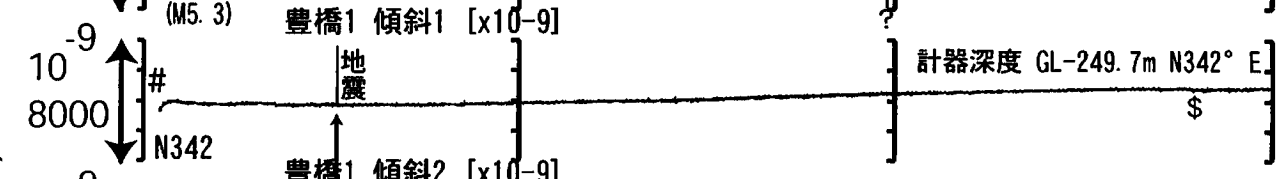
豊橋1 歪all [x10⁻⁹]

計器深度 GL-249.7m



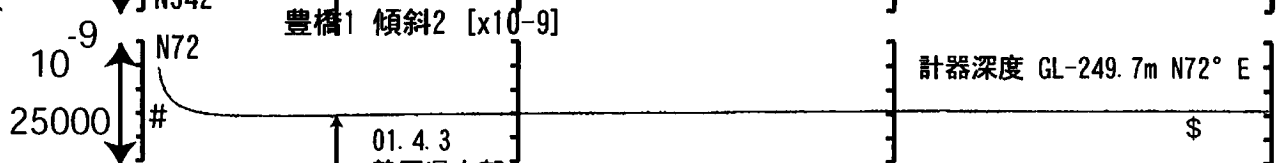
豊橋1 傾斜1 [x10⁻⁹]

計器深度 GL-249.7m N342° E



豊橋1 傾斜2 [x10⁻⁹]

計器深度 GL-249.7m N72° E



2000 2001 2002

12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

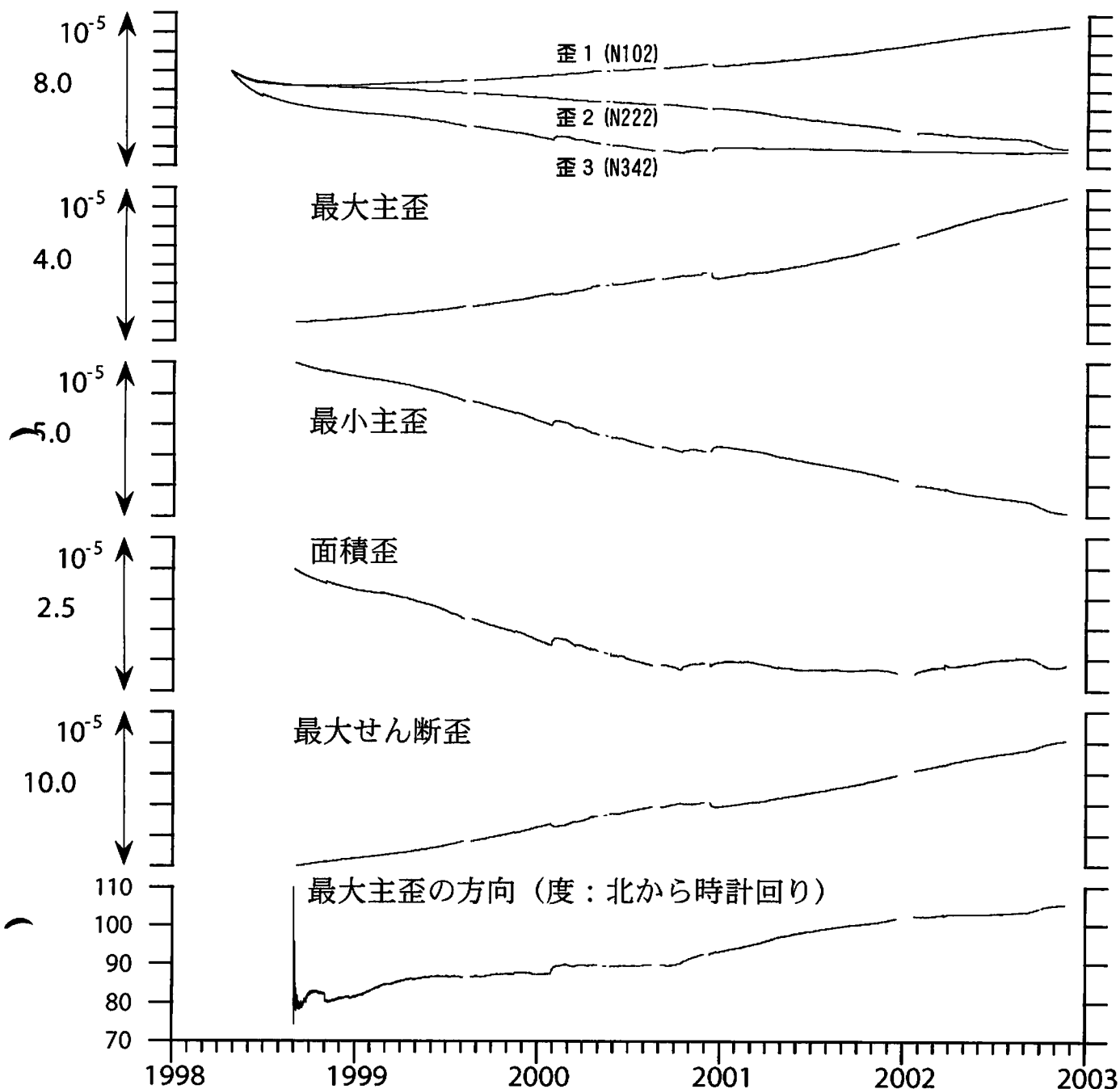
コメント:

バッテリー消耗. \$ 保守. ? 原因不明.
 7月から豊橋1, 2の水位が低下し続けている.
 このような長期の大幅な水位低下は
 過去に例がなく、トンネル工事の影響と思われる。
 (予備的な工事により、6月末より
 トンネルからの湧水が増加している)
 11月上旬から豊橋2の水位が上昇しているが、
 トンネル掘削工事の影響である可能性が高い。
 歪1 (N102) が7月23日・8月13日・9月8日に変化、
 歪2 (N222) が9月初めから減少している。



豊橋1:主歪解析

(1998/09/01 00:00 - 2002/11/21 05:00)



コメント：主歪解析の起点は1998年9月1日



豊橋1:主歪の時間変化

0.5E-6 / 1ヶ月
 伸び ←→ 縮み ←→



1998/11/15



1999/03/15



1999/07/15



1999/11/15



2000/03/15



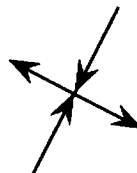
2000/07/15



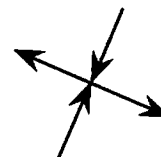
2000/11/15



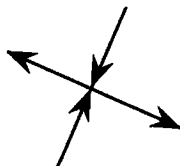
2001/03/15



2001/07/15



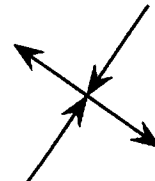
2001/11/15



2002/03/15



2002/07/15

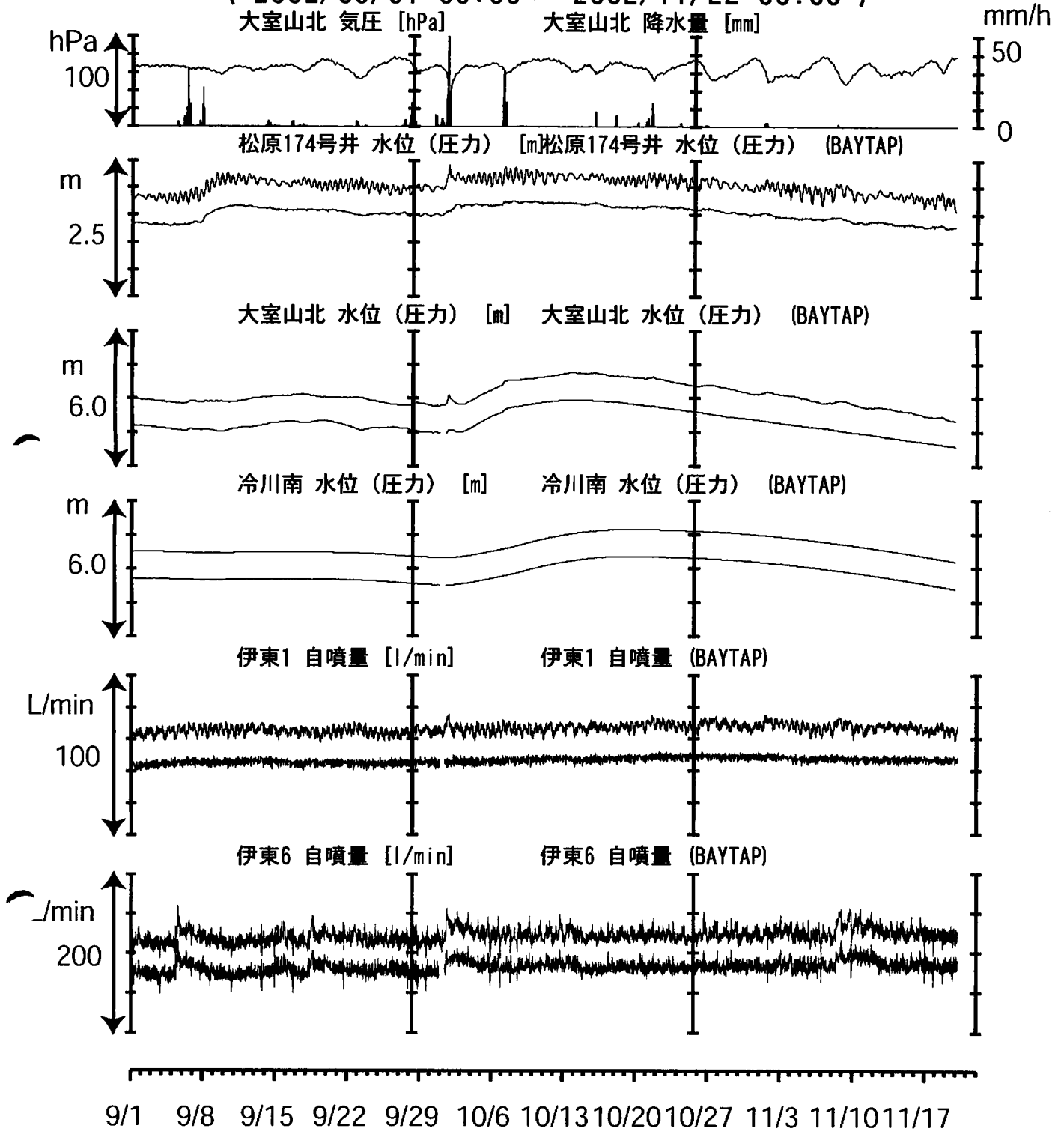


2002/11/15

コメント：各々4ヶ月前を起点として主歪解析を行った

伊豆半島東部:地下水位・自噴量 中期 (時間値)

(2002/09/01 00:00 - 2002/11/22 00:00)



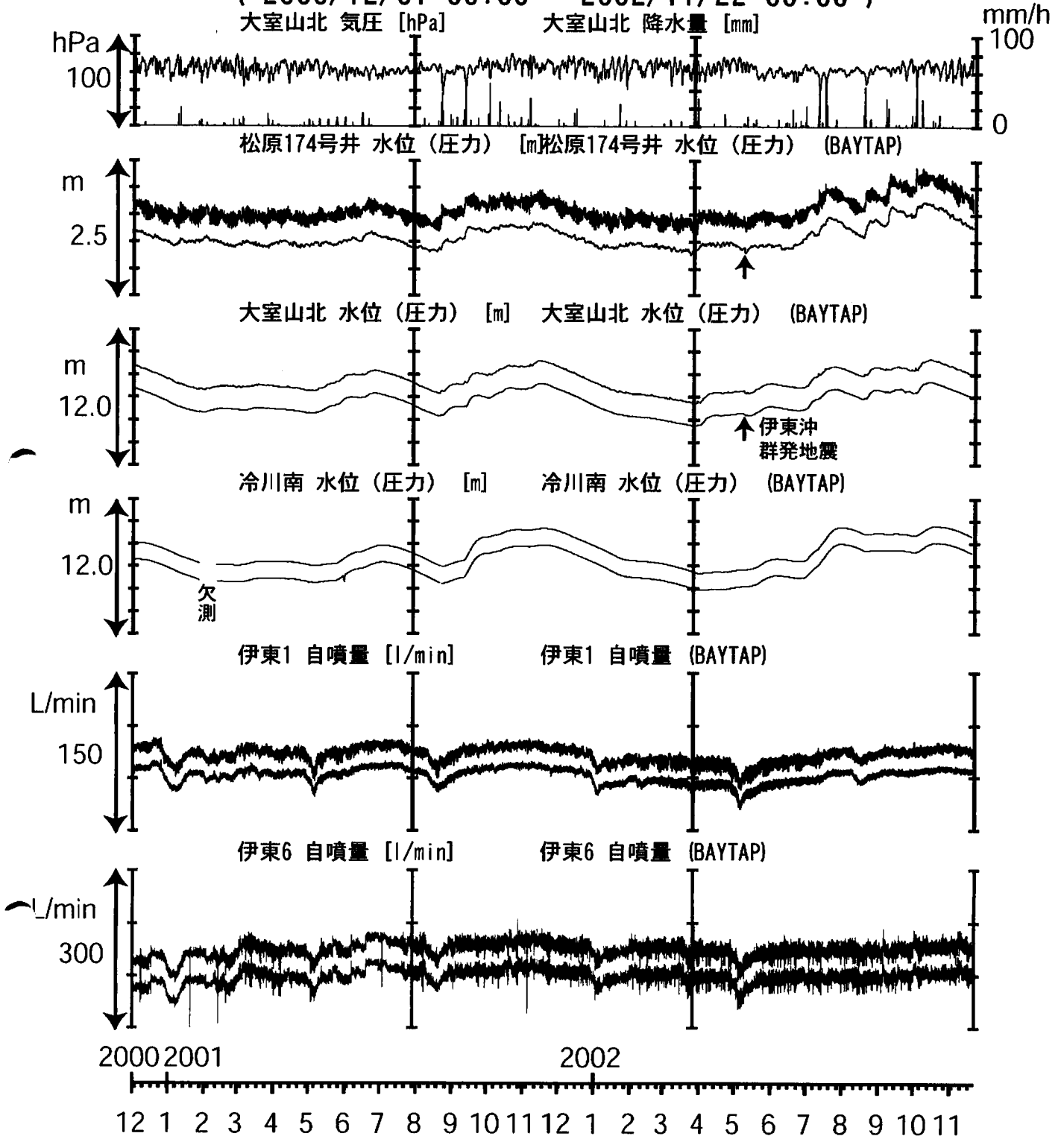
コメント:

松原174号井は静岡県による観測.
伊東6のばらつきは配管の問題によると思われる.



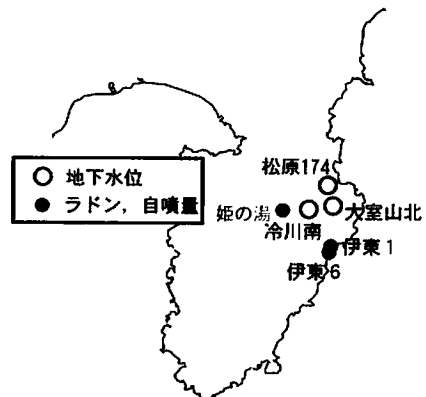
伊豆半島東部:地下水位・自噴量 長期 (時間値)

(2000/12/01 00:00 - 2002/11/22 00:00)



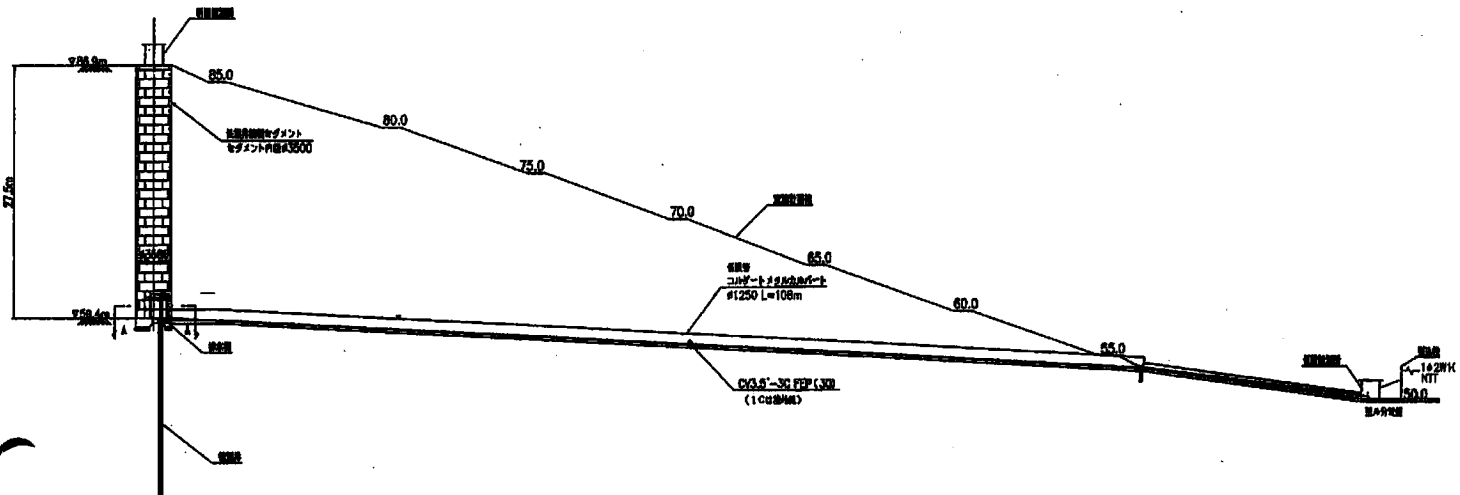
コメント:

松原174号井は静岡県による観測。
 伊東6のばらつきは配管の問題によると思われる。



別添資料1：静岡空港建設にともなう榛原観測井の水位変化

榛原観測井周辺では、2月10日より静岡空港の建設工事（盛土および切土）が進行中である。空港工事完成後には、観測井は地下27.5mに位置することになる。第1図に空港完成後の観測井の構造の断面図を示す。



第1図 空港完成後の観測井の見取り図（断面図）

11月22日現在、観測井直上の盛土はまだ始まっていないが（写真1参照）、その周囲では、本年2月10日より盛土および切土がはじまった。ここでは、空港工事建設のための盛土・切土と水位変化との関係を示す。

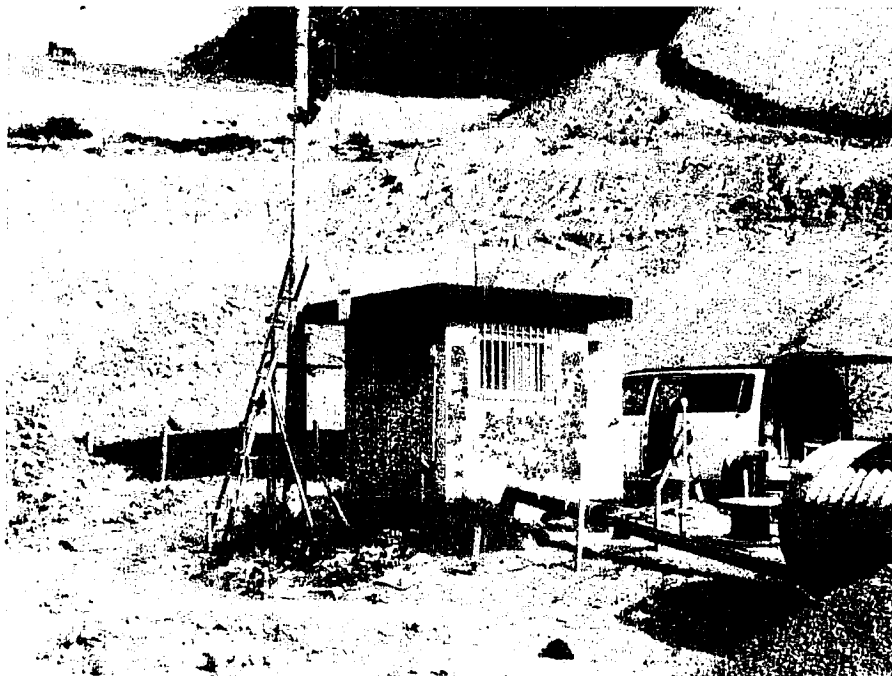
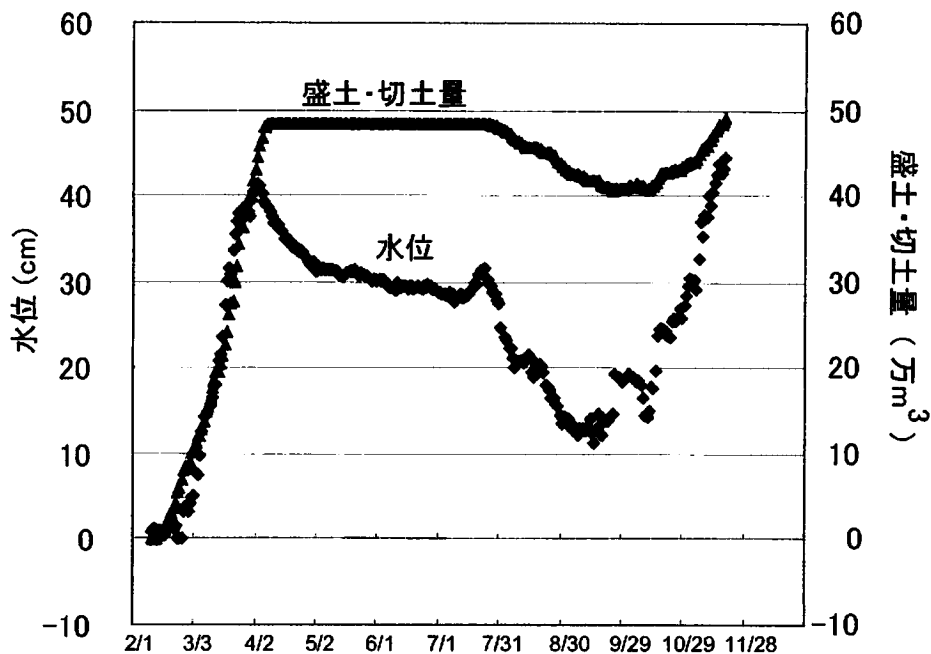


写真1 観測井の現況（11月20日現在）

第2図に盛土一切土の量と、水位変化との関係について示す。一般的に盛土量と水位との相関は良いが、4月初旬の盛土工事一時停止の時期に水位が指数的に低下している。これは帯水層内から帯水層の外へ水が流出している影響と考えられる。



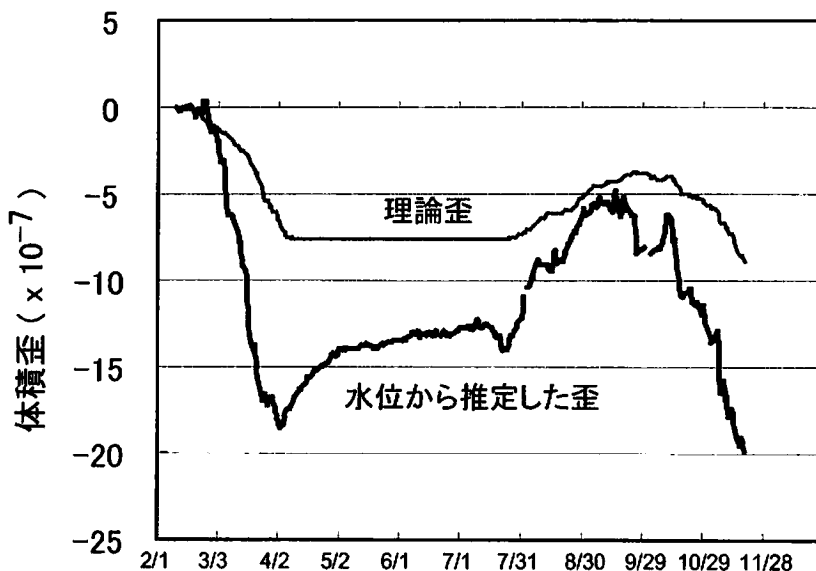
第2図 盛土・切土量と水位変化との関係

Kamigaichi (1998)によると、地表に質量 m の点荷重を置いたときの地下の任意の点における体積歪 E_{vol} は

$$E_{vol} = -mgZ / (2\pi\eta D^3)$$

ここで、 g は重力加速度、 Z は測定点の深さ、 η はラメの定数の和($\lambda + \mu$)、 D は点荷重から測定点までの直線距離である。

今回、土の比重を $2000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ 、 $g = 9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}$ 、 $Z = 100 \text{ (m)}$ 、 $\eta = 3.4 \times 10^{10} \text{ (N/m}^2\text{)}$ 、 $D = 172 \text{ (~4/8, 盛土)}$ 、 117 (4/8~, 盛土) 、 123 (切土) (m) とした。また、水位の歪に対する感度を $2.2 \text{ mm}/10^{-8}$ として、加重から計算される理論歪と水位から推定した体積歪を比較した。



第4図 盛土・切土量から推定した理論歪と水位から推定した歪との関係

盛土・切土から推定した歪は、水位から推定した歪の約2/3である。しかし、推定した歪は、8月以降の観測井から近い場所での盛土による歪変化を相対的に大きく見積もっており、水位から推定した歪と矛盾しない。

資料作成には気象庁 上垣内氏、緒方氏、露木氏のご協力をいただきました。静岡県空港建設事務所からは毎月1回盛土・切土量の報告をいただいております。ありがとうございました。

別添資料2: 想定東海地震直前のすべりに対する産総研地下水位観測網の検知能力

加藤・平澤(1996)による摩擦構成則に基づくシミュレーションでは、想定される東海地震の1日前ぐらいからゆっくりとしたすべりによる体積歪が加速度的に変化している。加速度的に変化する異常値をいち早くとらえるためには、前もって普段の地下水位の変化の大きさや体積歪に対する水位の応答特性を的確に把握することが必要となる。

小林・松森(1999)では、気象庁の体積歪計の気圧・潮汐補正後のデータに対して5分から24時間の階差をとり、その絶対値の最大値を検出できるようなしきい値をノイズレベルと定義した。ただし、2時間以内の値に対しては一連の変化の最初に出現した値をノイズレベルとしている。気象庁では、ノイズレベルを越える大きさの体積歪変化を監視の対象としている(吉田, 1999)。

いままで、榛原・草薙観測井でこの検討を行ったが、さらに、大東・小笠・浜岡観測井で検討を行った。検討の手順は以下の通りである。

1. 小林・松森(1999)の方法を準用し、ここでは階差の絶対値の最大値をノイズレベルと定義し、地下水位のノイズレベルの調査を行った。
2. 歪に対する地下水位の応答を算出する。
3. 歪に換算した水位のノイズレベルの算出する。
4. 想定東海地震の前にそれぞれの井戸の真下10kmでM6.0に相当するゆっくりとしたすべりが発生したと仮定する。そのときに予想される歪変化と上述の歪に対する水位の変換係数を用いて、各観測井の水位によって本震前のゆっくりとしたすべりに伴う歪変化を検知できるかどうかを検討した。

解析の結果は以下の通りとなった。(一部はすでに報告済み)

1. 水位のノイズレベルは、榛原1992・大東以外はほぼ同じような値となった。
2. 水位の歪感度は、榛原・草薙・大東では大きく、小笠・浜岡では潮汐応答は非常に小さい。
3. 歪換算した水位のノイズレベルは、榛原、草薙・大東では、近隣の体積歪計の通常時よりも大きく、降雨時よりも小さくなった。小笠・浜岡では、歪換算した水位のノイズレベルは歪計のノイズレベルよりもかなり大きくなった。
4. 地震前のゆっくりとしたすべりに対する検知能力は、榛原・草薙・大東で歪換算のノイズレベルが小さかったため、すべての階差時間で、比較的高いことがわかった。小笠・大東では歪換算後のノイズレベルが大きかったため、想定地震直前になって、ゆっくりとしたすべりを検知できることがわかった。すべりによる水位変化がノイズレベルを超えるのは、本震発生 of 1~45時間前であった。



図1 産総研の地下水観測ネットワーク(東海地域のみ)。赤丸が今回対象とした観測井。

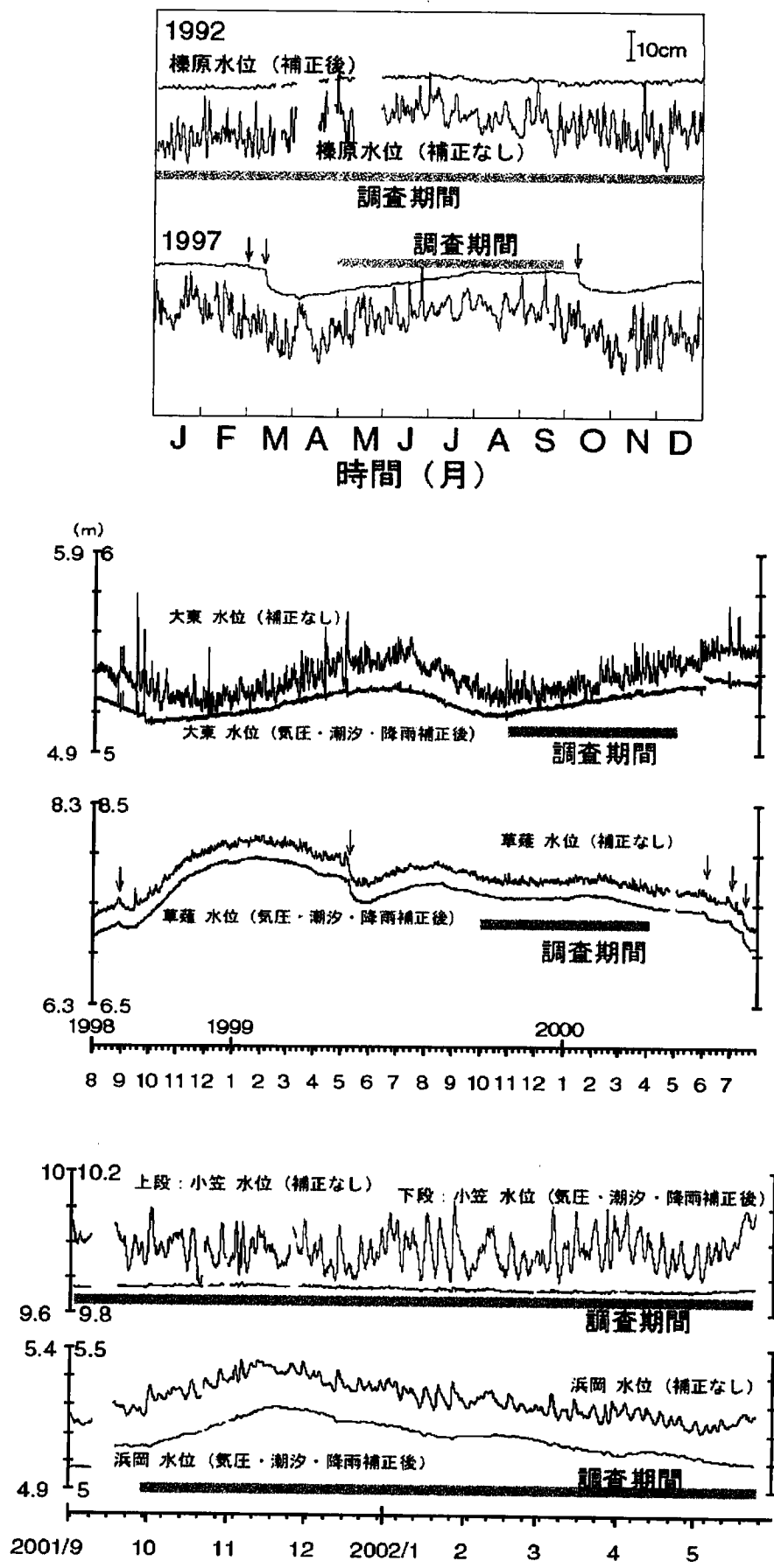


図2 ノイズレベル調査に用いたデータの期間. coseismic な水位変化 (図中の矢印) のない部分を調査期間として選択した.

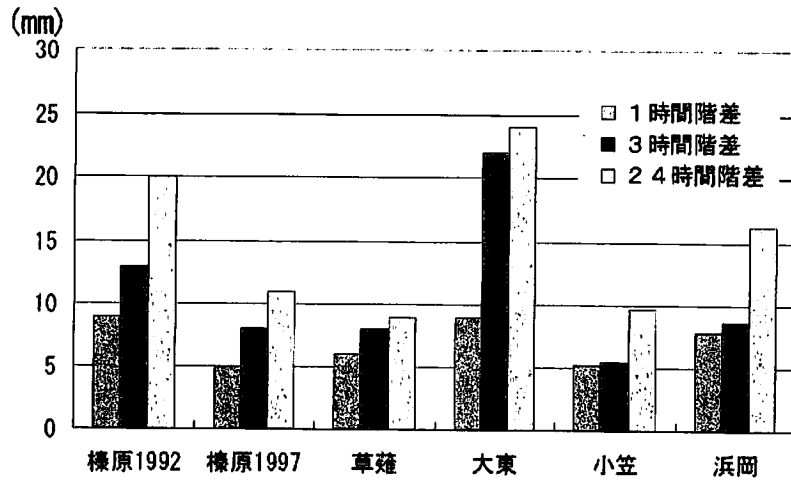


図3 水位の各時間階差のノイズレベル。大東は降雨効果の非線形性が高いため、ノイズレベルが大きくなった。

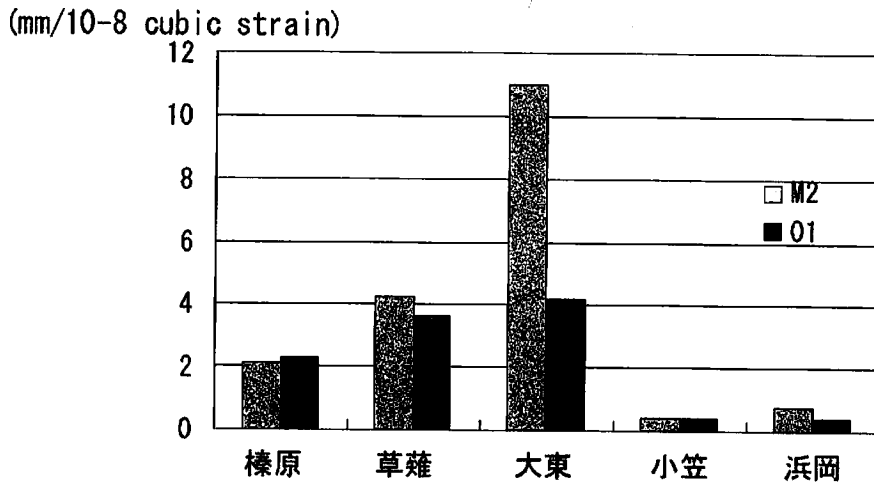


図4 各観測井の水位の潮汐に対する応答

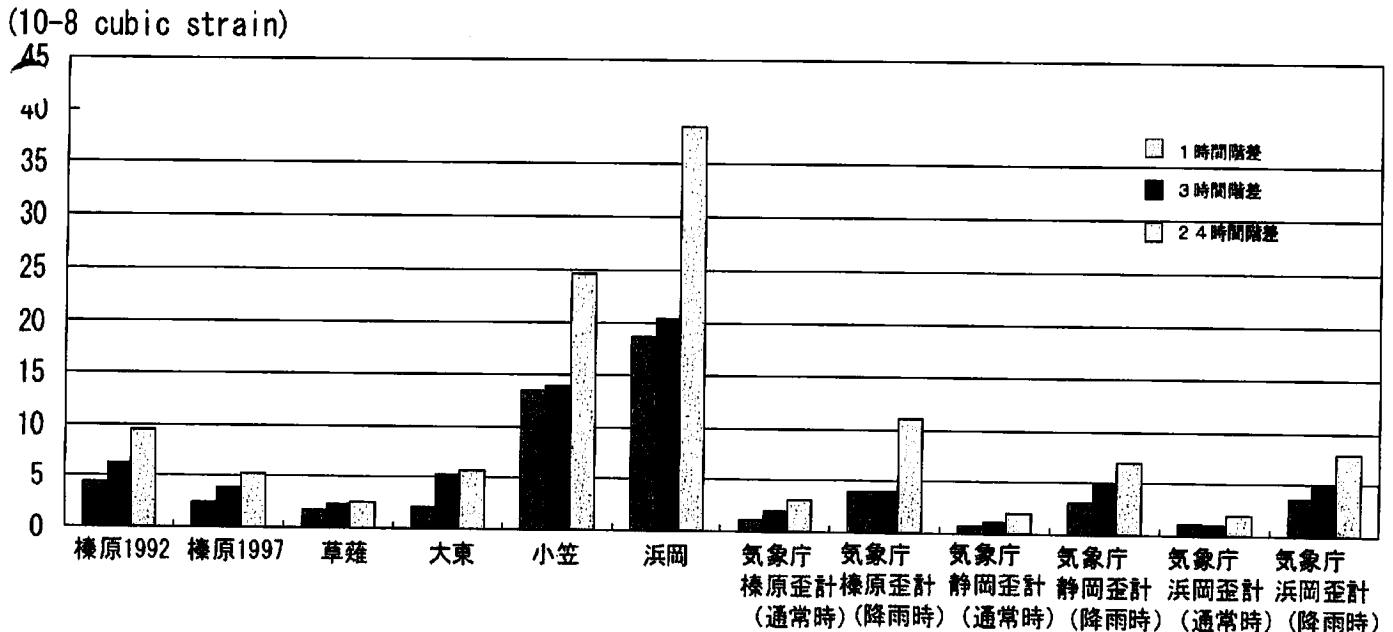


図5 歪換算後の水位のノイズレベルと、気象庁体積歪計のノイズレベルとの比較

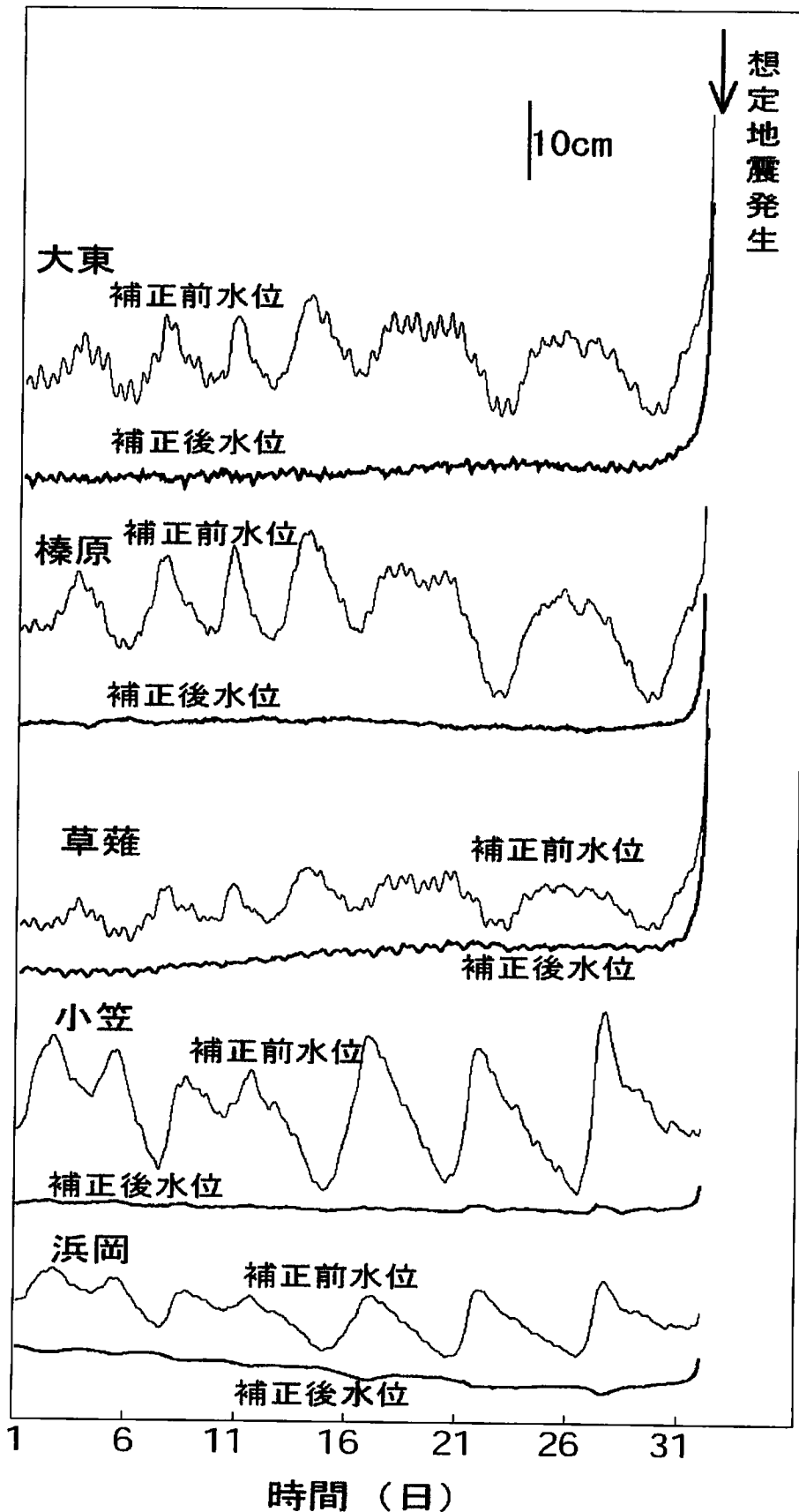


図6 各観測井の水位のサンプルデータにゆっくりとしたすべりによる仮想水位変化を加えたときの水位変化。それぞれの観測井の真下10kmでM6.0のゆっくりとしたすべりが発生し、それとともに水位が変化すると仮定した。仮定したすべりによる水位変化は、本震発生3日前からサンプル水位データに加えた。

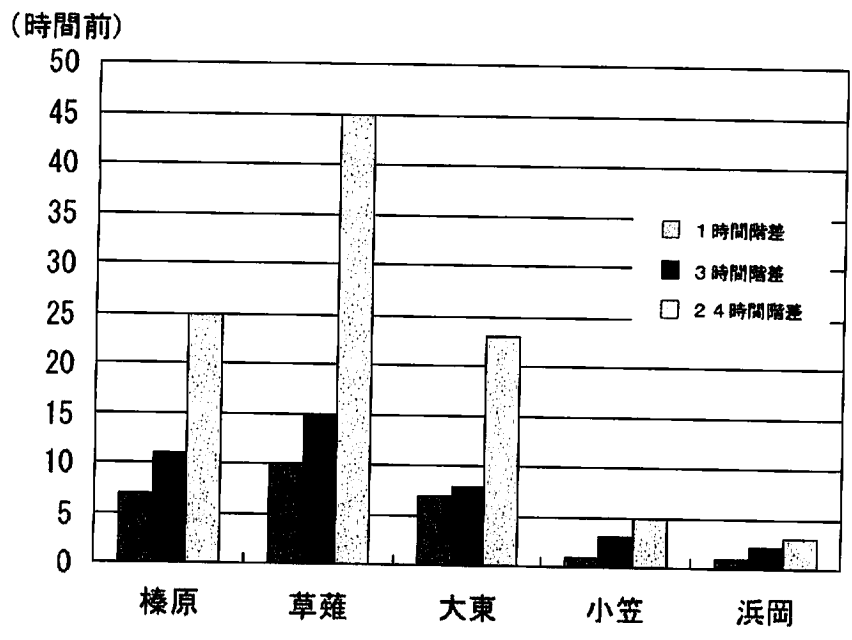


図7 各観測井におけるゆっくりとしたすべりの検知能力。各観測井において、各階差ごとに、本震前のすべりによる水位変化がノイズレベルをこえた時刻を本震発生前の時間として示した。