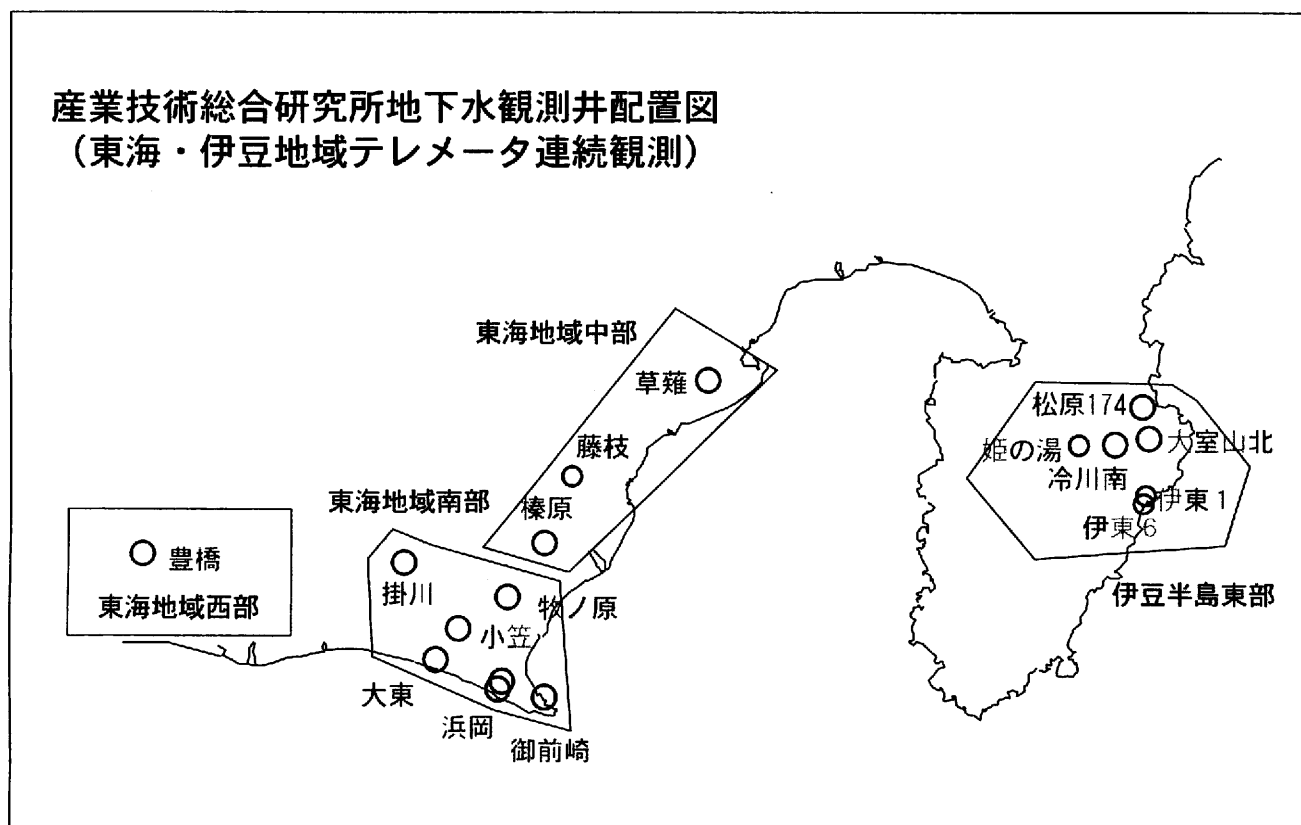


東海・伊豆地域の地下水観測結果 (2003年8月～2003年10月)

産業技術総合研究所地下水観測井配置図
(東海・伊豆地域テレメータ連続観測)



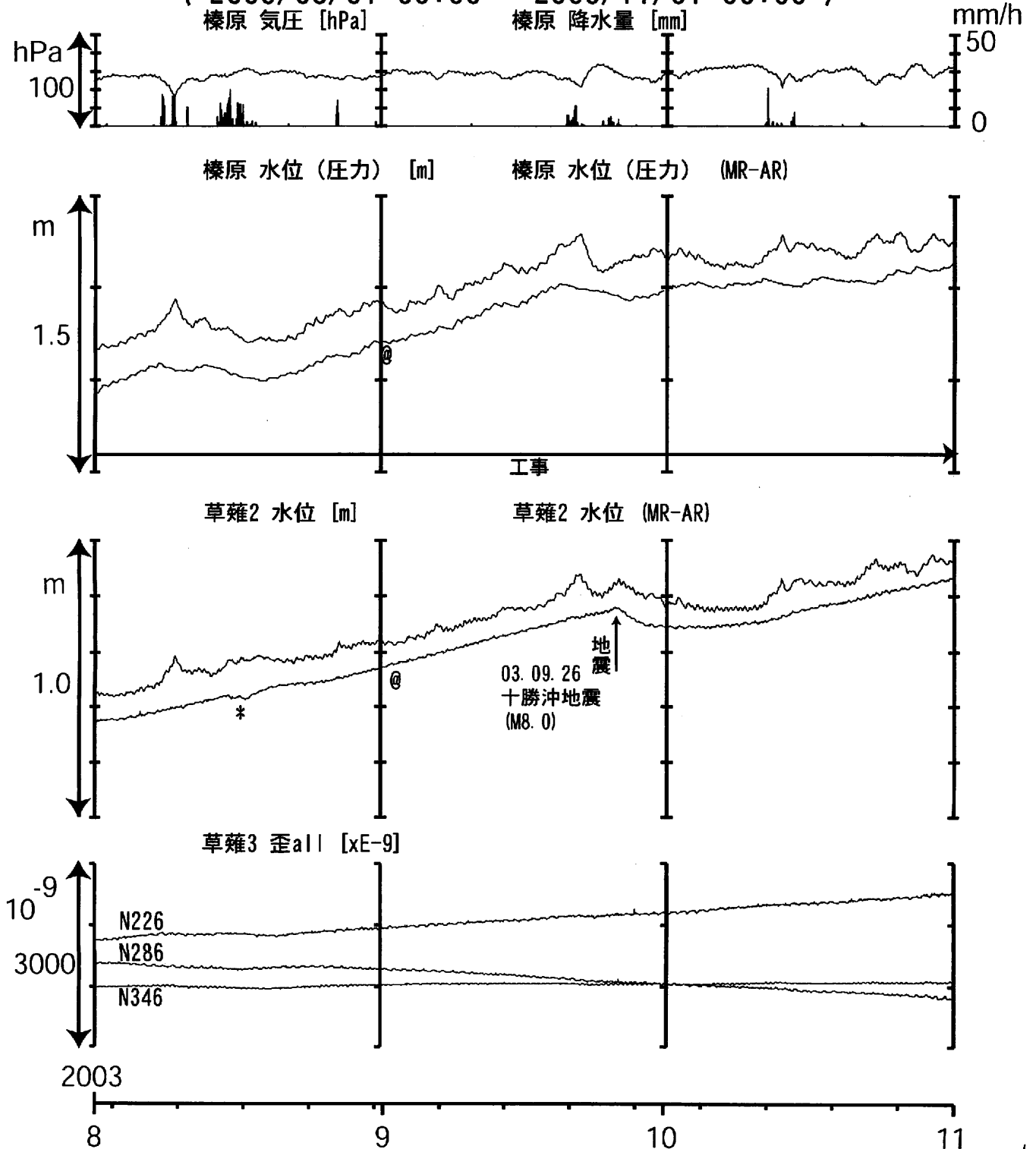
資料目次

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
- 4-b. 東海地域南部 (浜岡) 地下水・沈下; 中期
- 4-c. 東海地域南部 (掛川) 地下水・沈下; 中期
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) 豊橋1: 主歪解析; 長期
- 6-c. 東海地域西部 (豊橋) 豊橋1: 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

別紙: 産総研・地下水位観測ネットワークによる想定東海地震の前駆すべりの検知能力

東海地域中部（榛原・草薙）中期（時間値）

(2003/08/01 00:00 - 2003/11/01 00:00)

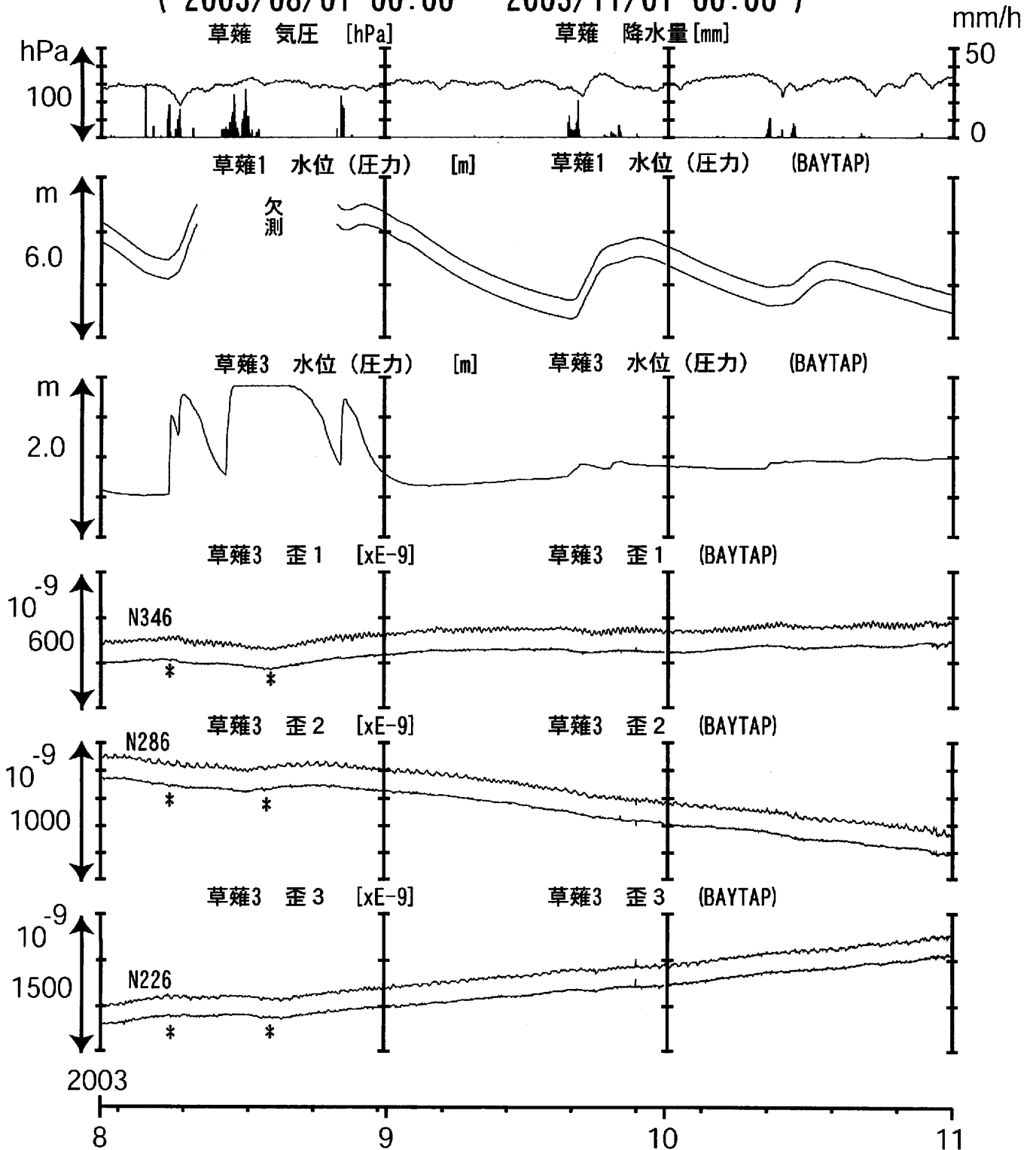


コメント：*;雨量補正不十分
 @;月初めの補正值のギャップは、
 解析プログラムの見かけ上のものである。
 榛原の長期的な水位上昇、および、
 短期的な変化は空港工事に伴う
 土砂の除去および盛土作業
 によると思われる。



東海地域中部（草薙・歪）中期（時間値）

（ 2003/08/01 00:00 - 2003/11/01 00:00 ）

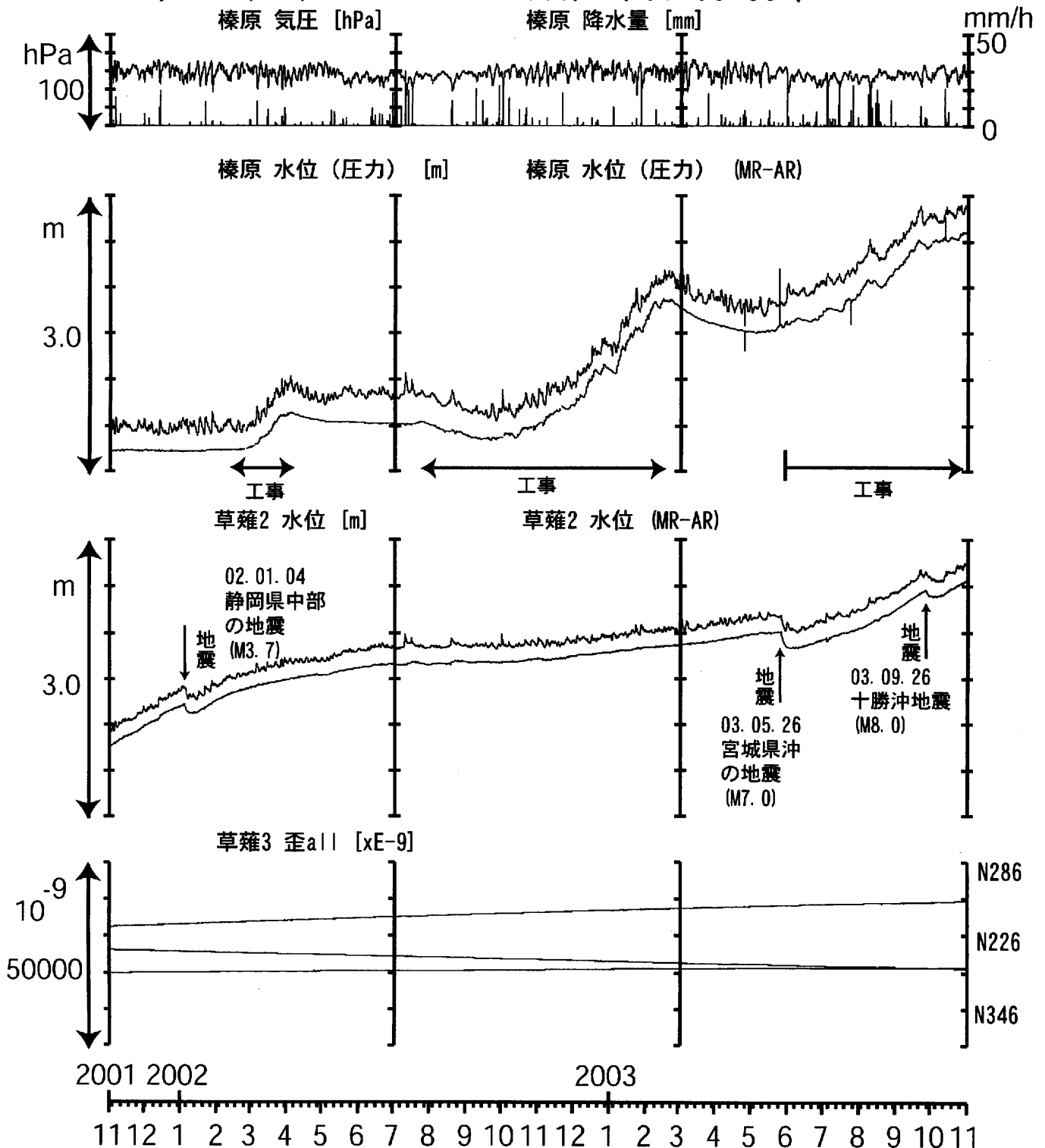


コメント：草薙1における8月中旬～下旬の欠測は、大雨により水位が上昇して、水位計の測定限界を超えたためである。草薙3は、降雨毎に水位が変動するようになっていたが、2003年9月9日の工事により改善した。
*；草薙1（浅井戸）から溢れた水が入り込んだため、草薙3の水位が大幅に上昇し、その結果、歪3成分が変化した。



東海地域中部（榛原・草薙）長期（時間値）

（2001/11/01 00:00 - 2003/11/01 00:00）



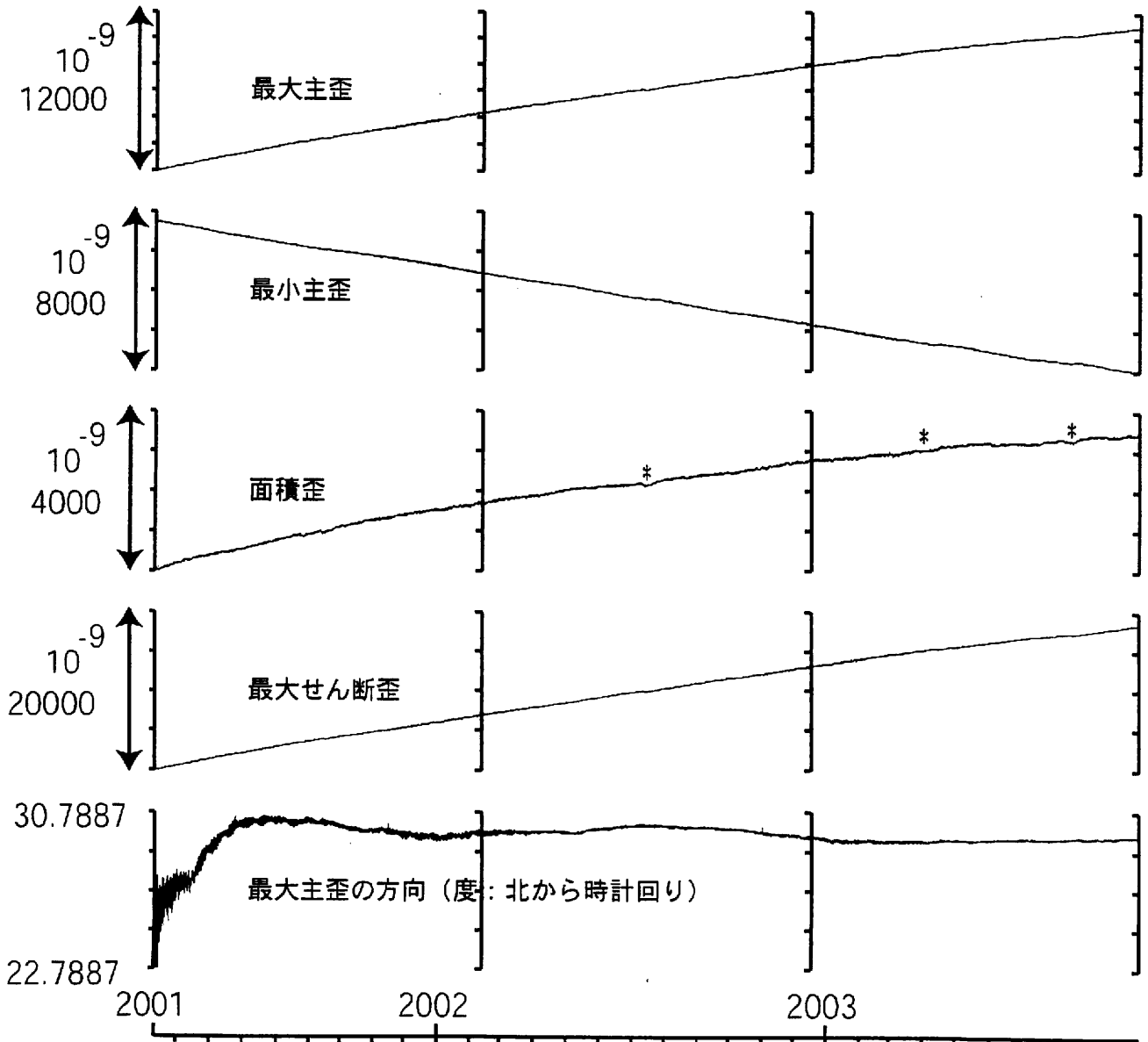
コメント：

2002年2月以降の榛原の水位上昇・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～4月，7月～2003年2月，2003年5月～継続中）の影響による。
各工事期間終了後は、水位は徐々に低下している。
*；雨量補正不十分。



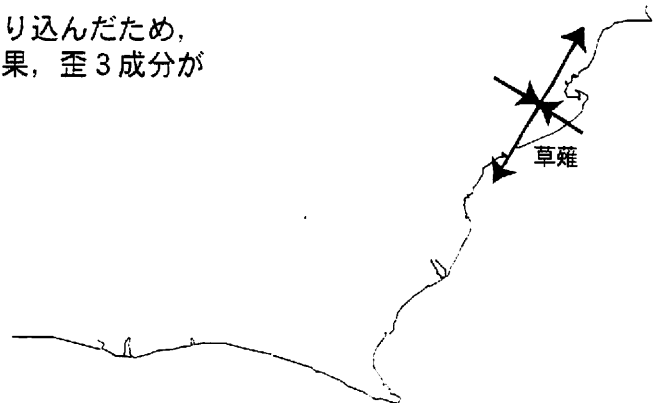
草薙長期：主歪解析

(2001/04/10 00:00 - 2003/10/23 00:00)



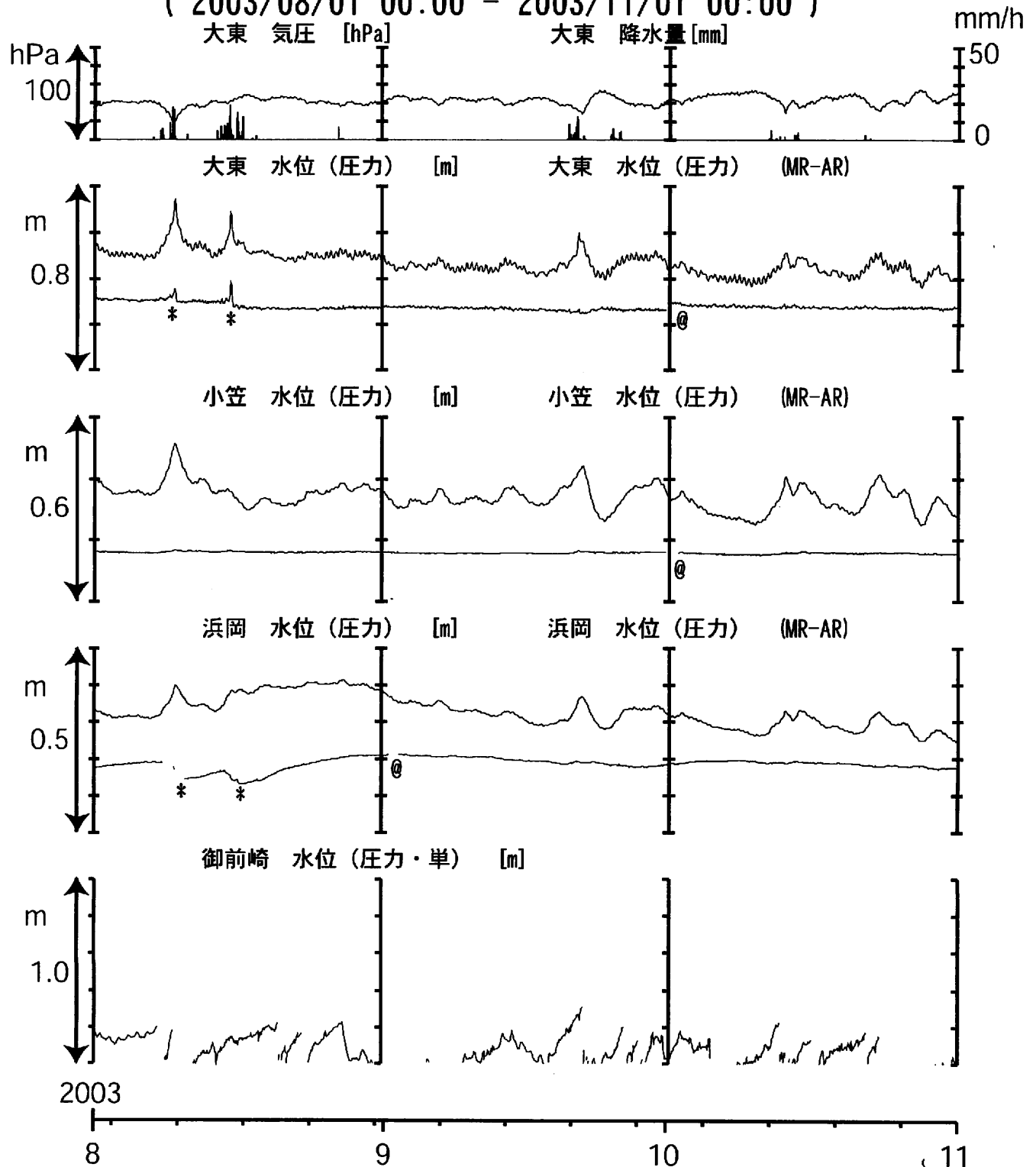
コメント：主歪解析の起点は2001年4月5日

* 草薙1 (浅井戸) からあふれた水が入り込んだため、草薙3の水位が大幅に上昇した。その結果、歪3成分が縮んだための変化。



東海地域南部 地下水観測結果 中期 (時間値)

(2003/08/01 00:00 - 2003/11/01 00:00)



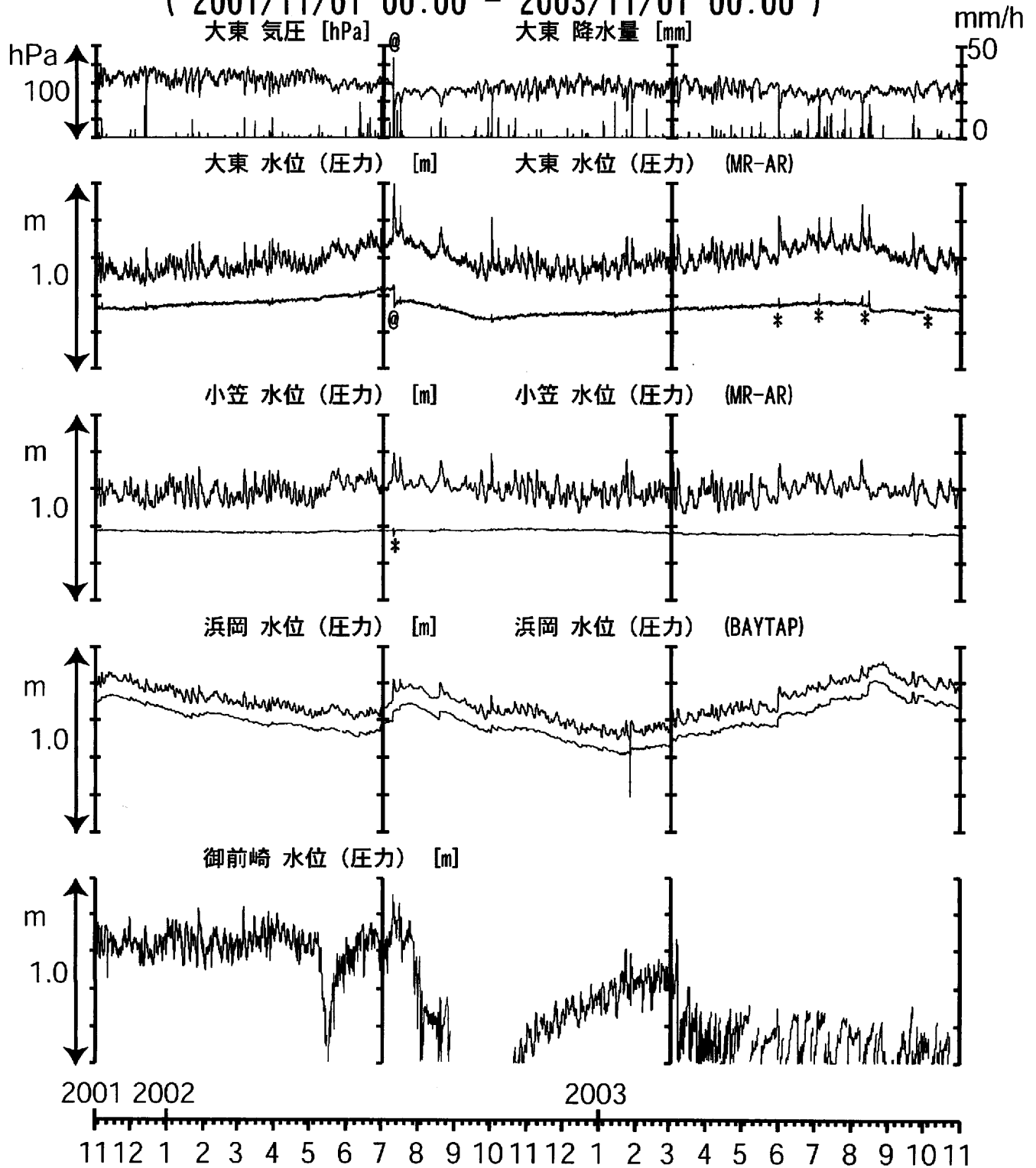
コメント:

- *;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.
- 現在は、実質的に欠測状態にある.
- 根本的な修理が必要で、現在準備中である.



東海地域南部 地下水観測結果 長期 (時間値)

(2001/11/01 00:00 - 2003/11/01 00:00)



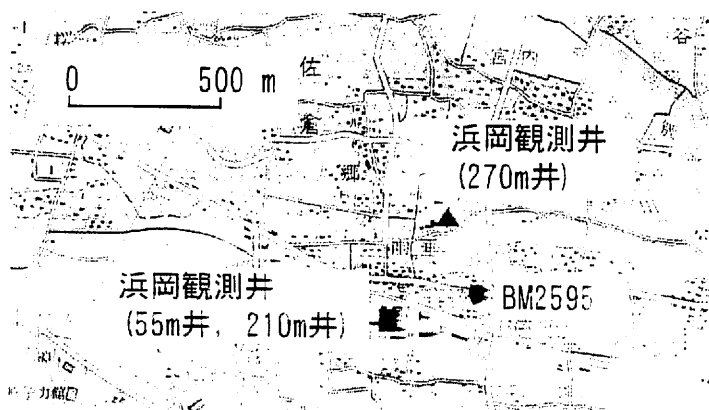
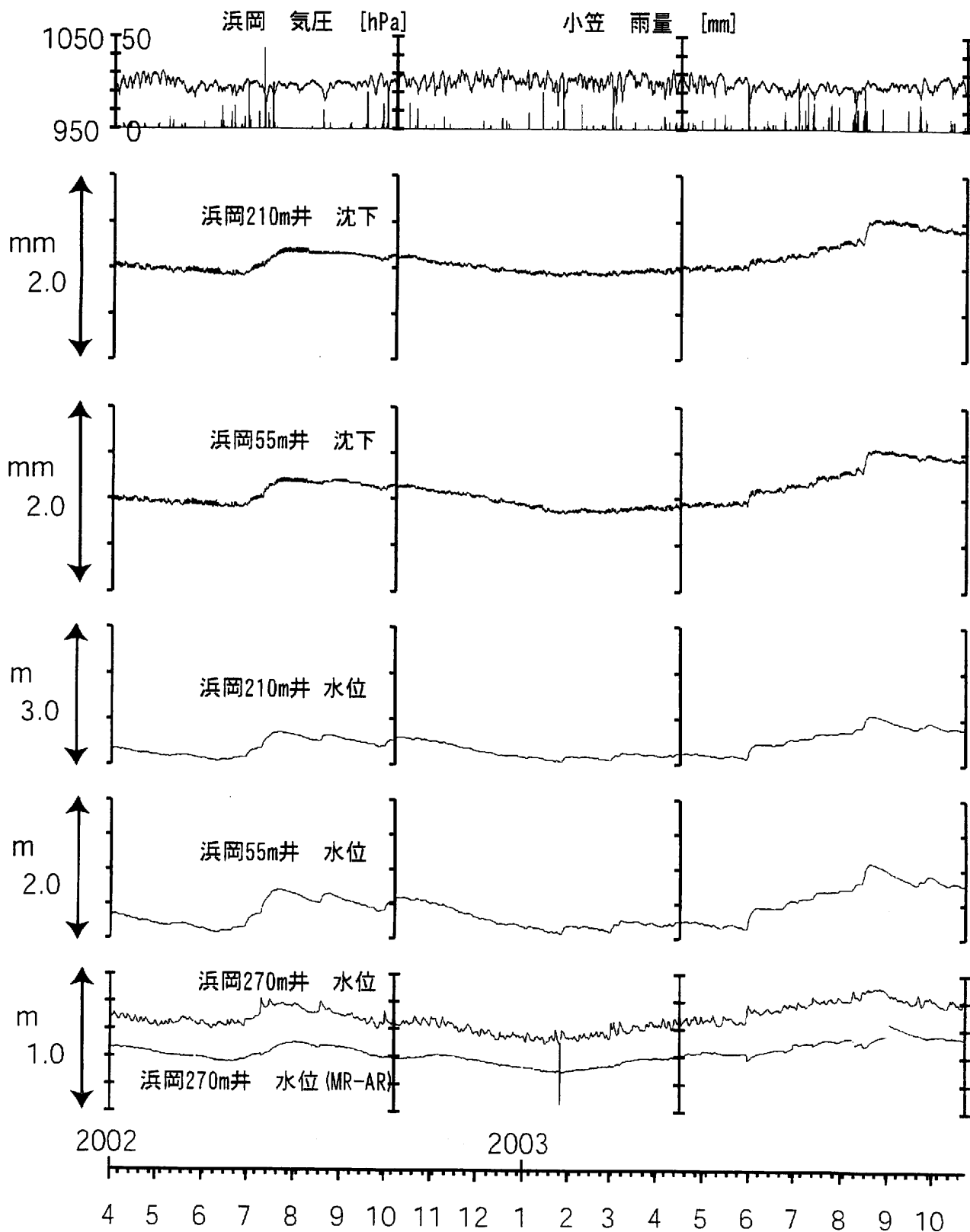
コメント :

*;雨量補正不十分.
 @;気圧計レンジ変更による見かけ上の変化
 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。
 現在は、実質的に欠測状態にある。
 根本的な修理が必要で、
 現在準備中である。



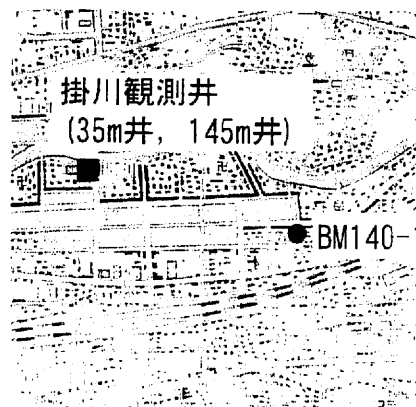
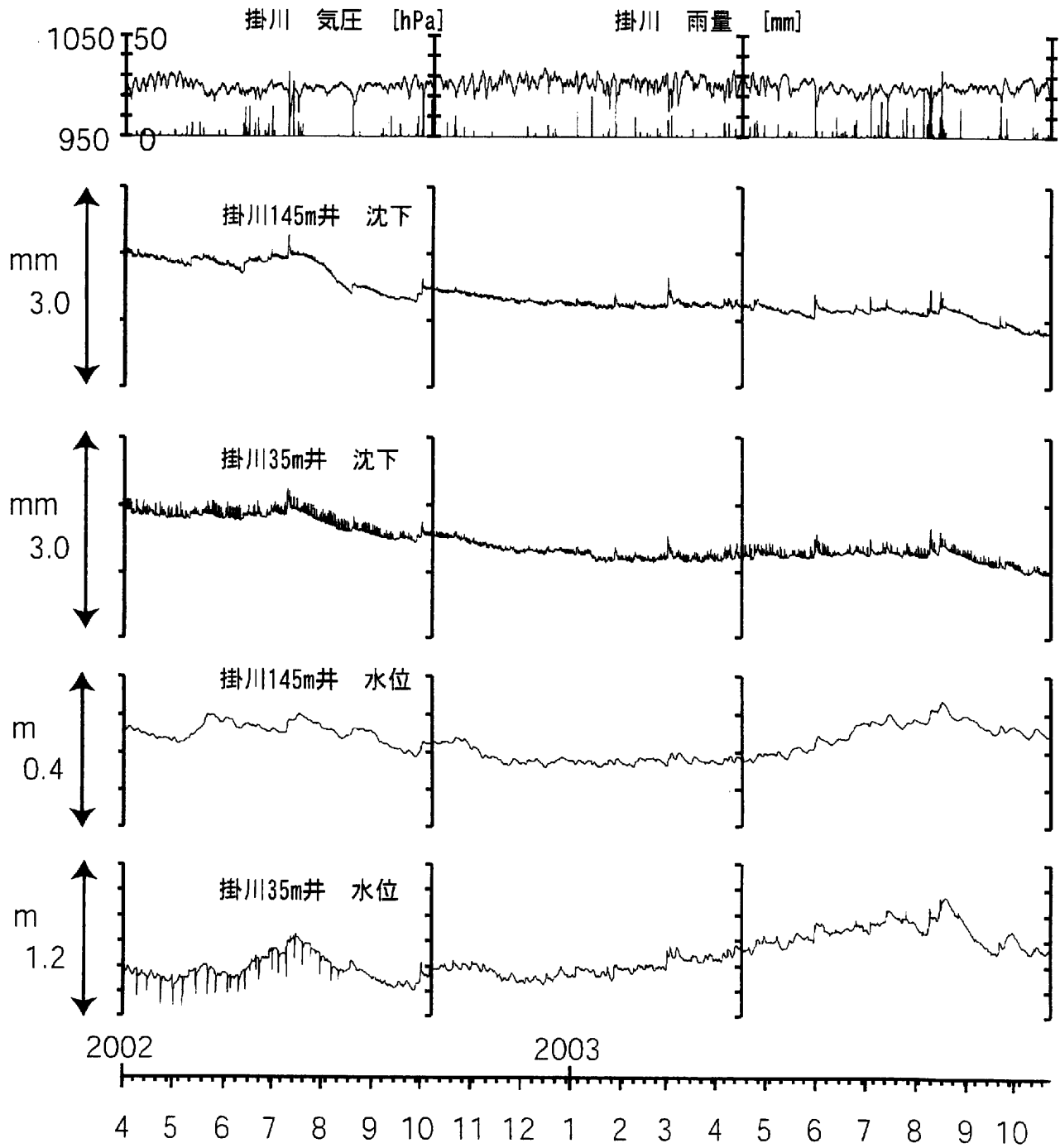
浜岡地下水・沈下 (時間値)

(2002/04/01 00:00 - 2003/10/24 00:00)



掛川地下水・沈下 中期 (時間値)

(2002/04/01 00:00 - 2003/10/24 00:00)

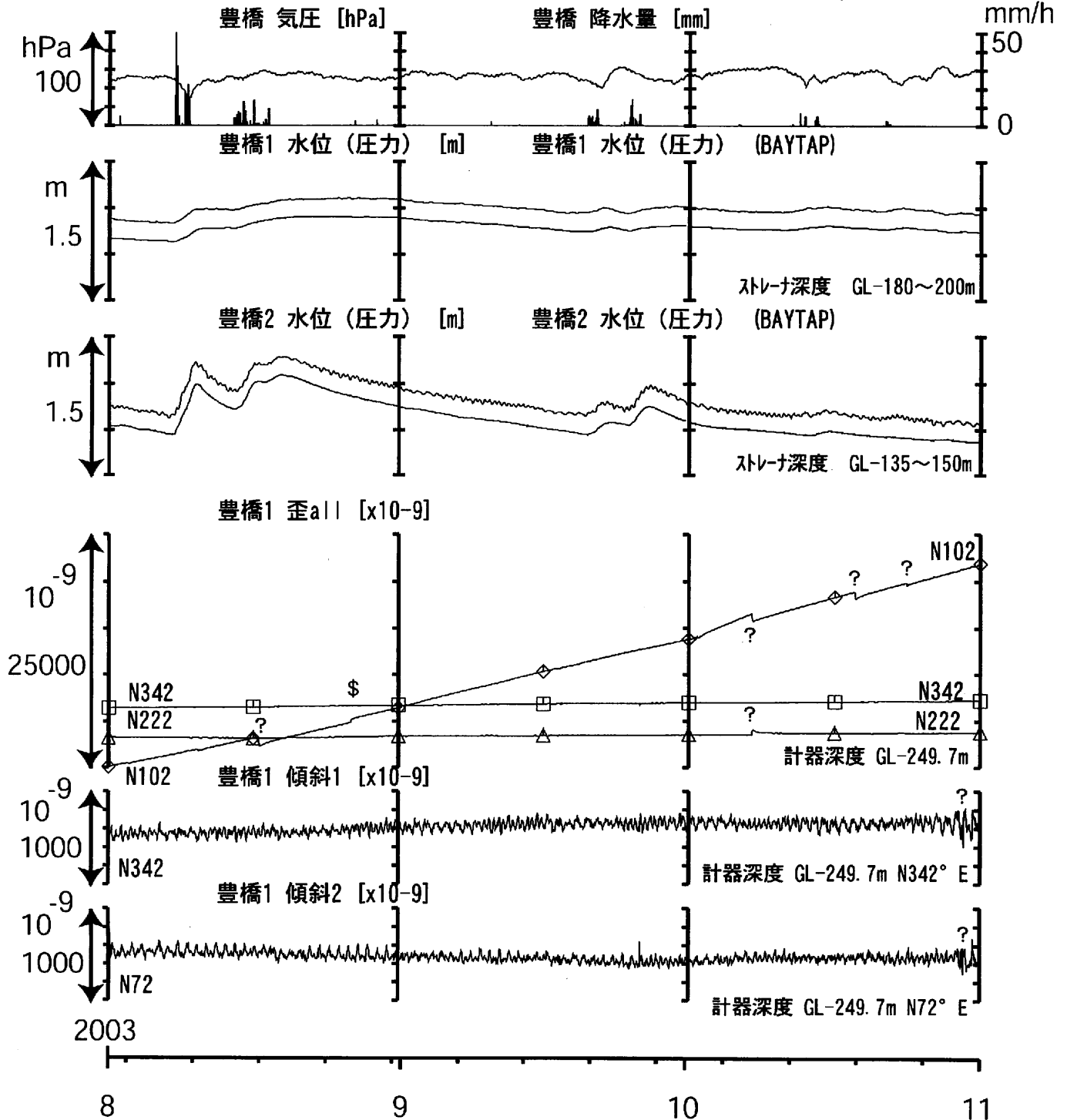


0 500 m



東海地域西部 (豊橋) 中期 (時間値)

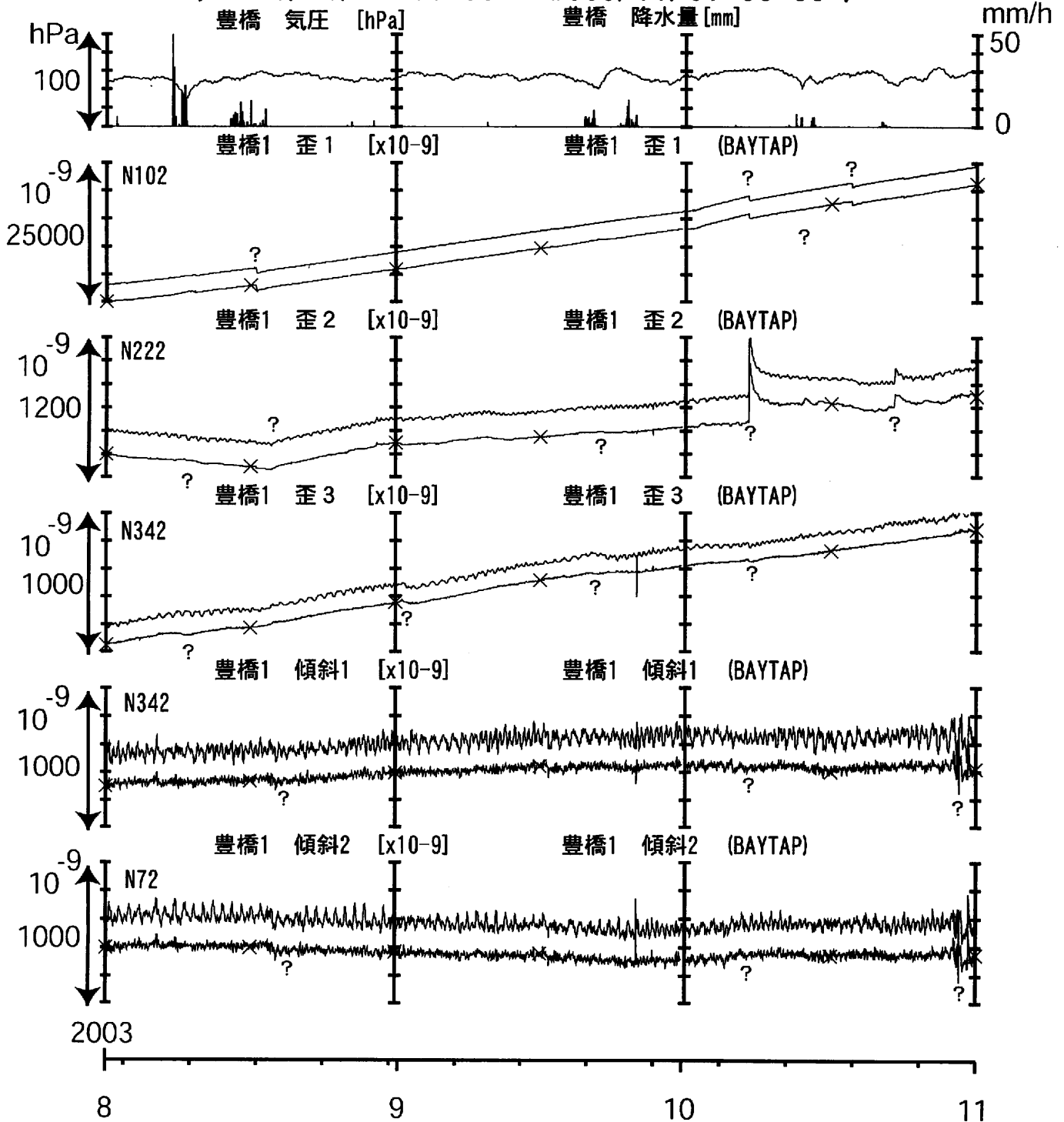
(2003/08/01 00:00 - 2003/11/01 00:00)



コメント：？；原因不明，\$；保守
 2002年6月末から観測点から約200M離れた場所で、
 トンネル工事が継続中である。



東海地域西部（豊橋・歪）中期（時間値） （2003/08/01 00:00 - 2003/11/01 00:00）

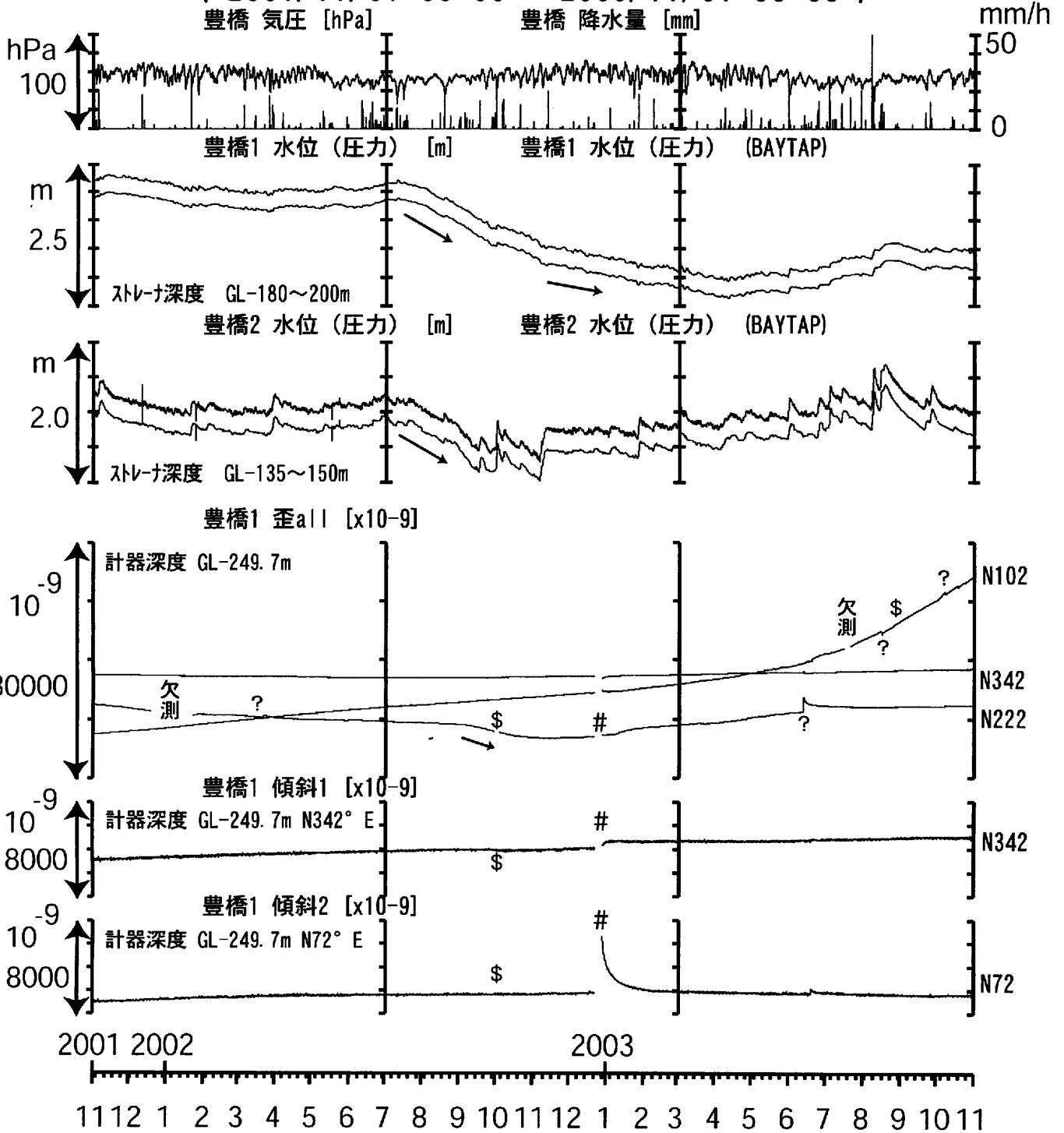


コメント：？；原因不明。\$；保守
2002年6月末から観測点から約200M離れた場所で、
トンネル工事が継続中である。



東海地域西部（豊橋）長期（時間値）

（2001/11/01 00:00 - 2003/11/01 00:00）



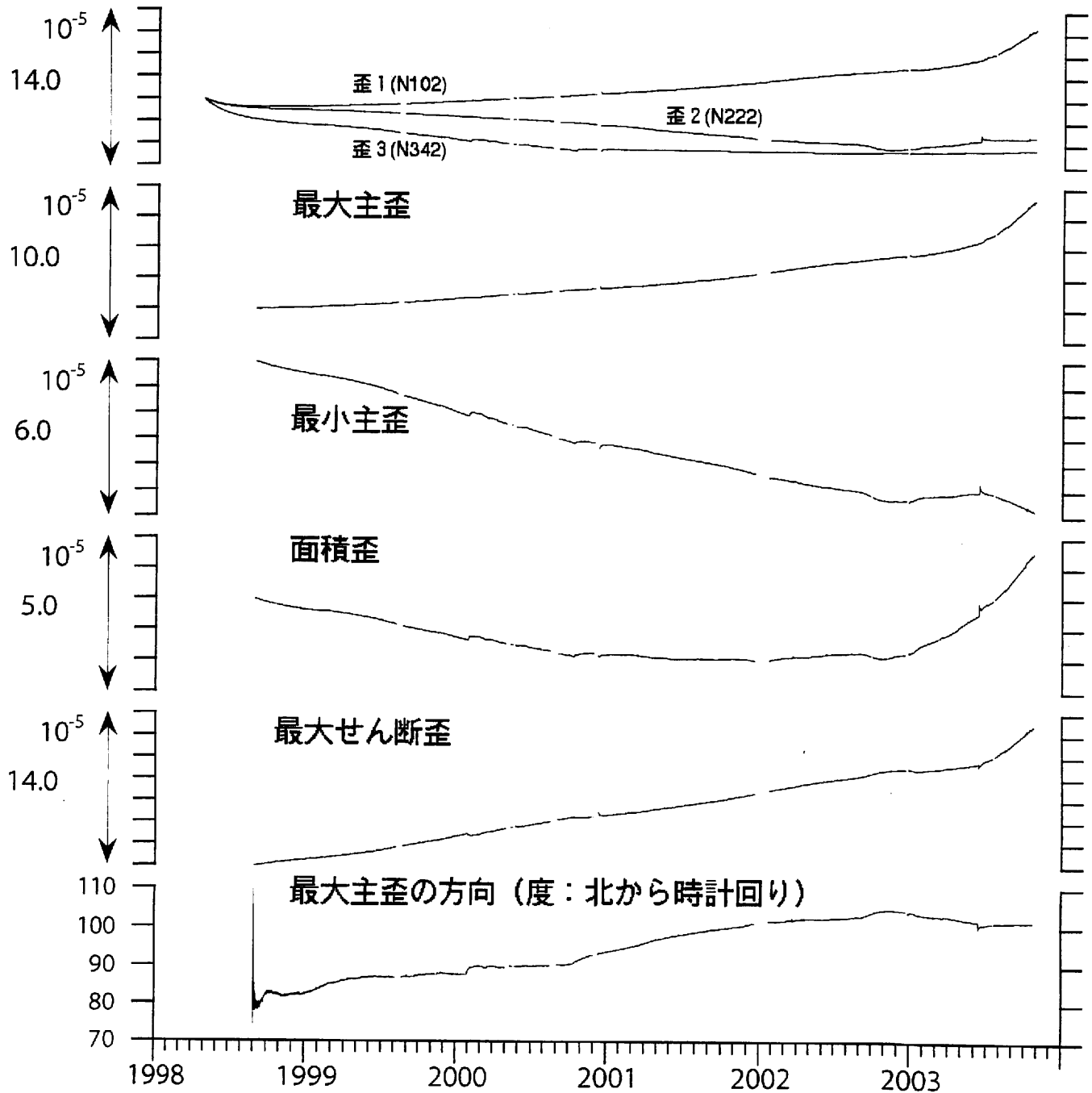
コメント：

#; 充電器故障によるバッテリー消耗.
 \$; 保守. ?; 原因不明.
 2002年7月から豊橋1の水位が低下してきたが、
 2003年4月頃より上昇してきたように見える。
 2002年7月から豊橋2の水位が低下してきたが、
 2002年11月上旬頃より上昇している。
 歪2 (N222) が2002年9月初めから減少していたが、
 2002年11月後半から上昇している。
 歪1 (N102) の上昇が、2003年4月頃から加速している。
 以上、2002年6月末からのトンネル工事の影響と思われる。

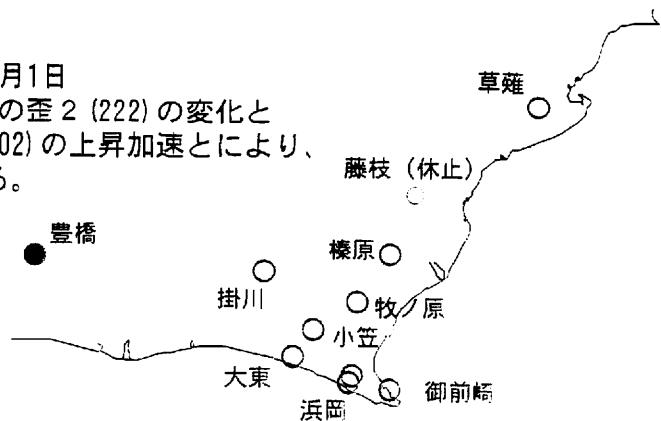


豊橋1:主歪解析

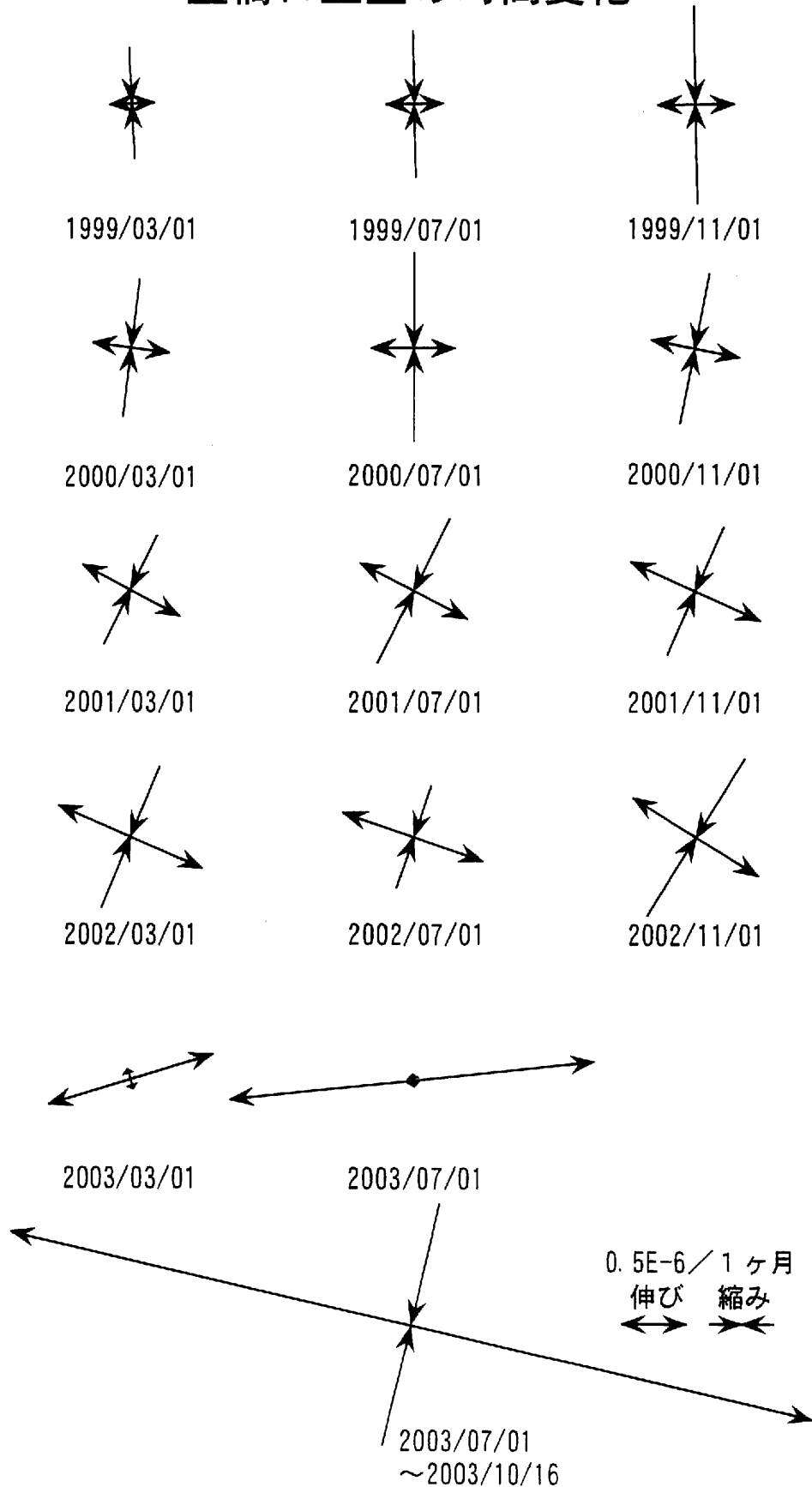
(1998/09/01 00:00 - 2003/10/23 05:00)



コメント: 主歪解析の起点は1998年9月1日
 主に、2002年9月初めからの歪2 (222) の変化と
 2003年4月頃からの歪1 (102) の上昇加速とにより、
 解析結果に影響が出ている。



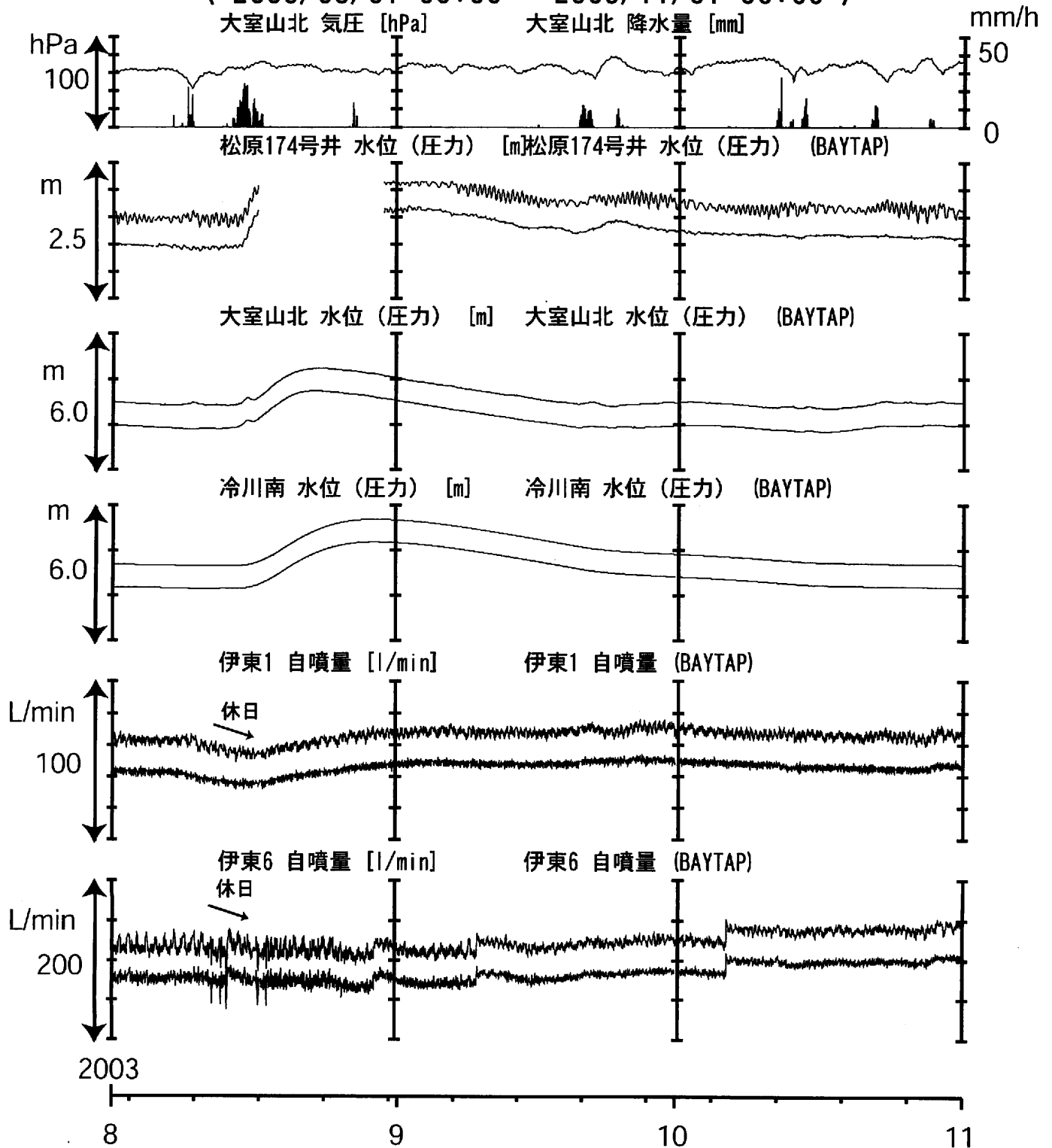
豊橋1:主歪の時間変化



コメント：最新の分を除いて、各々4ヶ月前を起点として主歪解析を行った。
主に、2002年9月初めからの歪2 (222) の変化と
2003年4月頃からの歪1 (102) の上昇加速とにより、
解析結果に影響が出ている。

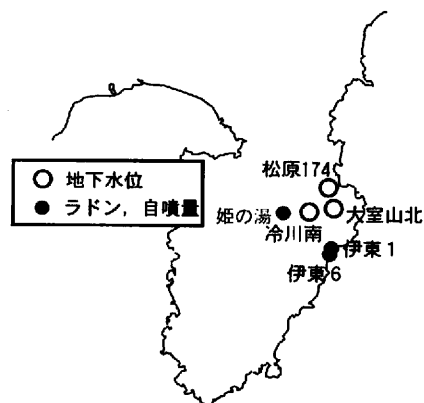
伊豆半島東部:地下水位・自噴量 中期 (時間値)

(2003/08/01 00:00 - 2003/11/01 00:00)



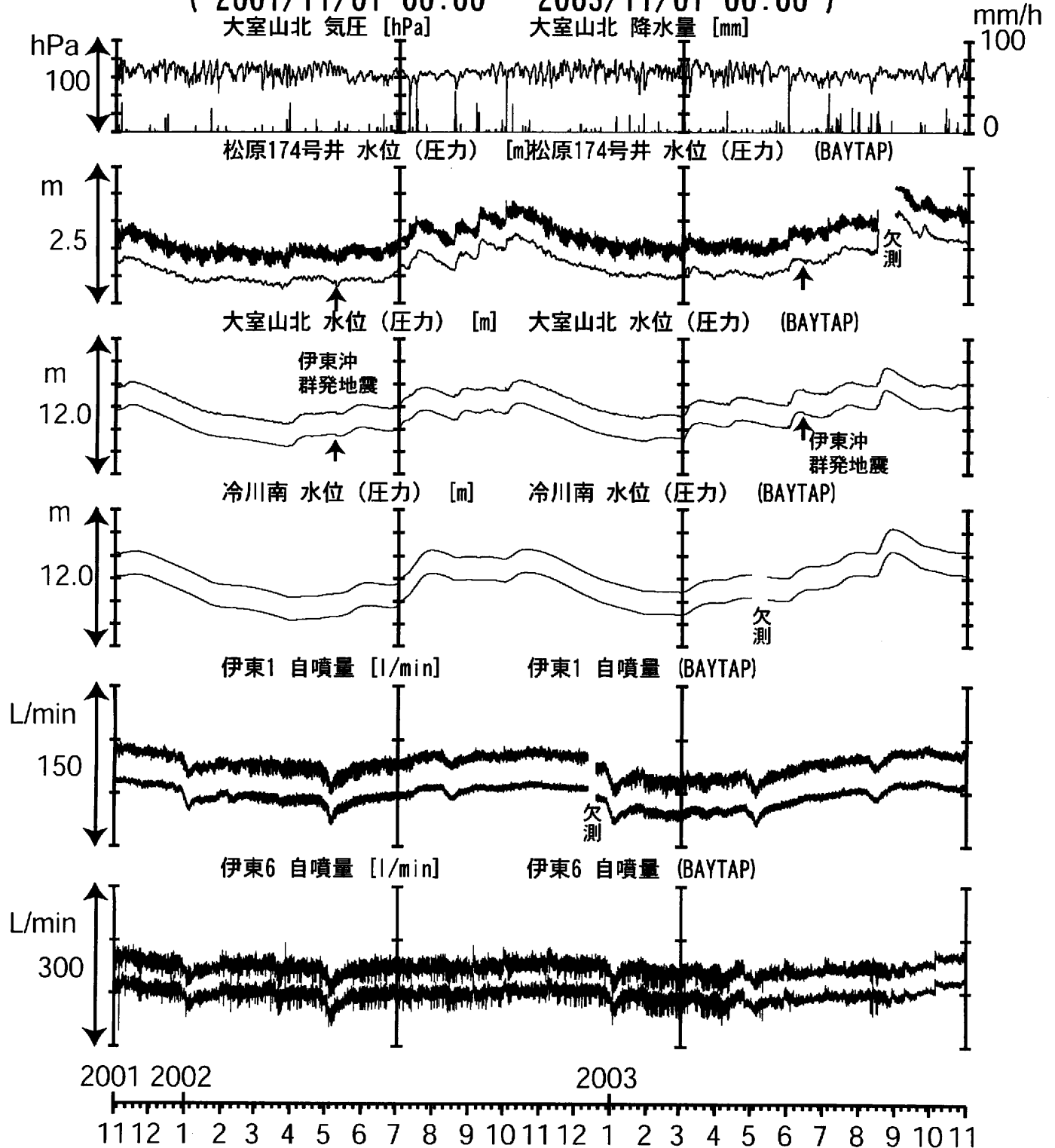
コメント :

松原174号井は静岡県による観測。
 松原水位は、8月中旬の大雨により、
 水位が上昇して井戸口から溢れたため、
 欠測になっている。
 伊東6のばらつきは配管の問題に
 よると思われる。
 伊東1・6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。



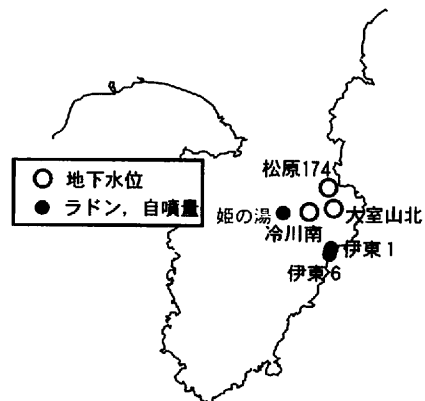
伊豆半島東部:地下水位・自噴量 長期 (時間値)

(2001/11/01 00:00 - 2003/11/01 00:00)



コメント：松原174号井は静岡県による観測。
 松原水位は、8月中旬の大雨により、
 水位が上昇して井戸口から溢れたため、
 欠測となっている。

伊東1・6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6のばらつきは配管の問題によると思われる。
 伊東1自噴量の2002年12月中旬における欠測は、
 停電による機器不具合のためである。
 機器再設定後、自噴量の絶対値が小さくなって
 いるが、見かけ上のものである可能性が高い。



産業技術総合研究所 地質調査総合センター

本報告では、産業技術総合研究所による静岡県内の地下水位観測によって検知可能な想定東海地震の前駆すべりの大きさ、場所、本震前の時間について述べる。

気象庁は、想定東海地震前にM5.5-6.5の前駆すべりが起こった場合、東海地域の歪計にどのように現れるか、いくつかの例について公表している。

また、それぞれの歪計の異常検出レベルを

- 「レベル1」：平常のデータの揺らぎの上限値
- 「レベル2」：レベル1の1.5~1.8倍の変化
- 「レベル3」：レベル1の2倍の変化。

と定義している、3点でレベル3の変化が観測され、前駆すべりによると判断される場合に「東海地震予知情報」を発表するとしている(気象庁, 2003)。また、産総研では、想定東海地震震源付近の観測点の地下水位について定常的な水位変化および潮汐に対する水位の応答係数を求め、観測点の真下でプレスリップが起こった場合の水位変化について明らかにしている(松本ほか, 2002)。

ここでは、想定東海地震の前駆すべりが想定震源域の任意のグリッドで起こった場合、レベル3に相当する水位変化がいつ、どのように起こるのかを明らかにする。

前駆すべりの起こる場所はプレート境界と仮定し、すべりの最終規模はM6およびM6.5とした。また、対象とした水位データは、気圧・潮汐・降雨の影響を取り除いたのち、24時間階差をとったものとした。

なお、解析には気象庁地震予知情報課の「東海プレスリップソース推定ツール」を使わせていただきました。

2. 観測井の位置と観測データ



図1 産総研の地下水観測ネットワーク。赤丸が今回対象とした観測井

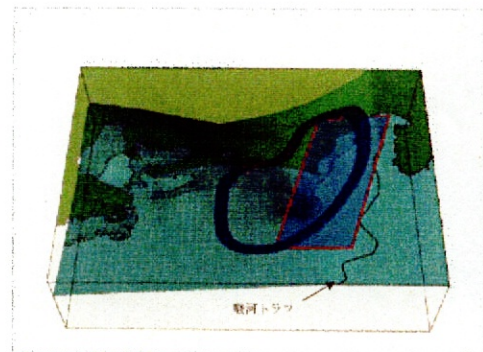


図2 東海地震の想定震源域(青)(中央防災会議, 2001)

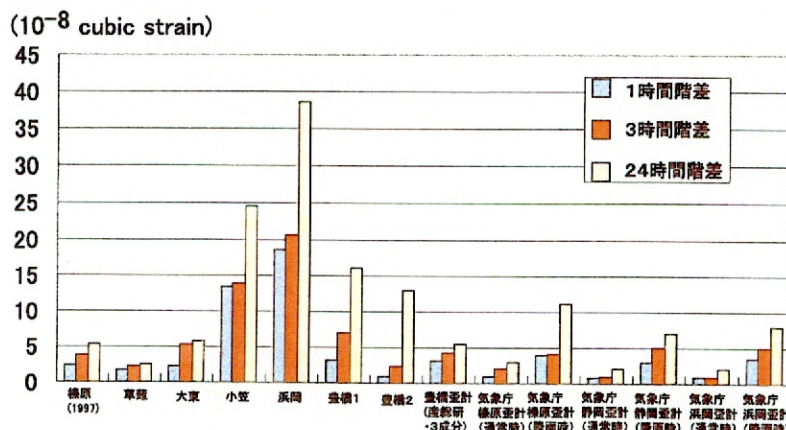


図3 歪み換算後の地下水位および気象庁体積歪計のノイズレベル

前駆すべりの検知予想: 榛原付近のM6.5相当の前駆すべりの場合

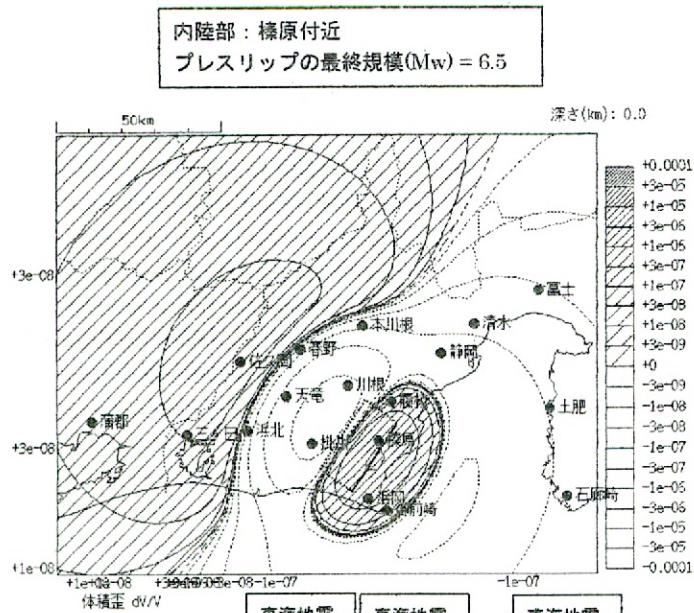


図4 榛原付近にM6.5相当の前駆すべりがあった場合の歪場 (気象庁, 2003)

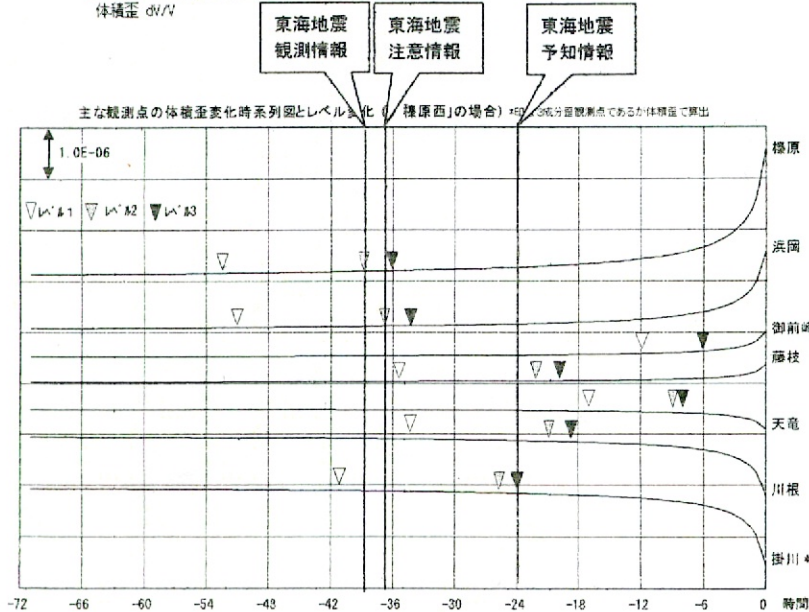


図5 榛原付近にM6.5相当の前駆すべりがあった場合, 予想される気象庁体積歪計データの変化 (気象庁, 2003)

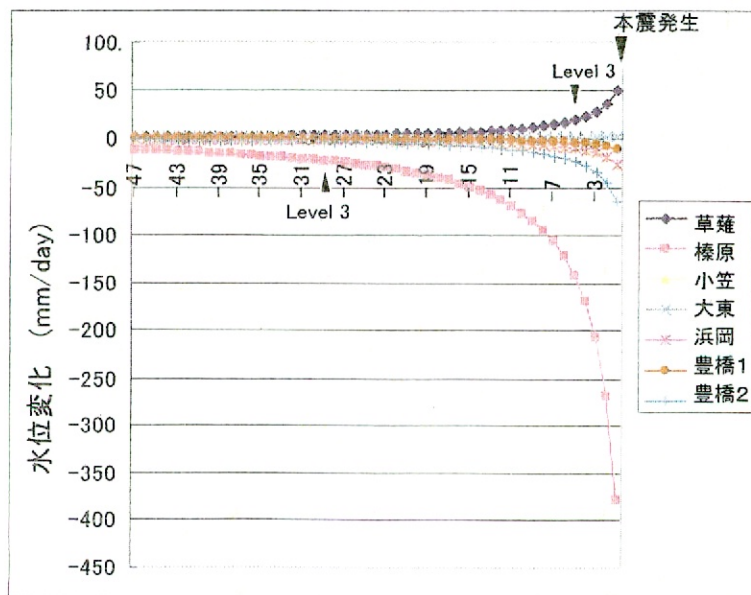


図6 榛原付近にM6.5相当の前駆すべりがあった場合, 予想される地下水位データの変化

榛原付近でM6.5相当の前駆すべりがあった場合, 気象庁の榛原体積歪計では36時間前にレベル3に達する. 榛原観測井の水位も本震の29時間前にレベル3に達する. 草薙観測井では5時間前にレベル3に達する.

このように, 産総研の地下水位ネットワークは, 前駆すべりに対する情報に関して, 体積歪データを補完できることが明らかになった.

近畿地域の地下水位・歪観測結果（2003年8月～2003年10月）

産業技術総合研究所

2003年8月～2003年10月の近畿地域におけるテレメータによる地下水位およびボアホール型歪計による地殻歪（水平3成分）の観測結果を報告する。観測点は21点（観測井は26井戸）である（第1図）。同期間中に第1図で示す範囲内で、M4以上で深さ30kmより浅い地震は、（1）2003年8月6日9時48分発生の和歌山県北部の地震（M4.0、深さ約6km）と（2）2003年10月8日23時45分発生の兵庫県南東部の地震（M4.2、深さ約14km）の2つである。これらの地震の前後に特に異常な変化はない。

第2～6図に、2003年5月～2003年10月における地下水位の1時間値の生データと（場所によってはその下に）補正値を示してある。また、第7～11図には同期間におけるボアホール型歪計が併設してある観測点（別紙で報告するikd, tkz, ikh等を除く）について地下水位とともに歪3成分の観測値（生データ）を示してある。歪の図において「N120」などと示してあるのは、歪の方向が北から120度東方向に回転していることを示す。また、図中で「\$」は点検による変化の意味である。水位補正値（corrected）は潮汐解析プログラムBAYTAP-GIによって、気圧・潮汐・不規則ノイズの影響を取り除いた後のトレンドである。なお、tkz・obk2・ysk・yst1・yst2・yst3およびbndは地上より上に水位が来るので、井戸口を密閉して水圧を測定しそれを水位に換算している。hks・kwnではケーシングを2重にして、外管で浅い方の地下水位（hks-o, kwn-o）を、内管で深い方の地下水位（hks-i, kwn-i）をそれぞれ測定し、別々の観測井にカウントしている。

梅雨が長引いたことや8月の台風上陸等による、7-8月の降雨量の増大による雨の影響が各観測点で出ている。また、2003年9月26日の2003年十勝沖地震（M8.0）の影響がいくつかの観測点で出ている。ikdではマンホールの不具合が生じ、降雨が上から入るような形になってしまっており、見かけ上降雨の影響が大きくなっている（第3図）。krmでは、降雨時に周囲の浅部地下水が井戸口から入り込むような状況に現在なっているため、降雨に対して水位が大きく変化する（第4図）。kwn-iで6月～9月に水位低下（6月中旬から9月初めまでは水位計の下に水面が下がってしまっており、欠測状態）があるが、これは例年この時期に観測されるもので、周囲の揚水によるものと思われる（第5図）。obk2でも9月終わり～10月初めにかけて水位が低下しているが、昨年も同時期に水位が低下しており、周囲の揚水によるものと思われる（第6図）。yst1の水位は、水位計の故障と水漏れ（圧力漏れ）状況が重なって欠測状況にあったが、5月中旬に水位計を交換し、7月中旬や10月初めに井戸口の再密閉作業をおこなったが、うまく密閉ができておらず、なお出力は不安定である（第7図）（小泉尚嗣・高橋誠・佐藤努・松本則夫・大谷竜・北川有一・伊藤久男・桑原保人・長秋雄・佐藤隆司）。

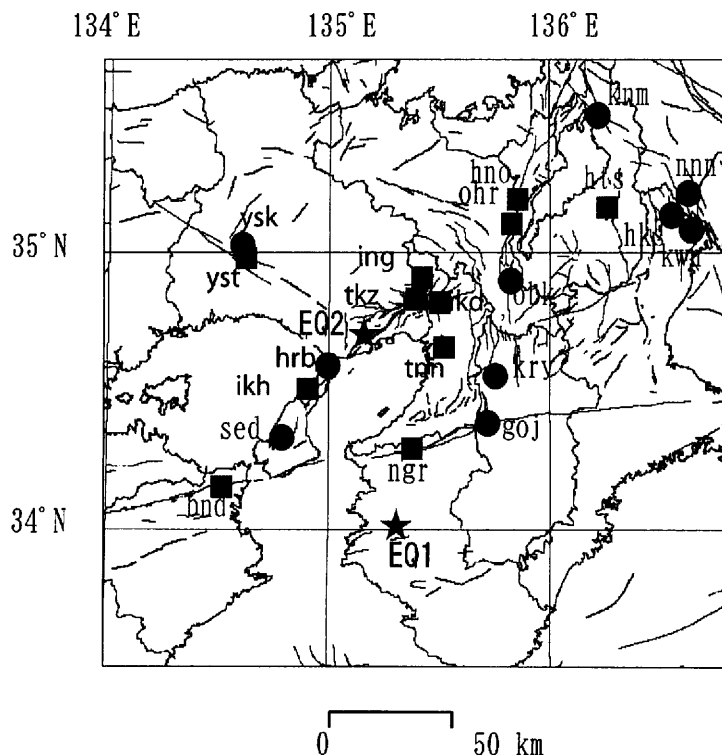


Fig.1 観測点（●・■）と深さ30km以浅でM4以上の地震の震央（★）と活断層分布。●は地下水のみの観測点で、■はボアホール型歪計を併設している観測点。EQ1：8月6日発生の和歌山県北部の地震（M4.0、深さ約6km）、EQ2：10月8日発生の兵庫県南東部の地震（M4.2、深さ約14km）

ATMOSPHERIC PRESSURE(ikh)
RAINFALL(ikh)

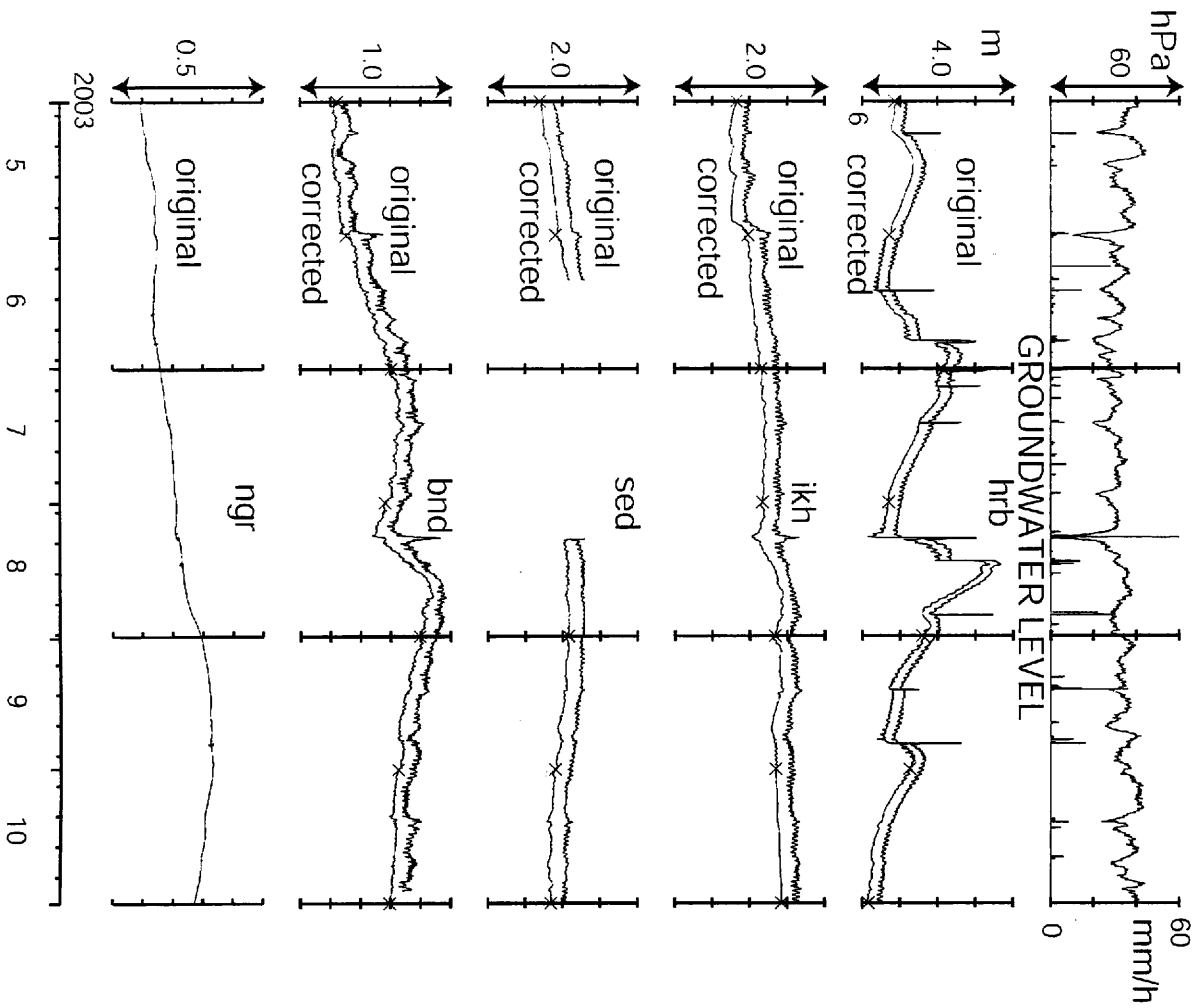


Fig.2

ATMOSPHERIC PRESSURE(tkz)
RAINFALL(tkz)

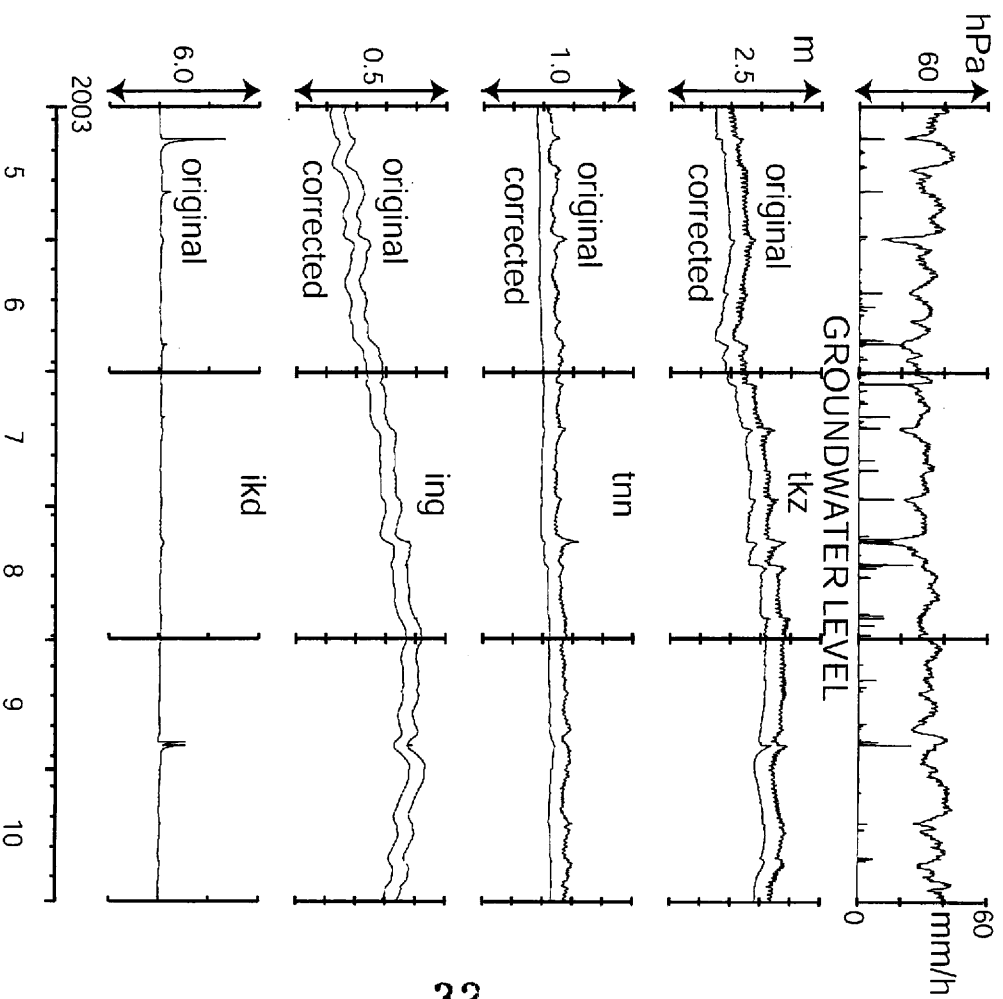


Fig.3

ATMOSPHERIC PRESSURE(ohr)
RAINFALL(ohr)

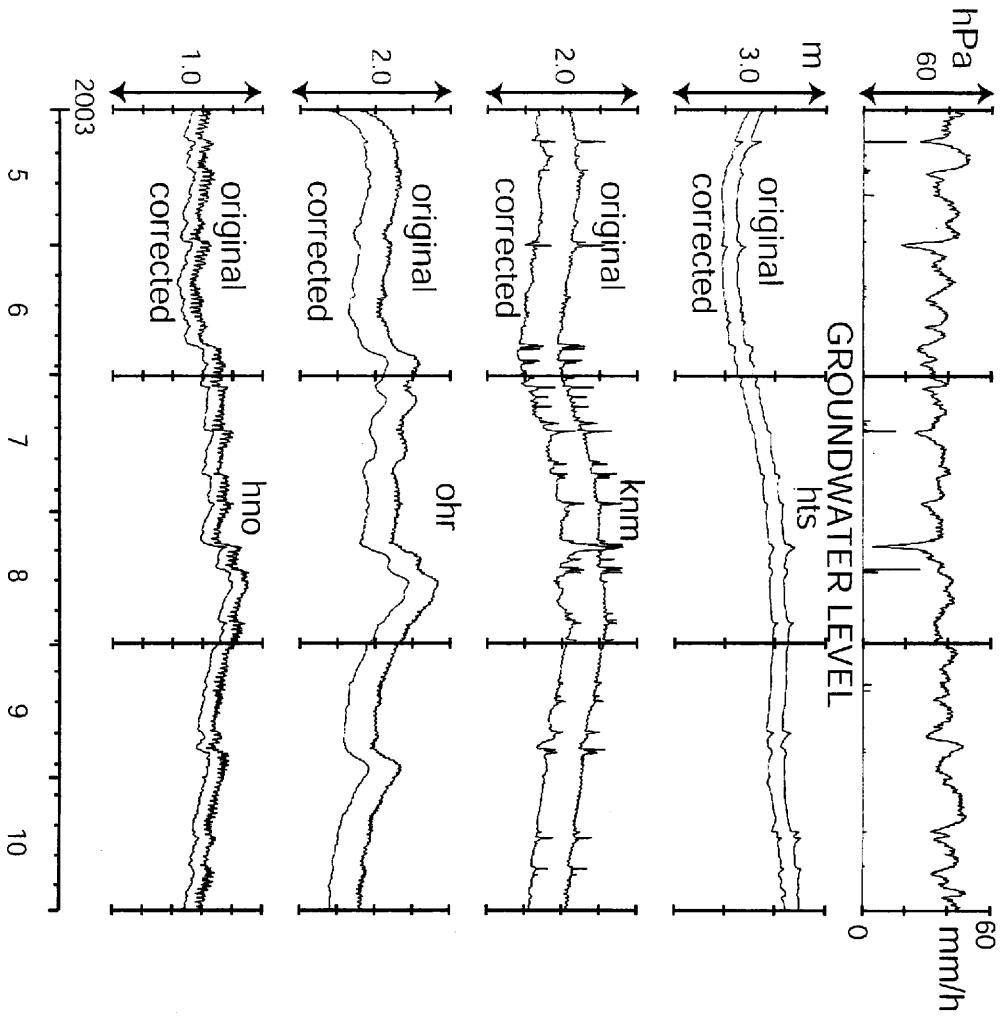


Fig.4

ATMOSPHERIC PRESSURE(hks)
RAINFALL(hks)

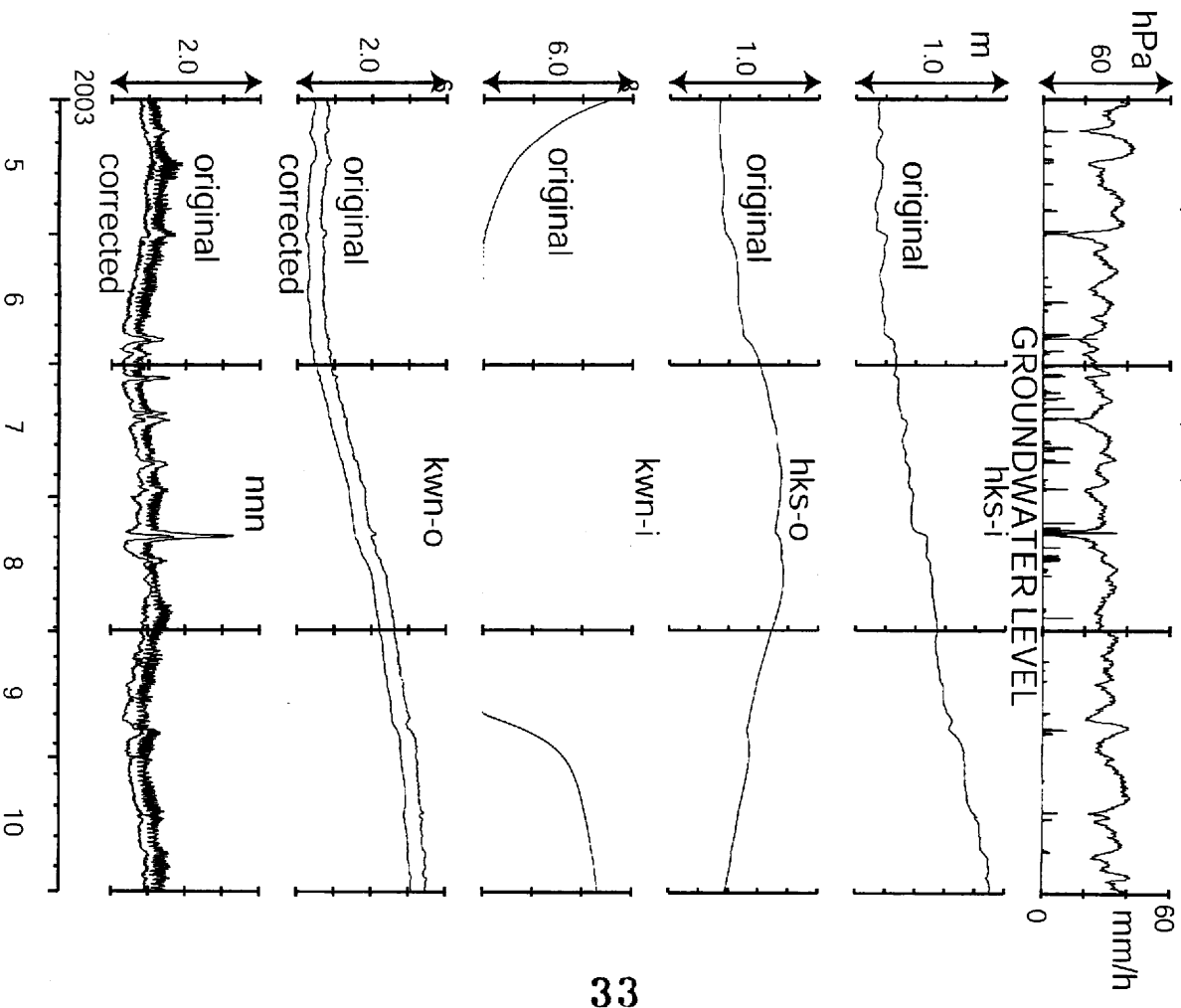


Fig.5

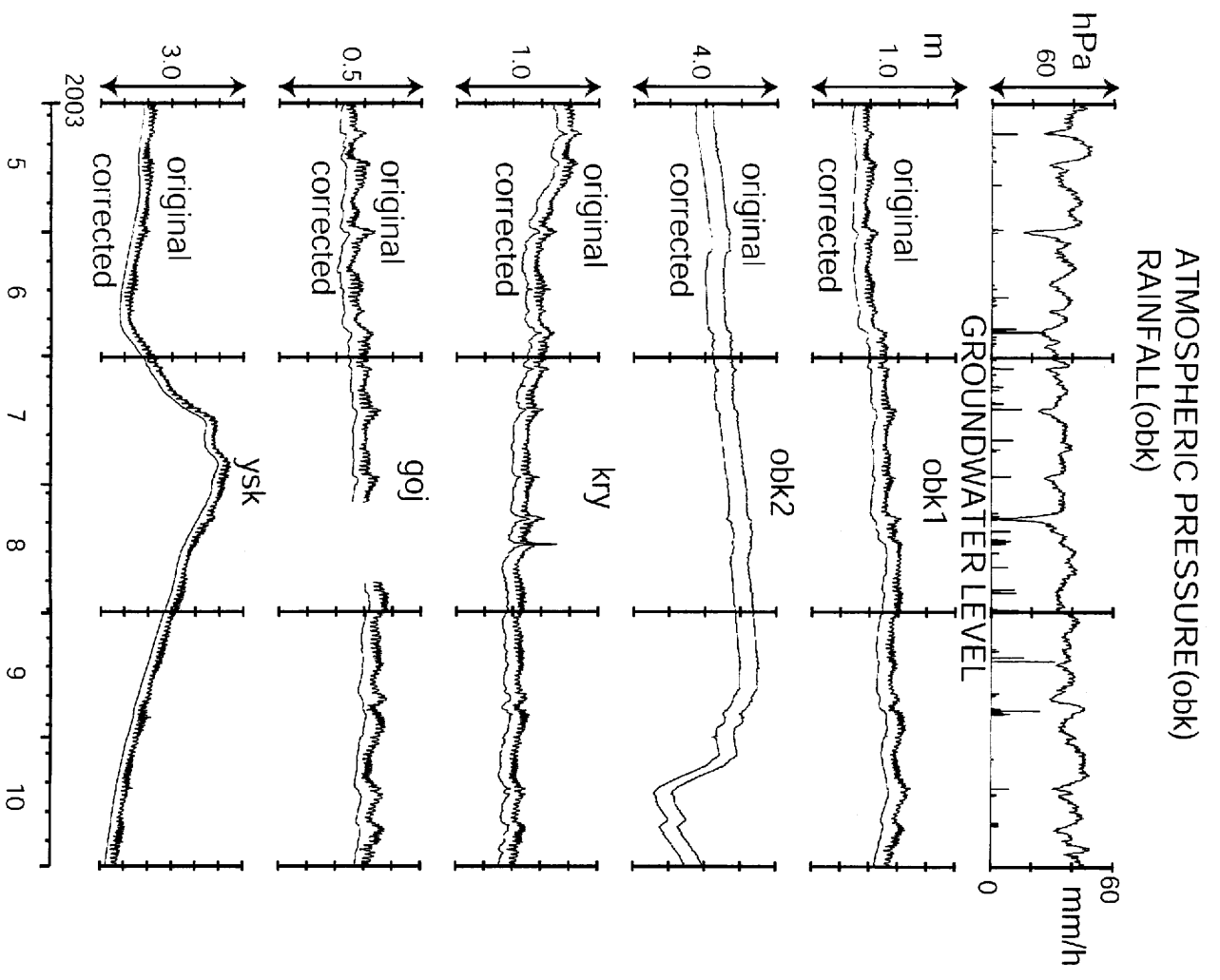


Fig.6

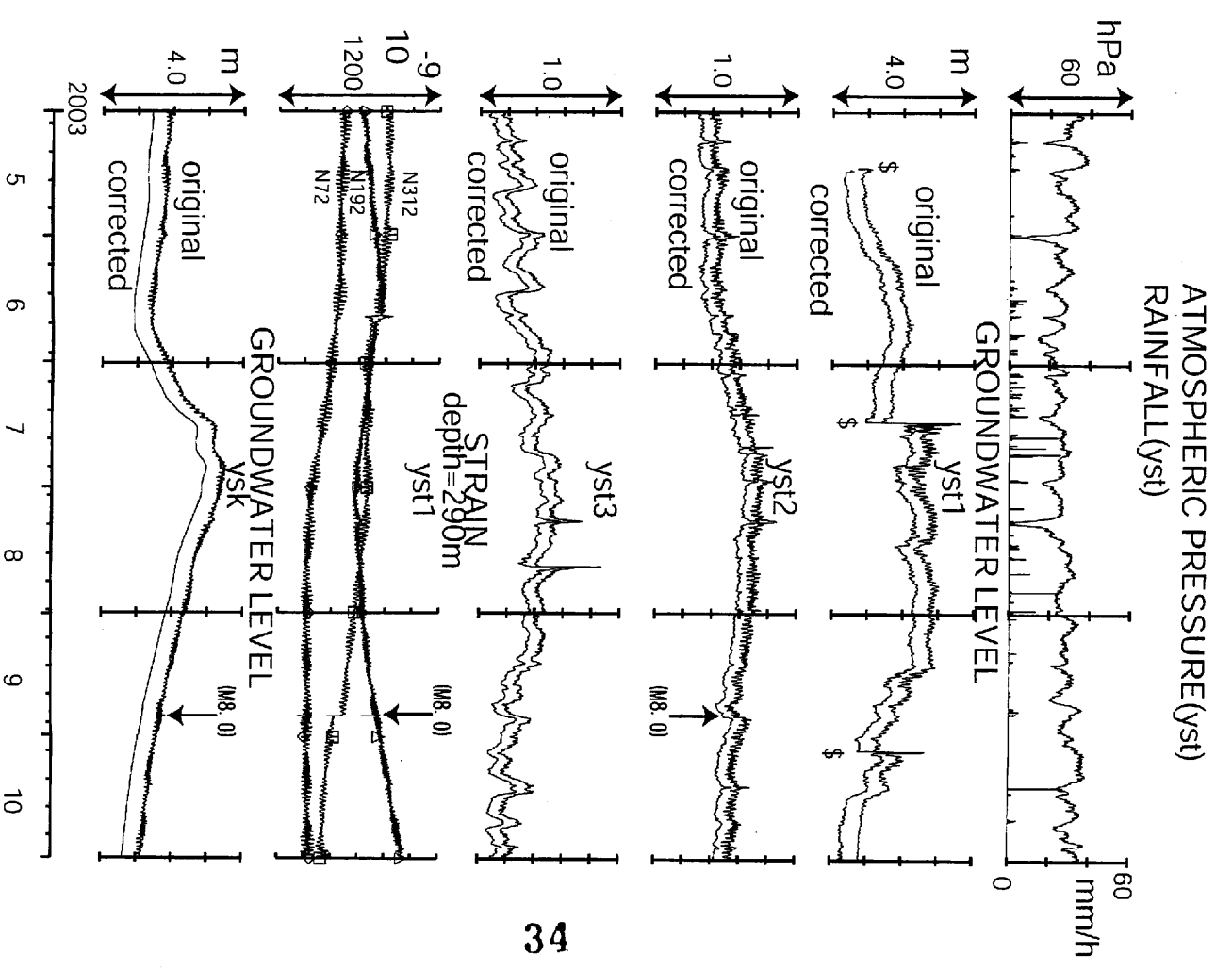


Fig.7

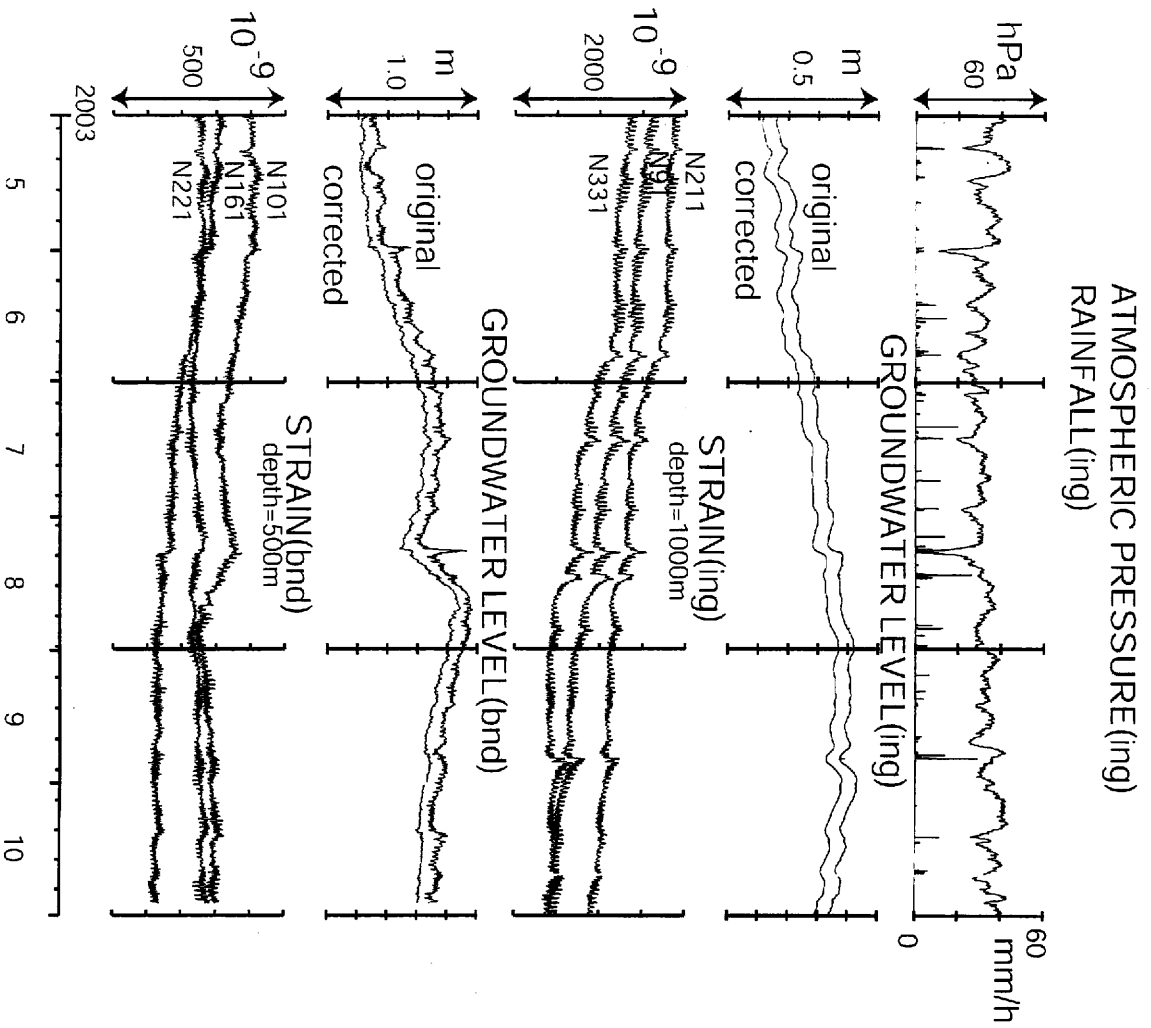


Fig.8

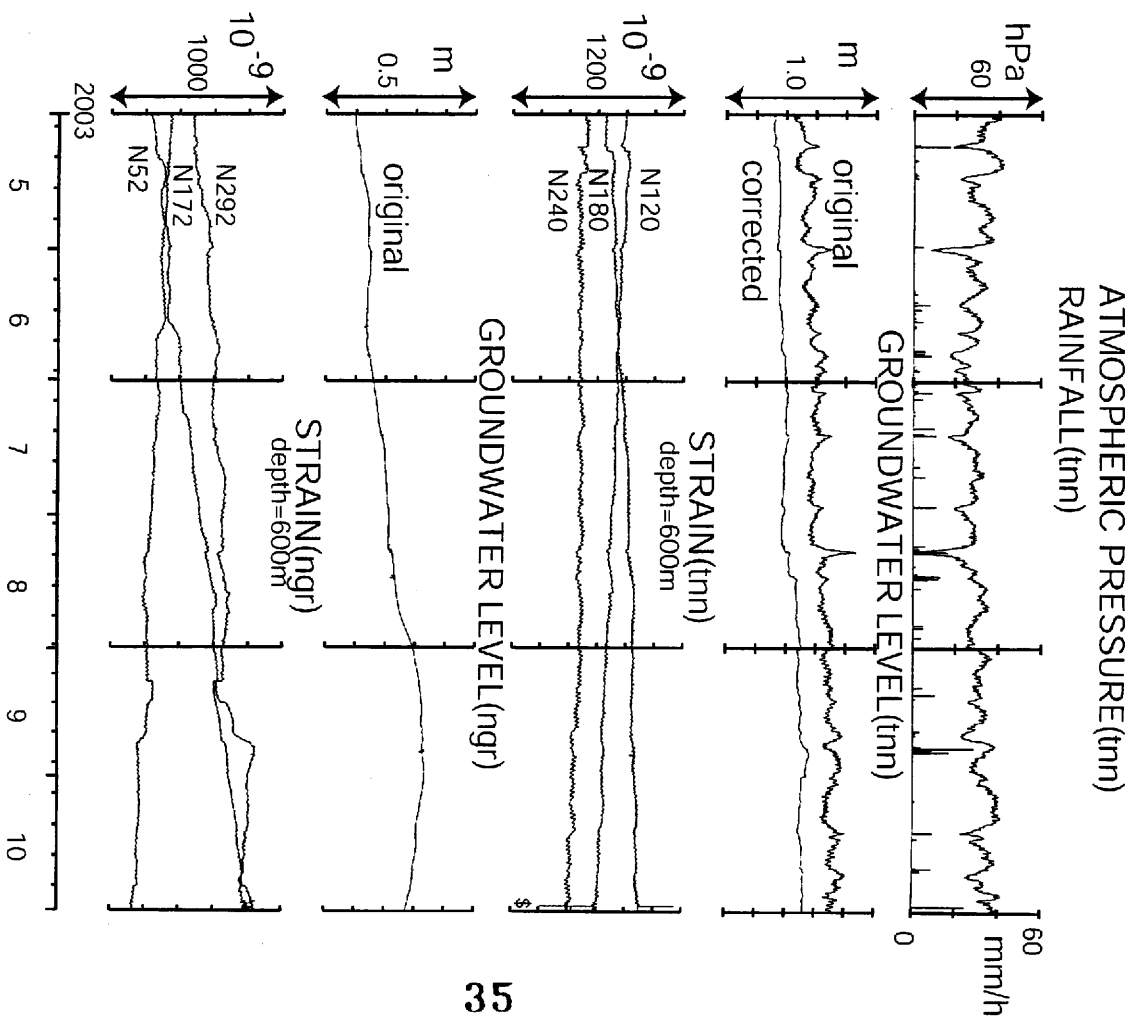


Fig.9

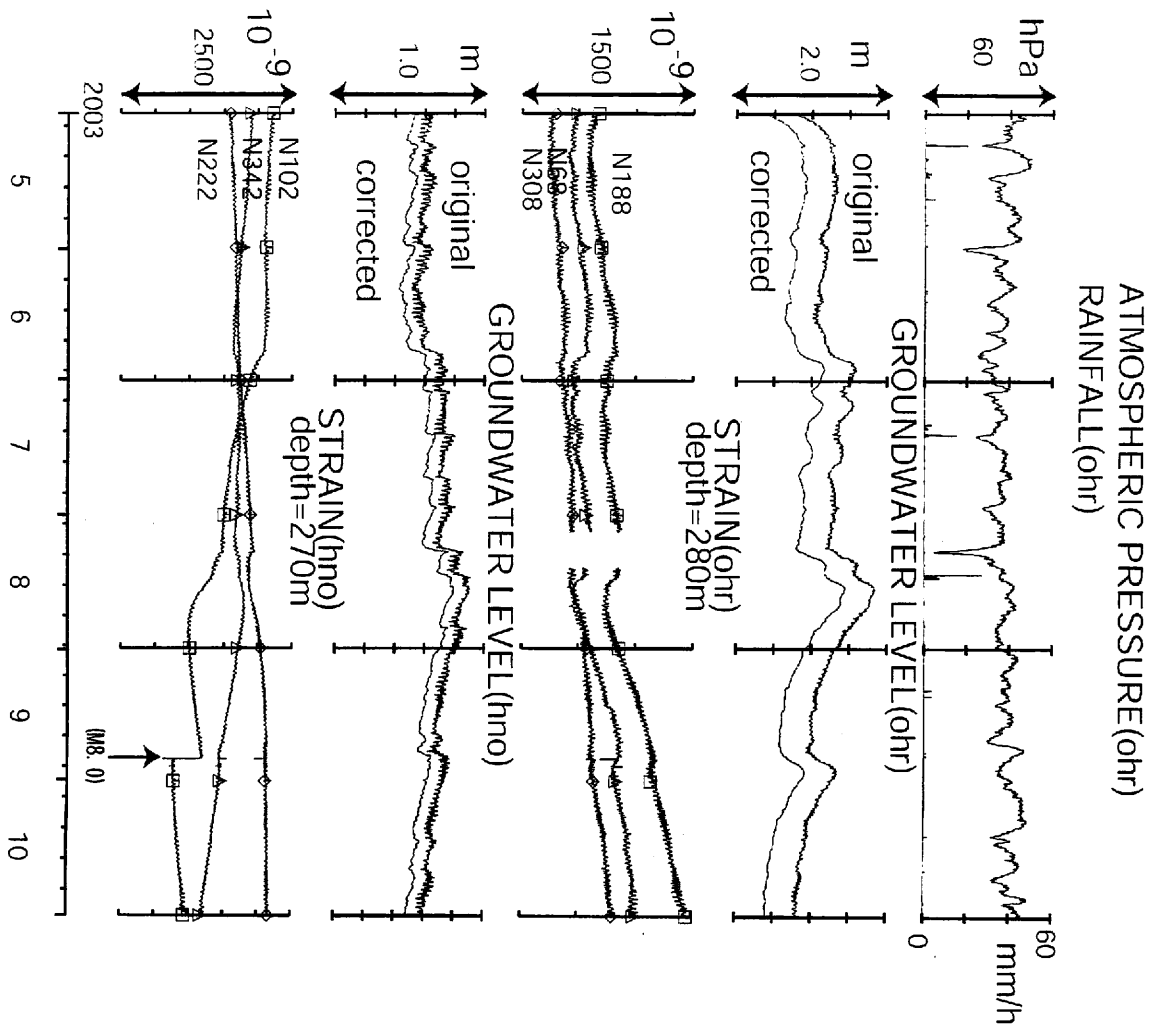


Fig.10

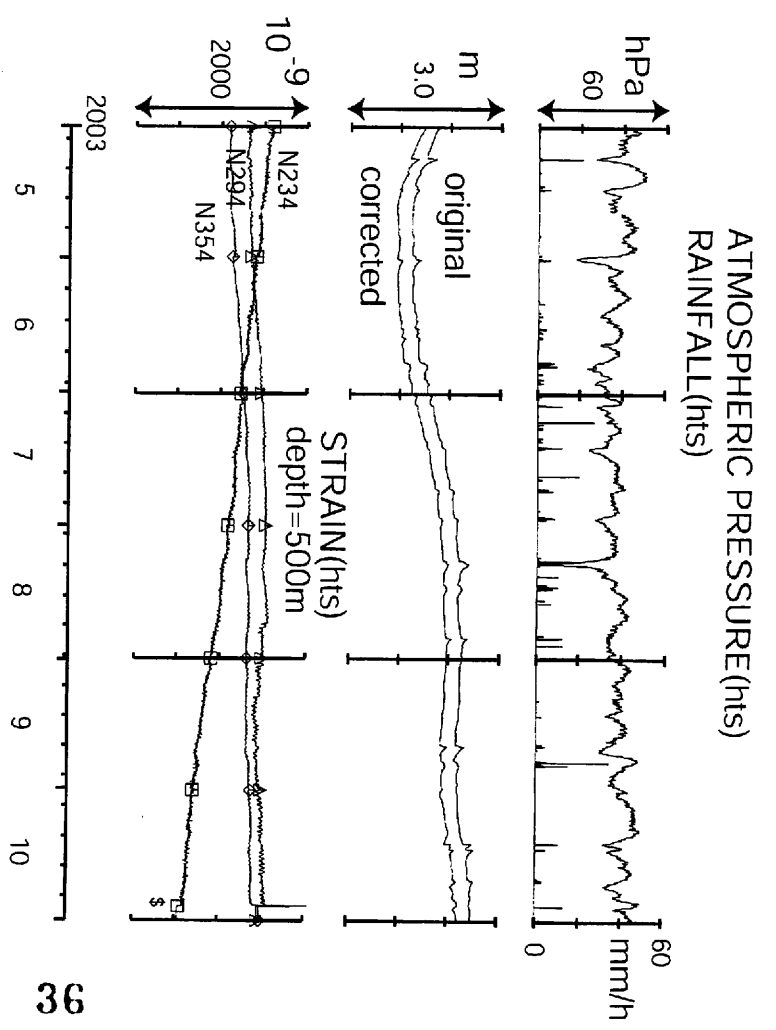


Fig.11

1. はじめに

鳥取県・島根県・岡山県は温泉が多く、その所在も地震活動と関連していると考えられる。特に、鳥取県では1943年鳥取地震（M7.2）および、2000年鳥取県西部地震（M7.3）が発生し、温泉と地震活動の関連を調査研究するのに適した地域である。この地方の特徴を生かし、国際ロータリー第2690地区、鳥取県西部地震義援金事業の一環として、温泉水の時間変化を観測網を山陰地方（鳥取県西部地震周辺及び鳥取県東部・岡山県北部地域）に整備し、地震活動との関連を調べている。

2. 観測

これまでに観測を開始している地点は、鳥取温泉・岩井温泉・三朝温泉・鹿野温泉・奥津温泉・湯原温泉・千屋温泉・日野町金持の8地点である（図1）。この中では奥津温泉のみ自噴泉である。将来的には18点程度に拡充する予定である。

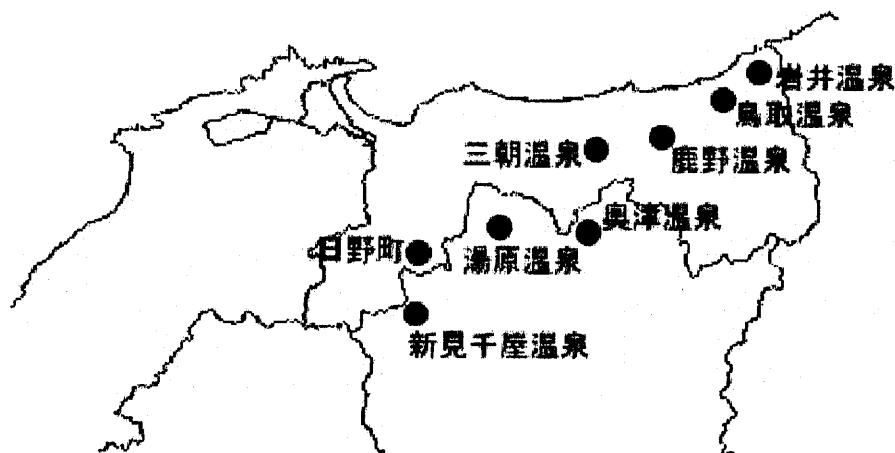
観測方法としては、温泉井に水位計や温度計（1/100℃までの分解能を持つデジタル温度計）を設置し、測定値をデータロガー（LS3350, 白山工業）にいったん収録する。その後、観測データを観測センター（鳥取大学工学部や京大防災研地震予知研究センター鳥取観測所等）へ電話回線を利用して転送する。観測センターには、データの回収・記録・解析システムを設置し、温泉データを地震データ等と比較して関係を調べる。解析の結果は、速報として観測センターのホームページにより、インターネットで公開している（<http://hc2.seikyuu.ne.jp/home/ONSEN-kansoku/>）。

水位・水温の測定インターバルは10秒で1分間の平均値を記録している。温度センサーは、事前の温度検層により、千屋温泉を除いて、最も温度変化の大きい位置（深さ）に設置している（鳥取温泉175m, 岩井温泉150m, 三朝温泉25m, 鹿野温泉35m, 奥津温泉130m, 湯原温泉タンク内, 千屋温泉タンク内, 日野町金持100m）。なお、水位については、現状では鳥取温泉のみの測定である。

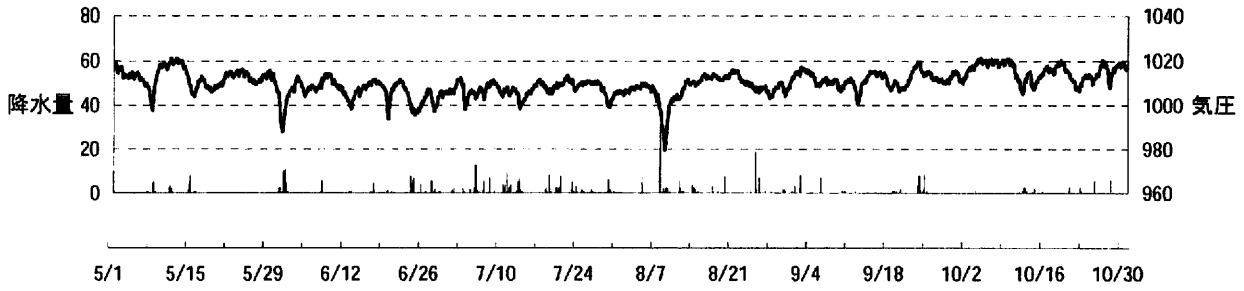
3. 結果（図2-6）

結果（1時間値）を図に示す。生データの下に示している補正値は、BAYTAP-Gによって、気圧や気温の寄与・潮汐変化・不規則ノイズを除去したものである。気圧や気温の記録は、鳥取気象台の測定値を用いている。

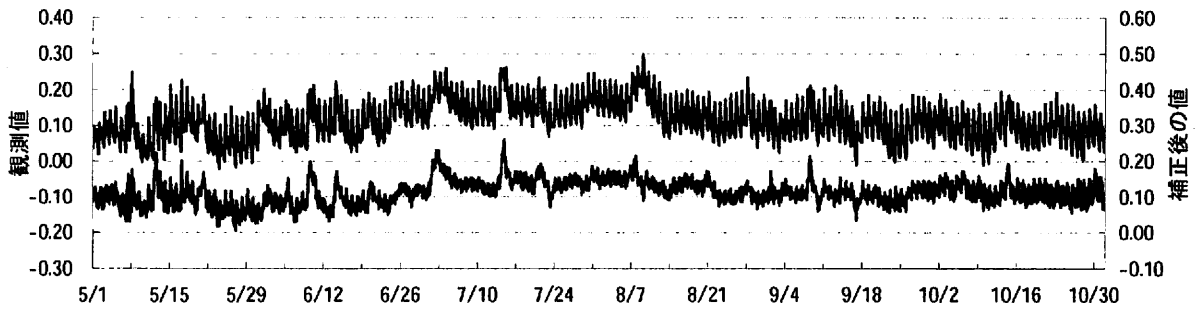
図1：観測点分布



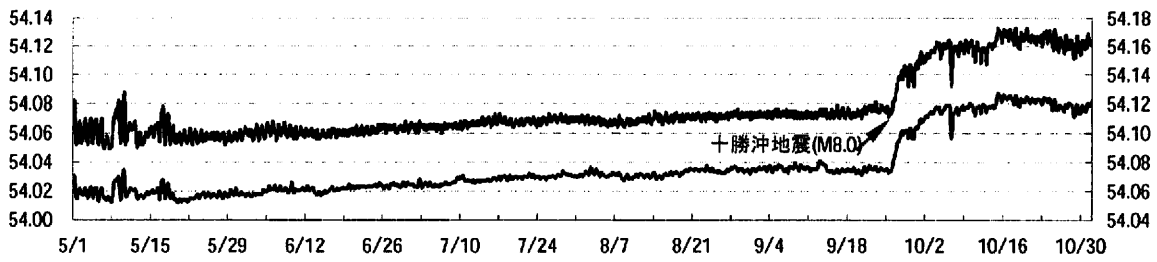
鳥取市 気圧・降水量



鳥取温泉 水位変化(m)



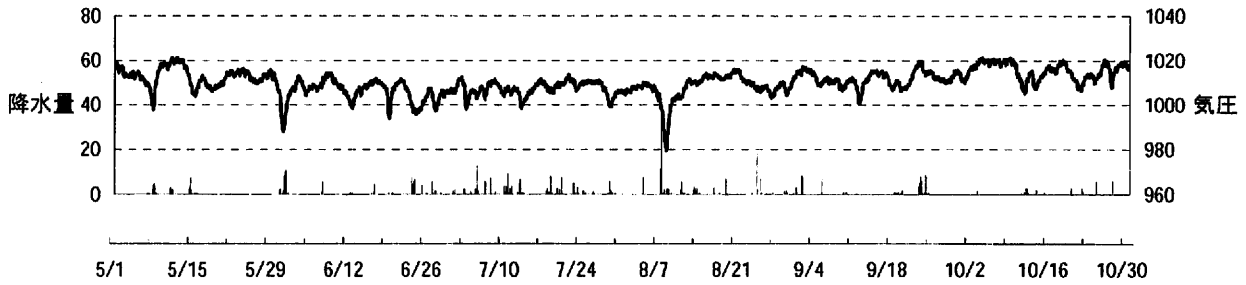
鳥取温泉 水温(°C)



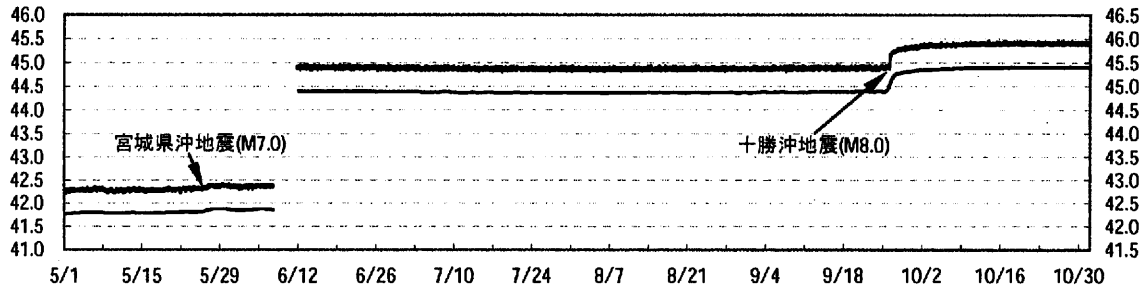
'03.9.26十勝沖地震で水温上昇

図 2

鳥取市 気圧・降水量



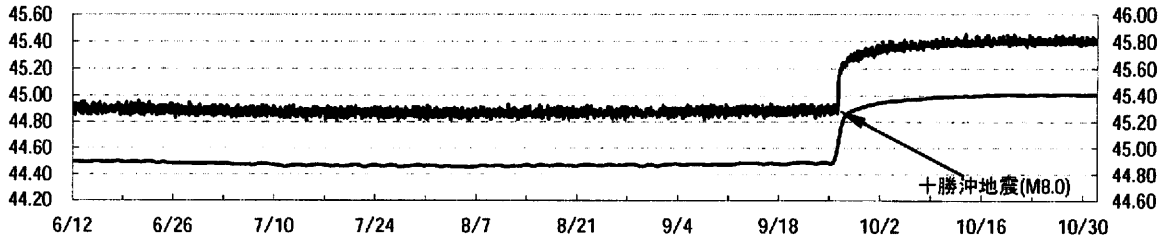
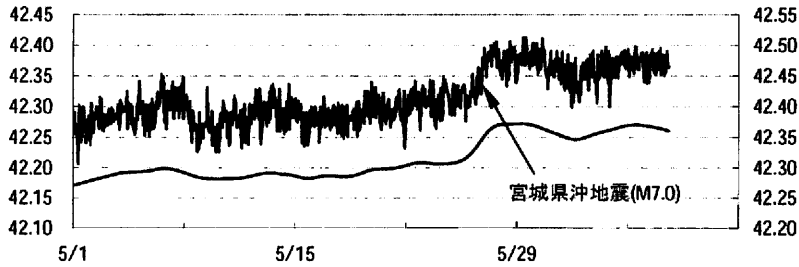
岩井温泉 水温(°C)



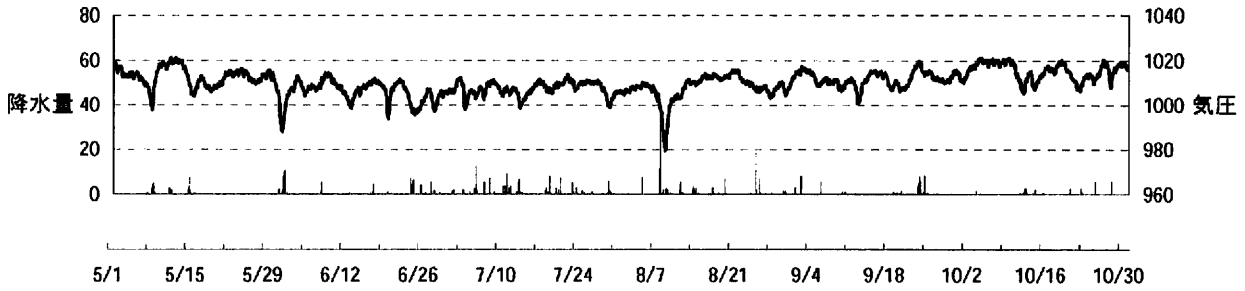
03.5.26 宮城県沖地震、'03.9.26十勝沖地震で水温上昇
以下 拡大図

6月初めの温度のステップは、センサー再設置によってセンサ
ーの位置がずれたため

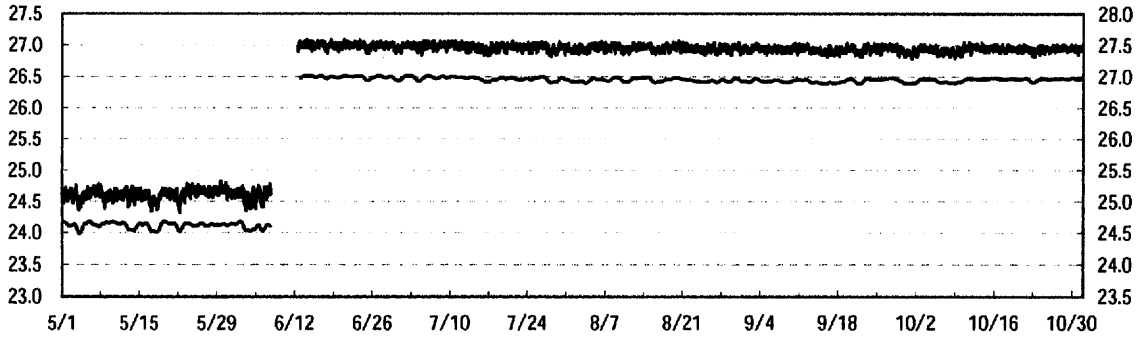
岩井温泉 水温(°C)



鳥取市 気圧・降水量



鹿野温泉 水温(°C)



以下 拡大図

6月初めの温度のステップは、センサー再設置によってセンサーの位置がずれたため

鹿野温泉 水温(°C)

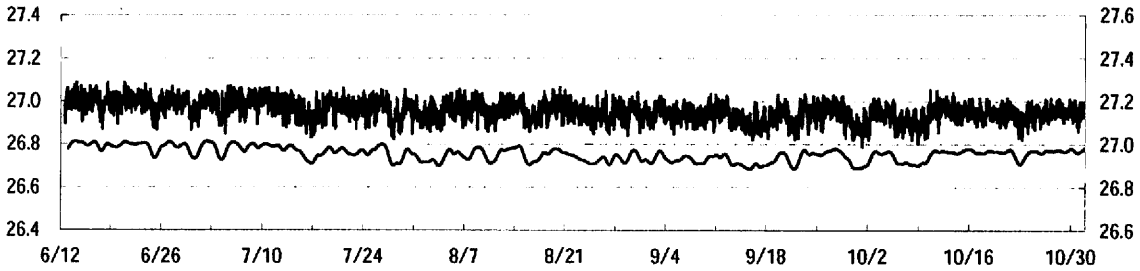
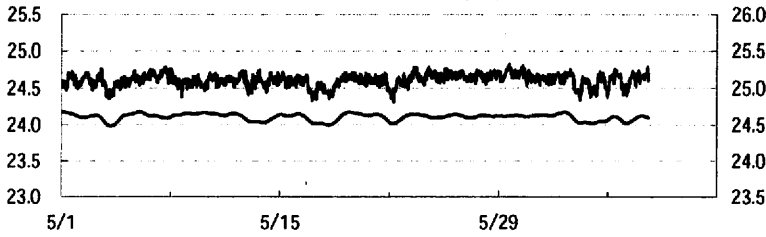
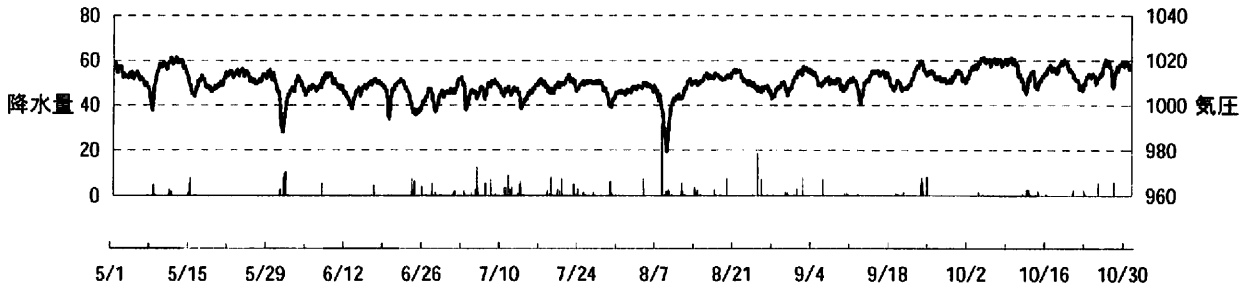
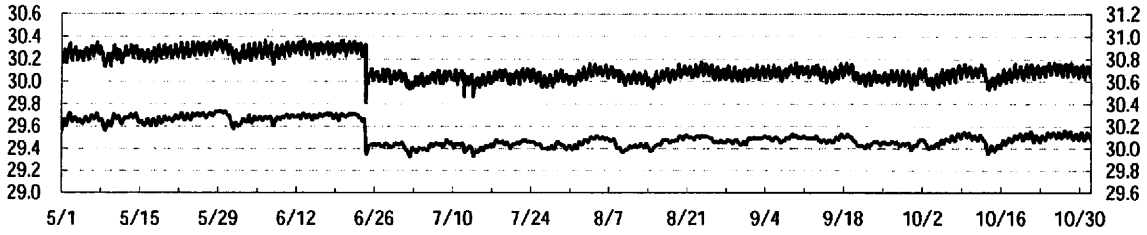


図 4

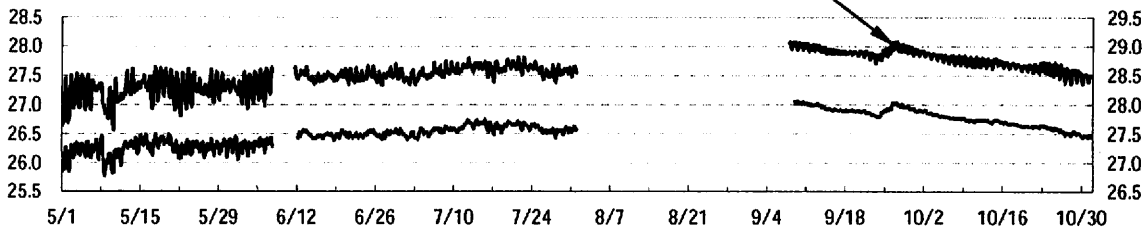
鳥取市 気圧・降水量



三朝温泉 水温(°C)



奥津温泉 水温(°C) 十勝沖地震(M8.0)



03.9.26十勝沖地震で水温変化
以下 拡大図('03.9.8-10.31)

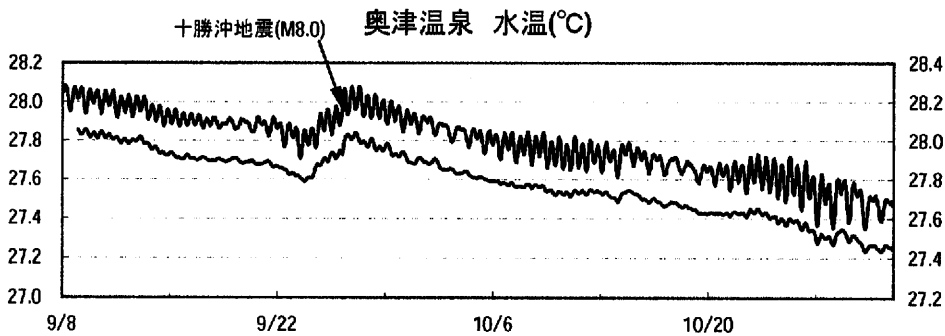
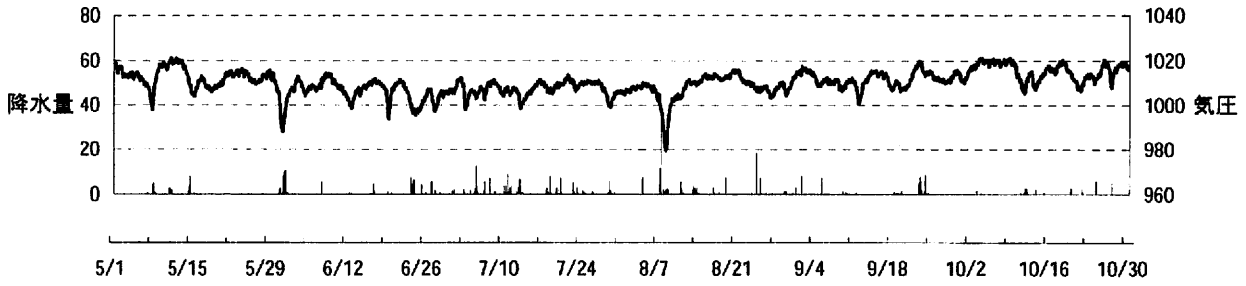
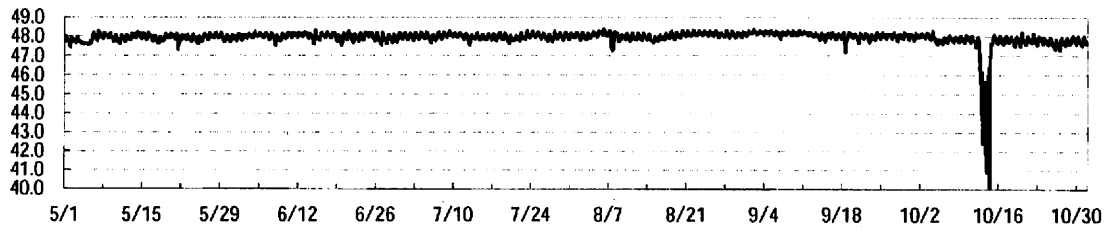


図5

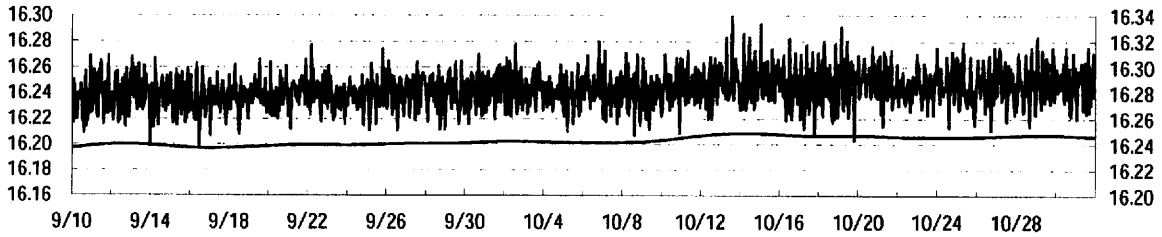
鳥取市 気圧・降水量



湯原温泉 水温(°C)



日野町 水温(°C)



新見千屋温泉 水温(°C)

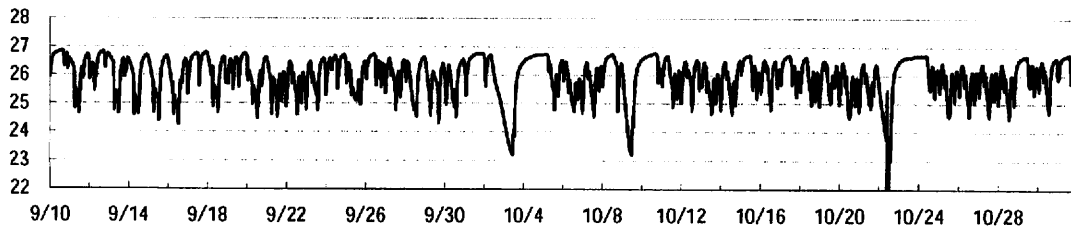


図 6

地下水観測の意味するもの～地殻変動センサーとしての地下水の能力～

小泉尚嗣・高橋誠・松本則夫・佐藤努・大谷竜・北川有一
(産業技術総合研究所地質調査総合センター)

1. はじめに

地震予知研究における地下水の観測・研究の役割は下記の 5 点が考えられる。

- (1) 地下水観測・研究から換算される地殻変動(主に体積歪変化や比高変化等)データの提供。
→短期・直前予測, 長期予測
松本・他(2003)、小泉・他(2003a, 2003b)
- (2) 断層周辺における Permeability 等の時間変化に関する情報の提供。
→地震発生サイクルの理解→長期予測
Kitagawa et al. (2002), Sato et al. (2000)
- (3) 地下水変化に伴う地表変位情報の提供。
→GPS 等測地測量の高精度化→中～長期予測
松本(1996)、Ohtani et al. (2000)、Jonsson et al. (2003)、宗包・他(2003)、飛田・他(2003)
- (4) 地下深部における間隙水圧変化(=地震発生過程における重要な因子)に関する情報の提供。
→通常深さ 1 km 程度までの地下水観測に対し、地震発生域の深さは数 km 以深
→研究段階
- (5) 地震に伴う物質移動に関する情報の提供
→地震前に物質移動するメカニズムの定量化が困難
→地震発生域付近からの物質の移動が観測で確認されたのは松代地震(1965-1967)のみ
Yoshioka et al. (1970)
→研究段階

現時点で、観測量を地震予知と結び付けて定量的な議論ができ、東海地震予知に代表される実用的な地震予知に適用できるのは上記(1)のみであるので、本講演では主に(1)について議論をおこなう。

2. 議論

2.1 地下水位データの地殻変動データ(体積歪変化・比高変化)への換算

被圧地下水の水位は、水で飽和した(空隙のある)弾性体の理論(poro-elastic theory)を根拠とした「体積歪計」として扱える。主に地球潮汐による体積歪の潮汐変化(両振幅で 10^{-7} のオーダー)による地下水位変化を利用して、地下水位の体積歪変化に対する感度を求めることができる。ごく条件のよい観測井戸であれば、10 cm 程度の振幅の潮汐変化が観測でき、我々が通常用いる高感度の水晶発信式水位計の分解能が 0.2 mm 程度であるので、 2×10^{-10} 程度の体積歪変化の検出が(最も条件のよい場合に)期待できる。

不圧(自由)地下水の場合は、被圧地下水と違って、体積歪変化に対しては感度は悪い。ただし、海岸付近の浅い不圧地下水の場合、海水面と圧力的につりあった状況にあることから、海水面に対する相対的な地面の昇降に応じて水位が変化する。すなわち、比高の変化が、(符号を逆にして)海岸付近の不圧地下水の水位変化になりうる。ただし、その場合、圧力がつりあった状態ならば、水位変化量は比高変化量以下となる。

2.2 地下水データを地殻変動データに換算することのメリット

下記の 4 点が考えられる。

- (1) 帯水層の広がりに対応する範囲の空間平均値を測定できる。
- (2) 地殻変動観測機器とは独立な観測量であることから、通常地殻変動観測機器と比較・検討することで観測データの信頼性が増す。
- (3) 既存の地下水データ・地下水観測設備の利用により、近代的観測(機器)のない場所・時代での地殻変動データが提供できるので、時空間的に広い範囲のデータ提供ができる。
- (4) 観測機器が地殻変動連続観測機器に比べて安価である。

3. 応用

3.1 想定東海地震におけるプレスリップ検知能力

上述のように、被圧地下水であって地球潮汐による潮汐変化を確認できる観測井戸の水位データは、気象庁の体積歪計データとまったく同様に扱えるので、気象庁と同様の手順で、地下水位データを扱って相互に比較することができる。その結果、東海地方における産総研の地下水観測点の中で条件のよいものは、気象庁体積歪計に匹敵するプレスリップ検知能力をもつことがわかった(松本・他、2003)。東海地震の想定震源域周辺で体積歪計のないところに、予算・人員の許される範囲で地下水観測点を設けることも、今後の展開としては考えられる。

3.2 1946年南海地震 (M8.0) 前後の地下水変化の評価

過去1300年間に9回の発生が古文書等で確認されている南海地震では、四国や紀伊半島の温泉でくりかえし自噴量や水位の低下があったことが知られている。特に、1946年南海地震においては、地震時の温泉水の自噴量・水位の低下に加え、地震の数日前から、紀伊半島～四国の太平洋岸の浅い地下水の水位が、推定で数十cm以上低下したことが知られている。地震時の温泉水の自噴量・水位の低下については、本震の断層モデルから計算される体積歪変化(増大:膨張)で定性的かつ定量的に説明できる。地震前の浅い地下水の水位低下も、南海地震本震の震源域周辺でプレスリップがあったとすれば、紀伊半島～四国の太平洋岸で陸地が隆起することで、2.1で示した考えに基づき定性的に説明できるが、その量は数cm程度にとどまり、上述の数十cm以上といった振幅は説明できない。何らかの増幅機構があるはずでそれを解明することが課題である。いずれにしても、当時の地下水変化を地殻変動と結びつけて評価することで、1946年南海地震の発生モデルを本震発生前の過程も含めて議論・評価でき、これは次期南海地震発生予測精度向上に貢献できる(京大防災研, 2003a, 2003b; 小泉・他, 2003b)。

4. 課題

4.1 地下水変化を地殻変動データに換算する際の周波数依存性の評価

体積歪変化や比高変化によって地下水位が変化する場合、実際には周波数依存性(長周期側にも短周期側にも感度が低下する)がある。気圧変化等に対する地下水位変化を解析して、周波数依存変化も考慮した換算をしていくことが必要で現在その準備をしている(北川・他, 2003)。

4.2 地震時に地下水変化をもたらす他の要因による寄与の評価

地震時には、体積歪変化や比高変化だけではなく、液状化やPermeability等の変化によっても地下水は変化する。通常時の変化に加えて、過去の地震時の変化を適切におこなうことで、地震前の異常変化が適切に評価できるので、地震時の変化について要因別に分類・評価できるようにしておく必要がある。液状化やPermeability変化は、地質状況や地震動(特に加速度)に左右されると考えられるので、今後、比較検討していく必要がある。台湾で発生した1999年集集地震(Mw7.6)後に、地質状況がよく把握された数百の地下水観測点(台湾)で詳細な地下水変化が捉えられていて、地震動加速度最大値等と比較可能なので、このデータの詳細な解析が一つの回答を与えてくれる可能性がある(Wang et al, 2001; Lai et al, 2003)。

4.3 反映している地殻変動の空間的な把握

2.2の(1)で帯水層の広がりに対応する範囲の(地殻変動の)空間平均値を示すとしているが、実際の程度の範囲を代表しているかは不明である。他の地殻変動観測機器との相互比較や、狭い範囲に観測点を集中させて、潮汐や気圧変化・長周期地震動に対するレスポンスを比較検討するといった案が考えられる。断層破砕帯の近傍で、そのような観測を行った結果によれば、代表している空間の範囲は局所的(10m未満)である。

5. まとめ

地震予知は、種々の手法を戦略的に組み合わせ、相互に情報交換しつつ探求していかなくては達成できない。地震予知研究の手法において地下水観測を用いた手法は「後発」であるから、他の手法に対して比較優位性のある分野の課題を優先的に探求する一方で、得られたデータを、他手法によるそれとの比較可能な情報(地殻変動データ)に換算して提供することが重要と考えて研究を行っている。

文献

- Jonsson et al. (2003), *Nature*, 424, 179-183.
北川・他 (2003), 日本地震学会講演予稿集, P130.
Kitagawa et al. (2002), *Geophys. Res. Lett.*, 29, 10, 121-1 - 121-4.
京大防災研 (2003a), 地震予知連絡会会報, 70, 402-403.
京大防災研 (2003b), 地震予知連絡会会報, 70, 423-428.
小泉・他 (2003a), 月刊地球, 号外 41 号, 48-54.
小泉・他 (2003b), 日本地震学会講演予稿集, A037.
Lai et al. (2003), 地球惑星科学関連学会 2003 年合同大会, S049-P002.
松本 (1996), 月刊地球, 号外 14 号, 33-41.
松本・他 (2003), 日本地震学会講演予稿集, P129.
宗包・他 (2003), 測地学会講演予稿集, 65-66.
Ohtani et al. (2000), *Earth Planets Space*, 52, 663-668.
Sato et al. (2000) *Geophys. Res. Lett.*, 27, 8, 1219-1222.
飛田・他 (2003) 測地学会講演予稿集, 67-68.
Wang et al. (2001) *Geology*, 29, 9, 831-834.
Yoshioka et al. (1970), *Geochem. J.*, 4, 61-74.

地下水観測の意味するもの ～地殻変動センサーとしての 地下水の能力～

○小泉尚嗣・高橋誠・松本則夫
・佐藤努・大谷竜・北川有一
(産業技術総合研究所地質調査総合センター)

地下水の観測・研究の地震予知研究における役割

- (1) 地下水観測から換算される地殻変動データの提供
→短期・直前予測, 長期予測
- (2) 断層周辺の透水係数等の時間変化に関する情報提供
→地震の発生サイクルの理解→長期予測
- (3) 地下水変化に伴う地表変位情報の提供
→GPS等測地測量の高精度化→中期～長期予測
- (4) 深部(地震が起こる深さ)の間隙水圧に関する情報の提供
→研究段階
- (5) 地震に伴う物質移動に関する情報の提供→研究段階

近年の地震予知研究

観測 ↔ 地震の理論・シミュレーション の重視

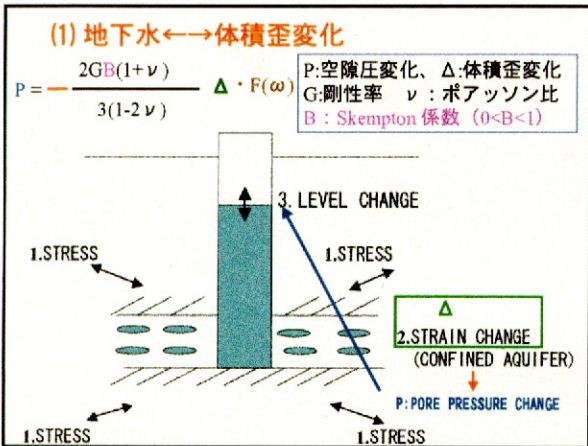
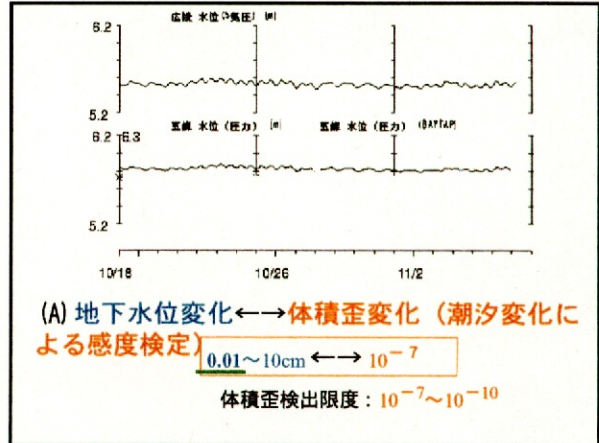
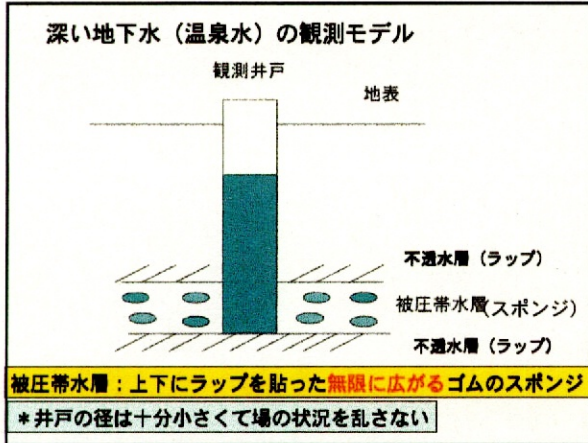
地下水観測? ↔ ? 地震の理論・シミュレーション

地下水観測結果 ↔ 地殻変動
物理定数の変化 ↔ 地震の理論
シミュレーション

地殻変動: 地面の伸縮(歪)、変位(水平・垂直移動)・傾斜
物理定数: Permeability: 断層回復の指標

地下水の観測・研究の地震予知研究における役割

- (1) 地下水観測・研究から換算される地殻変動データ
A・地下水位変化→歪(特に体積歪)変化
B・地下水位変化→比高変化

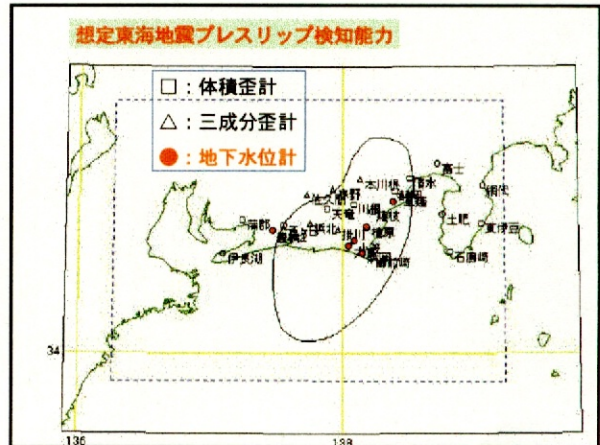
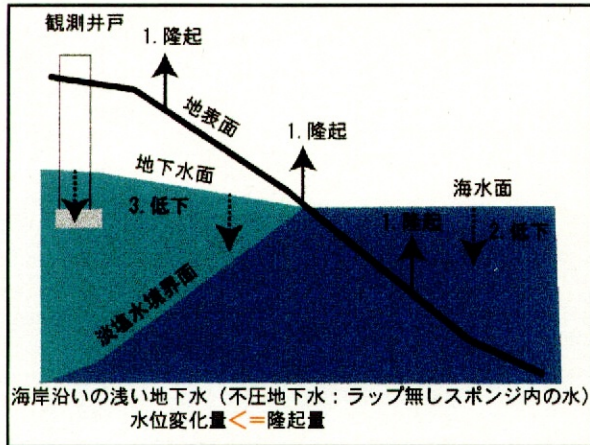


地下水の観測・研究の地震予知研究における役割

(1) 地下水観測・研究から換算される地殻変動データ

A・地下水水位変化 → 歪 (特に体積歪) 変化

B・地下水水位変化 → 比高 (地面の上下) 変化



(1) 地下水観測による地殻変動データの提供

長所

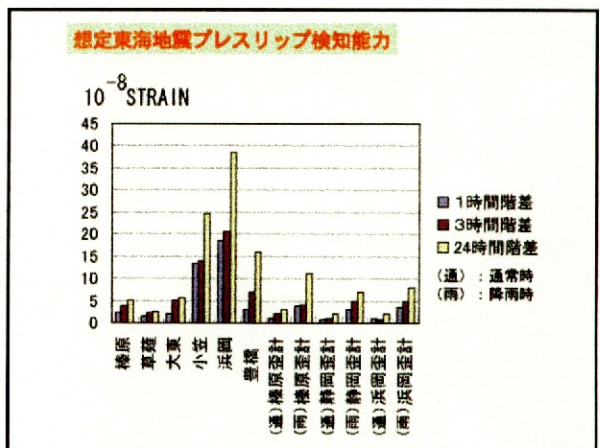
- ・帯水層の広がりに対応する範囲の空間平均
- ・地殻変動観測機器とは独立な観測
- ・近代的観測（機器）のない場所・時代での情報提供
- ・安い、既存の地下水データ・地下水観測設備の活用

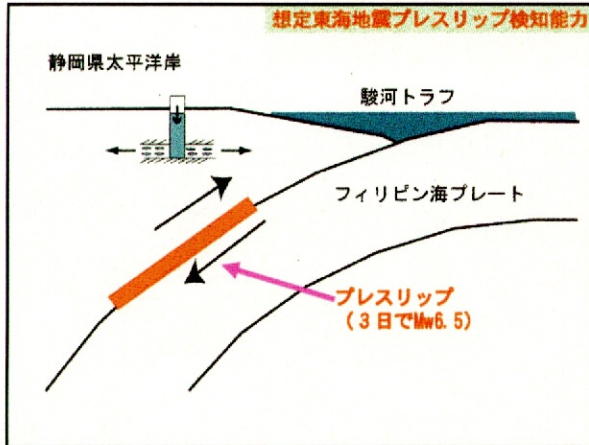
課題

地殻変動観測機器として考えたときの、地下水位の特性
ノイズレベルの把握

応用例 1

→東海地震の短期・直前予測への貢献
プレスリップ（地震直前のゆっくりすべり）検出





(1) 地下水観測による地殻変動データの提供

長所

- ・帯水層の広がりに対応する範囲の空間平均
- ・地殻変動観測機器とは独立な観測
- ・近代的観測（機器）のない場所・時代での情報提供
- ・安い、**既存の地下水データ**・地下水観測設備の活用

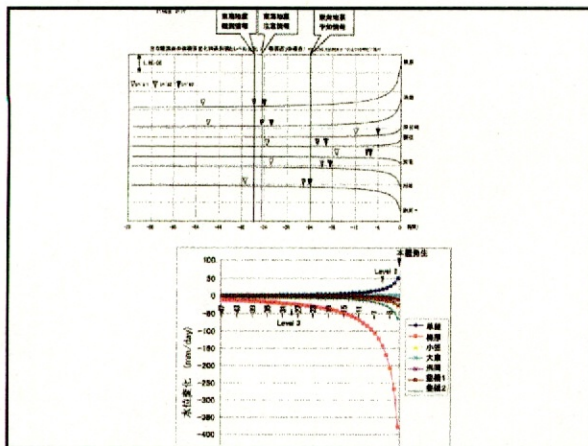
課題

地殻変動観測機器として考えたときの、地下水位の特性
ノイズレベルの把握

応用例 2

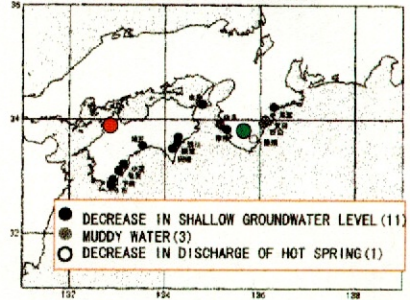
→昔の地震のモデルの再構築→長期予測への貢献

例：1946年南海地震

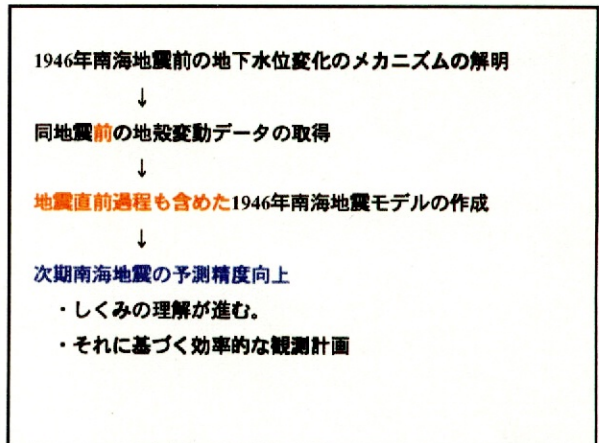
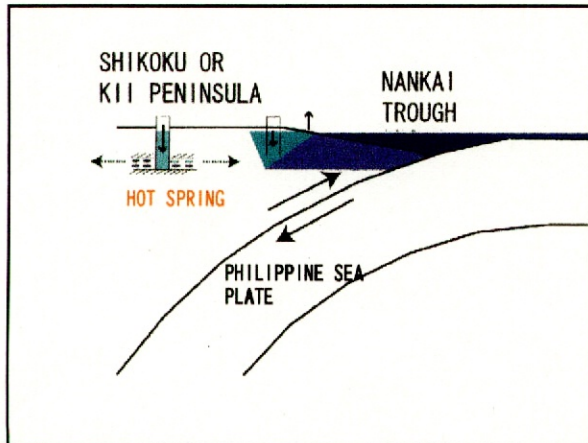
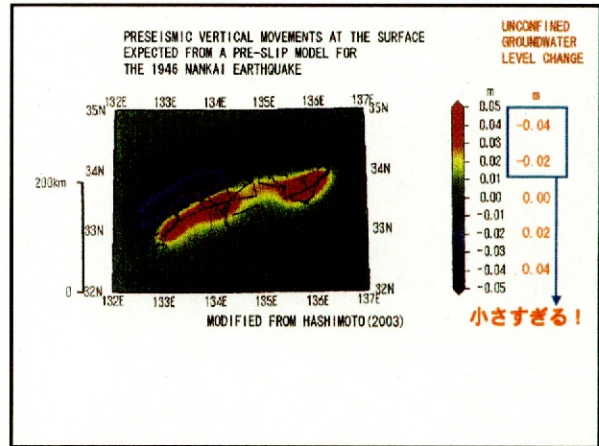
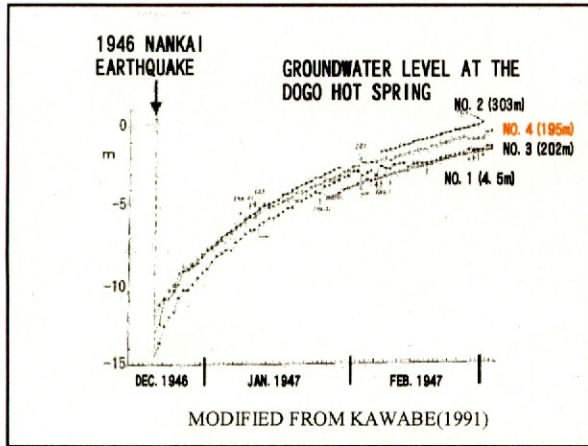


大局的予測→過去の地震モデルの高精度化へ

PRESEISMIC GROUNDWATER CHANGES BEFORE THE 1946 NANAKAI EARTHQUAKE



MODIFIED FROM UMEDA (2003)



まとめ

地下水観測結果 ↔ 地殻変動 ↔ 地震の理論
(地下水位・自噴量) シミュレーション

メリット

- ・地震予知研究における地下水観測結果の定量的評価
- ・近代的観測（機器）のない場所・時代での情報提供
- ・安い・既存のデータ・設備の活用