

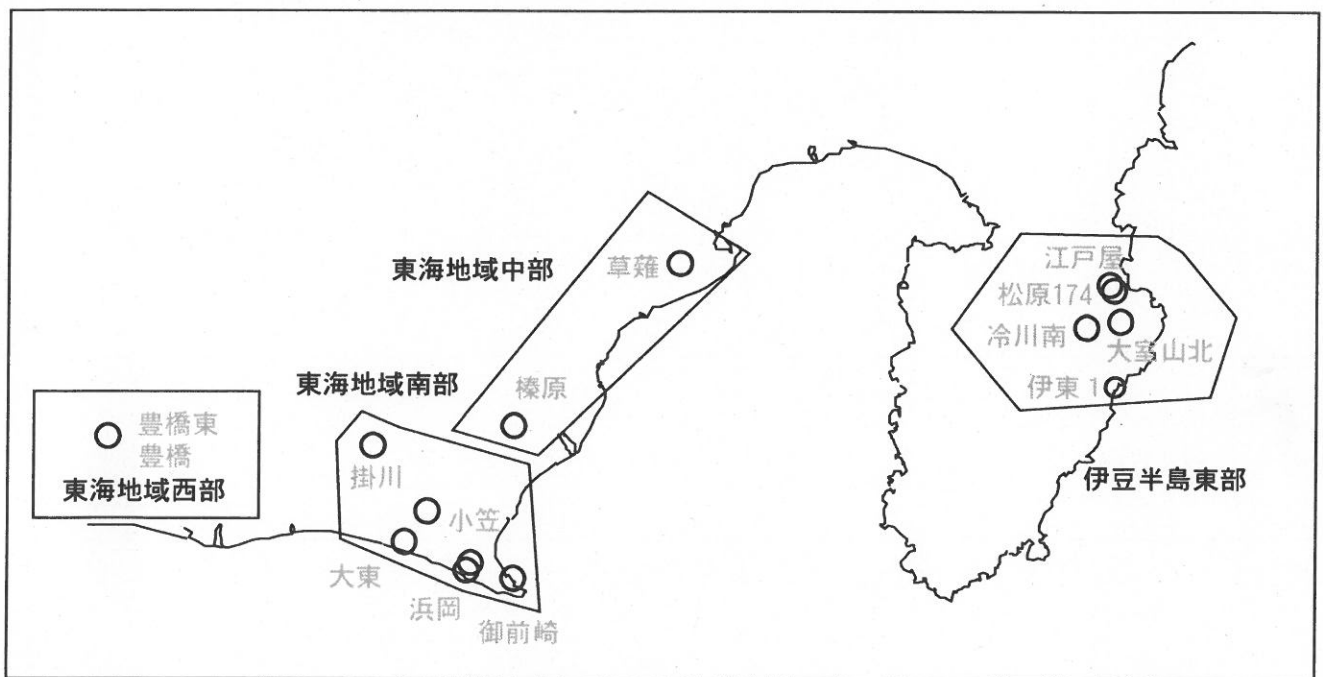
第284回

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12月21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

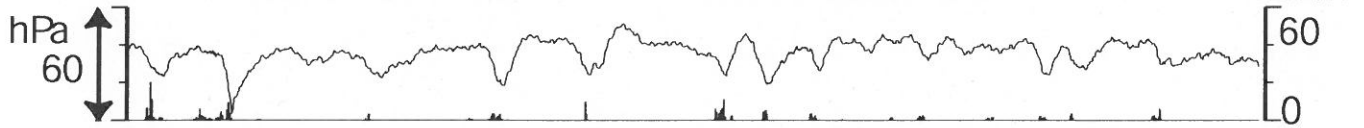
- ・ 浜岡・榛原の降雨グラフ
- B・2009年12月16日の土佐湾の地震（M4.6）に伴う地殻歪・地下水変化
- C・2009年12月の伊豆半島東方沖群発地震活動に伴う地下水変化

東海地域中部 (榛原・草薙) 中期 (時間値)

(2009/10/01 00:00 - 2009/12/19 00:00)

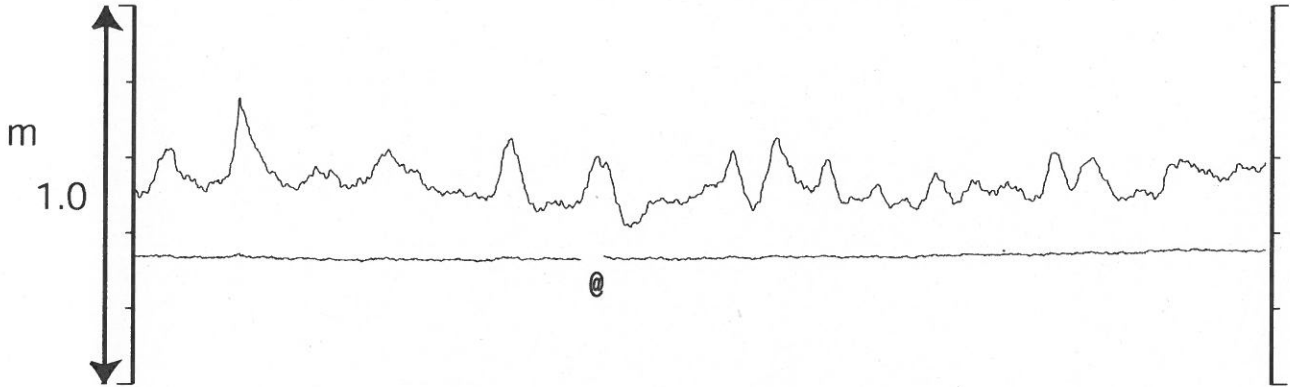
榛原 気圧 (Vaisara) [hPa]

榛原 降水量 (積算) [mm]



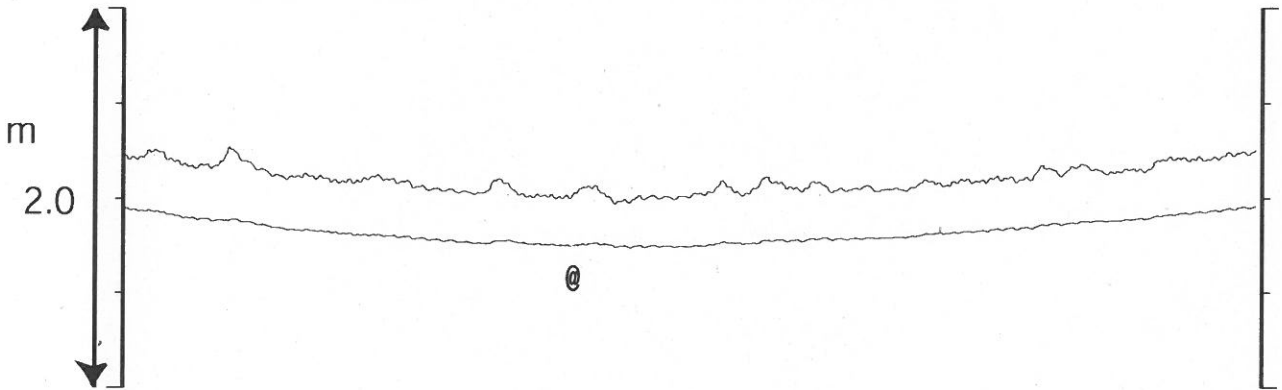
榛原 水位 (差圧) [m]

榛原 水位 (差圧) (MR-AR)

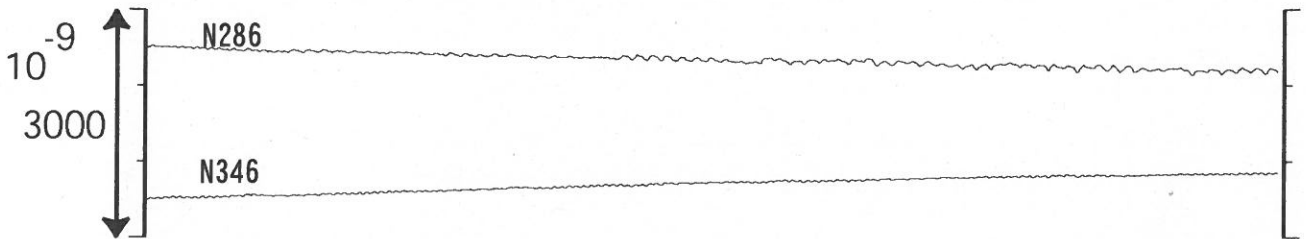


草薙2 水位 (差圧) [m]

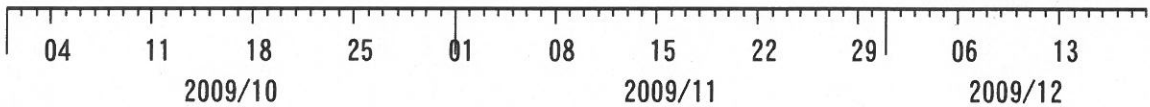
草薙2 水位 (差圧) (MR-AR)



草薙1 歪all [xE-9]



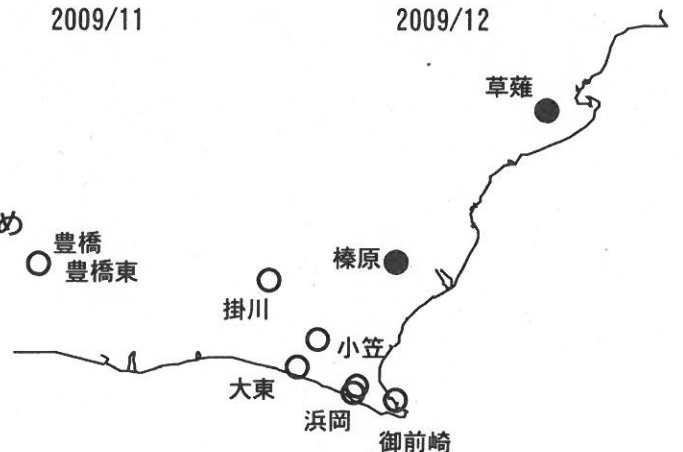
計器深度 GL-336m



コメント: \$; 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。

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）

(2009/10/01 00:00 - 2009/12/19 00:00)

草薙 気圧 (Paro) [hPa]

草薙 降水量 (積算) [mm]

mm/h

hPa
60

60
0

草薙3 水位 (差圧) [m]

草薙3 水位 (差圧) (BAYTAP)

m
6.0

草薙1 水位 (差圧) [m]

ストレナ深度 GL-9.2~20.1m

m
4.0

台風

草薙1 歪 1 [x10⁻⁹]

草薙1 歪 1 (BAYTAP)

ストレナ深度 GL-308.5~319.5m

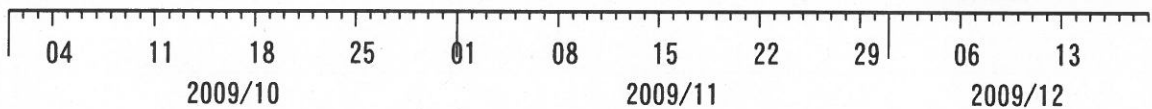
10⁻⁹
1000

草薙1 歪 2 [x10⁻⁹]

草薙1 歪 2 (BAYTAP)

計器深度 GL-336m

10⁻⁹
1000



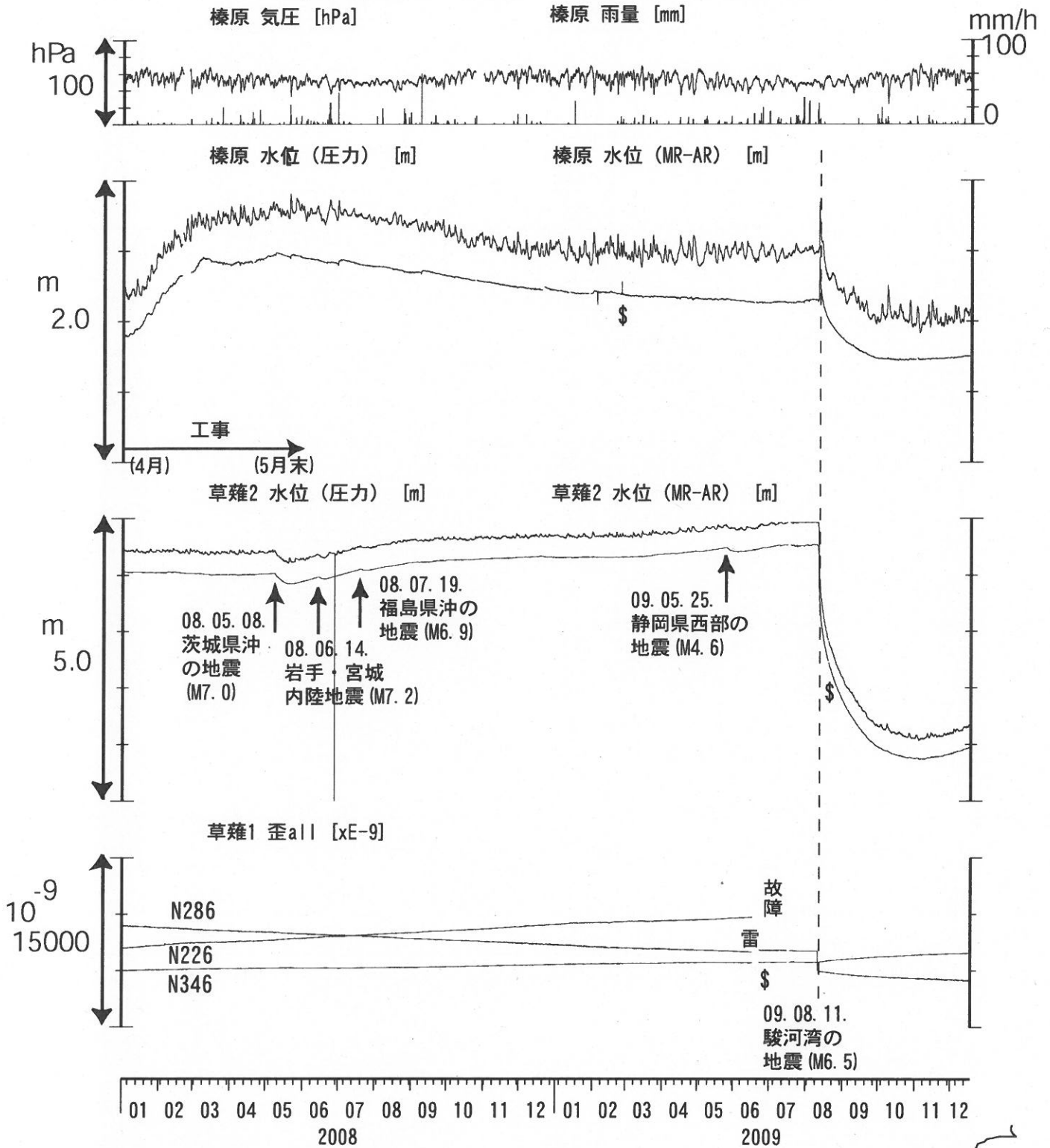
コメント：\$;保守.

2009年10月上旬と11月中旬の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。

歪3 (N226成分) は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)
 (2008/01/01 00:00 - 2009/12/18 00:00)

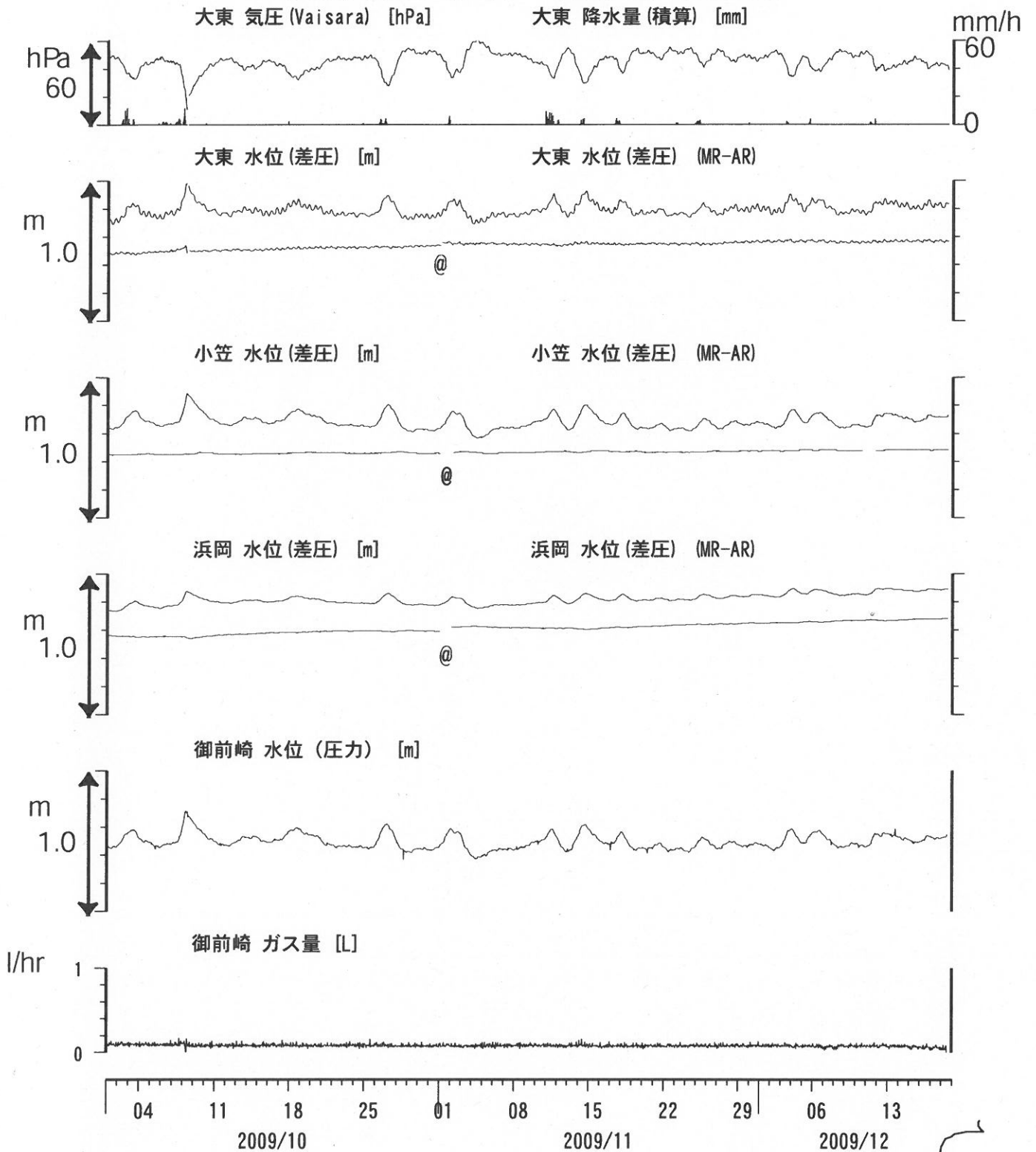


コメント：*;雨量補正不十分。?;原因不明。
 静岡空港建設工事 (2002年7月～2003年2月,
 2003年5月～2004年3月, 2004年8月末～2005年5月18日,
 2005年5月21日～2006年8月, 2007年4月～2008年5月末)
 が榛原で行われている。
 歪N226成分が6月16日の雷で故障した。
 草薙2の水位は7月中旬に井戸口から溢れたので
 2009年8月11日の地震まで
 一定値になっているように見える。



東海地域南部 地下水観測結果 中期 (時間値)

(2009/10/01 00:00 - 2009/12/19 00:00)

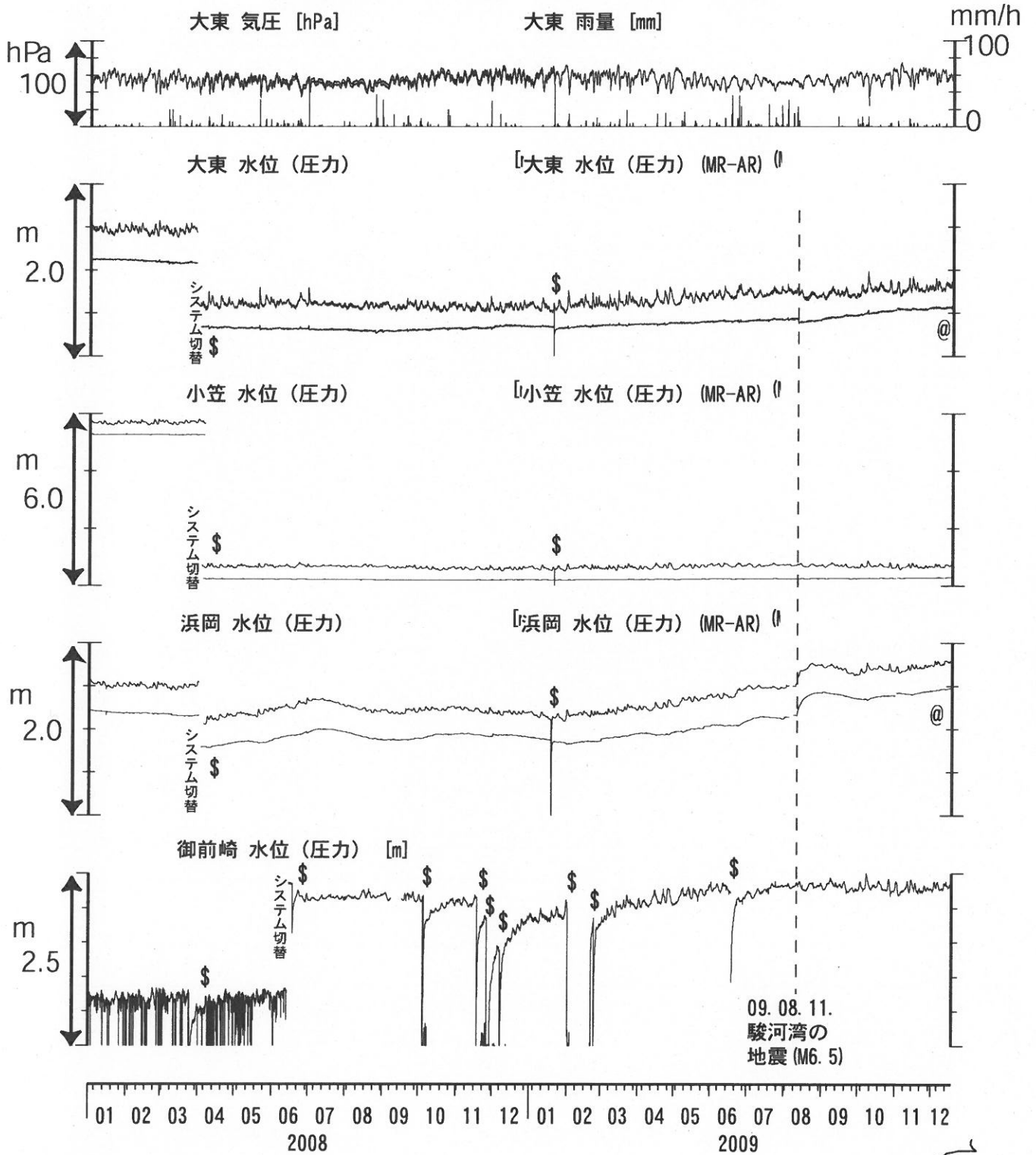


コメント:

*: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。



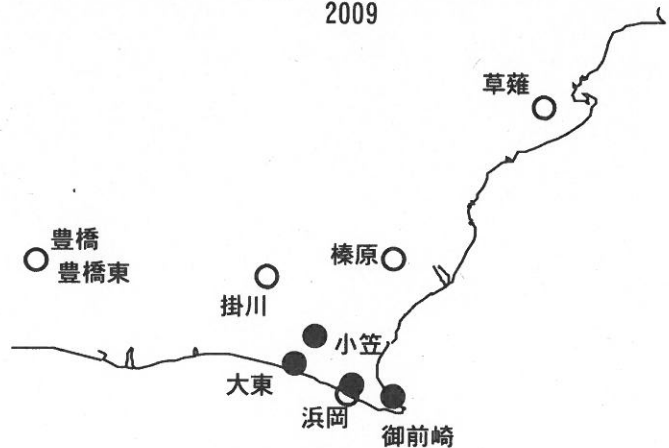
東海地域南部 地下水観測結果 長期 (時間値)
 (2008/01/01 00:00 - 2009/12/18 00:00)



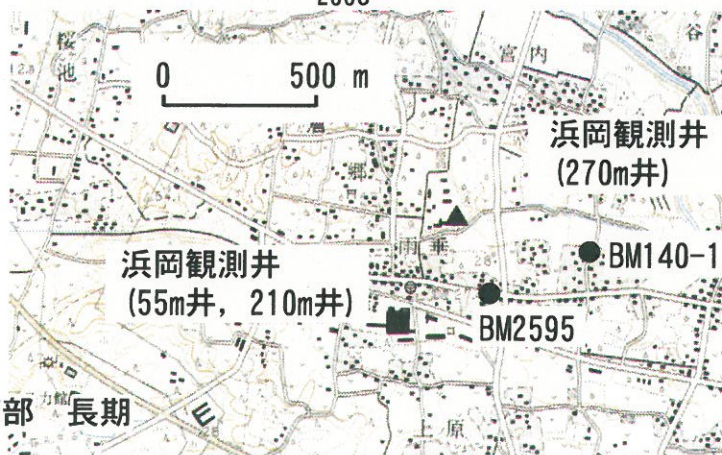
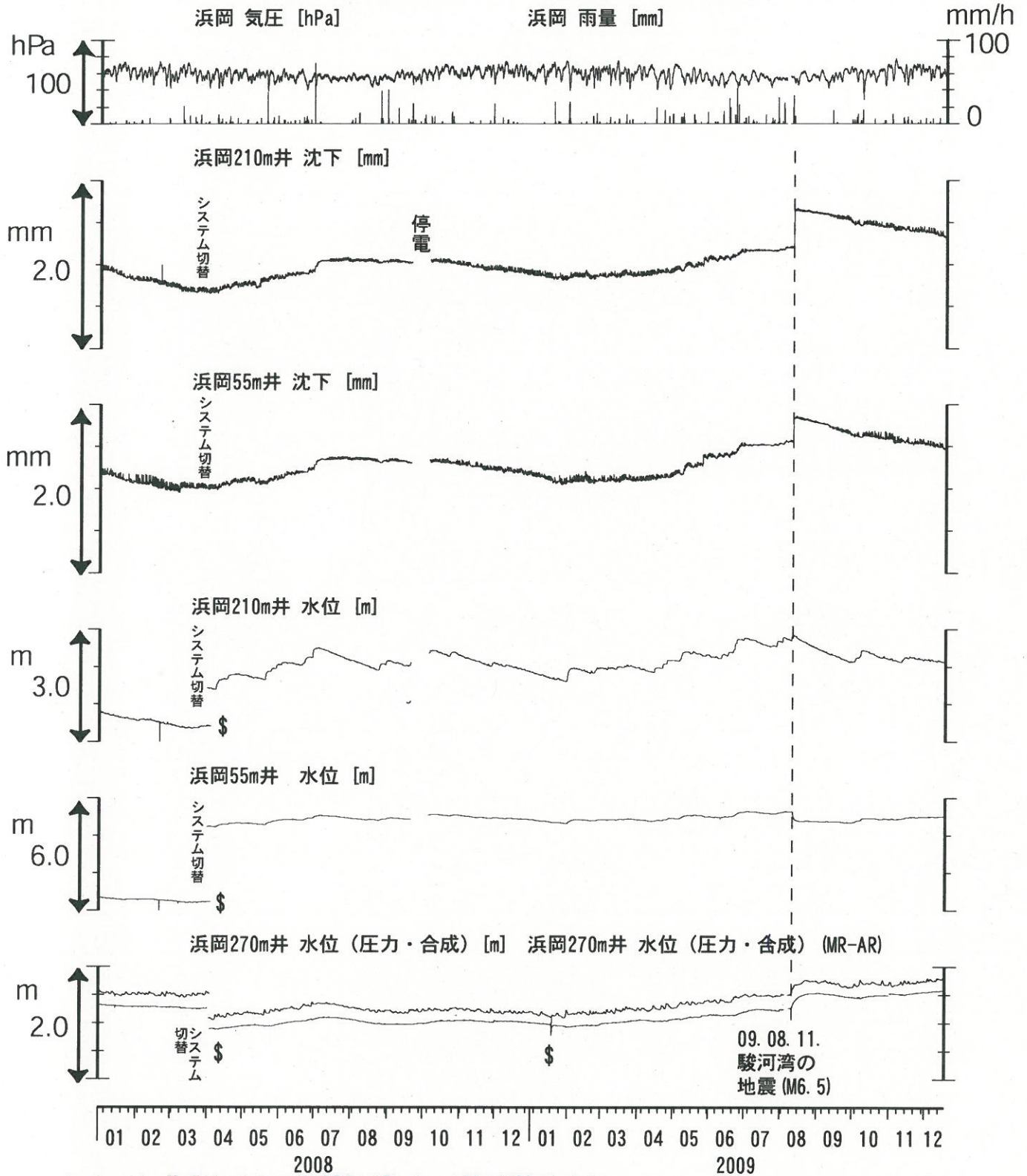
09.08.11.
 駿河湾の
 地震 (M6.5)

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） (2008/01/01 00:00 - 2009/12/18 00:00)

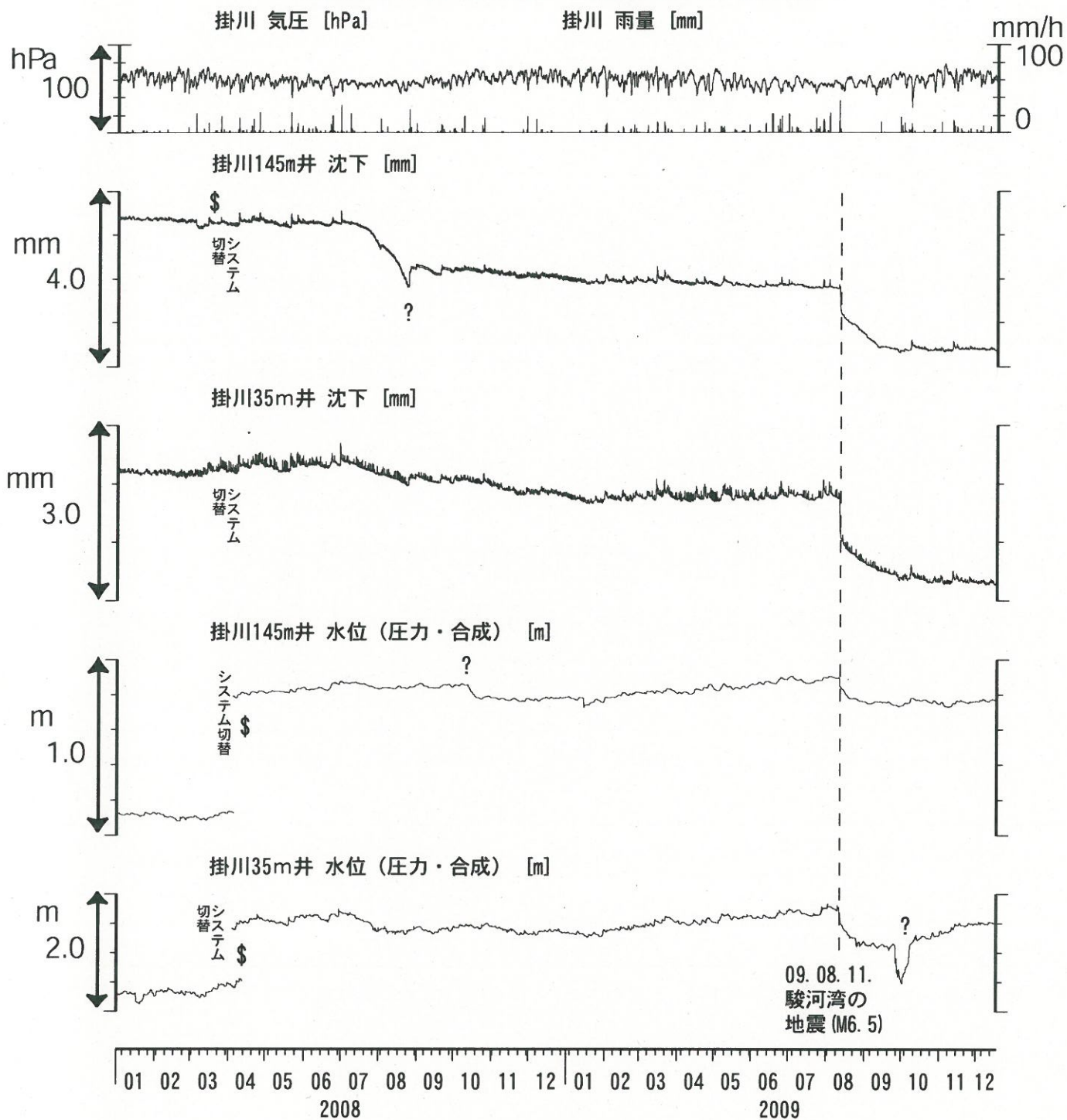


コメント：\$;保守.



掛川沈下・水位（時間値）

(2008/01/01 00:00 - 2009/12/18 00:00)



コメント：\$;保守。
?;原因不明。

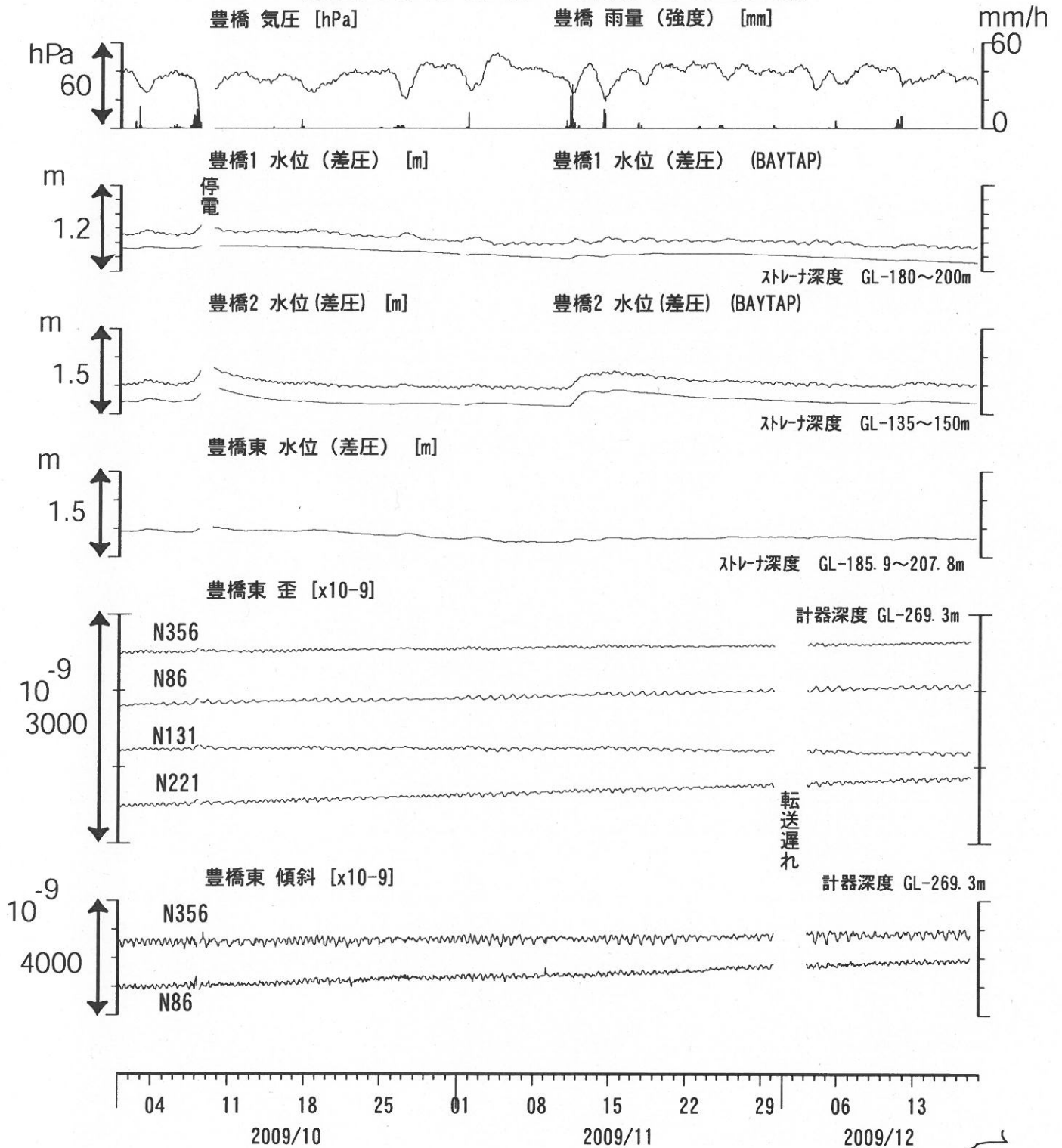


0 500 m



東海地域西部（豊橋・豊橋東）中期（時間値）

(2009/10/01 00:00 - 2009/12/19 00:00)



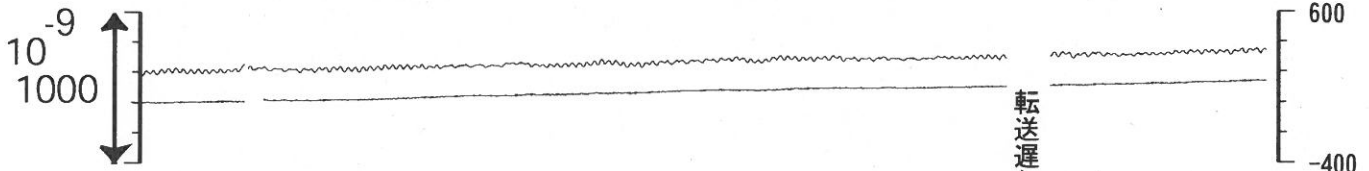
コメント：\$;保守. ?;原因不明.



東海地域西部 (豊橋東 歪) 中期 (時間値)
 (2009/10/01 00:00 - 2009/12/19 00:00)

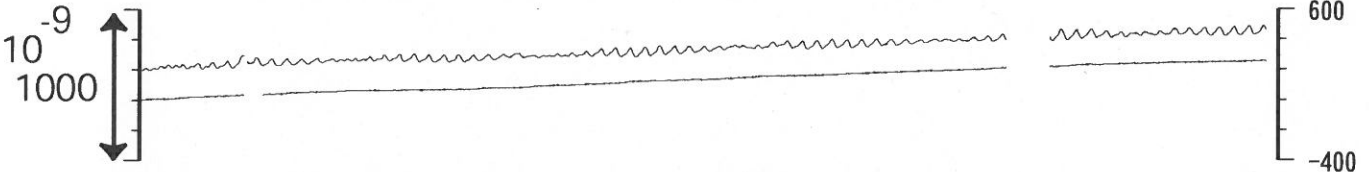
豊橋東 歪 N356E [x10⁻⁹]

豊橋東 歪 N356E (BAYTAP)



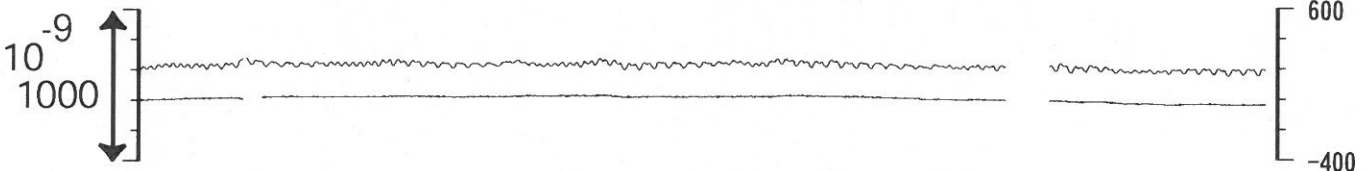
豊橋東 歪 N86E [x10⁻⁹]

豊橋東 歪 N86E (BAYTAP)



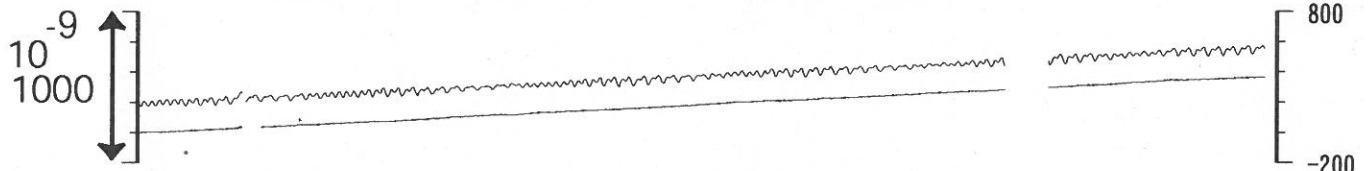
豊橋東 歪 N131E [x10⁻⁹]

豊橋東 歪 N131E (BAYTAP)



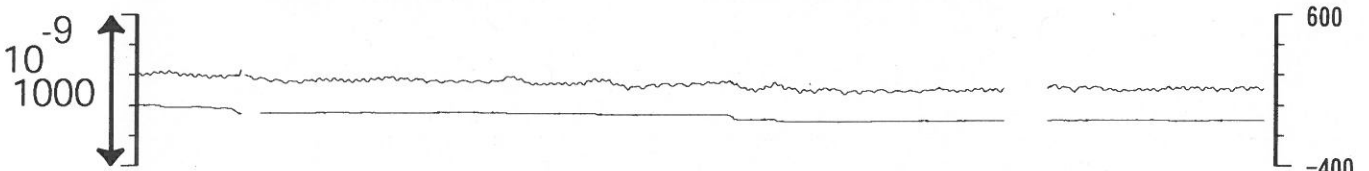
豊橋東 歪 N221E [x10⁻⁹]

豊橋東 歪 N221E (BAYTAP)

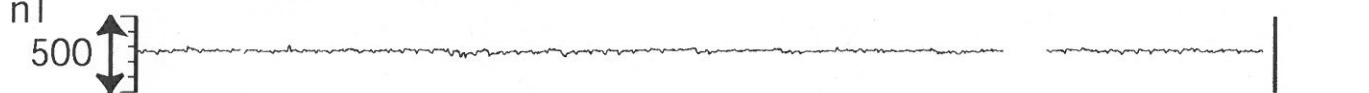


豊橋東 歪 鉛直 [x10⁻⁹]

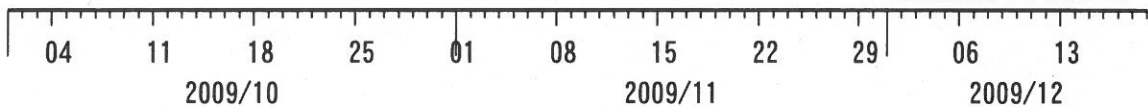
豊橋東 歪 鉛直 (BAYTAP)



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.

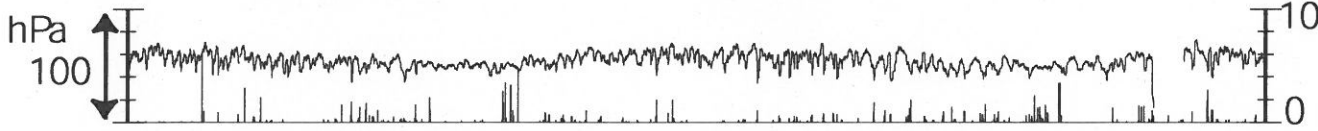


東海地域西部（豊橋・豊橋東）長期（時間値）
 (2008/01/01 00:00 - 2009/12/18 00:00)

豊橋 気圧 [hPa]

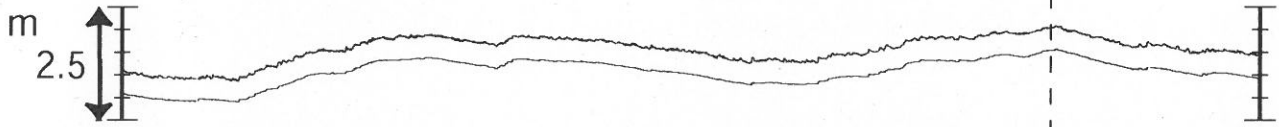
豊橋 雨量 [mm]

mm/h



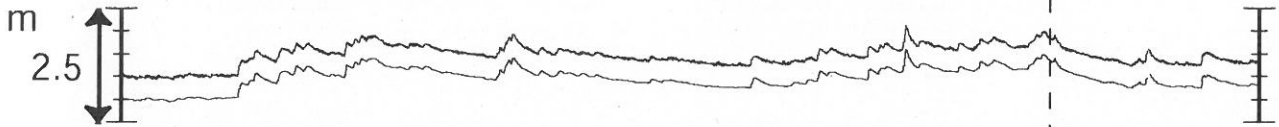
豊橋1 水位 [m]

豊橋1 水位 (BAYTAP)



豊橋2 水位 [m]

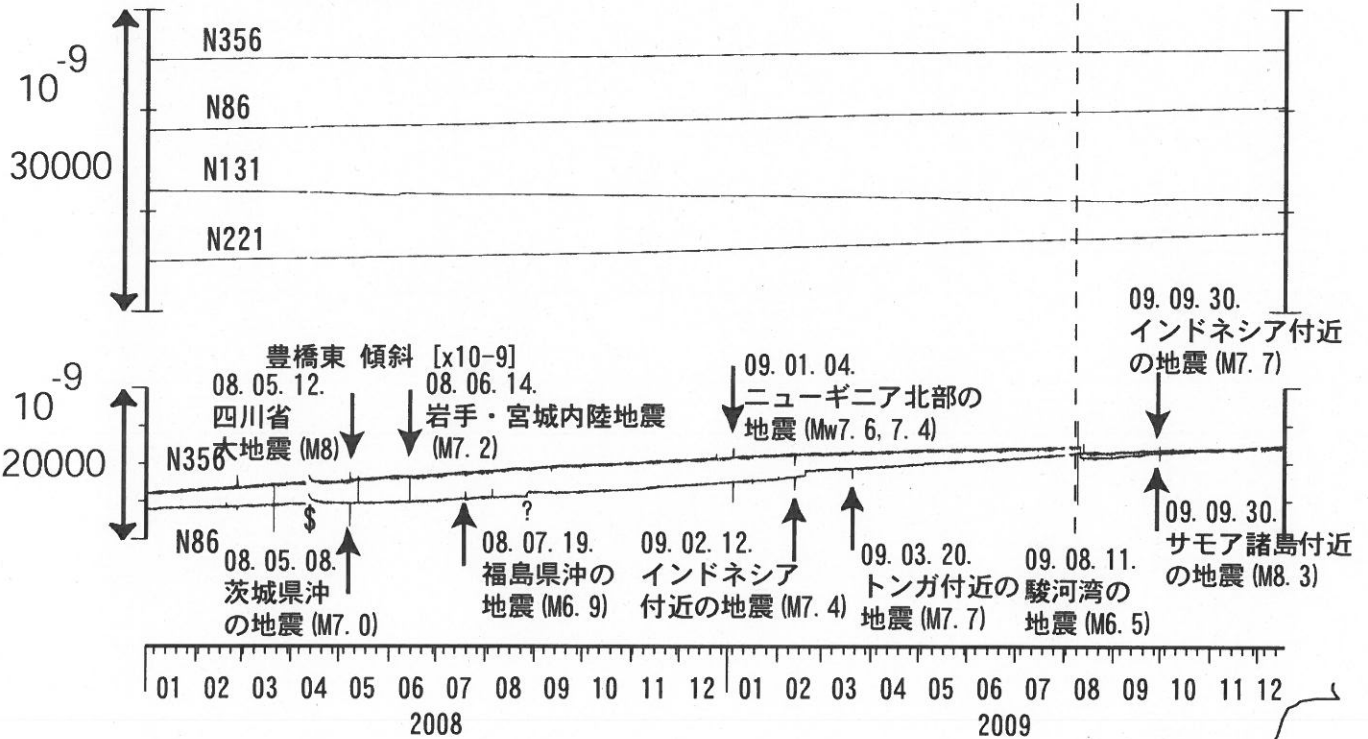
豊橋2 水位 (BAYTAP)



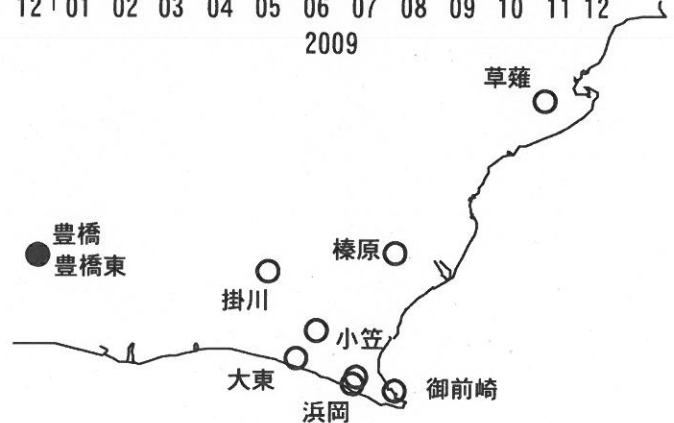
豊橋東 水位 [m]



豊橋東 歪 [x10⁻⁹]



コメント：\$;保守. ?;原因不明.

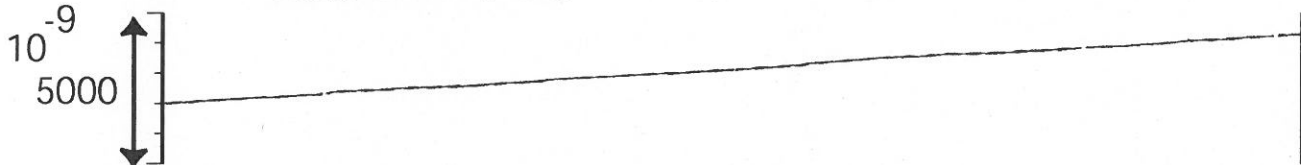


東海地域西部 (豊橋東 歪) 長期 (時間値)
 (2008/01/01 00:00 - 2009/12/18 00:00)

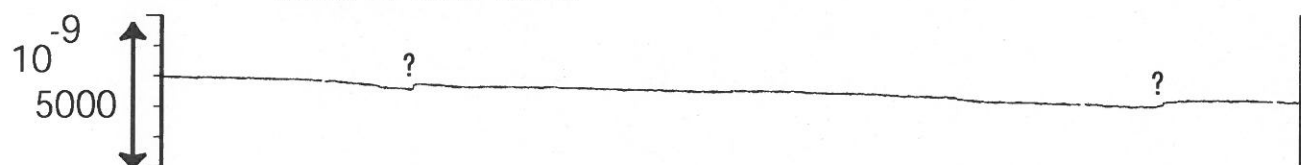
豊橋東 歪 N356E [x10⁻⁹]



豊橋東 歪 N86E [x10⁻⁹]



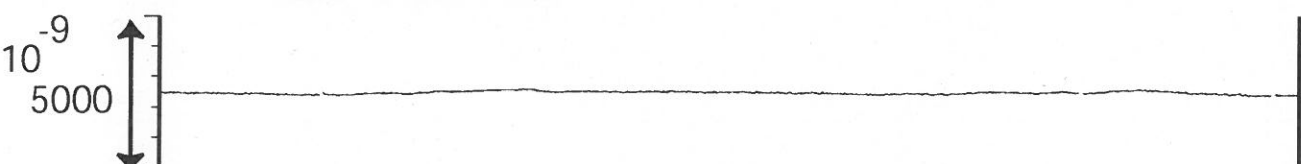
豊橋東 歪 N131E [x10⁻⁹]



豊橋東 歪 N221E [x10⁻⁹]



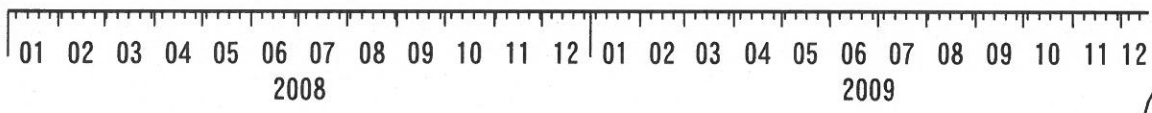
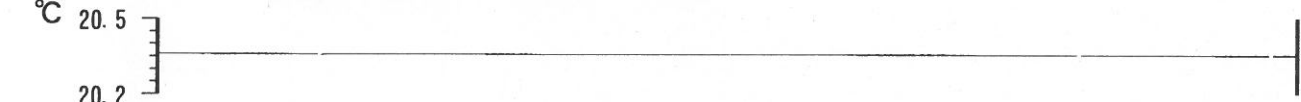
豊橋東 歪 鉛直 [x10⁻⁹]



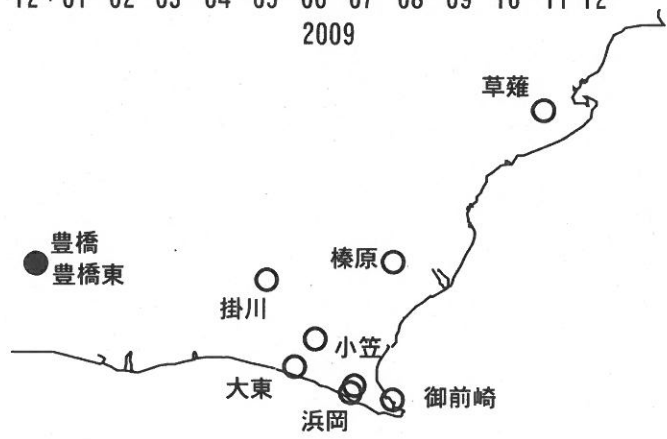
豊橋東 磁力 [nT]



豊橋東 歪計温度 (水晶式) [deg. C]



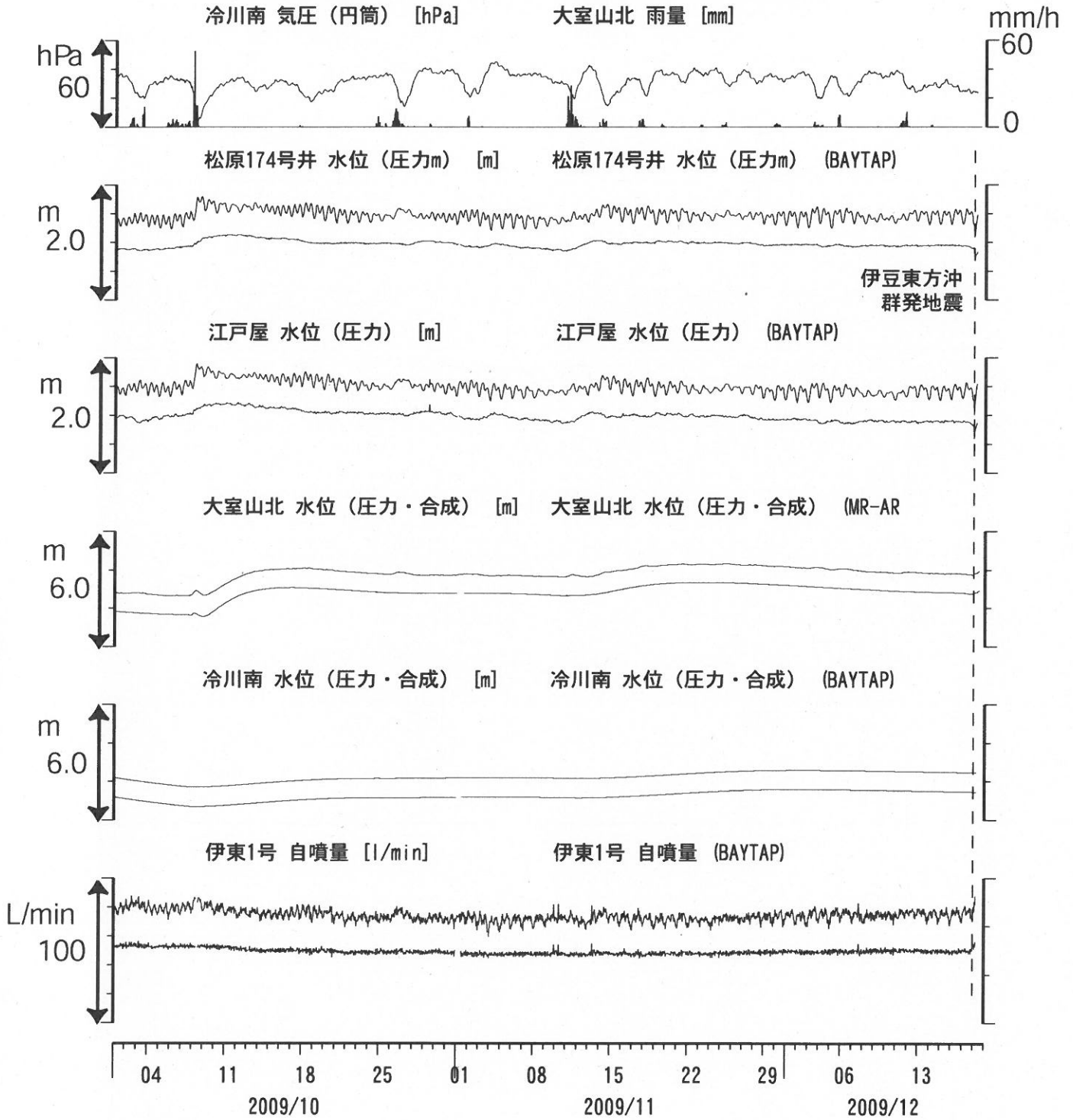
コメント: \$; 保守. ?; 原因不明.



伊豆半島東部 地下水位・自噴量 中期 (時間値)

(2009/10/01 00:00 - 2009/12/19 00:00)

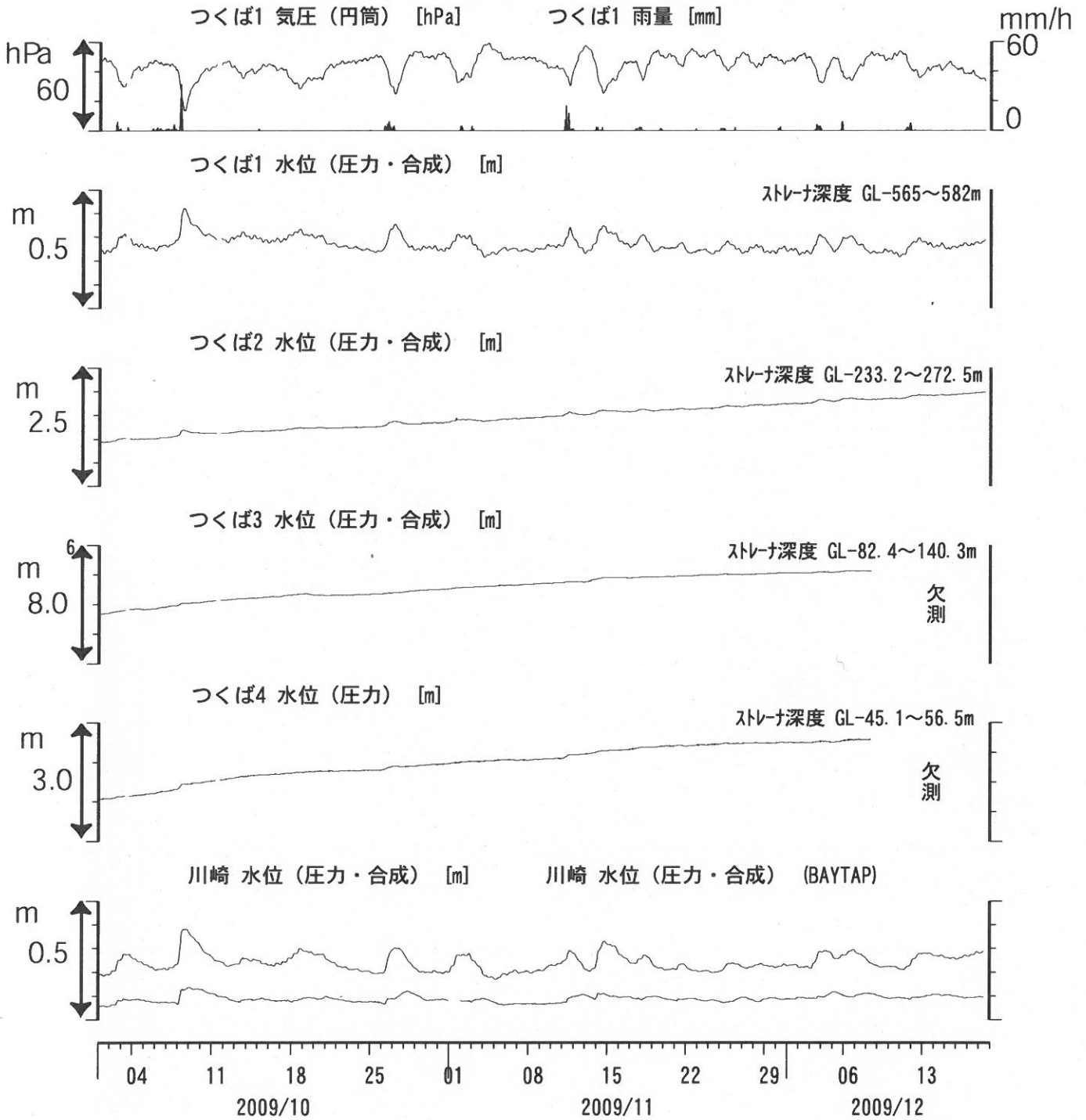
冷川南 気圧 (円筒) [hPa] 大室山北 雨量 [mm]



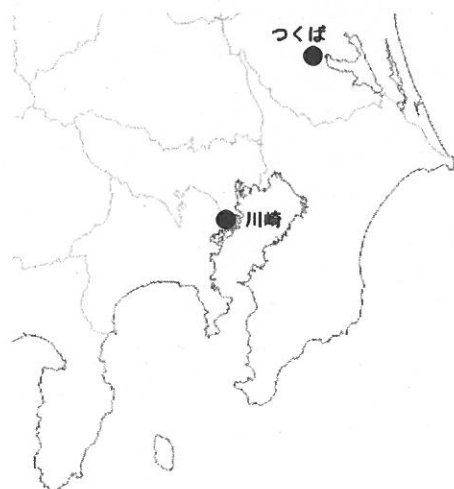
コメント: \$;保守. ?;原因不明.
 松原174号井は静岡県による観測.



関東地域 地下水観測結果 中期 (時間値)
 (2009/10/01 00:00 - 2009/12/19 00:00)



コメント：\$;保守.
 2009年12月7日からつくば3, 4の井戸を
 使った実験を行っているため水位は欠測.

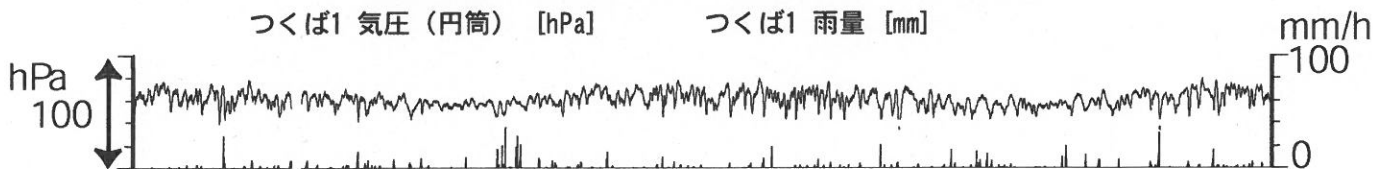


関東地域 地下水観測結果 長期 (時間値)

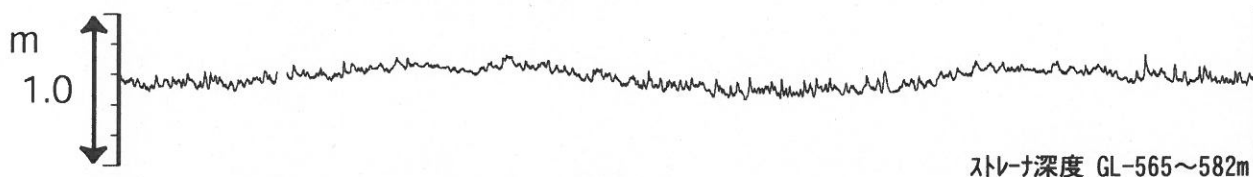
(2008/01/01 00:00 - 2009/12/18 00:00)

つくば1 気圧 (円筒) [hPa]

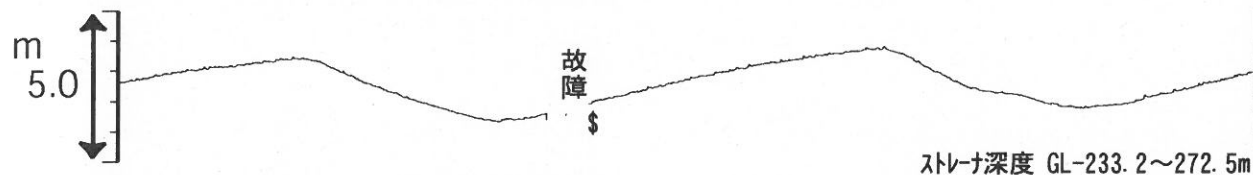
つくば1 雨量 [mm]



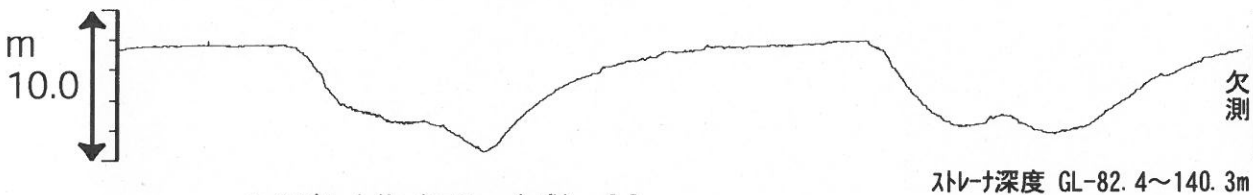
つくば1 水位 (圧力・合成) [m]



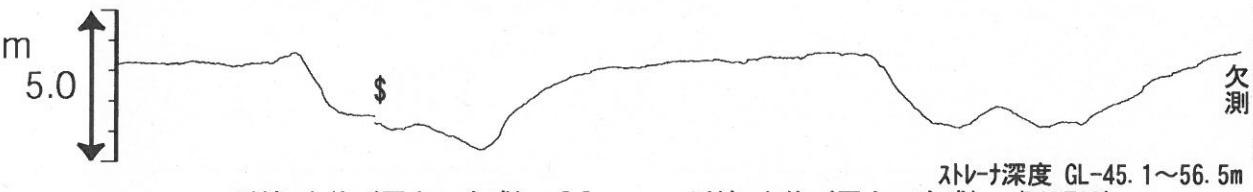
つくば2 水位 (圧力・合成) [m]



つくば3 水位 (圧力・合成) [m]

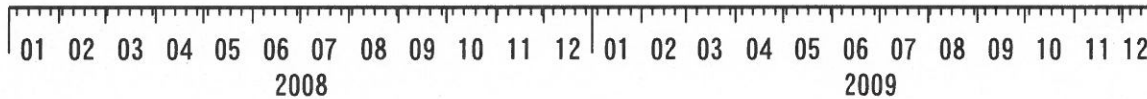
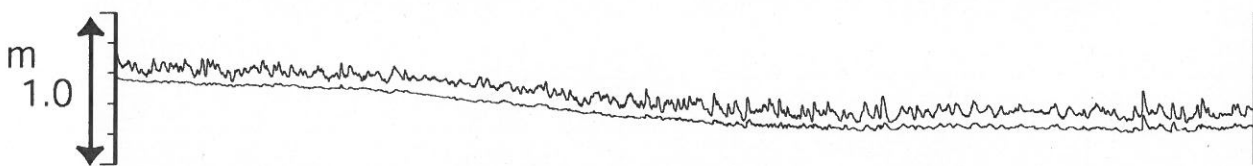


つくば4 水位 (圧力・合成) [m]



川崎 水位 (圧力・合成) [m]

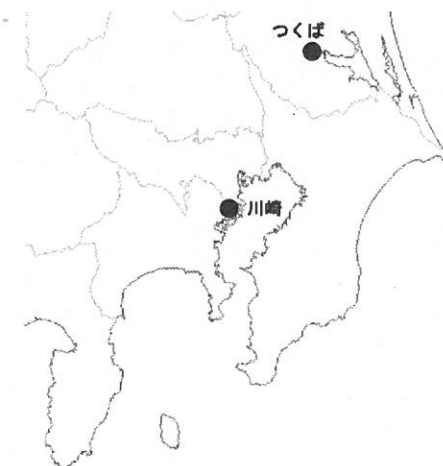
川崎 水位 (圧力・合成) (BAYTAP)



コメント：\$;保守.

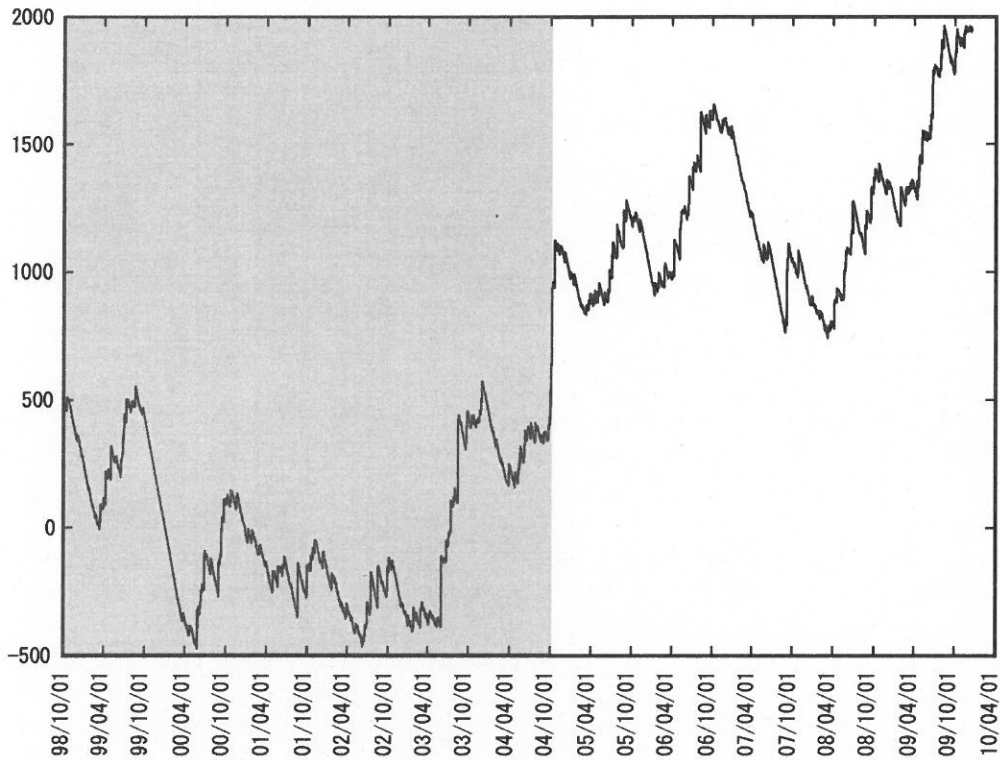
つくば2~4の水位が、例年春~秋に低下するのは、
周囲の揚水によると考えられる。

2009年12月7日からつくば3, 4の井戸を
使った実験を行っているため水位は欠測。



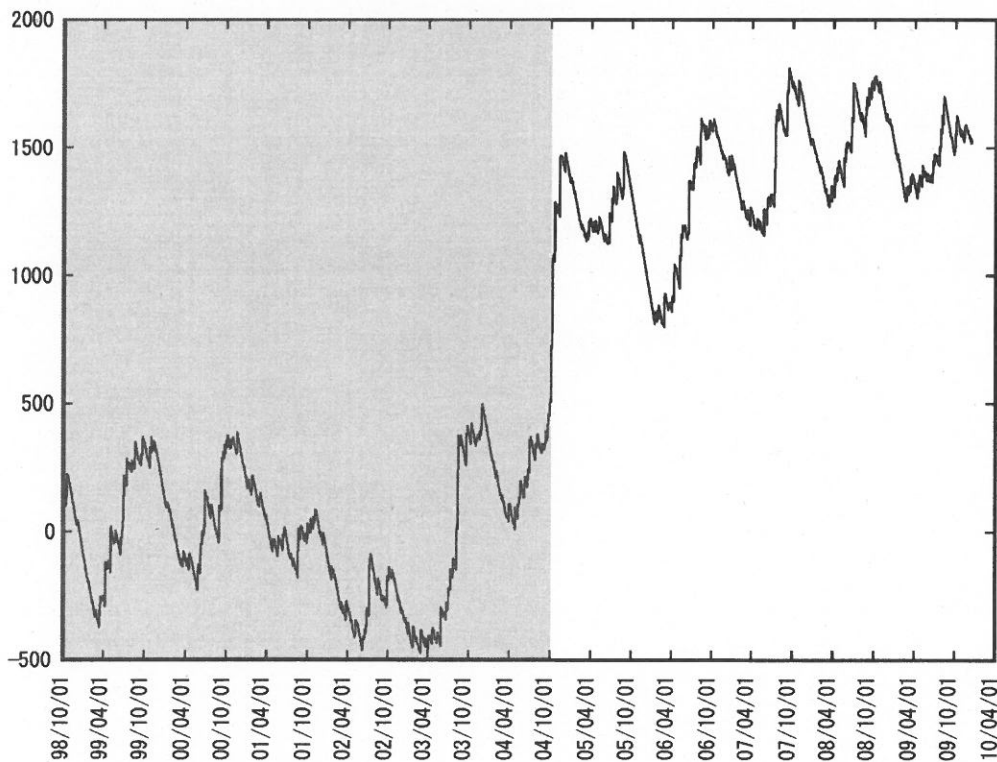
浜岡観測井 降雨量の積算からトレンド除去後のグラフ (mm)
(1998. 10. 1-2009. 12. 15)

※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



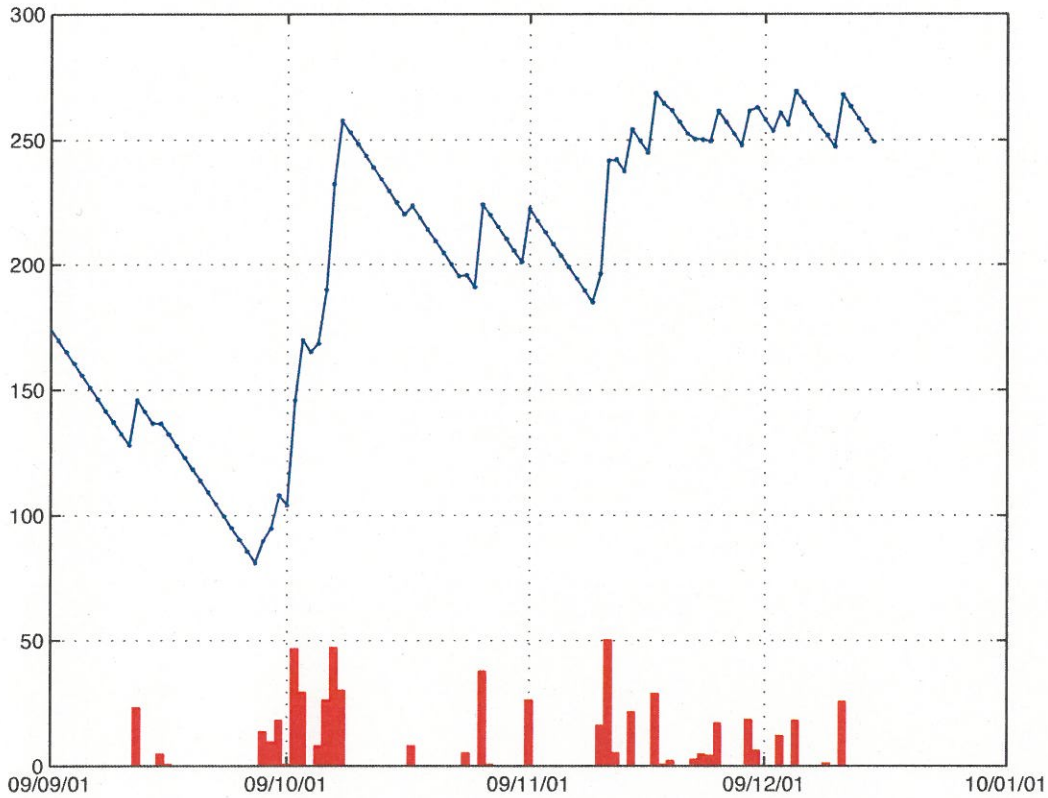
榛原観測井 降雨量の積算からトレンド除去後のグラフ (mm)
(1998. 10. 1-2009. 12. 15)

※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



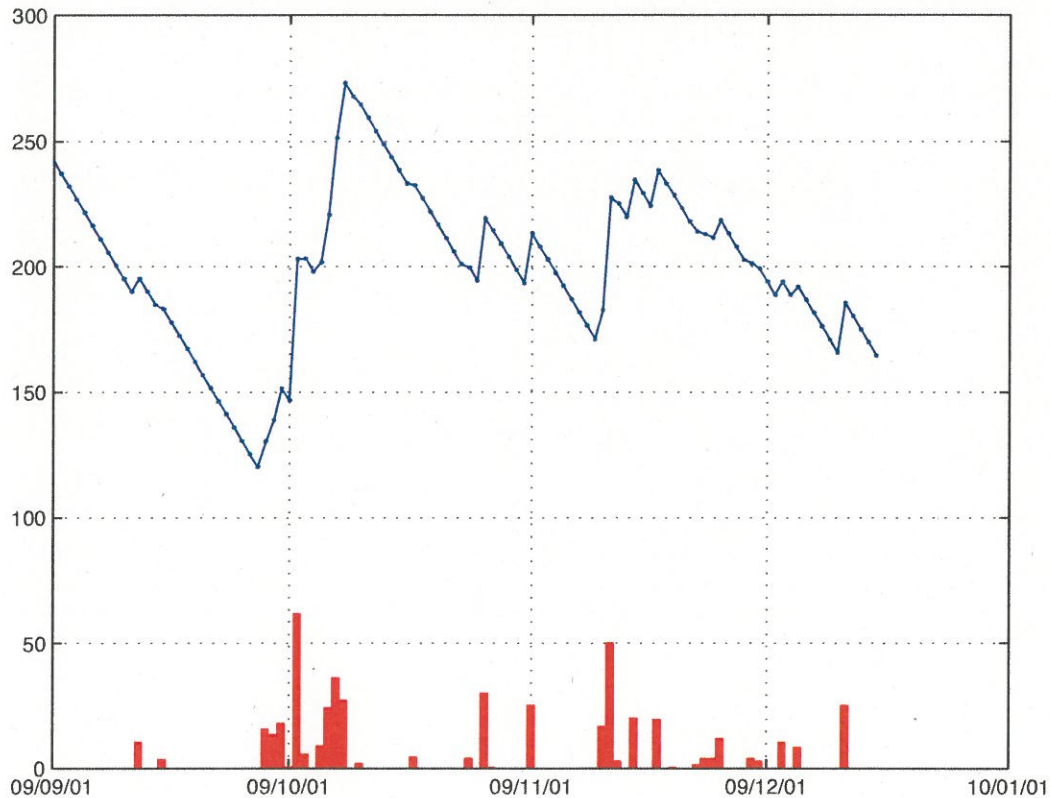
浜岡観測井 降雨量の積算からトレンド除去後と日雨量 (mm)
(直近3ヶ月間)

※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と日雨量 (mm)
(直近3ヶ月間)

※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



2009年12月16日の土佐湾の地震 (M4.6) に伴う地殻歪・地下水位変化

産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター

2009年12月16日の14時12分頃に土佐湾の深さ31kmでM4.6の地震が発生した。震源地の近傍には、産総研の地下水総合観測点が7点存在し(図1)、その内、震度2-3の揺れがあったと推定される5点(高知市(koc), 室戸(mrt), 土佐清水(tss), 宇和(uwa), 松山(mat))の記録(時間値)を図2-6に示した。歪については潮汐・気圧を補正した後、直線トレンドを除去した値を、水位については、潮汐・気圧を補正した値を示している。図中でN29とは、北から29度東に回転した方向の水平歪の成分を示す。高知市観測点のN29では $1e-8$ (10の-8乗), N344では $2.5e-8$ の伸びが、土佐清水観測点のN21では $1.2e-8$ の縮み, N111では $1.2e-8$ の伸び、孔2の水位で4cmの低下が認められた。他の3観測点では特に顕著な変化は認められなかった。高知市と土佐清水については、14時12分前後の2分値のグラフを図7-8に示す。このように拡大すると高知市の孔3でも2-3mmの水位低下が認められる。

Hi-netの点震源の解を用いて主歪を計算すると、上記5観測点の歪変化量は最大でも $3e-10$ 程度であり、歪の観測ノイズレベル以下である。高知市や土佐清水で観測された地震時~地震後の歪変化は上記計算値より2桁以上大きい。また、プレート境界のすべりでも説明できない。歪に関しては、揺れによって観測機器近傍の局所的な歪が解放されたと考えられる。土佐清水の孔2や高知市の孔3の水位変化も、揺れによって周辺の透水性や貯留係数等が変化したことによるものと考えられる。

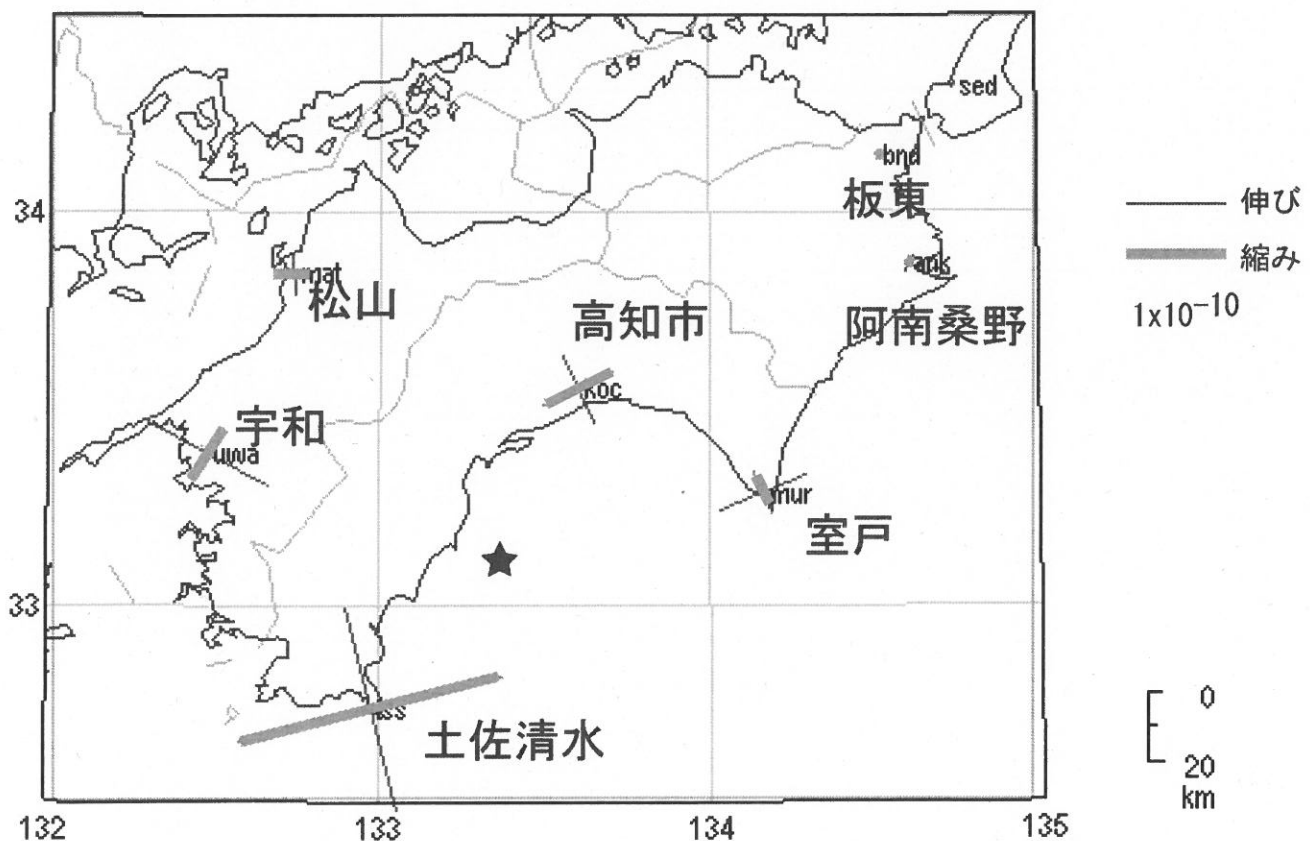


図1

高知市koc (時間値)
 (2009/12/11 00:00 - 2009/12/19 00:00)

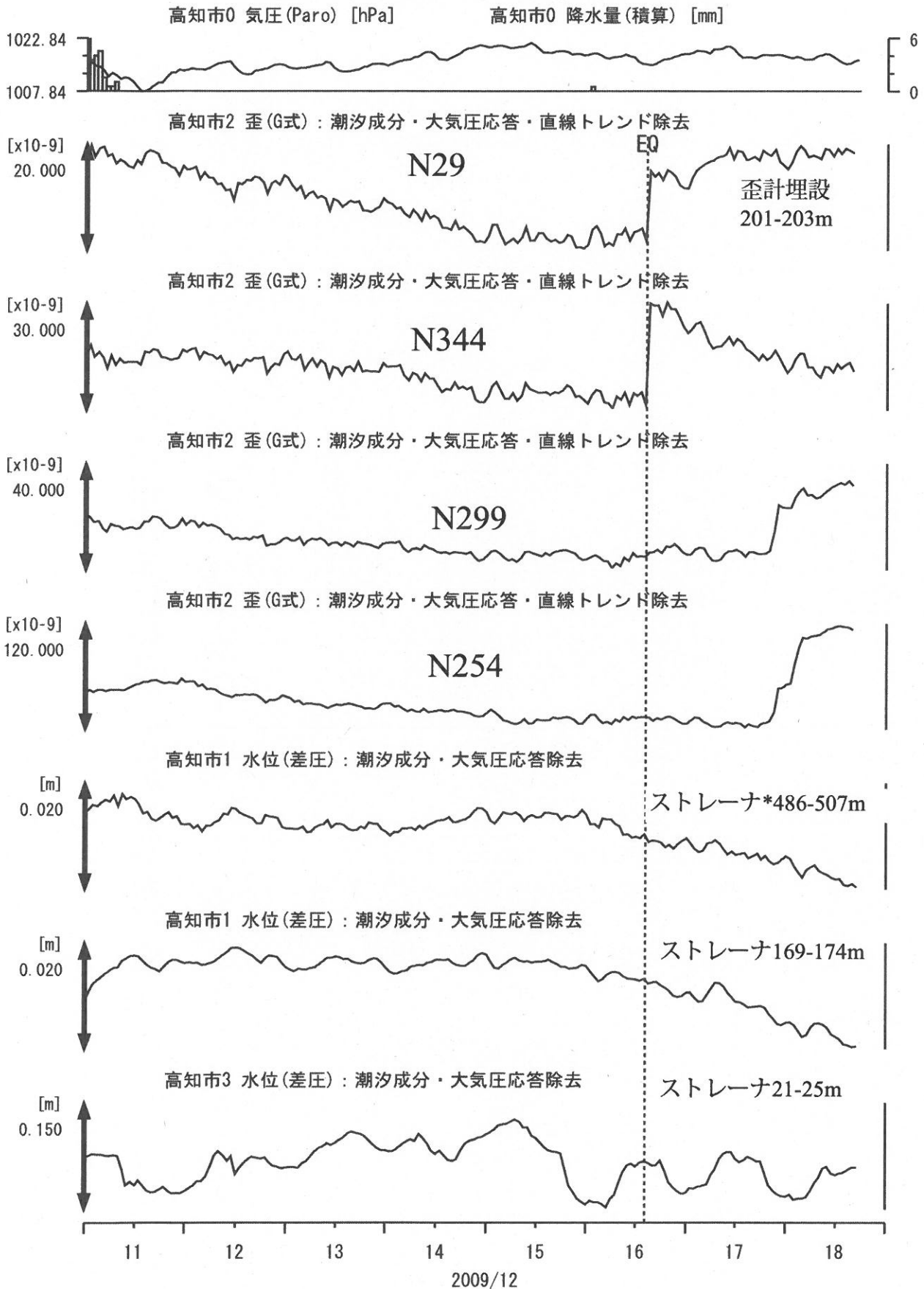


図 2

*ストレーナ：地下水の出入り口

土佐清水tss (時間値)
(2009/12/11 00:00 - 2009/12/19 00:00)

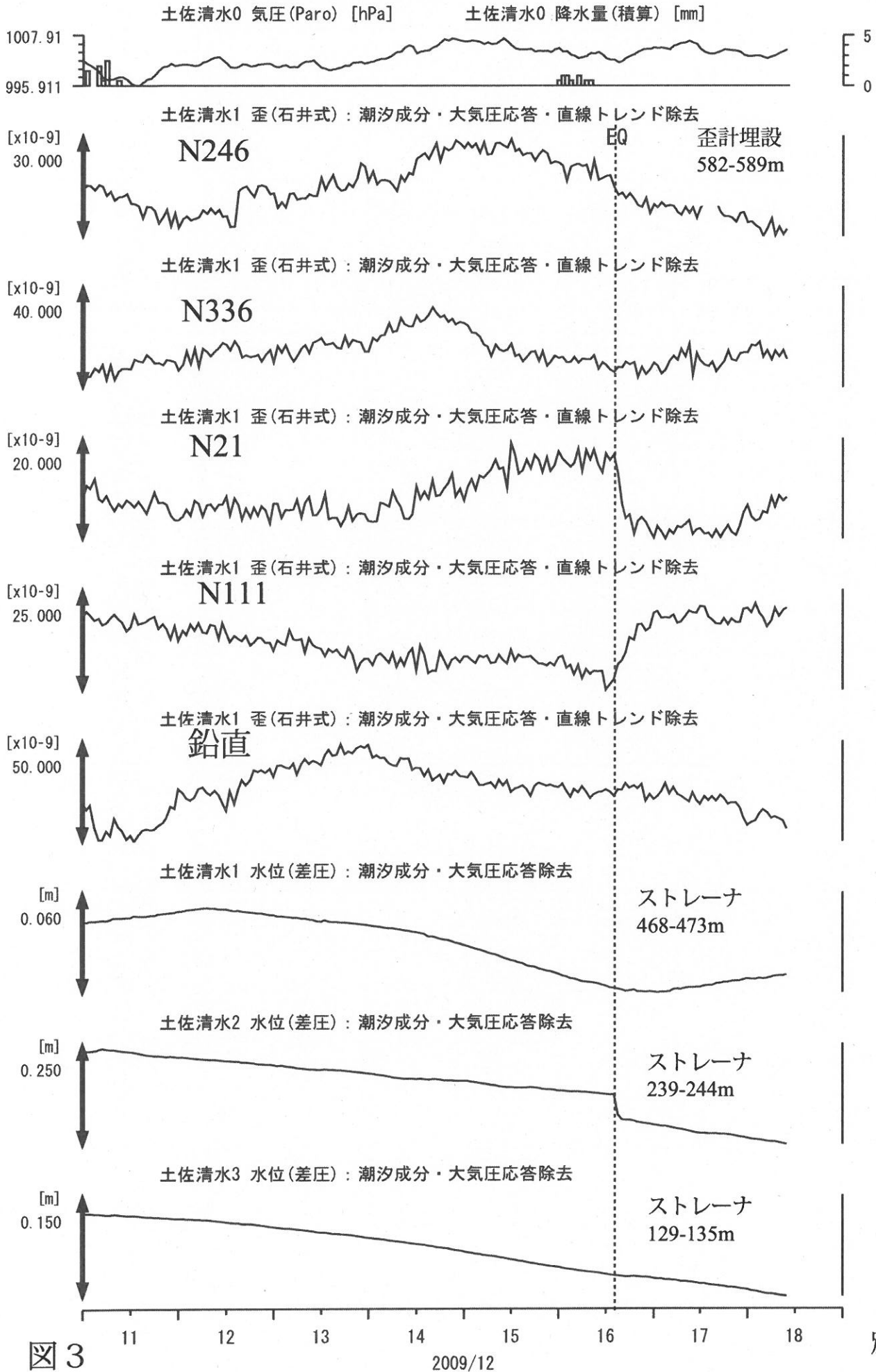
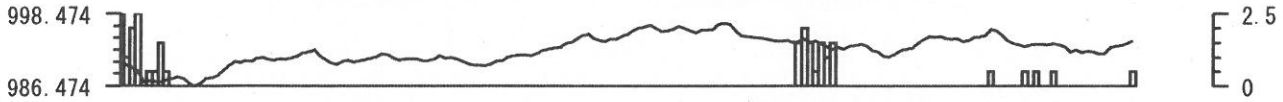


図 3

宇和uwa (時間値)
 (2009/12/11 00:00 - 2009/12/19 00:00)

宇和0 気圧 (Paro) [hPa]

宇和0 降水量 (積算) [mm]



宇和1 歪 (石井式) : 潮汐成分・大気圧応答・直線トレンド除去 歪計埋設 595-602m



宇和1 歪 (石井式) : 潮汐成分・大気圧応答・直線トレンド除去



宇和1 歪 (石井式) : 潮汐成分・大気圧応答・直線トレンド除去



宇和1 歪 (石井式) : 潮汐成分・大気圧応答・直線トレンド除去



宇和1 歪 (石井式) : 潮汐成分・大気圧応答・直線トレンド除去



宇和1 水位 (差圧) : 潮汐成分・大気圧応答除去



宇和2 水位 (差圧) : 潮汐成分・大気圧応答除去



宇和3 水位 (差圧) : 潮汐成分・大気圧応答除去



図 4

2009/12

松山mat (時間値)
 (2009/12/11 00:00 - 2009/12/19 00:00)

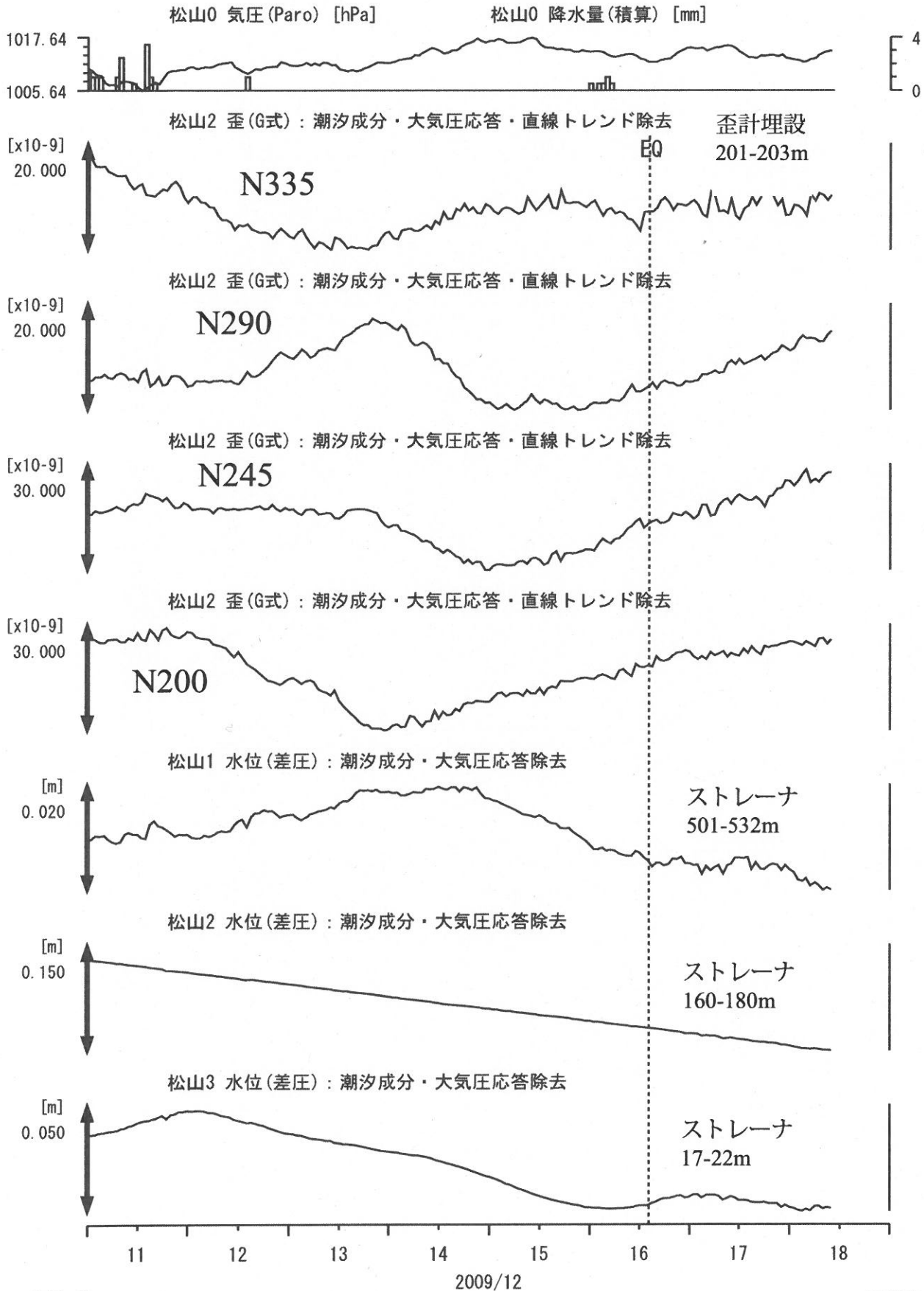
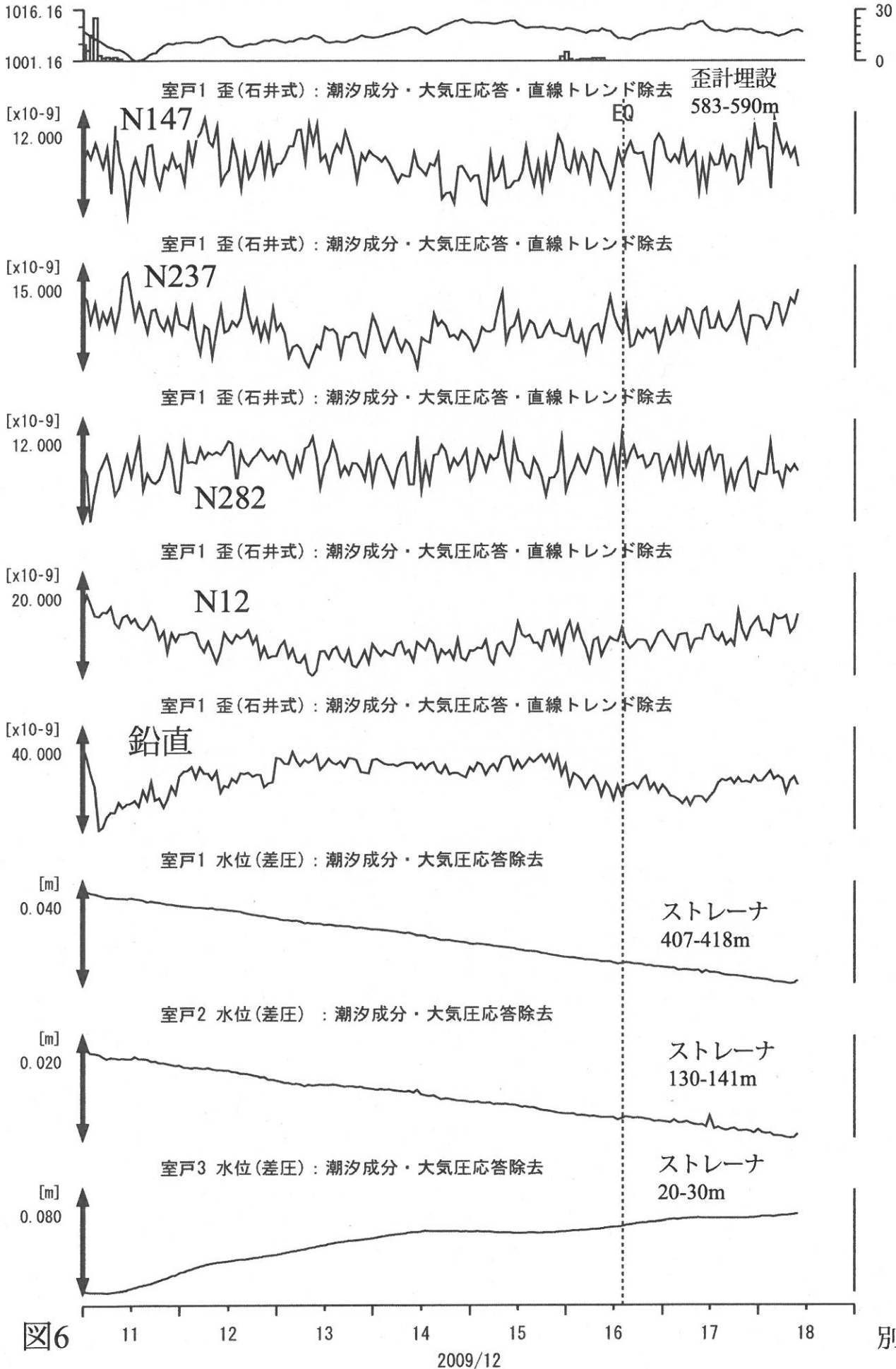


図 5

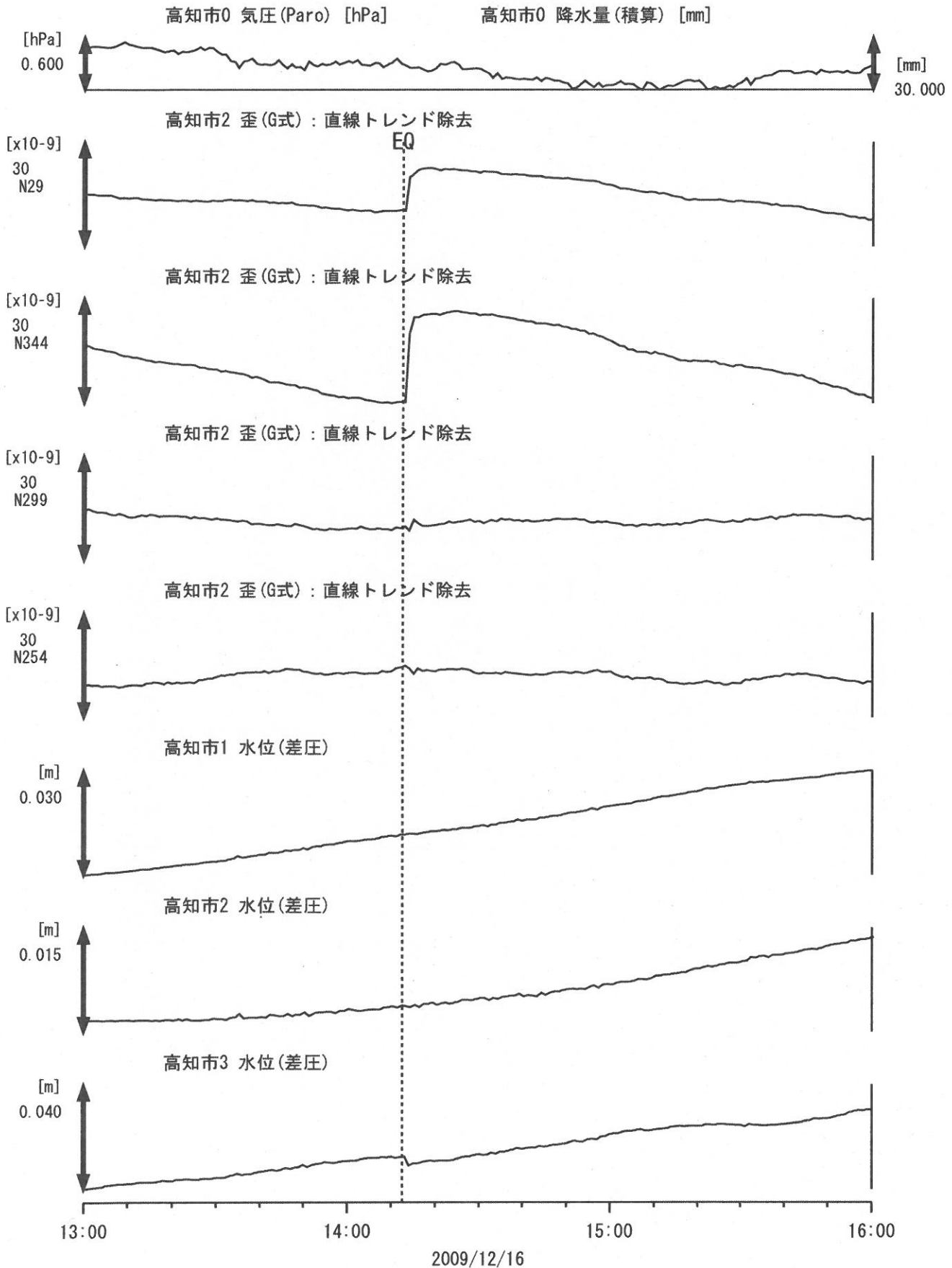
室戸mur (時間値)
 (2009/12/11 00:00 - 2009/12/19 00:00)

室戸0 気圧(Paro) [hPa]

室戸0 降水量(積算) [mm]

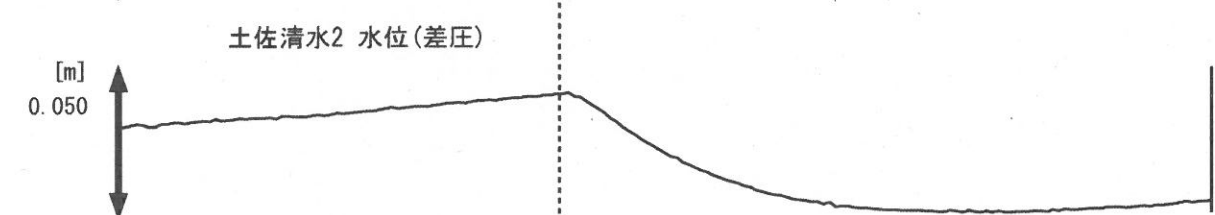
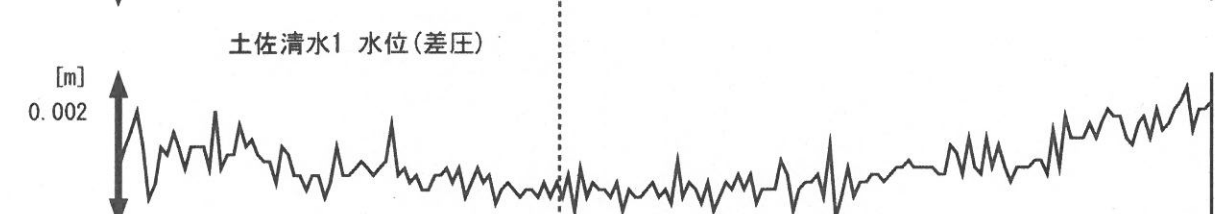
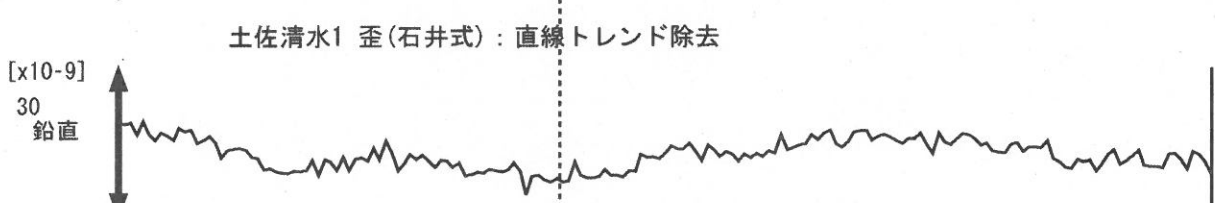
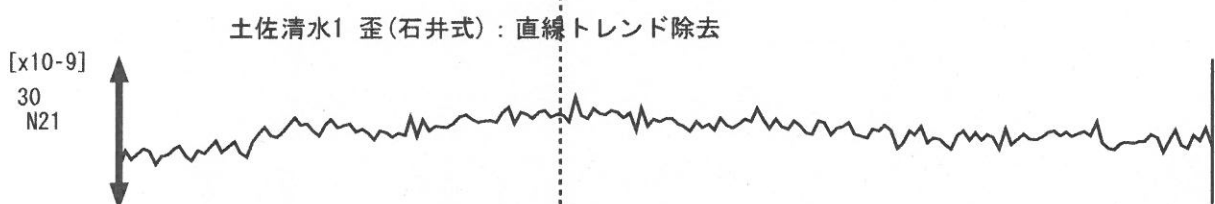
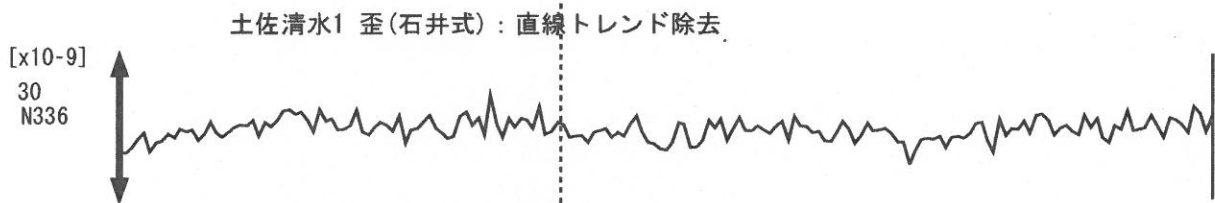
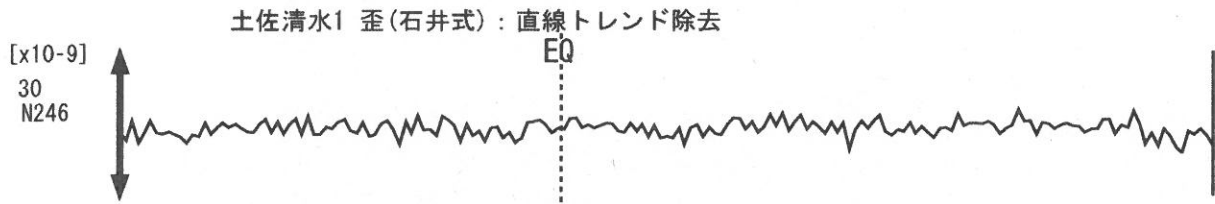
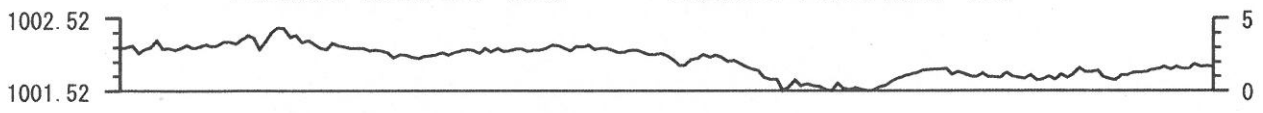


高知市koc (2分値)
 (2009/12/16 13:00 - 2009/12/16 16:00)



土佐清水tss (2分値)
 (2009/12/16 13:00 - 2009/12/16 16:00)

土佐清水0 気圧 (Paro) [hPa] 土佐清水0 降水量 (積算) [mm]



2009年12月の伊豆半島東方沖群発地震活動に伴う地下水変化

産業技術総合研究所

伊豆半島東部にある産総研の大室山北観測井戸（図1）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検出しており（Koizumi et al., 2004）、群発地震の原因であるダイク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。大室山北の観測点が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）の、比較的規模の大きな群発地震活動（鎌田気象庁地震観測点での地震記録回数が1日1,000回を越えた活動）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。これらの活動では、想定されている貫入ダイクの先端が、4kmより深い位置では大室山北の観測点は伸張の領域にあり水位が低下するが、4kmより浅くなると圧縮領域になり、水位は上昇に転じ地震活動はより活発化することがわかっている（Koizumi et al., 2004）。他方、東伊豆は引き続き体積歪は低下し続ける（図2）。今回の活動でもそのような変化が認められた（図3）。

2009年12月16日17時頃から大室山北観測井戸（図3-4）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。水位低下は12月17日23時54分のM5.0の地震（伊東市で震度5弱）の1時間程度前まで続き、その水位低下が停滞し若干上昇傾向に変わった後にM5.0の地震が発生し水位は上昇した。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日の午前6時頃まで水位上昇を続けた。この水位上昇期間は、群発地震活動の活発な時期と一致するように思える。12月16日17時を基準とすると、17日23時54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： $-1.5\text{cm}/\text{日}$ 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。大室山北の水位の体積歪変化に対する感度（約 $30\text{cm}/\text{ppm}$ ）から単純に換算すると、それぞれ0.2ppmの伸張、1.3ppmの圧縮ということになる。

例年、この時期は、比較的降雨が少ない次期なので、長期的な水位低下（季節変化、通常資料参照）があるのは特に異常ではない。参考のために、大室山北と水位の季節変化が同様な冷川南の観測データを図4に示している。冷川南の方には、12月17日23時54分のM5.0の地震後に水位低下の傾向が変わっているが、それ以前には変化は認められない。

参考文献：Koizumi et al., 2004, Geophys. Res. Lett., 31, L10606, doi:10.1029/2004GL019557.

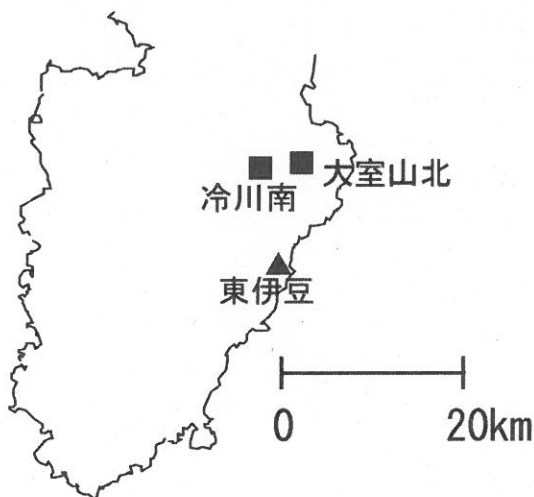


図1：観測点位置。■：地下水観測点、▲：歪観測点（気象庁）

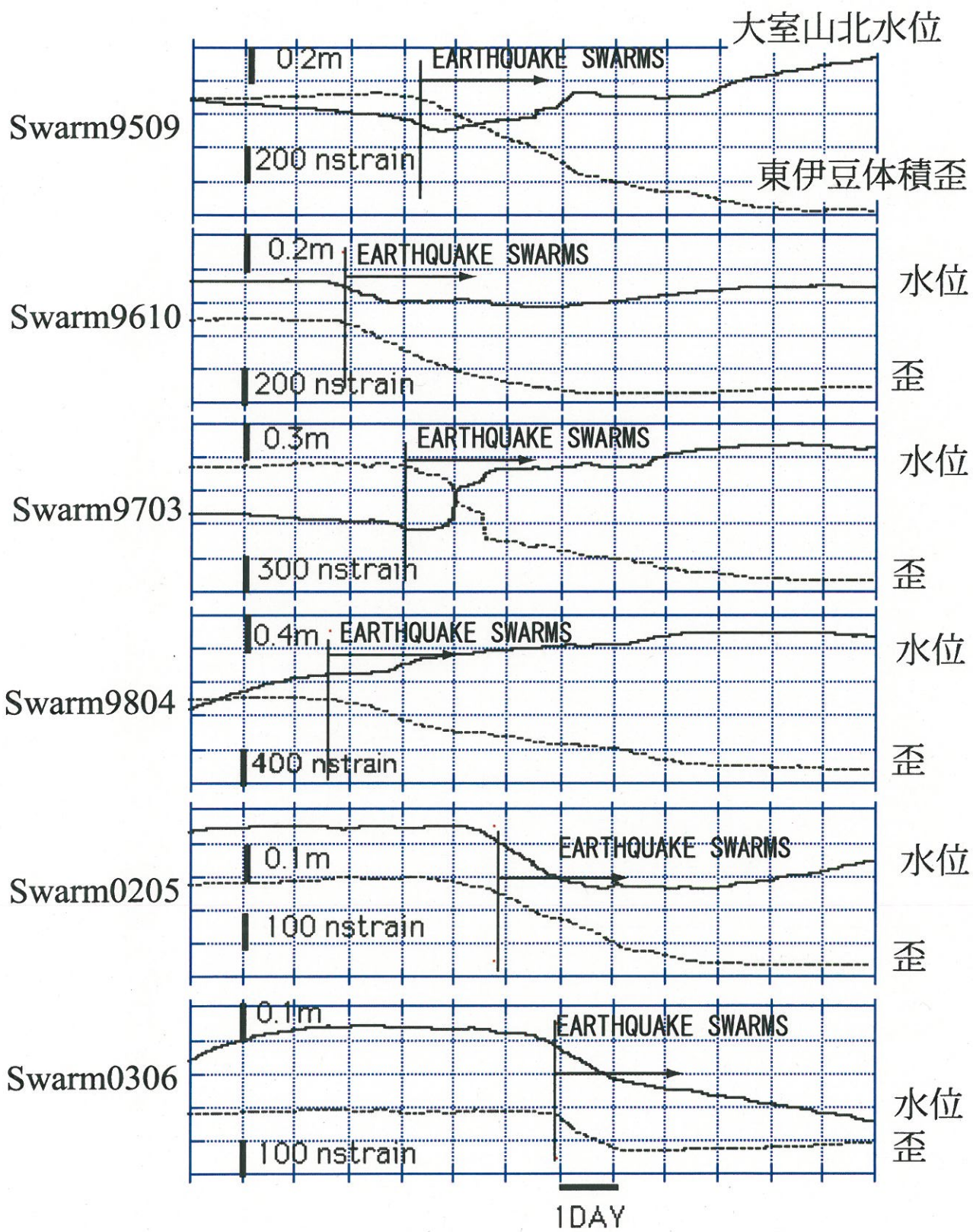


図 2

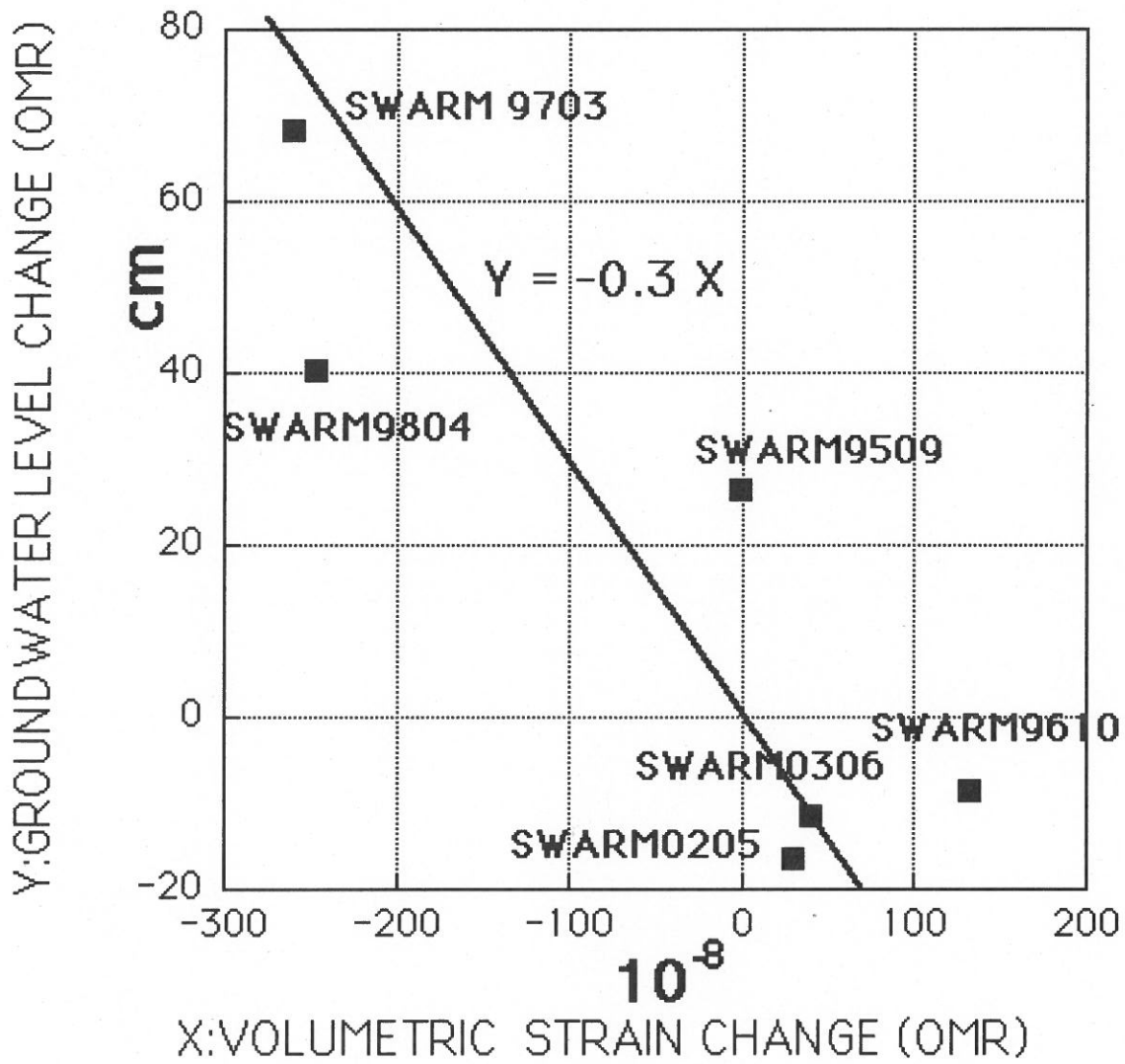
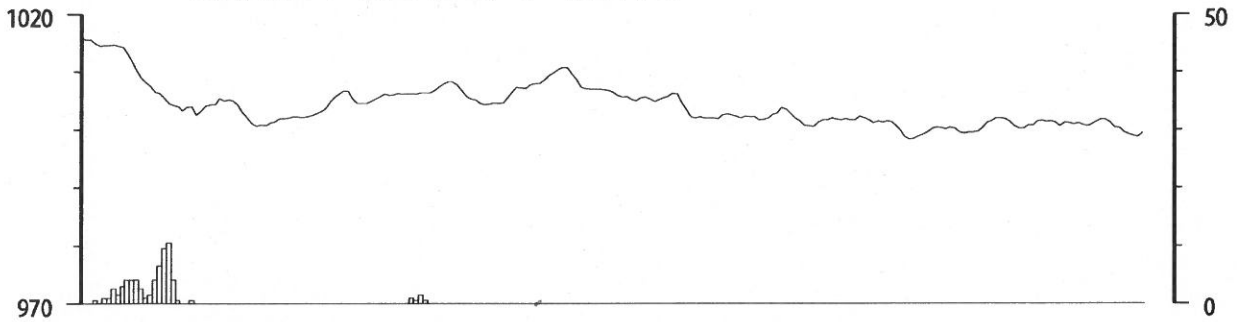


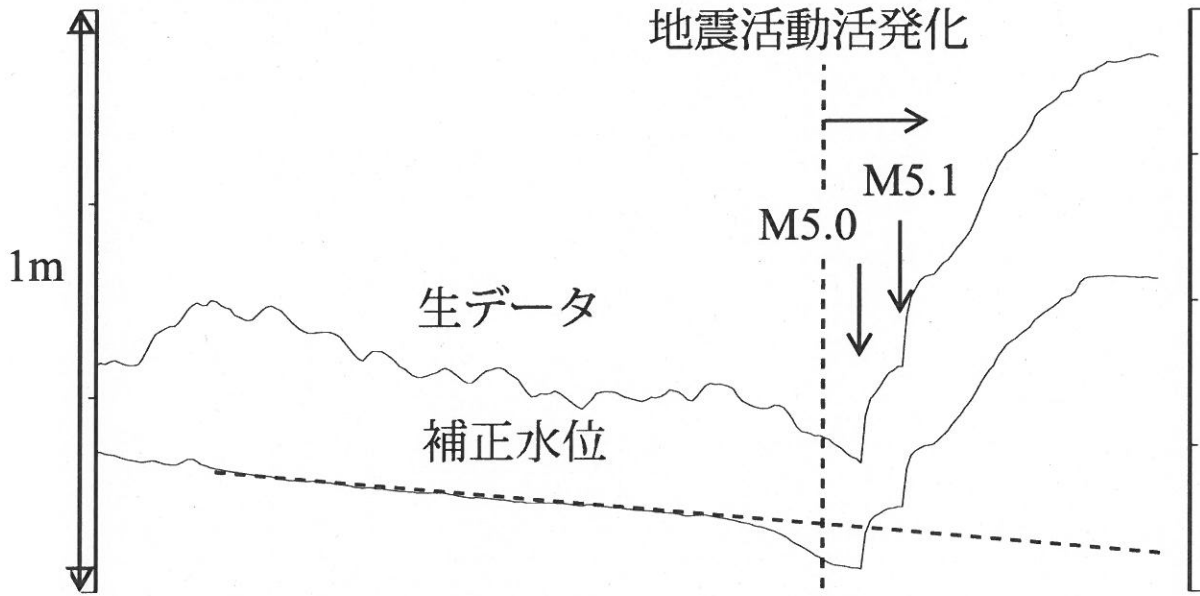
図 2-2

大室山北・東伊豆 (時間値)
 (2009/12/11 - 2009/12/20)

大室山北 上: 気圧 [hPa], 下: 雨量 [mm]



大室山北 水位



JMA東伊豆 JMA体積歪

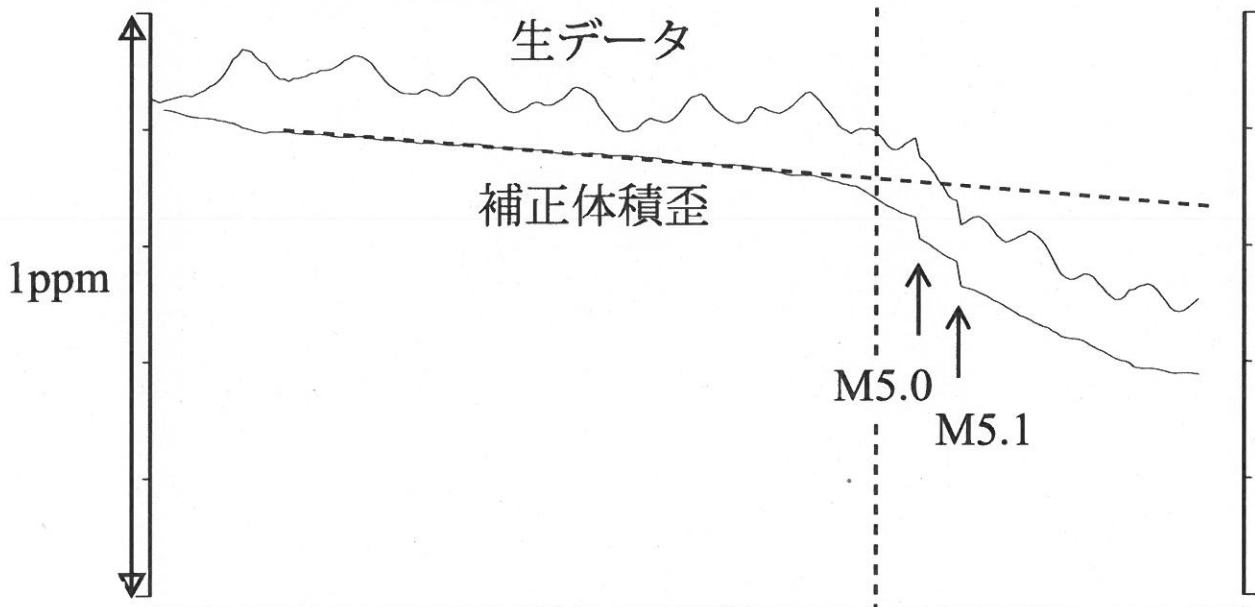


図3

11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

2009/12

別紙C

大室山北の水位, 東伊豆 (気象庁観測点) の体積歪

大室山北・冷川南 (時間値)
 (2009/11/21 00:00 - 2009/12/20 23:00)

大室山北 気圧 (円筒) [hPa] 大室山北 雨量 [mm]

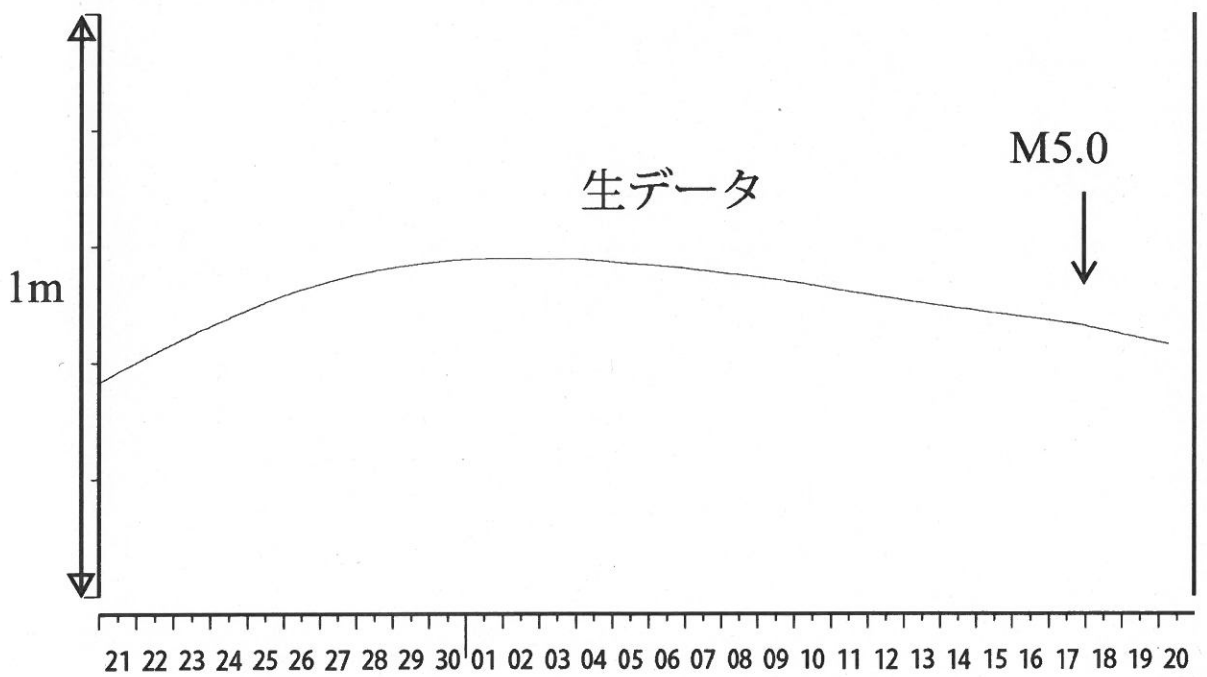
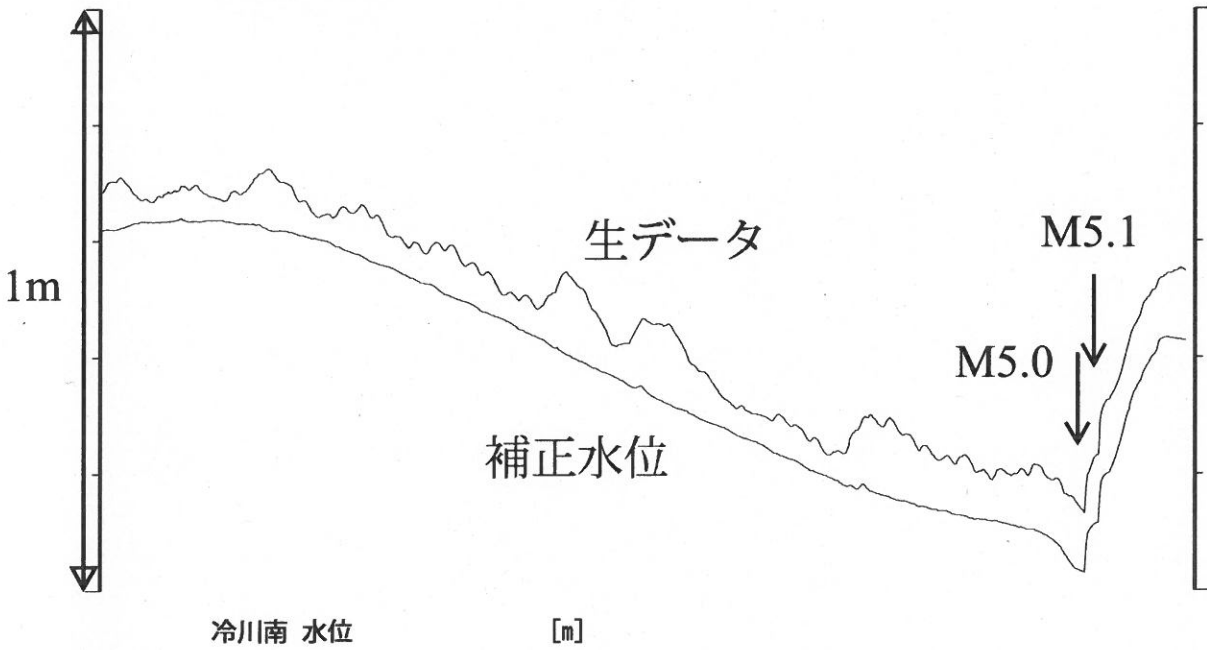
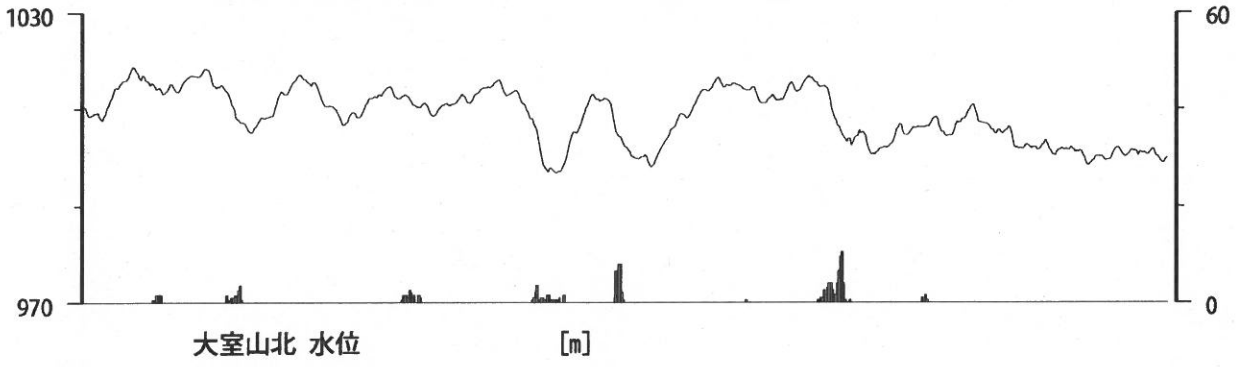


図 4

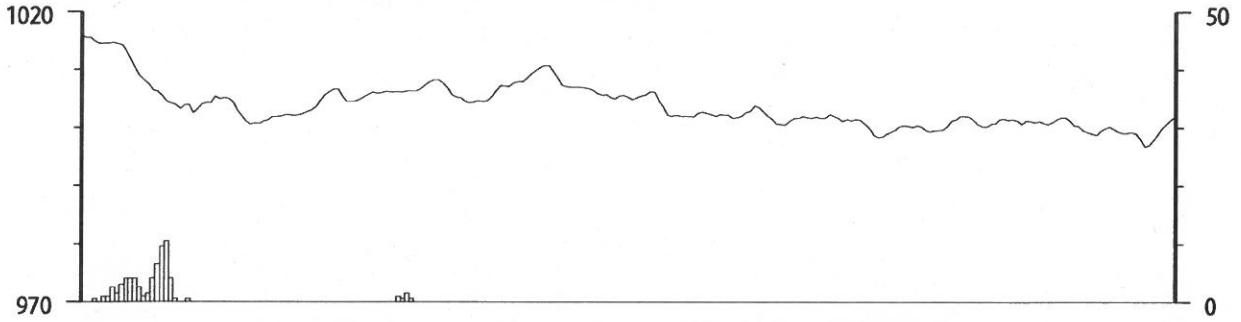
2009/11

2009/12

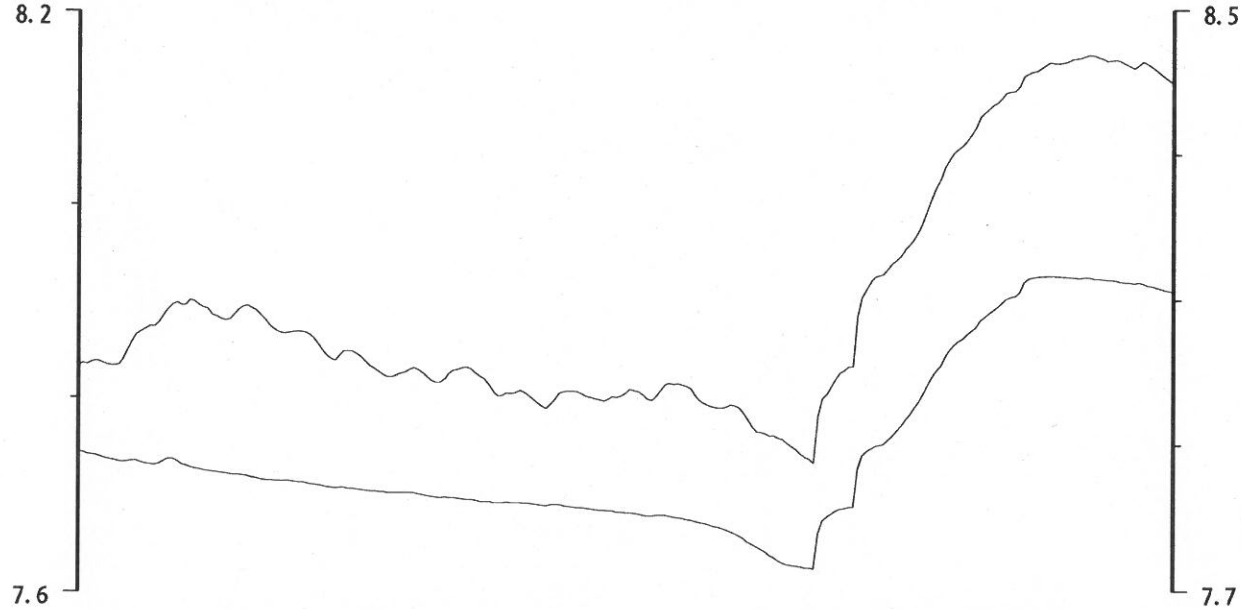
別紙C

大室山北・東伊豆 (時間値)
 (2009/12/11 00:00 - 2009/12/21 09:00)

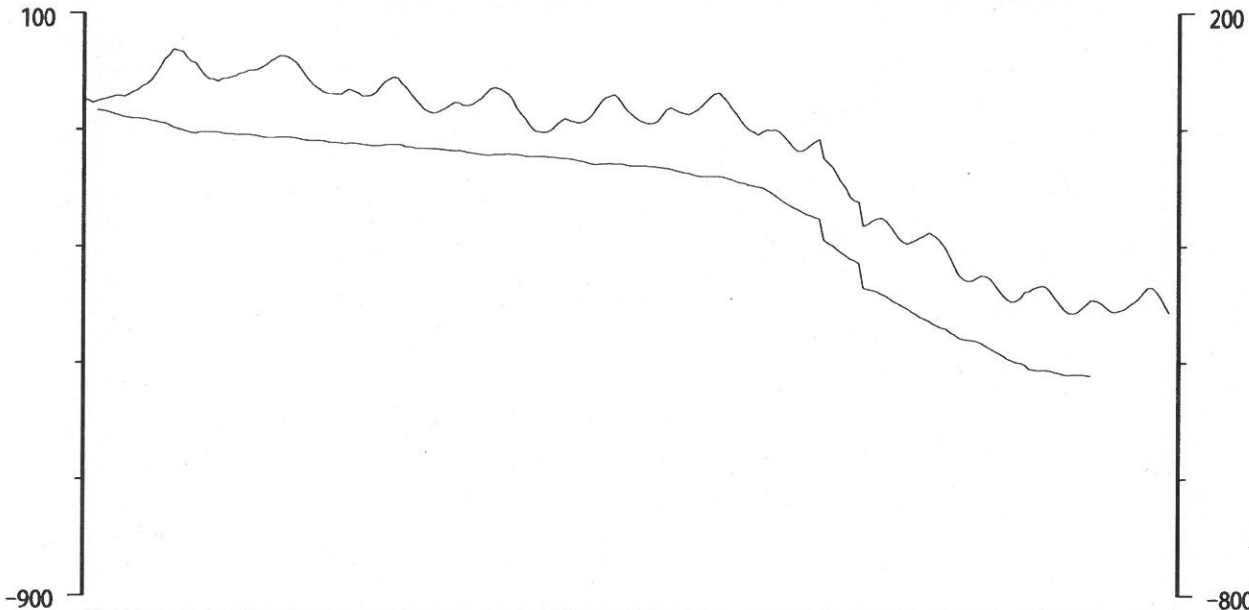
大室山北 上: 気圧 [hPa], 下: 雨量 [mm]



大室山北 水位 [m] 上: 生データ, 下: 潮汐・気圧・雨量補正值



JMA東伊豆 JMA体積歪 [xE-9strain] 上: 生データ, 下: 潮汐・気圧補正值



参考図

大室山北の水位, 東伊豆 (気象庁観測点) の体積歪

別紙C