

6. 地下水・地球化学

地震の発生には、地殻に存在する地下水の移動や状態の変化が重要な役割を果たしている。地震予知の観点からは、地震に伴って地表近くの地下水に出現する変化を効率的に検出することが必要である。前兆現象として、地下水位、水温変化のほかラドンなど地下水中に溶存する成分の変化が生じることも知られている。

東京大学理学部と地質調査所では、東海地方（東京大学理学部，1993 a），伊豆半島（東京大学理学部，1993 b），鎌倉（東京大学理学部，1993 c）などにおいて、地下水中のラドン濃度や水位・水温などの連続観測を行っている。名古屋大学理学部では、1979年頃から溶存ガスやラドン濃度の連続測定を続けるとともに地下水温の観測点を設置してきた。図 I - 6 - 1 に中日本における観測点の配置を示す。

① 長期連続観測

(1) 東海地方

ラドン観測：RYO, YSD および OMZ における1984年から1993年までの観測データを図 I - 6 - 2 に示す。記録は1時間毎に読みとったラドン濃度（積算値）の24点移動平均の変動である。記録にみられるとびは測定器の交換によるものである。

RYO では1週間程度の短周期の変動が卓越していて、人工揚水の影響と解釈される。YSD のラドン濃度は年間を通じてほぼ一定である。OMZ では大きな年周変化がみられ、これは降雨に対するゆっくりとした応答と考えられる。

地下水観測：RYO, YSD では地下水位の観測を行っている。図 I - 6 - 3 に1984年から1993年までの観測データを示す。記録は1時間毎に読みとった水位の24点移動平均の変動である。RYO, YSD の水位は年間を通じてほぼ一定である。

(2) 伊豆半島

ラドン観測：図 I - 6 - 4 に SKE, RHB におけるラドン濃度の観測データ（1984年から1993年）を示す。記録は1時間毎に読みとったラドン濃度（積算値）の24点移動平均である。SKE のラドン濃度は年間を通じてほぼ一定である。RHB では、夏期に比べて冬期のラドン濃度は低く、変動も大きい。

地質調査所の姫の湯観測井（丹那断層系姫の湯断層の直上に位置する深さ30mの自噴泉）におけるラドン濃度、自噴量、電気伝導度の日平均値の変化を図 I - 6 - 5 に示す。

地下水観測：伊東市内の EDY 観測井においては水位の連続観測、HRN 観測井においては水温の連続観測を行っている。図 I - 6 - 6 に1990年から1993年までのこれらの観測点における観測データを示す。記録は1時間毎に読みとった水位、水温の24点移動平均の変動である。

地質調査所の赤沢観測点（赤沢1号源泉）および伊東観測点（赤沢6号源泉）の自噴量、水温などの観測結果を図 I - 6 - 7 に示す。

(3) 鎌倉

地下水観測：鎌倉市内の KMK 観測井（深度500mと100m）の地下水位の観測記録を（1985年から1993年まで）を図 I-6-8 に示す。記録は1時間毎に読みとった水位の24点移動平均の変動である。

② 前兆的異常変化

地震前のラドン濃度の変化として、1978年1月14日の伊豆大島近海地震（M7.0，震央距離25km）の前に SKE 観測点で観測されたラドン濃度の変化（Wakita et al., 1988）を図 I-6-9 に示す。

図 I-6-10は1984年の長野県西部地震の前後に白狐観測点（名大理）で観測された水素ガスの変化を示す。地震の前後で水素ガスが急増した（Sugisaki and Sugiura, 1986）。

図 I-6-11は菊川観測点（名大理）で観測された地震（M4.2， $\Delta=31\text{km}$ ）の前兆的变化の例である。地震の直前に坑内大気中のラドン濃度のスパイク状の変化が観測された（山内・下道，1982）。

次に、地震前の地下水位の変化として、1992年2月2日の東京湾浦賀水道付近の地震（M5.9）の前に観測された異常変化（Igarashi et al., 1992）を示す。図 I-6-12は EDY 観測点と KMK の2観測井の水位データで、BAYTAP-Gによる解析結果である。地震発生の約1～1.5日前に、トレンド成分に異常変化がみられる。

③ 地震に伴う変化

地震に伴うラドン濃度の変化として、1990年2月20日の伊豆大島近海地震（M6.5）に伴って観測されたラドン濃度の変化を示す。図 I-6-13は OMZ 観測点のラドン濃度データで、地震の後ラドン濃度の上昇が見られた（東京大学理学部，1990a）。この地震に対しては SKE 観測点でも似たようなラドン濃度変化が観測されている（東京大学理学部，1990b）（図 I-6-14）。

地震に伴う水位、水温の変化の例として、1989年11月の伊東沖海底火山噴火を伴った群発地震活動の際に、EDY、HRNの両観測点では、大量の地下水の自噴、水温の上昇など顕著な異常が認められた（Sato et al., 1992）。1993年5月26日から6月初旬にかけて発生した伊豆半島東方沖の群発地震活動についても異常変化が観測された（東京大学理学部，1994a）。EDY 観測井の水位は、群発地震の発生に伴い5月27日から異常上昇した。上昇の割合は約5 cm/日で6月1日頃まで続き、その後、地震活動が静穏化するにつれて上昇速度も鈍化した。HRN 観測井の水温も EDY 観測井と似た異常変化を示し、5月27日から約0.1°C上昇した。これらの変化は体積歪計の記録など地殻変動の異常と類似している。この期間に降雨はなく、貴重なデータである。

この EDY、HRN の両観測井では、日本の近傍地域で発生するマグニチュードの大きな地震（ $M > 6.0$ ）の発生後に水位、水温の変化が観測される（東京大学理学部，1994b）。1993年7月の北海道南西沖地震（M7.8）や1993年1月の釧路沖地震（M7.8）などの多数の地震に観測されている。図 I-6-15に1993年8月8日のグアム島沖地震（M8.1，震央距離2400km）の記録を示す。

[脇田 宏]

参 考 文 献

- 1) 東京大学理学部：地震予知連絡会会報, 49(1993 a), 399-402.
- 2) 東京大学理学部：地震予知連絡会会報, 49(1993 b), 302-303.
- 3) 東京大学理学部：地震予知連絡会会報, 49(1993 c), 205-209.
- 4) Wakita, H. et al. : PAGEOPH, 126(1988), 267-278.
- 5) Sugisaki, R. and T. Sugiura : J. Geophys. Res., 91(1986), 12296-12304.
- 6) 山内常生・下道国：地震 2, 35(1982), 436-446.
- 7) Igarashi, G. et al., : Geophys. Res. Lett., 19(1992), 1583-1586.
- 8) 東京大学理学部：地震予知連絡会会報, 45(1990 a), 356-357.
- 9) 東京大学理学部：地震予知連絡会会報, 45(1990 b), 275-276.
- 10) Sato, T. et al. : Geochem. J., 26(1992), 73-83.
- 11) 東京大学理学部：地震予知連絡会会報, 51(1994 a), 430-432.
- 12) 東京大学理学部：地震予知連絡会会報, 51(1994 b), 433-439.

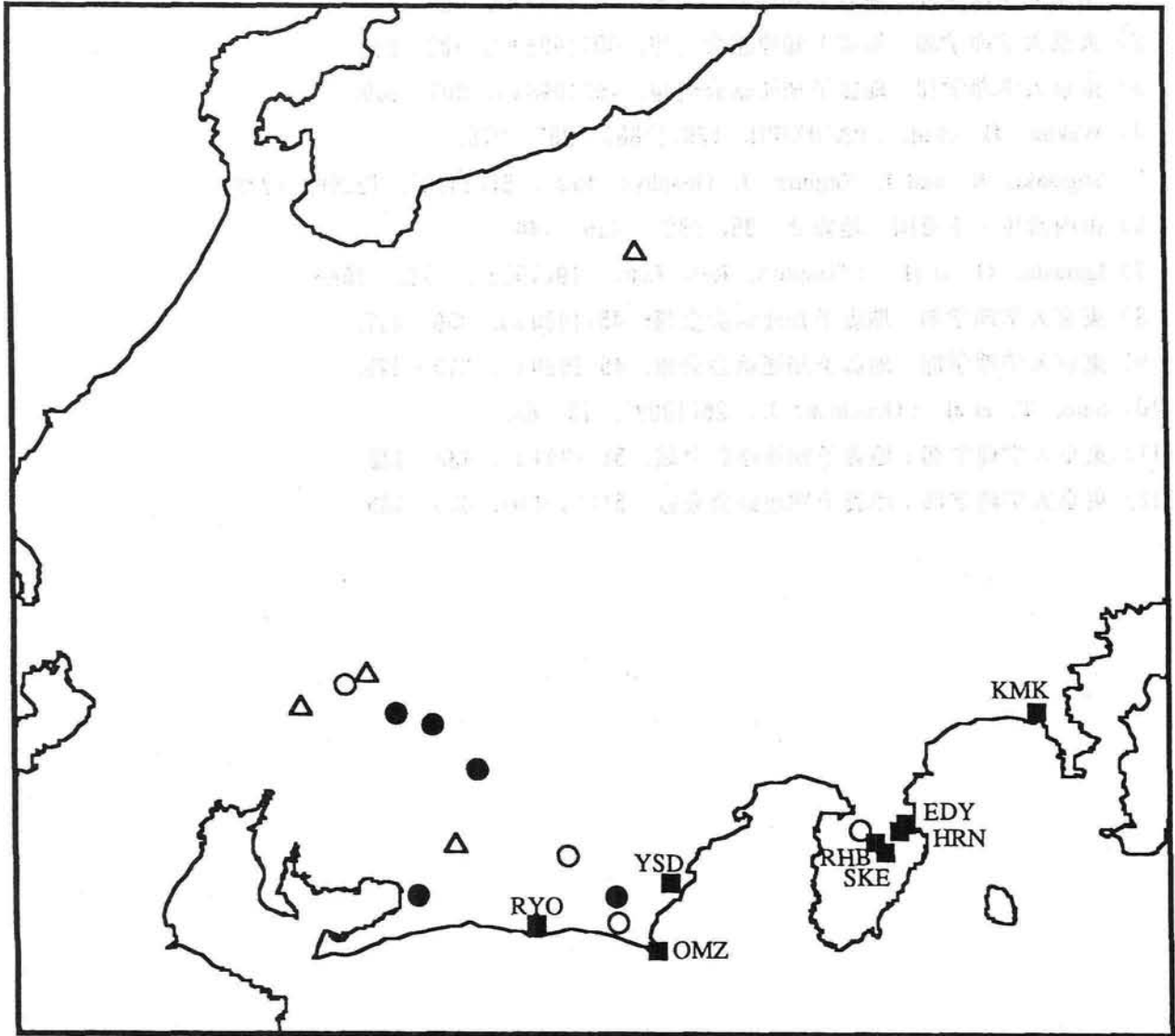


図 I - 6 - 1 中日本における地球化学観測点の位置

(△)は溶存ガス・精密水温 (名大理), (●)は坑道内ラドン濃度・精密水温 (名大理), (○)は精密水温 (名大理), ローマ字のものは東大理の観測点。

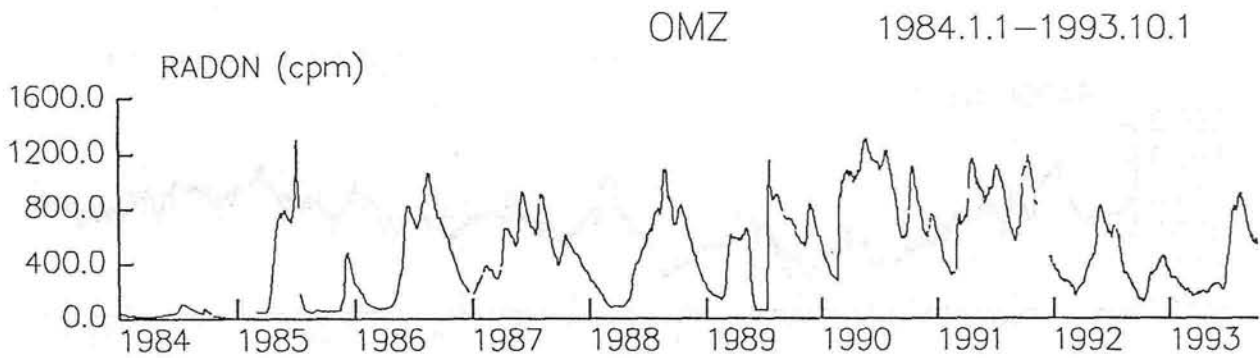
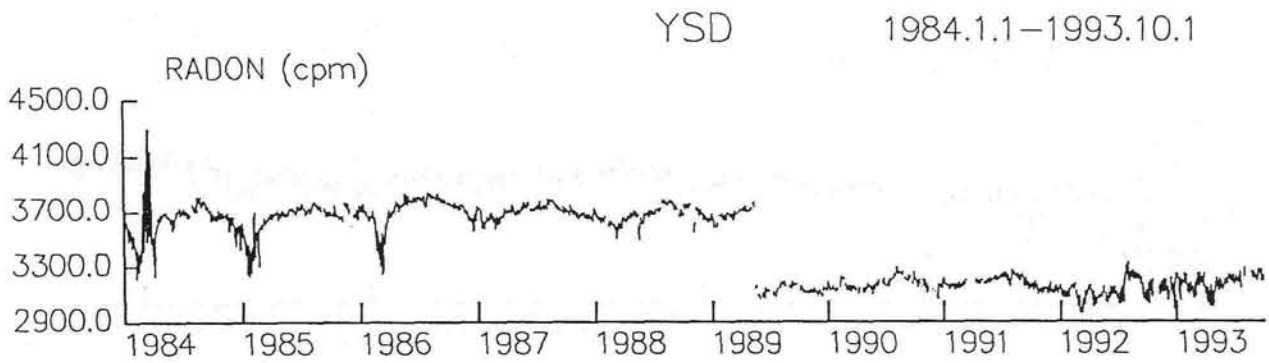
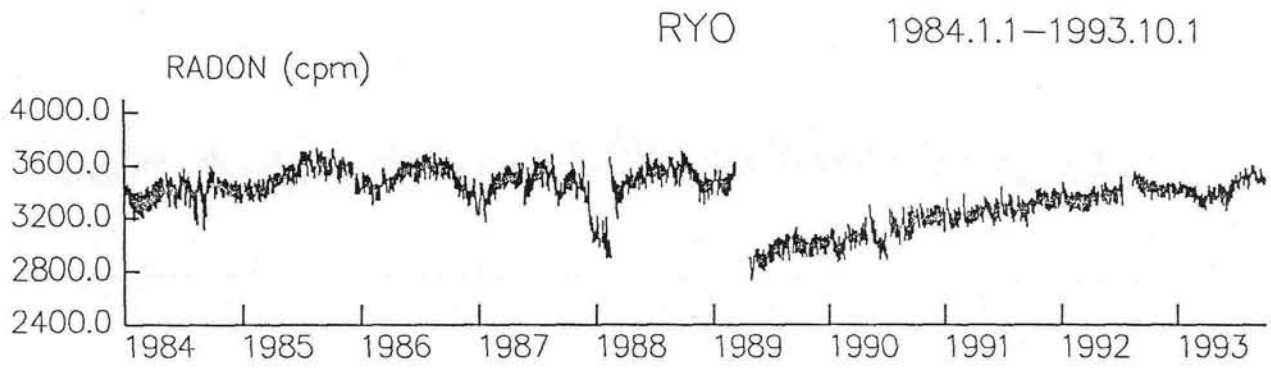


図 I - 6 - 2 RYO, YSD, OMZ における地下水中のラドン濃度の長期的変動 (1984年1月～1993年9月)

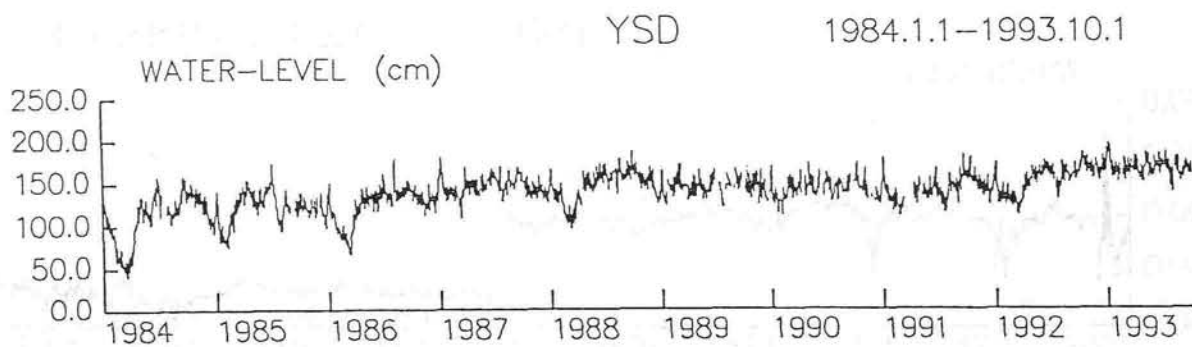
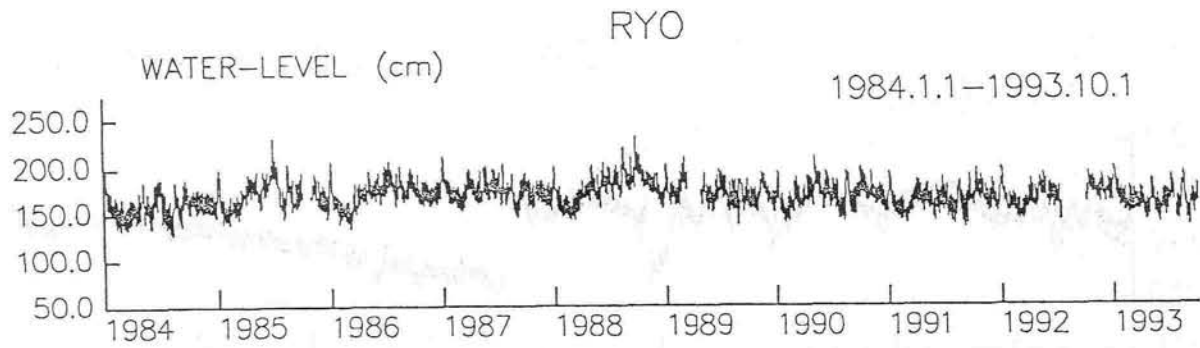


図 I - 6 - 3 RYO, YSD における地下水位の長期的変動 (1984年1月~1993年9月)

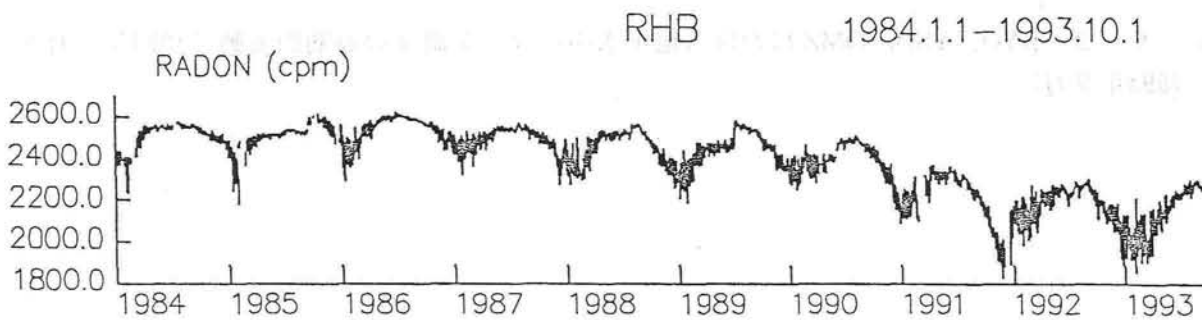


図 I - 6 - 4 SKE, RHB における地下水中のラドン濃度の長期変化 (1984年1月~1993年9月)

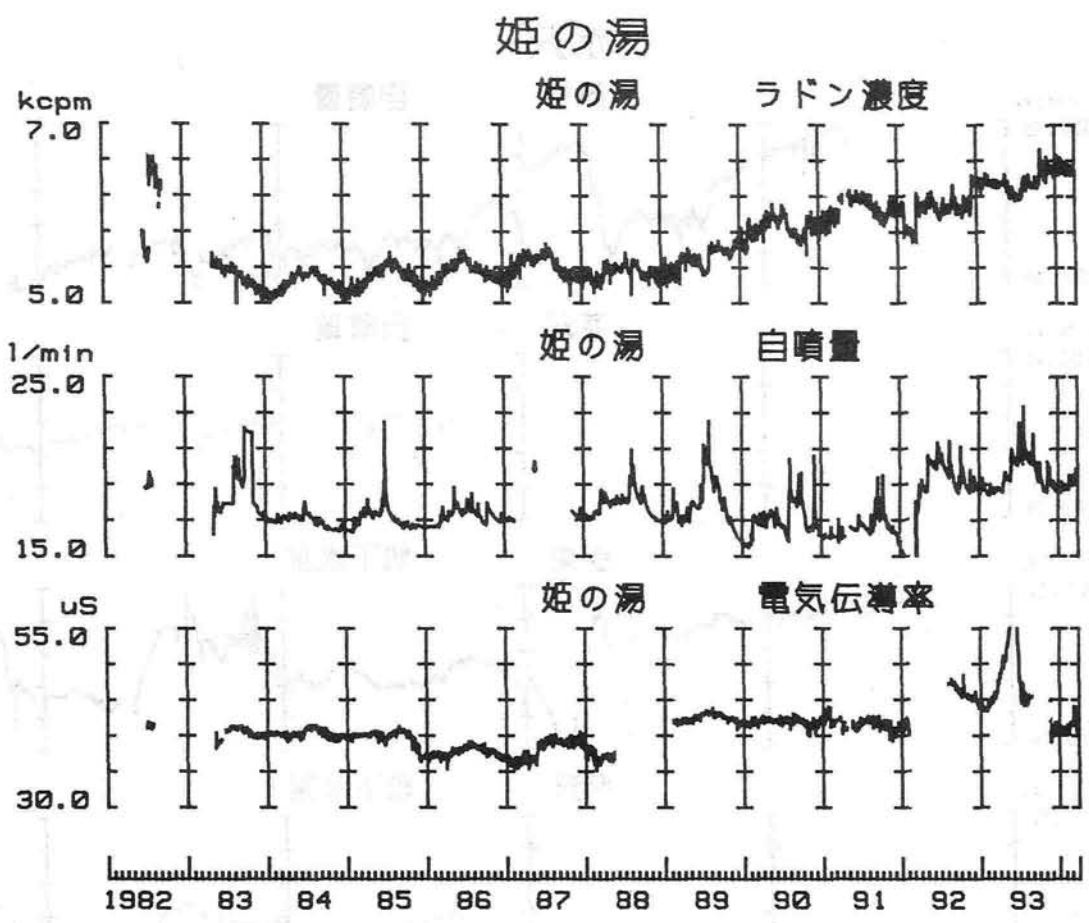


図 I - 6 - 5 姫の湯観測井（中伊豆：地質調査所）のラドン濃度，自噴量，電気伝導率変化の日平均値

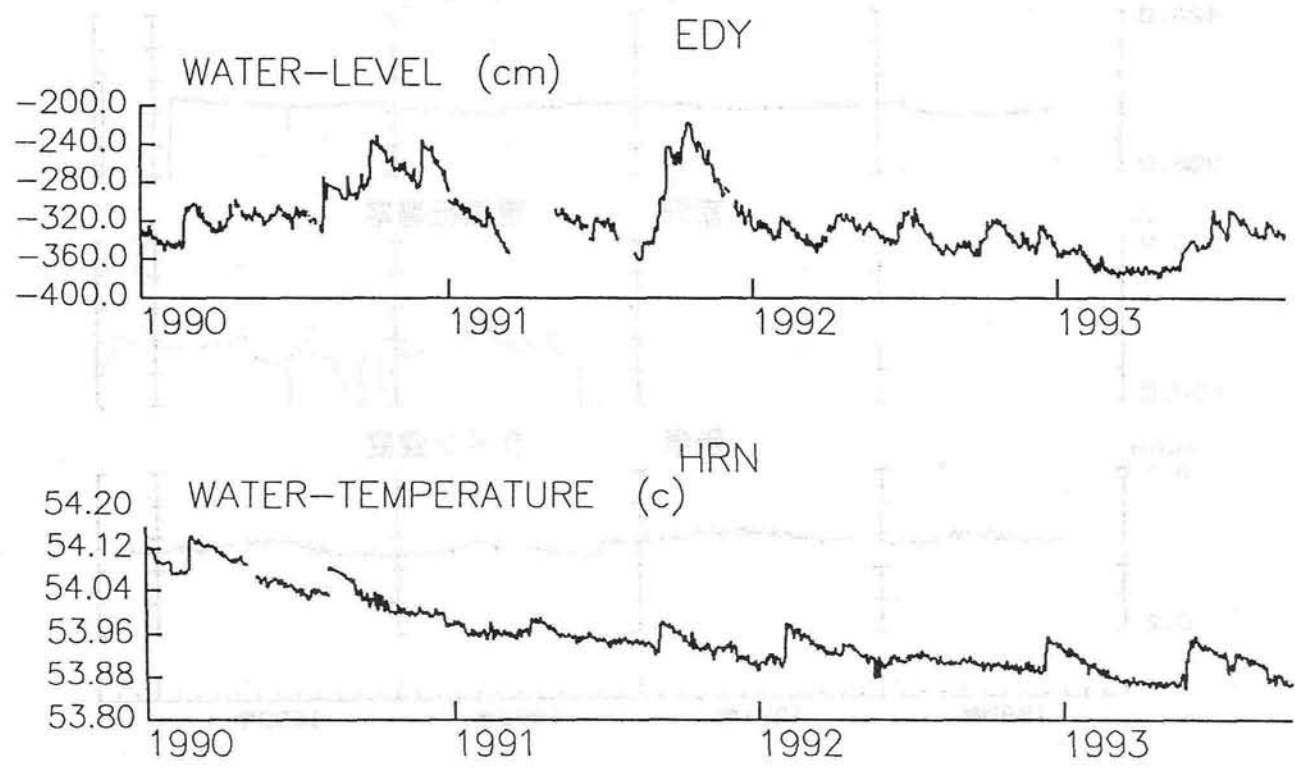


図 I - 6 - 6 EDY における水位と HRN における水温の変化（1990年1月～1993年9月）

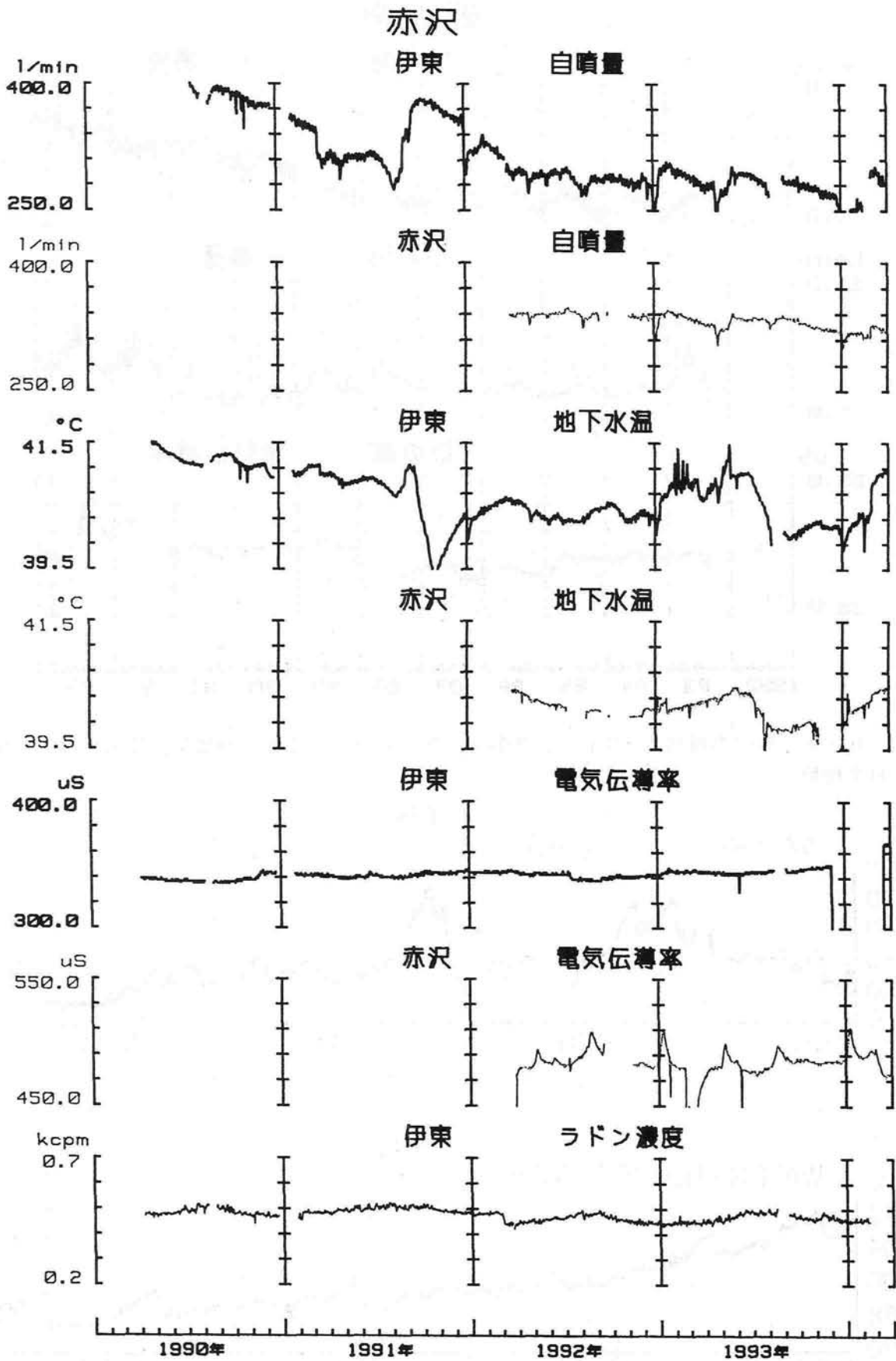


図 I - 6 - 7 地質調査所による赤沢観測点（赤沢 1 号源泉）および伊東観測点（赤沢 6 号源泉）の自噴量，水温，電気伝導度，およびラドン濃度の日平均値。

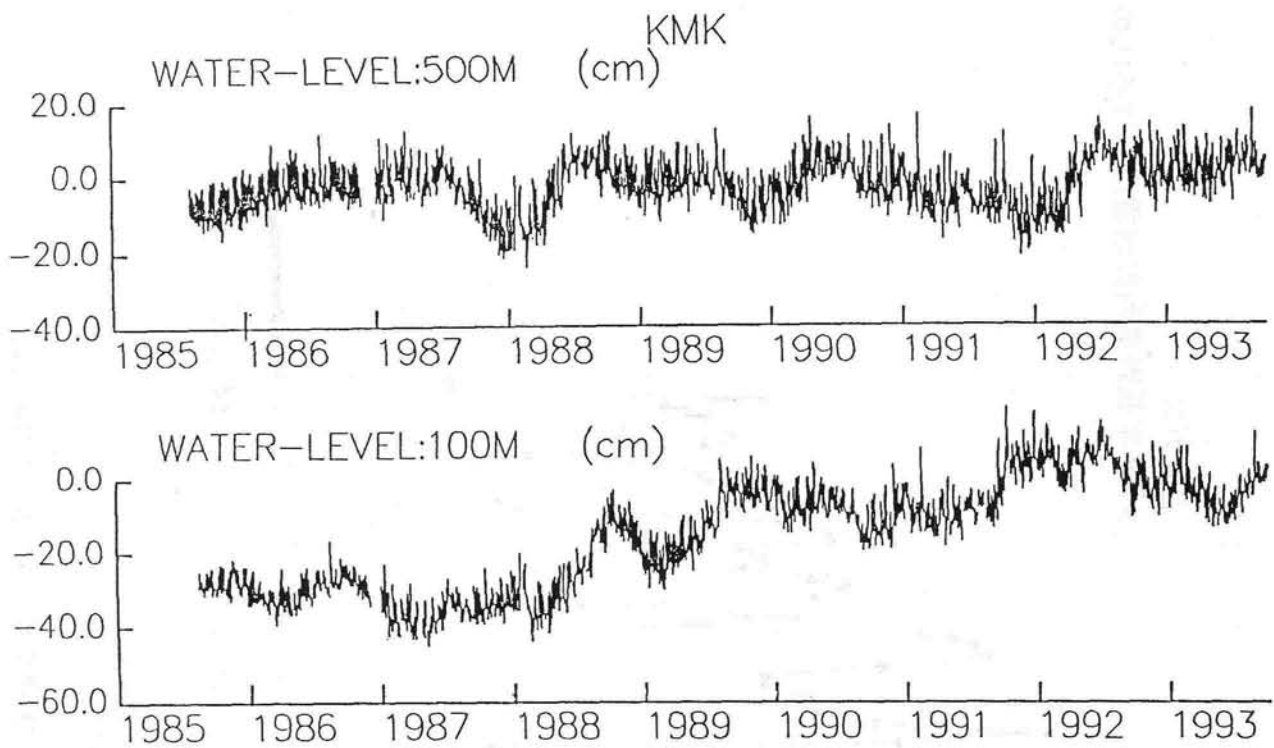


図 I - 6 - 8 KMK (鎌倉) における地下水位の長期的変動 (1985年8月~1993年9月)

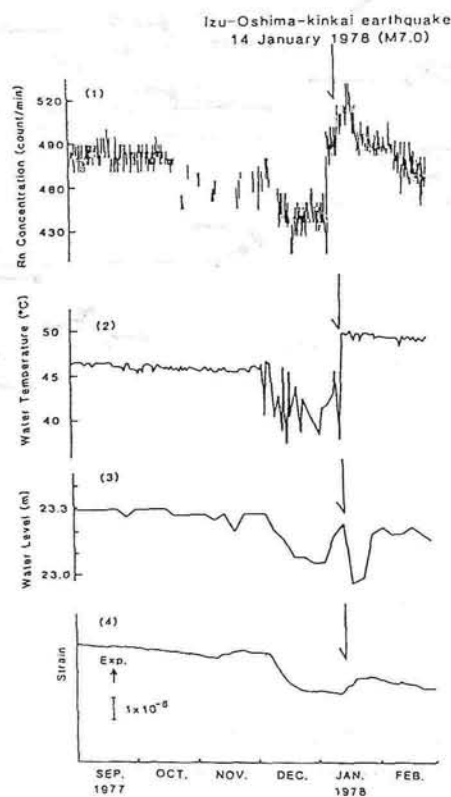


図 I - 6 - 9 伊豆大島近海地震 (1978年1月14日) の前の異常変化

- (1) SKEにおけるラドン濃度 (東大理), (2) 中伊豆における井戸の水温 (地質調),
 (3) 中伊豆における水位 (地質調), (4) 石廊崎における歪 (気象庁)

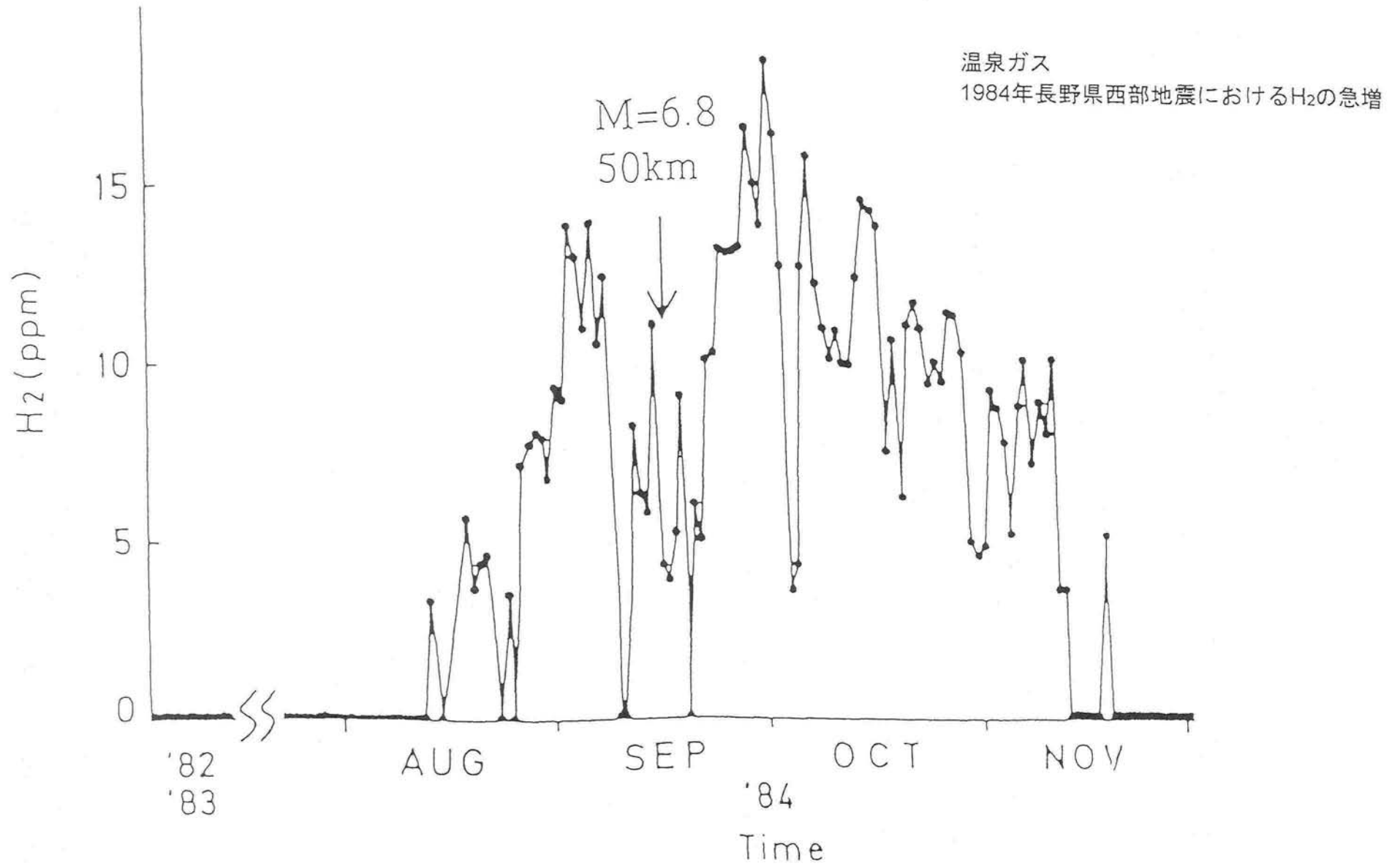


図1-6-10 長野県西部地震前後に白狐観測点(名大理)で観測された溶存水素ガスの変化。

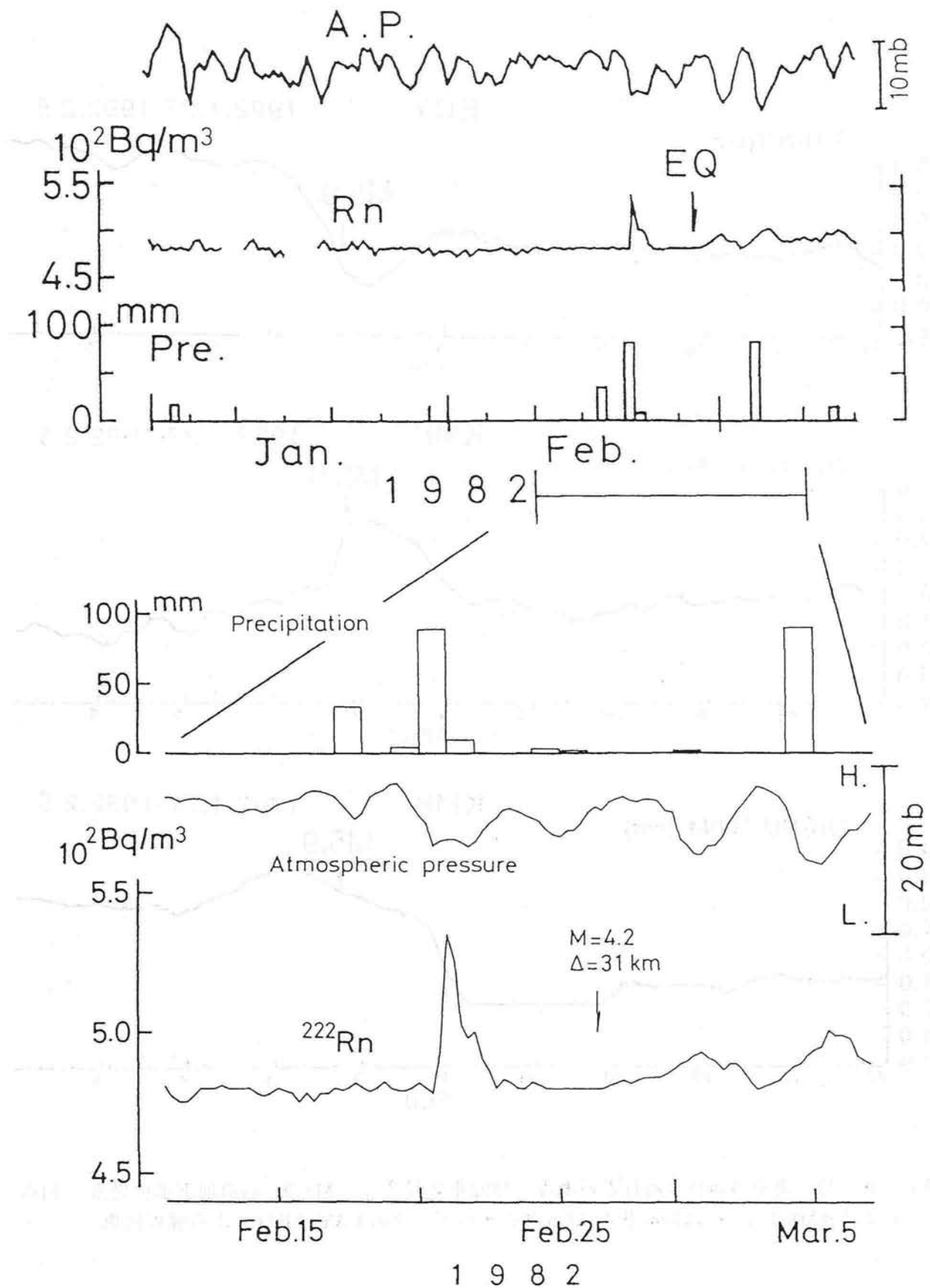


図 I - 6 - 11 菊川地殻変動観測坑（名大理）で測定された坑内大気中のラドン濃度のスパイク状の変化

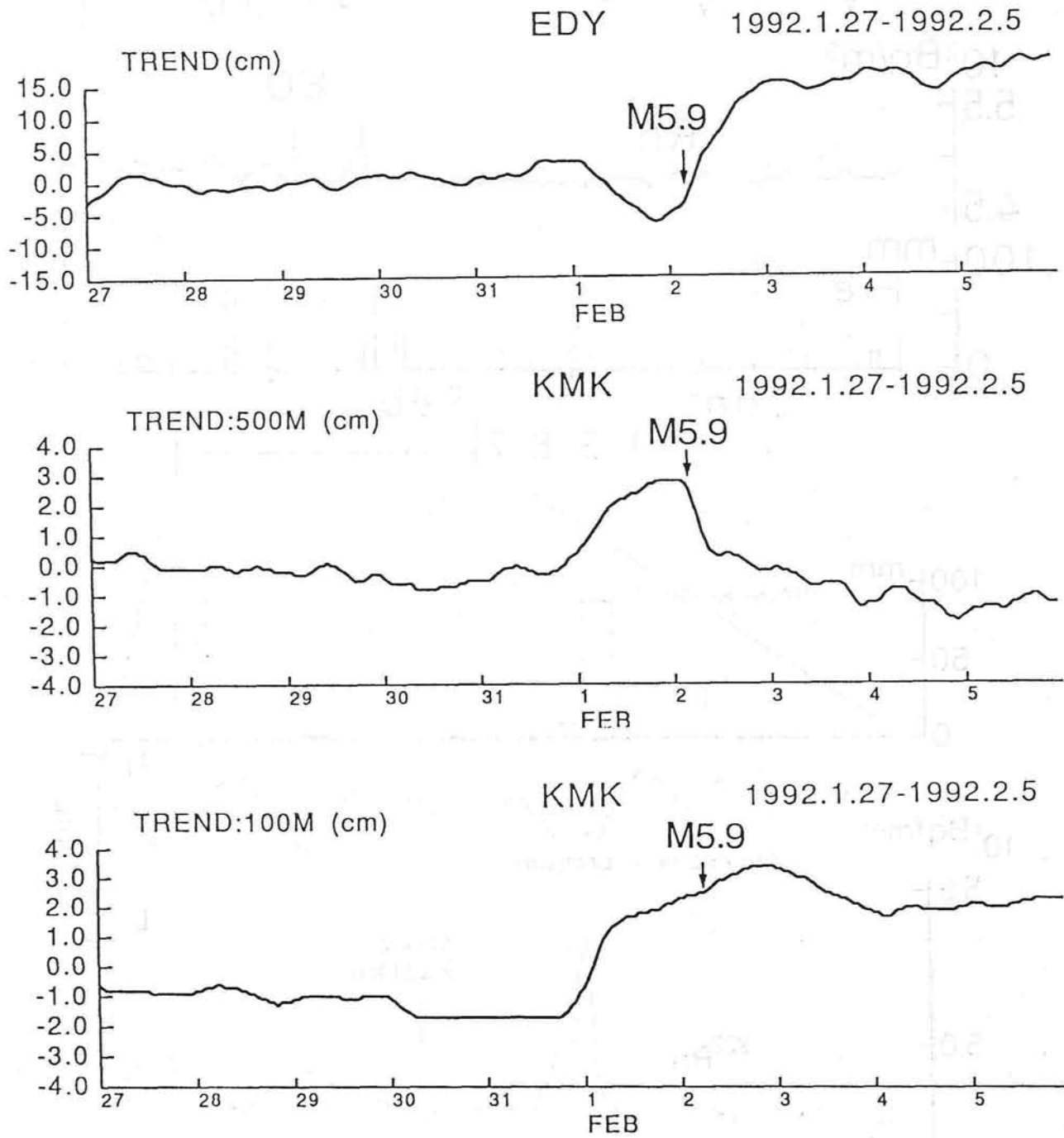


図1-6-12 東京湾浦賀水道付近の地震（1992年2月2日，M5.9）前の地下水位異常：EDY および KMK における500m 井と100m 井の水位データのBAYTAP-Gによる解析結果

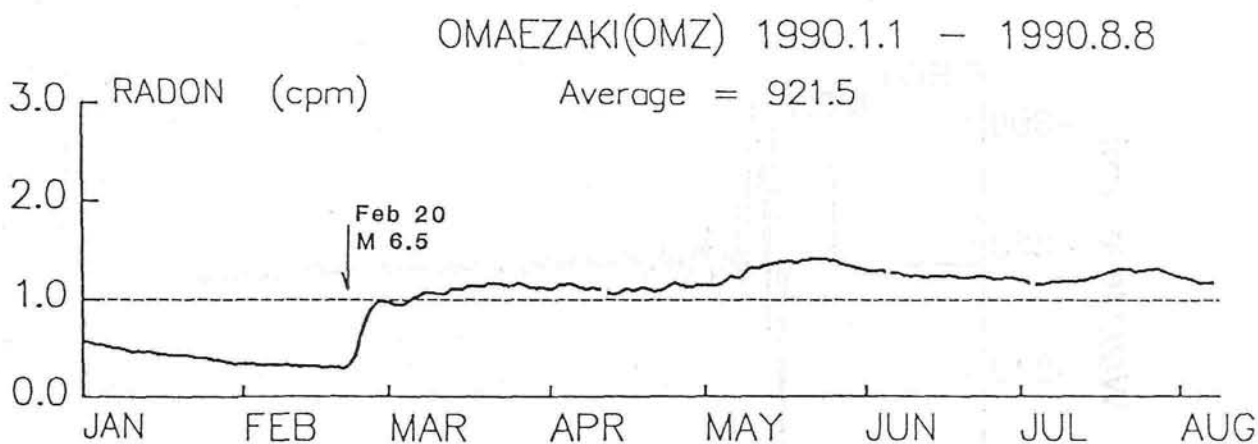


図 I - 6 - 13 OMZ 観測点で観測された伊豆大島近海地震 (1990年 2月20日, M6.5) に伴うラドン濃度の変化

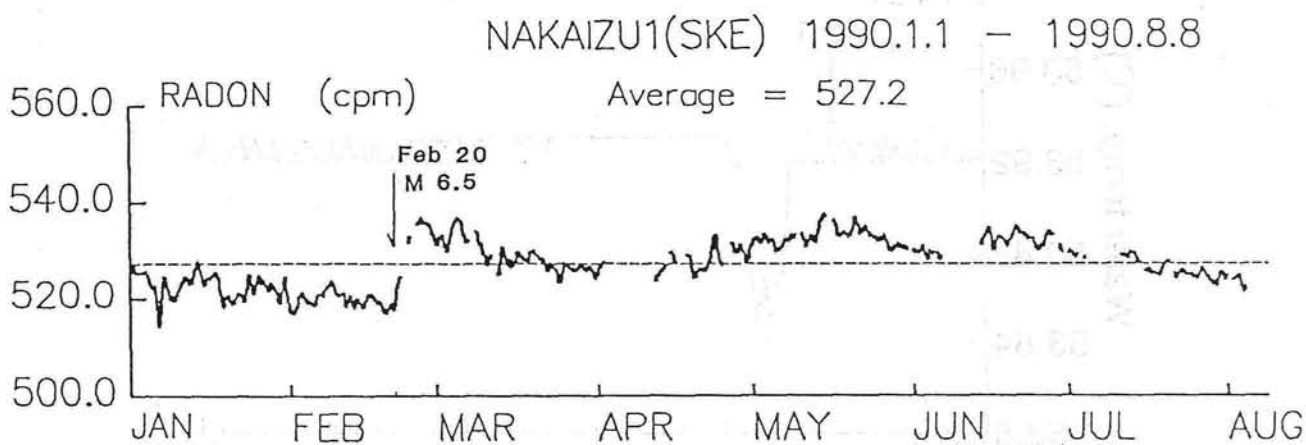


図 I - 6 - 14 SKE 観測点で観測された伊豆大島近海地震 (1990年 2月20日, M6.5) に伴うラドン濃度の変化

August 8, 1993

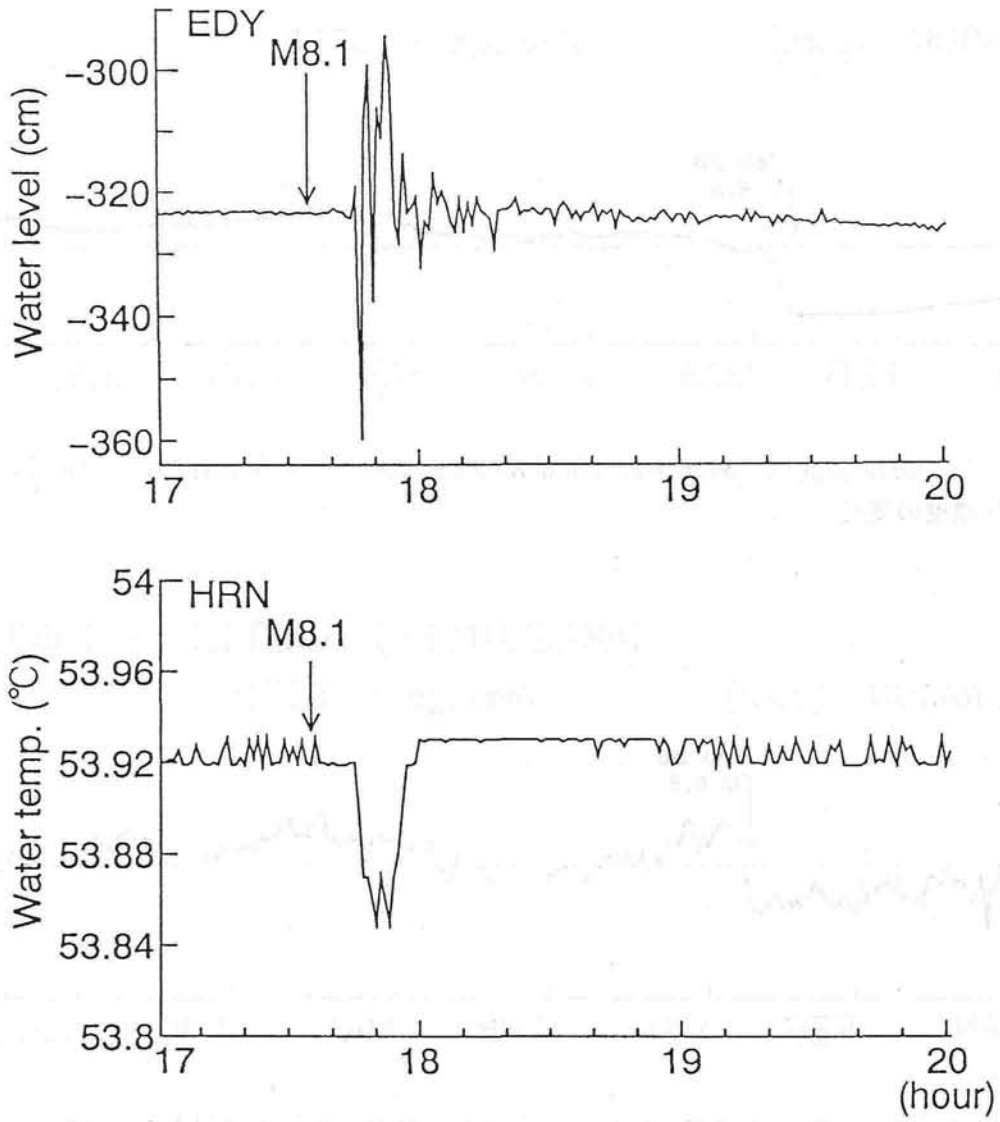


図 I - 6 - 15 1993年8月8日のグアム島沖地震の発生後に観測された EDY における水位変化と HRN における水温変化