

## 6. 地下水・地球化学

地震の発生に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。地震の予知には、地震に伴って地表近くの地下水に出現する変化を効果的に検出することが重要である。前兆現象として、地下水の水温やラドンなど地下水中に溶存する成分の濃度が変化することが知られている。

### ① 地下水の精密水温観測

北海道大学理学部では、1000分の1℃の精度で地下水の温度を連続観測する測器を開発して、北海道をはじめ日本各地の地震帯で観測を続けた結果、多くのコサイスマック信号（地震に伴って記録される信号）を捉らえたほか、地震に先行する信号も捉らえることができた（図I-6-1）。これらの信号は異なるメカニズムから来ている。また気圧変化に伴う温度信号も含めて、これらの温度信号は地下水面の上下では説明できず、地殻の歪と関連していることを明らかにした（Shimamura et al., 1984/85）。

### ② 福島県東部におけるラドン観測（東大理）

東京大学理学部では、福島県東部において地下水中のラドン濃度の連続観測を行っている（東京大学理学部，1993）。観測点は図I-6-2に示すSOM（相馬）、KSM（鹿島）、NRH（楢葉）の3地点である。

図I-6-3に1984年から1993年までの各観測点における長期間観測データを示す。記録は1時間毎に読み取ったラドン濃度（積算値）の24点移動平均値である。記録にみられるとびは測定器の交換によるものである。

臨海地に設けられたSOM観測点では、揚水できる地下水も豊富で、年間を通してラドン濃度の変動はみられない。

双葉断層上に位置するKSMとNRH観測点では、破碎帯から少量の地下水が自噴している。少量の地下水を測定に用いるため、気温変動の影響を強く受け、夏高く冬低い年周変化を示している。年周変化の大部分は測器の温度依存性によるもので、測定環境を改善することで、変動を小さくすることができる。また、測器の温度変化を実測することにより補正も可能である。実用的な手法としてBAYTAP-G法などによる解析が効果的である。

#### (1) 前兆的異常変化

地震前のラドン濃度の変化として、1990年6月1日の銚子付近の地震（M6.0）の前に観測されたラドンの低下を図I-6-4に示す（東京大学理学部，1991；Wakita et al., 1991）。平常時のラドン濃度の変動は測定装置内の水温と良い相関を示すが、この地震の約2日前から異常な低下がみられた。

#### (2) 地震に伴う変化

地震に伴う変化の例として、KSM観測点で観測されるラドン濃度の低下について報告す

る。

図 I - 6 - 5 は1984年から1992年までのラドンデータについてBAYTAP-Gによる解析から得られたTREND成分の変化を示す (Igarashi and Wakita, 1990 ; Wakita et al., 1989 ; 東京大学理学部, 1989)。1984年1月から1987年4月までの期間について, 日本周辺に発生したM6.0以上の地震 (図 I - 6 - 6) のほとんどに対してコサイスマミックな低下がみられる。観測点から300km以内の地震については, 発生した12個の地震のすべてにコサイスマミックな低下が観測されている。ところが, 1987年5月からは同様な地震の発生に対して応答性はみられなくなっている。

約5年間地震応答性はみられなかったが, 1992年5月, M5.6の地震に対して明瞭な低下が観測された (Igarashi et al., 1993)(図 I - 6 - 7)。M6以下の地震に対してラドン低下がはじめて観測されたのである。一旦応答性が回復すると, 地震に対する感度は以前より高くなり, さらに小さな地震に対しても変化がみられるようになった。

地震応答性がなくなったのは, 観測点の近傍の福島県沖にM6.1からM6.7の地震が5個も短期間に続発したことを契機としているように考えられる。大きな地震の発生によって広域応力場が変化し, 観測点周辺の地殻を構成する物質の性質が変化した可能性を示唆している。数年間を経て, 地殻が元の状態に戻り, 応答性が回復したものと解釈できる。

地震の前兆現象が観測されたり, 観測されなかったりする原因が, こうした地殻の物性の変化によるとも考えられ, KSMの観測結果は興味深い。

[脇田 宏]

#### 参 考 文 献

- 1) Shimamura, H. et al. : PAGEOPH, 122 (1984/85), 933-946.
- 2) 東京大学理学部 : 地震予知連絡会会報, 49 (1993), 113-119.
- 3) 東京大学理学部 : 地震予知連絡会会報, 45 (1991), 62-65.
- 4) Wakita, H. et al. : Geophys. Res. Lett., 18 (1991), 629-632.
- 5) Igarashi, G. and H. Wakita : Tectonophys., 180 (1990), 237-254.
- 6) Wakita, H. et al. : Geophys. Res. Lett., 16 (1989), 417-420.
- 7) 東京大学理学部 : 地震予知連絡会会報, 41 (1989), 71-76.
- 8) Igarashi, G. et al. : Geophys. Res. Lett., 20 (1993), 1807-1810.

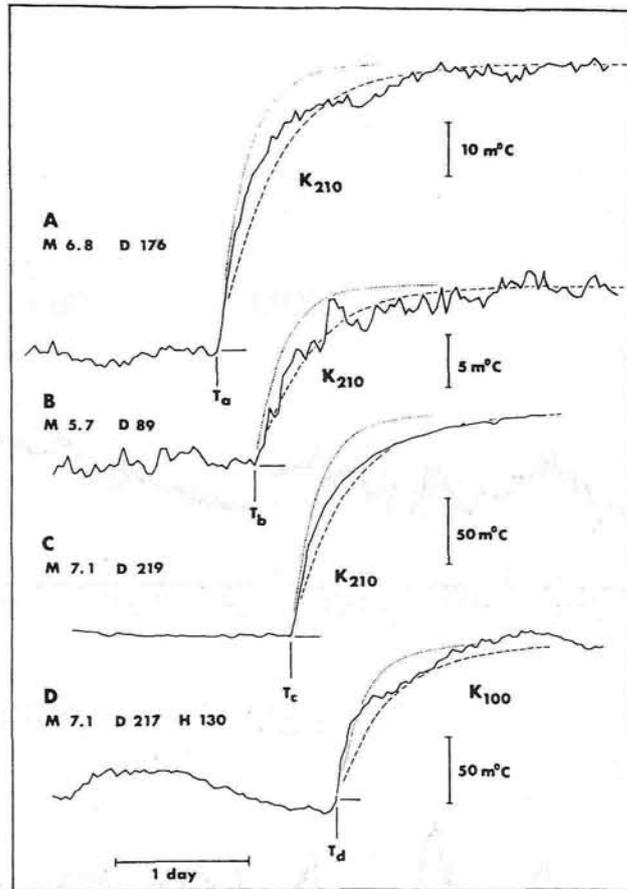


図 I - 6 - 1 北海道弟子屈で観測したコサイスミックな水温変化（北大理）

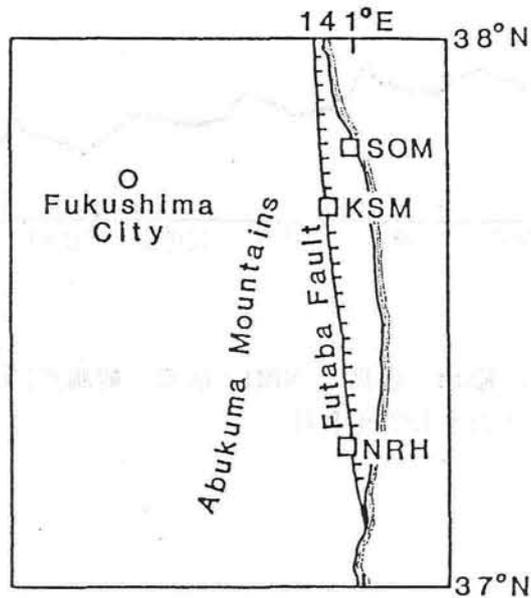


図 I - 6 - 2 福島県東部の地球化学観測点の位置

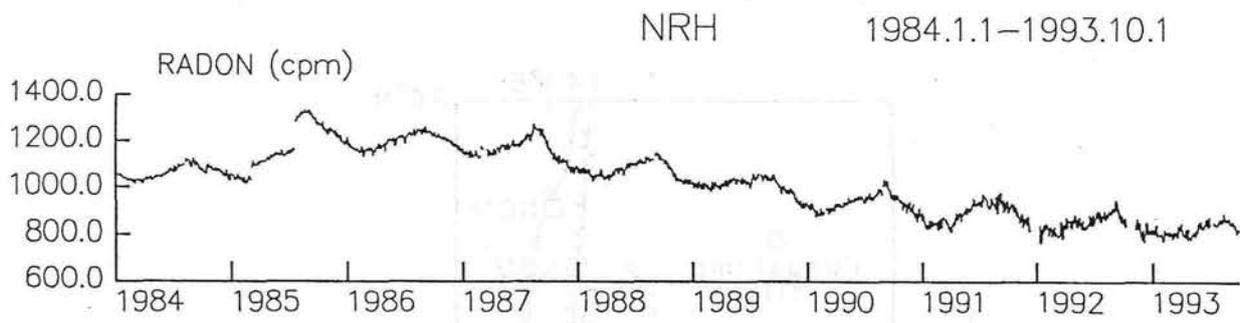
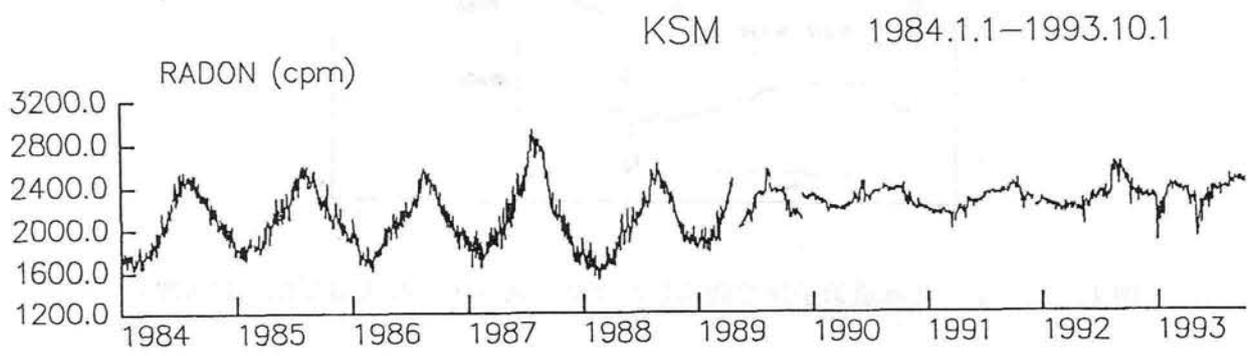
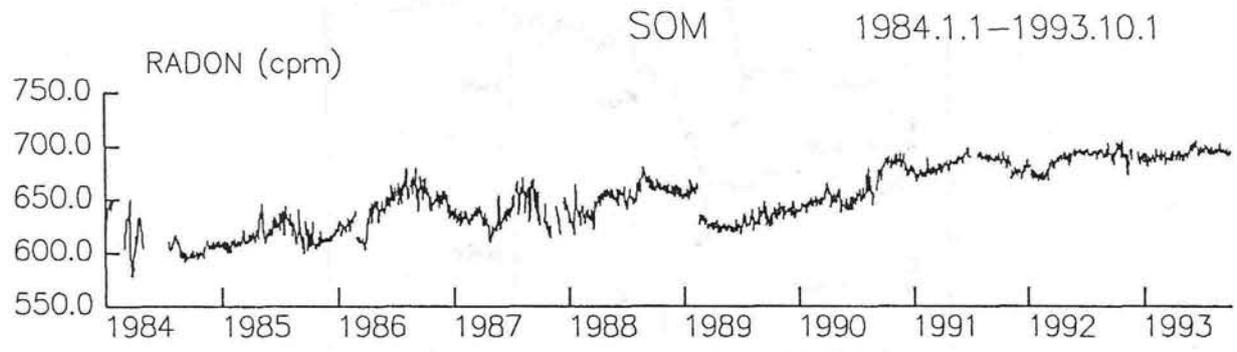


図 1 - 6 - 3 SOM (相馬), KSM (鹿島), NRH (楢葉) 観測点における地下水中のラドン濃度の長期的変動 (1984年1月~1993年9月)

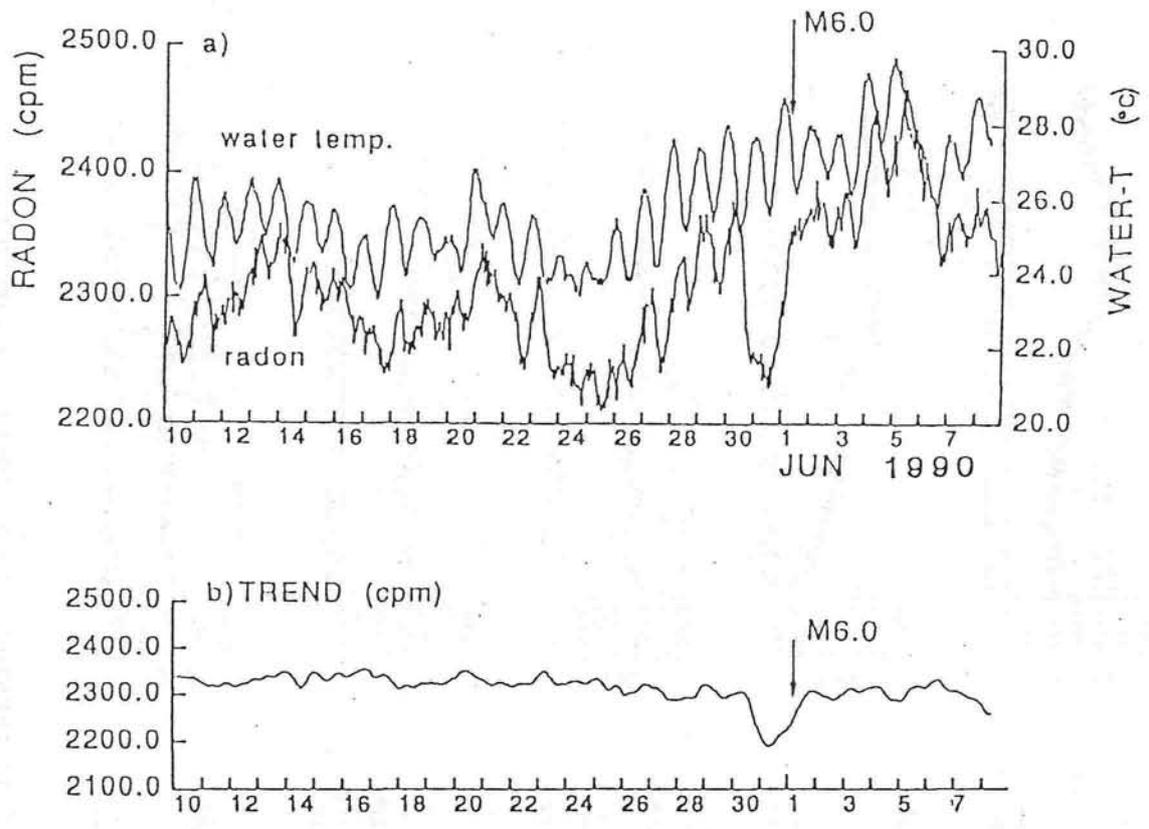


図 I - 6 - 4 銚子付近の地震（1990年6月1日）に対する前兆的ラドン濃度変化  
 a) ラドン濃度と測定器内の水温の実測値（1990年5月10日～6月8日）  
 b) BAYTAP-Gによる解析：実測したラドン濃度から水温応答成分を除去して得られた  
 TREND成分の変化

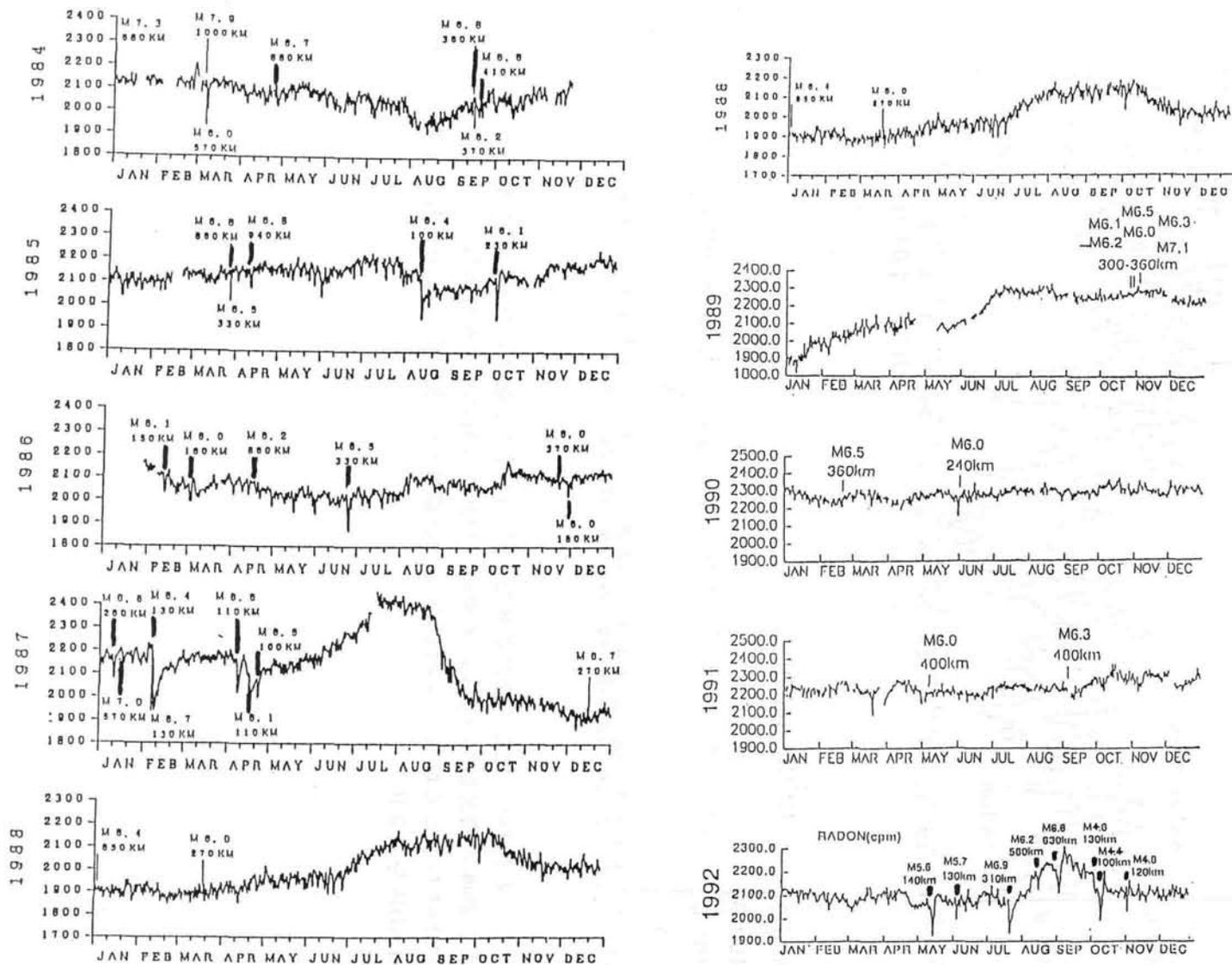


図 I - 6 - 5 BAYTAP-Gによる解析で得られたTREND成分の変化(1984年1月~1992年11月)  
1990年6月のM6.0地震にみられる低下はコサイスマミックな変化ではない。

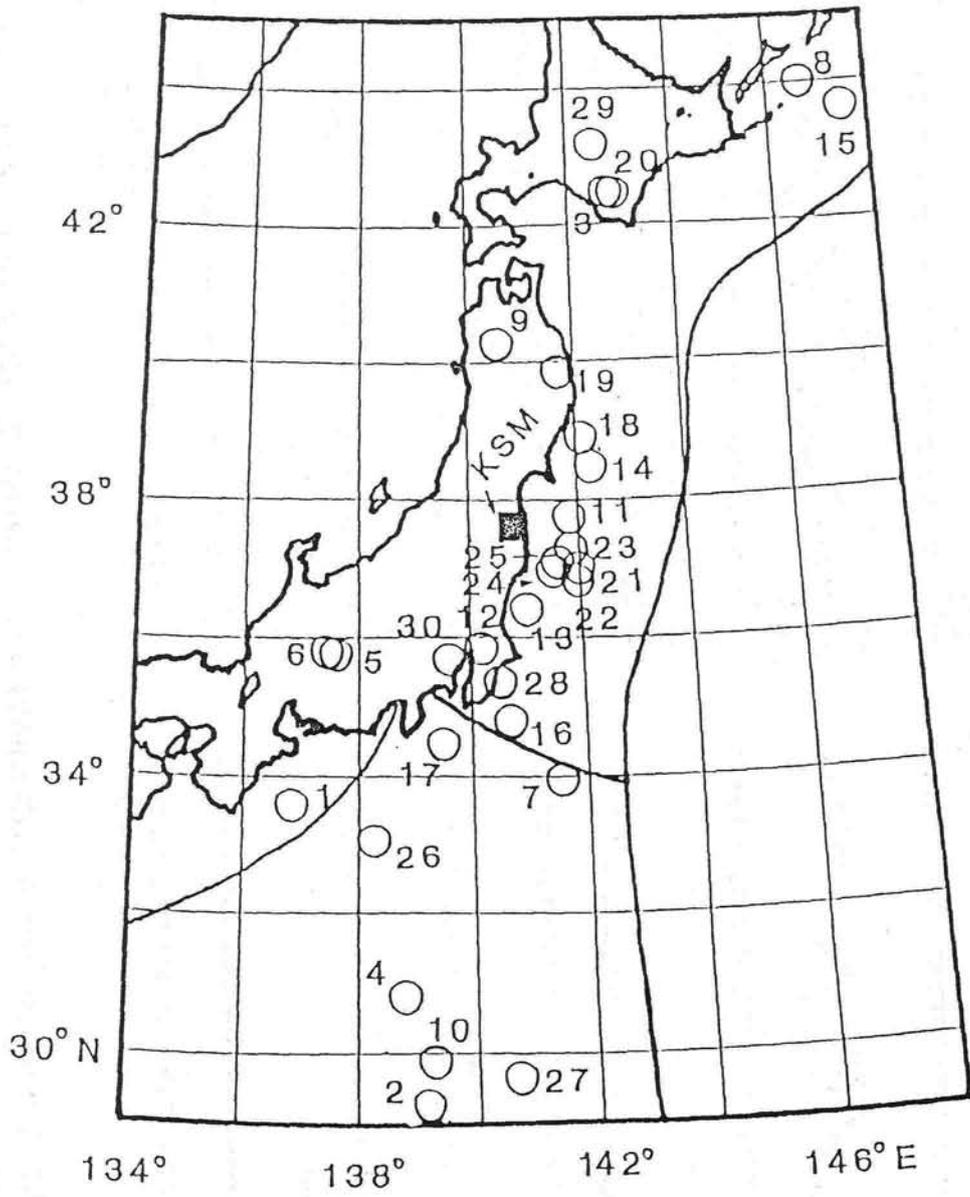


図 I - 6 - 6 日本周辺に発生する地震 (M > 6) の震央分布 (1984年1月~1988年12月)

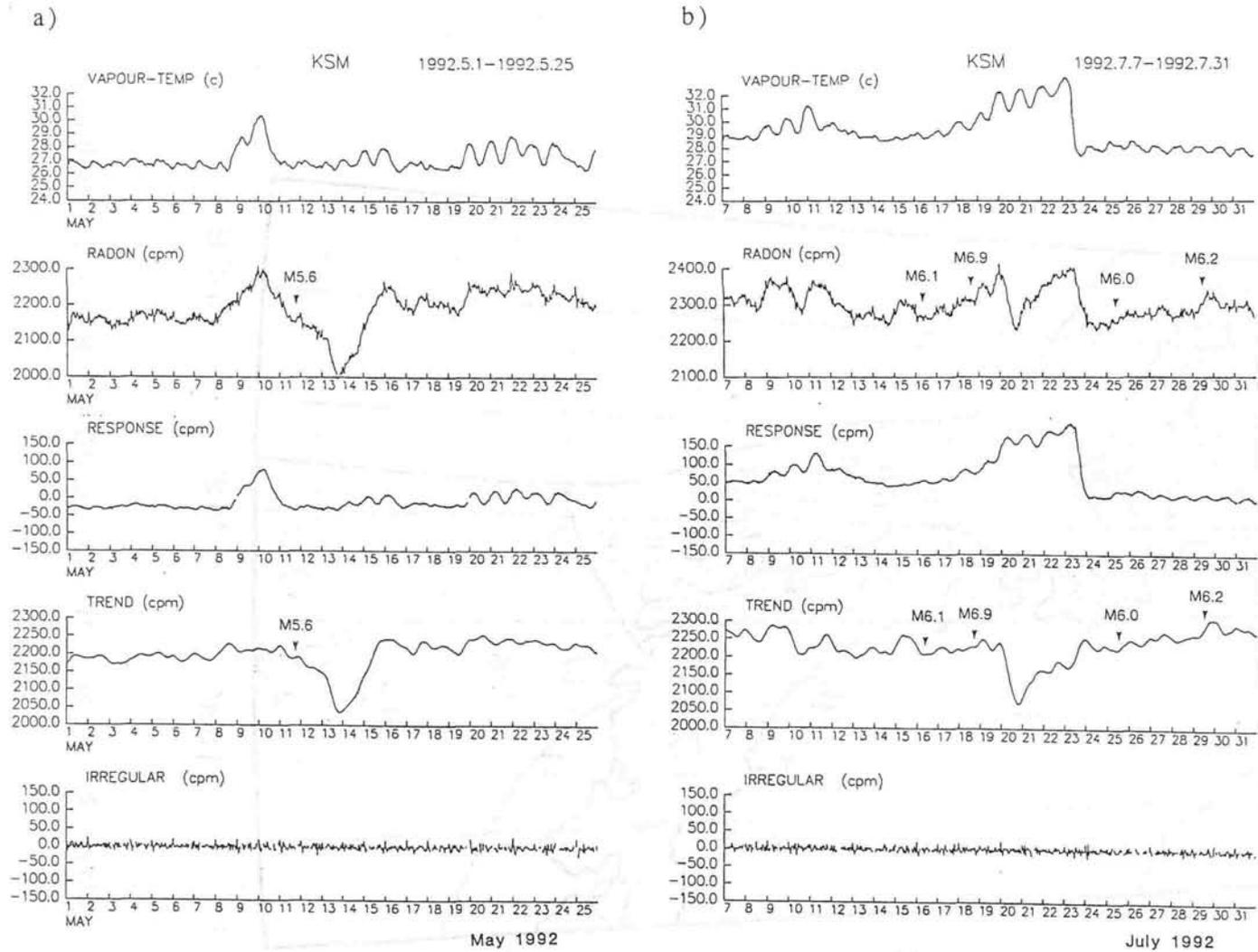


図 I - 6 - 7 地震応答性が回復した1992年5月以降のBAYTAP-Gによる解析結果：測定装置内の気相温度とラドン濃度の実測値，気相温度応答成分，TREND成分，およびIRREGULAR成分。

a) 応答性の回復がみられた1992年5月18日の地震の前後の期間

b) 1992年7月の期間