

1995年兵庫県南部地震の事前予測の 可能性について(3) —短期的予測—

茂木清夫¹⁾

今回の地震を日や月というオーダーで事前に予測した人は誰もいなかった。いわゆる短期予知はできず、その意味では地震は突然起こった。初めに述べたように、阪神地域は東海地域と違って、観測点が少なく、前兆現象を観測できる能力が低かった。それでも、地震後にいくつかの前兆現象が捉えられていたことがわかった。以下にそれらについて述べる。

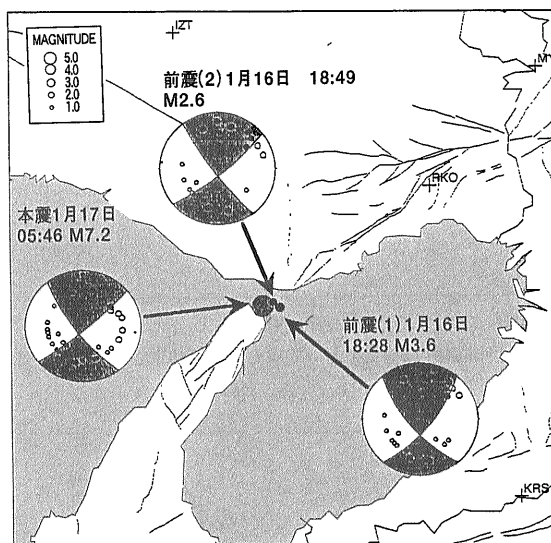
3.1 地震活動

(1) 前震

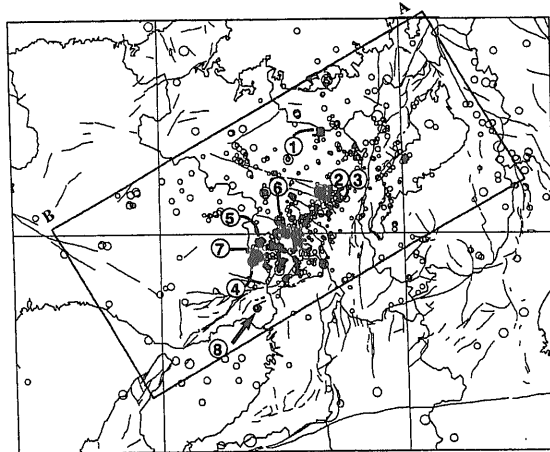
兵庫県南部地震の本震の震央とほとんど同じところで前震があった(安藤, 1995)。本震の約11時間前の1月16日18時28分にM3.6(神戸で震度1)、18時49分にM2.5, 18時55分にM1.5, 23時49分にM2.1の地震が起こり、翌17日5時46分に本震発生となった。そのうちの2個の前震と本震のメカニズムを第1図に示したが、いずれも東西圧縮の横ずれ型の同じメカニズムで起こった。安藤(1995)によれば、明石海峡付近で、このように、短時間に4個も小地震が続発した例は過去10数年間になく、めずらしいことである。しかし、これらの小地震が続発したということだけでもとづいて本震の発生を予測することは困難である(例えば前田(1995))。

(2) 丹波山地の地震活動

丹波地域は地震活動の高い地域である。しかし、ほとんどの地震は小さく無感である。ところが、この地域の活動が今回の地震の1年くらい前から活発な活動を示すようになった(安藤, 1995)。第2図は1994年のこの地域の顕著な地震の空間分布で



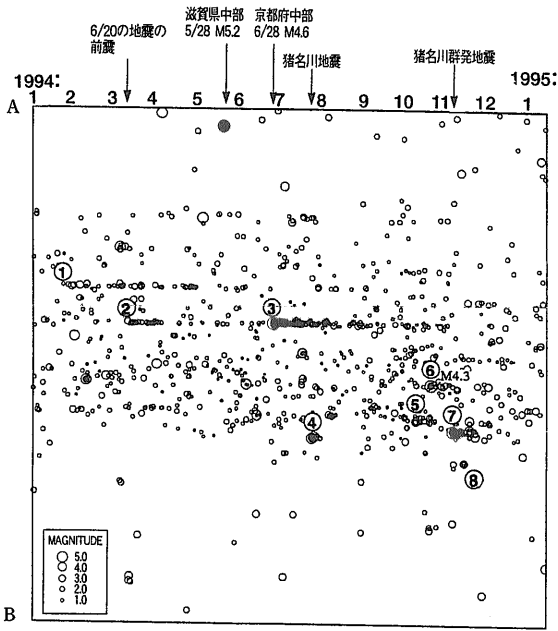
第1図 兵庫県南部地震の本震の震央と前震の位置と発震機構(安藤, 1995)。



第2図 丹波地域の1994年の顕著な地震活動。①から⑧はその発生順を示す(安藤, 1995)。

1) 地震予知連絡会会長・日本大学生産工学部：
〒275 千葉県習志野市泉町1-2-1

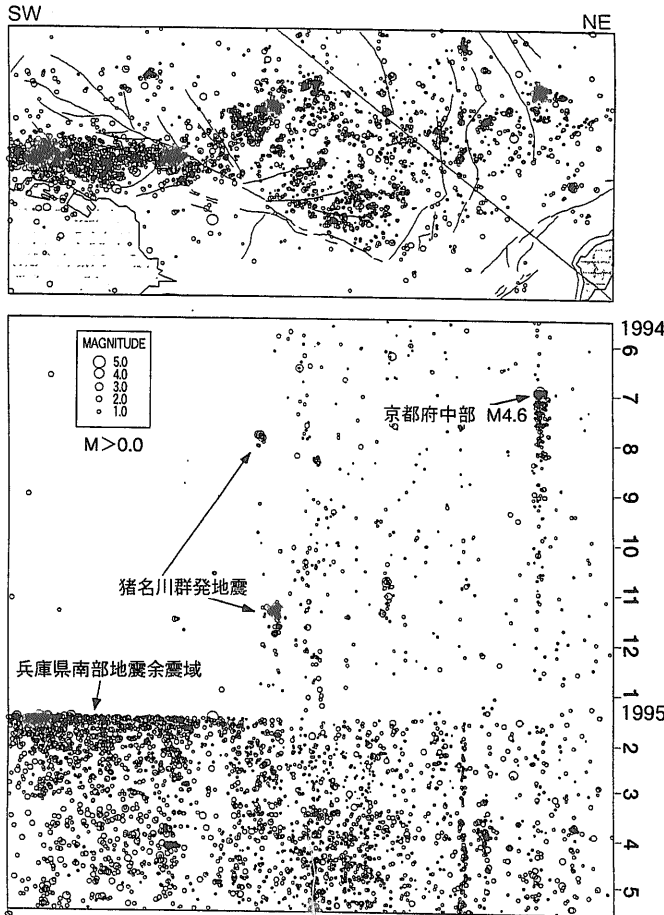
キーワード：1995年兵庫県南部地震，事前予測，短期的予測，前兆現象，前震，群発地震，静穏化，地殻変動，地下水，電磁気現象



第3図 第2図の矩形の領域について、ABを縦軸にとり、横軸に時間をとって示した時空間分布図。①-⑧は第2図と同じ(安藤, 1995)。

ある。この図の矩形の部分についてAB方向を縦軸にとり、横軸に時間をとって時空間分布図を示したのが第3図である。これらの図の中の番号は主な地震又は群発地震を発生順に示したものである。京都府中部の地震や猪名川群発地震などである。この図を見ると、顕著な地震活動は兵庫県南部地震の震源域の方に移動しているように見える。大地震の周辺部で群発地震が起こる場合があることは、例えば、1983年の日本海中部地震でも見られた(Mogi,1985)。丹波地域の活発化、特に、群発地震の発生、地震活動の移動の傾向は兵庫県南部地震の前駆的变化とみられる。

第4図は同様な時空間分布図であるが、兵庫県南部地震の前後をやや詳しく示したものである(京都大学防災研究所地震予知研究センター, 1995)。ここで注目されることは大地震の1ヵ月ほど前から丹波地域を含む広い地域が極度に静かになったことである。このように、来るべき大きい地震の前に

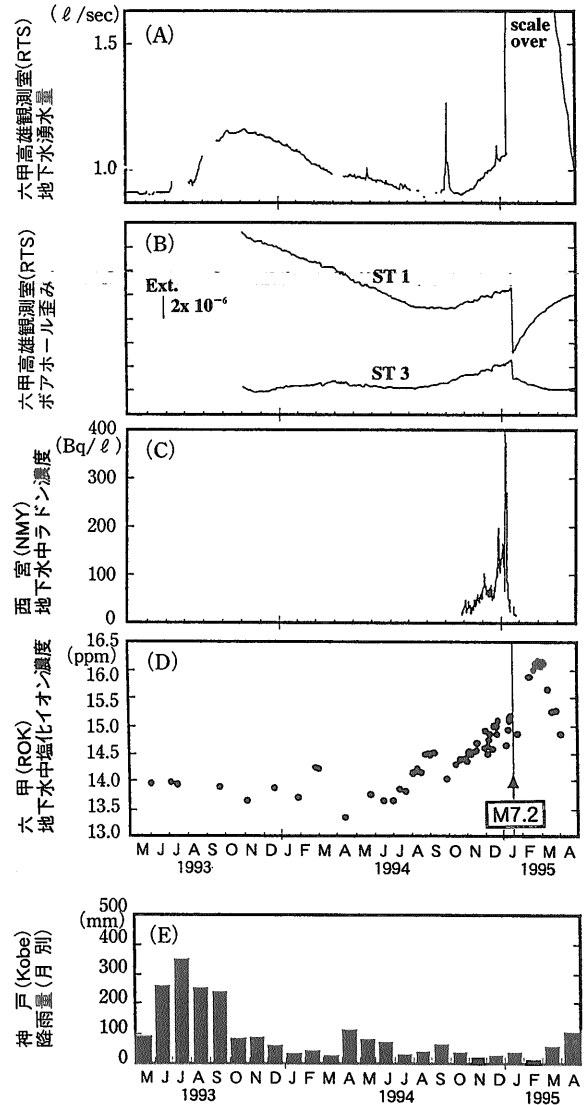


第4図
上の図の矩形の領域(阪神, 丹波地区)に起こった地震の時空間分布(1994年5月16日~1995年5月15日)(京都大学防災研究所地震予知研究センター, 1995)。

その震源域とその周辺の広い範囲で比較的短期間静穏になることがあり、前兆的な変化と見られる。1976年8月18日に伊豆半島中部で起こった河津地震(M5.4)の場合にも、8月のはじめから広い範囲で静穏化し、直前に前震があって本震が発生した(津村建四朗ほか, 1977)。なお、今回の地震の震源域は比較的静かであったが、地震の1~2年前は特に静穏であった(片尾・安藤, 1996)。

3.2 地殻変動及び地下水の変化

地震前の地殻変動及び地下水の異常とも思われる変化をまとめて示したものがいくつか報告されているが(例えば片尾・安藤, 1996), 第5図はその一つである(Tunogai and Wakita, 1996)。図中の最上段(A)は本震の震央から約15km北東に離れ、余震域の直上のトンネル内にある京都大学理学部の六甲高雄観測室内の破砕帯からの湧水量の変化である(藤森ほか, 1995)。11月上旬から増加し始め、兵庫県南部地震まで7%増加し、本震と同時に急増した。(B)は同じ六甲高雄観測室に設置された石井式ボアホール型歪形による変形曲線である(藤森ほか, 1995)。ST1はN81°W, ST3はN21°W方向の歪変化であり、図中の上向きが伸びを示す。いずれも10月からの伸張歪が始まった。ただし、ST1の変化は年周変化の可能性がある(藤森ほか, 1997)。なお、本震発生の直前には何の変化もなかった。(C)は西宮の地下水中のラドン濃度の変化で10月末から11月にかけて約20-50Bq/lの間で変動していたのが、12月始めには約100Bq/lに増加していた。1月20日にデータを回収してみると、ラドン濃度はひきつづき増加し続け、1995年1月8日に約250Bq/lの最高値に達し、約3日間高い値を保った後、急速に減少して地震が発生したが、1月16日夕方までに約20Bq/lというもとの値にもどった(佐伯ほか, 1995)。(D)は六甲山麓の井戸水から採取した飲料水中の塩化物イオンの濃度が8月頃から月2%の割合で増加して地震となったことを示している(角皆・脇田, 1995)。測定は地震後、市販されている密封されたボトルの水について行ったが、それは1993年7月から1995年3月にわたって採取されたものである。第5図で注目されることは、これらの変化がほぼ1994年10月頃に同時に始まっていることである。このように、異なる場



第5図 兵庫県南部地震前に観測された異常と思われる変化：(A) 六甲高雄観測室の地下水湧水量の増加(藤森ほか, 1995)；(B) 同所におけるボアホール歪みの変化(藤森ほか, 1995, 1997)；(C) 西宮の地下水中のラドン濃度の変化(佐伯雄司ほか, 1995)；(D) 六甲の地下水中の塩化物イオン濃度の変化(角皆・脇田, 1995)。

所で、各種の変化がほぼ同時に認められたことは、これらの変化が偶然のものではなく、兵庫県南部地震の前兆である可能性を強く示唆するものである。なお、注目すべきことは、これらの観測がいずれもごく最近始められたものであるということである。もし、地震がそれよりも前におこっていれば、

これらのデータの多くは得られなかったことになる。

3.3 地球電磁気現象と発光現象

今回の地震では、地震直前の電磁波の異常がいくつか報告されている。山田・尾池(1997)によると、本震直前に宇治で観測している長波の電気ノイズ(163kHz)の頻度が増加した。また、Maeda and Tokimasa(1996)によると、西播磨天文台の惑星観測のための八木アンテナによる電波干渉計が本震の約50分前から始まった異常電波を記録している。藤縄・高橋(1995)によると、茨城県の波崎でも地震の数時間前からVLF帯(1-9kHz)の地中電界変動がボアホールを用いたアンテナによって観測された。また、地震の直前に震源域を走行中の自動車のラジオのノイズが高くなったという報告がある(芳野, 1997)。

今回の地震では発光現象が観察されたという報告があるが、地震前にあったかどうかはわからない(佃, 1995)。

以上、短期の前兆現象に関して述べてきたが、前兆現象がいくつかあったことは確かである。そのほとんどは、地震発生後に認定できる比較的微弱なものであった。短期的前兆現象のうち、前震はともかく、震央に近い観測点でのデータが全くなかった。しかも、第5図に示したデータはごく最近観測が開始されたものであり、リアルタイムで提供されたものでない。これまでの観測がいかにも不十分であったかがわかると同時に、今後もっと充実した観測を実施すれば、さらに多くの前兆現象を観測できる可能性があることを示唆している。今回はこれらの観測データを総合したとしても、震源域内又は近傍で変化を観測した点が少なく、変化が微弱であり、観測期間が短いものが多いことなどを考えると、日又は月単位の予測は極めて困難であったといわざるを得ない。

4 まとめ

以上、(1) — 大局的な予測 —, (2) — 長期的予測 —, (3) — 短期的予測 —, と3回に分けて掲載してきたが、その結果を総まとめすると次のようになる。

(1) 日本列島及西日本で長期にわたって大被害地震が多発してきたのに、最近の50年間全くなかったという異常性と、南海トラフ沿いの巨大地震に関係すると見られる西日本の内陸地震の活動の時空間変化を見ると、西日本、特に近畿地方でM7級の内陸地震が起こっても不思議でない状況にあった。

(2) 地震予知連絡会は、これまでの地震活動や活断層の分布状態、さらに高度な社会活動地域であることなどを考慮して、阪神地区を、20~30年以内にM7級の地震が起こる可能性のある地域、即ち「特定観測地域」ないしその一部として、1970年以来指定し、公表してきた。さらに、地震活動の長期的静穏化現象などが調査・追跡されていれば、場所及び切迫度について、もっと説得性のある長期予測ができた可能性がある。

(3) 地震の発生場所、規模及び時期を事前に高い精度で予測することは、地震後判明したデータをもとにしても困難である。地震の発生の時期を月や日のオーダーで予測するためには明瞭な短期の前兆現象を観測しなければならないが、今回の地震について、いくつかの短期前兆現象と思われるものが観測されたが、その多くは微弱であり、また、長期にわたる観測がないために平常の定常的変化の程度が知られていないものが多く、これらのデータが仮にリアルタイムでわかっていたとしても、警報に類するような情報を出すことは困難であった。ただし、注意を呼びかけるようなことはできたかも知れない。

今回の地震では震源域内ないしその近傍での前兆的变化のデータが少なく、変化が微弱であったことが予測を困難にした。地震の前兆現象の現れる度合いは地震によって異なる。近年の地震で実用的な予測が可能であったかも知れないと考えられるのは、約20年前に起こった1978年伊豆大島近海地震(M7.0)である(Mogi, 1981)。20年前であるから観測技術は遥かに劣っていたにも拘わらず、顕著な各種の前兆現象を捉えることができた。その理由の一つは、1974年に伊豆半島南端に伊豆半島沖地震(M6.9)が起こり、伊豆半島中部の東側で地盤が15cmにも達する隆起があることが判明し、微小群発地震が散発したことから、地震予知連絡会は伊豆半島中部から伊豆大島にかけての地域に注目し、当時としては可能な限りの集中した観測が

行われたことである。もう一つの理由は前兆現象が極めて顕著であったことである。今回の地震の前震は前に述べたように、M3.6を最大とする4個が震央近くで観測されたに過ぎないが、伊豆大島近海地震では約3時間前のM4.9 2回、M4.6 1回、M4.1 1回、M4.0 1回をはじめ、M3.5以上のものが13回も発生し、気象庁はこれらの地震による被害に注意するよう呼びかけたくらいである。この活発な前震は本震の約4時間前から本震の近傍で起こった。本震の震央は伊豆半島と伊豆大島の中間の海底にあったが、地震断層は海底下では東西方向で右横ずれ型であったが、伊豆半島に上陸して方向を北西に変えて内陸に進展した。この断層を取り囲む各地点で、地殻歪(体積歪)、井戸の水位、温泉の温度、地下水中のラドン濃度の観測をしていたが、いずれも2~3ヵ月前から変化し始め、地震直前にも変化した。活発な前震活動に加えて各種の明瞭な変化があったのであるから、これらの情報がリアルタイムで監視できる状況にあったとすれば、地震の発生を事前に予測できた可能性は十分にあったと考えられる。しかし、当時の実際の状況としては、ほとんどの観測が地元の民家に委託し、一週間後に回収するというものであった。したがって、実際は予知情報を出すというようなことはできなかったのである。

この伊豆大島近海地震の場合と比較すると、最近の観測の近代化にもかかわらず、今回の地震で観測された前兆的变化は微弱であり、特に、2~3日という短期の事象は明瞭でなく、これらを前兆現象と判断し、地震の発生を事前に予測することは困難であるといわざるを得ない(完)。

文 献

- 安藤雅孝(1995): 1995年兵庫県南部地震の前震・本震・余震・誘発地震, 月刊地球, 号外13, 18-29.
藤森邦夫・山本剛靖・石井 紘(1995): 1995年兵庫県南部地震に

- 関連した地殻変動と湧水量変化—六甲高雄観測室における観測—, 月刊地球, 号外13, 148-153.
藤森邦夫・山本剛靖・石井 紘・大塚成昭(1997): 六甲高雄観測室における歪と湧水量変化, 地球惑星科学関連学会1997年合同大会予稿集, 323.
藤縄幸雄, 高橋耕三(1995): 1995年兵庫県南部地震前後の電界変動の特徴, 月刊地球, 号外13, 175-184.
片尾 浩・安藤雅孝(1996): 兵庫県南部地震前後の地殻活動, 科学, 66, 124-131.
京都大学防災研究所地震予知研究センター(1995): 近畿地方北部の微小地震活動の活性化, 地震予知連絡会会報, 54, 517-521.
前田憲二(1995): 1995年兵庫県南部地震は前震活動だけでどの程度予測できたか, 地震学会講演予稿集, 1995年秋, A54.
Maeda, K. and T. Tokimasa (1996): Decametric radiation at the time of the Hyogo-ken Nanbu earthquake near Kobe in 1995, Geophys. Res. Letters, 23, 2433-2436.
Mogi, K. (1981): Earthquake prediction program in Japan, Earthquake Prediction, D.W. Simpson and P.G. Richards, Eds., Am. Geophys. Union, 635-666.
Mogi, K. (1985): Precursors of the 1983 Japan Sea earthquake, Earthquake Predict. Res., 3, 493-517.
佐伯雄司・五十嵐丈二・佐野有司・高畑直人・済川 要・田坂茂樹・佐々木嘉三・高橋 誠(1995): 1995年兵庫県南部地震前の西宮における地下水中ラドン濃度の変動, 月刊地球, 号外13, 148-153.
佃 為成(1995): 1995年兵庫県南部地震に伴った発光現象, 月刊地球, 号外13, 184-189.
津村建四朗・唐鎌郁夫・荻野 泉・酒井 要・高橋正義(1977): 伊豆半島における群発地震の観測(1975-1977), 地震研究所彙報, 52, 113-140.
Tunogai, U. and H. Wakita (1966): Anomalous change in groundwater chemistry: Possible precursors of the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake, Japan, Jour. Physics. Earth, 44, 381-390.
角皆 潤・脇田 宏(1995): 1995年兵庫県南部地震の地下水の化学組成の変化, 月刊地球, 号外13, 190-193.
山田聡治・尾池和夫(1997): 地震前後のVLF-LF帯電波ノイズ数変化と雷の関係について, 地球惑星科学関連学会1997年合同大会予稿集, 435.
芳野赴夫(1997): 直下型地震の際の放送波帯背景雑音増加の発生機構の解明と予知への応用について, 地球惑星科学関連学会1997年合同大会予稿集, 432.

Mogi Kiyoo (1997): Possibility of forecasting of the occurrence of the 1995 Hyogoken-nanbu (Kobe) earthquake of M 7.2: (3) Short-term forecasting.

< 受付: 1997年8月1日 >