

19. ラ ド ン

地震に関連したラドン濃度の変化の報告例はわが国では但馬地震 (1925)、東南海地震 (1944) などかなり古くからある (脇田, 1976) 参照) が、地震の前兆的变化として注目された例はソ連のタシケント地震 (1966) の前のそれが大変有名であり、以来この方面での研究が急速に進展した。本報告でのデータの収集は、主に地震予知連絡会会報、その他事例がまとまって掲載されている報告書、出版物に依っている。収集された“前兆的変動”の事例数は 63 におよび、ほとんどが地下水中のラドン濃度の変化である。国別では、日本、中国の例がそれぞれ 23, 37 と、この両国で大部分を占め、他にソ連が 3 例ある。“前兆的変動”に対する著者、報告者の確信の程度は、「前兆の可能性が高い」、「前兆と思われる」、「地震発生と関係があるかも知れない」等様々であり、何ら触れられていない場合も多い。変化の有意性に関しては定性的な議論が大勢を占め、他に普段の変動の標準偏差を目安としている例がいくつかある。これらの報告のみに基づいて“前兆的変動”に対して客観的評価を行うことにはもともと無理があるが、それに関連してこれらの報告全体を通じて広く見られる問題点あるいは疑問点を指摘しておくことは今後の研究のために有益であろう。それらを要約すると以下の様になる。

- (1) 前兆現象を含んだ前後の長期のデータが示されていない。
- (2) 降雨や気圧、気温などの外的要因の影響がはっきりしない。
- (3) “前兆的変動”の現われ方に共通したパターンがない。
- (4) coseismic あるいは postseismic な変動が見られないことが多い。

次に、各項目について多少の解説を加える。

(1) “前兆的変動”の期間に比べて長期にわたるデータが示されていない場合が多い。これは紙面の都合上等やむを得ない事ではあるが、そのためノイズレベル、トレンド、季節変動の有無などの判断が難しく、“前兆的変動”がどの程度異常な変動であるかの判断ができない。

(2) データに現れる変化と気温、気圧変化、降雨や潮汐あるいは人為的影響などとの関係が議論されていない場合が多く、前項の場合と同様に、“前兆的変動”がどの程度それらの外的要因と独立した異常現象であるかの判断がつかない。前項の事柄を含め、データ中に現れる変化のうち、説明のつく変化と異常な変化そしてランダムノイズ等が明瞭に区別される必要がある。そして可能であるならば、不要な変動を取り除いた補正データが示されることが望まれる。

(3) “前兆的変動”の波形に共通するような典型的と言えるパターンがない。また出現の時期、変動の大きさなどに一定の規則性が見られない。このことは現象の複雑さを反映しているものであろうが、“前兆的変動”の信頼性を損っていることは否めない。報告されている変動の波形を強いて分類すれば、次の二つに分けられる。

i) 独立したスパイク状の変化

地震の数日～数十日前に出現する非常に顕著な変動であり、パルス幅は1日から数日に及ぶ場合が多い。それに対し、明瞭な coseismic あるいは postseismic な変動を伴わないのが特徴といえる。図19-1は中国における観測例(脇田, 1978)である。

ii) その他の形の変化

変動波形としては、楔状、台形、矩形、半球状、ステップ状など様々であり、出現時期も(a)地震発生のかなり前(b)地震発生の直前(c)地震を含んだ期間、とあらゆる場合があるなど、典型的といえるものをあげることができない。時間軸のスケールの取り方によっては、スパイク状の変化と区別できないものもある。

“前兆的変動”の極性に関して云えば、日本の事例では増加：減少の比がほぼ1：3であるのに対して外国の例では逆に3：1であり、対照的である。また、震央より観測点までの距離は、日本の例では100 km以下が大部分を占め、そのうち半数が50 km以下である。一方外国の例では、0～100 km, 101～200 km, 201 km以上がそれぞれほぼ1/3ずつを占め、日本の場合と比べて遠距離での観測例が多い。これは一つには、発生した地震のマグニチュードの違いが関係していると思われる。

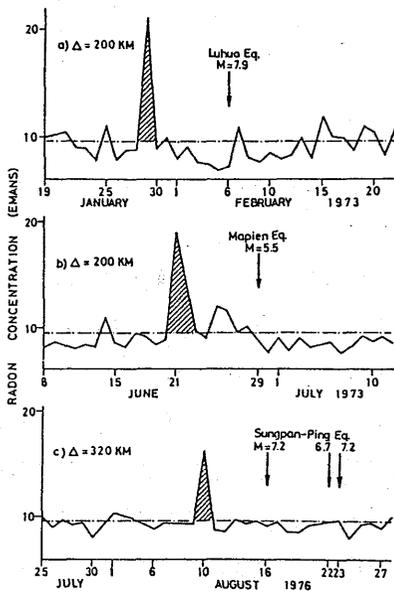


図19-1 ラドン濃度のスパイク状の変化
(脇田(1978)による)

- a) 1973年2月6日四川省炉霍地震,
- b) 1973年6月29日, 四川省馬辺地震,
- c) 1976年8月16日, 四川省松潘—平武地震

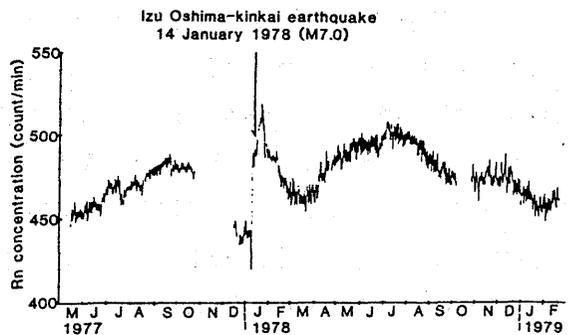


図19-2 1978年伊豆大島近海地震前後のラドン濃度の変化(脇田(1980)による)

(4) 観測データが、coseismicあるいはpostseismicな変動を書いているか否かは、捕捉された“前兆的変動”の信頼性を示す一つの重要な目安になると思われる。岩石実験（北京市地震隊水化学組，1981）によれば，試料の破壊とともにラドン濃度は急激に増加する。この変化の程度は破壊前の加圧過程で見られる増加に比べ著しく大きい。この結果を単純に地震現象に結びつけるならば，地震発生に伴う変動が最も卓越する筈である。また震源域付近でより大きな変化がある筈である。しかし一般的に云って，捕捉された“前兆的変動”と同程度またはそれ以上の振幅の，coseismicあるいはpostseismicな変動が観測されている例は殆ど無い。また，震源域に近い測定点ほど大きな変化が観測されるというような傾向もはっきりしない。一方では，発生した地震のマグニチュードの大きさに比して，非常な遠方で，またかなり早い時期に“前兆的変動”が観測されている例がある。ラドンの壊変速度は速く（半減期3.8日），また地下水の移動速度は非常に小さい（水中ラドン測定の場合）ことなどを考慮すると，ラドンの異常は観測井付近の地域から発生したものに相違無い（霍・石，1981）。近年の研究でラドン濃度の変化が広域的応力場の変化を反映している可能性が指摘されている（脇田，1987）が，上に述べたように，報告されているラドン濃度の“前兆的変動”と地震との関連は非常に複雑多様であり，それだけに異常変動の判断には客観的判定基準が必要であると思われる。図19-2は日本における観測例（脇田，1980）である。著者によると，3カ月前からの中期的異常，5日程前からの短期的異常，地震直後の変動が含まれている。

著書，報告書のみをもとに“前兆的変動”に対しての評価を行うことは，情報の不足による誤解などかなり危険があり，完全を期すことはとうてい不可能であるが，あえて担当者としての評価を〔1.明確，2.ほぼ確か，3.不明確〕の三段階で行なった。異常の判定や地震との対応関係に対しても定量的評価がなされている場合をランク1とすれば，それに該当する事例は無かったといわざるを得ない。ランク2，3の決定は上に述べた事柄の程度に依った。その結果，ランク2とした事例は6割弱であった。

以上は，主に地震発生後のいわば後追い予知の立場から異常変動の信頼性に関連して述べてきたが，最後に実際の地震予知の立場から有用性に関して一言付け加える。観測データが実用上予知に有用であるためには，先ずデータから環境要素等の影響が取り除かれ，異常変動が客観的基準に従って識別される必要がある。例えば(3-i)で述べた顕著なスパイク状の変化は，このようなデータ処理を経た後も異常変動として認識される可能性が高いであろう。このようにして異常と判定された変動が，時間的，空間的また規模において，予め地震発生と統計的に有意に関係づけられている場合には，たとえ異常変動発生メカニズムが不明であっても，その観測データは地震予知にとって大変有用であると言える。このような観測点はまさに“つぼ”と呼ぶのにふさわしいが，今までにそのような“つぼ”が発見されたという幸運な話は聞かれぬ。地震発生との関連が不明であっても，他の地震学的，測地学的，電磁気学的等の観測データとの突き合わせ

の結果“信号”として有意と判断される場合も有り得る。実際にはこの様な他データとの総合判断の結果、互いに有意と判定される方が一般的であろう。しかしラドン濃度の観測が独自に地震予知上重要な役割を果たすためには、先ず異常変動発生メカニズムが明らかにされる必要があろう。更にそのメカニズムから想定されるパターンに矛盾なく、異常変動が時間的、空間的また大きさにおいてかなりの規則性をもって観測される必要があろう。(小高俊一)

参 考 文 献

- 北京市地震隊水化学組, 1981: 岩石の破壊とラドン含有量の変化に関する実験的研究, 地殻化学実験施設彙報(東京大学理学部), 第2号, 7-12.
- 翟光佛, 石錫忠, 1981: 圧力下での岩石試料からのラドンとトロン放出実験, 地殻化学実験施設彙報(東京大学理学部), 第2号, 13-18.
- 脇田宏, 1976: 地球化学的方法による地震予知研究, 地震予知研究シンポジウム, 165-175.
- 脇田宏, 1978: 中国の地震予知と地球化学, 1977年地震学会訪中代表団報告集, 113-134.
- 脇田宏, 1980: 1978年伊豆大島近海地震の地球化学的前兆現象, 地震予知研究シンポジウム, 71-76.
- 脇田宏, 1987: 地球化学観測——研究成果と問題点——, 地震予知研究シンポジウム, 213-220.