

## 7. AE

AE (アコースティックエミッション) といえ、本来岩石等固体の破壊やそれらに力が加わる際の微小破壊による高周波振動を指す場合が多いが、高周波数帯域の地震波動をはじめとして、地鳴り等の空気振動による鳴動についても通常の地震に比べて高周波帯域の現象であるために AE ということがある。ここでは鳴動を含めた広い意味で AE の地震前兆現象の報告例について述べる。

大地震前に鳴動が聞こえたという報告や記述は、古くは西暦 474 年 6 月の中国のものから比較的最近の関東大地震や松代群発地震に至る迄、非常に数が多い(例えば、Lanchow Seismological Brigade, 1978; 震災予防協会, 1976; 力武, 1986)。その呼び方も多彩で、中国では地声、インドでは Barisal (注: ガンジス河口付近の町) gun (砲声)、メキシコでは Bramidos (咆哮)、オランダでは Mistpoeffers (消霧機)、イタリアでは balza (崖一地すべりの音と関連)、Mariva (海) もしくは Rombo (ハミング) といわれており (Hobbs, 1907)、この現象が世界各地で広く認識されている様子が窺われる。また、すでにかなり以前から地震学者による調査も行われており、これらの鳴動の 58-72% は地震の前に起こっているとする報告もある (Davison, 1938)。最近では、中国で 1976 年に起こった松潘・平武の M7 クラスの大地震の際にも、それらに先だって鳴動が聞こえるのに地震が体に感じられず、地震計の針も振れないことがあったといわれる (Wallace and Teng, 1980)。中国ではいわゆる宏観現象の 1 つとしてこのような鳴動が注目されており、その特徴が次のように報告されている: ① 繰り返し同一地域で出易く、その地域は山岳や基盤岩の露頭付近、もしくは地下水の豊富な場所、例えば河川敷や湖沼地帯等に限られる、② 聞こえ方は、雷鳴、大砲、衣を引き裂く音、低い連続音等何種類かあり場所によって違うが、同一地域ではいつも同じである、③ 浅発大地震の際に出易く、先行時間は数分から数日の範囲にある (Lanchow Seismological Brigade, 1978)。これらの特徴は、音の伝播経路や、音源の機構が同一なこと、途中の経路での高周波の減衰が小さい場所程聞こえ易いことを示している (前と同じ文献)。このように感覚的手段による観測例は非常に多く、またこれらに対する客観的な分析もかなり進んでいるといえることができる。

一方、機械的手段による AE の観測は 1950 年代にソ連のガラム地方で開始されたものが最初といわれる。1984 年の Gazli 地震の際には、地震計観測で特定の高周波数帯での活動が地震直前に高まったという報告もある (佐藤, 1986) (図 7-1 を参照のこと)。中国でも、1966 年 12 月の邢台地震直後から観測がはじめられており、それ以後、いくつかの地震について相前後してジオフォンのようなマイクロフォンで捉えられる AE の頻度が増加したことが報告されている (Shixiu and Fukun, 1982; Shirong, 1982)。これらの「前兆」現象が地震と実際関連するかどうかは、平常

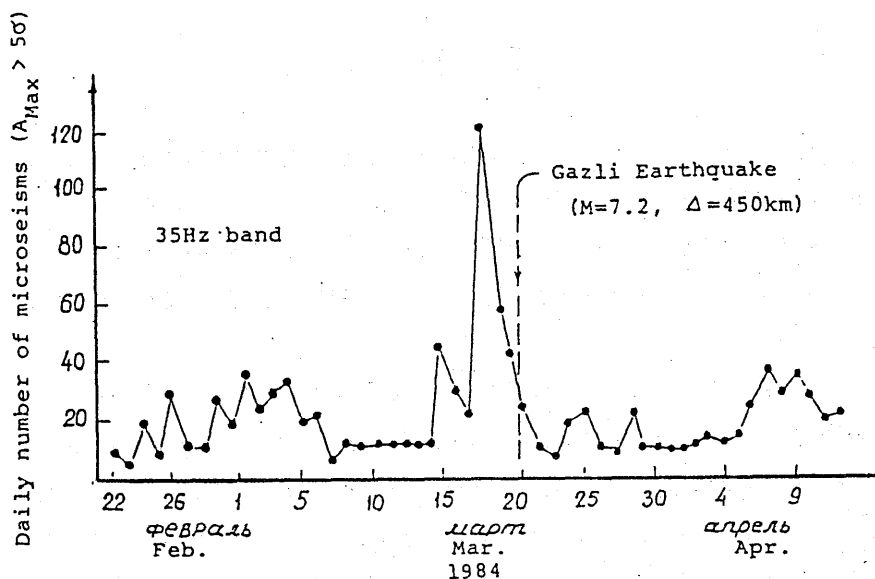


図7-1 アシハバードで観測された、サイスミックエミッションの日別頻度分布。ガズリ地震の直前に急増していたことがわかる (Chavroshkin 他, 1984——佐藤春夫, 1986より転載)

時の AE の活動レベルや発生場所等について詳しい状況が述べられていないため、判断が難しい。前兆現象として積極的に取り上げるまでには、さらに長期間の観測の積み重ねが必要となろう。一方日本では、松代地震と伊豆半島東方沖地震の際の観測例が知られる。後者 (Mogi and Mochizuki, 1983) は、ハイドロホンによる観測で、地震波動の高周波帯域での減衰性と伝播特性を利用して海底下の震源分布をつきとめ、断層位置の推定を行ったものであり、前兆というよりはむしろ地震の震源過程の現象そのものを見ていると考えられる。また前者の松代地震の際には、空中マイクと地震計との同時観測によって鳴動と地震の識別が試みられた (関谷他, 1968)。その結果、野外で観測した場合には鳴動と地震の記録が同時刻に見られるのに対して、屋内や構造物の内部の観測では初動の一致にもかかわらず、後続波に違いが現れ、高周波数の振動が生じていることがわかった。このため松代地震については、家屋や構造物の二次的な振動が鳴動を生じさせていたと考えられている。

AE と地震との関連性やその発生原因については未だ不明の点が多く、また仮に地震と関連していても中には P 波初動を AE と感じてしまう場合や、地震後の調査で心理的に地鳴りを結び付けて考えてしまう場合もあるため、ただちに地震の前兆現象として扱うことはむづかしい。室内実験でも、岩石などの破壊前に発生する微小破壊 (本来の AE) の周波数成分が高周波側に偏るかどうかにについては、研究者によって結論が分かれており、どちらともいえない。しかし破壊直前になると b 値の低下 (大振幅のイベントの増加すなわち、コーナー周波数の低下)、弾性波速度の減少 (減衰による) 等の傾向が現れることが知られており、これらの事柄は低周波成分の増加を

暗示する。しかしながら室内実験では、岩石の破壊強度までの応力を生じさせているため、応力レベルが自然界よりもかなり高いのが普通であり、実際の地殻内の現象を見ていない可能性がある。圧縮荷重を岩石試料に加える場合、加圧初期の低応力状態、いわば自然界と同じレベルの応力状態では既存のクラックや空隙が潰れるために減衰の仕方が小さくなり、比較的高周波の波でも伝播し易くなることが知られている。従って自然界では、このように応力レベルが増加した場合前震活動等で生じた地震波の高周波成分が観測にかかり易くなるということも考えられる。一方前述のように、日本国内の器械観測では AE による地震の前兆が明瞭には認められなかったのに、ソ連や中国の観測では AE が地震より前に生じていたという報告はいずれも否定しがたい。地震の前兆現象としての AE に対する見方の違いは、大陸地域では音波が減衰しにくい上にバックグラウンドのノイズレベルも低く、高周波の振動が観測されやすいことに加えて、日本では対象としたのが群発地震であった為に個々の地震の規模が小さく、前兆的活動の観測される範囲がかなり限られていたことによる可能性もある。 (吉川澄夫)

#### 参 考 文 献

- Davison, W.H., 1938: Earthquake sounds, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 28, 147-161.
- Hobbs, W.H., 1907: Earthquake, D. Appleton and Company, New York.
- Lanchow Seismological Brigade, 1978: Predicting earthquakes by earthsound from National Earthquake Hazards Reduction Program Conference, Appendix-2, 391-404.
- Mei Shirong, 1982: Short-term and immediate precursors to continental earthquakes in China, International Symposium on Continental Seismicity and Earthquake Prediction, 440-461.
- Mogi, K. and H.Mochizuki, 1983: Observation of high frequency seismic waves by a hydrophone directly above the focal Region of the 1980 Earthquake (M6.7) off the coast of the Izu Peninsula Japan, *Earthq. Predict. Res.*, 2, 127-148.
- 力武常次, 1986: 地震前兆現象——予知のためのデータベース, 東京大学出版会, 東京, 232 pp..
- 佐藤春夫, 1986: ソビエト連邦の地震予知研究, 防災科学技術, No.56, Mar. 12-18.
- 震災予防協会編, 1976: 大地震の前兆に関する資料——今村明恒博士遺稿——, 古今書院, 東京, 170 pp..
- 関谷溥・飯沼竜門・山岸登, 1968: 地鳴り, 気象庁技術報告第62号 (松代群発地震調査報告), 125-136.
- Teng T.L. and T.L.Henyey, 1981: The detection of nanoearthquakes, Maurice Ewing series IV, 533-542, AGU, Washington D.C..
- Tian Shixiu and Wu Fukun, 1982: Observations and studies of geosound prior to earthquakes in the Tangshan-Ninghe region, International Symposium on Continental Seismicity and Earthquake Prediction, 480-493.
- Wallace, R.E. and T.L.Teng, 1980: Prediction of the Sungpan-Pingwu earthquakes of August 16, 1976, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 70 (4), 1199-1224.