

調査・解説

中国の地震前兆電波観測の現状と
我が国での観測法の提案

高橋 耕三*

(昭和63年6月16日受理)

OBSERVATIONS OF PRECURSORY SEISMIC RADIO WAVES IN CHINA
AND PROPOSAL FOR THE OBSERVATION SYSTEMS IN JAPAN

By

Kozo TAKAHASHI

In China, people observed many unusual radio waves emitted from around the epicenter before both the Xingtai and Tangshan earthquakes in 1966 and 1976. Chinese seismologists attached importance to observing the precursory seismic radio waves to predict big earthquakes, and they have established more than fifty stations for observing the radio waves in the last ten years. Many of the stations observed that the seismic radio waves appeared hours or days before the five magnitude six earthquakes that occurred during the period of 1981~1985 in China. The waves at frequencies from 0.1 Hz to 1.65 MHz are received with a buried permalloy bar antenna (a kind of loop antenna), a buried pair of electrodes or a monopole antenna, and are detected with an interference meter or a pulses meter. The seismic radio waves are discriminated from man-made noise and atmospherics by simultaneously receiving the waves at two points at a distance of tens kilometers at several frequencies. In Japan, it will be necessary to receive the precursory seismic radio waves on the deep seabed or under the ground to attenuate man-made noise, and to locate the emitting regions. This is because strong man-made noise prevents detection and discrimination of seismic radio waves.

1. はじめに

我が国の地震による死者は、過去百年間の平均では毎年約2000人である⁽¹⁾。しかも、1976年に死者66万人、負傷者80万人を出した中国の唐山(Tanshan)地震以上の規模の地震が日本及びその近海で過去百年間に10回発生しており⁽¹⁾、発生場所・時間帯によっては、唐山地震同様我が国でも1回の地震で100万人以上の死傷者がでる可能性は十分にある(地震は断層で起き、道路・鉄道・運河等が断層上に作られることが多く、地震地帯は人口密度が大きくなる傾向があるため)。しかし、地震が定量的に、特に日時が正確に予知されれば、地震時の死傷の大部分が避けられるばかりでなく、火災発生(我が国

の過去百年間の地震による焼失家屋の年平均は約5000戸)⁽¹⁾のほとんども防げるから、地震予知の意義は非常に大きい。

地震予知の手法として、地震地磁気効果、地震波速度異常、測距、測位、水位、イオン濃度等、数多く提案され、試されているが、過去百年の経験では、これらの多くは観測精度が向上すればするほど、正確な定量的予知には将来とも役立ちそうもないことが明らかになりつつある。例えば、地震地磁気効果の場合は、前兆と考えられていた現象が観測精度の向上とともに観測誤差に過ぎなかったことが確率的に示され⁽²⁾、地震波速度異常も解析精度が高いほど異常は認めにくくなると言われている⁽³⁾。測距の場合、観測精度が向上すれば前兆現象が発見されるだろうとの期待のもとに、地震予知の最有力手

* 第二特別研究室

法として各国で相対誤差 10^{-6} 以下で観測が行われ、地震前、地震時及び地震後の距離変化の差は検出されているが、マグニチュード7程度の地震でも日時の予知に直接つながるような前兆現象は見いだされていない⁽⁴⁾。

これにたいし、前兆電波（正確には交流電磁界であるが、以下地電流を含めて電波と略記）の受信による地震予知は、まだ約20年の歴史しかないが、マグニチュード(M)、震度とも6以上の大地震の場合には非常に有望な手法と期待されている。我が国では人工雑音等が強く前兆電波の観測による予知は困難であり成功していないが、ギリシャ・中国では観測網内のM6以上の地震にたいして100%の成功を収めている^{(5)~(7)}。

現在の各国の地震予知システムを前兆電波観測の点から分類すると下記ようになる。

- (1) ギリシャのように電波観測のみのシステム
- (2) ソ連・中国のように電波観測が主で、その他の手法も併用するシステム
- (3) 米国のように電波観測とその他の手法が同じ重みのシステム⁽⁸⁾
- (4) 我が国のように電波観測以外の手法のみのシステム

米国・中国では、微小地震観測網が整備されており、一見地震予知のための観測の主力は Teleseism（遠隔地震による微動）の観測のように思われるかもしれないが、これらは地下核爆発実験（M=4, TNT 15トン相当以上）の探査（爆発時の振動のスペクトルの時間変化の検出）が主目的のようである。

地震予知の必要性、経済状況、電子工業技術レベル等を考慮すると、電波観測による地震予知の研究に、現時点では、我が国が最も適していると考えるのが妥当であろうし、国際的にも期待されているようである。昨年8月、IUGG（国際測地学地球物理学連合）19回総会、IASPEI（国際地震学地球内部物理学協会）地震電磁波効果研究会の座長 Prof. M. Gokhberg（ソ連）に誘われ、地震学会の海外渡航旅費助成金を受けて、同研究会に出席し、地震前兆電波の受信法⁽⁹⁾について発表した際も、“電波受信による地震予知法の確立は日本ならできるだろう、次回（1991年、イスタンブール）での成果発表が待ち遠しい”と何人かの参加者から言われた。

マグニチュードや震度が6以上の地震は、最も頻繁に起こる地点でも百年に1回程度であり、前述のように近海を含む我が国全体でも百年に10回程度だから、予知の研究に必要な十分な量のデータを一機関だけで短期間に取得することは困難である。このため、当所では、電波観測による地震予知の国際共同研究を提唱している。中国にも共同観測を提案していることから、中国国家地震

局地球物理研究所から招待され、1988年4月22日、地球物理研究所白家瞳（Baijiatan）北京観測所での地震前兆電波の受信状況等中国の電波観測による地震予知の現状を見学することができた。これらを紹介するとともに、一昨年見学したソ連の状況及び本年5月の日米合同地震学会での米国の発表、並びに我が国に適用する場合の問題点について簡単に触れ、我が国においても有効な観測法を提案する。

2. 中国での地震前兆電波研究の経緯

1966年3月の邢台(Xingtai)地震（8日：M=6.8, 22日：M=7.2, 震源：北京南南西約300km, 深さ23km）及び1976年7月28日の唐山地震（M=7.6, 震源：北京東南東約150km, 深さ23km）の数週間前から、震央近くでは、一時、ラジオ・TV・電信が受信不能又はこれらの中継回線が不通になったり、レーダに実体のないエコーが現れ、地震と同時にそのような現象が消えたことから、電波受信が地震予知の有効な手法と考えられ、地震前兆電波の研究が開始された。1979~1985年に50の観測所が中国の地震地帯に設置され、1981~1985年に中国内で起きたM6以上の5回の地震すべての前兆電波の受信に成功している⁽⁶⁾。

3. 地球物理研究所での地震前兆電波の観測

(1) 受信システム

最近まで3箇所を受信システムがあったが、現在は廊坊（北京市内）と自家瞳（北京東南約50km）の2箇所のみであり、観測専任の職員が居住している。受信周波数、アンテナ形式、アンテナ設置場所を第1表に示す。0.1~10 Hz 帯ではアンテナ出力を、その他は受信機出力を、ペンレコーダ（YEW 3056-31 中国製）に時刻信号と一緒に6cm/hで記録している。

(2) 地震前兆電波の同定法

人工雑音は、特定の周波数帯でのみ発生し、かつ、それぞれの雑音固有の振幅の包絡線を持ち、一方の観測地でのみ受かるため、通常は誰でも容易に同定できる（当所での観測のように、種々雑多な雑音が同時に受かるようなことはない）。空電は、徐々に振幅が大きくなり、又徐々に小さくなること、5kHzあたりでの強度が最大となることから、また常時人が付いているので雷鳴からも同定できる（我が国とでは、空電の頻度が比較にならないくらい少ないようである）。

人工雑音でも空電でも無く、両観測所で、全周波数帯でバーストが観測されたとき、この電波を地震前兆電波と同定する。

(3) 成果

第1表 北京白家疃観測所 (1985年5月開設)

周波数	アンテナ	受信機	受信感度	外部雑音 (アンテナ出力)
0.1~10 Hz	ループアンテナ (地下2mに埋設した2m×10cmφ) のパーマロイバーアンテナ	(無し) (アンテナ出力をレコーダに接続)	10 nT	0.01 mV
15 kHz	モノポールアンテナ (素子長 2m)	電界強度測定器	1 dB	
0.5~5 kHz	同 上	パルスメータ	0.5 mV/m	
120~160 kHz	同 上	パルスメータ	0.5 mV/m	
1.65 MHz	同 上	電界強度測定器	1 dB	

1986年5月~1987年12月の間にM4クラスの地震が北京及びその近郊で19回起こり、そのうちの15回(約80%)は地震の2~10日前から前兆電波を受信できた。

地震前兆電波(M4クラス以下)と同定した電波を受信しても地震が起きなかった場合が20%あった。

大きな地震ほど強い前兆電波が早くから出るため、M7以上の地震の予知は100%成功するものと確信しているとのことであった。

4. 地球物理研究所での岩石破壊実験及び地下爆発実験

17種の岩石の破壊時の電波と音波のそれぞれのスペクトルと強度の時間変化を観測し、0~10 kHzの電波と0~5 kHzの音波が出ること、これらのバーストは同時に発生し、その持続時間は電波の方が音波の約2倍であること、崩壊時には電波はほとんど出ないことを明らかにした。

洞窟内での火薬(TNT 150及び500トン)及び地下300mでの核(TNT 1万トン相当)爆発実験を行い、岩石破壊実験とほぼ同じ電波と音波間のスペクトルと持続時間の関係を得ている。

5. ソ連での地震前兆電波の研究との比較

地震前兆電波は、ソ連邦科学アカデミー地球物理研究所で1972年頃発見されたと言われている⁽¹⁰⁾。その後、グルジア共和国科学アカデミー地球物理研究所が、地下500~1000mで地震前兆電波を受信し、前震・本震・余震の弁別予知には3 kHz以下での観測が有効なことを示しており、中国が10 kHz以下を今後の主な観測周波数帯としているのと類似の結果になっている。ソ連の主な受信アンテナがダイポール、ループ、ポール(小川)アンテナであるのに対し、中国のは大部分が地中に設置した電極である。また、ソ連では地震前兆電波をデータレコーダに記録し、スペクトル解析を行おうとしているが、中国ではペンレコーダへの記録が主のようである。

6. 地震前兆電波の発生原因

地震前兆電波が受信されるとき、地震が検出されないことが多い。すなわち、地震前兆電波の発生は地殻の振動を伴わないことが多い。一方、地震の際は、地震に伴う電波が必ず受信される⁽¹¹⁾。しかし、本震時に特に強い電波が出るわけではない。これらの観測事実は、前述の4.の地球物理研究所の実験結果を用いて定性的には説明することができる。

音波が最も強く出る崩壊時に電波が出ず、音波が出ないときにも電波が出ていると言う実験結果は、電波発生の原因が岩石の崩壊や振動だけではないことを示している。

地殻の主な構成物質であるイオン結晶内の、振動に伴う応力・歪の変化でピエゾ電気が発生し、電波が輻射されることは、前述の実験から、また地震の際は必ず電波が観測されることから明らかであろう。音波や地震を伴わない電波発生を説明するには、崩壊や振動を伴わない応力・歪の急変の発生機構を考えねばならないことになる。結晶の転位(Dislocation)の際、この条件が満たされる可能性が大きい。結晶に応力・歪が蓄積されて行くと、ある時点で結晶内に転位が発生すること、転位に伴い結晶内の応力・歪が変化することは良く知られている。それ故、地殻内で、応力・歪が徐々に蓄積され、突発的に転位が発生すると、これに伴い応力・歪の急変が起こりピエゾ電気が発生し、電波が輻射されると考えるならば、地震前兆電波が観測されても、地殻の振動(地震)が検出されない場合が多いのを説明できることになる。また、この考え方はプレートの衝突面での応力が衝突面以外のところと変わらない場合があること⁽¹²⁾の説明にも有効であろう。

7. 我が国で地震前兆電波の研究が評価されない理由

1. で述べたように、ギリシャ・中国では、M6以上の地震では、100%前兆電波(ギリシャの場合は地電流

のみ)の受信に成功し⁽⁵⁾⁽⁶⁾, ギリシャでは、一昨年から定常業務として地電流による予報が行われているが⁽⁷⁾, 我が国では、現在のところ、電波受信が予知システムに組み込まれる気配さえない。地震前兆電波が評価されない理由としては、下記のようなことが考えられる。

(1) 地震前兆電波の受信・記録は、数万円も出せば誰でも可能なため、多くの人が試み、我が国では人工雑音・自然雑音共に強く、地震前兆電波の同定が困難で、従来の地表で電界を測定する方法ではほとんど予知に役立たないことを知っている。

(2) 地震前兆電波の発生を定量的に説明できるモデルが無いため前兆電波の発生を疑問視する人が多い(ただし、地殻内の応力・歪が急変すれば電波が発生することは実験的にも示されているのにたいし、応力・歪が急変しても電波が発生しないモデルは定性的なものも考えられない)。

(3) 震源域までの距離が 500 km 以上、震源が深い場合、又は海底の場合、地表での地震前兆電波は弱く、震度 6 以上の地震が最近起きていないことと相まって、中国の場合のような顕著な前兆電波の観測例がない。

(4) 地震前兆電波の研究は、受信点の近くで大地震が起きない限り有意なデータは得られないから、数年で確実に成果を出す必要のある大学院学生等の研究対象となりにくい⁽¹³⁾。

(5) ギリシャ・ソ連・中国のように、多数の観測点で、多くの周波数帯(ギリシャは 0.1 Hz 以下のみ)で、常時有人で観測すれば、かなりの成果が期待できるが、そのためには新規の予算・定員が必要となり、我が国の現状では関係者の同意が容易には得られない。

8. 我が国での地震前兆電波の受信法の提案

我が国でも既に数多くの地震前兆電波の受信例⁽¹⁴⁾~⁽¹⁶⁾がある。当所では、これに関連して、犬吠電波観測所で地震に伴う電波を 77 kHz で定常的に受信することに成功している⁽¹⁴⁾。また、第一特別研究室では 160 kHz を常時モニタしており、大島の噴火に伴う電波の受信に成功した⁽¹⁷⁾。

しかし、当所(東京都、小金井市)で、中国同様 0.1~10 Hz を観測しても、人工雑音のほとんど無い中国同様のデータが受信できるのは、益か正月の午前 1 時 30 分から 4 時ころまでの、近くを電車で車もほとんど通らない時間帯だけである。益・正月以外の午前 1 時 30 分から 4 時ころまでのデータは、適切な処理をすれば利用可能と思われるが、地震前兆の電波は連続して出るのはなく、地震の数日前から地震までの間に数回パーストが出るだけだから、1 日 2 時間程度の観測では、前兆電波が

受信できる確率は小さい。また、中国のように広い周波数帯域で観測できれば、空電のスペクトルは分かっているから、空電と前兆電波の弁別は容易となるが、我が国では前兆電波の周波数帯のほとんどは航法・通信・放送等に使用されており、受信可能な周波数帯は 9 kHz 以下と前述の 77, 160 kHz 等ごく一部の周波数帯だけであり、地震前兆電波と空電との弁別は非常に困難である。また、我が国は海底地震が多く、前兆電波が海水で減衰して地上では受信できない可能性が大きい。

以上のことから、我が国の場合は、既に提案しているように、0~30 Hz, 1~9 kHz 帯の地震前兆電波を、地下深くか、海底で観測する必要がある⁽⁹⁾。地中又は海底で受信すれば、地上で受信する場合よりも前兆電波の発生場所の同定が容易となるから、前兆電波発生強度の三次元分布を求め⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾、その時間変化も明らかにすれば、地震発生前の地殻内の応力・歪の空間的・時間的変化も解明され、正確な定量的地震予知に有効な情報が得られるものと思われる。

9. おわりに

地震前兆電波の観測では、長期の予知はできない上、通常地震予知プロジェクトに含まれている地下核爆発実験探査にも向かない(地震計と比べて感度が 3 桁ほど低い上、振動のスペクトルの時間変化の算出が困難なため)という欠点がある。しかし、電波観測は現時点では最も優れた短期・直前予知法であり、M7 以上の地震なら確実に予知でき、また前震・本震・余震を弁別予知できる可能性も非常に大きい。

地震予知は、地震の場所・規模・日時を定量的に予知することであるが、電波観測以外の予知法は、場所・規模のみ定量的で、日時は定性的なものが多い。このため、現在の日時をはっきりさせない予知は有害無益であり⁽²⁰⁾、これまでの我が国の予知システムに投じた国費は浪費となる恐れがある⁽²¹⁾と言っている地震学者もいる。以上のことから、我が国のように雑音の強い地域でも、予知システムに組み込めるような前兆電波観測の普遍的手法を開拓するのが、地震及び電波の研究に関係する者の務めと考える。

参考文献

- (1) 東京天文台, 理科年表, 昭和62年, 丸善, pp.796-825, 1986.
- (2) 力武常次, 山崎良雄; 地震を探る, 東海大学, pp.112-113, 1975.
- (3) 石橋克彦; “地震予知の実際の戦略と東海地震予知”, 科学, 48, 9, pp.529-536, Sep. 1978.

