

中国の地震学と地震予報

尾 池 和 夫

1. は じ め に

数年前には、我々は中国において地震の研究がどのように進められているかを、ほとんど知らなかった。1974年7月に、東京大学の浅田敏教授と名古屋大学の志知竜一助教授と私との3人が、中国科学院から招かれた。その時、初めて中国での地震研究の進展状況が、一部ではあったがよくわかった。中国を訪れた3人が、特に注目したのは、地震発生前に地震予報を出すという実践を主とした地震予知研究の進め方であった。

その時以来、私は何度か中国を訪れる機会に恵まれた。また、我々は中国の地震学者を日本へ招くことも出来た。1979年5月には、防災研究所で地震学を学んでいる大学院の石川有三氏が、日本から地震の分野では初めての留学生として、北京の地球物理研究所に一年間滞在して研究を進めることとなった。これらを通して、中国の地震学と地震予報についての最近の概況を紹介したい。

中国は今、社会のあらゆる面において急速の変化を見せている。その変化は国民の基本的なものの考え方にまで及んでいることもある。社会の中のさまざまな組織も改革され、呼び方も変えられている。従ってここに紹介する内容も、ものによっては近い将来に変わってしまうことになるかもしれない。

地震学に関しては、特に地震予報に関しては、現在中国の関係者たちは、ここ数年来の仕事の内容や成果を検討し、実際の地震予報の成功や失敗の経験を総括して、機構をある程度整理しつつ次の段階への発展の方向を見出しているように思われる。

最近数年の間に、中国での科学技術に対する考え方や位置づけは、ずいぶん大きく変えられてきた。科学者たちは「科学の春」が訪れたと表現した。中国社会の変革について詳しくここで述べることはしないが、とにかく、中国の科学者たちと純粋に科学の内容について、自由に討論しあえる状況が出来たことを、喜ぶべきだと思っている。

はじめて私が中国を訪問した1974年7月は、中国の各地で批林批孔運動が展開されていて、あらゆる場面にこの四文字が登場した。1977年の訪中の時は、四人組批判の時であり、1978年4月には、四つの現代化であった。いずれの場合も地震についての議論や見学を始める前にこのようなスローガンについての一席をじっと聞く必要があった。1980年の訪中の時、私ははじめて中国の国内で、まったく地震学の話だけをして帰ることができた。そして初めて地球科学の基礎研究の分野で両国間に共同研究が進めやすくなったことを感じた。

2. 地震学の研究組織

1979年10月に、中国地震学会が設立され、「第一次全国地震科学學術討論会」が開催された。その時の論文は603編に及んだ。要旨集には、195の論文の要旨と、408の論文の題目が掲載されている。項目は6つに分けられ、地震活動、震源物理の理論と実験、地殻応力場と構造物理、地震前兆と予報方法、地殻深部構造、地震工学となっている¹⁾。この地震学会の理事長には国家地震局地球物理研究所の所長であり、また、全国人民代表大会の代表、つまり国会議員でもある顧功叙氏が選出された。

中国地震学会には、上に述べた論文数でもわかるように、全国の地震学関係者が参加している。その数は非常に多い。その中のほとんどは地震予知と防災に直接携わる人たちである。一方において、地震の科学の基礎研究を進める研究者の数は少なく、この点に中国の近代化の方針にとつての悩みがある。いずれにしても、地震関係者相互間の研究交流の場として中国地震学会が成立したことは、大変喜ばしいことである。

中国における科学の発展は、中国科学院のもとにある多くの研究所の活動によって支えられている。地震学

も中国科学院地球物理研究所の中で行われてきた。1978年の改革で地震予知の研究の中心は国家地震局のもとに統合され、現在では、国家地震局地球物理研究所と呼ばれる。さらに基礎的な地球科学の分野としての地震学をやるために、あらためて科学院のもとに新しい研究所を作る方針のようである。

国家地震局は、もともと全国の地震予報と震災予防の仕事を一元化するために設立された機関である。1978年の改革で科学院から地球物理研究所が移管されると同時に、地質研究所の一部分も移された。また工程力学研究所も現在国家地震局に所属している。

国家地震局地球物理研究所では、地震活動や、地球電磁気、重力などの研究が盛んである。また、地質研究所では、構造運動に関する地質学的アプローチが試みられ多くの成果をあげている。活断層の調査結果、地殻構造の研究成果と地震発生機構の研究などがこの研究所の中で行われ、中国大陸に働く応力場の詳細な検討がなされている。その一環として地殻応力の測定も行われる。このような研究分野の結合のしかたは、日本における地球物理と地質の分野の色わけとは、かなり異っている。第四紀の構造運動を地震発生機構などと結びつけて地質研究所で研究するようになった背景は、李四光の提唱した地質力学の考え方が中国の地質学に強く流れていたことによるものであろう²⁾。

地球物理研究所と地質研究所は北京市の北の郊外にある。国家地震局所属の工程力学研究所はハルビン市にある。この研究所は地震工学を進めるためにやはり科学院から移されたものである。中国の最近の大地震による被害調査の報告を見ると、中国の多くの都市で見られる工場などの大型建築物に古いレンガ建てのものや、簡単な鉄骨構造のものなどが多く、これらは地震によってガレキの山と化してしまう場合が多い。工程力学研究所のスタッフによる被害調査は非常に綿密になされており、これらの解析結果から都市の整備の指針が出されていくであろう。

国家地震局は研究所の他にも地震予知研究を進めるためのいくつかの下部組織を持っている。以下にそれらの簡単な紹介をしよう。

地震儀器廠：北京市の北の郊外にある。地震予知の観測に必要な計器類を生産する工場で約300名のスタッフを持つ。国家地震局の計画に従って必要な計器を製作し各地へ地震局を通して配分する。新しい目的のための計器の開発もこの工場の研究開発部門で行われる。現場での観測計器類を見ると、この工場で生産されたものの他には、上海市で作られた電子器機や計算機がよく使われている。

地球物理勘探大隊：河南省鄭州市にある。物理探査技術を中心に地下構造を調査する。

測量大隊：天津市にある。この測量は地震予知と地震学のための測量であって、地図を作るための国家測繪局の仕事とは独立している。したがって大地震前後の地殻変動に関するデータが詳しく得られている。

地震地質大隊：北京市にある。活断層の調査を地質学あるいは地震学の手法で行い、北京から天津にいたる地域の活断層系の運動を常に監視している。

国家地震局そのものの中にも分析予報室があって研究者がいる。丁国瑜氏は約30人の専門家をまとめる責任者で、地質学特に第四紀の地質学の世界的権威である。

科学院の研究所の中では、生物物理研究所が地震予知に対して深い関係を持っている。地震発生の直前現象の中には、目に見える形で現われる自然現象がいくつか知られている。これらを中国では「宏観異常」と呼ぶ。地震予報を実践するために、今まで農民たちの報告をもとにした動物異常の統計を一つの重要な要素として活用してきた。現在、生物物理研究所の研究テーマの一つにこの動物の異常行動の原因をつきとめることがある。人々の眼にたよるのではなく、地下からの信号を解明して、計器観測による予報へと確立してゆかねばならないという基本方針のもとに研究が行われている。この研究は、地震に伴う物理化学現象についての新しい発見をやがてもたらせるであろう。1980年3月に私が訪問した時には、ナマズの脳に電極を入れて、周囲の電場の変化に対する脳波の変化を記録し分析していた。他の淡水魚に比べてナマズは特に敏感に反応する周波数帯を持っていることがわかっている。

国の研究機関以外に、各地方には多くの地震関係の機関がある。それらは皆地震予報業務を伴う機関である。各省、直轄市（北京、天津、上海）、および自治区には地震局、地震大隊などと呼ばれる組織があり、そこにも

分析予報室という研究部門がある。各地に同じようにあるのではなく、当然地域の地震活動度を反映して重点がおかれている所とそうでない所とがある。スタッフの数から言うところ、雲南省、四川省のような内陸の大地震頻発地域に圧倒的多数のスタッフが集中している。これらの地震局の研究者は、経験を生かした予報技術を持っていて地震予報意見をまとめる仕事をしている。しかし、世界的に通用するレベルの地震学者は非常に少ない。文革による科学教育の空白期間があまりにも長かったために、中堅の科学者の絶対的不足を生じているのが、今の中国の科学の諸分野に共通して言えることであろう。

次の世代をになう科学者の養成のための教育はやはりまず大学で行われる。北京大学の地球物理学科の教員は約140人で、地震、天文、空間物理、大気物理、気象などを含む。北京大学の理科系の中には他に地震地質学科や地質地理学科などがある。地震地質学科の中には、地震地質、地球化学、地質力学、古生物地質、地質物理地質、地質経済などの分野がある。これらのうち、固体地球科学に関する分野の学生は毎年50人近くである。大地震の発生した後は、やはり地震学の志望者が増えるそうである。これらの分野を卒業した学生たちの一部は大学院へ進む。高度の研究指導は大学の教育だけではなく前記のような色々の国立研究所に行ってそのスタッフによっても行われる。中国の場合、研究所は科学院にほとんどが属し、大学は国务院（内閣）の下にある。大学附置の研究所という制度はほとんど見られない。逆に科学院所属の大学を作る試みが行われている。

地震学の場合、学習の課程の中で野外に出て、観測データを得ることと、それを分析することが重要である。北京大学の地球物理学科の中には25人のスタッフを持つ工場があって観測計器を製作している。ここで学生たちは実際に使える計器類の組立てを行い、それらを携えて地震観測に出かける。唐山地震の余震観測にも多くの学生が参加した。1976年には、唐山以外にも雲南省や四川省で大地震が発生し、学生も研究者も教員も大変忙しい年であったが、彼らは豊富な経験をもとに卒業することができたであろう。

北京大学のキャンパスは大変美しい。前に岡本道雄氏が北京大学を訪問され帰国された時の「北京大学には張り紙がなかった」、という第一声には実感がこもっていた。四人組追放前の北京大学構内はやはりあまりきれいとは言えない状態であったし、教育者の話にも我々にはなじめない多くの思想がもり込まれていたけれども、最近のキャンパスの中には自由な環境の中で学習する学生たちの意気込みがあふれているように見える。

3. 地震学に関する出版物と資料

地震学に関連する定期出版物のうち、日本で購入できるものに次のようなものがある。

地震学報 (ACTA SEISMOLOGICA SINICA), 1979年創刊, 中国地震学会編集, 科学出版社, 季刊。

地震地質 (SEISMOLOGY AND GEOLOGY), 1979年創刊, 国家地震局地質研究所編集, 地震出版社, 季刊。

地球物理学報 (ACTA GEOPHYSICA SINICA), 中国地球物理学会編集, 科学出版社, 季刊。

地質科学 (SCIENTIA GEOLOGICA SINICA), 中国科学院地質研究所編集, 科学出版社, 季刊。

地震工程研究報告集, 国家地震局工程力学研究所編集, 科学出版社, 年報。

これらの学術雑誌に掲載される論文は、皆中国語で書かれている。英文の要旨のない論文もある。しかしながら少し簡体字に慣れてくれば、じつとながめているうちに意味がわかってくる。同種の文字を使う民族間の便利さであろう。時には文字が読めるばかりにとんでもない誤解をすることもある。中国語の「輸入、輸出」というのは日本語の入力、出力にあたる。手紙というのは、文字どおり手に持って使う紙のことになる。交流を必要とする分野の科学者はそれぞれに専門用語を対比できるよう辞書を作らねばならないと思う。中国語の発音は大変むづかしいが、論文を読むことは誰にでもできる。

中国の地震学者たちは、外国の文献を読むために役立つ大変便利なしくみを持っている。国家地震局には情報資料センターがあり、英語や日本語などの外国語を勉強したベテランの通訳をスタッフとして、重要な論文の翻訳をしている。地震局には今3人の日本語担当者がいる。我々が学術交流で訪れるとその人たちが通訳してくれる。専門用語はもちろん、日本の研究者の名前もよく知っているので話しが早く進む。地球物理研究所

にも情報資料室があり、日本語の大層達者なスタッフがいる。日本語の論文は彼の手で中国語に訳され、関係分野の研究者に配布される。日本の商業出版による雑誌もどんどん翻訳出版される。版權などにかかわりなくやっているの、日本の出版社も知らないことが多い。

他に、国内向け専用の学術誌がいくつか出版されている。各省の地震局などからも雑誌が出る。外国人が購入できる雑誌とそうでないものがはっきり区別されているので、なかなか国内向けのものは手に入らない。しかし最近の目新しい情報が時々このような出版物に掲載されている。

地震予報のトピックスの記事が早く出るものに、国家地震局による「地震戦線」という刊行物がある。最近の地震の予報データや、啓蒙のためのレビューなどさまざまな内容である。

大地震のあと、その調査報告と予報のための前兆現象のデータなどをまとめて、地震ごとに報告書が出される。最近の大地震としては、海城地震（1975年2月、遼寧省）³⁾、唐山地震（1976年7月、河北省）⁴⁾、竜陵地震（1976年5月）⁵⁾、松潘地震（1976年8月、四川省）⁶⁾の各地震ごとにまとめた報告書が出版されている。

単行本でも、地震に関する教科書や解説書は多い。地震学という一冊にコンパクトに多くの内容をつめこんだものよりは、小さな項目で専門化されたもののほうが目につく。例えば、「地震と地震考古」、「地下水と地震」、「動物と地震」、「数理地震学」、「震源物理」などがある。やや易しい内容の教科書も多く、「地震およびその予防」、「地震予測予防知識」、「少年地震測報活動」など目的に応じて使える本がある⁷⁻¹⁰⁾。

さらに一般の国民に対する地震知識の普及を目的とした、絵本やパンフレット、ポスターなどが沢山出版されている。

コピーの装置はまったくといってよいくらい普及していないので、中国の人たちは論文を読むのに苦労をすると思う。しかし、上に述べたように翻訳されたものはガリ版刷りで配布されるし、出版物はかなり安く買うことができるので、皆大層よく勉強をしている。

地震研究に役立つデータの流通はあまりよくない。原記録は皆、それぞれの観測点に保存されており、そこへ行かなければ見られない。数値化されたデータを印刷する仕事も、基本的なもの以外まだあまり進んでいない。また記録の保存も一般には徹底していないので、基礎研究を進める研究者はこれから苦労するであろう。

地震学にとって貴重な資料の一つに、中国の歴史資料がある。中国で見つかった最古の地震の記載は、紀元前1831年のものである。夏王朝の発王が山東省の泰山に登った時、地震があった、という記載である。中国では殷の時代（紀元前1401年）から、中央政府に史官がおかれた。歴代の帝王は、地震現象を帝王の政治に対する天の警告として受けとる思想があった。したがって、地震の記載を残すことは史官の重要な任務であった。これらの正史や野史に残された地震の記載は、よく整理され、9000余の地震が年代順に並べられている。その中の1000余の地震については、詳しい調査も行われた。このような調査結果は「中国地震資料年表」や「中国地震目録」^{17,18)}などに発表されている。地震活動の歴史を調べることは地震の長期的予知にもきわめて重要である。日本列島にも詳しい歴史資料が残されていて、両者を比べると、日本と中国の地震活動は相互に深い関連を持っていることがわかる。

現在の地震活動を知るためには、地震計による観測網から提供されるデータに頼る。全国に17カ所ある地震基準台については、地震の読取りデータが出版されている。これを編集整理して震源位置やマグニチュードなどの基本要素を計算し出版しているのは北京の地球物理研究所で、「中国地震台網観測報告」¹⁹⁾という年報が出されている。

4. 地震学の成果

実践を基本とする地震予報事業の発展とともに、地震学の分野での研究は非常に勢いで進展している。ここでは、その研究成果を詳しく紹介する余裕はない。詳細は前記の学術刊行物などを参照していただきたい。

中国の大陸部には、世界的に見ても大変規模の大きな活断層系が発達している。それは、古い地質構造に重って、第四紀後期のプレート運動による新しい造構運動の結果としてあらわれている。ユーラシアプレート、インド洋プレート、太平洋プレートおよびフィリピン海プレート間の相対運動の結果、大陸プレート内に複雑

な応力場が発生し、大断裂を作り、地殻のブロック運動を起しながら、また大地震を発生させる²⁰⁾。

広域を見渡して中国の応力場とこれらの大断裂すなわち構造線や活断層系の構成を調べるための調査、解析、理論的研究が最近かなり盛んに行われてきた。また、歴史資料から得られた大地震の分布と活断層系の分布とが深く関連していることも確められた。この関連性を言葉で表現すると、大地震の発生する場所は、活断層の交叉する所、活断層の合流する所および活断層の末端部などである、ということができる。

地震の発生機構の調査からも、起震力の主軸方向と活断層系の解析から推定される応力分布とがよく合っている。プレート境界に外力を与え、有限要素法を用いて大陸内の応力分布を計算するというような理論的研究も最近行われつつある²¹⁾。李四光の地質力学の基本は、中国の地形や構造運動の基本要素を水平力によるものであると認識するところにある。したがって中国では、その伝統をもとにプレート内の応力分布を考える研究が進めやすい状況であった。地震発生機構なども含めた力学的解析が地質学の分野の中で進むことになったのは、そのような背景からであろう。

Figs. 1~3 は、最近の論文から適当に取り出した中国大陆の応力場についての図である^{22~24)}。

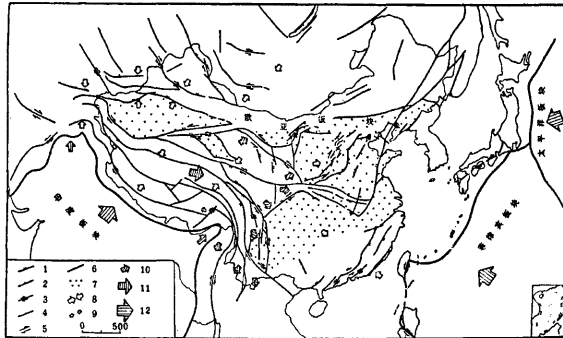


Fig. 1. Relation between the stress field in China and the movement of plates.

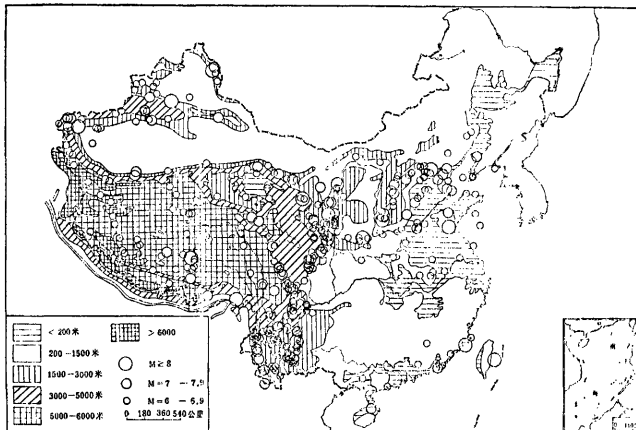


Fig. 2. Relation between the topography and large earthquakes in China.

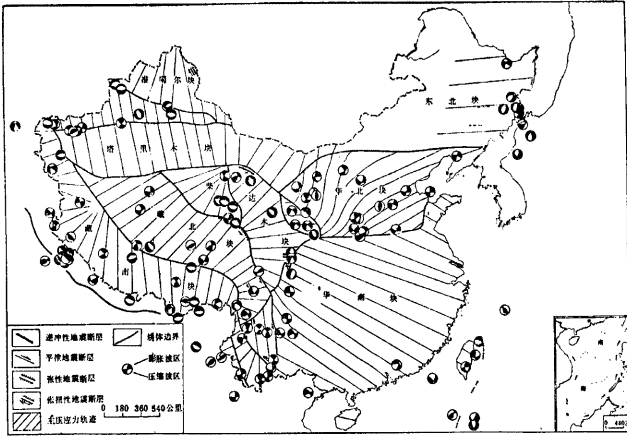
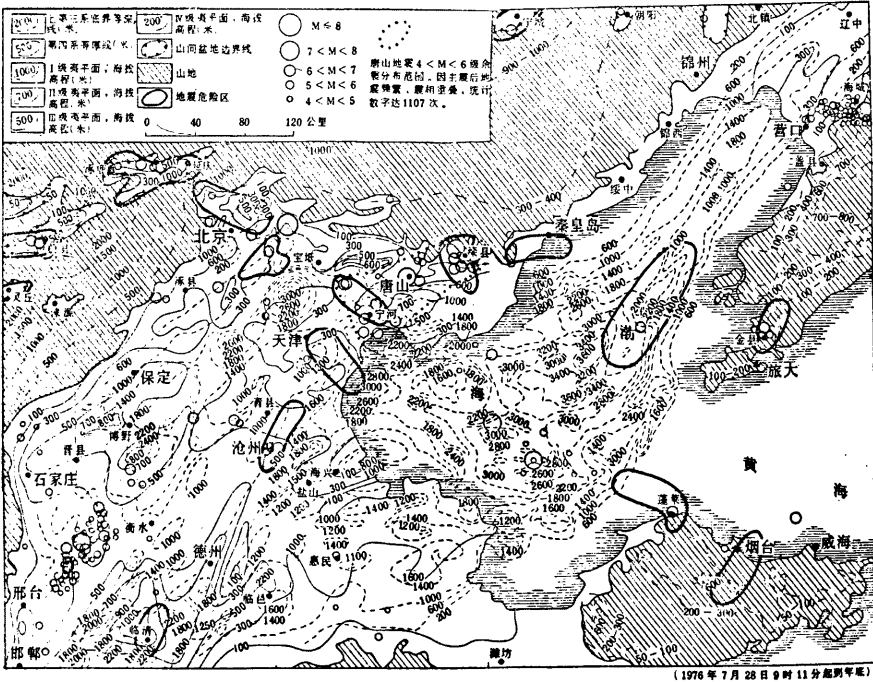


Fig. 3. Distribution of focal mechanisms of the recent major earthquakes in China.



京津及邻区地震地质初步预测的地震危险区

Fig. 4. Seismo-geological prediction for large earthquakes in Beijing-tianjin region.

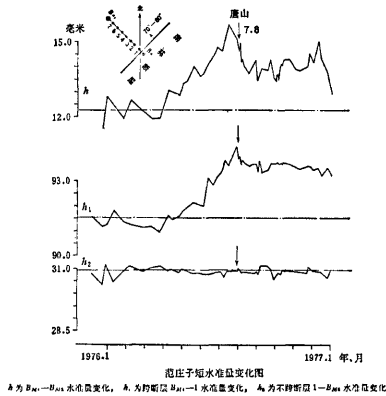


Fig. 5. Crustal movements across an active fault related with the occurrence of the Tangshan earthquake.

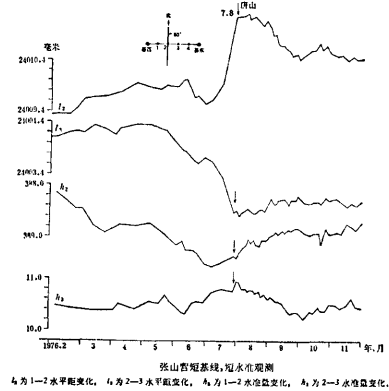


Fig. 7. Crustal movements across an active fault related with the occurrence of the Tangshan earthquake.

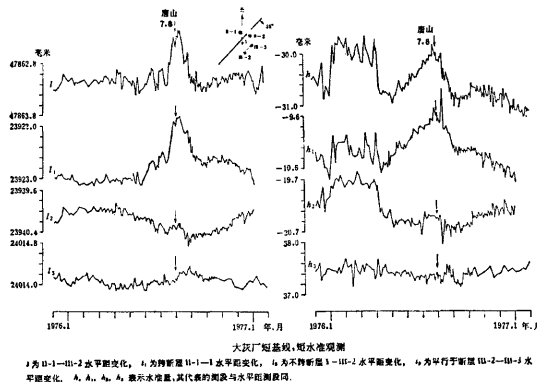


Fig. 6. Crustal movements across an active fault related with the occurrence of the Tangshan earthquake.

海城地震、1976年唐山地震など一連の大地震が発生した。このような現象の分析は大地震の長期予報にとって重要な情報を提供している。

地震活動と活断層を中心とする地質の研究から、地震危険度を予測する仕事も防災のために重要である。

Fig. 4 はその例である²⁵⁾。

活断層の調査研究は、単に活断層の分布などを明らかにするだけではなく、活断層を境とする地殻のブロックが大地震の発生に対してどのように関連して運動をしているかというような、連続観測データをもとにした研究も勢力的に行われている。Figs. 5, 6, 7 に示すように、北京から天津に至る地域では、多くの活断層をまたいで短水準などの連続測量データがあり、唐山地震前に地殻ブロックが激しく運動したことがわかっている²⁶⁾。

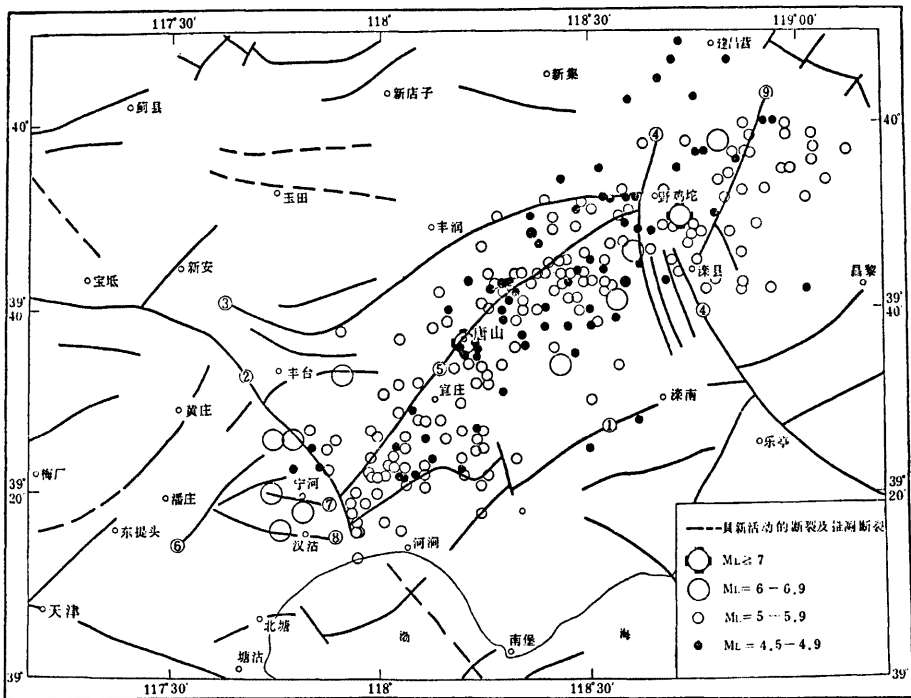
地震活動を監視するための地震計網も、重点地域ではよく整備されていて、北京周辺の21ヶ所の観測点からはテレメータによって常時信号が伝送され、北京の地球物理研究所に集中記録されている。このようなテレメ

長期間の歴史データから、地震活動に関連する研究も多い。特に、最近100年以上大地震が発生していない地域であっても、過去に被害地震を経験している所がある。例えば陝西省西安市（昔の長安）の近くには、1556年の大地震の記録がある。この地震による死者は氏名の判明しているものについて83万人と言われる。北京西方から西安へ至る山西地震帯の活動は、この1556年のマグニチュード8以上の地震の発生後、静かである。同じように16世紀以来静かであった鄭城—廬江地震帯では、1960年代から地震活動が目立ち、1975年

ータ集中方式のできているネットワークでは、詳しい地震分布図が作られる。**Fig. 8** は唐山地震時の地震分布を示している²⁷⁾。しかし、多くの観測網では、観測精度をよく保っておくためには、まだまだ設備の改良をしなければならない点も多い。

地震の発生機構を解明するための研究では、地震地質学者によるメカニズムの研究は前に述べたが、言わゆる震源物理の研究はあまり進められていない。大型電子計算機が少なくあまり自由に使えないことや、大地震の際の震央付近での波形記録が得られていないことなどによっても考えられる。何度か大地震の予知に成功しているにもかかわらず、震央近くにおける加速度計の記録などが得られていないのは大変不思議な感がある。十分な器械がないからできないということだが、大地震発生のお機会は少なく、記録を取るためには大規模な投資をしなければならないけれども、地震予報があればずいぶん記録をとる方法も楽になるはずであり、このような面でも日本の技術をもとにした協力が可能ではないだろうか。

地震の直前にあらわれる各種の前兆現象を記録した例は多く、あらゆる分野におよんでいる。大地震の数日から数時間前に出現する自然現象の急激な変動を中国では臨震現象といい、それらの現象をもとに臨震予報を出して、避難のための行動をとる。



唐山地震和余震震中分布及其与断裂构造的关系图

①宁河—昌黎深断裂 ②蔚运河深断裂 ③丰台—野鸡坨大断裂 ④滦县—乐亭深断裂 ⑤唐山断裂带
⑥桐城断裂 ⑦岭头断裂 ⑧汉沽断裂 ⑨滦县—卢龙断裂

Fig. 8. Distribution of epicenters of the main and after shocks of the Tangshan earthquake in relation to the fault system.

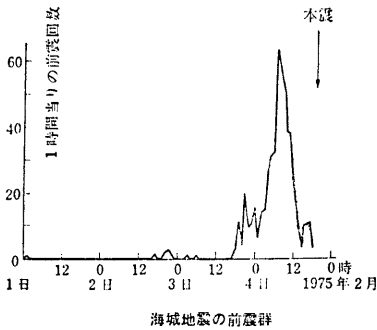


Fig. 9. Time sequence of foreshocks before the Haicheng earthquake.

大地震発生前の微小地震群の発生は、前震群と呼ばれるが、海城地震前の4日間に見られた前震群は一つの典型的なパターンを示していた (Fig. 9)²⁸⁾。このような前震群は必ずしも常にあるとは限らない。最近のおもな5回の大地震のうち、前震群が臨震予報に役立ったのは海城地震と塩源寧漢地震の2回であった。一方、微小地震群の発生が常に大地震の前駆現象とはならず、単なる群発地震で終る場合が多い。微小地震群が発生し始めてすぐの段階でこれが前震群かどうかを判定する方法が、重要な研究テーマの一つである。現在のところ、発震機構の変化を監視することと、他の現象との総合判断による予報を原則とすることが重要であるという結論である。

地下水の水位変動や水質の変化は、地下水そのものが移動して情報を運ぶためあって、非常に重要な臨震現象の一つとされている。Figs. 10, 11)にいくつかの例を示す²⁹⁾。地下水の水位や水質の変化が臨震現象として大きく出現するのは、どのような井戸であっても見られるというものではない。活断層系の運動と深い関

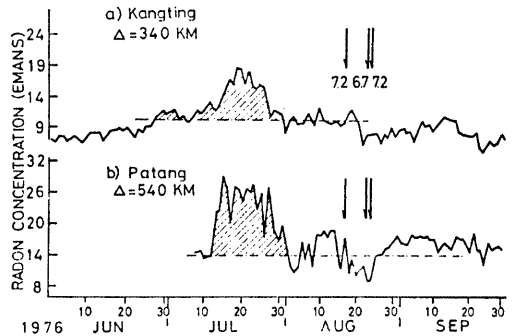


Fig. 10. Short-term change in the radon concentration in groundwater before the 1976 Sungpan earthquake.

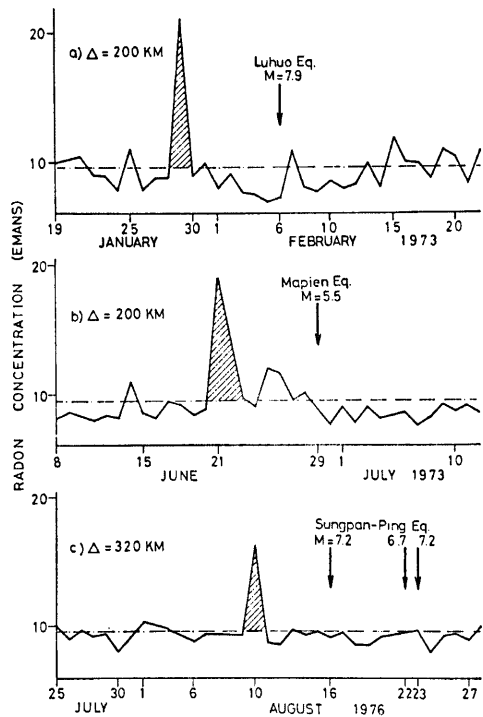


Fig. 11. Short-term spike-like changes in the radon concentration in groundwater before three large earthquakes in the Szechwan Province.

係を持つと思われる現象があり、例えば、近い将来に大地震を発生させることとなる断層に沿って、そのような臨震異常が分布することが多い。

地球電磁気的な臨震現象も多く報告されている。特に比抵抗の変化は物理探査の技術が各地に分散配置されているのと、広大な地域で実験がやりやすい社会状況によって成功した例が多い (Fig. 12)³⁰⁾。また、自然電位の連続観測によって直前の異常変化を見出した例がよくある。それは、電極を埋めて毎日数回メータを読み取ることで比較的簡単で安価な設備で充分実用化されるためでもある。Figs. 13, 14 は海城地震の予報に大きな貢献をした有名な記録である³¹⁾。

傾斜や伸縮のような土地の力学的変動についての観測も行われているが、比較的設備が複雑で、設置場所もトンネルなどが必要であるため、多くは実施されていない。しかし、陸地の浅発大地震に際しては、震央近くで大きな地殻変動が観測されたという報告もある。Fig. 15 は海城地震の直前の急激な傾斜変動を示している。余震活動がおさまり始めるとともに、臨震現象の出現以前の状況に似た地殻変動が再び観測されているのが興味深い。この記録は、水平振り型の傾斜計によって得られた³¹⁾。

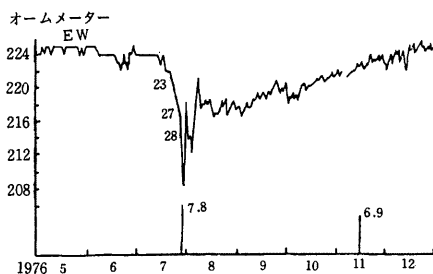
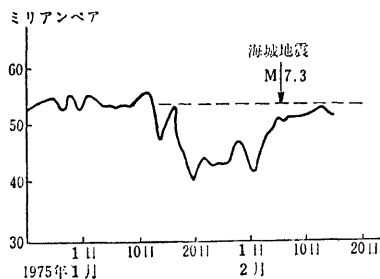
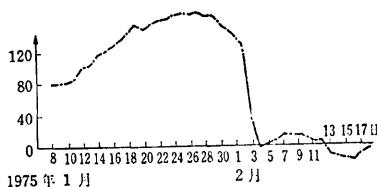


Fig. 12. Example of imminent anomaly in daily resistivity change at Changli station related with the occurrence of the Tangshan earthquake.



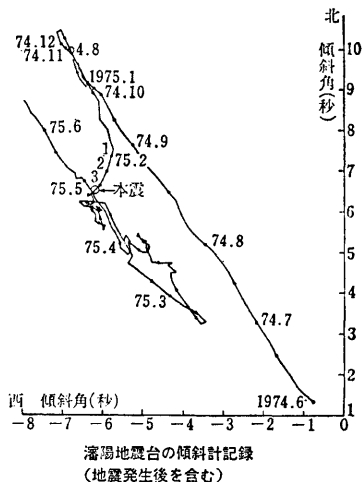
虎荘郵電局の地電流記録

Fig. 14. Variation of telluric current before the Haicheng earthquake recorded at the Huchuang station.



102 隊が観測した自然電位変化

Fig. 13. Variation of telluric current before the Haicheng earthquake recorded at the 102 station.



瀋陽地震台の傾斜計記録
(地震発生後を含む)

Fig. 15. Crustal movement before and after the Haicheng earthquake recorded by the horizontal pendulum type tiltmeters.

地殻変動の監視は、井戸の中に埋め込んだ簡易応力変化計によっても行われる。カーボン粒の電気抵抗変化やニッケルの磁歪効果を応用した簡単な装置が用いられているが、明瞭な臨震現象を捕えている (Fig. 16)³²⁾。

大地震の発生の直前あるいは同時に見られる多くの宏観現象の中には、まだはっきりと物理的に解明されていないものも多い。地鳴りが聞こえたという報告はよくあるけれども、計器観測によるデータは少ない。Fig. 17 はその観測記録例で、Fig. 18 のようなセンサーの配置により、地鳴りの伝播してきた方向を決めるなどの成果が得られている³³⁾。

動物異常の研究は、生物物理研究所で大大に取り組まれているが、最近では、ナマズの脳波のパルスが、周囲の電場の変化に対応してパルス間隔を変化させる現象が見つかっている。実際の地震予報のデータとして利用する場合については次節に述べるが、研究の基本としては、物理現象として解明して計器観測に応用することを目的とした研究が進められている。

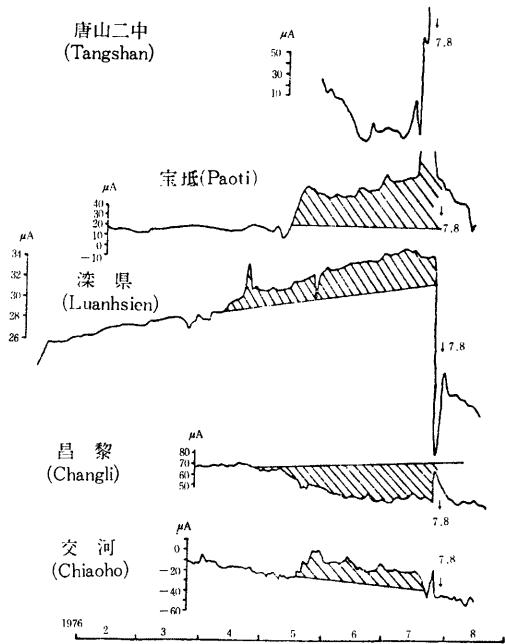
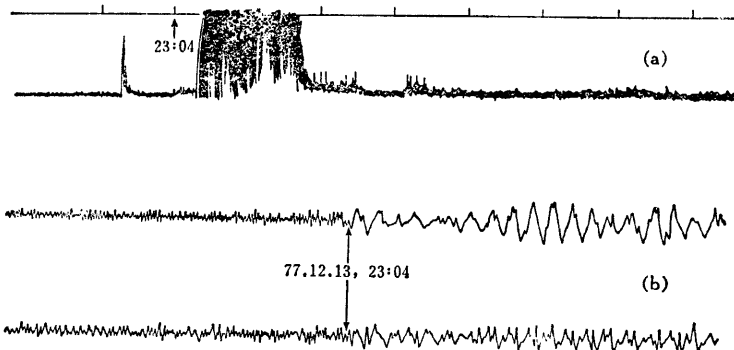
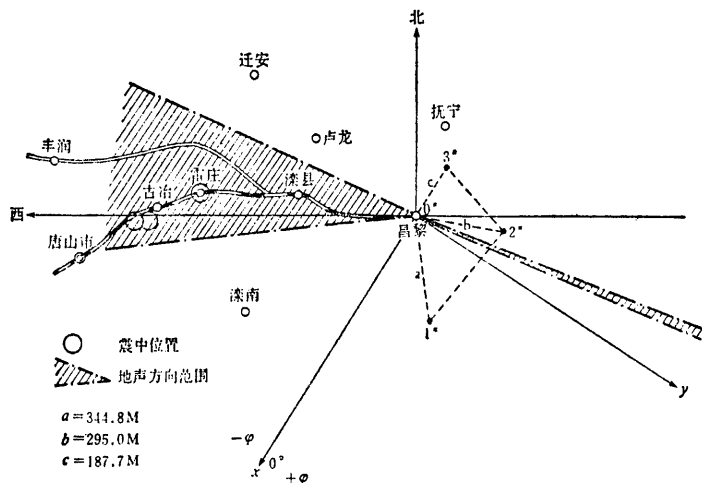


Fig. 16. Sudden variations of ground stress before the occurrence of the Tangshan earthquake observed by the simple stressmeter.



(a) 记录在记录纸上的包络图,可以明显看出地震前的声发射信号延续一分多钟。
(b) 记录在磁带上的两接收点的信号波形图。

Fig. 17. Records of earthquake sound.



1977年12月12日21:55至13日4:58 地声方向图
(虚线表示已经放大后的四点定向阵)

Fig. 18. Direction of transmission of the earthquake sound observed by an array network.

地震後の被害調査の結果を地震工学の基礎資料に活用することも重要な仕事とされている。Fig. 19 は唐山地震後の地盤調査の結果である³⁴⁾。構造物の種類や分布は日本とはかなり異っているため、論文を読んだだけでは理解しにくい点も多い。北京などでは高層建築物も次々に出来るようになってきたので、日本の研究成果もやがてどんどんとり入れられるようになるであろう。

地震動の状況を調査して詳しい震度分布図を作ることにより、地震の震源に関する重要な情報が得られる。中国の被害地震のほとんどは内陸の活断層に関連して発生しているので、このようなデータは非常に興味深い。震度分布は過去の大地震についても詳しく分析された結果が多く発表されている³⁵⁾。中国では12段階の震度階が用いられている。最大の震度の分布の形は大地震では細長い分布となる場合が多く、その分布に沿って地震断層が出現する場合が多い³⁶⁾。また、直前の異常現象の分布と震度分布が関連しているという報告もある。

十数年に渡って猛烈な勢いで地震の研究が進められてきたが、地震の予報と震災予防の実践によって中国の専門家たちは貴重な経験とデータを積み重ねてきた。地球科学の基礎的研究は最近になってその重要性が力説されており、これから大いに進むことになるであろう。経験主義の予報技術が重んじられるばかりに、せっかく前兆現象を記録しながら、その変化の振幅がはっきり定量化されていなかったり、測定方法に問題があったりすること多いが、基礎研究の進展と多くの科学者の育成によって、しだいに改善されることであろう。また、地球科学の発展のためには、電子工業や機械工業、コンピュータ技術の進歩が不可欠である。それらの面でも、現在中国は非常に重要視して近代化を進めており、やがて近い将来に大きな進展が見られるようになると思う。

5. 地震予報

1975年2月4日の海城地震に向けて出された地震予報は世界で初めて震災予防に成功した地震予報であった。その後数回の大地震の経験を積み重ねて、地震予報についての総括的な考え方がまとめられた。

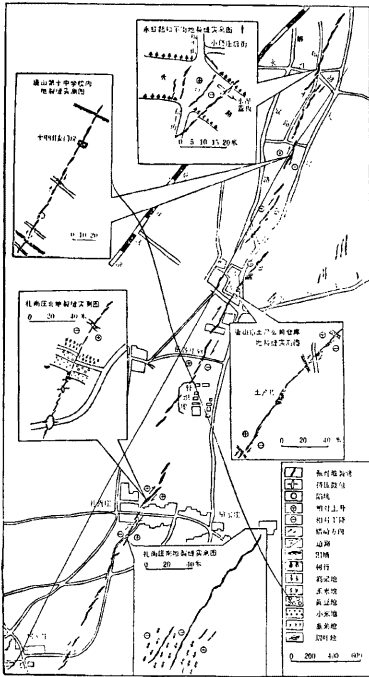


Fig. 19. Distribution of fractures in the Tangshan city researched after the 1976 Tangshan earthquake.

直前現象を捕えるための観測網の整備は、専門の観測点の増設も進められるが、絶対数の不足を補うために、民間協力を求める。特に重要な地点近くの工場や学校、公共施設などの中に、地震測報組という少人数のグループを作り、器材や知識を提供して観測点を作る。専門家と大衆の協力を中国では「專群結合」と呼び、あらゆる分野でこのような進め方を重視する。こうして出来た観測点は大衆観測点と呼ばれるが、一口に大衆観測点といっても大規模かつ精度の高い性能を持つものから、非常に簡単な道具で単純な測定をするものまでいろいろある。また、宏観異常現象のみを対象とした観測点も多い。

短期臨震予報は、直前の異常現象の出現とそれらの分析にもとづいて出される。各観測点でのデータをもとにそれぞれの観測点の担当者が予報意見を上部機関に提出する。各地方には専門の地震台があり、そこでは一定の地域の大衆観測点から集った意見を分析して、さらに上部へまとめた意見を提出する。各地に異常現象が出現しはじめると、各省の地震局のような一定の広さの地域を管轄する機関には、異常現象の時間的および空間的の分布がわかり判断が下せるようになる。専門家はこのような情報をもとに、間近かに迫った大地震の規模と場所と時について考え方をまとめ、行政の責任者に意見を提出する。省の人民政府は、専門家の予報意見と、その地域の社会的状況とを考え合わせて、臨震予報を公表する。それは警報であり、それぞれの地区でかねて準備した対策を実行する。

単純に地震予報の経過をまとめると上のようになるが、地震現象はそれほど単純ではなく、社会の状況や住

大地震の予報は長期・中期・短期・臨震予報の4段階に分けられるが、長中期予報、短期臨震予報と2段階に大きくまとめられる場合もある。日本でいう長期的予知と短期的予知という2段階がこれらにはほぼ相当している。すなわち長中期予報は、大地震発生の可能性が高い地域を重点監視区に指定し、そこでの観測網の充実と、防災対策を進め、地震直前現象の監視を強める。それによって短期臨震予報を出し、震災を最小限に食い止めようという考え方である。根本的に異なるのは、長中期予報を中国では大衆に知らせていないという点である。また長中期予報はかなり広い地域に対して出される。日本に置きかえてみると例えば関東から近畿にかけての全域に大地震発生の可能性が高いというような表現になる。

長中期予報は全国の専門家が集まる会議での討論の結果として意見がまとめられ、国家地震局から國務院の関係部門へ伝えられる。また、ここでの結論は、会議に参加した各省などの地震局のスタッフによってそれぞれの地区へ持ち帰られさらに検討を加えられる。必要なら、一定地域の数省の関係者が集って検討を深める会議を開く。長中期予報は大衆には発表せず、それぞれ工業や商業、交通などの部門の組織を通じて末端の幹部にまで指令が出される。防災対策がそれをもとに検討され、必要な整備が始まる。大衆に対しては、地震教育が行われる。地震現象と地震予報技術と耐震などの知識教育があらゆる手段を通じて行われる。海城地震は長い間震災を経験していない東北地区に発生した。このような時、大衆は地震そのものをよく知らない。大地震とはどのようなものから教えていくことが大切である。

民の反応も時と所がかわれれば、ずいぶん変化する。個々の地震の場合とそれぞれの地域において、臨機応変の判断と処置がなければならない。また、唐山地震のように、臨震の現象が多く記録されていても、これらが出現しはじめて地震発生までの時間が短いと臨震予報が出されないまま大地震の発生に至り、多数の人民の生命を失うことになる。夜中の大都市直下の地震に、直前の警報がある場合とそうでない場合の損失の異いは非常に大きい。唐山市の人口は約100万人であったが、唐山地震による死者は24万4千人と記録された。

地震予報についての個々の例や、その経過についてここではいちいち述べることができないが、それらはすでに詳しく紹介されているので文献を参照していただきたい。

1971年に地震事業を一元化するために、国家地震局が國務院の中におかれた。現在国家地震局に直接所属する職員は約2000名であり、そのうちの60%程度が研究者と技術者である。局長は鄭瑜氏で、その下に数人の副局長がそれぞれの仕事を分担して統括している。ほぼ一年に一度のわりあい全国会議を召集し、長期予報をまとめたり、全国での地震事業の進め方を決めたりする。大地震がせまってきたという判断のもとでは、国家地震局のスタッフは現地へ出向いて、現地の指揮部を中心に仕事を進める方針である。この方が中国の実情によく合っている。

地震予報は、予報の内容をまとめるまでの科学的性格のこい面と、予報の伝達と防災対策という行政面とから同時に考えねばならない。予報を出すためには省地震局のもとに基準地震台があり、地方の地震台があり、大衆の協力による観測点があり、これらがうまく結合されて省地震局へ情報が集まる。行政面では、それぞれの級の人民政府の中に地震弁公室と呼ばれる専門の窓口をもうけて、地震に関する行政を進めている。日本でいえば、県庁や市役所や役場に地震課があるということになる。この制度は、地震防災対策を進め、予報のための観測を進めるために具体的に役立っている。

地震予報に協力する大衆には、一方的な奉仕ではつとまらないから、観測することによる利点があればならない。もちろん人民のために服務という基本線はあるが、地震予報観測を続けることによって生きた教材による科学教育になるという利点も大きい。また、仕事の重要性に応じて支払われる報酬も充分な額であり、大衆にとって現金収入が増えるということは大きな意味を持つ。大地震前に中期予報をもとに指導によって大衆観測点が設立され、大地震後には一時大量の観測点が大衆の積極的参加によって生まれる。余震活動がおさまると、これらの観測点には一定の評価ができるようになり、増えすぎた観測点は整理されて、地域的分布、前兆現象を捕えやすいかどうかなどの観点から選択されて次の地震に備える観測網が出来上ってゆく。

宏観異常現象を報告する大衆観測点は、地震前中期予報によって非常に多く作られる。主に動物異常と、地下水の異常に重点がおかれる。これらの報告は、実際の地震予報に役立てるためには、それなりの努力と工夫が払われている。動物異常の報告があると地域の専門のスタッフはその現場に出向いて確かめることになる。調査してみると地震とは関係がないことが判明する場合が多い。例えば、にわとりがやたらとさわぐと通報して来たので地震台のスタッフが人民公社のその場所へ行ってみると、にわとり小屋にヘビが入ってきたためさわいでいるということがわかった、というような記録が沢山ある。

このようにできるかぎりの調査をした後、地震局では Fig. 2) のようなグラフを作る。6月下旬から中期予報にもとづく大衆協力組織を作って宏観異常の観測をはじめた。最初異常報告が多かったがすぐ平常値を示すようになり、大地震の数日前から急激に増加した。このような取りあつかいをしてはじめて大地震予報に役立つ情報の一つとして利用できる。日本の週刊誌で時々話題にされるような超能力による地震予知や、思いつきでナマズを飼っていたら地震の前にさわいだというような単純な発想ではとうてい地震予報はできない。ただ、大衆の報告の内容をちゃんと確かめようとする中国の専門家たちの態度に我々も学ばねばならないと思う。

群測群防というスローガンのもとに、大衆が自ら測定し、自ら予防するという方針で、実践に重点をおいて進められてきた中国の地震予報の仕事は、海城地震の際にみごとな成功をおさめた。このあと、一部の中国の地震学者たちの中にも、地震予知はできる、という確信が広がっていた。その後多くの大地震を経験して、確実な地震予知技術の完成はいかに困難なことであるかということがよく認識された。地震学を含む地球科学の基礎をかためるため、文革による教育の空白を埋めるところから手がつけられることとなった。息の長い中国の

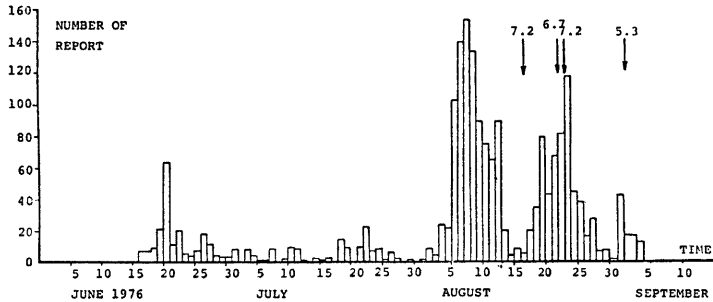


Fig. 20 Daily variation of reported number of abnormal behaviors of animals and groundwater related with the 1976 Sungpan earthquake.

このとり組み方に対して我々も隣国の地震学者としての協力を進めなければならないと思う。

6. あとがき

あまりにも広大な中国の地震現象と、経験豊かな地震予報について、その全様を紹介することは困難である。参考文献や多くの情報から総合して理解していただきたいと思う³⁷⁻⁴²⁾。ここでは、私自身の現在の研究テーマとの関連で思いつくままに一面を紹介させていただいた。中国独特の考え方や方法論に対する私の理解の浅い面もあると思う。また、情報の収集も充分ではないと思う。お気づきのこととご意見をおよせいただきたい。

中国は近代化を進めるために、今多くの具体的な協力を望んでいる。防災科学の面においても、日本の科学者たちが、中国の状況や自然現象に対する理解を深め、研究成果を交換して協力を進めていく必要がある。特に地球科学においては、隣国の情報が研究のために不可欠である。日本と中国の科学の交流は、必ず相互に利益をもたらせるものであると思う。

参 考 文 献

- 1) 中国地震学会：第一次全国地震科学學術討論會論文摘要編，上，下，1979，pp.1—226.
- 2) 李四光：地質力学概論，1973，科学出版社
- 3) 営口市遼南地震編写組：遼南地震，商務印書館
- 4) 陳非比他：唐山地震，1979，地震出版社
- 5) 陳立德・趙維城他：一九七六年竜陵地震，1979，地震出版社
- 6) 四川省地震局：一九七六年松潘地震，1979，地震出版社
- 7) 孟繁興他：地震与地震考古，1977，文物出版社
- 8) 天津市地震局地震处・北京市地震隊：地下水与地震，1976，地震出版社
- 9) 中国科学院生物物理研究所地震組：動物与地震，1977，地震出版社
- 10) 唐錫仁：中国地震史話，1978，科学出版社
- 11) 広東省革命委員会地震弁公室・国家地震局広州地震大隊：地震及其預防，1976，広東人民出版社
- 12) 陝西省革委会地震局：地震預測預防知識，1977，陝西省人民出版社
- 13) 少年地震測報活動，1978，少年兒童出版社
- 14) 北京抗震知識編写組：抗震知識，1977，北京人民出版社
- 15) 李国平・郭友中：数理地震学，1978，地震出版社
- 16) 郭增建・秦保燕：震源物理，1979，地震出版社
- 17) 中国科学院地球物理研究所：中国強地震簡目（公元前780年—公元1976年），1976，地圖出版社
- 18) 中国科学院地球物理研究所：中国地震目錄，第一，第二，1970
- 19) 中国科学院地球物理研究所：中国地震台網觀測報告

- 20) 時振梁他：中国地震活動の某些特征，地球物理学報，Vol. 17, No. 1, 1974, pp. 1—13
- 21) 汪素云・陳培善：中国及領区現代構造応力場の数值模擬，地球物理学報，Vol. 23, No. 1, 1980, pp. 35—45.
- 22) 鄒家全・時振梁・汪素雲・環文林：中国及領区現代構造応力場の区域特征，地震学报，Vol. 1, No. 1, 1979, pp. 9—24.
- 23) 刘百篋：中国大陸地震の応力調整場動態模型，地震地質，Vol. 1, No. 3, 1979, pp. 24—40.
- 24) 邓起東他：中国構造応力場特征及其与板塊運動的關係，地震地質，Vol. 1, No. 1, 1979, pp. 11—22.
- 25) 肖義越・李珏：応用図象識別確定京津及領区強震危険区，地震地質，Vol. 1, No. 1, 1979, pp. 66—76.
- 26) 王宗賢他：北京地区断層の活動，地球物理学報，Vol. 21, No. 4, 1978, pp. 269—277.
- 27) 李志義・饒順民：从地震構造看寧河6.9級余震与唐山主震的關係，地震地質，Vol. 1, No. 4, 1979, pp. 27—35.
- 28) 許紹寒：海城地震の地震活動の特徴，中国地震考察団講演論文集，地震学会，1976, pp. 27—41.
- 29) 脇田宏：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，1978, pp. 113—134.
- 30) 乗富一雄：中国における電磁気測定と地震に伴う電磁気現象，1977年地震学会訪中代表団報告集，1978, pp. 57—87.
- 31) 3) に同じ.
- 32) 田中豊：中国における地殻応力，地殻変動および重力変化の観測と地震前後の異常変化，1977年地震学会訪中代表団報告集，1978, pp. 89—111.
- 33) 李子殷・胡心康：地声と地震相關性の初步探討，地球物理学報，Vol. 23, No. 1, 1980, pp. 94—102.
- 34) 饒順民他：唐山地震区域構造背景和發震模式的討論，地質科学，1977, pp. 305—321.
- 35) 国家地震局全国地震烈度区編図組編：中国地震等烈度線図集，1979，地震出版社
- 36) 陳培善：震源机制と烈度分布的關係(二)，地球物理学報，Vol. 20, No. 1, 1977, pp. 9—19.
- 37) 中国地震考察団講演論文集，地震学会，1976.
- 38) 一九七七年地震学会訪中代表団報告集，地震学会，1978
- 39) 静岡県訪中地震視察団報告書，静岡県，1979.
- 40) 中国の地震予知の現状——1978年訪中地震予知調査団の報告——，国立防災科学技術センター，1979
- 41) 尾池和夫：中国の地震予知，NHK ブックス333，1978.
- 42) 尾池和夫：中国と地震，東方選書2，1979.

SEISMOLOGY AND EARTHQUAKE PREDICTION IN CHINA

By Kazuo OIKE

Synopsis

Since 1974 informations on the rapid developement in the field of earth science in China have been given by exchange of seismologists between Japan and China. Seismology in China has been developed mainly based on the practice of earthquake predictions since 1966. For the long term prediction of large earthquakes, the stress field in China has been studied from the historical data of the seismicity, the distribution of active faults and the mechanism of the block movements of the crust.

Short term or imminent predictions of occurrences of large earthquakes were successfully released from many kinds of data showing sudden changes in the natural phenomena. Variations of the contents of groundwater, level of groundwater, telluric current and resistivity and geomagnetic variations have been recorded and analyzed for the imminent prediction. Variations of tilting movement and stress field in the bed rock have been also analyzed and used for the practical forecasts of earthquakes. The synthesized information from these scientific observations and from direct visual observations of nature by the masses is used for the imminent prediction.

Chinese seismologists are now preparing the next step of progress by the expansion in the fundamental field of earth science.