

第 5 次地震予知計画

(昭和 59 年～63 年)

第 5 次地震予知計画の推進について

(建 議)

昭和 58 年 5 月

測 地 学 審 議 会

目次

第5次地震予知計画の推進について（建議）

I 地震予知計画のこれまでの成果

1. 全国における長期的予知に有効な観測研究の拡充強化
2. 観測強化地域等を中心とする短期的予知に有効な観測研究の集中的実施
3. 地震発生機構解明のための研究の推進
4. 地震予知体制の整備

II 計画策定の方針

1. 地震予知推進の基本的考え方
2. 第5次地震予知計画の基本方針
 - (1)長期的予知に有効な観測研究の充実
 - (2)短期的予知に有効な観測研究の拡充強化
 - (3)地震発生機構解明のための研究の推進
 - (4)地震予知体制の整備

III 計画の内容

1. 長期的予知に有効な観測研究の充実

(1)全国を対象とする観測研究

ア 測 地 測 量

(ア)精密測地網測量

(イ)検 潮

(ウ)重力・地磁気測量

(エ)測地測量のための技術の開発と研究

イ 地 震 観 測

(ア)大・中・小地震観測

(イ)微小地震観測

(2)特定の地域において必要な観測研究

ア 高密度短周期反復測地測量

イ 移動観測班による精密観測

ウ 海 底 諸 観 測

(ア)海底地震観測

① ケーブル方式の海底地震計による観測

② 浮上式海底地震計による観測

(イ)海底地磁気観測

(ウ)海底観測のための研究開発

① ブイ・テレメータ方式による海底地震観測

② 海底地殻変動連続観測

(3)基礎調査

- ア 地殻活構造の調査
- イ 史料地震学的調査

2. 短期的予知に有効な観測研究の拡充強化

(1)地殻変動連続観測

- ア 埋込式体積歪計による観測
- イ 傾斜計及び伸縮計による観測
- ウ 潮位差連続観測
- エ 観測線による地殻活動総合観測

(2)重力変化の測定

(3)地震観測

(4)地球電磁氣的観測

- ア 地磁気観測
- イ 電気抵抗変化等の観測

(5)地下水・地下ガスの観測

(6)首都圏など都市地域における地震予知のための開発研究

3. 地震発生機構解明のための研究の推進

(1)前兆現象発生の仕組み理解のための研究

- ア 岩石破壊実験
- イ テストフィールドにおける総合実験・観測

(2)前兆現象理解のバックグラウンドとなる研究

- ア 地殻応力の測定
- イ 地殻構造調査
- ウ 地震波速度変化の観測研究

4. 地震予知体制の整備

(1)データの収集・処理体制の整備

- ア 気象庁
- イ 国立防災科学技術センター
- ウ 国土地理院
- エ 地質調査所
- オ 大学

(2)常時監視体制の充実

(3)予知関係組織の強化

(4)人材の養成・確保

(5)国際協力の推進

(参考資料)

地震予知の推進に関する第4次計画の推捗状況について（報告）

< 附録 >

測地学審議会委員名簿（第17期）

文術測第 58-11 号
昭和 58 年 5 月 31 日

殿

測地学審議会会長
永 田 武

第 5 次地震予知計画の推進について（建議）

本審議会は、昭和 39 年以来数次にわたり地震予知の推進に関する計画を建議してまいりましたが、関係者の不断努力によりこれらの計画は順次実施に移され、我が国の地震予知研究は着実に進展しております。この間、計画策定の任を負う本審議会に加えて、地震予知に関する総合的、計画的な施策推進のための地震予知推進本部、各機関による観測研究についての情報交換及びそれら情報の総合的判断を行う地震予知連絡会が設置されるなどの体制も逐次整備され、関係各機関の有機的な連携・協力の下に観測研究が実施されるに至っております。さらに、昭和 53 年には大規模地震対策特別措置法が制定され、東海地震の予知を行うための地震防災対策強化地域判定会が設けられるなど、地震予知の実用化が一層推進されることになりました。

本審議会では第 5 次地震予知計画の策定に先立ち、これらの状況を踏まえつつ、第 4 次計画（昭和 54～58 年度）の進捗状況について総括的な評価を行いました。その結果第 4 次計画から本格的に取り組み始めた「短期的予知」の手法を中心にして、前兆現象の検出に成功するなど地震予知の実用化に向けて明るい見通しが得られる一方、前兆現象の出現様式が極めて複雑多岐であることが一層明らかになり、各種の観測研究を更に強力かつ継続的に推進する必要性が認識されました。

近年、地震予知に対する社会的関心はますます高まりつつあり、その実用化に対する要請は切実なものがあります。

本審議会は以上の基本認識の下に、今後の地震予知の推進方策について慎重に検討を行った結果、このほど別紙のとおり、今後 5 年間（昭和 59～63 年度）の地震予知計画を取りまとめました。本計画は観測強化地域等を中心に各種観測研究を一層充実強化し、前兆現象の的確な把握に努めるとともに、その複雑な発生機構の解明のための基礎的研究を推進することを基調として精度の高い地震予知の実用化を目指すものです。

については本計画の趣旨を御理解の上、その実施に必要な最善の措置が講ぜられるよう測地学審議会令（昭和 24 年政令第 247 号）第 1 条第 1 項の規定により建議します。

〔備考〕（建議先）内閣総理大臣、文部大臣、通商産業大臣、運輸大臣、郵政大臣、建設大

臣

(要望先) 大蔵大臣

(連絡先) 科学技術庁長官、国土庁長官

I 地震予知計画のこれまでの成果

昭和 39 年に建議した第 1 次計画（昭和 40～43 年度）は、地震予知の基盤ともいべき測地測量と地震観測を中心とする基礎データを全国的な規模で収集する体制づくりを目指すものであったが、被害地震が相次いで発生したこともあって社会の要請も高まり、予知の実用化を目標とした観測研究の強化を図る第 2 次計画（昭和 44～48 年度）に移行した。第 2 次計画では、観測研究の重点的実施のための特定観測地域及び観測強化地域の指定、情報の総合的判断を行うための地震予知連絡会の設置等今日の地震予知体制の骨格が形成された。

第 3 次計画（昭和 49～53 年度）においては、測地測量における光波測距儀の導入、地震観測等におけるテレメータの採用、深井戸観測施設の整備、ケーブル方式海底地震計及び埋込式体積歪計の設置など観測技術に著しい進歩を見た。この間、南関東及び東海地域を中心とした地殻の異常活動を契機として二度にわたる第 3 次計画の見直しが行われ、観測網の強化、東海地域判定会の設置など予知の体制は一段と整備された。また、地震発生に至る震源過程の実験的研究、人工地震による地震波速度変化の観測、地下水に関する研究等基礎的な分野における研究の必要性が強調され、その推進が図られた。これら強化された観測研究により地震発生に伴うあるいは先行する現象が幾つか確認されたが、その出現様式は多岐にわたり、その挙動は複雑であることが明らかになってきた。このように複雑な前兆現象を理解するには必然的に多種類の密度の高い観測を必要とする。

第 4 次計画（昭和 54～58 年度）ではこの点を考慮し、前兆現象検知の方策として規模の大きい地震の発生につながる異常地殻活動検知のための「長期的予知」の観測研究と、地震がいつ発生するかを予測するための「短期的予知」の観測研究を実施した。さらに、地震予知の科学的基礎を確立しその精度を高めるために不可欠な地震発生機構解明のための基礎研究を強力に推進した。また、地震予知の円滑かつ効率的な推進のために地震予知体制の整備を図った。

第 4 次計画においては、次のような進展をみている。

1. 全国における長期的予知に有効な観測研究の拡充強化

精密測地網測量は近く第 1 回の測量が終了し、日本列島の全域にわたって地殻歪の分布を知ることができる。水準測量による地殻の上下変動の繰り返し測定は、ほぼ 6 年間隔で実施できるようになった。大・中・小地震観測は全国的なレベルで精度と速報性が向上し、微小地震観測では広域での地震活動を一様、精密かつ迅速に把握できる体制が整備された。御前崎沖のケーブル式海底地震計による連続観測は、東海沖の地震活動の監視に大きな役割を果たしている。その他の海底地震観測の技術も著しい進歩を遂げ、日本海溝付近の地殻活動の実体が明らかにされつつある。

また、地磁気変化と地震発生の関連、発掘調査による断層運動の反復性の検証、新しい歴史地震史料の収集などについて成果を挙げることができた。

2. 観測強化地域等を中心とする短期的予知に有効な観測研究の集中的実施

短期的予知に有効な観測研究として新たに導入された地下水、地球電磁氣的観測を含め、短期の前兆現象の存在が確認された。これまでの主な事例としては、伊豆大島近海地震において、顕著な前震活動に加えて体積歪計の示した急激な変化、ラドン濃度の明瞭な変化が認められたことなどが挙げられる。しかし、前兆の先行時間の分布、発生の様式は複雑である。多くの手法の有効性が確かめられたことは評価に値するが、他方、震源近くでも前兆現象の観測できない事例もあり、前兆現象を確実に捕捉するためには、多種目、多量のデータを総合的に解析することや適切な観測点を選ぶことが極めて重要であるとの認識が得られた。

3. 地震発生機構解明のための研究の推進

岩石破壊実験では、主破壊前の異常変形の進行、微小破壊の分布等自然地震に類似する前兆現象が室内実験で認められた。

野外における地殻応力の測定では、各種の方法が試みられ、それぞれの測定技術が向上し有益なデータが得られつつある。また、人工地震による研究では、地殻構造と浅発地震の分布や異常地殻変動等との関連性及びフィリピン海プレートの沈み込みの様相が明らかになった。

テストフィールドの山崎断層では、幾つかの小地震について前兆現象の観測に成功し、破碎帯の性質が解明されつつある。

これらは、いずれも基礎研究として取り上げられた分野が地震予知にとっていかに重要なものであったかを示している。

4. 地震予知体制の整備

データの収集・処理体制の整備により、大・中・小地震の解析・処理速度は大幅に改善された。また、微小地震の検知能力と観測精度が向上し、そのデータ処理の自動化・高速化及びデータベースの作成が着実に進行している。東海地域に関しては、大規模地震対策特別措置法の制定に伴い地震防災対策強化地域判定会が設置され、データの集中的監視など常時監視体制が拡充強化された。

以上のように我が国の地震予知計画は着実に成果を挙げつつあるが、なお多くの課題が残されており、今後一層研究の推進に努力すべき現状にある。

II 計画策定の方針

1. 地震予知推進の基本的考え方

地震予知計画では、全国を対象とした定期的調査及び観測を基礎として地震予知の重点地域を指定し、次いで地震発生の時期を知るための諸観測を集中させる方式を基本としながら、地震発生に先行する現象を科学的に解明するための基礎研究を拡充強化してきた。その基本的な考え方は次のとおりである。

(1)全国を対象とした調査・観測は長期的予知の手法の主体であり、異常地殻活動域の検出、すなわち地震発生の可能性の高まった「場所」の発見と地震「規模」の予測を目的としてこれを実施する。

(2)異常が検出された地域においては、長期的予知に有効な調査・観測の頻度と密度を高め、異常の実態把握に当たると同時に、前兆現象を捕捉し地震発生「時期」を予測するための短期的予知の手法を投入するなど観測研究の強化等を図る。

(3)前兆現象の出現を含め、地震発生機構については未知の部分が極めて多く、これを解明することは地震予知に科学的基礎を与え、予知の精度を向上するものとして重要な課題である。このため、地震発生場所・規模・時期を予測するための観測研究と連携を保ちながら、地震発生機構の解明のための幅広い研究を行う。

2. 第5次地震予知計画の基本方針

第5次計画においても、上記の基本的考え方に立って進めるものとし、各観測研究項目についての適切な評価を行いつつ、観測強化地域及び特定観測地域を中心に必要な観測研究の充実を図るとともに、地震予知のための幅広い基礎研究を推進する。特に、これまでの成果から明らかかなように、前兆現象の出現は多様かつ複雑であるとの認識は一層高まっており、その的確な把握が重要な課題となっている。このため、短期的予知に有効な観測を多種目、多点にわたって実施し、その結果として得られるデータについて平常時の挙動、相互の相関あるいは独立性の検討など多角的に判断する必要があり、データ処理方法を含めた総合的な研究が極めて重要である。このような見地から、次により第5次計画を推進するものとする。

(1)長期的予知に有効な観測研究の充実

測地測量及び地震観測は地震予知に基本的なデータを提供するものであり、日本列島及びその周辺全域の地殻活動の長期的変化を的確に把握するため、新技術の導入等による高精度化・効率化を図りつつ引き続き測地測量を実施するとともに、地震観測網の整備を一層推進し、その機能の向上を図る。

観測強化地域及び特定観測地域においては、精密な診断を行うことを目的として、測地測量の繰り返し、移動観測班等による総合観測を実施する。なお、必要な海域における諸観測を行う。

また、長期的予知の基本となる資料を得るため、地殻活構造の調査及び史料地震学的調査を実施する。

(2)短期的予知に有効な観測研究の拡充強化

特定観測地域等必要な地域において、短期前兆現象のデータ収集に努め、短期的予知の手法の確立を目指して観測研究を実施する。

東海地域においては、短期的予知に有効と考えられる各種の観測を精度を高めつつ引き続き実施し、常時監視体制の強化に資する。

また、南関東地域においては、短期的予知に有効と考えられる観測研究の充実を図り、特に首都圏については、その特殊性にかんがみ、前兆現象の検知能力を向上させるための開発研究を併せて実施する。

(3)地震発生機構解明のための研究の推進

地震発生に関する諸現象の理解、特に前兆現象の発生機構を解明することは、予知の実用化と精度の向上のために重要な課題である。

このような状況にかんがみ、長期的及び短期的予知に有効な観測研究と密接な関連を保ちつつ、これら地震発生機構の解明のための研究を幅広く実施する。

(4)地震予知体制の整備

地震防災対策強化地域判定会の判定に資するため、常時監視体制を、気象庁を中心として各機関の協力の下に充実するとともに、データ処理機能の強化を図る。

また、データの収集・処理については、利用効率の向上のため、システムの研究を行うとともに、処理機能の改善と資料の維持管理を図る。

なお、地震予知に有効な分野を全体的に発展させるために、必要な人材の養成・確保に努める。

Ⅲ 計画の内容

1. 長期的予知に有効な観測研究の充実

長期的予知は、日本列島及びその周辺の地殻活動の長期的変動を的確にとらえるとともに地震発生に関する地域的特性を把握し、短期的予知手法の集中的・効率的投入を行うための基本となるものである。長期的地殻活動を定量的に評価し、地震発生域と規模に関する予知精度の一層の向上を目指し、全国的規模の観測研究と地域的特性の解明のための集中観測研究を並行して推進する。このため、各種手法の比較検討、新しい手法の開発・導入を図りつつ、全国的測地測量・地震観測を一層充実するとともに、観測強化地域、特定観測地域等において総合移動観測、海底諸観測などを行う。さらに、地殻活動の特性の定量的評価に重要な役割を果たす地殻活構造調査及び史料地震学的調査を一層推進する。

(1)全国を対象とする観測研究

ア. 測地測量

(ア)精密測地網測量

精密測地網測量は、地殻の水平歪検出のための基準点測量及び地殻の上下変動を検出するための水準重力測量から成り立っている。国土地理院は、一次基準点測量については第1回の測量結果を参考としながら5年で全国を改測することとし、二次基準点測量については必要に応じこれを実施する。水準重力測量については全国を対象として5年周期で実施する。

(イ)検潮

国土地理院、気象庁及び海上保安庁水路部は、検潮儀の更新等により各検潮所の設備を充実して、良質なデータの取得に努める。特にこれらの機関においては、これまで検潮観測のテレメータ化を進めてきているが、更にその充実を図る必要がある。また、潮位データの統一的処理を行う海岸昇降検知センターについては、地方自治体等の管理する検潮所のデータの利用も図るなど、その機能を充実する。

(ロ)重力・地磁気測量

国土地理院は、全国を対象として重力・地磁気測量を実施する。また、気象庁、国土地理院、海上保安庁水路部及び大学は互いに協力して全国の固定観測点における全磁力精密連続観測を行う。

(ハ)測地測量のための技術の開発と研究

地震予知に利用される測地測量データについて、精度の一層の向上が要請されている。国土地理院、気象庁、海上保安庁水路部、大学等は、水準測量における気象補正、潮位に対する海象・気象の影響等観測・解析法の改良に関する研究、多波長レーザー測距儀の開発等により測地測量の精度向上と効率化を図る。また、電波研究所、国土地理院及び海上保安庁水路部は、必要な機関と協力して、電波星を利用した長距離基線の測定、人工衛星レーザー測距等を行い、これら宇宙技術の測地測量への利用について一層の研究の進展を図る。

イ. 地震観測

(7)大・中・小地震観測

気象庁は、我が国とその周辺の大・中・小地震の震源、規模等を漏れなく決定するための全国的観測網の整備、強化を図るとともに、多量の観測データの迅速な解析処理と震源精度の一層の向上を図る。このため、地震計の改良・更新を行い、その配置を検討し、新しい小地震観測網を展開する。また、中規模の地震の観測網についても、地震計の改良・更新によりその精度改善を行う。さらに、大地震に対する観測能力の維持向上を図るため、大地震を忠実に記録することを目的として開発された高性能強震計の全国観測網を整備し、得られた記録波形の解析・処理により地震発生過程の解明に努める。

(イ)微小地震観測

地震活動の時間的変化とその地域依存性の詳しい調査・研究には微小地震の観測が有効である。大学及び国立防災科学技術センターは、既設観測網について観測環境悪化に対する対策を講ずることとし、新技術の導入による観測精度・能力の向上と施設・設備の更新、充実を行うとともにデータ伝送・処理能力の改善を図る。なお、必要に応じて新たな観測網の整備を進める。さらに、大学においては、データの効率的利用を図るため、資料の収集・処理・流通システムの強化、効率的なデータの伝送方式及び解析法の開発を行う。また、既存資料の保存・検索についても有効利用の方策を講ずる必要がある。

(2)特定の地域において必要な観測研究

ア．高密度短周期反復測地測量

国土地理院は、観測強化地域等において、精密変歪測量、精密基盤傾動測量など各種の精密測地測量を高密度かつ短周期で実施し、地殻の変動を細かく監視する。また、海上保安庁水路部は、渡海水準重力測量により離島の上下変動の監視を充実させる。

イ．移動観測班による精密観測

移動観測班は、常時観測網による各種観測を補うとともに異常地殻活動の認められた際には、精密診断のための総合的観測を実施するなどその役割は重要である。関係各大学の総合移動観測班は、観測強化地域、特定観測地域、その他必要な地域において常時観測網と有機的に連携を保ちつつ、複数分野を包括する精密観測を実施し、平常時における地殻活動の特性を把握するとともに、異常地殻活動の発生等の緊急時には機動的かつ効果的に集中観測を実施し、総合的解析に資するためのデータの収集に努める。特に緊急出動時における集中観測データの即時的総合解析を行うため、データ処理機能を一層高める必要がある。なお、地震、測地、地殻変動、地磁気、重力、地球化学等の各種観測の精度を一段と向上させることが肝要であり、そのための各種観測手法の開発、集中観測データ処理システムの整備を行う。

また、国立防災科学技術センター及び気象庁は、南関東及び東海地域における観測を強化するため、新たに移動観測班を設置する。

ウ．海底諸観測

(7)海底地震観測

現在のところ大地震の予知に有効な海底地震常時観測網は東海地域沖の一部に敷設してある

にすぎない。多くの大地震が海底下で発生していることにかんがみ、これまで行われてきた海底地震等の観測研究を強化するとともに、地震予知上重要な海域における海底諸観測の実施及びこのための各種機器の開発を更に促進する。

ケーブル方式の海底地震計による観測

ケーブル方式海底地震計による常時観測は、中小地震の検出、震源位置決定精度の向上等に極めて有効である。気象庁は、御前崎沖に続いて房総沖海域において常時監視を開始する。

② 浮上式海底地震計による観測

大学及び国立防災科学技術センターは、必要な海域で非ケーブル方式の自動浮上式海底地震計による多点観測を行う。なお、大学等は海底地震観測を行うときには同時に共同して海底地殻構造の調査も実施する。

(イ)海底地磁気観測

大学は海底下の電気伝導度の分布を求めめるため、既に開発されている三成分海底地磁気計を用いて、必要な海域において観測を行う。なお、その際曳航式全磁力計による観測を併せて行う。また、ケーブル式海底磁力計を用いた観測を必要な海域において実施することが望ましい。

(ウ)海底観測のための研究開発

① プイテレメータ方式による海底地震観測

大学等は、自動浮上式海底地震計に比べ、より定常的な観測が可能であるプイテレメータ方式による海底地震計の開発を行う。

② 海底地殻変動連続観測

国立防災科学技術センター及び大学は、海底の地殻変動、特に傾斜等について観測システムの研究開発を引き続き行う。

(3)基礎調査

ア.地殻活構造の調査

地殻活構造の調査は、地震の発生地域、再来期間、危険度等を活断層などの性状から推定しようとするものである。工業技術院地質調査所及び大学は、国土地理院及び国立防災科学技術センターとともに、引き続き全国における活断層のデータを組織的に収集・解析する。さらに、重要な活断層や活構造地域において、発掘、試錐等の手法を含む地形・地質調査のほか測地、地球物理、地球化学的方法を加えた総合的調査によって、古地震の研究や地震発生に関する地域的特性の解明に努める。海上保安庁水路部は、未調査海域において、海底地形、地質構造、地磁気、重力等の総合調査を進めるほか、必要な海域において精密調査を行う。

イ.史料地震学的調査

史料地震学的調査は古文書等によって各地域の地震発生の特性、再来期間などを推定しようとするものであり、この種の有用な史料が多数発掘されている。大学及び国立防災科学技術センターは、引き続き史料の組織的収集、調査・解析及び収集史料の編集刊行を一層促進する。

2. 短期的予知に有効な観測研究の拡充強化

短期的予知は長期的予知とともに地震予知の根幹をなすものであり、その強力な推進は地震

予知の実用化に不可欠である。短期的予知のためには地震直前の前兆現象の検知とその変動の推移の的確な把握が本質的に重要である。他方、前兆現象の出現様式は複雑多岐であることが一層明らかになってきたので、特にこの点に留意して有効な情報の抽出に必要な観測の高精度化を推進し、各種観測データの組み合わせによる多角的な解析を進め、総合的予知手法の向上を図ることとする。この場合、地域特性に留意しつつ、平常時の地殻活動の特性を明らかにしておくことが重要である。特に、東海地域においては、各種観測の質の向上、情報収集処理能力の強化及び必要に応じ観測の一層の高密度化を図り、常時監視の充実に資する。また、首都圏等においては、観測設備の充実に資するとともに、将来の予知の実用化に向けて観測手法等の開発研究を積極的に推進する。

(1)地殻変動連続観測

地殻変動連続観測は地殻活動の推移を常時把握することを目的とし、前兆現象の検出に有効である。この場合、複雑な各種異常変動から前兆現象を検出するためには、各種の地殻変動観測データについて迅速な総合的解析が必要となる。このため関係各機関は、観測精度及びデータの即時処理機能の向上を促進しつつ各種の手法による地殻変動連続観測を実施する。

ア. 埋込式体積歪計による観測

気象庁は、南関東及び東海地域に展開している埋込式体積歪計による観測についてノイズ補正のための各種観測を実施し、体積歪観測の精度向上に努める。また、特定観測地域等他の必要な地域についても体積歪計による常時監視体制の整備を図るとともに、データの解析・利用方法の高度化を図るものとする。

イ. 傾斜計及び伸縮計による観測

国立防災科学技術センターは、主として南関東及び東海地域で実施しているボアホール型傾斜計による観測について観測環境の悪化等に対して設備の改良・更新を図るとともに、三成分歪計、傾斜計等による複合観測点を必要な地域に整備する。また、大学、緯度観測所、気象庁及び国土地理院は、引き続き傾斜計及び伸縮計による観測を強化し、データの即時処理に努める。なお伸縮計の観測に関連して、気象庁は、地震観測所を中心とした測距儀観測網を設定し、既設の観測施設による結果と総合して地殻活動と地震発生の関連性を調査する。

ウ. 潮位差連続観測

国土地理院、気象庁及び海上保安庁水路部は、協力して検潮所間の比較及び水準測量との相補的解析により、沿岸部の異常地殻変動の検出に努めることとし、観測強化地域等において海象・気象の観測などにより潮位の補正を行い、ノイズを除去した精度高い潮位差連続観測を実施する。

エ. 観測線による地殻活動総合観測

大学は、地殻の広域的活動を把握するため観測強化地域及び特定観測地域を横断する地域に設定している観測線について、その整備に努めるとともに観測データの処理・解析法の開発を進める。特に観測点間のデータの相関及び各観測項目の関連性について解析し、地殻の短期的異常変動と長期的変動の特性を明らかにする。

(2)重力変化の測定

国土地理院、大学及び緯度観測所は、地殻内部の状態変化を検出するため、地殻活動の著しい地域における重力変化の反復測定、地球潮汐定数の変化を検出することを目的とする連続観測等を行う。また、必要に応じて重力変化検出の基礎となる重力絶対測定を実施する。なお、観測結果の解析に当たっては他の短期的現象との関連を明らかにして、重力変化発生 of 物理的機構を解明することが重要である。

(3)地震観測

地震観測は長期的予知に有効であるのみならず、異常地震活動あるいは前震活動の検出・判別等短期的前兆現象の把握においても重要な役割を果たす。この観測を実効あるものとするためには必要な精度を確保しながらデータを即時処理する能力を更に高める必要がある。気象庁は、前述したケーブル方式海底地震計の設置等首都圏を含む南関東地域などの観測網を拡充強化するとともに、群列地震観測システムによる地震活動の常時監視を高度化する。国立防災科学技術センターは、首都圏を中心とした南関東地域の地震検知能力を充実させるため、深井戸観測点の増設を含め微小地震観測網を整備強化する。大学、気象庁及び国立防災科学技術センターは、必要な地域において観測の高精度・高密度化を可能とするため、既設の常時観測網と移動観測とを有機的に連携できるシステムの開発を行う。

(4)地球電磁氣的観測

ア. 地磁気観測

地震発生に関連する微小な短期的異常を検出するため、気象庁及び大学は、高精度全磁力連続観測等を実施し、テレメータによるデータ伝送・処理に努める。磁力計の精密な検定が高精度観測の前提となるので、気象庁は、これに必要な精密磁気検定装置を整備する。なお近年の人工擾乱の拡大により高精度、高密度の観測維持に支障を来しつつあり、その対策についての検討が望まれる。

イ. 電気抵抗変化等の観測

大学、気象庁、海上保安庁水路部及び国土地理院は、観測強化地域、特定観測地域等において地磁気・地電流測定による大地の電気抵抗観測を強化する。人工電流法、比抵抗変化計等による電気抵抗変化の観測は、大学、気象庁及び国立防災科学技術センターが観測強化地域等において必要な整備強化を図る。これらの観測を通じて地域特性の的確な把握、データ収集・解析の効率化を図りながら異常の検出に努める。また、大学、国立防災科学技術センター及び気象庁は、異常電磁波放射の観測研究を推進する。

(5)地下水・地下ガスの観測

地震の前兆として地下水（水位・水温・水質・水中ラドン濃度等）の変動の重要性は既に認められており、近年は地下ガスの変動も注目されている。地質調査所、国立防災科学技術センター及び大学は、引き続き観測強化地域、テストフィールド等において専用井により地下水に関する精度の高い観測を実施するとともに、短期的予知に重要なデータのテレメータによる集中及び即時処理を進める。地下ガスについては観測機器の開発及び観測方法の改善を図るとと

もに、断層との関連性、深部起源ガスの解明等各種ガスの挙動に関する地球化学的研究を行う。なお、国土地理院等は、各地の既存井のデータを収集し、地震予知への有効性を検討する。

(6)首都圏など都市地域における地震予知のための開発研究

内陸の都市直下に発生する地震は、大規模なものもとよりやや規模の小さいものでも大きな被害を与えるおそれがあり、予知の実用化が社会的に強く要望されている。しかし、地震の規模が比較的小さい場合には前兆的变化の現われ方が顕著ではなく、かつ都市地域では人工的ノイズが高いため、前兆現象をとらえるのに著しく困難な状況にある。特に、首都圏は本来地震活動が高い地域にあるうえ、観測の条件が一段と厳しいのでこれに対応する特別の措置が必要である。そのため体積歪、深井戸による微小地震・傾斜の観測等を進めてきたが、さらに、これらの観測を充実することに加えて、関係諸機関はその他の有効な観測項目や観測上の困難を克服する方法などの開発研究を将来の予知の実用化に向けて更に積極的に推進する。

3. 地震発生機構解明のための研究の推進

地震予知の実現とその精度向上をいかにして達成するかは、地震発生に至る諸過程、特に地震前の複雑多岐にわたる異常現象の機構の解明にまつ所が大きく、そのための基礎的な研究は極めて重要であり、長期的及び短期的予知を目的とした観測研究と並行して積極的に推進されなければならない。

これらの研究は、地震予知の直接の手掛かりとなる前兆現象の物理的機構を解明するための研究と、地震の発生場としての地殻の状態及びその変化を明らかにして前兆現象理解のバックグラウンドとなる研究とに大別される。前者としては、種々の物理・化学的条件を自由に制御して前兆現象を直接測定できる岩石破壊実験及びテストフィールドにおける総合実験・観測を引き続き強力に推進する。後者としては、地殻応力の測定とその精度の向上、地殻構造の精査・地震波伝播速度の測定等を推進する。

(1)前兆現象発生の仕組み理解のための研究

ア. 岩石破壊実験

地下深部に想定される条件下での岩石の破壊過程、特に主破壊に先行する諸変化を実験的手法によって明らかにすることは、地震の前兆現象の物理的機構を解明し、地震予知の理論を確立するための基礎となることがこれまでの成果からも実証されている。大学、地質調査所及び国立防災科学技術センターは、新たな実験手法の開発を含めて前兆現象の発生機構に焦点を当てた研究を引き続き積極的に推進する。

イ. テストフィールドにおける総合実験・観測

テストフィールドにおける集中観測と研究は地震の前兆現象の事例を収集し、総合的に分析することによって、それらの発生機構の解明と予知手法の開発を目的とする。大学は、引き続き山崎断層において活断層の構造を解明し、長期的予知への面をも重視しつつ、短期的予知の手法の確立を目指した観測研究を推進する。国立防災科学技術センター、気象庁等は、茨城県南西部において平野部直下の地殻活動を観測するための各種手法の開発を行い、これらを総合的に導入し、その評価を行いつつ各々の手法の実用化を図る。

(2)前兆現象理解のバックグラウンドとなる研究

ア. 地殻応力の測定

地殻の応力状態及びその変化の把握は、地震エネルギーの蓄積の程度を明らかにするものとして地震の発生を予測する上で基本的な課題の一つである。大学、国立防災科学技術センター及び地質調査所は、従来の方法の改良や新しい測定技術の開発による測定精度の向上を図りつつ、それぞれ適当な地域を選定し、地殻応力の地域的分布とその経時変化及びその深さ方向の分布についての知見を得る。また、測定結果とその地域におけるテクトニクス、最近の地殻活動、室内実験結果等との関連について研究する。なお、地殻の応力変化の連続観測方法の開発を図る。

イ. 地殻構造調査

地殻構造の調査は、震源決定精度の向上、地震発生の際の解明等のために不可欠である。大学、地質調査所、海上保安庁水路部、国立防災科学技術センター及び気象庁は、観測強化地域等必要な陸域及び海域において精度の高い地殻構造を求めるため、エアガン、爆薬等各種人工震源による弾性波、重力、地磁気等による調査を行う。また、大学は、関係機関の協力の下に微小地震観測網等を利用して広域的な深部構造の解明に努める。

ウ. 地震波速度変化の観測研究

人工地震による地震波速度の変化については、長年にわたる観測データが蓄積されており、現在は速度変化の機構を再検討する段階にある。このため、地質調査所は、従来の記録の見直し及び観測網の再整備を図りつつ、関係機関の協力を得て、より精度の高い観測研究を行い、地震前の地殻の状態の変化機構の解明に必要な資料を提供する。また、地質調査所、国立防災科学技術センター等は、引き続き非爆薬震源による高精度連続観測法の開発を図る。

4. 地震予知体制の整備

地震予知の実用化を推進するため、更に観測研究の拡充強化を図るとともに、データ処理体制の整備、常時監視体制の充実、予知関係組織の強化等、より総合的、効率的な体制を整備するよう努める。その際、地震の予知は、現在でもなお研究的要素が多いため、関係各実施機関の有する機能と特色が十分に発揮されて初めて成果が期待されるものであることに配慮しなければならない。

(1)データの収集・処理体制の整備

関係各実施機関の観測網の拡充によってもたらされる多量の高密度の各種データを効率的に収集し、即時処理を行う体制の整備を更に進め、短期的予知に必要な情報は、これを判定組織に一層迅速に提供できるよう措置し、長期的予知に必要な情報については、長期的予知情報の交換及び専門的判断を行う組織に提供できるよう措置することが重要である。

ア. 気 象 庁

気象庁は、日本列島及びその周辺に発生する大・中・小地震観測データについて、その収集・処理の迅速化を更に進め、前震の検出、判別等大地震の短期的前兆の発見を迅速に行えるよう図るとともに、多量の地震、地殻変動等に関する観測データ及び震源、規模等の処理データを

地震予知あるいは情報の発表等に有効に活用するためのデータファイルを整備する。また、これに必要な体制及び機能の充実強化を図る。

イ. 国立防災科学技術センター

国立防災科学技術センターは、首都圏直下の地震活動の観測研究のための深井戸等による観測網の整備の進展、南関東及び東海地域における微小地震及び地殻変動の高密度観測網の整備並びにテレメータによるデータの収集システムの確立に伴い、データ処理システムの即時処理能力を強化し、地震の前兆現象を解析・診断する方式の開発に努める。

ウ. 国土地理院

国土地理院は、精密測地網一次基準点測量の第1回完了に伴い、データファイルを作成して過去100年間に実施されたすべての基準点測量成果を厳密網平均し直し、各年代にわたる全国の地殻変動データを整備する。また、潮位及び地殻変動連続観測データのテレメータによる収集・処理体制を整備する。

エ. 地質調査所

地質調査所は、南関東及び東海地域で進められている地下水観測網を整備し、水位、ラドン濃度等の連続観測データをテレメータにより収集するとともに、解析処理の自動化を推進する。また、関係機関の協力を得て、観測強化地域等の地下水の観測データを収集・解析し、予知体制の充実を図る。

オ. 大学

大学は、これまで進められてきた全国の大学間の地震予知観測情報システムの整備を急ぎ、これにより微小地震その他の必要な観測データを、全国センターに収集・蓄積し、全国的規模での地震予知研究に活用する。また、このシステムにより収集された観測データ、解析結果のうち、地震予知に必要な情報を判定組織等に提供する。なお、このシステムによるデータの収集・処理・利用の迅速化及び能率化を更に推進し、より一層利用しやすいソフトウェアの開発に努める。

(2) 常時監視体制の充実

短期的予知を行うためには、これに有効な観測データを集中し、その常時監視と前兆現象の総合判断を行う必要がある。現在、東海地震予知のため短期的前兆を把握すべく、関係諸機関の観測データの気象庁への集中及びその常時監視が行われているが、さらに、解析方法や判断方法の進歩に応じ、短期的予知に有効と思われる他の観測データについても気象庁に集中し、予知体制の充実を図る。

集中された各実施機関の各種データを迅速かつ総合的に処理・解析し、遅滞なく判定会に提供できるよう、総合的なデータ処理システムを早急に整備する。

南関東地域については、逐次必要なデータの気象庁への集中を進め、常時監視の充実を図る。

(3) 予知関係組織の強化

大規模地震対策特別措置法による地震予知情報は、専門家によって構成される地震防災対策強化地域判定会による高度な専門的、技術的判断を基礎とすることとなるので、同判定会がこ

れに対応して、円滑にその責務を果たせるよう、更に、必要な予算及びその活動を補佐する専門的スタッフの充実強化を図る必要がある。

また、長期的予知については、地震予知連絡会に提供される各種の観測データの定常的検討が充実して行われるよう、専門的スタッフの充実強化を図る必要がある。

(4)人材の養成・確保

地震予知計画で推進されるべき分野において、歴史の浅い項目や研究者の層の薄い項目の中で重要な成果を挙げつつあるものについては、その研究を更に進めるための研究者を養成・確保する必要がある。

(5)国際協力の推進

できるだけ多くの地震に関する情報を収集し、新しい知識を蓄積することは、複雑な地震現象を把握する上で基本的に重要である。このための方策として国際的な研究協力を積極的に進めるべきである。

第 5 次地震予知計画レビュー

(昭和 62 年)

第 5 次地震予知計画の進捗状況について(報告)

昭和 62 年 6 月

測地学審議会

地震火山部会

目次

I. 前書き

II. 第5次計画における基本的な考え方

III. 第5次計画の進展と成果

1. 長期的予知に有効な観測研究の充実

(1)実施状況

(2)成 果

(3)今後の展望

2. 短期的予知に有効な観測研究の拡充強化

(1)実施状況

(2)成 果

(3)今後の展望

3. 地震発生機構解明のための研究の推進

(1)実施状況

(2)成 果

(3)今後の展望

4. 地震予知体制の整備

(1)実施状況

(2)成 果

(3)今後の展望

IV. 第5次計画に対する総括的評価

1. 第4次地震予知計画までの成果

2. 第5次計画の総括的評価

3. 今後の展望

I. 前書き

昭和 40 年度に始まる地震予知研究計画を、測地学審議会が策定し、建議したのは昭和 39 年 7 月であった。その後、昭和 43 年に第 2 次計画、昭和 48 年に第 3 次計画、昭和 53 年に第 4 次計画、昭和 58 年 5 月に第 5 次計画をそれぞれ策定し、建議した。

第 5 次計画は昭和 59～63 年度の 5 か年にわたって実施されるものであり、現在なお進行中である。ここでは、第 6 次計画の策定に先立ち、現時点での第 5 次計画の実施状況・成果等を取りまとめ、また、これまでの地震予知計画による成果等をかえりみながら、その進捗状況について総括的な評価を試みることにした。

II. 第5次計画における基本的な考え方

地震予知計画では、大地震の「場所」と「規模」を予測するため全国を対象として定期的調査及び観測を実施し、次いで、重点的な観測が必要である地域に地震発生「時期」を知るための観測研究を集中させることを基本としながら、地震発生に先行する現象を科学的に解明するための基礎研究を拡充強化してきた。

第5次計画においても、この基本的な考え方に立って、観測強化地域及び特定観測地域を中心に観測研究の充実を図りつつ、予知の精度の向上を目指して幅広い基礎研究を実施することとした。特に、前兆現象を的確に把握するためには、予知に有効な観測を長期にわたって多項目・高密度で実施し、平常時の挙動を十分把握しつつ、多角的な判断に基づいて異常現象を見いだすことが必要であり、総合的な研究を重視した。その内容は以下の4項目にまとめられる。

「長期的予知に有効な観測研究の充実」の項目では、日本全域の地殻活動の長期的変化を的確にとらえ、地震発生に関する地域特性を把握することが、短期的予知手法の集中的投入を行うために必要であるとの方針の下に、測地測量を引き続き実施するとともに、地震観測網の整備を推進し、その機能向上を図ることに重点を置いた。観測強化地域等の特に観測の必要な地域では、頻繁な測地測量と移動観測班等による総合的観測を行うとともに、必要な海域においては海底諸観測を実施することとした。

「短期的予知に有効な観測研究の拡充強化」の項目では、特定観測地域等の重要な地域において短期前兆現象のデータ収集に努めながら、予知手法の向上を目指した。東海などの観測強化地域においては、短期的予知に有効と考えられる観測研究の充実を図った。なお、首都圏については、前兆現象の検知能力の向上を目的とした手法の開発研究を行うこととした。

「地震発生機構解明のための研究の推進」の項目では、前兆現象の発生機構とその出現様式の解明に重点を置き、予知の精度の向上を目指した。そのための方策として、長期的及び短期的予知に有効な観測研究と密接に関連を保ちつつ、地震発生場の研究や地震発生の準備段階から主破壊に至る震源過程の研究など、基礎研究を幅広く実施することとした。

「地震予知体制の整備」の項目では、地震予知の実用化を推進するため、各機関の協力の下に気象庁を中心にして常時監視体制の充実を目指した。データの収集・処理については、観測のテレメータ化を促進するとともに、総合処理システムの整備など、処理機能の改善とデータの効率的な活用を図ることとした。また、重要な成果を挙げつつある分野について、人材の養成と確保に努めるとともに、国際的な研究協力を積極的に進めることとした。

このような方針の下に第5次計画が発足したが、昭和58年5月の日本海中部地震、昭和59年9月の長野県西部地震などの被害地震が、特定観測地域あるいはその隣接地域にあったとはいえ、予測とはやや異なる場所に発生した。これが契機となって、昭和60年6月、測地学審議会は第5次計画の進捗状況について中間報告を取りまとめた。その中で特に推進すべき重要な課題として、1) 内陸地震予知の基礎研究、2) 多様な観測データに基づく総合的な研究の推進、3) データ処理体制の整備と活用、4) 国際交流・協力の推進の4項目を挙げた。このほか、

長期的予知における宇宙技術の有効な活用の重要性, 基礎研究としての地殻構造解明の重要性, 前兆現象の物理学的・化学的な理解の必要性等を指摘した。第5次計画は、この中間報告で指摘された重点項目を考慮しつつ、各種観測研究が推進されている。

Ⅲ. 第 5 次地震予知計画の進展と成果

1. 長期的予知に有効な観測研究の充実

(1)実施状況

<全国を対象とする観測研究>

(測地測量)

精密測地網測量は、地殻の水平歪を検出するための一次及び二次基準点測量と、地殻の上下変動を検出するための水準重力測量とからなっている。このうち一次基準点測量（全国で約 6000 点）は、第 2 次計画から取り組まれていたが、当初予定した 5 年周期の繰り返し測量が遅れ、昭和 59 年度に全国の第 1 回の測量を終了した。これによって、過去約 100 年間の全国にわたる地殻水平歪図が初めて完成した。さらに、昭和 60 年度に、第 2 回の繰り返し測量が開始された。

水準重力測量は、一部の地域を除いて、引き続き繰り返し測量を実施し、昭和 61 年度に第 7 回目を終了した。当初は水準路線約 30,000km を 5 年周期で繰り返す計画であったが、実際には 3 分の 2 程度の実行量にとどまっている。

検潮は、観測とデータ収集システムを順調に拡大してきたが、更にいくつかの検潮所を増設し、観測強化地域内の験潮場はほぼテレメータ化を完了した。

重力・地磁気測量は、陸上では、一部の地方を除き、全国的な重力異常図と地磁気異常図としてまとめられた。

各機関による地磁気全磁力連続観測は、第 2 次計画以来全国の固定観測点で行っており、ノイズの少ない夜間値が気象庁に送られて、基礎資料となっている。

最近、宇宙技術の測地的な応用が実用化されつつある。電波星を利用した VLBI システム（超長基線電波干渉計システム）は数百キロメートル以上の長い間隔で距離の変動を測れる特性を生かして、米国や中国と共同してプレート運動を測定している（第 1 図参照）。

一方、数十キロメートル以上のやや短い間隔での精密な距離測定には米国の GPS（汎地球測位システム）による方法が有望であり、実験的な観測が始まった。また、離島などとの間で小型 VLBI、人工衛星レーザー測距による観測が始まった。

多波長レーザー測距儀など宇宙技術以外の新技术も、引き続き開発中である。

★図★

第 1 図 宇宙技術の活用

地震予知の分野でも、最近の宇宙技術に大きな期待を寄せている。上の図は、郵政省電波研究所による VLBI の成果の例で、この観測によりプレートの運動が実証された。太平洋プレー

トは1年に7~8cmの割合で日本に押し寄せ、巨大地震のエネルギーを蓄積しつつある。

下の図は測地測量の例である。GPS衛星（NAVSTAR）からの電波を特殊な手法で測定すれば、誤差100万分の1程度で水平距離を測定できる。試験的には、昭和62年2月、三浦半島に2点、房総半島に1点を設置し、距離の精密測定に成功しており、地殻の歪速度の監視に有望である。しかし、いずれは、GPS衛星の位置を日本独自で精密に測定することも必要になるであろう。

(地震観測)

大・中・小地震観測については、気象資料伝送網が沖縄と父島にも整備され、全国的に地震資料を伝送するシステムが整ってきた。これによって長年の懸案であったマグニチュード3以上の地震の準リアルタイムの観測が、海域を除いて、ほぼ全国的にできるようになった。また、大地震を正確に記録するために、電磁式強震計の整備に着手した。

微小地震観測については、第3次計画までに、各大学の観測所を大幅に増設するとともにテレメータがほぼ完成し、各地域センターを設置した。第4次計画では、共同利用のための全国センター（地震予知観測情報センター）を設置した。引き続き、全国的に観測システムの強化を図るとともに、日本海沿岸など一部の観測網を強化し、整備途上の九州地方を除いて、全国的なオンラインのネットワークがほぼ完成して、即時処理能力が増大した。

そのほか、各機関の特色を生かして、地震観測の高性能化（広帯域化、広ダイナミックレンジ化など）の研究も引き続き進めている。また、地域の開発や都市化に伴う人工擾乱対策として孔井式（ボアホール）化などを進めている。

<特定の地域において必要な観測研究>

(高密度短周期反復測地測量)

全国規模の測地網測量に加えて、第3次計画で始めた短距離高精度基準網を引き継いだかたちで、観測強化地域などで精密基盤傾動測量と精密辺歪測量など、局所的な変化を短時間で反復測定する観測を行っている。

また、離島の上下変動の監視のために、渡海水準重力測量が第4次計画から継続されている。

(移動観測班による精密観測)

第2次計画までに各大学に移動地震観測班を整備し、さらに、第4次計画で総合移動観測班として観測項目や人員構成を拡充強化した。長野県西部地震（昭和59年、M6.8）の余震域では大規模な合同地震観測を行った。

第4次計画までと同様に、幾つかの地震や群発地震発生域で地震、測地、重力、地球化学、地球電磁気等の臨時観測を行い、成果を挙げている。また、この種の臨時観測のための装置やシステム及び観測データの評価の手法を引き続き開発している。

(海底諸観測)

ケーブル方式による海底地震常時観測システムとして、第4次計画で初めて設置した東海沖に続き、房総沖でも観測を開始した。

第4次計画以来、小型で高感度な自動浮上式海底地震計が実用化され、沖縄沖から北海道沖までの海域で、短期集中型の精密な海底地震活動の観測と地下構造探査が、毎年、その規模を拡大しながら行われている。

また、第4次計画から臨時観測のための自動浮上式海底磁力計と海底電位差計を開発し、試験的な観測を開始した。このほか、新しい観測機器の研究開発も進められている。ブイ・テレメータ計画は、自動浮上式海底地震計に比べてより定常的な観測を目指すもので、基礎的な海上実験を開始した。

<基礎調査>

(地殻活構造調査)

第4次計画から、重要と思われる活断層の掘削調査を行い、過去の地震の繰り返しの歴史を調べている。全国的な活構造図も作られた。また、陸上よりも観測手段が限られているが、海域でも各種の新しい手法を使って活断層の調査を始めた。

(史料地震学的調査)

古文書などの史料を地震の観点から調査収集し、整理して刊行することが引き続き進められている。

(2)成果

<全国を対象とする観測研究>

(測地測量)

精密測地網測量のうち、地殻の水平歪を検出するための一次基準点測量は、第2次計画以来長期間にわたって続けられていたが、昭和59年度に全国の測量を一巡した。これによって、明治時代以来約100年間の全国にわたる地殻水平歪図が初めて完成し、日本全体にわたっての地殻歪（応力場）のありさまが概観できるようになった。同様の測量を頻繁に繰り返すことによって、今後起きる変動がある程度大きければ、それを検知できる可能性が大きい。

また、宇宙技術を測地測量に実用的に応用する目途がつけられたことは重要であり、これによって現在の測地測量の抱える問題点や精度の限界を将来改善する可能性が期待される。

(地震観測)

第4次計画に引き続き、全国的に陸上の観測網が更に整備され、地震の観測能力が質・量ともに高くなった。特に、自動処理化が一段と進み、広域での処理の迅速化によって、地震観測は、長期的予知に有効な観測研究の中でも高いレベルに達している。近年、近地強震波形などを利用して断層の破壊過程を詳しく解析できるようになってきた。

また、幾つかの大きな地震に先立つ前兆的な地震活動が発見された。地震予知の実用性を高めるには、更に事例の積み重ねが必要である。

<特定の地域において必要な観測研究>

(高密度短周期反復測地測量)

短周期の反復地測量によって、御前崎付近など半島部の年周期的な上下変動の明瞭な変化を見いだすに至った。これは、前兆信号をとらえるためのバックグラウンドとして重要である。

(移動観測班による精密観測)

内陸地震の予知研究を更に進めるためには、極めて高密度の観測網が必要である。このため、第2次から第4次までの計画で随時移動できる移動観測の充実が図られ、特色を生かした総合移動観測班が整備されて活躍している。さらに、将来の可能性をひらくために、昭和61年度には長野県西部地震の余震域で各機関の協力による大規模な合同地震観測などを行い、これまでにない精度で地震発生の様式を明らかにして総合的な観測の有効性を示した(第2図参照)。

(海底諸観測)

海底観測が地震予知計画に参入したのは第3次計画からである。ケーブル方式の海底地震常時観測システムが2地域に設置され、以来長期間連続稼働している。

また、自動浮上式海底地震計や海底磁力計による臨時観測の能力は飛躍的に高まり、海底下の地下構造が、従来より深部までかなり精密に求められるようになった。

これらによって、海底の地震活動の微細なありさまが把握できるようになり、地震活動と海底地形や海底の断層との関連、また、プレートの沈み込みとの詳しい関連が明らかになりつつある。

★図★

第2図 御岳山周辺の重力異常と地震の発生

昭和59年長野県西部地震は9年も前から続いた御岳山周辺の群発地震の最中に発生した。M6.8の被害地震がなぜ御岳山南東に発生したかを知るために、昭和61年、多くの研究者が現地を集まり、自然地震の観測、人工地震による実験、重力異常調査など大がかりな合同観測を実施した。図は、その約50日間に観測された主要な余震や群発地震の位置を重力異常図に記入したものである。重力異常が急に変化する地帯（線が密になっている部分）に沿って長野県西部地震が発生したことが分かった。活断層として有名な阿寺断層を境に重力異常が急変している。このような場所で地震が起きやすい。

(基礎調査)

活断層を横切る調査溝を掘削してその断層の過去の活動の履歴や活動間隔を調べるトレンチ法は、研究的には以前から始められていたが、第4次計画の後半から参入し、調査方法も正確さを増すように改善されて継続している。これまでに典型的な16の活断層を調査して、内陸の地震についても、海底の大地震と同様に、地震の繰り返しの規則性が明らかになってきた。

海域においては、ナローマルチビーム測深機等による調査により、精密な海底地形が解明された。

地震史料を収集・整理・刊行するとともに、過去の地震記録の見直しにより再決定された地震のカタログを作成し、利用が可能となった。これら改訂された地震のカタログ及びその他の地震資料からM7クラスの内陸に発生する被害地震について、先行的地震活動の例もいくつか指摘された。

(3)今後の展望

長期的予知に有効な観測研究には、二つの意味合いがある。一つは、長期間にわたって連続的なデータを収集することで、基礎的なデータの蓄積そのものに意味がある。この意味では、なるべく多くのしかも良質の観測を続けることが重要であり、第5次計画においても同様に、この面での観測研究が引き続き行われてきた。

もう一つは、予知の基礎的なデータとなる長期的な変動をとらえ、短期的予知の手法を集中的に投入するための手掛かりとしての意味合いである。近年、地震予知研究が進歩するとともに、後者の重要性が増大している。

この二つは、時として厳密には分け難いものであるが、地震予知研究の進展と社会的な要請の増大につれて、長期的予知に有効な観測研究の責任がより大きくなり、また、より直接的になってきたとすることができる。

第5次計画では、以前からの計画を引き継いだほか、新しい観測技術の開発と導入が図られ、いくつかの分野でこれまでに得られなかったデータが得られるようになった。これは、特に短期的予知の手法を集中すべき場所を特定する上で貴重な成果である。

測地測量については、VLBI、GPS、人工衛星レーザー測距等の宇宙技術が、地殻変動の観測のために実用的に使える用途が立てられつつある。この新しい手法が実用化されると、いままでの地上における測地測量では不可能であった長距離の直接観測が高い精度で実施でき、また、大都市圏での測量が容易になるなど、測量の精度、能率の両面に大きな影響を与え、地震予知に貢献することが期待される。

また、海底では、新しい観測手法の開発を更に進め、測地的観測も試みるべきであろう。

陸上での地震観測については、各機関において、これまでの地震予知計画の目標であった観測網が整備されてきた。今後は、短期的予知の面も含めて観測精度の向上を図りながら、地震予知に関する経験と研究を積み重ねていくことが課題である。特に、短期的予知の観測を集中する手掛かりとして、大地震の前に起きる小さい地震の活動様式の変化を、確実にまた定量的にとらえることが重要であろう。また、電磁式強震計の整備は、震源過程の研究を一層発展さ

せるものと期待される。

長期的予知に有効な観測に貢献するためには、定常的な地震観測に加え機動的な移動観測を活用することが重要である。また、単なる地震観測にとどまらず総合的な精密観測が必要である。

海底地震観測は第5次計画でかなりの進歩を遂げた。今後は、研究的な海底地震観測のうち手法として確立したものについて、より実用的な海底地震観測を目指す必要がある。また、一方で新興の科学である海底の地球科学そのものが進歩しないと海底地震の地震予知研究が進まないという面もあり、このため、海底における地震のより基礎的な諸観測と研究の充実が地震予知計画においてもなお必要である。

地殻活構造調査は、既に多くの活断層が公表・整理されているが、その数が多い上に、長野県西部地震のように、活断層が地表では認められないところで中規模地震 ($M < 7$) が起きた例もあった。したがって、短期的予知に有効な観測を集中する手掛かりとして役立てるために、他の手法との総合化を図るなど更に新しい手法を開発し、今後も資料を蓄積して活断層の物理学的・化学的理解を深めることが必要である。海域においては、活断層の分布も十分に把握されていないことから、今後とも広い範囲で調査を推進することが必要である。また、史料地震学調査で得られる地震の歴史との間に時間的な隙間があり、これを埋める手法の開発が求められている。

2. 短期的予知に有効な観測研究の拡充強化

(1)実施状況

<地殻変動連続観測>

(埋込式体積歪計による観測)

東海・南関東地域の31点でテレメータ観測を行っている。東海地域については精密気圧計を整備し、リアルタイムで気圧・潮汐補正を行っている。また、他の地域においても埋込式体積歪計の定常観測を実施している。

(傾斜計及び伸縮計による観測)

東海及び南関東での孔井式傾斜計及び3成分歪計による観測は、一部の機器更新を図りながら、深層3井を含め各地で実施している。横坑を利用した傾斜、伸縮観測では、ラドン濃度、地下ガスなどの測定も併用しながら地殻変動観測の複合化を実施している。東海では長距離水管傾斜計を新設しテレメータ化した。その他の地域では、後述の観測線とともに従来の傾斜、伸縮観測を継続している。このほか、精度向上と各種観測の複合化を目指した観測・研究を行っている。

(潮位差連続観測)

観測強化地域の監視のためテレメータによる潮位差の連続観測を継続している。

(観測線による地殻活動総合観測)

地殻活動総合観測線は第4次計画の6本から7本になった。北海道では3点新設、東北では日本海沿岸で応力変化計、水位計など11点新設、中部・東海では2点新設など各観測線の増強を図った。日向灘では7点を整備又は新設した。各地域センターでは、観測・解析システムを導入し、データの即時処理を行い全国地殻変動データベースの構築に着手した。

<重力変化の測定>

重力絶対値測定は、全国10ヵ所で実施した。重力潮汐の測定は重力計を改良し16点で実施した。重力の時間的变化については、7測線（東北地方、中部地方、近畿地方）で繰り返し実施した。

<地震観測>

東海及びその周辺地域については、「地震活動等総合監視システム」を整備した。また、房総沖海底地震常時観測システムを整備した。さらに、松代の「群列地震観測システム」を活用し、地震活動の常時監視能力を向上させた。関東地方では、深井戸観測点の改良補強の実施、増設の準備調査を行うとともに、地震前兆現象の自動検出を目指す「地震前兆解析システム」を整備した。また、移動観測班はテレメータ観測網と連携を取りながら、全国各地域において高密度の地震観測を実施した。

さらに、移動観測におけるデータ評価の手法の開発を目的として、茨城県南西部で地震観測を実施するとともに、各観測項目の前兆判定の有効性について研究を進めた。

<地球電磁氣的観測研究>

(地磁気観測)

地磁気の連続観測は、跡津川断層上及び能登半島の2点を増設するなどして全磁力永年変化精密観測体制の強化を図った。また、伊豆、東海地方など各地における地磁気の定期測定や臨時観測を実施するとともに、柿岡の標準磁気儀の一部を更新し、全磁力のデータベースの構築に着手した。

(電気抵抗変化等の観測)

地下電気抵抗の時間的変化の連続観測は、油壺などで実施している人工電位法に加え、地磁気地電位差法、地磁気変化法を導入し、富士川断層など各地で実施中である。長基線地電位の試験観測、各地における地電位差の連続観測、異常電磁波放射検出のための観測も継続している。

<地下水・地下ガスの観測>

観測強化地域を中心として、地下水・温泉の水中ラドン濃度、水位、水温、電気伝導度、水質等のテレメータ観測が続いている。αトラック法(α線飛跡測定法)及びシンチレーション法(発光現象測定法)による土壌ガス中のラドンの定期観測等も実施している。東海・中部地方、福島県東部では、温泉などを利用して断層ガスとラドン濃度をテレメータにより連続観測している。水素等の地下ガスの定期観測は、各地で随時実施している。

<首都圏など都市地域における地震予知のための開発研究>

首都圏においては、精密辺歪測量、精密基盤傾動測量を年次計画を立て実施中である。これらの調査の精度向上に有効な多波長測距装置の開発研究を引き続き行っている。首都圏の軟弱地盤の影響を評価するため、府中においては地殻変動の深さによる違いを調査した。また、首都圏内の地下水観測網整備の基本となる既存深井戸データを取りまとめた。地下構造については、関東平野において屈折法地震探査、地球電磁氣的構造調査、重力異常調査を、また、東京湾において浅部精密地震探査、重力異常調査、地質調査を行った。首都圏のみならず関西においても活断層の調査を実施した。このような地域に有効な機器を開発するため、測器や設置環境から発生するノイズの軽減法の開発研究も実施している。

(2)成果

短期的予知の手法は、多項目にわたる定期的あるいは常時観測を通じて、地震直前の前兆現象を検出することである。第5次計画においては、観測の精度やデータ処理の能力を高め、総合的解析を通じて前兆現象の検知とその変動の推移を把握するため努力を重ねてきた。観測の強化はおおむね順調に進んだ。その間下記のような幾つかの前兆現象の観測の成功あるいはそれに近い成果を得た。

(日本海中部地震)

昭和58年5月26日に発生した海域の地震(M7.7)では、長期的及び短期的な先行的地震活動が観測された。男鹿では以前から継続していた地殻の傾動ベクトルに変化があり、経年変化が地震後小さくなった。また、五城目の体積歪の異常な時間変化などが見られた(第3図参照)。

(山梨県東部の地震)

昭和 58 年 8 月 8 日の地震 (M6.0) 発生に先立って、異常な傾斜変動が検出され、この地震を境として地球潮汐の振幅と位相に変化が認められた (第 4 図参照)。また、地震のマグニチュード頻度分布と地震波の減衰にも変化が検出された。

(山崎断層の地震)

近畿地方におけるテストフィールドとして各種の観測を集中的に実施していた地域に、昭和 59 年 5 月 30 日、地震 (M5.6) が発生した。1 月半前から顕著な地電位差の変動を始めとする幾つかの前兆的現象が観測された。

(長野県西部地震)

昭和 59 年 9 月 14 日に発生したこの地震 (M6.8) の主な前兆現象は、地下ガスの変動、特に約 1 月前からの水素の異常発生、複数点における土壌ガス中のラドン濃度の変化、震源域において定常的であった群発地震活動の不安定化、地震波の散乱強度の増大等である。

★図★

第3図 昭和58年日本海中部地震に先行した諸現象

昭和58年5月26日の日本海中部地震(M7.7)では、秋田県、青森県を中心として広い範囲の地域で大きな被害が生じた。現在までに報告されているこの地震に先行した諸現象の位置を左の地図に示した。右の図は、それぞれの現象の本震からの距離と先行時間の関係を示す。

★図★

第4図 昭和58年山梨県東部の地震に先行した異常傾斜変動

震央距離約30kmの塩山観測点の坑井式傾斜計で、変化量約 $0.4 \times 10^{-6} \text{rad}$ の前兆的異常傾斜変動がとらえられた。この傾斜変動ベクトル図から、地震発生18日前の7月21日頃に急激な西側傾斜の異常変動が始まり、これが7月末に一旦停止してから8月8日の地震発生に至ったことがわかる。坑井式傾斜計は、変動速度 $5 \times 10^{-8} \text{rad/日}$ 、時定数数十日以内の異常傾斜変動があれば、これを十分に検出可能であることがわかった。

（伊豆半島東方沖の群発地震）

昭和 53 年以来繰り返し発生している伊豆半島東方沖の群発地震については、詳しい観測研究が行われ、最近では活動の初期にその推移についてある程度の見通しが得られるようになった。

＜地殻変動連続観測＞

観測強化地域を中心に数多く埋設された体積歪計は、前兆現象検出の有効な手段として高く評価されている。体積歪はリアルタイムで気圧・潮汐補正が行えるようになった。複数点で関連する体積歪変化が伊豆大島の噴火の際に観測されるなど、装置の信頼性と補正の有効性が確認された。

孔井式傾斜計では、観測強化地域の地下 700m での埋設観測に成功し、中深度における傾斜観測の目途がついた。また、気象要因を除去する研究に進展を見た。

横坑方式の傾斜・伸縮観測は、強固な岩盤では周辺の測地測量とも調和する場合もあるが、一般には、傾斜計・伸縮計の信頼性は短周期領域において高い。

多量の連続観測データの処理の高速化が可能になり、降雨の影響も大きい降雨に対する地殻の応答の変化自体が地震の先行現象となる現象も発見された。また、多種目観測の重要性が認識され、複合観測の導入を図るなど積極的な開発研究を行っている。

観測強化地域では、相対的な地殻上下変動検出のため潮位差連続観測を実施しており、テレメータ化によりデータ収集が迅速になった。伊豆半島の隆起、御前崎の沈下等に関して有用なデータを提供している。

地殻活動総合観測線は、第 4 次から第 5 次計画の初期にかけて整備したシステムで、地殻変動観測を主体とした地殻活動の群列観測を目的としており、日本海沿岸部及び日向灘においても整備され、観測体制が強化された。まだ観測期間は短い各種観測手法の比較や地質構造を反映した地殻変動の特徴抽出などを行った。データ処理装置及び基本ソフトウェアは準備段階から稼働中までと段階に差はあるが、迅速なデータ処理が実現しつつある。

＜重力変化の測定＞

高精度可搬型重力絶対測定の実用化がほぼ達成され、その誤差は、 $5 \mu \text{gal}$ ($\mu \text{gal} = 10^{-6} \text{cm/s}^2$) という高精度に達した。

相対測定についても技術的な進歩があり、東海地域においては最近の 5 年間に $10 \mu \text{gal}$ を超える変化はなかったとの結論を得た。重力潮汐の測定は、重力計の改良により精度が向上した。その結果、沿岸部、内陸部における重力潮汐定数に有意に差のあることがわかった。

＜地震観測＞

東海地域に関連したデータの即時的処理の能力が高まった。短期的予知に直接かかわる成果としては、北海道周辺の大きい地震前の広領域にわたる地震活動の低下、紀伊半島での M5 クラス内陸地震に関連した地震活動空白域の形成過程の検出、関東・中部地方の M6~7 クラスの地震に先行した地震マグニチュード頻度分布や地震波の散乱・減衰の変化の検出などがある。日本海中部地震、長野県西部地震の震源過程の様相を調査し、大きな余震の前震活動、余震活動の空間的拡大を確認した。東北地方及び関東北部は、群発地震発生域と過去に被害地震が発

生じた地域の地震活動には深さに差異のあることを明らかにした。

<地球電磁氣的観測>

柿岡の標準磁気儀の一部の更新で高精度のデータを安定して供給できるようになった。

<地下水・地下ガスの観測>

地下水・温泉の水中ラドン濃度の観測では、水温・気温の補正により観測精度が向上し、また、難透水性岩盤中の水位・間隙水圧も測定可能になるなど観測技術は進歩した。

東海、伊豆地域では、地殻の歪変化とラドン濃度変化との類似性が指摘され、それに地域性のあることが明らかになった。各地で測定している地下水温の変化は多様であるが、地震に関連する各種の変化が観測されている。

<首都圏など都市地域における地震予知のための開発研究>

多波長測距装置は、試験的には予定の精度を得た。地殻変動連続観測については、府中において堆積層内での試験観測を実施し、深さ 1000m 級の中深度観測井の設計に有効な資料を得た。地下構造については、東京湾を含む関東平野全域の重力異常図が完成し、地震探査との併用により、陸域では基盤深度について多くの知見が得られ、海域では東京湾北部断層の発見とその地学的な意味が示唆されたことは、特に評価できる（第5図参照）。首都圏におけるノイズの様相については、多くの知見が得られつつある。

(3)今後の展望

短期的予知には、有効な観測を数多くの場所で長期に継続することが最も重要である。前兆現象の監視に努めるとともに、現象そのものの物理学的、化学的理解を深め、現象発現の機構を解明しなければならない。それがまた、前兆現象検出に有効な手法の開発につながるであろう。

★図★

第5図 東京湾北部断層のマルチチャンネル反射法音波探査断面図

マルチチャンネル音波探査法は、地下からの反射波を用いて、層構造を水平方向に連続的に辿ることを可能にする。右の図は、東京湾の地下構造調査結果のうち、東京湾北部断層の存在を示す図である。濃淡の強い面が、層の境界の反射面にあたる。図中最も顕著な面が、矢印の間でずれているのがわかる。この断層上は、ずれのない厚い堆積層に覆われており活動の歴史も推定できる。

しかしながら、年々観測環境は悪化しつつあり、地殻活動検出に有害なノイズや外的変動を除去するためのデータ解析の手法の開発は、重要な研究課題である。また、長期的及び短期的予知に有効な観測に共通して、整備後長期間経過したため更新すべき機器類等が問題になって

おり、その対策が重要な課題となっている。

データのオンライン収集は、短期的予知に必須の条件ではあるが、地震前兆現象の把握にはそれだけでは不十分である。前兆現象自体の複雑性を考慮すれば、多項目観測による総合的で高密度の観測が必要となる。短期的予知の精度を高めるためには、各種データの総合解析と現象発生機構の解明が重要であるとの認識の下に第5次計画は推進されてきた。

<地殻変動連続観測>

体積歪計の有効性を考慮すると、東海地域のみならず南関東地域においても歪データのリアルタイム気圧補正は必要である。また、降雨強度による影響もあるので、降雨計やその他必要な観測装置の整備を行い、降雨による歪変化も研究する必要がある。

孔井式傾斜計等の有効性を更に向上させるために、降雨の影響の除去、リアルタイム気圧補正等、SN比改善の工夫を更に進める必要がある。また、孔井式傾斜計、3成分歪計等を同一地点に設置して異常検出の信頼度向上を図ることは今後の課題である。

観測線でも、降雨など外的要因による変動は複雑であり、その除去の手法開発は今後の課題である。更に高密度な観測網を充実しながら、異常の判定法、外的要因の定量的把握、短期的予知に有効な周波数帯の把握、各種観測項目の相関等の研究を推進する必要がある。GPSなどの宇宙技術の応用も今後の研究課題である。

潮位差観測では、全国の観測点のテレメータ化により迅速なデータ収集を図るほか、気象・海象の影響除去法の開発、水準測量の併用も重要である。

<重力変化の測定>

時間的变化については、測定の精度を考慮して地域を選定する必要がある。

<地震観測>

都市化、地域の開発による人工擾乱の軽減対策などは深刻な問題である。今後の研究の推進には、地震波形解析に必要なシステムの高性能化、重要な地域での観測網の補強、移動班と定点観測網との連携を容易にするデータ伝送システムの普及等の機能の強化が必要である。九州における微小地震観測網整備、広域火山観測網との連携なども今後の課題である。

<地球電磁氣的観測>

活断層などの電気抵抗調査、地電位差変化の原因究明など、前兆現象発生の仕組み解明につながる研究の推進が予知手法の開発に有効である。しかし、近年の人工擾乱の増大は、時間変化による短期予知にとって特に重大な障害となりつつある。地磁気異常現象の出現は局所的であり、活断層周辺への観測の高密度化が必要である。また、データ伝送体制の整備、データベースシステムの確立も必要であろう。

<地下水・地下ガス>

予知の精度を上げるには、地震以外の変動要因の解析とその補正法の開発が重要である。適切な観測井を確保する必要もある。地下水溶存ガス成分の連続観測が可能になれば、地球化学手法の適用範囲は拡大する。地球内部からのガス放出の機構解明を進めるとともに前兆現象を多角的にとらえるため、各種新手法の開発研究も推進すべきである。

<首都圏など都市地域における地震予知のための開発研究>

首都圏においては多数の観測井を必要とするが、その用地確保が大きな課題である。また、傾斜計や体積歪計の設置工法の改善策も必要である。観測井による観測は、水位ひとつとっても人工擾乱の様式が複雑で、各種観測のノイズ軽減対策は容易ではない。まず、既設の観測井を利用して対策を研究し、手法を開発することが必要であろう。厚い表層に覆われた地殻の構造は、海域も含めて、更に詳細な調査を継続する必要がある。

3. 地震発生機構解明のための研究の推進

(1)実施状況

<前兆現象発生の仕組み理解のための研究>

(岩石破壊実験)

岩石破壊実験は、実験の条件を自在に制御することができ、また、詳細な測定が可能である利点を生かして、野外観測とは異なる手法によって、地震発生機構、更に前兆現象発生機構の解明に役立つことが期待されている。そのため、各機関の特徴を生かして、各種測定の多様化・近代化に重点を置いた計画を進めている。その主なものは、人工断層のスティック・スリップ（固着すべり）実験による震源過程及び前兆的すべりの測定、破壊過程のAE（微小破壊振動）計測、真の3軸圧下の断層形成前後の弾性波速度変化の測定、破壊に伴う電磁放射やガス放出の測定、破壊の歪速度依存性の測定、高圧下の異方性の測定などである。あるものは短期的予知に、また、あるものは長期的予知に有用な基礎資料となるものである。なお、間隙水圧測定・制御装置の導入も進めている。

(テストフィールドにおける総合実験・観測)

テストフィールドにおける総合実験・観測は第3次計画以来の研究であり、比較的小さい地震が頻繁に起こる場所で集中的観測を行って地震予知の手法の確立などを指すために、兵庫県山崎断層と茨城県南西部が設定されている。山崎断層では、微小地震観測を始め、地球物理学・地球化学的な各種の総合的な観測を実施した。同時に、地質調査に加えて、重力、地磁気、全磁力、地下ガス、地下水分布などの調査・測定を随時実施して山崎断層の構造的特徴の研究を進めた。特にこの地域に発生した本観測開始以来の最大地震（M5.6）においては、種々の前兆的現象を観測し解析を行った。

茨城県南西部においては、平野部における観測手法の開発に重点を置いた研究が進められ、観測データの集積・分析が行われた。また、異なる深さにある複数の帯水層の地下水位の観測を一本の多重管式の観測井で実施した。

<前兆現象理解のバックグラウンドとなる研究>

(地殻応力の測定)

その重要性から、第3次計画一部見直しにおいて取り上げられ、着実に測定地点を増やすとともに、測定法の改良、開発を進めてきた。

水圧破壊法は1000m級の深さまで可能となり、関東・東海地域で毎年1~2ヶ所を実施した。応力解放法（孔径変化法）による測定は、西日本及び関東・東海で実施し、水圧破壊法との比較測定もしばしば行った。また、岩石試料に残された過去の応力についての情報に着目した変形率変化法及びAE法の開発を進め、実際に野外での応用も試みた。さらに、ホログラフィー干渉法を応用する方法などの開発を進めている。

一方、応力の時間的変化については、埋込式地殻応力計を開発し観測を開始した。

(地殻構造調査)

人工地震による地殻構造の研究は、陸上では屈折法による地殻上部の構造の解明を目指し、

北海道日高地方，中部地方東部，関東北東部にある重要な構造線などを中心として地域が選定され、密度の高い実験が毎年実施された。

海域では、火薬やエアガンなどの人工震源を使い、海底地震計などを用いた屈折法や反射法による構造探査が、毎年行われている。これは、海底で地震発生の場合を海と陸の下の構造の違いと併せて調べようとするものである。これまでに、北海道から沖縄までの各地で海溝を重点にして高密度調査を行ってきた。

地殻構造の研究は、人工地震のみならず自然地震データの解析，地球電磁気，重力異常，地球化学的手法も導入され、多角的に行われるようになった。また、海域を含む東海から中部地方及び南海から四国・中国地方においては、電磁気共同観測が実施されている。

(地震波速度変化の観測研究)

第4次計画から引き続き伊豆大島，東海地域において爆破探査法による地震波速度変化の測定を継続して行った。

(2)成果

<前兆現象発生 of の仕組み理解のための研究>

(岩石破壊実験)

人工断層のすべり過程を高精度で測定し、断層面の形状がすべり過程を支配する重要な要因であることを明らかにした。特に、断層面の不均一性が変形異常や AE などの前兆現象発生の主な原因であることが一層明らかになり、異常現象の継続期間についても検討を行った。

岩石の変形・破壊過程での AE の時間・空間分布及び発震機構を求めたが、発震機構の型は応力レベルなどで変わり、最終破壊に近づくとせん断型が卓越すること、また、応力レベルが上昇するにつれて、AE の発生などとともにラドンの放出量が急速に増加することもわかった。さらに、水で飽和した岩石試料の場合、弾性波速度は断層形成前には次第に低下するが、断層形成後の応力解放によって大きく回復することもわかった。これらの室内実験の結果を野外の地震の場合に適用するための相似則の研究も積極的に進めている。

(テストフィールドにおける総合実験・観測)

山崎断層では、これまで M4 程度の地震が何回か発生し、微小地震活動の空白域の出現，地下水中の塩素イオン濃度の変化，地電位差の変化などが観測されたが、M5.6 の地震の際には、地電位差や電気抵抗などを始め多項目について前兆現象と思われる変化が観測された。各種の測量や観測から山崎断層の運動には破砕帯が大きく関与しており、このような断層に発生する地震においては、地震活動のほか地下水と地球電磁気現象が敏感に変化することがわかった。この地域での観測結果は、内陸のこの種の地震の短期的予知に明るい見通しを与えた。

茨城県南西部においては、3 成分歪計による観測が平野部での地殻歪検出に有効な手法であることが明らかになった。また、地下水位の観測結果は、深度により地震時の地下水位変化に大きな違いがあることなどの基礎資料を提供した。

<前兆現象理解のバックグラウンドとなる研究>

(地殻応力の測定)

地殻応力の測定について、いくつかの異なる方法の比較測定を行った結果は、しばしばよく一致し、また、応力測定から得た主圧力の方向が測地測量や地震の発震機構から求めたものと一致する場合が少なくないことから、これらの応力測定の結果は地域的な応力場を代表するものと考えられる。これらのデータが徐々に蓄積され広域の応力分布状況についての検討ができるようになってきた。

水圧破壊法では、同一の測定井中で種々の深さで多数の測定値を得ることができるようになった。これによって、応力が深度により著しく不均一な場合があることを見いだした。変形率変化法は、AE法と同様に岩石試料から過去の応力についての情報を取り出す簡単な方法であり、応力解放法との比較測定でよい一致が見られたことは注目に値する。AE法については、応力の履歴の影響の時間依存性を検討し、この方法による地殻応力測定の可能性を示した。

(地殻構造調査)

日高地方では、地殻上部の構造を明らかにし、低速度層の存在など特異な地域であることが判明した。中部地方では、赤石構造線での表層の差異、糸魚川—静岡構造線での地殻上部の断層（第6図参照）など、地質構造を反映した速度構造を発見したことは大きな成果である。自然地震を用いた3次元地下構造の研究も着実な成果を挙げつつある。

電気抵抗の測定は、地殻構造や活構造の研究に有用であることを立証した。低比抵抗帯が地殻下部、活断層に存在し、また、沈み込みプレート深部に沿って存在することもわかった。さらに、糸魚川—静岡構造線や中央構造線と関連ある比抵抗の分布も明らかになった。重力異常の調査では、高密度の調査により松本盆地での逆断層、長野県西部地震震源域における異常の発見など、地震発生機構の解明に資する知見が得られつつある。このほか地球化学的調査から地殻深部ヘリウムの地域的分布など重要な事実を発見した。

海底地殻構造調査では、それぞれの調査に多くの海底地震計を投入することができるようになり、また、高度な解析法も開発され、以前よりはるかに精密な地殻全体の構造がわかるようになった。これにより、速度勾配や細かい水平不均質のありさままで推定できるようになった。例えば、北海道南東沖では、海洋地殻が沈み込む様子が明らかになると同時に陸側斜面下の堆積物構造が地震の低活動域と関連づけられた（第7図参照）。

(地震波速度変化の観測研究)

地震波速度変化の観測研究のための爆破探査は、昭和61年度までに伊豆大島で19回、東海地域で5回を数える。計測技術は進歩し測定結果の信頼性は向上しているが、観測誤差を超える地震波速度変化は検出されていない。

(3)今後の展望

地震発生機構の解明は、長期的及び短期的予知を実用化する基礎として極めて重要である。第5次計画においても、その成果は着実に挙がっており、今後も更に推進することが必要である。

★★図★★

第6図 陸の地殻構造（長野県—新潟県）

日本を東西に二分するといわれる糸魚川・静岡構造線が横断するこの地域では、昔から地震が多い。長野県の西部から北部を抜け新潟県西部まで延びる地域で、人工地震により地殻上部の構造を明らかにした。図はその断面である。数字は地震の縦波速度（単位：km/s）を表す。糸魚川・静岡構造線は松本付近を通るといわれているが、そこでは図に示すような巨大な逆断層が発見された。この逆断層は地表における高密度の重力異常の調査でも確認されている。

★★図★★

第7図 千島海溝付近の地下構造

北海道の東南方の千島海溝を横断する地下構造。毎年、日本近海で海底地震計を使った人工地震観測が行われており、今までは知られていなかった「海域の大地震が起きる舞台」の地下構造がわかってきた。多くの海底地震計と人工震源を使用することによって、理論地震記象や波線追跡法といった高度の解析法を使うことが可能になり、はるかに綿密な地下構造が調べられるようになった。ここでは、図のように左側の海洋プレートが中央右よりの千島海溝から沈み込むときに海洋基盤がプレートとともに沈んでいるのがわかった。

岩石破壊実験により各種の前兆現象を総合的に測定するためには大型試料が有利であり、高温下の実験の推進も求められている。また、地下の間隙水の存在・移動が各種前兆現象の発現に重要な役割を果たしていると考えられるので、間隙水の移動やそれに伴う諸変化を解明することなどが必要である。なお、電磁波発生メカニズムなど未解明の問題も多い。さらに、これらの室内実験の結果を「地震の場」に適用するための理論を確立することは重要な課題である。

山崎断層では、地震に先行する幾つもの変化が観測されたが、地震との関連をより明確にするためには、他の特色のある断層についての観測・調査が必要であろう。断層の特性（例えば、形状や破碎帯の存在）で前兆的变化の出現の仕方がどのように違うのかがわかれば、今後の内陸地震の予知を進める上で重要な手掛かりになるであろう。

水圧破壊法は、精度も高く深部までの測定が可能で現状では最も有力な方法であり、実際に地震が発生している場所の応力状態を解明するためには、より深部での測定の実現が望まれる。一方、地殻応力は局所的に変化している可能性が高くそれを把握するためには測定点を増やす必要がある。そのため、簡便な手法の実用化が望まれ、その推進を一層図る必要がある。将来は、両者が相補って目的に近づくということになるであろう。なお、応力の変化については、高感度で安定したセンサーの開発を図り、地殻変動測定と密接に連携して進める必要がある。

人工地震による地殻構造の研究では、高密度観測により微細構造が明らかにされつつある。さらに、陸の地殻深部の構造の解明が必要である。規模の大きい実験、新技術の導入、地震動波形を利用する解析法の開発など手法の開発により大きな進展が期待される。地球電磁気関係では、人工擾乱の増大が観測条件を悪化させつつあり、適切な対策が必要であろう。重力異常の高密度調査は、地殻構造解明に有効であるが人工地震観測と連携して進める必要がある。

海底では、マルチチャンネル反射法と海底地震計とを組み合わせた調査や地球電磁気調査を実施するなど更に精度を高める工夫をして、地震の発生機構と構造の関連を明らかにしていくことが大事である。

地震波の速度変化は検出されていないが、東海地域における平常時の地震波速度は明らかになった。今後は、速度変化を検出する効果的な時期に観測を実施することが望ましい。また、他の地域においては、地殻構造の調査を兼ねて平常時の速度の分布を基礎資料として調査しておくことが必要であろう。

4. 地震予知体制の整備

(1)実施状況

<データ収集・処理体制の整備>

地震予知連絡会における情報交換と専門的検討及び地震防災対策強化地域判定会における判定等に必要な情報の内容を充実し迅速に提供するため、第4次計画に引き続き、関係実施機関の観測網からもたらされる多量の高密度の各種データを効率的に収集し、即時的処理を行う体制の整備を実施した。

気象庁では、大・中・小地震の検知能力を向上させるため、気象資料伝送網の整備によって地震資料の伝送を進めてきたが、沖縄と父島の整備が完了したことにより、全国的なシステムが整ってきた。さらに、東海地域などの常時監視に必要な多量の高密度データを収集し、即時処理するための「地震活動等総合監視システム」を整備した。

国立防災科学技術センターでは、南関東・東海地域を中心とする地殻活動観測網を拡充するとともに、多量のデータを効率的に収集・処理し、自動監視を行いながら前兆・異常を検出する手法の開発研究を行うための「地震前兆解析システム」の稼働を開始した。これにより地震及び地殻変動観測データベースの整備も進んだ。さらに、地震及び地殻傾斜観測データの一部をオンラインで気象庁へ提供している。

国土地理院では、「地震予知データ整理・解析システム」を整備した。特定地域内の全国10ヶ所の検潮データの収集をテレメータ化した。南関東・東海地域の検潮及び地殻活動観測データのテレメータによる集中記録と自動解析処理を引き続き実施した。これらのデータの一部はオンラインで気象庁に提供している。また、海岸昇降検知センターでは、気象庁、海上保安庁水路部等の検潮所を含む111ヶ所の検潮データを整理し、月報及び年報として発行している。

地質調査所では、地下水に関する多種類のデータを、テレメータ、現地モニター、定期観測などの方法で収集・処理しており、一部のデータをオンライン及びファクシミリ等により気象庁に提供している。

大学では、全国の大学間の「地震予知観測情報ネットワークシステム」の整備がほぼ完了し、整備途上の九州地域を除く全国の微小地震観測データがオンラインで東京大学地震研究所の地震予知観測情報センターに伝送される体制が整った。また、これらのデータ伝送網により収集されたデータのデータベース化を図るため、データ収集・処理の迅速化等に資するソフトウェアの開発研究を行った。さらに、地震及び地殻変動観測データの一部をオンラインで気象庁へ提供している。

<常時監視体制の充実>

気象庁では、大規模地震対策特別措置法に基づき関係機関からオンラインで集中されている観測データを含め、東海地震の短期直前予知を行うために必要な各種観測データの常時監視を継続実施している。また、これらのデータを迅速かつ総合的に処理・解析し、遅滞なく判定会に提供できるように「地震活動等総合監視システム」を整備した。これと同時に、関係諸機関からの気象庁へのテレメータによるデータの集中も強化した。南関東地域については、房総沖

海底地震常時観測システムの観測データなどのテレメータ化を行い常時監視体制の充実を図った。これらにより、気象庁で常時監視されている観測データは延べ 133 項目に増加した（第 8 図参照）。

海上保安庁水路部では、南関東地域の 6 ヶ所の検潮データのテレメータによる集中監視を継続実施した。

< 予知関係組織の強化 >

地震予知連絡会は、年間 4 回の定例会のほか、随時、特定部会及び強化地域部会を開催し、全国の地殻活動データを検討して、必要に応じ伊豆半島東方沖の地震活動、福島県沖の地震活動等に関する見解を取りまとめた。また、特定観測地域の見直しを行った。

地震防災対策強化地域判定会は、定例的に判定会委員打合せ会を開催し、東海地域とその周辺の地殻活動についてのデータを分析した。また、伊豆大島の噴火に関連した歪変化が広域に現れた場合の対応についても検討した。

気象庁では、地震火山部が設置され、判定会の活動を補佐する体制が強化された。また、観測強化地域、特定観測地域等を主とする地震活動監視を強化するための体制の充実を図った。

国土地理院では、海岸昇降検知センターに関連する組織が強化された。

国立防災科学技術センターでは、予知技術の向上のため、地震前兆解析研究室を設置した。

★★図★★

第 8 図 東海地域等の地震常時監視網（昭和 62 年 4 月 1 日現在）

東海地震の短期直前予知を行うため、東海地域及びその周辺地域に設置されている気象庁、大学、国立防災科学技術センター、国土地理院及び地質調査所の各種観測データは気象庁にテレメータされ常時監視されている。「地震活動等総合監視システム」の整備に伴い、気象庁で集中監視されているデータは 133 項目に増強された。

<人材の養成・確保>

大学においては、地震予知関係の観測施設などの整備、研究者の増員が行われた。

その他の関係機関においても、人員の増強が行われた。

<国際協力の推進>

第1回及び第2回日中地震予知シンポジウム、第4回及び第5回 UJNR（天然資源の開発利用に関する日米会議）地震予知技術合同部会などが開催され、関係機関から多数の研究者が参加した。また、中国、ルーマニアとの共同研究のほか、各国からの研究・研修者の受入れなどの面で、国際協力を推進した。なお、気象庁及び大学では、ISC（国際地震センター）及び USGS（米国地質調査所）に地震観測データを報告し、全世界的な地震観測データの総合的処理の事業に協力している。

(2)成果

テレメータ化とデータ処理システムの導入により、データ収集の効率化と即時処理機能の向上を図った結果、データの迅速な活用が可能となった。

気象庁では、地震観測データを各地方中枢で集中監視するようになり、大・中・小地震の活動状況が全国的に常時把握できるようになった。

また、「地震活動等総合監視システム」の整備と各種観測データの集中の強化により、東海地域とその周辺部における地殻活動状況の即時把握と判定会へのデータ提供の能力が改善され、東海地震の予知の確度の向上が図られた。

大学では、「地震予知観測情報ネットワークシステム」の整備により、微小地震観測データのオンラインによる流通が行われるようになり、整備途上の九州地域を除く全国の微小地震活動状況が、準リアルタイムで把握できるようになった。

国立防災科学技術センターでは、「地震前兆解析システム」の稼働により、南関東・東海を中心とする地域での前兆現象の自動検出の試みを開始した。

中国との国際共同研究では、四川省西部においてラドン濃度の連続観測が可能になった。また、陝西省では西安の地割れと周辺の活断層の調査を実施し、両者の関連性を明らかにした。ルーマニアとの国際共同観測では、地震多発地域のブランチア地方で地震発生（1986年、M6.3）があり、それに先行する地下水温変化がとらえられた。

(3)今後の展望

今後も、各機関の特色を生かした観測研究を進めるとともに、情報伝達・処理技術の新たな進歩を取り入れ、地震予知計画で得られるデータの相互利用を図り、過去に蓄積されている各種のデータを含めデータベース化するなどにより、総合的な活用を一層推進する必要がある。なお、データ処理システムの能力を十分発揮させるためには、観測環境の悪化に対応するための措置を講ずるなど、システムに入力されるデータの質を高める必要がある。また、異常現象・前兆現象検出手法の開発研究の成果を有効に活用するための常時監視システムの改良等により、予知の確度の向上を図って行くことが大切である。

歴史の浅い項目や研究者の層の薄い項目の中で重要な成果を挙げつつあるものについては、

その研究を更に進めるための研究者の養成に十分留意することが必要である。

国際的な研究協力については、複雑な地震現象の理解を進めるために地球全体に視野を広げ、長期にわたる観測を実施できるような計画を立て、積極的に推進すべきである。

IV. 第5次計画に対する総括的評価

1. 第4次地震予知計画までの成果

昭和39年新潟地震直後の7月、測地学審議会から建議された地震予知第1次計画（昭和40～43年度）の目標は、予知に有効な基礎データを全国的な規模で収集する体制づくりにあった。まず、測地測量と地震観測を中心に検潮、地殻変動連続観測、地球電磁気学的観測を地震予知計画として開始し、その後、地震波速度変化の測定、活断層の調査の実施、次いで地震移動観測班、観測センターの整備と、計画は次々に実施された。この間、昭和40年に始まった松代群発地震は翌年春に最盛期を迎え、地震予知は大きな社会問題となった。さらに、昭和43年十勝沖地震などあいつぐ被害地震が契機となって、測地学審議会は同年7月に地震予知計画の一層の推進を図る建議を行った。昭和44年、第1次計画を4年で打ち切り、予知の実用化を目標として観測研究の推進を図る第2次計画へ移行した。

第2次計画（昭和44～48年度）では、今日の地震予知体制の骨格が形成された。まず、予知に関する情報の総合的検討を行うために地震予知連絡会が設置され、昭和45年には特定観測地域及び観測強化地域が指定された。東海地方の地震や根室沖地震の可能性が指摘されたのはこの頃である。地震観測、地殻変動観測、測地測量など予知計画は順調に進展しつつあったが、昭和48年6月に根室半島沖地震が予測どおりの場所で発生すると、当時注目されていた地域として残っていた東海地域での予知の可能性が社会に強く印象づけられ、予知計画の実用化を急ぐ必要性がでてきた。

第3次計画（昭和49～53年度）においては、このような社会情勢を踏まえ、観測の強化を目標とした。観測強化地域を中心として各種観測手法の導入、地震観測の集中記録等が行われた。しかし、この間、昭和50年に中国における海城地震の予知の成功が伝えられるなど、予知の実用化が近づいたとの印象を社会的に与えたのに加え、昭和49年からの伊豆半島及びその周辺の地震活動の活発化、南関東の異常地殻活動の報告が契機となって、二度にわたる第3次計画の見直しが行われることになった。

昭和50年7月の一部見直しの建議では、観測項目の多様化と基礎的な分野の研究の必要性を強調し、第3次計画の一層の推進を図ったが、その翌年には東海地域の想定震源域が駿河湾奥に入る可能性が大きいと指摘された。昭和51年の再度見直しの建議では、観測網の強化と東海地域判定組織の必要性が指摘されるなど、予知の実用化を目指して予知の体制を一段と整備充実するようにした。これによって、深井戸観測や観測のテレメータ化など長期的及び短期的予知に有効な観測手法が導入され、観測精度が著しく向上した。

予知体制としては、昭和52年4月に東海地域判定会が設けられ、昭和53年には大規模地震対策特別措置法が施行されるなど、東海地域の地震予知は、いよいよ実用の段階に入ることになった。

昭和53年1月の伊豆大島近海地震はこれら強化された観測網内で発生し、顕著な前震が観

測されたほか、幾つかの観測点で地殻歪、地下水中のラドン濃度、地下水位等に前兆的異常が観測されたのは大きな成果であった。また、昭和 53 年 6 月の宮城県沖地震では、テレメータ導入による震源決定の高精度化に基づき、前兆的地震活動が捕捉されるなど、プレート境界型大地震の発生に至る破壊過程が明らかになった。

第 4 次計画（昭和 54～58 年度）では、このような観測網を駆使し、前兆現象の的確な検知とその実態の把握に重点を置いた。前兆現象の観測例は次第に増えてきたものの、その出現方式は複雑多岐にわたりうるものが次第に明らかになり、地震予知達成のためには、多種目・多点での観測データの総合的な分析が不可欠であるとともに、地震発生の機構解明などの基礎研究が重要であるとの認識が一層強くなってきた。

第 4 次計画中に精密測地網測量による日本列島の歪分布の調査は第 1 回をほぼ終わり、観測強化地域の精密水準測量では年周変化も追えるようになって観測の精度が向上した。海底では実用的な観測が可能になり始めた。地震観測の広域化や検知能力の増大、データの処理速度や精度の向上は著しく、地震空白域の形成、地震発生様式の特徴など、前兆的な地震活動に関する研究が一段と進展した。例えば、昭和 58 年の日本海中部地震では、特徴的な前振活動・地殻変動が検出された。そのほか、全国にわたる活断層分布図が作成され、幾つかの活断層では発掘調査が行われた。これらの観測・調査によって内陸地震についても、発生様式が次第に明らかになってきた。観測強化地域では、多種目の観測を実施し、気象庁を始め各機関・大学の中核へのデータの集中化が進み、常時監視体制の強化が進んだ。観測強化地域以外でも、微小地震観測の自動処理、データ流通の整備及び地殻活動総合観測線の整備等が実施され、総合的な観測研究の基礎が築かれつつあった。

基礎的研究の分野においては、関東地方、東北地方などにおける移動性地殻変動の発見、伊豆半島における震源分布と異常地殻構造の関係、山崎断層テストフィールドにおける地震活動の研究、茨城県南西部テストフィールドにおける観測手法の開発、岩石破壊実験による前兆現象再現の研究などに大きな進展があった。

2. 第 5 次計画の総括的評価

第 5 次計画は、第 4 次計画に引き続き、長期的予知、短期的予知、地震発生機構の解明及び地震予知体制の整備の 4 つの基本方針についてそれぞれの目的を定め推進されてきた。特に、複雑多岐にわたる前兆現象の出現を的確に把握することが課題とされ、観測・実験データの多角的、総合的研究が重要であるとの認識に立って行われてきた。

第 5 次計画は、各種観測データの集中化や総合的な解析・処理手法の開発が進み前兆現象の検出例を増やすなど、基本的に正しかったと評価できる。

しかし、個々の手法の具体的な実施については、データの適切な活用により有意な前兆を識別する総合判断の比重が増加し、また、宇宙技術に代表されるように、日進月歩の新技术の導入によって高精度・高密度の各種観測データを総合的に処理できる時期にきていることなどに

かんがみると、一つの転機に差し掛かっているように見える。

長期的予知に有効な観測研究の充実については、地震予知に基本的なデータを提供するものであり、その重要性は言うまでもない。測地測量は、これまでの観測に加え、宇宙技術の応用に目途がつき、測地測量の一つの柱である水平歪の測定に新しい時代の幕が開きつつある。地震観測データの自動処理、迅速な全国的処理化が進んだことは、地震活動様式の変化をとらえるためのハードウェアの充実が大きな要因となっている。移動観測班による精密観測は、各地において地震、重力、測地等多種・多項目にわたって精力的に行われてきた。特に、長野県西部地震余震域における集中合同観測は、地震観測の精密化の重要性を示すとともに、各種手法の総合化の一例として今後の機動的観測の在り方を示唆している。

海底諸観測は歴史の浅い分野であり、今後も観測研究の手法の開発面に重点を置くことが大事であるが、海底地震観測については、測器の進歩を背景に大きな進捗を見た。東海沖に続いて、海底ケーブル式の地震計による房総沖の常時観測も開始された。また、自動浮上式海底地震計も、海底の地震活動及び地下構造の解明に大きく貢献している。

これら海・陸における観測の充実により、昭和 62 年 2 月以降の福島県沖に続発する大きい地震がすべてプレート境界地震であること、また、その地震発生の特徴などが明らかにされるなど、海域の地震活動の把握も一層正確になってきた。

活断層の調査及び地震史料の収集が進み、過去の地震活動の推移が一層明らかにされつつあるが、地質時代の地震と史料地震との間を埋める調査研究が必要である。

短期的予知に有効な観測研究の拡充強化は、有効な各種観測の手法を育成し、観測を継続することが重要である。埋込式体積歪計は、気圧・潮汐補正によりますます常時監視のための有効性が認識された。このほか、短期的予知に有効な地殻変動連続観測のデータの質も向上しつつある。さらに、各種の補正を行い SN 比を上げる努力が必要である。地震観測は、前震的活動をとらえるなど地震発生の変化を察知するために有効であり、観測精度の向上により、地震波の散乱・減衰、伝播異方性等波形をも有効に利用した研究が進められている。

また、地球電磁気的あるいは地球化学的観測は、それぞれ山崎断層の地震、長野県西部地震で前兆的現象を検出した。これらの現象発現の機構解明を図ることが重要である。

山崎断層テストフィールドでは、地震の発生により前兆的現象を含めた各種データが集積した。

大都市等については、その重要性にもかかわらず、騒音・振動等による人工擾乱などにより観測精度の保持が難しく、観測手法の工夫等一層の努力が必要である。また、日本では、多くの都市が海に面しているので都市周辺の沿岸海域の観測調査また、日本では、多くの都市が海に面しているので都市周辺の沿岸海域の観測調査は今後必要である。

これまで述べた多くの観測項目に共通する問題として、人工擾乱の増加による観測環境の悪化があるが、これを克服し高精度の観測研究を続ける工夫が大事である。

地震予知を実用化するためには、地震発生に至る機構を物理学的に理解することが重要である。室内の岩石破壊実験の結果を自然地震の場合に結びつける研究に進展が見られたことは評

価できる。今後は、報告されている前兆現象の機構を解明するために、室内外で再現できる実験を更に推進する必要がある。

人工地震による陸域の地殻構造調査は、地質構造や活断層、震源分布との相関関係を示す高精度の結果が得られた。海底については、陸上では実現し得ない高密度調査が可能であるという利点を生かし、千島・日本海溝に沈み込むプレートの様子が詳しく解析されるとともに、海底断層の検出も行われた。

地殻構造調査は、更に手法の改善、重力、電気抵抗構造と組み合わせた解析を行うなど、地震を発生する場としての構造をより深部まで解明していくことが重要である。

地震予知体制の整備では、第5次計画中に大きな進捗があった。すなわち、総合的な監視システムの整備と短期的予知に有効な観測データの集中の強化により、東海地域での常時監視体制が著しく充実した。また、大・中・小地震観測データの伝送・処理システムの整備が進み、全国的な地震活動状況を迅速に把握できるようになった。微小地震観測網のデータ流通システムの整備は、整備途上の九州を除きほぼ終える段階に達した。今後は、このシステムの充実のみならず、システム活用のソフトウェアの開発も重要な課題となろう。

これらの観測によって得られるデータの多種・多量化に伴い、総合判断を能率良く行うことがますます重要となってきた。これらの総合判断の効率化を図るため、更に情報の交換及び検討の在り方を工夫する必要もあろう。

人材の養成・確保は、ますます大きな問題となりつつある。第5次計画中においてもかなりの人員の整備がなされたが、観測手法の高度化、多様化もあり、歴史の浅い分野や層の薄い分野に留意しつつ、人材の養成・確保を図ることは重要である。

国際協力の重要性は言うまでもない。地震現象は地球全体にかかわるものであり、国際協力によりその解明を目指すことは、地震予知観測研究の視野を広げ能力を高めることになる。中国、ルーマニアとは共同研究が始まったが、具体的な成果を目指して今後も国際交流を図るべきである。

3. 今後の展望

5次にわたる地震予知計画の実施中に幾多の被害地震が発生し、地震現象の理解と前兆現象把握のための観測体制は長足の進歩を遂げた。太平洋沿岸地域の地殻・プレート運動の全体像が把握できるようになり、プレート境界巨大地震の「場所」予測に関する理解は深まりつつある。地震の「規模」の予測については、いまだ万全とはいえないが、海底における諸観測を強化し、震源域における破壊過程、地殻構造等プレート間相互作用に関する調査・研究が進展すれば、その精度は更に向上するであろう。しかし、内陸に発生する地震については、活断層がその目途になるとはいえ、数が多く地震発生の繰り返し間隔も長い。危険度の指定は試みられているが、さらにより確実な「場所」予測に進むことが重要である。活断層発掘調査、地球物理学的調査など各種の手段を尽くして地震歴や深部までの構造を調査し、活断層の危険度を判

定する研究を推進すべきである。

地震発生の「時期」については、長期的には歪蓄積等の地震発生の潜在能力の調査、短期的には前兆現象の把握が必須条件である。前者については、長期にわたる観測・測定が基本であるが、測地測量、重力のような定期的な調査の分野では、測定の頻繁な繰り返しあるいは高密度測定の実施により新たな発見がもたらされた。VLBI、人工衛星レーザー測距やGPSといった宇宙技術の導入はこの意味で重要である。これに独自の観測を加え精度の向上を図れば、歪の時間的変化を追う強力な手段になるであろう。後者の短期的予知については、既にいくつかの地震について前兆的現象が観測され、現象そのものの理解は深まりつつあるが、その出現様式は多様である。再現性が保証されていない現象もある。これらを前兆現象として確認するためには、その発現機構の物理学的あるいは化学的な解明が必要である。

前兆現象把握のために各種の連続観測が実施され、監視が続けられている。予知の精度を上げるためには、観測の一層の高性能化と解析手法の質的な改善が不可欠である。観測の高性能化とは観測機器の高精度化とともに、人工擾乱の軽減対策、降雨・気圧・温度等の外的要因の補正によって高感度の観測を実現し、その信頼性を向上させることである。解析手法の質的な改善とは、地震発生に関連ある変動を抽出し多項目・多点のデータを有効に活用できるシステム及び解析法、それに総合判断を客観的に行えるソフトウェアを、体制の改善を含めて開発することである。それには、予知に有効な手法と判断された観測の一層の整備を図り、データの質を向上させることが重要であって、これが総合判断成否の鍵を握ることになるであろう。東海地域においては、今後の観測研究の進展に応じ常時監視体制の改善を図っていくことが必要である。

日本海沿岸を含めた内陸地震の予知の実用化は、将来の課題である。当面、内陸地震については、地震活動の監視、将来の実用に資するデータの蓄積、高性能な観測機器の開発を含めた予知研究を推進すべきである。内陸地震予知の研究では、地震の発生があれば、多点・多項目にわたる地震前兆現象観測が可能になる程度の格段にきめの細かい調査・観測を必要とする。そのためには、地域を絞って、より高密度の観測を実施し、地震発生の条件や主破壊に至る準備段階あるいはその地域性を明らかにしなければならない。したがって、重点的に観測すべき地域の選定それ自体が地震の「場所」探しの一環であるばかりでなく、内陸地震の予知研究の成否に直接かかわる重要な問題である。これまでに蓄積された地震テクトニクスの知見、過去の事例や社会的な要請等を考慮しつつ、それぞれの研究の目的にあった地域を選定しなければならない。長野県西部合同地震観測や山崎断層テストフィールドでの観測はその先例といえよう。

地震予知技術の向上にとって重要なことは、信頼性の高い前兆現象の事例を蓄積することである。前兆現象の的確な把握には、既存の手法に改善を加えながら観測を継続するのは当然であるが、観測という「待ち」の姿勢だけでなく、実験室内及び野外での岩石破壊実験のような基礎研究を通じて、新しい手法の開発を積極的に推進することも必要である。

また、国際的な交流や共同研究を長期的かつ積極的に推進することも、地震発生様式や前兆

現象の地域性の理解にとっても重要である。

測地学審議会地震火山部会委員

(第19期)

(委員) (◎は部会長)

川崎雅弘	科学技術庁長官官房審議官
高橋博	(科学技術庁) 国立防災科学技術センター所長
細山謙之輔	緯度観測所長(事務取扱)
垣見俊弘	(通産省) 工業技術院地質調査所長
佐藤任弘	(運輸省) 海上保安庁水路部長
菊池幸雄	(運輸省) 気象庁長官
塚本賢一	(郵政省) 電波研究所長
藤田尚美	(建設省) 国土地理院長
浅田敏	東海大学教授(開発技術研究所)
宇津徳治	東京大学地震研究所長
奥田節夫	京都大学教授(防災研究所)
◎笠原慶一	早稲田大学客員研究員(理工学研究所)
加茂幸介	京都大学教授(理学部)
高木章雄	東北大学教授(理学部)
服部明彦	東京大学教授(海洋研究所)
(臨時委員)	
青木治三	名古屋大学教授(理学部)
小野晃司	(通産省) 工業技術院地質調査所環境地質部長
宇津徳治	東京大学教授(地震研究所)
久保寺章	京都大学教授(理学部)
佐藤良輔	東京大学教授(理学部)
下鶴大輔	東京農業大学教授
鈴木次郎	東北大学教授(理学部)
春山仁	(建設省) 国土地理院地殻調査部長
三木晴男	京都大学名誉教授
茂木清夫	東京大学教授(地震研究所)
山川宜男	(運輸省) 気象庁地震火山部長

(参考)

測地学審議会地震予知特別委員会委員

(第19期)

(委員) (◎は委員長)

川崎 雅弘	科学技術庁長官官房審議官
細山 謙之輔	緯度観測所長 (事務取扱)
*浅田 敏	東海大学教授 (開発技術研究所)
*宇津 徳治	東京大学地震研究所長
*笠原 慶一	早稲田大学客員研究員 (理工学研究所)
*高木 章雄	東北大学教授 (理学部)
服部 明彦	東京大学教授 (海洋研究所)
(臨時委員)	
*青木 治三	名古屋大学教授 (理学部)
*岩淵 義郎	(運輸省) 海上保安庁水路部企画課長
*小野 晃司	(通産省) 工業技術院地質調査所環境地質部長
佐藤 良輔	東京大学教授 (理学部)
*島村 英紀	北海道大学助教授 (理学部)
*鈴置 哲朗	(運輸省) 気象庁地震火山部地震火山業務課長
*鈴木 誠史	(郵政省) 電波研究所総合研究官
鈴木 次郎	工学院大学教授
*萩原 幸男	東京大学教授 (地震研究所)
*浜田 和郎	(科学技術庁) 国立防災科学技術センター流動研究官
*春山 仁	(建設省) 国土地理院地殻調査部長
*三木 晴男	京都大学名誉教授
*茂木 清夫	東京大学教授 (地震研究所)
山川 宜男	(運輸省) 気象庁地震火山部長
*脇田 宏	東京大学教授 (理学部)

(注) *は、第5次地震予知計画進捗状況レビュー小委員会委員を示す。