

第 6 次地震予知計画

(平成元年～5 年)

第 6 次地震予知計画の推進について

(建議)

昭和 63 年 7 月

測 地 学 審 議 会

目次

第6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と今後の展望

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

II. 計画策定の方針

1. 地震予知推進の基本的考え方
2. 第6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充実
 - (3)地震予知の基礎研究の推進と新技術の開発
 - (4)地震予知体制の充実

III. 計画の内容

1. 長期的予知に有効な観測研究の充実
 - (1) 定期的な測量・観測
 - ア. 測地測量
 - (ア)精密測地網測量
 - (イ)高密度短周期反復測地測量
 - (ウ)重力・地磁気測量
 - イ. 宇宙技術による観測
 - (2) 連続観測
 - ア. 地震観測
 - (ア)大・中・小地震観測
 - (イ)微小地震観測
 - イ. 検潮
 - ウ. 地磁気観測
 - (3) 機動型観測
 - ア. 陸上総合観測
 - イ. 海底諸観測
 - (4) 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充実

(1) 地殻変動連続観測

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

(2) 重力変化の測定

(3) 地震観測

(4) 地球電磁気観測

(5) 地球化学・地下水観測

(6) 首都圏における地震予知のための観測研究

3. 地震予知の基礎研究の推進と新技術の開発

(1) 岩石破壊実験

(2) 地殻応力の測定

(3) 地殻構造・物性の調査・研究

(4) 内陸地震に関する基礎的研究

(5) 新技術の開発研究

4. 地震予知体制の充実

(1) データの収集・処理体制の充実

- ア. 気象庁
- イ. 国立防災科学技術センター
- ウ. 海上保安庁水路部
- エ. 工業技術院地質調査所
- オ. 国土地理院
- カ. 大学

(2) 地震予知に関する各種資料の保存と活用

(3) 常時監視体制の充実

(4) 予知関係組織の充実

(5) 人材の養成・確保

(6) 国際協力の推進

(参考資料)

- ・測地学審議会委員名簿（第20期）
- ・測地学審議会地震火山部会委員名簿（第20期）

文術測第 63-18 号

昭和 63 年 7 月 28 日

殿

測地学審議会会長

浅田 敏

第 6 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 5 次にわたり地震予知の推進に関する計画を建議してきましたが、現在進行中の第 5 次地震予知計画（昭和 59～63 年度）は本年度をもって終了することになっています。この間、関係者の不断の努力により、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するとともに、地震予知体制も整備されてきました。

本審議会では、これらの状況を踏まえつつ、昨年、第 5 次計画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、観測精度やデータ処理能力が向上し、各種観測データの集中と総合的な解析手法の開発が進み、多様な前兆現象の検知例を増やす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、前兆現象のよりの確な把握、内陸地震予知の研究、首都圏における観測等なお多くの課題が残されており、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。

また、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、このような基本認識の下に、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、引き続き地震予知計画を推進することが必要と認め、別紙のとおり、今後 5 年間（昭和 64～68 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観測研究を一層充実強化し、引き続き前兆現象のよりの確な把握のため総合的な解析手法の開発に努めるとともに、地震予知のための幅広い基礎研究を推進することを基調として、特に、内陸地震予知研究の推進、宇宙技術等新技術の積極的利用、各種観測データの総合的な活用を図り、精度の高い地震予知の実用化を目指すものです。

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文部省組織令（昭和 59 年政令第 227 号）第 70 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と今後の展望

昭和 40 年に始まった第 1 次計画の目標は、測地測量と地震観測を中心に地震予知研究の基礎データを全国的な規模で収集する体制の整備にあったが、その後の相次ぐ被害地震の発生による社会的要請等を踏まえ、地震予知の実用化を目標として観測研究の強化を図る第 2 次計画（昭和 44～48 年度）へ移行した。地震予知に関する情報の総合的判断を行うための地震予知連絡会の設置、特定観測地域及び観測強化地域の指定など今日の地震予知体制の骨格は第 2 次計画で形成された。

第 3 次計画（昭和 49～53 年度）においては、観測強化地域を中心に地震予知体制の強化を図り、各種観測手法の導入、地震観測のテレメータ化など観測技術は著しく進歩した。この間、伊豆半島及び周辺の地震活動の活性化など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、地震予知の基礎研究を推進するとともに、観測網の整備が一段と促進され、東海地域における観測の精度は著しく向上した。地震予知体制においても昭和 52 年に東海地域判定会が設置され、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実用化へ一歩踏み出すこととなった。

第 4 次計画（昭和 54～58 年度）においては、地震の「場所」と「規模」を予測する長期的予知の手法を基盤として、地震発生の「時期」を探る短期的予知の手法の確立に重点を置いた。長期的予知の分野では、全国を対象とした測地測量によって日本列島の歪分布の調査が進展するとともに、地震観測の整備が進み、微小地震観測網間のデータ流通、自動処理による観測の効率化、海域における定常観測の開始等により、地震活動に関する研究が一段と進展した。短期的予知の分野では、地震の前兆現象の検知とその特性把握のための観測研究が推進され、前兆現象の発現様式の多様性が明らかになった。また、岩石破壊実験による前兆現象再現の研究などの基礎研究も進展した。さらに、地震予知体制の整備も進み、観測強化地域の常時監視体制が強化された。

第 5 次計画（昭和 59～63 年度）は、第 4 次計画と同様に長期的予知及び短期的予知のための観測研究の充実という考え方を基本に、観測強化地域及び特定観測地域を中心にして観測研究の充実を図るとともに、地震発生機構解明のための基礎研究を幅広く推進することとした。特に、前兆現象の出現が多様かつ複雑であるため、有効な観測を多項目・高密度で実施し、多角的かつ総合的に解析することとした。また、データ処理体制の整備、常時監視体制の充実など、地震予知体制の整備を図ることとした。

第 5 次計画においては、次のような進展をみている。

1. 長期的予知に有効な観測研究の充実

第 2 次計画以来継続してきた精密測地網測量により、明治以来 100 年間の全国にわたる地殻水平歪図が初めて完成した。また、宇宙技術を測地測量に実用的に応用できる目途がつけられ、今後の精密測地測量の精度の向上が期待される。

地震観測については、引き続き電磁式強震計等の陸上の観測網が整備され、自動処理化が進むとともに、海域でも、東海沖に引き続き房総沖でも海底地震の常時観測が開始されるなど、観測能力が質・量とも高くなった。今後は、精度の一層の向上を図りながら観測を継続するとともに、基礎的な海底諸観測も充実する必要がある。

陸上における臨時観測では、移動観測班によりきめの細かい各種精密観測が各地で実施され、特に、昭和 61 年の長野県西部地震余震域での高密度総合観測では、今後の内陸地震の研究に一つの手法を示唆する重要な成果が得られた。

また、全国にわたる活構造図が作成されたほか、活断層の発掘調査により、内陸地震の繰り返しの規則性が明らかにされつつある。

2. 短期的予知に有効な観測研究の拡充強化

地殻変動連続観測では、観測強化地域を中心に数多く埋設された体積歪計観測に気圧・潮汐のリアルタイム補正が導入されて微小な地殻変化も検出できるようになった。地震観測においても観測精度やデータ処理能力が向上して地震活動の時間的変化を的確に把握できるようになった。日本海中部地震や長野県西部地震など特定の地震について地震発生に関連ある地殻活動の特徴を把握し、前兆現象と考えられる地震に先行する異常現象を検知するなどの成果を得た。

しかし、一方では、観測環境は年々悪化しつつあり、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措置や各種新手法の開発研究が重要な課題となっている。

首都圏においては、観測手法の開発を進めるとともにノイズの様相及び関東地方における地殻上層部の構造を調査した。これらの開発及び調査を更に強化するとともに、首都圏の重要性を考慮して地震予知のための観測網を更に整備し、データの蓄積を図ることが必要である。

3. 地震発生機構解明のための研究の推進

岩石破壊実験を通じて破壊に伴う各種の現象、特に主破壊に先行する現象の理解が深まった。地殻応力の測定では各種手法によるデータが比較的良い一致を示し、広域の応力分布状況の検討が可能になってきたが、一方では応力が深さによって著しく不均一であることも分かった。

地殻構造の調査では、陸域・海域ともに精密な地震学的調査が可能になったほか、重力異常高密度調査や電磁気学的な構造の解析も各地で実施され、地震活動と地殻構造との関連が次第に明らかにされつつある。

海域の大地震のみならず、内陸地震の予知についても関心が高まっているが、内陸地震の規模は一般に小さく地震発生の繰り返し間隔も長く、内陸地震の予知研究では、格段にきめの細かい観測を必要とする。このため、活断層が目途になるとはいえ、よりの確な「場所」予測を行い、地域を絞って、総合的な観測を集中的に投入して基礎研究を行うことが重要である。

4. 地震予知体制の整備

テレメータ化の推進とデータ処理システムの導入により、データの収集効率と即時処理機能

が向上し、データの迅速な活用が可能となった。その結果、大・中・小地震は全国的に、微小地震についても広域にわたる活動状況を常時把握できるようになった。また、気象庁地震火山部が設置され、地震監視業務の強化が図られた。

東海地域とその周辺における地殻活動については、「地震活動等総合監視システム」の整備と各種データの集中強化により気象庁で133項目のデータを常時監視するなど、予知体制が拡充強化された。また、前兆現象の自動検出手法の開発も試みられ、データベースの作成も進んでいる。さらに、中国、ルーマニア等との国際共同研究等が行われている。

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、前兆現象のよりの確な把握、内陸地震予知の研究、首都圏における観測等なお多くの課題が残されており、宇宙技術の活用、海底諸観測、データの総合的処理・解析等の進展を図るなど、今後とも一層観測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の長期的予知に努め、その成果を踏まえて短期的前兆現象をとらえるための諸観測を集中させる方式を基本として推進してきた。同時に、地震発生に先行する諸現象を解明するための基礎研究を重視し、その拡充・強化を図ってきた。その基本的考え方は次のとおりである。

- (1) 全国を対象とした調査・観測は地震の長期的予知の手法の主体であり、異常地殻活動域の検出による地震の「場所」と「規模」の予測を目的として実施する。
- (2) 異常が検出された地域においては、調査・観測の一層の充実を図り、異常の実体把握に当たると同時に、短期的前兆現象を捕捉し地震発生「時期」を予測するための手法を投入し、観測研究の強化を図る。
- (3) 前兆現象の発生特性や地震発生機構については未知の部分が多く、これを解明することは予知の精度を向上させ、予知の手法の科学的基礎を明らかにするものとして重要な課題である。このため、地震の場所・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などの幅広い基礎研究を行う。

2. 第6次地震予知計画の基本方針

第6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、東海地域を含め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、前兆現象のよりの確な把握のため総合的な解析手法の開発に引き続き努める。

内陸地震については、その予知の実用化は将来の課題であるが、引き続き予知の基礎となるデータの蓄積に努めながら、規模が比較的小さいことを考慮して観測網の適切な展開を図りつつ、予知研究の一層の推進を図る。特に、重点的に観測研究を行う地域を絞るための基礎的研究を推進する。

また、新しい宇宙技術、海底における諸観測技術等を積極的に活用して、地震予知の新たな進展を図る。

さらに、長期にわたる各種観測で得られたデータについての総合的な活用・解析・研究の一層の推進を図る。

このような見地から、次により第6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

全国を対象とした調査・観測では、定期的な測地測量の繰り返しと固定観測網での地震観測を主要な柱として、大地震発生につながる地殻活動を的確にとらえることを主眼とする。第6次計画では、これらの調査・観測に、近年、急速に進歩しつつある宇宙技術による観測、海底諸観測等を導入し、必要に応じて機動性の高い観測を強化するなど、より高精度・効率的な実施を図る。

日本列島に起きる地震の長期的予知を推進するためには、内陸はもとより周辺の海域のテクトニクスについての理解も重要である。このため、これまで長期にわたって蓄積してきた全国のデータを基礎とし、陸と海での機動的な観測を効率的に実施することによって、地震の準備段階から発生に至るまでの過程についての理解を深める。

さらに、地震発生の特性や再来期間についての基本的資料を得るため、活構造調査の充実を図るとともに、史料地震学的調査を引き続き推進する。

(2) 短期的予知に有効な観測研究の充実

特定観測地域等必要な地域において、短期的前兆現象を把握するため多項目かつ高密度の観測と各種データの総合的解析を実施し、短期的予知の手法の確立を目指す。

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更に精度を高めつつ実施し、常時監視体制の強化に資する。

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を推進する。特に、首都圏については、その特殊性にかんがみ、新技術の活用を含め各種の観測を充実し、前兆現象の検知能力向上のための開発研究を進めるとともに、データの蓄積を図る。

(3) 地震予知の基礎研究の推進と新技術の開発

地震予知の実用化とその精度向上のため、前兆現象の物理的・化学的な発現機構解明のための研究及び地震発生の場としての地殻の構造やテクトニクスに関する研究等により、地震発生機構を解明するなど、予知のバックグラウンドとなる基礎研究を推進する。

また、内陸地震について重点的に観測研究を行う地域を絞るための調査・研究を行うとともに、幾つかの地域においては総合的な観測研究を試みる。

これらの地震予知のための基礎研究は、長期的及び短期的予知に有効な観測研究との緊密な連携により、効率的に実施することが重要である。

さらに、より高精度のデータを得るため、宇宙技術を利用した計測、海底における地球物理計測など、新技術の開発研究を推進する。

(4) 地震予知体制の充実

東海地域の大規模地震を予知するため、関係機関の協力の下に気象庁を中心とする常時監視体制と地震防災対策強化地域判定会の判定に必要な情報を迅速に提供する体制の充実を図る。また、地震予知連絡会を中心として地震予知に関する情報の交換と総合的判断を行う体制の充実を図る。

このため、関係機関は、データの収集・処理システムの一層の改善を図るとともに、異常現象の検出、前兆現象の識別を総合的・客観的に行う手法の開発を進める。また、観測データ等の地震予知に関する各種資料を長期的視野に立って保存し、データベース化等により、広く、総合的、効率的に活用する体制の整備に努める。

地震予知研究の分野の拡大等に対応するため、必要な人材の養成・確保に努めるとともに、国際協力を積極的に推進する。

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機動性の高い観測研究を並行して推進する。このため、宇宙技術等の新技術・手法の活用を図りつつ、全国を対象とする測地測量と地震観測等の連続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移動観測班等による総合的・機動的な観測研究を行う。特に、急速に手法等の開発が進展している海底における観測の充実強化を図る。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) 定期的な測量・観測

ア. 測地測量

(ア)精密測地網測量

国土地理院は、日本全域にわたる地殻変動を検出するために、全国を対象にして引き続き一次基準点測量及び水準重力測量を5年周期で実施することとし、必要な地域において二次基準点測量を行う。測量の高精度化を目指し、GPS（汎地球測位システム）の活用を図る。

(イ)高密度短周期反復測地測量

国土地理院は、観測強化地域等必要な地域で、引き続き精密変歪測量、基盤傾動測量等の精密測地測量を高密度かつ短周期で繰り返すことにより地殻変動を監視する。海上保安庁水路部は、引き続き離島等海を隔てた地点間の渡海水準重力測量を実施する。GPSの導入等によって、より精度の高い測量を目指す。

(ロ)重力・地磁気測量

国土地理院は、全国を対象として絶対重力測量を充実するとともに、引き続き一・二等重力測量を行い、重力変化の検出に努める。

また、国土地理院及び海上保安庁水路部は、引き続き地磁気測量を行うことにより、地磁気異常とその変化の把握に努める。

イ. 宇宙技術による観測

将来の測量技術の重要な役割を担うものとして、宇宙技術への期待は大きい。通信総合研究所、国土地理院及び海上保安庁水路部は、VLBI（超長基線電波干渉計測システム）、人工衛星レーザー測距、GPS等の観測手法による国内外の基線測定を繰り返し行うことにより、プレート運動や広域地殻変動の観測を行う。

(2) 連続観測

ア. 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・小地震の観測を引き続き実施するとともに、島嶼を含む全国的観測網の各種地震計についてデジタル化等の改良・更新、観測環境悪化対策を行い、地震検知能力、震源要素の決定精度等の一層の向上を図る。また、広帯域高精度地震計の開発導入を図る。

さらに、従来から継続している東海沖と房総沖のケーブル式海底地震計による常時観測に加えて、必要な海域において浮上式海底地震計の定期的な設置・回収により定点連続観測を行う手法の導入を図る。

(4)微小地震観測

地震発生の地域特性とその変動を把握するためには、長期間にわたる微小地震観測及びそのデータの活用が重要である。このため、大学及び国立防災科学技術センターは、観測システム及びデータ処理システムの改良を図る。また、必要に応じて地域的な観測網を更に整備する。

海底観測技術の進展により、テレメータによる微小地震連続観測が海底でも可能になった。大学及び国立防災科学技術センターは、これら新技術の活用を図り、必要な海域においてブイ・テレメータ等各種の方式による試験的な連続観測を実施する。

さらに、陸上観測と海底観測との連携により、陸海の境界部分での微小地震観測を強化する。

イ. 検潮

国土地理院、気象庁及び海上保安庁水路部は、海岸の昇降を測るために、引き続き検潮を実施する。テレメータ化を更に進めデータ処理能力を向上させるとともに、気象及び海象の影響を除去する手法の開発を進める。また、海岸昇降検知センターについては、地方自治体等の検潮所のデータの利用も図りながら、潮位データの処理能力の向上を図る。

ウ. 地磁気観測

気象庁、海上保安庁水路部、国土地理院及び大学は、地磁気永年変化を詳細に調査しその異常変化を検出するため、互いに協力して固定観測点における全国的な全磁力精密連続観測等の地磁気観測を引き続き行う。また、必要に応じて地磁気基準観測点の整備を行う。

(3) 機動型観測

ア. 陸上総合観測

連続観測としての大・中・小地震観測、微小地震観測等のほかに、必要に応じて関係機関の協力の下に移動観測班等により異常地殻活動の検出された地域等特定の地域において、地震、地殻変動、重力、地球電磁気、地球化学等の各種観測を集中した機動的な総合観測を行う。

大学、国立防災科学技術センター及び気象庁は、現地自動処理、人工衛星等を利用した高速大量データ伝送等の新技術を含む高精度地震観測システムの整備を図る。国土地理院及び大学は、光波測量及びGPS等の手法を用いて、局地的な地殻変動を調査する。国土地理院、大学及び気象庁は、重力の異常及びその時間変化を明らかにするため、重力観測を行う。また、大

学、気象庁、国土地理院、海上保安庁水路部及び国立防災科学技術センターは、地磁気、地電流、電気抵抗、地殻からの電磁放射等各種の電磁氣的観測を実施する。必要に応じて海域との同時観測を行う。さらに、大学及び気象庁は、地下水・地下ガスの化学成分、同位体比、温度、噴出量・水位等の変化について観測を行う。

イ．海底諸観測

大学及び国立防災科学技術センターは、浮上式海底地震計による機動的な観測を更に規模を拡大して引き続き実施し、日本周辺の各地において海底下の地震活動とその時間的な変化の推移の把握を行うとともに、海溝等プレート境界における地震活動を引き続き精査する。特に、陸上の地震観測と連携して、日本列島の陸から海にかけての地域における地震活動の総合的な観測を重点的に実施する。また、長期間観測、デジタル観測、超深海観測等の新たな海底地震観測システムを開発し、試験観測を行う。

さらに、大学及び海上保安庁水路部は、浮上式海底観測システムにより地磁気、地電流等各種の地球電磁氣的観測を観測強化地域等の海域において実施するとともに、その変動の過程を把握し、長期的予知のための基礎的資料を作成する。

(4) 基礎調査

ア．地殻活構造の調査

工業技術院地質調査所、大学、国土地理院、国立防災科学技術センター及び気象庁は、引き続き、将来の地震の発生地域、再来期間及び危険度等を推定するため活構造、特に活断層を検出し、重要なものについては、その活動度を評価するために必要な各種の調査を実施する。また、史料地震学的調査の結果との間にある時間的な空白を埋めるために考古学的手法等の新手法の導入を図る。

海上保安庁水路部は、引き続き海底における地形、地質構造、地磁気、重力等の総合調査を進めるほか、相模、南海トラフ等の海域で精密調査を行う。大学は、新たに反射法音波探査等の海底探査システムにより、歴史時代に海底で発生した大地震の発生域の詳細な地形、地質調査を行うとともに、活断層の詳細な調査研究を進める。

また、陸域活断層の海底への延長部分に対しては、音波探査等各種の調査手法を開発し調査を進める。

イ．史料地震学的調査

大学及び国立防災科学技術センターは、引き続き古文書等を収集し、解析及び客観的な評価を進めることによって、歴史時代の古地震についての資料を蓄積するとともに、データベース化を進める。

2. 短期的予知に有効な観測研究の充実

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前兆現象の検知とその性質の的確な把握

が必要である。このため、地震現象の地域性及び前兆現象の複雑性に留意して、異なる地域において多項目の観測を高密度かつ長期に実施し、引き続き前兆現象の検知と的確な把握に努める。また、短期的予知の実用化に資するため、各種観測データのオンライン収集、外的要因による変動の除去及び総合的な即時解析処理を推進するとともに、観測環境の年々の悪化に伴うSN比（信号対雑音比）の低下に対処するための観測・解析方法の改善や長期間使用により老朽化した観測設備の更新に努め、観測研究の質の維持・向上を図る。さらに、基礎的研究等との緊密な連携の下に、前兆現象を捕捉するための手法の開発に資するため、前兆現象発現機構の研究を推進する。

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観測を高精度で実施し、必要に応じてその強化を図るとともに、情報収集・処理能力を一層強化して、常時監視体制の充実に資する。首都圏については、観測手法の開発等これまでの成果を踏まえて、新しい観測技術を導入した各種観測を実施し、短期的前兆現象の検知能力の向上のための開発研究を推進するとともに、データの蓄積を図る。

(1) 地殻変動連続観測

ア. 埋込式体積歪計による観測

気象庁は、東海及び南関東地域において埋込式体積歪計による高精度観測を引き続き実施し短期的予知のための監視を行うとともに、観測システムの改良・更新を図り、SN比の向上等に努める。また、特定観測地域等必要な地域において、埋込式体積歪計の整備を進める。

イ. ボアホールによる複合観測

観測環境の悪化に対処し、複雑な短期的前兆現象を検知するため、国立防災科学技術センターは、東海及び南関東地域において、ボアホールによる複合観測を拡充・整備し、観測データの信頼性向上を図る。

ウ. 傾斜計及び伸縮計による観測

地殻活動を常時把握し短期的前兆現象を検知するため、大学、気象庁及び国土地理院は、引き続き必要な地域において横坑方式等の傾斜計及び伸縮計による観測を実施するとともに、観測手法及びデータ処理手法の開発・向上を図る。

エ. 観測線による地殻活動総合観測

広域的地殻活動を総合的に把握し、短期的前兆現象の検知とその発現機構解明を図るため、大学は、観測強化地域及び特定観測地域を横断する地域に設置している観測線による総合観測の一層の充実に努める。そのため、必要に応じて観測点の増設を行うとともに、観測の多項目化、観測手法等の開発、各種観測データの総合解析等を推進する。また、GPS観測を活用するとともに、内陸地震観測との連携を図る。

オ. 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、沿岸部の異常地殻変動を検出するため、引き続き協力して高精度の潮位差連続観測を実施するとともに、全国的に検潮データのテレメータ

化を推進し、解析処理手法の開発及び必要に応じて老朽機器の更新を行う。

(2) 重力変化の測定

国土地理院、気象庁及び大学等は、必要な地域において、重力の時間的変化の測定及び重力潮汐定数の連続観測を行い、前兆現象の検知に努めるとともに、地殻内部の状態変化の検出を図る。

(3) 地震観測

気象庁は、全国的に各種地震計の改良・更新を行うとともに、引き続き東海沖及び房総沖における海底地震常時観測を継続し、他の必要な海域における観測についても新たな手法を含め検討を進める。さらに、必要な地域において機動観測を行い、多項目・多点観測と併せて前兆現象の検知と解明に努める。国立防災科学技術センターは、東海及び南関東地域において、データ即時処理能力の一層の強化、必要に応じて観測設備の更新及び観測網の増強を図る。大学は、必要な地域において、観測設備の高精度化、データ解析システムの高度化を図り、移動観測等との緊密な連携の下に、短期的前兆現象の解明に努める。

(4) 地球電磁気観測

気象庁は、観測強化地域において地球電磁気観測を強化するとともに、長基線地電位差観測及び電気抵抗変化観測の定常化のための整備を進める。大学、海上保安庁水路部及び国土地理院は、観測強化地域、特定観測地域等必要な地域において、全磁力、地磁気3成分、地電流等の連続観測及び電気抵抗変化の観測を実施する。なお、大学、国立防災科学技術センター及び通信総合研究所は、地震に伴う電磁放射現象の研究を進める。

(5) 地球化学・地下水観測

工業技術院地質調査所、国立防災科学技術センター、気象庁及び大学は、引き続き観測強化地域、特定観測地域等において地下水及び地下ガスに関する地球化学的・地球物理学的観測を実施する。必要に応じて観測点の増強、多項目観測の導入、データ伝送・解析システムの高性能化等により精度の向上を図る。

(6) 首都圏における地震予知のための観測研究

首都圏における地震予知の実用化への要望は特に強いが、首都圏においては厚い堆積層が存在し、種々の人工的ノイズが極めて高く、また、他の地域と比較してやや深い地震が多いため、前兆現象を検知するための観測は著しく困難な状況にある。したがって、関係機関は協力して、観測手法の開発、各種観測の充実等により、長期的及び短期的予知のための観測を強化しつつ、予知に有効なデータの蓄積を図ることが重要である。このため、国立防災科学技術センターは、都心部における深井観測施設、周辺地域における複合観測施設、GPS固定観測点等の整備を図

る。国土院は、首都圏精密変歪測量、首都圏精密基盤傾動測量及び重力測量を引き続き実施するとともに、GPS の活用を図る。大学は、GPS による地殻歪観測、重力調査及び地質調査による活断層調査を実施し、必要に応じて横坑、ボアホールを利用した地震、地殻変動、地球電磁気等の観測システムの整備を図る。気象庁は、各種ノイズの高い地域における地震、地殻歪及び地球電磁気観測手法の開発研究を進める。また、内陸地震予知の研究を通じて、首都圏における地震予知技術の開発を進める。工業技術院地質調査所は、地質構造調査に基づき地下水観測の充実を図る。海上保安庁水路部は、首都圏周辺海域における海底地形・地質構造等の調査を実施する。

3. 地震予知の基礎研究の推進と新技術の開発

地震の発生及び前兆現象の出現は複雑多岐である。地震前兆現象の的確な把握のためには、多項目・高密度の観測データの総合的解析とともに、応力の集中から地震の発生に至る諸現象の研究及び応力集中の分布と地殻構造との関連性を明らかにする基礎的な研究が重要である。

地震発生に至る諸現象を解明するため、破壊発生条件を制御して前兆現象を直接測定できる岩石破壊実験を引き続き推進する。また、応力集中の分布を探るため、地殻応力の測定とともに陸海にわたり地殻及び上部マントルの構造・物性と地殻活動の詳細な調査を引き続き実施する。

特に、内陸地震予知の研究を推進するためには、多項目・高密度の総合精密観測が必要であり、研究を効率的に実施するため、重点的に観測研究を行う地域を絞るための調査・研究を行うとともに、複雑なプレート運動の場を反映する地震活動の地域では総合的な観測研究を試みる。

また、地震予知研究を更に向上させるため、宇宙技術を利用した観測技術の開発、海底における観測技術の改良・開発等を積極的に推進する。

(1) 岩石破壊実験

岩石破壊実験においては、前兆現象と地震発生の物理的機構解明のために、地震発生の場に近い環境においてあるいは大型試料を用いて、岩石の破壊過程、特に主破壊に至る現象の研究を推進する。

大学及び工業技術院地質調査所は、高温・高圧下の岩石物性の研究、変形から破壊にいたる物理的・化学的過程とそれに伴う種々の現象の研究を通じて、地震の震源過程と前兆現象の解明を図る。また、国立防災科学技術センター及び気象庁は、大型試料岩石破壊実験により破壊に至る前兆現象の物理的性質の研究を推進する。

(2) 地殻応力の測定

地殻の応力の増加、空間分布及び時間変化は、地震発生の準備段階を把握するための基本的な物理量である。地殻応力測定の精度向上及び測定法の効率化を図りながら、地殻応力の地域

的分布及び時間的変化の調査を進め、地震エネルギーの蓄積の程度を把握するための調査研究を行う。

大学は、地殻応力測定法及び高精度応力変化計の開発・改良を進めるとともに、応力状態の地域的分布と時間的変化及び応力の深度分布についての知見を得る。国立防災科学技術センターは、引き続き水圧破壊法による深井戸応力測定を実施するとともに、応力の深度分布及び時間変化を調査する。工業技術院地質調査所は、断層付近の応力分布及び応力変化に関する調査を実施する。

(3) 地殻構造・物性の調査・研究

地震を発生させる応力集中は、地殻の構造、物性と密接に関連している。地震の震源過程の解明、震源の精密決定及び応力の集中・増加等の研究にとって、地殻及び上部マントルの構造に関する各種の情報は、最も基本的な研究資料となるため、地震予知研究のバックグラウンドとして極めて重要であり、陸域、海域はもちろん陸海にまたがる地域の深部に至るまでの総合的な構造・物性の調査を行う。

大学及び工業技術院地質調査所は、各種の地震学的手法、重力・地球電磁気学的手法及び地球化学的手法により、深部に至るまでの地殻構造と物性を総合的に調査する。国土地理院は、地磁気、重力測量等により地殻構造を調査し、気象庁は、活断層周辺地域において重力・地球電磁気学的手法等により地殻構造調査を実施する。

また、海上保安庁水路部は、プレート境界の海域においてマルチチャンネル反射法及び屈折探査法等により地殻構造調査を実施し、大学は、海底地震計等各種の手法を用いて海底浅部から深部にかけての地下構造調査を行う。

さらに、国立防災科学技術センターは、地殻の不均質、弾性波の減衰、速度構造等の調査を行う。

(4) 内陸地震に関する基礎的研究

内陸に発生する地震については、「場所」の予測をよりの確にするため、各々の地域におけるテクトニクスの特徴を考慮して効率的な観測研究を行うことが重要である。過去の地震活動、活断層の分布、地殻構造、広域テクトニクス等を考慮して地震発生の地域特性を多面的に研究し、重点的に観測研究を行う地域を選定する基礎資料を蓄積する。特に、複雑なプレート運動の場を反映する特異な地震活動の地域では、より高精度の多項目観測を集中し、地震発生と関連する地殻活動の機構解明を図る。

このため、大学は、西南日本を中心とする活断層地域及び東北日本の日本海沿岸部を中心とする広域応力場において、GPS 利用等の広域地殻活動調査、移動観測班による精密総合調査等、多種目の観測研究手法により地殻の構造及び物性、地殻活動の地域特性を精査する。また、工業技術院地質調査所は、活断層周辺等において、内陸地震に関連する地質構造の総合的な調査を行う。気象庁は、活断層周辺等において、多点・多項目の総合観測を実施するとともに、長

期的な地震資料等の活用を図る。国土地理院は、測地測量等により内陸地震に関連した地殻変動の調査を実施する。

複雑なプレート運動の場である相模湾周辺地域においては、国立防災科学技術センター、工業技術院地質調査所、海上保安庁水路部、国土地理院及び大学は、各々の特質を活かし、ケーブル方式海底諸観測、GPS利用の地殻変動観測を含む高密度・高精度の各種観測研究を総合的に進める。

(5) 新技術の開発研究

地震現象を観測し、前兆現象を多くの観測点で捕捉するためには、高精度・高感度観測が必要である。このため、宇宙技術利用、海底における観測技術等の開発研究を積極的に進める。

宇宙技術利用については、通信総合研究所は小型高精度 VLBI の開発、GPS 衛星の精密軌道決定等測位の精度向上及び宇宙技術の相互比較等の研究を進める。大学は GPS 利用による広域地殻変動観測及びその精度向上の研究を進める。また、国立防災科学技術センターは GPS 固定点連続観測及びその精度向上の研究を進める。さらに、国土地理院は GPS の測地用精密軌道要素を用いた高精度地殻変動観測システム及び VLBI の可搬性向上のための研究を進める。

海底における観測技術については、国立防災科学技術センターは海底ボアホール観測、海上保安庁水路部は海底観測システム、大学は海底地殻変動観測システム等の開発研究を進める。また、気象庁は津波計を用いた海底地殻変動の観測及びその精度向上の研究を進める。

4. 地震予知体制の充実

東海地域においては、大規模地震対策特別措置法に基づき、東海地震を予知し、地震災害を防止・軽減するため、関係機関の協力の下に、気象庁を中心とする常時監視体制と地震防災対策強化地域判定会の判定に必要な情報を迅速に提供する体制の整備が進められてきたが、それらを更に充実し、予知確度の向上を図る。

全国的には、地震予知の実用化を目指した観測研究の総合的な推進に資するため、地震予知連絡会を中心として地震予知に関する情報の交換と専門的判断を行う体制を更に充実する。

このため、関係機関が、それぞれの機能と特色を十分発揮して観測研究を推進しつつ、必要な情報を判定会及び地震予知連絡会に提供できるよう、データの収集・処理体制等の一層の充実を図る。

(1) データの収集・処理体制の充実

ア. 気象庁は、日本列島及びその周辺に発生する大・中・小地震の観測データの収集・処理の迅速化、高精度化を進め、地震活動を常時把握し、適切な情報発表を行う体制の充実を図る。また、前兆現象の評価手法、地震発生の客観的予測手法の研究開発を進め、そのシステム化を図る。さらに、松代の群列地震観測システムにより地震活動の監視体制の充実を図るとともに、地震資料及び地球電磁気資料のより効率的なデータ交換を可能にする機能を整備する。

イ. 国立防災科学技術センターは、観測網の拡充やデータの質的向上に対処するため、データ収集・解析システムの能力を強化し、データベースの充実を図る。また、地震予知の実用化を

目指して異常現象の検出、地震前兆現象の識別を行うとともに、自動診断システムの研究開発を引き続き推進する。

ウ．海上保安庁水路部は、地震予知の基礎的データとなる海域の地形地質構造や地球物理に関するデータを収集・解析し、データを効率よく提供できる体制の整備を図る。また、海底調査機器、調査船等海底調査機能の充実・強化を図る。

エ．工業技術院地質調査所は、地下水・地下ガス観測のテレメータシステムの改良・更新を図り、データの処理・解析の自動化・即時化を進める。また、活構造データベースの充実を図る。

オ．国土地理院は、地震予知データ収集・処理システムの改良・更新を行い地殻変動データの即時処理能力を強化する。

カ．大学は、微小地震、地殻変動、地磁気、地球化学、移動観測班等のデータ収集・処理システムを有機的に結合し、各分野のデータの迅速な流通による総合的収集・処理体制の整備を図る。また、学術情報ネットワークの活用を検討等、各大学間及び地震予知観測情報センターとの間における各種観測データや情報の交換等を行う複合データ流通ネットワークシステムの研究開発を進める。

(2) 地震予知に関する各種資料の保存と活用

地震予知の研究及び実用化のためには、大量の各種観測データや研究成果の長期的な蓄積とその総合的な活用が不可欠である。このため、地震予知計画発足以前のものを含め地震予知に関する各種の資料を長期的視野に立って整理、保存し、データベース化等により、広く、効率的に活用する体制の整備に努める。

(3) 常時監視体制の充実

東海地震を短期的に予知するために有効な関係諸機関の観測データは気象庁へ集中され常時監視されているが、引き続き有効と思われる観測データを気象庁に集中し、予知体制の充実を図る。

気象庁は、「地震活動等総合監視システム」のソフトウェアの改善等を行い、集中された各種観測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するための機能の向上を図る。

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り、地震予知連絡会との緊密な連携の下に、観測研究等の迅速・適切な対応に資する。

(4) 予知関係組織の充実

地震防災対策強化地域判定会及び地震予知連絡会が、それぞれの責務を更に円滑に果たせるよう、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。

(5) 人材の養成・確保

地震予知研究の進展や観測・監視手法の高度化、多様化等に伴い、地震予知計画に基づき推進すべき研究分野や観測・監視業務が増大しつつある。本計画を強力に推進するためには、研究者を始め地震予知計画に従事する人材の養成・確保を図る必要がある。

(6) 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、複雑な地震現象を理解する上で基本的に重要である。また、地震災害の多い開発途上国等から地震予知研究・研修協力の要望も多い。このため、地震観測データ等の情報の交換、シンポジウム、共同研究等、多面的な国際協力を積極的に推進する。

測地学審議会委員名簿（第20期）

（任期：昭和62年10月15日～64年10月14日）

（関係行政機関の職員としての委員）

中津川 英 雄 科学技術庁長官官房審議官
高 橋 博 （科技庁）国立防災科学技術センター所長
井 上 英 二 （通産省）工業技術院地質調査所長
服 部 晋 （通産省）工業技術院計量研究所長
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
鈴 木 誠 史 （郵政省）通信総合研究所長
大 竹 一 彦 （建設省）国土地理院長

（学識経験者としての委員）

青 木 治 三 名古屋大学教授（理学部）
会 長 浅 田 敏 東海大学教授（開発技術研究所）
上 田 誠 也 東京大学教授（地震研究所）
副会長 小 田 稔 理化学研究所理事長
加 藤 進 京都大学教授（超高層電波研究センター長）
加 茂 幸 介 京都大学教授（防災研究所）
國 分 征 東京大学教授（理学部）
古 在 由 秀 国立天文台長
柴 田 徹 京都大学防災研究所長
高 木 章 雄 東北大学教授（理学部）
田 中 正 之 東北大学教授（理学部）
永 田 豊 東京大学教授（理学部）
西 田 篤 弘 宇宙科学研究所教授
根 本 敬 久 東京大学海洋研究所長
平 澤 威 男 国立極地研究所教授
茂 木 清 夫 東京大学地震研究所長
山 元 龍三郎 京都大学教授（理学部）
若 濱 五 郎 北海道大学教授（低温科学研究所）

測地学審議会地震火山部会委員名簿（第20期）

（任期：昭和62年10月15日～64年10月14日）

	中津川	英 雄	科学技術庁長官官房審議官
	高 橋	博	（科技厅）国立防災科学技術センター所長
	井 上	英 二	（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
	鈴 木	誠 史	（郵政省）通信総合研究所長
	大 竹	一 彦	（建設省）国土地理院長
	青 木	治 三	名古屋大学教授（理学部）
	浅 田	敏	東海大学教授（開発技術研究所）
	加 茂	幸 介	京都大学教授（防災研究所）
部会長	高 木	章 雄	東北大学教授（理学部）
	根 本	敬 久	東京大学海洋研究所長
	茂 木	清 夫	東京大学地震研究所長
	石 井	紘	東京大学教授（地震研究所）
	岡 田	弘	北海道大学助教授（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
	久 城	育 夫	東京大学教授（理学部）
	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
	鶴 見	英 策	（建設省）国土地理院地殻調査部長
	平 澤	朋 郎	東北大学教授（理学部）
	山 川	宜 男	（運輸省）気象庁地震火山部長
	渡 部	晃	京都大学助教授（理学部）

第 6 次地震予知計画レビュー

(平成 4 年)

第 6 次地震予知計画の進捗状況について(報告)

平成 4 年 7 月

測地学審議会

地震火山部会

目次

- I. 前書き
- II. 第6次計画における基本的な考え方
- III. 第6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)第5次計画以前の概要
 - (2)第6次計画の実施状況
 - (3)第6次計画の成果
 - (4)今後の展望
 - 2. 短期的予知に有効な観測研究の充実
 - (1)第5次計画以前の概要
 - (2)第6次計画の実施状況
 - (3)第6次計画の成果
 - (4)今後の展望
 - 3. 地震予知の基礎研究の推進と新技術の開発
 - (1)第5次計画以前の概要
 - (2)第6次計画の実施状況
 - (3)第6次計画の成果
 - (4)今後の展望
 - 4. 地震予知体制の充実
 - (1)第5次計画以前の概要
 - (2)第6次計画の実施状況及び成果
 - (3)今後の展望
 - 5. 伊豆半島東方沖群発地震と海底噴火
 - (1)伊豆半島における地殻活動の概略
 - (2)1989年伊豆半島東方沖群発地震と海底噴火
 - (3)まとめと予知の可能性
- IV. 第6次計画に対する総括的評価
 - 1. 第5次計画以前の概要
 - 2. 第6次計画の総括的評価
 - 3. 今後の展望

I 前書き

我が国における地震予知計画を、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 年に第 5 次計画、そして昭和 63 年 7 月に第 6 次計画が本審議会によって建議された。

我が国において地震予知計画が開始されて以来三十年近くが経過したが、この間、東海地震の可能性が指摘されるなど、地震予知計画は、強化されてきた。最近では日本海中部地震（昭和 58 年、M7.7）、長野県西部地震（昭和 59 年、M6.8）などの被害地震が発生し、その都度地震予知に対する社会的要請は高まってきている。

第 6 次計画は、平成元～5 年度の 5 ケ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、これまでの地震予知計画による成果等をかえりみつつ、第 6 次地震予知計画の実施状況・成果等を取りまとめ、今後の課題を検討することとした。

II. 第6次計画における基本的な考え方

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、地震の長期的予知に努め、その成果を踏まえて短期的前兆現象を捉えるための諸観測を集中させる方式を基本として推進してきた。同時に、地震発生に先行する諸現象を解明するための基礎研究を重視し、その拡充・強化を図ってきた。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・観測は地震の長期的予知の手法の主体であり、異常地殻活動域の検出による地震の「場所」と「規模」の予測を目的として実施する。

(2)異常が検出された地域においては、調査・観測の一層の充実を図り、異常の実態把握に当たると同時に、短期的前兆を捕捉し地震発生「時期」を予測するための手法を投入し、観測研究の強化を図る。

(3)前兆現象の発生特性や地震発生機構については未知の部分が多く、これを解明することは予知の精度を向上させ、予知の手法の科学的基礎を明らかにするものとして重要な課題である。このため、地震の場所・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などの幅広い基礎研究を行う。

第6次計画はこの基本的な考え方に基づいて、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るとともに、地震予知のための幅広い基礎研究を実施することとした。特に、内陸地震の予知については、その実用化は将来の課題であるが、規模が比較的小さいことを考慮して観測網の適切な展開を図りつつ、予知の基礎となるデータの蓄積に努めて研究の一層の推進を図ることとした。さらに、宇宙技術等の新しい技術を積極的に活用して、地震予知の新たな展開を目指した。計画は4項目に大別され、それぞれの基本方針は下記のとおりである。

「長期的予知に有効な観測研究の充実」の項目では、大地震発生につながる地殻活動を的確にとらえるために、定期的な測地測量の繰り返しと固定観測網の地震観測を主要な柱とする全国的な調査・観測を引き続き実施するとともに、宇宙技術等を導入して観測の高精度化と効率化を図ることとした。地震発生の特性や再来期間についての基本的資料を得るため、活構造調査の充実を図るとともに、史料地震学的調査を継続することとした。日本列島に発生する地震の長期的予知を推進するには、内陸はもとより周辺海域のテクトニクスについての理解も重要である。この認識に基づいて、海と陸での機動的な観測の効率的実施の必要性が指摘された。

「短期的予知に有効な観測研究の充実」の項目では、特定観測地域等必要な地域において、短期的前兆現象を把握するための多項目かつ高密度の観測と各種データの総合的解析を実施し、短期的予知手法の確立を目指すこととした。東海地域においては、短期的予知に有効な各種観測を更に精度を高めつつ実施し、常時監視体制の強化に資することとした。首都圏については、その特殊性にかんがみ、新技術の活用を含め各種の観測を充実し、前兆現象の検知能力向上のための開発研究を進めるとともに、データの蓄積を図ることとした。

「地震予知の基礎研究の推進と新技術の開発」の項目では、地震予知の実用化とその精度向上を図るために、地震とその前兆現象の発生機構に関する研究及び地震発生場としての地殻

の構造やテクトニクスに関する研究等により、予知のバックグラウンドとなる基礎研究の推進を図った。特に、内陸地震については、重点的に観測研究を行うべき地域を絞り込むための調査・研究を実施するとともに、いくつかの地域においては総合的な観測研究を試みることにした。さらに、より高精度のデータを得るため、宇宙技術を利用した計測、海底における地球物理計測など、新技術の開発研究を推進することにした。

「地震予知体制の充実」の項目では、東海地域の大規模地震を予知するため、関係機関の協力の下に気象庁を中心とする常時監視体制と地震防災対策強化地域判定会の判定に必要な情報を迅速に提供する体制の充実を図ることとした。また、地震予知連絡会を中心として地震予知に関する情報の交換と総合的判断を行う体制も充実を図ることとした。このため、関係機関は、データの収集・処理システムの一層の改善を図るとともに、異常現象の検出、前兆現象の識別を総合的・客観的に行う手法の開発を進めることとした。また、観測データ等の地震予知に関する各種資料を長期的展望に立って保存し、データベース化等により、広く効率的に活用する体制の整備に努めることとした。さらに、地震予知研究の分野の拡大等に対応するため、必要な人材の養成・確保に努めるとともに、国際協力を積極的に推進することとした。

第6次計画はこのような基本方針のもとに発足し、それぞれの項目の各種観測研究が着実に推進されてきている。

Ⅲ. 第 6 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) 第 5 次計画以前の概要

< 測地測量 >

精密測地網測量は地殻の水平歪及び上下変動を検出するために、一次及び二次基準点測量と水準重力測量を行ってきた。このうち第 1 回目の全国的な一次基準点測量（全国で約 6,000 点）は昭和 48 年度から始まり昭和 59 年度で終了した。これによって、過去約 100 年間の全国的な地殻水平歪図が初めて完成した。昭和 60 年度から第 2 回目の全国的な繰り返し測量を行った。水準重力測量は昭和 59 年度から昭和 62 年度にかけて水準路線 8,770km について実施した。

高密度短周期反復測地測量として、第 3 次計画で始めた短距離高精度基準網を引き継いだ形で、観測強化地域などで精密変歪測量と精密基盤傾動測量を実施し、局所的な地殻変動に関する調査研究が行われた。また、離島の上下変動監視のため、渡海水準重力測量が第 4 次計画から継続されている。

重力・地磁気測量の成果は、陸上では、一部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ている。

< 宇宙技術による観測 >

宇宙電波源を利用した VLBI（超長基線電波干渉計）及び SLR（人工衛星レーザー測距）の数百 km 以上の長い距離を精密に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の測定を始めた。また、数十 km 以上のやや短い距離での精密な距離測定は、米国の GPS（汎地球測位システム）による方法によって実験的な観測が始められた。さらに、離島などとの間で小型 VLBI、SLR などによる観測が始まった。

< 地震観測 >

大・中・小地震観測については、全国的に観測網の整備が進んだ。マグニチュード 3 を超える浅い地震については、一部海域を除いて準リアルタイム観測が可能になった。また、大地震を正確に記録するため、広帯域電磁式強震計の整備を始めた。

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各地域センターを設置し、テレメータ化もほぼ完成した。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。これにより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。

このほか、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）の研究も引続き進められた。また、地域の開発や都市化に伴う人工ノイズ対策として孔井式（ボアホール式）観測機器の開発を行った。

< 検潮 >

検潮所を増設し、データ収集システムの充実を図った。観測強化地域内の検潮所はほぼテレメータ化を完成した。

< 地磁気観測 >

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、地球外部磁場の擾乱じょうらんの少ない夜間値が気象庁に送られ、基礎資料となっている。

< 陸上総合観測 >

第4次計画までに、各大学の総合移動班を整備し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）の余震域で大規模な合同地震観測を行い、地殻構造と地震発生機構の関連など、多くの成果をあげた。そのほかの地震や群発地震発生域で地震、地殻変動、重力、地球化学、地球電磁気などの臨時観測を行った。また、このような臨時観測のための観測システムの改良や観測データの解析手法の開発を行った。

< 海底諸観測 >

第4次計画で東海沖に設置したケーブル方式による海底地震常時観測システムを、昭和56年度から房総沖にも設置し、観測を開始した。また、自己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地震活動の観測と地下構造探査が行われた。臨時観測のための自己浮上式海底磁力計や海底電位差計を開発し、試験的な観測を開始した。

< 地殻活構造の調査 >

第4次計画の後半から、丹那断層、根尾谷断層など代表的な活断層のトレンチ調査を行い、大地震の繰り返しの歴史を調べた。また、全国的な活断層の分布調査を行い活構造図を作成した。海域においても各種の新しい手法により、活断層の分布調査を行った。

< 史料地震学的調査 >

過去の大地震に関する古文書などの史料を調査収集し、整理して刊行した。

(2)第6次計画の実施状況

長期的予知にとって最も重要なことは、各種のデータを長期間にわたって収集することであり、基礎的なデータの蓄積により、はじめて地震予知に有用な地震活動の推移や前兆的変動を見いだすことが可能になる。異なった観測項目について時系列的な比較を行うことができれば、そのような変動は一層確度の高いものになる。この意味で、できるだけ多くのしかも良質の観測を続けることが重要である。第6次計画においても、このような観測研究が続けられ、多く

の成果をあげることができた。

<測地測量>

全国に設置した一次基準点（一等、二等三角点__6,000点）について、第2回目の繰り返し測量が実施されている。平成2年度から測量の高精度化、効率化を図るため、一部の地域でGPS観測が導入された。水準重力測量については、全国の重要な幹線およそ14,000kmについて、繰り返し測量が行われている。平成3年度までに7,831kmについて測量が行われたが、4年度以降も引続き実施され、今後3年間で8回目の繰り返し測量が完了する予定である。観測強化地域においては、精密変歪測量及び精密基盤傾動測量が繰り返し実施され、局所的な地殻変動の調査が行われている。御前崎地区では、特に、年4回の傾動測量を実施し、地殻上下変動の把握に努めている。また、跡津川断層など顕著な活断層周辺で地殻変動の繰り返し観測が行われた。さらに、離島の上下変動監視のため、渡海水準重力測定が実施されている。重力・地磁気測量は、観測強化地域を中心に観測点を増設しながら、引続き行われている。

<宇宙技術による観測>

国際協力の下で関係機関はVLBI及びSLR観測を強力に推進した。GPSを含めこれらの観測の座標系が矛盾なく高精度で結合された。また、観測強化地域を中心にしてGPSの連続観測が実施され、有意な地殻変動が検出された。

<地震観測>

大・中・小地震観測では観測装置が改良・更新され、全国的な地震検知能力の向上が図られた。また、全国に展開した広帯域電磁式強震計による地震観測成果が蓄積されつつある。

微小地震観測オンラインネットワークは地域毎に、順次、インテリジェント化など装置の改良が図られ、高精度観測が可能になりつつある。これにより、微小地震の即時的に処理された震源情報のみではなく、震源過程研究、地殻構造解明など種々の解析に即応できる高精度データが得られるようになってきた。

<検潮>

検潮所が増設され、海岸昇降検知センターに登録されている観測点は、総計115ヶ所になった。

<地磁気観測>

プロトン磁力計による全磁力精密連続観測が全国の27ヶ所において実施されている。

<陸上総合観測>

大学の総合移動観測班は全国の各地域で、それぞれの特色を生かした移動観測を行った。観

測項目は地震をはじめ、水準、EDM（光波測距）、GPS などの測地測量、重力、地下水調査など多岐にわたっている。これらの調査・観測は、平成元年の伊豆半島東方沖の地震・噴火活動の例にみられるように、内陸地震の予知研究に重要な資料を提供した。

<海底諸観測>

房総沖の海域において、自己浮上式海底地震計による地震観測が行われ、定常海底観測網のデータと組み合わせることによって詳細な微小地震活動が明らかにされた。北海道沖から南西諸島の沖まで、全国各地で海底地震計を使った群列地震観測が行われ、陸上の観測からは検知できない海底地震の活動を調査した。また、エアガンを用いた反射法探査、マルチチャンネル反射法音波探査などが多くの海域で実施され、海底地下構造が明らかにされた。

<地殻活構造の調査>

重要な活断層についてトレンチ調査、ボーリング調査などが引き続いて実施された。沿海域、浅海域の活断層についても音波探査、ピストンコアリングなどの手法を用いて調査が開始された。

<史料地震学的調査>

新しい史料が収集されるとともに、既に収集した歴史地震史料のデータベースが作成された。

(3)第6次計画の成果

地震常時観測網が充実され、全国的な地震活動が即時的に把握されるようになった。さらに、観測強化地域などにおける高密度観測と相まって、いくつかの地域で地震の空白域の消長等が指摘されている。また、高精度群列観測によって、海底、陸上とも重要な地域で、地殻及び上部マントルの詳細な速度構造が調査され、地震活動、応力場との関連が明らかにされつつある。これらの観測研究は、長期的予知の主な目的である地震発生の場所と規模の推定に重要な資料を提供するものである。

宇宙技術を利用した測地測量が実験的段階から実用的段階に移行し、観測精度の向上、効率化及び広域での連続的な地殻変動の検出に威力を発揮するようになった。これらの技術を相互にうまく組み合わせ、また、従来の測地測量のデータと結合することによって、グローバルなプレート運動から、局所的な地殻変動まで統一的にみることが可能になり、地殻の変形や前兆的変動の検出に貢献するものとして期待されている。

<測地測量>

精密測地網測量については、全国的な一次基準点測量は昭和 59 年度に第一回目を終了し、過去 100 年間の地殻水平歪図が完成した。引き続き第二回目の定期的な測量を実施し、最近の各地における地殻水平歪を明らかにした。また、水準重力測定の一環から、最近の各地に

おける地殻上下変動の状態が明らかになった。これらの資料のデータベース化を進め、変動量の計算、検索を容易に行えるようにした。

高密度短周期反復測地測量については、観測強化地域における精密基盤傾動測量、精密変歪測量などの結果、南関東・東海地域では引続きエネルギーが蓄積されつつあることが明らかにされた。また、伊豆半島と東海地方の地殻変動の関連が明らかになるなど、各地域の地殻変動がより詳細に調べられた。さらに、同様な調査によって跡津川断層周辺で右横ずれのクリープ性の変動を示唆する結果が得られた。

重力・地磁気測量については、絶対重力計の改良と測定方法の改善により、測定値の信頼性が格段に向上した。これにより、高精度化した新しい重力網を構築することが可能になった。また、一等磁気測量の成果を用い、全国の地磁気異常図の最新版が完成した。

<宇宙技術による観測>

VLBI、SLR、GPS などの宇宙技術を利用した観測が実験的段階から実用的段階へ移行し、観測の効率化及び広域かつ連続的な地殻変動の検知に威力を発揮するようになった。例えば、VLBI 観測により、フィリピン海プレートの移動をはじめて検証した。また、太平洋プレートの運動の測定精度が向上し、鹿島ーハワイ間の基線長が年約 6.6cm の割合で短縮していることが示された。さらに、SLR により下里ーヴェッツェル（ドイツ）間の基線長が年率約 3.1cm で短縮していることも示された。また、南関東、相模湾、伊豆半島にまたがる GPS 観測で、プレート運動と整合的な伊豆半島の運動が短期間で計測できるようになった（第 1 図）。GPS 衛星の軌道追跡システムが完成したことにより、観測精度の一層の向上が期待されている。

<地震観測>

大・中・小地震観測については、小地震観測装置の改良・更新並びに都市ノイズを避けるための観測点の移設、「地震津波監視システム」の構築などが進み、南西諸島域を除き、全国及びその沿岸海域に発生するマグニチュード 3 を超える浅い地震はほぼ漏れなく震源決定ができるようになった（第 2 図）。また、東海沖、房総沖のケーブル方式による海底地震観測システムは安定に稼働し、微小な地震活動を検出した。

★★図★★

第1図 プレート運動の実測

日本列島にもぐり込む太平洋プレートの動きが鹿島ーハワイ間の VLBI の繰り返しで確認されて以来、宇宙技術は地震予知の重要な手段になった。昭和 55 年以来、フィリピン海プレートの動きが観測されている（図中の矢印）。

VLBI によると父島は鹿島を基準にして $3.7\text{cm}/\text{年}$ （楕円は誤差）で矢印の方向に動いている。GPS の観測では、八丈島は岐阜、高山、静岡市に対して $3\text{cm}/\text{年}$ 、伊豆下田は静岡本川根に対して $2\text{cm}/\text{年}$ 、南大東島は沖縄本島、奄美大島に対して $8.7\text{cm}/\text{年}$ の速度で近づいている。

★★図★★

第2図 地震検知能力の向上

左下の棒グラフは気象庁で観測された毎年の地震回数である。回数は急上昇しているが、実際に地震が増えたのではない。地震観測の能力が地震予知計画発足当時にくらべて10倍以上も向上したことを示している。左右の地図にプロットされた無数のマークは昭和44年と平成3年の各々1年間の震央分布である。最近では、南西諸島を除き、全国及びその沿岸海域に発生するマグニチュード3以上の地震(年間約2,500個程度)は殆ど震源決定できるようになった。

微小地震の観測研究は、全国の各地域で多くの項目について、引続き行われた。観測強化地域での高密度観測では、中規模地震や顕著な群発地震に関して種々の項目の時間的変化やテクニクスとの関連が精査され、いくつかの地域で地震の空白域の消長などが指摘されている。微小地震観測装置のインテリジェント化など観測システムの改良が地域ごとに進み、高精度の地震観測が可能になりつつある。さらに、隣接観測網間データ交換により広域の3次元速度構造が精度よく決定され、地震活動及び応力場との明瞭な関連が明らかになった。このような高精度データにより各種の反射波、変換波が発見され、微細な3次元不均質構造の推定に役立った。また、各地域で発震機構による起震応力場の解明が進み、測地測量から得られた歪場とよい相関を示すことが明らかになった。

< 検潮 >

検潮データのテレメータ化が進み、地殻変動や異常潮位の監視に役立っている。

< 地磁気観測 >

長期にわたって続いた伊豆大島における全磁力異常の変化は、最近では正常に戻っていることが確認された。また、1989年伊豆半島東方沖海底噴火に関連して、伊豆半島ではその数年前から全磁力異常の変化が認められた。なお、全磁力永年変化異常の検出手法の改善も行っている。

< 陸上総合観測 >

1989年伊豆半島東方沖群発地震・噴火活動に関する一連の観測研究は後述のとおりである。鳥取・島根県境や西表島、島原半島など顕著な地震活動域においても臨時に密な地震観測網を設置し、詳細な地震活動の推移を調査した。1984年長野県西部地震の震源域を始め各地で地震の高密度群列観測を行い、反射法探査の手法により顕著な反射面などを発見し、地殻の3次元的不均質構造を明らかにした。西表島、島原半島では緊急に測地測量を実施した。また、各地域で、光波測距、水準測量、GPS観測など測地測量を実施した。このほか全国的なヘリウム同位体比分布図が作成された。中部から四国中央部・中国東部にわたる地方では詳細な重力異常図が完成しつつあり、地殻活構造、地震活動との関連が調べられている。たとえば、南部フォサマグナ及び糸魚川-静岡構造線付近の重力調査から、同構造線がプレートの衝突境界であることを支持する結果を得た。

< 海底諸観測 >

この観測の主な成果は海域における地震活動の把握と海底地下構造の解明である。日本海溝、千島海溝に引き続き伊豆マリアナ海溝、琉球海溝で海底地震観測を開始し、それぞれの海域で地震活動の様子をより鮮明にした。一方、琉球海溝のプレート沈み込み地域や、フィリピン海東縁にあたる伊豆・小笠原弧において、詳細な海底地下構造が明らかにされた。そのほか、浅い地下構造に関しては、房総沖プレート三重会合点付近でマルチチャンネル反射法音波探査を

実施し、陸のプレートの下にフィリピン海プレートが、更にその下に太平洋プレートが沈み込んでいる様子が明らかにされた。相模湾では高密度群列観測を行って、3次元構造を求め、関東大地震（大正12年）の断層を含むとみられる相模構造線を確認した。

<地殻活構造の調査>

活断層の広域にわたる調査が行われ、その分布、型、規模、活動度など活断層に関するデータが更新された。また、いくつかの陸上の活断層について、トレンチ調査、ボーリング調査、物理探査などによって活動周期、最新活動時期などが明らかにされた。これらの調査は別府湾、三浦半島沿海域など浅海域の活断層についても始められた。考古学的手法が新たに導入され、遺跡における液状化跡の研究などから過去の地震活動に関する新しい知見が得られた。

<史料地震学的調査>

首都圏、東海地方などの被害地震及び全国に散在する日記史料に記されている有感地震に重点を置いて、史料の集積を行った。これにより元禄地震のメカニズム、過去に繰り返し発生した小田原の地震の被害分布などが詳細に判明した。また、これらの史料をデータベース化し、検索・利用を容易にした。

(4)今後の展望

地震観測網の充実と高精度観測システムの導入により、一部の地域において地震活動と地殻及び上部マントルの速度構造が詳細に調査され、互いに密接な関連を持つことが明らかになった。このような詳細な速度構造の解明は、地殻活構造に関する情報とともに、大地震の規模、発生場所などを推定するために、重要な手掛りになることが分かってきた。今後も、さらに沿海域を含めた広範囲について、観測精度の向上を図りつつ、地震活動、速度構造、地殻活構造の間の相互関連性を究明すべきであろう。

第6次計画では、従来の計画を引き継いで実施したもののほか、分野によっては新しい観測技術の開発とその導入によって、データの質が格段に向上した。長期間にわたる高精度観測を継続することは地震予知研究にとって重要なことであるが、宇宙技術を利用した測地測量システム、インテリジェント化された微小地震地震観測システム、高精度化された絶対重力計の展開など、新しい計測機器の導入や観測手法の開発は、従来のデータの精度の向上にとどまらず、新しい知見をつけ加えることができる。今後も、観測機器の改良、新技術の開発に積極的に取り組むべきであろう。

<測地測量>

VLBI、SLR、GPS など宇宙技術を利用した観測が実験的段階から実用的段階に移行し、観測精度は向上し、測定の効率化が進んで広域での連続的な地殻変動の検出に威力を発揮するよ

うになった。これらの観測値と従来の測地測量のデータを結合し、グローバルなプレート運動から局地的な地殻変動までを詳細かつ統一的にみるためには、今後、宇宙技術を導入した新しい全国的観測網を構築するとともに、従来の地上での測地測量、例えば、数 km から 20km 程度の距離を対象とする光波測距などについてもその精度の一層の向上を図りつつ、観測・測量を進めていくべきであろう。

<地震観測>

南西諸島域を除き、全国及びその沿岸海域に発生するマグニチュード 3 を超える地震については、ほぼ漏れなく震源決定することができるようになったが、南西諸島や沿岸から離れた海域における震源決定精度のなお一層の向上を図る必要がある。

微小地震観測装置のインテリジェント化など観測システムの改良により、震源過程研究や地殻構造解明のための高精度資料が得られるようになったが、今後は、短期的予知研究も含めて、観測精度の向上を図りながら、大地震に先行する地震の活動様式の変化についての観測・研究を積み重ねていく必要がある。

また、都市化などによる人工的なノイズにより観測精度が悪化しており、従来の高精度観測を維持するためには、機器の更新、開発など諸対策を講ずる必要がある。

<検潮>

検潮データの精度向上のため気象、海象の影響を除去するための新手法の開発が必要である。

<地磁気観測>

一般的に、異常源からの距離減衰が大きいので、シグナルが小さく記録の SN 比が悪い場合が多い。観測点の増設とともに、ノイズを除去して地殻内に原因を持つ変動を有効に取り出すための観測、解析手法の開発が必要である。

<陸上総合観測>

長期的予知に有効な観測研究に寄与するためには、定常的な地震や地殻変動の観測に加え、機動的な移動観測を活用することが重要である。この機動的観測は地震にとどまらず、多くの観測項目について総合的な精密観測が必要である。1989 年伊豆半島東方沖の地震・噴火活動において得られた多くの学術的成果は、総合移動観測班によってもたらされたものである。今後、観測の高精度化、処理の迅速化を図る必要がある。

<海底諸観測>

既に実用化された海底地震計や新たに開発された探査法によって、海域における地震活動や地下構造が組織的に調査された。更に広範囲の密度の高い海底諸観測と研究の充実が必要であろう。

<地殻活構造の調査>

第5次計画に引続き活断層の広域にわたる調査が行われ、新たなデータが整理・公表された。沿海域においても活断層の調査が始められた。しかし、活断層が必ずしも現在の地震活動と対応しない場合があり、長野県西部地震のように活断層が地表に認められない場所に中規模地震が起きた例もあった。したがって、地球物理学的・構造岩石学的手法など他の手法との総合化を図りつつ、活断層のトレンチ・ボーリング調査を継続して資料を蓄積し、地震と活断層の関連についての理解を深める必要がある。

さらに、トラフ沿いの深海底活断層についても、その分布や変位時期などの情報を得るため、探査装置を開発・改良し、調査手法を確立することが重要である。

<史料地震学的調査>

考古遺跡における液状化跡の研究などから過去の地震活動に関する新しい知見が得られている。このような新手法も古地震についての情報の精度向上に役立つものであろう。

2. 短期的予知に有効な観測研究の充実

(1)第5次計画以前の概要

地殻変動連続観測は、地震観測とともに第1次計画から短期的予知の根幹となる観測として位置づけられ、観測点の新設、増設、観測手法の開発などによって、観測研究の基礎が築かれてきた。第3次計画以降、東海・南関東地域の31地点に配備された埋込式体積歪計は、1978年伊豆大島近海地震(M7.0)の前兆的变化や1986年伊豆大島噴火に伴う広範囲の地殻変動を観測するなど、短期的前兆の検知に有効性を示した。第4次計画以来、地殻活動総合観測線計画による研究観測が継続され、地殻変動データ総合処理装置、地震活動等総合監視システムなどの導入により、オンライン収録・解析が図られるようになり、データの質も年々向上して、移動性地殻変動などの新しい知見が得られている。第5次計画では孔井式3成分歪計、IBOS(孔井式複合観測装置)などの新型観測装置の開発も行われた。これまでの観測により、昭和58年の日本海中部地震(M7.7)や山梨県東部地震(M6.0)などの前兆的変動が検知された。

潮位差連続観測では、順次テレメータ化が進行し、伊豆半島の異常地殻隆起の監視など、水準測量を補間する連続データが得られるようになった。

重力変化の測定では、時間変化から異常地殻変動を検知する努力が続けられ、精密重力測定も繰り返し測定などによって観測研究の成果をあげてきた。

地震観測は、稠密な観測網の展開、テレメータ化、データ流通、観測装置の改良、地震波自動処理装置の導入などにより、地震活動の変化を準リアルタイムで捕捉できる体制が形成されてきた。臨時観測や移動観測などにより、各地に発生した群発地震の消長、日本海中部地震、長野県西部地震などの余震活動の変化、伊豆東方沖の一連の地震活動の予測などに関し、詳細な理解が得られた。

地球電磁気観測では、観測強化地域などを中心に全磁力の精密繰り返し測定や連続測定が行われるとともに、地震発生域と電気抵抗分布の関係の解明する努力が払われた。地電流、電磁放射についても研究が行われた。

地球化学・地下水観測は、第3次計画の後半から予知計画により実施されている。当初は長期観測を実施する地点の選定と連続観測のための機器の開発に重点が置かれた。主な成果としては、1978年伊豆大島近海地震(M7.0)に対してラドン濃度の前兆的異常が観測されたことである。そのほかマグニチュード6程度の地震に対して水質、ガス、水温、湧出量などの前兆的、あるいはコサイスマミックな変化が観測された。

首都圏における観測は、第3次計画より深層観測井3点の地震・傾斜観測が始められた。地殻変動観測は、首都圏精密変歪測量、精密基盤傾動測量などが開始された。また、地球化学や地球電磁気の観測、更に陸上での活断層の調査や海底地殻構造・地形調査も進められ、東京湾北部の隠れた断層の発見や首都圏の基盤構造の理解など、地震予知の基礎となる貴重な知見が得られた。

(2)第 6 次計画の実施状況

<地殻変動連続観測>

地殻変動連続観測は、地震観測とともに地震直前の地殻の異常活動をリアルタイムでモニターできる短期的予知の根幹となる観測である。

第 3 次計画から東海・南関東地域において、埋込式体積歪計などによる地殻歪・傾斜の連続観測が継続されている。設置以来十数年が経過し、老朽化した装置に対する改良・更新も進みつつある。孔井式による観測としては、伊東市川奈に地震・傾斜観測点が整備された。また、丹沢山中には IBOS が設置され、テレメータ観測が実施されている。さらに、新型 IBOS が平塚、小田原両市に設置された。このほか、総合処理解析装置、簡易データ収集システムなどが導入され、傾斜計及び伸縮計による常時観測が行われている。

観測線による地殻活動総合観測としては、既設観測点での定常観測が継続されている。新技術の開発も積極的に行われ、高精度で取り扱いの簡便な 3 成分歪計や新しい形式の水管傾斜計が実用化された。また、多種、大量の地殻変動データを処理するソフトの開発も進行している。観測強化地域及び全国各地の検潮所において地域間の相対的な上下変動を監視するため、潮位差連続観測が継続されている。

<重力変化の測定>

精密重力測定は水準測量と比べて、短期間に広域の調査を実施できることに特長がある。また、重力の時間変化の観測からマグマや水の移動などに伴う地下の状態変化を推測することも期待できる。東海地域においては、年 1 回の精密重力測定が継続されている。相模湾周辺地域には精密重力網が設置されている。伊豆大島においては、一・二等重力測量、御前崎においては重力変化の連続観測が実施されている。

<地震観測>

前震活動、地震活動の空白化現象・ドーナツ化現象などは代表的な前兆現象と考えられ、地震観測は、地殻変動連続観測とともに短期的予知の根幹となっている。また、地震波形の周波数成分やコーダ波振幅の時間変化などについても研究が進められている。

気象庁は、観測強化地域の地震活動の常時監視を続けるとともに、小地震観測装置については都市ノイズを避ける方法で改良・更新などを実施している。大学を主体とする観測は、南関東・東海地域などのほか全国の地震活動の活発な地域を中心に行われている。防災科学技術研究所は、関東・東海地方において重点的に観測を実施している。気象庁は大学との共同研究により、房総沖海域における自己浮上式海底地震計による観測を実施した。

<地球電磁気観測>

全国各地で全磁力の繰り返し測定や連続観測が実施されている。また、各地で地電位、地磁気 3 成分変化の観測、地殻電気抵抗変化の調査が行われている。通常の地電位連続観測のほか、通信施設や公衆電話回線を利用した高精度の長基線地電位連続観測、深井戸を利用した地中の垂直電界変動の連続観測が実施されている。

<地球化学・地下水観測>

地殻中に存在する流体の変化や移動は地震発生に大きな役割を果たすと考えられ、観測強化地域をはじめ全国各地で地球化学・地下水の定常観測が実施されている。観測の主体は地下水中のラドン濃度変化の連続観測で、水位、水温、電気伝導度、水質、溶存ガスなどの測定も行われている。

<首都圏における地震予知のための観測研究>

近年、首都圏直下の地震の予知に対する社会的要請はますます大きくなり、観測網を整備することが急務となっている。異常変化を効果的に検出するためには、多角的な観測が必要であり、関係各機関により地震、地殻変動、GPS、地磁気、地球化学などの観測や地下構造の調査が実施されている。首都圏のように厚い堆積層が存在し、種々の人工的ノイズが極めて高い地域の観測には、観測点の確保など多くの問題がある。

防災科学技術研究所は、3 地点の深層観測井での地震・傾斜観測を継続し、さらに、東京湾北部における深度 3,000m の観測井の建設と、相模湾における光ケーブル式海底地震観測システムの開発に着手した。国土地理院は、首都圏の放射基線・菱形基線について、20 地区の観測を実施したほか、さらに 8 地区での観測を予定している。通信総合研究所は、小型可搬型 VLBI 局を利用して小金井―鹿島間（基線長約 110km）で実験観測を行った。海上保安庁水路部は、相模湾西部において海底変動地形調査を実施している。また、三次元マルチチャンネル反射法音波探査により、東京湾北部断層周辺の精密な海底地殻構造の調査を実施している。工業技術院地質調査所では、首都圏平野部の潜在活断層を明らかにするための調査を行っている。大学は、首都圏直下の震源決定精度を向上させるため、八王子に地震観測点を新設するなど、周辺地域での観測を行っている。気象庁では、人工雑音の多い地域でも有効なボアホール型磁力計を開発している。

(3)第 6 次計画の成果

ここ十数年間にわたり異常な地殻隆起や著しい群発地震活動が続いた伊豆半島では、平成元年、伊東市近くの海底に火山噴火を生じるという新たな段階を迎えた。この緊迫した異常地殻活動に対して、別項にくわしく述べるように、地震活動、地殻変動など短期的異常を準リアルタイムで掌握できたことは、地震予知計画の大きな成果である。また、第 6 次計画によって観測強化地域をはじめ全国各地で多種類の膨大なデータが蓄積されている。地震活動が比較的静

穏であったこの期間に得られたデータは、異常の有無を判別する上で今後極めて有用となる。

<地殻変動連続観測>

平成元年5月に始まった伊豆半島東方沖の群発地震から7月の海底噴火に至る一連の活動に対して、顕著な地殻変動が検出された。緊急に行われた水準測量から、伊東市付近で8cmにおよぶ隆起が観測された。このほか傾斜計をはじめGPS、光波測距などによっても異常変動が観測された。これらのデータからこの時期の地殻活動を説明するモデルが提唱されている。

埋込式体積歪計及び傾斜計による観測では、老朽化した一部観測装置の改良・更新が行われ、歪・傾斜観測の精度の向上とデータの安定供給が図られている。また、降雨などに対する応答特性を解明するための環境要素データの取得も進み、異常検知の精度向上が図られている。IBOSの開発・導入により、新しい観測の成果が期待されている。

潮位差連続測定ではリアルタイムでの監視が容易になっている。

第4次計画で開始した地殻活動総合観測線は、約10年を経過した。この間の地殻変動データに基づいて、気圧、降雨、潮汐、その他の原因による観測点固有の変化に対する補正法の開発が進み、異常地殻変動の検知能力が向上した。地殻変動の分野では、いくつかの有効な機器が開発されて効果をあげていることは特記されねばならない。

<重力変化の測定>

精密重力測量は、観測強化地域のほか各地で実施されている。東海地方や伊豆半島での観測は、水準測量の結果とよい一致が得られている。

<地震観測>

臨時観測も含めて観測網とデータ処理システムの一層の整備が進み、異常活動を迅速に精度良く捕捉できるようになり、短期予知に必要な技術は一層向上した。

平成元年に地殻活動が活発となった伊豆半島東方沖においては、高密度なテレメータ地震観測が短期間に展開され、震源を500m以内の精度で決定することができた。これにより、地下の状態変化や地殻活動などに対して、より詳細な議論ができるようになった。臨時観測においても、波形データ現地解析装置の開発により、観測精度が向上した。

<地球電磁気観測>

東海地域の観測から、数年毎にみられる全磁力変化は極めて局地的な地殻応力の変化の反映である可能性が明らかになった。富士川断層では、見かけ比抵抗に顕著な年周変化があること、神奈川県油壺の岩石比抵抗は伊東沖海底火山噴火直前の地震などに伴って変化したことがわかった。地電位、電磁放射観測では、異常現象を検出する精度の向上が図られ、群発地震などに対して前兆現象とも考えられる事例が報告されている。

<地球化学・地下水観測>

ラドン観測については、かなりのデータ、知見が蓄積されている。年周変化の規則性、地域的特性、地震発生に対して応答感度のよい観測点があることなどがわかってきた。新しい解析プログラムの導入により、ノイズの除去を効果的に行うことが可能となり、異常変化を比較的容易に検知できるようになった。平成4年2月2日の東京湾口の地震（M5.9、深さ93km）に対しても、1日前にほぼ震源直上に位置する鎌倉、さらに伊東で、前兆の可能性のある異常水位変化が観測された。また、いくつかのマグニチュード6程度の地震に対して、ラドンや地下水位、水温、水質、溶存ガスなどに前兆的变化やコサイスマックな変化が観測されている。

<首都圏における地震予知のための観測研究>

地震観測では、孔井式による観測を実施すれば、人工的ノイズの高い大都市近郊においても、地震予知に有効な観測データが得られることがわかった。これにより、首都圏地域の地震検知能力が飛躍的に向上し、震源分布や発震機構に基づく3次元プレートモデルの提唱など地震テクトニクスが明らかになりはじめた。

平成4年2月2日早朝、東京湾口の地震（M5.9）により東京は6年ぶりに震度Vを経験した。地震発生後直ちに決定された正確な震源と発震機構から、この地震は首都圏直下で発生する5つのタイプ（第3図）のうち第5の太平洋プレート内部の破壊による地震であることがわかった。発生した地震の地震テクトニクスにおけるこのような位置づけは、その後の活動を予測するためにも、また周辺の地震活動との関連を理解するためにも、重要な役割を果たすことが期待される。

地殻変動観測でも、首都圏、特に東京区部の異常地殻上下・水平変動の検知能力は着実に向上している。また、VLBIやGPSによる移動観測も効果的であることがわかってきた。

首都圏の地下構造や潜在活断層、三浦半島の隆起に関する地質学的な調査も進められ、データが得られつつある。

(4)今後の展望

第6次計画では、GPSなど新しい技術が導入され、広域地殻変動の常時監視が可能な段階に入った。内陸地震の諸研究を中心として、地殻構造に対して多角的な解明が進められている。伊豆半島東方沖の地殻活動の際には、これらの観測成果が一堂に集約され、大きな学術的成果をあげることができた。長期間にわたり高精度の観測を続けることが地震予知にとっていかに重要であるかが改めて認識された。

★★図★★

第3図 首都圏直下での発生する5つの型の地震の模式図

- ① 地表近くの活断層による地震
- ② フィリピン海プレート上面に沿うプレート境界型地震（低角逆断層型）
- ③ フィリピン海プレートの中の内部破壊による地震
- ④ 太平洋プレート上面に沿うプレート境界型地震（低角逆断層型）
- ⑤ 太平洋プレートの中の内部破壊による地震

注) この図は、断層の位置と大きさを模式的に示したものである。それらを確定あるいは予測すること自体が重要な研究課題である。

短期的予知の実現には、多項目の観測を高密度に実施し、リアルタイムで収録したデータを解析し、異常の有無を瞬時に判別することが大切である。異常の検知には、収録された多項目の観測データを容易に比較できるシステムが不可欠である。また、一般に、前兆的異常は極めて小さいため、SN比を一層向上させる努力が必要である。

<地殻変動連続観測>

これまでの観測から、埋込式体積歪計や傾斜計、IBOS等の孔井式観測の信頼性、有効性は実証されている。今後、高密度多点観測のため、更に高精度で取り扱いの簡便な機器を開発することが必要であろう。解析ソフトの改良とともに最大のノイズ源である降雨、気圧等気象関連の観測を充実することも課題である。

<重力変化の測定>

重力の時間変化の観測手法はほぼ確立し、水準測量の結果ともよい一致が得られるようになった。これからも地域を選んで測定することが必要であろう。

<地震観測>

地震の前兆現象として期待されている地震活動の空白化やドーナツ化現象などについては、その発生のメカニズムの解明が必要であろう。過去の事例をみると、適当な範囲のマグニチュードの地震だけを統計の対象としたときに、空白化又はドーナツ化現象が明瞭に認められる、という場合が少なくない。これは単に短期的予知に役立つという面だけではなく、より本質的な問題を含んでおり、不均質構造との関連で解明されるべき課題である。また、地震波形の周波数成分やコーダ波振幅なども有望と考えられるので、観測の広帯域化、広ダイナミック化を図ることが必要であろう。

海溝に沿った海域は、大地震を含め、我が国で最も地震の多発する領域で、短期的地震予知研究の実践を積むには最適の場であり、今後観測の充実が望まれる。

<地球電磁気観測>

地球電磁気観測は、地殻内の温度変化や水の移動などのよい指標である。全磁力の局地的変化については、空間的広がりを特定することが必要で、連続観測を高密度に行うことが望ましい。

地電位や電磁放射の観測に関しては、発生源の同定や伝播経路の推定のため、異常の発現機構を解明することが課題である。

<地球化学・地下水観測>

地球化学・地下水観測では、信頼性が高く、安定したデータが収録されるようになっている。課題であった異常変化の検知能力は確実に向上しているが、更に良質なデータを得るため、新型機器の開発などを進めることが必要であろう。これまで観測された地震前の地下水変動につ

いては、メカニズムの解明が重要な課題となる。

<首都圏における地震予知のための観測研究>

首都圏については、手法の開発、観測点の増設、ノイズの低減化、観測場所の確保などが大きな課題である。深層観測、VLBI、SLR、GPS、光波測距など、人口密集地であっても効果的な観測を充実することが首都圏の地震発生の機構解明と危険度の予測にとって不可欠である。東京湾北部に、新たに 3,000m 級深層地殻活動観測井及び相模湾におけるケーブル式海底地震観測システムが設置されることの意義は大きい。

3. 地震予知の基礎研究の推進と新技術の開発

(1)第5次計画以前の概要

<岩石破壊実験>

地震とその前兆現象の発生機構解明を目指して、岩石試料を用い実験条件を制御しつつ、地震という破壊現象をシミュレートする室内実験が行われた。岩石の変形・破壊実験により、ダイラタンシー現象に伴う特徴的な速度変化の存在が実証され、最終破壊の前兆現象として微小破壊やラドン放出量の急激な増大も見いだされた。人工断層をもつ岩石試料の実験では、すべりの発生から高速伝播への発達過程が観察され、断層面の粗さがスケーリング則における尺度パラメータである可能性が示された。しかし、前兆現象の発生メカニズム解明の鍵を握るすべり破壊核の実態を明らかにするほどの測定分解能はなかった。

<地殻応力の測定>

昭和50年の「第3次地震予知計画の一部見直し」により初めて地殻応力の測定が取り上げられ、測定法の改良、新手法の開発、測定データの蓄積が進められてきた。その結果、水圧破壊法や応力解放法が地殻応力測定の目的にかなうように改良されるとともに、AE法や変形率変化法が新たに考案された。これらの各種手法による測定結果の相互比較によりそれぞれの手法の有効性が確認され、新手法の実用化の目途もついた。結果の信頼性については、測定された応力の主軸方向が地震のメカニズムや水平歪の結果と矛盾しないことが確かめられた。また、関東・東海地方と近畿・中国地方を中心に、応力の地域分布に関する実験データの収集と解析が進められてきた。

<地殻構造・物性の調査・研究>

地殻構造調査は第4次計画から組み込まれた。北海道から中部日本、紀伊半島までを対象地域として人工地震による地殻構造調査が実施され、精度のよい地殻構造の情報が基礎資料として蓄積されてきた。北海道から沖縄に至る海溝付近の海域においても、火薬やエアガンなどの人工震源と海底地震計を用いて構造調査が実施され、海底地殻の不均質構造が見いだされてきた。さらに、微小地震観測データの解析から、東北地方や関東地方等における深部速度構造の解明が進められてきた。また、全国各地において地球電磁気集中観測が実施され、低比抵抗帯が活断層や地殻下部に存在することが実証された。しかし、十分な分解能をもつ地殻深部・上部マントル構造に関する情報、あるいは、地震活動との対応づけは第6次計画以降の観測研究に残されていた。

<内陸地震に関する基礎的研究>

昭和59年9月の長野県西部地震(M6.8)は地震予知計画開始以来最大の内陸浅発地震であ

った。第 5 次計画中の昭和 61 年には、その震源域で大規模な合同総合調査が実施され、測地測量、重力異常、3 次元速度構造、精密な余震分布などの情報から地表に現れていない潜在断層を確認するなどめざましい成果をあげた。これは、高精度地震観測の稠密化と各種手法の総合化の効果を示すとともに、今後の内陸地震研究の在り方をも示唆したものであり、内陸地震に関する基礎研究が第 6 次計画で初めて取り上げられる契機となった。

<新技術の開発研究>

宇宙技術の利用が試みられたのは第 5 次計画の終了まぎわであった。すなわち、VLBI については、通信総合研究所の鹿島局と国土地理院の可搬局を利用して、昭和 61 年度に鹿島－宮崎間、62 年度に鹿島－父島間で実験観測が実施された。また、SLR については、昭和 62 年度に下里－父島間で観測が行われた。一方、GPS については、昭和 62 年度末に受信機が各機関に導入され、翌年度から試験観測が開始された。また、多波長レーザー測距儀などの開発も引き続き行われた。海底諸観測関係では、海底磁力計が開発されて東海沖等で海底磁気観測が試みられた。絶対重力計の開発については、その第 1 号機を完成したが、可搬性に問題があった。また、3 成分歪計、傾斜計及び地震計を一体化した IBOS が開発されつつあった。

(2)第 6 次計画の実施状況

地震という破壊現象の発生様式及び地震前兆現象の出現形態は複雑多岐である。前兆現象を的確に把握し正しく理解するために、応力の集中から地震の発生に至る諸現象の実験的研究及び応力集中の分布と地殻構造の関連性を明らかにする基礎的な研究が実施された。特に、内陸地震予知の研究には多項目・高密度の総合観測が必要である。その効率的な推進を図るため、重点的に観測研究を行うべき地域を絞るための調査・研究が西南日本活断層地域と東北日本広域応力場で実施された。また、複雑なプレート運動を反映する地震活動を解明するための総合的な観測研究が相模湾周辺域で実施された。さらに、地震予知観測研究の質を一層向上させるため、宇宙技術を利用した観測技術の開発など、新しい観測・解析手法の開発・改良が積極的に行われた。

<岩石破壊実験>

岩石の変形・破壊実験では、最終破壊に至るまでの応力緩和・集中過程、封圧依存性、前兆現象としての水素・ラドン放出、破壊に伴う電磁放射など、多彩な研究が行われた。人工断層面をもつ岩石のすべり実験では、低速伝播すべりの発生条件、すべり破壊核生成・成長過程等の研究が進められた。また、理論的研究により、地震時の複雑な断層運動の解明が進んだ。さらに、これらの実験的・理論的研究成果に基づき、大地震の震源過程を説明すべく、震源核の形成過程をモデル化する試みが行われた。

<地殻応力の測定>

応力解放法と水圧破砕法については、特に 3次元応力測定のための開発・改良が進められた。長野県西部地震の震源域において、局所応力場の実測を目的にして変形率変化法による応力測定実験が行われた。また、極浅発地震活動の活発な群馬県足尾地域で 2,000m の測定孔を掘削し、間隙水圧、岩盤比抵抗、地震波速度等の測定とともに地殻応力の測定実験が開始された。一方、高精度応力変化計の開発も進み、実地における試験観測が開始された。

<地殻構造・物性の調査・研究>

岐阜県一兵庫県、岩手県一宮城県、群馬県一石川県の各地域で、観測点数が 140~180 におよぶ大規模人工地震実験が実施された。伊豆半島北東部等ではバイプロサイスによる反射法探査や VSP（ボーリング孔を利用した鉛直地震探査法）による調査が試みられた。また、相模トラフ北端部、小田原沖等の海域ではマルチチャンネル反射法による構造探査が実施された。琉球海溝、伊豆小笠原弧等では火薬又はエアガンと海底地震計による地殻・上部マントル構造探査実験が実施された。地震予知計画で蓄積された微小地震観測データに基づき、日本列島のほぼ全域において上部マントルに至る 3次元速度構造の解明が進められた。第 6次計画までに全国の約 2/5 の地域で航空磁気測量が実施される一方、富士山麓、紀伊半島中央構造線、琵琶湖北西部等の地域で地球電磁気集中観測が行われた。また、中部・近畿・紀伊半島で稠密な重力調査が実施される一方、房総及び小田原地方でも二等重力測量が実施されるなど、各種の構造調査に進展をみた。

<内陸地震に関する基礎的研究>

西南日本活断層地域である琵琶湖周辺及び三重県北東部においては、自然地震の高密度観測を中心にして、人工地震、重力、ガス、地球電磁気等による活断層、潜在断層の総合調査が実施された。東北日本広域応力場では、過去に被害地震が発生しかつ群発地震活動もみられる地域においてその構造的特徴を探るため、人工地震・自然地震・重力等による集中観測実験が行われた。相模湾周辺域では、IBOS3 点の新設により観測網が強化されるとともに、光ケーブル方式海底地震観測用の関連設備の整備が進められている。また、同地域周辺における GPS 観測や変動地形精密測量及び国府津一松田断層等の総合調査なども実施に移されている。そのほか中部日本活構造地域においても、東北日本北米プレート説検証を目的の一つにして、地殻変動測量、地質調査等が実施された。

<新技術の開発研究>

GPS については、全国各地の固定観測点において定常的な繰り返し観測が開始されるとともに、伊豆半島東方沖の群発地震活動及び海底噴火に関連して臨時観測も実施された。国土地理院は VLBI の繰り返し観測を実施するとともに GPS 衛星軌道追跡システムの運用を開始した。通信総合研究所は K-4 型 VLBI システムの開発を行っている。また、国立天文台は野辺山に

測地 VLBI システムを完成した。一方、第 5 次計画で完成した 1 号機に続いて、国立天文台型絶対重力計 2 号機が完成し、続いて自動型の 3 号機の開発が始められた。国土地理院は佐久間式絶対重力計の改良を行った。

そのほか軸方向歪計を付加した新型 IBOS や小型で経済性の高い孔井式 3 成分歪計などが開発され、海底地殻変動計測のための計器開発も継続されている。

(3)第 6 次計画の成果

日本のほぼ全域を対象にして、上部マントルの深さまでの大規模な 3 次元速度構造が求められ、火山活動などとの関連が明らかにされた。一方、内陸地震予知研究の重点地域等においては、微細な 3 次元不均質構造に関する観測研究が精力的に実施され、溶融体を示唆する S 波反射面が地殻中・深部に存在するという事実が数多く見いだされた。この反射面の深さは通常の地殻内地震の発生下限に対応し、特異な低周波地震はそれより下部で発生しているなど、地震発生域に特徴的な地殻構造の理解が大いに進んだ。さらに、長野県西部地震の震源域では地殻応力の測定実験が実施され、本震時の不均一な断層運動に調和する不均一な応力分布が見いだされた。このように不均質な地殻では、非地震性すべりが発生し易く、これが前兆現象の発生を伴いつつ地震の震源核を形成する可能性が、岩石の破壊実験により示された。一方、VLBI、SLR、GPS などの宇宙技術による観測については、地震予知の目的にかなう精度の目途がつくとともに、フィリピン海プレートの移動が初めて実測された。

<岩石破壊実験>

岩石の変形・破壊実験では、局所応力場の時間変化が解明され、試料表面で測定される歪の移動から最終破壊の位置が予測可能であることがわかった。また、前兆的微小破壊の発生数と水素・ラドンの放出量の間には正の相関があることも実証された。一方、人工断層面をもつ岩石のすべり実験では、断層面の強度の低い領域ですべり破壊核が生成してその周辺に応力集中をもたらし、これが隣接する強度の高い領域を破壊して不安定すべりに成長する過程が実測された。さらに、同一断層面上に脆性的領域と塑性的領域が混在する場合には、低速伝播の不安定すべりが発生し易いことも指摘された。これらの実験事実は、場の不均質性と強度の歪速度依存性が地震の震源核形成過程に極めて重要な役割を果たすことを示している。震源過程等の理論的研究により、不均一な地震断層運動は地震の場の不均質性を反映しており、場の不均質性には特徴的長さ（地域によって異なるが、1~10km 程度）が存在することが指摘された。他方、地震という破壊現象の自己相似性についても研究が行われ、地震現象の理解が進んだ。

<地殻応力の測定>

応力解放法と水圧破碎法については、3 次元地殻応力の測定が可能になった。各地において測定実験が実施され、応力値データの蓄積が進んでいる。その結果、測定されたせん断応力値

は地震活動度とよく対応することが判明した。また、長野県西部地震の震源域で測定された局所的な応力値と、本震時のすべり量、余震の活動度、熱流量などの分布との密接な関係が見いだされた。一方、地殻応力の時間変化も試験的に測定され、独立に測定されている歪変化と比較された。両者は定性的には一致しているが、定量的には応力から計算される歪は1桁程度小さい。これは応力と歪を独立に測定することの重要性を示している。

<地殻構造・物性の調査・研究>

人工地震で得られた波形データを反射法的新手法で解析することにより、紀伊半島の下、深さ30~50kmにフィリピン海プレートが存在することを確認した。続いて、西南日本や東北日本においても、上部マントルの深さまでの速度・減衰構造の解明に成功した。微小地震データの解析では、ほぼ日本全域の3次元速度構造と東北や関東地方などの3次元減衰構造が求められ、活火山の分布との密接な関係が明瞭になった(第4図)。これらの成果はマグマの発生と挙動に関して重要な情報を与えている。また、広いダイナミックレンジの微小地震観測により、各種反射波・変換波が検出され、3次元の不均質微細構造の解明が進んだ。一方、海域の構造探査では、琉球海溝のプレート沈み込み地域で、深海海盆から海溝、大陸斜面、島弧、縁海にいたる構造が30kmの深さまで求められた。さらに、伊豆小笠原弧の地殻が花崗岩質層を有する陸的構造であることが初めて明らかにされた。地球電磁気集中観測により、四国地方の中央構造線以南では、深さ5~20kmの間に低比抵抗層が存在することがわかった。さらに、電気伝導度構造の探査には、既設通信施設を利用した地電位観測が有効であることも示された。また、日本の全磁力分布図と地磁気異常図の作成が行われた。

<内陸地震に関する基礎的研究>

西南日本活断層地域で行われた総合実験により、20~25kmの深さに地震波反射面が存在し、これが微小地震の発生下限に対応することが判明した。さらに、高周波地震が発生すること、 b 値が小さいことなどから、琵琶湖西岸に応力集中域が存在することも見いだされた。東北日本の顕著な群発地震活動域である福島県南西部から栃木県北部にかけた地域等でも、地殻中・深部に熔融体を示唆するS波反射面が、更にその下部には低周波地震の発生域が存在することがわかった。同様に、相模湾周辺域の伊豆半島東方沖群発地震活動域でも深さ16kmに熔融体による反射面が検出され、内陸の地震活動と地殻下部の熔融体との密接な関係がクローズアップされた。相模湾周辺域のGPS観測では、短期間のデータからではあるが、北北西方向の縮みが既に検出されている。

★★図★★

第4図 東北地方の地殻・上部マントルにおける速度分布と震源分布

P波速度は標準値からのずれを%で表示してある。白・黒丸は1987年～1990年に発生した地震の震源を表す。特に黒丸は低周波地震と呼ばれる特殊な地震で、内陸火山地域の下のモホ面付近に限られて発生している。

<新技術の開発研究>

GPSは100km程度の基線長で 10^{-7} の精度を達成し、実験段階から実用段階へ移った。東海・関東地域の16点で実施されているGPS固定観測においては、人工衛星軌道誤差の地域補正法が導入され、伊豆半島南部や駿河湾西岸南端部の定常的水平変動の検出に成功した。VLBIについては、基線長の再現性が当初の3cmから数mmに向上しつつあり、フィリピン海プレートの移動を初めて検証するなど、その進歩にはめざましいものがある。さらに、VLBIに準拠した追跡システムの運用開始は、GPS衛星の精密な軌道情報取得を可能にした。これは今後のGPS測定の精度向上に重要な役割を果たすことが期待される。新たに開発された絶対重力計2号機や改良された佐久間式絶対重力計の測定誤差は 10^{-9} のオーダーで、精密重力絶対測定の目的に十分耐え得るものである。

(4)今後の展望

大規模な3次元不均質構造の研究とともに、より局所的な不均質微細構造の解明も進み、地震テクトニクスへの理解へのデータ蓄積も着実に進展した。現在の地殻の構造は過去の運動の結果であり、現在もまた、程度の差はあっても、時々刻々その形を変えつつある。地殻・上部マントル構造を地震学的時間尺度でみて動的に捉え、その活動ポテンシャルを正しく評価することが地震テクトニクスの解明につながる。微細な不均質構造と地震・火山活動との関係、測定された地殻応力値と地震活動度との対応、不均質な場における前兆的な非地震性すべりの発生と震源核の形成、といった異なる項目の研究結果が動的構造の解明へ向けて集中しつつある。地震・火山活動や地殻変動の情報に不均質構造、熱的構造、局所応力場の情報を総合することにより、内陸地震発生の潜在能力評価の可能性が見えてきた。静的構造の知識から動的構造の理解へと進展しつつある。

<岩石破壊実験>

強度の歪速度依存性を支配する物理機構とすべり破壊を記述する構成法則確立への見通しがついた。これにより、無声地震（非地震性すべり）、超低周波地震（例えば津波地震）、通常の地震といった多様な断層運動の発生メカニズムの統一的な理解が得られるとともに、地震の震源核生成・成長過程と前兆現象との因果関係の解明につながることを期待される。しかし、環境（地震の場）の微妙な変化が震源核の形成過程に大きな影響を及ぼし、これが実際の現象を複雑にしていると考えられる。水、温度、圧力等の環境の震源核形成過程に及ぼす複合効果に関する実験的研究が次の重要課題である。さらに、スケーリング則を含む一般構成則の確立には、寸法効果に関する実証的研究も必要であり、今後の課題として残されている。震源過程等の基礎的研究で見いだされた地震の場における特徴的長さの存在の指摘は、大地震と小地震の震源過程に質的な違いがありうることや、地殻変動観測で検出すべき不均一歪場の空間的広がりを示唆するもので、今後の地震予知観測に生かされるべきであろう。

<地殻応力の測定>

測定されたせん断応力の値が地震活動度とよく調和していることから、これが地震発生の潜在能力診断に役立つことがわかった。さらに、局所的な応力場の測定は応力集中の場所又は震源核形成の場所の検出に利用し得ることも見いだされた。すなわち、活断層の評価又は内陸地震発生の潜在能力評価に大きく寄与する可能性が示された。ただし、変形率変化法などの新たに開発された手法については、より一層信頼度を高めるための基礎的実験がなお必要であろう。また、構造の活動ポテンシャルを正しく評価するには、歪の測定とともに応力の時間変化の測定が不可欠である。このためには信頼性の高い高精度応力変化計の開発が重要となってくる。

<地殻構造・物性の調査・研究>

屈折法探査を目的とした人工地震による観測波形から、反射法的な新しい解析手法で、地下数十 km の深部の情報が高分解能で抽出できたことは、画期的成果である。新しい解析手法にふさわしい新しい実験・観測システムの開発とともにバイプロサイス、マルチチャンネル等の既存手法の活用が重要である。

通常地殻内地震は上部地殻に限られること、S 波反射面が見いだされている下部地殻には特異な低周波地震が発生することなどから、下部地殻の物性と変形様式の解明の重要性はいよいよ強まった。地震学的データだけでなく、重力、地球化学、地球電磁気、熱流量等のデータを含めた総合的な構造解析と岩石物性に関する基礎的研究が今後の課題である。

地震テクトニクス理解のためには、海域を含む広域の地下深部構造の知識が不可欠である。特に首都圏のように 3 つのプレートが重なり合っている地域などでは、海域から陸域へ連続した構造を明らかにすることの意義は大きい。海底地殻・上部マントル構造調査の一層の推進が必要である。

<内陸地震に関する基礎的研究>

不均質速度構造、熱的構造、不均一歪場、局所応力場の観測データに基づいて、地震・火山活動を理解することが地震テクトニクスの解明につながり、かつ内陸地震の的確な長期予測を可能にする、という見通しが得られた。このような研究を進めるためには、効率的な高密度観測システムと大量データ処理システムの開発・運用が必要であろう。さらに、溶融体の存在を示唆する反射面が多くの地域で検出されたことは、内陸地震の発生メカニズム解明の重要な鍵の一つが、熱的構造とマグマや水などの存在状態にあることを示している。地殻深部における熱的構造の推定並びにマグマや水などの存在や移動の検出には電磁気学的手法や地球化学的手法が有効であるが、これら既存手法をより高精度化するとともに、新しい手法を開発することも今後の課題といえよう。

<新技術の開発研究>

VLBI、SLR、GPS による測定技術とそのデータ解析手法はめざましい進展を見せた。GPS については、GPS 衛星の精密な軌道情報と適切な大気補正によって、 10^{-8} のオーダーの精度も夢ではなく、その時間分解能を高めれば、短期予知にも利用できる可能性を秘めている。この GPS 観測をより一層有効にするためにも、小型で経済性の高い可搬型 VLBI の開発と大気補正技術の向上が望まれる。日本付近の広域応力場の主因は海洋プレートの沈み込み運動と大陸プレートとの相互作用であるから、海底における地震・地殻変動観測は海洋下の地震だけでなく内陸地震の予知にとっても決定的な情報を提供する可能性が高い。海底地震計の高性能化や海底地殻変動観測機器の早期開発が望まれる。

4. 地震予知体制の充実

(1)第 5 次計画以前の概要

昭和 40 年に第 1 次計画が発足して以来、関係機関で、データの収集・処理体制の充実、地震予知関係組織の整備、常時監視体制の充実、人材の養成・確保などが推進され、全国的な地震予知体制の整備が進められてきた。

データの収集・処理体制の充実については、地震観測のテレメータ化やデータ処理システムの導入などによってデータの迅速な活用が可能になってきた。また、昭和 59 年度には気象庁に地震火山部が設置され、また昭和 61 年度には「地震活動等総合監視システム」が完成するなど、地震監視業務の強化が図られた。

地震予知関係組織の整備については、第 2 次計画に基づいて昭和 44 年に国土地理院に地震予知連絡会が設置され、地震予知に関する情報の収集と総合的な判断が行われるようになった。また、昭和 52 年には地震予知連絡会に東海地域判定会が設置され、昭和 53 年に大規模地震対策特別措置法が施行されたことにあわせて、昭和 54 年上記判定会を発展的に解消し、地震防災対策強化地域判定会として気象庁に設置した。これらにより、東海地域の地震予知は実用化に向けて一歩を踏み出すことになった。

常時監視体制の充実については、東海地震の短期的な前兆を捉えて予知するために有効な関係機関の東海地域とその周辺の観測データが気象庁へテレメータで集中されて常時監視が行われるようになった。また、関東地方については、観測データのテレメータ化によって、常時監視体制の充実が図られた。

人材の養成と確保については、大学において地震予知関係の観測施設などの新設・整備、研究者の増員が図られるとともに、その他の機関においても、人員の増強などが進められてきた。

(2)第 6 次計画の実施状況及び成果

<データの収集・処理体制の充実>

地震予知連絡会での情報交換と専門的な検討及び地震防災対策強化地域判定会での判定などに必要な情報を充実し、かつ迅速にこれらの会議に提供するために、各関係機関で観測網の充実を図るとともに、データの収集・処理能力の向上、処理されたデータのデータベース化が進められている。

気象庁では昭和 61 年度から本庁において「地震活動等総合監視システム」の稼働を開始したほか、各地域で地震津波監視システムの整備が進められ、全国的に、大・中・小地震の観測とデータ処理の高度化、迅速化が図られている。また、地震前兆現象データベースを拡充するとともに、地震発生の予測に有効と考えられる事例を集めた知識ベースの作成を進めている。

防災科学技術研究所では、地殻活動（地震観測と地殻変動観測など）の東海・関東地方の 90

ヶ所の観測点からのデータをテレメータにより集中し、地震前兆解析システムによって総合的なデータ処理を実施している。また GPS 観測では 16 ヶ所の固定観測点からのデータをテレメータによって集中化した。

海上保安庁水路部では、測量船「明洋」などを代替建造したほか、海底の面的な測深が出来るシービームなどの海底調査機器を導入した。

工業技術院地質調査所では、南関東・東海の 13 の観測点で地球化学的観測を行い、データをテレメータによって筑波へ集中したほか、データ処理システムを強化した。

国土地理院では、地殻変動を監視するため、GPS、光波測距儀等による連続的な観測を実施するなど、データ収集の充実を図っている。また、GPS 観測の高精度化のため全国 4 ヶ所に GPS 衛星軌道追跡局の設置を完了し、精密暦が得られるようになった。

大学では、地震予知観測情報ネットワークシステムの拡充が図られるとともに、学術情報ネットワークの活用の検討や、各分野のデータの有機的結合による総合解析システムの開発研究が進められている。

<常時監視体制の充実>

気象庁では、「地震活動等総合監視システム」のソフトウェアの改良及び処理のパラメータの最適化を進めて、データ精度の向上及び処理の効率化を図っており、各種データを遅滞なく地震防災対策強化地域判定会に提供するための機能の向上が図られた。

国土地理院、防災科学技術研究所、地質調査所、大学は常時監視のため観測データの一部を気象庁に転送している。

<地震予知関係組織の整備>

地震予知連絡会は、年 4 回の定例会のほか、随時、特定部会及び観測強化地域部会を開いて、必要に応じて伊豆半島東方沖の地震活動に関する見解を取りまとめるなど、全国の地殻活動データを検討している。

地震防災対策強化地域判定会は、定例の判定会委員打ち合わせ会を開いて、東海地域の地殻活動のデータを検討、分析している。

気象庁では、地震予知に有効な過去の資料のデータベース化、地震の発震機構の定常的な算出等業務体制が強化されたことによって、地震防災対策強化地域判定会への支援体制が強化された。また、管区气象台等に地震津波火山監視センターが設置され、全国の地震観測体制の強化が図られた。

国土地理院では、GPS 衛星の軌道決定等に関連する組織が強化された。

<人材の養成と確保>

気象庁では地方气象台での地震専門官の新設などの増員を行った。大学においては、九州での観測体制の充実など、地震予知関係の観測施設などの新設・整備、改組、研究者の増員など

が引き続き図られた。その他の機関においても、組織の増強などが進められてきた。

<国際協力の推進>

天然資源の開発利用に関する日米会議（UJNR）の地震予知技術合同部会（第6、7回）などが開催され、関係機関から研究者が参加した。また、中国、ルーマニアなどに日本の観測機器を持ち込んでの地震予知共同研究を引き続き行っているほか、各国からの研究、研修者の受け入れなど国際協力を推進した。なお、気象庁と大学ではISC（国際地震センター）及びUSGS（米国地質調査所）など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。

(3)今後の展望

各機関の特色を生かした観測と研究を一層進めるとともに、得られた観測データの一層の有効利用を図る必要がある。特に、各種データの相互利用を図るとともに、情報処理・伝達技術の新たな進歩を取り入れて、各種データのデータベース化を図るなど、地震予知計画により各機関で得られているデータの総合的、多角的な利用を更に推進する必要がある。地震予知研究の中で、より多くの研究者が参加した基礎的な研究の重要性が認識されており、研究者へのデータの公開が一層求められていることにも配慮する必要がある。

気象庁をはじめ関係各機関の地震予知データ収集処理システムについては、観測データ処理の一層の迅速化、高品質化のための改良と更新を行う必要がある。

海底諸観測など、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あげつつあるものについては、研究者の養成に十分留意することが必要であろう。

国際的な研究協力については、地震前兆例の集積を図って地震予知研究を更に進めるほか、複雑な地震現象の地球規模の理解を進めるためにも積極的に推進するとともに、人材養成の面でも引き続き貢献を行う必要がある。

5. 伊豆半島東方沖群発地震と海底噴火

(1)伊豆半島における地殻活動の概略

関東地方は、陸のプレート、太平洋プレート、フィリピン海プレートの三重会合点付近に位置している。これらのプレートのうちフィリピン海プレートは、相模トラフと駿河トラフから日本列島の下に沈み込んでいるが、この2つのトラフの間にある伊豆半島はその北方で日本列島と衝突している。このため、伊豆半島では活発な地殻活動が継続しており、多様な地学現象が報告されている。特に最近20年間の活動は、規模の大きいいくつかの地震の続発と群発地震の継続的発生及び異常隆起とで特徴づけられる。

昭和5年頃は伊豆半島の地殻活動が活発であった。昭和5年2月13日から伊豆半島東海岸の伊東海域において活発な群発地震活動が始まり、一時減衰したのち5月に再び激しくなった活動は、同月末頃から減衰し8月末には終息した。その間、やや大きい地震(M5.8、5.4)が発生した。その後、昭和5年11月はじめから内陸部においても多数の前震とみなされる地震が発生し、11月26日に北伊豆地震(M7.0)が発生した。伊東を中心とする海岸沿いの南北約40kmの水準路線の測量は、昭和5年代に4回実施されているが、大正12~13年を基準にするといずれも隆起を示し、積算すると35cmの隆起量が観測された。群発地震活動が低下した後も隆起し、北伊豆地震が起こった後、昭和8年頃も隆起が継続したのが特徴であった。その頃、伊豆半島においては小さな活動(昭和7、9年等)はあったが、静穏な状態が継続していた。

しかし、昭和49年に伊豆半島沖地震(M6.9)が発生してから地震活動は急激に活発になり、昭和53年の伊豆大島近海地震(M7.0)以後は、川奈崎沖及び伊豆半島東方沖において、平成2年までに20回にも及ぶ群発地震が繰り返し発生した。群発地震の発生回数の時間変化を見ると、20回の発生の前半の場合には地震の起こりかたがバースト的で群発地震の末期でも回数の多いバーストが繰り返し起こったのに対し、後半の場合は群発活動の開始が急激でバースト性が顕著でなく、群発地震の減り方もスムーズであった。一方、昭和44年と昭和51年の測量により、伊豆半島内陸部では、冷川峠付近に中心をもつ隆起の進行が明らかになり、その後、隆起の中心は東海岸寄りに移動した。水準測量が毎年行われるようになった昭和55年以降でも、積算された隆起のピークは平成2年までに24cmに達し、その中心は東海岸に位置している。群発地震は隆起のピークが東海岸の富戸付近に位置しているときに発生する傾向が見られる(第5図)。なお、東海岸に験潮場が設置された昭和48年からの隆起量は50cm程度に達している。これに対して西海岸においては年に5mm程度の沈降が続いており、駿河トラフををばさんで対面している御前崎と同じ程度の変動が継続している。

また、伊豆半島と相対している伊豆大島においては、昭和61年に割れ目噴火が発生し、全島の住民が避難することになった。伊豆大島は昭和62年にも再び噴火した。

(2)1989年伊豆半島東方沖群発地震と海底噴火

平成元年には、5月21日から川奈崎付近に小規模の群発地震が起こり始めたが、その後静かになったかに見えた。しかし6月30日以降、再び微小地震が起こり始め、7月4日から急激に活発化して有感地震も発生し、7月7日にはマグニチュード5.2、7月9日には、マグニチュード5.5の地震が発生した。微小地震の震源域の一部は陸地にも及ぶとともに、昭和63年及び平成元年5月の群発地震などと比較して、震源がごく浅くなっているのが特徴であった。その後、地震数は減少したが7月10日には微動の兆候が現れ、7月11日には微動が発生し始め、広い範囲で観測されるほどになった。

★★図★★

第5図 昭和58年1月から昭和61年1月までの群発地震の震源分布と上下変動

7月5日に続いて13日には、地震予知連絡会強化地域部会が開かれ、群発地震の発生がマグマ活動によるものであることが指摘された。部会終了直後の18時頃から大振幅の連続微動が発生し始め、まもなく海底噴火に至った。地震活動は海底噴火後も減衰を続けた。火山噴火予知連絡会も7月12日に拡大幹事会を開催した。海底噴火直後にも同会を開催し、会長コメントを発表した。

東伊豆及び網代の体積歪計並びに川奈の傾斜計は、5月21日及び6月30日からの群発地震に伴った異常歪・傾斜変動を記録した。また、この付近においては伊東―初島測線の自動光波観測及びGPSによる初島―川奈間の距離変化連続観測が行われており、最大地震発生の前から異常に伸び始めた距離変化は、噴火前までに約20cmに達した。噴火時及び噴火後は特別な変動はみられなかったが、群発地震発生から海底噴火に至る連続的な距離変化を観測することができた。これらいずれの地殻変動データも有感地震が頻発し始め、地震回数も増加した7月4日頃から大きな異常変化が始まっている（第6図）。

伊豆半島における定期的な水準測量が6月に実施されたが、東海岸で1年間に4cmも隆起したところがあり、緊急に伊豆の東海岸を南北に通る水準路線における測量が実施された。その結果、伊東市付近において海底噴火前に8cmに及ぶ隆起が観測された。隆起の中心位置は異なるものの、隆起量は、昭和5年の変動と類似するものであった。また、重力観測によっても水準測量に相当する隆起の分布が得られていた。

伊豆半島の小室山を中心にした定期的観測のための光波測量の多点観測網においても、噴火後の測定により、前年の観測結果に比べて、9cmから数cmにわたる変化が観測されており、初島との距離も20cm以上伸びていることが観測された。

★図★

第6図

上：精密決定された震源の深さ分布。横軸は日付、縦軸は震源の深さである。その深さが7月4日頃から1日当たり10kmの速さで、5日からは0.3kmの速さで浅くなったことを示す。

下：手石海丘から約5km南方の伊東観測点で観測された傾斜変動と群発地震の発生回数。

宇佐美、赤沢等における温泉の温度や自噴量も地震活動に対応して異常変化を示している。伊東市においては、地下水・温泉の温度変化とともに、中伊豆でラドン濃度の異常が観測され、また、伊豆大島においては群発地震の発生に伴って噴気温度の急激な低下が観測された。

海上保安庁水路部の測量船「拓洋」が、7月13日に群発地震の震源域で海底地形などの測量を行っていた際に海底噴火が起こった。噴火前後の海底地形の調査から、高さ10m、直径450m、火口の直径200mほどの小さい火山が海底に生まれたことが発見され、手石海丘と名付けられた(第7図)。

噴火後展開された有線、無線を用いたテレメータによる高精度観測により、それまでのルーチン観測では分離できなかった震源域が3つのグループに分離できることが明らかになった。また、昭和5年の群発地震の震源を再決定した結果と比較することにより、平成元年の手石海丘付近の活動が過去の地震活動及びマグマの移動と関連していることが明らかになった。

手石海丘の近傍2kmの海底に7月7日から海底地震計が設置されており、震源近傍の地震観測データが得られた。また人工衛星を用いた地震観測データの伝送も初めて試みられた。プロトン磁力計による全磁力の永年変化観測によると、昭和59~60年頃から伊東市の新井及び吉田観測点において全磁力の減少、初島観測点において増加の傾向が観測されていた。

地震・火山活動の場を知るための地殻構造調査も、群発地震活動の起こった海岸沿いにバイブロサイス反射法により実施された。それにより、貫入岩体に対応する地震波速度の大きい構造が見いだされた。

地震活動が減衰し群発地震発生前のレベルに戻った9月の末頃には、各種観測データも落ち着いたが、この間、精力的な機動観測を実施し、数々の有意義な新知見を蓄積した。また今回の経験は、今後の観測体制について多くの示唆を与えた。

★★図★★

第7図 海底噴火前後における手石海丘の地形
上の図は東西断面、下の3つの図は南北断面である。

(3)まとめと予知の可能性

伊豆半島は地殻活動が活発であり、たびたび被害地震も発生しているため、他地域と比較して各種観測、測量が高精度に実施されてきた。例えば水準の繰り返し測量、微小地震の高密度観測、地磁気の観測、地殻変動連続観測、地下水位やラドンの観測、トレンチ掘削等が行われ、異常隆起の移動や時間的な変化、継続的に発生している群発地震活動の変化を始めとして興味あるデータが蓄積されてきた。

このように、今回の活動は昭和5年頃からの各種データの蓄積と活動前後における精力的な観測により、全体的活動推移の把握が可能になったと言える。内陸部の冷川峠の異常隆起が発生した後、地震予知計画に基づいて各種の観測が積極的に行われていた中で海底噴火が発生した。そのため活動の推移に関する解釈は、豊富な観測データに基づいて的確に行われた。また、地震予知研究と火山噴火予知研究が密接に関連している場合があることを確認させ、連携の重要性を示した。

海底噴火後に設置されたテレメータによる地震の臨時高密度観測はそれまでよりも高精度の震源決定を可能にし、ルーチン観測では一つの固まりであった震源が3個のグループからなることを明らかにした。以前からこのような観測が継続されていれば、昭和5年の群発地震との相違及びマグマ活動との関連が一層明らかになったと考えられる。海域で群発地震が繰り返し発生していたにもかかわらず、海底での観測がほとんど行われていなかったのは今後の課題であろう。

また、傾斜や歪などの連続観測による結果を見ると、適当な距離において高精度の観測が行われていれば十分に活動前後の変動が捕捉可能なことを示し、高精度の連続観測の必要性を認識させた。海底地震観測と同様に、異常隆起などが知られていたにもかかわらず、十分な連続観測点を設置できなかったことは反省点の一つである。

各種の観測結果を説明する断層モデルも構築されているが、マグマ活動も考慮に入れた物理的解釈が今後の課題となろう。

伊豆大島の噴火も含めて明らかになってきたことは、1) マグマ活動に関連した地殻活動は広範囲の観測点で観測される場合もある、2) 十分近い観測点で高精度の観測が行われていれば、異常現象の詳細な情報が得られる、3) 今回の活動に関しては、海域も含め各種の観測結果を即時的かつ総合的に検討することが可能であったならば、より正確な地殻活動予測が可能であったであろう、と要約される。

地震火山現象はその発生の回数も少ないので、今回のような貴重な体験を地震予知研究・火山噴火予知研究に最大限に生かすことが必要である。

IV. 第 6 次計画に対する総括的評価

1. 第 5 次計画以前の概要

昭和 39 年新潟地震直後の 7 月、測地学審議会は 10 年を目途とする「地震予知研究計画の実施について」を建議した。これが昭和 40 年度から 43 年度にかけて実施されたいわゆる第 1 次計画である。その目標は、予知に有効な基礎データを全国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、測地学審議会は昭和 43 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。これにより第 1 次計画は 4 年で打ち切られ、昭和 44 年度から予知の実用化を目標とした第 2 次計画に移行した。

第 2 次計画（昭和 44～48 年度）により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。昭和 48 年 6 月根室半島沖地震が予測どおりの場所で発生すると、もう一つの注目地域であった東海地方での予知の可能性が社会に強く印象づけられ、予知の実用化に向けた計画を促進する必要性が生じた。

第 3 次計画（昭和 49～53 年度）は、このような社会情勢を踏まえ、観測の一層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や地震観測の集中記録等が行われた。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や南関東の異常地殻活動の報告が契機となって、2 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はいる可能性が高いと指摘された。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を指摘し、予知の実用化を目指してその体制を一段と整備充実することにした。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、観測精度は著しく向上した。昭和 52 年 4 月に東海地域判定会が設置され、翌 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はいることになった。

昭和 53 年 1 月の伊豆大島近海地震はこのように強化された観測網内に発生し、顕著な前震が観測されたほか、いく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。また、同年 6 月の宮城県沖地震では、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。テレメータの導入による震源決定の高精度化は、基礎的研究にも大きな効果をもたらした。二重深発地震面が世界で初めて見いだされ、沈み込むプレート内の特徴的な応力分布も明らかにされた。

第 4 次計画（昭和 54～58 年度）では、地震予知観測網を駆使し、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増えてはきたものの、その出現形態は複雑多岐にわたることが次第に明らかになり、地震予知達成のためには、多点における多種目観測の実施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に基づいた計画であった。

精密測地測量による日本列島の歪分布の第 1 回調査は、第 4 次計画中にはほぼ終了した。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、前兆的地震活動の特性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、特徴的な前震活動・地殻変動が検出された。そのほか、全国を対象とした活断層分布図が作成され、いくつかの活断層ではトレンチ調査が行われた。観測強化地域では、多種目の観測を実施し、気象庁をはじめ大学を含む各機関の中核へのデータ集中化が進み、観測体制の充実強化が図られた。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も、関東地方や東北地方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地殻構造の関係、岩石破壊実験による前兆現象再現の研究など大きな進展があった。

第 5 次計画（昭和 59～63 年度）は、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 項目のそれぞれについて基本方針が立てられた。計画は、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る一方、前兆現象の的確な把握と予知の精度向上のためには、多種目・高密度の総合観測による総合的研究と幅広い基礎研究が重要である、という認識に基づいていた。

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、その震源が特定観測地域あるいはその隣接地域内にあったとはいえ、予測とはやや異なる場所で発生した。これが契機になって、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とりまとめた。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、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 項目をあげた。第 5 次計画では、この中間報告で指摘された重点項目を考慮しつつ、基本方針にそって各種観測研究が推進された。

マグニチュード 6.8 の長野県西部地震は第 5 次計画中に発生した最大のイベントである。この地震の前兆現象として、約 1 月前からの水素の異常発生、複数点での土壌ガス中のラドン濃度の変化、震源域における定常的群発地震活動の不安定化と地震波の散乱強度増大等が検出さ

れた。さらに、この地震が発生した場の特徴を解明するために、昭和 61 年度には各機関の協力による大規模な合同総合観測実験が震源域で実施された。精密な余震分布や重力異常の分布等から、本震と最大余震とは互いに共役な断層の活動であることなど、地表に現れていない複雑な断層が明るみになった。また、ごく近傍の御嶽火山や群発地震活動との関連を示唆する S 波反射面が地殻深部に見いだされるなど、その後の内陸地震予知観測研究の在り方を示した。

第 5 次計画では、さらに、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。また、微小地震観測データの流通システムの整備と自動処理化は、九州地区を除いて一段落した。その効果の一例を、昭和 62 年 2 月からはじまった福島県沖の群発地震活動の即時的な把握に見ることができる。この活動は同年 5 月末にはほぼ終了したが、マグニチュード 6.7 を最大としてマグニチュード 6 以上の地震は 5 個を数え、その活動の推移は社会的に注目された。そのほか、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、観測強化地域における常時監視体制の充実が図られた。

2. 第6次計画の総括的評価

第6次計画では、長期的予知、短期的予知、基礎研究の推進と新技術の開発及び地震予知体制の充実の4項目をたて、それぞれの目標を定めた。これは大枠において第5次計画を踏襲しているものの、次の2点が従来とは異なっている。その第一は、内陸におけるマグニチュード7クラスの地震の予知の実用化を将来の課題として設定し、その目的遂行にふさわしい実験観測地域を絞るための基礎的観測研究を推進することとした点である。これは、全国的に展開された地震予知観測網によって捕捉される前兆現象に基づいて、大地震の長期的予知（場所と規模の予測）の研究を行うという、従来の「待ち」の考え方から一歩踏み出し、蓄積された資料と現在の知識に基づいて内陸地震予知研究の重点地域を選び、集中的に総合観測研究を実施してその地域の現在の地震発生能力を積極的に診断しようというものである。第二は、より高精度のデータを得るため、宇宙技術を利用した計測などの新技術の開発に重点を置いた点である。

第6次計画は平成元年度から開始され、この2点を中心にして概ね順調に進められてきた。評価すべき主な成果は、1) 震源核形成過程など、地震とその前兆現象の発生過程に関する実験的な研究が進展するとともに、地震活動域における地殻構造のダイナミクスに関する理解が進んで、前兆現象と地震発生との因果関係の解明についての見通しが得られたこと、2) 大規模な3次元不均質構造の中におけるより局所的な不均質微細構造の解明が進むとともに、地震テクトニクスの評価に必要なデータの蓄積が進み、内陸地震長期予測への新しい展望が開かれたこと、3) VLBI、SLR、GPSなどの宇宙技術による地殻変動観測が実験段階から実用段階に移行して広域地殻変動の連続的な高精度観測を可能にし、大きな効果をあげ始めたこと、4) 平成元年の伊豆半島東方沖の群発地震・噴火活動に際して、地震予知常時観測網と臨時の機動型観測班による各種観測は、群発地震・噴火活動の推移を捉えており、それらのデータの即時あるいは迅速な集中処理がなされていれば、より迅速な推移把握の可能性が大であったことである。

このような成果をあげた基盤には、予知計画の実施に基づく各種観測のデータの蓄積と研究の進展がある。測地測量については、従来の方法に加え一部の地区でGPSが導入され、その迅速化と効率化が図られた。また、観測強化地域を中心に検潮データのテレメータ化と自動管理システムの整備が進み、地殻変動監視能力は向上した。御前崎の沈降は依然継続し、東海地域の地震エネルギーは増大しつつあることが明らかになった。全国的な大・中・小地震観測網の改良・更新も進み、震源決定能力の向上に貢献した。微小地震観測の高度化も一部ではあるが実施に移され、震源決定精度の向上と前兆的地震活動の識別に有効であった。

地震史料や地殻活構造に関する基礎調査は順調に進められ、その成果がまとめられ公表された。活断層の分布、型、規模、活動度等の調査結果は、地震発生ポテンシャルの評価に有用な基礎資料であり、今後、深さと時間の分解能を向上させ、地殻の3次元不均質微細構造との関連を明らかにすることが課題である。

短期的予知に有効な観測研究については、東海・関東地方を中心にして充実が図られた。埋

込式体積歪計のデータに各種の実時間補正を行うことにより、監視業務の効率化と精度向上が図られ、さらに、異常検出の信頼度を高めるため、孔井式複合観測施設が新設された。その他の地域における地殻変動連続観測でも、観測点に特有な年周変化等に関する補正手法の開発が進み、ソフト面からの SN 比向上が図られた。しかし、観測環境の悪化もあって、前兆現象を確実に捕捉するには、多くの観測点で SN 比向上への一層の努力が必要である。

平成元年 5 月に始まった伊豆半島東方沖の群発地震活動から 7 月の海底噴火にいたる一連の活動に際しては、地震予知の常時観測に加えて各種機動型観測が実施された。この活動開始の数年前から異常な全磁力変化が検知され、また地殻変動の特徴的な時間・空間変化も認められていた。活動開始後も埋込式体積歪計や孔井式傾斜計とともに、光波測距、水準測量、GPS 観測、重力測定、地球化学観測、海底地形・構造探査等の機動型観測から、地震・マグマ活動の推移に対応する顕著な地殻変動が検出された。さらに、臨時の機動観測班による稠密な地震観測も実施され、高精度震源決定を実現してマグマの移動を示唆する震源の移動を明らかにするなど、四半世紀にわたる我が国の地震予知観測研究の成果がここに集約された。しかし、高度化する社会の要請に応えるには、現地における即時的な総合処理解析機能の必要性が高いことが認識された。

首都圏における地震予知は、その実用化を将来の課題として、基礎的観測研究の推進と資料の蓄積を目指している。厚い堆積層の上の巨大都市という極めて悪い観測条件を克服するため、東京湾北部における深度 3,000m の地殻活動観測井と相模湾におけるケーブル式海底地震観測システムの建設が着手されるとともに、時間的空間的に密な測地測量も実施されている。これらに加え、各機関による GPS 固定観測点が周辺域を含めて多数新設され、首都圏の地殻活動状況を把握する能力は向上した。首都圏はプレート活動が複雑な地域に位置し、特殊な地震テクトニクス環境にある。今後も観測データの収集・蓄積に努めるとともに、周辺域を含めた広域の地殻深部・上部マントルの動的構造を解明することが地震予知への着実な第一歩である。

内陸における大地震発生の繰り返し間隔は、われわれの一生に比べてはるかに長く、経験に頼ってあらゆる地震を予知することは不可能である。理論や室内実験あるいは観測データの解析等に基づいて、大地震の発生サイクルの中で生起する諸現象に関する多角的な基礎的研究が必要不可欠である。

大地震の震源過程等の理論的研究から指摘された地震の場の不均質性における数 km という特徴的長さの存在は、今後の地震予知観測の指針となるものである。また、岩石破壊の実験により、非地震性すべりや超低周波地震の発生が稀な現象ではなく、震源核形成過程に伴伴する前兆現象として観測される可能性のあることが示唆された。地殻応力の測定実験では、長野県西部地震の震源域で本震時断層運動の不均一なすべり量分布と調和した局所的な応力分布が測定されるなど、内陸地震発生の潜在能力診断と震源核形成の場所検出の目的に、地殻応力測定が役立つ可能性が見えてきた。

地殻の 3 次元的不均質構造の研究は長足の進歩を見せた。まず、陸域における人工地震の実験から上部マントルに至る深さの分解能の高い情報が抽出されたことは画期的である。また、

海域においては海底地震計を用いた実験で、地震テクトニクス理解に欠かせない特徴的な構造が明らかになった。さらに、日本のほぼ全域を対象として、3次元不均質速度構造が推定される一方、ヘリウム同位体比の分布図も作成され、これらと群発地震・火山活動との関連が指摘された。

内陸地震に関する基礎的研究では、伊豆半島周辺や北関東・東北地方の火山活動地域や群発地震発生地域だけでなく西南日本の活断層地域でも、下部地殻に地震波反射面が発見され、通常の地殻内地震や異常な低周波地震の発生との関連が指摘された。反射面の有無や深さは内陸地震発生の潜在能力を規定すると考えられ、この構造的特徴の解明は内陸地震活動評価に重要な役割を果たすことが期待される。今後の課題は、電磁気学的・地球化学的手法等を併用した熱的構造と流体の存在状態の解明である。

新技術の開発研究では、VLBI、SLR、GPSなどの宇宙技術を利用した測定の精度向上に進展をみた。さらに、GPS衛星精密軌道決定のための追跡システムが運用を開始し、GPSによる 10^{-7} をきる地殻変動観測精度の可能性が見えてきた。その他、新型の絶対重力計が開発され、精密絶対重力測定の目的にかなう 10^{-9} の測定精度を達成するなど、新しい計測器の開発に進歩がみられた。地震予知観測の質的転換を図るには、新しい観測機器・手法の開発は今後も重要な課題である。

各機関で観測データの収集・処理の迅速化、効率化及び高度化が進展するとともに、収集した各種地震予知資料のデータベース化も積極的に進められた。地震前兆現象や微小地震に関する観測資料はデータベース化され公開されている。また、全国測量に関するデータベースの整備も進められており、データの検索と利用が便利になりつつある。しかし、地震波形のような大量データの一般利用はごく一部に限られており、公開するためにはそのための体制づくりが必要である。

東海地域における常時監視体制を充実するため、気象庁は監視システムのソフトウェアを改良するとともに、地震の発震機構の解析などを業務化して、地震防災対策強化地域判定会に迅速に資料を提供する機能を向上した。一方、地震予知連絡会は年4回の定例会のほか、必要に応じて観測強化地域部会等を開くなど活動を続けている。

九州地域の微小地震観測体制が強化されるなど、各機関において施設の新設等により地震予知体制の充実が着実に進められてきている。しかし、社会の地震予知に対する期待は時代とともに変わってきており、また地震予知計画自体も研究の進展に伴って変貌しつつある。この変化に適合した体制・組織の見直しと人材の養成・確保が今後の重要な検討課題である。

地震予知に関する各種の国際会議が日本で開催される一方、中国やルーマニアなどとの共同研究も引き続き進められた。また、地震観測データの交換に関する国際協力も続けられている。国際協力・交流については、単に国際社会の要請に応えるだけでなく、地球規模の視野から地震現象を捉えることによって、地震予知実用化の基盤が確立するという積極的な意義がある。組織的な国際協力・交流を可能にする具体的方策を検討する必要がある。

3. 今後の展望

第3次計画の実施期間（昭和49～53年度）には1978年伊豆大島近海地震（M7.0）と1978年宮城県沖地震（M7.4）が、そして、第4次計画（昭和54～58年度）には1982年浦河沖地震（M7.1）と、1983年日本海中部地震（M7.7）が発生した。ところが、第5次計画が始まった昭和59年に発生した長野県西部地震（M6.8）以来、大きな被害を伴う大地震は発生していない。第6次計画の期間はこのような地震活動の静穏期にあつて、その新規項目である「内陸地震に関する基礎的研究」と「新技術の開発研究」には大きな成果がみられた。地震予知計画発足以来積み重ねてきた観測データや知見、あるいは開発・改良されてきた観測技術を実地に適用し成果をあげた例として、平成元年の伊豆半島東方沖の群発地震・海底火山活動に関する一連の観測・研究をあげることができる。常時観測網により、長期的にもまた短期的にも異常な地殻活動の推移がほぼ正確に把握された。さらに、臨時の微小地震精密観測などのデータを併せて、マグマの移動を示唆する地震活動の推移が追跡できることが示されるなど、地震予知に対する我が国の観測・研究の潜在的な能力を実証したと言えよう。

伊豆半島東方沖の地震活動は、マグマ活動に関連した大きな異常地殻変動を伴っていた。そのため、地震活動に関連する現象として、検知された各種異常をほぼ正確に評価することができた。もちろん、内陸に発生するマグニチュード7クラス以下の地震について多くの場合、このように大きな異常地殻変動を期待することはできない。それだけに、内陸地震発生の場所と規模とおおまかな時期に関する長期予測が、内陸地震予知研究の第一の課題である。第6次計画の成果が示したこの課題解決への戦略は、地震活動や地殻構造に関する調査研究とともに、場の不均質微細構造や熱的構造、局所応力場や不均一歪場等の観測研究を総合することによって、地震テクトニクスを解明を図ることである。

短期的予知のための観測研究に関しては、測定法の改良や解析手法の開発によりSN比が改善され、地殻変動、地下水位・水温、ラドン濃度、地磁気、地電流、電磁放射等、各種の異常現象を検知する能力は確実に向上した。マグニチュード7に満たない中規模地震に対しても、予想外の広域で前兆とも考えられる異常現象がしばしば検出されるようになった。しかしながら、これらの異常現象を地震の前兆現象として客観的に特定することができない場合が多い。このことは、検出された異常現象を地震発生と結びつけて正しく評価・判断するにはどのような観測研究が有効か、という内陸地震予知研究の第二の課題を明示している。今後なすべきことは、第一の課題の地震テクトニクスに関する研究成果を土台にして、地震発生ポテンシャルが特に高い地域を選定し、稠密な多項目総合観測実験を実施することである。ここで、稠密観測は、地震発生の場の不均質構造に対応した不均一な歪場を系統的に検出することを目標とすべきであろう。このような観測は、広域にしかも一見不規則に出現する地下水位等の前兆的変化と地震との因果関係を解明するために必要不可欠である。しかしながら、この第二の課題については、大地震が現実には発生しないと実証的研究の成果があがりにくいという事情がある。

それだけに、第6次計画で実施されてきた地震の発生機構などの幅広い基礎研究が重要かつ効果的であり、更に強力な推進が必要である。

一般に研究を全く新しい方向に展開させるものは新しい観測事実である。それゆえ新しい測定手法・技術の開発は、依然として今後も重要である。しかし、基本にもどって、いままで何を見逃していたか、何を十分には見てこなかったかを広く考えることも必要であろう。従来の地震予知観測では不十分であって、強化によって最も大きな成果が期待される分野の一例として、海底諸観測があげられる。抜本的な強化・充実策を講ずれば、海域の大地震の予知だけでなく内陸地震の予知にとっても、新しい展望が開ける可能性は大きい。

地震現象はプレートの内部や境界における変形の形態である。したがって、地震予知計画の研究、特に長期的予知に関する研究は、その基礎をプレートテクトニクスに置くと同時に、それを出発点として変形を含めた新しいプレートテクトニクス理論の構築に貢献すべきである。現に、VLBIやGPSなどによるプレート運動の実測や上部マントルに至る大規模不均質構造に関する研究等の成果は、地球内部のダイナミクスと直結した新しいプレートテクトニクス理論の誕生を促しているようにも見える。地震予知の研究は地域的な色彩が濃いものの、グローバルな地球科学と密接に関連している。地震予知との相互依存性を考えれば、周辺地球科学の研究を側面から支援することも重要である。その方策の一つとして、地震予知観測で得られた貴重な資料の公開等、その利用の便を図ることも有効であろう。

地震予知に対する社会的要請は高いが、それと地震予知の現実には、なお、相当のギャップがあることも否定できない。このようなギャップを埋めていくためには、これまで指摘したような観点を踏まえ、地震予知のレベルを高めていくことがまず何よりも大切であるが、それとともに地震予知の現状についての正確な知識の普及・啓発を図っていくことも必要であると考えられる。

第6次計画における各観測研究項目は、概ね順調な進捗をみせているが、地震予知の実用化を図るためには、各項目の予知に対する有効性を十分精査し、観測研究の重点化を図っていくことが今後の重要な課題である。特に研究観測については、このような観点から必要かつ柔軟な見直しを図っていくことが、研究の活性化をもたらす、社会的要請に応えていく上で極めて重要であることを忘れてはならない。

なお、本報告書の作成にあたっては、初めての試みとして第三者による評価を実施したが、評価システムの在り方については、今後更に検討を行っていく必要がある。

(参考)

測地学審議会 (第 22 期) 地震火山部会

地震予知特別委員会・委員名簿

(委員)

岡崎俊雄	(科技庁) 長官官房審議官
●青木治三	名古屋大学教授 (理学部)
浅田敏	東海大学教授 (開発技術研究所)
溝上恵	東京大学教授 (地震研究所)
茂木清夫	日本大学教授 (生産工学部研究所)
(臨時委員)	
石井紘	東京大学教授 (地震研究所)
江川良武	(建設省) 国土地理院地殻調査部長
大島章一	(運輸省) 海上保安庁水路部企画課長
笠原稔	北海道大学助教授 (理学部)
衣笠善博	(通産省) 工業技術院地質調査所地震地質課長
久城育夫	東京大学教授 (理学部)
島村英紀	北海道大学教授 (理学部)
杉浦行	(郵政省) 通信総合研究所標準測定部長
瀬川爾朗	東京大学教授 (海洋研究所)
高木章雄	東北大学名誉教授
田中寅夫	京都大学教授 (防災研究所)
津村建四朗	(運輸省) 気象庁地震火山部長
浜田和郎	(科技庁) 防災科学技術研究所地圏地球科学技術部長
平澤朋郎	東北大学教授 (理学部)
森俊雄	(運輸省) 気象庁地震火山業務課長
脇田宏	東京大学教授 (理学部)
渡辺晃	京都大学助教授 (防災研究所)

(以上 22 名)

●は特別委員会委員長

測地学審議会（第 22 期）

地震火山部会委員名簿

（委員）

岡崎俊雄（科技庁）長官官房審議官
植原茂次（科技庁）防災科学技術研究所長
小川克郎（通産省）工業技術院地質調査所長
岩淵義郎（運輸省）海上保安庁水路部長
新田尚（運輸省）気象庁長官
畚野信義（郵政省）通信総合研究所長
宮崎大和（建設省）国土地理院長
青木治三 名古屋大学教授（理学部）
浅井富雄 東京大学教授（海洋研究所）
浅田敏 東海大学教授（開発技術研究所）
太田陽子 横浜国立大学教授（教育学部）
加茂幸介 京都大学教授（防災研究所）
溝上恵 東京大学教授（地震研究所）
村本嘉雄 京都大学教授（防災研究所）

◎茂木清夫 日本大学教授（生産工学部研究所）

（臨時委員）

石井紘 東京大学教授（地震研究所）
井田喜明 東京大学教授（地震研究所）
江川良武（建設省）国土地理院地殻調査部長
衣笠善博（通産省）工業技術院地質調査所地震地質課長
久城育夫 東京大学教授（理学部）
津村建四朗（運輸省）気象庁地震火山部長
下鶴大輔 東京農業大学教授
高木章雄 東北大学名誉教授
平澤朋郎 東北大学教授（理学部）
渡辺晃 京都大学助教授（防災研究所）

（以上 25 名）

◎は部会長