

北淡国際活断層シンポジウム開催

21世紀の活断層研究へ向けて



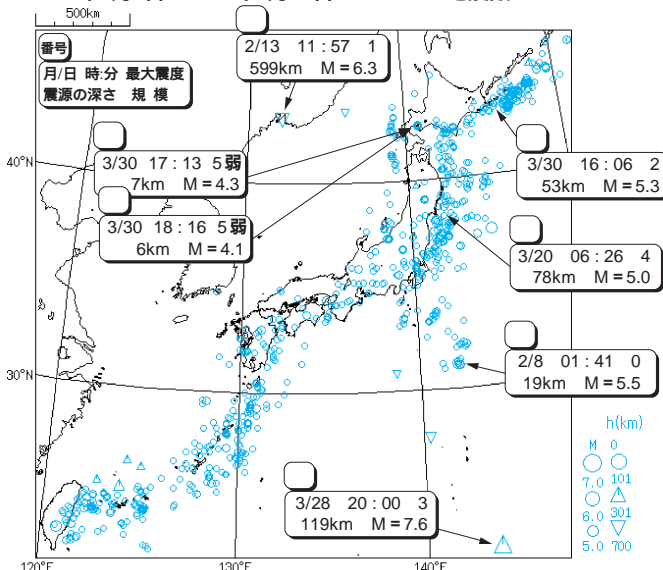
北淡町震災記念講演セミナーハウス前に集合した参加者

2月～3月のおもな地震活動

2000年2月～3月のマグニチュード(M)3.0以上の地震回数は図中、993回でした。M5.0以上の地震回数は9回でした。この期間、震度4以上が観測された地震は50回であり、このうち北海道有珠山付近の火山性地震活動によるものが45回(震度5弱を2回観測)でした。

- 鳥島東方沖
- ウラジオストク付近
- 仙台湾
- 山形県で震度4を観測しました。
- 父島近海
- 東京都小笠原村(父島)で震度3を観測しました。
- 根室半島南東沖
- 胆振支庁西部
- 北海道(壮瞥町)で震度5弱を観測しました。

2000年2月1日～2000年3月31日 M 3.0 地震数 = 993



世界の地震

M7.0以上あるいは死者50人以上の被害を伴った地震は以下のとおりです(発生日は日本時間、MはUSGSによる)

- ・2月25日
- バヌアツ諸島(M:7.0 被害はありませんでした)
- (気象庁、文責:福満)

図の見方は「なみふる」No.2 p.8をご覧ください。

今年の1月17日から26日まで、兵庫県北淡町^{ほくだん}において北淡国際活断層シンポジウムが開催されました。このシンポジウムは、1995年兵庫県南部地震の震源断層が地表に現れ、天然記念物として保存されている北淡町、国際リソスフェア研究計画タスクグループII-5・II-2などを中心に、阪神淡路大震災5周年にあわせて開かれました。シンポジウムでは海外22の国と地域の50名と国内130名（登録参加者）あまりが参加し、活断層を主題とした国際会議としては世界最大規模でした。参加者は1990年代の研究のレビューと、21世紀の活断層研究を主題に成果を交換し議論を重ねました。同時に公開シンポジウムや一般の方々向けの講演会や交流集会も開催され、およそ200名が参加されました。ここでは、地震災害軽減のための大きな課題の一つである長期的地震危険度評価を軸に、この会議の経緯と成果を紹介します。

1990年代は世界の活断層研究にとって重要な10年間でした。日本では、1995年兵庫県南部地震による大きな被害を契機に活断層が注目され、政府・大学・地方自治体による集中的な活断層調査研究が展開され、長期的地震危険度評価が実現しつつあります。日本における急速な調査研究の進展の背景には、1990年代のアメリカでの地震災害軽減研究における地質学の役割の強化があります。アメリカでは、1980年代末から確率論的長期地震危険度評価の手法が開発され

るなかで、1989年ロマプリータ地震、1992年ランダース地震、1994年ノースリッジ地震があいついで発生しました。とくに1994年ノースリッジ地震は、ロサンゼルス近郊に予想をはるかに越える損害を与え、地質学的データを取り入れた長期的地震危険度評価の必要性が強く認識されました。そして1996年にはアメリカ全土の長期的地震ハザードマップが公表されました[<http://geohazards.cr.usgs.gov/eq/>] この動きはヨロップにも影響を与え、地震国であるイタリア・ギリシアはもとより、ベルギーやフランスからもトレンチ調査の成果が報告され、安定大陸地域でも長期的地震危険度評価の検討がすすめられています。さらに、1999年8月・11月のトルコ・北アナトリア断層の地震（「なみふる」17号に関連記事）、9月の台湾・集集地震（同17号・18号に関連記事）による大きな被害と、地震に伴って地表に達した顕著な断層は、活断層研究の必要性を改めて認識させるものでした。

過去数百年～数千年間の断層運動の履歴をもとに、今後数十年～数百年間に起こりうる地盤震動を予測しようとするのが、地質学的データによる長期的地震危険度評価です。短期的な地震予知（直前予知）が緊急事態の管理を主眼とする一方で、長期的な予測は地震災害を軽減するための継続的な施策を可能とするものです。この予測が成り立つためには、大地震が空間的・時間的に規則性をもって発生することが必要な条



「Geoslicer」による野島断層の抜き取り実演に喝采する参加者

件です。本シンポジウムのキーパーソンの一人、合衆国地質調査所のD.P.シュワルツは、1980年代はじめにCharacteristic Earthquake Modelを提唱し、大地震の場所と規模の予測可能性を主張しました。このモデルは日本で固有地震説と訳されることもあります。ある断層またはその一部分を震源とする大地震は、同じ規模で繰り返され、その震源断層から起こりうる最大の地震であるとするモデルです。それが正しければ、ランダムに発生する中小地震と違って、大地震の発生する場所と規模は予測できるはず。彼は今回のシンポジウムの2回の講演で、そのモデルが大局的には妥当であることを確認するとともに、時間的な規則性には断層の活動度に応じた地域差が存在することを示しました。

この規則性とその物理的なメカニズムについて、地震学・地質学・地球物理学の一線の研究者が熱い議論を交わしました。研究者の視点により見解は大きく異なります。しかし、地質学の立場からは従来の単純なモデルに加えて、固有の規模をもつ震源断層の組み合わせによる地震発生、断層の相互作用、地震に伴う応力変化などを定量的に分析することにより、予測可能性は保証されるものと考えられます。会議をまとめるにあたり、この予測可能性を検証し、かつ信頼性の高い評価を実現するために、活断層調査技術の高精度化と標準的な調査と分析手法の確立の必要性が提唱されました。

北淡国際活断層シンポジウムでは、活断層研究の応用的な側面も重視しました。とくに、アジア・太平洋地域への長期的地震危険度評価のアイデアと技術を普及させるために、20名あまりの研究者を招聘してカリフォルニアや日本の最新の成果を伝えるとともに、各地の断層と地震について報告が行われ、相互理解をすすめることができました。また136件の発表のうち約半数を占めた日本人による論文は、海外参加者から高い評価を受けました。会期中には、中田 高（広島

大学）が開発した画期的な地層抜き取り装置「Geoslicer」の実演も行われました（前ページ写真）。この装置は断層を含む地層の板状（幅1～2m、深さ方向の長さ2～3m、厚さ0.2m前後）試料を切り取って断面を観察するものです。地下の断層や地質を知るためには、これまで大きな溝状の穴を掘って壁面を観察するトレンチ調査やボーリング調査が主流でした。Geoslicerはこれらに代わる新しい技術として注目されました。21世紀、活断層研究は国際的な交流のなかで、地震災害軽減に大きな役割を果たしていくことを参加者全員が実感したことと思います。最後になりましたが、このシンポジウムを支援してくださった工業技術院地質調査所・国土地理院・科学技術庁・文化庁・兵庫県・兵庫県教育委員会、日本地震学会をはじめとする多数の学協会に感謝いたします。

この短い報告ではお伝えすることのできない世界の活断層研究と応用の現状については、本シンポジウムのホームページ [<http://home.hiroshima-u.ac.jp/kojiok/hokudan.htm>] をご覧になるか、講演要旨集をご一読下さい [英文606ページ、3,500円。問い合わせ・注文先：北淡町震災記念公園セミナーハウス 川吉知子、ファックス：0799-82-3401、電話：0799-82-3400]

（北淡国際シンポジウム実行委員会事務局・
広島大学文学部 奥村晃史）



R. シュタイン(合衆国地質調査所)の講演に聴き入る参加者たち

おかげさまで創刊3周年

「日本地震学会と社会をつなぐ窓」として誕生した「なみふる」も本号で満3歳を迎えました。初心を忘れず、いっそう風通しのよい窓に育てていきたいと思ひます。読者の皆さんからのご意見・ご感想もお待ちしています。

野島断層における注水実験

断層回復過程および誘発地震の研究

本年1月から3月にかけて、野島断層の深さ約1,700m部分に水を注入するという実験が行われました。この間、4回に分けて、のべ17日間、460キロリットルの水が注入されました。一部の観測はまだ継続中ですが、この実験の概要について紹介します。なぜ断層に注水するのか？

どうして断層に水を入れるのか、不思議に思う方が多いと思います。これは地震によって破壊を生じた断層がどれくらい早く元の強さに戻るのかという断層の回復過程を調べる実験なのです。注水実験自体は、アメリカ、ドイツ、そしてわが国でも過去に松代で行われていますが、地震発生直後の断層にアクティブに働きかける実験としては、これまで世界的にも例のないものです。

1995年1月、兵庫県南部地震が発生しました。このとき野島断層に沿って平均1.5～2mの横ずれを生じ、断層周辺に蓄えられていた歪みエネルギーは解放されました。断層ではそれまで働いていた力が解消されるとともに様々なスケールの割れ目により、直感的にはグサグサに破碎された状態になっています。この後、野島断層は徐々に両側の岩盤がガッチリかみ合い（強度を回復し）、断層周辺に再び歪みを蓄積し、次の地震発生の準備を始めることとなります。野島断層では一つ前の地震がおよそ1,700～2,000年前ということがトレンチ調査（断層を数メートル掘って地層のずれから過去の活動履歴を調べる手法）から分かっていますから、次の地震と言っても数千年の時間スケールの話です。ただし、地震発生直後の野島断層では回復が急速に進み、その変化をとることが可能ではないかと想像されます。このような断層構造の変化を検出するために、今回われわれは注水実験を行ったわけです。その原理を図1に示します。断層に達するボアホール（孔井）から同じ圧力で注水した場合、地震直後からの時間経過により断層の透水性が次第に悪くなるのが予想されま

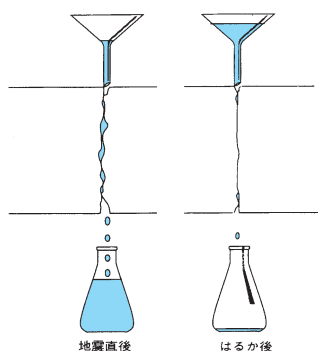


図1 断層の回復過程を注水実験により検出する模式図（東京大学地震研究所・島崎より）

す。断層の深部における構造とその時間変化を知るとは地震発生メカニズムを理解するうえで重要です。

注水実験に用いたボアホールは兵庫県南部地震の後、断層解剖計画というプロジェクトにより淡路島北部の富島に掘削され、1,700mの深さがあります。この他にも富島には800mと500m、また平林には750mのボアホールが掘削されており、今回はこれらを活用しています（図2）。1,700mボアホールは最深部が野島断層の破碎帯に達し、全長にわたって金属のパイプが入られ、最深部150m部分だけに水を通す穴が多数開けられています。1997年2～3月にかけて第1回目の注水実験が実施され、その後、孔底付近の3つの深さレベルに地震計が設置されています。注水はすぐ横を流れる川の水を一旦タンクにためて、孔口からポンプで約40気圧の圧力をかけて行きます（写真1、2）。流量は毎分約20リットルですから、水道蛇口からやや勢よく流す程度です。このような実験を数年ごとに行い断層構造（透水性）の変化を調べます。

それ以外にも、多くの研究テーマが合わせて実験されています。まず、ボアホール内部での注入水の移動は光ファイバーを用いた温度分布測定により連続モニターされます。断層付近に圧入された水が周辺に広がる様子については、人工振動発生装置（アクロス）から連続的に発振された規則的な信号がボアホール底まで伝わる時間の精密計測、地表に面的に電極を設置した自然電位観測、および地下における電気抵抗の連続観測等から推定されます。また注水が周辺岩盤にどのような力学的影響を与えるかについては800mボアホールでの地殻変動観測、および500m、800mボアホールでの地下水観測等から推定されます。さらに、注水に伴って非常に小さい、体に感じない極微小地震が発生する可能性があります。注水条件を変えて、このような誘発地震の発生メカニズムを調べることも重要です。誘発地震が断層破碎帯の中で発生した場合は特別

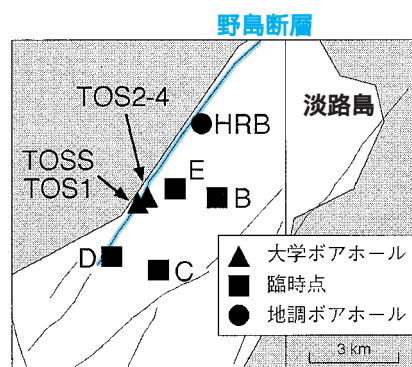


図2 淡路島北部、野島断層周辺。TOS2-4、TOS1、HRB：深さ各々1,700m、800m、750mのボアホール。B-E：臨時の地震観測点。



写真1 1,700m孔口横に設置された注水用タンク、ポンプ、および発電機（手前中央から右へ）。遠方の白っぽい建物は野島断層観測室（京都大学防災研究所）

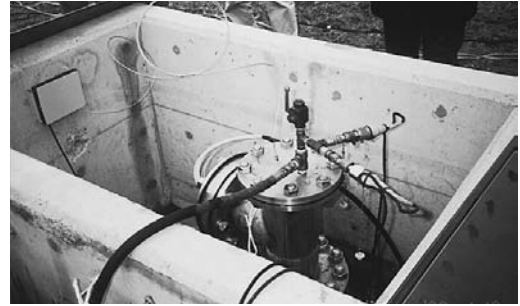


写真2 1,700m孔口。左下からの黒いホースを通してポンプから注水され、その右側には圧力計が2種類接続されている。

な地震波（断層トラップ波）が発生することが知られており、この波形解析により断層構造を詳細に調べることが可能です。

今回の注水実験で何が分かりつつあるのか？

能書きはこれくらいにして、実際どのような結果が得られているのが説明します。まず、断層における透水性の推定ですが、ポアホール内の温度分布測定によると、深さ550m付近で注入水が一部漏れ出している可能性があり、1997年注水時からの断層構造変化については今後、更に解析を進める必要があります。800mポアホールでの観測データを図3に示します。2つの注水期間が青色で示されています。注水開始とともに湧水量（Discharge）が数日かけて増加し、歪み3成分（Str_U、M、D）も同様のパターン（図では逆センス）で縮みを生じています。また、注水停止後は両者とも数日で元のレベルに戻っています。これは、注水により地下水脈にかかる圧力（間隙水圧）が高まり、800mポアホールに地下水が流れ込むと同時に、

この付近の岩盤が圧縮されていると考えられます。また、注入された水の周辺への広がり、アクロス観測によるポアホール底付近のS波速度の低下、水の流動による自然電位変化の観測等からも確認されています。

極微小地震の活動変化を調べるために淡路島北部に臨時の地震観測網を展開しました（図2）。今回は衛星テレメータ（「なみふる」8号3ページに関連記事）を利用することにより、注水現場（野島断層観測室）だけでなく、京都、名古屋、東京各大学の研究室でも同時にリアルタイムモニターされ、解析が進行しました。図4はポアホール周辺に発生した地震数の変化で、ここでは積算で表現されています。地震発生数が一定ならば右上がりの傾き一定の直線になりますが、40気圧注水の開始6日後に、地震数が増加していることが分かります。いずれもマグニチュード1~2程度という極めて小さい地震ばかりです。これは1997年の注水実験でも観測された現象ですが、注入水が深さ3~4kmの断層面周辺に分布する亀裂内の間隙水圧を高めることによって発生する誘発地震と考えられます。今回は注水圧を徐々に増加させ、30気圧注水では誘発地震が発生しないことも分かりました。今後、精密な震源決定、波形解析を行い、誘発地震の発生メカニズム解明を試みます。今回の誘発地震はポアホール周辺に広く分布していますので、どういう地震が断層トラップ波を発生するのかも注目されます。今後の解析にご期待下さい。

なお、この実験には全国の大学、研究機関に所属する約30名が参加しています。

（京都大学防災研究所 西上欽也）

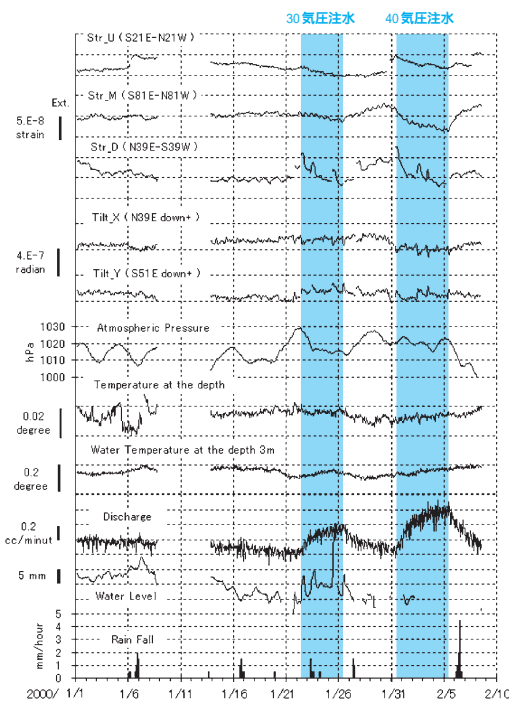


図3 800mポアホールにおける地殻変動等の観測データ（奈良産業大学・向井等より）。上から順に、歪み（3成分）、傾斜（2成分）、大気圧、温度（孔底および深さ3m）、湧水量、水位（水圧）および降水量。

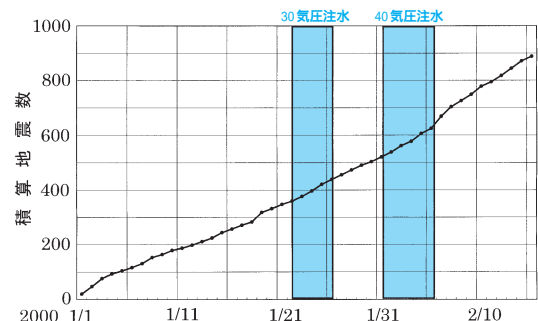


図4 ポアホール近傍における極微小地震の発生数の変化（京都大学防災研究所・田所等より）。

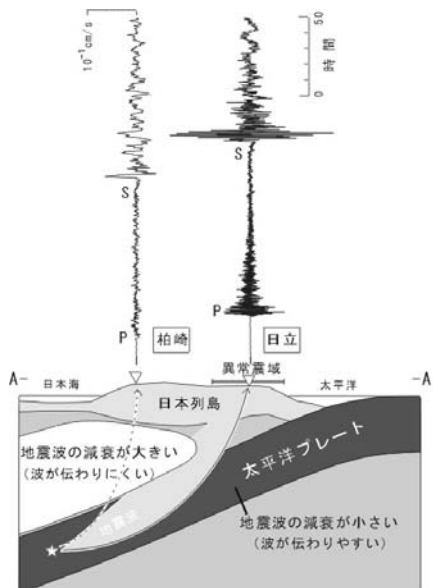


図3 プレート沈み込み帯の断面(図2のA—A')の模式図(「宇津モデル」と、東京大学地震研究所の地震観測点「柏崎」および「日立」で記録されたウラジオストック地震(図1d)の地震波形(広帯域速度型地震計による地動の東西方向の振動成分)を示しています。太平洋プレートの中を伝わって日本列島の太平洋側(日立)に到達した地震波の振幅は大きく、また高い振動数成分が多く含まれています。これに対し、「柏崎」の波形は振幅が小さく、高い振動数成分はほとんど含まれていません。



揺れのお話

(10) 地震予知(最終回)

地震予知の意味

地震を予知すると言えば、皆さんは、いつ、どこに、地震つまり地面の揺れがどの位の大きさで来るかを予め知ることだと思われているでしょう。ところが、地震の研究が進むにつれて、地震つまり地面の震(ふるえ)の源は、地下で岩盤がずれ動く断層であり、そこから揺れのもとになる地震波が四方八方に伝わり、ついには地面を揺らすのだということが分かってきました。このため、我々研究者仲間では、震源のことを地震、揺れのことを地震動と区別して呼ぼうという人達が沢山います。そのような言葉の定義から言えば地震を予知するというのは、震源の断層がいつ、どこで動くかということだけを予め知ることになります。つまり、どのような揺れが皆さんのところにやって来るかは別問題ということです。

地下構造の調査

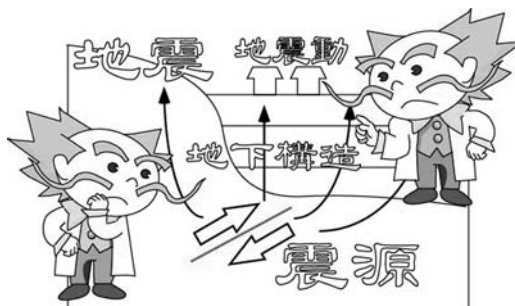
「冗談じゃない。揺れの強さが分からなければ地震予知なんて何んの役にも立たない。」と思われる方が多いと思います。そこでここでは、皆さんの立場に立って震源での断層の動きから地面が揺れるまでの全てをひっくるめて地震と呼ぶことにします。その上で、地震予知のために何をすれば良いかを考えてみましょう。5年前の阪神・淡路大震災の後、全国各地で行われている活断層の調査は、過去の地震の際に、震源で断層が動いた痕跡である活断層を調べて、次にその断

層がいつ、どのように動くかを知るための調査です。はたして、それだけで十分でしょうか。「揺れのお話」の中でも再三出てきたように、地震の際の揺れの強さは地下の構造に大きく依存します。つまり、震源で断層が動いた時、あなたの居るところがどのくらい強く揺れるかを正確に知るためには、地下構造を詳しく知っておく必要があるのです。

永遠に変わらぬ財産

日本の都市の多くは、地震の際に周りに比べて良く揺れる平野の上にあります。日本中の平野の地下構造を調べるのは、多くの時間と費用がかかるので大変だと心配される方が多いと思います。でも御安心下さい。平野に限らず地下の構造は、我々の時間スケールで見るとほとんど変わりません。だから、一度調査すれば、永遠に日本国民の財産になり、永遠に役立つと考えて間違いありません。そのことを思えば安いものです。地震予知と聞いた時、揺れのことを忘れられていないか、是非皆さんも注意して下さい。そして、将来本当の意味での地震予知が実現できるように、今から少しずつ「地下構造を調べる」という貯金をして、日本の財産を増やし、地震に強い国づくりに努力しようではありませんか。

(強震動委員会 武村雅之)



「第2回地震火山子どもサマースクール ・・・有珠山ウォッチング」

昨年の伊豆・丹那断層での第1回の「地震火山子どもサマースクール」に続き、今夏は北海道・有珠山周辺をフィールドとする第2回のサマースクール実施予定で計画を進めてきましたが、すでにご存知のようにさる3月31日に噴火を開始し、その後も活発な火山活動を続け、懸念される状況が続いています。

つきましては計画の再考を迫られることとなり、「なみふる」本号でのご案内ができなくなりました。

再計画がまとまり次第、参加者募集のご案内を本学会ホームページ等でいたす予定ですが、詳しくは下記にご連絡ください。

桑原央治 E-mail : eiyu@d5.dion.ne.jp
FAX : 04992-2-2461

(「地震火山子どもサマースクール」実行委員会
代表 宇井忠英(日本火山学会)
桑原央治(日本地震学会))

宇宙からの観測手法で議論、 学校の防災教育も変化 なみふるメーリングリストから

なみふるメーリングリストが復活して2回目のまとめ原稿です。世間では有珠山の噴火に話題が集中していますが、nfmlではその話題も出ないのはちょっと残念。地震と火山は切っても切れない関係ですので、議論が盛んになることを期待しています。

「ヘリ、GPS、GISの連動システムを」

自治体の防災担当をされている方から、政府の情報収集衛星打ち上げを前提に、衛星を用いた地震観測手法や早期の被害推定についての話題が投げかけられました。インターネットを通じて、研究情報などが公開されている宇宙開発事業団や、理化研の地震防災フロンティアセンターなどのサイトが紹介されました。

一方で、被害推定を早期に行う手段として、国土庁

広報紙「なみふる」配布のご案内

現在、広報紙「なみふる」は省庁・地方自治体・マスコミ・博物館・学校等に配付しています。個人配布をご希望の方は、氏名、住所、電話番号を明記の上、郵送料600円(1年6回分)を郵便振替で振替口座 00120-0-11918「日本地震学会」にお振り込み下さい(通信欄に「広報紙希望」とご記入下さい)。なお、広報紙「なみふる」は日本地震学会ホームページ(<http://www.soc.nacsis.ac.jp/ssj/>)でもご覧になれます。

日本地震学会広報紙「なみふる」 第19号 2000年5月1日発行
発行者 日本地震学会/東京都文京区本郷6-26-12 東京RSビル8F(〒113-0033)
電話 03-5803-9570 FAX 03-5803-9577(執務日:月~金)

編集者 広報委員会/

小泉尚嗣(委員長)、河原 純(編集長)、飯高 隆、井出 哲、片尾 浩、桑原央治、芝 良昭、武村雅之、中川和之、橋本徹夫

E-mail zisin-koho@ml.asahi-net.or.jp

印刷 創文印刷工業(株)

本紙に掲載された記事等の著作権は日本地震学会に帰属します。

のDIS(地震防災情報システム)など、震度情報を使った被害推定システムの簡便さが指摘されましたが、推定根拠となる強震動予測や建物・ライフライン施設の被害予測の精度の限界のほか、実際の被害情報との整合性などに難があるという問題点もあげられました。また、上空からの調査・探査手法として、ヘリコプターからの映像とGPS(人工衛星を利用した位置測定システム)、GIS(地理情報システム)との連動が有効ではないかとの意見もありました。

「予知研究」型から「実践防災」型へ

学校教育の中で先進的な防災への取り組みとして1978年から続いていた静岡県教育委員会の「地震予知観測学習モデル校事業」が終了したとの報告をきっかけに、防災教育の今後などについて議論が交わされました。

県立9高校で行われていたモデル校事業は、大学関係者のサポートを受けながら、微小地震や、地電流、地下水位の観測という予知研究生徒版の活動を続けていました。子どもたちの理科離れや、観測機器の老朽化などで、事業として曲がり角に来ていたこともあって、役割を終えたとのこと。今後は、地震発生時に生徒や教職員を被災から守り、地域における救援活動へ協力できるよう、地域との連携のありかたや、必要な資機材、訓練など、防災モデル校での研究を通じて高校版防災マニュアルを作成するそうです。

これに関連して、阪神・淡路大震災の被災地や首都圏周辺の高校での取り組みを掲載したホームページが紹介されたり、地域との連携を進めるには、小中高と上がっていくと、学校の周辺でどれだけの人が「地元の学校」との意識を持ってもらえるかが難しくなることが指摘されました。また、神戸市では、小学校区を単位とした防災福祉コミュニティが、顔見知りになれる範囲で、地域コミュニティの再編を進めているとの紹介がありました。

nfmlでの議論は、多岐にわたって続いています。ぜひ、皆さんの参加をお待ちしています。参加されたい方は、nfmlのホームページ(<http://www.mmjp.or.jp/zisin-nfml/>)をごらん下さい。

(広報委員・中川和之)