



# NEWS

URL:<http://unit.aist.go.jp/actfault/activef.html>

Active Fault Research Center

## CONTENTS

**トピックス** 2007年中越沖地震の  
震源モデル(続報)

フィールド, トレンチ情報

招待講演, セミナー

新聞, テレビ報道

発表論文

対外活動報告(2008年1月)



## 2007年中越沖地震の震源モデル(続報)

堀川晴央(地震災害予測研究チーム)

活断層研究センターニュースの2007年7,8月合併号にて、速報として震源モデルを発表した。その後、幾とおりかの余震分布が発表され、特に、断層が南東傾斜(本州側に向かって深くなる)か、北西傾斜(佐渡島に向かって深くなる)かが議論された。地震調査研究推進本部地震調査委員会(2008)においては南東傾斜の断層が主として活動したことで決着している。断層の傾斜方向に関する議論は地震調査研究推進本部地震調査委員会(2008)と大筋で一致するが、ここで報告する結果は、北西傾斜の断層上でのすべりも有意であることを地震波形の解析から示している。なお、ここで紹介する結果はあくまでも個人の研究結果であり、(独)産業技術総合研究所あるいは活断層研究センターの公としての見解ではないことを予めお断りしておく。

通常、本震で破壊した断層の位置と広がりや傾斜を推定するには、余震分布を手がかりにすることが多い。中越沖地震では余震分布は非常に複雑である(例えば、平田ほか、2007)。一因として、震源域が海にあたるため観測点配置が偏っていることが考えられる。また、震源域の複雑な構造の反映である可能性も考えられる。実際、詳細な海洋調査(岡村ほか、1994)によると、震源域近くに断層や褶曲が密集しているところが見い出され(図1)、複雑な構造が発達していることが示唆される。

余震分布からは本震で破壊した断層を絞り込めない場合には、考えられる断層配置を元に本震の波形を解析し、その結果を比較することが最も素直であると考えられる。そこで、本研究では、堀川ほか(2007)で報告した余震分布を元に複数の断層配置を比較検討した結果を報告する。

図2に本研究で検討した5つの断層配置を示す。まず簡単な断層配置として、南東傾斜及び北西傾斜の断層を1枚の平面で近似したものを考えた(以下、それぞれのモデルをSE1, NW1と呼ぶ)。次に、SE1あるいはNW1モデルと走向及び傾斜角が同じ断層を北東側だけに限り、震源域の南西側ではSE1よりも傾斜が緩い断層を新たに想定したモデルを考慮した(以下、それぞれのモデルをSE-SE, NW-SEと呼ぶ)。なお、ここではその結果を示さないが、北東側と南西側の断層の境界の位置をいくつか仮定し、その中で最も残差(定義は後述)が小さくなるものを採用した。その結果、SE-SEでもNW-SEでも、北東側の断層の長さは9kmとなった。最後に、SE1と走向や傾斜角が同じ断層とNW1と走向や傾斜角が同じ断層とが、北東側では同時に活動し、南西側ではSE-SEモデルやNW-SEモデルで想定したものと同じ断層が活動したとするモデル(NW-SE-SE)を解析した。

断層の走向は40度(南東傾斜の場合)あるいは220度(北西傾斜の場合)で固定した。すべり角は90度として逆断層成分のみを仮定した。図2に記したように、傾斜角は断層によって異なる。

震源モデルを検討するために使用した観測点は図1にある9点である。震源域を含む新潟地域には5000mを超える大変厚い堆積層が分布(例えば、新潟県、2000)するため、観測される波形は非常に複雑である。したがって、堆積層の影響をできるだけ小さくするために震源域からの距離が短い観測点に絞るよう努めたが、震源近傍であっても、液状化などの地盤の非線形応答の影響(現時点でこの影響を正確に見積もることは非常に難しい)が著しい観測点も多く、利用できる観測点は非常に限られた。

解析方法は、活断層研究センターニュースの2007年3月号で報告した能登半島地震の震源過程で用いたものと

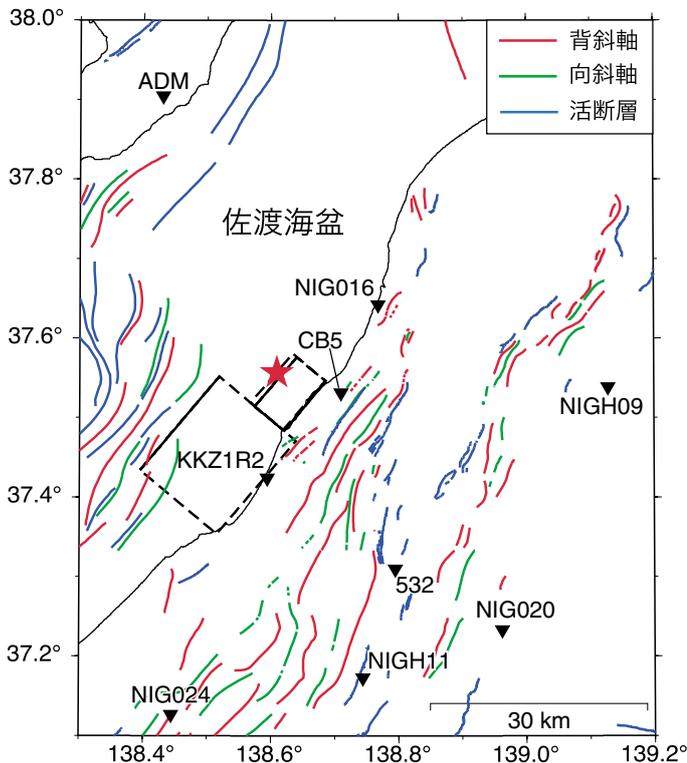


図1 2007年中越沖地震の震源域。本研究で使用した観測点を▼で示す。海域の褶曲軸及び断層は岡村ほか(1994, 1995)による。本州及び佐渡島沿岸域に褶曲軸や断層が見られないのは、データがないことによる見かけ上の問題である可能性があることに注意。陸域の褶曲軸は中田・今泉(2002)による。

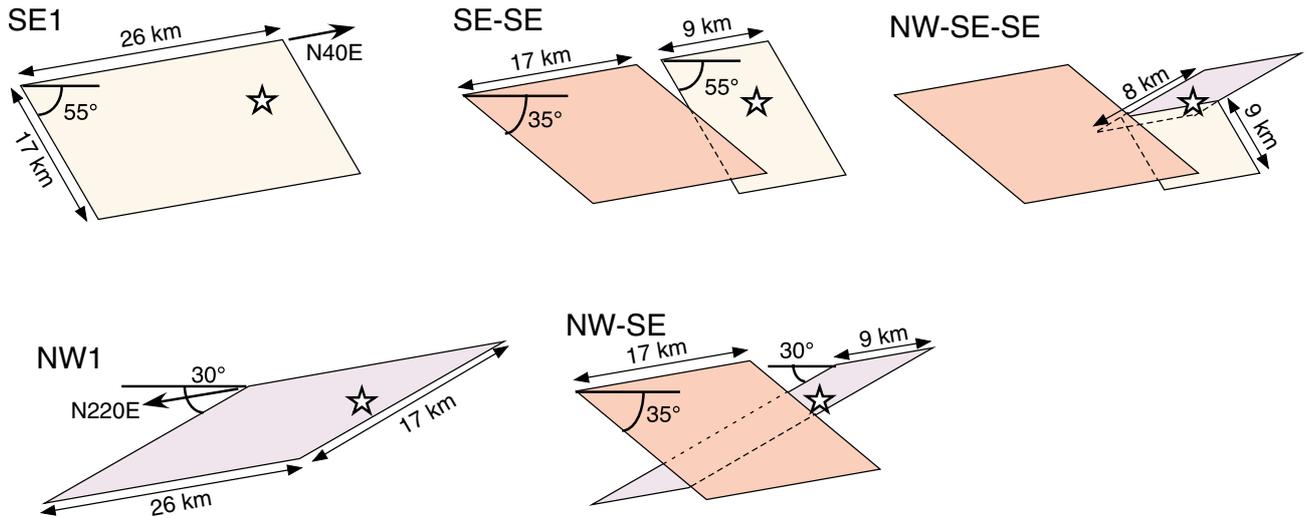


図2 本研究で考慮した断層の配置. 色が同じ断層は, 走向と傾斜角が同じである. 星印は破壊開始点を示す.

同じである. 各観測点での波形は, 観測点ごとに1次元速度構造(深さ方向だけで速度が変わる構造)を仮定して計算した. 震源過程の推定では, 仮定した断層を正方形の小断層に分割し, 各小断層のすべり量と破壊開始時刻を波形から推定した. 小断層の数が多い上, 速度構造が不確実であるため, このままでは極端にすべりが集中する領域を含む不自然とも思える破壊過程が推定されることが多い. そこで, すべり量分布がなめらかに分布するなどのいくつかの拘束条件を導入した.

モデルの善し悪しは残差で判断する. ここで言う残差とは, データ(ここでは観測波形)への合い具合と拘束条件の破れ具合(一種のペナルティ関数)との和で定義され(Matsu'ura and Hasegawa, 1987), この数値が小さいほど良いモデルであることを意味する.

得られたすべり量分布を図3に示す. 各モデルの右下に残差が示してある. 小断層の数は全てのモデルで共通であり, 残差は直接比較できると考えて差し支えない. 最も残差が小さいのは, 北東側に共役の断層を置いたNW-SE-SEモデルで, 残差は15240であった. このモデルを, 北東側に南東傾斜の断層だけを想定したSE-SEモデル(残差17754)と比較すると, 2500ほど残差が小さい. 余震分布からは北東側の断層の配置に関する議論はわかれていたが, 南東傾斜の断層だけではなく北西傾斜の断層もあることは有意と考えられる.

SE1モデル(残差25120)とSE-SEモデル(同17754), あるいはNW1モデル(同20323)とNW-SEモデル(同16016)とを比較すると, 南東へ緩く(35度で)傾斜する断層を南西側に想定すると, 数千という値で残差が小さくなるのがわかる. これより, 南西側の断層は南東に緩く傾斜していることが強く示唆される.

NW-SE-SEモデル全体の地震モーメントは $6.2 \times 10^{18}$  Nmである. 北東側の断層のうち, 北西へ30度で傾く断層で解放された地震モーメントは $9.2 \times 10^{17}$  Nm, 南東へ55度で傾く断層で解放された地震モーメントは $1.0 \times 10^{18}$  Nm

であり, これらの2つの断層ではモーメント解放量にはほとんど差がない. 一方, 震源域南西側の, 南東へ35度で傾く断層で解放された地震モーメントは $4.7 \times 10^{18}$  Nmである. なお, 各断層の地震モーメントの単純な算術和と地震全体としての地震モーメントと一致しないのは, 断層の幾何(走向, 傾斜角, すべり角)が異なる場合には, その違いを考慮した上で全体としての地震モーメントを計算する必要があるからである.

NE-SE-SEモデルを構成する3つの断層から解放された地震モーメント量を傾斜方向で整理すると, 南東へ傾斜する断層から解放された地震モーメントの割合が大きいことがわかり, 南東傾斜の断層が主として活動したと言える. 傾斜角で整理すると, 傾斜が緩い(30度あるいは35度)断層で解放された地震モーメントが大部分を占めることがわかる.

図1をよく見ると, 北東側と南西側の断層の境界は, 地表の活構造の分布とよく一致することがわかる. すなわち, これより南西側では, 日本海に多数の活断層や活褶曲が認められるのに対して, 北東側の佐渡海盆では北西縁以外では活構造が認められず(岡村ほか, 1994), 陸側だけに褶曲や断層が見られる. このことは, 本モデルで得られた断層の境界の妥当性や北東側の浅部では北西傾斜の断層が存在することと調和的であると解釈できる.

中越沖地震の震源域を含む領域で確認されている断層のうち海域にあるものは, ハーフグラベンを形成する正断層を起源とし, 応力場が圧縮に転じた際に逆断層として活動したの多いとされている(例えば, 岡村ほか, 1998). Sibson (1973)による断層の傾斜角と応力場との関係に関する考察を考慮すると, 今回活動した断層が元々正断層として活動していたのならば, 高角の断層となるのが自然であると考えられるが, これは, 傾斜が緩い断層が主として活動したという本研究の解析結果とは符合しない. また, Sibson (1973)は, 逆断層が生じる場合は低角の方が活動しやすいことも示しており, このことは,

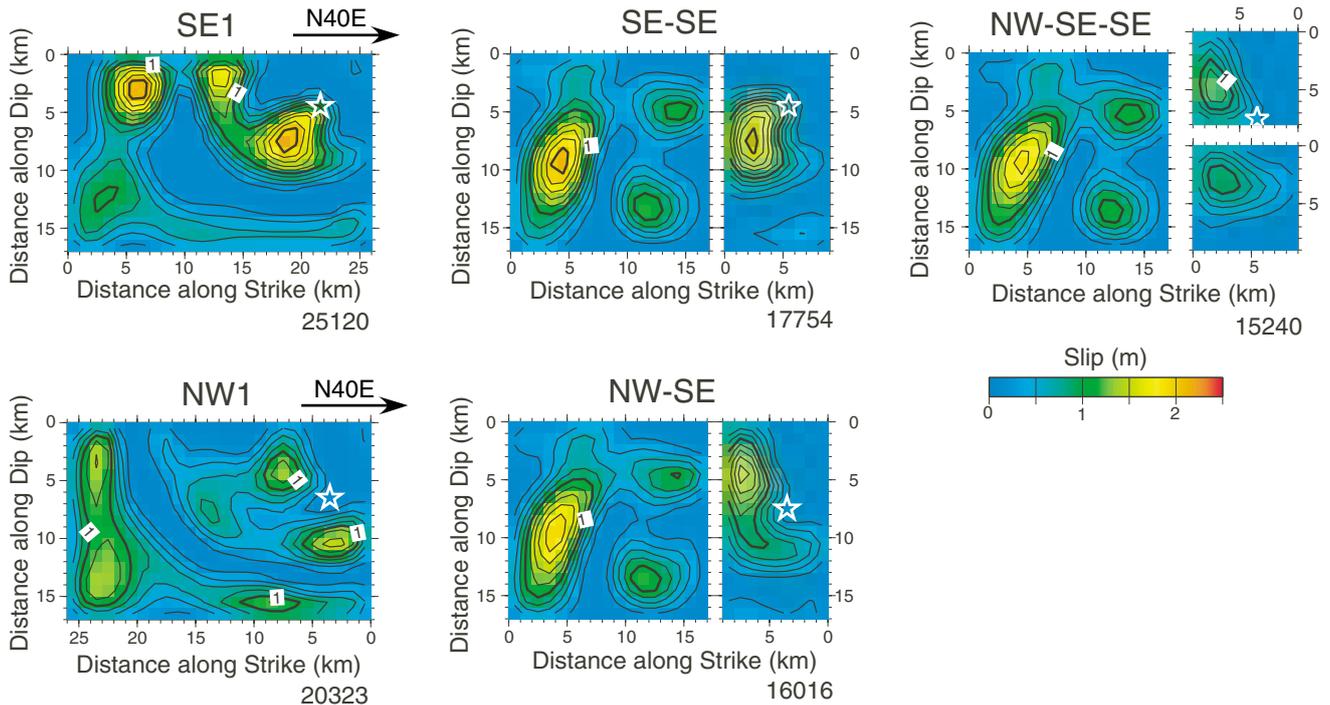


図3 波形解析により得られたすべり量分布. コンターは0.2 mで引かれており、1 mごとに線が太くなっている。星印は破壊開始点を示す。いずれの図も南東側から断面を見た形で表示。すべり分布の右下に示した数字はそれぞれの断層モデルの残差。定義は本文を参照。

本研究での断層面の傾斜角の傾向と一致している。以上から、今回の震源となった断層は、日本海東縁で圧縮応力場となってから新たに生じた断層が主として活動したと考える方が自然であろう。

#### 謝辞

(独) 防災科学技術研究所で管理・運営されているK-NET (<http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/>) 及びKiK-Net (<http://www.kik.bosai.go.jp/kik/>) で収録・公開された記録と気象庁が同庁のウェブサイト ([http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/kyoshin/jishin/070716\\_chuetsu-oki/index.html](http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/kyoshin/jishin/070716_chuetsu-oki/index.html)) で公開している強震記録を使用した。KK1R2は東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所内の観測点であり、震災予防協会経由で提供いただいた。岡村行信博士には震源地域の活構造について、小松原琢博士には新潟地域の地質についてご教示いただいた。加瀬祐子博士には破壊過程について議論していただいた。以上記して感謝いたします。

#### 引用文献

平田 直・佐藤比呂志・酒井慎一・加藤愛太郎, 2007, 2007年新潟県中越沖地震の震源断層, 科学, 77, 930-934.

堀川晴央・遠田晋次・栗田泰夫・丸山 正, 2007, 現地調査結果と測地データより推定される2007年中越沖地震の断層モデル, 日本地震学会講演予稿集2007年度秋季大会, P1-89.

新潟県, 2000, 新潟県地質図(2000年版), 新潟県.

Matsu'ura, M., and Y. Hasegawa, 1987, A maximum likelihood approach to nonlinear inversion under constraints, Physics of the Earth and Planetary Interiors, 47, 179-187.

中田 高・今泉俊文, 2002, 活断層デジタルマップ, 東京大学出版会.

岡村行信・倉本真一・佐藤幹夫, 日本海東縁海域の活構造およびその地震との関係, 1998, 地質調査所月報, 49, 1-18.

岡村行信・竹内圭史・上嶋正人・佐藤幹夫, 1994, 佐渡島南方海底地質図説明書, 25 pp., 地質調査所.

岡村行信・竹内圭史・上嶋正人・佐藤幹夫, 1995, 佐渡島北方海底地質図説明書, pp., 地質調査所.

Sibson, R. H., 1974, Frictional constraints on thrust, wrench and normal faults, Nature, 249, 542-544.

地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2008, 平成19年(2007年)新潟県中越沖地震の評価(主に断層面に関する評価), [http://www.jishin.go.jp/main/chousa/08jan\\_chuetsu\\_oki/index.htm](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/08jan_chuetsu_oki/index.htm)

## フィールド、トレンチ情報

2007年12月17日-12月19日

## 富士川河口断層帯周辺の地質調査

丸山 正

富士川河口断層帯と既存地質構造との関係を明らかにすることを目的として、芝川断層・安居山断層周辺の地質調査を実施している。芝川町の富士川周辺には礫岩を主体とする新第三系浜石岳累層が分布しているが、同町新内房橋北側の富士川河床部には、閃緑岩・安山岩などの礫が引き延ばされつつ剪断変形した特徴的な変形礫岩が幅50m以上にわたって帯状に分布している様子が確認された(写真)。これまで浜石岳累層中からは破断礫

の報告はあるが、このような変形した礫岩は報告されていない。今後、この変形礫岩の連続性を追跡するとともに形成環境に関する詳しい検討を行う予定である。静岡大学の狩野謙一教授には現場で礫岩の変形について検討していただきました。



2008年1月9日-1月21日

## ミャンマー西海岸における古地震調査

宋倉正展・岡村行信・藤野滋弘

文科省科振費「スマトラ型巨大地震・津波被害の軽減策」の一環として1月9~21日の日程でミャンマー西海岸の古地震調査を行った。昨年9月にヤンゴンで行った空中写真判読結果に基づき、Mumaung島の海岸段丘に焦点を当て、現地において地形断面測量と年代試料の採取を行った。段丘は少なくとも4面に区分され、高度は低位より3-5m、7-10m、12-14m、15-18mと測定された。さらに高位の23-25m付近にも断続的に段丘が分布する。それぞれの面から年代試料となる現地性のサンゴやカキの化石を採取することができた。特に最低位面の離水岩礁からは2つのレベルで隆起カキ礁を発見した。低位のものは段丘地形と対応し、1762年地震で離水したものと考えられるが、高位のものは1段上の段丘より低く、いずれの段丘とも対応しない。これは段丘を作る大きな隆起イベントの間に小さな隆起を伴う別のタイプのイベントが生じていた可能性を示唆する。今回の調査の詳細は活断層研究センターニュースのトピックとして改めて報告する。



1762年地震で離水したと考えられる隆起カキ礁。

2008年1月10日-1月20日

## タイ南部における古津波痕跡調査

澤井祐紀

2008年1月10日~20日にタイ・パンガー県の南部において古津波痕跡に関する調査を行った。調査にはタイ・チュラロンコン大学の研究者(2名)と米国ワシントン大学の大学院生(1名)が参加し、昨年4月に行った調査の補足データを採取すること、分析試料を採取することが主な目的とされた。連日、摂氏30-35度を超える暑さの中でピット掘削、壁面観察、試料採取、測量が繰り返された。体調管理の難しい条件下での調査であったが、ボタ山起源の津波堆積物など興味深いものを見ることができた。今後は、採取した試料中の微化石などを検討する予定である。



2004年の津波により破壊され、それ以降放棄された寺院。この寺院の近くにも多くのボタ山が見られた。

2008年1月15日-17日

## 山崎断層帯三木断層沢の池トレンチ

吉岡敏和

文部科学省委託の「活断層の追加・補完調査」として実施している山崎断層帯三木断層の活動履歴調査の一環として、兵庫県小野市久茂町の沢の池北岸において、トレンチを掘削した。この地点は、低位段丘面上に細長い池と凹地が連続し、これが三木断層の活動によるもの可能性があると考え、トレンチを掘削したが、トレンチ壁面には断層は確認されず、この凹地は旧河道である可能性が高まった。



写真はトレンチの南東側壁面。

2008年1月15日-17日

## 国府津-松田断層帯曾我原トレンチ

丸山 正

文部科学省委託の「活断層の追加・補完調査」として実施している神縄・国府津-松田断層帯国府津-松田断層の活動履歴調査の一環として、神奈川県小田原市曾我原においてトレンチを掘削した。トレンチ壁面には地すべりによる地層の変形が認められるものの、明瞭な断層や撓曲構造は確認されなかった。今後、詳しい観察を行うとともに周辺で実施しているボーリング調査の結果や既存資料とあわせて曾我原地区の断層の性状について検討していきたい。



トレンチ東側壁面。

## 招待講演, セミナー



2008年1月17日

## 飾磨東中学校防災教育講演会

寒川 旭

全校生徒を対象にして、「21世紀の巨大地震」というタイトルで地震に関する基礎知識について講演した。この中で、南海地震の歴史と、将来、発生したときの被害について詳しく話した。また、近接した地域の活断層が活動して引き起こした、1596年伏見地震や868年播磨地震についても説明した。

2008年1月27日

## 池田市教育フォーラム親子科学教室

寒川 旭

池田市教育委員会主催（産総研関西センター協力）の池田教育フォーラムの親子科学教室で、「巨大地震がやってくる」という授業を行った。150名余の参加者（主に小学生）を対象に地震の基礎知識を話し、エキジビッターなどを用いて液状化現象に関する実習を行った。

2008年1月31日

## 第12回震災対策技術展

丸山 正

2008年1月31日と2月1日の2日間、横浜国際平和会議場（パシフィコ横浜）において第12回震災対策技術展が開催された。産総研地質調査総合センターでは、地質図の紹介や地震に関する研究の紹介を中心としたブースを出展した。丸山は、2007年能登半島地震と中越沖地震後に実施した緊急調査や海底活断層調査の概要を紹介するポスターを作成した関係で、1月31日説明係として参加した。

## 新聞, テレビ報道

2008年1月16日 毎日新聞 朝刊2面

寒川 旭

毎日新聞「ひと」の欄に「地震の日本史を出版した地震考古学者 寒川 旭さん」として紹介。阪神・淡路大震災の時、被災地の人たちが神戸は地震がないと信じていたことに驚き、普及活動の必要性を痛感。地震考古学を手がけた経緯など。

2008年1月28日 四国新聞 朝刊3面

月曜随想 やがて来る南海地震

寒川 旭

毎週月曜の「月曜随想」に「やがて来る南海地震」という原稿を掲載。宝永地震で高松市北東の五剣山の一枚が崩れ落ちた話。その他、南海地震や東海（東南海）地震の歴史を紹介。21世紀中ごろまでに予想される次の発生に備えることの必要性を示した。

## 発表論文

地震津波堆積物：最近20年間のおもな進展と残された課題

藤原 治

第四紀研究, vol.46, no.6, p.451-462

津波堆積物の研究の進歩を地球科学と防災技術の両面から整理し、今後の展望について述べた。地球科学（堆積学、各種の実験など）の面では、津波堆積物の形成プロセスの理解が進んだ。防災面では、長期にわたる津波の履歴が解明されつつあり、過去の津波の浸水範囲のシミュレーションも行われた。信頼性の高い津波堆積物のデータを時間的にも空間的にも密に蓄積していくこと、防災上重要な津波の波高、流速、遡上範囲などを、定量的に推定する手法を高度化する必要がある。こうした成果を社会に還元するには、地球学、地震学、津波工学、社会学などの連携が必要である。

古地震・津波情報の地震・津波防災への活用

藤原 治・後藤和久・平川一臣・池原 研・今村文彦

第四紀研究, vol.46, no.6, p.445-450

海溝型地震や津波に対する防災対策のために、津波堆積物などの古地震データをどう活用するかについて一案を述べた。過去の地震・津波の詳しい履歴に基づいて、将来の地震や津波の特徴を想定することも出来る。過去の津波の物証である津波堆積物は、実験やシミュレーションの妥当性を検証したり、精度を向上させるためにも重要である。さらに、地震や津波に対する脆弱性は地域ごとに異なるので、その特徴を住民に分かりやすく伝えること、地域の特性に合った防災計画を考えることが重要である。

## 活断層研究センター活動報告（2008年1月）

2008年1月9日

中越沖地震科振費緊急研究運営委員会（杉山出席 / 東京）

緊急研究の成果について各テーマ毎に報告を行った。

2008年1月11日

1月定例地震調査委員会（杉山出席 / 東京）

中越沖地震を起こした断層面について集中的に議論し取りまとめた。

2008年1月16日

原子力安全委員会「地質・地盤に関する安全審査の手引き検討委員会」（宮下・杉山出席 / 東京）

2008年1月21日

第5回新しい総合的かつ基本的な施策に関する専門委員会（杉山出席 / 東京）

2008年1月23日

第132回長期評価部会（杉山出席 / 東京）

2008年1月25日

1月定例強震動評価部会（杉山出席 / 東京）

九州地方の高度化版地震動予測地図について議論した。

2008年1月29日

地震動予測地図高度化WG（杉山出席 / 東京）

長さ10~20kmの活断層から発生する地震の規模の評価等について議論した。



独立行政法人  
産業技術総合研究所 活断層研究センター

〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第7事業所  
Tel: 029-861-3691 Fax: 029-861-3803  
URL: <http://unit.aist.go.jp/actfault/activef.html>

2008年2月18日発行  
AFRC NEWS No.75 / 2008年1月号

編集・発行 独立行政法人 産業技術総合研究所  
活断層研究センター  
編集担当 黒坂朗子