

# 地震 ジャーナル

42

2006年12月

- エッセイ 平成の大合併で防災力は低下する ●井野盛夫  
先進的海底ネットワークシステム ●金田義行——1  
巨大地震災害の発生を目前に控えて ●河田恵昭——10  
21世紀の安全に再構築を ●吉村秀實——22  
長い取材体験から見た「最新地震論」 ●横山裕道——28  
発展途上国の組積造建物向けの耐震補強法の開発 ●目黒公郎——38  
地震予知連絡会情報 ●岡田義光——50  
●書評——62  
●新刊紹介——64  
●ADEP情報——66

地震の基礎知識 海溝型地震と津波／内陸型地震と活断層

囲み記事 地震予知をめぐるさまざまな思い／確定報・最終報

地震予知総合研究振興会

ASSOCIATION FOR THE DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE PREDICTION

## 平成の大合併で防災力は低下する 井野盛夫

大規模な市町村合併は明治22年の市町村制（明治の大合併）への移行以来、昭和28年から31年にかけての「昭和の大合併」、そして今回の平成17年までに行なわれた「平成の大合併」がある。合併についての政府案は、現在の町村を半数程度にすること、人口1万人以下の町村をなくすことにあった。その結果、平成11年に3,232あった市町村は18年3月現在1,821（市777、町村1,044）となり、人口が5年前に比べて減少した市町村は1,605あり、全体の72.4%を占めている。65歳の総人口に対する比率（高齢者人口比率）は19.5と高くなっていることから、多くの市町村では人口の減少と高齢化が進行して、災害発生時には幼児、障害者、外国人を含めた要援護者への支援体制が課題となった。

大合併により市の面積が拡大し、県の面積に匹敵するところが現れた。14市町村が合併協議中である熊本市では香川県の面積（1,875km<sup>2</sup>）の約9割に匹敵する管内をもつことになり、浜松市でも12市町村が合併して香川県土の約8割強に相当する面積となった。合併後には面積が拡大し小さな政府を目指す方針から、防災分野においても従来の職員数が減少し、住民の安全・安心の確保が一層困難になることは免れない。

防災を含めて国等から助成される補助金等は市町村単位で交付される事業が多く、従来から一旦助成を受けると基本的には再度同じ目的では受けられなかった。合併以前に助成を受けた市町村と合併すると、整備が遅れていた旧市町村管内を同水準に向上させることが難しくなる。合併後の本部支部体制と通信システム、旧市町村本部庁舎の位置付けと管理、防災施設整備とその基準、同報無線の統一周波数や子局の配置、合併前に交わした相互支援協定の実施、避難地や救護所等の配置、自主防災組織毎の対策目標設定など行政域の拡大によって目標の新たな計画作りが必要となった。

不況の影響で税収が落ち込み財政的にやっていけない状況を打開するために行なわれた「平成の大合併」は、防災面においてもかなりの切捨てが進んで行く。防災行政サービスの水準が低下して住民に求める負担が増大し、選挙区の整理により地元選出議員が減少して地域住民の意見が届き難くなり、中心市街地と周辺部の地域格差が増大する。巨大災害が発生した際に市町村職員数に対して管内面積が広く、特に過疎地域では被害状況調べに手間取り、救命救助などの一刻を争う支援の手が遅くなることが予測される。



井野盛夫

【いの もりお】

富士常葉大学環境防災学部教授、静岡県防災局長、静岡県防災情報研究所長、富士常葉大学環境防災学部長を経て現職。

研究分野：防災行政、地下水理。

# 先進的 seabed ネットワークシステム

## —紀伊半島熊野灘沖における海底地殻活動観測網の整備—

金田義行

### 1. はじめに

海溝型巨大地震研究においては、主要震源域である海域の地殻活動の観測が必要不可欠である。特に南海トラフでは、今後30年以内の発生確率が60%、50%と評価されている東南海地震、南海地震といった巨大地震震源域と想定東海地震震源域が存在しており、その防災のためにもこれらの震源域における地殻活動のモニタリングのための海域観測網の整備が急務である。現状の国内の陸域、海域の観測体制は、下記の通りである。

#### 1) 陸域観測網の現状：

陸域観測網は1995年に発生した兵庫県南部地震を契機に、GPS観測網およびHi-NET、F-NET、K-NET等の地震観測網の整備が促進され、世界有数の観測体制が全国的に整備されている。

#### 2) 海域観測網の現状：

海域観測網に関しては、想定東海地震の震源域である東海沖における気象庁の海底ケーブル、東京大学/東北大学の釜石沖海底ケーブル、海洋研究開発機構の室戸沖、釧路沖海底ケーブルなどがあるものの、陸域の稠密な観測網と比較するとほとんど整備がなされていないのが現状である。

このように、マグニチュード8クラスの海溝型巨大地震の再来が危惧される南海トラフ域をはじめ、十勝沖地震、宮城沖地震などの海溝型地震が発生している日本海溝・千島海溝域等いずれの海域においても観測網は不十分であり、その整備は海溝型巨大地震防災のための最優先課題である。そこで文部科学省では、南海トラフ巨大地震震源域の地殻活動をリアルタイムにモニタリングするための海底ネットワーク（地震・津波観測監視シ

ステム）を、1944年東南海地震震源域である紀伊半島沖熊野灘と、1946年南海地震破壊開始域である紀伊半島沖西部に構築する計画として海溝型巨大地震研究プロジェクトを平成18年度より開始した。図1に海底ネットワークの概念図を示す。

### 2. 紀伊半島沖に焦点を当てた観測網の整備

紀伊半島沖は1944年東南海地震と1946年南海地震とともに破壊が開始した地域である。さらに、以下に示すように、最近の地殻構造およびシミュレーション研究で、この地域が破壊の開始だけでなく南海トラフの海溝型巨大地震の発生様式にとって重要な役割を果たしていることがわかってきた。そのため図1に示したように、本プロジェクトでは紀伊半島沖にまず観測網を整備する計画となっている。

#### 1) 地殻構造研究

海溝型地震研究において震源域の地殻構造を把握することは重要な課題である。南海トラフでは震源域の構造研究として、これまで多くの地殻構造調査が実施されている。これらの地殻構造調査の主要な研究成果（抽出された構造要因）を下記に示す（図2）。

#### (1) 南海地震震源域：

- ・室戸沖巨大海山の沈み込み構造  
（1946年南海地震の破壊伝播様式を規定した可能性）
- ・土佐沖の深部強反射面  
（DSR：Deep Strong Reflector）  
（1946年南海地震の際の巨大海山の沈み込み域西方の非破壊域に分布）

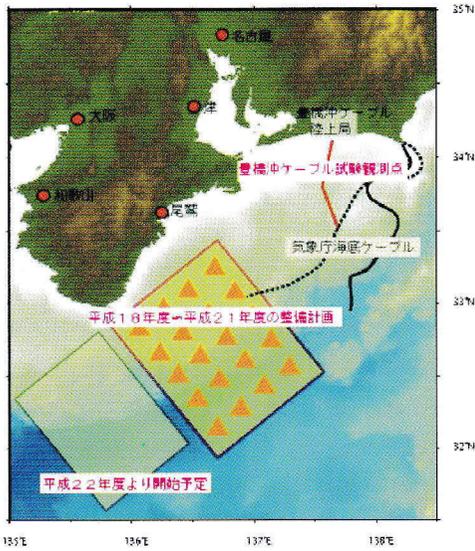


図1 海底ネットワーク概念図

- (2) 東南海/南海地震震源境界域：
  - ・紀伊半島潮岬沖の不整形構造（石臼構造）と深部断裂構造（東南海/南海地震の連動を規定している可能性）
- (3) 東南海地震震源域：
  - ・分岐断層の分布（東南海地震のトラフ軸側の破壊域を規定している可能性）
- (4) 東海地震震源域：
  - ・海嶺の繰り返し沈み込み構造（想定東海地震のアスペリティの可能性）
- (5) 南海トラフ巨大地震震源域全体のフィリピン海プレート形状
  - ・地殻構造調査研究成果ならびに地震活動分布よりフィリピン海プレート形状モデルを構築（図3）

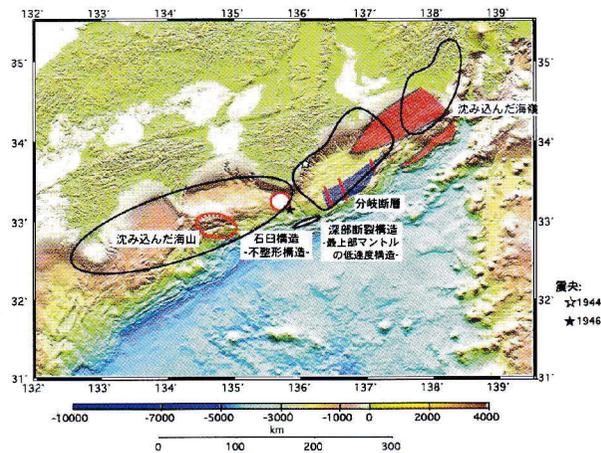


図2 南海トラフにこれまでにイメージングされた構造要因

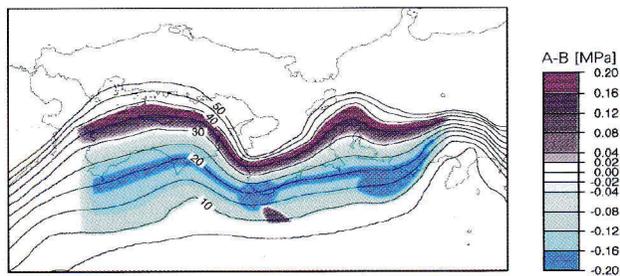


図3 地震発生サイクルシミュレーションに用いる構造/摩擦特性モデル (Hori et al. 2005)

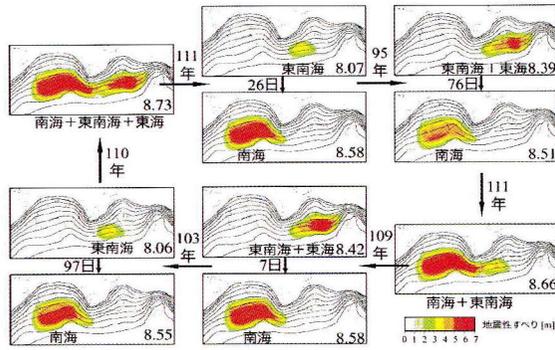


図 4 地震発生サイクルシミュレーション結果 (Hori et al. 2005) 各サイクル間の時間やサイクル内での連動パターンに揺らぎがあることが示されている。

## 2) 地震発生サイクルシミュレーション研究

近年、地球シミュレータ等の大型計算資源を用いて、海溝型巨大地震特に南海トラフにおける巨大地震発生サイクルを理解するため多くのシミュレーション研究が行われている。このシミュレーション研究に用いる地殻構造モデルとして、これまで地殻構造調査研究で得られた構造要因（潮岬沖の不整形構造、海嶺の繰り返し沈み込み構造、巨大海山の沈み込み構造）やフィリピン海プレート形状をモデル化し、さらにプレート境界での摩擦特性を与えた結果を図3に示す。

図3のモデルに基づき、地球シミュレータによる地震発生サイクルシミュレーションを行った。図4の地震発生サイクルシミュレーション結果では、

### (1) 東南海地震震源域が破壊の開始域

フィリピン海プレート形状に基づき想定される地震発生帯の規模やプレート収束速度の違いさらには構造要因の存在に伴う摩擦特性の不均質等により、紀伊半島沖東南海地震震源域から破壊が開始し易いことを考えている。実際に1944/1946年の昭和の東南海・南海地震、1854年安政の南海トラフ巨大地震でも、東南海地震震源域が南海地震震源域に先行して破壊している。

### (2) 東南海地震と南海地震、東南海地震と東海地震の連動パターンが変化

潮岬沖の不整形構造や繰り返し沈み込む海嶺がそれぞれバリアとして機能。

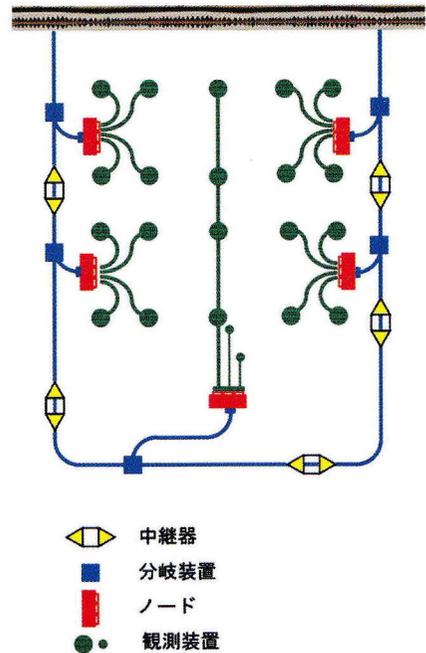


図 5 海底ネットワークの基本システム

### (3) 南海トラフ巨大地震の再来間隔の揺らぎ

紀伊半島沖東南海地震震源域における破壊開始位置がバリアとして機能する不整形構造近傍に存在するため、各地震サイクルで生じる不整形構造周辺の壊れ残りに起因する応力場の不均質が影響。

## 3. 先端的海底ネットワークシステム

本プロジェクトの実施機関である海洋研究開発

機構では、冗長性を考慮した給電・データ伝送を担う基本システムと、拡張性、保守の効率性を考慮した観測点の展張システムを組み合わせた先端的なリアルタイム海底ネットワークの構築を開始している。

本海底ネットワークでは20観測点(ノード)に対し、地震計(強震計、広帯域地震計等)および精密水圧計を基本センサーとして、海底重力計、海底傾斜計といった観測センサーのシステムへの組み込みの可能性も検討を行っていく。

また、将来のリアルタイム化を目指したセミリアルタイム海底GPSの開発や、冗長性・軽量化・低コスト化を目指したインライン式地震計システムの開発も同時に進めて行く。一方、2004年スマトラ沖巨大地震を契機に進められている、インドネシア等の海溝型巨大地震多発帯の観測網整備と地震データ統合解析システムの構築を推進し、当該地域での巨大地震研究成果を南海トラフ巨大地震研究に反映させる研究課題も同時に開始している。これらの研究開発は、東北大学、名古屋大学、東京大学地震研究所ならびに防災科学技術研究所と連携して推進している。

#### 1) 海底ネットワークの基本概念とその目的

下記の基本概念と目的に基づいて海底ネットワークの構築を目指す。

- (1) 地殻活動の長期リアルタイムモニタリング(海溝型巨大地震の準備・直前過程の把握)
- (2) 地殻活動データを用いた地震発生予測モデルの高度化(海溝型地震研究の推進)
- (3) 迅速な地震・津波規模情報の把握(防災・減災への貢献)
- (4) 沈み込み帯のダイナミクスの理解
- (5) 先進的海底観測技術の開発(次世代海底ネットワークへの展開)

#### 2) 海底ネットワークの基本設計概念

本海底ネットワークの基本システムの概念図を図5に示す。

##### (1) 基本システム:

構築する海底ネットワークでは冗長性、拡張

性、保守の効率化ならびに低コスト化による、長期観測での信頼性、高品質データの確保

##### (2) 観測センサー:

地震計(強震計、広帯域地震計等)、精密水圧計(津波観測、鉛直海底地殻変動観測)が基本センサーであり、傾斜計/重力計(海底地殻変動)はシステムへの組み込みの可能性を検討。

また、設置する地震計の組み合わせに関してはM8クラスの巨大地震から通常の微小地震活動さらに低周波微動、超低周波地震等を対象に観測センサーの周波数帯域、感度等を考慮して決定する。

##### (3) 拡張性:

分岐装置/ケーブル展張技術による観測機能の拡張性を確保

##### (4) 冗長性:

両端陸揚げ方式等によるシステム障害に対する冗長性の確保

##### (5) 保守効率化:

ROV (Remotely Operating Vehicle), AUV (Autonomous Underwater Vehicle) の活用による保守の効率化

#### 3) 観測センサー展開の検討

本海底ネットワークの役割は、海溝型巨大地震震源域である海域の地殻活動をリアルタイムでモニタリングすることや地震発生過程を把握して、地震予測モデルの高度化ならびに迅速な地震・津波規模の把握に貢献することである。そのためには観測センサーをどのように展開するかが最重要課題の一つであり、地殻活動モニタリングの観点や実際に海底ネットワークを構築する海底地形・底質状況等の総合的な検討・評価に基づき決定する必要がある。

以下に観測センサーの展開に関する各検討項目の解析・評価例を示す。

##### (1) 地震活動モニタリング評価:

仮想震源(M2程度)を配置させて、その震源決定精度について検討した(図6-1)。図6-1では、陸域観測のみでの震源決定では海域の仮想震源決定精度が著しく低下しているが、海域観測アレイ

を用いることにより、海域震源決定精度が非常に改善していることが示されている。

これまで、東南海地震震源域を中心した海域地震観測は東京大学地震研究所、海洋研究開発機構および気象庁で実施されている。海洋研究開発機構が実施した微小地震観測結果では、固着域とされる前弧海盆下での地震活動は低く、付加体先端部域で地震活動の活動度が高くなっていることが示された(図6-2)。

また、2004年9月の紀伊半島南東沖の地震ではトラフ軸周辺を震源としてM7クラスの地震が連続して発生したが、その震源分布を図6-3に示す。

これらの主要な震源は、東南海地震震源域よりトラフ軸側に分布しているが観測センサーの展開については、これらの地震活動のモニタリングを踏まえて検討することが不可欠である。

#### (2) 地殻変動モニタリング評価：

プレート境界に沿ってすべり量を1m与えた場合の感度解析のため、チェッカーボードテストを行った結果を図6-4に示す。この結果、海域の地殻変動に関しては観測アレイ(精密水圧計の感度を1cmとした場合)により海域の地殻変動は検知できるが、陸域観測のみでは海域、特にトラフ軸周辺域の地殻変動は検知できないことが検証された。

#### (3) 海底地形情報：

南海トラフ東南海地震震源域の表層は平坦な熊野前弧海盆分岐断層が発達する前弧隆起帯ならびに付加体から形成される。ここで、前弧隆起帯から付加体先端部にかけて急峻な斜面が存在しており、前弧海盆においては泥火山が点在していることが確認されている。これらの海底表層状況を考慮したケーブルルートならびに観測センサーアレイの検討が必要である。

#### (4) 前兆的地殻活動が発現した場合の検知感度評価：

次のM8クラスの東南海地震に先立って前兆的地殻変動が発現する場合に、その検出可能性を向上させるために、事前に想定した前兆的地殻変動(M6.1規模)を陸側ならびにトラフ軸側で

発現させた場合の感度解析を行った。図6-5の結果では、陸域側に想定した前兆的地殻活動は陸域観測網と海域観測網で検知出来る可能性が示され、一方トラフ軸側に設置した前兆的地殻活動は想定した陸域観測網では検知が難しいが、海域観測網で検知できる可能性を示唆している。ただし、前兆的地殻活動が発現した場合、その現象をどのように評価するかが重要である。そのためにはデータ同化等の手法開発が不可欠である。

#### 4) 海底ネットワーク構築における検討課題

この基本システムに基づき先端的海底ネットワーク展開を検討するが、以下の観点での検討が必要不可欠である。

- (1) 地震活動解析評価の高度化(震源決定精度の向上)
- (2) 地殻変動解析評価の高度化(地殻変動データの海陸統合解析)
- (3) 地震発生予測モデルの高度化(データ同化手法の開発)
- (4) 迅速な地震・津波解析評価(解析評価手法の開発と情報発信システムの検討)
- (5) 海底地形・地質状況に基づく観測点配置、ケーブルルートの選定
- (6) 海底ネットワークデータ統合化システムの開発
- (7) 次世代の海底観測を視野に入れた技術開発

以上の基本概念、検討課題に基づくシステム構築ならびに展開アレイの選定等については、海域地殻活動の最適な評価ならびに防災・減災への貢献を考慮した議論を踏まえて実施する。

#### 4. 海底ネットワーク構築に期待される成果

本海底ネットワークで得られるデータの活用によって期待される成果を以下に示す。

- (1) 東南海地震震源域に稠密展開された地震計、精密水圧計等により地震・津波発生情報の早期把握とその規模予測の高精度化による防災・減災への貢献
- (2) 長期的な地殻活動(地震活動、地殻変動)

データとのデータ同化による地震発生予測モデルの高度化

- (3) 巨大地震発生直前過程で地殻活動変化が発現した場合の検知可能性の向上
- (4) 海溝型巨大地震発生サイクルにおける地殻活動（準備過程-直前過程-地震発生時挙動-回復過程）を初めて震源直上でリアルタイムモニタリングすることによる海溝型巨大地震研究の飛躍的な推進
- (5) 巨大地震震源域の地殻活動をリアルタイムにモニタリングすることの必要性/重要性の検証と地震・津波の防災・減災体制整備の推進
- (6) 次世代海域観測技術開発の推進

## 5. まとめ

海底ネットワークを用いた海溝型巨大地震震源域の直上での地殻活動のリアルタイムモニタリングは、観測精度の向上や迅速な地震/津波情報の検知・評価のための有効な研究手段だけでなく、これまで我々が十分に把握することができなかった長時間スケールの地殻活動や、プレート沈み込み開始域であるトラフ軸周辺での地殻/マンツルの相互作用に関わる諸現象の検知も期待される。

今後、海底ネットワークは南海トラフのみならず、宮城沖地震、十勝沖地震など M7 以上の地震

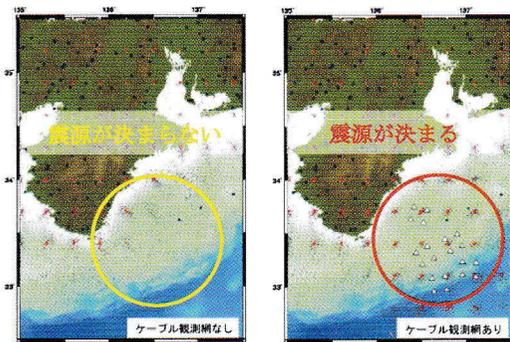


図 6-1 海底ネットワークデータを用いた震源決定精度評価  
ネットワークが展開する海域での震源決定精度の向上が示されている。

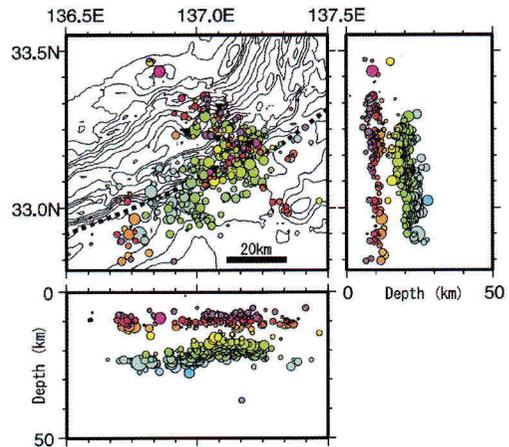


図 6-3 紀伊半島南東沖の地震  
余震は地殻内と上部マンツル内に明瞭に分かれて分布している (Sakai et al. 2005)。

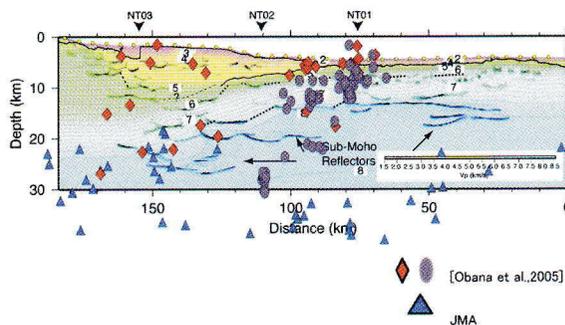


図 6-2 熊野灘における微小地震観測結果  
付加体先端部で微小地震活動が高いことがわかる (Obana et al. 2005)。

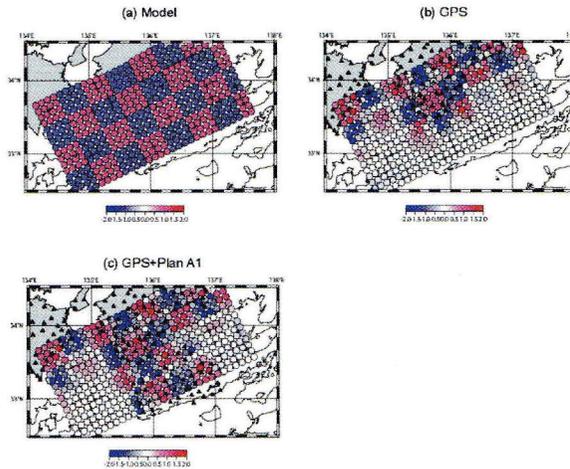


図 6-4 海底ネットワークによる地殻の感度解析  
海域での解析精度の向上が示されている。

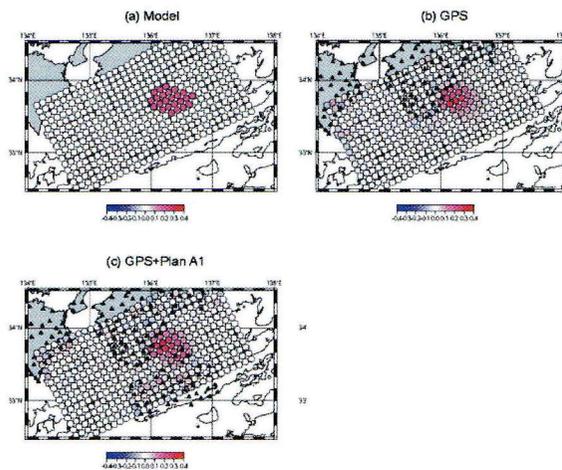


図 6-5 前兆的な地殻活動が発現した場合の感度解析  
海域での解析精度の向上が示されている。

が多発する日本海溝・千島海溝海域，さらには日本海中部地震や北海道南西沖地震が発生している日本海等にも展開することが重要である。また，このような海底ネットワークの構築・展開とともに陸域観測網と連携した観測網の統合化が必要不可欠である。また，将来的には，海外で構築されつつある海底ネットワークと連携した国際的なネットワークの構築により，各観測域・観測量等の異なる時空間スケールでのリアルタイムモニタ

リングシステムの整備・展開が今後の新たな地球科学推進の最重要な手段の一つであると考えられる。

#### 参考文献

- 金田義行，朴 進午，堀 高峰，2005，南海トラフで発生する巨大地震，岩波科学，Vol. 75, No. 8, 948-953。  
金田義行，朴 進午，尾鼻浩一郎，木下正高，堀 高峰，小平秀一，2006，2004 年紀伊半島南東沖地震震源域の

- 地殻構造と余震分布について, 「地震」(印刷中).
- Kodaira, S., T. Iidaka, A. Nakanishi, J.-O. Park, T. Iwasaki and Y. Kaneda, 2005, Onshore-offshore seismic transect from the eastern Nankai Trough to central Japan crossing a zone of the Tokai slow slip event, *Earth Planets and Space*, 57, 943–959.
- Kodaira, S., T. Hori, A. Ito, S. Miura, G. Fujie, J.-O. Park, T. Baba, H. Sakaguchi and Y. Kaneda, 2006, A cause of rupture segmentation and synchronization in the Nankai trough revealed from seismic imaging and numerical simulation, *Jour. Geophys. Res.* 111, B09301, doi : 10.1029/2005JB004030.
- Kodaira, S., T. Iidaka, A. Kato, J.-O. Park, T. Iwasaki and Y. Kaneda, 2004, High pore fluid pressure may cause silent slip in the Nankai Trough, *Science*, 304, 1295–1298.
- Kodaira, S., E. Kurashimo, J.-O. Park, N. Takahashi, A. Nakanishi, S. Miura, T. Iwasaki, N. Hirata, K. Ito and Y. Kaneda, 2002, Structural factors controlling the rupture process of a megathrust earthquake at the Nankai trough seismogenic zone, *Geophysical Journal International*, 149, 815–835.
- Kodaira, S., N. Takahashi, J.-O. Park, K. Mochizuki, M. Shinohara and S. Kimura, 2000, Western Nankai Trough seismogenic zone : Results from a wide-angle ocean bottom seismic survey, *J. Geophys. Res.*, 105, No. B3, 5887–5905.
- Kodaira, S., A. Nakanishi, J.-O. Park, A. Ito, T. Tsuru and Y. Kaneda, 2003, Cyclic ridge subduction at an inter-plate locked zone off central Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 30 (6), 1339, doi : 10.1029/2002GL016595.
- 小平秀一, 2005, 東海地震想定震源域でおこっている“スロースリップ”, *岩波科学*, 75 (8), 954–957.
- Baba, T., P.R. Cummins, T. Hori and Y. Kaneda, 2006, High precision slip distribution of the 1944 Tonankai earthquake inferred from tsunami waveforms : Possible slip on a splay fault, *Tectonophysics*, 426 (2006), 119–134.
- Baba, T., K. Hirata and Y. Kaneda, 2004, Tsunami magnitude determined from data of ocean-bottom pressure gauges around Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L08303, doi : 10.1029/2003GL019397.
- Baba, T. and P. R. Cummins, 2005, Contiguous rupture areas of two Nankai Trough earthquakes revealed by high-resolution tsunami waveform inversion, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L08305, doi : 10.1029/2004GL022320.
- Baba, T., T. Hori, S. Hirano, P.R. Cummins, J.-O. Park, M. Kameyama and Y. Kaneda, 2001, Deformation of a seamount subducting beneath an accretionary prism : Constraints from numerical simulation, *Geophys. Res. Lett.*, 28 (9), 1827–1830.
- Araki, E., M. Shinohara, K. Obana, T. Yamada, Y. Kaneda, T. Kanazawa and K. Suyehiro, 2006, After-shock distribution of the 26 December 2004 Sumatra-Andaman earthquake from ocean bottom seismographic observation, *Earth Planet. Space*, 58, 113–119.
- Obana, K., S. Kodaira and Y. Kaneda, 2005, Seismicity in the incoming/subducting Philippine Sea plate off the Kii Peninsula, central Nankai trough, *J. Geophys. Res.*, 110, B11311, doi : 10.1029 / 2004JB003487.
- Sakai, S., T. Yamada, M. Shinohara, H. Hagiwara, T. Kanazawa, K. Obana, S. Kodaira and Y. Kaneda, 2005, Urgent aftershock observation of the 2004 off the Kii Peninsula earthquake using ocean bottom seismometers, *Earth Planet. Space*, 57, 363–368.
- Hori, T., 2006, Mechanisms of separation of rupture area and variation in time interval and size of great earthquakes along the Nankai Trough, southwest Japan, *J. Earth Simulator*, 5, 8–19.
- Hori, T., N. Kato, K. Hirahara, T. Baba and Y. Kaneda, 2004, A numerical simulation of earthquake cycles along the Nankai trough, southwest Japan : Lateral variation in frictional property due to the slab geometry controls the nucleation position, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 228, 215–226.
- Park, J.-O., T. Tsuru, S. Kodaira, N. Takahashi, Y. Kaneda, H. Kinoshita and Y. Kono, 2000, A subducting seamount beneath the Nankai accretionary prism off Shikoku, southwestern Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 26 (7), 931–934.
- Park, J.-O., T. Tsuru, S. Kodaira, N. Takahashi, A. Nakanishi, S. Miura, Y. Kaneda and Y. Kono, Out-of-sequence thrust faults developed in the coseismic slip zone of the 1946 Nankai earthquake ( $M_w=8.2$ ) off Shikoku, southwest Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 27 (7), 1033–1036.
- Park, J.-O., T. Tsuru, N. Takahashi, T. Hori, S. Kodaira, A. Nakanishi, S. Miura and Y. Kaneda, 2002, A deep strong reflector of the Nankai accretionary wedge from multichannel seismic data : Implications for underplating and interseismic shear

- stress release, *J. Geophys. Res.*, 107 (B4), 10.1029/2001JB000262.
- Park, J.-O., T. Tsuru, S. Kodaira, P.R. Cummins and Y. Kaneda, 2002, Splay fault branching along the Nankai subduction zone, *Science*, 297, 1157-1160.
- Park, J.-O., G. Moore, T. Tsuru, S. Kodaira and Y. Kaneda, 2003, A subducted oceanic ridge influencing the Nankai megathrust earthquake rupture, *Earth and Planetary Science Letters*, 217, 77-84.
- Nakanishi, A., S. Kodaira, J.-O. Park and Y. Kaneda, 2002, Deformable backstop as seaward end of coseismic slip in the Nankai Trough seismogenic zone, *Earth and Planetary Science Letters*, 203, 255-263.
- Nakanishi, A., N. Takahashi, J.-O. Park, S. Miura, S. Kodaira, Y. Kaneda, N. Hirata, T. Iwasaki and M. Nakamura, 2002, Crustal structure across the coseismic rupture zone of the 1944 Tonankai earthquake, the central Nankai Trough seismic zone, *J. Geophys. Res.*, 107 (B1), 10.1029/2001JB000424.
- Takahashi, N., S. Kodaira, A. Nakanishi, J.-O. Park, S. Miura, T. Tsuru, Y. Kaneda, K. Suyehiro and H. Kinoshita, 2002, Seismic structure of western end of the Nankai trough seismogenic zone, *J. Geophys. Res.*, 107 (B10), 2212, doi : 10.1029/2000JB000121.
- Kikuchi, M., M. Nakamura and K. Yoshikawa, 2003, Source rupture processes of the 1944 Tonankai earthquake and the 1945 Mikawa earthquake derived from low-gain seismograms, *Earth Planets Space*, 55, 159-172.
- 山中佳子, 2004, 1944年東南海地震と1945年三河地震の震源過程, *月刊地球*, 26, 739-745.
- Ichinose, G.A., H.K. Thio, P.G. Somerville, T. Sato and T. Ishii, 2003, Rupture process of the 1944 Tonankai earthquake (Ms 8.1) from the inversion of teleseismic and regional seismograms, *J. Geophys. Res.*, 108, 2497, doi : 10.1029/2003JB002393.
- Tanioka, Y. and K. Satake, 2001, Detailed coseismic slip distribution of the 1944 Tonankai earthquake estimated from tsunami waveforms, *Geophys. Res. Lett.*, 28, 1075-1078.
- 谷岡勇市郎・馬場俊孝, 2004, 津波波形インバージョンによる1944年東南海地震のすべり量分布再解析, *月刊地球*, 26, 754-758.
- Satake, K, 1993, Depth distribution of coseismic slip along the Nankai Trough, Japan, from joint inversion of geodetic and tsunami data, *J. Geophys. Res.*, 98, 4553-4565.

金田義行

[かねだ よしゆき]

**現職** 海洋研究開発機構 海洋工学センター 海底地震・津波ネットワーク開発部 部長  
理学博士



**略歴** 東京大学理学系大学院地球物理専攻修士課程修了, 旧石油公団等を経て平成9年より現海洋研究開発機構でプレート挙動解析研究に従事  
**研究分野** 構造地震学

# 巨大地震災害の発生を目前に控えて

## ～新しい地震防災研究～

河田恵昭

### まえがき

私は今年3月に還暦を迎えた。60年前の昭和南海地震と同じ年に生まれたのである。昭和21年生まれの防災研究者に親友の東京大学教授廣井脩君がいたが、この4月に逝ってしまった。あまりにも早い死であった。ここで取り上げる東海・東南海・南海地震や首都直下地震の防災や減災と一緒に立ち向かおうと考えていたのに、残念である。

さて、阪神・淡路大震災以降、毎年のように被害地震が発生し、いやが上にも社会の地震災害に対する関心が高まり、私たちは強い使命感に支えられて研究活動を続けてきた。これらの巨大地震の発生はもう待たないである。研究も当然緊急性を帯びたものになっている。いくら基礎的な研究といえども、いつ成果が出てくるかという評価も重要である。そこで、ここでは東海・東南海・南海地震や首都直下地震が起これば、どのような新しい現象の発生が懸念されるのかということを中心に私見を述べる。

ところで、表題の「新しい」とは一体どういうことなのか。まず、東海・東南海・南海地震や首都直下地震で懸念される新しい現象について述べたい。つぎに、研究体制の問題に言及したい。今年4月から本年を初年度とする第Ⅲ期科学技術基本計画が採択されたが、それを作った総合科学技術会議は、意思決定機関ではなく調整機関であって、年間予算はたった10億円しかない。したがって、第Ⅲ期に投入される科学技術予算は、各省庁のこれに関係するものを総計したものである。

そこで、これから指摘するようなことが起こ

る。平成19年度の概算要求で『首都直下地震防災・減災特別プロジェクト』を立ち上げたが、そこでの要求理由は、首都直下地震対策大綱に記されたことを引用している。この大綱は内閣府がまとめたものであり、A4判で32ページにわたるものである。筆者は、内閣府の首都直下地震専門調査会でこの大綱の原案を審議し、また、総合科学技術会議の社会基盤部会および文部科学省の学術審議会防災部会の各委員として、今後の防災課題について決定過程に関与する立場にあった。しかし、残念ながら結果として提案されたこのプロジェクトは、バランスの悪いものになってしまった。その原因は一体どこにあるのだろうか。

### 最大死者数

筆者がこれまで指摘してきたように、1961年に施行された「災害対策基本法」は、『二度と同じ被害を繰り返さない』ための法律であって、これから懸念される新しい被害をどうするかという点は含まれていない。阪神・淡路大震災はこの法律の限界を示した災害ともいえる。これでは現代社会のように日々変化する状況では、時代遅れの対策になってしまう恐れがある。地震マグニチュードが同じ大きさでも、被害を蒙る社会の防災力が変化するからである。しかも、定量化できない被害については計上していないのである。もちろん従来やってきた被害想定結果が無駄になるとは言っていない。それが基本となることは間違いないが、それだけでは不十分ということである。

では、どのようなアプローチを取ればよいのであろうか。まず、近年の地震災害での人的被害のマクロな推定法を適用することである。それは、

つぎの事実である。すなわち、阪神・淡路大震災、台湾・集集地震、トルコ・マルマラ地震では、死者数は被災地人口のおよそ0.1%ということである。

現在、東京都には1,200万人が、首都圏全体で3,300万人が住んでいる。首都直下地震の被害が東京都だけに限定されるなら、死者数は1.2万人、首都圏全体に及ぶようなら3.3万人前後死亡する危険性があるということである。前者の数字は、中央防災会議が東京湾北部地震（マグニチュード7.3）を想定したときの死者数1.1万人とほとんど一致している。これを3.3万人にしないためには、広域災害になることを阻止すればよいという戦略が見出される。

もし、社会の防災力が全然発揮できない場合は、どれくらい犠牲になるのであろうか。図1は世界の地震災害における地震マグニチュードと死者の関係を示したものである。図面は縦軸の目盛りが対数になっているが、地震マグニチュードに

対応して死者数に上限値が存在することがわかる。それは、社会の防災力が皆無という条件であり、次の関係式で与えられる。

$$D = 10^{(1.03M - 2.76)}$$

ここに、 $D$ ：最大死者数および  $M$ ：地震マグニチュードである。もし、マグニチュードが7.3の場合、最貧途上国のように社会の防災力が期待できないと、最大死者数は、6.3万人に達する危険性がある。東海・東南海・南海地震が同時に起これば地震マグニチュードが8.7であるから、同じく最大158万人となる。わが国の社会の防災力が災害時にどの程度発揮できるかが、被害規模を決めるに際して大きな鍵を握っている。2004年に発生したスマトラ沖地震では、M 9.0の地震で約22.3万人の死者・行方不明者を数えたが、これは起こりうる最大死者数ではない。なぜなら、プレート境界の破壊がさらに北部で発生しておれば、津波のシミュレーションから、ベンガル湾沿岸に5m以上の津波が来襲し、バングラデシュで100万人

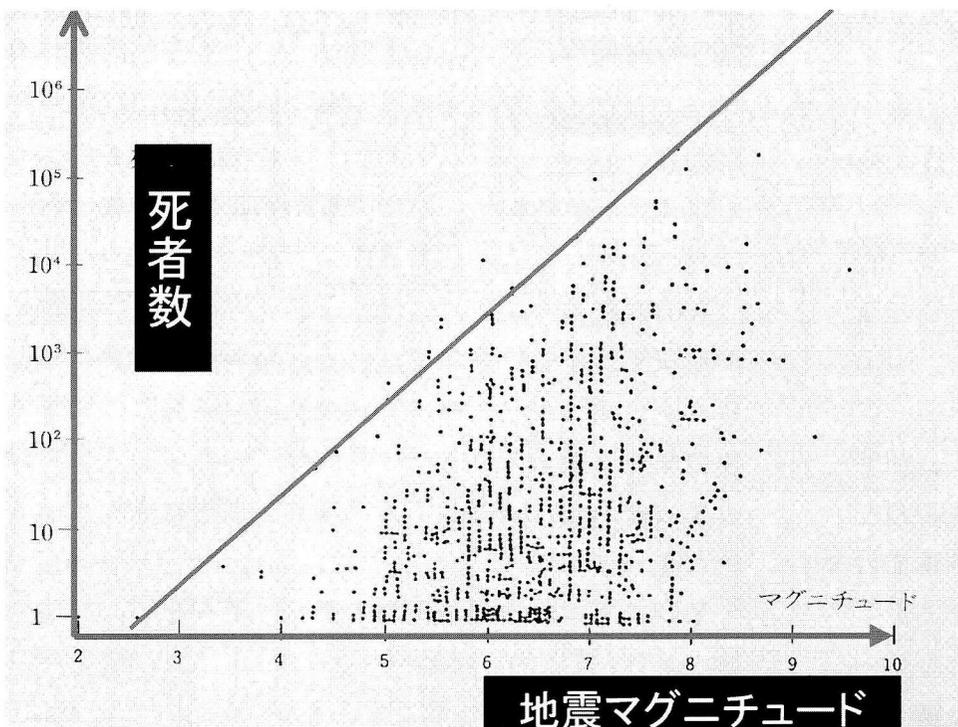


図1 世界の地震マグニチュードと死者数の関係

以上の犠牲者が発生した恐れがあった。これらの数字が絵空事であるかどうかは、まず、その被災シナリオを想定できるかどうか依存する。

### 隠れた被災シナリオ

では、災害でも複雑系のシステムのような『バタフライ効果』が起こるのであろうか。これは言い換えれば極端現象の発生の可能性である。気象災害では、すでに多くの異常気象という極端現象が発生している。たとえば、平成18年豪雪がそうである。地震災害で懸念されるのは、今後の被害の特徴が広域化、複合化、長期化という3つのキーワードで表されることである。そこで、これらのキーワードに沿った被害の特徴を示してみよう。

1) 広域化：東海・東南海・南海地震が同時に起きれば、被災地人口が5千万人、東南海・南海地震の連動で3.7千万人、首都直下地震では3.3千万人と推定される。これらの数字は被災者数ではなく、被災地に住んでいる住民数である。まず、東海・東南海・南海地震が起これば3,000以上の集落が、土砂災害や津波来襲で道路が寸断され孤立することがわかっている。とくに、太平洋沿岸部で震度6強以上の地域では、老朽木造住宅の全壊・倒壊が起これば、死亡しなくても瓦礫に閉じ込められる住民が多数発生するであろう。しかも、これらの地域では小さくても5m以上の津波が20分以内に来襲することがわかっている。地震直後に救出作業ができないのである。また下手に救出作業をしているとそこに津波が来襲して二次災害が起こる危険がある。被害の広域化で困るのは、現場に直ちに近寄れないことである。それらの地域では道路も鉄道も寸断され、津波が去った後には、浮遊する家の残骸が海面をびっしり覆っており、船艇が容易に近づけなくなっているだろう。住民の閉じ込め対策や集落の孤立化対策は重要である。首都直下地震の場合、一番心配なのが瓦礫の処理（震災ゴミ）である。現

状では、阪神・淡路大震災の約5倍の1億トン弱発生すると予測されているが、最終処分地はもとより、地域ごとの一次や二次の処理方法さえ決まっていない。通常のゴミの量のおよそ22.3カ月分に相当し、これを円滑に処理しないことには復旧に長期を要することになる。

- 2) 複合化：時間差で同種もしくは異種の災害が襲う場合である。新潟県中越地震に際しても、直前に台風23号によるまとまった降雨が被災地にあり、また冬には豪雪があって、土砂災害の発生を助長したことがわかっている。東海・東南海・南海地震では、地震と津波の組み合わせのほかに、(1)内陸直下型地震が先行して、復旧過程でこれらの地震が発生する、(2)東海・東南海・南海地震が時間差で発生する、(3)地震の前後に台風などによって流域全体に大雨が降り、河川が増水したり、高潮が発生することなどが起こる。山が地震の揺れで緩んでいる場合、大雨で土砂災害が起これば被害が拡大することなどが指摘できる。一方、首都直下地震の場合は、前述の(3)のほかに、地下空間での火災の発生や後述するような東京湾沿岸のコンビナートでの各種災害の発生などが指摘できる。
- 3) 長期化：東海・東南海・南海地震では、まず、犠牲者の半数近くが津波によるものであり、多くの遺体は海上捜索による収容を余儀なくされる。しかも沿岸域には家の残骸等が大量に浮遊しており、捜索は簡単ではない。事実、1933年3月3日に発生した昭和三陸津波では、約3千人の死者・行方不明者のうち、遺体が発見できたのは約半数の1,500体であって、残りは不明のままである。冬のさなかの捜索は海軍が担当したのであるが、50%程度しか見つかっていない。行方不明者が多いと、その捜索に大量の人員、船艇、機材、時間などの資源が必要となり、ほかの復旧事業が遅れることは必定である。また、各種ライフラインの復旧に長期間要し、必ず長期化災害となろう。とくに、上水道は深刻で

あって、東海・東南海・南海地震の同時3連発の場合、完全復旧に1年6カ月以上要すると推定されている。この間の飲料水の供給体制がほとんど議論されていない。道路網の寸断や港湾施設の被災も大量の救援物資の輸送に大きな課題を投げかけている。これは有明や東扇島に基幹的広域防災拠点が整備しつつある首都圏でも同じであって、水道管網の被災の度合い次第で長期化は免れないと考えられる。

### 防災・減災研究は災害研究と一緒という誤解

とくに、マスメディアの関係者の多くは、両者の違いがわかっていない。「防災」とは被害をゼロにし、「減災」とは被害をできるだけ少なくすることである。もちろん被害が起らないにこしたことはなく、防災は理想である。それを実現することが防災・減災研究であって、実践科学(Implementation Science)に属するものである。

一方、災害研究とは“災害がいかにして発生するのか、そのメカニズムを解き明かす”ことが目的である。しかし、「解き明かした」ところで被害が自動的に少なくなるわけではない。「地震がどのような条件になれば起こるか」とか「地震の揺れで建物や構造物がどのように壊れるか」ということがわかって、たちどころに被害が減少するわけではない。防災情報システムが地震直後、どこで火災が起っている可能性があるかを示したとしても、それで自動的に消火できるわけではないのである。消火するのは消防隊であって「情報」ではないのである。つまり、何が起っているかがわかって、そのことが直ちに防災や減災につながるのではないのである。つなげるためには、情報をどのように活用すればよいか提案され、具体的な対策として実現できてこそ被害が少なくなるのである。

このように、防災・減災研究は災害研究を含むものであって、決してそれぞれが独立に存在するのではない。

### ねじれ現象の発生

阪神・淡路大震災のような巨大被害が発生すると、それを二度と繰り返さないようにそのときに現れた多くの課題に対する学術研究が推進され、研究費が配分される。必要ならば新しい課題に挑戦する若い研究者の参入が期待される。しかし、つぎのような問題が発生する。阪神・淡路大震災直後に亡くなった約5千名の大半は、木造住宅の全壊・倒壊で発生したことははっきりしている。したがって、地震による死者数の減少には木造住宅の耐震補強がもっとも重要な対策である。ところが、政府、自治体がいくら声を大にして必要性を啓発しても、住宅の耐震補強が一向に進まない。なぜなのだろうか？

つぎのような疑問に答えてこなかったのも事実である。すなわち、

なぜもっと安価にできないのだろうか？

どうして日曜大工的な知識で補強できないのだろうか？

どうして家族が一番よく使う部屋から耐震補強するプログラムがないのか？

資金を数年にわたって準備し、段階的に補強するようなプログラムはなぜ用意されないのか？

耐震補強したからといってどのような揺れにも大丈夫なのか？

数百万円もかけて工事をやっても、施工会社は保証書すら発行しない。耐震補強した住宅が地震で万一全壊して死者が出た場合、施工会社の責任はどうなるのか？

少し考えただけでも多くの課題が山積している。ところが、木造住宅の耐震性を研究課題とする研究者が少ないこともあって(阪神・淡路大震災当時は、確か数名であった)、未だに責任をもって応えることができない。

このように考えてみると、阪神・淡路大震災のあとに集中的に検討しなければならないことは老朽木造住宅問題である。首都直下地震に際しても、住宅の全壊が約12万棟に達し、最大で4,200人が犠牲になると推定されている。ところが、震

災から11年経って、兵庫県三木市に実大三次元震動破壊施設(E-ディフェンス)が完成し、鉄筋コンクリート(実大6階建てが載荷可能)や鉄骨造の建物、構造物の耐震性の飛躍的向上を目指している。しかも、この分野で米国と共同研究を推進する体制ができていて、これらの研究も大切である。しかし、最優先で木造住宅の耐震性向上のために、研究者の数を増やし、研究予算をつけて推進しなければいけないのではないだろうか。研究内容やその優先度を、現在の専門的な研究者数に関係するようなプログラムの決定方法では困るのである。技術的な課題を研究するのであるからという理由で、研究内容や優先度を技術者や専門家だけで決めてしまうからこのようなことが起こるのである。もっと多くのステークホルダーの意見を反映させる必要がある。

なぜこのような『ねじれ現象』が起こったのであろうか。よく似たことが途上国でも起こっている。地震時に日干し煉瓦の住宅が全壊して多くの犠牲者が出ている構図は、過去数百年以上変わっていない。ところが途上国の耐震構造の研究者は、全員とは言わないが、超高層ビルや近代的な構造物の耐震性向上の研究をやっている場合が多い。なぜなら、彼らの多くは、それに関して欧米やわが国で博士号を取得し、本国に帰国後もその研究テーマの延長上で研究しているのが普通だからである。権威のある英文ジャーナルに登載されるかどうかは問題であって、多くの住民が日干し煉瓦造の建物の下敷きになって犠牲になっている現実を見つめていないといえる。

### 防災・減災研究におけるソフト対策の誤解

災害研究によって、災害発生のメカニズムが明らかになり、防災・減災研究によって社会の災害脆弱性が小さくなり、有効な対策が施行される。この一連の研究が防災・減災研究なのである。具体的な例を挙げてみよう。

首都直下地震の被害については、すでに中央防災会議の専門調査会が明らかにしており、死者1.1万人、帰宅困難者650万人、避難所へ逃げてく

る被災者は700万人に達し、その内460万人が避難所で生活することになる。このような推定結果は東京都の示した結果とは若干異なるけれども、大変な被害になることがわかっている。

ところが、来年度から始まる予定の地震防災研究では、首都直下地震の発生のメカニズムと三次元震動破壊施設を用いた震動実験、そして情報共有・活用の三本からなっている。これらは首都直下地震対策大綱に従ったプロジェクトであると述べられているが、大綱にはこれら以外にも重要な指摘や課題が多く指摘されており、我田引水と言われても仕方がない。筆者は、総合科学技術会議でこれに関する意見を述べたが、結果はまったく無視されたものとなった。

問題は2つある。1つはこれら3つの研究によってどのように被害が少なくなるかについての道筋が見えないことである。首都直下地震の発生確率が30年以内に70%であり、いつ起きてもおかしくないのである。だから、地震大綱の中でも指摘されている緊急性が高く、かつ被害軽減にすぐにも結びつくものも研究対象になっていなければならないが、それがないのである。これら3つのプロジェクトを実施し、いずれ成果を得たところで、直近に地震が起これば、被災者の数は減らないし、被害額も減らないのである。

もう1つは、被害情報共有・活用がソフト対策と誤解されていることである。コンピュータを駆使するための情報のソフトをいくら開発しても、これはあくまでもハード対策に過ぎないことが理工学分野の研究者にはなかなか理解できないのは困ったものである。阪神・淡路大震災からいみじくも明らかになったように、震災過程とは、物理過程と社会過程からなり、それをつなぐものが情報ということである。つまり、今回のプロジェクトには社会過程についての研究がまったく含まれないという異常さが目立つのである。

たとえば、被害は東京都だけにとどまらず、周辺の県にも及び、広域災害になる。そうすると政府と自治体の広域連携が問題となる。このような経験は、わが国ではないのである。また、単なる建物や構造物の被害にとどまらず、各種ライフラ

イン群の被災が相互干渉して、首都機能や社会機能が麻痺して、複合災害になる危険性がある。そして、被害が長期化して新たな問題が起こる危険性もある。広域化、複合化、長期化という3つの重要なキーワードがこれからのわが国の災害では重要となるのに対して、これらに関する課題が前述の特別プロジェクトには含まれていないのである。こうなったのは、防災分野での社会科学の実態が、個別研究の寄せ集めに近いことも一因であるが、関係省庁、関係機関や関係者間の話し合いの機会が皆無であったことが大きい。

すでに、首都直下地震に対しては地震大綱が発表され、今後10年以内に人的被害を半減し、経済被害を4割減少する減災戦略目標が公表されている。それを実現するための学術研究を戦略的に推進することが大切であろう。

### 鍵は最悪のシナリオを見出すこと

首都直下地震や東海・東南海・南海地震では未曾有の被害が発生することは容易に想像できる。そこで出てくる被災内容は、過去に一度でも発生しておれば、ある程度の誤差は含まれることを覚悟すれば推定可能である。これを実行したのが首都直下地震による被害推定である。これには過去に発生しなかったような被災シナリオは含まれていない。また、細かい検討は自治体に任されている。ところが、大きな被害はこの狭間で発生するに違いない。なぜなら、これから発生が心配される大きな被害は、その発端が通常なら見過ごされる小さなことである可能性が大きいからである。

たとえば、東京湾沿岸には容量が500t以上で耐震不適格もしくは耐震診断を受けていない石油や各種化学物資の貯蔵タンクが約2,000基ある。それ以下の容量のものは少なくともこの数倍あると推定される。東海地震のようなプレート間地震では、ここの沿岸部では震度4程度以上になり、液状化による被害や数秒のやや長周期の揺れでタンクのスロッシングによる被害が起こるに違いない。また、首都直下地震では構造的に脆弱なタンクからの貯蔵物資の漏出や出火が起こるに違いな

い。

これらの場合、複数の企業が有する各種の化学物資が液体もしくは気体状態で漏出し、混合して化学反応し有毒物資が発生するというようなことは起こらないのであろうか。このような調査をやったことは聞いたことがない。関係省庁が指導してきたコンビナート防災とは、企業単位ごとの火災であり、漏出事故であって、決して複合災害を想定するようなものではない。だから、2003年の十勝沖地震が起こり、震度4の苫小牧で貯蔵容量3.5万キロリットルの重油タンクの火災を消したら、同量のナフサタンクから続いて火が出たときには『わが国』には消火剤がなかったのである。わが国には、1,800トンしか消火剤がなかったのである。これは地震被害想定が貧弱なことを表している。さらに、次のようなことも起こる。大阪府の堺泉北コンビナートでは、南海地震による津波浸水が発生し、2万人の従業員が対岸に戻れない恐れが大きい。埋立地であるから構内道路や敷地の至るところで液状化で、凸凹ができたり噴出水で水没することがわかっている。ところが、ここに至って、本格的な地震・津波対策が考えられてこなかったことがわかった。立地企業が責任をもって企業防災を実施してこなかったことが原因であるが、それを指導する立場の省庁や自治体の罪も重い。

また、東京の地下空間は大規模に利用されているが、地震時に古いコンクリートの壁などにひびが入ったり、継ぎ目の部分がずれたり、外れたりすることはないのであろうか。そこから地下水が吹き出てくるのである。このような可能性を検討してこそ、減災戦略の目標が達成できるのである。従来型のマクロな被害想定ではとんでもない過小評価につながりかねない。

### ソフト対策の誤解

ソフト対策とハード対策という用語を作ったのは筆者であって、1980年代の後半のことであった。これが間違っていて使われている例が多い。これら2つは独立しているのではない。ハード対策は

ソフト対策に含まれていることを理工学分野の研究者にはなかなか理解できない。たとえば、防災構造物を作っても、その適用限界があるのであり、運用方法も大きな課題である。最近開発された緊急地震速報も、どのように使うかが鍵を握っている。このプロジェクトが提案されたとき、筆者は、「開発の段階から使い方を考えないと、完成してから使い方を考えるのでは遅すぎる」という注文をつけた。気象庁はこれを受けてプロジェクトの開始にあわせて『利用協議会』を発足させたのである。

ソフト対策を情報対策と誤解しているのではないだろうか。たとえば、地震が起こったときには安否確認が最重要課題になる。したがって、NTT東・西が進めているような伝言ダイヤルや各社の携帯電話による伝言メッセージが充実してきている。しかし、これらのシステムは、地震が“起こってから”発動するものであり、現象の後追的なものとなっており、不確実性を払拭することはできない。

安否確認が重要なのは、地震が起こったときに家族や大切な人がどこにいるかわからない場合である。子どもが学校にいる時間帯であれば、校舎が耐震不適合でない限り安否確認は緊急ではない。ところが子どもが塾へ行く途中で電車に乗ったり、ターミナル周辺を歩いているときであれば、安否確認は必須となる。しかし、これらの行動は、地震が起こる前に確認することができる。家族全員が各人の一日の行動予定の概略を知っておれば済むことである。

震災の社会的課題とはこのように、災害文化や災害下位文化につながるものであって、決してITを駆使するようなシステムだけで構成されるのではない（ここで『下位』とあるのは劣っているという意味ではなくて、より地域性、歴史性の制約を受けるという意味で使っている）。図2は、被害の全体を模式的に示したものである。災害は文明と文化の両方を破壊するのであるから、両者を対象とした研究を実施しなければならないことが理解できる。このところが理工学分野の人たちにはわからないのである。こういう社会的な課題を科学的に研究することが実践科学なのである。

### 新しい地震防災研究

地震がなぜ起こるのかとか、地震で壊れない建物や構造物の建設は重要である。しかし、それだけでは被害軽減は実現できない。東海・東南海・南海地震や首都直下地震を危機管理の対象とした場合、つぎの視点を基本に事前、事後の対応策を具体化する必要がある。

- ① 災害情報を早期収集し、防災関係機関で共有する。
- ② 広域災害・複合災害を想定し、防災組織体制の充実と連携体制を確立する。
- ③ 地震直後から被害の地空間変化を予測し、帰宅困難者や避難所へ避難する被災者に危険な状況を確実に伝達し、安全に避難・誘導を図る。
- ④ 自分の安全は自身で守り、地域の安全は地

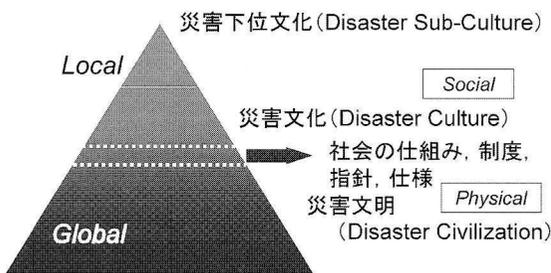


図2 (a) 災害が起こると文明と文化が被災するという模式図

- **災害下位文化**: 生活の知恵・工夫, 安否確認方法, 生活再建, 自主防災組織, まちづくりなど
- **災害文化**: 経済状況, 国土開発計画と防災, 国の防災政策, 防災予算, 情報システム, 防災に関する学術研究と学会, 法律と規制, 防災活動組織, 防災教育, 被災経験と教訓など

図2 (b) 災害文化, 災害下位文化の内容例

域で守る（自助と共助）。

- ⑤ 被害を最小限に抑えるための対策を進める。
- ⑥ 被害を回避するための災害に強いまちづくりをすすめる。

新しい防災研究とは、その目標が被害軽減にある以上、被害軽減をどのようにして実現するかという戦略があって、そこに具体的なプロジェクトが分野横断的に示されなければならない。

### あとがき

防災・減災研究の戦略計画を立てるには、一部の専門家にとどまらず、関係者やステークホルダーの意見を集約する過程が必須である。そこで、必要な研究テーマが特定できるのであり、その過程を無視すれば、被害実態とかけ離れた研究成果の羅列に終わってしまう恐れが大きいといえる。

河田恵昭

[かわた・よしあき]

**現職** 京都大学防災研究所長  
工学博士

**略歴** 京都大学大学院工学研究科博士課程修了。京都大学防災研究所助教授を経て、教授、巨大災害研究センター長。2002年阪神・淡路大震災記念 人と防災未来センター長（兼務）。2005年4月より現職。21世紀COE拠点形成プログラム「災害学理の解明と防災学の構築」拠点リーダー。大都市大震災軽減化プログラム（文部科学省）研究代表者。日本自然災害学会元会長、日本災害情報学会前副会長、学術審議会委員（文部科学省）、中央防災会議「首都圏直下地震対策専門調査会」「東南海、南海地震等に関する専門調査会」「大規模水害対策に関する専門調査会」の各委員。

**著書** 『スーパー都市災害から生き残る』、『必携 地震対策完全マニュアル』（編著）、『防災学ハンドブック』（共著）、『12歳からの被災者学—阪神・淡路大震災に学ぶ78の知恵』（共著）など。



## 海溝型地震と津波

### (1) 津波の発生

海溝型地震は海底下の浅いところを震源とするため、地震の発生に伴う海底の上下変動（隆起や沈降）により、津波を生じさせる。

低角逆断層の生成によって、海底面は図1のように上下変動を行う。具体例として、地表から30度で傾く長さ100 km、幅50 kmの断層面上で食い違い量5 mの逆断層が生じた場合、断層面の直上では最大2.3 mの隆起と海側への2.9 mの水平変位が生じ、また陸側では最大35 cmの沈降が生じる。これらのうち、水平変動は、流体がずり応力を伝えないため、海水の動きに何の影響も与えないが、上下変動の部分はそのまま海面の上昇や沈降をもたらし、その変動は周囲へ伝播していく。

津波の発生に関与した地域、つまり、海底に地殻変動を生じた範囲は波源域と呼ばれ、震源断層の形状を反映したものとなる。水深が深いほど動かされる海水の体積は多くなるため、津波のエネルギーは大きくなる。

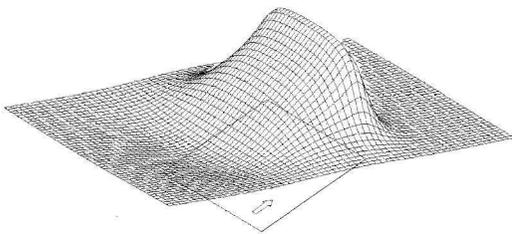


図1 低角逆断層による海底面の上下変動

### (2) 津波の伝播

海面に生じた変動は波動となって、洋上を図2のように伝播していく。この時、Aの方向（陸側）では最初に引き波を生じるのに対し、Bの方向（海側）では最初に押し波がやってくる。

津波の伝播する速度は、水深を $h$ 、重力加速度を $g$  ( $=9.8\text{ m/s}^2$ ) とすると、秒速 $\sqrt{gh}$ で表わされる。たとえば水深5,000 mでは時速800 km（ジェット機並み）、水深500 mでは時速250 km（新幹線並み）、水深50 mでは時速80 km（乗用車並み）となる。津波が陸に近づくと、水深が浅くなる影響で伝播速度は遅くなり、うしろから来る部分に追いつかれるため、津波は急激

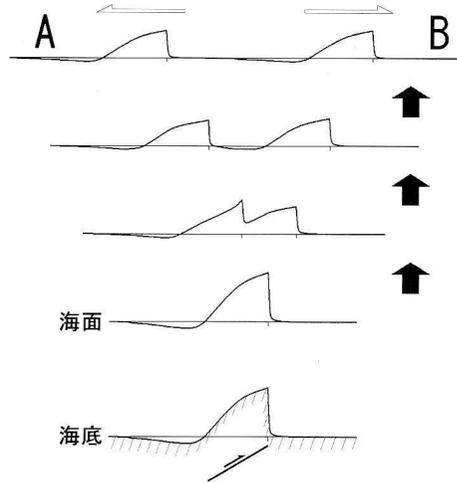


図2 津波の発生と伝播を示す模式図。Aでは引き波、Bでは押し波になる。

にその高さを増すことになる。また、V字型の細長い湾のようなところでは、津波の範囲が両側から狭められることにより、さらに波高は高くなる。

なお、津波は海岸や海底の地形による反射や屈折などにより複雑な挙動を示し、1波、2波、3波と繰返し襲ってくる場合が多い。必ずしも第1波が最大とは限らないので、少なくとも12時間以上は警戒が必要である。

津波は、風による通常の波（波浪）とは性質が大きく異なっている。波浪は周期10秒前後、波長は数10 m程度なのに対し、津波は周期が10分前後と長く、波長も数10 km程度と非常に長い。このため、津波は沖合では単なるうねりとしか感じられないが、陸に近づいたときには、水の壁のうしろはずっと水位が高い状態となっている（図3）。このような性質から、津波は「段波」と呼ばれることもあり、一般に浸水は長い時間にわたる。

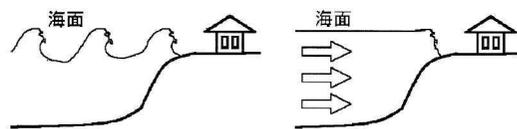


図3 通常の波浪（左）と津波（右）の違い

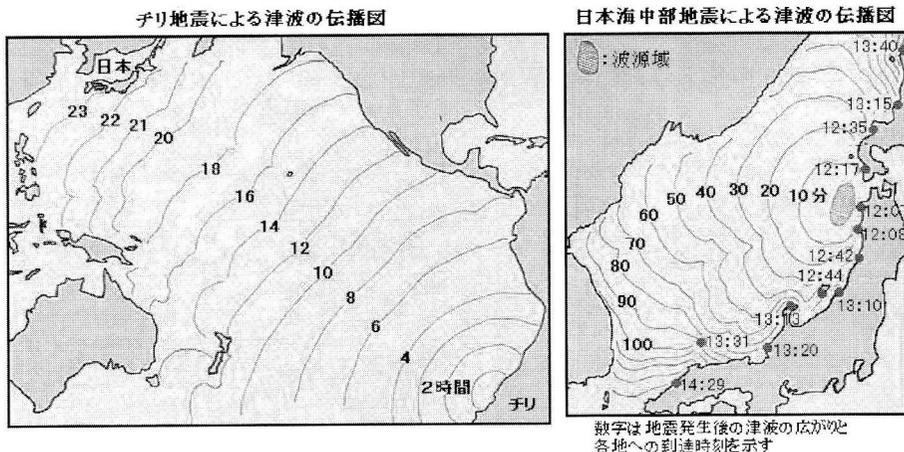


図4 (左) 1960年チリ地震, (右) 1983年日本海中部地震に伴った津波の伝播図(気象庁パンフより)

### (3) 近地津波と遠地津波

我が国の周辺で大きな海溝型地震が発生した場合、津波が最寄りの海岸に到着するまでの時間は、通常30~40分程度と言われている。しかし、104名の死者を出した1983年日本海中部地震(M7.7)や、202名の死者を出した1993年北海道南西沖地震(M7.8)のように、沿岸のごく近くで大地震が発生する場合や、関東地震・東海地震のように湾内で大地震が発生する場合には、数分のうちにも津波が襲来する。図4の右は、1983年日本海中部地震によって生じた津波の伝播図を示しており、一番近い所では5分程度で津波が到達している。

このような近地津波に対して、遠地津波と呼ばれる現象がある。これは、外国で発生した巨大地震による津波が、長い時間をかけて日本にまでやってくるものである。図4の左は、1960年チリ地震(M9.5)によって生じた津波が、約24時間をかけて太平洋を横断した様子を示している。この津波によって本州の太平洋岸各地では最大数mの遡上高が記録され、全国で142名の死者・行方不明者を生じた。

このように震源が遠いと、もちろん地震による揺れを感じることはなく、長時間経過したのち、突然津波に襲われることになる。この場合、津波の周期や波長は非常に長くなっているため、海岸ではじわじわと水位が上昇する特徴がある。チリ地震津波で各国に被害が出たことをきっかけにして「太平洋津波警報センター」がハワイに設置され、沿岸各国に津波の規模や到達推定時刻などの警報を発令する仕組みができた。

### (4) 津波の遡上

津波が陸上に達すると、地形によっては、沿岸での津波の高さよりもさらに高い所まで津波が這い上がる場合がある。津波高と遡上高とは津波来襲時の潮位を基準としているが、両者は区別する必要がある。なお、浸水高は陸面から浸水した部分までの高さである(図5)。

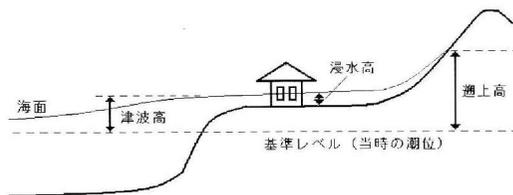


図5 津波高・浸水高・遡上高の関係

陸上に遡上した津波は人が全速力で走る程度の速さとなる。津波の高さが低くても、流速による破壊力は大きく、浸水するだけでなく、津波が引く時にも大きな被害を及ぼす。津波に襲われた場合、通常、鉄筋や鉄骨造の建物はもちこたえるが、木造家屋は、浸水高2m程度でほぼ全壊、1m程度で半壊の被害が出ることが多い。

なお、大地震の際に、津波が河川を遡る現象が、これまでたびたび観察されている。河川では陸上より早い速度で遡上するため、内陸の思わぬところから浸水する場合もあり、注意が必要である。

(岡田義光)

## 内陸型地震と活断層

陸部の浅いところで発生する内陸型地震は、プレート同士の圧縮力を受けて地殻内に蓄積された応力が岩盤の破壊強度を超え、断層運動としてエネルギーを放出する現象である。

いったん断層を生じた場所は、それが「くせ」となり、繰り返し地震を発生させやすい。このように、最近まで繰り返し地震を発生させてきた断層を、とくに「活断層」と呼ぶ。

### (1) 断層運動の様式

地殻内部に働く応力の状態は複雑であり、その状況によって、図1に示すような様々の型の断層運動を生じる。断層面が傾いている場合、両側の岩盤のうち、浅い側を「上盤」、深い側を「下盤」と呼ぶ。

断層面を境として両側のブロックが上下方向に動くものを「縦ずれ断層」と呼び、上盤側がずり下がる場合を「正断層」、の上がる場合を「逆断層」と言う。一方、両側のブロックが水平方向に動くものは「横ずれ断層」と呼び、断層線に向かって相手側のブロックが左に動く場合を「左横ずれ断層」、右に動く場合を「右横ずれ断層」と言う。我が国の内陸地震では、中部地方から西日本にかけては横ずれ断層型が多く、東北地方などの北日本では逆断層型が多い。

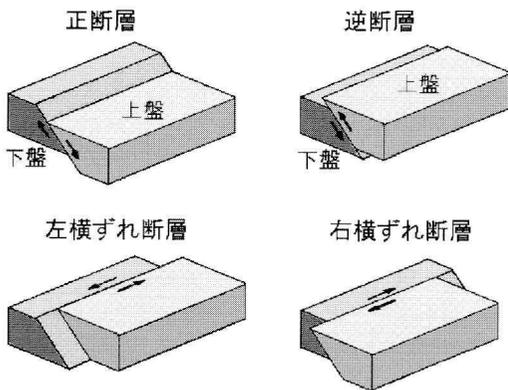


図1 断層運動の種類

### (2) 活断層

ひとたび内陸型地震が発生すると、それにより生じた断層面は、次回の地震発生時にも再び震源として使われることが多い。それは、既存の断層面は破壊強度のコントラストが強い特異

な場所となり、応力の集中が生じやすくなるためと考えられる。地質学的に最近の期間(数10万年~200万年)において地震を繰り返し発生させ、今後も引き続き活動して地震を引き起こす可能性の高い断層は「活断層」と呼ばれる。1995年兵庫県南部地震(M7.3)は活断層型の地震であったため、活断層という用語は一般の人にもよく知られるようになった。

地震による断層運動によって地表面は変形するため、これが繰り返されると、累積された変位は活断層に特有の地形を生むことになる。図2に示すように、活断層沿いには直線的な地形異常(リニアメント)が連なり、また、山の尾根や谷筋、河川の流路などに食い違いが生じる。

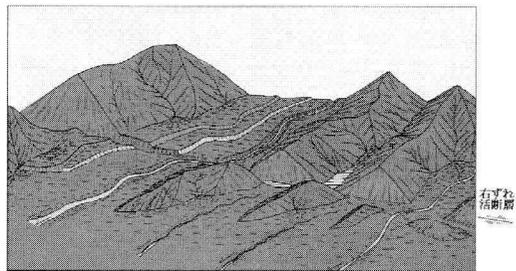


図2 活断層に沿った地形的特徴(活断層研究会編「新編日本の活断層」より)

多くの場合、活断層の存在は、地形図や航空写真を用いて、このような地形的特徴を識別することによって確認される。ただ、このようにして生じた地形の特徴も、やがて浸食や風化などによって乱されるため、同じ活断層でも、活動度が高く断層のずれの進行が速い場合は、はっきりと特徴的な地形が残り弁別しやすいのに対し、活動度が低い場合には地形の特徴が不明瞭となり、発見することが困難になる。

### (3) 活断層の分布

我が国では、地形学者・地質学者の共同作業によって、全国の活断層の分布調査がすでになされており、2,000を超える活断層がリストアップされている。これらの活断層は、長年にわたる断層運動によってずれの量が蓄積されていく速度(活断層の活動度)により、次のように階級分けされている。

A 級活断層：1,000 年あたりの平均的なずれの量が 1 m 以上 10 m 未満のもの。国府津-松田断層（神奈川県）、丹那断層（静岡県）、富士川断層（静岡県）、根尾谷断層（岐阜）、阿寺断層（岐阜）、跡津川断層（岐阜）などの例がある。

B 級活断層：1,000 年あたりの平均的なずれの量が 10 cm 以上 1 m 未満のもの。千屋断層（秋田）、福島断層（福島）、立川断層（東京）、有馬-高槻断層（兵庫）、山崎断層（兵庫）などの例がある。

C 級活断層：1,000 年あたりの平均的なずれの量が 1 cm 以上 10 cm 未満のもの。深溝断層（愛知）、郷村断層（京都）、鳥取断層（鳥取）などの例がある。

日本全体では、活動度 A 級の活断層が約 100、B 級の活断層が約 750、C 級の活断層が約 450 知られている。ただ、先に述べたとおり、ずれの速さが小さい場合は地形による判別が困難となるため、実際に存在する活動度 C 級の活断層はもっと多いものと想像されている。

図 3 は、活断層研究会（1991）によってまとめられた、我が国における陸域活断層の分布を示している。活断層の密度は中部地方と近畿地方で濃くなっているため、長期的な意味においては、両地方における内陸地震発生の頻度は他の地域に較べて高いと言える。

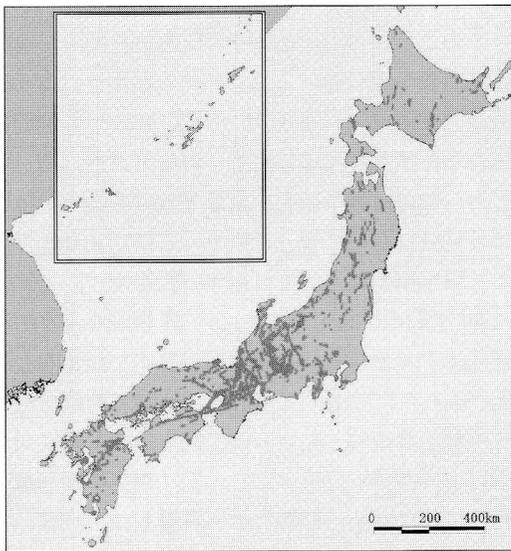


図 3 我が国における陸域活断層の分布（活断層研究会編「新編日本の活断層」より）

#### (4) 活断層の活動

「活断層」という用語を聞くと、なにか断層が生きていて常に動いているような印象を受けるが、平時の活断層は静穏であって、何の動きもしていない。しかし、長い期間にわたって歪みを蓄積したのち、数千年から、場合によっては数万年に一度、突然動くことによって大きな地震を発生させる。すなわち、活断層の動きは間欠的である。

図 4 は、ひとつの活断層が変位を累積させていく様子を模式的に示している。活断層が一回の地震を起こす際のずれの量  $D$  と、地震を発生させる活動間隔  $R$  は、ほぼ一定であると考えられており、長期的にならせば、断層の変位速度  $S$  は  $S=D/R$  で表わすことができる。この量  $S$  は地形・地質学的な調査から見積もることができるので、一回の地震により生じるずれの量  $D$  がわかれば、その活断層が地震を起こす間隔  $R$  を、 $R=D/S$  によって推定することができる。

たとえば、M7 の地震による断層変位量は  $D=1.5$  m 程度なので、平均変位速度  $S$  が千年あたり 50 cm の B 級活断層であれば、地震発生間隔  $R$  は 3,000 年ということになる。

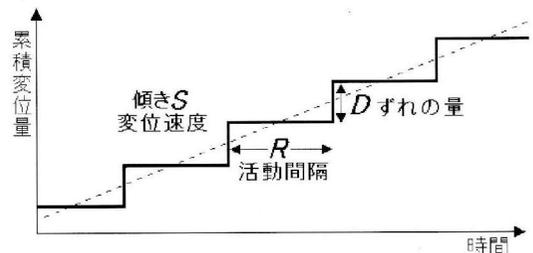


図 4 活断層が変位を累積させていく様式

活断層で発生する地震は、一般に、長い断層の方が短い断層よりも大きな地震を起こし得ると考えられている。しかし、長大な長さをもつ活断層であっても、実際に活動する場合は、そのうちの一部分だけが動くという場合がしばしば見られる。

ひとつの活断層がいくつかの部分（セグメント）から構成されている場合、それらが地震の際に同時に動くのか、それとも別々に動くのか、または地震のたびに毎回異なった様式で動くのかを推測することは非常に困難である。このため、活断層型地震の長期発生予測には、どうしてもある程度の曖昧さが残りがちである。

（岡田義光）

# 21世紀の安全に再構築を

吉村秀實

## はじめに

昔からどこの家庭でも子ども達は「遅くならないうちに早く家に帰って来なさい」と躰けられて来ました。外は危険が一杯だけれど、家庭に帰ればひとまず安心だったからです。しかし、最近は家庭の周辺から家庭内部まで危険が一杯です。21世紀は「地球に優しく、人に優しい時代に」を潮流に、安全で安心して暮らして行ける時代を目指してスタートしたはずなのに、世界では、戦争や地域紛争に絶え間がありませんし、日本では、JR福知山線の脱線転覆事故をはじめ、耐震強度偽装事件、三菱自動車工業やトヨタによるリコール隠し事件、パロマ工業の瞬間ガス湯沸かし器による相次ぐ中毒事故、シンドラー社製のエレベーターによる死亡事故、プール事故、そしてシュレッダーによる幼児の指切断事故などなど、家庭の中まで安全が脅かされています。21世紀に入ってわずか5年ですが、「社会全体ちょっと変だぞ」と思っているのは私だけではないと思います。

## 科学技術は万能だったか

なぜ安全がかくも脅かされるようになったのでしょうか。今から100年以上も前、20世紀に入った1901年1月2日、3日の両日、当時の報知新聞が「20世紀の豫言」という企画記事を連載しています。23項目のほとんどが科学技術に関する予測で、例えば20世紀中に、馬車から自動車の世の中になり、鉄道は東京-神戸間が2時間半で結ばれるようになる。船で88日間を要した世界1周が7日間に短縮される。新しい機械が発明されて「暑寒知らず」の世の中になるといったもので、こうした予測は的中しています。18世紀後半からの産

業革命によって、科学技術を礎に多くの夢が達成されるだろうという前提があったからです。しかし、科学技術によって自然界を何らかの方向に変えようという予測は殆んどが外れています。「暴風を防ぐ」という項では、「気象上の観測術進歩して天災來らんとすることは1ヶ月以前に豫測するを得べく、天災中の最も恐るべき暴風起らんとすれば大砲を空中に放ちて變じて雨となすを得べしされば、20世紀の後半期に至りては難船海嘯等の變無かるべし。また地震の動揺は免れざるも家屋道路の建築は能く其害を免るゝに適當なるべし」とありますが、残念ながらこの予測は外れています。「人の身軽」の項では「人間の身体は運動術や外科手術によって6尺以上になるだろう」と予測し、「サハラの大砂漠を漸次沃野と化し、緑化する」と予測していますが、これも外れています。「人と獣が自由に会話できるようになる」という面白い予測も外れました。

このように20世紀は科学技術が花開き、高度経済成長が成し遂げられ、私たちの生活は確かに豊かで便利になりました。科学技術は20世紀に私たちに多くの光を与えてくれましたが、その一方で、環境破壊や公害、交通事故の多発といった陰の部分については、予測さえしていませんでした。科学技術は万能ではなかったのです。こうした20世紀の反省を踏まえて、21世紀をどういう時代にすべきかという議論が世界中で高まり、人間が安全で、安心して暮らして行ける時代を目指したはずなのに、私たちの志向とは全く正反対の方向に向かっています。この際、世界中が一念発起して、これからの時代を再構築しなければいけないのではないかと考え、安全の問題を読み解く3つのキーワードを提示してみたいと思います。

## 「日本病」

2005年4月25日に起きたJR福知山線事故について、『月刊現代』（2005年7月号・8月号）が、柳田邦男さんの検証レポートを掲載しています。そこで柳田さんは「日本病」という非常に印象に残る言葉を使っています。1970年代、「アメリカはベトナム戦争の失敗と若者に与えたトラウマやドルの威信の凋落から、産業界における品質管理の低下、労働モラルの低下がひどくなり、『アメリカ病』と言われるようになった」と言い、それになぞらえて、「今日日本の一流企業を汚染している病理は『日本病』と呼ぶべきではないか」と定義しています。柳田さんは事故の背景には、JR西日本の経営上のいくつかの失敗があったことを上げ、その根底に、バブル経済崩壊後の異常とも言える営業収益優先主義と、「儲ける」ための徹底した効率主義によって、最も大事な安全対策を後回しにしてしまった点があると指摘しています。柳田さんはJRだけでなく、最近の一流企業が人命を優先することへの危機意識を希薄にしている「日本病」を憂えているのです。

福知山線事故もそうですが、企業を含めて日本の社会は、昔から事故や事件が起きると、多くは個人の責任追及に走ります。「誰がやったのか」、「誰に責任があるのか」に終始し、「なぜ起きたのか」という視点が欠けているのです。福知山線事故は、高見運転士が遅れを取り戻そうと制限速度を大幅にオーバーしたことが直接の事故原因でしょう。けれどもそれだけで事故原因を決着させてはなりません。高見運転士はなぜ急いだのか、なぜ107人に上る死者を出したのか、電車の側面はなぜ衝撃に弱いのか、乗客の生死を分けたものは何かなどを、徹底的に突き止めなければなりません。大事なものは、責任の追及よりも要因の究明です。事件や事故を解剖し、その要因を探り出さない限り、事故の再発は防げません。なぜならば、人間は本来ミスを犯す動物なのですから。

この福知山線事故から約8カ月後の12月25日、今度はJR羽越本線の砂越～北余目間で、特

急「いなほ14号」が脱線転覆し、乗客5人が死亡しました。あの日、山形県下には「暴風雪警報」が発令中で、現場では猛吹雪になっていたのに、会社側も運転士側も列車を何とか時間通りに運転しようと考えていました。JR東日本側は「突然の突風による不可抗力の事故だった」と説明していますが、定時運行の確保ばかりが優先されて、「何かあったら止める」という基本的な安全意識が薄らいでいるのです。最近では、大雨の時に電車の運転席のワイパーが故障し、前が見えない状態でも運転の続行を指示したり、速度計が故障していても、運転を命じたりするケースがJR東日本管内でありました。西も東もJR全体が同じ体質になっているのではないかと気がしてなりません。去年の福知山線の事故の後、JR東労組が「何かあったら止める勇気を持とう」と組合員に訴えていました。何かあったら止めるのが当たり前なのに、その勇気を持とうとはいかかなものか、と感じました。明らかに会社側は定時運行優先、利潤追求が第一で、意識的ではないにせよ安全をおろそかにする傾向になっている気がします。組合員も何かあったら止めようとの意識が薄らいで来ています。こういう現実には、柳田さんの言う「日本病」の現れではないでしょうか。この「日本病」が企業を含めて社会全体に蔓延して来ている気がしてなりません。

## 「組織の肥大化」と「同族経営」

二つ目に、組織の肥大化あるいは同族経営というキーワードがあります。企業やそれぞれの組織に、昔はどこにもいたいわゆる「うるさ型」がいなくなっています。大きなうるさ型集団だったはずの労働組合も、近年、その力が極端に弱くなっています。そうすると、企業や組織のトップが暴走する、あるいはトップが「裸の王様」になってしまうのです。

もう20年以上も前の話ですが、交通安全対策の取材を通じて本田技研工業（当時）の本田宗一郎さんに会社経営術などについても多くを学びました。本田さんにトップとしての条件について

伺ったことがあります。本田さんは「企業にとって都合のよい情報はいくら遅れて自分の耳に入って来ても構わない。しかし、企業にとって悪い情報は即座に自分の耳に入らなければいけない。何かあったらトップがまず責任を取らなければならないからだ」と言い、そのためには、トップが日頃から「平時の羊、有事のライオン」の姿勢を保ち、周囲にうるさ型をおくことだ、とも言っておられました。

ところが、うるさ型がないゴマすり集団の中のトップには、都合のいい情報ばかりで、悪い情報などは入っては来ません。トップがようやく気がついた時にはもう遅いのです。近年、破綻、あるいは問題を起こしたダイエー、コクド、NHKなど、企業や組織が共通して抱えているいわば“病根”と言えましょう。裸の王様には悪い情報は入って来ませんから、経営の危機に気づかないうちに、あれよあれよという間に破綻に追い込まれてしまうのです。特に、同族経営の企業では、昔は必ずいた「うるさ型」が今は殆んどいません。2代目、3代目になると、うるさ型をどんどん排除してしまうのです。大久保彦左衛門がいなくて“三太夫”みたいな家来ばかりではどうしようもありません。その典型がパロマ工業の「瞬間ガス湯沸かし器による中毒事故」です。全国で21人に上る死者を出しておきながら、会社側には当初は全く危機感が認められませんでした。ようやく事実を知った段階でも、責任を明確にしませんでした。これが組織の肥大化した企業や同族経営の多くの企業に共通する現実です。

社員の価値観も大きく変わって来ています。昔は就職したら定年まで勤め上げる。企業なり組織なりの一員として生涯をまっとうすることが、ごく普通の考え方でした。ところが、働きがいのある仕事を求めて転職をするのが当たり前の時代になって来ました。「滅私奉公」、つまり自分を捨てて企業なり組織なりで一生尽くしていくという時代ではなくなって来たのです。辞めて行くに当って、内部告発も平気になって来ました。三菱自動車工業の「クレーム隠し事件」の告発などはその典型です。役員になりたい、社長になりたいとい

う人もドンドン減って来ています。企業の悪事が露見して、株主側から訴えられたりするのは困る。それよりも働いた分だけ給料は欲しいと言う時代です。

そういう価値観の変化に企業や組織のトップはもっと早く気づくべきです。企業のトップがおかしなことをすれば、たちまち内部の不満分子から告発される時代だということも常に意識していなければなりません。

## 分業化・下請け化

三つ目のキーワードは、企業の分業化です。最近、外注先の下請けや孫請け会社で事故が集中して起きています。親会社などでは何とか安全を保つことが出来ても、下請けの会社では不可能なのです。親会社は外注化によってコストダウンを前提にしますから、外注費を可能な限り低く抑えようとします。受注した下請け、孫請け会社は、その日その日を凌ぐのに精一杯で、本来金のかかる安全対策は後回しにされがちです。

1990年9月、茨城県東海村の核燃料加工工場(株)ジェー・シー・オー(JCO)で、日本で初めての臨界事故を起こし、作業員2人が亡くなりました。事故の直後、電気事業連合会にいる友人が「あれは下請けのいい加減な工場が引き起こした事故で、原子力発電事業者本体はあんなことはやらない」という電話をかけて来ました。私は「それはおかしい。原子力産業を分業化しているのは、あなた方の論理であって、消費者側や国民から見れば、原子力発電事業は一つのはずだ」と反論しました。

JCOは住友金属鉱山の子会社で、臨界事故は、加工作業過程の途中で危険な中濃液ウランを含む溶液を、ステンレスバケツに汲んで沈殿槽内で混合するという恐ろしいことをやった結果です。「面倒な作業を早く済ませたかった」と作業員は証言しているようですが、人間は本来は「楽をしたい動物」ですから、手抜き作業は当然大歓迎です。だから手抜きができないような製造システムをはじめから設計しなければなりません。「この

ようなことをするはずはない」という設計思想ではなく、人間の本来の習性を考慮した設計が必要ではないか、と当時私は思いました。それが原子力発電事業者全体の責任ではないでしょうか。

JR もそうです。「福知山線事故はJR 西日本が引き起こした事故だから、他は関係がない」とは言えないのです。全国のJR は一本のレールで繋がっているのですから国民にとってJR はあくまでも一つです。1991年5月、滋賀県信楽町の信楽高原鉄道で正面衝突事故（死者42人、重軽傷者614人）が起きた時、JR 東日本の役員が「あれはJR 西日本が引き起こした事故です」と説明したのに対し、当時の住田社長は「信楽高原鉄道の切符はJR 東日本でも売っているのだろう」と言われたそうです。「われわれもあの事故を反省しなければいけない、他人事ではない」とも言われたそうですが、まさにその通りだと思います。

原子力発電事業や鉄道機関に限らず、どこもかしこも分業化が進んでいますが、それを担う下請けの周辺で、最近事故が多発しているのが気がかりです。

2005年11月に発覚した耐震強度偽装事件を改めて振り返って見ましょう。昔の建築物は現場での一品生産であり、手作りのものでした。そこには「めったなものは作れない」という大工職人としての誇りや意気込みがありました。しかし、建築業界も営業優先、効率化、下請け化などが進んで、ゼネコン、サブコン、下請け、孫請けなどと分業化されて、上から順々に儲けを掠めとって行くようになりました。一番肝心の現場には、なかなかお金が行き渡らないようなシステムになり、いつしか建築現場での誇りも失われて行くようになったのではないかと思います。姉齒秀次元建築士は「仕事を増やすために建設コストを下げる設計、鉄筋の量を減らす設計を続けた。生活するために止むを得なかった」と証言しています。今の建設業界には、耐震強度偽装事件が起きる必然性がもともと背景にあったのです。

この事件が明るみに出た時、私は、未必の故意による殺人未遂事件に匹敵する大事件に発展すると思いました。1995年1月に起きた「阪神淡路大

震災」では、木造住宅の倒壊などによって死者、不明6,434人に上りましたが、実は、地震の前までは火災や地震に強いと思われて来たビルやマンションの被害も少なくありませんでした。戦後の高度経済成長期を経て、日本では都市部を中心に耐火建築物が普及し、同時多発の延焼火災は起きないのではないかと考えられるようになりました。また、建築物の耐震化が進み、特に鉄筋コンクリート造などのビルでは、地震の大揺れにも耐えるのではないかと考えられて来ました。しかし、「阪神淡路大震災」は、こうした“幻想”を微塵に打ち砕く結果となりました。当時、NHKの「週刊ハイビジョンニュース」の編集長兼キャスターを担当していた私は、若いスタッフとともにマンションの倒壊、崩壊現場をつぶさに取材しました。マンションは鉄筋コンクリート造だけでなく、重量鉄骨造、軽量鉄骨造など様々でしたが、私たちの調査によりますと、阪神地方一帯で死者の出たマンションが合わせて40棟に上り、死者は226人に上りました。うち賃貸マンションが36棟で死者212人、分譲マンションは4棟で死者14人に上り、圧倒的に賃貸マンションの被害が目立ちました。分譲マンションは、建設当初から住人の監視の目が強いのに対し、賃貸マンションは、やはり「安普請」のものが多く、管理面でも住人の監視の目が届いていないのではないかと感じました。

死者の出たマンションは、昭和35年から60年にかけて建設されたものですが、特に、昭和40年前後の旧建築基準法下に建てられたマンションに死者が集中しました。戦後から高度経済成長期にかけての時代、日本の住宅政策は「より早く、より多く、より安く」が主流でしたから、安全面に金をかける余裕がなかったのかも知れません。また、昭和30年代にもてはやされた軽量鉄骨造のマンションに被害が目立ち、死者が出たマンション40棟のうち、11棟が軽量鉄骨造でした。軽量鉄骨は、組み立てやすい、火災に強く地震にも強い、値段が安い、というキャッチフレーズでもてはやされ、当時の構造材の主流の一つでした。しかし、肝心の筋交いが不足していたり、鉄骨にさ

びが生じて支持力を失っているものが多く見られました。私たちの素人目に見ても、明らかに手抜き工事、あるいは欠陥工事と思われる現場を幾つも目撃しました。しかし、どこの現場も“天災”として片付けられ、手抜きや欠陥は全て不問に付されてしまいました。勿論、当時の建築業界や施工主からも「反省の弁」を聞くことはありませんでした。

今回の耐震強度偽装事件で、マンションの施工主や販売業者らの中に「どんなマンションを建設し販売しても、いざとなれば天災として不問に付される」ということを知っていたものがあるとすれば事は重大です。今回の事件を通じて、過当競争やコスト削減によって業界全体が建築の基本である安全が無視されてはいないだろうか。建築確認のチェック機能が働かなかったのはなぜだろうか。建築確認の民営化に問題はなかったのだろうか。最近の裁判の様子などを見ていると、こうした数々の問題点を置き去りにしながら、姉齒元建築士個人の責任追及で一件落着きというような感じになって来ています。今の建設業界や検査体制のあり方等々、どこに、どういう問題があったのかということを引きつと精査せずに終わらせようとするならば、こうした事件の再発を防ぐことはできないと思います。

2006年6月、東京港区のマンションで、高校2年生がエレベーターに挟まれて死亡しました。この死亡事故がきっかけになって、シンドラー社製のエレベーターによる事故やトラブルが、ここ数年にわたって集中して起きていたことが判明しました。シンドラー社は、はじめはエレベーター製造後の保守管理もやっていたはずですが、いつのまにか分業化され、保守点検は別の会社が担当していました。事故やトラブルが相次いでも下請け会社の段階で処理され、シンドラー社本体には肝心の情報が十分に伝わっていなかったふしが伺われます。

翌7月、経済産業省の公表によって発覚したパロマ工業製の「瞬間ガス湯沸かし器による一酸化炭素中毒事件」も同じケースです。湯沸かし器の改造は下請け会社にやらせていたので、製造会社

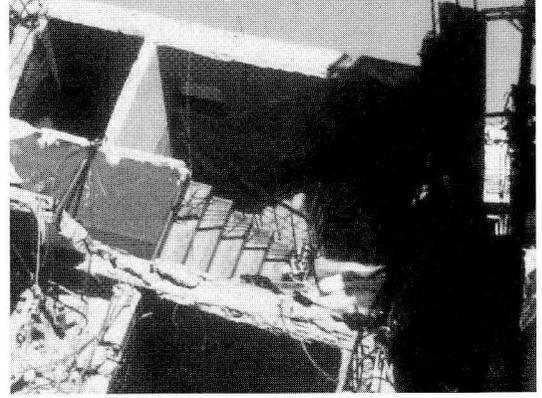
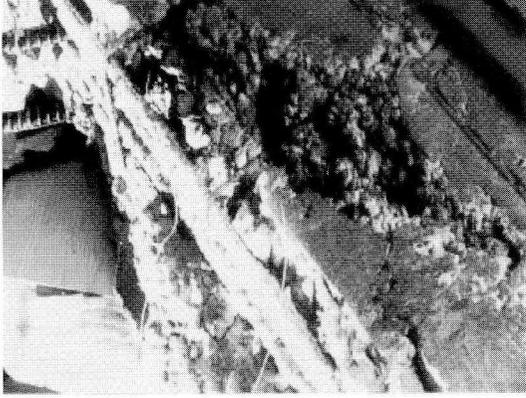
本体に責任はないような発言を繰り返していましたが、消費者からすれば「パロマはパロマ」です。分業化や下請け化は企業側の論理であることに未だに気づいていないのは極めて残念なことです。いずれは三菱自動車工業などと同じ運命をたどることになるでしょう。シンドラー社もパロマ工業も今や企業存立自体が揺らいでいるのです。

## 結びにかえて

日本ヒューマンファクター研究所所長の黒田勲さんは、安全について「安全はそもそもこの世の中に存在しない。常に存在するのは危険である。その危険をいかに的確に予測して、確実に防止をするかが安全である。一人ひとりが力を合わせて作り出すものが安全である」と定義しています。東海道新幹線は開業以来、たまたま事故が起きなかったから、もう事故は起きないだろうということになり、やがて新幹線は絶対に安全という誤った安全神話となりました。この世の中、安全に絶対などあり得ません。これをすべての企業や組織が考えるべきです。

業界だけの、あるいは企業ごとの独りよがりの安全対策もやがては破綻します。他の企業や組織はなぜ事故を起こさないのか。安全に対する哲学や基礎技術は互いには学びあえるはずですが、この点で日本の安全風土は遅れていると思います。

原子力発電事業をはじめ、交通機関、そして製造物の安全性は、21世紀になってかえって後退しているかのように見えます。柳田さんの言う一流企業をも汚染している「日本病」は、日本社会を覆い尽くしているようです。このような社会では、切迫する巨大地震などに到底太刀打ちできるはずはありません。このおかしな社会を転換して行くには、事故や事件、そしてトラブルを「なぜ起きたのか」という視点で徹底的に解剖し、その病理をとことん探り、治療の方法を見つけることに尽きると思います。



「軽量鉄骨造は危険性大」(神戸市中央区)



阪神淡路大震災(神戸市東灘区)



上部、左右の写真は下部の賃貸マンション「ホーキビル」の崩壊現場のものです。

左、十分にコンクリートが充てんされていないコンクリート壁。

右、5階部分で鉄筋がすっぽ抜けたマンション。この現場では18人の住人が死亡しました。

### 参考文献

「21世紀の技術と社会」(森谷正規著・朝日選書).  
「失敗を生かす技術」(黒田勲著・KAWADE 夢新書).

吉村秀實

[よしむら ひでみ]

現職 ジャーナリスト(元NHK解説委員)

略歴 早稲田大学教育学部卒, 日本放送協会解説委員を経て現職。現在, 原子力安全委員会防災部会委員, (財)都市防災研究所理事, (財)市民防災研究所理事

研究分野 災害時の人間行動と情報のあり方

著書 「ニュースのことば」(共著, 日本放送出版協会), 「日本・死者急増〜第2次交通戦争の構造」(共著, 日本放送出版協会), 「原発ごみはどこへ」(共著, 電力新報社)



# 長い取材体験から見た「最新地震論」

—予知中心から幅広い地震研究・防災に—

## 横山裕道

### 1. はじめに

地震国日本では地震を避けて通れない。国民みんなが地震のことを正しく知り、いざという時には適切に行動しなければならない。いつすさまじい大災害をもたらすかも知れない地震に人一倍興味を持ち、34年間の毎日新聞の記者時代は地震取材をライフワークの一つにした。

中でも地震予知の取材に精力を注いだ。M8クラスの東海地震の発生に備えて1978年に大規模地震対策特別措置法（大震法）が制定され、予知と防災の新制度がスタートしたいきさつなどをつぶさに見てきた。当時は地震予知はバラ色に見えたこともあり、「東海地方の観測網は世界一整っており、東海地震の予知はなんとかうまくいくのではないか」と期待もした。

そして95年に阪神大震災（阪神・淡路大震災）が起こった。地震発生から10日後に被災地に入り、被害のすさまじさに声もなかった。M7クラスの直下地震がこんなに何もかも破壊してしまうとは考えもしなかった。「東海地震の予知の話より、直下地震の恐ろしさをなぜもっと報道しなかったのか」と反省した。大震災以降、日本の地震予知や防災をめぐる考え方、体制は大きく変わった。地震が複雑な現象であることも一層はつきりしてきた。

今年は東海地震が警告されてからちょうど30年。阪神大震災からは11年たち、8月からは緊急地震速報の運用が始まった。ベストセラーとなった小松左京著『日本沈没』の映画がリメイクされて話題になった。これを機会に過去に自ら撮った写真や毎日新聞時代に書いた記事のコピーを使い

ながら、「最新地震論」を展開する。科学ジャーナリストとして予知にこだわり過ぎたことへの自戒の念を込めながら、日本で地震災害が少しでも軽減し、いつの日か巨大地震の予知に成功することを願っての報告、提言とした。

### 2. すべてを変えた阪神大震災

6,434人。これだけの犠牲者を出した阪神大震災。地震後に出した自著『次の大地震大研究—地震記者は訴える—』で私は次のような表現を使った。「午前5時46分、ゴ—ッという地鳴りとともに大震動が襲った。地面は約20秒間、ユッサユッサと激しく揺れ動いた」。これに関西出身の友人が「揺れのものすごさは『ユッサユッサ』なんていう陳腐な言葉では表せない。現場にいなかった記者の限界だ」とクレームをつけた。反発を感じると同時に、妙に納得もした。

そんな地震は運悪く現場に居合わせた人たちだけでなく日本全国の人たちを激しく揺さぶった。誰もが「直下地震でこんな被害が出るなんて、地震は本当に恐ろしい。防災対策に全力を挙げなければ」と思ったに違いない。被害の情報が速やかに入らず、初動につまずいた政府も大きな衝撃を受け、被災者の救済と同時に、地震予知や防災体制の見直しに手を付けた。

政府の地震予知推進本部は地震調査研究推進本部に衣替えされ、大震法とは別に地震防災対策特別措置法ができた。地震予知の計画を決める文部省（現文部科学省）の測地学審議会も、地震予知の実用化という当初目標のめどが立っていない事実を厳粛に受け止めるとする報告書をまとめた。海のものとも山のものとも分からない地震予知に

頼るのではなく、防災にこそ力を入れるという方向転換が明確に打ち出されたのだ。「予知から減災へ」とも言われるようになった。

地震観測網が整備され、阪神大震災当時、全国にわずか158地点だった震度観測点は今や約4,000地点に増えた。体感から割り出していた震度観測は機械化された。震度階も見直されて従来の震度5と6はそれぞれ「弱」と「強」に分けられ、震度0を含め8階級から10階級に増えた。大学の地震データが気象庁に提供されるようになり、一元的に利用できる体制が整った。

観測網整備の一環としてGPS（全地球測位システム）も全国に展開され、地下の変化が刻々とつかめるようになった。それによって、東海地震の震源域などで岩盤がゆっくりとずれる地殻変動が起きていることが分かってきた。また、世界的に地震の基礎研究が充実したことで、通常は地下で強く固着していて地震時に強い揺れを生む部分を指すアスペリティという考え方が定着し、これが前兆現象を生み出す基かもしれないとされている。複数の地震がほぼ同時に起こるメカニズムの仮説も示された。ゆっくり地震やアスペリティなどの研究の進展は、地震発生の複雑さを改めて示すと同時に、地震現象そのものの理解が深まったことを意味している。

阪神大震災後も日本列島は度々大きな地震に揺さぶられている。2000年に鳥取県西部地震、01年には芸予地震が起きた。04年の新潟県中越地震では震度7の激しい揺れが襲い、震災関連死も含め67人が亡くなり、ピーク時には10万人が避難生活を送った。05年3月には福岡県西方沖の地震で、福岡県や佐賀県で震度6弱を記録した。同年7月には千葉県北西部の地震で東京都内で震度5強を観測し、首都圏の鉄道にかなりの被害が出た。8月には宮城県沖の地震で震度6弱を観測し、多数の重軽傷者を出した。

いつまた阪神大震災のような強烈な直下地震が都市を襲うかも知れないし、M8クラスの高層型地震である東海地震、東南海・南海地震の発生も差し迫っているといわれる。そんな大地震の時に我々は阪神大震災の教訓を生かし、被害を最小限

にとどめることができるのだろうか。

### 3. 地震予知がたどった道

いつ、どこで、どのぐらいの規模の地震が起きるのかという3点を高い精度で予測する地震予知が可能となったら、どうなるのだろうか。大地震の発生で構造物の被害は避けられないとしても、危険な場所からの避難などで死者の数を限りなくゼロに近づけることができるかもしれない。地震国日本で防災にどれだけ役立つかわからず、国際的にも貢献する。まさに地震予知の威力は絶大であり、予知実現への期待は大きい。

地震予知の前提になるのが前兆現象だが、日本でも大地震の前兆現象は数多く観測されている。最もダイナミックで一般の人も異常だと気づく前兆現象は突然、海水が引き、なぎさが干上がってしまう現象で、陸地が相対的に隆起して起こる。本震の前に微小地震が発生するケースは多い。もちろん前兆現象に一定の規則性はなく、前兆現象の表れ方は地震によって違う。前兆がほとんどない地震もある。だから地震予知は一筋縄ではいかないと専門家の誰もが分かっていたが、それにもかかわらず地震予知への期待は高まっていった。その地震予知が数奇な運命をたどった――。

地震予知の原点を考えると1923年の関東大震災に行き着く。この死者10万人を超えた未曾有の大地震を機に東大に地震研究所が設立され、本格的な地震研究が始まった。そして地震学者たちがまとめた「前兆現象を観測できれば予知に結び付く」とする提言を受け、65年度から政府の地震予知計画が始まった。松代群発地震も起こり、69年には地震予知連絡会が発足した。

旧ソ連の中央アジアや米国などから前兆現象の報告が盛んに届き、70年代には国際的に「予知は可能」というバラ色ムードが高まった。75年には「中国が海城地震（M7.3）の予知に成功」というニュースが世界を駆け巡った。78年1月の伊豆大島近海地震（M7.0）では、東大教授の浅田敏さん（故人）らのグループが前兆と見られるラドン濃度の明瞭な変化をつかみ、地震予知に向けての大



を信じず自宅にいた人に限られたとされていたが、しばらくたって死者は1,328人と明らかになったのだ。当然ながら「それだけの死者が出て予知成功と言えるのか」という声が上がった。

いずれにしる海城地震のすぐ後の76年には東大助手の石橋克彦さん（現神戸大教授）によって東海地震が迫っているとする学説が発表され、78年に特殊な時代背景の中で予知を前提に東海地震の防災対策を進めようと、私権や市民生活への制限を含む大震法が制定された。警戒宣言発令もうたわれ、東海地震は予知できるという期待感が高まっていった。政府はどんな前兆も見逃すまいと東海地域の観測網を世界一のものにした。

だが、地震は従来考えられたほど単純な現象ではないことが次第に明らかになり、90年代に入ると「前兆現象を追いかけるだけでは予知はできない」という批判が噴出した。タイミングを合わせるように北海道、東北周辺の四つの大地震に続いて阪神大震災が発生し、どれも予知はかすりもしなかった。

予知の無力さが示され、予知より防災を重視した地震防災対策特別措置法ができた。測地学審議会も反省の報告書をまとめ、予知計画は99年か

ら基礎研究に重点を置くものに改められた。政府の地震調査委員会は活断層調査や地震の確率発表に力を入れ、全国の主だった活断層が起こす直下地震や海溝型地震について「今後30年以内の地震発生確率は○×%」といった長期的な予測を発表するようになった。

地震予知をめぐるなぜ混乱したのか。科学になり切る前に地震予知が国家プロジェクトになったことが大きな原因かもしれない。いったん予知計画がスタートすると、関係省庁は予知絡みの研究に競って予算を付けた。予知計画の中心になったのは大学だが、東大など旧帝大による予算の独占もあり、学者間の反目にもつながった。今では「地震予知は研究に値しない、というのが世界の科学者の常識」との声がある一方で、阪神大震災後の地震予知バッシングの激しさは異常だったとし、「観測網が充実し、予知の可能性は高まっている」とする反論もある。

#### 4. 緊急地震速報の運用始まる

地震予知をめぐる迷走し、ただ一つ予知の可能性のある東海地震が発生しない間に、場合に

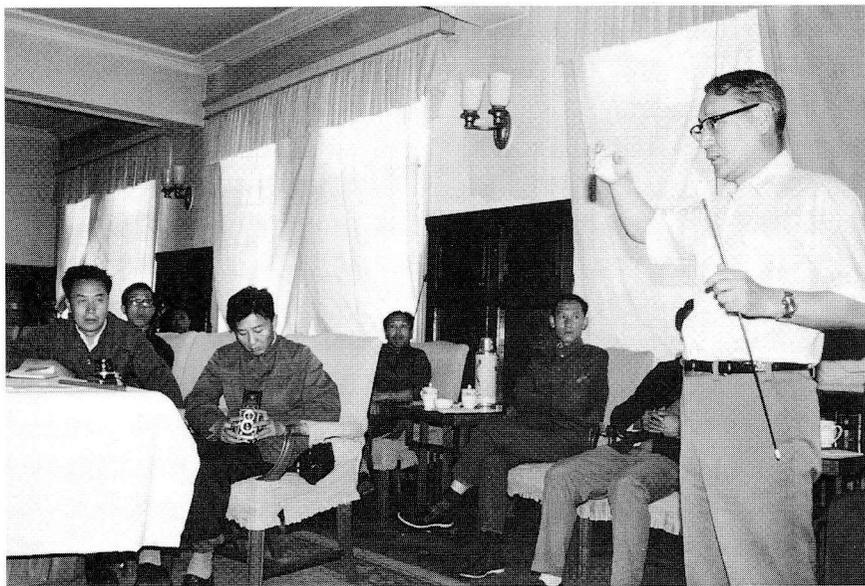


図2 地震予知事情の視察のため訪れた中国遼寧省のホテルで学術報告する力武常次さん（1978年9月）

よって予知並みの効果を上げそうな緊急地震速報システムの運用が06年8月から始まった。気象庁が地震の初期微動をとらえ、大きな揺れが来る前に鉄道や病院、工場、建設会社など特定の事業者には知らせ、被害の軽減を図ろうというのが狙いだ。地震の予知を前提とした法律（大震法）を作って地震（東海地震）を迎え撃とうとしたのが世界初なら、地震のP波とS波の伝わる速度の差に目を付けた速報システムも世界的に例がない。

東海地震説が唱えられ、大震法が制定された後の80年代前半に気象庁の研究者らが「P波とS波の到達時間の差を生かし、地震発生を遠く離れた場所にいち早く伝えられないか」と考えた。東海地震の予知がうまくいかなかったとしても、このシステムがあれば被害の軽減に役立つ。検討の結果、P波の最初の3秒間の波形を分析すれば震源までの距離やMの推計が可能になったことが分かった。

さらにコンピューターの処理能力向上などによって実用化にめどがつき、04年2月から約200機関を対象に試験運用に踏み切った。今回の本格運用の情報提供先は小田急電鉄や建設会社の鹿島など限定された機関にとどまるが、例えば東海地震発生の場合は、東京では大きな揺れの47秒前に速報が届くという試算が出ている。運用開始から1カ月後の8月31日に東京湾を震源に発生し、横浜市などで震度4を記録した地震では、順調に速報を発信できたという。

緊急地震速報システムの運用は望ましいことだが、まだ限界や不安がある。例えば試験運用中の06年4月に伊豆半島東方沖で地震が発生し、最大震度4を記録した際に「最大震度7」と予測する誤った速報を流した。震度階の上では5段階も違ったが、試験運用中に2段階異なる速報を流したこともかなりあった。当然のことながら震源の浅い直下地震ではP波とS波の到達時間に余り差がないため速報システムは使えず、阪神大震災のような地震にはほとんどお手上げとなる。

今の段階では緊急地震速報を一般の人に公表できないという問題もある。地下街やビルなどで速報が発表されたら、逃げようとして出口や非常口

に人々が殺到してパニックになりかねない。高速道でも速報を聞いた運転者が減速し、聞かない運転者が高速運転を続けられれば車の追突事故が起きてしまう。速報システムが周知徹底され、問題が起こらないと判断された段階で、テレビやラジオを通じて一般にも速報が流れるようになる。

これまでもP波を検出して新幹線の列車を止めるJRのシステムや、都市ガスの供給をストップする東京ガスのシステムなどがあり、リアルタイム防災と呼ばれてきた。これが緊急地震速報として一般化したわけだが、このシステムは震源地やM、震度分布などを即座につかみ、被災者の救助や消防活動、復旧活動に役立てる地震被害予測システムにもつながり、大きな意味を持つ。さまざまな問題点の克服が今後の課題になる。

## 5. 東海地震の警告から30年

東海地震の警告に端を発して予知を前提とした大震法ができ、79年8月には静岡県全県など6県170市町村が地震防災対策強化地域に指定された。同年4月にパリで開かれたユネスコ主催の国際地震予知シンポジウムに当時の国土庁の担当課長は大震法をひっさげて参加し、各国の専門家に説明した時、大変な反響があった。「地震予知の画期的な手法が見つかったから立法化したのか」「実際に予知に成功したことがあるのか」などの質問が相次ぎ、課長は「各国がこんなに関心を持つとは」と嬉しい悲鳴を上げた。しかし、日本の「自慢」も長くは続かなかった。

前述したように95年の阪神大震災後は予知悲観論が圧倒的になった。政府は組織などの名前から「予知」の字を消そうとやっきになり、東海地震も特別な地殻変動が典型的に起こる場合以外は予知は難しいとされた。それでも大震法はそのまま残り、気象庁は24時間監視を続けている。東海地震の予知を目指す地震防災対策強化地域判定会も存続し、定期的に会合を持っている。

96年には判定会会長の茂木清夫さん（東大名誉教授）が突然、辞任するというハプニングがあった。茂木さんは「東海地震の予知が一発でうまく

いくとは思わない。前兆現象が微弱で警戒宣言までいかない段階でも注意報的なものを出すべきだ」と強く主張し、気象庁や国土庁に聞き入れられなかったため抗議の辞任という異例の事態に発展したのだった。

01年に東海地震の想定震源域が西側に拡大され、02年には強化地域は名古屋市などを含む8都県263市町村に拡大された。こうした中で国の中央防災会議は予知重視からの転換を実質的に図り、03年5月、建物の耐震化の促進など被害予防から発生後の復旧・復興までの対策に重点を置く東海地震対策大綱を決定するなど、柔軟な対応を前面に打ち出した。これを受けて気象庁は04年1月から東海地震発生切迫度の高まりに応じ観測情報、注意情報、予知情報の3段階で情報を出すようになった。前兆的なすべり現象であるプレスリップの程度を体積ひずみ計で観測し、どの情報を出すかギリギリの判断をするというもので、これにも「うまくいくわけがない」という批判があるが、いずれにしろ注意報は形の上では茂木さん

の辞任から8年後に実現した。

さらに中央防災会議は05年3月、東海地震が予知なしに発生した場合に想定される死者9,200人を半分の4,500人に減らすなど、10年間の数値目標を示した地震防災戦略を作った。

東海地震対策大綱は大震法の制定から4半世紀後の方針大転換となったが、大震法の改正や廃止を行わないのはどうしても無理がある。法律を作った国の面子があるにしても、欠陥を抱えた大震法をそのままにしておくのはおかしい。大震法は国民に「東海地震をはじめ大地震はみな予知される」という過大な期待を与えたことも問題だが、「あす起きるかもしれない」といわれた東海地震は30年たった今も起きていない。

中央防災会議の試算では東海地震が発生すると経済的被害は37兆円に達する。産業の大動脈がある地域であり、日本の政治や経済にまで計り知れない影響を与えるが、東海地震を警告した石橋さんは今、東海地震で通常の地震災害と原発災害が複合した原発震災が発生することを心配し、静

### ニュースの読み方

「東海地震の予知が一発でうまくいくとは思わない。前兆現象が微弱で警戒宣言までいかない段階でも注意報的なものを出す」という批判があるが、いずれにしろ注意報は形の上では茂木さん

## 激震、東海地震予知

7/4/03

阪神大震災では68,000人の犠牲者を出し、地盤のゆがみを強く思い知らせた。次の大地震は十分備える必要がある。当面最も気になるところは東海地震だが、この予知をめぐる激震が起きている。

東海地震の予知を目標とする地震防災強化地域指定会の会長が1日付で茂木清夫(大教授、66)から満上(60)にバトンタッチされた。5年間会長を務めた茂木さんが「もう我慢ならない」と気象庁に辞表を突き付けた。

気象庁長官の私的諮問機関である判定会が各種の観測データから「東海地震の発生が迫っている」と判断すると、長官からの地震予知情報を基に首相が警戒宣言を出す。この体制は1978年施行の大規模地震対策特別措置法(大震法)によってできた。これに対し、茂木さんは「東海地震の予知が一発でうまくいくとは思わない。前兆現象が微弱で警戒宣言までいかない段階でも注意報的なものを出す」という批判があるが、いずれにしろ注意報は形の上では茂木さん

### 茂木会長が抗議の辞任

判定会会長を辞任した茂木清夫大教授

「注報の響き」を主張し、同意する学者は多いのに気象庁は聞く耳を持たない。東海地震が発生し、注意報制度がないため大被害が出た場合、どう責任を取るのか。注報問題を買収に議論すべきだ。阪神大震災を教訓に地震防災対策特別措置法ができた。この法律は地震予知への期待を国民に植え付けているという配慮から「予知」の言葉を使わなかったが、大震法は東海地震の予知が大前提だ。この矛盾を抱えながら進む日本の地震予知の将来も危なくなる。(科学環境部長・横山裕道)

図 3 1996年4月3日付毎日新聞朝刊

岡県の中部電力浜岡原発の廃炉を目指せと主張している。この問題もうやむやにはできない。

## 6. 東南海・南海地震、首都直下地震の脅威も

大震法によって東海地震ばかりがクローズアップされたという批判があるが、確かに日本で心配なのは東海地震ばかりではない。いつ、どこで、どんな地震が起きてもおかしくないのが日本の宿命だと改めてかみしめる必要がある。

まず東海地震より西側海域を震源域とする東南海・南海地震がある。これも差し迫っている可能性があるとして、東南海・南海地震防災対策特別措置法ができた。同時発生の可能性が高いため東南海・南海地震と表記されることが多いが、東海から九州までの広い範囲で大被害が出ると予想されるため、国は震度6弱以上の揺れや3メートル以上の津波に襲われる可能性の高い地域を地震防災対策推進地域に指定した。

やっかいなことに、東海地震が想定通りには起きず、東海、東南海、南海の3地震の連動、同時発生の可能性が極めて高いことが過去の記録から分かってきた。そうするとM 8.7の超巨大地震となって関東にまで被害範囲が広がり、死者は最大で2万8,000人と想定される。

同じ海溝型地震では北海道、東北も決して安泰ではない。北海道根室沖、宮城県沖地震など、北海道から東北にかけての太平洋沿岸で今世紀初めに予想されるM 7~8クラスの地震に備えるための地震防災対策特別措置法ができ、同様に推進地域が指定された。

阪神大震災、新潟県中越地震のような都市直下地震の心配も尽きない。中でも政治や経済の中心地の首都を襲う直下地震はそれこそいつ起きてもおかしくない。中央防災会議の首都直下地震対策専門調査会は05年2月、首都直下地震が起きると(東京湾北部でのM 7.3の場合)最悪で死者約1万1,000人、経済被害は約112兆円に達すると被害想定をまとめた。

東海地震の被害想定に比べると、死者数で約2,000人多く、経済被害は3倍に達する。東海地震

よりはるかに規模の小さいM 7クラスの首都直下地震がずっと大きな被害を及ぼすのは、直下地震であることと、米国に次ぐ経済大国である日本の首都という事情が関係してくる。

そこで中央防災会議は05年9月、首都に壊滅的打撃を与えそうな首都直下地震に備えようと首都直下地震対策大綱を決定した。「首都中枢機能の維持」と「企業防災」を重視し、政治、行政、経済の各機関が地震発生後3日間に最低限果たすべき機能目標などを定めている。国は92年に南関東地域直下地震対策大綱を作ったが、その後、情報通信技術や物流、金融の高度化、国際化が進み、社会的、経済的状況も著しく変化したため新たな対策大綱を打ち出した。

阪神大震災で30万人、中越地震で10万人に達した避難生活者は、首都直下地震ではケタ違いの約460万人と推定される。とてもこれだけの収容能力はなく、地方への疎開や帰省の奨励、空き家・部屋利用、ホテルの空き室活用などによって避難生活者を減らすことが大きな課題となっている。650万人にも上る帰宅困難者に対する支援も必要で、企業などの取り組みが始まった。

中央防災会議はさらに06年4月、首都直下地震の死者数を2015年度までに1万1,000人から5,600人に半減し、経済的被害も112兆円から70兆円に減らすことを目指した地震防災戦略をまとめた。住宅の耐震化や木造密集市街地の整備を促進し、企業に対しては災害時の事業継続計画の策定を求める内容になっている。

全国の都市部には現在の耐震基準を満たさない古いビルや表面的には分からない手抜き工事のビルがかなりあり、震度6弱以上の地震では中高層ビルに相当の被害が出るのは避けられない。新耐震基準を満たさない古い住宅も多い。全国の公立小中学校の校舎や体育館などで耐震性に問題のある建物がまだ半数近くあり、病院や官公庁の建物にも問題がある。海溝型地震でも直下地震でも被害軽減には、建築物耐震化率の大幅アップが不可欠だろう。

海溝型地震では津波も怖いことは04年12月のスマトラ沖大地震で余すところなく示された。日

本でも三陸海岸などでは最大で20メートルを超える津波の来襲が予想される。どこに、いつごろ、どの程度の波高の津波が来るかの予測精度をさらに上げ、早くて信頼される津波予報にしないと、避難が遅れて犠牲者が大量に出る事態になりかねない。

## 7. 最低限の知識や必要情報をどう伝えるか

大地震を迎え撃つには国民一人一人が地震に関する最低限の知識を身に付けておく必要がある。だが、これが意外にうまくいかず、「お寒い状態にある」といったほうがいいのかもわからない。

よく例として挙がるのは、Mと震度の問題だ。どちらも同じような数字で表されるため、この二つは混同されることが多い。大学の講義で地震の話をした自らの経験から言っても、Mと震度の違いがほとんど理解されておらず、「初めて両者の違いを知った」などという反応が返ってくる。阪神大震災などの後でも「今後もM6程度の余震が起こるかもしれない」という発表を、「また震度6の地震が来るなら大変だ」ととった人がかなり

いたという。これでは無用な心配をさせることになってしまう。

震度階の改正によって、震度5、6はそれぞれ「弱」と「強」に細分化されたのに、新聞ですらいまだに「震度5」「震度6」といった表現を使っていることがあり、非常に気になる。震度5弱と5強では揺れ方に通常かなりの差があり、これを一括して震度5と表現したのでは一般の人の正しい理解の妨げになるだろう。

「今の日本で地震予知の可能性があるのは東海地震だけで、この地震ですら予知がうまくいくとは限らない」という予知の現状についても一般の人はほとんど理解していない。週刊誌などで「この夏『巨大地震』が東京を襲う」といった見出しが躍るが、全くいい加減な情報なのに不安を感じる人は少なくない。03年7月にM6.4と比較的規模の小さな地震が宮城県北部で起きた時に、当時の首相が「予知はあったのか」と尋ね、関係者は「首相ですらその程度の認識なのか」と驚いたという話が伝わっている。

大災害時には的確な情報が何にも増して重要になる。例えば、被災現場の状況がよく分からない



図4 阪神大震災から10年たち、兵庫県長田区の商店街にはさまざまなメッセージが寄せられた(2005年1月)

と、適切な救援、消火体制が取れない、現場に真っ先に駆け付けた警察官など情報を集める側も、各地からの情報を集約する側も正確な全体像をつかむための訓練を積み重ね、実践に生かす必要がある。阪神大震災や中越地震などを含め大地震のたびに各地の震度情報がうまく伝わらないといった通信トラブルが発生するが、日ごろの機器の点検で同じミスは繰り返してほしくないものだ。

通信手段の確保も重要なポイントになる。阪神大震災で有効な通信手段となった携帯電話はこの10年余で飛躍的に増えたが、中越地震では限界をさらけ出し、孤立地帯が出た。今後は通信衛星を使う携帯電話を備える必要がある。現在、1台10万円位までに下がったというが、これを孤立が心配される地域の公民館などに備えておけば音声で十分通話でき、ふくそうもまず起こらない。専用線、ファクス、パソコン通信なども、NTTなどの回線網から完全に独立した多重のネットワークを構築しておきたい。

被災した住民も情報を待っている。阪神大震災では最も要望が強かったのは余震の見通しに関する情報だったというアンケート結果が出ている。被災者に地震情報や生活関連情報、安否情報を十分に知らせる仕組みが欠かせない。正確な情報を流し続けてデマ情報が飛び交う余地をなくすことが、パニック防止にもつながる。

最近、国や自治体は地震の被害想定を盛んに実施するようになった。行政は被害想定を基に対策を進めているが、住民に被害想定の結果を分かりやすく伝え、住民自身が防災対策を行うのに役立つようにすることが必要だろう。

住宅の耐震診断や「このままでは危険だ」と診断された場合の住宅の補強があまり進んでいないのは、十分な情報が住民に伝わっていないことも背景にある。これまでは防災の基本は家具の固定だといわれてきたが、震度6弱以上の激しい揺れでは通常の家具の固定はほとんど役に立たないことが明らかになってきている。こうした面での正しい情報の伝達も不可欠になっている。

繰り返し地震の被害にあっている日本なのに一

般の人の地震知識が十分ではなく、地震発生後の情報伝達も必ずしもうまくいかないのは大きな問題だろう。国民に地震のメカニズム、プレートテクトニクス理論、海溝型地震と直下地震の違い、Mと震度の違い、地震予知の難しさ、わが家の耐震診断の進め方などを理解してもらうための防災教育を行政と学者が協同で系統だてて行う必要がある。行政側は最善の防災体制にするため点検と見直しを怠ってはならない。

## 8. ま と め

都市は昔と比べて様変わりした。高層ビルが林立し、新幹線や高速道が縦横に走る。地下鉄や地下街など地下空間は高度利用されるようになり、IT社会を支えるインフラの整備も進む。石油タンクなど危険物は都市周辺に意外に多いし、都市に人口や車が集中している。こんな中で巨大な海溝型地震や都市直下地震が襲えば、阪神大震災をはるかに上回る被害が出ることは容易に想像できる。海溝型地震で卓越する長周期地震波の影響を超高層ビルが直接受けた例はまだ世界的にない。

日本で「危機管理」という言葉がマスコミにしばしば登場するようになったのは、阪神大震災後である。地震発生直後に政府や自治体が救助・救援活動や消火活動に速やかに着手できずに犠牲者の数を増やし、行政の危機管理能力のなさを一挙にさらけ出した反省が込められている。

大地震のような危機はいつやって来るか分からない、ひょっとしたら当分やって来ないかもしれない。それだけに対処の仕方は難しい。住民も家具の固定や水・食料の備蓄を始めたとしても、5年も10年も地震が起きなければ「もういいや」という気分になるのはある意味で避けられない。しかし、特別な位置にある日本では地震への備えが長期間役立たなければむしろ「もうけもの」と考え、決して油断するわけにはいかない。

一般の人たちが地震を正しく理解し、地震の不意打ちに適切に対処できるようになるためには、国や自治体など行政や地震の専門家の果たす役割は大きい。「ばらばら行政」「縦割り行政」と批判

されないように役所間の協力が必要だし、学者間でも理学系と工学系がそっぽを向き合っているようではまずい。広範囲の分野の人が一緒に研究し、行政と学者が連携することが防災、減災に欠かせず、行政、学者の両者と国民を含めての「情報共有」が今後のキーワードとなる。

現在、高校での地学の履修率が7%を下回っていることから「地震のことをきちんと教育する機会がなくなった」と嘆く声が聞こえる。その通りだろうが、地震の問題だけでなく、地球温暖化や生態系の破壊をはじめとした地球環境問題、水循環、風水害、資源・エネルギー問題などにどう対処していくかが今後の大きな課題になる。

つまり地球のことをよく知ることが何にも増して重要になりつつある。内閣府の総合科学技術会議は「地球観測の総合戦略」と題する報告書をまとめ、地球の現状や将来の理解のために基礎データを得ることの重要性を訴えている。国際協力で地球観測システムを構築することも提唱された。地球のことをよく知る一環としての地震教育、防災教育という視点が必要だろう。

防災の専門知識を持ち、いざという時に地域のリーダーとなって活躍する防災士を目指す人が増えているという。NPO法人の日本防災士機構が認定する民間資格だが、地震や風水害などの自然

災害が続発する中で好ましいことであり、行政の積極的な後押しが望まれる。阪神大震災や中越地震では全国から多くのボランティアが被災地に駆け付け、救援活動を行ったが、今後も災害時にボランティアがスムーズに活動できるように行政とボランティアの連携が課題になっている。

世界にはプレートの境界付近に住み、いつ海溝型の巨大地震と津波に襲われてもおかしくない人は少なくない。活断層近くで生活する人も数億人いる。日本が的確に地震に対処できるようになれば、こうした人たちの役に立ち、大きな国際貢献になる。地震の基礎研究や地震予知、防災、減災、そして強い都市造りに国として情熱を傾け、世界に情報発信することは日本の使命だろう。

横山裕道

[よこやま ひろみち]

**現職** 淑徳大学国際コミュニケーション学部人間環境学科教授

**略歴** 東京大学理学部卒、同理学系大学院修士課程修了、毎日新聞社科学環境部長、論説委員等を経て現職

**研究分野** 地球・環境学

**著書** 「次の大地震大研究」(光人社)、「いま地球に何が起きているか」(ぴいぶる社)、他



# 発展途上国の組積造建物向けの耐震補強法の開発

目黒公郎

## 1. はじめに

地震被害の軽減を世界的規模で目指す場合に最重要視すべき点は、犠牲者の多くが組積造建物の崩壊によって生じている点と、この改善が一向に進んでいないことである。組積造とは石や焼成レンガ、ブロックやアドベと呼ばれる単に天日干しただけの粘土ブロックなどでつくられた建物の総称で、これが地震に対して非常に弱い。現在でも世界の人口の約6割が組積造の建物に住み、地震の建物被害による犠牲者の7割以上がこの建物の被害によって生じている。組積造建物の耐震性を高める対策を具体化し、普及させていかないことには、世界規模で地震による犠牲者を減らしていくことは不可能である。

組積造建物の地震被害による死傷者率が、他の構造タイプに比べて著しく高くなるのは、極端に低い引張り抵抗力のために破壊が脆性的になり避難が難しいこと、構成要素が小さいことから隙間なく崩壊し生存空間ができにくいこと、さらに崩壊過程で大量の土ぼこりを発生するために生存者がいても呼吸ができないことがあげられる。

最近でもその典型的な被害が、インド、ペルー、イラン、パキスタン、インドネシアをはじめとして世界各地で発生している。その中でも最も大規模なものは、2005年10月8日の午前8時50分(現地時間)にパキスタン・イスラム共和国(以下パキスタン)北部を震源として発生したMw7.6の地震による被害である。この地震による被災地は、図1に示すようにパキスタンとインドの両国に広がり、10万人以上とも言われる死者と300万人もの被災者を生んだ。

パキスタンの首都イスラマバード市内にあった鉄筋コンクリート(RC)11建のマンションビル

(マルガラタワー)が倒壊し、そこに住んでいた邦人2名が亡くなったこともあり、わが国ではこれが大きく取り上げられた。しかしイスラマバード市内での被害は局所的で、このマルガラタワーの倒壊被害以外にはほとんど大きなものはない。この地震による被災地は、より震源に近いイスラマバードより北部の山間地域である。そして犠牲者の大多数はこの地域に数多く存在していたノン・エンジニアード(以下ではNon-E)構造物と呼ばれる小規模な組積造建物の崩壊被害で発生している。これらは耐震基準とは無関係に、一般の人々が現地で入手できる材料を使い、自分たちで建てて住んでいるものであり、これが壊滅的な被害を受けた。

この種の問題は、「先進国の材料と技術を使って対応すれば大丈夫」と言ったところで何ら解決しない問題である。本報では、世界の地震防災上の最重要課題である組積造建物の耐震性を向上させる環境を整備するために、その典型例として、パキスタン北部地震による被害とその原因について解説するとともに、被災地の復旧・復興や今後の地震防災対策を講じる上でキーとなる考え方、そして技術や制度について紹介する。

## 2. 被災地の Non-E 建物の特徴

パキスタン北部地震の被災地内の Non-E 建物は、使われている材料や構造タイプから、a1) 低品質 RC フレームにコンクリートブロックやレンガ、石などを積み上げた組積壁構造、a2) 石積み(用いる石のサイズや形、積み方、目地の材料によってバリエーションがある)の組積造、a3) アドベ(サイズにはバリエーションがある)の組積造、a4) レンガの組積造、a5) コンクリートブロックの組積造、a6) 上記の a2) から a5) を組み合わせ

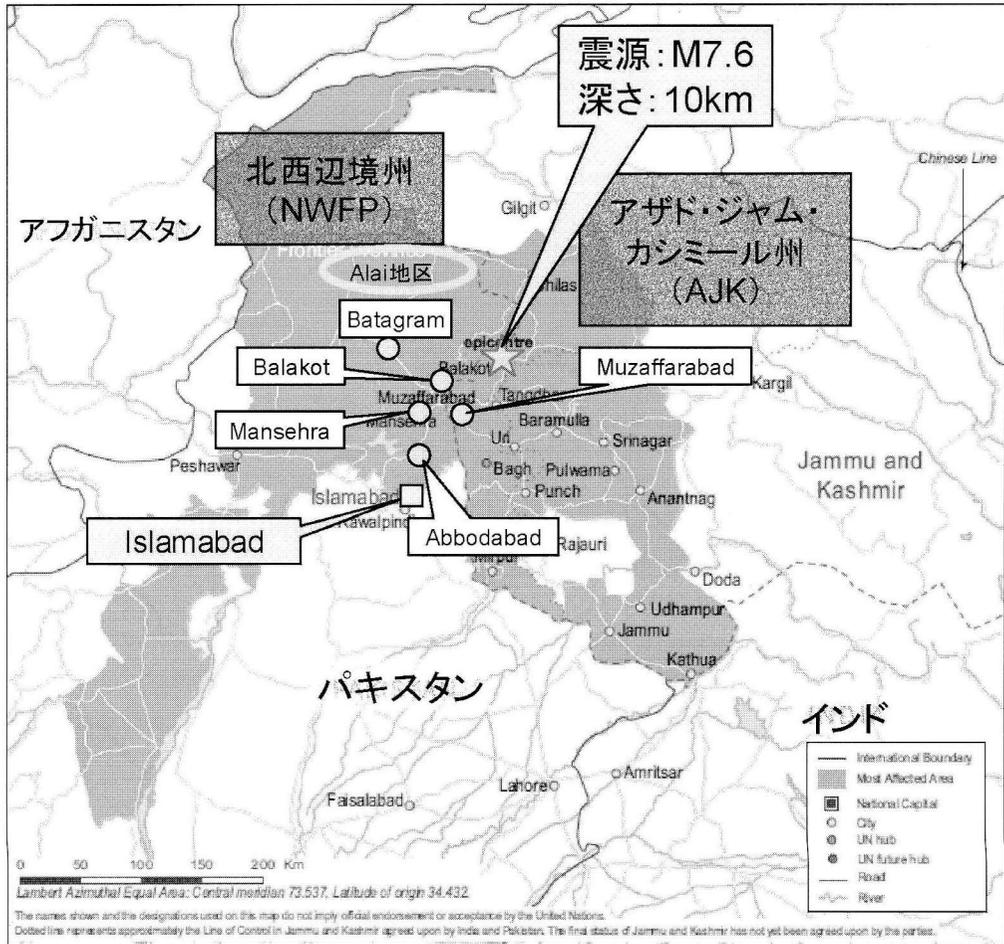


図1 カシミール地震の被災地域 (UN OCHA ReliefWeb)

せた組積造、の6通り程度に分類できる。

また地震被害を議論する上で重要になる屋根の形態は、a1)では低品質RCのスラブ屋根がほとんどであり、a2)～a5)では以下の2種類に分類できる。組積造の壁に木製の梁を渡してその上に柴や小枝を置いて、その上に石やアドベを載せ、さらにその上に土を盛って表面を平らにして屋根(最終的な厚さ20～50cm)とするものと、木製のフレームの上を金属板(波トタン)で葺くものである。後者は組積壁の上端の変位を拘束するだけでなく軽量なので、地震工学的には前者に比べて各段に有利である。

### 3. Non-E 建物の被災形態とメカニズム

多くの死傷者を出した Non-E 構造の建物の被災形態とそのメカニズム(図2)の概要は、以下のとおりである。

- b1) RCフレームそのもの(柱、柱と梁の連結部)の強度不足によるフレームの崩壊が誘発した被害。屋根が平面的に地面につくまでで完全崩壊している例も多い。
- b2) RCフレームと組積壁の連結部の強度不足を原因とする大亀裂が組積壁の面外方向の崩壊挙動を誘発した被害。片側の壁が壊れて屋根が外れて落下している被害などが多

い。

- b3) 組積造の壁と壁の連結力の弱さを原因として発生した組積壁自体の被害。壁と壁の連



(a) 山の頂まで広がる住家



(b) Non-E 構造の被害例 (a1, b1 タイプ)



(c) Non-E 構造の被害例 (a2, b1 タイプ)

図 2 ノン・エンジニアード (Non-E) 構造の被害例

結部に大きな亀裂が発生し、一方あるいは両方の壁が倒れたり、一部分が欠損している。

- b4) 組積壁と基礎部分の連結力の弱さを原因として発生した壁下端の大破損による全体崩壊。  
b5) 周辺地盤や立地地盤の崩壊または変状を原因として発生した建物被害。

上記のようなメカニズムで被災した建物に対する対処法を、b5) のケースとそれ以外に分けて簡単に説明する。

b5) のケースを除いた被害の主因は、組積造壁 (RC フレームを含む) の極端な耐震性不足による。具体的には、組積壁がほとんど引っ張り強度を有していないことに起因している。すなわち壁の構成部材 (ブロックやレンガ、アドベや石) が簡単に面外に落下し急激に支持力を失う。何らかの方法で組積造壁を一体化し、壁内の構成部材の面外への落下を阻止することが耐震性を向上させるポイントである。

一方 b5) のケースでは、建物が斜面や崖 (河岸段丘) の上やそれらのすぐ下などに存在し、建物の上の斜面崩壊や建物が建っている地盤そのものの崩壊によって建物被害が発生している。このような立地条件では、地震動自体が地形効果で増幅されている場合が多い。対処法としては、事前のアセスメントに基づいた土地利用規制で建物の建設を制限することが重要である。ただし今回の被災地では、建物の強度には問題がなく、地盤の問題だけが被害の主因と考えられるものは非常に少なかった。

#### 4. 繰り返される途上国の組積造建物の地震被害を軽減するために<sup>1)</sup>

地震防災上の最も効果的な対策は弱い建物の耐震性を向上させることであるが、これを実現するには4つのポイントがある。

1つ目は社会を構成するそれぞれの立場の人々(政治家、行政、エンジニア、専門家、マスコミ、一般市民)の災害イメージネーション能力を高めること。災害イメージネーション能力とは、災害時に自分が直面する状況を具体的にイメージできる能力である。発災時の季節や天候、曜日や時刻、自分のいる場所や立場などを考慮した上で、時間経過に伴って時々刻々変化する災害状況をイメージできることで現在の自分の防災上の課題が理解できる。そして発災時には、直後対応から、復旧・復興まで適切な判断と行動をとることができるのだ。人間はイメージできない状況に対しての適切な準備や対策は絶対にできない。災害イメージネーション能力が低いと、耐震化の推進がいかに重要であるかが真に理解できない。

2つ目は適切な耐震基準を持つこと。ここでの「適切」とは、「先端的」とか「洗練された」などの意味ではなく、現地で実際に対応しなくてはいけぬ人々が「実際に問題なく使うことのできる、守ることのできる」レベルの基準という意味だ。

3つ目は2つ目で指摘した「適切な」基準を準備してもらうための環境整備、すなわち設計・施工管理の体制や制度、エンジニアの教育・再教育、質のいい労働力確保といった問題である。2つ目と3つ目は主に新築建物に対して大きな効果を持つが、これだけでは十分ではない。既存の建物に対しての配慮が足りない。

最後の4つ目は、既存の建物の耐震性を向上させる環境整備であり、具体的には適切な診断法と補強法の提案、耐震補強を推進する制度の制定などである。その際には耐震基準の存在やその良し悪しに関係なく、地元の人々が地元で入手可能な材料を使って自分でつくる Non-E 建物に関する

配慮も忘れてはいけない。

技術者は技術的な問題だけに取り組み、それが解決されれば、最終的な目的が達成されると思いがちだが、技術的な課題の解決だけでは最終目的が達成されない場合も多い。またその技術も対象国や地域の特性を十分踏まえたものでないと機能しない。ローカル・アベイラビリティ、アプリカビリティ、アクセプタビリティの視点が不可欠だ。

以上のような点を踏まえて、耐震補強の推進策を考えると、「技術的な側面」と「社会的な側面」からのアプローチや議論が重要であることがわかる。「技術的な側面」としては、まず耐震補強工法が現地の技術レベルで対応できるものであること、そして用いる材料が現地で入手可能なことが挙げられる。「社会的な側面」からは、現地の経済状況を考えて価格的に問題がないこと、宗教や文化、歴史や伝統などを踏まえた上で、現地の人々に許容してもらえるものであること、そして対象国や地域で受け入れ可能な耐震補強を奨励する制度やシステムの整備である。

#### 5. 著者提案の耐震補強法と推進制度<sup>2),3)</sup>

##### (1) PP-バンドメッシュを用いた耐震補強法

前章で説明した視点に立ち、著者らのグループでは、世界中どこでも入手可能な非常に安価な材料と簡単で誰でも対応できる技術で、新築と既存の組積造建物の耐震性を大幅に高める補強法(通称100ドル耐震補強法)を提案している。この工法は組積造壁の両側をポリプロピレン製の荷造り紐(通常、PPバンドと呼ぶ)を用いたメッシュで挟み込み、目地に空けた穴から両側のメッシュを連結する方法である(図3)。

この提案手法を用いて耐震補強すると、組積壁は強度と変形面の両面で大幅に性能が向上する。簡単な壁モデルを用いた面内・面外方向の載荷試験(図4と図5)や、振動台を用いた縮小モデル(表1)と実大モデルの実験結果<sup>4)</sup>から、提案手法の驚くべき効果が証明されている。本手法はクラックの発生自体を防ぐものではなく、クラックが発生しても持ちこたえ、家の住人が怪我をした

り亡くなったりする状況を防ぐこと、最悪でも、住人に避難するだけの時間を提供することを目的にしている。

提案手法によって耐震性が大幅に向上する理由は、引っ張り抵抗がほとんどなく脆性的に破壊する組積壁がPPバンドメッシュによって大きな変形能を持ったためである。図4に示すような簡単な壁モデルを用いた面内・面外方向の载荷試験からは、補強によって、強度は数倍、変形能は40～50倍以上向上できることがわかった(図5)。

実際の施工時には、生活スタイルを変化させない意味と、PPバンドの欠点である紫外線による材料劣化を防ぐ意味から、壁の表面に泥やセメントモルタルを用いてPPバンド付の組積壁を被覆する。しかし破壊実験では、クラックの発生や進展を追跡する必要性から被覆はしていないので、構造物サイドから見れば実験条件はより厳しいものになっている。

紫外線防止の被覆の効果に関しては、著者らの紫外線曝露実験から、泥でもセメントでも被覆厚さ3mm以上で透過率が0%になることを確認し

ている。また温度による強度変化に関する実験も行い、設計上全く問題ないことも確認している。

ちなみに、 $-20\sim 50^{\circ}\text{C}$ の範囲での強度の変化は最大15%程度あるが、強度が最小になる温度帯であっても、実際にPPバンドに作用する最大応力の3倍以上の強度を有している。

提案手法は、組積造を対象とした従来のほとんどの補強法が新築時にのみ適用可能であるのに対し、既存にも新築にも問題なく適用できる特長を有している。また被災地で大きな問題となっている瓦礫処理の問題も解決できる。すなわち、提案手法を用いて、被災家屋から排出されたレンガや石、ブロック、泥をそのまま再利用して住家をつくれば、瓦礫処理が進むとともに、住宅再建のコストが大幅に安くなる。

## (2) 耐震補強を推進する制度の提案

上で説明したPPバンド耐震補強法のモットーは「100ドル耐震補強」であり、家1軒の耐震補強を100ドル程度の価格で実現するものである。ちなみに次章で紹介するパキスタンの被災地の典型的な住家(図6)では、1棟の補強に必要な材料費

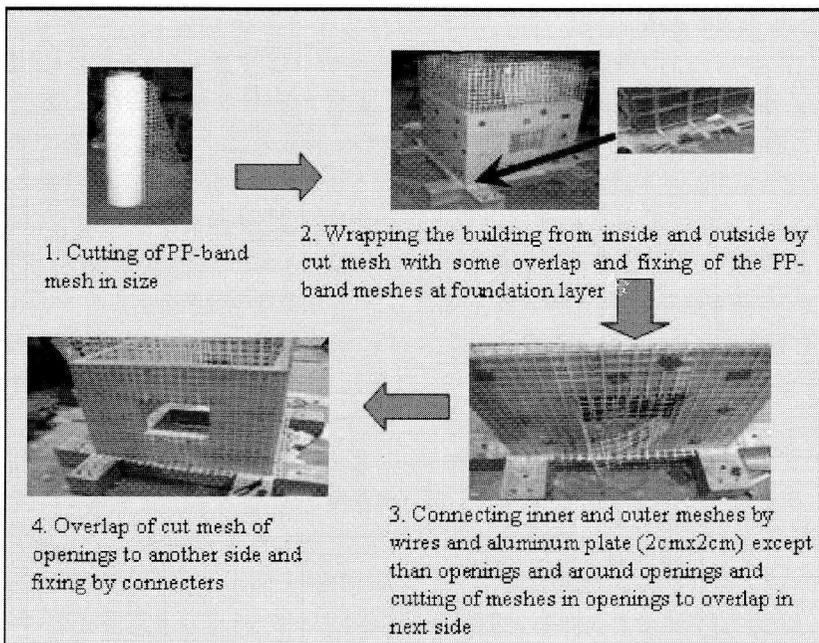


図3 PPバンド補強法の手順

(既存建物の場合は目地にドリルで穴を空け、新築の場合は建設途中でストローなどを目地に挟み込むことで穴を確保する。適当な間隔で空けた穴に針金やひもを通して、組積壁の両側のメッシュを連結する。)

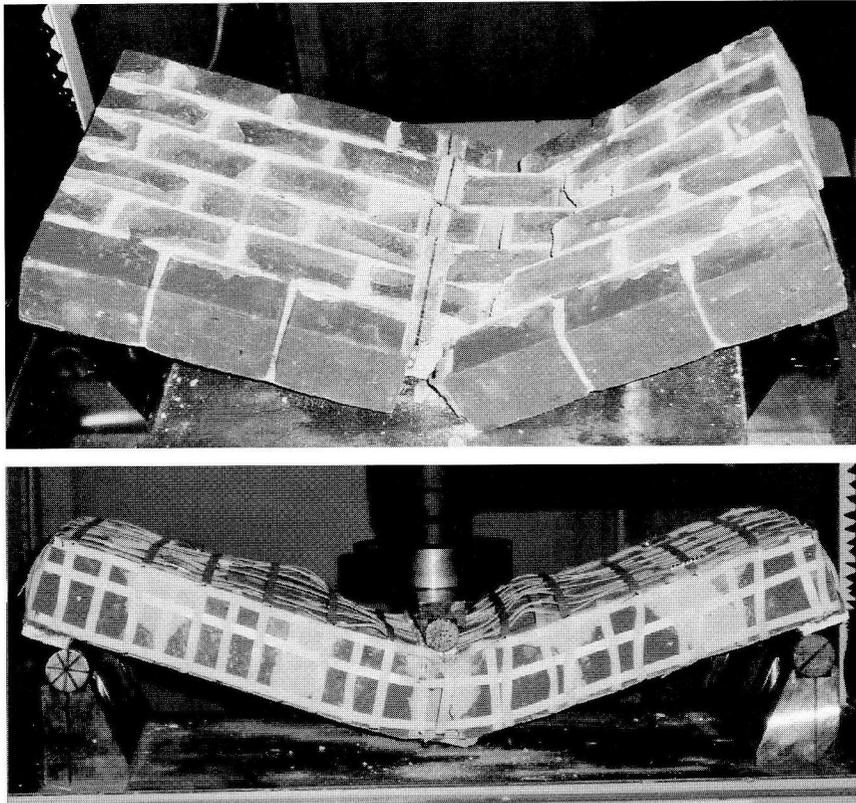


図 4 提案手法による補強壁（下段）と非補強壁（上段）の面外曲げ試験の様子

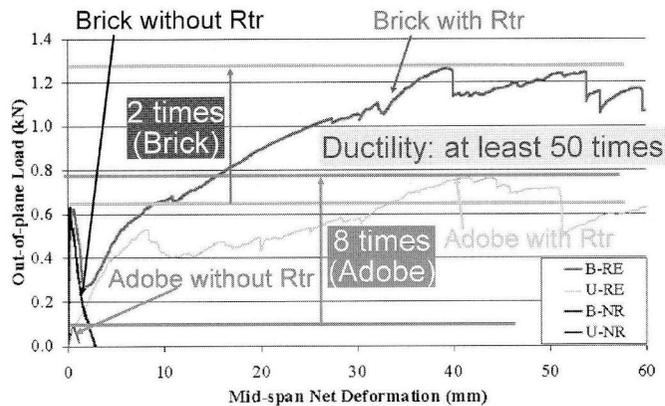


図 5 提案手法による補強壁と非補強壁の面外曲げ試験の結果

は 30USドル程度で、人件費を含めたトータルの経費の増額分は、指導を受けながら初めて実施した今回のケースでも全体の 5% 程度であった。

一般的に現地では、住民が親戚や近所の協力を得て、自分で家をつくることが多い。ゆえに将来

的に補強法が普及すれば、耐震補強に必要な費用はほぼ材料費だけになる。しかしそれでも地域によっては個人負担が困難な場合も少なくない。そこで著者は、提案工法のパンフレットやガイドラインの作成に加えて、技術指導のコースの

表 1 縮小モデルを用いた振動台実験の結果（補強モデル）

（周波数と振幅を変化させた正弦波を振動台への入力として実験を行った。補強モデルでは 1.0G を超える 12 回の入力（最大 1.4G）を含めて多数の振動を加えたが崩壊しなかった。用いた振動台の性能上、JMA 7 の加振はできなかった。）

Acceleration (g)	Frequency (Hz)							
	2	5	10	15	20	25	30	35
1.4	○	LS	LS	LS	○	○	○	○
1.2	○	LS	LS	LS	LS	○	○	○
1.0	CP	LS	LS	LS	LS	○	○	○
0.8	LS	LS	LS	IO	IO	IO	IO	IO
0.6	LS	LS	IO	IO	IO	IO	IO	IO
0.4	LS	LS	IO	IO	IO	IO	IO	IO
0.2	IO	IO	IO	IO	IO	IO	IO	IO
0.1	IO	IO	IO	IO	IO	IO	IO	IO
0.05	IO	IO	IO	IO	IO	IO	IO	IO

Index	JMA ~4	JMA 5-	JMA 5+	JMA 6-	JMA 6+	JMA 7
-------	--------	--------	--------	--------	--------	-------

IO: Immediate Occupancy	PC: Partial Collapse
LS: Life Safety	TC: Total Collapse
CP: Collapse Prevention	○



図 6 提案手法で補強した実構造物（竣工時の外観）

設立や、家の所有者にインセンティブを与え耐震補強を促進する制度（2段階インセンティブ制度）を技術とセットで提案している。この制度は提案手法による耐震補強の実施者に、必要な材料費の補填+αの支援（第1インセンティブ）を、将来の地震時に被災した場合の支援保障（第2インセンティブ）を行うものである。こうすることで、将来の被害が大幅に減るとともに、政府のトータ

ルとしての経費の大幅な軽減が実現する。

## 6. 被災地でのデモンストレーション活動

今回の地震で最も甚大な被害を受けた被災地ムザファラバードで、著者らは提案する耐震補強法を用いた実大構造物の耐震補強工事のデモンストレーションと、縮小モデルによる公開実験を、地

域のディシジョンメイカー、エンジニア、マスコミ、国内外からのNPOやNGO関係者、一般市民を招いて行った(図7)。これは災害イメージーション能力の向上と耐震補強の重要性を伝える目的で行ったものだ。

まず著者が世界各地の地震被害の特徴の解説と提案手法の特徴やその効果を、過去の実験やコンピュータシミュレーションの結果を示しながら説明した。説明に際しては、最近では国際的にも有名になったネパールの地震防災のNPOであるNSET(National Society for Earthquake Technology-Nepal, ちなみに著者はこの組織の立ち上げに世界地震安全推進機構WSSIのメンバーとして、片山恒雄博士(当時東大教授)らと共に関わった)の事務局長であるAmad Dixit氏に著者の英語のプレゼンテーションを現地語に訳して伝えてもらい理解に努めた。

JICAの支援を受けて、被災地の典型的な住宅1棟(壁はレンガ、屋根は木製フレームに波トタン葺き、床面積約60m<sup>2</sup>)を建設し、それに提案手法による耐震補強を行った。またこの建物と全く同じ形状の1/6スケールの建物模型を2棟作成し、一方を相似比を考慮して決めた断面のPPバンドメッシュを用いて補強した。バネの力を起振力として、ルール上を振動する簡易振動台(水平1方向振動台)を現地で作成し、この上に耐震補

強済みと非補強の2棟の縮小モデルを設置して、振幅を徐々に大きくしていきながら、両者の挙動を比較し、耐震補強の効果を説明した。この振動台実験の実施に当たっては、NSETの協力を得た。提案手法に関する説明や実験は、参加した多くの人々の心を捉えたようで、非常に盛会であった。

## 7. おわりに

世界の地震防災上の最重要課題は、耐震性の低い組積造建物に多くの人々が住み、この耐震性の向上が一向に進まないことである。これを原因として、地震の度に多くの組積造建物が崩壊し、多くの犠牲者が繰り返して発生している。

本報では、この問題を解決する環境整備のため、2005年のパキスタン北部地震による被害とその原因を解説するとともに、被災地の復旧・復興や今後の地震防災対策を講じる上でキーとなる考え方、そして技術や制度について紹介した。すなわち、著者の提案する簡便で超低コストであるにもかかわらず効果の非常に高い組積造建物の新しい耐震補強法の研究とその普及に関わる活動である。さらにパキスタン北部地震の被災地で実施した著者提案手法による耐震補強工事と、簡易振動台を用いた公開実験について紹介した。

地震工学の先進国の研究者が、ローカル・アベイラビリティ、アプリカビリティ、アクセプタビリティを強く意識して途上国の組積造構造物の耐震補強対策の研究に本格的に取り組む例はほとんどない。それは先進国には、地震防災上問題となる組積造建物が少ないからであるが、数多くの組積造建物を有している国や地域の研究者においてもこの種の研究は活発ではない。例えば、トルコやイラン、インドなどは地震工学の世界ではかなり高い学問レベルを有する国であるが、これらの国の研究者は日本や米国の研究者と同じような研究スタイルと研究テーマの研

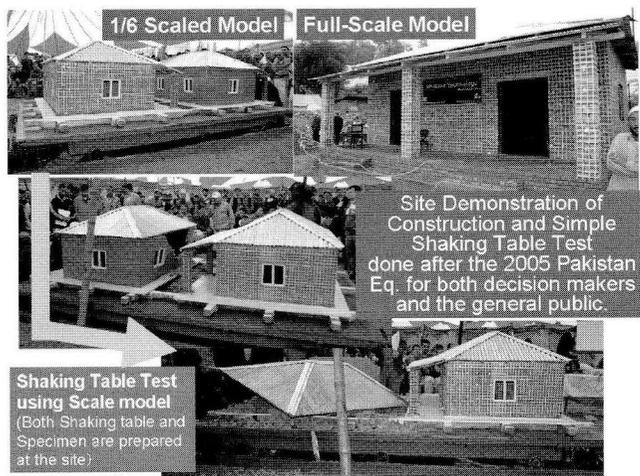


図7 現地での公開振動台実験の様子

究を進めている。しかし超高層ビルや長大橋梁の地震挙動や複雑な地震動解析などの研究を進める、その足下では多数の組積造構造物の地震被害によって多くの犠牲者が繰り返し発生している(もっとも、この点は日本も偉そうなことは言えない。多数の老朽木造建物の耐震補強の問題は同様である)。この背景には、大学の研究者が組積造の耐震性の研究をしても、一般的に研究論文になりにくいし、研究業績として評価されないためである。また企業の研究者においては、組積造構造物の研究が営利に結びつかないからである。

著者は本報で紹介した研究を、組積造の地震被害が重要課題である国々からの留学生と進めているが、一般的に彼らも訪日直後は高層ビルや長大橋の地震応答とか振動制御など、先進国と同様の研究対象を同様の手法で行うことを望む。その理由は彼らが自国の地震被害に無関心であるというよりも、研究者としての評価が最新の研究分野の成果に対してなされる傾向が強いからである。もちろん、研究者としての知的興味や好奇心が最新分野の問題に偏りがちなこともある。

そこで著者が彼らにアドバイスしている点は、「100ドル耐震補強」の研究が「破壊」という極めて複雑で難しい現象に取り組むこと(知的興味の誘発)、研究手法として用いる実験と数値解析技術はいずれも世界最先端の技術であり、この研究を通してこれらをマスターできること(先端技術取得の約束)、これらの技術や手法があれば、大学院修了後も様々な研究課題に対して、たくさんの研究論文が書けること(将来への不安の除去)である。これを十分説明した上で、対象としては自国の被害軽減に直接役立つ課題の研究(母国や実社会への貢献に対する道義付け)の実施を進めている。こうすると研究成果を上げた彼らは母国に帰り、自分の成果で母国の問題解決に励む。そしてリーダーとして活躍する。先進国の問題を先進国と同様の手法で学んだ学生が、母国に帰っても成果を活かせる仕事がなく、また魅力も感じず、結果的に「頭脳流出」を生んでしまう状況との大きな差がここにある。途上国の学生を公的な資金援助で受け入れて教育する側としては配慮すべき

点であろう。

## 参考文献

- 1) 目黒公郎, 2003, 防災研究の国際協力, 学術月報, Vol. 56, No. 7, pp. 61-66, 2003. 7.
- 2) Meguro, K., Mayorca, P., Sathiparan, N., Guragain, R., and Nesheli, N., 2005, Shaking Table Tests of 1/4 Scaled Masonry Models Retrofitted with PP-band Meshes, Proc. of the 4<sup>th</sup> International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia, pp. 9-18, Singapore, 2005. 10.
- 3) Sathiparan, N., Mayorca, P., Nesheli, N., Guragain, R., and Meguro, K., 2005, In-plane and Out-of-plane Behavior of PP-band Retrofitted Masonry Wallethe, Proc. of the 4<sup>th</sup> International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia, pp. 231-240, Singapore, 2005. 10.
- 4) Nesheli, N., Sathiparan, N., Guragain, R., Mayorca, P., Ito, F., Kagawa, H., Tsugawa, T. and Meguro, K., 2006, Full-Scale Shaking Table Tests on Masonry Buildings Retrofitted by PP-Band Meshes, Proc. of the 5<sup>th</sup> International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia, 10pages, Thailand, 2006. 11.

目黒公郎

[めぐろ きみろう]

現職 東京大学教授 生産技術研究所  
都市基盤安全工学国際研究センター所  
属, 東京工業大学特任教授兼任

略歴 東京大学大学院修了, 日本学術振  
興会特別研究員, 東大助手, 同助教授を経て現職

研究分野 都市震災軽減工学

著書 「被害から学ぶ地震工学—現象を素直に見つめて—」(鹿島出版会, 伯野元彦と共著), 「都市デザイン—日本の産業システム8—」(NTT出版, 竹内佐和子と共著), 「地震のことはなそう(絵本)」(自由国民社 監修), 「東京直下大地震生き残り地図」(旬報社), 「ぼくの街に地震が来た(漫画)」(ポプラ社 監修), 「じしんのえほん(絵本)」(ポプラ社 監修), 「大地震 死んではいけない」(アスコム 監修), 「地震防災のはなし」(朝倉出版, 部分執筆), 「天災・人災, 海洋災害の分析と防災対策」(生物研究社, 分担著) 他



## 地震予知をめぐるさまざまな思い

地震予知に学者が四苦八苦する中で、1970年前後に京都府宮津市の椋平（むくひら）広吉さんがニジを見て地震を予知できると称し、新聞やテレビでもしばしば取り上げられた。椋平さんは予知的中率86%と豪語し、「椋平ニジを放っておく行政や学者はけしからん」という声も上がっていた。

76年9月に現地を訪れて予知した証拠というはがきにはからくりがあることを突き止め、毎日新聞社会面トップで「“椋平ニジ”は幻だった」と報じた。この記事に対し毎日新聞の投書欄には「読みごたえがあった」から「老人の哀れにも悲しい仕草を大々的に暴く価値があるのか」と賛否両論が載った。その後、椋平さんはあまりマスコミに登場することもなくなり、92年に89歳で亡くなった。

その椋平ニジ報道と相前後して東海地震説が唱えられ、東海地震の予知を前提とした大震法の制定で予知は可能というムードが高まっていった。私は79年10月から毎日新聞の科学欄で『大地震 警報時代の幕開け』（このタイトルは今考えるとオーバーだった）と題した続き物を1年余にわたって掲載したが、当時の取材でも地震予知悲観論は根強かった。

東大教授だった竹内均さん（故人）は「今の状況では地震予知なんてできっこない」と断じた。東大地震研究所から気象庁に転じ、政府の地震調査委員会委員長も務めた津村建四朗さんはそのころ「東海地震の予知は五分五分より、多少難しいのでは」という見方をした。

そして94年10月の北海道東方沖地震（M8.1）、95年1月の阪神大震災などの不意打ちを

食って地震予知への風当たりはますます強くなった。東大教授のロバート・ゲラーさんは「大地震に特有の前兆はなく、予知はできない」と予知否定の急先鋒となった。東大地震研教授の菊地正幸さん（故人）も「今の時点では地震は予知できないし、東海地震も決して例外ではない」と主張した。

これに対し東大地震研教授や地震予知連絡会会長、判定会会長を務めた茂木清夫さんは、最近地震の観測網が格段に充実し、予知の可能性はむしろ高まってきたとし、「地震予知は決して手の届かない夢物語ではない」と言う。特に東海地震の予知については「何とかなる」と希望的に考える地震学者は今も少なくない。

地震予知をめぐる異色の人は北大教授や国立極地研究所所長を務めた島村英紀さんだろう。著書の中で、巨費を投じた地震予知計画が前兆を追い求めることだけに力を注いだなどと指摘し、役所や学者を批判している。島村さんは海底地震計のノルウェーへの売却に関して詐欺の容疑で逮捕・起訴され、まもなく判決が言い渡されるが、周辺からは「予知絡みの言動が北大の告げつに繋がったのでは」という同情の声も上がる。

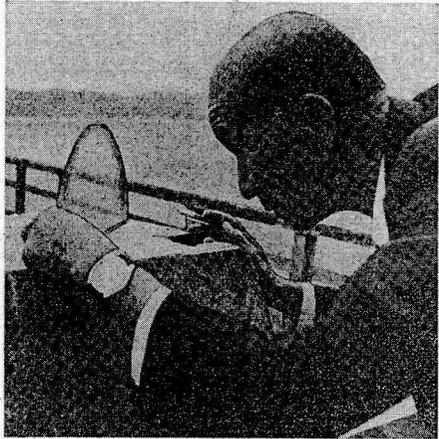
予知を追い続けた者として「地震予知は妖しい魅力を秘めているだけに、さまざまなドラマを引き起こした」と思う。地震の基礎研究がここまで進み、観測網も充実したのに、予知をめぐる人々の思いに一つの結論が出るのは、日本を揺るがす東海地震の発生の時しかないというのは残念なことと言わざるを得ない。

（横山裕道：淑徳大学）

1976.9.26

# 「椋平ニジ」は幻だった

「ニジ」は、地震予知の「ニジ」の出現。1976年9月26日の朝刊「青島」は、この予言を大きく取り上げた。予言は、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きるとの予言であった。予言は、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きるとの予言であった。予言は、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きるとの予言であった。



天の構立付近でニジの観測をする椋平さん

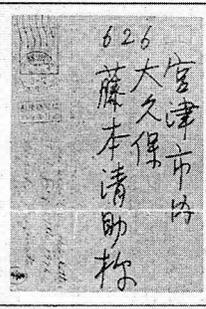
## 「地震予知」にカラクリが...

### はがき消印の怪

自分あてに鉛筆書きして投函  
地震後に書き直して自ら配達

取材しての結論

「ニジ」は、地震予知の「ニジ」の出現。1976年9月26日の朝刊「青島」は、この予言を大きく取り上げた。予言は、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きるとの予言であった。予言は、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きるとの予言であった。予言は、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きるとの予言であった。

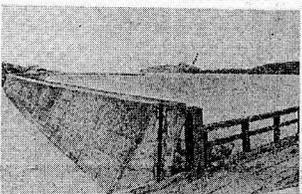


「ニジ」の予言を伝える「ニジ」の観測点から

「ニジ」は、地震予知の「ニジ」の出現。1976年9月26日の朝刊「青島」は、この予言を大きく取り上げた。予言は、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きるとの予言であった。予言は、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きるとの予言であった。予言は、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きるとの予言であった。

「ニジ」は、地震予知の「ニジ」の出現。1976年9月26日の朝刊「青島」は、この予言を大きく取り上げた。予言は、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きるとの予言であった。予言は、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きるとの予言であった。予言は、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きるとの予言であった。

### 一年間、写真にとれず



椋平さんの観測点からニジが出る地点をのぞむ、椋平さんは前方、点線のようにニジが出ると主張する

### 三木京大教授の追跡観測

三木京大教授の追跡観測。三木京大教授は、地震予知の「ニジ」の出現を調査するために、観測点から追跡観測を行った。観測の結果、予言の通り、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きた。予言は、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きるとの予言であった。

「ニジ」は、地震予知の「ニジ」の出現。1976年9月26日の朝刊「青島」は、この予言を大きく取り上げた。予言は、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きるとの予言であった。予言は、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きるとの予言であった。予言は、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きるとの予言であった。

「ニジ」は、地震予知の「ニジ」の出現。1976年9月26日の朝刊「青島」は、この予言を大きく取り上げた。予言は、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きるとの予言であった。予言は、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きるとの予言であった。予言は、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きるとの予言であった。

### なお地元には

「椋平信者」が、地震予知の「ニジ」の出現を調査するために、観測点から追跡観測を行った。観測の結果、予言の通り、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きた。予言は、9月26日午前11時、青島市市街の中心部で、震度5程度の地震が起きるとの予言であった。

図 1976年9月26日付毎日新聞朝刊

## 確定報・最終報

本年(平成18年)5月19日、消防庁より「阪神・淡路大震災について(確定報)」という報告が出された。災害が発生してから11年4カ月を経て、やっと被害が確定したということになる。阪神・淡路大震災の第107報(平成15年12月25日)から第108報(平成17年12月22日)に改訂された際は、死者数が6,433人から6,434人へと死者(関連死)が1人増えただけであったが、今回の確定報では人的被害や住家の全壊・半壊数は変らないものの、その他の物的被害数が大きく変化している。住家の一部破損は263,702棟から390,506棟に増え、公共建物や文教施設などの被害数も大幅に増えた。また、建物火災の件数は261から269へ、全焼棟数も6,982から7,036へと、それぞれ増大している。このような被害の認定は、たとえば裁判などで長引く場合もあるだろうし、兵庫県では震災から10年を経て、改めて再調査や確定作業がなされるなどの事情があったようである。

消防庁がとりまとめる「災害情報」は、地震や水害などによる被害状況の公式記録として、一般に広く認知されている。地震災害の場合について、この情報がどのようにして作り出されているのか、あらためて追跡してみよう。まず、ある程度大きな地震が起きると、消防庁は震度4以上を記録した都道府県に対して被害状況を報告するよう要請を行う。要請を受けた都道府県では、各市町村からの災害報告を集めて集計し、消防庁に連絡する。災害報告の名称は自治体によって様々なようであるが、時間の経過に伴い、発生報告(災害速報、即報、第1報)、中間報告(第2報、第3報、…)、決定報告(災害確定報告、確定報、最終報)の3段階に分けられる。報告提出のタイミングも基本的に各自治体の判断にまかせられているようであるが、「災害確定報告については災害の応急対策が終了してから20日以内に行う」などと定めている自治体もある。

消防庁では、このようにして各都道府県から集まってきた被害の情報を集約し、第1報、第2報、…として公表していく。そして、全ての都

道府県からの決定報告(確定報や最終報)が揃った段階で「確定報」ないし「最終報」が出される。確定報と最終報の区分は必ずしも明確なわけではないようであるが、確定報は何らかの被害が発生した場合の最終的な数字であるのに対し、最終報は被害の報告がどこからもなかった場合の最終報告として処理されているようである。

それほど大きくない地震については、その日のうちか、2~3日中に確定報や最終報が出される場合も多いが、大地震では、すべての報告が出揃うまでに相当の時間がかかる。たとえば2004年10月の新潟県中越地震では、2006年7月現在、まだ第71報で止まっており、確定報は出されていない。たとえば、一部の被害の認定について裁判や調停に持ち込まれ、決着が付くまでに時間を要することが予想されるなどの場合は、のちに数字が前後する可能性を残しているため、最終的な報告とはできないのであろう。

以上のような集計作業の過程を見ると、確定報といえども、災害発生から一定の期間に生じた被害を公平に漏れなく拾っているというわけでは必ずしもないことがわかる。市町村単位や県単位で確定報が届いた所から順に被害数は固定され、あとの報告はこれに合算されるシステムであるため、確定が遅れている単位では、たとえばその間に亡くなった人が関連死としてカウントアップされていくのに対し、早々と確定してしまった単位ではもはやカウントされないということがあり得る。すなわち、自治体の単位ごとに集計期間は異なっており、それらの総和が消防庁から発表されていることになる。

一般に、震源から遠いところほど被害は早めに確定し、近いところほど尾を引くのは当然なので、このような結果になることは現実問題としてやむを得ない。この種の問題にどこで境界線を引くかは常に曖昧さが残るところであり、結局は「決め」の問題になるのであろう。

(本小稿を作るにあたり、消防庁および消防大学校消防研究センターより色々とお知らせを頂きました。記して感謝いたします。)(岡田義光)

# ■地震予知連絡会情報■岡田義光■

定例の地震予知連絡会は、第169回が2006/8/21、第170回が2006/11/20に開催され、2006年5月～10月における全国の地震活動・地殻変動を中心として報告と検討がなされた。この間、日本周辺で特に大きなイベントはなかったが、第170回予知連が開かれる直前の11月15日には千島列島でM 7.9の地震が発生し、国内で数10cmの津波を観測した。一方、国外では5月27日にインドネシアのジャワ島中部でM 6.3、次いで7月17日にはジャワ島南方沖でM 7.7の被害地震があった。

毎回テーマを決めて詳細な検討を行っているトピックスとしては、第169回に「沈み込み帯における非地震性すべり(1)東海スロースリップ」(世話人:加藤照之委員)が、また第170回には「沈み込み帯における非地震性すべり(2)短期的スロースリップ」(世話人:平田直委員)が、それぞれ取り上げられた。

## 1. 北海道地方

2006年6月13日、十勝支庁中部豊頃町付近の深さ86kmでM 4.7の地震が発生し、最大震度4を記録した。また7月17日には、ほぼ同じ場所でM 4.0の地震が発生し、最大震度3を記録した。両者の震源は太平洋プレートの二重深発地震面の間あたりに位置しているが、発震機構解の張力軸は6月の地震がプレートの沈み込み方向を向いているのに対し、7月の地震はほぼ鉛直方向であった(気象庁)。

2006年8月18日、サハリン南部の西海岸付近でM 5.9(USGSによるMwは5.5)の地震が発生し、国内では最大震度3を記録した。地殻内で発生した地震であると考えられ、ほぼ東西に圧力軸を持つ逆断層型の発震機構は震源付近の広域応力場に調和している(図1:北大)。今回の震源の近くでは、1971年9月6日に深さ9km、M 6.9の地震が発生し、岩内港で35cmなど、北海道沿岸で津波を観測された例がある(気象庁)。

2006年9月30日、根室支庁南部風蓮湖付近の深さ74kmでM 4.6の地震が発生し、最大震度3を記録した。発震機構解の圧力軸は太平洋プレートの沈み込む方向を向いており、二重深発地震面の上面で発生した地震である(気象庁)。

2006年11月1日、日高山脈南部の深さ49kmでM 4.8

の地震が発生し、最大震度4を記録した。発震機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した地震である(気象庁)。

2003年十勝沖地震(M 8.0)のアスペリティ付近の地震活動は1998年後半くらいから静穏化したことがすでに報告されているが、この期間には同領域で地震活動のb値も徐々に下がっていたことが明らかになった。根室沖でも最近では地震活動が低下していることが指摘されているが、ここでもb値が現在低下中であることがわかった。ただし、静穏化域とb値の低下域は異なっており、静穏化域は根室沖アスペリティの北西方向深部延長部であるのに対し、b値低下域はアスペリティ付近となっている。なお、十勝沖や根室沖におけるb値の低下と同期して、北海道北部では逆にb値が徐々に大きくなっていく領域が見られるとのことであった(北大)。

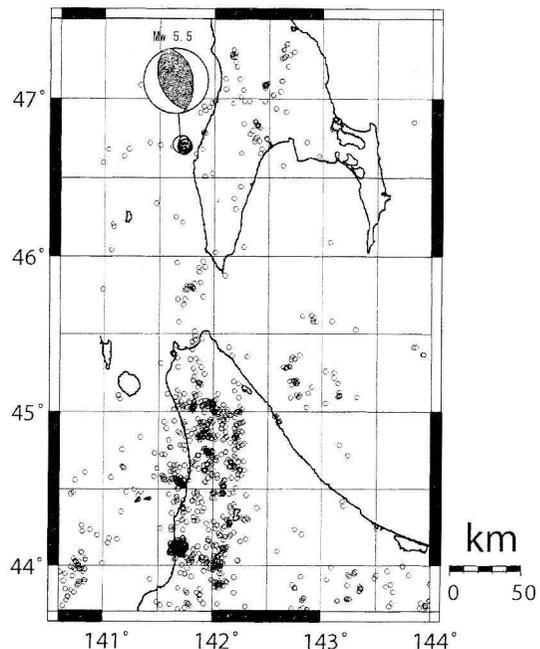


図1 2006年8月18日サハリン近海の地震(Mw 5.5)。背景は2003年と2004年の2年間に観測された北海道北部からサハリン南部にかけての地震活動を示す。[第169回:北大資料より合成]

## 2. 東北地方

2006年5月14日、秋田県内陸南東部の深さ1kmというごく浅いところでM4.4の地震が発生し、最大震度2を記録した。震央は栗駒山の西方に位置している。発震機構は北北東-南南西方向に張力軸を有する正断層型であり、通常この付近で起こる東西圧力軸の逆断層型とはかなり異なっていた(気象庁)。

2006年6月17日、三陸はるか沖の深さ11kmでM5.7の地震が発生し、最大震度2を記録した。震源の位置は、1968年十勝沖地震および1994年三陸はるか沖地震が発生した場所に近く、発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を有する逆断層型であった。なお、三陸沖北部のプレート間地震(M8.0前後)の想定震源域とされる領域では、1970年以前に比べて最近では地震活動が静かになっているとの報告があった(気象庁)。

2006年7月1日、宮城県沖でM5.3の地震が発生し、最大震度3を記録した。震源は2005年8月宮城県沖の地震(M7.2)の余震域北端に位置しており、発震機構は北西-南東方向に圧力軸を有する逆断層型であった。この地震の発生によって、周辺の地震活動の状況に特段の変化は見られなかった(気象庁)。なお、2005年8月宮城県沖の地震(M7.2)の余効変動は現在も継続しており、GPS連続記録によるプレート境界面上の余効すべりの時間変化や、小繰り返し地震による準静的すべりの時空間変化などが報告された(東北大)。

2006年7月6日、仙台市北西部の深さ11kmでM4.3の地震が発生し、最大震度4を記録した。発震機構はこの付近でよく見られる北北西-南南東方向に圧力軸をもつ逆断層型であった。余震分布はおおよそ北西方向に傾斜しており、発震機構解の西傾斜の節面と調和している。この付近では1998年9月15日に今回の地震とはほぼ同じ発震機構を有するM5.2の地震が発生し、長町-利府線断層帯の深部延長部が活動したものと推定されている。今回の地震はこの深部延長線より浅く、普段から地震活動が活発な断層上盤側で発生したものと考えられる(図2:東北大,気象庁)。

2006年10月2日、三陸沖の深さ56kmでM5.2の地震が発生し、最大震度3を記録した。発震機構は北北西-南南東方向に張力軸を有する型であり、二重深発地震面の下面を延長した付近のやや深いところに位置している。今回の震源付近は地震活動が普段あまり見られない場所であり、Mの小さな地震は過去にいくつかあるものの、M5以上の地震の発生は珍しい(気象庁)。

2006年10月11日、福島県沖の日本海溝に近いところでM6.0の地震が発生し、最大震度3を記録した。発震

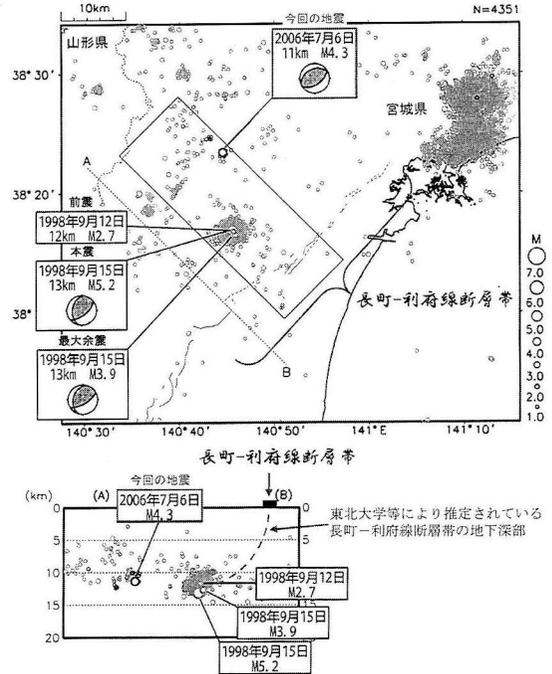


図2 2006年7月6日宮城県仙台市付近の地震(M4.3)と、1998年9月15日の地震(M5.2)および長町-利府線断層帯との関係。背景は、1998年9月から最近までの期間に発生した深さ20km以浅の地震活動を示す。[第169回:気象庁資料]

機構は西北西-東南東方向に圧力軸を有する逆断層型であった。この地震のあと、10月13日には北に10kmほど離れた場所でM5.0の地震が、また10月18日には、さらに北へ15kmほど離れた場所でM5.0の地震が発生した。この海域は、普段の地震活動があまり活発なところではないが、今回と同様な活動は過去にも見られた(図3:気象庁)。

## 3. 関東地方

2006年7月6日、茨城県南西部石下町付近の深さ49kmでM3.9の地震が発生した。発震機構は北西-南東方向に圧力軸をもつ低角逆断層型であり、フィリピン海プレート上面で発生した地震であると解釈される。この地震による地震波形記録を精査したところ、14年前の1992年7月29日に同じ場所で発生したM3.9の地震時の波形と酷似していることがわかった。このことから、この地震はプレート境界で発生する相似地震のひとつであり、グループのすべり履歴を調べてみると年間2.3cmの平均すべり速度が推定された。これはグローバルなプレート運動モデルから推定されるプレート運動速度であ

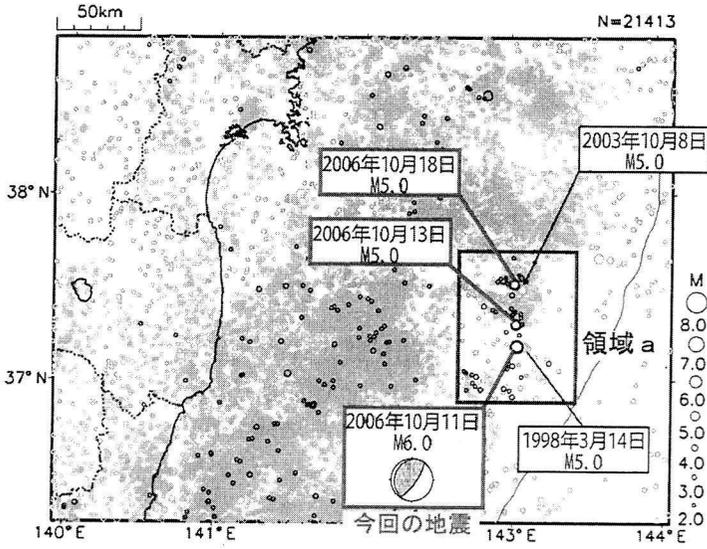


図3 2006年10月11日福島県沖の地震 (M 6.0) と、それに引き続いた10月13日 (M 5.0) および10月18日 (M 5.0) の地震。背景は、1997年10月から最近までの期間に発生した M 2 以上の地震活動を示す。[第 170 回 : 気象庁資料]

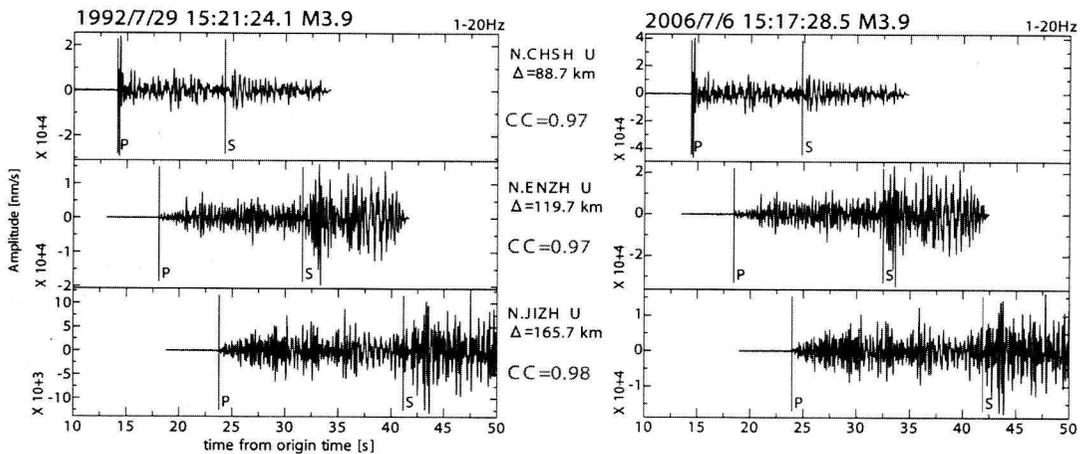
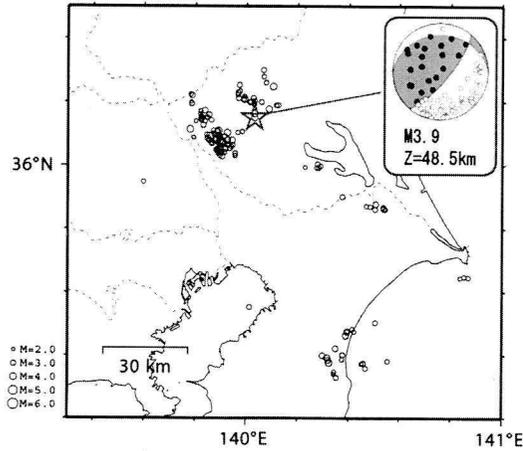


図4 2006年7月6日茨城県南西部の地震 (M 3.9: 星印) と、フィリピン海プレートに関連した相似地震 (○印) の分布。下段は1992年7月29日の地震と今回の地震について、銚子・塩山・中伊豆における上下動記録を比較している。なお、CC は波形の相互相関係数の最大値を示す。[第 169 回 : 防災科研資料]

る年間 2.9 cm とほぼ一致している (図 4: 防災科研)。

2006 年 7 月 9 日, 東京湾北部の袖ヶ浦市沖で M 3.4 の地震が発生し, 千葉県で震度 3 が観測された。ほぼ 1 年前の 2005 年 6 月 1 日に羽田沖の深さ約 30 km で集中的に発生した 3 つの M 4 前後の地震より東へ約 10 km の地点に位置し, その深さは 7 km 浅い 23 km に推定された。発震機構は, 羽田沖の地震がいずれも南北圧力軸の逆断層型であったのに対し, 今回の地震は北西-南東方向に圧力軸を有する横ずれ断層型であった。このことから, 今回の地震はフィリピン海プレート上面より浅いところで発生した地殻内地震であると推定される (防災科研)。

2006 年 8 月 31 日, 千葉市付近直下の深さ 76 km で M 4.8 の地震が発生し, 震度 4 を記録した。また, 9 月 7 日にも深さ 69 km で M 4.6 の地震が発生し, 震度 3 を記録した。発震機構はいずれも東西方向に圧力軸をもつ逆断層型であり, 太平洋プレート上面で発生した地震である。この地震の震源付近では, 2005 年 7 月 23 日に M 6.0 の地震が発生し, 最大震度 5 強を記録している (気象庁)。なお, 8 月 31 日の地震については, 太平洋プレートの上面境界で繰返し発生する相似地震のひとつであることが判明した。これと波形が酷似する同規模の地震は 1984/12/17, 1991/11/19, 1998/11/8 にも観測されており, これらから見積もられるプレート間の平均すべり速度は 5.7 cm/年と推定された (防災科研)。

2006 年 10 月 14 日, 房総半島南東沖の深さ 64 km で M

5.1 の地震が発生し, 震度 4 を記録した。発震機構は東北東-西南西方向に圧力軸をもつ横ずれ断層型であった。今回の地震の震源付近では 2004 年 7 月 17 日に M 5.5 の地震が発生するなど, M 5 前後の地震が時々発生している (気象庁)。

#### 4. 伊豆地方

2006 年 5 月 2 日, 伊豆半島東方沖の深さ 15 km で M 5.1 の地震が発生し, 最大震度 4 を記録した。発震機構は北北西-南南東方向に圧力軸をもつ横ずれ断層型であり, 直後の 18 時 26 分には M 4.3 の余震があった。伊豆半島東方沖では 2006 年 4 月 17 日より地震が多発し, 4 月 21 日には M 5.8 の地震が発生したが, その後は活動が低調になっていた。今回の地震はそれらの活動域から東に約 10 km 離れた相横トラフ軸に近い場所で発生したものであり, この周辺では M 5 級の地震の発生は珍しい (図 5: 気象庁)。なお, 伊豆半島東方沖では, 11 月 10 日から再び小規模な群発地震活動が生じ, 傾斜計や体積歪計に変化が記録された (防災科研, 気象庁)。

2006 年 7 月 9 日 17 時 48 分, 新島・神津島近海の深さ 11 km で M 4.8, 同 18 時 11 分にも M 3.0 の地震が発生し, いずれも最大震度 4 を記録した。このあと 7 月 10 日までに震度 1 以上を観測した地震が 21 回発生したが, 活動は 3 日間程度でおさまった (気象庁)。

伊豆半島東部の GPS 観測結果によれば, 2005 年 12

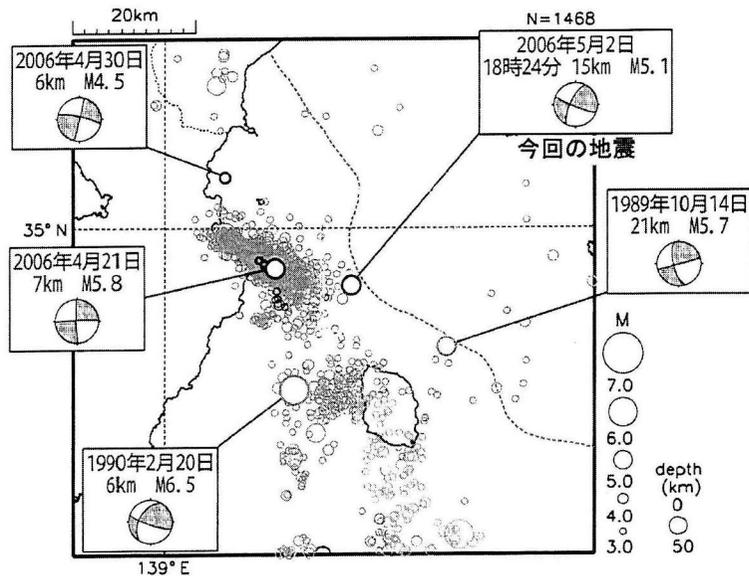


図 5 伊豆半島東方沖とその周辺における, 1983 年以降, 最近までの M 3 以上の地震の震央分布。2006 年 4 月 17 日以降の地震は濃く表示している。[第 169 回: 気象庁資料に加筆]

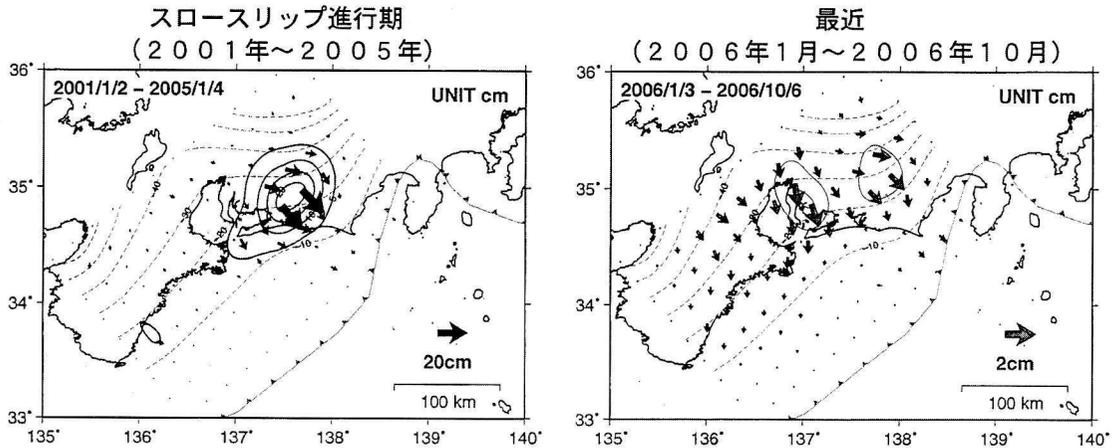


図6 GPS観測結果から推定された東海地域下のプレート間すべり。左のスロースリップ進行期と、右の最近の状況とでは、スケールが1桁異なることに注意。[第170回：地理院資料]

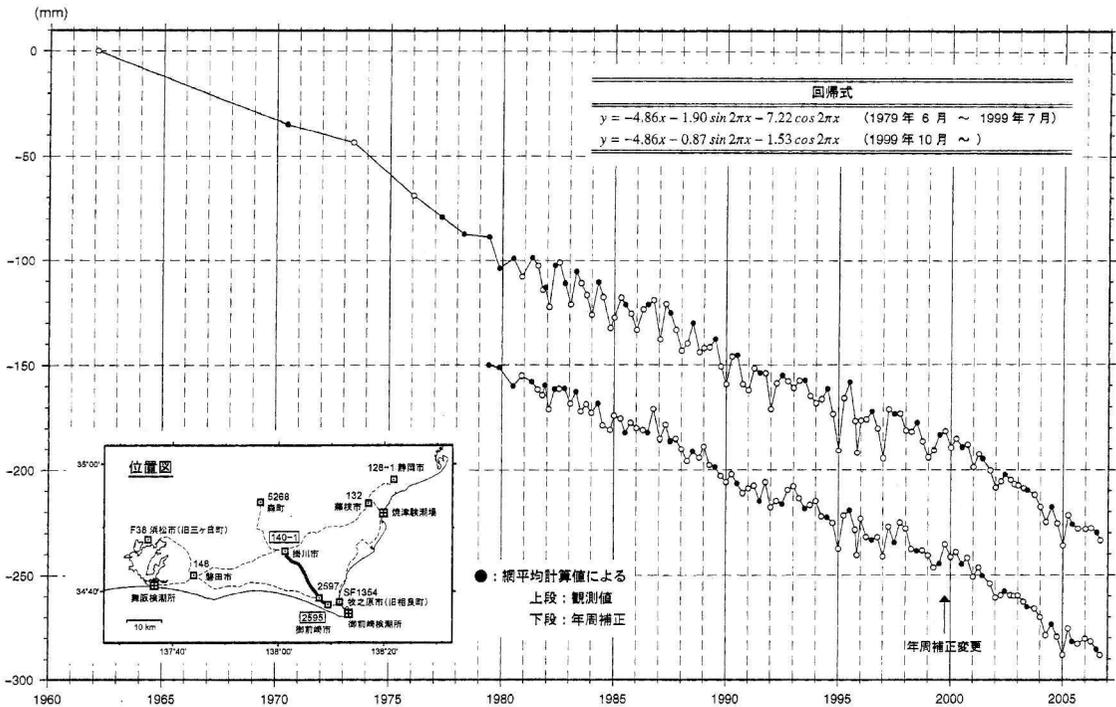


図7 水準測量による掛川(140-1)に対する御前崎(2595)の沈降の経年変化。上のトレースは生の観測値、下のトレースは年周変化を補正した値を示す。[第170回：地理院資料]

月から2006年2月にかけて放射状の水平変動パターンが見られ、深さ10~15 kmのシル状ないし球状の膨張源が2カ月をかけて緩やかに膨張したことが推定された。1923年関東地震後の1925年-1930年における水準測量結果や、最近の1970年-1999年における水準測量結果に

は真鶴岬周辺に特徴的な隆起成分が見られ、これはフィリピン海プレートの沈み込みによる影響では説明しきれないが、伊豆東部のシルと伊東湾の垂直ダイクを組合せることによって、このような上下変動はモデル化できるとの報告があった(地理院)。

2006年8月7日、父島近海でM 6.2の浅い地震が発生し、震度2を記録した。震源は伊豆小笠原海溝軸よりも東側に位置している。発震機構は北東-南西方向に張力軸をもつ正断層型であった。今回の地震の付近では、2005年2月10日にも同様の発震機構を有するM 6.5の地震が発生している(気象庁)。

2006年10月24日、鳥島の南方海域でM 6.8の浅い地震が発生し、震度2を記録した。発震機構は東北東-西南西方向に張力軸をもつ正断層型であった。この地震により、伊豆諸島などで高さ10cm前後の微弱な津波が観測された(気象庁)。

### 5. 東海・近畿地方

東海地域の浜名湖付近で続いていた非正常地殻変動(スロースリップ)はトータルで水平・上下とも最大6cmに達し、Mw 7.1~7.2に相当する地震モーメントをこれまでに解放したと見られるが、この現象も2005年中頃にはほぼ停止したと見られる。ただし最近の状況を見ると、浜名湖をはさんだ両側の地域では、現在もわずかながらスロースリップが継続しているように見られるとの報告があった(図6:地理院)。

一方、東海地域の水準測量結果による掛川に対する御前崎の沈下は、相変わらずほぼ一定の速度で続いている。最新のデータでは沈下速度がやや低下しているようにも見られるが、これはスロースリップにより掛川付近が隆起し、御前崎側の沈下量がここ数年増加して見えていたためであるとの説明がなされた(図7:地理院)。また、広域の水準測量結果に基づく東海地方の上下変動パターンを定常時とスロースリップ発生時とで比較した結果についても報告があり、御前崎付近の沈下は両者で共通しているものの、スロースリップの時期には浜名湖付近の隆起が際立った特徴として見られるとの説明があった(地理院)。

東海地域の固着域における地震活動度の変化をZMAP法で解析した結果、長期的スロースリップの進行していた期間は上盤側(地殻内)が静穏化、下盤側(プレート内)が活発化したのに対し、スロースリップが停滞した後は上盤側が活発化、下盤側が静穏化に転じたように見られるとの報告があった(気象庁)。

紀伊半島東部では約6カ月の周期で深部低周波微動活動が生起することが知られているが、2006年6月にも再び活動が活発化し、北東から南西方向への移動現象が見られた。また、これに同期して生じた短期的スロースリップが傾斜観測によって捉えられ、Mw 5.8程度のモーメントを解放する断層モデルが提唱された(防災科研)。

### 6. 中国・四国・九州地方

2006年5月8日、愛媛県川之江市すぐ沖合の瀬戸内海中部で、深さ13km、M 4.2の地震が発生し、最大震度2を記録した。震源は中央構造線断層帯から北に数kmの位置にあるが、この付近では、1999年から2001年頃にかけてM 4.6を最大とするまとまった地震活動があった。発震機構は東西方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型であり、1999年10月に発生したM 4.6の地震とほぼ同じであった(気象庁)。

2006年6月12日、大分県中部の深さ146kmでM 6.2の地震が発生し、最大震度5弱が記録された。余震はきわめて少なく、直後にM 1クラスが4回観測されたのみであった。フィリピン海プレート内部の深い場所で発生した地震であり、発震機構はプレートの沈み込む方向に張力軸を有する型であった。大きな震度の記録された場所は、広島県から四国西部を中心として震源の東側に偏っており、深い地震に特有の異常震域現象が見られた(図8:気象庁)。

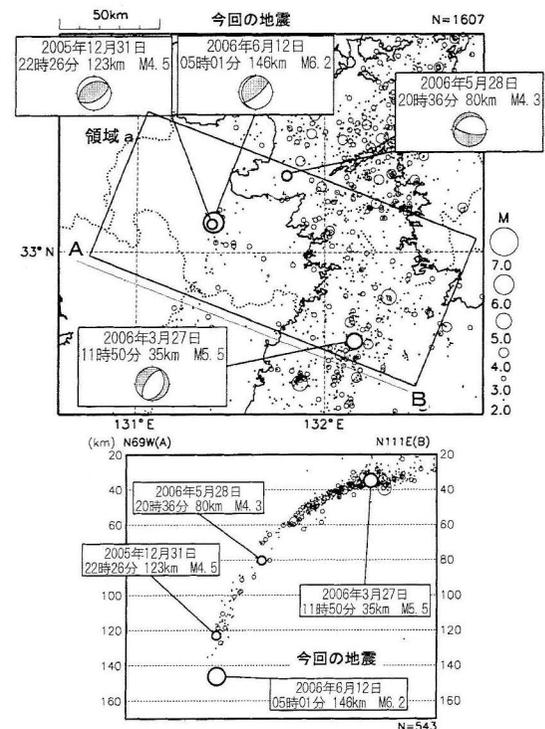


図8 2006年6月12日大分県中部の地震(M 6.2)の震央と、領域a内の地震をAB方向に投影した断面図。背景は、1997年10月から最近までの期間に深さ20km以深で発生したM 2以上の地震活動を示す。[第169回:気象庁資料に加筆]

上の地震と同日の6月12日、足摺岬沖でM 4.0の地震が発生した。震源は南海地震の想定震源域の西端付近に位置している。ほぼ同じ場所では1992年7月10日にM 4.0の地震の例があるものの、通常は地震活動がほとんど見られず、きわめて珍しい地震である(図9:気象庁)。

2006年7月11日、山口県西部の小野田市付近で、深

さ約16km、M 4.0の地震が発生し、最大震度3を記録した。発震機構は東西方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型であり、震源は菊川断層帯を南方に延長したあたりに位置している。なお、今回の地震の10kmほど南では1991年10月28日に同様の発震機構を有するM 6.0の地震が発生している(図10:気象庁)。

2006年8月13日、奄美大島近海(喜界島北東)でM 5.3

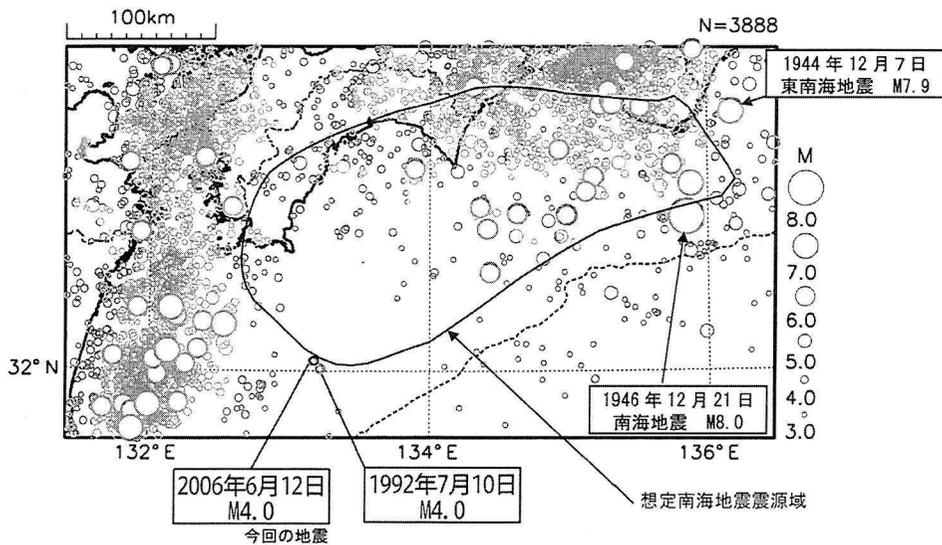


図9 2006年6月12日足摺岬沖の地震(M 4.0)と、南海地震の想定震源域。背景は1923年8月から最近までのM 3以上の地震活動を示し、M 6以上の地震は太線で示している。[第169回:気象庁資料]

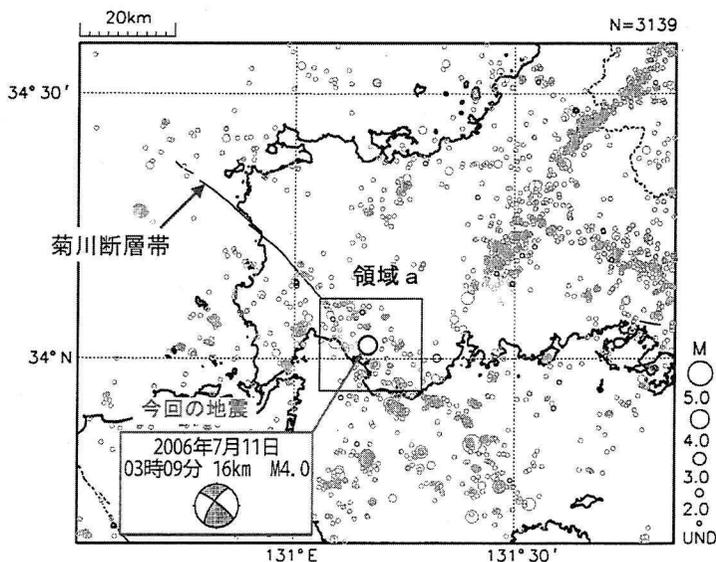


図10 2006年7月11日山口県西部の地震(M 4.0)と菊川断層帯との関係。背景は1997年10月から最近までの震源分布を示す。[第169回:気象庁資料]

の地震が発生し、また9月1日にもほぼ同じ場所で M 5.4 の地震が発生した。この2つの地震の発震機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。さらに11月18日には、より喜界島に近づいたところで深さ30 km、M 6.0 の地震が発生し、最大震度4が記録された。なお、今回の震源域の南側のクラスターでは、1995年10月18日に M 6.9、翌19日に M 6.7 の地震が発生し、ともに津波を伴った。また、本年9月11日にも M 5.5 の地震が発生している (図11: 気象庁)。

2006年9月26日、国東半島沖の伊予灘で、深さ70 km、

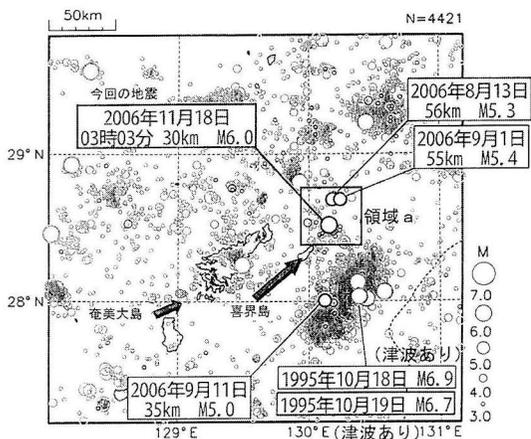


図 11 奄美大島近海の最近の地震活動。2006年8月1日以降を濃くプロットしており、M 6以上の地震は白抜きで示している。背景は1995年1月から最近までの震源分布 (M 3以上) を示す。[第170回: 気象庁資料]

M 5.3 の地震が発生し、最大震度4を記録した。発震機構は東西方向に張力軸を持つ型であり、フィリピン海プレート内部の地震である。余震は地震発生直後の数時間で7回観測された後、翌27日に M 3.8 の最大余震が発生した。今回の地震の震源付近ではほぼ定期的に地震活動があり、M 4~5 程度の地震が時々発生している (気象庁)。

## 7. その他

2006年5月27日、インドネシアのジャワ島中部で深さ10 km、M 6.3 の地震が発生し、6000人近い死者を生じた。発震機構は南北方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型であり、地殻内の地震であると考えられる。ジャワ島周辺は地震活動の活発なところであるが、今回の震源付近では M 6 を超える地震の発生は知られていなかった。次いで7月17日には、ジャワ島南方沖 (首都ジャカルタの南約350 km) の深さ約34 km で M 7.2 の地震が発生した。ハーバード大学による CMT 解は Mw 7.7 とされ、津波などにより800人近い死者・行方不明者を生じた。震源付近は南からインド・オーストラリアプレートが北のユーラシアプレートの下に沈みこんでいる領域であり、1994年6月3日には東南東に約600 km 離れた場所で M 7.2 (Mw 7.8) の地震が発生して300人近い死者を出している (図12: 気象庁)。

2006年8月28日、与那国島北方海域の深さ124 km で M 5.3 の地震が発生し、震度2を記録した。この地震はフィリピン海プレート内部で発生したものと思われる。

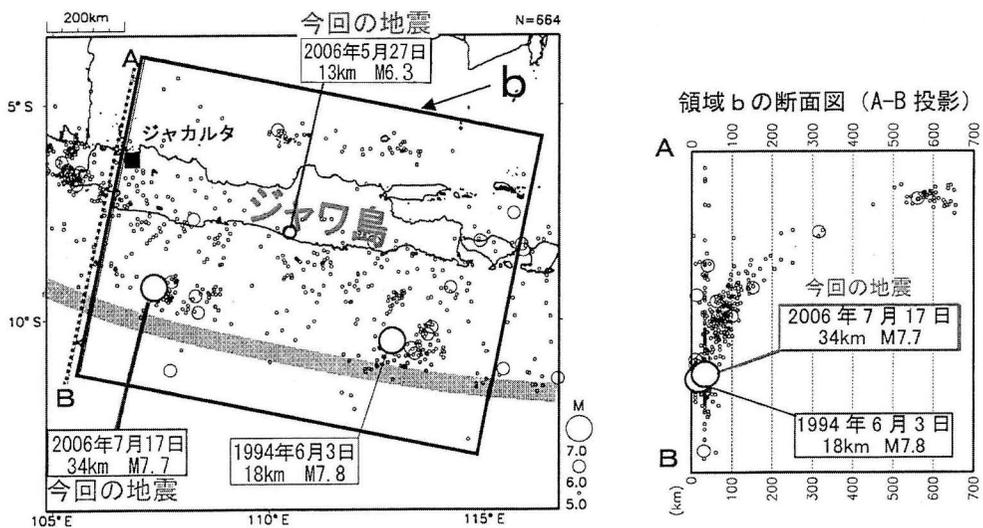


図 12 2006年5月27日ジャワ島中部地震 (M 6.3) と7月17日ジャワ島南方沖地震 (M 7.7)。左図は M 5以上の地震の震央分布、右図は矩形領域内の地震を AB 方向に投影した断面を示す。[第169回: 気象庁資料より合成]

次いで10月12日には、与那国島南西沖の深さ46kmでM6.2の地震が発生し、震度2を記録した。発震機構はほぼ南北方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。また10月26日には、宮古島の北東海岸すぐ沖合の深さ50kmでM4.5の地震があり、震度3が記録された(気象庁)。

2006年10月9日、台湾南方沖でM6.1の浅発地震が発生した。発震機構は東西方向に張力軸を持つ正断層型であり、ユーラシアプレートの内部で発生した地震であると考えられる。最大余震は、本震から約1時間後に発生したM5.5であった(気象庁)。

2006年11月15日、千島列島シムシル島の沖合約200kmを震源としてM7.9の地震が発生し、国内では最大震度2を記録した。発震機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ低角逆断層型であり、北米プレートと太平洋プレートの境界付近で発生した典型的な海溝型地震であったと考えられる。この地震に伴い、オホーツク海と太平洋沿岸および伊豆諸島の広い範囲で数10cm前後の津波を観測した。国内での最大波高は三宅島坪田での80cmであり、ハワイやカリフォルニアでも20cm程度の津波が到達した(気象庁)。この地震の津波マグニチュードは8.2と推定され、また広帯域地震計や体積歪計で捉えられた波形記録の解析から求められたモーメント・マグニチュードも8.2であった(東大震研, 気象庁)。この地震に伴って、北海道北部のGPS観測点では、1cmに満たない量の東向きに系統的な水平変動が確認された(地理院)。

今回の地震の震源付近では9月下旬から10月初旬にかけて地震活動が一時活発となり、10月1日にはM6.8の最大地震、10月13日にはM6.3の地震が発生してい

た。千島海溝沿いでは、単純な本震-余震型ではなく、今回のように前震的な活動を伴う例がこれまでも良く見られた(図13: 気象庁)。なお、この地震の1年前の2005年10月15日にもM6.4の地震があった。今回の震源域の周辺では、過去にも1915年5月1日にM8.0、1918年9月8日にM8.0など、津波を伴うような規模の地震が繰返し発生している。

## 8. トピックス

### 8-1. 沈み込み帯における非地震性すべり(1)東海スロースリップ

第169回連絡会では、トピックスとして「沈み込み帯における非地震性すべり(1)東海スロースリップ」(世話人: 加藤照之委員)が取り上げられた。東海スロースリップが一段落したと見られる時期を迎え、この現象は何であったのかを地殻変動、地震活動、およびシミュレーションの立場から見直そうという趣旨である。

「GPS連続観測から見た東海スロースリップ」(地理院: 水藤尚)では、2000年東海スロースリップの観測事実および推定すべり分布のレビューに加え、東海地方のプレート間カップリングの問題、および最近の地殻変動とプレート間すべりの状況が報告された。

生の観測データで見た浜名湖付近の水平変動は、2000年以前は西北西方向、それ以降は西南西方向に見え、最近はその元に戻ったように見える。1997年1月から2000年1月のトレンド成分、および1998年~2000年の年周・半年周成分を差し引いた非正常地殻変動で見ると、2000年以降は東南東への水平変位と浜名湖付近の

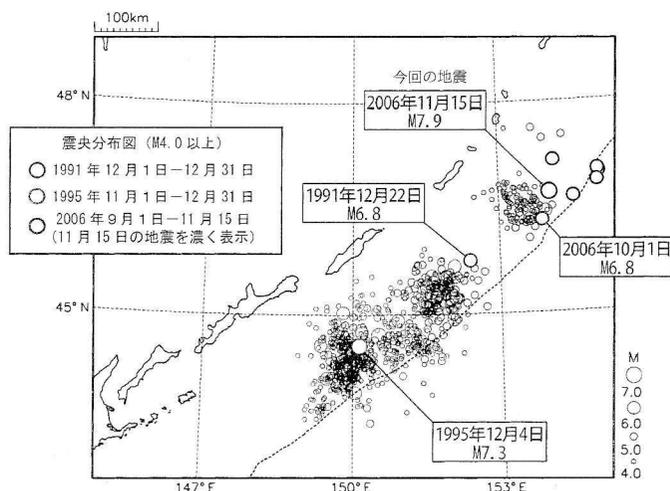


図13 2006年11月15日千島列島の地震(M7.9)、および隣接海域で発生した1991年の地震(M6.8)と1995年の地震(M7.3)。いずれの場合も顕著な前震活動を伴った。[第170回: 気象庁資料]

隆起，愛知県東部の沈降が顕著である。2006年以降は，浜名湖付近での水平変位がなくなる一方，渥美・知多・志摩半島で僅かな南南東方向への変位が見られる。また，渥美半島から志摩半島にかけて隆起が見られる。これらのデータから推定されたプレート境界でのすべり量は，浜名湖付近を中心として2001年からの5年間で最大25cmに達し，Mw 7.1~7.2のモーメントが解放されたものと考えられる。なお，2006年以降は浜名湖直下のすべりが南西方向へ移動した可能性がある。プレート境界面上の歪の解放様式は，浅いほうから地震，長期的スロースリップ，短期的スロースリップ，定常すべりと並んでおり，これに伴い，プレート間カップリングは大，中，小，無と遷移しているとの仮説が提唱された（図14）。

「地震活動から見た東海スロースリップ」（防災科研：松村正三）では，まず浜名湖直下の特異な地震クラスターと，静岡県中部固着域の上盤・下盤での地震活動について解説がなされ，本質的な固着域（アスペリティ）はどこなのかという推測が説明された。浜名湖直下の地震活動はスロースリップの開始と同時に静穏化が始まったが，静岡県中部ではそれに先立って，上盤では1997年から，また下盤では1999年から静穏化が開始した。ス

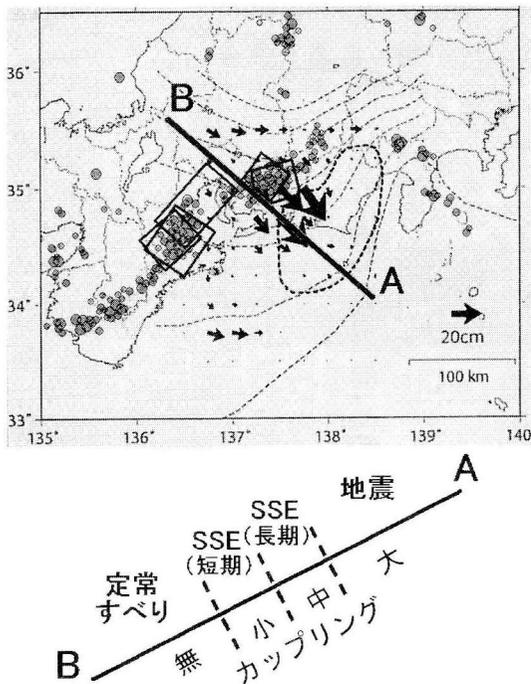


図14 東海地方下のプレート境界における歪の解放様式とプレート間カップリングの模式図。太い破線は想定震源域，矢印は長期的SSE（スロースリップ）の累積量，矩形は短期的SSE源，○印は低周波地震を示す。[第169回：地理院資料に加筆]

ロースリップによる応力解放のしわ寄せは北東側の固着域に浸透し，全体としては静穏化しながらも，局所的には地震活動の活性化が現われ，応力が集中する場所として3つのアスペリティが顕在化してきた。活性化域への応力集中を示す証拠としては，b値の減少，潮汐依存性，高応力降下量地震の集中，2000年三宅イベントによるスリップトリガリング，歴史地震の短周期地震波発生域，応力流線の変針ラインとの関係などが挙げられた。この結果，3つのアスペリティを含む地震性すべりの領域，長期的スロースリップの領域，深部低周波微動に連動する短期的スロースリップの領域がそれぞれ棲み分けているとする，東海地域の階層的な固着構造の仮説が提唱された（図15）。

「東海スローイベントのシミュレーション」（海洋研究開発機構：光井能麻）では，速度・状態依存摩擦構成則および曲面を持つプレート境界を考慮した地震発生サイクルの数値シミュレーション結果が報告された。スロースリップはプレートの傾斜が小さい領域で発生することや，スロースリップの発生前にはプレート間の固着が弱くなるという現象が見出された。現在のスロースリップ解析は定常的な変動からのずれに基づいてなされているが，長期にわたるプレート間固着状況の変化を捉えるためには地殻変動データをそのまま解析する方が良いとの指摘がなされた。また，現象を再現するa-bやLなどのパラメータ範囲はかなり限定されることが確認され，正確なモデルで巨大地震の発生をモニターできる可能性が示唆された。

## 8-2. 沈み込み帯における非地震性すべり(2) 短期的スロースリップ

第170回連絡会では，トピックスとして「沈み込み帯

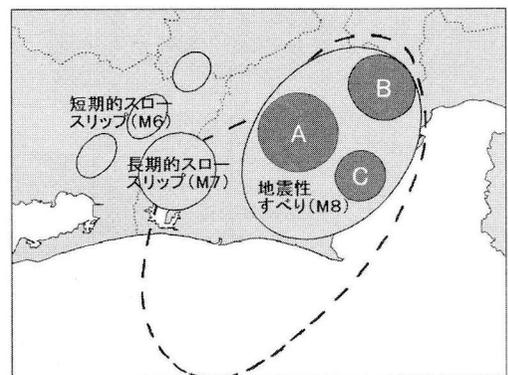


図15 東海地域の階層的固着構造のイメージ。太い破線は想定震源域であり，地震性すべり領域内のA, B, Cは強く固着したアスペリティを示す。[第169回：防災科研資料]

における非地震性すべり(2)短期的スロースリップ」(世話人：平田直委員)が取上げられた。長期的スロースリップと並んで最近クローズアップされてきた短期的スロースリップの意味について、じっくり考え直そうという趣旨である。

「歪計により観測された東海地域の短期的スロースリップ(1984年～2005年)」(気象研：小林昭夫)では、2005年7月に愛知県を震央とする低周波地震が発生した際に気象庁の歪計で短期的スロースリップによると考えられる歪変化が観測されたため、過去の歪計記録に立ち帰って調査した結果が報告された。同様の歪変化は1984年まで遡ることができ、検出された歪変化は3つのタイプに分類できることがわかった。これらのタイプの違いは、低周波地震の発生地域と対応関係があり、それぞれの活動領域付近のプレート境界に置いた矩形断層上のすべりによる地表歪パターンの違いとして説明でき

た。愛知県における短期的スロースリップの発生頻度は1987～1989年と2003～2004年の期間に多く、その時期は浜名湖付近で生じている長期的スロースリップの時期と概ね一致するようであると報告がなされた。

「西南日本とCascadiaにおける短期的スロースリップとそれに同期する現象」(防災科研：小原一成委員)では、西南日本で発見された深部低周波微動と短期的スロースリップに関する観測事実が紹介され、Cascadia地方の例と対比しつつ、それらを引き起こすシナリオの解説がなされた。観測された特徴としては、(1)発生域は20～100kmのセグメントに分割されている、(2)各セグメント内で深部低周波微動と短期的スロースリップは約10km/日の速度で移動する、(3)移動パターンはある程度固定されているが、隣接セグメントで連動することもある、(4)四国西部・三重・愛知では6カ月周期、その他の地域では3カ月周期で発生し、2～10日継続する、(5)

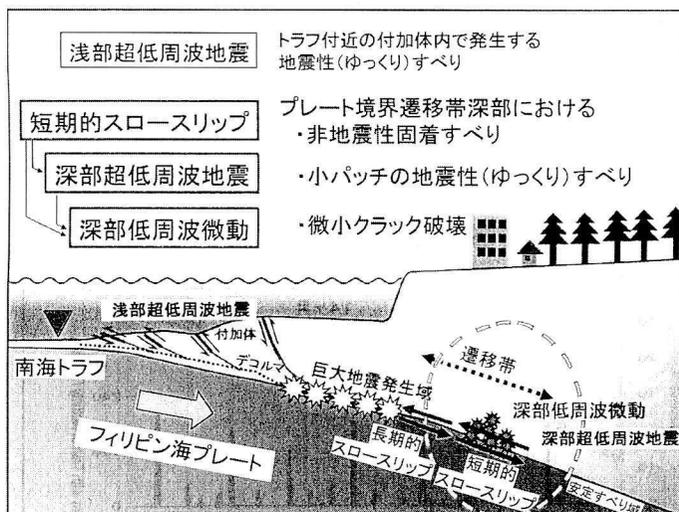


図 16 プレート境界で発生する様々なすべり現象。[第 170 回：防災科研資料に加筆]

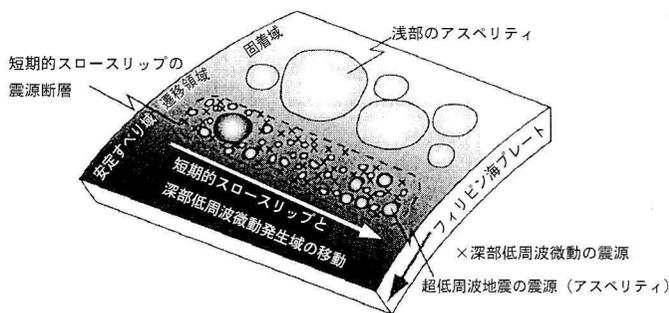


図 17 プレート境界の遷移領域で発生する短期的スロースリップ、深部超低周波地震、深部低周波微動の模式図。[第 170 回：防災科研資料]

低角逆断層の発震機構解を有し、断層面はプレート境界付近に位置する、などが挙げられる。Cascadia ではセグメント長が長く、北部では14カ月、中部では19カ月、南部では11カ月の周期で短期的スロースリップが発生し、10～20日間継続する。可能なシナリオとしては、(1)遷移領域で固着している部分にプレートの沈み込みによる歪みが蓄積する、(2)脱水反応で生成された流体がプレート境界の摩擦強度を下げる、(3)スロースリップが生じ、それと同時に間隙水圧が上昇して微小クラックが連鎖的に破壊することで微動が発生する、(4)以上は定常プロセスのため周期的にすべりが繰返される、と考えられる。

一方、上記とは別に20～50秒の卓越周期を持つ超低周波地震という現象も発見されている。これには、トラフ付近の付加体内で発生する浅部超低周波地震と、深さ30～40kmのプレート境界付近で発生する深部超低周波地震とがあり、いずれも逆断層型の発震機構を有している(図16)。このように、プレート境界の遷移領域では、非地震性固着すべりとしての短期的スロースリップ、小パッチにおける地震性ゆっくりすべりとしての深部超低周波地震、微小クラックの連鎖的脆性破壊としての深部超低周波微動が共存し、その不均質性を反映していると考えられる(図17)。

「摩擦則に基づいたスロースリップに関する考察」(東大地震研:吉田真吾)では、ゆっくりすべりを発生させる物理メカニズムとして、(1)安定・不安定の遷移領域でのすべりモデル、(2)速度・状態依存摩擦則に cutoff velocity ( $V_c$ ) を導入したモデル、(3)粘弾性モデルについて考察した結果が紹介された。(1)においては、臨界断層半径  $r_c$  に比較して断層サイズ  $r$  が小さいと安定すべり、大きいと不安定すべりを生じ、 $r$  がほぼ  $r_c$  に等しい場合は間欠的ゆっくりすべりを生じることが示される(図

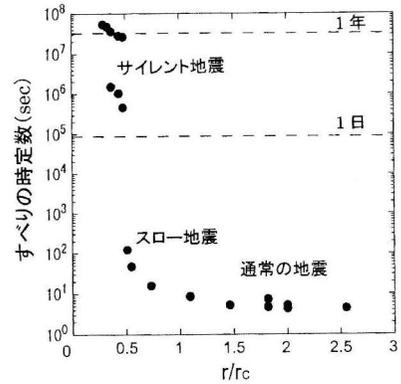


図18 断層サイズ  $r$  と臨界断層半径  $r_c$  の比により、様々な時定数をもつすべりが生じることを示す数値シミュレーション例。[第170回:東大震研資料に加筆]

18)。次に、定常状態の摩擦が、低速では速度とともに小さくなるが、ある速度  $V_c$  を超えると大きくなる(2)のモデルでは、ゆっくりすべりが周期的に繰返される様子や、すべり領域がゆっくりと水平方向に移動する様子などを再現できる。 $V_c$  が存在することは、断層面の真の接触面積に下限があるためと考えることができる。(3)は、バネとダッシュポットを並列に組合せた物体として地殻物質を表わせるとしたら、すべり速度を遅くすることができるというものである。

上記のうち、モデル(3)を西南日本のような例にあてはめることは困難であるが、モデル(1)と(2)については、都合の良いパラメータを選ぶことによって現象を説明することが可能である。但し、そのような値が現実的であるかどうかは不明であり、今後の検討が必要である。

# ■ 書 評 ■

## ● 「日本の地形」全巻完成

町田 洋・松田時彦・海津正倫・  
小泉武栄 編

### 日本の地形 5 中部

評者 岡田篤正

本書の題名は日本の地形 5 中部である。東京大学出版会の創立 50 周年を記念して出版された、「日本の地形全 7 巻」の 1 冊である。1991 年に企画されて以来、2000 年から順次刊行されてきたが、いよいよ最終巻の「取り」の形でこの度出版され、これで全巻が完成した。

このシリーズは日本で初めて全国を網羅した地形誌であり、各地域の多種多様な地形、大規模から小規模の地形に至るまで最新の資料を駆使して解説されている。日本を代表する地形学者の総力を挙げての画期的な刊行物であり、地球科学分野ではすでに評判となった企画でもあり、各巻の刊行の度に多くの紹介文が出されてきた。

本書の構成は、1. 総説、2. 南部フォッサマグナ地域、3. 北部フォッサマグナ地域、4. 中部山岳（日本アルプス）、5. 静岡・富山の平野、6. 濃尾平野と三河高原、7. 両白山地と福井・金沢平野、8. 佐渡島と能登半島、9. 中部の地形発達史、それから文献である。総頁数が 385 頁に及ぶ分厚い本であり、鮮明な図や写真・DEM 鳥瞰図などが盛り沢山に掲載され、本文の理解を助けている。

大学時代から中部の特定地域をフィールドとして歩いてきたこともある評者にとって、活断層分野に関しては多少の知識はあったものの、今まで知らなかった地域や地形の情報が数多く書かれており、実に貴重な情報源となっている。これから、大いに活用したいと思っている。既往の文献引用だけではなく図表（○原図や加筆・修正）が多く見られ、著者たちが執筆にあたって推敲を繰り返して来たことが窺える。それが本書の発刊を遅らせた原因の 1 つかも知れない。しかし、そのことが本書をきわめて重厚な書籍に作り上げたとも考えられる。

言うまでも無いが、中部は日本列島の屋根をなす高い山岳・火山や盆地・平野などが複雑に入り込み、日本でもっとも起伏の激しい地域である。ここは 3 つの島弧（ないしプレート）が会合する地殻変動の激しい場であ

り、これに起因して実に多様な地形が展開する。こうした地殻変動に加えて、雪氷から洪水・崩壊、人為的な改変に至るまで、様々な形成作用が当地域の地形を激しく変化させ、木目細かな凹凸の激しい地形を作り上げてきた。本地域のダイナミックな地形の特徴と形成過程が数多くの最新データを駆使して詳細に解説されている。

1 章の総説では、大地形、地質（構造）、研究史、地形区分・編年が総括的にまとめられている。概要を把握したい読者は、9 章の地形発達史と合わせ読むと、中部のテクトニクスや特徴がよく理解できる。2 章・3 章はフォッサマグナ地域を南北に分けて記述し、変動地形学的な解説やこの地帯を特徴付ける火山発達史についても言及している。4 章は日本の尾根をなす中部山岳地域を地質（構造）から説き始め、盆地の形成過程に及び、もっとも分量の多い充実した部分となっている。5 章は静岡と富山平野を、6 章は濃尾平野と三河高原を、地下構造・地形分類・形成過程について取り扱っている。7 章は両白山地と福井・金沢平野を、8 章は佐渡島と能登半島を取り扱い、概略の地形や成因が紹介されている。9 章は中部の地形発達史を総括し、鮮新世以降の地質・地形の変遷を取り扱っているが、更新世前期・中期の項目は少なく、後期から完新世に至る地形や人為的な地形改変へと足早に移行している。

コラムでは、日本を代表する富士山を貯水槽として、さらに新潟県中越地震や洪水災害、数本の活断層、特異な大地震や侵食地形、人工改変地形などを取り上げて解説し、地形学の専門外の人にも興味ある話題を要領よく提供している。

上述したように、本書は中部地域の総合・総括的な地形誌であり、30 名もの執筆者が執筆しているので、各章間の相互の関連は不明瞭であり、取扱い方もやや異なる。しかし、27 頁に及ぶ文献集からも判るように、各種の地形を万遍なく記述しており、辞書的な役割も果たしている。一見すると、とくに目玉になる章や項目が無いようにも見えるが、それが本書の特徴とも言える。

ところで、中部に存在する火山を起源として多量の火山灰層が噴出し、それを鍵層にして、中部・関東地方の段丘面や第四紀層の対比・編年が詳しく行われてきた。そのメッカとも言える地域であり、地形面区分・編年・対比の原点となる場所と思われるが、その取扱いは意外に少ないように感じられた。

評者の分野から言えば、大規模な活断層や歴史的大地震についてはコラムではなく、本文でもっと詳しく取り扱ってほしかった。取り扱う項目が多く、全体の頁制限もあり、無理であったのであろう。また、全域の第四紀層や地形面の詳しい対比・編年表が無いのは、ややさみしい。また、内容が実に多岐に渡り、豊富であるだけに、各章最後の白紙が6頁もあるのは惜しい。

ともあれ、長年に渡るたゆまない努力によって、全巻完成までに至ったことに、深く敬意を表したい。日本の地形の実態と発達史を把握して、地形環境の保全・創成に役立て、教育・防災や土地利用などにも活用が期待される。6巻近畿・中国・四国の一部を担当した者としても、同慶の至りである。

繰り返しになるが、当地方の多くの地形が詳細に取り扱われ、実に綿密に紹介された。現在へと継続している地形変化を要領良く解説しているのが実に印象的である。本書は図書館や図書室は言わずもがな、所属する職場と自宅両方の本棚に揃えて活用されたい。また、地形学の周辺領域の人たちに是非とも読んで戴きたい本である。

<東京大学出版会、2006年6月、B5判、385頁、6,800円+税>

## ● たかが10秒、されど10秒

杉原義得 著

### 巨大地震は必ず来る！その10秒が命を守る

評者 萩原幸男

「たかが10秒、されど10秒」。主要地震動が到達する時刻を10秒前に予告することができるとするならば、多くの人命が救われ、経済的損失を軽減できる。僅か10秒では何もできないとの考えもあるが、10秒あれば何かはできるであろう。緊急地震速報はP波とS波の伝達速度の差を利用して、P波を感知した地震計のデータをもとに、S波の到達時刻を速報するシステムである。本誌34号(2002年)には「ナウキャスト地震情報」の名称で、システムの構成が説明されている。

「10秒前作戦」のアイデアは1890年代に既にあったと伝えられる。本誌の編集委員の一人である伯野元彦氏(攻玉社短期大学学長、東京大学名誉教授、財団法人震災予防協会会長)が実用化を提唱したのは1971年、今から35年も前のことである。しかし当時はたかが10秒では何もできないとの意見が大勢を占め、実用化を見るに至らなかった。海底ケーブル式地震計も含め、1,000点もの

地震計から構成される基盤観測システムが完成した今日になって初めて、実用化が可能となったと言える。

さて本書であるが、著者はソニー株式会社においてIT自動防災システムに取り組んできた家庭内情報化(ホームネットワーク)の専門家である。2部構成であり、その第I部「必ず来る巨大地震」では、地震の基礎知識から地震危険度の概略の説明の後に、家庭における地震対策と地震に遭遇したときの対処法に力点が置かれている。第II部「ゆれる前に地震を知る技術」では、緊急地震速報システムの構成、その実証試験、先行運用等、実際に本システムの開発に従事した人でなければ書けない部分が散見する。

本書の第一の特徴は、文体が読みやすいこと、とくに箇条書きの部分はよく整理されている。第二はコミック調の挿絵が本文の理解を助けていることである。勿論、なかには複雑な図解で読みにくい箇所もあるが、概して親しみの持てる挿絵である。高校の理科教科書でさえ、コミック調の図解が欠かせなくなった今日、本書は一般読者の興味と理解を大いに助けるものと思う。評者はもう一般書を書く機会もないが、もし書くとしたら本書を見習いたいものである。

<中経出版、2006年、A5判、190頁、1,575円>

## ● 地震と地殻変動のはざま

川崎一朗 著

### スロー地震とは何か

巨大地震予知の可能性を探る

評者 加藤照之

最近の10年間における地震予知研究の上での最も重要な発展の一つは、本書の著者の言う「スロー地震」の発見とそれに関連した研究の展開であると言えよう。1995年の兵庫県南部地震以後、日本列島に展開した地殻変動観測網(GEONET)による最大の発見が「スロー地震」である。著者はこの観測網ができる以前に「スロー地震」を発見していたのだが、GEONETにより「スロー地震」は実は特別なものではなく多くの場所でたびたび発生していることが明らかになった。さらに、近年はこの「スロー地震」が地震の発生過程に深く関わっていることがいろいろな立場から明らかにされつつある。

著者も記しているように、「地震学」は本来帯域の広い地震現象のうち、地震計に感じる部分のみを対象とすることがほとんどである。地震波が捕らえているのは「地震」の本性のほんの一部にすぎない。地震が発生してい

ないいわゆる「地震間」の断層面のふるまいから「スロー地震」、そして加速のフェーズを経て高速破壊に至る過程を理解することは、地震という現象の全体像を解明することに他ならない。しかしながら、これらの理解には単に地震や地殻変動だけを監視し、理解したのでは不足であり、岩石物性や数値シミュレーションあるいは岩石に含まれる水の振る舞いやその断層滑りにおける役割などをも理解する必要がある。つまりは地震の発生を理解することは固体地球における物理の広範な理解無しには解き明かせない問題なのである。

本書の著者川崎一朗さんは、当世稀代の碩学である。当初は地震波動の研究者であつたらしいが、その守備範囲は広い。ある研究会で「これが私のお気に入りです」といって見せられたのはハンマーを持って岩を砕く写真であった。その時は単に「興味の対象の広い人だなあ」という程度の印象であつたのだが、実は地震波動から地球内部物性までの広範な固体地球科学に対する著者のような深い造詣があつてはじめて「スロー地震」の本性を深く理解しうるのであろうと、本書を読んで改めて感じいった次第である。

著者はこれらの多方面の最近の発展に触れつつ「スロー地震」の実像に迫っていく。本書はNHKブックスという一般の啓発書の体裁をとっているので初学者でも手軽に読み出せる本である。しかしながら、読み進むにつれ、かなり高度な(大学院レベルの)話題も登場するので、気軽に読み進むと足元をすくわれる。既に多くのことがわかっている読者には著者の考え方や多くの研究者や学生との交流などがわかる楽しい読み物であるが、若い学生諸君にとっては本書はむしろ教科書の副読本として、姿勢を正して読むのがよいであろう。著者には以前にも「サイレントアースクウェーク」という名の名著(浅田敏らとの共著;東京大学出版会)がある。本書とあわせ読むことにより「スロー地震」の研究が近年どれだけ発展してきたかがよく理解できるであろう。

<NHK出版, 2006年, B6判, 272頁, 1,071円>

## ●新刊紹介 .....

メアリー・コルソン 著, 横田 崇 監訳

**世界の災害の今を知る火と土の災害 (1) 地震**  
文溪堂, 2006年2月, 大型判, 48頁, 2,940円(税込み)

**地震に備える新しい暮らし**

ニューハウス, 2006年4月, A4変型, 113頁, 1,300円(税込み)

## 地震ビフォー & アフター

パッチワーク通信社, 2006年5月, A5判, 105頁, 1,000円(税込み)

河田恵昭 著

## 地震対策完全マニュアル必携

PHP研究所, 2006年5月, 73頁, 525円(税込み)

日経サイエンス編集部 編

## 地球大異変 巨大地震や超大型台風の脅威

日経サイエンス社/日本経済新聞社, 2006年6月, A4変型, 141頁, 1,995円(税込み)

## 震災を生き延びる100の知恵—ヤマケイ危機管理BOOK

山と溪谷社, 2006年6月, A4判, 114頁, 1,000円(税込み)

日本地震工学会 著

## 性能規定型耐震設計—現状と課題

鹿島出版会, 2006年6月, A5判, 253頁, 3,360円(税込み)

## 壁掛け用「日本のプレート境界型地震地図」

人文社, 2006年6月, キガイ判, 3,150円(税込み)

## 日本のプレート境界型地震地図

人文社, 2006年7月, A5判, 1枚, 1,890円(税込み)

矢野克巳, 日経アーキテクチャ編集部

## マンションは地震に弱い

日経BP社/日経BP出版センター, A5判, 199頁, 1,890円(税込み)

伊東義高 著

## そこそこ防災マン奮闘記

鹿島出版会, 2006年7月, B6判, 208頁, 1,470円(税込み)

岡田恒男, 土岐憲三 著

## 地震防災のはなし 都市直下地震に備える

朝倉書房, 2006年7月, A5判, 188頁, 3,045円(税込み)

山中浩明 編著, 武村雅之ほか 著

## 地震の揺れを科学する みえてきた強震動の姿

東京大学出版会, 2006年7月, B6判, 185頁, 2,310円(税込み)

坂本広子・まつもときなこ 著

**地震の時の料理ワザ**

柴田書店, 2006年8月, B6判, 127頁, 998円(税込み)

宮崎和子 著

**大地震の前兆現象 空が真っ赤に焼けたら危ない!**

文芸社, 2006年9月, 大型判, 95頁, 2,310円(税込み)

北後 寿 著

**突然襲う巨大地震 過去の震害から学ぶ**

イワキ・プランニング・ジャパン, 2006年8月, A5判, 190頁, 2,000円(税込み)

安井潤一郎 著

**地震で人を殺すな!**

講談社, 2006年9月, B6判, 238頁, 1,575円(税込み)

藤木良明 著

**マンションの地震対策**

岩波書店, 2006年9月, 新書判, 212頁, 735円(税込み)

岡田義光 著

**最新 日本の地震地図**

東京書籍, 2006年9月, A5判, 211頁, 1,890円(税込み)

幸運社 編

**とっさの「防災」ガイド 地震, 火事, 台風, 事故から身を守る**

PHP 研究所, 2006年9月, 文庫判, 240頁, 520円(税込み)

加納一郎 著

**家族を守る災害行動マニュアル**

朝日新聞社, 2006年9月, 文庫判, 201頁, 441円(税込み)

ヤマトプロテック防災研究会 編

**今から始める地震対策—社員・家族を守る50の知恵**

並木書房, 2006年9月, B6判, 167頁, 1,260円(税込み)

# ADEP情報

財団法人 地震予知総合研究振興会 (ADEP) の人事異動について

## 採用

津村建四朗	本部	副首席主任研究員 (非常勤)	18.6.1
荒井 政二	本部	事務局次長	18.7.1

## 配置換等

塚腰 勇	(兼務)	研究業務支持機構長	18.7.1
------	------	-----------	--------

## 退職

田辺 寿男	本部	事務局次長	18.6.30
-------	----	-------	---------

## 編集後記

本誌冒頭のエッセイに、平成の市町村大合併に伴う防災体制の低下が指摘された。防災先進県と言われる静岡県内でさえかくの如くだから、他県ではどうなってもおかしくない。

エッセイを読んで私はすぐに自宅周辺の市町村を眺めてみた。するとまさに指摘通りの事態が起きている。平野部に広がる市が山間部の村と合併したケースでは、双方の防災担当が合体した。そこでは1+1が2とならず、1となってしまったのである。

当然人口の多い旧市側の防災担当者が旧村側の防災も兼ねることになった。新たに管轄することになった山間部は一人でカバーするにはあまりにも広い。もし実際に災害が発生したならば、山間部は見捨てられるだろうと懸念される。

東京近郊の山間部は、バブル期に開発が進み、宅地造成地が一気に広がった。山は削られ、谷は埋められ、その上に宅地が急造された。まず谷間に山の表土が投げ込まれ、その上に岩石を含んだ山土が積み重ねられる。つまり下部が軟弱で、上部が固

い「逆転層」が形成される。

しみこんだ雨水は次第に逆転層の下部を空洞化する結果、造成後30年経った今日、宅地の所々に小規模な地変が現れ始めた。急斜面で落石がある、立木が倒れる、石垣が崩れる、道路に亀裂が入る等、これまであまり気がつかなかった地変が発生するようになった。

ところが造成地の住民は一般に防災意識に乏しい。地震被害は都会の事、地盤が固い山間部は安心と信じ込んでいる。事実東京で震度4の地震でも、そこでは震度1か2程度にしか揺れない。しかし安政江戸地震でも、明治東京地震でも、江戸(東京)近郊の山間部に山崩れが発生したとの記録がある。まして逆転層の上の造成地は危険なこと夥しい。

バブル崩壊後に造成は一時ストップしたが、最近の景気上昇を受けて再開されつつある。売れば再開、売れなければストップする。開発業者は災害など考えもしない。耐震設計は問題になったが、宅地造成には逆転層の規制などない。「30年も先のことを考えてはられない」と言うのは業者だけではない。住民自体も先のことは知れないと言う。

県議会や市議会議員も票にならないことには関心がない。災害発生直後に被害地に駆けつけ、補助金交付に尽力すれば票につながる。これに対して平常時から災害対策に尽力したとしても効果は期待できない。このようなことだから、何時になっても同じ災害が繰り返す結果となる。防災対策を住民だけではなく、議員の一票に結びつくような、一貫したアウトリーチ・システムを考えることが必要になるかも知れない。(Y.H.)

## 地震ジャーナル 第42号

平成18年12月20日 発行

発行所 ☎101-0064  
東京都千代田区猿樂町1-5-18  
☎03-3295-1966  
財団法人  
地震予知総合研究振興会

発行人 高木章雄

編集人 萩原幸男

本誌に掲載の論説・記事の一部を引用される場合には、必ず出典を明記して下さい。また、長文にわたり引用される場合は、事前に当編集部へご連絡下さい。

●製作/ (財)学会誌刊行センター