

地震 ジャーナル

23

1997年6月

- エッセイ 災害は忘れないうちにやってくる ● 佐々淳行
- 地球化学の視点からの地震予知研究 ● 野津憲治——1
- 電気抵抗で見る地下構造 ● 歌田久司——9
- マグマはどこから来るか ● 佐藤博樹——17
- 地震による人的被害の予測と実際 ● 諸井孝文／宮村正光——23
- 山名宗真の明治三陸津波調査記録 ● 菊池万雄——32
- 天災と人災と ● 近藤信行——44
- 連載: その5 地震・津波碑探訪 ● 力武常次——50
- 地震予知連絡会情報 ● 石田瑞穂——61
- 書評——66
- 執筆者紹介——72
- ADEP情報——74

地震予知総合研究振興会

ASSOCIATION FOR THE DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE PREDICTION

災害は忘れないうちにやってくる 佐々淳行

「災害は忘れた頃にやってくる」というが、阪神淡路大震災のことを忘れないうちに、早くも次の災害の不気味な予兆が伊豆沖で、鹿児島で、愛知で起きている。神戸の悲劇をくり返してはならない。

災害が発生したとき、政府や地方自治体が直ちに執るべき初動措置は次の5つである。

1. 人命救助——最優先課題。
2. 消火——灰塵に帰さなければ生埋めとなった被災者や、崩壊した財産も助かる見込みが残る。火災が最も恐ろしい二次災害だ。
3. 避難誘導——煙にまかれ、停電下の暗闇の中で被災者は方向感覚を失う。パニック状態の避難民をいかに安全な方向へ誘導するかが危機管理上の要諦の一つだ。
4. 緊急治療——1名でも死者を減らすための「トリアージュ」救急システム（後述）の導入が急務である。
5. 緊急輸送——救援隊、水、食糧、医薬品など、必需物資の陸海空三位一体の輸送任務。

だが、以上の5つの任務を国が直ちに遂行することは、現行の内閣法、国家行政組織法、あるいは地方自治を旨とする災害対策基本法、消防法、消防組織法などの法体系では事実上極めて困難であり、災害に対する国家危機管理機能の行政改革が喫緊の急務であることは言を待たない。

しかし、法体系と現行の防災・災害対策システムが改善されるまでの間は、災害対策の基本的心得は、自助・互助・公助、すなわち家族の安全を守ることが家長の責任であり、少なくとも3日間は自分の家庭を守るための水、食糧、医薬品、生活必需物資を用意して自助せよということであり、次は隣組、企業、親せき、友人の互助、そして警察、消防、自衛隊などととも地方自治体や国が上記の5つの任務を遂行するために、それぞれの機能を発揮するようになるのは3日目であるという、冷厳な事実を直視して対応しなければならない。公助のためには現地へのアクセスが確保されなければならない。人命救助・消火・避難誘導・緊急治療・必需人員物資緊急輸送の5大任務を果たすには、とにかく現場に行かなくてはならない。したがって、超大渋滞が当然発生することを予想して、ヘリコプター・航空機による立体的な活動を、国や地方自治体は日頃から整備しておくべきだ。

消火ヘリはもとより、海上自衛隊がかつて整備していた大型消火飛行艇の再整備や、空中投下用の化学消火弾の開発・実用化なくして、どうやって大都市の“タワリング・インフェルノ”などの危機に対応するのか。

「トリアージュ」とは、優先順位決定権を与えられた救命医師が現場で死者には黒タグ、緊急処置をすれば命が助かる見込みのある重傷者には赤タグ、軽傷者には緑タグをつけて、赤タグ最優先の救急輸送と治療を行う危機管理医療システムである。

忘れる間もなくやってくる次の災害に備えて、国・（地方）自治体・企業・各家庭、あらゆるレベルの災害対策を急がなければいけない。

地球化学の視点からの地震予知研究

野津憲治

はじめに

地震は地球内部を構成している岩石に急激な変動が起き弾性波が発生する物理的な現象であり、化学的な研究対象とはなじまない現象のように思われがちである。しかし地震が発生したり地震波が伝わる場となる地球物質は均質の弾性体ではなく、空隙のある岩石である。この空隙を埋める液体や気体（地下流体と総称することがある）が、一連の地震発生過程に関わって移動したり変化することが一般的に起きているとすると、地震といえども地球化学的なアプローチが必要かつ重要とならざるを得ない。とりわけ地震予知研究では、地震発生に関連して地下水の化学的な性質が変化したり、深部から流体が絞り出される現象を取り扱うので、地球化学が地震学に最も寄与できる研究領域を作っている。

本稿では地球化学と関わる地震予知研究をまとめるが、このテーマではすでに、King が編集した論文集（1985）が出版されており、最近では川辺（1991）、小泉（1994, 1997）、五十嵐（1996）、Wakita（1996）、永峰（1997）などの総説が出ているので、あわせて参照していただきたい。

研究の出発点

Sholz et al. (1973) の論文

地震予知研究の一つの研究課題として、地下水の地球化学的な研究の重要性が認められるきっかけとなったのは、Sholz et al. (1973) によるディラタンシー・水拡散モデルの提唱であろう。ひと昔前は井戸から汲む地下水が生命を保つ水であり、人々は井戸に注意を払いながら暮らしてきた

ため、古くから地震の前後で地下水が変化した記録が多く残っている。また、温泉水の変化は観光で生計をたてる人には死活問題であり、地震に関連した温泉の変化の記録も多い。このような古文書に残された記録は、脇田（1978）がまとめているが、近代地震学が体系化しても地震学の土俵で扱われることはなかった。地震予知研究が始まった当初も状況は同じであったが、Sholz et al. (1973) が、地震発生モデルの中に地下水の挙動をとりいれ、その論拠として1966年タシケント地震前の地下水中のラドン濃度変化をあげたため、地下水の地球化学的な研究の重要性が指摘され、地震研究の一環として始められるようになった。また、1975年に中国で起きた海域地震の予知成功に地下水にかかわる観測が重要な役割を果たしたことも地球化学的な研究が盛んになる後押しとなった。

Sholz et al. (1973) によるディラタンシー・水拡散モデルは、その後、旗色が悪くなったが、地球化学的な観測研究は数多くの事例の蓄積を促し、現在では逆にこれらを説明できる新しいモデルを作ることが模索されている。

観測研究の結論

地下水は地震時や地震前に変化する

地震予知をターゲットに据えた地下水の地球化学観測研究は、わが国では1970年代から始まった。ディラタンシー・水拡散モデルや旧ソ連、中国の成果をバックに、地震予知計画の建議に基づき推進されてきた経緯もあり、「地下水が地震に関連して変化するかどうかを科学的に明らかにすること」が最初の命題であった。20年を越える研究の結果、前兆的な変化や地震時の変化など地震

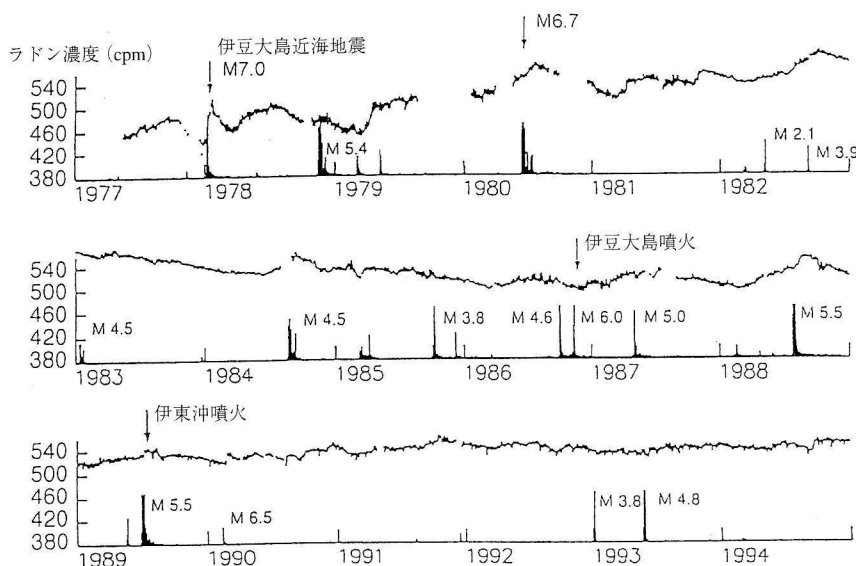


図1 中伊豆観測点の地下水中ラドン濃度の長期的な変化 (Wakita, 1996)

1978年1月14日伊豆大島近海地震 (M7.0) の前に現われた異常な変化は、その後一度も現われていない。

発生に関連した事例が多く見つかり、「地下水は地震に関連して変化する」ことを疑う研究者はいまや殆どいなくなった。

1978年1月14日に起きた伊豆大島近海地震 (M7.0) は、前兆的变化を捉えるという点で画期的な成果が得られた地震であった。東京大学理学部は、震源から約25 km離れた地点の深さ350 mの自噴井で地下水中のRn濃度を観測しており、前兆的な変化を観測した (Wakita et al., 1980a)。また、近傍で地質調査所により行なわれていた地下水観測にも類似の変化が現われ、気象庁の石廊崎の体積歪計にも異常な変化が現われた。IASPEIの地震前兆現象ワーキンググループが世界中の前兆現象の報告を募って、それらの評価を行なったが、このRnの事例は31の応募の中から選ばれた3例のうちの一つであり (American Geophysical Union, 1991)、現在に至るまで地下水に現われた前兆的な変化の代表例としてしばしば取り上げられている。地震に先立つ異常な変化が本当に地震に関連した変化かどうかは、長期間のデータに地震とは関係なく類似の変化が現れるか否かがひとつの判断材料となるが、図1にこの観測点の1977年から1994年までの18年に近いデータを示す。この地域にはM

7.0クラスの地震が1978年1月14日の地震のあと起きていないことも考慮しなければならないが、類似の変化は全く観測されていない。

最近20年の観測研究で地震に関連した変化が蓄積した背景には、地下水の時系列データの解析手法の進展が大きく貢献している。地下水の水位や溶存ガス組成は、気温や気圧、降水など気象要素や潮汐、さらには周辺での人工的な揚水によっても変化することが知られており、地震に関連した変化があるとしても、他の要因による変化に隠れてしまうことが容易に考えられる。したがって、データ解析で各要因による変化を取り除くことができれば、通常時の変化が大きい井戸も観測に使えるし、より規模の小さい地震に関連する小さな変化を捉えることができ、事例の増加につながるであろう。このような統計解析の方法としては、BAYTAP-Gの応用 (Igarashi et al., 1992) やMR-AR解析 (Matsumoto, 1992) があげられる。図2に1992年2月2日の東京湾地震 (M5.9) に際して鎌倉観測井の水位のトレンド成分に現れた前兆的变化 (Igarashi et al., 1992) を示す。水位の原記録では変動が大きく見えなかった地震に関連した変化が、潮汐応答成分と気圧応答成分を取り除くことで明瞭に現われてくる。

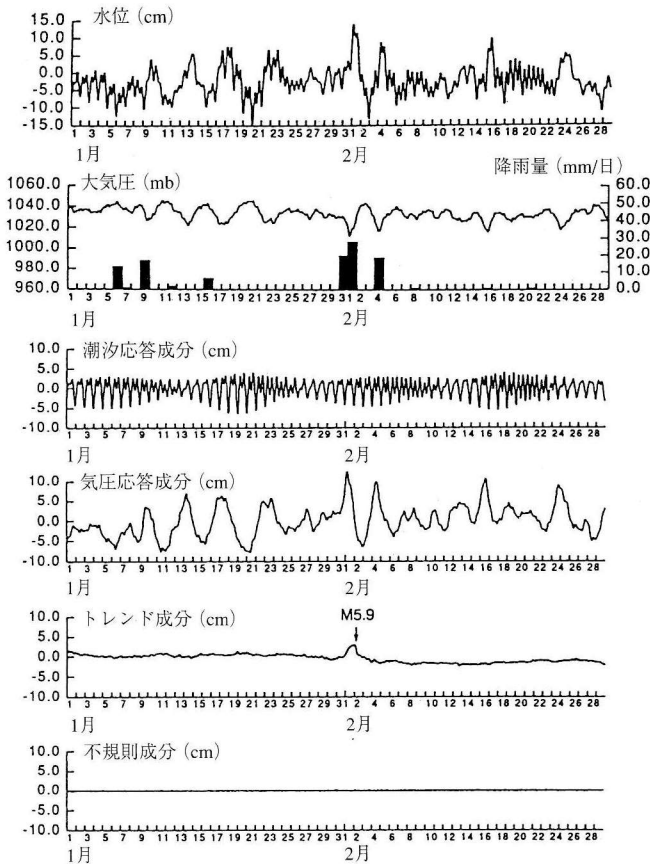


図2 鎌倉観測井 (500 m) の水位のBAYTAP-Gによる解析 (Igarashi et al., 1992)

上から、水位 (未補正の観測値)、気圧と降水量、潮汐応答成分、気圧応答成分、トレンド成分、不規則成分で、トレンド成分には 1992 年 2 月 2 日東京湾地震 (M5.9) の前に変化が現われている。

地震に関連した地下水の変化は 1995 年 1 月 17 日の兵庫県南部地震 (M 7.2) に際しても現れた。西宮で観測された地下水中のラドン濃度変化 (Igarashi et al., 1995) や六甲の地下水中の塩化物イオン濃度変化 (Tsunogai and Wakita, 1995) は、データ解析を施さなくても、生のデータで地震前の異常が明瞭に識別できた。図 3 にそのデータを示す。これほど明瞭な変化は他の観測では得られていないので、改めて地下水観測が地震予知研究に欠かせないことを示すことができた。

変化のメカニズム

これまでの観測研究の蓄積により、地震に関連した地下水の変化が存在することは明らかになったが、この現象のメカニズムがよく解明されているわけではない。この点に関しての知識は 20 年前とたいして変わらないと言わざるを得ないが、少しずつ知見が蓄積されていることも確かである。地下水変化に関連して、「なぜ、震源から何百 km も離れた地下水に前兆があらわれるのか」「地震に関連した地下水の変化が井戸ごとに異なり、同一の井戸でも地震ごとに感度が変化するのか」などの疑問を、進展著しい震源過程の研究成果と結び付けて説明することが期待されがちであるが、震源域で期待される変化を離れた場所の地下水の変化に結び付けることは現状ではかなり難しい。

地下水が地殻応力を敏感に反映するであろうことは、地球潮汐に対応した水位変化を示す井戸が存在することからも容易に理解できる。Roeloffs (1988) は、地球潮汐が水位に現われる井戸を世界中からリストアップし、

M 2 分潮に対する水位変化をまとめたが、体積歪に対する水位の応答感度は、 10^{-8} あたり 0.5–5 cm であった。ちなみに、図 2 で例に出した鎌倉観測井 (500 m) の場合、地球潮汐から求めた水位の応答感度は $2.6 \text{ cm}/10^{-8}$ であったが、この値を用いて地震時の水位変化を歪量に換算すると地震断層モデルから期待される歪量におおむねあったので (Igarashi and Wakita, 1991)、地下水位は感度の良い歪計になる場合があることがわかった。地震に関連した変化がよく現われる井戸のことを古くから「つぼ」と呼んでいたが、それはひとつには歪に対する応答感度が良い井戸ということになろう。しかし、歪に対する地下水

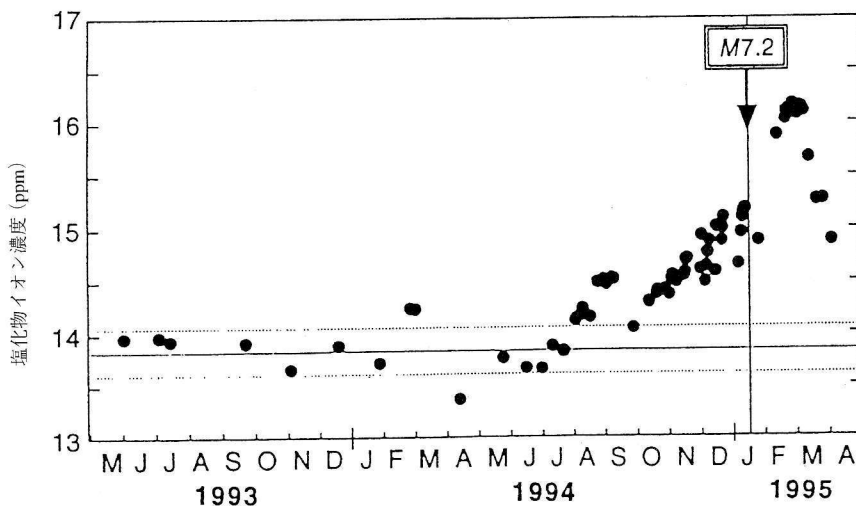
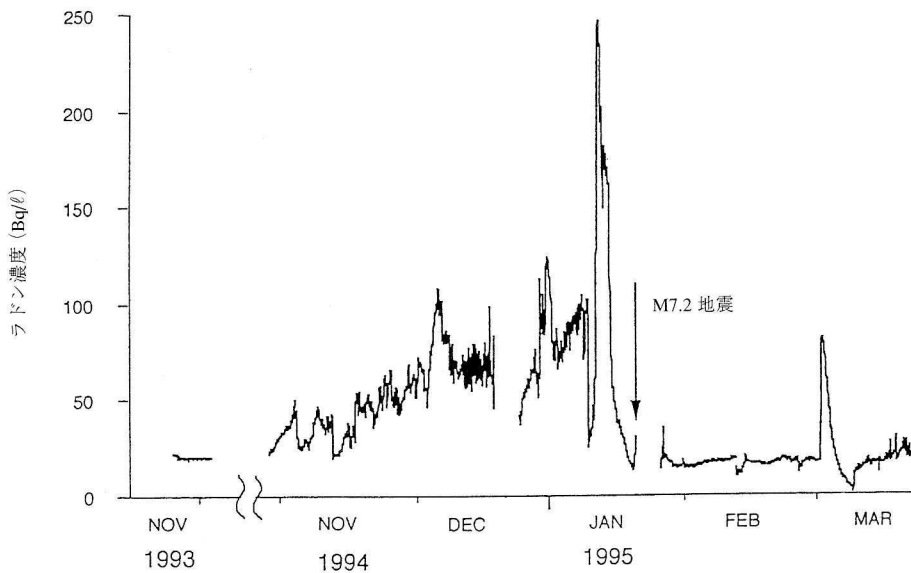


図3 地下水に現われた1995年1月17日兵庫県南部地震(M7.2)の前兆的变化
 [上図] 西宮で観測された地下水中のラドン濃度変化 (Igarashi et al., 1995).
 [下図] 六甲の地下水の塩化物イオン濃度変化 (Tsunogai and Wakita, 1995).

の応答係数の違いの原因となると帯水層の性質の違いというにとどまり、実用的に感度の良い井戸を掘るためにも感度の良い井戸の帯水層の性質を明らかにする必要がある。

川辺(1991)は、1923年関東大地震(M7.9)や1946年南海道地震(M8.0)の際の地下水変化を広域的に調べ、断層モデルで期待される地震時の歪変化と地震時の地下水変化の極性とが整合的(正の体積歪の領域では水位が下がったり湧出

量が減り、負では水位上昇か湧出量増加)であることを示した。図4に1923年関東大地震の例を示す。さらに、どちらの地震の場合も前兆的な変化が地震時の変化と広域的に同一極性であることを示し、前兆的な変化は地震時の断層運動に先行するプレスリップの際の歪変化が間隙水圧を変化させることで説明できるとした。もし前兆的な変化が本震発生時の断層運動に先行する断層運動による歪変化に対応しているなら、本震発生時の歪

溶存気体やイオンの濃度など地下水質の変化や水温の変化のメカニズムは、地殻応力変化が間接的に反映するためか、不明な点が多く定量的に扱うことも難しい。震源の近くの地下水であれば、応力の増大により岩石破壊の前に岩石に微小クラックが形成し、微小クラックの表面からガスなどが地下水へ供給されるメカニズムが考えられる。たとえば図3(上図)に示した兵庫県南部地震前に西宮で観測された地下水中のラドン濃度増加について、Igarashi et al.(1995)は、微小クラックの形成をあげている。しかし、震源との距離が



変化のメカニズムに関連した最近の成果は、同一の井戸でも地震に対する感度が時間と共に変化し、それが観測点近傍の地震活動の変化と関係していることを見つけたことである。福島県、双葉断層上の鹿島観測点では、東京大学理学部が地下水中の Rn 濃度を測定しており、1984 年から 1987 年 4 月まで 1000 km 以内で起きた $M 6$ 以上の地震 25 回のうち 12 の場合に地震時の変化が見られた。しかし、1987 年 4 月を境に地震時の変化が見られなくなり、1992 年 5 月から再び現

われ始め、M 5 に満たない地震にも変化が現われるようになった (Igarashi et al., 1993). 1987 年 2~4 月の福島県沖群発地震 (最大 M 6.7) を契機に Rn 濃度が地震に感応しなくなり、周辺の地震活動も変化したことを考えると、この群発地震を境に地殻物質の状態が変化し、Rn 変化をもたらすメカニズムが働かなくなったのであろう。ここで示された同一観測点でも地震に対する感度が変化することは、地震と地下水との関係を明らかにする上では大変に重要な知見である。

地球化学的な観測研究の現状と将来

ここ 20 年の研究によって、地震に関連した地下水の変化が存在することが確立したが、地下水が変化するメカニズムについては、これからの成果を待たねばならない。この種の研究は観測を抜きにしては語れず、ここで、わが国の地球化学的な観測研究の現状について簡単に述べる。現在、地下水や地下ガスの観測点を展開しているのは主に国立大学と国立の研究機関である。国立大学では、北から北海道大学理学部、東京大学理学部、名古屋大学理学部、岐阜大学、京都大学防災研究所などがそれぞれ独自の特徴を活かした観測を行っている。中でも、1970 年代から観測点を整備してきた東京大学理学部は福島県に 3 箇所、鎌倉に 2 箇所、伊豆大島に 1 箇所、伊豆半島に 4 箇所、東海地方に 3 箇所の固定の観測点のほか数箇所の臨時観測点をもっている。一方、国立研究機関の地質調査所も 1970 年代から観測を始め、現在では、伊豆半島を含む東海地域に 20 箇所、近畿地域西部に 14 箇所、川崎、筑波にそれぞれ 1 箇所の観測点をもっている。このほかにも地下水観測を行っている大学や研究・行政機関があり、それぞれが観測装置や観測形態に工夫をこらしている。

観測点が特定の地域に片寄っていること、地震に対する感度が観測点ごとにまちまちで感度の良い観測点は数少ないことのため、現状の研究観測点で観測を続けるとして、これからも新たな前兆例を付け加えることができるかもしれないが、さ

らなる発展に支障をきたすことは明らかである。今は、新たな視点を模索すべき時期にさしかかっており、以下に 2 つの方向を提起したい。一つは、今までの点の観測から面の観測へ観測網を整備して質的にグレードアップした観測を行なうことであり、地震観測網や GPS 観測網のような組織化した地下水観測網を整備して、二次元的に地下水の挙動と特性を観測し、予知の実用性をテストすることである。もう一つは、地下水に現われる異常を、一連の震源過程、伝搬過程、地下水現象などを統一して理解するための観測研究や室内実験、シミュレーションなどを行なうことである。

広域的な観測網の構築を企画する場合、観測点密度が問題になるが、対象とすべき地震の大きさを決めても井戸ごとの感度の違いが大きくて確定的なことはいえないのが現状である。例えば 20 km 四方位に 1 点を目安に深井戸を掘削し、最低限水位と水温を連続測定し、可能な限り溶存化学種や溶存ガス (Rn など) の測定も行なう。観測データはデータセンターに集められ、リアルタイムでデータ処理し、個々の観測点における経時変化を表示するとともに、二次元マッピングを行なって、水位の等高線や濃度コンターの経時変化をとらえる。とくに、リアルタイムでデータが異常な動きを含むか否かを判定できる統計手法の開発は欠かせない。データセンターは、将来的には地下水観測網が全国をカバーすることを念頭に置いて、独立した機関として存立することが必要で、個別の観測点の設置、維持なども新組織で一括することになろう。もちろん、大学あるいは国立の研究機関との緊密な連携は欠かせず、データの評価やデータに基づく研究は共同で行なう。また、地下水の挙動は、電磁気、重力、GPS など、他の地震予知観測にとっても必要な情報であるので、総合的な観測網の一環として位置づけることも効果的かもしれない。

震源化学過程

活断層からのガス放出とモデル実験

地震現象を化学的な側面からながめるきっかけ

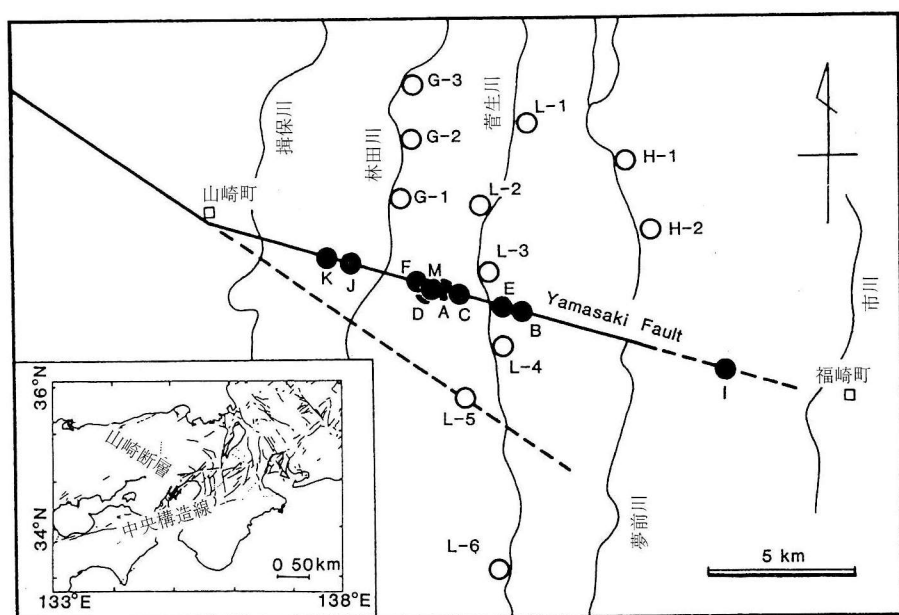


図5 山崎断層からの水素の放出 (Wakita et al., 1980b)
黒丸は土壌ガス中の高濃度水素を示し、白丸は大気レベルの濃度の水素を示す。

となったのは、ディラタンシー・水拡散モデルという地震発生過程のモデルであり、地球化学的な変化のメカニズムの解明も震源過程から一つ一つ見直すといった、基礎研究から出発する姿勢が必要である。まずは地震が起きる震源域の物質化学的な変化をとらえる研究、さらには逆に震源域における物質の動きが地震を誘発する可能性を調べる研究は重要である。

震源域で起きる化学的な変化は、活断層からのガス放出として地表で観察できる。活断層はガスを地下深部から地表へ運ぶ通路の役割を果たしていると考えられており、震源域でできるガスばかりでなくいろいろな起源のガスが断層に沿って上がってくる。地表に現われていない活断層をトレースするのに放射能探査が古くから試みられており、Rnの放出を放射能で検出するのである。最近では1995年兵庫県南部地震に関連しても行なわれた(藤谷, 1996)。活断層からの水素の放出は震源域で起きる化学変化を反映している可能性が高い。Wakita et al. (1980b) は、山崎断層の土壌ガス中に図5で示されるように断層に沿って高濃度の水素を見つけたが、同様の現象は他の断層でも報告され(たとえば, Sugisaki et al.,

1980), San Andreas 断層では地震活動に対応する変化も捉えられた(Sato et al., 1986)。Wakita et al. (1980b) は、断層運動によって岩石のSiO結合が切れ、生成したラジカルと地下水とが反応して水素ができるとするモデルと提出し、Kita et al. (1982) が水の存在下での岩石の破壊実験で水素の生成を確かめた。しかし、水素の起源に関しては多くの議論があり[川辺(1991)や小泉(1997)のまとめを参照のこと]、震源域の反応とは関係ない可能性も指摘されているが、たいへん面白い課題である。

ゆっくりと成長する破壊を応力腐食破壊と呼ぶが、応力腐食破壊は水が腐食因子としてケイ酸塩と反応して起き、前兆的断層成長や余震など、時間スケールの長い地震現象に大きな役割を果たしていると考えられている(山下, 1994)。このことは、震源域での化学反応が地震に先立って進んでいることを示唆しており、地表からの観測でとらえることができるかどうかに関わりなく、その詳細を明らかにすることが重要である。地震発生に水が関与する可能性は1995年兵庫県南部地震でも指摘されており(Zhou et al., 1996)、水が関与する反応を破壊との関連で調べるためには制

御された含水条件下でのモデル実験から始めることが考えられる。さらに、震源化学過程と、現実には観測される地下水の変動との結び付きを理解するための研究にも取り組まねばならない。

参考文献

- American Geophysical Union, 1991, Evaluation of Proposed Earthquake Precursors (Ed. Wyss, M.), pp. 94.
- 藤谷達也, 1996, 神戸東部市街地の地表ガンマ線探査, 地震, 49, 285-293.
- 五十嵐丈二, 1996, 地震に関連した地下水の水位・ラドン濃度変化のいくつかの特徴と地震予知の可能性, 地球化学, 30, 1-16.
- Igarashi, G. and Wakita, H., 1991, Tidal responses and earthquake-related changes in the water level of deep wells, J. Geophys. Res., 96, 4269-4278.
- Igarashi, G., Wakita, H. and Sato, T., 1992, Precursory and coseismic anomalies in well water levels observed for February 2, 1992, Tokyo Bay earthquake, Geophys. Res. Lett., 19, 1583-1586.
- Igarashi, G., Tohjima, Y. and Wakita, H., 1993, Time-variable response characteristics of groundwater radon to earthquake, Geophys. Res. Lett., 20, 1807-1810.
- Igarashi, G., Saeki, T., Takahata, N., Sumikawa, K., Tasaka, S., Sasaki, Y. and Sano, Y., 1995, Groundwater radon anomaly before the Kobe earthquake, Science, 269, 60-61.
- 川辺岩夫, 1991, 地震に伴う地下水・地球化学現象, 地震, 44 (特集号), 341-364.
- King, Chi-Yu (Editor), 1985, "Earthquake Hydrology and Chemistry", Birkhauser.
- 気象研究所地震火山研究部, 1990, 地震前兆現象のデータベース, 気象研究所技術報告, No. 26, 329pp.
- Kita, I. Matsuo, S. and Wakita, H., 1982, H_2 generation by reaction between H_2O and crushed rock: an experimental study of H_2 degassing from the active fault zone, J. Geophys. Res., 87, 1079-1095.
- 小泉尚嗣, 1994, 地殻歪と地殻内流体, 火山, 39, 169-176.
- 小泉尚嗣, 1997, 地球化学地震予知研究について, 自然災害科学 (印刷中).
- Matsumoto, N., 1992, Regression analysis for anomalous changes of ground water level due to earthquakes, Geophys. Res. Lett., 19, 1193-1196.
- 永峰康一郎, 1997, 地震に伴う地球化学異常現象の観測, 地球化学, 31 (印刷中).
- Roeloffs, E. A., 1988, Hydrological precursors to earthquake: a review, Pure and Applied Geophys., 126, 177-209.
- Sato, M., Sutton, A. J., McGee, K. A. and Russell-Robinson, S., 1986, Monitoring of hydrogen along the San Andreas and Calavera Faults in central California in 1980-1984, J. Geophys. Res., 91, 12315-12326.
- Sholtz, H. C., Sykes, L. R. and Aggarwal, Y. P., 1973, Earthquake prediction: a physical basis, Science, 181, 803-810.
- Sugisaki, R., Anno, T., Adachi, M. and Ui, H., 1980, Geochemical features of gases and rocks along active faults, Geochem. J., 14, 101-112.
- Tsunogai, U. and Wakita, H., 1995, Precursory chemical changes in ground water: Kobe earthquake, Japan. Science, 269, 61-63.
- 山下輝夫, 1994, 震源の数値モデル, 地震と断層 (島崎邦彦, 松田時彦・編著), 東京大学出版会, pp. 105-124.
- 吉田明夫・古屋逸夫, 1992, 地震前兆現象の事例研究, 地震, 45, 71-82.
- 脇田 宏, 1978, 地下水の水位・化学組成変化, 地震予知の方法 (浅田敏・編著), 東京大学出版会, pp. 146-166.
- Wakita, H., 1995, Geochemical challenge to earthquake prediction, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 93, 3781-3786.
- Wakita, H., Nakamura, Y., Notsu, K., Noguchi, M. and Asada, T., 1980a, Radon anomaly: a possible precursor of the 1978 Izu-Oshima-kinkai earthquake, Science, 207, 882-883.
- Wakita, H., Nakamura, Y., Kita, I., Fujii, N. and Notsu, K., 1980b, Hydrogen release: new indicator of fault activity, Science, 210, 188-190.
- Zhou, D., Kanamori, H., Negishi, H. and Wiens, D., 1996, Tomography of the source area of the 1995 Kobe earthquake: evidence for fluids at the hypocenter?, Science, 274, 1891-1894.

電気抵抗で見る地下構造

地球内部現象との関連

歌田久司

電気的地下構造

普通「地下構造」というと、多くの人は地震波の速度構造を連想する。いうまでもなく、弾性波である地震波の伝わり方を表わす物理定数の分布から見た地球の構造のことである。地球内部を構成する物質の種類や、その温度・圧力・地下水などの分布等の状態を調べる上で非常に有用な情報をもたらしてくれる。ところで、地震波による構造がわかっても、地球内部の物質や状態といったさまざまなパラメータを完全に決定することはできない。当然のことながら、他のさまざまな種類の独立な情報を組み合わせる必要がある。ここで紹介する電気比抵抗という物理パラメータも、観測によってもたらされるそのような独立な情報の一つである。

電流の流れ方によって物質を分類すると、金属など電流をよく通す物質は導体と呼ばれ、ガラスなど電流を通さない物質は絶縁体と呼ばれる。電流の流れにくさを表わす物質の物理定数を電気比抵抗と呼ぶが、金や銅などの導体の場合 $10^{-8} \Omega \cdot m$ 、ガラスなどの絶縁体では $10^{10} \Omega \cdot m$ 以上の値をとる。一方、地球の内部の電気比抵抗の分布はどうなっているかという、深さとともに減少する傾向があることが知られている。平均すると、表層の地殻に相当する部分では数百～数千 $\Omega \cdot m$ 、マントルでは $10^1 \sim 10^3 \Omega \cdot m$ 、核では $10^{-5} \sim 10^{-7} \Omega \cdot m$ であると見積もられている。したがって、核がほぼ導体とみなされる以外は、地球の内部は電気的には導体と絶縁体の中間の性質を持つ。

電気比抵抗が深さとともに減少するという傾向は、主として物質の電気比抵抗の温度依存度を反

映している。ところが、電気比抵抗の分布の横方向の変化に着目すると、場所によって1桁以上の違いがあることが知られている。このような違いは、地下の温度構造の違いのみによっては説明することはできず、水の存在量の違い等を考慮する必要があると考えられている。地殻内部の温度や水の存在などの状態の不均質な分布は、さまざまな物性の不均質構造の原因になる。たとえば、力学的な破壊強度の不均質構造は温度や水の存在量に密接に関係するが、現実の地殻においては地震活動の様式やその時空間分布にさまざまな不均質をもたらすと考えられている。そのような不均質の一つの表れである電気比抵抗の地下構造を明らかにしようという観測研究が、地震予知計画などによってこれまでの間に実施されてきた。ここでは、こうした観測研究で得られた成果が地球内部の現象を理解する上でどのような情報をもたらすかについて、そしてそれらの研究のこれからの展望について紹介する。

内陸の地震発生と電気比抵抗構造

まず日本列島の内陸で発生する地震活動と電気比抵抗の関係について、松代群発地震の活動を例にとって述べる。この地震活動期間中には非常に多項目の高密度の観測が行なわれ、活動の発生機構についても多くの有力な仮説が提唱されているが、活動から30年を経た今に至るまでいまだ決着をみていない。最近、当時の観測事実と中部日本の地殻の電気比抵抗構造とを結び付けた地震発生機構のモデル(笹井, 1994 および Sasai and Utada, 1997) が提唱された。このモデルの詳しい説明は省略するが、要点は次のようにまとめることができる。

まず、松代群発地震活動期に観測された諸現象（水平変位・地殻上下変動・重力および地磁気変化）を統一的に説明するキネマティックなモデルを考える。その結果、地下に多数のテンションクラック（引っ張り応力による割れ目）が発生したと考えると上記の観測データが説明できることがわかった。その力源の実体は不明であるが、それを具体的に説明する考え方の一つとして恒石・高橋（1975）による「炭酸ガス・水噴火」モデルを想定する。こうすることによって、観測された非常に大きな地殻変動をまかなうためのエネルギーについても、「負の重力エネルギーの解放」という形で無理なく説明されることを示した。ここまで来ると、松代群発地震活動が地殻深部から運ばれた炭酸ガスなどを含んだ非常に大量の水によって引き起こされたという仮説はきわめて有力に思われる。しかしながら、そのような水がどこから来たのかという点が最後に解決すべき問題として残された。さて、よく知られているように地殻深部の状態において乾燥して水が存在しない場合と存在する場合とで岩石の物性は大きく異なる。したがって、このモデルで想定したような水が存在するならば、地下構造にそれを示す証拠が見られるはずである。

地震予知計画において、地球電磁気研究グループはさまざまな規模の電磁気構造探査を事業計画で実施してきた。1980年代には、日本列島の地殻および上部マントルの電気比抵抗構造を解明するための共同観測研究が行なわれた。その中で、1981年には東北地方の、1982年には中部地方における共同観測が行なわれた。また、この時期にはわが国においても海底電磁気観測が実用化され（Segawa et al., 1982）、三陸沖日本海溝周辺や東海沖の南海トラフ周辺などで観測が繰り返し行なわれた。それらの結果を総合して得られた地下構造が、Utada et al. (1996) にまとめられている（図1）。それによれば、日本列島中央部の地殻電気比抵抗構造の特徴として、下部地殻（深さ15-20 km 程度からモホまでの間）に低比抵抗層が広がっているということをあげることができる。構造モデルは2次元性を仮定しているの、松代直下の深部電気比抵抗についての議論は実際には困難であるが、ある程度水平方向に広がった構造であることは確かであろう。このような下部地殻の低比抵抗の原因としては、高温による部分熔融または水の効果が考えられる。これらは比抵抗からだけでは区別をつけることはできないが、下部地殻全体にわたって岩石が部分熔融をはじめる温

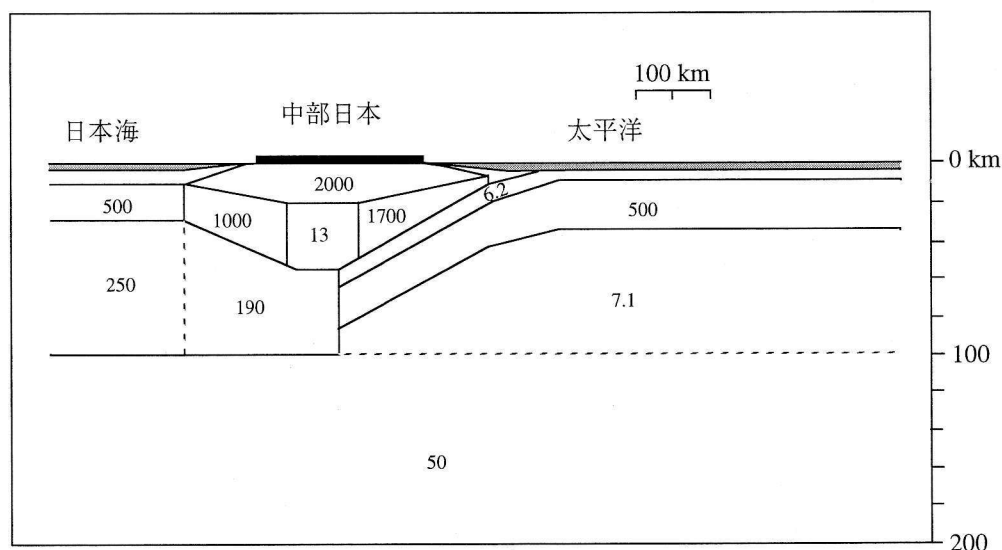


図1 1980年代始めの共同観測によって得られた、中部日本の電気比抵抗断面構造（Utada, 1996 による）

各構造ブロック内の数値は単位 $\Omega \cdot m$ で表した比抵抗。

度に達しているとは考えにくいので、水の効果が非常に有力であると考えられている。つまり、群発地震を発生させた原因となる水が地殻深部に存在することを示唆する証拠が見つかったのである。

日本列島のような沈み込み帯では、スラブから常に大量の水が供給されていると考えられ、沈み込み帯になぜ火山活動があるのかを説明するモデルにおいて非常に重要な役割をになっている。すなわち、プレートの脱水分解反応で生成された水がマントルウエッジ内を移動することによりその部分の融解温度を下げ、沈み込み帯のマグマの発生をもたらすと考えられている（例えば、巽, 1995）。このようにスラブから供給された水は、一部はマントルダイアピルの中にとりこまれてマグマの上昇とともに地表まで運ばれる。そうならないものでも、マントルウエッジ内にとどまっていることはなく、当然地殻にまで達するであろう。そういうわけで、少なくとも島弧の地殻にはかなりの割合で水が存在することが定性的には推定される。そこで問題となったのは、なぜ下部地殻のみが低比抵抗で上部地殻の抵抗は高いのかという点である。なぜなら、数少ない室内実験の結果（Olhoeft, 1981）によれば、水を含んだ状態では地殻の岩石の電気比抵抗は組成によらずに低くなると思われていたからである。したがって、深部からやってきた水を下部地殻のみにとじこめるメカニズムが必要になるわけである。この問題を解決するために有力な考え方の一つに、地温が370度程度の深さで低温変成作用で生じた鉱物が空隙を埋め尽くして不透水層を形成するというモデル（Etheridge et al., 1983）がある。

下部地殻が低比抵抗なのは沈み込み帯に限らず、深部からの水の供給が豊富とは思えない安定な大陸地殻においても見い出されている。上記のモデルはこのような場合の低比抵抗の原因を非常にうまく説明する。しかしながら、島弧の地殻にもあてはまるかという点と必ずしもうまくは行かない点がある。最大の問題は、370度の等温線は日本列島下では海溝から背弧海盆に至るまで非常に大きな凸凹があるという点である。もちろん図1の構造モデルを得た当時の観測は、それほどの分解能

の高い議論に耐えられるわけではないが、最近の観測結果を見ても高-低比抵抗の境界の深さは15~20 kmであることが多い。このことは、比抵抗境界は温度構造を反映しているというよりはコンラッド面のように物質境界というイメージにより近いことをうかがわせる。

Glover and Vine (1995) は現実的な鉱物組成と温度圧力条件を考慮した室内実験により、大陸地殻の電気比抵抗モデルを提唱した。それによると、水を含んだ状態でも上部地殻と下部地殻との間で2桁近い抵抗の違いがあり、結局電気比抵抗の境界は物質境界であることが示されている。つまり、この結果を用いれば、日本列島の下部地殻の低比抵抗層の存在は単に深部地下水の存在を示しているのだと言えることができる。言い替えれば、上に紹介した松代群発地震の発生モデルに必要な水の存在を示しているのだと考えることができる。比抵抗構造を説明するのに、日本列島の地下深部でも低温変成作用で不透水層を形成するというプロセスが進行していることを想定する必要はない。

しかしながら、解決すべき問題はまだつきない。内陸の地震発生の時空間分布がなぜ不均一であるのかは、最大の謎である。スラブからもたらされる水がもともと均一に分布しているとは考えられないし、既存のクラックや断層の分布なども考慮する必要がある。また、低温変成作用によって不透水層を形成するというプロセスが進行しているのかどうかについても、良くわからない。これらを明らかにするためには、電気比抵抗構造の精密化が不可欠である。

広域構造を調べる純日本式観測法 ネットワーク MT

順序が逆になってしまったが、どうやって電気比抵抗構造を探索するのかについて、測定法の原理を簡単に述べる。地下の電気比抵抗構造を調べる方法には、人工的に電流を地中に流し込んで発生する電圧を測定しオームの法則によって抵抗を決めるという、いわゆる電気探索の手法があるが、

本稿で主題としているような数十km以上というような深さの構造を調べるためには、もっぱら自然の磁場変化による電磁誘導を基本原理とした方法が用いられる。

最初に述べたように、地殻やマントルを構成する物質は電氣的には導体と絶縁体の中間の性質を持つ。そのため、地球の外側で磁場の時間変化があるとファラデーの電磁誘導の法則に従って発生した起電力は、地球内部にオームの法則に従う電流を誘起する。電流が流れると、そこではジュール熱が発生してエネルギーを消費するので、磁場変化のエネルギーは表面から深部に向かってだんだんと小さくなっていく。媒質が金属のような導体であると磁場変化の減衰は非常に急激であり、電磁場変化は金属の中にほとんど入り込むことができない。このような効果は表皮効果とよばれ、電気回路の電磁遮蔽などに応用されている。電磁場変化の入り込み方は、媒質が一様であれば深さとともに指数関数的に減衰することが知られており、特徴的な深さを表皮の厚さ (skin depth) と呼ぶ。一様媒質の表皮の厚さは、電磁場変動の周期と媒質の電気比抵抗によって決まる。表皮の厚さは、周期が長くなるほど、また媒質の電気比抵抗が大きくなるほど大きくなるという性質がある。

このような電磁気の基本的な性質を理解すると、地下の電気比抵抗を調べる方法で最も直接的なのは、地中に垂直に穴を掘って磁力計を降ろし、磁場変化の減衰の様子を調べれば良いということに思い当たる。こうすることによって、指数関数の深さ (z) にかかる係数を決めることができ、その係数は周期と電気比抵抗からなっているので、測定している時間変化の周期を与えれば、電気比抵抗を決めることができる。ただしこれでは、地下の電気比抵抗を調べるためには、知りたい深さまでの穴を掘らなければならないことになり、面白くない。そこで考え出されたのがマグネトテリク (MT) 法である。MT 法では、一様媒質の表面での電場と磁場の水平成分の時間変化の間の関係、すなわち電場が磁場の鉛直方向の微分であるという関係を利用する。このことは、地表での

電場と磁場の測定値の比をとることによって、上の例で穴を掘って求めた係数を求めることができるということの意味する。もちろん、現実の地球内部は一様媒質ではないので、多くの観測点および広い周期帯における観測を行なって構造を調べるのであるが、このような電場と磁場の基本的な関係を利用していることにはかわりがない。

実際の地球における構造の不均質は横方向にも存在する。電気比抵抗分布が横方向に変化すると、地中の電場にも横方向に大きな勾配が発生する。短周期で変化する電場の横方向の勾配は、2 次的な磁場の鉛直成分を発生する。つまり、電気比抵抗の分布が横方向に急激に変化する場所には局所的な鉛直磁場が存在することを意味する。日本列島には、非常に大きな短周期鉛直磁場変化の異常があることが知られており、1950 年代のはじめごろから力武教授らのグループによって精力的に研究がなされた (例えば、Rikitake et al., 1952)。その後 Honkura (1974) は、日本列島の短周期磁気変化のかなりの部分は海と陸という電気比抵抗の非常に大きなコントラストによっていることを示したが、同時に海陸分布だけではどうしても説明できない部分があることも明らかにした。このようにして、日本列島下の電気比抵抗構造は伝統的に短周期地磁気変化の観測データをもとにした研究が続けられ、MT 法はどちらかというと副次的な情報をもたらす手段と考えられていた。Utada et al. (1996) によってまとめられた構造は、短周期地磁気および電場観測のデータを同時に用いてインバージョンにかけて求められたが、電場の観測点が少なかったため結果としては依然として MT データは補足的な意味合いしかもたなかった。

このような状況が一転したのは 1980 年代の後半からである。新しい観測手法の流れは大きく 2 方向に別れていった。1 つはカナダで開発された広帯域 MT 観測装置を用いた高密度のアレー観測を主体とするもの (例えば、小川, 1997) で、もう一方がネットワーク MT 法 (上嶋, 1997) である。いずれも、MT 法のデータを主要データとして構造を求める点は共通であるが、その目指

すところは大きく異なる。広帯域 MT では、対象とするのは地殻構造であり、高密度の観測点配置によって微細構造までを明らかにしようとする。一方、以下に紹介するネットワーク MT 法では、平均的な広域深部構造に主眼をおいている、日本で開発されたユニークな観測手法である。

MT 法では磁場と電場とを同時に観測する。電場は 2 ヶ所の電極の間の電圧（地電位差）を電極間隔で割った値を用いる。通常の MT 法の地電位差変化観測では電極間隔 100 m 程度で行なうのに、ネットワーク MT 法ではこれを数十 km の距離で測定する。もちろん自前のケーブルを引くわけにはいかないので、電話回線を利用する。NTT のサービスには、監視用専用回線 (50 bps) というものがあるので、通常これを利用する。数 km から数十 km 離れた 2 ヶ所の電極をこの専用回線で結び、他方の端を記録計に接続する。こうして得られた電場のデータと地磁気データを組み合わせて解析をするが、通常はその地域の標準的な観測所のデータを用いることが多い。電話回線を利用した地電位差観測は Mori (1987) によって始めて行なわれ、通常の 100 m 程度の間隔での測定に比べて高い S/N と長期に安定な地電位差が得られることが示された。ところで、単に一本の電話回線を利用して長基線の電位差観測を行ない、地磁気変化のデータとあわせて MT 法の解析を行なっても我々はネットワーク MT とは呼ばない。あくまでも網（ネットワーク）の移動観測を行なって、面的な情報を取り出すことに意味があると考えている。この点は、次節で述べるような大規模な地球活動に関連した構造を調べるためにはきわめて重要である。通常のスケールの電位差観測を行なう MT 法でも、もちろん大規模構造を調べることは可能である。ただし、小川 (1997) でも述べられているように、地表付近の局所的な電気比抵抗の不均質の影響を十分に考慮する必要があ

り、時として空間的なエイリアジングを発生することもある。このような問題に対処するためには稠密な MT 法観測を行なえばよいが、広い範囲をカバーするのは現実的ではない。こうした点でネットワーク MT 法は極めて能率的である。長基線の電位差観測なので広い範囲をカバーするのも比較的容易である。また、長基線で測定される電位差は電場を回線に沿って積分したものである、もともと空間的にローパスフィルターがかかり、表層付近の小さなスケールの不均質の影響は平均化されてしまっている。

日本の電磁気研究グループでは、1994 年に始まった第 7 次地震予知計画のもとで全国規模でネットワーク MT 観測を実施して列島の大枠の構造をおさえようと企画し、観測は現在も継続して

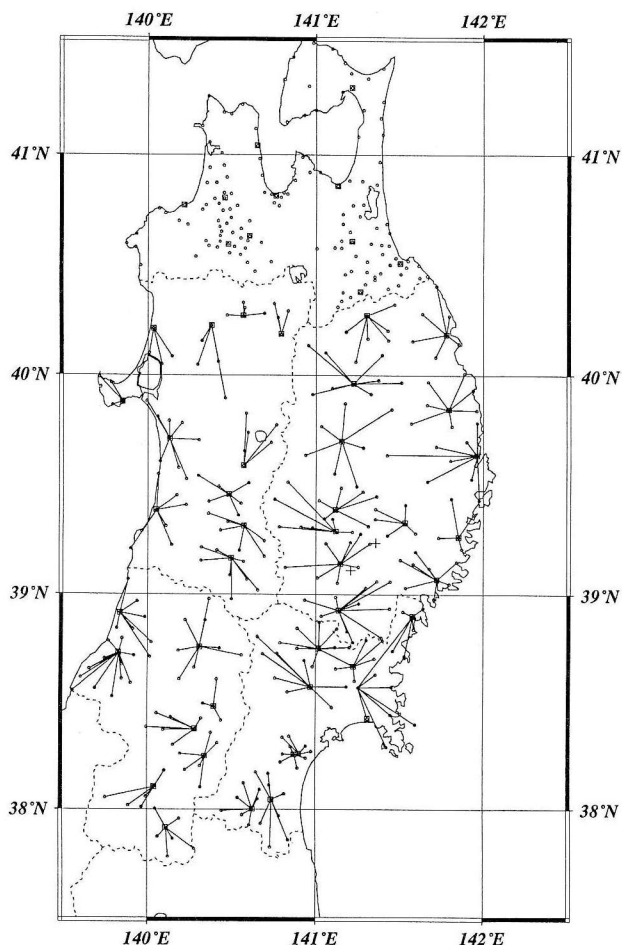


図 2 1994 年から約 3 年間に東北地方で実施したネットワーク MT 観測の測線分布。

いる。図2には、約3年間かけて行なった東北地方における観測ネットワークの分布を示す。各Local Area Networkでの観測は平均4ヵ月間行ない、次々に移動して行なった結果がこのような分布になっている。これまでに得られた暫定的な測定結果を概観すると、太平洋側から日本海側へ向かって低比抵抗になるという大まかな傾向や、低重力異常に対応するような異常分布などが見られる。しかしながら、測定値を地下の比抵抗分布に焼き直すという作業はこれから行なわれるので、詳しい議論はその結果を見て行ないたい。同様のネットワークの移動観測は中国・四国地方でも行なわれ、引き続き九州地方の観測が行なわれる予

定である。平行してデータ解析を進めることにより、近いうちに面的な分布という全く新しい電気比抵抗構造に関する情報が得られることになる。

ユーラシア大陸東縁のテクトニクスと 広域深部構造

最近の地震波トモグラフィーでは、日本海溝から沈み込んだスラブに対応すると思われる高速度領域が日本列島からアジア大陸東縁にかけて660 km不連続面付近に淀んでいる様子をうかがうことができる。このような像を見ると、沈み込んだ物質の果たす役割を考慮せずには日本列島を含む大陸東縁部のテクトニクスを議論することはできないと強く感じる。たとえば巽(1995)は、スラブ物質であるハルツバーガイトは、上部マントル内部で熱平衡に達すると周囲のマントル物質よりも低密度となることから、これが背弧側でプリューム状に上昇する可能性を指摘している。このようなハルツバーガイトプリュームが上昇すると、いくつかのプロセスを経てマグマの発生する可能性があるらしい。日本周辺の沈み込み帯でこのようなプロセスの火山活動があるとすれば、島弧-海溝系よりもはるかに背弧側(スラブが660 km不連続面に淀んでいるあたり)、すなわち東アジアになると予想される。そこで東アジアの地質を調べると、予想通り(?)中国東北部や沿海州からシベリア東部の広い地域に、新生代の玄武岩質の火山活動が起きていることが知られる。この活動はホットスポットのような規則的な分布を示さないことから、“hot region”の活動と呼ばれることがある。アジア大陸東部の火山活動がこのようにして起きているのだとすると、上昇するプリュームが大陸のリソスフェアにぶつかると、水平方向の流れが発生する。流れは、沈み込みつつあるスラブを押しやることが考えられる。こうして背弧海盆(日本海)が形成するという考え方は、いくつかの状況証拠によって支持されるという。

プリュームの上昇を示唆するもう一つの有力な証拠が、表面波の位相速度解析から得られている

『資料・日本の地殻水平歪』 限定部数複製頒布のお知らせ

本書は、国土地理院の承認を得て、同院の技術資料F・1No.6『日本の地殻水平歪』を、当財団が研究資料として研究者の利便を目的とし、その複製版を限定発行したものです。

ご希望の方々のために、下記のような実費頒布を致しております。お問合わせ下さい。

日本の地殻水平歪 国土地理院編

- 体裁 上製・柾判 本文133頁 2色刷
付録 カラー歪図 2編
- 頒布実費〔送料を含む〕 20,000円
- 申込先
〒101 東京都千代田区猿楽町1-5-18
(財)地震予知総合研究振興会
☎03-3295-1966 FAX03-3295-1996
- 郵便振替口座 東京1-109120

なお、限定部数のため、在庫も少数となりましたので、お問い合わせ下さい。

財団法人 地震予知総合研究振興会
〒101 東京都千代田区猿楽町1-5-18

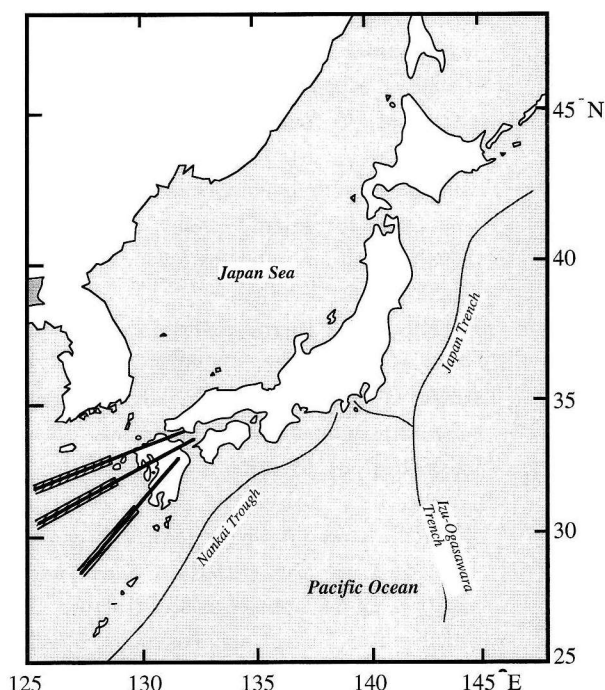


図3 短周期地磁気多点観測で推定された九州西方の上部マントル低比抵抗領域 (Shimoizumi, 1997 による)
図に示した3本の側線上で、低比抵抗領域が推定された場所を太線で表した。

(宮脇・谷本, 1997)。すなわち、朝鮮半島から華北地域にかけての Sino - Korea Craton とよばれる地塊は非常に形成年代が古いにもかかわらず、他の安定地塊の下に見られるような、高速度の「根」が見られないらしい。もちろん、大陸地塊の「根」がどのようにできるかという問題を抜きにして結論できない問題であるが、もともとあった「根」がブリュームの上昇流によって浸食されてしまったと考えれば説明がつく。

さて、マントルの電気比抵抗の分布にはこのような活動を示唆する証拠は見られるであろうか？そのような証拠の一つを、地磁気鉛直成分の短周期変化の異常分布から得ることができる。Handa et al. (1992) は中部および北部九州における3成分地磁気変化観測によって、九州西方の東シナ海下の上部マントルに低比抵抗層の存在を推定した。Shimoizumi (1997) は九州のほぼ全域における地磁気3成分の観測を行なったのに加えて、五島・男女群島・対馬など周辺の離島においても観測を行なうことによって、低比抵抗領域の広が

りをさらに詳しく調べた。その結果、図3に示すような範囲に深さ 50 km くらいを上面とした低比抵抗領域が見い出された。このような九州西部の上部マントルの構造は、北西九州の松浦地方に見られる玄武岩類の分布や同地域の第3紀の堆積盆地の形成にも関連しているのではないかと考えられている。これら北西九州の地学的特徴は、マントルにおける深部からの上昇流の存在とその結果引き起こされる下部地殻の浸食によって説明することができる (Nakada et al., 1997)。

このように見てくると、九州北西に存在が推定されるマントルの上昇流と朝鮮半島から華北地域にかけてのものがまったく独立な現象であるとはとても考えられない。両者は地理的にも近接しているし、そもそも図3で示しているように低比抵抗の領域の広がりはその九州側の縁が見えているに過ぎないのである。比抵抗構造をより確かなものにするためには、東シナ海で海底電

磁気観測を行なうことが最も直接的な解決法である。しかしながら、これは必ずしも容易ではない。注目している海域は水深が浅く、同時に漁業活動が非常に活発である。微妙な国境問題もある。観測装置を設置しても、回収する前に他国の漁船の漁網にかかってしまう可能性が大きい。また、この問題は解決できたとしても、強い流れのために装置の動揺によるノイズを克服する手段を講ずる必要がある。浅海用の電磁気観測装置は米国で開発が試みられているが、今のところあまりうまくいかないらしい。

筆者らのグループでは、離島をつないでいる電話用の海底ケーブルを利用して電場変動を観測して、海底下の構造を調べる試みを進めている。実際に長崎と五島(福江)を結ぶケーブルによる測定はすでに始まっている(田中・他, 1997)。さらに、他の離島ケーブルも利用できるかぎり利用し、さらに九州全域でネットワーク MT を実施することによって、九州からある程度海域に張り出したネットワーク MT 解析を実現したいと考

えている。また、近い将来朝鮮半島から中国東北部～沿海州にかけて、地磁気3成分変化観測やネットワーク MT を行ないたいと考え、韓国・中国・ロシアの研究者らとの間で準備を進めている。

あとがき

本稿は当初「ネットワーク MT について」の解説記事を書くように依頼されたものである。しかしながら、ネットワーク MT 法の解説を主題にするとあまりに技術的・専門的になってしまいかねないことを恐れ、表題および内容を改めさせていただいた。関連する地学現象としては、2つの例を紹介したが、どちらも定説という扱いを受けるには程遠いもので、これからの研究によって明らかにされなければならない問題が多く含まれている。後になって、まったく予想外の観測結果が得られてしまう可能性も十分にある。予想外の結果に対する驚きと次の目標設定のし直しの繰り返しは地球物理観測屋の日常であり、楽しみであるということもできる。

文 献

- Etheridge, M. A., V. J. Wall, and R. H. Vinton
1983, The role of fluid phase during regional metamorphism and deformation, *J. Metamorph. Geol.*, 1, 205-226.
- Glover P. W. J. and F. J. Vine, 1995, Beyond KTB-electrical conductivity of the deep continental crust, *Surveys in Geophysics*, 16, 5-36.
- Handa, S., Y. Tanaka, and A. Suzuki, 1992, The electrical high conductivity beneath the northern Okinawa Trough inferred from geomagnetic depth sounding in northern and central Kyushu, Japan, *J. Geomag. Geoelectr.*, 44, 505-520.
- Honkura, Y., 1983, Electrical conductivity anomalies beneath the Japan arc, *J. Geomag. Geoelectr.*, 35, 39-56.
- 宮脇訓晴・谷本俊郎, 1997, 最新 FARM データに基づく上部マントルの表面波位相速度分布, 地球惑星関連学会 1997 年合同大会予稿集, 131.
- Mori, T., 1987, Variations in the geoelectric field with relation to crustal conditions of the Earth, *Geophys. Mag.*, 42, 41-104.
- Nakada, M., T. Yanagi, and S. Maeda, 1997, in press Lower crustal erosion induced by mantle diapiric upwelling: constraints from sedimentary basin formation followed by voluminous basalt volcanism in northwest Kyushu, Japan, *Earth Planet. Sci. Lett.*
- 小川康雄, 1997, Magnetotelluric 法フィールドデータの最近の解決方法, 月刊地球, 17, 135-139.
- Olhoeft, G. R., Electrical properties of granite with implications for the lower crust, *J. Geophys. Res.*, 86, 931-936.
- Rikitake, T., I. Yokoyama, and Y. Hishiyama, 1952, The anomalous behaviour of geomagnetic variations of short period in Japan and its relation to the subterranean structure, *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, 30, 207-221.
- 笹井洋一, 1994, 松代群発地震の生成機構—自然発生的大規模水圧破砕, CA 研究会 1994 年講演論文集, 181-195.
- Sasai, Y. and H. Utada, 1997, in preparation A generating mechanism of Matsushiro, central Japan, earthquake swarm: Spontaneous hydraulic fracturing.
- Segawa, J., T. Yukutake, Y. Hamano, T. Kasuga, and H. Utada, 1982, Sea floor measurement of geomagnetic field using newly developed ocean bottom magnetometers, *J. Geomag. Geoelectr.*, 34, 571-585.
- Shimoizumi, M., 1997, Electrical conductivity anomalies beneath the western sea of Kyushu, Japan, Thesis, Kyushu Univ., pp. 162.
- 田中良和・大羽成征・歌田久司・下泉政志, 1997, 長崎～福江間の海底同軸ケーブルを利用した地電位観測 (2), 地球惑星関連学会 1997 年合同大会予稿集, 42.
- 巽 好幸, 1995, 沈み込み帯のマグマ学, 東京大学出版会, pp. 186.
- 上嶋 誠, 1997, ネットワーク MT 法, 月刊地球, 17, 140-146.
- Utada, H., Y. Hamano, and J. Segawa, 1996, Conductivity anomaly around the Japanese Islands, in *Geology and Geophysics of the Japan Sea*, Terra Scientific Publ., pp. 103-149.

マグマはどこから来るか

マントル部分溶融の3次元分布

佐藤博樹

はじめに

近年の地震観測網の高密度化により、地球内部の3次元構造が決定されるようになった。日本列島では特に密度の高い観測網に加え、地震活動も活発なため、地殻・マントルの詳細な3次元地震波速度構造が決定されている（例えば、小原・他、1986；佐藤・他、1989；Zhao et al., 1992）。これらの構造が示す特徴は、火山帯から日本海側のマントルで低速度の領域が広がっていること、火山下部にとりわけ顕著な低速度の領域が認められることである。温度が上昇し部分溶融（マグマ）が発生すると、一般に地震波速度は低下する（例えば、Murase and Kushiro, 1979）。そこでこれらの観測結果は、高温領域またはマグマの存在を示唆するものと考えられている。

我々はマントルを構成する岩石について、高压下で温度の関数として測定した速度を、地球内部構造と比較し、マントルの温度と部分溶融量を見積ってきた（例えば、Sato, 1992；佐藤, 1995b）。日本列島についてこれらの研究により、火山直下最上部マントルの顕著な低速度領域に、ほぼ2%（体積パーセント）までの部分溶融の存在が認められた。火山帯の直下でマグマを含む領域が最も広範囲にわたり、そこから日本海側に向かって、マントルの中深部に部分溶融域が存在する。本稿ではこれまでの我々の研究成果をまとめ、また東北日本下における部分溶融域の3次元分布を調べたので、その結果について報告する。さらに東北日本では、地下のマグマ活動との関連がしばしば議論される低周波微小地震の発生、および地殻内S波反射面の存在が確認されている（例えば、長谷川・他、1991；Hasegawa et al., 1993）。こ

れらの観測結果と部分溶融域との対応関係についても調べ、日本列島におけるマグマの発生と上昇経路について議論する。

活火山下のマントルに存在するマグマ

実験室内で地球内部の高温高压状態を再現し、マントルを構成する岩石の地震波速度を、温度と圧力（圧力は地球内部の深さに対応する）の関数として決定する。その結果を、地球内部を伝わる地震波によって求められたマントルの速度構造と比べ、地球内部の温度分布を見積る（Sato et al., 1989；佐藤, 1995a）。温度の上昇は岩石中に部分溶融、すなわちマグマを生じさせるので、地球上でおこる火成活動を理解する上で、温度構造を知ることは不可欠である。3次元の地震波速度構造は、詳細な温度分布とマグマの分布状態を調べるために大変有力な手段を提供する。

マグマが岩石中に発生しはじめる温度をソリダス温度といい、マントル岩石については、例えば40 km, 90 kmの深さでそれぞれ1230℃, 1420℃である（Takahashi, 1986）。実験室内の測定で岩石試料中に部分溶融を生じさせ、地震波速度の測定を行なっているので、その結果とあわせ、マントルにおけるマグマの分布状態を見積ることができる。このようにして実験室の測定結果と、日本列島下のマントルの縦波（P波）の速度構造から見積られる温度と部分溶融量を表1にまとめる。ここで実験室で決定された速度の測定誤差を考慮すると、部分溶融量が1%未満の地域におけるマグマの存在は定かでない（Sato et al., 1989）。したがって、求められた溶融量が1%以上の地域を表1に示した。

東北日本北部の恐山、八甲田山、一の目湯直下

表1 活火山下のマンツルの温度と部分溶融量

地 域	深さ km	温度 ℃	部 分 溶融量%
●東北日本 恐山・津軽 八甲田山・岩木山 一の目湯 岩手山・八幡平・秋田 焼山・秋田駒ヶ岳 栗駒山・鳴子・鳥海山 吾妻山・安達太良山・ 磐梯山 ●中部日本 日光白根山・赤城山 浅間山・草津白根山 富士山 伊豆・駿河湾 遠州灘 ●九 州 阿蘇山・雲仙	81.5	1430	2
	48.5	1310	2
	81.5	1430	2
	48.5	1300	1
	65	1360	1
	40	1270	1-2
	50	1300	1
	65	1360	1
	40	1270	2
	50	1310	1-2
	40	1270	1-2
	60	1340	1
	80	1420	1
	90	1470	2
	40	1270	2
	65	1360	1
	40	1270	2
	50	1310	2
	47	1310	3
	62	1350	1
	40	1270	2
	50	1310	2
	83	1430	1
	40	1270	1
	50	1300	1
	60	1340	1

からその日本海側のマンツルで、縦波について 7.35-7.4 km/s の顕著な低速度が得られており (佐藤・他, 1989), 2% までの部分溶融量と 48.5 km の深さで 1310 °C, 81.5 km の深さで 1430 °C が求められる。また Hirahara et al. (1989) や Ishida and Hasemi (1988) によって決定された関東東海地方下のマンツルの顕著な低速度 (7.25-7.55 km/s) についても、例えば富士山の下で 3% まで、伊豆・駿河湾の下で 2% までの部分溶融量が求められる。さらに阿蘇山・雲仙の下でも部分溶融の存在が期待される。このように日本列島の活火山下の顕著な低速度領域に部分溶融は認められ、島弧の火山活動の根 (マグマの供給源) は、少なくともマンツルの低速度層までたどれることがわかる。

マグマの 3 次元分布と地震活動

上で述べた手法に従い、Zhao et al., (1992) による 3 次元地震波速度構造と実験室の測定データから求めた、東北日本下のマンツルにおけるマ

グマの分布の 3 次元表示を図 1 (a)~(e) (折込みカラー図) に示す。ここでも溶融量が 1% 以上の地域について溶融域をマッピングした。

図 1 に示した東北日本下のマンツルにおけるマグマの分布の特徴は、以下のようにまとめられる。110 km 以深で溶融量は 1% 未満であり、マグマの存在は定かでない。110~100 km の深さで 1% 以上の溶融域が現れはじめる。約 90 km と 65 km の深さで溶融域は広範囲にわたり、40 km の深さ (最上部マンツル) で最も広範囲にわたっている。この深さでは、特に火山帯の直下で溶融量が最も多い (3% まで)。マグマを含む領域はシート状でも柱状でもなく、数十 km ほどの大小のダイアピルのような塊となってマンツル中深部に存在し、溶融域は日本海側で深くなっている。火山帯の太平洋側でマグマの噴出量が最も多いことや、日本海側で火山岩中のアルカリ元素が増加すること (マグマの分離深度が深くなること: 例えば、久野, 1976) などは、このような溶融域の分布に起因していると考えられる。

今回求められた溶融量は高々 3% であるが、この結果は 3% をこえる溶融域が存在しないということを主張するものではない。今回求められた溶融域内に、10 km 以下のサイズの高部分溶融域 (例えばマンツルダイアピルに対応する領域) が存在する可能性はある。地震波速度構造の空間分解能では、数 km 幅の速度変化をとらえることができないため、高溶融量の微小領域を、低溶融量の幅広い領域に置き換えてみている可能性がある。顕著な低速度領域の中心部 (特に 10 km 以下のスケールの領域) には、3% より高い溶融量の領域が存在する可能性はある。

図 1 にはまた、縦波の速度が平均的な速度から 3% 低下している領域のコンターも示した。このコンターの内部で速度はその平均値より 3~6% 低い。この低速度域も、深部 (100 km 以深) では比較的せまい領域に限られているが、約 90 km と 65 km の深さで広範囲にわたり、40 km の深さで最も広範囲にわたっている。110~90 km の深さでは日本海側に 3 つから 4 つの低速度域が認められる。80~70 km の深さでは、2 つの

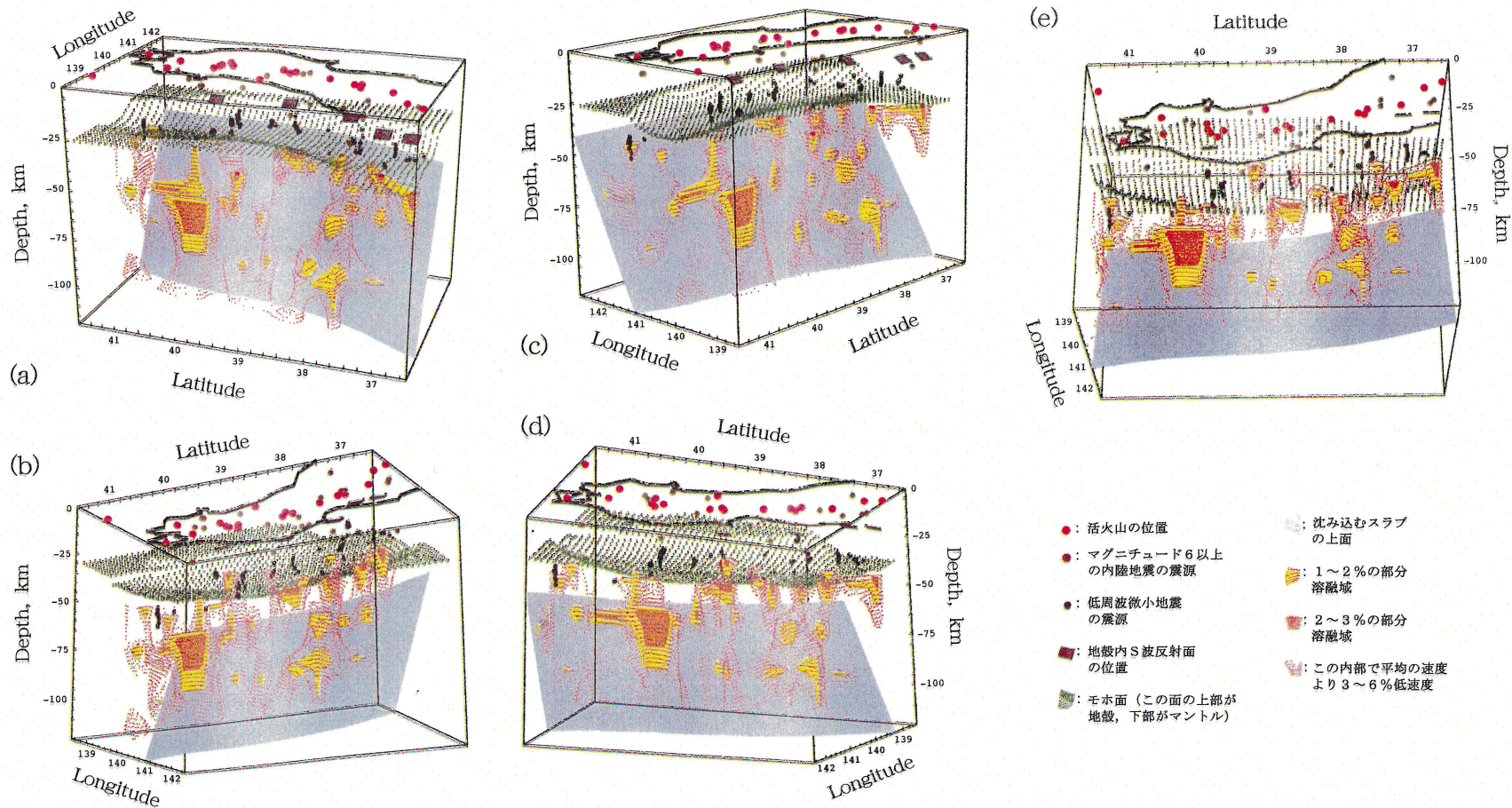


図1 東北日本下のマントルにおけるマグマ(部分溶融域)の3次元分布と地震活動
東北日本の地殻とマントルを日本海側の南西上空(a), 南西下方(b), 北西上空(c), 北西下方(d), 真西下方(e)から眺めた図をそれぞれ示す(記号の説明は(e)図の下に表示)。縦軸に深さ(0~100 km)を、横軸に緯度(37~41°)を示し、これらに直交するもう一つの軸が経度(139~142°)である。マグマの分布状態が良く観察できるような深さ方向に3.2倍拡大して示した。すなわち50 kmの深さに対応する水平方向の距離は160 kmである。これらの図から明らかなように、火山帯直下の最上部マントル低速度領域に、広範囲にわたる溶融域が認められ溶融量も多い。特に森吉山・秋田焼山・八幡平・秋田駒ヶ岳、栗駒山・鳴子・吾妻山・磐梯山・安達太良山などの火山がまとまって存在している地域の下から、日本海側のマントル中深部にかけて比較的大きな溶融域が認められる。また地殻内S波反射面と低周波微小地震の震源はマントルにおけるマグマの存在と対応が良く、相互が密接に関係していると考えられる。

比較的大きな低速度域が火山群（森吉山・八幡平・岩手山などと、吾妻山・安達太良山・磐梯山などの地域）の下方に認められ、それらが浅部で細かく枝分かれし、東北日本の火山直下まで到達している様子がうかがえる。秋田県男鹿半島下（図中最も大きな溶融域を含む領域）、および北緯37.5°～39°度付近の下のマントルに特に大きな低速度領域が見られる。前者の低速度域は、深部から約60 kmの深さにわたって分布し、60 kmほどの深さで逆L字型の溶融域のほうにのび、そこから先細りして最終的に森吉山の下のもホ面直下まで続いている。後者の低速度域は、深部で枝分かれていたものが約100 kmの深さで合体し、約50 km以浅で再び3方向に枝分かれし、火山帯直下の最上部マントルまで続いている。そこでは3%までの部分溶融が認められる。3方向のうち1つは蔵王山周辺下へ、もう1つは吾妻山周辺下へ、そして残りの1つは安達太良山周辺下へと伸びている。ここで述べた2つの大きな低速度領域の間にも、図1に示されているようにもう1つの低速度域が存在している。この低速度域は約80～60 kmの深さで一旦認められなくなるが、深さ60 kmからもホ面直下では比較的大きな低速度域を形成している。その直上には栗駒山、鳴子などの活火山がまとまって存在している。これらの低速度域の内部に局在する部分溶融塊が、島弧の火成活動を引き起こしている。溶融塊はそれぞれ独立で、大きいものでは1%以上の部分溶融域が 10^4 km^3 程度の体積をもち、溶融量は 100 km^3 （ $=10^4 \text{ km}^3 \times 1\%$ ）を越える。日光白根山と那須岳直下の最上部マントルで溶融量は高くほぼ 150 km^3 、鳴子と栗駒山の直下では 110 km^3 程度である。このような大量のマグマはそのほとんどがマントルおよび地殻内で固化し、地表に噴出するのはごく一部であると考えられる。

図1にはさらに、地震波の横波（S波）を反射する地殻内S波反射面と、卓越周波数が一般の地震に比べ低い低周波微小地震の震源の位置も示した。図から明らかなように、最上部マントルの部分溶融域およびその周辺に反射面と低周波微小地震が分布し、これらの空間的な対応関係は非常に

よい。東北日本（とその周辺）で今日までに確認されている5つの地殻内反射面（秋田県森吉山、宮城県鬼首、福島県吾妻山、福島県檜枝岐、日光足尾地域の地下：Hasegawa et al., 1993）についてこの対応関係はよい。また図1には、1931年以降に発生したマグニチュード6以上の内陸地震の震源も示した。興味深いことに、これらの震源も溶融域およびその周辺に分布している。マグマの移動や貫入による地殻内応力の変化、あるいは火山周辺部における応力集中などが、内陸地震の発生にも寄与する可能性がある。

地域別に見たマグマの分布と地震活動の特徴

個々の地域について、マグマの分布と火山、低周波微小地震、地殻内反射面および内陸地震との対応関係を以下にまとめる。

(1) 恐山周辺 恐山直下には低速度域が存在し、その低速度域内部の40～46 kmの深さに2%までの溶融量が認められる。この溶融域の周辺36～47 kmの深さにわたって低周波微小地震が発生している。

(2) 岩木山・八甲田山周辺 これらの火山の直下40～58 kmの深さでは深さ方向に、58～68 kmの深さでは緯度方向にかけて、細長い形をした逆L字型の比較的大きな溶融域が見られ、溶融量は1～2%である。この溶融域の最上部マントルには2～3%の溶融域がわずかに認められる。また岩木山の西、東経140度付近の、青森県臼神岳周辺から男鹿半島周辺にかけて、62～92 kmの深さに非常に大きなダイアビル状の溶融域が認められる。中心部の溶融量は3%と高い。この溶融域と先程の逆L字型の溶融域はほぼ30 km隔てて互いに独立に存在し、両者とも緯度方向にそって細長く分布している。八甲田山の南東に位置する最上部マントルには、一つではあるが低周波微小地震が認められる。また八甲田山と恐山の中間の太平洋側に内陸地震の震源が2つ認められる。

(3) 森吉山・秋田焼山・八幡平・秋田駒ヶ岳周辺 このあたりは火山が集中しているが、その直下40～42 kmの深さに1～2%の小さな溶融域

が存在しているだけで、浅部にはあまり大きな溶融域は認められない。しかしこれらの火山の下に低速度域は存在し、その低速度域を日本海側にたどっていくと、62~70 km および 54~70 km の深さに1~2%の、中心部が3%までの溶融域が認められる。さらに日本海側のマントル中深部には、(2)で述べた大きなダイアピル状の溶融域が存在している。最上部マントルに低速度域が認められる岩手山周辺の下部地殻には、低周波微小地震の震源が24~37 kmの深さにかけて鉛直方向に並んで数多く存在している。また森吉山直下には地殻内S波反射面が存在し、その下にも29~32 kmの深さにかけて低周波微小地震の震源が鉛直方向に並んで数多く存在している。これらの火山の日本海側の上部地殻には、1931年以降4つの内陸地震が発生している。

(4) 鳥海山周辺 鳥海山の直下には低速度域が存在し、その内部の88~94 kmの深さに1~2%の溶融域が認められる。僅かだがその中心部に3%の溶融域が存在する。また日本海側には62~68 km 及び 88~94 kmの深さに1~2%の小さな溶融域が、40~48 kmの深さには3%の溶融量を含む溶融域が認められる。鳥海山周辺では現在のところ低周波微小地震は観測されていないが、日本海側には内陸地震の震源が1つ認められる。

(5) 栗駒山・鳴子周辺 これらの火山直下にも低速度域が認められ、その内部40~50 kmの深さに比較的大きな溶融域がある。中心部の溶融量は3%と高い。この地域の日本海側には、先ほど鳥海山のところで述べた溶融域の分布が認められる。宮城県鬼首の下方には地殻内S波反射面が存在し、そのやや東側の深さ23~31 kmにかけて低周波微小地震の震源が鉛直方向に数多く並んで存在している。また栗駒山の北側27~30 kmの深さにも数多くの低周波微小地震と、1つではあるが内陸地震が認められる。この地域の太平洋側にも内陸地震が2つ認められる。

(6) 蔵王山 蔵王山周辺の直下にも低速度域が存在し、その内部の40~52 kmの深さに3%までの部分溶融が認められる。周辺の25 kmと37 kmほどの深さには2つの低周波微小地震の

発生が認められ、また太平洋側に1つ、日本海側には2つの内陸地震も認められる。日本海側の溶融域については次の(7)で述べる事が蔵王山にも当てはまる。

(7) 吾妻山・磐梯山・安達太良山周辺 これらの火山の直下にも低速度域の存在が認められる。蔵王山からこれら3つの火山にかけての日本海側のマントル中深部には、5つほどの溶融域が存在している。まず40~44 kmの深さと86~92 kmの深さに2%までの溶融域が認められ、わずかだがその中心部には3%の溶融域がある。62~74 kmの深さと88~90 kmの深さにも2%までの溶融域が認められる。また82~108 kmの深さには深部から浅部にむかって成長したような比較的大きな1~2%の溶融域が認められる。わずかだがその中心部は3%の溶融量となっている。これら3つの火山の直下からやや太平洋側の深さ60~66 kmと40~48 kmには1~2%の、中心部がわずかに3%までの溶融域も認められる。吾妻山の下には地殻内S波反射面が認められ、その直下および周辺には低周波微小地震が15~33 kmの深さにかけて数多く発生している。

(8) 那須山・日光白根山・赤城山周辺 那須山直下の40~50 kmの深さに、また日光白根山・赤城山周辺直下の40~54 kmの深さにそれぞれ3%までの溶融域が認められる。これら2つの溶融域は浅部(深さ40~42 km)で連結している。那須山直下の溶融域の下、58~68 kmの深さにも1~2%の、中心部がわずかに3%までの溶融域が認められる。那須山の西側、福島県松枝岐地域下には地殻内S波反射面が認められ、その下部地殻には低周波微小地震が26~30 kmの深さにわたって数多く発生している。また赤城山の東側、日光足尾地域にも地殻内S波反射面が認められ、さらにその東側の下部地殻27~29 kmの深さで低周波微小地震が数多く発生している。これらの低周波微小地震の震源と地殻内S波反射面の間に2つ、また那須山の日本海側に1つ、内陸地震の発生が認められる。これらの地域の最上部マントル低速度域は(7)で述べた低速度域とつながっており、その日本海側の4つの溶融域へ

と続いている。

マグマの上昇経路

今回の溶融域のマッピング結果、および低周波微小地震と地殻内反射面との対応関係から、東北日本におけるマグマの発生とその上昇経路について以下のようにまとめられる (図2参照)。マントル深部からの上昇流の中に、約 110 km 以浅で減圧により部分溶融が生ずる。数十 km サイズの独立した溶融塊が上昇流の中に形成され、モホ面直下まで上昇する。上昇の途中で一部のマグマは溶融塊から分離し、日本海側の火山の活動を引き起こしたであろう。上昇してきた部分溶融塊はモホ面に停滞し、そこでマグマを分離する。その間に結晶分化作用も進行するであろう。モホ面下に停滞した部分溶融塊の熱によって、一部の下部地殻物質は融解し、また変成作用をうける。溶融塊からマグマが分離し、低周波微小地震を引き起こしながら延性的な (ductile) 下部地殻内を上昇してゆく。さらに脆性的な (brittle) 上部地殻の割れ目 (断層面) を押し開き、また新たなクラックを作りながら地殻内反射面を形成し、更に浅部では開いたクラックや結晶粒界を伝わってマグマ溜り内へと集積してゆく。脆性的な上部地殻におけるマグマの移動はまた、地殻内の応力を

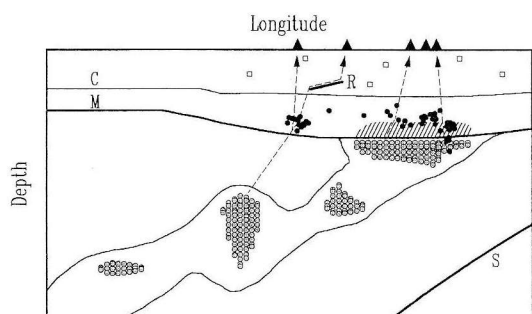


図2 東北日本におけるマグマの上昇経路
(東北日本下の地殻とマントルの東西鉛直断面図を示す。点線と矢印：推定されるマグマの上昇経路、黒三角：火山、丸のハッチ：1～3%の部分溶融域、実線の内部：3～6%低速度の領域、斜線部：下部地殻の溶融、黒丸：低周波微小地震の震源、白四角：内陸地震の震源、R：地殻内S波反射面、C：コンラッド面、M：モホ面、S：スラブ上面)
火山、低周波微小地震およびS波反射面の下方のマントル低速度領域に、部分溶融 (マグマ) が認められる。火山帯の下で部分溶融域が広範囲にわたり、そこから日本海側に向かって溶融域が深くなっており、島弧火山の根 (マグマの供給源) がマントル深部 (100 km 以深) にあることを示唆している。

変化 (増加) させ、内陸地震 (被害地震も含め) の発生にも寄与すると思われる。モホ面直下の溶融塊からの連続的なマグマの供給により、その一部は地表へ噴出して火山を形成し、残りの部分は地下で固結し、島弧の地殻を形成すると考えられる。

日本列島の火山のマグマは、マントルに局在する部分溶融塊から供給されている。特に火山帯の下で最上部マントルで溶融域が最も広範囲にわたり、溶融量も多い。火山帯における広範囲にわたる火成活動は、この最上部マントルの溶融域によるものである。マントルの平均的な温度は 40 km の深さで約 1000 °C、90 km の深さで約 1200 °C である。溶融域はこれらの温度よりも 200～300 °C 高温であり、40 km、65 km、90 km の深さでそれぞれ約 1270 °C、1360 °C、1460 °C である (Sato, 1992; 佐藤, 1995b)。この溶融域のもつ熱によって、それに隣接する下部地殻の融解が進行し、カコウ岩質マグマが生成される可能性がある。実際、日光白根山、蔵王山、栗駒山、秋田駒ヶ岳などの地域では、今回求めた部分溶融域の直上の下部地殻が低速度となっている (Zhao et al., 1992)。一部の地殻物質は下部地殻の溶融によって形成されるであろう。

今回明らかとなった局在する部分溶融塊の存在は、島弧の火山が有限の寿命をもつことと調和的である。マグマの供給源である溶融塊が冷えて固まれば、火山活動も停止するであろう。図1に示されているように、溶融塊はほぼ数十 km 間隔で存在している。溶融塊の上昇速度をスラブの沈み込み速度 (約 10 cm/year) と同程度とすれば、一つの溶融塊がモホ面直下まで上昇した後、次の溶融塊が上昇してくるまでに数十万年かかることになる。この時間が島弧火山の寿命と一致するのは興味深い。また溶融域は日本海側で深くなっており、これが東北日本の横断面に沿う、火山岩の化学組成変化を引き起こす一つの要因であると考えられる。

おわりに

富士山、雲仙、およびその他の中部日本や東北

日本の活火山の地下深部（マントル）に、部分熔融すなわちマグマの存在が認められた。今回求められた熔融量のほんの一部（例えば 0.1%）が地表に噴出しても、先の雲仙普賢岳の噴火にて流出したマグマの量がほぼ供給される。とは言え、ほとんどのマグマは地下深くでそのまま冷えて固まったり、地表へ上昇する途中で固まってしまうため、マグマが地下深くにあるからと言って、直ちに火山の噴火活動と結びつけるわけにはいかない。いずれにせよ日本列島の活火山の下にはマグマが存在すると思われるので、今後の火山災害の防災にとって、火山体周辺における観測体制の強化は不可欠である。

今回の結果は、日本列島の火成活動を引き起こすマグマの起源が地下深部にあることを示唆している。この場合一つの可能性として、深部から高温物質が上昇し、その内部にできる部分熔融塊がマグマの供給源であるといった見方ができる。またもう一つの考え方として、従来指摘されてきたように、沈み込むスラブから供給される水が地下の岩石の融点を下げ、マグマを発生させるということも可能である（例えば、Tatsumi, 1989; Peacock, 1990）。実際にはこれら 2 つの効果が働いて、地表の火成活動が引き起こされているのかも知れない。

引用文献

- 長谷川 昭・趙 大鵬・山本 明・堀内茂木, 1991, 地震波からみた東北日本の火山の深部構造と内陸被害地震の発生機構, 火山, 36, 197-210.
- Hasegawa, A., A. Yamamoto, D. Zhao, S. Hori, and S. Horiuchi, 1993, Deep structure of arc volcanoes as inferred from seismic observations, Phil. Trans. R. Soc. Lond., A342, 167-178.
- Hirahara, K., A. Ikami, M. Ishida, and T. Mikumo, 1989, Three-dimensional P-wave velocity structure beneath central Japan: low-velocity bodies in the wedge portion of the upper mantle above high-velocity subducting plates, Tectonophysics, 163, 63-73.
- Ishida, M. and A. H. Hasemi, 1988, Three-dimensional fine velocity structure and hypocentral distribution of earthquakes beneath the Kanto-Tokai district, Japan, J. Geophys. Res., 93, 2076-2094.
- 久野 久, 1976, 火山及び火山岩, 岩波書店, 東京, pp. 1-238.
- Murase, T. and I. Kushiro, 1979, Compressional wave velocity in partially molten peridotite at high pressures, Carnegie Inst. Wash. YB, 78, 559-562.
- 小原一成・長谷川 昭・高木章雄, 1986, 東北日本における地殻・上部マントルの三次元 P 波及び S 波速度構造, 地震 2, 39, 201-215.
- Peacock, S. M., 1990, Fluid processes in subduction zones, Science, 248, 329-337.
- Sato, H., 1992, Thermal structure of the mantle wedge beneath northeastern Japan: magmatism in an island arc from the combined data of seismic anelasticity and velocity and heat flow, J. Volcanol. Geotherm. Res., 51, 237-252.
- 佐藤博樹, 1995a, ソリダス温度における弾性波速度の見積りと低速度層の温度構造, 地震 2, 48, 131-137.
- 佐藤博樹, 1995b, 地震波速度構造から求めた日本列島上部マントルの温度と部分熔融量—島弧におけるマグマの発生, 地震 2, 48, 139-149.
- Sato, H., I. S. Sacks, and T. Murase, 1989, The use of laboratory velocity data for estimating temperature and partial melt fraction in the low velocity zone: comparison with heat flow and electrical conductivity studies, J. Geophys. Res., 94, 5689-5704.
- 佐藤魂夫・中山耕治・田中和夫・長谷見晶子, 1989, 東北地方北部の三次元 P 波速度構造, 地震 2, 42, 419-437.
- Takahashi, E., 1986, Melting of a dry peridotite KLB-1 up to 14 GPa: implications on the origin of peridotitic upper mantle, J. Geophys. Res., 91, 9367-9382.
- Tatsumi, Y., 1989, Migration of fluid phases and genesis of basalt magmas in subduction zones, J. Geophys. Res., 94, 4697-4707.
- Zhao, D., A. Hasegawa, and S. Horiuchi, 1992, Tomographic imaging of P and S wave velocity structure beneath northeastern Japan, J. Geophys. Res., 97, 19909-19928.

地震による人的被害の予測と実際

住家被害と死者数の関係を中心として

諸井孝文 宮村正光

はじめに

一昨年（平成15年）の阪神淡路大震災は、関連死を含め6400名以上の尊い命が犠牲となる戦後最悪の自然災害であった。この大震災をふまえ、各地において地域防災計画の見直しが進められている。災害対策基本法によって、全国の自治体ではそれぞれの地域に対する防災計画の策定が義務づけられている。その前提となるものが、地震が発生した場合、どの程度の揺れに見舞われ、どのような被害が生じるのかを予測する、被害想定という作業である。

これまでの地震被害想定では、関東大地震や南海地震のように対象地域が過去に経験した最大規模の地震を想定地震としているところが多い。阪神淡路大震災以降は、「直下型地震」と「震度Ⅶ」をキーワードとして想定地震が見直されている。また、物的・人的な想定被害数の算定は過去の震災データの回帰分析に基づく被害予測式を根拠にしていることがほとんどであるため、データの種類と分析方法によっては予測結果が大きく異なることもあり得る。

地震被害の中で最も悲惨なものは、いうまでもなく死傷者や行方不明者という人的な被害の発生であろう。人的被害を抑制するためには、地震による被害者数を正確に予測し、それを極力低減する有効な防災対策を立案することが重要である。本稿では、主に住家被害による死者数の予測を対象として、まず人的被害に関する既往の研究と種々の予測式を概観し、次に阪神淡路大震災などの被害データの分析を通して人的被害予測の現状と今後の課題を示す。

人的被害に関する既往の研究

(1) 評価・分析の方法 地震による人的被害あるいは人的被害予測に関する研究は、すでに多くの蓄積がある。太田ら（1983）によれば、福井地震以前の被害記録を分析した河角（1954）の研究は特に有名で、地震被害予測を行なう上での基本的な考え方として位置づけられている。河角は種々の考察の結果、死者数 D の発生要因を全壊家屋数 H に集約し、次のような簡明な式を提案した。

$$D=0.01\times H^{1.3}$$

これに対し太田らは、死者の発生プロセスが地域特性や社会環境によって左右されるため、これらの因子を予測式に加える必要性を指摘している。人的被害の研究は、このような被害要因をもれなく見つけだし、各々の要因が死傷者の発生規模にどれだけ関与するかを、時代や地域の違いを超えて精度良く評価することが目的と言って良い。

人的被害の研究は、大きく次の3つに分類できる。

① マクロ分析——上記、河角の式に代表されるように、人的被害の要因を設定し、過去の震災データの回帰分析によって死傷者数の予測式を求める。主要因を表わすパラメータとして、倒壊建物数（率）、焼失建物数（率）、津波そ上高さ、地震動強さ（震度等）などが用いられている。また二次的要因として、建物の耐震性、地震発生の季節・時刻などが考えられている。さらに最近の研究では、地震の型（海洋型・内陸型）や震源距離を因子とすることで、人的被害に及ぼす建物倒壊モードを考慮することが提案されている〔宮野・呂（1995）〕。

② ミクロ分析——個々の地震被害についてヒヤ

リングやアンケートなどを通じた詳細な実態調査を行ない、マクロ分析における各々の要因の影響度を評価する。死傷者数の予測式を現実的なものにすると同時に、人的被害の発生メカニズムを明らかにすることによって効果的な防災対策のための基礎的研究となる。

- ③ 確率論的分析——上記2種類の研究では死傷者数の確定値が算出されるのに対し、この方法は地震被害の発生事象を確率過程としてとらえ、被害要因の連関分析によって死傷者の発生確率を求める。確率論的な評価であるため、死傷者数は上限値・下限値のような形で算出される。比較的新しい研究である。社会構造の複雑化とともに、人的被害を単体で分析するのではなく、都市の防災ポテンシャルといった観点から総合的に評価することが必要となっている。

(2) 人的被害の予測式 地震による人的被害が数値的に示され社会的関心を呼んだものに、関東大地震の再来による東京の死者数の予測がある。東京都防災会議は1978年に東京区部で35675人、1985年に多摩地区で1658人と予測し、さらに1991年には区部・多摩合計で9363人という予測値を算定した。一方で国土庁は、南関東全体で15万人という推定死者数を1988年に発表している。こうした予測結果の差異は、被害予測に用いたマクロモデルの違いに起因すると思われる。しかし数値の大小を問題とするよりも、マクロモデルのどの部分が結果に大きく影響するのか、モデル化の前提条件が実際の被害を正確に説明するのかなどの検討が大切であろう。

既往の地震被害データの回帰分析による人的被害の評価式が、河角の式以外にもいくつか発表されている。これらは必ずしも被害予測を意図して作られたものではないが、以下にそのうち実際の被害想定に用いられている例をあげる。

東京都防災会議は1978年の被害想定において、建物の全壊・全焼による死者のほか半壊建物の影響も考慮して次の予測式を導いている。

$$\log_{10} D = 0.95987 \log_{10} H' - 1.02912$$

ここに、D：死者数、H'：補正被害棟数（＝全

壊数＋0.5×半壊数＋全焼数）である。この式は関東大地震・北丹後地震・北伊豆地震・南海地震・福井地震という比較的被害の大きい地震のデータを回帰したものである。

東京都多摩地域の被害想定（1985年）では、関東大地震と東南海地震における全壊率5%未満の地域の住家被害数と死者数の関係に基づいた、次の回帰式を適用している〔望月（1993）〕。

- 延焼火災が発生する地区

$$D = 0.093 X^{0.749} Y^{0.179}$$

- 延焼火災が発生しない地区

$$D = 0.059 X^{0.764}$$

ここで、X：全壊数＋0.5×半壊数、Y：全焼数である。

太田ら（1983）は、浜田地震（1872年）から宮城県沖地震（1978年）までの35の地震被害を分析し、死者数を全壊家屋数、火災の規模、地震の時間帯、および家屋の耐震性を表わす時代区分で次のように回帰した。

$$D = 1.45 H^{0.93} \times C_1 \times C_2 \times C_3$$

ここに、H：全壊数、またC₁、C₂、C₃はそれぞれ火災規模・時間帯・時代に応じた係数である。太田らの式は、形を多少変えて川崎市の被害想定（1988年）に用いられている。

塩野・小坂（1989）は、関東大地震の被害データのうち焼失家屋および流失家屋のない市区町村を選び、全壊棟数と死者数の関係を分析した。その結果、log₁₀（死者数／全壊数）の分布が正規分布とみなせることから、次式の関係を求めた。

$$D = 0.0676 H$$

東京都防災会議（1991）は、この式に対し、関東大地震当時（1923年）の「全壊」と現在の被害想定における「大破」の違いを指摘している。このことから1991年の被害想定では、大破棟数の3分の1を全壊棟数とみなすのが適当であるとし、上式を変形してD＝0.0225 Hとしている。また、静岡県第2次被害想定（1993年）では、大破棟数から全壊棟数への変換のほかに、居住者数の違いによる補正係数と東海地震に対する警戒宣言発令の効果が加味されている〔岩田（1994）〕。

塩野ら（1991）は、震災時の救命活動の支援を

表1 兵庫県南部地震による
神戸市の被害

神戸市の被害	
死者数	4,567
全壊棟数	67,421
半壊棟数	55,145
全焼棟数	6,965
被災前の状況*	
人口(平成5年)	1,509,395
家屋棟数(同上)	526,139

* 神戸市：第70回神戸市統計書
(平成5年度版)

目的とした人的被害の即時推定のなかで、建物の構造種別を11分類して全壊率(全壊数/全棟数)と死亡率(死者数/人口)の関係を次のように求めた。

$$d = C \times h^{1.6}$$

ここで、 d ：死亡率、 h ：全壊率、 C ：構造種別ごとの係数である。米国の Risk Management Solutions, Inc. (1995) はこの式を用いて、関東大地震の再来による南関東の死者数を3万人～6万人と予測している。

以上の人的被害予測式は主として建物被害を要因として死者数を推定するものであるが、これらに対して山崎(1995)は死亡率を震度の関数とした次式の回帰式を表わし、神奈川県西部(小田原)地震に対する神奈川県の被害想定(1993年)に適用した。

$$d' = 2.27 \times 10^{-5} \times (I - 3.5)^{3.4}$$

ここで、 d' ：死者+重傷者(率)、 I ：アンケート震度である。時代変化に対応した予測式を構築する目的で、伊豆半島近海地震(1978年)から釧路沖地震(1993年)という近年7地震のデータから求めている。最近では、

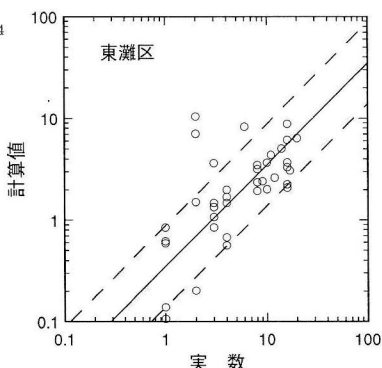


図1 死者数の実数と太田らの式による計算値の比較
(実線は $\log$ [計算値/実数] の平均値、破線は平均からの標準偏差を表す)

表2 各種予測式による推定死者数

予測式	推定死者数
河角(1954)	18,942
東京都防災会議(1978)	6,002
同上(1985)*1	2,428
太田他(1983)	3,160
塩野・小坂(1989)	4,558
塩野他(1991)*2	5,638
山崎(1995)*3	2,428(I=7), 772(I=6)

*1 延焼火災が発生する地区として算定。

*2 構造種別は全て Wood frame with good infill walls とした。

*3 死者数+重傷者数。

東京消防庁の地震被害予測システムがⅠを気象庁震度におき直して採用している[大津(1997)]。

試みにこれらの予測式を、神戸市からインターネットで配信されている同市の被害状況(表1)にあてはめてみる。結果は表2のとおりである。数値の差異を議論するつもりはなく、各予測式の前提条件の違いを考えると異なった結果になるのは当然といえる。大切なことは、どういった社会背景をもつ地域にどの程度の地震被害を想定しているのか、それぞれの予測式が生まれた背景を正しく理解し、対象地域の被害想定に際して的確な運用を心掛けることである。また太田ら(1983)の式を町丁目単位に適用した結果[諸井・宮村(1996)]を図1に示す。既往の予測式によって、町丁目単位といったマイクロレベルの人的被害も概ね説明できることがわかるが、一方で実際の死者

数と大きく異なっていたところもある。このことは、小地域の被害想定を行なうには地域ごとの被害発生メカニズムを考慮する必要性を示している。一般に、地震被害の分析単位を細かくすることによって、地域特性の影響が被害要因に敏感に作用する。ミクロレベルの被害想定には、これらについての緻密な検討が必要である。

地震災害と気象災害による死傷者数の推移

災害対策基本法は、5000 余名が犠牲となった伊勢湾台風（1959 年）を契機として 1961 年に制定された。この法律は、国・地方公共団体、その他の公共機関の防災に関する役割分担を明確化し、計画的な防災行政を推進することによって災害の予防および災害発生時の応急対策、復旧・復興対策の円滑化を図るためのものである。

図 2 は、わが国の気象災害および地震災害による死者・行方不明者数と負傷者数の時代的推移を示している。災害対策基本法に基づく防災体制の整備や国民の防災意識の向上によって自然災害の

犠牲者は激減したといわれているが、これを見ると、気象災害による死者・行方不明者数は 1960 年を境にして確かに減少していることがわかる。一方で、地震災害の犠牲者数にはそういった傾向は明らかではない。つまり、1948 年の福井地震以降では、死者 1000 名を超えるような地震被害がなくなったわけではなく、そのような大震災をもたらす地震が幸運にも発生しなかっただけといえる。また負傷者数に関しては、重傷・軽傷が混在していること、地域・時代によって合算される負傷者数が異なる（病院が遠いため多少のけがは自分で治すなど）と考えられることにより数値の信頼性に疑問はあるものの、時代の進行に伴った減少傾向はみられない。このことから、現代においても自然災害に対する防御は決して万全ではなく、人的被害の発生危険度は依然として大きいことを認識しなければならない。

図 3 は、明治以降の人的被害地震の震央位置について、死者・行方不明者数を円の大きさとして表わしている。明治以降の 100 年あまりをプロットしたものであるが、地震による人的被害に無関

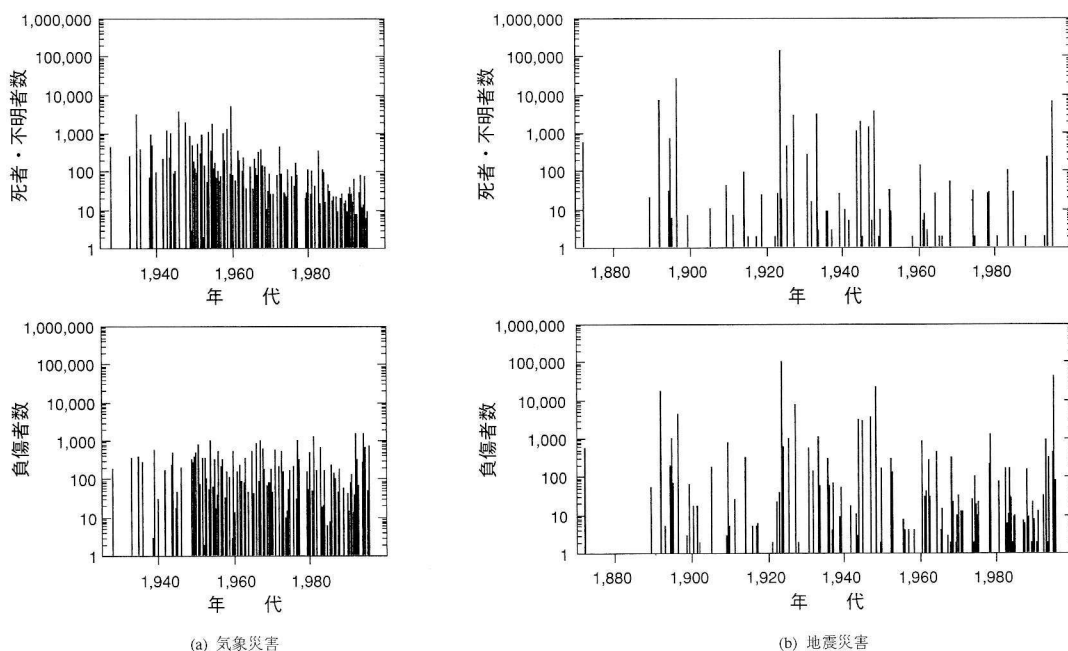


図 2 気象災害および地震災害による死者・行方不明者数と負傷者数の推移

（『理科年表』平成 9 年，宇佐美龍夫：『新編日本被害地震総覧』増補改訂版，1996 年 8 月を基に作成）

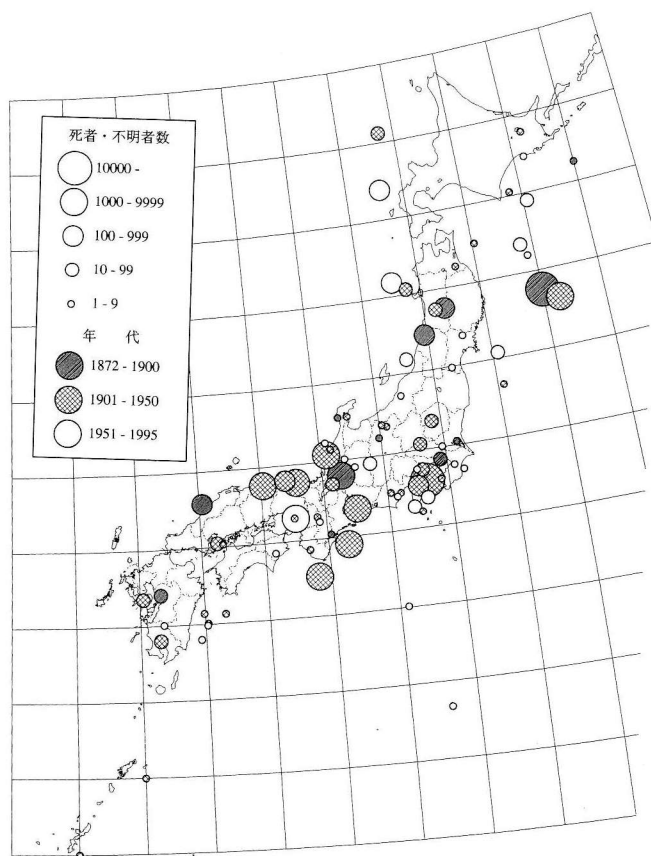


図3 死者・行方不明者数で分類した明治以降の被害地震の震央分布
(宇佐美龍夫：『新編日本被害地震総覧』増補改訂版，1996年
8月を基に作成)

係な地域はなく，全国各地に防災対策が必要不可欠であることがわかる。この図は地震のマグニチュードで分類した通常の震央分布図と異なった表情を見せている。これは，震災の大きさは地震の規模のみで論じられず，地震が襲う地域の都市化の度合いや人口構成・社会背景・生活様式などを考慮に入れる必要性を示唆している。

阪神淡路大震災における 人的被害

阪神淡路大震災における建物被害の調査結果は種々の機関から公表されている。このうち建設省建築研究所の被害調査報告書（1996）には，被災建物が低層・中高層，建物用途で分類され，町丁目および街区ごとに集計された結果が CD-ROM に納められている。図4は，このデータを用いて戸建住宅の大破率を町丁目ごとに地図上に表わしたものである。図は，被害の著しい神戸市6区（東灘・灘・中央・兵庫・長田・須磨）と芦屋市・西宮市について

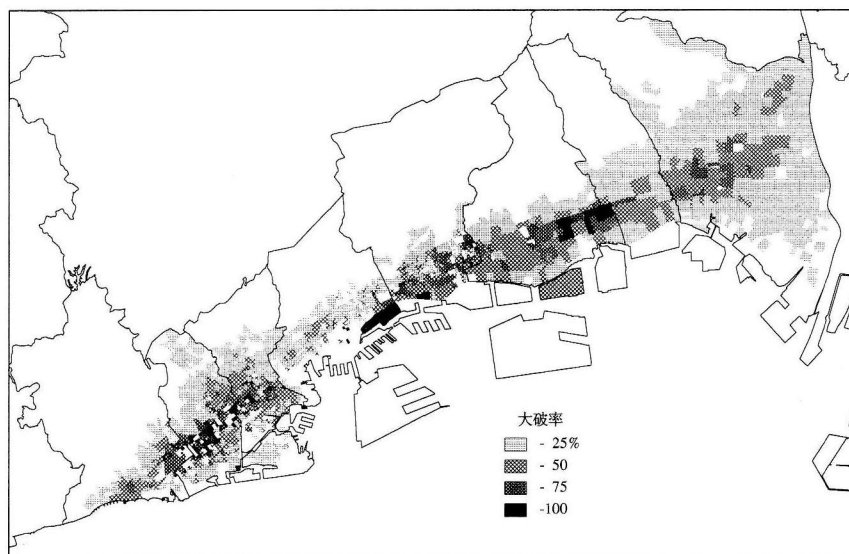


図4 阪神淡路大震災における戸建住宅大破率の町丁目別分布

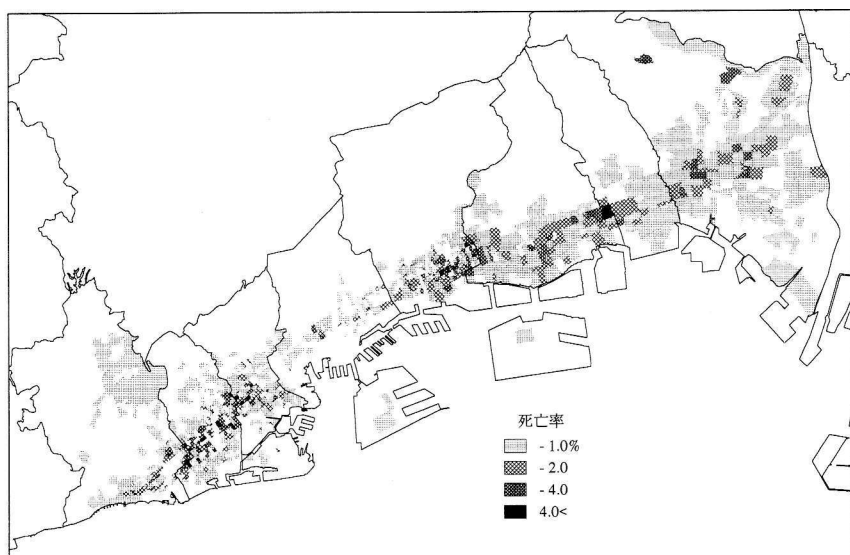


図5 阪神淡路大震災における死亡率の町丁目別分布

で示している。大破率は建築研究所の定義にならない、次のように定めた。

$$h_d = H_d / (N_d - B_d - U_d)$$

ここで、 h_d 、 H_d 、 N_d 、 B_d 、 U_d は、それぞれ戸建住宅の大破率、大破棟数、全棟数、焼失棟数、未調査棟数である。

一方、朝日新聞からは、震災による死亡者の名簿が地震後2カ月足らずで紙上に公開され、パソコン通信(Nifty-serve)によって配信された。図5は、これらを町丁目ごとにまとめた死亡率の分布図である。死亡率は各町丁目の死者数を人口

で割った値であり、人口は平成2年国勢調査の結果を用いた。

戸建住宅大破率と死亡率の分布は概ね対応しており、両者ともいわゆる震災の帯に被害が集中していることがわかる。このことから人的被害の主要因が建物被害であったことが視覚的にも理解されるが、より詳細にみると、地域によっては必ずしも被害率の傾向が一致しない。そこで、図6に住宅(戸建住宅+集合住宅)の大破率と死亡率の相関を調べた。平均的にみて大破率50%で死亡率1%、100%で4%程度であるが、上下に幅数

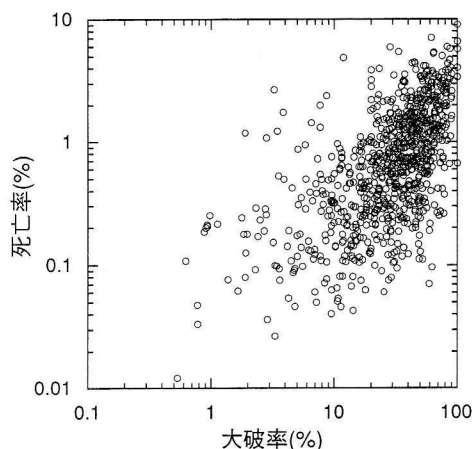


図6 阪神淡路大震災における住宅大破率と死亡率(町丁目単位)

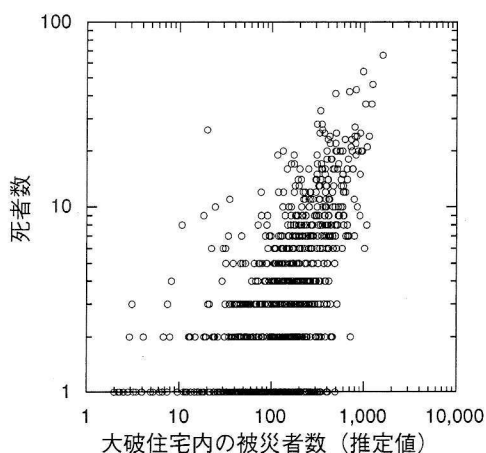


図7 阪神淡路大震災における大破住宅内被災者数と死者数(町丁目単位)

%のばらつきがある。

ところで、同じ大破でも戸建住宅と集合住宅とでは人的被害に及ぼす危険度が異なると考えられる。そこで、大破した戸建・集合のそれぞれの住宅に居住していた被災者数を町丁目ごとに推定し、次式のように死者数Dとの重回帰分析を試みた。

$$D = c_o + c_d \cdot S_d + c_a \cdot S_a$$

ここで、 S_d 、 S_a は大破した住宅（添字dとaはそれぞれ戸建住宅と集合住宅を意味する。以下同じ）の推定被災者数で、 P_d 、 P_a を居住者数、 h_d 、 h_a を大破率、またP、M、 N_d をそれぞれ町丁目の人口、世帯数、戸建住宅数として次のように算定した。

$$S_d = P_d \cdot h_d, \quad P_d = (P/M) \cdot N_d$$

$$S_a = P_a \cdot h_a, \quad P_a = P - P_d$$

以上の算定では、同じ町丁目内で①一世帯あたりの人員が一定、②集合住宅に関しては高層・低層に関わらず大破した場合の被災世帯数は同一、という仮定を設けたことになっている。図7は両者を合わせた推定被災者数（ $S_d + S_a$ ）と死者数Dの関係を示す。

重回帰分析の結果、次式が得られた。

$$D = 0.53 + 0.036 \cdot S_d + 0.017 \cdot S_a$$

（相関係数： $R = 0.71$ ）

この式は、戸建住宅および集合住宅の大破によって居住者のそれぞれ3.6%と1.7%が死亡したことを表わしている。すなわち戸建住宅居住者の死亡危険度は3.6%であり、集合住宅の約2倍と評

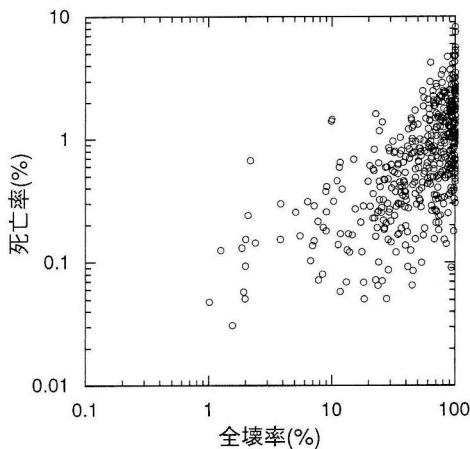


図8 濃尾地震における住家全壊率と死亡率（市町村単位）

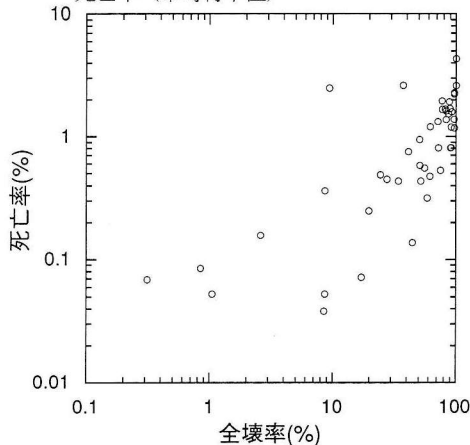


図10 福井地震における住家全壊率と死亡率（市町村単位）

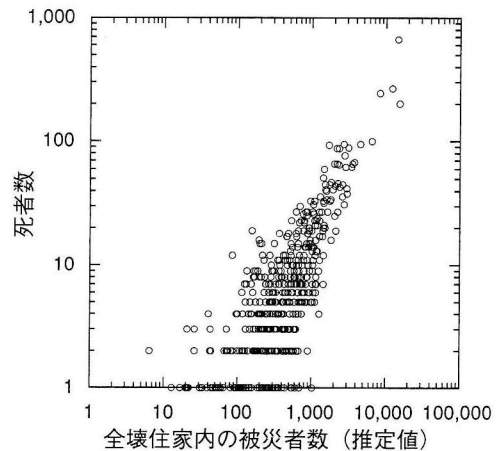


図9 濃尾地震における全壊住家内被災者数と死者数（市町村単位）

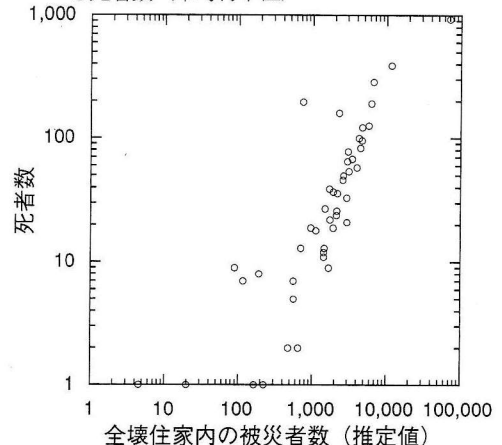


図11 福井地震における全壊住家内被災者数と死者数（市町村単位）

価された。村上ら(1996)は、芦屋市の記録に対して同様の解析を行ない、木造戸建住宅と木造長屋住宅の居住者の死亡危険度として3.6%と5.8%を推定している。戸建住宅に関しては村上らの結果に対応した値となったが、今後は特に集合住宅を非木造と木造に分類し、それぞれの死亡危険度を算定する必要がある。

筆者らは、過去の震災資料に対して全壊家屋内の被災者数を推定し、死者数との関係を分析しているが、ここでは兵庫県南部地震と同じ内陸の直下地震である濃尾地震(1891年)と福井地震(1948年)の結果を示す。これら3地震はほぼ50年間隔で発生した。用いた資料は飯田(1985)、村松(1983)および福井市(1978)によるものである。

濃尾地震はマグニチュード8という国内の最大規模の内陸地震で、震源域を含む岐阜県美濃地方と愛知県尾張地方は甚大な被害を受けた。被害総数は資料により異なるが、飯田(1985)によれば死者7885名、負傷者21329名、住家全壊93421戸、非住家全壊71190棟である。明治24年10月28日午前6時38分と晩秋の朝の大地震であり、季節・時間帯は兵庫県南部地震(冬の早朝)にやや似ている。この震災は、直後に震災予防調査会が設立され、地震学・地震工学の発展に大きく貢献したことで有名である。

一方、福井地震は戦災復興に邁進している昭和23年の6月28日午後5時13分(当時は夏時間のため実際は午後4時13分)に福井平野を襲った地震である。福井市(1978)による被害総計では、死者3579名、負傷者16293名、全壊家屋35188戸、焼失家屋3722戸となっている。阪神淡路大震災と同じ傾向としては、マグニチュード7.1という規模の割に被害が大きいこと、狭い範囲(阪神地域より多少広く約10km×30km)に被害が集中していることがあげられる。

図8~11は、住宅被害と人的被害の関係について図6および図7と同様の分析を試みた結果である。これら2地震については、死者100名以上が生じた市郡を選び、市町村を単位としてプロットしている。当時の時代背景から住宅のほとんどは

一戸建と考えられるため、全壊住宅の推定被災者数と死者数を単純に線形回帰したところ次のようになった。

$$\text{濃尾地震: } D = -4.94 + 0.026 \cdot S_d$$

$$(R=0.87)$$

$$\text{福井地震: } D = 24.51 + 0.014 \cdot S_d$$

$$(R=0.93)$$

すなわち、住宅の全壊による死亡危険度がそれぞれ2.6%と1.4%であり、両地震とも阪神淡路大震災より低い値となった。また福井地震において死者930名が生じた福井市のデータを除くと、ほぼ対応する危険度3.0%が得られた。このような結果のばらつきは分析における前提条件の不確実性を意味するものであり、その原因として、

- 地震によって、死者発生要因を住家倒壊に集約する合理性に濃淡があること
- 濃尾地震・福井地震の当時は住宅の床面積や居住者数などの生活環境が現在と異なり、それが死亡危険度の評価結果に影響すること
- 夕方の福井市内では、外出していたため被災を免れた人々が少なからずいたこと

などが考えられるが、これらはいずれも推測の域を出ない。しかしながら、人的被害の規模は、社会背景や地震発生の季節・時間帯など二次的要因に大きく左右されることは間違いない。合理的な人的被害予測のためには、過去の震災資料を綿密に分析し、それら二次的要因を定量的に評価することが重要であろう。

おわりに

大地震から都市を守るため、事前の対処と、地震最中の建造物の安全性をはかる構造制御手段の発揮と、地震直後からの被害の拡大防止という、一連のリアルタイム地震防災システム体系の構想が現実性を帯びてきている[小堀(1995)]。こうした総合的な地域防災システムを実現させ、人的被害を極力低減するには、信頼度の高い予測とそれに基づいた十分な対策が必要である。本稿では、まず人的被害に関する既往の研究と種々の予測式を整理し、実際の被害予測に際しては予測式の前

提条件についての正しい理解が必要であることを述べた。次に、阪神淡路大震災における戸建住宅の居住者の死亡危険度を算定し、濃尾地震および福井地震との比較により二次的要因を定量的に評価することの重要性を示した。

本検討は建物被害との関係に着目した統計的な分析の結果であるが、地震による人的被害には大規模火災、津波、土砂崩れ、屋内外の落下物など、様々な要因が関与している。また地震時の季節・時刻・気象条件に加え、被災地域の地理的な特徴や社会・経済的な背景によっては全く異なった被害様相を示す可能性もある。しかし現状では、このような全ての被害要因を的確に予測することは極めて困難であろう。阪神淡路大震災は大きな犠牲とひきかえに、防災の研究にとって貴重なデータを残した。今後はそれらを詳細に分析し、さらに過去の震災資料にさかのぼって分析結果の妥当性を検証することが重要な課題となる。

謝 辞 本稿では種々の文献を資料とさせて頂いた。阪神淡路大震災の分析では、日本都市計画学会関西支部、日本建築学会近畿支部都市計画部会、および兵庫県都市住宅部計画課が調査し、建設省建築研究所の集計による建物被災データと、朝日新聞社より Nifty-serve を通して発信された震災犠牲者の名簿を利用させて頂いた。関係者各位のご尽力に敬意を表するとともに、感謝致します。また、本研究を進めるにあたり京都大学名誉教授小堀鐸二博士に終始ご指導頂いた。鹿島小堀研究室武村雅之博士には震災の記録に関する貴重なご意見を頂いた。記して感謝致します。

参 考 文 献

朝日新聞, 1995, 亡くなられた方々の名簿, 大阪版, 1995年3月5日朝刊。
飯田汲事, 1985, 明治24年(1891年)10月28日濃尾地震の震害と震度分布, 飯田汲事教授論文選集, 東海地方地震・津波災害誌, pp. 114-147。
岩田孝仁, 1994, 静岡県の第2次地震被害想定, 地震ジャーナル, 17, pp. 57-61。
太田 裕・後藤典俊・大橋ひとみ, 1983, 地震時の死者発生数予測に関する実験式の一構成, 地震, 第2

輯, 第36巻, pp. 463-466。
天津康祐, 1997, 東京消防庁の地震被害予測システム, リアルタイム地震防災一現状と可能性—プログラム&予稿集, pp. 13-16。
Kawasumi, H., 1954, Intensity and Magnitude of Shallow Earthquake, Bureau Central Seism. Intern., Ser. A, Trav. Sci., 19, pp. 99-114。
建設省建築研究所, 1996, 平成7年兵庫県南部地震被害調査最終報告書。
小堀鐸二, 1995, 地震被害低減の新しい流れ, リアルタイム地震防災総合システムについて, ロングロード, 第5号, p. 1。
塩野計司・小坂俊吉, 1989, 地震による死者・負傷者の予測, 総合都市研究, 第38号, pp. 113-127。
Shiono, K., Krimgold, F., Ohta, Y., 1991, Post-event Rapid Estimation of Earthquake Fatalities for the Management of Rescue Activity, Comprehensive Urban Studies, No. 44, pp. 61-106。
東京都防災会議, 1985, 多摩地域における地震被害の想定に関する報告書。
東京都防災会議, 1991, 東京における地震被害の想定に関する調査研究(手法・提言編)。
福井市, 1978, 福井烈震誌。
宮野道雄・呂 恒俟, 1995, 地震による人的被害と家屋被害の関係に対する震源距離の影響, 自然災害科学, J. JSNDS, 13-3, pp. 287-296。
村上ひとみ・宮野道雄, 1996, 1995年兵庫県南部地震による人的被害分布—(2)構造物倒壊と人的被害の要因分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造Ⅱ, pp. 47-48。
村松郁栄, 1983, 濃尾地震による濃尾平野の住家被害率分布, 岐阜大学教育学部研究報告(自然科学), 第7巻, pp. 867-882。
望月利男, 1993, 大都市の災害低減に向けての研究の歩みと展望, 総合都市研究, 第50号, pp. 49-77。
諸井孝文・宮村正光, 1996, 町丁目単位でみた阪神大震災における神戸市3区の人的被害, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造Ⅱ, pp. 49-50。
山崎文雄, 1995, 地震の発生時刻と季節を考慮した人的被害推定法, 第23回地震工学研究発表講演概要, pp. 691-694。
Risk Management Solutions, Inc., 1995, What if the 1923 Earthquake Strikes Again? A Five-Prefecture Tokyo Region Scenario, Topical Issues Series。

山名宗真の明治三陸津波調査記録

菊池万雄

山奈宗真の調査記録

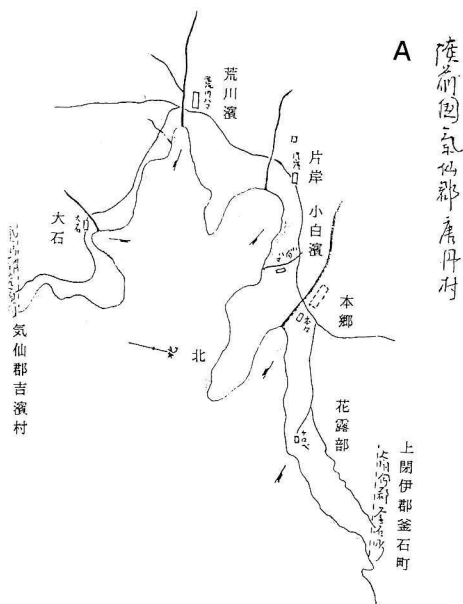
山奈宗真については、その調査記録に¹⁾、取調人陸中国上閉伊郡遠野町山奈宗真とあることから、岩手県遠野の人であることはわかるが、その記録が引用されたこともなかったことから、その人物も“まぼろし”の人であった。わずかに、武者金吉によって、貴重な津波関係の調査記録者であることや、牧畜・養蚕業の振興と製糸工場新設など、郷土の殖産興業・産業開発に貢献した人として紹介されていたにとどまっていた²⁾。

明治の三陸津波に関する報告は少なくないが³⁾、山奈宗真の調査記録を引用したものはアカデミックな論文の中にはごく最近までみあたらなかった。これは資料価値がないためではなく、その調査資料が「まぼろしの報告書」とも言われた如く⁴⁾、調査が伝えられながら、その記録が長い間見られなかったからである。

山奈宗真の調査目的は研究ではなかったとしても、岩手県から委嘱をうけて災害直後に現地に赴き、当時の交通事情の悪条件下での現地見聞にもとづく詳細にわたる調査報告は信憑性の高い貴重な資料となるのは当然である。それを調査した本人が県に報告後、努力の結晶である調査記録の散逸することを懸念し、遺族に託して国会図書館に寄贈したものと考えられる。

山奈宗真本人や遺族が危惧した如く、現在、氏の調査報告結果は、県にも関係市町村にも一切ない。まぼろしの……、と言われる所以はここにあった。国会図書館に現存するのは、本人自筆の

- | | |
|--------------------|-------|
| (1) 大海嘯各村別見取図 | 39 枚 |
| (2) 岩手県沿岸見聞誌一斑 | 88 枚 |
| (3) 岩手県沿岸大海嘯部落見取絵図 | 176 枚 |



(4) 岩手県沿岸大海嘯取調書 133 枚
と、これらの報告書によって県で印刷したと思われる、

(5) 三陸大海嘯岩手県沿岸被害取調表
で、いずれも立派に製本し保存されている。

記録 A は、「三陸大海嘯岩手県沿岸見聞誌一斑」の気仙郡唐丹村に関する記録で、津波侵入と集落の位置について記したもので、ほかに被害前の戸数・人口・船舶数とそれらの被害を克明にあげ、さらに、村の主要海産物と、集落ごとの製塩所・防風林について記録した後、津波の状況について、打上浪・浪走・海面高低差について詳察した数値をあげている。

記録 B と C は、「岩手県沿岸大海嘯部落見取絵図」に記録された唐丹村片岸 (B) と唐丹村本郷 (C) である。

図には、集落の位置と津波侵入方向や浪走方向



のほかに、流亡戸数・潰戸数・流亡納屋・潰納屋・死亡人口・負傷人口・海面より高低・干満差・打上浪・浪走について数値をあげて記し、さらに、片岸については「松原ハ黒松長さ三拾間巾六間計破損」と註があり、本郷については「廿年前火災ニテ宅地海岸ニ寄セタルナリ今回海嘯ニ流亡」「記ノ石積ハ五葉山時々霖雨ノ際山津波アリ是ヲ防ノ為ナリ」など、註が付されている。

記録Dは、山奈宗真記録の中でも最も詳細な内容をもつ貴重な記録の「岩手県沿岸大海嘯取調書」に見られる唐丹村に関する記載の一部である。それには次のように記載してある。

「本村被害地ハ大石・荒川浜・片岸・小白浜・本郷・花露部七ヶ所流亡戸数 357 戸・潰戸数 7 戸・流亡納屋 268 棟・潰納屋 42 棟・死亡人口 17 08 人・負傷人口 75 人・流亡牛馬□・流亡耕地□流亡船舶□・流亡財産□・流亡堤防□

漁村の新位置

一、新住家ヲ設クベキ地及旧住家トノ利害

本村字小白浜ヲ以テ第一ノ地トシ各宅地ヨリ凡百間引上ケ町並ニ宅地ヲ設ル見込字本郷モ

再ヒ宅地ノ見込無キヨリ石曾根ニ移転セシムル見込トス

二、海面ヨリ高低及沿岸の地形

本村字大石ハ北ニ海南ニ山……

三、津波ノ来リタル場所

本村湾内ハ真東ヨリ打込ミ七ヶ所海浜ノ家屋ヲ流亡セリ詳細ハ部落図ニ記ス

四、防風林及防浪林其他堤防必要ノ有無

家荒川浜片岸ノ如キハ海岸ニ海成等アリ小白浜ノ潮止マテ皆破壊セリ片岸唐丹荒川浜浪除ケ堤防及風防ノ必要急務ナリ

五、魚付場及海湾近傍ノ山林原野ノ景況並林相種目

従来魚付森林ハ伐木禁止ノ所……

六、新道路ノ見込ミ及古道の便否

本村ヲ通レル浜街道小白浜本郷宅地變更ニ付従テ變更ヲ企望ス

七、漁村沿岸運搬ノ便否

陸路開ケタリト雖本村海湾三方ニ部落アル故ニ開運の便ヲ欠ク能ハス

住 家

一、海浜住屋建造ノ方法

今回ノ津波ニテハ家屋小ナル方死亡者無大家屋ニ死亡怪我多シ

二、住家ト納屋ト離合ノ利害

本宅納屋離隔ハ勿論（百間五十間）水火災ヨリ衛生上ニ至ル迄便ナリ

三、海浜住屋建造ノ遺法ノ有無

旧家ハ高地形ニアリ中興以来ノ家海浜近シ

漁 民 風 俗

一、祭事婚姻家庭ノ状況

大漁ニハ字本郷ノ大杉神社ニテ祭典……

二、漁民禁物

………

三、食物

粟稗麦米布粉大根

四、衣服

木綿七分麻三分此調度品反物六分古手四分

五、漁民衣食物供給ノ時期

旧盆七月年末鰯漁アルトキ凡八月十一月ヲ以テ金借及衣食供給ノ時季トス

六、被害町村漁民年々北海道及其他出稼状況
本村家業の為メ出稼ト云者余リ無却テ他ヨリ
雇入ルナリ他ニ出稼スル者ハ不如意ノ者不信
用故ニ他ニ出稼ギクト云

七、良習慣ト不良習慣トノ種類
本村の塩会規約旧仙台ニ珍敷方法沖漁……

漁村制

一、漁業組合ノ状況及改善の策
………

凶荒調査

一、海産物凶年ノ備荒品及製造
布ノ粉ヒツキ
二、凶年ノ状況
天明凶年ハ本村戸数大ニ減セント云 マタ天
保ニモ少々減少ス
三、凶年ノ際藩政救助方法
村内富裕農民ハ盃粥施セシム
四、凶年及津浪後ノ流行病 未詳

漁民需用品

………

海 湾

一、旧漁場ノ位置及変更の状況
………
五、製塩所位置
本村ニケ所壺ヶ所ハ明治十九年廃止
壺ヶ所（荒川）今回流亡再興ノ見込ミ

海 事 考

一、四季ノ季候
雪旧十一月ヨリ二月下旬迄五寸位……
二、起風雨前知 未詳
三、不漁前知 未詳
四、大漁前知 未詳
五、潮流状況 未詳
六、海湾ニ関スル事歴
慶長四年荒川ニ戸数百廿戸余ノ町アリ（中ノ
町ト云）其他片岸ニ二戸小白浜ニ拾三戸本郷
ニ七戸花露部四戸大石ニ拾戸……
七、固有漁場変遷の状況 未詳
八、津波ノ歴史 未詳
九、津波ノ来ルヘキ前兆 未詳

漁村挽回

一、迅速ナル業務
海嘯ニ付多ク婦女子死亡セシ為メ壮者ニ妻ヲ
娶ルヲ急務トス如何トナレハ男子漁スルモ其
品調理干燥スルモノ無……（鈴木裕之曰）

二、造船職工有無
職工欠乏惣テ無キニ苦ム宮城県利府……

漁民招來の企望

一、管内沿岸一致漁業組合ヲ設ル方法
……人物乏敷故ニ行レカタシ
二、授産方法ニ付便利見込有之
早ク漁船具家具給与セシムルニアリ
三、他ヨリ団体ヲ造リ漁業ニ来ル者アルトキ如何
スルヤ……

陸地産業被害調査

一、家畜ノ関係 馬四拾頭牛四頭死亡
二、耕地被害
被害地ニ蒔キタル稗極上モ其他ハ別ニ見ス

商業調査

一、物価相場魚類販売
漁船具アッテ漁スルトキハ販路アリ……
二、貸借変動及金利質屋ノ景況

以上が「岩手県沿岸大海嘯取調書」に記載の唐
丹一村六字について津波に関係深いと思われる箇
所のみを抜粋したものである。

山奈宗真は前記5種類の調査物を国会図書館に
託し残したもので、岩手県内の被害町村37町村
190字について克明に記載してある。「村別見取
図」は津波侵入の方向や侵入範囲が主で、他の記
録では村によって精粗の差がある。

「見聞誌一斑」は図が明瞭な上、被害数量を戸
数人口の外に船舶や防風防潮林・堤防などの被害
をも詳察している。

「部落見取図」は前述B・Cで示した如くで集
落別に詳細に記録したものである。「大海嘯取調
書」は前述の記録Dや内容概説した如く見聞に所
見を加えた詳細をきわめたものであって、以上の
四部から数量を集計し印刷整理したものが「岩手
県沿岸被害取調表」である。

これらのうち、手書きのものは絵図などの如く
和紙に墨筆で淡彩をほどこしながら記載したもの
もあるが、中でも重要と思われる箇所を洋紙にイ

ンクをもって書くなど大事をとったにも関わらず、当時の洋紙やインクは本人の意に反して恒久的な上質なものでなくインク書きした部分が消えかかって薄れている箇所もでき始めている状態で、判読に困難なところもできているなど、速急の対応が必要である。本人の大事をとったものが、皮肉にも逆効果となつているのが現状である。

山奈調査による津波被害

明治三陸津波に関する被害については詳細な報告が少なくない。三県比較してみると、

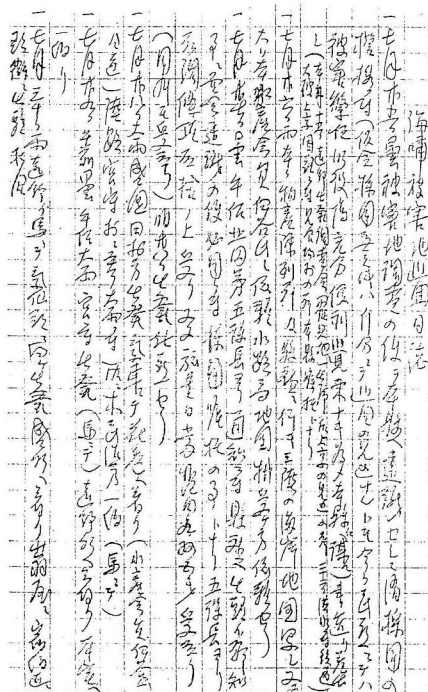
県	死 者	全壊家屋	流失家屋	5) 6)
宮城県	3,452	385	3,123	
岩手県	18,158	347	4,701	
青森県	299	44	602	
宮城県	3,446	130	993	7)
岩手県	18,158	434	5,183	
青森県	316	18	351	
宮城県	3,314		1,184	8)
岩手県	25,413		6,156	
青森県	346		484	
岩手県	18,158		5,183	山奈調

などである。報告はまた町村単位での被害にも及んでいるが、山奈調査ではさらに字集落別に細分しているのみならず、被害前後における戸数人口にまで進めて、被害の度合をも知ることができる詳細な調査がなされているという特色がある。

山奈の調査は「海嘯被害地巡回日誌」中の⁹⁾「七月廿五日雲被害地調査の件ヲ本県へ建議セシニ御採用の模様ニ付（仮令採用無之トキハ自分ニテ巡回の見込ナレトモ……）……被害地繁忙以役場充分便利覚束ナキタメ本県ニ謀ル……七月廿七日……県庁へ出頭ス……建議ノ件必要ニ付採用囑託の事トナリ……七月廿八日大雨盛岡田村方出発汽車ニテ花巻七月三十日雨遠野より気仙郡へ向ケ出発……九月十日……県庁着届……」とあり、これで

- (1) 調査の必要を痛感し懸案の上の積極的調査
 - (2) 県囑託として郡町村長の協力を得ての調査
 - (3) 1カ月余の短期間における迅速なる調査
- であったことが察しられるが、山奈氏はこの建議

E



以前の災害直後に調査を手掛け、

6月28日岩手県管内海嘯被害概数取調一覧表

7月10日岩手県海嘯被害戸数及人口調査

7月15日岩手県管内海嘯被害戸数人口調査

など、独自の調査を行なった上で、なおかつ、完全な調査を期しての積極的な調査であった。

表1は県へ提出した調査結果に基づいた最終的被害集計の「三陸大海嘯岩手県沿岸被害取調表」から得た戸口被害の一覧である。調査対象が町村単位ではなく、字別で被害の無かった内陸部を含まなため沿岸集落の中での被害の度合が明瞭に出て、町村単位での場合より津波への対応で参考になる点が多い。流失戸数96%以上の11集落は、被災死亡率は50%以上であり、波源地39.6 N に対して¹⁰⁾最北の小本で39.51 N・最南綾里で39.02 Nで約170 km 沖の波源地に対して殆ど真東に当たっていることが、三県中で岩手に、また岩手の中でも三陸中央部に被害の集中をみることにしたものである。

表2は青森県白石から宮城県気仙沼に至る三陸沿岸の14カ所における津波による被害者の年平均死亡者数に対する割合をみたものであるが、被

表1 明治29年三陸津波戸口被害（流失全潰戸数／旧町村全戸数・死者行方不明／旧町村全人口）

市町村名	旧地名	震災予防調査会報告			資料日本被害地震総覧			三陸海大嘯岩手県沿岸被害調査表		
岩手県 種市町	種市村	80/	655	175/4,685	30/	655	100/4,685	5,183/12,003	18,158/76,114	
	川尻							48/	335	186/ 2,377
	宿戸							5/	52	15/ 298
久慈市	八木							7/	71	38/ 586
	中野村	53/	228	106/1,695	53/	228	151/1,695	30/	36	126/ 253
	中野家							27/	232	68/ 1,870
	小子内							0/	111	2/ 785
	侍浜村	50/	185	85/1,397	50/	185	100/1,397	0/	52	0/ 597
	麦生沼							14/	47	41/ 301
	夏井村	/	265	43/1,803				2/	193	23/ 1,407
	閉伊口							0/	43	0/ 286
	大港							2/	14	14/ 117
	久慈町	100/	657	400/4,092	100/	657	400/4,092	13/	59	41/ 381
	湊							4/	40	7/ 244
	長内村	52/	472	127/2,719	53/	472	125/2,719	9/	19	34/ 137
	大尻							96/	156	212/ 1,164
	二子							82/	96	203/ 688
野田村	下長内							4/	103	20/ 686
	宇部村	48/	328	185/2,244	48/	328	160/2,244	2/	24	8/ 102
	小袖							0/	16	2/ 74
	久喜							2/	63	10/ 510
	野田村	120/	411	319/2,590	90/	411	258/2,590	49/	112	191/ 766
	城内							11/	46	33/ 298
	米田							38/	59	154/ 410
	玉川							84/	206	260/ 1,352
	下安家							55/	109	159/ 803
	普代村	144/	330	1,010/2,038	258/	330	1,010/2,038	14/	30	52/ 176
田野畑村	堀内							6/	56	15/ 315
	大田名部							9/	11	34/ 58
	普代							76/	149	302/ 925
	田野畑村	89/	465	303/3,025	325/	465	98/3,025	6/	50	11/ 232
岩泉町	鳥越							40/	41	196/ 267
	羅賀							30/	58	95/ 326
	平井賀							53/	93	232/ 529
	小本村	303/	386	367/2,090	330/	386	367/2,090	34/	60	138/ 297
田老町	小成							19/	33	94/ 232
	須賀							—	—	—
	中野本							132/	174	364/ 820
	田老村	130/	666	2,655/3,747	230/	666	1,400/3,747	9/	20	24/ 62
宮古市	待田老部							28/	28	158/ 173
	乙部							40/	60	69/ 241
	崎山村	54/	155	160/ 981	100/	155	90/ 982	55/	66	113/ 344
	女遊戸							345/	345	1,867/ 2,248
	宿							10/	10	55/ 73
	嶺ヶ崎町	350/	701	100/3,459	250/	701	100/3,459	242/	242	1,299/ 1,547
	宮古町	20/	993	12/5,157	20/	993	12/5,157	93/	93	513/ 628
	磯鶏村	109/	365	90/1,996	18/	365	3/1,996	35/	47	129/ 292
	白浜							18/	20	68/ 121
	金浜							2/	3	0/ 12
	高浜							243/	677	125/ 3,818
	磯鶏							26/	981	70/ 5,782
	津軽石村	8/	434	3/2,618	221/	434	1,028/2,618	114/	268	100/ 1,536
	津軽石							—	—	—
重茂村	赤前							19/	48	16/ 278
	追切							42/	83	25/ 481
	鷗磯							53/	137	59/ 777
	荒巻							13/	404	16/ 2,829
	音部							1/	263	5/ 1,940
	音部	195/	236	700/1,493	103/	236	496/1,493	12/	141	11/ 889
	音部							160/	239	764/ 1,588
	音部							2/	14	9/ 118
	音部							3/	5	13/ 37
	音部							0/	6	3/ 41

山田町	川代					15/	15	58/	94
	石千					17/	26	73/	166
	姉重					17/	33	90/	209
	大沢村	196/	199	550/1,046	193/	199	500/1,036	11/	11
	大沢					53/	67	230/	409
	山田町	609/	782	1,040/3,746	193/	199	500/1,036	—	—
	山田					198/	212	415/	1,197
	織笠村	130/	303	367/1,800	660/	782	1,000/3,746	—	—
	跡浜					660/	782	1,000/3,746	496/
	細浦					20/	303	200/1,800	799
大槌町	織笠					—	—	828/	4,413
	船越村	372/	474	1,327/2,295	—	—	—	—	—
	大浦					75/	334	72/	1,902
	田浜					375/	457	804/	2,322
	船越					38/	96	34/	455
	大槌町	369/1,192	900/6,555	500/1,192	900/6,555	229/	238	562/	1,128
	吉里					108/	123	208/	749
	大槌					444/	1,172	600/	6,983
	小槌					138/	275	369/	1,645
	鶴住居村	350/	511	1,069/3,147	350/	511	1,069/3,147	217/	428
釜石市	鶴住居					87/	469	88/	2,822
	片岸					228/	474	1,028/	3,144
	箱崎					8/	143	15/	930
	両石					32/	75	49/	563
	釜石町	1,080/1,223	4,700/6,557	615/1,223	5,000/6,557	47/	112	174/	712
	平田					141/	144	790/	939
	釜石					811/	1,105	3,765/	6,986
	唐丹村	344/	474	2,100/2,807	129/	474	328/2,807	103/	149
	大石川					705/	956	2,907/	5,687
	荒川					363/	446	1,684/	2,535
三陸町	片岸					1/	51	10/	323
	小白浜					24/	38	115/	260
	本郷					26/	26	98/	156
	花露辺					110/	124	475/	629
	吉浜村	65/	133	215/1,075	70/	133	982/1,075	165/	166
	本郷					37/	41	217/	294
	越喜米村	237/	322	411/2,449	120/	322	802/2,449	—	—
	浦泊					35/	87	204/	1,059
	浦浜					125/	316	460/	2,395
	綾里村	385/	451	1,458/2,803	290/	451	330/2,803	18/	84
大船渡市	小石浜					12/	32	30/	284
	砂子浜					29/	103	121/	828
	白浜					66/	97	249/	680
	野々浦					290/	367	1,269/	2,251
	岩崎					13/	23	64/	157
	湊					3/	18	18/	144
	石田浜					31/	36	175/	236
	赤崎村	172/	389	448/2,985	130/	389	506/2,985	4/	34
	宿					23/	46	124/	242
	生形口					118/	118	374/	607
大船渡市	永浜					25/	28	146/	187
	清水					63/	64	336/	421
	蛸ノ浦					162/	393	455/	3,136
	長崎					27/	43	52/	301
	合足					19/	50	38/	443
	大船渡町	135/	306	780/2,304	77/	306	832/2,304	18/	40
	下舟渡					18/	35	65/	351
	永沢					10/	18	35/	167
	笹崎					48/	64	101/	467
	茶屋					10/	43	51/	390

陸前高田市	末崎村	191/ 400	606/2, 965	59/ 400	960/2, 965	160/ 219	676/ 1, 721
	泊里					53/ 83	126/ 371
	門ノ浜					18/ 22	88/ 195
	小河原					7/ 14	25/ 101
	細浦					67/ 73	272/ 550
	舟河原					2/ 11	4/ 117
	小友村	75/ 381	260/2, 519	182/ 381	1, 412/2, 519	59/ 121	211/ 778
	浦浜					5/ 61	2/ 356
	唯出					54/ 60	209/ 422
	広田村	163/ 469	500/3, 102	130/ 469	231/3, 102	160/ 341	518/ 2, 092
	六ヶ浦					8/ 28	19/ 186
	長洞					17/ 31	86/ 210
	大陽					6/ 49	19/ 368
	泊					53/ 83	126/ 371
	中沢浜					17/ 51	48/ 318
陸前高田市	根崎集					23/ 37	126/ 258
	米崎村	61/ 350	12/3, 460	212/ 350	321/2, 460	14/ 46	25/ 259
	高田町	? / 616	3/3, 489	1/ 616	30/3, 489	—	—
	気仙村	51/ 569	23/3, 651	35/ 569	14/3, 651	30/ 137	42/ 1, 017

害の甚大であったところは、三陸の中央部に分布して、山奈調査の結果を裏付けるものとなっている。

山奈調査における津波対策

「沿岸大海嘯取調書」中の漁村新位置の項では各集落別に防風林および防浪林他に堤防必要の有無について記載している。田老について「田老川ノ南山根ニ防風林ノ松樹数十本アリ（四五尺廻リ）海面ヨリ二十尺モ高キ砂利堤防アリ今回ノ津波ニ立木モ堤防モ破壊セラレ海面平均ノ地トナリ将来田老海浜ニ六七百間ノ堤防潮止ト防風林植付最急務ナリ田老川ノ床下ケ両側堤防改築モ必要」と指摘しているが、それに応えず昭和8年の大津波で再び大被害に遭遇して、昭和33年3月被災後25年を経て現在の堤防が完成した。

延長1350 m 上部幅3 m 堤防下部幅25 m 海面からの高さは10.65 m というものであるが¹¹⁾、昭和8年次の津波（波高9.15 m）を基準として構築したもので、明治29年の津波波高13.65 mをば度外視して、明治29年クラスの津波は絶対再来しないという保証のない点への不用意が惜しまれるところである。

ここでは田老村の場合のみを一例としたが、調査箇所は6郡37カ町村190字中、37カ町村67字について特記し、北九戸郡侍浜における「本村防風林堤防要スル箇所無」とあるのと気仙郡気仙

村の福伏・要害・双六・古谷、四字での「防風潮林不要」以外は防風林必要急務とする集落は、全町村190字中で67字をあげ堤防についても25字で必要急務修築として記載している。因みに「大海嘯部落見取絵図」にも、津波侵入方向や地域とそれに伴う集落移動見込地とともに、防風林は15町村27字・堤防8町村10字で必須とあげている。

高田町については松原が有効で被害が僅少であったことを強調した珍しい記録がある。「本町数丁ノ松原アリ之カタメ被害少シ実ニ此松林無クハ如何ナル大害受クルヤ不知海岸樹林実ニ必要此松林ヲ以テ防風浪林ノ模範ト云ヘシ」と松原を絶賛しているが、現在はその前に汀線に沿うて平行にコンクリートの壁があり、防潮堤というよりも飛砂止の役目のみを果たしていると言える構造物は、防潮の上では松林よりも高さも低く日本百景の一つに数えられた白砂青松の自然景観を害なうこと甚だ大きいと言うほかない。明治の三陸津波で大被害の洗礼をうけ、先人の太鼓判を頂いた松原にどうしてこの構築がなされたものかは、その経緯は不明である。

三陸の歴史津波

山奈調査の「大海嘯取調書」中「海事考」の項に津波の歴史について各町村ごとに注目した記録がある。その中に釜石町の箇所に「明治一新以来

表2 明治三陸津波における被災死亡率
(寺院過去帳による)

県	市町村 寺院	字	津波前後 20年間計	年平均	被災死 亡者	被災率 %
青森	百石	横 道	4	0.2	3	1500
	法蓮寺		679	33.9	104	307
岩手	野田	久 喜	59	5.9	128	2169
		米 田	10	1.0	41	4100
		下安家	11	1.1	36	3273
	海蔵院		418	41.8	452	1081
	小本					
	宗得寺		988	49.5	586	1184
	宮古	日出島	13	0.7	29	3222
		大 沢	17	0.9	9	1287
	常安寺		4403	220.2	279	127
	金浜					
	江山寺		825	41.3	94	228
	津軽石	重 茂	119	6.0	227	3787
		姉 吉	16	0.8	74	9250
		千 鷄	61	3.1	91	2935
		石 浜	42	2.1	60	2857
		川 代	19	1.0	57	5700
		音 部	97	4.9	212	4327
	瑞蓮寺		857	42.9	788	1837
	金石					
	石応寺		3062	153.1	1911	1901
	正寿院	吉 浜	132	6.6	179	2257
	大船渡	合 足	18	0.9	69	7667
		清 水	14	0.7	22	3143
		永 浜	28	1.4	39	2786
	洞雲寺		1203	60.2	404	671
	末崎	石 浜	33	1.7	40	2353
		細 浦	128	6.4	197	3078
		門 浜	95	4.8	116	2417
		泊 里	238	11.9	269	2261
	鱗祥寺		512	25.6	664	2594
	広田	平 畑	50	2.5	48	1920
		集	30	1.5	71	4733
	慈恩寺		1164	58.2	488	839
	小友	唯 出	138	6.9	253	3681
	華蔵寺		779	38.9	410	1054
	高田					
	浄土寺		556	28.3	24	85
宮城	気仙沼					
	宝鏡寺		1296	64.8	4	6

20年間計は明治29年を除いた明治19～39年の死亡者数
海蔵院は明治30～39年の10年間計

小津波ヨタ六七回浪二三尺」とあるが、これはこの地方に津波が5年に1度位の割合で襲うということの裏付けでもある。釜石市立図書館長を勤めた昆勇郎氏の著書『ふるさとの歴史』の中にある「三陸津波年表」には地元だけに、この地方の津波につき細大洩らさず取り上げているので、昆資料に他の著名資料をもあけて山奈調査と共に整理したのが「表3：三陸沿岸の被害津波」である。山奈調査によると安政3年の津波について20カ町村をとりあげて、百年未満の記憶の新しい津波に比重がかかっているが、慶長・元和・延宝とい

った古来の著名な津波には洩らさずふれて、三陸の被害津波の全貌をほぼ網羅しとらえている点には注目したい。

明治三陸津波の前兆現象

地震や津波に前兆現象のあるということはよく聞かれるところである。明治29年のときにも科学的調査に基づく宮古測候所の報告に「当地方……本所創業以来ノ観測ニ依レバ平均1年間ニ15回ナルモ27年及28年ハ共ニ32回ヲ観測……尚本年1月以来概ネ平均以上ノ多震ニシテ就中4月ニ至リ16回ノ震動ヲ示セリ是或ハ今回ノ前兆ニアラザルヤ」とあり¹²⁾、また山田警察署勤務の浅利和三郎手記に¹³⁾「……海嘯ノ前徴トスヘキモノハ本年3月中強震アリ大小十数回……」とあり、その他前兆と思われる諸現象中、最も多く注目されたものに井戸水の異常に関するものがある。「白浜ト称セル所ノ一老女災害当日井水ノ退キタルヲ見テ海嘯ノ前兆トシテ人々ニ逃去ル様告ゲタレドモ誰一人信ズル者ノナカリシガ老婆ノミハ子供ヲ負フテ逃ゲ失セタルニヨリ遂ニ一命ヲ全フシタルモ他ハ皆死亡セリ¹²⁾」
「四五日前ヨリ井水ハ平常ヨリ3尺以上乾涸ヲ見タルコト……¹³⁾」
「……陸前牡鹿郡大原浜ニテハ津波前(時日不明)井水ノ水量1尺乃至2尺減涸セシ……陸中大槌町砂州ニ於ケル湧水ハ津波来襲二三日ヨリ俄然湧出止ミ……陸前気仙郡越喜来村ノ龍昌寺ノ井水ハ2日前ヨリ減涸……¹⁴⁾」

など見られるが、山奈調査では津波前兆現象については37町村中22町村と未詳のところが多いが、最も多いのは鰻の様子を伝えたもので「30日前から豊漁(津軽石・宮古)、川を遡上する群(野田・鯨崎)」など有り、他に鰯の豊漁(船越)、海藻の異常発生(宮古)海浜ニ海苔(津軽石)、馬のいななき・犬の遠吠・キジ不鳴(赤崎)、潮の異常(高田)月の上弦下弦異常(種市)などを記している。海藻や鰻については震災予防調査会報告にもあるが、個人での調査研究中にも古来からの伝承などにまで目をむけることを怠らなかった態

表3 三陸沿岸の被害津波

紀元	年号	毎月日	A	BCDEF	GHSY
869	貞観	11. 5. 26	溺死 1000 余	〇〇〇〇溺死約 1000 余	〇〇〇気仙赤崎
1185	文治	1. 7. 9			
1257	正嘉	1. 8. 23	久慈野田津波	〇 〇 久慈野田津波	〇 久慈野田宇部
1585	天正	13. 11. 29	三陸地方津波		
1586	天正	14. 5. 14	陸中津波		
1598	慶長	3. 9. 12	三陸地方津波		
1611	慶長	16. 10. 28	三陸地方津波	〇〇〇〇三陸強震津波	〇〇〇大槌山田磯鶏他
1616	元和	2. 10. 28	三陸地方津波	〇〇〇釜石津波	〇 〇織笠
1640	寛永	17. 6. 13		〇〇〇	〇
1662	寛文	2. 9. 9	南部領津波	〇〇〇	
1677	延宝	5. 3. 12	三陸津波	〇〇〇〇陸中津波	〇 〇山田
1689	元禄	2.	陸中津波	〇〇〇	〇
1696	元禄	9. 11. 1		〇〇〇	〇
1730	享保	15. 5. 25	陸前津波	〇 陸前海嘯	〇 〇
1731	享保	16. 9. 7	南部領津波		
1751	宝暦	1. 5. 2	大潮七度		〇 〇
1762	宝暦	12. 12. 16	大地震津波	〇〇〇	〇
1763	宝暦	13. 2. 1		〇〇〇	〇
1772	安永	1. 5. 3		〇 〇陸中被害	山田
1782	天明	2. 7. 15	陸中津波	〇〇 津波疑問	〇 〇鶴住居
1793	寛政	5. 1. 7	陸中潮入	〇〇 陸中陸前津波	〇気仙釜石山田他
1821	文政	4. 8. 16		〇〇	赤崎 ^e
1833	天保	4.		〇	気仙
1835	天保	6. 6. 25	家流失死者不知	〇〇〇〇溺死無数	〇〇綾里
1843	天保	14. 3. 26	陸奥津波	〇〇 〇松前津軽強震	〇
1846	弘化	3. 2.		〇〇	〇磯崎
1856	安政	3. 7. 23	函館津波	〇〇 〇南部領津波	〇〇〇気仙～種市 20 村
1861	文久	1. 9. 18		〇	〇 綾里
1877	明治	10. 5. 11	釜石津波		〇〇 磯崎
1893	明治	27. 3. 22	陸中死者有	〇 三陸小津波	〇 〇
1896	明治	29. 6. 15	三陸大津波	〇 〇三陸大津波	〇〇〇釜石宮古他 35 村

A 昆 勇郎, 1968, ふるさとの歴史, p. 77～三陸津波年表

B 震災予防調査会, 1904, 大日本地震史料

C 武者金吉, 1951, 日本地震史料

D 文部省震災予防評議会, 1941, 増訂大日本地震史料

E 東京大学地震研究所, 1983～1994, 新収日本地震史料

F 宇佐美龍夫, 1975, 資料日本被害地震総覧

G 東京天文台, 1990, 理科年表 (机上版)

H 小島島 果, 1967, 日本災異志

S 三陸大震災史料刊行会, 1933, 三陸大震災史

Y 山奈宗貞調査

〇印は各文献に記載あるものを表す

度は注目に値するところである。

津波波高分布

津波の最大波高分布と地震後の津波来襲までの関係をみると¹⁵⁾, 津波到達の早いところは波高が高い。そこは外洋に面し深い海が岸まで近接しているなどの共通点をもっている。

リアス海岸では湾奥において津波の危険度が高いといわれるのは, 生活の場としての集落位置が湾奥の低地にある故である。明治 29 年の三陸津波の岩手県沿岸諸地域における波高をみたのが表 4 である。波高と被害とは単純に比例はしていな

い。波高絶対値と被害との相関は不明瞭であるが, それは集落の立地位置(標高)との差, 津波の実質的波高との相関をもつ故である¹⁶⁾。

湾内津波の波高は, 湾内海水のもつ固有周期セイシュと津波周期との関係に左右されて単純ではないが¹⁷⁾, その被害は一般に湾奥で大きいといわれる。それはグリーンの法則でも証明されているが¹⁸⁾, 明治の三陸津波の波高は, 近地津波の故か岬や湾口で高く湾入するほど波も弱まり波高も低くなっている。

図 1・図 2 は波源地に最も近接した三陸中央部の 1. 宮古・重茂半島と, 2. 大船渡湾・広田湾と広田半島における波高と被災率との分布ををみたものである。外洋に面し最も津波の到達の速かった重茂村姉吉 w 33.3 m, d 9250・川代 w 10.6 m, d 5700・音部 w 24.2 m, d 4327 で被害をまともにうけたのに対して, 比較的軽い被害になっている千鷲 w 24.2 m, d 2935・石浜 w 9.1 m, d 2857 は, 前者の標高 5 m～5.5 m に対して後者の標高は 20 m・30 m・に位置しての結果である。

大船渡湾入口に近い合足 w 30.3 m, d 7667 と長崎 w 21.2 m, d 1157 との差も波高の差もあるが, 5 m と 15 m の標高差が大きな要因である。

同様に広田半島外洋に面した唯出 w 39.4 m, d 3681・長洞 w 24.2 m, d 1608 や波高が全く同じで被害を大きく異にした根崎 w 30.3 m, d 1125 と集 w 30.3 m, d 4733 は波源地への方向もあるが比高差も遠因であることは間違いない。

表 1 で家屋流失率 98% 以上の 10 集落についてみると, 波源地北緯 39.6° に対して最北の小本で 39.51°, 最南の綾里で 39.2° であり東方約 200 km の波源地 39.6° は殆ど真東に当たっており, 10 集落すべて外洋に面して直接高波をうけ

表4 三陸地震津波波高分布

町村名	集 落 名	明 治 29 年					
		A	B	C	D	E	F
気仙町	長 盛 古 部	3.45	3.4	4.95	3.7	12.1	3.4
	砂 六 要 谷 双	3.45	—	—	—	12.1	—
	高 田 福 伏	—	—	—	—	7.6	—
米崎村	沼 田	—	—	—	—	6.1	—
	脇 浜 沢 砂	4.21	—	4.21	—	—	—
広田村	根 崎 集	32.60	—	32.60	—	30.3	32.6
	中 沢 浜	—	—	—	—	13.6	—
	大 泊	6.00	7.6	6.00	8.7	15.2	7.6
	大 野	—	—	—	—	36.4	—
	大 陽	—	—	—	—	8.5	—
	六 ケ 洞 浦	9.00	—	9.00	—	24.2	—
小友村	唯 出	9.20	10.7	9.00	11.7	39.4	10.7
	両 替	—	—	—	—	3.6	—
	三 日 市 谷	1.40	—	—	2.7	3.6	2.4
末崎村	塩 谷 浦	—	—	—	—	3.6	—
	細 河 原	—	—	—	—	—	—
	小 細 浦	5.00	6.7	5.00	7.3	10.6	6.7
	小 細 浦	—	—	—	—	4.5	—
	小 河 原	—	—	—	—	18.2	—
	門 ノ 浜	8.90	—	8.90	—	18.2	8.9
大船渡町	泊 里	8.00	—	7.50	8.3	18.2	8.0
	碁 石	—	—	—	—	18.2	—
	赤 沢 茶 屋 前	3.20	—	3.20	3.7	7.6	3.2
	笹 井 崎	—	—	—	—	7.6	—
	永 下 船 渡	—	—	—	—	3.6	—
	永 下 船 渡	7.00	5.5	7.00	6.0	9.1	5.5
赤崎村	合 足	18.00	—	18.00	—	30.3	18.0
	長 崎	—	—	—	—	21.2	—
	蛸 ノ 浦	6.10	—	6.10	—	9.1	6.1
	清 水	—	—	—	—	4.5	—
	永 山 浜	5.45	—	5.50	4.0	6.1	5.5
	生 口 形	—	—	—	—	6.1	—
綾里村	宿 濱	2.70	—	2.80	—	6.1	2.7
	田 石	11.00	—	11.10	—	15.2	11.0
	湊 浜	13.00	—	21.25	—	33.3	13.0
	野 々 浦	12.57	—	12.70	11.3	18.2	10.7
	白 子 浜	25.60	22.0	23.00	24.0	36.4	—
	砂 子 浜	—	—	—	—	54.5	22.0
越喜来村	小 白 浜	—	10.4	—	14.7	6.1	—
	崎 浦	11.63	—	11.63	—	9.1	11.6
	泊 濱	9.28	9.8	9.70	10.7	15.2	9.8
	甫 嶺	13.25	—	13.25	—	15.2	13.3
吉浜村	本 郷 白	26.13	24.4	26.13	26.7	—	24.4
	根 千 歳	13.60	—	13.60	—	—	13.6
	—	—	—	—	—	—	—
唐丹村	花 露 辺	13.80	—	13.80	—	12.1	13.8
	本 郷 白	14.50	14.0	13.50	15.3	12.1	14.0
	小 片 浜	14.60	16.7	15.10	—	15.8	16.7
	荒 川 石	—	—	—	—	9.1	—
	大 荒 川 石	13.00	—	13.00	11.3	9.1	13.0
釜石町	釜 平	12.50	—	12.50	—	11.5	12.5
	—	7.90	5.4	7.90	9.0	15.2	7.9
—	—	7.50	—	7.50	5.7	10.6	7.5

	白 浜	7.40	—	7.40	—	16.7	—
	佐 須	—	—	—	—	10.6	—
鶴住居村	両 箱 石	6.70	11.6	13.00	12.3	12.1	11.6
	白 浜	8.50	—	8.50	9.3	9.1	8.5
	桑 片 室 根	6.40	—	6.40	—	6.1	6.4
	—	6.90	—	—	—	4.5	—
大槌町	大 樋 渡	3.80	2.7	3.80	3.0	—	2.7
	安 吉 里 吉	3.00	4.3	3.90	4.7	6.1	4.3
	浪 板 浜	8.50	10.7	8.50	11.7	6.1	10.7
	赤 浜	8.85	10.7	8.85	11.7	4.5	10.7
船越村	船 越	6.58	10.5	6.58	16.7	12.1	10.5
	田 浜	9.11	9.2	9.11	10.0	10.3	9.2
	大 浦	7.87	—	7.87	5.3	6.1	7.9
	小 谷 鳥	—	—	—	16.7	15.2	—
織笠村	織 笠	4.39	3.4	4.39	3.7	4.2	3.4
	細 浦	—	—	—	—	—	—
山田町	山 田	6.57	5.5	6.57	6.0	6.1	5.5
大沢村	大 沢	6.57	4.0	6.57	4.3	5.5	4.0
重茂村	元 村 里	—	—	12.90	12.0	12.1	—
	姉 千 吉	16.20	18.9	16.20	20.7	33.3	18.9
	石 川 代	—	17.1	—	18.7	24.2	17.1
	音 荒 部	—	—	—	—	9.1	—
	荒 鷲 巻	—	—	—	—	10.6	—
	鷲 追 磯 切	10.60	9.2	10.60	—	24.2	9.2
	—	—	—	—	—	24.2	—
	—	8.18	8.5	—	—	21.2	8.2
	—	—	—	—	—	19.7	—
	—	—	—	—	—	—	—
津軽石村	赤 法 前 脇	—	—	—	—	4.5	—
磯鶏村	磯 鶏	7.27	6.1	8.18	6.7	7.6	6.1
	高 浜	7.27	—	7.27	3.3	3.3	7.3
	金 浜	—	4.0	—	4.3	4.5	4.0
	白 浜	7.27	8.5	7.27	9.3	4.2	8.5
宮古町	宮 鎌 古 崎	8.48	4.6	8.48	5.0	4.5	4.6
	—	8.48	—	8.48	10.0	6.1	8.4
崎山村	ヤ 田 中 ト 島	—	—	—	—	9.1	—
	女 遊 戸	—	—	—	—	12.1	—
田老村	田 乙 老 部	13.64	14.6	13.64	16.0	33.3	14.6
	下 檻 待	—	—	—	—	13.6	13.6
	小 内 港	10.00	—	10.00	—	—	10.0
	永 沢	—	—	—	—	—	—
小本村	小 本	5.38	12.2	17.30	13.3	19.7	12.2
	中 野	—	—	—	—	19.7	—
	茂 師	20.20	—	20.20	—	—	20.2
	小 成	—	—	—	—	45.5	—
田野畑村	明 平 戸	—	12.2	—	—	—	12.2
	羅 賀 賀	15.80	22.9	26.00	25.0	12.2	15.8
	大 須 ノ	19.60	—	19.60	—	18.2	22.9
	島 切 越 牛	—	—	—	—	40.0	19.6
普代村	普 大 代	18.12	15.2	22.11	16.7	15.2	18.1
	堀 田 名 内 持	12.93	—	12.93	13.3	19.7	15.2
—	力	—	—	—	—	12.1	12.9
	—	—	—	—	—	—	—

野田村	下安家	9.13	—	—	—	15.2	9.2
	玉ノ川	9.18	18.3	—	20.0	18.2	18.3
	米田	—	—	—	—	10.6	—
	広内	—	—	—	—	—	—
宇部村	久喜	21.20	12.2	21.20	13.3	15.2	12.2
	小袖	21.20	13.7	21.30	15.0	36.4	13.7
長内村	下長内	—	—	—	—	9.1	—
	二河	—	—	—	—	—	23.0
	洲端	23.00	—	23.00	—	—	23.0
	大尻	—	—	—	—	—	—
久慈町	湊	15.70	—	15.70	—	18.2	15.7
夏井村	大門	—	—	—	8.3	18.2	—
	伊崎	—	—	—	—	—	—
侍浜村	桑侍	—	—	—	—	—	—
	白本	26.00	—	26.00	20.7	12.1	—
	麦波	—	—	—	—	19.7	—
	生	—	—	—	—	15.2	26.0
中野村	小子	20.00	—	20.00	13.7	7.6	20.0
	有内	—	—	—	—	8.5	—
	中野	—	—	—	—	—	—
種市村	八宿	11.64	10.7	21.00	11.7	6.1	10.7
	戸類	—	—	—	—	—	—
	大川	12.00	—	20.30	11.7	6.1	12.0
	尻	—	—	—	—	8.1	12.0

- A 全国防災協会, 1965, わが国の災害誌, p.144~148 (内務省都市計画課調)
 B 国富信一, 1933, 三陸沖強震及津波に就て, 験震時報 7, 117~123
 C 岩手県土木課, 1936, 震浪災害土木誌, p.2~30 (満湖面上)
 岩手県, 1969, チリ地震津波災害復興誌, p.14~18
 D 震災予防調査会, 1897, 震災予防調査会報告 11, 三陸地方津波実況取調報告 p.14~16
 E 山奈宗真, 1896, 岩手県沿岸大海嘯部落見取絵図・岩手県沿岸見聞誌一斑
 F 宇佐美龍夫, 1975, 資料日本被害地震総覧, p.120~125

る位置にあったのである。

こう考えると流失率の異状に高率だった点も頷くことができる。

以上の考察から、津波の波高は震央からの距離は勿論、湾形や湾口の震央に対する方向と海底勾配によって異なり¹⁹⁾、集落の位置によって大差ができるものであると言える。山奈調査の波高は被害の大きい集落でややオーバーであるが、概して信頼に足る数値をだしている。地形図も三角点もなく標高のさだかでなかったときに、勘を頼りの概測では被災地の津波波高把握は相当の経験者でも困難だったと思われるが、他の科学的観測結果に比較して遜色のないものであったことは驚異に値するところである。

山奈調査の特色

津波に関する被害という点に焦点をあてて考察

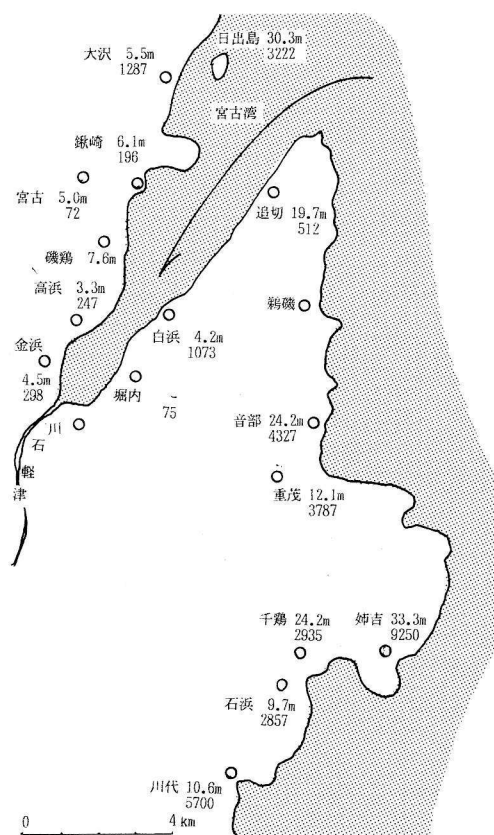


図1 宮古・重茂付近の津波波高と被災率分布

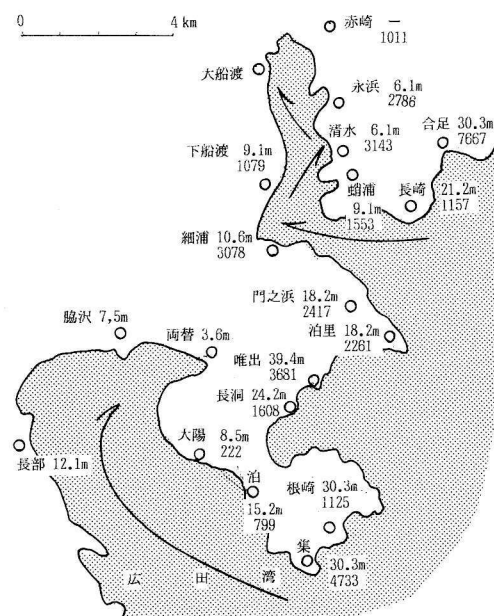


図2 大船渡・広田付近の津波波高と被災率分布
 w波高は山奈調査数値・d被災率は表2の被災率算出による。

表5 重茂・広田半島付近の波高と被災率分布

寺院	集落	標高	波高A	波高B	被災率
宗得寺 瑞蓮寺	小本	2.5	19.7m	5.4m	1184
	重茂	8.2	12.0	12.9	3787
	追切	10.0	10.6		512
	姉吉	5.5	33.3	16.2	9250
	千鷲	30.0	24.2		2935
	石浜	20.0	9.1		2857
	川代	5.0	10.6		5700
	音部	5.5	24.2	10.6	4327
	堀内	10.0		7.3	75
	磯鷺	8.7	7.6	8.2	128
常安寺	磯崎	7.0	6.1	8.5	139
	金浜	5.6	4.3	7.3	298
	高浜	5.6	3.3	7.3	247
	白浜	10.0	4.2	7.3	1074
	宮古	7.0	5.0	8.5	72
	磯崎	7.0	6.1	8.5	196
	白浜	10.0	4.2	7.3	1063
	日出島	10.0	30.3		3222
	大沢	10.0	5.5	6.6	1287
	合足	5.0	30.3	18.0	7667
洞雲寺	長崎	15.0	21.2		1157
	蛸浦	3.0	9.1		1553
	清水	3.0	6.1		3143
	永浜	3.0	6.1	5.5	2786
	赤崎	3.0		2.8	1011
	下船渡	15.0	9.1	7.0	1079
	盛	4.3			67
	下船渡	15.0	9.1	7.0	1333
	細浦	2.5	10.6	5.0	3078
	小細浦	3.0	4.5		1478
華藏寺 慈恩寺	門浜	6.0	18.2	8.9	2417
	泊里	5.0	18.2	7.5	2261
	唯出	5.0	39.4	9.2	3681
	長洞	10.0	24.2		1608
	六ツ浦	10.0	15.2	9.0	957
	根崎	30.0	30.3	32.6	1125
	集	25.0	30.3		4733
	中沢	20.0	13.6		800
	泊	7.5	15.2	6.0	799
	大陽	15.0	8.5		222

w : 波高Aは山奈調査, Bは全国防災協会資料

d : 被災率=被災者数÷年平均死亡者数×100

を加えてみたが、山奈調査記録の特色は、

- (1) 膨大な手書きの資料である——「三陸大海嘯 岩手県沿岸被害取調書」の集計印刷されたもの以外は、手書き地図212枚と統計グラフを含む膨大な資料である。
- (2) 詳細で要を得た津波関連資料である——「大海嘯部落見取絵図」は特に176枚の地図に細字で書き込んだ精力的労作で津波被害の具体的考察の成果がみられる。
- (3) 広範多岐にわたり地誌としても最適な資料である

「大海嘯取調書」の如きは、気候風土を含む自然環境と戸数人口・産業商業・交通通信にも及ん

で、当時のこの地方における地誌としての役割をも立派に果たす内容である、などを指摘したい。惜しむらくは紹介の不手際故に、その重要さを十分に伝え得なかったことをご容赦願いたい。

註・参考文献

- 1) 国立国会図書館所蔵, 224 函, 132 号。
- 2) 武者金吉, 1940, 地鯨居士雑草, 地震, 123, p. 126.
武者金吉, 1951, 日本地震史料, p. 674.
- 3) 池菊万雄, 1986, 日本の歴史災害, p. 178-190.
- 4) 岩手東海新聞, 第10558号(昭和60年6月15日) 文部省震災予防評議会, 1941, 増訂大日本地震史料, 3巻, p. 460.
石橋克彦, 1984, 地震研究に感じたこと, 歴史地震研究会講演.
山下文男, 1980, 哀史三陸大津波.
田面木貞夫, 1986, 遠野の生んだ先覚者山奈宗真.
昆 勇郎, 1988, 思い遥かに(明治29年大津波 供養を顧みて).
- 東北大学工学部津波防災実験所, 1988, 明治29年三陸大津波調査報告研究報告, 5号, p. 57371.
- 5) 伊木常誠, 1897, 三陸地方津波実況取調報告, 震災予防調査会報告Ⅱ.
- 6) 内務省, 1897, 三陸海嘯の被害高地学雑誌, 2-95, p. 574.
- 7) 岩手県, 1897, 想い起こす明治29年地震海嘯にかんする概況, p. 20.
- 8) 関口多喜路, 1980, 岩泉地方史(下) p. 430.
- 9) 遠野市立図書館所蔵文書(記録E).
- 10) 宇佐美龍夫, 1975, 日本被害地震総覧, p. 119.
- 11) 全国防災協会, 1965, わが国の災害誌, p. 176.
- 12) 岩手県西南閉伊郡役所, 1897, 南閉伊郡海嘯紀事, p. 12.
- 13) 山田町立図書館所蔵文書.
- 14) 伊木常誠, 1987, 震災予防調査会報告Ⅱ, p. 8.
- 15) 全国防災協会, 1965, わが国の災害誌, p. 145.
- 16) 菊池万雄, 1980, 日本の歴史災害, p. 256.
- 17) 震災予防調査会, 1980, 震災予防調査会報告, 31, p. 5.
- 18) 和達清夫, 1970, 津波高潮海洋災害 p. 4, 46, 76.
- 19) 菊池万雄, 1989, 過去帳に残る地震, 地震ジャーナル7, p. 35.
菊池万雄, 1980, 日本の歴史災害, p. 254.

天災と人災と

近藤信行

一

九月一日になると、祖母はかならず本所横網町に出かけていた。陸軍被服廠跡に建てられた震災記念堂へお詣りするためであった。子供のころ、私は何度かつれていってもらった記憶がある。小学校に上ってからは、二学期の始業式をおえて帰る私を待ちかまえるようにして出かけるのであった。

清澄町から市電に乗って高橋をわたり、堅川の二之橋をわたって緑町の交叉点をすぎると、大勢の人が歩道からはみだすようにして歩いている。境内では線香の煙がもうもうとたちこめていた。記念館の陳列品では地獄絵とよびたくなるような絵がたくさん並べられていたのをおもいおこす。

そのころ大人たちが集まると、かならず大正震災の話になった。あのとき、どこをどう逃げまわったか。だれそれはどこで死んだかなどという辛い話ばかりだった。父は岩崎さんの別邸で助かったとよく話していた。そこは明治十三年、岩崎弥太郎によって造られた三菱社員の深川親睦園である。震災後、東京市へ寄付されて清澄庭園となったが、その広大な空間が多くの人命を救ったのであろう。昭和二十年三月十日の空襲のときもおなじであった。

祖父は地震にたいへん敏感だった。ちょっとでも揺れると、火鉢の火を消して、みんなに号令をかけ、避難の支度をさせる。

「おじいちゃんは気短かだから…」と母は笑っていたが、それもそのはず、明治二十三年の濃尾大地震、大正十二年の関東大震災の二度の天災を経験していたからである。ことに少年時代の名古屋での体験は身に沁みていたとみえる。

ある日の朝、どんよりとした曇り空に虹のかか

ったことがある。それをみて私は、「きょうは地震がある」と祖父に言った。するとほんとうに地震があった。「おまえの言うことはあたったな」とほめてくれたが、実は『地震の話』という子供むけの本を読んだばかりだったので、生かじりの知識を披露したにすぎなかった。著者の名はおぼえていない。虹と地震の関係がどんなものなのか、その後、調べてみたこともない。しかし、そんな本を深川図書館で読んだのは、家のなかで地震がよく話題になっていたからだとおもう。

このところ、八年ちかく、丸善の「學鐙」に東京のあれこれを書きつづけてきた。書きすすむにつれて連想がわいて、祖父や父の時代におよぶことになった。また東京にかんする文献を読んでゆくと、実にさまざまな顔がみえる。明治以来の時間的経過のなかでもっとも大きな破壊現象は、大正の震災であり、昭和二十年のB29による空襲であった。私は震災復興期の生まれなので震災そのものは知らないが、空襲とかさねあわせてみると、東京という都市は、わずか二十数年の時間をはさんで二度の憂き目をみてしまったのである。明治以来、営々と築き上げたもの、そして復興の掛けごととともに新しく生まれたもの、それらはすべて灰燼となった。

震災記念堂に出かけたときの記憶としてのこっているのは、でんでん太鼓の音である。露店では水飴、鼈甲飴、綿菓子なども売っていたが、でんでん太鼓の店が多かった。小さな丸太鼓の両脇には紐で玉がつけられていて、芯棒を両掌にはさんでくるとまわすと、軽快な音をたてる。力をこめればこめるほどに太鼓は連打されて、音は疾走するように響く。就学まえの私は、祖母からそれを買ってもらったことがあるが、帰りみちになると、あちこちからその音が聞えてくるのだった。

そのときから震災記念堂とでんでん太鼓は、私の記憶のなかで切りはなせぬものとなった。それは死者を弔う響きであった。

被服廠跡の惨状がいかに酸鼻をきわめたものであったかは、多くの人の語るところである。祖父は死んだ人には申訳ないが、あそこへ逃げなくてよかった、と述懐していたほどであった。『大正震災記』の統計によると、東京市十五区内の死者・行方不明者六万九千八人のうち、本所区は五万四千四百九十八人とある。そのうちの約四万人が被服廠跡地の約三万坪のなかでの焼死だった。向島区から来た人もいるだろう。深川区から行った人もいたはずである。あるいは日本橋区、浅草区から、そこがもっとも安全な場所と見込んで大川をわたった人もいたにちがいない。しかし、安全とおもえた場所がもっとも危険な場所となった。寺田寅彦は「震災に伴って起った東京の火災は、これによつて誘発された施風のために、一層その火災も大きくしたやうに見える」と書いたが、火災発生と施風のいきおいのものすごさは、空襲下のわれわれも経験したところだった。

二

『東京百年史』第四巻の「九月一日の記録」の章には、今村理学士「大地震調査日記」(『科学知識』第三卷第十一号)からつぎの文章がひかれている。

「被服廠跡襲来した施風を逸早く注目した位置は、東京高等工業学校前隅田河上であつたが、時刻は恰も午後四時頃、施風の大きさは国技館位、高さ百米乃至二百米、時計の反対の向に廻りて水上の小舟を一問若しくは二問の高さに簸揚し、当時盛に燃えつゝあつた高等工業学校の焰と烟とを巻いて、間もなく横網河岸に上陸し、北の安田邸と南の安田邸との間を掠め、被服廠の中央から北の方を過ぎ、須臾の間に其処に避難してゐた群集の荷物に延焼し、避難者の着衣に燃えつき、火の海となりて、此に一場の焦熱地獄を現出し、三万八千人の生命を奪ひ去つたものらしい。此の施風の風速は毎秒七八十米に達したであらう。」

この一節を読んだだけでも、火と風のおそろしさがわかる。

火災発生にともなう風の強さは、空襲でもおなじだった。トタン板が舞い上がるほどならまだしも、荷物を積んだりヤカーが飛ばされたことさえもあった。今村理学士は隅田川をわたる火焰を描いたが、私はそれとおなじような例を中学時代の酒井先生からきいたことがあった。

先生は浅草区永住町の住人だった。その夜、家の消火にあたっていたが、それをあきらめて上野の山へ逃げようとしたところ風上へはすすめず、やむを得ず隅田川べりに逃げている。建物疎開で空地となった場所を見つけ、大きな金庫の風下に身をかくした。そこで見たのが大川をわたる火だった。その速さはオートバイどころじゃない。あっという間に飛んでゆくのだ。先生の表現によると、火は雪崩れるように川面に下り、川面を這って対岸に達すると、たちまち上昇して人家に燃え移る。こちら側もあちら側も、そして水上に浮ぶ舟も、みな火だるまになったというのである。

大金庫の陰では二十人ほどが一団となり、水を浴びて身を守っていた。リーダー格の人の提案で申し合せがおこなわれている。荷物はリュックザック一個だけ、ほかの荷は全部捨てろというのである。そのため、火傷を負った人はいても死亡者は出なかった。大正大震災火災のときの被服廠跡の経験が生かされたといえるかもしれない。私はこの体験談をきいて、火災にたいする心構えの重大さを教えられたのである。

三

当時、田端に住んでいた室生犀星は日記につきのように書いている。その五日まえの八月二十七日に長女朝子が生まれたばかりだった。

「九月一日 地震来る。同時に夢中にて駿台なる妻子を思ふ。神明町に出て甥とともに折柄走り来る自動車を止め、団子坂まで行く、非常線ありて已むなく引き返す。とき一時半也。」

家内一同ポプラ倶楽部に避難す。芥川君、渡辺庫輔君を従へて見舞に来る。

夕方使帰りて妻子の避難先き不明なりと告ぐ。病院は午後三時頃に焼失せるがごとし。或ひは上野の山に避難したるかも知れず、されど産後五日目にては足腰立つまじと思ふ。——駿台、広小路、本郷一丁目総て焼けたりと聞く。されど空しく上野の火をながめるのみ。」

ここというポプラ倶楽部とは西台通りにあったテニスクラブのことである。彼はそこで野宿、翌朝、上野の山に妻子を探しにゆく。幸いにも美術協会で妻と子を見つけだすことができた。

九月三日、妻子を郷里金沢へ送ろうとして赤羽駅へむかうが、「二三万の避難人河口蛸集す。今日汽車に乗らんと思ひもよらず」というありさまであった。行きずりの人の好意でその家に二泊、しかし汽車には乗れなかった。「産婦子供など列車に乗らんは命を棄てるも同様なりと通行の人々言ふ」と書きつけている。

そのときの印象を書いた「見聞三日」（『中央公論』十月号）では、地震といっしょに「私の人生観も歪んでしまった」と述べている。子供のころの濃尾大地震をおもいおこし、さらに江戸初期からの地震記録をあげながら、「人畜の惨憺たるはこんどの地震に及ぶものはなからう、建築が西洋風だったせいもあらうが、火事が酷かったからである。百年目ごとに大地震がやってくるのも何か不思議な気がする。が、こんどのやうな大地震はもはや私どもの生涯に於て二度と出遭うことがないだらう。」

と書いて、敗酸傷心のおもいをいだきながら、犀星は故郷へと足をむける。東京の壊滅をまえにして彼は文士の生き方を自覚したという。私は犀星先生の晩年、一年間の連載を担当していた。原稿の注文がないときには文士はかたつむりのように閉じこもってじっとしていればいいんだ、と何度かうかがったことがあったが、震災は彼の隠者の性格をさらにいっそう強めたものとみえる。九月九日には、妻と金沢行きを相談して「郷里あるものの此の弱き心せんなけれ——行きて己が身にふさわしき暮らしを為さんかな」と書いた。

おなじ田端の芥川龍之介は、廃都東京に応仁の乱の京都の荒廃をかさねていた。『応仁記』の

「汝も知るや都は野べの夕雲雀揚るをみても落つる涙は」の一首をひいて、俗悪な東京であっても「追憶の美しさ」を加えているような心境だと書いた。彼の家の被害は屋根瓦の崩落、石灯籠の倒壊程度ですんだが、火災と余震におびえる東京市民をつぎのように書いた。

「夜また円月堂と月見橋のほとりに至れば、東京の火災愈猛に、一望大いなる熔鋸炉を見るが如し。田端、日暮里、渡辺町等の人々、路上に椅子を据ゑ畳を敷き、屋外に眠らんとするもの少なからず、帰宅後、大震の再び至らざるべきを説き、家人を皆屋内に眠らしむ。電灯、瓦斯共に用をなさず。時に二階の戸を開けば、天色常に燃ゆるが如く紅なり。」（『大震日録』より）

この緊急事態にあって、龍之介は近隣の友人知人の見舞いに出かけていた。そこで聞いたのは俳人・下島勲（龍之介の主治医）の妻の勇敢な行動であった。彼女は大震中、薬局にとびこんで、薬剤の棚の倒れるのを支え、出火を防いだというのである。「胆勇、僕などの及ぶところにあらず」と彼は書いている。そして森鷗外『澀江抽斎』をおもいおこし、抽斎夫人五百女の「生まれ変わりか何かなるべし」と讃えている。日録中にいう円月堂は、さきの犀星の文に出てきた渡辺庫輔である。弟子筋にあたる若い友人で、龍之介は彼といっしょに警戒にあたっていた。

翌九月二日にはつぎの一節がある。

「東京の天、未だ煙に蔽はれ、灰燼の時に庭前に墜つるを見る。円月堂に請ひ、牛込、芝等の親戚を見舞はしむ。東京全滅の報あり。又横浜並びに湘南地方全滅の報あり。鎌倉に止まれる知友を思ひ、心頻りに安からず。薄暮円月堂の帰り報ずるを聞けば、牛込は無事、芝は焦土と化せりと云ふ。姉の家、弟の家、共に全焼し去れるならん。彼等の生死だに明らかならざるを憂ふ。

この日、避難民の田端を経て飛鳥山に向ふもの、陸続として絶えず。田端も亦延焼せんことを惧れ、妻は児等の衣をバスケットに収め、僕は漱石先生の書一軸を風呂敷に包む。家具家財の荷づくりをなすも、運び難からんことを察すればなり。人慾素より窮まりなしとは云へ、存外又あきらめるこ

とも容易なるが如し。夜に入りて発熱三十九度。時に○○○○○○○○(八字伏字)あり。僕は頭重うして立つ能はず。円月堂、僕の代りに徹宵警戒の任に当る。」

この「大震日録」は大阪プラトン社発行の「女性」十月号に発表された。龍之介はこの時期に「大震雑記」「大震に際せる感想」「古書の焼失を惜しむ」「鸚鵡」「廃都東京」「震災の文芸に与ふる影響」「東京人」「妄問妄答」なども書いた。そこからつたわってくるのは東京の下町に育ち、東京に住みつづけた彼の愛郷心である。

四

私は四年まえに「震災復興大東京絵はがき」(ビジュアルブック『江戸東京』別巻、岩波書店)という一冊を編んだことがあった。都市研究家：尾形光彦氏の絵はがきコレクションをもとにしたものだが、担当の桑原涼氏と相談して第一章を「震災前・震災後」とし、その対比写真を載せたのである。それは「国際写真情報」(昭和二年九月号)より採ったものであった。そのなかに大震直後の銀座大通りの一枚がある。住民たちは外に出て、道路に椅子を持ち出し、日傘をさして余震のおわるのを待っている。ここの建物はみな倒壊をまぬかれていたことがわかる。どちらかといえばみな無防備だ。画報の記者は「神ならぬ身の、今数時間を出でずして、紅蓮に追はれて身一つで逃げなければならぬのを、知らうよしもない」と書いている。

この記録写真からわかるように、人々は火災を対岸の火事ぐらいにしか考えていなかったであろう。被災者の体験手記を読んでいると、自分の家までは火はこないだろうぐらいにおもっていた人が多い。ところが下町一帯はたちまちのうちに劫火につつまれてしまったのである。

新聞・雑誌などの関係者はすぐさま記録、報道にうごきはじめていた。東京の新聞社で焼けのこったのは、報知新聞、東京日日新聞、都新聞の三社だった。活字ケースが転覆して植字もできず、はじめは号外を出すにとどまっていたが、すぐさ

ま復旧させて報道につとめていた。雑誌のほうも「太陽」「中央公論」「改造」「文藝春秋」「文藝倶楽部」「新潮」「婦人公論」「女性」「女性改造」をはじめ各誌が大震災特集号を組んだ。そのなかでもいち早く刊行されたのは、宮武外骨の個人雑誌「震災画報」であった。

上野桜木町の家は焼失をまぬかれたが、彼は余震を警戒して、谷中墓地で野宿していた。「桜木町会の招集に応じて夜警隊の配置監督役に成り、不眠不休で五日間続け、七日八日はクタビレで安眠」と書いているが、そのさなかにあって「震災画報」の発行を計画した。

「九日から本書発行準備に着手し、十二日から挿画、十六日から編集、此間毎日数回の余震」とあるが、大震災の現実をみつめ、記録しようとした点は敬服に価する。第一号は九月二十五日、本文二十一ページの和装小冊子として刊行された。

そこには、いまでいう劇画のような木版画が挿入されている。たとえば「東京を去つた百万の避難者」には押しあいへしあいして列車に乗りこむ避難者の群が描かれていた。屋根の上にまで人が乗っている。上野駅が全滅したため列車は日暮里駅から運行されたが、そこに外骨は「列車の屋上に飛乗り転び落ちて死んだ者もあった」と書く。これではまさに人災としかいいようがない。

この雑誌は六号まで刊行された。彼が上野の台地に住んでいたためこの近傍の見聞記が多いが、東京、横浜などの災害について「未成文明の弊害」と断じたところは、文明批評家としての面目躍如たるものがある。都会地にあつて水道が敷かれ、電灯はゆきわたったが、破裂をおそれて水道を閉塞、電柱は倒れ電線は断たれて無灯となつたことをあげ、「防火の街なくして祝融に暴威を逞しくせしめ、シカモ不良漢の暗黒に乗ずる放火もあつて、幾十万户を焦土に化せしめ、数十万人の生命を奪つた」というのである。ここにあげられた数字は彼の肌身に感じた表現のあらわれであるとしても、その悲憤慷慨ぶりがわかる。震害より火害の多かったことが未成文明の罪だという。そのうえで「されば常態設備の外、意外の大危難にも処すべき新計画、即ち斯かる惨禍を生ぜしめざ

る理想的物質文明の発達を切望する」と訴えたのである。

ルポルタージュもかなり刊行されたが、出色は大曲駒村の『東京灰燼記』である。十月三日、東北印刷株式会社出版部の刊行とあるから、これまた迅速無比といってもいい仕事だった。いまでは中公文庫で読むことができる。

山入銀行福島支店営業部長だった彼は、大正十年、安田銀行浅草支店長として赴任、十二年には巢鴨久松町の新居に住んでいる。九月一日は所用で新宿の友人の家に出かけていた。そこで大震に遭遇、余震と火災のつづくなかを新宿御苑から四谷見附に出、新見附へ到着したところではじめて死者をみた。大曲、伝通院を経て大塚、巢鴨へと走っている。本来ならば牛込柳町から江戸川、音羽、大塚へたどるのが近道のはずだが、その道筋は危険が多いと判断して迂回路をとっている。彼はその後、東京焼燼の記録刊行を志して、九月十二日までの十二日間、各地の見聞を書きつけている。どんどんと拡がってゆく火の手、刻々とつたわる情報、焦熱叫喚の地獄図があらわだが、それも夜、夜警のかたわら机もどきの物の上に蠟燭を立てて書きつづったのだ。

八日の記述によると、二日以来「余は大都の死屍を写し来つて、心身共に疲れを覚えた」とある。五日の日だけは引き籠ったのでそれまで正味六日間の取材になるが、本郷、下谷、神田、麴町、日本橋、京橋、芝、牛込、四谷、小石川の十区に足を運んでいた。残りの五区、ことに本所、深川の「災禍の中心とも見られたほどの、惨状を極めた土地」は訪れることができなかった。友人知己にたいし申訳ないと書いている。五日のつぎの記述がそれを生々しくつたえてくれる。

「実は今日、深川に安田貯蓄の白香君を訪ねなければならない日なのである。その責任を余は充分に感じているのであるが、余は今の場合、深川に足を入れるの勇気がない。足が疲れて立たないのではない。本所、深川は惨死の最も多いと伝えられた土地である。余はその惨状を見るに忍びないのである。そこの死体に躡くのが恐ろしいのである。余はよろい橋下、坂本公園内、神田その他

のたくさんの死体を見て、既にその悲惨な光景に魂が脅かされた。どうしても余の足はその方面に進まない。頭を冷静にして、而して今日は深川に入ろう、と思うた日は今日までもあった。けれども余は今日まで果たさない。余の怯懦なる魂は、物の怪に怖じて竦んだ馬のように、余のどうしてもこの方面に駆らないのである。況んや本所へ赴いて、惨状第一の被服廠跡の亡霊を訪うの元気があろうか。」

駒村は取材記のほか聞きこんだもの、新聞報道、さらに図書館の実状、名士の安否、救急事業、復旧事業、震災前後の物価、火災保険と天災とのかかわり、中国から寄せられた友情などにかんする記述をそえて一巻としたのだが、これが災後半月たらずのうちに書かれ、仙台の印刷所に送ったというのは驚嘆に値する。

とりわけ読者のこころを打つのは、第二回向院設立の願いであり、文化財焼失の嘆きである。

「明暦三年正月十八日、本郷丸山本妙寺から出火して、江戸八百八町が延焼した。このときの死者は十万八千人と伝えられている。この十万八千人の屍体は、一坑に埋葬し、芝増上寺二十三代遵養貴屋をして追弔供養せしめ、この地に一字を建立した。これ当時の諸宗山無縁寺で、即ち今の両国回向院である。…この多数の屍体で引取人のない者、即ち無縁仏となるものが七、八割はあることであろう。この亡霊を弔う所は本所の被服廠跡

ご 案 内

農尾地震（1891年）被害写真集 復刻版

J. ミルン/W. K. パートン編

A 3 変形 限定 100 部

頒布価格 9500 円 [送料共]

J. ミルン博士は、日本の地震学の始祖とも言われており、明治 23 年の写真として保存性の高い全 29 枚の写真集である。

〈問合せ・申込先〉

〒101 東京都千代田区猿樂町 1-5-18

財団法人 地震予知総合研究振興会

☎ 03-3295-5344 FAX 03-3295-1996

担当者：池田または野坂

財団法人 地震予知総合研究振興会

でなければならない。よろしくこれを一坑に埋葬し、一字を建立して永くその迷魂を供養すべきである。第二回入院は早晚開山せらるるであろう。而して永く大正震災の跡を語るであろう。

余はいつの間にか、筆を握ったまま机の上に眠っていた。而して再び恐ろしい夢をとろとろと結んだ。驚き覚めてまた筆を吐した。」

災後五日目の、大曲駒村の鎮魂のおもいは、七年後、東京市によって実現をみた。それが震災記念堂であった。

文化財や貴重文献の焼失を嘆いた人は多い。芥川龍之介もまさきにその声をあげたひとりだし、駒村もおなじだった。徳川開府以来三百年の文化がここに槿花一朝の夢と消え去ったというか、それは嘆いてもあまりある出来事であった。内田魯庵も「地震の教訓」「永遠に償はれない文化的大損失」「図書館の復興と文献の保存」などの文章を発表して、それを悲しんでいる。都市の滅亡のなかにあって永久に償うことのできないもの、金に見積もることのできない、真に惜しむべき大損失は「歴史的建造物や、古芸術や、古記録や、稀観書や、其他の多くの文献の滅亡である」と魯庵は言う。東京は天災のまえに完全に無力だったことを知らされるのである。

五

たしかに東京はもろい都市だった。大正震災の震度としては世界記録といえないとしても、その被害記録としては群を抜く大惨事となった。家屋の倒壊と火災の発生、三日三晩にわたる延焼が多くの人命を奪ってしまったのである。

箱根山中で地震に遭遇して関西へ移住した谷崎潤一郎は、かつての東京にたいしてきびしい批判の眼をむけていた。

「あの乱脈な東京。泥濘と、悪道路と、不秩序と、陰悪な人情の外何者もない東京。私はそれが今の恐ろしい震動で一とたまりもなく崩壊し、張りぼての洋風建築と附ケ木のやうな日本家屋の集団が痛快に焼けつゝあるさまを想ふと、サバサバして胸がすくのであった。」（「東京をおもふ」）

と書いたほどであったが、やはりなんといっても生まれ故郷、そこは愛憎こもごもである。彼はこの震災を転機として自分自身の芸術にあらたな面を切りひらいていった。

明治の東京に生まれ、東京に育った諸家の震災にかんする率直な感想を読んでゆくと、そのときからそれぞれ精神的な問題に変化のあったことに気づく。

永井荷風にとっても大きな転機だった。明治三十年代にあってアメリカ、フランスの実際をみてきた彼は、東京の西洋文明の模倣にはげしい嫌悪をみせてきた人である。市中をあるきながら、失われてゆく風景、コンクリート舗装になった道路へ慨嘆の情をあらわにしてきた作家である。彼は震災を天罰としてうけとめている。大正の世界大戦時のことを、

「絶海遠隔の我国は此間に立ちて漁夫僥倖の大利を占め、世を挙げて奢侈逸楽に耽りしかば、風俗忽ち壊乱し、世運衰頹の凶兆おのずから文学美術の上に顕著となれり。」

とまで書いて、明治以後にきずかれてきた日本の近代に反旗をひるがえしていた。彼は人間のモラルの低下、政府当局の文学芸術にたいする態度は、まさに非文化国の現象だととらえている。「時勢正に此の如きの時、天地俄然として震動し、帝都の大半焦土と化す」と書いた。

その文化歴史となりて葬られし時
わが青春の夢もまた消えにけり。

『偏奇館吟草』の中の「震災」のなかに、彼はこうたっていた。当時の年齢をみると、荷風四十五歳、潤一郎三十七歳である。大正震火災は文壇の諸家にそれぞれの感想をいだかせている。それだけに当時の文章を読んでいくと、日本の近代文明なるものの脆さにおもひあたる。

しかし、破壊された東京は、不死鳥のように逞しく蘇生をみせた。復興事業がまがりなりにも完成をみせ、昭和五年に帝都復興祭がおこなわれたが、その東京も十五年ののちにまた潰滅する。戦争という最大の人災によるものであった。

地震・津波碑探訪

力武常次

品川区の地震モニュメント

今回は品川・大田区方面のモニュメントを訪ねる。被害の特にひどかった旧本所・深川方面ほどではないが、東京都の南部地区にも関東大震災の記念・供養碑が結構数多く存在しているようである。特に品川・大森海岸に漂着した遺体を弔ったモニュメントが多い。

●行元寺（天台宗牛頭山千手院）の大震災横死者供養碑
[品川区西五反田 4-9-10] 東急目蒲線「不動前」駅から徒歩約5分、「かむろ坂」と呼ばれる坂を登って行くと（図1）、右側に図2のような山門と呼ぶにはあまりふさわしくない門があり、よくみると右側の石柱に「行元寺」とある。普通の寺院とは違って、門内にも立派な本堂や墓地は見あたらないが、正面に地藏菩薩像が

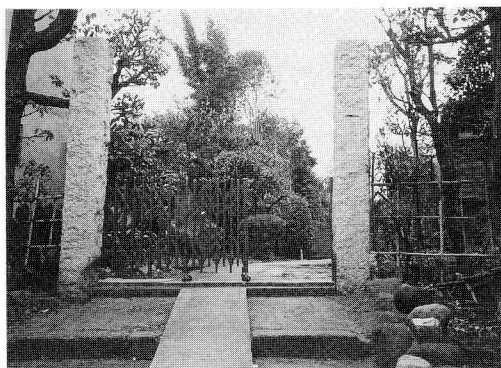


図2 行元寺正門

鎮坐している。

平野栄次著『品川区史跡散歩——東京史跡ガイド⑨』（学生社、162ページ、1993）によると、当寺は明治40年（1907）、新宿区神楽坂あたりから当地に移転し、室町時代の開山であるとのことである。

図3の「大震災横死者供養塔」の台石の上には、亀に乗った石造の地藏菩薩半跏像が安置してある。品川区教育委員会生涯学習部社会教育課の資料によると、この塔は総高310、像高63センチメートルとなっている。

台石には、つぎのような碑文が刻んである。

中央に一きわ大きく



図1 行元寺付近略図



図3 大震災横死者供養塔

「(塔身正面)

大震災横死者供養塔
とあり、向かって右に、

和井田家先祖累代
板倉家先祖累代
大野家先祖累代
森井家先祖累代
小島家先祖累代
成願院大律師妙澄

左に、

豊道家先祖累代
川上家先祖累代
印南家先祖累代
小林家先祖累代
西川家先祖累代
神田家先祖累代

とある。また側面には、

(塔身左側面)

當山信徒総代和井田
福太郎君屋號稱近福
夙歸依佛教最信本尊
千手觀世音及金龍大
明王曾盡力於施餓鬼
萬人講社明治二十四
年八月二日開神田市
場果物仲買商鋪於神
田區北神保街千時有

(塔身背面)

靈感知黒龍明王為我
守護神常尊崇焉盖和
井田家護持尊像者先
住妙燈尼所手授君也
大正七年三月十一日
本願成就遂為果物問
屋營業神田區連雀街
販路大開家運益隆欣
喜不措及建黒龍地藏

(塔身右側面)

尊石像於當山境内以
弔大震災横死者靈併
刻関係諸家靈表報賽
意使野衲記其事
大正十四年五月一日
行元寺第十七世
沙門豊道慶中識

となっている。

この碑文を塔身左側面⇒背面⇒右側面の順にたどると、
当山の信徒総代の和井田福太郎氏が神田市場で果物問屋

として成功し、大正 14 年 (1925) 当山境内に黒竜地藏
尊像を建て、大震災横死者の霊を弔ったことがわかる。
なお、関係諸家の名前も刻んである。この碑文は、書道
家として知られた住職、豊道慶中 (1970 年没、芸術院
会員、春海と号す) の撰文および筆蹟とのことである。

ところで余談になるが、当寺の門を入ると右手に図 4
のような自然石の碑があり、

「 念被観音力
還著於本人

と刻んである。なお背面には、

癸卯天陽月八
二人不載九人誰
同有下田十一口
湛手無水納無絲

と彫ってある。これを読んでも何のことかさっぱりわか
らないが、前出『品川区史跡散歩』を引用させていただ
くと、つぎのような曰く因縁があるとのことである。

「 天明三年 (一七八三) 一〇月、父の仇宮条甚内を神楽
坂で討ち取った下総国の百姓富吉を称えて、仇討ちの助力
をした南多門が友人蜀山人 (大田南畝) に碑文の撰を依頼
して建てたものである。復讐の記念碑ということで、幕府
に憚るところがあり、碑文は隠語になったという。

碑背の文はつぎのように読む。

天明三年十月八日 天仇 富吉 甚内

この碑が建てられたのは、文久十二年 (一八一五) であ
る。

この碑は設立年代も古く、当寺としては震災供養碑よ
りもよく知られているのかもしれない。

◇ 境内に ひとり目立つは 地藏尊
大震災を 今に伝える

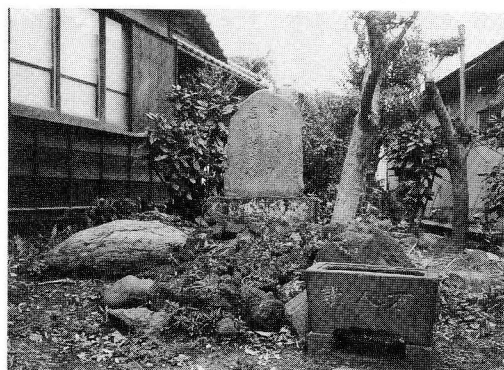


図 4 行元寺の仇討記念碑

●海蔵寺（時宗深広山無涯院）の大正癸亥震火大災横死者靈供養釈迦座像など〔品川区南品川 4-9-2〕 図5の地図に示すように、京浜急行「新馬場」駅より徒歩数分、第一京浜国道を西に入ったところに海蔵寺がある。道路から正門に入るところに、図6のような道標（昭和49年2月建立）がある。道の反対側には図7のような碑があり、正面には、



図5 海蔵寺付近地図



図6 海蔵寺の道標

江戸時代無縁並首塚
関東大震災歿死者塚

と彫られ、背面には「昭和8年8月建立」と刻まれている。

「時宗海蔵寺」と記した正門の傍らには、品川区教育委員会による指定史跡としての説明板（図8）がある。この説明板にはつぎのように記されていて、同寺無縁塔群の由来が述べられている。

「品川区指定史跡

海蔵寺無縁塔群

所在 南品川四丁目四番二号 海蔵寺

指定 昭和五十三年十一月二十二日（第十四号）

かつて、品川にあった^{なめろう}溜牢（牢屋）でなくなった人々の遺骨を集めて、宝永五年（一七〇八）に築かれた塚である。お参りすると頭痛が治るということから「頭痛塚」と呼ばれた。この塚に、天保の大飢饉（一八三三～四〇頃）の折りになくなった二百十五人を祀る「二百十五人塚」も合葬され、更に、品川宿の娼妓の大位牌や、鈴ヶ森刑場で処刑



図7 海蔵寺入口の碑

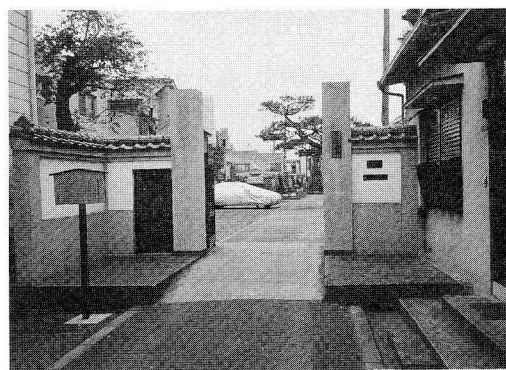


図8 海蔵寺正門と説明板

平成六年十月三十日

境内でひときわ目立つのは釈迦如来座像(図9)である。台石までいれると数メートルの高さで、〇〇家之墓と刻まれた墓石群、林立する卒塔婆群に囲まれて、オフィスビルやマンションをバックに鎮座している。台座には、
大正癸亥震火大災横死者霊供養
とあり、背面にはつぎのように彫ってある。

A black and white photograph of a seated Buddhist statue, likely a Buddha, resting on a lotus-shaped pedestal. The statue is positioned in front of a traditional Japanese building with a tiled roof. The pedestal features a band of carved text.

各宗寺院胥謀奉安釋迦如來像
又獻納回向之資將永爲各靈之
追福菩提尊像成及誌來由云爾

◇ 海蔵寺 大震災に 横死せる
菩提弔う 釈迦如来

都旧跡 鈴ヶ森遺跡
所在 品川区南大井二丁目五番六号 大経寺内
指定 昭和二十九年十一月三日

[illegible]

連載:その5 地震・津波碑探訪—53



図 11 鈴ヶ森刑場跡



図 12 鈴ヶ森刑場と大経寺の標識

東海道に面しており、規模は元禄八年（一六九五）に実施された検地では、間口四〇間（七四メートル）、奥行九間（一六・二メートル）であったという。

歌舞伎の舞台でおなじみのひげ題目を刻んだ石碑は、元禄六年（一六九三）池上本門寺日願の記した題目供養碑で、処刑者の供養のために建てられたものである。大経寺境内には、火あぶりや、はりつけに使用したという岩石が残っている。

ここで処刑された者のうち、丸橋忠弥、天一坊、白井権八、八百屋お七、白木屋お駒などは演劇などによってよく知られている。

江戸刑制史上、小塚原とともに重要な遺跡である。

昭和四十四年十月一日 建設

東京都教育委員会」

大経寺はこの刑場で処刑された人びとを供養するための寺院で、平成2年に図13のようなモダンなコンクリート造りに改築されたとのことである。大経寺の境内というより、境外の刑場跡には、後述するように、数多くの石碑や供養塔があるが、その一つに図14の「大震



図 13 大経寺

火災歿死者供養塔」がある。

品川区教育委員会生涯学習部社会教育課の資料によると、この碑は総高227センチメートルで、関東大震災のときに、大井町の海岸に流れ着いた死者を弔うために、昭和10年（1935）の13回忌に大井町の漁業組合と町会などの手により建設されたとのことである。前出の海蔵寺には、「江戸時代無縁並首塚」として鈴ヶ森刑場で処刑された人びとの首の一部を埋葬したという説明とともに、「関東大震災歿死者塚」（図7）と併記したモニュメントがあったが、無縁仏（刑死者を含む）を震災犠牲者と合祀することは当然のことのようである。東京都墨田区の回向院などでも同様である。

この碑の背面には、上段に、

「噫之秋大正十二年九月一日午前十一時五十八分関東地方を襲ひたる大震は天柱折れ地維断ち劫火の燃ゆる處毒焰の渦まく邊殆ど生靈を殲し人命を滅せずんば已まざらんとする其慘狀實に有史以來稀に見る處なり特に東京は激震に次ぐに激震劫火は忽ち百數ヶ所より發し爲めに帝都の文化は



図 14 大震災火災歿死者供養塔

一朝にして灰燼に歸し百億の富と十數萬の生靈とを失ひたる其凄惨名狀すべからざるものあり就中陸軍被服廠跡に起れる一大旋風は避難に集いし群衆を家財と共に火焰中に捲上げ忽ち修羅場を現出し此所に命を失せし者四萬餘を算し殘虐限を極めたり又灼熱は全市に漲りたれば永代兩國吾妻の橋畔に避難せる幾十萬の民衆は橋梁の焼失と共に前後を亡ひ河中に潜みたるも無慙や濁流に漂ひ溺死せる者五千餘の多きに達し累々たる屍体は二旬に亘りて各所に漂流せり吾が大井町の海岸に漂着したる者實に三十七體に及ぶ而して此の遺骸は一人として引取る人もなく憫れ是なき有様なりき依て東京市震災記念堂に合葬したるも無縁となりて千秋を弔ふ者だになきは遺憾の極なり茲に十三週忌を迎ふるに當り各町会聯合して碑を建て供養を營み當時を追憶して死者の冥福を祈り慘狀の梗概を録して後世に傳へんとするものなり

帝都被害大要 警視廳調査

焼失家屋 一六四〇三八棟

死者 六〇四二〇人

とあり、下段には

「 行方不明者 三六六三四人

傷 者 三一〇五一

大井町沿岸への漂着の犠死者屍体收容調

漂着月日 場所 推定年齢

九月一日 二四九二 五ヶ月位 男

全 六日 全 二十五年 男

(以下省略)

と彫ってある。

◇ 痛ましや 大井海岸 流れ着く

犠牲者まつる 鈴ヶ森の碑

この刑場は慶安4年(1651)に設置されたが、明治維新までに多くの罪人が処刑されている。著名な人物としては、丸橋忠弥、天一坊、白井権八、八百屋お七、白木屋お駒など、後年歌舞伎や講談でよく知られた人びとである。いささか余計なことになるが、最近の人びとはこれらの人物についてあまり知らないであろうから、主として『広辞苑』などから引用して、概略の人物像を下記に記しておこう。

◆丸橋忠弥 江戸初期の武士。出羽の人。槍術の達人で、江戸に道場を開くが、慶安4年(1651)由井正雪の倒幕計画に加わり発覚。捕らえられて処刑。

◆天一坊 大岡政談中の人物。俗説には徳川吉宗の落胤と偽り、江戸に出て將軍に謁しようとして大岡忠相に見破られ、梟首されたという。実は修験者源氏坊改行が徳川の一族と称し、世人をたぶらかして処刑されたことを作りかえたもの。

◆白井権八 歌舞伎劇中の人物。延宝7年(1679)に

刑死した強盜平井権八に名を借りる。劇では鳥取藩の浪人で、吉原の花魁小紫となじみ、強盜を働き鈴ヶ森で刑死。

◆八百屋お七 江戸本郷駒込の八百屋市左衛門の一人娘。一六八二年(天和二)十二月の大火で焼け出され檀那寺(だんなでら)に避難した際、寺小姓(吉三郎のほか異説が多い)と情を通じ、恋慕のあまり、火事にさえなればまた行かれるものと思い込んで放火、翌年三月十六歳を一期として火刑に処せられたと伝える。この巷説はまず歌祭文(うたざいもん)にうたい流され、西鶴の『好色五人女』や紀海音の『八百屋お七』などに作られた。[一六六八〜一六八三]

◆白木屋お駒 人形浄瑠璃『恋娘 昔八丈』の主役。夫殺しの罪で材木商白木屋の娘おくまが鈴ヶ森で処刑された実話により、白木屋の娘お駒と髪結い才三郎との情話として脚色。

刑場跡には「磔台」や「火炙台」の台石が残っていて、図15および16のようなショッキングな説明板が立っている。なお、すぐそばには図17のような「首洗の井」があって、生首を洗ったらしい。海岸に近いので水は塩水であると言われている。



図15 磔台の説明板



図16 火炙台の説明板

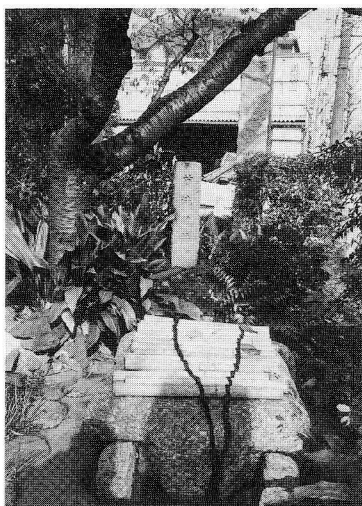


図 17 首洗の井

ここにあるたくさんのモニュメントのうちでも圧巻は図 18 の高さ 320 センチメートルに達する鬚題目を刻んだ供養塔であろう。

歌舞伎狂言『鈴ヶ森』（鶴屋南北作、文政 6 年市村座初演）の白井権八と幡随院長兵衛の出合いの場は有名であるが、その舞台にはこの題目塚がある。碑正面に、

南無妙法蓮華經

と大書し、右側面には、

一切業障海皆從妄想生

左側面には、

衆罪如霜露慧日能消除

とある。背面には願主「法春比丘尼」などと刻んであり、元禄 11 年（1698）に同比丘尼らによって建てられたものである。



図 18 題目を刻んだ供養塔

現地調査の際、碑正面空地にはたまたま自動車が駐車しており、碑の大きさが図 18 によく示されている。

- ◇ 哀れなり 八百屋お七の 物語
刑死者悼み 震死者 弔う
- ◇ 火炙や 磔 台の おぞましき
聞くも恐ろし 首洗の井
- ◇ 権八や 長兵衛どもの 夢の跡
今に残れる 題目の塚

大田区の地震モニュメント

●東海道常夜燈〔大田区大森西 5-2〕 京浜急行「大森町」駅から西へ徒歩数分、大田区立大森西図書館構内、(図 19) に (大田区文化財) 東海道常夜燈 (図 20) がある。傍らに立っている大田区教育委員会の説明板「燈籠台石 (東海道常夜燈)」および「東海道常夜燈の復元について」を読めば、その由来が明らかにわかる。写真ではみにくいので、下記に説明文を転記し、図 21 に燈籠の模式図を示す。

「大田区文化財
燈籠台石 (東海道常夜燈)」

江戸後期、東海道筋に通行人の目印として、大森村を中心に近郷、江戸、川崎などの富士講の人々が建てた常夜燈



図 19 東海道常夜燈および大林寺所在位置



図 20 東海道常夜燈

である。

もとは谷戸の交番付近（大森中一一十八付近）に建てられていたが、東海道が第一京浜国道として建設されたため移転を余儀なくされ、転々とした後、大森中三丁目の三輪神社にあった。

昭和六一年（一九八六）、地元より教育委員会に寄付され、ここに移設する際、戦災で失われていた火袋、竿石を修復し燈籠として復元した。台石の正面の彫刻は、富士山が庚申の年に出現したという伝説を表している。

昭和五十年三月十九日指定

大田区教育委員会」

「東海道常夜燈の復元について

「東海道常夜燈」は、江戸時代後期（十九世紀初め）、かつての東海道大森間の宿のうち『谷戸の宿』といわれたところに建てられていた。古老の話によれば、現在の大森中一丁目十八番付近で、そこには明治時代にできた天神社があり、その前の旧道に建てていたという。しかし、大正十

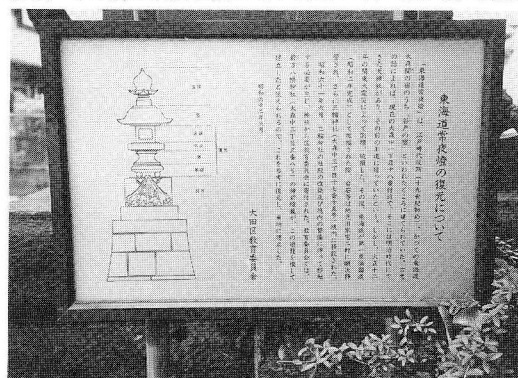


図 21 常夜燈模式図

二年の関東大震災によって倒壊、破損した。その後、東海道が第一京浜国道（昭和二年完成）として拡幅された際、台石等は地元旧家宅二軒に順次移管され、さらに三輪神社（大森中三丁目十七番十五号）境内に移設された。昭和六十一年六月、三輪神社の社殿の改築及び境内の整備に伴って移転する必要が生じ、神社から区教育委員会に寄付された。教育委員会では、前方八幡神社（大森中三丁目三番八号）の神社燈籠が、この燈籠を模して建立したと伝えられるので、これを参考に復元し、当地に建立した。

昭和六十二年三月

大田区教育委員会」

要するに、もと旧東海道梅屋敷よりにあったこの燈籠は、関東大地震で破壊されてしまったが、竿石と台石は保管されてきた。昭和 61 年に区教育委員会に移管されたのを機会に、火袋や竿石などを補足復元して現在位置に再建した。台石と竿石だけが地震に関係しているだけであるが、やはり重要なモニュメントであろう。

なお、台石正面の彫刻は富士山が庚申の年に出現したという伝説を表現していて、江戸の人びとの寄進による富士講の碑である。

◇ 震災の 破壊に堪えて 常夜燈
今蘇みがえる 江戸の面影

●大林寺（日蓮宗長享寺薬王院）の大震災供養塔〔大田区大森中 2-7-19〕 図 19 の地図にあるように、京浜急行「梅屋敷」駅から第一京浜国道を横断して、数分歩いたところに大林寺（図 22）があり、池上本門寺の旧末寺とのことである。

大田区社会教育部管理課よりいただいた資料『大田区の文化財：第 17 集』によれば、関東大震災当時の大森地域は半農半漁村で、震災の被害は市中ほどひどくはなかった。しかし、大森海岸には連日のように遺体が漂着したので、海苔採取に従事していた村人は、遺体を大林寺に手厚く葬ったという。

昭和 4 年（1929）9 月 1 日、震災 7 回忌に際し、大林寺住職や海苔関係の地元有志よりなる前方講中の人びとによって、図 23 のようなモニュメントが設立された。自然石の中央に「供養塔」と大書し、その上方に「大震災」、左下方に「前方講中」と彫られている。背面には寄進した人びとの名前が刻んである。図にみるように、数多くの卒塔婆やモニュメントに囲まれている。

◇ 村人の 心根ゆかし 大林寺
流れ着きたる 遺体葬る

●安養寺（真言宗智山派、古川薬師、医王山、世尊院）



図 22 大林寺正門と本堂

の大震災火災横死群霊供養塔 [大田区西六郷 2-33-10]

図 24 の地図に示す安養寺(図 25)は、京浜急行「雑色」駅より京浜東北線の踏切りを渡って西へ徒歩 10 分あまり、多摩川の土堤に接して建っている。新倉善之著『大田区史跡散歩—東京史跡ガイド⑪』(学生社 219 ページ, 1992)によると、8 世紀ころより当寺の先駆寺院が存在したらしく、本堂は正徳 5 年(1715)現在地に建立されたとなっている。

当寺は通称「古川薬師」と呼ばれ、往年の道標が図 26 のように、当寺の門前に残され、大田区文化財として保存され、傍らに大田区教育委員会による説明板が立っている。この道標は高さ 158 センチメートルで、東海道から多摩川道に入る分岐点に建てられていたものであることは、下記のような説明板の文を読めばよくわかる。

「大田区文化財

ふるかわやくしどう ちしるべ
古川薬師道 道標

延宝二年(一六七四)に、東海道筋の雑色から、多摩川



図 23 大林寺の大震災供養塔



図 24 安養寺付近略図

道に入る分岐点に建てられた道しるべで、のち区画整理のため、現在の安養寺(古川薬師)門前に移された。

正面と両側面に、古川薬師への分かれ道であることを示す銘文が刻まれている。

東海道の道筋に建てられた道標では、区内に残る二基のうちの一基であり、江戸時代の交通史研究上貴重である。

昭和五十年三月十九日指定

大田区教育委員会」

当寺の境内に、図 27 のような「大震災火災横死群霊供養塔」がある。碑の背面にはつぎのように彫ってある。

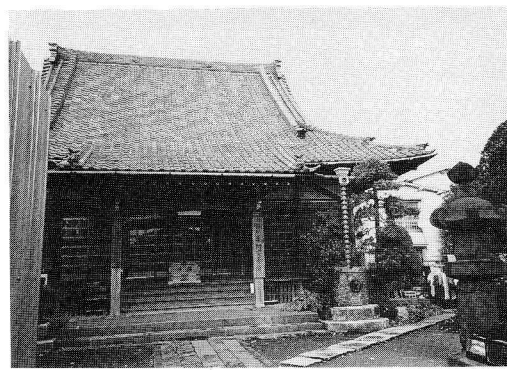


図 25 安養寺本堂

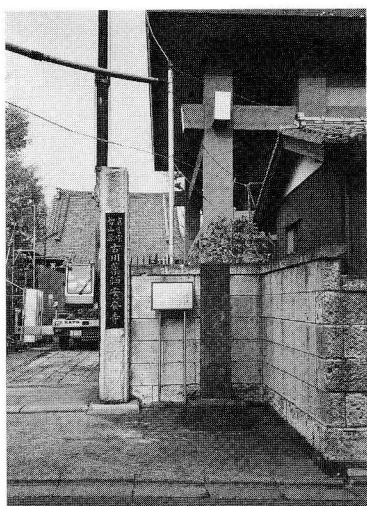


図 26 古川薬師道標

「 平林彦左衛門孫
施主 平林幸太郎
昭和四年九月一日第七回忌建立之
當山第卅七世佐藤数仁代 」

この文章によって、関東大震災の七回忌に際して、平林幸太郎という人によって建てられたことがわかるが、お寺の人に尋ねてもそれ以上詳しいことは不明であった。

◇ 有りがたや 薬師如来に 守られて
多摩川べりの 横死者の塚

練馬区の地震モニュメント

『週刊新潮』誌に「掲示板」というページがある。かつてアメリカ・コロラド大学で客員研究員として働いていた頃、筆者が若い頃日本でよく歌われたアメリカ民謡「コロラドの月」について、アメリカ人がほとんど全く何も知らないことを発見した。そこで『週刊新潮』にお願いして、この民謡の日本における由来を調べたい旨「掲示板」に載せて頂いたところ、親切な読者諸氏からいろいろと情報を提供されたことがある。このことを思い出したので、再度『週刊新潮』にお願いして、東京付近の地震モニュメントの情報を得るために、つぎのような記事を1996年11月28日号にのせて頂いた。

反応は必ずしも多くはなかったが、練馬区の増島忠之助さんから、同区長命寺に安政江戸地震の供養碑があるというお知らせを頂いたので、この碑を調べることができた。増島さんに厚く御礼申し上げる。



図 27 大震災火災横死群霊供養塔

「力武常次 地震予知総合研究振興会のPR誌『地震ジャーナル』に「地震・津波碑探訪」を連載しています。安政二年の江戸地震や関東大震災の犠牲者供養塔や記念碑を訪ねて、ともすれば風化しやすい地震の惨状を忘れないために、現状を紹介するのが狙いです。

東京慰霊堂や回向院のある墨田区、千代田区、江東区、足立区、葛飾区などは一通りすませましたが、史蹟案内などに記載されていないものもあるようです。東京および首都圏などにある碑をご存じの方はお知らせ頂けません。場所、碑名、由来などが分かれば、現地を訪れて、詳しく調べたいと考えています。

(地震予知総合研究振興会理事・東京大学名誉教授)」

●長命寺〔練馬区高野台3-10〕 図28に示すように、西部池袋線「練馬高野台」駅で電車を降り、線路沿いに西に向って2〜3分歩くと環八通りに出る。これを北に数分歩いて、左折するとすぐ左に総合教育センターがあり、その先の右側に「長命寺」と刻んだ大きな石碑と「南大門」(図29)がある。

長命寺の案内パンフレットや江幡潤著『練馬区史跡散歩―東京史跡ガイド20』(学生社、1993)などによると、当寺は眞言宗「谷原山妙樂院長命寺」というより「東高野山長命寺」として知られており、紀州高野山を模して、在地の有力者増島氏の氏寺として、慶長18年(1613)に創建されたとされている。

広大な境内には、図30のような弘法大師像、図31のような観音堂(本堂)、梵鐘楼、木遣地藏尊、菩提樹と阿弥陀如来像、水子地藏、大師堂(奥の院)、大猷院殿台霊供養塔(徳川家光供養塔)、十三仏坐像、十王石像、身代りえんまなどいろいろな建造物や仏像が配置さ

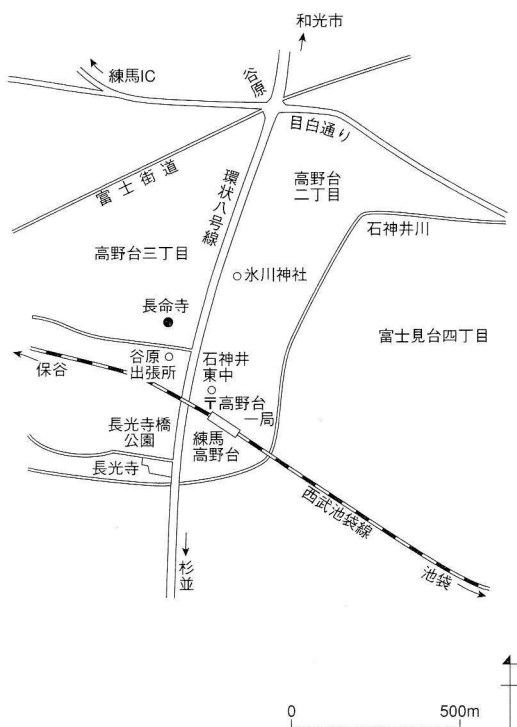


図 28 長命寺周辺図

れている。そしてその一つに「大施餓鬼塔」(図 32)がある。これは安政江戸地震(安政 2 年, 1855)で犠牲になった人びとの冥福を祈って、安政 4 年(1857)に東京都庫前八幡社地に建立されたが、明治 3 年(1870)当地に移されたという。このモニュメントは高さ 4 メートル 62 センチの大きなもので、背面の碑銘の字はかなり細かく、台座も高いので梯子をかけなければ解読困難である。また風化も進んでいて、わずかに「安政二年乙卯十月二日…」などの書き出しが遠くから判読できたに過ぎなかった。いずれ機会をみて、碑銘を何とか判読するてだてを検討したいものである。このような状況なので、当モニュメント建立の由来を詳らかにすることは、今回

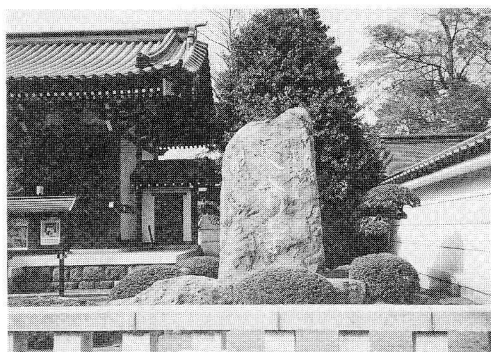


図 29 南大門と銘碑

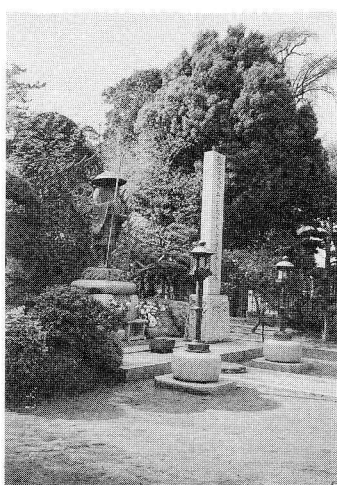


図 30 弘法大師像



図 31 観音堂(本堂)

はできなかった。

なお、例年 9 月 12 日には「大施餓鬼法会」が営まれるとのことである。

- ◇ 地震との ゆかりは知れず 安政の
惨劇伝える 大施餓鬼塔
- ◇ 練馬なる 古き歴史の 長命寺
安政地震の 記憶とどめる

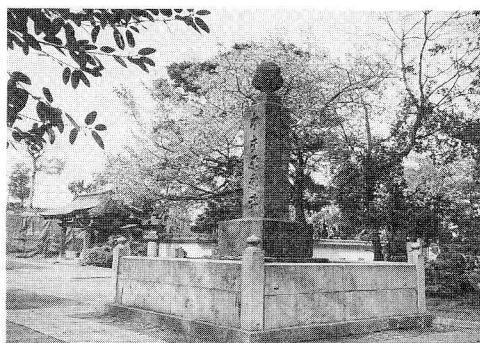


図 32 大施餓鬼塔

■ 地震予知連絡会情報 ■ 石田瑞穂 ■

地震予知連絡会第122回は、2月17日に、第124回は5月19日に開催され、それぞれ71および77件の報告事項があった。取り扱われたルーチン観測の期間は、1996年11月から1997年4月であった。そのうち本稿では、東海地方の地殻活動の最近の傾向、伊豆半島の地殻活動、関東地方の地殻活動、鹿児島北部の地震活動、日向灘の地殻活動、西表島付近の地震活動などに触れる。3月26日および5月13日の鹿児島北部の地震（M6.3およびM6.2）については、活発な議論が交わされた。

東海地方の地殻変動・地震活動

1997年1月の水準測量結果によると、森町を基準として掛川の140-1および浜岡の2595共に顕著に沈降している。浜岡と掛川間の比高の経年変化は、年週変化を補正しても1996年10月の測量と比較して、約1cmの沈降を示している。ところが1997年4月の水準測量結果では、森町を基準として掛川の140-1および浜岡の2595は、前回観測と比較して共に隆起を示す。しかし掛川では例年、年週変化により隆起する傾向を見せるので、4月の変化もその傾向に従ったものと考えられる（図1）。

1977年頃からの国土地理院の水準量と名古屋大学の

辺長測量結果のパターンを比べたところ、東海地方西部の上下変動がいくつかのパターンに分けられ、しかもそのパターンが継続する時期が辺長変化のパターンと同期していることが明らかになった。

GPS連続観測によると、1996年4月下旬から1997年1月初旬までの期間、岐阜県荘川を基準とすると、東海地方は北西方向へ約2cm/年で移動していることがわかる。しかし、伊豆半島は東伊豆の変動を除けば西へその倍近い速さで移動しており、南関東・東海地方とは異なる変動をしていることが注目される。

東海地方の地震活動に関しては、1997年3月16日の愛知県東部地震（M5.5）が、この期間の最も顕著なものであった。本地震はプレート内の地震であり、観測によれば余震は急速に沈静化している。なお、この地域のGPS連続観測では、地震に伴う変動は検出されなかった。

駿河湾を中心とする地域では、1994年頃までは地震活動が低調であったが、1995年4月に駿河湾奥でM5の地震が発生した頃より地震活動が活発になったように見える。特に駿河湾内石花海堆付近ではクラスター状の地震活動が顕著である。また1990年以降、駿河湾全域の活動が消長を繰り返しながらも高まる傾向が見られ、今後の推移が注目されている（図2）。

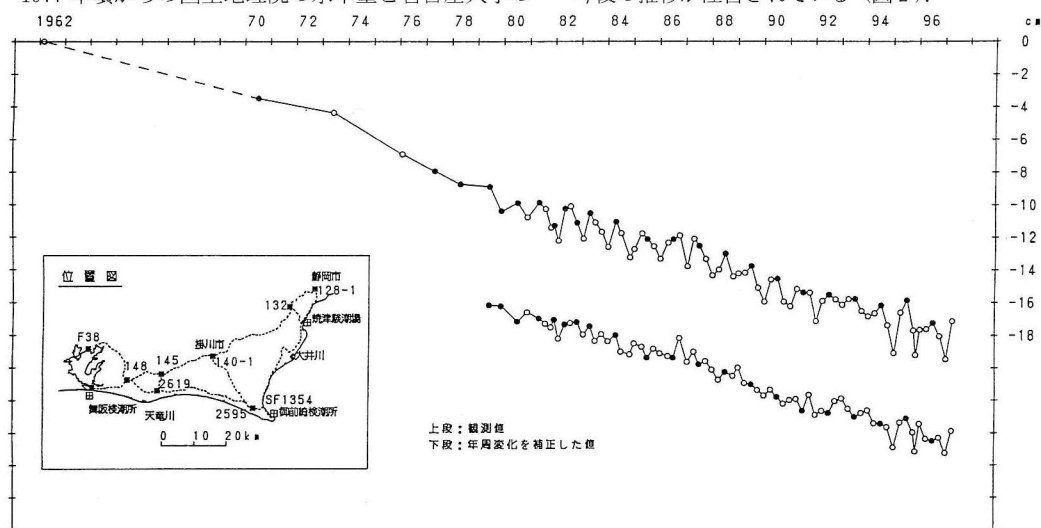


図1 掛川に対する浜岡の水準点2595の変動（第124回：地理院）

上段は観測地。下段は年周変化を補正した値を示す。黒丸は網平均計算をした結果。

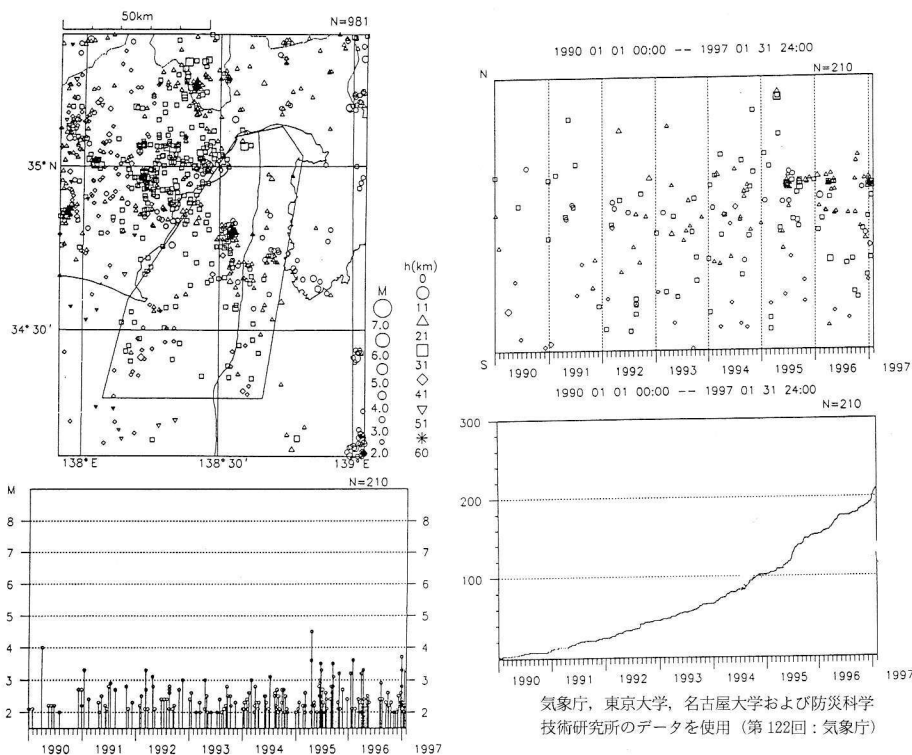


図2 駿河湾の地震活動 (1990年1月1日～1997年1月31日)
上段右と下段の図は、上段左図の多角形で囲まれた領域の地震の、南北方向の地震活動の時間変化、M-T図、地震発生頻度積算値をそれぞれ示す。

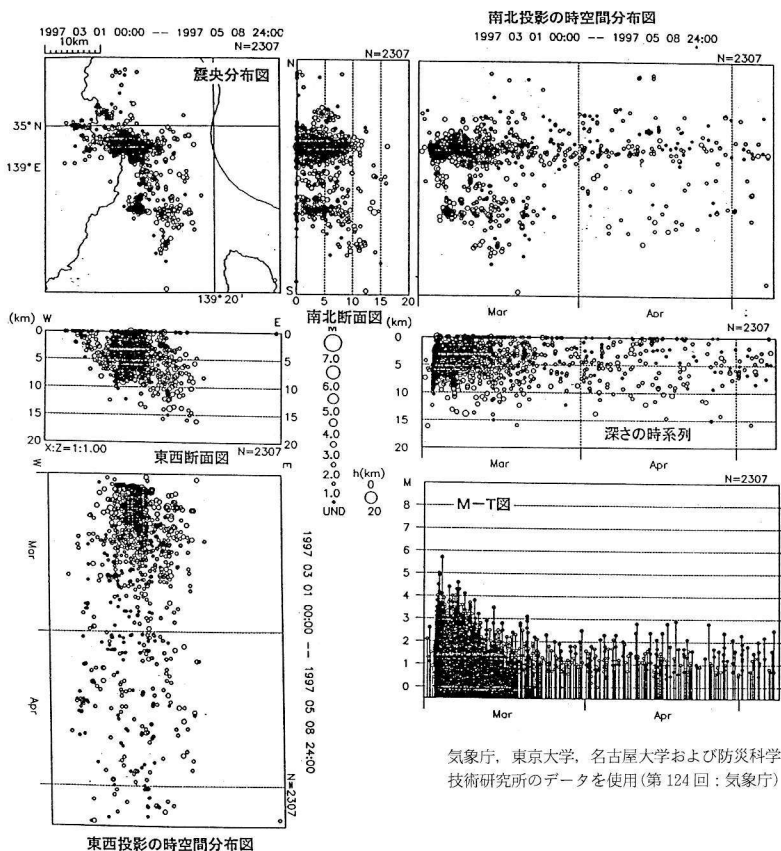


図3 伊豆半島東方沖の地震活動 (1997年3月1日～5月8日)

伊豆半島東方沖の群発地震活動

伊豆半島東方沖で2月に、小規模な地震活動があった。今回の活動は、これまでの川奈崎沖と異なり、網代一字佐美間の海岸付近深さ2~6 kmあたりに集中して発生していることが特徴的である。活動は、2月8日に活発となったが、その後減衰している。広報暦を使用したGPS連続観測結果には、これに伴うと考えられる変動は認められない。伊豆半島東方沖では3月にも群発地震活動があった(図3)。この活動は3月4日のM 5.3を最大とする群発地震活動であるが、GPS、水準測量、測距などの観測結果には、これまでの活動と多少異なった分布の地殻変動が見られた。昨年10月の活動では、ダイクの貫入によると見られる変動パターンであったが、今回はダイクの貫入だけは説明できなく川奈崎沖の南北走向の断層運動による影響も含まれるものと解釈したほうが変動パターンを説明しやすい。



図4 丹沢地区の三角点の標高変化(1996~1925)
1996年:高度基準点測量成果,1925年:関東震災復旧測量(第124回:地理院)

関東地方の地殻変動

GPS を利用した高度基準点測量によって、丹沢地区における関東地震以降の水平変動・上下変動が明らかになった。丹沢山塊は地質学的にみれば隆起の傾向にあるが、1923 年の関東地震では沈降したことが知られている。今回の観測結果によれば、約 70 年で最大 40 cm 近い隆起が起きており、これは地質学的知見と調和的である (図 4)。

鹿児島県北部の地震活動

鹿児島県北部では3月26日および5月13日に、それぞれM 6.3, M 6.2の地震が発生した。地震のメカニズムは二つの地震とも、北東-南西圧縮、北西-南東伸張の横ずれである。3月26日の地震はほぼ東西の余震分布をもち、本震はその中央付近で発生している。また、5月13日の地震は3月26日の余震域を南にはずれた場所で発生し、余震の震央分布には、東西の列と南北の列の二つが明瞭に見える(図5)。本震は、この二つの列が交叉しているところで発生している。GPS 連続観測によれば、この地震に伴う水平変動が近傍の観測点において見られる。

日向灘の地震活動・地殻変動

日向灘で12月3日にM6.6の地震が発生した。この付近では、約1カ月前の10月19日にもほぼ同じ規模の地震(M6.6)が発生している。震源の位置は、12月3日のほうが西側やや深い。地震のメカニズムは二つの地震とも北西-南東圧縮の低角逆断層を示す(図6)。余震活動は、12月3日のほうが少ない。

GPSの連続観測の結果によると、12月3日の地震では川南近辺の変化が最も大きい。従来の方法では、10月19日の地震と12月3日の地震の二つの変動を分離することは不可能と考えられていたが、エンドクラスターを用いる最近の結果では、24時間位の間隔で数mm程度の変動を分離できる(図7)。

西表島付近の群発地震活動

沖縄県西表島において2月10日より小規模な活動が始まり、16日現在も継続している。地震は、1992年の群発地震活動の震源域の南端、西表島の北西海岸付近に集中していることが特徴的である。前回の活動はかなり

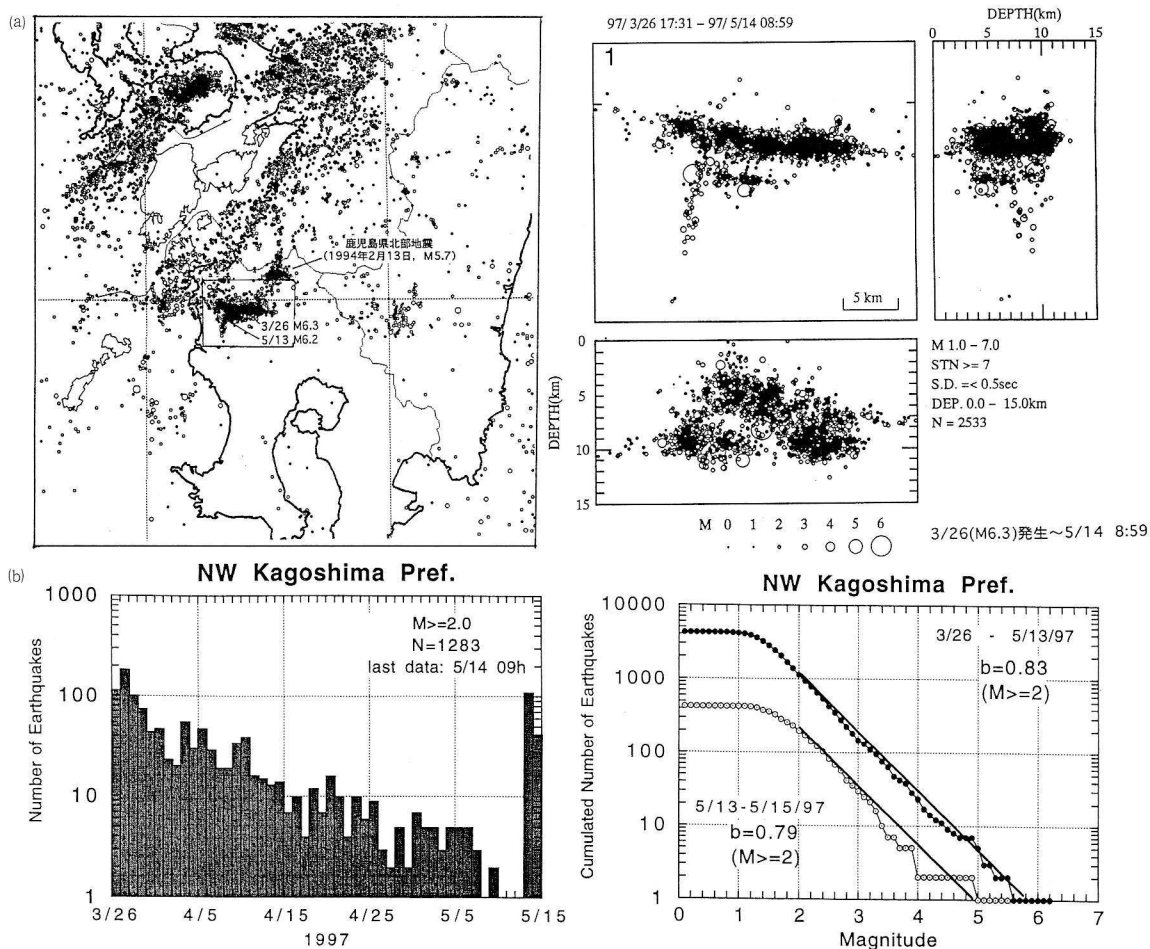


図5 鹿児島県北西部の地震の余震活動の比較 (第124回：九州大学)

(a) 左図の長方形内の地震の震央と深さ分布

(b) 3月26日 ($M 6.3$) と5月13日 ($M 6.2$) の地震の余震数の時間変化 (上図) とB値 (下図)。

長期間にわたったので、今後の活動の推移が注目される。

そ の 他

第123回は4月18日に開催され、第15期委員の紹介、会長選出、他の役員の指名、部会メンバー選出、ホームページの紹介、などがなされた。また、地震予知連絡協会報の電子文書化についても議論された。

会長は、茂木清夫日本大学教授が全員一致で推薦された。副会長は会長により青木治三地震予知振興会員*と大竹政和東北大学教授*が指名された。他の第15期委員(敬称略)は次の通りである。

委員：笠原稔* (北海道大学)、平澤朋郎* (東北大学)、野津憲治* (東京大学)、米倉伸之* (東京大学)、金沢敏彦* (東京大学)、石井紘* (東京大学)、阿部勝征* (東京大学)、島崎邦彦* (東京大学)、吉井敏尅 (東京大学)、菊地正幸 (東京大学)、本蔵義守* (東京工業大学)、藤

井直之* (名古屋大学)、尾池和夫 (京都大学)、田中寅夫 (京都大学)、松村一男* (京都大学)、清水洋* (九州大学)、石田瑞穂 (防災科学技術研究所)、岡田義光* (防災科学技術研究所)、中井新二 (国立天文台)、衣笠善博* (地質調査所)、西田英男* (水路部)、山本孝二 (気象庁)、吉田明夫* (気象庁)、望月英志 (気象庁)、塚原弘一 (国土地理院)、吉村好光* (国土地理院)、多田堯 (国土地理院)。

臨時委員：溝上恵 (地震防災対策強化地域判定会会長)、内田国昭 (通信総合研究所)。

名誉委員：萩原尊禮 (地震予知総合研究振興会)、浅田敏 (東海大学)、力武常次 (地震予知総合研究振興会)、高木章雄 (地震予知総合研究振興会)。

また、強化地域部会 (部会長：青木副会長) 委員は*を、特定部会 (部会長：大竹副会長) 委員は#を、上記委員名の右肩に付して示した。

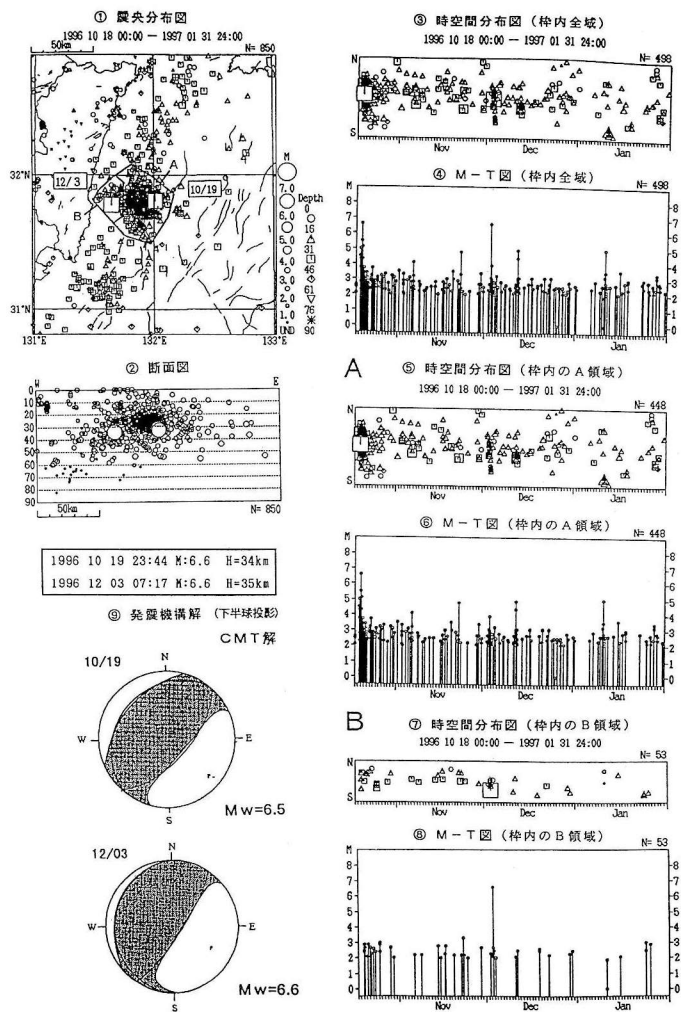


図6 日向灘の地震活動 (第122回: 気象庁)

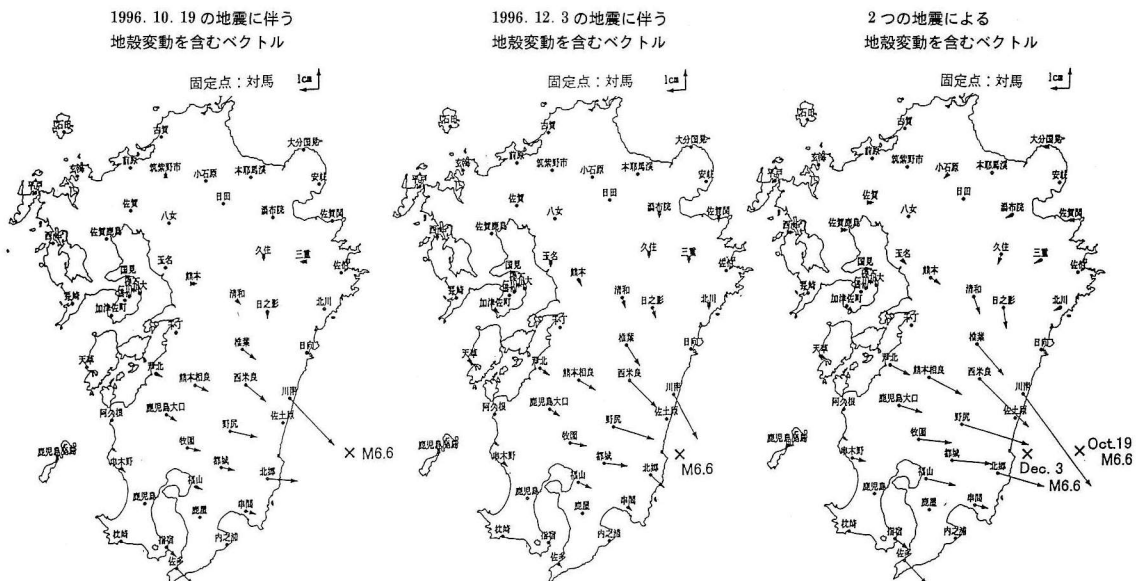


図7 日向灘の二つの地震の各々に伴う地殻変動を含むベクトル図と二つの地震を含むベクトル図 (第122回: 地理院)。

■ 書

■ 評

●地震予知とロシア的発想

M.B.Gokhberg, V.A.Morgounnov, and O.A.Pokhorelov

EARTHQUAKE PREDICTION

Seismo-Electromagnetic Phenomena

評者 行武 毅

昔から地震の起こる前後で発光現象を見たという報告が数多くなされている。最近では地震の際にラジオ放送がノイズで乱れたという報告も増えてきた。これらの報告の中には実際には地震と因果関係のないものも含まれていると思われるが、すべてが地震に無関係とは考えられない。最近になってようやく地震の際に放射される異常な電磁波の実態とその発生メカニズムを明らかにしようとする研究が組織的に行なわれるようになった。この本の著者達はそのような研究をもっとも強力に推進してきたグループである。この分野の研究をまとめた本としては、この本が最初であるといつてよい。しかし残念ながら決して読み易い本ではなく、難渋を極める難しい本となっている。

まず本の構成を見てみよう。内容は著者達やロシアのグループの研究の紹介が主体となっている。第1章では地震に関連した電磁現象の研究についての簡単な歴史的記述、ロシアにおける研究、国際的な共同研究の現状などを述べている。第2章は電磁放射の野外観測結果の報告で、著者達とその共同研究者によって得られた地震の際の異常な電磁放射の観測例が基礎となっていて、この本の中ではもっとも実質的な部分である。第3章では地震の際に観測される異常な電磁波の放射源を突き止めようとする試みを紹介している。震源域での地殻破壊との関係、地表への伝播、地表と電離層間の伝播などの問題が取り上げられている。第4章は地震発生前後での電離層の電子密度の変化や電離層内に起因すると思われる電磁放射異常の例を人工衛星の観測結果まで含めて記述している。第5章では岩石破壊の室内実験について簡単に述べ、第6章と第7章で地震に関連した電磁放射研究の問題点に触れている。

著者達の異常電磁放射に対する考え方を推測すると、

「地震準備域」におけるクラックの発生あるいは地殻表面近くでの歪の変化に伴ってパルス的な電磁波が放射される、ということになるのではなかろうか。第2章で観測例として、地震発生前のパルス的な電磁放射の増加や、バックグラウンドノイズの増加とその後の地震時の急激な減少などが示されている。読んでいてもっとも説得力のあったのは、日本で得られたデータであった。その他にもいろいろな例がたくさん挙げられているが、残念なことに厳密なデータの評価がなされずにただ並列されている。この本の最大の問題点である。その帰結が、発生メカニズムが多様であるから発生する現象も多様になるのであろう、というのはいかにも空しい。

異常現象といっても、もともとの現象そのもの、あるいは使われている用語自体について、専門外の読者に理解できるような十分な説明が必ずしもなされていない。また書き方でいえば、マグニチュードの表示として、国際的に通常使われるMのほかにKという表示がでてきたりする。特定の読者以外には両者の間の変換を即座に行なうことは不可能であろう。本文で説明される図の番号と実際の図の番号とが合致しないところがあったりして、混乱を倍加する。編集のずさんさが、益々理解を困難にしている。せっかくの大事なテーマを扱った本でありながら、読後に重い消化不良の感じが残るのは残念である。〈Gordon and Breach Publishers, 1995年, 193頁, 10200円〉

●楽天的に過ぎる予知の展望

早川正士 著

最新 地震予知学

評者 住友則彦

序章 「地震予知」を放棄した「地震学者」たち

1章 地震の直前予知、これだけある世界の成功例

2章 人間と電磁気の深い関係

3章 地震の前兆は、宇宙でも読める

4章 「地震学」と「予知研究」の対立史

5章 地震学者から「地震予知」を解放せよ

本書の章立ては上の通り。電磁波による地震予知をか

かげ、地震学者への挑戦である。どのような読者を想定して書かれたか、NON ブックシリーズだと言ってしまうとそれまでだが、地震予知の問題はノストラダムスと同列に扱ってもらいたくない。地震予知学はプロ（地震学者）よりアマ（電磁気学者）に任せるとおっしゃるが、世の中に地震予知学なるものは存在しない。地震予知の研究はある。これは地震学に密接に結びついた分野である。だからこそ地震学者が主になって研究を進めてきた。地震学のみでは予知はできないことを認めろとの主張は正しい。だからと言って電磁波の観測から予知は可能と主張されても、にわかに賛成しがたい。著者は地震学と地震予知学の区別を強調されるが、地震学を非常に狭く見ている節がある。地震に関連した諸現象はすべて地震学の範疇に入ると言って良い。

評者は著者：早川氏と同じ学会に所属し、同業者に近いが、氏は超高層物理学、私は地球内部電磁気学が専門である。書評は初めて……。編集部への依頼に対して必ずしも褒めないが良いかと確認をとった。同業者の批判をするのは気が重いが、こちらの生存もかかっているのだから、厳しくやりたい。

地震予知が暗礁に乗り上げたことは事実。今すぐ短期予知は極めて困難であることも「業界」では共通認識。しかし、金輪際、不可能とは言っていない。可能性は残されている。多くは「予知研究の灯」を消してはいけないと思っている。これは決して研究費が欲しいからではない。数十年以上にわたって予知を夢み、あるときは使命感に燃えた経験からの率直な願いである。

ご 案 内

地震ジャーナル 22号

エッセイ	大震災に学ぶ	三木克彦
座談会	震源で何が起きているか	司会：平澤明郎 梅田康弘／山下輝夫／松浦充宏／大中康譽
合成開口レーダー		村上 亮
測地観測センター		矢口 彰
アメリカ版 GPS アレー		力武常次
飛び跳ねる自動車		翠川三郎
VAN 論議の顛末		力武常次
地震と短歌		岡井 隆
首都高速道路の地震防災		勅使河原 勝
滋賀県の地震防災対策		今堀治夫
連載：その4 地震・津波碑探訪		力武常次
地震予知連絡会情報		石井 紘

記

ご講読料 1500円〔実費頒布：送料共〕
お申込先 ☎101 東京都千代田区猿樂町1-5-18
財団法人 地震予知総合研究振興会
☎ 03-3295-1966, 2217
〔本誌綴込の振替用紙をご利用下さい〕

財団法人 地震予知総合研究振興会

確かに、地震観測のみから地震の短期予知はできないという著者の主張は正しい。だからと言って著者の主張するように電磁波の観測からなら簡単で安上がりとは思えない。ギリシャで開発された VAN 法の解説、概ね正しい。一般の人に説明するならこれも良し。しかし専門家にとっては、かなり不満。何故なら強い「選択性」を安易に容認しているからである。VAN 法の根本は「経験」にある。物理ではない。したがって一般性は極めて低い。「経験」を主張されたら、学者は相手にしにくい。したがって発展も期待できない。日本では人工ノイズが多くて、とても無理だ。電磁波の観測も「経験」によるところが多いと思われる。観測は DC 帯から HF 帯まで実に幅広い周波数帯で、それぞれの「流儀」で行なわれている。著者は、電磁放射に関して様々な「流儀」を当たり障り無く紹介している。まこと自然は幅広い周波数帯で異常を訴えていることも考えられるが、あまりにも幅が広すぎる。電磁波の場合、その伝搬経路が極めて難しい問題なのだが著者はさりげなく避けている。間に挿入されている「通信」や「電波」の記述は流石に専門家だけあって、実に明解で評者もずいぶん勉強させていただいた。

著者によれば、数百 km 上空を飛ぶ人工衛星でも地震に関連した電離層の異常が観測されたという。100 km 上空の電離層が地下数十キロに起きる地震とどう関係するのか、もし本当だとすれば神様は実にすばらしい仕組みをお考えになったものと思う。著者が地震予知学はどんな人にも挑戦を必要とするジャンルであるべきと主張することには、ある意味で賛成したい。しかし、実用の地震予知を考えるとき、それは極めて責任の重い問題であることを忘れてはならない。人の、また集団の未来を予測することは「第一級の哲学」でもある。評者には早川氏のように楽天的な予知の展望をどうしても語れない。

〈祥伝社、1996 年 11 月、新書判、212 頁、本体 829 円〉

●成熟する日本に大災害への取組みを説く

吉井博明 著
都市防災

評者 尾池和夫

本書は、二〇年以上にわたって著者が自然災害を研究してきて、この国には災害の教訓を生かしていく仕組みがないことをたびたび痛感しつつ、都市が準備しておくべき防災対策を、総合的に考究したものである。

新技術を社会的に評価するテクノロジー・アセスメントの研究者である著者が、二〇年以上前に災害の問題を研究しはじめたのは、新しい技術としての地震予知に興味を覚えたことによるという。1959年9月26日の伊勢湾台風を、名古屋に転居して一年のときに、著者は体験した。この台風による死者の多くが寝巻姿だったということが、被災地の市民の台風に関する意識を示していた。その体験から、人々が地震予知を簡単に信用するわけがないと直感したことから、著者の災害の研究が始められた。

人に、すぐできる短期的課題と、重要だが解決困難な長期的課題の二つを同時に与えると、必ずすぐにはできる前者だけにとりかかり、後者にはなかなか手をつけない傾向がある。これを「計画のグreshamの法則」と呼ぶが、防災対策は、自然に対策が実施できていくような社会的仕組みを、あらゆるところに組み込んでしまう方法で進めていかなければできないと著者は考える。その観点からみると、日本の防災力の強化をはばむポイントが浮き彫りにされる。例えば、日本の防災対策の最大の弱点の一つに、行政に防災対策等の専門家がほとんどいないことがあげられる。そのために、防災の主担当組織として防災庁の設置が提案されている。長期的課題を着実に

に進めるために専門家の存在は欠かせない。防災に関する豊かな経験を持つ担当者のいる防災庁の提案である。

本書の素材は阪神・淡路大震災であるが、被災現場、初動、避難生活と生活再建、ボランティアの善意を生かすために、防災体制の歴史に学ぶ、地震予知、迫り来る災害に備えて、「都市防災」の明日、という各章で、順次、著者の二〇年の研究の蓄積が、無駄のない表現で明解に述べられていく。

6425名の死者という震災は、日本の都市のもつ特性をあらためて人々に明らかに示した、あまりにも大きな事実である。日本の多くの都市は、活断層運動で形成された盆地や平野に発達したものであり、それらのどの都市もいつかは、このような直下の大規模地震に出会うことがわかっている。そのことが、この30年の間に進められた日本の地震予知計画の大きな成果であり、今、日本の震災軽減対策の基本としてとらえるべきことだと私は思っている。

本書の最後は「成熟社会への道を急ピッチで進む日本にとって、莫大なストックの喪失をもたらす大災害は、日本の没落をもたらす一撃になりかねない。成長の過程でおろそかにしてきた大災害への本格的取り組みが、今必要とされているのである」と結ばれている。その本格的な取り組みの全体像と、さまざまな面からみた方法論と具体的な提言およびそれらの持つ意味を、本書を読んで学び考えてほしいと思う。

〈講談社、1996年12月、新書判、237頁、本体641円〉

●地震発生当時の歴史的背景を活写

寒川 旭 著
揺れる大地
日本列島の地震史

評者 吉井敏尅

寒川さんが実質的な名付け親であろう「地震考古学」も今では広く知られるようになり、新しい地震の学術用語集にも収録されることになっている。ずばり『地震考古学』（中公新書、1992年）というタイトルの前書は、この比較的新しい分野の研究を紹介した良書であったが、

ご 案 内

地震ジャーナル 10号 特集：迫りくる東京圏直下地震

エッセイ 10周年記念号の発刊に際して
カラー口絵 版画と文 地震と瓢箪と鯉
江戸ー東京の直下地震
首都直下のプレート構造
どうやって予知する？
直下地震の危険度は？
川崎市と直下型地震
直下型地震に備える
液状化対策は？
ライフラインの安全性
そのとき社会は？
金融・経済へのインパクト
損害保険はどうなる？
災害は進化する

萩原尊禮
井野盛夫
萩原尊禮
石田瑞穂
萩原幸男
力武常次
杉山孝志
荒 孝一
浜田政則
片山恒雄
廣井 脩
織田 薫
長島秀隆
柳川喜郎

記

- ご講読料 1500円〔実費頒布：郵送料共〕
- お申込先 東京都千代田区猿楽町1-5-18
財団法人 地震予知総合研究振興会
☎ 03-3292-1966, 2217
〔本誌綴込み振替用紙をご利用下さい〕

財団法人 地震予知総合研究振興会

資料：日本の地殻水平歪 ●国土地理院編

体 裁 上製・硬判 本文：133頁 2色刷
付録：カラー歪み図 2編
頒布実費 20,000円〔送料共〕

財団法人 地震予知総合研究振興会

今回の『揺れる大地』はがらりと語り口を変え、さらに最新の成果を加えたものとなっている。新潟地震は、私にとっても忘れることのできない体験である。学部学生だけのパーティで余震観測を終えて、新潟市内に乗り込んだのは本震の約2週間後であったが、傾いたビル、地中に沈み込んだり逆に浮き上がっている構造物、水や砂の噴き出した跡など、初めて目にするものばかりであった。寒川さんによるこの興味深い書も、「液状化現象」をキーワードとして語られることの多い新潟地震のリアルな描写から始まる。

考古学の遺跡発掘調査は、全国で年間数千ヶ所にもなるという。こうした発掘現場で見つかる液状化や噴砂などの跡、いわゆる地震跡の調査は、古い地震を調査する際に史料の補強、さらには史料の空白を埋めるものとして、その重要性が広く認識されるようになってきた。いまでは全国の考古学者が地震跡を意識しながら発掘を行っているとのことで、今後急速に成果をあげていくことが期待されている。

本書で紹介されているフィリピン海プレートの沈み込みによる巨大地震の地震跡も、地震考古学の成果の中でとくに注目されている部分である。白鳳の南海地震に対応する東海地震の可能性、明応の東海地震に対応する南海地震の可能性などは、いまでは広く支持されるようになった。正平の南海地震に対応する東海地震の可能性や、これ以前の大地震の間隔が以降の間隔に比べて永すぎることに関する資料も集まりつつある。東海地震と南海地震の長期予測に貢献するところが大きい。

本書のかなりの部分は、実は内陸の発掘現場で見られる地震跡の記述に当てられており、全国の考古学あるいは地震学の研究者との協力で行なった多くの調査の概要を知ることができる。本書の最大の特徴は、地震当時の歴史的な背景がいきいきと描かれている点である。分量からいうと地震跡そのものの記述より多いかもしれないほどで、寒川さんの博識には圧倒される。そのような本と思って読めばよいのかもしれないが、私などは時間的にも空間的にもちょっとついていけなくて、戸惑うこともあった。

昨年刊行された宇佐美龍夫の『新編日本被害地震総覧・増補改訂版』（東京大学出版会）には、寒川さんも校閲をしたという「おもな地震考古学の成果一覧」が付表として数ページにわたって載っている。せめてこのような表でもあれば、読者も地震考古学の成果を系統的に見ることができたのではなかろうか。あるいは、先史時代にまで遡ってこの分野の成果が急速に増えつつあることを最もよく知っている寒川さんには、現時点でそのような表を作ることにためらいがあったのかもしれない。

〈同朋舎出版、1997年1月、四六版、272頁、本体2000円〉

●長老が語る地震学半世紀

萩原尊禮 著

理科年表読本

地震予知と災害

評者 濱田和郎

著者の萩原尊禮先生は明治41年のお生まれで、昨年は88歳の米寿のお祝いがありました。現在、地震予知総合研究振興会会長としてご壮健です。本書が書かれることになったきっかけは、先生の思い出話を聞きたいという、先生からご覧になれば若い人達、神沼克伊氏らの希望でした。

話は、1929年に東京帝国大学理学部地震学科に著者が入学したところのことから始まり、幾多の災害地震の調査研究、日本の地震予知計画、阪神淡路大震災の現在までです。本書は、俗人には経験できない長期間、関東大震災から第2次世界大戦を含む激動の時代、昭和を生き抜いてきた著者の記録です。本書は、自然科学者らしい、気取らない、平明な文章で淡々と語られていますが、その中には長い歴史の重みと共に著者の平和を求める一人の国民として、また地震学者としての真摯な態度が貫かれています。「インストルメントは自然の窓である」（レオナルド・ダ・ビンチ）と石本先生から教えられ、大変示唆に富んだ良い言葉であると述べられていますが、著者が、地震計・水管傾斜計・伸縮計の開発と多くの観測所の建設に業績を残されたことに通じるものがあります。

「私が地震学科を選んだのは、関東地震を経験したからだとの噂もありますが、実のところは物理学科よりは入学しやすいと思ったからです」と1929年に地震学科に著者が入学したところの話から始まります。1929～33年は金融恐慌から始まった史上最大の世界恐慌の時期です。当時の地震研究所長末広恭二教授も気象台長岡田武松先生も「地震学教室の卒業生は採用しない」と明言しておられたようで、その理由として、「当時の教室主任今村明恒先生は鹿児島県人で非常に頑固な人で仲の悪い先生方も多かった」とあります。

実は、この種の逸話が随所にあって本書の魅力になっています。科学に従事する人が必ずしも冷静ではなく、俗人以上に感情的に行動することがよくありますが、戦後の民主化を経た現在から見れば、昔は大変だったようです。

1933年3月3日三陸沖地震 M8.1 がありましたが、石本地震研究所長の抱持ちとして現地調査に行ったとき

の話も載っています。「波（津波）の高さを測るときは先生と一緒に、あしろ、こうしろ、といわれて測りました。宿に帰って全部整理して地図に書き込むのに、夜遅くまでかかるのですが、先生はそばで居眠りをしていて、ヒョット目を覚まして、できたか、というわけです。そんな日が何日も続きましたので、このくらい骨の折れた出張はありませんでした」。

おわりに、戦争へ向かう暗い時代を嘆く話を紹介しましょう。「1931年に満州事変が起こってから、日本は軍人が威張りだし、軍国主義になっていき、とてもいやな時代となりました」「陸軍省軍務局長をしていた永田鉄山少将は縮軍派（統制派）で、非常に幅広い見識を持った人でした。ところが、1935年8月永田鉄山は白昼、陸軍省内で相沢三郎中佐に斬殺されるという事件が起きました。いわゆる相沢事件です。続いて二・二六事件が起きましたが、とにかく永田鉄山の死により、私達の希望の灯も消えてしまったのです」。

〈丸善、平成9年3月、新書判、174頁、本体1500円〉

●幕末の政治・社会構造と地震災害

野口武彦 著

安政江戸地震

災害と政治権力

評者 都司嘉宣

よく考えると当り前のことであるが、幕末の江戸に生きていた人々は、別に自分が住んでいる時代を幕末であると感じていたわけではなかった。いまわれわれが幕末と呼んでいる嘉永安政年代（1848～1860）時代の江戸は人口130万人を数え、株仲間解散令後の自由売買による商業が栄え、寄席が繁盛し、人々が金銀鼈甲細工を身につけ、芸者が解禁され、若者は三味線の音曲を楽しみ、歌川国芳の極彩色の浮世絵が出現するなど、町人文化の高揚した活気に溢れた首都であった。しかし、安政2年（1855）10月2日の午後10時ごろに起きた「安政江戸地震」は、豊かさや享楽の首都・江戸の政治中枢部と下町地域を「ただ煙草一吹きのみ」とに、壊滅状態におとし入れた。この地震と直後の火事による死者は、町方、武家屋敷内居住するものを含めて約7000人と推定され、さまざまな人間模様が現出した。火中に梁の下敷になった妻を見捨てざるを得なかった夫の深い原罪感が残った。親を失い、子どもを死なせ、自宅が全壊となった人が、それを手柄のように勢よくしゃべる、異様な精神高揚感の内にある被災者たちがいた。深川には、米のみを要求

した、理性の効いた打ち壊し騒動を受けたとき、鉄砲による武士の防護をあえて断わって米を窮民に差し出した豪商がいた。したたかな江戸の出版界は、地震発生のおぼろげな3日後の10月5日までに380種もの鯉絵を刊行した。これは鯉絵の一種であるが、同年12月14日には幕府に完全に禁圧され、芸術性、民俗性豊かな鯉絵もわずか2カ月余りだけ咲いたあだ花に終わった。

この未曾有の災害を突如迎えた江戸の町役人は優秀であった。当時、弱冠十九歳の南町奉行所与力・佐久間弥太吉長敬は、地震直後の深夜に奉行所に配下を召集し、炊出し、御救小屋建設、日用品買出し、職人呼出し、物価手間賃引上げの防止を評決し、ただちに行動に移している。地震の夜が明けた翌3日朝には、もうそれを各町名主に申し渡している。当時江戸には非常用として、米46.7万石が備蓄され、御救小屋の資材も常備されていた。千坪の小屋を半日で建設できたのである。町人の救済に要した資金約1万5千両は、ほとんどが江戸の有徳の市民の義捐金（^{せききゅう}施行）によってまかなわれた。

御救小屋に味噌、鍋、日用品、労働力を提供した市民たちがいた。備蓄米は解放しても、救済はもっぱら町役人と市民の自助にまかせ、幕府自身は武士身分の者の窮状の手当のみに汲々として、江戸市民の救済には、ほとんど金も労力も支出しなかったのである。

江戸幕府の中枢というべき江戸城の前面にならぶ幕閣大名の屋敷地は、江戸開府以前には「日比谷入り江」とよばれる内湾で、下町地域とならんで重大な被害を生じた場所となった。幕府は、被害の重かった幕閣13家の大名だけで6万1千両、旗元へは9万両余の拝借金を支出した。江戸市民は、災害後の一種の興奮状態のなかにあって、地震に「世直し」の期待を託しながら幕府の政策を冷やかに見ていた。市民はこの地震を境に急速に幕府への不信をつのらせ、政治的関心を失って行った。江戸は、この地震の翌安政三年に未曾有の台風を迎え、さらに安政5年には、死者3万人を出したコレラに見舞われる。さらに元治元年（1864）の長州戦争の失敗で権威を失墜した幕府は地震の13年後について崩壊した。巨大災害の後始末をきちんとやれない国家権力は長続きしない、とこの本の著者は結論づけ、「幕府の終焉は（江戸市民にとって）いささかも悲観的なものではなかった」と締めくくっている。この本の著者は、江戸の情報屋の元締めとも称せられる藤岡屋由蔵の『日記』、町名主・齊藤月岑の『武江年表』、仮名垣魯文の『安政見聞誌』など、当時の状況を詳細に記録した文献を駆使して、幕末の江戸の社会構造を正確に再現し、災害を迎えた町人、武士の心のひだにまで迫っている。読む者に終止緊張感を与え続ける本である。

〈筑摩書房、1997年3月、新書判、238頁、本体660円〉

東濃地震科学研究所の発足

平成9年4月1日付をもって、当地震予知総合研究振興会の東濃地震科学研究所が発足したので、その経緯、目標、研究計画構想などを概略紹介する。

先の阪神・淡路大震災により、地震防災に関する国民の要請は急激に高まり、国家的な各種施策が実施されつつある。このような社会的背景の中で、かねてより実施されていた動力炉・核燃料開発事業団東濃地科学センターの研究業務を深地層に拡大する計画に対して、岐阜県および地元市町村から、国に対して、これら施設を利用した地震研究所の設置に関する強い要請がなされた。

当振興会は、すでに深地層における地震予知研究に関する調査研究委員会を設置し、東濃地域における既存の地震観測施設も含めた地震調査研究の意義と目標を検討してきたが、東濃周辺のA級を含む幾つかの活断層および周辺地域の地震被害を重視し、その目標を内陸型地震の発生機構の解明と地震防災に置くという結論に達した。

科学技術庁は、上記の視点から、東濃地域に地震研究所を設置することの重要性を認め、そのための新しい補助金制度を制定した。当振興会はこの補助金交付の申請を行ないその決定を受け、地元の岐阜県および瑞浪市などの協力を得て、瑞浪市産業展示館の一部(120 m²)を借用し、東濃地震科学研究所発足の運びとなったものである。

研究計画の内容は、下記の4項目に集約される。

- (1) 活断層地帯における内陸型地震の発生機構に関する研究
- (2) 深地層における地震発生に関連した諸現象の総合的観測研究
- (3) 深地層における観測機器・技術の開発および観測精度の検証研究
- (4) 地域の地震防災対策等に寄与するための調査研究

これらの研究の進め方としては、自主研究ばかりでなく、国内外の関係研究機関・大学などとの共同または協力研究および受託研究により、幅広い開かれた研究所となることを目指している。

また、これらの研究を進めるための研究施設・設備の整備については、公開される各種観測データおよび



現在、研究所の在る瑞浪市産業展示館

情報などの効果的な活用を図りつつ、研究協力機関などの既存観測施設と関連して、自体の研究施設を順次整備することとしている。

特に、東濃地科学センターの深地層研究との協力の下に、長期にわたる地下深部から地表までの立体的地殻活動観測アレーの整備とそれによる観測研究、そのための観測機器・技術の開発など、学術的にも新しい研究が期待されている。更に、地域の地震防災に寄与するため、強震地動の特性と地震災害の発生評価の調査研究、啓蒙的な地震防災に関する情報活動などを積極的に行なうこととしている。

研究所の組織・体制については、現在、青木治三副首席主任研究員(名古屋大学名誉教授)を所長として職員若干名であるが、研究の進展に対応して増強し、最終的には40人体制の研究所を構想しており、外部からの客員研究員など、幅広い研究者の参加も期待している。更に、研究所の運営委員会もこれまでの調査研究委員会を発展させ、研究所の支援をするために発足している。

平成9年度は、情報処理システムにより利用可能な観測データおよび情報を地域地震防災に役立てる研究、名古屋大学瑞浪地殻変動観測所近傍での地震計試験室およびボアホールによる地殻活動観測点の整備などによる協力研究、阿寺断層周辺地域のGPS観測点の整備の開始、深地層研究との協力協議などを重点的に実施し、効率的な研究を推進することとしている。

[SU]

執筆者紹介

〈掲載順、連載論説は初回掲載時に紹介〉

氏名 佐々淳行

〔さっさ あつゆき〕

現職 日本国際救援
行動委員会理事長

略歴 東京大学法学
部卒業、元内閣安全
保障室長を経て現職

著書 『完本・危機管理のノウハ
ウ』『東大落城』『連合赤軍「あさま
山荘」事件』（文芸春秋社）、『平時
の指揮官・有事の指揮官』（クレス
ト社）等



氏名 野津憲治

〔のつ けんじ〕

現職 東京大学理学
部教授（地殻化学実
験施設）
理学博士

略歴 東京大学理学
部化学科卒業、東京大学大学院理学
系研究科化学専門課程博士課程終了、
東京大学理学部助教授を経て現職

研究分野 地球化学（特に火山活動
や地震に関連した地球化学）専攻
著書 『地球年代学』（分担執筆・岩
波書店）、『地球化学』（分担執筆・
講談社サイエンティフィク）、『火山
とマグマ』（分担執筆・東京大学出
版会）等



氏名 歌田久司

〔うただ ひさし〕

現職 東京大学地震
研究所助教授
理学博士

略歴 東京大学理学
部地球物理学科卒
業、東京大学大学院理学系研究科地
球物理学専門課程中退、東京大学地
震研究所助手、カナダトロント大学
研究員を経て現職



研究分野 地球電磁気学（地球磁場
および電場観測、地球内部の電磁気
的性質の研究）専攻

氏名 佐藤博樹

〔さとう ひろき〕

現職 大阪大学大学院理学研究科
（宇宙地球科学専攻）助教授
理学博士

略歴 東京大学理学部地球物理学科
卒業、東京大学大学院理学部地球物
理理学博士課程修了を経て現職

研究分野 地球内部物理学専攻

氏名 諸井孝文

〔もろい たかふみ〕

現職 鹿島建設(株)
小堀研究室企画管
理部企画課長

略歴 東京都立大
学工学部建築工学
科卒業、東京都立大学大学院工学研
究科修了を経て現職

研究分野 地震工学、地震防災専攻
著書 『都市・建築防災シリーズ5
：地震防災と安全都市』（共著・鹿
島出版会）



氏名 宮村正光

〔みやむらまさみつ〕

現職 鹿島建設(株)
小堀研究室企画管
理部次長
工学博士

略歴 日本大学理
工学部建築学科卒
業、南カリフォルニア大学客員研究
員を経て現職

研究分野 地震工学、地震防災専攻、
著書 『地震防災と安全都市』（鹿島
出版会）



氏名 菊池万雄

〔きくち かずお〕

現職 日本大学通信
教育学部非常勤講師
理学博士

略歴 日本大学大学
院文学研究科（人文
地理学専攻）卒業、日本大学文理学
部助教授、同教授を経て現職

研究分野 歴史地理学（災害）専攻
著書 『日本の歴史災害』[江戸後
期]（古今書院）、『日本の歴史災
害』[明治期]（古今書院）、『近世村
落の歴史地理学的研究』（鈴木文江
堂）、『近世都市の社会史』（名著出
版）、『図説日本の災害』（古今書
院）等



氏名 近藤信行

〔こんどうのぶゆき〕

現職 作家

早稲田大学教育学部
および同大学院講師

略歴 早稲田大学大
学院フランス文学科
修士課程終了後、中央公論社に入社、
編集局・出版局にあって「中央公
論」「婦人公論」「日本の文学」など
の編集にたずさわる。'69 文芸雑誌
「海」創刊。'76 退社、以後文筆生活
著書 『小鳥鳥水・山の風流使者
伝』（創文社）、『登山入門』（岩波書
店）、訳書『世界登壇史』（草思社）
のほか、『深田久弥・山の文学全
集』（12 巻、朝日新聞社）、『小鳥鳥
水全集』（14 巻、大修館書店）の編
集・全巻解説、現在、「図書」に
「荷風潤一郎」を連載中



氏名 力武常次

〔りきたけ つねじ〕

現職 財団法人地震予知総合研究振

興会理事

東京大学・東京工業
大学名誉教授
理学博士

略歴 東京帝国大学
理学部地球物理学科
卒業，東京大学地震
研究所助教授，同教授，同所長，東
京工業大学理学部教授，日本大学文
理学部教授を歴任，現在に至る

研究分野 地球物理学（地球電磁気
学，地震予知論）専攻

著書 *Electromagnetism and
the Earth's Interior, Earthquake
Prediction*（いずれも，Elsevier），
『地球電磁気学』（岩波書店），『なぜ
磁石は北をさす』（講談社），『地震
予知』（中央公論社），『地震前兆現
象』（東大出版会），『固体地球科学
入門』（共立出版）他



氏名 石田瑞穂

〔いしだ みずほ〕

現職 日本地震学会
会長，科学技術庁防
災科学技術研究所総
括地球科学技術研究
官

理学博士

略歴 お茶の水女子大学理学部物理
学科卒業，東京大学大学院理学系研
究科博士課程修了，科学技術庁国立
防災科学技術センター第2研究部首
都圏地震予知研究員，同主任研究官
および地圏地球科学技術研究部地震
活動研究室長を経て現職

研究分野 地球物理学

著書 『日本列島の地震』（共著・鹿
島出版会）



氏名 行武 毅

〔ゆくたけ たけし〕

略歴 東京大学理学
部卒業，東京大学大
学院数物系研究科地
球物理学専攻博士課
程終了



理学博士

研究分野 地球物理学（地球電磁気
学）

氏名 住友則彦

〔すみともりのひこ〕

現職 京都大学防災
研究所教授
理学博士

略歴 京都大学理学
部地球物理学科卒
業，京都大学大学院理学研究科地球
物理学専攻，修士課程終了，京都大
学教養部地学教室助教授，同教授を
経て現職，および同センター長

研究分野 地球電磁気学（地震活動
に関連した地殻の磁場，電場の時間
変化の研究を通して，地震予知の研
究を行なっている）



氏名 尾池和夫

〔おいけ かずお〕

現職 京都大学理学部教授
理学博士

略歴 京都大学理学部卒業，京都大
学防災研究所助教授を経て現職

研究分野 地球物理学専攻

著書 『中国の地震予知』（NHK ブ
ックス），『中国の地震・日本の地
震』（東方書店），『インドネシアの
旅』（吉井書店），『地震発生のしく
みと予知』（古今書院）等

氏名 吉井敏尅

〔よしい としかつ〕

現職 東京大学地震
研究所教授
理学博士

略歴 北海道大学大
学院理学研究科博士
課程終了を経て現職

研究分野 地震学専攻

著書 『日本の地殻構造』（東大出版
会），『理科年表読本：地震』（共編
著・丸善），『新編・日本の活断層』
（共編著・東大出版会）等



氏名 濱田和郎

〔はまだ かずお〕

現職 財団法人地震
予知総合研究振興会
地震調査研究センタ
ー主任研究員，原子
力安全委員会核燃料
安全専門審査会審査委員
理学博士

略歴 北海道大学理学部地球物理学
科卒業，北海道大学大学院理学研究
科地球物理学専攻，博士課程終了，
東京大学地震研究所助手，米国コロ
ンビア大学ラモント研究所研究員，
国立防災科学技術センター（現在の
防災科学技術研究所）主任研究官，
室長，同研究所地圏地球科学技術研
究部長を経て現職

研究分野 地震学，地震予知，地震
前兆現象の統計的研究

著書 『地震予知』（森北出版）など



氏名 都司嘉宣

〔つじ よしのぶ〕

現職 東京大学地震
研究所教授
理学博士

略歴 東京大学工学
部土木工学科卒業，
東京大学理系大学院地球物理学専攻
修士課程修了，科学技術庁国立防災
科学技術センター研究員，東京大学
地震研究所助教授を経て現職

研究分野 津波，高潮，古地震

著書 『ソ連の地震予知研究事業（地
震予知総合研究振興会）』『富士山の
噴火』（築地書館），『沿岸災害の予
知と防災』（共著・白亜書房），『地
震と断層』（共著・東京大学出版会），
『古地震を探る』（共著・古今書院）



ADEP情報

南海トラフの巨大地震と 全地球ダイナミクス

前号のこの欄で紹介された平成7年度科学技術庁振興調整費によるFeasibility study「海溝型巨大地震の発生機構のモデル化とその評価のための観測機器・手法に関する調査」が、本年度から本研究として発足しました。「南海トラフにおける海溝型巨大地震災害軽減のための地震発生機構のモデル化・観測システムの高度化に関する研究」として、多岐にわたる専門的な研究分野よりこの問題を解明すべく、多くの研究者の皆様に参加していただくことになりました。多くの分野なので委員の人数が多くなるので、5分科会と

1WGに分け、各分野内で詳しく専門的な研究内容の討論をしていただく場を提供するとともに、分科会相互の意見、情報の交換がはかれるように委員長と各分科会主査による総括分科会を設け、研究の能率化と円滑化をはかることにしました。さらに、全委員の方々にも集まっていたき、ひろく意見の交換をはかり、より充実した研究に発展するようにと願っております。将来計画としては、各分野の成果を皆様に知っていただき、各分野相互の討論の場としてのシンポジウム開催も計画しております。

今年は初年度ということで、主に今まで研究されてきた文献収集に重点を置きました。地殻変動の発生源に近づいて、その変動を確実に観測を行なう、過去の地殻変動を地質学的に詳しく調査する、海底の地形やその変動を精度良く観測する方法を開発する、地震発生機構のモデル化とシミュレーション、地震発生の確率予測についての検討と新手法の開発、今までに観測された地震データの調査とデータならびに震源の再検討など、各分科会でこのような目標のもとに文献を収集すると共に、次年度への研究計画を進めております。

また、防災科学技術研究所から依頼による「全地球ダイナミクス」に関する研究資料調査があります。南海トラフの巨大地震は、プレートテクトニクスに基づいて解明が行なわれていますが、このような地球表面の変動現象は、地球内部のマントルの上昇・下降による巨大な対流（スーパープレリュウム）により引き起こされているという説があります。このスーパープレリュウムの実体と、時間的変動をとらえるために、国際協力のもとに、観測を行ない、また研究手法を検討開発しようというものです。

とりあえず、南太平洋を主とした、広帯域地震計による観測網の設置により、地震学的に形態を解明し、あわせてGPS観測点を設置し測地学的地殻変動観測からもプレリュウム地形を解明する方法、地質学的サンプルを採集し、この化学組成、同位体組成を明らかにし、またサンプルの地磁気学的測定から核内の運動を予想する、これらによって得られたデータより数値実験によるシミュレーションを行なうなど、広範囲にわたる研究から地球全体の挙動を知ろうという大きな計画がたてられました。

[TA]

編集後記

本誌の扱うテーマの範囲も、最近の地震学の進歩とともに大きく広がってきた。この号では、地下深いマントルの中の性状が、地震波速度の分布や電気抵抗の分布からわかるようになったことを、佐藤博樹先生と歌田久司先生の2つの論説でとりあげた。地表で観測される地震波や地球電磁気のデータを解析することによって、100 km、200 kmの深いところの物質がどんな状態にあるか示されている。そしてそれが地殻内の地震発生や火山の噴火に密接に関係しているということである。

一方でわれわれにとっては、地震災害が何よりも身近な問題である。諸井孝文先生・宮村正光先生により人的被害の予測の問題が詳しく述べられている。一個人で考えれば、生死の境は紙一重で幸運を拾うかもしれない。しかし、震度が6以上に達し全壊家屋が出現するようになれば、それにつれて死者の数が増えていくことは冷厳な事実であり、つぎの地震に備えて統計的な研究が行なわれているのである。連載されている力武常次先生の地震・津波碑探訪は、災害予防の警鐘として、先人が建てた多くの石碑を発掘している。[A]

地震ジャーナル 第23号

平成9年6月20日 発行

発行所 101 東京都千代田区猿楽町1-5-18

☎ 03-3295-1966

財団法人

地震予知総合研究振興会

発行人 萩原 尊禮

編集人 力武 常次

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。

●印刷・製本／理想社 ●装丁／鈴木 堯