

第 266 回地質調査所研究発表会講演要旨*

特集 活断層等による地震発生ポテンシャル評価の研究 —兵庫県南部地震 5 周年における到達点と今後の展望—

はじめに

野田徹郎¹

地質調査所では、数多くの地震関係の研究が行われている。その中で最も中心となる研究は工業技術院特別研究である。同特別研究による地震研究は、国の地震予知計画と歩調を合わせながら実施されてきた。地震予知計画は 5 年を単位として策定され、平成 11 年度は新たな 5 年計画の始まりの年に当たる。これに対応した平成 10 年度までの 5 年間の研究タイトルは、「活断層等による地震発生ポテンシャル評価の研究」であり、平成 11 年度からの 5 年間もこのタイトルを引き継いだ。

第 7 次地震予知計画期間中の最大の出来事は、何と言っても平成 7 年 1 月 17 日に発生した兵庫県南部地震である。その際、さしたる有効な大地震の予測・予知の情報を与え得なかったこと、多くの人命や財産を失う阪神・淡路大震災を招来したことの反省に立って、国の地震予知計画も見直しが必至となった。計画策定の任にある測地学審議会は、地震直後に「第 7 次地震予知計画の見直しについて」を建議し、これはその後の「地震予知のための新たな観測研究計画の推進について」の建議につながった。一方、政府は新たに「地震防災対策特別措置法」を制定し、地震防災対策を強化した。これにより、科学技術庁に設置されていた地震予知推進本部は地震調査研究推進本部として生まれ変わり、地震調査研究の推進に当たることとなった。同推進本部は積極的に活動を開始し、「地震に関する基盤的調査観測計画」、次いで「地震調査研究の推進について—地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策—」を立案し、実行に移している。以上の国の動きは、地質調査所の地震研究の方向性にも影響を与えてきている。

地質調査所は平成 7 年度と平成 8 年度の 2 回にわたり、地震の緊急研究のために未曾有の額の補正予算を獲得し、兵庫県南部地震関連活断層調査、地下水観測点の増強を始めとする緊急研究を行い、全国的な地震発生の長期評価に資する主要活断層調査事業を開始した。また、

その一方、地震研究の遂行組織を充実させるため、まず平成 7 年 7 月 1 日には、部を横断して一元的に地震研究を総合化し推進する活断層・地震予知特別研究室を設置し、次いで平成 9 年 7 月 1 日には地震研究の中核組織として地震地質部を発足した。

今後、行政改革により平成 13 年 4 月 1 日に工業技術院は廃止され、独立行政法人産業技術総合研究所が発足する。産業技術総合研究所はセンター、領域などの研究ユニットから構成されるが、地質調査所の流れを汲むものとして、二つのセンターと三つの領域が含まれる。このうち、「活断層等による地震発生ポテンシャル評価の研究」の各サブテーマを実施する主な研究ユニットとしては、「活断層研究センター」「地球科学情報領域」「海洋資源環境領域」が想定されている。

平成 11 年度は工業技術院特別研究「活断層等による地震発生ポテンシャル評価の研究」の衣更えの年に当ることから、今回の研究発表会では、平成 10 年度に終了した同研究の到達点及び平成 11 年度から開始された同研究の展望（一部平成 11 年度終了予定分を含む）を発表した。また、この機会に平成 10 年度に終了した工業技術院特別研究以外の地震関連研究テーマについても報告した。

(¹地震地質部)

Keywords: AIST special research project, Hyogo-ken Nanbu Earthquake, administrative reform

活断層による地震発生ポテンシャル評価の研究 (平成 6-10 年度 工技院特研)

杉山雄一¹

兵庫県南部地震直後の平成 7 年度補正予算を継承して開始された活断層調査事業では、近畿三角帯の 25 の活断層の調査を行った。これらを松田 (1990) の基準に従って 18 の起震断層に整理し直し、さらに新たに設けた基準によって活動セグメントに区分した。このうちの 31 の活動セグメントについて、地震発生ポテンシャルの評価を行った。その結果、有馬—高槻構造線等 14 の活動セグメントの、今後百年間の地震発生確率 (対数正規分布, $\sigma = 0.23$) は 0.2% 未満と算出された。また活動履歴調査の結

* 平成 12 年 2 月 10 日 本所(つくば市)において開催

果、これらの多くは大きな被害を伴った歴史地震の起震断層であることが判明した。一方、琵琶湖西岸断層と紀伊半島の中央構造線は相対的に高い地震発生確率を持つことが分かり、この両者と大阪市街を縦断する上町断層の3断層を今後より詳細な調査を行うべき活断層と評価した。

活断層のセグメンテーションの研究では、糸静線活断層系及び濃尾断層系の調査を行い、糸静線については最新活動時期、活動間隔等の多くのデータが得られ、これらに基づいて国としての活断層価が地震調査研究推進本部から公表された。濃尾断層系については根尾谷断層と梅原断層の活動履歴が大きく異なり、両者が異なる活動セグメントであることが確認された。

活断層の地球物理学的研究では、濃尾平野、福井平野等で精密重力測定と高分解能空中磁気探査を実施し、これらの探査手法が伏在活断層の広域探査に有効であることを確かめた。

島弧サイスマテクトニクスの研究では、西南日本弧のネオテクトニクスモデルを完成させ、地震被害の定量的予測に向けて、津波堆積物による津波被害の頻度と規模に関する研究を開始した。

活構造情報の整備・活用では、1/50万活構造図東京(第2版)及び1/1万兵庫県南部地震に伴う地震断層ストリップマップを刊行した。その他、1/50万活構造図京都、新潟、金沢(各第2版)の調査・編纂を進めた。

(¹地震地質部)

Keywords: active fault, segmentation, earthquake potential, Kinki Triangle

観測強化地域及び特定観測地域における

地下水等観測研究

(平成6-10年度 工技院特研)

佃 栄吉¹

本研究では第7次地震予知計画の一環として東海地域をはじめとする観測強化地域及び特定観測地域の地震予知のための地下水等観測研究を推進し、地震予知技術の向上を図ることを目的として、平成6年度から10年度まで5カ年に以下の研究項目を実施した。

平成5年度補正予算による伊豆・東海地域の観測井の整備、平成7年度補正予算による近畿地域の観測井整備、平成8年度補正予算による活断層モニタリング施設の整備及び平成10年度の筑波観測井の高度化改修など、観測井の新規展開・整備をはかった。さらに、データ収集・解析システムの高度化を行い、より迅速に対応できるシステムを整備した。

平成5年度補正予算により、伊豆半島の大室山北など

の5地点の観測井の整備を平成6年度に行い、観測強化地域のネットワークに組み入れた。平成7年度補正予算では兵庫県南部地震域の周辺に板東などの14の観測井を整備した。平成8年度補正予算では、活断層モニタリング施設の整備に取り組み、10断層について、安富などの14地点の観測井を設置した。平成7年度及び平成8年度補正予算において整備した近畿・中部地域の地下水観測井のデータはISDN回線及び大阪工業技術研究所を介したRIPS回線を利用して、つくばヘレメータされている。

伊豆・東海地域においては、現段階で掛川・大東・浜岡1・浜岡2・御前崎・榛原・大室山北・冷川南・草薙・牧ノ原・小笠で地下水位、および伊東1、伊東2で自噴量の連続観測をそれぞれ継続している。これらの13ヶ所の観測井のデータはNTTのDDX-P回線及びISDN等を利用したLAN接続によるデータ通信によって、テレメータされる体制を維持し、観測データの高品質高精度化につとめた。東海地域の地下水観測データについては、毎月定期的に地震防災対策強化地域判定会(気象庁)打ち合わせ会に報告するとともに、地震予知連絡会(国土地理院)及び地震調査委員会(総理府)へ報告した。

(¹地震地質部)

Keywords: Earthquake prediction, observation well, groundwater monitoring, telemeter network, Tokai earthquake

大地震の震源核形成過程に関する実験的研究

(平成6-10年度 工技院特研)

佐藤隆司¹

平成10年度で終了した標題の工技院特別研究の主な成果を報告した。本研究は、1)断層の折れ曲がり角が震源過程に及ぼす影響、2)高圧下での巨視的破壊面形成過程の詳細を解明するための2テーマからなる。

テーマ1)では、中央に5.6°の折れ曲がり角のある断層面を持つ30cm×30cm×5cmの花崗岩試料を圧縮し、断層面に不安定すべりを発生させた。実験では、折れ曲がり部分で一旦停止した後、断層面全体にわたるすべりが発生する多重不安定すべりが観測された。ふたつのすべりの発生時間差は、第1イベントのすべり量と負の相関を、垂直応力と正の相関を示した。この関係は、すべり速度と状態に依存する摩擦構成則を考慮した簡単なモデルによって、定量的に説明できた。不安定すべりに伴う剪断応力降下量の解析から、摩擦強度は直前のすべりの停止後10~100msから回復し始め、停止時間の対数に比例して増加することがわかった。

テーマ2)では、周変位速度一定で岩石を三軸圧縮する

ことにより、脆性破壊に伴う破壊面形成を準静的に発生させることに成功した。細粒花崗岩（直径 50 mm、長さ 100 mm）の破壊実験（常温、封圧 100 MPa）では、破壊面形成時の応力降下過程が、降下速度、降下量が非常に小さい第 1 段階、比較的大きな第 2 段階、急激な応力降下が起きる第 3 段階に分けられた。応力降下の種々の段階まで載荷した試料に生じた割れ目の観察から、応力降下の上記 3 段階と破壊面形成が次のように関連づけられた。第 1 段階では試料側面中央部に微小クラックが連結した破壊核が出現する。第 2 段階では破壊核は長さは 30~50 mm、深さ 5~7 mm まで準静的に成長する。第 3 段階では破壊核は動的に成長し試料を破断する破壊面を形成する。回収試料の破壊核近傍に歪ゲージを取り付け再載荷した実験では、破壊核の成長に伴う歪の集中や緩和が検出された。封圧 250 MPa、温度 150°C で再載荷した場合には、既存の破壊核は成長せず、別の破壊核が出現した。

(¹地震地質部)

Keywords: earthquake nucleation process, fault bend, multiple unstable sliding, triaxial test, post-failure

観測強化地域の地質学的研究

(平成 6-10 年度 工技院特研)

遠藤秀典¹ 中澤 努¹ 伊藤順一¹ 杉山雄一²

本研究では、観測強化地域に指定されている南関東・東海地域の図幅調査を担い、「特定地質図幅の研究」及び「地質図幅の研究」とともに 5 万分の 1 地質図幅を作成している。活断層・活構造等の地震テクトニクスについて明らかにするとともに地域地質の情報を提供し、地震による被害の軽減に資することが目的である。本地域は、第四系の占める割合が多く、都市域が広く含まれる特徴がある。

平成 6 年度から 10 年度までの本期には、「野田」、「大宮」、「小田原」及び「吉原」の各図幅地域の調査研究を実施した。「野田」とそれに隣接する「大宮」地域は、関東平野中央部に位置し、台地と低地で構成され、地表地質とともに地下地質の調査を行った。層序ボーリングによる層序などと、それに基づく地盤調査など多量の既存ボーリング資料の解釈による地下地質の検討を行っている。トピックスとして、層序ボーリングの層相解析結果による本地域の継続的な沈降運動などについて紹介した。

「小田原」地域は、国府津—松田断層が分布するとともに、南関東における第四系の代表的地域である大磯丘陵を含み、また西部には箱根火山が分布する。これらの調査成果のうち、トピックスとして、箱根火山山麓の側火山に関する新しい知見などについて紹介した。

「吉原」地域は、駿河湾に面し、中央部の富士川付近を境に西側の丘陵・山地と東側の低地・台地地域からなる。これらのなかからトピックスとして、富士川付近の入山瀬断層に対してその西側の丘陵地に分布する断層の調査結果とその意義などについて紹介した。

(¹環境地質部、²地震地質部)

Keywords: geological map, Noda, Omiya, Odawara, Yoshiwara

数値シミュレーションによる津波堆積物の 堆積環境の推定

(平成 8-10 年度 所内シーズ研究)

佐竹健治¹

津波によって運搬され堆積した堆積物は、海域で発生した過去の大地震を調べるのに有力な手段として最近注目を浴びている。ところが、その堆積環境については不明の点が多く、また堆積物から津波の波源である地震の規模を推定するためには、数値シミュレーションなどと組み合わせた定量的な検討が必要である。本研究では、津波の数値シミュレーションを用いて海域の地震の震源過程について調べるとともに、津波堆積物の性質を現場で観察し、数値シミュレーションと比較して津波堆積物の堆積環境を推定することを目的とした。

最近の 1993 年北海道南西沖地震、1995 年奄美大島近海地震について津波の数値シミュレーションを実施し、観測データと比較することにより、これらの地震の津波発生機構を明らかにした。明治 29 年三陸津波は地震動に比べて異常に大きな津波を発生させる「津波地震」とされているが、数値シミュレーションに基づく解析から、沈み込むプレート上面の堆積物の中で起きた断層運動によるものと推定された。

これまで海岸の沈降や津波堆積物などの地質学的データしか得られていなかった北米の巨大地震について、日本で発見された歴史史料と津波の数値シミュレーションとを組み合わせることによって、津波を発生させた地震の発生日時を特定したほか、地震の規模・断層パラメーター・震源域におけるカップリングの度合いなどを調べた。

北海道大成町、同霧多布湿原、ハワイなどにおいて津波堆積物の調査を行い、その堆積学的特徴、高潮堆積物との違いなどを確認したほか、非地震性津波の起源の考察を行った。津波堆積物の堆積学的特徴、分布などの研究は、工業技術院特別研究として引き継がれて発展しており、シーズ研究としての一定の役割を果たした。

(¹地震地質部)

Keywords: tsunami, earthquake, numerical simula-

tion, tsunami deposit

活断層調査及び海岸地質データに基づく
地震・津波危険度の評価
(平成10年度 二国間型国際共同研究)

佐竹 健治¹

日米両国は、地震に関する基礎研究で世界をリードする一方、最近大規模な地震災害を経験したという共通点を持っている。本共同研究の目的は、日米両国で行われている古地震研究の実例や方法を比較研究し、両国の地震災害軽減に役立てることである。

米国人研究者を計8名、のべ100日間招へいし、北海道・中部地方・四国において共同野外調査を行った。北海道の太平洋岸では、津波堆積物・地層中の陸源堆積物など、過去の津波や地震時の急激な地殻変動を示す地学的証拠を発見し、その分布状況・意義を現地で検討した。中部地方(岐阜県)においては、明治24年濃尾地震を発生した断層系において共同でトレンチ調査を行い、大地震の破壊様式について、現地で検討した。四国地方では、中央構造線の活断層・南海トラフ沿いのプレート間巨大地震による変動地形を現地調査した。また、地質調査所において平成11年1月26日にプレート間のカップリングに関するワークショップを、同3月15日には古地震学に関するワークショップを開催した。

日本側からは、のべ10人が渡米し、米国で現地調査ならびに成果の発表、意見の交換を行った。カリフォルニア州では、活断層トレンチ調査現場を訪問し、日米の活断層調査手法の違いについて現地で議論した。また、ハワイで巨大津波を発生させたとされる地すべり地形について、現地調査を行った。

日米の地質調査所間を中心に大がかりな人的交流の結果、日米の古地震調査手法の違い・共通点が明らかになった。米国では海岸地質データに基づく海域の古地震や津波の研究・高精度の年代測定法の開発・古地震データに基づく将来の地震発生の確率予測などが行われている。米国で用いられている研究手法を日本にも適用できることが明らかになり、今後の共同研究のテーマを絞り込むことができた。

(1地震地質部)

Keywords: U.S.-Japan, earthquake, tsunami, paleoseismology, active fault

断層の変形構造と物性に関する共同研究
(平成10年度 二国間型国際共同研究)

伊藤久男¹

地震被害軽減のため、日米の代表的な活断層の性質を解明することにより、地震発生と断層運動の伝播についての理論を検証し、改良する。断層運動はその構成物質、温度・圧力・間隙水圧等の条件に大きく依存することから、実際の構成物質・環境条件下での断層運動様式を知る必要がある。

この目的に沿って本テーマが日米地震協力の一課題として合意されており、本研究は日米協力の具体化の一つである。テキサス A&M 大学の Chester 教授、南メソジスト大学の Walther 教授を招聘し、それぞれサンアンドレアス断層と野島断層の比較検討、地殻内流体による化学反応と物質移動についての検討を行った。

また UCLA・南カリフォルニア大学で開催されたトラップ波に関するワークショップに参加した。さらに米国の断層における野外調査を行い、野島断層との比較検討を行った。

米国における高温・高圧岩石変形実験装置群の情報収集をおこなった。野島断層を貫いた坑井のコアについて米国で浸透率・強度の測定を行い、坑井内測定との比較検討を行った。

本研究の成果の一部は工業技術院特別研究「地震発生域の物理・化学過程に関する研究」、科学技術振興調整費総合研究「陸域震源断層の深部すべり過程のモデル化に関する総合研究」として発展的に引き継がれている。

また、成果の一部は1999年11月開催の地質調査所研究発表会「野島断層コア・坑井データ解析ワークショップ」、1999年12月のAGU特別セッション「Internal Fault Structure」の中心的内容として発表された。

(1地震地質部)

Keywords: 1995 Kobe earthquake, Nojima fault, trapped wave, San Andreas fault, fault material, US-Japan Common Agenda

トラップ波による断層破砕帯の比較研究
(平成8-10年度 重点基礎研究)

伊藤久男¹

地質調査所が1995年兵庫県南部地震直後に掘削した野島断層を貫く坑井に多レベルの坑井内地震計を設置し、トラップ波を観測した。

トラップ波は断層破砕を伝わる境界波で、観測点と震源の両方が同じ断層破砕帯内にある場合のみ観測され、その波形解析により断層深部構造を推定することが出来る。具体的には、断層を横切る地震計アレイ観測により、トラップ波を検出し、その波形モデリングにより断層破砕帯の幅、速度、Q等を推定する。さらに、トラップ波の観測される観測点・震源の組み合わせから、断層破砕

帯の 3 次元構造およびセグメント構造を推定することが出来る。地質調査所では 1995 年兵庫県南部地震直後の余震観測から、野島断層の破碎帯に起因する断層トラップ波を観測した。この破碎帯は掘削によりその存在が確認された。しかし地上の観測では地表条件の制約(断層の東側は花崗岩、西側は大阪層群の堆積層)から詳細な波形解析が難しい。使用した坑井内地震計は 3 成分の地震計を 3 深度に設置できるもので、深度 600 m(断層破碎帯内)、500 m、400 m(断層破碎帯外)に設置して観測した。同時に地上の地震計アレイの観測も行った。地上地震計アレイで典型的なトラップ波が観測される地震については、坑井内地震計の断層破碎帯内・外の波形に有意な差があることがわかった。トラップ波について坑井内地震計と地上では周波数がそれぞれ 30 Hz、5 Hz 程度と大きく異なり、波形解析から断層破碎帯の幅等を推定するためには注意が必要であることがわかった。予備的な推定では断層破碎帯の幅は約 20 m である。

本研究を通じ、波形解析から断層破碎帯の幅、速度、Q 等を推定するための基礎が整った。今後は、1995 年兵庫県南部地震後の断層の強度回復過程を観察することを目的とし、工業技術院特別研究として引き継がれて発展しており、シーズ研究としての役割を十分に果たした。

(¹地震地質部)

Keywords: 1995 Kobe earthquake, Nojima fault, trapped wave, borehole seismometer

地球物理データの総合解析による震源過程の研究 (平成 10 年度 重点基礎研究)

佐竹健治¹ 堀川晴央²

様々な地球物理学的なデータを使って地震の震源の特徴を調べることを目的として、南海トラフ沿いの巨大地震(1946 年南海地震)と 1997 年 3 月と 5 月に続いて起きた鹿児島県北西部地震を解析した。

南海地震については、検潮記録に残された津波波形および津波の数値シミュレーションとから、断層面上の詳細なすべり量分布を推定した。その結果、この地震では、四国側では固着域の下限で大きなすべりがあったのに対して、紀伊半島側では固着域全体で大きなすべりが生じていることが分かった。すべり分布を震央分布と比較すると、すべり量の小さい四国側の断層浅部では地震活動も低調であることから、四国側浅部のサイズミック・カップリングは小さいと考えられる。また、地殻熱流量等から推測された地下の温度分布と比較すると、大きなすべりがあった領域の下限は 350 度の等温線と一致することが分かった。従って、地震性すべりの下限は温度に支配されると考えられる。

鹿児島県北西部地震では、強震計に記録された地震波形を主として使って震源過程を推測した。3 月と 5 月の地震ともに、これまで発生した内陸地震と比べると応力降下量が低いことが解析結果から示唆される。また、今回得られたすべり量分布を表層地質構造と比較すると、断層面上で大きくすべった領域が表層に花崗岩が現れているところと一致することが分かった。このことから、媒質の不均質が今回の地震活動を支配していることが示唆される。地震発生に伴う静的な応力変化を計算し、震源域での地震活動と比較したところ、通常の結果とは異なり、法線応力の変化が地震活動に大きく結果に影響していると考えられる必要があることが分かった。

(¹地震地質部, ²地殻物理部)

Keywords: source process, inversion, 1946 Nankai earthquake, 1997 Kagoshima earthquakes

活断層及び古地震による地震発生予測の研究 (平成 11-15 年度 工技院特研)

杉山雄一¹

活断層調査事業では、近畿三角帯の未調査活断層の調査を早急に完了させ、中部地方及び四国・中国地方に調査対象地域を拡大すると共に、関東地方に新たな調査展開拠点を設けることを基本戦略とする。この戦略に則り、平成 11 年度には近畿三角帯内の鈴鹿山地西縁、頓宮、大阪湾の各断層、中部地方の猿投山断層及び長岡平野西縁断層、並びに首都圏の深谷断層の調査を行った。特に深谷断層の調査では、この断層が群馬県域にまで延びていることが反射法地震探査などによって確認され、長さ 60~80 km に達する首都圏最大規模の活断層であることが判明した。

大規模活断層系から発生する地震規模の予測に関する研究では、大規模活断層系のセグメンテーション及びセグメントの連動について高精度のデータを取得し、これに基づいて連動破壊の規模と時期の確率予測手法の開発を目的とする。平成 11 年度には、コジャエリ地震を引き起こしたトルコの北アナトリア断層と集集地震を引き起こした車籠埔断層の地震時変位量の調査を実施し、両断層のセグメンテーションに関する貴重なデータを収集した。

古地震による地震の再来確率と規模予測に関する研究では、地震に伴って活断層から離れたところで生起する液状化、津波、地滑りなどによって形成される堆積物や地変の記録から、将来の地震被害の定量的な予測を目的とする。平成 11 年度には、道東地域において津波堆積物の調査を行い、同地域における津波被害の頻度、遡上範囲などに関するデータを取得した。

本特別研究では活断層の活動に関する予測に留まらず、上記 3 つの研究テーマの成果を基礎として、活断層の活動による地震被害の定量的・確率的予測を目指す。平成 12 年度には、この目標達成に必要な活断層、地震波、基盤地質構造、表層地質構造などの関連情報の統合化に関する研究を開始する。 (¹地震地質部)

Keywords: active fault, multiple rupture, earthquake hazard, tsunami, probabilistic assessment

海域活断層の評価手法の研究 (平成 9-15 年度 工技院特研)

岡村行信¹

1995 年の兵庫県南部地震を契機に、陸域の活断層ではトレンチ調査などが広く実施され、断層の活動履歴と将来の地震の危険性が予測されつつある。それに対して、海域にも数多く分布する活断層については、活動度の評価さえ十分に行われておらず、活動履歴にいたってはどのように調査するのかさえ未解決の状態である。

海域に発生する地震は直下型になることはほとんどないが、津波による大きな災害を引き起こすことから、陸域の活断層と同じような質の調査がなされることが望ましい。そこで地質調査所海洋地質部では海域の活断層をどのように評価すればよいかを検討するために、海域活断層の評価手法の研究を平成 9 年度から当初 3 年計画で開始し、平成 11 年度からは 5 年計画に再編成して実施している。今までに、駿河湾海底地質図を出版し、また地質調査所月報に「海域活断層の地震発生ポテンシャル評価—地質学的手法に関するレビュー」と題した特集号を印刷中である。

一方で、東海沖海域をモデル海域として、主に 2 つの手法について地震発生ポテンシャルの評価手法を検討している。一つはバランス断面法を用いた断層とそれに伴う地質構造の定量的な解析を試みである。従来は、音波探査プロフィール上の断層の変位のみ注目していたのに対し、バランス断面法に基づいて褶曲構造を定量的に解析することによって、南海トラフ周辺の活断層の変位量などを定量的に推定する研究を進めている。もう一つは堆積物中に記録された地震の痕跡から、活動履歴を明らかにする研究である。大規模な地震時に発生する海底地滑りや乱泥流を利用し、堆積物中のタービダイトの頻度から地震発生頻度を推定しようとしている。しかしながら、地震以外でもタービダイトが形成され、地震が起こってもタービダイトが形成されない可能性も考えられる。このような不確実性を取り除き、信頼性の高い地震発生頻度の推定を行うことが課題である。

(¹海洋地質部)

Keywords: offshore active fault, fault-related fold, turbidite, Nankai Trough, Suruga-wan

地震防災対策強化地域及び活断層近傍における 地下水等総合観測研究 (平成 11-15 年度 工技院特研)

佃 栄吉¹

5 カ年計画の初年度として以下の研究を実施した。

1) 地下水等の観測・解析処理技術の高度化に関する研究

各観測施設における通信等のトラブルに関して適切に処置を行い、観測の維持に努めた。処理解析システムについては、解析ソフトウェアの改良と共に 2000 問題対応のための必要な処置をとるなどの改善を行った。また、各種観測結果については定期的に東海地域判定会、地震予知連絡会等に報告した。

2) 地下水位変動のメカニズムに関する研究

近畿およびその周辺域に設置した地質調査所の地下水観測網の評価を行った。平成 11 年 3 月 16 日の滋賀県北部の地震での花折・大原観測井での前兆変化について、地震予知連絡会等に報告し、貴重な観測結果として高い評価を受けた。近畿地方およびその周辺部の地質調査所地下水観測網に併設した 14 点からなる GPS 観測点の 1996 年 7 月～1998 年 12 月までのデータを解析・評価した。

3) 活断層近傍での地下水等変動に関する研究

淡路島野島断層地域において継続的に行っている湧水調査(温度、湧出量、水質)の結果、花折・大原観測井の地殻応力値の解析結果及び北勢観測井の地下構造解析結果等について報告した。大室山北観測井の水位データと気象庁東伊豆観測点の体積歪データを解析し、地震前に地下水位および体積歪に異常な変化が生じていることを客観的に検出した。跡津川断層沿い 2 ヶ所に設置された 3 成分歪計による観測の結果、日本の活断層ではじめてエピソードクリープが存在することが明らかになった。王滝地域で継続している 3 成分歪計観測では 2-3 ヶ月程度で歪の蓄積速度が変化することがわかった。有馬一高槻一六甲断層帯近傍 4 地点における兵庫県南部地震以後の 3 成分歪計による観測の結果、地震後約 5 年間それぞれの地点での主歪の方向の変化は見られないことが明らかとなった。

(¹地震地質部)

Keywords: Earthquake prediction, groundwater observation, active fault monitoring, telemeter network, Tokai earthquake

観測強化地域の地質学的研究
(平成 11-15 年度 工技院特研)

遠藤秀典¹ 高田 亮¹

平成 11 年度から平成 15 年度までの今期には、「富士宮」、「木更津」、「大多喜」及び「勝浦」の各図幅地域の調査を行う。「富士宮」地域の調査を重点的に実施する一方、比較的調査データが豊富な房総半島の 3 地域を対象とし、図幅の作成・出版を着実に計画で行う。この計画によって、東海・南関東の観測強化地域の調査未着手地域は 10 地域になる。

「木更津」地域は、宅地等の開発が急速にすすめられている地域である。第四系中・上部の下総層群が分布し、隣接地域の「姉崎」地域の調査成果等も活用して最新の研究成果を盛り込む。「大多喜」地域は、ガス田図などが出版されており、その図示範囲外の上総層群中部よりも上位及び三浦層群を主要対象として調査する。また「勝浦」地域については、これまでの調査の蓄積を活用して平成 12 年度内の成果とりまとめを目指している。

「富士宮」地域は、日本最大級の縦ずれ活断層が存在し、それらの活断層・活構造等の地震テクトニクスについて、従来の活断層調査による成果を補足してとりまとめる計画である。また、本地域には、富士山の山麓地域が広く含まれ、その地質と火山活動履歴に関する調査を行う。富士山からの噴出物の年代や層序の確立は、本地域の活断層の活動年代や平均変位量を確定していく上で不可欠であり、その点からも重要である。本地域の地質に関するトピックスとして、これまでに明らかになっている富士山の噴火活動と周辺の断層運動の履歴との関係及び今後の課題等について紹介した。

(¹環境地質部)

Keywords: geological map, Fujinomiya, Kisarazu, Otaki, Katsuura

地震災害に関する地下地質の研究
(平成 11-15 年度 工技院特研)

遠藤秀典¹

本研究では、平成 7 年度からの「生活環境に密接な地域地質要素の調査・解析手法開発の研究」の地震災害関係部分に重点をおき、その他をサブテーマ「都市地質の研究」として実施している。5 万分の 1 地質図幅等の調査成果を基礎として、環境保全、防災、資源の合理的活用等に密接に関係する地質の情報を、より具体的かつ分かりやすく提供するための調査研究を行っている。本講演では、それらのうち、地震災害関係部分を紹介した。

この研究内容は、深層から浅層・表層・造成地までの

地下地質特性の空間的分布を明らかにし、それらと地震災害履歴との関係をもとに地震災害分布の地質要因について検討することである。また、それらの情報を提供する地図作成の適切な方法について検討し、モデル図を作成することを目標としている。神戸、仙台及び八戸の各地域を対象とし、兵庫県南部地震、宮城県沖地震及び三陸はるか沖地震による被害分布との関係を検討している。深層構造については、兵庫県南部地震直後に実施した弾性波探査及び測点密度の高い重力探査の組み合わせによって把握できる。いずれの地域においても地震災害の分布は深層の地質構造に密接に関係する一方、それらの構造の変化部分、震源及び被害地域の位置関係は異なる。また、八戸地域の三陸はるか沖地震による被害について、微動を同時に多地点で計測するシステムを開発・適用し、周波数頻度分布特性の境界付近に被害が多い傾向があることなどを明らかにしている。これらに加え、最近の地震被害で顕著な造成地の被害に関し、埋谷深度の抽出方法や安定性の評価手法の研究開発をすすめている。

(¹環境地質部)

Keywords: environmental geology, urban geology, Kobe, Sendai, Hachinohe

平野部の深部地下構造に関する研究
(平成 11-15 年度 工技院特研)

伊藤久男¹

1995 年の兵庫県南部地震以降従来の地震予知に加え、強震動予測の重要性が指摘されてきている。本研究は平成 11 年度から開始された新規テーマであり、地震防災を視点とした強震動予測の基礎資料として、平野部の地下構造探査を行う。探査は、地震工学においてそれ以深は均質と考えられる深さ(概ね $V_s=3$ km/s に達する深さ)までとし、その深さまでの S 波の速度構造を明らかにする。また地下構造調査にあたっては、P 波反射法、S 波反射法、重力探査、P-S 変換波による S 波速度構造調査等を組み合わせ、地域性を考慮して、合理的・効率的な探査手法を開発することを目的とする。対象地域は、地震活動及び活断層の長期評価の上で重要な平野、技術開発の適した平野等を予定している。平成 11 年度は P-S 変換波による S 波速度構造調査の基礎実験として、関東平野において P 震源、S 震源による調査を行い、P-S 変換波抽出のための技術開発を行った。その結果、良好な P-S 変換波を得ることができた。今後さらに深い深度、複雑な地下構造での探査の可能性を検討して行く予定である。

また、深谷断層周辺の既存の反射法調査をまとめ、新たに重力調査を行い、地下構造を明らかにしつつある。

この結果の一部は地質調査所研究発表会「首都圏における MTL 活断層系をめぐる調査の現状と今後の強震動予測への展望」において発表の予定である。

本研究によって得られる S 波構造、重力構造を用い、強震動予測への反映のさせ方を検討する必要がある。

(¹地震地質部)

Keywords: 1995 Kobe earthquake, active fault, velocity structure, S wave velocity, reflection seismology, strong motion

地震発生域の物理・化学過程に関する研究 (平成 11-15 年度 工技院特研)

佐藤隆司¹

平成 11 年度に 5 カ年計画で開始された標題の工技院特別研究の計画の概要について報告した。大地震発生に伴いその発生域では急激な断層運動により破碎や融解が引き起こされる。その後、圧密や拡散・沈殿などの岩石-水相互作用により地震発生時に低下した強度は時間とともに回復し、応力が蓄積されていくと考えられる。本研究は、室内実験やフィールドでの各種観測・調査により、強度回復過程を中心に地震発生域でおきる物理・化学過程の解明に資することを目的とする。

室内実験では、内陸大地震の発生域である上部地殻の温度・圧力・間隙水圧に相当する実験条件で、摩擦強度の回復実験を行う。また、実験データの詳しい解析により、強度回復が進行する低すべり速度での摩擦構成則の確立を目指す。

野外調査では、1995 年兵庫県南部地震直後に掘削された野島断層を貫く野島平林孔を利用して、断層破碎帯の透水率の繰り返し測定および孔内地震計による断層トラップ波の観測を行い、それぞれ、野島断層浅部および深部における強度回復の検出を試みる。また、断層破碎帯から採取された水試料や野島断層周辺の湧水の分析を行い、これとボーリングコアの解析結果を総合して、野島断層における物質移動のモデル化を試みる。さらに、長野県王滝地域、岐阜県津川地域、兵庫県猪名川地域においては、微小地震の震源極近傍での精密観測を、主にボーリング孔内に設置された地震計を用いて行い、震源過程の詳細を明らかにする。これらのデータは、室内実験で得られた摩擦構成則の中のスケールに依存するパラメータが実際の地震発生の中でどのような値をとるの

かを推定する上で重要であると考えられる。

(¹地震地質部)

Keywords: healing process, water-rock interaction, Nojima fault, trapped wave, permeability

地殻変動数値シミュレーションの研究 (平成 9-11 年度 工技院特研)

村上 裕¹

長期的な地殻変動を議論するためには、地殻の強度に関する考察が必要である。地殻の強度は、断層系の存在と、地殻の物性に依存する。地殻内に存在する活断層系は、長期的には活動し、地殻を変形させる。地殻の物性は、長期的には粘塑性的に変形する。

従って、地殻変動の数値シミュレーションを行うためには、リアリスティックな断層形状を考慮することと、地殻の物性として粘性さらにはマクスウェル粘弾性や粘塑性モデルを用いることが課題となる。

リアリスティックな断層系を考慮した研究として、アラスカのネオテクトニクスを対象とした Bird (1996) と、Lundgren *et al.* (1995) の研究がある。前者は、断層をジョイント要素で模擬した二次元粘性体モデルによる有限要素法シミュレーションであり、後者は、断層を Melosh 法で模擬した二次元弾性体モデルによる有限要素法シミュレーションである。前者は、二次元解析でありながら、断層の伏角を考慮していることが特徴である。

前者のプログラムは、公開されているため、後者の方法によるプログラムを開発して、同じメッシュを用いてシミュレーション計算を行い、解析結果の比較検討を行うことができるようにした。現在までに、近畿地域の活断層系を有限要素メッシュ化し、前者の方法による解析を実施している。境界条件としては、東西短縮だけの場合と、フィリピン海プレートによる押しを考慮した場合の、二種類の場合において計算し、断層系の活動度の定量的な比較を行っている。後者の方法による計算結果を近日中に得て、総合比較する予定である。

(¹地殻物理部)

Keywords: numerical simulation, finite element method, crustal deformation, faults

(受付: 2000 年 5 月 22 日; 受理: 2000 年 5 月 29 日)