

### 3. 研 究 活 動

## 3.1 共同研究プロジェクト

### 3.1.1 特別事業

#### 琵琶湖水資源・水環境調査研究

京都大学では、1965年から1974年までのユネスコ主唱の国際水文学十年年計画(IHD)に呼応して、防災研究所水文学研究部門(昭和53年に本水資源研究センターへと発展的解消)が中心となって「琵琶湖流域水文観測特別事業」(昭和41~49年度)を実施し、琵琶湖流域における主として水および土砂の収支問題を学内の理工農の研究者と共同で研究した。これらの研究成果は英文の年次報告No.1(1967年)~No.6(1972年)および総括報告(Na.7, 1974年)として発表されている。

標記の「琵琶湖水資源・水環境調査研究」は、同じユネスコ主唱の国際水文学計画(IHP; 1975年~)に呼応して、上記の「琵琶湖流域水文観測特別事業」に引き続いて琵琶湖を含めた近畿地方の水害、水資源、水環境の総合的調査研究として昭和50年度より開始・推進されてきたものである。以来20年余り経過し、その間学内の60名を越える関連研究者の共同研究のもとに、数々の成果を挙げてきた。これらの成果は昭和55年度より発行を開始した当水資源研究センター研究報告に「研究報告」として、それぞれの研究グループ・サブテーマ毎にある程度まとまった段階で随時掲載し、その件数は70件に上ろうとしている。しかしながら、この調査研究の成果はそれらに網羅されているわけではなく、数多くの学術誌、報告書等にも掲載されており、またほとんど公表の機会のない貴重な生の観測データ、調査資料等も数多く蓄積されてきている。

この「琵琶湖水資源・水環境調査研究」は表-1に示すように、昭和50年度~平成元年度までは5つの分担課題、平成2年度以降は6つの分担課題に分

表-1 琵琶湖水資源・水環境調査研究分担表

昭和50年度~平成元年度	
分担課題名	経理及び連絡担当研究部門等
降水と蒸発	災害気候研究部門 暴風雨災害研究部門(54年度より)
特定地域の水収支	内水災害研究部門
潮流と湖内環境	河川災害研究部門
溶存物質・底質・プランクトン (湖内の物質とプランクトン)	地形土じょう災害研究部門
水量・水質の監視と操作(水量・水質 の管理と調節)、総括	水文学研究部門(52年度まで) 水資源研究センター(53年度より)
平成2年度以降	
分担課題名	経理及び連絡担当研究部門等
気候変動に伴う降水過程の変動	災害気候研究部門
地表一大気間の熱・水輸送過程	暴風雨災害研究部門
広域水収支と地下水流動	内水災害研究部門
潮流と湖内環境	河川災害研究部門
流入河川・湖沼系のダイナミクス	地形土じょう災害研究部門
流水管理と水質・環境管理、総括	水資源研究センター

け、それぞれ防災研究所の関連部門が経理および研究連絡を担当し、学内外の理工農の研究者と共同して実施してきた。これら分担課題は図-1、2に示す琵琶湖水資源・水環境調査の枠組みを考える上で基本となる諸要素とその相互関係をベースに構成されている。

この間に得られた成果と継続中のものを平成元年度までと2年度以降の関連分担ごとにまとめると以下のようなものである。詳しくはセンター報告第12号(平成4年1月発行)に掲載している。

#### 1. 降水と蒸発、気候変動に伴う降水過程の変動、 地表一大気間の熱・水輸送過程

(1)琵琶湖流域の気候特性の研究、(2)琵琶湖周辺山域における降水特性の研究、(3)琵琶湖流域における降・積雪特性の研究、(4)琵琶湖からの蒸発による水損失の研究、加えて(5)琵琶湖流域の気候特性の変動の研究、(6)琵琶湖における降雨・降雪の変動とアジアモンスーンとの関連の研究を継続している。

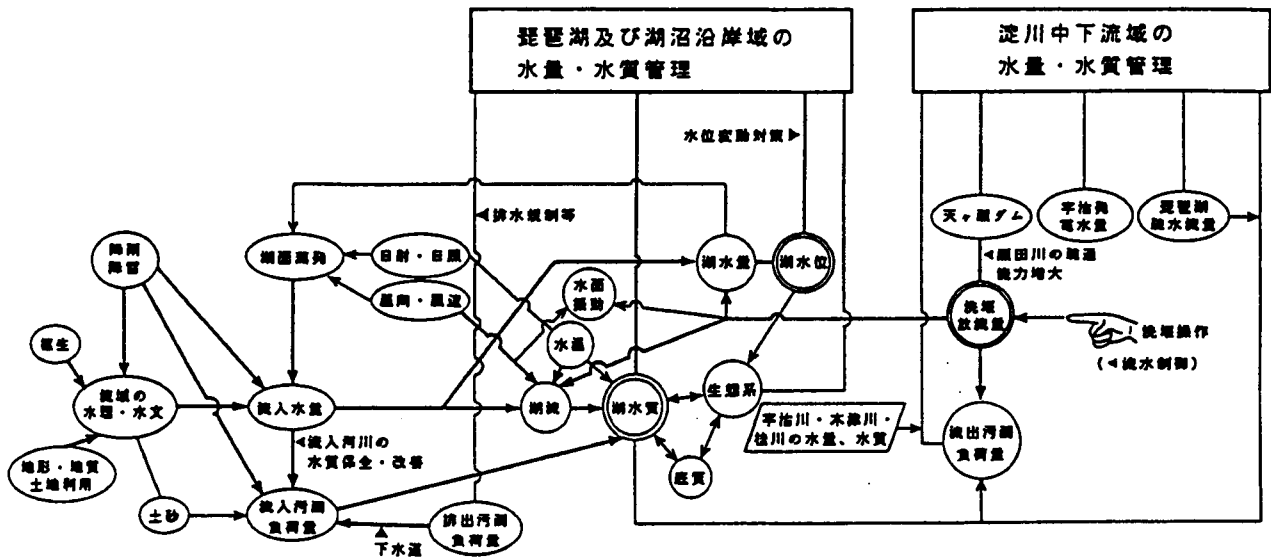


図-1 琵琶湖水資源・水環境調査の枠組みを考える上での基本となる諸要素とその相互関係—その1

## 2. 特定地域の水収支、広域水収支と地下水流動

(1)田川流域の地下水に関する研究、(2)愛知川上流域の水収支特性に関する研究、(3)巨椋低平流域における内水に関する研究、(4)複合タンクモデルによる広域水収支解析、(5)転換期を含む地域の水田用水量、(6)水田圃場における用水需要構造の実態に関する研究、(7)流域蒸発散量の水文気象学的推定に関する研究、(8)野洲川扇状地における地下水流動解析、(9)琵琶湖流入河川水系における農業用水管理方法に関する研究、(10)水田群からの汚濁流出に関する研究、(11)愛知川扇状地における地下水利用に関する研究、加えて、(12)田川流域の地下水に関する研究、(13)愛知川上流の水収支特性に関する研究、(14)複合タンクモデルによる水量・水質解析、(15)地下水と水田用水の相互作用を継続している。

## 3. 湖流と湖内環境

(1)琵琶湖南・北湖間の交流特性に関する研究、(2)琵琶湖南湖の吹送流と密度流に関する研究、(3)大戸川のウォッシュロード、(4)琵琶湖における湖流と物質の滞留・拡散特性の研究、(5)3次元解析法による琵琶湖湖流の研究、加えて、(6)湖における水温変動に関する研究、(7)湖の浮遊物質濃度に関する研究、(8)

大戸川のウォッシュロード、(9)琵琶湖南湖における短時間の水温成層形成・破壊過程に関する3次元解析、(10)琵琶湖の湖流と水質現象の解析を継続している。

## 4. 溶存物質・底質・フランクトン、流入河川・湖沼系のダイナミクス

(1)琵琶湖周辺山地における地下水涵養が琵琶湖水資源系におよぼす影響、(2)河川水の化学組成と溶存物質の輸送量に関する研究、(3)湖底地下水の化学組成に関する研究、(4)河川および湖内の水質調査のための分析法に関する研究、(5)天野川河口域における河川水の分散、(6)植物プランクトンと魚類および底生動物の関連性、(7)琵琶湖赤潮プランクトンの増殖機構、(8)流入河川による水と土砂の運搬に関する研究、(9)表流水(湖水)と地下水との相互作用に関する水文地球科学的研究、(10)河川および湖内の水質調査のための分析法に関する研究、(11)天野川河口域における河川水の分散、(12)植物プランクトンと魚類および底生動物の関連性、(13)琵琶湖赤潮プランクトンの増殖機構、加えて、(14)比良山地から琵琶湖への溶解物質および土砂の流出、(15)表流水(湖水)と地下水との相互作用に関する水文地球科学的研究、(16)フッ素を用いた琵琶湖流域の各河川の水質区分、(17)天野川

河口域における河川水の分散と流動、(18)細菌と植物プランクトンの関係、(19)小起伏斜面における土壌パイプが浸透・流出に及ぼす影響、(20)外来魚による琵琶湖沿岸帯の生態系の擾乱、(21)湖沼における揮発性有機イオウ化合物の動態、(22)河川水の水質変動が湖内の水質変動に及ぼす影響、(23)河口域における河川水の分散と流動、(24)赤潮の発生に関わる水質指標の研究、(25)外来魚による琵琶湖生態系の擾乱を継続している。

## 5. 水量・水質の管理と操作、流水管理と水質・環境管理

(1)降雨の時間・空間分布特性、(2)レーダ雨量計情報を用いる短時間降雨予測、(3)雨水流出の機構と予測、(4)裸地蒸発量の観測研究、(5)琵琶湖における長時間湖面蒸発量、(6)琵琶湖北部地域の積雪・融雪・流出の解析と予測、(7)渇水の評価と利水安全度の評価、(8)流域地形効果を導入した雨流出モデル、(9)リアルタイム洪水予測のモデルと手法、(10)ダム貯水池の実時間操作、(11)琵琶湖南湖における一般汚染の調査、(12)琵琶湖南湖における臭気生成藍藻の調査、(13)琵琶湖発生臭気の微生物分解の研究、加えて、(14)流域場情報システムの構築と降雨場の解析、(15)分布型・広域・構造化流出モデルの開発、(16)人間-流域系の管理とシミュレーション、(17)琵琶湖発生臭気の微生物分解の研究、(18)琵琶湖への流入農薬排水の制御とリスクアセスメントの研究を継続研究している。

一方、これら琵琶湖水資源・水環境調査研究に連動しつつ、センターの専任スタッフ、客員教官が主導するプロジェクト研究も立ち上がっており、平成4・5年度については

- (1)降水物理と降水予測システム
- (2)広域水循環-琵琶湖プロジェクト
- (3)水利用行動からみたリスクマネジメント
- (4)環境・水利用技術の影響評価

平成6・7年度についてはそのフォローアップも含めて

- (1)降水・流出系モデルのスケールアップ・ダウンの方法論
- (2)河川の生物群集と物理的環境の関係
- (3)ダム整備と水環境創出の影響評価
- (4)大都市の複合災害と水利用システムのリスクマネジメント(阪神・淡路大震災を契機に)のプロジェクト研究が進められている。

さらに平成8年度防災研究所の改組にともない水資源研究センターが「都市・地域規模および地球規模での水資源を取り巻く自然・社会現象とその変化を多角的にとらえ、ジオシステム、ソシオシステム、エコシステムの総体としての水資源の保全と開発のシステムを総合的に研究する」ことを目的に、地球規模水文循環研究領域、都市・地域水文循環研究領域、地域水利用システム計画研究領域から構成された。それにともない防災研究所に共同研究を実施するための特別事業費が配当されることになり、当センターの琵琶湖水資源・水環境調査事業がセンター主導型のプロジェクト研究重視型にシフトする可能性が高まり、従前から実施してきた分担課題は一部各関連部門と共同して継続するとともに、そのいくつかはセンター主導型に総合して、改組後のセンターの研究目的にさらに符合する形での新たなテーマへの発展系を展開した。その結果が平成8・9年度にかがげた以下のプロジェクト研究である。

- (1)地下水の利用と保全
- (2)琵琶湖プロジェクト
- (3)大都市の複合災害と水利用システムのリスクマネジメント
- (4)AI技術による水資源システムの管理支援
- (5)都市の水辺環境創出に関する理論的・実証的研究
- (6)河川の浸食・堆積環境と生物の棲み場所構造の関係

琵琶湖及びその周辺域は自然的・社会的にも変化しており、その実態を理解するための観測・調査の継続とメカニズムの解明、シミュレーションと予測にもとづく開発と保全策など、本調査研究の活用場

面は多い。最近では、これら流域にあっても広域の大気・陸域の相互作用に支配される内容の高まりもまわってきている。さらにIHPはphaseIVを終え、phase Vに入り、比較水文学・(湿潤地域の)水文水資源を主たる研究テーマのひとつとして掲げており、本調

査研究は我が国とIHPとの研究面での窓口的役割も従前にもまして重要になってきている。その意味でも本センターは研究面はもとよりIHP活動の運営面での役割が益々高まることは必須である。

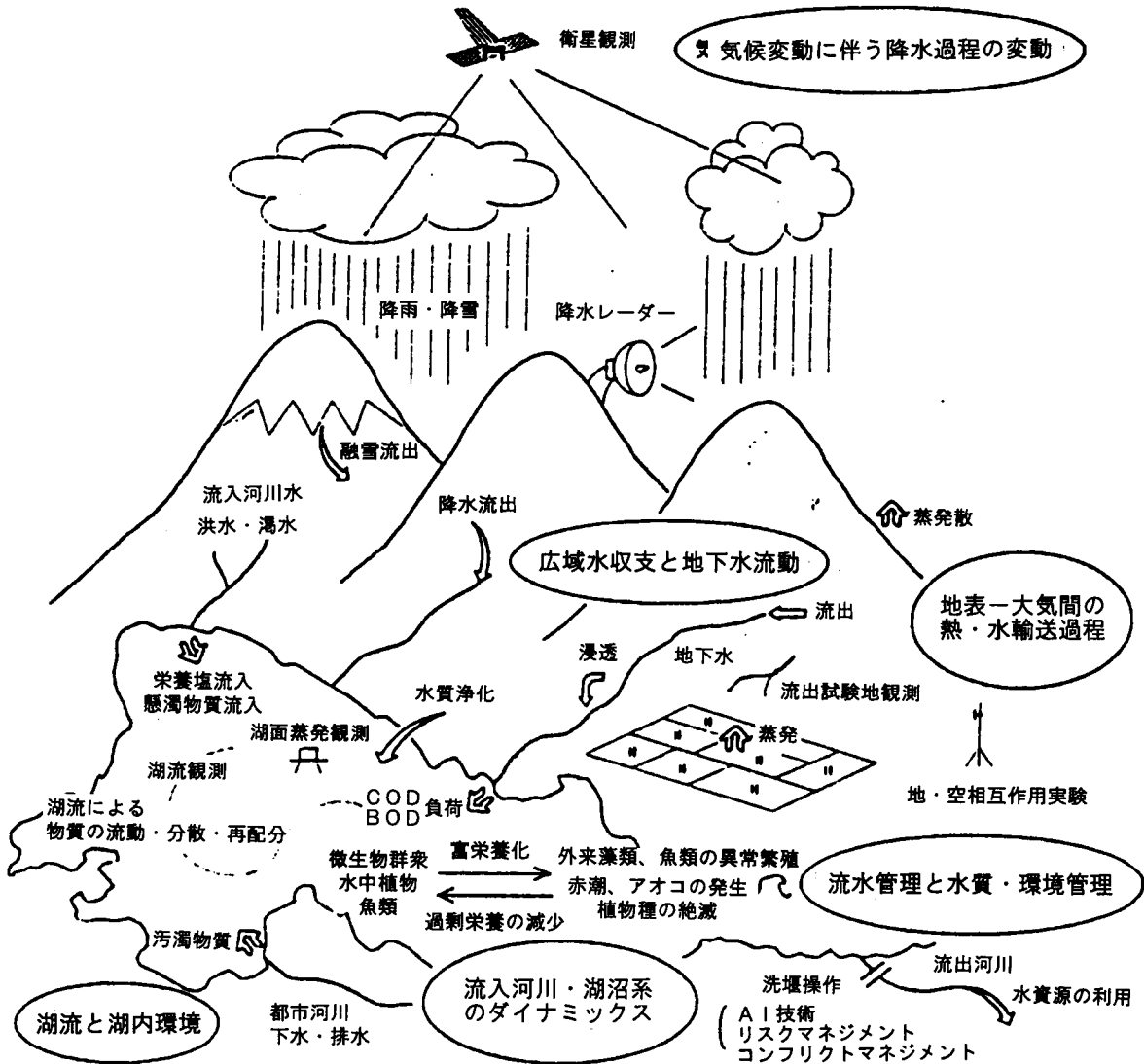


図-1 琵琶湖水資源・水環境調査の枠組みを考える上での基本となる諸要素とその相互関係-その2

## 3.1.2 特定共同研究

### 8P-1 建造物の衝撃的破壊メカニズムの解明と防止

研究代表者：野中泰二郎

研究分担者：大野友則(防衛大学校土木工学科)、日下彰宏(鹿島技術研究所)、小林秀敏(室蘭工業大学工学部)、臺丸谷政志(室蘭工業大学工学部)、高島秀雄(金沢工業大学工学部)、谷村眞治(大阪府立大学工学部)、坪田張二(鹿島技術研究所)、三村耕司(大阪府立大学工学部)

#### 1. 研究の背景と目的

1995年1月17日未明に発生した兵庫県南部地震は、我が国有数の近代都市に壊滅的な打撃を与えた。倒壊・大破した建築・土木建造物の多くは、現耐震設計基準制定前の古い建造物であり、その破壊形状も従来の地震に見られた水平地震動による部材の曲げあるいは曲げせん断破壊であったが、従来の地震被害例とは全く異なるパターンの建造物破壊あるいは損傷も発生した。それらの中でも特に直下地震特有の地震動によって生じたと見られる現象に注目する必要がある。例えば、鉄筋コンクリート造橋脚に発生した輪切り状の水平ひび割れや圧縮破壊による損傷、鋼製橋脚の堤灯座屈や輪切り状破損、鋳鋼製橋脚の脆性破壊、鉄筋コンクリート造煙突の引張破壊、鋼管柱や重量鉄骨部材の脆性的破断、場所打ち杭のひび割れ損傷などである。これらの現象は従来から見られた様な繰り返し載荷あるいは揺れによる損傷とは考え難く、地震の衝撃的作用に基づく損傷が起因となった可能性がある。建築構造の分野では爆発や衝突など特殊な問題以外、衝撃現象には深い感心が寄せられることは無かったが、地震による異常な被害に遭遇し、にわかにこの問題が着目されることとなった。衝撃問題は機械、造船、航空、土木などの分野では、かねてよりそれぞれに関連する種々の問題について相当の研究成果が蓄積されてきた。そ

こで将来の地震に備え、同様の被害を防止・軽減するためこれら先達の協力を仰ぎつつ、標題に示す特定共同研究を企画した。本共同研究の具体的目的は、主として、直下地震などの強震動に基づく建築・土木建造物の衝撃的破壊現象について、その発生メカニズムを解明するための基礎研究を遂行すること、更に、将来の地震に備え、そのような破壊を防止・軽減するための方策を探ることである。

#### 2. 研究経過の概要

- ・室蘭工業大学の研究者グループと共同でコンクリートの衝撃引張試験を行った。
- ・大阪府立大学研究者グループと鋼パイプモデルによる衝撃圧縮試験と衝撃汎用プログラムDYNA 2D, DYNA 3Dによる地盤・建造物系の数値解析を分担、遂行した。
- ・防衛大学校研究者グループと衝撃載荷のもとでのコンクリートの復元力特性を実験的に調べた。
- ・鹿島建設株式会社技術研究所グループと共に、1995年兵庫県南部地震による建造物の衝撃破壊事例を調査した。
- ・金沢工業大学研究者グループとはDYTRAN、MARC、DYNA等の汎用ソフトの有効性を比較・検討したのち、現実的な建物の解析を遂行しつつある。加えて、地震の専門家も交えて地震による跳び石現象のシミュレーションを行いつつある。

#### 3. 研究成果の公表

本共同研究報告書に加えて、1998年3月現在で、国際学術誌掲載論文1編、国際会議発表論文2編、シンポジウム発表論文6編、解説・総説文3編の成果を得た。

## 8P-2 西南日本における地震活動の定量的評価の研究

研究代表者：渡辺 晃

### 1. 研究目的

西南日本では、フィリピン海プレートによる南海巨大地震に先行して内陸部にいくつかの大地震が発生することが歴史的に確かめられている。1995年兵庫県南部地震は西南日本内陸部が再び活動期に入ったことを示すものと考えられている。このような内陸部のM7級地震の予知は、現在のところ困難であるとされているが、この地震を貴重な資料として、その前兆現象としての地震活動度を表す諸項目の時間的・空間的変化を定量化し、有意な変動を取り出して、客観的な判定基準を確立するための研究を推進しなければならない。しかし、この判定基準は地域により、また地震の規模によって異なってくる可能性がある。このような観点から、中部地方から近畿、中国、四国地方にいたる広範囲の過去の地震活動データを集積し、統合データベースを構築して、上記の研究を行うことを目的とした。

### 2. 研究組織

研究代表者 渡辺 晃

所内担当者 渡辺邦彦、松村一男、竹内文朗、伊藤 潔、西上欽也、澁谷拓郎、許斐 直、片尾 浩、大見士朗

所外担当者 前田直樹(関東学院大)、河野芳輝、古本宗充、平松良弘(金沢大)、中村正夫、三浦勝美(東大地震研)、西田良平(鳥取大)、木村昌三(高知大)

### 3. 研究成果

#### 1) 西南日本内帯の地震活動

京大防災研究所の上宝、北陸、阿武山、鳥取の4観測所(網)が過去に実施してきたドラム観測、初期

テレメータ観測などの地震観測結果を整理し、西南日本内帯の地震観測所統合震源データファイルを作成した(1976年~1994年、約10万個)。基本的には、各観測網の震源データを統合したものである。1995年以降については、システムの改変と兵庫県南部地震のために、現在検討している。

#### 2) 西南日本外帯の地震活動

西南日本内帯の観測結果に加えて、同徳島観測所、東大地震研究所の和歌山、広島観測所、高知大の1985年~1994年の10年間の震源資料を統合して、西南日本の地震活動の概要を示した。特に地域メッシュに区切った深さ分布に着目した震源分布、および発震機構解の分布を主結果とする。

#### 3) 地震活動度の解析

上記の広域地震活動度データおよび各観測網の観測結果に基づいて、以下の地震活動解析を実施した。

活断層に関わる地震活動を定量的に評価するために、GISを応用し、活断層の影響が周辺の地震活動に及ぶ範囲の推定、および活断層周辺の地震発生密度を定義して、個々の活断層の地震活動度の比較を行った。

中国・近畿~中部地方内帯の地震活動の深さ分布を量的に評価する方法を考案した。これによると、地震活動の下限の分布は、地形の高まりと対応しており、これは熱構造と関連することが推定される。また、深さ分布が急変する地域に活断層が発達しているようでもある。これらから、内陸大地震の発生に関する仮説を構築しつつある。

丹波帯の地震活動について、地殻内の不均質の指標であるQ値を、周波数帯別のコーダ波の解析から議論した。特に地震活動度に関連するQ値の中心周波数が3.0Hz帯および4.0Hz帯であることから、不均質構造のディメンジョンを500m~1000mと推定した。また、発震機構解の決定精度の地域分布を論じ、データ解釈の基準を示した。

1946年南海地震の余震分布を考察し、震源断層を再検討した。また現在の四国地方の地震活動が低下

傾向に有ることを指摘し、南海地震を発生させる南北方向の応力増加に着目した地殻応力状態を推論した。

西南日本の地殻下地震の分布を吟味して、異なった進行方向や傾斜角度を持った3つのスラブの存在を指摘した。また南海地震の予測には、地震活動度や発震機構解の時間変化が有効であることを示した。

#### 4. 研究成果の公開

本研究の成果は報告書「8P-2」として刊行されている。また地震観測データは、種類によっては公開されているものもあり、基本的に公開の方向で整備を行っている。

### 8P-3 高速地盤崩壊現象

研究代表者：佐々 恭二

(京都大学 教授)

#### 1. 研究目的

地すべり(高速)、斜面崩壊、土石流、火砕流、斜面液状化、落石など高速地盤崩壊現象は、地震、豪雨、融雪、火山噴火、あるいは長期間のクリープの後に突発的に発生し、人命を伴う大災害を引き起こす。これらの現象のメカニズムの解明と発生予測の学際的・総合的研究に対する社会的要請は極めて強い。本特定共同研究では高速地盤崩壊現象が特に問題となった平成8年12月の長野県南小谷村蒲原沢土石流、平成9年5月の秋田県鹿角市澄川の地すべり・土石流、平成9年7月の鹿児島県出水市針原川で注目された「崩壊誘起土石流」現象について国内およびカナダ、米国、国連ユネスコの研究者と共同で研究を進めた。

#### 2. 研究組織

佐々 恭二(研究代表者)教授 京都大学

高橋 保 教授 京都大学

奥西 一夫 教授 京都大学  
千木良雅弘 教授 京都大学  
古澤 保 教授 京都大学  
太田 猛彦 教授 東京大学  
中村 浩之 教授 東京農工大学  
丸井 英明 教授 新潟大学  
土屋 智 教授 静岡大学  
林 拙郎 教授 三重大学  
矢田部龍一 教授 愛媛大学  
岩尾雄四郎 教授 佐賀大学  
岩松 暉 教授 鹿児島大学  
山田 正 教授 中央大学  
諏訪 浩 助教授 京都大学  
海堀 正博 助教授 広島大学  
福岡 浩 助教授 京都大学  
泉 典洋 助教授 東北大学  
竹内 篤雄 助手 京都大学  
渡辺 直喜 助手 新潟大学  
森山 聡之 助手 九州大学  
洪 勇 助手 中国・長春科技大学

(京都大学防災研究所共同研究者)

田中 耕平 室長 科技厅・防災科研  
森脇 寛 室長 科技厅・防災科研  
門間 敬一 室長 建設省土木研究所  
遠藤 秀典 室長 通産省地質調査所  
井口 隆 主任研究官 通産省地質調査所  
中里 裕臣 主任研究官 農水省農業工学研  
星野 実 専門職 建設省国土地理院  
関口 辰夫 係長 建設省国土地理院  
岩橋 純子 研究員 建設省国土地理院  
牛山 素行 研究員 科学技術振興事業団  
沼本 晋也 大学院生 東京大学大学院  
古谷 元 大学院生 京大院・理学研究科  
郎 華 大学院生 東京農工大院・農

Dmitry Vankov 院生 京大院・理学研究科



### 3. 研究成果の概要

平成8年12月に発生した長野県小谷村蒲原沢の崩壊誘起土石流災害、平成9年5月の秋田県・澄川の地すべり・土石流災害、平成9年7月の鹿児島県・針原川の溪床堆積物の採取、およびリングせん断試験を通じて崩壊誘起土石流の発生、流動機構の研究を行った。平成9年1月29日および2月26日、平成10年1月31日に共同研究者が京都大学防災研究所に集合し討論会を開催した。本共同研究において近年発生した高速地盤崩壊の実体とその素因・誘因に関して多くの情報が得られた。その成果は多岐に及ぶが、防災研究所を中心とした研究成果の概要をまとめると以下の通りである。

1. 蒲原沢、澄川、針原川の各崩壊誘起土石流災害の発生、運動メカニズムについて各現場を合同で調査、土の採取を行い、リングせん断試験機を用いて「すべり面液状化」の実験的検証を行った。
2. 針原川の源頭部試料についてリングせん断試験機を用い間隙水圧を上昇させる試験を行い、豪雨時の地すべり再現試験を行ったところ、破壊線到達後、すべり面液状化が発生し高速運動が再現できた。
3. リングせん断試験機内ですべり面液状化による高速せん断運動中、排水／非排水条件の切り替えを行ったところ、非排水条件で体積変化は起こらないが、排水条件下では粒子破碎による体積収縮が継続した。粒子破碎による透水係数の減少が確認され、試験後の試料断面の観察と粒度分析により、せん断ゾーンで粘土化が進行していたことがわかった。
4. 鹿児島県出水市針原川の斜面崩壊のリングせん断試験による再現試験では、せん断箱を排水状態に保った状態での試験においても、せん断ゾーンでの著しい粒子破碎と体積収縮および粒子破碎による透水係数の低下のために、せん断開始後、せん断ゾーンでは高い過剰間隙水圧が発生することが確認された。

5. 秋田県澄川地すべりの現地調査および応力制御非排水リングせん断試験による研究では、再活動地すべりの運動土塊がゆっくりした速度で飽和した安山岩質の溪床堆積物に乗ることにより、堆積物内部のせん断ゾーンにおけるすべり面液状化と非排水载荷があいまって極めて低い摩擦角が発揮されることが確認された。この実験事実は、低速度の地すべりが、なぜ緩勾配の溪床を高速で移動する地すべり運動に転化したのかを説明し得るものである。

6. 非排水試験と乾燥試料についてのリングせん断試験を行い、粒子破碎による体積収縮の程度とすべり面液状化の発生しやすさの定量的解析を行った。

### 4. 研究成果の公開

月刊「地球」において「崩壊誘起土石流」の特集号(Vol.19, No.10, 1997)を出版する他、学術雑誌等に17篇の論文を発表した。

## 8P-4 河口領域における災害水理に関する研究

研究代表者：高山 知司

(水災害研究部門 教授)

### 1. 研究目的

本研究は河口領域における災害水理の現象の解明と予測手法の発展を目指し、4つのサブテーマ、すなわち、1)洪水出水と高潮の相互発生特性、2)河口部における洪水と高潮の相互干渉、3)河口部における洪水と波浪の相互干渉、4)河口部における土砂輸送にわけ、共同研究を実施した。

### 2. 研究組織

所内のメンバーは以下の通りである。

高橋 保(教授)

井上 和也(教授)  
椎葉 充晴(教授、現京都大学大学院)  
間瀬 肇(助教授)  
中川 一(助教授)  
戸田 圭一(助教授)  
立川 康人(助教授)  
吉岡 洋(助手)  
里深 好文(助手)

所外のメンバーは以下の通りである。

砂田 憲吾(山梨大学、教授)  
端野 道夫(徳島大学、教授)  
神田 徹(神戸大学、教授)  
後藤 智明(東海大学、教授)  
真野 明(東北大学、教授)  
澤井 健二(摂南大学、教授)  
堺 茂樹(岩手大学、助教授)  
清水 康行(北海道大学、助教授)  
渡邊 明英(広島大学、助教授)  
由比 政年(金沢大学、講師)  
吉田 弘(徳島大学、助手)

### 3. 研究内容

大阪における台風性降雨と高潮の同時生起性の実態を80年間460個の台風について最大潮位偏差出現時およびピーク雨量発生時の台風位置を求め、降雨と高潮に関する回帰分析を行った。さらに確率的台風モデルとそれによる高潮、降雨のシミュレーションを行い、ピーク降雨量と最大潮位偏差の関係がほぼ実測値の全般的傾向と一致した結果を得た。それらに基づいて、Marked point processes 理論により台風時ピーク降雨と高潮最大潮位偏差の年最大値等のリターンピリオド線の推定法を提案した。流れおよび水深の急変化を考慮した拡張型非定常緩勾配方程式を用いて、河口部周辺の波浪変形計算を行った。波向線法では焦点が形成されるケースでの回折効果を考慮することができた。また、現在流れの効果を考慮したブシネスク方程式を誘導している。

新潟県の姫川と関川をとりあげ、過去に大規模な土砂流出があった時点からの河口地形の変動を詳細に検討した。とくに関川は河口部の直江津港において導流堤や突堤工事が繰り返され、上流部では砂防ダム建設が継続し、それらによる土砂のせき止めによって汀線が変化してきた。最新の資料を追加して平成7年の大規模土砂流出に伴う変化を追跡し、将来の地形変化を予測するモデルを構築している。

高潮と洪水の重畳災害の危険性を大阪湾と淀川を対象として、高潮と洪水のピーク生起時差と河川水位、断面平均流速の関係について考察し、さらに氾濫解析の結果を用いて防災対策を検討した。河川には1次元解析を海域には2次元解析を用い、河口部において接続して両者の同時計算を行った。接続に際しては河川から海域へは河川流量を流量フラックスに変換して与え、海域から河川へは河口部における水位を下流端条件として与えた。高潮ピークが満潮時におきると想定し、洪水ピークと±3時間(7通り)の生起時差を与えて計算した結果、上流では重畳による影響はあまり見られなかったが、下流では生起時差-1時間の時に高い水位上昇が見られ、+3時間のときに流速の増加が見られた。台風モデルによっては最大水位上昇が堤防天端高に達し、越流する結果を得たが、氾濫解析の結果では氾濫域、浸水深ともに軽微であった。しかし河道内の波浪や風力を考慮すれば重畳時の危険性は十分認識しておく必要がある。

### 4. 研究成果

平成9年度の防災研究所講演会で他大学の共同研究者に発表をお願いし、3名の先生が発表を行った。その成果は平成10年中に刊行される防災研究所年報第41号に登載の予定である。その他、海岸工学論文集、水工学論文集に投稿中である。

## 8P-5 メソ異常気象現象の数値シミュレーション

研究代表者：光田 寧  
(大気災害部門)

本研究は、現在気象庁の数値予報が対象としている20km格子よりもさらに細かい1 km程度の分解能でのメソ気象予報を行う数値モデルを実用化し、集中豪雨、竜巻、突風などのメソ異常気象の予測につながる数値シミュレーション手法について研究することを目的とするものである。米国オクラホマ大学のCAPS(Center for Analysis and Prediction of Storm)で開発された数値予報モデルARPS(Advanced Regional Prediction System)と米国YSA社の山田哲司博士が開発したメソスケール気象モデルHOTMACを導入し、データベースを含めた計算環境の整備、いくつかの事例への適用研究を共同研究者で分担して実施してきた。また研究集会を平成8年度に3回、9年度に2回開催し、モデル開発者による講演、情報の共有と成果の検討を逐次行った。

ARPSを用いた研究では、まず国土地理院の国土数値情報に含まれる標高データをモデルに導入するためのインターフェースの作成、地表面パラメータ算出に必要となる土壌・植生データベースの調査を行った。次に、海陸風循環と内部境界層の発達、地峡における風速の強化を例題にモデルの性能検証を行った。また、北九州を対象に実地形を入れた計算を行い、地形解像度と計算結果の関係について調べた。さらに、1997年8月7日の箕面の集中豪雨のシミュレーション、石狩湾周辺地域での適用計算を実施した。中国西北部で発生するダストストームのシミュレーションも試みた。

HOTMACを用いた研究では、肘川あらしのシミュレーション、京都市北部での局地循環と大気拡散のシミュレーション、複雑地形上での強風と乱流のシミュレーションを実施した。

研究集会の実施では、平成8年11月に第1回の研

究集会を実施し(17名参加)、Hotmacの開発者である山田哲司博士の講演とHotmac使用法の実習を行った。平成8年12月に開催した第2回の研究集会では、米国オクラホマ大学名誉教授の佐々木嘉和博士の講演、ARPSの基礎方程式の説明、簡単な計算例の紹介を行った。平成9年2月には第3回研究集会を実施し、ARPSを用いたシミュレーションの報告、Hotomacを用いた肘川あらしのシミュレーションの報告が行われた。さらに、メソモデルの入力として有効な、レーダーデータの解析について報告された。平成9年5月の第4回研究集会では、山田哲司博士の講演とARPSによる内部境界層シミュレーションの報告が行われた。平成9年10月の第5回集会では、ARPSによる中国東北部のダストストームのシミュレーション、石狩湾周辺における冷気張り出し時の雪雲形成に関するARPSを用いた検討、ARPSへの地形土壌データの取り込み等が報告された。

2年間の共同研究により、モデルの運用環境が整備され、日本の地形情報を用いたシミュレーションを行う体制ができた。しかし、適用計算の結果は必ずしも満足できるものではなく、特に降水の予報を精度良く行うためには、基本場の温位や比湿の鉛直分布、擾乱の初期場の情報を精度良く与える必要があることが示唆され、数値モデルの導入と平行してデータ解析による現象の解明を進める必要が再確認された。今後は、気象庁のGPVデータの導入などの計算環境の整備を行いながら、実際の事例への適用を重ねて、メソ異常気象の数値予測手法の確立を目指す。

## 8P-6 わが国の自然災害研究体制のネットワーク化に関する研究

－災害の地域性とその変貌－

研究代表者：河田 恵昭

### 1. 研究目的

これまで、自然災害総合研究班によって、全国6地区の地区部会が構成され、災害の地域性に関する研究が行われてきた。しかし、その研究の大部分の視点は、地域毎に災害の特徴がどのように発現するかということであり、過去に起こった被災事例を資料解析的に研究する方法が採られた。この方法によって、地域毎に災害の特徴が明らかになった反面、同種の災害について地域間比較する作業が残されてきた。そのために、災害の地域間の共通性についての知見は少なく、それが共通の災害対策の提案などの遅れにつながっている。そこで、災害のネットワーク的研究体制を構築し、これを活用して、都市における自然災害とその基本対策に関する共同研究を実施する。

### 2. 研究組織

研究代表者

巨大災害研究センター 教授 河田 恵昭

防災研究所内担当者名

巨大災害研究センター 教授 林 春男

助教授 西上 欽也

客員助教授 松林宇一郎

水災害部門 教授 椎葉 充晴

地震災害部門 教授 佐藤 忠信

他大学の研究者：約25名参加

### 3. 研究成果

防災は優れて学際的な課題である。しかし、「学際的」の意味するところは決して明確ではない。既存の学問分野の寄せ集めではだめで、個々の学問分野を相互に結びつける「共通言語体系」を構築する

ことが必要である。すなわち、防災学の中心となる学問分野は決まっておらず、ある学問分野もほかの学問分野と関連するネットワークを構成しており、一つのプログラムを構成している。つまり、ある学問分野の成果がほかの分野の境界条件あるいは初期条件になる。したがって、このレベルの情報を共通言語化することが重要である。本共同研究によって共同研究の候補課題が多く提案されており、そのいずれもが既存の学問領域からのアプローチでは不十分であることが確認された。

とくに、国際的な災害調査ネットワークをどのようにして作るのか、南海、東南海地震津波による広域被害対策を進めるための研究体制づくりをどのようにして実現するのかについて集中討議され、その実現のために科学研究費に応募することが提唱された。

### 4. 研究成果の公表

各担当者が論文等で公表する。

## 9P-1 都市空間の安全質向上のための生産・管理システムの構築に関する研究

研究代表者：鈴木 祥之

(京都大学防災研究所)

### 1. 研究目的

阪神・淡路大震災は技術的な教訓のみならず、都市の安全性を確保すべき社会システムにおいて多くの問題を指摘した。本研究は、構造物単体だけでなく都市空間としての地震防災の問題を検査システム、生産システム、品質管理システムの観点から分析・解明することによって、次世代の性能設計・都市設計を担う設計・施工システム、維持・保全システムを構築することを意図しており、幅広い分野から都市空間の安全の質を向上させる方策を提案すること

を目的として、以下の検討課題に取り組む。

### 1) 建築基準法の改正と性能規定

建築基準法性能規定化の問題点、性能規定化による性能設計法の開発、設計・施工の問題、耐震診断・耐震改修・耐震補強法の開発

### 2) 性能評価・性能保証システム

性能評価・表示システム、検査制度および性能保証制度、損害保険のリスク評価と保証制度、国際標準規格

### 3) 都市防災の方策

都市の地震被害予測・推定、建築物および都市の保全・再生、性能規定化の都市防災ポテンシャルへの効果

研究期間は平成9年度と10年度の2年間であり、以上の課題について、大学の研究者のみならず、設計・施工の実務者、行政および保険等の担当者と共に数回の研究会およびワーキングを開催しながら議論を進める。

## 2. 研究組織

研究代表者：鈴木祥之(防災研究所)

研究参加者：藤原悌三(防災研究所)、岡田憲夫(防災研究所)、亀田弘行(防災研究所)、萩原良巳(防災研究所)、多々納裕一(防災研究所)、岩井哲(防災研究所)、北原昭男(防災研究所)、古坂秀三(京都大学大学院工学研究科)、布野修司(京都大学大学院工学研究科)、大井謙一(東京大学生産技術研究所)、横尾義貫(京都大学工学部)、巽和夫(福山大学工学部)、鎌田輝男(福山大学工学部)、斎藤幸雄(㈱日建設計名古屋事務所)、長能正武(㈱竹中工務店技術研究所基礎研究部)、坪川博彰(損害保険料算出会地震保険部)、斉藤大樹(建設省建築研究所第三研究部)、俣野博(㈱竹中工務店大阪本店)、林康裕(清水建設株式会社和泉研究室)、谷山英利(京都市消防局防災対策室)、又木義浩(㈱竹中工務店技術研究所)、福山敬(鳥取大学工学部社会開発システム工学科)、吉村昌宏(清水建設株式会社設計本部)、村上ひとみ(札

幌市立高等専門学校)、寺尾厚子(大阪市計画調整局建築指導部)、田中辰明(お茶の水女子大学生活科学部)、真鍋純(建設省住宅生産課)

## 3. 研究の経過と成果

平成9年度は、主として問題提起と問題解決へのアプローチについて検討を行うため、研究会等を開催して議論を進めた。実施した研究会等は、以下の通りである。

第1回研究会 平成9年8月7日(木)、防災研究所国際セミナー室

横尾義貫「建築構造の立場から防災論や施工管理」、巽和夫「建築計画の立場から建築生産システム」、斉藤幸雄「実務者の立場から設計・施工の問題」、斉藤大樹「現在検討中の性能設計」

第2回研究会 平成9年12月5日、防災研究所国際セミナー室

又木義浩「建設業界の立場からの建築基準法性能規定化の問題点」、坪川博彰「損害保険の立場からリスク評価の問題」、長能正武「震災緊急対応シナリオ・シミュレーション」

第3回研究会 平成10年3月16日(月)、京都リサーチパーク

テーマ：住宅の性能評価・表示システムについて

巽和夫「性能評価・表示システムの基本構想」、真鍋純「現在までの取り組みおよび今後の展開」、田中辰明「性能表示の普及等について」

今後は、住宅等性能保証に関連する検査制度と保険制度、都市防災について議論を進める。また、シンポジウムを開催して研究成果を発表するとともに報告書にまとめる。

### 9P-3 大気接地層における乱流輸送過程の観測法に関する研究

研究代表者：林 泰一

(災害観測実験センター)  
(気象海象観測実験領域)

最近、エルニーニョをはじめとする異常気象現象の発生に伴い、豪雨による洪水、台風による強風や大雨による気象災害が頻発するようになった。これらの異常気象現象の機構を解明し、発生を予測していくためには、大気のエネルギの循環を正しく評価することが必要である。このためには、人工衛星などの遠隔測定によって、地面大気間の運動量や顕熱、潜熱の乱流輸送量を広範囲に、長期間にわたって観測し、モデルを開発することが現在最も重要な課題になってきた。しかし、遠隔測定の結果が正しいかどうかを検証するためには、実際に地面付近での観測地をGROUND TRUTHとして、絶えず校正する必要がある。またモデルの初期条件や結果の検証には、実際の観測値がどうしても必要である。大気接地層中での乱流輸送量の測定には、超音波風速計や赤外線湿度変動計のような応答の早い気象計測器が開発されて、価格も低下してきたため、以前に比べると簡単に観測が行われてきている。しかしながら、これらの計測機器での観測値には考慮すべき問題点があり、正しい乱流計測結果を出していくためには検討すべき点がある。しかし、これらの機器が普及するに連れて、これらの議論なしに研究が進められているのが現状である。この研究では、現在実施されている乱流観測の問題を検討し、より合理的な乱流輸送量の評価方法を確立する。研究者は15名、大学院生7名が参加しており、下記のような研究課題について研究を進めている。

- (1)大気接地層における乱流輸送量の長期観測
- (2)大気接地層中の熱収支観測
- (3)大気接地層の乱流場における組織運動
- (4)大気境界層における雲と日射の乱流輸送に及ぼす

影響

(1)は潮岬風力実験所を観測基地として、乱流計測を長期観測を継続し、長期モニタリングとして、10年程度連続して進める準備をした。また、これまで中国のゴビ砂漠で入手した乱流計測資料や、この特定研究のメンバーの何人かが参加する、GAME/Tibet(GEWEX Asia Monsoon Experiment)の観測資料も用いて、相対湿度が10%以下の低湿度極限状態や強不安定状態での乱流計測の問題点を明らかにしている。(2)も潮岬風力実験所における長期モニタリング計測を実施している。とくに、簡単な地表面温度の評価法である「強制復元法」の適応限界を確かめた。(3)は風洞や水槽実験で明らかになった乱流境界層における組織運動を、大気接地層でも、複数の計測機器を配置して、その発生機構を明らかにする。(4)は京都大学超高層研究センターとの共同観測で、MUレーダー観測所において、ソーダーとMUレーダーを併用し、地上付近から数km上空までの大気境界層全体のふるまいを明らかにしていくことを目的とする。

#### 突発災害調査

##### 1. バングラデシュ、タンガイル県の竜巻の被害調査 (1996年7月実施)

1996年5月13日、バングラデシュ人民共和国タンガイル県において竜巻が発生し、死者518名、負傷者60,000人を越える被害が発生した。防災研究所では、林泰一(災害観測実験センター)と桂順治(大気災害部門)が1996年6月27日から1週間、現地調査を行った。実際に被災地に入って被害の現状を調査するとともに、地方の役場で被害分布地図や被害統計を入手した。また、バングラデシュ気象局や宇宙遠隔探査研究機構で地上気象観測結果やレーダーエコーなどの資料を収集した。これらの結果は日本気象学会、日本風工学会、自然災害シンポジウムで発表した。

##### 2. 和歌山県白浜町における海上竜巻の調査

(1997年5月実施)

1997年5月13日、和歌山県白浜町の沖で海上竜巻が発生した。発生当時、南紀航空が遊覧飛行を実施しており、この竜巻のビデオ撮影に成功していた。防災研究所では林泰一と芹澤重厚(災害観測実験センター)が白浜町の南紀航空や和歌山県警航空隊に出向き、現地取材した。また、和歌山県地方気象台白浜空港出張所で気象資料、潮岬測候所で高層観測資料、室戸岬測候所でレーダーエコーの資料を入手した。

### 3. 九州北中部の強風災害の被害調査

(1997年11月実施)

1997年10月14日九州中北部において、メソ気象擾乱が通過して、気象災害が連続して発生した。とくに、熊本市においてはゴルフ練習場のネットの支柱28本が倒壊し、周囲の家屋に甚大な被害が発生した。同日、長崎県壱岐では竜巻が2つ発生し、死者1名の被害が発生した。防災研究所では、林泰一(災害観測実験センター)と丸山敬(大気災害部門)が現地調査を実施した。熊本の被害は極めて局所的な被害であり、熊本地方気象台、陸上自衛隊などで資料収集の結果、ダウンバーストの可能性が示唆され、被害の実態から風速の推定などの検討がなされている。壱岐の竜巻は目撃者があり、被害から風速の推定がなされた。日本風工学会誌に報告した。

### 4. 東京都八丈町において、竜巻の被害調査

(1998年3月実施)

1997年11月17日、東京都八丈島で竜巻が発生した。この竜巻は、島の中央部を横断して、全壊家屋x x棟の被害が発生した。防災研究所では、今本博健、林泰一(災害観測実験センター)および河内伸治(技術室)が現地調査を行った。被害現場での調査をはじめとして、八丈町役場、八丈島測候所などにおいて、被害統計、被害分布地図、気象資料などを収集した。

## 9P-4 実物大建築物の強風応答計測法の確立

研究代表者：河井 宏允

(東京電機大)

研究組織：桂順治、奥田泰雄、丸山敬、松本勝、白土博通(京大)、谷池義人、谷口徹郎(大阪市立大)、丸田栄蔵、神田亮(日本大)、岡南博夫(大阪高専)、松本武雄(金沢工大)、河井宏允、藤波深(東京電機大)

### 1. 研究目的

台風などの強風による災害を最小限に食い止めるためには、強風の性状とそれに伴う風力および構造物の応答を構造物の設計段階において正確に予測することが必要である。このために使われてきた手段のひとつが風洞を用いた模型実験である。模型実験による予測が正確であるかどうかは、構造物が建設された後の実測との比較によって行われる。エッフェル塔やエンパイヤステートビルでの風観測以来、この目的で非常に多くの実測が行われてきた。しかし、風洞のように人工的に環境が制御できる模型実験とは異なり、自然が相手の実測の場合、様々な困難があり、得られたデータの信頼性に疑問が投げかけられることも多い。

実測結果を風洞実験結果と比較する場合、最も大きな問題は、実測では風洞のように基準となる風速と基準となる静圧を正確に評価することが難しい点である。基準となる風速や静圧の条件としては、それらに建物の影響が及ばないことが期待されるが、そのような場所を実測で見つけるのは非常に難しい。また、自然風のように風速、風向が大きく変動する気流の中で静圧(大気圧)を正確に測定する方法も確立されていないという計測上の問題点もある。

本研究は、実測と風洞実験結果の比較の決め手となる基準風速と基準静圧を正確に測定する方法を確立するとともに、実測から判明した静圧の性状を詳

しく分析し、既存の台風設計の問題点や強風災害の原因を明らかにすることを目的としている。

## 2. 研究成果

本研究では次の事柄について研究した。

- (1)この問題に対する国内外の既往の研究をまとめ問題点を抽出した。
- (2)建物の影響が風にどのような影響を与えているかを、風洞実験と実測の比較から検討した。
- (3)自然風中で静圧を測定する測定装置を開発し、潮岬風力実験所で実測を行った。
- (4)潮岬風力実験所内に風洞実験模型よりも1オーダー大きい模型(中間模型)を設置し、その室内圧と静圧との関係を研究した。
- (5)静圧を測定する方法として有効とされている地面に開けたマンホール内の圧力を測定し、中間模型の静圧と比較するとともに、静圧と上空風速との長周期変動の関係を明らかにした。
- (6)数値シミュレーションにより、静圧の空間的、時間的構造を解明し、静圧変動の原因を風速変動との比較によって検討した。

## 3. 研究成果の公表

研究成果は建築学会大会、土木学会大会などで順次、口頭発表される他、今年12月に行われる第15回風工学シンポジウムでも本研究に関連した数編の論文が発表される予定である。また、来年の1月には防災研究所において、研究成果の発表会を開催し、その結果をまとめて正本として発行する予定である。

## 9P-5 桜島火山の地下水・熱水系に関する研究

研究代表者 平林 順一

(東京工業大学  
草津白根火山観測所 教授)

### 研究組織

- 大場 武** : 東京工業大学  
草津白根火山観測所 助教授
- 野上 健治** : 東京工業大学  
草津白根火山観測所 助手
- 田中 良和** : 京都大学 理学部  
地球熱学研究施設 火山研究センター 助教授
- 橋本 武志** : 京都大学 理学部  
地球熱学研究施設 火山研究センター 助教授
- 西田 泰典** : 北海道大学 大学院理学研究科  
地球惑星化学専攻 教授
- 茂木 透** : 九州大学 工学部 資源工学科助手
- 坂元 隼雄** : 鹿児島大学 理学部  
地球環境科学科 教授
- 石原 和弘** : 京都大学防災研究所 教授
- 山本 圭吾** : 京都大学防災研究所 助手

### 1. 研究目的

本研究は桜島火山の山体内での熱水流動系の実態と地下水・熱水の起源について調べることを目的として、自然電位の観測と併せて島内の湧水・温泉水の化学組成と同位体組成を調べ、物質流動の立場から桜島の山体構造と火山活動との関連について研究する。

### 2. 研究成果

平成9年度は、桜島火山の南部から西部の海岸地域および春田山、引の平地域の自然電位調査および、電気探査を実施し、地下水・熱水の分布状態およびその流動などについて検討を行った。その結果、引の平周辺では流体の上昇域の存在が確認された。また、5月には桜島島内およびその周辺に分布する温



泉、水井戸、水に溶存するガスなどについて調査し、その化学組成、安定同位体組成などについて検討を行った。その結果、桜島島内の深部には古い地層を起源とする温泉が存在すること、島の東部～西部の海岸地域には最近の火山活動に伴う温泉が湧出していること、島の西部～北部の海岸近くには天水起源の水の層が存在することなどを明らかにした。さらに、桜島南部の地下に存在する熱水系の時間変化について調べるため、同地域の観測井の水温・水位の連続観測とその周辺の自然電位の連続観測を開始した。

10年度は、9年度の調査結果を踏まえ、調査範囲を拡大し自然電位観測と電気探査を実施する。併せて未調査の井戸水・湧水などの調査、9年度調査時点での繰り返し観測などを実施する。これらの観測・調査の結果と既存の各種資料とを併せ、桜島島内の地下水熱水系の分布、その流動機構、化学的構造などを明らかにするとともに火山活動の水位を把握するための観測地点ならびに観測項目の選定などを行う。

### 3. 成果の公開

これまでに得られた成果については、平成9年度防災研究所研究講演発表会で発表した。平成10年度の研究終了後には、成果を報告書としてとりまとめ印刷する。

大場武・平林順一・野上健治・石原和弘・山本圭吾：  
桜島火山の地下水・熱水系

橋本武志・田中良和・西田泰典・茂木透・石原和弘：  
桜島火山の自然電位分布

## 3.1.3 一般共同研究

### 9G-1 阪神・淡路大震災における建造物被害と人的被害との関係に関する調査研究

研究代表者：西 克治

(滋賀医科大学)

所内担当者：林 春男

研究期間 平成9年4月1日～平成10年2月28日

研究場所 滋賀医科大学法医学講座・京都大学防災研究所

参加人数 4名

滋賀医科大学法医学講座・教授・西 克治

巨大災害研究センター・教授・林 春男

滋賀医科大学法医学講座・助教授・西村明儒

巨大災害研究センター・助手・田中 聡

#### 1. 研究目的

兵庫県監察医が調査した西宮市における阪神・淡路大震災の直接的外力による死亡者のデータと建造物被害のデータとを対比する事によって、建造物被害と死亡者個々の死因との因果関係ならびに地震災害における人的被害のrisk factorを明らかにする事を目的とする。本研究によって明らかになったrisk factorを検討することによって特に個人レベルで行ない得る防災対策を考案し、広く啓発することを目的とする。

#### 2. 研究成果

地震災害における人的被害推定、特に死亡者数の推定は、従来より、地震災害における被害推定の重要な部分を占めるものであった。死亡者数の推定方式の代表的なものとして、東京都が用いた推定式、

$$\text{Log}10D=0.95987 \cdot \text{Log}10(H+F)-1.02912$$

D：死亡者数、H：建物被害数(全崩壊+0.2・半壊数)、F：建物焼失数があり、各自治体の被害推定

システムの中でよく用いられているが、1)建物被害を実数として把握する必要がある、2)死亡者数を過大に評価しがちである、という問題点があり、必ずしも実用的な推定式とはいえないものであった。1)については建物被害率を用いることのできる推定式の開発、2)については死亡者数の発生分布D：死亡者数、H：建物被害数(全崩壊+0.2・半壊数)、F：建物焼失数があり、各自治体の被害推定システムの中でよく用いられているが、1)建物被害を実数として把握する必要がある、2)死亡者数を過大に評価しがちである、という問題点があり、必ずしも実用的な推定式とはいえないものであった。1)については建物被害率を用いることのできる推定式の開発、2)については死亡者数の発生分布における非正規性の補正が必要であると考えられる。そこで、今回は、西宮市が罹災証明発行の目的で行なった建物被害調査結果と兵庫県観察医が行なった被災死亡者数の調査結果をもとに“探索的データ解析手法(Exploratory Data analysis：EDA)”を用いた人的被害推定式の開発を行なった。

西宮市の建物被害調査では、全壊24,049、半壊17,650であり、死亡者総数は1,010名であるが、今回は受傷場所が特定できた857例について検討を行なった。西宮市における400余りの町丁目各々の建物全壊率に対する人口1,000人当たりの死亡者数の分布を調べたところ上方への歪みが明らかとなった。このため、従来の最小自乗法を用いた回帰では分布の歪みの影響を受けて過大評価に傾くことが分かったので、分布の歪みの影響を受けにくい中央値をもとに回帰を行い、建物全壊率から人口1,000人当たりの死亡者数の推定式として、

If  $X > 25$ ,  $Y = 0.0044 X^2 - 0.1589 X + 1.2603$ ,  
Otherwise  $Y = 0$ ;  $R^2 > 0.61$

が得られた。この推定式によれば、建物全壊率が25%に満たない町丁目では死亡者の発生を見ず、25%を越えた場合、2次関数的に死亡者が増加することが明らかとなった。この式の分散寄与率は61%

と従来の最小自乗法による1次回帰ならびに2次回帰に比べて高く、この式をもとに西宮市全体の死亡者数を推定すると769名となり、最も実数に近い推定を得た。今回用いたデータは実際の西宮市の死亡者数1,010名に対して857名であり、約150名の未確認の死亡者が残されている。この未確認データを加えて解析の精度を向上させることが、今後検討すべき課題である。

### 3. 成果の公開

- ・福島誠志・林春男・河田恵昭・田中聡・西村明儒：EDA手法用いた人的被害の推定法の開発、地域安全学会論文報告書、7、pp.52-55、1997
- ・林春男・河田恵昭・田中聡・西村明儒・福島誠志：EDAを用いた人的被害手法の開発、第16回日本自然災害学会学術講演会講演概要集、1997年10月吹田、日本自然災害学会、pp161-162

## 9G-2 鉄骨溶接柱はり仕口の塑性変形能力の改善法

研究代表者：井上 一朗

(大阪大学工学部)

所内担当者：中島 正愛

研究分担者：森田耕次(千葉大学工学部)、立山英二(近畿大学理工学部)、甲津功夫(大阪工業大学工学部)、田淵基嗣(神戸大学工学部)、上場輝康(神戸大学工学部)、南二三吉(大阪大学工学部)、森迫清貴(京都工芸繊維大学工芸学部)、多田元英(大阪大学工学部)、田中剛(神戸大学工学部)

### 1. 研究目的

1995年兵庫県南部地震において露見した鉄骨造建物溶接柱梁接合部の脆性破断は、現行の耐震設計・施工プラクティスによる鉄骨造建物の耐震安全性に疑問を投げかけている。このような脆性破断が続出

した原因を同定すること、また柱梁接合部により高い耐震性能を付与することは、いずれも緊急課題である。これらの課題に一つの回答を与えるべく、ここで組織した研究グループは、1996年度に、統一した材料・寸法・接合詳細・載荷方式による、計86体の実大柱梁接合部試験体に対する構造実験を実施した。本研究では、これらの結果を相互に吟味し、柱梁接合部の塑性変形能力に及ぼす諸要因を特定するとともに、各要因が塑性変形能力に及ぼす影響を定量化し、耐震設計に供する情報を提示することを目的とした。各要因別の影響度については以下の所見を得た。

## 2. 研究成果の概要

**接合詳細の影響：**従来から多用されているスカラップ形式(従来型)に加えて、スカラップ孔による応力集中を緩和することを意図した、二種類の新しいスカラップ形式(改良型)を考案した。改良型スカラップを用いることによって柱梁接合部の塑性変形能力は一般に向上すること、ただじん性が高い材料を用いた場合には、改良効果は限られていることが明らかになった。

**エンドタブの影響：**現在エンドタブには、スチールタブとフラックスタブが併用されている。フラックスタブを用いる方が高い塑性変形能力を与える傾向が見られるが、フラックスタブは施工技量に依存されやすいこと、また接合形式によってはスチールタブを用いる方が塑性変形能力を確実に保証できることも明らかになった。

**溶接積層方法：**梁フランジとダイアフラムを結合する完全溶け込み溶接において、大入熱1層1パス溶接を施すと早期破断が続出するなど、厳正な入熱管理による1層多パス溶接の必要性が明らかになった。

**接合形式の影響：**現行プラクティスでは、いわゆる工場溶接形式と現場溶接形式の二種類の溶接形式が併用されている。両者をもつ塑性変形能力はほぼ等しいこと、現場溶接形式ではフラックスタブ利用が

必ずしも有効ではないことが明らかになった。

**載荷速度：**地震時に受ける動的な載荷と、構造実験で多用される準静的載荷による、塑性変形能力の違いを吟味した結果、当初の予測とは異なり、動的載荷によるほうが高い塑性変形能力が得られやすいことがわかった。またその有力な理由の一つとして、載荷中の顕著な温度上昇と温度上昇に伴う鋼材のじん性向上が挙げられることを、実験時の温度測定と、温度変化による鋼材吸収エネルギーの推移分析から明らかにした。

## 3. 成果の公表

すべての実験結果の詳細と、結果の分析から得られた所見をまとめた報告書を作成するとともに、日本建築学会主催の報告会において、その内容を関係諸兄に披露し批判を仰いだ。

### 9G-3 コーダ液励起による不均質性分布の検出とそれに基づく新しい地質潜在的危険度の評価法

研究代表者：蓬田 清

(広島大学理学部)

所内担当者：西上 欽也

研究期間 平成9年4月1日～平成10年2月28日

研究場所 広島大学理学部

参加者数 4名

## 研究報告

高周波地震コーダ波は、地殻中のキロメートル以下の微細な不均質構造を検出できる数少ない情報だが、これまでは空間的に一様なランダム媒質で十分な観測精度しかなかった。高密度・高精度の最新観測により、ある深さや地域に不均質性が局在する可能性が指摘され始めた。本研究では、1995年兵庫県南部地震の余震観測網を用いて、コーダ波振幅より

局在する微細不均質性を検出し、地震断層との関係を調べ、将来的には内陸地震発生の危険度評価の基本的な情報となることを目的とする。

用いたデータは、兵庫県南部地震の余震観測のために、防災研究所が中心となって阪神淡路地域に設置した地震観測網の波形記録である。67観測点で100個の地震に対してコーダ波が明瞭に記録されている計8713の地震記録を用いた。まず、コーダ波振幅の時間減衰率（コーダQ値）の安定性が明確に示された。

次に、断層系の外の震源からのコーダ波振幅を用いて、各観測点のサイト特性を求めたところ、概ね表層地質分布によるものの、低周波数領域に比べて、高周波数領域ではバラツキが大きくなることが示された。この結果は、カリフォルニアや日本の他地域での広い領域の結果と調和的だが、狭い地域を密に調査した例は数少ない。

最後に、上で求めた各観測点のサイト特性の補正を用いて、断層系付近での余震についてのコーダ振幅を観測点毎に比較した。多くの場合は、サイト特性の補正後は、コーダ振幅はすべての観測点ではほぼ一定となり、従来の不均質性が空間的に一様なランダム媒質で説明できる。ところが、震源が淡路島野島断層下の深さ約10kmである場合に限って、野島断層沿いの観測点でのコーダ波振幅が系統的に2～3倍他の観測点より大きくなる。しかも1～4Hzの周波数帯のみ、この現象がみられる。これは、野島断層下深さ10km前後に不均質性が局在することを示唆している。コーダ振幅異常が観測される周波数帯から、その不均質性の大きさは0.5～1.5kmと推定される。このように局在化した微細不均質性の存在を明確に示したのは本研究が初めてであろう。

局在化した不均質性が野島断層下のみ、しかも深さが地殻物質のductile-brittle境界付近であることは興味深い。活動的な地震断層だけにこの特徴が見られる可能性があり、地震危険度の評価にも新しい展望が開ける可能性がある。

## 9G-4 形インバージョン法による火山噴火の力学的モデルの構築

研究代表者：田中 和夫

(弘前大学理学部 教授)

### 研究組織

田中 和夫(弘前大学理学部 教授)

小菅 正裕(弘前大学理学部 助教授)

為栗 健(弘前大学理学部 大学院修士課程)

井口 正人(京都大学防災研究所 助教授)

### 1. 研究目的

桜島火山において発生する火山性爆発地震とB型地震を対象に、震源のメカニズムを求め、両者の相違と共通点を明らかにすることにより、山頂での中心噴火を繰り返す火山での噴火機構を明らかにする。桜島火山2箇所において長周期地震計による爆発地震とB型地震の観測を実施する。波形インバージョン法により、これらの地震のモーメントテンソル解を求める。

### 2. 研究成果

本研究において中帯域地震計により観測され、波形解析された爆発地震は5個、B型地震は3個である。波形インバージョン法により、これらの地震の震源メカニズム解(モーメントテンソル解)を求めた結果、爆発地震、B型地震ともにnon double couple(非双力源)成分が卓越する体積膨張型に近いモーメントテンソル解が得られた。しかしながら、両者のモーメントテンソルの成分比を比較すると、爆発地震のMzz成分(鉛直方向)はB型地震のそれより顕著に大きく、またその絶対値も大きいことが明らかとなった。この事実は、爆発地震の発生が火口直下に作用する鉛直方向の外向きの応力に大きく依存していることを示している。この結果はまた、爆発地震には対応する爆発的なブルカノ式噴火が見られるが、B型地震には、比較的弱い噴煙放出あるいはストロ

ンボリ式噴火が見られることと調和的であり、噴火は地震発生の際のMzz成分の大きさによって規制されていることが示唆される。

### 3. 成果の公表

為栗 健：桜島火山におけるB型地震、爆発地震の発生メカニズム、弘前大学理学研究科修士課程論文、1997年度

為栗 健・井口正人・田中和夫・石原和弘：桜島火山で発生するB型地震および爆発地震のメカニズム、1997年度地球惑星科学連合同学会にて発表

為栗 健・井口正人・田中和夫・石原和弘：桜島火山で発生するB型地震、爆発地震のメカニズム、1998年度地球惑星科学連合同学会にて発表

## 9G-5 二酸化炭素の大気－海洋間の交換に関する研究

研究代表者：大滝 英治  
(岡山大学環境理工学部)  
所内担当者：山下 隆男

研究期間 平成9年4月1日～平成10年2月28日  
研究場所 京都大学防災研究所大渦波浪観測所  
参加者数 8名

### 研究報告

#### 1. 研究目的・趣旨

大気中の二酸化炭素濃度が着実に増加している。二酸化炭素濃度の増加のメカニズムを明らかにするためには、地球表面の大きな割合を占める海洋が二酸化炭素の吸収に果たす役割を把握する必要がある。本研究の目的は、京都大学防災研究所附属大渦波浪観測所の栈橋を利用して、大気－海洋間の二酸化炭素の交換量を知ること、Webb et al.(1980)補正についての理解を深めることである。得られた結果を報告する。

### 2. 研究経過の概要

1997年8月22日～24日、新潟県大潟町にある京都大学防災研究所附属大渦波浪観測所の栈橋を利用して、大気－海洋間の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の交換量を測定した。栈橋は、海岸から250m沖に張り出し、先端部では横方向に100m展開している(T字型)。観測は栈橋の先端部で行った。測定場所での平均水深は約8mであった。渦相関法センサー(三次元超音波風向風速温度計、炭酸ガス・水蒸気変動計等)は海面上10mの高度に設置した。また、海面上1mと13.4mでのCO<sub>2</sub>濃度差、表面海水中のCO<sub>2</sub>濃度(pCO<sub>2</sub>)と海面上13.4mの高さのCO<sub>2</sub>濃度差を測定し、CO<sub>2</sub>フラックスを空気力学的傾度法とバルク法によって測定した。さらに、岡山大学と九州大学で独自に開発されているpCO<sub>2</sub>測定器の比較を行った。

### 3. 研究成果の概要

今回の結果で興味がある点は以下のことである。

1. Webb et al.(1980)の考えにしたがってCO<sub>2</sub>フラックスに寄与する3つの項の大きさを評価した。変動法で測定した生のフラックス値は昼間約-0.05mgm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>、夜間は正の値で乱れが大きい。午前3時には最大値1.4mgm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>を示した。また、昼間における顕熱と潜熱による補正項の大きさは各々約0.03mgm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>と0.06mgm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>であった。以上より、CO<sub>2</sub>フラックス(3つの項の和)は終日正となり、CO<sub>2</sub>が海洋から大気中に放出されていたことを示した。上向のCO<sub>2</sub>輸送は、観測が海水温度が高い夏季に実施したことに起因している。測定法によるフラックスの乱れは、使用した拡散係数やバルク係数の値に問題がある。
2. 8月24、25日の昼間、CO<sub>2</sub>(13.4m)がCO<sub>2</sub>(1m)より高濃度となり、空気力学的傾度法のみがCO<sub>2</sub>の下向輸送を示した。CO<sub>2</sub>の勾配を測定した高度に問題があったのかもしれない。CO<sub>2</sub>のプロファイルを測定する必要がある。

3. 岡山大学の測定器は少量の試料水中の  $p\text{CO}_2$  測定、九州大学の測定器は  $p\text{CO}_2$  の高速測定を狙って開発された。 $p\text{CO}_2$  値は最大30ppm程度の相違を示したが、両者の時間的な変化傾向は良く似ていた。測定値を合わせるためには、 $p\text{CO}_2$  の測定時間を一致させるなど、明確な測定条件下での比較観測が必要である。

## 9G-6 台風の強風による被害の確率的予測法に関する研究

研究代表者：藤井 健  
(京都産業大学一般教育研究センター)  
所内担当者 石川 裕彦

研究期間 平成9年4月1日～平成10年2月28日  
研究場所 京都大学防災研究所・京都産業大学一般教育センター  
参加者数 14名

### 研究報告

#### 1. 研究目的・趣旨

1991年の台風19号は強い風を伴っていて、日本全土で68万棟もの住家に被害を与えた。もし前もって、災害発生域と災害の程度が予測されていれば、被害はかなり軽減されたものと考えられる。そこで、本研究では、強い台風の本土接近中に、その後の風速分布を確率的に予測して、住家の予測被害率の地理的分布を作成する。さらに、強風発生予想域に対して事前に報告が可能なようなシステムを開発する。

#### 2. 研究経過の概要

1955年から1994年の40年間にわたって日本本土に上陸した51個の顕著台風について、台風の気圧場の数値解析をやり直した。その結果から上陸時の中心気圧低下量と最大風速半径の間の関係が得られた。また、解析により得られた気圧分布から算出した風

と実測された地表風との風向偏角および風速比について、風向に伴う変化を調和解析により Fourier 級数の和で近似した。

また、一方では、平成9年12月9日には、研究集会「台風による風災害の研究」を開催し、気象学、建築学、農学、損害保険の各方面の研究者から台風風災害の定量的予測に関する話題を提供してもらった。後日、その内容について、話題提供者から原稿を提出してもらい、本研究の報告書(冊子体)を作成した。

### 3. 研究成果の概要

気圧場から算出した基本地表風を地形の影響を考慮に入れた地表風に換算する方法が得られた。また、中心気圧低下量から最大風速半径を求める経験式が得られた。これらの関係および1991年の台風19号のさいの最大風速と住家被害率の関係をを用いて、上陸2日前くらいから各地点の風向・風速を算出していき、災害の定量的予測を行う台風強風災害予測システムの確立の見通しが得られた。

また、共同研究者からは台風の気圧場・風速場の解析とモデル化および風速と被害の関係について多くの知見が得られた。これらについては、台風強風災害予測システムに可能な限り取り入れて行く予定である。

## 9G-7 山地森林流域における水文及び地形プロセスの相互作用に関する研究

研究代表者：奥西 一夫  
(京都大学防災研究所)

### 1. 研究目的

降雨流出機構の解明は水文学の中心的課題であり、過去に多くの研究がなされている。その結果、様々な降雨流出機構に関するモデルが提案されてきたが、

起伏・地質などが降雨流出機構にどのような影響をもたらすのかについては、従来十分に解明されているとは言い難い。特に、大起伏急傾斜の山地流域における降雨流出機構については、未だ実験すらほとんどなされていないのが現状である。そこで、本研究では基盤地質の異なる2つの大起伏で急峻な山地流域(中生層、および花崗岩基盤)において、流出特性を中心とした水文観測を行った。また流域の地形判読および微地形調査を行い、大起伏山地における水循環と地形変化の相互作用の解明を試みた。

## 2. 研究組織

辻村 真貴(愛知教育大学教育学部)

恩田 裕一(名古屋大学農学部)

奥西 一夫・齋藤 隆志(京都大学防災研究所)

田中 幸哉(福井大学教育学部)

## 3. 研究成果

空中写真判読によると、花崗岩山地には、多くの崩壊跡地が見られるのに対し、中生層山地には、地すべりまたは大規模崩壊跡地が見られた。微地形判読によると、花崗岩流域では、小規模なHollowとそれに続く水流が密に分布しているのに対し、中生層山地には、水流は斜面下部に見られるのみで、その上部は主に崖錐斜面となっていた。

花崗岩地域の流域では、すばやく非常に高い流出が見られた。一方、中生層地域の一流域においては、2次ピークを持つ緩やかな hidrograph を持ち、また隣接する流域では、低い1次ピークを持つものの、2次ピークは見られなかった。降雨に対する圧力水頭の変化を解析したところ、中生層流域では主に鉛直下方方向の地中水の流動が卓越するのに対し、花崗岩流域では斜面に平行な向きに動水勾配が生じ、側方流が発生していた。以上の結果から、両流域における地中水の挙動と地形変化との相互関係を考察すると、花崗岩流域では、降雨にともない飽和側方流が頻繁に発生するため、表層崩壊が数多

く発生し、谷頻度の高い地形を形成するのに対し、中生層山地では、降雨浸透水は飽和側方流とはならず、深部浸透水となって流動する。この深部浸透水は、時には基盤すべりを発生させる可能性が高く、谷頻度の低い谷地形を形成するものと考えられる。

## 4. 研究成果の公開

研究成果を日本地形学連合の機関誌「地形」に投稿中。

## 9G-8 土石流観測への画像解析手法の適用に関する研究

研究代表者：新井 宗之

(名城大学理工学部)

所内担当者 澤田 豊明

研究期間 平成9年4月1日～平成10年2月28日

研究場所 京都大学防災研究所高千穂砂防観測所・名城大学・滋賀大学

参加者数 4名

## 研究報告

土石流の流速観測には、従来ワイヤーセンサー方法が多く用いられてきた。これは土石流の発生・流動が突発的であり、多くが豪雨時で観測環境もかなり悪条件下であるためデータ収集の確実性が求められていたことに基づくものであろう。ワイヤーセンサー方式は構造が非常にシンプルであるため信頼性は高い。しかし一度使用すると再設定までにかかなりの時間を要し、断続的な場合や、間欠的な現象ではそれら全体を観測することが難しい。このため音響センサーや振動センサーなどが用いられている。しかしこれらは設定が難しく誤動作が多いようである。一方、観測施設や観測システムが整備されているところでは連続的な記録を行い、突発的な発生に対応している。いずれの場合も近年その情報量の多さか

ら映像の記録を行っている。しかしこれらの映像記録による流速解析の手法は必ずしも十分でなく改良の余地がある。そこで相関法を用いた画像解析手法の適用による流速解析を行った。

穂高砂防観測所の観測流域(足洗谷流域)で溪流の表面流速測定を行った。ここでは映像記録として高速ビデオ(200コマ/sec.)とデジタルビデオ(30コマ/sec.)で行った。画像の安定性でデジタルビデオ(DV)がかなり優れていたためDV映像を解析に供した。そして画像解析の検証のため、河道の草を浮子して流し、表面流速を測定した。画像解析において参照する領域(テンプレート)の大きさによって解析結果が変化するが、ここでは15ピクセル四方以上の領域で安定した結果を示し、浮子による流速結果とよい一致を示した。さらに中国・雲南省・蒋家溝における土石流の映像データに適用し良好な結果を得た。ただしここでは解析における参照領域は足洗谷流域での適用結果を用い、映像スケールが特定できないため画像内の縮尺は試行錯誤的に決めている。これは今後の課題である。

現在は記録された映像を解析しているがコンピュータ等の処理速度の向上とあいまってリアルタイム計測への適用をすすめる予定である。

これらの成果は国内の研究発表会や国際会議で発表あるいは発表予定である。

## 9G-9 高周波サイスミックスノイズの観測による地殻応力状態のモニタリングに関する研究

研究代表者：笠原 稔

(北海道大学理学部)

所内担当者：渡辺 晃

研究期間 平成9年4月1日～平成10年2月28日

研究場所 京都大学防災研究所・阿武山観測所

参加者数 7名

## 研究報告

雑微動の数10Hz以上の周波数領域は、高周波サイスミックスノイズ(High Frequency Seismic Noise, HFSN)と呼ばれ、近年、主にロシア(旧ソ連)の研究者により研究されてきた。我々は、HFSNの振幅変化と媒質に作用する応力変化との間に相関関係があるという結果に着目し、これを近畿地方において検証するために、阿武山観測所におけるHFSNの観測と研究を企画した。観測坑道内で1997年5月から10月までの約半年間、ロシアや北海道大学えりも観測所等で使用されている固有周波数30Hzのロシア製共振地震計と二種類の1秒速度型地震計による同時比較観測を実施した。第一にこれまでHFSN観測に用いられている共振地震計がどの程度正確に地動を記録しているかを知る必要があると考えて、その検証を行った。その結果、昼間の比較的振幅が大きい記録については波形の一致がよく、この振幅領域では共振地震計が理論特性どおりに地動を記録することから、ロシア製の共振地震計が優れた特性を持っており、狭帯域周波数帯HFSN観測には有効であることが確かめられた。共振周波数帯域だけでなく広帯域のHFSNの周波数特性やその時間変化を見るために1秒速度計のHFSNのパワースペクトルが調べられた。10-100Hzのスペクトルその時間変化を見ると、70Hz以下の周波数帯域では人間活動に伴うものと考えられる明瞭な日変化を示した。また強風時のHFSNの振幅の増加も示され、人工的なものや自然現象によるHFSNの地域的な振幅レベルが評価された。地殻の応力変化との相関を調べるために、スペクトルの時間変化の記録から地球潮汐の主要13分潮の周期成分が最小二乗法により取り出された。しかし、今回は伸縮計で記録された潮汐変動との相関はほとんど認められなかった。これらの観測結果についてロシアの研究者を交えた数回の研究会が開かれた。今回のHFSNの観測から、地震計の信頼度が評価されたこと、そして人間活動と風などの自然現象による地域的なHFSNのレベルを見積もること



ができたことは重要であると考えられた。一方、地殻応答によるHFSNの振幅は人工的なノイズに比べ非常に小さいことから、今後位相に注目した解析が重要であることや、観測の精度を上げるとともに、長期間の継続観測が必要であることが示された。

## 9G-10 始良カルデラ噴出物の年代学的・岩石学的研究

研究代表者：巽 好幸

(京都大学大学院理学研究科 教授)

研究組織：宇都 浩三

(工業技術院地質調査所 主任研究官)

周藤 正史

(京都大学総合人間学部日本学術振興会特別研究員)

石原 和弘

(京都大学防災研究所 教授)

### 1. 研究目的

本研究は、大規模火砕流の発生とカルデラ形成にともなうマグマ供給系の進化を明らかにすることを目的とする。この目的を達成するために、典型的なカルデラ火山である始良火山に対して、カルデラ周囲全域に渡る先カルデラ火山活動の時空変化を、年代学的・岩石学的手法を用いて明らかにする。

### 2. 研究成果

- 1) 鹿児島湾西岸吉野台地域では1 Maから0.5 Maにかけて玄武岩・安山岩・デイサイト・流紋岩溶岩の活動が起こり、比高600 m以上底径約10 km程度の複合火山体を形成した。その後この山体はカルデラ形成により消滅し山体の西部のみが残った。
- 2) 鹿児島湾北西岸加治木地域では0.9 Maから0.5 Maまでの安山岩溶岩の活動のほかに0.04 Ma頃に流紋岩溶岩の活動が見られる。
- 3) 鹿児島湾北東岸国分地域では、1.43 Maと0.06 Maの安山岩溶岩の活動のほかデイサイト質の火砕流

が多数存在する。0.06 Maの敷根安山岩の年代はそれを直接覆う0.04 Ma頃の流紋岩の活動が存在した。

4) 鹿児島湾南東岸牛根地域は0.4 Ma頃の玄武岩、および0.04 Ma頃の流紋岩の活動が存在した。

5) 始良カルデラ東縁部外側斜面に小規模分布する安山岩溶岩の噴出年代は1.4–1.2 Maである。

以上をこれまでの成果に加えると始良カルデラ先カルデラ火山活動は、(1)現在の鹿児島湾南東岸の3 Maの安山岩の活動、(2)西岸・北西岸の1 Maから0.5 Maの玄武岩・安山岩・流紋岩の活動、(3)南東岸の0.4 Maの玄武岩の活動、(4)北西・北東・南東岸の安山岩・流紋岩の活動、と変化した。特に0.4–0.5 Maの玄武岩と0.04 Maの流紋岩は、カルデラ縁の対岸で同時期の噴火であり、カルデラ地下のマグマ溜まり進化を考える上で重要である。

### 3. 研究成果の公開

宇都浩三、内海茂、坂口圭一：始良カルデラ東側外側に散在する第四期安山岩類のK-Ar年代、火山(投稿中)

周藤正史・巽好幸・宇都浩三・石原和弘：鹿児島湾岸先始良カルデラ溶岩試料のK-Ar年代、火山(投稿中)

## 9G-11 水圏底層部に現れる無酸素状態の地球化学並びに水圏化学的研究

研究代表者：奥西 一夫

(京都大学防災研究所)

### 1. 研究目的

水圏環境の富栄養化は、赤潮やアオシオ現象として目視されているが、このような目視しうる現象と並行して、水域の深層部では沈積した有機物の分解が進行し無酸素状態と呼ばれる極度の還元状態が生じる。本研究は琵琶湖の底層部の化学的観察を行い、

無酸素に向かう過程を電気化学的に考察し、加えて、水環境の将来予測と保全のための基礎を確立することが目的である。仮に無酸素層が出現すると、この時期をもって湖の特性は不連続的に変化するのである。

## 2. 研究組織

堀 智孝(京都大学大学院人間・環境学研究科)

杉山 雅人(京都大学総合人間学部)

奥西 一夫(京都大学防災研究所)

## 3. 研究成果

琵琶湖に次のような観測点を配した。北湖と南湖を代表する点としてそれぞれIe-1とNb-5を、この両者を湖の中心線に沿って北から南に結ぶ点としてKc-3、Lc-4、Lc-3、Mb-3を、南湖の東西両岸を代表する点としてNb-2とNa-3を、そして最も富栄養化の激しい点として、赤の井湾内にAkanoiを置いた。特に、Ie-1では、表層から底層に向かって深度を変え(0、1、5、10、15、20、30、40、50、60、70、73m[底])、各々の深度で試料を採取した。以上9観測点から合計20件の試料を、1年間に4回(97年2月、5月、8月、11月、98年2月)採取して、溶存酸素、水温、pHを計測するとともに、栄養塩元素(P、Si、NO<sub>3</sub>-N、Kj-N、Am-N)の増減を化学分析によって確かめた。また、流入河川の代表として安曇川を選び、流域に沿って配した15点で3回の観測(94年5月、95年5月、97年5月)を行い、湖周辺から持ち込まれる化学成分の増減を記録にとどめ、湖を考察するための比較対象資料とした。

湖の底層部における夏期から秋期にかけての溶存酸素飽和度の低値は、66-67%(97年8月)および52-53%(同年11月)であった。近年の暖冬により、湖水の冬期循環が弱く、底層部への大気中酸素の供給が十分でないとの予測に反して、上記の結果は、湖の底層部が依然良好な酸化状態にあることが分かる。すなわち、十数年前(73~75年)の観測値、

45-55%、にくらべて、湖の酸化還元的特性が長期にわたって維持されていることが分かった。45-55%の溶存酸素飽和度をもって、将来の湖の変化の方向やその速度の基準値とすることができると考えてよい。

並行して実施した安曇川水質の3年間の調査から、この河川が輸送する栄養塩濃度の基準値に近いものを求めることができた。各栄養塩は、格別に降雨の多い時期を除くと、定常的な値を示している。詳細は別報するが、この河川に特徴的な濃度が、自然に調節される機構が備わっているように見える。

## 4. 研究成果の公開

投稿予定の論文: Distribution of some chemical components in Lake Biwa during 1997-1998, Trans. Research Institute of Oceanchemistry.

## 9G-12 阪神・淡路大震災後、一年間の市民生活の変動と対応—被災体験記の重ね合わせ分析により—

研究代表者: 田中 重好

(弘前大学人文学部)

所内担当者: 林 春男

研究期間 平成9年4月1日~平成10年2月28日

研究場所 弘前大学・京都大学防災研究所

参加者数 3名

弘前大学人文学部 教授 田中 重好

京都大学防災研究所 教授 林 春男

弘前大学人文学部 講師 山下 祐介

## 1. 研究目的

大震災は一般市民にさまざまな影響を与え、それを各個人の生活資源などを利用して対応してきた。こうした被災後一年間の生活再建過程を社会的に再構成するために、ばく大な量にのぼる体験記を重ね合わ

せ分析することにより、年齢、性別、被災程度、健康、経済的地位、関係的資源の量などに類型化して、生活再建過程を明らかにする。こうした体験の全体像の整理は、今後の防災対策の最も基礎的資料となる。

## 2. 研究成果

本研究は、1995年に生じた阪神・淡路大震災後を、災害に直面した当事者の体験を重ね合わせることから検討する「災害体験」アプローチによる研究である。本研究では次の二つの方法を併用した。

### 「災害体験集」の研究

本研究では、第一に、災害後に発行された「災害体験集」を系統的に分析することで、被災体験の全体像を明らかにするという方法をとった。具体的には、(1)「神戸大学震災文庫」が提供しているデータベース、(2)21世紀ひょうご創造協会編「阪神・淡路大震災関連収集資料目録」、(3)兵庫県立図書館郷土資料室の資料目録を利用し、体験集の全体像を捉えた。これらの体験集を、主体、執筆時期により区分し、「阪神・淡路大震災体験集リスト」を作成、成人と生徒による体験集に分けて分析した。それぞれ性別、年齢別、体験の種類別に分類・分析し、共通する体験と時間の経過とともに分化する体験をおった。

### 「新聞への投書」研究

第二に、被災地神戸の地元紙・神戸新聞の震災後約1年間の阪神大震災関連の投書の分析を行った。

「発言欄」1995年2月2日から1996年1月31日間の間にこうした投書は861件を数える。これらを投書者フェイス(性別・年齢・居住地・職業)、主張内容により区分、データベース化し分析を行った。両者の分析を通して、災害体験が長期間におよぶ、現実の状況と関連しながら変化して行くものであることが明らかとなった。しかしながら、定量的な分析の対象となりにくい体験集のデータは分析が困難で、今後、ドキュメント・データ分析方法の開発の必要がある。

こうした分析と平行して、西宮プロジェクト(研究代表京大防災研林春男教授)のインタビュー記録や地下鉄サリン事件記録をあわせて検討し、突発災害時の共同活動の形成過程に関して検討した。一般に災害ユートピア論では発災直後被災者の間に共通の感情が芽生え被災コミュニティが自然と現れてくるといわれているが、両災害では、認識レベルにおいてすら「被災者」という共通認識が現れてないケースが見られた。発災後の共同活動が生起するには、認識の共同、非日常的な行動コードへの変換、状況定義の共有化、マスコミを含めた他者からの状況定義の修正あるいは追加という条件が必要である。

## 3. 研究の公開

- ・林春男・重川希志依：災害エスノグラフィーから災害エスノロジーへ、地域安全学会論文報告集、7、pp.376-379、1997
- ・重川希志依・林春男：災害対応従事者から見た災害過程の研究(阪神・淡路大震災)、地域安全学会論文報告集、7、pp.370-375、1997

## 9G-13 日向灘地域におけるヒリッピン海プレートの高角潜り込みに伴う強い負の重力異常の調査

研究代表者：志知 龍一

(名古屋大学理学部)

所内担当者：古澤 保

研究期間 平成9年4月1日～平成10年2月28日

研究場所 宮崎県全域・大分県南部・熊本県南部の  
一帯

参加者数 7名

### 研究報告

#### 1. 本研究の目的と主旨

1994年霧島火山の全国共同観測を契機とし、九州

南部地域において重力データの蓄積が進み、九州南部地域の理解が進んだ。その結果浮かび上がってきた課題として、極めて顕著な日向灘の重力異常を持つ地球物理学意味を筆頭として、その北側の別府-島原地溝までの中部九州地域のテクトニクスを解明することの重要性が認識されるに至った。本研究は、これに向けて重力から迫ることを目的として計画・実施した。

## 2. 研究経過の概要

本研究で、名大が宮崎全域・大分県南部・熊本県東部の一帯で2,167点の測定を実施し、島根大が熊本県南部地域で672点の合計2,839点の測定を実施し、名大重力データベースに集録した。本研究以前のものとして、名大重力データベースに集録済みのものが、名大：3,596点、島根大：215点、東大震研：521点、京大理：(陸上553点・別府湾104点)、愛媛大：96点、国土地理院：(新データ1,489点のほか旧データが1,210点)、地質調査所：2,015点の合計9,799点があり、これらを全て合わせたデータの総計は12,638点に達した。名大重力データベースがまだカバーしていない北部九州と薩南の地域には、既に地質調査所地殻物理部でデータベース化されている膨大な資料があり、両者は互いに完全に相補的分布をなすものとしてできあがった。この両者を統合すれば、あと天草と大隈・薩摩両半島先端部の僅かな地域でデータ補充するだけで、九州全域で完全無空白・緻密分析・高精度の重力データベースができ上がる。本研究の遂行によって、これを達成するための条件整備が整った。

## 3. 研究成果の概要

本研究で、明らかになった重力異常の特徴を箇条書きにする。

a) プーゲー密度の問題：四万十帯や秩父累帯・三波帯の中古生界では密度2.67、一方火山地帯では2.30当たりが最適で極端に密度構成が異なる。密

度分布を取り入れた重力異常図の作成方法の開発が、重要な課題として浮かび上がった。

- b) 四万十帯南帯と日向灘の強い負異常：宮崎市北部に中心を持つ極めて強い弧状負異常が極めて顕著。四万十帯南部の北部では宮崎層群との境界が水平変化勾配の急変点をなすが、南部では四万十帯の中に食い込み、日向灘の顕著な負異常の成因が深部構図、特にヒリッピン海プレートの沈み込み形状に支配されたテクトニクスに起因することを強く示唆する。
- c) 四万十帯南帯・北帯境界：この境界がノッチを形成。延岡から南西延長上に師房山の花崗岩体、人吉盆地の負異常へ極めて直線性の良いつながり方が特徴。
- d) 仏像構造線・臼杵-八代構造線・大分-熊本構造線の特徴：仏像構造線は大崩山コールドロンを境に東側で重力異常の峰を形成、西側では顕著な特徴がない。一方臼杵-八代構造線は西側でシャープな峰を形成、東側では特徴がない。大分-熊本構造線は顕著な北落ち構造を形成、この特徴から判断して従来緒論の絶えなかった中央構造線の位置がここに存在するという考え方を支持する有力なデータとなった。
- e) 大崩山コールドロン：四万十北端と秩父帯に跨って形成され、ring dykeはほぼ-30mgalコンターに位置する。巨大なバソリスの伏在(Takahashi、1986)を裏付けるようなきれいなパターンが描かれた。

## 9G-14 京都盆地における広帯域強震動予測

研究代表者：大倉 敬宏  
(京都大学総合人間学部 助手)  
所内担当者：岩田 知孝  
(地震災害研究部門 助手)

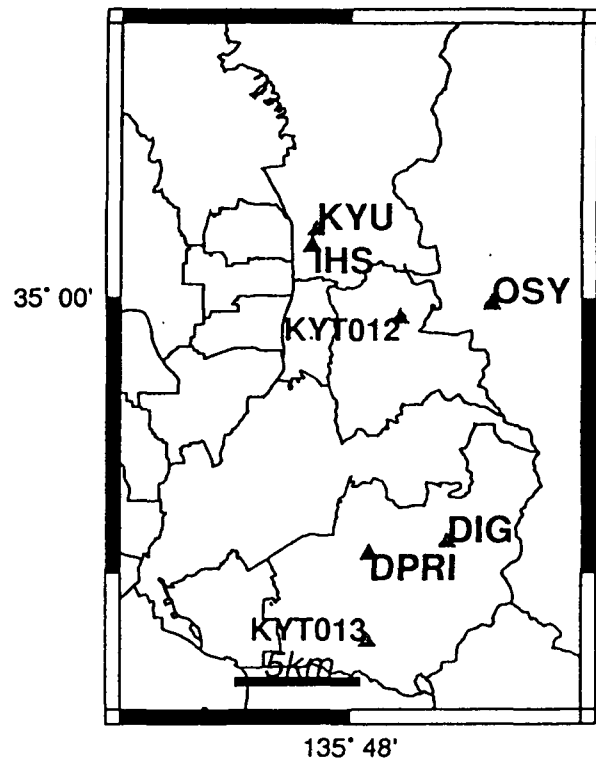
京都盆地周辺には、花折断層や黄檗断層(いずれも確実度1、活動度B)をはじめとする数多くの伏在活断層が存在する。これらの断層を震源とする大地震が起きた時、京都盆地内に大災害をもたらされる可能性は高い。兵庫県南部地震以降、これらの活断層の活動性および活動履歴を明らかにするための物理探査やボーリング及びトレンチ調査が実施されてきた。しかし、地震災害の軽減対策を講ずるためには、想定断層の断層運動によって生じる強震動を予測することが必要不可欠である。精度良い強震動予測のためには、現状の到達点においては、実記録に基づいた表層地盤による地震動の増幅特性評価と地盤構造モデルに基づく地震動の理論的なシミュレーションや小地震記録をグリーン関数として用いる経験的グリーン関数法が有効であり、そのためには該当地域で地震動観測を行い、地震動記録を得ることが重要である。

本研究においては、(1)京都大学構内における広帯域強震動観測の開始及び観測維持、(2)京都盆地及びその周辺部において設置されている強震観測点の調査及びデータ取得状況、(3)(1)、(2)で得られた強震データの解析、(4)シナリオ地震に基づく強震動予測手法の調査、それに必要な情報収集、(5)実記録を用いた京都盆地における強震動予測を目的とし、(1)~(4)を中心課題として研究を遂行した。

(1)従来より京都大学本部構内及び宇治構内において、地震動研究グループにより実施保守されてきた強震観測点に加えて、本研究により、総合人間学部においても強震観測を開始することができた。この地点においては1998年2月までに約10個の近地

地震が記録された。

- (2)関西地震観測研究協議会、滋賀県、防災科学技術研究所によって設置されている強震ネットデータを収集した。京都盆地東部の観測点を図に示す。
- (3)京都盆地内の観測点や周辺域の岩盤に設置されている強震動記録を参照して同一のイベント記録を4個取り出し、逢坂山のデータを基準とした場合のサイト増幅特性を求めることができた。しかし、信頼度の高い増幅特性を得るためには、さらに多くの近地地震の記録を得ることが必要である。
- (4)シナリオ地震に基づく地震動予測方法を検討し、ハイブリッド手法のための地盤資料の収集を行った。本研究の最終的な目的を達成するためには、適切な地震動記録の蓄積と他の観測記録との比較検討を進めて行かねばならない。現状はその研究の端緒についたばかりであるが、今後も観測保守を継続し、本研究課題(5)を進めていく予定である。



京都大学本部、宇治キャンパス近傍の強震観測点

## 3.1.4 研究集会

### 8S-1 兵庫県南部地震の強震動は全てわかったのか？

研究代表者：入倉孝次郎

(地震災害研究部門(強震動地震学))

兵庫県南部地震から2年経ち、阪神・淡路大震災の原因となった強震動の生成原因についての数多くの研究成果が発表公表されている。しかしながら理学的観点及び工学的観点からの研究は、目的はおなじであっても全く別の機会(学会や研究集会)で発表される場合が多く、重要な研究成果の系統的な検討が困難な状況となっている。

本研究集会は、改組後の地震災害研究部門のスタッフを中心として、兵庫県南部地震の強震動に関連した最新の研究成果を一同に集め、互いに批判的に議論することにより、我々はこの地震から何を学ぶことができたのか、そして将来の地震動災害を軽減するための高精度強震動予測の可能性を模索するために企画された。タイトルはやや刺激的ではあるが、「兵庫県南部地震の強震動は全てわかったのか？」とさせていただき、理学工学の地震動研究者にご発表頂いた。

研究集会の内容としては、(1)本震記録や地震後に進められた地盤構造調査結果についての調査研究、(2)震度や地震動と地震動被害の関係に関する研究、(3)特に湾岸地域の地盤の非線形特性、側方流動に関する研究、(4)震源過程と強震動、「震災の帯」に関する地震動研究、(5)建物被害に関する研究、のセッションが行われ、おのおの最新の研究成果が発表され、議論がなされた。それらに加えて来日していた3名の米国及びフランス国の地震学、応用地震学研究者(J. Bielak教授、J. Anderson教授、M. Bouchon教授)の特別講演も行われた。

研究テーマ(1)においては、神戸・阪神間で行われた反射法および屈折法探査、アレイ微動調査による

最新の地下構造調査結果の紹介がなされ、全国でも類をみない精度の地盤構造モデルのための資料が示された。(2)においては、阪神・淡路大震災の地震動被害調査と経験式との比較、過去の被害地震との比較議論がなされ、阪神・淡路大震災の地震動からみた被害の特殊性と一般性が討議された。(3)においては神戸・阪神間港湾地域で顕著であった液状化災害を観測された地震動、地盤変動情報から定量的に評価する研究報告がなされた。阪神・淡路大震災において特徴的であった(4)及び(5)の研究テーマに関しては、地震動のモデリングを通して震源及び地下構造の地震動への影響と、建造物被害と地震動特性の関係について議論がなされた。兵庫県南部地震における神戸市街域の甚大な地震動災害には震源断層から生成されたパルス状の地震動と堆積盆地境界における地震動の干渉効果によって説明されることが明らかとなり、同時に今後の強震動予測研究において、理論的な強震動評価手法の有効性が示された。

また、特別講演では兵庫県南部地震と同じ都市直下地震であったノースリッジ地震の最新の研究成果の発表、波動場計算手法に関する研究成果の発表が行われた。

最後に行われた総合討論においては、各研究発表を通じて生じた理学、工学の研究者の疑問点を議論、討論し合って相互理解を深め、本研究集会の目的は達成された。

2日間に渡って行われた研究集会は、約100名の収容人員の部屋で行ったにも拘わらず、常時立見が出るほどの盛況で、質疑応答も通常の学会にも増して活発になされ、本研究集会の研究テーマの重要性、トピック性を再認識するとともに、次の地震災害に向けて我々地震動研究者が解明していくべき問題点の整理を行うことができた。

## 8S-2 災害危険個所の抽出のための地質学・地形学的手法

研究代表者：奥西 一夫

(京都大学防災研究所)

開催期間 平成9年1月23日～25日

開催場所 京都大学防災研究所D570教室(23および25日)・六甲山地(24日)

参加者数 34名

### 1. 研究目的

自然災害の防止の重要テーマのひとつは災害の予測である。もともと災害とは、リスクが容易に予測できず、個人レベルでの対応が困難な生活阻害現象であり、その予測には多くの困難が生じる。本研究集会はそのうち、災害危険度の高い場所を予測するために、地質学・地形学的手法をいかに活用すべきかに焦点を絞った。この問題は防災研究所では、現在の地盤災害研究部門を構成していた3つの研究室を中心に研究してきたものであるが、所内の研究者でカバーできる研究分野は限定されている。そこで、防災研究所が共同利用研究所として改組されるに際し、全国の地盤災害研究者が防災研究所を中心として結束する可能性とその方法を探る最初の集会として本研究会を位置づけた。その具体的目的は、地盤災害に対する地質学的・地形学的に共通した課題であるこの問題に対してどのようなアプローチを行うべきであるか、そのためにどのような組織的活動を行うべきかについて討論を行うことであった。

### 2. 研究成果

学会会議の研究連絡委員会や関連学会と連絡をとり、広い観点から話題提供者を決定した。同時に研究集会開催日程のアンケートも行った。準備に日数を要し、学年度末の諸日程と競合したが、幸いにして特色ある研究を推進している多くの研究者の話題提供を得られ、大きな成果を挙げることができた。

3日間の日程のうち、最初と最後の日に防災研究所で話題提供と討論を行い、2日目には兵庫県南部地震によって顕著な斜面変状を生じた南六甲で現地討論を行った。

地形学的方法の部では、災害危険度の大きいマスマーブメントが起こる条件が準備される地形学的プロセスの様式と時間のスケールをどのように特定するかについて議論が集中した。地質学的方法の部では、災害現象への成因論的アプローチ、地質学的成果の災害科学的意義の考察と表現、災害予知精度の向上などについて討論が深められた。六甲山地では現地における観測技術の高度化や防災実務期間との連携について多くの意見が出された。

### 3. 研究成果の公開

話題提供内容と討論を記録した報告書「災害危険個所の抽出のための地質学・地形学的手法」を印刷、刊行した。

## 8S-3 河川水文データベースの構築とそのネットワーク共用化

研究代表者：椎葉 充晴

(京都大学防災研究所)

開催期間 1996年12月16日(月)、17日(火)

開催場所 京都大学木質研究所・木質ホール

参加者数 58人(大学28、民間18、国立研究期間2、財団法人5、建設省5)

河川流域の水理・水文現象を解明し、土石流・洪水などの災害防止や水資源確保、水環境保全のための研究を推進していく上で、降雨量や河川水位・流量、河川水質などの河川水文データの収集・解析は非常に重要な意味を持っている。従来、計算機資源の制約やデータ収集の困難さから、水文現象の理解・解析に基づく水文モデルの構築はあまり現実的な

ものではなかった。しかし、最近では、大容量高速の計算機が利用できるようになってきたこと、流域の標高データや地質データ等の空間情報が計算機に読み込むことができるような形式で整備されていること、気象レーダによって広域の時間的空間的な降雨データが得られるようになってきていることなどを背景として、河川流域内で起こっている物理現象に即して現象をモデル化し、解析していくことが可能となりつつある。

こうした事柄に加え、近年の情報通信ネットワークの急速な発展は河川水文データの利用方法を大きく変えつつある。現在、建設省は水文・水質データベースを構築し、インターネットを通して部分的にデータの公開を開始している。防災計画、水環境計画や流域水管理のために河川水文データをどのように集積し、利用していくかの検討が必要である。また、地球科学研究という観点から、河川水文データを他の地球観測データの公開・利用の中で考えていくことも重要である。

こうした背景をふまえ、水災害研究部門では、河川水文データベースの構築とそのネットワーク共用化を重要な研究課題のひとつとして取り上げ、標記の研究集会を開催した。河川水文データベースをどのように構築し利用していくかについて検討すべきことは非常に多く、さらに議論を継続していく必要があるが、この研究集会で、河川水文データベースについて議論していくべき領域や議論の枠組みに関する合意が得られたと思われる。

なお、上記研究会は以下のようなプログラムで行われた。

#### 12月16日(月)13時～17時

椎葉充晴(京都大学防災研究所)「河川水文データベースの構築とそのネットワーク共用化」、石井達夫((株)SRA)「オブジェクト・リレーショナル・データベースシステム postgres95 の概要および WWW との連携について」、廣木謙三(建設省河川

局)「河川行政のこれからの方向と河川情報データベース」、宝馨(京都大学防災研究所)「アジア・太平洋 FRIEND を含む IHP-V の活動について」、中根和郎(防災科学技術研究所)「タイのクワエノイ川流域での観測概要とデータセット作成作業」、内藤勲夫(国立天文台)「日本型 GPS 気象学の構想」

#### 12月17日(火)9時～12時

牛山素行(科学技術振興事業団)「降水量情報の基礎知識に関するホームページの開設とその利用状況について」、守山聡之(九州大学工学部)「レーダ雨量データの整備について」、有富孝一(建設省近畿地方建設局)「河川管理現場における水文観測業務について」、木下武雄((株)水文環境)「河川流量データベース作成における第一段チェックの方法」、神野健二・メラブレン・タレク・王喜喜(九州大学工学部)「福岡市の水源や、浄水場のデータベース」、山下武宣((財)日本建設情報総合センター)「河川 GIS の取り組み状況」

#### 12月17日(火)13時～15時

安部友則((財)河川情報センター)「公開型水文・水質データベースの構築」、安倍和雄(建設省土木研究所)「GIS と RDB を用いた流域環境管理システム」、近藤昭彦(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)「地理情報システムによる水文情報のデータベース化ー千葉大学環境リモートセンシング研究センターにおける取組みの紹介ー」、陸旻皎(長岡技術科学大学建設系)「琵琶湖プロジェクトにおける観測データの整備の方法」、立川康人・椎葉充晴(京都大学防災研究所)「淀川水文気象データベースの構築例」



## 8S-4 都市域におけるメタンの発生

研究代表者：村松 久史

(大気災害研究部門災害気候分野)

開催期間 平成8年11月26日

開催場所 京都大学防災研究所

### 1. 研究目的

大気メタンは、二酸化炭素に次いで重要な温室効果気体である。全球的に増加傾向にあつて、その動向が注目されている。しかし、大気メタンの発生源・吸収源は多様であり、それぞれの強度も見積もりもまだまだ不十分である。地球規模においてもさまざまな要因によって、より高濃度になってきているが、特に都市域では人間活動が集中し、特有の発生源・吸収源が存在している。本研究集会は、都市とその周辺における大気メタンに着目して、これまでの観測・解析結果を集約し、今後の研究方向を見極めることを目的にして開催された。研究集会は、以下に述べるように、大気メタンの研究についての現状を総括し、続いて観測方法・モデル・観測結果・都市域における観測と解析結果・発生源など個別の課題についての研究発表が行われた。

最後に、全体的な議論があり、非生態系(主に、都市とその周辺)からの大気メタンの発生については、燃焼(固定・移動源からの)・ガス漏れ・下水・埋め立て地などによるものと考えられるが、いずれも現在のところ定量的な見積もりがなされていない。従って、個々の発生源とその大きさを確認する研究が必要であり、また、特定の場所での観測値の解析においては、生態系・非生態系の種々の発生源からの寄与を考慮に入れること、大気メタンに加えて、一酸化炭素・NO<sub>x</sub>等の他の成分を同時に測定すること、大気メタンの吸収源として地表の役割を考慮すべきこと、などの結論が得られた。

### 2. 研究集会参加者

陽捷行、鶴田治雄、原菌芳信、宮田明、遠嶋康徳、水落元之、佐伯田鶴、森泉純、廣田道夫、牧野行雄、青木忠生、松枝秀和、田井秀男、才木義夫、岩嶋樹也、猿渡英之、伊吹勝蔵、竹前道夫、文字信貴、石田廣史、平木隆年、村松久史

### 3. 研究集会成果報告書

講演集としてまとめられている。

## 8S-5 災害に強いまちづくりのための社会システムの構築に関する研究

研究代表者：岡田 憲夫

(総合防災研究部門 教授)

### 1. 研究目的

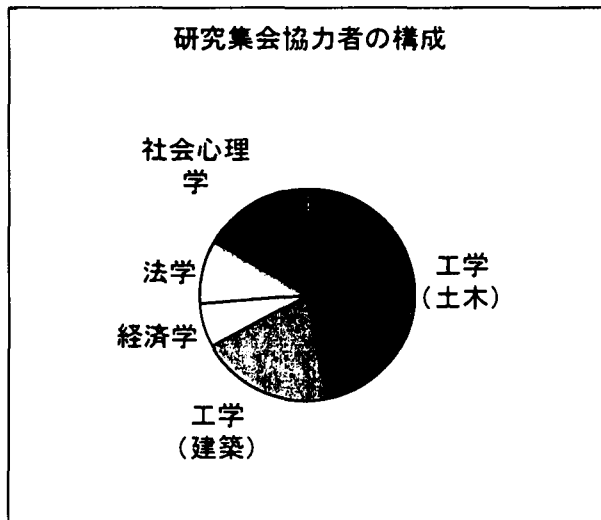
本共同研究集会で主催者が意図したことは、学術的研究交流の場づくりによる<防災の総合化>のための研究ネットワークの基盤を醸成することである。その際、<総合化>の機軸として、<まちづくり>と<社会システム>を取り上げた。阪神・淡路大震災が残した貴重な教訓もそのような機軸から都市防災のありようを見つめ直してみることを要請していると考えたからである。

### 2. 研究集会の実施経過

本共同研究集会は、このようなテーマの下に、土木・建築等の工学系の分野に止まらず、経済学、法学、社会心理学等の社会科学の研究者・実務者の方々にご参加いただいた。このように視点や関心の異なる多彩な研究者・実務家が一同に会して、意見を表明し、疑問を提示し、切り口を検証しあうことを狙いとして実施された。そのプロセス自体が創造的な営みであり、<防災の総合化>につながるとの期待の下に、研究集会をできるだけ回を重ねる形で連続性を持たせ、発表者の方々には異なったアング

ルから多様な話題提供や議論の素材を提供してもらった。

研究集会は、具体的なテーマを設定した小規模な自由討論形式の「例会」と、例会の成果をもとに全体のグループで発表と討議を行う「研究集会」により運営した。開催は、それぞれ例会(自由討論)が3回(平成8年11月13日、平成9年1月11日、同3月28日)、研究集会(発表と討議)が2回(平成8年12月2日、平成9年3月4日)、都合5回にわたった。



### 3. 研究成果

毎回活発で広範な議論が沸騰するとともに、最終的には参加者各自から成果メモ(ショートレポート)が提出されるなど、多くの意見と知識と認識の共有が図られた。特に、政策論的課題として、

- ・都市計画法と建築基準法の「ニッチ(すきま)」を補填すべき第3の関連法
- ・都市診断士的な専門家の役割と権限の基盤の構築と、養成の仕組みづくり
- ・マンション型居住のライフサイクルのマネジメントのための法的・保険論的仕組み
- ・ボランティアの災害時の役割とリスクの担保のための法的・行政的・保険論的仕組み

などの重要性が指摘された。

これらの成果は、例会・研究集会の議事内容や配布資料と併せて、平成9年3月に成果報告書として取

りまとめている。

参加者/延べ90名(平均1回14名)

## 8K-1 地震時の斜面の不安定化メカニズムの研究

研究代表者：沖村 孝

(神戸大学)

### 1. 研究目的

地震時の切土・盛土斜面や自然斜面の不安定化メカニズムについては未解明な点が少なくなく、斜面崩壊や地すべりの安定化のための対策工が合理的に設計されているとはいいがたい現状にある。先の阪神・淡路大震災や過去の大地震時における斜面の挙動を調べ、その不安定化メカニズムを把握することが斜面や安定化対策工の合理的設計法の確立のためには急務である。本研究集会ではこの問題に関して研究を進めている研究者を全国から集め、最新の情報交換を行うため、平成8年12月17日～18日および平成9年1月11日～12日の2回行った。それぞれ18名、30名の参加があり、研究発表と活発な討論および防災研究所の地震時地すべり再現試験機等の実験施設の見学が行われた。組織、発表者と題目は以下の通り。

### 2. 研究組織

沖村 孝	神戸大学
佐々 恭二	京都大学
鶴飼 恵三	群馬大学
大塚 悟	長岡技術科学大学
岡田 勝也	国土館大学工学部
川邊 洋	三重大学
楠見 晴重	関西大学
成田 国朝	愛知工業
福岡 浩	京都大学

山上 拓男 徳島大学  
 東畑 郁生 東京大学  
 小長井一男 東京大学生産研究所  
 西田 顕郎 京都大学・院・農  
 三好 岩生 京都府立大学  
 海堀 正博 広島大学  
**Dmitry Vankov** 京都大学  
 汪 発武 京都大学  
 井口 隆 科技厅・防災科研  
 土屋 智 静岡大学  
 伊藤 陽司 北見工業大学  
 門間 敬一 建設省土木研究所  
 桜井 亘 六甲砂防工事事務所  
 落合 博貴 林野庁森林総合研究所  
 藤田 寿雄 砂防地すべり技術センター  
 佐溝 昌彦 鉄道総合技術研究所  
 中筋 章人 国際航業  
 平松 晋也 パシフィックコンサルタンツ  
 井上 公夫 日本工営  
 植田 康宏 阪神コンサルタンツ  
 粕田 金一 熊谷組  
 規矩 大義 佐藤工業  
 久慈 雅栄 前田建設工業  
 黒田 修一 建設企画コンサルタント  
 篠原 秀明 応用地質  
 白石 秀一 日さく  
 中川 信男 ダイヤコンサルタント  
 中里 薫 パシフィックコンサルタンツ  
 山本 彰 大林組  
 横江 憲一 大成建設  
 吉丸 哲司 基礎地盤コンサルタンツ

### 3. 成果の概要

(1)第1回 平成8年12月17日～12月18日、於：防災  
 研究所国際セミナー室、参加者：約20名  
 鶴飼恵三「地震時斜面の有限要素法解析：粘土  
 地盤の全応力解析と砂地盤の有効応力解析」／吉

丸哲司「降雨時における斜面の安定性に及ぼす地  
 盤の浸透特性の影響」／佐々恭二「地震時地すべ  
 り発生予測と危険斜面の判定」／福岡浩「過剰間  
 隙水圧の発生と地震時斜面安定解析」／岡田勝也  
 「鉄道盛土の地震災害と対策」／中里薫「GISを  
 用いた斜面防災マップの作成」

(2)第2回 平成9年1月11日～1月12日、於：木質  
 科学研究所木質ホール、参加者：約30名

佐々恭二「地震時地すべりの予知予測」／桜井  
 亘「兵庫県南部地震による六甲山地での崩壊分  
 布」／東畑郁生「液状化地盤の側方流動」／小長  
 井一男「砂礫を主体とする斜面の地震時変形を評  
 価する上での課題」／西田顕郎「数値地形モデル  
 を活用した、地震時崩壊斜面の微地形解析」／中  
 筋章人「地震後の雨による地すべりの拡大と斜面  
 崩壊」／平松晋也「地震発生後の山腹斜面の土砂  
 生産危険度変化に関する検討」／井上公夫「地震  
 に起因した大規模土砂移動の事例紹介」／藤田寿  
 雄「建設省・地すべり防止施設耐震基準検討委員  
 会の報告」／沖村孝「地盤工学会地震時の斜面の  
 不安定化メカニズムと設計法に関する研究委員会  
 の報告」／三好岩生「表層土の崩壊形態と土質特  
 性の関係」／川辺洋「地震時に発生する崩壊の誘  
 因と素因」／海堀正博「兵庫県南部地震で発生し  
 た宝塚ゴルフ場の地すべり地の攪乱試料を用いた  
 非排水三軸試験について」／福岡浩「地震時に発  
 生する過剰間隙水圧と安定解析」／Dmitry Vankov  
 「Cyclic Loading Ring Shear Tests on Takarazuka  
 Golf Course Landslide Soils and Effect of Frequency  
 on Pore Pressure Generation」／汪発武「Cyclic  
 Loading Ring Shear Tests on Sands and Relationship  
 between Stress Amplitude and Shear Displacement」  
 ／井口隆「歴史地震によって生じた地すべり・斜  
 面崩壊の予察的研究」／土屋智「静岡県周辺で発  
 生した地震による大規模崩壊について」／伊藤陽  
 司「1994年北海道東方沖地震による地すべり・崩  
 壊の特徴－地すべり地形の斜面での変動－」

#### 4. 成果の公表

地盤工学会「降雨と地震から危険斜面を守る地盤工学に関するシンポジウム」(平成9年4月30日～5月1日)論文集に以下の論文を所収：大塚悟他：繰り返し水平・鉛直加速度に対する盛土斜面の耐震安定性／沖村孝他：兵庫県南部地震による宅地被害と対策について／鶴飼恵三他：Application of te Bounding Surface Model to the Dynamic Analysys of Saturated Soil Slope／鶴飼恵三他：Dynamic Analysis of Embankment by Large Deformation Theory

#### 8K-2 強風の計測に関する研究集会

研究代表者：森 征洋

(香川大学教育学部)

所内担当者：光田 寧

開催期間 平成8年12月16日

開催場所 京都大学防災研究所(D-1510)

参加者数 14名

#### 研究概要

この研究集会では、次の4件の報告に基づいて、強風の場合を含む風の計測の基本問題について検討した。

##### 1. 回転風速計の動特性について

京大防災研究所 林 奏一

##### 2. プロペラ型風速計と超音波風速計の比較観測

香川大学 森 征洋

##### 3. 3種類の超音波風速計の比較について

岡山大学 塚本 修

##### 4. 気象庁における風観測の現状

気象庁 藤谷徳之助

林は、風杯式風速計を用いて平均風速を求める場合の周り過ぎの誤差について、新たに提案した風杯の運動方程式によって数値計算を行い、従来より正確な評価を与えるとともに、風杯によって得られた

風速の時系列データを風杯の運動方程式により数値的に補正し、動特性の影響を減ずる方法を報告した。

森は気象庁型の風車型風向風速計(Aタイプ)とそれより少し小型でより軽量の材質で作られた風車型風向風速計(Bタイプ)の2台の風速計と超音波風速計との比較観測を行った。2つの風車型風向風速計による平均風速、最大瞬間風速ともに超音波風速計によるものと2%程度以内で一致する。平均風向も2度以内で一致する。一方、風向の標準偏差は、Aタイプの場合、風速が大きいとき15%程度の過大評価となる。Bタイプは超音波によるものとほぼ一致することを報告した。

塚本は回転式風速計の代わりに、今後ますます用いられるであろう超音波風向風速計について、3種類の市販の風速計の特性について比較検討を行った。小型、軽量で低価格の超音波風速計を利用できるようになってきているが、問題点も種々あることを報告した。

藤谷は気象庁において現在全国展開が計画されている95型気象観測装置について報告した。新しい観測装置では、風観測は小型、軽量の風車型風向風速計に変更される。ただし当面は両方の評価時間の観測が行われる。

討論を通じて、回転式風速計を用いて強風の観測など、研究目的で風を観測する場合の問題点についてさらに検討し、一般的な風観測法に関する総合報告書を作成することの必要性が強調された。この研究会を契機に、この方向に向けて研究を継続することが検討された。

### 8K-3 流砂現象と地形変動から見た土砂環境問題

研究代表者：澤井 健二  
(摂南大学工学部)

所内担当者：澤田 豊明

開催期間 平成8年11月1日～平成8年11月2日  
開催場所 京都大学防災研究所 穂高砂防観測所  
参加者数 19名

#### 研究概要

11月2日午前9時より穂高砂防観測所において、下記のプログラムで研究会を行い、午前中に6件、午後に7件の話題提供をもとに討論を行った。

その中間には、ヒル谷観測点、および足洗谷観測点を見学した。

平成8年11月2日

- 9：00－9：20 流域の土砂環境問題  
澤田 豊明(京都大学防災研究所)
- 9：20－9：40 粘着性地盤の侵食試験  
石川 芳治(京都府立大学農学部)
- 9：40－10：00 土石流映像の画像解析法  
板倉 安正(滋賀大学教育学部)
- 10：00－10：20 粒径別流砂量の音響計測  
澤井 健二(摂南大学工学部)
- 10：20－10：40 流砂運動のシミュレーション  
関根 正人(早稲田大学理工学部)
- 10：40－11：00 涸沼川における流砂観測  
平林 桂(建設省土木研究所)
- 11：00－13：00 施設見学および昼食
- 13：00－13：20 眉山崩壊  
宮本 邦明  
(鳥取大学地域共同研究センター)
- 13：20－13：40 雲仙水無川における土砂堆積  
橋本 晴行(九州大学工学部)
- 13：40－14：00 計画土石流の設定と避難  
中川 一(京都大学防災研究所)

- 14：00－14：20 ステッププール形状の変化  
藤田 正治(京都大学農学部)
- 14：20－14：40 山地河川の河道変動  
長谷川和義(北海道大学工学部)
- 14：40－15：00 河川の縦断形状について  
泉 典洋(東北大学工学部)
- 15：00－15：20 河口の地形変動  
田中 仁(東北大学工学部)
- 15：20－15：30 休憩
- 15：30－16：00 総合討論

参加者19名

- 長谷川和義(北海道大学工学部)
- 里深 好文(京都大学防災研究所)
- 田中 仁(東北大学工学部)
- 藤田 正治(京都大学農学部)
- 泉 典洋(東北大学工学部)
- 石川 芳治(京都府立大学農学部)
- 平林 桂(建設省土木研究所)
- 澤井 健二(摂南大学工学部)
- 高浜淳一郎(砂防地すべり技術センター)
- 宮本 邦明(鳥取大学地域共同研究センター)
- 関根 正人(早稲田大学理工学部)
- 板倉 安正(鳥取大学工学部)
- 澤田 豊明(京都大学防災研究所)
- 岡部 健士(徳島大学工学部)
- 新井 宗之(名城大学理工学部)
- 橋本 晴行(九州大学工学部)
- 板倉 安正(滋賀大学教育学部)
- 亀井 規平(滋賀大学大学院)
- 中川 一(京都大学防災研究所)

## 8K-4 断層解剖計画シンポジウム

研究代表者：島崎 邦彦

(東京大学地震研究所)

所内担当者：安藤 雅孝

開催期間 平成8年12月6日～平成8年12月7日

開催場所 兵庫県津名郡北淡町

参加者数 約70名

### 1. 研究概要

断層解剖計画に関連するさまざまな分野からの発表があった。特に、断層近傍での応力測定結果について、有馬-高槻-六甲活断層系の各地域からの測定結果が集まり、断層に垂直な最大水平圧縮軸方向は多大な関心を呼んだ。また、野島断層小倉および平林のボーリング試料から推定される破砕帯の変形および変質についても、多くの関心が寄せられるとともに、変形・変質の程度をどのように定義するかなどの論議をまきおこし、今後関係者が相互に連携を保っていくこととなった。また、温度計測、注水試験、電磁気観測、地震観測、地殻変動観測、アクロス実験などの現状と今後の計画についての報告があった。

有馬-高槻-六甲活断層系で水圧破壊法およびポアホールブレイクアウトの測定が行われたのは、南から育波(地調)、野島小倉(大学グループ)、野島平林(防災科技研)、岩屋(同)、西宮市甲山(同)、宝塚(地調)、池田(同)の7点である。このうち、育波、野島小倉、野島平林、岩屋、西宮市甲山ではいずれも水平主応力が北西-南東を向いている。すなわち、兵庫県南部地震の震源断層付近の各地点では、断層に垂直な方向に最大主応力軸がある。はたして、この結果が断層の横ずれによる応力解散の結果なのかどうか、今後十分検討する必要がある。なお、最も遠い池田では東西の最大水平主応力方向軸が得られているが、宝塚では北東-南西で有馬-高槻構造線の右ずれと矛盾する結果となっており、これについ

ても検討が必要である。

ボーリングの結果、野島断層の傾斜角は、83度(小倉500m深度での測定)、82度(平林600m)、および84度(平林1800m)とほぼ一定の角度と推定される。ただし、平林では78度(1100m)との解釈もあり得る。破砕帯の幅は、水平方向に数十メートル程度と狭く、破砕帯ガイド波の結果と矛盾しない。破砕帯内部では密度、弾性波速度、電気比抵抗が周辺と比べて数十パーセント減少する。破砕帯には粘土鉱物としてスメクタイトが、また炭酸塩鉱物が母岩の黒雲母や普通角閃石を交代して産出する。これらは破砕帯における低温の変質作用によるものであり、おそらく弾性運動に関連した中性の水の流入を示唆するものと考えられる。

### 2. フログラム

12月6日(金) 兵庫県津名郡北淡町町民センター

(13:00-14:30 座長：西上 欽也)

はじめに 島崎 邦彦

あいさつ 北淡町教育長 堺 茂

人工地震による兵庫県南部地震震源域およびその周辺地域の速度構造

朴 成実・岩崎貴哉・吉井敏尅・酒井慎一・武田 哲也・森谷武男・大村 猛・山崎文人・伊藤 潔・嶋田庸嗣・山崎 朗・田代勝也・宮下 芳・宮町宏樹

神戸市東灘区のボーリングと反射法断面にみる大阪層群(招待講演)

衣笠善博

TK測線の反射法断面とボーリングの結果

河村知徳・荒井良祐・伊藤谷生・津村紀子

余震分布と活断層の深部構造

平田 直

野島断層で観測されるトラックス波と断層破砕帯深部構造

桑原保人

(14:40-16:20 座長：平田 直)

## 断層ボーリング

(住鉱コンサル試験)阿部一郎

### 阪神・淡路活断層ドリリングー野島平林・岩屋

飯尾能久

### 甲山における掘削と応力測定ー地質調査所 平林杭井

### 掘削による野島断層の速度・水理・き裂構造

伊藤久男

### 地質調査所平林コアにおける破碎帯内の変質と物資移動の概要

藤本光一郎

(16:30-17:30 座長:伊藤 谷生)

### 野島断層深度1,140m付近からの岩石コアによる破碎帯の評価

小島健太・池田隆司・田中秀実・平野 稔・松尾達生

### 破碎帯内物質移動深度別比較検討の概要

田中秀実

### 野島断層粘土の摩擦特性

嶋本利彦・青柳良輔・高橋美紀

### 野島断層沿いに観察された葉状構造の発達したカタクレーサイト-コアと地表との比較研究の概要

林 愛明・重富素子

### 淡路島簡易保険保養センター

簡易ホール(1:30-22:00)

(19:30-20:50 座長:住友 則彦)

### ボーリング孔掘削の概要と今後の計画

安藤雅孝

### 小倉800m孔における地殻変動・地震観測

石井 紘

### 小倉1800mボーリングコアから抽出したガスの化学組成の深度による変化

新井崇史・奥津 保・塚原弘昭

### 小倉1800mボーリング孔で測定した地殻応力変形率変化法(DRA)による応力測定

塚原弘昭・池田隆司・安藤雅孝・山本清彦

### ASR計測による応力推定結果について

佐野 修・薛 自求

### 小倉800m孔での地震観測計画

西上欽也

(21:00-22:00 座長:小泉 尚嗣)

### 1995年兵庫県南部地震によって生じた淡路島の湧き水について

佐藤 努

### 注水試験計画

島崎邦彦

### 野島断層ボーリング研究計画における地下水観測

北川有一・小泉尚嗣・野津憲治・五十嵐丈二

### 野島断層における電磁気観測の概要

住友則彦

### 掘削孔における温度計測計画

山野 誠

### 12月7日(土) 北淡町、町民センター

(9:00-9:50 座長:山岡 耕春)

### 小倉コア試料の概略や地質構造

竹村恵二・村田明広・宮田隆夫

### 小倉コアのフィッシュトラック熱年代学からみた活断層の運動による発熱現象

田上高広・長谷部徳子・蒲原秀典・竹村恵二

### 野島断層断層粘土の変質鉱物分析とESR年代測定の意義

福地龍郎・今井 登

(9:55-11:00 座長:嶋本 利彦)

### 湾曲した断層条線と高速破壊

大槻憲四郎

### 断層岩からの摩擦構成則の再構築計画

大槻憲四郎

### 淡路島北西岸域の活断層の構造と横ずれ変位置の推定淡路淡路アクロス実験設備とその性能について

荒井良祐・伊藤谷生・小先章三・山岡耕春

### 現地(ボーリングサイトとアクロス)見学

(12:30-15:00)

## 8K-5 ネットワークMT研究会

研究代表者：村上 英記

(高知大学理学部 助教授)

所内担当者：大志万直人

(地震予知研究センター 助教授)

### 1. 研究目的

第7次地震予知計画の「海陸プレート境界のダイナミクスの解明」の一環として東京大学地震研究所を中心とし全国の大学が共同して、平成6年度から全国4地域でNTTのメタリック線を利用し長基線電場観測を面的に実施するというネットワークMT観測を実施して来た。平成8年度はちょうど5年計画の中間にあたり、本研究会は、それまでの観測成果と、これからの2年あまりの観測・研究の方針を、集中的に議論するという目的で、開催された。

### 2. 研究成果

研究会は、1996年12月26日－28日の日程で、京都大学防災研究所内で開催した。総計38人の参加者であった。この研究集会は、1996年5月17日－19日に、やはり京都大学防災研究所で開催した、第1回「ネットワークMT研究会」を受けて、開催されたもので、ネットワークMT法を用いた東日本と西南日本での地下の比抵抗構造の標準モデルを構築するための観測で得られつつある膨大な観測データの効率的かつ精密な解析方法に関し、および、ネットワークMT法の原理にかかわる基礎的な諸問題について、現在までに進んでいる解析結果を基にし徹底的に議論し、成果を出すことを目的とした研究集会であった。そのため、この研究集会では、学会方式の発表会の形式を取らずに、テーマ毎に、現在までの解析結果・成果を基にした話題提供者を用意して、あまり時間制限をせず、それぞれの話題に関し自由に議論を進めるという形式で、会を進行した。本研究集会では、観測された電場データが、電車からの漏洩電流等で、それほど良質でない場合の解析手段

について、特に重点的に議論がなされた。これは、東北地域で実施されていた観測に比べ、西日本での四国・中国山陰の観測線では、電車からの漏洩電流の影響がはなはだしく、解析のs/n比の向上に関して重大な問題を抱えていたためである。これに関しては、地域的な比抵抗変化を検出する手法を研究するため、琵琶湖西岸地域で実施していた2年以上の長期間にわたるデータを使用した、データ解析に関する研究から、スタッキングの手法を一部改良することで、ある程度のノイズ処理が可能になった。地震研究所、高知大学、神戸大学、鳥取大学等と協力して、防災研究所が直接関係し実施した観測網を、図に示す(ただし、淡路島の観測網に関しては気象庁の観測網が含まれている)。四国中央構造線や鳥取の吉岡・鹿野断層を境に比抵抗構造の顕著な違いを見いだしている。

5月と12月の研究集会の成果の一部は、国内の学会・研究会はもちろん、1996年7月に北海道の大沼で開催された第18回国際電磁誘導研究集会でも発表された。

さらに、今回の研究集会では、データのCD-ROM化についての必要な資材を購入し、膨大な観測データと、標準解析ソフトを標準フォーマットのCD-ROMに収録し、各研究者それぞれに配付し、今後の精密なデータ解析に関しての利便性をはかった。これも、本の研究集会のひとつの成果である。

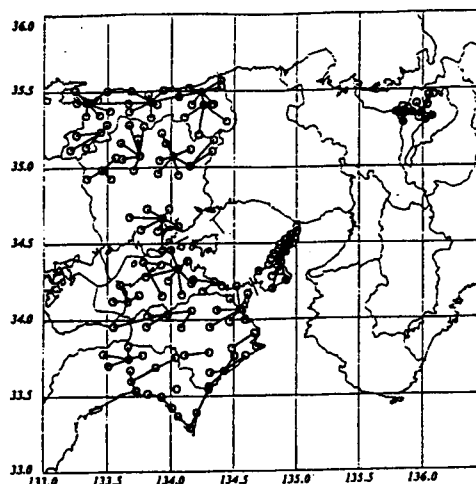


図1：ネットワークMT観測網



## 8K-6 マグマ探査—現状と展望—

研究代表者：鍵山 恒臣  
(東京大学地震研究所 助教授)  
所内世話人：井口 正人  
(火山活動研究センター 助教授)

### 1. 研究目的

火山においてマグマの所在を明らかにすることは、火山に特有な構造やマグマの供給経路を解明し、火山噴火予知にもつながる。これまでの研究では、地震や地盤変動などの観測手法を用いてマグマ溜まりの存在やマグマの動きが指摘されてきたが、マグマの存在を直接に示す証拠は得られていない。また、近年、人工的なソースを用いた能動的な手法によってマグマの存在を明らかにしようとする試みがいくつかの火山で行われ、より精密な火山の構造も明らかになりつつあるが、その観測手法、解析手法ともに完成されたものではない。本研究集会は、このような背景からマグマを捉える手法を幅広い分野から再検討することを目的として行った。

### 2. 研究成果

地球物理学的緒観測からみた火山の構造についてレビューされた。霧島・雲仙岳における人口震源を用いた火山体の速度構造調査の最新成果について議論するとともに、地球化学的手法、地球電磁気学的手法を用いた構造調査、ACROSSなどの火山体調査の新しい手法についてその応用と可能性について討論した。反射法探査の基礎理論を習得し、火山への応用について議論した。

### 3. 成果の公表

プロシーディングスとしてまとめ、印刷し、全国の地球化学関連の講座に配布した。

主な参加者(計44名)

西田 泰典 北海道大学理学研究科  
地球惑星科学専攻 教授

西村 裕一 北海道大学理学部  
有珠火山観測所 助手  
田中 聡 東北大学理学部  
地震予知・噴火予知観測センター 助手  
鍵山 恒臣 東京大学地震研究所  
火山噴火予知研究推進センター 助教授  
渡辺 秀文 東京大学地震研究所  
火山噴火予知研究推進センター 助教授  
三ヶ田 均 東京大学地震研究所  
地震火山災害部門 助手  
平林 順一 東京工業大学  
草津白根火山観測所 教授  
渡辺 了 富山大学理学部  
地球科学教室 助手  
山岡 耕春 名古屋大学理学部  
地震火山観測地域センター 助教授  
清水 洋 九州大学理学部  
島原地震火山観測所 助教授  
周藤 靖明 京都大学理学部  
火山研究施設 助教授  
角田 俊喜 鹿児島大学理学部  
南西島弧観測所 教授  
石原 和弘 京都大学防災研究所 教授

## 8K-7 地震時における建築内部空間の安全性

研究代表者：北浦かほる  
(大阪市立大学生活科学部生活環境学科)  
所内担当者：北原 昭男

開催期間 平成9年1月17日  
開催場所 大阪市立大学学術情報総合センター  
参加者数 約220人

### 研究概要

近年の建築の高層化と耐震化は、地震時における

家具や家電機器の転倒、家財やガラスの破損散乱などの被害を拡大し広域化させており、建築全体に被害がなくても建築内部では多大な被害を生む傾向を助長させている。それはまた高層化した集合住宅における人的被害や避難路の封鎖などの様々な安全上の問題を改めてクローズアップさせた。

本研究集会では、地震時におけるそうした建築内部空間の安全性に着目し、それに関わる様々な分野の専門家すなわち建築構造、建築計画などの研究者や建築設計、家具・家電機器の設計、開発技術者、デザインなどに関わっているものが一堂に会し、地震時による室内被害の発生メカニズムを明らかにすると共に、家財と空間の両面から多面的視点で室内の安全性確保と向上のための方策について総合的な議論を行い、各種家財に対するインテリアの耐震設計の標準化に向けての第一歩を踏み出すと共に、社会的啓発を図ることを目的と考えた。

研究集会は 1997年 1月17日に大阪市立大学学術情報総合センターにおいて開催した。研究集会を開催するに当たり、昨年10月にオープンした同センター地下収蔵庫をはじめとする室内の耐震設計についての見学会を研究集会開催 1時間前に実施した。見学は設計者の日建スペースデザインシニアデザイナー山本和仁氏の説明で行い、約90名の参加者を得た。

研究集会は、午前10時から昼食の休憩を挟んで午後 4時30分まで実施し、約220余名の参加を得た。司会は建設省建築研究所計画システム研究官古瀬敏氏で、パネラーは下記に示す11名である。1人15分の報告終了後、会場からの発言も含めて意見交換を行った。

- 1)阪神淡路大震災の住宅内部被害と家財の耐震化：  
大阪市立大学教授 北浦かほる
- 2)高層建物における室内被害と応答性状：京都大学  
防災研究所教授 藤原悌三
- 3)釧路沖地震と日本海中部地震による室内被害の特性：京大防災研究所助手 北原昭男

- 4)家具の転倒防止と住まい方の工夫：京都工業繊維  
大学助教授 加藤 力
  - 5)箱物家具の転倒防止対策と設置方法：刈谷木材(株)  
総合研究室開発課課長 安田 清
  - 6)カラーテレビの耐震設計：(株)日立製作所映像情報  
メディア事業部主任技師 佐藤 力
  - 7)台所設備機器の耐震設計：サンウェーブ(株)開発部  
材料機器研究課課長 赤坂正明
  - 8)オフィス家具の耐震設計：(株)イトーキオフィス商  
品部開発部部長 小杉健一郎
  - 9)公団住宅の家具転倒防止対策：住宅都市整備公団  
設計課建築設計係長 佐藤文昭
  - 10)住宅メーカーにおける室内の耐震対応：ナショ  
ナル住宅産業(株)部長 石橋 實
  - 11)行政における家庭内耐震化への推進体制：静岡  
県総務部地震対策課参事 望月英明
- 討論ではまず、室内の耐震設計基準値を1000ガル程度と考えることについての意見交換がなされ、免震、制震についての今後の動向が述べられた。次いで箱物家具の固定についての議論がなされ、家具自体の固定方法・固定強度・金具及び、室内側の壁下地の構成・素材・防火上の問題・構造材の位置・金具・実験時の強度・留め方・留める位置の問題について様々な意見が出され、家庭用収納家具についての効果的な固定方法が議論された。オフィス用のスチール製収納家具については、業界として既にガイドラインが設定され対応されているが、簡易パーティション及びシステム床・システム天井等が使用されているオフィスの現状を考えると問題解決になっていないことが指摘された。また、今回の地震で問題として浮上した、テレビや冷蔵庫、電子レンジなどの家電機器については、現状では留め方の説明図が付けられている程度の対応しかされておらず、留め具の附属部品化の問題などを含めて業界としての取り組み姿勢が問われた。さらに家電機器では、取り付け位置が家具の基準位置よりも低くなるため、取り付け壁面の設定の問題が再度議論された。その他、

室内の被害実態のPRと具体的な安全対策の実施方法についての啓発の重要性が、会場からも出された。

以上、安全性についての様々な議論が出され、到底一定の結論を得る段階にまで議論し尽くすことは出来なかったが、問題点が明確になり各専門分野の相互認識が深められたと言う意味で有効な研究集会を持つことが出来た。

## 8K-8 人的被害研究会

研究代表者：大西 一嘉

(神戸大学工学部建設学科)

所内担当者：岩井 哲

開催日時 平成8年12月26日(木) 午後2時～7時

開催場所 大阪市立大学文化交流センター・大セミナー室(大阪駅前第3ビル16階)

〒530 大阪市北区梅田1-1-3-1700

電話(06)344-5425

主催 人的被害研究会(震災を契機に地震時死傷問題に関心のある研究者などが自主的に集まって作った研究会)(資料代：1000円)

### 1. 研究目的

阪神・淡路大震災は、死者6千人、負傷者3万人を越える戦後最大の人的被害をもたらしました。科学技術や救急医療が進歩した現代において、なぜこれほどまでに多大な犠牲を被らなければならなかったのか。今後の災害に備えるためにも、この死傷の原因を科学的に明らかにすることが求められます。

私たちは、地震時死傷をより組織的にかつ科学的に明らかにすることが必要と考えて、地震学、地震工学、建築構造、都市計画、住宅設計、防災計画、救急医療、法医学など様々な分野の専門家が集まり、「人的被害研究会」を発足させました。しかし、地震における人間の命を守るという課題の重要さから

すれば、私たちの力だけで被災の全容を解明しきれものではなく、より広く専門家の英知と情熱を集めなければなりません。また、阪神・淡路大震災の実態のみで、人的被害研究の全貌が語れるわけでもありません。

今回の研究集会では、人的被害の構造を総合的に議論することで、地震時における死傷の防止をはかり、人的被害の総合的な解明をはかるための大きなステップにしたいと考えています。関心のある専門家の皆様のご参加をお待ちしています。

### 2. スログラム

司会／大西一嘉、副司会／宮野道雄

(テーマ別報告)

1. 強震動域の震度分布  
中川 康一(大阪市立大学)
2. 過去の地震での人的被害との接点を探る  
村上ひとみ(札幌工専)
3. 人々はどんな住宅で亡くなったのか？  
村上 雅英(近畿大学)
4. 生と死をわけたものは何か？  
石井 昇(神戸大学付属病院)
5. 大災害時の医療機関はどうあるべきか？  
今泉 恭一(鹿島建設)
6. 大地震にも生き残る木造住宅にするために  
鈴木 有(金沢工業大学)
7. 死ななくて済む住まい方を  
室崎 益輝(神戸大学)

(総合討論)

「阪神・淡路大震災からわれわれが学ぶべき事は何か？」太田 裕(山口大学)

### 3. 問い合わせ先

(078)803-1017 神戸大学建築系教室(大西)

(06)605-2834 大阪市立大学生活科学部(宮野)

人的被害研究会事務局 大津俊雄(シティーコード研究所)

TEL (06)231-0188 FAX (06)231-3788

〒541 大阪府中央区平野町3-3-10 浅野ビル

(※当研究集会の実施にあたっては、京都大学防災研究所の助成を受けています。)

## 8K-9 大スパン建造物の耐風制に関する研究集会

研究代表者：谷池 義人

(大阪市立大学工学部)

世話人：桂 順治・丸山 敬・奥田 泰雄

(京都大学防災研究所大気災害研究部門)

### 1. 研究目的

大スパン建造物は一般に地震の影響よりも風の影響を受けやすい建造物である。最近このような建造物の耐風性に関する研究によって新しい知見が得られてきている。そこで、「大スパン建造物の耐風性に関する研究集会」と題して防災研究所の改組後最初の研究集会を開催した。

### 2. 研究成果

大スパン建造物の耐風性に関する研究集会に27名の参加者があった。参加者は国内の風工学を専門にする研究者だけでなく、企業の建築設計者や技術者等幅広い参加が得られた。この研究集会に8名の研究者から現在行っている最新のテーマで話題提供があり、それぞれ大変活発な討論が行われた。提供された話題は以下の通りである。

#### 1) 屋根面上の円錐渦の可視化実験

(谷口 徹郎/大阪市立大学工学部)

#### 2) 陸屋根上の円錐渦と屋根面に作用する負圧について

(河井 宏允/東京電機大学理工部)

#### 3) 低層大屋根の変動風圧のPOD解析

(菊池 浩利/清水建設技術研究所)

#### 4) 大スパン建造物の応答解析

(浅見 豊/大成建設技術研究所)

#### 5) 剛接合単層ラチスドームの振動特性と風応答

(植松 康/東北大学工学部)

#### 6) 一様流中における球形屋根上の風速分布と風圧分布の関係

(本郷 剛/鹿島建設技術研究所)

#### 7) 大スパン建造物に加わる風力実測—小規模供試体の実測—風洞実験

(川村 純夫/川村風科学研究所)

#### 8) 距離座標の導入と非定常的相似則について

(桂 順治/京都大学防災研究所)

これらの成果を「大スパン建造物の耐風制に関する研究集会報告書」に纏めて公表した。

## 9S-1 都市地震防災のためのデータベース構築と共有化の課題に関する研究集会

研究代表者：亀田 弘行

(京都大学防災研究所 教授)

平成9年度京都大学防災研究所共同研究集会9S-1「都市地震防災のためのデータベース構築と共有化の課題に関する研究集会」は、平成7年1月17日に始まった阪神・淡路大震災における情報課題を検証するとともに、課題を解決するためのデータベースの構築やその基礎となる情報技術の問題点を整理することを目的として、平成10年2月6日に開催された。

阪神・淡路大震災は、都市基盤施設の激しい崩壊による影響と多様な社会的対応が交錯する複合都市災害であり、そこに的確な情報収集・処理・共有の手段が欠如していたことが、緊急対応と復旧・復興過程に種々の混乱を引き起こした。こうした問題点は、震災発生後の2ヶ月間に文部省緊急プロジェクトとして実施された「兵庫県南部地震をふまえた大都市災害に対する総合防災対策の研究」で行われた災害過程の構造化の結果、物理的課題と社会的課題

のインターフェースとして、情報課題が重要な位置を占めるとの結論に至ったことにも示されている。

本研究集会では、震災発生から3年が経過した時点で、災害過程における実例をふまえながら、防災情報課題に関して行われた研究的な取り組みの成果を反映することを目指した。プログラム構成は、(1)防災情報システムの課題、(2)災害情報収集の技術・共有化の仕組み、(3)基盤データベースの内容・仕組みに大別し、これより、防災情報システムに求められる基本的な枠組、システムとデータベースの構築、必要な技術的展開、実現のための協力体制などを検討することとした。

この研究集会を当初企画した平成8年の時点では、阪神・淡路大震災という膨大な複合都市災害のデータを収集・保存し、広く共有化するためのデータベース化をどのように達成できるか、その問題点は何かを討論することに主眼がおかれていた。しかしその後防災情報の課題については、災害データの課題にとどまらず、有効な防災情報システムの基本概念や、その構築のために必要な空間情報の時間管理など、新たな技術開発の必要性を含む多くの問題が提起されて、新たな展開を示してきた。この状況をふまえて、実施プログラムの作成にあたっては、既存の情報技術の活用だけでなく、次代の技術的展開の方向付けを含む議論を可能とするよう心がけた。

研究集会は、京都大学防災研究所水資源研究センター演習室で実施され、参加者は31名、14件の発表が行われた。発表者は大学の研究者6名のほか、行政ならびに国の研究機関から3名、空間情報の基盤データベースに関わる企業の技術者4名、ライフライン事業者1名からなり、多様な立場から、具体的な報告と提案を得ることができた。

ここで行われた討議はまだ緒についたところである。今後も個別の取り組みに加えて、今回のような横断的な議論の場を継続的に持つことが必要である。

## 9S-2 空間構造の自然災害時における非線形挙動解明と抑止対策

研究代表者：國枝 治郎

(京都大学防災研究所 教授)

開催日時 平成9年10月17日 9:30~17:30

開催場所 京都大学防災研究所 集会室

### 1. 研究目的

共同研究集会を表題の下に開催する目的の背景を簡潔に述べると以下のようなになるであろう。

- ①近年いわゆる空間構造と呼ばれる建築物の建設が社会生活の進展、多様化したがつて急激に増加している事実が背景にあり、この種構造物の安全性を確保する必要がある。
- ②兵庫県南部地震時には教育施設、社会施設体育館における被害が軽微で被災者の避難場所、宿泊所として震災後非常に役立ち、都市計画上この種構造物の適正な配置の必要性が広く認識された。
- ③空間構造にはコンクリート、鋼材(型钢、棒鋼、ケーブル材)、木材、膜材等様々な材料が用いられ、構造形式も使用材料に応じて様々であるため、安全性確保のための基礎研究は多岐にわたる。
- ④我が国では空間構造に与える自然災害因子として地震のみならず、風、雪等をも考慮する必要があるため、③と相まって解決困難な課題が多い。
- ⑤建築学会等では空間構造に対してこれら災害因子に対応する設計指針が未だ作成されるまでには至っていない。また、世界的に見ても空間構造における自然災害時の研究は進んでおらず、この方面では日本は指導的立場にあるといえる。

この研究集会によって地震、風、積雪等に対する空間構造の静・動的応答挙動を出来るだけ明らかにし、抑止方法を討議する。

### 2. 研究組織

10名の研究者よりなる研究集会実行委員会を組織

して集会発表論文の公募を行い、多数応募論文中より24編を選出し発表依頼をした。集会は一般公開である。

### 3. 研究成果

シェル・空間構造という重要だが建築構造関係にあってもかなり特殊な構造で且つ極めて限られたテーマでの研究集会であって、集会そのものの成立が危ぶまれたが、多数の参加者を得て非常に熱意のあふれた有意義な研究集会となった。この様な非常に限られたテーマでの研究集会は我が国では初めてのことであり、世界的に見ても無いであろう。その成果を纏めると

- ①現状における当該方面の研究の進展状況を研究者、技術者共に十分に把握が出来て、問題点の存在するところが非常に明確になり、今後の当該方面の研究の飛躍的發展に大きく寄与した。
- ②空間構造にあっては地震時下部構造の影響が予想されていた以上に大きいこと、特に大規模構造では入力位相差が重要となる場合のあること、対称形でない支持方法の場合の問題点等々が明確にされ、設計上の留意点が種々明らかにされた。
- ③空間構造にあっても免震、制震機構が有意、有効に作動しうることが明らかにされた。
- ④積雪時、特に偏載時における地震応答挙動が解明され、設計指針が与えられた。
- ⑤その他地震、風等による種々な状態の応答挙動、動的不安定挙動等の一部が解明された。
- ⑥応答挙動解析のための新たな有効な手法がいくつか提案された。

その他多面的に非常に多くの成果が得られたと参加者の間で合意されたが、これらの成果を実設計に如何に反映させていくかが今後の問題であろう。

### 4. 成果の公開

集会発表論文は論文集として刊行、配布した。

体裁：A4版226頁

## 9S-3 環境地盤災害の実態と対策の事例研究

研究代表者：嘉門 雅史

(地盤災害部門 教授)

表記の共同研究集会を、社団法人地盤工学会(廃棄物の地盤材料としての利用に関する研究委員会、委員長：嘉門雅史)との共催により平成9年11月20～22日に京都大学宇治キャンパスにて開催した。なお、地盤工学会では第1回環境地盤工学シンポジウムを平成6年5月に東京で開催しており、本研究集会は地盤工学会にとってはその第2回として開催されたものである。特別講演1編、一般研究発表44編、パネル討論等が行われ、3日間を通じて延べ250名の参加者を得た。

地盤環境をめぐる各種災害は近年極めて多様化をきたしており、人為的な作用や要因に基づいた環境地盤災害も無視し得ない状況にある。地盤工学の分野では、「環境地盤工学」という学問分野が確立され、開発に伴う環境地盤災害をはじめとして、地盤環境汚染、廃棄物処理といった環境地盤災害の防止に関する研究が盛んに行われている。そのような現状を受けて地盤工学会を中心に10年以上前から地盤工学と環境問題の関わりに関する研究が積極的に取り組まれてきたが、本研究集会はそのとりまとめと今後の方向性を示す上で時機を得たものであった。以下にシンポジウム概要を紹介する。

特別講演は、三田地利之博士(北海道大学大学院工学研究科教授)により「北海道豊浜トンネル岩盤崩壊事故から何を学ぶか」と題して行われた。岩盤崩壊のメカニズム、予知・予測技術の開発につながる計測・監視技術の現状と将来展望を示し、調査研究を通じて得られた地盤工学上の教訓が述べられた。

一般論文は、地盤汚染とその対策(12編)、廃棄物処分・廃棄物地盤(5編)、廃棄物の地盤工学的有効利用(10編)、地盤災害と地盤環境(5編)、発生土・

汚泥の処理と有効利用(12編)、の5つのテーマ、8つのセッションにて発表が行われた。地盤汚染対策のための新技術の提案、廃棄物の新しい適用方法、廃棄物からの溶出特性の検討、有効利用システム、事業性の評価といった最新のテーマを含む研究発表に対し、活発な議論を行った。

最終日に行ったパネルディスカッションでは、各セッション座長のとりまとめ、酒井伸一博士(京都大学環境保全センター助教授)による「廃棄物の無害化と地盤環境への影響評価」と題しての話題提供、環境地盤災害研究のターゲットとゴールの設定へ向けての研究討論を行った。酒井博士の話題提供では、土壌系は汚染物質のシンクとして、また生活環境に密着しているという点で特殊な媒体であり、

- 1)廃棄物の発生抑制および二次資源利用の原則と環境保全
- 2)地盤環境に関わる各規準の考え方と行政の対応
- 3)溶出試験のあり方

の3点が示された。研究討論では、環境基準の立場とリサイクルコストの問題、国際基準と国内基準の統一、品質保証の意味でのリスクマネジメントの考え方の導入提案、新しいリサイクル技術や地盤汚染浄化技術開発を法制度の枠を超えて行うために研究技術開発体制をオープンにし、データの客観性を確立すべきであること、地盤汚染については局所的な汚染ばかりが取り上げられるが、トータルでの影響が少なくないことから土壌環境基準をマスとして取り扱う必要があること、リサイクルに関し現状は「安定型」のリサイクルを基本としているが、より信頼性の高い管理型のリサイクルを考える必要があることなど、今後の方向性として重要な議論がなされた。

## 9S-4 古地磁気学的手法を用いた火山活動史の復元

研究代表者：味喜 大介  
(火山活動研究センター 助手)

### 1. 研究目的

過去の火山噴火の歴史を明らかにすることは、現在の火山活動をより深く理解し、将来の活動を予測するために重要である。古地磁気学的手法は、溶岩などの噴出物の年代推定や、火山帯周辺の構造運動の解明など、火山活動史の研究に応用することができる。一方、古地磁気学的手法だけから火山活動史を編むことは難しく、他の専門分野との協力も必要になる。本研究集会は、こうした研究のこれまでの成果や問題点、また将来の展望について議論するために開催された。

### 2. 研究成果

本研究集会では、古地磁気学、火山層序学、火山物理学や放射年代学などを専門とする研究者および大学院生など58名の参加を得て、合計26件の講演発表と桜島火山の野外巡検が行われ、活発な議論が交わされた。講演の内容は、考古遺跡の焼土遺構や火山岩、海洋あるいは湖底の堆積物などから得られた地磁気の変動の様子や火山噴出物を資料とした古地磁気層序学的研究の実例、また、地球物理学的あるいは火山層序学的に見た桜島火山の姿、放射年代学や鉱床学の立場からの北薩・南薩地域の火山活動史の研究、さらに、放射年代測定や広域火山灰の研究の新しい手法など多岐におよび、異なる専門分野の間の相互理解を深めることができた。

### 3. 研究成果の公開

本研究集会の公演内容は報告集「古地磁気学的手法を用いた火山活動史の復元」として出版された。

#### 4. 研究組織(講演者一覧、50音順)

石原 和弘(京都大学)  
上野 直子(東洋大学)  
上野 宏共(鹿児島大学)  
氏家恒太郎(九州大学)  
宇都 浩三(地質調査所)  
岡田 誠(茨城大学)  
奥野 充(名古屋大学)  
小林 哲夫(鹿児島大学)  
渋谷 毅彦(東京都立大学)  
成 亨 美(島根大学)  
武田 哲一(九州大学)  
田中 秀文(高知大学)  
中島 正志(福井大学)  
新妻 信明(静岡大学)  
林田 明(同志社大学)  
久光 敏夫(九州大学)  
広岡 公夫(富山大学)  
兵頭 政幸(神戸大学)  
船木 實(極地研究所)  
松本 拓朗(鹿児島大学)  
味喜 大介(京都大学)  
三木 雅子(神戸大学)  
森永 速男(姫路工業大学)  
山崎 俊嗣(地質調査所)

### 9K-1 Memorial Conference in Kobe III

研究代表者：土岐 憲三

(京都大学工学研究科 教授)

#### 1. 研究目的

阪神・淡路大震災に関係した、異なる背景をもつ人びとが一堂に会して、その後の1年間に得られた知識や知恵を語り合い、共有することは大変重要なことであろう。このような観点から、1998年2月21日に神戸の国際会議場でMemorial Conference in

Kobe IIIを開催することを計画している。そこでは、この1年間の各種の成果が示されるとともに、一般市民、被災者、ボランティア、医療関係者、行政関係者、研究者、技術者、災害人らが交流し、大震災の学術面のみならず、それぞれが学んだことを話し合い、互いに理解が足りないところを補い合って、知恵や教訓を共有することが大切である。

#### 2. 研究組織

研究代表者 京都大学工学研究科

教授 土岐 憲三

事務局長 教授 河田 恵昭

実行委員 全国で約60人

#### 3. 研究成果

成果は、Memorial Conference in Kobe からの提言として、つぎのようにまとめられた。

1. 今年、緊急復興3年間計画が完了した。その間に被災地では、住宅を除く社会基盤施設の復旧が成し遂げられた。
2. 復興都市計画事業を中心とするまちづくりと人々の生活再建はいま正念場を迎えている。そこに、被災地をどう元気づけるかという共通の問題の問題の存在が明らかになってきた。今後、高齢少子化時代を先取りし、時代に即した人間関係づくりコミュニティづくりが進められなければならない。世界に誇れる景観と文化を持ったまちづくりを目指した復興を進めていかなければならない。
3. 金が落ちなければ復興はないが、金だけでも復興はない。スモールビジネスを核とする新しい地域型産業の創出・育成も緊急の課題である。一方で、市民自らが誇りを持てる復興を進めなければならない。
4. ルミナリエは震災復興の象徴であり、単なる鎮魂の儀式であってはならない。被災地の人々の暖かい心を世間に示す祭りとならなければならない。



5. 震災の教訓を一人一人が見つかり、将来に活かしていかなければならない。こうした努力をもう一年、誰もが続けなければならない。そこから新しい市民社会を展望する可能性が開けるであろう。

研究成果は公開されている。

## 9K-2 南アフリカに金鉱山における国際共同実験に関する研究集会

研究代表者 石井 紘

(東京大学地震研究所)

所内担当者 住友 則彦

開催期間 平成9年11月18日～11月19日

開催場所 京都大学木質研究所木質ホール

参加者数 78名

### 1. 研究概要

地下深い金鉱山は、地震の予知と地震の震源過程、岩石の物性の解明のための巨大な岩石実験場である。地表からの深さ2～4kmで、震源のサイズ、10～100mオーダーのサイズのイベント(マグニチュード3クラス相当の地震)が掘削による応力集中のために定常的に繰り返し発生している。人間が直接に地震発生現場近くまで行くことができ、震源から10m以内というような至近距離における観測も可能である。このように深い鉱山では、室内の岩石実験的な計測が可能であり、脆性領域における地震破壊と岩石の物性を詳細に調べるためには、極めて貴重なフィールドであると考えられる。

すでに鉱山では、人的被害軽減のため、実際に、地震の予測が行なわれていて、60%くらいの確率で大きめの地震を予測できるらしい(時間の誤差は数時間と言われている)このように、深い鉱山における観測研究は、地震予知研究の新たな道を切り開く可能性の高い、斬新なものであると考えられる。

南アフリカの金鉱山において、1993年より日本と南アフリカとの国際共同実験が行なわれている。採鉱の行なわれている坑道から100m以内、地震活動域のまっただ中において、地震計、歪み計のアレイ観測が現在も行なわれている。比抵抗・自然電位自然電位の試験的観測も行なわれた。震源距離10m以内の地震も捉えられ、スケーリング則の研究などが行なわれている。地震発生に関係した歪み変化も多数捉えられており、その中には、地震前の異常現象である可能性のある変動も含まれている。これらを詳しく観測研究することによって自然地震の前兆をとしてどのような現象が期待されるかが明らかにされる。これまでの研究成果と今後の研究方向を検討するため、表記の研究集会を平成9年11月18日に木質科学研究所木質ホールで行なった。今回の研究集会は、南アフリカ金鉱山関係、野島断層ボーリング関係、跡津川断層関係の3つのプロジェクト共催で、シンポジウム「震源に近づく」を行ない、その中で南アフリカ金鉱山関係の論文発表を行なった。

### 2. 研究成果のまとめ

1. ボアホール型歪み計で観測された歪み変化が地震活動と相関が良いことが分かった。また、大きな地震前の異常な地殻変動が捉えられた。
2. 鉱山の地震は自然地震から得られているスケーリング則と矛盾しない傾向を有することが分かった。応力降下量はやや大きな結果を得ている。
3. 鉱山の地震にも、やや大き目の地震の前には空白域が見られたり。震源域周辺に発生する地震は低周波の傾向が見られる。また、初期破壊が見られることが分かった。

### 9K-3 火山噴火時の防災に関する研究会

研究代表者：宮本 邦明  
(鳥取大学地域共同研究センター)  
所内研究者 高橋 保

開催期間 平成9年11月16日～11月18日

開催場所 鹿児島大学・桜島

参加者数 120名

#### 研究概要

研究会「火山噴火時の防災に関する研究会」は、平成9年11月16日から3日間にわたって開催された。16日と17日は講演会とパネルディスカッションが、18日は桜島でのフィールド・エクスカージョンがもたれた。延べ120人が参加した。

研究会では、京都大学防災研究所高橋保教授の基調講演「火山防災へのアプローチ」に続いて、火山防災の個別要素である火山活動と噴火予知、噴火災害のかなり大きな部分を占める火砕流についてその流動機構と数値シミュレーション手法、火山防災対策、危機管理手法、災害時の情報伝達、避難支援システムなどについて話題提供があった。また、火山災害の異なった側面である火山ガスや火山灰の人体に及ぼす影響について、特に火山灰と健康との関連についての話題提供のほか、雲仙をはじめとする九州地方の火山地域における災害事例の話題提供があった。

これらの話題提供をベースに、パネルディスカッションで議論が行われ、火山防災のための個別技術の現況と今後の研究課題や展望についての理解が得られるとともに、総合化された防災システムとしての観点が重要であるという認識が確認された。また、火山を様々な資源としての観点から見た時の防災の重要性や、さらに一歩進んで、火山地域の有効利用技術と一体となった防災技術の確立の重要性、そのための総合化された火山工学の確立が重要かつ必須

であるという認識が得られた。

ここで話題提供され討論された内容は非常に広範な問題を含んでおり、かつまた、それぞれの問題がまだ研究途上にある場合が多く、問題間の相互の関連が十分に理解されていないといった事情もあって、個別の研究のさらなる進展と総合科学としての取り組みが必要であろう。

問題が広範な領域にわたっていることと、それに比較して研究会としての時間が十分に取れなかったことから、必ずしも明確な成果を得るまでには至っていないが、本研究会を通じて研究者間の問題意識の疎通と、それぞれの研究領域の関連が具体性を持って理解されたものと考えている。また、本研究会を機会に、境界領域を含む研究者間の新たな共同研究が実施され、成果が出されることを期待して研究会の報告としたい。

### 9K-4 地殻の不均質構造内陸大地震の発生

研究代表者：佐々木嘉三  
(岐阜大学)  
所内担当者：伊藤 潔

上記研究会は、平成9年12月11、12の両日、京都大学防災研究所で開催された。2日間にわたる研究会には、全国各地から70名以上の参加者を迎えて、最新のデータに基づく研究成果を中心に27報の研究発表が行われた。これらの報告と関連する討議は時間を大幅に延長して熱心に行われ、参加者全員にとって極めて意義のある集会となり、当初意図していた成果を十分に達成できたものと評価している。

地震予知計画が始まって既に30年、兵庫県南部地震の大災害を目の当たりにして、地震予知研究の成果をいかに評価するかは研究者個々によっても大きく異なる点があるのはやむをえないことであろう。しかし、これらの成果を否定的に、あるいは肯定的

に評価しようと、予知研究の進歩状況が「社会から期待されているレベル」には程遠いという意味では、地震研究に携わるものが同じ認識を持っていることは確かである。

このような現状をふまえて今回の研究集会は、地震の発生場を規定している構造、特に不均質な構造と応力集中・内部大地震の発生とをどのように結びつけて見ることができるかを検討しようとしたものである。すなわち、構造を単なる地球内部のGeometryとして理解するのではなく、Dynamicに変形し進化するものとしてとらえ、そこに現れた活動の推移・異常現象を物理現象として理解し、地震の発生との関係を検討することを目的としたものであった。この極めて大きな課題は、測地学審議会地震火山部会から本年6月に発表された「地震予知計画の実施状況等のレビューについて」の中の今後の展望でも大きく取り上げられている〈目標と方針〉のひとつであり、予知研究の根幹を成すものである。今回の研究集会がその方向へ隊列を作って歩み出す一歩になったということを確認しておきたい。

最後に、本研究集会の開催のために事務局を含む防災研究所のスタッフの多大なる努力があったことを付記する。

## 9K-5 同位体組成から見た深層風化と地下水の貯留性に関する研究集会

研究代表者：北岡 豪一

(京都大学理学部附属地球物理学研究施設)

開催期間 平成10年2月27日

開催場所 京都大学防災研究所D-452号室

参加者数 11名

### 1. 研究目的

水循環と風化の問題に、化学/同位体を用いて接近しようとしても、その手法には多くの解決されね

ばならない問題がある。今回の研究集会は、化学/同位体手法の適用性の限界を明らかにしつつ、固体/流体システムにおける物質とエネルギーの流れと媒体の変質過程の理解に接近することを目的として、地球化学、陸水物理学、地形学、火山学、森林生態学など、異なる多くの分野で水循環と風化に取り組んでいる研究者が互いに情報を持ち寄り、互いに視点を確認し合うために催された。

### 2. 研究成果

風化と水循環とが密接不可分の関係にあることは、本集会で松倉氏が指摘したように、風化の現象が水の流れによる物質とエネルギーの移動によるものであり、水の移動がなくなると水は周りの岩石と科学的熱的に平衡して風化は進まなくなるという明快な論点から言える。風化による岩石の変化と、それによって運び出される化学物質の沈積は、逆に、水の循環系に影響を与える。水が動く限り風化は進行するという基本視点の上に本集会の意義がある。

集会では、乾燥地域、火山地域、高山地域、地下の破碎帯、海底流出、地表付近の浸透および流出過程まで、種々の時間空間スケールの水循環系で、同位体手法の適用性、岩石-水相互作用と生物活動による水質形成過程、また、岩石の種類による風化過程の違いなどについて、水と物質の両面から活発な議論が行われた。議論の過程で、異なる分野に相補的かつ解決されねばならない問題点がかなりの程度まで明確化されたと思われる。異なる分野の研究者が、密接不可分である水と物質の移動変質過程について共通の視点を持ち得たことへの意義は大きいと思われる。それは、それぞれの研究者が有している自然観に深まりと広がりが増えられたことであり、各分野で次なるステップを模索する上に資するところが大きであろうと確信するからである。

### 3. 研究成果の公開

報告書「化学/同位体組成からみた深層風化と地

下水の貯留性に関する研究」を印刷・刊行

## 9K-6 流域不安定土砂の生産・流出予測と流域一貫安定法の展望

研究代表者：長谷川和義

(北海道大学大学院工学研究科)

所内担当者 澤田 豊明

開催期間 平成9年10月31日

開催場所 京都大学防災研究所穂高砂防観測所

参加者数 19名

### 研究概要

本共同研究集会は、昨年度共同研究集会「流砂現象と地形変動から見た土砂環境問題」における討論の中で浮かび上がった「流域不安定土砂」に注目して、その生産・流出の機構、流域を一貫する土砂管理・安定化法を探ることを目的としたものである。構成メンバーは、昨年度集会参加者を中心に長期地形変動及び流域土砂動態に詳しい研究者を新たに加えることにし、合計19名に参加をみた。

17件の話題提供が行なわれ、各研究に関して熱心な討論が行なわれた。これらの話題は、(1)流域土砂収支の実態、(2)個別土砂流動現象－土石流、(3)個別土砂流動現象－微細土砂流出、(4)個別土砂流動現象－河口堆積、(5)地形形成の実験とモデル、(6)流砂量計測法、(7)人工洪水による土砂管理、にわたり広く集会テーマを網羅するものとなった。(1)の話題に例を取り内容を示す。

清水(北海道大学農学部)は、沙流川流域における30年超豪雨による土砂流出事例をもとにして単一イベントの打者収支解析を示し、斜面が最大の、低次流路がこれにつぐ侵食場として機能し、高次流路が緩勾配広幅河床空間によって効果的停留場として機能すること、土砂は異動期と停留期を繰り返しある時間をかけて流域内を輸送することを示した。これ

らの時間スケールを理解するために樹木年輪年代法が有力な方法であり、結果的に、土砂停留時間が大規模・低頻度イベント発生流域で約60年、中規模・高頻度流域で約5年であることを報告した。

石川(京都府立大学農学部)は、輸送土砂の粒径分布・密度変化の把握に重点を置いて1995年の姫川流域で発生した大規模な土砂移動現象を調査し、地山崩積土、支川河床堆積物と下流に土砂が移動するにつれて細粒土砂の含有率が急速に低下し、また土砂密度が増加することを示した。これらの研究は、河床不安定土砂の実態とその変動時間スケール及び質の変化を明確にとらえたものであり大きな注目を集めた。

一日で17件の話題提供を行なう単独集会では、互いに情報交換を行なうだけで手がいっぱいになるところがあり、集会としては高度の成果を得ることが難しいが、本集会は、昨年度の成果の上に立って行なわれ、以下の点で全体の認識を高めることができた。すなわち、流域を一貫して土砂移動をとらえる場合、短期のイベントとして生じる斜面及び低次河道における崩壊・土砂流発生、その土砂の高次河道(下流域)での滞留、滞留土砂の不安定度に対応した再移動(再侵食・再堆積)、というマクロな空間・時間スケールの認識が重要であること、さらに、このスケールの一段下にステップ&プールなどの土砂輸送の規定するさまざまなスケールの要因が存在することが確認された。また、土砂流動の合理的な人工コントロールを行なうためには、個々の流域の地質・地形・歴史過程をふまえた調査に基づく変動スケールの正確な認識を進める必要があること、土砂流動の力学過程について一層研究を深める必要があること、などが確認された。

## 3.2 国際共同研究

### 3.2.1 IDNDR

#### 文部省特別事業

#### 中国及びインドネシアにおける自然災害の予測とその防御に関する国際共同研究

代表：入倉孝次郎(地盤災害研究部門 教授)

京都大学防災研究所は、日本における自然災害を専門に研究する総合的な研究機関として、「中国及びインドネシアにおける自然災害の予測とその防御に関する国際共同研究」を「国際防災の十年」における取り組みとして企画し、平成6年度から5年間にわたり文部省特別事業として採択されるに至った。本共同研究では、具体的に、かつ、着実に成果を挙げるため、対象国及び対象災害を限定し、インドネシアを対象とした火山とテクトニクス(I-1)・洪水と海岸災害(I-2)・及び中国を対象とした地震(C-1)・地すべり(C-2)・土石流(C-3)災害に関する研究を行なっている。

以下に各研究グループの目的、成果等を記す。

#### I-1：インドネシアの火山噴火機構とテクトニクスに関する共同研究

代表：田中 寅夫(地震予知研究センター 教授)

##### 1. 研究目的

インドネシアのジャワ島はインド・オーストラリア海洋プレートがユーラシアプレートの下に沈み込む部分に形成された島弧の一部であり、活発な火山活動と顕著な断層が認められる。プレート運動及びそれに伴うプレート相互作用とプレート内部の変形を研究するために、地質学的、地形学的に顕著なレンバン、チマンデリ両断層の現在の活動並びに周辺の広

域地殻変動を観測して、ジャワ島西部のテクトニクスを明らかにする。また、火砕流発生機構の解明及びその予測手法の確立、噴火の前駆地震・微動の発生様式の解明を目的として、ジャワ島西部のグントール火山と中部のメラピ火山を対象に観測研究を行なう。さらに、グントール火山及びレンバン断層を含むジャワ島西部において、火山活動とテクトニクスの関係を解明する。

##### 2. 研究成果

###### [グントール火山]

火山性地震は山頂火口の深さ5 kmまでと西部のカモジャンカルデラ周辺に分布することが分かった。カモジャンカルデラ周辺の地震は、北東から南西にのびる断層に沿って分布し、右横ずれの発震機構をもつこと、グントール火山周辺では東西圧縮南北伸張の応力場にあることが明らかになった。山頂周辺に発生する地震のメカニズムは、正断層または逆断層であることがわかった。平成9年5月からの火山性地震活動の活発化と期を同じくして、山頂火口方向の地盤が隆起することを検出した。さらに、光波測量から山麓と山頂間の距離短縮を確認した。これらは、マグマの貫入あるいは熱水活動の活発化を示唆する。

###### [メラピ火山]

火砕流噴火に先行する地盤の傾斜変動が検出され、火砕流の発生予測に傾斜変動観測が有効であることが示された。また、火砕流噴火に伴う圧力源の上昇過程が明らかになった。爆発的噴火に先行する傾斜変化が捕捉され、メラピ火山の噴火予測に傾斜変動のデータが有効であることが示された。

###### [西ジャワのテクトニクス]

チマンデリ断層、レンバン断層の周辺におけるGPS観測から、両断層近傍と周辺の地殻変動を検出

した。また、インドネシアの重力点に対して日本ーシンガポールからの国際結合を行なって、その値を決定した。これにより、地下構造及び広域的な重力の時間的変化の検出に不可欠な基準値を設定することができた。

## I-2：洪水および地形変動による災害とその防御に関する共同研究

代表：高山 知司(水災害研究部門、教授)

### 1. 研究目的

インドネシア諸島は火山島の連なりであり、地形は急峻で崩壊しやすい地質である。また、気候条件は、モンスーンの影響を受ける熱帯気候で、雨期乾期のはっきりした降雨特性を持っており、集中豪雨による洪水や斜面崩壊を生じやすい。このように、この国の河川流域は洪水・土砂災害を受けやすい特性を持っている。一方、インドネシアにおける海岸浸食は、河川のショートカット及び河川からの流送土砂にの減少に起因する河口デルタの縮小過程としての地形変化による災害であり、その汀線の後退量は2～3kmに及ぶ。これらの洪水、地形変動による災害は、インドネシア政府が緊急課題として苦慮している問題であり、本研究においてはこのような災害を予測し、その防止・軽減法の科学的な基礎を確立することを目的とする。

### 2. 研究成果

熱帯特有の降雨の時空間分布を有するブランタス川上流域の火山流域に対して長短期降雨流出モデルを適用して水収支を検討した。直接流出に寄与する飽和領域の比率が時間的に変化するとともに、土壌水分の貯留量の変化によって蒸発散量に変化することが明らかになった。バダック川およびプティ川を含む地域に対してMOS-1画像と数値地形情報とを分布型降雨流出モデルに導入し、洪水流出・土砂流出予測精度を検討した。ブランタス川への土砂供給条

件の評価を行なうため、クルード火山を源流とした代表的な支川の河床勾配と流砂形態について検討し、砂が泥流の形態をとる領域、浮遊砂および掃流砂への遷移領域、浮遊砂と掃流砂が卓越する領域に分類さできることを示した。また、ウオッシュロードは河岸侵食による流出が卓越していることを示した。洪水や河川変動に伴う災害に対する弱点部の抽出を行なうため、流路幅の変化、流路平面形状に対応した河床変動計算法について検討した。二次元解析から、河幅が急変するところでは流量の減少にともない流路の分裂が起こる場合があること、浮遊砂を考慮すると洪水中に湾曲内岸において河床材料が粗粒化すること等興味ある結果を得た。スラマン海岸に海象観測システムを設置し波浪および海流の特性を観測し、西からのモンスーンによりジャワ海で発達した波浪および吹送流がこの海岸の侵食の主外力であることを明らかにした。また、現在この海岸では河川のショートカットの影響が無くなり、浸食から堆積へと移行していること、ウラン川から出る細粒成分の底質がスラマン海岸のサンゴ砂を汚染し、観光資源としての白砂が減少しているため、対策が必要であることを示した。ジャワ海における海水交換、海底地形変形予測をするため、二次オーダーの2方程式乱流モデルを用いた、吹送流・潮流計算のための3次元数値モデルを開発した。これと波浪予測モデルと気候再解析データとを結合して、40年間の海水交流、地形変形の追算を行なった。バリ島の珊瑚礁海岸の浸食対策にはサンゴの移植による生態系の回復が有効であることを提案した。

## C-1：中国における強震振動予測と地震災害の軽減・制御に関する共同研究

代表：入倉孝次郎(地震災害研究部門)

### 1. 研究目的

地震災害の軽減防御のためには、まず将来被害を

及ぼし得る地震の発生場所・日時およびその規模を予測し、次に、対象とする地域における強振動及び地震危険度を精度よく、評価した上で、被害予測に基づいた最適総合地震防災対策をたてなければならない。中国唐山地域及び雲南省は地震活動の特に高い地域であるため強震動記録を得やすく、また、歴史的にも過去に大きな地震被害に見舞われ豊富な震害資料が整理・保存されている。本研究では、中国河北省唐山地域及び雲南省を観測・調査・研究対象として、地震活動予測手法の開発、強震動予測手法の検証及び都市域の地震危険度評価法の開発を行い、これらを総合して都市耐震計画策定に関する提言を行う。

## 2. 研究成果

地震活動の研究に関しては、大陸と島弧の比較研究として、最大余震発生と地震の繰り返し間隔の研究が実施され、中国に関しては統計的に有意な関連が見られたが、日本の例ではこの種の関連は見いだされなかった。8点からなる強震観測網と1個所のボアホール観測点が唐山地域に構築され、これまでにマグニチュードが2.2から5.9の範囲の地震60個が観測された。S波部分を使ったインバージョン法により震源特性、地震波伝播経路特性及び局所的なサイト特性が分離・評価された。伝播媒質、ここでは地殻浅部におけるS波のquality factor $Q_s$ は $Q_s=67 f^{1.1}$  ( $f$ は周波数)で近似できる。S波部分を使ったインバージョン法により求めたサイト特性と他の手法(S波スペクトル比法、H/V比法及びコーダ波スペクトル比法)により求めたサイト特性の比較検討が行われた。各観測サイトのサイト特性の卓越ピーク周波数はどの手法でも同じ値を示す。S波スペクトル比法及びコーダ波スペクトル比法による増幅率は、S波インバージョン法によるものに近い値(factor 2~3程度の違い)をとるが、H/V比の値は、S波インバージョン法によるものと違いが大きい。これらの成果から唐山地域の強震動を再現する

ことが可能になり実被害資料との比較から予測手法の検証が可能となった。雲南省麗江地震の際、麗江盆地では、盆地境界の急峻な基盤岩の落ち込みと盆地を傾交する断層による地質構造の不均質が盆地内の波動場に影響を与え、異常強震振動域を生成したこと、また地下水位の浅い軟弱地盤が地盤災害を伴って被害を拡大したことが明らかにされた。1995年阪神・淡路大震災と類似して、特に基盤岩構造調査がマイクロゾーニングの重要な研究課題であることを検証した。制震システムの理論開発および検証実験により、都市重要施設・建築物の地震時における機能維持および居住者と建造物の安全性確保を目的とする方策を導き、大地震にも有効な制震自身補強法を模型実験および数値計算に基づいて開発した。これらの成果は、都市域に数多く存在する旧耐震補強・改修に有効であり、都市地震防災に大いに役に立つ。建造物の振動制御に関して、制新装置自体に構造系の動特性を時々刻々と同定し、入力の特性を考慮しながら、制御則を修正していくことのできるアルゴリズムを内蔵したシステムを構築し、それをバリアブルダンパーを用いたハードに組み込むことに成功した。

## C-2：華清池の地すべり災害予測に関する共同研究

代表：佐々 恭二(地盤災害研究部門、教授)

### 1. 研究目的

中国、西安市近郊の華清池の裏山(驪山)斜面は大断層崖で、地下水(温泉水)を利用して唐代に玄宗皇帝と楊貴妃で有名な離宮(華清池)が造られた。華清池は世界的文化遺産としては有名であり、極めて重要である。裏山の驪山斜面は現在クリープ変形を示しており、将来起こるであろう地震あるいは豪雨時の滑落とそれによる華清池およびその周辺の住宅密集地の破壊と人命の被害が懸念されている。従来、

世界各国における地すべりの調査と防止対策は通常、被害が発生してから行われ、事前に調査・対策が行われることはほとんどなかった。この驪山地すべりが滑落する前に十分な調査・研究を実施して「地すべり災害予測」を実例をもって行うことは現在世界的に重要な研究テーマである。

## 2. 研究成果

斜面中腹にある開口クラックを地中でまたぐように設置した10mスパンの伸縮計の5年間にわたる観測から移動は雨季に集中しており、この斜面変動が一部で言われていた断層運動などではなく、地すべり運動であることが明白になった。光波測距観により、この地域の激しい地盤沈下に伴い、斜面の一部がひきずられて斜面下方に移動していることがわかった。華清池斜面縦断方向に長スパン地すべり伸縮計13台、2本の調査用トンネル内に三次元せん断変位計12台を設置して連続観測を開始した。これまでの現地調査と移動観測から、3つの地すべりブロックがあり、華清池苑内直上のブロックが最も活動的で危険であること、1996年8月～9月の累積降雨量155mmの際には、このブロックが約12mm移動し、滑落の危険性が差し迫ったものであることが確認された。その他、上部の他の二つのブロックでも僅かながら移動を検出することに成功した。調査トンネル(約30m)内の岩試料について高圧三軸破壊試験を行ったところ、最奥部試料も完全な新鮮岩ではなく、潜在すべり面はさらに深部にあることが推定された。高圧振動リングせん断試験機で測定した見かけの摩擦角を用いて地すべり運動の準三次元数値計算を実施したところ、930m～2430mの距離を高速で運動すると推定され、華清池のみならず周辺の人口密集地が危険である事がわかった。また、トンネルの掘削単価が小さい中国の現在の国情を考慮して、水平深礎抗工法の提案を行い、驪山地すべりについて具体的な設計に着手した。

## C-3：粘性土石流の機構およびその対策に関する共同研究

代表：高橋 保(水災害研究部門、教授)

### 1. 研究目的

我が国と中国は共に、毎年のように土石流による土石災害を受けており、その対策を確立することが緊急の課題である。中国では特に雲南省など中国西南地方では、ネオテクトニックな地殻変動によって破碎の進んだ中生代堆積岩の斜面が、森林伐採など経済活動に伴う山地斜面の荒廃のため、せいぜい10cm程度の石礫に多量に含む、規模の大きな粘性方の土石流を頻発させ、地方都市や集落に甚大な被害をもたらしている。我が国でも、地すべり地や火山地域の一部でこのような粘性型の土石流が発生することがあるが、観測・調査事例が非常に少ないため、そのメカニズムの解明と災害対策の研究が遅れていた。そこで、本研究では粘性土石流のメカニズムを解明し、その効果的な対策法を確立することを目的とする。

### 2. 研究成果

粘性土石流は、降雨の発生時刻から1～5時間遅れて発生している。これは、降雨によって支溪から本川へ土砂が集積するのに、この程度の時間を要するというファクターと表面流によるガリ侵食よりも地中水や地下水の急速な水頭変化がこれらの土砂集積を引き起こすことを示唆する。土石流は、多数のサージが間欠的に流下するという一連のイベントから成り立っており、サージの波高、流速、体積、発生間隔などの水理量が時間的に大きく変化することを明らかにした。粘性土石流は砂礫の濃度が著しく大きいにも関わらず非常に流れやすいことに特徴がある。この原因の一つが、第一波目のサージが河床上に残すスラリーの堆積層が、潤滑剂的な役割を果たすことにあることを実験的に明らかにした。また、詳細な観測によって流動中の土石流には栓流が存在



しないことを新たに明らかにした。これは、粘性土  
石流に対する従来の定説を覆すことになる。すなわ  
ち、粘性土石流の流動側にピンカム流動モデルを適  
用することができないことを示す。禿げ山化した山  
地の緑化が進められつつあるが、その効果を現地調  
査した結果、この5年間にわたり、土石流発生など  
の土石流抑制効果が認められた。

### 3. 成果の公開

以上の成果は、Proceedings of Workshop on Disaster  
Caused by Floods and Geomorphological Changes and  
Their Mitigations (WDFGM-1996) , International  
Symposium on Landslide Hazard Assessment, Xian,  
China, 13-16 July, 1997., 京都大学防災研究所年報・第  
40号・IDNDR 特別号(平成8年度), Proceedings of the  
Japan-Chine Joint Workshop on Prediction and Mitigation  
of Seismic Risk in Urban Region, October 11-13, 1997, Xian,  
China, Proceeding of International Symposium on Natural  
Disaster Prediction and Mitigation, 1997, Kyoto, Japan.  
に掲載されている。

## 3.2.2 GAME

### アジアモンスーンエネルギー水循環研 究観測計画(GAME)への参加

代表：池淵 周一(水資源研究センター 教授)  
石川 裕彦(大気災害研究部門 助教授)

#### 1. 研究目的

本研究は、地球のエネルギー水循環におけるアジ  
アモンスーンの役割を解明するとともに、モンスー  
ンの変動を引き起こす機構を明らかにし、モンスー  
ンによる降水量の長期予測とそれに基づく水資源へ  
の影響評価の基礎を築くことを目的としている。こ  
の研究は、気候変動国際共同研究計画(WCRP)の大  
型サブプロジェクトである「全球エネルギー水循環

研究計画(GEWEX)」の一部として国際的に位置づ  
けられている(図1)。

GAMEの具体的な研究項目は、シベリア地域、チ  
ベット高原地域、中国淮河流域地域、熱帯地域の4  
地域におけるエネルギー水循環観測研究、長期モニ  
タリング研究、気象・水文のモデリング研究である。  
これらのうち、京都大学防災研究所では、水資源研  
究センターが中国淮河流域地域の観測研究と水文モ  
デリングを、また大気災害研究部門がチベット高原  
地域における大気境界層観測を担当する。

この目的を遂行するため、複数の国立大学、気象  
庁・科学技術庁などの関連省庁の研究機関を含む国  
内研究体制が構築され、国内研究機関、共同研究相  
手であるアジア諸国や国際機関との間で研究計画の  
立案と調整を行いながら研究を推進している(図2)。

#### 2. 研究成果

本研究は、平成8年度から12年度までの5ヶ年計  
画で実施されている。平成8、9年度には観測機器  
の準備と設置、計算プログラムの整備等を行ってき  
た。平成10年度は、各観測地域において集中観測が  
実施され、データが集積されているところである。

水資源研究センターが担当する中国淮河流域地域  
の観測では、メソスケールの大気陸面過程を中心課  
題としており、特に水・熱フラックスの日変化、  
日々変化とその流域内分布を求めることが非常に重  
要である。淮河流域の複雑な土地利用条件をカバー  
するために、水田、畑地、森林、水体の4つの観測  
サイトを水文試験流域である史灌流域内に設定し、  
フラックスの集中観測を季節別実施する。(図3、  
4)。観測要素は放射4成分、風速・気温・湿度プ  
ロファイル、地温、地中熱流量、土壌水分量、乱流  
フラックス等多岐にわたっており、平成9年8月には、  
中国水利部淮河水利委員会の協力のもと予備観  
測を実施し、4地点の熱収支データを取得した。平  
成10年度はGAMEの本観測の年であり、5月には春  
の本観測を実施した。今年度はさらに夏期、秋期、

冬期の集中観測を計画している。また、フラックス長期モニタリングを目指すGAME-AANの一環として、安徽省寿県気象台にAWS(GAME-PAN)を1台設置し、平成10年8月より観測を開始する予定である。これらのフラックス観測に加えて、水位計、流速計、雨量計を配備し、水文観測を強化した。一方、モデリング研究として、当センターで開発した陸面過程モデル(SiBUC)の性能評価並びにモデルパラメータの調整作業を進めている。また、平成9年度には名古屋大学大気水圏科学研究所と共同して、SiBUCと気象庁数値予報モデル(JSM88)との結合を行い、メソスケール降水システムに及ぼす陸面過程の影響を詳細に取り扱うとともに、流出系のモデルとの結合が可能となった。今年度は衛星リモートセンシングデータを利用して陸面情報を整備し、モデルの淮河流域への適用を計る。

大気災害研究部門が担当するチベット高原地域に関しては、平成9年度にチベット高原上の4地点に自動気象観測装置を、またチベット自治区安多県にフラックス観測サイトを設置し、乱流輸送計測装置

と境界層タワーを設置し予備観測を実施した。

(図5、観測設備の配置)。4台の自動気象観測装置では、同年9月から平成10年4月までの間、冬期チベット高原上の連続気象観測データを得た。このデータは、観測の少ないチベット高原上での貴重な観測資料である(図6、観測例)。平成10年度の集中観測では、自動気象観測データに加え、顕熱・潜熱の乱流輸送量の直接測定

データ、放射収支の精密測定データ、大気境界下層部の風速、温度、湿度プロファイル、地表面温度、地中温度、地中熱流量の連続観測データの取得が順次進んでおり、これらのデータの解析も暫次行いつつある。(図7、乱流輸送観測例)。国内の他研究機関の実施している高層気象観測、土壌水分観測、水文観測、レーダー観測なども順調に進んでおり、これらの観測データを総合的に解析することによりチベット高原がアジアモンスーンに与える影響の理解が大きく進むと期待される。

### 3. 成果の公開

予備観測データの公開は、GAMEのデータ公開基準に従い、1998年12月までにGAME関連研究者間でのデータ公開を行う。さらに、1999年6月までに一般にデータ公開を行う。データを用いた研究成果は、関連学会誌への投稿により逐次行っていく。

予備研究の成果は、過去3回のGAME国内研究集会で発表されており、その成果は既にGAME Publicationsとして印刷公開されている。

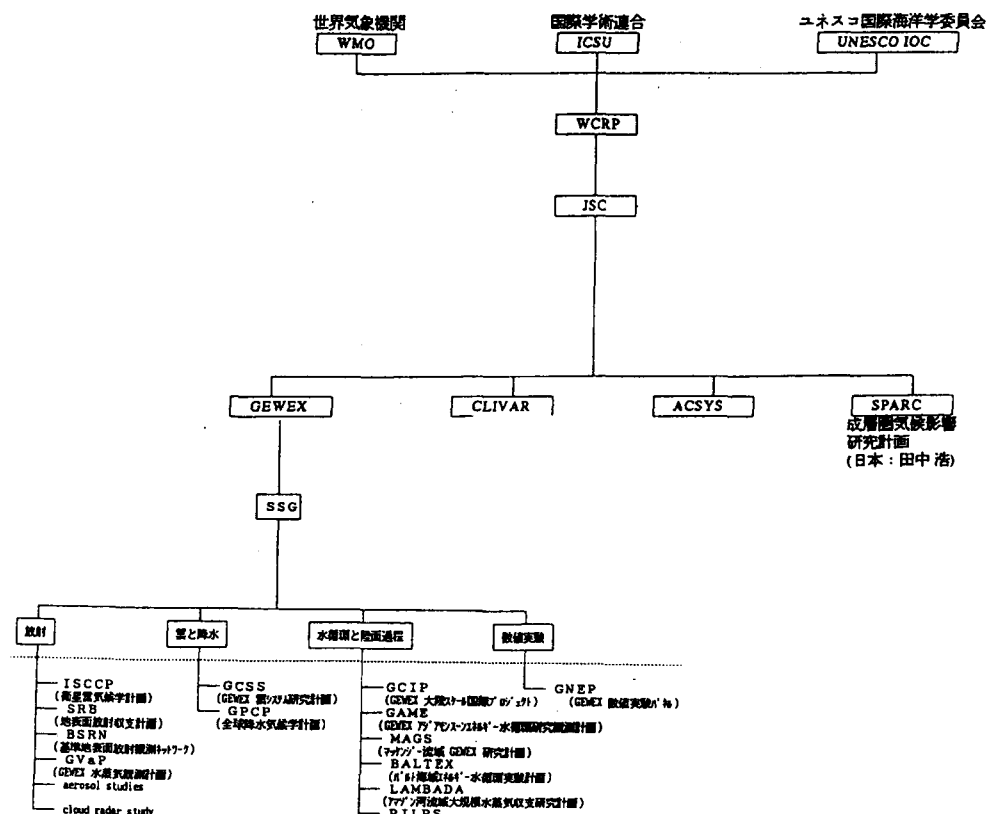


図-1 世界気候研究計画(WCRP)の組織と副計画

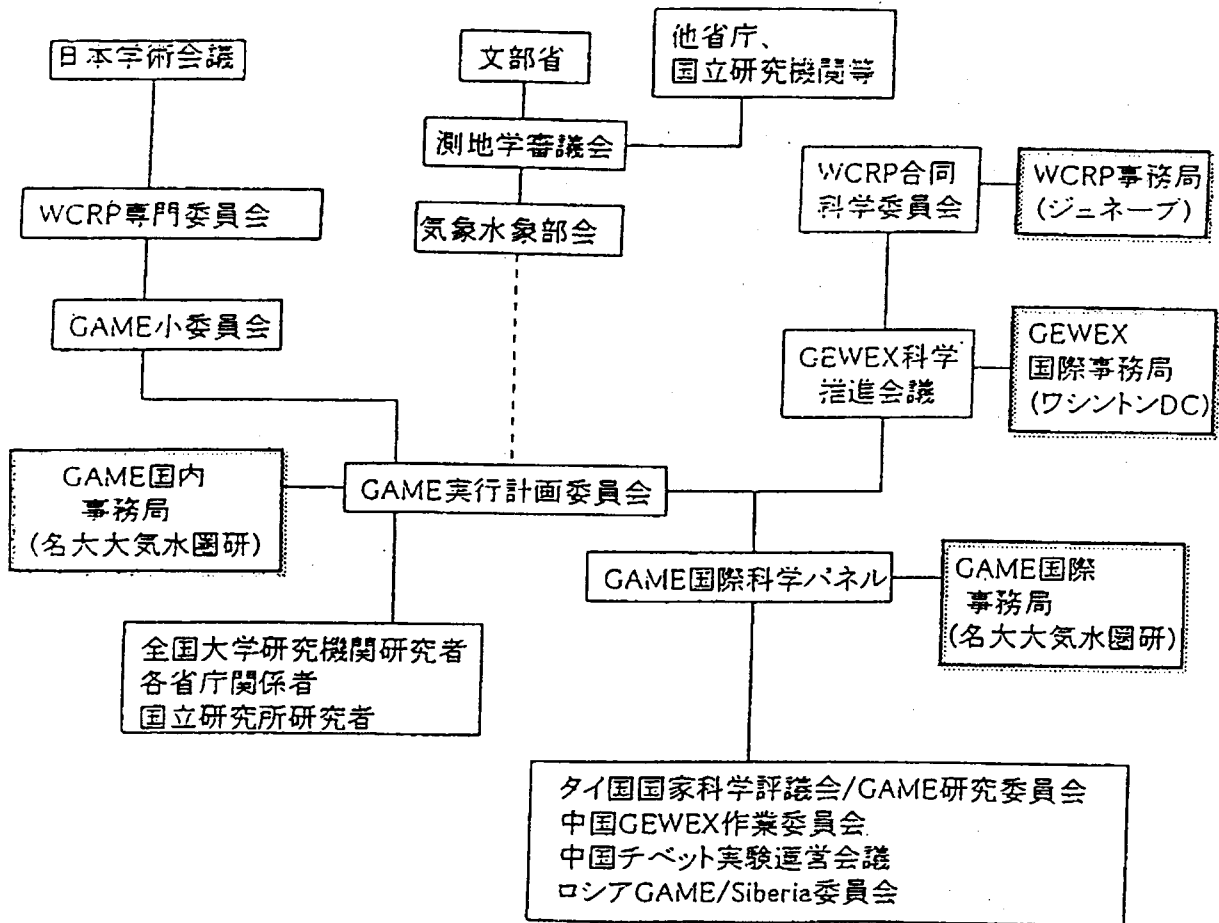


図-2 GAME研究推進の組織図と国際・国内事務局

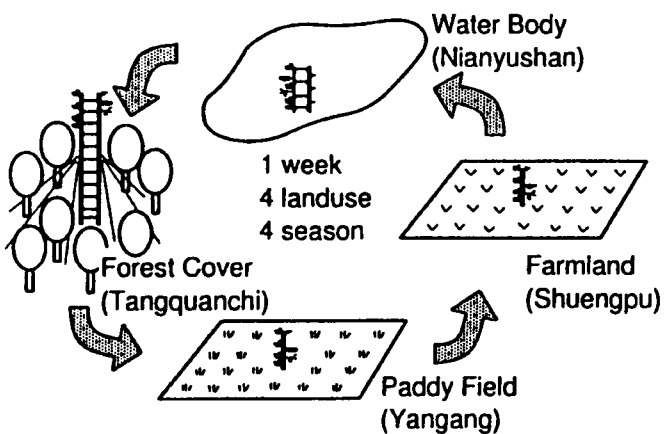


図-3 フラックス移動観測

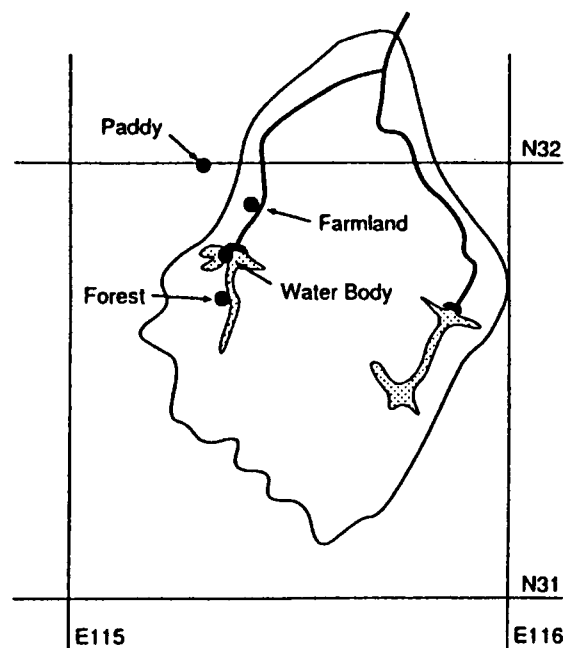
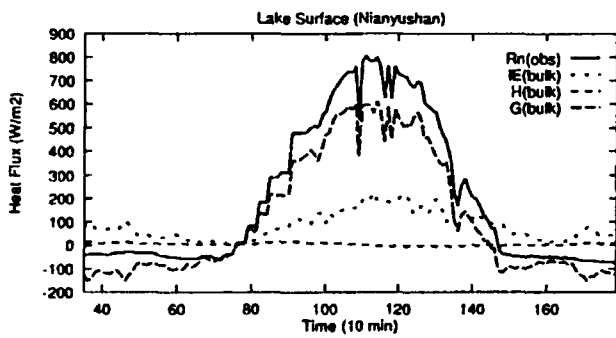
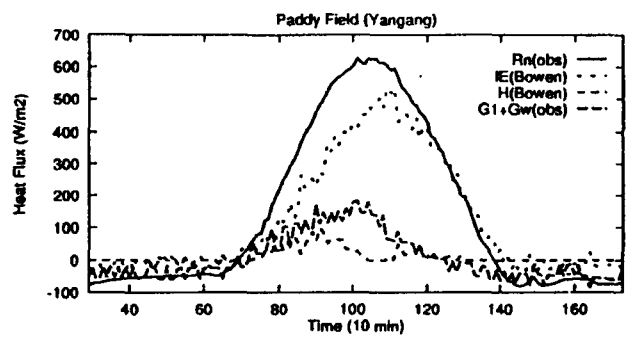


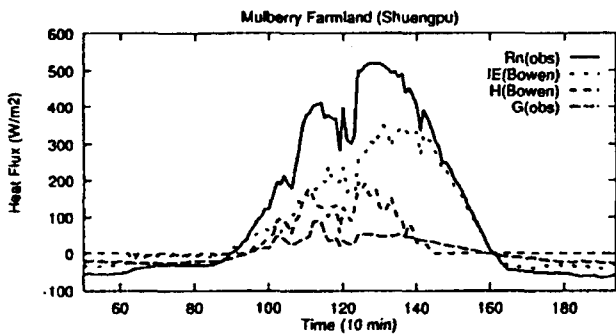
図-4 史灌流域内の4つの観測ダイト



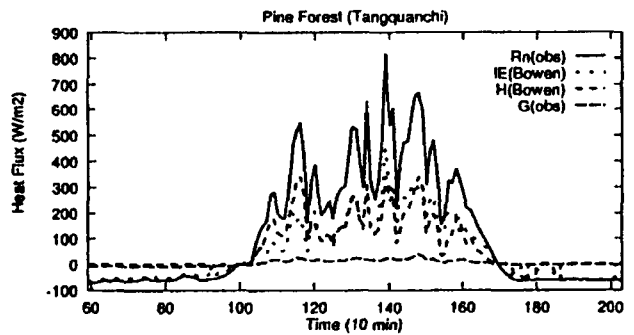
(a) 水体 (8月9日)



(b) 水田 (8月11日)



(c) 畑地 (8月13日)



(d) 森林 (8月16日)

図-5 各種土地利用における熱収支(97年8月の予備観測より)

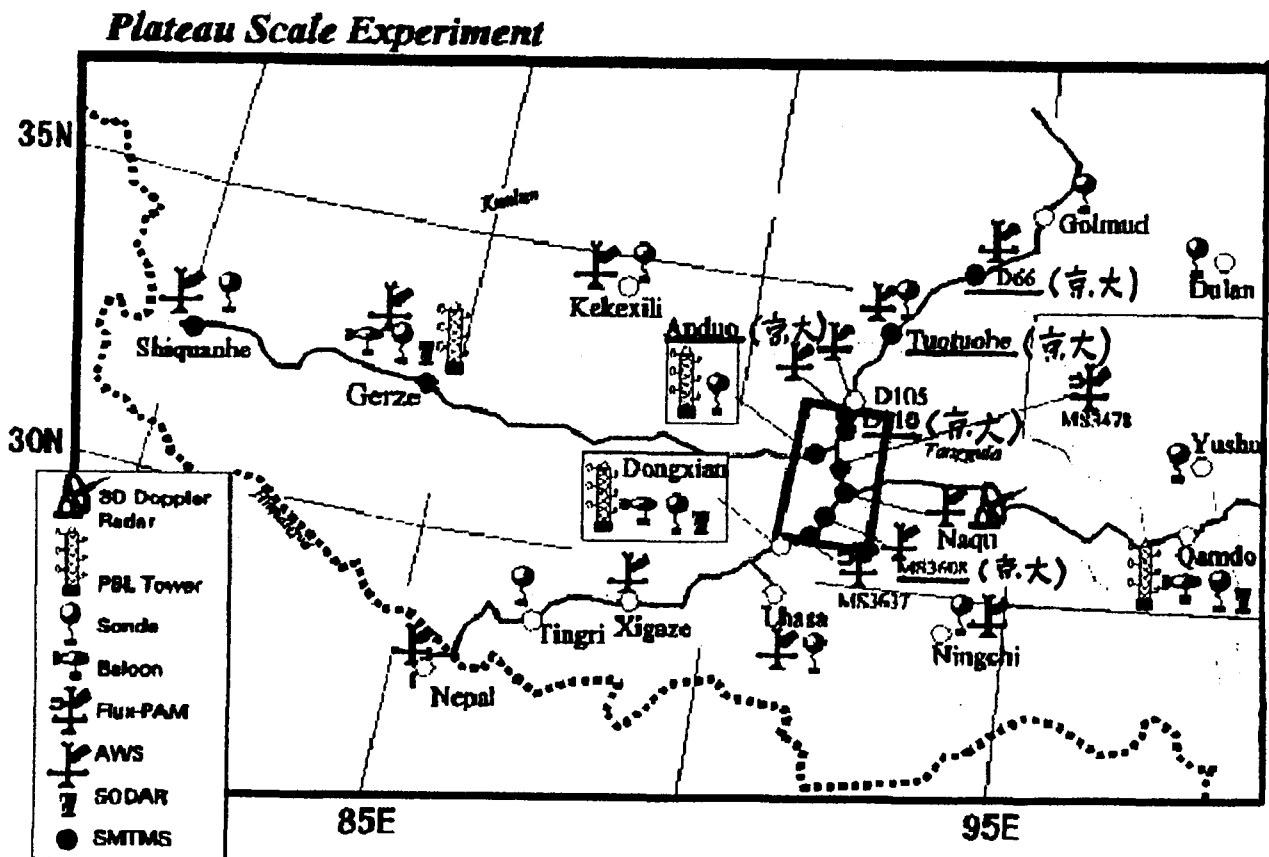


図-6 チベット高原上の観測点

月別

TuotuoHe\_AWS (Jan. 1998)

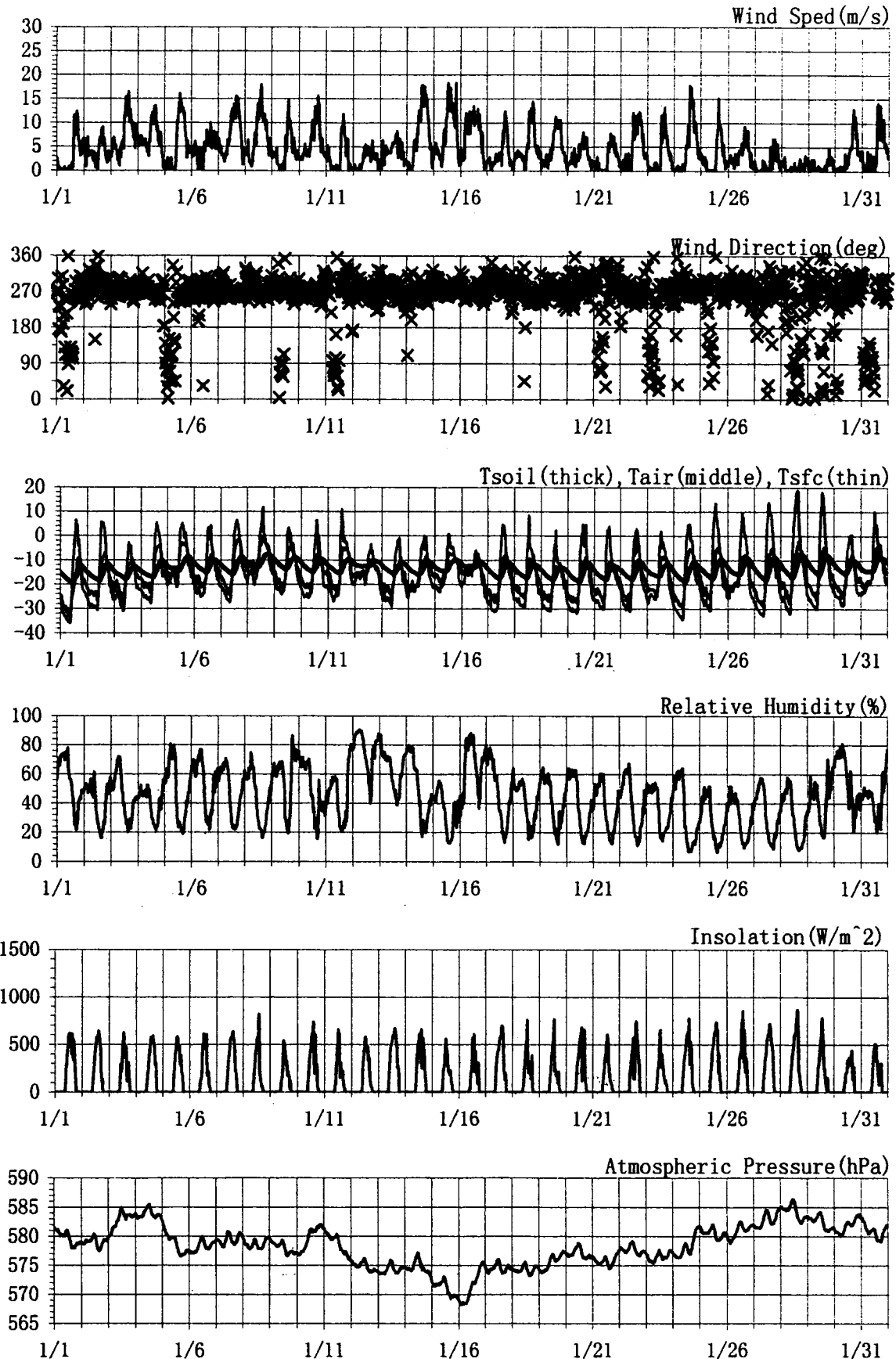


図-7 トトホにおける自動気象観測(1998年1月)

## 3.2.3 UEDM

### 文部省特別事業 都市地震防災軽減に関する日米共同研究

代表：亀田 弘行(総合防災研究部門 教授)

#### 1. 研究目的・発足の経緯

本研究は、都市地震防災の軽減に貢献することを目的に、日米の研究者が協力して共同研究を実施するもので、日本側は平成10年度から15年度にわたる6年間の文部省特別事業として実施されることが平成10年度予算で認められている。その活動が発足しようとしている。この事業は京都大学防災研究所が実施機関となり、全国の研究者と協力して研究を進める。米国側は、米国科学財団(NSF)が1998年度(1998.10から)に始まる5年プロジェクトとして準備を進めている。

1995年の兵庫県南部地震と1994年のノースリッジ地震による災害は、マグニチュード7クラスの地震が大都市圏の直下で発生すると甚大な被害をもたらすという、日米共通の課題を明らかにした。大都市直下に発生する地震に対する都市基盤施設の脆弱性が浮き彫りになったことを受けて、1996年4月に東京で開催された日米首脳会談において、都市地震災害を軽減するための研究の重要性が共通議題の一つとして取り上げられた。

日米首脳会談の議題を受けて、これを事業として実施に移すための検討が開始され、1996年6月の次官級会合で研究課題の絞り込みが行われ、さらに1996年9月に米国科学アカデミーにおいて、日米地震政策会議が開催された。日本国国土庁長官ならび米国連邦危機管理局(FEMA)長官の出席のもとに地震防災に関する省庁の代表者が首脳会談の共通議題を具体化する方策について話し合ったものであり、文部省からも日米の大学間における研究協力についての提案がなされた。

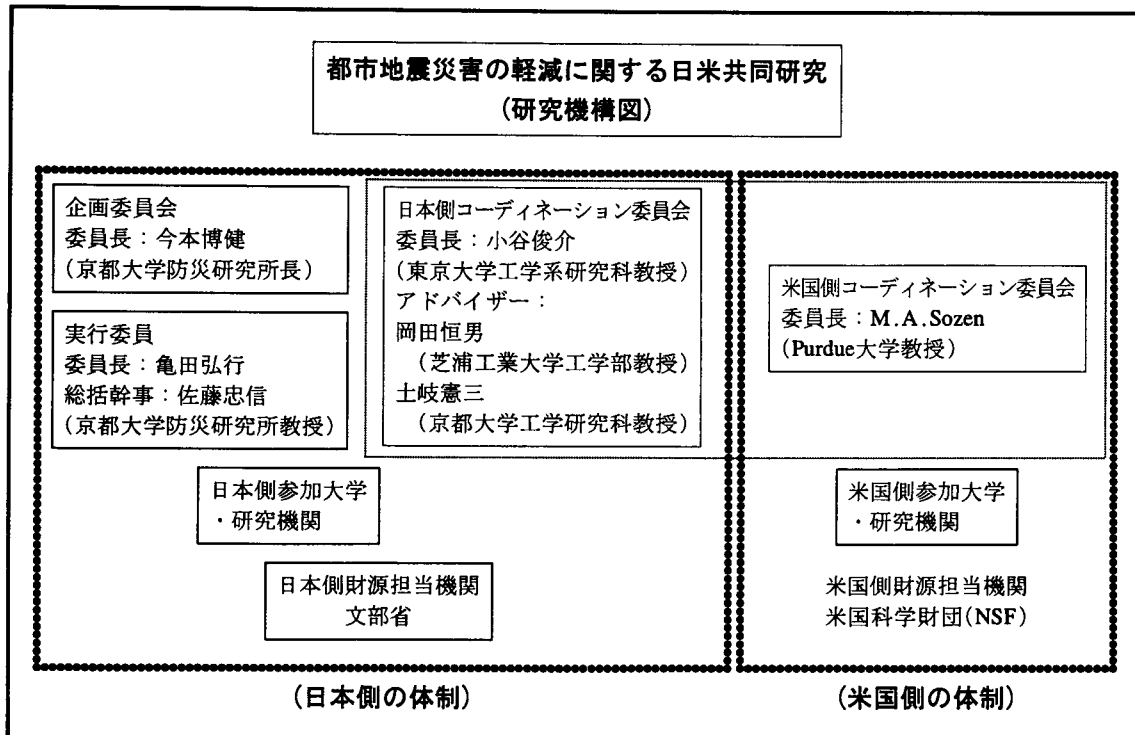
さらに、文部省として共通議題「地震災害の軽減のための共同事業」を実行するための研究課題と実施機構の構築する方策を検討するために、文部省科学研究費と米国科学財団研究費の援助の下に「第2回都市地震災害軽減のための共同研究に関する日米ワークショップ」(コーディネーター：岡田恒男・土岐憲三(日本側)、Masanobu Shinozuka・Stephen Mahin(米国側))が1997年2月27日－3月1日に東京で開催された。このワークショップにおいて、4つの分科会の討議に基づき重点研究課題が選定され、また、今後日米共同研究を推進するため、双方の国内委員会によるコーディネーション機能を持つべきことなどの方針が合意された。

以上の経緯を経て、新たに「都市地震災害の軽減に関する日米共同研究」を文部省の特別事業として企画すること、実施機関として京都大学防災研究所が担当してこの特別事業を推進することなどが日本側の研究関係者で合意された。

本研究は、研究課題に関する日米間の入念な討議の結果、ならびに日米首脳会談の共通議題の主旨をふまえて、全国の大学と協力し、米国の大学との緊密なパートナーシップのもとに、下記の課題について研究を推進するものである。

本共同研究に対し日本側で設定されている研究課題は以下のような実質4課題(かっこ内はチームリーダー)であり、これに全国の大学から合計約70名の研究者が参加する見通しである。

1. 直下地震による都市の災害防止に関する先端技術の開発
  - 1-1 性能指向型設計手法に関する先端技術の開発(東京大学工学系研究科・小谷俊介)
  - 1-2 都市施設の高度耐震技術の開発(京都大学工学研究科・家村浩和)
2. 都市地震災害防御のための高性能社会基盤システムの構築(神戸大学工学部・高田至郎)
3. 地震災害に関する危機管理の比較防災論的研究(京都大学防災研究所・林 春男)



## 2. 研究実施体制

本研究の実施にあたっては、防災研究所の実施体制、全国の研究者との協力・連絡体制、日米間での協力体制について、入念な準備が行われてきた。その結果、企画委員会、実行委員会(および幹事会)、コーディネーション委員会からなる実施体制をとることとし、京都大学防災研究所の要項として定められた(資料参照)。

企画委員会委員長に今本博健防災研究所長、実行委員会委員長に特別事業代表者の亀田弘行教授、実行委員会幹事会を統括する総括幹事に佐藤忠信教授、そしてコーディネーション委員会委員長に文部省科学研究費重点領域研究(都市直下地震)の国際委員会委員長の東京大学工学系研究科・小谷俊介教授が就任して事業を推進する体制をとる。米国側では、Purdue大学のM.A. Sozen教授を委員長とするTechnical Coordination Committeeがすでに構成されている。これらの実施体制を上掲の図に示した。

(資料)

京都大学防災研究所国際共同研究(日米共同研究)に関する要項(平成10年4月10日制定)

- 第1 この要項は、「都市地震災害の軽減に関する日米共同研究」(以下「国際共同研究」という。)の実施に関し、必要な事項を定める。
  - 第2 国際共同研究を企画し、及び推進するため、防災研究所に企画委員会を置く。
    - 2 企画委員会は、次の各号に掲げる委員で組織する。
      - (1) 防災研究所長
      - (2) 所内の教授又は助教授 若干名
      - (3) 所外の教官等 若干名
      - (4) 事務部長
    - 3 企画委員会に委員長を置き、防災研究所長をもって充てる。
  - 第3 国際共同研究の各研究課題に係る実施計画を立案し、及び円滑に実行するため、企画委員会に実行委員会を置く。
    - 2 実行委員会は、所内外の教官等で組織する。
    - 3 実行委員会に委員長及び総括幹事を置き、委員の互選によって定める。
    - 4 実行委員会には、所内の実行委員会委員で組織する幹事会を置く。
  - 第4 国際共同研究における日米間の調整並びに国際共同研究の実施に関する評価及び勧告を行うため、コーディネーション委員会を置く。
    - 2 コーディネーション委員会は、所内外の教官等若干名で組織する。
    - 3 コーディネーション委員会に委員長を置き、委員の互選によって定める。
  - 第5 企画委員会、実行委員会及びコーディネーション委員会の各委員は、防災研究所長が委嘱する。
  - 第6 各委員会及び幹事会の事務は、事務部において処理する。
- 附則

この要項は、平成10年4月10日から実施し、国際共同研究に係るすべての事業が終了する日をもって廃止する。

## 3.2.4 IGCP425

### UNESCO-IUGS 国際地質対比計画 文化遺産と地すべり災害予測

代表：佐々 恭二(地盤災害研究分野、教授)

#### 1. 共同研究の経緯

UNESCO(国連教育科学文化機関)の実施している研究プログラムの中に、IUGS(International Union of Geological Sciences: 国際地質学連合)との共同プロジェクトであるIGCP(International Geological Correlation Program: 国際地質対比計画)がある。京都大学防災研究所では、過去7年間、中国西安市の楊貴妃の宮殿「華清池の地すべり災害予測」の研究を実施し、昨年7月には地すべり災害予測シンポジウムを西安市に於いて実施した。このシンポジウムには、IGCP科学委員会の委員長であるProf. Edward Derbyshire, UNESCO文化遺産部の野口英雄氏、国際地盤工学会副会長であるProf. Sang-Kyu Kim 他も参加した。このプロジェクトの成果は、危機にさらされている文化遺産を守るために事前に地すべり災害を予測し、何らかの災害軽減対策を実施することの現実的な可能性を示したものであり、これをさらに推進するとともに、世界的なレベルで推進すべきであるとの合意に達し、危機にさらされた西安市の文化遺産の保護と世界的な地すべり災害予測と軽減のための研究の推進」を発表した。そして、このアピールを実現するための一つの手段としてIGCPプロジェクトに申請した結果、1998年2月の科学委員会で1998-2002年の5カ年のプロジェクトとして採択された。プロジェクトの正式名称は、IGCP-425「文化遺産及びその他の社会的価値の高い地区における地すべり災害予測と軽減に関する国際共同研究(略称:文化遺産と地すべり災害予測)」である。プロジェクトの国連から支出される予算は、1プロジェクトあたり、年間50-100万円と少なく、会議

を開催するための参加者の旅費の援助にほぼ限られる。したがって、研究経費自体は、UNESCO、IUGSが推進する重要プロジェクトとしてのシンボルの(Seed Money)なものであり、その実施は参加各国の努力に依存するが、通常 Seed Moneyの数十倍から100倍程度の予算が使用されている。このプロジェクトにおいても、日本国内において文部省の特別事業(平成11-15年度)として申請しているほか、関係各国で予算化が進行している。中国政府国家計画委員会・陝西省政府・西安市人民政府が、華清池の災害防止対策に合同で数億円の予算を計上したほか、これまで通り、地すべり斜面の観測の継続を決定している。現在、日本-カナダ政府間科学技術協定(1997-2006)「大規模高速地すべりの発生。運動機構に関する共同研究」が結ばれており、IGCP-425はこの協力協定の中心的位置を占め、Pacific 2000 Fundによる共同研究経費が予算化されている。英国では、Royal Society of Londonが新規に英国の参加者への財政支援を決定している。また、国際機関関係としては、ユネスコが地球科学部のIGCP経費とは別に文化遺産部より、このプロジェクトの支援として15,000USドル(平成10-11年度)の財政支援を決定している。

#### 2. 研究目的と防災研究所の位置づけ

- (ア) 20世紀は経済の拡大と開発の世紀であったが、非経済的な価値を持つ自然環境や文化遺産などの保全に必ずしも十分な注意が払われてこなかった。今日、世界の指導的立場にある経済先進国においては、経済発達もさることながら、過去の人々から受け継がれてきた歴史的な文化遺産の将来の子孫への継承が、大きなテーマとなっている。これらの文化遺産は、一旦破壊されれば、いかなる費用をかけても修復が不可能であり、その損失は、その国、地域の人々のみならず、人類全体の心の財産の喪失である。
- (イ) 文化遺産は、風化、侵食、人間自体による破



壊などの他に、地すべり、斜面崩壊、土石流、岩盤崩落、地盤液状化・水平流動など各種の土砂災害(英語でのLandslideに対応する)による壊滅的な破壊の危険性に晒されているものが少なくない。世界第2位の経済大国であるとともに豪雨・地震の多発する急峻な傾斜地に1億を越える人々が居住している日本は、土砂防災の研究において世界の最先進国であり、その国際貢献が強く求められている。

(ウ) IGCP-425は、1994~1998会計年度に京都大学防災研究所が、斜面災害関連の他の大学・国立研究機関・調査会社の協力を得て実施してきた「IDNDR特別事業：中国及びインドネシアにおける自然災害の予測とその防御に関する研究」の中の1プロジェクトである「C-2：華清池(楊貴妃の宮殿)の地すべり災害予測」の研究努力と成果が、世界的に高く評価された結果である。この研究で培った国際共同研究の経験と、その海外からの評価に基づいた国際的ネットワークを基礎として、防災研究所が提案したものであり、文化遺産地区における土砂災害の予測とその防御に関する研究」は、21世紀の防災研究の先駆けとなるものであり、日本政府ことに文部省・大学の国際貢献として極めて重要なものである。この研究は、一体として総合的に実施するが、主要な研究内容は下記の4項目である。

- 1)危険斜面の抽出と前兆現象の判定法の研究
- 2)崩壊斜面の規模と危険度を判定するための高精度かつ耐久性の高い斜面監視システムの開発
- 3)実験・計測に基づいた信頼性のある地すべり発生・運動予測法と危険度評価法の研究
- 4)経済的かつ実用的な斜面保全技術の開発と防災対策の研究

### 3. 今後の会議の予定と調査地域

#### 会議の予定

1998年9月21-25にカナダで開かれる第8回国際応用地質学会(8th IAEG Congress)の際に最初のIGCP-425全体会議を開催し、参加者による調査地域、研究テーマの紹介と提案、及び地域、テーマ毎のSub-Leadersとグループの一次選定を行う。また、1999年9月にUNESCO、Paris本部に於いて他の文化遺産保護に関する研究者と合同で、UNESCO Conference on Cultural Heritage at Risk(危機にさらされている文化遺産に関するユネスコ会議)を開催し、最初の1年間の研究経過を報告する。

#### 調査地域

- 1)中国西安市の華清池(大活断層崖がクリープしており、大岩盤地すべりの発生の危険性があり、発生した場合、その斜面下にある華清池(年間400万人、クリントン大統領、天皇陛下も訪問した観光史跡)、臨潼県(人口70万人)中心街の破壊が想定されている。この場所に唐時代の離宮が建設された理由は、大断層(3000-5000mの落差がある)から湧き出る深層の地下水：温泉があることと、その切り立った断層崖が借景として特徴ある景色を作っているためと考えられる。
- 2)ペルーのマチュピチュにあるインカの遺跡の地すべり。高い山の山頂平坦部にインカの遺跡(空中都市とも言われている)があり、世界遺産に登録されている。ここに遺跡が造られた理由の一つは、インカの遺跡に至る斜面が大地すべりであり、斜面がなだらかになったため山頂までの物資の運搬が容易であったことが考えられる。現在、この地すべり斜面沿いに山頂まで道路が造られ山頂にはホテルも造られているが、地すべり地を掘削したために、この地すべりが活動を始めていると推定される。大規模地すべりが発生すれば、インカの遺跡が滑落する危険ばかりでなく、地すべり斜面の下にあるペルーの南半分を電力を供給する大規

模なダムの被害も懸念されている。

- 3)長崎県雲仙火山の眉山は、火山性の地震により1792年に大崩落を起こし、死者約16,000人という日本の地すべり史上また火山災害史上の最大の災害を引き起こした地すべりとして有名である。この眉山に隣接する七面山は、眉山と同規模の地すべり前兆段階としての特徴的な地形が認められる。七面山が本当に大規模地すべりの前兆段階なのか否かは詳細な調査の必要性があると考えらる。
- 4)北海道フゴッペ洞窟の古代文字遺跡(約2000年前)が、豊浜トンネルと同様な岩盤崩落により、この洞窟遺跡そのものが崩落する危険性が指摘されており、現在、各種の調査が開始されている。この他、海外の研究者からは、スロバキヤ、イタリア、オーストリア、フランス、ギリシャ、ペルー、イラン、ウズベキスタン、カナダなど多くの地域の文化遺産あるいは社会的価値の高い地区の地すべり災害予測と軽減のための研究が提案されている。

#### 4. 参加研究機関

**日 本**：京都大学防災研究所／京都大学理学研究科地球惑星科学専攻／京都大学農学部演習林／新潟大学積雪地域災害研究センター／神戸大学都市災害センター／東京大学工学研究科／東京大学・農学生命科学研究科／東京農工大学農学部／千葉大学理学部／京都府立大学農学部／広島大学総合科学部／広島大学理学部／愛媛大学工学部／高知大学農学部／島根大学総合理工学部／鹿児島大学理学部／北見工大土木開発工学科／琉球大学農学部／日本大学理工学部／東北工業大学工学部／大阪工業大学一般教育科／科学技術庁防災科学技術研究所／林野庁森林総合研究所／農水省農業工学研究所／建設省土木研究所／建設省国土地理院／通産省地質調査所／北海道立地下資源調査所／砂防地すべり技術センター／復建調査設計株式会社／日本工営(株) 中央研究所／大阪土質試験所九州地盤工学研究所

**中 国**：陝西省総合観察設計院／西安市科学技術委員会・日本処／西安市建設委員会／西安市臨潼地すべり観測所／西安市地震局地すべり研究室／西安工程学院／地質鉱山部環境地盤研究所／西安理工大学岩土工程研究所／西安市麗山地すべり観測所／陝西省建設委員会／陝西省計画委員会国土処／国家地震局第二地形変観測中心／長春科技大学地質環境災害研究所／甘肅省地質災害研究所／中国鉄道科学院西北研究所／中国・香港土木署

**オーストラリア**：ウーロンゴン大学

**オーストリア**：ウィーン農科大学

**バングラディシュ**：開発センター／Jahangirnagar大学／ダッカ大学

**ブルガリア**：国家・市民防災委員会／建築研究所／文化遺産研究所／美術芸術アカデミー／地質研究所／グラドマ社

**チェコ共和国**：科学アカデミー

**カナダ**：アルバータ大学／地質調査所／ブリティッシュコロンビア大学

**コロンビア**：サタンダ工大

**フランス**：IRIGM／コイヌ・ベリエ社

**ドイツ**：マインツ大学／カールスルーエ大学／エルランゲン大学

**インド**：自治工科大学／ピューン大学

**イラン**：建設省水土保持研究センター

**イタリア**：パルマ大学／CNR-IPR／ローマ大学／ウディン大学／Marittima e Geotecnica社／国家技術部第1課／ポテンザ大学／フィレンツェ大学

**カザフ共和国**：環境省／金属研究所

**韓 国**：東国大学／山林庁林業研究院

**メキシコ**：国立防災センター／国立自治大学

**ネパール**：国際山地開発センター

**ペルー**：不安定斜面監視委員会(PROEPTI)／地球物理学研究所

**ルーマニア**：土木工学大学／ブカレスト大学／建設／IPTANA-SA／Stejarul実験研究センター／Succava大学

ロシア：モスクワ大学／環境地圏科学研究所

スイス：ローザンヌ工科大学

スロバキア：コメニウス大学

トルコ：Sakarya大学

英 国：ロンドン大学／コンベントリー大学

国 連：UNESCO文化遺産部

米 国：地質調査所

ウズベク共和国：水文地質研究所

## 5. その他の情報と事務局

IGCP-425に関するその他の情報は、次の二つのホームページに紹介されています。

防災研究所のIGCP-425のホームページ：

<http://landslide.dpri.kyoto-u.ac.jp/igcp/>

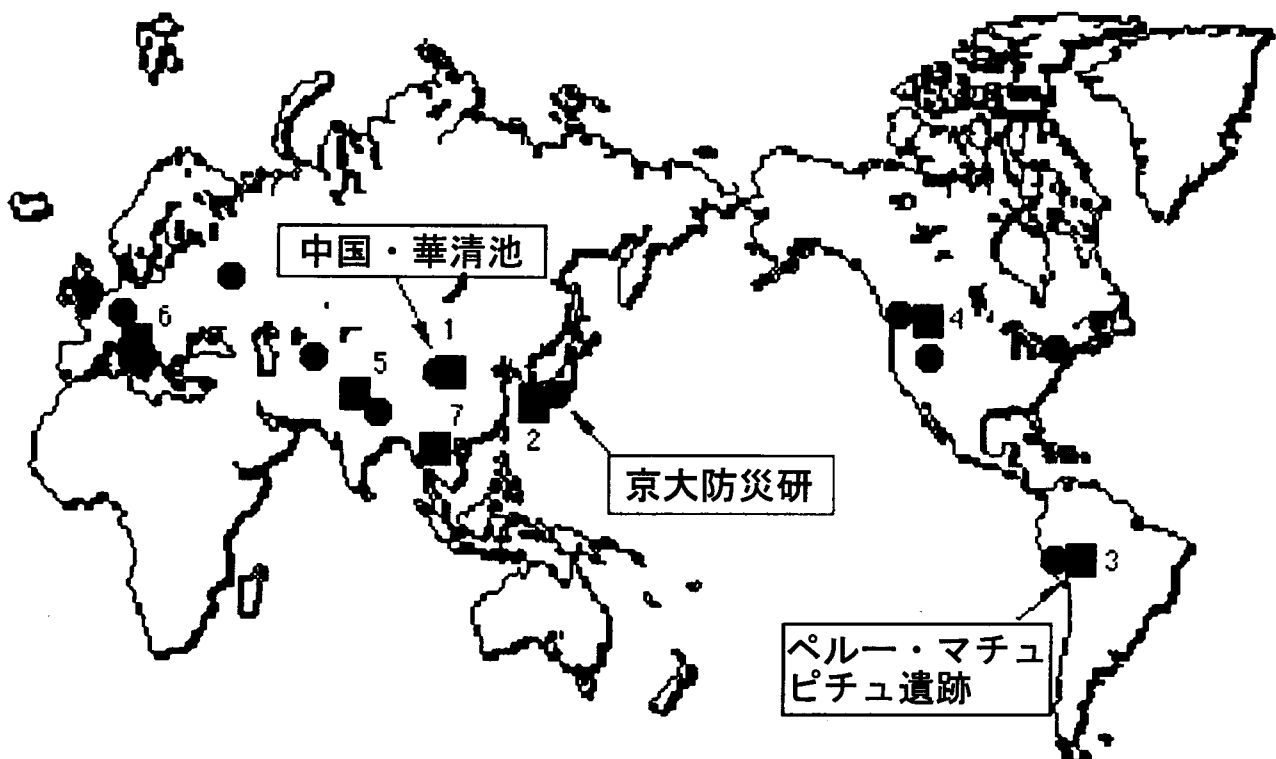
IUGSのIGCP-425のホームページ：

<http://www.iugs.org/iugs/news/igcp425.htm>

IGCP-425事務局：京都大学防災研究所・地盤災害研究部門

電話：0774-38-4110、FAX:0774-38-4300

E-mail: [L-News@landslide.dpri.kyoto-u.ac.jp](mailto:L-News@landslide.dpri.kyoto-u.ac.jp)



### ●主要共同研究機関

### ■主要共同研究フィールド

1. CHINA : Huaqing Palace (Lishan)

2. JAPAN : Unzen (Shichimensan) / Zentoku

3. PERU : Macchupicchu Inca Monument

4. CANADA : Canadian Rocky Mountains

5. NEPAL : Himalayan Region

6. ITALY : Roman Monuments

7. CAMBODIA : Angkor Monuments

## 3.3 特別調査研究

### 3.3.1 阪神・淡路大震災関連調査研究

#### 平成6年度 文部省緊急プロジェクト 兵庫県南部地震をふまえた大都市災害 に対する総合防災対策の研究

代表 亀田 弘行(京都大学防災研究所 教授)

#### 1. 研究目的

阪神・淡路大震災における都市災害の発生とその拡大の過程は、わが国の地震防災対策の基本に転換を迫るものである。都市直下地震による激震のもとでは、都市基盤を構成する構造物や建築物(1980年頃の最新の耐震技術確立以前で、ストックの多数を占める)が激しく崩壊し、中には、最新の耐震技術で建設された構造物も必ずしも万全でないことが露呈した。また、発震直後からの事後対応(火災、救命・救急、避難、心理ケアなど)の広域的な組織化が必ずしも行われておらず、これほどの大災害を乗りきる危機管理システムとして不十分であることが示された。さらに、直下地震による被害拡大を抑止するために最大余震の予知とその情報伝達、地震動予測が重要な課題として注目された。以上をまとめると、わが国の地震防災の実態は人々の安全と安心を確保するには依然として不十分であったことが、実証されたと言えよう。

今回の大震災を目の前にして、その教訓を十分に学びとり、今後の都市地震防災対策を向上させる努力をはじめなければならない。阪神・淡路大震災は決して最後の震災ではないのである。そのためには、今回の災害の外力となった地震動の強度を高精度で明らかにすることに加え、都市施設の耐震強度を中心とする事前対策、および緊急時のオペレーションを中心とする事後対応の両面から、地震災害に対する都市の脆弱性を再評価することが重要である。い

わば、今回の大震災を理工学的観点だけでなく社会科学的観点からも総合的に明らかにすることが必要であり、これらの点をふまえて今後の総合的な防災対策を展開することが必要である。

これを新しい都市地震防災のパラダイムの構築と呼ぶ。その第一歩は、災害研究者の知見を総合して、阪神・淡路大震災からの復旧・復興過程に関するシナリオを構築することにある。これまでの災害研究者としての蓄積と、今回の災害現場に接して得た知見を結合して、今後の復旧・復興のシナリオでキーになる事項を体系的にまとめ、防災対策のあるべき姿を描き出すことである。本研究とは別に、科学研究費の突発災害調査が同時に行われており(研究代表者：京都大学防災研究所・藤原悌三教授)、災害の全貌を科学的に明らかにする努力が行われている。これに対し、本研究は、この大災害からの復旧・復興に少しでも役立つには、研究者にできることは何か、という観点から計画された。

#### 2. 研究組織

研究組織(研究代表者・研究分担者)は以下の43名によって構成された。

研究代表者

亀田 弘行(京都大学防災研究所)研究総括

研究分担者

##### 1. 自然の脅威の危険度の予測

神山 真(東北工業大学)

工藤 一嘉(東京大学地震研究所)

濱田 政則(早稲田大学理工学部)

杉戸 真太(岐阜大学工学部)

赤松 純平(京都大学防災研究所)

安藤 雅孝(京都大学防災研究所)

入倉孝次郎(京都大学防災研究所)  
岩田 知孝(京都大学防災研究所)  
嘉門 雅史(京都大学防災研究所)  
中村 重久(京都大学防災研究所)  
楡井 久(京都大学防災研究所)  
岡田 篤正(京都大学理学部)

## 2. 都市施設の安全性・信頼性の確保

佐藤 忠信(京都大学防災研究所)  
鈴木 祥之(京都大学防災研究所)  
藤原 悌三(京都大学防災研究所)  
家村 浩和(京都大学工学部)  
中村 武(京都工芸繊維大学)  
井上 豊(大阪大学工学部)  
若林 拓史(大阪府立工業高等専門学校)  
日下部 馨(神戸大学工学部)  
高田 至郎(神戸大学工学部)  
野田 茂(鳥取大学工学部)  
南 宏一(福山大学工学部)  
能島 暢呂(広島工業大学)

## 3. 被災者の行動の理解

山崎 文雄(東京大学生産技術研究所)  
中林 一樹(東京都立大学都市研究センター)  
林 春男(京都大学防災研究所)  
岡田 和弘(京都大学経済学部)  
宮野 道雄(大阪市立大学生活科学部)  
藤田 正(大阪府立女子大学文学部)  
甲斐 達朗(大阪府立千里救命救急センター)  
室崎 益輝(神戸大学工学部)

## 4. 防災関連組織の相互連関

熊谷 良雄(筑波大学社会工学系)  
大町 達夫(東京工業大学総合理工学研究科)  
広井 脩(東京大学社会情報研究所)  
小坂 俊吉(東京都立大学工学部)  
河田 恵昭(京都大学防災研究所)  
和田 安弘(大阪府立女子大学文学部)

## 5. 防災GIS

岩井 哲(京都大学防災研究所)

奥西 一夫(京都大学防災研究所)  
角本 繁(京都大学防災研究所)  
高橋 保(京都大学防災研究所)

## 研究協力者

秋山 智久(大阪市立大学生活科学部)  
荒木田 勝(富士総合研究所)  
伊藤 隆史(朝日新聞本社社会部)  
碓井 照子(奈良大学文学部)  
小川雄二郎(国際連合地域開発センター)  
北原 昭男(京都大学防災研究所)  
小浦 久子(大阪大学工学部)  
芝池 義一(京都大学法学部)  
中川 大(京都大学工学部)  
西形 國夫(東京消防庁)  
橋本 敏子(生活環境文化研究所)  
藤吉洋一郎(NHK報道局)  
目黒 公郎(東京大学生産技術研究所)

以上により、合計56名の構成でワークショップの討議を行った。

## 3. 研究成果

地震から2カ月半を経過した平成7年3月末の状況は、災害後の緊急対応・応急復旧がようやく収束に向う段階であり、今後の復興段階において、さらに多くの問題が発生してくる。今回のような未曾有の災害のもとでは、ハード・ソフト両面で、従来の防災システムの機能が発揮されず、関係者の献身的努力のもとで、個々の判断による対応がとられている面が多い。災害からの復旧・復興を少しでも効果的に進めるためには、今後生起する多くの物理的・社会的事象の流れとそれら相互の関連を明確化し、合理的な防災対策の枠組を構成することが緊急に求められている。こうした課題に学術的観点から貢献することは災害研究者の社会的使命である。こうした社会的使命は災害復興が終るまで続くものであるが、3月末の時点での研究成果をまとめた。

研究の方法として、2度のワークショップと必要

な現地調査、および収集したデータのGISによる言語化を通して目的を達成することとした。スケジュールとして、以下のような手順を踏んだ。

第1ステップ：第1回ワークショップ—検討課題の抽出(平成7年2月12、13日：京大 会館にて)

第2ステップ：検討課題に基づく現地調査／データベースの構築とGIS化

第3ステップ：第2回ワークショップ—防災課題の体系化(平成7年3月23、24日：芝 蘭会館にて)

第4ステップ：報告書の作成—震災復興に向けて社会が取り組むべき課題および今後研究者が取り組むべき課題

本報告では、多分野の研究者(研究代表者・研究分担者・研究協力者あわせて56名)が協力して、今回の災害の中での体験とこれまでの防災研究の成果を結合させて、2回のワークショップの討議を通じて、阪神・淡路大震災の中から提起されている都市防災に関わる課題の体系づけを行った。ある意味では、地震発生後約3カ月間の中間報告に過ぎないが、今後の復興計画の策定、地域防災計画の改訂等に資することを念頭に置いてまとめたものである。さらに、研究者の社会的使命に関しては、総合的な防災対策のあり方に関する議論を今後も継続し、定期的にその成果を報告していくことが重要であり、本研究は今後も続くべきこうした努力の第一歩と考えている。

以上、兵庫県南部地震に関連して実施された文部省緊急プロジェクトの経過と得られた成果について述べた。この災害の全貌が明らかにされるにはまだ時間がかかると考えられるが、一方では復旧・復興は日々進んでいる。この緊急プロジェクトでは、兵庫県南部地震による都市災害がもたらした諸問題を対象として、この震災に対する参加者の実体験とそれぞれが持つこれまでの災害研究からの専門的視点を結合させて、その重層的な構造を明らかにしよう

とした。これにより、今後の復旧・復興過程における種々の課題を見据えるチャートとして役立つとともに、災害研究者がこの震災に取り組むに当たってのガイドラインの役割を果すことを目標とした。また、情報の共有化の手段として、防災GISを活用するための作業も行った。これらの試みは、ささやかな一歩ながら、一応の成果を収めたと考えている。復興過程も、この震災に取り組む災害研究者の活動も、本当の正念場は今後にあると考えられる。

#### 4. 研究成果の公開

報告書として、平成6年度文部省緊急プロジェクト「兵庫県南部地震をふまえた大都市災害に対する総合防災対策の研究」及び「An Integrated Framework on Urban Disaster Countermeasures Based on the Hyogoken-Nambu(Kobe)Japan Earthquake of January 17, 1995(English Edition)」を刊行し、関連の機関および研究者に配布した。

#### 文部省科学研究費補助金平成6年度総合研究A 「平成7年兵庫県南部地震とその被害に関する調査研究」

代表 藤原 悌三(総合防災研究部門 教授)

##### 1. 研究目的

平成7年1月17日兵庫県南部地震は都市域に壊滅的な被害をもたらした。平成5年釧路沖地震、平成5年北海道南西沖地震、平成6年北海道東方沖地震、平成6年三陸はるか沖地震と相次いで発生した地震はいずれも地震の規模としては、マグニチュード7を越す地震であり、かなりの被害をもたらしたが、今回はマグニチュード7.2と同程度の規模であるにも関わらず、近代都市の直下に発生した地震のため、直下型地震の恐怖をまざまざと見せつけるものとなった。

昨年(平成6年)の北海道東方沖地震や三陸はるか沖地震が太

平洋プレートと陸側プレートが互いにズレあういわゆるプレート間地震だったのに対し、今回の地震は陸側プレートの内部の断層が動いたいわゆるプレート内地震であった。従って、昨年の地震と今回の地震の被害の著しい違いは、単に震源からの距離が違ったというだけではなく、本質的に地震としての破壊力が異なっていたという可能性がある

地震直後の1月19日の段階での被害の様子は、以下のものであった。「3,000人を越す尊い人命が失われ、各種建築構造物や施設が大被害を受け、交通網やライフラインが麻痺し、さらに、160件以上にも上る火災の発生によって被害がさらに増幅された」。その後、日を追って被害は増加し、2月20日には死者5,413名、負傷者34,505名、全壊82,689棟、半壊68,043棟、焼失7,456棟、火災発生件数535件となった。これらの事実は、内陸地震の予知や高度に発展した都市における地震災害の軽減対策に関して多くの問題を提起しており、今回の教訓を今後最大限生かすべく調査研究を行う必要性のあることを示している。本研究の目的を以下に示す。

- (1) 今回の地震に関して各種の地球物理学的手法を用いてその発生前から発生後に到る過程を明らかにする。
- (2) その結果をこれまでの内陸直下型地震あるいは海底で起きるプレート間地震と比較してその共通性と特異性とを浮き彫りにする。
- (3) 被災地の地盤によって強震動が如何に増幅され、どのように建築構造物や施設の被害につながったかを解明する。
- (4) ライフラインや交通網の麻痺、火災の多発発生と大規模伝搬など大都市特有の被害の原因を究明する。
- (5) こうした地震災害が地域・社会にもたらす影響を復旧対策等も含めて調査し今後の災害対策に有用な基礎資料としてまとめることにある。

以上、理学・工学・社会科学的調査研究を総合的に行うことにより、今回の地震の発生メカニズムの

解明を図り、被害の実態を明らかにして、今後の災害軽減に役立てることを意図している。

## 2. 研究組織

研究代表者

藤原 悌三(京都大学防災研究所 教授)

研究分担者 (55名)

梅田 康弘(京都大学防災研究所 助教授)

伊藤 潔(京都大学防災研究所 助教授)

飯高 隆(東京大学地震研究所 助手)

中村 正夫(東京大学地震研究所 助手)

鈴木 貞臣(九州大学理学部 助教授)

清水 洋(九州大学理学部 助教授)

松島 健(九州大学理学部 助手)

安藤 雅孝(京都大学防災研究所 教授)

中田 高(広島大学理学部 助教授)

尾池 和夫(京都大学理学部 教授)

深尾 良夫(東京大学地震研究所 教授)

嶋本 利彦(東京大学地震研究所 助教授)

蓬田 清(広島大学理学部 助教授)

田中 寅夫(京都大学防災研究所 教授)

平原 和朗(京都大学防災研究所 助教授)

石井 紘(東京大学地震研究所 教授)

加藤 照之(東京大学地震研究所 助教授)

木股 文昭(名古屋大学理学部 助手)

山岡 耕春(名古屋大学理学部 助教授)

岡村 真(高知大学理学部 教授)

大志万直人(京都大学防災研究所 助教授)

歌田 久司(東京大学地震研究所 助教授)

本蔵 義守(東京工業大学理学部 教授)

竹内 吉弘(大阪工業大学工学部 教授)

大場新太郎(大阪工業大学工学部 教授)

入倉孝次郎(京都大学防災研究所 教授)

岩田 知孝(京都大学防災研究所 助手)

工藤 嘉彦(東京大学地震研究所 講師)

瀬尾 和大(東京工業大学工学部 助教授)

笹谷 努(北海道大学理学部 教授)

関口 秀雄(京都大学工学部 助教授)  
篠崎 祐三(京都大学工学部 講師)  
嘉門 雅史(京都大学防災研究所 教授)  
奥西 一夫(京都大学防災研究所 教授)  
亀田 弘行(京都大学防災研究所 教授)  
佐藤 忠信(京都大学防災研究所 教授)  
土岐 憲三(京都大学工学部 教授)  
家村 浩和(京都大学工学部 教授)  
高田 至郎(神戸大学工学部 教授)  
三浦 房紀(山口大学工学部 教授)  
清野 純史(山口大学工学部 助教授)  
日下部 馨(神戸大学工学部 教授)  
鈴木 祥之(京都大学防災研究所 助教授)  
中島 正愛(京都大学防災研究所 助教授)  
小谷 俊介(東京大学工学部 教授)  
南 忠夫(東京大学地震研究所 教授)  
南 宏一(福山大学工学部 教授)  
藤井 栄(京都大学工学部 助手)  
村上 處直(横浜国立大学工学部 教授)  
片山 恒雄(東京大学生産技術研究所 教授)  
山崎 文雄(東京大学生産技術研究所 助教授)  
林 春男(京都大学防災研究所 助教授)  
岡田 成幸(北海道大学工学部 助教授)  
室崎 益輝(神戸大学工学部 教授)  
水野 弘之(京都府立大学家政学部 教授)

#### 研究協力者 (22名)

志知 竜一(名古屋大学理学部 助教授)  
笹井 洋一(東京大学地震研究所 助教授)  
吉岡 祥一(愛媛大学理学部 助手)  
里村 幹夫(静岡大学教養部 助教授)  
高橋 正義(東京大学地震研究所 技官)  
坂上 実(東京大学地震研究所 技官)  
松波 孝治(京都大学防災研究所 助教授)  
勝見 武(京都大学防災研究所 助手)  
三村 衛(京都大学防災研究所 助教授)  
佐々 恭二(京都大学防災研究所 教授)  
市川 信夫(京都大学防災研究所 技官)

森 保宏(名古屋大学工学部 助教授)  
富岡 義人(三重大学工学部 助教授)  
川口 淳(三重大学工学部 助教授)  
鈴木 有(金沢工業大学工学部 教授)  
後藤 正美(金沢工業大学工学部 助手)  
岩井 哲(京都大学防災研究所 助手)  
河田 恵昭(京都大学防災研究所 教授)  
村上ひとみ(北海道大学工学部 助手)  
鏡味 洋史(北海道大学工学部 教授)  
佐土原 聡(横浜国立大学工学部 助教授)  
目黒 公郎(東京大学生産技術研究所 助手)

### 3. 研究成果

地震観測班等は、緊急地殻活動調査班と連携して、地震観測点とGPS観測点の設営並びに本部集中収録解析システムの構築を行い、地震観測25地点、GPS観測21地点で観測を実施した。また、既設観測網により余震及び地殻変動のリアルタイムによる追跡を行い、気象庁、国土地理院等の関連機関にデータを提供、余震情報の正確な把握に勤めた。神戸港では海底活断層調査も実施している。その他、陸上断層調査、全磁力(8地点)、地電流(4地点)の連続観測を行った。

強震動及び地盤震動に関しては、神戸市東灘区に2観測点を1月18日より順次設置、北大・東大・京大防災研などの強震観測グループにより、東灘区に5点、神戸市域および淡路島に計21点の地震計を設置するとともに、東灘区では重列観測は被害の集中した阪急線以南、国道43号線以北の領域とその他の地域との震動特性の比較を行った。現在も余震観測を継続して行っている。多点同時観測による地盤震動特性を明らかにし、構造物被害との関連について検討した。

地盤の液状化及び傾斜地の斜面崩壊災害については、神戸市南部の埋め立て地(ウオーターフロント)を調査し、地盤の液状化の調査を実施したが、沈下はかなり厳しい状況にある。また、岸壁の移動を測



定し、埋立工法の耐震性について検討した。西宮市仁川町6丁の目山地崩壊現場を空からの視察と直接現地の調査により、崩壊の全貌を把握、崩壊のメカニズムを解明した。

ライフライン被害については、被害の状況を正確に把握するとともに、復旧プロセスを調査し、問題点を明らかにした。高速道路・鉄道などの交通施設の被害については、神戸市長田区、中央区、六甲口まで鉄道・道路の詳細な調査を行い、地震動強度と被害の関連・設計レベルとの相関について検討した。

建築構造物調査班は、神戸市中央区・灘区・東灘区など最も被害の激しい地区を中心に、建物全数の調査を行い、建物種別・構造種別・階数・被害箇所を調べ、被害要因について分析するための基礎調査を行った。木造住宅の被害要因、既存鉄筋コンクリート造建物の被害状況と現行の建築基準法に基づいて設計された建物の被害状況を比較する資料を得た。さらに、本地震による特徴的な被害の原因について検討した。

火災発生原因の究明と消火活動については、神戸市内一体の火災発生地域において住民からのヒヤリングを行い、火災発生の原因、延焼による被害の拡大プロセスについて明らかにした。地域・社会に及ぼす影響については、西宮、神戸方面において避難所、被災住宅、商店を尋ね、住民の困窮度、生活上のニーズなどのヒアリングを行った。また、避難所の運営する立場の人から運営上の問題点を、警察、消防、自衛隊から危機管理方法について聞き取り調査を行った。これまでの地震被害調査の経験から、被災者への「こころのケア」をめざして被災者の体験情報を提供し、被災住民への心理的援助を行うとともに被災者からの問題点を抽出した。

#### 4. 成果の公開

本研究の成果は、平成6年度科学研究費研究成果報告書「平成7年兵庫県南部地震とその被害に関する調査研究」にまとめられ、刊行されている。

また、報告会「平成7年兵庫県南部地震の被害調査研究」を平成7年7月31日に大阪科学技術センター、8月7日に日本建築学会建築会館と大阪および東京において開催し、本研究の成果を広く公開発表している。

### 文部省科学研究費補助金平成7年度総合研究A 「平成7年兵庫県南部地震の被害調査に基づいた実証的分析による被害の検証」

代表：藤原 悌三(総合防災研究部門 教授)

#### 1. 研究目的

本研究の目的は被害事実を実証的に分析・検証することにより、将来予想される都市直下型地震に対して、生命を守り、生活機能を保持できる災害に強い社会を構築するための研究を行うことにあり、以下の5課題について実施計画を立てた。

- 1) 7年度は余震の発生の時間空間分布の研究成果を基に、本震の断層の破壊過程との関連、大余震発生との関連、地殻の不均質構造との関連を調査研究し、余震発生のメカニズムを解明する。さらに、震源域周辺の誘発地震のメカニズムの研究を実施し、今後の震源域周辺の地震活動の予測を試みる。
- 2) 神戸市を中心とする激震域(中央区、長田区、東灘区など)の地盤構造探査と広域かつ精密な常時微動計測を行い、地盤の動特性と帯状に分布する震度7の激甚地域分布の相関を明らかにする。その結果は構造物への地震動入力への推定にも利用される。さらに、各地域の地震危険度解析を行い、危険度マップを作成する。
- 3) 鉄道・高速道路などの交通施設、ガス・上下水道・電気などのライフライン施設の被害の実態を分析解明するとともに、港湾施設などの液状化による被害、急傾斜地の地すべり災害の分析と地すべり防止策、地盤・基礎構造物系の動特性などの研

究を推進して、土木構造物の耐震安全性を解明する。

- 4)木造住宅の被害原因の計画・構造両面からの分析、鉄筋コンクリート造の特徴的な被害である中間階の倒壊の分析、鉄骨造の衝撃的破壊の問題など各種構造と地震応答の両面から被害の原因を解明する。さらに、既存建物の安全性についての受容可能レベルの設定方法と応答適合設計・補強方法について研究する。
- 5)さらに、地震火災と給水施設・交通施設の関係、被災住民にたいする対応、被害情報の伝達システム、被害実態の地図情報化による運用など、この巨大複合災害の実態を分析することにより、災害リスクをマネジメントし、地震に強い町づくりのための方法論について研究する。

## 2. 研究組織

### 研究代表者

藤原 悌三(京都大学防災研究所 教授)

### 研究分担者

#### 1. 地震予知・地震断層

平田 直(東京大学地震研究所 助教授)  
深尾 良夫(東京大学地震研究所 教授)  
安藤 雅孝(京都大学防災研究所 教授)  
片尾 浩(京都大学防災研究所 助手)  
大内 徹(神戸大学理学部 助手)  
山口 覚(神戸大学理学部 講師)  
笠原 稔(北海道大学理学部 助教授)  
中田 高(広島大学理学部 助教授)  
脇田 宏(東京大学理学部 教授)  
梅田 康弘(京都大学防災研究所 助教授)  
菊地 正幸(横浜市立大学理学部 教授)  
平原 和朗(京都大学防災研究所 助教授)  
長谷川 昭(東北大学理学部 教授)  
加藤 照久(東京大学地震研究所 助教授)

#### 2. 地震動・地盤震動

入倉孝次郎(京都大学防災研究所 教授)

松波 孝治(京都大学防災研究所 助教授)

岩田 知孝(京都大学防災研究所 助手)

工藤 一嘉(東京大学地震研究所 助教授)

笹谷 努(北海道大学理学部 助教授)

瀬尾 和大(東工大総合理工学研究科 助教授)

横井 俊明(秋田大学鉱山学部 助手)

土岐 憲三(京都大学工学部 教授)

竹内 吉弘(大阪工業大学工学部 教授)

大場新太郎(大阪工業大学工学部 教授)

篠崎 祐三(京都大学工学部 講師)

河野 允宏(京都大学工学部 助教授)

赤松 純平(京都大学防災研究所 教授)

堀家 正則(大阪工業大学工学部 助教授)

馬場 研介(大阪大学工学部 講師)

#### 3. 土木施設被害・地盤変状の分析

佐藤 忠信(京都大学防災研究所 教授)

大町 達夫(東京工大総合理工学研究科 教授)

杉戸 真太(岐阜大学工学部 助教授)

清野 純史(山口大学工学部 助教授)

柳沢 栄司(東北大学工学部 教授)

東畑 郁生(東京大学工学部 教授)

岡 二三生(岐阜大学工学部 教授)

高橋 保(京都大学防災研究所 教授)

嘉門 雅史(京都大学防災研究所 教授)

奥西 一夫(京都大学防災研究所 教授)

佐々 恭二(京都大学防災研究所 授)

藤井 弘章(岡山大学農学部 助教授)

高田 至郎(神戸大学工学部 教授)

宗宮 功(京都大学工学部 教授)

津野 洋(京都大学工学部 助教授)

能島 暢呂(広島工業大学工学部 助教授)

藤野 陽三(東京大学工学部 教授)

山崎 淳(日本大学工学部 教授)

野田 茂(鳥取大学工学部 助教授)

家村 浩和(京都大学工学部 教授)

#### 4. 建築物被害の分析

小谷 俊介(東京大学工学部 教授)

渡辺 史夫(京都大学工学部 教授)  
藤井 栄(京都大学工学部 助手)  
中田 慎介(建設省建築研究所 室長)  
野中泰二郎(京都大学防災研究所 教授)  
森野 捷輔(三重大学工学部 教授)  
川口 淳(三重大学工学部 助手)  
中島 正愛(京都大学防災研究所 助教授)  
東樋口 護(京都大学工学部 助教授)  
鈴木 有(金沢工業大学工学部 教授)  
鎌田 輝男(福山大学工学部 教授)  
井上 豊(大阪大学工学部 教授)  
鈴木 祥之(京都大学防災研究所 助教授)  
日下部 馨(神戸大学工学部 教授)  
西川 孝夫(東京都立大学工学部 教授)  
柴田 明德(東北大学工学部 教授)  
斉藤 大樹(東北大学工学部 助手)

### 5. 防災システムの分析

河田 恵昭(京都大学防災研究所 教授)  
林 春男(京都大学防災研究所 助教授)  
小川雄二郎(国連地域開発センター 主任)  
中川 大(京都大学工学部 助教授)  
小林 正美(京都大学工学部 教授)  
宮野 道雄(大阪市立大学生活科学部 助教授)  
村上ひとみ(北海道大学工学部 助手)  
鏡味 洋史(北海道大学工学部 教授)  
北原 昭男(京都大学防災研究所 助手)  
亀田 弘行(京都大学防災研究所 教授)  
角本 繁(京都大学防災研究所 助教授)  
岩井 哲(京都大学防災研究所 助手)  
碓井 照子(奈良大学文学部 助教授)  
山崎 文夫(東京大学生産技術研究所 助教授)  
柴崎 亮介(東京大学生産技術研究所 助教授)  
盛川 仁(京都大学工学部 助手)  
片山 恒雄(東京大学生産技術研究所 教授)

### 3. 研究成果

被害の検証を行うには、激甚地域の地震動特性を

推定することが不可欠であるとの視点から、本研究では、震度7の地域を含む南北測線に沿った浅層地盤構造の調査と神戸・芦屋・西宮地域の表層地盤特性の計測に主眼をおき、以下の5研究課題について研究を行った。得られた成果を要約すると以下のとおりである。

#### 1)地震予知・地震断層に関する研究

地核深部の断層の動きと帯水層との関係、余震の時空間分布と本震の余効変動、地下水組成変化と前兆の関係を明らかにし、種々の解析方法により破壊過程・速度構造を解明、防犯カメラの分析から断層位置を推定した。

#### 2)地震動・地盤震動に関する研究

震源インバージョンから神戸側断層を推定し、波動伝搬の干渉による激甚地帯の生成を地下構造探査により実証した。また、兵庫県全域の表層微動特性の計測から地震動分布を推定するための資料を収集した。

#### 3)土木施設被害・地盤変状の分析

地震動の地域分布を理論的に推定するとともに、交通・下水道・通信・港湾等の被害分析・損傷評価と復旧対策を提言した。また、液状化・斜面崩壊のメカニズムについての実験・濁水と斜面安定性の関係などを明らかにした。

#### 4)建築物被害の分析

実在する木造建物・鉄筋コンクリート造建物・鉄骨造建物の耐震性評価の統計的・実験的分析を行い、被害との関係を解明するとともに、中間層破壊・ピロティ崩壊の解析的分析による検証を行い、将来的な設計の方向を提示した。

#### 5)防災システムの分析

初動体制・危機管理システムの問題点、フェールセーフの考え方の重要性を指摘し、緊急対策と恒久施設の相互関連、情報システムの運用と管理に関する分析、災害の時空間分布・複合災害の分析から都市防災対策に関する資料を提供した。

#### 4. 成果の公開

平成7年12月26日、京大会館において「平成7年兵庫県南部地震の被害調査に基づいた実証的分析による被害の検証」に関する研究会を開催し、本研究の中間報告を行った。

また、本研究の成果を最終的に取りまとめて、平成7年度文部省科学研究費研究成果報告書「平成7年兵庫県南部地震の被害調査に基づいた実証的分析による被害の検証」として、以下の5編と資料編を

刊行した。

第1編 地震予知・地震断層

第2編 地震動・地盤震動

第3編 土木施設被害・地盤変状の分析

第4編 建築物被害の分析

第5編 防災システムの分析

資料編「兵庫県域における合同微動観測」

なお、これらの報告書は、関連の機関および研究者に配布した。

## 3.4 部門・センターの研究活動

### 3.4.1 総合防災研究部門

本部門は、阪神・淡路大震災における複合的都市災害の経験と、近年の都市構造の発展・拡大の現実を踏まえ、より総合的かつ長期的な視点に立脚した防災科学の研究を行うことを目的に設置された。特に、災害リスクの評価と防災マネジメントの方法論(安全の質)、多元的な防災社会構造の提示とその形成論(社会の質)、都市空間の安全制御と都市機能の確保の方策(生活の質)、及び、社会開発と環境変化並びに防災施策を共生させる開発企画のあり方(環境の質)を研究することにより、災害対策の総合化課題の達成に貢献することを目指している。

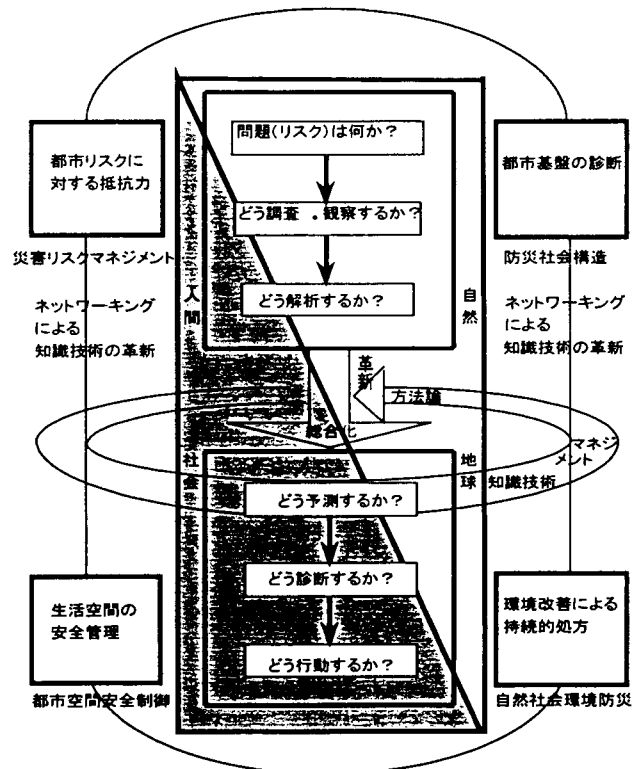
このような研究目的の達成には、個々の研究者が取り組む個別研究課題のみでなく、専門領域を越えた研究者相互間の学際的な協力が不可欠である。学際的な共同研究活動を円滑に進めるために、本研究部門では月1回部門内の研究セミナーを開催し、個々の研究者が抱える問題意識や興味、研究の状況などに関する発表、質疑を通じて問題意識の共有や共同研究の動機づけの契機を提供するとともに、本研究部門における今後の研究の方向性等に関して議論する機会を設けている。

さらに、本研究部門では研究スタッフのなかに非常勤講師として4名の研究者を迎え、さらに5名の学内研究者に研究担当を依頼している。総合的な防災研究には、自然科学にとどまらず社会科学分野との連携が不可欠であるという観点から、法学、経済学、保険学、心理学、情報科学、工学などの広い領域からなる研究者の結集を図り、総合化課題の抽出と共同研究の促進を図っている。

また、研究成果の公表・蓄積の一環として、平成9年度より「総合防災研究」を刊行し研究成果の普及に努めている。さらに、平成9年4月14日に「京大土木100周年記念シンポジウム-IDNDR防災の十

### 総合防災—都市診断の科学

Integrated Management for Disaster Risk  
The Science of Urban Diagnosis / Prognosis



総合防災研究部門における役割分担

年—社会の安全性と総合防災課題」(コーディネータ 亀田弘行教授、巨大災害研究センターと協力)を実施した。出席者は184名であり、広い関心を集めた。

また、国際的な共同研究ネットワークの充実にも積極的に取り組んでおり、米国、中国、カナダ、オーストリア等の研究者との共同研究が行われている。特に、米国、中国との共同研究(「大都市地震災害において許容される災害レベルに関する社会的合意の形成」(代表：亀田弘行教授)、「都市域の地震危険度予測と検証に関する日中共同研究」(代表：藤原悌三教授)は文部省の科学研究費(国際学術研究)の交付を受け、継続的に実施されている。また、平成9年度にはウィーン農科大学(オーストリア、ウィーン)のG. ウェーバー教授(農村・環境計画)を迎え、防災文化の比較研究を行った。

## 災害リスクマネジメント研究分野

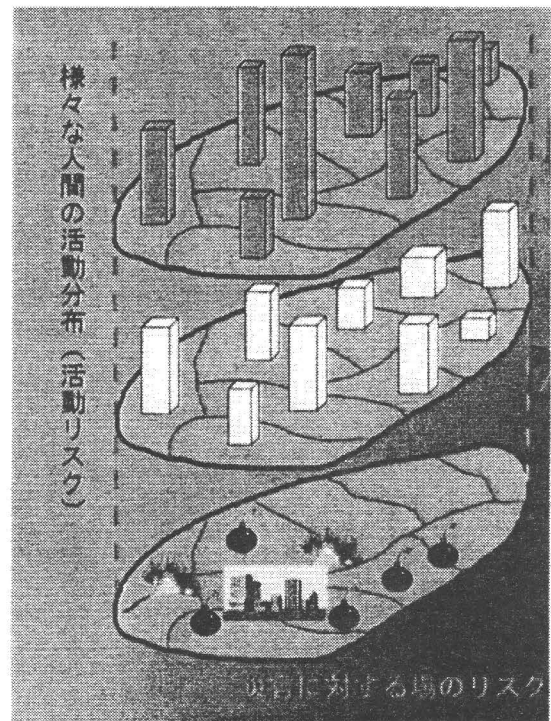
教授 岡田 憲夫、 助教授 多々納裕一

自然災害、環境災害などの災害リスクに対して有効な戦略を打ち立てていくためには、災害マネジメントの戦略についてリスク分析的視点から研究を進めることが必要である。自然・環境等からの外力の発生が被害をもたらす災害として顕在化する過程には人間の様々な活動が介在する。これらの外力と活動との相互作用によって被害の程度や災害からの回復の仕方が異なってくる。人間の活動は民間・社会資本の蓄積を介して被害を受ける客体の分布等を規定するとともに、防災のための社会資本の蓄積や制度等の整備、さらには災害文化の醸成等を介してソフト・ハードの社会基盤が形成される。本研究分野では、社会の「安全の質」を規定するという社会基盤整備の側面に着目し、ハード・ソフトの社会基盤の整備を通じた災害リスクマネジメントの方法論を提示することを目指して研究活動を展開している。同研究分野の研究課題を列挙すれば以下のようである。

- 1) 災害リスクの分析・評価方法
- 2) 社会的合意形成過程
- 3) 災害による社会・経済的インパクト
- 4) 災害マネジメントの戦略論
- 5) 災害文化の育成・継承

平成8年度より、本研究分野の研究は岡田教授が担当していたが、平成9年度より多々納助教授を迎え研究スタッフの充実が図られた。平成8・9年度の研究成果は著書2編(共著)、学術論文33編(うち審査付き19編)にまとめられている(巻末リスト参照)。さらに、平成8年度には岡田教授が土木学会論文賞を、平成9年度には多々納助教授が土木学会論文奨励賞を受賞するなど同部門における研究成果は高く評価されている。

平成8・9年度には、主として1)災害リスクの評価・分析方法、2)社会的合意形成過程、5)災害文化



人間活動に係わる災害リスク

の育成継承に関する研究を重点的に行った。

### 「災害リスクの評価・分析方法」に関する研究

災害が社会的被害を引き起こす過程には人間の活動分布や住宅・産業の空間的集積状況、社会基盤の整備状況、さらにはそれらを間接的に規定する法や制度、文化といった重層的な構造が介在する。そこで、人間活動の分布と災害のリスクとの関連を分析するためにニッチ分析を用いた方法論の開発を試みている。また、社会基盤の整備と災害リスクの関連性に関しては、道路網の冗長性解析手法を提案している。また、住居の空間分布のリスク解析のために、都市経済学的なアプローチに基づいて災害リスク情報の利用可能性と被害の発生可能性に関する理論的検討を行っている。

### 「社会的合意形成過程」に関する研究

個々の主体が自発的に協力関係を形成するようなルールの構築を目的として、分権的・自発的に形成される合意のネットワークが全体として望ましい状況をもたらすルールに関してゲーム論的な解析を行った。さらに、この過程において情報の非対称性

が重要な役割を果たすことに着目し、不完備情報下の交渉や交渉結果が不変となるような選好の構造に關しても検討を加えている。

#### 「災害文化の育成・継承」に関する研究

長崎水害、阪神・淡路大震災を対象とした社会的關心の変化を新聞の取り扱いの変化をもとに検討した。また、イジングモデルを用いて災害文化の形成やその風化の時空間的プロセスのモデル化も行っている。

今後は、3)災害による社会・経済的インパクトに関する研究、4)災害マネジメントの戦略論に關してもこれらの分野の研究も併せて精力的に推進していく予定である。

### 防災社会構造分野

教授 亀田 弘行、助手 岩井 哲

総合防災における集積化(インテグレーション)とその中心的手段としての防災情報課題を対象として、阪神・淡路大震災における複合的都市災害の分析結果をふまえ、災害現象の時間的把握の中で、多様な災害対策を備える防災社会構造の姿を描き、その実現への基本プロセスを構築する。特に、物理的課題・社会的課題・防災情報的課題を包含する視点を持つような、「社会の質」を備えた、総合的な防災体系のあり方を示す。同研究分野の研究課題を列挙すれば以下のようである。

- 1)防災対策の多面的構造の解析と総合化
- 2)防災情報システム論
- 3)防災地理情報システム
- 4)広域都市圏被災シミュレーション
- 5)災害からの復旧・復興計画論

平成8・9年度の研究成果は、著書3編(共著)、学術論文43編(うち審査付き6編)にまとめられている(巻末リスト参照)。さらに、平成9年度には亀田教授が国際構造物安全性・信頼性学会賞を受賞する

など、同部門における研究成果は高く評価されている。

1)防災対策の多面的構造の解析と総合化に關しては、平成8年度から10年度にわたる国際学術研究「大都市地震災害において許容される被害レベルに關する社会的合意(consensus on acceptable risk)の形成」(研究代表者：亀田弘行)において、阪神・淡路大震災(1995)と、ノースリッジ地震(1994)の経験を基に、地震工学・システム工学・地域計画学・社会心理学・経済学などの多分野の研究者との討議を行った。また、平成8年度共同研究集会(研究代表者：岩井 哲)として、阪神・淡路大震災における人的被害の構造を総合的に議論し、「人的被害研究会」を開催した。

2)防災情報システム論に關しては、平成9年度共同研究集会(研究代表者：亀田弘行)として、阪神・淡路大震災における情報課題を検証するとともに、データベースの構築法や情報技術の問題点の整理を行った。また、神戸市長田区役所で行った、倒壊家屋の解体撤去に關する活動をもとに、行政における情報システムのあるべき姿として「リスク対応型地域空間情報システム」の構築を提言した。

3)防災地理情報システム、5)災害からの復旧・復興計画論に關連しては、平成8年度より、兵庫県南部地震による西宮市の都市施設被害の地理情報システム(GIS)データベース化と多重分析を行っている。また、平成9年度には、今後の都市防災におけるライフラインの施設ならびに復旧活動のあり方について機能的に対応できるような資料を提供することを目的として、ライフライン復旧過程の時空間分布と都市生活の回復過程のGIS分析を行った。ここでは特に上水道およびガス施設に着目してGISデータベースを構築し、上水道とガスの復旧過程や相互關連、さらに市民生活に与えた影響について考察した。本研究は、京都大学防災研究所総合防災研究部門・防災社会構造分野と奈良大学文学部地理学科碓井研究室(碓井照子助教授)との共同研究という体制を

とった。

木造住宅の耐震性能評価のための実験的研究も遂行した。在来構法の既存木造住宅の耐震性能を静的水平力载荷実験に基づいて評価すると共に、木造軸組構造物の耐震補強効果と変形性能を定量的に評価するべく、実験を実施した。

4) 広域都市圏被災シミュレーション、に関しては、兵庫県南部地震における地盤の地震応答解析、阪神・淡路大震災における通勤行動の分析と空間情報展開、地震危険度評価に向けての震害空間データベースを構築し、広域都市圏被災シミュレーションのための準備を整えつつある。

## 自然・社会環境防災研究分野

教授 萩原 良巳

総合防災における中長期的な環境的課題に取り組むために、自然的(ジオ・エコ)・社会的(ソシオ)環境変化が防災または減災にどのような影響を与えるかを分析し、環境保全型の防災都市・地域づくりを研究する。このため、図-1に示すように、災害を「自然災害」「環境破壊災害」そして「環境汚染災害」の3つに分類し、その相互関連を分析するとともに、防災という視点から見て、より好ましい都市・地域づくりを環境の創成を通して実現する(自然科学と社会科学を結合した)計画方法論を体系化することが重要となる。

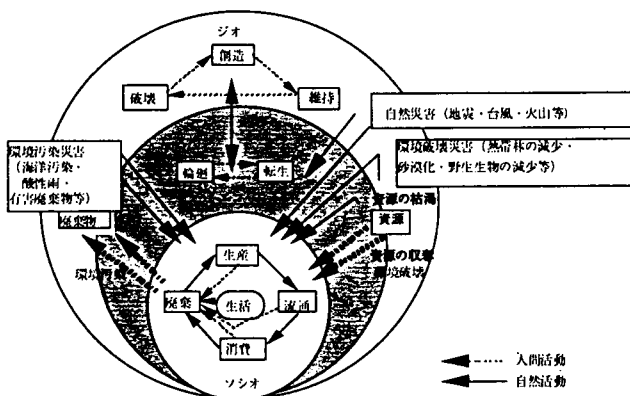


図-1 環境システムの認識と災害

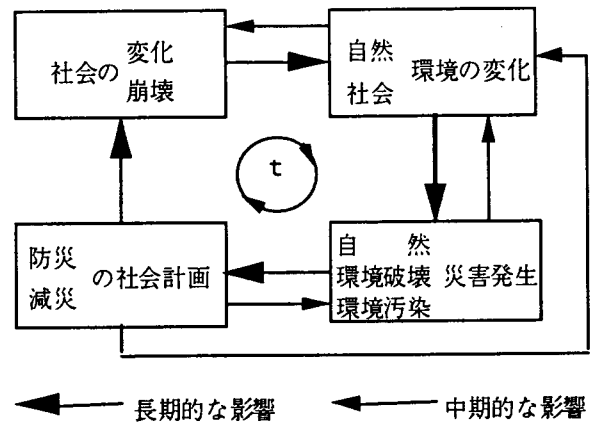


図-2 中長期的な環境変化と防災・減災計画の循環過程

以上のことから本研究分野の研究課題を列举すれば以下ようになる。

- 1) 自然・社会環境の変化過程
- 2) 自然・社会環境の評価システム
- 3) 環境保全型防災計画システム
- 4) 災害弱者のための環境防災システム
- 5) 環境と防災の情報システム

本研究分野は平成9年度より萩原教授が担当することになったが、この研究分野は全く新しい分野である。図-2に示すように、「社会の変化」「環境の変化」「災害の発生リスク」「社会計画」を一連の循環過程と認識したシステム論的な研究を行っている。平成9年度は研究の立ち上げが目的で、スタッフは1人、4回生2人でスタートした。平成9年度の研究成果は著書1編(共著)、学術論文8編(審査付きなし)でささやかなものであった。

平成9年度には、1) 環境の変化過程として、関西空港建設に伴う泉州地域の、特に社会環境の変化を多変量解析法を用いて分析した。そして、長良川河口堰の約40年にわたる環境保全か開発かという社会環境の変化過程をゲーム理論をもとにしたコンフリクト解析を行った。2) 環境の質の評価システムに関しては、特に川崎市の河川を対象として、ランダム効用理論を用いた環境の経済的評価法を試みた。3) 環境保全計画では、横浜の重要な環境要素であ



る鶴見川を対象として、システムズ・アナリシスを用いた計画方法論を展開した。5)情報システムとして、地震時と渇水時における水道供給の危機管理情報システムを分析し、都市浸水問題についても同様な分析を行った。さらに、日本海重油汚染における、ジオ・エコ・ソシオシステムにおける総合的な情報システムを構築した。

以上の研究には完成度の高いものもあるが、立ち上げ中のものもあり、このため今後、スタッフは一人であるが、他研究分野ならびに他大学等との共同研究を積極的に行って、研究を推進していく予定である。

## 都市空間安全制御研究分野

教授 藤原 悌三、助教授 鈴木 祥之

総合防災における物理的課題を対象として、都市空間の危険度評価手法の研究とともに、安全性と快適性を備えた質的に高度な生活空間を実現するための空間安全制御手法、都市空間構成要素の最適信頼性設計法、生活空間防災計画法に関する総合的な「生活の質」向上に関する以下の研究を行う。

- 1)都市住空間の総合防災
- 2)生活空間構造物の制震による性能向上
- 3)都市空間の安全性・信頼性設計
- 4)都市空間構成要素のデータベース化と災害予測
- 5)広域地震応答観測網による都市地震防災

平成8・9年度には、1)都市住空間の総合防災に関連して、科学研究費補助金平成6年度総合研究「平成7年兵庫県南部地震とその被害に関する調査研究」(代表者：藤原悌三)に引き続き、同平成7年度総合研究「平成7年兵庫県南部地震の被害調査に基づいた実証的分析による被害の検証」(代表者：藤原悌三)等を実施し、阪神・淡路大震災での都市地震災害を実証的に分析・検証することにより、都市直下型地震に対する人命の確保や生活機能の保持

を目指した災害に強い都市・社会を構築するための研究を行い、研究成果報告書にとりまとめている。特に、人的被害に注目し、阪神・淡路大震災を例として、死傷者発生要因に基づいて地震発生時刻の推移による被害推定を行い、総合防災研究部門報告・第5号にまとめている。

2)生活空間構造物の制震による性能向上については、阪神・淡路大震災において病院や通信施設など都市重要施設・建物の機能が損傷し社会的な問題となり、地震等による建物の振動を抑制する有効な方策であるアクティブ制震技術の早期実現が望まれている。平成8・9年度においては、大地震時にも適用し得るアクティブ構造制御システムの理論的開発と模型および実大構造物を用いた振動実験による検証を実施し、制震システムの技術開発を行った。構造制御理論および制御アルゴリズムに関する基本的な理論開発と実大建物実験による検証を中心に、さらに建物模型を製作して、振動台による制震実験を加えて研究を進めてきた。ここでは、構造物系モデルの同定法および応答推定法、5階建鋼構造実大試験架構を用いた地震応答加振システムの提案および地震波加振実験法の開発、LQ、LQGの他に極配置法や $H_\infty$ 理論による実験的検証などに多くの成果を挙げ、平成8・9年度科学研究費補助金基盤研究A「建築構造物の制震システムに関する理論的・実験的研究」(代表：鈴木祥之)報告書として、また国内・国際学会等で発表している。

3)都市空間の安全性・信頼性設計に関連して、地震外乱や構造物系に含まれる不規則性、不確定性を考慮し得る信頼度解析に基づいて構造物等の耐震設計を行うことが必要であるとの観点から、不確定構造物系の耐震信頼度解析法に関する研究を行っている。種々の破壊規範や複雑な履歴構造物が不確定パラメータを有する場合にも現実的に解析可能な手法を提案した。また、阪神・淡路大震災後、急務とされている木造住宅の耐震性向上に関連して、既存木造住宅や耐震要素として重要な壁等の実大実験によ

る耐震性能評価を実施し、従来の耐震性評価に再検討を行った。得られた実験結果を基に、木造住宅の不確定信頼度解析を介して種々の設計変数の決定法に関する研究に発展させている。これらの研究成果は、日本建築学会等の論文として報告されている。

4)都市空間構成要素のデータベース化と災害予測および5)広域地震応答観測網による都市地震防災については、京都市域を対象に地震応答観測網の整備が図られ、地震観測データの集積がなされており、また市域の建物等のデータベースを構築中である。今後、これらの研究も推進していく予定である。

また、平成9・10年度特定研究(9P-1)「都市空間の安全質向上のための生産・管理システムの構築に関する研究」(代表：鈴木祥之)では、都市空間の安全性を向上させる方策を提案することを目的として、建築物の単体だけでなく群としての検査システム、生産システム、品質管理システム等の検討課題に取り組んでいる。

## 3.4.2 地震災害研究部門

世界有数の地震国である日本において、建築物や土木構造物に代表される都市基盤施設には、大地震による強震動を受けても、崩壊することなくまた期待される機能を保持しうるよう、十分な耐震性能が付与されなければならない。そのためには、まず、「強震動がどのように生成され、またそれによって構造物がどう揺れ崩壊するか」を正しく把握することが求められる。そこでは、(1)外乱の源となる地震動発生メカニズム、(2)表層地盤内の地震動伝播特性、(3)地盤振動特性と構造物の振動特性の相関に依存する入力地震動特性、(4)構造物の弾塑性応答と崩壊特性、を明らかにすることが主要な研究課題となる。また、所定の耐震性能を付与するためには構造物をどう組み立てるべきかという、「耐震設計」に関わる諸問題が、(1)~(4)の知見を踏まえて解決され

なければならない。

「強震動地震学」、「耐震基礎」、「構造物震害」、「耐震機構」の四分野から構成される当部門は、地震動の発生メカニズム→地震動の伝播特性→入力地震動特性→構造物応答→耐震設計へと流れる、地震災害と地震防災にかかわるこれら一連の研究課題に、理学的と工学的、実験・観測的と理論的、また基礎的と応用的と、さまざまな視点と手法を駆使し、またそれらの融合をはかりつつ取り組んでいる。四つの分野が現在推進する主要研究課題は以下のようにまとめられる。

強震動地震学分野：震源過程、伝播経路特性、サイト特性を考慮した、地震動の生成伝播メカニズムの解明と、大地震時の震源近傍域における地震動予測とその評価手法の確立

耐震基礎分野：地震時における地盤の挙動、地盤-構造物系の非線形動的相互作用の解明と、震動制御法の開発を主眼とした土木構造物の耐震設計法の確立

構造物震害分野：シェル、トラス、膜構造などの大空間構造物を主たる対象とした、地震動の構造物への入出力特性、構造物ならびに構造物群の地震時挙動の究明

耐震機構分野：建築構造物を対象とした、構造物・部材の力学的特性の解明、衝撃的作用による構造応答の解明、損傷制御に立脚した耐震設計法の確立

また、より信頼性の高い地震動・地震時応答観測データを収集するための計測手法・システムの開発・改良をめざして、「既設空間構造の耐震性能と計測方法に関する研究」と題する四分野共同研究に着手している。さらに、防災研究所の共同研究の一環として、過去二年間に共同研究や研究集会を計5件組織し、地震災害、地震防災に関わる知識と情報の集積・普及にも努めている。

1995年1月の兵庫県南部地震では、数多くの建築物や都市基盤施設が大きな被害を受けるなど、日本

の耐震設計を見直す必要に迫られている。当部門では、地震直後の余震観測や被害調査などを通じて、兵庫県南部地震における地震動の性質や、構造物被害の状況を詳細に調査した。また当部門は、国際共同研究にも積極的に参加し、例えば、国際防災十年(IDNDR)に呼応して設けられた、文部省特別事業費による「中国およびインドネシアにおける自然災害の予測とその防御に関する国際共同研究」において主導的な役割を果たしているほか、「都市地震災害」に関する日米共同研究を実現するための基本的枠組づくりにも従事している。

地震発生→地盤中の地震動伝播→入力地震動→構造物応答→耐震設計へと流れる、地震災害研究部門の研究活動

## 強震動地震学研究分野

教授 入倉孝次郎、助教授 松波 孝治

助手 岩田 知孝

地震動災害の予測及びその軽減を目的として、地震波の生成伝播メカニズム(震源過程、伝播経路特性、サイト特性)の解明を行う。さらに、それらの研究成果をもとに、大地震時の震源近傍域での地震動予測、評価手法に関する研究を行う。同研究分野の研究課題は以下のようなものである。

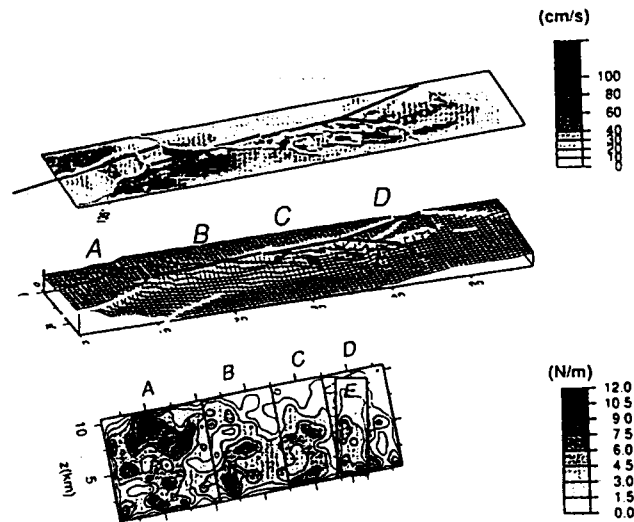
- 1)震源の物理に基づいた地震波発生機構
- 2)地震波の伝播・サイト特性
- 3)大地震時の強震動予測

平成7年兵庫県南部地震による阪神・淡路域の甚大な地震動災害は、我々強震動研究者にとって多くの問題をなげかけた。このような地震動災害を引き起こした強震動の生成メカニズムを説明することができるのか？ 大震災から学ぶものとして、今後の地震動災害軽減のためには何が必要なのか？ この2点について我々の研究分野においては以下のような研究に取り組んできた。

研究課題1)に関連して、強震動記録を用いた兵庫県南部地震の震源インバージョンを行い、兵庫県南部地震の震源モデルを求めた。また、地震発生直後から行われた強震観測記録を用いて、兵庫県南部地震系列の震源パラメータの推定が行われ、震源の相似則および本震すべりの空間分布と余震のメカニズムの関係についての研究が行われた。

研究課題2)に関して、主に兵庫県南部地震本震・余震記録を用いて上部地殻の地震波減衰特性の評価及び表層地質による増幅特性(サイト特性)の評価を行った。また兵庫県南部地震時に液状化災害が顕著であった神戸ポートアイランドでの鉛直地震アレイ記録を用いて、表層の軟弱地盤層の液状化による物理常数の時間変化を求めた。

研究課題3)に関連して、1)、2)の研究成果を総合



図：理論的手法による兵庫県南部地震時の震源域での最大水平地動速度分布。神戸・阪神間に帯状に広がる地震動分布が表現されている。

的に評価するために、兵庫県南部地震の震源域の理論的及び半経験的手法による地震動のモデリング(図参照)を通して、震源特性及び地下構造の地震動への影響評価を定量的に行い、地震動被害分布や地震動記録との比較を行い、手法の有効性を検討した。また、兵庫県南部地震で試された強震動予測手法をもとに、シナリオ地震に基づく地震動評価のための地震波モデリング手法の検討と、地震が発生した際

の地震動災害規模早期推定を目的とした、震源パラメータの即時推定や地震動分布の評価に関する基礎研究を開始した。

また、兵庫県南部地震の地震動に関する研究に加えて、地震動記録を用いた地下構造の推定手法に関する研究や堆積盆地において顕著である盆地生成表面波の生成伝播に関する現実的な構造モデルによる数値計算手法に関する研究をすすめた。これら平成8・9年度の研究成果は、著書2編、学術論文81編(うち審査付き23編)にまとめられている(巻末リスト参照)。

今後は、地震動の生成・伝播に関連した基礎研究を観測的研究及び理論的・半経験的手法により推進するとともに、シナリオ地震における地震動評価及び実時間強震動地震学に関連した研究を推進していく。本研究を円滑にすすめるために、本研究分野及び地震災害部門スタッフだけでなく、研究担当として京都大学釜江克宏博士、非常勤講師として東京大学額瀨一起助教授を、更に平成9年度にCOE外国人研究員としてスロバキア大学Peter Moczo教授を招聘し、理論的地震動予測手法に関する共同研究を推進している。また平成8・9年度にはリサーチアシスタントとして、Jorge AGUIRRE、関口春子、Nelson PULIDO(平成9年度)と共同で研究を進めた。

## 耐震基礎研究分野

教授 佐藤 忠信、助教授 澤田 純男  
助手 本田 利器

耐震基礎研究分野は、地震時における地盤の挙動と、地盤-構造物系の動的相互作用の解明、震動制御法の開発を行うことにより、限界状態設計法に基づく土木構造物の耐震設計法を確立し、地震災害の軽減を計ることを研究目的としている。主な研究課題を以下に列挙する。

1)地震動の予測とアイデンティフィケーション

2)地盤震動解析

3)地盤構造物系の動的相互作用

4)構造システムの同定

5)構造物の最適震動制御

6)地盤構造物の耐震設計法

平成8年度は佐藤教授と北助手が担当していたが、平成9年3月に北助手が東海大学に転任し、平成9年4月に工学研究科土木システム工学専攻より澤田助教授が、平成9年10月には建設省土木研究所より本田助手が着任した

平成8・9年度は、主にa)震源近傍の地震動推定法の開発、b)非線形構造システムの逐次同定手法の開発、c)地盤の非線形動的挙動の解明、d)可変減衰装置の開発、e)盛土構造物の限界状態設計法などの研究を重点的に行った。「震源近傍の地震動推定法の開発」に関しては、内陸地震による都市直下の地震動強度を簡便に推定することを目的として、地震断層の破壊過程、伝播経路の特性、局所的な地盤の増幅特性を周波数領域で評価することにより、地震動に対する構造物の最大応答値をスペクトルモーメント法により算出する方法論を提案し、1995年兵庫県南部地震の際の観測記録を用いてその有効性を検証した。「非線形構造システムの同定法」に関しては、強震時を対象として構造物が損傷を受けて非線形応答を示すときの、損傷部位の検出法を確立する必要がある。このために、忘却機能を有するカルマンフィルターならびにH無限大フィルターの開発を行い、構造物部材の応答が非弾性状態になるときの履歴特性を精度良く同定できることを明らかにし、構造部材の損傷程度を検出するための基本的なアルゴリズムを完成させた。「地盤の非線形挙動の解明」に関しては液状化に及ぼす地盤の不整形性の影響を明らかにする研究を実施するとともに、有限差分法と有限要素法を接続し、有限要素法の部分に地盤の表層非線形を取り入れた波動解析法を新たに提案した。また、このような大規模な計算を実施する場合には、しばしば解の発散が見られるが、これを

回避する方法として、デジタルフィルターを内蔵した時間積分法を新たに提案している。また、岩盤内での地震波の散乱を解析する方法として、波線理論に基づく解析法についても検討した。また、地震時における地盤内ひずみを直接測定するために、光ファイバーを用いたひずみ測定法を応用した測定装置を考案し、せん断土槽を用いた実験を行って実際に地盤ひずみが高精度で測定できるかを調べた。

「可変減衰装置の開発」に関しては、モータの発電作用を利用して制御力を発生することのできる電磁型可変減衰装置を試作して、すでに開発済みのオイル型可変減衰装置と共に、装置が発生する減衰力を制御するためのシステムを構築した。さらに、開発した装置と計算機との間で実時間でデータの交換を行うハイブリッド構造震動制御実験を実施して、可変減衰装置の有用性を検証した。「盛土構造物の限界状態設計法」に関しては、盛土構造物の崩壊部分と盛土本体間の動的相互作用の影響が小さいことを利用して、非線形1自由度系に盛土構造部をモデル化することによりすべり変位を指標とした限界状態設計法を提案した。

今後の研究課題として以下の項目があげられる。

- 1)地盤—基礎—構造物系の非線形動的相互作用のモデル化に関する研究
- 2)地盤—基礎—構造物系の耐震安全性の適切な配分を考慮した耐震設計法の開発
- 3)構造物の健全度モニターシステムの開発と、既存構造物の補強法の開発
- 4)構造震動制御技術を利用した構造物のインテリジェント化に関する研究
- 5)耐震設計用地震動の設定法と位相特性のモデル化に関する研究

## 構造物震害分野

教授 國枝 治郎、助手 諸岡 繁洋

本分野は元地盤震害部門であり、耐震工学における最重要課題の一つであった構造物の震害と地盤の動特性との関連性の究明と建築構造物とその基礎地盤の地震応答性状の的確な把握により、地盤—構造物系の合理的な震害防御・軽減の方策を樹てるための研究が行われてきた。だが、平成8年5月の組織改編により本部門は地震災害研究部門構造物震害分野へ移行した。それに伴い研究領域は主として建築構造物の地震応答特性の解明に移行している。現在、國枝教授と諸岡助手(助教授ポストの流用)、研究担当として工学研究科生活空間学専攻の河野允宏助教授の構成で研究に従事している。

現在の研究は建築構造物を対象に、特に大空間構造物(シェル、トラス、膜構造)に重点をおいて、地震動の構造物への入出力特性、構造物ならびに構造物群の地震時挙動の基礎的学理の究明を行うとともに、地震災害の防止・軽減を図るため、以下のような課題の研究を行っている。

- 1)構造物の動的安定限界解析法の開発
- 2)大張間曲面構造物の動特性および地震応答性状の解明と設計規範の確立
- 3)貯蔵タンク等容器状構造物の地震応答性状の解明と耐震設計法の確立
- 4)大空間構造物の弾塑性性能評価を取り入れた耐震設計法の基礎
- 5)最適化手法を用いた大空間構造物の形状決定法の確立
- 6)不安定構造物の分類と体系化
- 7)可動式構造物設計法

他大学研究者と連携の上で兵庫県南部地震による阪神地域に建設の社会、教育施設体育館等の空間構造の被害調査を行い、被害の極めて軽微なることを明らかにし、諸報告書を発表してきている。震災後この種構造物が避難場所として用いられ、都市の防

災、災害軽減上極めて有用な構造物であることの認識が高まりこれらの適切な配置が都市計画上の重要な課題になりつつあるが、これら構造物の設計に当たって適用すべき耐震規定我が国はもとより諸外国にも無い。現設計が過剰設計なのか否かを知るためにも応答解析が必要である。当分野では球形ドームシェル、屋根型円筒シェル、ラチス構造の地震応答特性の解明のための研究を理論解析的及び実験的に進めている。平成8・9年度科学研究費基盤研究(B)

(2)助成その他を受けて、行っている研究とその成果は

- ・屋根型円筒シェルの厳正解による振動特性、Kobe-JMA記録地震波に対する応答特性の解明
- ・同構造の振動特性、応答特性の近似解法の開発
- ・屋根型円筒ラチス構造の離散系手法による諸記録地震波応答解析
- ・屋根型円筒ラチス構造模型の振動台地震応答実験
- ・実構造物振動特性実測のための小型模型による測定法開発とデータ処理プログラム開発
- ・宇治市内小学校体育館2棟の振動特性の実測と解析
- ・球形ドームの非線形地震応答特性の解明
- ・球形ドームの動的安定限界地震強度の推定法

等で、これらの成果は国内外のシンポジウム等で発表してきた。

また、平成9年度には共同研究集会「シェル・空間構造の自然災害時非線形挙動とその抑止対策」(代表者國枝)を宇治キャンパスで開催し(24名の論文発表、80数名の参加)、論文集を刊行した。

他方、地震に強い軽量屋根架構として複合ケーブル構造と膜屋根材を用いたテンセグリティ構造の理論的および実用化研究を行い、実建築建設を可能ならしめた。

## 耐震機構分野

教授 野中泰二郎、助教授 中島 正愛

本分野では、主として建築構造物の耐震性能を理論的・実験的両面から解明するとともに、より高度な構造物耐震設計法の確立をめざしている。最近の研究課題は以下のようにまとめられる。

- (1)鉄骨構造物や構造部材の力学的特性の解明：静的・動的荷重を受ける鉄骨骨組の終局状態に関する理論、繰返し軸方向力を受ける弾塑性部材の履歴挙動に関する一般理論、骨組構造および構造部材の塑性疲労、曲げねじれを伴う部材と架構の弾塑性問題と安定問題
  - (2)衝撃的作用による構造応答の解明：地震波の破壊作用、衝撃荷重に対する大変形塑性応答
  - (3)構造物地震応答の再現：ハイブリッド型地震応答シミュレーション、連成系地震応答シミュレーション法の開発
  - (4)耐震設計への新しい試み：塑性変形の変動を考慮した信頼性設計法、損傷制御型耐震設計法
- これら研究課題のなかで、1996～1997年度では以下の成果を得た。

### 鉄骨筋かい材挙動における曲げ座屈・局部座屈・構面外座屈の相関

鉄骨造建物で多用されるH形鋼筋かい材を対象に、これら部材の繰返し載荷に伴う曲げ座屈、構面外座屈やねじれ変形と、局部座屈の相関を、筋かい材の断面形状、幅厚比、載荷偏心を変数とした一連の準静的実験から明らかにした。また、筋かい材の最大耐力、耐力劣化特性、エネルギー消費能力にも考察を加え、さらに理論展開による予測精度の検証も含め、鉄骨造建物の耐震設計の高度化に寄与しうる情報を提供した。

### 構造物の衝撃的破壊メカニズムの解明と防止

RC造橋脚の輪切り状の水平ひびわれや圧縮破壊、

鋼製柱脚の提灯座屈、鋼管柱や鉄骨部材の脆性的破断など、兵庫県南部地震で見られた特徴的な構造物破壊が、地震の衝撃的作用に起因する可能性があることを踏まえ、建築・土木構造物の衝撃的破壊発生のメカニズムを解明するための基礎研究を実施した。主な研究項目は以下のようにまとめられる。(a)構造物への衝撃的加力を、弾性棒の軸方向応力伝播という観点から理論的に考察し、兵庫県南部地震で観測された上下動加速度程度であっても、RC柱が損傷を受ける程度の応力が発生しうることを明らかにした。(b)鋼パイプやRC部材を対象とした衝撃圧縮試験を実施し、応力伝播に基づく破壊予測の精度を検証した。(c)衝撃解析用汎用プログラムを用いた一連の解析から、これらプログラムがもつ構造物の衝撃的破壊に対する有効性と精度を検討するとともに、兵庫県南部地震で被害を受けた実構造物に対する被害シミュレーションを実施した。

#### 鋼構造溶接柱梁接合部の塑性変形能力再評価

兵庫県南部地震で続出した、鉄骨造建物における柱梁接合部被害の原因を同定すること、より高い耐震能力を発揮できる梁接合部のあり方を求めて、実大柱梁接合部に対する一連の準静的・動的実験を実施した。動的に載荷する方が早期に破断するという従来の予測とは逆に、動的載荷による方が高い塑性変形能力を示しうること、その主原因が塑性化に伴う鋼材温度の上昇であることを明らかにした。また接合形式、接合詳細、溶接方法と、接合部の塑性変形能力の相関を定量化した。

#### リアルタイムオンライン応答実験法の提案と免震建物への適用

デジタルシグナルプロセッサと動的アクチュエータシステムを組み合わせ、振動台を使うことなく構造物の地震応答を再現しうる方法を提案した。リアルタイム応答を実現するために、地震応答解析、応答変位の外挿・内挿、アクチュエータの遅れ保証

を統一的に処理できるアルゴリズムを開発した。このシステムを10層免震建物の地震応答に適用し、本システムの有効性を実証した。

#### 履歴型ダンパー付き鉄骨造建物の耐震設計法

より高い耐震性能を建物に付与することを想定し、履歴型ダンパーを組み込んだ鉄骨造建物の地震応答と損傷特性を、履歴型ダンパーがもつ復元力特性の定式化、履歴型ダンパーに付与すべき最適剛性と最適耐力という観点から考察し、これら建物の耐震設計手順を示した。

以上の諸研究の成果として、1996～1997年度の二年間に、審査付き学術論文13件、国際会議等会議論文10件他を公表した。

### 3.4.3 地盤災害研究部門

地盤は人間生活の基本場であり、生活維持に必要な家屋その他の構造物の物理的基盤を形作る。地盤の変形や破壊、および土砂の流動は直ちに人間の生活を脅かし、しばしば人命をも奪う。このような災害の防止のために、従来、防災研究所では地盤災害、地すべり、地形土壌災害の3つの研究部門で基礎研究が行われてきた。平成8年の防災研究所の改組で、地盤災害の防止軽減のための研究をより総合的に、かつ強力に推進するために、1大部門4研究分野に組み替えられた。

地盤の変形・破壊やそれに引き続く流動の発生メカニズムを明らかにし、信頼度の高い発生予測をおこなうことは、地盤災害のハード的な防止対策の基礎となる。低平地の地盤は軟弱であることが多く、水の影響を受けやすい上、活発な経済活動がその上で営まれるため、構造物の力学的負荷を集中的に受けている。このような条件下にある地盤の力学挙動を解明するため、地盤防災解析研究分野が設けられ

た。山地地盤の破壊は、急速流動によって短時間の間に広い範囲の災害を引き起こしたり、継続的、あるいは間欠的なすべりによって、長い年月にわたる被害をもたらす。このような特性を力学的に解明し、災害防止に寄与するために地すべりダイナミクス研究分野が設けられた。

地盤災害は長い期間の地質・地形的変化過程の結果として、しかも突然に発生する場合が多い。そのため、長期的な地球環境の変化と地盤特性への影響とを結合した新たな研究が必要とされる。このような研究は、複雑な構成の地盤における災害予測に適し、広域的な地球環境条件を考慮した地盤災害のソフト的な防止対策の基礎ともなる。そのため、山間地域の災害環境の下での地盤災害を扱う山地災害環境研究分野と都市化の影響を強く受けた急傾斜地が引き起こす地盤災害を取り扱う傾斜地保全研究分野が設けられた。

地盤災害研究部門の現在の常勤スタッフは各分野の項に記した通り、教授4名、助教授3名、助手5名である。さらに、非常勤講師として沖村 孝、山岸宏光、鈴木浩一の各氏を迎え、学内の増田富士雄、足立紀尚、木村 亮、岡田篤正、北岡豪一の各氏に研究担当をお願いしている。また、地盤災害に関する総合的な研究を推進するためには、広く理学、工学および環境科学の分野との連携が不可欠であるという観点から、所外および学外の研究者との共同研究や研究集会を精力的におこなっている。国際的な共同研究ネットワークの充実にも積極的に取り組んでおり、世界の文化遺産を災害から守るための国際共同研究・国際シンポジウムおよび地盤環境科学の国際シンポジウムをおこなってきた。また、斜面災害研究推進会議を通じて全国の主要な大学及び国立研究機関と研究協力ネットワークを作っている。

教育面では、京都大学大学院理学および工学研究科の教育を分担しており、本研究部門の教官は合わせて21名の大学院生の指導教官を務めている。

最近、研究部門をあげて取り組んでいる研究課題に、地震による地盤災害の発生メカニズムと防災の

研究がある。1995年の兵庫県南部地震により、山地急斜面では岩塊の転倒や表層剥離などに起因する小規模で特殊な斜面崩壊が多発した。これに関連して、乾燥した斜面の地震時及び地震後の不安定化のメカニズムが研究されている。盛土斜面では地すべり的な円弧すべりが多発し、地下水位が高い場所では流動的な現象に発達して被害を拡大した。このような現象に対する地震時間隙水圧の影響が力学的に研究されている。低平地では液状化によって側方流動や護岸破壊が広範に起こり、人命被害だけでなく、地域経済にも大きな打撃を与えたが、地震時のケーソン式重力護岸の変状メカニズムの解明と対策に関する研究が進められている。

廃棄物を含む人工の物質によって形成される地盤の安全度が最近、社会的に緊急の課題としてクローズアップされているが、本研究分野では災害科学と環境科学を結合した形で研究を推進している。

## 地盤防災解析分野

教授 嘉門 雅史、助教授 三村 衛  
助手 勝見 武

本分野は、地盤に関わる自然災害や人為災害のメカニズムの解明とその防止・対策の提案・確立を目的として研究を実施している。平成7年兵庫県南部地震でみられた地盤の液状化、港湾護岸の被災といった地盤に関わる災害問題、酸性雨や廃棄物といった環境問題への地盤工学分野からの取り組みなど、研究活動は多岐にわたっている。平成8・9年度の主な研究課題は次の通りである。

- 1)地盤の液状化の評価と原位置試験の適用性
- 2)重力式ケーソン護岸の耐震性
- 3)地盤改良技術の適用と評価
- 4)酸性雨が地盤環境に及ぼす影響
- 5)廃棄物の地盤工学的有効利用と環境影響評価
- 6)廃棄物処分・汚染地盤対策としての地盤工学技術



1)および2)は兵庫県南部地震の被災により改めてその重要性が問われたテーマである。

1)については、現場より採取した様々な砂の動的三軸試験を実施し、その液状化特性の検討を実施している。また、ラジオアイソトープ(RI)コーンによる原位置地盤特性評価への適用性を検討し、さらにデルフト地盤工学研究所(オランダ)との共同研究としてコーン貫入メカニズムの理論的解釈を数値解析により試みた。

2)に関しては、遠心力載荷実験装置を用いた一連の模型実験を実施し、地盤と構造物の動的相互作用を検討した。

3)については、各種ある地盤改良技術のうち補強土技術、化学的改良技術に関して研究を遂行している。補強土技術に関しては、ジオシンセティック水平排水材を利用して盛土を構築した場合の、材料の排水、補強機能の評価とその合理的設計への組み入れなどについて、室内試験、数値解析、大阪府産業技術研究所との共同研究による現場実験などにより取り組んでいる。化学的改良技術については、4)および5)とも関連するテーマであり、セメントや石灰、さらには廃棄物を用いた地盤改良技術の改良効果とそのメカニズム、酸性雨曝露条件下の耐久性といった研究課題を実施している。

4)から6)のテーマは環境問題に関して地盤工学の立場からの貢献を目指したもので、これらの課題に関連して「環境地盤工学」という学問分野が確立されつつある。

4)は、地球環境問題となっている酸性雨が、地盤の、特にその工学的性質に及ぼす影響を実験的研究を中心にして検討したもので、土の劣化のメカニズムをマイクロに解析し、長期の劣化予測の手法を提案している。

5)は処理処分が問題となっている廃棄物の有効利用による環境保全、省資源を目指した課題で、固化処理技術による有効利用の可能性に関し成果をあげているが、廃棄物の有効利用による地盤環境影響評

価についてはまだ十分に議論がなされていないのが現状であり、重要課題の一つとして今後も精力的に取り組む。

6)は、セメントベントナイトの遮水特性、重金属遮蔽特性についての実験的研究を行っている。本テーマに関連して、勝見助手が平成10年1月より合衆国ウィスコンシン大学に一年間滞在し、コロラド州立大学との共同研究として粘土ライナーの化学的耐久性の研究を実施している。

上記の課題を中心に、平成8・9年度には37編の学術論文(うち審査付き30編)を発表した。平成9年度には嘉門教授、勝見助手らが日本材料学会論文賞を受賞している。また、平成8年11月には第2回環境地盤工学国際会議(社団法人地盤工学会と国際土質基礎工学会の共催)を、平成9年11月には第2回環境地盤工学シンポジウム(地盤工学会と京都大学防災研究所共同研究集会の共催)を事務局として開催し高く評価されるなど、環境地盤工学分野における本部門のプレゼンスを強く示している。W

## 山地災害環境研究分野

教授 千木良雅弘、助教授 諏訪 浩  
助手 斎藤 隆志

当分野は、平成8年度の改組で新設され、平成9年2月に千木良教授が迎えられ、そこから新たなスタートとなった。当分野では、主に山地で発生する地盤災害およびその素因となる地質・地形過程について、下記の項目を中心に研究を進めている。

- 1)山地災害の地質環境
- 2)大規模崩壊の発生場所予測
- 3)表層崩壊の繰り返しと免疫性
- 4)山地における侵食過程
- 5)突発的地盤災害の地質・地形学的研究
- 6)安全で有効な土地利用計画

平成8・9年度の研究実施内容は以下のとおりで

あり、研究成果は、著書1編、学術論文21編(うち審査付き9編)にまとめられている(巻末リスト参照)。

1)山地災害の地質環境：山地災害の発生には、山体が長期間にわたって様々に変形し、また、それを構成する岩盤が劣化することが重要な素因となっている。また、岩石が種類と生成以来の歴史に応じて風化することも同様である。当分野では、地盤災害を理解する上で基本的に重要なこれらの過程について研究を進めている。平成9年度には、我が国で岩石の風化研究に携わる様々な分野の研究者・実務者に呼びかけ、シンポジウムを開催した。

2)大規模崩壊の発生場所予測：大規模崩壊は小規模な崩壊に比べて発生の頻度が少ないが、一旦発生すると甚大な被害を及ぼすことが従来の経験からわかっている。我が国のように地震活動が活発な地域では、その発生場所の予測は緊急の研究課題である。当分野では、その発生場所を地質・地形学的に予測する研究開発を行い、少なくとも一部は予測可能であることを指摘した。平成10年度からは、特定共同研究として大規模崩壊の地質・地形特性の研究がスタートする。

3)表層崩壊の繰り返しと免疫性：表層物質の崩壊が豪雨などにより多発することは頻繁に経験することであり、また、地質によっては崩壊多発が同じ地域に何回も繰り返して起こり、多大の災害を発生してきた。当分野では、地域の長期的防災計画策定に資するため、岩石の急速風化、崩壊の発生と免疫性との関係について研究を進めている。また、崩壊発生の引き金となる降雨、地下水浸透現象について、試験流域を設定して、流出流量と土壌水分特性・斜面地下水位の応答・土塊の移動量などの関係を明らかにするために観測を中心とした研究を進めている。

4)山地における侵食・堆積過程：土石流の発生、流動、氾濫堆積のメカニズムを明らかにすることは、

土石流災害の対策を立てる上で重要である。当分野では、独自あるいは共同研究として、焼岳、雲仙、メラピの3火山と、中国の堆積岩山地に試験地を設けて現地観測を行い、上述のメカニズムを明らかにするとともに、土石流発生に伴う谷地形変化の特徴を明らかにして災害対策に資している。また、火山の噴火、降灰時の降雨流出と土砂流出の関係、および植生回復によるこれらの変化について研究を進めている。

5)突発的地盤災害の地質・地形学的研究：1990年から5年間継続した雲仙噴火災害の観測・調査を行い、土石流および火砕流の特性と災害の様相を明らかにした。1996年中国麗江地震災害を調査し、崩壊の分布、崩壊土砂量と地震のマグニチュードとの関係を明らかにした。1996年蒲原沢土石流災害を調査し、その土石流の流下形態と流動特性を明らかにした。また、1997年八幡平澄川の地すべりの地形および地質を調査し、地すべりの発達過程と原因を明らかにした。

## 地すべりダイナミクス研究分野

教授 佐々 恭二、助教授 福岡 浩

助手 竹内 篤雄

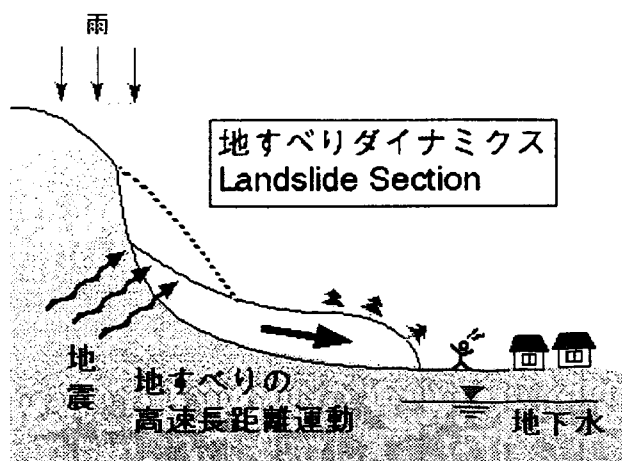
地すべりダイナミクス分野では、地すべりの予知・予測のために地すべりの発生運動メカニズムと地すべり危険斜面の監視システムの研究を行うとともに、地すべり対策に必要な地下水探査法の開発の研究を行っている。また、地すべり研究における中核的研究機関として国際地すべりニュースレター“Landslide News”(地すべり学会発行)の編集出版事務局を勤め、国内外の関連機関の協力を得て海外の主要研究機関に毎号2,500部無料配布している。具体的な研究テーマを以下に列記する。

1)新たに開発した地震時地すべり再現試験機による地震時地すべりと【すべり面液状化】発生機

構の研究。

- 2) 高速リングせん断試験機を用いた高速長距離運動地すべりの研究とそれに基づく運動速度と範囲の予測。
- 3) 高圧リングせん断試験機、三軸試験機を用いた地すべりの三次クリープと発生時間予知の研究。
- 4) 孔内温度検層、1 m深地温測定、地下水流向流速計などの地下水探査法の開発。
- 5) 人工衛星測量(GPS)を利用した不安定斜面監視システムの開発。

平成7・8年度には、主として1)の地震時高速地すべりの発生機構についての研究を行った。平成7年兵庫県南部地震では降雨の少ない時期であったにもかかわらず西宮市仁川地区で高速流動性地すべりが発生し34人の死者を出した。本分野ではその原因を調べるために非排水条件で5 Hzまでの繰り返し載荷ができる「地震時地すべり再現試験機」を開発し、仁川地すべり地から採取された砂質土について室内試験を行った。試験結果から、破壊後にせん断の進行に伴い過剰間隙水圧が大幅に上昇し、せん断抵抗が極めて小さくなる現象が生じることが確認された。研究の結果、飽和した砂質の土層が、ある一定以上の土被り圧の下でせん断を受けるとせん断ゾーンで砂粒子の破碎が生じ、粒子骨格の体積が減少しようとするためすべりゾーンでの局所的な液状化、すなわち「すべり面液状化」が生じることが見いだされた。そしてこの現象は、従来から知られて



いるゆるく堆積した砂層でしか発生しない液状化と異なり、中密や密な状態でも発生するものであり、種々のタイプの高速地盤崩壊(地すべり・崩壊・土石流)の基本的な発生メカニズムであることが分かった。この研究成果は第7回国際地すべりシンポジウムのSpecial Lectureで公表し高い評価を得ている。

平成8・9年度には、平成8年12月の新潟県蒲原沢の土石流、平成9年5月の秋田県澄川の地すべり・土石流、同7月の鹿児島県針原川の斜面崩壊・土石流など、地すべり・崩壊が原因となる土石流や崩壊土塊の高速長距離運動による災害が注目された。このため平成9年度には、研究テーマ2)のうち、「崩壊誘起土石流」の研究を重点的に行った。上記3カ所の土石流発生域から土砂を採取し、地震時地すべり再現試験機を土石流のような低圧条件でも試験できるように改造し試験を繰り返した結果、地すべり・崩壊土砂が溪床堆積物の上に急速に載荷した場合、「すべり面液状化」が発生し高速長距離運動が発生することを確認した。その研究成果は、「月刊地球」で崩壊誘起土石流特集号を編集し発表を行うと共に、「Landslide News」、「Landslide Risk Assessment」、「地すべり」などで公表した。

平成3年度より西安市において実施しているIDNDR特別事業「華清池(楊貴妃の宮殿)の地すべり災害予測に関する日中国際共同研究」の一環として、平成9年に中国西安市において国際地すべり災害予測シンポジウムを開催し、文化遺産の保全と地すべり災害予測の研究推進を求める'97西安宣言を発表した。この宣言に基づきユネスコ-IUGS合同の国際地質対比計画においてIGCP-425「文化遺産と地すべり災害予測」プロジェクト(FY 1998-2002、代表者：佐々恭二)が認められ、世界28ヶ国170人の参加による共同研究が開始されている。平成10年9月にバンクーバー、平成11年9月にユネスコ本部でIGCP-425全体会議を開催する予定である。

## 傾斜地保全研究研究分野

教授 奥西 一夫

助手 中川 鮮、横山 康二

都市域の膨張に伴って、居住地や鉄道、道路、河川、電力・通信線、パイプラインなどの生活上、防災上重要な施設に近接した急斜面の崩落・変形などによる災害が急増している。最近では、人家密集地の明白に危険が予測される急斜面については、各種の斜面安定工事が実施され、効果を挙げつつあるが、ライフラインに接した自然斜面、補強が行われていない斜面、および高い岩石質の崖で急傾斜地災害が多く発生する傾向がある。本研究分野ではこのような災害の防止のため、基礎的研究と総合的な傾斜地防災対策の研究を行っている。

急傾斜地を構成している地盤材料や地形条件は極めて多様である。さらに、これらの条件を精査することなしに、そこで起こっている水の動きや、それに基づく応力変化や地形変化などのプロセスを予知、予測することは困難である。そのため、急傾斜地における災害は、現象論的には、極めて偶発的である。このような災害へのアプローチとしては次の三つが考えられる。ひとつは推測学的方法であり、生起する現象を確率事象と見なすものである。このようなアプローチは、災害の影響を受ける自治体や企業の活動のあり方を政策論的に検討するときに、しばしば採用されるものである。他のひとつは、それぞれの斜面の形態や内部物性などを詳しく調査し、それに基づいて、斜面の安定、または起こりうる変形や移動を力学的に予知するものである。このような調査は、防災対策の現場において、防災実務機関によって実施されることが多い。第三の方法は、斜面地盤構造の形成プロセスと材料物質の変形・移動を引き起こす原因プロセスの解明による方法である。これら2つは互いに相互作用の形で結合しているので、水文地形学的相互作用として理解することができる。本研究分野ではこの基本的アプローチを中軸

として、傾斜地災害発生の確率統計的性質の解析、および実務的な防災・減災対策の吟味と総合化の研究をおこなっている。

現在進行中の研究課題は下記のとおりである。

- 1)不安定斜面の形成過程の解明：山地と平坦地の境界部における急傾斜地の発生に関わる、山地斜面と河川における土砂輸送の不連続性を地形発達の立場から解明する。
- 2)傾斜地地盤内の水文地形学的プロセス：強度の低い不安定物質を生成したり、運搬作用によってそれを除去または集積する水文地形学的相互作用の解析に基づき、傾斜地災害を予測する。
- 3)急斜面の地球物理学的探査法の研究：不規則な地形条件下で地盤物性を明らかにし、斜面の安定度を直接評価する。
- 4)急傾斜地災害防止の総合的対策の研究：斜面の補強工事の評価、災害発生予測、警報の発令と避難などを含めた総合的斜面防災体制を実態に即して評価し、あるべき姿を提案する。
- 5)急傾斜地災害発生の社会的条件と災害後の社会的影響をふまえた都市開発法の研究：災害の社会的拡大を防ぐための土地利用や開発規制のあり方をGISシミュレーションなどを駆使して検討する。

平成7年度の補正予算で購入された斜面防災調査設備は、試験運用を経て平成8年度に六甲山地南麓の千丈谷砂防ダム上に設置された。この上流には地震時に発生した斜面崩壊が多数あり、地震後の降雨による加速侵食や土砂流出特性の解明のため、多面的な連続観測をおこなっている。これと平行して、各地域でおこなわれている盛土による人工急斜面の力学的安定と環境への影響の調査研究をおこなっている。平成7年度には「災害危険個所の抽出のための地質学・地形学的手法」と題する研究集会を開催し、この問題について我が国での研究の中核になっている研究者を集め、現在までの到達点と、今後の発展のために必要な方策を討議した。

### 3.4.4 水災害研究部門

洪水、高潮、津波、土石流など、水と土砂に係わる災害の現象解明と予知・予測、およびこれらの災害の防止・軽減を図る方策の科学的基礎を樹立することを目的として、土砂流出災害分野、洪水災害分野、都市耐水分野、および海岸・海域災害分野の4研究分野が有機的連携のもとに研究を進めている。

戦後の混乱期から昭和30年代の中頃までは、大型台風が相次いで上陸し、大規模・激甚な洪水氾濫災害や高潮災害が発生した。これを契機として災害対策のための研究が進められ、また、行政的な対応も図られて、大規模な水災害はその後着実に減少してきたと言える。しかし、大都市とその周辺部での都市化が進む中で、山麓部の急傾斜地や低平な湿潤地帯が市街化され、土石流災害や内水災害が頻発している。現在では、わが国の自然災害による死者の大半は土石流などの土砂災害によっており、経済的損失の大半は都市の浸水被害によっている。市街地の集中度の増大に伴い、洪水や土砂の氾濫を許さないという方針は実現困難となってきた。氾濫する場合もあるという前提に立って被害を最小限に抑えるという方策が注目されるようになってきた。地下街その他危険地域や危険物が錯綜する中で、都市の氾濫災害を的確に予測し、避難等のソフト対策を含めた耐水都市を造る必要がある。地球温暖化の影響で猛台風の襲来や集中豪雨の頻発が心配されているし、海面上昇が懸念される中で、地盤沈下による防波堤の沈下も見られ、来るべき大津波や大高潮に対して、如何にして安全性を確保するかも問題である。

流域における砂防設備や洪水調節ダムが次第に充実し、利水ダムも方々で設けられるにしたがって、ダム下流の河川の河床低下や河口からの排出土砂の減少等による海岸侵食が方々で顕在化している。激甚な災害を防ぐための施策が、緩慢ではあるがかえって災害を助長する方向にも作用し、また、流域や海岸・海域の環境に悪影響を与えるようになっ

てきているのである。

水災害研究部門では、洪水氾濫、土砂氾濫、高潮・津波・高波等による被害のそれぞれの予知・予測や対策の開発、耐水都市システムの研究等を各研究分野で集中的に進めるのはもちろんであるが、河川流域及び海岸・海域を含めた広い範囲での土砂輸送の均衡を保持し、環境保全及び利水とのバランスを取りながら安全性を確保する方策の開発、低頻度ではあるが、高潮と洪水が重なった場合の氾濫流の大都市内での挙動と災害予測の研究など、部門の各分野が得意とする研究の集積が必要な課題を選定し、プロジェクト研究を活発に推進することになっている。これには、他研究機関の研究者にも適宜参加を依頼している。

平成8・9年度には、淀川および大阪湾といった大規模で、かつ、大都市を抱えている地域に大規模な台風が襲来した場合を想定し、それによって引き起こされる土砂流出、洪水流出、高潮・波浪を総合的に予測する統合型水象シミュレーションモデルの開発に着手した。これは、従来、山間部、平野部、河口・海岸部などのそれぞれの領域で個別になされる対応では根本的な解決にはいたらず、流域全体を視野に置いた水防災への取り組みが必要であるという視点からのアプローチであり、水災害研究部門全体の研究課題として鋭意、研究に努めている。なお、こういった総合的な水防災研究を推進するためには、その研究基盤として、土砂・水災害資料のデータベース化とその共有化を進めることが非常に重要となる。そのようなデータベースの在り方を討論するために、平成8年度特定研究集会（8S-3）「河川・水文データベースの構築とそのネットワーク共有化」を開催した。ここでの議論を受け、災害資料のデータベース化にも取り組んでいるところである。

## 土砂流出災害研究分野

教授 高橋 保、助教授 中川 一

助手 里深 好文

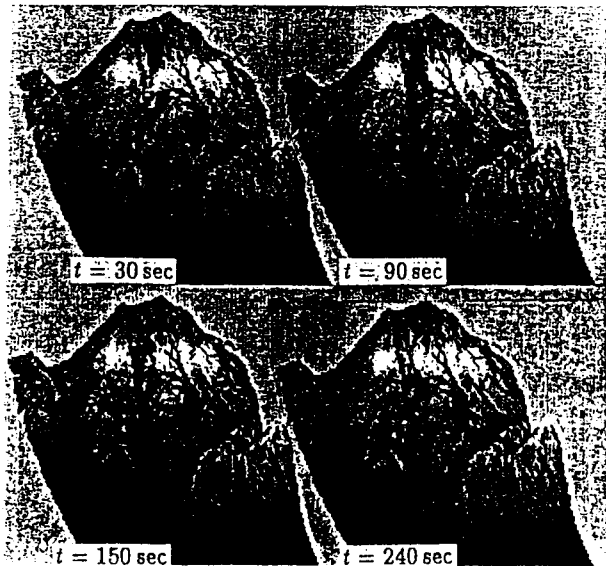
流域における土砂の生産過程と輸送・堆積過程に関わる諸現象を、素過程の力学的機構の解明とそれらの組み合わせさせたシステムとしての現象発現のシミュレーションを主体として、カタストロフィックな土砂災害、および自然的・人工的原因による流域内土砂配分の不均衡による諸障害の予測と防止・軽減のための方策を打ち立てることを目標として研究を行っている。本研究分野の研究課題を列挙すれば以下のようである。

- 1)土砂の生産・流出過程とその予測に関する研究
- 2)掃流砂、浮遊砂、土石流、岩屑流、火砕流、雪崩などの土砂の運動及び輸送機構の研究
- 3)河道・河床の変動機構とその予測に関する研究
- 4)土砂流出、河道変動の制御及び流域の総合的土砂管理に関する研究
- 5)土砂氾濫災害の予測と軽減に関する研究

平成8・9年度における各研究課題に関する研究内容を要約すると以下のようである。

「土砂の生産」に関しては、とくに地震時の山地斜面崩壊の機構に関して、地下浸透流がある斜面を対象とした大型の震動台を用いた実験を行い、すべり面の状況、間隙水圧の変動状況を把握し、有限要素法を用いた解析手法の開発を行っている。「土砂の流出」に関しては、集中豪雨災害のあった姫川流域を対象として、山地の崩壊土砂の流出による水源から河口に至る本川の河床変動を予測できるシミュレーションモデルを開発した。貯水池流域規模の流域からの長期的な土砂流出に関するマクロな取り扱いとして、流域の地形条件と、降雨、降雪量を組み入れた予測モデルを構築した。「岩屑流、火砕流、雪崩」に関して、粒子流の構成則を明らかにし、それを用いて、火砕流及び雪崩が前者では粒子衝突による粒子の粉碎、後者では粒子衝突による雪玉の生

成という機構を組み込むことによって共通に解析できるとの立場から理論を完成させた。これによって、雲仙普賢岳の火砕流や新潟県榑口雪崩などのシミュレーションができることが示された。「土石流」に関しては、粒子流の構成則に基づく石礫型や泥流型などの慣性領域の土石流理論を完成させるとともに、粘土等の微細成分を多量に含む粘性土石流に関して、粗粒子の分散機構を解明し、流動・堆積のシミュレーションモデルを開発した。また、継続して行っている中国との粘性土石流に関する共同研究によって、その実態が把握され、理論の検証がなされた。長野県蒲原沢土石流が粘性土石流であったことが明らかにされ、その解析がなされた。「河道・河床の変動機構とその予測」に関しては、山地河川の特性である網状流路の変動モデルの構築とシミュレーション、粒度分布の広い河床材料の場に種々の粒径の掃流砂が供給された場合の河床侵食式の導出、水みちの変動に対する巨礫の影響に関する研究を行った。「土砂流出の制御」に関しては、遊砂地の機能に関する研究を行うとともに、立体格子型砂防ダムの土石流かん止機能に関して、穂高砂防観測所の試験流域で実態把握を行った。「流域の総合的な土砂管理」に関連しては、ダムのバイパス排砂の機能に関して、排砂トンネル内の水理を含めて検討を行った。「土砂氾濫災害の予測と軽減」に関しては、岐阜県洞谷土石流を例として、ハード及びソフト対策のための計画土石流について、シミュレーションを基本とした考え方を提示した。また、地域住民個々の避難行動のシミュレーションをGISを用いて行う方法を開発し、具体的な避難所設定の考え方を示した。さらに、鹿児島県出水市針原川土石流のシミュレーションによる再現と砂防ダムおよび農業用ため池の演じた役割に関する考察を行った。



雲仙普賢岳火砕流のシミュレーション

## 洪水災害研究分野

助教授 立川 康人、助手 市川 温

洪水災害の発生要因と発生機構を究明し、その予測手法および洪水災害の防止・軽減を図る方策を得ることを目標に研究を行なっている。主要な研究課題は以下のものである。

- 1)洪水流出発生機構の解明とその数値モデル化
- 2)洪水のリアルタイム予測手法の開発
- 3)大規模河川流域の水循環に関する研究
- 4)河川・水文情報のネットワークデータベース化に関する研究
- 5)リモートセンシング情報による流域場情報の取得に関する研究

平成7年度より、椎葉教授が本研究分野を担当し、平成8年度からは立川助教授、平成9年度からは市川助手が加わって上記の研究を遂行している。なお、椎葉教授は平成9年度途中で京都大学大学院工学研究科に配置換となっている。

平成8・9年度の研究成果は著書1編(共著)、学術論文28編(うち 審査付き論文20編)にまとめられており、1)に関するもの11編、2)に関するもの4編、3)に関するもの7編、4)に関するもの1編、5)に関

するもの5編となっている。また4)に関するテーマに関しては、多くの研究者・実務者との議論の上に展開すべき研究であるため、平成8年12月に「河川水文データベースの構築とそのネットワーク共有化」という題目で研究集会(8S-3)を開催した。

研究論文の件数にも現れているように、上記の研究テーマを同時に進行させて研究を進めている。以下、各テーマごとに平成8・9年度の成果の概要を記す。

### 1)洪水流出発生機構の解明とその数値モデル化

合理的な河川計画を立てるためには、河川流域の多数の対象地点での河川流量を的確に再現・予測することが重要となる。そのための数値モデルである洪水流出シミュレーションモデルを開発した。特に、地形・土地利用・降水などの空間分布情報を入力とし、流域内部の様々な地点での水移動を再現・予測できる分布型流出シミュレーションモデルの開発に力点を置いた。

なお、このような流出予測システムのモデル化は、水文現象の各素過程をモデル化してそれを相互に接続することによって実現される。ところが、この要素の組合せが非常に複雑になってくると、モデル構築者に非常な負担を強いることになり、実際の場に応じたモデル構築が進展しない。

そこで、水文モデル構成法にオブジェクト指向設計手法を採用入れることで、共通の規格に沿ったモデル作成を保証し、かつ、モデル相互の接続・交換といった作業を容易にするシステムを開発した。

### 2)洪水のリアルタイム予測手法の開発

洪水災害の軽減を図るためには、実時間流出予測、すなわち、洪水が起こりつつある時点における将来の数時間先の流量予測が、水工施設の管理や避難体制を取る上で、非常に有効な情報となる。カルマンによるフィルタリング理論を利用し、時々刻々得られる降水や河川水位の情報を導入しつつ、将来時刻の河川水位・流量を予測する手法を開発した。

### 3) 大陸規模河川流域の水循環に関する研究

将来の水資源の変動や異常気象による水災害の発生を地球規模で予測するためには、気象予測モデルと連携した地上での水循環を表現するモデルが必須となる。このようなモデルを開発するために、気象現象の時空間スケールと地上での水理・水文現象の時空間スケールとの違いを考慮したモデル構成手法を検討した。

### 4) 河川・水文情報のネットワークデータベース化

洪水災害や流域水循環などの河川・水文に関わるデータは種々多様である。研究や実務で有効利用するために、河川・水文に関わるデータを管理するための手法を検討した。また、上述したように、平成8年12月に研究集会「河川水文データベースの構築とそのネットワーク共用化」を開催した。

### 5) リモートセンシング情報による流域場情報の取得

流域水循環・熱循環のモデル化に必要な物理量を、衛星リモートセンシング情報から抽出する技術開発を行った。また、大河川流域における水移動の実態を地球観測衛星を用いてモニタリングするための研究を行った。

以上、平成8・9年度において、物理的な基礎を持った分布型洪水流出システムの構築、オブジェクト指向設計を利用した水文モデル構成システムの開発およびその周辺分野の技術開発を進めた。我が国を始めとして、土地利用が非常に多様化しかつ複雑な水利用形態を取る流域では、従来の手法を用いた河川計画手法だけでは実際の水工現場での要求に対処できなくなっており、当研究分野で開発を進めている洪水流出システムを基に、新たな河川計画手法を提言することがこれからの課題である。

## 都市耐水研究分野

教授 井上 和也、助教授 戸田 圭一

わが国では、東京や大阪のように、沿岸域に巨大

都市が発達している。このような沿岸域は河川河口部の沖積地でもあるため、これらの都市は、陸性の洪水、内水、あるいは海性の高潮、津波、波浪などによる水災害を受けやすい宿命を負っている。とくに、都市が高度にまた多層に発達した今日、水災害による潜在的被害は著しく増大しており、災害の巨大化が憂慮されている。

このような状況の下、本研究分野では、まず、基礎となる沿岸域の水理の研究を進めるとともに、洪水や高潮、あるいはそれらが重なった場合の水災害の発生機構を、過去の事例や現在の都市特性を考慮して明らかにしようとしている。また、埋立などの都市臨海部の開発や地球温暖化に伴う海面上昇などのように境界・環境条件が変化した場合、水災害に現れるそれらの影響をシミュレーション解析によって考察している。さらに、都市における水災害の防止・軽減のための技術や対策をハードおよびソフトの両側面から立案し評価する方法を研究している。平成8・9年度の研究成果は学術論文20編(うち審査付き13編)にまとめられている。主な研究内容は次のとおりである。

- 1) 洪水、高潮などによる氾濫予測の研究：大阪湾域を対象として、洪水や高潮あるいはそれらの重畳により生ずる氾濫を、2次元平面流れとしての氾濫解析モデルを用いて考察した。ジェーン台風時の高潮氾濫の再現によってモデルの適用性を確かめるとともに、防潮堤や防潮水門からなる現行の大阪市の高潮対策がどの程度の有効性をもっているかも検討している。また、防潮システムが所定どおりに機能しなかった場合の氾濫規模を予測している。これらの解析では、外力である台風の変化や地形・水理条件の変化なども取り入れている。
- 2) 都市特性を考慮した氾濫水理の研究：道路、建造物の存在によって特徴づけられる高度に発達した市街地の氾濫水の挙動、ならびに地下街などの多層な地下空間へ浸入する氾濫水の挙動を



取り扱う氾濫水理を、上記1)と連携して研究してきた。市街地の氾濫解析においては、道路を1次元の開水路のネットワークと見立てた街路ネットワークモデルを新たに開発した。このモデルは、かなり細かい道路の影響を考慮することが可能であり、道路に沿って氾濫水が伝播する様子をより顕著にシミュレートすることに成功している。地下空間への氾濫解析においては、多層化している地下空間を複数の平面で構成される場として捉え、各平面において地下通路を1次元のネットワークとし、地下通路が管路流になる場合も考慮したモデルを開発した。このモデルを大阪市内の商業地に適用し、複雑な地下空間内の氾濫水の挙動を把握するとともに、浸水防止策の効果などを明らかにしている。

- 3)水災害の防御システムの研究：直接的な防御策の一つとして、都市の大深度地下空間を有効利用する地下河川の水理的な設計法を研究した。その結果、高落差の流水の減勢と空気混入量の抑止に関して、螺旋案内条をもつ渦流式立坑が有効なことや、立坑下方に狭窄部を設ければさらに効果的であることなどを明らかにしている。間接的な防御策として住民の避難行動を取りあげ、氾濫の数値解析と結合した避難シミュレーション・モデルを開発するとともに、避難所配置、避難情報の時機、住民の危機意識などによって避難の成否がどのように変わるかを解析し、安全な避難にとって何が重要な因子であるかを考察している。
- 4)沿岸水理の研究：沿岸域の海水と淡水の混合した汽水性を考慮に入れた3次元解析法により、河口近くの埋立が沿岸域の流れにどのような影響を与えるか、またその影響が河川の流れにどのように伝わるかを解析した。さらに、この解析法により、河口域の河川の水質や生態を大きく支配している塩水遡上の特性を水理的な観点から考察している。

これからの展開として、沿岸域の水災害の基礎となる沿岸水理学を土砂の輸送・堆積問題を含めて継続して研究するとともに、内水氾濫予測、水害ハザードマップ、GIS技術の応用、予・警報システム、諸外国の都市水害などについて研究の高度化と応用を図ろうと考えている。とくに、沿岸域での経済的発展の著しいアジア地域の都市の水害問題は、今後の重要課題の一つとみており、沿岸域の土砂堆積、河口閉塞あるいは航路維持などの問題も併せて、また時間、空間スケールが広い範囲にわたって分布していることに注目して、精力的に研究を進めることにしている。

## 海岸・海域災害研究分野

教授 高山 知司、助教授 間瀬 肇  
助手 吉岡 洋

周囲を海で囲まれているわが国は、海からの災害、つまり高潮や高波、津波によって多くの人命と貴重な財産が奪われてきた。特に、敗戦で荒廃した国土に災害が多発し、当時は災害から国土を護ることが国の重要課題であった。そのために、沿岸部における高潮や高波、津波の挙動を予測するための研究が精力的に行われるとともに、災害防御の観点から背の高い護岸や堤防が海岸線に平行に建設されてきた。当時の災害対策事業では、災害を効率よく防御することに主眼がおかれた。これは、限られた予算で頻発する災害を軽減しなければならない当時の状況の中ではやむを得ないことではあったが、災害の発生頻度や規模も減少し、成熟した社会となった現在では、単に災害軽減効率だけで護岸や堤防を建設することはできなくなった。災害はまれにしか起きない現象であり、災害のときにだけに役に立つだけでなく、環境にやさしく、日々の生活にも役立つ施設が要請されるようになってきており、防災性に加え快適性や景観性、利便性の高い施設の建設が重要と

なっている。

防災対策施設を設計するに当たっては既往最大の高潮や津波を対象にしているが、どうしても資料の充実している災害が対象となるために、対象期間は最大でも過去100年程度であり、そのために設計対象を越える現象が起きる可能性があり、実際にも起きている。そこで、施設で対応する現象の規模と避難等のソフト的に対処する規模とに分けて、防災対策を建てるが必要となり、異常な海象条件がどのような頻度で起きるか、また、施設で対処できる規模以上のものが起きたときにどのような災害状況になるか予め精度よく予測する技術が必要となる。

戦後の頻発した河川洪水災害と工業化に伴う水需要の急増に対処するために、河川改修が行われ、多くのダムが建設された。その結果、従来、河川から海岸に供給されていた土砂は、ダムで堰止められ、海岸線は後退し始め、海浜侵食が顕著になった。さらに、円滑な物流の促進のために、新たな大規模港湾の建設と拡張によって、海岸に沿う漂砂の流れは遮断され、海岸の侵食を助長した。そのため、失われた海浜を取り戻すための人工養浜が積極的に行われようとしているが、これを実行するためには、安定な海浜の造成技術と漂砂の制御技術の確立が急務となっている。

わが国の急速な工業化は、臨海部、特に、港湾内の水質の悪化を招いた。これは環境災害で、自然災害ではないが、災害であることには変わりはない。悪化した水質を浄化するためには、外海水との交換を促進させることが重要で、港湾内の流れの状況を把握して、適切な対策を立てることが重要となる。

以上述べたような現状認識に基づいて、海岸・海域研究分野では次のような研究を行っている。

- 1)高潮と高波の算定精度向上と同時生起特性の解明
- 2)陸上部における津波の挙動特性と構造物に与える影響
- 3)非線形多方向不規則波の変形計算法の確立

4)海浜の安定化工法の開発と洗掘機構の解明

5)海岸・港湾構造物の確率設計法の確立

6)閉鎖性海域における海水交換特性と水質のモニタリング

平成8年から9年の研究成果は、著書1編(共著)、学術論文29編(うち審査付き19編)にまとめられる。これらの研究成果のうち約半数の15編は、他大学あるいは他研究組織の研究者との共著で、他組織との共同研究を活発に行っている。

実務で直面している問題に対して研究者の立場から解答を与えることは、工学者としての我々の義務であるとの認識と実際問題との関わりの中で研究しなければならぬとの見地から、毎年1課題は実務の問題を取り上げてきた。これによって、大学院生や若手の研究者が陥る実務と研究との乖離を避けるように努力している。

今後は、上述した1)~6)の研究を遂行し、災害防衛に欠くことのできない防災対策施設の設計に必要な技術情報が提供することができるよう努力する予定である。

### 3.4.5 大気災害研究部門

大気災害研究部門では、大気乱流・局地気象・豪雨・台風・大気循環・大気組成の変化とそれに起因する異常現象や気候変動・変化の機構、および強風・乱気流が建物や構造物に与える影響に関して、理学・工学の両面から研究を行い、もって大気災害の防止・軽減に資することを目的としている。

本研究部門は、災害気候研究分野・暴風雨災害研究分野・耐風構造研究分野の3つの分野からなる。1997年度には、前年度末の定年退官に伴い、災害気候研究分野と暴風雨災害研究分野それぞれの教授が着任した。

災害気候研究分野では、大気組成の変化や大気・海洋循環の変動に伴って生じる異常気象・異常気候

の発現および気候変化・変動との関係を解明するための研究を行っている。暴風雨災害研究分野では、集中豪雨・台風などメソ異常気象の構造・発生・発達機構やそれらと様々な空間規模の大気運動との相互作用や大気環境変動との関連を研究している。耐風構造研究分野では、構造物に作用する風の性状やそれによる構造物の挙動を野外観測・風洞実験・数値シミュレーションによって解明し、風による災害の防止と軽減のための耐風設計法の確立を目指している。

このように当研究部門では、地球規模から局地規模までの様々なスケールの大気災害を研究対象としている。部門全体は、物理学・化学を背景にして、気象力学・流体力学・構造力学など「力学」を共通の学問基盤としており、プロジェクト研究を通して有機的な関係を保っている。特に、大型研究プロジェクトの推進のために、国内および世界における研究拠点としての役割を果たしている。

1989-1993年度には、国際共同研究特別事業「黒河流域における地空相互作用に関する日中共同研究」(HEIFE: HEIhe river Field Experiment)の研究代表を務め、さらに、残る問題解決のために科研費国際共同研究AECMP(Arid Environment Comprehensive Monitoring Project)を推進してきた。これらのプロジェクトを契機として、現在も乾燥地域および半乾燥地域における地空相互作用と異常気象現象の解明に取り組んでいる。

1996年度からは、気候変動国際共同研究計画(WCRP)の大型サブプロジェクト「全球エネルギー水循環研究計画」(GEWEX)の一部である「アジアモンスーンエネルギー水循環研究観測計画」(GAME)の推進にも貢献している。このプロジェクトでは、特にチベット高原における大気境界層観測(GAME-Tibet)で中心的な役割を果たすとともに、熱帯気象観測(GAME-Tropics)にも参加している。この他「アジアでの酸性雨数値モデル研究プロジェクト(RAINS-ASIA)」の研究代表、「大気汚染長距

離越境輸送研究プロジェクト(日中韓3国およびモンゴル・北朝鮮を含む5カ国)」、科学研究費特定領域研究「対流圏化学のグローバルダイナミクス」などの中心的役割を果たしている。

1992年から出発したオクラホマ大学との共同研究の継続として、いくつかのトルネード災害例を実地検分し、その要因を分析する手法を提案している。本部門では、境界層風洞実験施設と人工衛星受画装置などのハードウェアとともに、ソフトウェアとして大気拡散予測システム・気象数値予測モデル・ラージエディシミュレーションモデルなどの気流予測モデル、酸性雨・光化学・大気汚染の長距離輸送・反応・沈着プロセスの数値予測モデルを保持・整備している。一方、構造物実験を行う際の計測手法の開発にも努力している。これらの活用による研究推進とともに、一般共同研究・特定共同研究の支援を得て、3研究分野が協力して「全国共同利用」の役割を積極的に果たしている。特定共同研究としては、「メソ異常気象現象の数値シミュレーション」、「実物大建築物の強風応答計測法の確立」の研究を実施し、一般共同研究としては、「台風の強風による被害の確率的予測法に関する研究」を実施した。また、特定研究集会として、「都市域におけるメタンの発生・分布に関する研究会」を開催した。

3分野が協力してさらに研究推進を図るために、1997年度特別事業費により、地球規模からメソスケール、都市・建物規模の現象を統一的に取り扱う数値モデルの構築に取り組んできた。しかし、大規模施設である「境界層風洞」については、建設後17年を経過して、遺憾なことに維持費の支援がなく、運転にも差し支える状況にある。

さらに、自然災害科学総括班において、八丈島を襲った台風9617号、九州北部で発生した強風被害、バングラディッシュの竜巻、インドネシア森林火災など、大気災害に係る「突発災害研究」の推進役を果たしてきた。

## 災害気候研究分野

教授 岩嶋 樹也、助教授 田中 正昭

助手 寺尾 徹

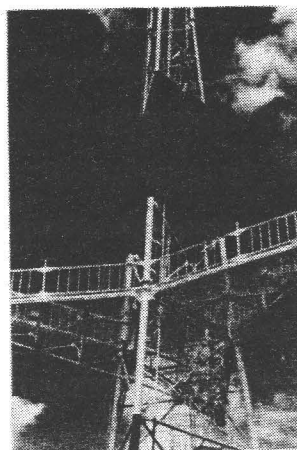
人間活動の進展は、様々な規模の気候にも影響を及ぼし、それが種々の大気災害を引き起こすとともに経済・社会に大きな影響を与えるまでになっており、それが来世紀にはさらに大きくなることが懸念されている。このように、将来の気候の変動・変化によって生ずることが予想される災害に対処するためには、これまでに生じた異常気象の発現機構や気候システムの維持・変動の機構を様々な面から明らかにすることが要請されている。

災害気候分野では、異常気象とその発現過程、気候の変動原因とその機構を解明することを目標にして、次のような項目に関する研究に取り組んできた。

- 1) 人間活動などによる大気組成の変化とその気候および災害への影響
- 2) 大気大循環の変動による長雨・旱天・異常高温などの異常気象の発生
- 3) アジアモンスーンの変動とその異常
- 4) 様々なスケールにおける大気と陸面・海洋の相互作用とその気候への影響
- 5) 地域的・局地的な循環と、災害を伴う局地的な強風、豪雨、低温、霧の解明

平成8・9年度には、対流圏大気組成の変化に関連した研究として、対流圏オゾンや硫黄化合物の収支を明らかにするために、全地球3次元化学輸送モデルの開発(「対流圏オゾンとその前駆気体の全地球的な収支を解明するための全地球3次元輸送—化学モデルの開発」・「対流圏硫黄化合物の3次元輸送—化学モデルの開発」)を行い、そのための基礎的研究、さらにモデルシミュレーションを行った。

大気大循環の変動に関しては、北半球の中緯度偏西風帯に現れる大規模擾乱(準定常ロスビー波)のふるまいについての基礎的研究を行った。また、このロスビー波が夏期アジアの天候を大きく左右するモ



局地異常気象観測解析装置

ンスーン循環の変動にどのような影響を与えているかについての観測データに基づく研究をすすめた。

局地循環に関する研究としては、夏期晴天日の夕方、京都盆地に進入し持続する局地的な風系についての研究をすすめた。観測的研究からその時空間的構造を明らかにした。そのメカニズムを検討するために、モデルによるシミュレーションを行い、海陸風と、山地が京都盆地内の局地循環に影響を及ぼしていることを指摘した。宇治川水理実験所構内に局地異常気象観測解析装置(写真参照)を設置し、常時下層大気の構造を観測している。

一方、熱帯海域でのメソ対流系の組織化において重力波が果たす役割について、観測と数値シミュレーションの両面から研究している。

大気メタンは、二酸化炭素に次ぐ重要な温室効果気体であり、また全地球的に増加傾向にあって、その動向が注目されている。しかし、その発生・消滅についての要因・量など、まだまだ不明な点が多い。特に拡大の一途にある都市域は、人間活動が集中し、特有の発生・消滅源が存在している。まず不明確な都市域での大気メタンの実態・挙動を明らかにするために、名古屋市や愛知県を対象に選び、大気汚染関連の資料と独自の観測による研究を開始した。平成8年には、これまでの研究結果を集約し、今後の研究方向を定めるために、防災研究所特定研究集会(8S-4)として「都市域におけるメタンの発生・分布に関する研究」会を開催した。

## 暴風雨災害研究分野

教授 植田 洋匡、助教授 石川 裕彦

助手 堀口 光章

台風、竜巻、集中豪雨などによる異常気象現象の構造とその発生・発達機構、様々なスケールの大気運動間の相互作用と大気環境変動との関係などを解明し大気災害を防止、軽減することを目的として、次の課題について研究を行っている。

- 1) 台風の機構とそれに伴う暴風雨の規模
- 2) 温帯低気圧及び巨大積乱雲の異常発達の解明
- 3) 人工衛星及び気象情報を用いた集中豪雨、竜巻、ダウンバーストなどのメゾ異常気象の実時間監視と災害予測法の確立
- 4) 人間生活に直接関係する大気境界層内の気象環境とその地形による変形
- 5) メゾ異常気象現象の数値シミュレーション技術の開発
- 6) 大気汚染物質の長距離輸送・反応・沈着機構と酸性雨など大気環境変動との関係
- 7) 気象環境の計測法

以下は平成8・9年度におけるものを中心としたそれぞれの課題に関する主な研究活動である。

まず研究課題 1)に関しては、日本気象協会との共同研究事業「台風による風災害の予測法の開発」(平成9年度)を実施した。また、非常勤講師(平成9年度)の藤井健京都産業大学教授を代表者とした一般共同研究「台風の強風による被害の確率的予測法に関する研究」(9G-6)を実施した。

2)と3)に関しては、平成9年8月に発生した大阪府箕面市を中心とした集中豪雨について、既存の気象データを用いた事例解析を進めると共に、気象庁関西航空地方気象台と協力して、同気象台に設置されているドップラーレーダーのデータを用いた解析を実施している。これについては平成8年8月から平成9年12月までCOE非常勤研究員であった野沢徹博士の貢献が大きい。また、白浜空港の竜巻(平

成9年5月)、九州北部の雷雨(平成9年10月)、九州北部の強風(平成10年3月)などの気象災害に関する現地調査や資料収集を災害観測実験研究センターと協力して実施した。

3)に関連しては、静止気象衛星「ひまわり」(GMS)の地球画像データを連続受信、保存して上記のような異常気象現象の監視と解析に使用しているほか、平成9年12月に、新たに打ち上げられた中国の気象観測衛星「風雲2号(FY-2b)」の受信試験を行い、良好な画像データ取得に成功した。

4)に関しては、平成8年度から5ヶ年計画で、国際共同研究特別事業「アジアモンスーンエネルギー水循環観測研究計画(GAME)」を研究実施機関の一つとして遂行している。この研究計画においては、チベット高原上の地空相互作用の研究を主に担当しており、平成8年度に現地調査を実施し、平成9年度には主要な観測機器を設置して観測を開始した。また、関西電力の委託で実施してきた実験用送電線「敦賀実験線」での山岳地における風の分布と乱流特性などについての観測を終了し、最終報告書を取りまとめた。

5)については、特定共同研究「メゾ異常気象現象の数値シミュレーション」(8P-5)において、米国オクラホマ大学で開発されたストーム予報モデルARPSの導入とこれを用いたシミュレーション研究を展開した。これについてもCOE非常勤研究員であった野沢徹博士が中心的な役割を果たした。

6)に関しては、「アジアでの酸性雨数値モデル研究プロジェクト(RAINS-ASIA)」の研究代表として計画を推進し、「大気汚染長距離越境輸送研究プロジェクト」や科学研究費特定領域研究「対流圏化学のグローバルダイナミクス」などの研究にも参加している。また、平成9年11月5-7日に「3rd International Joint Seminar on the Regional Deposition Processes in the Atmosphere(第3回大気中の地域規模沈着プロセスに関する国際ジョイントセミナー)」を国立環境研究所と共催した。このセミ

ナーでは東アジア、欧州、北米など地域規模の沈着プロセスについての最新の研究成果が発表された。さらにこの課題については、中国より洪鐘祥教授、黄美元教授(中国科学院大気物理研究所)を招聘し、共同して大気中の長距離輸送機構や地域規模沈着プロセスについての観測結果の検討を行うとともに、大気質の輸送、反応、沈着総合化数値モデルの各プロセスサブモデルの検証を行った。

7)に関しては、平成8年度に香川大学森征洋教授を代表者とする「強風の計測に関する研究集会」(8K-2)を開催した。また、4)の研究で使用する移動式乱流計測装置の設計、乱流輸送計測装置の計測プログラムの作成を行った。このプログラムは、中国科学院蘭州高原大気物理研究所、中国気象科学院の研究グループなどで使われている。

## 耐風構造研究分野

教授 桂 順治、助教授 丸山 敬  
助手 奥田 泰雄

本研究分野では構造物に作用する風の性状やそれによる構造物の挙動などの解明を行い、風災害の防止・軽減のための研究を行っている。平成8・9年度の研究成果は学術論文13編(うち審査付き6編)に纏められている。本研究分野の研究活動の概要は次のとおりである。

### 1) 強風災害の実状調査

強風による災害が生じた場合現地調査や文献に基づいて強風災害の実状を明らかにし、将来の研究目標とする。平成8年9月八丈島を襲った台風9617号、平成9年3月米国アーカンソー州(写真参照)、平成9年10月九州北部で発生した強風による被害等の調査を行った。その結果、米国アーカンソー州での被害には竜巻のような回転流だけでなくダウンドラフトと呼ばれる直線流による被害があり、目下研究協力校であるオクラホマ大学と共同でこれらの強風災

害の調査法について検討中である。



米国アーカンソー州での強風災害

### 2) 構造物に作用する風圧力と動的応答

構造物に作用する風圧力および構造物の動的応答に関する研究を自然風中および風洞内で行っている。自然風中では大阪府中央区に建つ高層建物を使って建物に加わる風圧力の実測を日本建築総合試験所、大林組と共同で行っている。また、潮岬風力実験所において、野外に高さ8mの角柱模型を設置し、自然風中に置かれた物体に作用する非定常な風圧力の性状を調べている。さらに、種々の静圧計を開発して自然風中での静圧性状についての研究も行っている。本課題は特別共同研究9P-4「実物大建築物の強風応答計測法の確立」の主要な研究テーマである。また、強風による瓦の飛散機構を解明するために、瓦屋根模型を野外に設置し日本建築総合試験所と共同で研究を行っている。風洞においては、静止した角柱模型や強制振動された角柱模型の側面の風圧力を多点同時計測し、物体まわりの圧力場の研究も行っている。

### 3) 市街地上空の気流性状の数値シミュレーション

市街地のような複雑な粗面上における気流性状を明らかにするため、乱流モデルを用いた計算手法の開発を行い、実際の市街地における建物の形状データを用いて、上空のシミュレーションを行った。計算結果は、ドップラーソーダによる観測結果と比較され、計算手法の精度、適用限界等が検討された。

また、計算結果により、風速分布や乱れの状態等、市街地上空の気流性状が検討された。

#### 4) 非定常流れ場の数値計算のための流入変動気流場の発生

建築物まわりの気流性状の数値計算に際して、流れの時間変動を計算する場合には、流入境界面における風速の時刻歴が各計算点に対して必要となるが、複雑な粗度形状をもつ市街地等では接近流が乱流になっている。したがって、流入面における乱流性状をできるだけ自然風に近づける必要があり、条件付確率場の理論を用いた変動風速場の人工的な生成法を開発した。

#### 5) 相似則

乱れに関するTaylorの凍結仮定を拡大解釈すれば、すべての時系列データを距離座標に変換することが可能となる。1点で計測される風速ベクトルを時間積分して得られる流程という概念を定義することで、この流程の曲率が物体回りの流形形成に関与していることを発見した。この視点から、いわゆる境界層風洞実験というものを解釈すれば、それが低レイノルズ数と送風機の一様かつ定常性に依存するという欺瞞性が明らかになった。

### 3.4.6 災害観測実験センター

本センターは、観測や大型実験による共同研究を推進し、災害現象の理論的な分析、物理的実験、現地観測ならびに数値シミュレーションの手法を駆使し、自然災害の予測・防止・軽減に関する研究を有機的に行うことを目的として、1996年の防災研究所の改組に伴い、部門に属していた実験所、観測所を統合して設立された。図に示すように、災害水象、土砂環境、気象海象、地震動の4研究領域で構成され、宇治構内のほか2実験所(宇治川水理実験所、潮岬風力実験所)および4観測所(穂高砂防観測所、徳島地すべり観測所、大渦波浪観測所、白浜海象観

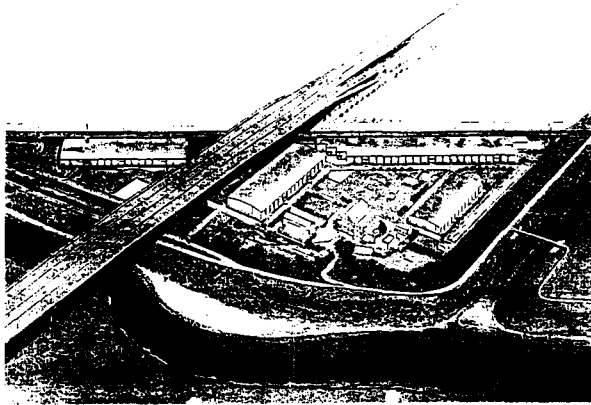
測所)を研究活動の場としている。

センター会議が2~3ヶ月に1度の間隔で開催され、各研究領域間の情報交換が図られるとともに、自然災害の学理究明・予防・防止・軽減等の総合的な立場から、協調的な研究活動および共同研究活動の促進が行われている。また、年に数度のセンター運営協議会により、センター外の専門家に本センターに関する客観的な意見・判断を求める機会が設けられている。

各研究領域としては、施設の全国共同利用を原則として、他大学および官・民の研究機関との共同研究を精力的に行っている。また、その成果を学会等での発表や各種論文集・報告集への投稿を通して社会に還元するとともに、情報公開の重要性から、各実験所・観測所における実験・観測データの公開を検討し、一部では既に観測および解析データの公開を行っている。

国際的な共同研究活動としては、外国人研究者を積極的に招き、国際的な連携により最先端の研究に取り組んでいる。京都大学防災研究所が1997年にCOEに指定されてからこれまでに2人のCOE外国人研究員を招き、これ以外の外国人研究員制度においても、既に8人の受け入れを行ってきた。現在は3名が本センターで研究活動を行っている。また、研究員帰国後も、いくつかの共同研究が行われている。

今後は、本センターの特色を最大限に活かし、学際的な研究を推進するとともに、次世代の防災学を視野に入れた独創的な萌芽研究も積極的に取り上げていく予定である。



実験棟移転後の宇治川水理実験所

## 災害水象研究領域

教授 今本 博健、助教授 石垣 泰輔  
 助手 上野 鉄男、武藤 裕則、馬場 康之

災害水象研究領域は、平成8年5月の防災研究所改組に伴い、災害観測実験センターの一研究領域として、宇治川水理実験所において研究活動を行っている。宇治川水理実験所は、水災害に関する学理とその応用の研究を目的とする実験所として昭和27年3月に発足して以来、工学および理学の総合的立場から豪雨、洪水、氾濫、土石流、高潮、津波など水災害現象の実態把握とそれらの予知ならびに対策技術の基礎的研究を着実に進め、我が国の防災研究の進展に大きな寄与をなして来ている。近年は、豪雨による洪水災害、台風による高潮災害、または地震による津波災害などのいわゆる水災害の発生機構および被害の防止・軽減方法について、観測および水理実験の手法を用いた研究を行っている。さらに、自然環境を保全し、適切な開発を行うために、重力流、風成流、潮汐流、密度流の特性などについても観測・実験を行っている。

この領域の主な研究課題は以下のようである。

- 1) 洪水流の観測および実験
- 2) 湾域・湖沼の流れの観測および実験

## 災害観測実験研究センター

### 災害水象研究領域

#### 宇治川水理実験所

水災害の発生機構・被害防止・軽減方法に関する観測・実験的研究。種々の流れの水理学特性に関する基礎的実験。模型実験

### 気象海象研究領域

#### 大瀬波浪観測所・白浜海象観測所 瀬戸風力実験所

暴風雨の立体構造・強風特性、高潮・異常波浪、高浜変形予測、海岸侵食制御などに関する観測・実験的研究。

### 土砂環境研究領域

#### 種高砂防観測所 徳島地すべり観測所

山地荒廃・環境悪化を引き起こす土砂移動現象、地すべり規模の推定、水層地盤の液状化などに関する観測・実験的研究。

### 地震動研究領域

3次元強震実験装置による水理構造物の耐震・応答特性、遠心力載荷実験による地盤の弾塑性地震応答に関する研究。

## 災害観測実験センターの組織

- 3) 水理現象に関する模型実験
- 4) 水理構造物の防災機能に関する実験
- 5) 水理環境保全工の機能に関する実験

平成8・9年度の研究成果は学術論文19編(うち審査付き12編)にまとめて発表している。(研究業績リスト参照) 研究内容は、主として1)洪水流の観測および実験、2)湾域・湖沼の流れの観測および実験、3)水理現象に関する模型実験である。以下に研究の概要を示す。

洪水流に関する研究は、実験水路を用いた基礎的な研究と観測が行われ、流れの構造および河床形状について検討されている。実験的な研究では、流れの抵抗、底面せん断応力分布および物質の輸送に係る流れの3次元構造について、直線水路および複断面蛇行水路を対象に詳細な速度分布および乱れの計測や流れの可視化実験を行い、2次流の構造や流れの抵抗増加の機構を説明している。一方、斐伊川を対象とした洪水の観測を行い、洪水時の水位・流速、水面流況、河床形状の変化に関する詳細なデータを得ており、洪水時の流速分布の時間的な変化特性や増水期と減水期の各段階における河床波の空間分布や波高・波長の時間的な変化特性が明らかになっている。

湾域・湖沼の流れに関する研究では、大阪湾および久美浜湾を対象とした水理模型実験と久美浜湾に



における現地観測を行っており、得られた結果に基づき閉鎖性水域の流動特性や海水交換特性について考察するとともに、水理現象に関する模型実験手法についても検討を加えている。大阪湾内の流れについては、トレーサ粒子を追跡するラグランジュ的手法により残差流について検討し、瀬戸内海を東進する流れが湾内の物質の移動に大きく寄与することを示唆している。また、久美浜湾内の流れについては、現地観測、水理模型実験および数値シミュレーション結果を用いて流動特性を検討し、湾口の水道部付近に形成される渦が海水交換に寄与していること、水温・塩分濃度が不連続となる領域が存在していることなどを明らかにした。さらに、実験結果と数値シミュレーション結果が良い一致を示すことから、久美浜湾内の流動を良好に再現する実験手法に関する知見を得た。

今後、1)から3)の研究課題については、さらに詳細な実験および観測を行って現象の解明に努めるとともに、4)水理構造物の防災機能および5)水理環境保全工の機能に関する研究を進めていく予定である。

なお、上記の課題以外に、平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震による河川堤防・護岸および貯水池・ため池の被害に関する調査結果をとりまとめるとともに、地震時における河川施設の治水機能を考える上で検討すべき課題を指摘した研究も行っている。

## 土砂環境観測実験研究領域

教授 関口 秀雄、助教授 澤田 豊明、末峯 章  
助手 小西 利史

山崩れ、地すべり、土石流など、不安定土塊の崩壊と土砂流出に伴う山地・丘陵域の災害リスクの軽減、ならびに沿岸域における未固結堆積地盤の液状化に伴う災害リスクの軽減を目的とした実証的、学際的研究を推進している。主要な研究を列挙すると、

以下のものである。

- 1)不安定土砂の生産と流出に関する観測研究
- 2)河道、河床変動の観測研究
- 3)山体変形、土圧変動の計測と山体解体過程の研究
- 4)地すべり地における地下水と土塊移動の観測研究
- 5)水際地盤の液状化、流動変形および粒子移動
- 6)耐波・耐水構造物の地震時変形と耐震補強メカニズム

上記研究テーマ1)、2)に関しては、平成8～9年度に穂高砂防観測所の立地条件を活かし、4試験流域(足洗谷、蒲田川、高原川およびヒル谷試験流域)において、火山地域の土砂生産・流出・堆積現象とこれらの現象に支配される地形変動や水生生物の溪流環境の実態解明に重点をおいた現地観測を実施した(協力機関：大同工業大学、立命館大学、滋賀大学、名城大学、京都大学農学部、建設省)。さらに、火山砂防対策の基礎資料を得るために、焼岳試験流域を中心にして「火砕流・土石流堆積物の電磁気特性」および「地球電磁気特性による火山活動のモニタリング」の課題で富山大学理学部と共同研究を実施した。これらの研究テーマに関連して、平成8年度共同研究集会：「流砂現象と地形変動から見た土砂環境問題」、平成9年度研究集会：「流域不安定土砂の生産・流出予測と流域一貫安定化法の展望」を穂高砂防観測所において実施した。

研究テーマ3)、4)は地すべりの発生と移動機構の解明に焦点を当てたものである。平成8～9年度には、徳島地すべり観測所を拠点として、地すべりダイナミクス研究分野との緊密な連携のもとに、地すべり地の地表面変形、地下水圧、地すべり土塊移動中の土圧の経時変化計測を実施した。その結果、結晶片岩地すべり地における降雨と排水量の関係が明らかになった。また、兵庫県南部地震によってクラックが発生した花崗岩質の地すべり地においても動態観測を実施し、クリープ特性等を明らかにしている。地すべりに関する研究成果の社会への還元を図るために、徳島地すべり観測所では、地すべりダ

イナミックス研究分野と共同し地すべり学会との連携のもとに、学術シンポジウムと現地討論会を積極的に開催してきた。すなわち、平成8年度：「傾斜地保全と地球環境シンポジウム」、「予知困難な地すべり解明のためのシンポジウム」、「紀伊半島における結晶片岩地すべり」現地討論会。平成9年度：「最近の地盤調査法と問題点シンポジウム」、「地すべり調査・観測の新しい展開シンポジウム」、「四国における蛇紋岩地すべり」現地討論会。

水際地盤の液状化の問題は、沿岸域におけるリスク軽減のために極めて重要である。本研究領域では、この課題に対して遠心力場波浪実験法を開発し、世界に先駆けて過剰間隙圧の蓄積に伴う波浪载荷による緩詰め砂地盤の液状化過程を再現した。さらに、液状化に伴う土粒子移動を表す地層の波状変形パターンを見出しており、その成果は国内外から注目されている。また、土の繰り返し塑性と部分排水の影響に着目した解明を、地震動による地盤の液状化問題に対しても展開している。平成9年度には、岸壁、防波堤、河川堤防などの耐波・耐水構造物の地震時変形挙動をターゲットとする「水際地盤の動力学ワークショップ」を開催した。最近では、我が国に多数現存する重力式護岸構造物の耐震性能の改善を視野にいたした耐震補強メカニズムの研究にも積極的に取り組んでいる。

## 気象海象観測実験研究領域

助教授 山下 隆男、林 泰一

助手 芹沢 重厚、加藤 茂

発達した台風、低気圧による暴風の立体構造や強風の特徴、それによって生じる高潮、異常波浪の発生、発達機構、および地震津波の発生、伝播と、これらを外力とする構造物の振動、破壊、海浜の変形などの観測事実を基礎として、災害現象の解明やモニタリング、さらには観測と数値モデル、物理モデ

ルとの併用、同化による災害のリアルタイム予測、長期予測のための基礎研究を行っている。

これらの観測研究は、白浜気象観測所、潮岬風力実験所および大潟波浪観測所の所属3観測施設の総合的研究として推進されている。最近の研究テーマは以下のようなものである。

- 1)高潮ダイナミクスと数値予知
- 2)大気-海水循環系の3次元シミュレーション
- 3)大気境界層における強風の観測
- 4)大気と地面とのエネルギー交換(大気陸面相互作用)
- 5)構造物に対する強風災害
- 6)海浜流の3次元構造と海浜変形予測
- 7)海浜工学へのアプローチ

1)~7)の個々の研究概略を以下に示す。

- 1)高潮の発生機構は強風による吹き寄せと気圧低下による吸い上げに分類できる。吸い上げ効果は大気圧の低下に伴う海面上昇で静的な現象であるが、吹き寄せは海水の流動に起因するため、それを数値モデルで再現する場合には、海面せん断応力、風波、海底摩擦の流れに及ぼす影響を明確にする必要がある。これは風から波浪へ、波浪から流れへと遷移する運動量の移動ダイナミクスであり、いわゆる大気-海面過程の研究であり、田辺・中島高潮観測塔を用いて大気-海面過程に及ぼす風波の研究を行っている。
- 2)海水流動の外力は風、風波および潮流であり、吹送流と波浪流を3次元問題としてどのように再現するかがポイントである。周囲を山で囲まれた海域の場合には、陸上地形の影響を考慮した海上風の再現が必要である。すなわち、海水流動の数値モデルを構築するには、風域場、波浪場、3次元吹送流場を結合して再現しなければならない。本研究領域では第3世代の波浪モデル(WAM)、3次元海洋循環モデル(PCM)およびメソスケールの3次元大気乱流モデル(HOTMAC)を結合させ、メソスケールの大気-海水循環系の3次元シミュ

レーションモデルの構築と観測データの同化を行っている。

- 3) 強風の非定常、非均一な構造を明らかにするためには、実際の観測が不可欠である。潮岬風力実験所の野外実験場の高さ20mの観測鉄塔を利用して、台風や冬季の季節風の吹き出しの実際の強風時に、いくつかの高度に設置した3次元超音波風速計や風車型風向風速計によって連続観測している。またそれ以上の高度については、ドプラーソーダーを利用して高さ約400mまでの3次元的な風速分布を観測できる。特に台風9607号の上陸の際には、ほぼ中心が真上を通過し、台風の眼付近の強風の構造が明らかになった。
- 4) エルニーニョなどの異常気象現象が頻繁に発生し、大気大循環モデルによる環境予測が重要な課題になってきているが、精度のよいモデルの作成には、長期間にわたる風向風速、気温湿度などの気象要素だけでなく、地面からの運動量、顕熱、潜熱などの輸送量を正しく評価することが必要である。3次元超音波風速計や赤外線湿度変動計などの応答の早い計測器を利用して、長期にわたる乱流輸送の測定を実施している。
- 5) 台風や竜巻などの発生時に、強風に起因する被害の防止を目的として、実際に発生した被害の実態を調査している。台風9019、9119号、1997年10月九州中北部で発生した強風被害の調査を実施した。また、台風や冬季の季節風時に、実大の構造物模型に作用する風圧や風による振動を測定し、被害発生メカニズムを探っている。
- 6) 日本海沿岸の冬期季節風時の海浜流には、波浪流と吹送流とが同程度の寄与率で混在していることを観測棧橋を援用したADCP観測から明らかにしてきた。波浪流は、砕波によって発生するせん断流特性の強い流れで、吹送流は、強風によって発生する広範囲にわたるせん断流である。このような流れの場を再現するには、破碎特性、風によるせん断応力特性を十分考慮した数値モデルが必須であるため、平

均海面上での砕波によるせん断応力、鉛直渦動粘性系を通して波浪、乱流モデルと連立する3次元海浜流、海浜変形予測モデルを構築している。

- 7) 海岸侵食制御、海岸保全の動向は、ハードな構造物からソフトな砂浜海岸の造成へと移行している。これは砂浜海浜のもつ消波機能や環境維持機能の重要性、柔軟性、自然との調和および経済性が見直されたことと、海浜変形予測がかなりの程度で可能になったことによる。養浜による砂浜の造成、維持のための技術開発、自然環境への影響評価、経済効果、砂浜の管理等を総合的に検討する海浜工学(Beach Engineering)の確立を目指した研究計画、組織作りを行っている。我が国に適したソフトな海岸侵食制御工法のひとつとして、ヘッドランド群により動的あるいは静的に安定な砂浜を形成させ、海浜を安定させる工法(安定海浜工法)を提案し、その現地適用を検討している。

## 地震動観測実験研究領域

この研究領域は、強振動観測、地震波による地盤調査、大型構造物-地盤系の地震応答、耐震特性の実験研究を目的としているが、現在、定員が付いていない。設立後は、災害水象、土砂環境、気象海象の3研究領域が地震災害研究部門と共同して、以下のようなテーマで研究を行っている。

- 1) 耐波・耐水構造物の地震時変形と耐震補強メカニズム
  - 2) 津波の伝播、陸上遡上の数値シミュレーション
  - 3) 地震時の河川施設の治水機能
- 研究の概要は以下のようである。
- 1) 耐波・耐震構造物の地震時変形と耐震補強メカニズムの研究では、土の繰り返し塑性と部分排水の影響に着目した解明を、地震動による地盤の液状化問題に対して展開し、岸壁、防波堤、河川堤防などの耐波・耐水構造物の地震時変形挙動をターゲットとする「水際地盤の動力学問題ワーク

シヨップ」を平成9年度に開催した。また、我が国に多数現存する重力式護岸構造物の耐震性能の改善を目的とした耐震補強のメカニズムを行っている。

2)津波の伝播、陸上遡上の数値シミュレーションでは、地震によって発生する近地津波の伝播および陸上への遡上の数値モデルを開発している。この数値モデルにより、1993年の北海道南西沖地震津波の伝播、青苗地区への氾濫の数値シミュレーションを行い、災害調査から明らかにされた津波の挙動が数値計算でよく再現されていることを示した。また、秋田沖仮想地震の場合の日本海全域における津波の伝播シミュレーションを行い、この地震による津波の沿岸分布を明らかにした。また、そう遠くない時期に発生が予測されている、南海道地震、喜界島沖地震による津波伝播、遡上の数値シミュレーションを行い、避難対策のための基礎資料を公表した。

3)地震時の河川施設の治水機能の研究では、平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震による河川堤防・護岸および貯水池・ため池の被害に関する調査結果をとりまとめるとともに、地震時における河川施設の治水機能を考える上で検討すべき課題を指摘した。

### 3.4.7 地震予知研究センター

地震予知研究センターは、地震発生とその予知に関する研究を総合的に推進するために、平成2年6月、防災研究所及び理学部にあった地震予知に関連する研究部門・センター・観測所を統合・再編成し、新たに防災研究所附属施設として設置された。本センターは、固体地球科学を基礎とした多くの研究分野の緊密な協力によって、地震発生のメカニズムの解明、それに基づく地震予知とそのための技術開発を目指して研究を行なっている。このための研究

組織として、6専任研究領域(地震テクトニクス・地震発生機構・地殻変動・地震活動・地震予知計測・地震予知情報)、1客員研究領域(地球内部)、総合処理解析研究領域およびリアルタイム地殻活動解析研究領域および地震予知の研究には不可欠な8観測所(上宝・北陸・逢坂山・阿武山・屯鶴峯・鳥取・徳島・宮崎)を有している。平成6年度からは、第7次地震予知計画に則って、地震予知特別事業(広域かつ高性能地震観測・海底諸観測・GPS観測・広域地球電磁気学的構造調査・西南日本内帯観測網の波形データ総合処理・飛騨周辺地域総合観測)を実施してきており、多大の成果を挙げてきている。特に阪神・淡路大震災を引き起こした平成7年1月17日の兵庫県南部地震の発生に関しては、地元の研究組織として大いに調査研究に貢献した。残念ながら、事前の予知には至らなかったが、この地震の発生へ向けての地殻活動の活発化など貴重な知見を得るなど、地震予知の研究を発展させた。この地震によって生じた野島断層については、地震予知計画特別事業(活断層の深部構造調査)によって全国の関係研究者と共に、断層の破壊後の回復過程に関する研究を推進している。観測所において観測されたデータは全国関連研究者に提供して利用されてきており、観測所の施設そのものもそれぞれの地域における各種観測の基地として、関連研究者に利用されている。

引き続き定員削減のもとで必要な事務的・技術的研究補助のための人件費、多量のデータ収録・処理・解析に要する人件費は、センター全体で年間2千万円を越すところとなっており、研究費の圧迫、研究者への研究時間の切り詰めをもたらすところとなっている。経常的な研究費の削減という状況のもとで、このような財政的な圧迫は初期の研究目的遂行の一層の大きな支障となっている。

センターの人的資源に関しては、統合時に理学部から借用した定員返却のため、新規の若手研究者の補充が十分に行なえず、このための研究の活力の低下は否めない事実である。センターにおける研究の

活性化、国際的な貢献を図るためにも設置当初から要求してきた外国人客員(グローバル・テクトニクス)の設置が強く望まれる。

大学院学生数の増加、外国からの留学生の受け入れ、交流研究者の来訪などには、研究室を含め、教育研究施設の充実が欠かせない。当センターにおいては、部屋のやりくりなどで、当座の状況を切り抜けているが不十分な状況にあり、十分な教育が出来ていない。教育関係施設設備の充実は緊急の課題である。

## 地震テクトニクス分野

教授：安藤 雅孝 助教授：橋本 学  
助手：中西 崇

世界地図を見ると地震が発生する場所は限られている。地震はどこにでも起こるわけではなく、特別な条件が成り立つ所にのみ起こる、“珍しい”現象と言える。地震は、どのような場所、どのような条件のもとで起こるのか、地球の内部構造やダイナミクスと関連づけて研究するのが、地震テクトニクス領域の研究目標である。したがって、地震に関連するテーマはすべてが本領域に関連するものである。

- 1) 日本列島の変動とプレート運動
- 2) 南海トラフ巨大地震の発生の準備過程
- 3) 海底地殻変動測定機器の開発
- 4) 内陸活断層の変動パターンの研究
- 5) 活断層破碎帯の深部構造の研究

1) 日本列島はプレート境界に取り囲まれている。この境界は海洋プレートが大陸プレートに沈み込む境界である。駿河湾から東海、四国沖、九州沖ではフィリピン海プレートが沈み込む。このうちでも、南海トラフと呼ばれる沈み込みに伴う地震は、巨大地震を引き起こすことが知られている。また、これらプレート運動による応力により、内陸部に歪が蓄積し、内陸地震発生の遠因となっていると

考えられている。したがって、日本列島全域の変動とこれを取り巻くプレートの運動の解明は、地震予知あるいは地震発生危険度評価にとって不可避の課題である。このため、全国の大学の地震観測網、気象庁、科学技術庁強震ネット等の地震観測データ、国土地理院のGPS連続観測データ等の公開データ、さらには独自の観測データに基づき、日本列島とその周辺で発生する地震のメカニズム、日本列島のブロック構造とその運動の推定、及び、これらとプレート運動との関連、などに関する研究を行っている。また、沈み込み帯の変動様式を理解に向けて、世界の他の沈み込み帯との比較研究が、重要である。このため、同じ沈み込み帯に位置するフィリピンの変動様式に関する国際共同研究も実施している。

2) 南海トラフにおいて、最近では1944年東南海地震、1946年南海地震と歴史的に数多くの地震が発生している。次の南海トラフ沿いの地震の予知のために、この巨大地震へ至る準備過程を観測およびシミュレーションを通して理解する必要がある。一方、プレート境界のカップリング状態と内陸の地震の発生が関連を持つことは歴史資料から知られており、巨大地震による内陸の応力の変化から内陸地震の発生との関連を追跡することも重要である。このため、国土地理院により配備されたGPS連続観測網の公開データ等を使用して、南海トラフのプレート境界断層におけるプレート間カップリング及びその時間的な変化の推定、さらにこれらの結果に基づいた応力の時間変化のシミュレーション、等の研究を行っている。

3) プレート境界がどのようなカップリング状態になっているかを知るには、陸上での地殻変動のみならず、海底での地殻変動の監視が必要である。現在はこのような地殻変動を観測するシステムはない。このため、本領域では海底地殻変動測定システムの開発を行ってきた。このシステムは、海底に設置した固定点の位置を船上から音響的手法

で位置を決めると同時に船の位置をGPSで測定し、最終的に海底固定点の位置が決まるものである。

これにより、プレート境界面での固着の状態を知ることが出来る。現在は開発段階であるが将来は海底に設置し繰り返し観測することにより観測が可能である。

4)内陸活断層は内陸地震の震源域となるため、この運動様式を明らかにすることが重要である。すなわち、活断層がどの程度固着して歪を蓄積しているのか、固着している領域はどのあたり、特に深さ方向、を知る必要がある。このため、高密度のGPS観測により内陸活断層周辺の変動様式を明らかにする観測を、跡津川断層及び中央構造線で行っている。固着領域の深さは、断層に直交する方向の変位の分布により推定することが可能である。そこで、全国の研究者との共同研究により、上記の活断層を直交して横切るようにGPS観測点を配置して、繰り返し観測することにより変位の分布を明らかにする試みを実施している。

5)地震を発生させる断層にできるだけ近づき、地震前および地震時、地震後の動きを捉える。地震発生後、断層破砕帯はどの程度のスピードで固着して行くか、そして応力の蓄積がどのように進行するかが、野島断層、神岡鉱山、茂住坑、南アフリカ金鉱山で計画が進められている。本領域ではこれらの研究計画に参加して全国の研究者と共同研究を進めている。野島断層においては3本のボーリングが掘削され、注水試験が行われた後、測定機器の設置が行われた。茂住坑には活断層を貫き500mの調査坑が掘られている。この調査坑では断層トラップ波や破砕帯の岩石調査、多項目精密連続観測が行われている。一方、調査坑を取り囲み、地震観測やGPS観測を通して総合的に断層の構造と動きを理解する試みが行われている。

なお、中西 崇は平成10年度南極越冬隊員として、昭和基地にて地震観測、重力観測等に従事している。

## 地震予知計測研究領域

教授 住友 則彦 助教授 大志万直人

本研究領域は、発足の当初は、地震の短期予知を目指して、前兆現象発現機構の解明や計測技術の向上を目的とした観測・研究を行ってきた。中でも、地殻のテクトニクな応力変化に伴う地磁気異常変化の計測、活断層直下および周辺地域での電気伝導度構造およびその時間変化の観測、地震発生に関連する地下水変動の検出、重力変化の測定等に力を入れてきた。住友は主として日本列島広域の磁場変化と比抵抗時間変化を、大志万は伊豆半島など地震活動帯の磁場変化と断層深部構造の探査を主たる研究テーマとしてきた。

しかるに、1995年兵庫県南部地震が発生し、阪神地域に多大の被害をもたらす事になったが、地震活動をはじめ、地殻変動などにおいても特筆すべき前兆的变化は検出されなかった。これがきっかけとなり、行政面においても、また、学術面においても地震予知計画は大幅に見直された。前兆把握を中心とした短期予知は、現時点では極めて困難との共通認識が得られることになった。この結果、これからの新しい予知研究の方向として、

- 1 日本列島域の長期にわたる地殻活動の解明
  - 2 地震発生準備過程の解明と地震直前過程の解明
  - 3 震源過程と強振動生成メカニズムの解明
  - 4 地殻活動のモニタリングシステムの高度化
  - 5 地殻活動予測シミュレーション手法の開発
  - 6 観測システムの高度化のための新技術の開発
- 等を目指すことになった。

上の新計画ができあがる過程において、住友、大志万は積極的に議論に参加し、特に地震発生準備過程や直前過程の研究に、電磁気的な手法を用いた精密な活断層深部の構造調査の必要性と重要性を強調した。住友は地球内部電磁気グループ全体の意見調整を行い、大志万は具体的に次のような研究の方向を提案し、関連の研究者の参加を呼びかけ、大筋に

おいては受け入れられることになった。

- a 断層周辺での流体の動的挙動の検出手法の開発
- b 活断層深部構造およびその周辺の不均質構造の把握

また、当研究領域の最近の研究活動は以下の通りである。

#### 1) ネットワークMT観測による比抵抗マッピング

東大地震研、神戸大、鳥取大、高知大と共同で平成6年度から四国、中国地方のネットワークMTを実施、四国中央構造線や鳥取の吉岡・鹿野断層を境に比抵抗構造の顕著な違いを見いだしている。

#### 2) 王滝電磁気共同観測(広帯域MT観測による比抵抗探査)

御嶽山南東山麓(長野県西部地震震源域)で平成8年、9年の2度にわたって、我々が企画・立案した電磁気合同観測を大学等13機関の協力を得て実施。震源域の地殻の精密な構造探査を行った結果、地震学的に見つけられている反射面と同一らしい構造を見いだした。

#### 3) 野島断層電磁気観測(断層の解剖計画)

1995年兵庫県南部地震時に出現した野島断層の回復過程を見るために、いわゆる「断層の解剖計画」が実施されているが、我々は500mボーリング孔を利用して多極法による比抵抗連続観測を実施している。また、断層周辺ではTDEM法等に基づく電気探査を行って断層の深部構造を調べた。

#### 4) ネットワークMT法による比抵抗連続観測

琵琶湖の北西、朽木村でNTT電話回線を利用して比抵抗の連続観測を実施している。兵庫県南部地震発生時に強い電場異常を観測し、震源域に破壊と同時に強い電流が発生した可能性を指摘している。

#### 5) 活断層における地震活動と比抵抗構造の研究

跡津川断層沿いに活発な微小地震活動が見られるが、地震活動域と比抵抗構造の関係を調べるため広帯域のMT探査を平成6年から8年にかけて実施した。

## 地震発生機構研究領域

教授 島田 充彦、助教授 柳谷 俊

地震予知に関する基礎研究を行うとともに、地震発生の原因と機構を解明し、最終的に地震予知手法を確立し、地震災害の軽減のための基礎的な方法の確立を目指す中で、当研究領域では観測・理論・実験の各方面から地震発生に関する研究を進めている。当研究領域の研究課題を列挙すれば以下のようである。

- 1) 高温高压下の岩石破壊実験による地震発生機構の研究
- 2) プレート内地震発生機構と断層モデルの研究
- 3) 岩石破壊実験装置の開発
- 4) それらによる地震の中期予知の研究

平成8・9年度の研究成果は、巻末リストにまとめられているように学術論文6編(内審査付2編)、翻訳書1編であるが、現在著書1編、学術論文3編が投稿中である。

平成8・9年度には、上記研究課題に対して主として次のような研究が行われた。

「高温高压下の岩石破壊実験による地震発生機構の研究」に関しては、高温高压下の岩石の破壊強度と地震発生層の解釈が行われた。封圧1.5GPaで花崗岩の強度が温度600°Cまで測定された。その結果、200~280°Cの温度範囲で強度は異常に低いことが判明した。このことの地殻における地震発生層としてのリソスフェアの強度に対する脆性-延性説の意味が論じられた。また、高温高压下の変形岩石試料の微細構造の構造地質学的観点からの考察も行われた。

「プレート内地震発生機構と断層モデルの研究」に関しては、岩石の破壊核形成過程の観察が行われた。地殻の岩石の断層形成過程を明らかにすることを目的として、精密な荷重制御による3軸圧縮試験中の破壊核形成から最終破壊に至る過程の各段階で除荷し、各回収試料のX線CTスキャンによる観察から破壊面の発生と進展が明らかにされた。そこで

は世界に先駆けX線CTスキヤンの3-D解析も行われた。

「岩石破壊実験装置の開発」に関しては、従来半自動方式で制御されていた6方押しプレスが自動制御方式に改良され、実験のより効率的な運転を可能とし、研究の進展が促進された。また、高温下の実験でのAEの計測システムの改良が行われ、AE計測に対する通電による高温発生から生じる電気的なノイズの除去に努力が費やされた。

「それらによる地震の中期予知の研究」に関しては、地震の前兆現象の一つと考えられている大地の比抵抗の変化の有効性を検証するため、精密比抵抗測定のための装置の開発が行われた。これにより室内の岩石試料を用いた予備実験と野外での観測のテストが行われた。

当研究領域の国際的な活動は国際会議での成果発表の他に、中国長春科学技術大学との間で「岩石の変形実験による地殻のダイナミック構造」に関する共同研究が行われている。その一環として平成8年度には島田充彦教授が長春科学技術大学の援助を得て事前打ち合わせに10日間訪中したのに引き続き、長春科学技術大学の劉 俊来教授を10ヶ月京都大学招へい外国人教授として招き(京都大学後援会第1類第2種助成)、また平成9年度には島田充彦教授が24日間再度訪中(日本学術振興会特定国派遣)し、共同研究の推進が図られた。その成果は学術論文に投稿中である。

## 地震活動研究領域

教授 渡邊 晃(平成10年3月停年退官)

助教授 渡辺 邦彦、助手 片尾 浩

地震活動は全ての地震学及び地震予知研究の基礎である。当研究領域では、特に西南日本域から南海トラフにいたる領域の地震活動度を客観的に評価して、過去から現在に至る時間の流れの中での地殻活

動の変遷と現状を把握することを目指している。これは、将来の地震発生の中期的・短期的予測に繋がるものである。当研究領域の活動は、“総合処理解析研究領域”による地震観測網の観測結果を主たる解析資料とするが、その他多項目の総合観測結果を併合処理している。当研究領域の研究課題を大別すれば下記の通りである。

- 1)広域的な地震活動の把握と南海トラフ沿い巨大地震発生の予知研究
- 2)直下型大規模地震の中期的発生予測の研究
- 3)統計的手法による地震発生の危険度評価

従来、各観測所あるいは観測網単位で地震活動の研究がなされていたが、最近のデータ流通機構の発展と相まって、西南日本の5観測網(上宝、北陸、阿武山、鳥取、徳島)のデータが地震予知研究センターで集約処理できるように整備が進められている。

また、平成7年兵庫県南部地震の発生の後、気象庁大阪管区気象台との地震データの一元化が計画され、平成9年10月より実施されるに至った。大学相互間では衛星通信利用によるデータ流通が行われている。これらによって広域の地震活動の解析が可能な状況となり、地震活動研究も以下のような新たな進展が始まった。

平成8～9年度には防災研究所特定共同研究「西南日本における地震活動の定量的評価の研究(代表渡邊晃教授)」が実施された。この研究では、困難とされる内陸大地震の予知を目標にして、前兆現象を視点に置いて、地震活動度の時間的・空間的な変化を定量化し、客観的な判定基準を作ることを目的とした。そのために、当地震活動研究領域が中心となり、中部地方から近畿、中国、四国地方の各機関の研究者と共同研究を推進し、統合データベースの構築を行った。また過去のドラム観測時代からのデータの整理も実施した。これにより、西南日本内帯から外帯にかけての広域の地震活動が検討され、フィリピン海プレートの潜り込みについての基礎資料が提示された。今後は、検測データの統合および



広域の地殻構造と震源決定方法の検討等を行い、より高精度での広域地震活動の評価に結びつけることが課題である。

これと対照的な研究として、個々の活断層と地震活動の関連を量的に評価する研究も、GIS(地理情報システム)などを応用する方法で開始された。

例えば、山崎断層系や鳥取の鹿野・吉岡断層系について、活断層と地震活動の関連を断層からの距離や形状に応じて量的に表現した。また、断層周辺の地震発生密度を定義し、その評価から広域の活断層の活動度比較を試みた。地震活動度や発震機構の時間的変化の抽出を客観的に実施する方法について、統計的手法の応用や新手法の開発も行っている。これらは、局所性に左右される微小地震活動を広域にわたって定量的評価をする方法のひとつである。

内陸地震発生メカニズムの解明のために、中規模地震の精密観測・解析を開始した。特定の活断層に関わる内陸の大地震は数千年の時間間隔なので、受動的な観測では進展が望めない。そのため、M3～M5級の中規模地震の発生メカニズムと地殻構造との関連を解析し、その結果を敷衍することで大地震発生機構の解明をはかるものである。インテリジェント化テレメータを活用した中周期地震計(10秒)観測網の構築を進めている。また、内陸部に多数分布する活動履歴の異なる活断層の現状を比較することで、活断層の活動サイクルの一般的概要を推定する研究も開始した。地震活動という広域かつ長期の変動を短期間の観測解析で推定するという意味で、今後の方向であろうと考えている。

兵庫県南部地震の発生に伴い、「地震防災対策特別措置法」が施行され、地震調査研究推進本部のもとに基盤的観測網の整備が進んでいる。地震活動研究領域の今後の課題として、この結果の有効な活用を図るとともに、観測データの公開・流通も推進しなければならない。またこれらから得られた知見を社会に還元する方法の研究も重要と認識している。これに関しては、自治体等との連携をとっての地震

防災を意識した研究も既に開始している。

## 地殻変動研究領域

教授 田中 寅夫

助手 土居 光、重富 國宏

大谷 文夫、徐 培亮

地球内部における力学的な過程を示す現象としての「地殻変動」の研究は、地球ダイナミックスの理解のためのみならず、地震予知の実現のための課題の一つとして極めて重要である。当研究領域においては、近畿地方から南西諸島までを対象として、GPS(Global Positioning System：全地球測位システム)による精密測位、電磁波測距、地下観測室内における高感度ひずみ観測、傾斜観測、地下水位観測などを実施し、プレート運動をはじめ、地域的、局所的地殻変動の研究を進めている。

地殻変動の高感度連続観測は、とくに大地震前の前兆的変動を検出することにより短期予知を実現できる可能性があるとの観点から重要視されてきた。しかしながら、1995年1月17日の兵庫県南部地震の数時間から数日前といった直前には、周辺の観測点ではノイズレベルを越す異常変動が観測されなかったこと、数カ月前から六甲断層系ではおそらく地下水位の異常に関連すると思われる歪み変化が観測されていることなどから、広域地殻変動の正確な把握、地下水など地下流動体と地殻変動との関連性の究明、一層高感度低ノイズの地殻変動観測の実現などを目指して研究を推進している。本研究領域が他の領域と協力しつつ平成8・9年度に行なった研究の主なものを列挙すれば以下の通りである。

### 1) プレート運動に関する研究

GPSによる南西諸島におけるプレート運動のモニタリングを継続した。沖縄本島、南大東島および奄美大島における観測からフィリピン海プレートとユーラシアプレートの相対運動をはじめ検出して

以来、相対運動速度の一層の高精度決定およびその揺らぎの有無の確認を目指して観測を継続してきた。なお、本観測は国土地理院による定常観測が開始されたため、平成10年3月で終了し、沖縄本島周辺におけるプレート内変形の観測に目的を移した。

## 2) 近畿地方における広域地殻変動観測

GPSによる固定連続観測によって近畿地方の広域変動の観測を行なった。国土地理院による観測と合わせて解析を行なった結果から、瀬戸内海周辺を境界とする、南側のフィリピン海プレートによる北西方向への押しと北側の相対的な東進がこの地域の地殻変動の特長として明らかになった。

## 3) 兵庫県南部地震の余効変動の検出

同地震後のGPS稠密観測網から得られたデータを解析した結果、地震時の変動とほぼ共通したパターンをもつ余効変動が検出された。

## 4) 花折断層の観測

近畿地方における顕著な活断層の一つである花折断層の運動を研究するため、平成9年度から稠密GPS観測を開始した。これは年2回のキャンペーン観測であり、今後の大きな成果が期待できる。

## 5) 中央構造線の観測

電磁波測距の反復による中央構造線の観測を継続した。同断層の運動に関する重要な結果を得ることができた。

## 6) 地殻変動連続観測

「地殻活動総合観測線」を構成する地下観測室を中心として、高感度の地殻変動連続観測を継続している。その結果より、地震活動との関連性、局所的な変動と広域変動との関連性、地下水との関係、などについての研究を推進した。

## 7) 地下水に関する研究

地下流体、とくに地下水の運動は地殻変動に深く関連する現象であるとの観点に立って、地下水の観測と研究を実施した。周辺における地震活動と地下水位との関係などについて新しい知見を蓄積しつつある。

## 8) インドネシアにおける地殻変動および火山体の変形に関する研究

ジャワ島西部のレンバンおよびチマンデリ両断層周辺およびグントール火山においてGPS観測を反復して、同断層周辺の地殻変動および同火山体の変動を検出した。

## 9) GPSの高精度化に関する研究

GPSの測位誤差の原因となる大気中の水蒸気に関する研究、マッピング関数に関する研究を進めた。水蒸気分布の異方性、日周変動を検出し、新しいマッピング関数を提案した。

## 地震予知情報研究領域

教授 古澤 保、助教授 松村 一男  
助手 森井 亙

地震予知に関するさまざまな項目の観測データを効率よく解析処理するシステムの開発と、地震予知に有意となり得る情報の検出と前兆現象として判定する方法の開発、さらに、得られた情報を地震防災に役立つように関係諸機関に迅速に伝達するシステムの研究を目指して、以下の研究課題を設定している。

- 1) 各種データの集録・処理システムの開発に関する研究
- 2) 地殻変動・地震活動の観測データの多変数時系列解析による地殻歪場の時空間変化に関する研究
- 3) 前兆現象の事例の収集と地震予知情報のデータ・ベースの構築
- 4) 連続データからの異常変化の抽出と評価に関する研究

平成8・9年度には、地震データの伝送方法が従来の電話線利用の有線テレメータ方式から衛星通信利用のシステムに切り替えられ、それに伴う集録システムの大幅な変更とそれに適合するデータ処理システムの構築を行った。関係する観測所及び総合処

理室との密接な協力の下に、従来各観測所別に独自に行っていた地震データの解析処理を一元化することにより地震活動に関するデータ処理の効率化と統合処理による震源決定の高精度化を実現することができた。さらに、これに伴う膨大な量の地震波形記録と一次処理データとしての震源情報のデータベース化とその効率的検索システムの構築を行った。

地殻変動連続観測データについても、これまで各観測所での個別のデータ解析による降雨・気圧等の影響を明らかにして観測点固有の擾乱を除去した局所的な地殻歪変動の把握に留まっていたのを、一元的データベースを構築して統合処理を行うよう改良した。これに基き広域的歪場の時間変化の検出に向けた解析方法の検討を行っている

が、十分な結果を得るにはなお若干の時間を要する。

大地震前後の地震活動の時空間変化を量的に捉え、大地震発生の予知情報としての有為性を検討するための試みとして、中国地方東部一近畿地方西部地域について兵庫県南部地震前後の地震活動の時系列と空間分布に基き、 $b$  値の時間変化の地域の地殻応力変化に対する量としての可能性、発生した大地震によるせん断応力の増加量と摩擦応力の増加量との差  $\Delta CFF$  の有効性を検討し、ある程度までの有効性を示した。

1966年10月と12月に日向灘で45日の間隔で連続して発生したM6.6の地震について、日向灘地殻活動総合観測線で得られたデータより2つの地震を含む期間の歪変化が解析され、各々の地震に伴う歪変動とそれに続く余効変動に関する情報は明らかにされたが、直前の前兆的歪変化および一連の地震活動を特徴付ける歪の解放様式を見出すことはできなかった。現在の観測網による前兆現象の検出可能性の検討は地震予知研究の大きな課題でもあり、本研究領域の重要課題として推進する必要がある。

## 総合処理解析研究領域

助教授 竹内 文朗、助手 大見 士朗

微小地震を中心とする地震の連続観測は、鳥取・北陸・上宝の3観測所の観測網が昭和50、51両年度にテレメータ化されて以来、地震予知研究の基幹の1つとして活発な活動を続けられている。昭和57、58年度には、これらの観測網のオンライン・リアルタイムの自動処理化が実現し、地震活動の把握が一層容易になった。平成2年度、地震予知研究センターの設置に伴い、鳥取・北陸・上宝・阿武山の4観測網を統合した西南日本内帯観測網が実現した。総合処理解析室(後、総合処理解析研究領域)では、宇治に集中された地震観測波形データをもとに、地震の判定、波形の読み取り、震源の決定を即時に自動処理し、地震波形データファイルを作成すると同時に、自動処理された震源は専用回線を通して東京大学地震研究所の地震予知観測情報センターに随時送信されている。さらに、再検出されたデータをもとに国立大学観測網地震カタログが作成された。

平成5年度より地震波形データ総合処理装置を導入し、64Kbsデジタル専用回線によって、より高精度、多項目のデータを宇治に集中し地震波形の総合的な解析を行うと同時に、地震波形データベースを構築し地震予知研究者の利用をはかっている。また、徳島観測所の地震波形データも公衆回線を通じて宇治に集中され、順リアルタイムでの地震波形の処理が行われている。これらの地震データの処理・解析を進めながら、当研究領域では下記の研究を実施している。

- 1)地震情報の伝達システムの研究
- 2)地震データベースの構築と解析ソフトの開発
- 3)多項目データに基づく地震活動の総合的解析

平成6年度に新しい研究棟が完成し、総合処理解析室が移転した。平成7年1月の兵庫県南部地震後、データの一元化政策に伴い、大阪管区気象台との連続地震波形の交換を目指したシステムの開発が行わ

れ、平成9年度には大阪管区内の気象庁のデータと国立大学のデータの相互交換が実現した。平成8年度に「衛星通信テレメタリング地震観測設備」が導入された。これにより、上宝観測所および徳島観測所に属する各観測点からは直接地震データが通信衛星に打ち上げられるようになった。また、他の観測点のデータは地上回線でそれぞれの観測所に集められた後、衛星に打ち上げられることになった。このようなデータは、他大学等からも東京大学に集められ、それらは再び衛星通信で宇治の総合解析室に送られ、ホームページ上での利活用が測られている。平成10年7月現在では、隣接他大学および大阪管区内の気象庁のデータを含めて163観測点分の地震観測データが宇治の地震予知研究センターにおいてリアルタイムで自動処理され、データベース化されている。また、専門読み取り者による再験則データも順次データベース化されている。これらのデータベースは原則として公開の方向で研究者に利用されている。震源情報は地震予知研究センターのホームページで刻々表示されている。また、地震調査研究推進本部が展開する地震の基盤観測網のデータも利用することが可能になりつつあり、それらを含めたデータの解析システムの再構築が検討されている。

## リアルタイム地震活動解析領域

助教授 梅田 康弘、助手 中村佳重郎

地震発生や異常な地殻活動が発生した場合、緊急に現場へ出動し諸観測を展開する。それと同時に取得したデータをリアルタイムで解析処理し、大地震発生の予測に関する研究を行なう。異常地域や異常発生をいち早く発見するため、定常的な地震・測地観測に加えGPSや重力観測等を、観測強化地域や特定観測地域を中心に定期的に行っている。

一方、前兆現象を捉えて大地震の予知を行うという従来の地震予知の戦略は必ずしも成功しておらず、

我々の分野では地震の成長過程とそれを支配している地殻の環境場に関する研究に重点を置いた新しい地震予知戦略をめざしている。この戦略を研究テーマとして箇条書きにすると以下のとおりである。

- 1) 小地震や微小地震は日常的にたくさん発生している。そのうち極めて希なものが大地震に成長する。それは何故か。これが第1のテーマであり、当分野では以下の3つの重要な研究成果を得た。
  - A) 大地震の前には初期破壊という小さな破壊が先行する。
  - B) 初期破壊の継続時間が長いほど地震は大きく成長する。
  - C) 初期破壊は本震には付随するが、余震や群発地震にはほとんど見られない。
    - B) は地震の成長には因果関係があることを、
    - C) は初期破壊の存在、すなわち本震にはそれを成長させる地殻の環境場があることを示唆している。
- 2) クラック間の動的相互作用をシミュレーションした結果、破壊の種としてのクラック密度が地震の大小を決定していることがわかった。すなわち本震発生の環境場は地殻の不均質度に帰着する。不均質度が高いと地震は多く発生するが、相互作用が強くいずれも大きくは成長できない。これが群発地震であり、逆に不均質度が低い方が大地震に成長しやすい。
- 3) 地殻の不均質度と大地震発生に関して次の重要な発見をした。
  - A) 地震発生層の下限は地域的に変化しており、大地震はその下限が急変するところから出発する。これは兵庫県南部地震でも立証する事ができた。
  - B) 地震発生層の下限は地殻下部の温度構造と相関があり、高温層の上面は地震波の反射面として検出できる。
    - このふたつの発見により、地震波の反射面の凹凸から大地震発生の場所を予測する事が可能となった。

4)地震波の反射面は流動体と考えられており、これと地殻不均質度は相関関係がある。反射面が顕著で浅い所にある場合は、上部の地震発生層の不均質度は高く、群発地震は起こるが大地震には成長しない。

5)流動体反射面は時間的に変化することを1984年長野県西部地震で確認した。本震前は反射波の明瞭な地震の割合が多く、また反射面も浅いところにあった。この傾向は本震の前3月間特に顕著であった。しかし本震と共に反射波の見えない地震の割合がふえ、また反射面も深くなった。

以上の大地震発生に関する決定論的な予測戦略をより深く議論するため、平成9年12月に研究集会「地殻の不均質構造と内陸大地震の発生」を防災研究所で開催した。また、この地震予知の新しい戦略を実証するため、全国の大学や関係機関に呼びかけて、兵庫県南部地域、中部山岳飛騨地域において合同の地震観測を実施した。前者の観測では阿武山観測所、後者に置いては上宝観測所を拠点とし、技術室より技術支援を受けた。引き続き平成9年度からは東北脊梁山地において、衛星通信を利用した新しい観測網を全国大学と共同展開し、「島孤地殻の変形過程と内陸地震発生の解明」を目指している。

### 3.4.8 火山活動研究センター

昭和35年に火山噴火機構と噴火予知の研究を目的として設立された付属桜島火山観測所が、平成8年度の防災研究所の改組に伴い、火山活動研究センターとなった。火山学、火山噴火予知および火山災害軽減の研究に関する全国的レベルでのフィールドラボラトリーとしての役割を担い、地球物理学、地質・岩石学および地球化学的手法を用いて、島弧火山活動のダイナミクス、火山噴火機構および噴火予知手法に関する研究を行うことを目的としている、単一の研究領域「火山噴火予知」からなる。

研究課題は、時間・空間的に広く、また関連する研究分野が多岐にわたるため、当研究センターでは対応できない研究分野を中心に研究担当あるいは非常勤講師として学内外研究者の協力を得るとともに、防災研究所共同研究、火山噴火予知計画関連の共同観測を並行して進めてきた。また、桜島は我が国で最も活動的な火山であるため、国内外の研究者および報道機関等の関心が高い。火山活動とそれによって引き起こされる災害のメカニズムの解明と予防には、多岐にわたる研究分野の協力と成果の社会への還元が不可欠であるという観点から、当センターで防災関係機関にデータをリアルタイムで提供するとともに、これまで蓄積した噴火記録ビデオ・写真、観測資料や岩石試料提供、野外観測への協力、磁気遮蔽室等施設利用の要請にも、可能な限り対応している。

施設利用の主なものは、桜島マグマの岩石学的研究(英国ランカスター大学、台湾中央研究院地球科学研究所)、桜島エアロゾルの観測研究(京大大学院エネルギー研究科)、爆発空気振動発生機構の研究(米国地質調査所)等にかかわる実験観測に伴うものと、磁気遮蔽室の利用である。その他、観測データ、岩石試料の提供依頼があり、特に、噴火現象のビデオや写真の提供要請が多い。

当センターが関係して実施した防災研究所共同研究および研究集会は：平成8年度研究集会「マグマ探査－現状と展望－」、平成9・10年度特定共同研究「桜島火山の地下水・熱水系に関する研究」、平成9年度一般共同研究「始良カルデラ噴出物の年代学的・岩石学的研究」および「波形インバージョン法による火山噴火の力学的モデルの構築」、平成9年度研究集会(特定)「古地磁気学的手法を用いた火山活動史の復元」の5件である。また、平成8年度には第9回桜島火山の集中総合観測を行い、報告書を取りまとめた。これら2ヶ年の共同研究に参加した研究者は延べ167名である。

また、火山災害軽減に関する国際協力と噴火機構

の比較研究という観点から、平成6年度からインドネシア火山調査所と「ジャワ島の活火山の噴火機構とテクトニクスに関する共同研究」を行っていて、同調査所の研究者を大学院学生、研修生等として受け入れ研究および技術指導を行うとともに、グンドール火山やメラピ火山において各種観測調査を行っている。グンドール山では群発地震に対応した地殻変動が捉えられ、また、メラピ火山で傾斜連続観測により火砕流噴火に先行するマグマも上昇過程を捉えられるなど、火山調査所による活動評価、および予備情報に実際に役立てられた。研究成果は1997年12月のメラピ十年火山国際ワークショップおよび、12月の国際研究集会「自然災害の予測と防御に関する研究」において発表公表された。これまでは共同研究の基礎作りの段階で、相手機関の強い要請もあって、更に5ヶ年共同研究を継続することで合意ができ協定書が取り交わされた。

当研究センターの運営協議会委員等からは、噴火予知研究のみならず、我が国でもっとも火山活動が活発な地域である九州全体を視野に入れた研究が期待されていて、理学研究科地球熱学研究施設、地震予知研究センター、他大学と連携した研究教育体制のあり方を模索している。

## 火山噴火予知研究領域

教授 石原 和弘 助教授 井口 正人

助手 西 潔、味喜 大介

山本 圭吾、神田 径

非常勤講師 平林 順一(平成8・9年度)

本研究領域では、主に、浅部マグマ供給系の構造、噴火機構と噴火予知手法の研究を、桜島火山および薩南諸島火山を含む南九州領域に展開した観測網で収集された各種のデータを元に実施するとともに、火山噴火予知計画に関連した集中総合観測、火山体構造探査、雲仙普賢岳等の火山活動の緊急調査など

全国共同研究を実施してきた。これまでは、地震および地殻変動といった火山活動にともなう力学的現象に着目して研究が行われ、桜島の火山活動に関する長期的、短期的および直前の前兆現象の捕捉手法とマグマ供給系モデルと関連させたデータ評価方法はほぼ確立した。一方、電磁気学的、地質学的、地球化学的視点から見た、火山活動および地下構造に対する理解、また、霧島火山帯の他の火山で頻繁に発生する水蒸気爆発等他の噴火様式の発生機構に関する理解は不十分であり、これらの研究を推進するために、非常勤講師に地球化学の専門家である平林順一教授(東京工業大学)を迎え、平成10年度には後任の非常勤講師として地質学・岩石年代学の専門家である宇都浩三主任研究官(地質調査所)を迎えるとともに、地球電磁気学手法による地殻構造の研究を行ってきた神田径を、停年退官した江頭康夫助手の後任に採用した。主な研究課題は以下の通りである。

- 1)火山噴火機構の総合的研究
- 2)島弧火山のマグマ供給系に関する研究
- 3)島弧火山(霧島火山帯、インドネシア)の噴火機構に関する比較研究
- 4)火山活動総合判定システムの開発
- 5)火山活動予知事業に基づく火山帯の構造と噴火機構に関する共同研究

平成8・9年度には、主として1)桜島と雲仙普賢岳のマグマ供給系と火山活動に関する調査研究、2)インドネシアのグンドール山、ロ永良部島等の火山活動に関する調査研究、3)桜島溶岩流の古地磁気学的研究、4)特定火山の集中総合観測および火山体構造調査を行った。

雲仙普賢岳周辺の地盤変動観測とデータ解析により、普賢岳西方の地下約10kmにマグマ溜りが存在し、そこから普賢岳に向かうマグマ供給路がすることを明らかにするとともに、1994年以降マグマ供給が停止したことを確認した。桜島では噴火活動が低下したものの深部から始良カルデラへのマグマ供給は依然として続いていて近い将来の準備活動としてのマ

グマ蓄積が着実に進行していることを明らかにした。

口永良部島、グンドール山はそれぞれ、平成8年および9年に地震活動が急増した。地震活動および地殻変動調査を実施して震源域と地殻変動の検討から、主に火山ガス、熱水が関与した活動であって顕著なマグマ性噴火に直結する可能性は少ないと推定した。

桜島の溶岩流の帯磁特性を調べ、帯磁特性と過去の地磁気変化および地質学的研究成果との比較から溶岩流の噴出年代の推定が可能であることが示され、桜島南岳の溶岩流出開始は約4000年前であることが明らかになった。

火山噴火予知計画関連の共同研究として、平成8年に桜島の第9回集中総合観測を企画・実施して、研究成果・調査結果を報告書として出版した。平成9年度には北海道駒ヶ岳・樽前山の集中総合観測に、平成8年度の霧島火山、平成9年度の磐梯山の構造探査に参加し、火山体下の反射面および低速度域を見出した。また、霧島山および雲仙岳の地震探査データを使用して、両火山の地殻表層の3次元速度構造を明らかにした。

北海道大学理学研究科の大島弘光助手が内地研究員として滞在し、雲仙普賢岳及びフィリピンのマヨン火山の火砕流噴火に伴う地震・空気振動の励起機構の研究を行った。弘前大学と共同して波形インバージョンにより爆発地震・B型地震のメカニズムを求め、噴火機構を力学的側面から研究した。薩南諸島のうち、高温なマグマが火口底近くまで上昇していて次第に活動が高まってきた薩摩硫黄島では、地質調査所と共同観測を行っている。平成10年度には諏訪之瀬島の第3回集中総合観測、阿蘇山の構造探査に加えて、噴火発生の可能性が高まってきた岩手山の合同観測を行う計画である。

### 3.4.9 水資源研究センター

日本学術会議は第58回総会の議に基づき、昭和46年5月1日付で政府に対して、全国科学者の共同利用の研究所として水資源科学研究所(仮称)の設立が勧告され、昭和53年4月1日付文部省令第10号により、全国科学者の共同利用の性格をもつ水資源研究センターが防災研究所に設置される運びとなった。人々が利用し、または利用とする水を人間と水との結びつきで見るという観点から、水資源問題に関連する課題を科学的かつ学術的に研究することを目的としている。すなわち、地球規模および都市・地域規模での水資源を取り巻く自然・社会現象とその変化を多角的にとらえ、ジオシステム・ソシオシステム・エコシステムの総体としての水資源の保全と開発のシステムを総合的に研究することを目的としている。

現在、地球規模での水文循環の予測技術の開発、過去から現在にわたる長期的な水文循環の変遷を明らかにし、地球規模における水・熱循環を学術的・総合的に研究する「地球規模水文循環研究領域」、



ジオ・ソシオ・エコシステムならびに降水・流出・蒸発を相対として捉える方針を象徴した、水資源研究センターのロゴマーク

都市化による流出形態の変化、熱収支を定量的に評価し、とくに都市域で逼迫している水資源の開発・保全・永続的利用を図る研究をする「都市・地域水文循環研究領域」、今後の都市域に求められる水循環の保全・向上を計画目的に加えた水利用システムのマネジメントの方法について研究する「地域水利用システム計画学研究領域」、の3つの専任研究領域と外部の研究者を客員として迎え、一定期間集中的に行う水資源共同ネットワーク研究(客員)がある。さらに専任・客員が共同して学内外の全国から研究協力者の参加を得ていくつかのプロジェクト研究を進めている。

プロジェクト研究としては、

・地下水の水利用と保全／・琵琶湖プロジェクト／  
・大都市の複合災害と水利用システムのリスクマネジメント／・AI技術による水資源システムの管理支援／・環境の経済的評価／・都市の水辺環境創出に関する理論的・実証的研究／・河川の浸食・堆積環境と生物の棲み場所構造の関係／・メソ降雨系の解明と予測等を、平成8・9年度は積極的に進めてきた。これらの成果の内外への公表ならびに、より広い問題を議論するために、年一回の「水資源セミナー」を開催すると共に、「水資源研究センター研究報告」を発刊している。また国際的には、平成8年11月京都で開催した「水資源及び環境研究に関する国際会議：21世紀に向けて」を開催すると共に、平成9年度から「東南アジア・太平洋地域の流域水利用実態およびデータ環境の国際共同調査」(代表：池淵周一教授)が文部省科学研究費(国際学術研究)の交付を受けている。

## 地球規模水文循環研究領域

教授 池淵 周一、助教授 中北 英一  
助手 大石 哲

昭和50年より国際水文学計画(IHP、1975～)の一

環として、引き続き琵琶湖を含めた近畿地方の水害、水資源、水環境の総合的調査研究を、水資源研究センター一体となって推進している。その中で、本研究領域は現象を通して水資源研究に係わる領域である。しかし、水資源研究はジオ、ソシオ、エコの3システムを一体として進めていくべきものであり、平成8年から新たに生まれ変わった水資源研究センターは、3研究領域、客員研究領域が一体となって、学術的に進めていく予定であり、その基礎が既にここ10年の活動によって培われてきている。

本研究領域では、1)琵琶湖水資源・水環境の研究、2)水収支と渇水の研究、3)降水分布の物理的および確率・統計的特性の研究、4)水文収支と蒸発を中心とした素過程の観測・実験・モデル開発、5)流出解析・出水予知、6)水文統計と治水・利水計画を、中心に研究活動を行ってきたが、ここ数年はさらに視野を広げて、地球規模での水文循環の予測技術の開発、過去から現在にわたる長期的な水文循環の変遷を明らかにし、地球規模における水・熱循環を学際的・総合的に研究することを目的とし、

- 1)衛星・地上リモートセンシングによる地球規模水文量分布の推定
- 2)陸面・大気の相互作用の解明
- 3)降雨予測ならびに分布構造の解明をはじめとした、スケール効果を考慮した地球規模の水文循環の解明と予測技術の開発
- 4)古気候・古水文学に基づいた水文循環の長期的変動の解明、
- 5)酸性雨・酸性雪の流出メカニズムの解明
- 6)降雨予測と定性推論を結合したダム管理・操作方法の開発
- 7)流域水環境の変化とあるべき姿

を追求している。

さらに、これらを実践して行くための国内外の共同観測である。

- 1)GEWEX(全地球エネルギー及び水循環観測実験プロジェクト)/GAME(Gewex Asias Monsoon



Expriment)／HUBEX

## 2)琵琶湖プロジェクト

の推進に対し、中心的な役割を果たしている。



琵琶湖プロジェクトで観測中の飛行船

また、内外の研究者と取り組んでいる水資源研究センタープロジェクト研究のうち

- ・琵琶湖プロジェクト
- ・河川の浸食・堆積環境と生物の棲み場所構造の関係
- ・メソ降雨系の解明と予測

に対して、プロジェクトリーダーあるいはコアメンバーとして参加し、積極的にその推進に関わっている。

## 都市・地域水文循環研究領域

教授 岡 太郎、助教授 寶 馨  
助手 石井 将幸

都市及びその周辺地域における水収支・水循環、雨水流出機構に関する基礎研究、水資源の開発・保全・永続的利用、都市水害の防止軽減法に関わる研究を行い、都市・地域水文循環システムの基礎から応用までの体系化を目指している。

平成8年度のスタッフは、岡教授、寶助教授、近森秀高助手が岡山大学に助教授として転出したので、

後任として平成9年8月に石井助手が採用された。

平成8・9年度の研究課題とその内容の概要は次のとおりである。

### 1)都市及び自然丘陵の雨水流出機構とそのモデル化に関する研究

京都市周辺部の自然丘陵地・市街地・低平地に試験流域を設定し、水文観測を実施するとともに、人工降雨型式の浸透性能試験などの現地試験・各種土壌物理実験を行い、雨水流出機構に関する研究を行っている。また、人工衛星や航空機によって得られるリモートセンシング画像及び地理情報システム(GIS)の水文学への応用に関する基礎的研究を展開している。これらは、都市化に伴う雨水流出機構の変化の解明、地形図や水文資料の整備が十分に進んでいない発展途上国の洪水・水資源対策に応用され、国際的研究技術協力に役立てられている。

### 2)降雨の都市内貯留・浸透利用システムに関する研究

自然丘陵が宅地化されると、不浸透域の増大・地盤の圧縮などにより雨水の浸透量が減少し、洪水流量が増大する。その対策として、地中に穴あきパイプや礫層を埋設して雨水の一部を強制的に土壌内に浸透させ出水を抑制する方法を提案し、その有用性と問題点についての研究を進めている。

### 3)地下水の開発と保全に関する研究

琵琶湖北部の姉川～高時川流域を対象に、地下水流動とその数値モデル及び地域開発と地下水挙動の経年変化に関する観測研究を実施している。また、水資源研究センターのプロジェクト研究として、高知県春野町に試験流域を設置し、地下水の汚染時に塩水化の実態とその対策に関する基礎研究に着手している。これらの研究は、全国の研究者への共同研究の場を提供するものである。さらに、地下ダム建設後の地下水の挙動予測、貯留域の地下水の異常上昇対策及び海水浸入域よりの塩水排除についての研究を行うとともに、礫層中の微視的な粘性流の数値解析し、浸透流の抵抗則を明らかにした後、浸透流

・地下水の数値シミュレーションへの応用研究を行っている。これらは地下ダムの設計・施工・管理運用及び揚水井の効率低下機構の解明などに役立てられている。

#### 4) バングラデシュ・インドネシアにおける洪水対策に関する国際共同研究

バングラデシュにおける洪水対策のための技術移転と研究者の養成を目的とするプロジェクト(外務省・国際協力事業団)に参加し、同国の研究者・技術者に水文観測・データ処理法及び雨水流出と洪水氾濫解析法に関する技術・研究指導を行っている。また、洪水現象の解明と洪水の利害得失を考慮した洪水対策について共同研究を行っている。インドネシアの洪水災害に関する国際研究(IDNDR)では、主としてリモートセンシングデータと地理情報システム(GIS)を応用して地被分類・地形量の測定を行うとともに雨水流出・土砂流出量の推定を行っている。これらの研究は、水災害の防止軽減のための基礎資料として役立てられている。

#### 5) 都市の水環境の整備

都市はその機能を追求するあまり潤いを失い、コンクリート砂漠とさえいわれている。このような点を反省して、環境用水のあり方及びそのために必要となる水量を調査するとともに、地下水の利用・水質浄化・地下貯留などの環境用水の確保技術の研究に着手している。また、これらを非常時の水源として転用することも考えている。

平成8・9年度の研究成果は著書2編(分担執筆)、学術論文38編(うち審査つき19編)にまとめられている(巻末リスト参照)。さらに、博士課程の学生であった児島利治は平成8年日本リモートセンシング学会の論文奨励賞を受賞するなど、本研究領域における研究成果は高く評価されている。

## 地域水利用システム計画

教授 小尻 利治、助教授 友杉 邦雄

大気中の水の挙動から地下水、人間活動までのあらゆる領域での水問題を研究テーマとしている。最近では、衛星やレーダ雨量計などのリモートセンシング情報や、地球温暖化のように全地球的規模での気候変動が水資源に与える影響の評価を行っている。また、流域と人間社会の共存なども環境保全と水資源の関係として重要なテーマとなっている。すなわち、研究テーマは大きく、計画論的アプローチと物理学的アプローチに分けられる。

前者は、治水・利水・水環境に関する水文データの解析・計画・管理である。水資源計画策定に関して、河川生態系のモデル化や影響評価のマイクロ経済分析、実時間での支援システムを意味している。その際、従来の確率論、最適化理論に加え、ファジー理論、人工知能、ニューラルネットワーク等、AI手法の導入を計っている。後者はGISを利用した流域シミュレーションが中心であり、水量・水質・生態系の環境評価モデルの確立を目指している。こうした点から、本研究を“System Intelligence in Water Resources Planning and Management”と呼ぶこともある。具体的な研究課題を列挙すれば、

#### (I) 地球規模水資源システム

- 1) 温暖化による地球環境への影響評価
- 2) 持続可能な水資源計画の策定
- 3) パターン分類による地球規模での水文事象分布解析

#### (II) 流域規模水文・水資源システム

- 1) 新しい水文統計手法と総合的治水計画
- 2) レーダ雨量計による短時間降雨・降雪・斜面崩壊予測
- 3) リモセン・GISによる治水計画
- 4) 生態系を含む流域総合水循環モデル

#### (III) 人工知能システム

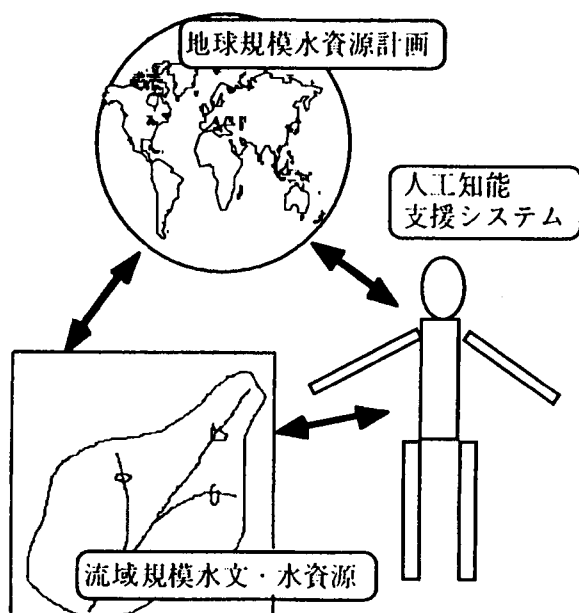
- 1) 災害時の公共施設管理支援システム

## 2)マルチメディアを利用した洪水予測・貯水池操作システム

となる。

小尻は、平成9年度より岡田教授(現総合防災部門教授)の後を継いでおり、1)長期気候変動のパターン分類とその発生確率に関する研究と2)水循環モデルを用いた流域環境評価に関する研究、3)時空間パターン分類手法による小雨現象の分析と渇水対策をまとめた。

今後は、各課題の中でも水文事象の分類に関する物理的根拠の解明、人工知能、コンピュータープログラム、ユーザーインターフェイスを結合させた半自動会話型のシステム管理支援システムの作成と、大気-流域-都市、水量-水質-生態、高水-低水、等を連続的に解析・評価可能な総合流域モデルの構築に推進していく予定である。



極めて人間的な要因によって発生・拡大する。したがって、自然科学と社会科学の研究を融合させた国内・国際共同研究を行い、総合減災システムを確立する必要がある。とくに、関東大震災級の地震の再来や東海・東南海・南海地震とその津波の発生は、人的・物的被害が未曾有となって、それをきっかけとして、わが国が衰退に向かう危険性が極めて大きい。

従来の防災研究が、構造物による被害抑止であるのに対し、異常外力による巨大災害では、被害を皆無にすることは不可能であって、むしろ被害を小さくする減災の考え方が重要である。そこでは、非構造物による被害軽減を重視し、これと被害抑止との組合せによる総合減災システムの確立が求められる。この主旨に添って、京都大学防災研究所巨大災害研究センターは平成8年度発足した。



研究の4つのフレーズ

## 3.4.10 巨大災害研究センター

わが国のような先進国では、都市社会構造の高度化によって、また発展途上国では、人口、経済、環境というトリレンマの下で、災害脆弱性が大きくなっている。そのため、巨大災害の発生が憂慮されている。巨大災害は、異常な自然外力のみならず、

研究組織として、本センターの7名の専任教官、5名の国内・国外客員教官、3名の研究担当教官及び3名の非常勤講師と所内及び全国の災害研究者によって研究ネットワークが構成され、とくに、阪神・淡路大震災の全過程について総合的に研究している。本研究センターでは、国内外突発災害調査な

どの文献、資料の収集・保管を継続しており、また、全国5地区の資料センターと協力して、自然災害データベース【SAIGAI】を構築し、インターネットを通して供用している。さらに、全国の大学の災害研究者約1,700名から構成される自然災害総合研究班の活動を支援している。

研究成果の広報として、巨大災害研究会を年10回、公開で開催するとともに、日本自然災害学会や阪神・淡路大震災を契機に組織された【Memorial Conference in Kobe】の事務局を担当し、後者は1996年から3回開催して、延べ2000人を超える参加者を得た。また、都道府県、政令市レベルの自治体の防災担当者を対象として【地域防災計画実務者セミナー】を毎年3日間開催し、過去4回の開催によって、延べ600人が受講した。さらに、当センターの教官が国内外で防災に関係した講演(講演会、セミナー、フォーラム、シンポジウム、研修会など)実績は、延べ300回を超えており、研究成果のアカウンタリビリティに関して多大の努力をしている。国際的な研究活動としては、【国際防災の十年】に関係して、米国・デラウェア大学、ワシントン大学と都市地震・津波防災に関する共同研究を継続し、中国、インドネシアを対象に災害調査共同研究を推進している。

## 巨大災害過程研究領域

教授 河田 恵昭、助手 高橋 智幸

巨大災害による人的・物的被害を軽減するための総合減災システムに関する研究を行う。まず、国・地域・都市の防災力、災害脆弱性、ハザードとしての外力及び災害リスクの定量的な評価方法を開発する。そして、これら各項からなる保存則としての自然災害方程式の定式化を行う。その解の破綻条件から、巨大災害の発生法則と拡大要因を明らかにするとともに、発生危険度及び人的被害予測を確率的に

行う。さらに、その解の特性から、災害の地域性と歴史性の影響の相互関係を見いだす。これらの応用として、人的被害軽減のための危機管理と阪神・淡路大震災の教訓を生かした減災システムを提案する。具体的なテーマは以下の通りである。

### 1) 巨大災害の危機管理

- 1) 生体防御のアナロジーの活用による都市防災
- 2) 都市環境創造への社会ミティゲーションの発展
- 3) 巨大災害の被害想定とそのマネジメント方法

### 2) 巨大災害の人的被害と総被害額の定量化

- 1) 来るべき関東地震による人的被害と被害額予測
- 2) 世界各国の巨大災害による被害ポテンシャル分布大勢
- 3) 人の生命の価格の評価方法の開発

### 3) 阪神・淡路大震災の教訓の総合化と地震・津波防災などへの活用

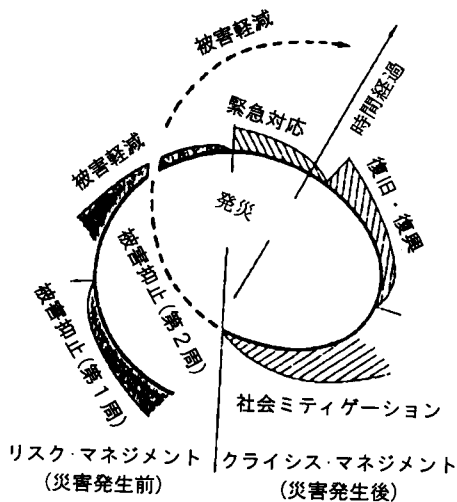
- 1) 東海・東南海・南海地震とその津波による広域被害の減災策
- 2) 地域防災計画の活用方法と広域防災協力体制の提案
- 3) 臨海都市の津波防災の内容とその進め方

最近の研究成果の一部を紹介すると、つぎのようである。

都市総合減災システムをさらに一般化して提案することを目的として、その問題点を検討した。すなわち、自然災害の危機管理においては、ハードウェア、ソフトウェア、ヒューマンウェア、コマンドウェアの4つに分類し、災害前をリスクマネジメント、災害後をクライシスマネジメントすれば、必要な施策が分類できることを見いだした。さらに実際の適用においては、時系列的に再調整し、即時、緊急、応急、復旧、復興対応とすればよいことを明らかにした。

都市減災システムについては、構造物・建築物の破壊というような物理的課題と救命・救援というような社会的課題が約100存在し、それらに対処するには情報の処理が鍵を握っていることを示した。特

に砂防地理情報システムの開発が重要な課題であり、まず地形や地質というような自然条件と人口や世帯構成などの社会条件についてのデータベースの構築が先行するべきことを提案した。そして、現行の米国に連邦政府危機管理庁(略称FEMA)における危機管理方法の変遷における時代的背景、思想及び適用にあたっての注意点を資料解析から明らかにし、わが国へ適用するに際しての検討すべき事項を整理した。その結果、わが国の地方自治体における災害対策本部のように、日常業務の縦割りをそのまま適用した組織では相互に関連する事項を円滑に処理できず、むしろ事項対応的な組織構成が必要なことと相互に影響する機能が必須であることを示した。



火災の危機管理の構成

## 災害情報システム研究領域

教授 林 春男、助教授 西上 欽也

当該社会の防災力を上回る外力によって災害が発生する。こう災害を定義すれば、外力についての理解の深化を基礎にして、社会の防災力の向上をはかる試みを防災と定義できる。社会の防災力はさらに2つに分類できる。第1は、災害による被害の発生を未然に防ぐことを目的とした被害抑止策

(Mitigation)である。第2は、被害抑止限界を超過する外力に対する被害の限定化と早期復旧を目的とした被害軽減策(Preparedness)である。与えられた制約条件の中で、社会の防災力を極大化できるような被害抑止策と被害軽減策の最適な組み合わせを考えることが防災の仕事である。低頻度巨大災害の防災では、被害軽減策の充実度によって社会の防災力が強く左右される。

巨大災害研究センター災害情報システム研究分野では、情報処理過程として災害対応をみる観点から、防災の充実を目指した研究を次の3側面で行う。

第1は、災害の社会科学的側面に着目して、災害過程そのものの理解を深めるための研究を行っている。とくに、災害発生後の社会の対応や個々の被災者の対応と情報の関係について検討を中心としている。最近3年半は阪神淡路大震災発生以後の社会の対応について、徹底した現地調査を元に、「災害エスノグラフィー」の構築を目指した活動を続けている。災害エスノグラフィーとは、被災者あるいは災害対応者として震災を体験した被災地の人々が、どのように考え、感じ、行動したのかを、彼ら自身の言葉で、しかも体系的に記述したものである。これまでのわが国の防災にパラダイムシフトを迫るほどの未曾有の災害となった阪神淡路大震災の事実を確実に残す仕事である。

第2は、災害情報システムが処理すべき情報のあり方に関する研究である。どの時点でどのような内容の情報をどのような手続きで収集・評価・共有すべきかを、事前対策から事後対策まで一貫した枠組みで検討する。その一環として地震に関する効果的な情報提供の方法を中心にして、外力についての理解の深化のための情報提示方略を検討している。また、効果的なクライシスコミュニケーションのあり方に関する研究を行っている。さらに、文字を使わずに防災に関係する情報を伝達するための「防災ピクトグラム体系」の構築を行っており、IDNDRの日本からの成果として公開する予定である。

第3は、防災CALSの確立である。防災に携わる機関の間で、災害対策の法制度、防災計画、被害想定・推定、防災アセスメント、被害抑止計画、危機管理計画の各要素についての総合的なデータベース構築と災害対応過程の統合によって効果的な災害対応をはかる。阪神淡路大震災を契機として、災害時の情報力の大切さが認識され、さまざまな災害情報システムが開発された。しかし、それらのシステム相互には仕様の共通性がなく、各システムが個別に存在している。巨大災害は同時に広域災害であることを想定すると、各防災情報システム相互の広域連携も、効果的な災害対応のために不可欠な要素である。それを実現するための規格の標準化、災害対応手順や防災計画の標準化のための検討を行っている。

## 被害抑止システム研究領域

教授 田中 晴義、助教授 赤松 純平

助手 北原 昭男

災害による社会的被害を軽減するための研究、特に、大都市圏地震災害の被災構造とその時系列的展開、施設・構造物の被害予測とその経済損失の評価に関する解析を行う。それにはハザードとしての地震動の特性や都市域の社会構造を明らかにする必要がある。また、地震被害軽減の観点からの地域・都市構造・デザイン・計画の各論を展開して、安全で安心な地域・都市づくりの方法を提示する。さらに、被害の長期化、広域化を抑止する危機管理組織やコミュニティ・ボランティアの在り方を考察して、有効な減災策を提案する。本研究領域の主要な研究課題としては次の6つがある。

1. 都市地震のハザードマップとマイクロゾーニング
2. 巨大災害のリアルタイム評価と被害軽減
3. 物的被害の予測と被害局限
4. 都市社会構造の耐災論

## 5. 危機管理と災害復旧・復興

## 6. 防災ボランティア論

都市地震のハザードマップとマイクロゾーニングに関しては、次の3つの研究が進められている。

(1)IDNDRに関連する日中共同研究として、1996年中国雲南省麗江地震の調査を行い、麗江盆地の活構造や基盤構造が被害に大きく関与していることを明らかにした。また平成9年には、脈動による麗江盆地の基盤構造と地盤震動特性の調査を実施し、成果を中国・西安における日中共同ワークショップおよび京都における国際シンポジウムで発表した。

(2)都市地震防災への地球物理学的データの高度利用を目指す研究の一環として、西宮市、奈良盆地、生駒市域の基盤構造を、微動観測、重力測定、GPS測位、地震観測資料の併合処理などの手法により、名大理、岡山理科大、地質調査所、国立天文台、奈良国立文化財研究所、京大防災研究所地震予知研究センターなどとの共同で調査した。

(3)地質環境の変遷が地震動に及ぼす影響を解明することによって地震動的確な予測を行い、成果を行政、地域住民に還元することを目的として、地質学、地球物理学、地震工学などの研究者が学問分野にとらわれずに自由に討論する“地質環境の変遷と地震動予測に関する研究会”を平成6年以後毎年開催している。平成9年度には関東地震危険度評価の基礎資料の収集を目的として延命寺断層とこれに関係する基盤構造の調査を、反射法地震探査、微動観測、重力細密測定により実施した。物的被害の予測と被害軽減に関しては、以下の2つの研究が進められている：

(4)既存建築構造物を対象に常時微動計測や構造実験を行うと共に、3次元振動台を用いて構造モデルの振動実験を行い、構造物の耐震性能・動的特性解明のための資料を蓄積しつつある。また、既往の被害地震に関しては、都市における建物分布および地質・地盤特性と被害分布の特性を明らかに

し、都市における建築構造物群の耐震ポテンシャルの評価を行ってきた。さらに、これらの成果をふまえ、都市建築物群の時代変遷および耐震性の地域分布を考慮した地震被害推定手法を構築してきた。

- (5) 建築内部空間の被害に関して、建物被害、家具の転倒や散乱などの室内被害および室内における2次被害に関するアンケート調査を行い、地震時における室内被害発生のプロセスを明らかにするための資料を得た。さらに、3次元振動台を用いた実験により、被害波及の核となる家具の振動・転倒性状を明らかにし、これらの成果をもとに、低

いレベルから高いレベルまでの地震入力によって引き起こされる居住空間の被害を、物理的な手法に基づき推定するプロセスを構築してきた。

被害抑止システム研究領域は平成8年に新設され、以来上記のように主として基盤構造の解明に基づいた地震危険評価、及び建築構造物の耐振性評価と都市建築物群の地震被害推定のために手法の確立に向けた研究を実施してきた。今後は、これらの手法の精度や適用性の向上を目指した研究を継続するとともに、新たに地震火災の性状の解明、被害予測および被害軽減のための都市計画手法に関する研究に着手する予定である。