

この手法を天然の火山噴出物の分析に適用し、2011 年霧島新燃岳噴火、富士山宝永噴火、桜島安永噴火について火山噴火予知研究センター等と共同研究を実施した。鉱物組成情報と含水量を組み合わせることによって、マグマだまりの温度・圧力環境の推定を従来よりも狭めることに取り組んでいる。

3.3.6 高温高压実験装置を用いた地球内部の物質科学的研究

我々の研究室では川井型マルチアンビル高温高压発生装置やダイヤモンドアンビル高温高压発生装置等を用いて、地球の進化や地球内部の物理化学的状態を明らかにするための研究を行っている。昨年度から今年度にかけては主に、インピーダンスアナライザーとマルチアンビルとを組み合わせ、地殻から上部マントルにかけてのひろい温度圧力領域において地球内部物質の電気伝導度を測定する環境を整え、現在までに実際にいくつかの鉱物について測定データを得ることに成功している。今後、鉱物・メルト・フルイドを含む様々な状態の地球内部物質の電気伝導度を高温高压下で測定し、地球電磁気観測データと比較することにより地球内部の情報を定量的に理解することを目指す。

3.3.7 地球化学分野

「地球化学グループ」は、火山の諸現象、地球や惑星を構成する物質の進化、地球内での物質循環などを探求する研究を、微量元素、同位体などのトレーサーを用いた地球化学的手法で行っている。

海底熱水系は鉱床形成の場、生命の発生の場として注目されている。海底熱水活動の持続時間が熱水系に生息する生物の遺伝子レベルでの分化に影響を与えているかについて、生物系の研究者などと共同研究を行っている。熱水から沈殿した硫化鉱物の年代を ^{230}Th - ^{234}U 放射非平衡年代で求める手法を確立した。1000 年程度の若い鉱物にも適用が可能である。ESR 年代などと比較して、放射非平衡法で得られた年代の評価を進めている。南マリアナトラフで採取した硫化物クラストについて ^{234}U - ^{230}Th 放射非平衡年代は ESR 年代と関連した年代を示したが、 ^{226}Ra - ^{210}Pb 年代より 1-2 桁大きな年代を示した。このクラストは連続的に成長しているため、異なる放射壊変系が示す年代が大きな差を持つと解釈できる。他のコア試料での解析を進め、沖縄、南マリアナトラフ地域での熱水活動史にせまる予定である。

次に火山岩のみならず、変成岩や堆積岩の微小部分、例えば個々の斑晶鉱物やメルト包有物、さらには鉱物結晶の累帯構造の各部分に残された記録を読み解いて、マグマや源岩の化学進化を解明する研究も同グループの重要な課題である。2004 年度に導入された 213 nm 波長 Nd-YAG レーザーアブレーション・システム (UP-213 型) と旧型 ICP 四重極型質量分析計 (VG PQ3 型) を独自に改良することで、高感度・低バックグラウンドの分析を可能とし、国際レベルの分析精度を達成している。同分析装置を用いて 1) 鉱物・メルト包有物の局所微量元素分析、2) ジルコン結晶の局所 U-Pb 年代測定、3) XRF 分析装置とカップリングして行う迅速性の高い主・微量元素全岩分析を精力的に行っている。現在、前述した研究テーマで、国外では韓国やロシア、チリ、アルゼンチン、ブラジルの研究者らと共同研究を実施中であり、国内では地震研共同利用を通じて他研究機関の共同研究を受け入れている (本年度は国際・学際共同研究 1 件)。

また、火山岩や隕石中に含まれる希ガス同位体組成を調べ、それをもとに火成活動の時空分布、惑星内部からの脱ガスや大気形成過程、惑星の形成・進化史の解明を目的とした研究も行っている。希ガスは不活性なため物理的プロセスを探求するのに有用なトレーサーであり、また ^4He 、 ^{40}Ar 、 ^{129}Xe など年代測定に応用できる放射起源同位体を有する。現在は特に、小惑星や月起源隕石の希ガスデーターにもとづく惑星形成時の熱源や熱史の解明、月惑星表層のレゴリス形成史の解明、地球型惑星の大気進化モデル構築、およびレーザー照射源を用いての K-Ar 年代測定システム (小型 LIBS-QMS システム) の開発などを進めている。また、はやぶさ回収試料の希ガス分析 (東大理学部他)、来る月探査・はやぶさ 2 探査における年代測定法・ガス分析法の確立 (JAXA 他) を目指す共同研究にも参加している。

3.4 災害科学系研究部門

教授	壁谷澤寿海、瀬瀬一起 (部門主任)
助教	飯田昌弘、三宅弘恵

特任研究員	細川洋治, 増田 徹, 司 宏俊
事務・技術補佐員	川田美穂子, 諏訪幸子
大学院生	Ibrahim Rami (D3), 横田裕輔 (D3), 郭 雨佳 (M2), Bui Quang Hieu (M2), 小林 広明 (M2), 渡邊公美 (M2), Deng Xuan (M2), 樋口 駿 (M1), 加藤周二 (M1)
研究生	Hidalgo Toxqui Juan Pablo

災害科学系研究部門は、地震による強震動や津波などの現象の解明と予測を行い、それらによる災害を軽減するための基礎研究を理学と工学の視点から行う。観測、実験、解析、理論、シミュレーション、被害調査、資料分析などの手法によって、強震動・津波地震学や地震工学分野の基礎的あるいは応用的な研究を行っている。本部門における最近の主な研究対象は、大地震による強震動の生成過程の理解のための震源過程研究、高密度強震観測、地震波伝播・強震動のコンピュータシミュレーション、構造物の被害調査、耐震性能評価に関する研究、被害調査などである。

3.4.1 地震の破壊過程の研究

強震動（災害につながる強い揺れ）の研究とは、地震の震源の破壊過程・地震波が地球を伝わる現象（波動伝播）・地面が揺れる現象（地震動）といった一連の現象を理解することである。強震動をともなう地震は、他の自然災害に比べて稀にしか起こらないため、起こった地震の詳細な震源モデルを着実に蓄積することに格別の重要性がある。これらの震源モデル群からは海溝型地震のスケーリング則などが見出された。2012年は、2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震の破壊過程や強震動生成を引き続き集中的に解析したが、この地震以前の東北地方太平洋沖におけるすべり欠損の状態や、地震時の強震動パルス源の特定、地震後の余効変動の状況も併せて解析した。このほか、1952年と2003年の十勝沖地震や、1995年兵庫県南部地震などに対して、三次元グリーン関数など新たなツールを用いた解析を進めている。

3.4.2 長周期地震動の研究

長周期地震動（周期約2秒から10秒以上）は、超高層ビルや巨大石油タンクなどの大規模な構造物の急激な増加によりその重要性を増している。被害を及ぼすような長周期地震動はプレート境界大地震から発せられるのが典型であり、これらの地震は震源近傍だけでなく、震源効果・伝播経路効果・サイト増幅効果の組み合わせにより遠方の堆積平野等にも強い長周期地震動をもたらす。長周期地震動は過去の地震災害、たとえば1985年ミチョアカン地震 (Mw 8.0) から400km離れたメキシコシティでの災害、あるいは2003年十勝沖地震 (Mw 8.3) から250km離れた北海道苫小牧市での災害などの主要な要因となっている。長周期地震動に対する震源効果・伝播経路効果・サイト増幅効果を経験的な手法で精度良く評価することは困難であるので、数値シミュレーションがもっとも有用な手法のひとつであると考えられる。そして、この数値シミュレーションにとって、堆積平野や伝播経路を含む三次元速度構造モデルの利用が、高精度な評価のために決定的に重要である。同時に、プレート境界地震に対する適切な震源モデルも同じく決定的に重要であろう。そこで、われわれはまず、三次元速度構造やプレート境界地震の震源をモデル化するための標準的な手続きを定めた。続いて、この標準的な手続きを用いて、南海地震（昭和型）を対象とした三次元速度構造モデルや震源モデルを構築し、これらモデルを用いて長周期地震動の数値シミュレーションを鳥取大学と共同で実行した。この数値シミュレーションの結果をハザード地図として表現するため、われわれは最大地動速度や地動継続時間、および周期3秒と5秒、7秒、10秒の速度応答スペクトルの分布地図を作成した。地震調査研究推進本部の地震調査委員会から公開された「長周期地震動予測地図」2012年試作版は、これらの地図で構成されている。また、構築した全国1次地下構造モデル（暫定版）も同時公開されており、国内外における強震動研究に活用されている。

3.4.3 各地の強震動予測プロジェクト

JST/JICAの地球規模課題対応国際科学技術協力プログラムによるインドプロジェクトにおいて、インド・ヒンドスタン平野の強震動予測研究を進めている。同じくインドネシアプロジェクトでは、インドネシア・バンドン盆

地における強震動予測研究を担当した。また、文部科学省のひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクトにおいて、江戸時代後期に発生した三条地震の強震動評価を行った。

3.4.4 鉄筋コンクリート構造物の実験と耐震性能評価

(1) 基礎底面の滑動による地震入力逸散機構に関する研究

2011 年度より、過大な地震動に対して生じる建物基礎底面での滑動による入力逸散効果の評価手法を確立してその効果を耐震設計に利用することを目的にして、実験的研究および解析的研究を行っている。実験では、鉄筋コンクリート基礎底面要素あるいは部材の 1) 静的載荷試験、2) 動的載荷試験、3) 地盤上での現地試験、により、基礎底面の不連続面における摩擦係数と復元力特性を定量化するとともに、荷重条件、材料、構造詳細等による摩擦係数の低減効果を明らかにする。実験結果に基づいて基礎底面における入力逸散機構の解析モデル化手法を確立して、さらに、過大な地震動入力に対して有効な鉄筋コンクリート建物のフェイルセーフ耐震機構の実用化設計手法および耐震性能評価手法、を提案する。2011 年 4 月には静的すべり試験(共同研究)、2011 年 11 月には動的すべり試験により、コンクリートとコンクリート、コンクリートと薄い鋼板におけるすべり性状を明らかにした。2012 年 7 月および 11 月にはさらに摩擦係数を低減しうる接合部詳細を開発して静的実験および動的実験により検証した。さらに、上部構造と基礎すべり系の地震応答解析を行い、基礎すべりの復元力特性形状や速度依存性などが上部構造の応答に与える影響を検討した。

(2) 鉄筋コンクリート造超高層建物の立体架構実験

2011 年 1 月-2 月に超高層建物の立体架構試験体の静的加力実験(2 体)を実施した。現在、高さ 60 (m) を超える超高層建物では時刻歴応答解析に基づいて構造設計されており、最大応答変形時には多数の梁端で降伏ヒンジを形成することが仮定されている。地震応答時の梁強度は 1) スラブ協力幅、2) 梁軸力、3) 外力分布などの影響を受けて大きく変動しうるが、時刻歴応答計算や保有水平耐力計算において柱梁曲げ耐力比の余裕度や梁降伏メカニズム形成に対する保証設計までは行われていない。そこで、本研究では柱端・梁端にピンまたはピンローラー支承を有する鉄筋コンクリート立体部分架構の静的載荷繰返し実験を行った。中間階を模擬して梁軸のびを許容した試験体と加力方法が従来にない特徴であり、これにより超高層鉄筋コンクリート建物の中間階を想定した架構復元力特性、とくに終局耐力に対するスラブ筋の効果が十分に小さい層間変形角レベルでも全幅有効となりうることを実験的に検証した。さらに、試験体の FEM 解析を行い、実験におけるスラブ有効幅のメカニズムを解析的にも明らかにした。2012 年 6 月には 2 体目の加力後の試験体に対してエポキシによるひびわれ補修を実施して再度載荷実験を行い、初期剛性は 70%程度および降伏耐力、終局耐力、靱性はほぼ 100%回復しうることを確認した。

(3) RC・PC 実大震動実験試験体の耐震壁部材実験

2010 年 12 月に E-Defense で実大 4 層 RC・PC 建物(2 棟)の震動実験が実施された。地震研究所では 2011 年 6 月から 7 月に実大試験体の一部である耐震壁部材(模型)試験体 4 体の静的加力試験を実施した。耐震壁は同じ設計による試験体を 1 方向加力、2 方向加力で実施し、RC・PC の曲げ降伏型復元力特性の違いを明らかにするとともに、面外方向の変形が面内方向の復元力特性に与える影響を検討した。部材実験ではエネルギー吸収のための普通強度主筋が破断して靱性限界が決まりうる現象を明らかにした。部材実験の結果にもとづいて、RC、PC 耐震壁の復元力特性をモデル化し、実大震動実験の解析も実施している。

(4) 鉄筋コンクリート造耐震壁の 2 方向加力実験

2011 年 9 月に曲げ降伏型鉄筋コンクリート造耐震壁試験体の 2 方向水平加力実験を実施した。本実験は、「国土交通省の建築基準整備事業のテーマ：鉄筋コンクリート造連層耐力壁の構造詳細と部材種別に係る基準の整備に資する検討」の一部として実施された。実験結果により、変形の小さい範囲では面外方向の変形は基本的に面内方向の復元力特性には大きな影響は与えないことが確認されたが、終局変形は面外変形により明らかに小さくなり、また、柱幅が小さい試験体では、面外の過大な変形により柱の全体曲げ座屈のモードに移行して、軸力に対する安定性が失われた。これは従来の実験では確認されることがない非線形事象であり、柱幅/高さ比の構造規定を見直す際に参照されるべき有意義な実験結果が得られた。2012 年 7 月-8 月には柱型がない曲げ降伏型耐震壁 4 体の 2 方向載荷実験を行い、面外方向の加力が面内方向の靱性に与える影響を実験的に明らかにした。

(5) 東日本大震災における学校建築の被害調査と余震観測

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)による学校建築の被害調査および余震観測を直後から8月末頃まで実施した。学校建築に関しては、文教施設本委員会に設けられた耐震性能等小委員会(主査:壁谷澤寿海)を通して文科省から委託を受けている被災度判定と復旧支援活動と一体化して組織的な被害調査が実施された。調査対象は、RC造校舎だけでなく、S造屋内体育館、社会教育施設(公民館、文化会館、公営体育館等)も含めて約700棟以上であり、被害事例の詳細調査結果、建物の設計、耐震診断結果などが詳細なデータが収集された。調査対象は、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、栃木県、埼玉県、千葉県などの設置者所有者から調査判定の依頼があった建物で、学校では避難区域以外では小破程度以上の被害があった建物は概ね含まれているが、依頼の範囲にない被害事例もある可能性はある。また、地域によっては全数の調査結果も含まれる。これらの調査事例のうち、被害の大きい代表的な個別事例は日本建築学会の速報等で報告したが、さらに、被害統計の整理、被害の分類や原因の分析、余震観測結果の解析などを実施している。2012年には被害率や天井落下に関する追加調査を実施した。

(6) 袖壁付き柱を有する鉄筋コンクリート建物の耐震性能評価法に関する研究

2007年度より2011年3月まで複数年計画で袖壁付き柱を有する鉄筋コンクリート建物を対象にして、1)袖壁付き柱部材の強度と靱性、残存軸耐力、損傷と変形の関係を実験的に明らかにすること、2)袖壁付き柱の復元力特性、とくに最耐力以降の耐力低下を評価しうる解析モデルの有効性を検証すること、3)袖壁付き柱の強度と靱性、残存軸耐力、損傷の実用的な評価法を提案すること、4)袖壁付き柱を含む構造物の耐震性能評価手法、耐震診断法の妥当性を解析的に確認すること、を目的にして実験的研究および解析的研究を行った。実験結果および曲げ理論およびASFIモデルによる解析結果にもとづいて、強度および靱性の実用評価法を提案した。研究成果は耐震診断基準の改訂、部材ランクの評価手法等に反映される見込みである。

3.4.5 災害科学系研究部門研究会の開催

本研究部門では2-3ヵ月に1度、災害科学系研究部門研究会を開催し、災害に関係する所内外の関係者、大学・研究機関のみならず、行政機関・民間企業等の理工学研究者、防災担当者などとの交流を図る機会を設けている。

3.5 地震予知研究センター

教授	平田直(センター長)、佐藤比呂志、岩崎貴哉(兼任)、篠原雅尚(兼任)、高波鐵夫(客員教授)
准教授	上嶋誠、望月公廣、飯高隆(兼任)、加藤尚之(兼任)、酒井慎一(兼任)
助教	五十嵐俊博、石山達也、蔵下英司、山田知朗、加藤愛太郎(兼任)、田中愛幸(兼任)、福田淳一(兼任)
特任研究員	加藤直子、中山俊雄、橋間昭徳、長谷英彰、PANAYOTOPOULOS Yannis (John)、山谷祐介
学術支援専門職員	川北優子
外来研究員	市原寛、笠原敬司
大学院生	悪原岳(M2)、北村重浩(M2)、中山貴隆(M2)、仲谷幸浩(M1)

3.5.1 陸域機動地震観測

(1) 内陸地震発生域における不均質構造と応力の蓄積・集中過程の解明

内陸地震の発生は、日本列島域周囲の海洋プレートの沈み込みなど、プレート運動に伴って生ずる歪が島弧地殻内部に蓄積し、それに伴い特定の断層への応力集中がおこり破壊に至るという一連のプロセスから成ると考えられる。地震予知研究センターは、濃尾地震の断層域、紀伊半島などで、その物理メカニズムを理解するために、島弧地殻内の不均質構造を解明するとともに、プレート境界から加わる歪・応力がその不均質構造や内部変形によって局在化していく過程を明らかにする研究を進めている。