

第2回 KAGI 国際シンポジウム(別府)報告

増田富士雄・竹村恵二・里村雄彦・嶋本利彦

報告1. シンポジウム概要

京都大学 21 世紀 COE プログラム「活地球圏の変動解明」の第 2 回国際シンポジウムが、大分県別府市で開催された。別府は本プログラム参画機関のひとつである「京都大学大学院理学研究科付属地球熱学研究施設」があり、このシンポジウムの科学テーマ「プレート収斂域における活地球圏変動」を議論するにふさわしい場所である。

シンポジウムに先立つ 10 月 31 日(日)に、本 COE プログラムが主催し別府市の後援で、京都大学 21 世紀市民セミナー「気候変動の過去・現在・未来」という市民向け講演会が、別府市ビーコンプラザで開かれた(報告 2 参照)。

国際シンポジウムは、11 月 1 日(月)から 3 日(水)にかけて開催された。場所は別府市ビーコンプラザ(図 1)である。初日は登録が午前中から行われ、午後 1 時 30 分から余田成男代表の COE プログラム紹介(図 2)と、2 名の招待講演者による特別講演から始まった(報告 3 参照)。続いて、塩谷雅人氏の司会で 32 のポスター発表に関する紹介が行われた。院生、COE 研究員など若手研究者を含めたにぎやかな発表会で、おおいに盛り上がった。その夜は、「ウエルカム・パーティー」が KKR 別府翠山荘で行われた。2 日目は、副科学テーマ毎に 2 会場で平行に会議が進められた。ひとつは「火山活動の大気への影響」で、もうひとつは「プレート収斂域での流体と地震」というテーマである。この 2 つのテーマに関する会議は 3 日目の午前中まで進められた(内容は報告 4、報告 5 参照)。3 日目の午後、再び全員がひとつの会場に集まり、2 名の招待講演者による特別講演が行われた(報告 3 参照)。そして、今回の会議のまとめを竹村恵二氏、里村雄彦氏、嶋本利彦氏が行った。参加者はこの明快なまとめでシンポジウムの全体像を捉えることができ、それが最後の総合討論を盛り上げ、活地球圏研究の重要性を再確認した。シンポジウムでの口頭発表とポスター発表の内容は、英文要旨集(図 3)を介在して、発表後にも各所で討論が行われ、ポスター発表会場を含めて議論が盛んであった(図 4)。活発な討論やさまざまな分野からの研究発表からは、新しい活地球圏研究が萌芽する可能性と必要性を示唆しているよう思えた。また、会議の期間中には、来年度の KAGI 国際シンポジウム(中国武漢で 10 月に開催予定)の話し合い(於、地球熱学研究施設)、このシンポジウムに関する外部評価委員会会議(於、別府ビーコンプラザ)も開催され、忙しいなかにも充実した日々になった。

国際シンポジウムの参加者数は、95 名、その内訳は、外国から 20 名、国内・学外か

ら 18 名，学内から 57 名の参加であった．

国際シンポジウム終了の翌日，11 月 4 日（木）には別府から阿蘇にかけての火山活動を見学する巡検が，竹村恵二氏を中心とした地球熱学研究施設の方々の熱心な案内で行われた（報告 6 参照）．天気にも恵まれたこの“熱い巡検”は，活地球圏の息吹を参加者全員に実感させたに違いない．

（増田富士雄）

図1 国際シンポジウム会場となった別府ビーコンプラザ



図2 国際シンポジウムの英文要旨集(131ページ)

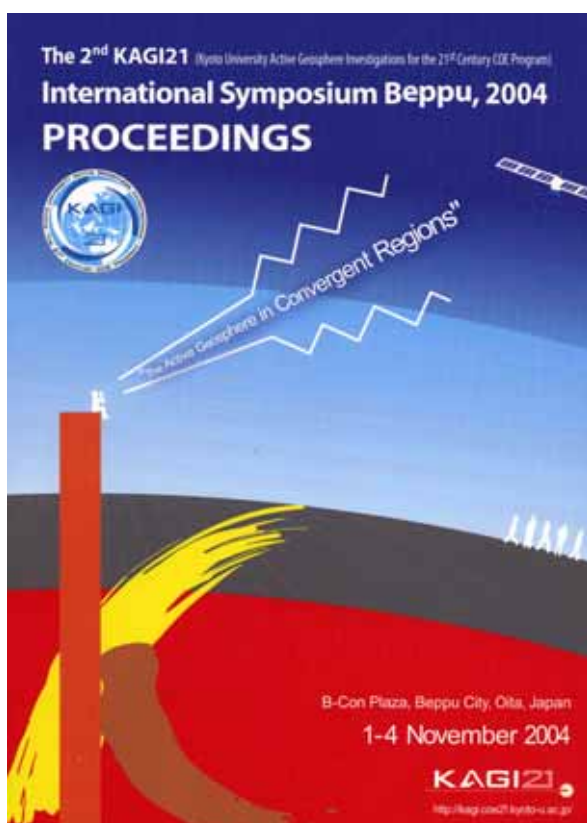


図3 余田代表の開会のスピーチで始まるシンポジウム



図4 各所で議論が活発なポスター発表会場



報告2 . 京都大学 21 世紀市民セミナー「気候変動の過去・現在・未来」

京都大学 21 世紀 COE プログラム「活地球圏の変動解明」では、別府市の後援をいただき、国際シンポジウム（11 月 1 日～4 日）の前日、10 月 31 日に、京都大学 21 世紀市民セミナー「気候変動の過去・現在・未来」と題した、市民向け講演を別府市ビーコンプラザで実施した。地球温暖化や気候変動という最近なじみの言葉をキーワードに、講演が行われた。参加者は 38 名であった。

増田富士雄教授（理学研究科地質学鉱物学教室）の「地質時代の気候変動からみた現在」と題しての講演は、諏訪湖の御神渡の美しい写真から始まった。古文書に残された御神渡の記録は貴重な歴史時代の気候変動の記録であり、小氷期や最近の温暖化傾向を如実に現していることが紹介された。長い地質時代にわたる気候変動の記録は、大きく氷河時代と無氷河時代にわけられ、それらは寒冷な地球と温暖な地球であり、海洋における温度の推定法としての酸素同位体の変化についても言及された。さらに現在の寒冷な地球の形成には、海洋の深いところに存在する深層水が大きな影響を与えており、深層水の性質が地球の大きな気候変動に関連していることが紹介された。

木田秀次教授（理学研究科地球物理学教室）は、「天気予報から気候予測へ」と題して講演された。講演は 10 月 30 日の天気図と 31 日午前 9 時の予報との比較からはじまり、31 日 9 時の結果と対応させての天気予報の話からはじまった。天気予報と気候予測との比較から、計算モデルの歴史を交えながら、気圧に注目したモデル計算の進展が紹介された。この際、観測データの質と量の重要さが指摘された。その後、最近発表された地球温暖化を含む気候予測のモデルを紹介し、西南日本や大分県付近の予測が述べられ、参加者に身近な自分たちの地域との関連を講演された。

講演後の質問としてエルニーニョや温暖化、台風の翌年予測等に関する話題が出され、このような話題への関心の高さがあることが伺え、気候変動に過去・現在・未来にわたって海洋の役割が重要であるとのまとめでセミナーは終了した。

事前広報としては、別府市報、教育委員会を通じた小中高と公民館へのポスター掲示、ボランティアの会合でのポスター掲示、記者クラブを通じての広報と新聞広告、あと地球熱学研究施設（別府）の構成員の口コミ宣伝が主な媒体であった。21 世紀 COE として、最初の試みであったが、今後とも市民への発信を考えた講演会等を企画していくことは、大切であると感じた半日であった。

（竹村 恵二）

大分における平均気温の経年変化

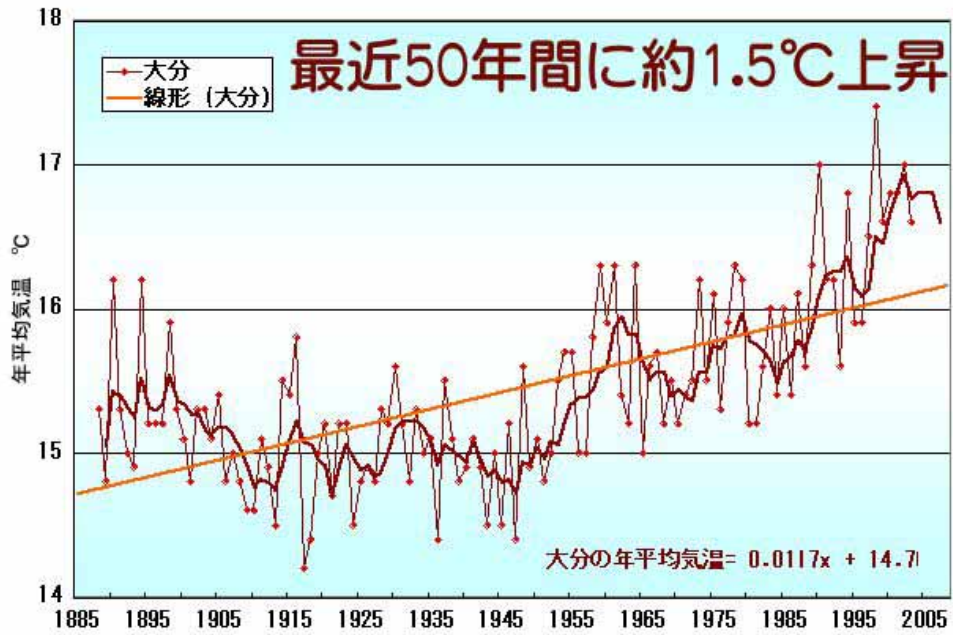


図5 増田教授が示した大分市の温暖化傾向のグラフ（右側が現在）



図6 木田教授が紹介した講演当日2004年10月31日の実況天気図

報告3 . General Session : "The Active Geosphere in Convergent Regions"

General Session はメインテーマである “ Active Geosphere in Convergent Regions” を軸として、11月1日午後および11月3日午後に、竹村の司会・進行のもと参加者全員が中会議室に集まり、実施された(図7)。招待講演者6名のうちの4名の1時間講演4件で構成され、他の2名の講演は各パラレルセッションの最初の講演として位置づけられた(図8)。この6件の講演は、空間分布からながめると、活地球圏の身近な表現としての火山の様相からはじまり、大気圏への火山活動の影響、さらに地殻・マントルにおける水の役割、そして最後にマグマ活動の時空間分布の多様性から活地球圏へアプローチする話題でまた地表での活動に戻るというストーリーで構成されていた。

講演は Prof. Eichelberger (図8) の “Volcanoes: Windows into Active Geosphere” ではじまった。この講演では、活地球圏への窓として火山を取り扱った。惑星から地球までの火山活動に関連した多くの様相に焦点をあて、特に地球特有のカルデラ形成に関わる諸相を強調した。この講演から、シンポジウムが開始され、収斂帯の活地球圏を語るのにふさわしい内容となった。

次の Prof. Geller (図8) の講演タイトルは、“Unraveling Solar, Volcanic, and Anthropogenic Influences on Stratospheric Ozone” であり、大気中のオゾンに注目された。太陽活動、火山活動、人間活動など多くの要因に影響される大気中のオゾンが彼の講演のターゲットとなった。講演では、SAGEII の観測結果と SUNY モデルを用いた大気中のオゾンの存在量や化学的移送のシミュレーションに焦点があてられ、観測とモデリングの相違等も強調された。

11月3日の午後のセッションでは、Dr. Hobb(図8)が “Thermodynamics of Shear Zone Development in Coupled Thermal Fluid-Mechanical Chemical Systems.” と題して講演を行った。この講演では、熱/流体・流体/力学/化学過程に関連した地質学的システムの不安定な様相が取り扱われた。特に、せん断帯の発達に焦点があてられた。強調された内容は、熱、水、化学過程の組み合わせで生じる変形帯におけるせん断帯などの構造発達の統一化であり、その手法について紹介された。

最後の講演は Dr. Chen (図8) による “Temporal and Spatial Revolution of Arc Magmas along the Philippine Sea Plate Subduction” であった。この講演では、フィリピン海プレート収斂帯に沿って分布する火山岩の化学的証拠を取り扱い、特に同位体組成の時空間の相違とテクトニックな条件に焦点が当てられた。また、カルデラ形成時噴出物と後カルデラ噴出物の化学成分の比較が、マグマだまりの様相を知る重要な鍵であることも強調された。

(竹村恵二)

図7 セッション進行役 竹村恵二氏



図8 特別講演者:(上から)アイケルバーガー教授,
ゲラー教授,ヒッチマン教授,スカンベルウリ教授,
ホップス博士,陳 博士,





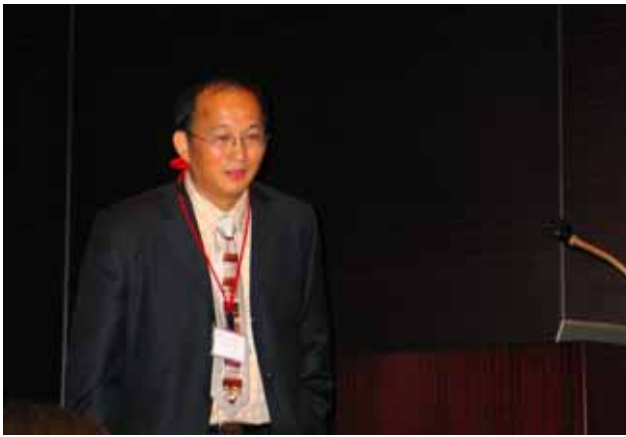
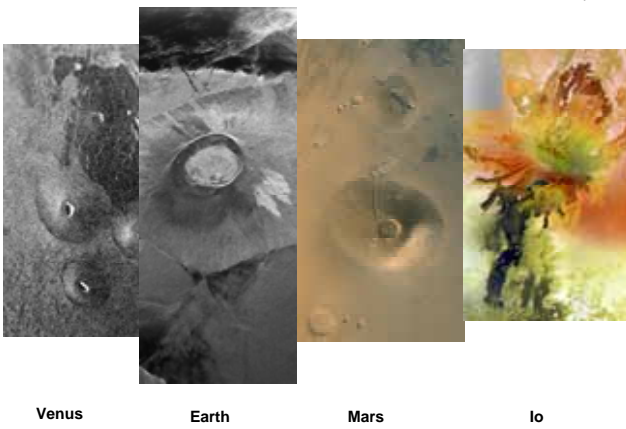


図 9 活地球圏への窓としてさまざまな火山 (Prof. Eichelberger)

John Eichelberger:
Volcanoes: Windows into the Active Geosphere



Venus

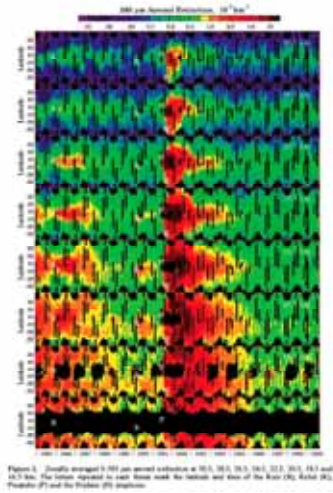
Earth

Mars

Io

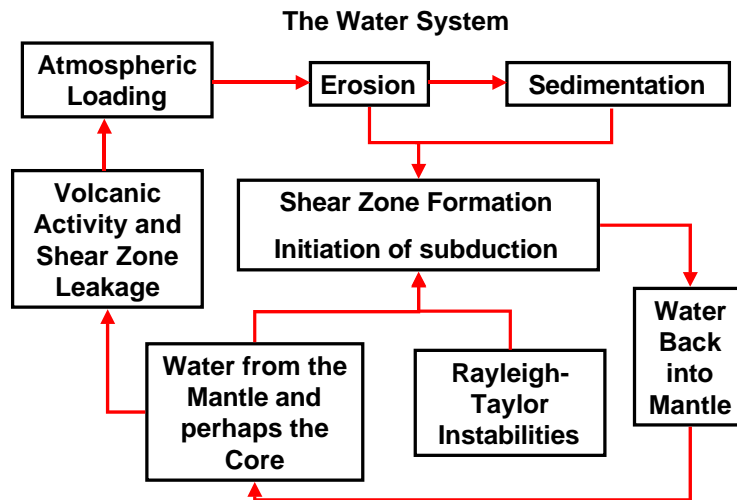
図 10 1985 年 ~ 1990 年の 0.385μ aerosol extinction の高度分布 (Prof. Geller)

Marvin Geller:
Unraveling Solar, Volcanic and Anthropogenic Influences on Stratospheric Ozone



From Bauman et al., JGR (2003)

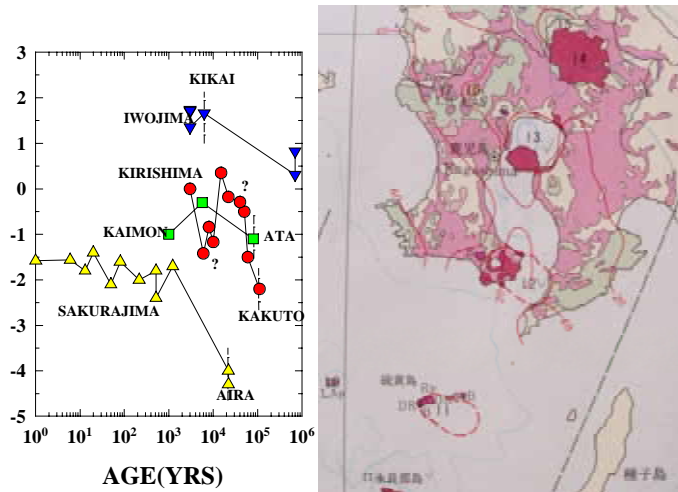
図 11 気圏—水圏—固体圏の水循環における剪断帯の意義 (Dr. Hobb)



Bruce Hobbs: Thermodynamics of Shear Zone Development in Coupled Thermal-Fluid-Mechanical Systems

図 12 南九州 4 大カルデラにおける Nd の時間変化と地域による変化 (Dr. Chen)

Chang-Hwa Chen: Temporal and Spatical Evolution of Arc Magmas
Along the Philippine Sea Plate Subduction Zone



報告4 . Oral Session 1 : ”Volcanic Impacts on the Atmosphere”

2日目 午前8時30分から午後5時30分 , および3日目午前8時30分から12時に行われたこのセッションでは , Prof. Hitchman による招待講演1件を含む計18件の講演が行われた . 火山性エアロゾルは , さまざまな過程を通して大気状態に影響を与えることがわかっているが , 講演の内容は成層圏に関する論文7編 , 対流圏6編 , 歴史的・古気候学的な問題に関する論文5編であった . 成層圏への影響に関する発表において , 赤道成層圏に見られる東西風の準2年周期振動に伴い下部成層圏の物質輸送の様相が変化するという指摘がなされ (図13) , 対流圏の講演ではエアロゾルの上方輸送の詳細に関する研究発表があり , 氷床コアの解析では火山活動の大小と共に採取位置と火山との位置関係の影響が非常に大きいことが質疑を通じて明確になるなど , 興味深い講演と議論とが続いた .

一連の講演を通じて浮かび上がった課題としては , 3次元輸送全球モデルの精度がまだ不足していること , エアロゾルに関する放射スキームの誤差が大きいため気候への影響予測に支障があること , エアロゾル上方輸送過程の詳細に関する理解が不足していること , 全球平均気温だけでなく地域毎に違った影響がでること (図14) , モンスーン循環による輸送の理解が始まったばかりであることなどがあげられる .

(里村雄彦)

図 13 西風シアー（上）と東風シアー（下）の物質分布（Prof. Hitchman）

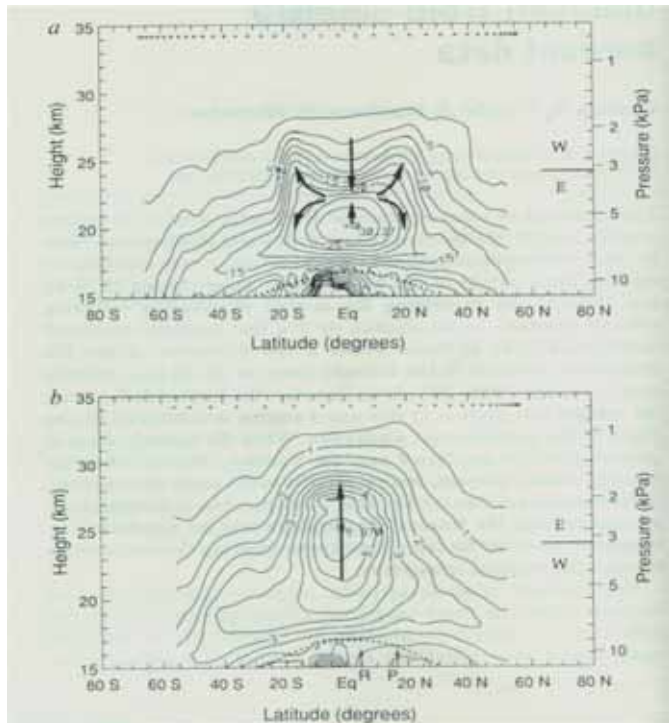
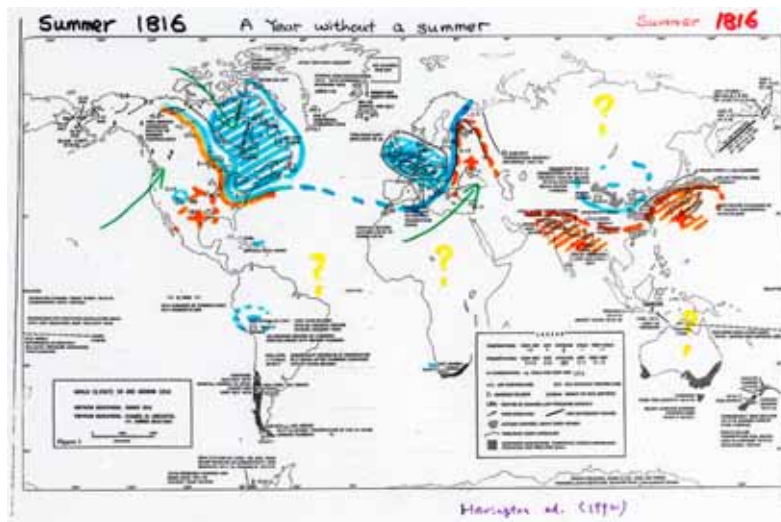


図 14 火山爆発による地上気温変化（Prof. Mikami）



報告 5. Oral Session 2: "Fluids and Earthquakes in Convergent Regions"

本セッションではプレート収斂域における流体・地震・火山活動に関する 21 の口頭発表があり、また 19 のポスター発表も本セッションに関連した内容であった。ヒマラヤの地殻変動の観測 (Junyong の発表; 以下、氏名のみ記入) とモデル計算 (Howlada), 及び中国北東部火山岩中のマントル捕獲岩の希ガス分析 (Lai) を除くと、研究発表は沈み込み帯に関連したものであった。セッションでは、(1) 沈み込み帯における流体とテクトニクス、(2) 沈み込み帯の地震を 2 つの大きなテーマとしてとりあげた。

招待講演者の Scambelluri は、変成岩 (とくに蛇紋岩) から得られる情報を総合して、沈み込み帯における流体循環の全貌について講演した。また、大沢は水の地球化学から、柴田は微量元素と同位体から沈み込み帯における物質循環を論じた。鍵はラーマン分光法を使って CO₂ 包有物の圧力測定によって深部の流体圧が推定できることを示し、川本はダイヤモンド・アンヴィルを用いた透視実験によって高温・超高压下でマグマが形成される様子を映像で示して参加者に感動を与えた。鍵山は、水が火山噴火に与える影響について論じた。

これらの講演と関連したポスター発表によって、沈み込み帯における流体移動、変成作用、マグマの形成と火山活動の研究の現状を知ることができた。個々の分野の研究成果には目をみはるものがあり (図 15 参照)、全体を融合した定量的モデルの構築が必要な時期がきていることが実感された。この点では、沈み込み帯における熱・水の移動とマグマの形成をモデル化して、多くの沈み込み帯の特徴を浮き彫りにした岩森の発表は印象的であった。また、Hobbs, Regenauer-Lieb, Ord らは変形・流体移動・化学反応が連動した問題を解く方法を開発してきており、彼らは、マントルの流動的変形にプレートの弾塑性的な変形を加えて解析することによって、マントルの流体解析よりも遙かに現実に近いテクトニクス像が得られること、沈み込み帯の開始と進化には水の存在が不可欠であること (図 16) などを示した。地球深部の複合的なプロセスを定量的に解析する方法を提示した点で、彼らの発表は大きなインパクトを与えた。

沈み込み帯の地震についても研究が新展開している様子が浮き彫りになった。1995 年兵庫県南部地震後に設置された GPS と地震の観測網によって、低周波地震 (大見)、スロースリップから通常の地震に至る沈み込みプレート境界の多彩な挙動 (川崎) が、実測データによって定量的に議論できるようになった。「サイレント地震」と称して長年この問題を論じてきた川崎が、数日から 1 年以上かけてすべるスロースリップを語る表情に静かな喜びを感じた。スマトラ・ジャワ・バリ沈み込み帯の地震については、Widiyantoro から総合的な発表があった。

このような多彩な断層およびプレート境界の挙動を規定する要因として、瀬野は蛇紋岩が大きな役割を果たしていることを提唱した。また、堀は地球シミュレータを使って南海トラフに沿った巨大地震を再現して、地震発生の問題がプレート境界の形状とかなり複雑な断層の構成則を含めて解けるようになったことを示した。芝崎は、実験で得られたより現実的な性質を使うことによって、スロースリップから地震に至る挙動が得られることをシミュレーションによって示した。これらの研究に加えて、石井は蛇紋岩化したウエッジマントル起源の蛇紋岩海山について、氏家は ODP で掘削された南海トラフ・付加体中の断層について、廣野は次世代の掘削船「ちきゅう」を使った南海トラフ震源域掘削計画について講演をした。一連の発表によって、沈み込み帯の地震発生領域周辺の試料を用いて断層の力学的性質を実験的に決定し、実測された性質に基づいて断層・プレート境界の挙動を解析し、その結果を観測結果と比較することが近い将来可能になりつつあることが示された。このような断層と地震を融合させた研究は、KAGI21 の主要研究課題の 1 つである。（嶋本利彦）

図 15 沈み込み帯における物質移動の模式図（大沢信二）

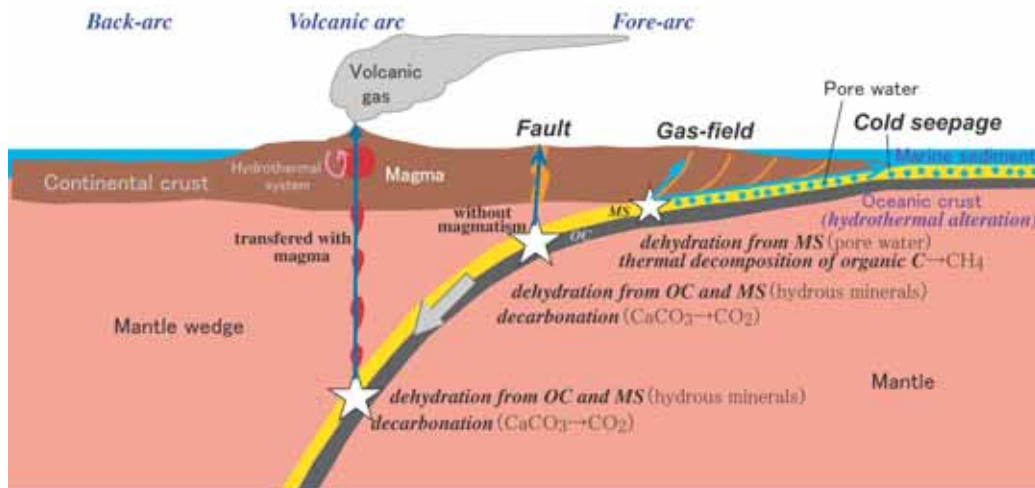
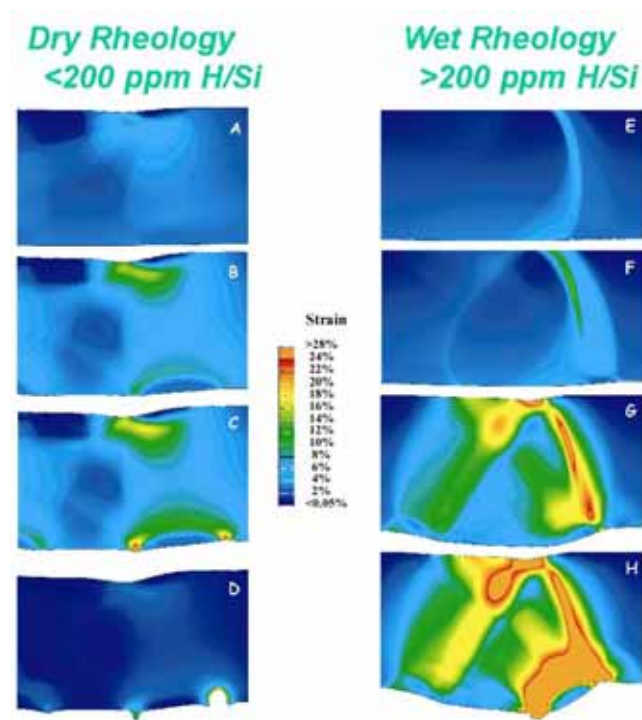


図 16 . 堆積物荷重及びプレートの自重によるプレート沈み込みの開始のモデリング (K. Regenauer-Lieb の発表より). 図の色は歪の大きさを表しており, 暖色ほど歪が大きい. 右側の水を含むリソスフェアではプレートが変形によって分断されて沈み込み帯がおこるに対して, 無水に近い左側のプレートでは沈み込みはおこらない.



報告 6 . KAGI21 国際シンポジウム(別府)巡検

11月4日(木)好天に恵まれて、巡検はスタートした。地球科学で現地を見て回る見学会(巡検)は、天候でほとんどの成否が決まる。この日は無風の暖かい日で本当に巡検日和であった。8時に亀の井ホテルを出発。参加者総勢38名、地質学者・地球物理学者・その他事務局のメンバー等であった。別府火山性扇状地を西に向かい、堀田・朝見川断層沿いを通過しながら、別府八湯や活断層の紹介をし、第一地点の明礬の地獄・噴気地帯に向かった。明礬では、湯の花小屋や別府湯の花の製造過程、地獄地帯の景観を見学した。第2地点は十文字原展望台で、ややかすんでいたものの別府湾を取り囲む地形が鳥瞰でき、佐賀関・大分平野が遠望された。別府地溝や別府扇状地の風景が鮮やかで、地溝を形成したテクトニクスやその中で展開される火山活動の説明がなされた。第3地点は、広域火山灰の鬼界 - アカホヤ火山灰の露頭で、真っ黒なクロボク土の中に鮮やかな30cm程度の橙色の層がはさまれていた(図17)。この火山灰は7300年前の南九州海上のカルデラ噴火の産物で日本の代表的な広域火山灰である。参加者は縄文時代の珍しい広域火山灰を目の前にその噴火の状況を思い描いたかもしれない。



図17 Stop 3. 別府市天間 7300年前の縄文時代に九州南方海上鬼界カルデラから噴火した広域火山灰鬼界 - アカホヤ火山灰(K-Ah: 橙色の層)の露頭

この露頭をあとに、紅葉が山を染め始めた塚原・由布院を過ぎ、飯田高原にはいると、眼前に久住硫黄山の噴気が無風の中まっすぐに上がっていく様が観察された(図18)。写真撮影のため、長者原で途中ストップし、次の目的地八丁原地熱発電所に11時過ぎに到着。ここで110MWの地熱発電所の紹介ビデオ(英語版)と場内を見学し、一路阿蘇大観望へ向かう。阿蘇から噴出した火砕流と久住から噴出した火砕流からなる平坦な銀色のすすきの草原の中をバスは走り、大観望着。ここで、阿蘇火山研究センターの須

藤先生が合流し、昼食とグループ写真撮影(図19)。外輪山からの阿蘇の展望はいつみても圧巻である。昼食後、外輪山から阿蘇火口へ向かう。九十九折の道路から平坦なカルデラ平野を過ぎ、須藤先生のガイドを受けながら中央火口丘をのぼる。途中米塚や草千里をながめながら火口駐車場のロープウェイ乗り場到着。揺れるロープウェイを降り、参加者はガスに注意しながら火口へと移動。9月と10月の台風の雨で、火口の水位があがり、緑色の鮮やかな火口湖の水と蒸気・噴気の光景が眼前に広がっていた(図20)。



図18 長者原 1995年にも噴火した久住硫黄山の噴気

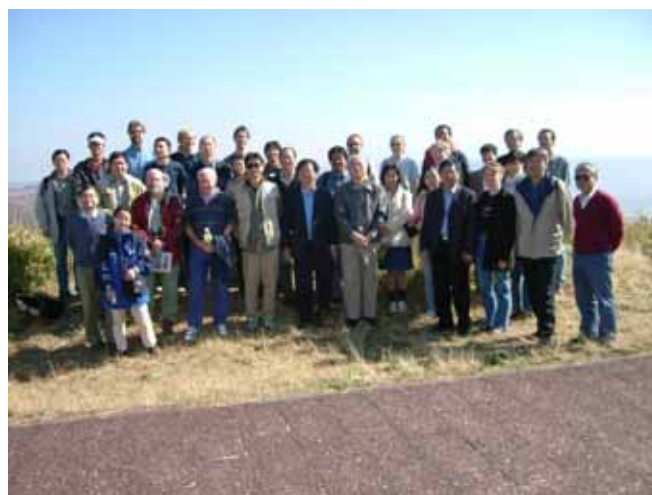


図19 参加者集合写真 阿蘇外輪山 大観望にて



図 20 2004 年 11 月 4 日の阿蘇火口

20 分ほどの火口見学の後，ロープウェイで駐車場までもどり，一路別府への道をたどり，5 時過ぎに別府駅へ到着．ここで，ほとんどの参加者が下車し，あわただしいが，気持ちのよい好天に恵まれた巡検が終わりを告げた．一日のツアーであったが，別府から阿蘇にかけての火山活動を中心とした活地球圏を身近に感じた日となった．

（竹村 恵二）