

日本地球惑星科学連合大会 2016 年大会 (JPGU Meeting 2016)

「セッション A-HW16 流域生態系の水及び物質の輸送と循環－源流域から沿岸域まで－」
開催報告

吉川省子*1・小林政広*2・奥田昇*3・小野寺真一*4・知北和久*5・入野智久*5・中屋眞司*6・齋藤光代*7・

The reports on the session “A-HW16 Water and material transport and cycles in
catchment ecosystems: from headwater to coastal area” in JPGU2016

Seiko YOSHIKAWA*1, Masahiro KOBAYASHI*2, Noboru OKUDA*3, Shin-ichi ONODERA*4,
Kazuhisa CHIKITA*5 Tomohisa IRINO*5, Shinji NAKAYA*6, and Mitsuyo SAITO*7

*1: 農研機構 (National Agriculture and Food Research Organization) ,*2: 森林総合研究所 (Forestry and Forest
Products Research Institute) ,*3: 総合地球環境学研究所 (Research Institute for Humanity and Nature),

*4: 広島大学 (Hiroshima University), *5: 北海道大学 (Hokkaido University), *6: 信州大学 (Shinshu University),

*7: 岡山大学 (Okayama University)

日本地球惑星科学連合大会 2016 年大会が、5 月 22 日 (日) ~26 日 (木) の期間で、千葉幕張メッセ
国際会議場およびアパホテル&リゾート東京ベイ幕張において開催された。今大会は、2005 年に連合が
設立されてから 11 周年、その前身である地球惑星科学関連学会合同大会が 1990 年に開催されてから 26
周年に当たる。大会の 5 日間で開催されたセッション数は 196 にのぼり、著者らがコンピーナーを務め
る「セッション A-HW16: 流域生態系の水及び物質の輸送と循環－源流域から沿岸域まで－」は、大会
最終日の 5 月 26 日に開催された。本セッションは、流域での水・物質輸送および物質循環に関する研究
発表および分野横断的な議論を行うことを目的としており、7 学会との共催および 2 学会の協賛のもと、
各学会からの計 8 名の共同コンピーナーにより企画・運営を行う、まさに「分野横断型」のセッション
である (下記参照)。前身となるセッションは 2003 年開催の「山地流域の水文地質と物質循環」に始ま
り、その後 2005 年以降は「水循環に関わる物質輸送」、2011 年以降は「流域の水文地質と物質循環」、
そして 2014 年には、もうひとつの前身となる 2008 年から開催されていた「陸域・海洋相互作用-物質循
環と生態系との関係-」が統合され、以降は「流域の水及び物質の輸送と循環」、そして今年「流域生態
系の水及び物質の輸送と循環」という形で継続的に開催されている。

コンピーナー: 吉川省子 (農研機構), 小林政広 (森林総合研究所), 奥田 昇 (総合地球環境学研究所), 小野
寺真一 (広島大学), 知北和久 (北海道大学), 入野智久 (北海道大学), 中屋眞司 (信州大学), 齋藤光代 (岡
山大学)
*下線は 2016 年度担当コンピーナー

共催学会: 地下水学会, 水文科学会, 陸水学会, 堆積学会, 第四紀学会, 海洋学会, 陸水物理研究会

協賛学会: 日本土壌肥料学会, 土壌物理学会

今回は、口頭発表 17 件, ポスター発表 20 件の計 37 件 (うち招待講演 4 件) の講演があり、会場では
多くの質疑とともに活発な議論が行われた。また、口頭発表セッションの終了後には総合討論が行われ
た。なお、本セッションのプログラムおよび講演内容の要約、総合討論の概略等を以下に示す。

発表プログラム

| | 発表順 | 発表者 | 発表タイトル | 発表者所属 | 座長 |
|-----------|-------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------|
| AM1 | 1 | 知北 和久 | 森林流域の流出・浸食機構 | 北海道大学 | 小野寺 |
| | 2 | 水垣 滋 | 流域内の土砂生産源の空間分布：山地から海岸への浮遊土砂の生産源推定 | 土木研究所 | |
| | 3 | 有働 恵子 | 日本全国の土砂生産強度と砂浜の現状との関係 | 東北大学 | |
| | 4 | *田中丸 治哉 | 山林小流域における高頻度水質モニタリングと河川水質モデルの最適化について | 神戸大学 | 齋藤 |
| | 5 | 安元 純 | 脱窒過程における亜硝酸還元酵素遺伝子nirSの変動特性 | 琉球大学 | |
| | 6 | 中屋 真司 | 河川水および地下水中のクロロフルオロカーボン類を用いた盆地の地下水硝酸態窒素汚染源のトレースのためのフィールドリサーチ | 信州大学 | |
| AM2 | 7 | 齋藤 光代 | 大都市沿岸部における下水道由来の窒素動態 | 岡山大学 | 中屋 |
| | 8 | 角皆 潤 | 流域の土地利用変化が河川水中の硝酸の起源に与える影響について | 名古屋大学 | |
| | 9 | 奥田 昇 | 流域の栄養循環を駆動する河川微生物群集の生態系機能評価 | 総合地球環境学研究所 | |
| | 10 | 伴 修平 | 琵琶湖北湖表水層における栄養塩制限下での植物プランクトンの生理的応答 | 滋賀県立大学 | |
| | 11 | 丸尾 雅啓 | 琵琶湖北湖における極微量正リン酸の選択的定量 | 滋賀県立大学 | |
| | 12 | 小野寺 真一 | 琵琶湖における地下水湧出の分布と栄養塩流出に及ぼす影響 - 現状と課題 - | 広島大学 | |
| PM1 | 13 | 河内 敦 | 得水河川条件下での淡水レンズの室内実験観測 | 筑波大学 | 奥田 |
| | 14 | 山本 民次 | 児島湖の物質循環 - 底泥中の酸化還元から魚まで | 広島大学 | |
| | 15 | 金 广哲 | Distribution of phosphorus carbon nitrogen and biogenic silica in sediment from Kojima Bay, Seto Inland Sea. | 広島大学 | |
| | 16 | *長尾 誠也 | 炭素同位体比を用いた河川から海洋への粒子態有機物の移行に関する研究 | 金沢大学 | 入野 |
| | 17 | 中田 聡史 | 大阪湾における河川プルームの動態解析：海色衛星観測データを用いた海面塩分の新推定法 | 神戸大学 | |
| | 総合討論（口頭発表17題について） | | | | 小林 |
| ポスターセッション | P1 | 伊藤 優子 | 北陸地方の森林小流域における物質動態観測 -2013~2015年の観測結果から- | 森林総合研究所 | 小林・吉川 |
| | P2 | 小林 政広 | 作業道の作設をともなう間伐作業時における森林からの流出成分の一時的な変化 | 森林総合研究所 | |
| | P3 | 横尾 善之 | ダム貯水地の堆砂と海岸侵食の量的な関係およびその将来予測に関する検討 | 福島大学 | |
| | P4 | 久保田富次郎 | 阿武隈山中の農業用ため池における浮遊物質動態の特徴 | 農研機構 | |
| | P5 | 清水 裕太 | 瀬戸内海沿岸域における管理放棄農業流域からの物質流出量の推定 | 農研機構 | |
| | P6 | 吉川 省子 | SWATを用いた、茨城県流域における施肥改善による栄養塩負荷低減効果の予測 | 農研機構 | |
| | P7 | 渡邊 翔太 | 濁水リスク地域における水の再利用と栄養塩濃度空間分布 | 広島大学 | |
| | P8 | 岡島 一徳 | 水生生物を用いた河川の水質評価方法の検討 | 信州大学 | |
| | P9 | 木塚 俊和 | 湿原に隣接した未利用牧草地における水質浄化機能の評価 | 北海道立総合研究機構 | |
| | P10 | 室田 健吾 | 河川水系における微量元素の川から水稲体内への輸送メカニズム | 信州大学 | |
| | P11 | 千代 真照 | 逐次抽出法を用いた野洲川における懸濁態リンの生物利用可能性とその起源評価 | 滋賀県立大学 | |
| | P12 | 大久保 賢治 | 琵琶湖の流系と栄養塩環境 | 岡山大学 | |
| | P13 | 柳沢 直哉 | 平成の名水の微量元素分析による水質特性の評価と食品の起源分析への応用 | 東京理科大学 | |
| | P14 | *井上 凌 | ベトナム北部を流れる紅河を通じたヒ素の挙動 | 大阪市立大学 | |
| | P15 | 安田 香穂 | 一級河川における河川-地下水交流が栄養塩分布に与える影響の評価～岡山県旭川を例に～ | 広島大学 | |
| | P16 | 白 佳卉 | 土壌水分中のNO ₃ -の移動速度推測と地下水への影響 - 生口島を例として | 広島大学 | |
| | P17 | *Aiping Zhu | Assessment of the spatial distribution of submarine groundwater and associated nutrients discharge along the Ikuchi Island coastline, Seto Inland Sea, Japan | 広島大学 | |
| | P18 | 友澤 裕介 | 岡山平野における地下水の水質分布と流動特性 | 広島大学 | |
| | P19 | 小野寺 真一 | 西日本の閉鎖性湾における過去1万年間の生物地球化学過程の変動 | 広島大学 | |
| | P20 | 知北 和久 | 地熱水域の熱収支と周辺湖沼への影響評価：倶多楽火山・北海道 | 北海道大学 | |

* 招待講演

〈口頭発表セッション AM1〉

午前の第 1 セッションは、源流域に近い傾斜地域で主に生じる現象および、流域内のどこでも生じうる微生物が関わる現象に関する研究を中心とした。

まず、知北らは北海道の森林の卓越した生花川流域において、総雨量 58mm で、深度 40cm にあるテフラ層がその下にある泥層の低い透水性のために飽和して飽和側方流が生じ、表面流去が生じて土砂流亡を生じる可能性が高いことを報告した。水垣氏らは、自然界の放射性安定同位体(^{212}Pb , ^{40}K , ^{228}As)を用いて流域の上・中下流部により流亡する土壌粒径が異なること、および 4 年間の総土砂量は台風よりも地すべり頻度と関係することを報告した。有働らは、全国のダムの沈砂データ、全国を 77 の海岸に区分した侵食データおよび川・海砂採取量の比較から、年々砂浜幅が減少しており砂採取が無視できないことを報告した。招待講演の田中丸らは、FIP オンサイト水質観測システムによる K^+ , Na^+ , Cl^- 濃度連続測定 of 精緻化により、三角堰による河川流量予測精度を高め、概念的な水文モデルを作る手法を紹介した。安元らは、地下水の硝酸濃度の変動を含むプロセスの評価のために、微生物的手法; Real-Time PCR (Polymerase chain reaction) を用いて求めた亜硝酸還元酵素遺伝子 (*nirS*) 活性が、脱窒過程により変動し、硝酸の $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$ の脱窒指標と相違があったことを報告した。中屋らは、CFCs (クロロフルオロカーボン) をトレーサーとした河川及び地下水の硝酸汚染起源を調べ、硝酸の起源は畑が多いこと、また、地下水の硝酸濃度は CFCs とともに下流に向かって高まり、遡って CFC が大気と平衡する濃度になる地点が源流とほぼ一致する可能性を示した。

〈口頭発表セッション AM2〉

午前の第 2 セッションは、農業系、生活系の人為起源の環境負荷が問題となりやすい中～下流部、および、湖沼に焦点を当てた研究を中心とした。

齋藤らは、大阪市域の下水処理場から放流される処理水由来の硝酸態窒素の影響範囲は平水時には沿岸約 1km であるが、降雨時には約 2km に拡大することを報告した。角皆らは、琵琶湖流域において、サブ流域内の河川水の安定同位体 $\delta^{18}\text{N}$, $\delta^{15}\text{N}$ に加えて $\Delta^{17}\text{O}$ の分布と季節変化を測定することにより、より正確な硝酸無機化量を求め、土地利用と人口密度の変化が大気中の硝酸濃度に及ぼす影響は小さく、河川中では脱窒よりも大きく影響することを報告した。奥田らは、流域生態系の環境の回復力を解析するため、琵琶湖に注ぐ河川流域内の水質と河床礫付着藻類のリン吸収量の関係を調べ、藻類の成長にはリンが律速となっていること、栄養螺旋長モデルの適用から 1 回再利用されるために必要な距離は下流河川ほど長くなることを示した。伴らは琵琶湖北湖表層における栄養塩制限下での植物プランクトンの生理的応答を調べ、リン制限下の夏期には細胞内貯蔵リンや、微小動物プランクトンが植物プランクトンを食して再生するリンを利用し、秋～初冬には窒素とリンを細胞内に貯蔵し、増殖に利用したと考えられるとした。丸尾らは琵琶湖北湖における極微量正リン酸濃度の LWCC (Liquid waveguide capillary cell) 測定値と、一部有機リンも含んで過大評価するモリブデン酸ブルー法 (SRP) 測定値を比較し、0~40m 深さでは $\text{LWCC} < \text{SRP}$, 50~60m 深さでは $\text{LWCC} \approx \text{SRP}$ であったことを報告した。小野寺らは琵琶湖の湖水と地下水の ^{222}Rn , $\delta^{18}\text{O}$, P, N, Si, Cl^- 等濃度を測定し、湖への地下水流入量や地下水に含まれる栄養塩流入量を推定し、無視できない量であることを初めて明らかにした。

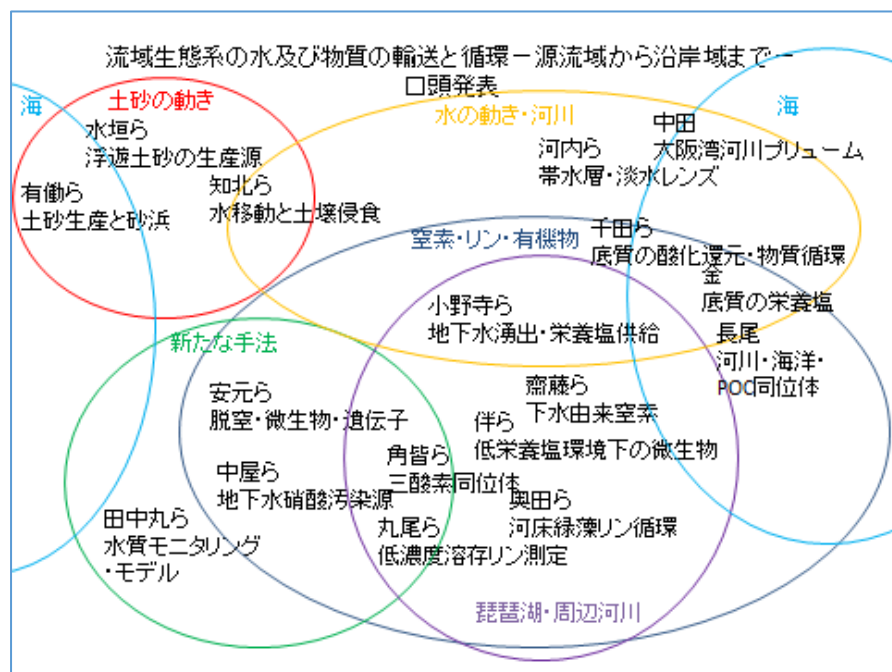
〈口頭発表セッション PM1〉

午後の第 1 セッションは、主に流域の下流域、汽水域、沿岸域の水および物質循環に関する研究を中心とした。

河内らは、これまで報告例が限られていた得水河川条件下での淡水レンズの生成を、水槽に水を定常状態で流しながら、水と着色した塩水をサイドから供給することで再現し、それをモデルによって表現することができることを報告した。山本らは、漁獲高が回復しない児島湖について、水・底泥のサンプリングと化学分析、および湖心で水質連続測定を行い、樋門付近の還元的底泥中での酸化還元過程と魚を加えた生態系モデルを作成し、児島湖のリンを中心とする物質循環を表す数値モデルを STELLA にて構築し、植物プランクトンの一次生産と枯死が非常に無機態リンの大きなフローであり、河川からのリン負荷が 20%減少すると小型魚類のバイオマスが半減すると予測した。金らは、児島湖底泥、および湖内と汽水湾のボーリング調査により、人工的なダムの建設が栄養塩蓄積と再循環へ及ぼす影響を調べ、N/P が湖では低く、湾では高い傾向があること、底泥のケイ素は 1990 年以降、消費されて減少し、溶解ケイ素濃度も減少し、珪藻の生産が減少したことを報告した。招待講演の長尾らは、炭素同位体比を用いて北海道の 8 河川から海洋への粒子態有機物の移行を調べ、河川によって $\delta^{13}\text{C}$ ~ $\Delta^{14}\text{C}$ の関係が異なること、湿地流域では森林や沖積流域よりも $\Delta^{14}\text{C}$ が高くて新しい有機物が多いこと、 $\Delta^{14}\text{C}$ 量は季節変化すること、古い年代の粒子状有機物には化石年代の有機物も混ざっていることを報告した。中田らは、陸水由来の有色溶存有機物と塩分値に高い相関がある関係を利用して海色衛星観測データを用いた海表面塩分濃度を推定し、大阪湾における河川プリュームの水平パターンや時間変動を河川出水等の陸水イベントと関連づけて紹介した。

〈総合討論〉

今年度担当コンピーナーの小林は、本セッションの特徴は、水循環がベースにあり、降水として陸にもたらされた水の循環経路全てを対象とし、それら循環の場における物質の生成や変換を扱うのがこのセッションの特色と考えられるとコメントした。さらに、小林は口頭発表内容について、以下の図のように研究が多岐にわたることを示した。



今年度担当コンピーナーの吉川は、セッション名に「生態系」が入ったことで、生物活動に関連する発表が増えてさらに内容が充実したことから、奥田らの発表の中で触れられた「流域ガバナンス（人と自然の相互作用環の科学的理解）」という概念を取り込み、今後のセッションの発展、共同研究の可能性、

今年度はかなわなかったが海外学会との共同セッションの可能性に期待したいとコメントした。これを受けて、次回担当コンピーナーの奥田は、異なる分野の研究成果を持ち寄って Synthesis のようなものができれば、この合同セッションの本来の目的（新しい学際研究を創成して、競争的資金の獲得を目指す）が達成できると期待している、とコメントした。

〈ポスターセッション〉

ポスターセッションでは、流域内の森林、貯水地、ため池、管理放棄地、湖において、土砂、栄養塩、有害金属等の、物理・化学・生物的現象を受けた河川や地下水の輸送・循環に関する発表、さらに、それらの 1 万年間のプロセスを留める土壌断面試料の解説、さらには、地熱水域の熱の周辺湖沼への影響および形態変化について、幅広い発表があった。

伊藤らは、北陸地方の森林小流域における 3 年間の物質動態観測から、大気由来物質の流入は冬期に明瞭に高かったが、流出する流出水中の成分濃度には明瞭な季節変動が見られなかったこと、越境大気汚染の影響の評価は、無機態窒素等の主要成分の流入量だけでなく、人為起源の指標となる微量元素 (Pb, V 等) と排出起源の異なる元素の比による解析が有効であることを示した。小林らは作業道の作設を伴う間伐作業時には、渓流水中の K^+ 、 Ca^{2+} および DOC が増加すること、それらを栄養として増殖した微生物により NO_3^- 濃度が低下すると考えられるとした。横尾らが、国内のダム沈砂量と海岸の侵食量関係、および、一時間降雨強度と一時間沈砂量の関係を求めて、ダムの沈砂量の予測には、1 時間降雨強度とダムへの流入水の濁度がわかれば予測できるとした。久保田らは、放射性 Cs のほとんどが吸着している SS を対象とし、阿武隈山地のため池の出入りを測定し、流入した SS の 86% が池内に留まると推定した。清水らは異なる水田土壌を用いたライシメータ観測結果や文献値をもとに、瀬戸内海沿岸域における管理放棄農業流域からの物質流出量を SWAT モデルにより予測・検証を行い、放棄後経過年数、放棄前の水田の乾湿、放棄の進行による土壌の物理性の変化や木本類の侵入により、流域末端の水・土砂流出量が大きく異なる可能性を示した。吉川らは利根川支流流域について SWAT モデルを適用し、流量、SS の高精度の予測、栄養塩 (Org-N, Org-P, NO_3^- -N) の一定レベルの予測精度を得た後、シナリオ解析として、改善施肥 (緩効性肥料を想定した少量多回施肥) により、収量を落とさずに流域の NO_3^- -N 流出を 2 割削減できると予測した。渡邊らは、渇水リスクの高い香川県の水の再利用と栄養塩濃度空間分布を調べ、下流ではため池を通じて水が農業用に再利用される過程で硝酸性窒素濃度が下がり、かなりの窒素が浄化されていることを明らかにした。岡島らは水環境の健全性の評価のために、環境省が提案している Average Score per taxon (ASPT) の評価手法を用い、地域ごとの目標設定の可能性を示唆した。木塚らは、釧路湿原国立公園を下流域に持つ未利用牧草地において、測量とピエゾメータを用いた透水試験、地下水位測定と地下水の分析の結果、浅層の低い透水性のために表面流出が起こりやすいこと、高濃度の栄養塩が局所的に見られること、全窒素濃度ピークが 30cm 深さに出現すること、地表付近の何らかの栄養塩ソースから窒素成分が目依拠排水路方向に継続して流出していたことを報告した。室田らは、浅間山地域、八ヶ岳地域の河川水、水田湛水、水稻の採取、分析を行い、Cr, Cd, As, Cs, Cu, Zn など有毒微量元素は主にコロイド態鉄として河川を輸送され、灌漑水として水田に入り、水稻に吸収・転流されていることを報告した。千代らは、一次生産がリン制限であることが知られている琵琶湖に注ぐ野洲川において、懸濁態リンの逐次抽出を試み、生物利用可能性の評価に取り組んでいることを報告した。大久保らは、琵琶湖についてこれまで蓄積されてきた既存の観測データや著者らによる研究結果

を踏まえ、琵琶湖の流系と栄養塩環境に関する議論・総括を試みた。柳沢らは、平成の名水の微量元素分析を四重極型誘導結合プラズマ質量分析装置によって行い、湧水や河川水中の微量元素組成は地質的背景を強く反映すること、pHは湿地湧水では有機酸の影響を反映すること、したがって農作物の産地判別への応用の可能性があることを示した。招待講演の井上らは、ベトナム北部を流れる紅河の河川水試料、堆積物試料、および源流地域の鉱石の化学分析、鉛同位体測定を行い、堆積物のヒ素濃度と鉛濃度の高い正相関に基づき、鉛同位体比をトレーサーとして用いることでヒ素の起源物質推定を行った結果、紅河のヒ素のほとんどは細碎物中に存在しており、それらは上流域に位置する中国から運搬されてきたことを明らかにした。安田らは、岡山県旭川の50地点から2, 6, 11月に河川水を採取し、ラドン同位体(^{222}Rn)濃度、栄養塩濃度を測定し、地下水の寄与は夏期に高かったこと、 ^{222}Rn の空間分布(濃度?)は下流ほど低下したこと、シリカ濃度は冬から秋にかけて上昇したこと、リン濃度は6月に最も高いこと、窒素濃度は変動がなく河川-地下水交流が窒素浄化に繋がったことを報告した。白らは、瀬戸内海の生口島において、柑橘園内 1m^2 に4深さに観測井を設置し、硝酸カリウム溶液と塩化ナトリウム溶液を注ぎ、土壌溶液を分析した結果、硝酸態窒素は土層を $2.5\sim 3.0\text{cm/d}$ の速さで浸透して約 1m 深さの地下水まで到達するのに24日かかったこと、水分の多い層を通過するとき大きい脱窒を受けたことを示した。招待講演のZhuらは、生口島を例として、沿岸の連続 ^{222}Rn 濃度と電気伝導度の連続測定、地下水の水質分析、地形解析等から海域地下水流出量(SGD)、それに溶存する窒素、リン、ケイ素量を算出し、SGDはDarcy式、および、水収支から計算される値とよく一致したこと、栄養塩類の流出量は高めの値であり注意が必要であることを報告した。友澤氏らは、岡山平野の観測井戸から採水した水試料の化学成分及び酸素・水素同位体等の分析を行い、地下水の無機イオン組成は上流から下流にかけて Ca-HCO_3 型、 Na-HCO_3 型、 Na-Cl 型に遷移すること、海岸線の地下水は海水が20%程度混入していること、中間地点では水素・酸素同位体比が川や海水と異なり、涵養過程の異なる流動系が観察されたことを報告した。小野寺らは西日本の閉鎖性湾である児島湾において、平野の堆積物中の炭素、窒素、リンの分布を解析し、激しい堆積速度を示した温暖化時期の8000年前まで、および、堆積速度が低下した縄文海進期までは大量のリンの生産および炭素窒素安定同位体比の上昇が確認されたが、それ以降の寒冷化時期には、逆の事象が確認されたと報告した。知北らは、北海道・倶多楽火山の地殻熱活動を調べるため、登別温泉にある三つの湯沼の熱収支、隣接するカルデラ深湖・倶多楽湖最深部における熱流量を調べ、長期の観測から、倶多楽湖の地下 100m にある熱水貯留層よりも深部に、湯沼と倶多楽湖に共通の熱水系があり、奥の湯から倶多楽湖との間には平均5ヶ月のタイムラグがあることを明らかにした。

〈セッションその後〉

次回幹事の奥田、小野寺から、以下のAGUとの合同セッションの開催提案があった。

奥田代表プロジェクトの共同研究者Paytan教授*が、コンビーナーに加わり合同セッションを開催する。

*海洋化学者。栄養循環研究の権威。 <http://pmc.ucsc.edu/~apaytan/index.html>

Paytan教授の参加メリットも考え、幾つかのテーマに絞ってセッション課題を提案する。

テーマ以外の研究内容を排除するものではなく、従来通りに多様な分野からのエントリーを受け付ける。
