

AsiaFlux Workshop 2015

—Challenges and Significance of Ecosystem Research in Asia to Better Understand Climate Change— 参加報告

岩田拓記¹・沖元洋介²・佐伯田鶴³・和田龍一⁴・平田竜一⁵

¹ 信州大学理学部理学科物質循環学コース
² 北海道大学大学院農学研究院
³ 海洋研究開発機構地球表層物質循環研究分野
⁴ 帝京科学大学生命環境学部自然環境学科
⁵ 国立環境研究所

Report of AsiaFlux Workshop 2015

— Challenges and Significance of Ecosystem Research in Asia to Better Understand Climate Change —

¹Hiroki IWATA, ²Yosuke OKIMOTO, ³Tazu SAEKI, ⁴Ryuichi WADA, and ⁵Ryuichi HIRATA

¹ Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Shinshu University
² Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University
³ Department of Environmental Geochemical Cycle Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology
⁴ Department of Natural and Environmental Science, Teikyo University of Science
⁵ National Institute for Environmental Studies

1. はじめに

今回で第13回目となる AsiaFlux Workshop 2015 が 2015 年 11 月 22 日から 29 日にかけてインド、プネーの Indian Institute of Tropical Meteorology において開催された。なお、本ワークショップは International Society for Photogrammetry and Remote Sensing – Technical Commission Working Group VIII/3: Weather, Atmosphere and Climate Studies との共同開催であった。ホスト国であるインドでは、2012 年から連続的なタワーフラックス観測が開始され、現在、国内の 6 ヶ所において長期観測が継続されており、フラックス観測ネットワークが発展しつつある。今回のワークショップにはホスト国のインドをはじめ、日本、韓国、マレーシア、タイ、バングラデシュなどのアジアの国々の他、イギリス、アメリカ、オーストラリアなどから約 150 人の研究者が参加し、48 件の口頭発表および 52 件のポスター発表が行われた。口頭発表は opening session を含めて、9 つのセッションで構成され、活発な議論が行われた。主に熱帯・亜熱帯生態系を対象とした観測・モデルによる CO₂・CH₄ 交換の研究発表 (Session 1, 3, 4, 5) や衛星データやインバージョンモデルを用いた広域の CO₂・CH₄ 交換の研究報告 (Session 2, 7, 8) が行われた。また、VOC や O₃ などの交換プロセスに関する研究発表 (Session 6) も行われた。研究報告の他にも、ワークショップ期間中の最初の 3 日間 (11 月 22 日から 24 日) には、Li-Cor 社によるトレーニングコースが開催された。また、26 日の夜には Young Scientist Meeting が開催され、ベテラン研究者を招き、彼らの

経験談を聞く機会が設けられた。最後の 28 日と 29 日にはエクスカッションが行われた。

本稿では、口頭発表、Young Scientist Meeting, エクスカッションの様子について報告する。なお、文中の敬称は省略した。

2. 口頭発表内容の紹介

2.1 Opening Session

Opening Session として、Verma (University of Nebraska, アメリカ)、Dadhwal (National Remote Sensing Center, インド)、Mondal (Columbia University, アメリカ) の三者による基調講演が行われた。

まず、Verma から彼自身の 40 年にわたる研究の紹介が行われた。主に農作地、草地、湿地における研究が紹介された。ネブラスカの典型的な農作地 (トウモロコシとダイズ) での観測から、灌漑などの農地管理方法の違いによらず、water productivity (植物バイオマスを年積算の蒸発散/飽差で除した値) が農作物ごとにほぼ一定になることが示された。また、彼らのグループが 1990 年代より先駆的に行っている湿地での CH₄ フラックスの渦相関測定についても紹介があった。最後には、観測研究とモデル研究の協力が今後の研究の発展のために重要であるというコメントがされた。

Dadhwal からはインドのフラックスタワー観測ネットワークから得られた研究結果が紹介された。インドでは National Carbon Project が 2007 年に開始され、地表観測と衛星データを用いて国内における炭素収支の評価が進められている。現在、6 つのフラックス観測タワーが保守されており、生態系ごとの年間 CO₂ 収支データが得られつつある。また、衛星データを用いた広域評価についても紹介された。

<http://www.agrmet.jp/sk/2016/D-1.pdf>

2016 年 3 月 2 日 掲載

Copyright 2016, The Society of Agricultural Meteorology of Japan

Mondal らは開発した multiple mixed-effect models と衛星データ、気象データ、社会経済的要因データを用いて、気候や社会経済指標がインドにおける食料生産に与える影響を評価した。その結果、作物の種類によらず冬季の日中平均気温が冬作物に影響している主要因であり、冬季の日中平均気温が上がることで冬作物の作付面積が減少していることを報告した。(岩田拓記)

2.2 Session 1. The role of climate, carbon cycle and human activities in tropical ecosystems

このセッションでは、熱帯生態系を対象とした観測、モデル、衛星データを用いた研究発表が7件行われた。

Parida (Shiv Nadar University, インド) は 30 年にわたる NDVI データと衛星データをインプットとした生態系モデル (CASA-GFED3) を用いて、インド全体の植物活動の変化を分析した。1982-2000 年の間は、モンスーンシーズンの気温と NDVI の間に正の相関があるものの、2000-2011 年の間には、両者に負の相関が見られることを示した。この負の相関の原因は、近年の植生の熱ストレスであることが考えられると報告した。

Helfter and Nemitz (Centre for Ecology and Hydrology, イギリス) は、マレーシア熱帯雨林の 100 m タワーの複数高度での観測から、周辺地形がフラックス観測に及ぼす影響について報告した。45 m と 75 m で測定したフラックスは丘陵地の方向から風が吹いたときに比較的一致しており、少なくとも日中は 75 m での観測が地表面とカップリングしていることを示した。

Liang (国立環境研究所, 日本) らは、チャンパー測定によるマレーシア熱帯林の土壌呼吸について発表した。根呼吸が土壌呼吸に占める割合は 50% ほどであり、根呼吸は地温の高い乾季に減少し、地温の低い雨季に増加することを示した。このことから、土壌水分が土壌呼吸に大きく影響していると報告した。この他、統一した手法を用いて広範囲の地域で土壌呼吸量の測定とデータ蓄積を進めている現状を報告した。

平野 (北海道大学, 日本) らは、火災が熱帯泥炭林の炭素収支に与える影響を明らかにするために、火災前後に渦相関法で測定した CO₂ フラックスデータを解析した。その結果、火災前は CO₂ ソースであった泥炭林が火災後には CO₂ シンクになっていることを示した。この原因として、火災によって泥炭が焼失したことと、火災後に強いエルニーニョが起こらなかったため降水量が多く、地下水位が高かったことが呼吸量の減少につながったと説明した。また、火災による土壌への養分供給が植生の生長を促し光合成が大きかったことも影響していると報告した。

Shu and Jain (University of Illinois, アメリカ) は、Integrated Science Assessment Model において、熱帯アジア生態系の葉面積指数 (LAI) の変化を動的にシミュレートするためのパラメタリゼーションを行った。このパラメタリゼーションの評価を行うために、衛星データから得られた LAI を基にシミュレートしたフラックスとの比較を行い、パラメタリゼーションの優位性を示した。このことから、熱帯アジア生態系のフェノロジーに影響する要因を理解することが、大気-生態系間フラックス推定の精度向上につながると報告した。

他にも、マレーシアにおける森林からオイルパームへの土地利用変化が土壌からの温室効果ガス放出に与える影響 (Sentian ら, University Malaysia Sabah, マレーシア) や気候変動がマングローブ林に与える影響 (Win, Alumni of Khon Kaen University, タイ)、ブラックカーボンが生態系・気候変動に

与える影響 (Gupta ら, Technical College, インド) についての発表があった。(岩田拓記)

2.3 Session 2. Land surface fluxes using remote sensing data

このセッションでは、衛星データを用いた広域の CO₂ 交換に関して7件の研究発表が行われた。

Nigam and Bhattacharya (Indian Space Research Organization, インド) は稲作地での正味放射フラックスと群落光合成量の関係に着目し、まず正味放射フラックスの広域評価を行った。Indian geostationary satellite Kalpana-1 センサーのデータから正味放射フラックスを推定し、地表データと比較することで、衛星データからの正味放射フラックス推定の精度を評価した。また、携帯型光合成測定装置 (LI-6400) で測定した光合成量と正味放射の間に線形関係があることを示し、その関係を用いて稲作地の光合成量の広域評価を示した。

Chakravorty (Indian Institute of technology Delhi, インド) らは、観測システム、陸面モデル、アンサンブルカルマンフィルタを基にしたデータ同化アルゴリズムを用いて、二つの土壌水分プロダクト (SMOS level-3 soil moisture product と ESI-CCI active-passive merged soil moisture product) の精度評価を行った。その結果、ESI-CCI データの方が精度がよく、SMOS データは特に植物密度の高いところでエラーが大きいということを報告した。

van Gorsel (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, オーストラリア) らは、Landsat7 ETM+ データを用いて攪乱がオーストラリアのユーカリ林の炭素固定に及ぼす影響を評価した。まず、Landsat データにより択伐や虫害の範囲の特定が可能であることを示した。Green wide dynamic range vegetation index (gWDRVI) を基に、主な樹種の判別を行い、虫害の影響が樹種によって異なることを示した。

他にも、衛星データを用いたインドにおける CO₂ フラックスの広域評価が Nayak (Indian Space Research Organization, インド) ら、Chakravorty (Indian Institute of technology Delhi, インド) ら、Waitham (Indian Institute of Remote Sensing, インド) ら、Thumaty (Indian Space Research Organization, インド) によって報告された。(岩田拓記)

2.4 Session 3. Soil-Plant-Atmosphere continuum: process mechanisms, novel techniques, responses, and feedbacks

本セッションは University of Edinburgh (イギリス) 名誉教授の Grace による土壌-植物-大気連続系 (SPAC) の水移動に関する基調講演で始まった。続いて、土壌からの温室効果ガス (CO₂, N₂O, CH₄) の放出や陸生生態系モデルなどに関する合計7つの口頭発表が行われた。

Grace は、SPAC における水の移動に関する概要を説明し、最新の文献 (Rowland *et al.*, 2015; Dowell *et al.*, 2013) を紹介しながら、生態系における水移動の重要性を示した。今後、極端な気候イベント時の生態系の応答を捉えるために長期観測が必要である事、モデルにおける SPAC のより良い利用が求められる事が提言され、根や土壌の調査、フラックスタワーサイトにおける水ポテンシャル測定の実施が要求事項に挙げられた。

他の発表として、Du (農業環境技術研究所, 日本) らは、チベット高原の 50% を占める草原について調査し、生態系呼吸量に対する気温などの環境要因が及ぼす影響を示した。沖元 (北海道大学, 日本) らは、インドネシアの中央カリマンタンにある熱帯泥炭について3つの異なる土地利用からの好気的

分解による CO₂ 放出量を測定し、地下水位 (GWL) との関係性および年間の炭素損失量を示した。米村 (農業環境技術研究所, 日本) らは、日本の耕作地および寒帯落葉林で継続測定している土壌からの CO₂ 放出量と土壌 CO₂ 濃度プロファイルを測定し、両要素の関係性が 2 つのサイトで明確に異なることを示した。寺本 (国立環境研究所, 日本) らは、日本の温帯常緑林における温室効果 (加温) 実験を行い、2009~2014 年にかけての土壌呼吸量に対する温室効果の影響と周年変化を示した。平田 (国立環境研究所, 日本) らは、陸域生態系モデル (VISIT) の熱帯泥炭林への適用性を紹介し、モデルにある土壌呼吸量に関する問題点と改良手法を示した。犬伏 (千葉大学, 日本) らは、ベトナム・インドにあるマングローブを対象に、室内実験を交えた CH₄ 発生のメカニズムなどを示した。

以上に示した通り、北方から熱帯にわたる様々な土地タイプでの炭素動態、またそのモデルに関する関心が高まっていると強く感じた。さらなる研究に打ち込む良いモチベーションを会場の現場で感じ取ることが出来た。(沖元洋介)

2.5 Session 4. Observational aspects of ecosystem response to rainfall variability in monsoon regime

本セッションは、アジアモンスーン地域での観測結果の報告を中心に、熱収支インバランスの問題などが議論された。まず、University of California (アメリカ) の Paw U の基調講演から始まり、他 4 件の口頭発表が行われた。

Paw U は渦相関観測において熱収支が閉じない原因をまとめて報告した。また、現在、夜間の乱流混合が十分でないときのデータを除去するとき摩擦速度が一般的に使われているが、鉛直風速の標準偏差などの変数を用いることを検討することを推奨した。最後に、ある条件では古典的なフラックス観測手法であるボーエン比法が優位であることを提案していた。

Karipot (Savitribai Phule Pune University, インド) らは、半乾燥地域の農耕地で渦相関法によって測定された結果についての報告を行った。熱収支の評価を行い、これまでの知見と同様に、摩擦速度が小さい時や安定成層時に熱収支インバランスが大きいことを報告した。

他にも、Chatterjee (Bose Institute Kolkata, インド) ら、Burman (Indian Institute of Tropical Meteorology, インド) ら、Bhate (National Atmospheric Research Laboratory, インド) らによって、タワーフラックス観測の結果の報告が行われた。

(岩田拓記)

2.6 Session 5. Flux monitoring, climate change and sustainable agriculture

本セッションは、前セッションに引き続き、アジアの農耕地などでのフラックス観測についての報告が行われた。最初に Seoul National University (韓国) の Kim らによる基調講演が行われ、他 4 件の研究報告が行われた。

Kim らは、持続可能な農業生産の増加により飢えを克服するための Climate-Smart Agriculture の実現を評価するためのフレームワークを紹介し、実際のフラックスデータを用いた解析例について報告した。このフレームワークでは NEE や水利用効率などの生物学的指標、ネットワーク指標、エントロピーバランスなどの熱力学的指標を基に、生態系を評価しているようであるが、発表を聞くだけでは理解することが困難であった。興味のある読者は Kim and Oki (2011) などを参照にされたい。

Alsad (Picarro, Inc., アメリカ) らは、Picarro 社のガス分析

器を用いた農地での CO₂・H₂O フラックス観測、CH₄ フラックス観測、航空機を用いた観測について報告し、ガス分析器の様々なアプリケーションの紹介を行った。

間野 (千葉大学, 日本) らは、バングラデシュの稲作二期作田における CH₄ フラックス観測結果について報告を行った。CH₄ フラックスは明らかな季節変化を示し、温度条件の他にも田植え前の作物残渣の扱いや水田の水管理もフラックスの大きさに影響していることが報告された。

他にも、Sanwangsri (University of Phayao, タイ) らによる渦相関法を用いた熱帯林の蒸発散の研究、Mukherjee (Indian Agricultural Research Institute, インド) らによるボーエン比法を用いた灌漑農作地での顕熱・潜熱交換の研究が報告された。(岩田拓記)

2.7 Session 6. Linking Asiaflux and atmospheric chemistry communities: Reactive trace gas flux and aerosol formation in forest ecosystem

本セッションでは、微量気体に関するフラックス計測の研究例が紹介された。口頭発表は 4 件、ポスター発表 3 件が行われた。

Hewitt (Lancaster University, イギリス) は、マレーシア・ブルネイ島のアブラヤシ林にて NO, NO₂, O₃, VOC, の地上および航空機観測を行った。アブラヤシはバイオ燃料や食糧として使用されることから、マレーシアでは近年急速に熱帯森林がアブラヤシ林に置き換わっている。窒素酸化物 (NO, NO₂) と VOC の濃度は、熱帯森林よりもアブラヤシ林のほうが高いことを報告した。植物や人の健康に悪影響を与える O₃ の濃度は熱帯森林とアブラヤシ林にて同等の濃度であったが、今後 NO_x 濃度が上昇した場合、O₃ 濃度が植物や人の健康に害を与える可能性のある濃度 (100ppb) にまで上昇する可能性があることを報告した。

谷 (静岡県立大, 日本) らはカラマツ林における VOC フラックスと、植物が様々な VOC (アルコール, アルデヒド, ケトン) を吸収していることを報告した。イソプレンの初期酸化物であるメタクロレイン (MACR) やメチルビニルケトン (MVK) は、森林によって吸収されている可能性のあることを報告した。

Drewer (Centre for Ecology and Hydrology, イギリス) らは、土壌から放出される温室効果気体 (CO₂, CH₄, N₂O) と VOC の観測をマレーシアのボルネオ島にて行った初期結果を報告した。温室効果気体と VOC の相関は見られず、VOC の土壌からの放出は若いアブラヤシ林では小さく、熱帯森林と古いアブラヤシ林にて多いことを報告した。

和田 (帝京科学大, 日本) らは、富士吉田森林サイトにおける傾度法を用いた窒素酸化物とオゾンフラックス計測検討結果について報告した。窒素酸化物やオゾンなどの微量気体は濃度が低いことから高精度・高時間分解能の濃度計測が要求される渦相関法の適用は難しい。CO₂ の渦相関法と傾度法による観測結果を比較し、両者の結果は誤差範囲で一致したことから、窒素酸化物と O₃ のフラックス計測に応用した。森林樹冠上 2 か所における窒素酸化物の濃度に有意差がみられず窒素酸化物の傾度法によるフラックス計測は難しいことが報告された。一方 O₃ では、森林樹冠上 2 か所の有意な濃度差が得られ、拡散係数と合わせて、富士吉田アカマツ林における昼間の秋季の O₃ 沈着フラックスを報告した。

本セッションでは、質疑応答も活発に行われ、Hewitt の O₃ に関する検討に注目が集まった。本セッションを通して、フラックス計測は、現在の中心である CO₂ などの温室効果気体

から、今後 O₃ や NO_x, VOC といった微量気体に広がっていく可能性を感じた。(和田龍一)

2.8 Session 7. CO₂ and CH₄ observations and modelling over India and neighboring countries

本セッションは、これまでのセッションで多く見られたプロットスケールや景観スケールから空間規模を拡大し、領域スケール(例えばインド領域)の炭素循環や大気中 CO₂ 濃度変動を研究対象とするものである。動的植生モデル(Dynamic Global Vegetation Model; DGVM), 化学輸送モデル, 衛星観測データなどを用いた研究報告が、口頭発表(3件)とポスター発表で行われた。

Sitch(University of Exeter, イギリス)らは、10のDGVMが参加したTRENDY-2プロジェクトの結果をアジア域について解析し、アジアの土地利用土地被覆改変(Land-Uses and Land-Cover Changes; LULCC)による炭素フラックスについて、2000年以降は東アジアの寄与が弱まり、東南アジアの寄与が大きくなっていることを報告した。また、1990~2009年の平均炭素フラックスとそのトレンドを計算し、全球の陸域吸収量は強まっているが、地域によっては弱まっているところもあり、地域的な乾燥化が植物生産量に大きく影響を与えていることを明らかにした。さらに、アジア域のGPPに対する人為起源エアロゾルや対流圏オゾン(O₃)などの汚染物質の影響の大きさがアピールされた。最後に、地球システムモデルを用いた将来予測では、南アジアにおける年平均気温と年降水量の増加は、2100年でそれぞれ2~6℃と50~175mm/yrと推定され、NPPについては大気CO₂の増加と気候影響により30~70%増加すると予測されたが、モデルのばらつきが大きい地域もあるため、さらなる研究の必要性が説かれた。

Chhabra(ISRO, インド)らは、2014年7月に打ち上げられたアメリカの軌道上炭素観測衛星(OCO-2)により観測されたインド上空でのXCO₂(CO₂のカラム平均濃度)データ1年分を解析し、空間分布、緯度分布、季節変化を示すとともに、XCO₂の季節変化はインドのNDVIと逆相関の関係にあることを明らかにした。

Krishnapriya(National Remote Sensing Centre, インド)らは、全球化学輸送モデルGEOS-CHEMを用いてCO₂濃度を計算し、衛星(AIRS, GOSAT)やNOAACT(アメリカNOAA Carbon Tracker)モデルとの比較を行った。中部対流圏に感度を持つAIRS-CO₂との比較では、GEOS-CHEMでも中部対流圏の結果が一番良い一致を示すという妥当な結果が得られた。ただし、GOSATから得られる観測はXCO₂であることが考慮されていないという指摘が会場からあり、他者によるデータセットを扱う場合の注意が改めて喚起された。

上記の口頭発表の他、ポスターセッションにおいても、インド国内での大気中CO₂高精度観測(Pathakoti, National Remote Sensing Centre, インド), AIRSによるインド上空のCO₂濃度分布(Revadekar, Indian Institute of Tropical Meteorology, インド), 領域モデルWRF-CO₂を用いたインド領域での高分解能(27×27km)計算(Ballav, Aryabhata Research Institute of Observational Sciences, インド)等の発表があり、これまでCO₂のベースライン大気観測や数値モデル・衛星観測データを用いた研究が少なかったインドではあるが、今後の活発化が期待されるようなセッションであった。(佐伯田鶴)

2.9 Integrated analysis of greenhouse gases fluxes of Asia

本セッションでは、アジア域における温室効果気体の収支への理解を深めるため、数値モデルと観測データを融合させ

た研究について、5件の口頭発表が行われた。

佐伯(筆者, JAMSTEC, 日本)らは、大気輸送モデルと大気中CO₂観測データを用いてCO₂収支を推定する、いわゆるトップダウンアプローチまたは大気CO₂インバージョンと呼ばれる手法による研究を紹介した。JAMSTECの化学輸送モデルACTMを用いたインバージョンから得られたCO₂フラックス(NBP)は、東南アジア、南アジア、東アジアの各領域で、この20年で吸収という結果になり、特に東南アジアのフラックス変動はENSOイベントとの相関が高いことが示された。世界の各機関による最新のインバージョン結果を集計した解析では、アジア域は観測データが少ないことが原因となり推定値のばらつきが大きいことが示され、大気モデルやインバージョン手法の高度化とともに、アジア域の地上観測データの必要性、さらには航空機観測や衛星観測データの利用が提言された。

高木(北海道大学, 日本)らは、東アジアの森林地帯23サイトでの観測から得られたNEEとPARから、光合成パラメータを日単位で推定した。得られた光合成パラメータのサイト間変動は、各フラックス観測サイトでのMODIS植生指数(GRまたはLAI)でよく説明できることが示された。さらに月平均の光合成パラメータを用いてGPPを計算し、MODIS GPPと比較した結果、線形関係が得られ、今回用いた手法が有効であることが報告された。

市井(JAMSTEC, 日本)らは、サイト観測データを衛星データにより広域化(スケールアップ)するボトムアップアプローチにより、アジア域のCO₂フラックス(GPP, NEE)を、2000~2014年、8日間隔、0.25°グリッドで推定した。観測サイトは、AsiaFlux(35サイト)、森林総合研究所(FFPRI)、FLUXNET等の計52サイト、使用したデータは渦相関法によるCO₂フラックス、経験的広域化は機械学習(サポートベクタ回帰, SVR)により行われた。得られたGPP, NEEを、サイトレベルで検証した結果、良い一致を示し、SVRを用いた方法の有効性が示された。SVRによる結果をGOME-2 SIF及びGOSAT L4Aプロダクトと比較した結果、シベリア、東アジアの季節変化は良い一致が得られたが、南アジア、東南アジアについては改善の余地があることが報告された。

Gahlot(Indian institute of Technology, インド)らは、エネルギー・水循環や炭素窒素循環を組み込んだ陸面植生モデルISAMを用いて、インド領域でのGPP, NPP, RH, NEEを1901-2010年に亘って計算し、インドはネットで炭素を吸収、しかし吸収の強さは弱まっていることを示した。また感度実験の結果から、過去30年間ではCO₂の施肥効果が炭素フラックス変動に対する主要な要因であること、炭素フラックスに対する窒素沈着は無視できること、気候変動とLULUCは炭素放出に働くが、CO₂施肥効果は吸収として働くため、相互に補填する関係であること等が報告された。

Patra(JAMSTEC, 日本)らは、トップダウンアプローチによるCH₄収支の推定結果を報告した。輸送場の検証を重ねた大気輸送モデルと、検証されたOHラジカル濃度場を用いたシステムを用いてインバージョン計算を行った結果、フラックスの先験情報として用いたEDGARデータベースは北半球中高緯度でCH₄放出量を過大評価しており、特に東アジアの人為的放出源(主として石炭)からの放出が過大である可能性が示唆された。また、近年熱帯陸域で放出量が増えている結果が得られたが、これは、飼育頭数の統計値や大気中¹³C-CH₄の観測から、反芻動物起源のCH₄放出量の増加によるものと解釈された。

トップダウンアプローチ、植生モデルや経験的広域化などのボトムアップアプローチ、フラックス観測等の結果は、見ている物理量やスケールが異なるため、比較の際には注意が必要ではあるが、様々な手法による結果が融合され、または比較されるようになってきたことは、炭素収支の精緻化に欠かせないことであり、良い傾向である。筆者は今回初めてこのワークショップに参加したが、本ワークショップは、このような様々な手法を用いる研究者がシングルセッションで一堂に会し、直接意見を交換できる場となっており、創造的で非常に良い交流の場であると感じた。(佐伯田鶴)

3. Young Scientist Meeting

本会は 2008 年度より開催される AsiaFlux の定例会合であり、最先端の研究者をゲストに迎えた若手研究者との意見交換を目的としている。今回はゲスト研究者に Patra (JAMSTEC, 日本), Jain (University of Illinois, アメリカ), Paw U (University of California Davis, アメリカ), Verma (University of Nebraska, アメリカ), Karipot (University of Pune, インド)らを迎え、インド、タイ、日本らの若手研究者らが約 35 名参加して開催された。参加者とゲスト研究者らが対面し、質問形式による方式で会合が進められた。渦相関法の利用やモデルの活用などの技術的な問題から、十分な研究資金や測定器材を調達できない若手研究者の研究への向き合い方、研究者としての成功に必要なものなど、幅広い意見交換が行われた。印象に残った分野共通的なアドバイスを一部紹介する。「優秀な計算ソフトは数多くあるが、それらを鵜呑みに信用しないこと。取得したデータに満足しない。生データから自分で計算し、理論を理解しながら時間をかけることが大切だ。そうすることで細かい変則性を発見できるようになり、データの正確性を追求できる」、「論文の執筆も研究の一部ときちんと位置づけること。いくら素晴らしい研究を行っていても、peer-evaluation を受けなければ議論の対象にはならない。アーカイブデータでは誰もアクセスできない。迅速な論文化(quick publication)を心がけることが大切だ」、「異常値も大事にせよ。なぜ異常値となったかを精査し、本当にそれが異常値なのかを考えよ」、「流行の研究テーマを追従するだけではなく、5年後や10年後などの将来的かつ具体的な研究ビジョンを持つことも大切だ」。本会 YSM は設定時間ぎりぎりまで意見交換が繰り広げられて盛会に終わった。今後、YSM の機会を増やすことが若手参加者やゲスト双方から強く望まれていたことが印象的であった。各国で開催される AsiaFlux に対して参加が難しい若手研究者らに対しても対話の機会を提供できるよう、インターネット通信を利用した機会提供なども今後の発展に有効かもしれない。(沖元洋介)

4. エクスカーション

AsiaFlux Workshop のエクスカーションはタワーサイト見学が行われることが多い。今回は世界遺産や遺跡などインドの文化を学び、文化的知性を磨くエクスカーションとなっていた。エクスカーションはエローラ石窟群ならびにアジャンダ石窟群の世界遺産見学、プネー市見学があった。このうち、世界遺産見学について報告する。エローラ石窟群は岩を削って作られた寺院で、数々の仏像やヒンドゥー教、ジャイナ教の神々の像が岩を削って彫られていた。エローラ石窟群が主に石像によって成り立っているのに対し、アジャンダ石窟群は主に壁画が見所となっている。岩を掘って作られた石窟の

中に仏教に関する壁画が鮮やかな色で描かれており、それが今も残っている。日本で言えば高松塚古墳のようなものであろうか。いずれの石窟群もその美しさ、大きさ、荘厳さに圧倒され、人類史の初期から知性と力を持っていた悠久のインドの歴史に触れる事ができた。インド人は非常にフレンドリーで、また外国人が珍しいのか、エクスカーションの最中に握手や写真を求められることが多々あり、現地の人々との交流を楽しむことが出来た。また、観光地では物売りの熱気も凄く、少々辟易することもあったがこれもインド人のパワーを示すものだろう。道中、予定を大きく超える長時間のバス移動は、道が凸凹のため決して心地よいものではなかったが、窓から見える景色や人々の暮らしは東アジアや東南アジアと大きく異なり、楽しめた。(平田竜一)

5. おわりに

今回のワークショップは、フラックス観測ネットワークが発展しつつあるインドで初めて開催された。当然ながらインドの研究者の発表件数が多かったが、それ以上にインドの研究者の勢いを感じるワークショップであった。ポスター賞を受賞したのもインドの研究者であった。また、インドのフラックス観測研究の特徴として、衛星観測と地表面観測との融合がフラックス観測ネットワーク形成過程の早い段階で進んでいるように感じられた。口頭発表中の質疑応答で指摘されていたように、フラックス観測や衛星データの取り扱いにおいて多少の粗さはまだあると思うが、今後ますますインドにおけるフラックス研究が発展していくように感じた。

インドを訪れてみて感じたことであるが、人口 12.5 億人にも達する国だけに交通量が多く、そのためであろうか太陽が霞んで見えるような大気汚染も起こっていた。研究発表でも取り上げられていたように、大気中エアロゾルによる散乱光割合の増加が生態系 CO₂ 交換に及ぼす影響を把握することが、今後、急激な発展を遂げようとしているアジアにおいて重要であるのかもしれない。

引用文献

- Kim, J. and Oki, T., 2011: Visioning: an essential framework in sustainability science. *Sustainability Science*, **6**, 247–251.
- McDowell, N. G., Fisher, R. A., Wu, C., Domec, J. C., Hölttä, T., Mackay, D. S., Sperry, J. S., Boutz, A., Dickman, L., Gehres, N., Limousin, J. M., Macalady, A., Martínez-Vilalta, J., Mencuccini, M., Plaut, J. A., Ogée, J., Pangle, R. E., Rasse, D. P., Ryan, M. G., Sevanto, S., Waring, R. H., Williams, A. P., Yeepez, E. A. and Pockman, W. T., 2013: Evaluating theories of drought-induced vegetation mortality using a multimodel-experiment framework. *New Phytologist*, **200**, 304–321.
- Rowland, L., da Costa, A. C. L., Galbraith, D. R., Oliveira, R. S., Binks, O. J., Oliveira, A. A. R., Pullen, A. M., Doughty, C. E., Metcalfe, D. B., Vasconcelos, S. S., Ferreira, L. V., Malhi, Y., Grace, J. Mencuccini, M. and Meir, P., 2015: Death from drought in tropical forests is triggered by hydraulics not carbon starvation. *Nature*, **528**, 119–122.