

AsiaFlux 2023 conference 報告書

増井昇*・山本雄平**・山貫緋称***・長谷美咲***・張庭維****

* 静岡県立大学食品栄養科学部

** 千葉大学国際高等研究基幹

*** 千葉大学融合理工学府

**** 農研機構農業環境研究部門(現所属, 国立台湾大学)

AsiaFlux 2023 conference report

*Noboru Masui, **Yuhei Yamamoto, ***Hina Yamanuki, ***Misaki Hase, ****Tingwei Chang

*School of Food and Nutritional Sciences, University of Shizuoka

**Institute for Advanced Academic Research, Chiba University

***Graduate School of Science and Engineering, Chiba University

****Institute for Agro-Environmental Sciences, NARO

1. はじめに

AsiaFlux 2023 conference は、2023 年 11 月 27 日から 12 月 1 日の期間で韓国の済州島で開催された。コロナ禍が明けた AsiaFlux 2022 年に引き続き、対面での開催となった。

本学会は、Korea Society of Agricultural and Forest Meteorology (KSAFM) 及び AsiaFlux の共催、取りまとめを Seoul National University 及び国立環境研究所、その他韓国山林庁 (Korea Forest Service)、韓国国立森林研究所 (National Institute of Forest Science)、韓国国立研究財団 (National Research Foundation of Korea)、韓国森林推進協会 (Korea Forestry Promotion Institute)、日本学術振興会、国家自然科学基金委員会のサポートにより実施された。

研究発表は 11 月 28 日午後から 11 月 30 日まで開催され、ポスター発表の他、主に 3 会場に分かれての口頭発表が行われた。最終日の 12 月 1 日には、済州島内の研究施設を周るエクスカッションが催された。以下、これら各内容に関して一部を抜粋し述べる。

2. トレーニングコース

大会 1 日目から 2 日目の午前中までは、代表的な観測機器メーカーの担当者によって主に学生や若手研究者に向けたトレーニングコースが開催された。1 日目にはフラックス観測に関する講義があり、まず渦相関法の原理や観測機器の操作方法に関して詳細な説明があった。参加者の所属や研究対象は多岐にわたり、各セッション間では参加者から特に測器の設置や維持について多くの質問がなされていた。観測するフラックスの種類によって観測の難易度に差があることなど、測器の開発と測器を使用する観測研究者のそれぞれの課題が明らかになった。後半には会場のステージに設置された実際の測器を用い

て、測器の設置方法について指導があった。参加者らは測器の周りに集まって、説明を聞きながら測器の内部を覗き込んだり、写真を撮影したりして体得していた。担当者によって各部位の名称や内容について説明があったあと、一部の希望者が測器の設置作業を体験した。普段は現地観測を行っていない研究者にとっても、解析に使用しているデータの測器を間近で見られただけでなく、実際に触れることができたことには非常に大きな意味があった。

2 日目にはデータ処理を行うための解析ソフトの使用法に関する講義があった。参加者は事前に解析ソフトウェアをインストールしたノート PC を持ち込み、スクリーンに映し出された操作を真似しながら、測器で観測された生データの処理を行っていた。生データを処理するには必要となる専門知識が多く、初めてソフトウェアを使用する参加者らは担当者に積極的に質問したり、席が近い参加者同士で協力して解析を進めていた。

トレーニングコースが口頭・ポスター発表より先に開催されたことで、現地観測の難しさや不確実性を理解した上で発表を聴講したり、議論を深めたりすることが可能になった。トレーニングコースの開催は、参加者のフラックス観測への興味・関心を喚起し、後進を育成するために重要であると考えられる。

(山貫緋称)

3. 口頭発表セッション

3.1 A3 Foresight Program Special Session

A3 フォーサイト事業は、「北東アジアにおける生態系温室効果ガスとその気候変動に対する応答」に関する日本・中国・韓国の 3 か国連携の研究プロジェクトである。本セッションでは、韓国及び中国の研究者から計 12 題の口頭発表が行われた(写真 1)。

例えば、Yoo (Kyung Hee University, Yongin; 韓国)らは、二酸化炭素 (CO₂) 循環に関連して、街路樹における総炭素固定量の実測とその他要因による純炭素固定量の推定を示した。土壌呼吸量などの生物代謝的要因や剪定作業という人為的要因

<https://agrmet.jp/wp-content/uploads/2024-D-2.pdf>

2024 年 7 月 11 日 受付

Copyright 2024, The Society of Agricultural Meteorology of Japan

が炭素損失の例に挙げられ、IPCC の試算値よりも実際には緑化樹へ炭素が固定されていないことが示唆された。



写真 1 AsiaFlux2023 大会参加者の集合写真
会場の Jeju Shinhwa World (済州島) にて撮影。国立環境研究所・中田幸美 (AsiaFlux 日本側事務局) 氏提供

Zhang (Chinese Academy of Sciences: 中国)らは森林中の炭素循環の話題であるものの、森林生態系によって土壤炭素の貯蓄量が異なることを明確にした。さらに、Zhou (華東師範大学: 中国)らは気候変動を想定した干ばつ処理による根の総滲出液量の変化が、土壤中炭素の微生物分解に対してプラスのプライミング効果を与えることを明らかにした。

これらの研究内容だけでもそれぞれが関与し合っており、全体として大きな現象の解明に寄与することが感じられた。モデル計算を精緻化していくためにも、様々な要因を洗い出すこれらの実測研究が非常に有用であると感じた。(増井昇)

3.2 Korean Society of Agricultural and Forest Meteorology

開催国である韓国の農林地域における気象変動の影響に関して、韓国の研究者より7題の発表が行われた。

Hong (Seoul National University: 韓国)らは、大気汚染物質として一般にも広く知られる PM2.5 の森林による浄化機能を講演した。ナラ類の森林の方がマツ類の森林構造よりも PM2.5 削減率は高く、より低密度に管理された森林を通過した場合に PM2.5 はより大きく削減されるという結果であった。これは、林業としての管理状況が大気環境にも影響を与える一例である様に感じた。

Pathiassana (Seoul National University: 韓国)らは花粉媒介昆虫の行動に関わる花蜜に対する気候変動影響に関して概説した。特に、植物体への水分供給が少なくなると高糖度の蜜が得にくくなること、遮光強度が高いと開花時期が遅延することを示した。昆虫による花粉媒介は、森林であれば生態系の多様性、農業であれば直接収量に関わる。例えば干ばつ頻度の増加により高品質の蜜が生産されなくなれば、受粉効率及び結果率の低下を引き起こすことが懸念される。韓国だけでなく、日本においても注視すべき知見であった。

さらに Lee (Seoul National University: 韓国)らは、気候変動による受粉効率の低下を評価するため、開花時期を衛星データから予測することを試みていた。この様な技術的な知見と融合することで、気候変動に対する戦略を構築することが期待される。(増井昇)

3.3 Korea Carbon Project

このセッションは、特に韓国の炭素循環に関する研究が計 5 題発表された。

Kim (Chonnam National University: 韓国)らは、温室効果ガスであるメタン(CH₄)の水田からのフラックス推定に関して報告した。CH₄ は嫌気性条件で発生するものであるが、水田を湛水しイネを移植した後、イネの成長に伴って CH₄ フラックスが増加することだった。植物の通気組織に依存するのであればイネの品種間の成長差との関連が気になるところではあるが、水田地帯からの CH₄ フラックスの推定において非常に有用な知見であった。

Cha (Seoul National University: 韓国)らは、放射性炭素同位体($\Delta^{14}\text{C}$)を用いて樹冠を通過した降雨中に含まれる溶存有機炭素の発生由来を明らかにした。3.2 の Hong らの研究であったように、森林は PM2.5 のバッファーであり、降雨により流れ落ちる葉や幹に堆積した PM2.5 は溶存有機炭素の一部となり得る。しかし、Cha によれば、樹冠を通過した降水中に含まれる PM2.5 は、全溶存有機炭素の数%程度でしかなかった。つまり、植物組織からの漏出が土壤への溶存有機炭素の最大の供給源であり、PM2.5 の様な外部要因ではなく森林内部の循環が最も重要ということであった。

Kim (City University of Hong Kong: 香港)らは、土地利用の変化による炭素吸収と放出バランスの最適化に関して概説した。中国の退耕還林政策によるものか定かではないが、中国が一部地域での炭素吸収量の増加を達成している一方で、日本と韓国はやや遅れを取っているようである。また、単純な植生分布だけでなく、土地被覆の影響も考えねばならないようである。日本や韓国は少子化が特に問題視されている中で、今後都市域への人口集中や郊外の荒廃による急激な土地利用変化が想定される。この様な社会情勢と気候変動を考慮していく必要性を感じた。(増井昇)

3.4 Leveraging Third-Generation Geostationary Satellites for Terrestrial Ecosystem

このセッションでは計 7 件の口頭発表があり、そのうち 5 件は「第 3 世代」と呼ばれる最新型の静止軌道衛星データを用いた陸域植生モニタリング研究の発表であった。その他、高緯度地域の日内スケールの地表面温度解析に関する Liu ら(千葉大学: 日本)の研究発表や、異なるセンサー間で算出された植生指標のキャリブレーションに関する Lim ら(National Institute of Forest Science: 韓国)の研究発表があった。

陸域植生モニタリングにとっての静止軌道衛星センサーの主な機能向上は、近赤外域の観測波長帯の追加である。これにより NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)などの植生指標が 10-15 分ごとに算出可能となり、従来の数日一回の観測頻度から植生の分布状況の把握が大幅に改善された。また、地表面温度や光合成量、蒸発散量等の推定にも植生指標は必要であるため、推定精度の向上が期待されている。5 件の発表は、静止軌道衛星データを用いた陸面観測データセットの開発(市井ら、千葉大学: 日本)や、静止軌道衛星データを用いた光合成量(山本ら、千葉大学: 日本、Ryu ら、ソウル大学: 韓国)や蒸発散量(Zhang ら、千葉大学: 日本)の推定、フェノロジーの観測

に適した植生指標の検討(笹川ら, 筑波大学: 日本)に関する成果が報告された。(山本雄平)

3.5 Impacts of Climate Change on Asian Ecosystems Monitoring

谷(静岡県立大学: 日本)らは, 大気汚染に関する樹木由来のテルペン類放出に関して概説した。例えば, 日本ではスギが優占しているものの, モノテルペンの個体あたりの放出に関しては, シイ・カシ類の方が明らかに大きい。また, 竹やナラ類のイソプレン放出も顕著である。しかし, 放出速度が大きいものは報告されている値のばらつきも大きく, 樹木の生育環境や放出特性はもちろんのこと, 測定手法にも大きく依存している。モデルによる推定など, 最終的により大きなスケールでのテルペン類の放出予測を行うには, 多くのデータの測定条件を加味して代表値を決定する必要性があることが分かった。

Chen (Northeast Forestry University, 中国)らは, CO₂ 及び CH₄ 放出に対する温度上昇の影響を調査した。Chen らによれば, CH₄ 放出は平均気温の上昇に伴って増加する一方で, CO₂ 放出は低下する可能性があるという。特に, 寒冷地よりも温暖湿潤な気候でその傾向は強くなるという。この様に温度依存性があるのであれば, 温暖化による温室効果ガス放出のフィードバックが形成されることになり, 非常に興味深い。

Kim (Seoul National University: 韓国)らは, 韓国の春に開花する樹木を対象に, 日別気温データに基づく開花時期の予測モデル向上を試みた。地理座標や標高, 日長, 解析期間中の平均気温に基づく補正係数を組み込むことで, *Rhododendron schlippenbachii* など多くの樹種の開花時期の推定精度が大きく向上した。勿論, 開花時期は花粉媒介昆虫との関係による種多様性維持の役割があるが, 春は各所で“花”で彩るイベントが開催される。日本でも桜の開花に合わせて多くの訪日客がいる様に, 開花時期の推定は経済効果にも大きな影響を与えることから様々な面で重要な研究であると感じた。

(張庭維)

3.6 Biosphere-Atmosphere Interactions in Southeast Asia's (Sub)tropical Ecosystems

このセッションでは特に, 生物相が豊富な東南アジアにおける生物-大気間の相互関係に関して計 5 題が発表された。

Chang (静岡県立大学: 日本(会議参加時の所属))らは, マレーシアのオイルパーム農園におけるイソプレン放出に着目した。樹木個体としての放出速度が高いだけでなく, 葉齢や一日のうちの時間帯によって放出速度が変動するため, 最適なサンプリング条件があることを提案した。オイルパームは東南アジアの主要産業であることから, 農園自体を別の作物用へと転換していくことは現実的でない。この様な実験により, 経済性と大気環境改善の両立が可能なイソプレン低放出品種を見つけていくことが期待される。

Lee (National Institute of Forest Science in Jeju: 韓国)らは, マングローブ及び半マングローブ (semi-mangrove) による炭素吸収に着目し, 光合成機能を評価した。特に, 韓国の炭素吸収樹種の評価リスト外であったにも関わらず, 半マングローブであるオオハマボウ (*Hibiscus tiliaceus*) が非常に高い光合成速度を示した。この様に, 身近な植物の中に, まだその有用性が明らか

になっていないものが隠れていることに気付かされた。

Thabkhum (Kasetsart University: タイ)らはゴム農園の CO₂ 貯留機能に着目した。樹液採取がされている個体だけでも, タイのゴム農園全体で年間 1 億トン以上の CO₂ 貯留機能があるという。最新の若い個体のデータの充足が今後の課題であるものの, 環境保全型農業が進んでいく中で, 1 つのアドバンテージである。Chang らの様な, テルペン類放出の影響との兼ね合いに関しても, 今後の展開が気になるものであった。(増井昇)

3.7 Nature-based Solutions for Carbon Neutrality in Asia

Liu (Chinese Academy of Sciences: 中国)らは, 湿地における炭素貯留機能に重点を置き, CH₄ フラックスとのトレードオフを調査した。近年, 湿地の干拓や荒廃により, 高い炭素貯留機能が損なわれつつあるという。再湿潤によって炭素貯留機能を回復する一方で, 同時に CH₄ 排出量の増加にも目を向けねばならないことを再認識した。

Juang (National Taiwan University: 台湾)らは, 茶畑における農法の違いが周辺の微気象環境に及ぼす影響を調査した。例えば, 慣行農法と比較して, 茶樹冠の日内温度の変動範囲が 1.6°C も小さく, 土壌や茶樹からの蒸発散量の増加が寄与していることを明らかにした。当然ながら, 害虫防除の観点など, 有機農法が全てにおいて慣行農法に優るわけではないだろう。しかし, 茶生産者が栽培法を決定する上で有用な指標が 1 つ増えたことになる。日本においても茶栽培は盛んであることから, 今後の研究の発展に期待したい。

Wu (Southwest Minzu University: 中国)らは, 段階的な窒素付加及び異なる階層での土壌呼吸量の測定により, アーバスキューラー菌根菌 (AM 菌根菌) による土壌呼吸量への影響度の解明を試みた。窒素付加は, 植物群落構成を変化させることで AM 菌のバイオマス量や多様性に影響を及ぼし, 結果として AM 菌による土壌呼吸量は低下した。一方, 高山域において, AM 菌は CH₄ 吸収を促進した。窒素沈着も重要な気候変動環境の 1 種である。土壌呼吸に対する生物要因の研究は未解明な点が多く, 炭素循環の理解において今後大きな貢献をしていくことが期待される。

4. エクスカーション

最終日の 12 月 1 日には, エクスカーションが行われた。エクスカーションは 2 コース用意されており, 1 つは韓国最高峰の世界自然遺産であるハルラ山 (漢拏山) 登頂を目指すものであった。筆者らもハルラ山登頂に興味はあったが, 今回は多くの参加者と同様にもう一方のコースを選択した。

朝 9 時に宿泊地でもある会場をバスで出発した。ハルラ山ハイキングルート上 (標高 450 m 程度) を徒歩で登り, Warm-temperate Forest Research Site を視察した。この場所には, 高さ 12 m (9 m × 9 m × 12 m: 2011 年 10 月設置) のジャングルジムが設置されており (写真 2), フラックスタワーとしては高さ 30 m のものであった。ジャングルジムの上部へは階段で登ることが出来, ちょうど当該森林域のキャノピーと同程度の高さであるため森林生態系の観測に適していた。また, 林床にはリタートラップが仕掛けられており, 12 月であるため既に多くの落葉が認められた。

昼食ではキムチ鍋や鮎の炊き込みご飯を頂いたのち、済州島西部 Gosan 沿岸に建設された大気観測研究所 (<https://agage.mit.edu/stations/gosan>) を視察した。研究所以外に周辺には高い建物や大規模な工場は見当たらず、平坦な田園風景が延々と広がっていることから、大気環境測定に適した環境であるように見受けられた(写真 3)。研究室にはガスクロマトグラフ質量分析計などの分析機器が並べられており、CO₂、CO、CH₄だけでなく、SF₆や N₂O、O₃、SO₂ など多くの大気中ガスのリアルタイム測定が行われていた。韓国国内のみならず、国際的な大気観測所の1つとして重要な拠点であった。

最後に、済州島を代表する植物園、Hallim Park を散策した。中でも、特に希少であると感じたのは柑橘類 tangerine の在来種園(写真 4)であった。品種改良によって元の種を確認することが困難な昨今でありながら、済州島に古来より生育していた 12 種類もの種類が管理されていた。済州島の売店ではどこも柑橘類を使用した土産物が販売されていたことから、済州島において非常に有用な作物であることが伺えた。Hallim Park は約 30ha もの広さがあるため、時間が足りないのは残念であった。また済州島を訪れる機会があればゆっくりと鑑賞をしたい。

(増井昇)



写真 4 在来種園 (Hallim Park) にある済州島を代表する農産物である柑橘類

5. おわりに

今回の AsiaFlux conference 2023 は済州島での対面開催となった。多くの研究者が国内外の学会においてオンライン形式の学会に慣れてきた中、実際は直接意見を交換できる機会を心待ちにしていた者も多いだろう。最後に筆者らによる AsiaFlux2023 の感想を下記に記し、本報告のまとめとする。

私にとってコロナ禍以降の初の国際学会であったこと、さらに AsiaFlux 自体が初参加であったことから、全てが貴重な経験となった。また、普段自身が参加している学会と比較して、より広範な分野の研究者が各国から集まっている印象を受けた。自身の研究分野はこれらの中でも AsiaFlux ではよりマイナーなものであると感じたが、口頭発表後にも質問に来てくれる方もいたことは素直に嬉しく感じた。今後も積極的に AsiaFlux に参加し、互いに利する知見を共有できるように研究に邁進していきたい。

(増井昇)

コロナ禍でのオンライン開催がまだ記憶に新しい中、対面開催の素晴らしさが一層際立って感じられた。オンライン開催には、テキストベースのゆとりのある質疑応答ができたり、参考資料を画面共有しながら議論できたりといった良さはあったが、大会参加者と関係を深める機会に限られていた。今大会では、セッションの合間の休憩時間や懇親会で他国の研究者や学生と親交を深めることができ、共同研究に発展させることもできた。個人的な意見ではあるが、このように関係が発展した背景には、一緒に遅くまで飲み交わし、親しくなったことが大きいと考えている。また、AsiaFlux コミュニティの温かい雰囲気を感じることができたことも、大変貴重な経験であった。このような素晴らしい大会を運営して下さった韓国コミュニティの皆様にも心より感謝したい。

(山本雄平)

私が学部生として研究室に所属した年に日本の高山で開催された AsiaFlux2019 に参加したとき、研究者らが口頭発表しているのを見て「いつか私も同じステージに立ちたい」と思った事を覚えている。それから 5 年が経ち、私は博士学生として AsiaFlux2023 のステージに立つことができた。これには私の研究生活において非常に大きな意味があった。また、本学会への参加が私にとって初めての海外であった。学会参加だけでなく、



写真 2 キャンピー観測用ジャングルジム及びブラックスタワー



写真 3 大気観測所周辺の風景 (上: 海岸, 下: 田園地帯)

会場までの往復の時間も含めて全てが新鮮であった。今後も AsiaFlux に参加し、次は自身が後輩の心を動かせるような発表を目指していきたい。(山貫緋称)

学部 4 年生で初めて国際学会に参加したが、全てが新鮮であった。共著の方と初めてお会いして話をすることができただけでなく、研究分野の垣根を越えて国内外の研究者の方々から多くの質問やアドバイスを頂けてとても勉強になった。また他大学の学生と交流したことで、彼らの研究に対する姿勢に大変刺激を受けた。参加前は、自分の研究について上手く説明できるか、英語で満足にコミュニケーションをとれるかなど、不安なことが多かったが、学部生のうちにこのような貴重な経験をすることが出来て、非常に良い経験となった。また今回のような場でもよりよい発表をしたいという思いが、今でも研究への大きなモチベーションとなっている。今後も AsiaFlux に参加出来るように研究に励みたい。(長谷美咲)

AsiaFlux は、環境モニタリング技術や気候変動監視に関する研究者たちの交流を促進する重要な場として、常に私たちに新しい知見を提供してくれました。今回の大会では、従来のフラックス測定やリモートセンシングの枠を超え、生態学や生物多様性といった多様な分野が取り入れられ、その進展に心からの喜びを感じています。(張庭維)

謝辞

本稿の作成に際し、写真と大会の情報は中田幸美氏(国立環境研究所)にご提供をいただいた。また、本報告執筆者の参加旅費は、日本学術振興会日中韓フォーサイト事業(北東アジアにおける生態系の温室効果ガス交換とその気候変動への応答に関する研究:令和 4 年度～令和 9 年度)及び国立環境研究所、開催国である Seoul National University の支援を受けた。ここに記して感謝する。