

AsiaFlux 国際会議 (International Workshop for Advanced Flux Network and Flux Evaluation) 報告*

檜山哲哉**・三枝信子***・渡辺力****

1. はじめに

温室効果ガスフラックスを生物季節に照らし合わせて長期に観測し、より精度の良いデータを異なる気候帯の異なる植生において比較することが世界的に求められている。これは、陸上における温室効果ガスの挙動の現状を把握し、その基礎データを全球気候モデルにインプットすることで、将来の気候変動予測を目論むためである。このため、様々な陸域生態系におけるフラックスの長期モニタリングは、IGBP 研究計画の中でも BAHC, IGAC, GCTE のコアプロジェクトにおける中心課題とされている。欧米ではすでに、EUROFLUX や AmeriFlux, MedeFlu 等の Flux Network プロジェクトが数年前から開始され、例えば EUROFLUX では Valentini *et al.* (2000) が、森林生態系における正味の二酸化炭素吸収量 (正味の生態系生産量 ; NEP) は土壤呼吸量が左右している、との論文を世に出すに至っている。

日本をはじめとするアジア諸国は欧米に比較して地表被覆が複雑であり、また気候帯も多様であることから、Flux Monitoring Network の設立が要望されてきた。これを受けて、各省庁間の壁を乗り越えて、関連する研究所と大学とが手を結び、「AsiaFlux」を1999年9月に立ち上げた。標記の国際会議は、その Kick off meeting である。本会議は2000年9月27日～29日の3日間にかけて、北海道大学百年記念館において、AsiaFlux 運営委員会の主催、IGBP/BAHC, Climate Technology Initiative (CTI), 米国エネルギー省、通

産省、国立環境研究所・地球環境研究センター、新エネルギー・産業技術総合開発機構、北海道大学の協力のもとで開催され、海外からの招待講演者20名を加えた国内外からの研究者103名の参加者を得た(第1図)。

本国際会議は下記に示す7つのセッションから構成され、アジア地域だけでなく、欧米の研究者による国際的な Flux Network の現況についての情報交換が行われた。このうちセッション6はポスターセッションであり、2日目の夕方からビールを片手に個々のディスカッションが行われた。なお、文章中に出てくる略語については、この報告の末尾に、正式名称とその日本語訳を付けたので参照されたい。(檜山哲哉)

- Session1 : Overview of the AsiaFlux Network
- Session2 : Results from sites of AmeriFlux and EUROFLUX
- Session3 : Topics for improvement of Flux Observation
- Session4 : Trace Gases Flux Measurements
- Session5 : Reports from AsiaFlux sites
- Session6 : Poster Session
- Session7 : Further collaboration and synthesizing discussions

Field Trip

- Visit to Tomakomai Experimental Forest, Hokkaido Univ.
- Visit to Tomakomai Observation Site, CGER/NIES

2. 各セッションの概要

2.1 セッション1 (AsiaFlux ネットワークの概要)

AsiaFlux 設立の目的と、すでに観測を始めて何らかの結果を出している観測サイトにおける結果の概要をこのセッションで行った。

* A Report on International Workshop for Advanced Flux Network and Flux Evaluation

** Tetsuya Hiyama, 名古屋大学・大気圏科学研究所。

*** Nobuko Saigusa, 資源環境技術総合研究所。

**** Tsutomu Watanabe, 森林総合研究所。

© 2001 日本気象学会



第1図 AsiaFlux 国際会議・参加者の集合写真。

先ず AsiaFlux の委員長である福嶋氏 (名古屋大学) から, AsiaFlux 設立の趣旨と現況について説明があり, 続いてドイツの Falge 氏 (University of Bayreuth) から EUROFLUX や AmeriFlux の活動概要と将来に向けての課題が述べられた。Falge 氏はその課題の一つとして, 森林火災や土地利用変化に伴うフラックスの変化形態を明らかにすべきことを述べていた。井上氏 (国立環境研究所) は AsiaFlux データベースセンター構想を述べ, 複雑地表面, モンスーンに起因した湿潤生態系, バイオマスパーニング, の3つをアジアにおけるフラックス研究の特徴であることを強調した。

その後は, 日本人研究者主導の各観測サイトにおける結果が6件続けて紹介された。資源環境技術総合研究所の山本氏は, 岐阜県高山市の冷温帯落葉広葉樹林における二酸化炭素 (CO_2) フラックスの年々変動を紹介した。森林総合研究所の渡辺氏 (筆者) は, 埼玉県川越市の暖温帯落葉広葉樹林における CO_2 フラックスの年々変動を紹介し, 併せて潜熱フラックス算定のための改良バンドパスコバリアンス法を紹介した。檜山 (筆者) は東シベリアにおける落葉北方林における熱・水・ CO_2 フラックスの季節変化を紹介し, 森林-草地系としての地表被覆上での広域フラックス算定のために行った航空機観測の結果を若干紹介した。筑波大学の Li 氏は草原生態系における C3植物・C4植物と CO_2 フラックスの関係について紹介した。農業環境技術研究所の宮田氏は釧路湿原における CO_2 フラックスとメタン (CH_4) フラックスの観測概要を紹介した。最後に岡山大学の滝氏は, 水田耕地における CO_2 フラックスの季節変動について紹介した。結果的には3つの異なる森林生態系における観測結果と, 草原生態系, 高層湿原, 及びアジア地域の代表的土地利用である水田耕作地におけるフラックス観測結果が紹介され

たことになり, AsiaFlux ではアジア地域の代表的土地利用形態におけるフラックス観測をまんべんなく抑えていることが理解できた。(檜山哲哉)

2.2 セッション2 (AmeriFlux 及び EUROFLUX における観測成果)

本セッションでは, AmeriFlux や EUROFLUX でのハイライトが, 5人の海外からの招待講演者により紹介された。

Law 氏 (Oregon State University) は AmeriFlux の活動を紹介し, 後に述べるイタリアの Valentini 氏による EUROFLUX での結果と同じく, NEP が緯度と線形の関係にあり, 北方林で小さく (あるいはほとんど0で), 緯度が低くなるほど NEP が高くなることを示した。また, 数ヶ所の観測サイトにおける CO_2 フラックスの年々変動の観測結果から, 降水量分布と生育期間の長さが NEP の大小を左右することを示した。

Oechel 氏 (San Diego State University San Marcos) はアラスカ北極域と南カリフォルニア chaparral における CO_2 フラックスの年々変動の変動要因を紹介した。ここでは同時に, 航空機観測とタワー計測結果を用いてモデルのパラメタリゼーションを行い, 衛星による表面温度データから植生の CO_2 収支を図化した結果も紹介している。それによると, 北極域の冬においては, 温暖化と乾燥化により, 炭素の損失が起こっているという。南カリフォルニアでは, エルニーニョやラニーニャによって CO_2 フラックスの大小が大きく影響を受けることが示された。

Running 氏 (University of Montana) は人工衛星 EOS 搭載センサー-MODIS を用いた高空間分解能 (1 km) の全球 NEP マップを作成し, CO_2 フラックスの季節変化を1週間毎に表示する動画で示していた。この時には, 会場から溜息が聞こえた。日本近辺の状況

を切出した拡大図は、たまたま梅雨期の雨天日の結果であり、日本の南半分はNEPがsourceとなっていた。このため会場から質問があったが、Running氏は、急いで準備したため晴天日を選べなかった旨を回答し、そのリアルタイムな結果の出力に改めて威力を感じさせられた。

Valentini氏(University of Tuscia)はNature誌に掲載された論文(Valentini *et al.*, 2000)とほぼ同じ内容を紹介し、ヨーロッパにおける森林を緯度別に並べ、そのNEPとの関係性をみると、緯度が高くなるほどNEPが減少していることを示した。彼はこの結果から、衛星データによるNEPの推定は地上部の生長量のみを焦点を置いているために、誤差が大きく真のNEPを推定できないことを示唆した。また同時に、緯度とともに年平均気温が低下するにも関わらず、生態系全体の呼吸量は、高緯度になればなるほど大きくなっていることをEUROFLUXの観測サイトを総合して述べた。したがってこの結果は、他の地域におけるフラックス観測においても、土壌や森林マネジメント関連の要因が重要であることを示している。

Lloyd氏(Max-Planck-Institute for Biogeochemistry)は、西シベリアにおける湿原とアカマツ林におけるフラックス観測結果を紹介した。彼らはこの地域で、航空機観測や雪面下における土壌呼吸量も観測している。親生物元素の同位体分析も行い、生物地球化学的アプローチの重要性を示していた。

(楡山哲哉)

2.3 セッション3 (フラックス観測における改良点)

ここではフラックスの測定やデータ解析における問題点に関する5件の発表が行われた。Wilson氏(NOAA)は背の高い植生上で渦相関法を適用する場合には、鉛直移流の効果を考慮に入れる必要があることを示した。特に、観測サイトが斜面上にある場合には、夜間に斜面下降流が生じ、CO₂などが斜面下方へ流出していることなどを観測的に示した。Leuning氏(CSIRO)は大気中のスカラー収支を記述する基本式に立ち戻り、渦相関法によるフラックスの測定には、移流の影響などについてさまざまな補正が必要であることを教科書的に解説した。文字氏(大阪府立大学)は丘陵地で行った乱流観測の結果に基づき、複雑地形上での乱流特性に関する考察を行った。Dolman氏(DLO Winand Staring Center)は、オランダ国内の4箇所の森林におけるフラックス観測の結果を紹介

し、森林の違いによる差異について議論した。Gu氏(University of California at Berkeley)は、長期観測における欠測値の補完などを目的としたフラックスの推定モデルを紹介した。それによると、直達日射と散乱日射を分けて入力するモデルを用いると、日射量を一括して与えるモデルよりも少ないパラメータで観測値が推定できるという。

最近、日本国内でも多数のフラックス観測が行われるようになり、非一様な場ではもちろん水平一様な場所でも移流の影響を考慮する必要があることや、複雑地形上で得た測定データをどのように解釈すればよいのかといった、これまで避けてきた問題への対応が迫られるようになってきた。現実の場はいわゆる教科書的な理想系ではないのである。これをどう扱えばよいかという試行錯誤が世界的にも現在進行形で行われていることがあらためて感じられた。(渡辺 力)

2.4 セッション4 (微量気体フラックス測定)

ここではメタンなど微量気体のフラックス測定に関する3件の発表が行われた。Kim氏(Yonsei University)は韓国の水田に設けられた観測サイトを紹介した。貴重な観測データが示されたのはもちろんであるが、台風で観測舎が飛ばされてしまった苦労話に一同爆笑し、8地点以上のメタン濃度を1分以内でサンプルできる高速システムの紹介などが興味深く思われた。原菌氏(農業環境技術研究所)は、改良した傾度法を用いて得られた、水田、ハス田、湿原、ツンドラの各サイトにおけるメタンフラックスの季節変化等の違いについて議論した。Christensen氏(Lund University)はIASCとGCTEにまたがるワーキンググループのヨーロッパにおける活動、特にグリーンランドやアイスランドなど北極域におけるCO₂やCH₄のフラックス観測サイトの展開について紹介した。

(渡辺 力)

2.5 セッション5 (AsiaFlux 観測サイトからの報告)

アジア各国から、各サイトの最新の観測データや、これから始まる観測の計画が紹介された。タイ国チャオプラヤ川流域の蒸発散について(1件)、韓国の森林および水田におけるCO₂・CH₄フラックスについて(2件)、中国東北地方のカラマツ林(1件)、中国海南島の熱帯林(1件)、中国Ecosystem Research Network(1件)における研究計画について紹介があった。また、主に日本の研究者によって維持されている西シベリア湿地(1件)と東シベリア森林(2件)のサイ

トからは、長期観測の結果も紹介された。アジア各国で立ち上がった長期観測サイトから、自然災害と闘う観測者の苦労話も含めて熱意あふれる報告が続いた。

(三枝信子)

2.6 セッション6 (ポスターセッション)

口頭発表を行わなかったグループの中でも、ハイレベルの観測手法とデータの蓄積を持つ研究が数多く行われていることがわかった。また、理想的でない観測場所のために苦労している人が多いこともわかった。特に複雑地形での観測は日本のサイトにおける1つの特徴とも言えるので、複雑地形でのフラックス観測の問題および有効性についての研究をぜひ日本のグループがリードしていけるようになりたいものである。

(三枝信子)

2.7 セッション7 (総合討論と今後の課題)

総合討論に先立って、今後フラックスネットとの協力関係が期待されるプロジェクトとしてGAME-AANから現在の活動と今後の計画が紹介された(筑波大学・杉田氏)。GAME-AANでは現在約15のサイトで観測が行われており、モンスーンアジアにおける貴重な地上観測データが蓄積されつつある。いくつかのサイトでは引き続き長期観測に移行することも計画されている。GAME-AANは主に熱・水循環に注目したプロジェクトであり、一方フラックスネットはCO₂に重点を置く長期観測ネットワークであるという違いはあるものの、両者は共通する研究テーマを数多く持っている。例えば、各種フラックスに及ぼす植生の役割に関する研究や、フラックス測定法の技術的問題などである。従って今後両者が密接に情報交換を行っていくことは非常に有意義であろう。

続いて総合討論の話題として、EUROFLUXで現在までに認識されているさまざまな問題点や課題などが紹介された(Valentini氏)。第1の問題は観測場所の選定方法である。タワーを建てる場所の選定には、(1)気象学者が測定したいと考える場所(水平一様な場所)と生態学者が興味を持つ場所が一致しないという問題、(2)フラックス観測には本来適さない複雑地形などでも観測せざるを得ない場合があるといった問題がある。山岳地の多い日本の森林サイトでは、特に(2)の問題は深刻である。また、今後本気で気象と生態系変動の相互作用を研究するためには、長期間の生態学的調査とフラックス(微気象)観測をあわせて続けることが不可欠である。個人的感想では、例えば次の世代に残したい生態系を選び、100年スケールでの気象と

生態系変動の相互作用を検出するための実測を始めるといったアイデアが将来実現してもいいのではないかと感じた。

さて、第2の問題はフラックスデータの標準化である。今後は、フラックス測定法や計算プログラムの相互比較を実施したり、欠測時のデータ補完方法を確立するなどの課題がある。第3の問題はデータの公開方法であり、ネットワークに参加したグループがどのようなデータセットをどのようなタイミングで公開するかという問題がある。EUROFLUXでは二種類のデータ公開方法をとっており、誰でも利用できるデータとして公開するものと、論文執筆などの目的ですぐにデータを使いたい人がいる場合に特別に提供するものに分けているとのことである。第4の問題は、他の研究分野との交流という課題で、タワー観測のデータを最大限利用して、生態学的研究、地域気候学的研究、あるいは大気モデルを得意とする研究グループと密接な交流を行っていくことが必要であろう。(三枝信子)

3. おわりに

2日半の会議を通して改めて確信したのは、ワンポイント観測に過ぎないフラックス観測も、(1)観測誤差を客観的に示し、(2)最低10年の長期データをきちっと取り、(3)測定点数を増やして気候および生態系の違いを解釈することによって、データの利用価値は今のレベルよりぐっと上がるはずということである。今日フラックスサイトの維持に努めている者の一人として、今までにない、より良いデータと知見を次の時代に残すため、体力と気力の維持に気をつけながら、長いフル馬拉ソンのつもりでなんとかがんばってみたいと思う。(三枝信子)

謝 辞

資源環境技術総合研究所の山本首席研究官には、本稿執筆の機会を頂きました。ここに記して感謝いたします。

参 考 文 献

- Valentini, R., Matteucci, G., Dolman, A. J., Schulze, E.-D., Rebmann, C., Moors, E. J., Granier, A., Gross, P., Jensen, N. O., Pilegaard, K., Lindroth, A., Grelle, A., Bernhofer, C., Grunwald, T., Aubinet, M., Ceulemans, R., Kowalski, A. S., Vesala, T., Rannik, U., Berbigier, P., Loustau, D., Gudmundsson, J.,

Thorgeirsson, H., Ibrom, A., Morgenstern, K., Clement, R., Moncrieff, J., Montagnani, L., Minerbi, S. and Jarvis, P. G., 2000: Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests. *Nature*, **404**, 861-864.

略語一覧 (アルファベット順)

- BAHC Biospheric Aspects for Hydrological Cycle
(水循環における生物学的側面研究計画)
- CGER/NIES Center for Global Environmental Research/National Institute for Environmental Studies
(地球環境研究センター・国立環境研究所)
- CSIRO Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization
(オーストラリア国立科学技術研究機構)
- EOS Earth Observing System
(地球観測システム)
- GAME GEWEX Asian Monsoon Experiment
(アジアモンスーンエネルギー水循環観測研究計画)
- GAME-AAN GAME-Asian Automatic Weather Station Network

- (GAME-アジア域自動気象観測ネットワーク)
- GCTE Global Change and Terrestrial Ecosystem
(地球環境変動と陸上生態系研究計画)
- GEWEX Global Energy and Water Cycle Experiment
(全球エネルギー・水循環観測計画)
- IASC International Arctic Science Committee
(国際北極科学委員会)
- IGAC International Global Atmospheric Chemistry Project
(地球大気化学国際研究計画)
- IGBP International Geosphere-Biosphere Programme
(地球圏・生物圏国際共同研究計画)
- MODIS Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
(中分解能多波長放射計)
- NEP Net Ecosystem Production
(正味の生態系生産量)
- NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration
(米国海洋大気庁)

春季大会講演予稿集の申込みについて

2001年春季大会(東京)の予稿集(79号)の予約希望者は下記を記入のうえ葉書またはFAX(E-mailでも可)で学会事務局宛にお申し込み下さい。すでに定期購読されている会員は不要です。

記

- 1) 氏名(会員番号がわかる場合は会員番号も)
- 2) 送付先または所属(会員番号を記入した場合は省略してもよい)
- 3) 79号(春季大会予稿集)のみの場合: 79号のみ。
79号以降定期購読の場合: 79号以降定期と記してください。

〒100-0004 東京都千代田区大手町1-3-4 気象庁内

日本気象学会 事務局

Tel: 03-3212-8341 内線2546

Fax: 03-3216-4401

E-mail: jnetsoc@blue.ocn.ne.jp

注. *印刷部数が限られているので、購読希望の方は定期購読をお勧めします。大会当日は売り切れとなる場合があります。

頒布価格(円)	個人会員	団体会員
79号のみ	2,420	2,630
定期購読	2,100	2,310

予稿集の申込締切りは2001年4月10日(火)です。