Ｂ－３　アジアフラックスネットワークの確立による東アジア生態系の炭素固定量把握に関する研究
（３）東アジアモンスーン生態系のフラックスネットワークの確立に関する研究

独立行政法人農業環境技術研究所
　地球環境部　フラックス変動評価チーム　　　林　陽生・原薗芳信・宮田 明・小野圭介
　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　鈴木智恵子・大塚洋一
独立行政法人国立環境研究所
　地球環境研究センター　　　　　　　　　　　井上　元・藤沼康実・高田雅之・鳥山　敦

〈研究協力者〉独立行政法人産業技術総合研究所　環境管理研究部門　山本 晋・三枝信子
　　　　　　　独立行政法人森林総合研究所　気象環境研究領域 気象研究室　　大谷義一

平成12年～14年度合計予算額　32，133千円
（うち、平成14年度予算額　　10，674千円）

［要旨］
本サブテーマでは、従来、各グループが個別的に実施してきた東アジアモンスーン生態系におけるフラックス観測研究をネットワーク化し、観測データの統合化・データベース化を推進するとともに、異なる観測システムやデータ処理を採用するグループ間の観測方法の標準化を進めることを目的とする。まず、観測データ統合化のための環境整備の一環として、農業環境技術研究所と科学技術振興事業団が共同開発したデータベース（Eco-DB）の分散化を促進するため、Linux（RedHat7. 2）、Apache、PostgreSQL、PHP4を用いてLinux版Eco-DBに再構築し、産総研、岡山大学、国際北極圏研究センタで運用を開始した。このようなシステムは、FLUXNET内では初めての試みで、データ公開の一つの指針を示すことができた。また、森林総合研究所フラックスネットなどの本研究課題に関連する異なるデータベースとも連携し、AsiaFluxホームページ内にデータの所在情報のページを作成して利用者の便宜を図った。データの統合化に必要な観測の標準化に関しては、まず、オープンパス型ガス分析計の長期安定性を明らかにし、校正の頻度に関する指針を示した。また、フラックスデータの品質管理や補完の方法の指針、AsiaFluxの共有データセットの構成内容に関する試案を提示した。これらの結果はAsiaFlux運営委員会を通じて普及を図るとともに、後継課題内でのデータの共有化に活用される予定である。さらに、データ交換を推進するAsiaFlux運営委員会の活動に積極的に関与し、2000年と2002年に行われたAsiaFlux国際ワークショップの開催に協力した。そこで協議されたデータ公開についての基本方針や、他の地域フラックスネットワークとの連携については、本研究課題に反映されただけでなく、後継課題にも大きな影響を及ぼした。

［キーワード］フラックスネットワーク、二酸化炭素固定、データベース、観測方法、標準化

1. はじめに

1985年国連環境計画（UNEP）の主催でフィラハ会議が開かれ、科学者の側から公式に地球温暖化の進行が報告された。1988年には、地球温暖化研究の総括と公表を目指し、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が設立され、1990年に第1次報告書が提出された。これを受け、気候変動枠組条約（温暖化防止条約）が1994年に発効し、最高意思決定機関として気候変動枠組条約締約国会議（COP）が毎年開かれることになった。その3回目の会議（COP3）が京都で行われ、京都議定書が採択された。そこでは、先進各国に指定温室効果ガス排出量の削減目標が法的拘束力を持って定められ、日本は1990年比で6%削減することが求められた。この削減目標は、主に国内施策で達成する以外に、1990年以降の土地利用変化を伴う直接的かつ人為的な植林、再植林、森林減少の3つの活動が生みだす吸収（排出）量を削減目標の達成に補完的に利用できることが明示された。その後のCOP6再会合では、新たに、森林管理、耕作地管理、植生の回復、牧草地管理の4つの活動によって得られる吸収（排出）量も、第1約束期間（2008年から2012年）の削減目標達成に利用できるようになった。これによって、日本は、削減目標6%のうち最大で4.9%をこれら吸収源で達成できることになった。しかし、ロシアの吸収源利用の上限値が問題になったように、吸収源による正味の吸収量の算定には不確実な部分が多い。したがって、その不確実な部分を最小限にし、各種生態系による炭素固定量を、科学的知見をもとに正確に勘定することが国内外で求められている。

一方、自然科学的視点から、各種生態系におけるエネルギーやCO_2交換量を定量的に把握する試みが続けられており、量の把握だけではなくプロセスの解明にも力が注がれている。1990年代前半までは、それぞれの研究グループが、独自の方法で、独自に観測を行い、独自に発表を行ってきた。しかしながら、地球温暖化問題に関連して、エネルギーやCO_2の全球的な収支を見積ることが求められるようになり、それぞれの観測サイトや観測データが有機的に統合される必要性が生じた。欧米では早くから観測サイトやデータのネットワーク化が行われ（CarboEurope、AmeriFlux）、観測・解析方法からデータの蓄積・公開にいたるまで標準化・データベース化が進んでいる。一方、わが国の属する東アジアモンスーン生態系においては、1999年にAsiaFluxがスタートしたものの、それらの標準化やデータベース化が不十分である。

本サブテーマでは、東アジアにおけるフラックス観測研究のネットワーク化について検討し、ネットワーク化に不可欠と考えられる観測・解析方法やデータの蓄積・公開の標準化・データベース化を進め、東アジアモンスーン生態系の炭素固定量を高精度で把握する。これらは、政府間協議で利用される科学的知見となり得るだけでなく、昨今の発展が著しいインターネット網を通して世界中の研究者に利用され得る。

2. 研究目的

本サブテーマでは、従来部分的に実施されてきた東アジアモンスーン生態系におけるフラックス観測研究をネットワーク化し、観測データの統合化・データベース化を推進する。そして、可能な限り長期にわたって高品質のデータを確保するための枠組を構築し、観測方法や解析・補正・補完方法に関する標準化を進めるとともに、サブテーマ4におけるモデル研究の基礎資料として整備する。それによって東アジアモンスーン生態系の炭素固定量を高精度で評価し、政府間協議に利用可能な科学的知見を整備することを目的とする。

３．研究方法

本サブテーマは、

・分散型データベースシステムの構築

・観測、データ解析、補正手法の標準化

・分散型データベースの設置とデータ登録

・データ交換の促進と国際的ネットワーク化

の4つから構成される。以下にそれぞれについて詳述する。

（1）分散型データベースシステムの構築

データの公開はフラックス観測研究の一部であるという認識が高まり、同じフラックス研究者だけでなく、陸面や生態系プロセスのモデルを扱う研究者からも公開の要望が日増しに高くなっている。しかし、データ公開のシステム（ルール、フォーマットなど）が整っているとは言い難く、データ取得者（データオーナ）がCDやMOにデータをコピーして手渡すのが普通で、ほしいデータがほしいときに手に入らないことの方が多い。インターネットを利用したFTPサーバも利用されているが（例えば、Oak Ridge National LaboratoryのDAACサイト、ftp://www.daac.ornl.gov/data/）、データ取得に際してパスワードの発行手順などがないため、誰がどのようにデータを利用しているのか把握しきれていないのが現状である。他の一般気象観測データと異なり、フラックス観測データに関しては、観測者は高品質の連続したデータを取得するために多大な労力を払っていて、そのことが不特定ユーザへの公開の妨げになっていることも否定できない。1999年、農業環境技術研究所（以下、農環研）気象特性研究室（当時）が科学技術振興事業団や株式会社日立エンジニアリングサービスと共同で開発したエコシステムデータベース（以下、Eco-DB）は、設計時からWWWを利用しデータ公開を行うことを前提にしており、ユーザ認証などの機能を持たせた上に、数値データに著作権を付与するような工夫がなされている[1),2)]。このEco-DBが本サブテーマに適したデータベースシステムであるかどうかを様々な観点から検証し、問題がある場合は改良を加え再構築する。

（2）観測、データ解析、補正手法の標準化

本サブテーマで対象とする観測方法は、渦相関法である。フラックス観測をネットワーク化し、東アジア全体の炭素固定量やエネルギー収支を議論しようとするとき、観測、データ解析、補正の各方法の標準化は必須である。そこで、本サブテーマでは、測器、観測システムによる系統的な差異がないことを、異なる測器や解析手法を用いるグループによる相互比較観測によって確認する。また、データ解析・処理方法や補正方法について検討を行い、統一的なガイドラインを作成する。サブテーマ4やサブテーマ5と協力し、データの品質管理や欠測データの補完方法の標準化を試みる。また、できる限り長期にわたり品質の高いデータを取得できるような観測について検討する。

（3）分散型データベースの設置とデータ登録

CarboEuropeやAmeriFluxでは、公開用データはデータセンタにおいて集中管理されている。集中管理を行うには適当な人員やサーバマシンを配置しなければならないが、そのためには将来にわたり恒常的に一定額以上の予算を獲得しなければならない。しかし、本プロジェクトのような予算的裏付けが得られない場合、AsiaFluxは各研究者や研究所によってボランティア的に運営されることになり、データセンタの維持は困難である。また、AsiaFluxはその

理念として観測や運営を強制しないという方針であることから、本サブテーマで実現されるデータベースは分散型がふさわしいと考えられる。ここで、分散型とは、データが1ヶ所に集中していない状況を指し、具体的には、データベースシステムの運用をデータに責任を持てる機関が個別に運用する状態を指す。ここでは、(1)で作成されたデータベースシステムを可能な機関から設置し、別のデータベースシステムが存在する場合、それらとの連携を実現させる。また、データや写真の登録作業を継続的に行う。

(4) データ交換の促進と国際的ネットワーク化

1990年代に、BOREAS (BOReal Ecosystem Atmosphere Study)、EUROFLUX、AmeriFluxなど、タワーフラックス観測をベースとした大規模なプロジェクトが次々に開始され、大きな成果を収めている。これらのプロジェクトでは、タワーフラックス観測サイトがそれぞれ連携することによる観測データのスケーリングアップが目的の一つとなっている。とくにEUROFLUXでは、用いる測器や処理に使われるプログラムを比較検討しそれらの標準化が徹底された上に、最低3年間の継続観測が勧められた。日本をはじめとした東アジア地域でも、GAME (GEWEX Asia Monsoon Experiment) プロジェクトによって、地表面フラックス観測のネットワーク化が進んだが、GAMEは熱と水の交換量の把握が主で、CO_2フラックスが観測されていたサイトはほとんどなかった。東アジアでは、CO_2フラックスは個々の研究グループによって個々の方法で測定されていた。そこで、個別に行われていた観測のネットワーク化と、以後のフラックスモニタリング強化のため、1999年、AsiaFluxが組織され運営を開始した。このAsiaFluxの活動のうち、データ交換や手順の標準化について検討を進めることも本サブテーマの課題である。(3)で設置したデータベースや他のデータベースとの連携を試み、それらの総和としてAsiaFluxネットワークが存在するようにする。また、他の地域フラックス観測ネットワーク (CarboEurope、AmeriFluxなど) との連携も模索する。

4. 結果・考察

(1) 分散型データベースシステムの構築

①Eco-DBの性能試験

本サブテーマで構築するデータベースシステムは分散型が適していると考えられた。すでに開発が終わっていたEco-DBは、もともと分散型を指向して構築されていたので、本サブテーマで利用できる可能性は高い。

Eco-DB (1999年に完成、公開) は、Oracle社の日本語版Oracle7で構築されていたが、2000年にOracle8がリリースされた。今後国内だけでなく海外にも移植することを考え、英語版Oracle8を選定し、インストール作業を行った。Oracleに頼っていないデータ登録部分などの改良を行い、Oracle8へのバージョンアップが終了した。

Eco-DBの柔軟性を試験するために、データフォーマットが異なる産業技術総合研究所 (以下、産総研。2001年3月までは資源環境技術総合研究所) の観測データを登録できるように改良し、実際に産総研内にサーバを設置し動作を確認した (2001年3月)。月単位のファイル (農環研Eco-DBは日単位) での登録を可能にし、登録可能な項目数も増やした。その結果、グラフ表示は従来どおり (農環研用の項目のまま) であるが、データ登録やデータダウンロードに関しては問題なく作動するデータベースが完成した。2001年12月には、岡山大学環境理工

学部にもEco-DBを設置し、産総研と同様な動作確認を行い、問題がないことがわかった。将来海外での運用も考えられるため、2001年2月と10月にはサンディエゴ州立大学から、2001年10月にはアラスカ大学国際北極圏研究センタ（以下、IARC）からそれぞれ研究員を招聘し、英語版Eco-DBの作成と試験運用を行った。ロジックは日本語版と同じだが、Oracle8もOS（WindowsNT4. 0）も英語版を用い、実際にIARCにサーバを設置して運用試験を行い、良好な結果を得た。

しかし、Oracle社の製品は一般に高額で、バージョンアップも頻繁なため、継続運用には高額の資金が必要であることが判明した。これは、分散型データベースには致命的である。なぜなら、分散化の先々で同じような高額の資金が必要になり、データベース運用に特別の予算が用意できないところには設置が不可能となるからである。そこで、ライセンスフリー（無料）のフリーソフトウェアを用いて新たなデータベースシステムを構築することにした。

②Linuxをベースにしたデータベースの開発

Linuxは、UNIXに準拠したOSで、基本的にライセンスフリー（無料）であり、安価で非力なPCにもインストールが可能という特徴を持っている。また、MySQLやPostgreSQLといったリレーショナルデータベース言語や、Webサーバ構築に欠かせないApache、両者の接続に用いるPHPという言語がすべてフリーで入手できる。しかも、商用ソフトウェアに比べて機能面で遜色がない。そこで、これらのフリーソフトウェア群を用いて分散型データベースを構築することにした。OSにRedHat系Linux、データベース言語にPotgreSQL、WebサーバソフトにApache、ApacheとPostgreSQLの接続にPHP4を利用することにした。当初はEco-DBの改良ということだったが、最終的にはすべてのコードを書き直したため、全く別のデータベースとなった（ただし、名称は「エコシステムデータベース」を継承しているため、以下ではLinux版Eco-DB、もしくはEco-DBと呼ぶ）。

Linux版Eco-DBの設計段階で、AsiaFluxに参加しているタワー観測チームのうち、森林総合研究所（以下、森林総研）、産総研、国立環境研究所の観測担当者と協議し、WWW経由でデータの閲覧取得を行う従来のEco-DBと同様の基本構造をもち、グラフ化により数値データに著作権を付与し、実際にブラウザ上に現れる画面や操作に関しては各グループの方針に沿って改造できるように設定に余裕を持たせておくことが提案された。2001年4月から2002年4月にかけてコーディングが行われ、2002年5月にプロトタイプが完成した（http://ecomdb.niaes5.affrc.go.jp）。2002年6月には産総研（http://pxeco.aist.go.jp）に、2003年4月には岡山大学環境理工学部（http://ecodb.civil.okayama-u.ac.jp）にそれぞれ移植され、運用が開始された。また、2003年5月現在、IARCでの移植作業も順調に進み、これらのサイトでは同じインターフェイスでデータの検索とダウンロードが可能になった。IARCのEco-DBでは、ユーザ認証システムを変更し、データオーナがデータ公開の可否を判断できるような仕組みに変更した。

（2）観測、データ解析、補正手法の標準化

①測器の相互比較

現在、渦相関法によるCO_2フラックスの測定には、オープンパス型分析計を用いるシステム（オープンパス型システム）とクローズドパス型分析計を用いるシステム（クローズドパス型システム）が採用されている。双方のシステムとも一長一短がある[3]ので、ここ数年以内

にどちらかのシステムに統一される状況にはない。AsiaFlux内でも両方のシステムが混在している。両方のシステムによるCO_2フラックスの測定値の比較についてはいくつかの報告がある[4)]が、システムの違いが長期的な炭素収支の観測に及ぼす影響は、現段階では明らかではない。苫小牧フラックスリサーチサイトでは、両方のシステムによる長期観測データが蓄積されており、今後のデータの解析が期待される。また、水田（つくば）観測点においても、2003年5月から、両システムの比較観測を開始した。

オープンパス型システムで使用される超音波風速計やガス分析計の相互比較に関しては、すでにいくつかの報告がある[5)]。本サブテーマでは、特に長期観測で問題となるオープンパス型ガス分析計の出力の長期安定性と感度の温度変化について検討を行った。オープンパス型システムの最大の問題点は、クローズドパス型システムのようなオンライン校正が不可能な点である。オープンパス型ガス分析計の校正は、通常、年に数回程度しか実施されないため、野外で使用中のガス分析計の出力が長期的にどの程度安定しているかを確認しておくことが重要である。近年、急速に普及しつつあるオープンパス型ガス分析計であるLI-COR社のLI-7500について、水田（つくば）観測点で使用中の分析計を2週間から1ヶ月間隔で校正し、感度とオフセットの変化を調べた結果を図1に示す[6)]。初めの数回は校正者が操作に不慣れだったため、校正ごとのばらつきが大きかったと推測されるが、それ以降の感度変化はCO_2、水蒸気とも10日当たり0.2%以下で、オフセットの変化も小さかった。このように、LI-7500は出力の長期安定性に優れているので、1ヶ月間隔で校正を行えば十分な精度が維持できると考えられる。一方、本プロジェクト研究の釧路湿原観測点で使用された分析計のように、1ヶ月間で10%以上も感度が変化する場合もある[7)]（本プロジェクト研究報告書サブテーマ1参照）。このような機種を使用する場合には、クローズド型（応答性は遅くてもよい）のガス分析計を併置して、オープンパス型分析計の出力の長期的変化をモニタすることが推奨される。なお、森林観測点の場合は、群落内貯留変化量測定用のCO_2分析計で代用できる。

オープンパス型ガス分析計の校正は、通常、実験室内で常温のもとで行われる。これは分析計のセンサ部が設置される野外の温度環境とは異なる。特に、AsiaFluxのなかでも緯度や標高が高い観測点では冬季の気温が-20℃以下に低下するが、そのような低温環境下での分析計の特性については十分な検討が行われていない。そこで、低温環境下でのオープンパス型ガス分析計の感度変化を明らかにするために、気温を変化させながら分析計の校正を行った結果を図2に示す。 図2から明らかなように、気温変化がCO_2に対する感度に及ぼす影響は機種によって異なり、25℃の温度変化が10%以上の感度変化をもたらす場合もあった。ただし、同一機種の複数の分析計を供試したわけではないので、図2の結果が機種による差なのか、同一機種内の製品による性能のばらつきによるのかは不明である。一般に、低温時のCO_2フラックスの大きさは小さいので、10%程度の感度変化が年間積算NEE (Net Ecosystem CO_2 Exchange)の算定に及ぼす影響は小さいと予想されるが、冬季のフラックスやその日変化を議論する場合には留意する必要がある。なお、図2は室内実験の結果であり、野外では放射冷却および風による顕熱損失のため、センサ部の構造、形状によっては分析計の動作に異常がみられる場合があるので、注意が必要である[8)]。

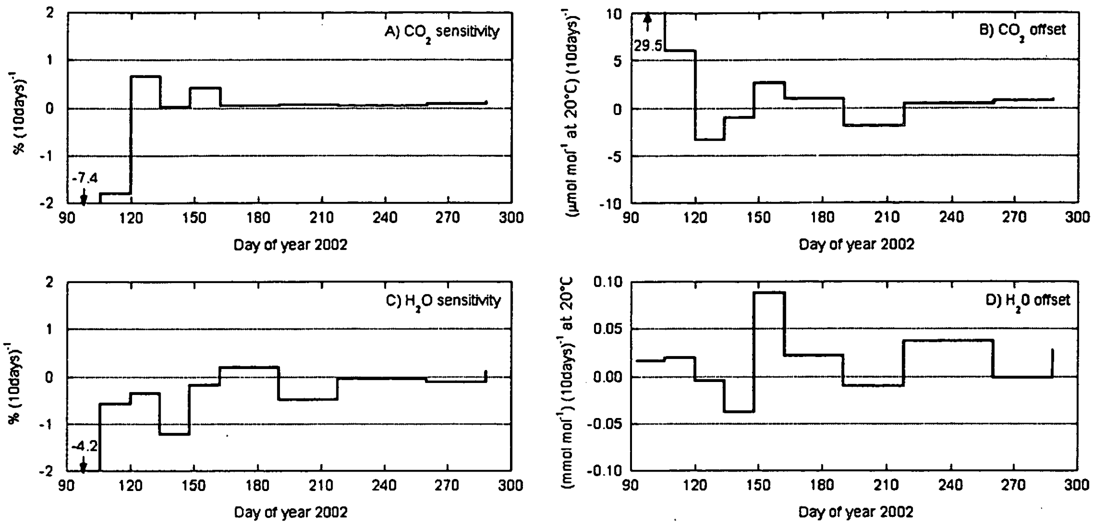

図1 LI-7500型分析計（LI-COR社）のCO_2、H_2O に対する感度、オフセットの長期的な変化。前回の校正結果からの変化率を10日当たりに換算して示す。オフセットは気温20℃における体積混合比に換算してある。

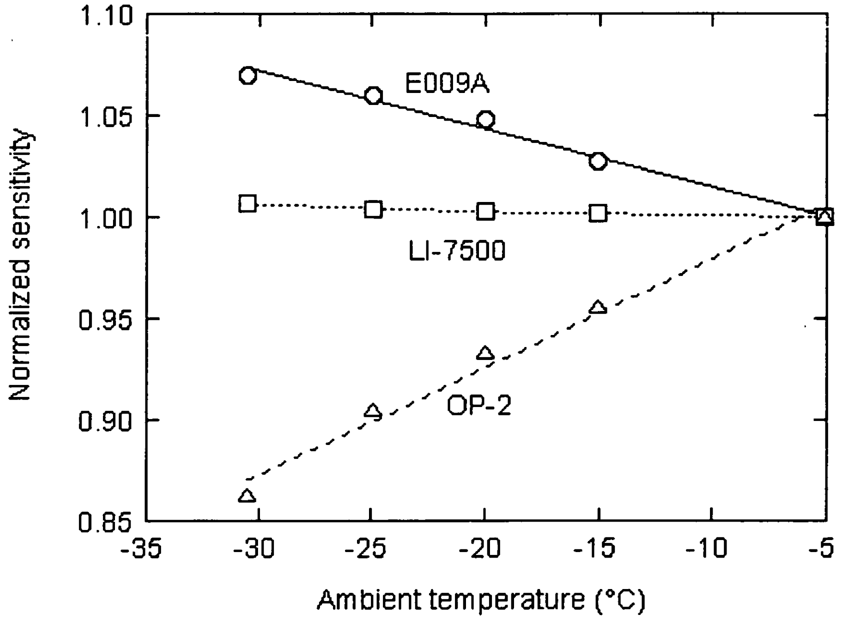

図2 市販のオープンパス型ガス分析計3機種（Advanet社のE009A、LI-COR社のLI-7500、DDG社のOP-2）のCO_2密度に対する感度の温度変化。各気温におけるそれぞれのガス分析計のCO_2密度に対する感度を、気温-5℃時の感度に対する比で示す。校正セル内の気温による校正ガスの密度変化は補正ずみ。

②FLUXNETとしての観測システムの比較

AsiaFluxの代表的な観測サイトの観測システムとAmeriFluxのシステムとの比較を目的と

して、2001年8月に苫小牧フラックスリサーチサイトと森林総研フラックスネット札幌森林気象試験地で、AmeriFluxの移動巡回システムとの比較観測が実施された[9]。その結果、摩擦速度（運動量フラックス）を除く各フラックスとも概ね一致することがわかった。AmeriFluxの採用している移動巡回システムは、数多くの測器を一堂に会して比較する必要がないので、観測サイトごとに測器の組み合わせが異なるAsiaFluxには適した方式である。予算措置が必要であるが、AsiaFluxのデータの統合化には必要な仕組みであり、今後の導入が望まれる。

③データ処理手法の標準化

現在のAsiaFluxの参加グループは、それぞれ独自のデータ処理法をとっており、サイト間のデータの比較を行う上で、測器の機種間差とともに大きな問題となる可能性がある。しかし、渦相関法のデータ処理法は確立されたものではなく、本研究課題の実施期間内にもデータ処理に関する新たな研究成果が次々と発表されている状況では、基準となる処理法（ガイドライン）を提示できる段階ではない。AsiaFluxとしては、そのような現状を踏まえつつ、測器の設置からデータ処理までを含むレファレンスをまとめた[10]。その執筆は、本研究課題の参加メンバーの多くが分担した。本サブテーマ内においても、超音波風速計の座標軸回転の手法、トレンド除去の有無、コスペクトルの低周波数成分、オープンパス型システムの風速センサとのタイムラグ、超音波風速温度計による温度フラックスへの水蒸気および横風補正、密度補正に含まれる係数の温度、気圧依存性、草高の低い群落における貯留変化量などがフラックスの算出に及ぼす影響について検討を行った。これらの結果の詳細については省略するが、本研究課題の後継課題である地球環境研究総合推進費「21世紀の炭素管理にむけたアジア陸域生態系の統合的炭素収支研究」のなかで情報を共有化し、サイト間の比較の参考に供する予定である。

④フラックスデータの品質管理

渦相関法による大量の観測データを処理して得られたフラックスの30分値の時系列データのなかには、測器や記録計のトラブルを含んだデータや、乱流測定に不適当な気象条件で得られたデータなど、さまざまな品質のデータが混在しており、このままではデータ解析やモデル研究には使用できない。フラックスデータの品質を吟味し、異常値を選別するのがフラックスデータの品質管理(Quality control)である。本サブテーマでは、EUROFLUXやAmeriFluxの成果を参考にしながら、フラックスデータの品質管理法について検討した。まず。フラックスの30分値の異常値判定法として提案、採用されている定常性テスト(Stationarity test)と乱流強度テスト（Integral turbulence Characteristics；Monin-Obukhov相似則の適合度の確認）を水田（つくば）観測点のデータに適用し、その有効性を確認した。図3に示すように、定常性テストは降雨などに伴う異常値や、夜間の低風速時のばらつきの大きなフラックスを効率的に除去できることがわかった。乱流強度テストについては、相似則からのずれが20～30%以内の場合を判定の敷居値とすることが推奨されている[11]が、そのような敷居値を採用するとデータの大部分が異常と判定されてしまう結果となった。水田観測点の場合には、フラックスの日変化の再現性から考えて、相似則からのずれが100%程度を敷居値として設定することが適当であると考えられた。障害物や表面の非一様性がある場合には、観測される乱流強度は相似則から予想される値に比べて大きくなるとされており、乱流強度テストの敷居値は観測場所の条件を考慮して、適宜決定する必要があることがわかった。他の判定法を

含めて、品質管理に用いられる判定法をその適用方法によって表1のように分類した。表中で、「単独での判定に有効」とは、他の判定法の結果にかかわらず、その判定法単独で異常値と判定してよい、という意味である。実際の適用に際しては、定常性テスト以下の複数の判定法を併用することが望ましい。2001年の水田（つくば）観測点のCO_2フラックスの観測データに、定常性テスト、乱流強度テスト、フラックスの絶対値による品質管理を実施した結果を図4に示した。この品質管理により、水稲の収穫後に成長するひこばえの光合成に伴う日中の弱い下向きフラックス（255日から315日）など、細かな季節変化が明瞭になった。このようにフラックスデータの品質管理は有効ではあるが、品質管理によって多くのデータが異常値と判定される結果として、フラックスの長期積算値の算出において欠損データの補完の重要性が増すことは認識すべき点である。

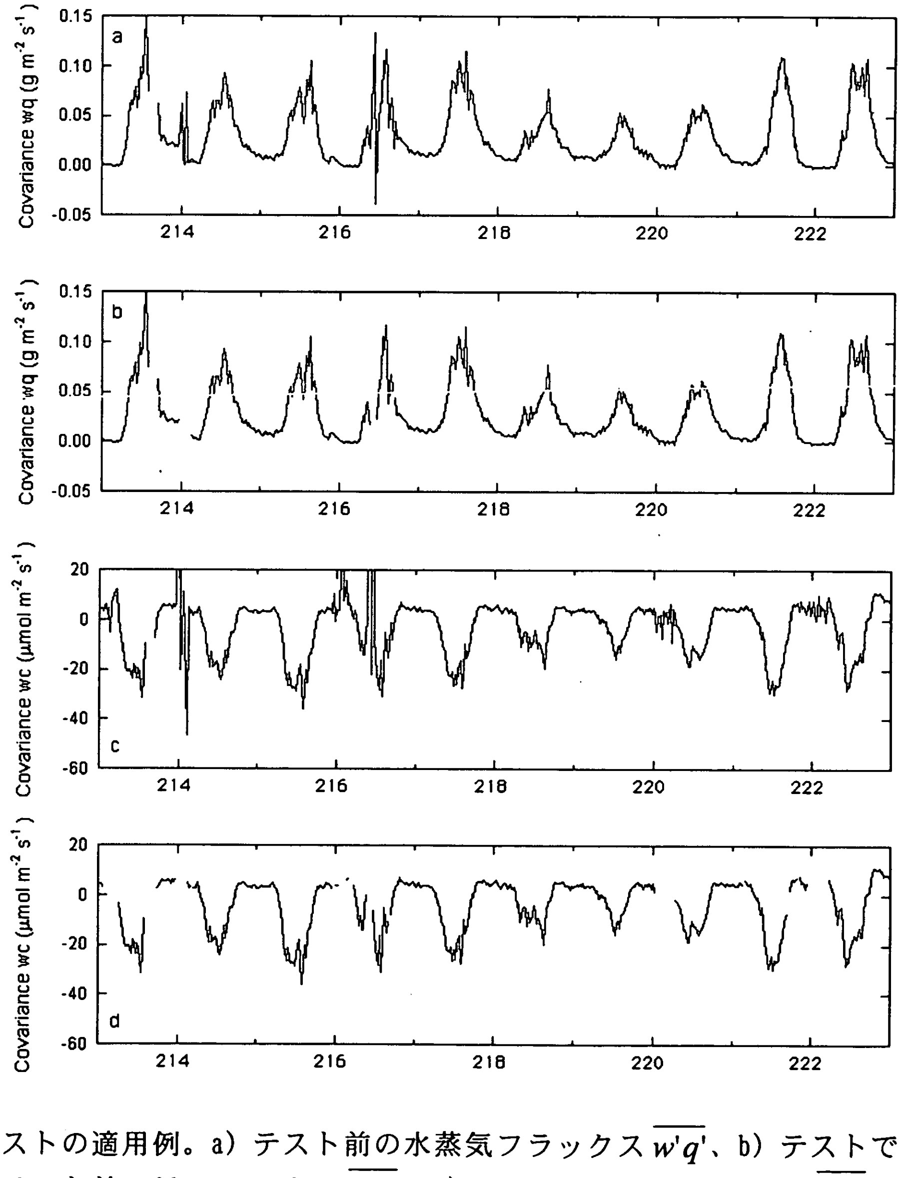

図3　定常性テストの適用例。a）テスト前の水蒸気フラックス$\overline{w'q'}$、b）テストで異常値除去後の$\overline{w'q'}$、c）テスト前のCO_2フラックス$\overline{w'c'}$、d）テストで異常値除去後の$\overline{w'c'}$。水田（つくば）観測点の2001年8月のデータによる。214日の1:00から3:00にかけてと、216日の10:00から11:00にかけての降雨に伴うフラックスの異常値が、定常性テストで検出されている。

表1　品質管理法の適用方法

判定法	単独での判定	他の判定法と併用	総合的な品質管理用
生データの統計量	○		
スペクトル解析	○		○
定常性	○		
乱流強度	○		
相関係数	(乱流強度で代用)		
フラックスの絶対値	○		
移動平均値からの偏差	○		
降雨時などのデータ	△	○	
風向	△	○	
超音波風速温度計の傾角	△	○	
人為的な影響	○		
エネルギー収支の充足度			○
夜間のu_*の小さいデータ	○		

○は適用可、△は観測点によっては適用可。

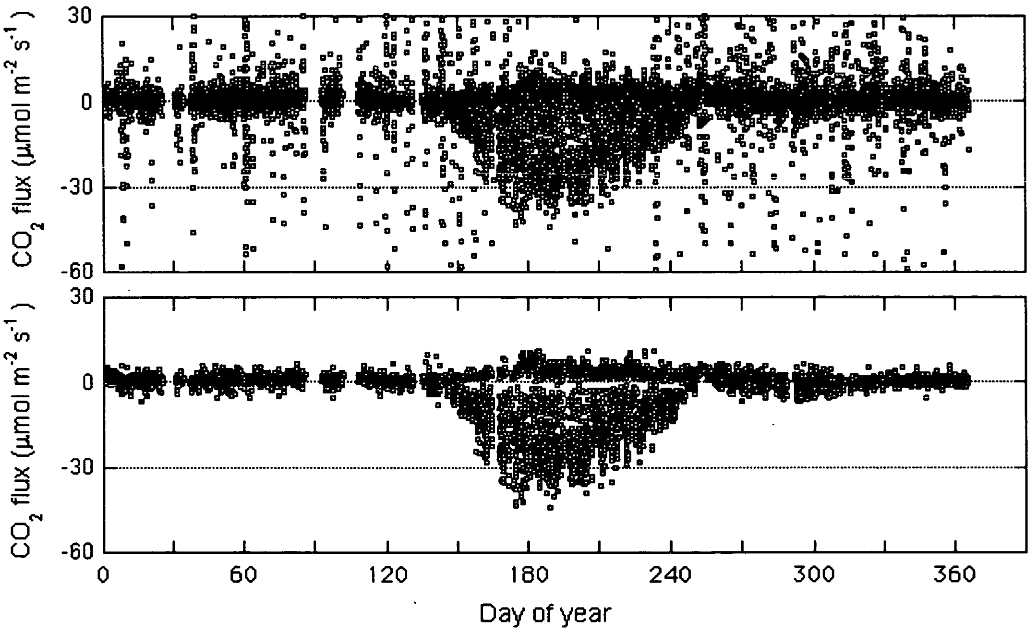

図4　水田（つくば）観測点の2001年のCO_2フラックスの30分値の年変化。品質管理前（上図）と品質管理後（下図）。

⑤欠損データの補完

FLUXNETの大きな目的は長期間の炭素収支、エネルギー収支の把握なので、欠測値や品質管理の過程で異常値と判定されたデータの補完は重要である。長期観測データの補完については、EUROFLUXやAmeriFluxの観測データを用いて組織的な研究を実施した例がある[13)、14)]。本サブテーマでは、これらの研究を参考にしながら、水田（つくば）観測点の欠損データの補完を実施し、補完法の適用性や問題点について検討を行った。

CO_2フラックスに関しては、従来から、生態系呼吸量と温度との関係、総光合成速度と光合成有効放射量との関係を定式化して補完に用いられてきた（非線形回帰法とよばれる）が、夜間のCO_2フラックス（生態系呼吸量）との関係がうまく定式化でき、かつその関係を日中にも適用できる場合には、非線形回帰法は有効な補完法である。ただし、水田観測点のように、短期間のうちに植物量が大きく変化し、しかも田面水の有無によってCO_2フラックスの大きさが変化する生態系においては、回帰式の決定に用いるデータの期間（データ数）や温度範囲が限定されるため、回帰式の決定が困難な場合もある。とくに、夜間のCO_2フラックスと温度との関係の定式化には、ある程度長い期間のデータを用いた方がよい。

顕熱および潜熱フラックスの補完の問題点としては、多くのフラックス観測点ではエネルギー収支が成立しない（顕熱と潜熱フラックスの和が有効エネルギーより小さい）点があげられる。顕熱および潜熱フラックスは、CO_2フラックスのように特定の環境要因との関係が定式化できるわけではない。また、夏季の水田のように午前と午後ではフラックスが対称ではない場合があるので、単独の説明変数との回帰式による補完は限界がある。したがって、二次元の表検索法（Look-up table）による補完が有効であるが、どのような要素を参照変数とするかについては、検討が必要である。

平均日変化法（Mean daily courses）は天候の違いが考慮されないので、停電時のように気象要素も同時に欠測となった場合などには有効である。しかし、欠損データの少ない晴天日のデータを用いて曇天日や降雨時の欠損データを補完するような場合には、補完の精度は悪くなるし、補完によって長期間の収支評価に偏りをもたらす可能性があるので、注意が必要である。例として、図5に水田のCO_2フラックスの補完の例を示したが、207日や216日の補完値は平均日変化法と非線形回帰法との差が明瞭である。また、219日の午前中に不自然な補完値が見られるが、この日が曇天日で、平均化区間の平均的な日に比べて光合成有効放射量が少なかったことが原因である。総合的に考えると、気象要素が得られている場合には、非線形回帰法や表検索法を用いる方がよい。

以上の検討を含めて、欠損データの補完の指針を以下のようにまとめた[10)]。

1)欠損フラックスデータの補完は、時別値（30分値または1時間値）について行う。

2)欠測期間が長期（2ヶ月以上）にわたる場合には、無理な補完はしない。

3)補完値の決定には、品質管理によって異常値を除去した後のフラックスデータ（u_*補正が行われていれば、補正後のデータ）を用い、貯留項が得られている場合には、貯留項を加えた後のデータを用いる。

4)短時間（30分値で1～3個程度）の欠損データは、内挿法で直線補完する。

5)数時間以上のCO_2フラックスデータの欠損に対しては、環境要因との関係を用いて、非線形回帰法または表検索法のいずれかの方法で補完する。環境要因としては、夜間については温度、日中に

ついては光合成有効放射量を用い、必要に応じて、飽差や直達・散乱比などの環境要因を加える。なお、この補完に必要な環境要因のデータに含まれる欠損値は、あらかじめ補完しておく。

6) 数時間以上の顕熱・潜熱フラックスの欠損については、エネルギー収支式を満足する観測点では、エネルギー収支式の残差として補完し、それ以外の観測点では放射量との回帰、表検索法、もしくは平均日変化法を適用する。

7) 5)や6) で補完値を決定するために用いるデータの期間は、2週間（半月）～2ヶ月間程度が適当だが、植生の状況、農作業の時期などを勘案して決定する。非線形回帰法の場合、夜間については、昼間に比べて長めの期間をとる方がよい。

8) 補完したデータについては、どのような補完方法をとったかを明示する。u_*補正の適用の有無は、フラックスの積算値を示す場合には必ず付記する。

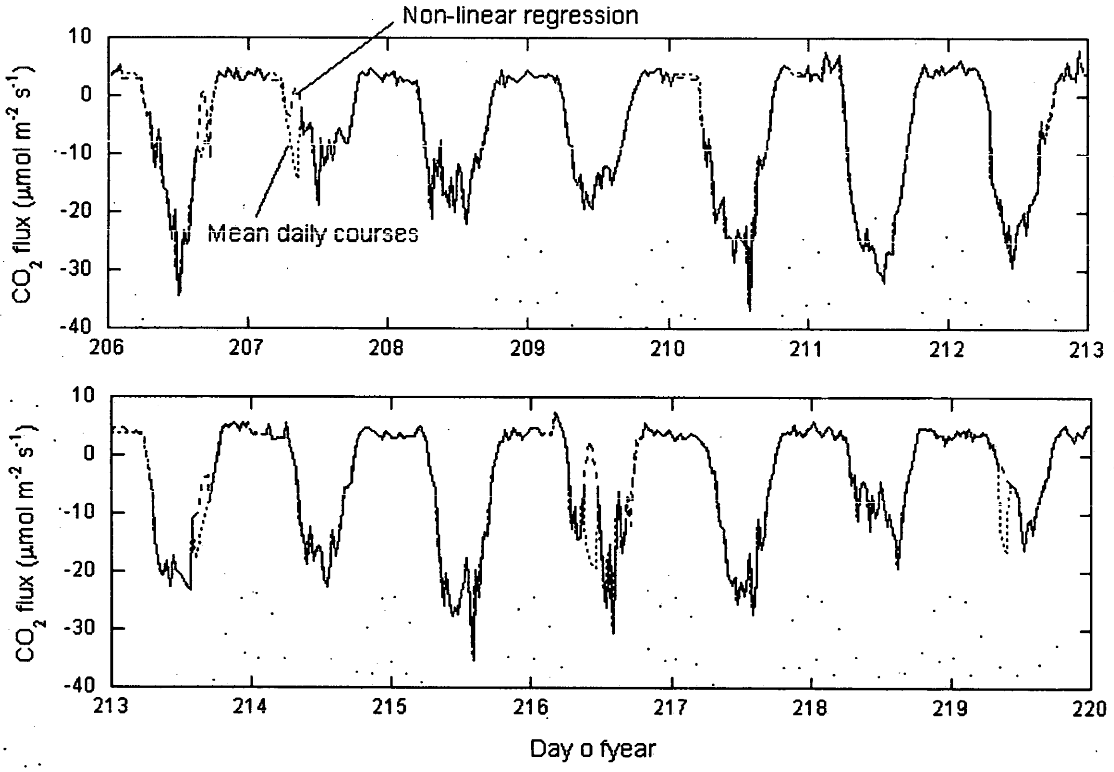

図5 平均日変化法（Mean daily courses）および非線形回帰法（Non-linear regression）による水田（つくば）観測点のCO_2フラックスの補完の例。実線が補完前、破線は補完後の時系列データ。

⑥共有データセット作成の指針

フラックスデータや気象データに限定しても、FLUXNETの観測点では、前節で示したよりも多くの項目の観測を実施しており、さまざまなデータが蓄積されている。しかし、利用者によって要求するデータ項目や時間インターバルは異なるので、基本データセットとして何をデータベース化するかを決める必要がある。そこで、FLUXNET関連の文献やホームページを参考にしながら、渦相関データ

と気象データの各項目・要素に関して、AsiaFlux としてのデータベース化すべき項目に関して、試案をまとめた（表 2）。基本的な考え方は以下の通りである。

1）フラックスデータについては、品質管理前のデータ、品質管理によって異常値を除去した後のデータ、補完後のデータ、のいずれのデータも利用できるようにする。個々のフラックスデータには、品質管理に関する情報（どのテストで異常値と判断したか）、補完に関する情報（どの方法で補完したか）を付加する。

2）利用者の便宜を図るため、Obukhov 長、アルベド、APAR、正味放射量（4 成分放射計の場合）、飽差、地中熱流量（地温の時間変化から計算する場合）などの 2 次データ（測定で直接得られるデータから、簡単な計算によって得られる要素）も含める。

3）時別値（フラックスの測定単位に応じて、30 分値ないし 1 時間値）を基本とし、これより長いインターバルの統計値は、時別値ファイルから作成する。

なお、フラックスデータや気象データセットの関連情報として、データベースへ付加すべき項目も、試案としてまとめた（表 3）。これらの関連情報は、データファイルとは別個の、ドキュメントファイルや表として作成する。これらの試案をたたき台として、現在、後継課題のデータ統合化ワーキンググループのなかで、共有データセットの作成に向けて検討が行われている。

表 2　渦相関データおよび気象データのデータベース化の必要性（試案）

データの種類	項目・要素	必要性	備考
渦相関データ	乱流測定生データ	×	
	パワースペクトル、コスペクトル	×	
	乱流統計量	○	
	トレンドパラメータ	×	
	座標変換の回転角	×	
	超音波風速温度計に関わる補正値	×	
	高周波減衰に関わる補正係数	×	
	WPL補正項	×	
	フラックス[1]（貯留項なし）	○	
	フラックス（品質管理前）	○	
	品質情報	○	
	フラックス（補完後）	○	
	補完の有無、方法を示すフラグ・タグ	○	
気象データ	生データ（物理量変換、校正結果反映前のデータ）	×	
	放射（短波、長波、PAR；入射、反射、透過；直達、散乱）	○	
	正味放射量*	○	
	気温、水蒸気圧（飽差）、CO_2濃度のプロファイル	○	
	樹幹温度	○	森林観測点
	CO_2貯留量*、貯熱量*	○	森林観測点
	地温・水温	○	
	地中熱フラックス*（水体貯熱量*）	○	
	放射温度	○	
	風向	○	
	風速（プロファイル）	○	
	気圧	○	
	降水量	○	
	水位・地下水位	○	湛水する観測点。日別値
	活動層の厚さ	○	永久凍土帯。隔週ごとの値
	積雪深	○	隔週ごとの値
	土壌水分量	○	隔週ごとの値
	補完の有無、補完方法を示すフラグ・タグ	○	

○は必要性が高い、△は中程度、×は低い。

1）CO_2フラックス（貯留項補正後はNEE）、顕熱・潜熱フラックス、摩擦速度、およびObukhov長（または安定度）

*二次データ。

表3　観測データの関連情報のデータベースへの付加の必要性（試案）

関連情報の種類	項目	必要性	備考
観測点	地理情報（緯度、経度、標高、傾斜など）	○	
	植生（種類、植生高、LAI、バイオマスなど）	○	
	土壌（分類名、物理性、C/N含有量など）	○	
	フェッチ	△	
	フットプリント	△	
	粗度長、地面修正量	○	
	観測点の写真	○	
測定・データ処理方法	測器の種類、メーカー名、型式	○	可能なら精度、確度。
	設置方法（高さ、方角など）	○	
	データの収録方法（サンプリング周期、フィルタなど）	○	
	クローズドパス型分析計のタイムラグ	△	
	測器の校正方法	○	
	測器の校正結果	×	
	データ処理法	○	
	補正項目、補正法	○	
	品質管理法	○	
	補完法	○	
データセット	データセットのファイル名	○	
	データセットの作成日（最終改訂日）とヴァージョン	○	
	データセットの履歴（変更内容）	○	
	データセット作成者と問い合わせ先	○	
	研究予算	△	
	パラメータ名とその内容、単位、有効桁数	○	
	欠損データの表示法	○	
	関連データの種類と所在	○	土壌呼吸速度、$\delta^{13}C$、気孔抵抗などのデータ
	データ利用上の注意	○	
	参照文献、資料	○	
	引用の方法	○	

○は必要性が高い、△は中程度、×は低い。

(3) 分散型データベースの設置とデータ登録

①Linux版Eco-DBの設置

(1) で構築された分散型Linux版Eco-DBをAsiaFlux関係機関に設置した（Oracle版Eco-DBはすでに設置済みだった）。2002年5月、2002年6月、2003年4月に、農環研、産総研、岡山大学にそれぞれLinux版Eco-DBを設置し、十分な運用試験を行った後、公開を開始した（URLは前述のとおり）。

②データ登録

Oracle版Eco-DBで登録されていたデータは、すべてLinux版Eco-DBに引き継がれた。本プロジェクトで得られたデータ以外にも、貴重なフラックス観測データが多数登録された。本サブテーマに関連した数だけを抜き出すのは困難なので、具体的なデータ数を挙げることはできない。また、データに限らず、農環研のEco-DBでは、観測サイトの写真や植生の状態なども登録し、観測に携わっていないユーザにもできる限りの情報を提供している。農環研Eco-DBの2000年4月以降のデータダウンロードユーザは、日本を始め、アメリカ、フランス、中国、ドイツ、カナダ、オーストラリアからアクセスしており、用途も、単純な微気象観測データとしての利用から、モデルのバリデーションと幅広い。潜在的な需要の高さがうかがえた。

③他のデータベースとの連携

AsiaFlux内には、すでに独自でデータベースを整備しつつあるグループもあり、Eco-DBも本プロジェクト開始まではそのような位置づけであった。本研究課題の開始によって、データベース統一化への動きとともに、Eco-DBが再構築され、いくつかのグループで運用が始まったことは前述のとおりである。しかしながら、AsiaFluxの方針として、強制的に統一的なデータベースの設置を求めてはいない。検討を重ねた結果、AsiaFlux内のデータベースをAsiaFluxホームページで紹介し、データの所在を明らかにすることにした(現在作業継続中)。

森林総研では、独自のデータベースを開発した。一般に、気象観測データやフラックス観測データは時間軸と要素の2次元軸に展開される。したがって、データベースにもこの形式のまま保存される(リレーショナルデータベース)。Eco-DBはこの種類のデータベースである。一方、森林総合研究所の開発したデータベースは、各要素が1つのファイルで構成され、時間軸は付されていない。このデータベースを富士吉田観測サイトのデータに適用し、良好な結果を得ている。

将来的には、異なるタイプのデータベースから同じフォーマットでデータを持ち出せるような仕組みを開発することが望まれる。また、本研究課題の後継課題では、リモートセンシングや生態調査のデータを含むデータベース構築が進められており、AsiaFluxのデータベースの1つのプロトタイプとなることが期待されている。

(4) データ交換の促進と国際的ネットワーク化

FLUXNET (http://daac.ornl.gov/FLUXNET/) は、渦相関法を用いたフラックス観測を中心とした全球的ネットワークで、各地域ネットワークを持つ。AsiaFluxは主に東アジア地域の観測サイトのネットワーク化を推進すべく1999年に組織され運営が開始された。本サブテーマは、このAsiaFluxの運営を支援し、2000年に札幌で第1回AsiaFlux国際ワークショップ[15),16)]、2002年1月に韓国済州島で第2回AsiaFlux国際ワークショップの開催に協力した。また、AsiaFluxの窓口としてCGERを選定し、AsiaFlux運営委員会の活動に積極的に関与し、他のプロジェクト研究との連携強化を推進した。

第1回AsiaFlux国際ワークショップでは、フラックス観測のための高額のファンドを得ることが困難であるのでプラットホームの構築は日本主導で行うこと、CO_2フラックスの長期観測を行うためには国際協力が不可欠であること、AsiaFluxのポリシーや観測基準は必ずしもFLUXNETに準拠する必要はなくアジアの生態系に最適な基準でより多くのデータを蓄積することなどが確認された。

第2回AsiaFlux国際ワークショップは、韓国のフラックスネットワークであるKoFlux

(http://www.agmet.net/koflux/main/koflux_index.html) のキックオフミーティングを兼ね、他のフラックスネットワークとの連携や今後の運営方針などが議論された。

5. 本研究により得られた成果

(1)農環研がJSTと共同開発したEco-DBの分散化を促進するため、Linux(RedHat7.2)、Apache、PostgreSQL、PHP4を用いてLinux版Eco-DBとして再構築し、産総研、岡山大学、国際北極圏研究センタで運用を開始した。各機関でデータ登録が行われ、ユーザはオンライン登録後ダウンロードまでできるようになった。このようなシステムは、FLUXNET内では初めての試みで、データ公開の一つの指針を示すことができた。また、森林総研フラックスネットなどの本研究課題に関連する異なるデータベースとも連携し、AsiaFluxホームページ内にデータの所在情報のページを作成して利用者の便宜を図った。

(2) 長期観測で問題となるオープンパス型ガス分析計の校正の頻度を明らかにした。また、フラックスデータの品質管理や補完の方法の指針、AsiaFluxの共有データセットの構成内容に関する試案を提示した。これらの結果はAsiaFlux運営委員会を通じて普及を図るとともに、後継研究課題のデータ共有化において活用される予定である。

(3) データ交換の促進を進めるAsiaFlux運営委員会の活動に積極的に関与し、2000年と2002年に行われたAsiaFlux国際ワークショップの開催に協力した。そこで協議されたデータ公開についての基本方針や他の地域フラックスネットワークとの連携については、本研究課題に反映されただけでなく、後継課題にも大きな影響を及ぼした。

6. 引用文献

1) 原薗芳信、高木健太郎、小林義和、小峰正史、小室浩一、農林水産研究計算センタ報告、B13、1-118 (2000)
「WWW連携による農業環境情報データベースシステム、Ecosystem Database」
2) 原薗芳信、小峰正史、高木健太郎、小室浩一、農業気象、55、173-178 (1999)
「WWW公開型の微気象・フラックスデータベースの開発」
3) R. Leuning, M. Judd, Global Change Biology、 2、 241-253 (1996)
"The relative merits of open- and closed-path analyzers for measurement of eddy fluxes"
4) P. M. Anthoni, M. H. Unsworth, B. E. Law, J. Irvine, D. D. Baldocchi, S. V. Tuyl, D. Moore, Agricultural and Forest Meteorology, 111, 203-222 (2002)
"Seasonal differences in carbon and water vapor exchange in young and old-growth ponderosa pine ecosystems"
5) 原薗芳信、宮田明、永井秀幸、鈴木智恵子、太田尚寿、環境省地球環境研究総合推進費終了研究報告書「森林の二酸化炭素吸収の評価手法確立のための大気・森林相互作用に関する研究」(平成11年度 12年度)、49-64 (2001)
「微気象学的方法による森林生態系の炭素収支の高精度化」
6) 斉藤誠、横浜国立大学大学院教育学研究科修士論文、83p (2003)
「水稲単作水田におけるCO_2収支の観測とその評価」

7) 小野圭介、宮田明、斉藤誠、原薗芳信、2003年度日本気象学会春季大会講演予稿集、p339 (2003)
「Open-path IRGAの校正と機種間比較」

8) 宮田明、間野正美、原薗芳信、小野圭介、日本気象学2002年度春季大会講演予稿集、p393 (2002)
「低温環境でのオープンパス型赤外線ガス分析計の動作特性」

9) 中井裕一郎、三枝信子、平野高司、ロバートエバンス、大谷義一、平田竜一、鳥山敦、北村兼三、鈴木覚、山本晋、水文・水資源学会誌、15(6)、665-672 (2002)
「2001年8月、苫小牧と札幌で行われた日米フラックス比較観測」

10) AsiaFlux編集委員会編、CGER-REPORT(印刷中)
「陸域生態系における二酸化炭素等フラックス観測の実際」

11) Th. Foken, B. Wichura, Agric. Forest Meteorol. 78, 83-105 (1996)
"Tools for quality assessment of surface-based flux measurements"

12) M. Aubinet, A. Grelle, A. Ibrom, U. Rannik, J. Moncrieff, T. Foken, A. S., Kowalski, P. H. Martin, P. Berbigier, Ch. Bernhofer, R. Clement, J. Elbers, A. Granier, T. Grunwald, K. Morgenstern, K. Pilegaard, C. Rebmann, W. Snijders, R. Valentini, T. Vesala, Advances in Ecological Research, 30, 113-175x (2000)
"Estimates of the annual net carbon and water exchange of forests: the EUROFLUX methodology"

13) E. Falge, D. Baldocchi, R. Olson, P. Anthoni, M. Aubinet, C. Berrnhofer, G. Burba, R. Ceulemans, R. Clement, H. Dolman, A. Granier, P. Gross, T. Gr nwald, D. Hollinger, N. -O. Jensen, G. Katul, P. Keronen, A. Kowalski, C. T. Lai, B. E. Law, T. Meyers, J. Moncrieff, E. Moors, J. W. Munger, K. Pilegaard, . Rannik, C. Rebmann, A. Suyker, J. Tenhunen, K. Tu, S. Verma, T. Vesala, K. Wilson, S. Wofsy, Agric. Forest Meteorol。 107, 43-69 (2001a)
"Gap filling strategies for defensible annual sums of net ecosystem exchange"

14) E. Falge, D. Baldocchi, R. Olson, P. Anthoni, M. Aubinet, C. Berrnhofer, G. Burba, R. Ceulemans, R. Clement, H. Dolman, A. Granier, P. Gross, T. Gr nwald, D. Hollinger, N. -O. Jensen, G. Katul, P. Keronen, A. Kowalski, C. T. Lai, B. E. Law, T. Meyers, J. Moncrieff, E. Moors, J. W. Munger, K. Pilegaard, . Rannik, C. Rebmann, A. Suyker, J. Tenhunen, K. Tu, S. Verma, T. Vesala, K. Wilson, S. Wofsy, Agric. Forest Meteorol. 107, 71-77 (2001b)
"Gap filling strategies for long term energy flux data sets"

15) 檜山哲哉、三枝信子、渡辺力、天気、48、27-31 (2001)
「AsiaFlux国際会議 (International Workshop for Advanced Flux Network and Flux Evaluation) 」

16) 高木健太郎、溝口康子、鈴木智恵子、生物と気象、1、23-28 (2001)
「AsiaFluxワークショップ2000 (International Workshop for Advanced Flux Network and Flux Evaluation Kick off Meeting of AsiaFlux Network -) 報告」

7. 国際共同研究等の状況

本サブテーマで構築するデータベースを用いて、欧米のフラックスネットワーク等とのデータ交換を促進するため、CarboEuropeやAmeriFluxなどの研究者とフラックスネットワーク

の連携やデータ交換の枠組みに関する協議を継続している。また、標準化やデータベース化に関しては、AsiaFlux運営委員会に積極的に関与し、2回のAsiaFlux国際ワークショップの開催に協力し、韓国、中国の研究者との協議が行われた。

8．研究成果の発表状況

(1) 誌上発表（学術誌・書籍）

〈学術誌（査読あり）〉

① Y. Harazono, C. Suzuki, Md.A. Baten, A. Miyata, Bull. Terrestrial Environ. Research Center, Univ. of Tsukuba, 1 supplement, 67-70 (2001)
"Greenhouse Gas budget of Japanese rice field as an AsiaFlux network site under recent field management"

② 高木健太郎、溝口康子、鈴木智恵子、生物と気象、1、23-28 (2001)
「AsiaFluxワークショップ2000 (International Workshop for Advanced Flux Network and Flux Evaluation　Kick off Meeting of AsiaFlux Network -) 報告」

③ 原薗芳信、平野高司、三枝信子、大谷義一、宮田明、大滝英治、文字信貴、農業気象、59(1)、69-80 (2003)
「地球環境研究におけるフラックス長期観測の役割と最近の動向」

〈学術誌（査読なし）〉

① Y. Harazono, K. Takagi, M, Komine, Y. Kobayashi, AFITA2000, 220-230, Suwan, Korea, June 15-17 (2000)
"An agreement of the observed data opening through internet; a case study of Eco-DB. Proceedings of the Second Asian Conf. Information Technology in Agriculture"

② Y. Fujinuma, M. Takada, K. Tashiro, G. Inoue, Center for Global Environmental Report(CGER-M-011-2001), Proceedings of Workshop for Advanced Flux Network and Flux Evaluation , 161-164 (2001)
"GHGs flux monitoring at Larch forest in Hokkaido, Japan"

③ S. Yamamoto, N. Saigusa, Y. Ohtani, A. Miyata, Y. Fujinuma, G. Inoue, T. Hirano, Y. Fukushima, Proceedings of the 2nd International Workshop on Advanced Flux Network and Flux Evaluation, 9-11 January 2002, Jeju, Korea, p3-4 (2002)
"The AsiaFlux Network: present activity and its extension"

④ A. Miyata, M. Mano, Proceedings of the 2nd International Workshop on Advanced Flux Network and Flux Evaluation, 9-11 January 2002, Jeju, Korea, p3-4 (2002)
"Influence of subzero temperature on sensitivities of three open-path infrared gas analyzers"

⑤ 宮田明、小野圭介、インベントリー、1、p14-18、農業環境技術研究所農業環境インベントリーセンター (2002)

「エコシステムデータベース」

⑥ 宮田明、平成13年度農業環境技術研究所年報、p39-42 (2003)

「農業生態系におけるCO_2フラックスの長期観測」

⑦ AsiaFlux編集委員会編、CGER-REPORT(印刷中)

「陸域生態系における二酸化炭素等フラックス観測の実際」

(2) 口頭発表

① 鈴木智恵子、原薗芳信、山本晋、村山昌平、大谷義一：日本農業気象学会 (2000)

「アジア生態系におけるフラックス観測ネットワークの展開」

② 斉藤徹、鈴木智恵子、原薗芳信、赤祖父俊一:農業気象学会関東支部2000年度例会(2000)

「国際北極圏研究センタにおけるEcosystem Databaseの構築」

③ 藤沼康実、高田雅之、井上元：Celss学会(2000)

「北海道カラマツ林における二酸化炭素フラックス観測」

④ 藤沼康実、高田雅之、井上 元：日本農業気象学会(2000)

「北海道カラマツ林の炭素循環機能に係わる観測研究―二酸化炭素フラックス・林内微気象観測体制の構築」

⑤ 永井秀幸、T. Choi、J. Hong、宮田明、原薗芳信、鈴木智恵子、三枝信子、J. Kim：農業環境工学関連4学会2001年合同大会 (2001)

「開光路方ガス分析計を用いたフラックス測定システムの相互比較」

⑥ 宮田明、間野正美、原薗芳信、小野圭介：日本気象学2002年度春季大会 (2002)

「低温環境でのオープンパス型赤外線ガス分析計の動作特性」

⑦ 永井秀幸、宮田明、Md. A. Baten、H. G. Han、山田智康、小野圭介、原薗芳信：農業環境工学関連4学会2002年合同大会 (2002)

「渦相関法におけるトレンド除去法の比較検討」

⑧ 永井秀幸、宮田明、M. A. Baten、G. H. Han、吉越恆、山田智康、小野圭介、高村近子、斉藤誠、原薗芳信：2002年CGERフラックスリサーチミーティング (2002)

「非線形回帰法を用いて欠測値補完された真瀬水田AsiaFluxサイトでの生態系CO_2交換量について」

⑨ 宮田明：2002年CGERフラックスリサーチミーティング (2002)

「長期フラックス観測データの品質管理」

⑩ 小野圭介、宮田明、斉藤誠、原薗芳信、2003年度日本気象学会春季大会 (2003)

「Open-path IRGAの校正と機種間比較」

(3) 出願特許

① 原薗芳信、高木健太郎、小峰正史、小林義和：農業環境技術研究所；「データベースシステムのデータ保護に関する取り決め」、アメリカビジネス特許。2000年9月申請

(4) 受賞等

なし

(5) 一般への公表・報道等

① 北海道新聞 (2000年9月30日、北海道版)

② 苫小牧民報 (2000年9月30日、苫小牧版)

９．成果の政策的な寄与・貢献について

（１）国立環境研究所地球環境研究センター（CGER）がAsiaFluxの事務局として、わが国・アジア諸国のフラックス観測研究のフォーカルポイントとなることになった。

（２）AsiaFluxの活動を通じて、観測の標準化とデータの統合化に関する本サブテーマの成果の普及を行う予定である。