

アジア陸域炭素循環観測のための長期生態系モニタリングとデータのネットワーク化促進に関する研究

(1) モニタリングサイトの整備と観測システムの標準化

独立行政法人森林総合研究所

北海道支所寒地環境保全研究グループ

東北支所森林環境研究グループ

気象環境研究領域長

気象環境研究領域気象研究室

関西支所森林環境研究グループ

九州支所山地防災研究グループ

独立行政法人農業環境技術研究所

大気環境研究領域

独立行政法人産業技術総合研究所

環境管理技術研究部門研究副部門長

環境管理技術研究部門大気環境評価研究グループ

独立行政法人国立環境研究所

地球環境研究センター陸域モニタリング推進室

山野井克己・溝口康子

安田幸生

大谷義一

中井裕一郎・北村兼三・高梨聡

小南裕志・深山貴文

萩野裕章

宮田明・間野正美・小野圭介

近藤裕昭

村山昌平・前田高尚・石戸谷重之

三枝信子・高橋善幸

平成19～23年度合計予算額 151,696千円（全課題分）

（うち、平成23年度当初予算額 30,118千円（全課題分））

[要旨] 日本国内の数サイトではフラックスの長期モニタリングが行われており、既に18年分のデータが蓄積されているサイトも有る。アジア地域ではAsiaFluxの下で観測研究が行われ、データ共有を進めつつある。しかし、観測システムや解析の標準化、相互比較によるデータ信頼性の検証は十分に行われておらず、データ共有も十分ではない。そこで、長期観測の実績のある独立行政法人が運営する国内8ヶ所および海外3ヶ所のタワーフラックスサイトを長期生態系モニタリングサイトとして位置付けて、長期観測の継続に耐えうるサイト整備を進めた。国内サイトは観測の一貫性と継続性で優れており、海外サイトやアジア地域へその技術を移転する必要がある。そのために、サイトの多様性を活用して観測システムや解析方法の標準化などの技術開発とそのマニュアル整備を行った。観測サイト群としての効率的な運用と信頼性の高いデータを蓄積するとともに、広くアジア地域に適用可能な観測システムを構築するために、各サイト情報を基に長期観測に必要な観測システム（観測手法と解析プログラム）の標準化を進めた。地域全体の観測を支援する観測マニュアルを作成し出版した。また、移動観測によるサイト間比較と連携してデータの精度検証を行いつつ、長期モニタリングデータの公開を進めた。

[キーワード] CO₂フラックス、長期モニタリング、観測・解析標準化、データ共有、アジア陸域生態系

1. はじめに

地球温暖化問題を背景に、陸域生態系の二酸化炭素収支に関わる科学知見の集積が緊急課題となっている。世界中ではタワーフラックス観測サイトの数は200以上におよび、欧米を中心として観測網としての成果が集約されつつある。様々な気候と植生条件を持つアジア地域では、全域で109カ所、日本国内でも22カ所のタワー観測サイトが報告されている¹⁾。日本国内ではフラックスの長期モニタリングを森林総合研究所、産業技術総合研究所、農業環境技術研究所、国立環境研究所および大学等が個別の予算や課題設定で観測を行い、既に11～18年分のデータが蓄積されている。アジア地域にも多数の観測サイトがあるが、これらについても観測の背景は国内と変わらない。これらの観測網を科学的、社会的ニーズに対応して発展させるためには、データの連続性や信頼性が確保された共通仕様のデータベースを構築して、長期データを効率的に蓄積・利用する仕組みが必要である。このことは陸域炭素収支に関係する分野横断的な研究にタワーフラックスを活用するためにも欠かすことができない。

アジア地域では2000年にタワーフラックス観測を束ねるネットワーク (AsiaFlux) が活動を開始し、観測のサポートやデータ共有が進められつつある。しかし、観測を広範にサポートする共通の予算的背景を持たないため、観測システムや解析の標準化、相互比較によるデータ信頼性の検証は十分に行われておらず、データ共有も十分とは言えない。

2. 研究目的

本研究では、タワーフラックス観測のネットワーク化を推進する上で不可欠な、データの連続性・信頼性を確保するための仕組みを構築することを目的とする。これまでに比較的長期にわたる観測の実績のある独立行政法人が運営する国内8ヶ所のタワーフラックスサイト (図1) を長期生態系モニタリングサイトとして位置付けるとともに、アジア地域の3サイト (図2) を加えて、国内外からの科学的・社会的要請に対応する。これらの観測サイト群が持つ、生態系タイプ、気候、地形条件等の多様性に着目し、観測システムや解析方法の標準化などの技術開発とそのマニュアル整備を実施して、広くアジア地域に適用可能な頑健な観測システムを構築する。観測システムの標準化により、予備機器を含めた測定機器を効率的に稼働させ欠測が少ない連続データを

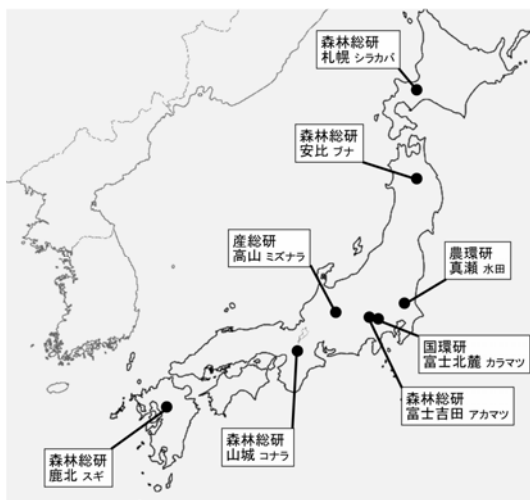


図1 国内8ヶ所の長期生態系モニタリングサイト

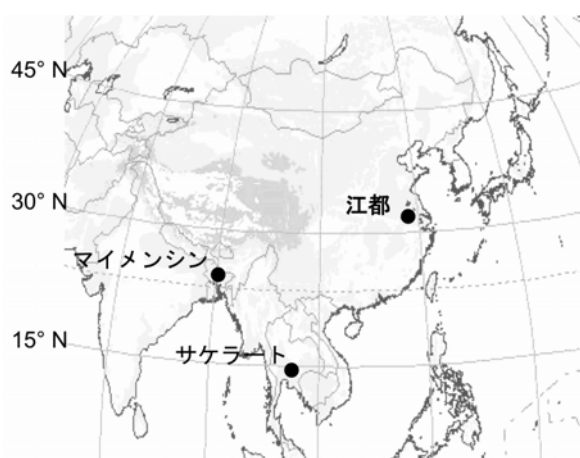


図2 アジア地域の長期生態系モニタリングサイト

確保するとともに、観測サイト群としての効率的な運用を目指す。そのために、以下の6課題を設定した。

- (1)：モニタリングサイトの整備（札幌、安比、真瀬、富士吉田、富士北麓、高山、山城、鹿北、江都、マイメンシン、サケラート）
- (2)：長期観測の継続（サイトは(1)と同じ）
- (3)：観測システムの標準化
- (4)：フラックス観測サイトで用いられる放射計の比較観測実験
- (5)：観測マニュアル整備
- (6)：観測データの共有

3. 研究方法

(1) & (2) モニタリングサイトの整備と長期観測の継続（国内、アジア地域）

国内で比較的長期間にわたりタワーフラックス観測を継続している8カ所（図1）と国内の独立行政法人が直接運営するアジア地域の3サイト（図2）で現況を把握することにより、安定した長期観測のためにサイト整備を進めて観測を継続する。

(3) 観測システムの標準化

国内外の各サイトは4つの独立行政法人により運営されている。各サイトは様々な経緯で設置され現在に至っており、観測システムの整備や解析手法の開発は独自に行われている。長期観測を効率的に継続するためには、観測サイト群としてシステムの標準化を行う必要がある。課題(1)で得られたサイト情報をフィードバックして長期観測と統一的な解析を可能にするための共通データフォーマットと、観測システム（観測手法と解析プログラム）を提案する。

(4) フラックス観測サイトで用いられる放射計の比較観測実験

全天日射計については世界標準器を保有するWMO世界放射センター(WRC)の下位データセンターである気象庁の測定基準と比較する体制とし、比較校正の方法はWMOの定める手順に準じるものとする。赤外放射計についてはWRCの世界標準器群と約半年間比較校正した機体を導入する。これらを用いて保有する各種放射計の校正体制を整備することを目的として、国立環境研究所の屋上に各種放射計の相互比較観測を実施するためのシステムを整備する。

(5) 観測マニュアル整備

H20年度公開の日本語版、H21年度公開の英語版それぞれについて、必要に応じて原稿の修正を行うとともに、英語版を印刷する。印刷物は希望者および関連機関・組織に配布する。ホームページ上のマニュアル閲覧者情報を整理し、活用状況を把握する。

(6) 観測データの共有

各サイトにおけるデータ公開状況を整理し、一層の公開を促進する。

4. 結果・考察

(1) モニタリングサイトの整備

長期モニタリング体制の整備とシステムの標準化にフィードバックするために、各サイトのサイト情報と観測システムの現況（表1、2、3）を整理した。さらに、各研究機関で異なる解析手順を整理し表4に示した。クローズドパス方式を用いた3研究機関の中で、森林総合研究所システム

表1 長期生態系モニタリングサイトの概要

サイト名(記号)	札幌(SAP)	安比(API)	真瀬(MSE)	富士吉田(FJY)
担当機関	森林総合研究所	森林総合研究所	農業環境技術研究所	森林総合研究所
観測期間	1999.08~2004.9:2005.5~現在	2000.4~現在	1999.08~現在	1999.08~現在
位置	42° 59' N 141° 23' E	40° 00' N 140° 56' E	36° 03' N 140° 01' E	35° 27' N 138° 46' E
標高	182m	825m	12m	1030m
傾斜	0 - 7°	約5.7°	平坦	3.5°
群落の種類	北方系落葉広葉樹林	冷温帯落葉広葉樹林	農地(水田)	常緑針葉樹二次林
面積	約80ha	43.5ha	約200ha	約36km ²
気候	冷帯湿潤気候(Dfb)	冷帯湿潤気候(Dfb)	温帯湿潤気候(Cfa)	温暖冬季少雨気候(Cwb)
年平均気温	7.2°C	約6°C	13.2°C	9.5°C(2000 - 2007年)
年降水量	933mm	1630mm	1197mm	1955mm(2000~2007年の平均)
主要植生	シラカンバ、ミズナラ、ハリギリなど	ブナ	イネ(Oryza Sativa)	アカマツ、ソヨゴなど
群落高さ	20m	19m	最大1.2m	20m
胸高直径	シラカンバで約25cm	-	-	アカマツで23.5cm
樹齢	シラカンバで約100年	約80年	-	アカマツで約90年
葉面積指数	台風被害により未測定	約4	最大値が約6	Max.5
群落構造	上層、下層、林床ササ群落	上層、下層、林床植生は乏しい	耕作期間は稲と藻、他は裸地	上層、下層
土壌	適潤性黒色土(BID)	適潤性褐色森林土BD(d)	細粒質グライ化灰色低地土	未熟土
その他	最大積雪深約1m	最大積雪深は2mを越す		
サイト名(記号)	富士北麓(FHK)	高山(TKY)	山城(YMS)	鹿北(KHW)
担当機関	国立環境研究所	産業技術総合研究所	森林総合研究所	森林総合研究所
観測期間	2006.01~現在	1993.09~現在	1999.11~現在	1999.11~現在
位置	35° 26' N 138° 45'E	36° 09' N 137° 25' E	34° 47' N 135° 51' E	33° 08' N 130° 43'E
標高	1050 - 1150m	1420 m	180-255m	165m
傾斜	3 - 4°	5 - 15°	0 - 35°	最大40°
群落の種類	北方系落葉針葉樹林(カラマツ人工林)	冷温帯落葉広葉樹林	暖温帯広葉樹林	常緑針葉樹林
面積	約150ha	約3ha	約200ha	約12.7ha
気候	温帯湿潤気候(Cfb)	冷帯湿潤気候(Dfb)	温帯湿潤気候(Cfa)	温帯湿潤気候(Cfa)
年平均気温	9.5°C(2007 - 2011年)	6.5°C(1994 - 2008年)	15.5°C	15.3°C
年降水量	1872mm(2007 - 2011年)	2275mm(1980 - 2002年:岐阜大学)	1449mm	2138mm
主要植生	カラマツ(約90%)、ミズナラ、ミズキ、フジザクラ	ミズナラ、ダケカンバ、シラカンバ等	コナラ、ソヨゴ	スギ、ヒノキ、一部シイ・カシ類など
群落高さ	22m	15 - 20m	6 - 20m、平均12m	10 - 35m
胸高直径	カラマツで32cm	10~20cm程度	平均7.4cm	最大約50cm(谷部のスギ)
樹齢	カラマツで約50年	約50年	129年(最高樹齢)	33-56年(植栽年に依る)
葉面積指数	約3(上層について)	約3.5	2.70 - 4.42	3.6 - 5.2
群落構造	上層(カラマツ)、下層(フジザクラ)、林床(オンダ、ササ)	上層、下層、林床クマイザサ群落	上層、中層、下層	上層、一部下層(広葉樹)、下層草本
土壌	黒色度	褐色森林土	未熟土	適潤性褐色森林土(BD)、一部 適潤性赤色系褐色森林土 偏乾垂型(BD(d))
その他				
サイト名(記号)	江都(JND)	マイメンシン(MYM)	サケラート(SKР)	
担当機関	農業環境技術研究所	農業環境技術研究所	産業技術総合研究所	
観測期間	2006.12~現在	2006.02~現在	2001.3~現在	
位置	32° 36' N 119° 42' E	24° 44' N 90° 25' E	14° 30' N 101° 55'E	
標高	5 m	18m	543m	
傾斜	平坦	平坦	おおむね平坦	
群落の種類	農地(水田)	農地(水田)	熱帯季節林(乾燥常緑樹林)	
面積	>10 ha	78 ha	N/A	
気候	温帯湿潤気候(Cfa)	温暖冬季少雨気候(Cwa)	サバナ気候(Aw)	
年平均気温	15.9 °C(2007年)	25.4 °C(1995 - 2008年)	24°C	
年降水量	754mm(2007年)	2,252mm(1995 - 2008年)	約1300mm	
主要植生	イネ(Oryza Sativa)、コムギ(Triticum aestivum)	イネ(Oryza Sativa)	Hopea ferrea Pierre	
群落高さ	1m	1 m	約35m	
胸高直径	-	-	50cm	
樹齢	-	-	N/A	
葉面積指数	最大約6	最大約6	約4.0 (PAI)	
群落構造	単層	単層	上層、下層、林床	
土壌	Shajiang Aquic Cambosols, 土性SL	暗褐色非石灰質沖積土、土性SL	Shallow Stony Ultisols	
その他	イネ栽培期間の大部分は、地表面は湛水状態。	イネ栽培期間のほとんどは、地表面は湛水状態。		

表2 長期生態系モニタリングサイトの観測システムの概要(国内サイト)

サイト名	札幌		安比	真淵		富士吉田	
超音波風速温度計	Kaijo DA-600 (TR-61Aプロローブ)		Kaijo DA-600 (TR-61Cプロローブ)	Kaijo DA-600 (TR-62AXプロローブ)		Kaijo DA-600-3T (TR-61Aプロローブ)	
赤外線ガスアナライザー (IRGA)	クローズドバス LiCor Li6262	オープンバス LiCor Li7500	クローズドバス LiCor Li6262 LiCor Li7000(2010.8-)	クローズドバス LiCor Li7000	オープンバス LiCor Li7500	クローズドバス LiCor Li6262	オープンバス LiCor Li7500
サンプリング周波数	5Hz		10Hz	10Hz		5Hz, 10Hz(2010.5-)	
記録装置*	DRM3(MOディスク)		DRM3(MOディスク)	CR3000(GFカード)		DRM3(MOディスク) CR3000(CFカード)(2010.5-)	
low pass filter	アナログ カットオフ周波数24Hz		アナログ カットオフ周波数24Hz	なし		アナログ カットオフ周波数24Hz	
3D Axis rotation	あり(double rotation)		あり(double rotation)	あり(planar fit)		あり(double rotation)	
トレンドの除去	リニア		リニア	なし		リニア	
センサー間補正	なし	なし	なし	なし	あり	なし	なし
スパン補正	1回/日	不定期	1回/日	1回/月(-2007年) 1回/日(2008年-)	不定期	1回/日	不定期
チューブ長	40m	-	53m	19m(耕作期間)	-	40m	-
エアサンプリングの遅れ時間	9~11sec.	-	15~20sec.	2.3sec.	-	10~12.0sec.	-
エア吸引速度	9.5l/min	-	7.5l/min	6~7 l/min	-	10l/min	-
エアサンプリング量	2.0l/min	-	2.0l/min	6~7 l/min	-	2.0l/min	-
高域補正	あり	なし	あり	あり	あり	あり	なし
WPL補正	あり		あり	あり		あり	
気温センサー	白金抵抗体, 通風筒		白金抵抗体, 通風筒	白金抵抗体, 通風筒		白金抵抗体, 通風筒	
気圧センサー	あり		あり	あり		あり	
特記事項	*Air Sampleは除湿してからIRGAに入る。 *水蒸気フラックスは静電容量式温度計(Visala,HMP45A)を用いBandpass Covariance法により求める。		*Air Sampleは除湿してからIRGAに入る。 *水蒸気フラックスは静電容量式温度計(Visala,HMP45A)を用いBandpass Covariance法により求める。	*Air Sampleの除湿なし。 *分析計の体積混合比出力を記録し、H2Oの影響を補正。	-	*Air Sampleは除湿してからIRGAに入る。 *水蒸気フラックスは静電容量式温度計(Visala,HMP45A)を用いBandpass Covariance法により求める。	-
放射収量の測定(機種)	短波・長波上下向き4成分から Kipp&Zonnen CM6, Epply PIR		短波・長波上下向き4成分から Kipp&Zonnen CM6, Epply PIR	短波・長波上下向き4成分から Kipp & Zonen CNR1 (~2008年) Eko MR-40(2009年~)		短波・長波上下向き4成分から Kipp&Zonen CM6, Epply PIR	
PPFDセンサー	LiCor Li-190SA		LiCor Li-190SA	LiCor Li-190SL		LiCor Li-190SA	

*)DRM3はTEAC社製、CRシリーズはCambell社製

サイト名	富士北麓		高山	山城		鹿北	
超音波風速温度計	Kaijo DA-600 (TR-61Cプロローブ)		Kaijo DA-600 (TR-61Aプロローブ)	Kaijo DA-600-3T (TR-61Cプロローブ)		Kaijo DA-600 (TR-61Cプロローブ)	
赤外線ガスアナライザー (IRGA)	クローズドバス LiCor Li6262	オープンバス LiCor Li7500	クローズドバス LiCor Li6262	クローズドバス LiCor Li6262	オープンバス LiCor Li7500	クローズドバス LiCor Li7000	オープンバス LiCor Li7500
サンプリング周波数	10Hz		5Hz	10Hz		10Hz	
記録装置*	DRM3(MOディスク)		DRM3(MOディスク) CR3000(GFカード)(20080.3-)	DRM3(MOディスク)		DRM3(MOディスク)	
low pass filter	アナログ カットオフ周波数20Hz		なし	アナログ カットオフ周波数24Hz		アナログ カットオフ周波数24Hz	
3D Axis rotation	あり(Double rotation)		あり	あり		あり(double rotation)	
トレンドの除去	なし		なし	リニア		算術平均 or リニア	
センサー間補正	なし	あり	なし	なし	あり	あり	あり
スパン補正	1回/日	不定期	1回/日	1回/週	不定期	1回/週	不定期
チューブ長	12.4m	-	40m	30m	-	57m	-
エアサンプリングの遅れ時間	約19sec.	-	6.0sec.	データセットごとに相互 相関係数計算による自動 設定	-	約13-15.0sec.	-
エア吸引速度	5.6l/min	-	5.0 l/min	9.6l/min	-	約7.2l/min	-
エアサンプリング量	5.6l/min	-	5.0 l/min	2.0l/min	-	約7.2 or 2.0 l/min	-
高域補正	あり	あり	あり	あり, 経験的補正回数	あり	あり なし(2009.10)	なし
WPL補正	あり		あり	あり		あり	
気温センサー	白金抵抗体, 通風筒		白金抵抗体, 通風筒	白金抵抗体, 熱電対, 通風筒		白金抵抗体, 通風筒	
気圧センサー	あり		あり	なし		あり	
特記事項	*Air Sampleは除湿せずポンプの下流のIRGAに入る。 *結露防止のため、IRGAの入った計測ボックスはヒータにより加温される。		*水蒸気フラックスは静電容量式温度計(Visala,HMP45A)を用いBandpass Covariance法による算出も併用している。	*Air Sampleは除湿してからポンプの下流のIRGAに入る。 *水蒸気フラックスは静電容量式温度計(Visala,HMP45A)を用いBandpass Covariance法により求める。	-	*Air Sampleは除湿していない。 *SATのTransducer Shadow補正あり *Air Sample除湿あり(2010.02-)	-
放射収量の測定(機種)	短波・長波上下向き4成分から MR-50		短波・長波上下向き4成分から Kipp&Zonnen CM6, Epply PIR	短波・長波上下向き4成分から		短波・長波上下向き4成分から Kipp&Zonen CM14(短波), CG3(長波) or Kipp&Zonen CNR4	
PPFDセンサー	LiCor Li-190SA, EKO ML020P		KOITO IKS-27	LiCor Li-190SA, EKO ML-020P		測定していない(過去の観測値と白昼量・露点温度から推定) LiCor Li-190SA(2010.11-)	

*)DRM3はTEAC社製、CRシリーズはCambell社製

はサンプリングエアの除湿を行い、湿度変動に伴うCO₂フラックスの補正²⁾のキャンセルを行っている。残りの2研究機関はクロズドパス方式において湿度測定を行っているために同補正が必要である。遅延時間に関してはオープンパス方式では一定、クロズドパスでは相互相関係数による最適化を行っている。測定周波数に関しては産総研高山サイトと森林総研札幌サイトが5Hzで、残りは10Hzである。解析インターバルはどのサイトも30分間隔であった。

収録されたデータの解析に関しては濃度データのキャリブレーションを行った後、データの品質管理(QC)を行って異常値除去を行っている。QCは同一の方法³⁾で行われているが、チェックに用いる閾値に関しては植生高や地形等によってサイト依存性が存在する。欠測値処理に関してはQCによるデータ落ちと、夜間の

大気安定度依存によるデータ補完が存在する。夜間大気安定度に関しては、どのサイトも運動量輸送量(u_*)を閾値にしたデータ補完を行っている。 u_* の閾値については現在も研究途上であり各サイト様々な手法でその妥当性の検討を行っている。補完手法はどのサイトも日中は有効光合成放射量(PPFD)と夜間は温度を用いた補完関数を用いて推定を行っている。夜間の温度による補完は地温をもちいる場合と気温を用いる場合があった。気温を用いた場合には夜間の気温の細かい変動によりフラックスとの関係が悪くなる可能性があり、地温を用いた場合には長期観測ではリターの影響等で測定深が変動してしまう可能性がある。しかしどちらのデータを用いる場合においても温度データを用いて帰納法的に欠測データを内装する作業であるため、関数そのものは変化するものの結果として推定されるフラックスに関しては大きな差はない。

(2)長期観測の継続

国内サイトは6~18年、海外サイトでも6~11年の観測実績があり、各サイトは今後も長期モニタリングを継続する予定である。本プロジェクト開始後の微気象およびフラックスの観測結果と

表3 長期生態系モニタリングサイトの観測システムの概要
(海外サイト)

サイト名	江都	マイメンシン	サケラート
超音波風速温度計	Csmbell CSAT3	Gill HS (~2009年11月) Gill R3 (2009年12月~)	Gill Wind Master II
赤外線ガスアナライザー(IRGA)	オープンパス LiCor Li7500	オープンパス LiCor Li7500	クロズドパス LiCor Li6262
サンプリング周波数	10Hz	10Hz	5Hz
記録装置*	CR3000(CFカード)	CR1000(CFカード)	ハードディスク
low pass filter	なし	なし	なし
3D Axis rotation	あり(Planar fit)	あり(Planar fit)	あり
トレンドの除去	なし	なし	リニア
センサー間補正	あり	あり	
スパン補正	半年に1回の頻度で校正	半年または1年に1回の頻度で校正	1回/月
チューブ長	-	-	20m
エアサンプリングの遅れ時間	-	-	4.0sec.
エア吸引速度	-	-	
エアサンプリング量	-	-	5 l/min
高域補正	あり	あり	
WPL補正	あり	あり	
気温センサー	白金抵抗体, 通風筒	白金抵抗体, 通風筒	Vaisala HMP45, 熱電対
気圧センサー	あり(Li7500)	あり(Li7500)	
特記事項	-	-	毎時0-30分は渦相関法用の測定, 30-60分はCO ₂ 濃度鉛直分布の測定
放射収支量の測定(機種)	短波・長波上下向き4成分から Kipp&Zonen CNR1	短波・長波上下向き4成分から EKO MR40	Kipp & Zonen CNR1
PPFDセンサー	LiCor Li-190SL	LiCor Li-190SL	Eko ML-020P

*CRシリーズはCambell社製

表4 各機関の解析内容

	森林総合研究所	農業環境技術研究所	産業技術総合研究所	国立環境研究所
乱流サンプリング周期	5 or 10Hz	10Hz	5Hz	10Hz
主なCO ₂ アナライザー	クロズドパス式	オープンパス式	クロズドパス式	クロズドパス式
CO ₂ フラックス計算1時処理の特徴	遅延時間, キャリブレーション時間の検出	遅延時間及び濃度変換係数一定, 時間確認処理, 群落高さの30分データの取得	遅延時間, キャリブレーション時間の検出	遅延時間, キャリブレーション時間の検出
異常値除去	Vickert and Mahrt(1996)のQC	Vickert and Mahrt(1996)のQC	Vickert and Mahrt(1996)のQC	Vickert and Mahrt(1996)のQC
乱流系データ補間手法	気温又は地温, PPFDを用いた回帰式	気温又は地温, PPFDを用いた回帰式, 表検算法	気温とPPFDを用いた回帰式	気温又は地温, PPFDを用いた回帰式
貯留量観測	あり	1高度の濃度を代表値として計算	あり	あり
平均値系平均化時間	30分	30分	30分	30分
平均値系データ補間	AMeDASデータ参照 主要観測項目の多重化	気象管署やAMeDASデータ, MDV等参照	岐阜大高山市試験地気象データ参照	AMeDASデータ参照
その他	DRM3とCR3000による取得データが混在	植生データと圃場管理情報の出力, 圃場管理に基づく期間区分		

長期観測における問題点について報告する。

ア. 札幌（担当：森林総合研究所北海道支所）

2007～2011年の5年間の年平均気温は7.7°C、年平均光合成有効放射量は $282 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ であった。5年間で最も年平均気温が高かったのは2010年で8.0°C、低かったのは2009年で7.5°C、光合成有効放射量は最高が2007年の $290 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、最低は2008年の $271 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ であった。光合成によるCO₂吸収量（GPP）および呼吸・分解によるCO₂放出量（RE）の多い5～10月の平均では、5年間の平均は気温、光合成有効放射量はそれぞれ15.6°C、 $357 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ であり、気温が高かったのは2010年で16.5°C、低かったのは2009年で15.1°C、光合成有効放射量は最高が2007年の $377 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、最低は2008年の $343 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ であった。図3に2007～2011年の生態系純CO₂交換量（NEE）の季節変化を示す。1年間の炭素放出量はそれぞれ、79(2007)、214(2008)、307(2009)、364(2010)、286(2011)gCm⁻²y⁻¹であった。本サイトは2004年の台風被害により大きな攪乱を受け、シラカンバやミズナラの多くが倒木した。倒木等はそのまま放置されているため、分解される有機物の量が台風前と比較し格段に増大している。台風攪乱以前は年間約443gCm⁻²y⁻¹の炭素を吸収していた⁴⁾が、攪乱後は年間の炭素収支は放出に転じた。

対象とした5年間で最も年間の炭素吸収量が大きかった2010年は年平均、5～10月の平均気温ともに最も高く、REも最も多かった。一方、2010年の光合成有効放射量は、2009年、2011年とほぼ同じであったが、その年の光合成によるGPPは、年間、5～10月の着葉期間ともに最小だった。この結果、2010年以外の4年間では5～10月の着葉期間の炭素収支は吸収であるが、2010年5～10月の期間の炭素収支は放出となり、年間の炭素放出量の増大をもたらしていた。気温が7～8月ほど高くなく、光合成有効放射量も十分な6月は、最も効率的に炭素を吸収できる期間で、例年、6月が最も炭素吸収量の多い月で、 $70\text{gCm}^{-2}\text{month}^{-1}$ 以上の炭素吸収があるが、2010年は $30\text{gCm}^{-2}\text{month}^{-1}$ しかなかった。2010年は春の気温が低く、開葉開始、終了日がともに他の年より遅かった。植物の準備ができていなかったことにより、炭素吸収量が少なかったと考えられる。5～10月の着葉期のGPPの平均を比較すると、台風攪乱後は台風前より約10%小さくなった。REは、台風攪乱前の1.5倍に増大した。気温は、台風後は台風前より0.6°C高かったが、同程度の気温でも明らかにREの値は大きく、台風攪乱に伴って分解される粗大有機物の量が増えたため、分解に伴う放出量が増大したと考えられる。

現在、2004年9月の台風攪乱から7年が経過した。攪乱直後は、上層木の減少、ササバイオマスの増大など攪乱に伴う植生の変化、倒木等による分解される有機物の量の極端な増加がみられ、光合成による炭素吸収、呼吸、分解による炭素放出環境の劇的変化があった。ここ数年は、ササのバイオマス量の大きな変化は見られず、下層木の成長が顕著となっており、樹木を主とする植生の回復段階に入ったと推定される。今後、下層木の成長に伴う緩やかな植生の変化、枯死木等の分

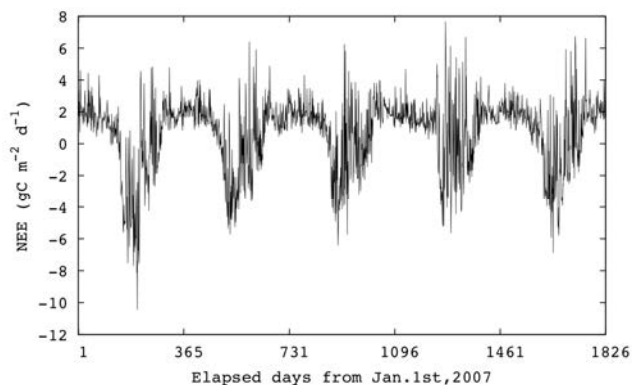


図3 札幌サイトの日積算 NEE

解過程の変化に伴って、徐々に年間の炭素吸収量は変化し、将来、炭素放出源から吸収源に移行すると考えられるが、この期間がどの程度かかるのか、今後も長期的な観測が必要となる。

札幌サイトは、落雷等による電源のトラブルがきわめて少ないため、長期間にわたる欠測は、台風による森林及び観測設備のダメージによる欠測期間を除けば、きわめて少ない。しかし、年1回の電気系統の点検に伴う停電時には、半日程度の欠測期間が生じる。従来は、隣接する研究機関などの気象データから、気温や日射の補間を行っていたが、バッテリーによる長時間の稼働が可能なデータロガーと日射計・温湿度計を別系統で準備し、NEE、REの補間などCO₂吸収・放出量の推定に必要な要素を複数の系統で測定し、欠測期間を減らす工夫を行った。また、サイトアクセスが容易なため、週に一回の点検を行っていることから、比較的機器トラブルによる長期間の欠測を避けることが可能ではある。しかし、逐次、データロガーのトラブルの有無をチェックできるリモートシステムを導入すれば、さらなる改善が可能となることから、今後導入を予定している。

イ. 安比（担当：森林総合研究所東北支所）

安比サイトでは、森林内に設置された自立型観測タワー（高さ31m）の頂部において、CO₂・エネルギーフラックス観測を実施している。各フラックスは30分毎に算出されており、全ての生データに対してデータ品質の検査（品質管理）³⁾が施され、品質が悪いと判断されたフラックスデータは解析から除外されている。CO₂フラックスに関して、生態系呼吸量の過小評価を避けるために、夜間CO₂フラックスデータに対して摩擦速度補正を適用しており、摩擦速度が0.3ms⁻¹より大きいときのデータのみを採用し、その他は解析に用いていない。この後、NEEはCO₂フラックスと林内のCO₂貯留変化量の和として計算される。なお、欠測が生じた時間や品質管理によって除外されたデータに対しては、NEEの補間を行っている。補間方法は日単位で作成されたNEEと日射・気温の関係式に基づいており⁵⁾、観測値の再現性を高めるように工夫している。

安比サイトの2007～2011年の5年間の年平均気温は6.3℃（6.2～6.7℃）、日積算日射量の年平均値は13.0MJm⁻²d⁻¹（12.5～13.2MJm⁻²d⁻¹）であった。観測期間内の年平均気温は2010年に夏期の高温の影響で6.7℃を示したが、他の年は値にほとんど差はなかった。平均日射量の最高は2007、2008年の13.2MJm⁻²d⁻¹で、最低は2010年の12.5MJm⁻²d⁻¹であった。樹木の成長期（光合成を行っている期間）でみると、5年間の期間平均気温は15.4℃（14.4～16.9℃）、期間平均日射量は15.9MJm⁻²d⁻¹（15.1～16.7MJm⁻²d⁻¹）であった。気温は2010年と2011年が高めで、日射量は2007年と2008年が多めの年となっていた。

図4に2007～2011年のNEEの季節変化を示す。落葉広葉樹林であるブナの二次林なので、着葉期（春から秋）にはCO₂が吸収され、落葉期にはCO₂が放出されるというNEEの季節変化が毎年観測された。2007年夏期にはブナ葉食性昆虫のブナアオシャチホコが大発生し、ブナ葉がほぼ食い尽くされるという虫害を受けたが、翌年（2008年）以降のNEEを見ると、虫害の影響は当年のみで、その後のNEEは速やかに

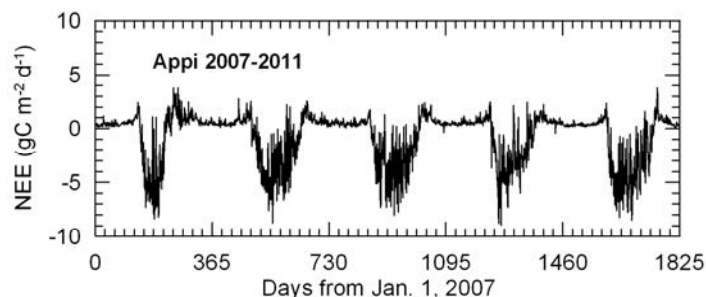


図4 安比サイトの日積算NEE（補間処理後）（2007年～2011年）

回復していたと考えられる。年間のNEEをみると、2011年は5年間の中で最も大きなCO₂吸収量を示した。再計算の結果、年別（2007～2011年）では、それぞれ、-88、-280、-288、-212、-380gCm⁻²であった。2007年は虫害の影響で年間の正味CO₂吸収量が少なくなり、2010年は夏期の高温の影響で吸収量が減少したものとする。2011年の成長期の長さは155日で、これは2010年と並んで最も短く（最長は2008年の165日）、またこの期間の平均気温（15.9℃）は2010年（16.9℃）に次いで高かった。過去の観測（2000～2006年）では、成長期の平均気温が高くなると期間の正味CO₂吸収量が少なくなる傾向が得られていたが⁵⁾、2011年の結果はそれとは異なる傾向を示したことになる。この原因については、今後の観測によるデータ蓄積とその解析を必要とする。

当サイトでは、観測開始から12年が経過し、観測システムが老朽化してきており、長期連続観測の維持のためにシステムの更新作業を行っている。2011年度は、森林微気象観測システムの更新を行った。気温や日射量等の気象要素の観測は、サイトの気象特性の把握だけでなく、NEEの欠測補間・品質管理に必須であり、更新された観測システムにより欠測の少ないデータ収録が行えるようになった。このシステムは、観測サイト内でのデータネットワークを構築し、さらにインターネットあるいは電話回線経由による遠隔地からのデータ閲覧・取得の機能を有する。今後、フラックス測定を含めたすべての観測システムを統一し、観測の省力化と監視体制の強化を進めていく。

ウ. 真瀬（担当：農業環境技術研究所大気環境研究領域）

真瀬サイトは茨城県南西部の小貝川流域に広がる水稻単作地帯に位置し、1999年8月の観測開始以来、水田のフラックスサイトとしてはもっとも長期にわたって観測が継続されている観測点である。観測圃場は栽培品種（コシヒカリ）、肥培管理、平均収量（5.3±0.4tha⁻¹、2001～2010年）ともに、日本における典型的なイネ単作田であり、地域の慣行に従って、5月始に移植、9月上～中旬に収穫が行われる。4月下旬の灌水開始以降は、中干し期間を除いて、8月中旬まで水深数cmの湛水状態に保たれる。なお、中干しとは、イネの生育期間前半に一定期間、水田から水を抜いて土壌に酸素を供給することにより、イネによる窒素吸収を抑制して過剰な生育を防止するとともに、土壌中に蓄積された根の生育に有害な物質を除去する水管理である。収穫後の作物残渣は、2004年までは全量が土中に鋤き込まれていたが、2005年以降は、2008年を除いて、残渣の一部を圃場内で焼却後、未焼却残渣を植物根や刈り株とともに土中に鋤込む処理が行われた。収穫後は一時的にひこばえ（再生イネ）の成長がみられるが、定期的な耕起により、休耕期間の大部分は裸地状態（畦畔の雑草を除き、地上には植物のない状態）に保たれた。2011年は2007～2010年とほぼ同様の圃場管理がなされ、5月5日に移植、9月10日に収穫が行われた。イネの作付期間（移植日～収穫日）は128日で、2010年の125日に次いで短かった。収穫後、作物残渣は圃場内に放置され、その一部が9月19日に焼却された。予定していた焼却残渣量の調査は、9月22日午後に接近した台風15号の影響で実施できなかった。2011年の作付期間の気象条件を2007～2010年と比較すると、平均気温（22.8℃）は、2010年の23.6℃に次いで高温であったが、平均日射量は17.1MJm⁻²d⁻¹で、5年間の平均（16.8±1.1MJm⁻²d⁻¹、2007～2011年。以下も同様）とほぼ等しかった。

2007年から2011年までのNEEの日積算値の変化を図5に示す。真瀬サイトでは、渦相関法によるフラックス測定にオープンパス型とクローズドパス型の両システムを併用しているが、図にはオープンパス型システムによる測定値を示した（以下の数値も同様）。2011年のNEEは、2007～2010年と同様に、休耕期間の裸地からの弱いCO₂放出、イネの成長に伴うCO₂吸収の増加と出穂期以降

の減少、収穫直後の大きな放出という明瞭な季節変化を示した。2011年の作付期間について積算したNEE、GPP、REは、それぞれ-464、868、404gCm⁻²season⁻¹で、5年間の平均（それぞれ-450±19、877±10、427±18gCm⁻²season⁻¹）と比較すると、2011の作付期間はREが少ない（実際には5年間のなかで最小）という特徴がみられた。2011年の作付期間の平均気温は、2007～2011年の5年間のなかでは2010年に次ぐ高温であったが、2010年、2011年の両年とも他の年と比べてREが小さかった。他の生態系と同様に、水田でもREは気温の影響を強く受けるが、同時に水管理もREの重要な制御要因であることが知られている。真瀬サイトでは中干しの適期が梅雨期にあたるため、中干しの時期や日数、中干し期間中の湛水状況は年ごとに異なり、これが作付期間のREの年々変動に影響を及ぼしていると考えられる。すなわち、REの年次間差の要因解明のためには、水管理の影響を含めた解析が必要である。REに比べるとGPPの年々変動は小さいが、真瀬サイトの長期データの解析から、イネの光合成能が最大となる7月のGPPと日射量との間には強い正の相関（線形）があり、梅雨期にあたる7月の日射量の変動が作付期間の積算GPPの年々変動に影響を及ぼしていることが確認された。

真瀬サイトでは年間の約2/3を休耕期間が占め、その期間のNEE（有機物分解に伴うCO₂放出量）は236±19gCm⁻²season⁻¹（暦年で計算した場合）で、作付期間のNEEの絶対値の約半分に達した。休耕期間を含む真瀬サイトのNEEの年間積算値は、213±28gCm⁻²y⁻¹であった。ただし、オープンパス型渦相関法では、顕熱フラックスが増加する2～3月を中心に、絶対値は小さいが下向きのCO₂フラックスがしばしば観測され、NEEの年間積算値を算定する場合の系統誤差要因となっており、気象条件や作物残渣処理が休耕期間のNEEに及ぼす影響を解析するうえでも支障をきたしている。この問題の解決に向けて、クローズドパス型渦相関法との比較や、ガス分析計（LI7500, LI-COR）のメーカーが提案している経験的な補正式の適用、品質管理の改良を試みた。オープンパス型とクローズドパス型で測定した1年間のCO₂フラックスを比較した結果によれば、クローズドパス型の方が年積算値（ただし、欠損データは未補完）で約10%、吸収量が小さかった⁶⁾。以下で述べる渦相関データの品質管理において、休耕期間のNEEの異常値判別に工夫を凝らしているが、上記のNEEの年間積算値には、このような系統誤差の一部が含まれていることに注意する必要がある。また、オープンパス型渦相関法には、ガス分析計のレンズの汚れに伴う感度変化という未解決の問題も残されており、休耕期間に裸地状態が継続する真瀬サイトではレンズの汚れの影響を受けやすいことから、注意を要する問題である。

2011年の作付期間中には、オープンパス型ガス分析計が、代替機を含めて、相次いで突発的なトラブルに遭遇した。真瀬サイトで使用しているオープンパス型ガス分析計は、代替機を含めて購入から10年が経過し、更新時期にさしかかっている。今後、真瀬サイトでの観測を長期的に継続するうえでは、新たなガス分析計の機種選択が重要となる。真瀬サイトが水田における分野間連携拠点としての役割を十分に果たすためにも、フラックスの欠測期間をできるだけ少なくする

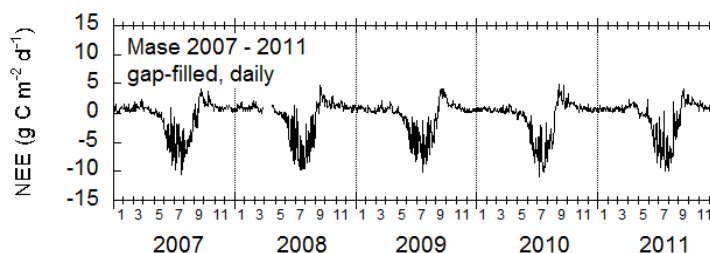


図5 真瀬サイトの日積算NEE(2007～2011年)

必要があるので、ガス分析計の更新にあたってどのような機種を採用する場合であっても、バックアップとなる代替機を準備することが肝要である。

真瀬、江都、マイメンシンの3つの水田サイトでは、渦相関法による観測で取得したデータ処理手法の統一を進め、共通のフラックス計算、品質管理、欠測値補完プログラムを用いてデータ処理を行う態勢が整った。品質管理については、乱流生データのSpike、Absolute、Variance、Skewness、Kurtosis、Resolution、Dropoutの各検査、降水の有無、サンプリング誤差を考慮した夜間および休耕期間のNEEの異常値判別、フラックス値やサンプリング誤差の閾値設定、鉛直風速の乱流強度検査、鉛直風速とCO₂濃度の共分散の定常性検査などを採用し、良好な結果を得た（真瀬サイトの2007～2011年のデータ欠損率は、測器の故障による欠損10%、品質管理による異常値除去48%で、合計のデータ欠損率は58%。作付期間に限定すれば、測器の故障による欠損7%、品質管理による異常値除去34%）。モンスーンアジアでは植物の生育期間に降雨頻度が高いため、オープンパス型渦相関法を採用しているフラックスサイトを中心に、観測データの品質管理プログラムに対する需要は大きい。また、森林に比べて植物の成長が早い作物畑や草地の観測サイトでは、欠測値補完に用いる回帰式の係数を短い区間ごとに決定するなど、森林サイトとは異なるデータ処理が必要となる。今回のプログラムはこのような作物畑や草地に特有の条件にも適応している。今後は、AsiaFluxなどの観測ネットワークを通じて、このデータ処理プログラムをモンスーンアジアにおける農業生態系のフラックスサイトに普及させる方策を考えたい。

エ．富士吉田（担当：森林総合研究所気象環境研究領域）

富士吉田サイトでは、衛星観測や生態学的な観測などとの連携を図り、森林における炭素循環のメカニズム解明やフラックスの長期的・広域的推定を目指す取り組みを実施している。本サイトは、2009年には長期生態学研究ネットワークJaLTERの準サイトとして登録された。また、2010年度には、リモコンヘリコプターによるハイパースペクトル及びライダー観測などの近接リモートセンシング観測や森林内大気の大気二酸化炭素及び水蒸気の安定同位体比の連続観測などが実施された。2011年度には、土壌呼吸や葉群光合成・呼吸についてのCO₂安定同位体比の連続測定を実施した。

2009年4月より樹冠上4高度における水平風速センサを従来の3杯式から超音波式に変更した。2010年5月には、乱流変動のデータロガーが老朽化し不調を頻発し始めたことから機種を更新すると同時に、記録周波数を5Hzから10Hzに変更した。2010年7月よりCO₂濃度鉛直プロファイルの測定高度について、これまでより上部の乱流変動測定と同じ高度を加えて5高度から6高度の測定とするとともに、最下部の高度を地上3.18mから1.85mに変更した。これと同時にデータロガーを更新した。上記のCO₂濃度鉛直プロファイルおよび乱流変動の測定システムでは配管システムのメンテナンス作業頻度が高くその度に測定を中断していたが、データロガー更新とともに記録容量に余裕ができたことに伴い、省力化とデータ処理の煩雑性軽減を図るため記録中であってもメンテナンス作業中であることをデータとして入力するメンテナンス用スイッチのチャンネルを各ロガーに増設した。乱流フラックス観測の中心的測器である超音波風速計が2011年12月から2012年1月にかけて不調となった。この不調は通常の観測結果を監視するだけでは検出が難しく、10Hzの生データそのものの詳細な検査によって明らかとなったため、発見が遅れた。この不調を含む観測期間は約1ヶ月程度であったが、鉛直風速のみ測定が可能であったことから、精度が低下するもののフラックス値を算出する事が可能であった。センサ表面に付着した氷が融解して内部に侵入するこ

となどが原因と考えられたが、室内では再現できず、今後さらに詳細な原因究明を図る必要がある。

富士吉田サイトの2007～2011年の5年間の年平均気温は9.7℃、平均年積算日射量は5159MJm⁻²、2008年を除く平均年降水量は1911mmであった。年平均気温は2010年が10.5℃で最も高く2008年が9.2℃で最も低かった。年降水量は2011年がもっとも大きく2534mmであり、これは8、9月に台風の襲来があり月降水量がそれぞれ393、822mmと他の年よりもかなり大きくなったためである。

欠測値補間を行った後の日積算NEE（炭素交換量；負が吸収、正は放出）について、2007年から2011年の結果を図6に示す。各年の年間積算NEEはそれぞれ-446、-331、-436、-516、-443gCm⁻²y⁻¹といずれも負値を示し吸収であった。年間積算NEEの年々5年平均値からの偏差絶対値は最大100gCm⁻²y⁻¹以上となり、大きな年々変動を示した。2008年は年間吸収量NEP（=-NEE）が5年間で最も小さかった。この年は他の年に比べて5月と6月の平均日射量が最も小さくかつ気温が最も低かった。そのため、光合成が抑制され年間の炭素吸収量が小さくなったことが考えられる。

1月はいずれの年も月積算NEEが正となり、わずかな炭素放出であった。2月は月平均気温がプラスであった2007、2009年において月積算NEEが負となり、わずかな炭素吸収を示した。このように寒候季においても気温が高いときには光合成によってCO₂を吸収することが常緑樹林の炭素収支の特徴である。1～2月以外の月は、いずれの年も月積算NEEが負値となりCO₂の吸収を示し、5月に日積算NEEの最小値約-5gCm⁻²が現れた。6～9月には長期の低日射条件によって吸収量の落ち込み（負のNEEの絶対値低下）が見られ、日量が明瞭な放出（日積算NEEが正）となる場合もあった。例えば、2007年の7月には日射量の低下と同期したNEEの上向きピークが明瞭に認められた。

全国的に猛暑となった2010年8月は、月平均気温が約22℃と5年間で最も高く7～9月中旬にかけては日平均気温20℃以上の期間が他の年より長く継続した。8月の積算NEEは5年間で最も小さく-86gCm⁻²であった。この年は、8月中旬から9月上旬にかけて高温傾向で無降雨期間が継続したが、NEEの変動からは吸収量の明らかな低下は認められなかった。標高1000mの富士吉田では「猛暑」といっても気温は適度であり、晴天が続き日射時間が増加することによる光合成促進効果の方が大きく現れたと考えられる。月積算NEEの年々変動が比較的大きいのは4月から9月であった。春季・夏季・初秋季の気象条件の年々の違いがNEEの年々変動を引き起こす重要な要因であることが示唆されるが、各気象要因が複雑に関係しさらに生物季節現象も介在しているため、今後とも観測を継続してデータを蓄積していく必要がある。

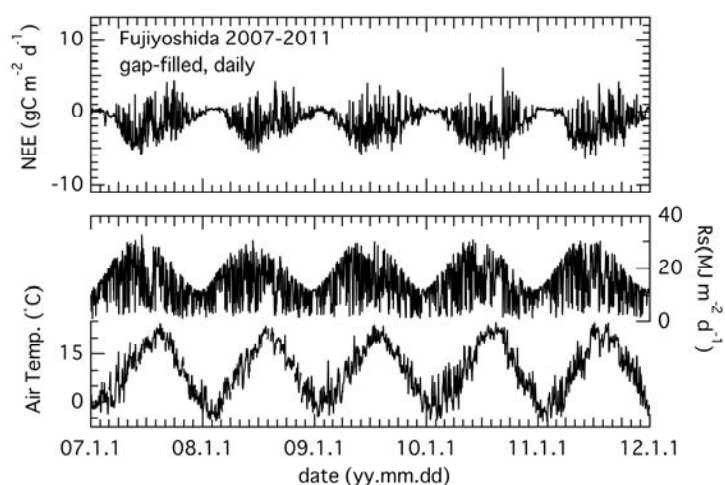


図6 富士吉田サイト（アカマツ天然林）における日積算CO₂交換量（NEE）、日積算日射量Rs及び日平均気温Air Temp.の変動

オ. 富士北麓（担当：国立環境研究所地球環境研究センター）

富士北麓ではオープンパス型とクローズドパス型の両システムを併用してCO₂/H₂Oフラックスを常時観測し、両手法に内在する技術的な問題点の検証のためのデータを集積している。また、タワーの10高度に空気取り入れ口を設け、1時間に30回の頻度でCO₂の空間分布の測定を行い、CO₂の詳細な濃度構造から群落内のCO₂吸収・放出源の時間的な変動を考察するための情報として利用している。富士北麓での観測においては、将来的には即時的なデータ共有システムの構築を念頭において、サイトに設置されたデータ収録装置をインターネット接続したことにより、サイト外から観測状況の常時遠隔監視とデータの回収を可能とした。現状で得られている利点として、観測機器の異常の検出の迅速化やサイト利用者間のデータの共有の迅速化がある。

2007年から2011年の富士北麓サイトでのNEEおよび日積算全天日射量と日平均気温を図7に示した。ここで示したのはクローズドパス型システムにより観測された値である。富士北麓NEEの季節パターンは群落のおよそ9割を占める落葉針葉樹・カラマツの植物生理学的な季節性（フェノロジー）を強く反映する。展葉が始まる4月下旬から5月上旬まではNEEは若干の正の値（生態系から大気への放出）を示す。この時期は、顕著なNEEの日変動も起きない。これは、この時期には上層のカラマツの光合成によるCO₂の吸収がほとんど起こらず、また地温が低いため土壌からのCO₂の放出量も低いため、群落からのCO₂の吸収・放出とも低いレベルにあるからである。また群落内のCO₂濃度の鉛直構造の特徴を見ると、5月には日中に林床部にCO₂濃度の極小が現れる時期があることが分かった。林冠がカラマツの葉で覆われる前の時期には、林床まで届く日射量も多く林床植生の光合成に好適な条件が発生するとともに、地温が高く無いため土壌呼吸量も少なく、結果として林床植生の光合成によるCO₂の吸収が土壌呼吸に卓越したものと予想される。このように森林生態系群落内の吸収源・放出源の立体構造の季節的变化を考察する上では、高密度・高精度のCO₂濃度の高度分布観測データが有用であった。

5月から6月にかけてはカラマツの展葉に伴い、NEEの低下（吸収方向への変化）が急激に進行し6月にNEEの極小を示す。群落スケールのフラックス観測値をもとに計算された最大光合成速度Pmaxは6月に最大となる。一方、気温と地温の上昇に伴い生態系呼吸量は7月以降さらに上昇するため、この時期にNEEの極小が現れると考えられた。7月から9月にかけては短い時間スケールでの大きな変動が顕著である。この観測サイトにおいては、低気圧や前

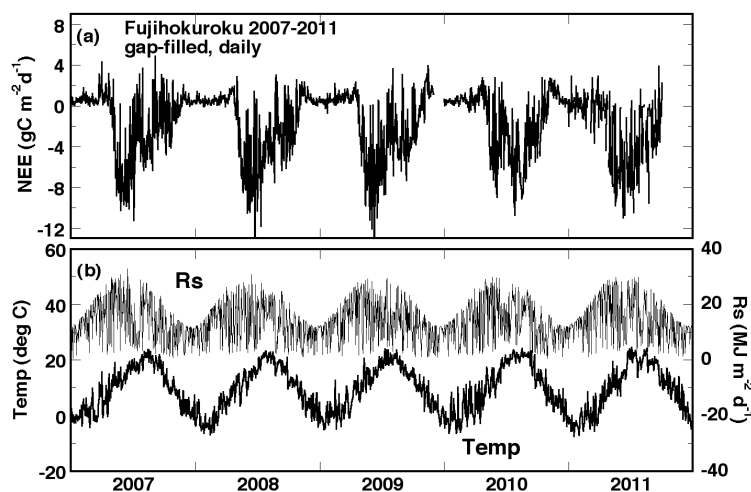


図7 富士北麓サイトで2007年から2011年に観測された(a)NEEの日値、および(b)日平均温度(Temp)と日積算全天日射量(Rs)。2010-2011年のNEEデータについてはデータ収録装置や観測センサーの故障などにより、QCの途上にあるため暫定値である。

線の通過により夏期に数日間にわたる日射量の不足が頻繁に生じ、このことが光合成によるCO₂の吸収を制限する状況が頻繁に起こるためである。

また、富士北麓のカラマツ林で観察された年々の違いの中で顕著なものの一つとして成長期間の長さの違いがある。落葉樹林においては展葉期と落葉期のタイミングの違いは年間NEEの積算量に大きな影響を与える。特に顕著なのは落葉の始まる時期は晩夏から初秋にかけての気温に大きく左右されることである。この時期に温度が低かった2009年は他の年に比べて黄葉・落葉の進行が1週間以上早かったため、成長期間も早く終了した(9月平均気温については2007年:17.9°C、2008年:16.8°C、2009年:15.3°C、2010年:17.2°C、2011年:18.7°C)。この様子は群落スケールのフラックス観測から計算されたPmaxやフェノロジーカメラから観察された黄葉・落葉の進行に顕著に現れていた。成長期の終わりのPmaxの変化を年によって比較すると、富士北麓のカラマツ林においては9月以降の最低気温が10°Cを下回る日の到来のタイミングが黄葉による光合成速度の低下の開始のタイミングと最も相関が高いことが分かった。平均的にみると富士北麓サイトはカラマツの分布域としてはこれまで観測報告例のある観測サイトの中で最も気温の高い場所にあるため、これまでに観測されたより高緯度のカラマツ林と比べて成長期間は長くなっているようである。

富士北麓のカラマツ林のCO₂交換量の長期的な観測を継続する上で、カラマツのフェノロジーに影響を与える環境因子の観測値の長期的な整合性を維持することや、生物季節的なイベントのタイミングを客観的に把握することに重点をおいている。日射計、光量子計、温湿度計、CO₂/H₂O分析計など各種センサ類については、長期的なデータの整合性を確保するために、観測サイトに設置されたセンサを研究室内で較正を行った機体と定期的に交換しローテーションをすることで、機材のコンディションを維持し、データ品質の安定化を図っている。校正設備を集約的に整備することにより、他の観測グループとの基準センサの比較が容易になるため、観測データの互換性が確保され流通性が高まることが期待出来る。また、カラマツの生物季節を客観的に評価するために、タワーの樹冠上の高さにフェノロジー観察用カメラを設置し、高頻度で自動的に樹冠上の画像を取得している。これにより、展葉・落葉のタイミングだけでなく、葉の色の時間的な変化を定量的に評価することが可能となっている。

カ. 高山 (担当: 産業技術総合研究所環境管理技術研究部門)

1993年より岐阜県高山市の乗鞍山麓にある冷温帯落葉広葉樹林サイトにおいて、タワーを用いたフラックス観測を行ってきている^{7), 8), 9)}。当サイトは樹高15-20mのミズナラ、シラカンバ類等から構成される50年以上経過した二次林であり、林床部はササが繁茂し、12月~4月には雪に覆われる。当サイトは、アジア域で最も長期に渡ってフラックス観測が行われているサイトであり、JapanFlux、AsiaFlux、Fluxnet等のフラックス観測ネットワークやJaLTERのコアサイトとしても登録され、多くの研究機関間の研究交流が活発に行われている。H22年度は、フラックス、気象、CO₂濃度、土壤環境、土壤呼吸、安定同位体比観測、生物季節観測等を継続して行った。

2011年7月下旬~12月中旬にかけて、フラックス観測で大気をCO₂分析計に導入するために使用しているポンプのダイヤフラムが劣化し、流量が通常の半分以下になっていたことが分かった。流量の劣化に伴い、短い時間スケールのCO₂濃度の変動が捉えられず、フラックスの変動が小さく見積もられている可能性が示唆された。このため、ここでは暫定的に、過去の観測から得られた平均的な気温-REおよび光合成有効放射-GPPの関係式を用いて、この間のCO₂フラックスを計算した。今後、さらに詳細な検討を行い最適な補正を行う予定である。その他の観測項目について

は、ほとんど欠測がなくデータを取得することができた。図8に2007年1月～2010年11月の高山サイトで観測されたNEEおよび日射量の日積算値、気温の日平均値の変動を示す。2011年の年平均気温は6.5℃と過去18年間（1994-2011年）の平均値とほぼ一致したが、1月および3月の平均気温は過去18年間の最低値を示し、4月まで低温傾向を示した。梅雨明けが早かったために、7月の平均気温はこの5年間で最も高く、また、11月の平均気温も最も高かったが、他の時期は平均的な値を示した。年平均日射量は、18年間の平均値

とほぼ一致したが、梅雨入り（5月下旬）、梅雨明け（7月上旬）が早かったため、6月の平均日射量は過去18年間の最低値を示し、7月の値は、平均より高めとなった。8月は天候不順であったため、この5年間で最も低かったが、9月、10月は好天であったため、この5年間で最も高い値を示した。また図には示されていないが、年降水量は過去18年間平均よりやや多く、特に8月の降水量は過去18年間の最高値を示した。

2011年の年間積算のNEPは、 234gCm^{-2} と見積もられ、過去18年間の平均値（ 243gCm^{-2} ）よりもやや少なく、この5年間では、2008年（ 276gCm^{-2} ）、2009年（ 295gCm^{-2} ）、2010年（ 295gCm^{-2} ）より少なく、2007年（ 211gCm^{-2} ）よりも多かった。2011年は冬～春に低温傾向であったため、光合成が活発化するのが遅れ、正味の CO_2 フラックスが吸収に転じる（NEEが正から負に）のが遅く、5月は正味の放出が大きかった。また、2011年は5月下旬に梅雨入りし7月上旬に梅雨明けしたもののNEEは平均的な値を示したが、8月は天候不順であったため、この5年間では8月の正味の CO_2 吸収は2008年に次いで2番目に小さかった。2010年も春季の展葉期に気温が低く、光合成が活発化するのが遅れ、正味の CO_2 フラックスが吸収に転じるのが遅かったが、夏季に好天であったため、年間積算NEPは2011年より大きくなったものと考えられる。一方、2009年は、(1)春季の気温が高く展葉時期が例年より早く正味の吸収が早く始まったこと、(2)夏季の気温が低く呼吸による CO_2 放出が弱められたこと、が原因で2010年と同程度の高い年間積算NEPを示したものと推察される。2007年は、2011年と同様に春季の気温が低かったため、展葉時期が遅く正味 CO_2 吸収の開始時期が遅かったが、さらに6～7月の日射量が平年より低く、光合成による CO_2 吸収が抑えられたため、年間積算NEPはこの5年間で最も小さくなったと考えられた。以上のように、春季～夏季の気象条件の年々の違いは、年積算NEPの年々変動を引き起こす重要な要因であることが示唆されたが、各気象要因が複雑に関係しているため、今後も観測を継続してデータを蓄積していく必要がある。

なお、当サイトでは、長期観測維持のために定期的に現地を訪問し、測器や観測タワー本体の

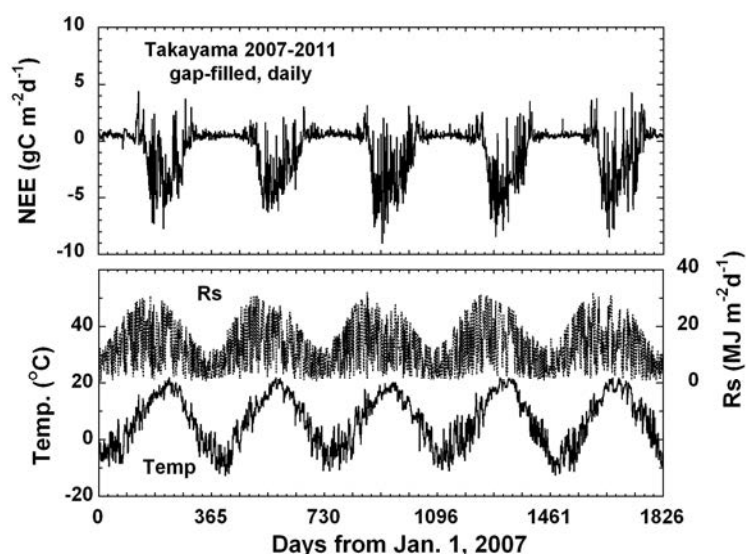


図8 高山サイトの日積算NEE（補完処理後）と日積算日射量Rs（破線）と日平均気温Temp（実線）の変動

保守・点検、データの回収等を行っているが、現地において各観測データを収録しているPCに研究所からインターネット経由で接続が可能であり、各センサーの異常を早期に検知できる体制を整備・構築しつつある。しかし、今回、フラックス観測で使用しているポンプ流量の低下に伴う、フラックス値の異常について、発見が遅れてしまった。今後、情報通信技術をさらに導入して、観測項目だけでなく、装置の異常を検知するために必要なデータを取得できるように改良するとともに、観測データを基にフラックス値を準リアルタイムに自動計算するシステムの構築を進めていく。

キ、山城（担当：森林総合研究所関西支所）

山城サイト周辺は明治期まで過剰な伐採によって数百年にわたって裸地化していたが、1900～1910年にかけて緑化工事によりアカマツ林が形成され、その後、1970年代後半にマツ枯れによってほとんどのアカマツが枯死、現在では樹齢約60年のコナラとソヨゴを主体とする落葉、常緑広葉樹が混交した二次林が成立しているという歴史的な背景を持った森林である。約1.6haの試験森林内に2本の気象観測タワーを建て、互いにデータ補完体制をとっている。地形は高低差約30mの尾根と谷に囲まれた典型的な複雑地形で、大気安定時の夜間呼吸フラックスの大部分は移流によって系外に脱出していると考えられる。また生態系呼吸量が光合成量の約90%を占めるために、NEEの推定値は呼吸量推定関数に強く依存する。そのためチャンバー法やバイオメトリック法を用いた広範囲なNEE検証が行われている。地温－呼吸量関係は摩擦速度(u_*)のしきい値に強く依存し、しきい値が高くなるにつれて呼吸量が大きくなる傾向が見られた。複数の観測の比較から求められた呼吸量関数推定時の u_* のしきい値は 0.4ms^{-1} とかなり高い値を示し、また夜間呼吸量の約80%は推定関数からの推定値に置換された。NEEの夜間呼吸量関数依存性とより高度な呼吸量推定法の必要性が暖温帯域の複雑地形森林の一つの特徴であるといえる。

2007年から2011年までの尾根タワーにおける日積算NEEの値を図9に示す。2010年の段階でバイオマスの52%が落葉広葉樹のコナラが優占種であるため、春からのNEEはコナラの展葉期である5月のはじめに急激に増加し、吸収量のピークは二次葉の展葉が終了した6月末から7月の初旬になる、その後、夏期は呼吸上昇と乾燥時の光合成量の低下の影響でいったん低下し秋期にやや吸収量が増加する傾向が見られる。

2008年は冷夏の影響で夏の低下が顕著ではなく全体の吸収量 $1.6\text{tCha}^{-1}\text{y}^{-1}$ と2000年代前半($1.2\text{tCha}^{-1}\text{y}^{-1}$)と比較すると大きな値が得られた、この傾向は2009においても変わらず、ほぼ同量の CO_2 吸収が確認された。2010年の山城試験地付近は全国でも最も気温が高い年であったために、2008, 2009年と比較すると吸収量が20%程度少ない傾向が得られた。しかしこの値も2000～2003年のNEE測定が始ま

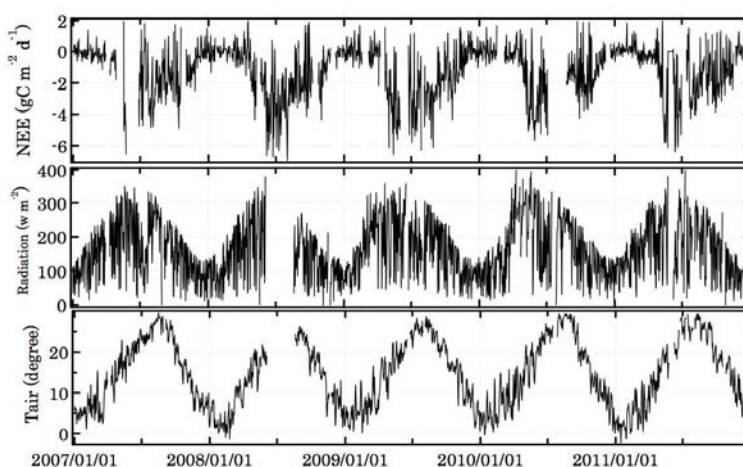


図9 山城サイトの日積算NEEと日積算日射量と日平均気温の変動

った期間と比較すると同程度であった。つまり本試験地においては温度や降水量の変動に伴うNEEの年次変動はあるものの長期的にはNEEは増加傾向にある。

本試験地においては1994年より5年ごとに全木毎木調査による樹体炭素蓄積量推定が行われているが、その結果から1994～1999年と比較すると2004～2009年では樹体への炭素蓄積量が $1.03\text{tC ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ から $1.6\text{tC ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ に増加している。これは1970年代にマツ枯れによる攪乱で生存木がほぼ全滅しその後、2004年の頃まではコナラの明瞭な優占が見られなかったが、その後2009年にかけて急速に樹冠を形成するコナラ、ソヨゴの優占と優占木による CO_2 吸収が進行したことに起因している。これらの情報から暖温帯広葉樹林においては大規模な攪乱が生じた場合、攪乱からのNEEの回復には約40年程度の期間が必要であることが明らかとなった。しかし現状のNEE値($1.6\text{tC ha}^{-1}\text{y}^{-1}$)も他の森林と比較するとやや小さな値であるため、今後森林の群落構造の変化との並行観測によって森林が攪乱を受けた場合の長期的な CO_2 吸収量の変動モニタリングを行う必要がある。

ク. 鹿北 (担当：森林総合研究所気象環境領域・九州支所)

鹿北サイトは九州北部に立地するスギ・ヒノキ人工林で、鹿北流域試験地(九州森林管理局、長生国有林)の谷筋の緩斜面に地上高50mのタワーを設置してタワーフラックスおよび微気象観測を行っている。年平均気温は 15.3°C 、年平均降水量は2130mm(2000-2007年平均)である。図10に2007～2011年の5年間の日積算NEEの季節変化を示す。2011年のNEEの季節変化は2007～2010年とおおむね同じ傾向で推移した。1月から4月にかけて徐々に CO_2 吸収量が増加し、梅雨期さらには梅雨明け後も吸収の減少が見られた。9、10月にやや吸収量が増え、12月にかけて徐々に吸収量が減少した。6～8月に吸収量が減る理由には2つの要因が考えられた。一つは6、7月の梅雨による日射量の減少が生態系生産量を減らす方向へ作用する点、もう一つには、気温の上昇が生態系呼吸量を増やす方向に作用する点である。当サイトの植生は常緑針葉樹であることから冬期でも吸収側で推移する特徴があり、季節を通しておおむね CO_2 吸収側で推移した。

当年度は鹿北サイトで使用する放射計の精度確保のため基準器(森林総研所有)との比較を行った。この基準器は、各研究グループの基準器の比較観測((4)参照)に供したものであり、特に長波放射の比較では世界基準に対するトレーサビリティを確保したものである。また、連続データ取得のためにこれまでも老朽化した機器や機器部品の交換を順次進めてきたが、当年度は CO_2 貯留変化量測定システムの更新を行った。このシステム更新によって連続計測の安定性が向上した上、老朽化トラブルによる長期欠測を未然に防ぐ効果があったと思われる。

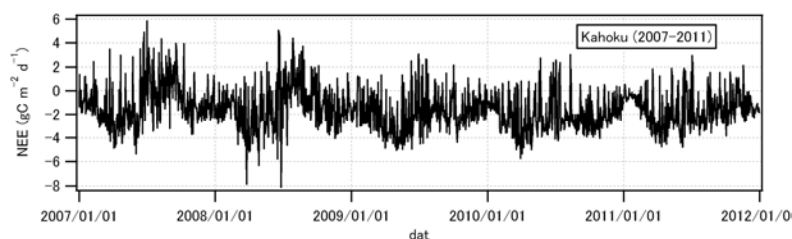


図10 鹿北サイトの日積算NEE(2007-2011年)

ケ. 江都(Jiangdu) (担当：農業環境技術研究所大気環境研究領域)

江都サイトは、中国揚子江下流域、江蘇省江都市郊外のイネ・コムギ二毛作地帯に、2006年12月に設置されたフラックス観測点である。2007年～2011年の観測期間中は、この地域の慣行に従って、11月上旬に播種したコムギを翌年5月末～6月上旬に収穫し、6月中旬に播種(2008年のみ直

播)したイネを10月下旬～11月上旬に収穫する栽培管理が行われた。江都サイトでは、休耕期間が5年間の平均で年間21日と短く、ほぼ1年を通じて作付けが行われるという特徴がある。ただし、イネおよびコムギの播種から出芽まで(それぞれ10日間程度)は、圃場内の地上部には植物がない状態となる。イネの作付期間には収穫の約1ヶ月前まで灌漑が行われ、中干し期間を除いて1～5cmの水深に保たれた。収穫に伴う作物残渣(収穫後に圃場に放置された作物の茎葉)は、2008年までは圃場内で焼却されていたが、2009年以降は行政の指導により作物残渣の焼却が禁止されたため、圃場外に搬出された。

2011年は、前年の11月4日に播種されたコムギが6月8日に収穫され、6月13日に播種されたイネが11月2日に収穫された。2011年のコムギの生育期間(前年播種日～収穫日)の平均日射量は $13.2\text{MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$ であり、2007年以降の5年間では2番目に多かったが、平均気温は 8.9°C と2番目の低温であった。一方、イネの生育期間の平均日射量は $12.4\text{MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$ 、平均気温は 22.4°C で、いずれも5年間で最少(最低)であり、2011年の年平均気温(14.5°C)も5年間の最低を記録した。2011年の日積算NEEは、前4年と同様に、コムギとイネの成長に対応した年2回の吸収のピーク(4月と8月頃)やコムギの収穫直後の大きな放出(6月上旬)を示し、イネの収穫直後にも2009、2010年と同様に小さな放出のピーク(11月上旬)がみられた(図11)。2011年は無停電電源装置(UPS)の故障により、イネの生育期間中の7月11日～23日に欠測が生じたが、欠測期間前後のNEEの日値を線形補完して作期の CO_2 収支を求めた。2011年のコムギ期の積算では、GPPが $796\text{gCm}^{-2}\text{season}^{-1}$ 、REが $426\text{gCm}^{-2}\text{season}^{-1}$ で、いずれも5年間で最小となったが、NEEは $-370\text{gCm}^{-2}\text{season}^{-1}$ で、5年間の平均値にほぼ等しかった。一方、2011年のイネ期の積算NEEは $-345\text{gCm}^{-2}\text{season}^{-1}$ で、前4年間($-452\sim-387\text{gCm}^{-2}\text{season}^{-1}$)よりも小さな吸収を示した。イネの光合成能が最も高い8月に注目すると、2011年のGPPは $330\text{gCm}^{-2}\text{month}^{-1}$ (2007～2010年は $344\sim427\text{gCm}^{-2}\text{month}^{-1}$)、REは $190\text{gCm}^{-2}\text{month}^{-1}$ ($180\sim227\text{gCm}^{-2}\text{month}^{-1}$)、NEEは $-140\text{gCm}^{-2}\text{month}^{-1}$ ($-212\sim-162\text{gCm}^{-2}\text{month}^{-1}$)で、2011年8月の寡照・低温に伴うGPPの減少が、同月および2011年のイネ期全体での CO_2 吸収量の減少につながったと考えられる。

コムギの作付期間の前半(播種から気温上昇が始まる2月頃まで)は、環境条件(気温や日射量)の年々変動は大きいですが、GPPやREの絶対値が小さいため、この期間の積算NEEの絶対値やその年々変動がコムギ期全体の CO_2 収支に及ぼす影響は小さかった。すなわち、コムギ期の CO_2 収支は主に作付期間の後半(3月～収穫)の環境条件に左右され、他年次と比べて5～6月に低温となった2008年は、REが最小($423\text{gCm}^{-2}\text{season}^{-1}$)で、NEEは吸収が最大($-425\text{gCm}^{-2}\text{season}^{-1}$)となった。コムギ期のGPPに占めるREの割合(RE/GPP)は $55\pm 3\%$ (5年間の平均値±標準偏差;以下同様)で、通常の耕地生態系で報告されている数値(60%以上)より小さな値であった。これは、江都サイトのコムギ作付期間は、生態系としての炭素利用効率が高い(光合成で獲得した炭素を呼吸で放出する割合が低い)ことを示している。

イネの作付期間は5年間の平均で134日であり、コムギの作付期間

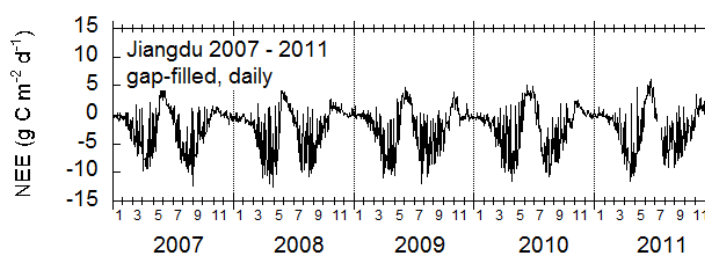


図 11 江都サイトの日積算 NEE (2007～2011 年)

(214日) よりも短かったが、イネ期のGPP ($987 \pm 51 \text{gCm}^{-2}\text{season}^{-1}$) はコムギ期 ($824 \pm 50 \text{gCm}^{-2}\text{season}^{-1}$) より大きく、NEEも $-411 \pm 45 \text{gCm}^{-2}\text{season}^{-1}$ で、コムギ期 ($-372 \pm 37 \text{gCm}^{-2}\text{season}^{-1}$) よりも吸収量が大きかった。また、イネ期のREの変動係数(標準偏差/平均値)は11%で、GPPの変動係数(5%)より大きかった。イネの収量とイネ期の積算GPPとの対応関係はよく、両者の相関係数は0.93であった。

江都サイトの休耕期間は短く(5年間平均でコムギ収穫後に9日、イネ収穫後に12日)、それぞれの期間のNEEは $29 \pm 7 \text{gCm}^{-2}\text{season}^{-1}$ 、 $18 \pm 11 \text{gCm}^{-2}\text{season}^{-1}$ であり、二つの期間の合計では $46 \pm 16 \text{gCm}^{-2}\text{season}^{-1}$ で、年間NEEの絶対値の6%に相当した。

年間のGPP、RE、NEEは、 $1822 \pm 68 \text{gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ 、 $1088 \pm 81 \text{gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ 、 $-734 \pm 18 \text{gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ であり、それぞれの変動係数は、4%、7%、2%であった。ケッペンの気候区分では江都サイトと同じ温帯湿潤気候(Cfa)に位置する真瀬サイト(単作田)と同一期間(2007~2011年)で比較すると、江都サイトの方が年間NEEの標準偏差(真瀬サイトは $28 \text{gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$)、変動係数(真瀬サイトは11%)ともに小さく、江都サイトはNEEの年々変動が小さな生態系であるといえる。特に、真瀬サイトでは同一品種が栽培されたのに対し、江都サイトでは年によって異なる品種が栽培された(2007年から順に、イネがHuai 68、WYJ21、WYJ21、Nanjing 44、Huaidao 7、コムギはYangmai 11、Yangmai 16、Yangmai 16、Yangmai 16、Yangmai 14)ことを考慮すると、品種やそれに伴う肥培管理の違いがCO₂フラックスに及ぼす影響は未解明ではあるものの、江都サイトの年間NEEの小さな年々変動は際立っている。

2008年まで江都サイトで作物残渣処理として行われた圃場内での焼却処理では、作物残渣中の炭素の一部が大気中へ一挙に放出されると同時に、未燃焼残渣や焼却灰に含まれる炭素が土壌中に還元される。一方、2009年以降のように作物残渣を圃場から搬出する処理では、作物残渣に含まれる炭素は系外に流出する(ただし、作物の根部と刈り株は土壌中に還元される)。作物残渣処理に伴う炭素移動は純生物系生産量(NBP)を算出するためには必須の項目であるが、十分な研究がなされているとはいえず、特に作物残渣の燃焼に伴う炭素放出の実測値はきわめて少ない。作物残渣処理の違いが処理後のCO₂フラックスに与える影響も含めて、今後の研究が必要である。

江都サイトのデータ処理(フラックスの計算、品質管理)は、真瀬およびマイメンシンの両サイトと共通の方法で実施した。原データの品質管理を丁寧に実施し、非定常や乱流混合が活発でない期間のデータを除去した後、FLUXNETで推奨されている品質管理を実施した。年間の平均データ欠損率は、測器の故障による欠損7%、品質管理による異常値除去36%で、両者の合計のデータ欠損率は43%であった。森林に比べると作物の成長は早いため、欠測値補完のためのパラメータは4~12日間の移動区間ごとに決定した。この5年間でフラックスおよび気象要素の連続観測に関する知識・経験が蓄積され、海外の観測サイトであっても、UPSの故障や停電などの突発的な事故を除けば欠損の少ない長期観測データが得られるようになった。また、遠隔操作によるデータの自動収集には至っていないものの、観測の省力化もある程度進んだ。一方、生態学的な調査項目については、定点観測カメラによる植生高の連続測定のように自動化の目処が立った項目もあるが、葉面積の測定は現地調査時に限られ、乾物重の測定も収穫時に限定された。フラックス観測データの利用価値を高めるために、これらの生態学的な調査項目の測定の自動化や間接的な推定法の開発が急務となっている。

コ、マイメンシン(Mymensingh) (担当：農業環境技術研究所大気環境研究領域)

バングラデシュは、耕地面積の約8割が水田として利用されている、アジアの代表的な水田地帯であり、中国、インド、インドネシアに次ぐ米の主要生産国である。マイメンシン市が位置するバングラデシュ北部はいわゆる亜熱帯(ケッペンの気候区分では温帯夏雨気候(Cwa))に属し、乾期の灌漑も可能なことから、インド型イネ(*Oryza Sativa* (L.))の二期作が行われている。現地では1~5月の乾期作はボロ(Boro)、8~12月の雨期作はアマン(Aman)と呼ばれている。本サイトはバングラデシュ農業大学内の実験用圃場に設けられているが、品種選択、栽培管理ともに慣行に近いものであった。2007~2011年の期間中、観測はほぼ順調に行われ、二期作田のNEEの挙動を明らかにすることができた。日積算NEEは、他の二つの水田フラックス観測点である真瀬サイト、江都サイトと同様の処理プログラムを用いて算出した。2008年ボロ期(2月~3月の32日間)、2009年ボロ期(3~5月の42日間)および同年のアマン期(10~12月の70日間)は超音波風速温度計(HS, Gill)の故障、2010年アマン期から2011年ボロ期にかけて(2010年9月~2011年2月の144日間)は赤外線ガス分析計(LI7500, LI-COR)の故障が原因で長期的に欠測が生じた。

マイメンシンサイトは、中緯度に位置する真瀬サイト、江都サイトに比べて気象条件の年次変動は小さく、2007、2008、2009、2010、2011年の年平均日射量は、それぞれ24.0、24.1、24.5、24.5、23.9MJm⁻²d⁻¹で、年平均気温は、それぞれ15.1、15.0、15.2、15.0、14.8°Cであった。収量は、2007、2008、2009、2010、2011年のボロ期では、それぞれ5.45、5.08、5.41、5.10、4.32tha⁻¹、アマン期では、それぞれ4.64、5.37、4.80、5.66、5.51tha⁻¹となり、極端な減収等は見られなかった。これは、安定した日射、気温条件に加え、観測サイトが海岸から300km以上離れた内陸部に位置しており洪水、暴風等の災害の影響を受けにくかったためと考えられる。

2007~2011年の日積算NEEは、年次によらず二期作に対応した明瞭な季節変化を示した(図12)。年前半のピークはボロ期、後半はアマン期にあたる。両者は品種、施肥条件が異なるが、NEEの季節変化の傾向と絶対値に大きな違いは見られなかった。これは、一定の収量を目指した栽培管理が行われていることのほか、両作期とも収穫後に稲わらの持ち出し処理が行われていることが影響していると考えられた。ただし、生育初期は若干相違があり、各年次ともアマン期でより大きい吸収NEEが見られる傾向があった。上述の比較的安定した気象条件を反映して、NEE、GPP、REともに極端に大きい年次変動は観測されなかった。作付け期間の積算NEEは、2007、2010年のボロ期がそれぞれ-315、-244gCm⁻²、2007、2008、2011年のアマン期がそれぞれ-292、-331、-360gCm⁻²であった。他方、ボロ期収穫後の休耕期間(ボロ期収穫からアマン期移植まで; 5~8月)のフラックスは、気象・管理条件の相違を反映した結果となった。2009、2010年はこの期間に最大-6~-3gCm⁻²d⁻¹程度の日積算NEEが見られた。ボロ期収穫後の休耕期間は三作目(アウス(Aus))も可能な時期に当たり、条件によっては前作の刈り株から再生した茎葉、

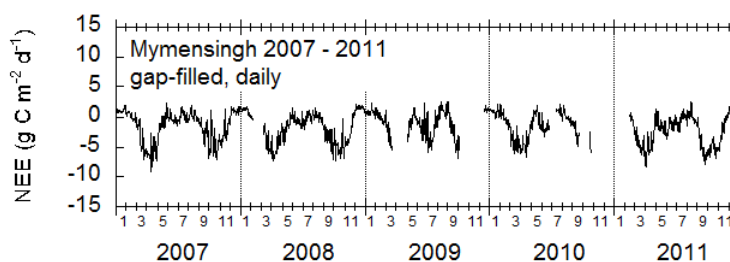


図12 マイメンシンサイトの日積算NEE(2007~2011年)

雑草類が繁茂した状態となる。2011年7月中旬の現地調査によれば、プラントキャノピーアナライザー(LAI2000, LI-COR)で測定できる植生だけでも圃場平均で約 $1\text{m}^2\text{m}^{-2}$ の植物面積指数があり、さらに水面間際に繁茂する雑草も含めると葉面積指数は1を超える。これらの植物の光合成により、休耕期間としては比較的大きな CO_2 吸収が観測されたものと考えられる。ボロ期収穫後の休耕期間の積算NEEは、2007、2008、2009、2011年がそれぞれ9、-17、-118、-103 gCm^{-2} であった。アマン期収穫後の休耕期間（アマン期収穫からボロ期移植まで；12～1月）は、日数は少ないが圃場が乾燥した状態のため有機物分解が進み、2006～2007、2007～2008、2008～2009年の積算NEEはそれぞれ28、58、59 gCm^{-2} であった。年積算NEEは、2007が-541 $\text{gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$ 、2008年が-522 $\text{gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$ であり（2009～2011年は欠測期間が長期に及んだため年積算NEEは未算出。参考までに、2006年の年積算NEEは-623 $\text{gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$ 。ただし、観測開始以前の2006年2月5日までのNEEは、同じ期間の2007～2009年の累年平均値を使用）、その内訳は、GPPが1575、1787 $\text{gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$ 、REが1034、1265 $\text{gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$ であった。

5年間の観測により、南アジアのイネ二期作田における休耕期間を含むNEEの日～季節変化および年々変化が明らかとなった。南アジアの稲作地帯におけるフラックスの長期連続測定は本研究が世界で初めて試みであり、作物学的見地からも貴重なデータである。今後は、作物生育モデル、土壌有機物動態モデル等を用いてフラックス構成要素とその変動要因について詳細な解析を行い、他の地域と併せて水田の持続的利用の条件について明らかにする予定である。本サイトは商用電源が得られる大学内の実験圃場に設置され、約10日間毎に現地スタッフによる状況確認とデータ回収を行ってきた。それにもかかわらず、測器の故障および代替機の遅配により、補完処理が困難な長期欠測が生育期間中に複数回生じた。海外サイトのデータ品質をこれまで以上に高めるためには、フラックス測定システム全体のバックアップを予め現地に準備できるような予算的裏付けが不可欠と思われる。

サ. サケラート(Sakaerat) (担当：産業技術総合研究所環境管理技術研究部門)

2012年3月現在、2012年3月までのデータが現地から回収されている。図13に2007年から2011年までの5年間についてNEEの速報値を示す。品質管理を経ていない値であるため、データの精査が必要であるが、値の範囲は過去4年間と同程度であり、欠測時以外は概ね正常な観測を行うことができたと考えられる。過年度から今年度まで両観測サイトの電源などのインフラ部分の安定化、老朽化が著しいセンサ類の交換、採気系統の改良、観測サイト構内のオンライン化をはじめとする改修を行ってきた。昨年度から今年度にかけては、観測サイト内に散在するロガー類のデータを複製、集約保管するデータ収録系の二重化を開始した。これらの改修が奏功し、2011年の年間データ取得時間は約60%まで向上した。長時間の欠測は前年10月から1月下旬まで続いたものと、2011年10-12月に大気捕集、 CO_2 分析系統周辺の障害のため生じたものの2回であった。今年度特筆すべきは過去4年間に、落雷や大雨に伴うトラブルが頻繁に発生し、長期欠測を生じやすかった雨季（5-10月）におおむね連続したデータの取得ができたことである。雨季の半ばには、サケラートのタワー周辺の林冠のほとんどを占めている*Hopea ferrea*（常緑樹）の樹冠全体が新葉で覆われ、旧葉との入れ替えをすることがタワーからのフェノロジー（植物季節）観測により分かっている。さらにその時期が、エルニーニョなどに伴う雨季前半の降雨の多寡により影響を受け、月単位でずれを生じることも観測されている。タワー周辺の土壌からの CO_2 放出も土壌水分量に依存して変化することが分かっている。さらに、熱帯の雨季には、曇天や雨天の頻度が高く、人工衛

星からの地表の観測が困難であるため、地上における連続観測による動態把握が非常に重要である。観測結果からわかることの詳細は今後の解析に譲るが、このように生物活動が活発でかつ気候変動に伴う影響を受けやすいと思われるインドシナの雨季の炭素収支について議論する基礎になりうるデータ取得が可能になった。後述するような安定した連続観測の確立により、さらなるデータ取得率向上とその長期継続を図りたい。

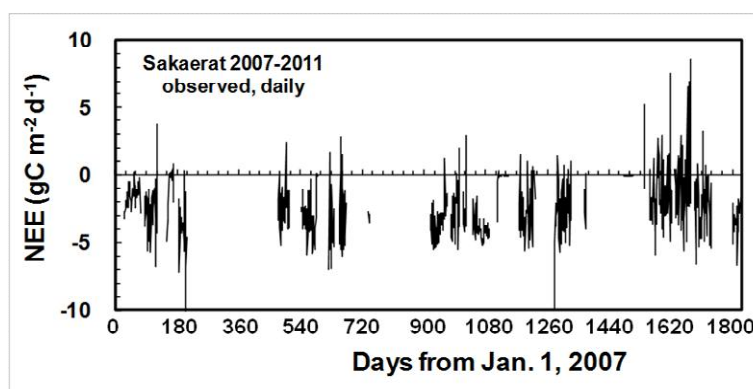


図13 サケラートサイトの日積算NEE（速報値，2007～2011年）

熱帯においては雨季を含めた通年にわたり長期の欠測なく観測を継続することが重要である。しかし、過年度から経験してきたように、熱帯の観測サイトにおいては、気象の変化が激しいこと、非常に活発な野生動物の影響を受けること、電源が不安定であることなど、日本国内の観測サイトに比べ観測環境が厳しく、急な障害の発生頻度が高い。特に、タイにおいては、雨季の初めと終わりの4-6月、9-10月に豪雨と落雷による深刻な障害が生じやすく、これに対処しなければ雨季を通じた観測は難しい。雨季の初めは日本の、雨季の終わりはタイの年度の境の繁忙期にあたり、バンコクから約300km離れた現地に頻りに赴いての保守作業が困難であるという事情もある。これらの問題を解決し、データ取得率を向上させるには、迅速な障害発見対処を可能にする遠隔からの観測システムの常時監視が必要である。また今後の長期継続のためにも、安定した無人観測を実現する必要がある。技術的側面では、次期プロジェクトにおいて、大気捕集システムを含めた観測システム全体の連続遠隔監視や、異常を検出し警報を送信する仕組みなどを開発・導入し、連続データ取得率の向上を実現させたい。

一方、モニタリングを長期継続するためには、人材面での施策も必要である。共同で観測を実施している現地機関（タイ天然資源環境省国立公園野生動植物保護局およびタイ科学技術研究院、カセサート大学など）およびタワーサイト周辺において他分野、他のテーマの研究を行っている日本の研究機関などを含む、観測地に立脚した研究コミュニティにおいて、情報交換や連携について話し合っている。過年度の報告にも繰り返し取り上げているが、現地で連続観測研究を引き継ぎ支えていく次世代の人材の不足は深刻で、早期に人材の育成をする必要がある。上記現地機関との協議を継続、人材育成を含めた研究協力協定の強化の準備を行っているところである。

(3) 観測システムの標準化

地表面と大気間の乱流フラックス観測では、主に0.1秒程度のサンプリング間隔を持つ等時間間隔の時系列データセットが用いられ、観測データファイルには超音波風速温度計、赤外線ガス分析計、温度湿度計、気圧計などの測器で測定された微気象要素が記録される。しかし、サイトや観測シリーズ毎に測定要素数、要素の種類やその記録順が異なり、さらにデータロガー毎に固有の形式で記録されるため、これらが効率的な解析処理を妨げる要因となっている（図14）。データ解析を考えたとき、これらの解析処理の標準化を妨げる要因は、性質の異なる2つの過程に集約す

ることができる。一つは、1)測定要素や測器の違いに起因して固有な処理が必要となる部分、もう一つは、2)データロガーの記録形式の違いによる部分である。主として取り組んだのは、比較的単純ではあるが手間のかかる後者2)への対応である。

まず、標準的なデータ記録方法（データファイルの仕様）を決め、データロガー毎に異なる記録形式を標準的な記録形式に変換するコンバータを作成した。処理標準化のフロントエンド部分にあたるため、コンバータはデータロガー毎に作成する必要がある。そのため、研究グループ内で比較的良く用いられているTAFMat (TEAC, Japan)形式と、TOA(Campbell, USA)形式（Campbell社製データロガーのRAWデータから二次的に作成されたデータ形式）のファイルを対象として、標準化データファイルへのコンバータを作成した。標準的なデータ記録方式の仕様は以下のようなものである。すなわち、1つの計測（原データの収録期間）に対して、「データ本体」のファイルと「データ属性」を記述したファイルの2つのファイルを作成することとした（図15、16、17）。また、この段階でデータは物理

量への変換等や、データのレコードをフラックス計算の処理単位（たとえば30分）にするなどの処理は行わず、原データに近い状態でデータの形式を揃えることを主眼に置いた。言い換えれば、コンバータが作成するファイルは、仮想的なデータロガーが出力するファイル形式に相当する。これによって、解析プログラムのデータ入力部分を共通化でき、解析プログラムの作成効率が格段に向上する。解析の標準化に関連して、今後は観測のより本質的な部分に関連する1)の事項に取り組む必要があるが、既に本研究に参画する観測サイトでは経常的なモニタリング用に実績のあるプログラムが動いていることから、プログラムのデータ渡し等に関する規約を定めるとともに、プログラムを測器や解析内容等に応じたサブルーチン群として再整備した。

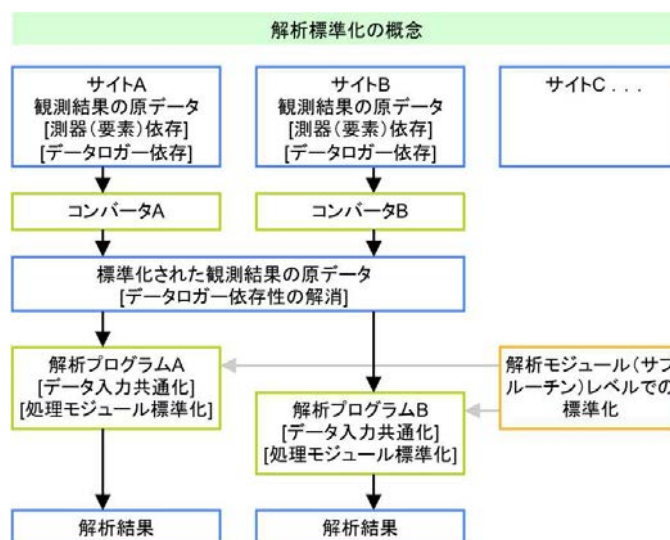


図14 解析標準化の概念

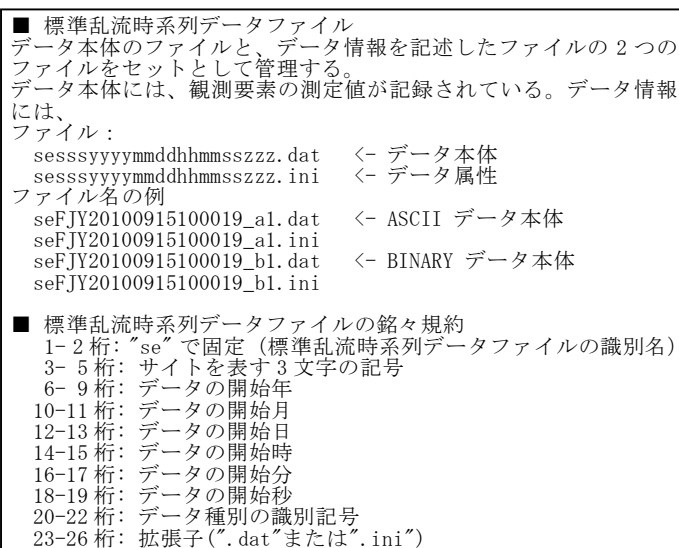


図15 データファイルの種類

■ ASCII データファイルの仕様						
format (3I10, 32E15. 7)						
yyyyymmdd	hhmmssxxx	no.	1)	2)	..	要素数)
date	time					
20100915	100019200	1	-0.4039000E+02	-0.2355000E+02	..	0.3354000E+03
20100915	100019300	2	-0.5613000E+02	-0.2351000E+02	..	0.3345000E+03
20100915	100019400	3	-0.5379000E+02	-0.3953000E+02	..	0.3357000E+03

説明：
上記の例では、レコード長を (10*3 + 15*14 + 2) = 242 byte としてランダムアクセスが可能な、ASCII データファイル。
最初の 10*3 = 30 byte は、時系列ラベルとデータ番号で、30 バイトに固定。
第 1 カラム：年月日
第 2 カラム：時分秒、ミリ秒
第 3 カラム：通番
これ以降の 15*14 = 210 byte：1 要素毎に 15 バイトでデータを表示。
要素数で可変（上記の例で要素数は 14）
最後の 2 バイトは、行デリミタ [CR/LF] で、1 レコードが行として認識できるよう行末に挿入されている。
現在の仕様では、TOA 形式ファイルからの読み込みデータ中の "NAN" は、-1E+31 に置き換えて出力される。

■ BINARY データファイルの仕様						
時系列ラベル						
データ番号		測定データ --> (要素数分)				
i4	i4	r4	r4	r4	r4	r4
:	:	:	:	:	:	:

説明：
ASCII データファイルの並びと同じように、時系列ラベルとデータ番号は 4 バイトの符号付き整数（上記の i4）で、データは IEEE 形式の 4 バイトの実数（上記の r4）で出力される。
データは、{時系列ラベル（年月日、時分秒ミリ秒）、データ番号、要素（要素数分）} を 4 倍したバイト数を持つ固定長ファイルである。
現在の仕様では、TOA 形式ファイルからの読み込みデータ中の "NAN" は、-1E+31 に置き換えて出力される。

図 16 データ本体の仕様

(4) フラックス観測サイトで用いられる放射計の比較観測実験 ～世界基準に基づく統一的な較正体制を確立するための試み～

地表面における放射量は、生態系の熱収支における最も基本的な要素であり、植物の光合成による炭素吸収量を制約する重要な因子である。しかしながら、フラックス観測の現場において、各種放射量は十分な精度で観測・評価されているとは言い難い。このことは、長期的な観測データの一貫性や、サイト間の互換性に影響を与えている。これは放射観測機器の校正に関して標準化が進んでいないことと、観測グループ間での相互比較体制が確立されていないことなどが原因となっているため、各種放射計の校正技術に関する知見の共有や実効的な相互比較実験の検討が急務となっている。短波放射を計測する全天日射計については国際的に確立された較正体制が存

```
[date_time]
start_date=20020910
start_time=095205000
time_interval(ms)=200
end_date=20020911
end_time=094443000

[original_data]
org_data_path=D:\YSTD\TEACY
org_data_filename=20910000.DAT
org_info_filename=20910000.HDR

[converter]
program=CDM3B01
version=1.0a
processed_date=20110106
processed_time=203119

[end]
```

図 17 ini ファイルの例
(seFJY20020910095205_b1.ini)

在しているが、フラックス観測のネットワークの拡大に伴い、コミュニティとして効率的な較正体制を整備する必要性が生じてきている。また、熱収支の評価に重要な長波放射を計測する赤外放射計の較正を行う体制は確立されていない。また、植物の光合成量の変動の要因として解析に用いられる重要なパラメータである光合成有効放射については、測定に用いるセンサ自体についても技術的に確立されたものとはなっていない状況である。今回の課題においては、国内外においてフラックス観測を展開する研究グループ間の共同研究として、長期的な観測データの一貫性を維持するとともに、グループ間のデータ流通性を高め、広域のフラックス観測データを用いた統合的な解析研究を高度化するための、相互比較観測に関連した協力基盤の構築と技術的な知見の集積をはかった。

全天日射量の国際的測定基準は、スイス・ダボスにある世界放射センター（WRC）で維持される世界放射基準（WRR）であり、世界気象機関（WMO）においてその較正体系が確立されている。世界放射センターの下位には地区放射センター、国内放射センターがあり、各レベルの基準器との比較較正により世界放射基準が末端の測器へと伝達される。わが国では気象庁がアジア地区放射センターおよび国内放射センターの役割を担っている。フラックス観測を実施している研究グループでは従来、全天日射計の較正をメーカーに委託するか、較正用基準器を測定現場に並置して比較する方法がとられていた。しかし、トレーサビリティの信頼性を上げるためには、よく管理された環境の中で較正体系のより上位の基準と比較することが重要である。また現場に設置している測器を定期的に取り外し、メンテナンスを行うことも必要である。そのため、平成22年度より国立環境研究所／地球温暖化研究棟屋上を比較較正のための場所として整備するとともに、較正用基準器を直接気象庁の測定基準と比較する体制に切り替えた。比較較正の方法は、WMOが定める手順にほぼ準じるものとした。

較正用基準器としてそれまでのEKO MS802Fに加えてKipp & Zonen CMP22を追加し、基準器の相互監視および維持体制をより強化した。この基準器は日射計を規定するISO 9060において市販品として最も信頼性の高いsecondary standardと呼ばれるクラスに属するものであり、同じクラスに属する日射計の中でも最も入射角特性に優れ波長範囲が広いと判断される。長波放射を計測する赤外放射計については、スイス・ダボスにある世界放射センター（WRC）で維持される世界赤外基準器群（WISG）が国際的測定基準である。しかし、現時点で少なくともわが国ではその較正体系が制度的に確立されていないため、現場で使用する赤外放射計の較正はメーカーの社検値に頼らざるを得ない状況にあった。このことは測定値のトレーサビリティという観点から大きな問題であった。これを解決するため、在来器のEKO MS202赤外放射計を平成21年度に気象庁の測定基準と比較し、WISGへのトレーサビリティを確保した。この体制により、同年度内に4成分放射計組み込み赤外放射計6台の較正を実施した。しかしながら、在来器のEKO MS202赤外放射計は、気象庁の測定基準と比較した結果、較正用基準器としては精度が必ずしも十分でないことが判明した。これは主として赤外放射計に特有のドーム効果と呼ばれる現象に起因するもので、構造的に改善は困難であった。このため、平成21年度に較正用基準器をKipp & Zonen CGR4 に変更した。購入に際しては、約半年間WRCにおいてWISGと比較較正しており、トレーサビリティの信頼性はきわめて高い。

国立環境研究所における放射計較正用基準器のトレーサビリティが確保されたことを受け、国立環境研究所地球温暖化棟の屋上に整備した較正システムを利用して、平成22年9月に最初の各種

放射計の相互比較観測実験を国立環境研究所と森林総合研究所の間で実施した(図18)。全天日射計としてはEKO MS-800(森林総研保有 2台)、Kipp&Zonen CM6(森林総研保有)、EKO MS-802(国立環境研保有)の4台を比較した。赤外放射計としてはKipp&Zonen CGR4(森林総研保有)、Eppley PIR(森林総研保有)、Kipp&Zonen CGR4(国立環境研保有)の3台を比較した。また、Li-COR LI190とEKO ML020Pの2機種 of 光量子計についても同時に設置しデータを取得した。また、今回の比較観測システムについては、比較観測用システムを設置した国立環境研究所からおよそ820mの距離にある気象庁・高層気象台から提供される短波および長波放射の観測値もリファレンス値として随時比較することが可能であるため、長期的な精度管理を効率的に行うことが可能である。今回の比較実験を起点として、機関間連携を図り、放射観測機器の世界基準にもとづく統一的な較正体系を確立することによってデータの流通性の向上がもたらされ、各機関で得られている放射観測データの統合が可能となり、既存データの活用も一層促進される。一方で、長期的な観測データの一貫性が保証されることにより、地表面での短波・長波放射の変動の定量的評価の精度が向上することも期待される。

(5) 観測マニュアル整備

タワーフラックス観測研究において高い観測スキルは不可欠で、測定原理の理解のみならず、使用する測器の特性や観測現場に応じたノウハウの蓄積があって、はじめて精度の高い観測が可能となる。実際の観測現場で初心者が必要とするノウハウは、これまで体系的にまとめたものが存在しないことから、経験豊富な本研究の担当者がこれまで蓄積したノウハウをまとめ公開することにより、フラックス観測網が拡大しつつあるアジアにおけるフラックス観測スキルの底上げをはかる。また、編集過程における情報交換を通じて、担当者相互のスキルアップにもつなげる。

2009年3月(H20年度)に、ホームページ上で日本語版の公開を開始した。その後、日本語版は随時加筆修正を行った。英語版は、日本語版を翻訳する形で編集し、2010年3月(H21年度)に、ホームページ上で公開を開始し、その後は、日本語版とともに加筆修正を行い、内容の充実を図った(図19)。現場でのノウハウ以外に、観測に必要な測器、消耗品などのリストも掲載し、観測に必要な情報を網羅するなどの工夫を行った。ホームページ上での公開とともに、英語版は紙媒体(図20)での発行(2012年2月)も行い、国内外の研究機関、大学その他、日中韓それぞれのフラックス観測ネットワークであるJapanFlux、KoFlux、ChinaFluxの事務局など、希望者及び関連機関・組織に配布した。

サーバへのアクセスログを解析した結果、マニュアルトップページへのアクセスは4546回あった。このアクセス数には、ロボット巡回アクセス、サーバ管理者によるチェック、同一アドレスからの複数回のアクセスも含まれるため、閲覧者の実数を反映していないが、マニュアルを掲載している同じカテゴリの他のページへのアクセス数の中でも多い方に分類され、外部からの関心



図18 森林総合研究所との間で行われた放射計の比較観測実験(2010年9月、国立環境研究所/地球温暖化研究棟屋)

1. 観測計画とフラックス観測サイトの選定
1.1 観測サイトの選定
1.2 インフラの整備
1.2.1 土地使用の許可取得等
1.2.2 タワー建設とメンテナンス
1.2.3 電源
1.2.4 避雷対策
1.2.5 観測小屋
1.2.6 その他
1.3 観測項目の選定
1.3.1 渦相関法(乱流変動法)観測に必須の観測項目
1.3.2 微気象・水文要素
1.3.3 生態系の構造, 基礎的特性
1章関連情報
2. 乱流系観測
2.1 超音波風速温度計
2.2 オープンパス型CO ₂ /H ₂ O分析計
2.2.1 オープンパス型分析計によるCO ₂ 濃度変動測定
2.2.2 オープンパス型分析計によるH ₂ O濃度変動測定
2.3 クローズドパス型CO ₂ 分析計
2.4 貯留変化量
2.5 簡易消集積法
2.6 データロガー
2.7 ノイズのチェックと対策
2章関連情報
3. 微気象観測
3.1 放射
3.1.1 日射量
3.1.2 長波放射量
3.1.3 正味放射量
3.1.4 光合成有効放射量(光合成有効光子量束密度)
3.2 風向・風速
3.3 気温
3.4 湿度
3.5 地温・地中熱流量
3.5.1 地温
3.5.2 地中熱流量
3.6 土壌水分
3.7 降水量(降雨・降雪)、積雪調査(積雪深・積雪重量)
3.7.1 降水量(降雨・降雪)
3.7.2 積雪調査(積雪深・積雪重量)
3.8 水位・水温・灌漑水量
3.8.1 水位
3.8.2 水温
3.8.3 灌漑・排水量
3.9 データロガー
3章関連情報
引用文献
索引

図 19 日本語版の目次

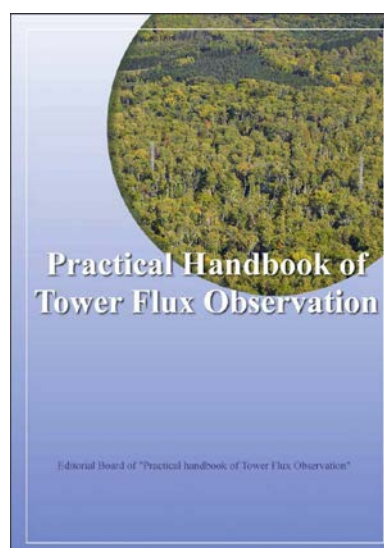


図 20 英語版（出版物）の表紙

表 5 アンケート集計結果

質問	回答	英文	和文
業種	研究・開発	231	100
	営業・販売	19	12
	学生	100	40
	その他	8	5
所属	研究機関	166	38
	大学	150	89
	企業	29	21
	その他	3	9
専門分野	気象学	153	68
	水文学	62	25
	生態学	148	37
	森林科学	78	22
	その他	33	33

の高さが伺える。アクセスは、日本を含めたアジアや精力的にフラックス研究を行っている欧米及びオセアニア以外にも、中南米や東欧からのアクセスもあり、想定以上に広範囲の国から関心が寄せられていることがわかった。

ホームページ上で公開した観測マニュアルの利用状況を把握するため、利用者に対するアンケート調査を行った。当初は、ユーザに電子メールで回答を送って貰う形式であったため、アクセス数に対してアンケート回収率が低かった。H22年度からcgiを組み込み、マニュアル閲覧前にアンケートをホームページ上で答えられるようにした。

アンケートの有効回答数は、3年間で642件、そのうち英文は435件を占める(表5)。利用者は学生が3割弱、大半は研究に携わっていたが、翻訳業などの利用者もいた。所属は、全体では大学が最も多かったが、英語版の回答者は、わずかに研究機関所属の利用者が多かった。専門分野は、

気象、次に生態分野が多かった。特に日本語版回答者は、気象分野と生態分野の差は5名と僅かであった。その他、土壌学、大気化学、海洋学、建築、リモセンなど、幅広い分野の利用者がいた。興味のある節に対する質問では、2章乱流観測のオープンパスCO₂/H₂O分析計、3章の微気象観測、特に放射、風向・風速、気温、データロガーの節への関心が特に高かった。オープンパスCO₂/H₂O分析計は、消費電力が小さく、比較的容易に測定を始められることから、近年、インフラが充実していないサイトや、十分なメンテナンスができないサイトでのCO₂フラックス測定に用いられるケースが多いことが、オープンパスCO₂/H₂O分析計の節への関心が高かった理由と考えられる。また、当初想定していたフラックス観測従事者のみならず、生態学にかかわるユーザの利用が多かったことが、3章に対する関心の高さの背景にあると考えられる。

アクセスログとアンケート集計の結果、アジアにおけるフラックス観測スキルの向上のためのマニュアル作成という、当初の目的は達せられたことを示している。また、ホームページ上での公開により自由にアクセスできた結果、生態学などの分野、アジアのみならず、ヨーロッパ、オセアニア、南北アメリカの広範囲の地域からの関心も示されるなど、想定以上の関心が示されたことから、今後、その波及効果も期待される。

(6) 観測データの共有

全球地球観測システム (GEOSS) 10年実施計画の中でデータ共有の促進についての主要原則が定められている。各独法機関においてもGEOSSや「地球観測の推進戦略」のデータ共有のポリシーに基づきモニタリングデータの公開を進めている。データ公開の方法と範囲はデータ保有機関が個別に決定する事項であり、公開の状況は機関や観測サイトごとに様々である。公開可能なデータから早期の公開を目指している。プロジェクト内サイトも次第に公開を進めており、研究所のDBやAsiaFlux DBなどによりデータ公開を進めてきた。現在のデータ公開状況を表6に示す。各サイトでは逐次データ更新を行う方針で作業を進めている。また、プロジェクト内の多くのサイトはAsiaFluxおよびJaLTER登録され、分野間連携もなされている。

表6 データの公開状況

	森林総合研究所			農業環境技術研究所			産業技術総合研究所		国立環境研究所
	富士吉田	札幌・安比・山城	鹿北	真瀬	江都	マイメンシン	高山	サケラート	富士北麓
研究所DB	2000-05 ¹⁾		2000-03 ¹⁾	2001-05 ²⁾ (2006-09:準備中)	—	— (2007-09:準備中)	1993-2009 ³⁾	—	—
AsiaFluxDB ⁴⁾	2000	—	—	2001-05	サイト情報のみ	— (2007-09:準備中)	1993-2007	2001-04	(2006-09: 2012年内に公開予定)
その他	JaLTER ⁷⁾ 準サイト(札幌, 富士吉田, 山城)			CEOPつくばリファレンスサイト ⁵⁾ ; 2007-10:一部公開 JaLTER ⁷⁾ 準サイト			CO ₂ 濃度: (WMO/WDCGG ⁶⁾ : 1993-2008) JaLTER ⁷⁾ コアサイト		JaLTER ⁷⁾ 準サイト

1) FFPRI FluxNet データベース (<http://www2.ffpri.affrc.go.jp/labs/flux/data.j.html>)

2) エコシステムデータベース (<http://ecomdb.niaes.affrc.go.jp/>)

3) 共同研究者対象 (<http://staff.aist.go.jp/n.saigusa/>)

4) AsiaFlux Database (<https://db.cger.nies.go.jp/asiafluxdb/>)

5) CEOPつくばリファレンスサイト (<http://www.geoenv.tsukuba.ac.jp/~ceoptsukuba/J/indexJ.html>)

6) 世界気象機関温室効果ガス世界資料センター(WMO/WDCGG)DB (<http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/>)

7) 長期生態学研究ネットワーク Japan Long Term Ecological Research (<http://www.jalter.org/>)

5. 本研究により得られた成果

本研究に参画する独立行政法人4機関の運営する国内8ヶ所のタワーフラックスサイトを長期生態系モニタリングサイトとして整備するとともに、アジア地域の海外3サイトも含めた長期観測を

継続しデータを蓄積した。これらのサイト群は、アジア地域の中でも観測の一貫性と継続性において抜きん出ている。国内サイトについては長期観測の実績を背景に品質管理された連続データの蓄積が進んでおり、観測サイト群としてより効率的な運営のために様々な標準化を進めた。アジア地域のサイトについては、機器の維持管理などに必ずしも十分でない点がある。国内の観測で蓄積したノウハウをもとに、ICT技術の活用とカウンターパートの育成を進めることにより、精度の高い観測を継続する必要がある。蓄積されているデータの公開は次第に進みつつ有り、データ共有の促進がはかられた。

各サイトの観測システムの現況を整理して相互比較を行った結果、実際には観測・解析システムに違いが生じていた。フラックスデータの相互比較や利用を行うために、測定方法や解析方法をできるだけ揃えて測定データに近い段階でデータファイル形式を共通化する、解析処理のプロトタイプを示した。測定を精緻化するために、新規フラックス観測サイトの立ち上げや観測機器類の維持に貢献できる「フラックス観測マニュアル（英語版）」を出版し、日本語版とともにホームページ上で公開した。

6. 引用文献

- 1) Mizoguchi, Y., Miyata, A., Ohtani, Y., Hirata, R. and Yuta, S. (2009): Review of tower flux observation sites in Asia. *J. For. Res.*, 14, 1-9.
- 2) Webb, E.K., Pearman, G.I. and Leuning, R. (1980) : Correction of flux measurements for density effects due to heat and water vapour transfer. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 106, 85-100.
- 3) Vickers, D. and Mahrt, L. (1997) : Quality control and flux sampling problems for tower and aircraft data. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 14, 512-526.
- 4) K. Kitamura, Y. Nakai, S. Suzuki, Y. Ohtani, K. Yamanoi, T. Sakamoto (accepted) Interannual variability of net ecosystem production for a broadleaf deciduous forest in Sapporo, northern Japan. *Journal of Forest Research* (in press)
- 5) Yasuda, Y., Saito, T., Hoshino, D., Ono, K., Ohtani, Y., Mizoguchi Y. and Morisawa, T. : Carbon balance in a cool-temperate deciduous forest in northern Japan: seasonal and interannual variations, and environmental controls of its annual balance. *Journal of Forest Research* (in press)
- 6) 小野圭介, 平田竜一, 間野正美, 宮田明, 三枝信子, 井上義男 (2007) : オープンパス型とクローズドパス型の渦相関法によるCO₂フラックスの系統的差異と密度変動補正の影響. *農業気象*, 63(3), 139-155.
- 7) Yamamoto, S., Murayama, S., Saigusa, N. and Kondo, H. (1999) : Seasonal and inter-annual variation of CO₂ flux between a temperate forest and the atmosphere in Japan. *Tellus*, 50B, 402-413.
- 8) Saigusa, N., Yamamoto, S., Murayama, S. Kondo, H. and Nishimura, N. (2002) : Gross primary production and net ecosystem production of a cool-temperate deciduous forest estimated by the eddy covariance method. *Agric. Forest Meteorol.*, 112, 203-215.
- 9) Saigusa, N., Yamamoto, S., Murayama, S. and Kondo, H. (2005) : Interannual variability of carbon budget components in an AsiaFlux forest site estimated by long-term flux measurements. *Agric. Forest Meteorol.*, 134, 4-16.

[研究成果の発表状況]

(1) 誌上発表 (学術誌)

- ① K. Ono, M. Mano, A. Miyata and Y. Inoue: *Journal of Agricultural Meteorology*, 64, 3, 121-130 (2008)
 “Applicability of the planar fit technique in estimating surface fluxes over flat terrain using eddy covariance”
- ② Y. Kominami, M. Jomura, M. Dannoura, Y. Goto, K. Tamai and T. Miyama et al. : *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(5), 723-737 (2008)
 “Biometric and eddy-covariance-based estimates of carbon balance for a warm-temperate mixed forest in Japan”
- ③ M. Dannoura, Y. Kominami, H. Oguma and Y. Kanazawa : *Plant Root*, 2, 14-18 (2008)
 “The development of an optical scanner method for observation of plant root dynamics”
- ④ H. Iwata, J. Asanuma, Y. Ohtani, Y. Mizoguchi and Y. Yasuda : *Journal of Agricultural Meteorology*, 65, 1-9 (2009)
 “Vertical Length Scale of Transporting Eddies for sensible Heat in the Unstable Roughness Sublayer Over a Forest Canopy”
- ⑤ Y. Mizoguchi, A. Miyata, Y. Ohtani, R. Hirata and S. Yuta : *J. Forest Res.*, 14, 1-9 (2009)
 “Review of tower flux observation sites in Asia”
- ⑥ 溝口康子 : *森林総研研報*, 8(1), 1-50 (2009)
 「林床におけるCO₂放出フラックスの変動特性に関する研究」
- ⑦ 清水貴範、玉井幸治、清水晃 : *九州森林研究*、62, 150-151 (2009)
 「複雑地形上の森林で算出されるCO₂フラックスと座標変換法との関係について」
- ⑧ J. B. Fisher, Y. Malhi, M. Gamo, H. Kondo et al. : *Global Change Biology*, 15, 2694-2714 (2009)
 “The land-atmosphere water flux in the tropics”
- ⑨ T. Motohka, K. N. Nasahara, A. Miyata, M. Mano and S. Tsuchid : *International Journal of Remote Sensing*, 30(17), 4343-4357 (2009)
 “Evaluation of optical satellite remote sensing for rice paddy phenology in monsoon Asia using a continuous in situ dataset”
- ⑩ Y. Harazono, K. Chikamoto, S. Kikkawa, T. Iwata, N. Nishida, M. Ueyama, Y. Kitaya, M. Mano and A. Miyata : *Journal of Agricultural Meteorology*, 65(4), 365-374 (2009)
 “Applications of MODIS-visible bands index, greenery ratio to estimate CO₂ budget of a rice paddy in Japan”
- ⑪ T. Ohtsuka, N. Saigusa and H. Koizumi : *Global Change Biology*, 15, 1015-1024 (2009)
 “On linking multiyear biometric measurements of tree growth with eddy covariance-based net ecosystem production”
- ⑫ H. Muraoka, N. Saigusa, K. N. Nasahara, H. Noda, J. Yoshino, T. M. Saitoh, S. Nagai, S. Murayama and H. Koizumi : *J. Plant Res.*, 123, 4, 563-576 (2010)

- “Effects of seasonal and interannual variations in leaf photosynthesis and canopy leaf area index on gross primary production of a cool-temperate deciduous broadleaf forest in Takayama, Japan”
- ⑬ S. Murayama, C. Takamura, S. Yamamoto, N. Saigusa, S. Morimoto, H. Kondo, T. Nakazawa, S. Aoki, T. Usami and M. Kondo : *J. Geophys. Res.*, 115, D17304, doi:10.1029/2009JD013626 (2009)
- “Seasonal variations of atmospheric CO₂, δ¹³C and δ¹⁸O at a cool temperate deciduous forest in Japan: Influence of Asian Monsoon”
- ⑭ T. Maeda, M. Gamo, H. Kondo, S. Panuthai, A. Ishida, S. Nagai and S. Okamoto : *Tropical Forestry Change in a Changing World, Vol. 3: GIS/GPS/RS: Applications in Natural Resources and Environmental Management*, 167-181 (2010)
- “Leaf phenology detected by fixed view camera images in a tropical seasonal forest at Mae Klong, Thailand”
- ⑮ Y. Mizoguchi, Y. Ohtani, T. Aoshima, A. Hirakata, S. Yuta, S. Takanashi, H. Iwata and Y. Nakai : *森林総合研究所研究報告*, 9(3), 103-110 (2010)
- “Comparison of the characteristics of five quantum sensors”
- ⑯ G.H. Han, Y. B. Sim, H. Yoshikoshi, and A. Miyata : *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.*, 53(6), 774-783 (2010)
- “Simultaneous determination of carbon isotopic signature of CO₂ and methane exchanged between the paddy ecosystem and the atmosphere under natural conditions”
- ⑰ Y. Mizoguchi, Y. Ohtani, Y. Nakai, S. Takanashi, H. Iwata, Y. Yasuda, T. Nakano, T. Yasuda and T. Watanabe : *富士山研究*, 5, 1-9 (2011)
- “Climatic characteristics of the Fujiyoshida forest meteorology research site”
- ⑱ S. Hossen, M. Mano, A. Miyata, M.A. Baten, and T. Hiyama : *Hydrol. Process.*, DOI: 10.1002/hyp.8232 (2011)
- “Surface energy partitioning and evapotranspiration over a double-cropping paddy field in Bangladesh”
- ⑲ S. Nagai, T. Maeda, M. Gamo, et al.: *Planet Ecology & Diversity*, 4, 1, 79-89, (2011)
- “Using digital camera images to detect canopy condition of deciduous broad-leaved trees”
- ⑳ 石田厚, 前田 高尚 : *海外の森林と林業*, 81, 3-7, (2011)
- 「タイ熱帯季節林の多様性と生理機能」
- ㉑ Y. Yasuda, T. Saito, D. Hoshino, K. Ono, Y. Ohtani, Y. Mizoguchi and T. Morisawa : *Journal of Forest Research* (2012)
- “Carbon balance in a cool-temperate deciduous forest in northern Japan: seasonal and interannual variations, and environmental controls of its annual balance” (in press)
- ㉒ Y. Mizoguchi, Y. Ohtani, S. Takanashi, H. Iwata, Y. Yasuda and Y. Nakai : *Journal of Forest Research* (2012)
- “Seasonal and interannual variation in net ecosystem production of an evergreen needleleaf forest in Japan” (in press)
- ㉓ K. Kitamura, Y. Nakai, S. Suzuki, Y. Ohtani, K. Yamanoi and T. Sakamoto : *Journal of Forest*

Research (2012)

“Interannual variability of net ecosystem production for a broadleaf deciduous forest in Sapporo, northern Japan” (in press)

②④ Y. Kominami, M. Jomura, M. Ataka, K. Tamai and T. Miyama : Journal of Forest Research (2012)

“Heterotrophic respiration causes seasonal hysteresis in soil respiration in a warm-temperate forest” (in press)

②⑤ M. Jomura, Y. Kominami and M. Ataka : Journal of Forest Research (2012)

“Differences between coarse woody debris and leaf litter in the response of heterotrophic respiration to rainfall events” (in press)

②⑥ 小野圭介 : 生物と気象 (2012)

「地表面フラックス推定のための密度変動補正」(印刷中)

(2) 口頭発表

H19(2007)～H21(2009)年度 : 42 件 (H21 年度報告書で報告済み)

H22(2010)年度 : 20 件 (H22 年度報告書で報告済み)

H23(2011)年度分

① 村山昌平、近藤裕昭、三枝信子、山本晋、高村近子、森本真司、石戸谷重之、宇佐美哲之 : 日本地球惑星科学連合 2011 年大会 (2011)

「飛騨高山冷温帯落葉広葉樹林サイトにおける大気中 CO₂ 濃度及び安定同位体比の長期観測」

② 山野井克己、大谷義一、溝口康子、安田幸生、中井裕一郎、北村兼三、高梨聡、小南裕志、深山貴文、荻野裕章、清水貴範、玉井幸治、中野隆志 : 日本地球惑星科学連合 2011 年大会 (2011)

「微気象観測ネットワークによる日本の森林における炭素吸収量の長期モニタリング」

③ 宮田明 : 日本地球惑星科学連合 2011 年大会 (2011)

「真瀬水田フラックス観測点の 10 年一何年間観測すれば十分なのか」

④ 三枝信子 : 日本地球惑星科学連合 2011 年大会 (2011)

「アジア陸域炭素循環の長期・広域評価における地上観測の役割」

⑤ 和田龍一、竹村匡弘、大内麻衣、中山智喜、松見豊、高梨聡、中井裕一郎、北村兼三、栗田直幸、藤吉康志、村本健一郎、檜山哲哉、井上元、児玉直美、中野隆志 : 日本地球惑星科学連合 2011 年大会 (2011)

「レーザー分光同位体計測装置を使用した森林内二酸化炭素および水蒸気同位体比のリアルタイム計測」

⑥ 村山昌平、近藤裕昭、石戸谷重之、山本晋、三枝信子 : 日本気象学会 2011 年秋季大会 (2011)

「飛騨高山サイトにおける森林内 CO₂ 濃度の日内振幅の長期変動」

⑦ 村山昌平、石戸谷重之、近藤裕昭、宇佐美哲之、高村近子、近藤美由紀、中澤高清、青木周司 : 第 17 回大気化学討論会 (2011)

「飛騨高山森林観測サイトにおける土壌空气中 CO₂ の炭素安定同位体比の季節変動」

⑧ M. Kondo, K. Ichii, M. Ueyama, R. Hirata, Y. Mizoguchi and N. Saigusa : FLUXNET and

Remote Sensing Open-Workshop, 2011

“Model based analysis of biomass growth curve using eddy covariance observation and biometric observation”

⑨ N. Saigusa : The 3rd iLEAPS Science Conference, Garmisch-Partenkirchen, Germany, 2011

“Role of ground observation networks with phonological monitoring for long-term and continental scale carbon budget estimations in East Asia”

⑩ S. Murayama, H. Kondo, T. Maeda, N. Saigusa, S. Ishidoya, S. Yamamoto: GEO-Carbon Conference: Carbon in a changing world, Rome, Italy, 2011

“Long-term measurements of carbon budget in forest ecosystems at AIST stations in Japan and Thailand”

⑪ K. Ichii, Y.-H. Lee, W. Ju, M. Kondo, A. Ito, T. Sasai, T. Suzuki, M. Ueyama, J. Kim, J. Asanum, S.-J. Han, T. Hirano, R. Hirata, H. Kwon, Y.-N. Li, T. Maeda, A. Miyata, Y. Mizoguchi, M. Matsuura, S. Murayama, Y. Nakai, T. Ohta, T.M. Saitoh, N. Saigusa, K. Takagi, T. Tang, H.-M. Wang, Y-P. Zhang and F-H. Zhao : AsiaFlux Workshop 2011, Johor Bahru, Malaysia, 2011

“Lessons learned from CarboEastAsia MIP: Current status of terrestrial carbon cycle modeling in Asia”

⑫ N. Saigusa, S-G. Li., H. Kwon, K. Takagi, J. Hong, R. Ide, M. Kang, Z. Leiming, M. Ueyama, J. Asanuma, S-J. Han, T. Hirano, R. Hirata, Y-N. Li, T. Maeda, A. Miyata, Y. Mizoguchi, S. Murayama, Y. Nakai, T. Ohta, T.M. Saitoh, H-M. Wang, G-R. Yu, Y-P. Zhang and F-H. Zhao : AsiaFlux Workshop 2011, Johor Bahru, Malaysia, 2011

“Spatial and temporal patterns of the carbon budget in Asia and the uncertainty caused by different gap-filling procedures”

⑬ K. Takagi, R. Hirata, K. Ono, N. Saigusa, M. Gamo, T. Maeda, S. Murayama, Y. Nakai, Y. Takahashi, et al.: AsiaFlux Workshop 2011, Johor Bahru, Malaysia, 2011

“Inter-site comparison of ecosystem physiological parameters of Asian forest”

⑭ T. Maeda, S. Panuthai, T. Artchawacom, et al.: AsiaFlux Workshop 2011, Johor Bahru, Malaysia, 2011

“Leaf phenology in a tropical monsoonal evergreen forest at Sakaerat, Thailand, detected by fixed view camera images - influence of climate on the delay of green-up in 2009 -“

⑮ M. Kang, J. Kim, M. Gamo, H. Kondo, N. Saigusa, et al.: AsiaFlux Workshop 2011, Johor Bahru, Malaysia, 2011

“A new gap-filling strategy for evapotranspiration”

⑯ H.-J. Lim, Y.-H. Lee, K. Ichii, H. Kwon, H. Kondo: AsiaFlux Workshop 2011, Johor Bahru, Malaysia, 2011

“An evaluation of community lang model (CLM) 3.5-CN over temperate deciduous forest”

⑰ K. Yamanoi, Y. Mizoguchi, Y. Yasuda, Y. Ohtani and T. Watanabe : AsiaFlux Workshop, Johor Bahru, Malaysia, 2011

“Footprint for carbon dioxide flux in several sites of FFPRI Fluxnet”

⑱ Y. Mizoguchi, Y. Yasuda, Y. Ohtani, T. Watanabe and K. Yamanoi : AsiaFlux Workshop, Johor

Bahru, Malaysia, 2011

“Simplified method of estimating photosynthetically Active Radiation from basic meteorological data”

⑲ A. Miyata, M. Mano, K. Ono, T. Takimoto, G. H. Han, T. Yamada, H. Nagai, Y. Kobayashi, H. Yoshikoshi, and Y. Harazono : AsiaFlux Workshop 2011, Johor Bahru, Malaysia, 2011

“Stability in ecosystem carbon budget of rice paddy field based on long-term flux measurement”

⑳ K. Ono, M. Mano, A. Maruyama, T. Kuwagata, K. Hayashi, and A. Miyata : AsiaFlux Workshop 2011, Johor Bahru, Malaysia, 2011

“An analysis of canopy-scale relationship between photosynthesis and stomatal conductance in an irrigated rice paddy”

㉑ H. Kondo, S. Murayama, T. Maeda, N. Saigusa, S. Ishidoya, S. Yamamoto: 8th GEO-plenary, Geneva, Switzerland, 2011

“Contribution of AIST to AsiaFlux”

㉒ 中井裕一郎、高梨聡、北村兼三、溝口康子、大谷義一、中野隆志、安田泰輔：富士山セミナー2011（2011）

「富士山麓アカマツ林のCO₂収支観測と最近の実態速報」

㉓ 滝本貴弘、間野正美、小野圭介、宮田明：日本農業気象学会関東支部 2011 年度例会（2011）

「真瀬水田における GPP の年々変動とその要因」

㉔ H. Kondo, S. Murayama and H. Muraoka: 14th Takayama seminar held jointly with JSPS-NRF-NDFC A3 Foresight Program, Gifu, Japan, 2012

“Discussions on data sharing and its policy”

㉕ S. Ishidoya, S. Murayama, C. Takamura, S. Aoki, T. Nakazawa, H. Kondo and N. Saigusa: 14th Takayama seminar held jointly with JSPS-NRF-NDFC A3 Foresight Program, Gifu, Japan, 2012

“Application of atmospheric O₂/N₂ ratio to the estimation of Gross Primary Production (GPP) and Ecosystem Respiration (RE) at Takayama site”

㉖ 溝口康子、安田幸生、大谷義一、渡辺力、山野井克己：日本農業気象学会 2012 年全国大会（2012）

「光合成有効放射量推定方法の検討」

㉗ 山野井克己、溝口康子、安田幸生、大谷義一、渡辺力：日本農業気象学会 2012 年全国大会（2012）

「森林群落への Hsieh モデルの適用によるスカラーフラックスのフットプリント解析」

㉘ 間野正美：日本農業気象学会 2012 年全国大会（2012）

「定点観測カメラを用いて水稻の植生高を連続測定する試み」

㉙ 小野圭介、平田竜一、間野正美、宮田明：日本農業気象学会 2012 年全国大会（2012）

「オープンパス型ガス分析計の光路近傍で生じる温度変動がフラックス測定値に及ぼす影響」

㉚ T. Takimoto, M. Mano, K. Ono, A. Miyata, M.A. Baten, and J. Zhu : International Symposium on Agricultural Meteorology (ISAM2012), Sakai, Japan, 2012

“Factors controlling gross primary production at rice paddy field in Asia”

③① 山野井克己、溝口康子、宇都木玄、安田幸生、櫃間岳、星野大介、中井裕一郎、北村兼三、高梨聡、大谷義一、中野隆志、小南裕志、深山貴文、萩野裕章：日本森林学会全国大会(2012)

「温帯域における森林炭素収支の長期モニタリング —森林総研フラックスネットワークの10年の観測—」

③② 北村兼三、萩野裕章、中井裕一郎、溝口康子、大谷義一：日本森林学会全国大会(2012)

「九州のスギ・ヒノキ人工林におけるCO₂フラックス観測」

③③ 中井裕一郎、高梨聡、溝口康子、大谷義一、北村兼三、山野井克己、安田幸生、小南裕志、深山貴文、清水貴範、渡辺力、齋藤武史：日本森林学会全国大会(2012)

「タワーデータから算定した群落炭素収支機能パラメータ」

③④ 前田高尚：第123回日本森林学会大会(2012)

「タイ低地熱帯季節林の森林機能とその多様性 (3) 樹木のフェノロジーと森林の炭素フラックス特性」

③⑤ S. Takanashi, Y. Nakai, K. Kitamura, Y. Kominami, M. Dannoura, K. Takahashi and T. Nakano : The 5th East Asian Federation of Ecology Societies International Congress, Ohtsu, Japan, 2012

“Automated continuous measurements of ¹³CO₂ concentration and flux from soils in a cool-temperate coniferous forest using a tunable diode laser spectrometer”

③⑥ Y. Kominami, Y. Wada, M. Ataka, R. Sasaki, K. Yoshimura, M. Dannoura, M. Jomura and C. Uematsu : The 5th East Asian Federation of Ecology Societies International Congress, Ohtsu, Japan, 2012

“Controlling factors of forest management on NEP at deciduous forest in Japan”

③⑦ A. Miyata, M. Mano, K. Ono, T. Fumoto, T. Takimoto, and G. H. Han : 30th Conference on Agricultural and Forest Meteorology/First Conference on Atmospheric Biogeosciences, Boston, USA, 2012

“A Decade of Study on Carbon Dioxide Exchange and Methane Emission at Paddy Field in Central Japan” (アブストラクト提出済み)

(3) 出願特許

なし

(4) 受賞等

① 日本農業気象学会論文賞：「オープンパス型渦相関法におけるCO₂フラックスのデータ精度ならびに品質評価に関する研究」間野 正美・宮田 明・永井秀幸・山田智康・小野圭介・小林義和（農業環境技術研究所）・齋藤誠（筑波大学）・安田幸生（森林総合研究所）（2009年3月25日）

② 日本農業気象学会論文賞：「Applicability of the planar fit technique in estimating surface fluxes over flat terrain using eddy covariance」小野圭介・間野 正美・宮田 明・井上吉雄（農業環境技術研究所）（2010年3月17日）

③ H. Muraoka, N. Saigusa, K. N. Nasahara, H. Noda, J. Yoshino, T. M. Saitoh, S. Nagai, S. Murayama, H. Koizumi: JPR 論文賞 (社) 日本植物学会 (2011)

“Effects of seasonal and interannual variations in leaf photosynthesis and canopy leaf area index on gross primary production of a cool-temperate deciduous broadleaf forest in Takayama, Japan” J. Plant Res. 123, 563-576 (2010)

(5) 一般への公表・報道等

- ① 成果の記者発表：三枝信子、近藤裕昭 「アジアの森林における二酸化炭素吸収・放出の多点観測 - 森林吸収量の気候との関係や変動の実態を解明 -」 (2008年4月23日)
- ② 朝日新聞 (2008年9月21日、九州版 (一面) および全国版、インターネット版)
- ③ サケラートフラックス観測サイトにおいて、タイ国政府観光庁大阪事務所主催による現地共同取材 (2010年3月24日、読売新聞、毎日新聞、産経新聞、大阪日日新聞、中日新聞ほか)
- ④ 2010年8月に日本科学未来館において一般市民向けシンポジウム「平成22年度産総研環境・エネルギーシンポジウムシリーズ 1 温室効果気体の動態解明とその管理のための技術をめざして」を開催し、当シンポジウムにおいて、当研究課題に関連する研究成果を紹介し、その普及を図った。

前田高尚：「樹冠定点映像を用いた森林のフェノロジー観測」

村山昌平：「安定同位体比測定による温室効果気体の循環の解明」

- ⑤ NTTグループ広報誌「365°」(2011年1月、30号、特集「環境問題を支えるICTの役割 CO₂という難敵に立ち向かう」の中で「山全体がCO₂を吸い込む」と題してフラックス観測ネットワークが紹介された。)

(6) その他成果の普及、政策的な寄与・貢献について

- ① Practical Handbook of Tower Flux Observation (ISBN: 978-4-905304-04-3) 発行 (2012.2) し、大学・公的研究機関等へ配布した。同様の内容で、ホームページ (日本語版：http://www2.ffpri.affrc.go.jp/labs/flux/manual/manual_index_j.html 英語版：http://www2.ffpri.affrc.go.jp/labs/flux/manual/manual_index_e.html) で公開した。
- ② 欠損データの補間方法やその問題点について、国内の関係者から情報を収集してとりまとめた結果を、ChinaFLUX Training Course 2009 (July 28 - August 1, 2009, Xining, China) で報告した。
- ③ 2010年5月林野庁において、森林総合研究所フラックスネットの5サイトおよびその観測成果の紹介をポスター展示した。