

S-1 21世紀の炭素管理に向けたアジア陸域生態系の統合的炭素収支研究

テーマI ボトムアップ（微気象・生態学的）アプローチによる

陸域生態系の炭素収支解析に関する研究

(2) 草原・農耕地生態系における炭素収支の定量的評価に関する研究

5) 農耕地生態系における炭素収支の定量的評価

独立行政法人農業環境技術研究所 大気環境研究領域	宮田明
独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構九州沖縄農業研究センター 暖地温暖化研究チーム	大場和彦
岡山大学 大学院環境学研究科	岩田徹・山本晋

〈研究協力者〉 独立行政法人農業環境技術研究所 大気環境研究領域

小林義和・間野正美
永井秀幸・山田智康
小野圭介
Gwang Hyun Han

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構九州沖縄農業研究センター

暖地温暖化研究チーム	丸山篤志
九州大学大学院農学研究院	吉越恆
岡山大学 大学院環境学研究科 環境理工学部	滝本貴弘・伊野部京子 三浦健志・大滝英治

平成14～18年度合計予算額 26,083千円

(うち、平成18年度予算額 4,900千円)

※上記予算額には、間接経費 6,018千円を含む

[要旨] モンスーンアジアを代表する農耕地生態系であり、国内でも広い作付け面積を占める水田および牧草地の炭素収支を解明するため、国内の3つのサイトで長期観測を実施し、気象条件や管理方法が異なる環境での炭素収支を定量化した。イネ単作田の純生態系生産量 (NEP) は100～300 g C m⁻² y⁻¹の範囲で年次変動がみられ、収穫物の搬出量やメタン放出量を考慮した年間炭素収支は+30 (水田への流入) ～-90 g C m⁻² y⁻¹ (水田からの流出) であった。NEPにチャンバー法による土壌有機物の分解量を加えて求めた純一次生産量は、定期的なイネのサンプリングで実測した稲体への炭素蓄積量とほぼ一致し、フラックス測定に基づく炭素収支の推定精度が検証された。水田はイネの生育期間に湛水状態となるため、純一次生産量に対する分解量の割合は18%と低い値を示した。農耕地サイトにテーマIの2つの草原サイトを加えた計5サイトのデータに統一的な補完処理を施し、炭素収支のサイト間比較解析を行った。その結果、生育期間の日射量が総光合成量やNEPの年次間差・サイト間差に大きな影響を及ぼしていることや、刈り取った植物体を搬出しない草原サイトでは総光合成量に対する生態系呼吸量の割合が高いことが明らかになった。

[キーワード] 水田、牧草地、純生態系生産量、総光合成量、生態系呼吸量

1. はじめに

東アジアは耕作強度が高い地域である。北緯 20° ～ 60° 、東経 100° ～ 170° の範囲に含まれる陸地面積のうち、24.7%は耕作地であり（森林は31.7%）、なかでも、モンスーンアジアを代表する農耕地生態系である水田は 106 万 km^2 （10.2%）と最大の面積を占める¹⁾。また、農林水産省の統計（農林水産統計情報総合データベース、<http://www.tdb.maff.go.jp/toukei/toukei>）によれば、2005年時点で、日本国内の水田の耕地面積は $25,560$ km^2 （国土面積の12.4%）を占め、畑地（合計で $21,360$ km^2 ）のなかでは牧草量が約30%を占める。IPCCで検討されているフルカーボンアカウンティングに対応するためには、このようにモンスーンアジアを代表する農耕地生態系であり、わが国でも広い作付面積を占める農耕地生態系の炭素収支を定量化する必要がある。

2. 研究目的

農耕地の炭素収支上の特徴は、収穫や施肥等の農作業にともなう炭素の流出・流入があること、植物量（葉面積や乾物重）の季節変化が大きいことである。本課題では、このような農耕地の炭素収支の特徴に留意しながら、水田と牧草地に設置したフラックス観測サイトで、炭素フラックスと関連する要素のデータを長期的に蓄積し、炭素収支構成要素の季節変化や年々変動を明らかにする。また、平坦で均一性が高く、草高が低いというフラックスの計測に好適な農耕地サイトの特徴を活かして、フラックス測定に基づく炭素収支の評価精度の検証を行う。さらに、本プロジェクトの共有データベースを利用して、草原・農耕地サイトの炭素収支の比較研究を行う。

3. 研究方法

（1）農耕地サイトの炭素収支の観測

茨城県つくば市真瀬の水田（MSE）、岡山県玉野市八浜の水田（HCH）、熊本県合志市の牧草地（KON）で観測を実施した。観測点の概要を表1に示す。フラックスの計測には、各サイトとも、オープンパス型渦相関法を使用した。圃場管理、計測法およびデータ処理法の詳細については、平成15年度成果報告集（p116-117）および先行研究の報告書²⁾に記載したので、ここでは省略する。一般的に採用されている光合成・呼吸の分離法、すなわち夜間の純生態系交換量（NEE）と温度との関係から日中の生態系呼吸量（RE）を推定する方法を用いて、生育期間のNEEを総光合成量（GPP）とREに分離した。MSEでは、チャンバー法（イネの根の侵入を排除した通気式チャンバー）を用いて、微生物による土壌有機物の分解量（RH）を測定するとともに、傾度法を用いてメタン放出量を測定した。収穫物の搬出に伴う炭素の流出量は、収穫前のイネの最終生育調査時の籾重、農家からの聞き取りによる収量（精玄米重）、および稲体の炭素含有量から推定した。以上の要素を総合して、水田の年間炭素収支を定量化した。

表1 農耕地サイトの概要

観測点名(略称)	真瀬 (MSE)	八浜 (HCH)	九州沖縄農研 (KON)
緯度	36° 03' 14.3" N	34°32'N	31°44'05"N
経度	140° 01' 36.9" E	133°56'E	131°00'50"E
標高	15m	2m	185m
年平均気温	13.6° C	15.8° C	16° C
年降水量	1236mm	1141mm	2000mm
土壌	灰色化低地水田土	-	黒ボク土
作付け	イネ単作田 品種：コシヒカリ (移植)	イネ単作田 品種：アケボノ (乾田直播)	二毛作牧草地(飼料畑) イタリアンライグラス(冬作)、トウモロコシ(夏作)
収穫	籾のみ搬出、残さは 9-11月にすき込み	地上部を搬出、残さは3 月にすき込み	地上部を搬出

(2) 草原・農耕地サイトの炭素収支の比較解析

上記の三つの農耕地サイトに、中国青海省の高山草原(QHB)、茨城県つくば市のC3/C4草原(TGF)の二つの草原サイトを加えた、計5サイトの炭素収支の比較を行った。いずれのサイトもオープンパス型渦相関法を採用している(QHBおよびTGFのサイトの状況や観測方法については、当該課題の報告を参照)。解析の対象期間は、すべてのサイトが同一のモデルのガス分析計を使用して計測を行った2002年から2004年に限定した。本プロジェクトのデータベースから、各サイトのNEE、潜熱・顕熱フラックス、摩擦速度、下向き短波放射量、飽差(VPD)、気温からなるデータセットを作成した。データはいずれも30分間平均値である(QHBサイトのみ、15分間平均値)。まず、明らかな異常値の除去と気象データの欠測値補間を行った。次に、年間のデータセットを15日間毎の24のサブデータセットに分離し、各サブデータセットに多重代入法(MI法)を適用して補完処理を行い、フラックスの15日間平均値とその推定誤差を求めた。また、夜間のNEEと日中・夜間の気温からなるデータセットにMI法を適用して、REの15日間平均値を推定し、NEEとの残差としてGPPを求めた(多重代入法による補完処理の詳細は、「アジアフラックスデータベースネットワークのデータ整備」課題の報告を参照)。このようにして得られたフラックスおよび気象データの15日間平均値を用いて、炭素収支のサイト間比較、解析を行った。

4. 結果・考察

(1) 農耕地サイトのNEE、GPP、REの季節変化と水田の年間炭素収支

3つの農耕地サイトについて、2002～2006年のNEE、GPP、REの季節変化を図1に示す。水田サイトでは、4ヶ月間(MSE)ないし5ヶ月間(HCH)に及ぶ生育期間のCO₂吸収(負のNEE)と、非生育期間のCO₂放出という明確な季節変化が見られた。季節変化を詳細に見ると、夏季の気象条件の年々変動や、水稻の耕作方法や生育時期のサイト間差が、NEEやGPP、REの季節変化・年々変動に影響を及ぼしていることがわかる。たとえば、MSEでは冷夏であった2003年は、6～7月の寡照の影響を受けて、他の年に比べてGPPとNEEの減少が顕著であったが、同時期に同じように寡照であっ

たHCHでは影響は小さかった。これは、HCHではイネの生育がピークを迎える時期が、MSEに比べて5~6週間遅れるためである。また、MSEでは収穫直後に大きなREが観測されたが、HCHでは観測されなかった。これは、MSEでは地温が高い時期に収穫が行われ、稲わらが圃場に放置されるのに対し、HCHでは収穫がMSEよりも約6週間遅く、稲わらの搬出も行われるためと考えられる。両水田サイトに比べると、二毛作飼料畑（KON）は年間を通じてCO₂交換が活発に行われており、特にREが大きいことが特徴である。このため、圃場に植物のない期間だけではなく、生育期間中であってもNEEが正となる（生態系からCO₂が放出される）期間がみられた。

3つのサイトのなかで、もっとも長期間の観測データが蓄積されたMSEの年間炭素収支を表2に示す。MSEの年間のNEEは-301~-102 g C m⁻² y⁻¹の範囲であり、夏季が高温多照であった2004年の吸収量が最大で、非耕作期間が最長かつ高温であった2001年の吸収量が最小であった。年間炭素収支は、-94（水田からの流出）~+29 g C m⁻² y⁻¹（水田への流入）の範囲にあり、その変動幅は約120 g C m⁻² y⁻¹となった。イネ単作田では非生育期間が長いことから、年間炭素収支の定量化のためには非生育期間のNEEの正確な測定が求められる。非生育期間の水田は裸地状態にあり、そのNEEは収穫残さを含む土壌中の有機物量や、地温、土壌水分の影響を受けて変動することが予想される。非生育期間のNEEの測定精度を向上させるためには、オープンパス型渦相関法に特有の、超音波風速温度計の温度信号を用いた密度変動補正に伴う系統誤差の問題³⁾を解決する必要がある。

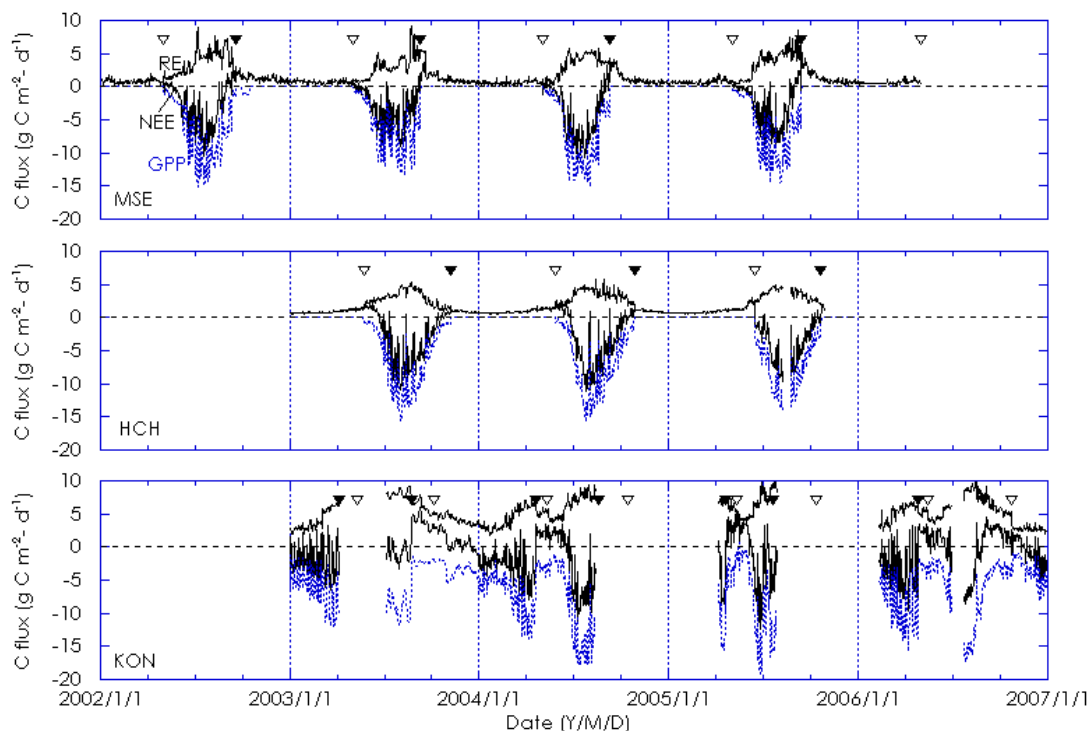


図1 MSE（水田）、HCH（水田）およびKON（二毛作飼料畑）の2002~2006年のNEE、GPP、REの季節変化。▽は播種または移植、▼は収穫を表す。MSEの2006年5月以降のデータは処理中。KONの2004年9月~2005年3月は台風による観測タワーの倒壊、2005年8月~2006年1月は測器の故障のため、長期欠測となった。

表2 MSEの年間炭素収支。移植日から翌年の移植日前日までを集計区間とした。GSは水稻の生育期間、NGSは非生育期間。Harvestは収穫物の搬出に伴う炭素流出量で、農家からの聞き取りによる精玄米重 (Brown rice yield) からの推定値。

Year	GPP (GS)	RE (GS)	NEE (GS)	NEE (NGS (annual))	CH ₄ emission	Brown rice yield	Harves t	C budget	
	g C m ⁻² season ⁻¹			g C m ⁻² y ⁻¹	g C m ⁻² y ⁻¹	kg DM ha ⁻¹	g C m ⁻²	g C m ⁻² y ⁻¹	
2001	818	438	-379	278	-102	5.4 ^a	4,800	216	1 ^b
2002	918	526	-392	217	-175	6.2 ^a	5,850	263	-94
2003	834	440	-393	193	-201	19.9	4,500	203	-22
2004	960	430	-530	229	-301	19.1	5,620	253	29
2005	871	482	-389	219	-170	11.4	4,800	216	-57

^a2003年以降とは測定地点が異なる (2003年の湛水開始前に、測定地点を約20m移動した)。

^b2001年の移植日前の厩肥投入量 (120 g C m⁻²) を含む。

(2) フラックス測定に基づく水田の純一次生産量の推定

水田では、地下部を含む稲体を定期的に採取して全乾物重を測定することにより、純一次生産量 (NPP) の積算値の経時変化を実測することができる。NPPは渦相関法で測定した純生態系生産量 (NEP) にチャンバー法で測定した土壌有機物の分解量 (微生物呼吸量、RH) を加えたものである。水稻の生育期間について、この二つの方法で推定したNPPは、乾物重測定のみによる範囲内で一致した (図2)。生育期間の前半はフラックス測定に基づくNPPの方がやや大きく、後半はやや小さい傾向が認められるが、これは生育期間前半に繁茂する藻の影響と推測される。図2の結果は、水稻の一生育期間 (約140日間) という時間スケールでの、フラックス測定に基づくNPP推定の信頼性を示している。

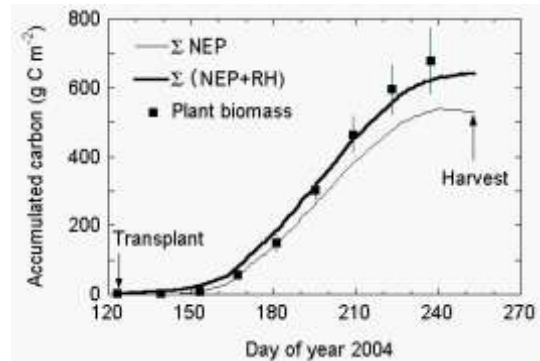


図2 フラックス測定に基づくNPPの積算値と乾物重変化から求めたNPPの積算値との比較 (MSE、2004年)

図2の結果に基づいて、水稻の生育期間の炭素収支を構成要素に分離した結果によれば、RHがNPPに占める割合は約18%であった。水田は水稻の生育期間に湛水状態となり、土壌呼吸に伴うCO₂放出が抑制されたため、RHがNPPに占める割合が低いと考えられる。生態学的調査に基づく既往の研究⁴⁾でも、NPPに対するREの割合はほぼ同じであった。なお、MSEでは中干し期間や水稻の登熟期後半は非湛水状態となるため、RHの占める割合が一時的に高まる。

(3) 草原・農耕地サイトの炭素収支の比較

(1) で報告したように、日射量の年次間差は水田サイト (MSE、HCH) のGPPに多大な影響を与え

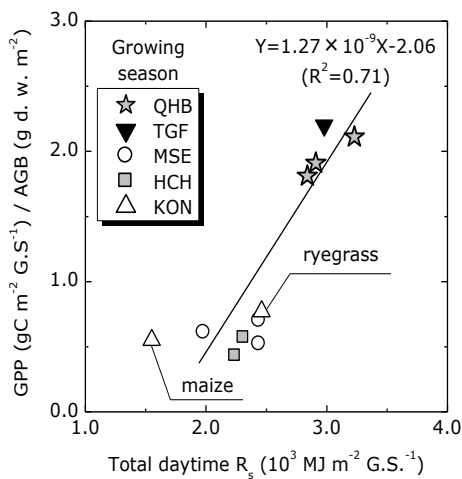


図3 草原・農耕地サイトの地上部乾物重の最大値で規格化したGPPの積算値と、植物生育期間の積算日射量との関係

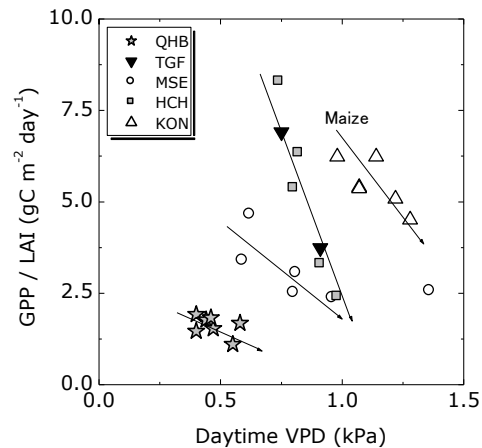


図4 草原・農耕地サイトのLAIで規格化したGPPとVPDとの関係。日中の日射量の平均値が $200 \sim 250 \text{ Wm}^{-2}$ の期間のデータを示す。

た。また、QHBサイトでは、春先の高温、高日射で生育期間が最長となった2004年には、年間のGPPやNEPが他の年に比べて大きかった。草原・農耕地サイトの生育期間のGPPの積算値を地上部乾物重の最大値で規格化した値は、生育期間の積算日射量とともにほぼ線形に増加する関係がみられた(図3)。すなわち、生育期間が長く積算日射量大きいサイトほど、単位地上部乾物重当りのGPPが大きかった。このように、各サイトのGPPやNEPの年々変動の要因として、日射量の影響が大きいことがわかった。

QHBサイトでは、夏季の降水量が少なかった2002年にGPPの著しい減少が見られた。QHBサイト以外の4つのサイトは生育期間の降水量が十分なため、欧米の草原生態系で報告されている少雨によるGPPやNEPの減少⁵⁾は認められなかった。しかし、日射量が同じ条件で比較した場合に、VPDの増加に伴ってGPPが

抑制される傾向が、水田サイトを含めて共通してみられた(図4)。しかし、高湿なモンスーンアジアでは、GPPの減少を引き起こすような乾燥期間は一時的に限られ、年間のGPPやNEPの変動に及ぼす影響は軽微なものと考えられる。

各サイトの気温

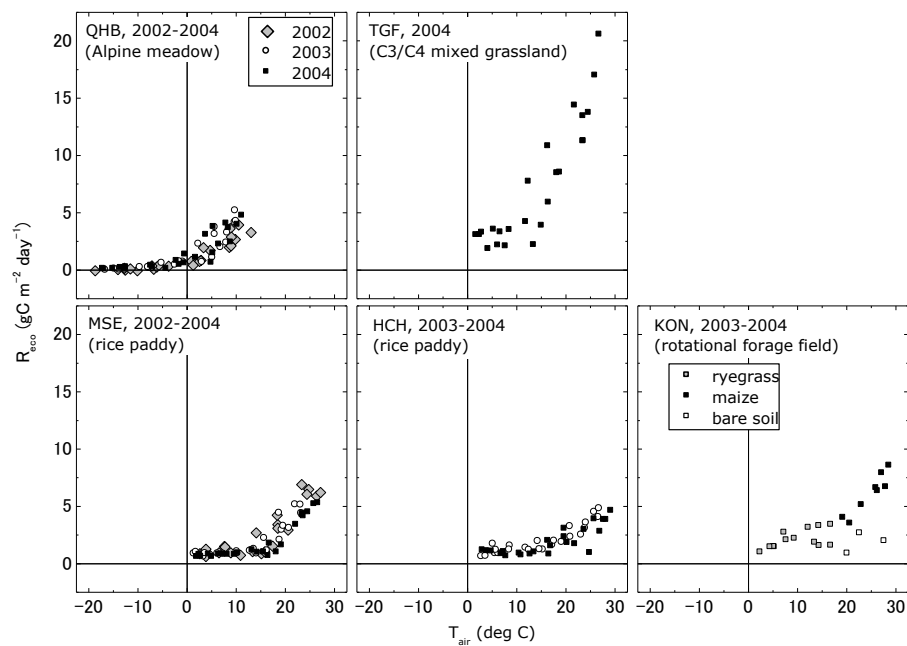


図5 草原・農耕地サイトの気温と生態系呼吸量との関係

とREとの関係を比較すると、TGFのREが突出して大きいことがわかった（図5）。TGFでは、生育終了後に刈り取られた植物体が遺棄され、温暖・湿潤な気候下でリターや土壌有機物の分解が進むので、REは年間を通して大きい。この結果、今回の解析対象サイトでは唯一、年間NEPが負値を示した（ $-55 \text{ g C m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ ）。TGFと同様に、QHBでも生長を終えた草本は系内に遺棄されるが、QHBでは高山特有の冷涼な気候のためにリターの分解が抑制されていると考えられる。なお、水田サイト（MSE、HCH）のREがKONに比べて低いのは、イネの生育期間（夏季）に湛水状態となるためである。各サイトの年間GPPとNEPの関係を図6に示す。両者の差はREに相当し、QHB、MSE、HCHの各サイトではRE/GPPが0.7~0.8の範囲にあった（KONでは0.5）。この結果は、北米の草地サイトで報告されている平均値0.74⁶⁾に近いものであった。一方、TGFサイトのRE/GPPは、上述したように生態系が若干の炭素の放出源となっていることを示す1.02であった。森林生態系と比較すると、草地・農耕地生態系は植生の呼吸組織の絶対量が小さいため、一般にRE/GPPの値が森林生態系より小さいとされるが、TGFはその例外と考えられる。本研究の結果が示すように、草原・農耕地サイトの炭素収支は気象条件や生態系の管理方法の影響を受けて変動するので、今後の地球温暖化の進行や生態系管理方法の変化により、モンスーンアジアの草原・農耕地生態系全体の炭素収支が変化する可能性がある。

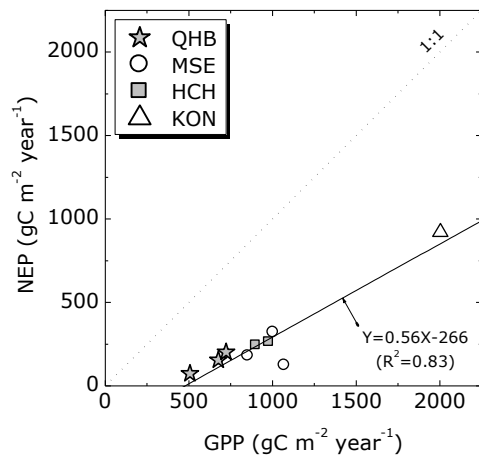


図6 TGFサイトを除く草原・農耕地サイトの年間GPPとNEPの関係

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

本課題では、長期のフラックス観測に基づくものとしては始めて、イネ単作田の年間炭素収支とその年次変動を明らかにするとともに、フラックスの計測に好適な条件を生かして、フラックス観測に基づく生態系炭素収支の推定精度の検証を行った。また、モンスーンアジアの草原・農耕地サイトの炭素収支を比較解析し、気象条件や生態系管理法の違いが炭素収支に及ぼす影響を明らかにした。

(2) 地球環境政策への貢献

本課題で得られた水田・牧草地の観測結果は、我が国の農耕地生態系としては数少ない、フラックスの直接測定に基づく炭素収支のデータであり、フルカーボンアカウンティングに対応するモンスーンアジアの農耕地生態系の炭素管理手法を検討するうえで重要なデータとなる。

6. 引用文献

1) 伊藤昭彦：農業気象，59(1)，23-34（2003）

「東アジア陸域生態系の純一次生産力に関するプロセスモデルを用いた高分解能マッピング

グ」

- 2) 農業環境技術研究所ほか：環境省地球環境研究総合推進費終了研究成果報告書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（平成12年度～平成14年度），環境省地球環境局研究調査室，58-91（2003）
「水田サイト」および「暖地牧草畑サイト」
- 3) K. Ono, A. Miyata, T. Yamada, *Theoretical and Applied Climatology* (in press)
“Apparent downward CO₂ flux observed with open-path eddy covariance over a non-vegetated surface”
- 4) 小泉博、別宮有紀子、中台利枝：研究成果339，農林生態系を利用した地球環境変動要因の制御技術の開発，農林水産技術会議事務局，55-59（1999）
「土壌-作物系における炭素循環過程の動態解明」
- 5) A. E. Suyker, S. B. Verma, G. G. Burba: *Global Change Biology*, 9, 255-265 (2003)
“Interannual variability in net CO₂ exchange of a native tallgrass prairie”
- 6) B. E. Law, E. Falge, L. Gu, D. D. Baldocchi, P. Bakwin, P. Berbigier, K. Davis, A. J. Dolman, M. Falk, J. D. Fuentes, A. Goldstein, A. Granier, A. Grelle, D. Hollinger, I. A. Janssens, P. Jarvis, N. O. Jensen, G. Katul, Y. Mahli, G. Matteucci, T. Meyers, R. Monson, W. Munger, W. Oechel, R. Olson, K. Pilegaard, K. T. Paw, U. H. Thorgerirsson, R. Valentini, S. Verma, T. Vesala, K. Wilson, S. Wofsy: *Agric. Forest Meteorol.*, 113, 97-120 (2002)
“Environmental controls over carbon dioxide and water vapor exchange of terrestrial vegetation”

7. 国際共同研究等の状況

本課題で実施した研究を発展させるために、AsiaFluxの活動の一環として、アジア各国との共同研究を進めている。バングラデシュ農業大学のMd. A. Baten博士と共同で、2006年2月からバングラデシュ国北部（マイメンシン）のイネ二期作田で炭素収支の観測を開始した。また、中国科学院南京土壤研究所の朱建国(Zhu)博士と共同で、2006年12月から中国揚子江下流（江蘇省江都）のイネ-コムギ二毛作田で同様の観測を開始した。フィリピン、中国南部、インドの水田で二酸化炭素を含む温室効果ガスのフラックス観測を計画中の国際イネ研究所のR. Wassmann博士（IRRI）とは、日常的な情報交換を通じて連携・協力を進めている。

8. 研究成果の発表状況

（1）誌上発表

〈論文（査読あり）〉

- 1) 牛川希望、岩田徹、三浦健志、大藤明克、樋口宣寿、大滝英治：農業気象，60(3)，209-214（2004）
「二酸化炭素、水蒸気、鉛直風速に関するモニン・オブコフ相似則」
- 2) 猪原幸子、岩田徹、三浦健志、大藤明克、樋口宣寿、大滝英治：農業気象，60(3)，215-220（2004）
「接地境界層での二酸化炭素フラックスと勾配の関係」
- 3) K. Ohba, A. Maruyama, Y. Kurose, K. Nakamoto : *Journal of Agricultural Meteorology*, 60 (5), 765-768 (2005)

“Seasonal variation of CO₂ and energy fluxes on forage crops in temperate humid region”

- 4) M. Saito, A. Miyata, H. Nagai, T. Yamada: Agric. Forest Meteorol., 135, 93-109 (2005)
“Seasonal variation of carbon dioxide exchange in rice paddy field in Japan”
- 5) A. Miyata, T. Iwata, H. Nagai, T. Yamada, H. Yoshikoshi, M. Mano, K. Ono, G. H. Han, Y. Harazono, E. Ohtaki, Md. A. Baten, S. Inohara, T. Takimoto, M. Saito: Phytan, 45 (4), 89-97 (2005)
“Seasonal variation of carbon dioxide and methane fluxes at single cropping paddy fields in central and western Japan”
- 6) 山口典子、大場和彦、生駒泰基：九州の農業気象，II輯15号，19-24 (2006)
「沖縄本島北部における堆肥ペレットの分解と二酸化炭素放出速度」
- 7) M. Saito, J. Asanuma, A. Miyata: Water Resources Research (in press)
“Dual-scale transport of sensible heat and water vapor over a short canopy under unstable conditions”
- 8) K. Ono, A. Miyata, T. Yamada, Theoretical and Applied Climatology (in press)
“Apparent downward CO₂ flux observed with open-path eddy covariance over a non-vegetated surface”

<査読付論文に準ずる成果発表>

なし

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) 吉越恒、丸山篤志、大場和彦、九州の農業気象，(II)輯13号，61-62 (2005)
「九州における冬作大麦畑上のCO₂フラックス」
- 2) 宮田明、続・環境負荷を予測する，博友社，115-133 (2005)
「水田の二酸化炭素とメタンのフラックスのモニタリング」
- 3) 末田智也、大場和彦、嶋田純、丸山篤志、関岡信一：九州の農業気象，II輯15号，67-70 (2006)
「飼料用トウモロコシ群落下における遮断雨量の評価」

(2) 口頭発表（学会）

- 1) 伊野部京子、猪原幸子、岩田徹、三浦健志、大滝英治：日本気象学会関西支部中国地区例会 (2003)
「水稲群落におけるCO₂フラックス -傾度法と渦相関法の比較-
- 2) 滝本貴弘、牛川希望、岩田徹、三浦健志、大滝英治：日本気象学会関西支部中国地区例会 (2003)
「水稲群落におけるCO₂フラックスとPARの関係について」
- 3) 齊藤誠、宮田明：2003年度日本気象学会春季大会 (2003)
「夏季水田における夜間のCO₂貯留量の評価」
- 4) 永井秀幸、齊藤誠、山田智康、小野圭介、G. H. Han、吉越恆、宮田明、原菌芳信：2003年度日本気象学会春季大会 (2003)
「慣行単作水田で観測された乱流フラックスとエネルギークロージャーの季節変化について」

- 5) 吉越恆、永井秀幸、山田智康、G. H. Han、齊藤誠、小野圭介、宮田明、原菌芳信：2003年度日本気象学会春季大会（2003）
「水田のメタンフラックス観測における群落貯留」
- 6) 吉越恆、山田智康、永井秀幸、韓光鉉、齊藤誠、井関孝弥、檜山哲哉、吉田尚弘、宮田明、原菌芳信、農業環境工学関連5学会2003年合同大会（2003）
「渦相関法による水田上のCH₄フラックス観測」
- 7) 山田智康、齊藤誠、永井秀幸、宮田明、韓光鉉、吉越恆、小野圭介、原菌芳信：農業環境工学関連5学会2003年合同大会（2003）
「CO₂炭素安定同位体フラックスによる生態系光合成、呼吸分離法の検討」
- 8) 宮田明、永井秀幸、山田智康、齊藤誠、Md. A. Baten、高村近子、原菌芳信、大津正一、A. H. Gallardo、濱田洋平、田瀬則雄、吉越恆、G. H. Han、小野圭介、鈴木智恵子、小林義和、太田尚寿、谷山一郎：農業環境工学関連5学会2003年合同大会（2003）
「水稲単作水田の年間炭素収支」
- 9) 永井秀幸、齊藤誠、山田智康、宮田明、韓光鉉、吉越恆、小野圭介、原菌芳信：農業環境工学関連5学会2003年合同大会（2003）
「水稲単作水田のNEEの年次変動」
- 10) 吉越恆、韓光鉉、山田智康、永井秀幸、宮田明、原菌芳信：日本農業気象学会九州支部会（2003）
「水田上のメタンフラックスと土壌メタン貯留量の季節変化」
- 11) A. Miyata, H. Nagai, T. Yamada, M. Saito, Y. Harazono, Md. A. Baten, C. Takamura：The International Workshop on Flux Observation and Research, Beijing（2003）
“Carbon budget of a single cropping paddy field in central Japan”
- 12) 宮田明、永井秀幸、山田智康、間野正美、小野圭介、吉越恆、原菌芳信：農業環境工学関連4学会2004年合同大会（2004）
「渦相関法による水稲単作田の年間NEEの測定誤差に関する系統的検討」
- 13) 小野圭介、宮田明、山田智康、間野正美、吉越恆、永井秀幸、齊藤誠：農業環境工学関連4学会2004年合同大会（2004）
「裸地上で観測された下向きのCO₂フラックスについて」
- 14) 永井秀幸、山田智康、吉越恆、韓光鉉、宮田明、原菌芳信、農業環境工学関連4学会2004年合同大会（2004）
「慣行単作水田で測定された乱流フラックス2点観測の比較結果」
- 15) 山田智康、永井秀幸、小野圭介、宮田明、農業環境工学関連4学会2004年合同大会（2004）
「裸土壌における渦相関法とチャンバ法によるCO₂フラックスの比較測定」
- 16) 齊藤誠、浅沼順、宮田明、永井秀幸、山田智康、小野圭介、農業環境工学関連4学会2004年合同大会（2004）
「水田フラックス観測における低周波変動寄与」
- 17) H. Yoshikoshi, G. H. Han, H. Nagai, T. Yamada, A. Miyata, Y. Harazono：International Symposium on Food Production and Environmental Conservation in the Face of Global Environmental Deterioration, Fukuoka, Japan（2004）
“Measurement of methane emission from rice paddy field in Japan by eddy correlation

technique”

- 18) 間野正美、宮田明、永井秀幸、山田智康、小野圭介、齊藤誠：2004年度日本農業気象学会北陸支部・関東支部合同例会（2004）
「2004夏季高温年の茨城県つくば市真瀬における水稲単作田のCO₂収支」
- 19) 永井秀幸、山田智康、齊藤誠、吉越恆、小野圭介、韓光鉉、宮田明、Md. A. Baten、原菌芳信：年度日本農業気象学会北陸支部・関東支部合同例会（2004）
「慣行栽培された稲単作水田上での乱流フラックスと微気象の季節変化と年変動について」
- 20) 小野圭介、宮田明：2004年度日本農業気象学会北陸支部・関東支部合同例会（2004）
「裸地上で観測された下向きCO₂フラックスの原因について」
- 21) M. Mano, A. Miyata, H. Nagai, T. Yamada, K. Ono, G. H. Han, H. Yoshikoshi, M. Saito, American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA (2004)
“Interannual variability in growing season carbon budget at a customarily cultivated rice paddy field in central Japan”
- 22) K. Ono, A. Miyata, T. Yamada, H. Nagai, H. Yoshikoshi, M. Mano: American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA (2004)
“Downward CO₂ flux observed over a bare field by the eddy covariance method using an open-path Infrared gas analyzer”
- 23) A. Miyata, G.H. Han, M. Mano, Y. Harazono, T. Yamada, H. Nagai, K. Ono, H. Yoshikoshi, Md. A. Baten; M. Saito: The FLUXNET 2004 Open Workshop, Firenze, Italy (2004)
“Carbon budget at a single rice cropping paddy field in central Japan”
- 24) K. Ono, A. Miyata: AsiaFlux Workshop 2005, Fujiyoshida, Japan, 2005
“Effect of local temperature fluxes in the vicinity of an open-path gas analyzer on the WPL correction”
- 25) M. Saito, J. Asanuma, A. Miyata: The Joint Meeting on Environmental Engineering in Agriculture 2005, Kanazawa, Japan (2005)
“Low frequency contributions to heat, water vapor and carbon dioxide fluxes measured over boreal forest and rice paddy field in Japan”
- 26) K. Ono, A. Miyata, M. Mano, H. Nagai, H. Yoshikoshi, T. Yamada: The Joint Meeting on Environmental Engineering in Agriculture 2005, Kanazawa, Japan (2005)
“Comparative study on annual CO₂ exchange over a short vegetation using open- and closed-path eddy covariance”
- 27) T. Yamada, H. Nagai, M. Mano, K. Ono, A. Myata: The Joint Meeting on Environmental Engineering in Agriculture 2005, Kanazawa, Japan (2005)
“The coupled measurement of CO₂ fluxes contributing crop growth -eddy covariance and soil surface chamber”
- 28) A. Miyata, G.H. Han, M. Mano, H. Yoshikoshi, T. Yamada, H. Nagai, K. Ono, Y. Harazono: The Seventh International Conference of Carbon Dioxide, Denver, USA (2005)
“Interaction of carbon dioxide and methane in carbon exchange between flooded rice paddy ecosystem and the atmosphere”

- 29) T. Takimoto, K. Inobe, T. Iwata, S. Yamamoto, T. Miura: AsiaFlux Workshop 2005, Fujiyoshida, Japan (2005)
 “CO₂ flux observed over a rice paddy field by the eddy covariance method and its quality check”
- 30) 盛本真代、滝本貴弘、岩田徹、山本晋：気象学会関西支部中国地区例会（2005）
 「水稲群落と大麦群落における 熱エネルギーフラックスおよび CO₂フラックスの特性」
- 31) 濱田早知子、伊野部京子、岩田徹、山本晋：気象学会関西支部中国地区例会（2005）
 「水稲群落における葉面積指数測定の方法と間接法の比較」
- 32) 間野正美：平成17年度（2005年度）気象環境研究会（2006）
 「微気象学的測定によるCO₂、CH₄フラックス観測」
- 33) 間野正美、宮田明、永井秀幸、山田智康、小野圭介、Gwang Hyun Han, 小林義和、齊藤誠、吉越恆：農業環境工学関連学会2006年合同大会，2006年9月11-15日，札幌市（2006）
 「渦相関法から推定した水田の純一次生産量（NPP）と水稲乾物重の比較」
- 34) 齊藤誠、浅沼順、宮田明：農業環境工学関連学会2006年合同大会（2006）
 「地表面フラックスのスケール依存性」
- 35) 吉越恆、丸山篤志、大場和彦：農業環境工学関連学会2006年合同大会（2006）
 「年二作体系農耕地（大麦-大豆）におけるCO₂フラックス」
- 36) A. Miyata, M. Mano, T. Yamada, K. Ono, H. Nagai, G. H. Han, Y. Kobayashi, H. Yoshikoshi, M. Saito, Y. Harazono: AsiaFlux Workshop 2006, International Workshop on Flux Estimation over Diverse Terrestrial Ecosystems in Asia, Chiang Mai, Thailand (2006)
 “Annual carbon budget of a single -rice cropping paddy field based on long-term flux measurement”
- 37) Y. Kobayashi, A. Miyata, Y. Tang, T. Oikawa, T. Iwata, K. Ohba, T. Kato, M. Du, Y. Hamada, S. Shimoda, H. Nagai, M. Mano, T. Takimoto, A. Maruyama: Proceedings of AsiaFlux Workshop 2006, International Workshop on Flux Estimation over Diverse Terrestrial Ecosystems in Asia, Chiang Mai, Thailand (2006)
 “Seasonal and inter-annual variations in carbon dioxide exchange at five grassland and crop field sites in eastern Asia”
- 38) K. Ono, R. Hirata, A. Miyata: AsiaFlux Workshop 2006, International Workshop on Flux Estimation over Diverse Terrestrial Ecosystems in Asia, Chiang Mai, Thailand (2006)
 “Local temperature fluctuations in the vicinity of an open-path gas analyzer”
- 39) M. Saito, J. Asanuma, A. Miyata: AsiaFlux Workshop 2006, International Workshop on Flux Estimation over Diverse Terrestrial Ecosystems in Asia, Chiang Mai, Thailand (2006)
 “Large-scale transport of sensible heat and water vapor transport over a short canopy”
- 40) G. H. Han, H. Yoshikoshi, H. Nagai, M. Mano, A. Miyata, J. Kim: AsiaFlux Workshop 2006, International Workshop on Flux Estimation over Diverse Terrestrial Ecosystems in Asia, Chiang Mai, Thailand (2006)
 “Simultaneous isotopic determination of CO₂ and methane exchanged between the paddy and the atmosphere reveals marked differences on gas exchange processes between flooded

and drained conditions”

- 41) H. Yoshikoahi, G.H. Han, H. Nagai, M. Mano, A. Miyata, Y. Harazono: Proceedings of AsiaFlux Workshop 2006, International Workshop on Flux Estimation over Diverse Terrestrial Ecosystems in Asia, held in Chiang Mai, Thailand (2006)
“Eddy covariance measurements of CH₄ flux in a Japanese rice paddy field”

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

- 1) テレビ朝日（2004年8月22日、水田での炭素収支の観測の実施状況やその成果について、「素敵な宇宙船地球号「温暖化と向き合う(3)Vol.3田んぼが地球を救う!?’で5分ほど紹介」

(6) その他

なし