

研究種目：基盤研究(A)
 研究期間：2006～2009
 課題番号：18208021
 研究課題名(和文) 気候別アジア地域水田の温室効果ガス発生・吸収機構の解明と発生削減管理法の開発
 研究課題名(英文) Mitigating and Elucidating Net Emission of Greenhouse Gases at Rice Paddy Fields in Various Climatic Asian Regions
 研究代表者
 登尾 浩助 (NOBORIO KOSUKE)
 明治大学・農学部・教授
 研究者番号：60311544

研究成果の概要(和文)：水田における温室効果ガス(CO₂, CH₄, N₂O)動態は、周日変動している事が分かった。CO₂については、イネの光合成の影響が大きかったが、CH₄とN₂Oについては、地温の影響によって土壌微生物の活動が変動するために生じたと考えられる。一方、日本とタイ国水田での比較から、地温よりも施肥管理等の方が温室効果ガス動態に大きな影響を与える事が示唆された。DNDCモデル実験により、間断灌漑を適用すると温室効果ガス発生量は増加するが、収量も増加するので、単位収量当りの温室効果ガス発生量が最小になる事が予測された。

研究成果の概要(英文)：It was observed that the flux of greenhouse gases (CO₂, CH₄, N₂O) in rice paddy fields fluctuated diurnally because the activity of soil microbes might be affected by soil temperature. In comparison of GHG flux at rice paddy fields between in Japan and Thailand, however, it was suggested that the effects of management practices, e. g., fertilizer, in rice paddy fields might be larger than that of soil temperature on the emission and absorption of GHGs. Based on the simulation results using DNDC model, intermittent irrigation in a rice paddy field enhanced the emission of CO₂-equivalent and rice yield so that it was speculated that GHG emissions for unit rice yield would be minimized using the intermittent irrigation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	25,500,000	7,650,000	33,150,000
2007年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
2008年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2009年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
年度			
総計	37,300,000	11,190,000	48,490,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業土木学・農村計画学

キーワード：土壌物理

1. 研究開始当初の背景

数種の温室効果ガスのうち、特にメタン

(CH₄) と一酸化二窒素 (N₂O) は、発生源の 60-70% が農業由来である (環境省, 2005)。この高い割合は、1990 年度当時と 2004 年度を比較してもほとんど変化が無い。CH₄ に関しては、むしろ他由来からの発生が減少している分、農業由来の割合が上昇傾向にある。そして、水田は農業由来における最大の CH₄ 発生源であり、N₂O に関しては窒素肥料や有機質肥料を多量に投入する集約的農用地が最大の発生源である。一方、土壌は大気中の CH₄、N₂O を吸収して削減する消滅源の一つであるとも考えられている (陽, 1991)。すなわち、水田や畑地は適切な管理を行えば、農地からの CH₄、N₂O の純発生量 (= 発生量 - 吸収量) を現在以上に削減できる可能性を示唆している。

我が国のように中干を行ったり、台湾のように間断灌漑を行う水田では、CH₄ の発生は湛水時に多く、落水と同時に減少している。これとは反対に、N₂O の発生は湛水時にはほとんど無く、落水時から急激に発生する (Tsuruta ら, 1997; Majumdar, 2003)。水田からの CH₄、N₂O の発生は土壌温度、土壌の酸化還元電位、有機物量などに影響を受けることが、室内実験の結果から分かっている。しかし、さまざまな水管理状態における大気中の CH₄ 及び N₂O の水田土壌への吸収の実態はほとんど調査されていないのが実情であり、したがって対流圏全体における水田農業由来の温室効果ガスの評価を困難にしている。

2. 研究の目的

農業由来の CH₄、N₂O の排出削減に資するために、①実際の営農条件下に置かれた水田において周年にわたる CH₄、N₂O の発生量と吸収量と土壌の水分と電気伝導度の変動および湛水深を経時的に把握する。②さらに、土壌中に含まれるアンモニア態窒素 (NH₄⁺)・硝酸態窒素 (NO₃⁻) 濃度および窒素安定同位体比 (δ¹⁵N) を時系列に沿って測定することによって N₂O の発生源と機構を特定する。③そして、既存の温室効果ガス発生モデル (Li, 2000) を援用することによって、これらのガスの純発生量を削減するための水分管理法及び施肥管理法を開発する。④ガス発生には温度、土壌の還元電位、有機物量が大きく影響することから、稲作が盛んなアジアの熱帯地方 (タイ) から冷温帯地方 (北海道) に至る水田において CH₄、N₂O の発生・吸収状況を同時期に測定することによって、気候条件の違いによる発生量及び吸収量への影響を定量的に把握する。

3. 研究の方法

水田における温室効果ガスの経時的な動態を把握するために、微気象学的な測定法で

ある簡易渦相関法 (REA 法) を開発した。北海道からタイ国の水田において、温室効果ガスの発生、吸収量を経時的に測定するための試験区を設定し、温室効果ガス動態を経時的に把握した。

4. 研究成果

2009 年 9 月 5 日から 2009 年 9 月 13 日において、REA 法とチャンバー法との比較実験をタイ国カセサート大学カンベンセン校内の実験圃場において行った。図 1 に、CH₄ フラックスにおける REA 法とチャンバー法との比較を示した。今回の実験により、REA 法とチャンバー法による CH₄ フラックスはほぼ一致し、REA 法が水田において実用可能であることがわかった。

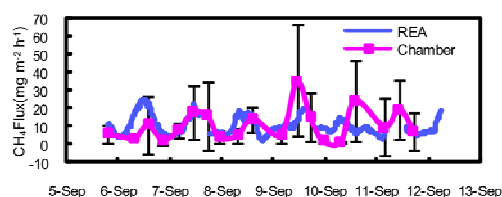


図 1 REA 法とチャンバー法の比較

イネの出穂開花期においてタイと平塚の間で、ガスの発生 (正のフラックス) と吸収 (負のフラックス) について比較した。図 2 に示すように、出穂開花期において CH₄ のフラックスの平均値はタイ (8.5mg m⁻² h⁻¹) の方が平塚 (10.1mg m⁻² h⁻¹) よりも大きいことが観察された。タイの CH₄ 発生が平塚に比

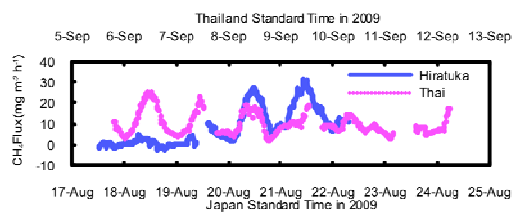


図 2 出穂開花期における CH₄ フラックス

べて大きいのは、平塚に比べて地温が大きいために、土壌中のメタン生成菌の活動が活発となったことが考えられる。

図 3 では、CO₂ のフラックスの平均値は平塚 (1050mg m⁻² h⁻¹) の方がタイ (1011mg m⁻² h⁻¹) よりも小さいことが示された。CO₂ の発生がタイよりも平塚の方が小さいのは、平塚の水田はタイの水田に比べて植栽密度が高いために、植物の光合成量も大きくなり、吸収が大きくなったと思われる。

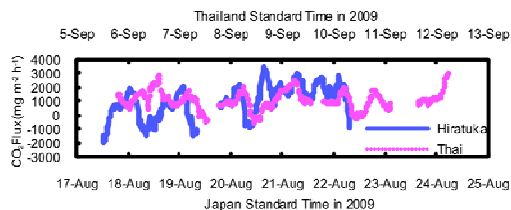


図3 出穂開花期におけるCO₂フラックス

出穂開花期におけるN₂Oのフラックスの平均値は、図4に示すように、平塚(1.9mg m⁻² h⁻¹)の方がタイ(0.5mg m⁻² h⁻¹)よりも大きいことが観察された。出穂開花期において、水田土壌がタイに比べて平塚の方が還元状態であるにもかかわらず、平塚の方がN₂Oの発生が大きくなった。このため、温室効果ガス発生に対する環境要因を更に調査する必要がある。

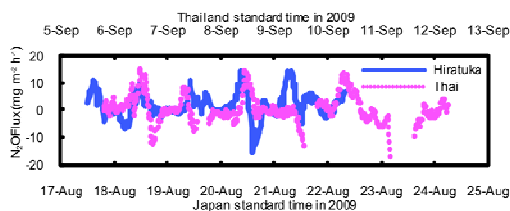


図4 出穂開花期におけるN₂Oフラックス

DNDCモデルを使って、平塚の水田における温室効果ガス発生と収量に対する水管理法(常時湛水CF、中干しMD、間断灌漑IM)の影響を数値実験により調査した。その結果、表1に示すように、間断灌漑を使うと温室効果ガス発生量は多くなるが、収量も多くなる事が分かった。そこで、収量当りの温室効果ガス発生量を見ると、間断灌漑が最も小さくなった。今後はほ場レベルでの実証実験を行う必要がある。

表1 DNDCによる温室効果ガス発生量とイネ収量予測

	yield (kgC ha ⁻¹)	CO ₂ -eqv (kgC ha ⁻¹ y ⁻¹)	CO ₂ -eqv per yield (y ⁻¹)
CF	139	4422	31.7
MD	143	4435	31.1
IM	342	5888	17.2

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に

は下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

- ① 矢崎友嗣, 永田修, 三國孝博, 登尾浩助, 広田知良. 2009. 簡易渦集積法を用いた水田におけるメタンフラックスの測定—北海道での事例—. 東北の農業気象 53:18-19. 査読有
- ② 矢崎友嗣, 庄子侑希, 登尾浩助. 2008. TDR法による水田湛水深の経時測定. 土壌の物理性 109:57-65. 査読有
- ③ 徳本家康, 矢崎友嗣, 加藤孝, 庄子侑希, 登尾浩助. 2008. 水田からの温室効果ガス発生量推定へのDNDCモデル適用可能性の検討. 明治大学農学部研究報告 58:37-46. 査読有

〔学会発表〕(計16件)

- ① Kato, T., K. Uno, Y. Shoji and K. Noborio. 2009. The Effect of Redox Potential and Rice Plants On Greenhouse Gas Emissions From Paddy Soil. ASA-CSSA-SSSA Annual International Meetings, Pittsburgh, PA, November 1-5, 2009. 米・ピッツバーグ市
- ② 加藤孝, 登尾浩助. 2009. 水稻栽培時に発生する温室効果ガスへの水管理による影響. pp. 58-59. In 2009年度土壌物理学会大会講演要旨集. 2009年10月24日. 川崎市 明治大学
- ③ 小宮秀治郎, 庄子侑希, 登尾浩助, 矢崎友嗣, T. Toojinda, M. Siangliw. 2009. 水田からの温室効果ガス発生に対する気候の影響. pp. 76-77. In 2009年度土壌物理学会大会講演要旨集. 2009年10月24日. 川崎市 明治大学
- ④ 太田光昭, 村上周一郎, 登尾浩助. 好氣的脱窒菌の分離・同定. pp. 78-79. In 2009年度土壌物理学会大会講演要旨集. 2009年10月24日. 川崎市 明治大学
- ⑤ Noborio, K., T. Kato, I. Tokumoto, and H. Ochiai. 2009. Reducing GHG emissions from a rice paddy field using the DNDC model. In Abstracts on Farming Systems Design Symposium, Aug. 23-26, 2009, Monterey, CA. 米・モントレー市
- ⑥ 宇野浩輔, 庄子侑希, 加藤孝, 登尾浩助. 2009. TDR含水率による土壌酸化還元電位の推定. pp. -. In 平成21年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集. 2009年8月4-6日. 筑波大学
- ⑦ 庄子侑希, 矢崎友嗣, 登尾浩助. 2009. 簡易渦集積法による温室効果ガスフラックス自動連続測定システムの開発. pp. -. In 平成21年度農業農村工学会大会講

- 演会講演要旨集. 2009年8月4-6日.
筑波大学
- ⑧ 加藤孝, 宇野浩輔, 庄子侑希, 登尾浩助. 2009. 水田土壌から発生する温室効果ガスへの酸化還元電位及び稲による影響. pp. -. In 平成21年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集. 2009年8月4-6日. 筑波大学
- ⑨ 矢崎友嗣, 永田修, 三國孝博, 登尾浩助, 広田知良. 2008. 簡易渦集積法を用いた水田におけるメタンフラックスの測定ー北海道での事例ー. 日本農業気象学会北海道・東北支部合同大会. 2008年11月25-26日. 函館市産学官交流プラザ.
- ⑩ Yazaki, T. and K. Noborio. 2008. Surface-Energy Partitioning in a Rice Paddy Field. ASA-CSSA-SSSA Annual International Meetings, Houston, TX, October 5-9, 2008. 米・ヒューストン市
- ⑪ Shoji, Y., T. Yazaki and K. Noborio. 2008. Measuring Temporal Changes in Ponding Depth in a Rice Paddy Field Using Time Domain Reflectometry. ASA-CSSA-SSSA Annual International Meetings, Houston, TX, October 5-9, 2008. 米・ヒューストン市
- ⑫ Yazaki, T., Y. Shoji, and K. Noborio. 2008. Calibration of a photoacoustic infrared gas analyzer and continuous measurements of methane and nitrous oxide gas flux in a paddy rice field. International symposium on Agricultural Meteorology ISAM 2008 Abstract. p. 151. 下関市
- ⑬ 矢崎友嗣, 登尾浩助. 2008. 水田における生育ステージごとのエネルギー・水収支の変化. 平成20年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集. 2008年8月26-28日. pp. 388-389. 秋田市
- ⑭ 庄子侑希, 矢崎友嗣, 登尾浩助. 2008. TDR法による水田湛水深の経時測定. 平成20年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集. 2008年8月26-28日. pp. 536-537. 秋田市
- ⑮ 加藤孝, 矢崎友嗣, 登尾浩助, 徳本家康. 2008. 温室効果ガス発生を抑制する水田水管理のDNDCモデルによる探査. 平成20年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集. 2008年8月26-28日. pp. 144-145. 秋田市
- ⑯ Yazaki, T., K. Noborio, and Y. Shoji. 2007. Continuous measurement of greenhouse gas (CH₄ and N₂O) exchanges between the atmosphere and a paddy rice field in central Japan. ASA abstract. 米・ニューオーリンズ市

[その他]
ホームページ等
<http://www.isc.meiji.ac.jp/~tochiken/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

登尾 浩助 (NOBORIO KOSUKE)
明治大学・農学部・教授
研究者番号: 60311544

(2) 研究分担者

廣田 知良 (HIROTA TOMOYOSHI)
農・生系特産技研・生環部・主任研究官
研究者番号: 20343949

永田 修 (NAGATA OSAMU)
農・生系特産技研・生環部・研究員
研究者番号: 90355462

原口 暢朗 (HARAGUCHI NOBURO)
農・生系特産技研・環資部・室長
研究者番号: 30370620

溝田 智俊 (MIZOTA CHITOSHI)
岩手大学・農学部・教授
研究者番号: 10089930

今井 勝 (IMAI KATSU)
明治大学・農学部・教授
研究者番号: 20125991

中野 恵子 (NAKANO KEIKO)
農・生系特産技研・環資部・研究員
研究者番号: 40354089

(3) 連携研究者

なし