

B-16 地球温暖化抑制のための CH₄、N₂O の対策技術開発と評価に関する研究

(1) 農耕地から放出されるメタンと亜酸化窒素の発生抑制技術に関する研究

①水田及び畑地から放出されるメタンと亜酸化窒素の発生抑制技術に関する研究

研究代表者 農業環境技術研究所 環境管理部 影響調査研究室 鶴田治雄

農林水産省 農業環境技術研究所

環境管理部 影響調査研究室

鶴田治雄・秋山博子

農林水産省 国際農林水産業研究センター

環境資源部

八木一行・渡辺 武

農林水産省 野菜・茶業試験場

施設生産部 環境制御研究室

細野達夫

平成7～9年度合計予算額 42,883千円

(平成9年度予算額 14,126千円)

[要旨] (1) 水田からのメタン発生を有機物管理技術及び品種選抜により抑制することを目的として、タイと日本で調査研究を行った。タイ各地の農家の水田圃場での有機物管理実態を調査し、前作の水稲残渣とともに非耕作期間中に生育した雑草のバイオマスが、水稲耕作期間のメタン発生に重要であることが明らかになった。また、ライシメータ水田圃場において、水稲非耕作期間中の二酸化炭素発生量、および水稲耕作期間中のメタン発生量は、有機物施用区のほうが、無施用区よりも多かった。さらに日本の2品種の水稲を耕作してメタンフラックスを測定した結果、これらの品種間では耕作期間の全メタン発生量は統計的に有意差が見られなかった。(2) 水稲体経由のメタン輸送機構を解明するために、水耕栽培の水稲を用いた室内実験を行った。その結果、水稲地下部の温度が水稲体のメタン輸送に大きく影響すること、また、土壌表層中の気相が水稲の茎の基部付近(土壌面より下にある)から田面水の圧力によって水稲の通気組織に侵入し、大気中へ放出される可能性が示唆された。(3) 世界的に見てデータが非常に少ない熱帯地域での畑地からの亜酸化窒素発生量を推定するため、タイの4地点で雨期に飼料用トウモロコシを栽培し、亜酸化窒素のフラックスを測定した。その結果、フラックスの経日変化、および施肥窒素量に対する亜酸化窒素発生量の割合(0.08~0.48%)は、温帯地域の日本での測定結果と同様な傾向であることが明らかになった。なお、作物を栽培しない乾期のフラックスは、非常に小さかった。(4) 中国の水田からの亜酸化窒素発生量を推定するため、3地域の水田で、水稲栽培期間中、メタンとともに亜酸化窒素のフラックスを測定した。その結果、日本での測定結果と同様に、落水後にメタンが発生しなくなると亜酸化窒素が発生し始め、メタンと亜酸化窒素の発生量は負の相関を示し、両者は「トレードオフ」の関係にあることが明らかになった。

[キーワード] メタン(CH₄)、水田、亜酸化窒素(N₂O)、畑地、発生抑制技術

1. はじめに

農耕地から大気中に放出される温室効果ガスのなかで、水田からのメタン(CH_4)と畑地からの亜酸化窒素(N_2O)は温室効果ガスであり、その大気中の濃度増加は地球温暖化に寄与すると推測されている。IPCC¹⁾の報告によれば、水田からのメタンと畑土壌からの亜酸化窒素の発生量が、地球全体の総発生量に占める割合は、それぞれ 12%と 20%と推測されている。しかし、世界的に見ると実測データが非常に少ないので、その推定値の不確実性は大きい。平成2～6年度に実施された研究で、水田からのメタン発生に関しては多くの成果が得られており、水田からのメタン発生に影響を及ぼす主な要因は、土壌の物理化学的性質、水管理、有機物施用等であることがわかった。現在、その成果を利用して、アジアの水田に適用可能なメタンの発生抑制技術を開発することが求められている。また、水田土壌から大気中へのメタンの放出は、おもに水稻体の通気組織を通じて行われるので、それによるメタンの輸送モデルを開発することも早急に求められている。一方、農耕地からの亜酸化窒素の発生に関する研究は、日本以外のアジアでは現在開始されたばかりであり、各国による発生量の推定も日本での実測に基づくもの以外は、行われていない。そこで亜酸化窒素についての研究は、まずアジアの農耕地からの亜酸化窒素の発生に関する調査研究を最優先して実施する必要がある。また、これまでの日本の研究で亜酸化窒素が水田からも発生していることが明らかになったので、アジアの水田からの亜酸化窒素の発生に関する研究も必要である。なお、畑地からの亜酸化窒素の発生抑制技術に関する研究は、次の②で行うこととする。

2. 研究目的

2.1 水田からのメタン発生抑制技術の開発

アジアの水田からのメタン発生を抑制するための最も現実的であると考えられる技術には、有機物管理技術と品種選抜がある。そこで、熱帯水田における有機物管理実態を明らかにすると同時に、有機物管理技術と品種選抜による水田からのメタン発生抑制の可能性を検討することを目的として、タイと日本で調査研究を実施した。

2.2 水稻体経由のメタン輸送機構のモデル化

これまでに、温度が水稻体を通したメタン輸送過程に影響を及ぼすこと、そしてそれが水田からのメタンフラックスの季節変化の原因となっている可能性を示唆してきた²⁾。そこで、水稻の根圏から大気へのメタン輸送速度に及ぼす温度の影響を調べることに、また、水田土壌中に存在する高濃度のメタンを含む気泡が、水稻体を通したメタン放出速度に及ぼす影響を解明することを目的として、水耕栽培の水稻を用いた実験を行った。

2.3 タイの畑地における亜酸化窒素の発生

熱帯地域での畑地からの亜酸化窒素の発生に関する研究は、世界的にみると温帯地域よりも非常に少ないので、熱帯アジアのタイにおいて、窒素肥料を施用した畑地で調査を実施した。

2.4 中国の水田における亜酸化窒素の発生

中国の水田からのメタン発生に関する共同研究は 1992 年度から実施しており、亜酸化窒素についても、中国の水田からの発生を解明することを初期の目的として、共同で調査を実施した。

3. 水田からのメタン発生抑制技術の開発

3.1 研究方法

(1) タイ各地の農家水田圃場 43 地点において、雨期作の水稲収穫時(11~12月)と翌年の雨期作の水稲耕作開始直前(6月)に、収量と圃場に存在する有機物(稲わらおよび雑草)量の調査を行った。

(2) 水田土壌を充填したライシメータ(面積 9m²、深さ 1m)で、前作の水稲収穫後に3種類(稲わら添加(600g/m²)、刈り株のみすき込み(標準区)、および刈り株除去(各処理2連)の有機物処理を行った。その後、水稲耕作開始まではマニュアル法にて二酸化炭素フラックスを、水稲耕作期間は新たに開発した自動測定システムを用いてメタンフラックスを測定した。

(3) 水田土壌を充填したライシメータ(面積 9m²、深さ 1m)にて、2品種の水稲を耕作し、自動測定システムを用いて水稲耕作期間のメタンフラックスを測定した。水稲品種として、通気組織の比較的発達していると思われる秋落ち抵抗性品種(愛知旭)と、通気組織が比較的未発達であると思われる秋落ち感受性品種(農林22号)を用いた。

3.2 結果と考察

(1) 調査を行った 43 地点での水稲もみ収量の平均値および標準偏差は、334±125 g/m²であった。また、水稲耕作開始直前の攪乱されていない圃場(34 地点)に存在していた稲わら、および雑草の地上部乾重量は、それぞれ 152±98 g/m²(範囲:0-317)、および 253±184 g/m²(範囲:0-1091)であり、タイの農家水田では、前作の水稲残渣とともに、非耕作期間に生育した雑草のバイオマスが水稲耕作期間のメタン発生に重要であることが示された(図1)。水稲もみ収量と翌年の水稲耕作開始直前に圃場に存在する有機物量の間には正の相関が見られ、タイの水田において、水稲収量のデータベースから、耕作開始時に土壌に投入される有機物量が推定可能であることが示された。

(2) 1994年10月から1995年4月までの水稲非耕作期間(182日間)における、土壌から大気への二酸化炭素発生量は、稲わら区、標準区、除去区で、それぞれ 191、147、112 gC/m²であった。二酸化炭素フラックスは表層地温と正の相関が見られた。水稲耕作期間における水田からのメタンフラックスは、特徴的な季節変動を示した(図2)。1995年4月(21日に湛水)から1995年9月までの水稲耕作期間における、水田からのメタン発生量は、稲わら区、標準区、除去区で、それぞれ 10.1、2.63、1.28 gC/m²であり、水田の有機物管理の違いによりメタン発生量が大きく異なることが示された。

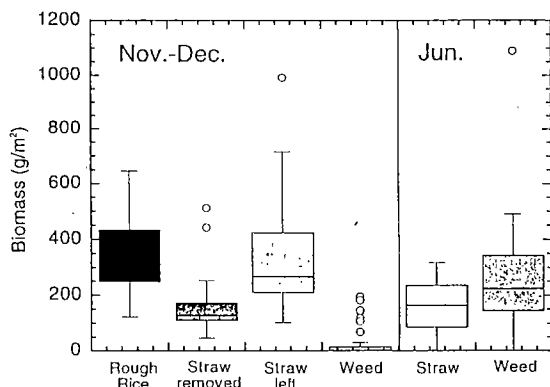


図1. タイにおける水田の残存有機物量

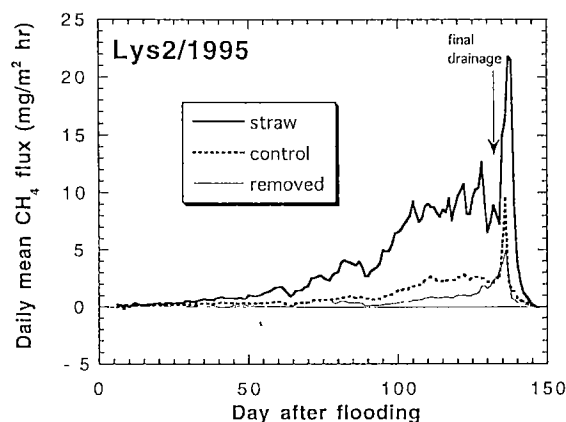


図2 有機物管理の違いが水田からのメタン発生に及ぼす影響

(3) 水稲耕作期間における、水田からのメタンフラックスは、2品種を比べると、愛知旭の方が耕作前半にやや高いフラックスを示したが、耕作後半にはその違いは小さくなった。耕作期間の全発生量は、愛知旭、および農林22号で、それぞれ 43.8 ± 16.8 、および 33.8 ± 3.5 g/m^2 であった(図3)。供試した2品種のメタン発生量の間には統計的に有意な差は見られなかった。

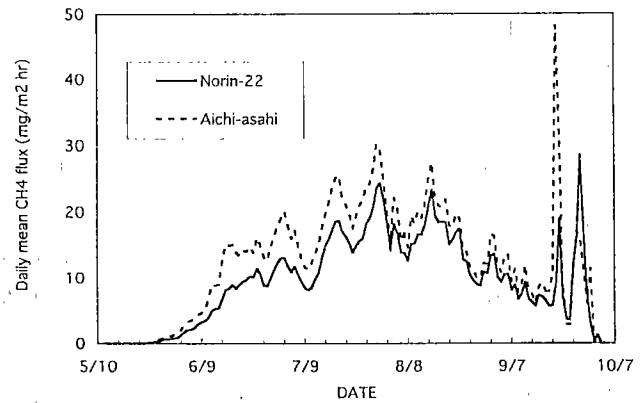


図3 異なる品種を栽培した水田からのメタン発生

4. 水稲体経由のメタン輸送機構のモデル化

4.1 研究方法

(1) 水稲地下部の温度を変化させる実験

チャンバー法(通気式)を用いて、高濃度のメタンを含む水耕液に根を浸した水稲地上部からのメタン放出速度を測定した(図4)。水稲の地上部および地下部の温度をそれぞれ変化させ、温度の影響を調べた。拡散モデルを用いて、メタン放出速度および水耕液中メタン濃度から水稲体のメタン輸送コンダクタンスを次式により計算して解析した³⁾。水稲体のメタン輸送コンダクタンスは、水稲体のメタン通過の難易性を示す指標である。

$$D_1 = \frac{F}{1000C_s N}$$

ここで、 F : 地上部からのメタン放出速度 (mg h^{-1})、 C_s : 水耕液中メタン濃度 (mg L^{-1})、 D_1 : 水稲体のメタン輸送コンダクタンス ($\text{cm}^3 \text{h}^{-1} \text{shoot}^{-1}$)、 N : チャンバー内の水稲茎数、である。

(2) 水稲地下部を種々の圧力のメタンガスにさらす実験

水稲の地下部(根および茎の一部)をメタンガスにさらし、そのガスの圧力を変化させ、水稲地上部からのメタン放出速度を通気式チャンバー法により測定した。

根圏温度および地上部温度を変化させ、地上部からのメタン放出速度を測定する実験装置の概略を図4に示す。高濃度メタン水耕液に水稲の地下部を浸し、地上部をチャンバー内にいれ、一定流量の空気を通気するチャンバーの空気入口と出口のメタン濃度とからメタン放出速度を測定するものである。

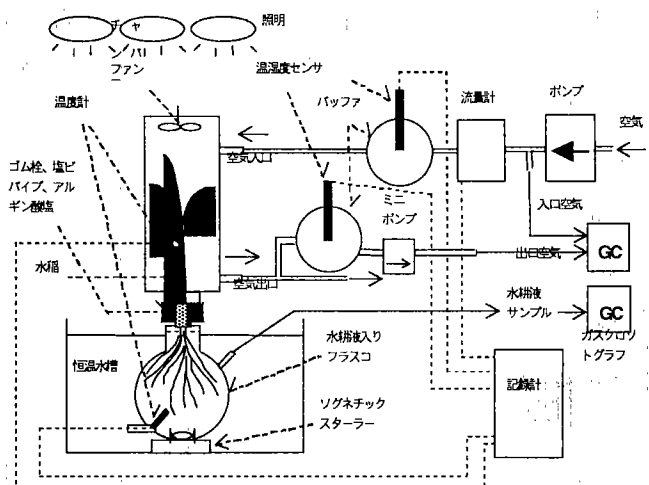


図4 高濃度メタン水耕液に根を浸した水稲地上部からのメタン放出速度の測定装置の概念図

4.2 結果と考察

(1) 水稻体を通したメタン輸送過程に及ぼす温度の影響

水耕栽培の水稻を用いた室内実験の結果、水稻体のメタン輸送コンダクタンスは 15°C から 30°C の温度変化により典型的には 2.0~2.2 倍になった。図 5 にその一例を示す。一方、地上部のまわりの気温を変化させる実験では、メタン輸送コンダクタンスの変化は比較的小さかった。また、水稻体中のメタン輸送過程においては、根を通過する過程がメタン放出速度を決定する上で重要であることが示された。水稻の生育段階によってもメタン輸送コンダクタンスは変化した。これらの結果から、水稻地下部の温度が水稻体のメタン輸送過程に大きく影響することが示された。

(2) 水稻根圏の気相が水稻を通したメタン輸送過程に及ぼす影響

水稻の地下部（根および茎の一部）をメタンガスにさらし、そのガスの圧力を変化させ、水稻地上部からのメタン放出速度を通気式チャンバー法により測定した結果を図 6 に示す。水稻地下部を暴露したメタンガスの圧力の増加により、水稻地上部からのメタン放出速度は著しく増大した。地下部のメタンガスの圧力を大気圧より $10 \times 10^{-3} \text{ atm}$ だけ高くすると、地上部からのメタン放出速度は大気圧の場合の約 3 倍に増加した（図 6 の「基部無被覆」）。しかし、茎の基部付近をアルギン酸塩で覆い、茎が直接メタンガスに接触しないようにすると、メタンガスの圧力を増大させてもメタン放出速度は増加しなかった（図 6 の「基部被覆」）。

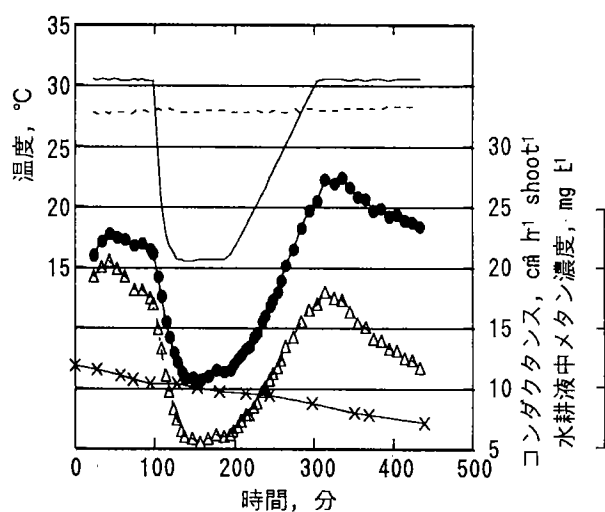


図 5 水耕液温度(—)、チャンパー内気温(---)、水耕液中メタン濃度(x)、水稻地上部からのメタン放出速度(△)および水稻体のコンダクタンス(●)の経時変化

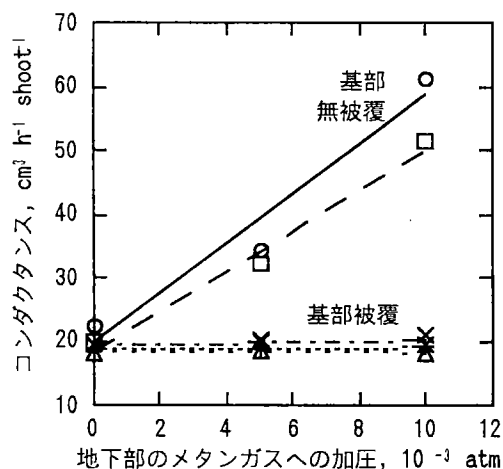


図 6 水稻地下部をさらした高濃度メタンガスへの加圧が水稻体のコンダクタンスに及ぼす影響（アルギン酸塩で基部を被覆した場合と無被覆の場合を示す。メタンガスに曝された根の長さは基部無被覆の場合、0 cm(△)及び 6 cm(+)であり、基部被覆の場合、0 cm(○)及び 5 cm (□)であった)

また、水田における観測から、気相が土壌の表層付近（例えば、深さ 1cm）に存在していることが推察され、水田において水稻の茎の基部付近の一部は気相に接していると考えられた。

これらの結果から、土壌中の気相（entrapped gas）が水稻の茎の基部付近（土壌面より下にある）から、田面水の圧力によって水稻の通気組織に侵入し大気中へ放出される可能性が示唆された。この機構（マスフロー）により、土壌中に捕らえられた気相は、気泡の噴出によるばかりでなく、水稻体を通したメタン放出経路にも影響を及ぼす可能性が示唆された。

水田のメタン放出量の抑制策に関して、水稻体のコンダクタンスを低下させるという観点での技術開発の可能性が考えられ、水稻体のコンダクタンスという概念を導入することは非常に有益であろう。その際、土壌中に気泡が多量に形成されるような場合には、水稻体を通してマスフロー的なメタン輸送が生じる可能性が示唆されたので、その点についてさらに解明することが必要であろう。

5. タイの畑地における亜酸化窒素の発生

5.1 研究方法

(1) 調査地点と肥培管理

タイ国内に4カ所の試験圃場を設けた（図7）。

各試験圃場で、窒素肥料施用区と無窒素施用区とを各区3連で設け、雨期に飼料用トウモロコシを栽培した。なお、ナコンサワンとプラプタバにおける測定は1996年度、チェンマイとコンケンにおける測定は1997年度に行った。窒素肥料として、ナコンサワンでは硫安を、プラプタバでは尿素とアンモニア態窒素のみを含んだ複合肥料を、コンケンでは尿素を、チェンマイではアンモニア態窒素と硝酸態窒素を55%と45%含んだ複合肥料をそれぞれ使用した。施肥は、試験を行った4カ所すべてで播種から約3週間後に畝に沿った溝に肥料を施用した後に覆土する方法で行った。コンケンでは、使用した窒素肥料の半分を播種時に基肥として同じ方法で投入した。これはコンケンの土壌の肥沃度が低いため、この地域で推奨されている肥培方法に従ったためである。

(2) 亜酸化窒素フラックスの測定

クローズドチャンバー法によるフラックスの測定は、雨期の作物栽培期間中（6月～9月）は施肥直後を高頻度にして全体として11～14回、乾期（作物を栽培せず）は11月から翌年3月まで毎月1回ずつ行った。

5.2 結果と考察

(1) 亜酸化窒素フラックスの経日変化

図8に4カ所の試験圃場における作物栽培中の亜酸化窒素フラックスの経日変化を示す。コンケンを除いた3カ所では、窒素肥料施用区において施肥後速やかに N_2O フラックスが上昇した。コンケンでは、施肥後10日間は N_2O フラックスが上昇しなかったが、15日後に大きなフラッ

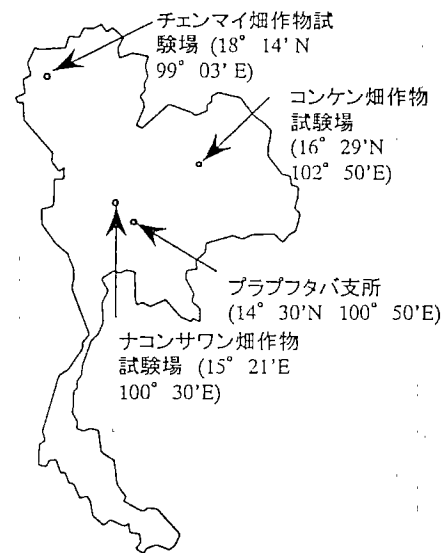


図7 タイの4カ所の試験圃場

クスが観察された。コンケンの土壌では何らかの理由により硝化の活性が非常に低いことがこのことに関係しているようであった。

(2) 雨期の亜酸化窒素の発生量推定

フラックスの経日変化から栽培期間中を通じた土壌からの N_2O 放出量を以下の方法で推定した。午前中に測定したフラックスを測定日の平均フラックスと仮定した上で、測定しなかった日のフラックスは前後に測定された値の平均であると仮定して測定期間を通じた積算値を求めた(表1)。今回の実験では畝からのフラックスを測定し、畝間からのものは測定しなかった。窒

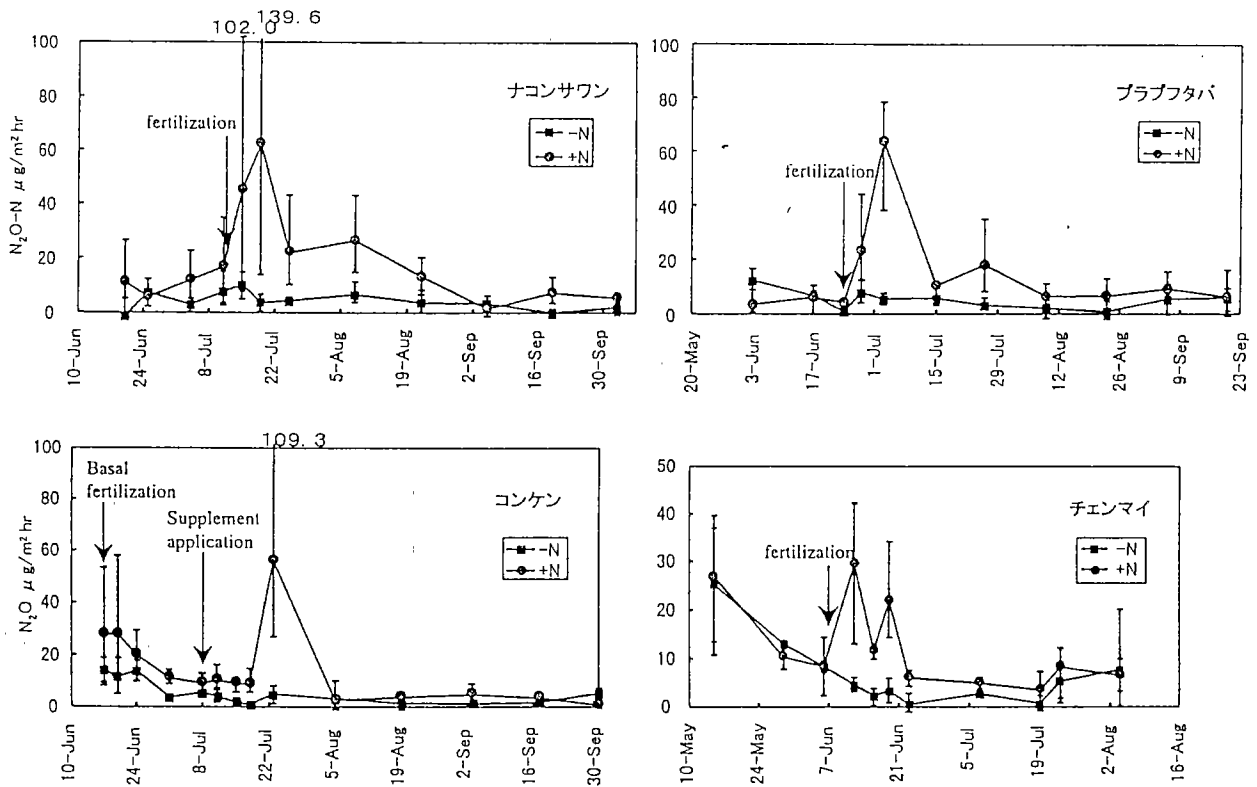


図8 タイの4試験圃場における亜酸化窒素フラックスの経日変化

表1. タイの畑地土壌から作物栽培期間中に発生する亜酸化窒素

	地域	土壌	測定期間(日)	窒素施用区 N_2O -N発生量 N_2O -Nmg/m ²	窒素無施用区 N_2O -N発生量 N_2O -Nmg/m ²	(+N--N)発生量	
						肥料-N a*	(%) b**
コンケン	東北	Oxic Paleustults	106	28.9	10.9	0.12	0.24
チェンマイ	北	Typic Ochraqalfs	78	19.6	11.9	0.08	0.16
ナコンサワン	中央	Typic Calcicustalfs	106	40.3	10.0	0.25	0.48
プラプフタバ	中央	Oxic Paleustults	110	35.1	12.2	0.19	0.37

*: 肥料を入れない畝間部については窒素肥料施用区と無施肥区とで N_2O 発生量に差がないと仮定した場合

** : 畝間部についても畝上と同程度に N_2O 発生量に差があると仮定した場合

素肥料は畝に施用されたことと、肥料中の窒素が畝間に移動する量は多くないと考えられたことから窒素施肥区と無施肥区とにおける N_2O-N の放出量の差は存在するが畝からのものよりは小さいと考えられた。表 1 には窒素施肥区と無施肥区とで畝間からの N_2O-N の発生量が畝からのものと同程度に差があると仮定した場合と、全く差がないと仮定した場合とにおける施用した窒素に対する亜酸化窒素の放出比率が示されているが、実際はその間の値であると推定された。施用した窒素肥料に対する亜酸化窒素の放出比はナコンサワン、プラブフタバ、コンケン、チェンマイの順に大きかった。チェンマイが一番小さかったのはここで使用された窒素肥料がアンモニウム態窒素と硝酸態窒素を 55%-45% 含んだ複合肥料であったことによると考えられる。畑地条件では主として硝化の副産物として亜酸化窒素が生成し放出されるので、施用した肥料中の硝酸態窒素は土壤中で硝化されずにその分だけ放出比率が下がったと考えられた。その次に小さかったのはコンケンであるが、ここでは施肥後の土壤中における硝化活性が非常に低いことが他の試験圃場と異なっていたことが亜酸化窒素の放出比率に影響を与えているかもしれない。しかし、温帯で測定された既存の報告例と比較した場合に今回の放出比率はその範囲に入っており、熱帯畑地土壌からの亜酸化窒素放出は温帯畑地土壌と大きな差はなかった。

(4) 乾期における測定結果

乾期については、ナコンサワンでは土壌がパーティゾルであったために土壌がひび割れを起こし、フラックスを測定できなかった。他の 3 地点では、フラックスの値が非常に小さく、フラックスを求めるための N_2O 濃度を分析する際の分析誤差とチャンバー内空気中の濃度上昇による濃度差が同程度であるため、個々のフラックスには大きな誤差が含まれていると考えられた。そのため乾期中に行った 5 回の測定時のフラックスについて t 検定による推定を行い、平均値と 95% 水準での信頼区間を求めた。その結果、コンケンにおいてのみ 95% 水準で窒素施用区 ($3.46 \pm 0.98 \mu g N_2O-N m^{-2} hr^{-1}$) と無施用区 ($0.68 \pm 2.34 \mu g N_2O-N m^{-2} hr^{-1}$) との間には有意差が検出されたが、他 2 カ所の試験圃場では窒素施用区と無施用区とで有意な差は得られなかった。

5. 中国の水田における亜酸化窒素の発生

5.1 研究方法

調査は 1994 年の 6～10 月に水稻栽培期間中に、3 地域の水田圃場で実施した。封丘（河南省、農業生態実験場）では、3 種類の土壌（砂質、ローム、粘土）区を設定し、窒素肥料 ($400 kg N/ha$) と豚糞 ($5 t/ha$) が施用された。南京（江蘇省、句容農業科学学校）では、異なる肥料（尿素と硫酸）と施肥量 ($10, 30 g N m^{-2}$) の 4 区及び無窒素区が設定された。鷹潭（江西省、中国科学院紅壤生態実験場）では、斜面沿いの地形の 3 カ所（高所、中所、低所）に設定し、尿素 ($11 kg N/ha$) が施用された。亜酸化窒素（とメタン）のフラックスは 1～2 週間毎に 1 回測定し、試料大気を真空バイアル瓶に採取して日本に輸送して、ECD/GC で亜酸化窒素を（メタンは FID/GC で）分析した。

5.2 結果と考察

(1) 水田圃場の亜酸化窒素は、田面水が無くなりメタンが発生しなくなると発生し、とくに最終落水後に大きなフラックスがみられた（図 9）。このメタンと亜酸化窒素の発生の関係は、日本の水田で測定された結果と一致していた。

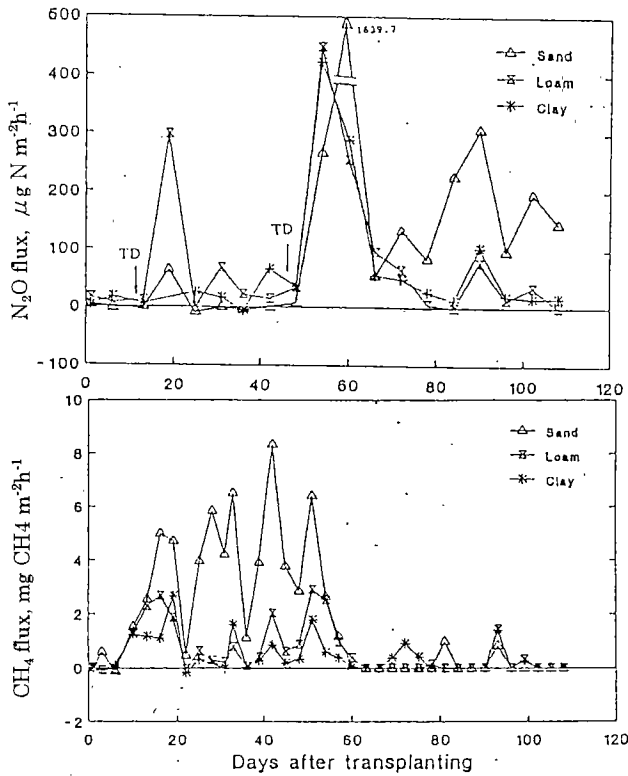


図9 封丘の水田からの亜酸化窒素（上段）とメタン（下段）のフラックスの季節変化

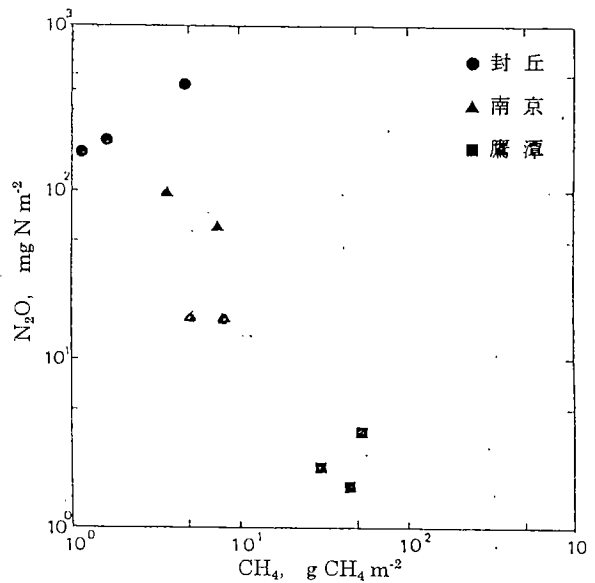


図10 中国の3地域の水田からのメタンと亜酸化窒素の発生量の関係

(2) 封丘では、砂質土壌のほうが他の土壌よりも亜酸化窒素の発生量が少なく、土壌の種類によって大きく異なっていることがわかった。

(3) 南京の圃場では、窒素施肥量が3倍に増大すると、水田からの亜酸化窒素の発生量は3～5倍となった。また、300kgN/haの施用量では、硫酸区のほうが尿素区よりも亜酸化窒素の発生量が多かった。投入した窒素量に対して大気中へ亜酸化窒素として放出された窒素量の割合は、0.038～0.280%であった。なお、メタン発生量は、窒素施用区のほうが無窒素区よりも少なかった。

(4) 水稻栽培期間中の亜酸化窒素の発生量は、3地域で非常に異なり、最も多い封丘と最少の鷹潭とでは約100倍もの差があった。

(5) 水稻栽培期間中の亜酸化窒素の発生量が多かった地点ではメタン発生量が少なく、また、その逆の関係も得られた(図10)。

(6) 以上から、栽培期間中の亜酸化窒素とメタンの発生量は、「トレードオフ」の関係にあることが明らかになった。

6. 本研究より得られた成果

(1) タイの農家圃場での調査により、熱帯水田のメタン発生を有機物管理により抑制するためには、前作の水稻残渣(稲わらや刈り株)とともに非耕作期間中に生育した雑草のバイオマスを管理することが重要であることが明らかになった。なお、日本の2品種の水稻を耕作してメタンフラックスを測定した結果、これらの品種間では耕作期間の全メタン発生量は統計的に有意差が

見られなかった。

(2) 水稻体経由のメタン輸送機構については、水稻地下部の温度が水稻体のメタン輸送に大きく影響すること、また、土壌表層中の気相が水稻の茎の基部付近(土壌面より下にある)から田面水の圧力によって水稻の通気組織に侵入し、大気中へ放出される可能性が示唆された。

(3) 熱帯のタイの畑地における亜酸化窒素の発生に関する調査から、フラックスの経日変化、および施肥窒素量に対する亜酸化窒素発生量の割合(0.08~0.48%)は、温帯地域の日本での測定結果と同様な傾向であることが明らかになった。なお、作物を栽培しない乾期のフラックスは、非常に小さかった。

(4) 中国の水田からの亜酸化窒素発生量を推定するため、3地域の水田で、水稻栽培期間中、メタンとともに亜酸化窒素のフラックスを測定した。その結果、日本での測定結果と同様に、落水後にメタンが発生しなくなると亜酸化窒素が発生し始め、メタンと亜酸化窒素の発生量は負の相関を示し、両者は「トレードオフ」の関係にあることが明らかになった。

引用文献

- 1) IPCC(1994): Climatic change 1994, (eds.) Houghton J. T., et al., Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- 2) Nouchi, I., Hosono, T., Aoki, K. and Minami, K., 1994: Seasonal variation in methane flux from rice paddies associated with methane concentration in soil water, rice biomass and temperature, and its modeling. *Plant Soil*, **161**, 195-208.
- 3) 細野達夫・野内 勇, 1996: 水田からのメタンフラックスと水田土壌水中メタン濃度の季節変化. *農業気象*, **52**, 107-115.

[国際共同研究等の状況]

(1) 国際農林水産業研究センター・農業環境技術研究所と、タイ国農業局(DOA)土壌科学部の Dr. P. Chairoj との間で、1990年度から、「タイの農耕地からの温室効果ガスの発生に関する共同研究」を実施中である。

(2) 日中環境保護協力協定の一環として、「農耕地からの温室効果ガスの発生とその発生制御対策に関する共同研究」を、農業環境技術研究所と中国科学院土壌科学研究所(南京)の蔡祖聰・邪光熹教授との間で、1995年度から実施中である。

[研究発表の状況]

論文発表

- Cai, Z C., Xing, G C., Yan, X Y., Xu, H., Tsuruta, H., Yagi, K., and Minami, K.: *Plant and Soil*, **196**, 7-14(1997) "Methane and nitrous oxide emissions from rice paddy fields as affected by nitrogen fertilisers and water management"
- Hosono, T. and Nouchi, I., 1997: The dependence of methane transport in rice plants on the root zone temperature. *Plant Soil*, **191**, 233-240.
- Hosono, T. and Nouchi, I., 1997: Effect of gas pressure in the root and stem base zone on methane transport through rice bodies. *Plant Soil*, **195**, 65-73.

- Tsuruta, H., Kanda, K., and Horose, T.: *Nutr. Cycl. Agroecosys.*, 49, 51-58 (1997) "Nitrous oxide emission from a rice paddy field in Japan"
- Watanabe, T., Chairoj, P., Tsuruta, H., Masarngsan, W., Wongwiwatchai, C., Wonprasaid, S., Cholitkul, W., and Minami, K.: *Nutr. Cycl. Agroecosys.*, "Nitrous oxide emissions from fertilized upland fields in Thailand" (投稿中)
- Xu, H., Xing, G X., Cai, Z C., and Tsuruta, H.: *Nutr. Cycl. Agroecosys.*, 49-23-28 (1997) "Nitrous oxide emissions from three rice paddy fields in China"
- Yagi, K., Tsuruta, H., and Minami, K.: *Nutr. Cycl. Agroecosys.*, 49, 213-220 (1997) "Possible options for mitigating methane emission from rice cultivation"
- 細野達夫・野内 勇：水田のメタンフラックスの日変化とその要因－メタン生成速度および水稻体のメタン輸送過程に及ぼす地温の影響－。(投稿中)
- (2) 学会等での発表
- Tsuruta, H.: Research program on greenhouse gas emissions and development of their reduction technology by JEA and NIAES, International Workshop on Climate Change: National Action Plans, Bogor, Indonesia, 6-10 Jan. 1997.
- Watanabe, T., Chairoj, P., Tsuruta, H., Masarngsan, W., Cholitkul, W., and Minami, K.: SCOPE N workshop – The effect of human disturbance on the nitrogen cycle in Asia, Nanjing, China October 12-19, 1997 "Measurement of nitrous oxide emission from fertilized maize fields in Thailand"
- Yagi, K., Tsuruta, H., and Minami, K.: International Symposium on Soil-Source and Sink of Greenhouse Gases, Nanjing, China, 1995 "Possible options for mitigating methane emission from rice cultivation"
- 八木一行：水田からのメタン発生-食糧生産と地球環境保全とのバランス、日本熱帯生態学会 (1996)
- 八木一行、P. Chairoj、加藤邦彦：タイにおける水田の残存有機物量広域調査、日本土壌肥料学会 (1998)