

B-51 温室効果ガスの人為的な排出源・吸収源に関する研究

(2) CH₄、N₂Oの排出・吸収に関する研究

(5)植物体を經由する土壌からのCH₄、N₂O 輸送機構

研究代表者

国際農林水産業研究センター・環境資源部

八木一行

平成 10 年度予算額 2,000 千円

〔要旨〕地球温暖化に関与する大気中の急激なメタン(CH₄)濃度増加の原因のひとつとして、世界的な水田耕作面積の増加があげられている。水田からのメタン発生を抑制するために、さまざまな方策が提案されているが、メタン発生が少ない水稻品種を選抜することも期待される方策のひとつである。一方、亜酸化窒素についても、条件によっては水田から多量に発生することが示されている。本研究では、これらのガス発生が少ない水稻品種を選抜するための基礎的知見を得ることを目的とし、11 種類的水稻品種を水耕栽培し、水稻の根域に溶存するガスを大気へ輸送するポテンシャル（コンダクタンス）の測定を行い、水稻の生理・形態的特徴と比較した。その結果、品種により異なったガスコンダクタンスが認められ、メタンについては、水稻の分けつ期および成熟期でそれぞれ0.30～1.21および0.62～2.55 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mM}$ 、亜酸化窒素については0.029～0.079 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mM}$ の範囲にあった。ガスコンダクタンスと水稻の生育との間には正の相関が見られた。そのなかでも、根に関係するパラメータ、すなわち、根重量、根容量、根全周長、および通気組織の容量については、きわめて高い相関が認められ、根の生育がガスコンダクタンスに対し最も寄与の大きいことが示された。メタンコンダクタンスと亜酸化窒素コンダクタンスについては正の相関が認められたが、メタンコンダクタンスは亜酸化窒素コンダクタンスの9.3-19.1 倍高く、二つのガスの輸送速度は著しく異なることが示された。

キーワード：温室効果ガス、ガス輸送、コンダクタンス、地球温暖化、品種

1. 序

地球温暖化に関与する大気中の急激なメタン(CH₄)濃度増加の原因のひとつとして、世界的な水田耕作面積の増加があげられている。水田からのメタン発生を抑制するために、有機物管理や水管理の改善などさまざまな方策が提案されているが、メタン発生が少ない水稻品種を選抜することも期待される方策のひとつである(Cerri *et al.*, 1996)。水田土壌中で生成されたメタンは、大部分が水稻の通気組織を經由して大気へ放出される。したがって、水稻の通気組織の発達の程度がメタン発生 of 重要な制御要因であり、その知見はメタン発生抑制のための品種選抜の基礎となる(Neue *et al.*, 1995)。

一方、土壌から放出されるもうひとつの温室効果ガスである亜酸化窒素の水田からの放出については、放出量や放出メカニズムに関して不明の点が多い。メタンと同様に水稻を經由して土壌から大気へ放出される割合についても未解明である。

2. 研究目的

これまでの研究から、水田からのメタン発生は水稻品種より差があることが示されているが、

これは、水稻の根圏での物質代謝活性とガス輸送活性の違いによるものと考えられる。本研究では、水稻の形態および生理的特徴や根圏での物質代謝活性とメタン輸送ポテンシャルとの関係を明らかにすることを目的とする。合わせて、水田からの亜酸化窒素の放出メカニズムを明らかにする。今年度は、さまざまな水稻品種を水耕栽培し、水稻の根域に溶存するメタンを大気へ輸送するポテンシャルの測定方法を検討し、その測定から、水稻の形態および生理的特徴とメタン輸送ポテンシャルとの関係を明らかにする。

3. 研究方法

実験には、日本の水稻品種9種（朝日1号(略称: A1)、銀坊主(GB)、農林3号(N3)、農林25号(N25)、農林36号(N36)、農林37号(N37)、神力(SR)、玉錦(TN)、およびユウバエ(YB))と、アメリカ合衆国産(Lemont(LM))、およびフィリピン産(IR36)各1種、計11種を用いた。各水稻品種は、水を満たしたバット上に浮遊するメッシュ上に播種し、4週間育苗した。その後、培養液を満たしたタンクに移植し、自然光のチャンパー内にて栽培した。育苗および栽培温度は20-30°Cの12時間サイクルで行った。水稻は、移植後30-40日で、測定に適する大きさ（草丈25-38cm、茎数8-18）に育成し、メタンと亜酸化窒素の輸送ポテンシャル（コンダクタンス）の測定を行った。

水稻のコンダクタンスは、Nonchi *et al.* (1990)の方法に準じた。すなわち、図1に示すような装置に水稻1個体を固定し、根圏とガス放出サイトのある地上部を隔離する。根圏はメタンまたは亜酸化窒素を溶存させた培養液で満たし、地上部のチャンパー内へのガス放出速度を測定した。メタンの定量はGC/FIDにより、亜酸化窒素の定量はGC/ECDにより行った。同時に、実験に供した水稻の光合成速度、茎数、葉面積、地上部バイオマス、茎容量、根重量、根容量、根全周長、および通気組織の容量を測定した。

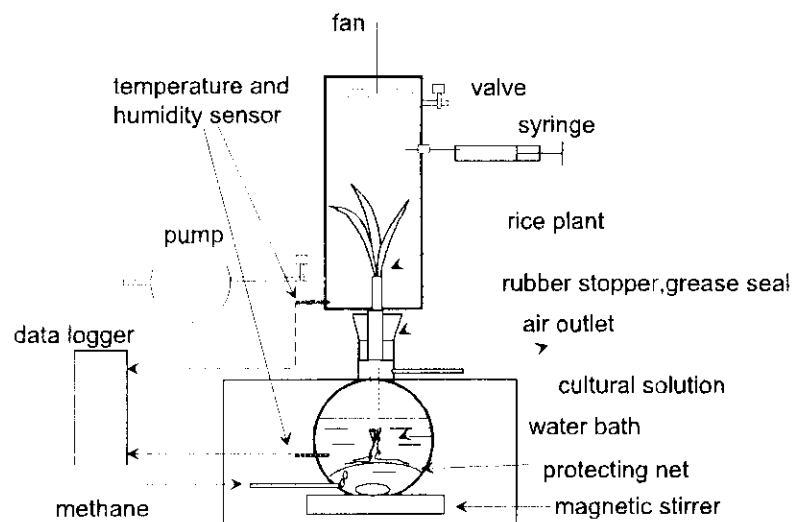


図1 ガス輸送ポテンシャル測定装置

4. 結果と考察

(1) 水稻品種によるコンダクタンスの相違

ガスコンダクタンスの測定は、水稻の分げつ期（移植後 35-45 日）と成熟期（移植後 70-80 日）に行った（表 1）。メタンについては、供試したすべての品種について、両生育期に測定を行った。メタンコンダクタンスは、分げつ期では比較的低く、0.30 (IR36, LM) ~ 1.21 (YB) $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mM}$ の範囲内にあった。成熟期ではそれぞれ 0.62 (N36) ~ 2.55 (LM) $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mM}$ の範囲にあった。遺伝的関連のある、N25、N36、および N37 のコンダクタンスの値は近かった。亜酸化窒素については 0.029 ~ 0.079 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mM}$ の範囲にあった。0.30 ~ 1.21 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mM}$ 、亜酸化窒素については一部の品種で測定を行ったが、コンダクタンスは 0.029 ~ 0.079 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mM}$ の範囲にあった。

表 1 各水稻品種のメタンおよび亜酸化窒素コンダクタンス

No	Full name	Origin	Classified No.	Abv.	Conductance, CH_4 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mM}/\text{Plant}$		Conductance, N_2O $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mM}/\text{Plant}$	
					Till.	Reprod.	Till.	Reprod.
1	ASAHI	Japan	040412	A1	0.57 $\pm$ 0.20	1.15 $\pm$ 0.34		0.058
2	GINBOUZU	Japan	040671	GB	0.72 $\pm$ 0.26	1.30 $\pm$ 0.95	0.068 $\pm$ 0.008	
3	IR36	IRRI	140095	IR36	0.30 $\pm$ 0.09	1.65 $\pm$ 0.19		
4	LEMONT	USA	00059772	LM	0.30 $\pm$ 0.23	2.55 $\pm$ 0.28	0.029 $\pm$ 0.008	
5	NOURIN25	Japan	040640	N25	0.45 $\pm$ 0.05	1.15 $\pm$ 0.36		
6	NOURIN3	Japan	040638	N3	0.76 $\pm$ 0.18	0.65 $\pm$ 0.06	0.079	0.058
7	NOURIN36	Japan	040641	N36	0.74 $\pm$ 0.33	0.62 $\pm$ 0.40	0.065	
8	NOURIN37	Japan	920936	N37	0.74 $\pm$ 0.48	0.66 $\pm$ 0.03	0.060	
9	SHINRIKI	Japan	000118	SR	0.52 $\pm$ 0.09	0.92 $\pm$ 0.38	0.030 $\pm$ 0.004	
10	TAMANISHIKI	Japan	040566	TN	0.31 $\pm$ 0.16	1.88 $\pm$ 0.92		
11	YUBAE	Japan	920989	YB	1.21 $\pm$ 0.66	0.76 $\pm$ 0.14		

Classified No. was the ID. number of Gene Bank, National Institute of Agro-Biological Resources, MAFF, Japan. Abbreviations were used for the discussion of this paper. Till. stands for tillering stage. Reprod. stands for reproduction stage. Conductance showed is the average value $\pm$ SD from three independent measurements. Data without SD come from single measurement.

(2) 水稻の生育とコンダクタンスの関係

分げつ期におけるコンダクタンスの測定は、水稻各個体がまだきわめて小さい時期に行った。さらに、培養液に対する品種の適合性も異なるため、この時期の各品種の生育速度には大きな差がみられた（図 2）。YB や N3 など、生育の早かった品種では高いコンダクタンスが認められた（表 1）。ほとんどの品種で、成熟期において分げつ期よりも高いメタンコンダクタンスが認められ、水稻の生育にともなって、メタンコンダクタンスが増加することが示された。この傾向は、この時期の生育量の大きかった A1、GB、IR36、LM、および TN で顕著であり、逆に、この時期の生育量の小さかった N3、N36、N37、および SR では小さかった。亜酸化窒素についてはその傾向は強くはみられなかった。

(3) 水稻の形態パラメータがコンダクタンスに及ぼす影響

検討したほとんどの形態パラメータについて、メタンおよび亜酸化窒素コンダクタンスとのあいだに正の相関が見られた。その例を図 3 に示す。特に、根に關係するパラメータ、すなわち、根重量、根容量、根全周長、および通気組織の容量については、きわめて高い相関が認められた。しかし、いずれのパラメータも他のものに卓越して高い相関を示してはいなかった。

(4) メタンコンダクタンスと亜酸化窒素コンダクタンスの関係

同一個体について、メタンと亜酸化窒素をともに溶存させ、測定されたメタンコンダクタンスと亜酸化窒素コンダクタンスの関係を図4に示す。メタンコンダクタンスと亜酸化窒素コンダクタンスについては正の相関が認められ、その相関係数は0.7336であった。しかし、メタンコンダクタンスは、亜酸化窒素コンダクタンスの9.3-19.1（平均値：16.1）倍高く、二つのガスの輸送速度が著しく異なることが示された。

この原因として、1) 分子量の違いにともなう拡散速度の違い、2) 分子の大きさの違いにともなう植物細胞膜透過速度の違い、3) 溶解度の違いにともなうガス化速度の違いが関係しているものと考えられる。

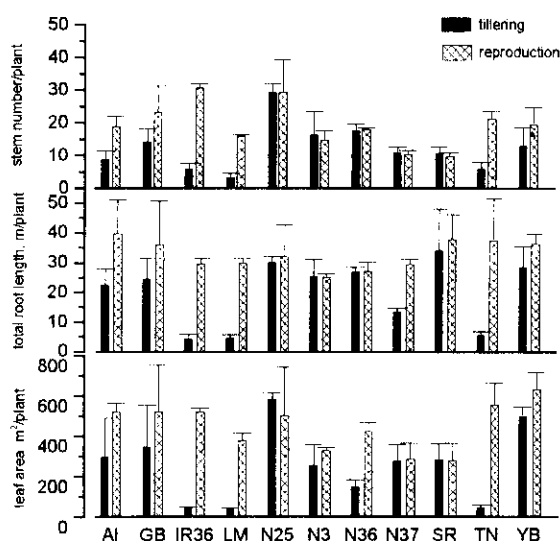


図2 水稲各品種の分げつ期および成熟期における生育

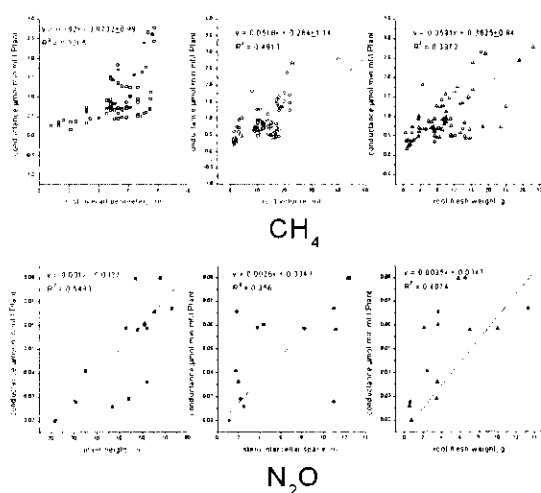


図3 水稲の形態パラメータとメタンおよび亜酸化窒素コンダクタンスとの関係

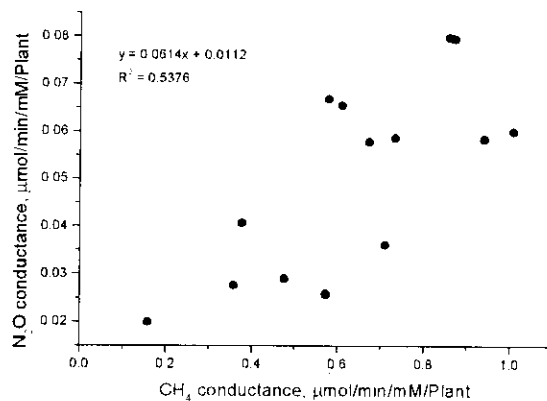


図4 メタンコンダクタンスと亜酸化窒素コンダクタンスの関係

5. 本研究により得られた成果

- (1) 水稻品種間の生育と形態の違いが水田からのメタンと亜酸化窒素の発生に影響を及ぼすことを明らかにした。
- (2) 水稻を経由した大気へのメタンと亜酸化窒素の輸送速度の違いを明らかにした。

6. 引用文献

- Cerri, C., Minami, K., Mosier, A., Rosenberg, N., and Sauerbeck, D.: In Climate change 1995, Cambridge University Press, pp. 745-771 (1996) "Agricultural options for mitigation of greenhouse gas emissions"
- Neue, H. H., Wassmann, R., and Lantin, R. S.: In Climate change and rice, International Rice Research Institute, pp. 136-141 (1995) "Mitigation options for methane emissions from rice fields"
- Nouchi, I., Mariko, S., and Aoki, K.: Plant Physiol., 94, 59-66 (1990) "Mechanism of methane transport from the rhizosphere to the atmosphere through rice plants"

7. 研究成果の発表状況

(1) 口頭発表

- (i) 姚 亨、八木一行、米村正一郎、野内 勇：1999年度日本土壌肥料学会 (1999)
「植物体を経由したメタンと亜酸化窒素輸送過程の制御要因」

(2) 論文発表

- (i) H. Yao, K. Yagi, and I. Nouchi: Plant and Soil, submitted (1999)
"Importance of plant physical size on methane transport from several rice varieties"