

水田における温室効果ガス放出量の削減と水稲収量・品質の維持が可能な水管理法  
 The best water management practice for mitigating greenhouse gas emissions and  
 maintaining rice yield in paddy fields

○工藤祐亮\* 登尾浩助\*\* 下大園直人\*\*\* 栗原隆輝\*\*

KUDO Yusuke, NOBORIO Kosuke, SHIMOOZONO Naoto, KURIHARA Ryuki

1. はじめに

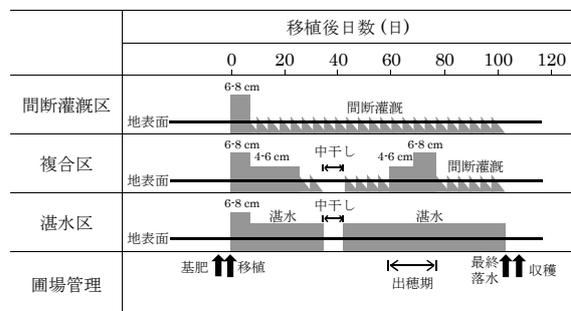
水田では、湛水状態を維持することで温室効果ガスであるメタン(CH<sub>4</sub>)が生成され、地表面から大気へと放出される。CH<sub>4</sub>の放出は、中干しや間断灌漑を導入することで抑制されるが、落水時には亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)が生成・放出される。さらに、土壌中で生成されたCH<sub>4</sub>とN<sub>2</sub>Oの一部は水に溶解し、暗渠排水や小河川等から大気へと放出される。水に溶解した溶存ガスとして域外へ排出される量(間接放出)が地表面からのガス放出量(直接放出)を上回る事例が報告されている(Minamikawaら, 2010)にも関わらず、直接・間接放出量を同時に評価した事例は少ない。このように湛水、中干し、間断灌漑等の水管理は温室効果ガスの放出量に影響を及ぼす要因の一つであるが、同時に水稲収量や米の品質を決定する要素の一つでもある。そこで本研究では、水管理が異なる水田において水稲栽培を行い、温室効果ガス放出量の削減と水稲収量・品質の維持が可能な水管理法を検討した。

2. 方法

調査には、明治大学生田キャンパス内にある6基のライシメータ(2×2×2m)を用いた。ライシメータは、地表面から深さ35cmまでが淡色黒ボク土であり、35cm以深は関東ロームである。調査期間における各処理区の水管理および圃場管理をTable 1に示した。水管理は間断灌漑区、湛水区及び複合区の3条件とした。全処理区において移植後の1週間は水深6-8cmを維持した。間断灌漑区は、移植後8日目から最終落水までの期間を間断灌漑とした。湛水区は、1週間の中干し期間を除いて常時2-6cmの湛水を移植後8日目から最終落水まで継続した。複合区は、移植後8日目から移植後29日目までの期間と移植後60日目から76日目までの期間を常時4-8cmの湛水状態とした。移植後34日目以降の1週間は湛水区と同様に中干しを行った。その他の全ての期間は、最終落水まで間断灌漑とした。1つの処理区につき2基のライシメータを用いて調査を行った。調査期間中は地下水位を40cm、減水深を20mm d<sup>-1</sup>にそれぞれ設定した。

地表面からのガス放出量と溶存ガス濃度の測定には、それぞれクロズドチャンバ法とヘッドスペース法を用いた。ガス採取は、週2回の頻度で全て正午(12時)に行った。収量は5株の代表株で調査を行った。

Table 1 各処理区における水管理および圃場管理  
 Water management and field management in each treatment



\*株式会社 MIC メディカル MIC Medical Corporation

\*\*明治大学農学部 School of Agriculture, Meiji University

\*\*\*明治大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Meiji University

水田, 水管理, メタン, 亜酸化窒素, 溶存ガス, 水稲収量

### 3. 結果および考察

二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)相当量に換算した全直接放出量の積算値は複合区が最も少なく、最も放出量が多い湛水区に比べて46.1%の減少であった。また、全間接排出量の積算値も複合区が最も少なかった。そして、全直接放出量と全間接排出量を合計した全放出量は、複合区が最小であったことから、複合区の水管理は水田からの温室効果ガス放出量の抑制に大きく貢献すると言える。本研究では、直接放出量に対する間接排出量の割合が全ての処理区において10%以下であったことから、CH<sub>4</sub>とN<sub>2</sub>O放出のほとんどが直接放出によるものであり、直接放出量を抑制することが重要であることがわかった。しかし、沖積土(灰色低地土)などの土壌では間接N<sub>2</sub>O排出量が直接放出量を上回る事例が報告されている(Minamikawaら, 2010)。そのため、今後は他の土壌においても温室効果ガスの全放出量を調査する必要がある。収穫した米の品質には水管理による違いが見られなかったものの、収量は複合区が最も高かった。収量構成要素では、間断灌漑区の穂数と1穂粒数が他の2処理区に比べて大幅に低かった。一方、登熟歩合と玄米千粒重は処理区間による大幅な違いは見られなかった。登熟歩合と玄米千粒重は生殖生長期から登熟期までの期間に決定する(Yoshida, 1981)ことから、その期間における水管理の違いは収量に大きく影響しないと考えられた。しかし、出穂期に水が不足すると稔実障害を起こすことが知られており(Yoshida, 1981)、本研究でも各処理区の登熟歩合は出穂期の水量に比例していた。従って、登熟歩合を向上させるためには、出穂期に十分な水量が必要であると推察された。一方、大幅な違いが見られた穂数と1穂粒数は、生殖生長前期までの環境条件により決定する(松島, 1959)ことから、高収量のためには生殖生長前期までの水管理が重要であると考えられた。複合区は収量当たりの全放出量が最も少なかった。これより、複合区の水管理は収量を減らさずに温室効果ガス放出量を抑制できる水管理法であると言えた。

謝辞：本研究の一部は、2009年度文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業(S0901028)の助成により行った。

参考文献

Minamikawa, K., Nishimura, S., Sawamoto, T., Nakajima, Y., Yagi, K., 2010. Annual emissions of dissolved CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O in the subsurface drainage from three cropping systems. *Global Change Biology* 16, 796-809.

Yoshida, S., 1981. Fundamentals of rice crop science. In: Yoshida, S. (Ed.), *International Rice Research Institute*, pp. 83-236.

松島省三 1959. 稲作の理論と技術, 養賢堂, pp.111-249.

Table 2 栽培期間(6月5日から9月21日まで)における積算ガス放出量  
Cumulative gas emissions during cultivation period (from 5 June to 21 September)

処理区	直接放出量		全直接放出量 (g CO <sub>2</sub> -eqv. m <sup>-2</sup> )	間接排出量		全間接排出量 (g CO <sub>2</sub> -eqv. m <sup>-2</sup> )	全放出量 (g CO <sub>2</sub> -eqv. m <sup>-2</sup> )	全間接排出量/ 全直接放出量 (%)
	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O		CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O			
	(mg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> )	(mg N <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> )		(mg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> )	(mg N <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> )			
湛水区	1257.61 ± 134.13	68.41 ± 26.25	49.18 ± 4.69	0.08 ± 0.06	4.65 ± 1.80	1.38 ± 0.53	50.55 ± 4.16	2.87 ± 1.35
間断灌漑区	-83.95 ± 153.44	127.93 ± 25.39	35.94 ± 3.99	0.02 ± 0.03	7.38 ± 0.04	2.18 ± 0.01	38.12 ± 4.00	6.11 ± 0.65
複合区	396.95 ± 125.56	58.75 ± 6.69	26.52 ± 4.87	0.17 ± 0.02	3.93 ± 0.26	1.17 ± 0.08	27.69 ± 4.95	4.45 ± 0.53

Table 3 収量構成要素及び玄米収量  
Yield component and grain yield

処理区	穂数 (m <sup>-2</sup> )	1穂粒数	登熟歩合 (%)	玄米千粒重 (g)	玄米収量 (kg ha <sup>-1</sup> )	収量当たりの 全放出量 (g CO <sub>2</sub> -eqv. kg <sup>-1</sup> )
湛水区	224.0 ± 45.3	101.4 ± 5.4	87.3 ± 0.2	21.7 ± 0.3	4320.9 ± 1054.6	121.8 ± 39.3
間断灌漑区	161.6 ± 29.4	87.2 ± 0.7	86.7 ± 4.6	21.5 ± 0.1	2635.4 ± 583.3	146.6 ± 17.3
複合区	214.4 ± 27.2	110.9 ± 2.9	90.9 ± 0.4	21.6 ± 0.3	4689.7 ± 789.5	60.8 ± 20.8