

農地における温室効果ガス発生因子に関する研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2024-03-27 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 土井,俊弘 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10291/0002000350

2023年度 農学研究科

博士学位請求論文（要旨）

農地における温室効果ガス発生因子に関する研究

農学専攻
土井 俊弘

1 問題意識と目的

近年、温暖化の原因物質であるの二酸化炭素 (CO_2)、メタン (CH_4) 一酸化二窒素 (N_2O) といった温室効果ガスの大気中濃度が増加しており、地球規模での気候変動が危惧されている。温室効果ガスの放出源の一つとして、水田や畑地といった農耕地土壌が挙げられる。水田土壌中では、メタン生成菌により CH_4 が生成される。 CH_4 は湛水により土壌が還元され酸化還元電位 (Eh) が -200mV 程度に低下すると生成され始める。 CH_4 を酸化分解するメタン酸化菌も存在し、落水により土壌が酸化されると、メタン酸化菌により CH_4 が分解され、 CH_4 放出が抑制される。土壌中における N_2O の生成経路は主に好気条件下で生じる硝化と嫌気条件下で生じる脱窒の二種類である。

水田における CH_4 放出量の抑制には、SRI 農法 (System of Rice Intensification) を含めた間断灌漑と中干しが CH_4 放出量の抑制につながると考えられている。一方、日本での SRI の実践は、熱帯と比較して生育初期の気温が低く、日射量も少ないことから課題が多い。また落水時の水田において N_2O 放出量が大きくなることが報告されているため、 CH_4 および N_2O 放出はトレードオフの関係にあることが指摘されている。中干しや間断灌漑ならびに落水処理によって水田土壌表面が露出した非湛水条件下においては、水稻体経由のガス移動だけでなく土壌表面-大気間を経由するガス移動もあわせて評価する必要がある。通常の大気圧条件下では、拡散移動がガス移動経路の大部分を占める。土壌中のガス拡散移動において、降雨による土壌中の体積含水率の増加や、乾燥密度が高い耕盤層が存在することで拡散移動量が低下することが報告されている。乾燥密度とガス放出量の関係について好氣的条件下の畑地や草地を対象とした研究が報告されているが水田での研究例はほとんどない。落水期に粘質土上で乾燥化が進行することにより、表層土壌に亀裂が生じる。亀裂の発達には地下排水性の向上および保水能力の低下を生じることが予測される。土壌亀裂の発達がガス・水移動に与える影響を定量的に評価することは、水田土壌での亀裂を通して移動した炭素窒素成分の評価ならびに水田での物質循環のメカニズム解明の一助につながることが期待される。

このように水田土壌から大気へのガス交換においては、土壌中での微生物呼吸や土壌の物理的性質および水管理方法といった複数の要因があわさって土壌中のガス生成および大気-土壌間のガス移動量に効果をお

よぼしていることが考えられた。そこで本研究では農地における温室効果ガス発生因子の効果に関して要素ごとに分けて室内実験および圃場実験を実施することで調査することとした。

2 構成及び各章の要約

第2章では土壌の物理性の1つである乾燥密度とガス放出量の関係性について調べた。非湛水条件下の水田土壌において、乾燥密度条件の違いが土壌-大気間における3種の温室効果ガス (CO_2 , CH_4 , N_2O) 交換に与える影響を明らかにすることを目的とした。積算ガスフラックスの結果より、高水分条件下では、乾燥密度が高い土壌で CO_2 および N_2O ガス放出量が低下する傾向を得た。ただし乾燥密度間での統計的な有意差は得られなかった。 CH_4 ガスフラックスはすべての乾燥密度条件下で低い値を示した。ガスフラックス値より算出した D_p/D_0 の結果より、 CO_2 , CH_4 および N_2O のガス種が異なっても D_p/D_0 の値は CO_2 , CH_4 および N_2O において差異は生じなかった。

第3章では、 $\delta^{15}\text{N}$ 同位体を用いて水分条件の違いが硝化・脱窒による一酸化二窒素 (N_2O) の生成に与える影響について調べた。黒ボク土水田土壌を用いて土壌水分の変化が N_2O 生成経路に与える効果を明らかにすることを目的として実験をおこなった。土壌水分条件は 1) 間断灌漑条件、2) 湛水条件および 3) 落水条件の3条件を設定した。放出した N_2O の $\delta^{15}\text{N}$ と SP 値と、表層土壌中に存在する NH_4^+ 濃度と NO_3^- 濃度の時間変動の結果より、間断灌漑条件では、本実験条件では硝化と脱窒による生成量はわずかであったため、 N_2O 生成経路は特定できなかった。湛水条件下では湛水開始直後 0~24 時間後は、脱窒よりも硝化による N_2O 生成量が高く、湛水開始から 24~144 時間後にかけて脱窒の N_2O 生成量が硝化による N_2O 生成量よりも高かったと考えられた。落水条件下では、硝化による N_2O 生成量が脱窒による N_2O 生成量よりも硝化による N_2O 生成量が高かったと考えられた。

第4章では、水田土壌での亀裂形成がガス放出量に与える影響について調べた。本研究では、水田土壌を用いて落水によって土壌表面に形成された亀裂が温室効果ガスフラックスとの関係性を明らかにすることを目的とした。 CO_2 と N_2O ガスの積算ガスフラックスは、土壌亀裂の体積の増加とともに放出量も増加することが示唆された。 CO_2 と N_2O ガスフラックスの増加は亀裂体積の増加によってガス移動経路の増加と土壌中の微生物呼吸が促進されたためと推察された。

第5章では、水稻栽培条件下における水管理の違いが温室効果ガス放出量に与える影響を調査した。SRI によってコシヒカリを栽培し、温室効果ガス放出量および収量が慣行農法と比較してどのように変動するかを調査した。 CH_4 および N_2O ガスフラックスの変動は Eh のみならず、地温、生育状況および施肥に大きく影響を受けることがわかった。温室効果ガスの正味放出量は複合区が湛水区と比較して大幅に小さくなった。玄米収量は複合区が湛水区と比較して高くなる傾向であると推定された。複合区は温室効果の抑制および収

量向上の両立が可能な水管理であったことがわかった。

第2章より第5章までの実験で得られた結果より、水田土壌において土壌の物理性および水管理の違いを含む土壌水分条件の違いが、大気-土壌間のガス交換においてガス生成経路とガス移動経路に効果をおよぼすことが考えられた。これらの要素のバランスをとりつつ安定した作物収量と温室効果ガス放出量を低減した持続的な水管理方法を行うことが重要であると考えられた。本研究の成果は畑地や水田土壌において効率の良い持続的な水管理方法への重要な知見につながるものと考えられた。