

シノ ヒロユキ

氏 名	塩野 宏之
本籍（国籍）	山形県
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連論 186 号
学位授与年月日	令和 3 年 3 月 2 3 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当論文博士
研究科及び専攻	連合農学研究科
学位論文題目	日本海側積雪寒冷地水田のメタン発生量の特徴と実用的な削減技術に関する研究（Characteristics of methane emission from rice paddies in a cold region on the Japanese Sea side and its mitigation techniques）
学位審査委員	主査 山形大学教授 程 為国 副査 俵谷 圭太郎(山形 教授),青山 正和(弘前 教授),立石 貴浩 (岩手 准教授)

論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文では、日本海側積雪寒冷地水田におけるメタン発生の特徴を明らかにするとともに、実用的なメタン削減技術として、「田畑輪換」「秋耕」「中干し延長」を検討した。また、1992 年から 2013 年までの 17 年間の栽培期間中に山形県内の水田で測定された 21 事例のメタン発生量とメタンフラックスと土壌 Eh 及び気温との関係を解析した。さらに、近年、全国的に水田土壌の pH が低下している状況を踏まえ、水田の土壌 pH の変化が稲わらの分解と翌年のメタン発生に及ぼす影響を調査するため、三酸化硫黄または炭酸カルシウムを圃場へ施用して土壌 pH を上昇または低下させ、稲わらの分解とメタン発生に及ぼす影響を調査した。

田畑輪換試験では、田畑輪換（ダイズ 2 年-水田 2 年）区と水稻連作区を設置し、温室効果ガスである一酸化二窒素とメタンの発生量を 4 ヶ年調査した。メタン及び一酸化二窒素による二酸化炭素等価量の 4 ヶ年合計値は、稲わら施用圃場の場合、連作水田に比べ約 75%削減された。

秋耕試験では、秋耕の耕起深を 2 段階設定し、秋浅耕（水稻収穫時に稲わらを散布した後 10 月下旬から 11 月上旬の間に 5~8 cm の深さで耕起し、翌春にも耕起）または秋通常耕（同様に 18~20 cm の深さで耕起し、翌春にも耕起）とした。メタン発生量は秋浅耕<秋通常耕<対照（春耕）となり、両秋耕によるメタン削減効果が見られ、その効果は秋浅耕で安定して高かった。

中干し延長試験では、慣行に比べ 1 週間程度中干しを前または後ろに延長することで、メタン発生量が削減され、 m^2 当たり籾数が減少した。その効果は中干しを後ろに延長するよりも前延長の場合に高かった。

山形県内の水田で測定されたメタンフラックスを解析した結果、6 月のメタンフラックスは、土壌還元が進行しなかった年次には低く、土壌還元が進行した年次には高くなる傾向があった。6 月の土壌 Eh が -100 mV 未満であった年次（土壌還元が進行した年次）は、メタンフラ

ックスと平均気温との間に強い正の関係がみられた。また、強めの中干しが7月以降のメタン発生量を少なくしている可能性が示唆された。

土壌 pH を上昇または低下させた場合のメタン発生量は、高 pH 区>無処理区>低 pH 区の順で多くなった。低 pH 区におけるメタン発生量の減少は、硫酸還元の影響が大きいと推察された。高 pH 区では他区に比べ土壌 Eh の低下が早くメタン発生量が増加した。稲わら分解率は、高 pH 区>無処理区>低 pH 区の順で高くなった。

本論文及び他文献から、山形県の水田における単位面積当たりのメタン発生量は $32.0 \text{ g CH}_4 \text{ m}^{-2}$ 、県内水田から発生するメタン総量は $20,328 \text{ t yr}^{-1}$ と試算された。また、本論文で検討した水田からのメタン削減技術によって、メタン発生量は削減技術を導入しない水田に比べ田畑輪換期間中の水田復元（1年目）では 84%、秋浅耕は 20~56%、秋通常耕は 8~46%、中干し前延長は 36~48%、中干し後ろ延長は 24~37%削減された。

論文審査の結果の要旨

本論文では、日本海側積雪寒冷地水田におけるメタン発生の特徴を明らかにするとともに、実用的なメタン削減技術として、「田畑輪換」「秋耕」「中干し延長」を検討した。また、1992年から2013年までの17年間の栽培期間中に山形県内の水田で測定された21事例のメタン発生量とメタンフラックスと土壌 Eh 及び気温との関係を解析した。さらに、水田の土壌 pH の変化が稲わらの分解と翌年のメタン発生に及ぼす影響を調査するため、三酸化硫黄または炭酸カルシウムを圃場へ施用して土壌 pH を上昇または低下させ、稲わらの分解とメタン発生に及ぼす影響を調査した。

田畑輪換試験では、田畑輪換（ダイズ2年-水田2年）区と水稻連作区を設置し、温室効果ガスである一酸化二窒素とメタンの発生量を4ヵ年調査した。メタン及び一酸化二窒素による二酸化炭素等価量の4ヵ年合計値は、稲わら施用圃場の場合、連作水田に比べ約75%削減された。

秋耕試験では、秋耕の耕起深を2段階設定し、秋浅耕（収穫時に稲わらを散布した後10月下旬から11月上旬の間に5~8cmの深さで耕起）または秋通常耕（同様に18~20cmの深さで耕起）とした。メタン発生量は秋浅耕<秋通常耕<対照（春耕）となり、両秋耕によるメタン削減効果が見られ、その効果は秋浅耕で安定して高かった。

中干し延長試験では、慣行に比べ1週間程度中干しを前または後ろに延長することで、メタン発生量が削減された。その効果は中干しを後ろに延長するよりも前延長の場合に高かった。

山形県内の水田で測定されたメタンフラックスを解析した結果、6月のメタンフラックスは、土壌還元が進行しなかった年次には低く、土壌還元が進行した年次には高くなる傾向があった。6月の土壌 Eh が-100 mV 未満であった年次（土壌還元が進行した年次）は、メタンフラックスと平均気温との間に強い正の関係がみられた。

土壌 pH を上昇または低下させた場合のメタン発生量は、高 pH 区>無処理区>低 pH 区の順で多くなった。低 pH 区におけるメタン発生量の減少は、硫酸還元の影響が大きいと推察された。高 pH 区では他区に比べ土壌 Eh の低下が早くメタン発生量が増加した。稲わら分解率

は、高 pH 区>無処理区>低 pH 区の順で高くなった。

本論文及び他文献から、山形県の水田における単位面積当たりのメタン発生量は $32.0 \text{ g CH}_4 \text{ m}^{-2}$ 、県内水田から発生するメタン総量は年あたり 20 千トンと試算された。また、本論文で検討した水田からのメタン削減技術によって、メタン発生量は削減技術を導入しない水田に比べ田畑輪換期間中の水田復元（1 年目）では 84%、秋浅耕は 20~56%、秋通常耕は 8~46%、中干し前延長は 36~48%、中干し後ろ延長は 24~37%削減された。

よって本審査委員会は、「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士（農学）の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

1. 塩野宏之・齋藤 寛・中川文彦・西村誠一・熊谷勝巳（2014）積雪寒冷地の稲わら春すき込み水田における田畑輪換がメタン・一酸化二窒素発生に及ぼす影響。土肥誌 85, 420-430.
2. 塩野宏之・齋藤 寛・今野陽一・熊谷勝巳・永田 修（2016）積雪寒冷地低地土稲わらすき込み水田における耕起法の違いが翌年のメタン、一酸化二窒素発生量に及ぼす影響。土肥誌 87, 101-109.
3. 塩野宏之・齋藤 寛・熊谷勝巳（2019）日本海側積雪寒冷地の稲わら施用水田におけるメタン発生量の年次変動と中干し期間の延長によるメタン発生量の低減効果 第 2 報 中干し期間の延長によるメタン発生量の低減効果と水稻生育への影響。土肥誌 90, 193-200.
4. 塩野宏之・齋藤 寛・今野 陽一・熊谷勝巳（2019）日本海側積雪寒冷地の稲わら施用水田におけるメタン発生量の年次変動と中干し期間の延長によるメタン発生量の低減効果 第 1 報 同一試験地における 17 年間 21 事例のメタン発生量の年次変動に及ぼす気温、土壌 Eh の影響。土肥誌 90, 187-192.
5. 塩野宏之・菅原令大・熊谷勝巳（2020）資材添加による土壌 pH の変化が日本海側積雪寒冷地水田における稲わらの腐熟とメタン発生量に及ぼす影響。土肥誌 91, 437-444.