

有機質資材の投入が酒造好適米の 生産環境に与える影響

環境学部環境学科 角野 貴信

外村 翔吾・牛木のどか・栗栖 哲・津村 宏章

1. 緒言

1.1. 鳥取県における酒米生産

日本における酒造好適米（酒米）の総生産量96,438トン（2019年産）のうち、山田錦が占める割合は35.7%であり（農林水産省2021a）、日本で最も多く生産されている酒米といえる。山田錦生産の約59%を担う兵庫県は、日本における酒米の最大の生産地であり、かつ醸造用玄米生産量の約55%を「特上」と「特等」が占めるなど、酒米の品質も高い。鳥取県は、日本全体の酒米生産量の1%未満を占めるにすぎず、その品質についても「1等」以下が約98%とあまり高品質とはいえない（農林水産省2021b）。鳥取県において酒米の品質向上やブランド化を図るためには、その生産環境が品質・収量に及ぼす影響を明らかにし、改善の余地を探る必要がある。角野ら（2019）は、鳥取県八頭町の山田錦生産水田の生産環境を兵庫県北播磨地域の値（角野ら2011）と比較し、その品質や収量構成要素に与える影響を調べた。兵庫県において高品質な酒米を生産する水田の多い流域では、交換性カルシウム含量や粘土あたりの陽イオン交換容量（CEC）が高い傾向がみられたものの、鳥取県内の圃場においては、これらの指標は品質や収量構成要素との関係が明らかではなく、さらなるデータの蓄積や解析が必要であることが分かった。

1.2. 水稻生産における有機質資材の利用

一般に、堆肥等の有機質資材を土壤に施用すると土壤中の腐植含量が増加するため、土壤の物理性や化学性の改善といった生産基盤の改良技術として期待されるだけでなく、大気中の二酸化炭素を土壤中に隔離する環境保全技術として有用である。しかしながら、日本において有機JAS認証を受けた圃場面積は、国内の全耕地面積のうち0.28%（2020年度概算値）と非常に少なく、田地面積に限ると、0.07%とその割合はさらに小さくなる。化学肥料や化学合成農薬の使用を原則5割以上削減した圃場に対して助成を行う、環境保全型農業直接支払交付金制度の実施面積で見ると、水稻を作付した面積は実施面積全体の約3分の2を占め（農林水産省2020）、田地面積全体の約2%に及ぶものの、日本における今後のカーボンニュートラル実現や、脱炭素目標に対する国際的なコミットメントを考慮すると、これらの面積割合を向上させる必要性は非常に高い。中国四国地域の耕地面積は日本全体の8.4%を占めるのに対し、上記交付金の支払い実施面積において中国四国地域は5%しか寄与していないことから明らかにおり、本地域において有機質資材の利用促進を図る必要がある。

1.3. 研究の目的

本研究の目的は、有機質資材による水稲生産を行う鳥取県八頭町の生産圃場において採取された土壌データを他地域の水田土壌のデータと比較することにより、生産圃場の特徴を明らかにし、本県における潜在的な品質向上の課題を抽出することである。

2. 試料と方法

2.1. 土壌試料の採取

鳥取県八頭町に位置するA農場において、堆肥の連用期間の異なる5圃場（A1～A5）を選定した。各圃場の連用期間と、2020年における作付け水稲の種類を表1に示す。

各圃場から、土壌を2種類の方法で採取した。すなわち、2020年1月15日に各圃場の表層土壌（0～10cm）を採取したものと、2020年10月2日・11月13日の両日に各圃場毎に5カ所採取ポイントを決め、採土円筒（100mL）を用いて深さ0～5cm、10～15cmから各圃場毎に10個ずつ計50点採取したものである。採取した土壌は室内で風乾、または40℃の乾燥機で乾燥し、2mmで篩別することにより礫と細土に分けた後、分析に供した。

表1 各圃場の堆肥連用年数と作付け水稲

圃場番号	堆肥連用年数	2020年作付け水稲
A1	40	コシヒカリ
A2	20	山田錦
A3	15	山田錦
A4	5	飼料米
A5	1	飼料米

2.2. 土壌理化学性の測定

土壌試料を105℃で絶乾し、風乾土重量含水率を測定した。

上記測定後の土壌試料をめんのう乳鉢で細かく砕いた後に再度絶乾し、全炭素・窒素計（住化分析センター SMIGRAPH NC-TRINITY）を用いて乾式燃焼法により全炭素・窒素含有量を測定した。

土壌pHおよび電気伝導度（EC）は、土液比1：5で土壌に脱塩水を添加し、1時間振とうした後、ガラス電極法により測定した。

砂（2～0.02 mm）、シルト（0.02～0.002 mm）、粘土（<0.002 mm）含量は、篩別法およびピペット法により測定した。

交換性塩基含量は、土壌を1 mol/L酢酸アンモニウム溶液で抽出した後、抽出液中に含まれるナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウム含量を、原子吸光分光光度計（Agilent 240FS AA）を用いて測定した。

陽イオン交換容量（CEC）は、交換性塩基の抽出後の土壌試料を用い、エタノールによる洗浄を含む簡易抽出法により測定した。

2.3. 統計解析

任意の群間の平均値に対する検定は、SYSTAT8.0 (SPSS Inc.) を用いて分散分析 (Tukeyのpost hoc test) で行った。

3. 結果

3.1. 他地域と比較したA農場の土壌理化学性

A農場は、千代川水系の主要な支流である八東川の流域ブロックに含まれるが、比較のため、角野ら (2019) における八東川流域とA農場のデータを別群として、各流域群の平均値に対する分散分析を行った (表2)。

表2 兵庫県北播磨地域の各流域と鳥取県八頭町 (八東川流域・A農場) の土壌理化学性

	砂含量	シルト含量	粘土含量	全窒素含量	全炭素含量	C/N比
	----- % -----					
加古川流域	57.2 b	25.3 a	17.6 ab	0.167 bc	1.95 b	11.8 ab
杉原川・野間川流域	53.8 b	26.9 a	19.4 ab	0.191 ab	2.40 b	12.7 a
千鳥川・三草川流域	58.9 ab	25.3 a	15.8 bc	0.152 bc	1.85 b	12.3 ab
東条川流域	63.2 ab	21.5 ab	15.2 bc	0.152 bc	1.82 b	12.0 ab
美囊川流域	67.7 a	17.7 b	14.7 c	0.138 c	1.66 b	12.0 ab
八東川流域	55.5 b	22.5 ab	22.0 a	0.283 a	2.85 a	10.1 c
A農場	57.4 ab	26.4 a	16.2 ab	0.170 bc	1.87 b	11.0 bc

	pH	電気伝導度	交換性Na含量	交換性K含量	交換性Ca含量	交換性Mg含量
		$\mu S/cm$	----- cmol _c /kg絶乾土 -----			
加古川流域	5.63 b	57.2 ab	0.159 b	0.309 abc	4.14 b	0.801 bc
杉原川・野間川流域	5.82 ab	50.1 b	0.161 b	0.279 bc	4.90 b	0.748 c
千鳥川・三草川流域	5.68 b	57.7 ab	0.129 b	0.210 bc	3.74 b	0.708 c
東条川流域	5.94 ab	56.9 ab	0.184 b	0.235 abc	7.61 ab	1.581 b
美囊川流域	6.37 a	90.4 ab	0.406 a	0.555 a	9.84 a	2.556 a
八東川流域	5.53 b	105.7 a	0.139 b	0.046 c	4.60 b	0.712 c
A農場	6.21 ab	66.6 ab	0.158 b	0.524 ab	6.88 ab	0.742 bc

	全交換性塩基含量	CEC	塩基飽和度	CEC/粘土	全窒素/粘土	全炭素/粘土
	----- cmol _c /kg絶乾土 -----		----- % -----	cmol _c /kg粘土	gN/kg粘土	gC/kg粘土
加古川流域	5.41 b	12.5 b	43.3 bc	72.6 cd	9.6 a	113.0 a
杉原川・野間川流域	6.08 b	14.3 b	41.5 bc	74.4 c	9.8 a	123.9 a
千鳥川・三草川流域	4.79 b	12.5 b	37.6 c	80.0 bc	9.7 a	118.3 a
東条川流域	9.61 ab	16.2 ab	58.1 abc	107.5 ab	10.2 a	122.0 a
美囊川流域	13.36 a	19.0 a	69.2 a	132.2 a	9.9 a	118.4 a
八東川流域	5.50 b	10.9 b	58.6 abc	51.1 d	13.2 a	133.8 a
A農場	8.31 b	11.9 b	69.4 ab	73.4 cd	10.6 a	117.0 a

同一の小文字は、群間に危険率5%で有意差がないことを示す。CEC:陽イオン交換容量、CEC/粘土:粘土あたり陽イオン交換容量、全窒素/粘土:粘土あたり全窒素含量、全炭素/粘土:粘土あたり全炭素含量。

A農場の土壌は、周辺の八東川流域の土壌とほとんどの特性値において有意差が見られなかったものの、交換性カリウム含量はA農場の土壌試料の方が有意に高かった。兵庫県北播磨地域では、東条川流域と美囊川流域において高品質な山田錦が生産できるとみなされてきた「特A地区」の圃場が多く、これらの土壌に比べてもA農場の土壌は大きな差異はみられなかったものの、粘土鉱物の陽イオンに対する吸着性の指標である粘土あたり陽イオン交換容量（CEC/粘土）の値は、A農場の土壌が有意に低かった。粘土含量と土壌有機物の比を表す、粘土あたり全炭素含量あるいは粘土あたり全窒素含量の値は、すべての群間で有意差は見られなかった。

3.2. 堆肥の連用が土壌に与える影響

A農場において、異なる堆肥連用年数の圃場から得られた同一地点の0～5cm、10～15cmの深さからの採土円筒試料は、その平均値から0～15cm深の値を推定し、さらに各圃場5地点の平均値について、分散分析を行った（表3）。

表3 堆肥連用年数の異なる圃場における0～15cm深の土壌特性値

	連用年数	仮比重		細土含量	礫含量	窒素量	炭素量	C/N比
		g/cm ³	kg/m ² /15cm	kg/m ² /15cm	kgN/m ² /15cm	kgC/m ² /15cm		
A1	40	1.20 ab	178.5 ab	2.0 b	0.378 a	3.60 a	9.5 b	
A2	20	1.12 b	151.3 c	17.4 ab	0.309 b	3.08 ab	9.9 ab	
A3	15	1.31 a	191.0 a	4.8 b	0.297 b	2.74 b	9.2 b	
A4	5	1.32 a	191.8 a	5.8 b	0.309 b	3.46 a	11.2 a	
A5	1	1.25 a	163.4 bc	24.5 a	0.280 b	2.53 b	9.0 b	

同一の小文字は、群間に危険率5%で有意差がないことを示す。細土：2mm以下の粒径の土壌。

仮比重は、20年連用の圃場がそれより短い年数の圃場に対して有意に低い値を示した。1年連用の圃場の礫含量は、20年連用の圃場以外の圃場に対し、有意に高い値を示した。40年連用の圃場は、15年と1年連用の圃場に対して炭素量が有意に高い値を示し、窒素量は、他のすべての連用年数の圃場に対して有意に高い値を示した。

表3で示したそれぞれの土壌特性値を、連用年数に対して全ての試料について散布図で示し、回帰分析を行った。有意な関係性が得られた特性値の散布図を図1に示す。連用年数が長くなるほど土壌中の炭素量や窒素量が増加し、仮比重が減少していた。

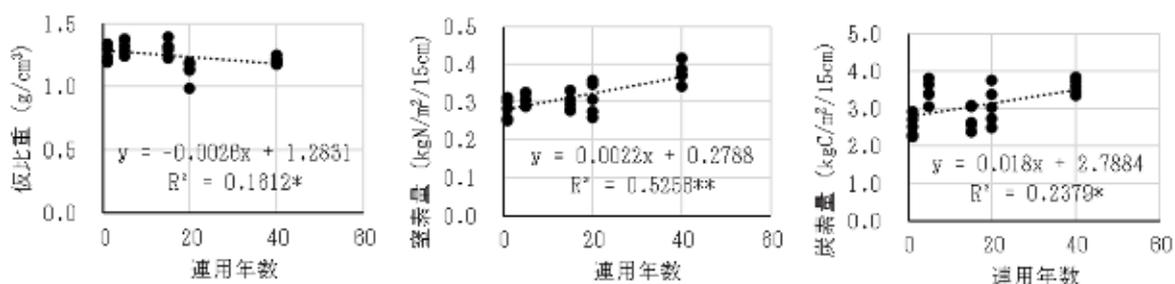


図1 連用年数と土壌特性値の関係

4. 考察

A農場の水田表層土壌は、八頭町の他の地域や、兵庫県北播磨地域の加古川流域等の水田表層土壌と同様に、粘土あたりCECが約70cmol_c/kg粘土であった(表2)。一般に、2:1型ケイ酸塩粘土鉱物であるスメクタイトのCECは60~150cmol_c/kg、1:1型ケイ酸塩粘土鉱物であるカオリナイトは2~15cmol_c/kgであること(佐藤2001)を考慮すると、A農場の土壌は東条川や美囊川流域の土壌よりもスメクタイト質粘土鉱物に乏しいことが示唆される。一方、粘土あたり全窒素、全炭素含量に地域間差が見られなかったことから、地域間の土壌有機物含量の違いは、粘土含量の違いに起因していることが示唆された。

A農場においては、堆肥連用期間が長くなるほど、単位面積当たりの炭素量と窒素量が増加し、仮比重が減少していた(図1)。堆肥の連用により、土壌有機物が増加したことによって密度が減少し、仮比重の低下につながったと考えられる。

堆肥が連用されて地力窒素や窒素供給量が増加することにより、粒数の増加など収量構成要素が改善する効果が期待できるものの、品質の点では玄米中タンパク質含量の増加は食用米の食味の低下(近藤2007)や酒米品質の低下(吉沢ら1973)につながる。そのため、特に玄米中タンパク質含量の増加に直結する、出穂期以降の過剰供給を抑えるような管理が必要であり、堆肥の分解速度がイネの成長速度に同期し、かつ余剰な分解が発生しないよう、葉色やバイオマス中の窒素含量に基づいた施用量の調整が求められる。

一般に、腐植酸のカルボキシ基などは変異荷電を持つため、土壌有機物の蓄積はCECを増加させるが、各地域の土壌全炭素含量とCECの間には相関関係が見られなかった。堆肥の連用により保肥力を向上させるためには、水田環境で安定的に荷電が発現するよう、pHや酸化還元状態の管理も必要であると考えられる。

引用文献

- [1] 角野貴信、井ノ口光祐：P6-1-5 鳥取県における酒造好適米「山田錦」の品質および収量規定要因の解析、日本土壌肥料学会講演要旨集 65：91-91、2019
- [2] 角野貴信、本田武義、矢内純太、岩井香泳子、小崎隆：兵庫県北播磨地域における酒米「山田錦」の生産環境解析、観光科学研究、4：9-14、2011
- [3] 近藤始彦：コメの品質、食味向上のための窒素管理技術(1)、農業および園芸、82：31-34、2007
- [4] 佐藤努：粘土の特性と利用、粘土科学 41：26-33、2001
- [5] 農林水産省：令和元年度 環境保全型農業直接支払交付金の実施状況、2020
- [6] 農林水産省：(3) 酒造好適米の生産量、米に関するマンスリーレポート(令和3年2月号)、2021a
- [7] 農林水産省：令和元年産米の農産物検査結果(確定値)(令和2年10月31日現在)、2021b
- [8] 吉沢淑、石川雄章、浜田由紀雄：酒造米に関する研究(第3報) 精白米の諸性質間の相関、日本醸造協会雑誌、68：767-771、1973