

有機質資材連用年数が水稲による窒素吸収量及び 水田土壌中の窒素含量に与える影響

環境学部環境学科 角野 貴信・外村 翔吾

1. 緒言

1.1. 有機質資材を用いた農業

日本は、恵まれた自然環境の下、伝統的に水稲作を発達させてきた。農業の近代化以前は、草木灰や刈敷など、周囲の里山生態系の資源を用いた循環型の農法により、土壌の肥沃度を維持してきた(寺内 2006)。しかしながら、1961年の農業基本法制定以降、生産性の向上を主な目的とする農業の近代化が推進され、土壌腐植含量の低下といった地力の減耗や、化学肥料の多投に伴う水質汚濁などの問題が発生した(日本有機農業研究会 1999)。つまり、戦後の人口増や高度経済成長は、負の側面として公害問題を発生させただけでなく、農業に大きな負荷を与えていたといえる。現在用いられている有機質資材には、主に牛糞堆肥や豚ふん堆肥、鶏糞堆肥といった家畜糞堆肥がある。これらは、上記の土壌腐植含量の低下抑制を目的としたものであるが、一方で過剰にならないよう調整する必要があり、土壌に最適な有機質資材投入量を明らかにする必要が増々高まっている。

1.2. 鳥取における有機質資材の利用

牛糞堆肥をベースにした有機質資材を用いて水稲作を行っている鳥取県八頭町の水田について行われた先行研究(角野ら 2021)では、土壌中に有機質資材を投入することで地力窒素が増加していることが示された。有機質資材連用年数が1、5、15、20、40年の圃場における窒素含量はそれぞれ、0.280、0.309、0.297、0.309、0.378kgN/m²/15cmと連用年数に対応して高くなる傾向を示した。堆肥の連用による地力窒素や窒素供給量の増加により、植物体の収量における成長が期待できるが、水稲における早期の出穂は節間伸長により倒伏が起りやすくなる。また、水稲の後期における出穂は玄米に含まれる窒素の増加によって食味の低下につながる可能性がある(近藤ら 2018)。食味低下の指標として玄米タンパク質含量の高さがあり、玄米中の窒素含量と相関することが示されている。コシヒカリは6.0%、山田錦は6.0～7.0%を玄米タンパク質含量の目標としており、この数値より高いもののほど食味の評価が劣る(山形県酒造適性米生産振興協議会 2008)。

土壌中の有機物は、一般に高温となる夏場に分解が促進されるため、窒素供給量が増加し、出穂期が窒素供給のピークにあたると多くの無機態窒素が穂に吸収されることになる。そこで、出穂期に窒素供給量が増加しないような管理を行うためにも、経時的に植物体中の窒素動態を追跡することが必要となるものの、これまで本地域においては調べられてこなかった。

1.3. 研究の目的

本研究では、鳥取県八頭郡八頭町の水田圃場において、有機質資材である堆肥の連用期間が水田土壌有機物含量に与える影響と、コメ(*Oryza sativa*)、特に粳米(コシヒカリ)と酒米(山田錦)の収量及び品質へ与える影響を調べる。特に、有機質資材の連用年数と植物体中への窒素の移行量から、水田生態系における窒素動態を明らかにすることを目的とする。

2. 試料と方法

2.1. 試料

鳥取県八頭郡八頭町に位置するA農場で栽培された、コシヒカリと山田錦の2品種の水稻において、堆肥の連用期間の異なるそれぞれ4つずつの水田圃場を研究対象とした。コシヒカリの連用期間は2、5、15、40年であり、山田錦の連用期間は1、6、10、30年であった。

植物体の採取は、生育期間中に3回（苗を植えてからの成長途中（①7月30日、②7月30日；①はコシヒカリ、②は山田錦の収穫日時を示す。以下同様）、成長の安定期（①9月10日、②9月10日）、収穫時（①9月22日、②10月8日）、圃場毎に5株ずつランダムに間隔を保ちながら採取した。また、収量とその構成要素は、収穫直前の各圃場から1m×1mの範囲を収穫し、玄米収量、植物バイオマス量などの測定を行った。収穫時に、株間と条間をそれぞれ3連で測定した。

土壌の採取は、収穫後、圃場毎に5地点において、深さ0～5cm、10～15cmから100mlの円筒試料を計10個採取した。また、各地点において表層土壌（0～10cm）を採取した。

2.2. 方法

各圃場から採取した植物体試料は約2週間室内で風乾させ、稲穂と稲わらに分けて風乾重を測定した。さらに、風乾した試料をミキサーで砕き、めのう乳鉢を用いて細かくし、70℃の乾燥器で絶乾させて水分含量を測定した。試料の絶乾後、全炭素・窒素計（住化分析センター、NC-TRINITY）を使って全炭素と全窒素含量を測定した。

収穫直前の各圃場から1m²の範囲で収穫した試料は、約1ヶ月間室内で風乾させ、全体の風乾重を測定し、脱穀した。脱穀後、各試料の全体重量を測定し、全体から約100gを取り出し、もみ摺り機を用いてもみ殻と玄米に分別した。もみ摺り後、もみ殻と玄米の重量を測定した。

玄米ともみ殻の水分含量を測定後、ミキサーとめのう乳鉢で細かく砕き、70℃の乾燥器で絶乾させた。試料の絶乾後、全炭素・窒素計（住化分析センター、NC-TRINITY）を使って全炭素と全窒素含量を測定した。玄米中の窒素含量からタンパク質含量への換算は、日本食品標準成分表（文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会 2021）から5.95を用いた。

各圃場から、採取した0～5cm、10～15cmの各円筒試料を105℃の乾燥機で約2週間絶乾させた。試料の絶乾後、仮比重を測定した。

採取した0～10cmのサンプルは、乾燥室にて風乾した。風乾後、乳鉢を用いて団粒を破碎したのち、2mmで篩別し、礫含量を測定した。その後、2mm以下の細土試料のみを適量取り、めのう乳鉢を用いてさらに細かく砕き、105℃の乾燥器で絶乾させた。絶乾後、全炭素・窒素計（住化分析センター、NC-TRINITY）を使って全炭素と全窒素含量を測定した。

Tukey法によるPost Hoc検定を伴う分散分析は、SYSTAT13（SPSS Inc.）により行った。

3. 結果

3.1. 玄米収量および窒素、タンパク質含量

コシヒカリおよび山田錦の玄米収量と玄米中窒素含量を、それぞれ図1、図2に示す。コシヒカリの5年目の値は欠測値である。

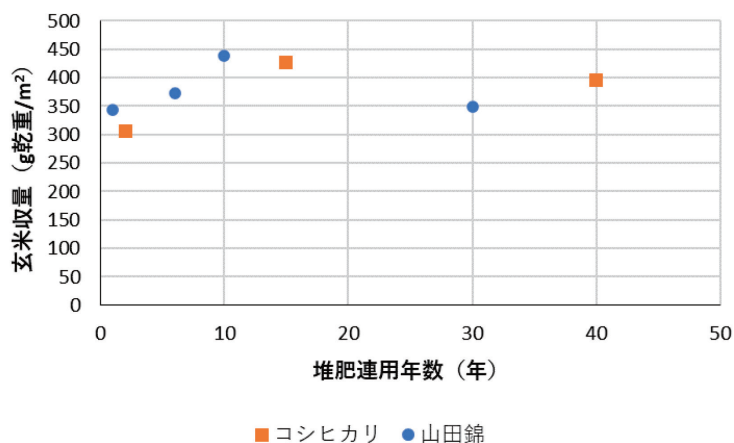


図1 玄米収量と連用年数の関係

図1より、堆肥連用期間が10～15年の値をピークに長期間になるほど、玄米の収量が低下する傾向にあることが分かった。ただし、もみ収量または玄米収量を堆肥連用年数に対して2次式での線形回帰を行ったところ、コシヒカリと山田錦の両方で有意な回帰式は得られなかった。

図2より、コシヒカリと山田錦における玄米中の窒素含量は、堆肥連用年数が長くなるにつれて減少する傾向であったものの、有意な関係式は得られなかった。

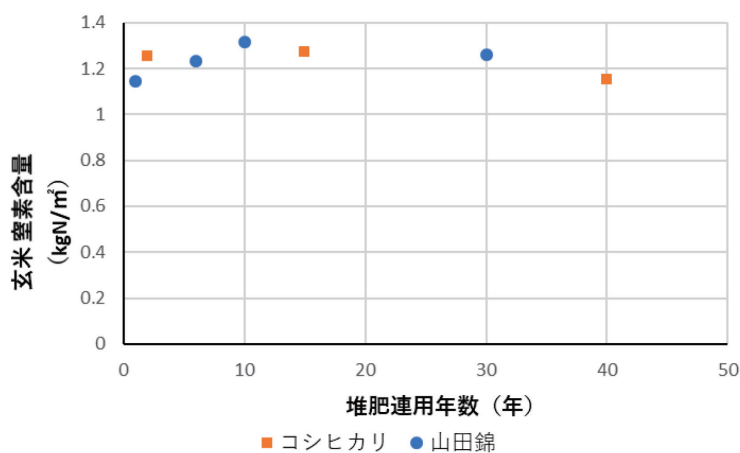


図2 玄米窒素含量と連用年数の関係

コシヒカリおよび山田錦における玄米中のタンパク質含量を表1に示す。

表1 玄米中タンパク質含量

品種	連用年数(年)	玄米タンパク質含量(%)
コシヒカリ	2	7.458
	5	—
	15	7.569
	40	6.863
山田錦	1	6.812
	6	7.341
	10	7.814
	30	7.503

表1より、コシヒカリでは、玄米タンパク質含量の目標値6.0%をすべての圃場で超えていた。一方、山田錦においても、玄米タンパク質含量の目標値6.0～7.0%に対し、1年目圃場以外は範囲を超過していた。

3.2. 土壌

コシヒカリ（2、5、15、40年）圃場における表層土壌（0-10cm）の炭素量（図3）と窒素量（図4）を以下に示す。また、山田錦（1、6、10、30年）圃場における表層土壌（0-10cm）の炭素量（図5）と窒素量（図6）を以下に示す。

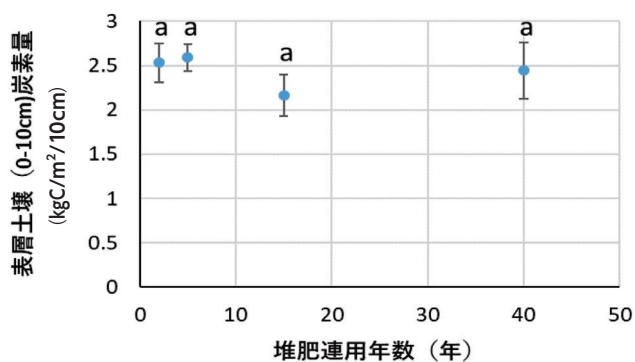


図3 コシヒカリ圃場の表層土壌（0-10cm）炭素量

同一の小文字は、異なる連用年数の処理区間に危険率5%で有意差がないことを示す。

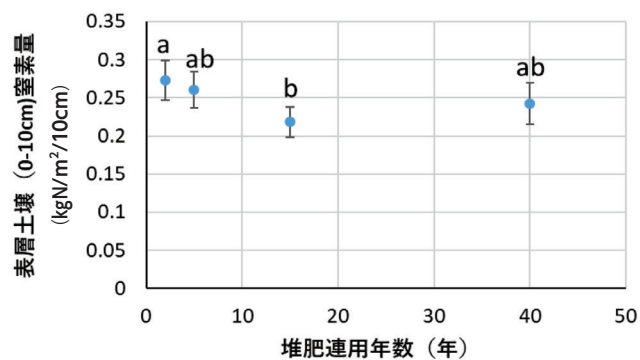


図4 コシヒカリ圃場の表層土壌 (0-10cm) 窒素量

同一の小文字は、異なる連用年数の処理区間に危険率 5%で有意差がないことを示す

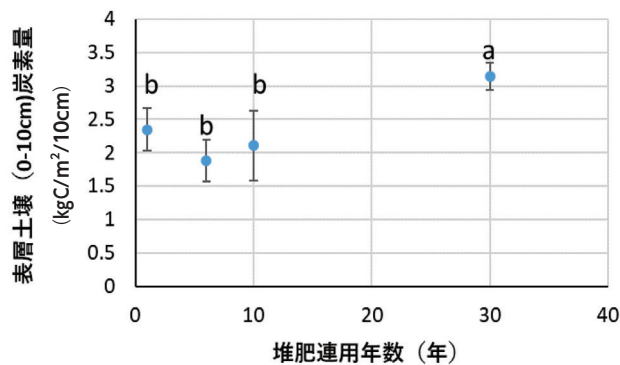


図5 山田錦圃場の表層土壌 (0-10cm) 炭素量

同一の小文字は、異なる連用年数の処理区間に危険率 5%で有意差がないことを示す

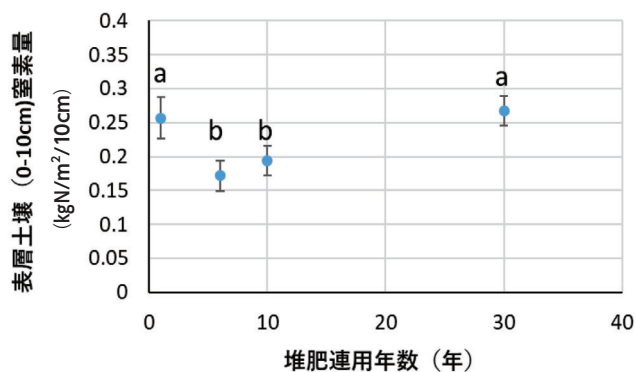


図6 山田錦圃場の表層土壌 (0-10cm) 窒素量

同一の小文字は、異なる連用年数の処理区間に危険率 5%で有意差がないことを示す

図3、図4から、コシヒカリ圃場については、表層土壌（0-10cm）における炭素量に有意差はみられなかったものの、連用開始後15年間に腐植中の窒素含量は減少する傾向がみられた。一方、図5、図6から山田錦圃場における表層土壌の窒素含量も連用初期に減少する傾向がみられたものの、30年間の連用期間を通してみると、長期的には増加していた。

4. 考察

4.1. 玄米収量および窒素、タンパク質含量

コシヒカリと山田錦はともに、有機質資材を長期間連用しても、生産性の継続的な向上は見込めなかった。ただし、玄米中の窒素含量は低下し続けるとすれば、今後長期連用圃場において、タンパク質含量が目標値に近づくと考えられるため、高品質（等級）のコシヒカリや山田錦の生産が可能になると考えられた。

4.2. 土壌

対象地としたA農場における聞き取りの結果、堆肥の年間投入量は1.5～2.0t/10aであり、年間窒素投入量は4.7～6.3gN/m²と推定された。本研究では、収穫前のもみ中の窒素量は、コシヒカリと山田錦でそれぞれ、平均5.2gN/m²、5.0gN/m²であり、堆肥による投入量と同程度の数値であった。そのため、一時的に土壌中の窒素量が下がってしまう圃場が出てきたと推察される。しかし、堆肥連用期間が長くなるにつれ、連用後期には窒素量が増えていることから、施用期間の長い水田は投入された堆肥が腐植化し、蓄積していると考えられる。一方で、施用開始から間もない水田で比較的高い窒素量が見られた。有機質資材を投入始める前の水田における化学肥料や有機質資材の残渣の影響と考えられる。今後は、徐々にではあるもののより難分解性の有機態窒素が多く蓄積することで、保肥力など地力が向上する可能性が示唆される。

引用文献

- [1] 角野貴信、外村翔吾、牛木のどか、栗栖哲、津村宏章（2021）「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」地域イノベーション研究 8 22-26.
- [2] 近藤始彦、岩澤紀生（2018）「水稻作における気候変動への土壌肥料的適応技術 2.」日本土壌肥料学雑誌 89巻6号 497-502.
- [3] 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会編（2021）「日本食品標準成分表2020年版（八訂）」
- [4] 日本有機農業研究会編（1999）「有機農業ハンドブック－土づくりから食べ方まで」農山漁村文化協会
- [5] 寺内光宏（2006）「関東地方における伝統的畑作農耕システムの展開」農村研究 103号 61-76.
- [6] 山形県酒造適性米生産振興協議会（2008）「酒米栽培マニュアル」6-9.