

有機質資材を施用した山田錦栽培田における玄米収量と土壌の関係

環境学部環境学科 伊藤 瑞基・角野 貴信

1. 緒言

1.1. 日本と鳥取県の有機農業の現状

近年、消費者の安全志向や健康志向、環境保全に対する関心の高まりなどを背景に、有機農産物に対する需要が増加しており、日本の有機食品市場規模は1,850億円（2017年）と、2009年と比較して1.4倍になったと推計されている。しかしながら、有機農業が取り組まれている面積は23,500ha（2017年）と、農業全体の栽培面積の約0.5%にとどまっており（農林水産省2022）、その要因として、地域の気象条件や土壌条件に適合した詳細な技術体系化が完全でないことや、生産者による収量の低下への懸念などが挙げられている（農林水産省2013）。

ここで、有機農産物とは、①周辺から使用禁止資材が飛来し又は流入しないように必要な措置を講じている、②播種又は植付け前2年以上化学肥料や化学合成農薬を使用しない、③組換えDNA技術の利用や放射線照射を行わないなど、「有機農産物の日本農林規格」の基準に従って生産された農産物のことである。一方、特別栽培農産物とは、その農産物が生産された地域の慣行レベル（各地域の慣行的に行われている節減対象農薬および化学肥料の使用状況）に比べて、節減対象農薬の使用回数が50%以下、化学肥料の窒素成分量が50%以下、で栽培された農産物と定義されている。特別栽培農産物は有機農産物よりも既存の農業体系に近い栽培方法であることから、農家にとって比較的取り組みやすい。そのため鳥取県では、有機農産物と共に、特別栽培農産物の生産振興を図るため、鳥取県有機・特別栽培農産物推進計画を2007年度に策定し、有機・特別栽培の取組の拡大を推進してきた。当初推進計画で目標としていた2010年度末の有機・特別栽培面積750haを大幅に上回る状況となったため、2012年1月に推進計画を改定し、栽培面積の目標を2018年度末で1,500haとしたものの（鳥取県2018）、2017年をピークに近年は減少傾向となり、2021年時点での栽培面積は1,258haにとどまっている（鳥取県2021）。

このように鳥取県は、有機・特別栽培農産物推進計画を策定し、有機・特別農産物の取組拡大を推進してきたものの、いまだ継続的な面積増加に結び付いていない。鳥取県の気象条件や土壌条件において、どのように有機質資材を投入すれば、持続的な収量と肥沃度の維持につながるのかを明らかにできれば、生産性や経営基盤の安定化に貢献し、今後の鳥取県における有機・特別栽培農産物の普及に役立つと考えられる。特に、鳥取県東部において有機質資材を連用した圃場の窒素蓄積過程を調べることにより、作物収量や土壌窒素量等との関係を明らかにする必要がある。

1.2. 研究の目的

そこで本研究では、有機質資材の連用実績と水稻植物体中への窒素の移行量を調べた先行研究（角野ら2021）と同一の圃場において、有機質資材の施用が作物収量や土壌に与える影響を明らかにすることを目的とした。

2. 試料と方法

2.1. 対象圃場の概要および試料採取

2021年と2022年の対象圃場における有機質資材の連用年数と作付け品種を表1に示す。

表1 連用年数と作付け品種

	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08
連用年数(2021年)	30	10	15	6	5	40	2	1
作付品種(2021年)	山田錦	山田錦	コシヒカリ	山田錦	コシヒカリ	コシヒカリ	コシヒカリ	山田錦
作付品種(2022年)	山田錦	山田錦	コシヒカリ	白ネギ	山田錦	コシヒカリ	山田錦	山田錦

鳥取県八頭町に位置するA農場で2021年にコシヒカリと山田錦を栽培し、2022年にコシヒカリ(A03、A06)と山田錦(A01、A02、A05、A07、A08)、白ネギ(A04)を栽培した堆肥連用期間の異なる圃場を研究対象とした。植物体の採取は、山田錦と白ネギの収穫前のそれぞれ10月6日と12月2日に行った。これらは各圃場毎に5株ずつランダムに間隔を保ちながら採取した。土壌の採取は、各圃場の表層土壌を0-10cmの深さから5連で採取した。また、仮比重については0-5cm、10-15cmの深さで円筒コア試料を5連で採取して供試した。

2.2. 方法

各圃場から採取した植物体試料は約2週間室内で乾燥させ、風乾重を測定した。乾燥の後、稲穂の脱穀を行い、その後、もみ摺り機を用いてもみがらと玄米に分別した。もみ摺り後、もみがらと玄米の重量を測定し、70℃の乾燥機で絶乾させて水分含量を測定した。茎葉試料と分別した玄米ともみがら試料をミキサーで碎き、めのう乳鉢を用いて細かくし、試料の絶乾後、全炭素・窒素計(NC-TRINITY、住化分析センター)を使って全炭素および全窒素含量を乾式燃焼法により測定した。

得られた表層土壌(0-10cm)は風乾した後、乳鉢を用いて団粒を破碎して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とり、めのう乳鉢を用いてさらに細かく碎き、全炭素・全窒素計を使って全炭素と全窒素含量を乾式燃焼法により測定した。

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。

2mm以下の表層土壌試料10gと脱塩水25ml、過酸化水素20mlを500mlトールビーカーに入れ、ホットプレート上で加熱し、有機物を分解した。その後、試料を0.25mmの篩に移し、脱塩水を用いて粗砂を篩別した。あらかじめ絶乾、秤量しておいた蒸発皿に粗砂を移し、絶乾、秤量した。

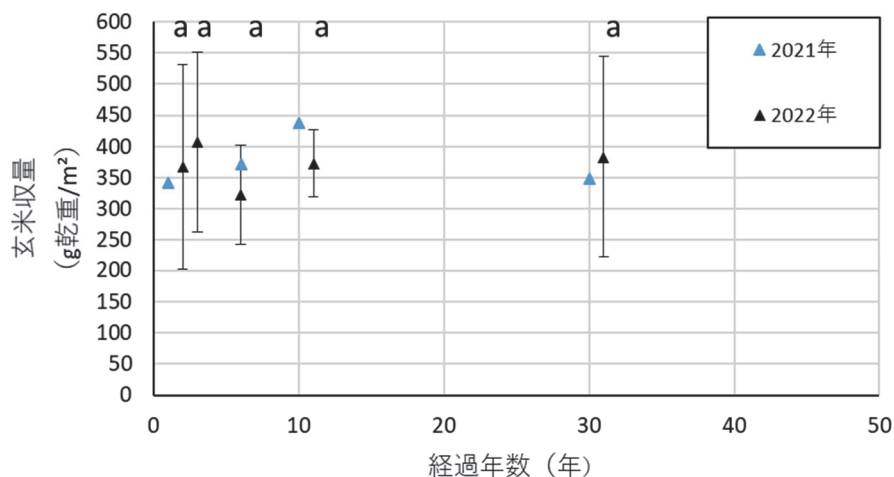
0.25mmの篩を通した試料の入った各ビーカーに水酸化ナトリウム溶液を加え、pHが9~10になるように調整した。その後、それぞれの試料を15分間超音波処理し、団粒を破壊した。ビーカー内の試料を振とう瓶に移し、脱塩水を加え500mlにした。その後、ピペット法により、粘土および粘土+シルトを10mlずつ取り出した。どちらもあらかじめ絶乾・秤量しておいたバイアル瓶に移し、絶乾、秤量した。最後に、振とう瓶内の残渣を0.02mmの篩に移し、脱塩水を用いて細砂を洗い篩別した。あらかじめ絶乾・秤量しておいた蒸発皿に細砂を移し、絶乾・篩別した。

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

3. 結果

3.1. 山田錦収量

2021年と2022年の山田錦栽培圃場における玄米収量を図1に示す。2022年の玄米収量は、圃場間の値に有意差はみられなかった。



同一の小文字は、2022年採取試料に対して、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1 山田錦栽培圃場における玄米収量

2022年の山田錦栽培圃場における玄米炭素・窒素含量、C/N比をそれぞれ、図2、図3、図4に示す。玄米炭素含量は、経過年数が長くなるにつれ減少する有意 ($p < 0.05$) な関係式が得られた。山田錦栽培圃場における玄米窒素含量とC/N比は経過年数との間に有意な関係式は得られなかった。

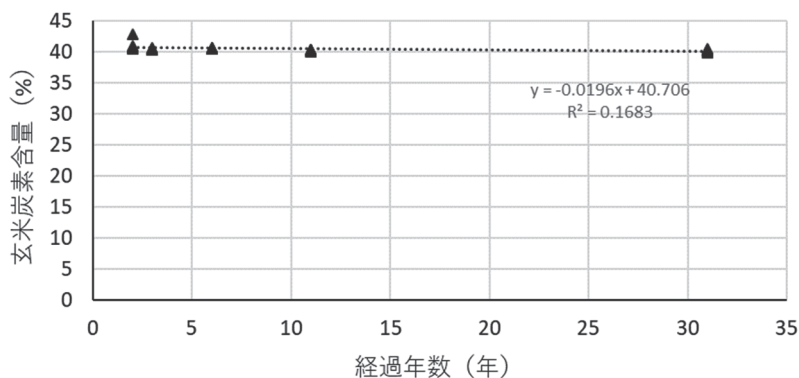


図2 山田錦栽培圃場における玄米炭素含量

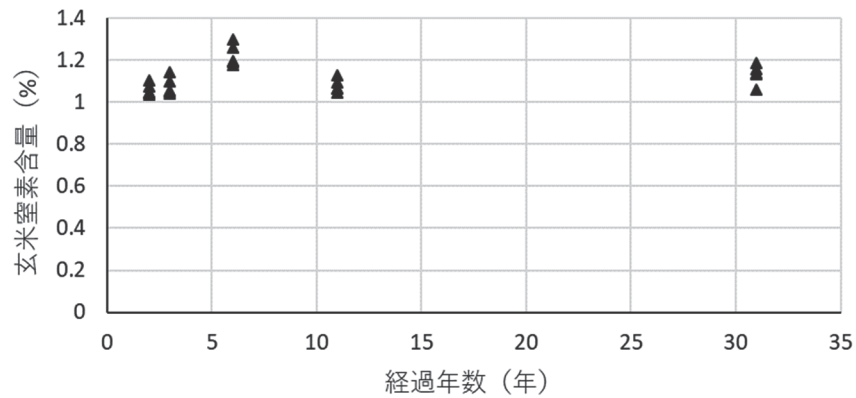


図3 山田錦栽培圃場における玄米窒素含量

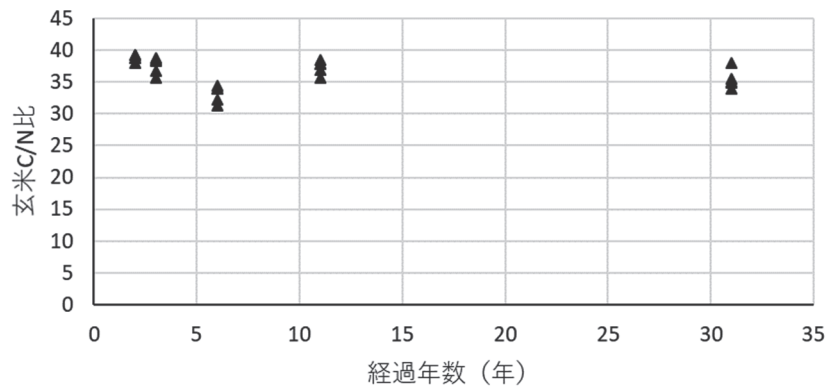
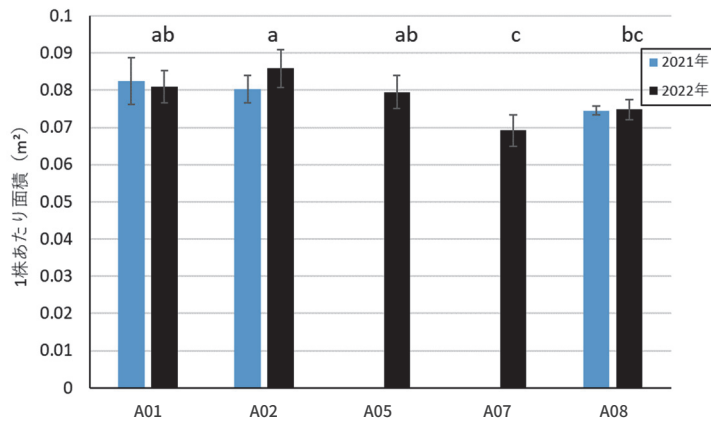


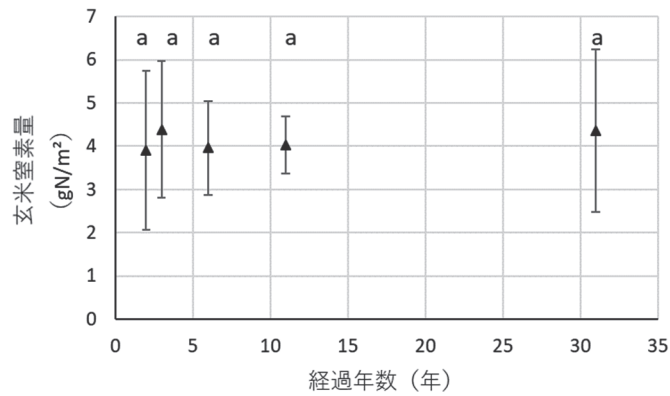
図4 山田錦栽培圃場における玄米C/N比

山田錦圃場における1株あたり面積を図5に示す。2022年におけるA02の1株あたり面積は、A07、A08に対して有意に高かった。また、A07の1株あたり面積は、A01、A02、A05に対して有意に低かった。2022年の1株あたりの玄米窒素含量 (gN/株) を1株あたり面積 (m²/株) で割って求めた玄米窒素量 (gN/m²) を図6に示す。2022年の山田錦栽培圃場では、玄米収量や地上部窒素量と同様に、玄米窒素量においても圃場間に有意差はみられなかった。



同一の小文字は、2022年採取試料に対して、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 山田錦圃場における1株あたり面積



同一の小文字は、2022年採取試料に対して、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 山田錦栽培圃場における玄米窒素量

3.2. 地上部窒素量ともみ窒素量

収量調査を行った山田錦、白ネギ栽培圃場の地上部窒素量と、山田錦栽培圃場のもみ窒素量を図7に示す。圃場から持ち出されるもみ窒素量は、堆肥投入量 (4.7 ~ 6.3 gN/m²) の上限値とほぼ同等であり、茎葉を含む地上部すべてが持ち出された場合、堆肥投入量を大幅に上回ることが分かった。白ネギの地上部窒素量は、堆肥投入量 (12.6 ~ 15.7 gN/m²) の範囲より小さいことが分かった。

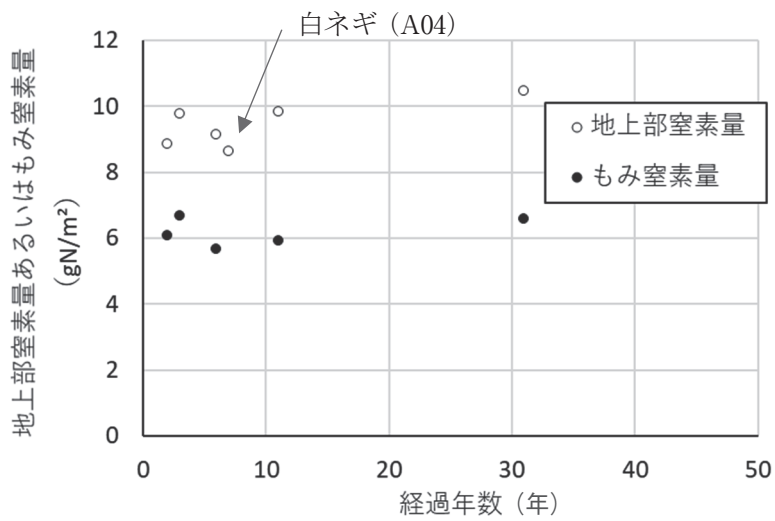


図7 地上部窒素量あるいはもみ窒素量

3.3. 土壌

2022年に試料を採取した各圃場における礫率、粗砂含量、仮比重を、それぞれ図8、図9、図10に示す。2022年の土壌試料について、礫率、粗砂含量は、経過年数が長くなるにつれ減少する有意 ($p < 0.05$) な関係式が得られた。一方、仮比重は経過年数が長くなるにつれ増加する有意 ($p < 0.05$) な関係式が得られた。

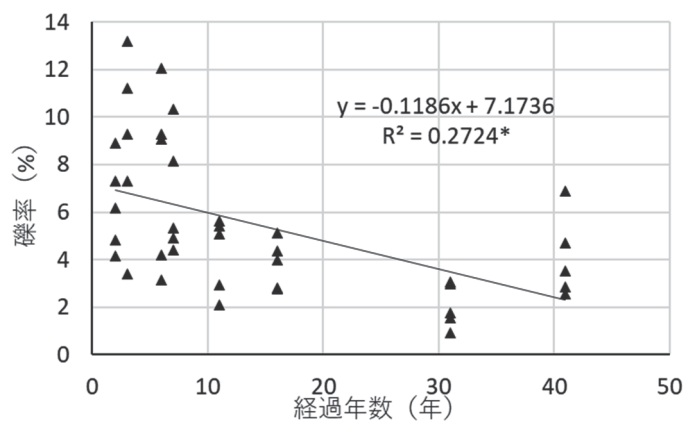


図8 2022年採取圃場における礫率

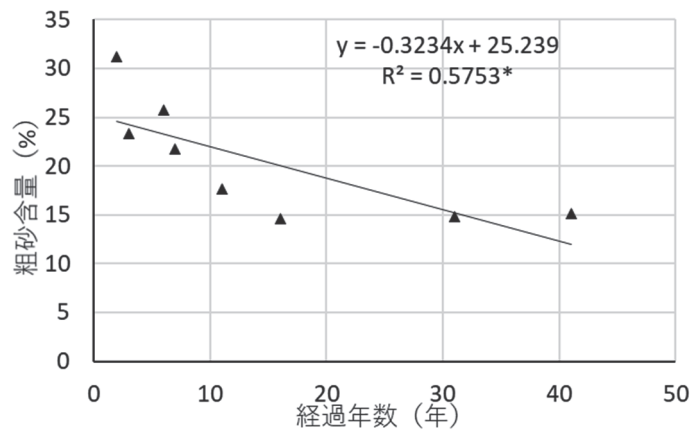


図9 2022年採取圃場における粗砂含量

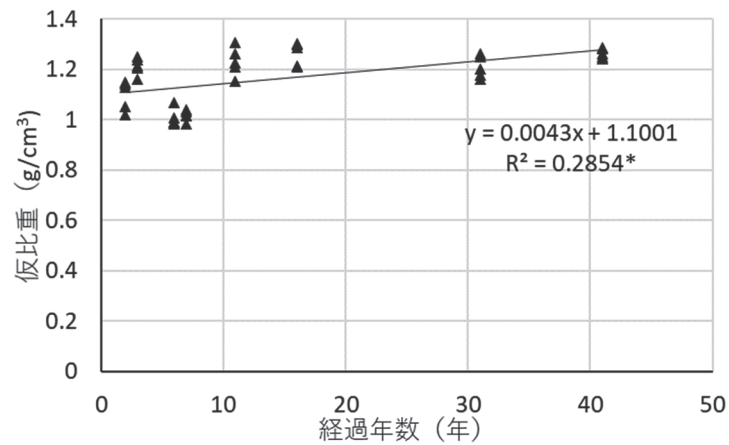


図10 2022年採取圃場における仮比重

3.4. 山田錦収量と土壌

2022年の山田錦栽培圃場における玄米収量と仮比重、表層土壌粘土量の間を、それぞれ図11、図12に示す。2022年の山田錦玄米収量は、仮比重との間に有意な正の相関が得られた。また、表層土壌粘土量との間にも有意な正の相関が得られた。

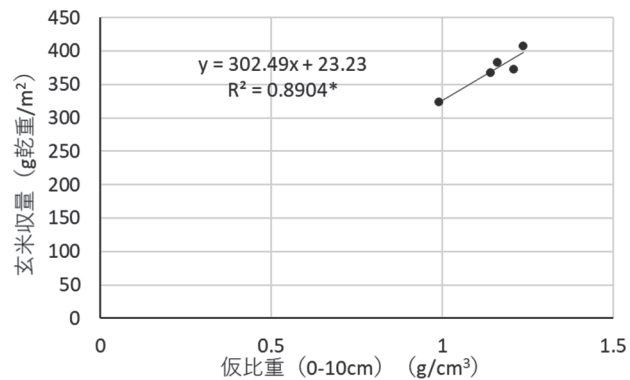


図11 2022年の山田錦栽培圃場における玄米収量と仮比重

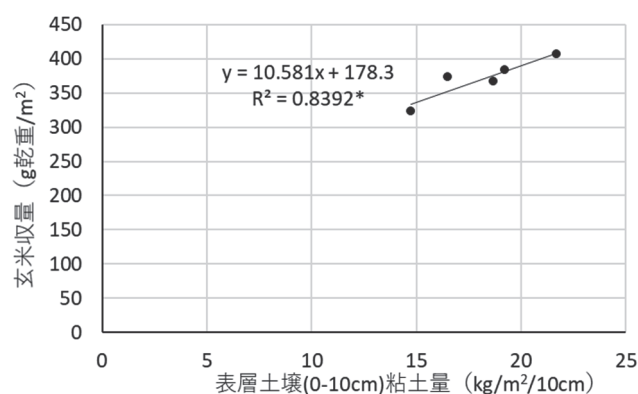


図12 2022年の山田錦栽培圃場における玄米収量と表層土壌粘土量

4. 考察

4.1. 山田錦収量

2021年の時点では、10年経過した圃場での玄米収量が最大になる可能性が指摘されていたものの(外村2022)、2022年の山田錦玄米収量は、いずれの処理区間にも有意差が得られなかった。つまり、圃場管理よりむしろ圃場内の土壌のばらつきが収量に影響していることを示唆している。

4.2. 地上部窒素量ともみ窒素量

もみ窒素量が山田錦栽培田から圃場外に持ち出される窒素量を示すと仮定すると、その平均値 (6.19 gN/m²) は堆肥投入量 (4.7 ~ 6.3 gN/m²) の上限値とほぼ同等であり、茎葉を含む地上部すべてが持ち出された場合の平均値 (9.61 gN/m²) は、堆肥投入量を大幅に上回ることが分かった。したがって、山田錦栽培田における現状の堆肥投入によっては、窒素が土壌中に蓄積する余地はあまり大きくないと考えられた。一方、白ネギの茶葉・根を含む地上部窒素量 (9.12 gN/m²) は、堆肥投入量 (12.6 ~ 15.7 gN/m²) の範囲より小さいことが分かった。そのため、白ネギの圃場外への持ち出しによる土壌窒素の減少は、原理的には起こらないと考えられる。

4.3. 土壌

2022年の土壌試料について、礫率、粗砂含量は、経過年数が長くなるにつれて減少する有意な関係式が得られた。一方、仮比重は経過年数が長くなるにつれて増加する有意な関係式が得られた。これらは、毎年農家が圃場内の礫 (石) を除去する、代かき時に砂が下層に移動することなどにより、年数が長くなるにつれ、密度の詰まった土壌になったことによるとも推察されるが、圃場間での母材の違いが影響している可能性も考えられる。

4.4. 山田錦収量と土壌

2022年の玄米収量は、仮比重との間に有意な正の相関が得られた。また、表層土壌粘土量との間にも有意な正の相関が得られた。仮比重や表層土壌粘土量が高い土壌は、それぞれ、単位面積当たりの鉱物量や粘土量が多く、その分より多くの養分を供給したり、保持できたりするため、収量も高くなったと考えられる。

引用文献

- [1] 農林水産省「有機農業をめぐる事情」(2022)
<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/yuuki/attach/pdf/meguji-full.pdf> (2023/5/9最終閲覧)
- [2] 農林水産省「有機農業の推進に関する現状と課題」(2013)
<https://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/kikaku/organic/01/pdf/data6-1.pdf> (2023/5/9最終閲覧)
- [3] 鳥取県「鳥取県農林水産業の概要」(2018) pp.55.
- [4] 鳥取県「鳥取県農業生産1千億円達成プラン」(2021) pp.81.
- [5] 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.
- [6] 外村翔吾「有機質資材連用年数が水稲による窒素吸収量および水田土壌中の窒素含量に与える影響」(2022) 公立鳥取環境大学卒業論文