

食と農の総合研究所研究プロジェクト 研究成果報告書

研究課題	栽培条件が有色米の色素生産に与える影響と抗酸化活性の評価
研究種別	<input checked="" type="checkbox"/> 共同 <input type="checkbox"/> 個人
研究組織	猪谷 富雄（農学部・教授）研究代表者 山本 涼平（農学部・実験実習助手） 妹尾 拓司（農学部・実験実習助手）
研究期間	<input type="checkbox"/> 1年研究 <input checked="" type="checkbox"/> 2年研究
キーワード	(1) 紫黒米 (2) 赤米 (3) アントシアニン (4) 抗酸化活性 (5) 環境条件 (6) 遺伝資源

1. 研究計画(簡潔にまとめて記入してください。)

有色米には、玄米糠層にアントシアニン系色素を有する紫黒米およびタンニン系色素を有する赤米がある。温度や光、肥料条件などの環境・栽培条件が色素生産に及ぼす影響の評価および抗酸化活性をはじめとする機能性評価の2つの観点から、有色米の利用可能性について評価を行う。そしてこれらの成果を、生産者および消費者に対して情報提供を行うことで、安定生産や需給の増加を目指す。

- 1) 有色米の色素を中心とした諸特性の品種間差異を明らかにする。
- 2) 栽培期間中の気温や光（光量・光質）、肥料条件など環境・栽培条件、あるいは収穫時期が色素発現に及ぼす影響を調べる。このことによって、生産農家が安定した栽培管理をおこなう助言ができる。
- 3) DPPH 法や ORAC 法による抗酸化活性を調べ、抗酸化活性の高い品種・系統、栽培法を確立する。また、機能性成分（活性物質）の単離・同定を進める。特にアントシアニンなどのポリフェノール類に期待される抗酸化活性を調べ、高付加価値米（または健康食品）としての応用を検討する。

2. 研究成果の概要(4 ページ程度)

<2017 年度>

1. 紫黒米モチ品種「朝紫」を用い、1/5000a ワグナーポットで栽培試験を行った。

(1) N レベルを変更して栽培した。肥料分を含まない土壌(びわこ1号)を充填し、元肥として N は硫酸で 0、8、16、24、32g/m²になるよう(P および K はすべて 8g/m²)とした。地上部生育量は N16 が最大、N24 と 32 で低下した。玄米重も同様であり、アントシアニン含量は生育量に正の相関を示した。

(2) 微量元素の効果を見るために、MgO 600ppm あるいは Mn 360ppm 溶液を生育中期に 2 回葉面散布した。設定した条件では生育やアントシアニン含量に差異がなかった。

(3) シンク/ソース比の変更が米粒の重量とアントシアニン含量に及ぼす影響を検討した。対照区の 3 ポットずつを対象に、出穂期に穂半分切除と止葉切除を実施した。止葉切除でアントシアニン含量が低下し、光合成産物の充実が色素生産に重要であることが確認された。

2017 年度は、農学部附属牧農場実習棟わきの雨が避けられる箇所にポットを設置したので、日照不足が考えられた。また、植付時期が遅れたので、2018 年度はビニールハウス内で適期に実験を開始する。

2. 農学部附属牧農場水田において、紫黒米および赤米、さらに葉色変異体を含めた品種比較栽培を行った。

(1) 紫黒米の玄米中のアントシアニン含量を測定した。滋賀県内の営農集団が栽培した米の提供を受け、あわせて分析をおこなった。紫黒米 4 品種で、米粒の形態やアントシアニン含量に大きな差異があった。また、同じ品種「朝紫」でも産地によって 1.8 倍のアントシアニン含量の違いがあった。

(2) 葉色変異体の 5 品種および対照区の「日本晴」を水田で栽培し、生育盛期 8 月下旬に最上位展開葉の葉身を色彩色差計、分光測色計、グリーンメーターおよびアントシアニンメーターで測定した。以下、品種名と色彩式差値 L*とアントシアニンメーター値を示す。L*値は、大きいほど明度が高いことを示す。「紫稲」(24.6、29.5)「ゆきあそび」(48.0、5.97)「あかねあそび」(48.7、5.17)「黄稲」(64.5、2.79)「紫丹」(36.4、7.44)「日本晴」(45.3、4.62)。おおむね観察と一致したが、来年度は環境の影響と時期別推移を調査する。

3. 2018 年 2 月 6 日、熊本県合志市の農研機構・九州沖縄農業研究センターを訪問し、沖・作物品質グループ長から食品の品質と機能性研究の現状について説明を受け、その後実験棟の見学を行った。沖グループは、紫サツマイモの抗酸化活性など健康機能性を解明し、企業と共同で多くの食品を開発している。帰学後、抗酸化活性の分析法について相談を行っている。

4. その他、国内外の遺伝資源を収集しながら、遺伝子レベルでの解析を試みている。次年度は、アントシアニン含量に及ぼす紫外線と気象の影響を調査する。農家が強く望んでいる、猛暑の夏でも色素生産がおちない品種の検索と栽培技術の開発に力を入れる予定である。

<2018 年度>

概要を、日本作物学会春季大会での講演要旨に従って報告する。

1. 研究の目的

紫黒米（黒米、紫米）とは、玄米糠層にアントシアニン系色素を含むイネ品種の総称である。東南アジア、ネパール、中国などでは、多くの在来品種・系統があつて、伝統食品にも利用されてきた。日本には、大正期以降から現在まで海外から導入された多くの系統があり、また国や地方でも新しい品種が育成されている。演者らは、すでに登熟期間中の温度条件が色素発現に大きな影響を与えることを報告した。本研究では、日本全国から収集した紫黒米の色調の品種間差異および施肥や光環境の影響を、アントシアニン含量と抗酸化活性の観点から評価した。

2. 材料および方法

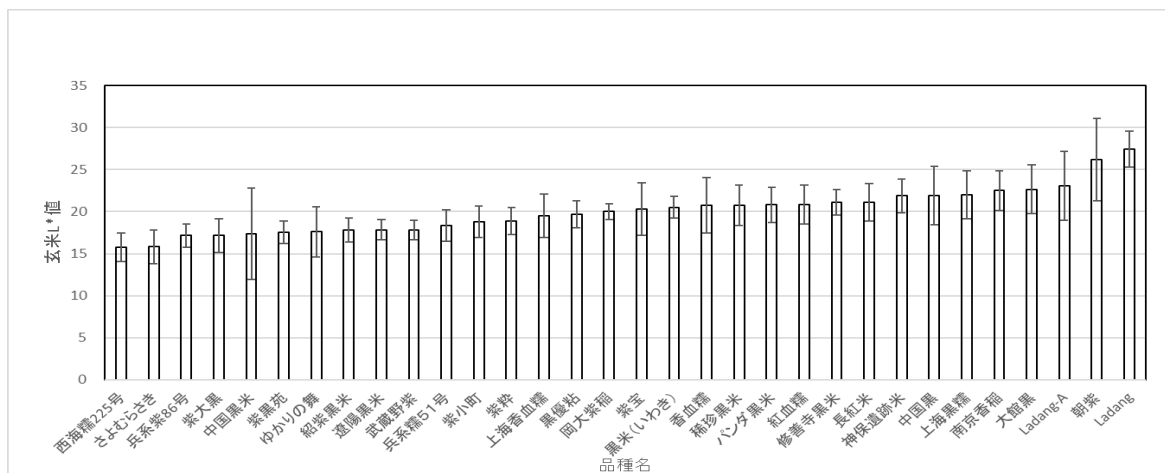
実験 1: 龍谷大学農学部附属牧農場（大津市上田上）の水田で紫黒米 32 品種・系統を無肥料条件で栽培し、収穫した玄米の色を色彩色差計（コニカミノルタ CR400）で測定した。

実験 2: 同農場内のビニールハウスにおいて、1/5000a ワグナーポットに肥料分を含まない土壌（びわこ 1 号）を充填し、品種「朝紫」を化成肥料の基肥のみで栽培した。肥料 3 要素 NPK の組合せ、また 8kg/10a を基準に、N 施用量を 0、0.5、1、1.5 倍量として栽培した。

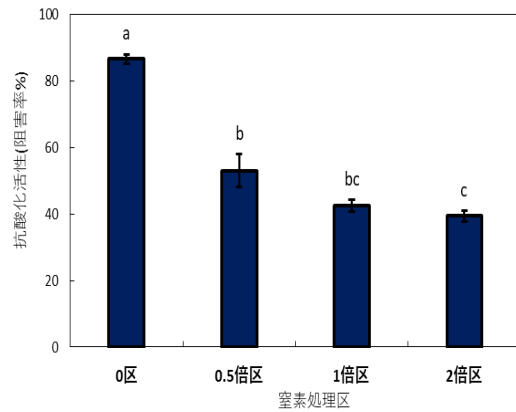
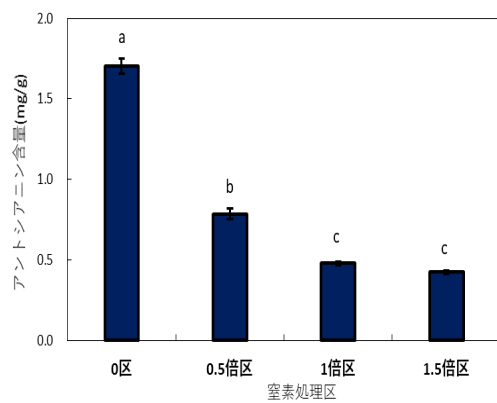
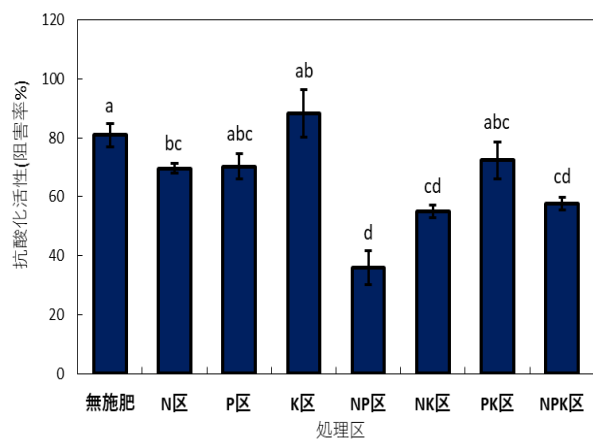
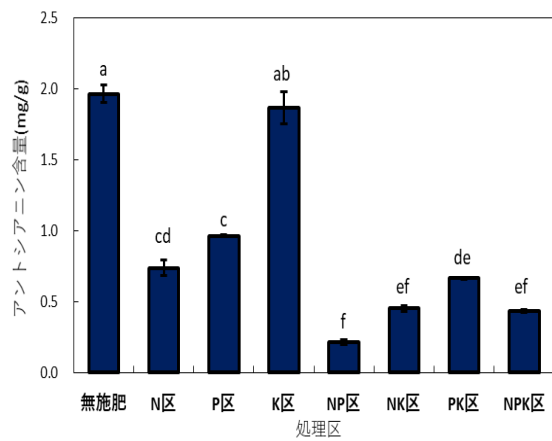
実験 3: ハウス栽培において、出穂後から収穫まで、穂をアルミホイルで完全遮光した区と植物体全体を紫外線カットフィルムで囲んだ区を設けて、光環境を変更した。実験 2 および 3 で得られた玄米はフードミルで粉碎し、アントシアニン含量については pH differential 法で、また抗酸化活性は DPPH 法でそれぞれ定量・評価した。

3. 結果および考察

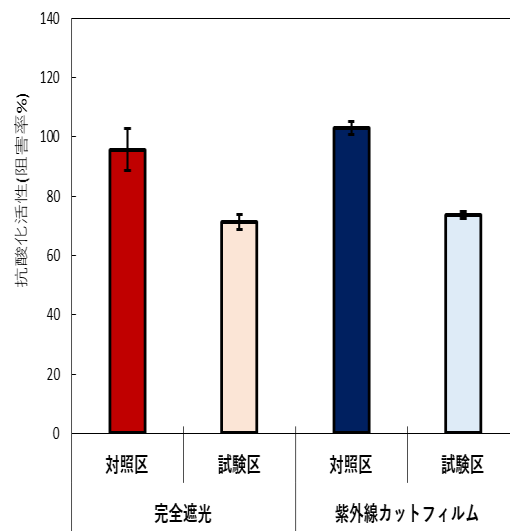
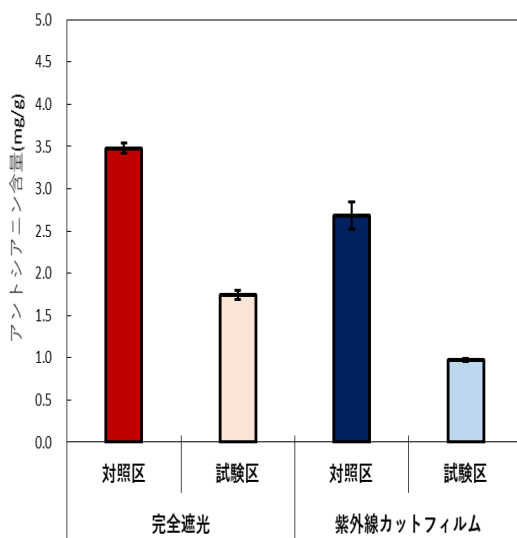
実験 1: 玄米色 L*値（明度：白 100～黒 0）は 15.8～27.5 となり、大きな品種間差異がみられた。



実験 2: 玄米のアントシアニン含量は、N 肥料を与える、または増加させると減少し、これに伴って抗酸化活性も低下した。しかしながら、茎葉および玄米の生産量は N 無施肥では極端に小さくなったため、アントシアニン含量に玄米収量を乗じたポット当たりのアントシアニン生産量からみれば N 施肥は不可欠であった。なお、玄米千粒重とアントシアニン含量は負の相関を示したので、色素を含む糠層の厚さが相対的に異なることが考えられた。



実験 3：穂を完全遮光した場合も、植物体全体を紫外線カットフィルムで囲んだ場合も、玄米のアントシアニン含量と抗酸化活性は無処理の対照区よりも著しく低下した。



以上、紫黒米の色調は品種・系統によって大きな変異があり、またアントシアニン含量や抗酸化活性は、施肥や光環境によって大きく変動することが示された。また、窒素施用量試験での玄米収量とアントシアニン含量の関係は2年間で相反しており、さらなる環境条件の解析が必要である。紫黒米の安定生産と活用にあたっては、適正な品種を用いること、また適正な管理が必要であると言える。

4. 研究発表等(研究代表者及び研究分担者)

学会発表・発表論文・著書・学外資金獲得状況 等

<学会発表>

猪谷富雄：基調講演「赤米・紫黒米のルーツとひろがり」『第2回 赤米・紫黒米シンポジウム』（京都大学大学院農学研究科小田滋晃研究室主催、京都大学益川ホール、2018年3月4日）。

猪谷富雄・菊川翔・三ツ井奨一朗・妹尾拓司・吉村大輔・山本涼平：「紫黒米のアントシアニン含量と抗酸化活性における品種間差異と栽培条件の影響」日本作物学会第247回講演会、筑波大学、2019年3月29日。

三ツ井将一郎・猪谷富雄・森泉美穂子・山本涼平・妹尾拓司：「紫稲色素の分光測色計を用いた非破壊測定法の検討」日本分光学会、京都大学化学研究所、2019年5月14日

猪谷富雄：基調報告「紫黒米の今後の研究方向について」『第3回 赤米・紫黒米シンポジウム』（京都大学大学院農学研究科小田滋晃研究室主催、京都大学益川ホール、2019年6月8日）。

<発表論文（査読無し）>

猪谷富雄：「古代米と現代の食」（随想）. TASC MONTHLY 497: 3. （2017年5月）

猪谷富雄：「イネの多様性と古代米」. 食生活研究 38: 196-204、273-280. （2018年5月、7月）

<著書>

猪谷富雄：「多様な稲による地域おこし—滋賀県の稲作と古代米—」（コラム3）『琵琶湖水域圏の可能性—里山学からの展望』（牛尾洋也ほか編、晃洋書房）:182-187. （2018年3月）

猪谷富雄・小障子正喜：「多様なイネを活かす力—滋賀県・大戸洞舎の取り組み—」（第5章）『農企業のムーブメント』（小田滋晃ほか編、昭和堂）：63-84. （2019年1月）

猪谷富雄：「赤米・黒米・香り米—変わりものの品種たち」（第3章）『日本のイネ品種考—木簡からDNAまで—』（佐藤洋一郎編、臨川書店）:115-142. （2019年5月）

<学外資金獲得状況>

期間：2019年度～2021年度

研究費名：日本学術振興会科学研究費補助金 若手研究，研究代表者（山本涼平）

研究課題名：高付加価値化を目指した紫黒米アントシアニンの一括分析法と栽培指針の確立