

令和5年10月4日

酒米の特徴である大粒・心白を生み出す遺伝子の特定

福島大学食農学類附属発酵醸造研究所の吉田英樹特任助教と松岡信特任教授を中心とする研究グループは、日本に存在する多数のイネ品種のゲノム情報を活用し、「粒が大きく心白を生じる」という酒米の特徴を生み出す遺伝子を特定しました。酒米の特徴を生み出す遺伝的要因がわかったことで、今後の新規優良酒米品種の迅速な育種に貢献できると考えられます。

本成果は植物科学におけるトップジャーナルの1つである英文科学誌『**Molecular Plant**』にて9月9日に掲載されました。

本研究は、福島大学「foR-F プロジェクト(※1)」、日本学術振興会科学研究費助成事業の若手研究、基盤研究(B)、新学術研究領域、ならびに内閣府ムーンショット型農林水産研究開発事業(管理法人:生研支援センター)の支援により実施されました。

※1 福島県の地域課題の解決に必要な研究であるとともに、国策としても重要な研究など、特に地域・社会ニーズが高いと認知されている、将来的に大学の価値を高める(大学の特色となる)ことが見込まれると学長が判断した研究を行うプロジェクト

【研究のポイント】

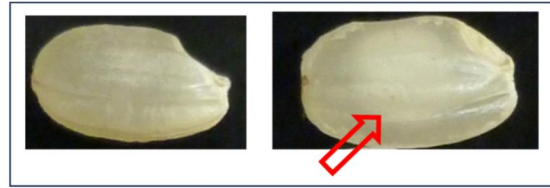
- ・ 日本で栽培されているイネの種類には、炊飯米として食べられる「**食用米**」と日本酒の原料となる「**酒米(酒造好適米)**」がある
- ・ 酒米は食用米よりも粒が大きく、また粒の中心に「**心白**」と呼ばれる白濁が生じるという特徴がある
- ・ 我々は食用米品種と酒米品種、そしてその元になった在来品種(昔からある品種)の計202品種のゲノム情報を解読した
- ・ そのゲノム情報を活用してそれらの品種の違いについて解析を行った結果、**酒米の2大特徴(大粒と心白)を生み出す遺伝子をそれぞれ特定した**
- ・ 酒米の特徴を生み出す遺伝的要因がわかったことで、**今後の新規優良酒米品種の育種に貢献できる**

【研究の背景】

食農学類附属発酵醸造研究所(令和3年4月開設)は、発酵醸造プロセスに関する研究だけでなく、イネやダイズなどの発酵醸造の主原料となる作物の栽培や新品種開発に関連した研究から発酵醸造と食・健康との関連まで、幅広く新たな視点からの先端研究を遂行し、発酵醸造研究をリードする研究成果を世界に発信することを目指す

しています。

現在日本で栽培されているイネの種類には、炊飯米として食べられる「食用米」と日本酒の原料となる「酒米(酒造好適米)」があります。一般的に、酒米は食用米よりも粒が大きく、また粒の中心に「心白」と呼ばれる白濁が生じることが知られていません。大粒であることで日本酒の雑味の原因となる外周部をより多く削ることができ、



典型的な食用米（左; コシヒカリ）と酒米（右; 山田錦）の米粒。矢印は「心白」を示す。

心白が生じている部分は麹菌が侵入しやすく発酵が進みやすいため、これらが日本酒の原料として適した特徴として育種されてきています(右図)。

また当研究所では、日本で栽培されているイネ品種のゲノム情報を収集しており、このゲノム情報を利用して優良な新品種の作成に繋がるような遺伝学的解析を行っております。

【研究の成果】

今回、我々は食用米と酒米およびその元になった在来品種を含む計 202 系統のゲノム情報を活用することで、酒米の 2 つの大きな特徴(大粒・心白)を生み出す遺伝子を特定しました。

まず、202 系統を『食用米、酒米、在来(食用米と酒米の区別が無かった昔のイネ品種)』の 3 種類にわけ、各グループ内では共通しているが、異なるグループ間では異なるゲノム領域をゲノム情報科学の手法を用いて探しました。

その結果、食用米のゲノムには、酒米や在来とは異なる領域が複数存在することが明らかになりました。この『食用米と酒米間で異なるゲノム』領域の中に、「酒米の 2 大特徴(大粒・心白)」を生み出す遺伝子が存在すると考えて、さらに詳細に解析を進めた結果、心白を誘導する遺伝子として米粒の細胞壁の硬さに関与するマンナンの合成に関わる遺伝子 *OsMnS* と、米粒の幅を制御する遺伝子 *OsWOX9D* を特定しました。さらなる生化学的・分子生理学的解析により、これらの遺伝子が正常に機能することで酒米の特徴が生み出されていることを証明しました。

【研究成果の意義】

酒米の特徴を生み出す遺伝子がわかったことで、今後の迅速な新規優良酒米品種の育種が可能になります。また本研究で開発した遺伝子特定手法は、食用米・酒米だけでなくさまざまな植物種にも適用可能であり、育種で利用された、あるいは未利用の遺伝子を推定する手法として有用と考えられます。

【掲載誌・論文】

- 掲載誌:『Molecular Plant』(Cell Press)
- DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molp.2023.09.002>
- 公開:2023年9月9日
- 論文タイトル: Integrated genome-wide differentiation and association analyses identify causal genes underlying breeding-selected grain quality traits in *japonica* rice. (ゲノムワイド相違・相関解析を組み合わせることでジャポニカ米において育種選抜されたコメの品質に関わる遺伝子を特定)
- 著者: 吉田英樹^{1†}、岡田聡史^{2,3†}、Fanmiao Wang^{2†}、塩田将平²、森政樹²、川村真結子²、Xue Zhao⁵、Yiqiao Wang⁵、西垣南歩⁶、小林麻子⁷、三浦孝太郎⁸、吉田晋弥^{9,10}、池上勝⁹、伊藤彰敏¹¹、Lin-Tzu Huang^{12,13}、Yue-Ie Caroline Hsing^{12,13}、山形悦透¹⁴、森中洋一⁸、山崎将紀^{3#}、小竹敬久⁶、山本英司¹⁵、Jian Sun⁵、平野恒²、松岡信¹
- 著者の所属
 1. 福島大学 食農学類附属発酵醸造研究所
 2. 名古屋大学 生物機能開発利用研究センター
 3. 神戸大学 食資源教育研究センター
 4. 農業・食品産業技術総合研究機構 遺伝資源研究センター
 5. Shenyang Agricultural University, Rice Research Institute
 6. 埼玉大学 理工学研究科
 7. 福井県農業試験場 品種開発研究部
 8. 福井県立大学 生物資源学部
 9. 兵庫県立農林水産技術総合センター
 10. 龍谷大学 食と農の総合研究所
 11. あいち産業科学技術総合センター 食品工業技術センター
 12. Academia Sinica, Institute of Plant and Microbial Biology
 13. National Taiwan University, Department of Agronomy
 14. 九州大学 農学研究院
 15. 明治大学 農学研究科

†共筆頭著者

#現:新潟大学 農学部

(お問い合わせ先)

発酵醸造研究所・特任助教 吉田 英樹

電話: 024-504-2837

メール: hyoshida@agri.fukushima-u.ac.jp



酒米の特徴である大粒・心白を生み出す 遺伝子の特定

福島大学 食農学類附属発酵醸造研究所

特任助教 吉田 英樹

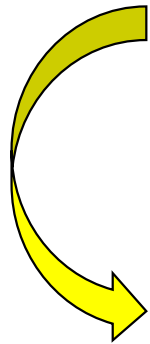
はじめに

- 食農学類附属発酵醸造研究所（令和3年4月開設）は、発酵醸造プロセスに関する研究だけでなく、イネやダイズなどの発酵醸造の主原料となる作物の栽培や新品種開発に関連した研究から発酵醸造と食・健康との関連まで、幅広く新たな視点からの先端研究を遂行し、発酵醸造研究をリードする研究成果を世界に発信することを目指しています。
- 本日は、酒米の「粒が大きく、心白が生じる」という特徴を生み出す遺伝子を特定したという研究内容についてご紹介します。
- 植物科学におけるトップジャーナルの1つである英文科学誌『Molecular Plant』に9月9日に掲載されました

酒米と食用米

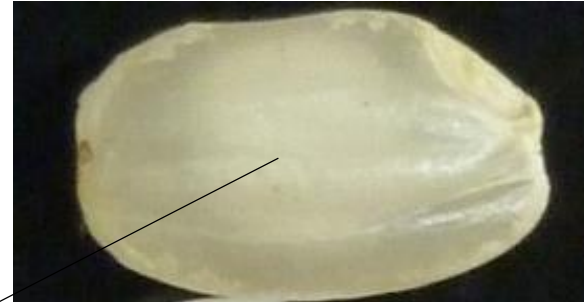
食用米品種

コシヒカリ、日本晴など



酒米品種

山田錦、五百万石など



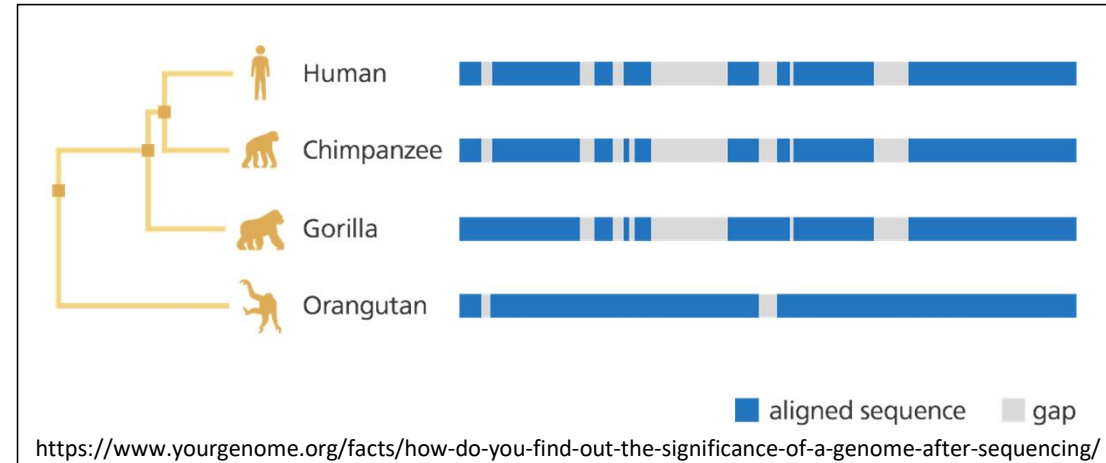
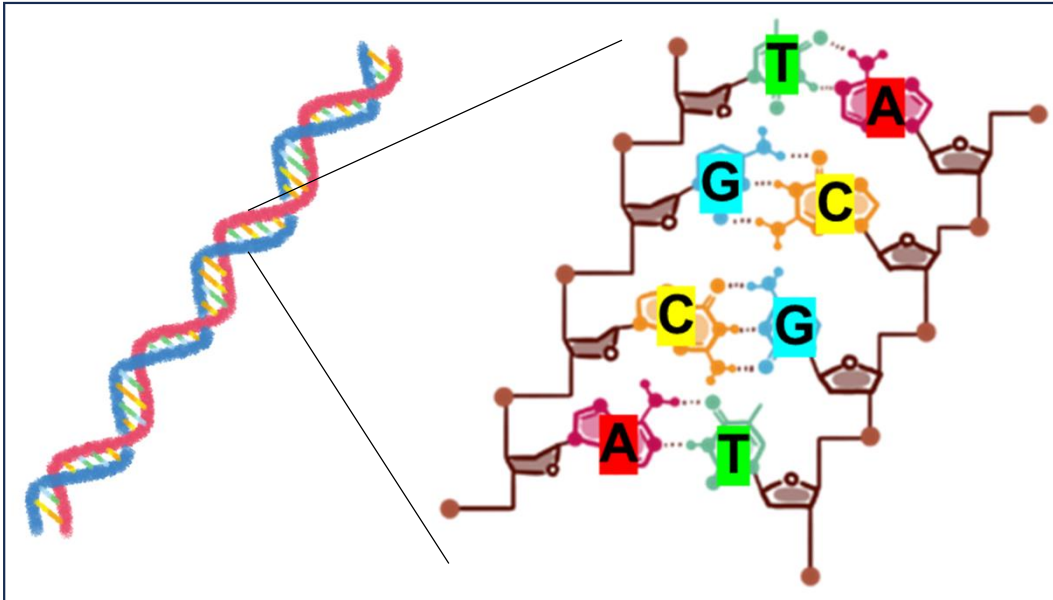
心白



酒米（酒造好適米）は粒が大きく、
「心白」と呼ばれる白濁を生じる

大粒→雑味の原因となる外周部を多く削れる
心白→発酵が進みやすい

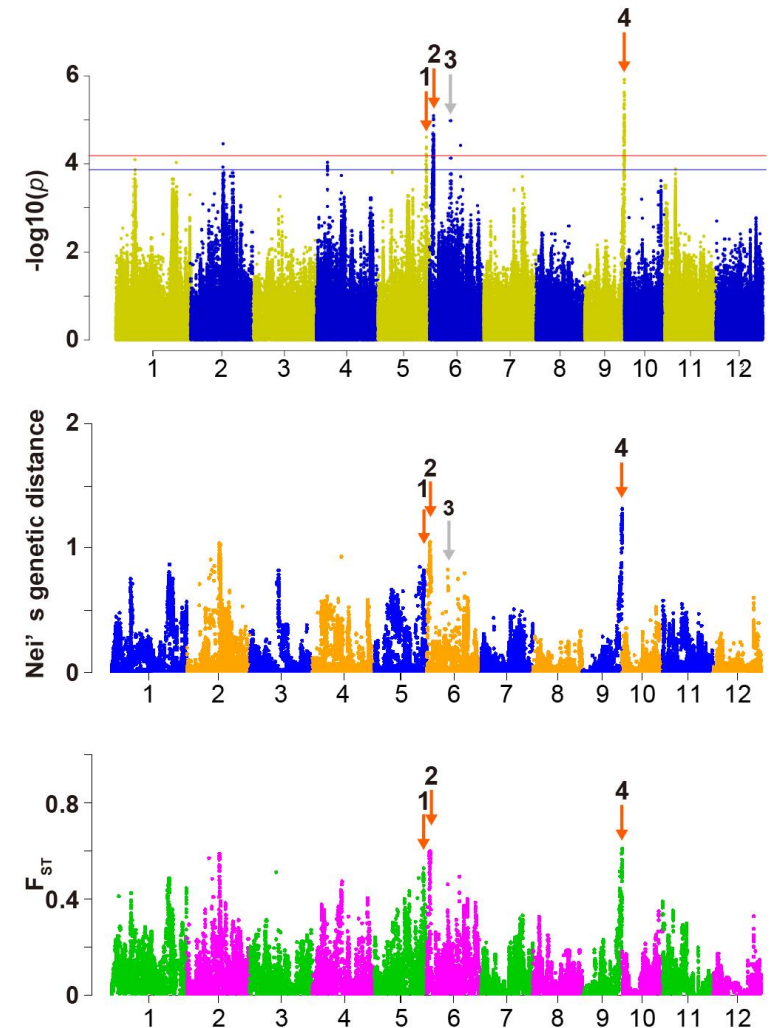
ゲノム情報の解読



- DNAはATGCの4つの塩基を一定の順番で含む化学物質である
- このATGCの順番を解読することをゲノム解読（DNAシーケンシング）という
- ゲノム情報を解読することで「遺伝的にどこがどのように違うのか」がわかる
- 本研究では我々が解読した202系統の日本のイネのゲノム情報を用いた

食用米、酒米、在来でゲノムを比較

- 202系統を食用米、酒米、在来に分類
- この分類に基づいてゲノム情報を3種類の手法で比較
 - 集団遺伝学的統計指標である F_{st} 、根井の遺伝距離をゲノム全体で算出
 - 「分類」を用いたゲノムワイド関連解析 (GWAS) を実施
- 「食用米」と「酒米」で異なるゲノム領域が複数特定できた



心白を引き起こす遺伝子 *MnS*

日本晴



MnS機能型日本晴

- 検出された領域の1つにマンナン合成酵素遺伝子 (*MnS*) が存在した
- 食用米品種ではこの遺伝子が機能を失っており、酒米では機能している
- *MnS*が機能するように改変した日本晴は米粒が白く濁る

粒の幅を大きくする遺伝子WOX9D

日本晴



山田錦



WOX9D欠損山田錦

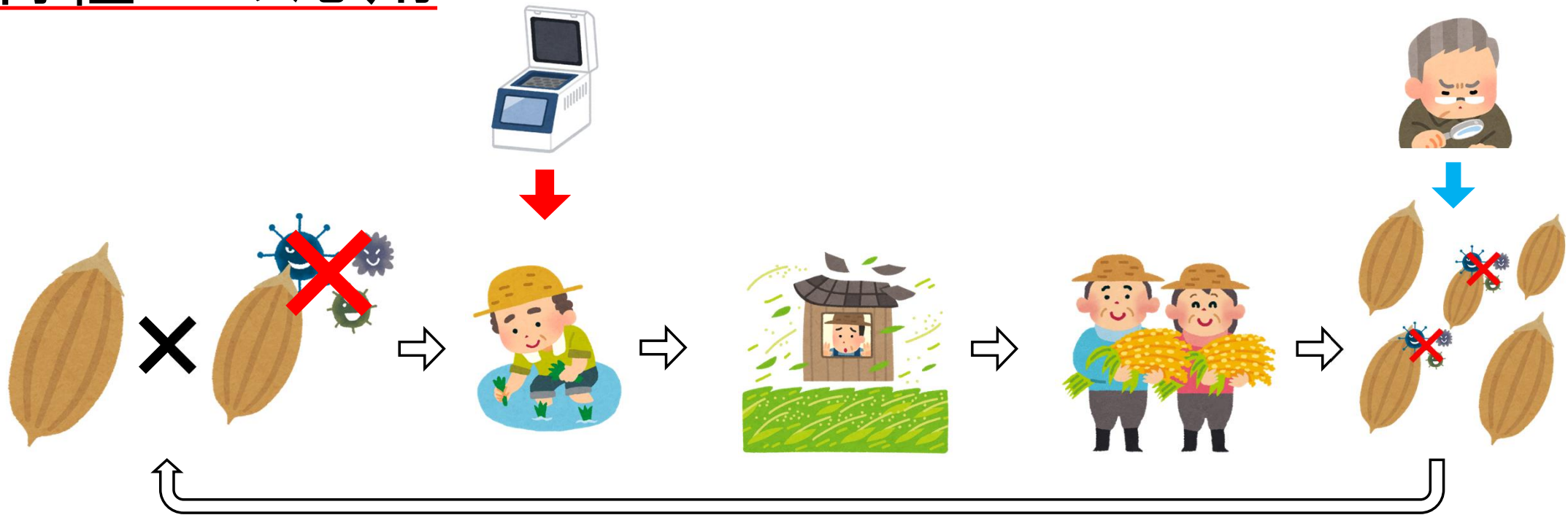


- 別の候補領域を調べたところ転写因子遺伝子WOX9Dが存在した
- *MnS*と同様に食用米のWOX9Dは機能欠損型であり、酒米では機能型であった
- **WOX9D**を欠損させた山田錦は米粒の幅が小さくなった

本研究の成果

- 酒米の2大特徴（大粒と心白）を生み出す遺伝子がわかったことで、**今後の迅速な新規優良酒米品種の育種が可能**になる
- 本研究で開発した遺伝子特定手法は、**食用米・酒米だけでなくさまざまな植物種にも適用可能**であり、育種で利用された、あるいは未利用の有用遺伝子を特定する手法として有効と考えられます

育種への応用



- 従来であれば新品種の候補となる複数のイネを育て、米粒を評価
- **収穫まで育てなくても遺伝子検査で酒米として有用かわかる**
- 育てる候補を育てる前に選抜可能になり、大幅な労力削減が可能

この研究に主に携わった人達・サポート体制

- 福島大学 食農学類附属発酵醸造研究所
 - 吉田 英樹 特任助教
 - 松岡 信 特任教授
- 名古屋大学
 - 平野 恒 研究員
 - 岡田 聡史 助教
 - Fanmiao Wang 研究員 (現・農研機構)
 - 塩田 将平 大学院生
 - 森 政樹 大学院生
 - 川村 真結子 技術職員
- 明治大学
 - 山本 英司 特任講師
- 埼玉大学
 - 小竹 敬久 教授
 - 西垣 南歩 大学院生

- 岡山大学
 - 山崎 将紀 准教授 (現・新潟大学)
- 福井県農業試験場
 - 小林 麻子 主任研究員
- 福井県立大学
 - 三浦 孝太郎 教授
 - 森中 洋一 教授
- 兵庫県立農林水産技術総合センター
 - 吉田 晋弥 元研究員
 - 池上 勝 元研究員
- あいち産業科学技術総合センター
 - 伊藤 彰敏 室長
- 九州大学
 - 山形 悦透 教授
- Academia Sinica
 - Yue-le Caroline Hsing
 - Lin-Tzu Huang
- Shenyang Agricultural University
 - Jian Sun
 - Xue Zhao
 - Yiqiao Wang



本研究は、

- 福島大学foR-Fプロジェクト「ゲノム科学・技術を援用した栽培・発酵好適性イネ系統の開発基盤研究」
- 科研費 新学術領域研究・基盤研究 (B) ・若手研究・特別研究員奨励費
- 内閣府ムーンショット型農林水産研究開発事業 (管理法人:生研支援センター)

の支援のもと行われました。