名古屋大学
NAGOYA UNIVERSITY

配布先：文部科学記者会、科学記者会、名古屋教育記者会

2024 年12月23日

報道機関 各位

稲穂への低温プラズマ処理による酒米品質の向上
～先端スマートシステムの構築で栽培条件の最適化に貢献～

【本研究のポイント】

・酒造好適米（酒米）品種「山田錦」の出穂後、穎果（えいか）一粒ずつにプラズマを照射したところ、日本酒製造で重要となる心白[注1)]含有率（心白歩合）が増加した。
・現地試験のほか、人工的に気象変化など実際の栽培環境を模擬する”Smart Agriculture System”でも同様の結果が得られた。
・本システムにより、種々の環境変化に対してプラズマを用いた最適な栽培条件を構築することが可能。

【研究概要】

猛暑をはじめとする気候変動が農作物の収穫に大きな影響を及ぼす中、その対処のためにも農業のスマート化が求められています。そのためには気象、降水量、施肥とともに生育や収量などのビッグデータを収集し、コンピューティングを活用して様々な栽培環境や生育状況を制御可能とするシステムを構築することが重要です。

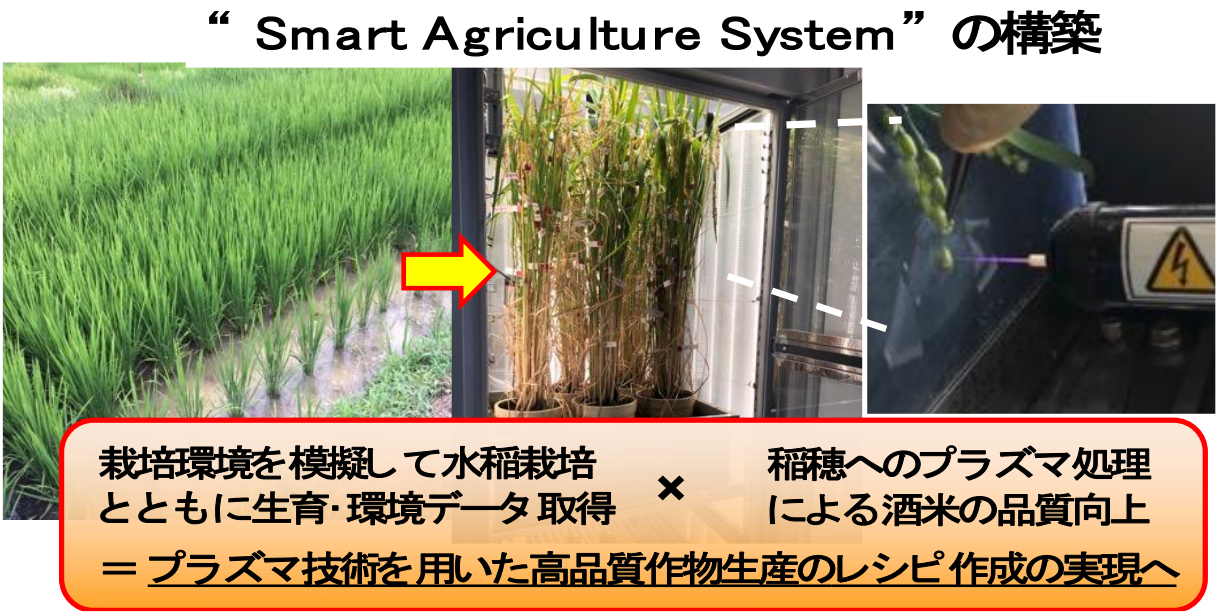
近年、大気圧低温プラズマ（低温プラズマ）[注2)]を医療・農業などバイオ分野で応用する研究が盛んに行われ、国内外から注目されています。名古屋大学低温プラズマ科学研究センターの堀 勝 特任 教授、橋爪 博司 特任講師らの研究グループは、富士通クライアントコンピューティング株式会社（本社：神奈川県川崎市 代表取締役社長：大隈健史 以下、FCCL）との共同研究で、水稲栽培における低温プラズマ処理[注3)]が玄米の収量や品質に有効であることを見出しています。

本研究では生命農学研究科附属東郷フィールド（愛知県東郷町）のハウスにおいて、酒米品種「山田錦」の出穂後の開花後日数を規定してプラズマ処理を行うことで、その品質向上が示されました。さらに、フィールドの栽培環境を模擬した人工気象器内での試験でも同様の結果が得られました。

加えてこの人工気象器に温湿度や照度、CO_2 濃度、水位などの各種センサーとカメラを設置した”Smart Agriculture System”を構築しました。このシステムにより収集した各種データを活用することで様々な栽培環境を再現できるようになりました。

環境変化に応じて最適なプラズマ処理法を施す栽培レシピを作成するためのビッグデータの蓄積には、様々な栽培環境を模擬できる本システムなどコンピューティングによる制御が非常に有効です。ICT 農業とプラズマ技術を融合し、作物栽培を制御可能とすることで持続可能な開発目標（SDGs）達成のために大きな貢献が期待できます。

本研究成果は、2024 年 11 月 27 日付学術誌「Scientific Reports」にオンライン掲載されました。



【研究背景と内容】

現在、日本の農業では就農人口の減少や高齢化のほか、豪雨災害や気温上昇などの気象条件の劇的な変動、さらにはコロナ禍をはじめとする社会情勢の変化など様々な課題が生じています。そこで ICT や AI 技術を適用したロボットやドローンの利用、栽培環境を制御可能とするシステム構築によるスマート農業[注4)]の導入によって、労働力の省力化や環境負荷の低減、経費の削減への転換が急速に進められています。これら先端技術の根幹となるのは「種々のデータ収集」と「コンピューティングによる制御」です。

名古屋大学低温プラズマ科学研究センターでは、スマート農業（ICT 技術）と低温プラズマ技術とを融合した新たな先進農業技術の開発を目標として、2018 年より富士通クライアントコンピューティング株式会社（本社：神奈川県川崎市 代表取締役社長：大隈健史 以下 FCCL）と共同研究を推進しています。プラズマの効果実証においては、農作物を栽培する実際のフィールドと実験室内の双方を活用して検討を進めてきました。

水稲栽培においては、生命農学研究科との連携のもと、大学の試験水田（東郷フィールド，愛知県東郷町）において様々な品種や生育段階において低温プラズマ実証試験を行ってきました。食用米品種「あいちのかおり」のほかに代表的な酒造好適米（酒米）品種「山田錦」を対象として、水田に定植された幼苗に対してプラズマの直接照射と PAL に浸漬する間接的処理の 2 つの方法で低温プラズマ処理を行った結果、玄米収量だけでなく登熟が促進されるなど、プラズマ処理によって生育とともに収量とその品質も向上することが示されました。山田錦に対しては、日本酒製造の原料として重要とされる心白米の含有率（心白歩合）が増加することが明らかとなり、水稲栽培におけるプラズマの有効性が示されました。このような背景から、本研究ではイネ苗の栽培で収穫に向けた重要な生育段階である稲穂の登熟過程に着目してプラズマの実証試験を行いました。

【内容】

東郷フィールドにおいて、代表的な酒米品種である「山田錦」の種子を播種、その後ハウス内で育苗された幼苗を 2017 年 6 月 20 日に水田へ移植し、生育を行いました。8 月 10 日、20 株をワグナーポットに移植して隣接するハウス内で生育を続けました。8 月 31 日より出穂が観察され、9 月 11 日まで開花した穎果のチェック・記録を行い、それぞれの開花日から 1，5，10，15 日後にペン型 He プラズマ装置を用いてプラズマ照射を行いました（図 1）。開花から約 45 日後、成熟したそれぞれの種籾を収穫して玄米の品質として心白米（図 2a）の含有率（心白歩合）を観察、計測したところ、開花 1，5 日後に照射された玄米では心白歩合は減少、10，15 日後照射では増加しており、開花後日数を変化することで玄米品質に大きく影響することが明らかとなりました（図 2b）。

また、低温プラズマ科学研究センターでは人工気象器に温湿度，照度，CO_2 濃度，水位，水温，pH の各種センサーと定点カメラを設置し、これらの環境・生育データを取得する管理システムを搭載した”Smart Agriculture System”を構築しました（図 3）。2022 年 8 月 3 日，東郷フィールド水田からワグナーポットに移植された山田錦苗 10 株を同システム内に移設し、1 週ごとで温度，湿度，日長といった愛知県東郷町の気候変化を模擬して環境設定を行い、11 月 10 日までデータ取得とともにそれ以後の生育を行いました。9 月 1 日出穂が観察されて以降、上記と同様にプラズマ処理を行い玄米品質を調査しました。その結果、温度変化を初めとして取得した環境データから東郷町の気候が模擬されたことが示され（図 4）、苗の生育は健常に進み、開花後日数に対するプラズマ処理による心白歩合の変動はフィールドでの先行試験と同様の効果が観察されました。

【成果の意義】

本研究より、出穂後の開花～登熟期における実の部分へのプラズマ処理が有効であることが示されました。そして、プラズマ処理試験を実施するにあたり、実際のフィールドの栽培環境を模擬し、なおかつデータ収集する”Smart Agriculture System”の活用が非常に有意義であることが明らかとなりました。2024 年 12 月 5 日、日本の「伝統的酒造り」がユネスコ無形文化遺産に登録され、日本酒が世界的に注目を集めています。酒米に限らず、近年、水稲をはじめ多くの作物栽培において夏場の猛暑が収量・品質の両面で大きな打撃を与えることが問題となっています。本プラズマ処理は登熟を活性化するものであり、猛暑の高温障害による実の登熟不良を回避できると期待できます。

さらに、猛暑など異常気象時においてプラズマを活用した最適なプラズマ処理レシピを、本システムで収集したデータに基づいて構築することで、IT 農業に低温プラズマを融合した技術が高品質な農作物の安定的な生産に有益であると期待できます。世界的に注目される持続可能な開発目標（SDGs）を達成するための非常に意義深い成果といえます。様々な栽培環境を模擬した検討を続けて、得られたデータよりコンピューティングによる制御を活用したプラズマの先進農業システム構築へ向けてさらに強力に推進していきます。

本研究は、FCCL との共同研究『プラズマのバイオ応用に関する研究』の支援のもとで行われたものです。

【富士通クライアントコンピューティング株式会社（FCCL） 執行役員常務／CTO 広末庸治のコメント】
このたびの酒米品質向上に向けた実証実験の成功ならびに研究論文の発表、誠におめでとうございます。貴学の日々のたゆまぬ努力が実を結び、研究の成果として収められたことに深く敬意を表します。低温プラズマ処理が玄米の収量や品質に有効であることの証明は、気候変動が進む現代において、高温障害で作物の収穫に悩む農家にとってとても明るい兆しとなることでしょう。本技術の普及により、より持続可能な農業の実現に大きく貢献することを心より期待しております。

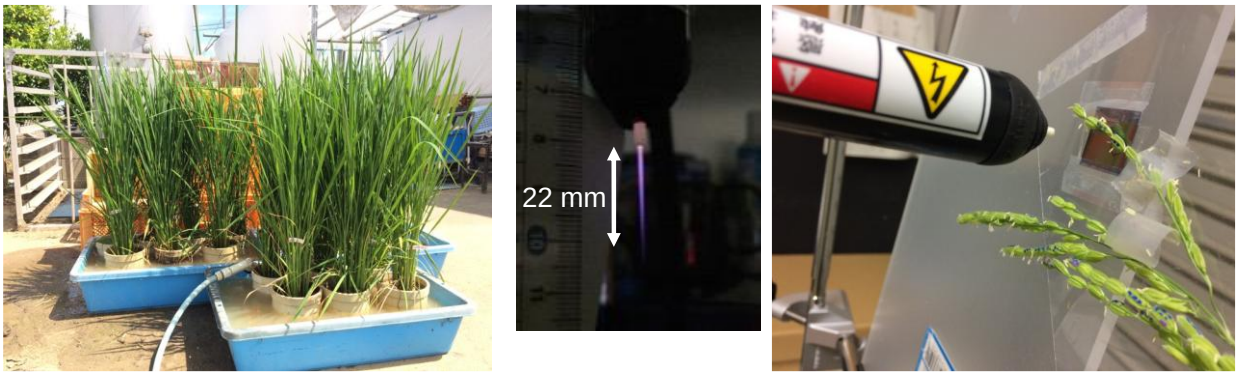


図1 ペン型プラズマ照射装置を用いた山田錦穎果へのプラズマ処理

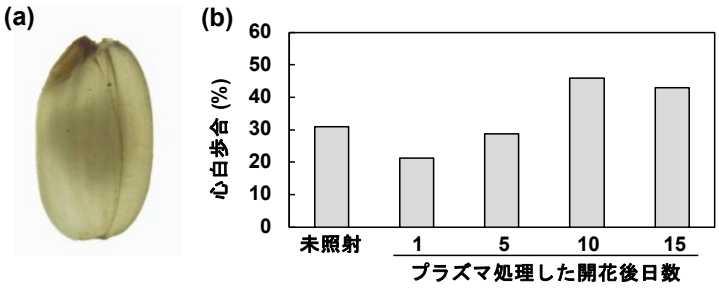


図2（a)心白米,（b）心白歩合の変化（2017 年 東郷フィールド）

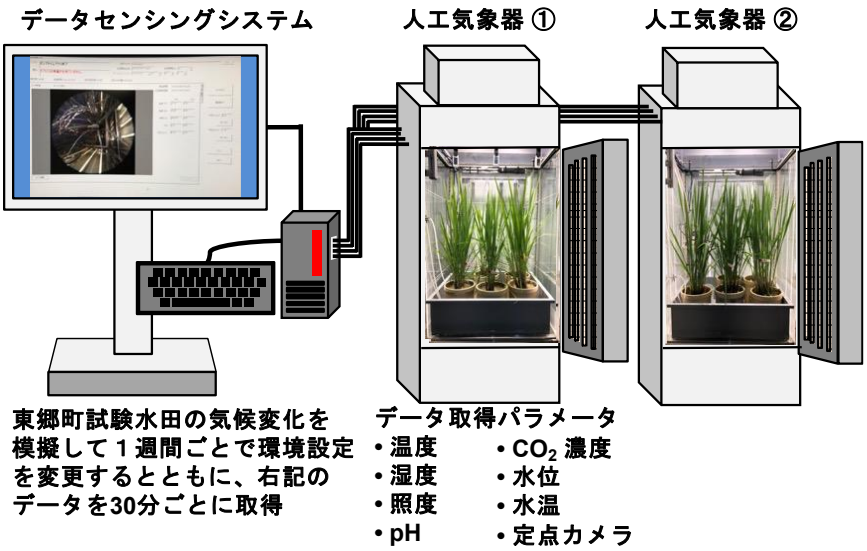


図 3 Smart Agriculture System 模式図

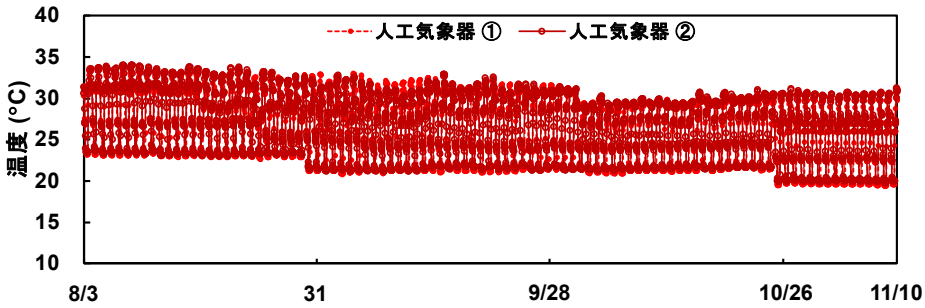


図 4 Smart Agriculture System における環境データの取得(温度変化, 2022/8/3～11/10)

【用語説明】

注1)心白:

デンプン結晶化が不完全で白濁した構造が胚乳の中心部に見られるのを心白と呼び、これが高発現するのが酒米品種の特徴である。日本酒製造工程では麹菌との反応を円滑に進めるため心白が重要であり、特に大吟醸といった高品質な日本酒では50%以上まで精米することとなる。

注2)低温プラズマ:

プラズマは固体・液体・気体に続く物質の第4の状態といわれており、近年、電子温度に対しガス温度が常温（に近い）状況でプラズマを発生することが可能となった。これにより様々な産業への応用が進められている。

注3)低温プラズマ処理:

常温常圧下でのプラズマ生成の実現によって、生体へのプラズマ処理も可能となった。本研究で実施した、生体にプラズマを直接照射する方法(直接照射)のほかに、水や溶媒にプラズマ照射して調製されたプラズマ活性化溶液による処理(間接照射)といった様々なアプローチが可能であり、農業・医療などの分野へのプラズマ技術の応用が期待されている。

注4）スマート農業：

ロボット技術や情報通信技術（ICT）を活用した農業技術のこと。ロボットの利用によって農作業が省力化・精密化され、また、気象や生育状況などのデータを活用・解析することで農作物の生育が予測され施肥や薬剤散布の最適化により収量や品質の向上が可能となる。これらの新しい技術は、従来の熟練就農者の経験に基づく栽培手法もデータ化することで後継者の育成、農業技術の継承も円滑化されると期待できる。

【論文情報】

雑誌名：Scientific Reports

論文タイトル：Direct plasma treatment of caryopses after flowering in brewer's rice cultivar Yamadanishiki enhanced those grain qualities through "Smart Agriculture System"

著者：Hiroshi Hashizume, Hidemi Kitano, Hiroko Mizuno, Akiko Abe, Shih-Nan Hsiao, Genki Yuasa, Satoe Tohno, Hiromasa Tanaka, Shogo Matsumoto, Hitoshi Sakakibara, Eisuke Kita, Yoji Hirosue, Masayoshi Maeshima, Masaaki Mizuno, and Masaru Hori

※本学関係教員は下線

DOI: 10.1038/s41598-024-78620-y

URL: https://www.nature.com/articles/s41598-024-78620-y

MAKE NEW STANDARDS.
東海国立大学機構

東海国立大学機構は、岐阜大学と名古屋大学を運営する国立大学法人です。
国際的な競争力向上と地域創生への貢献を両輪とした発展を目指します。
東海国立大学機構 HP https://www.thers.ac.jp/