



低温プラズマ処理による酒米収量・品質の向上 ～「ICT×プラズマ」を用いたスマート先進農業へ向けて～

【本研のポイント】

- ・名古屋大学低温プラズマ科学研究センターと富士通クライアントコンピューティング株式会社(FCCL)は、ICT 農業(スマート農業)^{注1)}×大気圧低温プラズマ(低温プラズマ)^{注2)}による新たな先進農業技術の開発を目標とした共同研究を推進している。
- ・名古屋大学の試験水田(愛知県東郷町)で酒造好適米(酒米)品種「山田錦」を対象として低温プラズマの実証試験を行い、玄米収量が増加するほか日本酒製造で重要となる心白^{注3)}含有率(心白歩合)も増加することが示された。
- ・プラズマによって高品質作物の安定的な生産が可能でありSDGs 達成に貢献できる。

【研究概要】

近年の社会情勢や気候条件の変動によって日本の農業は大きな過渡期を迎えており、スマート化を推進することが急務です。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)を医療・農業などバイオ分野で応用研究が盛んに行われており国内外から注目されています。国立大学法人東海国立大学機構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(FCCL)との共同研究で、水稻栽培において低温プラズマ処理^{注4)}を行うことにより、玄米収量増加のみならず、玄米の品質も向上することを見出しました。中でも、倒伏しやすく一般に栽培が難しいといわれる酒造好適米(酒米)品種に対しても有効であることを新たに発見しました。すなわち、低温プラズマが様々な種類の作物栽培に対して広く有効であり、高品質な食料の安定的生産を可能とする新しい技術であることが示されました。プラズマ技術と ICT 農業を組み合わせることで作物栽培を制御可能とするシステムを構築することにより、持続可能な開発目標(SDGs) 達成に向けた大きな前進が期待できます。

本研究成果は、2023年6月6日付学術誌「Free Radical Research」にオンライン掲載されました。

【研究背景】

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(以下 FCCL)と共同研究を推進してきました。プラズマの効果の実証のため、実験室内とともに農作物栽培の実際のフィールドにおいても検討を進めています。実験室には、年3回のイネ栽培実験を可能とする人工気象器に、温度・湿度・照度・水温などの各種センサーと定点カメラを設置したセンシング(定量的に情報を取得する)システムを導入して、栽培環境・状況のデータ蓄積を進めています。一方で、実際の栽培フィールドでのプラズマ処理を行うため設計・開発したプラズマ装置を用いて、以下に述べる水稲栽培における低温プラズマ実証試験を実施してきました。

近年、半導体などの様々な産業を根幹から支える低温プラズマを、医療や農業分野に応用することが世界中で注目され研究が進められています。当センターは、この分野で世界を先導しており、独自の超高密度プラズマ発生装置を用いた微生物の殺菌やがん治療研究、また、がん細胞を選択的に殺傷するプラズマ活性化乳酸リンゲル液(Plasma-activated Ringer's lactate solution, PAL)^{注5)}の発明が挙げられます。これらの知見に基づいて、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)において低温プラズマの実証試験を行いました。食用米品種(あいちのかおり)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、玄米収量が15%まで増加するほか、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。さらに、背丈がよく伸び倒伏しやすく、一般に栽培が難しいとされる酒造好適米(酒米)品種を対象とし、水田での生育過程においてプラズマ処理を行いました。

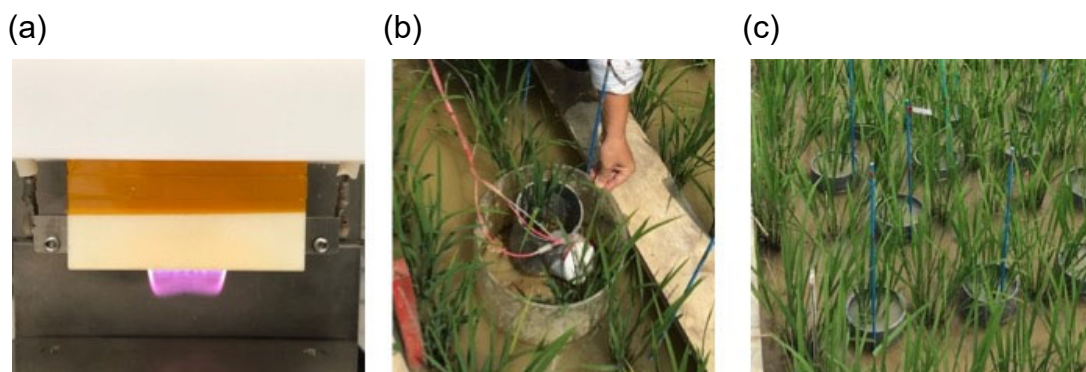


図1 試験水田におけるプラズマ処理
(低温プラズマのようす (a), 苗に対する直接照射(b), PAL 処理(c))

【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2016年6月下旬に水田へ移植し、幼穂形成を迎える7月末までプラズマ処理を行いました。図1aのプラズマ装置を元に、苗の成長点を刺激するよう試作されたプラズマ装置を用いて直接照射する方法（図1b）と、苗を囲むよう設置された円筒管内で上述のPALに浸漬（図1c）する2種類の方法で行いました。通常と同じ栽培法で管理し同年10月に収穫しました。

苗の収穫後、生育状況の調査を行ったほか玄米重量から収量を算出しました。図2aに示すように30sプラズマ照射された苗では約8%増加しました。得られた玄米の外観から未熟米と心白米の割合を算出すると（図2b, c）、いずれのプラズマ処理においても未熟米の割合が有意に減少しており、心白米の割合も増加しました。これらの結果より、一般に栽培が難しいとされる酒米品種に対する低温プラズマ処理の有効性、すなわち収穫量および品質も向上することが示されました。

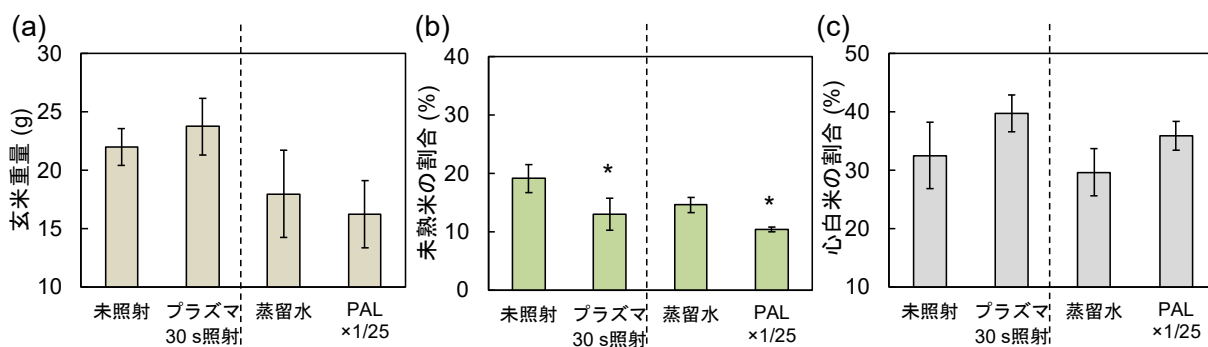


図2 山田錦の実証試験における玄米収量(a)、未熟米(b)・心白米(c)の割合(抜粋・改変)

*は対照区（未照射および蒸留水）に対して有意に差があることを示す（ $p < 0.05$ ）。

【成果の意義】

本共同研究によって、実際のフィールドでの栽培における収量・品質への低温プラズマの有効性が実証されました。すなわち、低温プラズマ技術が高品質な農作物の安定的な生産に有益であり、これは現在、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。これらの結果に基づいて、今後はコンピューティング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で推進していきます。

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。

【用語説明】

注 1)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。

注 2) 大気圧低温プラズマ (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) 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長である。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 4) 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。生体にプラズマを直接照射する方法(直接照射)と、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により、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 5) プラズマ活性化乳酸リンゲル液 (Plasma-activated Ringer's lactate solution, PAL):

乳酸リンゲル液は、乳酸ナトリウムのほか NaCl, KCl, CaCl₂ の4成分から構成され臨床で使用される点滴液であり、プラズマ照射することで正常細胞にはダメージ無くがん細胞選択的に殺傷効果を呈することが明らかとなっている。

【論文情報】

雑誌名: Free Radical Research

論文タイトル: Efficacy of periodic cold plasma treatment in a paddy to produce white-core grains in brewer's rice cultivar Yamadanishiki

著者: Hiroshi Hashizume, Hidemi Kitano, Hiroko Mizuno, Akiko Abe, Genki Yuasa, Satoe Tohno, Hiromasa Tanaka, Kenji Ishikawa, Shogo Matsumoto, Hitoshi Sakakibara, Yoji Hirose, Masayoshi Maeshima, Masaaki Mizuno, and Masaru Hori

※本学関係教員は下線

DOI: 10.1080/10715762.2023.2215914

URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10715762.2023.2215914>