



TOHOKU
UNIVERSITY



新領域創成のための
挑戦研究デュオ
Frontier Research in Duo (FRiD)

プラズマアグリ -機能性窒素を活用したサステナブルファーム-



研究代表者
工学研究科
教授 金子 俊郎



共同研究者
農学研究科
教授 高橋 英樹



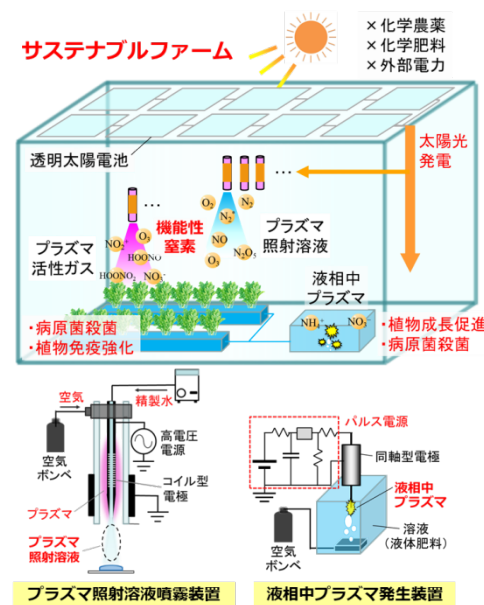
共同研究者
生命科学研究科
教授 東谷 篤志

海外研究機関パートナー
米国 Minnesota大学
教授 Peter Bruggeman
米国 Old Dominion大学
教授 Michael Kong

研究の概要 (Project Summary)

本研究課題では、制御された安定した食糧生産環境構築のため、大気圧プラズマを用いて、ガラス温室内の大気、水、土壌の殺菌・消毒、空気中の窒素固定による肥料の生産、プラズマ合成活性種による植物免疫強化や植物成長促進による食糧生産増加等を実現するシステム『プラズマアグリ』を提案する。これらの殺菌作用、成長促進、免疫強化を誘導する活性種の主成分は、窒素原子を含む低分子の不安定な化合物であり、空気と水のみを原料とするプラズマで合成されている。従って、本研究は化学農薬や化学肥料等の植物育成に必要な高価な化学薬品を、極めて安価な空気と水の構成要素である窒素、酸素、水素のみの化合物で代替する「生物版元素戦略」と捉えることができる。

このように植物機能を引き出す不安定な窒素化合物を「機能性窒素」と定義し、新奇機能性窒素をプラズマを用いて制御合成し、その植物への作用機序を明らかにすることが第一の目的である。一方で、これらの機能性窒素が植物細胞に損傷を与える可能性があり、この「細胞損傷」の機序解明と克服手法を見出すことが、本研究課題の第二の目的である。新奇機能性窒素の探索とそれらのプラズマ制御合成により、機能性窒素で植物を育成する「サステナブルファーム」を実証することが到達目標である。



In this research project, in order to establish a controlled and stable food production environment, we propose a system that realizes increase in food production using atmospheric pressure plasmas inducing bactericidal action, plant immunity enhancement, and plant growth promotion. The key components, which are responsible for these biological effects, are unstable reactive nitrogen species, which are synthesized from inexpensive air and water through the plasma reactors. These short-lived nitrogen compounds contributing to the functionalization of plants are defined as "functional nitrogen". The main purpose of this research project is to synthesize and control the novel functional nitrogen using the plasmas and to clarify the mechanism of their actions on plants. On the other hand, the functional nitrogen and some by-products may damage plant cells, and the second purpose of this research project is to elucidate the mechanism of this "cell damage" and to find out how to overcome it. The final goal is to demonstrate a "sustainable farm" that grows plants with functional nitrogen without using conventional chemical pesticides and chemical fertilizers by exploring novel functional nitrogen and plasma-controlled synthesis of them.

プラズマアグリ -機能性窒素を活用したサステナブルファーム-

2020年度のトピック (Topic for FY2020)

【研究成果 (プレスリリース)】

極めて高い反応性を有する機能性窒素の1つである「五酸化二窒素」を選択的に合成できる装置を開発したことを広く周知するため、2021年1月5日にプレスリリースを行った。

本発表のポイントは以下の通りである。

1. 空気のみを原料として、高濃度の五酸化二窒素を選択的に合成するポータブルプラズマ装置の開発に成功
2. 空気と数10Wの電力さえあれば、あらゆる場所で、スイッチ一つで五酸化二窒素を生成・供給可能
3. 五酸化二窒素合成・保存に関する高度な知識・設備が不要なため、多方面(殺菌、ウイルス不活化、植物活性化、病気治療等)での応用展開が期待

【Research results (Press release)】

A press release was issued on January 5, 2021 to widely publicize the development of a device capable of selectively synthesizing "dinitrogen pentoxide (N_2O_5)" which is one of the highly reactive functional nitrogens.

The points of this presentation are as follows.

1. Succeeded in developing a portable plasma device that selectively synthesizes N_2O_5 using only air.
2. N_2O_5 can be generated by power of several tens watts.
3. N_2O_5 is expected to be applied in various fields (sterilization, virus inactivation, plant activation, disease treatment, etc.).

強力な酸化・ニトロ化剤 五酸化二窒素を空気から
電氣的に合成することに成功
～五酸化二窒素を、より身近なツールに～

【発表のポイント】

- 合成・保存に関する高度な知識・設備が必要なため活用されてこなかった五酸化二窒素(N_2O_5)^(注1)を選択的に高濃度(約200 ppm)合成するポータブルプラズマ装置の開発に成功
- 空気と数十 W の電力さえあれば、あらゆる場所で、スイッチ一つで N_2O_5 を生成・供給可能
- 多方面(殺菌、ウイルス不活化、植物活性化、治療等)での N_2O_5 応用展開が期待できる

【概要】

無水硝酸とも呼ばれる五酸化二窒素(N_2O_5)は、強力な反応性を有することから殺菌や治療、医薬品合成、材料合成などへの活用が期待されています。しかし、従来の合成法・保管には高度な設備と繊細な取り扱いが要求されるため、多くの研究者や人々にとって利用が困難でした。

東北大学 大学院工学研究科 電子工学専攻の佐々木 渉太 助教、高島 圭介 助教、金子 俊郎 教授は、空気から N_2O_5 を選択的に合成するプラズマ装置の開発に成功しました(図1)。この装置は、空気と数十 W の電力さえあれば動作可能なため、異分野の研究者をはじめとして、より多くの人々に N_2O_5 を提供可能です。これを皮切りに、生物や材料に対する N_2O_5 の作用が研究され始めるとともに、多方面での N_2O_5 応用展開が期待されます。研究成果は、2020年12月22日に Industrial & Engineering Chemistry Research 誌のオンライン版で公開されました。

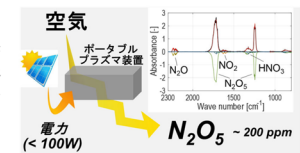


図1. 空気から N_2O_5 を電氣的合成。

プラズマアグリ -機能性窒素を活用したサステナブルファーム-

2020年度のトピック (Topic for FY2020)

【報道】

2020年11月27日に、ミヤギテレビの「OHバンドス」番組内の「情熱ラボ」のコーナーで、「電気の不思議に魅せられて - 農業に応用も」のタイトルでプラズマアグリの研究内容が放送された。本プロジェクトの研究項目である「プラズマ（機能性窒素）による殺菌・ウイルス不活化の研究」について紹介している。

【Media】

On November 27, 2020, the research content of "Plasma Agriculture" was broadcasted in the "Passion Labo" section of Miyagi Television's "OH Bandes" program under the title "Enchanted by the wonders of electricity and applied to agriculture".

The research item of this project, "Investigations on sterilization and virus inactivation by plasma (functional nitrogen)" is introduced.

ミヤギテレビ「OHバンドス：情熱ラボ」
2020年11月27日放送



プラズマアグリ -機能性窒素を活用したサステナブルファーム-

2020年度のトピック (Topic for FY2020)

【セミナー講演】

2021年3月23日に海外共同研究機関（オールドドミニオン大学、米国）において、プラズマ生成短寿命活性種を用いた医療応用・農業応用に関するオンラインセミナー講演を行った。

【Seminar Lecture】

On March 23, 2021, I gave an online seminar lecture on medical and agricultural applications using plasma-generated short-lived reactive species at an overseas collaborative research institute (Old Dominion University, USA).

【招待講演】 【Invited Talk】

研究代表者が、国際会議4件、国内学会3件の招待講演を行った。PI gave invited talks at 4 international conferences and 3 domestic conferences.

- 4th Asia Pacific Conference on Plasma Physics
- 3rd International Workshop on Plasma Agriculture
- 13th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials
- 第68回応用物理学会春季学術講演会
- 日本物理学会第76回年次大会 他



CENTER FOR BIOELECTRICS
Presents

Toshiro Kaneko, Ph.D.

Tuesday, March 23, 2021 at 9:00 a.m. via Zoom

Topic: Gas-Liquid Interfacial Devices for Medical and Agricultural Applications

Abstract: Atmospheric-pressure plasmas in contact with liquid, which are defined as “gas-liquid interfacial plasmas”, are widely used in medical, agricultural, and public health fields. In the gas-liquid interfacial plasmas, various kinds of stimuli such as electrical, chemical, mechanical, thermal stimuli, are generated and delivered to microorganism, biological cells and tissues. Among these stimuli, reactive oxygen and nitrogen species (RONS) as the chemical stimuli are particularly important factors for gene transfer to living cells as the medical application and sterilization/virus inactivation as amelioration of the public health. Therefore, we have experimentally investigated the generation and reaction of RONS, especially short-lived reactive species, using several lab-built gas-liquid interfacial plasma devices and demonstrated the cell membrane transport [1-5] and sterilization/virus inactivation [6-10]. In the seminar, I will also introduce the results of detailed investigations on the types and concentrations of short-lived active species produced in plasma irradiation solutions using various types of plasma devices, as well as their lifetimes.

FOR MORE INFORMATION, PLEASE CONTACT
WILL BOEKHOUDT AT WBOEKHOU@ODU.EDU



Toshiro Kaneko, Ph.D.
Professor

Graduate School of Engineering
Tohoku University, Japan

Dr Toshiro Kaneko is a leading expert in low-temperature gas plasma and its applications in biology, medicine and agriculture. He received his bachelor, master and PhD degree, all in engineering and from Tohoku University in Japan, where he started his independent academic career as an assistant professor in 1997.

In 2012, he rose to the rank of full professor. He has published extensively in top-tiered journals including *Journal of American Chemistry Society (JACS)*, *Physical Review Letters*, *Nature Communications*, and *Chemical Engineering Journal*. He has won a number of awards for his research, including the 22nd Plasma Material Science Award