

令和 2 年 6 月 5 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2019

課題番号：16K14858

研究課題名(和文)大気圧プラズマによる植物免疫システム活性化の分子基盤と病害防除への応用

研究課題名(英文)Molecular basis of activation of plant immune system by atmospheric plasma irradiation and its application to plant disease control

研究代表者

高橋 英樹(Takahashi, Hideki)

東北大学・農学研究科・教授

研究者番号：20197164

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：大気圧プラズマをイネ種子に照射すると、イネばか苗病やイネ立枯細菌病の発生が軽減された。また、シロイヌナズナ葉への照射により、ウイルス増殖が抑制された。植物の生体防御システム(植物免疫)の誘導には、シグナル分子として、活性酸素・窒素種の関与が知られているが、プラズマの照射により生成される短寿命活性分子種を解析から、気層中に過酸化亜硝酸など殺菌効果が期待される物質やN2O5が、液層中にはNO3-の生成が検出された。さらに、プラズマ照射した植物では、防御関連遺伝子PR1, PDF1.2, ChiBの発現が顕著に誘導されたことから、プラズマ照射により植物免疫システムが活性化される可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

プラズマを植物種子や葉に照射することにより、殺菌作用や植物免疫を介して病気の発生を抑制できることが明らかになった。これらの知見は、プラズマを活用することにより、農薬のみに依存しない病害防除と安全・安心な農産物の生産の実現や、農薬の使用を削減することによる環境保全への貢献が期待できる。

さらに、プラズマ照射により生成される活性分子種が明らかになったことは、プラズマ照射が植物の生育に及ぼす影響(効果)を明らかにする上で、重要な知見を提供したことになる。

研究成果の概要(英文)：When rice seeds were irradiated with atmospheric plasma, the occurrence of "Bakanae disease" and bacterial damping-off disease in rice seedlings was suppressed. Irradiation of Arabidopsis thaliana with plasma reduced the level of virus multiplication. It has been known that reactive oxygen species act as a signaling molecule for plant immune system. Interestingly, the comprehensive analysis of reactive molecules produced by atmospheric plasma irradiation indicated that peroxyxynitrite (HOONO) and pernitric acid (HOONO2), which have antimicrobial activity, and N2O5 accumulated in gas phase, and NO3- was detected in liquid phase. Furthermore, in plants irradiated with atmospheric plasma, defense-related gene expression: PR1, PDF1.2 and ChiB, was significantly induced, suggesting that plant immune system seems to be activated by irradiation of plants with atmospheric plasma.

研究分野：植物病理学

キーワード：大気圧プラズマ 植物病原体 活性酸素種 活性窒素種 植物病害防除

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

プラズマとは、気体を構成する分子が電離し、陽イオンと電子に別れて運動している状態である。自然界では、雷による火花放電で大気が電離した状態や、地球を取り巻く電離層において、プラズマが発生していることが知られている。プラズマは、実験室内の大気圧下で電氣的に生成させることも可能であり、生成されたプラズマが周囲の水や酸素分子と反応して、活性酸素種 ( $O_2^{\cdot-}$ ,  $HO^{\cdot}$ ,  $H_2O_2$  など) や活性窒素種が生成されることが、広く知られている。工学分野では、国内外において、大気圧プラズマにより生じた活性酸素種の殺菌効果を利用した、物質表面の親水・撥水化処理や、食品や医療器具の表面殺菌に関する研究開発が行われている。農業分野でのプラズマの利用は限定的である。

病原体の感染に対する植物の防御応答では、植物細胞が病原体の Pathogen-associated molecular patterns (PAMPs) を認識し、活性酸素種の一過的生成 (オキシダティブバースト) を介して、さらに下流のシグナル伝達系が活性化することにより、抗菌タンパク質などの実行因子をコードする一群の防御関連遺伝子の発現が誘導される。この活性酸素種生成が、糸状菌、細菌、ウイルスなど病原体の感染に対する防御システムの誘導において、共通したシグナルとして役割を果たしていることは、広く認識されている。しかし、これまで活性酸素種に含まれるヒドロキシルラジカル ( $HO^{\cdot}$ )、スーパーオキシドアニオンラジカル ( $O_2^{\cdot-}$ )、ヒドロペルオキシラジカル ( $HO_2^{\cdot}$ )、過酸化水素 ( $H_2O_2$ )、一重項酸素 ( $^1O_2$ ) などは、全体を一括して解析されてきた。これは、細胞内では各活性酸素分子種が相互に変換するため、個別に各分子種を定量し、その機能を解析することが困難であったことに起因する。近年、研究実施者らは、大気圧プラズマを適正条件でイネ幼苗に照射すると、植物の生育にまったく影響せずに防御応答マーカー *PBZ1* が発現誘導されることを見出し、植物体へのプラズマ照射により植物免疫システムを活性化できるとの着想に至った。

プラズマは、半導体プロセッシングや表面処理など産業上広い分野で有効に利用されている。特に大気圧プラズマは、真空系を用いないため、装置が簡略化でき、加工対象や試料をそのままプラズマ中に導入することができる利点をもつ。一方、植物免疫システムの活性化では、活性酸素種の一過的生成 (オキシダティブバースト) が重要なシグナルとして機能することが広く知られているものの、プラズマを植物に照射することにより、活性分子種の生成を介してどのようなシグナル伝達系が誘導され、どのような遺伝子の発現が変動した結果、植物免疫システムが活性化されるのかについては、近年、大気圧下でプラズマを照射できる装置が開発され、はじめて解析が可能になった。プラズマは周囲に存在する空気や水分子などと反応して活性酸素種・活性窒素種を生成することが知られていることから、植物体に適切な条件でプラズマを照射することにより、葉組織内でのそれら活性分子種の生成や、それを引き金とした細胞内での病害抵抗性シグナル伝達系の活性化が期待されるのではないかと斬新な発想に至った。

### 2. 研究の目的

本研究課題では、大気圧プラズマ生成装置を用いてガス種を変化させて生成したプラズマを植物体に照射し、オキシダティブバーストを発生させ、遺伝子発現変動の網羅的解析などから、プラズマ照射による耐病性誘導の分子基盤の知見を得ると共に、照射植物への病原体接種実験により、発病抑制効果の確認と最適な照射条件を検討する。さらに、これまで不明であった植物での抵抗性誘導に有効な活性酸素分子種 [ヒドロキシルラジカル ( $HO^{\cdot}$ )、スーパーオキシドアニオンラジカル ( $O_2^{\cdot-}$ )、ヒドロペルオキシラジカル ( $HO_2^{\cdot}$ )、過酸化水素 ( $H_2O_2$ )、一重項酸素 ( $^1O_2$ ) など] や活性窒素種の同定、プラズマ照射条件の最適化を目的とし、プラズマを利用した新規な病害防除技術の開発に向けた先駆的研究を実施する。

工学分野で開発された大気圧プラズマ装置を、農学分野における病害防除に利用しようとする、異分野融合的な先端研究である。大気圧プラズマは、室温状態で反応性の高いラジカルなどの活性種を生成することから、農産物への照射により、品質に影響を与えることなく、表面の微生物 (糸状菌や細菌) を殺菌して貯蔵性を高めるなど、食品分野への利用が注目されている。一方で、プラズマの生きた植物に対する作用は、まだ十分理解されていないことから、萌芽的段階にある研究だが、本研究により、植物に対するプラズマの生理機能の一端を明らかにする。さらに、プラズマ照射による植物免疫システムの活性化は、農薬のみに依存しない安全・安心な農産物の生産の実現や、農薬の使用を削減することによる環境保全への貢献が期待できる。

### 3. 研究の方法

本研究課題では、(1)プラズマ照射した植物における糸状菌病原体 (イネばか苗病菌)、細菌病原体 (イネ苗立枯病細菌)、病原ウイルス (タバコモザイクウイルスとキュウリモザイクウイルス) に対する抵抗性誘導を解析、(2)プラズマ照射によるウイルスの不活性化についての解析、(3)異なる条件 (ガス種、水混合量などを変化させる) で生成したプラズマの植物への照射により生じる活性酸素分子の種類と生成量の解析、(4)プラズマ照射植物における防御関連遺伝子の発現誘導を解析し、プラズマ照射により活性化される植物免疫システムの分子基盤に関する知見を得る。さらに、抵抗性誘導に有効なプラズマ照射条件の最適化により、病害防除におけるプラズマの有効性を実験的に検証する。

#### 4. 研究成果

##### 1) 大気圧プラズマ照射によるイネ種子病害の防除

イネばか苗病菌 (*Gibberella fujikuroi*) 罹病イネからタネ揉みを収穫、またはイネ苗立枯病細菌 (*Burkholderia plantarii*) を減圧接種 (5分) することにより、罹病種子を準備した。同種子を、28℃で1日吸水させ、はとむね期に達した種子にプラズマを10分間 (2分, 5回) 照射した。その後、照射種子を育苗土に播種し、9日間培養し (30℃, 16時間明/8時間暗)、発病度を調査した。その結果、プラズマ非照射区では高い発病であったのに対し、プラズマ照射区では、イネばか苗病菌・イネ苗立枯病とも、有意に低い発病度を示し、両病害の発病が抑制されていることが明らかとなった (図1, 2)。また、イネの発芽率や生育には、プラズマ照射が影響しないことも確認した。以上の結果から、プラズマ照射により、イネばか苗病菌やイネ苗立枯病細菌が死滅したものと推測された。また、種子を切断し、DAB染色により過酸化水素の生成を解析したところ、プラズマ非照射に比べ、プラズマ照射で、種子の胚組織に過酸化水素の蓄積が認められたが、プラズマ照射前に種子を吸水させたかかった場合は、病害抑制も認められず、過酸化水素の生成も求められなかった。したがって、プラズマ照射により、水から生成された活性酸素種が、イネばか苗病菌やイネ立枯細菌病菌の殺菌効果に寄与している可能性が考えられた。

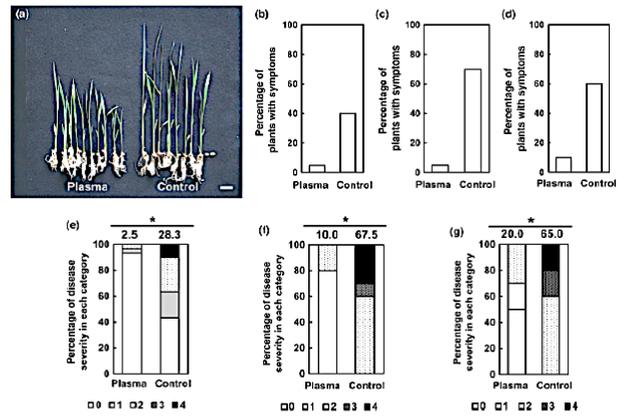


図1 プラズマ処理イネ幼苗におけるばか苗病症状の抑制  
(a) プラズマ処理イネ幼苗では、ばか苗病菌感染による“徒長症状”抑制されている。  
(b) (d) 徒長症状の発生率を示す。プラズマ処理イネ幼苗では、徒長症状の発生が顕著に抑制されている (3回反復実験)。  
(e) (g) Disease indexに基づく発病率を示す。プラズマ処理イネ幼苗では、発病が顕著に抑制されている (3回反復実験)。

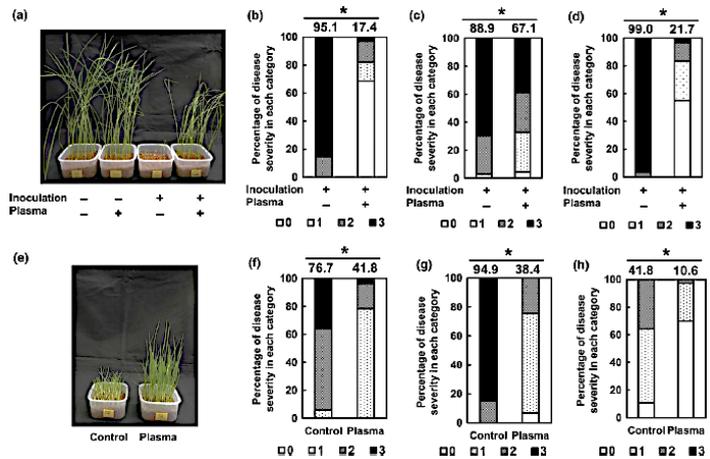


図2 プラズマ処理イネ幼苗における細菌性立枯病の抑制  
(a) イネ苗立枯病菌懸濁液を健全種子に減圧接種後、プラズマ処理した場合の発病抑制を示す。  
(b) (d) Disease indexに基づく発病率を示す。プラズマ処理した立枯病細菌接種種子を用いた実験 (3回反復実験)。  
(e) イネ苗立枯病細菌接種種子へのプラズマ処理による発病抑制を示す。  
(f) (h) Disease indexに基づく発病率を示す。プラズマ処理した立枯病細菌接種種子を用いた実験 (3回反復実験)。

##### 2) 大気圧プラズマ照射によるタバコモザイクウイルスの不活性化

大気圧プラズマがウイルスに対して及ぼす影響を解析した。大気圧プラズマを、タバコモザイクウイルス (TMV) 懸濁液に照射したのち、N 遺伝子をもつタバコ品種に接種したところ、照射時間依存的にウイルス感染による局部壊死病斑の形成が認められなくなった (図3)。同時に、コントロールとして、大気圧プラズマ非照射の TMV 懸濁液を同様に N 遺伝子タバコ品種に接種ところ、ウイルス感染による局部壊死病斑の形成が認められたことから、大気圧プラズマを TMV 懸濁液に照射することにより、TMV の感染性が低下することが明らかになった。大気圧プラズマ照射後の TMV 粒子を電子顕微鏡で観察したところ、照射時間依存的にウイルス粒子の崩壊が観察された (図4)。また、大気圧プラズマ照射後の TMV 懸濁液から TMV RNA を抽出し、電気泳動で確認したところ、照射時間依存的に TMV RNA の分解が認められた (図5)。以上より、大気圧プラズマ照射により、TMV 粒子構造の崩壊と TMV RNA ゲノムの分解が促進されたことにより、感染性が喪失したものと考えられた。大気圧プラズマは、TMV を不活化する効果があることが示された。

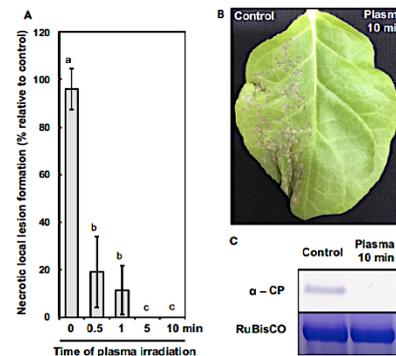


図3 プラズマ処理によるタバコモザイクウイルス (TMV) の不活性化  
(a) プラズマ処理した TMV を接種したタバコ (N 遺伝子保有) 葉に形成された局部壊死病斑数。プラズマ照射時間按比例して病斑数が減少したことから、プラズマ照射が TMV を不活性化化したと考えられる。  
(b) 10分間プラズマ処理した TMV (Plasma, 10min) 及び無照 TMV (Control) を接種したタバコ (N 遺伝子保有) 葉の写真。  
(c) (b) の葉組織における TMV の感染を、ウエスタンブロット法により検出。10分間プラズマ処理 TMV 接種葉組織では、TMV の感染が求められない。

##### 3) 大気圧プラズマ照射により生成される活性種の解析

大気圧プラズマ照射により生成される短寿命活性窒素種を解析したところ、図6に示す多様な窒素分子種が生成されることが明らかになった。この中には、過酸化亜硝酸 (HOONO) と過硝

酸(HOONO<sub>2</sub>)など、高い殺菌効果が期待される物質も含まれていた。さらに気層中に N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> が、液層中には NO<sub>3</sub><sup>-</sup> が生成することも見出された (図 7)。

#### 4) 大気圧プラズマ照射植物における植物免疫システムの活性化

シロイヌナズナを用い、プラズマ照射による植物免疫の活性化の有無を検討した。プラズマ照射によるダメージを調べるため、プラズマを 2, 5, 30 秒間照射した植物の葉からの電解質漏出を解析した結果、30 秒照射で明らかな電解質漏出が認められ、葉にもダメージが確認された。一方、2, 5 秒照射ではコントロールと有意な差は認められなかった。その際の防御関連遺伝子の発現を解析した結果、プラズマ 5 秒照射によって防御関連遺伝子の一つである *PR1* の発現が一過的に上昇することが分かった (図 8)。さらに、大気圧プラズマを含むガス(プラズマガス)をシロイヌナズナに照射することで、キュウリモザイクウイルス(CMV)の増殖を減少させることができることが明らかになった。

次に、2 種類のプラズマ発生装置 [ Short plasma jet (SPJ, 従来型) 及び Long plasma jet (LPJ) ] を用いたプラズマガス照射と LPJ で生成したプラズマを水に溶解したプラズマ水の噴霧による植物への影響を比較した。その結果、LPJ によるプラズマガス照射やプラズマ水噴霧では SPJ に比べて植物体へのダメージが少なく、30 秒の処理でも植物体のダメージは認められなかった。その際の防御関連遺伝子の発現変化を調べたところ、LPJ では *PR1* の発現に加え防御関連遺伝子である *PDF1.2* や *ChiB* の発現が顕著に誘導され、プラズマ水噴霧による応答は SPJ と類似していた (図 8)。以上の結果から、プラズマの照射条件を変化させることで、植物へのダメージを減少させつつ効果的に植物免疫を活性化できることが示唆された。

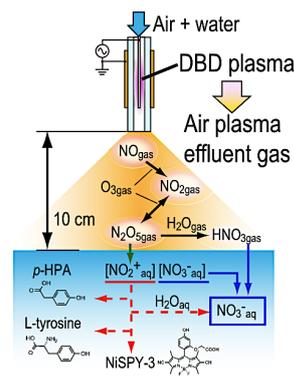


図7 プラズマ活性ガスにより気層及び液層中に生成される活性種

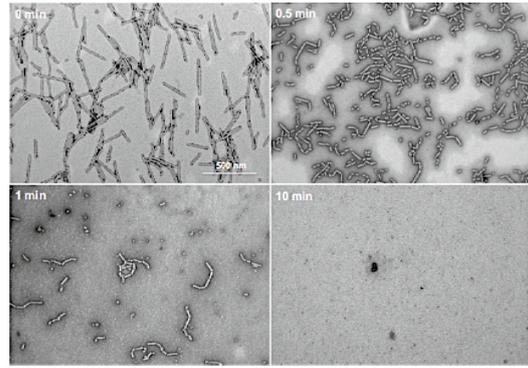


図4 プラズマ処理によるタバコモザイクウイルス(TMV)の電子顕微鏡写真  
プラズマ照射時間に比例してウイルス粒子が崩壊していることから、プラズマ照射がTMVを不活性化しと考えられる。

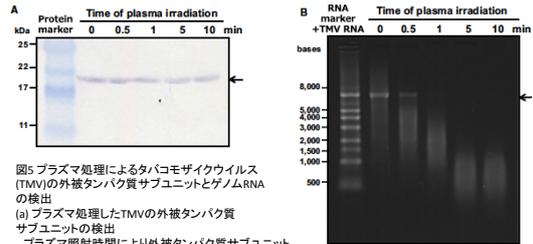


図5 プラズマ処理によるタバコモザイクウイルス(TMV)の外被タンパク質サブユニットとゲノムRNAの検出  
(a) プラズマ処理したTMVの外被タンパク質サブユニットの検出  
プラズマ照射時間により外被タンパク質サブユニットは分解されない。  
(b) プラズマ照射時間に比例してTMV RNAが分解された。

図4の結果と総合すると、プラズマ照射がTMVの粒子をサブユニットレベルまで分解し、その結果露出したTMV RNAが、さらにプラズマによって分解されたことにより、TMVは不活性化しと考えられる。

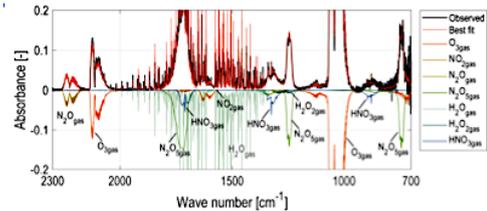


図6 プラズマ照射により生成される活性種の解析

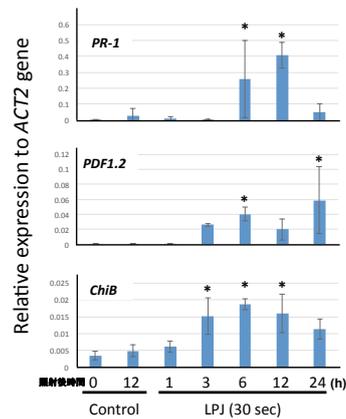


図8 LPJ照射後の防御関連遺伝子の発現変化

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Nakaho, K., Seo, S., Ookawa, K., Inoue, Y., Ando, S., Kanayama, Y., Miyashita, S. and Takahashi, H.	4. 巻 65
2. 論文標題 Involvement of vascular hypersensitive response in quantitative resistance to <i>Ralstonia solanacearum</i> on tomato rootstock cultivar 'LS-89'.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Plant Pathology	6. 最初と最後の頁 150-158
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） DOI: 10.1111/ppa.13037	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Sasaki, S., Honda, R., Hokari, Y., Takashima, K., Kanzaki, M. and Kaneko, T.	4. 巻 49
2. 論文標題 Characterization of plasma-induced cell membrane permeabilization: focus on OH radical distribution.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Physics D: Applied Physics	6. 最初と最後の頁 334002-1-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） DOI: 10.1088/0022-3727/49/33/334002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ochi, A., Konishi, H., Ando, S., Sato, K., Yokoyama, K., Tsushima, S., Yoshida, S., Morikawa, T., Kaneko, T. and Takahashi, H.	4. 巻 66
2. 論文標題 Management of bakanae and bacterial seedling blight diseases in nurseries by irradiating rice seeds with atmospheric plasma.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Plant Pathology	6. 最初と最後の頁 67-76
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） DOI: 10.1111/ppa.12555	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Takashima, K. and Kaneko, T.	4. 巻 26
2. 論文標題 Ozone and dinitrogen monoxide production in atmospheric pressure air dielectric barrier discharge plasma effluent generated by nanosecond pulse superimposed alternating current voltage.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Plasma Sources Science and Technology	6. 最初と最後の頁 065018-1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） DOI: 10.1088/1361-6595/aa7082	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hanbal, S.E., Miyashita, S., Ando, S., Sidaros, S.A. and Takahashi, H.	4. 巻 100
2. 論文標題 First identification and characterization of cucumber mosaic virus from Corchorus olitorius in Japan.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Plant Pathology	6. 最初と最後の頁 561-565
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1007/s42161-018-0099-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hanbal Sara E., Takashima Keisuke, Miyashita Shuhei, Ando Sugihito, Ito Kumiko, Elsharkawy Mohsen M., Kaneko Toshiro, Takahashi Hideki	4. 巻 163
2. 論文標題 Atmospheric-pressure plasma irradiation can disrupt tobacco mosaic virus particles and RNAs to inactivate their infectivity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Archives of Virology	6. 最初と最後の頁 2835 ~ 2840
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1007/s00705-018-3909-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 高橋英樹, 安藤杉尋, 高島圭介, 金子俊朗	4. 巻 76
2. 論文標題 大気圧プラズマ処理によるイネの病害防除	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 バイオサイエンスとインダストリー	6. 最初と最後の頁 236-238
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kimura, Y., Takashima, K., Sasaki, S. and Kaneko, T.	4. 巻 52
2. 論文標題 Investigation on dinitrogen pentoxide roles on air plasma effluent exposure to liquid water solution.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics D: Applied Physics	6. 最初と最後の頁 064003-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1088/1361-6463/aaf15a	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shimada, K. Takashima, K., Kimura, Y., Nihei, K., Konishi, H. and Kaneko, T.	4. 巻 17
2. 論文標題 Humidification effect of air plasma effluent gas on suppressing conidium germination of a plant pathogenic fungus in liquid phase.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plasma Processes and Polymers	6. 最初と最後の頁 e1900004-1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1002/ppap.201900004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yariyama, S., Ando, S., Seo, S., Nakaho, K., Miyashita, S., Kanayama, Y. and Takahashi, H.	4. 巻 68
2. 論文標題 Exogenous application of L-histidine suppresses bacterial diseases and enhances ethylene production in rice seedlings.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plant Pathology	6. 最初と最後の頁 1072-1078
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1111/ppa.13037	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計15件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 Sara E. Hanbal · Keisuke Takashima · Shuhei Miyashita · Sugihiro Ando · Kumiko Ito · Mohsen M. Elsharkawy · Toshiro Kaneko · Hideki Takahashi
2. 発表標題 Atmospheric-pressure plasma irradiation can disrupt tobacco mosaic virus particles and RNAs to inactivate their infectivity
3. 学会等名 令和元年度日本植物病理学会東北部会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安藤杉尋 · 清水浩晶 · A. Shahir A. Nor · 高島圭介 · 宮下脩平 · 金子俊郎 · 高橋英樹
2. 発表標題 大気圧プラズマの照射条件の違いによる植物免疫誘導の変化
3. 学会等名 令和元年度日本植物病理学会東北部会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 二瓶健司・高島圭介・金子俊郎
2. 発表標題 外部生成プラズマ活性ガスによるプラズマ照射溶液のイチゴ炭疽病菌分生子発芽抑制効果の向上
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshiro Kaneko・Keisuke・Takashima・Sugihiro Ando・Hideki Takahashi
2. 発表標題 Advances of air plasma effluent control for plasma cultivation systems
3. 学会等名 2nd International Workshop on Plasma Agriculture. 2nd International Workshop on Plasma Agriculture
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安藤杉尋・Thomas Schermer・三富直人・吉田重信・對馬誠也・宮下脩平・高橋英樹
2. 発表標題 有機資材から作成したイネもみ枯細菌病抑制効果をもつ細菌集団の解析
3. 学会等名 平成30年度日本植物病理学会東北部会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中沖美優・宮下脩平・安藤杉尋・高橋英樹
2. 発表標題 有機栽培畑土壌と慣行栽培畑土壌における真正細菌集団の比較解析
3. 学会等名 平成30年度日本植物病理学会東北部会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋英樹・中保一浩・宮下脩平・安藤杉尋・瀬尾茂美
2. 発表標題 ヒスチジン処理した宿主植物における数種病害に対する抵抗性誘導の検討
3. 学会等名 平成30年度日本植物病理学会東北部会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金子俊郎・高島圭介・安藤杉尋・高橋英樹
2. 発表標題 農地でのエネルギー利用：大気圧低温プラズマ照射による植物病害防除
3. 学会等名 グリーンエネルギーファーム産学共創パートナーシップ 第1回研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 金子俊郎・二瓶健司・高島圭介・安藤杉尋・高橋英樹
2. 発表標題 空気プラズマ照射による植物免疫システムの活性化
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 金子俊郎・高島圭介・安藤杉尋・高橋英樹
2. 発表標題 大気圧低温プラズマ照射による植物病害防除
3. 学会等名 植物バイオ研究会 第10回会合 ～植物への物理工学の応用～
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 安藤杉尋・小西秀明・高島圭介・金子俊郎・高橋英樹
2. 発表標題 大気圧プラズマ照射によるイネ苗病害防除と植物免疫の活性化
3. 学会等名 仙台“プラズマフォーラム”
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 安藤杉尋・清水浩晶・小林隆・吉田重信・對馬誠也・伊藤豊彰・宮下脩平・高橋英樹
2. 発表標題 イネ有機栽培育苗土由来の培養可能細菌を混合施用した際の病害抑制効果と微生物相変動の関係
3. 学会等名 平成28年度日本植物病理学会東北部会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 清水浩晶・鎗山純・宮下脩平・高橋英樹・安藤杉尋
2. 発表標題 ネ有機栽培育苗土由来Pseudomonas属菌の混合施用による病害抑制機構の解析
3. 学会等名 平成28年度日本植物病理学会東北部会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 鎗山純・宮下脩平・高橋英樹・安藤杉尋
2. 発表標題 イネ有機栽培育苗土由来Pseudomonas属菌のイネもみ枯細菌病抑制効果におけるエチレンの関与
3. 学会等名 平成28年度日本植物病理学会東北部会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 笠原雅美・宮下脩平・高橋英樹・安藤杉尋
2. 発表標題 有機栽培育苗土から分離した糸状菌のイネ苗病害抑制効果の解析
3. 学会等名 平成28年度日本植物病理学会東北部会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 植物病害防除剤及び植物病害の防除方法	発明者 安藤杉尋・高橋英樹	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-056255	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	金子 俊郎  (Kaneko Toshiro)  (30312599)	東北大学・工学研究科・教授     (11301)	