

	研究代表者	九州大学・大学院システム情報科学研究院・教授 古閑 一憲（こが かずのり） 研究者番号：90315127
	研究課題情報	課題番号：24A206 研究期間：2024年度～2028年度 キーワード：プラズマ、活性種、エビジェネティクス、種子、植物

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

●研究の全体像

プラズマは、外部から投入された電場などの電気的エネルギーを、電子の運動エネルギーに変え、電子と原子・分子の衝突により、光、イオン、化学的に活性な分子（活性種）を生成する。2010年代前半に領域代表者は、「プラズマは植物成長促進効果を持つのか」という素朴に抱いた「問い」から、低圧酸素プラズマまたは大気圧誘電体バリア放電プラズマの2種類の低温プラズマを照射した種子が植物成長促進を示すことを発見した。続いて、種子科学者と共同で、親世代に高温ストレスを受けてダメージを受けた種子への3分間の空気プラズマ照射が、遺伝子発現のON/OFFを制御するDNA修飾を変更し、ダメージを回復することを明らかにした。領域代表者は、なぜプラズマが容易に種子のDNA修飾を変えるのかを明らかにするため、プラズマ照射した種子の発芽・成長・収穫量促進発見の経験論的検討であった従来研究を、プラズマ種子科学という新しい学術領域へと変革したいと考えた。そのため、反応性の高い活性種の高選択・高再現照射を実現する「プラズマ」の創成、種皮/細胞壁・細胞膜を通して細胞質にいたる「種子」内のプラズマで駆動した分子輸送の学理、プラズマ照射がDNA修飾や表現型変化を起こす分子機構を網羅的に検討するプラズマ駆動「オミクス（用語解説あり）」を構築する。プラズマ種子科学を構築した暁には、分子生物学的解析法を創成するとともに食料生産の変革が期待できる。



図1 本研究領域の全体概要

●オミクスとは

オミクスとは、核酸から発芽・成長に至る生命現象を階層（核酸（ゲノミクス）→DNA修飾（エピゲノミクス）→転写物（トランスクリプトミクス）→タンパク質（プロテオミクス）→代謝物（メタボロミクス）→表現型（フェノミクス））に分けたもので、複雑に相互作用する化学反応ネットワークであるとともに、生体中に存在する分子動態を網羅的に研究する学問を指す。

●種子は先祖が受けた刺激の情報を収めた記憶媒体である

植物は根ざした場所からの移動が困難であるため、気候の変化に対する高い適応能力を持ち種子のDNA修飾に記憶として格納し次世代に受け継がれている。温暖化による作物の収穫量減少は、高温によりストレスを受けた親世代の環境適応の記憶として種子に格納され、次世代植物と人類にとってありがたい発芽率低下・品質劣化・収穫減という結果として現れる（図2）。

●低温プラズマ照射は種子に眠る記憶を選択的に変える

低温プラズマの特長は、電場・UV・荷電粒子・活性種）を高いフラックスで生体にダメージを与えず照射可能な点である。高温ストレスを持った種子へのプラズマ照射が、遺伝子発現のON/OFFを制御するDNA修飾を成長促進へと選択的に変更し、種子内に保存された高温ストレス種子内記憶の読み出しを解除することを明らかにした（図2）。この結果は、植物の活動の時間スケール（時間～年）に比べて分スケールの非常に短いプラズマ照射による物理・化学反応により、種子内に格納された記憶を選択的に改変しうることを示唆している。

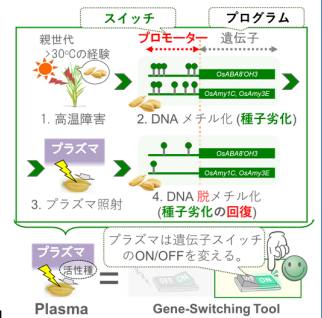


図2 プラズマ照射によるDNA修飾の変更

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

●研究の基本戦略

本研究の基本戦略は、プラズマ科学と種子科学の異分野融合により、学術的問いを解き明かすことで、『プラズマ種子科学』の学術領域を創成することにある。学術的問いに答えるため、課題のキーワード「プラズマ」、「種子」、「オミクス」を研究項目として、それぞれの学理を構築する。研究期間後半に3研究項目を連携しつつ統合する。

A01「プラズマ」班：大気圧プラズマの外部入力から活性種生成・輸送までのプロセスには、2つのブラックボックスが存在する（図3の灰色の部分）。ここでは分子性ガスプラズマにおける電子エネルギー分布形成機構と表界面反応機構を解明し、プロセスモデルを構築し、得られた知見から選択照射を実現する。

A02「種子」班：DNA修飾を変える鍵となる分子を明らかにする。取組の中でプラズマ由来の活性種のセルロース等のナノポラス構造、チャンネルや脂質膜における輸送と、種子内の2次反応による活性種の生成を明らかにする（図4）。

A03「オミクス」班：DNA修飾はオミクスの多くの階層にまたがり相互作用するため、網羅的な解析が必要である。従来研究が、オミクス内の化学反応ネットワークに点を打つものであった。本研究では、従来研究から脱却し、点と点を線で結びその全容をインゲノムのDNA修飾に焦点を絞り明らかにする。

本研究領域では、以上の3研究項目で得た知見を基に、物理モデルと化学反応ネットワークモデルを構築し、2つのモデルを連携して体系的な学理構築と、班間連携によるDNA修飾制御プラズマを実現する。

