

Non-thermal plasma assisted N₂ and CO₂ conversion to useful products

アタリ, パンカジ

<https://hdl.handle.net/2324/7182495>

出版情報：九州大学, 2023, 博士（理学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）



氏 名： アタリ パンカジ

論文名： Non-thermal plasma assisted N₂ and CO₂ conversion to useful products
(非熱プラズマ補助による N₂ と CO₂ の有用物質への変換)

区 分： 甲

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、プラズマを用いた N₂ 固定と CO₂ 転換について研究した。

第 1 章では、プラズマを用いた場合と用いない場合の N₂ 固定と CO₂ 変換の基礎知識と歴史を簡単に概説した。

第 2 章では、誘電体バリア放電 (DBD) プラズマ、RF 低圧プラズマ、ストリーマープラズマなどのプラズマ反応実験装置について述べた。さらに、化学反応シミュレーションと非反応性分子動力学 (MD) シミュレーションを用いて、気相と液相の化学種を検出する方法についても言及した。

第 3 章では、Air-DBD と N₂-RF 低圧プラズマを用いた種子中の N₂ 固定について述べた。Air-DBD 処理および N₂-RF 低圧プラズマ処理後のカイワレダイコンの電子常磁性共鳴 (EPR) を用いた研究では、これらの処理によりセミキノラジカルによる信号強度の増加が観察された。さらに、Air-DBD 処理後に種子内の NO₃⁻濃度が増加することを実験的に示した。また、気相中の NO₃⁻濃度が増加することを 1 次元シミュレーションで検出した。以上のことから、Air-DBD および N₂ 低圧プラズマ中の NO₃⁻がセミキノラジカル強度の増加に関与していると考察した。

第 4 章では、Air-DBD および N₂-RF 低圧プラズマを用いた有機肥料中の N₂ 固定に焦点を当てた。N₂-RF 低圧プラズマ研究では、プラズマによって生成された肥料中の NH₄⁺と NO₃⁻が、植物の生化学成分の変化を通じてダイコンの発芽プロセスを促進すると考察した。一方で、低圧 RF プラズマは、処理できる有機肥料の量が限られていることやエネルギー効率が高いことなど、大規模に使用するには限界がある。そこで、大量の有機肥料を処理できる Air-DBD プラズマに注目した実験も行った。これらの方法でプラズマ肥料中の NO₃⁻濃度を高めると、サトウキビの生育に好影響を与えることを示した。

第 5 章では、ストリーマープラズマを用いた CO₂ 変換についての研究成果を述べた。この章の最初のセクションでは、CO₂ を発生させたプラズマ処理水中で生成された CO が、ダイコンの初期発芽と苗の成長を促進した原因であると考察した。また、大気圧で優れたエネルギーコストと触媒を必要としない合理的な CO₂ 変換率を実証した結果を記述した。さらに、プラズマとイオン液体(IL)を統合した、CO₂ の捕獲、貯蔵、変換のための新規技術を提案し実験的にその効を検証した。IL が長時間 CO₂ を捕捉し、プラズマを使って CO に変換できることを実験的に明らかにした。そのメカニズムを MD シミュレーションによって解明した。

最後に第 6 章で、全体の結論と今後の展望を述べた。