

空気プラズマ合成五酸化二窒素の溶解効率と窒素施肥効果の実験的評価

Experimental Evaluation of Dissolution Efficiency and Nitrogen Fertilization

by Air-Plasma Generated Dinitrogen Pentoxide

東北大院工¹, 東北大院生命²

◦武士 将熙¹, 高島 圭介¹, 佐々木 渉太¹, 東谷 篤志², 金子 俊郎¹

Grad. Sch. of Eng., Tohoku Univ.¹, Grad. Sch. of Life Sci., Tohoku Univ.²

◦Shouki Takeshi¹, Keisuke Takashima¹, Shota Sasaki¹, Atsushi Higashitani², Toshiro Kaneko¹

E-mail: shouki.takeshi.r5@dc.tohoku.ac.jp

植物の生育には多量の窒素が必要であるが、大気の大部分を占める窒素分子を植物は直接取り込むことが出来ないため、窒素化合物（窒素肥料）の形に変換する必要がある。現在の窒素肥料合成はハーバーボッシュ法に大きく依存しているが、原料に大量の水素ガスを用いること、合成に使用されるエネルギーの約98%が化石燃料依存であること[1]など、環境負荷や持続可能性の観点で課題がある。近年、これらの課題を解決しうるプラズマ窒素固定に関する研究が大きな注目を集めている。これまで我々の研究グループは、空気プラズマを用いた五酸化二窒素(N_2O_5)の高選択合成に成功しており[2]、これを植物に作用させることで、植物免疫の活性[3]や植物二次代謝産物の増産[4]が可能であることを示してきた。また、無水硝酸とも呼ばれる N_2O_5 は、容易に硝酸へ変換可能であることから、植物への効率的な窒素施肥効果も期待されるが、これまで定量的な実験評価はされていなかった。

そこで、本研究では、プラズマ合成 N_2O_5 の窒素施肥効果を定量的に評価するために、一般的なプラズマ活性窒素種である一酸化窒素/二酸化窒素 (NO/NO_2) と比較しながら、液中(亜)硝酸体への変換効率を実験的に評価した。また、プラズマ合成 N_2O_5 の植物直接処理やバブリング処理した培地の添加処理によって、植物に対する窒素施肥効果を検証した [5, 6]。Figure 1 に、ガス洗浄びん内の超純水 150 mL に対して、 N_2O_5 ガスと NO_x (NO/NO_2) ガスをバブリング処理した後の、硝酸イオン(NO_3^-)と亜硝酸イオン(NO_2^-)への変換効率を示す。両ガスにおける総供給窒素モル量がほとんど同程度であるにもかかわらず、 N_2O_5 は NO_x よりもおおよそ30倍以上の窒素固定速度が得られた。気相活性種密度と液相 NO_2^-/NO_3^- 濃度の定量結果から、 N_2O_5 の溶解効率はほぼ100%に至っていることが明らかとなった。これは、見かけのヘンリー定数が ∞ とされている理由でもある、 N_2O_5 が水と反応して直ちに NO_3^- となるという特性を反映した結果だと言える。講演では、 N_2O_5 の土壌への溶解効率や植物に対する窒素施肥効果やダメージについても議論する。

- [1] IEA Ammonia Technology Roadmap (2021)
- [2] S. Sasaki *et al.*, *Ind. Eng. Chem. Res.* **60** (2021) 798.
- [3] D. Tsukidate *et al.*, *PLOS ONE* **17** (2022) e0269863.
- [4] R. Tateishi *et al.*, *Sci. Rep.* **14** (2024) 12759.
- [5] T. Yamanashi, S. Takeshi *et al.*, *Plant Mol. Biol.* **114** (2024) 35.
- [6] S. Takeshi *et al.*, *Plasma Process. Polym.*, (2024) in press

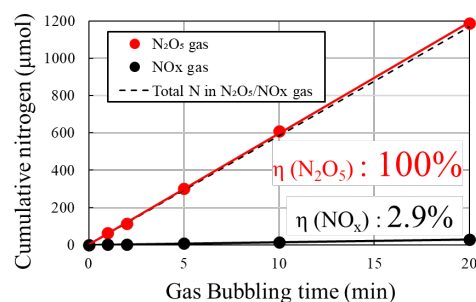


Figure 1 : Total dissolved N in a gas-washing bottle with N_2O_5 and NO_x gas.