

研究室めぐり

プラズマ複合処理による環境技術の革新 ー大阪公立大学, 環境保全工学研究グループー



1. はじめに

大阪府堺市の中央に位置する大阪公立大学（なかもずキャンパス）は、新大阪駅から地下鉄で約 50 分の場所にある。大阪公立大学は 2022 年大阪府立大学と大阪市立大学が合併して誕生した大学であり、15 の大学院研究科、11 学部、1 学域を擁し、教員約 1,400 名、学生約 12,000 名を数える日本最大規模の公立大学である。なかもずキャンパス内のビルの屋上から周囲を見渡すと、南側に農学部の農地が広がり、周りは穏やかな住宅地に囲まれている。キャンパス内に工学部（工学研究科）があり、環境保全工学研究グループ（研究室）が属する。

本研究室は機械系に属し、機能性プラズマ機械システムを中心とした教育研究を目的とし 1997 年に設置された。2025 年 3 月時点で、大久保雅章教授、黒木智之准教授、山崎晴彦准教授、山本柱客員研究員（日本山村硝子（株）勤務）、余田絢子技術補佐員、大学院修士課程 9 名、学部学生 8 名が研究に励んでいる（図 1、2025 年 3 月卒業式にて撮影）。



図 1 研究室での集合写真

当研究室では『プラズマ複合処理による環境技術の革新』をキャッチフレーズに掲げ、機械、電気、化学などの専門分野を横断したプラズマの産業応用の教育と研究を行っている。幸いにも各方面からのご支援を頂き、研究体制ならびに実験設備の整備が着実に進展してきた。なお、本研究室の研究成果は産業界でも広く認識されるようになっており、近

年では空気清浄機、エンジン、排ガス処理など大学院での研究開発を基盤として企業で活躍する卒業生も多い。また、2010 年以来、本研究室出身者 3 名が他大学の教員として活躍している（大阪工業大学：吉田恵一郎教授、日本工業大学：桑原拓也教授、豊橋技術科学大学：島崎康弘准教授）。

2. 研究内容紹介

当研究室では、大気圧プラズマ複合処理技術を利用した、大気および水環境の保全に資する後処理技術および表面処理技術の研究を行っている。基礎原理解明にとどまらず、技術移転、産業応用、実用化、製品化を重視している点が特徴である。近年の主な研究テーマとその内容を以下に紹介する。詳細については、研究室ホームページ¹⁾、成果をまとめた専門書・教科書^{2,4)}、筆者の論文リンク³⁾を参照いただきたい。

(1) プラズマ複合排ガス処理によるスーパークリーンマリナーディーゼルの開発

プラズマと他の化学処理を組み合わせた「プラズマ複合処理」による、新しい定置用、船舶用、自動車用ディーゼルエンジン排ガス処理技術の研究を行っている。特に近年は、非平衡プラズマによる PM（微粒子）、炭化水素、NO_x（窒素酸化物）同時浄化技術の開発に注力している。図 2 に大学実験室内に設置された小型試験装置を示す。

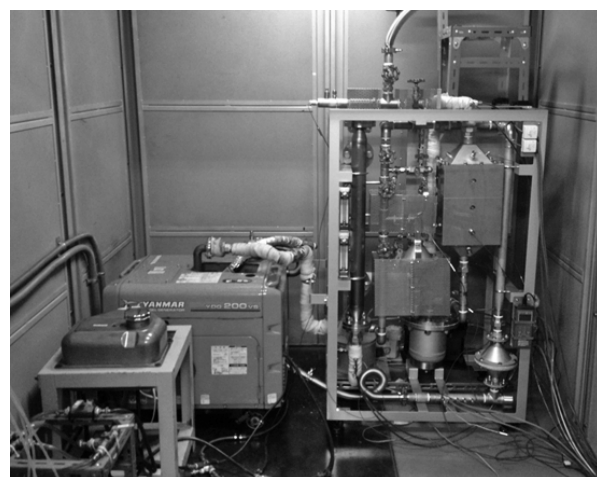


図 2 クリーンディーゼルプラズマ複合排ガス処理装置

(2) プラズマ複合処理によるガラス溶解炉の排ガス処理

近年、本研究室では、燃焼排ガスを対象とした総合的な浄化技術「プラズマ・ケミカルハイブリッド処理技術」の

開発を進めており，これを重油・ガス燃焼のガラス溶解炉排ガスに適用する産学連携プロジェクト（日本山村硝子（株）との共同研究）に注力している．この技術では，排気管の途中に，高電圧放電を利用したプラズマ発生装置により形成されるオゾン（ O_3 ）を主成分とする活性酸素を二相流ノズルにより水冷しながら注入し，排ガス中の NO_x を酸化し，下流の反応塔で複合処理することで無害化する．

図3に研究開発を実施した日本山村硝子東京工場の排ガス処理設備を示す．プラズマ複合排ガス処理装置を既存の湿式または乾式排煙脱硫装置と組み合わせて SO_x ， NO_x ，PMの同時低減を可能とするものであり，ガラス溶解炉の燃費向上にも寄与している．本処理技術のアンモニア石炭混焼火力発電所，アンモニア燃料船用機関への適用も目指している．

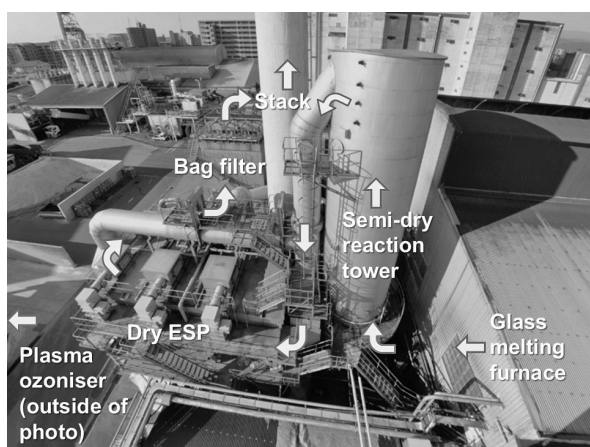


図3 日本山村硝子東京工場のプラズマ複合排ガス処理設備

(3) プラズマ脱着および大気圧プラズマ流を用いた VOC， NO_x ，水蒸気， CO_2 の脱着・分解処理技術の開発

トルエンに代表される揮発性有機化合物（VOC），燃焼機器から排出される NO_x ，水蒸気， CO_2 などを，ゼオライトや酸化マンガンの吸着剤に吸着させ，これに非熱プラズマを印加することで，熱脱着法や圧力スイング法に比べ省エネルギーかつ高効率に脱着し，ガスを濃縮・小体積化する手法を「プラズマ脱着」と名付け，研究を進めてきた．

最近では，地球温暖化対策を目的とした非平衡プラズマ流処理による CO_2 の高効率還元・燃料化技術の開発に注力している． CO_2 は極めて安定なガスであり，通常は高温高压の極限状態で分解されるが，非平衡非熱プラズマを用いることで，常温・大気圧下でも一酸化炭素（CO）または原子状炭素（C）へ還元・燃料化が可能である．さらに吸着，触媒技術との融合により，還元性能を向上させ類例を見ない新規高効率 CO_2 燃料化技術「プラズマメタネーション」の研究を進めている．

(4) プラズマ複合処理による表面処理装置の開発

大気圧プラズマ処理とグラフト重合など他の化学反応／処

理を複合させたハイブリッド処理法を「プラズマ複合処理」と名づけ，樹脂，金属，ガラスの表面処理技術の研究開発を行っている．成果としては，樹脂の中でも表面処理の最も難しいフッ素樹脂（テフロン）の接着性向上，めっき処理，プレフィード注射器ピストンゴムとの高強度接着，超長寿命の有機EL素子の作成や自動車部品への応用，6G通信向け高速ケーブル，電子基板，アンテナ材料への応用などがある．

図4に（株）十川ゴムとの共同研究で使用している，ゴムとPFAチューブを高強度で接合できるプラズマ複合処理装置を示す．

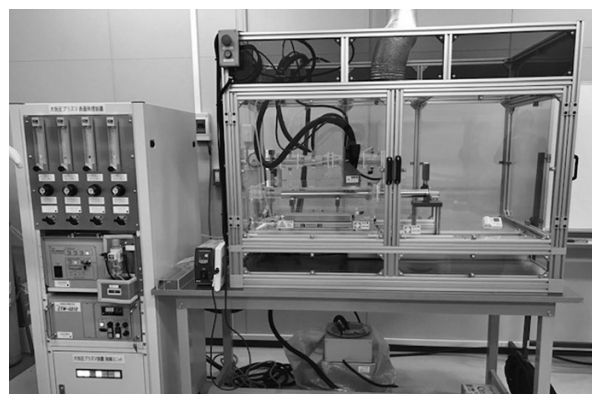


図4 白 AEM ゴムと PFA を接合できるプラズマ処理装置

3. おわりに

以上述べた研究以外にも，プラズマ複合処理によるバイオ燃料ボイラの排ガス処理，水中プラズマの研究，プラズマシミュレーション，プラズマ空気清浄機の研究など，企業との共同研究を通じてさまざまな応用研究を展開してきた．この10年間の成果として，ディーゼル微粒子のプラズマ浄化プロセス， NO_x 複合浄化処理，フッ素樹脂の超強化接着は本研究室が開発した特筆すべき産業応用プロセスであり，様々な企業での応用研究が進められている．プラズマ処理単独で有効な条件には限界があり，触媒や化学プロセスとの「複合プロセス」の開発が極めて重要である．本分野はまさに電気工学，機械工学，化学工学の融合領域であり，多様な応用可能性を秘めている．今後も教育・研究の推進に努めてゆく．

（大久保 雅章）

参考文献

- 1) 環境保全工学研究グループ： <http://omu.info/plasma/>
- 2) M. Okubo and T. Kuwahara: New Technologies for Emission Control in Marine Diesel Engines, total pages: 296, Elsevier (2019)
- 3) M. Okubo: Nonthermal Plasma Surface Modification of Materials, total pages: 209, Springer Nature Singapore (2023)
- 4) M. Okubo: Electrical Sustainable Energy for Mechanical Engineers, Springer Nature Singapore (2025) in printing.
- 5) M. Okubo: Google Scholar 論文リスト, <https://omu.info/pzkatiel>