

審査の結果の要旨

氏名 韓 尚甫

本論文は、Decomposition of Dilute Trichloroethylene by NonThermal Plasma Process combined with Catalysts(触媒を併用した非熱平衡プラズマプロセスによる低濃度トリクロロエチレンの分解処理)と題し、人間の活動が活発になるにつれて増加する、大気中に放出される揮発性有機物(volatile organic compounds:VOCs)や燃焼排ガス中に含まれる窒素酸化物などの環境汚染ガス状物質を強力に除去出来る可能性の高い非熱平衡プラズマ処理技術を取り上げ、処理対象として空気中に低濃度存在するトリクロロエチレン(TCE)処理を様々な観点から実験的に研究したものである。特に、エネルギー効率向上と副産物の毒性を含めて評価しており、前者の目的で触媒との併用効果について詳細に研究した結果を纏めたものであり、全体で6章から構成されている。

第1章は、序論であって、本研究の中心技術である非熱平衡プラズマについて、定義を含めた概要を説明し、非熱平衡プラズマや類似の有害物質除去技術に関する最近の研究動向、研究の目標設定と関連する既発表技術、研究で必要と思われる反応機構などについて纏めてある。特に、後述のように、酸素の存在する空間における放電によって不可避免的に発生するオゾン問題とその対策などについて紹介している。

第2章は、「Experiment System」と題し、研究に用いた配管や分析装置を含むガスの流れが分かる実験系の紹介、トリクレン分解に使用したバリア放電リアクターの幾何学的形状とその放電特性等について記述している。特に、放電電力の測定法について経験をもとに詳細に示している。また、放電処理により発生する各種副産物の評価技術として、ガスクロ質量分析計(GC/MS)、フーリエ変換型赤外線分光(FTIR)の分析結果についても基本的な例を紹介している。

第3章は、「Decomposition of Trichloroethylene by Using Barrier Discharge Reactor」と題し、様々な環境下でバリア放電による低濃度トリクレン分解実験の結果を詳細に記述してある。大気中での非熱平衡プラズマ処理によってオゾンが発生することはよく知られている。このオゾン分解除去できる二酸化マンガンがプラズマリアクターの下流側に配置すると処理性能がどのように変化するかを調べた結果について記述されている。十分な二酸化マンガンがあるとオゾンはほとんど分解されること、オゾンの分解と共にトリクレンの分解率も向上することが実験的に確認されている。酸化銅や酸化鉄などのオゾン分解触媒も調査したが、二酸化マンガンを勝るオゾン分解触媒はないようであった。放電プラズマのみでトリクロロエチレンを分解すると酸化生成物として二塩化アセチルクロライド(DCAC)が増加するが、最終目標である水と二酸化炭素への変換は少ないことが明らかとなった。その為、真の無害化には、同じ放電電力であれば処理流量を減少させて処理ガス単位流量当たり投入するエネルギー(比投入エネルギー)

ギー)を増加させると、見かけ上のトリクレン分解率はほぼ100%となっても最終酸化物である二酸化炭素、一酸化炭素への炭素原子の変換率は 50%以下と少ないことを明らかになった。下流に二酸化マンガンを設定すると、トリクレンの分解率は大幅に向上すること、副産物の酸化の割合も大きいことを実験的に証明している。比投入エネルギーが小さい場合、副産物としては、DCAC より三塩化アセトアルデヒド(TCAA)が発生しやすいことが記述されている。また、きれいな空気のみをプラズマ処理した後、TCE で汚染された空気と混合しても TCE の分解が認められる。特に、二酸化マンガンが有る場合にこの効果は大きい。これは、プラズマ処理によって作られたオゾンが二酸化マンガン表面で分解され、その折りに TCE が酸化されることを証明した。この場合にも TCAA が作られることも確認されている。

第4章は「Investigation of Catalytic Effects by Using Catalyst's filled Barrier Discharge Reactor」と題し、各種触媒をプラズマリアクター(バリア放電)に充填させた場合の効果について詳細に比較検討した結果が記述されている。触媒には、二酸化マンガンの他に、直径 2mm のアルミナ球表面に酸化チタン、あるいは二酸化マンガンをコーティングした誘電体を用いている。この場合にも、二酸化マンガンの存在でオゾンは大幅に減少し、トリクロロエチレンの分解率は向上することが確認された。この場合、TCAA の方が DCAC より多く生成されることも判明した。粒子充填による放電への影響が正確に把握されていないため、触媒効果が大きいといえるのか確定は出来ないが、他の粒子では効果が少ないことから触媒効果が有効なことは明らかであった。

第5章は、「Decomposition of Other Substances in the Application of Nonthermal Plasma Process」と題し、メチルアルコール、アセトン、ジクロロメタン、一酸化炭素の酸化処理性能をオゾン濃度と共に実験的に調べた結果について記述されている。いずれの場合にも二酸化マンガンの存在で分解(酸化)性能が向上することが記述されている。

第6章は、結論であって、低濃度トリクロロエチレンの分解には、二酸化マンガンを非熱平衡プラズマリアクター内部あるいは下流に配置することで性能が大幅に向上することが実験的に証明された。また、プラズマと触媒の役割分担も反応生成物の観点からある程度判明することが出来たとまとめられている。

以上これを要するに、本研究は、非熱平衡プラズマ処理による空気中低濃度揮発性有機物除去性能をトリクレンを対象とし触媒効果を含めて詳細に検討した結果、オゾン分解効果の極めて大きな二酸化マンガンを触媒として、リアクターの下流あるいはリアクター内部に配置することで分解率が大幅に向上するのみでなく水や酸化炭素などの最終酸化物への変換効率も高いことを実験的に証明し、非熱平衡プラズマによる揮発性有機物処理性能を大幅に向上させることに成功するなど、大気環境改善技術開発上、重要な知見を得たもので電気工学上貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。