

## 審査の結果の要旨

氏名 ジェニファー チャー ウィー ファン

本論文は9章からなる。第1章では、研究の背景として、ポリエチレンテレフタレート (PET) 廃棄物のリサイクルに関する現状と課題について概説し、本研究の目的を示している。本論文では、PET 廃棄物の処理方法として炭化処理を適用することを提案し、PET の炭化挙動と反応機構の解明、紫外線劣化した PET や複層構造の PET など通常のマテリアルリサイクルに適さない PET 廃棄物における炭化挙動の解明、賦活処理した PET 炭化物によるガス吸着特性の検討、PET 炭化処理の導入実現性に関する検討を行うことを目的としている。

第2章では、プラスチック全般のリサイクルに関する現状と特に PET に関する国内外のリサイクル状況について詳述し、PET の炭化に関わる既往の知見について整理している。

第3章では、本研究で用いた試料の調製方法及び各種実験方法及び分析方法を説明している。

第4章では、PET 試料の炭化について実験を行い、反応温度、保持時間、反応雰囲気といった操作因子の影響について検討している。反応生成物としては、所期の炭化物以外に wax と呼ばれる揮発性固形物や気体生成物が確認され、各種機器分析によりそれらの組成や性状を定量的に明らかにしている。また、上記の操作因子が各生成物の収率や炭化反応の進行を測る指標である固定炭素収率に及ぼす影響について整理している。

第5章では、第4章で明らかにした炭化挙動を基に、PET の炭化反応機構について考察を行っている。まず van Krevelen 図による検討から、炭化物及び wax の生成がそれぞれ PET の熱分解における脱カルボニル化及び脱カルボキシル化反応と関連していることを示唆し、続いて炭化物の FT-IR 分析と気体生成物収率に関する実験結果から、PET の炭化における cross-linking 反応の進行と一酸化炭素及び二酸化炭素の生成とが強い相関を示すことを確認している。これらの知見を基に、PET からの炭化物及び wax の生成に関する反応機構について提案を行っている。

第6章では、マテリアルリサイクルに適さない PET 廃棄物の例として、紫外線劣化した PET、着色剤が混入している PET、異なる樹脂を含む複層構造の PET について炭化実験を行い、第4章の結果と比較しながらそれぞれのケースにおける影響を検討している。検討の結果、紫外線を一定量以上照射した PET 試料について炭化による固定炭素収率が増加すること、着色剤の存在により固定炭素収率が減少すること、複層構造における MXD6 ナイロン樹脂の共存により固定炭素収率は変動しないものの wax 収率が減少し気体収率が増加することなどを確認し、これらの PET 廃棄物に対して炭化処理を適用した際の影響を定量的に示している。

第7章では、物理賦活処理を施した PET 炭化物 (activated char) について、ガス吸着特性を実験的に検討している。まず、activated char 及び比較対象として市販の活性炭及びゼオラ

イトをそれぞれ充填したチャンバー内に二酸化炭素、窒素、一酸化炭素、メタン等のガスを封入し、各種温度条件における吸着等温線や各種ガスの吸着選択率を測定している。また、同チャンバー内に混合ガスを流通させて破過曲線を求め、各吸着材による二酸化炭素の保持機能を定量的に測定している。検討の結果、本研究の **activated char** は市販の活性炭やゼオライトに比肩する高い二酸化炭素吸着性能及び選択性を有し、二酸化炭素の分離や除去に適用できる可能性があることを示している。

第 8 章では、日本国内での **PET** 廃棄物リサイクルについて、炭化処理を適用した場合の二酸化炭素排出量及び導入コストに関する検討を行っている。既存のマテリアルリサイクル工程に加えて、不適な **PET** 廃棄物に対する炭化処理を併用し、更に炭化物由来の **activated char** を二酸化炭素吸着材に用いたシナリオ等について、前章までの実験結果を基に推算を行いその導入効果を検討している。

第 9 章では、第 4 章から第 8 章までの結果を総括して結論を記したうえで、今後の研究に対する提言を行っている。

以上要するに、本論文は、さまざまな状態の **PET** 廃棄物を対象として、実験的検討により炭化処理における反応挙動を明らかにしてその知見を基に反応機構を提言するとともに、賦活処理炭化物のガス吸着特性を定量的に測定し、それらの結果をもとに **PET** 廃棄物の炭化処理・吸着材利用の導入可能性について検討した研究である。本研究で得られた知見の多くは、他に検討例のない新規なものであると同時に、世界的に深刻化が懸念されるプラスチック廃棄物に関わる環境問題の解決に大きく資するものである。

なお、本論文第 4 章から第 8 章の成果は澤井理及び布浦鉄兵との共同研究であるが、論文提出者が主体となり実験、解析及び考察を行ったもので、論文提出者の寄与が十分と判断する。

よって本論文は博士（環境学）の学位請求論文として合格と認められる。

以上 2048 字