

補助事業番号 2023M-311

補助事業名 2023年度テーパードアウト型流動層による有機物熱分解ガス化装置の開発
補助事業

補助事業者名 九州工業大学 馬渡佳秀

1 研究の概要

新規な流動層型有機物熱分解装置の開発により、高温場で高い酸化能を発現する触媒粒子と有機物を含む被分解物との接触状態を強化して熱分解反応を効率化する。開発装置はTapered-out構造とすることで装置半径方向にガス流量差を発生させ、装置壁部にガス気泡の集中発生による触媒粒子のリフト領域、装置中央に粒子濃度の高い粒子下降領域を形成させる。さらに振動場を利用して粒子運動を制御することにより、被分解物である有機系廃棄物と触媒粒子表面との連続的な接触状態を維持することで熱分解反応を効率よく促進する。

2 研究の目的と背景

本申請課題では、高温場で触媒粒子表面において生じる熱分解反応を利用して医療系廃棄物を対象とした有機物を無害化する処理プロセスを効率化し、省エネルギーで環境負荷の低い処理装置の開発を目的とする。医療系廃棄物の処理手法には、感染性廃棄物の殺菌を目的とした塩素系溶液の利用や高圧蒸気乾燥による処理方法が装置化されているが、殺菌溶液や蒸気との接触を必要とするため廃棄対象物の粉碎前処理工程が不可欠であると同時に殺菌利用後の廃液処理が必要であり、さらに廃棄物自体の減容化には圧縮操作などの追加的な工程を必要とするため、消費エネルギー、環境負荷さらに複数の工程を連続化するためのメンテナンス性に改善を要する。一方で、高温場での熱分解（溶融、燃焼による炭化、ガス化）手法では、エネルギー消費は大きくなるものの殺菌と減容化を同時に可能とするため処理全体としては省エネ化が期待できる。しかしながら、廃棄物自体の燃焼による熱分解では、装置設計に由来する処理対象物の燃焼状態の制御性、また、燃焼残渣である炭化物が装置内に付着することによるメンテナンス性の低下が考えられ改善が必要である。高温場において触媒粒子を利用した医療系廃棄物の熱分解・ガス化を効率良く実施するためには、被分解物である廃棄物と高温場において強力な酸化能を発揮する触媒粒子との効率的な接触を誘導する必要がある。そのために本申請課題では、粉体のバルクハンドリングに適した流動層技術を導入し、その特徴を利用した新規な粒子状材料の混合プロセスを開発・実証する。

3 研究内容

(1) 粒子移動状態の可視化による粒子循環特性の把握

(<http://www.che.kyutech.ac.jp/chem21/JKA-2023/report23.pdf>)

図1に2D可視化装置を用いて気泡位置を装置後方からバックライトを照射した測定例を示す。供給するガス流量が大きい場合は層全体で気泡が存在しており、気泡周りの粒子運動が層全体で

進行していることが推察される。一方で供給ガス流量を減少させると気泡の存在は層側壁近傍に徐々に集約されている様子が観察された。この状態では気泡上昇に伴う粒子の上方移動は層側壁に集約されること、さらに層上方へ移動した粒子は気泡の層表面破裂に伴い層中央部へ移動し層底部へ移動するような一連の循環挙動が誘起されている可能性が推察される。図2には一定期間の気泡存在位置を積算し、層横方向について測定した気泡総数で規格化した気泡存在比を異なるガス流量で示している。図中には側壁の傾斜が無い(傾斜角度 90°)ケースを同時に示した。ガス流量が大きい場合は観察結果からも示唆されていたように層全体に気泡が存在しているような結果が得られているが、ガス流量が減少すると側壁近傍の気泡存在割合が相対的に増加しているような結果が得られた。このことから適切なガス流速範囲を選択することで層壁近傍部での気泡上昇に伴う粒子上方移動と層中央部における粒子下降移動が共存するフローパターンが得られることが確認できた。また、低ガス流量では同一の供給ガス流量であっても側壁傾斜が無い場合は気泡形成が観察されなかった。このことから今回の開発装置では側壁の傾斜部においてガス体積流量が増加し、層中央部に対してより発展したフローパターンが発現することが示された。

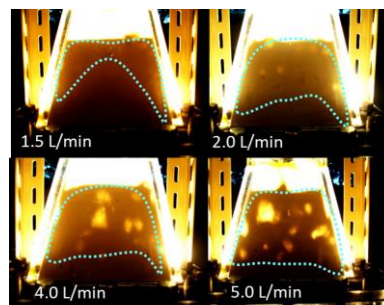


図1 気泡存在位置観察結果

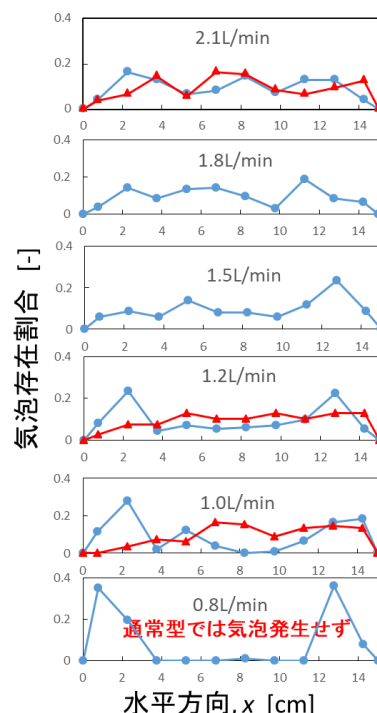


図2 装置水平方向の気泡存在位置

(2) モデル有機物の熱分解操作による実証試験

(<http://www.che.kyutech.ac.jp/chem21/JKA-2023/report23.pdf>)

モデル有機物として竹破碎チップを使用した。予備試験として竹チップの含水量を赤外線式水分計で測定し約32%であることを確認した。反応器内に所定量の竹チップを充填し温度調節器で反応器内温度が所定温度まで到達するよう電気炉から加熱した。図3に湿式ガスメーターでアウトガスの体積流量を操作時間についてプロットした図を示している(目標設定温度 600°C)。図にはモデル有機物がある場合とない場合のアウトガスの体積流量、モデル有機物がある場合の反応器内温度変化を示している。モデル有機物がある場合では反応器温度が 100°C 前後にモデル有機

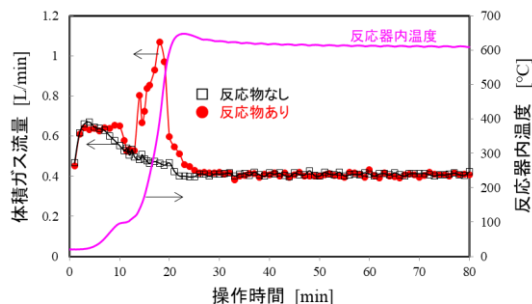


図3 体積ガス流量、反応器内の時間変化

物が無い場合に比べて大きな体積流量が現れた。ここで100℃近傍の発生ガスは主に水蒸気、100℃以上で発生するガスは有機物が熱分解したガス成分によるものと考えられる。ここで、湿式ガスメーターで測定したアウトガス(発生ガス)体積、コールドトラップから回収した液成分重量、反応器内のモデル有機物の残渣重量と事前調査から見積もった含水量の重量比から図4に示したようなモデル有機物の熱分解時の重量割合について操作温度依存性を示した。反応器内が400℃～600℃の範囲では各熱分解成分の重量比は大きく変化しないことがわかった。図5は異なる反応器内温度上昇時に発生するガス成分量を示している。反応器内設定温度が低くなると発生ガスはCO₂のみが検出され十分に有機物の熱分解が進行していないものと考えられる。反応器内温度が高くなると水素発生量が大きく増回して熱分解が進行していることを確認できた。一方で液成分回収物は質量分析からは数十の成分が検出され主成分を特定することはできなかった。十分な熱分解を更に促進するための装置構造の検討が必要であることが必要である。

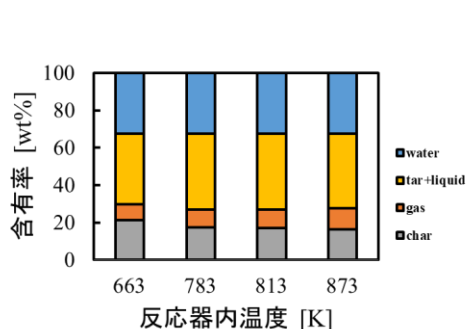


図4 モデル有機物の熱分解成分重量比

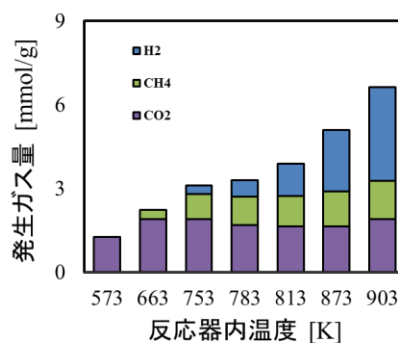


図5 発生ガス量成分の反応器内温度依存性

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本事業で開発・検証した装置構造は従来の流動層型粉体ハンドリング装置にはない特徴を有しており、規則的な粒子循環を流動層の有する良好な気固接触状態を維持しながら得ることが可能である。そのため、今回応用事例として検証した有機物熱分解処理における気固間の接触性や触媒の有効活用などを必要とする操作で応用が期待できる。また、規則的な粒子循環状態を活用して医薬品、電池などの付加価値の高い粉体材料の製造技術への展開も期待できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本事業を推進することで、これまで積極的な外力利用や装置内部への構造付加により制御されてきた粒子運動性を簡便な装置構造の設計により実現することを可能とした。粉体ハンドリング装置として実用化するためにはハンドリング対象の粒子物性の影響を明らかにする必要がある。今回は粒子サイズの影響をある程度検証することができたが、今後は多成分系の粉体材料への適用を想定して更なる適用範囲拡大の可能性を探索する。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

馬渡佳秀, 野澤拓人: 機械的振動と気流の併用場における微粉体の凝集流動化挙動
混相流シンポジウム2022, OS0810, 2023年8月24-25日

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

特になし.

(2) (1)以外で当事業において作成したもの

特になし.

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 九州工業大学工学部(キュウシュウコウギョウダイガクコウガクブ)

住 所: 〒804-8550

福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1

担 当 者: 助教 馬渡佳秀(マワタリヨシヒデ)

担 当 部 署: 大学院工学研究院 物質工学研究系

(ダイガクインコウガクケンキュウイン ブッシツコウガクケンキュウケイ)

E - m a i l: mawat@che.kyutech.ac.jp

U R L: <https://www.che.kyutech.ac.jp/chem21/CPE01/index.html>