

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	流動層プラズマによるCO2転換プロセスの電化
Title(English)	Electrification of CO2 Conversion Processes by Fluidized-bed Plasma
著者(和文)	CHENXiaozhong
Author(English)	Xiaozhong Chen
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12526号, 授与年月日:2023年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:野崎 智洋,末包 哲也,近藤 正聡,笹部 崇,高橋 秀治
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12526号, Conferred date:2023/9/22, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Chen Xiaozhong		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	野崎 智洋	教授	審査員	高橋 秀治	准教授
	審査員	末包 哲也	教授			
		近藤 正聡	准教授			
笹部 崇		准教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Electrification of CO₂ conversion processes by fluidized-bed plasma (流動層プラズマによる CO₂ 転換プロセスの電化)」と題し全6章により構成される。

第1章「Motivation and background (研究背景と目的)」では、二酸化炭素 (CO₂) を有用物質に変換する化学反応プロセスの電化技術の背景と必要性について説明し、人工光合成 (光触媒反応) や共電解 (電気化学反応) など既存技術と比較して、プラズマ触媒反応による CO₂ 転換技術の優位性と技術課題を論じている。CO₂ 転換反応のエネルギー効率を高めるとともに、社会実装に資する生産性向上 (CO₂ 処理量の増大) を実現するためには、プラズマ反応場で熱物質移動の促進も考慮した新しいプラズマ触媒反応装置の開発が不可欠であることを述べ、流動層技術を基盤とする新規反応装置を開発するとともに、代表的な3つの表面反応モデルに基づきプラズマによる触媒反応促進効果を定量的に評価することが本研究の目的であると述べている。

第2章「Development of fluidized-bed DBD reactor (流動層 DBD 反応器の構築)」では、触媒を流動媒体として用いる流動層プラズマ反応による CO₂ 転換について既報の論文を調査し、反応器の構成、エネルギー効率、プラズマによる反応促進効果などの諸特性を比較することで課題を明らかにし、流動層と誘電体バリア放電 (DBD : Dielectric Barrier Discharge) を組み合わせた独自の反応器構造を有する流動層 DBD 反応装置を構築している。

第3章「Verification of fluidized-bed DBD in dry CH₄ reforming (Langmuir-Hinshelwood (L-H) mechanism) (メタンドライ改質における流動層 DBD の検証 (L-H 機構))」では、流動層 DBD をメタンドライ改質 (CH₄ + CO₂ = 2CO + 2H₂: 吸熱反応) に応用し、ラジカル供給と同時に流動層にて伝熱を促進することで固定床 DBD よりも CH₄ 転換率を著しく増大できることを実証している。一方、メタンドライ改質は L-H 機構で進行する吸熱反応であるため、CH₄ 及び CO₂ の転換率が熱平衡を超えない課題を指摘している。

第4章「Kinetic analysis of reverse water gas shift reaction (Eley-Rideal (E-R) mechanism) (逆水性ガスシフト反応の速度論的解析 (E-R 機構))」では、第3章で明らかになった熱平衡の制約を克服する課題に対して、E-R 機構で進行する逆水性シフト反応 (CO₂ + H₂ = CO + H₂O : 吸熱反応) を流動層 DBD に適用し、CO₂ 転換率が熱平衡を超えて反応することを実証している。さらに、プラズマが存在する場で活性化エネルギーを測定する技術を確立し、プラズマによって熱反応よりも高い反応促進効果が顕在化することを定量的に評価することに成功している。

第5章「Application to Boudouard reaction (Mars-Van Krevelen (MvK) mechanism) (ブドゥアール反応への応用 (MvK 機構))」では、流動層 DBD をブドゥアール反応 (CO + CO = C + CO₂: 発熱反応) に応用し、プラズマによって炭素析出速度が約 2.6 倍速くなることを実証している。プラズマは MvK 機構で進行する反応にも有効に作用することを検証するとともに、炭素が析出する場合でも反応器の閉塞を回避して 10 時間にわたり触媒活性を損なわず炭素を連続合成できることを実証している。

第6章「Summary and future work (結論と展望)」では、本論文の結論を総括するとともに、今後の展望を述べている。

以上を要するに、本論文は二酸化炭素の有用物質への転換を目的とした化学反応プロセスの電化を背景に、流動層とプラズマを組み合わせた新規な流動層プラズマ反応装置を開拓している。さらに、流動層プラズマ反応装置を、3つの代表的な表面反応機構に分類されるメタンドライ改質、逆水性シフト反応、ブドゥアール反応に応用し、すべての反応において流動層プラズマが有効に作用し高い反応促進効果を発現することを明らかにしたものであり、工業上・工学上貢献するところが大きい。よって本論文は博士 (工学) 論文として十分な価値を有すると認められる。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。