

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	A Study on Structured Microreactor for Process Intensification of Dry Reforming of Methane
著者(和文)	HAMZAHAnthony Bas
Author(English)	Anthony Basuni Hamzah
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11613号, 授与年月日:2020年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:大川原 真一,吉川 史郎,関口 秀俊,多湖 輝興,松本 秀行
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11613号, Conferred date:2020/9/25, 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	Anthony Basuni Hamzah		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	大川原 真一	特任教授		松本 秀行	准教授
	審査員	吉川 史郎	准教授	審査員		
		関口 秀俊	教授			
多湖 輝興		教授				

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「A Study on Structured Microreactor for Process Intensification of Dry Reforming of Methane (メタンドライリフォーミングをプロセス強化するための構造化マイクロリアクターに関する研究)」と題し、英文で書かれ、6 章から構成されている。

第 1 章「Introduction」では、気候変動問題を解決するためにメタンドライリフォーミング (DRM) をプロセス強化することの有用性を述べ、その手段として反応器の構造化やマイクロリアクターに関する既往研究を概観するとともにそれらの問題点を明らかにし、本研究の目的と意義を述べている。

第 2 章「Computational Fluid Dynamics modeling of packed bed reactor」では、充填層型反応器の Computational Fluid Dynamics (CFD) モデリング手法において壁面近傍の特異な空間率分布が運動量、熱、物質の移動におよぼす影響を考慮する必要性を述べている。既往の CFD モデリング手法として充填層を連続体近似することで計算負荷の低い Continuum CFD モデルと粒子形状を忠実に再現することで計算負荷は高いが予測精度の高い Particle-Resolved (PR) CFD モデルを概説したうえで、予測精度を高めるために連続体の支配方程式に流動抵抗、有効熱伝導度、有効拡散係数を空間率の関数として付加するのに、空間率分布を壁面からの距離で相関する Correlation-based Continuum (CC) CFD モデルと高解像度の空間率分布を単純化せず直接用いる Pseudo-Particle Resolved Continuum (PPRC) CFD モデルを新たに提案している。

第 3 章「Implementation of CFD approaches in tubular and shaped-channel packed bed」では、第 2 章で提案した 2 つの CFD モデルを円形および正方形断面の充填層型反応器に適用し、圧力損失、壁面における Nusselt 数および Sherwood 数、充填層内温度分布などを予測している。それらの結果を、PR CFD モデルによるシミュレーション結果、既往の実験結果および相関式と比較して検証することで、提案した CC CFD モデルが充填層型反応器内の移動現象を正確に予測できることを明らかにしている。また、PPRC CFD モデルにおける高解像度空間率分布の実装手法が、充填層における空間率分布の解析および空間率相関式の導出に有用であることを示している。

第 4 章「Numerical and experimental validation studies of CWPMR」では、既往研究で DRM に適用されている Catalytic Wall Plate MicroReactor (CWPMR) に PR CFD モデルおよび第 3 章で予測精度を検証した CC CFD モデルを適用し、数値計算結果と実験結果を比較することでこれらのモデルの CWPMR への適用性を確認している。そのうえで、CWPMR の既往設計では充填層における熱と物質の移動方向の不一致および高い移動抵抗に起因して、メタンが供給される場所では熱が不十分で、逆に熱が供給される場所ではメタンが不十分となり、結果として反応器の性能が制限されていることを明らかにしている。

第 5 章「Structurization of CWPMR」では、第 4 章で熱および物質の移動に関する問題が明らかとなった既往設計 CWPMR に構造化を適用することで熱およびメタンを充填層深部に十分に移動させ、プロセス強化することを試みている。CWPMR の内部空間を、反応ガス供給流路における邪魔板の有無および充填層上流端側の空洞の有無の組み合わせを変えて構造化し、PR CFD モデルおよび CC CFD モデルにより DRM 操作時の充填層における流動や、メタン濃度、反応速度、温度の分布、反応器の圧力損失などを予測して検討した。その結果、邪魔板と空洞の両方を用いる構造化により、熱およびメタンの充填層への移動が改善し、その結果としてメタン転化率が著しく向上し、プロセス強化を達成できることを見出している。さらに、邪魔板の設置方法および空洞部の長さについて最適化を行っている。

第 6 章「Conclusions, outlook, and further direction of study」では、本研究で得られた成果を総括するとともに、今後の課題について言及している。

以上要するに、本論文は、充填層型反応器における空間率分布の影響を連続体の支配方程式に付加することで低い計算負荷と高い計算精度を同時に達成し、それゆえに反応器設計の最適化に資する新たな CFD モデルを提案し、その適用により既往設計 CWPMR の内部空間を邪魔板と空洞で構造化することで DRM のプロセス強化を達成したものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士 (工学) の学位論文として十分に価値あるものと認められる。

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。