

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	パッシブ後処理システムに向けた多層触媒粒子メンブレンフィルターの研究
Title(English)	A study of multi-layered membrane filters made of catalyst particles for a passive after-treatment system
著者(和文)	SUTEERAPONGPUNTeerapat
Author(English)	Teerapat Suteerapongpun
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12530号, 授与年月日:2023年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:花村 克悟,平井 秀一郎,店橋 護,野崎 智洋,佐藤 進
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12530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

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		Teerapat Suteerapongpun	
			氏名	職名		
論文審査 審査員	主査		花村 克悟	教授	佐藤 進	准教授
	審査員		平井 秀一郎	教授		
			店橋 護	教授		
			野崎 智洋	教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「A study of multi-layered membrane filters made of catalyst particles for a passive after-treatment system(パッシブ後処理システムに向けた多層触媒粒子メンブレンフィルターの研究)」と題し、全6章より構成されている。

第1章「Introduction(緒論)」では、現在のガソリンエンジンの後処理においてウオッシュコート三元触媒(WC-TWC)フィルターとガソリン微粒子フィルター(GPF)が独立しているため大きな容積を必要とすることや、ススが主成分の微粒子の初期捕集効率も低いなどの課題を指摘し、本研究では TWC 粒子メンブレン層とカリウム触媒(K-cat)粒子メンブレン層を用いた四元触媒フィルターの開発を目指し、この多層メンブレンフィルターにおけるスス捕集過程やスス酸化過程および三元触媒活性を明らかにすることが目的であることを述べている。

第2章「Numerical simulation of membrane fabrication and soot trapping(メンブレン製作過程およびスス捕集過程の数値シミュレーション)」では、従来 GPF においてスス粒子が表面空孔の狭い流路の壁面にそのブラウン運動により高い確率で捕捉され、このスス粒子により飛来するスス粒子が捕捉されることが繰り返されることにより架橋形成が進み、形成完了時にフィルター前後の圧力損失上昇率が最も高くなることを示している。この原理に基づくと TWC 粒子メンブレン層を製作する場合には空塔速度が遅いほど TWC 粒子が表面空孔入口近傍に堆積し低圧力損失となること、かつおよそ 50 μm 厚のメンブレン層においてスス初期捕集効率はほぼ 100%となることを示している。

第3章「Numerical design of granular support for three-way catalyzed solid-and porous-particles membrane filters(中実およびポーラス三元触媒粒子メンブレン支持構造の数値デザイン)」では、従来 GPF の 3次元構造データを取得し、これを伸縮あるいは厚みを変えた基材に 1~2 μm 径の TWC 粒子メンブレンを製作することにより、およそ 12 μm 空孔径および 30 μm 厚みの GPF 基材を用意することで全体の圧力損失が最も低減できることを明らかにしている。また 350 nm 径の空孔を有するポーラス TWC 粒子を用いることによりさらに圧力損失を低減できることを示している。

第4章「Soot oxidation on catalytic membrane(触媒粒子メンブレンによるスス酸化)」では、K-cat 粒子メンブレンにより、その表面に捕集されたススが直接接触および活性化酸素拡散による 2段階の温度域において酸化されることを明らかにしている。その初期酸化温度は 476 $^{\circ}\text{C}$ であり、通常のスス酸化温度 600 $^{\circ}\text{C}$ 前後に比べて低温化されていることを示している。

第5章「Multi-layer catalyzed membrane for a passive four-way catalytic converter (FWC)(パッシブ四元触媒粒子フィルターに向けた多層触媒粒子メンブレン)」では、K-cat 粒子メンブレンと TWC 粒子メンブレンを重ねた四元触媒粒子フィルターを製作し、420~500 $^{\circ}\text{C}$ の温度域、および空気-燃料量論比からわずかに燃料過剰な条件において、一酸化炭素(CO)および一酸化窒素(NO)の同時浄化率が 80%に達することを示している。一方、スス酸化においては酸素不足となるためアクセルオフ(Fuel-cut)操作の際に導入される空気により酸化する操作が必要となることを示している。

第6章「Conclusions(結論)」では、本研究で得られた結論を総括している。

以上を要するに、本論文は TWC 粒子および K-cat 粒子多層メンブレンフィルターにより従来に比べて同程度の CO 酸化率と NO 還元率ならびに低温域のスス酸化を行うことが可能となり、かつスス初期捕集率がほぼ 100%となることを示すなど、次世代のガソリンエンジン排ガス処理方法の開発に向けた新たな知見を得ていることから、工学上および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な価値を有するものと認められる。