

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	多機能触媒微粒子メンブレンフィルターの開発
Title(English)	Development of multi-functional catalyst particles membrane filter
著者(和文)	藤井慎平, 花村克悟
Authors(English)	Shinpei Fujii, Katsunori Hanamura
出典(和文)	ENGINE REVIEW, Vol. 13, No. 2,
Citation(English)	ENGINE REVIEW, Vol. 13, No. 2,
発行日 / Pub. date	2023, 1
権利情報 / Copyright	(c) 2023 公益社団法人自動車技術会

著者の皆様へ

ご執筆いただいた記事は、Web 掲載されます。そのため、スマートフォンでの閲覧を想定し、本フォーマット(文章 1800 以内 + 図表+動画)でご執筆いただけますようお願いいたします。  
動きのあるものの説明は動画を用いると読者の理解の助けになるので、是非ご利用を検討ください

Vol.10 No.6

## 多機能触媒微粒子メンブレンフィルターの開発

Development of multi-functional catalyst particles membrane filter

藤井 慎平, 花村 克悟 (東京工業大学)

Shinpei Fujii, Katsunori Hanamura (Tokyo Institute of Technology)

### アブストラクト

全ての内燃機関の後処理法として、機能を有する微粒子により構成されるメンブレンフィルターを提案している。ここではその 1 例として、三元触媒粒子メンブレンフィルターの製作を試みた。公称粒子径 200nm の三元触媒微粒子の懸濁水を超音波噴霧器により霧化させ乾燥させると、その水滴に含まれる微粒子が凝集し 1~2 ミクロン径の球状三元触媒粒子が浮遊する。それを既存フィルターに堆積させ三元触媒メンブレンフィルターが構成される。これを表面空隙堆積後に一旦焼成、その後ケーキ層堆積後に焼成するといった 2 段階焼成により強固な三元触媒メンブレンフィルターが製作できることを明らかにした。

### 三元触媒粒子メンブレンフィルターの製作過程とスス捕集過程

#### 凝集三元触媒粒子の生成方法

図 1 には、三元触媒粒子メンブレンを製作する実験装置の概略を示す。平均粒径 200nm の三元触媒粒子の懸濁水を容器に入れ超音波噴霧器により水滴をキャリアガスである空气中に浮遊させる。さらに希釈ガス(空気)と合流し管状加熱炉に導かれそこで水分が蒸発することにより、最終的には三元触媒微粒子のみが凝集する。この水滴 1 個に含まれる三元触媒ナノ粒子の数により凝集後の粒子サイズが制御される。懸濁水の三元触媒粒子 20wt%においては平均粒径が 1.6 $\mu\text{m}$  程度となる。この浮遊した三元触媒微粒子は、従来基材の GPF へ導かれ、粒子状物質(PM)が堆積されるようにメンブレン層を形成する。

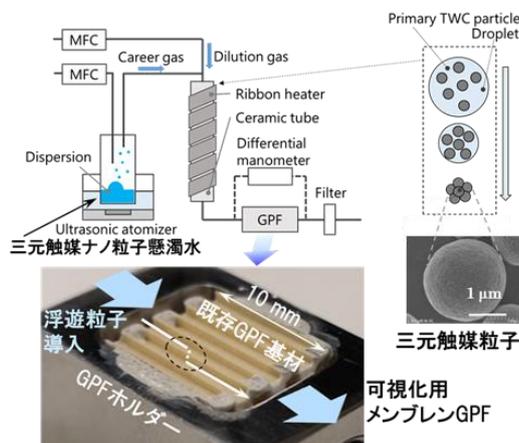


Fig. 1 凝集三元触媒粒子の生成方法

# ENGINE REVIEW

## 凝集三元触媒粒子によるメンブレンフィルターの製作過程

図 2 には、三元触媒メンブレンフィルターの SEM 像と製作過程におけるフィルター前後の圧力損失上昇の時間経過を示す。メンブレン層をエポキシ樹脂にて包埋し断面を研磨することにより、その SEM 像から空隙率を算出すると 59%であった。また、図 2 右側の圧力損失上昇の時間経過から、従来基材にススが捕集される際の圧力損失上昇と同じように、時間とともに初期から 300 秒までは三元触媒粒子による架橋が形成されていることが理解できる。その後およそ 700 秒までは表面空隙内に三元触媒粒子が堆積している。そして線形に圧力が上昇しているところでは微粒子によるケーキ層が形成されていることが理解できる。

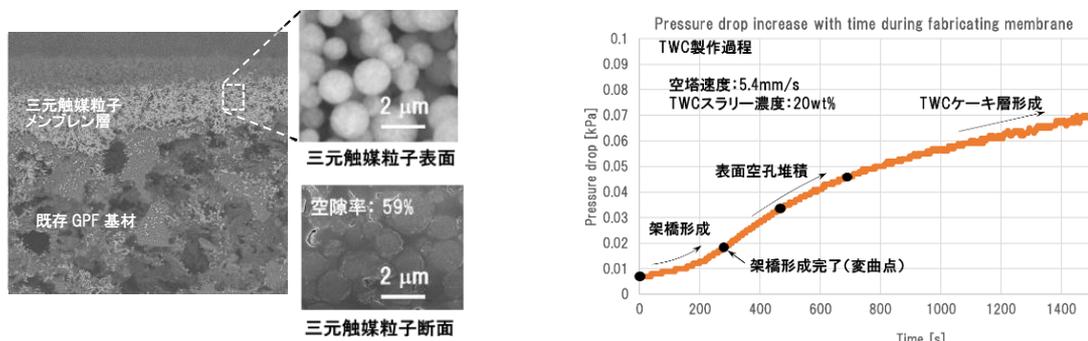


Fig. 2 三元触媒粒子メンブレンフィルターの製作過程

## 2 段階による焼成過程

図 3 には、三元触媒メンブレン層の焼成方法を示す。図 2 にて説明したように圧力損失上昇から三元触媒粒子の堆積量を把握することができる。そこで図 3 左上に示したように、表面空隙堆積が完了した時点で一旦焼成する(1 段階目焼成)。焼成方法は図 3 右上の 700°C、4 時間保持とした。その後さらに三元触媒粒子をケーキ層まで堆積させ、同じプロセスにて焼成する(2 段階目焼成)。これにより、ジルコニアやセリアを含む三元触媒粒子と基材の熱膨張率が数倍ほど異なることによる焼成時の破損を回避することができる。この 2 段階焼成法により、図 2 右下に示したように三元触媒粒子メンブレンを製作することができる。

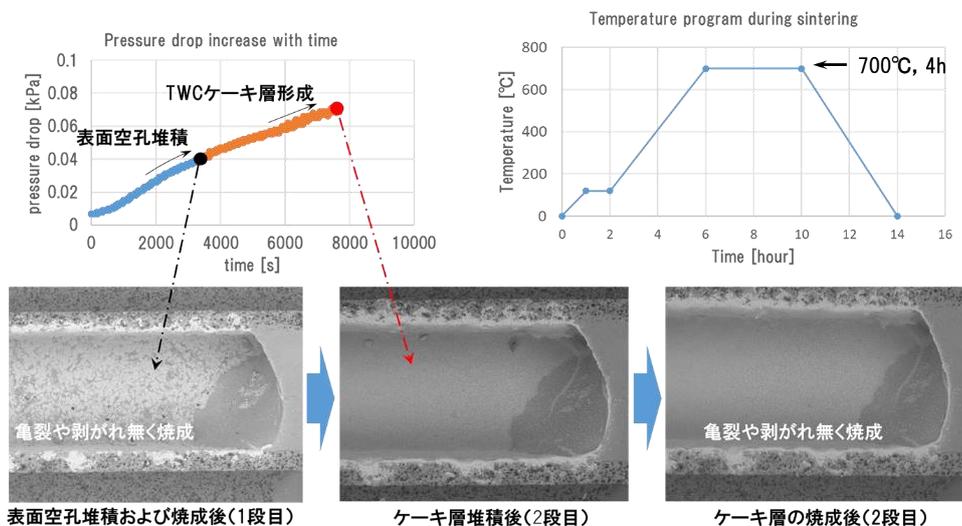


Fig. 3 2 段階焼成法

# ENGINE REVIEW

## メンブレンフィルターによるスス粒子捕集過程の電子顕微鏡タイムラプス可視化

図 4 には、三元触媒粒子メンブレンフィルターによるスス捕集過程の電子顕微鏡タイムラプス可視化像とその時の圧力損失上昇を示す。ここでススは炭素粒子発生器(DNP digital2000, Palas)を用いて導入されている。捕集開始から 20 秒後には中央の 1~2 $\mu\text{m}$  径の表面空孔にススによる架橋が観察できる。30 秒後にはそれが塞がれ、50 秒後にはケーキ層に移行している。このため、従来に比べて、右下に示したように初期圧力損失は高いがスス捕集が進むにつれて低くなることが示されている。

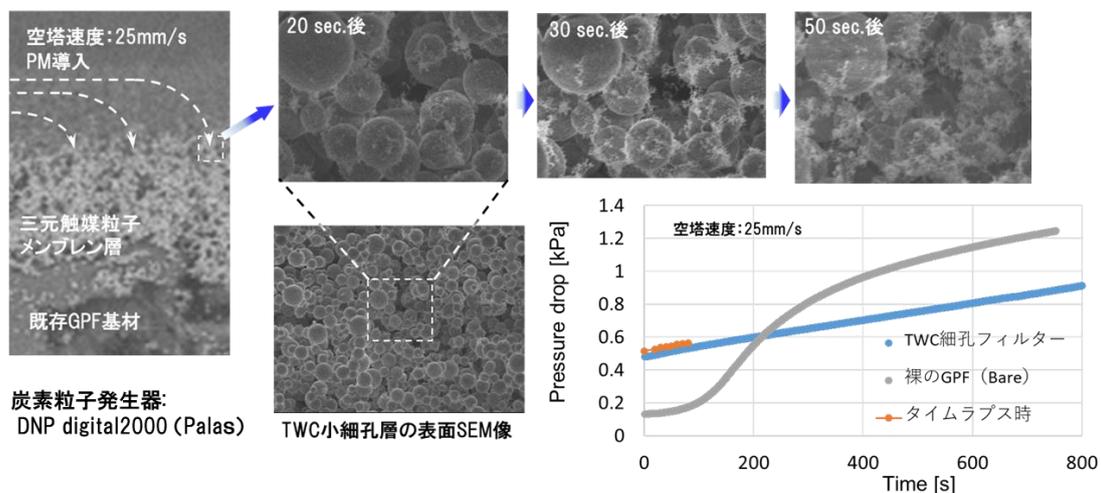


Fig. 4 三元触媒粒子メンブレンフィルターによるスス捕集の電子顕微鏡タイムラプス可視化と圧力損失上昇

## まとめ

ここでは従来の三元触媒微粒子を用いてメンブレンフィルターを構築することができた。三元触媒機能とスス捕集機能を一体化したこのフィルターは、低圧力損失であるとともに初期から捕集率ほぼ 100%を示し、わずか 40 $\mu\text{m}$  厚のメンブレン層においても従来にほぼ等しい浄化性能を有することが別途示されている。三元触媒のみならず、目的に応じた素材を使いかつ異なる機能を有する微粒子メンブレンを積層するなど柔軟な構成を可能にする。多様な燃料や内燃機関に合わせた利用方法の系統的な活用が期待される。

## 【参考文献】

- 1) Teerapat Suteerapongpun, Katsunori Hanamura. Numerical simulation of soot trapping process and manufacturing of three way catalyzed membrane filter, International Journal of Automotive Engineering, Vol. 13, No. 2, pp. 38-45 (2022).
- 2) Shun Nakajima, Ryoko Sanui, Katsunori Hanamura. Soot Trapping by High-permeability Porous Membrane Filter Made of Aggregates of Alumina Nanoparticles, International Journal of Automotive Engineering, SAE of Japan, Vol. 8, No. 3, pp. 105-111, (2017).

## 【さらに学びたい方へ】

- (1) Ryoko Sanui, Katsunori Hanamura. Electron microscopic time-lapse visualization of surface pore filtration on particulate matter trapping process, J. of Microscopy, Vol. 263, pp. 250-259, 2016.
- (2) Ryoko Sanui, Katsunori Hanamura. Scanning electron microscopic visualization of bridge formation inside the porous channels of diesel particulate filters, SAE Int. J. Fuels Lubr. 9(3), pp.725-733, 2016.