

排気ガスに含まれる VOC 分解用 Fe-Pt/Al₂O₃触媒の開発

Development of Fe-Pt/Al₂O₃ catalyst for decomposing oxidation of VOC contained in waste gas

綱島麻由子¹⁾
指導教員 北折典之¹⁾

1) 東京工業高等専門学校 物質工学専攻 無機機能性材料研究室

キーワード : *Iron oxide, Spherical aluminum oxide, Combustion catalysts, VOCs, Platinum*

1. 緒言

印刷工場では多くの有機溶剤を使用するため、VOC(Volatile Organic Compounds)ガスが発生する。VOC は健康被害や悪臭などの公害の原因であり、それらを含む排気は法令によって処理が義務付けられている。処理方法として、触媒燃焼法が一般に用いられている。触媒燃焼法を用いることで、VOC を二酸化炭素や水などの無害な物質に変換することができる。その触媒には、球状アルミナを担持体とした白金触媒が用いられる。白金触媒は分解性能が高い一方で、材料コストが高いことが課題である。そこで本研究では、安価な鉄化合物を主成分とした触媒の開発を試みた。担持体に球状アルミナを用いて、鉄触媒を 2 種類の方法で作製した。一つは、硫酸鉄水溶液を用いた通常の含浸法によって作製した。もう一方は、担持体の浸漬時、過酸化水素を添加することで鉄化合物を担持体に酸化固定させた。作製した触媒の性能を測定したところ、触媒性能は後者の過酸化水素を用いて作製した方が高いことが分かったが、市販の白金触媒には及ばなかった。そこで、後者の触媒に白金を微量に添加することで性能向上を図った。その結果、白金触媒と同等の性能を持つ触媒を得た。この触媒の材料コストは、市販の白金触媒と比較して約 90% 減少した。この結果を受け、鉄化合物に白金を微量に添加した触媒を 70L 量産し、印刷工場で使用した。それによって、作製した触媒を用いて実際に印刷工場の排ガスに含まれる VOC が分解可能であることを確かめた。

2. 実験

2-1. 鉄化合物を主成分とした触媒の作製

担持体は径が 5 mm の球状アルミナ(日揮ユニバーサル)を使用した。一つは、硫酸鉄水溶液に担持体を 5 分間浸漬させ、固液分離し、100°Cで乾燥させた後 500°Cで 2 時間焼成して触媒を得た。もう一方は、硫酸鉄水溶液に担持体を 5 分間浸漬させ、過酸化水素を添加することによって鉄化合物を酸化固定させた。その後固液分離し、100°Cで乾燥して触媒を得た。鉄化合物に白金を微量に添加した触媒は、過酸化水素の添加によって作製した触媒を乾燥前に、ジニトロジアミン白金硝酸溶液に 1 日間浸漬し、乾燥して得られた。

2-2. 触媒の性能評価

性能評価は酢酸エチルを用いた。環状炉で加熱した触媒層に、約 5000 ppm の酢酸エチルガスを流量 3 L/min で通気し、触媒通過前後の空気をガスクロマトグラフィーにより分析した。処理温度を 250°Cから 400°Cの範囲で変化させて、市販品白金触媒(日揮ユニバーサル)と比較することによって、作製した触媒の性能を評価した。また、鉄化合物に白金を微量に添加した触媒を 70L 作製し、実際の印刷工場に設置して性能を評価した。評価には臭気センサー(新コスモ電気、XP-329IIIR)を用いた。触媒温度は 350°Cであった。

3. 結果および考察

焼成によって得た鉄触媒と、過酸化水素の添加によって得た鉄触媒の評価結果を Fig. 1 に示す。横軸が触媒温度、縦軸が触媒層通過後の酢酸エチ

ルガス(5000 ppm)の分解率である。触媒温度 330°C では、焼成によって得た鉄触媒は分解率が 96% であるのに対し、過酸化水素の添加によって得た鉄触媒は分解率 100% である。さらに、触媒温度が低下するにつれ、両者の酢酸エチルの分解率の差が開いていくことがわかる。両者を比較すると焼成によって得た鉄触媒より、過酸化水素の添加によって得た鉄触媒の性能が高い。Table1 に両者の鉄触媒の表面の SEM 画像を示す。画像左側の焼成によって得た鉄触媒の表面は平坦であるのに対し、右側の過酸化水素の添加によって得た鉄触媒表面には数 100 nm 程度の粒子が存在している。さらに、触媒表面の BET 比表面積測定を行った。その結果を Table 1 に示す。焼成によって得た鉄触媒は 145 m²/g、過酸化水素の添加によって得た鉄触媒は 171 m²/g であった。一般に触媒は比表面積が増加するにつれ活性サイトができやすい¹⁾。過酸化水素の添加によって得た鉄触媒は、表面に数 100 nm 程度の微粒子が存在し、それによって比表面積が大きく、活性点が一方より多いため触媒性能が高いと考えられる。しかしながら、鉄触媒の性能は市販の白金触媒には劣る。そこで、過酸化水素の添加によって得た鉄触媒に白金を微量に添加して、性能向上を図った。白金の添加量は市販の白金触媒に使用されている 1/20 である。その結果市販の白金触媒と同等の性能を持ち、コストの低い触媒を得ることができた。

実験系での触媒性能評価の結果より、70L の鉄化合物と白金が担持された触媒を用いて印刷工場にてテストした。触媒通過前後のガスの臭気を臭気センサーで測定した結果を Fig.2 に示す。触媒通過前は測定値が 985 を示したのに対し、触媒設置日 2020.04.08 に測定した触媒通過後には 3 回の平均測定値が 293 を示した。それから 84 日経過した 2020.06.30 に測定し、測定 2 回の平均測定値が 269 を示した。この結果より、鉄化合物を主成分とする触媒を用いて、印刷工場の排気の悪臭が 7 割以上減少した。この性能は印刷工場で使用可能であり、現在も使用を継続しており、経過を観察する予定である。

Table 1 BET specific surface area and SEM images of the catalyst surface

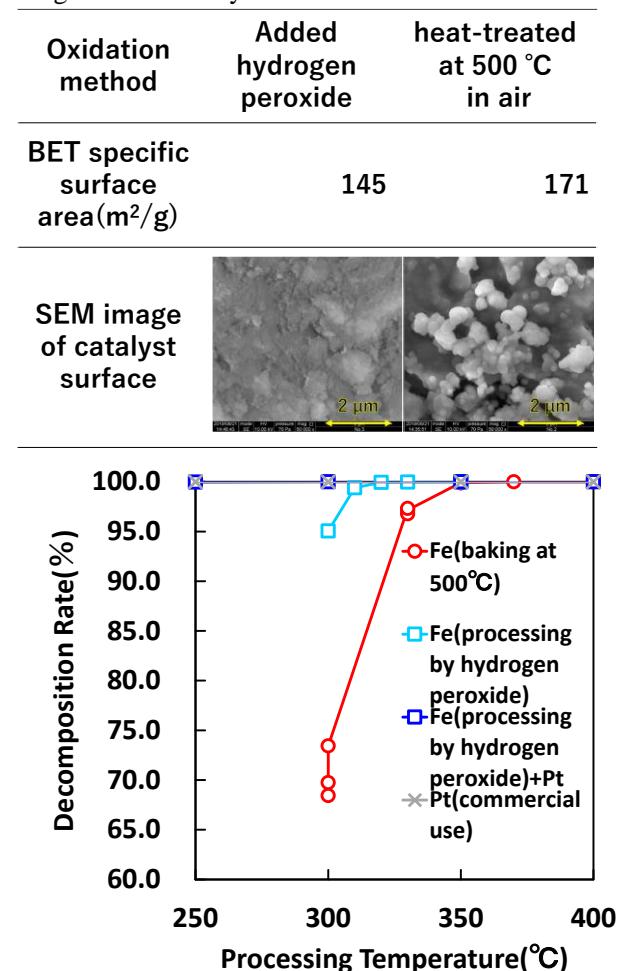


Fig. 1 Ethyl acetate decomposition rate of Fe-Pt/Al₂O₃based catalyst and commercially available platinum catalyst with processing temperature

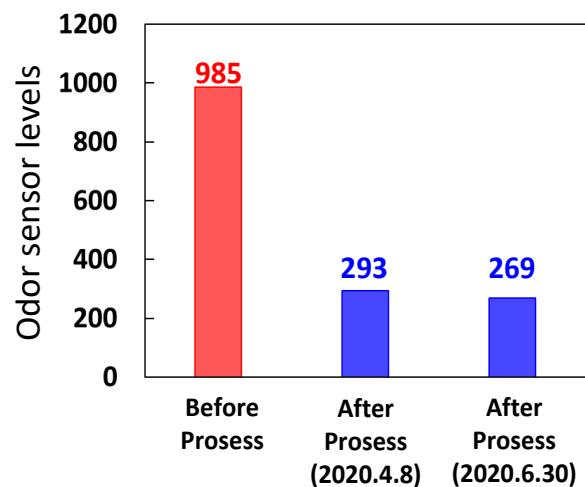


Fig. 2 Effect of Fe-based catalyst on odor levels

参考文献

- 1) 菊池英一ら, 新版 新しい触媒化学, 三共出版, p157 (2013)