

ナノ光触媒エアロゾルによる大気汚染物質分解特性の検討

金沢大学大学院自然科学研究科

池田 秀樹

金沢大学工学部

福本 将秀

金沢大学大学院自然科学研究科

畑 光彦

金沢大学大学院自然科学研究科 正会員 古内 正美

1. はじめに

現在、有害化学物質による環境汚染は年々深刻さを増し、有害ガス状物質(多環芳香族炭化水素(PAHs)や揮発性有機化合物(VOCs)など)は毒性が高く健康影響が懸念されている。PAHs や VOC はディーゼル車の排ガス、建物の建材、タバコ煙等から発生し、外気のみならず一般家庭の室内空気汚染も問題になっており、その濃度範囲の広さに対応できる効果的な分解除去技術の確立が、緊急の課題となっている。

著者らは、ナノ光触媒エアロゾルおよび超音速流れ場を利用した高速分解手法が、空気中のガス状・粒子状 PAHs を効果的に分解可能なことを確認している。この方法は、断熱膨張で得られる超音速流れ場中では、ガス・蒸気状物質の過飽和度が非常に高くなることを積極的に利用し、気流中に核として浮遊させたナノ光触媒粒子表面に有害ガス状物質を強制的に集中させ、紫外線(以下 UV)照射による光触媒反応で高速分解するものであるが、以下では、UV 強度と光触媒粒子濃度が大気中の PAHs 分解特性に及ぼす影響について実験的な検討を加えた結果について報告する。

2. 実験装置

実験装置の概要を Fig.1 に示す。

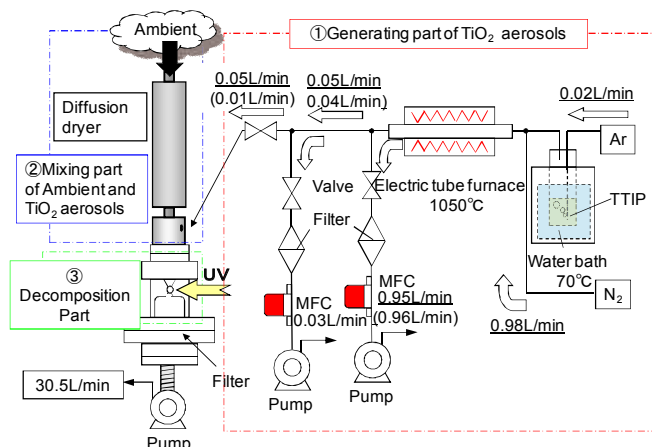


Fig.1 Schematic diagram of experimental

本研究で用いる装置は、①ナノ光触媒エアロゾル発生部、②大気・ナノ光触媒エアロゾル混合部、③超音速流れを利用した分解部で構成される。

①ナノ光触媒エアロゾル

N_2/Ar 混合気中に同伴させたチタン・アルコキシド (Titanium Tetraisopropoxide (以下 TTIP)) 蒸気を、約 1000 °C に保持した管状炉中で加熱分解し、平均粒子径約 10 nm、幾何標準偏差 1.34 の単分散に近いナノ TiO_2 粒子を生成した。

②大気・ナノ光触媒エアロゾル混合部

乾燥管(Diffusion dryer)で乾燥させた大気エアロゾル(相対湿度を 20%以下)を生成したナノ光触媒エアロゾルと混合した。

③超音速流れを利用した分解部

短形断面ラバールノズル (透明アクリル樹脂製、スロート部幅 1mm、長さ 50mm、出口幅 10mm、奥行 2.5mm) によってマッハ数約 2 の超音速に加速し、スロート部下流の超音速域のノズル側壁から UV(波長 365nm)を照射する。分解部下流には粒子捕集用フィルタホルダを設置した。

3. 実験方法

生成開始後 2 時間以上保持して安定な TiO_2 エアロゾル粒子生成が行われているのを確認した上で、大気エアロゾルとの混合および UV 照射を開始し、UV 照射済み粒子を恒量済の石英繊維フィルタ (PallFlex, 直径 150 mm) 上に捕集した。粒子採取時間は 120 時間とした。さらに、大気エアロゾルの代表特性を把握するため、分解実験に連続する日の大気エアロゾル粒子を UV 未照射条件で捕集した。照射 UV 強度は 1~5 mW/cm^2 の範囲で設定した。また、UV 強度を一定 (5 mW/cm^2) として、光触媒粒子濃度を 190~420 $\mu g/m^3$ の範囲で変化させた。

分解実験および大気エアロゾル捕集後、フィルタに捕集された粒子を、エタノール/ベンゼン混合液中

で超音波抽出し、減圧乾固した後、HPLC(超純水—アセトニトリル移動層)を用いて PAHs15 成分(Nap, Ace, Fle, Phe, Ant, Flu, Pyr, BaA, Chr, BbF, BkF, BaP, DBA, BghiPe, IDP)を分析した。

4. 実験結果および考察

粒子質量当たりの PAHs 量の変化に基づく分解率を、2—3 環、4 環および 5—6 環の化合物別に計算した結果の一例を Fig.2 に示す。ただし、UV 強度をパラメータとした。4 環以下の化合物の分解率は、いずれの強度でも 90%以上の高い値を示し、TiO₂ ナノ粒子を核とした光触媒反応面へのガス・蒸気状成分の集中と効率的分解が行われていることが推測される。また、5—6 環成分は主に固体状で存在するにも関わらず、UV 強度が高い場合(5mW/cm²)に相当割合が分解している。この理由は現時点では明確ではないが、活性化した光触媒粒子と大気エアロゾル粒子の直接接触による分解が超音速ノズル内で若干生じており、それが UV 強度増加で促進された可能性がある。

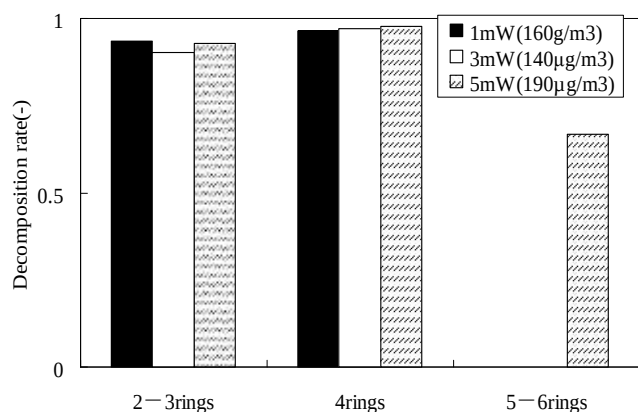


Fig.2 Effect of UV strength on decomposition rate

Fig.3 に示すように、実験条件の範囲では、光触媒粒子濃度が PAHs 分解率へ及ぼす影響は、いずれの化合物でも少ない。ただし、設定した粒子濃度は、いずれも本実験系で起こし得る上限の光触媒反応速度に達している可能性があるため、少なくとも一桁程度低い粒子濃度でその影響を検証する必要があると考えられる。

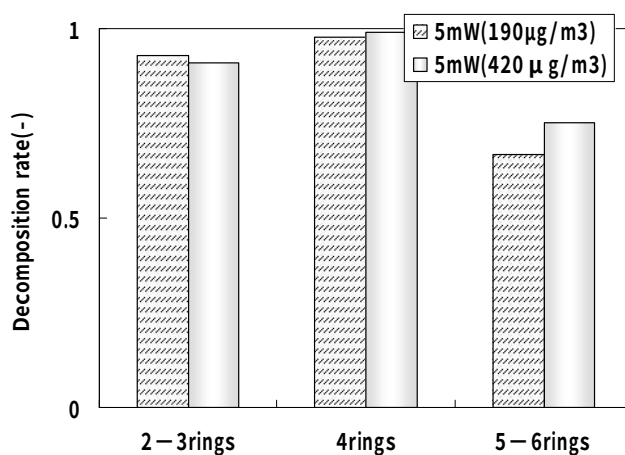


Fig.3 Effect of photocatalyst particle concentration on decomposition rate

4. まとめ

- 1) 照射 UV 強度と導入する光触媒粒子濃度を検証した結果、いずれの UV 強度でもガス状を主成分とする 4 環以下の PAHs 化合物の分解率は 90%を越える一方、UV 強度が高い条件(5mW/cm²)で固体状の 5—6 環成分も分解されることが確認された。
- 2) 本実験条件の範囲では、光触媒粒子濃度の影響は少なかった。

謝辞：本研究は平成 18-19 年度科学研究費・萌芽研究（課題番号 18651035）で実施されたものである。記して謝意を表する。