

ナノ光触媒エアロゾルの超音速流れを利用したガス状汚染物質の分解

金沢大学大学院自然科学研究科

谷内 舞

金沢大学工学部

鳥畑 尚吾

金沢大学大学院自然科学研究科

坂野 貴子

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

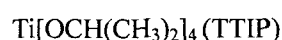
有害化学物質による環境汚染は年々深刻さを増し、中でも有害ガス状物質(PAHs, VOCs など)の除去方法の確立は緊急の課題となっている。PAHs, VOCs などの有機化合物は毒性が高く、ディーゼル排ガスや塗料等から発生する。このため、大気のみならず一般家庭・作業環境等室内空気汚染も問題となっており、汚染形態は多岐にわたる。処理方法としては、吸着による回収、燃焼や光触媒による分解などがあるが、希薄から高濃度まで広いレンジに対応する処理方法が存在しない。

著者ら¹⁾は、大気エアロゾルをラバールノズルで加速して超音速流れ場下に置くと、断熱膨張による急激な圧力・温度低下によって非常に高い過飽和状態になるため、微量ガス成分であっても浮遊粒子を核として凝縮・粒子化することを実験的に明らかにした。本研究では、この現象を積極的に利用したダイナミックレンジの広い新しい環境浄化技術として、核となる粒子をナノ光触媒粒子としてガス状汚染物質を超音速流れ場で光触媒表面へ集中・高速分解する手法を提案し、その基礎的特性に検討を加えた。

2. 実験方法および分析方法

実験装置の概略を Fig.1 に示す。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汚染物質分解部で構成される。以下に、各部の詳細を説明する。

- ①ナノ光触媒エアロゾル発生部：70℃に加熱した Ti アルコキシド（チタニウムテトライソプロポキシド (TTIP)）に Ar ガスを通気して得た TTIP 蒸気 (0.02L/min) と N₂ ガス (0.98L/min) の混合ガス (1L/min) を約 1,050℃に保った管状電気炉中を通して加熱し、以下の反応で TiO₂ ナノ粒子を得た。



生成したエアロゾルの一部を混合部 (②) へ導入して大気と混合した。

- ②大気・ナノ光触媒エアロゾル混合部：大気エアロゾルを乾燥管（ディフュージョンドライヤ）に通し、湿度を 40%以下にした後に、生成されたナノ光触媒エアロゾルと混合した。大気エアロゾル/TiO₂ 粒子質量比を 1 : 2 の混合比で調整した。

- ③超音速流れを利用した汚染物質分解部：②で得られた混合エアロゾルを透明アクリル製矩形断面ラバールノズルで約マッハ 2 の

超音速に加速し、ノズル側壁から紫外線（波長 365nm 強度 0.1mW/cm²）を照射する。分解部下流には粒子捕集のためのフィルタが設置できるようになっている。

光触媒の効果を比較するため、大気エアロゾルのみ、および大気エアロゾル・光触媒エアロゾル混合気

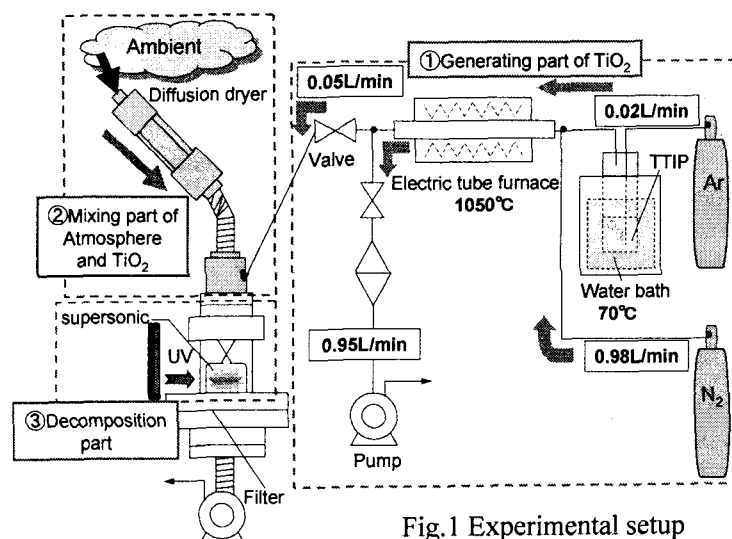


Fig.1 Experimental setup

UV 照射した状態のサンプリングを行った (30.5L/min、5 日間)。光触媒反応で分解される可能性のある大気中汚染物質として、半揮発性から固体状まで種々の固気比率を持つ多環芳香族炭化水素 (PAHs) に着目して検討した。分解部下流に設置した石英繊維フィルタ (ADVANTEC QR-100) 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、減圧乾固したのち HPLC (超純水-アセトニトリル移動相) 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。

3. 結果と考察

大気エアロゾル中の PAHs 成分と、ナノ光触媒エアロゾルを混合した場合の PAHs 成分の捕集粒子中の PAH 各成分の質量比率を Fig.2 に示す。また、各 PAH 成分の分解率を Table 1 に示す。紫外線強度が低いにもかかわらず、4 環以下の PAHs 成分では、最大 100% の場合も含めて光触媒反応によると考えられる大幅な濃度減少がみられた。しかし、環数が増加すると分解率は低下する傾向があり、6 環の化合物ではほとんど効果がない。元々固体で存在する PAHs が分解するためには、混合エアロゾル粒子が凝集体を形成し、反応部である光触媒粒子表面の OH ラジカルに直接接触する必要があると考えられるが、本実験条件下では UV 照射エリア内では凝集体を形成する可能性が低いと考えられる。

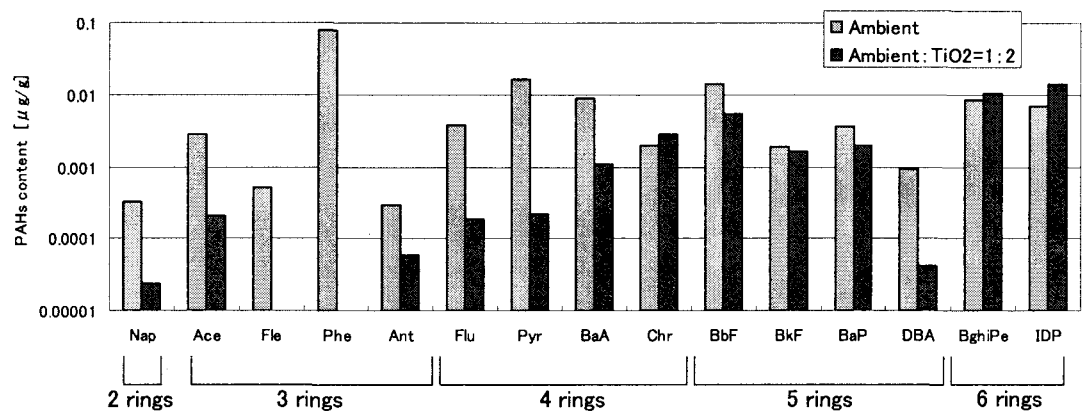


Fig.2 The content of PAHs in sampled particulate matter

Table 1 Decomposition rate of PAHs

PAHs	Nap	Ace	Fle	Phe	Ant	Flu	Pyr	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	DBA	BghiPe	IDP
The rate of decomposition(%)	92.6	92.6	100.0	100.0	80.5	94.9	98.7	88.3	0.0	62.7	16.1	45.6	95.4	0.0	0.0

4. まとめ

ナノ光触媒エアロゾルと大気エアロゾルの混合エアロゾルで超音速流れを形成し、超音速流れ場中で光触媒反応を生じさせながら大気エアロゾルサンプリングを行った結果、低沸点 PAHs 成分濃度が大幅に減少することが示された。この結果から、本手法によるガス状汚染物質の高効率分解の可能性が期待されるが、その効果を詳細に検討するため、TiO₂粒子濃度や紫外線強度などを変化させたサンプリングを行う予定である。

引用文献

1) 古内正美ら, エアロゾル研究, 20, 2, 135-142 (2005)
2) S.Rodriguez et al., J.Air Waste Manag Assoc., 54, 2, 149-156 (2004)