

# 厚生労働科学研究費補助金

## 労働安全衛生総合研究事業

最適必要排風量と光触媒を用いた効率的な有害物質  
発散防止システムの構築に関する研究

平成15年度 総括研究報告書年

主任研究者 名古屋俊士

平成16年(2004)年4月

## 目 次

I. 総括研究報告	
最適必要排風量と光触媒を用いた効率的な有害物質 発散防止システムの構築に関する研究 名古屋俊士	1
II. 研究成果の刊行に関する一覧表	5

厚生労働科学研究費補助金（労働安全総合 研究事業）  
（総括） 研究報告

最適必要排風量と光触媒を用いた効率的な有害物質発散防止システムの構築に関する研究

研究者 名古屋俊士 早稲田大学工学部 教授

研究要旨

現在一般的に使用されている各種局所排気装置の必要排風量を求める計算式に、工学的な手法と経済性を加味した最適必要排風量の一般式を求めることは、必要以上の排風量で有害物質を吸引しないので省エネにもなる。また、プッシュプル換気装置においても経済性を考慮した捕捉面速度と流量比の関係を求めることは、省エネにもなり労働安全衛生マネジメントを構築した作業環境作りを実施するためには不可欠なことと考える。さらに、必要以上の排風量での吸引は、フード等で吸引した有害物質の後処理に掛かる費用に対しても負担となる。後処理費の負担軽減のためには、有害物質の処理に関しても環境のやさしい浄化と省エネを考慮した後処理法の開発が必要である。

A 研究目的

本研究ではプッシュプル換気装置の捕捉面風速、流量比及びプッシュプル間距離の関係から、経済性に優れた必要排風量を求めることを目的に実験を行った。また、捕集された有害化学物質の後処理法として、現在省エネで且つ環境浄化触媒として注目を集めている光触媒に注目し、パッチ式分解装置を用いて市販の粉末光触媒によるトリクロロエチレンの分解実験を行った。その後、実用性を考慮した小型流通式分解装置を作製し、トリクロロエチレンの分解実験を行った。従来のパッチ分解装置と同様に、流通式分解装置においてもトリクロロエチレンを分解することが出来た。

B 研究方法

1) プッシュプル換気装置の漏洩濃度から求めた捕捉面速度と流量比の関係

実際に作製した小型プッシュプル型換気装置（口径20×20cm）を稼働させ、効率よく汚染物質を排除するための指針作りを行った。効率の良さというものを今回は特に、「必要な作業空間を確保した上でい

かに低風量で汚染物質を排除できるか」と定義した。その評価は発散させた有害化学物質の漏洩濃度により評価した。漏洩濃度測定では漏洩に影響を与えるファクターとして、捕捉面風速、プッシュプル流量比、プッシュプル間距離を用いることとし、3者の関係性を調べた。

2) 各種粉末光触媒によるトリクロロエチレンの分解

11種のTiO<sub>2</sub>粉末光触媒を用いてパッチ式分解装置によるトリクロロエチレンの分解実験を行った。トリクロロエチレンを定濃度発生装置からパッチ式分解装置に入れ、密封した後、紫外線を照射して、トリクロロエチレンの分解状況を経過時間ごとに分解容器内の濃度を求め、分解率を求めた。

C 研究成果

1) プッシュプル換気装置の漏洩濃度から求めた捕捉面速度と流量比の関係

作製した小型プッシュプル型換気装置の捕捉面の位置で有害化学物質として約1500ppmのジクロロメタンを発生させた。プルフトから漏れた漏洩濃

度の判断基準を 1ppm とした。次に 捕捉面風速は低風速を中心に 0.20m/s、0.30m/s、0.40m/s とした。また、フッ素ノフル間距離を 30cm、45cm、60cm の 3 条件について実験した。

各実験結果より、フッ素ノフル間距離が長くなるに従って漏洩濃度は全体的に増える傾向が確認できた。フッ素ノフル吹き出し口から吹き出される気流は、押し流される距離が長いほど換気区域以外への拡散が多くなるために、有害物質はフルノートに到達する前に、換気区域から拡散されやすくなる。結果として、顕著にその傾向が出たものと思われる。

次に、捕捉面風速と流量比についての考察を行う。より効率よく汚染物質を抑制していくために、捕捉面風速を上げる、または流量比を上げる、またはの検討を行う。ここでは捕捉面風速 0.20m/s における流量比 2 倍の条件と 0.40m/s における 1 倍との比較を行った。比較する両者の値を結果より抜粋し作製した図を図 1 に示す。図中の左側の数値 0.2 は捕捉面風速であり、右側の数値 0.2 はフルノートに吸引される風速である。よって、この場合 0.3/0.40 より流量比は 2 倍となる。また、①から④は、漏洩濃度測定点である。図 1 より、両者の間に顕著な差が出た。効率よく抑制するためには流量比を的確に調整することか妥当であることが分かる。また、捕捉面風速と吸引風速の合計は共に 0.60m/s であったとしても、0.30/0.30 に比べて、0.20/0.40 の方が効率よく、漏洩濃度を抑制できていることも明らかとなった。

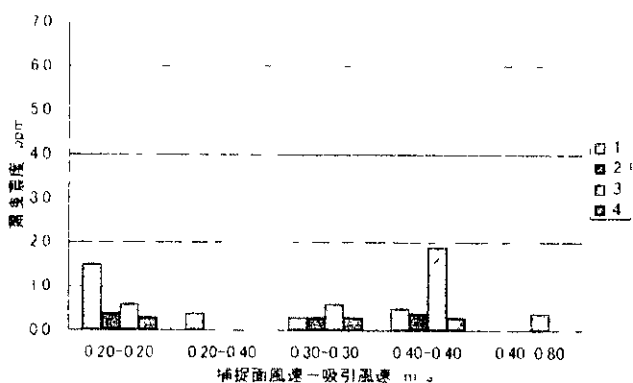


図 1 捕捉面風速とフッ素ノフル流量比の関係

各種条件における実験結果より、捕捉面風速、フッ素ノフル流量比、フッ素ノフル間距離と漏洩との

間にある関係性を調べることできた。

これによって、作業に必要な距離を決定した際に、捕捉面風速、フッ素ノフル流量比をどのように設定すれば効率よく抑制が行えるかについての知見を得ることかできた。実験結果のまとめたものを表 1 に示す。表における○印は漏洩濃度が 1ppm 未満を表し、×印は漏洩濃度が 1ppm を超えたときに記すものとする。

表 1 フッ素ノフル間距離、捕捉面風速、流量比との関係

フッ素ノフル 間距離	捕捉面風速 m/s	フッ素ノフル流量比		
		1 倍	2 倍	3 倍
30cm	0.20	×	○	○
	0.30	○	○	○
	0.40	×	○	○
45cm	0.20	×	○	○
	0.30	×	○	○
	0.40	×	○	○
60cm	0.20	×	×	○
	0.30	×	×	○
	0.40	×	×	○

今回の小型フッ素ノフル換気装置における実験条件では、フッ素ノフル流量比を 3 倍以上に設定すれば全ての条件で 1ppm 未満を満たすことかできることか分かった。捕捉面風速による漏洩の割合というものはあまり見られなかった。フッ素ノフル間距離が伸びると、一般に必要な流量比が増えることも確認できた。

## 2) 各種粉末触媒によるトリクロロエチレンの分解

11 種の  $TiO_2$  粉末触媒に関して、諸反応条件を吟味した上で流通式分解装置及びハンチ式分解装置によるトリクロロエチレンの分解実験を行い、その結果を比較検討した。

ハンチ式分解装置による分解諸条件を検討した結果、ハンチ式分解装置の反応容器内のトリクロロエチレン温度を上げて分解実験を行うと、その反応性

は同じとする。ただし、75℃の 때가最も反応性が高く、最適反応温度の有るか確かめられた。また、反応容器内のトリクロロエチレン湿度を上げて分解実験を繰り返すと、その反応性は同じとする。さらに、光触媒反応には分解のために表面吸着水が必要であるか、30%程度の湿度であれば十分に分解可能であることも明らかとなった。分解実験前の光触媒表面への紫外線照射時間を長くするほど、トリクロロエチレン分解反応の反応性は同じとする。さらに、紫外線ランプの波長に関しては、254nm よりも 365nm の方がトリクロロエチレン分解反応の反応性は高かった。いずれの TiO<sub>2</sub> 粉末光触媒もハンチ式分解装置における分解実験では触媒活性を有し、分解の程度の高さはあるかトリクロロエチレンを分解することか出来た。ハンチ式分解装置を用いて得られた分解条件を実用性に近づくために作製した流通式分解装置に応用を試みた。各種粉末光触媒による流通式分解装置を持ちいたトリクロロエチレンの分解結果の一例を図2に示す。図中のSAM等は粉末光触媒の製品略号である。図2より、DN-22Aは分解開始105分後で約50%の分解率であるが、他の5種類の粉末光触媒はほぼ85%~90%の分解率を示した。また、残り5種類の粉末光触媒においても、同様の結果が得られた。いずれの粉末光触媒試料においても、一定時間経過後に残存率は一定になり、それ以上の分解は進まないことも初めて明らかになった。

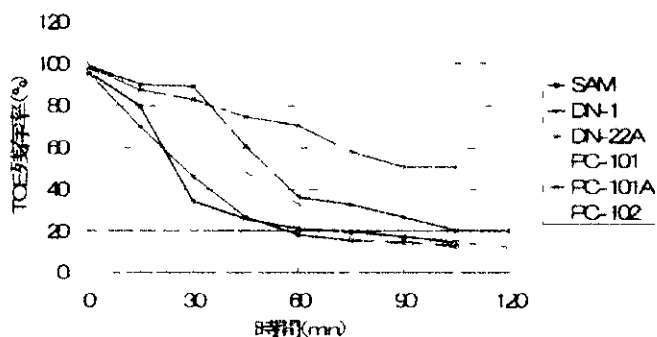


図2 各種粉末光触媒のトリクロロエチレンの分解

流通式分解装置を用いた分解実験においては、粉末光触媒の物性である結晶構造、電子顕微鏡による粒径、結晶サイズ、比表面積などはトリクロロエチ

レンの分解結果にほとんど影響を与えない。その例として、結晶構造と分解の関係を図3に示す。ただし、ピンク色はアナターゼ、青色はルチル、赤色はアナターゼとルチルの混合でアナターゼを多く含む、紫色はアナターゼとルチルの混合でルチルを多く含む粉末光触媒である。

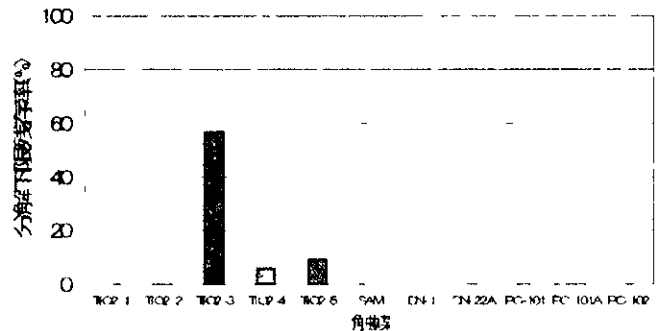


図3 結晶構造と分解下限値の関係

## 1) 考察

### 1) フォンデュフル換気装置の漏洩濃度から求めた捕促面速度と流量比の関係

フォンデュフル換気装置の場合、フォンデュフル気流を極流として吹き出した時、フォンデュフル気流により有る汚染物質は搬送されるか、フォンデュフル間距離が長くなるに従い、換気区域内に有る汚染物質を閉じこめておくことは難しく、有る汚染物質を換気区域外に出さなくするためのフル気流の働きが重要となる。そのため、捕促面速度と流量比の関係が重要であることが明らかとなった。特に、フォンデュフル気流流量とフル気流流量の総和が同じ場合、流量比が1:1であるより、捕促面に於ける速度を小さくしても流量比を大きくすることで、有る汚染物質の環境への漏洩を防止することか出来る。

### 2) 各種粉末光触媒によるトリクロロエチレンの分解

本研究で用いた11種類の粉末光触媒におけるトリクロロエチレンの流通式分解装置を用いた分解実験の分解結果からは、ハンチ式分解装置で得られた結果と同様、各試料の物性の影響をほとんど受けないことが分かった。また、同じ粉末光触媒試料において、ハンチ式分解装置による分解実験では、トリ

クロロエチレンと同様にジクロロエチレンでも結晶子サイズ、比表面積の影響を受け無いことが確認された。従って、光触媒による分解に関して、現場適用を考えた場合、ある有害化学物質の、ある物性による分解状況の影響を調べたい時には、パッチ式分解装置により得られた結果が実用性を考えて作製された流通式分解装置にも有効であると考えられる。

また、パッチ式分解実験で分解できたトリクロロエチレンは、流通式分解装置でも分解できることが確認できた。流通式分解実験では、各種粉末光触媒とも一定時間経過後にはそれ以上分解が進まなくなった。流通式分解装置では、この分解下限値が分解速度の指標となり、パッチ式分解装置ではある残存率に至るまでの時間及びある時間の残存率が指標になることが分かった。

実用化のためには、分解下限値を低くすることと分解下限値に至るまでの時間を短くすることが重要と考える。

## E 結論

### 1) プッシュプル換気装置の漏洩濃度から求めた捕捉面速度と流量比の関係

本研究により、捕捉面風速、プッシュプル流量比、プッシュプル間距離と漏洩との関係を調べることににより、捕捉面風速及び流量比との間には、うまく組み合わせることにより、有害化学物質が作業環境中へ漏洩せず、かつ、省エネが可能となる最適条件があることが明らかになった。このことは、捕捉面風速を上げることで有害化学物質の捕捉が可能と考えている現場の人々には、朗報となると考えられる。

### 2) 各種粉末光触媒によるトリクロロエチレンの分解

11 種類の  $\text{TiO}_2$  粉末光触媒を用いたパッチ式分解装置によるトリクロロエチレンの分解実験を行い、分解条件を検証した。その結果は実用実験のために作製した流通式分解実験に応用可能という知見を得られた。このことから、光触媒による有機ガス浄化システムを確立し、現場へ適用されることを期待できる。

## F 研究発表

### 1 論文発表

1) 久保田裕仁、名古屋俊士他 PUSH PULL 型換気装置の流量比に関する研究、作業環境、Vol24、No5 p 66、2003、作業環境測定協会

### 2 研究発表

1) 中澤広美、名古屋俊士 粉末光触媒を用いたトリクロロエチレンの気相光触媒反応、第 43 回日本労働衛生工学会抄録集、p 120、2003 年

2) 米持真一、名古屋俊士他 磁場中で作製した光触媒複合材料の酸化エチレン除去への適用性、第 43 回日本労働衛生工学会抄録集、p 130、2003 年

3) 片岡直也、名古屋俊士 漏洩濃度からのプッシュプル型換気装置の効率的な捕捉面速度と流量比の関係、第 43 回日本労働衛生工学会抄録集、p 132、2003 年

4) 久保田裕仁、名古屋俊士他 プッシュプル型換気装置の流量比に関する研究～目視実験と CFD による検討～、第 43 回日本労働衛生工学会抄録集、p 188、2003 年

## G 知的財産権の出願・登録状況

無し

発表者	論文名	発表雑誌名	巻号	P	出版年
久保田裕仁、 名古屋俊士他	PUSH PULL 換気装置の流量比に関する研究	作業環境	Vol 24	66 12	2003
中澤広美、名古屋俊士	粉末光触媒を用いたトリクロロエチレンの気相光触媒反応	第43回日本労働衛生工学会抄録集		120	2003
米持真一、名古屋俊士他	磁場中で作製した光触媒複合材料の酸化エチレン除去への適用性	第43回日本労働衛生工学会抄録集		130	2003
片岡直也、名古屋俊士	漏洩濃度からのプッシュプル型換気装置の効率的な捕捉面速度と流量比の関係、	第43回日本労働衛生工学会抄録集		132	2003
久保田裕仁、名古屋俊士他	プッシュプル型換気装置の流量比に関する研究～目視実験とCFDによる検討～	第43回日本労働衛生工学会抄録集		188	2003