

ノート

## 乾燥炉における排気風量と VOC 濃度の関係

水越 厚史\*<sup>1)</sup> 小島 正行\*<sup>1)</sup> 萩原 利哉\*<sup>2)</sup> 藤井 恭子\*<sup>3)</sup>  
 小野澤 明良\*<sup>4)</sup> 木下 稔夫\*<sup>4)</sup> 野口 美由貴\*<sup>5)</sup> 柳沢 幸雄\*<sup>5)</sup>

### Relationship between exhausted air volume and VOC concentration in drying oven

Atsushi Mizukoshi\*<sup>1)</sup>, Masayuki Kojima\*<sup>1)</sup>, Toshiya Hagiwara\*<sup>2)</sup>, Kyoko Fujii\*<sup>3)</sup>  
 Akiyoshi Onozawa\*<sup>4)</sup>, Toshio Kinoshita\*<sup>4)</sup>, Miyuki Noguchi\*<sup>5)</sup>, Yukio Yanagisawa\*<sup>5)</sup>

キーワード：乾燥炉，VOC 濃度，排気風量

Keywords：Drying oven, VOC concentration, exhausted volume

#### 1. まえがき

塗装工場における VOC 削減は大気汚染や悪臭を防止するため重要である。特に乾燥炉においては臭気の強い VOC が発生することから<sup>(1)</sup>，対策として処理装置の設置が望ましいが，中小事業所にて導入するにはコストが課題となる。コストを下げるためには，炉内濃度が爆発下限界値の基準を超過しない範囲で，処理風量（乾燥炉の排気風量）を下げるのがポイントである。環境省による排出濃度実測調査等では吹付塗装用の乾燥又は焼付施設の排出濃度の中央値は概ね 480ppmC とあり<sup>(2)</sup>，排気風量を現状より減らしても爆発下限界値の 30%（トルエン 1.3%×0.3×7=27300ppmC）未満<sup>(3)</sup>をクリアでき，ランニングコストを下げうる可能性がある。そこで本調査では，排気風量と乾燥炉内 VOC 濃度の関係を調査し，排気風量の低減化の可能性について考察した。

#### 2. 実験概要

塗装ブースにおいて，ロボットを使用してメラミン樹脂塗料を 14 枚のアルミ平板に塗布し，熱風乾燥炉（金庫形電気式 4.5 m<sup>3</sup>）で焼付乾燥（130℃で 20 分間）を行った。作業は表 1 の 4 条件で行い，その間の VOC 濃度を塗装ブースダクト（排気風量 160 m<sup>3</sup>/min）および乾燥炉ダクトにおいて FID（東亜ディーケーケー GHT-200 型）により測定した。このとき，塗装前，塗装後，乾燥後のアルミ平板の重量を測定し，塗布された塗料の重量およびセッティング，乾燥時に揮発した成分の重量を求めた。

一方，上記と同様の塗装条件で塗料をアルミ平板に塗布して重量変化を求め，セッティング時の VOC 発生量を算出した。また，使用した塗料の揮発成分重量は，塗料を炉で

乾燥させたときの重量変化から算出した。

表 1. 実験条件一覧

	セッティング場所	セッティング時間 (min) *	乾燥炉排気風量 (Nm <sup>3</sup> /min) **	換気回数 (回/min) ***
①	炉内	1-27 (14)	5	1.11
②	炉内	1-27 (14)	1.5	0.33
③	炉内	1-27 (14)	0.75	0.17
④	炉外	12-37 (24)	1.5	0.33

\*セッティング時間は 14 枚の最小値-最大値(平均値) \*\*昇温前の測定値(標準状態) \*\*\*排気風量を炉容積で割った値

#### 3. 実験結果

3.1 各工程における VOC の発生量 塗装時，セッティング時，乾燥時の塗料からの VOC の発生量を表 2 に，その割合を図 1 に示す。条件④では他の条件と比較して炉外でのセッティング時間が長いため，セッティング時の VOC の発生量が多く，その分乾燥時の発生量が少なかった。

表 2. 各工程における VOC の発生量 (g)

	条件*	塗装時	セッティング時	乾燥時
①	炉内 5 m <sup>3</sup> /min	186	25	42
②	炉内 1.5 m <sup>3</sup> /min	180	25	38
③	炉内 0.75 m <sup>3</sup> /min	186	25	39
④	炉外 1.5 m <sup>3</sup> /min	184	43	20

\*セッティング場所と乾燥炉排気風量

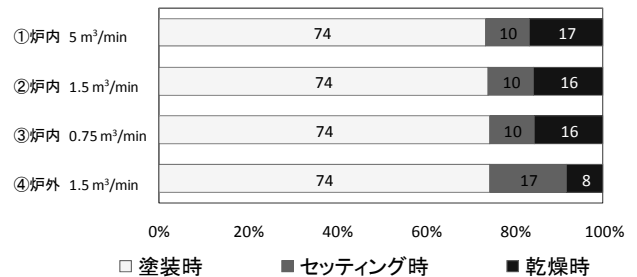


図 1. 各工程における VOC の発生量の割合 (wt%)

\*1) 地域結集推進室 \*2) 材料技術グループ  
 \*3) バイオ応用技術グループ \*4) 表面技術グループ  
 \*5) 東京大学

3.2 塗装ブースダクトにおける VOC 濃度 塗装ブースダクトにおける VOC 濃度の結果を表3に示す。塗装時のピーク濃度および平均濃度は、 $160 \pm 4 \text{ ppmC}$ 、 $53 \pm 2 \text{ ppmC}$ であり、再現性のよい濃度条件となったことがわかる。

表3. 塗装ブースダクトにおける VOC 濃度 (ppmC)

条件	①	②	③	④	平均 ±SD	変動係数 (%)
ピーク濃度	161	161	155	164	$160 \pm 4$	2
平均濃度	55	49	54	53	$53 \pm 2$	5

3.3 乾燥炉における VOC 濃度 乾燥炉ダクト内 VOC 濃度変化のうち、被塗物を炉内にセッティングし、排気風量を変えた条件 (① $5.0 \text{ m}^3/\text{min}$ 、② $1.5 \text{ m}^3/\text{min}$ 、③ $0.75 \text{ m}^3/\text{min}$ )を比較したものを図2、表4に示す。排気風量が少ないときピーク濃度は高くなったが、排気風量の減少割合に比べて濃度の増加割合は低かった。

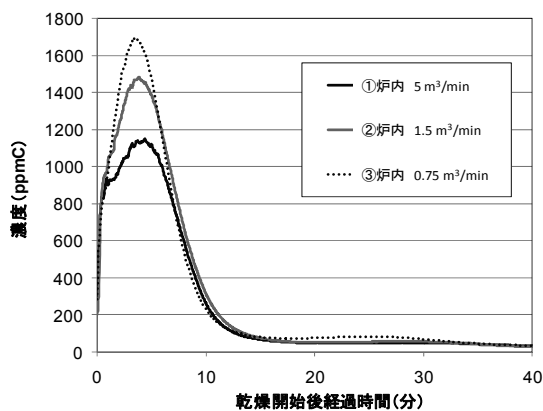


図2. 排気風量の違いによる乾燥炉ダクト内 VOC 濃度変化

表4. 乾燥炉ダクト内 VOC 濃度 (ppmC)

	条件*	平均濃度	ピーク濃度	130℃到達時濃度	乾燥終了時濃度
①	炉内 $5 \text{ m}^3/\text{min}$	190	1150	40	18
②	炉内 $1.5 \text{ m}^3/\text{min}$	239	1483	51	13
③	炉内 $0.75 \text{ m}^3/\text{min}$	282	1696	82	28

\*セッティング場所と乾燥炉排気風量

次に、セッティング条件の違い (条件②、④) による乾燥炉内 VOC 濃度を比較したものを図3に示す。

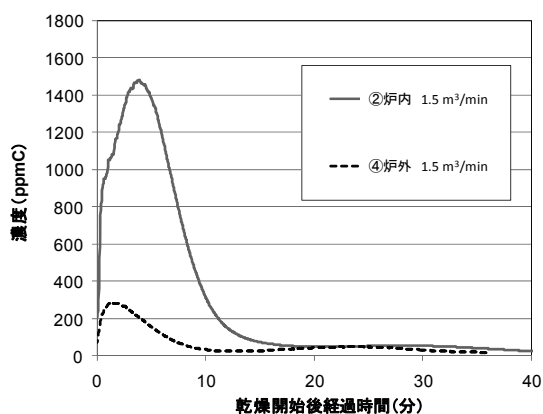


図3. セッティング条件の違いによる乾燥炉内 VOC 濃度変化

炉外でセッティングすることにより、平均濃度は 24%、ピーク濃度は 20%まで低減した。ただし、炉外にセッティングした場合、作業環境の VOC 濃度が上昇しないよう十分な排気をする必要がある。

3.4 乾燥炉における VOC 排出量に関する考察 乾燥炉ダクトにおける平均 VOC 濃度、排気風量、乾燥時間から VOC 排出量を見積もると (平均 VOC 濃度×排気風量×乾燥時間)、排気風量が小さい場合、VOC 排出量も少なくなる傾向がみられた (表5)。この値は、乾燥による重量変化から求めた VOC 発生量と比べると、11~76%となった。同じセッティング条件の①、②、③のデータを比較すると、排気風量が小さいほど排出量/発生量が小さい。この結果は、排気ダクト以外の隙間からの VOC の漏出や吸気と排気のショートカットの可能性を示唆し、排気風量が小さいほど漏出やショートカットが多くなったと考えられる。実際、乾燥炉は安全のため完全に密閉にしていない。漏出の場合、作業環境の VOC 濃度が上昇する可能性があり、ショートカットの場合、炉内濃度が上昇する可能性があるため、これらに注意して排気風量の低減を行う必要がある。

表5. 乾燥炉における VOC 排出量および発生量の比較

	条件	乾燥炉ダクト VOC 排出量* g	乾燥炉内 VOC 発生量** g	排出量/ 発生量 %
①	炉内 $5 \text{ m}^3/\text{min}$	32	42	76
②	炉内 $1.5 \text{ m}^3/\text{min}$	11	38	29
③	炉内 $0.75 \text{ m}^3/\text{min}$	6	39	15
④	炉外 $1.5 \text{ m}^3/\text{min}$	2	20	11

\*VOC 濃度から算出。VOC の分子量は 96.3 とした (キシレン 54wt%、エチルベンゼン 22wt%、ブタノール 23wt%)。\*\*重量変化から算出

#### 4. まとめ

乾燥炉の排気風量と VOC 濃度の関係を調査した結果、排気風量を減少させた場合および焼付乾燥前の炉外にセッティングして VOC を揮発させた場合に、乾燥炉内でのピーク濃度が低くなり、排気風量の低減化の可能性が示された。ただし、排気風量を少なくすると VOC が作業環境へ漏出するもしくは排気がショートカットすることが示唆されたため、排気風量の低減化のためには更なる検討が必要である。

#### 謝辞

本研究は、(独)科学技術振興機構 (JST) 東京都地域結集型研究開発プログラム「都市の安全・安心を支える環境浄化技術開発」のもとで実施された。深く感謝申し上げます。  
(平成 23 年 5 月 24 日受付, 平成 23 年 6 月 22 日再受付)

#### 文 献

- (1) 水越厚史, 木下稔夫, 野口美由貴, 齋藤京子, 柳沢幸雄:「塗装シミュレータによる塗装工程ごとの VOC 成分の調査」, 東京都立産業技術研究センター研究報告, No. 5 号, pp52-55 (2010)
- (2) 環境省: 塗装小委員会 (第4回) 資料3-1 塗装に係る規制対象施設施設の裾切り指標及び数値 (案)
- (3) 労働安全衛生規則第 322 条