

## 1. 研究開発の目的

塗装作業は、塗布、セッティング、乾燥の3工程で構成され、前の2工程では、低濃度 VOC が多量に排出され、最後の乾燥工程では、高温加熱に伴い VOC の他にヤニや悪臭が排出される。VOC は大気中の光化学オキシダントや PM2.5 の原因物質であり、各事業所の事業形態に応じて VOC 削減対策は取られているが、乾燥炉排ガス処理装置の開発は遅れている。

平成 20 年度の都苦情受付件数を見ても、悪臭と大気汚染の占める比率は 35% と高い状況である。高温排気ガスを処理できる触媒燃焼法は、低温処理が可能で各種産業施設で多数使用されているが、ヤニを含む塗装乾燥炉向けの適用事例は少ない。

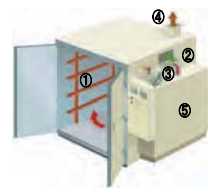
東京大学と都産技研が共同で開発した触媒（以下、TIRI 触媒と呼ぶ）は、従来の白金触媒に対して、① VOC 処理性能はほぼ同じ、② 酢酸エチルとヤニを約 100℃ 低温で除去、③ 悪臭除去性能が高い、④ 材料費が安価などの特長を有する。

そこで、TIRI 触媒を搭載した金庫型乾燥炉用 VOC・悪臭処理装置の製品化を目的に、① 省面積、② 省エネ、③ 設備・維持費が安価、のコンセプトで試作機を製作し、塗料を用いた実負荷実験により装置基本性能と仕様の明確化を図った。

## 2. 研究開発の内容

### (1) 塗装乾燥炉の特性調査

図1は熱風式金庫型乾燥炉の構造と機能を示す。乾燥炉加熱熱量は炉体・吸気空気加熱量、放熱量などで決まり、吸気量を低減すると、乾燥炉加熱熱量は大幅に低減でき省エネ化が図れるが、炉内 VOC 濃度は労働安全衛生規則で対象 VOC の爆発下限界値の 30% 未満にするよう規制されている。図2は乾燥炉排気濃度と成分の一例を示す。乾燥立上工程は塗料成分由来の VOC が排出され、乾燥定温工程は加熱による熱変性でホルムアルデヒドなどが増加し悪臭が発生する。



部品名	機能	加熱熱量比率(%)
①炉体	被塗物収納と気密性確保	30
②吸気	VOCの希釈空気導入	62
③循環	熱風ガスを炉内に供給	8
④排気	VOCとヤニ排出	-
⑤加熱源	炉体、吸気空気、循環空気加熱	100

図1 乾燥炉構造と機能

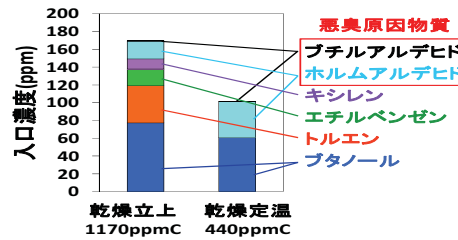


図2 乾燥炉排気濃度と成分

### (2) 省面積化の検討

図3は処理装置の設置場所比較結果を示す。中小事業所では設置場所の確保が装置導入時の課題となるので、設置面積が不要な乾燥炉上部搭載形を採用した。

### (3) 低圧損化の検討

図4は方式別の圧損比較結果を示す。TIRI 触媒は、触媒被毒となるヤニを VOC とともに 300℃ 前後で処理できるので、ヤニ処理材が不要で、低圧化で送風機動力の低減、省エネ化が図れる。

### (4) 省エネ化の検討

図5は通常の処理装置のフローを示す。乾燥炉の排気ガスは触媒ヒータで加熱され、ヤニ処理材を経由して触媒槽で VOC を分解後、熱交換器で熱を利用して排出される。図6は開発装置のフローを示す。乾燥炉の排気ガスは触媒ヒータで加熱され、触媒槽で VOC 分解後、浄化高温ガスとなる。このガスの大部分を乾燥炉加熱循環用に利用する方式のため、乾燥炉の吸気量を低減しても炉内 VOC 濃度は高濃度にならず、残量を熱交換器で利用するので、乾燥ヒータ容量は小さくなり設備電力と運転電力の省エネルギー化が可能である。

方式	別置方式	開発方式
配置	別置	上部搭載
設置面積	△ (必要)	○ (不要)
装置流入温度	△ (ダクト放熱で低下)	○ (低下無し)
送風機動力	△ (ダクト圧損で増加)	○ (増加無し)
ダクト工事	△ (有り)	○ (不要)
評価	△	◎ (採用)

図3 設置場所比較

方式	従来方式(白金触媒)	開発方式(TIRI触媒)
ヤニ分解温度	450~500℃	300~350℃
ヤニ除去方法	前処理材に付着で分離	VOC分解温度とともに除去
前処理材抵抗	1800Pa(層高70mm)	0(前処理材無し)
触媒材抵抗	350Pa(層高200mm)	350Pa(層高200mm)
抵抗合計	1950Pa	350Pa

図4 低圧損化比較

## 研究開発体制



小島正行



萩原利哉



藤井恭子



水越厚史

リーダー 小島正行 都産技研  
 参画研究者 萩原利哉、藤井恭子、水越厚史  
 都産技研  
 参画企業 日立プラント建設サービス株式会社

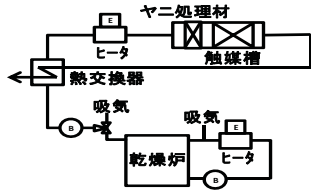


図5 通常装置フロー

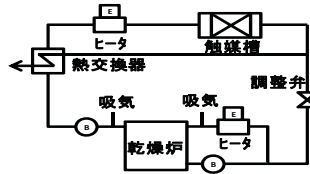


図6 開発装置フロー



図7 試作機外観

### 3. 研究開発の成果

図7の試作機(乾燥炉容積: 1m<sup>3</sup>、触媒ヒータ: 4kW、乾燥炉ヒータ: 6kW)に塗装試験片(W0.4×L0.5m)を数枚、充填して各種実験を行った。

#### (1) VOC 除去性能

図8 上段はVOC 除去性能試験結果を示す。入口濃度は乾燥 5 分後に 1,150ppmC、乾燥立上終了間際に 700ppmC となり以後低下した。出口濃度は最大 6.5ppmC で 20 分後以降は 1ppmC 以下となり平均除去率は 99%以上であった。なお、計測は FID で行った。

#### (2) 悪臭除去性能

表1は三点比較式におい袋法の結果を示す。出口の臭気指数 15 は住居地域で煙突を設ければ設置可能な臭気指数 22 以下である。

表1 TIRI 触媒脱臭性能

採取時間	検体名称	臭気濃度	臭気指数	脱臭効率	臭質
乾燥定温	入口ガス	13,000	41	—	樹脂のコゲ臭
	出口ガス	31	15	99.8%	かすかな刺激臭

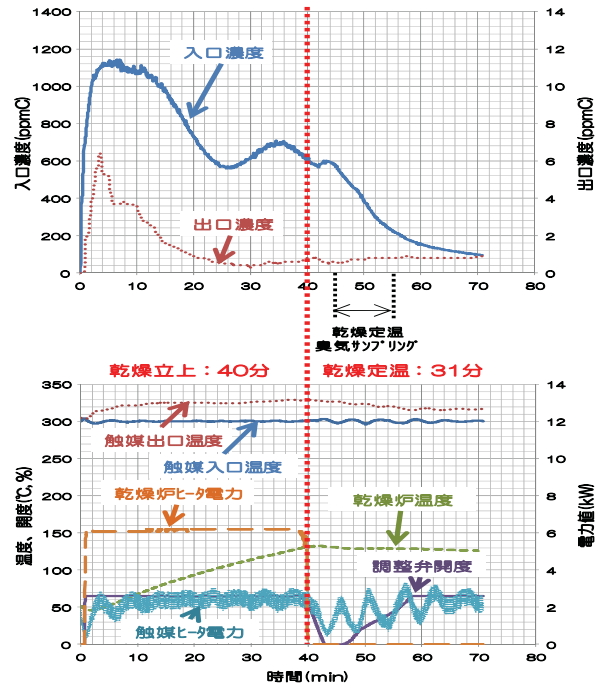


図8 乾燥炉排ガス処理結果

#### (3) 制御方法

図8 下段は運転時の各種データを示す。触媒出入口温度が 300°Cに到達後、乾燥炉内に塗装物を充填し、乾燥炉扉を閉めて乾燥を開始した。触媒出口温度は VOC の触媒分解熱により 30°C程度上昇、その間に、乾燥炉は乾燥ヒータと調整弁で制御される処理装置からの熱風で昇温され 130°Cに到達した。乾燥定温工程では、乾燥ヒータは OFF 状態で、調整弁は開度 65~0%の間で PID 制御され、触媒ヒータは 4kW定格の約 65%負荷で PID 制御された。塗料を用いた実負荷時電力は、触媒反応熱により無負荷運転時より 12%減で運転できた。

#### (4) 省エネルギー効果

表1は試作機をもとに検討した結果を示す。設備電力は従来方式 112.2 kWに対して、開発方式は 54%低減の 51.7 kW、運転費は従来方式 141.2 万円に対して、開発方式は 52%低減の 68.7 万円となった。開発方式の運転費(年)は乾燥炉単独 43.5 万円に対して 25.2 万円アップで、毎月約 2.1 万円で悪臭ガスと VOC の浄化が可能である。

表1 省エネルギー効果の比較

方式	A乾燥炉	B従来方式	C開発方式
構造 K: 乾燥炉 T: 処理装置			
吸・排気量(Nm <sup>3</sup> /min)	5	5	MAX1
乾燥炉温度(°C)	180	180	180
処理風量(Nm <sup>3</sup> /min)	—	5	3
処理装置温度(°C)	—	460	300
設備動力(kW)	40.4 (36+2.2+2.2)	112.2(100) (36+2.2+63+11)	51.7(46) (13+2.2+31+5.5)
電気代(万円/年)	37.5	112.2(100)	48.7(44)
消耗品他(万円/年)	6	29	20
運転費(万円/年)	43.5	141.2(100)	68.7(48)

条件: 1. 乾燥炉容積: 5m<sup>3</sup>、2. 昇温時間: 60分、3. 乾燥時間: 80分、  
4. 稼働回数: 2回/日 × 260日/年、5. 電気代: 20円/kWh、6. 室温: 20°C

### 4. 今後の展望

実塗料を使用した試作機での実験結果から、処理装置浄化ガスを乾燥炉に戻す方式と白金触媒に変わる TIRI 触媒の採用で、当初の目標である VOC とヤニの同時処理が可能で、省面積・省エネ・低維持費を満足できる結果となった。今後は、システムの簡素化による原価低減を行うとともに、触媒のヤニ耐久性などの信頼性向上を図り、製品の普及を進めていく。