

溶剤吸着燃焼システムの開発 (第1報)

Development of a Solvent Adsorption and Burning System (Report I)

周藤雅美* 釜野博臣* 松岡彰夫**

Masami Suto, Hiroomi Kamano, Akio Matsuoka

塗装・印刷をはじめとする各種業界で発生する VOC は、光化学オキシダントの原因物質とされており、2004年に改正された大気汚染防止法では、「法による規制」と「自主的取組み」のベストミックスによる VOC 排出抑制が義務づけられた。

当社は、活性炭吸着式の排ガス処理装置「溶剤回収装置」について 2000 塔以上の納入実績を誇っている。このたび、この技術に燃焼装置を付加した新たな VOC 排ガス処理装置「溶剤吸着燃焼システム」の開発を行った。模擬排ガスによる吸脱着運転を行い、3 時間の吸着および 1 時間の脱着運転において安定した吸脱着性能および省エネ性を確認した。

VOC, used in various industries such as painting, printing, and so on, is likely a causative agent for photochemical oxidants. The Clean Air Act, revised in 2004, imposed VOC emission limitations by using the best mix of "regulation by law" and "voluntary efforts."

We are proud of the achievement of having delivered more than two thousand units of exhaust-gas treatment equipment for our "solvent—recovery system" with activated carbon adsorption. Recently, we developed a new-type of VOC exhaust-gas treatment equipment called "combustion system solvent adsorption" by attaching a burning device to our own technologies mentioned above. The adsorption operation and desorption operation by simulated exhaust gas were performed, and the stable desorption performance and energy-saving nature were confirmed in both adsorption and desorption operations for three hours and one hour, respectively.

1. はじめに

1.1 大気汚染防止法の改正

VOC (Volatile Organic Compounds) は、揮発性有機化合物とも呼ばれ、光化学オキシダント発生の原因物質として問題視されている。そこで我が国では、2004年に大気汚染防止法が改正され、VOC の排出抑制が義務づけられた。これは、法規制と自主的取組みのベストミックスにより、VOC 排出量を 3 割削減 (2000 年度比) させるもので、工程内対策や、除去設備の設置などといった対策が求められるようになった。

1.2 従来の吸着式装置 (当社所有)

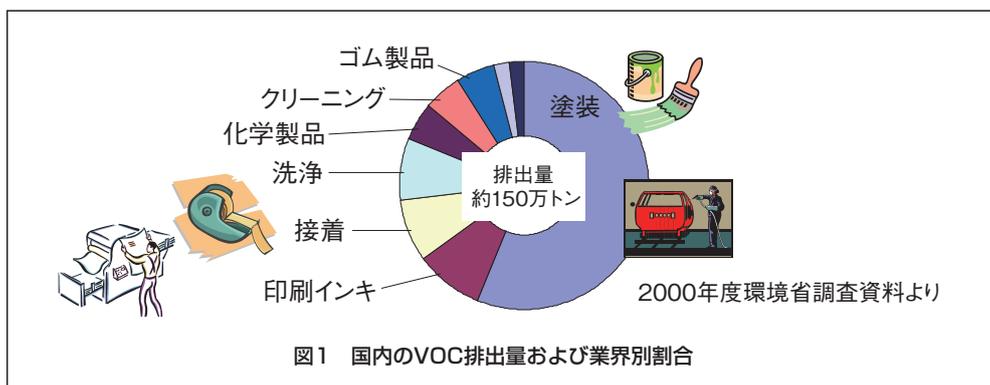
当社では、粒状活性炭による吸着式 VOC 排ガス処理装置「溶剤回収装置」を製造・販売している。これは、活性炭の充填塔に VOC (溶剤) 含有ガスを通すことで、

活性炭に VOC が吸着され、排ガスを浄化する装置である。また、水蒸気を用いて VOC を脱着することで活性炭を再生し、脱着 VOC 含有水蒸気は、凝縮器で凝縮・セパレーターで水と溶剤に分離することで溶剤を回収することができる。

今回、これまで培ってきた活性炭吸着技術を生かしつつ、従来型装置の課題をクリアすることで、受注拡大を目指した新たな装置を開発した。本報では、活性炭吸着技術に燃焼装置を付加した新たな VOC 排ガス処理装置「溶剤吸着燃焼システム」について報告する。

2. VOC処理装置市場

VOC 処理の市場規模は年間約 150 ~ 200 億円、装置単体市場で年間約 50 億円程度と言われている。その市場構成について次に述べる。



* 技術開発本部 プロセス技術開発部
** 機械システム事業本部 機械事業部 粉体システム技術部

2.1 VOC 排出業界別分類

国内の VOC 排出量と業界別割合を図1に示す。2000年度における VOC 排出総量は年間約 150 万トンに達しており、そのうち半数以上が塗装業界である。続いて印刷インキ・接着・洗浄業界などがあり、様々な業界で使用されている。

溶剤回収装置は、クリーニング・洗浄業界を主な販売ターゲットとしている。この業界は、ジクロロメタンやトリクロロエチレンなど塩素系溶剤を主に使用しており、溶剤単価が高く回収ニーズが高いことが販売理由に挙げられる。

一方、今回開発した溶剤吸着燃焼システムは、塗装・印刷インキ・接着業界の需要に現実的な対応が可能となっており、新規参入を図るものとなっている。

2.2 処理装置方式別分類

VOC 排ガス処理装置は、燃焼式・吸着式・冷却式の方式に大別され、さらに燃焼式は直接燃焼・触媒燃焼・蓄熱燃焼など、吸着式は活性炭吸着・ゼオライト吸着などに細分化される。

燃焼式は主に炭化水素系溶剤や混合溶剤を処理するケースが多く、吸着式は塩素系溶剤や単一系溶剤を処理するケースが多い。

溶剤回収装置は、活性炭を使用した吸着式であるのに対し、溶剤吸着燃焼システムは、燃焼式市場をターゲットとしており、ラインナップ拡充により市場拡大を図るものである。

3. 溶剤吸着燃焼システム

溶剤吸着燃焼システムとは、燃焼炉の前段に吸着塔を搭載したシステムである。つまり、溶剤ガス（以下原ガス）を一旦活性炭に吸着したのち、水蒸気で脱着を行い、脱着溶剤を含んだ水蒸気をそのまま燃焼処理させることで無害化するシステムである。

3.1 本システムの特徴

a) 変動に強い

原ガス濃度が変動する場合の運転を想定する。従来の直接燃焼式の場合、原ガスを直接燃焼炉へ供給し、燃焼させる。ここで、燃焼炉は最大燃焼時、つまり高濃度の場合に合わせて設計されるため、炉が大型化することでイニシャルコストが増加する問題がある。また、高濃度の場合、溶剤が持つ発熱量で燃焼を持続させることができるが、低濃度の場合、溶剤を自然させることができず、補助燃料が必要となることでランニングコスト増加や CO₂ 排出量増加の問題がある。このように、直接燃焼の場合、濃度変動への対応が困難であり、蓄熱燃焼・濃縮燃焼においても、変動の対応には限界がある。

一方、本システムの場合、一旦活性炭に吸着させることで原ガスの濃度変動を吸収することができるため、炉の負荷が安定し、炉の小型化が図れる。脱着溶剤を含んだ蒸気は溶剤が約 10% 以上の重量割合であり、高濃度・低風量の状態で燃焼炉に供給されることになる。よって、溶剤による自然可能範囲が広がり、補助燃料の使用量を最小限に抑えることができる。

b) 水処理・ボイラーが不要

従来の溶剤回収装置では、脱着した溶剤を含む蒸気を凝縮・分離して溶剤を回収しているが、水溶性溶剤の場合、蒸留などの操作や分離水の排水処理を行う必要があった。加えて、脱着に用いる蒸気を発生させるためのボイラー設備が必要であった。

一方、本システムの場合、脱着した溶剤を含む蒸気は全て燃焼炉へ供給されるため、凝縮・分離・排水処理といった操作が不要となる。また、脱着に必要な蒸気は燃焼炉の廃熱利用によって作られるので、ボイラーに頼ることなく蒸気を使うことができる。

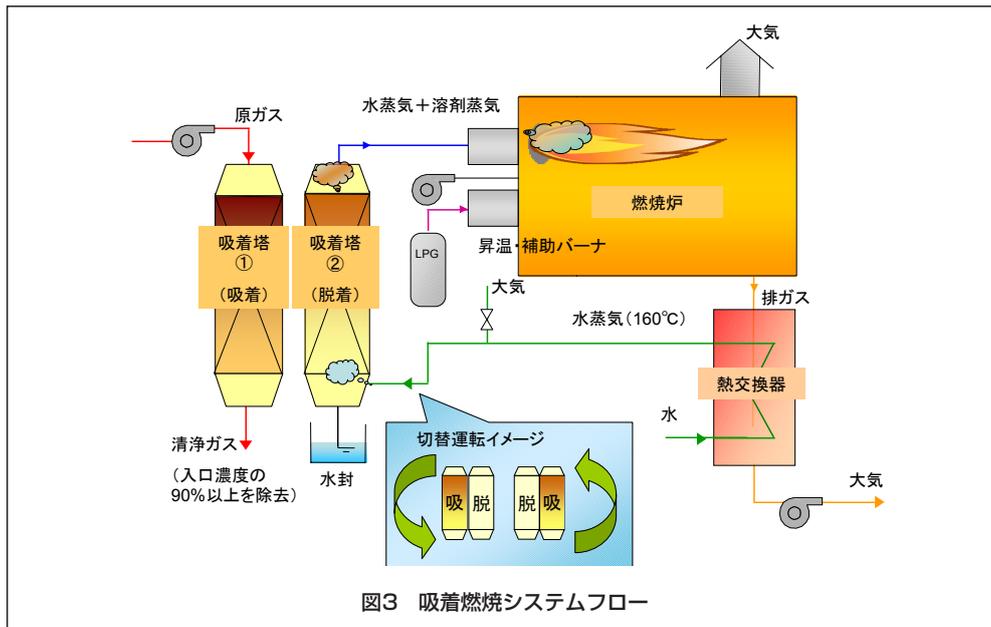
3.2 運転方法

吸脱着運転を行ったテスト装置の外観と主仕様を図2に、システムフローを図3に示す。このテスト装置は、実機での最小規模に相当する。



図2 テスト装置外観および主仕様

寸法	4,100 × 2,100 × 2,800H
吸着塔径	φ 600 (1 塔式)
原ガス風量	5 ~ 8.5m ³ /min
動力合計	3.5kW
電源	200V - 3φ - 60Hz
水道水	32L/h - 0.2MPaG以上
空気	0.4~0.8MPaG



a) 吸着方法

図3のフロー左上のプロウによって送られてきた原ガスは、吸着塔内の活性炭層を通過する過程で溶剤が活性炭に吸着され、清浄ガスとなって排出される。なお今回の試験では、原ガスには溶剤を揮発させた模擬ガスを使用し、原ガス風量は $8.5\text{m}^3/\text{min}$ 、吸着時間は3時間とした。

b) 脱着方法

吸着塔に水蒸気が供給され、活性炭に吸着されている溶剤を追い出す。脱着した溶剤を含む水蒸気は、吸着塔の上部よりそのまま燃焼炉へ入り、溶剤を燃焼させる。燃焼排ガスは CO_2 と水で構成され、一部は炉上部の煙突から排出され、残りは熱交換器を通過した後に大気へ排出される。脱着に必要な水蒸気は、溶剤燃焼の廃熱を用いて熱交換器で作られる。

3.3 運転結果

3.3.1 吸着結果

代表的な模擬ガスとして、トルエン1,500ppm、イソプロピルアルコール (IPA) 1,500ppm、酢酸エチル1,500ppmをそれぞれ吸着させた場合の出口濃度推移を図4に示す。3時間の吸着時間において、30~60ppmとなり、いずれの条件においても除去率95%以上を達成していることから、良好な吸着が行えているといえる。

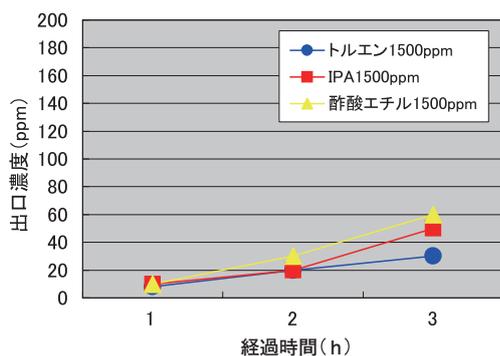


図4 吸着時の出口濃度変化

3.3.2 脱着結果

次に、脱着運転時における各温度推移について図5に示す。脱着運転全体を通して、燃焼炉温度は 900°C 前後を推移しており、安定した燃焼が行えていることがわかる。また、水蒸気温度・吸着塔内温度についても、それぞれ $140\sim 160^\circ\text{C}$ 、 100°C 前後でほぼ安定推移しており、約1時間の脱着において、安定した蒸気発生、安定した脱着が行えていることがわかる。

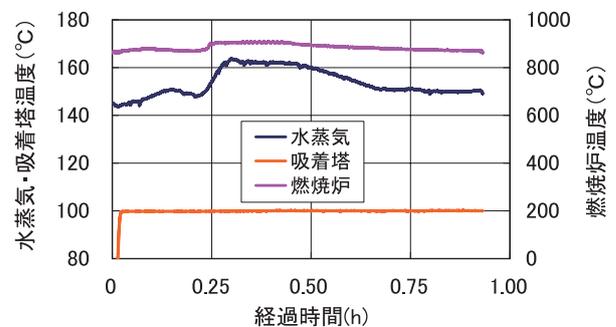


図5 脱着時の温度変化

3.3.3 補助燃料使用量

補助燃料の使用量について比較する。条件は、低濃度で吸着した場合と、高濃度で連続吸着した場合、そして高濃度で間欠吸着した場合の3条件とした。溶剤はトルエンを使用した。吸着時間は3時間で、間欠吸着については1時間後から2時間後までの1時間溶剤の供給を停止し、空気のみを流した。以上の3条件について脱着運転を行い、運転時の補助燃料使用量を算出した。

結果を図6に示す。低濃度の500ppmで吸着した場合のLPG使用量が $0.48\text{m}^3/\text{h}$ 、高濃度の1,500ppmで吸着した場合のLPG使用量が $0.35\text{m}^3/\text{h}$ であった。また、1,500ppm間欠吸着の条件においても、連続吸着時と同じ $0.35\text{m}^3/\text{h}$ となった。

1,500ppm吸着の条件は、連続時・間欠時ともに、脱

着運転を通して溶剤による自然が行われており、LPGは種火を発生させるための最低燃焼に使われたものである。よって、低濃度の500ppm吸着時においても、補助燃料としての使用量は少なく、原ガス濃度の変動によっても少ない補助燃料で脱着燃焼運転が可能であることがわかる。

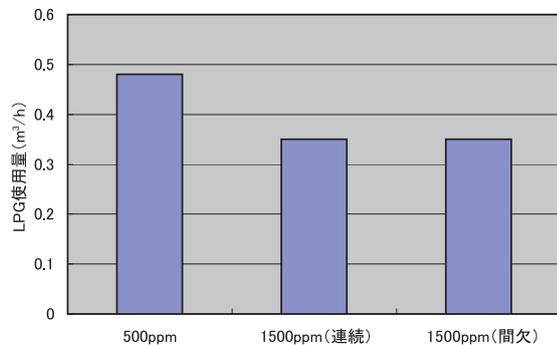


図6 脱着時のLPG使用量

4. まとめ

溶剤吸着燃焼システムのテスト装置で吸脱着運転を行い、吸着運転では、トルエン1,500ppm、イソプロピルアルコール(IPA)1,500ppm、酢酸エチル1,500ppmの処理において、除去率95%以上を達成した。また脱着運転では、安定した水蒸気発生および脱着、燃焼運転を確認することができた。さらに、トルエン1,500ppmの原ガス8.5m³/minを処理するにあたって、脱着時のLPG使用量は0.35m³/hであった。

5. 今後の予定

今回実験を行った装置は吸着塔が1つであり、吸着・脱着を交互に行うことしかできなかった。そこで、吸着塔を複数並べることで吸着燃焼を順次1塔ずつバルブ切替によって行うことができる新たなテスト装置を製作した(図7)。この装置を用いて連続吸着・連続脱着運転を行い、吸脱着性能について把握していく予定である。

また、燃焼式が採用されている業界の特徴である低濃度・大風量ガスに対応可能な吸着塔について検討を行う予定である。



図7 新テスト装置外観

執筆者

周藤雅美

Masami Suto

2006年入社

環境関連機器の開発に従事



釜野博臣

Hiroomi Kamano

1995年入社

産業機械の開発に従事



松岡彰夫

Akio Matsuoka

1997年入社

溶剤回収装置の設計に従事

