— 特 集 —

脱臭・消臭脱臭剤技術

—第27回におい・かおり環境学会企画セッションより—

脱臭・消臭脱臭剤技術の概要（総論）

中津山 憲

臭気対策技術は、化学工業におけるさまざまな操作や、大気汚染防止技術と異なり、ウェーバー・フェヒナーの法則などで示されるような、低濃度で多成分の混合体を嗅覚レベル（嗅覚閾値）までの処理が求められる非常に難しい技術である。

臭気対策に関する技術は、基本的に化学工業や大気汚染防止に関わる既存の技術を基に開発されていた。しかし、昭和47年（1972年）悪臭防止法の施行は、多くの研究者や脱臭装置メーカー達が競って研究開発を進め、優れた臭気対策技術を世に送り出す原動力となった。

詳細は、臭気対策の開発や応用に永年携わって来られた執筆者により、代表的な脱臭・消臭脱臭剤技術の開発経緯や応用実績の紹介いただくものとする。

1. はじめに

昭和42年（1967年）に公害対策基本法が制定され、悪臭も典型公害の一つとして規定された。しかし、大気汚染と異なり悪臭が感覚的公害であり、直接的に健康被害を引き起こすおそれがないと考えられてきたことが理由で、規制基準は定められなかった。

これは、悪臭物質の把握および測定、被害との量的関係の推定等が困難であったことにより臭気対策の技術開発が遅れていたことも原因の一つであった。

臭気対策技術は、悪臭防止法制定以前より存在しており、既存の化学工業の関わる操作や大気汚染防止の技術が応用されていたが、悪臭防止法の施行以降は、規制基準や臭気の測定法などが明確になったことにより、臭気対策の新技术や応用および測定技術が飛躍的に進展した。

法の制定は、公共事業や大規模製造工場にかかわる膨大な市場を拡大し、多くの業者から新しい新技术が創世された。また、平成18年（2006年）施行の改正大気汚染防止法、いわゆるVOC規制は、揮発性有機溶剤が対象であるが、臭気対策とオーバーラップするところがあり、VOC対策にも多く応用されたこともあり、再度、技術開発競争が再燃した。

近年は、公共事業や製造工場に対する設備が概ね普及したことや目標基準を満足することが可能になったことも起因し、脱臭ビジネスが急激に衰退した。これらの背景より、新技术の開発が少なくなったのも事実である。

しかし、このような経緯で進化してきた技術は世界的にも優れたものであり、いまだに対応が遅れている臭気

問題（畜産、コンポストや飲食店関係など）の解決に、より効率的なシステムが開発されることを期待する。

2. 悪臭防止法と脱臭装置開発の経緯

脱臭装置やシステムの開発は、前述の様に悪臭防止法の整備と共に歩んできた。この経緯の概要を表-1に示す。

3. 脱臭方式の分類

脱臭方式を大きく分類すると、物理化学的方法と生物化学的方法になる。

実際、臭気の発生状況は多種多様で、どの方式が最適であるか簡単に決定することは難しく、実情に合わせた方式を組み合わせた脱臭システムで構成される場合が多い（表-2）。

4. 代表的な脱臭装置の原理と概要

4.1 燃焼法

臭気成分の殆どは、高温（燃焼）にすることで臭気の少ない成分に熱分解が可能で、炭化水素は炭素と水素に分解され、脱臭され、燃焼法は最も確実な方法の一つである。

1960年代、カルフォルニア州における有機溶剤による大気汚染が問題になり、規制が始まった。この条例がロサンゼルスルール66といわれ、優れた排ガス燃焼装置が多く開発された。日本における燃焼脱臭技術の大部分は、この技術を導入したものが多く、現在の燃焼脱臭方式の基になっている。

2004年改正大気汚染防止法としてVOC規制が施行さ

表-1 悪臭規制と臭気対策技術の推移¹⁾

年 代	法律および行政	におい・かおり環境協会 / 業界	対策技術開発の経緯	備 考
～S42	悪臭規制以前		脱臭技術の殆どは工業化学における既存技術の応用	ルール 66 カルフォルニア規制を参考 燃焼法による有機溶剤排気処理
S42 (1967)	公害対策基本法典型 7 公害の指定	悪臭公害研究会設立	脱臭装置メーカーの会員構成が大きかった	公害対策基本法典型 7 公害 悪臭規制はなかった
S45 (1970)		機関誌「悪臭の研究」創刊 第 1 回 悪臭公害対策セミナー開催	特定悪臭物質の機器分析のみ	下水道：アルカリ洗浄法、活性炭方式が採用
S46 (1971)		臭気対策部会設立	三点比較式臭袋法 東京都環境研究所で開発された	臭気対策がビジネスとして立上る
S47 (1972)	悪臭防止法施行		東京都公害研究所において三点比較式臭袋法開発	下水道事業センター、後 S50 日本下水道事業団となる
S52 (1977)	三点比較式臭袋法	東京都公害防止条例で三点比較式臭袋法採用		国家事業として下水道が整備され、臭気対策装置が飛躍的に開発された。
S55 (1980) ～60 (1985)				清掃工場建設 アルデヒド対策が問題となる
S61 (1986)		大気環境学会から臭気環境学会を 立上げ		
S62 (1987)		社)臭気対策研究協会 設立認可、 機関誌「悪臭の研究」を「臭気の研究」に改定	生物脱臭：し尿、下水道活性汚泥曝気法での応用が増える	臭気対策技術、測定技術が飛躍的に 進歩した。
S63 (1988)		第 1 回 臭気対策研究会 (臭気学会) 開催。		
H5 (1993)	環境基本法 2 条	臭気判定技士認定事業の認定	生物脱臭；充填層式の応用が増える	し尿、下水処理の臭気対策コスト削減のため高濃度系生物脱臭が増加
H7 (1995) ～H8 (1996)	悪臭防止法改正 臭気指数の規制導入	嗅覚測定検討会 国家資格「臭気判定士制度」発足	機器測定と嗅覚測定法が導入 国家試験を実施	
H12 (1996)		におい・環境学会開催		
H15 (1996)		社団法人におい・かおり環境協会 に名称変更		芳香、消臭剤の開発および室内臭気 の研究がすすむ
H16 (1996) ～H18 (1996)	大気汚染防止法改正 (VOC) の排出規制 制定	VOC 排出抑制技術セミナー開催	VOC を臭気対策の面から関与 VOC 脱臭処理技術評価ガイド 作成 (環境省)	H18 年 VOC 規制実施、22 年 VOC30% 削減の目標、対策技術がビジネスと して注目
H23～		公益社団法人におい・かおり環境協会としてスタート		飲食店排気、コンポスト臭気など 室内空間の脱臭が目立った 光触媒、イオンなど

表-2 脱臭方式の分類と特徴

方 式		使用する薬品や吸着剤	除去可能な臭気成分	運転条件
洗浄法	水洗	水	アンモニア、硫化水素、アルデヒド、有機酸など	
	薬液洗浄	酸（硫酸、塩酸など）	アンモニア、アミン類など塩基を持った成分	pH2~4 程度の水溶液
		アルカリ（苛性ソーダ、苛性カリなど）	硫化水素、など酸性成分	pH9~11 程度の水溶液
		酸化・還元剤（次亜塩素酸ソーダ、二酸化塩素、過酸化水素、過マンガン酸カリなど）	アンモニア、アミン類、アルデヒドなどの酸化可能な成分や還元性の強い硫化水素、メルカプタンや硫化メチル、二硫化メチルなど	pH9-10 程度の水溶液 有効塩素 CL300~500 mg/L
吸着法	活性炭	活性炭（一般炭）	物理吸着をして吸着可能な成分（下記機能活性炭と比較すると性能は低い）	ヤシガラや石炭を材料とし、通気抵抗（圧損）を低減するため4-6mm 程度粒状や形状に加工されたもの。
	添着活性炭	酸添着炭	アンモニア、アミン類などアルカリ成分を中和吸着	硫酸やリン酸などを添着
		アルカリ添着炭	硫化水素など酸性成分を中和吸着	苛性ソーダを添着
		酸化・還元剤添着炭	硫化メチルやメルカプタン、硫化水素を酸化・還元し吸着	ヨウ素系酸化触媒や酸化剤を添着還元性の強い硫化水素や容易に中和できない成分を酸化
	その他	ゼオライト	アンモニア、硫化水素、有機酸等	
		酸化鉄等	硫化水素の脱硫	消化ガスの脱硫
電気化学法	オゾン・プラズマ	触媒として活性炭を使用する場合もある	低濃度の硫化水素、メルカプタン	乾式オゾン法 オゾンを溶解した水洗浄
	光触媒	酸化チタンなど	低濃度の硫化水素、メルカプタン	セラミック系多孔質材に酸化チタンをコーティングしたものが多い

れ、多くの悪臭成分も VOC の範疇に入ることもあり再び燃焼法が脚光を浴びた。当時、燃焼法には必ず CO₂ 排出量の増加を伴うというジレンマもあったが、高効率熱回収装置付属の燃焼脱臭装置が開発されことで、この問題は大幅に改善された。

近年、改良開発された高効率燃焼脱臭装置は、より低温で分解する触媒方式や燃焼した熱を効率的に回収し、燃料消費量を大幅に削減できるようになり、CO₂ の排出も大幅に削減された。

4.2 洗浄法

洗浄法による脱臭の原理は、水や薬品溶解液を用い臭気成分を吸収あるいは化学反応で、無臭あるいは、においの少ない成分に分解する操作の事をいう。臭気と洗浄液との反応を効率的に行うため、充填塔式や棚式やベンチュリー、ジェット式など、さまざまな構造の装置が開発されている。

化学工業の世界では、吸収操作として充填塔やスプ

レー塔など古くから使われていた。特に大気染防止法に係る排煙脱硫や脱硝などで培われた技術は脱臭装置として後に大きく発展した。

臭気対策への応用は、成分の臭気閾値が極めて低いためさまざまな工夫が必要であった。

特に充填塔方式のスクラバにおける充填材は、処理圧力損失が小さく効率的に気体と溶液が接触できる製品が提供され、各吸収データが集積されたことで設計が容易になったことも定番の技術になった所以である。さらに、薬液による吸収は、制御機器の開発が飛躍的に進み、安定したコントロールが可能になった。

4.3 吸着法

吸着法は、活性炭を代表とするさまざまな吸着剤により臭気成分を捕集し脱臭する簡便な方法で、脱臭装置としては最も古くから広く用いられている。

固体の表面に、臭気成分の分子（原子）が着いた状態を吸着といい、吸着していた物質が表面から離れること

表-3 機能活性炭の種類

活性炭名称	添着薬品（例）	機 能	吸着臭気成分
酸性ガス用	苛性ソーダ 炭酸カリ ヨウ化カリ	中和剤 中和剤 脱硫触媒	硫化水素、メチルメルカプタンなど
塩基性ガス用	硫酸 磷酸	中和剤 中和剤	アンモニア、トリメチルアミンなど
中性成分用	臭 素	酸化剤	硫化メチル、二硫化メチルなど
アルデヒド用	アミン類	反応剤	アセトアルデヒドなど
ヨウ素炭	無機酸 ヨウ素 ヨウ素酸	中和剤 酸化触媒 酸化剤	上記成分を一種類の活性炭で吸着する。

図-1 生物脱臭の反応プロセス

を脱着という。活性炭を代表とする吸着剤が優れた吸着能力を持つのはこの「固体の表面積」が極めて大きいためである。装置の形状は吸着剤を層状に充填した吸着装置に通気させることで吸着する方式が多い。臭気成分はその閾値が低いいため、除去効率の高いところで運用する必要がある。

また発生する臭気には多くの成分が含まれており、活性炭が本来もっている化学反応を伴わない物理吸着のみでは、効率よく働かない場合が多い。

現在では硫化水素など酸性成分、アンモニアに代表されるアルカリ成分および硫化メチルなどの中性成分、アルデヒド類のアミン剤による吸着など、それぞれに選択的に機能するように薬品処理を付加した複数の特殊活性炭（添着炭）の組合せで脱臭が行われている。

その他、活性炭以外の酸化鉄や腐食酸などを応用した脱臭剤も多く開発されている。

4.4 生物脱臭

糞尿や腐敗物に土を被せるとにおいがしなくなるという事は、先人の知恵として古くから知られていた。しかし、微生物による地球規模の化学循環の一種である硫黄循環（硫黄の酸化（硫化水素から硫酸塩に戻す）および硫酸還元（硫酸塩を硫化水素に還元する）や窒素循環（窒素のアンモニア化、アンモニアを硝酸まで酸化する硝化過程と硝酸塩を気体の窒素まで還元する硝酸還元）などのメカニズムをが解明されたのは比較的最近のことである。

近年このシステムを応用する研究や特定の成分の分解

図-2 代表的な生物脱臭のメカニズム

に特化した微生物の分離技術などが進み、さまざまな方式の脱臭装置や VOC 対策装置が開発された。

生物脱臭は簡単に言うと、水と微生物と酸素の存在のもとで臭気物質が臭気の少ない物質に分解するプロセスで図-1のように要約される。

4.5 消・脱臭剤

開発当初はマスキング剤や芳香剤といわれて、より強いにおい（悪臭でない）で悪臭を感じなくするマスキング効果が主で、広範囲の臭気発生源から家庭用まで広く応用されてきた。

近年、臭気成分を分解あるいは臭気の少ない成分に転換する消臭剤が多く開発され、最適な運用状況が設定できると優れた効果を発揮するものも多い。

また、直接高濃度臭気に噴霧し、凝集効果で脱臭する高分子系の消臭剤も開発されている。

しかし、これらは直接発生臭気に直接噴霧するシステムが多く、消臭剤が人間の健康や環境に悪影響があってはならない。

5. 最適な操作・制御条件と維持管理

脱臭装置の制御に関わる優れた計測制御機器、pH（水素イオン濃度）計、ORP（酸化還元電位）計、高濃度有効塩素濃度計、還元濃度計、オゾン濃度計などの開発が進み、適切な制御が可能になった。

脱臭は、極めて低い平衡関係にある条件での操作になるため、制御する環境によって、反応条件が大幅に変動することが多い。例えば、代表的なアルカリ剤である苛性ソーダ（NaOH）は、pH 値が高いと、臭気成分の濃度に比して、空気中に大量に含まれる炭酸ガスとの反応として大量に消費される。また、次亜塩素酸ソーダに代表される酸化剤も、その濃度や pH 条件により反応が異なり、最小限の薬品消費量で効果的な性能を持たせるためにも、条件に合った適切な「制御」が非常に有効である。

臭気成分に合った適切なものを選択することで、効率が飛躍的に上り、装置の消費エネルギーも大幅に改善できる場合が多い。

また、実際の臭気には、装置の性能を阻害するさまざまな成分が多く含まれていることが多く、高い効率や省エネを維持するためにも適切なメンテナンスが必要であ

る。

6. おわりに

「悪臭防止法」と共に進化してきた脱臭技術は、さまざまな改革を経て現在の姿になっている。しかし近年、脱臭は「既に完成された技術」として見られているところが多く、公共事業における脱臭システムが標準化されてきた経緯からも、新規技術が生まれにくい環境になってきている。

悪臭防止法と、におい・かおり環境協会と共に歩んできた脱臭装置のパイオニア的存在の環境プラント企業や脱臭装置専門メーカーも、受注環境の悪化が進み、この事業から撤退するケースが増えている。

現在、臭気対策システムに求められていることは、「低価格で高性能」、そして「環境負荷が小さい」という非

常に厳しい要求が課せられている。しかし、これまで培ってきた、世界的にもトップクラスの臭気対策技術の見直しやシステムの最適化を図ることで、対応が難しかった分野への応用や、より安全で高効率の脱臭システムが構築することができるであろう。

キーワード：臭気対策技術、脱臭方式、臭気対策の推移、脱臭の原理

参考文献

- 1) 公益社団法人 おおい・かおり環境協会 HP 資料, 「協会のあゆみ」
- 2) 消・脱臭システムの最適化, 第 27 回におい・かおり環境学会講演要旨集, 22-25, (2014).

Overview of deodorizing equipment and deodorizer technology

Ken NAKATSUYAMA

Odor measures adviser,
3-4-51 Saiwaicho, Higashikurume Tokyo Japan

Abstract Odor control technology is a very difficult technique unlike a prevention of various operation and air pollution technology in the chemical industry.

This is because it must process a very low-concentrated blend shown by laws of Weber -Fefuner to a sense of smell level (the sense of smell threshold).

The technique to be related to odor measure was developed based on an existing technique about prevention of chemical industry and air pollution basically.

However, many researchers and deodorization equipment makers went ahead through the research and development competitively, and, as for Offensive Odor Control Law line enforced in 1972, it was with a driving force to send a superior Odor measures technology out in the world.

In this special feature, I had a process of the development and representative embodiment introduce to the engineers who was engaged in the development of the prevention of odor control technology for many years.

Key words : odor control measur technology, deodorization equipment, Offensive Odor Control Law Deodorizing agent, Deodorizing Method