

シリーズ「悪臭に関わる苦情への対応」

－第4回 各種脱臭装置の特徴－

公益社団法人におい・かおり環境協会

副会長 福山 丈二

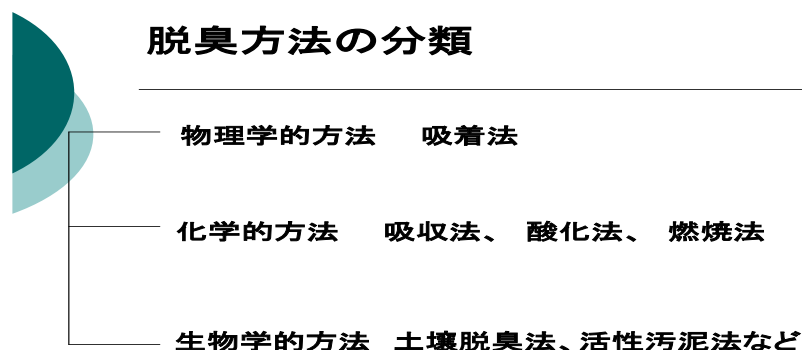
1. はじめに

悪臭は、一般に微量で多成分の臭気物質を含んでいるガスで、臭気発生源によりその含有成分が異なっている。また、発生源により臭気の質だけでなく、ガス温度や水分含有量も異なっているため、その臭気ガスの特性に合わせて脱臭方法を選ぶ必要がある。

そこで本稿では、各種脱臭法の特徴（装置、運転条件、維持管理、適用業種等）について紹介し、最適な脱臭装置を選ぶ際の参考資料として活用していただきたい。

2. 各種脱臭方法の装置と特徴

脱臭方法には多くの方法があるが、下図に示すように物理学的、化学的および生物学的方法の3つに大きく分類される。この他には、消・脱臭剤法もある。通常、脱臭方法は一つの方式だけで完全に処理することは難しく、いくつかの方法が組み合わせられることが多い。



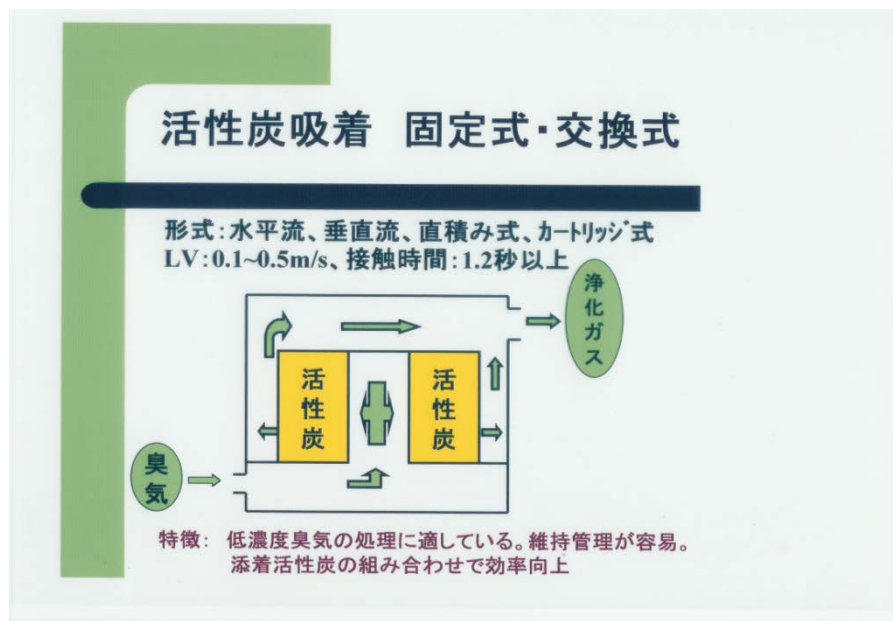
2.1 活性炭吸着法

活性炭の原料としてはヤシ殻や石炭が主に用いられる。形状は粉末と粒状とがあるが、通常、ガス処理には粒状活性炭が使用される。特徴としては、比表面積が大きいこと、表面に細孔を有して吸着しやすい形状であることが挙げられる。活性炭には吸着保持できる能力に限界があり、一定以上になると破過現象を起こす。このような状態になれば、再生処理や新しい活性炭と取り換える必要がある。新しい活性炭では通常、運転初期では99%以上の高い除去率が得られる。維持管理は比較的容易で、低濃度臭気の処理に適している。

2.1.1 固定式・交換式方式

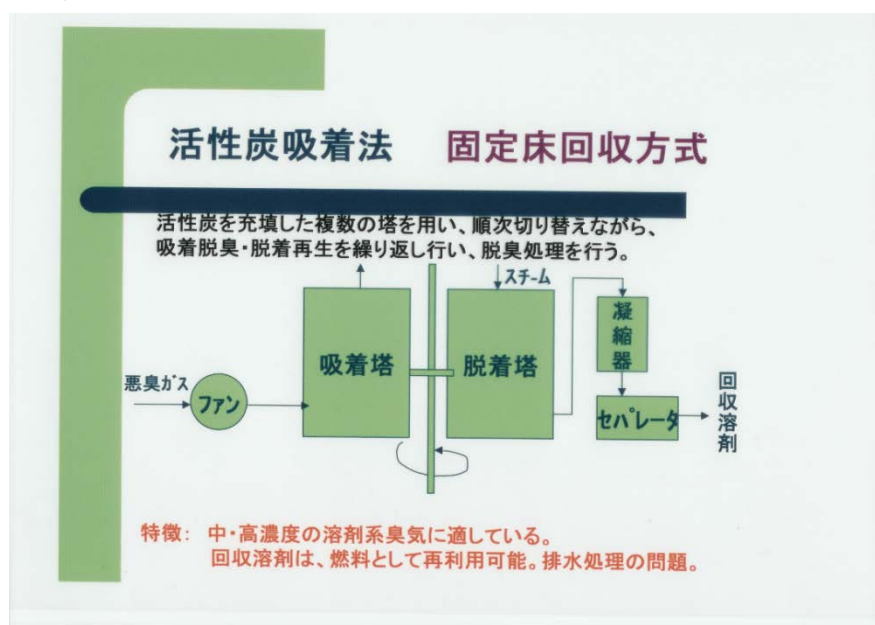
下図に固定式・交換式の装置の概略図を示す。活性炭交換が容易なカートリッジ型のも

のが用いられることが多い。塔内平均流速は 0.1～0.5 m/秒、接触時間は 1.2 秒以上で運転し、ガス温度は 40℃以下に設定する。日常の維持管理では、圧力損失の計測やブロワー等の点検を行う必要がある。



2.1.2 固定床回収方式

活性炭は高濃度臭気に対しては短時間で破過するため、吸着と脱着を交互にできる下図に示す固定床回収方式(二塔式)が使用される。この方式では前日に吸着用に用いられた塔を次の日には脱着処理用とし、活性炭を再生させる方式である。脱着にはスチームや熱風が使われる。回収された溶剤は燃料等として有効利用される。維持管理は、固定式と比べて操作が煩雑で点検事項も多い。

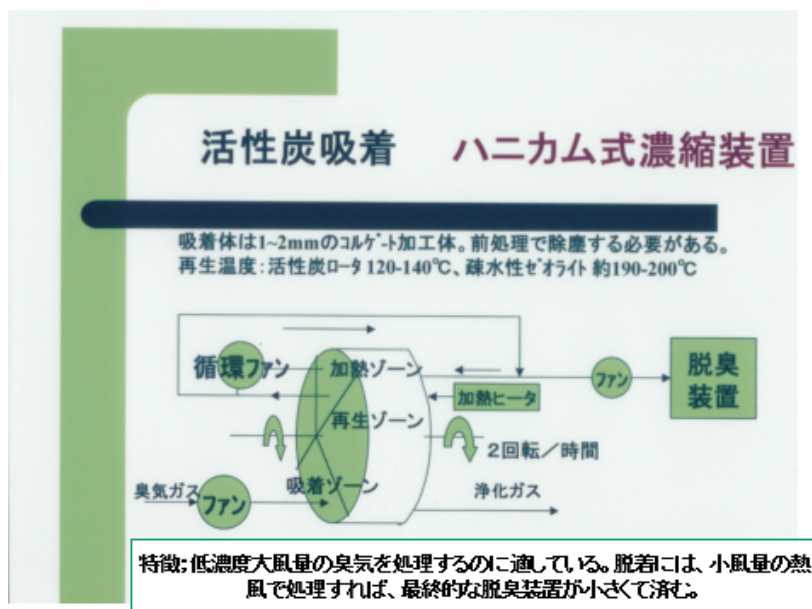


2.1.3 ハニカム式濃縮装置

大風量で低濃度の溶剤成分を含む臭気には、前段でハニカム式濃縮装置を用いて濃縮処理が行われる。活性炭や疎水性ゼオライトをハニカム型に加工し、それをロール状に成型したものが使われる。

このローターには、右図に示すように吸着ゾーン、加熱ゾーンと再生ゾーンがあり、ゆっくり回転している（1回転；約30分）。吸着された溶剤成分が加熱ゾーンに到達すると熱風により脱着される。脱着された溶剤含有ガスは、触媒燃焼装置や直接燃焼装置で処理される。

本方式では、低濃度の臭気を濃縮できる特徴がある。即ち、大風量の臭気を吸着処理し、その吸着成分を小風量の熱風で処理すれば何十倍にも濃縮できる。大規模な塗装工場や自動車製造工場などで適用されることが多い。

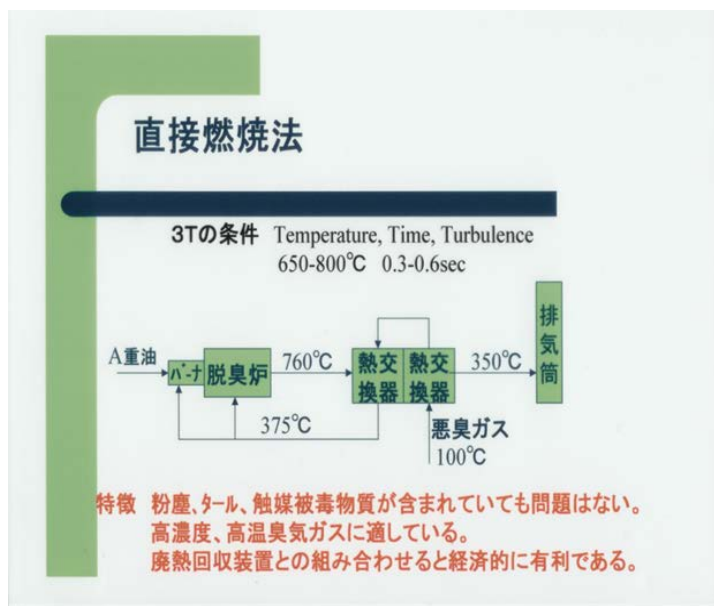


2.2 燃焼法

2.2.1 直接燃焼法

臭気成分を高温で完全燃焼させる方法で、燃焼炉の温度管理が重要である。炉内温度約650～800℃、炉内ガス滞留時間0.3～0.6秒に設定する。臭気の負荷変動にも強く、高濃度の臭気の脱臭に適している。

本法では、燃料費の節減のため、右図に示すように排ガスの熱回収装置が設置されている。



処理ガスの臭気濃度は300～500以下まで下げることができる。しかし、処理後の燃焼排ガスにはイオウ酸化物や窒素酸化物が含まれているため、独特の焦げ臭が残る。

本方法は、腐敗臭や溶剤臭など広範囲の中・高濃度臭気に適し、化製場、塗装、印刷、パルプ工場等で適用されている。

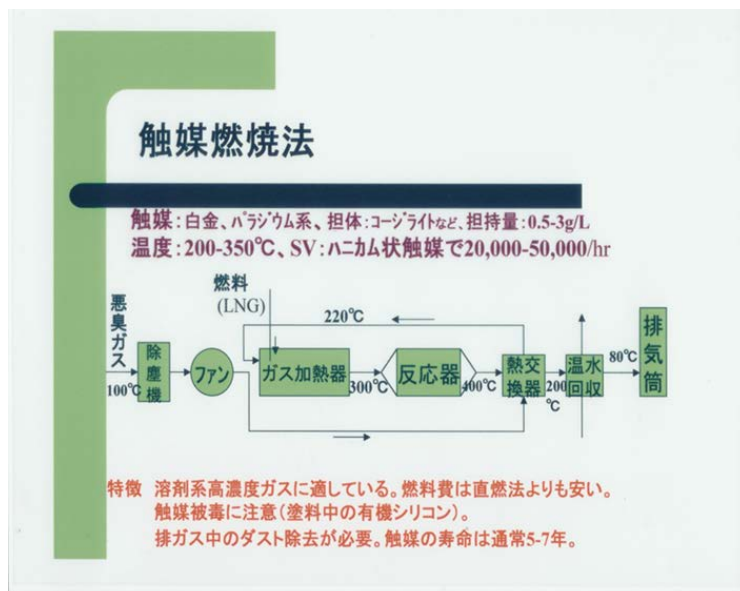
2.2.2 触媒燃焼法

触媒の活性を利用して、直接燃焼法よりも低温で臭気を酸化分解させる方法である。燃料の節約、排ガス中の窒素酸化物の低減などの利点がある。触媒は、通常、コージライト等に白金やパラジウム等の貴金属を担持させたものが用いられる。

処理フローを右図に示す。本方法では、触媒毒となるター

ールやダストを前段で除去する必要がある。前処理された臭気ガスは、熱交換器に通され、約 100～150℃まで予熱される。さらに、ガス加熱器で 200～350℃まで温度を上げ、触媒塔に導入される。また、触媒の寿命を延ばすためにダミー触媒としてアルミナ等が貴金属触媒の前段に設置されることもある。

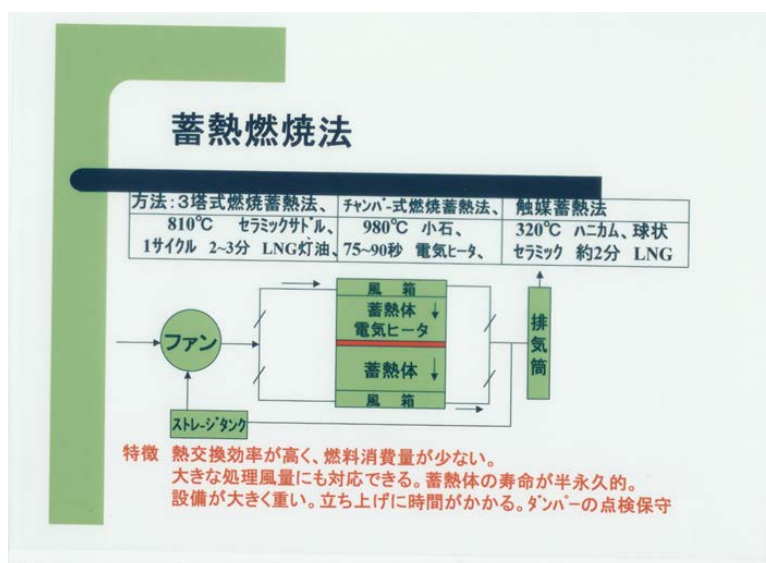
印刷、塗装、塗料製造、インキ製造工場等の脱臭装置として適用されることが多い。



2.2.3 蓄熱式燃焼法

本方式には3塔式燃焼蓄熱法とチャンバー式燃焼蓄熱法がある。いずれも燃焼排ガスの熱を蓄熱体に吸熱させ、その熱を臭気の予熱のために利用させる方式で、燃焼法の中では最も熱効率の高い方法である。蓄熱体としては、セラミックス、砂、小石等が用いられる。熱源としては、電気ヒーター

ーや LNG や灯油を燃料とした燃焼炉が用いられる。図の装置では、電気ヒーターを設置



し、一定時間ごとに弁の切り替えを行い、上昇流と下降流を交互に切り替えて、蓄熱体から受熱と放熱を行っている。即ち、ヒーターに達するまでに臭気は前回の処理で熱せられた蓄熱体により受熱し、ヒーター部で燃焼処理され、その熱は反対方向の蓄熱体に伝わる。次に、逆方法に流れるように流路を変える。24 時間連続運転されることが多い。運転は完全自動化されており、保守点検が容易である。装置は大型で初期投資額が高いため、大規模な工場での採用例が多い。

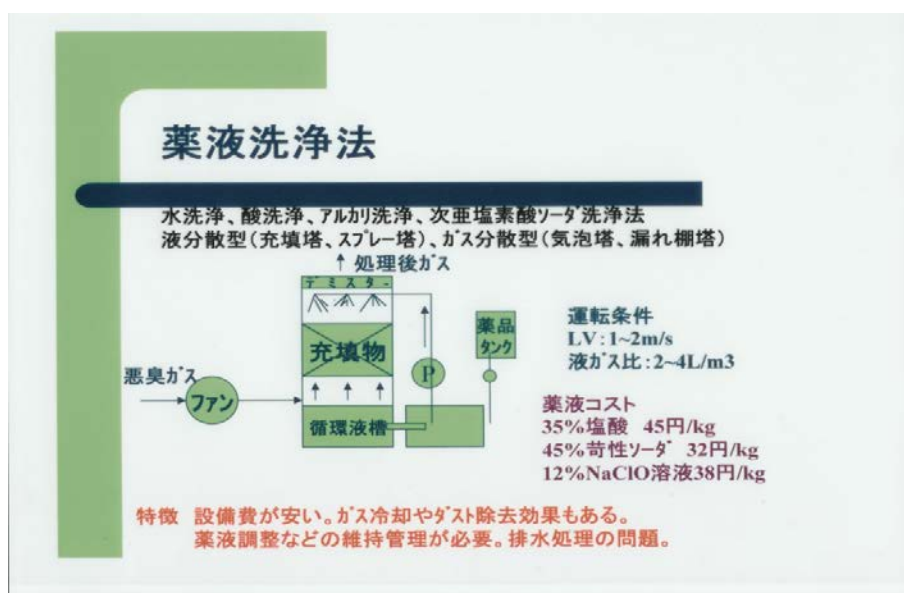
2.3 薬液洗浄法

薬液洗浄法の原理は、気相の臭気物質を液相に移行させることにより、ガスの浄化を行うものである。臭気と薬液（酸、アルカリ、次亜塩素酸ソーダ）とを気液接触させ、化学的中和や酸化により臭気成分を除去する方法である。通常、酸性ガスには苛性ソーダ液、塩基性ガスには硫酸溶液、イオウ系臭気には次亜塩素酸ソーダ溶液が使用される。方式は、充填塔やスプレー塔のような液分散型と気泡塔や漏れ棚法のようなガス分散型に分けられる。

通常は、右図に示す通り、臭気は塔の下部より入れて充填物間を抜けて上昇し、塔の頂部のノズルから供給する薬液と向流接触させる。

運転条件は、空塔速度を $1\sim 2\text{m}/\text{秒}$ 、液ガス比を $2\sim 4\text{L}/\text{m}^3$ （ガス）に設定する。

洗浄液はポンプに



より循環させ、力価が低下してくると薬品の補充等を行う。充填物の必要条件としては、大きな表面積、空隙率が大きい、偏流を起こしにくい、圧力損失が小さい、比重が小さい、耐食性で機械的強度が大きいこと及び廉価であることが挙げられる。

本方法は、低・中濃度の臭気で水溶性臭気成分を含むものに適している。設備費や運転費が比較的安い、臭気成分の 100% 除去は難しい。日常的には薬液の濃度や液量のチェックと補充、ノズルの目詰りや充填物の閉塞の監視、年数回の塔内部の充填物の洗浄が必要である。

2.4 生物脱臭法

主に好気性のバクテリア（細菌）の働きで臭気を酸化分解・無臭化する方法で、薬品や

燃料を使用しない、自然の摂理にかなった方法といえる。菌が棲む固体表面にガスを通す方法としては土壌脱臭法、バイオフィルターおよび充填塔式脱臭法があり、一方、菌が棲む液体と臭気ガスを接触させる方法には、活性汚泥ばっ気法およびバイオスクラバー法がある。この中で、本稿では、土壌脱臭法、活性汚泥ばっ気法および充填塔式生物脱臭法について、それらの概要や特徴について解説する。

2.4.1 土壌脱臭法

よく用いられる土壌は関東ローム層の黒ぼく土で、団粒構造で腐植質が多く、通気性、保水性に優れている。近年では、改良土壌として、黒ぼく土：汚泥コンポスト：ゼオライト＝6：3：1のものや黒ぼく土：パーライト：鶏糞特殊コンポスト＝8：1：1のものが使用され、通気性の向上や吸着力の改善がみられたとの報告もある。

装置の概略は右図に示す構造であり、土壌の厚さは400～600mmで、空塔速度は5mm/秒、接触時間は約100秒で運転される。日常の点検として、土壌の亀裂や乾燥の状況視察を行い、表面が固くなれば、耕耘する。また、夏季の乾燥時にはスプリンクラーによる散



水を行う必要がある。また、発生源によっては、除塵、冷却、除湿などの前処理が必要な場合もある。微生物の生育に適した環境となるように、土壌の水分と温度管理が欠かせない。この方法は、広い敷地面積が必要であるため、下水処理場やし尿処理場での適用例が多い。

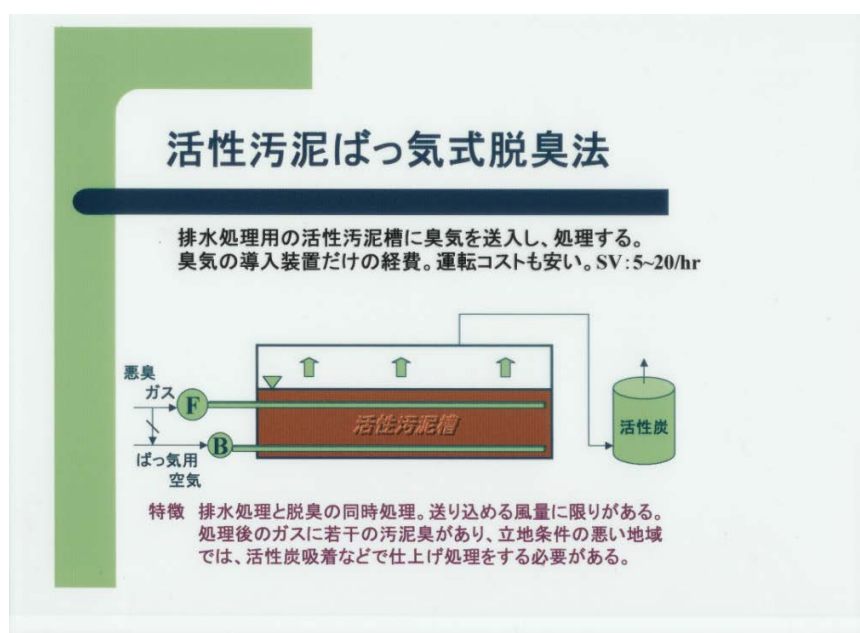
ヨーロッパでは、土壌の代わりにコンポストやピートを用いたバイオフィルター法が採用されている。臭気は、加湿器を通過したのち、脱臭塔の下部より送られ、数段に積まれたバイオフィルターを通り、脱臭される。有機溶剤臭の処理などにも適用されている。

2.4.2 活性汚泥ばっ気法

下水処理に用いられている活性汚泥ばっ気槽を利用して、下水処理と悪臭処理を同時に行う方法で、経費も安くつき経済的な方法である。活性汚泥は、多種類の好気性細菌から、構成されているため、種々の悪臭成分を分解できる。下図に示すように悪臭ガスを導入するために新たな散気管を水深1mの位置に設置し、SV(ばっ気強度)は、5～20m³/m³/hrで臭気を送り込む。ばっ気槽液の溶存酸素は1ppm以上を保持する。

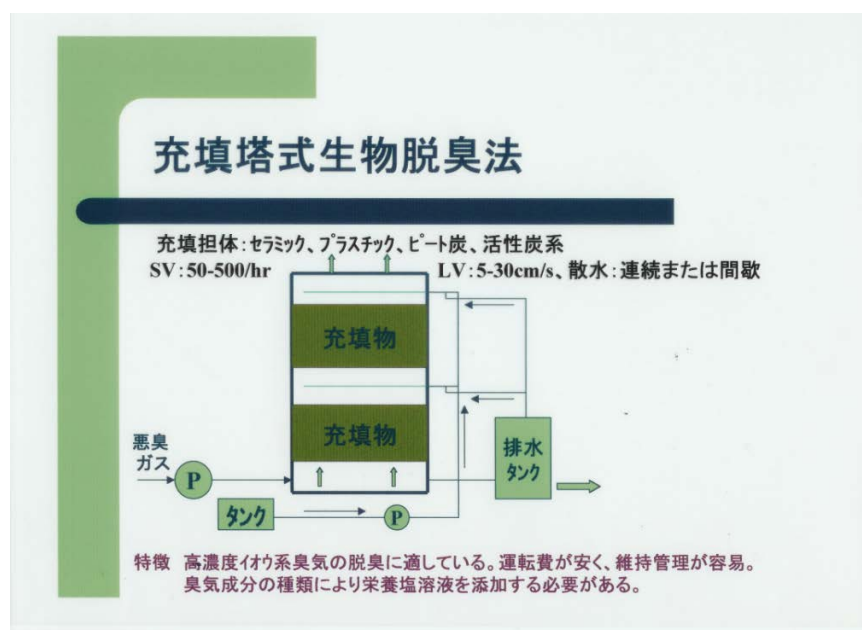
本方法は、沈砂池や最初沈殿池の臭気の一次処理として使われることが多い。完全に脱臭する必要のある時には、ばっ気槽を覆蓋し、活性炭吸着塔で脱臭する。薬品代が不要でブロワーの電気代だけで済むことより、運転コストが安くつき、維持管理も容易である。

なお、排水処理に対して悪臭を吹き込むことによる悪影響は見られない。



2.4.3 充填塔式生物脱臭法

本方法は、充填塔の下部より臭気を送り、充填担体の間を上向流で通して除去する方法で、脱臭原理は、充填物表面の微生物により臭気成分を吸着・酸化分解させる生物脱臭法である。充填担体は、微生物が付着しやすい材質で保水性が大きく、比表面積の大きいものが適しており、多孔質セラミック、各種プラスチック等が用いられている。プラスチックは疎水性のものが多くので吸水性樹脂を練りこんだものも使われている。形状は、球状、シリンダー状、即席ラーメンのような網目構造のもの、スポンジ状など種々の形のもが使われている。微生物が活着しやすいように表面を凸凹状に加工されているものもある。ガス空塔速度は、0.1~0.4m/秒で塔内の滞留時間は4~20秒で運転される。土壌やピートを用いた方法と比較し



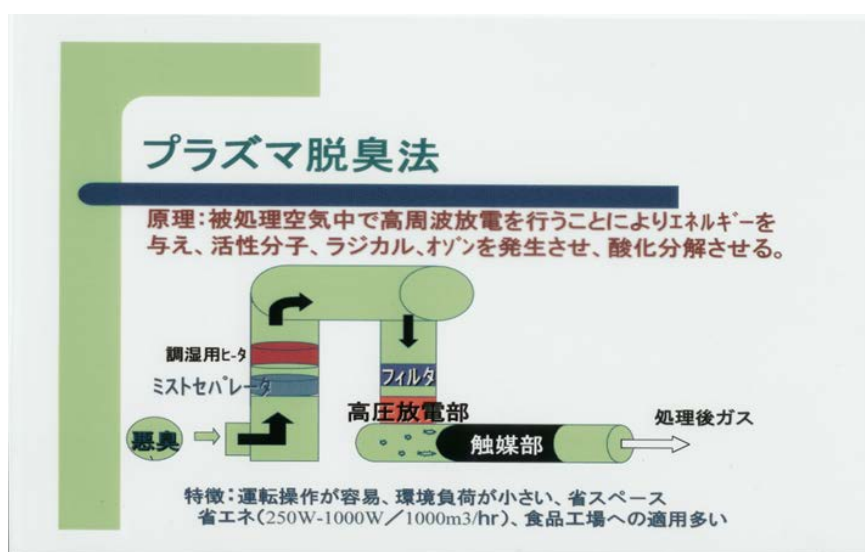
で装置がコンパクト化される。散水頻度は使用される充填担体の種類により異なる。連続散水方式と間欠方式があり、間欠では1日数回や30分に1回などさまざまである。通常、水は循環される。また、充填担体は、2～3段に積層され、1段目で硫化水素やアンモニアの除去、2～3段目で硫化メチルなどの中性ガスが除去される。

本方法は、下水処理場での適用例が多く、高濃度の硫化水素臭気の除去に、特に高い脱臭機能を発揮している。一度、充填された担体は交換されることがなく長期に安定して使用できるように、圧力損失などの日常管理を行う必要がある。

2.5 プラズマ脱臭法

臭気成分を電気エネルギーで発生させたプラズマにより、酸化分解させる方法である。

プラズマ脱臭装置は、右図に示すように、大きく分けて高圧放電部、気相反応部および触媒反応部からなっている。被処理臭気の性状によっては、ミストセパレーター、ヒーター、フィルター等を前段に取り付ける必要がある。



運転は、装置のスイッチのオンオフだけでよく、装置の遠隔監視・操作が可能で、薬品の注入や燃料管理が不要で、運転操作が容易である。また、化石燃料や薬品や水を使用しないため、環境にやさしい脱臭法である。一般的な臭気処理では、消費電力も少なく、省エネルギーである。ただし、電極や触媒は、定期的に交換する必要がある。

本法は、食品工場、コンポスト工場、飼料工場などの臭気の脱臭に適用されている。

2.6 乾式オゾン脱臭法

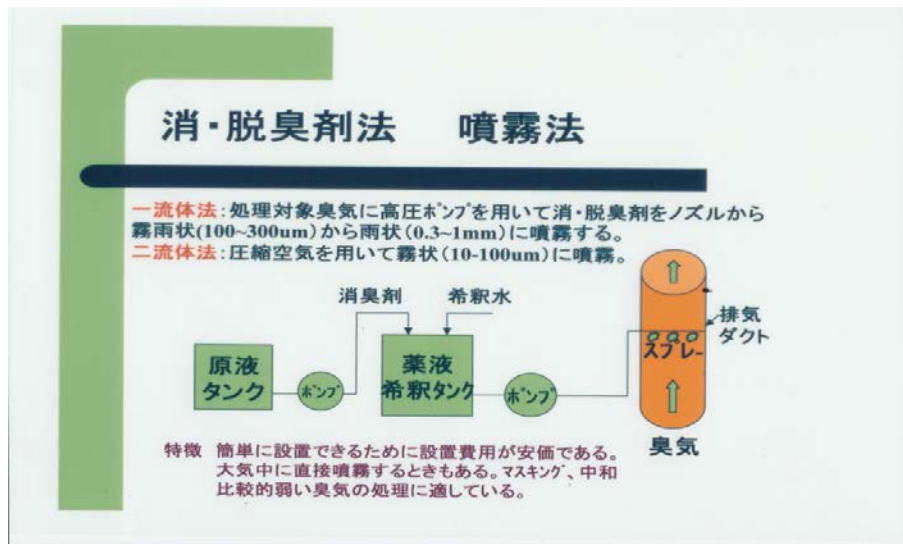
プラズマ脱臭法と類似した化学的酸化脱臭法として、乾式オゾン脱臭法がある。オゾンナイザーでオゾンを発生させ、それを臭気と混合させ、触媒反応塔で酸化・分解させる。この方式でもミストセパレーターで前段で除湿する必要がある。下水の中継ポンプ場、農村集落排水処理場、下水処理場、し尿処理場等で適用されている。比較的低い濃度の腐敗系臭気の処理に適している。薬品・燃料を使用しないため、維持管理は容易である。触媒が劣化して脱臭効果が低下してくると触媒の交換を行う必要がある。

2.7 消・脱臭剤法

本方法は、感覚的消臭法であり、マスクング法と中和法に大別される。マスクング法は、ある臭気が存在する時にこれよりさらに強い臭気物質を作用させ、もとの臭気を感じさせなくする方法で、中和法とは、臭気に対してある種の芳香化合物を作用させてその時に生じる複合臭がもとの臭気レベルよりも低い水準に変化せる方法である。

脱臭法としては、右図に示す消臭液を霧状にダクト内に噴霧する方法と臭気を発する堆積物に直接噴霧する方法がある。

ダクト内に噴霧する方法は、高圧ポンプを用いて消臭液をノズ



ルから霧雨状や雨状に噴霧する方法と圧縮空気を用いて霧状に噴霧する方法がある。消臭液は処理対象とする臭気に合わせて適度に希釈調整する必要がある。

堆積物などに直接噴霧する時には、風向等の気象条件も考慮し、周辺への影響が出ないように注意が必要である。

いずれの消・脱臭法も前述した多くの脱臭法よりも、安価で適用しやすいという特徴がある。本法は、比較的小さい臭気の消・脱臭に適しており、感覚的に嫌なにおいを和らげる効果が期待できる。また、野外での消臭液の散布処理は、一時的に臭気が揮散するのを抑制できる。

ただし、消臭液に芳香剤を用いる場合には芳香臭が強くなりすぎないように注意しなければならない。ごみ集積場、ごみ処理施設や堆肥化施設などには散布法が適用されることが多い。また、公衆トイレ等では、非常に微細なミストを天井から散布する方法も効果的である。芳香臭系の消臭液を用いた脱臭は、老人介護施設などの不快臭のマスクングにも適用され、今後の高齢化社会において小規模汚染対策として使用されていくものを思われる。

3. まとめ

脱臭方法に関する基本的事項について簡単に紹介した。脱臭方法には、それぞれ長所・短所があり、各臭気発生源の臭気発生特性に合わせて、立地条件や経済面で適用しやすく、効果が期待できる脱臭法を選ぶ必要がある。

脱臭法の選択に際しては、①脱臭効率、②設置コストや運転コスト、③設置スペース、④維持管理の容易さ、⑤技術の信頼性について検討することが重要である。この5項目の確認のためには、実際に設置・運転されている脱臭施設を視察し、説明を受けることが大切である。

今後は、工場からの発生臭気の悪臭公害対策だけではなく、小規模な臭気汚染に対する対策も重要視されていくものと思われる。21世紀の脱臭法としては、やはり省資源・省エネルギー型のものが汎用されるであろう。脱臭方法の選択の際にも、「地球にやさしい環境技術」という評価項目も追加され、二次公害も起こさず、電力や薬品の消費量も少ない方法が重視されるものと考ええる。その観点からしても、生物脱臭法は今後も伸びるものと思われる。現在では、大型で高額な脱臭装置が多いが、今後は小型化・高機能化への研究も進められ、小規模臭気発生源にも手軽に適用できる脱臭装置も出現すると思われる。

また、健康に対する関心の高まりの中で、空気清浄機の機能の向上や新たな機能として香りを取り入れて、「清々しさ」や「安らぎ」を作り出せるようなものも売り出されるかもしれない。高齢化社会の到来により、老人介護時の臭気、特別養護老人ホームや老人保健施設などの低濃度の室内臭気についても対策を求められることになり、快適な室内環境に対するニーズは増えるものと考えられる。このような社会背景のもとで、消臭・脱臭に関する研究開発は、その処理対象を工場の高濃度の臭気ガスから室内環境空気まで広範囲に亘って進められるものと考えられる。脱臭技術は、悪臭公害防止から快適生活空間の創造まで幅広い目的のために使われることになる。

参考文献

- 1) 石黒辰吉監修：最新某脱臭技術集成、(株) エヌ・ティー・エス、東京、1997
- 2) 船山富晴編集：最新の消臭剤と消臭技術、工業技術会、東京、1989
- 3) 環境庁大気保全局特殊公害課編集：公害対策技術同友会、東京、1978
- 4) 悪臭防止法の改正と対策動向、(株) エヌ・ティー・エス、東京、1996
- 5) 社団法人臭気対策研究協会編集、生物脱臭の基礎と応用一改訂版、社団法人臭気対策研究協会、東京、1994