生物脱臭におけるセンサーの利用

加 藤 喜 之 *

1. はじめに

当社では、家庭用浄化槽・業務用浄化槽などに適用する小型生物脱臭装置の開発を昭和63年9月より開始した。開発に当たって、全国の浄化槽維持管理連合会の会合に出席する機会を得て、浄化槽における「ニオイ」の問題、脱臭装置の開発における要望事項等調査を行なった。その結果、維持管理する立場からの共通した要望事項として、

① 「ニオイ」を目でみたい。

すなわち、「ニオイ」を表示する計器が欲しい。

② 1人で維持管理が可能な装置であること。

通常、維持管理会社は、少人数の会社が多く、小規模の浄化槽においては一つの現場を一人で維持管理を行なうケースが大部分である。

したがって、一人の人力で取扱が可能な装置であること。

③ 定期的に取り換えるものが存在すること。すなわち、維持管理することによって、維持管理会社の存在

価値があること。などが小規模脱臭装置の要件であることが明らかになった。

一方、浄化槽の販売会社は、販売に当たって「自社の浄化槽はニオイがでない」ことを一つのセールスポイントとしており、初めから「ニオイが出るので脱臭装置を設置します」とは言いにくいところに事実と反しクレームとなるケースが多い。

2. 生物脱臭装置の開発

生物脱臭に関しては、ビートを充填材とした生物脱臭を前処理とし、活性炭処理と組み合わせた処理方式で、ビート脱臭の設計基準を確立された東京工業大学の名誉教授久保田宏先生ならびに京都大学西田耕之助先生のご指導を得て開発した。

2. 1 装置軽量化

先の維持管理会社の要望事項を一つ一つ解決するため、まず装置の小型化・軽量化を実施した。

① 生物反応槽を区割りして重箱方式に積み重ねることにより、分解して一人～二人で持ち運び、設置ができる装置にした。

② 電気制御関係をIC回路設計にして、従来60kg程度の重量があったものを1kg以下に軽量化した。

2. 2 新しい充填材の開発

生物脱臭は世界共通の脱臭菌（土壌細菌）によって悪臭を処理するものであり、微生物の除去性能に基本的違いはない。さらに微生物の付着能力を考慮すると充填材としては、石・土・プラスチック等あらゆる材料が使用可能であり、また脱臭性能に大きく影響することはなからう。

脱臭性能に影響するものとしては、むしろ装置効率の面が大きいのではないかとおもわれる。すなわち、脱臭菌を如何に多く付着させるかといった充填材の表面積の問題、さらに圧損の少ない充填材であれば低圧ブロアーの使用が可能になり、コスト・電気代・騒音

写真1 センサーを搭載した小型生物脱臭装置
(処理量15m³/分)

* (株)アメニテック
Yoshiyuki KATO

といった面で大きな改善が期待できる。特に、小型脱臭装置の場合ちょっとした制作ミスによる短絡流の影響がことのほか処理効率全体に大きく影響することを経験している。

さて、天然長繊維ピート充填材の利点は、

①圧密がなければ、圧損が極めて低い。②保水性がよく含水率の調節が容易。③表面積が大きく、極めて安価である。④微生物の育成に必要な微量栄養源を含んでいる。……等といった利点がある反面、欠点として ①圧密しやすい。②天然物ゆえ品質管理ができない。といった問題が残されていた。

これらピートの持つ利点をできる限り活かし、欠点を解消するため、新しいピート充填材として、

- (1) ピートハニカム充填材……軽量化・圧密防止・品質管理・表面積の増大。
- (2) ピートのペレット化……圧密防止・品質管理。
- (3) 加熱による到達含水率のコントロール……最適含水率での運転。

を行なった。

(1)に関しては、少量の製造においてはコストが極めて高価(30~40万円/㎡)につき、現在は目皿として利用している。(2)に関しては、活性炭粉末を混入して

写真2 ピートのハニカム

写真3 ピートのペレット

表1 ピートペレットの脱臭性能及びピートの性状
(出典：水道産業新聞1991.6.20)

測定箇所 測定項目	生物脱臭塔		ピートペレット	
	入口	出口	形状	円柱形
硫化水素(ppm)	31.1	0.08	粒径	7.3mm
メチルメルカプタン(ppm)	1.86	0.054	かさ密度	0.56 g/cm ³
硫化メチル(ppm)	0.14	0.015	吸水度	81%
二硫化メチル(ppm)	0.11	0.006	膨脹率	4%
アンモニア(ppm)	0.2	0.1未満	坐屈強度	1.7kg/cm ²
臭気濃度	98,000	730		

ペレット化することにより運転開始時点から脱臭効果が期待でき、圧密の心配もなくかつ圧損も低く付着脱臭菌数も天然ピートと変わらず、現在ピートをペレット化した充填材は表1に示すように、横須賀市の下水処理場でも採用され好成績を収めている。

3. ニオイセンサーの開発

さて、浄化槽維持管理会社よりもっとも要望の多かった「ニオイを目で見たい」という課題に対し、嗅覚理論が確立されていない現状で如何に対応すべきか問題であった。そこで、たまたま、東京工業大学の岡畑研究室より「人間の嗅覚細胞を模した人工脂質2分子膜センサーで測定すると聴香師と同じ臭気強度が測定された」という新聞発表記事を頼りに当該センサーを採用することに決定した。

3. 1 測定原理

当該センサーに関してはその後多くの新聞・雑誌さらには化学学会などで発表されているが、簡単に原理を説明すると、水晶発振子の表面に添着した人工脂質2分子膜にニオイ分子が吸着すると、

$$-\Delta F = 2.3 \times 10^6 \times F^2 \times \Delta m / A \quad \dots\dots\dots(1)$$

ΔF は周波数変化(Hz)

F は使用水晶発振子の周波数(MHz)

Δm は吸着物質の重量(g)

A は膜面積(cm²)

(1)式に従って、周波数が減少する。当該センサーでは膜に1ナノグラム吸着するとほぼ1ヘルツ周波数が減少するよう膜が添着されている。

当該センサーが単なる吸着された重量を測定するだけでなく、脂質2分子膜を利用しているため、

- ① 吸脱着が早い。
- ② 膜の組成を変えることにより、特定形状の分子群を選択的に吸着する。
- ③ 水中のニオイ測定が可能。
- ④ 複合臭の分析に適する。

などの優れた特性があり、嗅覚理論が戦国時代の観を呈するなかで大きな柱となっている吸着理論・分子認識理論の2つまでを包含しており、それゆえに人間の嗅覚すなわち感覚測定値とよく一致した値が得られることが確かめられている。現在、半導体を利用したニオイ分析計なるものが販売されているが、いずれもガス濃度を測定するもので複合臭としてのニオイの強弱を示さない。早い話、ガスクロマトグラフィにより如何に正確に悪臭物質の成分・量が分かったとしてもニオイの強さの判定にはならない。ニオイ分析計としてはニオイの単位すなわち「臭気強度」・「臭気濃度」・「臭気指数」あるいは「不快指数」などの単位で表示されて始めて「ニオイ分析計」と言えるのではないだろうか。

3. 2 生物脱臭装置への脂質2分子膜センサーの適用

当該センサーは脂質2分子膜で構成されており、どちらかと言えば脂質に溶けやすい疎水性ガスの吸着にすぐれている。すなわち、親水性ガスの吸着能力は低く、このことは公害ガスのような親水性ガスに富んだ複合臭の原臭ガスの測定には適していないように思われる。幸いにも、生物脱臭は親水性の悪臭ガスに対し極めて高い除去能力を有する。通常、脱臭微生物は悪臭ガスを直接体内に取り入れることはなく、水に溶解した状態で摂取すると言われており、親水性ガスの除去率が高いのも納得できる。

逆に、硫化メチルや二硫化メチルなどの疎水性ガスの除去能力は低い。これもこれら疎水性ガスが水に溶解しにくく微生物が摂取しにくい状態で存在するからであろう。

さらに生物脱臭を前処理として活性炭処理と組み合わせた場合、活性炭から最初に破過する悪臭ガスは下水、浄化槽などのいわゆる生活臭においては疎水性の硫化メチルであることがよく知られている。このことから、当該センサーが生物脱臭の処理臭気の測定に極めて好都合であることが分かる。

(1) 測定装置の制作と測定結果

測定装置のシステムとしては京都大学西田耕之助先生の助言により、リファレンス方式を採用した。当該センサーを利用したニオイ分析計としては、センサーの製造もとである相互薬工㈱からすでに販売されている。測定値より「ニオイの強弱」は確かに分かるが、

図-1 センサー測定値Pと香り強度の関係

表2 某下水処理場（水系）

資料	測定値(対数値)	感度調節	臭気指数	臭気濃度	処理場測定値
A	0.15	8	12	16	20
B	0.3	8	24	250	200
C	0.48	8	38	6,300	6,000

備考：①測定器はプロトタイプ

②処理場測定値は当核測定器で測定後知らされたもの。従って、感度8は測定後解析して求めたもの。

表3 小型生物脱臭装置

資料	測定値(標準値)	感度調節	臭気濃度	パネラー臭気濃度
A	285	1	285	300
B	158	1	158	200

備考：①測定器はプロトタイプ

②測定は脱臭装置出口直後で水分調節不用の条件

未だ「ニオイの単位」を表示するものではない。しかし、開発者の岡畑論文によれば、人間の嗅覚と当該脂質2分子膜測定値の間には図-1に示すように、良い相関がある。このことは、感度調節することにより明らかに人間の嗅覚と一致した値が得られることを示唆するものである。

表2、表3に、当該センサーを用いた実際の測定結果を示す。

(2) 残された問題点

当該センサーの実用化に当たっては、センサーの感度更正、水分補正の問題が残されており、現在京都大学工学部西田研究室にそれらの検討をお願いしている。

謝 辞

製品の開発にあたり、終始ご指導を賜った東京工業大学名誉教授久保田宏先生並びに京都大学工学部西田耕之助先生に深謝致します。