

廃棄物を用いたシックハウス症候群抑制に関する研究

日大生産工 高橋 岩仁 大木 宜章

1. 序文

化学物質はその利便性から、日常生活の中で広く利用されており、生活環境の大幅な改善に大きく寄与してきた。しかし、近年の省エネ対策重視の機密性の高い住居、学校施設などでは、逃げ場を失った化学物質が拡散し、人体に悪影響を与えるシックハウスもしくはシックスクール症候群などといった問題を引き起こす。この原因とされる主な化学物質は、ホルムアルデヒド、トルエン、キシレンなどの揮発性有機化合物（VOC）であるが、同じ環境下で生活していても全員がシックハウス症候群になる訳ではなく、個人差が大きいのが特徴である。現在、各企業や研究施設においてF☆☆☆☆（エフフォースター：ホルムアルデヒド発生抑制率を示す）製品、原因物質を取り除く商品の開発など対応が進められているが、未だ解決には至っていない。

本研究では、シックハウス症候群の抑制を観点に置き、上水汚泥、建設廃材などの廃棄物を脱臭材として用いるべく検討を行った。なお、臭気の実験は、機器分析であるにも係らず、官能試験に類似した測定が可能であるにおい識別装置を用いた。

2. 測定装置および測定方法

2. 1 におい識別装置の概要

写真-1に本実験の臭気分析に使用したにおい識別装置FF-2A（島津製作所製）を示す。

この装置は、10個の小型金属酸化物半導体センサーを搭載しており、各センサーに9種の基準ガス（表-1）を記憶させ、サンプルガスをその基準ガスとの位置関係により類似度で表現できる。さらに、それぞれのにおいの強さを計算し、それらの寄与を総合することによって臭気指数相当値を求めることができ、嗅覚試験法に類似した測定が可能な測器である。



写真1 におい識別装置（FF-2A）

表1 9種の基準ガス

No.	分類	基準臭物質 (略称)	化学式
1	硫化水素	硫化水素 (H ₂ S)	H ₂ S
2	硫黄系ガス	メチルメルカプタン (MMC)	CH ₃ SH
3	アンモニア	アンモニア (NH ₃)	NH ₃
4	アミン系ガス	トリメチルアミン (TMA)	(CH ₃) ₃ N
5	有機酸ガス	プロピオン酸 (Pro)	C ₂ H ₅ COOH
6	芳香族系ガス	トルエン (tol)	C ₆ H ₅ CH ₃
7	エステル系ガス	酢酸ブチル (sb)	C ₆ H ₁₂ O ₂
8	アルデヒド系ガス	ブチルアルデヒド (bal)	C ₄ H ₈ O
9	炭化水素系ガス	ヘプタン (hep)	C ₇ H ₁₆

表2 6段階臭気強度表示法による臭気強度
および臭気強度と臭気指数の関係
(出典：悪臭防止法)

臭気強度	内容	臭気指数の範囲
0	無臭	
1	やっと感知できるにおい(検知閾値)	
2	何のにおいかわかる弱いにおい(認知閾値)	
2.5	案に感知できるにおい	10~15
3		12~18
3.5		14~21
4	強いにおい	
5	強烈なにおい	

Examination on the Inhibition of Sick House Syndrome Using Waste

Iwahito TAKAHASHI and Takaaki OHOKI

ここで臭気指数について簡単に説明すると、環境庁が悪臭防止法で採用しているにおいの強さの表現方法であり、サンプリングした臭気を、無臭になるまで希釈したときに、その希釈倍率によってにおいの強さを表現する指標である。なお、希釈した倍率を臭気濃度と呼び、臭気指数は次式により求められる。

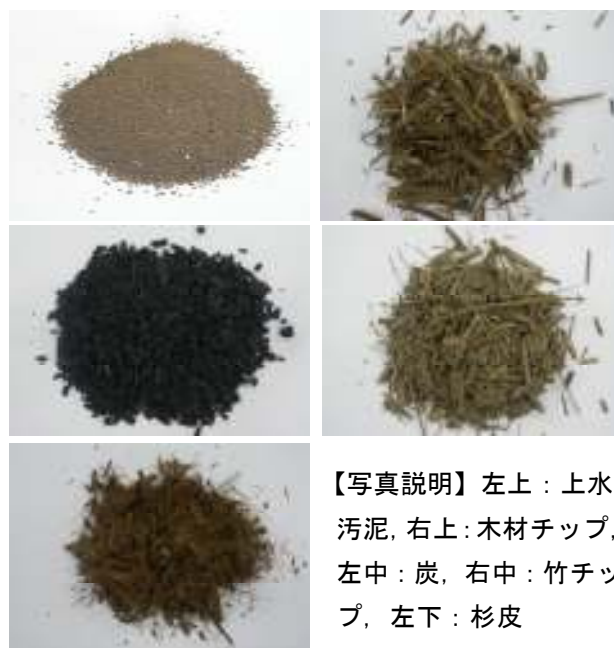
$$\text{臭気指数} = 10 \times \log_{10} (\text{臭気濃度}) \quad (1)$$

この式からも分かる通り、臭気指数とは臭気濃度を対数表示したものである。したがって、臭気指数20とは、臭気濃度100、臭気指数30とは臭気濃度1000であり、臭気濃度で比較すると10倍と大きな差が生じる。なお、においの強さを表す尺度として臭気強度というものがあり、表2に示す通り、悪臭防止法では、6段階臭気強度表示法による臭気強度を基本的尺度としている。また、同法は臭気強度2.5～3.5に相当する範囲の特定悪臭物質の物質濃度または臭気指数を規制値の範囲としている。なお、規制値は業種ごとに悪臭の質の違いを反映して異なっており、臭気強度と臭気指数との関係は、一定の幅を持つことになっている（表2：臭気指数の範囲）。すなわち、臭気強度2.5に対応する臭気指数の下限値10と、臭気強度3.5に対応する臭気指数の上限値21をもってその範囲とすることが適当であるとされている。しかし、臭気は、構成する物質によって快・不快に分けられるため、臭気濃度が高くても一概には悪臭とはいえず、規制の対象とはならない。分かりやすくいえば、お香や香水などの香料品の臭気指数は、かなり高いと判断されるが、悪臭とはいええない。このため、臭気物質濃度と併せて規制する場合が多い。

2. 2 使用試料

使用試料は、廃棄物の有効利用を観点に置き、上水汚泥、木材チップ、炭、竹チップ、杉皮を用いた。写真2に今回使用した試料を、表3に各試料の物性データを示す。なお、上水汚泥および炭については、乾燥させて用いた。

上水汚泥は、水処理時に凝集処理された物質で、産業廃棄物の中では、重金属類の含有量も非常に少なく、有効利用するのに安全で取り扱いやすい物質である。また、リンなどの吸着効果も確認さ



【写真説明】左上：上水汚泥、右上：木材チップ、左中：炭、右中：竹チップ、左下：杉皮

写真2 使用試料

表3 各試料の物性データ

	形状(mm)	含水率(%)	比重(g/cm ³)
上水汚泥	粒径:1.19以下	0	1.473
木材チップ	長さ:5以下 太さ:1以下	13.23	0.530
炭	粒径:1.5以下	0	0.399
竹チップ	長さ:5以下 太さ:1以下	19.38	0.565
杉皮	長さ:5以下 太さ:1.5以下	24.51	0.555

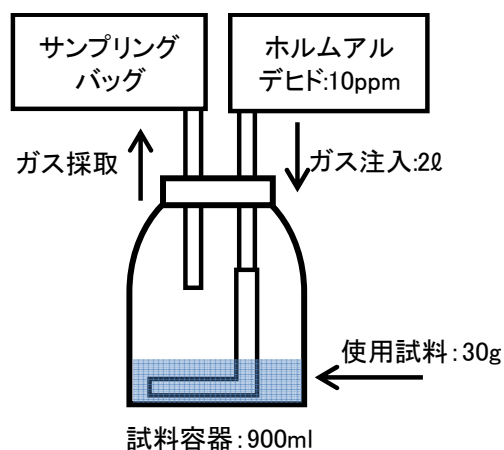


図1 バッチ脱臭実験装置

れており、粘土と同様の性状を持つことから臭気成分の吸着効果も期待される。木材チップは繊維質であり、吸着効果が期待される。なお、今回用いた木材は建設工事から排出された木材である。炭は、木材チップを炭化させたもので、このポーラスな性状から比表面積が高く、吸着材としてはポピュラーな物質である。竹チップは、竹の高い繁殖力により、その有効利用が求められている。そもそも竹は日本風土と密接な関係であるので、これを脱臭材として有効利用可能であるかをも検討した。杉皮は、杉の木材としての利用の際に排出される廃棄物であるが、香りがよく、また綿状の繊維質であるため、脱臭材としての利用が期待される。

2. 3 実験方法

図1にバッチ脱臭実験装置を示す。

実験方法は、900mlの容器に試料を各30g入れ、その中に10ppmのホルムアルデヒドを20 注入した後、容器内の臭気をにおい識別装置およびガス検知管により測定した。なお、試料自体から発生する臭気特性についても検討する必要があるため、容器に臭気を入れずに試料から発生する臭気の特徴についても測定した。また、容器に試料を入れず、エアーのみおよびホルムアルデヒドのみの値も測定し、比較検討した。ここで、におい識別装置だけでなく、ガス検知管を用いた理由としては、今回対象とする臭気はホルムアルデヒドという既知の単臭気である。また、前述した通り、臭気指数は悪臭以外の臭気にも影響されるため、使用試料から発生する臭気の影響によって高い値が出る恐れがある。したがって、ホルムアルデヒドを対象とするのであれば、検知管は容易にその物質濃度の測定が可能であり、各試料の脱臭性能を検討できる。

3. 実験結果および検討

図2ににおい識別装置で測定した各使用試料およびエアーのみの臭気指数、図3に類似度を示す。なお、測定は各試料とも2回行い、誤差が臭気指数1以内、類似度5%以内であったため、その平均値で表示している。

図2より、竹チップ、杉皮の臭気指数が21強と高く、上水汚泥は15弱と低い値を示した。木材チッ

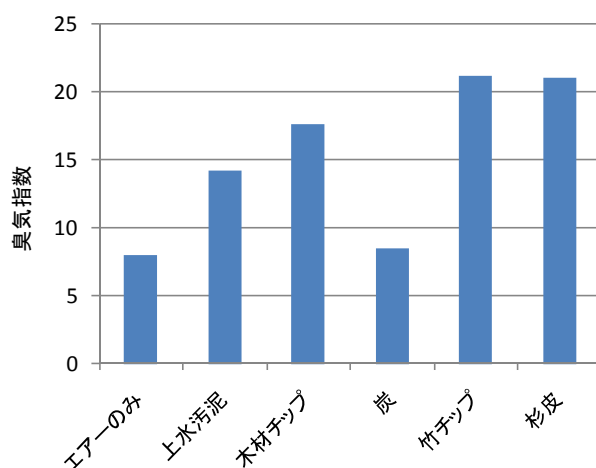


図2 各使用試料の臭気指数

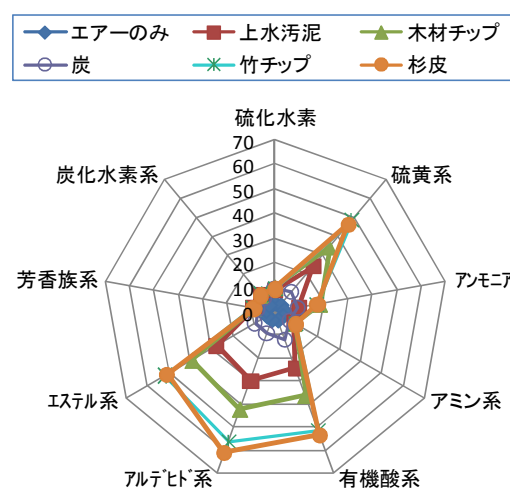


図3 各使用試料の類似度

プはその中間の値を示し、また、炭は8.5と今回使用した試料の中で最も低く、エアーのみ（臭気指数8）とほぼ同様の値であった。これは、竹チップ、杉皮チップはその特有の香りが臭気として検出され、上水汚泥、木材チップに比べて高くなったと考えられる。この各試料を図3の類似度でみると、竹チップ、杉皮が前記した9種基準ガスに対する類似度の割合が高く、図2の臭気指数値とも一致する。また、炭以外の試料では、エステル系、アルデヒド系、有機酸系の類似度が高く、特に、アルデヒド系が高いと新たなシックハウス症候群の要因となる恐れがある。このため、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドが測定可能な検知管を用い、採取したガス中の臭気を測定したところ、検知されなかった。なお、におい識別装置では、その臭気成分が入っていない場合でも、小型金属酸化物半

導体センサーの認識により、類似度が高く出る場合があります、竹や杉の特有の香りがアルデヒド系に近い傾向を示したものと考えられる。

この試料の吸着効果を確認するため、各試料の中に10ppmのホルムアルデヒドを20 注入し、同様の測定を行った。図4にホルムアルデヒド注入後の臭気指数、図5に類似度を示す。なお、比較としてホルムアルデヒドのみの値も同時に示した。

結果から、臭気指数、類似度ともに、各試料の値はほとんど変化が見られなかった。また、ホルムアルデヒドのみの臭気指数は17、類似度は当然のことながらアルデヒド系が高かった。なお、ホルムアルデヒドの物質濃度10ppmは、臭気強度と物質濃度との関係式（(2)式）から臭気強度3.12と求められる。これを表2の臭気強度と臭気指数の関係に当てはめると、今回測定された臭気指数17は、理論的にも妥当であるといえる。

$$\text{臭気強度} = 1.53 \times \log_{10}(\text{物質濃度}) + 1.59 \quad (2)$$

これより、注入後もホルムアルデヒドには影響されず、各試料から発生する臭気のみを検知したものと見え、ホルムアルデヒドが脱臭されたと推測される。

そこで、各容器内のホルムアルデヒドの物質濃度を検知管により測定した。その結果、上水汚泥と竹チップが混入されている容器からはホルムアルデヒドが微小(0.05ppm以下)検知されたが、その他の試料からは検知されなかった。なお、ホルムアルデヒドの物質濃度0.05ppmとは、(2)式で計算するとマイナスの値となり、規制値よりもかなり低い。

これより、今回用いた試料のホルムアルデヒドの吸着性能が確認された。しかし、竹チップ、杉皮は特有の香りがあるため、その用途に関しては個人の趣向を加味する必要があるといえる。

4. おわりに

本研究では、シックハウス症候群抑制を目的とし、上水汚泥、建設廃材などの廃棄物を脱臭材として用いるべく検討を行い、以下の知見を得た。

1) 今回用いた試料の中では、竹チップ、杉皮からの臭気指数が最も高かった。また、類似度もアルデヒド系をはじめ、エステル系、有機酸系と高い値を示したが、これは、竹や杉皮

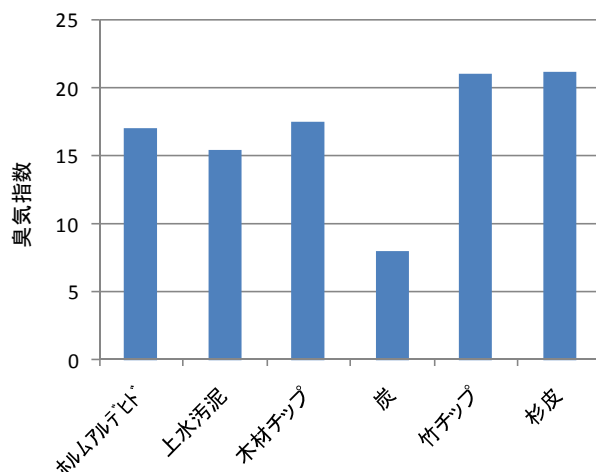


図4 ホルムアルデヒド注入後の臭気指数

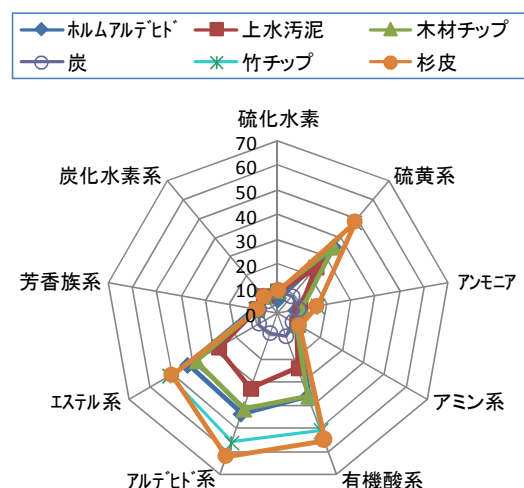


図5 ホルムアルデヒド注入後の類似度

から発生される特有の香りであり、それが測定器の特質によって類似があると判断されたもので、有害物質とはいえない。

2) 全試料とも、ホルムアルデヒドの吸着能力が確認され、脱臭材として利用できる可能性を示した。しかし、竹、杉皮は特有の香りがあるため、その用途に関しては個人の趣向を加味する必要があるといえる。

以上の結果より、上水汚泥、建設廃材などの安全な廃棄物を生活環境下における臭気の脱臭材として有効利用できる可能性を示した。しかし、それにはホルムアルデヒド以外の臭気でも実証する必要がある、また、さらなる脱臭の効率化を図るべく、用途に合わせた試料の混合、またその方法などを検討していく必要があるといえる。