

## においの見える化と悪臭対策

一般財団法人 畜産環境整備機構  
麻布大学

羽賀 清典

何となく実態のつかめないものを「見える化」することが流行っています。例えば悪臭は、感じる人感じない人がいて、つかみどころのないものです。ここではにおい(悪臭)の見える化について考えてみましょう。

### 1. 悪臭物質が出ているから臭い

なぜふん尿は臭いのでしょうか。それは図1のように、ふん尿から悪臭物質が出ているから臭いのです。

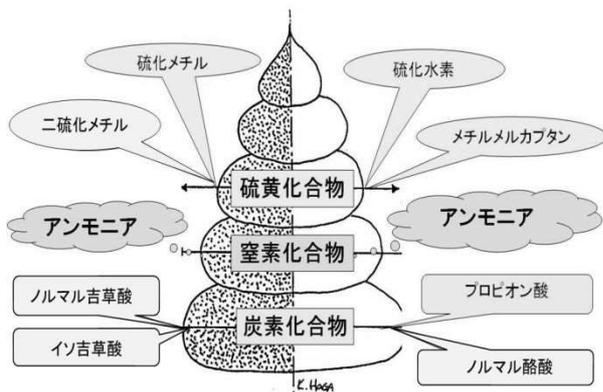


図1 ふん尿から出る悪臭物質

表1にその悪臭物質の性質を整理しました。アンモニアはツーンと刺激のある屎尿のようなにおいです。メチルメルカプタンは腐った玉ねぎのにおいです。

硫化水素は腐った卵のにおいです。硫化メチルと二硫化メチルは腐ったキャベツのにおいです。

表1 ふん尿から発生する主な悪臭物質の臭気強度と特性

悪臭物質	物質濃度(ppm)			におい
	臭気強度	2.5	3	
アンモニア	1	2	5	屎尿のようなにおい
メチルメルカプタン	0.002	0.004	0.01	腐った玉ねぎのようなにおい
硫化水素	0.02	0.06	0.2	腐った卵のようなにおい
硫化メチル	0.01	0.04	0.2	腐ったキャベツのようなにおい
二硫化メチル	0.009	0.03	0.1	腐ったキャベツのようなにおい
プロピオン酸	0.03	0.07	0.2	酸っぱいような刺激臭
ノルマル酪酸	0.001	0.002	0.006	汗くさいにおい
ノルマル吉草酸	0.0009	0.002	0.004	むれたくつ下のにおい
イソ吉草酸	0.001	0.004	0.01	むれたくつ下のにおい

プロピオン酸は酸っぱいような刺激臭です。ノルマル酪酸は汗くさいにおいです。ノルマル吉草酸とイソ吉草酸はむれた靴下のにおいです。このような悪臭物質のにおいが合わさって、ふん尿が臭いを感じるのです。

### 2. においの見える化

人間の鼻の中にある嗅覚がにおいを感じます。バラの花のいい香り、焼き鳥を焼く美味しいにおい、ふん尿から出る悪臭など、すべてのにおいを嗅覚で感じ取

ることができるのです。臭気を感じる強さ(臭気強度)を図2のように6段階臭気強度で見える化(数値化)することが

できます。臭気強度0が無臭、5が強烈なにおいとしてその間を6段階の臭気強度で表します。

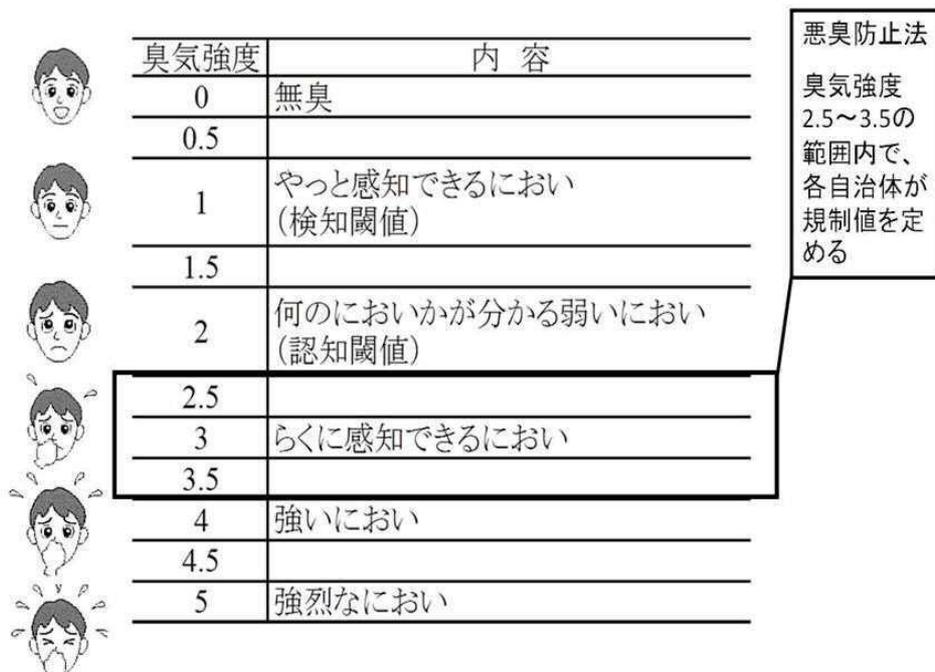


図2 6段階臭気強度による悪臭の見える化

臭気強度1はやっと検知できるにおいて、何かにおうが、何のにおいか分かりません。臭気強度2になると何のにおいか認知できるにおいになります。例えば、臭気強度1では何か臭いけど何のにおいか分からないが、2になると豚ふんのにおいと認知できることになります。専門用語で1を検知閾値、2を認知閾値といいます。臭気強度3はらくに感じ取れるにおい、4は強いにおい、5が強烈なにおいになります。

悪臭防止法の規制は、畜産事業場(養豚農家など)の敷地境界線において、臭気強度2.5~3.5の範囲内で各自治体の長が規制値を定めることとなっています(図2)。このように悪臭防止法は人間の

臭気を感じる強さ(臭気強度)を基本に定められています。

### 3. 悪臭物質を97%除去して半分に感じる

嗅覚を感じる臭気の強さ(臭気強度)と悪臭物質の濃度との間には図3のような直線関係があります。臭気強度は悪臭物質濃度の対数値と比例しているのです。具体的に数値で見ると、悪臭物質が100 ppmから50 ppmに50%減少しても、臭気の強さは10%程度減るだけで、1.0から0.9になるだけなのです。また、人間が感じる臭気の強さを50%減らし、0.5とするためには、悪臭物質を97%減少させる必要があることが分かります。

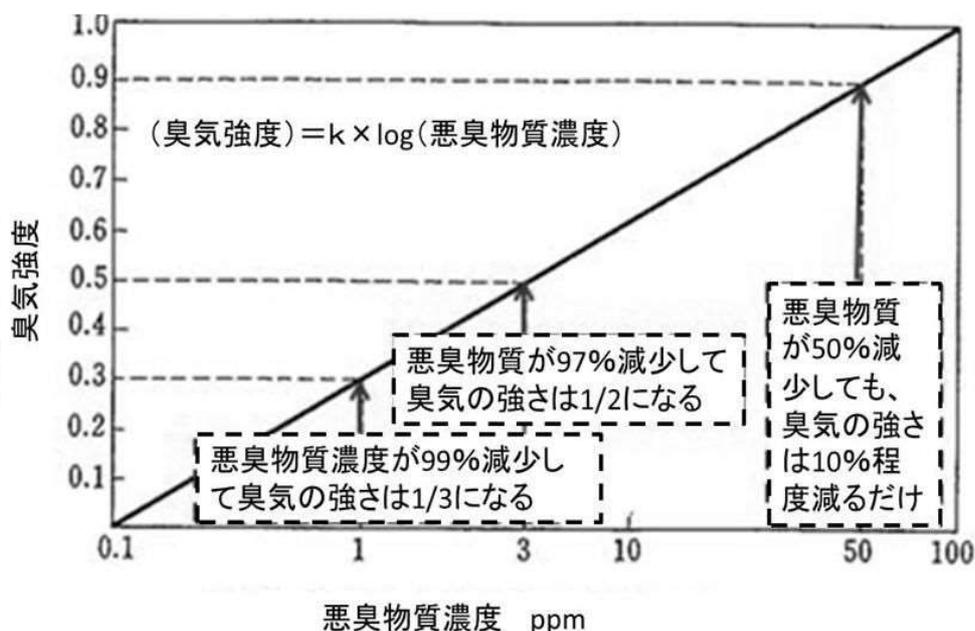


図3 感じる悪臭の強さを半分にするには、悪臭物質を97%除去

悪臭対策のためには悪臭物質を大量に除去しなければなりません。このように、悪臭物質を97%除去して臭気の強さがやっと半分になり、99%除去しても3分の1にしか低減できないということで、悪臭低減の難しさが分かります。

#### 4. 悪臭物質の性質と脱臭

悪臭物質を除去・脱臭するためには、各々の悪臭物質の性質をよく知っておく必要があります。表2に悪臭9物質の性質と脱臭について整理しました。

表2 悪臭9物質の性質と脱臭

悪臭9物質		水	酸・アルカリ	オゾン	活性炭	微生物
窒素化合物	アンモニア	水によく溶ける	アルカリ性 酸性液(物質)に吸収(吸着)される。	ほとんど分解されない。	あまり効果ない。	硝化菌による酸化。一部の微生物による菌体への変換。
	硫黄化合物	硫化水素 メチルメルカプタン	酸性	分解される。	吸着される。	硫黄酸化細菌による酸化。光合成細菌による酸化。一部の微生物による分解。
	硫化メチル 二硫化メチル	水に少ししか溶けない	中性			
低級脂肪酸	プロピオン酸	水によく溶ける	酸性	ほとんど分解されない。	吸着される。	多種類の微生物による好氣的分解。メタン細菌によるメタンへの変換。
	n-酪酸	水に溶ける	アルカリ液(物質)に吸収(吸着)される。			
	n-吉草酸	水に少ししか溶けない				
	i-吉草酸					

例えば、アンモニアは水によく溶ける性質を持っているので、水洗脱臭が可能です。さらに、アルカリ性なので酸性水溶液で効率的に除去することができます。硫黄化合物は水にほとんど溶けませんので水洗はあまり効果ありませんが、オゾンや活性炭が有効です。一方、プロピオン酸は水にはよく溶けますが、酸性なのでアルカリ液で効率的に除去できます。また各悪臭物質に特異的に作用する微生物がいるので、臭気低減にはその微生物利用も有効です。

代表的な脱臭装置である土壌脱臭装置は表2のアンモニアの性質を巧みに利用した装置です。臭気を土壌に通すと、土壌の水分がアンモニアを捉え、そのアンモニアを土壌の微生物が硝酸に変えることによって脱臭する装置です。ロックウール脱臭装置は土壌脱臭装置とほぼ同じ原理で敷地面積を5分の1に縮小した装置です。

## 5. 人間の鼻による見える化 (臭気指数)

悪臭問題の発生している現場では、アンモニアなどの悪臭物質のppm濃度をいくら除去しても問題が解決せず、もっと人間の鼻に近い数字による規制が必要ではないかという意見があります。そのため人間の鼻が感じる数値をもとにした臭気指数が使われています(表3)。養豚において臭気指数15が臭気強度3.0に相当します。

臭気指数は次の式に示すように、臭気濃度の対数値を10倍した数値です。

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

表3 畜産における臭気強度と臭気指数の関係

畜種	各臭気強度に対応する臭気指数		
	2.5	3.0	3.5
豚	12	15	18
牛	11	16	20
鶏	11	14	17

例えば、現場で臭気濃度を測定したところ30だったとすると、臭気指数 $=\log 30 \times 10 = 1.48 \times 10 = 14.8 \approx 15$ となります。もしも、その地域の悪臭防止法の規制値が臭気強度2.5(臭気指数で12)だとすると、臭気指数15はそれを超過していることになります。

## 6. 臭気濃度(人間の鼻による測定)

では臭気濃度とはどのように測定するのでしょうか。悪臭を無臭空気で薄めたときに、無臭と感じる倍率を人間の鼻で測定するものです。例えば、臭気濃度100は無臭空気で100倍に薄めたときに無臭、1000は1000倍に薄めたときに無臭だと人間の鼻が感じる値となります。臭気が強いほうが臭気濃度の値は高くなります。

臭気指数は、この前の(式)のように、臭気濃度の対数値を10倍した数値となります。悪臭物質の有無とは別に、臭気指

数は人間の鼻による悪臭の感じ方をそのまま見える化(数値化)できる特徴があります。そのため悪臭規制に臭気指数を導入する自治体があります。

## 7. 嫌気処理は好気処理よりも悪臭が多い

### (1) 嫌気的な不完全分解による悪臭

ふん尿の処理方法は、空気(酸素)を送る好気処理と、空気を送らない嫌気処理の二つに分けることができます。図4のように、嫌気的な不完全分解によって揮発性脂肪酸(プロピオン酸、ノルマル酪酸、ノルマル吉草酸、イソ吉草酸)やメチルメルカプタンなどの悪臭物質が発生します。

### (2) 好気的な完全分解

好気的に完全分解することによって悪臭物質の発生が少なくなります。例えば堆肥化処理において、通気性を良くしてブロアーなどで十分に通気を行うと、好気的になって、悪臭の少ない品質のよい堆肥を生産することができます。

一方、通気性が悪くベタベタした状態で通気をしないと、嫌気的な不完全分解によって酸っぱいような悪臭が強く、品質の悪い堆肥となってしまいます。

しかし、時間をかけて嫌気的分解が完全に進めば、揮発性脂肪酸はメタンや二酸化炭素などの無臭物質に変わります。例えば、よく発酵したメタン発酵消化液の臭気が少ないのはそのためです。

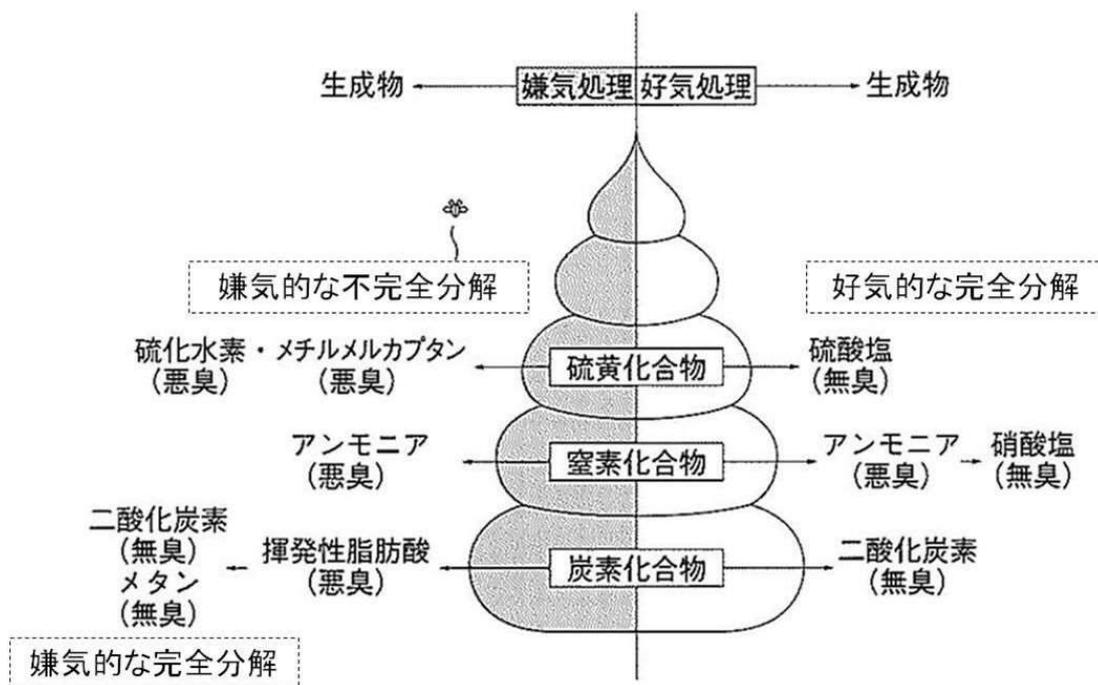


図4 嫌気処理と好気処理による悪臭発生の違い

「どうする！？ 養豚汚水 ふん尿処理対策ブック」より引用改変

## (2) 好気的な浄化槽

浄化槽でも、設計条件に合った適正な空気量を送ること(曝気)によって、好気的な条件が保たれ、無臭で透明な処理水を得ることができます。一方、酸素不足になると、悪臭を放ち、水質が悪い処理水となってしまいます。

このように、ふん尿処理においては、適切な処理方法によって、悪臭が少なく、良質な堆肥や処理水を作ることができるのです。

※本稿は月刊養豚界(緑書房発行)2015年1月号「数字でみる豚と養豚 第3部 ふん尿処理編 ⑤臭気について」を再編集し転載したものです。

## 参考文献

「新編 畜産環境保全論」, 押田敏雄・柿市徳英・羽賀清典共編, 養賢堂, 2012年, 276頁.

「どうする!? 養豚汚水 ふん尿処理対策ブック」, 羽賀清典監修, チクサン出版社, 2004年, 176頁.