

臭気の嗅覚測定法の統一に関する研究

資源循環・環境制御システム研究所 所長 柳橋 泰生

公立大学法人福岡女子大学(環境数理学研究室・藤岡薫准教授)との共同研究

嗅覚を使った臭気の定量的測定方法

「臭気濃度」の測定

- 臭いを測定しようとする対象の水や空気、臭いのしない水や空気と、何倍薄く臭うのかを測定する方法
- 測定装置が特定できなくても、臭いを定量的に測定することができる
- 「臭気濃度」の対数値を10倍したのが「臭気指数」で、悪臭防止法では、工場・事業場からの臭気の規制に使用
- 測定対象の水や空気を10倍や100倍に希釈したサンプルを作成し、それが臭うかどうかを量で嗅ぐ。「10倍だと臭う」「100倍だと臭わない」という結果がでると、量をとり、30倍にする
- 人の嗅覚は、物理量の対数値に比例
- 10倍と100倍の間は、対数値では30倍がほぼ真ん中。 $\log_{10} 30 = 1.481$

測定の客観性を担保するため 臭気指数の測定に三点比較法を利用

- 【オペレーター(測定を仕切る人)】
- 特定の希釈倍数の試液・フラスコを1つ作製する(10倍試液・フラスコ)
 - 無臭水を入れた試液・フラスコを2つ作製する(無臭試液・フラスコ)
 - 3つの試液・フラスコをパネルに提示する

- 【パネル(臭いを嗅ぐ人)】
- パネルは付箋・商業用の紙を知らない
 - 3つの試液・フラスコの臭いを嗅ぎ、付箋・フラスコを指す



希釈数を上げて、3つから正しい操作を繰り返す

公定法・準公定法として 3つの測定方法が混在する

測定法	概要	留意点
① 悪臭防止法(建設試験)	希釈倍数为10で測定し、パネルが全体の正解率を算出。正解率50%に到達する臭気濃度を臭気濃度とする(10倍の対数として算出)	測定臭気濃度は、10倍、100倍、1000倍の10倍系列。
② 悪臭防止法(排出試験)	各パネルが希釈倍数为10で測定し、不正解が出る希釈数まで測定する。最終の正解が得られた希釈率と不正解が得られた希釈数の幾何平均(対数値の算術平均)を基準臭気濃度とする。上下対称を行い、平均値をパネル全体の臭気濃度とする	測定臭気濃度は、1倍、3倍、10倍、30倍、100倍の10倍系列。なお、3倍系列は0.481なので、3倍系列は10倍系列の対数値としてほぼ中間の値を測定していることになる。
③ 準公定法	各パネルが希釈倍数为10以上測定し、最終の正解と不正解の希釈数の正解と不正解の幾何平均(対数値)を基準臭気濃度とする。上下対称を行い、平均値をパネル全体の臭気濃度とする	測定臭気濃度は、10倍、100倍、1000倍の10倍系列に準ずる。

【研究の目的】複数存在する嗅覚を利用した臭気測定の手順を統一する

同じデータであっても、3つの測定方法で臭気指数の値が異なる: 比較ができない

同一のデータでも、算出方法により「測定結果」が異なる

- ① 悪臭防止法の建設試験の方法: 測定濃度: 25 測定指数: 54
- ② 悪臭防止法の排出試験の方法: 測定濃度: 100 測定指数: 20
- ③ 準公定法の方法: 測定濃度: 10 測定指数: 10

試液	希釈率	臭気濃度	臭気指数	臭気濃度	臭気指数	臭気濃度	臭気指数
A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

環境試料の測定方法による臭気指数の正解率の出現確率とばらつき



不正解が出た後の赤字の測定は、既に偶然に左右されていることが明らかであり測定を行うことは無意味ではないか

試液	希釈率	10倍(対数値)	100倍(対数値)	1000倍(対数値)	10000倍(対数値)
A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

一定の条件下で計算したところ、無意味な測定割合は43%になった

排出試験の方法で個人閾値を求める場合 偶然の正解の出現確率は幾何分布を示す

- 幾何分布とは、初めて成功(失敗)するまでに何回試行を行うかを表す確率分布
- (正解)○(正解)×(不正解)となる確率は、 $(1/3) \cdot (2/3) = 2/9 \approx 22.2\%$

試液	希釈率	正解率(%)	不正解率(%)
○	0.00	0.00	100.00
○×	1/30	22.2	77.8
○○	1/30	44.4	55.6
○○×	1/30	22.2	77.8
○○○○	1/30	44.4	55.6
○○○○×	1/30	22.2	77.8
○○○○○○	1/30	44.4	55.6
○○○○○○×	1/30	22.2	77.8

排出試験の測定における偶然の正解による臭気指数への影響の計算 (嗅力分布の臭気指数: 10、10倍系列)

試液	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
1A	10	0.30	11	0.19	10	0.16	10	0.16
2A	8	0.27	9	0.17	8	0.15	8	0.15
3A	6	0.25	7	0.16	6	0.14	6	0.14
4A	4	0.24	5	0.15	4	0.13	4	0.13
5A	3	0.23	4	0.14	3	0.12	3	0.12
6A	2	0.22	3	0.14	2	0.11	2	0.11
7A	1	0.20	2	0.14	1	0.10	1	0.10
8A	0	0.21	1	0.14	0	0.09	0	0.09
9A	0	0.21	1	0.14	0	0.09	0	0.09
10A	0	0.20	1	0.14	0	0.09	0	0.09

嗅力分布・偶然の正解の両方を考慮すると 臭気指数の平均・標準偏差はどうなるか②

嗅力パターン	パネルの人数	確率
1	0 0 0 0 0	$PP_1 = (0.0)^5$
2	0 0 0 0 1	$PP_2 = 5 \cdot (0.0)^4 \cdot (0.0)^1$
...
129	1 1 2 2 1 0	$PP_{129} = 5! \cdot (0.0)^1 \cdot (0.0)^1 \cdot (0.0)^2 \cdot (0.0)^2 \cdot (0.0)^1$
...
210	0 0 0 0 0	$PP_{210} = (0.0)^5$

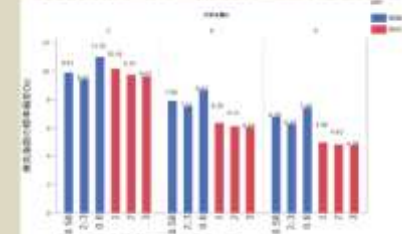
パネルの嗅力が得られる全てのパターンを考慮し、対応する生起確率PPを算出する。パネルの人数8人の場合、210のパターンがある。

嗅力分布・偶然の正解の両方を考慮すると 臭気指数の平均・標準偏差はどうなるか③

- 【環境試料の測定の場合】
- 手順1 各嗅力パターンにおいてベルヌーイ試行により起こりうる希釈数での「見かけ的中数」について全ケースを列挙する。
 - 手順2 各ケースが起こる確率を二項分布により求める。
 - 手順3 各ケースにおける臭気指数を計算する。
 - 手順4 全嗅力パターンの全ケースに対して、臭気指数および対応する確率から、全体の臭気指数の平均および標準偏差を算出する。

【留意】「標準」三法公定法による臭気指数の測定における嗅力パターンのベルヌーイ試行の場合に10000回以上試行が必要(2022)

嗅力分布・偶然の正解の両方を考慮すると 臭気指数の平均・標準偏差はどうなるか④



【留意】「標準」三法公定法による臭気指数の測定における嗅力パターンのベルヌーイ試行の場合に10000回以上試行が必要(2022)

【結論】嗅力分布・測定手順の違いを考慮し臭気指数の値の平均・標準偏差を高精度に計算する手法を開発した