

## においの強度と濃度の間の相関に関する考察 (第6報)

—混合臭の嗅覚強度に及ぼす温度の影響—

佐野 悞\*・佐野 愛知\*\*

### An Attempt to Relate the Gross Intensity of a Compound Odor to the Total Concentration of Ingredients (VI)

—Effect of Temperature upon the Sense of Smell—

Isamu SANO and Aichi SANO

In one of our foregoing reports, we have, based on the thought that when an odorant molecule be adsorbed on the face of olfactory organ this causes the sense of smell, derived two relations connecting the gross intensity of a compound odor to its total concentration. These are Eqs. (1) and (2), the former holding for the case of non-selective adsorption of ingredients and the latter for the case of selective one.

Starting from Eq. (1), we have arrived at Eq. (6) after the introduction of appropriate assumptions as well as certain pieces of information followed by differentiation with respect to temperature. Eq. (6) could be, by simplification, reduced to Eq. (7), by dint of which we estimated the effect of temperature under some typical conditions, and found that the sense of smell declines as the temperature rises; to express numerically, it goes down by a few tenths of the 6-point scale units or less for a 1° increase in temperature. Thus, we reach the conclusion that, in general, the effect of temperature upon the sense of smell is so minor that it might be practically ignored.

Lastly, it must be mentioned that we are able to draw the same conclusion for the case of Eq. (2), and, in addition, also for a single odor.

#### 前書き

筆者は、過去数年間にわたり、混合臭の強度と濃度の間の関係について考察し、報告数篇<sup>1)</sup>を発表しているが、これらの根幹となる考え方は成分臭が嗅覚官能部に吸着されてこれが嗅覚の発生に導くとするもので、成分臭や吸着面などに関する条件を2、3設定してこれらの各場合に対応する強度・濃度間関係式(謂わば、拡張Weber-Fechner式)を誘導し、これらをバルブ工場周辺環境の野外調査成績や嗅ぎ窓付き無臭室使用の室内測定結果などを参照して検討し、妥当性を追求した。単一臭の場合には両者間の関係について或る程度の知見が得られているが、混合臭の場合には情報が乏しく、殊に検討資料として適切なものともなると、殆ど皆無に近い有様のためにこれらの関係式が果して妥当であるか否かについて明言することは容易でないが、これらの事情を踏まえて、今回、温度の影響に関し若干の考察を試みたので

その結果をここに提出する次第である。

#### 関係式の提示と適用

筆者は第1～3報<sup>2)</sup>、とくに第3報において次の諸式を誘導した。

$$I = (\sum k_i) \ln C + \sum (K_i + k_i \ln r_i) \quad (1)$$

$$I = (\sum k_i) \ln C + \sum (K_i + k_i \ln r_i) + \sum k_i \ln \epsilon^{(i)} \quad (2)$$

I : 混合臭の全強度

C : 混合臭の全濃度(成分臭濃度の合計値)

$k_i$  : 成分臭  $i$  の透過性指数

$r_i$  : 成分臭  $i$  の、混合臭における濃度分率

$K_i$  : 成分臭  $i$  の基準強度

$\epsilon^{(i)}$  : 成分臭  $i$  に特定の官能部面の、全官能部面における面積分率

(1)式は嗅覚官能部面全体に対して無選択的に成分臭  $i, j, \dots$  等が吸着する場合を、また(2)式は官能部面の各特定

\* 環境工学研究所

\*\* 愛知県環境部

部分に対して選択的に成分臭  $i, j, \dots$  等が吸着する場合を、それぞれ、表わしている。

基準強度  $K_i$  は、下の通り

$$K_i = k_i \ln(r_i a_i B) \quad (3)$$

種々の量から組立てられているが、これらの中、 $a_i$  および  $B$  は Langmuir の吸着式

$$A_i = \frac{a_i \epsilon^{(0)} B C_i}{1 + a_i C_i}$$

$A_i$  : 成分臭  $i$  の、官能部部分面 ( $\epsilon^{(0)} B$ ) 上における吸着量

$B$  : 嗅覚官能部面全体の面積

に由来し、さらに、 $a_i$  については下の関係<sup>3)</sup>

$$a_i = \frac{f_i(M; a, g)}{T^{\frac{5}{2}}} \cdot e^{\frac{Q_i}{RT}} \quad (4)$$

$f_i$  : 成分臭  $i$  の分子量 ( $M$ ) の他、吸着状態にあるときの分子の分配関数  $a(T)$  とガス状態にあるときの内部分配関数  $g(T)$  との比を含む量 (温度に関係のない定数<sup>\*1)</sup>)

$T$  : 温度 ( $^{\circ}K$ )

$Q_i$  : 成分臭  $i$  の脱着熱<sup>\*2</sup> ( $cal/mol$ )

$R$  : 気体定数,  $2 cal/^{\circ}K \cdot mol$

が知られている。なお、 $\gamma_i$  は次式  $S_i = \gamma_i A_i$  によって示される如く刺激量 ( $S_i$ ) と吸着量 ( $A_i$ ) の間の比例定数<sup>\*1</sup> である。

(3)式と(4)式を代入すると、(1)式は下の通りになる。

$$I = (\Sigma k_i) \ln C + \Sigma \{ k_i \ln \left( \gamma_i \cdot \frac{f_i(M; a, g)}{T^{\frac{5}{2}}} \cdot e^{\frac{Q_i}{RT}} B \right) \} + \Sigma k_i \ln r_i \quad (5)$$

これを  $k_i$  を温度に関せず一定として微分すると次の結果

$$\frac{\partial I}{\partial T} = -(\Sigma k_i) \cdot \frac{5}{2T} - (\Sigma k_i Q_i) \cdot \frac{1}{RT^2} \quad (6)$$

が得られるが、脱着熱 ( $Q_i$ ) は正符号をもつ量であるから(6)式は環境の温度が高くなると強度の感覚は鈍ることを示している<sup>\*3</sup>。これを数値的に把握するため下の如く

$$Q_i \approx Q_i \approx \dots \approx Q$$

と置くと(6)式は次の通りになる。

$$\frac{\partial I}{\partial T} = -\frac{\Sigma k_i}{2T} \left( 5 + \frac{Q}{T} \right) \quad (7)$$

吸着熱は一般に数  $kcal/mol$  ~ 数  $10 kcal/mol$  程度<sup>4)</sup> で、前者は、通常、物理吸着の場合に見られ、後者は化学吸着の場合に多いが、におい物質の嗅覚官能部による吸着は、恐らく、物理吸着であろうと考えられる。 $k_i$  (透過性指数) は例えば硫化水素およびメチルカブタンなどに対し回帰直線が、それぞれ、 $I = 0.9502 \log C + 1.2873$  および  $I = 1.2525 \log C + 2.2320$  などと測定<sup>5)</sup> されているのでこれ

\* 1 温度範囲が狭い場合には一定とみてよいであろう。

\* 2 吸着熱と絶対値等しく、符号反対。

\* 3 (2)式からも同様に(6)式が得られる。

これから計算すると表 1 の如くなるが、その他にも約

表 1 悪臭防止法 8 物質の透過性指数

| 物質       | 指数    | 物質        | 指数    |
|----------|-------|-----------|-------|
| 硫化水素     | 0.413 | メチルメルカブタン | 0.544 |
| 硫化メチル    | 0.341 | 二硫化ジメチル   | 0.443 |
| アンモニア    | 0.728 | スチレン      | 0.617 |
| アセトアルデヒド | 0.439 | トリメチルアミン  | 0.348 |

30種類の化学物質について報告<sup>5)</sup> されているのでこれから一般に  $k_i \approx (0.3 \sim 0.7)$ 、平均 0.5 前後とみてよいようである。従って(7)式中の  $k_i$  に 0.5 を代入し温度  $18^{\circ}C$  の場合を計算すると結果は表 2 の通りになる。

表 2 強度に及ぼす温度の影響

—室温付近の場合

| Q (cal/mol)                     |       | $3 \times 10^3$   | $3 \times 10^4$   |
|---------------------------------|-------|-------------------|-------------------|
| $\frac{\partial I}{\partial T}$ | 1 成分臭 | 0.01 <sub>3</sub> | 0.09 <sub>3</sub> |
|                                 | 4 成分臭 | 0.05 <sub>2</sub> | 0.37 <sub>1</sub> |

表 2 によると、温度の影響は総じて小さく、殊に物理吸着の場合には温度の変化  $10^{\circ}C$  に対し強度の増減は 0.1 (1 成分臭)、0.5 (4 成分臭) などで、測定の誤差に紛れ込む程の大きさである。

### 結果に対する考察

この結果は明示的に或は暗黙裡に持込まれた 2, 3 の仮定の上に成立している。例えば  $\gamma_i$ ,  $a(T)/g(T)$  および  $Q$  などを温度に関せず一定としているが、これは温度範囲が狭い場合に限り承認できるところであろう。 $k_i$  についても同様に温度に関せず一定と仮定し(5)式を微分しているが、この仮定が正しければ回帰直線  $I_i = k_i \ln C_i + K_i$  の勾配が温度に拘らず一定となるので同一物質の温度別回帰直線は相互に並行の或は殆ど並行に走る直線群を形成することになるであろう。 $k_i$  は、元来、次の関係  $dI_i = k_i \frac{dS_i}{S_i}$  によって定義される量で、比例定数に他ならないが、刺激の、大脳皮質へ向っての伝わり方が迅速であることから考えると恐らく殆ど温度に影響されないのではなかろうかと思われるけれどもこの点については、現在のところ、事情が明らかでないので研究の進展により解明されることを期待したい。

### 実際との照合

温度の影響に関する文献は散見される程度であるが、その 2, 3 を引用すると—

1) 50% 以上の湿度がある場合には室温が  $10^{\circ}$  から  $30^{\circ}C$  へと変化しても閾値に差が認められない。しかし、湿度が 50% 以下になると温度により閾値に違いが現われ

る<sup>6)</sup>。

2)湿度が増加すると感度は減少する。例えば室温(21℃)で濃度一定のにおいを嗅ぐとき、湿度が45%の場合には確認と応答できても湿度が2倍になると閾値と判定するようになる。温度の影響については5～40℃の範囲内にある限り大したことはないが、温度が上るにつれて感度は多少落ちる傾向にある。12～35℃の間では温度に関係なく一定であるとも言われている<sup>7)</sup>。

3)ごみ焼却炉排出口付近の排ガスに強い臭気を感じられないのはガス温度が高いため、嗅覚の一時的麻痺に過ぎず、大気中で冷えて常温になると焦げ臭、腐敗臭、タール臭、刺激臭などが感じられるようになる<sup>8)</sup>。

これらの報告は温度の影響はあるが軽微であるとか温度が降下するとともに感度は増大するなどのことを示し、筆者の結論(表2)と軌を一にしていることが見られる。

#### まとめ

本文(1)および(2)式はにおい物質が嗅覚官能部に吸着され、これが原因で嗅覚が発生するとの見解に立って誘導したものであるが(詳細は第3報を参照のこと)、これらに若干の仮定を入れて温度に関し微分して(6)式を得、簡略化して(7)式とし、式中の各量に適切と思われる数値を代入して温度の影響を計算した。その結果によると温度の影響は僅少であり、10℃程度の変化では強度は事実上変わらないことが窺われる。

#### 引用文献

- 1) 佐野 悞：愛工大研報, No.13(1978), 27; 悪臭研究, 7(1978), No.33, 1; 佐野 悞, 佐野 愛知：愛工大研報, No.14(1979), 31; 悪臭研究, 9(1980), No.42, 1; 佐野 悞, 佐野 愛知：愛工大研報, No.16(1981), 35, 45
- 2) 文献1)を参照のこと
- 3) R. H. Fowler, E. A. Guggenheim : Statistical Thermodynamics, 1939 (Cambridge), p.427
- 4) 例えば, S.Ross, J. P. Olivier : On Physical Adsorption, 1964 (Interscience), p.245; 慶伊 富長：吸着, 昭40(共立), p.61; 柳井 弘, 加納 久雄：吸着および吸着剤, 昭44 (技報堂), p.6; J. J. Bikerman : Physical Surfaces, 1970 (Academic), p.341; 佐野 悞：愛工大研報, No.14 (1979), 21; 悪臭研究, 8 (1979), No.39, 1
- 5) 悪臭公害研究会：悪臭と官能試験(昭55), 重田 芳広, p.153～155 (表19～22)
- 6) 悪臭公害研究会：悪臭と官能試験(昭55), 高木 貞敬, p.10
- 7) 佐野 悞：悪臭公害研究会中部支部悪臭公害対策セミナー講演集No.1 (昭49. 3), 1; 悪臭と公害対策(産業環境工学研究会, 昭42. 12), 3
- 8) 西田 耕之助, 本多 常夫：悪臭研究, 7 (1978), No.33, 12; 環境庁, 悪臭防止技術マニュアル, II(昭54), 第3章, p.101

(受理 昭和57年1月16日)