



# におい物質を知る

---

# 1-1

## においては分子、分子という概念

地球上に存在する物質は、すべて化学物質で成り立っている。土壤、植物、動物、食料、空気、水などはもちろんのこと、人体もしかり、髪の毛から足のつま先まですべてが化学物質であり、分子で構成されている。これらの分子も、「元素」という物質の最小単位の組合せである。

におい物質も紛れもない化学物質（分子）であり、大多数は有機化合物に属し、一部は無機化合物に分類される。代表的な「無機系におい物質」としては、アンモニア、硫化水素、二酸化イオウ（亜硫酸ガス）、青酸ガスなどがあげられる。

### 元素と原子

におい分子を構成している元素は、表1-1の白抜き文字部分である周期律表の非金属元素群に属しており、代表的元素は水素（H）、炭素（C）、窒素（N）、酸素（O）、イオウ（S）、リン（P）、ハロゲン（F、Cl、Br、I）などである。これらの元素群が種々の化学結合をつくることで、におい分子ができあがる。

元素と原子について、表1-1の周期律表から数種類の元素を選択した

表1-1 周期律表

	1族	2族	3族	4族	5族	6族	7族	8族	9族	10族	11族	12族	13族	14族	15族	16族	17族	18族
1周期	H																	He
2周期	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3周期	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4周期	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5周期	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6周期	Cs	Ba	L	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7周期	Fr	Ra	A	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

(注) L：ランタノイド（15物質）、A：アクチノイド（15物質）

**表1-2** 元素と原子の表示例

原子番号	1	8	16	17	113
元素記号	H	O	S	Cl	Nh
元素名	水素	酸素	イオウ	塩素	ニホニウム

(注) 原子番号113：日本で初めて新しい元素の合成に成功した。理化学研究所が合成した113番目の元素であり、2015年12月にIUPAC（国際純正・応用化学連合）に認定され命名権を与えられ、2016年11月に「ニホニウム」という名前に決定された。ニホニウムは83番元素ビスマス（Bi）と30番元素亜鉛（Zn）から合成された。

ものを表1-2に示す。元素は、記号であり名前である（元素記号、元素名として使う）。原子は、化学的・物理的な性質を伴うものであり、原子には同位体が存在する。例えば、原子番号1の水素（H）には、質量数1の水素（軽水素ともいう）、質量数2の重水素、質量数3の三重水素など3種類の同位体が存在する。

### 「におう」＝「におい分子が存在する」

不純物を含まない水（ $\text{H}_2\text{O}$ ）は、におわない。不純物を含まない空気（酸素： $\text{O}_2$ 、窒素： $\text{N}_2$ ）も、におわない。木々草花や食べ物は、におう。私たちを取り囲む環境中には、計り知れない数のにおい物質が存在する。

「におう」ということは、私たちが呼吸をする空気の中に、におい分子が存在しているということである。逆に「におわない」ということは、におい分子が存在しないことなのだろうか。それらのことを探るために、まず物質の濃度について考えてみる。

## 1-2 におい物質濃度の単位

通常、物質の三態（固体、液体、気体）の濃度は百分率（%）で表示される。すなわち、重量%（wt%）もしくは容量%（vol%）のいずれ

かの表示が使用される。化学の分野ではモル% (mol%) という濃度表示法が広く使われている。

ここでは、モル、分子量 (重さ: g (グラム))、体積 (L (リットル))、分子数 (個) の関係についてふれる。

### 1 モル中の分子の数

1モルとは、化学物質の分子量にグラム (g) を付けたものである。例えば、水 (H<sub>2</sub>O) の分子量は18であるため、1モルは18g (液体) となる。1モルの中に存在する分子の数は、アボガドロ定数と呼ばれ、その数は、 $6.02 \times 10^{23}$  個と表記される。すなわち、水18g中には、H<sub>2</sub>O分子が $6.02 \times 10^{23}$  個存在する。

表1-3-①に示したSI接頭辞 (接頭語ともいう、小数点以上) から $10^{23}$ は千垓<sup>がい</sup>に相当することがわかる。固体、液体、気体など、それぞれの物質1モル中には必ず $6.02 \times 10^{23}$  個の分子が存在する。また、気体の場合だけ、1モルが22.4 Lに相当し、その中にも $6.02 \times 10^{23}$  個の分子が存在する。

**表1-3-①** SI接頭辞 (小数点以上)

$10^n$	接頭辞	漢数字表記	十進数表記
$10^0$	なし	一	1
$10^1$	デカ	十	10
$10^2$	ヘクト	百	100
$10^3$	キロ	千	1,000
$10^6$	メガ	百万	1,000,000
$10^9$	ギガ	十億	1,000,000,000
$10^{12}$	テラ	一兆	1,000,000,000,000
$10^{15}$	ペタ	千兆	1,000,000,000,000,000
$10^{18}$	エクサ	百京	1,000,000,000,000,000,000
$10^{21}$	ゼタ	十垓 <sup>がい</sup>	1,000,000,000,000,000,000,000
$10^{24}$	ヨタ	一 <sup>し</sup> 穰	1,000,000,000,000,000,000,000,000

## 気体中に含まれるにおい物質の量

表1-3-②に、SI接頭辞（小数点以下）を示す。においの分野では、気体中に含まれるにおい物質の量を ppm（百万分の一）、ppb（十億分の一）、ppt（一兆分の一）という割合の単位で表現する。

ppmなどは日常生活において使われる単位でないため、イメージしにくいと思われるが、1 ppmとは、1辺が1 mの立方体（体積は $1\text{ m}^3 = 1,000,000\text{ cm}^3$ ）の中に、1辺が1 cmのサイコロ大の立方体（体積は $1\text{ cm}^3$ ）が1個存在している状態である。同じ割合の単位である1%が100分の1に相当するように、1 ppmは1,000,000分の1に相当すると考えればよい。

また、割合である ppm は、次の気体の換算式を用いると、物質質量である単位体積あたりの質量 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) に換算できる。

〈ppmと $\text{mg}/\text{m}^3$ の換算式〉

$$\text{mg}/\text{m}^3 = \text{ppm} \times \frac{M}{22.4} \times \frac{273}{273+t} \times \frac{p}{101.3} \quad (1-1\text{式})$$

M：分子量、t：温度（℃）、p：気圧（kPa）

表1-3-② SI接頭辞（小数点以下）

$10^n$	接頭辞	漢数字表記	十進数表記
$10^0$	なし	—	1
$10^{-1}$	デシ	十分の一	0.1
$10^{-2}$	センチ	百分の一	0.01 ⇒ %に相当
$10^{-3}$	ミリ	千分の一	0.001
$10^{-6}$	マイクロ	百万分の一	0.000001 ⇒ ppmに相当
$10^{-9}$	ナノ	十億分の一	0.000000001 ⇒ ppbに相当
$10^{-12}$	ピコ	一兆分の一	0.000000000001 ⇒ pptに相当
$10^{-15}$	フェムト	千兆分の一	0.000000000000001
$10^{-18}$	アト	百京分の一	0.000000000000000001
$10^{-21}$	ゼプト	十垓分の一	0.000000000000000000001
$10^{-24}$	ヨクト	一穰分の一	0.000000000000000000000001

例として、10 ppmのアンモニアガス1 m<sup>3</sup>中のアンモニア分子数を求め、さらに一呼吸するときに鼻腔中を通過するアンモニア分子数を計算で求める。

ppmとmg/m<sup>3</sup>の換算式から、27℃のときに、アンモニア10 ppmは6.906 mg/m<sup>3</sup> (6.906×10<sup>-3</sup> g/m<sup>3</sup>) に相当する。アンモニアの分子量(NH<sub>3</sub>: 17) で割ると、0.406×10<sup>-3</sup> mol/m<sup>3</sup>となり、これにアボガドロ定数(6.02×10<sup>23</sup>)を掛けると、1 m<sup>3</sup>中に2.45×10<sup>20</sup>個のアンモニア分子が存在することになる。通常、ヒトの一呼吸での吸入空気は約500 mLといわれている。したがって、一呼吸で鼻腔中を通過するアンモニア分子数は、2.45×10<sup>20</sup>×500/1,000,000=1.23×10<sup>17</sup>個と計算できる(ただし、一呼吸するときに、これらの分子がすべて、におい受容体にキャッチされるわけではない。第2章参照)。

### におうとおわないを分子数で考える

次に、「におう(有臭)」と「におわない(無臭)」の現象を分子数で考える。前述の計算法を参考にして、アンモニア、トリメチルアミン(TMA)、硫化水素、トルエン、イソ吉草酸、ジェオスミンの検知閾値<sup>1)</sup>

**表1-4** 検知閾値から閾値分子数の算出

物質名	分子式/分子量	検知閾値 (ppm)	g/m <sup>3</sup>	モル数	閾値 分子数
アンモニア	NH <sub>3</sub> / 17	1.5	1.036 × 10 <sup>-3</sup>	6.09 × 10 <sup>-5</sup>	3.67 × 10 <sup>19</sup>
TMA	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N / 59	3.2 × 10 <sup>-5</sup>	7.683 × 10 <sup>-8</sup>	1.30 × 10 <sup>-9</sup>	7.84 × 10 <sup>14</sup>
硫化水素	H <sub>2</sub> S / 34	4.1 × 10 <sup>-4</sup>	5.680 × 10 <sup>-7</sup>	1.67 × 10 <sup>-8</sup>	1.01 × 10 <sup>16</sup>
トルエン	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> / 92	0.33	1.235 × 10 <sup>-3</sup>	1.34 × 10 <sup>-5</sup>	8.08 × 10 <sup>18</sup>
イソ吉草酸	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub> / 102	7.8 × 10 <sup>-5</sup>	3.235 × 10 <sup>-7</sup>	3.17 × 10 <sup>-9</sup>	1.91 × 10 <sup>15</sup>
ジェオスミン	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O / 182	6.5 × 10 <sup>-6</sup>	4.806 × 10 <sup>-8</sup>	2.64 × 10 <sup>-10</sup>	1.59 × 10 <sup>14</sup>

(注) 検知閾値：におい物質の存在がわかる最低濃度、永田らによる測定値<sup>1)</sup>

閾値分子数：物質の存在がわかる最低限の物質質量