

## 空気環境 (大学入試センター試験 2008)

年次 組 番・氏名

第1問 問2 人間は呼吸により空気中の酸素(O<sub>2</sub>)を消費し、消費された O<sub>2</sub> と同体積の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を放出する。このため、人がいる室内の空気環境を良好に保つには、外気との空気の交換(換気)を適切に行う必要がある。室内の CO<sub>2</sub> 濃度(室内の空気中に含まれる CO<sub>2</sub> の体積パーセント)と換気の関連について考えてみよう。ただし、部屋の容積を  $V$  [m<sup>3</sup>] とし、人が占める体積は無視する。

無人の室内で CO<sub>2</sub> 濃度が外気の CO<sub>2</sub> 濃度  $C_0$  [%] に等しいとき、 $C_0$  と室内の空気中の CO<sub>2</sub> の体積  $V_0$  [m<sup>3</sup>] の関係は、 $V$  を用いて次の式(1)で表される。

$$C_0 = \boxed{\text{オ}} \quad (1)$$

換気をしない室内に人がいる場合、室内の CO<sub>2</sub> 濃度は単調に増加する。1 時間当たりの CO<sub>2</sub> の発生量が一定であるとし、その値を  $v$  [m<sup>3</sup>/h] とすると、 $t$  時間後の室内の CO<sub>2</sub> 濃度  $C$  [%] は、次の式(2)で表される。

$$C = \frac{10^2(V_0 + vt)}{V} \quad (2)$$

室内にいる人数を  $n$  [人] とし、1 人が 1 時間当たりに発生する CO<sub>2</sub> の量を  $a$  [l/h] とすると、 $v$  は  $\boxed{\text{カ}}$  [m<sup>3</sup>/h] になる。したがって、室内の CO<sub>2</sub> 濃度の増加量は、1 時間当たりに  $\boxed{\text{キ}}$  [%] である。

一方、一定量の換気が行われている室内に人がいる場合、時間が十分に経過した後では、室内の CO<sub>2</sub> 濃度は式(3)で表される  $C_1$  [%] になることが知られている。ただし、 $Q$  [m<sup>3</sup>/h] ( $Q > 0$ ) は 1 時間当たりの換気量である。

$$C_1 = C_0 + \frac{10^2 v}{Q} \quad (3)$$

日本の法令では、室内の CO<sub>2</sub> 濃度は 1000ppm 以下と規定されている(1%=10000ppm)。 $C_0=0.035\%$  のとき、10 人が在室し、 $a=20$  l/h とすると、換気によって室内の CO<sub>2</sub> 濃度を 1000ppm 以下に保つためには、換気量  $Q$  として  $\boxed{\text{ク}}$ 、 $\boxed{\text{ケ}}$   $\times 10^2$  m<sup>3</sup>/h 以上が必要である。

$\boxed{\text{オ}} \sim \boxed{\text{キ}}$

$$(0) \frac{10^2 V_0}{V} \quad (1) \frac{V_0}{10^2 V} \quad (2) \frac{10^2 V}{V_0} \quad (3) \frac{V}{10^2 V_0} \quad (4) na \quad (5) \frac{na}{10^3}$$

$$(6) \frac{a}{n} \quad (7) \frac{a}{10^3 n} \quad (8) \frac{10^3 na}{V} \quad (9) \frac{na}{10V} \quad (a) \frac{10^3 a}{nV} \quad (b) \frac{a}{10nV}$$

## 解説

部屋の容積(体積) $V$ の  $C_0\%$ が  $\text{CO}_2$ の体積  $V_0$ である。

$$V_0 = V \times C_0 / 100 \quad 100V_0 = V \times C_0 \quad 100V_0 / V = C_0 \quad \boxed{\text{オ } 0}$$

室内の  $\text{CO}_2$ の体積  $V_0$ は  $t$ 時間で  $vt$  [ $\text{m}^3$ ]増加して  $V_0 + vt$  [ $\text{m}^3$ ]になる。よって、式(1)より

$$C = 100(V_0 + vt) / V \quad \text{となる。}$$

$$1l = 1 \times 10^3 \text{m}^3 \quad \text{より} \quad 1 \text{時間あたり } na [l] = na \times 10^3 [\text{m}^3] = na / 10^3 [\text{m}^3] \quad \boxed{\text{カ } 5}$$

1時間ごとに  $v = na / 10^3 [\text{m}^3]$ 増加する。式(2)より、 $V_0 = 0$ 、時間は  $t_0 = 0$  から  $t_1 = 1$  の1時間として計算する。

$$\begin{aligned} C &= \frac{10^2(V_0 + vt_1)}{V} - \frac{10^2(V_0 + vt_0)}{V} = \frac{10^2 \left(0 + \frac{na}{1000} \times 1\right)}{V} - \frac{10^2 \left(0 + \frac{na}{1000} \times 0\right)}{V} \\ &= \frac{10^2 \times \frac{na}{1000}}{V} = \frac{10^2}{V} \times \frac{na}{1000} = \frac{na}{10V} \quad [\%] \text{増加する。} \quad \boxed{\text{キ } 9} \end{aligned}$$

$C_0 = 0.035\%$ 、10人在室、 $a = 20$  l/h のとき、室内の  $\text{CO}_2$ 濃度を 1000ppm 以下に保つための換気量  $Q$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]を式(3)より求める。式(3)を  $Q$  について変形する。

$$C_1 = C_0 + \frac{10^2 v}{Q} \quad C_1 - C_0 = \frac{10^2 v}{Q} \quad Q(C_1 - C_0) = 10^2 v \quad Q = \frac{10^2 v}{C_1 - C_0}$$

値を代入して換気量  $Q$  を求める。 $C_1 = 1000\text{ppm} = 0.1\%$  ( $1\% = 10000\text{ppm}$ )

$$Q = \frac{10^2 v}{C_1 - C_0} = \frac{10^2 \times \frac{10 \times 20}{1000}}{0.1 - 0.035} = \frac{20}{0.065} = 307.6 = 3.076 \times 10^2 \quad \boxed{\text{クケ } 31}$$