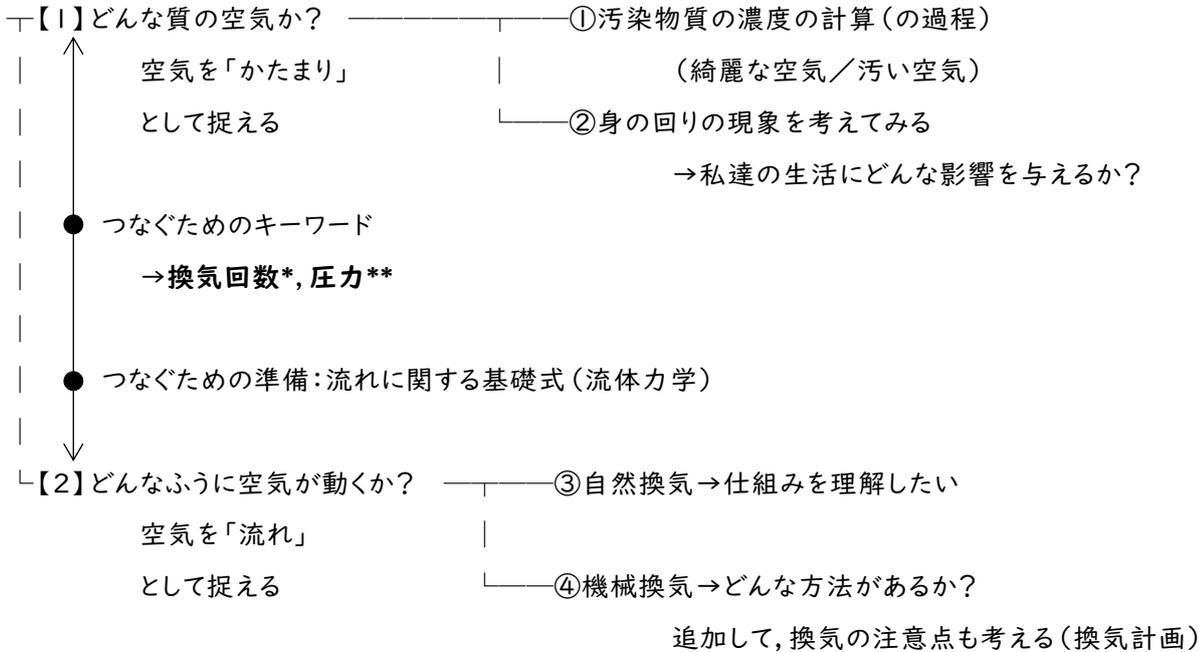


第3回 シックハウス症候群／空気の性質 (教科書 pp.93~96)

◎ 空気環境の全体像



換気回数\*

法律 (建築基準法) 上は 0.5 [回/時間] 以上。

換気の目安としての二酸化炭素 CO<sub>2</sub> の許容濃度 1000ppm から求める必要換気量は 30 [m<sup>3</sup>/h・人]。

圧力\*\*

空気を移動させるための駆動力: 圧力差 ⇔ 熱エネルギーを移動させるための駆動力: 温度差

単位は [Pa] (パスカル), [hPa] (ヘクトパスカル, 1 hPa = 100Pa)

0 今日の内容

1 空気質が私達の生活に与える影響

補足1 「揮発性有機化合物」の補足

補足2 空気質について、そのほかに気にしておきたいこと (考えておきたいこと)

2 物理の法則から建築環境工学 II へ

## I 空気質が私達の生活に与える影響

→実際の生活につなげるとどうなるか？(建築環境工学は私達の生活に密着した内容が多い)

参考) 前回出題した(今日提出した)演習問題(CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, たばこ, …)

空気中の様々な物質: 人間に何らかの影響を与える(特に, 健康の面への影響が重要)

→中には, 有害な影響を与えるものもある(教科書 p.88, p.93, p.95 を参照)ので, 許容濃度以下に抑えておきたい

注) 許容濃度: この濃度をこえると何らかの重大な問題(特に人の健康に害を与えるような問題)が生じてしまう濃度(「生理的な我慢の限界」と言ってもよいかもしれない)

注) ただし, 許容濃度をこえると全ての場合で, すぐに(一瞬で)重大な問題を引き起こすという訳でもない。少しの間であれば問題にはならないこともあり得る。

実は, 考えたいのは, (単なる)濃度だけではなく,

どのくらいの長さの時間に, 全体としてどのくらいの量を吸い込んだり, 触れたりしたか?

(例)

ホルムアルデヒドの許容濃度: 教科書 p.89 では, 0.1mg/kg

この場合の許容濃度は, ヒトが一生吸い続けても健康上問題がないと言われる上限値

→ヒトは1日にどのくらい空気を吸うか?: 1日に約 20m<sup>3</sup>(≒約 20kg)

→ヒトはホルムアルデヒドを1日に 2mg までであれば毎日吸い続けても健康上問題はない

一方, 乾燥シイタケに含まれるホルムアルデヒドの濃度: 100~200ppm(おおよそ 100~200mg/kg)と言われる

では, 乾燥シイタケは, 危険だから食べない?それとも問題はない?

乾燥シイタケ1枚で約 7g, 1日 2枚食べるとして 14g

この時, ホルムアルデヒドは 100mg/kg×0.014kg=1.4mg

毎日乾燥シイタケを2枚ずつ食べ続けても許容濃度以下

では, 一生に食べる干しシイタケの量はどのくらいか?

食べ物は1日に 1~2kg 程度摂取

→体内に取り込む量としては空気に比べると圧倒的に少ない

→だからこそ, 空気中の汚染物質の濃度には注意を払う必要がある

※「量」と「濃度」の違いをはっきり分けて理解したい!

**補足1 「揮発性有機化合物」の補足**

- ・ホルムアルデヒド: 接着剤や塗料に含まれている。常温では気体。刺激臭あり。ホルマリン(生物標本を処理や消毒に用いられる)は、ホルムアルデヒド40%前後の水溶液のこと。ホルム・アルデヒド。
- ・クロルピリホス: 殺虫剤。農薬やシロアリ駆除剤に使用される。クロル・ピリホス。
- ・トルエン: 常温では液体。臭気あり。接着剤や塗料などの用材として使用される
- ・パラジクロロベンゼン: 衣類の防虫剤やトイレの芳香剤として使用される。ジ・クロロ・ベンゼンの異性体のうちの一つ。

**補足2 空気質について、そのほかに気にしておきたいこと(考えておきたいこと)**

①注目しておきたい現象: シックハウス症候群→教科書 pp.93~94, 参考 URL の[2]を参照

原因物質: 揮発性有機化合物など(建材の中に含まれていた物質)

その他の原因: 誤った高气密化が進む

→適切な換気がなされずに有害な物質が室内に滞留し続ける

※昔は住宅などでも隙間が多かった(省エネルギーの面では問題)が、隙間が小さくなった上に(機械)換気もしないのは問題

→隙間が小さく、かつ適切な換気経路を確保したい

アレルギー反応を示す人が増加

2003年に法律が施行される

→その後は、大きな問題にはならなくなった

対策: 化学物質の量を減らす(ただし、ゼロにするのは難しい) / 24時間換気を設置

②一酸化炭素 CO, 二酸化炭素 CO<sub>2</sub>の発生源(発生の仕方): 暖房形式(方式)の問題にも関連する

→教科書 p.92を参照(開放型, 半密閉型, 密閉型)

③たばこの害: 前回出題した(今日提出した)演習問題を参照

④気体の性質: 小学校もしくは中学校の理科の問題→教科書 p.95で復習

補足

オゾン: O<sub>3</sub>

- ・常温で、薄青色の気体。高濃度では猛毒。
- ・室内では、コピー機などの高電圧の装置から発生。
- ・成層圏にあるものは、オゾン層を形成。紫外線が地表に降り注ぐ量を調整。

アルゴン: Ar

- ・原子番号 18。希ガス。
- ・化学反応をほとんど起こさず, 安定している。

参考)  $N_2$ : 窒素。安定ではあるが, 化学反応すると,  $NO_x$  (窒素化合物) となり, 大気汚染の原因となる (教科書 p.95 参照)。

## 2 物理の法則から建築環境工学へ

**重要** 空気の動きは圧力差で考える

空気を動かすための駆動力は圧力差

(参考) 熱エネルギーを移動させるための駆動力は温度差

(1) 連続の式 (教科書 p.96 の上の方の図を参照)

→ 質量保存の話 (空気の場合も成り立つ)

→ → 途中で流入や流出のない川の流れは, 深さや川幅の変化によって流れの速度は変化するが, 水量は常に一定

**(2) エネルギー保存の式 (空気の場合も成り立つ)**

教科書 p.96 の真ん中より上の図の流入側 (断面1とする) と流出側 (断面2とする) の間にある流体の持つエネルギーはエネルギー保存の法則から一定で、等しいので、下記の様に書ける。

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \cdot (\rho \cdot V_1 \cdot A_1) \cdot V_1^2 + (\rho \cdot V_1 \cdot A_1) \cdot g \cdot h_1 + P_1 \cdot A_1 \cdot V_1 \\ & = \frac{1}{2} \cdot (\rho \cdot V_2 \cdot A_2) \cdot V_2^2 + (\rho \cdot V_2 \cdot A_2) \cdot g \cdot h_2 + P_2 \cdot A_2 \cdot V_2 \end{aligned} \quad \langle 1 \rangle$$

[断面1を通過する流れの運動エネルギー]  
+ [断面1を通過する流れの位置エネルギー]  
+ [断面1に作用する圧力による仕事]  
= [断面2を通過する流れの運動エネルギー]  
+ [断面2を通過する流れの位置エネルギー]  
+ [断面2に作用する圧力による仕事]

参考) 高校の物理では、力学的エネルギー保存則として、外力の仕事が0の時、

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2 + m \cdot g \cdot h_A = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_B^2 + m \cdot g \cdot h_B = const$$

[速度エネルギー] + [位置エネルギー] = [一定]

を使っていたはず。

**(3) ベルヌーイの式**

(1) の連続の式を用いて、(2) エネルギー保存の式 (〈1〉式) を変形すると、完全流体における Bernoulli の式 (ベルヌーイの式, ベルヌーイ: 人の名前) となる。

→ 圧力の単位で表された式

→ 換気, 空気の動きの基本式

☆ 自分で導いておく ← 大学1年生の時に履修した物理 I の復習

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_1^2 + \rho \cdot g \cdot h_1 + P_1 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_2^2 + \rho \cdot g \cdot h_2 + P_2$$

→ 圧力の単位で表された式

さらに、基準からの高さが同じ場合は

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_1^2 + P_1 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_2^2 + P_2$$

変形して

$$P_2 - P_1 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (V_1^2 - V_2^2)$$

⇒ 圧力差と風速の二乗の差は関係する

ということで、空気の動きは、圧力差で考える(圧力差が空気を動かすための駆動力になる)

◎ 言い換えれば、圧力の「差」ができたところで、空気が動く

〈例〉天気図では、高気圧は周囲よりも気圧が高く、低気圧は周囲よりも気圧が低い

ただし、実際は、

$$[\text{動圧1}] + [\text{静圧1}] + [\text{位置圧1}] = [\text{動圧2}] + [\text{静圧2}] + [\text{位置圧2}] + [\text{圧力損失}]$$

となり、エネルギーの損失を考える必要がある。

・ベルヌーイの式は理想的な場合を考えたもの

・圧力損失: 摩擦抵抗と形状抵抗などにより失うエネルギーを圧力に換算したもの。次のページの表などを参照。

→ 摩擦抵抗による圧力損失: 例えば、ダクトなどの場合は動圧と管長さに比例し、管の直径に反比例する。

表 圧力損失係数(出典:参考文献[1], p.141)

名称	形状	計算式	流量係数 $\alpha$ と圧力損失係数 $\zeta$
急拡大		$p_r = \frac{1}{2} \rho (V_1 - V_2)^2$ $= \zeta_1 \frac{\rho V_1^2}{2}$	$\frac{A_1}{A_2} = 0.1 \quad 0.2 \quad 0.4 \quad 0.6 \quad 0.8$ $\zeta_1 = 0.81 \quad 0.64 \quad 0.36 \quad 0.16 \quad 0.04$
急縮小		$p_r = \zeta_2 \frac{\rho V_2^2}{2}$	$\frac{A_2}{A_1} = 0.1 \quad 0.2 \quad 0.4 \quad 0.6$ $\zeta_2 = 0.48 \quad 0.46 \quad 0.37 \quad 0.26$
漸拡大		$p_r = \zeta \frac{1}{2} \rho (V_1 - V_2)^2$	$\theta = 5^\circ \quad 10^\circ \quad 20^\circ \quad 30^\circ \quad 40^\circ$ $\zeta = 0.17 \quad 0.28 \quad 0.45 \quad 0.59 \quad 0.73$
漸縮小		$p_r = \zeta_2 \frac{\rho V_2^2}{2}$	$\theta = 30^\circ \quad 45^\circ \quad 60^\circ$ $\zeta_2 = 0.02 \quad 0.04 \quad 0.07$
曲管形 (円管形)		$l' = \text{相当長}$ $p_r = \zeta \frac{\rho V^2}{2}$ ほぼ $\lambda = 0.02$ とする	$R/d = 0.5 \quad 0.75 \quad 1.0 \quad 1.5 \quad 2.0$ $l'/d = \quad \quad 23 \quad 17 \quad 12 \quad 10$ $\zeta = 0.90 \quad 0.45 \quad 0.33 \quad 0.24 \quad 0.19$

【参考文献・URL】(順に, タイトル, 編著者名, 出版社, 発行年月, 価格, ISBN。[]内は熊本県立大学図書館所蔵情報。)

[1] 『環境工学教科書 第二版』(環境工学教科書研究会編著, 彰国社, 2000年8月, ¥3,500+税, ISBN: 4-395-00516-0) [書庫(4F), 525.1||Ka 56, 0000308034]

→ 第三版もあり(2020年2月, ISBN: 978-4-395-32146-9) [和書(2F), 525.1||Ka 56, 0000387929] [電子ブック, 5000001065]

[2] 国土交通省>政策情報・分野別一覧>住宅・建築>施策一覧>建築関係施策>主な施策>「7. アスベスト問題・シックハウス問題への対応」>建築基準法に基づくシックハウス対策

[https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku\\_house\\_tk\\_000043.html](https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku_house_tk_000043.html)

→パンフレットも掲載されているので, 各自で確認しておく

復習プリント

学年: \_\_\_\_\_ 学籍番号: \_\_\_\_\_ 名前: \_\_\_\_\_

今日の講義の内容を, 自分なりに, 整理してください。まとめてください。

学年: \_\_\_\_\_ 学籍番号: \_\_\_\_\_ 名前: \_\_\_\_\_

【問題1】次の記述のうち、最も不適当なものはどれか。理由も述べよ。

1. シックハウス症候群の原因とされる物質には、害虫駆除に使用する有機リン酸系殺虫材も含まれる。
2. 室内の空気汚染の原因としては、塵あい、体臭、タバコの煙、建材や家具からの揮発性有機化合物 (VOC), ホルムアルデヒドなどがある。
3. 喫煙により生じる空気汚染に対する必要換気量は、浮遊粉じんの発生量によって決まる。
4. 建築材料にクロルピリホスを添加してはならない。
5. 建築基準法で使用を認められている建材は、ホルムアルデヒドを全く発散しない。

【問題2】次の記述のうち、最も不適当なものはどれか。理由も述べよ。

1. 一般の室内における二酸化炭素の濃度の許容値は、0.1% (1000ppm) である。
2. 不完全燃焼で発生する一酸化炭素は、赤褐色・刺激臭の有毒ガスである。
3. 空気の成分は、酸素がおよそ 20%、窒素がおよそ 80% である。
4. 窒素や酸素は、室内の空気汚染にほとんど関係がない。
5. 一般の室内における一酸化炭素の濃度の許容値は 0.001% (10ppm) である。