

第 7 回目 湿度/結露 (教科書 pp. 52~60)

◎ 前期の学修内容：熱環境

建築環境工学分野では、そのほかに「光」環境、「空気」環境、「音」環境分野を学修→後期

考える対象

- ①すまい，住居，建物そのもの
- ②人とのかかわり：湿度の考え方を導入
- ③太陽：外からの影響を考慮

◎ 前期の中間 3 回分の学修内容

・ 7 回目 (中間の **1** 回目)：水分 (水蒸気) そのものの性質と湿度

・ 8 回目 (中間の **2** 回目)：人と熱環境 (特に湿度) との関係

→どのように感じるか？暑い？寒い？快適？不快？

補足) 一般には「快適」≠「不快ではない」であるが、「不快ではない」であれば十分かも

※建築環境工学の特色：人間と環境の関係を考える (難しいけど，面白い)

・ 9 回目 (中間の **3** 回目)：温熱環境における目標値 (数値目標，設定温度) を考える

例) 夏季のエアコンの設定温度は 28℃

→田中先生の授業 (「環境設備学」や「環境設備システム学」) に繋がる

→→どのようにすれば快適になるか？どのようにすれば目標を達成できるか？目標を実現するにはどのようにすればよいか？

→→→そのためにはまずは目標値の設定が必要 (建築環境「工学」のような工学分野の特徴)

さらに，どのような値を目標値として設定すればよいか？

補足) さらに，ソフト面での対応もあり得る (「住みこなし」)

0 今日の内容：結露（の現象）をきちんと言葉で説明できるようになる

1 湿度とはどのようなものなのか？

- (1) 基本のポイント：たった 2 つ！！
- (2) 身近な例（？）：朝ご飯を食べた後、お昼ご飯までの間の間食（チョコレートを食べる）
- (3) 2 種類の湿度の「違い」（相対湿度と絶対湿度の「違い」）
- (4) 結露とはどのような現象か？

2 発展 3 つ

- (1) ヒートブリッジ（熱橋）
- (2) 空気線図
- (3) 結露の防止策についての補足

1 湿度とはどのようなものなのか？

- (1) 基本のポイント：たった 2 つ！！ ←覚えるのではなく、理解しよう
(もしくは自分の経験とリンクさせよう)

①空気中に含むことのできる水蒸気（水分，気体）の量は，空気の温度によって変わる（決まる）

例) お砂糖をお湯に溶かすとき

熱いお湯：たくさん溶ける

ぬるいお湯：あまり溶けない

②空気中に含むことができなくなった水蒸気（水分，気体）は，水滴（液体）になる

例) 冷たいペットボトルを買ってきたとき（例えば，机の上にしばらくおいておくと）

しばらくすると，ペットボトルの周りに水滴がつく

←水滴は，ペットボトルの中身（お茶やジュース）ではなく，空気中の水蒸気に由来する

(2) 身近な例 (?)

→朝ご飯を 8 時に食べた後, お昼ご飯までの間に間食 (5 個のチョコレートを食べる) することを考えてみよう

⇒同じ状況でも見方が違うと評価が変わる

	幾つチョコレートを食べたか? 〔絶対湿度〕に相当)	もっと欲しいか? お腹のすき具合は?	欲しい個数と食べた個数の割合は? 満足度は? 〔相対湿度〕に相当)
9 時	○ ○ ○ 3 個食べた	○ ○ 2 個残す	
10 時	○ ○ ○ ○ ○ 5 個食べた	ちょうど満足	
11 時	○ ○ ○ ○ ○ 5 個食べた	お腹が減っているの で, あと 2 個欲しい	
12 時 (ご飯前)	○ ○ ○ ○ ○ 5 個食べた	もっとお腹が減っている ので, あと 5 個欲しい	

(3) 2 種類の湿度の「違い」(相対湿度と絶対湿度の「違い」)

注) 個数はあくまで例, 割合もあくまで例 (実際の温度における水蒸気の種類や割合とは異なる)

	35℃	25℃	20℃	15℃	単位
絶対湿度					
相対湿度					

※教科書 p. 53 の右下の○で囲まれた「割合が実用上同じとみなせる」という話も要確認!

※補足 2つ (前ページの (3) の補足)

①日本語の問題

「絶対湿度：乾燥空気 1kg に含まれる水蒸気の数」は正しい表現か？

⇒ 『乾燥』空気』には水蒸気が含まれていないはず。日本語の表現としても、おかしい！

→ 「湿った空気の中の乾燥空気 1kg に対して、何 kg (何 g) の水蒸気があるのか」

②2つの湿度の「使い方」の違い

┌絶対湿度 (g/kg, g/kg(DA)) : 主に機械向き (設備の問題)

- | →エンタルピー (熱量) に関する
- | →空調に関連する

└相対湿度 (%) : 主にヒト (人間) 向き

⇒汗をかいた時の汗の蒸発のしやすさに関係

→「暑さ」, 「不快さ」に関する (温熱環境の評価)

例) 梅雨の時の相対湿度 100%→汗が蒸発せず, 暑く, 不快に感じる

冬の時の相対湿度 30%→汗が蒸発して, からっとする (快適に感じる)

補足) 私達が経験できる最も低い相対湿度の一つ: 飛行機の機内 (10%以下になることも)

(4) 結露とはどのような現象か？

結露: 空気の温度が露点温度以下になった際に生じる水滴

(露点温度を「我慢の限界」と考えてもよいかもしれない)

	結露の原因	結露を起こさないためには? 結露防止「対策」
空気の温度	<ul style="list-style-type: none"> ・空気の温度が下がると結露が生じやすい ⇒露点温度以下になると結露が生じる 	<ul style="list-style-type: none"> ・温度を下げない ・温度のムラをつくらない ・温度差をつけない →どこも同じようにあたためる
空気中の水蒸気の数	<ul style="list-style-type: none"> ・空気中の水蒸気の数が多いと結露が生じやすい 注) 人体からの水蒸気 (汗, 呼吸) も考える必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・水蒸気を追い出す →換気をしっかり行う

※原因と対策は, 基本的には対になっている (対応している)

結露が生じる場所

- ┌表面結露：目に見えるところで →カビの原因，建材の劣化を招く
- | 仕組みは同じ (ただし，見えるので何とかしやすい)
- └内部結露：目に見えないところで →カビの原因，建材の劣化を招く (見えないので困る)
- +断熱性が悪くなる (水の熱伝導率は大きい)
- 特に，断熱材の中での結露には注意

2 発展 3つ

(1) ヒートブリッジ (熱橋) →教科書 p. 59 を参照

建材のある部分にある熱エネルギーの移動がしやすいところ

→熱伝導率が大きく，温度が下がり，結露しやすいので注意

(2) 空気線図→教科書 p. 55 を参照

※教科書 p. 56 の問題は，自分で確認しておきましょう。今日配布の演習問題に類題があります。

※※気温，相対湿度，絶対湿度の 3つのうち，2つがわかれば，残りの 1つもわかる。

→空気の状態がわかる便利な図

※来年前期の「環境設備システム学」では目盛りが追加される。

→比エンタルピー (配布資料 66 頁を参照)

空気の持つ熱量 (熱エネルギーの量) を知りたい時は, 比エンタルピーを使う。

→ここで使われるのは「絶対湿度」(比エンタルピーは絶対湿度から計算する。式は配布資料 66 頁を参照)。

→比エンタルピーを使えば, 水蒸気の持つ熱量 (熱エネルギーの量) を換算できる。

→→空調 (空気調和, Air Conditioning (エアコン)) に話につながる。

例えば, ヒートポンプの必要な能力を決める時に役立つ (どのくらいの熱量 (熱エネルギーの量) を室内に入れるか? 室内から出すか?)。

ヒートポンプ: 熱エネルギーを「室内から屋外」(夏季), 「屋外から室内」(冬季) に移動させるための装置

それに対して,

ヒト (人間) では, 汗の蒸発のしやすさが大切なので, 相対湿度を使う

(3) 結露の防止策についての補足 (教科書 pp. 58~60)

・室内で発生する水蒸気 (ここは各自で確認)

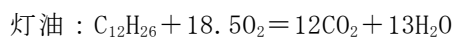
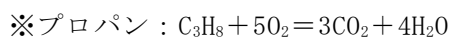
→浴室, 洗面, トイレなどの水回りから

→台所 (料理をするとき) から

→意外に, 人間からも

→暖房器具からも

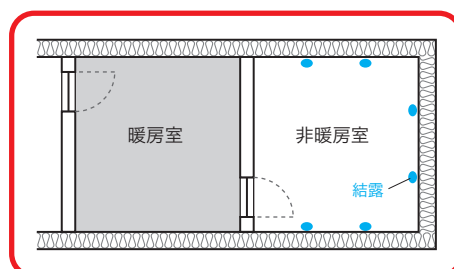
→→特に, 開放型燃焼器具 (開放型, 密閉型については教科書 p. 92 参照)



・隣室の結露防止対策

→全部暖房室にしてしまう (「ムラ」を作らない)。

【訂正】教科書 p. 59 の右上の図は, 下記に差し替え (学芸出版社の HP から正誤表がダウンロード可能。第 4 版では訂正済み。)



- ・防湿層・透湿層・通気層について

【【補足】】-----

3 湿度と結露 (教科書 pp. 52~60)

1 湿度 (教科書 pp. 52~56)

補足 : エンタルピー

0℃の乾燥空気と 0℃の水を基準として計った湿り空気の保有する熱量 (熱エネルギーの量) をエンタルピー (全熱量) と言う。

$$\begin{aligned} & [\text{湿り空気のエンタルピー}] = [\text{乾燥空気のエンタルピー}] + [\text{水蒸気のエンタルピー}] \\ = & [\text{乾燥空気の加熱に必要であった顕熱}] + \\ & \{ [0℃の水を蒸発させるために必要であった潜熱] + [\text{水蒸気の加熱に必要であった潜熱}] \} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= C_p \cdot \theta + x \cdot (r + C_v \cdot \theta) \\ &= 1.005 \cdot \theta + x \cdot (2501.1 + 1.846 \cdot \theta) \end{aligned} \quad \langle 1 \rangle$$

ここで,

h : 湿り空気のエンタルピー [kJ/kg(DA)]

θ : 湿り空気の温度 [℃]

C_p : 乾燥空気の定圧比熱 [kJ/kg·K]

C_v : 水蒸気の定圧比熱 [kJ/kg·K]

x : 湿り空気の絶対湿度 [kg/kg(DA)]

r : 0℃における水蒸気の蒸発潜熱 [kJ/kg]

注) 上記のような乾燥空気 1kg あたりのエンタルピーは, 正確には「比エンタルピー」と言うが, 建築分野の慣例で「エンタルピー」と言うことが多い。

→「エンタルピー」は, 空気が混合された後の様子や空気の状態が変化した後の様子を, 熱量 (熱エネルギーの量) の面に注目して, 知るために用いられる。また, 空調機 (冷凍機) の性能を把握するためにも用いられる。

【参考文献】 (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] 『最新建築環境工学 改訂 4 版』 (田中俊六, 武田仁, 岩田利枝, 土屋喬雄, 寺尾道仁, 井上書院, 2014 年 2 月, ¥3,000+税, ISBN: 978-4-7530-1757-7) [シラバス環境 (3 F), 525.1 || Ta 84, 0000375755]

→改訂 3 版もあり (2006 年 3 月, ISBN: 4-7530-1742-7) [和書 (2 F), 525.1 || Ta 84, 0000300425]

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：_____

室内の気温が 20℃、相対湿度が 60%で、外気温が 5℃の時、窓ガラスの室内側の表面温度を求めてください。次に、教科書 p. 55 の空気線図を用いて、窓ガラス表面での結露の有無を判定してください。ただし、窓ガラスの熱貫流率を $6.3\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ 、窓ガラス表面の（室内側総合）熱伝達率を $9\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ とします。