

0 はじめに

0.1 環境設備過去問の傾向

以下に過去 7 年分の出題リストを示します。大きな偏りも無くまんべんなく出題されている傾向にあると思われます。ただし、設備分野は単元も少なく、同一に分類分野から複数の出題があります。また、近年の問題は環境設備に限らず過去問と全く同じ問題は少なくなっている傾向にあります。なお、H20 以前は環境設備は学科Ⅰ（計画）分野に含まれており、出題数は 14 問となっています。

表 0 過去問の出題傾向

		総計	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17
環境工学	用語と単位	6	1	1	1	1	1	0	1
	室内気候	3	1	1	0	0	0	1	0
	換気	8	1	1	2	1	1	1	1
	伝熱・結露	7	1	1	1	1	1	1	1
	日照・日射・採光	8	1	1	2	1	1	1	1
	照明	6	1	1	0	1	1	1	1
	音響	7	1	1	1	1	1	1	1
	色彩	6	1	1	1	0	1	1	1
	防寒・防暑	1	0	0	0	0	1	0	0
	防火・防災	4	1	1	1	0	0	1	0
環境総合	4	1	0	1	1	0	0	1	
建築設備	設備用語	3	0	0	0	0	1	1	1
	空調・冷暖房・換気設備	14	3	3	3	2	1	1	1
	給排水設備	11	2	2	2	2	1	1	1
	電気設備	8	1	1	2	1	1	1	1
	照明設備	5	1	1	0	1	1	1	0
	防災設備	4	1	1	1	0	0	0	1
	輸送設備	3	1	1	1	0	0	0	0
設備総合	8	1	2	1	1	1	1	1	

注：H20 以前は改定前のため、環境設備は学科Ⅰ計画に統合されていました

0.2 日程

- 第一回：室内気候、換気・通風、伝熱と結露
- 第二回：日照・日射、採光・照明、色彩
- 第三回：音響・振動、暖房設備・空調設備
- 第四回：給排水・衛生設備、電気設備・自動制御
- 第五回：消火設備・防災設備・防犯設備、省エネルギー・省資源・長寿命化の技術と評価システム

0.4 本テキストの構成

各単元における当該範囲の過去問（平成 14～23 年までの 10 年分）を併せて示す

第1部 建築環境

1 室内気候

1.1 温熱要素

(A) 快適条件（温熱条件）@P7

- 温熱要素：人体が温冷感を決定づけるために用いる6つの要素、温熱要素とは気温・湿度・気流・放射（周壁面温度）・代謝量・着衣量の6つ
- 環境要素を表す尺度：以下に各温熱指標とその対象とする要素の関係を示す

表 1-1 温熱指標とその対象とする要素@P7

	温度	湿度	気流	放射	代謝量	着衣量
有効温度（ET）	○	○	○	×	×	×
修正有効温度（CET）	○	○	○	○	×	×
新有効温度（ET*）	○	○	○	○	○	○
標準新有効温度（SET*）	○	○	○	○	○	○
PMV	○	○	○	○	○	○

(B) 不快指数@P7

- 不快指数とは：快適環境評価の中でも最も単純な指標、対象は温度（気温）と湿度のみ、75 以上で「やや暑さを感じる」85 以上で「不快」、生活環境（国など）により快適範囲は若干異なる

(C) 有効温度@P7

- **有効温度（ET）**とは：ヤグローの有効温度、温度・湿度・気流の3要素が対象、湿度100%・気流0の場合を基準にそれに相当する気温（ET 温度）を求める、ET17~20℃の範囲が快適（さらに湿度40~60%を最快適）

(D) 修正有効温度@P8

- **修正有効温度（CET）**とは：有効温度は、放射（周壁面温度）の影響を考慮していなかったため同温度を考慮するためにグローブ温度計を用いて温度（気温）を計測

(E) 新有効温度@P8

- **新有効温度（ET*）**とは：温熱4要素+着衣量・作業量、有効温度は湿度100%を基準としているがET*は湿度50%の環境を基準としている、以下のPMVよりも幅広い温熱条件での適用が可能



(F) 標準新有効温度@P8

- **標準新有効温度 (SET*)** とは：ET*では同一の作業量・着衣量においてのみ快適度の算定が可能であったが、SET*では異なる作業量・着衣量でもそれぞれの快適度を比較することが可能、22～26℃程度を「快適、許容可能」と定義

(G) PMV@P8

- **PMV** とは：6つの温熱要素を考慮し算定式からPMV値を求める、PMV値は-0.5～0.5の範囲を快適としている(@ISO)、ただし同範囲には10%の人が不満足であるので留意

(H) 熱的快適性と局所的不快感

- 周辺からの放射：放射の不均一性とは、対象壁・天井面の放射温度の差で示され、暖かい天井に対しては5℃、冷たい窓面に対しては10℃が限界である
- 気流の乱れ：冬期は0.15m/s、夏季は0.25m/s以下とする、特に冬期の冷風による気流の乱れをコールドドラフトと呼ぶ
- 室内の上下の温度：頭部とくるぶしの温度差は3℃以内とすることが望ましい
- 床面温度：床暖房では低温やけどの危険性があるので、表面温度限界は29℃(30℃程度)
- 温度変動：室内温度の変動の中は1.1℃以内、また1時間あたりの変動率は2.2℃を超えないこと

(I) 人体からの発熱

- **顕熱と潜熱**：物質の変化を伴わない熱の移動が顕熱（水を温めてお湯になる）、人体における顕熱は体温上昇等の発熱で、物質の変化のために消費される熱が顕熱（水を蒸発させるために必要な熱）
- **顕熱**：物質の変化を伴わない熱の移動が顕熱（水を温めてお湯になる）、人体における顕熱は体温上昇等の発熱で、人体からの発熱量、行動の重度とともに上昇する
- **潜熱**：物質の変化のために消費される熱が顕熱（水を蒸発させるために必要な熱）、人体の場合は発汗蒸発、通常時で23～46W/m²程度、重作業で210 W/m²程度、重作業になると潜熱>顕熱

(J) 作業量

- 代謝量：作業や運動で人体が生産するエネルギー、椅子に座って安政にしている場合で、約 58W/m² (=1met) 程度 (一人あたりでは概ね 100W)、軽作業で 2met、重労働で 6met

(K) 着衣量

- 着衣量とは：着ている服の種類による断熱性能を示す、着衣無しで 0clo、通常の事務服で 1clo、新有効温度では 0.6clo の場合を想定する

(L) 測定器具

- アスマン通風乾湿度計：感熱部に気流を与えて温度を計測
- カタ計：温度の低下の度合いから微風速を求める風速計、現在はほとんど用いられていない
- グローブ温度計：中空のつや消し黒色球の中に温度計を入れて内部の気温を測り、気温と放射熱の影響を計測

『過去問』

温熱指標	6 温熱要素とは、気温・放射温度・湿度・気流、さらに代謝量・着衣量 ×2
温熱指標	新有効温度 (ET*) とは、6 温熱要素より求めた温度で、湿度 50% と仮定した場合の温度で示される
温熱指標	SET* が 22.2~25.6℃ の場合、温冷感「快適、許容出来る」の範囲である ×2
温熱指標	PMV とは室内の温熱感覚に関する指標、気温・放射熱・湿度・風速・代謝・着衣量を考慮したもの
温熱指標	PMV とは、人体の熱負荷に基づき、熱的中立に近い状態の人体の温冷感を示す
温熱指標	作用温度は、乾球温度・気流・平均放射温度・周壁面温度・体表面積より算定 (湿度は無関係)
温冷感覚	全身温冷感が中立状態にあっても、局所温冷感に係わる不快要因があると、快適な状態とはならない
温冷感覚	放射の不均一性とは放射温度の差で表され、冷たい空気では 10℃ 以内、天井では 5℃ 以内とする ×2
温冷感覚	気流の乱れの強さが大きいと、平均風速が低くても不快に感じることもある ×2
温冷感覚	冬期において窓ガラス付近で冷却された空気が下降する現象はコールドドラフトと呼ばれる
温冷感覚	椅座位の場合、くるぶし (床上 0.1m) から頭 (1.1m) までの気温差は 3℃ 以内 ×2
温冷感覚	床暖房の表面温度の上限は 30℃ 程度、低温やけどの防止の為
代謝・発熱量	総発熱量は顕熱発熱と潜熱発熱の和、顕熱発熱は体温上昇、潜熱発熱は発汗蒸発による
代謝・発熱量	成人の単位体表面あたりの代謝量は、58.2W/m ² 程度
代謝・発熱量	標準的な体格の成人の椅座における発熱量は 100W/人程度 (代謝量は 58.2W/m ² 程度)
代謝・発熱量	代謝量が増えるにつれ (作業が重くなるにつれ)、潜熱発熱の割合が上昇する
温熱要素	着衣による断熱性能 (温熱要素) の単位は clo (クロ)
温熱要素	平均放射温度は、グローブ温度・空気温度・気流速度より求められる
温熱要素	グローブ温度計はつや消し黒の無発熱球の放射と対流による平衡温度を測定するもの

注：表中の「×2、×3」は過去の出題回数を示します



1.2 湿り空気と湿り空気線図

1.2.1 湿り空気の性質

(A) 湿り空気

- 湿り空気とは：水蒸気を混合している空気のこと（⇔水蒸気を混合していない空気は乾き空気）

(B) 絶対湿度

- 絶対湿度：空気に含まれる水蒸気の絶対量（的なもの…）

(C) 相対湿度

- **相対湿度とは**：一般的に言われる湿度のこと、空気に含まれる水蒸気量を飽和水蒸気量で除し百分率で表したもの
- **飽和水蒸気量**：空気は貯めこむことの出来る水蒸気量が決まっている、温度の高い空気はたくさん、温度の低い空気は少ししか水蒸気を貯めこむことができない
- **相対湿度と気温変動**：温度の高い空気は水蒸気をたくさん貯めこむことができる（結構余裕がある）ので、相対湿度は低くなる

(D) 乾球温度・湿球温度

- 乾球温度：通常の温度計にて計測した温度（気温）
- 湿球温度：検温部を湿らせた温度計で計測した温度、まわりの空気が乾燥している場合には湿気の蒸発（気化）が激しくなり、通常の温度計よりも温度が低下する（湿気が高い場合には気化が生じないので気温低下は生じない）
- 湿度と乾球温度・湿球温度：まわりの空気の湿度により、乾球温度と湿球温度には差が生じる、湿度が低い環境ではその差は大きく、湿度の高い空間では差は小さい、その関係より湿度を予想することが可能

(E) 露点温度

- **露点温度とは**：気温低下により湿度が100%を超えると結露が生じる、その結露が生じ始める気温のこと

(F) 比エンタルピー

- エンタルピーとは：空気はエネルギー（熱量）を持っているのです！その熱量は気温の熱と水蒸気の持っているエネルギーに大別される

(G) 顕熱および潜熱

- 顕熱とは：物体の状態変化をとみなわない温度の変化に要するエネルギー（例：水の温度を 15℃から 30℃に変化させるために必要な熱量）
- 潜熱とは：物体の状態変化によるエネルギー（水を水蒸気に状態変化、蒸発させるのに要するエネルギー）

1.2.2 湿り空気線図

(A) 湿り空気線図の原理

- 湿り空気線図とは：湿り空気の熱的状态を示したもの、空気の状態変化の確認や空調の負荷計算で用いる
- 空気線図の読み方：乾球温度・湿球温度・絶対湿度・相対湿度・エンタルピーが示されており、1 つの点をプロットするとその 5 条件の値を読み取ることが可能、

(B) 空気の状態変化

- 状態変化の確認方法：空気線図上に比較する 2 条件をプロットし、両条件間の前述 5 条件の変化を確認
- 加熱・加湿：加熱は水蒸気量が増えない温度変化なので相対湿度は低下、加湿は水噴霧方式では気温の上昇は無く湿度のみ上昇、蒸気噴霧方式は高温蒸気を用いるので気温・湿度ともに上昇
- 冷却・除湿：冷却時には空気中の水分を除去するものと、水蒸気を除去しないもの（気温低下とともに湿度は上昇する）がある

1.2.3 湿り空気と結露

- 詳しくは「3 伝熱と結露」にて！

『過去問』

過去問無し

1.3 空気汚染、室内環境に関連した物質

(A) 居住者の呼吸による室内空気の汚染

- 人体から発生する汚染物質：呼吸による二酸化炭素、発汗による水蒸気、臭気など

(B) 各種汚染物質の許容値

- 各種汚染物質の許容値を以下に示す

表 1-2 汚染物質の許容値（環境基準）@P16

汚染物質	許容値	備考
二酸化炭素 (CO ₂)	1000ppm (0.1%) 以下	室内の汚染度の代表的目安
一酸化炭素 (CO)	10ppm (0.001%) 以下	不完全燃焼で発生、毒性が非常に高い
浮遊粉塵	0.15mg/m ³ 以下	粒子径 10μm 以下の粉塵が対象
ホルムアルデヒド	0.1mg/m ³ 、0.08ppm 以下	シックハウス症候群の代表的物質

表 1-3 汚染物質の発生原因@P17

汚染物質	発生場所	人体への影響
レジオネラ菌	冷却塔・土壌	劇症肺炎を引き起こす
アスベスト	断熱・防火・吸音材	塵肺や肺がんの原因となる
ホルムアルデヒド	接着剤・塗料	シックハウス症全般、炎症・発がん性
有機リン系化合物	害虫駆除材・難燃剤	シックハウス症全般、視力低下・発がん性
揮発性有機化合物 (VOC)	塗料・接着剤・洗剤	シックハウス症全般、炎症・発がん性

『過去問』

- 汚染物質 汚染物質の許容量、浮遊粉塵量は 0.15mg/m³ 以下
- 汚染物質 シックハウスの対策として、使用する材料に留意する以外にも、換気を行うことも有効
- 汚染物質 シックハウス症候群の原因とされる物質には、害虫駆除等で用いられる有機リン系殺虫剤も含まれる
- 汚染物質 揮発性有機化合物 (VOC) は、シックビルディング症候群の原因となることがある

2 換気・通風

2.1 自然換気と機械換気

- 換気とは：建物内の汚染空気（粉じん・有毒ガス・細菌・熱・水蒸気・臭気）と屋外の新鮮空気を入れ替えて、室内の空気の快適性を保つこと、自然の力を用いる「自然換気」と機械の補助を受ける「機械換気」がある

2.2 自然換気

(A) 自然換気の概要

- 機械に頼らない換気、代表的なものは室内外の温度差による空気密度の違いを用いた温度差換気（重力換気）、風力による風力換気の2種類、室の換気を自然換気のみによって行う場合は開口部の面積を床面積の1/20以上とする必要がある

(B) 透気と漏気と高気密

- 透気と漏気：透気とは隙間からの空気の流入、漏気とは空気の漏れのこと、両者ともすきま風と呼ばれ空調の負荷となる、高気密化で負荷を低減させる（ただし、最近の住宅はあまりに高気密過ぎて室内の汚染物質の自然排出量が減っている…新築の物件のケミカル臭は耐えられない…⇒私の勝手な感想です）

(C) 並列開口による開口部面積の合計

- **並列開口の面積算定**：単純に両者の和、 $A = A_1 + A_2$

(D) 直列開口による開口部面積の合計

- **直列開口の面積算定**：逆数の2乗の和より算定、 $\left(\frac{1}{A^2}\right) = \left(\frac{1}{A_1^2}\right) + \left(\frac{1}{A_2^2}\right)$

(E) 温度差による換気

- 温度差換気とは：気温が高い空気は密度が小さい（膨張している）、逆に気温が低い空気は重くなり両者の間に圧力差が生じる、開口部の高低差があるほど気温差が大きくなり換気量も増える
- **温度差換気による換気量**：開口面積に比例、内外の温度差・中性帯と開口部の高低差の平方根に比例

$$Q_i = \alpha A \sqrt{2gh \frac{t_i - t_o}{T_i}}$$

- 煙突効果：室の上方は圧力が高いので排気（流出）、下方は圧力が低いので給気（流入）

(F) 圧力差による換気

- **圧力差による換気量算定**：換気量は、開口面積に比例、圧力差の平方根に比例

$$Q_p = \alpha A \sqrt{\frac{2}{\gamma} \times \Delta P}$$

(G) 風圧力による換気

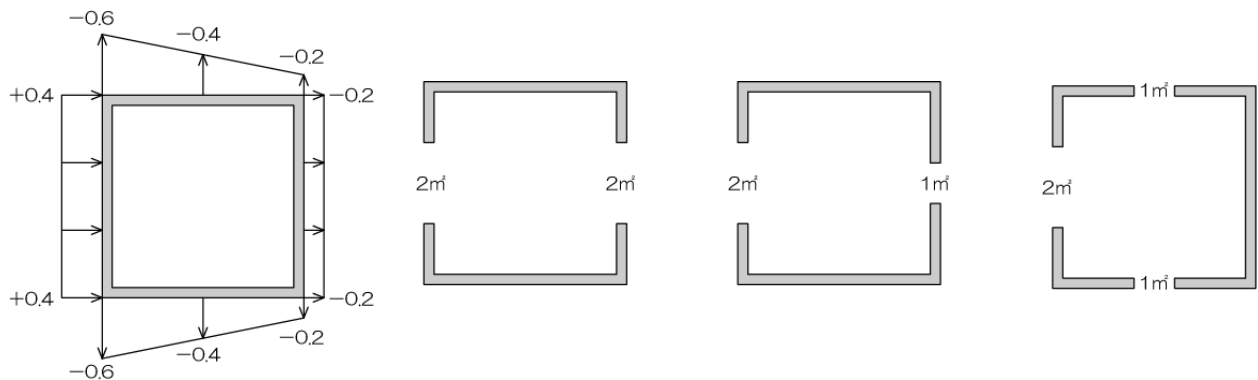
- **風力による換気量**：風圧力による換気は開口面積・風速に比例（風圧力は風速の 2 乗に比例するので）、風圧係数の差の平方根に比例

$$Q_w = \alpha A v \sqrt{C_f - C_b}$$

(H) 風圧係数

- **風圧係数とは**：建築物の平面・断面形状や部位（軒先等は高くなる）によって変化する風から受ける圧力

- **風力換気による換気量算定**：



『過去問』

温度差換気	外気温が室内温度よりも高いときは、中生帯よりも上側の開口から外気が侵入する
温度差換気	暖房時に温度差換気を行うと、中生帯よりも下側が換気経路の上流（給気側）になる
温度差換気	建物内の空気密度の差は、煙突効果を発生させる要因となる（＝重力換気）
内外圧力差	温度差換気において上下に大きさの異なる窓がある場合は、大きな開口部の方が圧力差は小さい
内外圧力差	上下に大きさの異なる窓がある場合、流入・流出量は両窓ともに等しい
開口部流量	開口部の有効面積と、開口部内外の圧力差の平方根に比例する
開口部流量	建物内の温度差や建物周囲の風圧力を考慮して、換気口等の大きさを検討する
流量係数	通常の窓では 0.6～0.7 程度、開口部が滑らかに縮小するベルマウスでは 1.0 に近づく
温度分布	放熱器などを熱損失の大きい窓付近に設けると、室内の温度分布の偏りを少なくする
温度分布	住宅の断熱性能を高めることにより、室内上下の温度差は小さくなる
風力換気	換気量は、外部風向と開口条件が一定ならば外部風速に比例する
風力換気	風上側と風下側の両窓の面積が等しく、位置も向かい合っている場合が最も換気量が多くなる
風力換気	内外圧力差が 2 倍になると、通過風量は $\sqrt{2}$ 倍となる

2.3 換気量と換気回数の計算

(A) 呼気による CO₂ の増加と必要換気量

- **必要換気量とは**：室内の汚染物質を許容値以下に保つために必要な新鮮空気の量、1 時間あたりの容量 m³ で示す、室内で発生する汚染物質の量が増える・屋外の新鮮空気が汚れているほど必要換気量は増す
- 二酸化炭素の必要換気量：二酸化炭素の排出量（例えば人数×一人あたりの排出量「軽作業時で 0.02m³/h」など）を許容値と屋外濃度の差（汚染された空気がどの程度の割合で新鮮空気に入れ替わっていくのか？）で除して求める

$$Q = \frac{k}{P_i - P_o}$$

(B) 換気回数とすきま風

- **必要換気回数**：必要換気量を室の容積で除したもの、1 時間あたりに室内空気を何回全取り替えをきる必要があるのか？って意味

$$N = \frac{Q}{V}$$

(C) 燃焼に必要な空気量と排ガス量

- 開放型燃焼器具：ガスコンロ・反射型石油ストーブなど、給排気を設けて換気することが不可欠、理論排ガス量の 40 倍以上の給気が必要
- 半密閉型燃焼器具：排気筒付きの給湯機、ボイラなど給気口が付随している、理論排ガス量の 2 倍以上の給気が必要
- 密閉型燃焼器具：BF（バランス型）給湯機、FF（強制給気）型ストーブ給排気ともに専用の筒で行う

『過去問』

必要換気量	室内の汚染物質の発生量を汚染物質の許容値と外気の汚染物質濃度の差で除したもの
室内絶対湿度	室容積が小さいほど・換気回数が少ないほど、室内絶対湿度は高くなる
全般換気	室全体の空気を入れ替えることにより、汚染物質の希釈・拡散・排出を行う換気方式
排気	排気口の位置は、室内における汚染物質の濃度分布に影響を与える
燃焼器機	密閉型燃焼器機においては、室内空気を燃焼用として用いてはならない
燃焼機器	密閉型暖房機器は、燃焼による室内の空気汚染のおそれが少ない
燃焼器機	半密閉型燃焼機器は室内の空気を燃焼に用い、排気は排気筒によって行う方式
不完全燃焼	酸素濃度が 19% 程度以下になると不完全燃焼、18% 以下で不完全燃焼による一酸化炭素の発生が増加



2.4 機械換気

(A) 機械換気の種類

- 機械換気とは：ファンなどの動力を用いて行う換気、給気・排気の何れを機械換気とするかにより換気法が変わるので留意
- **第1種換気法**：給気・排気ともに機械換気、室内の圧力を任意に調整可能、換気量は非常に大きいが設備費がかかる
- **第2種換気法**：給気のみ機械、室内の気圧を正圧に保つことができるのですきま風の流入を防げる、クリーンルーム等で用いられる、また新鮮空気の流入量も大きいので燃焼室でも採用される
- **第3種換気法**：排気のみ機械、室内の気圧が負圧となるので室内の汚染空気の間隙からの流出を防ぐことができる、キッチン・浴室・トイレなどの汚染物質を発生する室で採用される

(B) 全般換気と局所換気

- 全般換気：室内全体の空気を入れ替えて、汚染空気の希釈を狙う
- 局所換気：汚染物質の発生箇所を集中的に換気し、汚染物質の排出を主眼とする

(C) 必要換気量

- 温湿度の許限度を基準とするもの：

$$Q = \frac{H}{0.28(t_1 - t_o)}$$

(D) ディスプレイスメント・ベンチレーション（置換換気）

- **置換換気とは**：室内設定温度よりも低温（-2℃から-3℃程度）の空気を室下部より流入させ、室内の発熱（人体や設備機器からの）による上昇気流を利用して空気を循環させる換気法

(E) 高气密・高断熱建築の普及

- 高气密化・好断熱化の弊害：すきま風等による換気量が低下により、建築材料からの揮発性の高い化学物質の室内滞留量が増加する傾向にある
- 換気設備の設置義務：住宅の居室では0.5回/h以上、居室以外では0.5回/h以上の換気回数が義務付けられている

➤ ホルムアルデヒド発散建材の分類：

表 2-1 ホルムアルデヒド発散建材の等級

建築材料の区分	表示記号	発散速度	内装仕上げの使用制限
建築基準法規制対象外	F☆☆☆☆	0.005mg/(m ² h)以下	使用制限なし
第3種発散建材	F☆☆☆	0.005~0.02mg/(m ² h)以下	使用面積が規制
第2種発散建材	F☆☆	0.02~0.12mg/(m ² h)以下	使用面積が規制
第1種発散建材	表示なし	0.12mg/(m ² h)を超える	使用禁止

(F) 空気浄化

- エアフィルタ：粉塵除去用のエアフィルタの粒子捕集率の測定法には、計数法・比色法・質量法の表示方法がある

(G) 排煙設備

- 排気設備：火災時の煙が避難経路に侵入することを防ぐために外部へ煙を逃がすための設備、消防法にて各用途・床面積ごとに設置義務が課されている

(H) 換気設備の留意点

- **空気齢**：給気口から室内の任意の点までに到達するのに要する時間、値が小さいほどその空間の空気の新鮮度は高い

『過去問』

- 換気法 第一種換気法により居室ごとに個別換気を行う場合は、扉にアンダーカットやガラリは不要
- 換気法 第一種換気法は吸排気を機械で行うので、室内圧の気圧の制御（正圧・負圧）を行うことが可能
- 換気法 第二種換気法は、機械給気により室内圧を正圧に保つので、クリーンルーム等に適した換気法
- 換気法 第二種換気は室内側が正圧となり、汚染空気の室内への流入を防ぐことができる
- 換気法 第三種換気法においては、気密性が低い建物においては給気口からの安定的な給気が行えない
- 換気法 厨房においては、排気量>給気量とする（第3種換気法）
- 換気法 JISによるクリーンルームの空気洗浄度の等級はクラス1~9があり、クラス1が最も洗浄度が高い
- 置換換気 室内設定温度よりも低温の空気を室下部より流入させ、室内の発熱を利用して空気を循環させる換気法
- 置換換気 設定温度よりもやや低い温度の室下部より流入させ、汚染物質を室上部から排出させる換気法
- 気密化 気密化を図ると、必要換気量を安定的に確保し換気経路が明確化される
- 換気システム 24時間換気システムを採用する場合には、住戸全体が0.5回/hの換気回数を確保すること
- 汚染物質 シックハウスの対策として、使用する材料に留意する以外にも、換気を行うことも有効
- 汚染物質 シックハウス症候群の原因とされる物質には、害虫駆除等で用いられる有機リン系殺虫剤も含まれる
- フィルタ 粉塵除去用のエアフィルタの粒子捕集率の測定法には、計数法・比色法・質量法の表示方法がある
- 空気齢 室内に流入した新鮮空気が室内のある点までに達するのに要する時間（新鮮空気の提供量の指標） ×2
- 空気齢 室内のある点の空気新鮮度を示す換気効率に関する指標、値が小さいほどその点の空気の新鮮度が高い
- 空気余命 室内のある点から排気口に達するまでの時間
- 特殊換気法 ハイブリッド間気泡とは自然換気の省エネルギー性と機械換気の安定性を両立させた換気法



3 伝熱と結露

3.1 伝熱と結露

(A) 熱の伝わり方

- **壁体間の熱の移動（熱貫流）**：壁体の両側に温度差がある場合には熱の移動が生じる、壁体を固体と仮定すると気温の高い側の空気と壁体表面の熱の移動⇒壁体内の熱の移動⇒壁体から低温側の空気への熱の移動、その全過程を熱貫流

(B) 熱伝導

- 熱伝達とは：壁体表面空気と壁体間の熱の移動（表面空気⇄壁体）
- **熱伝達率と熱伝達抵抗**：熱の伝わりやすさを熱伝達率で示し、風速が速い・壁体表面が粗い場合に熱の移動が激しくなる（風の強い屋外では23～35、屋内側では7～9を設計用に用いる）、熱伝達抵抗は熱伝達率の逆数
- **伝達熱量**：熱伝達率・壁体表面積・空気と壁体表面の温度差・時間に比例

$$Q = \alpha(\theta_1 - t_1)A \times T$$

(C) 熱伝導と熱伝導率

- 熱伝導とは：均質な部材内の熱の移動
- **熱伝導率と熱伝導比抵抗**：物体内の熱の移動のしやすさを熱伝導率で示し、熱伝導比抵抗は熱伝導率の逆数
- **伝導熱量**：熱伝導率・表面積・温度差・時間に比例し、材料の厚さに反比例

$$Q = \frac{\lambda}{d}(\theta_1 - \theta_2)A \times T$$

- **各種材料の熱伝導率**：基本的には重い材料ほど熱を伝えやすい、グラスウールなどの空隙の多い物質は熱伝導率が非常に低い
- 発泡剤の熱伝導率：空隙率（材料内に含まれる空気の量）が同じならば、気泡寸法が大きいほど熱伝導率が高くなる（空気は細かく分けて保管した方が、断熱性能は高いですよー）

- 断熱材内部の含水率の影響：水分を含むと熱を通しやすくなるので注意（水は空気よりも熱を伝えやすいから…）
- 中空層の伝熱：中空層の空気層の厚さは3～5cmが最も高く、それ以上厚くなると対流が発生して熱抵抗はかえって低下する

(D) 熱貫流

- 熱貫流とは：壁体を介した総合的な熱の伝わりやすさ
- 熱貫流率と熱貫流抵抗：熱貫流率の逆数が熱貫流抵抗
- **熱貫流抵抗**：屋内外の熱の移動を例にとると、熱貫流抵抗は、屋外側の熱伝達抵抗＋壁体の熱伝導比抵抗の和＋壁体内部中空層の熱抵抗＋屋内側の熱伝達抵抗

$$R_t = \frac{1}{\alpha_o} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_a + \frac{1}{\alpha_i}$$

- **熱貫流率の計算**：

(E) 熱貫流量

- **熱貫流量**：熱貫流率・壁体面積・内外温度差に比例

$$Q = K \times A(t_i - t_o)$$

(F) 平均熱貫流率

- 平均熱貫流率とは：部分的に熱貫流率が異なる場合には、それぞれの部分ごとの熱貫流率に面積をかけて合算

(G) 定常状態と不定常状態

- 定常状態と不定常状態：定常状態は外気温・室温が一定で日射の影響を無視した場合、不定常状態はそれらの変化を忠実に再現した場合、一般的には定常状態における検討のみでOK

(H) 壁体内部の温度分布の計算

- 温度分布の計算：熱貫流計算により、各部の温度分布を詳細に把握することができるが…、建築士試験ではそこまで細かい計算は出題されたことはありません

(I) 熱貫流抵抗と表面温度の関係

- **表面温度の推移**：熱伝導比抵抗が大きい材料ほど、温度勾配が急になり外気温の影響を受けにくくなる（高断熱）

(J) 熱容量

- **熱容量とは**：比熱に物体の容量をかけたもので、値が大きいほど暖まりにくく冷めにくい物質
- **熱容量と温度変化**：熱容量が高い建築物ほど（RC 造など）室内温度の変化が緩やかになる、また断熱性能が高いほど外気温の影響を受けにくい

『過去問』

総合熱伝達率	対流熱伝達率と放射熱伝達率を合計したもの
対流伝達	対流熱伝達率では、表面積が大きい粗面ほど、風速が大きいほど値が大きくなる
対流伝達	壁体の表面付近では層流、表面から離れた所では乱流が生じる
熱伝導率	一般の材料ではかさ比重大きくなるほど熱伝導率は大きくなるが、グラスウールは逆に小さくなる
熱伝達率	壁体近傍の風速が大きいほど、大きくなる
熱伝達率	発泡性の断熱材では空隙率が同じ場合、材料内部の区報面積の寸法が小さいものほど熱伝導率は小さくなる
熱伝達率	断熱材に水分が含まれると熱伝導率が上昇し、断熱性能が低下する
中空層の伝熱	複層ガラスは中空層に乾燥空気を注入したもので、断熱効果が高い
中空層の伝熱	二重窓（半密閉）においてはガラス相互の間隔が 3cm 以内では間隔の増加で熱抵抗が急増
中空層の伝熱	二重窓（半密閉）においてはガラス相互の間隔が 3cm 以上では熱抵抗の増加は無い
熱貫流抵抗	単体ガラスは、室内側の熱伝達抵抗+ガラス熱伝導抵抗+屋外側熱伝達抵抗、熱伝導抵抗の値が最も小さい
熱貫流抵抗	内外表面の熱伝達率も考慮するため、材厚が 2 倍になっても熱貫流抵抗は 2 倍にはならない ×2
断熱性能	性能を高めることにより室温と室内表面温度の差を小さくする、室内上下の温度差も小さくできる
断熱性能	冬季の暖房室において、室内気温が同じであっても断熱性能が低いと人体からの熱損失は増す
断熱性能	熱線吸収板ガラスは日射熱の侵入を防ぐ効果があるが、冬期の断熱効果は透明板ガラスと同程度 ×2
断熱性能	外壁に面する隅角部の室内表面温度は、平面壁部分よりも外気温に近づく
熱容量	暖房停止後の室温降下では、熱容量が同じであっても建築物の断熱性の良否により室温変化は異なる
熱容量	熱容量が大きな建物ほど、室温の変動は緩慢になる



3.2 結露対策

(A) 透湿と湿気貫流

- 物体間の湿気の移動：水蒸気の一部は高湿度側で物質に吸着され低湿度側へ放出される、物質間の湿気の移動のし難さを湿気伝導抵抗と呼びアルミ箔などは値が低く防湿剤として用いられる（とにかく湿気を吸収しにくそうなものほど値が高い）

(B) 結露とその一般的な対策

- 結露とは：空気は温度が下がるほどに貯めこむことのできる水蒸気量が低下する、空気中に溜め込んだ水蒸気が気温低下により許容量を超えてしまい排出される現象、空気中に含まれる水蒸気が多いほど・気温低下が激しいほど結露が生じやすくなる

(C) 表面結露とその防止方法

- 表面結露の防止方法：気温低下を防ぐ、水蒸気を増やさない（壁体内部への水蒸気の流入を防ぐ）の2つが重要、カーテンなどは窓とガラス面表面の間の空気の移動を妨げるのでその部分のみ極端な気温低下を引き起こし結露が発生する

(D) 内部結露とその防止方法

- **内部結露とその防止方法**：壁体内部に発生する結露を内部結露と呼ぶ、壁体内の温度低下を防ぎ（温度の低い側に断熱材）、壁体内の水蒸気量を少なく（高温側に防湿材）することで防止する

(E) 熱橋（ヒートブリッジ）

- ヒートブリッジとは：壁体の一部に熱伝導率が高い物質が付随すると、その箇所のみ極端に熱の移動が激しくなるので留意

(F) 出隅・入隅部分

- 出隅・入隅部分の留意点：隅部は外気と触れる部分が多く、特に気温が低下しやすいので留意

『過去問』

表面結露	壁体表面付近の空気の露点温度と壁体表面温度との関係により生じる（差が大きいほど危険）
表面結露	屋外に接した北側の非暖房室は結露しやすい
表面結露	換気を行うと室内の絶対湿度が下がるので、表面結露の防止に有効
表面結露	熱橋部分の室内側は表面結露が発生しやすい
表面結露	結露防止において、冬季における窓付近の結露防止にカーテンは逆効果
内部結露	屋根の防湿においては、断熱材の外気側に通気層を設けると内部結露の防止となる
内部結露	二重サッシの間の結露を防止するためには、室内側のサッシの気密性を高める
内部結露	繊維系の断熱材を用いた外壁の壁体内結露を防止するためには、断熱材の室内側に防湿層を設けること
熱橋	ヒートブリッジ（熱橋）部分付近の室内気温は、外気温度に近くなる