

I

級

建

築

士

受

験

基

本

テ

キ

ス

ト

理

整

点

要

で

ル

ア

ユ

ジ

イ

ヴ



学科II
(環境・設備)

大脇賢次

はじめに——本書の特徴と使い方

本書は1級建築士試験を受験する方を対象として、学科Ⅱ（環境・設備）の本格的な基本テキストとして書いたものである。

平成21年度より、従来の学科Ⅰが「計画」と「環境・設備」の2科目に分離され、学科試験は合計で4科目から5科目に増え、また従来の5肢択一式から4肢択一式となる新試験制度がスタートした。そこで、本書は新試験制度と近年の学科試験の難化傾向に対応すべく、新しく豊富な内容を載せたものとなっている。

本書の第1の特徴は、初めて1級建築士試験を受験する方でも、**容易に内容が分かるように平易な文章で要点を整理し、また多くのイラスト、表などを載せてヴィジュアルなものにしたこと**である。そのほかにも、本書には次のような特徴がある。

- ・最新試験の内容も含む、過去の試験問題を参考にしてつくられ、しかも新試験制度に対応した内容で構成されている。

- ・1人でも学習できるように、分かりやすく要点が整理されている。

- ・各頁の欄外に**用語**や**メモ**が挿入されている（これらは用語の定義や受験の際に留意してほしいことについて書かれている）。

- ・公式の理解を助けるため、例題を入れている。

- ・各章の終わりに、重要な内容の問題を精選した演習問題が載せられている（各章を読み終えた段階で問題を解いてみることをすすめる）。

- ・試験によく出るところがすぐ分かるように**太字**になっている。

以上のような特徴により、本書は学科Ⅱ（環境・設備）を学ぶ方にとって、1冊で十分なものとなっている。

1級建築士試験は、基礎的な実力のある方でも、試験のための合理的で集中した勉強をしなければならぬ。しかも、受験する方は働いており、時間的な制約のある方がほとんどなので、より効率のよい勉強をする必要がある。本書はそのために役立つように心がけて執筆したつもりである。

本書が十分に活用され、1級建築士試験に合格することに役立てば幸いである。

平成23年3月

大脇賢次

学科試験について

1級建築士の学科試験は毎年7月下旬に行われている。科目および科目ごとの試験内容、設問数、試験時間は下記の通り。計5科目、設問数は計125問で、**4肢択一式**で行われる。

学科	試験内容	設問数	試験時間
学科Ⅰ（計画）	建築計画、建築積算等	20問	2時間
学科Ⅱ（環境・設備）	環境工学、建築設備（設備機器の概要を含む）等	20問	
学科Ⅲ（法規）	建築法規等	30問	1時間45分
学科Ⅳ（構造）	構造力学、建築一般構造、建築材料等	30問	2時間45分
学科Ⅴ（施工）	建築施工等	25問	

※（財）建築技術教育普及センター発表の「平成22年一級建築士試験受験要領」をもとに作成

1級建築士試験の受験要領の詳細については、
財団法人 建築技術教育普及センターのホームページ <http://www.jaeic.jp/> をご確認ください。

註
本書の内容は、原則として、平成23年3月現在の建築関係法令等に基づいている。また、演習問題は過去の試験問題をもとに作成し、問題を一部改めた。

本文中で用いられている略称の正式名称は以下の通り。

建基法……建築基準法
建基令……建築基準法施行令
JIS……日本工業規格

目次

はじめに——本書の特徴と使い方	3
学科試験について	4

第1部 環境工学

1 日照・日射	10
1-1 日照	10
1-1-1 太陽の位置と日照	10
1-1-2 日影	13
1-1-3 日ざし曲線	21
1-2 日射	22
1-2-1 太陽光線	22
1-2-2 日射量	23
1-2-3 日射・日照調整	26
1-2-4 日射の取得性能と遮へい性能	28
1-3 演習問題	29

2 採光・照明	36
2-1 採光	36
2-1-1 視覚と光	36
2-1-2 光の単位と法則	37
2-1-3 昼光率	41
2-1-4 採光計画	47
2-1-5 明視	50
2-1-6 グレア	51
2-2 照明	53
2-2-1 全般照明と局部照明	53
2-2-2 直接照明と間接照明	53
2-2-3 建築化照明など	54
2-2-4 照度基準	55

2-2-5 光源の種類と特徴など	55
2-2-6 照明計算	59
2-3 演習問題	63

3 色彩	72
3-1 色彩	72
3-1-1 色彩理論の基本用語	72
3-1-2 色の3属性	73
3-1-3 マンセル表色系	73
3-1-4 オストワルト表色系	75
3-1-5 XYZ表色系	75
3-1-6 色の対比	77
3-1-7 色と感覚	79
3-1-8 色彩計画	79
3-2 演習問題	82

4 室内・外部環境	88
4-1 室内・外部環境	88
4-1-1 室内環境	88
4-1-2 室内空気汚染	93
4-1-3 外部環境	95
4-1-4 地球環境	98
4-2 演習問題	100

5 換気	104
5-1 換気	104
5-1-1 換気目的	104
5-1-2 全般換気と局所換気など	104

5-1-3 必要換気量	106
5-1-4 換気回数	109
5-1-5 自然換気と機械換気	111
5-1-6 自然換気量	112
5-2 演習問題	118

6 音響	124
6-1 音響	124
6-1-1 音の性質	124
6-1-2 音の単位	125
6-1-3 レベルの合成	128
6-1-4 騒音	130
6-1-5 遮音	132
6-1-6 吸音	136
6-1-7 騒音防止対策	139
6-1-8 音響計画	140
6-1-9 床衝撃音	143
6-2 演習問題	145

7 熱・結露	150
7-1 熱	150
7-1-1 3つの伝熱	150
7-1-2 壁体の伝熱	151
7-1-3 熱貫流率(K)と熱貫流抵抗(R)	153
7-1-4 熱貫流量など	155
7-1-5 暖房時の室内の熱損失と熱損失係数	157
7-1-6 熱容量と室温変動	158
7-2 結露	159
7-2-1 湿度と露点温度	159
7-2-2 結露	160
7-3 演習問題	165

第2部 建築設備

8 空気調和設備	172
8-1 空気調和設備	172
8-1-1 空気調和設備の目的と基本計画	172
8-1-2 空気調和設備の基本的な構成	173
8-1-3 空気調和機の構成	174
8-1-4 ダクト、吹出口と吸込口など	176
8-1-5 空調方式	178
8-1-6 省エネルギー空調方式	185
8-1-7 自動制御方式	186
8-1-8 冷凍機と冷却塔	187
8-1-9 クリーンルーム	193
8-1-10 暖房	194
8-1-11 蓄熱槽など	197
8-2 演習問題	200

9 給排水・衛生設備	206
9-1 給水設備	206
9-1-1 給水設備の役割など	206
9-1-2 給水方式	207
9-1-3 給水配管	209
9-1-4 受水槽	211
9-1-5 配管材料	212
9-1-6 さや管ヘッダ工法	212
9-2 排水・衛生設備	213
9-2-1 排水・衛生設備	213
9-2-2 衛生器具	219
9-3 浄化槽・給湯設備・ガス設備	222
9-3-1 浄化槽	222
9-3-2 給湯設備	223
9-3-3 ガス設備	224
9-4 演習問題	226

10 電気設備 232

10-1 電気設備 232
10-1-1 電源設備 232
10-1-2 屋内配線方式 235
10-1-3 配線材料 236
10-1-4 配線工事 238
10-1-5 配線工事での留意点 240
10-1-6 避雷設備・雷保護システム 242
10-1-7 動力設備 243
10-1-8 情報通信設備 244

10-2 演習問題 246

11 消火・防災設備 250

11-1 消火設備 250
11-1-1 火災の種類と消火方法 250
11-1-2 各種消火設備 251

11-2 防災設備 260
11-2-1 警報設備 260
11-2-2 避難設備、誘導設備、その他 263

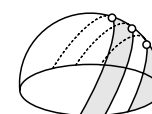
11-3 演習問題 267

12 省エネルギー・維持管理 272

12-1 省エネルギー・維持管理 272
12-1-1 建築物の基本的な省エネルギー対策 272
12-1-2 建築物の省エネルギー手法 273
12-1-3 空調の省エネルギー指標 274
12-1-4 建築物のエネルギー消費量 275
12-1-5 冷暖房設備容量と機械室面積など 276
12-1-6 建築物の維持管理 277

12-2 演習問題 279

索引 282



第1部
環境工学

2 | 採光・照明

2-1 採光

2-1-1 視覚と光

1. 明所視と暗所視

- (1) 明所視は明るい場所での目の機能をいい、視力に優れ、色を識別する。
- (2) 暗所視は暗い場所での目の機能をいい、明暗に敏感で、青を明るく感じる。

2. 比視感度

- (1) 人間の目が光を感じる波長の範囲は **380 ~ 780nm** である。
- (2) 放射エネルギーが同じ場合、人間の目は **赤よりも緑（青）の方を強く感じる**。特に、明所視では黄緑（555nm）の光を、暗所視では青緑（507nm）の光を最も明るく感じる。
- (3) 最も明るく感じる波長の視感度を 1.0 とし、ほかの波長の視感度をこれに対する比で表したものを **比視感度** という。
- (4) 下に示す図 1 を **比視感度曲線** といい、暗いところの比視感度曲線は青の方に移動し、507nm の近くで 1.0 となる。したがって、暗いところでは青～青緑を明るく感じ、赤～黄緑を暗く感じるようになる。この現象を **プルキンエ現象** という。

3. 順応

(1) 明順応と暗順応

- ① 明順応とは、暗い場所から明るい場所に入ったときに、人間の目がその明るさに順応することをいう [図 2]。

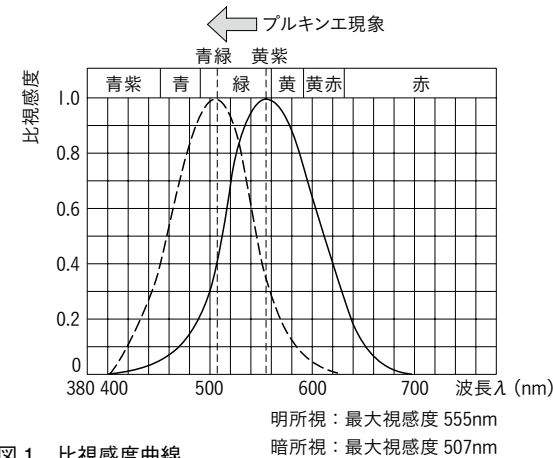


図 1 比視感度曲線

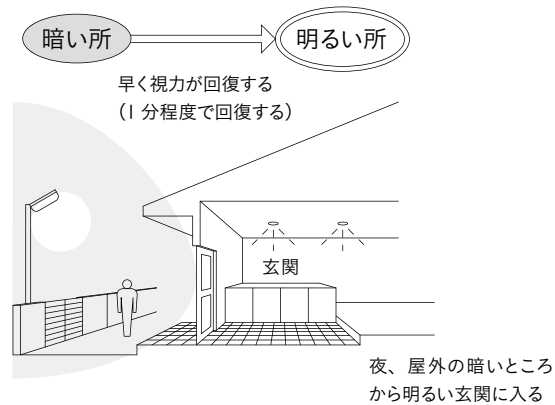


図 2 明順応

メモ

視細胞には、明所に対応する錐状体と暗所に対応する桿状体がある。錐状体は視力や色覚を担い、桿状体は明暗の判別を担っている。

メモ

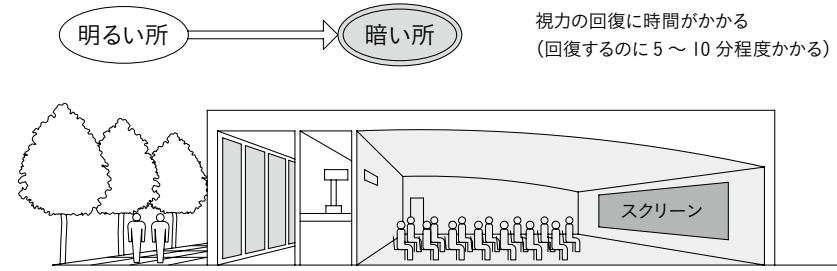
nm (ナノメートル) = 10^{-9} m (1/10⁹m)

用語

視感度：放射エネルギーを光として感じる度合いをいう。

メモ

交通標識が青下地に白抜き文字であるのは、プルキンエ現象が生じる、朝夕の薄暗い時間でも目立つようにするためである。



屋間、屋外から暗い映画館に入る

図 3 暗順応

- ② 暗順応とは、明るい場所から暗い場所に入ったときに、人間の目がその暗さに順応することをいう [図 3]。
- (2) 明順応に要する時間は短い (1分程度) が、暗順応に要する時間は長い (5 ~ 10分程度)。

2-1-2 光の単位と法則

1. 光の単位の基本

- (1) 光の明るさを表す単位を **測光量** といい、放射エネルギーを目で感じる強さで測ったものである。測光量には次に示すように 5 種類あり、目的に応じて使われる [図 4・表 1]。
- (2) 測光量の基本単位は **光束 [lm]** (ルーメン) である。また実用では、光

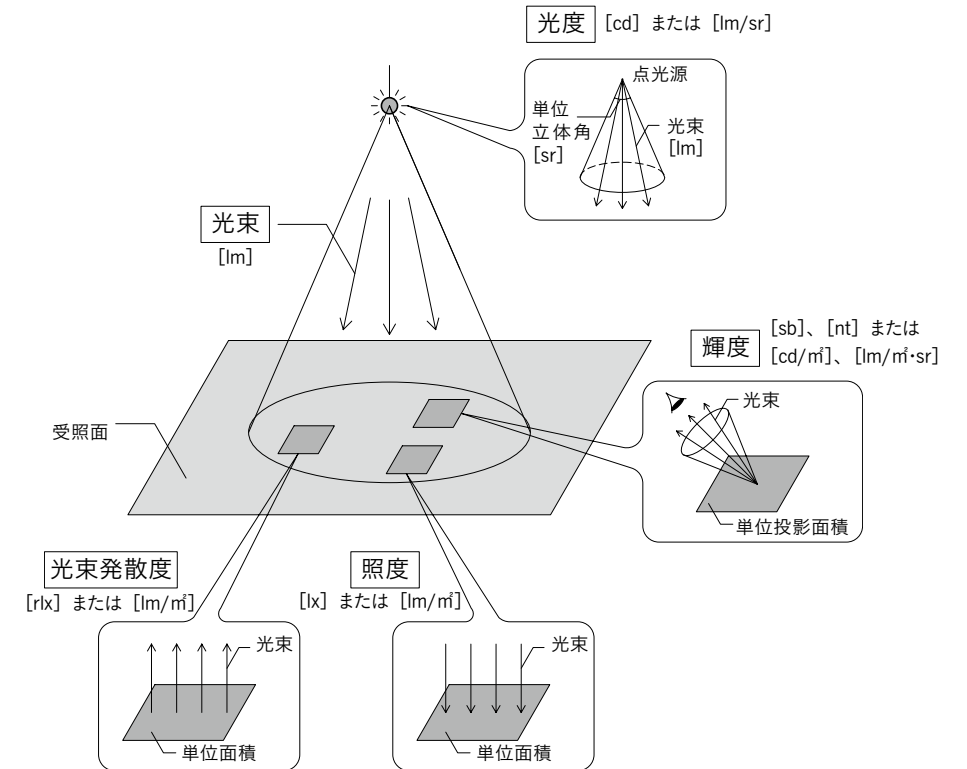


図 4 測光量

用語

順応：目が明るさや暗さに慣れる作用をいう。順応は、明るさにより錐状体と桿状体の 2 種類の視細胞の切替えが起こるために生じる。

メモ

明順応の例として、夜の帰宅時に暗い夜道から明るい玄関に入ったときなどが挙げられる。また暗順応の例として、昼間に明るい屋外から、暗い映画館に入ったときなどが挙げられる。

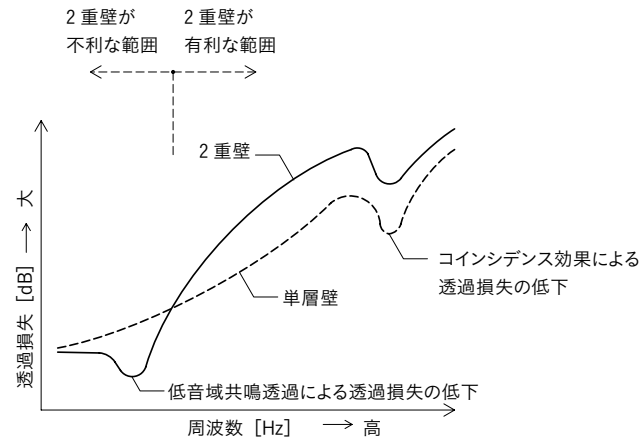


図 15 同じ面密度の2重壁と単層壁の透過損失

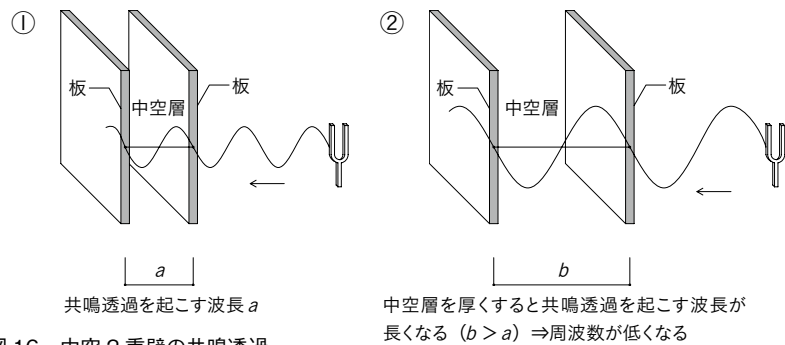


図 16 中空2重壁の共鳴透過

利な) 範囲が生じる。これは低音域において、中空層がばねになり、中空層の両側の板が共鳴振動するため、遮音性能が低下する現象であり、これを低音域共鳴透過という。

- (2) 遮音上有効にするためには、中空層の厚さは10cm以上必要で(5cm以下ではあまり効果がない)、また中空層の気密性をよくすることも必要である。
- (3) 図16に示すように、中空層を厚くすると、共鳴透過を起こす波長が長くなり、共鳴透過を起こす周波数は低くなる。
- (4) 板の面密度が大きい(重い)ほど、板の共鳴振動がゆっくりとなるので、共鳴透過を起こす周波数は低くなる。

5. 複合材料の透過損失 [図17]

中空2重壁の中空層の部分に心材を挟んだ複合材料(サンドイッチパネル)の透過損失は、心材の種類の違いにより次のようになる。

- (1) グラスウールなどの多孔質材(抵抗材)を入れた2重壁は、図17に示すように全周波数において中空2重壁より透過損失が上昇する。
- (2) ウレタンフォームなどの発泡樹脂材(弾性材)を入れた2重壁は、中高音域で共鳴透過を起こし、透過損失が低下する傾向がある。
- (3) 間柱を密に入れた(剛性材)2重壁は、単層壁と同じような振動をし、

メモ

中空2重壁の低音域共鳴透過は、中空層の厚さと音の波長が一致したときに生じる。

メモ

複層ガラスは、同じ面密度をもつ単板(1枚)ガラスに比べて、500Hz付近の中音域において、複層ガラスの共鳴透過により、遮音性能が低下する。そのため複層ガラスは、一般に遮音ではなく、断熱の目的として使う。

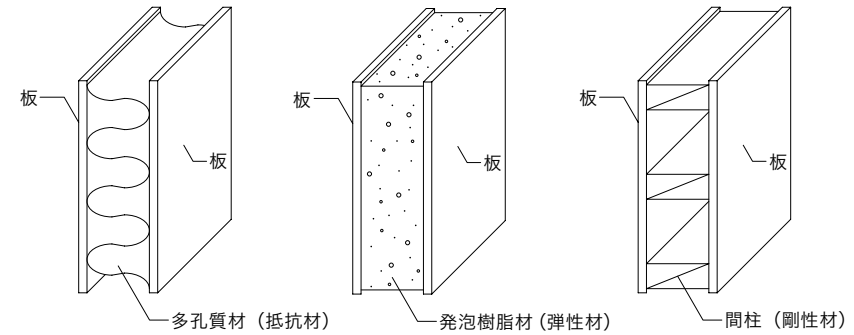
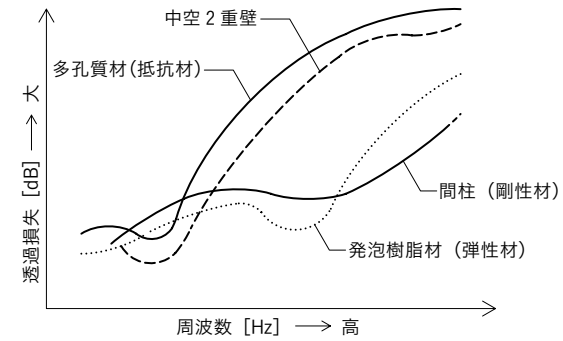


図 17 いろいろな複合材料の透過損失

透過損失の特性も単層壁と同じようになる。

6. 界壁の透過損失 [図18]

2室間の音の伝達には、透過、回折、振動などがあるが、界壁部分だけを考えて場合、音源室から発生した音を隣の受音室において一定の音圧レベル以下に保ちたいとき、界壁に必要とされる透過損失は次の式で示される。

$$TL = L_a - L_b - 10 \log_{10} \frac{A}{S}$$

TL : 界壁の透過損失 [dB]

L_a : 音源室の音圧レベル [dB]

L_b : 受音室の音圧レベル [dB]

A : 受音室の吸音力 [m^2] (メートルセービン)

S : 界壁の面積 [m^2]

上の式により、隣接する2室の室間音圧レベル差 $\Delta L (= L_a - L_b)$ [dB] は、次の式になる。

$$\Delta L = TL + 10 \log_{10} \frac{A}{S}$$

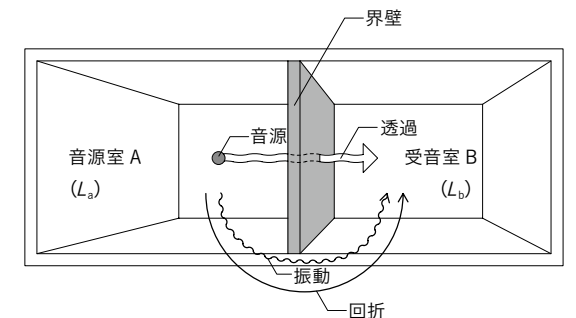


図 18 2室間の音の伝達と界壁の透過損失

メモ

図17において、透過損失の特性をもつ各曲線がどの複合材料に当たるかを覚えること。

メモ

受音室の音圧レベルを一定以下に保つためには、界壁の透過損失だけでなく、受音室の吸音力も考える。

メモ

受音室の吸音力が大きいほど、2室の室間音圧レベル差は大きくなる。

参考

建築基準法では、共同住宅と長屋の界壁の遮音性能についての規定があり、透過損失の基準値を周波数により、次の数値以上であることと定めている。
125Hz - 25dB, 500Hz - 40dB, 2000Hz - 50dB

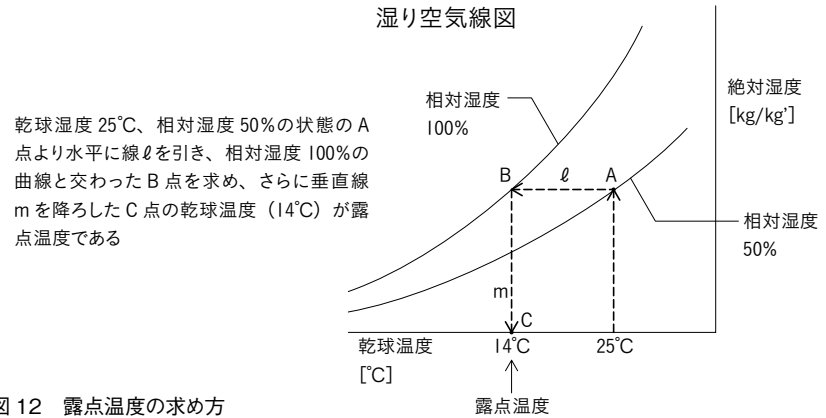


図 12 露点温度の求め方

温度、湿球温度、絶対湿度、相対湿度、露点温度、エンタルピーなどのうち、いずれか2つの値が分かれば、この図を使うことにより、ほかのすべての要素の値を求めることができる。

4. 露点温度の求め方 [図 12]

気温（乾球温度）25°C、相対湿度 50%のときの露点温度を、図 12 の湿り空気線図より求める。

7-2-2 結露 [図 13]

- (1) 結露とは、室内の暖かく湿った空気が、室内空気の露点温度以下の窓ガラスや壁体などの部分に触れて水滴を生じる現象をいう。このほかに、結露には冷たい水の入っているガラスのコップの表面に水滴ができる現象などもある。
- (2) 図 13 のように室内温度 t_i の湿り空気が、ガラスの表面近くで冷やされ、ガラスの表面温度 t_s が室内空気の露点温度 t_d よりも低くなると、飽和状態を超える水蒸気は気体の状態ではできなくなり、水滴となり結露が生じる。
- (3) 結露には、壁体などの表面で結露する**表面結露**と壁体などの内部で結露する**内部結露**がある。

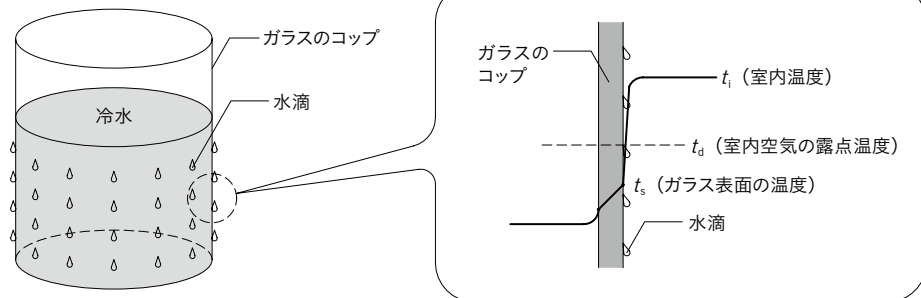
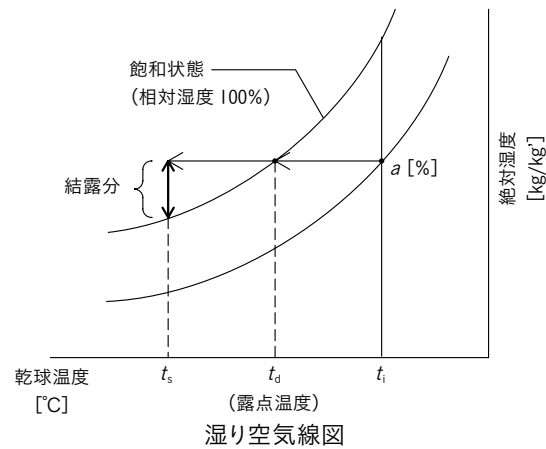


図 13 結露現象

1. 表面結露 [図 14]

- (1) 表面結露とは、室内側の壁体表面温度が室内の露点温度より低い場合、壁体表面近くにある温度境界層が露点温度以下に冷やされ、表面に水滴を生じる現象をいう。
- (2) 表面結露を防止するための基本的な考え方
表面結露は、壁体の室内表面温度 t_s が、室内空気の露点温度 t_d 以下になると生じる。したがって、表面結露を防ぐには、壁体の室内表面温度 $t_s >$ 室内空気の露点温度 t_d となるように、壁体の室内表面温度を高くするか、室内空気の露点温度を低くする必要がある。
- (3) 壁体の室内表面温度 t_s は、次に示す式により求められる。

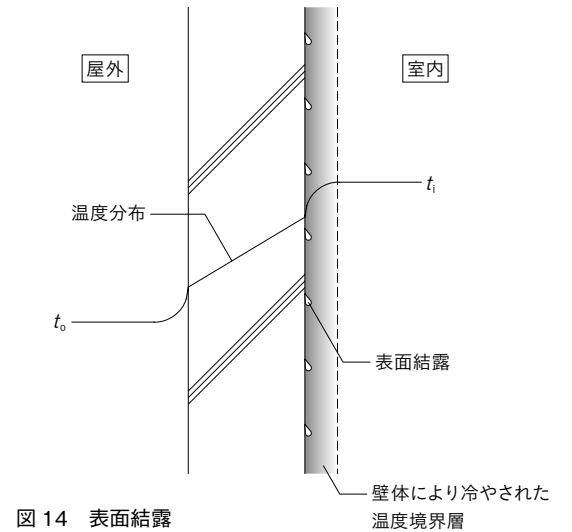


図 14 表面結露

$$t_s = t_i - \frac{K}{a_i} (t_i - t_o) = t_i - \frac{\gamma_i}{R} (t_i - t_o)$$

t_s : 壁体の室内表面温度 [°C]

K : 壁体などの熱貫流率 [W/m²·K]

a_i : 室内側の熱伝達率 [W/m²·K]

t_i : 室内温度 [°C]

t_o : 外気温度 [°C]

γ_i : 室内側の熱伝達抵抗 [m²·K/W]

R : 壁体などの熱貫流抵抗 [m²·K/W]

例題 3

室内温度 25°C、室内の相対湿度 50%、外気温度 0°C の場合、熱貫流率 2.2 W/m²·K の外壁において、室内側の壁に表面結露が生じるかどうかを図 11 の湿り空気線図を使って検討せよ。ただし、室内側の熱伝達率は 8 W/m²·K とする。

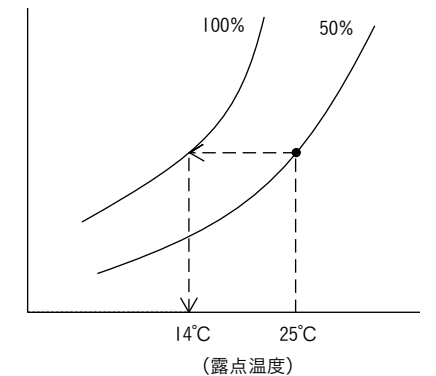
【解説】

壁体の室内表面温度 t_s [°C] は、

$$t_s = t_i - \frac{K}{a_i} (t_i - t_o) = 25 - \frac{2.2}{8} \times (25 - 0)$$

$$= 25 - 6.9 = 18.1^\circ\text{C}$$

また右図により、室温 25°C、相対湿度 50% の室内空気の露点温度は 14°C である。したがって、壁体の室内表面温度 (18.1°C) は、室内空気の露点温度 (14°C) よりも高いので結露しない。



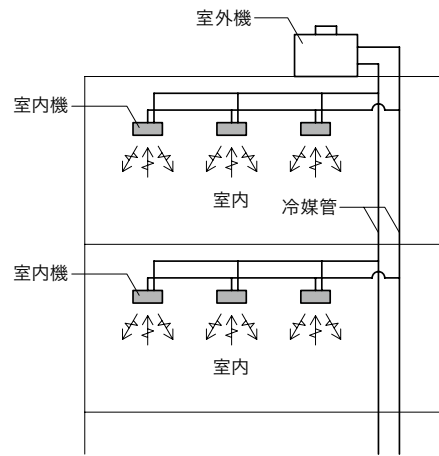


図 15 マルチユニット方式

- ②ヒートポンプなら暖房もできるが、寒冷地には不適當である。
- ③室内機と室外機に分かれているものをセパレート型という。
- ④窓にとり付けるウィンドウ形は配管が不要である。

(4) マルチユニット方式 [図 15]

1 台のヒートポンプ室外機に複数 (10 台程度まで) のヒートポンプ室内機を接続する方式である。

- ①ゾーンごとや室内機ごとに温度制御を行うことができる。
- ②同時冷暖房、外気処理、排熱回収などに効率よく対応できるので、**中小規模の事務所ビル**などでの空調の個別制御運転に適した方式であり、使用例が多い。

ポイント 各空調方式の機械室面積の大小関係

単一ダクト方式 > 2重ダクト方式 > インダクションユニット方式 > ファンコイルユニット方式 > パッケージユニット方式

表 1 各空調機の構成

	冷凍機 ^{*1}	ファン ^{*2}	コイル ^{*3}	フィルター ^{*3}
エアハンドリングユニット方式	×	○	○	○ (高性能)
ファンコイルユニット (FCU) 方式	×	○	○	○
インダクションユニット方式	×	×	○	○
パッケージユニット方式	○	○	○	○

○：内蔵されているもの
 ×：内蔵されていないもの

※ 1 冷凍機はパッケージユニットのみに内蔵されている
 ※ 2 ファンはインダクションユニットには内蔵されていない
 ※ 3 コイル、フィルターはいずれの空調機にも内蔵されている

メモ

マルチユニット方式は、容量の大きいルームエアコンを事務所ビル用として使ったものである。ルームエアコンと同様に、ボイラーや冷凍機などのセントラル熱源機器を設けずに、室内機と室外機により冷暖房を行う。

8-1-6 省エネルギー空調方式

1. 床吹き出し空調方式 (フリーアクセス空調方式) [図 16]

フリーアクセスフロアを利用した床下チャンバーを通して、床面から空気を吹き出す方式をいう。吹出口の位置を自由に変えることができるので、OA機器の増設や間仕切りの変更に対応できる。

2. タスクアンビエント空調方式 (パーソナル空調方式) [図 17]

室内全体を空調するアンビエント空調と個別の作業域を空調するタスク空調を分けて空調する方式で、各個人の好みの室内環境に調節でき、不在のタスク域の空調を停止できるので省エネルギー効果も高めることができる。タスク空調の吹出口の位置により、床方式、天井方式、デスクトップ方式、パーティション方式などがある。

3. エアフローウィンドウ方式 [図 18]

2重サッシや2重ガラスの間に空調のリターンエア (還気) を通し、夏期は屋外に排除し、冬期は室内の空調機に戻す方式をいい、2重サッシなどの間に電動ブラインドを組み込んで日射を調節する。ペリメーターレス空調方式の1つであり、この方式を利用することによりペリメーターゾーンの温熱環境が向上するので、通常インテリアゾーン空調と分けて設けるペリメーターゾーン空調をなくすことができる。

4. ディスプレイメント空調方式 (置換空調方式) [図 19]

内部発熱が大きい事務室や大空間などで、設定温度よりもいくらか低い空気を床面付近から

メモ

省エネルギー空調方式は出題頻度が高いので、しっかり押さえておくこと。

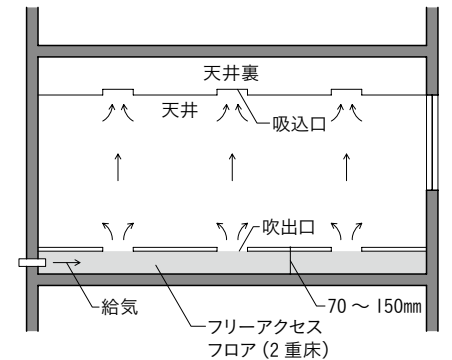


図 16 床吹き出し空調方式

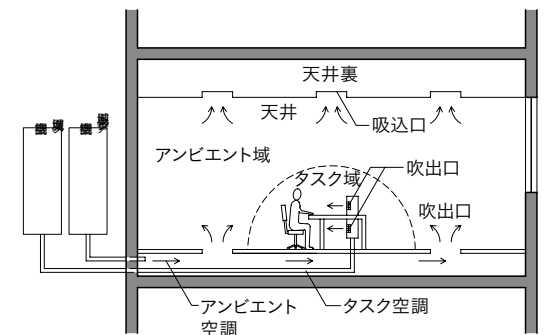


図 17 タスクアンビエント空調方式

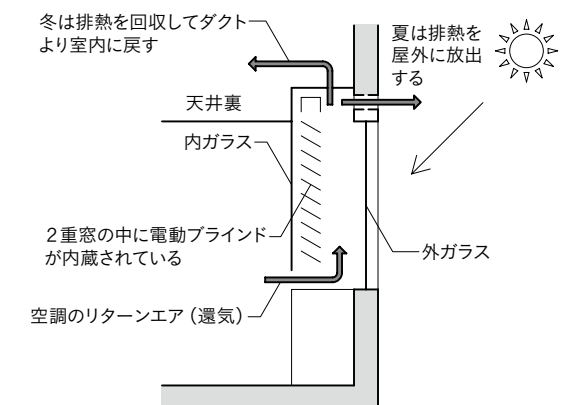


図 18 エアフローウィンドウ方式

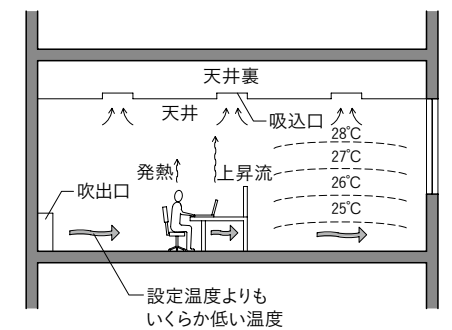


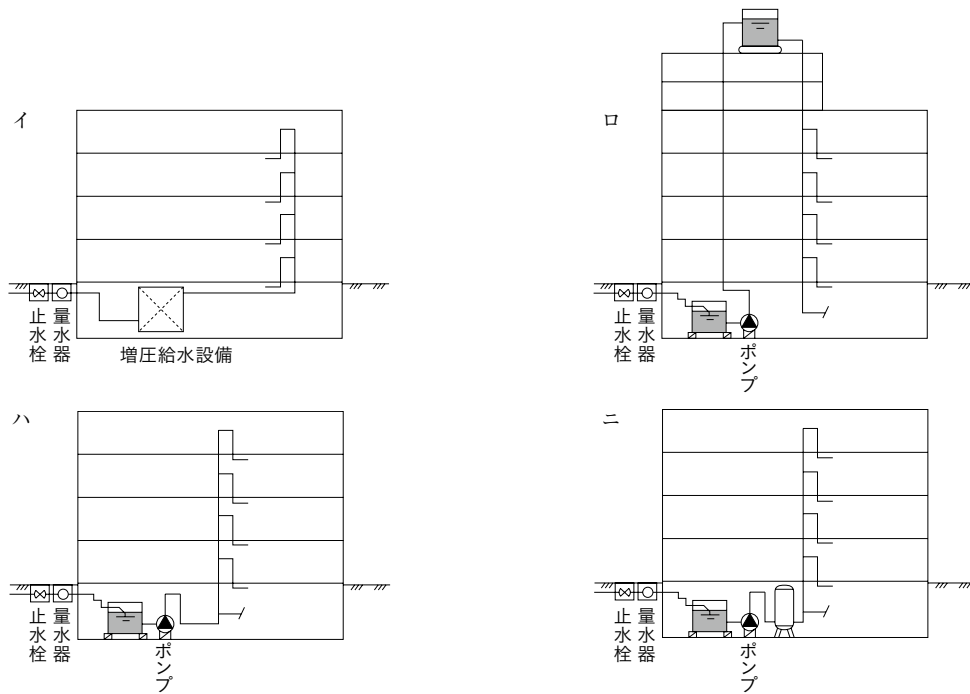
図 19 ディスプレイメント空調方式

9-4 演習問題

問題 1

表に示す A～D の給水方式とこれに対応する図イ～ニの給水設備の系統図との組合せとして、最も適当なものは、次のうちどれか。なお、表中の□部分は隠されている。

項目 \ 給水方式	A	B	C	D
給水圧力の変化	ほとんど一定	圧力調整弁を設けない限り変化は大きい	ほとんど一定	ほとんど一定
水質汚染の可能性			最も大きい	最も小さい
水道本管の断水時の給水	ある程度可能	ある程度可能		
停電時の給水（非常用発電機の使用は考えない）	不可能		ある程度可能	



	A	B	C	D
1.	ロ	ハ	ニ	イ
2.	ロ	ニ	イ	ハ
3.	ハ	イ	ロ	ニ
4.	ハ	ニ	ロ	イ

【解説】

イ. 水道直結増圧方式 - D

水道本管に増圧給水装置を直接接続して給水する。給水圧力はほぼ一定で、上水を受水槽などに貯留しないため、水質汚染の可能性は小さい。

ロ. 高置水槽方式 - C

上水を受水槽に貯留し、これをポンプで高置水槽に揚水してから、自然落下により建築各部に給水する。給水圧力はほぼ一定であるが、上水が受水槽と高置水槽の2つの水槽を経由するため、水質汚染の可能性が最も大きい。

ハ. ポンプ直送方式 - A

高置水槽や圧力水槽を使わないで、水道引込管から受水槽へ給水した水を給水ポンプより送る。給水圧力はほとんど一定であり、断水時には受水槽に貯留された水量のみ給水できるが、停電時には非常用電源がないとポンプが停止して給水が不可能になる。

ニ. 圧力水槽方式 - B

受水槽に貯留した水をポンプで密閉された圧力水槽内に圧送し、タンク内の圧縮空気の圧力により給水する。圧力調整弁を設けない限り給水圧力の変化は大きく、断水時には受水槽に貯留された水量のみ給水できる。

項目 \ 給水方式	A (ハ、ポンプ直送方式)	B (ニ、圧力水槽方式)	C (ロ、高置水槽方式)	D (イ、水道直結増圧方式)
給水圧力の変化	ほとんど一定	圧力調整弁を設けない限り変化は大きい	ほとんど一定	ほとんど一定
水質汚染の可能性	可能性がある	可能性がある	最も大きい	最も小さい
水道本管の断水時の給水	ある程度可能	ある程度可能	受水槽と高置水槽の貯留分のみ可能	不可能
停電時の給水（非常用発電機の使用は考えない）	不可能	不可能	ある程度可能	可能

【正解】 4