

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）

- **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（作業量）・着衣量の 6 つ

表 1-1 温熱指標とその対象とする要素

	温度	湿度	気流	放射	代謝量	着衣量
不快指数	○	○	×	×	×	×
作用温度	○	×	○	○	×	×
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

- 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) 作用温度

- **作用温度**とは：温度・気流・放射を対象とした温熱指標で主に暖房室の評価に用いられる、気温と平均放射温度との重み付け平均で求められる

(D) 有効温度

- 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、ET 17～20℃の範囲が快適（さらに湿度 40～60%を最快適）

(E) 修正有効温度

- 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

(F) 新有効温度

- 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

(G) 標準新有効温度

- **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、22.2～25.6℃程度を「快適、許容可能」と定義

(H) PMV

- **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、熱的中立に近い状態での評価に適するので不均一な放射環境や温度分布が偏る場合等には適さない



(I) 「標準」系各種温度の相違点

- 改訂の遍歴：最初に示されたのが【有効温度】温度・湿度・気流の3要素のみが対象で実験環境も湿度100%なんて環境だった⇒【修正有効温度】おいおい…放射の影響もちゃんと考えようよ…ってことで要素が1つ追加された⇒【新有効温度】温熱要素がようやく6つそろってなおかつ実験環境の湿度50%の一般的な環境に近づいた⇒【標準新有効温度】異なる作業量（代謝量）・着衣量での快適性の評価が可能になった

(J) 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

(K) 人体からの発熱

- **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/人程度、重作業で210W/人程度、重作業になると潜熱>顕熱

(L) 作業量

- **代謝量**とは：作業や運動で人体が生産するエネルギー、椅子に座って安静にしている場合で、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

(M) 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

(N) 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

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

- **飽和絶対湿度**：空気中に含まれる水蒸気の絶対量（的なもの…）、ある温度の空気を含むことのできる限界の水蒸気量を単位乾燥空気当たりの水蒸気量で示したもの



(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もし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！



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）

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

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

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）、風の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

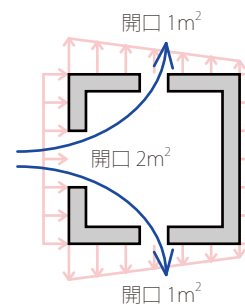
(B) 透気と漏気と高気密

- 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）



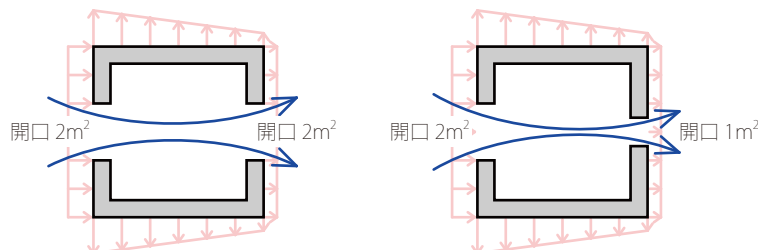
(C) 並列開口による開口部面積の合計

- **並列開口の面積算定**：給気口・排気口の個別の合算、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**：給排気口の合算、逆数の 2 乗の和より算定、 $\frac{1}{A^2} = \frac{1}{A_1^2} + \frac{1}{A_2^2}$



(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（膨張しているので）、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

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

- **煙突効果**：室温が外気温よりも高い場合には、室の上方が排気（流出）/下方は給気（流入）、室温の方が低い場合は逆転するので注意
- **中性帯**：室内外圧力差が 0 となるところ、給気と排気が入れ替わる箇所とも、上下に換気量の異なる開口がある場合（例えば面積が異なる）、換気量の大きい方（例えば面積が大きい方）に中性帯は近づく

(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**：まずは開口面積を合成（給気・排気個別合成⇒給排気合算）、気圧差の 1/2 乗をかける



	A	B	C
開口面積	$\frac{1}{A_A^2} = \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^2}$ $\frac{1}{A_A^2} = \frac{1}{2}$ $A_A = \sqrt{2}$	$\frac{1}{A_B^2} = \frac{1}{2^2} + \frac{1}{1^2}$ $\frac{1}{A_B^2} = \frac{5}{4}$ $A_B = \sqrt{0.8}$	$\frac{1}{A_C^2} = \frac{1}{2^2} + \frac{1}{(1+1)^2}$ $\frac{1}{A_C^2} = \frac{1}{2}$ $A_C = \sqrt{2}$
風圧係数	$+0.4 - (-0.2) = 0.6$	$+0.4 - (-0.2) = 0.6$	$+0.4 - (-0.4) = 0.8$
通風量	$\sqrt{2} \times \sqrt{0.6}$	$\sqrt{0.8} \times \sqrt{0.6}$	$\sqrt{2} \times \sqrt{0.8}$

2.3 換気量と換気回数の計算

(A) 呼吸による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



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、また新鮮空気の入流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・高断熱化の弊害：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0.3回/h以上の換気回数が義務付けられている

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

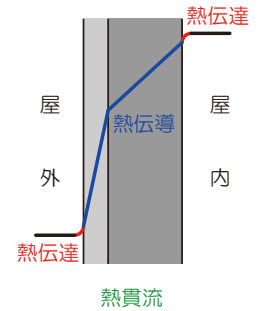


3 伝熱と結露

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) 熱伝達

- 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**：

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



(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) 長波長放射率

- **長波長放射率**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

(K) 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、屋内側に熱容量の大きい壁体があると室内側に冷暖房の効果が表れるまでに時間を要する

(L) 基礎断熱工法

- **基礎断熱工法**とは：基礎部分に断熱を施すことにより建物内部の気温変動を抑える工法、断熱区画に床下換気口は接地しない、床下の結露・シロアリ対策には留意

(M) 建物の断熱

- **熱損失係数**とは：室温より外気温が 1℃低いと仮定した際の『建物内部から逃げる熱総量』を「延べ床面積」で除した値、断熱性や気密性を向上させると高くなる

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（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）、壁体内の水蒸気の量を少なく（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）

- **熱橋**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

4 日照・日射

4.1 太陽の位置

(A) 太陽位置の計算

- 太陽位置の示し方：太陽高度（地平面とのなす角、0° が水平、真上で 90° ）、太陽方位角（太陽の方位と真南とのなす角、太陽が真南にきた時刻を南中時）

(B) 地方真太陽時

- 真太陽時：太陽の動きを基準とした時刻、1 日が 24 時間にならずに、日によって長さも変化する
- 中央標準時：1 日をきっちりと 24 時間に区切った時間、通常生活する上で用いている時刻
- 均時差：真太陽時と中央標準時の時間差、日によって変化する（冬至で 15 分くらい変わったりします）

(C) 南中時の太陽高度

- **太陽南中高度の季節変化**：東京では夏至で 78° 、冬至で 31° 程度、札幌では夏至 70° 、冬至 23° 程度

4.2 日射

(A) 直達日射と天空放射

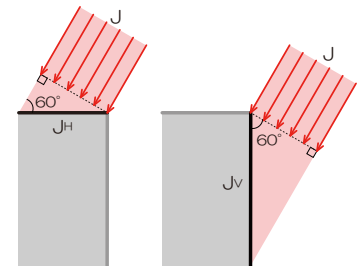
- 日射とは：太陽からの単位面積あたりの熱エネルギー
- 日射量：各面の日射量は法線面直達日射の受熱面積に反比例するので

$$J_H = J \times \frac{\sqrt{3}}{2}, J_V = J \times \frac{1}{2} \Rightarrow \text{(H12 過去問 計算)}$$

- 直達日射：大気を透過して直接地表に到達
- 天空放射：雲やちりなどで反射をしながら地表に達する
- 全天日射量：直達日射と天空放射の合計、日射熱はさらに地表からの反射・高温物体からの再放射を合算したもの
- **大気透過率**：空気の清浄度を表す、空気中の水蒸気やちりの影響を受ける、通常は 0.6~0.8 程度
- **夜間放射**：温められた地表が天空に向かって放射する地表面放射と、大気から地表面に向かう大気放射との差、夜間は地表面放射が大きくなるので夜間放射が増え気温低下、曇天時等は夜間放射は減少する

(B) 壁の方位と日射量

- 壁の方位と日射量：日射量は、壁面（もしくは水平面）に入射する太陽光の角度により、季節・時刻ごとに変化する（入射角が 90° の際に日射量が最大となる）、夏至の南面は太陽高度が高いので日射量はさほど大きくない



(C) 全日直達日射量

- 全日直達日射量とは：各日における直達日射を合計したもの、日射量は日射の差し込む時間および入射角も重要となる、季節ごと・壁面方位ごとの特徴を把握すること
- **冬至の全日直達日射量**：南面＞水平面＞東・西面、北面は0、日射量が多いほうが良いので南面最強
- **夏至の全日直達日射量**：水平面＞東・西面＞南面＞北面、日射量が少ないほうが涼しいので北面・南面が良い

(D) 日射調整（ブリーズ・ソレイユ）

- **ルーバー**：建物へ入射する日射の角度とルーバーの向きに留意、南面は水平ルーバー（太陽高度が高いので）、東・西面では縦型ルーバー（太陽高度が低いので）が適する
- **ブラインド**：室内側ブラインドは暗色よりも明色の方が日射遮蔽能力が高い、屋内に設置したブラインドは熱の再放射があるので留意、また屋外に設けた方が日射遮蔽能力は高い
- **Low-E ガラス（低放射ガラス）**：金属膜をコーティングして長波長域である赤外線（可視光線）の反射率を高めたガラス、複層ガラスの屋外側に貼りつけたものを遮熱高断熱型（夏季の西日対策等）、屋内側に貼りつけたものを高断熱型（冬季の暖房負荷の低減）
- **日射遮蔽係数**：厚さ 3mm の普通ガラスの日射熱取得量を基準とし、実際に使用するガラス窓の日射熱取得量の比、値が高いほど日射熱取得量が多い

(E) ライトシェルフ

- **ライトシェルフ**：採光窓付近に取り付けられた反射材、室の奥まで屋光を導くことが可能で室内照度の均斉度を高める

(F) 光ダクト

- **光ダクト**：ダクト内部に反射率の高い素材を用いて、採光部から目的空間まで自然光を運ぶ装置

4.3 日照

(A) 日照の効果

- 日照とは：太陽光による明るさなど、太陽光からの日照は波長により作用が異なる
- 紫外線：波長 380nm以下、保健線・化学線とも、280～320nm の範囲は特に殺菌効果が高い
- 可視光線：波長 400～760nm 程度、明るさ、波長により紫から赤までいろの感じ方が変化する
- 赤外線：波長 780nm 以上、熱効果、加熱・乾燥等の効果がある

(B) 可照時間と日照時間と日照率

- **可照時間**と日照時間：可照時間とは日の出から日の入りまでの時間、日照時間は実際に日が照っていた時間
- 日照率：日照時間を可照時間で除して百分率で表したもの、晴天率が高い地域ほど値が高くなる

(C) 壁の方位と可照時間

- 壁面の可照時間：東京地方の南向きの壁の例では、冬至で9時間半程度、夏至で7時間程度、北向の壁でも春分から秋分までの期間には朝夕に日照はある

(D) 日影曲線

- **日影曲線図**とは：日時ごとの日影の方向・長さ倍率を示したもの、各地ごと（緯度ごと）に図は異なるので留意、冬至（下に凸）・春秋分（ほぼ水平）・夏至（上に凸）の日の曲線をチェック！指定の日時の日影長さ倍率の求め方もチェック！（事項「日影曲線図と時刻別日影図」にて） ➔ [H13 影の長さ等計算](#)
- **水平面日差し曲線**：開口部等から差し込む日照の検討に用いる、日影曲線と点対称（逆日影曲線ともいわれる）



(E) 日影曲線図と時刻別日影図

- **日影図**とは：日影曲線より、任意の日時時刻の日影の方位・倍率を求め、実際の建築物の日影の様子を示したもの、時刻別日影図と等時間日影図がある → [実際の書き方を解説@講義内（H11 過去問）](#)
- 時刻別日影図とは：建築物によって生じる日影の様子を 1 時間ごとに連続で図示をしたもの

(F) 等時間日影

- **等時間日影図**とは：1 日のうちで何時間日影が生じるのかを時間ごとに示したもの、時刻別日影図の時刻ごとの影が重なる時間を 1 時間・2 時間・3 時間…と等しい時間で等高線として示したもの → [実際の書き方を解説@講義内（H12 過去問）](#) H15 では図の読み取りが出題
- **等時間日影図と建物形状**：高さよりも東西長さの方が日影時間への影響が大きい、例えば 4 時間日影図の面積を比較すると東西に長い建築物の方が面積が大きい
- **複合日影**：複数の建築物の影響を加味した場合、東西に 2 つの建物が並びと建築物から離れた位置に島日影（スポット的に日影時間が長くなるエリア）ができることもある

(G) 終日日影と永久日影

- **終日日影**とは：建築物により一日中日影となっている箇所、季節により位置・面積は変化する
- 永久日影とは：一年中日影となっている箇所、夏至の終日日影は永久日影となる（夏至は一年で最も太陽の条件が良いので、その日でさえも日が当たらないならば他の日に日照があることはない）

(H) 南北隣棟間隔

- **隣棟間隔**とは：規定の日照（例えば冬至で 4 時間以上）を確保するために必要な、建築物の南北間の間隔を示したもの、緯度が高い地域ほど多くの隣棟間隔が必要（札幌＞東京＞那覇）

(I) 南向きの窓からの日照

- 南面開口の有効性：夏季は太陽高度が高いのでひさし程度で日射の遮へいが可、冬期は部屋の奥まで日射が差し込む

5 採光・照明

5.1 光と視覚

(A) 目の構造と働き

- 網膜：網膜の外側には視細胞があり、カメラのフィルムのような働きで入射する光に反応する
- 錐状体と杆状体：両者ともに網膜内の視細胞で、錐状体は明るいところ、杆状体は主に暗いところで働く

(B) 波長

- 波長とは：波動における山と山（谷と谷）の間隔、光の場合の単位は nm（ナノメートル、 $1/1,000,000,000\text{mm}$ ）
- 人体の視感覚：人間の目に光として感じるのは 380～780nm 程度、同波長範囲を可視光線と呼ぶ

(C) 光と視覚

- **比視感度**とは：人体の視覚は波長によってその感度が異なる、最も感度の良い波長（555nm 黄緑）を 1.0 とした場合に対する他の波長の視感度の割合のこと
- **プルキンエ現象**とは：明るい所では 555nm 近傍の感度が最も高く（赤では 0.2 倍）、暗所では 500nm（青緑）近傍で感度が最も高くなる
- **明順応と暗順応**：暗所から明るい所へ出た場合に明るさになれる事を暗順応、暗いところへ入った際に要するなれを暗順応と呼び、明順応の方が暗順応よりも順応に要する時間が短い



5.2 光の単位

(A) 概要

- 光の単位：建築士試験における採光・照明分野で最も出題頻度が高い分野なので注意

(B) 光度と光束

- **光束**とは：光のエネルギー（光の矢のイメージ）が円錐底部の面を通過する量（光の矢の本数）を**比視感度で補正**した値、あらゆる光の単位の中で基本となるもの、単位は lm（ルーメン）
- **光度**とは：点光源から特定の方向に放射された単位立体角あたりの光の明るさ（光束量）を示す、**単位立体角あたり 1lm**の光束を放射する光源の強さを 1cd とする、光束量を元にしているので人体の視覚の補正（視感度補正）がかかっている、単位は cd（カンデラ）

(C) 照度

- **照度**とは：**受照面**の単位面積あたりに入射する光束量、受照面 1m^2 に 1lmの光束が入射する場合を 1lx とする、唯一受照面側の単位、単位は lx（ルクス）
- 逆二乗則：照度は光源の距離の二乗に反比例して低くなる
- 余弦則：入射角が 90° の際に最大となり角度が緩やかになるにつれて（余弦 $\cos$ に比例し）低くなる

(D) 光束発散度

- **光束発散度**とは：**光源・反射面・透過面**から出射する単位面積当たりの光束量、単位は rlx（ラドルクス）
- 照度と光束発散度：照度 E の光を受ける水平面からの光束発散度 M は反射率を ρ とすると、 $M = \rho E$ となる

(E) 輝度

- **輝度**とは：光源・反射面・透過面から**特定の方向に出射**する単位面積当たり・単位立体角当たりの光束、「特定の方向」とあるので目に入射する光束の評価（光源の眩しさ）に用いられる、スチルプ、単位は cd/cm^2
- 光源の種類と輝度：同一の明るさを有する電球と蛍光灯を比較すると、光っている部分の小さな電球の方が輝度が高い（明るく・眩しく感じる）
- 均等拡散面：どの方向から眺めても眩しさが一様（輝度が均等）になる面のこと、均等拡散面においては輝度 L と光束発散度 M の関係は、 $M = \pi L$ となる、ってことは… $L = \rho E / \pi$ なんてのも成り立つね

(F) 角度の単位に有効である変換方法

- ラジアンとは：円の半径と円弧の長さが等しくなる角度を 1rad（ラジアン）、 $1\text{rad} = 57.3^\circ$

5.3 採光

(A) 採光と採光設計

- 適切な明るさ：適当な照度、一様な明るさ、照度変動の低減、眩しさを感じさせない等が重要

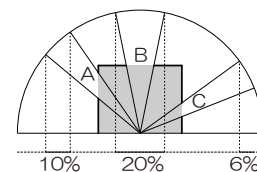
(B) 直射光と天空光・全天空照度

- 直射光とは：太陽から直接降り注ぐ光、一日の変動が非常に激しいので採光設計の際には除外するのが一般的
- **天空光**とは：ちりなどで空気中にて拡散しながら到達する光、直射光に比べて照度は低いが終日一定、採光設計は天空光を対象として行う
- **全天空照度**：直射光を「除いた（全日射量は、直達日射量と天空日射量を足したものだけだね）」屋外での空全体の明るさ、青空の際よりも薄曇りの際に最も値が高い（反射・拡散するための雲が多いからね、快晴時の約 5 倍程度の明るさ）



(C) 室内のある点の照度と昼光率

- **昼光率**とは：屋外の明るさ（全天空照度）のうち、何%を明るさとして取り入れる必要があるのか？あくまで屋外からの光の取り入れ「率」であるので、屋外照度が変化しても値（%・率）は変化しない、室内の位置によって異なる、直接昼光率＋間接昼光率、基本式は（対象とする点の照度/屋外の全天空照度）×100 [%]
- 直接昼光率：開口部の位置や用いるガラスの透過率等により変化する、次項「立体角投射率」参照
- 間接昼光率：室内の仕上げ面の反射率によって決定、室の奥では直接昼光率よりも値が大きい
- 昼光率の基準：各室用途に必要なとする昼光率が設定されている、製図室など 5%、教室など 1.5%、居室 1%など



(D) 立体角投射率

- **直接昼光率の算定**： $D_d = Z \times M \times R \times U$ 、窓ガラスの透過率、保守率（汚れなどの劣化）、窓面積有効率（窓枠を除いた有効割合）、立体角投射率の積、立体角投射率は計算図表から求めるよ

(E) 均斉度

- **均斉度**とは：室内において最も照度が高い点の照度と最も低い位置での照度の比、均斉度が高い場合には室内における照度分布が均一であることを指す、自然採光では 1/10 以下であることが望ましい
- **均斉度を向上させるためには**：拡散性の高いガラスを用いると向上する、室内仕上げを明るい色のものにする、ルーバーやブラインドなどで調光する

(F) 窓の高さと形状と明るさの関係

- 窓の位置・形状と室内の照度分布：室上方に開口部を設ける・横長よりも縦長窓・小さな窓を等間隔に設ける、以上の条件で均斉度は向上
- **頂側窓**：高所に鉛直方向に設置される窓（ノコギリ屋根を想像すると…）、北側採光に安定した光環境が得られる

5.4 天空率

- 天空率とは：ある地点から天空を見上げた際の、全天空に対する建物等の投影を除いた天空の比率、天空率が高い場合には、付近に大きい・高い建物等がなく、天空を遮るものが少ないってこと
- 天空比とは：建築物等の圧迫感の要素を加味した指標、天空率に対して直上よりも水平面に近い位置にある建物等の影響を少しだけプラスしている

5.5 明視

(A) 明視の 4 条件

- 明視の 4 条件とは：視対象物の見やすさを確保するために必要な条件、明るさ・対比・大きさ・時間、いずれか 1 つでも欠けるとものは見えない
- 明るさ：明るいほどよいが、明るすぎるのも考え物…
- 対比：作業面もしくは視対象物とその周辺の輝度の差、適切な差は見やすさを助けるが、差が大きすぎると眩しさを誘発し見えにくくなる（グレアの項参照）、視対象物とその直ぐ周囲は 1：1/3 程度が適切
- 大きさ：視対象物が小さすぎると見えない、視力検査のランドルト環の隙間とか
- 時間：早く動き過ぎるものは見えない、動体視力で変化するけど…



(B) 明順応と暗順応

- 明順応と暗順応：暗所から明るい所へ出た場合に明るさになれる事を暗順応、暗いところへ入った際に要するなれを暗順応と呼び、明順応の方が暗順応よりも順応に要する時間が短い

(C) グレア

- **グレア**とは：視野内に高輝度のものがあり対象物が見えにくくなる「現象」
- グレアの種類：過照グレア（太陽や照明器具が視野内に入り周辺が見えにくくなる）、反射グレア（ショーウィンドウなどのガラスが鏡面となり内部が見えにくくなる⇒内部を明るくすると防げる）
- グレアの評価：グレアインデックス（光源輝度・大きさ・位置、天井面・周壁面の明るさより求める）によって、不快グレアの程度の評価が可能

(D) VDT 作業とグレア

- VDT とは：PC 等のディスプレイのこと、反射グレアが発生して照明機器が映り込むことがあるので留意、視線の反対側 30° 以内に照明が入ることを避ける、ディスプレイへの鉛直面照度は 100～500lx 程度とすることなどで対策

(E) 光幕反射

- 光幕反射とは：窓と反対側の席において黒板が鏡面となり字が見えなくなる現象、光線を横から当てない（カーテンなどの使用）、黒板を凹面とするなどの対策がなされる

(F) 立体物の見え方

- **モデリング**：視対象物に光を当てた場合の陰影による立体感や質感を表現する際の光源の能力、光源種により立体感・質感は異なる、指向性の強い照明を用いると陰影が際立ち立体感が強くなる
- シルエット現象：逆光で視対象物が影となり見えなくなること、明順応や過度な輝度対比によって生じるとも言える

(G) 色温度・演色性

- **色温度**とは：黒体を熱していくと発光する色が変化する、その際の温度と色の関係を示し単位は K（ケルビン、温度）、温度が低い場合は暖色系、温度が増すと寒色系へ変化する、朝日・夕日の色温度は 2,000K 程度、青空光の正午で 6,500K 程度
- **演色性**とは：光をあてた対象の色の見え方に及ぼす光源の影響、光源から発せられる光の特性により視対象物の見え方（色等）が変化する
- **演色評価数**：JIS に定められた基準光源（太陽光に近い）に対して各光源がどれだけ色のズレが生じてしまうのか評価、平均演色評価数（Ra、基準となる 8 色を対象に評価、値が高いほど演色性が高い）などで照明機器のスペックに示されている

(H) 光害

- 光害とは：主に都市部において生じる各種照明の光による悪影響、道路照明灯は安易に明るさを落とすことによって解消を狙ってはならない



5.6 照明

5.6.1 人工光源

表 5-1 各照明器具の特徴

	白熱灯	蛍光灯	LED	水銀灯
光束 (W 数)	1,500lm (100W)	3,000lm (40W)	500-1,000lm	20,000lm (400W)
効率	15-20lm/W	60-90lm/W	60-100lm/W 白色では 20 程度	40-60lm/W
寿命	1,000-1,500h	7,500-10,000h	40,000h	12,000h
色温度	2,850K	白 色：4,500K 昼光色：6,500K	任意	4,100K
平均演色評価数	100	60-85	75-90	23-50

- 平均演色評価数 (Ra)：標準光を基準にした人工照明の色の再現度、値が高いほど幅広い波長の光を含んでおり再現度が高い

5.6.2 照明方式

- 照明方式の分類：直接照明（上方：0～10%、下方：90～100%）、半直接照明（上方：10～40%、下方：60～90%）、全拡散照明（上方：40～60%、下方：40～60%）、半間接照明（上方：60～90%、下方：10～40%）、間接照明（上方：90～100%、下方：0～10%）
- 全般照明と局部照明：全般照明の照度は、局部照明の 1/10 以上とする

5.6.3 照度基準

- JIS による照度基準：最も照度基準が厳しい（高い）のは手術室、比較的一般的な用途として厳しいのは製図関係、玄関ホールも明順応を考慮して明るくすることになっています

5.6.4 照明設計

(A) 光束法

- 光束法による必要照明台数の算定：
$$N = \frac{E \times A}{F \times U \times M}$$
- 照明率：照明機器から発せられる光がどの程度の効率で作業面に届くのか？の割合、周辺からの反射光の入射が多いほど値が高くなる、作業面に達する光束/光源から発する光束
- 保守率：照明機器の経年劣化やホコリ等による効率低下を考慮した係数、規定の期間使用後の照度/初期の照度、保守良好なもので 0.75～0.8 程度、不良の場合は 0.65～0.7 程度



(B) ポイント（逐点）法

- ポイント法とは：逆二乗則と余弦則を併せて任意の点の照度を算定する手法、光源の明るさは「光度」ね ⇒ H13H16

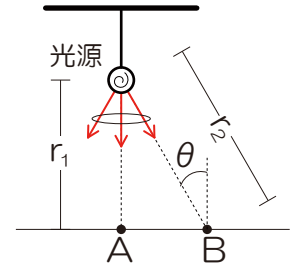
光源からの光度を1とすると、右の例では

A 点の照度

$$E_A = \frac{I}{r_1^2} \times \cos 0^\circ$$
$$E_A = \frac{I}{r_1^2} \times 1 = \frac{I}{r_1^2}$$

B 点の照度

$$E_B = \frac{I}{r_2^2} \times \cos \theta$$



【例題】A・B 点の照度を求めてみましょう（光度は 100cd とする）

A 点の照度

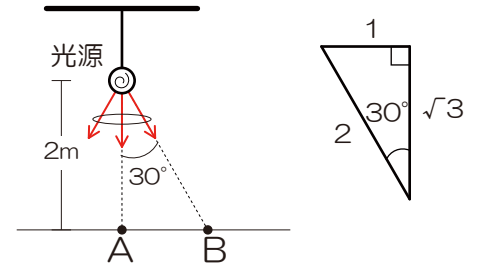
$$E_A = \frac{100}{2^2} \times \cos 0^\circ$$
$$E_A = \frac{100}{2^2} \times 1$$
$$E_A = 25[lx]$$

距離 r_B を求める

$$2 : \sqrt{3} = r_B : 2$$
$$r_B = \frac{4}{\sqrt{3}}$$

B 点の照度

$$E_B = \frac{100}{\left(\frac{4}{\sqrt{3}}\right)^2} \times \cos 30^\circ$$
$$E_B = \frac{100 \times 3}{16} \times$$



(C) 照明設備の留意点

- 過去問をリストアップしたものです、ご一読を

5.6.5 照明設備における省エネルギー

(A) 光束法を用いた省エネルギーの概要

- 省エネルギー化：光束法より省エネを検討する、必要照度を抑制（作業に応じた照度）、照明面積を小さく（必要な箇所のみ点灯）、機器の光束を向上（エネルギー効率の良い機器の採用）、照明率の改善（周壁面を明るい色等にして反射を稼ぐ）、保守率を向上（寿命の長い機器の採用やこまめな清掃）

(B) センサを応用した省エネルギー技術

- 昼光利用：明るさセンサを用いて、開口部付近の照明出力を抑制
- 初期照度補正制御：採用直後の照明はちょっとオーバースペック気味（保守率を考慮するので）なので、初期照度を上手に抑えて節電
- 在室検知制御：人感センサを用いて人が入室した際に点灯、退室後は自動的に消灯



6 色彩

6.1 混色

- **加法混色**：光の混色、混ぜるほど明度が上がり（ので加法）最後は白色透明、三原色は赤・緑・青、RGB
- **減法混色**：塗料などの混色、混ぜるほど明度が下がり最後は黒、三原色は青緑（シアン）・赤紫（マゼンタ）・黄（イエロー）⇒プリンターの三色インク、CMY・CMYK

6.2 色彩

(A) 色彩体系

- マンセル表色系：最もメジャーな表色系（JIS にも規定されている）、詳細は事項参照のこと
- XYZ 表色系：CIE（国際照明委員会）が定めた表色系、色が連続で並んでいないイメージなのでちょっと分かりづらい？詳細は次々項参照のこと
- オストワルト表色系：色彩心理をちょー物理的に変換して色を表現、建築分野ではあまり使われない…
- DIN 表色系：ドイツの表色基準、さすがドイツ人オストワルトの表色系を踏襲
- L*a*b*表色系：人間の視覚を近似する形で色を表現、色を表現する範囲がめちゃくちゃ広い、Adobe Photoshop などでサポートしているカラーシステム
- NCS 表色系：ナチュラルカラーシステム、一般の人の素朴な色の知覚を表現した表色系である、と言われている…
- PCCS 表色系：日本色彩研究所が規定、コチラも建築業界ではあまり用いられない

(B) マンセル表色系・マンセル記号

- マンセル表色系とは：アメリカ人の画家であったマンセルが考案した表色系、アメリカ光学会によって改良されて現在日本の JIS で採用されている
- **マンセル表色系における色の三要素**：色相（赤・黄・緑・青・紫など）、明度（色の明るさ、反射率の逆数で決定、0～10 の 11 段階で示す、0 が黒）、彩度（色の鮮やかさ、値が大きいほど鮮やか、値の範囲は色により異なる、ただし純色の彩度は全色で等しい）
- **マンセル表色系における色の表記**：「色相(H) 明度(V)/彩度(C)」の順で示される最もメジャー、無彩色（白から黒）は N○で示される
- 補色：マンセル表色系においては、色相環の反対位置になる 2 色の関係、混ぜると無彩色になる

(C) XYZ 表色系

- XYZ 表色系とは：CIE（国際照明委員会）が規定する表色系、加法混色の原理に基づき物理的刺激と人間の感覚量を考慮している、3 つの刺激の内 XZ は色味を表し Y は測光的な明るさを示す、反射による物体の色彩のみならず光源の光色も表すことが可能
- **xy 色度図**：物理量刺激を感覚量に変換した後に、各色を一つの図上に示したもの、xy の 2 軸から構成され原点付近が青、x の値が大きいほど赤み、y が大きいほど緑味を帯びた色となる、中心付近の白から放射状に彩度が上がる（ただし点の間隔が等しかったとしても人間の感覚上の色差は等しくはならない）
- XYZ 表色系における混色：図上の 2 つの色を結んだ直線上に混色を行った結果の色彩が示される



6.3 色彩効果

- **暖色と寒色**：赤系（RP・R・YR・Y）が暖色、青系（G・BG/BPB）が寒色、暖色は興奮性、寒色は鎮静性
- **膨張と収縮**：明るい色は膨張、暗い色は収縮して見える
- **重量感**：上記膨張色は軽く、収縮色は重く感じる
- **進出と後退**：暖色系や高明度の色は進出、寒色系は後退して見える
- **面積効果**：塗られた面積が小さいほど（色見本など）低明度・低彩度（明るく鮮やか）に見える、面積が大きい（天井・カーテンなど）ほど派手（高明度・高彩度）に見えるので注意
- **誘目性**：色の誘目性とは目を引きやすいか否かの指標、色相では赤＞黄＞青＞緑、白＞黒、彩度では高彩度ほど誘目性が高くなる、また色の組合せによっても誘目性は変化する
- **恒常性**：照明の照度や演色性が少々変化しても、その光が一様に物体に当たっていれば物体の色を同じ色に認識できる（物理的には変化しているんだけど、人間の感覚は自動補正機能があるので…）

6.4 色の対比

- **色相對比**：同じ色でも背景色によって変化して見える（背景色の補色に近づいて見える）
- **明度対比**：明度の異なる 2 色を並べると両者の明度差がより際立って見える、黒に囲まれた灰色よりも白に囲まれた灰色の方が暗く見える
- **彩度対比**：同系色で彩度が異なる 2 色を並べると両者の彩度差がより際立って見える
- **補色対比**：補色関係にある 2 色を並べると両者の彩度を高め合う（よりドギツイ配色になる…）
- **継続対比**：しばらく同じ色を眺めた後に白色を見るとその眺めていた色の補色が浮かび上がる現象、赤を長時間眺めた後に白い壁を見えると緑色が浮かび上がってくる（だから病院手術室は緑色を多用するんですねー）

6.5 色彩調整

（A）目的と効果

- 色彩調整の目的：快適な環境を提供する、保守管理を容易にする、作業能率を向上させる、安全性を確保するなど

（B）安全色および安全標識

- **安全色とは**：安全に関する意味が明確化されている高彩度の色彩
- **各色の意味**：赤（禁止・停止・高度の危険・防火など）、赤黄（危険・航海の保安施設）、黄（注意）、緑（安全・避難・衛生・救護・進行）、青（指示・用心）、赤紫（放射能）

（C）高齢者の色覚

- **高齢者の色覚**：加齢とともに低照度下において色彩の分別能力が低下し微細な色の違いが見分けにくくなる



7 音響・振動

7.1 音の属性

(A) 音の属性

- 音波とは：媒質中を伝搬する縦波（疎密波）、太鼓の膜が空気を振動させて音を生じさせる現象がイメージしやすい？
- 音の三属性：強さ・高さ・音色

(a) 強さ

- 音の強さ：強さとは純粋な音の物理量（エネルギー）、距離の 2 乗に反比例して弱くなる
- 音の大きさ：大きさは人体の聴感上のボリューム、聴覚は非常に広い範囲の音の強さを感知することが可能（ $10^{-12} \sim 1\text{W/m}^2$ ）そのままの数値で表記するとわかりづらいので、対数尺度（log 尺度）を用いて dB（デシベル）で表記
- dB（デシベル）：「レベル」って付いたらデシベル化していますって意味、10dB 変化すると音の強さは 10 倍、20dB 変化すると 100 倍になるので留意
- **ウェーバー・フェヒナーの法則**：さらに人体の感覚は刺激のべき乗に比例するってことも対数尺で表す際に好都合、あれっ？2 倍になった…？って思ったときはエネルギー的には 10 倍、3 倍になった！って思ったときは 100 倍になっているので注意

(b) 高さ

- **音の高低と周波数**：音の周波数によって高低が決まる、周波数が大きいほど高い音、人体の聴感では周波数ごとに感度が異なっており 4,000Hz 程度が最も感度が高い（同じエネルギーでも最も「大きく」聞こえる、等ラウドネス曲線）
- 低周波音：概ね 100Hz 以下の重低音（20Hz 以下を超低周波音）、圧迫感等の不調をきたすことがあるので留意

(c) 音色

- 音色：一般的な音は様々な周波数の音が混合している、純粋な 1 つの波形のみで構成される音を純音と呼ぶ

(B) 音の速度

- 音の速度：気温 15℃で約 340m/s、気温が高くなると早くなる、音速＝マッハ 1

(C) 音響出力とパワーレベル

- 音響パワー：音響出力、音源から単位時間あたりに放出されるエネルギー、W で表す
- 音響パワーレベル：PWL、音響パワーを基準音のエネルギー（可聴域の下限値）に対してレベル化

$$PWL = 10 \log_{10} \frac{W}{W_0}$$

(D) 音響エネルギー密度レベル

- **音の強さのレベル**：その場の音の強さ（音のエネルギー、音響エネルギー、 W/m^2 ）を基準音の強さで除して、常用対数をとったもの、音の強さをデシベル化したもの

$$IL = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0}$$

(E) 音圧レベル

- **音圧**：音波は疎密波であり、媒質（一般的には空気）の圧力変動によって伝搬する
- 音圧レベル：受音点の音圧の 2 乗を、基準音圧の 2 乗でレベル化 ⇒ コイツだけ 2 乗がつくので留意

$$SPL = 10 \log_{10} \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \log_{10} \frac{P}{P_0}$$



(F) 音の強さのレベルと音圧レベルの関係

- 音の強さのレベルと音圧レベル：単位面積を取る面を受音点とすれば実用上は同じです…

$$IL = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} = 10 \log_{10} \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \log_{10} \frac{P}{P_0} = SPL$$

(G) 音の強さのレベルの和

- **レベルの合成**：対数の足し算は面倒…、80dB の機器が 2 つあると合計で 83dB となる（同一出力が 2 つで +3dB）、3 つある場合は +5dB、4 つで +6dB、5 つで約 +7dB

(H) マスキング効果など

- **マスキング効果とは**：大きな音に小さな音がかき消されてしまう現象、周波数が近い音ほど生じやすい
- **カクテルパーティー効果**：まわりが喧騒でも、目的の音のみは聞き分けることができる能力

7.2 騒音

(A) 騒音の許容値

- 騒音とは：存在する音の全ては騒音になり得る
- **騒音の規制値**：地域別・時間別（例：昼間 55dB、夜間 45dB 以下など）で許容値が設定されている

(B) 騒音レベルによる許容値

- **騒音レベル**：騒音計の A 特性にて騒音を計測した値、A 特性では人体の聴感補正が加えられている

(C) 暗騒音

- 暗騒音とは：測定や苦情対象ではない音、静かな場所でも 20~25dB 程度は存在する

(D) 騒音の測定方法

- **等価騒音レベル**：騒音計の A 特性にて実測した値の、観測時間内におけるエネルギーの平均値をレベル化（dB 表記）したもの、変動する騒音の評価の際に用いられる

(E) 室内騒音

- **NC 値**：騒音を周波数ごとに実測（オクターブバンド解析）し、その結果を周波数ごとに NC 曲線上にプロット、最も大きな値が NC 値
- **NC 値による基準**：スタジオ<劇場<教室・音楽室<ホテル<住宅（寝室）

(F) S/N 比

- S/N 比とは：騒音関係における S/N 比とは、対象音とそれ以外の音の dB 差を示す

(G) 明瞭度・了解度

- 明瞭度とは：音声の聞き取りやすさを示す、実際に言語を聴取して何語音節を聞き取ることができるのかチェック

7.3 防音と遮音

(A) 距離による騒音防止

- **距離減衰**：点音源からの音のエネルギーは、距離の二乗に反比例して減衰する、距離が 2 倍になると 6dB 低下する、線音源の場合は、距離が 2 倍になるとエネルギーが半分になり 3dB 低下する



(B) 遮音による騒音防止

- **壁体への音の入射**：壁体を介する音の透過においては、入射音の一部は「反射」、残りが壁体に侵入、侵入した音の一部は壁体内で「吸収」され消滅、残りが反対側へ「透過」
- 遮音とは：音を透過させないこと（反射＋透過）

(C) 透過損失

- **透過損失とは**：入射音と透過音のエネルギーの比を dB 化したもの＝入射音のレベル（dB）－透過音のレベル（dB）、遮音の性能を表す、以下の質量則が成り立つ ⇒ 周波数特性は次ページ

(D) 質量則

- **質量則の原則**：重い（＝面密度が高い）物質ほど遮音性能（＝透過損失量）が高い、面密度と入射音の積で求めることが可能
- **壁体の遮音性能**：質量則より面密度が高い物質、さらに壁が厚いものほど遮音性能が高い、高音域の方が遮音しやすい

(E) コインシデンス効果

- **コインシデンス効果とは**：一部の周波数において透過損失量が低下してしまう現象、壁体の共振によって生じる、主に高い周波数に生じる

(F) 中空壁（二重壁）の遮音

- 中空壁の遮音性能：中空壁（含む複層ガラス；スペーサーにより 2 枚のガラスの間に隙間がある）は、中高音域では単層壁に比べて遮音性能が高いが、低音域では逆に遮音性能が低下するので留意

(G) 固体音の防止対策

- 固体音とは：設備機器のガタつきや人体の歩行等により生じる、防振ゴム等を介し構造体に振動が伝搬しないように留意する

(H) 建築基準法による遮音規定

- 集合住宅における基準：界壁は RC 造で 10cm 以上等

(I) 遮音等級

- **壁の遮音等級**：周波数ごとの「透過損失量」より求める、D 値、値が大きいほど遮音性能が高い（透過損失量が大きいから）
- **床の遮音等級**：周波数ごとの「透過音レベル」より求める、L 値、値が大きいほど遮音性能が低い（たくさん透過してしまうから）、靴音や食器などが落下した歳を想定した軽量床衝撃音と子供などの飛び跳ねを対象とした重量床衝撃音の評価がある

(J) ガラスによる遮音

- **複層ガラスの遮音性能**：同じ面密度をもつ単層のガラスよりも、遮音性能は低下する（共振現象により）、その低下の割合は中低音域で特に大きい、断熱性能は高いけどね…

7.4 吸音

(A) 吸音と吸音原理

- 吸音とは：「材料が音を吸収すること・音のエネルギーを他のエネルギーに置換することによって低減する」って教科書ではなっているのですが…本来は「音を反射させないこと」って定義のほうが正しいと思われます
- **吸音機構**：多孔質型（ロックウールなど、繊維の振動）、板振動型（板の共振）、共鳴型（孔と背後の空気層の共振）



(B) 吸音率

- **吸音率とは**：壁に入射する音のエネルギーに対する、透過音のエネルギーと壁に吸収された音のエネルギーの比（入射音と反射されなかった音のエネルギー比）、完全開放の窓は吸音率 1.0

(C) 平均吸音率

- 平均吸音率の算定：複数の材で構成される壁全体の平均吸音率は、各材料の吸音率×面積を全体の面積で除して求める、各材の吸音力を合計し全体の面積で除すでも OK

(D) 吸音力

- **吸音力の算定**：吸音率×面積、単位は m^2

(E) 吸音による騒音防止

- 吸音による騒音防止：サイレンサを用いることによって、音のエネルギーを低減することが可能、次項の室の残響時間も短くなる

(F) 2 室間の遮音、遮音度

- 遮音度：隣り合う 2 室間の音圧レベルの差、透過損失・吸音力が関係する

(G) 残響時間

- **残響時間とは**：音源が停止後に 60dB 低下するまでに要する時間

(H) 残響時間の計算式

- **セービンの残響式**：室の容積に比例、吸音力に反比例

$$T = 0.161 \times \frac{V}{A}$$
$$T = 0.161 \times \frac{V}{S \times \bar{\alpha}}$$

$T \cdots$ 残響時間、 $V \cdots$ 室容積、 $A \cdots$ 吸音力、 $S \cdots$ 表面積、 $\bar{\alpha} \cdots$ 吸音率

(I) 音響設計（オーディトリウム形状）

- 最適残響時間：各室の用途により異なる、音楽を聞く用途では残響時間は長め、講話等の人の話がメインの空間では短めに設定する
- 音の特異現象：エコー：やまびこのこと、鳴龍（フラッターエコー）、ささやきの回廊など

7.5 振動

- 教科書一読のこと

8 環境工学融合問題

- 教科書一読のこと



第2部 建築設備

9 暖房設備・空調設備

9.1 空調調和と空調負荷の概要

- **空調調和とは**：室内の温湿度、気流、じんあい、臭気、各種有害物質などを排除し、室内環境を快適に保つための空気条件を維持すること（冷暖房もちろん含まれる）

9.2 空調負荷の種類と計算方法

(A) 空調負荷の種類

- 空調負荷の種類：壁体貫流熱、窓からの日射熱、外気の侵入熱、機器の発熱、人体の発熱など

(B) 空調負荷の計算

- 最大負荷：冷房・暖房ともに気象データより類推した設計用外気温湿度（TAC 温度）をもとに算定
- **TAC 温湿度**：実際の気象データを統計処理して得られた値で設備設計時の参考に用いられる、気象データの内上位 2.5% 程度を排除した設計温度、稀に見られる猛暑等は除外されている
- **相当外気温（SAT）**：日射熱の影響を加味した際に用いられる設計用外気温、外壁等が日射を受けた場合に生じる温度上昇を想定、日射熱の吸収量のみならず風速の影響も加味されている

9.3 冷房負荷

(A) 壁体の貫流熱

- 実効温度差：日射の影響を受けると貫流する熱量も変動する、変動成分を加味し、地域・壁体の種別・方位等から概算で求められた基準温度

(B) 日射熱

- **窓ガラスに当たる日射**：一部は反射⇒ガラスに吸収され放熱（窓ガラスと室内気温の差により決定）⇒残りが室内へ透過、したがってガラスからの熱負荷は放射と透過、さらに進入する「熱」としてはそのほかに外気温の影響
- **日射射影係数**：日射を遮る度合い、ブラインドの色等によっても変化（明るいブラインドのほうが係数が高い）

(C) 侵入外気の熱負荷

- 侵入外気量：隙間の大小・ドアや窓の開閉頻度・屋外の風の影響・室内の温度分布等によって変動、推定が難しいので換気回数を用いて経験則で予測

(D) 照明の熱負荷

- 照明器具の熱負荷：ワットあたりの発熱量は、蛍光灯＞白熱灯

(E) 人体の熱負荷

- 人体からの発熱：作業状況によって変化する他、年齢・体重等によっても異なる

(F) 機器の熱負荷

- **機器からの発熱**：サーバー室・データセンター等は発熱量が多いので留意

9.4 暖房負荷

- 暖房負荷の算定：最も寒い日を対象とするので、日射の負荷は除外（部屋を温めてくれるので…）、照明機器等からの発熱は僅かながら加味しても良い



9.5 暖房設備

(A) 暖房設備の分類

- 蒸気暖房：0.01～0.05MPa の蒸気による直接暖房、0.1MPa 以上のものを高圧蒸気暖房と呼び、設備費が安い・予熱時間が短い、スチームハンマー（騒音）・配管の腐食・容量制限の面で難有り
- 温水暖房：60～80℃の温水を用いた直接暖房、100℃以上を高温温水暖房と呼び、蒸気式よりも設備費・予熱時間はかかるが、騒音・配管の腐食・制御の面では優る

(B) 床暖房

- 電気式：床の直下に発熱体を組み込み、通電して加温、各方式ともに床表面の温度は 30℃程度が望ましい
- 温水式：外部に熱源を持ちそこから温水を室床下に導いて暖房、熱源はガス・灯油等を用いる他に電気式のヒートポンプを用いる場合もある
- 温風式：高温の温風を床下に循環させる、韓国のオンドル

(C) 放射暖・冷房（パネルヒーティング）、放射床暖房

- **放射熱冷暖房とは**：天井・床・壁面に管を埋設し温水や冷水を流し、放射熱によって室内の温熱環境を調整、天井の高い病院の待合室や議会ホール等に有効、室内の温度分布が均一化しやすいが予熱に時間がかかる、パネルヒーティングとも呼ばれる

(D) 温気炉（ホットエアファーンズ）

- 温気炉：空気加熱炉・送風機（ファン）・加湿器・エアフィルターなどを組み合わせた温風暖房ユニット

(E) 温風暖房

- 温風暖房の特徴：同時に換気空気清浄が可能・温度湿度の調整がしやすい・気温の上昇が早い、送風機から騒音が発生する等の短所もある

(F) 放熱器

- 直接放熱器：鋳鉄製・鋼板製など、ラジエーター、オイルヒータなどで採用されているヤツ
- 空気加熱器：蒸気や温水を鋼管に通して付近の空気を温めて、ファンで送風

(G) ボイラ

- ボイラの種類：容量の少ない鋳鉄製ボイラ（蒸気は 0.1MPa まで）、容量の大きい鋼板製ボイラ（蒸気は 1.0MPa まで）、最も容量の大きい水管式ボイラ（1.0MPa 以上の高圧水蒸気可能）
- ボイラの設置：一定規模（伝熱面積 3 m²以上）のものは専用室に設置し出入口を 2 箇所設ける、ボイラの最上部から天井までの距離は 1.2m 以上・周壁面とは 45cm 以上離す

9.6 空気調和設備

9.6.1 空調方式

(A) 空調方式の分類と種類

- 建築士試験における空調方式とは：大規模建築物で複数の室の温湿度管理が必要な場合を想定している
- 空調方式の分類：全空気方式（単ーダクト方式・マルチゾーンユニット方式・二重ダクト方式など）、水・空気方式（ファンコイルユニット方式など）、全水方式（ファンコイルユニット方式など）、個別ユニット方式（パッケージ方式・マルチパッケージ方式など）



(B) 定風量単一ダクト方式 (CAV)

- **定風量単一ダクト方式とは**：1 台の空調機から建物全室に対して 1 本のダクトで温冷風を送風、各室で風量調整が不可（個別の気温調整ができない）・各室間の温湿度のアンバランスが生じる等の短所がある、とにかく大空間に適する

(C) 変風量単一ダクト方式 (VAV)

- **変風量単一ダクト方式とは**：CAV 方式から各室で風量調整ができるように改良が加えられたもの、風量の調整により各室で個別の気温調整が可能、ただし換気のための最低限の風量は確保する必要がある、ホテルの客室・病院の病室等の各室が比較的細かく区切られた用途で有効

(D) マルチゾーンユニット方式

- マルチゾーンユニット方式とは：送風機の吐出し口に冷却・加熱コイルが設置されており、ゾーンごとに温冷の調整が可能

(E) 二重ダクト方式

- 二重ダクト方式とは：冷風用と温風用の 2 本のダクトを有する、混合ユニットで冷風と温風を混合し個別の温度調整が可能

(F) ファンコイルユニット方式 (ダクト併用方式)

- **ファンコイルユニット方式とは**：中央熱源室から冷水・温水を各ユニット（ファンとコイルを有する）まで供給し、各ユニットにて気温の調整を行う、温冷水を共通の配管で供給する 2 管式（行きと戻りね）、温冷水を別々に供給する 4 管式がある、個別制御が容易であるので室を細かく区切っている病院やホテルの客室等の用途に適する

(G) 個別ユニット方式

- 個別ユニット方式とは：送風機・冷凍機等が一つのパッケージとなっているもの、一般家庭にあるエアコン

(H) その他の空調方式

- デシカント空調方式：シリカゲルなどの化学的吸湿剤を用いて除湿を行う、エコ
- 大温度差空調方式：吸気温度を下げることにより吹き出し温度差を大きく確保、風量を低減可能
- タスクアンビエント空調方式：全体空調（アンビエント）と個人別・個別の空調（タスク）を併用した空調
- **エアフローウィンドウ**：窓まわりにおける外部からの熱を処理するために窓と設備を一体化した空調システム
- **外気冷房**：外気温が室内気温よりも低い際（中間期・冬期）の冷房に外気を用いる空調、事務所建築等では 10～20% 程度の省エネが期待される

9.6.2 空気調和設備に使用する機器等

(A) 冷凍機

- 圧縮式冷凍機の原理：常温で気化する媒質（以前はフロンガス、今は対替）を用いる、媒質の気化熱で周囲の水を冷却、媒質を加圧して再度液体へ変化、圧力を開放して気化を繰り返す
- **圧縮式冷凍機の種類**：往復型（レシプロ、往復運動をするピストンで加圧）、遠心型（ターボ、回転する羽根車で加圧）
- 吸収式冷凍機の原理：水が媒質、水を低圧にすることで常温で気化させる、気化した水蒸気を吸収器（臭化リチウム）で回収、再生機内で吸収液を高温にし水分のみ抽出、また水の圧力を…以降繰り返し
- **吸収式冷凍機の特徴**：圧縮機が無いので静か、冷却水や冷却塔（臭化リチウムを冷却する）が大規模になる（圧縮式の 1.5～2 倍程度）



(B) 冷却塔

- **冷却塔とは**：冷却水を屋上などに設置した冷却塔に導き水を噴霧して通風によって冷却水を冷却、吸収式冷凍機を用いる場合のほうが、圧縮式冷凍機の場合よりも大型化
- **冷却塔の設置位置**：冷却塔付近には建物開口部を設けない（シックビル症候群の防止）

(C) 空気調和機

- 空気調和機とは：外気と循環空気を混合し適温適湿の調和空気を作り、送風機によって各室へ送り込む機器のこと
- 加熱コイル：らせん状のヘリカルフィンコイルと板状のプレートフィンコイルがあり
- **エアフィルター**：粉塵除去用のエアフィルターの粒子捕集率の測定法には、計数法・比色法・質量法などがある
- 空気洗浄機：冷水を噴霧して粉じんの除去や、空気の湿度調整を行う
- **送風機**：軸流送風機は静圧が低く風量が多い、遠心送風機は静圧が高く風量が少ない傾向にある、2 台並列に設置しても送風量は 2 倍にはならない
- **全熱交換器**：空調の外気取り入れに全熱交換器を使用することにより、冷凍機・ボイラー等の熱源装置容量を小さくすることが可能

(D) ヒートポンプ

- **ヒートポンプとは**：物質の状態を上手に操ることにより消費電力の数倍の熱量を移動させることが可能、冷媒回路を切り替えることにより暖房に用いることも可能、外気温 7℃でギリバランスが取れる（井戸水は 15℃程度だから熱源としては最適だけど、あまり使い過ぎると役所に怒られる…規制されているところもあり）

(E) ダクト

- ダクトの分類：低速ダクト（8～15m/s 程度）、高速ダクト（20～30m/s 程度）
- **アスペクト比**：矩形の縦横の比、ダクトにおいては 4：1 以下とすることが望ましい（正方形に近いほうが送風の効率が低い）
- **圧力損失**：圧力損失は、送風動圧（ $=1/2 \times \text{空気密度} \times \text{風速}^2$ ）に比例して大きくなる

(F) 吹出し口・吸込み口

- **がらり**：視線を遮りながら通風換気を行うために通風口に設けられる平行な薄板のこと、砂埃等を吸い込まないように地上 4m 以上の位置に設置、通過する風速は風切り音防止のために 3m/s 以下
- **がらりの風量**：風量＝有効開口率×がらり面積×面風速、面風速は 3m/s 程度とする、外壁ガラリの通過風量の基準は、給気で 3m/s 以下、排気で 4m/s 以下

(G) 保温・保冷

- 冷温水配管の保温：グラスウール・発泡スチロールなどの保冷材を用いて送水時の温度変化を抑えること

(H) 耐震設計

- 地震への対策：各種機器の設置時に地震対策を講じる必要がある

9.7 ガス設備

(A) ガスの種類

- 都市ガス：都市ガスの種類は、比重・熱量・燃焼速度の違いにより区分される（13A などの数値は熱量と比重の関係、アルファベットの燃焼速度）、空気よりも軽い
- LP ガス：ボンベで供給、低濃度でも爆発の危険性有り、空気よりも重い



(B) ガス器具の給排気

- 探知機の設置位置と排気；都市ガスは天井付近に探知機を設置し上部から排気、LP ガスは床付近に設置し下部排気

(C) ガス設備の留意点

9.8 空調他

(A) 空調他

(B) 換気（詳細は本資料 P9「換気・通風」にて）

(C) 省エネ（詳細は第五回講義にて）

10 給・排水、衛生設備

10.1 水と健康、水質基準 ⇒ 教科書一読のこと

10.2 給水設備

(A) 用水

- 上水：飲料用・調理用、大腸菌等が含まれてはならない
- 雑用水：便器洗浄用・掃除用・散水用・冷房用などに用いる

(B) 給水源

- 上水：地表水（河水・湖水）から取水、市町村等の施設から供給される
- 井水：浅井戸（30m 程度まで）・深井戸（30m 以上）がある、ヒートポンプの熱源としても用いられる、地盤沈下防止のために採取し過ぎには注意（規制がかかっている場合もあり）
- 中水：浄化槽で処理した下水、BOD5～10ppm 以下、便器洗浄や庭園用の雑用水としての利用が可能

(C) 使用水量

- **使用水量の算定**：使用者一人あたり（以下の表参照）、使用器具 1 つあたりで算定、ただし器具で決定する場合には同時使用に留意

表 10-1 各種建物別使用水量

建築物種別	使用水量 (l/人・日)	建築物種別	使用水量 (l/人・日)
戸建住宅	150～300	事務所	60～100
集合住宅	200～400	小中学校	40～60
ホテル	350～500	デパート	3
病院	1500～3500	劇場	30

(D) 給水方式

- 水道管直結方式・直結増圧方式：低層な一般住宅の方式、中層建築物を対象に加圧した直結増圧方式もあり、水質汚染のリスクが少ない、停電時にも利用可能、断水時使用不可
- 高置タンク方式：揚水ポンプで屋上高置水槽まで揚水し重力によって各階へ給水、水質汚染のリスクが最も高い、停電時には水槽貯留分のみ給水可能（発電機を設置すればこの限りではない）、断水時にも水槽貯留分のみ給水可能、高層建築物の場合には低層階で低層階の水圧が高くなるので減圧・中間階への水槽設置等の対策が必要



- 圧力タンク方式：受水槽に溜め込んだ水を圧力タンクへ圧入し各室へ給水、水質汚染のリスクあり、停電時使用不可（発電機があればOK）、断水時にもタンク内の水量までは給水可能、圧力変動が大きい
- タンクレスブースター方式：給水ポンプ群を制御して各エリアへ給水、汚染のリスクは比較的小さい、停電時使用不可（発電機があればOK）、断水時にもタンク内の水量までは給水可能、圧力変動は小さい

表 各給水方式の特徴

	水道管直結方式	高置タンク方式	圧力タンク方式	タンクレスブースター方式
水質汚染	リスク無し	最も危険	リスクあり	リスク小さい
停電時	利用可能	水槽貯留分のみ	停電時使用不可*	停電時使用不可*
断水時	使用不可	水槽分のみ可	水槽分のみ可	水槽分のみ可
圧力変動	低層まで給水可	ほぼ一定	変動大きい	自動制御

*：ただし、発電機を設置した場合は使用可能

(E) 給水設備用機器材料

- ポンプ類：渦巻きポンプ・タービンポンプ⇒羽根を回転させて生じる遠心力により揚水（タービンの方が高揚程）、ボアホールポンプ⇒長いシャフト状のポンプ（深井戸の揚水などに用いる）
- 保温：凍結の恐れのある箇所では保温・断熱処理を施す、土中の配管は凍結深度以下に埋設
- 防露：配管の表面が露点温度以下になると結露が生じる、井戸水の配管にも留意
- **配管材料**：鋼管の場合には赤水（錆び）が生じる可能性があるため、管内部に塩化ビニル等をライニングした樹脂ライニング鋼管を用いる（接続部はライニングが剥げるおそれがあるので留意）
- **さや管ヘッダー工法**：各種器具への配管を途中で分岐させることなくヘッダーから直接配管、集合住宅等における給水管および給湯管の施工の効率化や配管の更新の容易さ等を図ったもの
- **キャピテーション**：水の状態変化の際に生じる、振動・騒音、ポンプの効率低下が生じるので留意
- **ウォーターハンマー**：水栓等を急に閉じた際に配管内の圧力が急変動し、音・振動が生じる現象、バルブの急閉を避ける・管内水流を2m/s以下とする・エアチャンバー（水撃防止器）を設けるなどで対応
- **節水コマ**：コマの底部を普通コマよりも大きくした節水コマによって、ハンドルの開度が小さい時の吐水量を少なくし節水を図る

(F) 必要水圧

- **必要水圧**：建築物最上部の水栓で所定の必要水圧を確保する、一般水栓：30kPa、洗浄弁・シャワー：70kPa

(G) 上水の汚染防止

- **クロスコネクション**：上水とそれ以外の配管が直接接続される事象、上水汚染の原因となるのでたとえ排水が下流にあるとも厳禁
- 吐水口空間：給水栓と器具のあふれ縁との間隔、洗面台の水栓（蛇口）と洗面台のオーバーフロー管の間隔
- **バキュームブレーカー**：給水管内への排水の逆流（逆サイホン）を防ぐために、給水装置に設ける装置、洗浄弁に設置される
- **受水タンク**：周囲・上下の六面の点検が可能な形で設置する、容量は1日の全予想給水量の40～60%程度必要

(H) 給水設備の留意事項 ⇒ 過去問（ちょっと古いものも含む）リストなので各人要チェック！



10.3 給湯設備

(A) 湯の用途

- 用途：飲料用・調理用・浴用・洗濯用・他

(B) 給湯温度

- **給湯温度**：レジオネラ属菌の繁殖を防止するために貯湯タンク内の湯温は 60℃以上とし、末端の給湯管内の温度も 55℃以上とする、温度調整は湯水混合栓で行う

(C) 給湯方式

- 局部式：使用場所ごとに湯沸かし器を設ける、後述の瞬間ガス湯沸器などを用いる
- 中央式：ボイラなどで建物内の一箇所でお湯を作り配管によって給湯

(D) 配管材料

- **耐食性**：空調用の配管よりも腐食しやすいので留意（空調用は閉じた循環で常に同じお湯が回っている、給湯配管は新鮮なお湯が循環するので含まれる酸素量が多い…、铸铁管なんて錆びちゃうから使用厳禁

(E) 配管方式

- 一管式：湯栓を開けない限り管内のお湯は停滞し冷えてしまう、距離の短い配管に適する
- 二管式：戻り配管があり常に熱湯が循環している、設備費は高い

(F) 熱源機器

- 太陽熱温水器：汲み置き式と循環式がある、90℃以上の熱湯を得ることができるものもある、水が長時間装置内に滞留する可能性があるため飲用には用いることはできない、寒冷地では凍結にも留意
- **瞬間ガス湯沸かし器**：ガス瞬間湯沸器の能力表示は、1号あたり1リットル/分の水の温度を25℃上昇させることができる能力を1号として表記
- **貯湯式電気温水器**：料金の安い深夜電力を用いて夜間のうちにお湯を作り貯湯ユニットにお湯を貯めておく
- **エコキュート**：深夜電力を用いてヒートポンプユニットによってお湯を作っておき、日中にそのお湯を使って給湯や冷暖房に用いる、深夜帯に機器の運転があるので騒音問題には留意

(G) 給湯設備等の留意事項

- 給湯配管：腐食しやすいので銅管・ステンレス鋼管・耐熱塩化ビニルライティング鋼管が採用される
- 膨張管：給湯ボイラや貯湯タンクには膨張管を設ける、ただし膨張管には弁を設けてはならない
- **ガスの種類**：都市ガスとLPG（プロパンガス等）では比重や熱量等が異なるので留意

10.4 排水設備

(A) 排水設備の種類

- 排水種別：汚水（トイレからの排水を含む）、雑排水（洗面・手洗い・厨房・洗濯からの排水）、雨水、特殊排水（工場などからの薬品等を含む排水）
- **屋内（建物内）排水**：分流式とは、汚水と雑排水を別系統に排水すること
- **屋外（公共下水道）排水**：分流式とは、汚水・雑排水と雨水を別系統に排水すること
- **屋内排水管の構成**：排水管（同一フロア内の水平方向の配管）、立管（上下階のフロアをつなぐ鉛直方向の配管）



(B) 配管勾配

- 配管勾配：管径により必要な勾配が異なる、口径 65mm 以下：1/50 以上、75・100mm：1/100 以上、125mm：1/150 以上、150mm 以上：1/200 以上

(C) 衛生器具の排水単位と排水管径

- 最小管径：洗面器 30mm、大便器 75mm など

(D) トラップと阻集器

- **トラップの役割**：下水管の臭気・有毒ガス・害虫の侵入を防ぐ
- **トラップの種類**：Sトラップ・Pトラップ・Uトラップなど
- **トラップの封水**：トラップ内の水の溜りの深さ（封水深さ）は管径に関係なく 50～100mm
- 封水破壊の原因：自己サイホン効果（配管内が負圧になり封水の水が吸い取られてしまう現象）、逆圧作用（配管内の水が部分的に遅くなり管内の圧力が高まることにより発生、はね出し作用とも）、毛細管作用（糸類・毛髪等が管内に残り水が流出する現象）、蒸発作用など
- **トラップ設置時の留意点**：二重トラップはいかなる場合においても禁止
- **阻集器とは**：油・グリース・砂などの有害物質の流出を阻止回収するためのもの、封水深さはトラップの限りではない
- **排水槽**：底部には汚泥の排出を促すピットが必要、底部の勾配もピットに向かって 1/15～1/10 必要

(E) 通気管

- 通気管の役割：管内の空気の入出りを自由にし、管内の圧力を一定に保つ
- **通気管設置時の留意点**：屋上に解放する場合は屋上から 3m 立ち上げる、窓や換気口から上方へ 60cm 以上立ち上げる（立ち上げ不可の場合は水平に 3m ずらす）、通気横枝管はその階における最高位の器具のあふれ縁から 15cm 以上上方で横に走らせる、排気ダクトや雨水管に接続してはならない

(F) 配管材料

- 配管材料：し尿汚水などの配管は特に耐食性のある配管とする

(G) 排水設備の留意事項

- 排水タンク：排水桝、底部に勾配を設け、天井部に径 600mm 以上のマンホールを設ける

10.5 衛生設備

(A) 衛生器具の種類と材質

- 衛生器具に要求される性能：耐久性・衛生性・安全性など

(B) 大便器の分類

- **サイホン式**：配管内が負圧になることによる吸引効果も用いて汚物を排出
- **サイホンジェット式**：サイホン効果に噴出口からのジェット水流効果がプラス、サイホン式よりも溜水面が広い
- **サイホンバルテックス式**：サイホン＋渦巻き（バルテックス）作用により汚物を排出、洗浄音比較的静か、溜水面広い
- **ブローアウト式**：ジェット水流効果のみ、サイホン効果無し、洗浄音が大きい

(C) 設備ユニット ⇒ 教科書一読のこと

(D) 衛生器具設備の留意事項

- **洗浄方式**：洗浄弁は同時多人数使用に適するが給水負荷が高くなる、洗浄タンク方式は連続使用には適さないが負荷は少ない



10.6 し尿浄化槽 ⇒ 教科書一読のこと

10.7 排水の高度処理

(A) 再利用水方式（中水道）

- **再利用水の原水**：洗面手洗い・湯沸室・風呂・厨房・冷却施設・トイレ等からの排水

(B) 再利用水の用途

- **用途**：便所洗浄・散水・修景・空調用水・洗車・洗浄に用いることが可能であるが、散水・修景は衛生管理に配慮が必要

(C) 雨水利用施設

- 雨水利用の目的：水の有効利用・都市の洪水対策・下水道の負担低減

10.8 用語

- **BOD**：生物化学的酸素供給量、水中の微生物に有機汚濁物質を分解させるのに必要な酸素量（微生物が全て分解するまでの活動に要する酸素量）、汚濁が進んでいるほど微生物の活動がより必要となり要求される酸素量も増える

10.9 污水处理設備の留意点 ⇒ 教科書一読のこと

11 電気設備・自動制御

11.1 屋内配線設備

(A) 電気方式

- **屋内配線方式**：100V 単相 2 線式（白熱灯・蛍光灯・家庭用電気器具・一般コンセント）、100/200V 単相 3 線式（負荷の大きな住宅・商店・ビルなど、100V/200V を同じ電源から取ることが可能）、200V 三相 3 線式（主に動力用）

(B) 電圧の種類と配電方式

- **電圧の種類**：低圧・高圧・特別高圧

表 11-1 電圧の種類と配電方式

	低圧	高圧	特別高圧
直流	750V 以下	750 を超え 7,000V 以下	7,000V を超えるもの
交流	600V 以下	600 を超え 7,000V 以下	7,000V を超えるもの

- **配電方式**：低圧は電柱の変圧器で低圧に変換されており各戸へ 100V/200V で提供、高圧・特別高圧は各建築物敷地内に受変電設備を設けて低圧化、中小規模の事務所ビルにおける照明・コンセント系統では、単相 3 線線式 100/200V が採用

(C) 直流と交流

- 直流と交流：直流（DC）とは乾電池のように電圧が常に一定、家電製品等は直流で動作する、交流とは（AC）コンセントから提供される電源で電圧が一定の周期で変化する（東日本が 50Hz ドイツ製、西日本が 60Hz アメリカ製）発電所から家庭に電気を送る場合、送電と安全性の観点から交流で提供される、AC アダプターって交流（AC）を直流に変化させるって意味



(D) 電力潮流

- 電力潮流とは：電力系統内の有効電力と無効電力の流れの総称、電力系統の構成により波にズレが生じて効率的な運用が妨げられることがあるので留意する

(E) 系統連系と逆潮流

- **系統連系**：太陽光や風力で発電した電力と、電力会社から供給される電力を接続する技術、ただし発電した電力が電力会社の供給電力に悪影響を与えることもあるので継電器（不良を感知）を設置すること
- **逆潮流**：太陽光発電や燃料電池による発電等の設備を有する需要家から商用電力系統へ向かう電力潮流のこと、電力会社へ買い取ってもらいましょう

(F) VA（ポルトアンペア）とW（ワット） ⇒ 教科書一読のこと

(G) 需要率・負荷率・不等率

- 契約電力：以下の各項目を検討し、電力会社と契約を行う
- **需要率**：最大需要電力（需要電力＝実際に使用された電力）を負荷設備容量で除したもの、需要率が高いほど設備が同時に多数稼働していることを表す
- **負荷率**：平均需要電力を最大需要電力で除したもの、負荷率が大きいということは両者の差が小さいことであり、常時運転状態が保たれていることを示す
- **不等率**：最大電力の総和を最大需要電力で除したもの、値が大きいということは負荷の時間的な分散がなされており効率的であることを示す

(H) 分電盤

- **分電盤とは**：漏電遮断機（漏電ブレーカー）や配線遮断機（安全ブレーカー）を一つにまとめたもの、保守管理をしやすい階段や廊下等に設ける

(I) 接地工事の種類と接地抵抗

- **接地工事の目的**：人体の感電防止・電子機器の機能障害防止、アース（接地）付きコンセントで防止
- **設置工事**：種類チェック、金属の下げ導線で直接設置するものや、鉄骨・鉄筋などの躯体を用いて設置するものがある

(J) 避雷設備

- **避雷設備とは**：高さ 20m 以上の建物で必須、保護角は 60°（危険物の保管庫等は 45°）

(K) 工事材料 ⇒ 教科書一読のこと

(L) 配線工事法

- **金属ダクト**：金属配管を天井下部や壁に露出設置して、その中に絶縁皮膜を施した電線を配置、湿気のある場所厳禁
- **フロアダクト**：扁平な角パイプをコンクリート床スラブ内に配置、電線の引出口を随所に設けることが可能
- **バスダクト**：金属製のダクト内に裸電線を配電し間を絶縁体で埋める、大容量が可能
- **セルラダクト**：コンクリートスラブの型枠として用いられる波型デッキプレートを下の溝を用いて配線
- **フリーアクセスフロア**：床を二重にしてその空間（8～15cm 程度）に配線、自由度が非常に高く配線収容量も多い

(M) 電動機

- 電動機とは：電力を用いて動力を得る装置、モーターです…
- 電動機の出力：37kW 未満のものは三相 200V、37kW 以上のものは 3000V または 6000V
- **始動電流**：モーター始動時の電流は非常に大きくなる、37kW を超える場合には始動電流を抑えるために、スターデルタ始動・コンドルファ始動を採用



(N) 配電・配線設備の留意点

- **電線太さ**：同一電力を供給する場合には電圧が高いほど電線を細くすることが可能
- **3路スイッチ**：往路/復路いずれのスイッチでも点滅可能

11.2 受変電設備

(A) 受電方式の分類

- 一回線方式：シンプルで経済的であるが、途中の送電線で事故が起こると停電
- 二回線方式（本線予備方式）：常時は一回線方式と同じであるが予備の二回線目も有する
- ループ方式：環状に送電、一箇所でも事故が起きても送電可能
- **スポットネットワーク方式**：発電所から2・3箇所の回線で送電、事故対策・保守管理に有効

(B) 変電設備の設置形式

- 開放型：鉄骨フレームに受変電機器を現場で組み立てる方式、スペースが必要であるが増設・保守管理が容易
- **閉鎖型**：キュービクル、鋼製のキャビネットに書く危機を収めた工場組み合っ型ユニット、周面に点検スペース（前面1m以上、横・後0.6m以上）必要

(C) 受変電室の位置 ⇒ 教科書一読のこと

(D) 変電設備の留意事項 ⇒ 教科書一読のこと

11.3 予備電源設備

(A) 蓄電池設備

- **蓄電池の役割**：瞬時停電を防止する（以降の電力の供給は以下の発電機で行う）、病院の手術室灯・階段廊下等の非常灯などに用いる

(B) 発電機設備

- ガソリン機関発電機：小容量の発電に適する、発電までに40秒程度必要、軽油が燃料
- **ディーゼル機関発電機**：ガソリン機関に比べ大容量・長時間の稼動に適する、始動時間は40秒程度
- **ガスタービン機関発電機**：ガスや重油/軽油などの燃料を燃焼させてタービン（羽根）を回転させ発電、振動小さく設置面積少ないが必要とする空気量は多い
- **マイクロガスタービン機関発電機**：ガスタービンを小型化したもの、発電効率は若干低い

(C) 無停電設備

- **無停電設備とは**：UPS、停電や瞬時電圧低下が発生した場合に一時的に電力供給を行う装置

11.4 電話設備

- **PBX**：構内電話交換機、電話回線の多いオフィスなどで採用、効率的かつ経済的に運用可能、FAXも使えます
- **LAN**：限定された（例えば社内）範囲におけるコンピューター等で構築されたネットワーク

11.5 テレビ共同受信設備、地上デジタル放送 ⇒ 教科書一読のこと



11.6 自動制御

- **PID**：室温等の検知・空調の自動制御を繰り返すフィードバック制御の一種

11.7 中央監視制御システム

(A) 中央監視システム

- 中央監視システムとは：電力・空調・衛生・防災・防犯などに関する設備を一括管理するもの

(B) BEMS

- **BEMS**：ビルにおける空調・衛生・電気・照明・防災・防犯などの設備の運転管理・自動制御を行うシステム

11.8 輸送設備

(A) エレベーター

- エレベーターの種類：乗用（客用）・人荷用・寝台用（病院患者用）・荷物用・非常用など
- **エレベーターの制御**：速度調整のために VVVF（可変電圧可変周波数、インバータ）制御方式が採用される
- **防災**：地震時は最も近い階に停止、火災時は避難階まで誘導

(B) エスカレーター

- **輸送力**：エレベーターよりも大きい（十数倍）

(C) 荷物用エレベーター

- **用途**：荷扱者または運転者以外の人の利用は禁止

(D) 小荷物専用昇降機

- **用途**：かごの水平投影面積は 1m^2 以下、かごの天井高さは 1.2m 以下、一切の乗用禁止

(E) 非常用エレベーター

- **用途**：火災時には消防活動のため専用、一般人が避難用に用いることは原則禁止

12 消火設備・防災設備・防犯設備

12.1 消火設備

(A) 火災の種類と消火器

- 火災の種類：A 火災（普通火災）、B 火災（油火災・含むガス火災）、C 火災（電気火災）、金属火災
- 消火作用と消火器：水系（A 火災用）、酸アルカリ系（A・B 火災用）、強化液系（A・B・C 火災用）、泡系（A・B 火災用）、二酸化炭素系（B・C 火災用）

(B) 火災の発生傾向

- 発生傾向：住宅火災における犠牲者のうち、65 歳以上の高齢者が 6 割以上を占める、また火災の原因のうち放火・放火の疑いありで 2 割程度を占める

(C) 消火設備の種類と防火対策

- **屋内消火栓**：在居者による初期消火のための設備、4 階建て以上の建物・規定規模以上の建物などで必要、放水量の大きい 1 号消火栓と 1 人でも操作可能な 2 号消火栓がある



表 12-1 屋内消火栓の基準

項目	1 号消火栓	2 号消火栓
警戒区域半径	25m	15m
ノズル先端放水圧力	0.17~0.7MPa	0.25~0.7MPa
放水量	130 リットル/m 以上	60 リットル/m 以上
ノズル口径	13mm	8mm

- **連結送水管**：消防隊による高層建築物火災の消火のための設備、建物内部に送水管を張り巡らし地階の送水口から消防車により送水、放水口の間隔は半径 50m 以下・非常用エレベーター付近に設置、消防隊がホースを建物内に持ち込んで各処で消火
- **連結散水設備**：地階・地下階の天井部分に設けられた散水ヘッドに、屋外送水口より消防車によって送水
- **屋外消火栓設備**：建物の 1・2 階部分を屋外から消火、もしくはまわりへの延焼を防ぐための設備、水平距離 40m 以内ごとに設置
- **スプリンクラー設備**：⇒閉鎖型（湿式：一般的なスプリンクラーで配管内は充水、ヘッドが火災を感知/乾式：屋外軒下や寒冷地要で配管内は空気が充填、ヘッドが火災を感知/予作動式：火災感知器と連動、配管内は空気が充填されておりヘッドの破損等の水損の心配が無用、通信機室や電算室で有効）
⇒開放型（火災感知器の作動により特定の放水区域で一気に自動・手動で散水、劇場や化学工場などの急激に火災が拡大する用途で採用）
⇒放水型（散水タイプの一一般的なスプリンクラーとは異なり集中的に放水、天井高の高い用途に採用される）、スプリンクラーの間隔は舞台や準危険物取扱所では 1.7m 以下、準耐火建築物では 2.1m 以下、耐火建物では 2.3m 以下
- **特殊消火設備**
 - ★ **水噴霧消火設備**：水を霧状に噴霧して消火、油火災ではエマルジョン効果：乳濁液化、指定可燃物の貯蔵取扱所・駐車場などの一般のスプリンクラーが使用できない箇所でも採用可能、天井が高い空間では不利
 - ★ **泡消火設備**：多量の泡を放出して火災源を多い窒息（酸欠）・冷却効果で消火、飛行機の格納庫・自動車整備工場・駐車場に適する、ただし泡は電気を通すので電気室・気化器室・ボイラー室には適さない
 - ★ **二酸化炭素消火設備**：酸欠による窒息効果で消火、破損や感電の恐れがないので電気火災・油火災に対応可能、コンピュータ室・書庫・美術館等で有効、居住者が居る際に使用すると大惨事…、避難経路・消火後の排気にも留意、イナートガスはちょっと安全・地球環境にも優しい
 - ★ **ハロゲン化物消火設備**：負触媒作用、他方の化学反応を抑える作用、により消火、フロンはオゾン層破壊の原因とされ現在は使用禁止、イナートガス等で代用）、粉末消火設備
 - ★ **粉末消火設備**：窒息効果による消火、引火性液体の火災を防護するのに適する、水を用いないので寒冷地の使用にも適する

12.2 防災設備

(A) 自動火災報知設備

- **自動火災報知設備**とは：感知器で熱や煙を感知し、守衛所などに設置した受信機に火災発生と場所を報知する、5 階以上の建物では非常警報の役割も兼ねる、延べ面積 300~500 平米以上の建物で必要



- **熱感知の方式**：天井中央付近に設置、定温式（一定温度以上になると作動、給湯室などの通常から火を扱う室）、作動式（気温の急激な上昇で作動、工場・倉庫などの天井が高く容積の大きい空間に適する）、補償式（定温式と差動式を併設）
 - 煙感知の方式：光電式（煙によって光が遮断されることにより作動）、イオン式（空気中のイオン変化で作動）、煙探知はエレベーターシャフトなど熱を感知しにくい箇所や早期発見が重要な避難通路・11 階以上の階・地下階などで採用
 - **誘導灯との連動**：夜間無人となる防火対象物において、自動火災報知設備と連動し点灯する誘導灯を設置した場合は無人となる時間帯においては誘導灯を消灯することが可能
- (B) ガス漏れ火災警報設備
- 警報装置の設置：延べ面積 1000 平米以上の地下街等で必須、都市ガスは天井付近・LP ガスは床付近に設置する
- (C) 漏電警報設備
- 漏電警報装置：壁体内の電気配線の漏電による火災の発見が目的
- (D) 非常警報設備
- 非常警報の設置：収容人数が 150 人（病院・ホテルでは 20 人）以上の建築物には非常ベルか自動サイレンが必要、地下階や 11 階以上の建物には放送設備の付加も要する
- (E) 消防機関へ通知する火災報知設備
- 設置の必要性：消防署等へ常時通報できる電話があれば不要
- (F) 中央管理室（防災センター）
- 設置の必要性：高さ 31m 以上の建物や延べ面積 1000 平米以上の地下街で必要
 - 防災センターの構成：警報設備・消火設備・非常用エレベーター・排煙設備等の防災設備の運転状況を監視・制御を行い、避難誘導・消火の総合的な指揮を取る
- (G) 非常コンセント
- **設置の必要性**：11 階以上の階・1000 平米以上の地下街で必須、階段室・非常用エレベーターロビー等に設置、消防隊の投光器・破壊器具の電源等で用いる
- (H) 防災用照明
- **非常用の照明設備**：床面の水平面照度で 1 ルクス（蛍光灯の場合は 2 ルクス）以上の明るさを確保する、停電時でも 30 分間継続して点灯できる予備電源を有すること、ただし無人となる時間帯では非常灯を消灯することは可能
 - **誘導灯**：非常口の方角を示す、避難口誘導灯（非常口の上部、または避難上有効な位置に設置）、通路誘導灯（避難方向が分かるように矢印表示を行い、廊下などの床上 1m 以内に設置、煙の充満による視界不良を想定して）

12.3 防災避難計画

(A) 避難経路計画

- **避難経路計画の原則**：単純・明快、日常利用の動線、動線端部に行き止まりを作らない、2 方向避難、外気に面した場所は安全域、機械動力を用いるものは避難経路に使えない
- 火災時の特異現象：フラッシュオーバー（内装材等が加熱されて可燃性ガスを発生⇒同ガスが一瞬のうちに燃焼、木材の火災危険温度は 260℃）、バックドラフト（酸素濃度の低くなった室内に酸素が流入することにより生じる爆発的燃焼）
- **二層流**：熱せられた煙は空気よりも軽いので天井部分に滞留、床付近は冷たい新鮮空気が流入
- **煙の流れ**：排気用の縦穴区画に侵入した煙は最上階天井から充満していく、各室においては天井から徐々に煙面が低下してくる



- **排煙区画**：火災時の煙の拡散を防止するためにある一定の区画を 50cm 以上の垂壁で区切ったもの、安定的な排煙が必要となり、異なる排煙設備を近接させてはならない
- **避難速度と煙の速度**：縦穴区画やエレベーターシャフトなどにおける鉛直方向の上昇速度は 3～5m/s 程度、水平方向の流動速度は 0.5～1.0m/s 程度、避難時歩行速度想定値は百貨店・集合住宅で 1.0m/s、学校・オフィスで 1.3m/s

(B) 防災計画とその関連事項 ⇒ 教科書一読のこと

12.4 地震対策

(A) 地震の大きさ

- 震度階とマグニチュード：震度階は各地における地震の大きさ、マグニチュードは地震そのものの大きさ

(B) 地震時の防災対策

- 防災対策：地震に備え設備の耐震診断のほか、利用者による避難訓練等ハード・ソフトの両面からの備えを行う

(C) 設備機器の耐震対策

- 耐震対策：機器の基礎の据え付け、配管・ダクト等の支持、貫通部の緩衝、経年劣化等に留意、また地震発生時の自動停止・制御にも配慮

12.5 防犯設備 ⇒ 教科書一読のこと

13 省エネルギー・省資源・長寿命化の技術評価システム

13.1 省エネルギー

(A) 省エネルギー手法の概念

- 暖房負荷の低減：断熱性・気密性の向上、窓面積の縮小、適切なゾーニング、自動制御の完備、熱回収、太陽光利用
- 空気調和負荷の軽減：日射の遮断、外気負荷の軽減、火気等の分離、照明負荷の軽減、蓄熱槽の設置、外気取入れ
- 自然エネルギー・再生可能エネルギーの利用：太陽光・風力・水力・バイオマス・地熱等がエネルギー源となる可能性がある
- **外気利用**：外気温の低い中間期や冬季に、空調機に外気を導入し、冷凍機の運転を補助する手法、内部発熱が大きい建物の中間期や冬季におけるエネルギー消費量の軽減に有効、空調運転開始後の予熱・予冷時間において、外気取り入れを停止することは省エネ上有効
- **太陽熱利用システム**：アクティブソーラーシステム（冷暖房の一部を太陽熱の利用によって行う、集熱・蓄熱のために若干の機械設備を使用する）、パッシブソーラーシステム（建築の形態や材料に工夫を凝らして太陽熱を有効使用）、水湯を循環させるために寒冷地では凍結防止対策も必要

(B) 空気調和計画による省エネルギーの手法

- ゾーニング：熱負荷の差異、使用時間のズレ、室用途の違い等により区域に分けて制御を行う
- 室温制御：個別制御、ゾーン制御、全体制御

(C) 省エネルギー基準

- **年間熱負荷係数 PAL**：建築物の外壁・窓等を介しての熱損失防止に関する指標、PAL＝（ペリメーターゾーンの年間熱負荷／ペリメーターゾーンの床面積）、ペリメーターゾーンは外壁周面付近の部分（熱負荷が大きい）、PAL は値が小さいほど断熱性能が高く省エネルギー性が高い



- **エネルギー消費係数 CEC**：各設備機器のエネルギーの消費度合いを示したものの、消費エネルギーを仮想消費エネルギーで除したもの、値が小さいほど省エネ、対象は空調（/AC）・換気（/V）・照明（/L）・給湯（/HW）・エレベーター（/EV）がある
- **一次エネルギー消費量**：空調用が 5 割、照明・コンセント用が 3 割、その他が 2 割程度
- 住宅の熱環境に関する基準：熱損失係数（建築物内部から外部へ逃げる単位時間あたりの熱量、値が小さいほど断熱性能が高い、1.6～3.7 程度）

(D) 熱源方式の選定による省エネルギー手法

- **コージェネレーション**：発電時の原動機から排出される熱を冷暖房・給湯に再利用すること、熱電比（供給可能熱出力／発電電力、ディーゼルエンジン＜ガスエンジン＜ガスタービン）

(E) 蓄熱槽方式

- **蓄熱槽方式**：水・氷・砕石などに熱を蓄え、必要なときにその熱を取り出して使用する、ピークカット（平滑化）が可能で省エネ、蓄熱効率（熱量的に有効に働く水量／蓄熱槽の全水量、攪拌機等を用いることで効率化を計ることが可能）
- **媒質**：氷・水などがあるが氷蓄熱システムは水蓄熱槽システムに比べて、蓄熱容積を縮小し、蓄熱槽からの熱損失を低減するが、冷凍機の運転効率・冷凍能力は低下

(F) 全熱交換機器

- **熱交換器**：室内排気の持つ熱量を再利用し、取り入れ外気に熱を移動する器機（排気の 65～75%程度の熱の回収が可能）、夏季および冬季の冷暖房負荷の軽減に有効で熱源の容量を小さくすることが可能
- **ヒートポンプ**：物質の状態を上手に操ることにより消費電力の数倍の熱量を移動させることが可能、冷媒回路を切り替えることにより暖房に用いることも可能、外気温 7℃でギリバランスが取れる（井戸水は 15℃程度だから熱源としては最適だけど、あまり使い過ぎると怒られる…規制されているところもあり）
- **地域冷暖房**：冷暖房用熱源設備を地域的に集約設置し、各建築物に冷水・温水・蒸気などの熱媒を供給する方式

(G) 成績係数（COP）

- **成績係数とは**：冷房能力／消費エネルギー、エネルギー消費効率を表す指標で値が高いほど省エネで優秀、冷暖房で個別に COP を求める場合もある

13.2 省資源

(A) 地球環境とフロン規制

- **二酸化炭素排出量**：日本全体の二酸化炭素排出量のうち建築関係の排出量の割合は約 1/3、そのうち建設時が 20%、運用時が 50～60%の割合を占める
- **特定フロン（CFC 類）**：オゾン層保護のために 1992 年モントリオール議定書により全廃が決定

(B) 廃棄物と廃棄物処理 ⇒ 教科書一読のこと

13.3 長寿命化の技術評価システム

(A) LCC の概要

- **LCC とは**：LC＝ライフサイクル、企画・建設・運用・改修・解体の全過程を対象とする、LCC（ライフサイクルコスト、ライフサイクルにおいてかかる全コスト）



(B) LCM の概要

- **LCM**: ライフ・サイクル・マネジメント、地球環境への影響(二酸化炭素排出など、LCCO₂)・エネルギー消費量(LCE)・資源使用量(LCR)・生涯労働力(LCL)などを含んだ管理

(C) 建築物における LCM の目的と課題

- LCM の目的: 建築物・設備の長寿命化、設備機器等の性能の発揮、LCC の最小化、地球環境への負荷低減、保全性の向上、フレキシビリティ

(D) 生涯二酸化炭素等排出量 (LCCO₂)

- **LCCO₂**: LC において排出される二酸化炭素、フロンやメタンなどの温暖化ガスを二酸化炭素に換算し合算したもの、1 年辺り何立米の二酸化炭素を排出するのか? 等で評価

(E) LCA

- **LCA とは**: ライフ・サイクル・アセスメント、LC を通じての省資源・人体への影響等の環境影響を評価、ISO1404/44 で規定

(F) 建築物の維持管理

- 維持管理: 設備機器の耐用年数のほうが、躯体の耐用年数よりも短いのでメンテ等に配慮すること
- **BEMS**: エネルギー管理・施設運用・設備管理・防災防犯管理等を含む、ビル管理システム

(G) ファシリティマネジメント

- ファシリティマネジメント: FM、企業・団体が組織活動のために施設とその環境を総合的に企画・管理・活用する経営活動、全施設(建築物等)・利用する人の環境を包括する

(H) 不動産・資産のマネジメントに関する用語 ⇒ 教科書一読のこと

(I) ビルマネジメントの用語の結びつきと体系化 ⇒ 教科書一読のこと

(J) まちづくりのマネジメントと建築・設備設計 ⇒ 教科書一読のこと

(K) 建築物の評価システム～CASBEE を中心として～

- **CASBEE** とは: 建築環境総合評価システム、エネルギー消費・資源循環・地域環境・室内環境の 4 分野を主に評価、英国の BREEAM、米国の LEED に相当する
- CASBEE の評価項目: 省エネや省資源・リサイクルなどの環境負荷、室内の快適性や景観への配慮なども評価する、評価指標 BEE で評価
- CASBEE-企画: プロジェクトの基本的な環境影響等を把握
- CASBEE-新築: 遮音・断熱性能、採光、換気、耐震性などの各項目において BEE 評価を行う
- CASBEE-既存: 竣工後 1 年以上の運営実績に基づき評価
- CASBEE-改修: ESCO(顧客のライフライン経費を検討し、削減等の提案を行う事業)などを見越して評価

(L) ネット・ゼロ・エネルギー・ビル

- **ネット・ゼロ・エネルギー・ビル (ZEB)**: 省エネ・エネルギーの有効利用・再生エネルギーの活用等により、1 次エネルギーの年間消費量が概ねゼロとなる建築物

(M) PEI/PPP ⇒ 教科書一読のこと

以上

