

2023 年度

東京大学 大学院工学系研究科 建築学専攻

## 専門課題Ⅱ 試験問題

### 第3群（環境）

2022 年 8 月 31 日（水）

3 時間（9:00～12:00）

THE UNIVERSITY OF TOKYO  
Graduate School of Engineering  
Department of Architecture

QUESTION BOOKLET  
on  
The 2023 Master/Doctor Course Examination  
of  
Special Subject II, Group No. 3  
(Environmental Engineering)

Date and Time of the Examination

From 9:00 to 12:00  
On Wednesday, August 31, 2022

(このページには何もありません。)  
(This page is intentionally blank.)

(このページには何もありません。)  
(This page is intentionally blank.)

(このページには何もありません。)  
(This page is intentionally blank.)

【問題 1】 / 【Problem 1】

建築における空気・熱環境に関する以下の設問すべてに答えよ。数値を答える場合には、その計算過程を示すこと。空気の比熱には  $1000 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 、重力加速度には  $9.8 \text{ m/s}^2$  を用いること。

Answer all of the following questions concerning architectural air and thermal environment. When you answer numerical values, show their calculation processes. Use  $1000 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$  for air specific heat and  $9.8 \text{ m/s}^2$  for gravitational acceleration.

- (1) 地球の地軸の傾きを  $23$  度として、北緯  $35$  度・東経  $135$  度の地点における、春分秋分・冬至・夏至それぞれの 1 日における太陽の動きを、太陽の南中高度、日の出/日の入時の方位角および現地時刻を用いて、200 文字程度で説明せよ。方位角は真南を  $0$  度、真東を  $-90$  度、真西を  $+90$  度とする。均時差は考慮しない。

Assuming the tilt of earth's axis is  $23$  deg, explain solar movement in days of equinox, winter solstice, summer solstice at the point of north latitude  $35$  deg and east longitude  $135$  deg in about 120 words, using culmination altitude, azimuth of sunrise / sunset, and local time. The azimuth of due south is  $0$  deg, of due east is  $-90$  deg, and of due west is  $+90$  deg. Ignore equation of time.

- (2) PMV (予測平均温冷感申告) について、人体側の 2 要素および室内環境側の 4 要素、PPD (予測不満足者率) および一般的に快適とされる範囲に言及しながら、200 文字程度で説明せよ。

Explain PMV (Predicted Mean Vote) in about 120 words, referring to 2 factors of human body, 4 factors of indoor environment, PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied), and general comfort thermal zone.

- (3) 居室の換気に関し、必要な換気量および省エネルギー対策について、 $\text{CO}_2$  濃度、通風換気、機械換気、熱負荷、熱交換に言及しながら、200 文字程度で説明せよ。

On room ventilation, explain necessary ventilation rate and energy saving measures in about 120 words, referring to  $\text{CO}_2$  concentration, wind cross ventilation, mechanical ventilation, heat load, and heat exchange.

- (4) 日本の住宅における断熱の変遷について、外皮平均熱貫流率 ( $U_A$  値 [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]) の値や部位の様を示しながら、200 文字程度で説明せよ。建築物省エネ法における 6 地域 (東京など) を想定し、最新の動向まで言及すること。

Explain the transition of Japanese housing thermal insulation in about 120 words, showing the value of envelope average heat transfer coefficient ( $U_A$  value [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]) and element specifications. Assume Region 6 (Tokyo etc.) in the building energy code and refer up to the latest trends.

- (5) 冬期における壁体内結露の原因、およびそれを防止する方法について、200 文字程度で説明せよ。

Explain the cause of condensation inside walls in winter and its prevention methods in about 120 words.

- (6) Fig. 1-1 における通風による換気量  $Q$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] を求めよ。また、換気量  $Q$  を増やすために効果的な方法を 100 文字程度で記述せよ。空気の密度は  $\rho = 1.2 \text{ kg}/\text{m}^3$  とし、平方根の値には Fig. 1-2 を用いること。

Calculate the wind cross ventilation rate  $Q$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] in Fig. 1-1. Also, show effective methods to increase ventilation rate  $Q$  in about 60 words. Assume air density  $\rho = 1.2 \text{ kg}/\text{m}^3$  and use Fig. 1-2 for square root values.

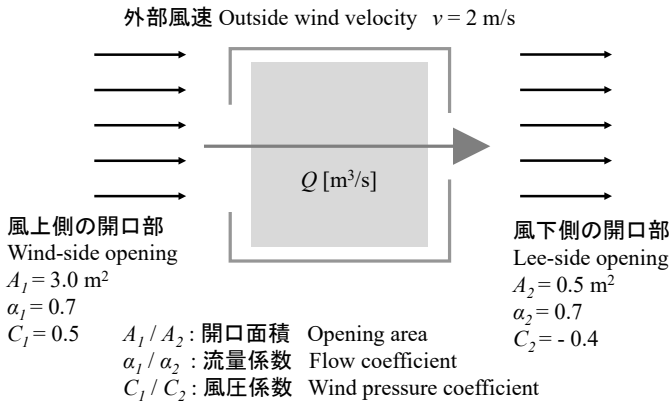


Fig. 1-1

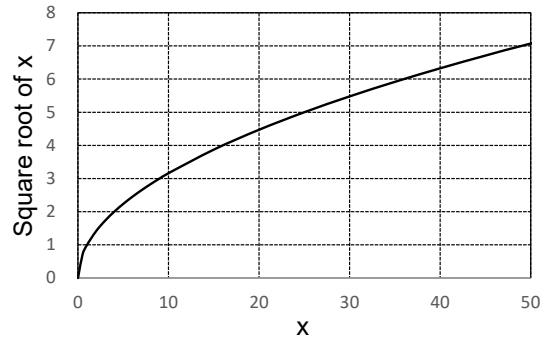


Fig. 1-2

- (7) Fig. 1-3 に示す定常状態について、煙突効果による換気量  $Q$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] を求めよ。また室内空気温度を維持するのに必要な熱量  $H_{load}$  [ $\text{kW}$ ] を答えよ。温度  $\theta$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] の空気の密度  $\rho$  [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] は  $353.25/(\theta + 273.15)$  とし、平方根の値には Fig. 1-2 を用いること。温度による空気の体積変化は考慮せず、 $Q$  の算出においては屋外空気の温度における空気密度を使用せよ。

In the steady state shown in Fig. 1-3, calculate the stack effect ventilation rate  $Q$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]. Also, calculate the necessary heat  $H_{load}$  [ $\text{kW}$ ] to maintain indoor air temperature. Assume air density  $\rho$  [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] at temperature  $\theta$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] is  $353.25/(\theta + 273.15)$ , and use Fig. 1-2 for square root values. Ignore air volume change caused by temperature, and use air density at the outdoor air temperature in calculating  $Q$ .

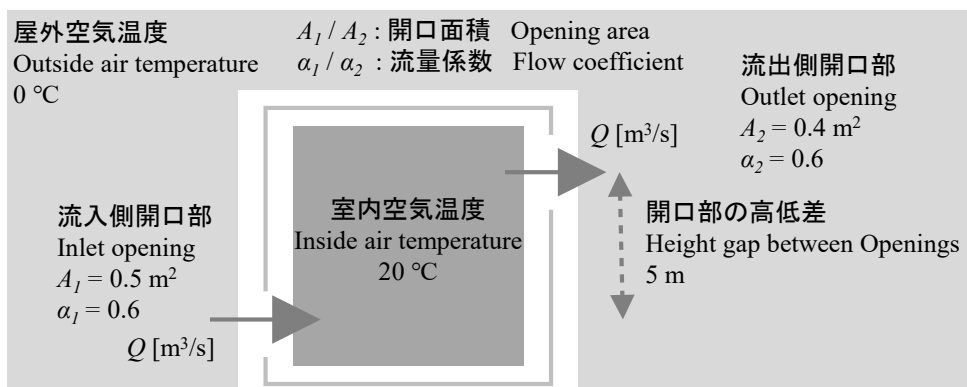


Fig. 1-3

- (8) Fig. 1-4 の壁体について、熱貫流率  $U_{wall}$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] を答えよ。また、内外温度差が 20 K で一定の場合における単位面積あたりの熱貫流量  $H_f$  [ $W/m^2$ ] を求めよ。

For the wall shown in Fig. 1-4, calculate the over-all heat transfer coefficient  $U_{wall}$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]. Also, calculate the heat transition flow rate per unit area  $H_f$  [ $W/m^2$ ] when temperature difference between indoor and outdoor is stably 20 K.

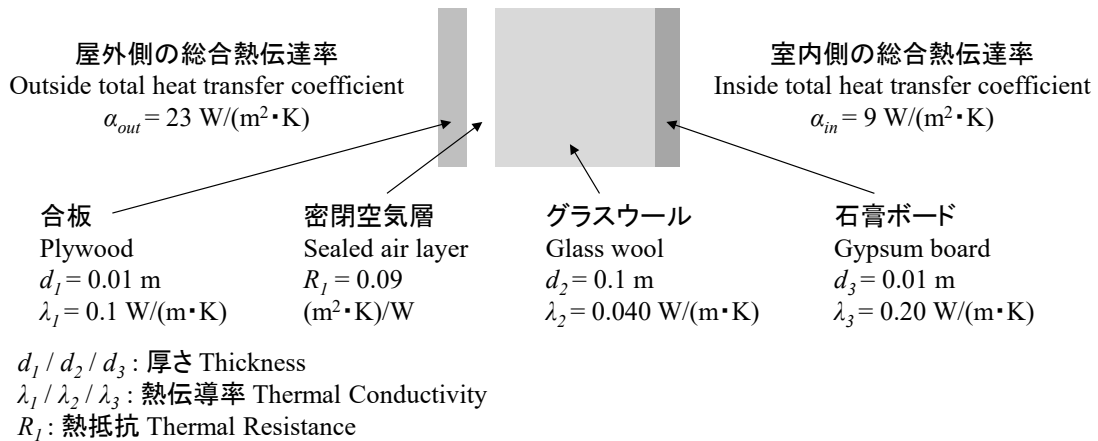


Fig. 1-4

- (9) 空気温度 35 °C の屋外に面する壁について、入射する日射量は 700  $W/m^2$ 、夜間放射量を 100  $W/m^2$  とする。総合熱伝達率 23  $W/(m^2 \cdot K)$ 、日射吸収率 0.8、長波長放射率 0.9 の場合における、壁表面の SAT (相当外気温度) [°C] を算出せよ。また SAT を低下させるのに有効な方法を 100 文字程度で説明せよ。

For a wall facing outdoors with air temperature of 35 °C, incident solar radiation is 700  $W/m^2$  and nocturnal radiation is 100  $W/m^2$ . Answer SAT (sol-air temperature) [°C] of the wall surface, when total heat transfer coefficient is 23  $W/(m^2 \cdot K)$ , solar absorption ratio is 0.8, and longwave emissivity is 0.9. Also, explain effective methods to decrease SAT in about 60 words.

- (10) 外気温度が 0 °C の場合において、外皮平均熱貫流率 ( $U_A$  値) 0.60  $W/(m^2 \cdot K)$ 、外皮面積 300  $m^2$ 、換気量 210  $m^3/h$ 、内部発熱 1000 W の建物における自然室温  $\theta_n$  [°C] を求めよ。また、室温を 24 °C に維持するのに必要な熱負荷  $H_{load}$  [W] を求めよ。空気の密度  $\rho = 1.2 \text{ kg}/m^3$ 、全ての部位の温度差係数は 1 とする。漏気や日射熱の影響は考慮しない。

When outside air temperature is 0 °C, for a building with envelope average heat transfer coefficient ( $U_A$  value) of 0.60  $W/(m^2 \cdot K)$ , envelope area of 300  $m^2$ , ventilation rate of 210  $m^3/h$ , and interior heat gain of 1000 W, calculate the natural inside air temperature  $\theta_n$  [°C]. Also, calculate the necessary heat load  $H_{load}$  [W] to keep indoor air temperature to 24 °C. Assume air density  $\rho = 1.2 \text{ kg}/m^3$  and temperature difference coefficient of each part is 1. Ignore effects of air leak and solar radiation.

【問題 2】 / 【Problem 2】

光・視環境および音環境に関する以下の設問にすべて答えよ。計算問題においては、答えの数値だけでなく、その過程を示すこと。計算に際し、円周率は 3.14、 $\log_{10}2 = 0.3$ 、 $\log_{10}3 = 0.5$  とせよ。

Answer all of the following questions concerning light and visual environment and sound environment. On the calculation questions, show not only numerical values of the answers but also processes of the calculations. Let the circular constant 3.14,  $\log_{10}2 = 0.3$ , and  $\log_{10}3 = 0.5$ .

(1) 色彩と光に関する以下の設問に答えよ。

Answer the following questions regarding color and light.

1) XYZ 表色系とマンセル表色系の違いを 100 字程度で述べよ。

State the difference between XYZ colorimetric system and Munsell color system in about 60 words.

2) 色の面積効果とは何か。また、色の面積効果を考慮して、色彩設計において注意すべき事柄は何か。両者を合わせて 100 字程度で述べよ。

What is the area effect of color? Also, what should be noted in color design in consideration of the area effect of color? Describe both in about 60 words in total.

3) 昼光率の定義式を書け。その際、定義式に現れる全ての量が何を表すかについて単位を含めて明記せよ。

Write the definition formula for calculating daylight factor. At that time, specify all of the quantities that appear in the definition formula, including their units.

4) 採光設計の指標として、室内照度ではなく、昼光率が用いられる理由を、昼光光源の特性と関連付けて、100 字程度で述べよ。

State the reason why daylight factor is used as index of daylighting design instead of indoor illuminance, in relation to the characteristics of daylight source, in about 60 words.

5) 昼光のみで適切な視作業性を確保できる下限値として基準昼光率が定められている。具体的な視作業を 2 つ挙げ、それらの視作業に対する基準昼光率の数値を書け。

Recommended daylight factor is provided as the lower limit that ensures appropriate visual performance only with daylight. Pick up two specific visual tasks and show the numerical values of the recommended daylight factor for these visual tasks.



- (2) Fig. 2-1 のように、幅  $2d$  [m]、奥行き  $2d$  [m] の室の床面中央に受照点  $P$  があり、 $P$  の直上、高さ  $d+a/2$  [m] の屋根面に縦  $a$  [m]、横  $a$  [m] の窓 A が、水平距離  $d$  [m]、高さ  $d$  [m] の側壁面上に縦  $a$  [m]、横  $a$  [m] の窓 B がある。窓の大きさは壁面、床面、屋根面に比べて小さく、 $d \gg a$  と仮定できるとする。このとき、以下の問いに答えよ。

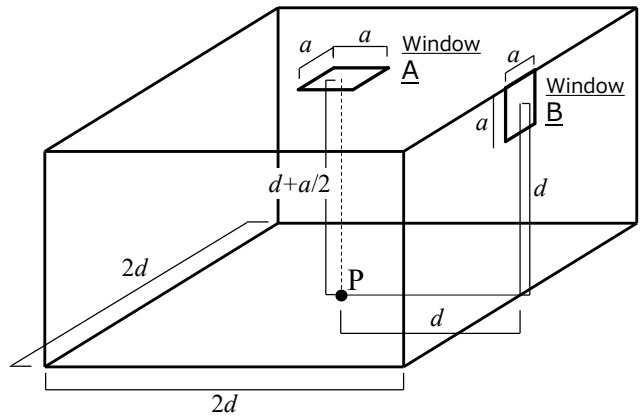


Fig. 2-1

As shown in Fig. 2-1, an illumination point  $P$  is positioned on the center of the floor of the room with a width of  $2d$  [m] and a depth of  $2d$  [m], and rectangle windows A and B having dimensions of  $a$  [m]  $\times$   $a$  [m] are positioned on the roof surface with a height of  $d + a/2$  [m] directly above  $P$  and on the side wall with distance  $d$  [m] from  $P$  and with the height of  $d$  [m] from the floor. The sizes of the windows are small compared to the wall, the floor, and the roof, and  $d \gg a$  can be assumed. Then, answer the following questions.

- 1) Fig. 2-2 のように、水平面上の点  $O$  に対して、仰角  $\alpha$  [rad] の方向で距離  $r$  [m] の位置に小面積  $\Delta S$  [m<sup>2</sup>] の面  $Q$  があり、面  $Q$  の法線は、 $Q$  から  $O$  に至るベクトルに対して角度  $\beta$  [rad] 傾いているとき、 $O$  における面  $Q$  の立体角投射率  $U$  を  $\Delta S$ 、 $r$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$  を用いて表せ。

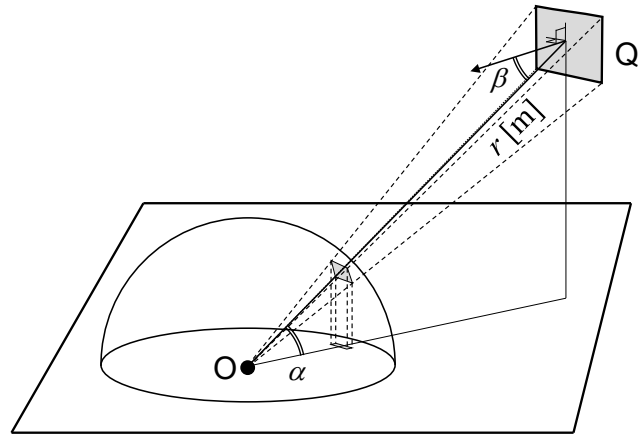


Fig. 2-2

As shown in Fig. 2-2, a surface  $Q$  with the small area  $\Delta S$  [m<sup>2</sup>] is positioned at a distance  $r$  [m] from a point  $O$  on a horizontal plane in the direction of the elevation angle  $\alpha$  [rad]. The normal of the surface  $Q$  is tilted by an angle  $\beta$  [rad] with respect

to the vector from  $Q$  to  $O$ . Then, express the configuration factor  $U$  of the surface  $Q$  at  $O$  using  $\Delta S$ ,  $r$ ,  $\alpha$ , and  $\beta$ .

- 2) Fig. 2-1 において、受照点  $P$  における窓 A、窓 B の立体角投射率を  $a$ 、 $d$  を用いて表せ。  
On Fig. 2-1, express the configuration factors of the windows A and B at the illumination point  $P$ , respectively, using  $a$  and  $d$ .
- 3) 天空輝度は一様で、この室の周囲に建物、地物は存在せず、窓 A、窓 B がともに透過率 0.9、保守率 0.8、開口面積有効率 0.75 の透明なガラス窓であるとする。 $d = 3$  m、 $a = 0.6$  m であるとき、窓 A および窓 B による直接昼光率をそれぞれ計算せよ。

It is assumed that the sky luminance is uniform, there are no buildings or objects around this room, and both windows A and B are transparent glass windows with a transmittance of 0.9, a maintenance factor of 0.8, and an effective opening area ratio of 0.75. When  $d = 3$  m and  $a = 0.6$  m, calculate the direct daylight factors by windows A and B, respectively.

(3) 音に関する以下の設問に答えよ。

Answer the following questions regarding sound.

1) 観測された音の音圧の実効値が  $p_e$  [Pa] のとき、この音の音圧レベル  $L_p$  [dB] を与える式を書け。ただし、基準音圧を  $p_0$  [Pa] とする。

When the effective sound pressure of the observed sound is  $p_e$  [Pa], write the formula that gives the sound pressure level  $L_p$  [dB] of this sound. Here, reference sound pressure is  $p_0$  [Pa].

2) 1)において、 $p_0 = 2 \times 10^{-5}$  Pa である。観測された音の音圧実効値が 0.3 Pa のとき、この音の音圧レベル  $L_p$  [dB] を計算せよ。

In 1),  $p_0 = 2 \times 10^{-5}$  Pa. When the effective sound pressure of the observed sound is 0.3 Pa, calculate the sound pressure level  $L_p$  [dB] of this sound.

3) 垂直入射吸音率と残響室法吸音率の違いを 100 字程度で説明せよ。

Explain differences between normal incidence absorption coefficient and reverberant sound absorption coefficient in about 60 words.

4) 多孔質吸音材について、具体的な材料を一つ示した上で、吸音の原理、および吸音特性の特徴を 100 字程度で説明せよ。

On porous sound absorbing material, show a specific material and explain the principle of the absorption and the features of the sound absorption characteristics in about 60 words.

(4) Fig. 2-3 のように、反射性の平坦な地面上に騒音源 A と室 B がある。騒音源 A と室 B の距離は 10 m である。室 B の騒音源 A 側の外壁 C は、Fig. 2-4 のように、面積  $8 \text{ m}^2$ 、音響透過損失 30 dB の壁 D と面積  $4 \text{ m}^2$ 、音響透過損失 20 dB の窓 E から成る。室 B の等価吸音面積は  $12 \text{ m}^2$  である。室 B には、外壁 C のみから外部騒音が侵入し、上部、側部および後部の外壁から侵入する騒音は小さく無視できる。このとき、下記の設問に答えよ。

As shown in Fig. 2-3, there are noise source A and room B on a flat reflective ground. The distance from the noise source A to room B is 10 m. The outer wall C of room B on the source side consists of a wall D with an area of  $8 \text{ m}^2$  and an acoustic transmission loss of 30 dB, and a window E with an area of  $4 \text{ m}^2$  and an acoustic transmission loss of 20 dB, as shown in Fig. 2-4. The equivalent sound absorption area of room B is  $12 \text{ m}^2$ . External noise enters room B only through the outer wall C, and the noise entering from the upper, side, and rear walls are negligible. Then, answer the following questions.

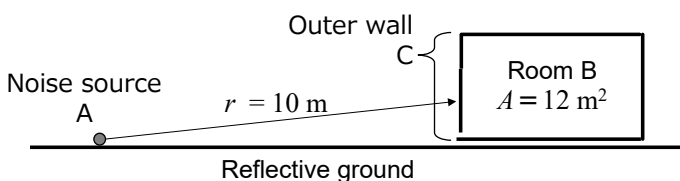


Fig. 2-3

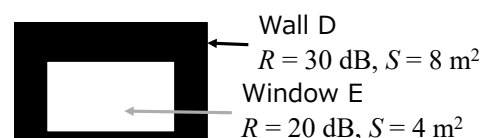


Fig. 2-4

- 1) 騒音源 A から距離 2 m の点で音圧レベルを計測したところ、測定値が 90 dB となった。騒音源 A を無指向性点音源としたときの音響パワーレベルを計算せよ。測定において、騒音源 A から 10 m 離れた室 B からの反射音は無視でき、騒音源 A の周囲には地面と室 B 以外の反射物はないものとする。

Measured sound pressure level at a point 2 m distant from the noise source A was 90 dB. Then, calculate the sound power level of the noise source A assuming that it is omni-directional. In the measurement, reflected sound from the room B 10 m away from the noise source A can be ignored, and there are no reflective objects other than the ground and the room B around the noise source A.

- 2) 外壁 C の総合透過損失を計算せよ。

Calculate the weighted mean sound transmission loss of the outer wall C.

- 3) 1)の騒音源 A の条件において、外壁 C を介して室 B 内に侵入する騒音の室内平均音圧レベルを、室 B 内が完全拡散音場であると仮定して計算せよ。

Calculate the averaged sound pressure level in the room B by the noise entering through the outer wall C, assuming the perfectly diffuse sound field inside the room B, under the condition of the noise source A in 1).

- 4) 騒音対策のため、騒音源 A と室 B の間に遮音壁を設けたところ、騒音源 A から遮音壁の上端を経由して外壁 C に達する騒音伝搬経路長が 11 m となった。このとき、500 Hz および 1 kHz における室 B 内での騒音はそれぞれ何デシベル低減するか。Fig. 2-5 に示す、障壁による減衰値に関する計算チャートを利用して求めよ。音速は 333 m/s とせよ。

When a noise barrier is installed between the noise source A and room B for the aim of noise reduction, a length of diffraction path from the noise source A to the outer wall C via a top edge of the barrier becomes 11 m. Then, how many decibels does the noise level inside room B decrease at 500 Hz and 1 kHz? Answer the noise reduction in dB using the calculation chart on sound attenuation by a barrier shown in Fig. 2-5. Let the speed of sound 333 m/s.

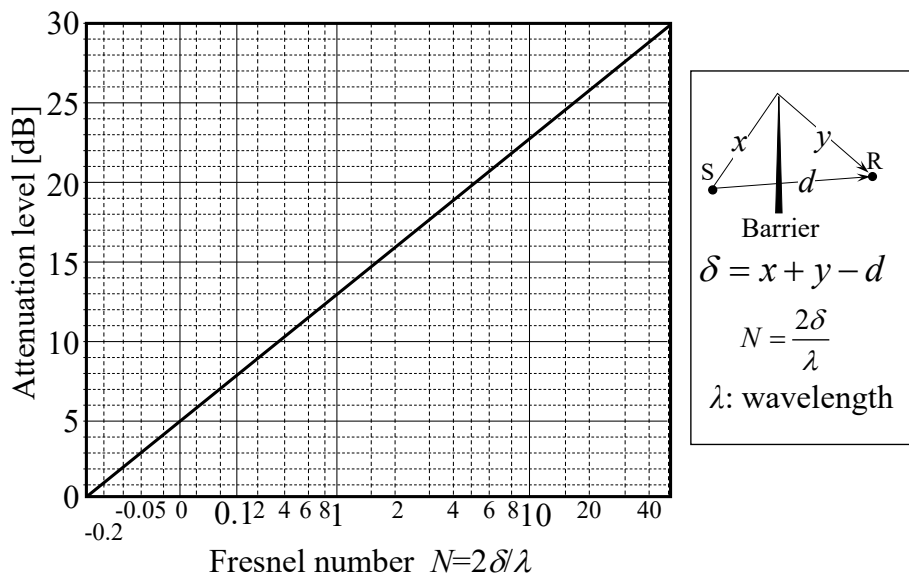


Fig. 2-5

【問題 3】 / 【Problem 3】

建築設備に関する以下のすべての設問について答えよ。なお、式の導出や数値の算出についてはその過程も記述すること。

Answer all of the following questions regarding building services. On the derivation of equations and the calculation of numerical values, the processes should also be described.

- (1) ある部屋が空冷式のエアコンで冷房されている (Fig. 3-1)。以下の問いに答えよ。

A room is cooled by an air-cooling type air-conditioner (Fig. 3-1). Answer the following questions.

- 1) Fig. 3-2 はモリエ線図上における Fig. 3-1 のエアコンの冷凍サイクルを示している。Fig. 3-2 の  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  を用いて、このエアコンの凝縮器における冷媒状態の変化を  $x \rightarrow y$  のように示せ。

Fig. 3-2 shows the refrigeration cycle on a Mollier diagram of the air-conditioner in Fig. 3-1. Show the change of the refrigerant state in the condenser of this air-conditioner as  $x \rightarrow y$  using  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , and  $d$  in Fig. 3-2.

- 2) このエアコンの成績係数 (COP) を Fig. 3-2 の比エンタルピー  $h_a (= h_b)$ ,  $h_c$ ,  $h_d$  で表せ。

Express the Coefficient of Performance (COP) of this air-conditioner using the specific enthalpies of  $h_a (= h_b)$ ,  $h_c$ , and  $h_d$  in Fig. 3-2.

- 3) 一般に外気温度が低下すると COP が向上する。その理由をエアコンにおける冷凍サイクルの変化に基づいて 50 字程度で説明せよ。

In general, COP improves as outdoor air temperature decreases. Describe its reason with about 30 words based on changes of a refrigeration cycle in an air-conditioner.

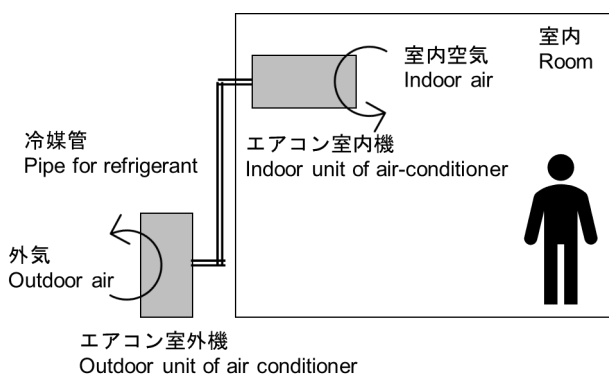


Fig. 3-1

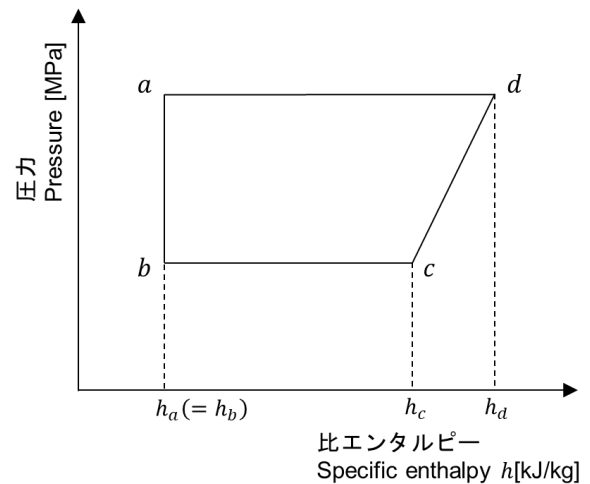


Fig. 3-2

- (2) Fig. 3-3 は前問(1)の Fig. 3-1 における冷房時 ( $t = 10 \sim 16$  時) の外気温度  $\theta_{o,t} [^{\circ}\text{C}]$  (Fig. 3-3 上段) と室温  $\theta_{i,t} [^{\circ}\text{C}]$  (Fig. 3-3 下段) の変化を示している。全ての時刻において瞬時に定常状態が成り立つものとし、冷房の開始時と停止時では、当該時刻の直前と直後の2つの室温  $\theta_{i,t}^{-} [^{\circ}\text{C}]$ 、 $\theta_{i,t}^{+} [^{\circ}\text{C}]$  を設け、室温の跳躍を表すものとする。すなわち、例えば 10 時に冷房が開始される場合、10 時の室温  $\theta_{i,10}^{-}$  は限りなく 10 時に近い直前の自然室温を表し、10 時の室温  $\theta_{i,10}^{+}$  は限りなく 10 時に近い直後の冷房時の室温  $26^{\circ}\text{C}$  を表す。各時刻において、室温  $\theta_{i,t}$  に対する冷房負荷  $Q_t [\text{W}]$ 、あるいは室温  $\theta_{i,t}^{-}$ 、 $\theta_{i,t}^{+}$  に対する冷房負荷  $Q_t^{-} [\text{W}]$ 、 $Q_t^{+} [\text{W}]$  が次の式で与えられるとき、以下の問いに答えよ。
- Fig. 3-3 shows the changes of the outdoor air temperature  $\theta_{o,t} [^{\circ}\text{C}]$  (the upper part of Fig. 3-3) and the indoor air temperature  $\theta_{i,t} [^{\circ}\text{C}]$  (the lower part of Fig. 3-3) during the cooling time ( $t = 10:00$  to  $16:00$ ) in Fig. 3-1 of the previous question (1). It is assumed that instantaneous steady states hold at all times, and at the start time and the stop time of the cooling, two indoor air temperatures  $\theta_{i,t}^{-} [^{\circ}\text{C}]$ ,  $\theta_{i,t}^{+} [^{\circ}\text{C}]$  immediately before and after the relevant time are set to represent the jump of the indoor air temperature. Namely, for example, if the cooling starts at 10:00, the indoor air temperature  $\theta_{i,10}^{-}$  at 10:00 represents the natural indoor air temperature immediately before 10:00, and the indoor air temperature  $\theta_{i,10}^{+}$  at 10:00 represents the indoor air temperature  $26^{\circ}\text{C}$  of the cooling time immediately after 10:00, as close to 10:00 as possible. At each time, if the cooling load  $Q_t [\text{W}]$  for the indoor air temperature  $\theta_{i,t}$  or the cooling loads  $Q_t^{-} [\text{W}]$ ,  $Q_t^{+} [\text{W}]$  for the indoor air temperature  $\theta_{i,t}^{-}$ ,  $\theta_{i,t}^{+}$  are given by the following equations, answer the questions below.

時刻が、冷房時間帯で、冷房の「開始時または停止時」以外のとき

When the time is during the cooling time and not “at the start or the stop” of the cooling,

$$Q_t = A(\theta_{o,t} - \theta_{i,t})$$

時刻が、冷房の「開始時または停止時」のとき

When the time is “at the start or the stop” of the cooling,

$$Q_t^{-} = A(\theta_{o,t}^{-} - \theta_{i,t}^{-})$$

$$Q_t^{+} = A(\theta_{o,t}^{+} - \theta_{i,t}^{+}) + B(\theta_{i,t}^{-} - \theta_{i,t}^{+})$$

ここで、 $A$  および  $B$  は、室の熱的特性を表す定数とし、いずれも正值とする。

Here,  $A$  and  $B$  are constants representing the thermal characteristics of the room, both of which are positive values.

- Fig. 3-3 中の外気温度と室温の数値を用いて、12 時のときの冷房負荷  $Q_{12} [\text{W}]$  とエアコンの消費電力  $E_{12} [\text{W}]$  をそれぞれ式で表せ。このときのエアコンの COP を  $COP_{12} = \alpha$  ( $\alpha > 0$ ) とする。  
Using the values of the outdoor air temperature and the indoor air temperature in Fig. 3-3, express the cooling load  $Q_{12} [\text{W}]$  and the electric power of the air-conditioner  $E_{12} [\text{W}]$  at 12:00 by the formulae respectively. Here, the COP of the air-conditioner at this time is  $COP_{12} = \alpha$  ( $\alpha > 0$ ).
- 12 時に冷房を停止し、14 時に再び冷房 (室温  $\theta_{i,14}^{+} = 26^{\circ}\text{C}$ ) を開始すると、室温変化が Fig. 3-3 下段のものと異なったものになる。この場合の 12 時の冷房停止直後の室温  $\theta_{i,12}^{+}$  を式で表せ。  
If the cooling is stopped at 12:00 and started again at 14:00 (indoor air temperature  $\theta_{i,14}^{+} = 26^{\circ}\text{C}$ ), the change of the indoor air temperature becomes different from ones shown in the lower part of Fig. 3-3. In this case, express the indoor air temperature  $\theta_{i,12}^{+}$  immediately after 12:00 when the cooling is stopped by a formula.

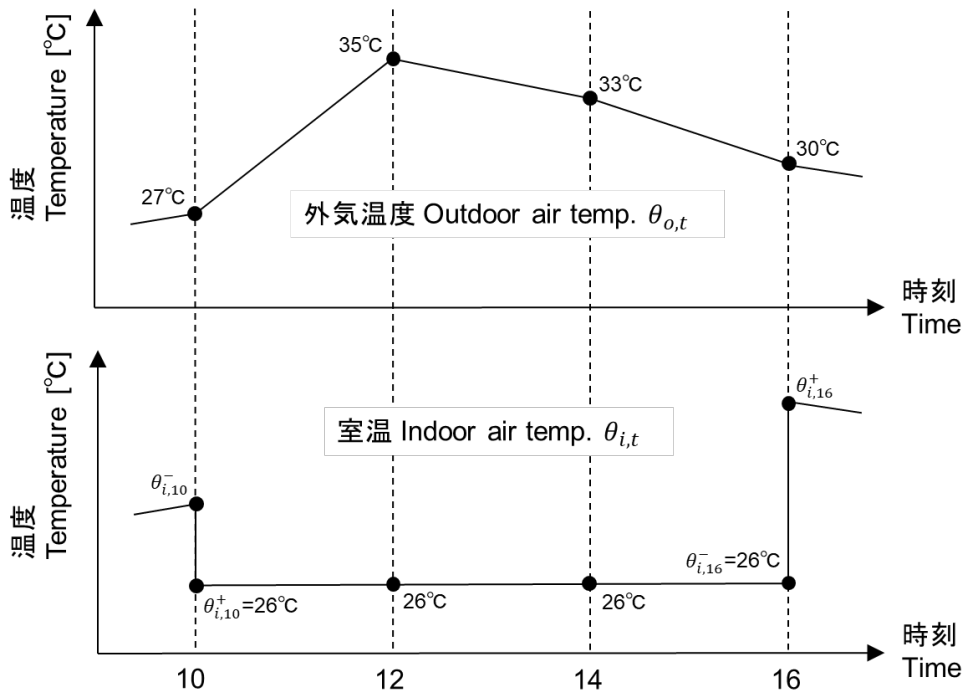


Fig. 3-3

- 3) Fig. 3-3 の 10～16 時の間のエアコンの最大消費電力  $P_1$ [W] は 12 時の消費電力であった。12 時に冷房を停止し、14 時に再び冷房 (室温  $\theta_{i,14}^+ = 26^\circ\text{C}$ ) を開始したときの 14 時の消費電力  $E_{14}^+$ [W] が、最大消費電力  $P_1$  を超えないための条件を  $A$  と  $B$  で表せ。ただし、12 時の直前・直後、14 時の直前・直後のエアコンの COP を  $COP_{12}^- = COP_{12}^+ = \alpha$ 、 $COP_{14}^- = COP_{14}^+ = 1.2 \times \alpha$  とする。

The maximum electric power  $P_1$ [W] of the air-conditioner between 10:00 to 16:00 in Fig. 3-3 is the electric power at 12:00. Using  $A$  and  $B$ , express the condition for the electric power  $E_{14}^+$  [W] at 14:00 when the cooling is stopped at 12:00 and started again at 14:00 (indoor air temperature  $\theta_{i,14}^+ = 26^\circ\text{C}$ ) not to exceed the maximum electric power  $P_1$ . Here, the COPs of the air-conditioner immediately before and after 12:00 and ones before and after 14:00 are  $COP_{12}^- = COP_{12}^+ = \alpha$ ,  $COP_{14}^- = COP_{14}^+ = 1.2 \times \alpha$ , respectively.

- 4) 電力システムの安定化や再生可能エネルギー導入拡大のために、需要側がエネルギーシステムを制御して電力需要パターンを変化させることを一般にデマンドレスポンスというが、デマンドレスポンスを実施する際に需要側で注意しなければならないことを 50 文字程度で述べよ。

It is generally called “Demand Response” when the demand side controls the energy system and changes the electric power demand patterns in order to stabilize electric power grids and to expand introduction of renewable energy. Describe what the demand side must pay attention to when implementing “Demand Response” in about 30 words.

- (3) Fig. 3-4 の空調システム（一部省略）における空調機のエアフィルタの除じん率について、以下の問いに答えよ。

Answer the following questions about the dust removal rate of the air filter built into the air handling unit in the air-conditioning system (simplified in some parts) shown in Fig. 3-4.

- 1) 室内で浮遊粉じんが発生しているとする。室内に流入および発生する粉じん量と室内から流出する粉じん量のバランスから、エアフィルタの除じん率  $\eta$  [%] を求める式を示せ。ここで、外気粉じん濃度  $C_{OA}$  [mg/m<sup>3</sup>]、室内粉じん濃度  $C$  [mg/m<sup>3</sup>]、室内発じん量  $G$  [mg/h]、外気導入量  $Q_{OA}$  [m<sup>3</sup>/h]、還気量  $Q_{RA}$  [m<sup>3</sup>/h] とする。

Assume airborne dust is being generated in the room. Express the equation to determine the dust removal rate  $\eta$  [%] of the air filter from the balance between the amount of the dust flowing into and generated in the room and the amount of the dust flowing out of the room. Here,  $C_{OA}$  [mg/m<sup>3</sup>] is the outdoor air dust concentration,  $C$  [mg/m<sup>3</sup>] the indoor air dust concentration,  $G$  [mg/h] the indoor dust generation,  $Q_{OA}$  [m<sup>3</sup>/h] the outdoor air volume and  $Q_{RA}$  [m<sup>3</sup>/h] the return air volume.

- 2) 前問 1) の部屋において、 $C_{OA} = 0.05$  mg/m<sup>3</sup>、 $G = 500$  mg/h、 $Q_{OA} = 2000$  m<sup>3</sup>/h、 $Q_{RA} = 3000$  m<sup>3</sup>/h のとき、 $C = 0.20$  mg/m<sup>3</sup> であった。最初に、日本の建築物環境衛生管理基準における室内粉じん濃度の基準値を答えよ。次に、その基準値を順守するには、エアフィルタの除じん率を何倍にすればよいか。小数点以下を四捨五入し、整数で答えよ。

For the room in the previous question 1), when  $C_{OA} = 0.05$  mg/m<sup>3</sup>,  $G = 500$  mg/h,  $Q_{OA} = 2000$  m<sup>3</sup>/h, and  $Q_{RA} = 3000$  m<sup>3</sup>/h,  $C$  was 0.20 mg/m<sup>3</sup>. Firstly, answer the standard value for the indoor air dust concentration in the Standard for Building Environment and Health Controls of Japan. Next, to comply with the standard value, what should the dust removal rate of the air filter be multiplied by? Answer it in integers, rounding to the nearest whole number.

- 3) 前問 2) の  $C = 0.20$  mg/m<sup>3</sup> のときのエアフィルタの除じん率をそのままにして、室内粉じん濃度の基準値を順守するには、外気導入量を増加させる必要がある。還気量は変化しないものとして、外気導入量をいくら以上にすればよいか。数値を答えよ。

To comply with the standard value of the indoor air dust concentration while the dust removal rate of the air filter at the case of  $C = 0.20$  mg/m<sup>3</sup> in the previous question 2) is not changed, the outdoor air volume must be increased. Assuming that the return air volume is not changed, how much more should the outdoor air volume be? Answer the value.

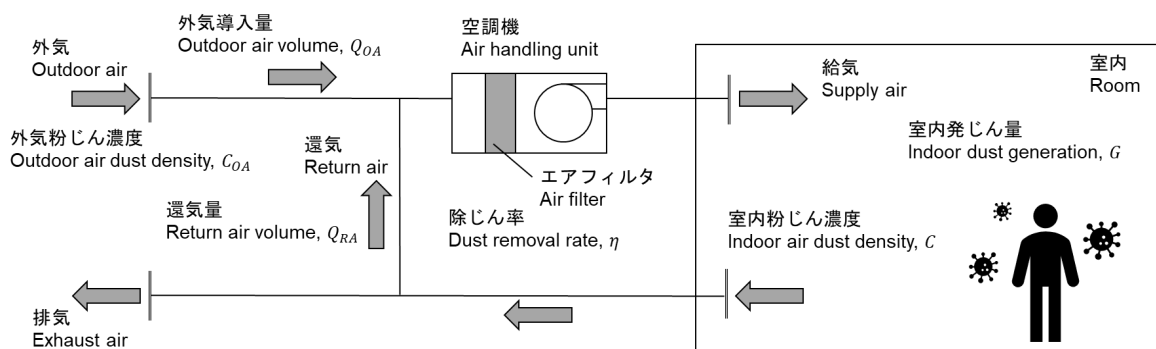


Fig. 3-4

- (4) Fig. 3-5 の空調システム (一部省略) において、設定室温 26 °C に室温が冷房状態で維持されており、図中の機器は全て稼働しているものとする。今、設定室温を 28 °C に変更した。以下の問いに答えよ。

In the air-conditioning system (simplified in some parts) shown in Fig. 3-5, the room air temperature is maintained at the setpoint value of 26 °C in the cooling state, and all devices in Fig. 3-5 are in operation. Now, the setpoint value is changed to 28 °C. Answer the following questions.

- 1) 次の①から④の文章は、設定室温を 28 °C に変更した後に、一般的な自動制御によって生じる機器動作を説明している。[ ]内に当てはまる適切な用語を[ ]内の番号とともに答えよ。

The following sentences of ① to ④ describe the behavior of the devices that occur by general automatic controls after the setpoint value is changed to 28 °C. Answer an appropriate term that applies to the [ ] along with the number in the [ ].

- ① 冷房負荷が減少したことを検知して、[ 1 ]ユニットの[ 2 ]の開度が小さくなる。  
 Detecting that the cooling load has decreased, the opening degree of the [ 2 ] in the [ 1 ] unit decreases.
- ② ①を検知して、[ 3 ]の開度が小さくなり、[ 4 ]の出口空気温度 (= 給気温度) が高くなる。  
 Detecting ①, the opening degree of the [ 3 ] becomes smaller and the outlet air temperature (= supply air temperature) of the [ 4 ] becomes higher.

- ③ ①が継続していることを検知して、空調機ファンの[ 5 ]が小さくなる。  
 Detecting that ① is continuing, the [ 5 ] of the fan in the air handling unit becomes smaller.

- ④ ②によって配管内の[ 6 ]が高くなっていることを検知して、冷水二次ポンプの[ 5 (前出) ]が小さくなる。  
 Detecting that [ 6 ] in the pipe is getting higher by ②, the [ 5 (same as above) ] of the secondary pumps for the cold water becomes smaller.

- 2) 前問 1)の④に続いて生じる機器動作を 2 つあげよ。「XXX の減少 (増加) を検知して YYY の ZZZ が小さく (大きく) なる」というような書き方で答えること。

List two behaviors of the devices that occur following ④ in the previous question 1). Answer them by writing way such as “Detecting the decrease (increase) of the XXX, ZZZ of YYY becomes smaller (larger)”.

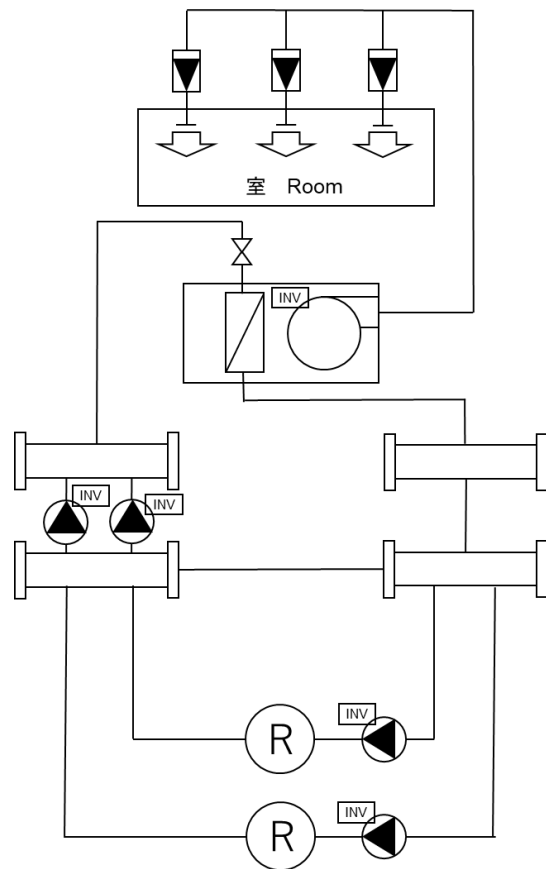


Fig. 3-5



- (5) Fig. 3-6 の給水管について、以下の問いに答えよ。管内の水は A 点から B 点の方向に流れているものとする。

Answer the following questions for the supply water pipe shown in Fig. 3-6. The water in the pipe is flowing in the direction from the point of A to the point of B.

- 1) A 点の静圧  $P_A$ [Pa]、流速  $V_A$ [m/s]、高さ  $Z_A$ [m]、B 点の静圧  $P_B$ [Pa]、流速  $V_B$ [m/s]、高さ  $Z_B$ [m]、AB 間の配管の圧力損失  $\Delta P$ [Pa]、水の密度  $\rho$ [kg/m<sup>3</sup>]、重力加速度  $g$ [m/s<sup>2</sup>]としたとき、ベルヌーイの定理に基づいた A 点と B 点の関係を表すエネルギー保存の式を表せ。

$P_A$ [Pa] is the static pressure,  $V_A$ [m/s] the water flow velocity and  $Z_A$ [m] the height at the point of A, and  $P_B$ [Pa] is the static pressure,  $V_B$ [m/s] the water flow velocity and  $Z_B$ [m] the height at the point of B.  $\Delta P$ [Pa] is the pressure drop in the pipe between the points of A and B,  $\rho$ [kg/m<sup>3</sup>] the density of water and  $g$ [m/s<sup>2</sup>] the acceleration of gravity. Express a formula of energy conservation representing the relationship between the points of A and B based on Bernoulli's theorem.

- 2) B 点の静圧が A 点の静圧よりも小さくならないための A 点と B 点の水平方向の距離  $L$ [m]の条件式を示せ。ただし、 $P_A = 100$  kPa、 $Z_A = 5$  m、 $Z_B = 2$  m、 $\rho = 1000$  kg/m<sup>3</sup>、 $g = 10$  m/s<sup>2</sup>とし、配管内径と管内流速は一定、直管 1 m あたりの配管の圧力損失 1 kPa/m、曲がり・継手・弁類等の全体の相当管長は実管長の 100%とする。

Express a conditional formula for the horizontal distance  $L$ [m] between the points A and B so that the static pressure at the point of B is not less than ones at the point of A. Here,  $P_A = 100$  kPa,  $Z_A = 5$  m,  $Z_B = 2$  m,  $\rho = 1000$  kg/m<sup>3</sup> and  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>, and the inner diameter of the pipe and the water flow velocity in the pipe are constant, the pressure drop in the pipe per 1 m of a straight pipe is 1 kPa/m, and the equivalent pipe length for the whole of bends, joints, valves, etc. is 100 % of the actual pipe length.

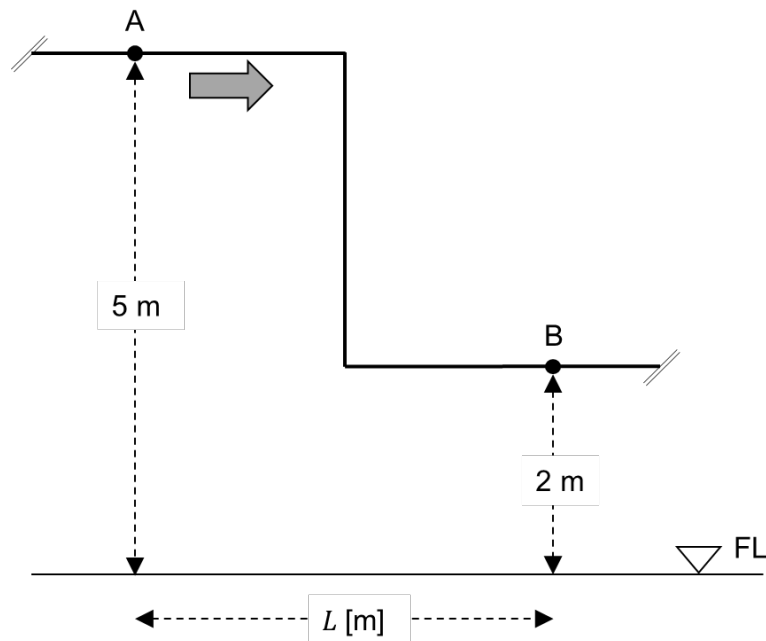


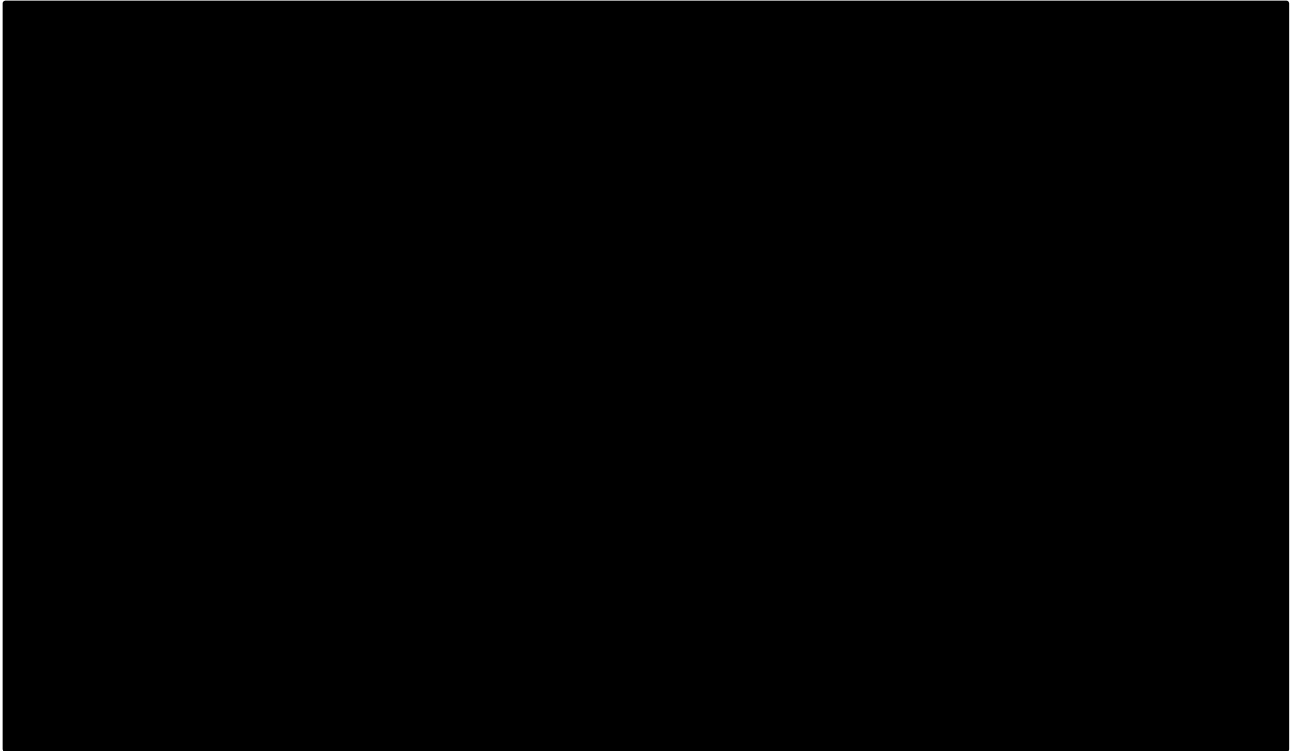
Fig. 3-6

(6) 以下の問いに答えよ。

Answer the following questions.

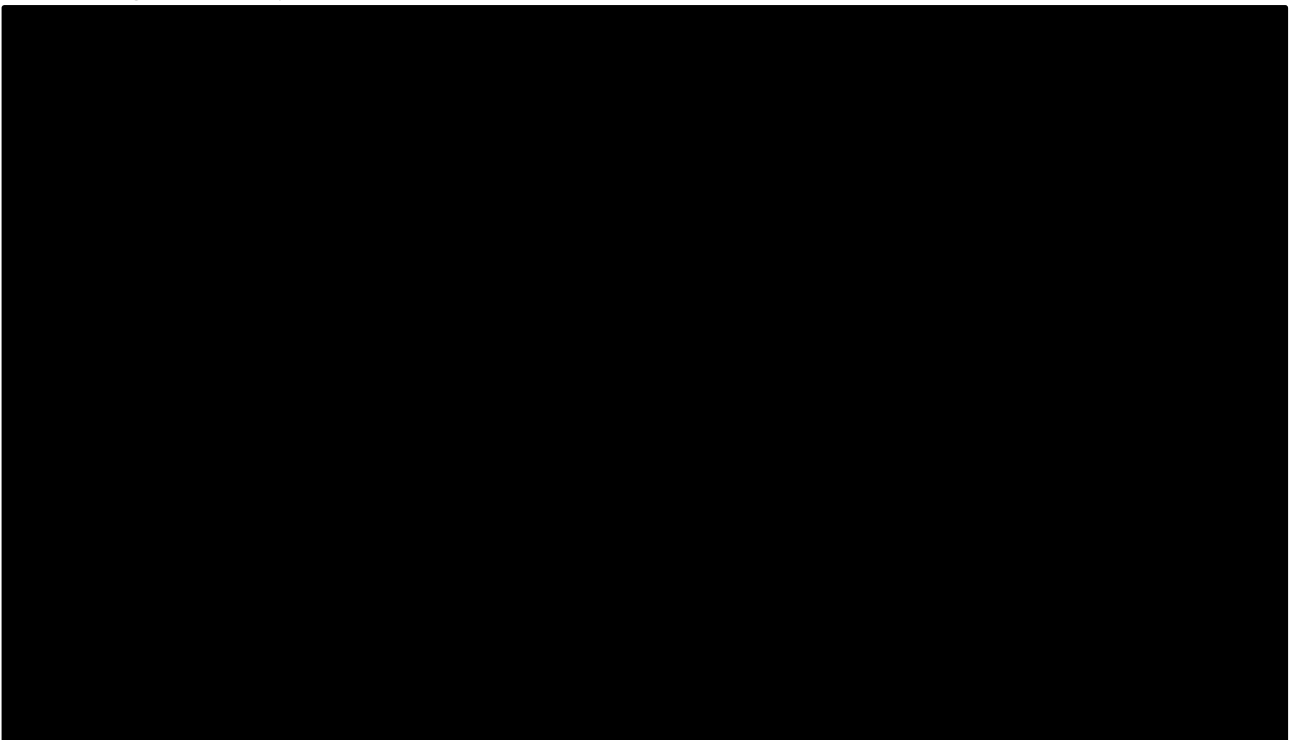
1) 照明設備に関する次の記述のうち、不適當なもの2つの番号を答えよ。

Identify the two numbers that are not appropriate among the following descriptions regarding lighting systems.



2) 給排水・通気設備に関する次の記述のうち、不適當なもの2つの番号を答えよ。

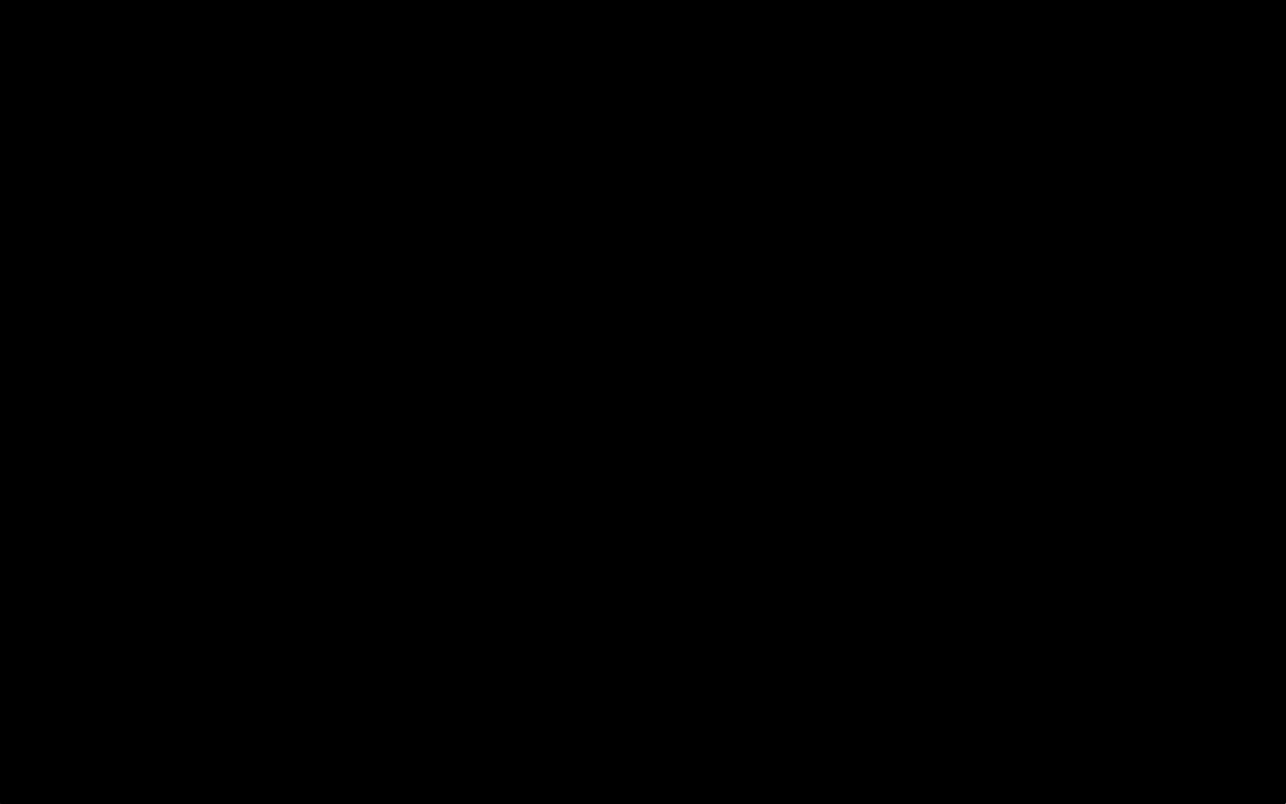
Identify the two numbers that are not appropriate among the following descriptions regarding water supply, drainage and vent systems.





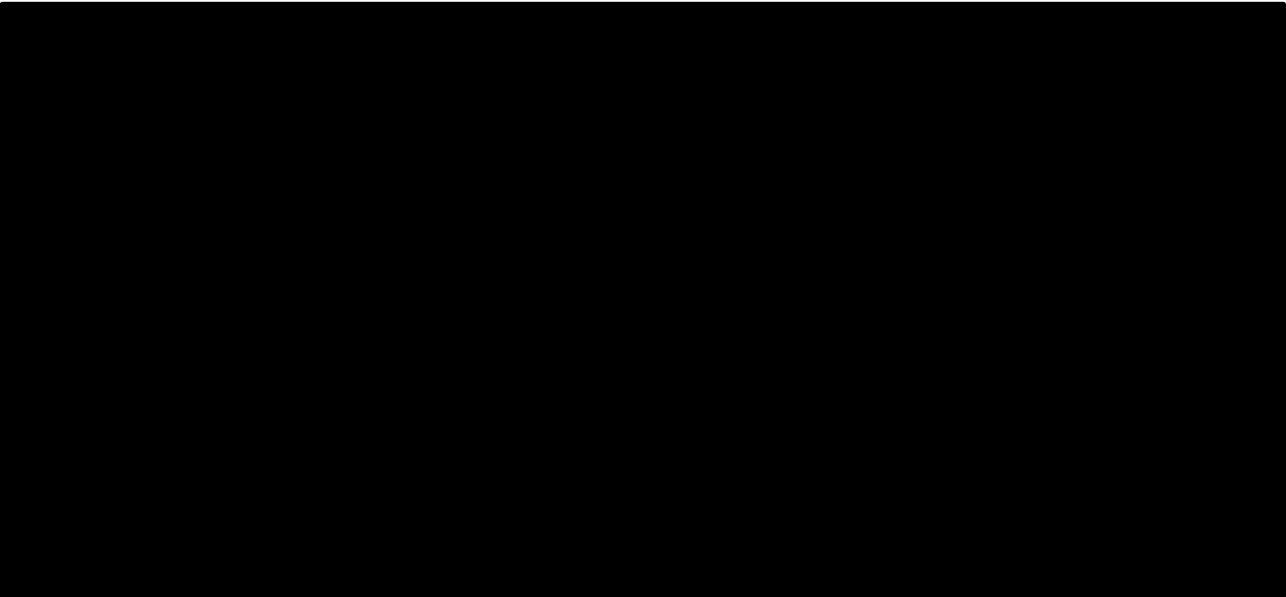
3) 給湯設備に関する次の記述のうち、不適當なもの2つの番号を答えよ。

Identify the two numbers that are not appropriate among the following descriptions regarding hot water supply systems.



4) 搬送設備（エレベータ）に関する次の記述のうち、不適當なもの2つの番号を答えよ。

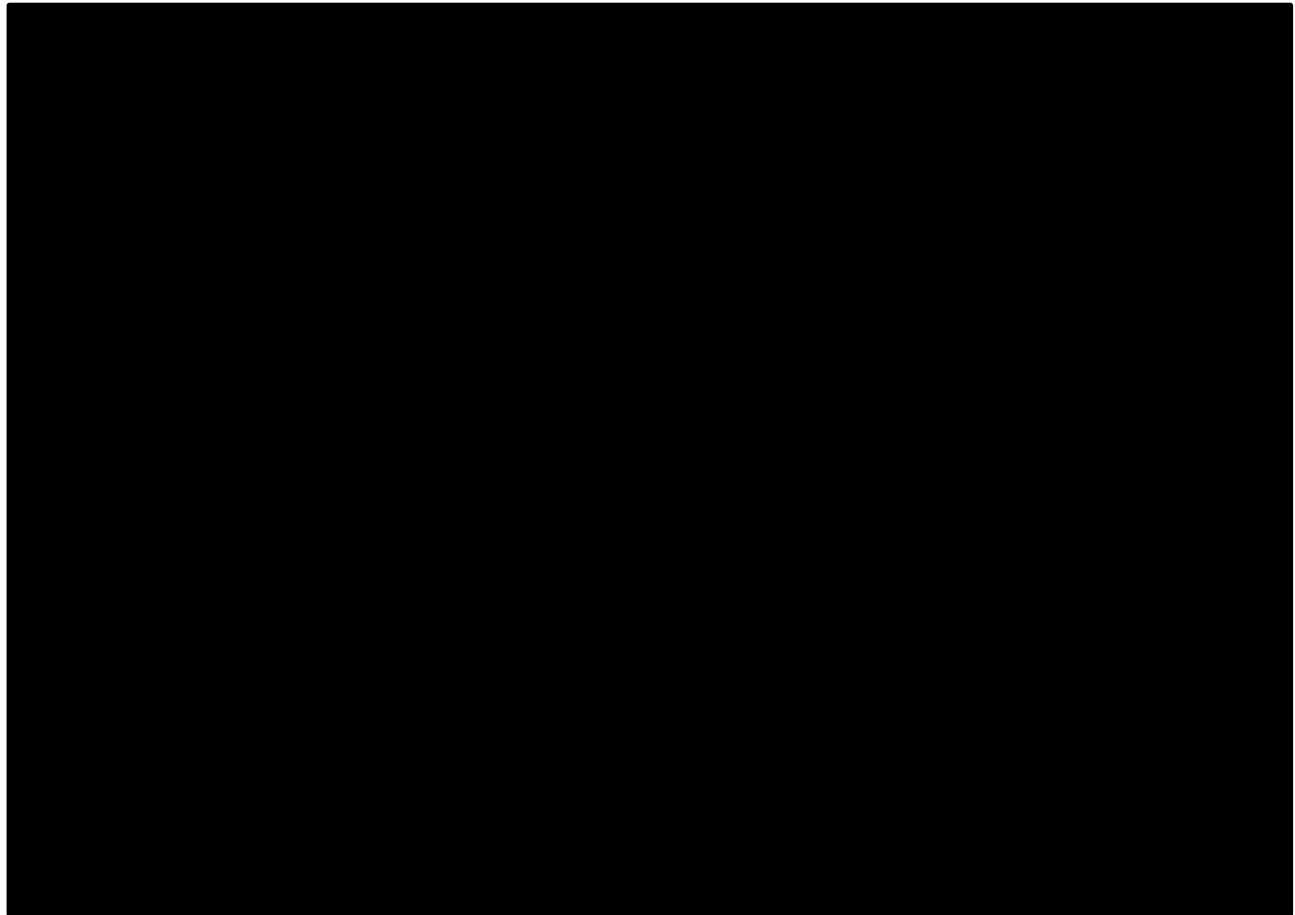
Identify the two numbers that are not appropriate among the following descriptions regarding transport systems (elevators).





5) 維持管理に関する次の記述のうち、不適當なもの2つの番号を答えよ。

Identify the two numbers that are not appropriate among the following descriptions regarding maintenance.



(このページには何もありません。)  
(This page is intentionally blank.)

(このページには何もありません。)  
(This page is intentionally blank.)

(このページには何もありません。)  
(This page is intentionally blank.)

## 注意事項 [Attention]

試験の開始の合図があるまでは、問題冊子を開いて見てはいけません。また答案用紙・草稿用紙には何も記入してはいけません。試験開始の合図があるまで、以下の注意事項をよく読んで下さい。

You must NOT open this problem booklet or write anything down on the sheets before the start sign of the examination. Read the following directions carefully.

1. 配布されるものは、問題冊子1冊、答案用紙3枚、草稿用紙3枚です。まず、上記のものが間違いなく配布されていることを確かめて下さい。もし、配布されているものに過不足がある場合には、手を挙げて試験監督の指示に従って下さい。

One problem booklet, three answer sheets, and three draft sheets are distributed. First, ascertain that these things are distributed. In the case of either too many or too few, raise your hand and follow the directions of the proctor.

2. 試験開始の合図の後、まず、3枚すべての答案用紙の所定の欄に受験番号を記入しなさい。答案用紙に、答案、受験番号以外の、氏名が特定できるような文字、記号等を記入すると失格となります。

Write down your examination registration number in the designated box on all the answer sheets after the start signal of the examination. Note that you will be disqualified, if some characters or symbols which can indicate your name are written down, except for the examination registration number and answers.

3. 試験開始の合図の後、問題冊子を確認して下さい。問題冊子は、表紙・裏表紙を含めて24ページです。落丁のある場合あるいは印刷が不鮮明な場合には、手を挙げて試験監督者の指示に従ってください。

Ascertain this problem booklet after the start signal of the examination. This problem booklet has 24 pages including the cover and back cover. Raise your hand and follow the directions of the proctor, if there is a missing page or when printing is unclear.

4. 問題は全部で3問あります。全問を解答しなさい。答案は、答案用紙の所定の欄に問題番号を記入し、答案用紙1枚に1問ずつ解答しなさい。どうしても足りない場合には、解答は答案用紙の裏面を使用してもかまいません。ただし、裏面を使用する場合には、表の面の右下の（裏面に続く）にチェックを記入しなさい。

There are three problems: Answer all problems in the examination. Write down each problem number in the designated box on each answer sheet. Use each specified answer sheet for each problem. You may use the back side of the answer sheet if the front side of the answer sheet is not enough for your answer. Check the box on the bottom right, when you use the back side.

5. 問題文は、和文（日本語）を正文とします。英文の問題文は参考です。

Japanese text is the official problem. The English one is only for reference.

6. 解答はできるだけ日本語で解答しなさい。やむを得ず外国語を用いる場合、英語を使用しなさい。

Answer in Japanese as far as possible. Use English when you unavoidably use a foreign language.

7. 試験終了後、解答が未記入の答案用紙を含めて、合計3枚すべての答案用紙を提出しなさい。解答が未記入の答案用紙にも受験番号を記入しなさい。答案用紙の提出が2枚以下の場合には、答案全部が無効となります。

Submit all three answer sheets, including the answer sheets on which answer has not been written down, after the examination. In this case, write down your examination registration number in the answer sheet on which answer has not been written down. If you submit two answer sheets or less, all answer sheets become invalid.

8. 問題冊子および草稿用紙は、すべて回収します。ただし、これらは採点の対象にはしません。

After the examination, the problem booklet and the draft sheets will be collected. These will not be used for grading.