

関西学院大学大学院理工学研究科

2025 年度入学試験

(一次：2024 年 8 月 2 日実施)

専門科目

建築学専攻

エンジニアリング系(構造、構法、設備、環境)

(論文論述)

(13:10-15:10 120 分)

【試験にあたっての注意】

1. 筆記用具以外はカバンに入れ、カバンは床の上に置くこと。
2. 携帯電話、スマートフォン、ウェアラブル端末、音楽プレーヤー等の音の出る機器の電源を切ること。なお、アラームを設定している人は解除してから電源を切り、カバンにしまうこと。
3. 時計のアラームは解除すること。携帯電話を時計として使用することは認めない。
4. 試験の途中退出は認めない。ただし、やむを得ない場合は挙手し監督者に知らせること。
5. 不審な言動は慎むこと。不正行為が発覚した場合、全科目を 0 点とする。
6. 試験用紙は以下の構成となっている。
 - ① 問題冊子 1 冊
 - ② 選択問題調査書、解答用紙
7. 指示があるまで問題冊子および解答用紙を開かないこと。
8. 解答用紙のホチキスは、はずさないこと（提出時もホチキス留めのまま提出すること）。
9. 各問題は、所定の解答用紙に解答すること。
10. 解答にあたっては、問題冊子および解答用紙に書かれた注意に従うこと。
11. 解答用紙には、氏名は記入せず、受験番号のみを記入すること。
12. 原則、解答用紙の裏面使用は不可。やむを得ず解答欄が不足する場合は＜裏面に続く＞と記載することで、裏面への記載を認める。
13. 試験終了後、問題冊子は各自持ち帰ること。

以上

〔建築学専攻（専門科目「エンジニアリング系」）〕

問題 1 は全 8 題のうちから 3 題を、問題 2 は全 4 題のうちから 2 題を選択し、解答用紙に添付された選択問題調査書の所定欄に、選択・解答する問題を○で囲むこと。
選択した問題に対応する所定の解答用紙を使用すること。

【問題 1】 下記の全 8 題のうちから 3 題を選択し解答しなさい。

[問題 1-1]

近年、都市部で非住宅の中高層木造建築が増加傾向にある。この社会的背景について論述しなさい。

[問題 1-2]

令和 6 年 1 月 1 日に起きた能登半島地震の概要とその被害の状況について説明し、そこから見えてくる建築あるいは都市の安全性向上に向けた課題や今後の対策について、あなたの考えを記述しなさい。

[問題 1-3]

近年、地震時の安心・安全の向上のため免震や制震と呼ばれる技術を建物に組み込むケースが増加している。免震・制震構造について一般的な耐震構造との違いを説明し、現在用いられている具体的な免震・制震技術を図なども交え複数、説明しなさい。

[問題 1-4]

プレキャストコンクリートが積極的に採用された社会的背景について、1960 年代から本格化した壁式構造と、近年超高層マンションに多用されるラーメン構造に着目して論述しなさい。

[問題 1-5]

平成 26 年 4 月 1 日、天井脱落対策に係る一連の技術基準告示（国土交通省平成 25 年告示第 771 号他）が施行された。本告示による「脱落によって重大な危害を生ずる恐れがある天井（特定天井）」の構造耐力上安全な天井の構造方法の考え方について述べなさい。

[問題 1-6]

オフィスビルにおいて、人工照明も含め、室内の光環境を計画する際に留意すべき点を、箇条書きにして、それぞれ説明しなさい。

[問題 1-7]

建築物が地球環境に及ぼす影響を評価する際に用いられる $LCCO_2$ について、その概要と削減手法を説明しなさい。

[問題 1-8]

15 階建ての集合住宅における給排水衛生設備を計画する際に留意すべき点を、箇条書きにして、それぞれ説明しなさい。

【問題 2】 下記の全 4 題のうちから 2 題を選択し解答しなさい。

〔問題 2-1〕

壁面にピンもしくはローラーで固定された 2 種類のトラス構造の庇を考える。なお、2 種類のトラスで部材のヤング係数、断面積は共通で E 、 A とする。また部材の自重は考えないものとする。

1. 図 1-1 に示す「トラス I」は庇の長さが a の最もシンプルなトラス構造である。C 点に鉛直下向きの外力 P が作用するとき、以下の問いに答えなさい。

- (1) このとき A 点の支点反力 (H_A) と B 点の支点反力 (H_B, V_B) を求めなさい。なお、反力の値は、ここでは図の矢印の向きを「+」とし、逆向きの場合「-」で表記するものとする。
- (2) 外力が作用している C 点の鉛直変位を求めなさい。ただし、下向きの変位を「+」とする。計算の過程についても簡潔に記述すること。

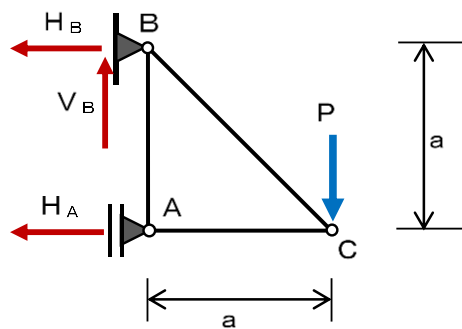


図 1-1 「トラス I」

2. 図 1-2 に示す「トラス II」は庇の長さを $4a$ まで伸ばし、壁面の支持条件も若干変更している。トラス先端の I 点に鉛直下向きの外力 P が作用するとき、以下の問いに答えなさい。

- (1) このとき A 点の支点反力 (H_A, V_A) と B 点の支点反力 (H_B, V_B) を求めなさい。なお、反力の値は、ここでは図の矢印の向きを「+」とし、逆向きの場合「-」で表記するものとする。
- (2) 「トラス II」では「トラス I」と同じ外力 P を受けても、載荷点の鉛直変位は大きく異なることが予想される。「トラス II」の載荷点(I 点)の鉛直変位が「トラス I」の載荷点(C 点)の鉛直変位(1. の結果)の何倍になるかを計算しなさい。計算の過程についても簡潔に記述すること。なお、倍率の計算では、 $\sqrt{2}=1.4$ 、 $\sqrt{3}=1.7$ として計算してよい。

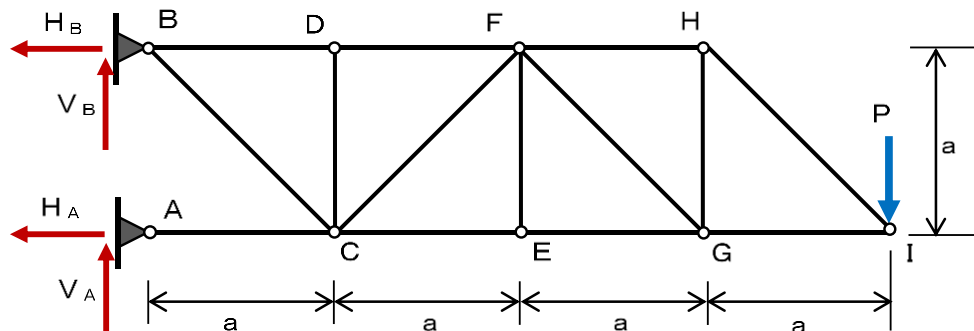


図 1-2 「トラス II」

[問題 2-2]

図 2-1 に示す引張筋かい付きラーメン構造を考える。柱 1、柱 2 は一辺が a の正方形断面で辺は構面に平行であり、筋かいは一辺が $\frac{a}{5}$ の正方形断面である。材料の降伏応力度はいずれも F とし、短期許容引張応力度、短期許容曲げ応力度ともに F とする。長期許容圧縮応力度 f_c は細長比 λ に応じて次式で与えられ、短期許容圧縮応力度はこれの 1.5 倍とする。ただし、限界細長比 $\Lambda = 120$ とし、座屈長さは各部材の材長としてよい。

$$\begin{cases} f_c = \frac{1 - \frac{2}{5}\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2}{\frac{3}{2} + \frac{2}{3}\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2} F & (\lambda \leq \Lambda) \\ f_c = \frac{18}{\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2} F & (\lambda > \Lambda) \end{cases}$$

柱頭は剛梁で連結されており、柱に生じる曲げモーメントの反曲点高比は 0.5 である。短期に相当する水平荷重 Q が作用したとき、水平荷重の分担率は柱が 60%、筋かいが 40%であった。構面外の座屈は拘束されており、また長期荷重および部材の横座屈は無視できるものとし、次の問いに答えなさい。分数や平方根はそのまま解答してよい。

- (1) 筋かいの細長比 λ_B および柱 2 の細長比 λ_C を求めなさい。必要であれば、 a, F, Q を用いてよい。
- (2) 筋かいの軸力 N_B 、柱 2 の軸力 N_C 、柱 2 の曲げモーメント M_C を求めなさい。必要であれば、 a, F, Q を用いてよい。ただし、軸力は引張を正とし、曲げモーメントは絶対値とする。
- (3) 筋かいの短期許容軸力 N_{aB} 、柱 2 の短期許容軸力 N_{aC} 、柱 2 の短期許容曲げモーメント M_{aC} の大きさを求めなさい。必要であれば、 a, F, Q を用いてよい。短期許容軸力については、(1) で求めた軸力が引張なら短期許容引張力、圧縮なら短期許容圧縮力をそれぞれ求めるものとする。
- (4) 軸力と曲げモーメントの相関を考慮し、筋かいと柱 2 のどちらが先に短期許容応力に達するか判定しなさい。

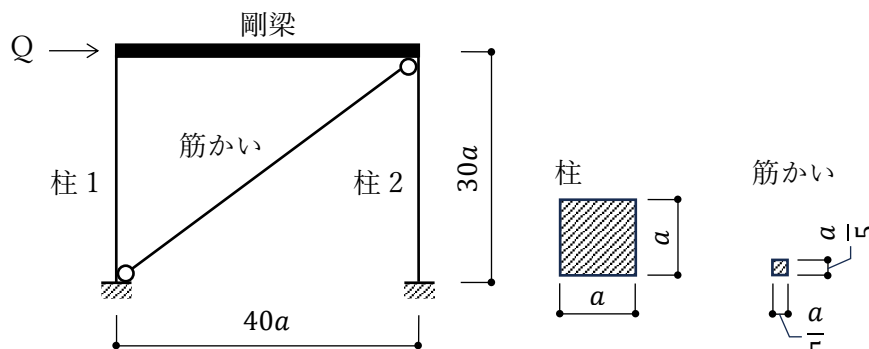
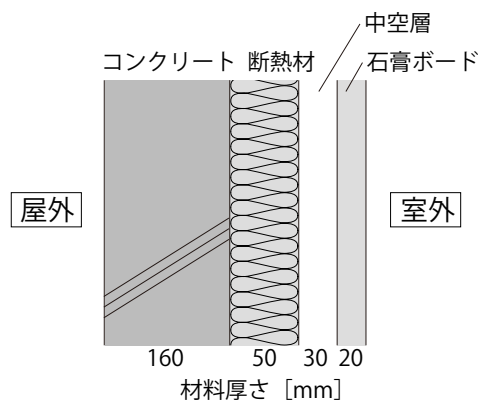


図 2-1

[問題 2-3]

建築物の熱負荷の検討に関する以下の問に答えなさい。全て導出過程も示すこと。

- 1) ステファン・ボルツマン定数 ($5.67 \times 10^{-8} \text{ [W/m}^2\text{K}^4]$) を用いて、外壁近傍で壁面と空気との間に起こる熱伝達のうち、放射による熱伝達率の値を求めなさい。壁、空気はいずれも放射率 0.9 [－] の灰色体とし、壁表面と壁に面する空気には温度差はあるが、いずれも常温付近の 300 [K] であるものと仮定して計算しなさい。
- 2) 図に示す断面構成の外壁について、熱貫流率を求めなさい。ただし、各部材の熱伝導率は、コンクリート：1.6 [W/mK]、断熱材：0.025 [W/mK]、石膏ボード：0.20 [W/mK] とし、中空層の熱抵抗は 0.090 [m²K/W] とする。また、屋外側、室内側の総合熱伝達率はそれぞれ、23 [W/m²K]、9 [W/m²K] とする。



- 3) 室内での顕熱負荷の合計が 20 [kW] であった時、室温設定 26℃、吹出温度 16℃で空調する際に必要な空調風量を求めなさい。ただし、吸込温度は室温と等しいものとし、空気の定圧比熱を 1000 [J/kgK]、空気の密度を 1.2 [kg/m³] とする。

[問題 2-4]

風に関する以下の文章を読み、問いに答えなさい。なお、5)、6) については、導出過程も示すこと。

風とは狭義には水平方向の空気の流れのことである。夏季に日本周辺に高温高湿をもたらす(a) 気団からの風は(b) 寄りである。これは、夏には強い日射によって暖められた(c) で上昇気流が発生して(d) が形成され、(e) の空気が(f) に向かって流れ込むためである。

①地形的条件などによって局地的に発達する局地風には、海陸風やフェーン現象による風などがある。②海陸風は、海岸部では昼間、海面温度よりも陸地の温度がより高温になるために発生する。

また、地形に沿って風が上昇、下降することで、気温が変化する。例えば気温 15℃、相対湿度 100% の風が山岳に当たり、周囲と熱交換をせずに一気に高さ 1000m の山頂まで上昇すると、気温は(あ)℃になり、さらに斜面を 1000m 下ると、その地点での気温は(い)℃になる。このような現象を(g)という。日本では(h) 寄りの風が吹く夏期に(i) 側で、この現象により異常に高温低湿になることがある。

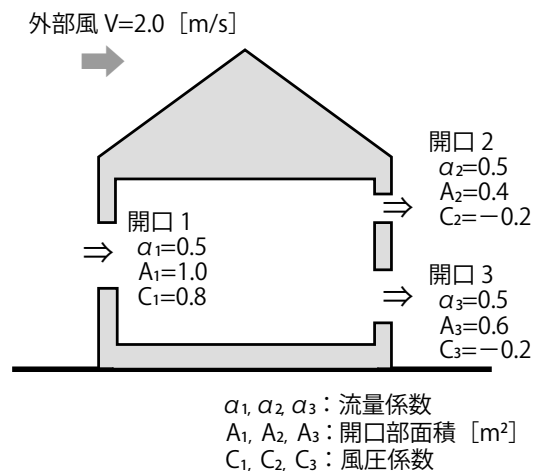
風と建築物との関わりをみた場合、風は(j) の駆動力として重要である。その土地での(k) 風を知ることで、計画的に活用できる可能性はあるが、常時一定の風向、風速にはならない点に難しさがある。

風は音環境にも影響を及ぼす。風により音が屈折することがあり、③風下方向では遠方まで音が到達しやすい。

- 1) (a) ～ (k) 内に入る適切な言葉を下の選択肢から選び答えなさい。同じ言葉を複数回使ってもよい。

【選択肢】

大陸性、海洋性、東、西、南、北、最大、地域、卓越太平洋、インド洋、日本海、ユーラシア大陸、前線高気圧、低気圧、換気、通風、除湿、設備、山谷風季節風、ドライフェーン、ウェットフェーン



- 2) (あ) ～ (い) 内に入る適切な数値を答えなさい。
- 3) 下線部①について、都市のヒートアイランド現象に伴い、都市およびその近郊を含むスケールで局地風が生じることがある。そのメカニズムと都市気候への影響を説明しなさい。
- 4) 下線部②について、海面温度が上昇しにくい理由を 3 つ挙げて説明しなさい。
- 5) 建築物の開口部と風が図に示すような状態にあるときの換気量を求めなさい。
- 6) 図の状態において、風による換気のみを利用する場合、CO₂ 濃度に基づいた必要換気量からこの建物の収容可能人数を求めなさい。ただし、1 名あたりの CO₂ 発生量：20 [l/h]、外気の CO₂ 濃度：400 [ppm]、室内の CO₂ 濃度基準：1000 [ppm] とする。
- 7) 下線部③について、その理由を説明しなさい。

出題意図

建築一般構造Ⅰ・Ⅱ、建築構造力学Ⅰ・Ⅱ、建築材料学、建築環境工学、建築設備、建築施工、建築構造デザイン、各種構造設計から、応用力を問う問題を出題した。

専門科目「エンジニアリング系」_ 解答および解答例

【問題 1】

[問題 1-1] 要点のみ箇条書きで示す

- ・ 日本で戦後植林された森林資源が活用期を迎えていること
- ・ 脱炭素社会への貢献
- ・ 山地の災害防止および土壌保全への貢献
- ・ 耐震技術や防耐火技術の進歩
- ・ 平成 22 年「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」制定、令和 3 年「脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律」改題による、木材利用の促進など

[問題 1-2] (令和 6 年能登半島地震)

報道などで発表されている地震の特性(気象庁マグニチュード 7.6、震度 7、等)や被害の様相(液状化、道路等のインフラの被害、等)について、ある程度把握して記載できているかを確認する。

被害の状況を踏まえ、建築あるいは都市の安全性向上や今後の課題について各自の考えが適切に記載できているかを確認する。

[問題 1-3] (免震・制震)

一般的な耐震構造に対し、免震構造では積層ゴムなどのデバイスを用い、地盤の揺れが建物に伝わるのを極力抑えるようにする。一方、制震構造では建物の内部に揺れのエネルギーを吸収する何らかのデバイスを配置し、地震による揺れの増大を抑えようとするものが最近の主流である。

具体的な事例は多数あるため、その何れかについて適切に説明できているかを確認する。

[問題 1-4] 要点のみ箇条書きで示す

- ・1960年代は住宅不足が深刻な状況であり、中低層の集合住宅の早急な大量供給が必要であったこと。
- ・施工現場の省力化などが求められ、建築の一部をあらかじめ別の場所で製作し、現場で組み立てるプレキャストコンクリートが実用化されてきたこと。
- ・最近の超高層マンションは、高層階の現場打は作業の効率性が低く、工期短縮・人手削減などのためプレキャストコンクリートが求められていること。
- ・超高層マンションはRCラーメン構造が主流であるため、壁や床などに加えて柱も工場で製作し、様々な方法で現場組み立てを行っていること。

[問題 1-5] 要点のみ箇条書きで示す

- ・特定の条件を満たす天井（特定天井）に対し、構造耐力上の安全な構造方法を定めていること。
- ・特定天井の安全な構造方法の検証方法は、一定の仕様に適合することで検証、告示で定めた計算で検証、大臣の認定による検証など、大きく三つの方法があること。
- ・水平方向の地震力に対し、斜め部材等を配置し、周辺にクリアランスを確保する方法があること。
- ・実例では、天井を撤去する場合や直天井にする場合が増えていること。
- ・特定天井の耐震性は強化されたものの、クリアランスの確保により遮音性や断熱性に工夫が必要になったこと。

[問題 1-6]

主な留意点は以下の通りである。

1. 適切な照度の確保（JIS 基準、用途に応じた照度）
 2. 均一な明るさの確保・グレアの防止（照明器具の配置や反射、ルーバー等の活用）
 3. 昼光利用の最適化（効果的な活用とブラインド等による調整）
 4. 調光・照明制御システムの導入（昼光センサー、人感センサー）
 5. 色温度と演色性の配慮（作業効率を考慮した色温度、演色性）
 6. エネルギー効率の向上（LED 証明、タスク照明・アンビエント照明）
 7. 心理的・生理的な影響の考慮（自然光に近い照明、調光） 等
- （詳細は省略）

[問題 1-7]

建築物は一般に以下に示すライフサイクルを持つ。LCCO₂とは建築物のライフサイクルの各段階で排出される CO₂の総量である。各段階で CO₂排出量削減の工夫をすることにより、LCCO₂を削減することができる。

1. 計画・設計（配置計画、自然エネルギーの利用等、パッシブ手法による省エネルギー化）
2. 資材の製造・施工（資材製造工程の見直し、建設機械や輸送に伴う CO₂の削減）
3. 使用・維持管理（建物で使用されるガス、電気などのエネルギーの削減）
4. 再生・解体・廃棄（効果的な再生、廃材の再利用）

（詳細は省略）

[問題 1-8]

主な留意点は以下の通りである。

1. 給水方式の選定（直結増圧式または高置水槽方式）
2. 給水圧力の適正化（高層階での水圧不足、高層階と低層階の水圧差）
3. 給湯設備の計画（ヒートポンプ式給湯器等による省エネルギー化）
4. 排水方式の選定（通気管の適切な配置）
5. メンテナンス・更新の容易さ（メンテナンススペース、搬出入経路）
6. 衛生器具の選定と設置（省エネ器具、節水型器具、バリアフリー化）
7. 防災・非常時の対策（非常用発電機による停電時のポンプ運転） 等

（詳細は省略）

【問題 2】

[問題 2-1]

1.

(1) 支点反力

$$H_A = -P, \quad H_B = P, \quad V_B = P$$

(2) 載荷点の鉛直変位

仮想仕事の原理を用いて計算する。

部材	部材長さ： L_j	軸力： N_j	仮想軸力： $\bar{N}_j$
AB	a	0	0
AC	a	$-P$	-1
BC	$\sqrt{2}a$	$\sqrt{2}P$	$\sqrt{2}$

$$\delta_c = \frac{1}{EA} \sum L_j N_j \bar{N}_j = (1 + 2\sqrt{2}) \frac{Pa}{EA}$$

2.

(1) 支点反力

$$H_A = -4P, \quad V_A = 0, \quad H_B = 4P, \quad V_B = P$$

(2) 載荷点の鉛直変位

仮想仕事の原理を用いて計算する。

部材	部材長さ： L_j	軸力： N_j	仮想軸力： $\bar{N}_j$
BD	a	$3P$	3
DF	a	$3P$	3
FH	a	P	1
BC	$\sqrt{2}a$	$\sqrt{2}P$	$\sqrt{2}$
CD	a	0	0
CF	$\sqrt{2}a$	$-\sqrt{2}P$	$-\sqrt{2}$
EF	a	0	0
FG	$\sqrt{2}a$	$\sqrt{2}P$	$\sqrt{2}$
HG	a	$-P$	-1
HI	$\sqrt{2}a$	$\sqrt{2}P$	$\sqrt{2}$
AC	a	$-4P$	-4
CE	a	$-2P$	-2
EG	a	$-2P$	-2
GI	a	$-P$	-1

$$\delta_I = \frac{1}{EA} \sum L_j N_j \bar{N}_j = (45 + 8\sqrt{2}) \frac{Pa}{EA} \approx 56.2 \frac{Pa}{EA}$$

問 1 の載荷点変位は以下であることから

$$\delta_C = (1 + 2\sqrt{2}) \frac{Pa}{EA} \approx 3.8 \frac{Pa}{EA}$$

倍率は

$$56.2/3.8 \approx 14.79$$

答え：14.79 倍

[問題 2-2]

(1) 筋かい $\lambda_B = 250\sqrt{12}$
柱 $\lambda_C = 30\sqrt{12}$

(2) 筋かい $N_B = \frac{1}{2}Q$
柱 $N_C = -\frac{21}{40}Q$
 $M_C = \frac{9}{2}Q$

(3) 筋かい $N_{aB} = \frac{1}{25}Fa^2$
柱 $N_{aC} = \frac{21}{40}Fa^2$
 $M_{aC} = \frac{1}{6}Fa^3$

(4) 柱 2 が先に短期許容応力に達する

〔問題2-3〕

1) 外壁面、空気の温度をそれぞれ T_1 、 T_2 、放射率を ε_1 、 ε_2 とする。

放射熱伝達量は、 $q_{12} = \varepsilon_1 \varepsilon_2 (\sigma T_1^4 - \sigma T_2^4) = \varepsilon_1 \varepsilon_2 \sigma (T_1^2 + T_2^2) (T_1 + T_2) (T_1 - T_2)$

このうち、熱伝達率を示す部分は

$$\varepsilon_1 \varepsilon_2 \sigma (T_1^2 + T_2^2) (T_1 + T_2) = 0.9 \times 0.9 \times 5.67 \times 10^{-8} \times (90000 + 90000) (300 + 300) \div 4.96 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

2) 各部材の熱抵抗を求める。屋外側より、 $\sigma_o = 1/23$ 、 $\sigma_{rc} = 0.16/1.6$ 、 $\sigma_{is} = 0.05/0.025$ 、 $R_{air} = 0.09$ 、 $\sigma_{PL} = 0.02/0.2$ 、 $\sigma_i = 1/9$ より、 $R = 0.0434 + 0.1 + 2.0 + 0.09 + 0.1 + 0.1111 = 2.4445 \text{ [m}^2\text{K / W]}$

$$U = 1/R \div 0.41 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

3) 顕熱負荷を q [W]、空気の定圧比熱を c_p [J/kgK]、空気の密度を ρ [kg/m³]、室温を t_r [°C]、吹出温度を t_s [°C] とすると、

$$\text{風量は } Q = 3600 \text{ [s/h]} \times q / c_p \rho (t_r - t_s) = 3600 \times 20000 / \{1000 \times 1.2 \times (26 - 16)\} = 6000 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

〔問題2-4〕

1) (a) 海洋性 (b) 南 (c) ユーラシア大陸 (d) 低気圧

(e) 太平洋 (f) ユーラシア大陸 (g) ウェットフェーン (h) 南

(i) 日本海 (j) 換気 (k) 卓越

2) (あ) 10 (い) 20

3) ヒートアイランドが形成されていると、都心付近で暖められた上昇気流が郊外で下降し、地表付近では、郊外から微風が流れ込んで循環することがある。これ郊外風という。大気中の汚染物質が拡散されずに都市上空に留まり続け、その間も発生源から汚染物質が供給されるので、汚染が深刻化する。ドーム状に都市に被さった汚染大気は温室のガラスのような働きをするため、ヒートアイランドを増長させる要因となる。

4) ① 海水の熱容量が地面よりも大きいこと、② 表層近くに熱が留まる陸地に対して、海面は波や海流で攪拌されてより深くまで熱が移動すること、③ 海面では蒸発量がおおく、吸収された日射熱が潜熱となって大気に移動すること、による。

5) 開口 2、3 を合成した相当開口面積 $\alpha A_{23} = 0.5 \times 0.4 + 0.5 \times 0.6 = 0.5$

開口 1 の相当開口面積 $\alpha A_1 = 0.5 \times 1.0 = 0.5$

総合開口面積 $\alpha A = 1/\sqrt{\{(1/0.5)^2 + (1/0.5)^2\}} = 1/(2\sqrt{2})$

換気量 $Q = \alpha AV\sqrt{(C_1 - C_2)} = 1/(2\sqrt{2}) \times 2.0\sqrt{\{0.8 - (-0.2)\}} = 1/\sqrt{2} \div 0.707 [\text{m}^3/\text{s}]$

$\therefore$ 1 時間当たりの換気量 $Q = 0.707 \times 3600 = 2546 [\text{m}^3/\text{h}]$

6) 一人当たり必要換気量 $Q_r = M[\text{m}^3/\text{h}]/(C_i - C_o) = 0.02/(0.001 - 0.0004) \div 33.33 [\text{m}^3/\text{h}]$

$2546/33.33 \div 76.3 \therefore$ 収容可能人数は 76 人

7) ホイヘンスの原理により、波は媒体中の伝搬速度が遅い側に曲がる。風は一般に地表面に近いほど建物等による抵抗で風速が低下するため、風下方向では地面側に曲がる屈折が生じ、音が遠方まで到達しやすい。