

博士課程前期 2 年の課程

一般選抜（令和 2 年 4 月入学）

試験問題（サステナブル空間構成学講座）

**Master's Program Entrance Examination
Regular Program (for Entry in April 2020)
Questions (Sustainable Architecture and Building Science Course)**

◆注意事項 / Notice

- (1) 配布物は以下の通りである。

Following sheets are distributed;

- 問題用紙 8 枚（表紙を除く） / 8 question sheets (except this cover sheet)
- 解答用紙 12 枚 / 12 answer sheets

- (2) 解答用紙には、問題番号と受験番号のみを記入し、氏名を書いてはならない。受験番号のないもの、また、受験者の氏名を書いてある解答は無効となるので注意すること。

Write the question number of your answer and your examination identification number on the top of each answer sheet. Do NOT write your name. If you don't follow the directions, your answer will be invalidated.

- (3) 問題は全部で 6 問である。各問題に対し、別々の解答用紙に答えること。解答用紙は全部で 12 枚あるので、各問題に対して、複数の解答用紙を使用してもよい。解答用紙が足りない場合には、試験監督に申し出ること。

There are six (6) questions. Write the answer of each question on the different answer sheet(s). A set of twelve (12) answer sheets is given. You can use two (2) or more answer sheets for one question, if necessary. Ask proctors for answer sheets in case that you need more.

問題1 (計70点)

気候変化に対する対策は、緩和策と適応策に大別される。緩和策とは、地球温暖化やヒートアイランド等の現象そのものを生じさせない様に、その原因を削減する対策である。一方、その現象が生じることは避けられないものとする前提に立ち、これにより生じる人類・社会への影響を軽減しようとする試みが適応策である。ヒートアイランド対策の場合、その原因は都市空間の大気に放散される顕熱量（大気加熱量）の増加であり、これを削減する対策が緩和策と言える。一方、適応策とは、歩行者空間等における人間の熱ストレスを軽減する対策と考えられる。これについて、以下の問いに答えよ。

- (1) 図1-1中に示す直達日射、天空日射、大気放射、地表面からの放射、反射日射の中でどれが長波長放射成分でどれが短波長放射成分か？
- (2) 都市表面の熱収支の構成要素を説明せよ。また、緑化や日射反射率の高い塗料の使用は、コンクリートやアスファルト等のような通常の人工的な都市表面被覆の場合に比べて、都市表面の熱収支構造をどのように変化させ、大気加熱量を減らしているか？
- (3) 図1-1は人間と周辺環境の間の熱交換を模式的に示したものである。
 - ①地表面被覆をアスファルトから芝生に変更した場合
 - ②アスファルト表面の日射反射率を高くした場合の各々において、人体と周辺環境の熱交換のメカニズムがどのように変化するか？
図1-1を参考に、①と②の各々の場合について図示し、緑化と地表面の日射反射率の増加が人間の温熱快適性に及ぼすプラスとマイナスの影響を説明せよ（図示する際には、各要素の増減が明確に分かるように矢印の長さなど工夫すること）。
- (4) 以上を踏まえて、緩和策と適応策という2つの視点から、①と②の対策を評価せよ。また、今後の気候変化（温暖化による気温上昇や海面温度の上昇）は、ヒートアイランド対策（緩和策と適応策）としての①、②の効果にどのような影響を及ぼすと予想されるか？



図1-1 人間と周辺環境の間の熱交換

問題 2 (計 70 点)

問題 2-1

図 2-1 に示す建物について以下の問いに答えよ。ただし、屋外は無風であり、室内外の温度差は無いものとする。また、室内の空気は常に完全混合状態にあるものとする。

- (1) 気体の汚染物質 A が室内で発生しており、その発生量が M [m^3/h] であった。物質 A の室内濃度を C_{lim} [m^3/m^3] 以下に維持するための必要換気量 Q_{req} [m^3/h] を、 C_{lim} および図 2-1 中の記号の中から適切なものを用いて表せ。
- (2) 排気ファンを用いて室内外の静圧差を Δp [Pa] としたとき、室内濃度を C_{lim} [m^3/m^3] に維持することができた。この室にある開口の相当開口面積 αA [m^2] を、 C_{lim} 、 Δp 、および図 2-1 中の記号の中から適切なものを用いて表せ。
- (3) 時間 t [h] が $t < 0$ のとき室は(2)の状態であったが、 $t = 0$ において換気量を $2Q_{req}$ [m^3/h] に増加させ、以降、その換気量を維持した。 $t \geq 0$ における物質 A の室内濃度 C [m^3/m^3] を、 Q_{req} 、 t 、および図 2-1 中の記号の中から適切なものを用いて表せ。

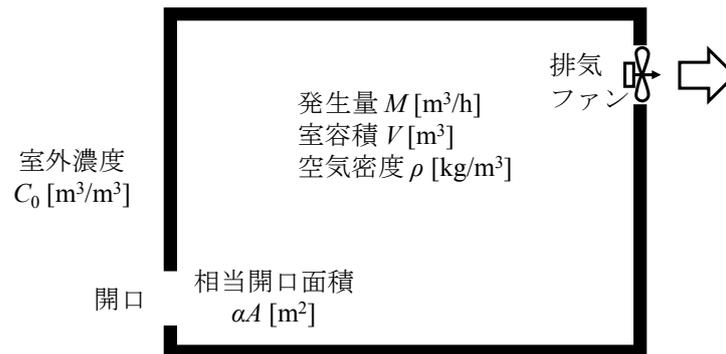


図 2-1

問題 2-2

図 2-2 のように、上下が十分に断熱され、左から右へと空気が流れる空気層があり、空気層の途中に空気に接する水溜りがある。次の仮定に基づいて、(1)～(3)の問いに答えよ。

- ・ 断熱材と水が接する部分での互いの熱交換は無い。
- ・ 水溜りの中に温度分布は無い。
- ・ 水面上の空気の温度および水蒸気圧は、流入空気の温度および水蒸気圧に等しい（空気の流れ方向の温度変化および水蒸気圧変化は十分に小さい）。
- ・ 水溜りを囲む放射面の温度は空気温度に等しい。
- ・ 水溜りには十分な水量があり、枯れることはない。

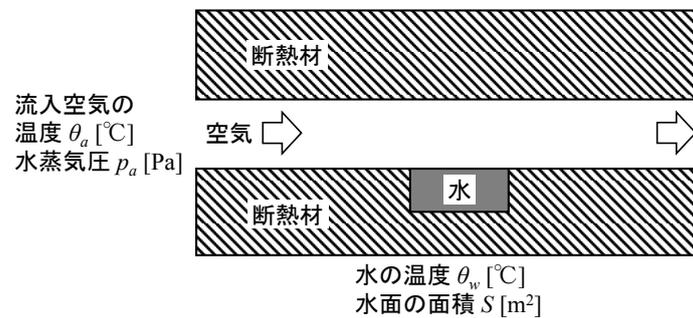


図 2-2

- (1) 水面と空気の間での対流熱伝達率を α_c [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]、水溜りとそれを囲む放射面との間の放射熱伝達率を α_r [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$] とするとき、対流と放射によって水溜りの水が取得する熱量 [W] を、図 2-2 中の記号および前出の記号を用いて表せ。
- (2) 温度 θ_w における飽和水蒸気圧を $p_{s,w}$ [Pa]、水面と空気の間での湿気伝達率を α' [$\text{kg}/(\text{s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Pa})$]、水が蒸発する際に必要な熱量（蒸発潜熱）を r [J/kg] とするとき、蒸発によって水溜りの水から失われる熱量 [W] を、図 2-2 中の記号および前出の記号を用いて表せ。
- (3) 定常状態における水溜りの水の熱収支を考慮し、対流熱伝達率 α_c の増大に伴って水の温度 θ_w がどのように変化するか、文章や図で説明せよ。なお、対流熱伝達率 α_c と湿気伝達率 α' は比例関係にあると考えてよい。

問題 3 (計 70 点)

問題 3-1

図 3-1 に示す残響室を用いて、椅子の吸音力を測定したい。以下の問いに答えよ。なお、残響室に椅子を入れたことによる気積の変化は無視できるものとする。 $\log_{10} 2 = 0.3$ 、 $\ln 10 = 2.3$ 、音速 $c = 340$ [m/s] とする。解答には計算過程及び単位を示すこと。

- (1) 椅子を入れる前の残響時間は 2 秒であった。この残響室の吸音力 A_{ROOM} を求めよ。
- (2) この部屋に椅子 10 脚を入れたところ、残響時間は 1 秒になった。椅子 1 脚当たりの吸音力を求めよ。

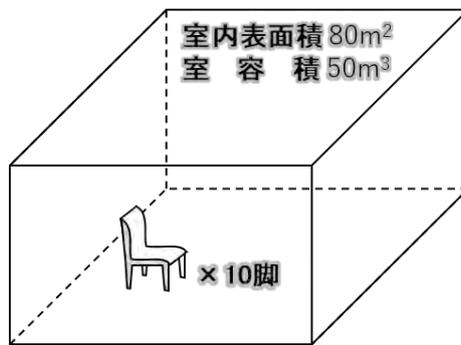


図 3-1

問題 3-2

図 3-2 は、紙面と垂直方向に十分長い執務室を示している。室の片側には天井高さの連窓を備えている。この窓面は完全拡散性で透過率は τ である。窓には日射が当たっており、窓面外側の照度は E_o [lx] である。以下の問いに答えよ。

- (1) 室内の机上面の点 P における窓による立体角投射率 U を求めよ。
- (2) 点 P における窓による直接照度 E_p を求めよ。
- (3) 室内の間接照度 E_r を求めよ。室内の平均反射率 $\rho = 0.75$ とする。
- (4) 窓面による直接照度と間接照度が一致する条件を求めよ。

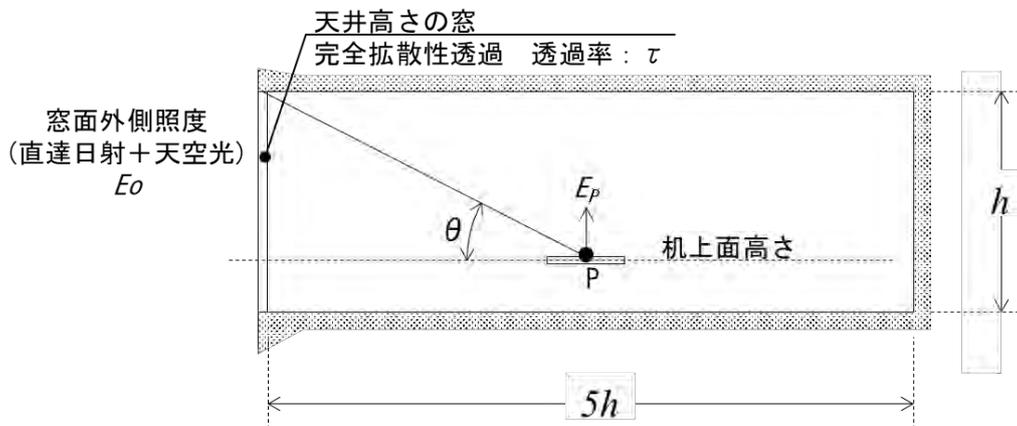


図 3-2

問題 4 (計 30 点)

図 4-1 はエアハンドリングユニットによる単一ダクト変風量方式の空調・換気システムである。このシステムは給気温度、排気の二酸化炭素濃度を条件として制御されている。送風量は VAV ユニットによって調整されている。なお、室毎の設定温度、空調負荷は同一ではないものとする。

- (1) 単一ダクト変風量方式について、同方式を採用する目的及び、単一ダクト定風量方式と比較した際の特徴について簡潔に説明せよ。
- (2) 図示された空調システムを適切に運用することでエネルギーの適正化を図りたい。図示されたセンサ、VAV ユニット、送風機制御などを用いて実現できる省エネルギー化について ①省エネルギー策の内容、②その対策によって削減されるエネルギーとそのエネルギーがどの様に削減されるかを説明せよ。

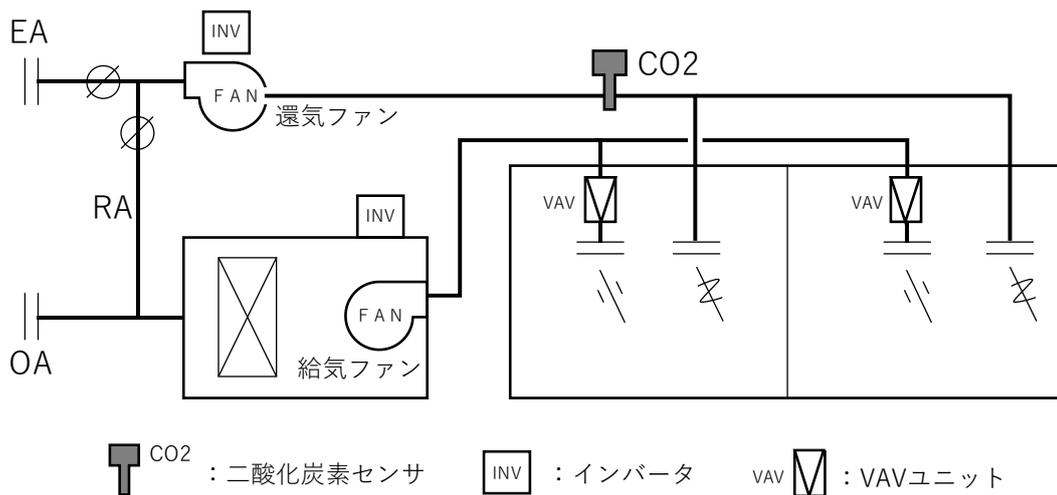


図 4-1

問題 5 (計 100 点)

問題 5-1

鉄筋コンクリート構造物の耐久性に関して、以下の問いに答えなさい。

- (1) 一般に、コンクリートの水セメント比を下げることによって鉄筋コンクリート構造物の耐久性は向上する。コンクリートに生じる劣化現象を一つ挙げてそれが生じるメカニズムを説明し、水セメント比を下げることで挙げた劣化の進展を抑制できる理由について述べよ。
- (2) AE 減水剤や高性能 AE 減水剤などの適切な混和剤を用いることで、練混ぜに必要な単位水量を減じて水セメント比を下げるができる。減水効果を得られる混和剤のメカニズムを一つ以上挙げて簡潔に説明せよ。
- (3) 図 5-1 に示す写真は、鉄筋コンクリート製の橋梁で見られた、極めて深刻な劣化状況である。この橋梁は東北地方の日本海沿岸に位置している。このような劣化が生じた原因を推定して説明せよ。また、このような劣化を未然に防ぐための対策について、水セメント比の低減以外の方法を二つ以上挙げて、その対策が有効である理由を説明せよ。



図 5-1

問題 5-2

コンクリートに用いるセメントおよび混和材料について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 普通ポルトランドセメントを製造する過程において、中間製品であるクリンカが製造される。クリンカを構成する主成分を4つ挙げよ。また、それぞれの性質について簡潔に述べよ。
- (2) 早強ポルトランドセメント、および、低熱ポルトランドセメントについて、その特徴と普通ポルトランドセメントと比較した場合の違いを簡潔に説明し、それぞれの特徴を活かした用途を示せ。
- (3) フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末とは何か、それぞれ説明せよ。これらを混和材としてコンクリートに用いる場合の利点と欠点をそれぞれ述べよ。

問題 5-3

木材は一般的に可燃材料であり、鉄鋼は不燃材料である。この一方で、大断面を有する場合など、木造部材は、鉄鋼のみで構成される鉄骨部材よりも耐火時間を長く取れる場合がある。この理由を説明せよ。

問題 6 (計 60 点)

問題 6-1

直径 20 cm、高さ 40 cm のコンクリート製の円柱試験体に対して、圧縮載荷試験を行う。このコンクリートのヤング係数は 20 GPa、圧縮強度は 30 MPa、ポアソン比は 0.3 である。

- (1) 圧縮試験時の、応力とひずみの関係を示すグラフの概形を示せ。代表的な数値を記入すること。
- (2) 圧縮試験時の、荷重と変形の関係を示すグラフの概形を示せ。代表的な数値を記入すること。
- (3) 最大荷重の 25%の荷重が与えられた際の、軸と直交方向の変形量を求めよ。

問題 6-2

図 6-1 に示される断面形状を持つ均質な材料 A (曲げヤング係数 10 GPa) に対して、図 6-2 のように単純梁として曲げ載荷試験を行う。ただし、この曲げ載荷試験は弾性変形のみが生じる範囲で実施する。

- (1) 図 6-1(a)および(b)の断面を持つ単純梁に対して、図 6-2 のように 1 kN の荷重をかけた際に生じるたわみを求めよ。
- (2) 図 6-1(c)のように、図 6-1(a)の断面形状を持つ材を 5 枚並べた部材を考える。ただし、これらの材同士は互いに接着されておらず、各材間に摩擦は生じない。図 6-2 のように 1 kN の荷重をかけた際に生じるたわみを求めよ。
- (3) 図 6-1(d)のように、図 6-1(b)の断面形状を持つ材を 5 枚重ねた部材を考える。この場合も、これらの材同士は互いに接着されておらず、各材間に摩擦は生じない。図 6-2 のように 1 kN の荷重をかけた際に生じるたわみを求めよ。
- (4) 図 6-1(c)および(d)のそれぞれについて、各材を完全に接着する。図 6-2 のように 1 kN の荷重をかけた際に生じるたわみをそれぞれ求めよ。

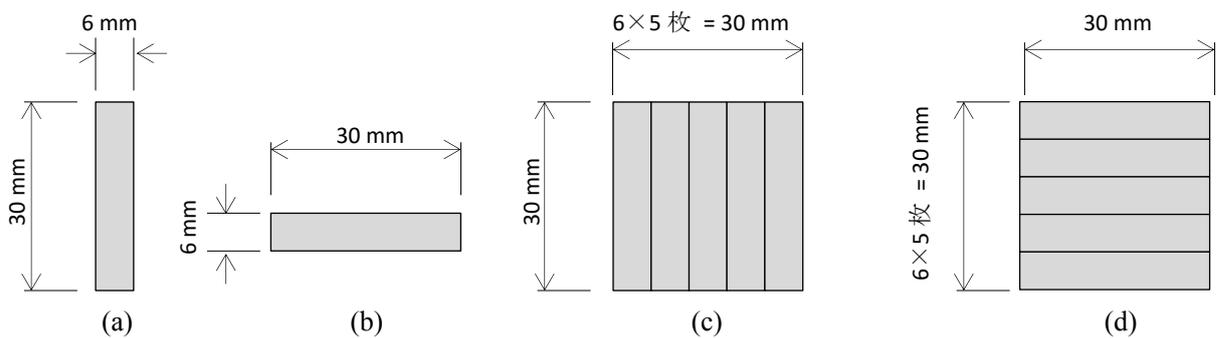


図 6-1

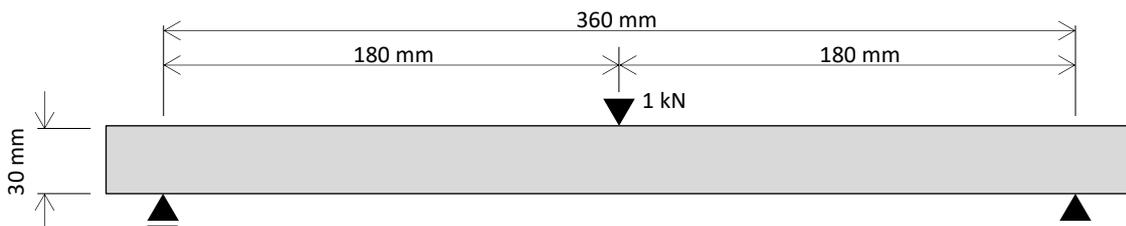


図 6-2