

博士課程前期 2 年の課程

一般選抜（令和 4 年 4 月入学）

9 月卒業見込者・既卒者を対象とする選抜（令和 3 年 10 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 2022)
Special Selection Program for Prospective Graduates in September or
Graduates in the past (for Entry in October 2021)
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 9 枚（表紙を除く） / Nine (9) of question sheets (except this cover sheet)
- 解答用紙 12 枚 / Twelve (12) of 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、受験者の氏名の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 45 点)

問題 1-1

室内の空気汚染と換気計画に関して以下の問いに答えよ。

ただし、室容積 V [m^3], 換気量 Q [m^3/h]の部屋で汚染物質が q [m^3/h]の割合で発生し、完全混合を仮定した時の室内濃度を $C(t)$ [m^3/m^3], 外気に含まれるこの汚染物質の濃度を C_0 [m^3/m^3]とする。

- (1) 時刻 $t=0$ [h]から室内において汚染物質の排出が始まった場合の時刻 t における室内濃度 $C(t)$ は、室内における汚染物質の平衡式から次のように導かれる。

$$C(t) = C_0 + \frac{q}{Q} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{Q}{V}t\right) \right\} \quad (1)\text{式}$$

この式的前提となる微少時間 Δt [h]中の室内における汚染物質の平衡式を示せ。

ただし、 Δt 中の C の変化は ΔC とする。

- (2) 以下の文章は、換気性能の評価指標を説明したものである^{文1)}。アンダーライン部は換気量と換気回数の説明であるが、なぜこのように言えるのかを(1)式を用いて説明せよ。「一般的には、換気の性能は換気量あるいは換気回数によって表現します。換気量とは1時間に何立方メートルの空気を取り入れるかという数値で、 $[\text{m}^3/\text{h}]$ という単位で表します。換気回数は1時間にその部屋の容積の何倍の空気を取り入れるかという指標で、換気量を室容積で除した値となります。例えば、換気回数 0.5 回/h というのは、1時間でその部屋の容積の半分の空気を取り入れることであり、2 回/h というのはその部屋の容積の2倍の空気量を取り入れることです。同じ換気量でも、室容積によって換気回数は異なります。換気量は室内の汚染物質濃度の指標ですが、換気回数は室内の汚染物質の濃度を低減させるスピードに対応した指標とすることができます。それ以外の指標として室内の気流の状態と汚染物質の発生位置によって決まる換気効率があります。」

[文献]

文 1) 大岡龍三, 山中俊夫: 新型コロナウイルス感染症制御における「換気」に関して
— 「換気」に関する Q&A —, 2020 年 3 月

https://www.aij.or.jp/jpn/databox/2020/20200323_Eng_final.pdf

問題 1-2

- (1) 都市において、①大気が安定の時、②大気が不安定の時、の各々の状態で同量の人工排熱が地表付近の大気中に放散された場合、地表付近の大気の気温上昇はどちらの状態の時の方が大きくなるか？理由とともに答えよ。
- (2) 面1と面2間の放射による熱移動を考える。形態係数の相反則は、面1と面2の表面温度が等しい時に、①面1から放出され面2に到達し面2に吸収される放射熱と、②面2から放出され面1に到達し面1に吸収される放射熱、この両者が等しくなるということから導出される。この考え方に基づき形態係数の相反則を導出せよ。途中のプロセスも示すこと。なお、記号は下記の通りとする。
- ・面1の表面積 S_1 [m^2]、表面温度 T_1 [K]、放射率 ε_1 、吸収率 a_1
 - ・面2の表面積 S_2 [m^2]、表面温度 T_2 [K]、放射率 ε_2 、吸収率 a_2
 - ・面1から面2をみた形態係数 ϕ_{1-2} 、面2から面1をみた形態係数 ϕ_{2-1}
 - ・シュテファン - ボルツマン定数 σ [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}^4$]

問題 2 (計 45 点)

問題 2-1

図 2-1 のような建物があり，開口 1 と開口 3 の高さが同じで，開口 2 はそれらよりも低い位置にあるとする。開口 1～3 の相当開口面積が全て aA であり，屋外が無風で，室 1 よりも室 2 の気温が高いとき（即ち， $\rho_1 > \rho_2$ であるとき）の自然換気量（体積流量） Q を，図中および文中の記号を用いて表せ。ただし，与えられていない新たな記号が必要と各自が判断した場合は，定義を明示した上で使用してもよい。なお，気温の違いに起因する各開口通過時の体積流量の差は無視してよい。また，室 1・室 2 ともに，換気があっても室温は変化しないものとする。

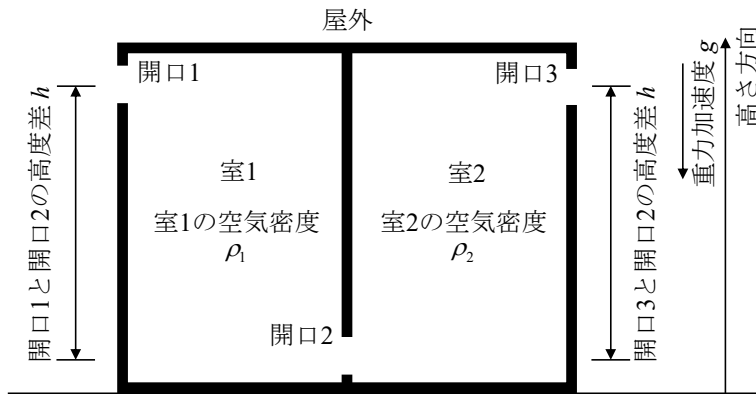


図 2-1

問題 2-2

図 2-2 に示すような，地中のダクトを通して室内へ給気を行う建物について，以下の問いに答えよ。

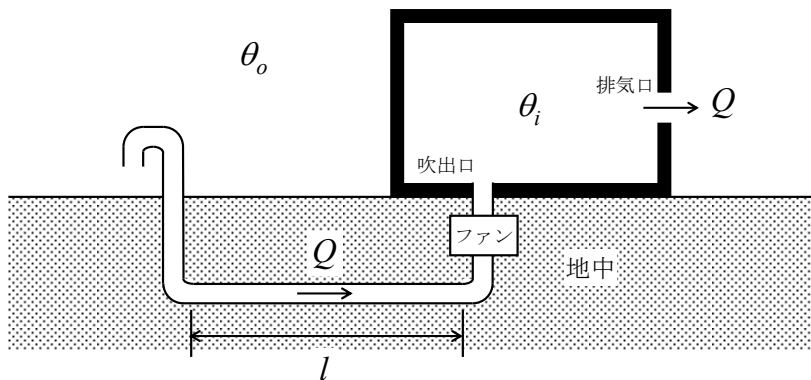


図 2-2

(1) 次の文中の（ア）と（イ）に当てはまる式を答えよ。

地中のダクトのうち，水平方向に長さ l [m] で敷設された区間を，水平区間と呼ぶことにする。また，地中温度の空間分布および時間変化を無視することとし，それに伴って，

ダクト内側の表面温度がどこも θ_s [°C] で一様かつ一定であると仮定する。
 水平区間内に存在する長さ Δl [m] の微小区間に着目し、 α をダクト内側の対流熱伝達率 [W/(m²·K)]、 θ_e を微小区間内の空気温度 [°C]、 D をダクトの直径 [m] (ダクトは円管) とすると、地中からダクト内表面を介してこの微小区間内の空気に流入する熱量 [W] は、次式で表される。

$$\alpha \times (\theta_s - \theta_e) \times \pi D \times \Delta l$$

一方、微小区間から流出する空気と流入する空気の温度差 (= 流出空気の温度 - 流入空気の温度) を $\Delta\theta_e$ [°C]、空気の容積比熱を $c_p\rho$ [J/(m³·K)]、換気量を Q [m³/s] とすると、空気の移動によって微小区間から流出する熱量と微小区間へ流入する熱量の差は $c_p\rho Q\Delta\theta_e$ [W] なので、熱平衡を考慮すると次の微分方程式が成り立つ。

(ア)

ここで、水平区間以外のダクトについて地中からの熱流入を無視して、 θ_o [°C] の外気が水平区間の入口に流入すると考えると、上の微分方程式の解より、水平区間の出口の温度 (= ダクトから室内へ供給される空気の温度) $\theta_{e,out}$ [°C] は次のように表される。

$$\theta_{e,out} = \text{ (イ) }$$

- (2) (1) の答えから、換気量 Q の増加に伴って $\theta_{e,out}$ がどのように変化するか、 Q を横軸、 $\theta_{e,out}$ を縦軸として大まかな関係を図示せよ。このとき、 $\theta_{e,out}$ と外気温度 θ_o およびダクト内表面温度 θ_s との関係も分かるようにすること。なお、夏を想定して $\theta_o > \theta_s$ であるとし、ダクト内側の対流熱伝達率 α は、換気量 Q と次の関係にあるものとする。

$$\alpha \propto Q^{0.8}$$

- (3) 建物の室内に(1)(2)で求めた温度の空気が供給されることに加え、熱貫流によって屋外から室内への熱の流入があることを考慮した上で、換気量 Q の増加に伴って室温 θ_i [°C] がどのように変化するかを推定し、 Q を横軸、 θ_i を縦軸として大まかな関係を図示せよ。また、そのように推定した理由も説明せよ。なお、屋外の日射や室内の内部発熱は考慮しなくてよい。

問題 3 (計 45 点)

問題 3-1

図3-1-1に示す室の平均吸音率を測定から求めたい。以下の問いに従って解答せよ。

- (1) 残響時間を測定するために、室内の音圧レベルを測定しながら、ある時刻に音源 P を停止したところ、図3-1-2の結果となった。この室の残響時間を解答せよ。単位を併せて示すこと。
- (2) 音源 P 停止後の音響エネルギー密度 E の時間変化が室内の吸音と釣り合うと仮定し、次の記号を用いてその関係を数式で表現せよ。 c :音速, V :空間の体積, S :空間の表面積, α :平均吸音率。なお、壁面はコンクリートに石膏ボード貼り、床は長尺タイル仕上げであり、吸音率は極めて小さい。
- (3) この式から残響式を導出して、平均吸音率 α を算出せよ。このとき、 $c=340\text{m/s}$, $V=128\text{m}^3$, $S=160\text{m}^2$, $\log_e 10^{-6} = -13.8$ とする。

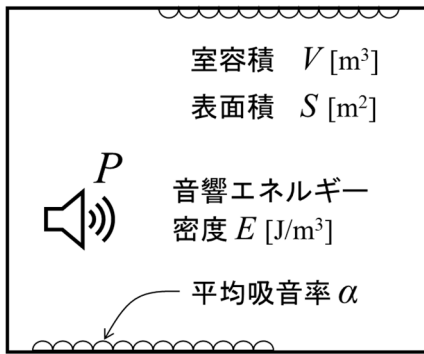


図3-1-1

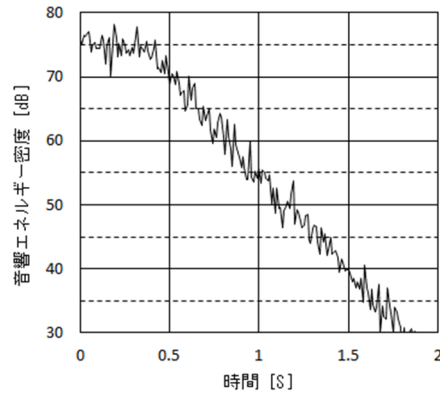


図3-1-2

問題 3-2

図3-2に示す半径 r の円形のトップライトを備えた空間の採光に関する設問に解答せよ。なお、空間内表面は全て黒色で反射率 0 である。

- (1) 図3-2に示すトップライトは可視光透過率 $\tau=0.9$ である。トップライト中心直下の床面上の点 P の昼光率が 0.09 であるとき、点 P に対するトップライトの立体角投射率はいくらか。
- (2) トップライトの半径を決定せよ。

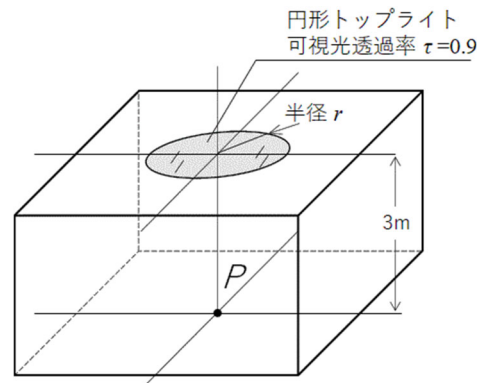


図 3-2

問題 4 (計 45 点)

問題 4-1

換気設備に関連する以下の設問に解答せよ。

- (1) 図 4-1 に示す①～③は換気の形式を示している。これらの各形式の名称と換気上の特徴を説明せよ。

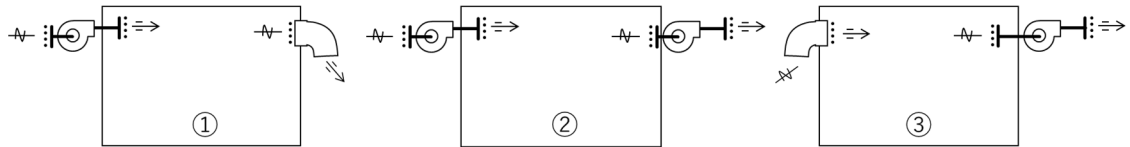


図 4-1

- (2) 以下に示す室用途に適すると考えられる換気形式をその理由と共に解答せよ。

事務所、商業（売り場）、厨房、便所、浴室、ボイラ室、駐車場

- (3) 換気に伴う省エネルギー対策について、どのような方法が考えられるか、その目的と方法を解答せよ。

問題 4-2

衛生設備に関連する以下の設問に解答せよ。

- (1) ノルマルヘキササン抽出物について説明せよ。
- (2) BOD について説明せよ。
- (3) 以下の図 4-2 に示す①～④の衛生配管計画にはいずれも問題がある。問題点を説明するとともに改善策について解答せよ。

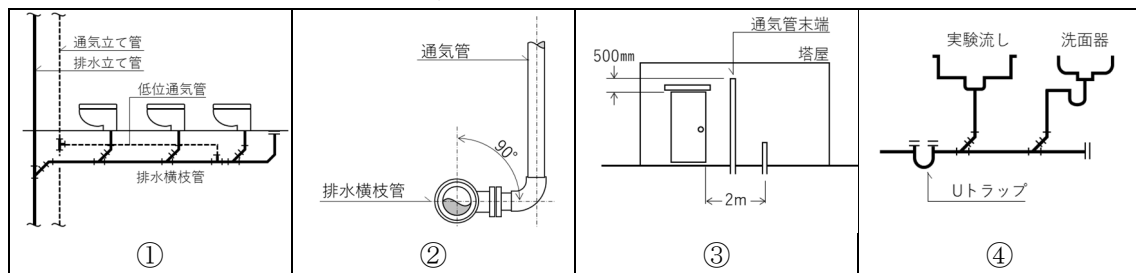


図 4-2 衛生配管計画

問題 5 (計 60 点)

問題 5-1

図 5-1 に示すように、周囲を柱・梁で拘束された鉄筋コンクリート壁（厚さ 150mm）に設けられた開口部の周囲にひび割れが生じた。このひび割れが生じた原因と、生じさせないための対策について説明せよ。ただし、地震などの大きな外力を受けた履歴はない。

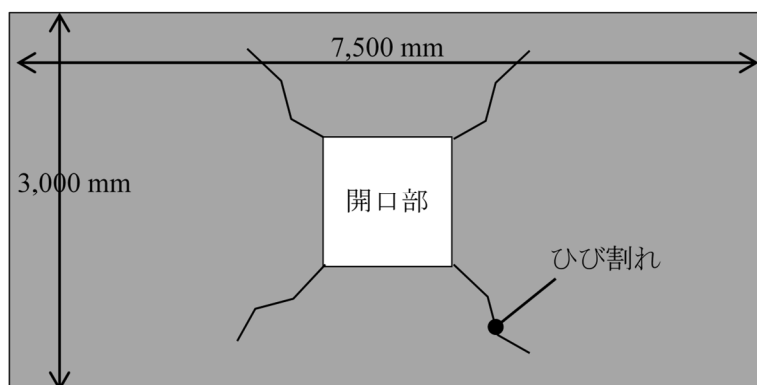


図 5-1

問題 5-2

木材に関して、「ムク材」として一本の原木から直接角材や板材として切り出したものだけでなく、「木質材料」として加工された材料も広く用いられている。木質材料の例を一つ挙げ、その特徴をムク材と比較して説明せよ。ただし、長所と短所のいずれも含めること。

問題 5-3

コンクリート産業は CO₂ 排出源の一つであり、その大きな削減が求められている。この削減に資すると考えられる対策について 2 つ以上挙げよ。また、それぞれの対策について、CO₂ 排出削減に繋がるメカニズムと、実施した場合に生じるであろう問題点を説明せよ。

問題 6 (計 60 点)

問題 6-1

図 6-1 は、コンクリート（直径 5cm、高さ 10cm の円柱供試体、図 6-2(a)参照）、および、クリ材（気乾状態・縦圧縮、断面 4cm×4cm、高さ 8cm の角柱供試体、図 6-2(b)参照）に対して圧縮荷重試験を行った際の荷重と変形を模式的に表したグラフである。図 6-1(a) および(b)のグラフが、コンクリートとクリ材のいずれの結果であるか示せ。また、それぞれの圧縮強度とヤング係数を求めよ。ただし、変形は試験体全体に一様に生じたものとする。また、計算の過程も記述することとし、計算の簡単のために円周率を 3 として計算してよい。

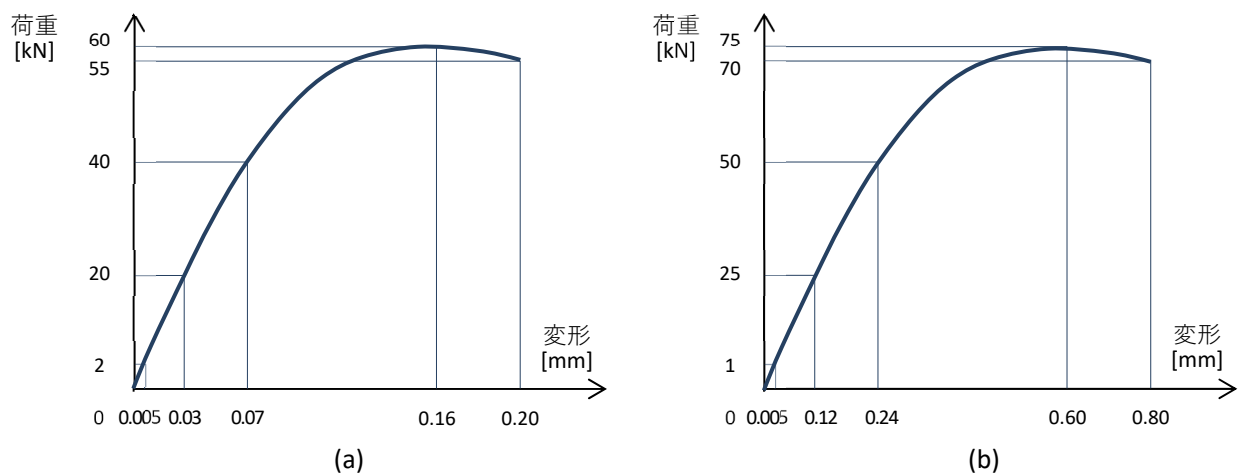


図 6-1

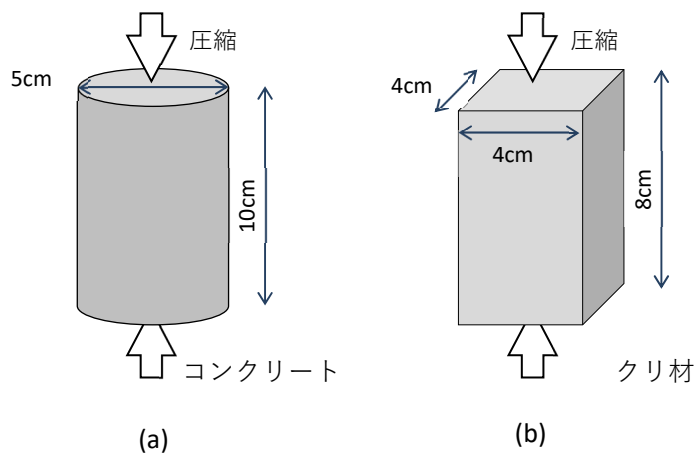


図 6-2

問題 6-2

図 6-3 のトラスについて、反力および各部材の軸力を求めなさい。ただし、部材に生じる引張力は+、圧縮力は-の符号をつけて値を求めること。

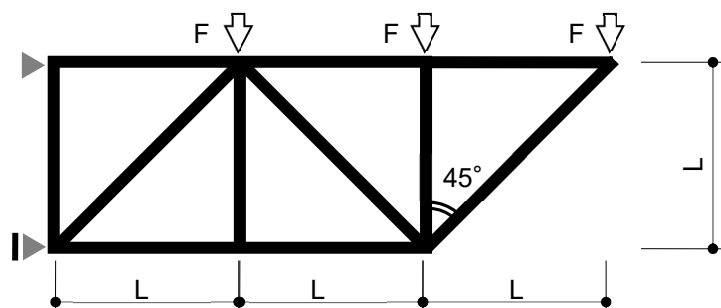
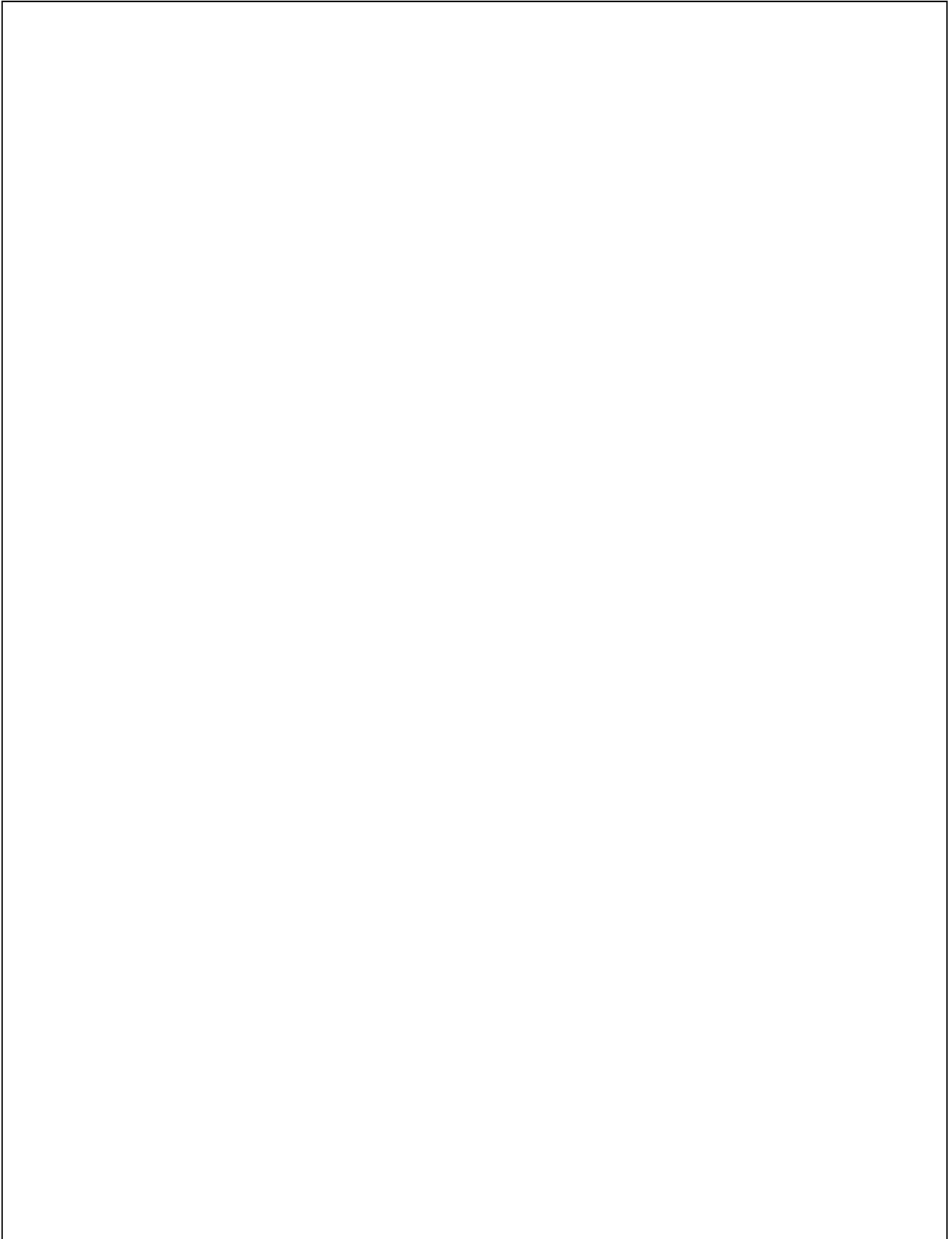


図 6-3

解答用紙 (サステナブル空間構成学講座)

問題番号

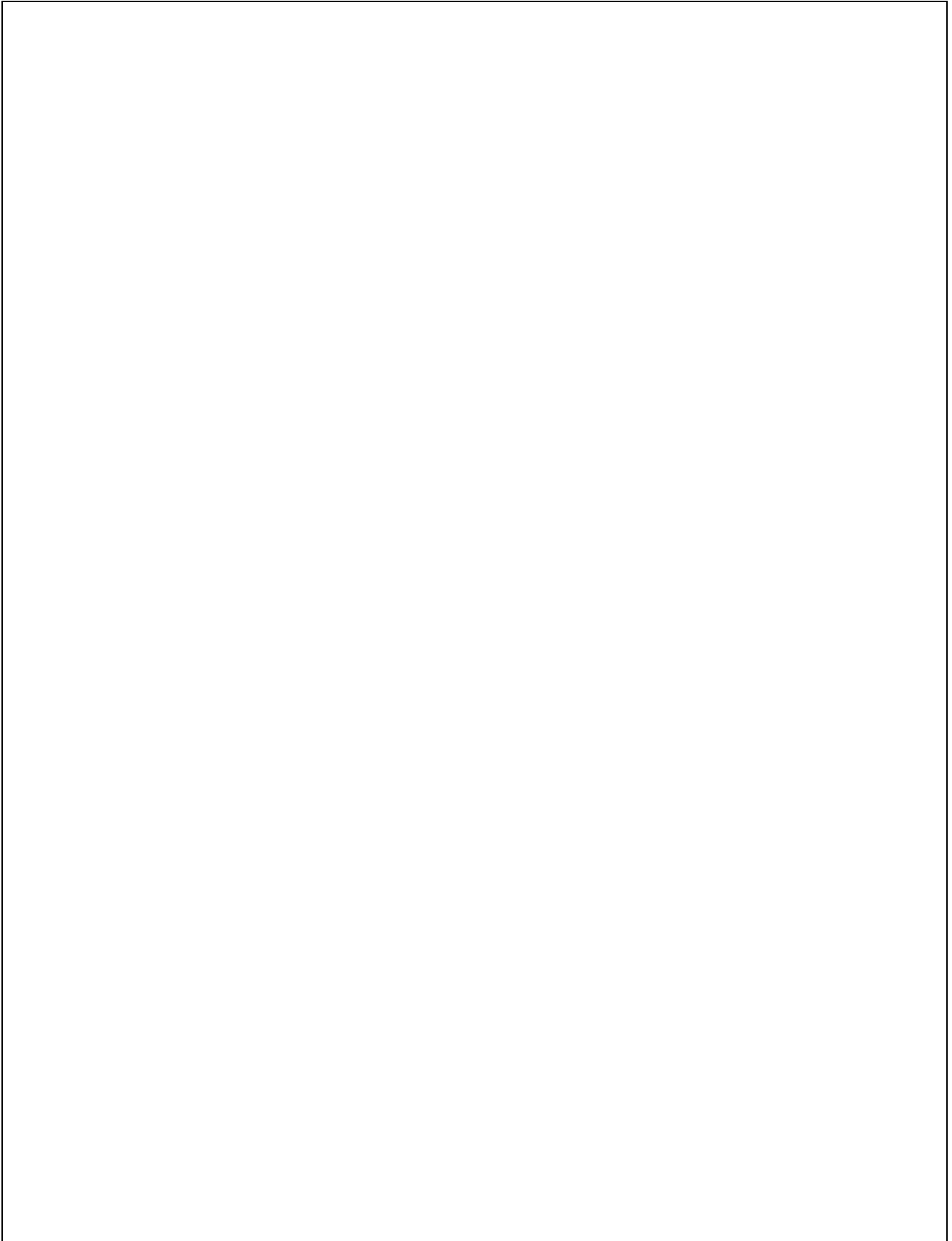
受験番号



解答用紙 (サステナブル空間構成学講座)

問題番号

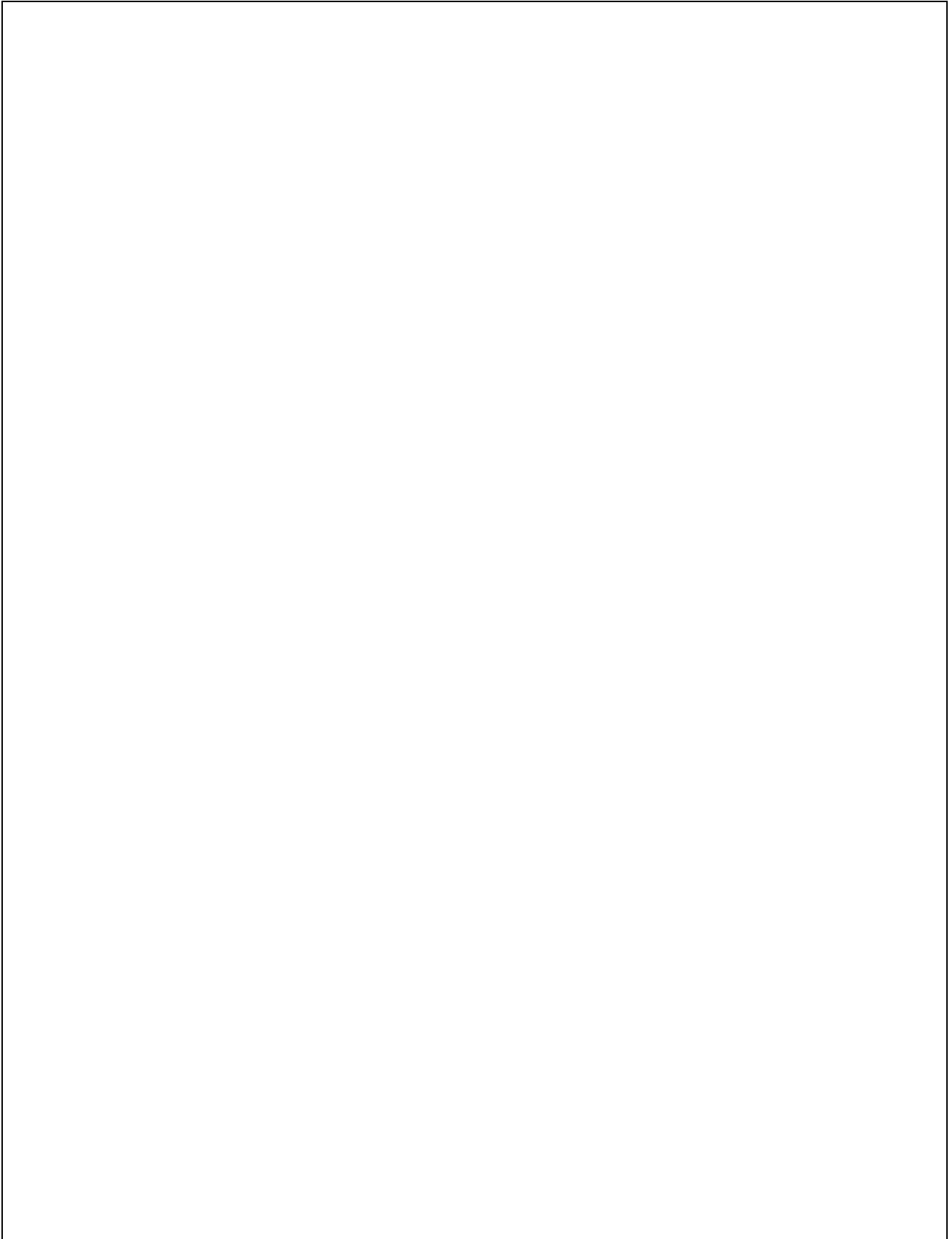
受験番号



解答用紙 (サステナブル空間構成学講座)

問題番号

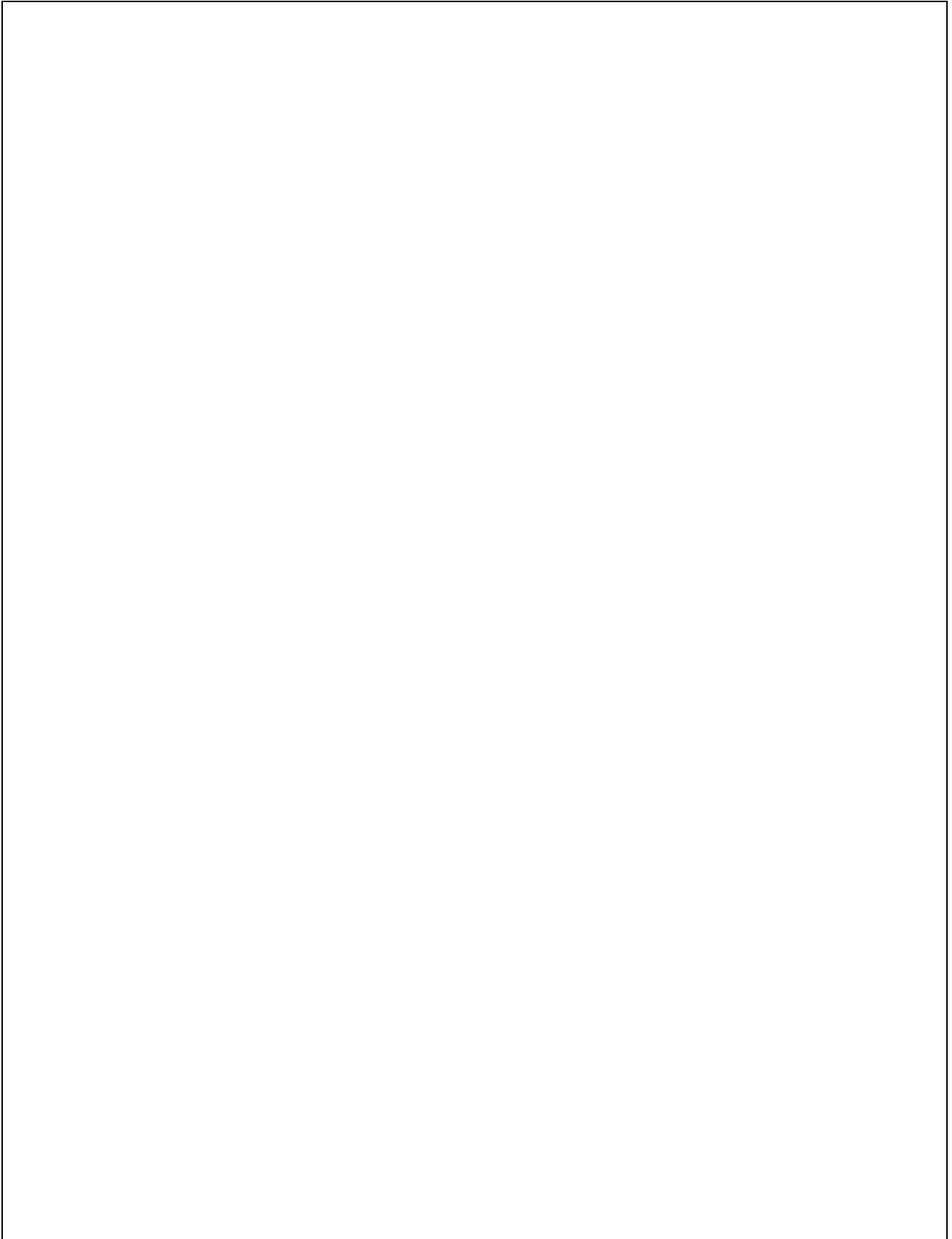
受験番号



解答用紙 (サステナブル空間構成学講座)

問題番号

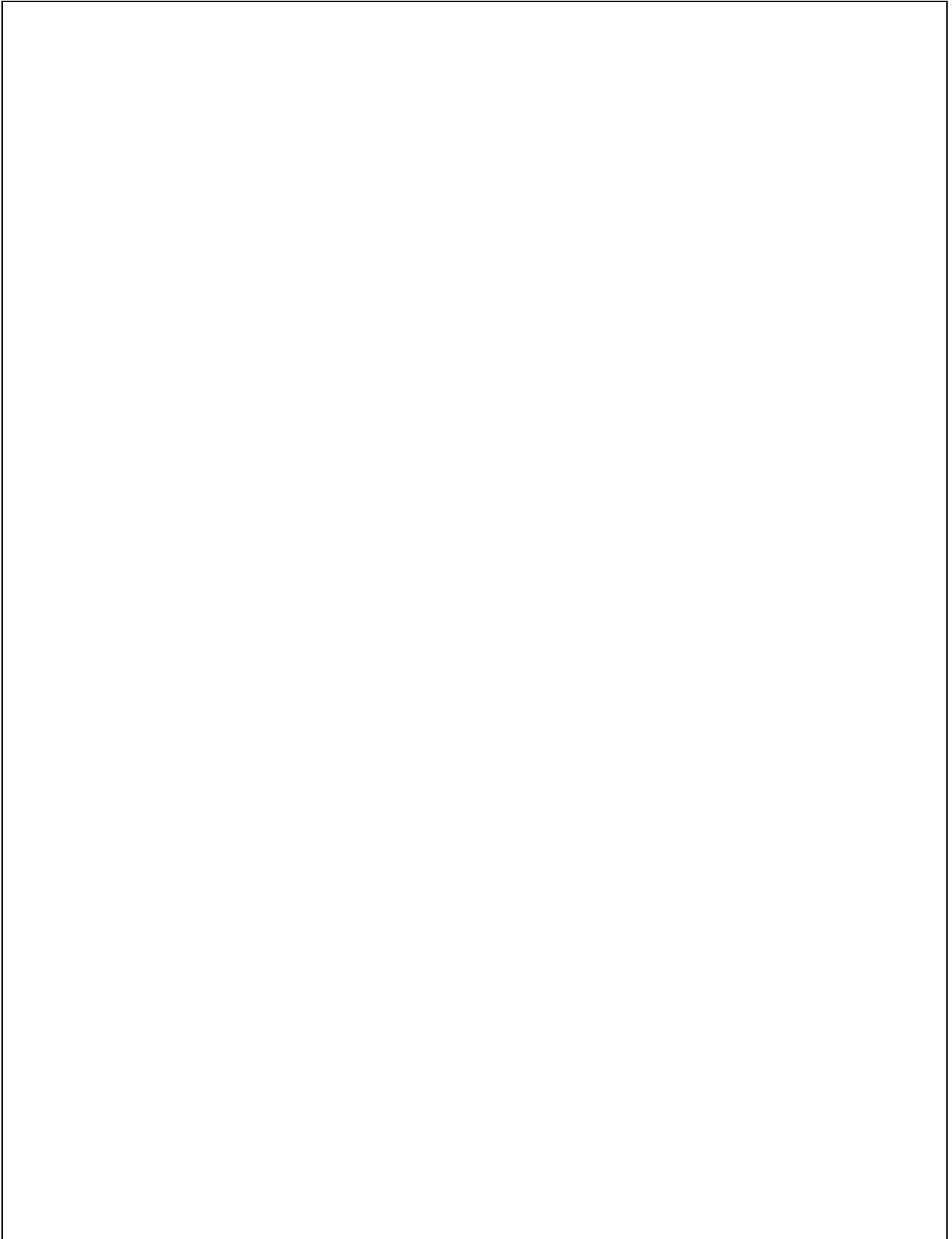
受験番号



解答用紙 (サステナブル空間構成学講座)

問題番号

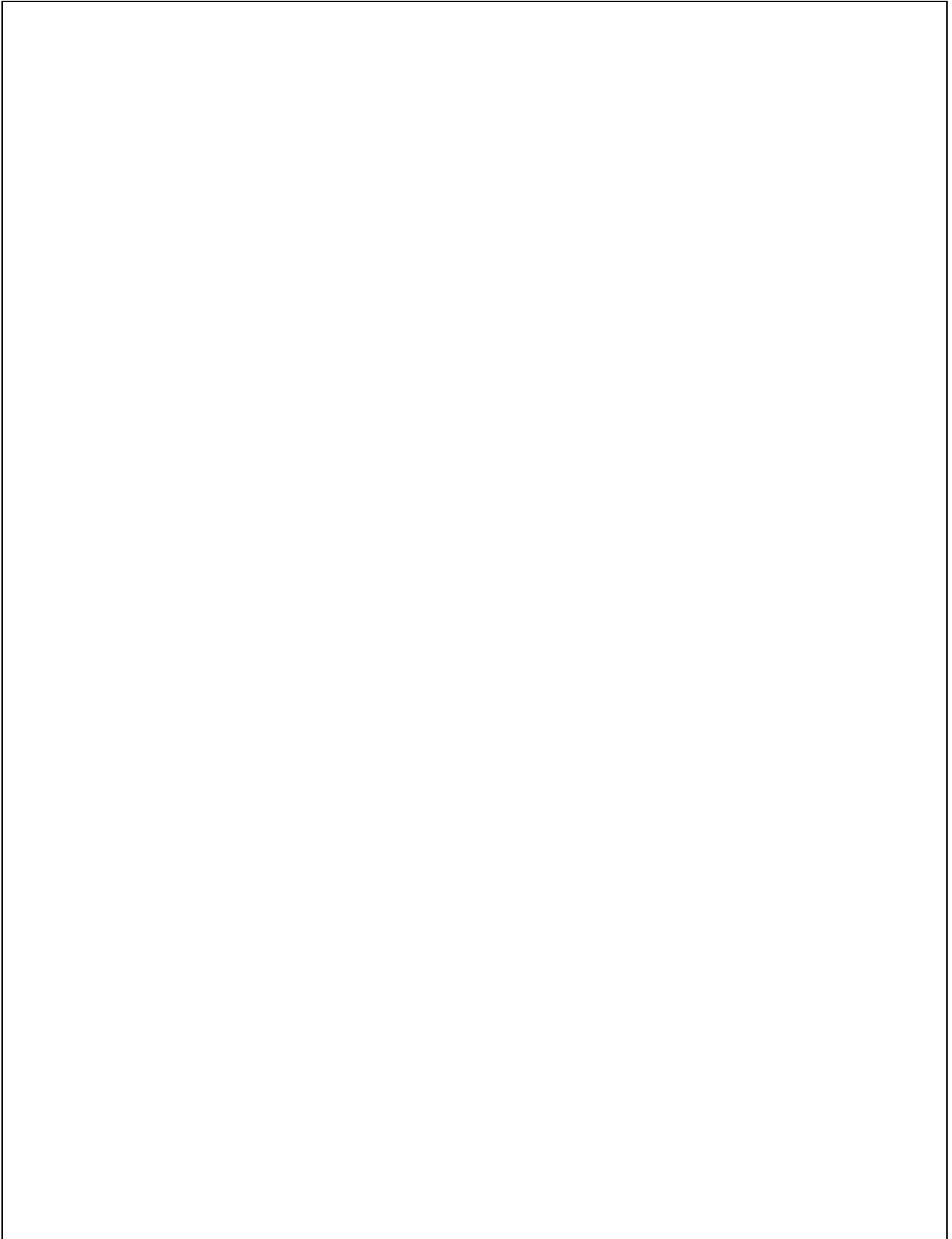
受験番号



解答用紙 (サステナブル空間構成学講座)

問題番号

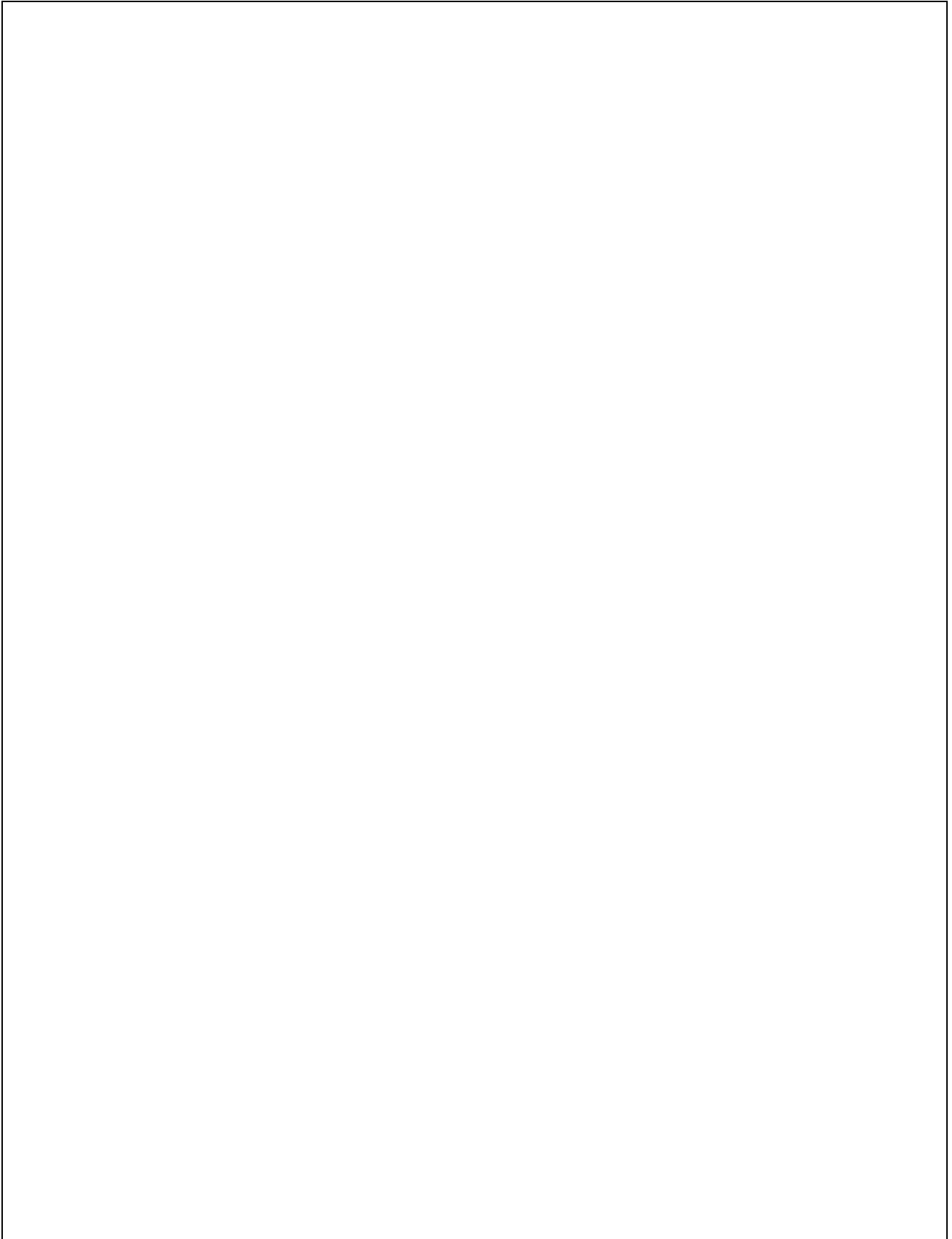
受験番号



解答用紙 (サステナブル空間構成学講座)

問題番号

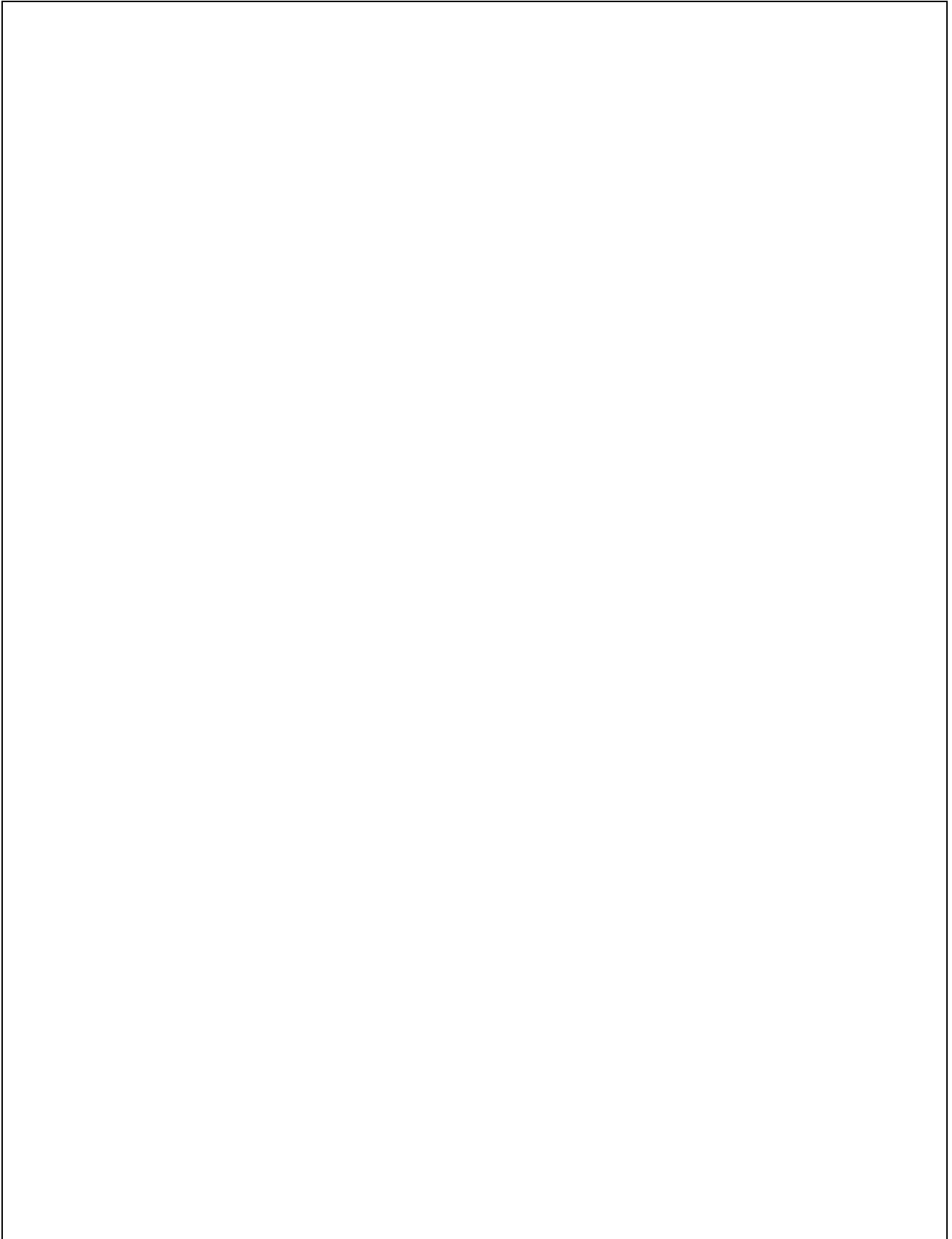
受験番号



解答用紙 (サステナブル空間構成学講座)

問題番号

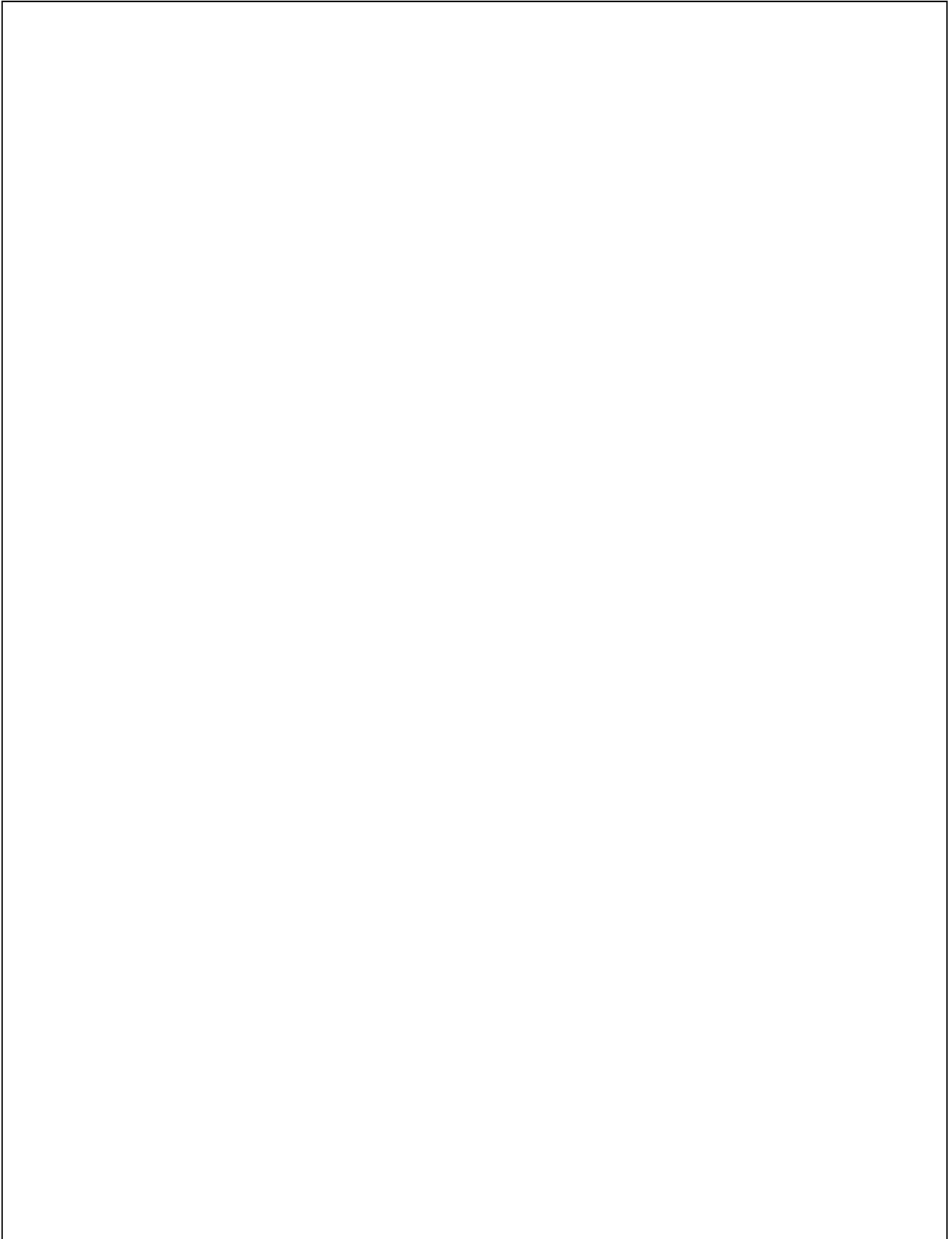
受験番号



解答用紙 (サステナブル空間構成学講座)

問題番号

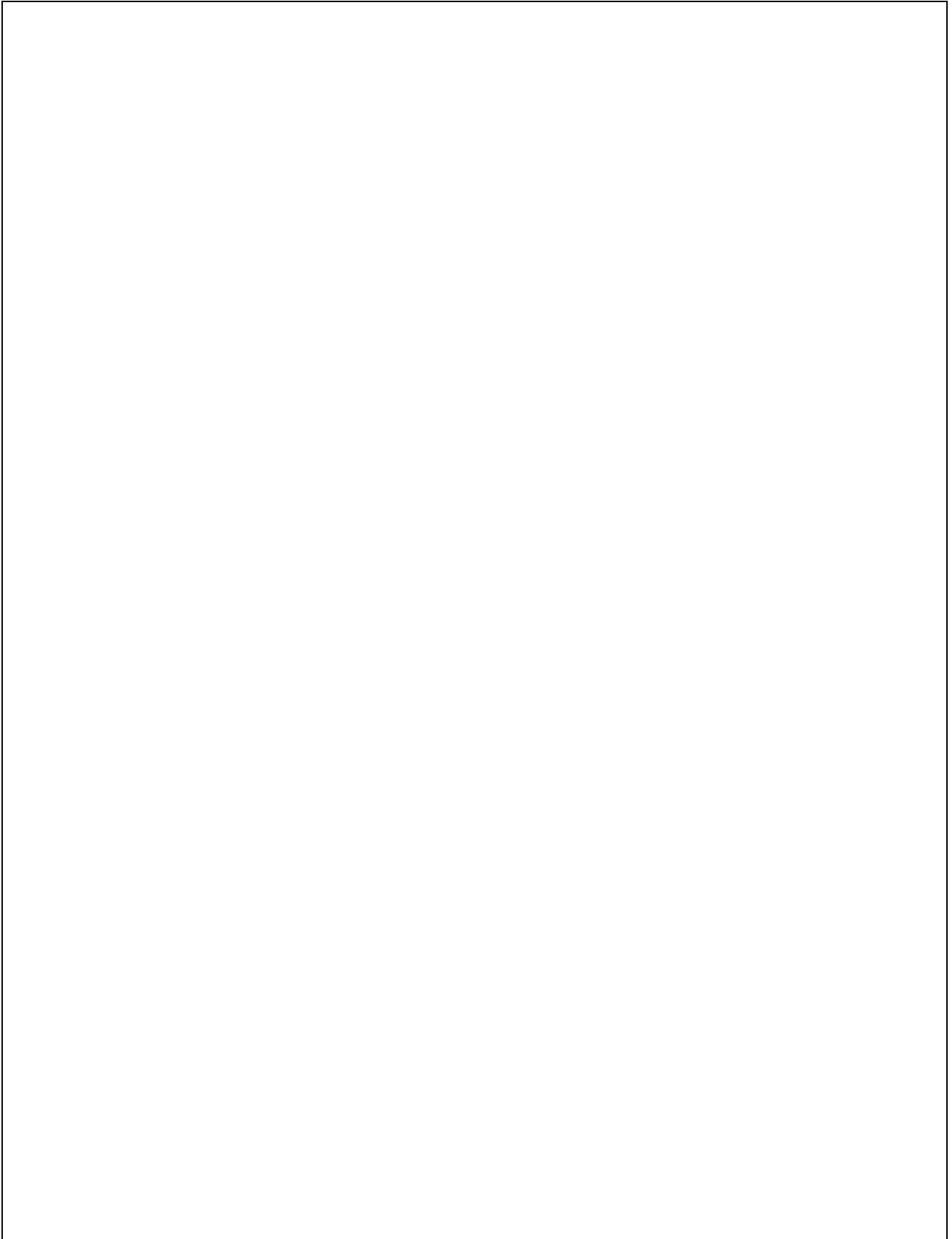
受験番号



解答用紙 (サステナブル空間構成学講座)

問題番号

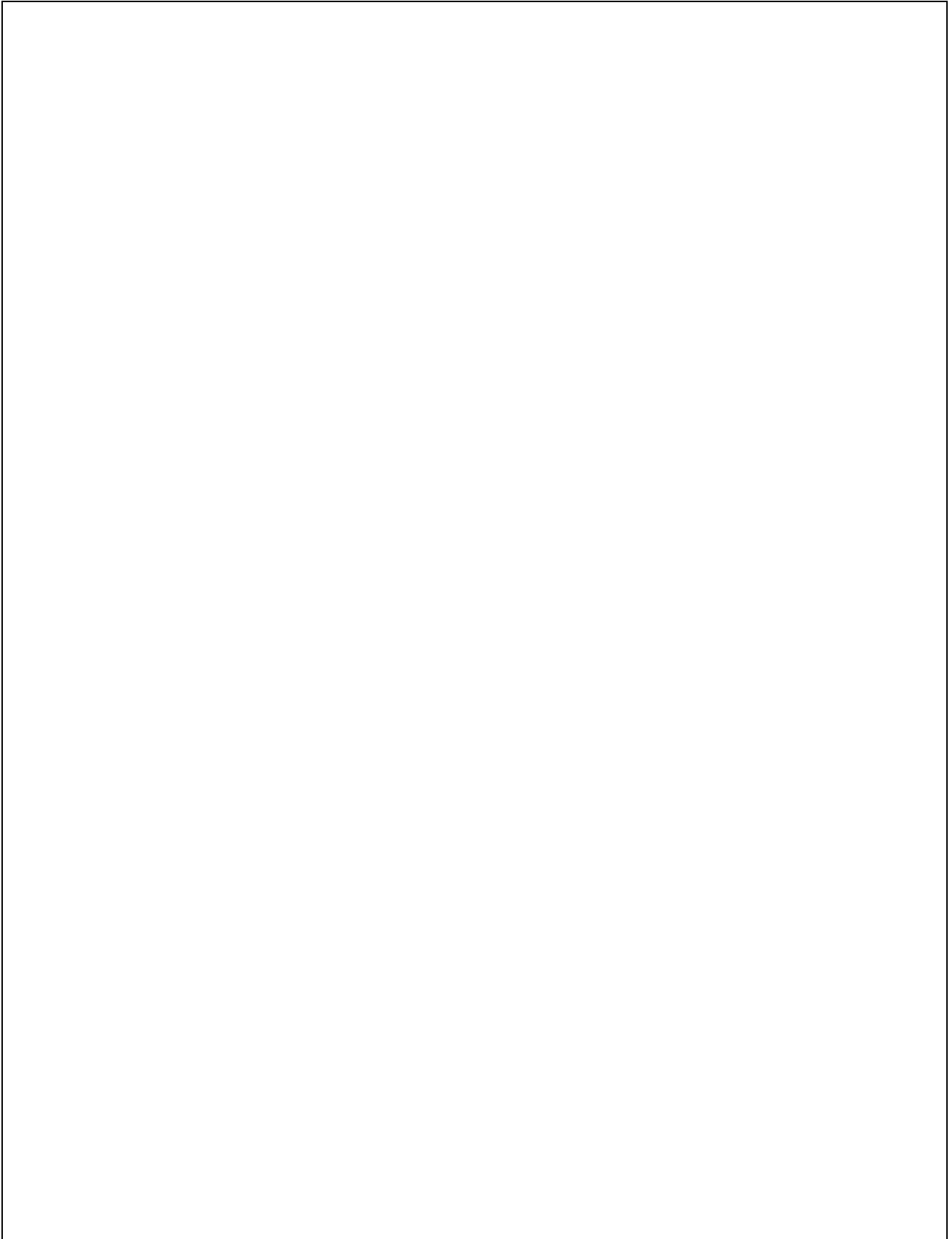
受験番号



解答用紙 (サステナブル空間構成学講座)

問題番号

受験番号



解答用紙 (サステナブル空間構成学講座)

問題番号

受験番号

