

令和6年度

滋賀県立大学大学院環境科学研究科

環境動態学専攻入学試験

専門科目(専攻共通)問題

注意事項

1. 問題は3題あるので、すべての問題を解答すること。
2. 問題ごとに指定された解答欄に記入すること。必要なら解答用紙の裏面を下書きに使っても良い。

問題1 次の文を読み、問1～問8に答えよ。

(a)日本は世界有数の地震国とされるが、2011年東北地方太平洋沖地震はマグニチュード9の巨大地震であり、我が国において過去最大規模の地震であった。このような
(b)マグニチュード9以上の巨大地震は世界でもこれまで数えるほどしか起こっておらず、東北地方太平洋沖地震は、番目の地震であった。

ここで地震のエネルギーについて考えてみる。地震のエネルギーを $E(\text{erg})$ 、マグニチュードを M とすると、両者には $\log_{10} E = 1.5M + 11.8$ という関係がある。これより、 $E \propto 10^{1.5M}$ となるので、地震のエネルギーはマグニチュードが1大きくなると約倍大きくなり、マグニチュードが2大きくなると約倍大きくなる。このようにマグニチュードの大きな地震ほど発生に必要なエネルギーが大きくなることから、その蓄積には長い時間を要するため発生回数は少なくなる。

地震学において最も有名で有用な式の一つに・の式がある。地震の発生回数を n 、地震のマグニチュードを M とすれば、両者には $n = 10^{a-bM}$ の関係がある。(ただし a 、 b は定数である。) b は1に近い場合が多いので、 $n = 10^{a-M}$ と表される。これより対象とする地域において、マグニチュードが1大きくなると地震の発生回数が約分の1倍となり、マグニチュードが2大きくなると地震の発生回数が約分の1倍となる。対象地域において長期間にわたり発生するマグニチュード7の地震の総エネルギーを1とすれば、マグニチュード8の地震の総エネルギーは発生頻度を考慮すると×分の1=約倍となる。同様に、マグニチュード9の地震のそれは×分の1=約倍となる。

問1 下線部(a)に関連して、世界中で発生するマグニチュード6以上の地震のうち、日本列島とその周辺では生じる地震の割合はどのくらいかを、以下から選び記号で答えよ。

- a. 5% b. 10% c. 15% d. 20% e. 25% f. 30%

問2 に入る数値(一桁の整数)を答えよ。

問3 下線部(b)に関連して、マグニチュードが過去最大の地震の名前とそのマグニチュードを答えよ。(ヒント: その地震には南米のある国の名前が付いている。)

問4 問3の地震により生じた現象により、日本をはじめ多くの国々に被害が生じた。その現象とは何かを答えよ。

問題2 以下の文章を読み、問1～問3に答えよ。

20世紀中頃の日本において、安全な飲み水の確保のために上水道の整備が進められるなかで、それよりも遅れて下水道施設が除々に整備されるようになった。整備に時間がかかることは、その間、未処理の下水が環境中へ流れ続けることにつながる。

問1 下水道の整備が長期にわたる背景として、いくつもの市町村からの下水を一括して処理する公共下水道のみで整備することを想定した場合、下水処理場まで運ぶための管渠と呼ばれる幹線水路を大規模に整備しなければならないことが挙げられる。図1は、人口密度が高い地域(A区域)では経済的な公共下水道が、過疎地域の農村部では管渠が長くなり過ぎることで費用が莫大にかかり、急激に不経済になることを示している。これに対して、少し人口密度が低い地域(B区域)では数百戸をまとめて処理する集落下水道(農村下水道)を、さらに人口密度が低い地域(C区域)では集落下水道も不経済になるため個人下水道(合併処理浄化槽)を一戸ずつの家につける、といった地域特性に応じた最も経済的な下水道の計画が提案されるようになった。

解答用紙の図に①集落下水道および②個人下水道の一戸あたりの建設費用を表す線を、公共下水道の線にならって実線で書き入れよ(それぞれの実線を①、②を表記して示せ)。また、公共下水道を含めた3つの実線の、最も費用の低い部分だけを選び太線の実線で結んで、地域特性に応じた最適な下水道を示す図を完成させよ。

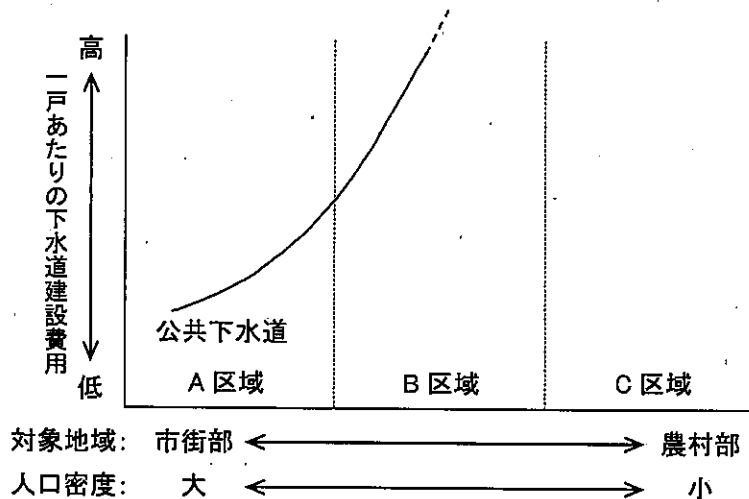


図1 下水道の建設費用と地域特性との関係の概念図

問2 いま、家庭下水の流入水質が BOD（生物化学的酸素要求量）で 110 mg/L、窒素 40.0 mg/L である下水処理施設において、1 人 1 日あたりに排出する下水量が 300 L と見積もられた。この下水が処理された処理水の水質は BOD 2.2 mg/L、窒素 8.0 mg/L であった。以下の設問に答えよ。なお、解答の数値は有効数字 2 桁で示せ。

- (i) この時、1 人が 1 日に排出する BOD、窒素の汚濁負荷量 (g/日・人) を求めよ。計算式も示せ。なお負荷とは、環境への影響を考えた、汚れの量のことである。
- (ii) この施設の処理による BOD および窒素の除去率 (%) を求めよ。計算式も示せ。

問3 下水処理の原理は、「曝気槽」の微生物に空気を送りながら下水中の汚れ（有機物）を接触させてエサとして食べさせる「生物処理」によって下水をきれいにする、というものである（図 2）。増殖した微生物の塊は「汚泥」と呼ばれ、沈殿させて再び曝気槽に戻され、新しい下水を処理するために使われるが、過剰に増殖した汚泥は処理系統から引き抜いて投棄、処理する必要がある。上澄みは塩素殺菌後に放流される。以下の設問に答えよ。

- (i) 当初、下水道は家庭排水に加えて工場排水を受け入れて共同処理する方針が採られた。微生物のエサとならない化学工場排水中の有機物や重金属などは生物処理では処理されず、放流水あるいは汚泥に含まれて環境中に放出される状態にあった。ここで、焼却前の汚泥に含まれていた重金属が 800℃程度で焼却処理されたあとに灰の中に残っていた割合を調べると、水銀で 4%、ヒ素で 20%、カドミウムで 40%であった。これらの重金属の種類による残存割合の違いは、金属のどのような性質の違いを表すものと考えられるか、簡潔に答えよ。

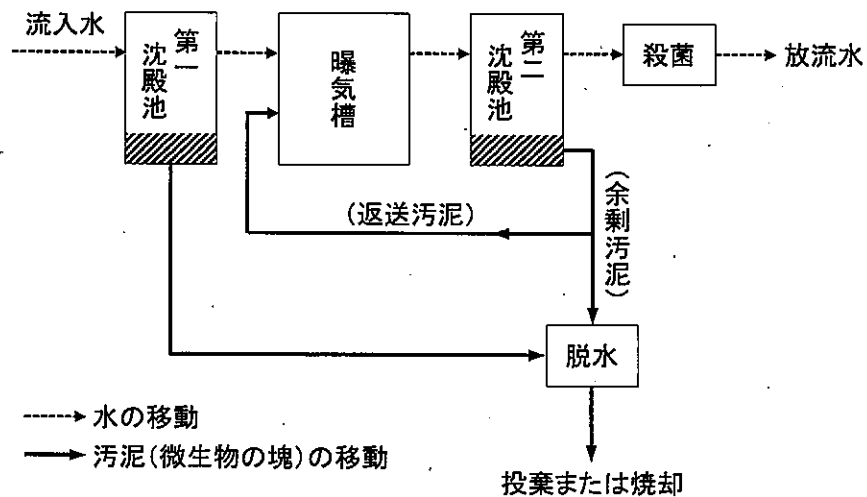


図 2 浮遊微生物法(活性汚泥法)による下水処理過程の概要

(ii) 工場排水中の毒性物質が生物処理されないまま放流水を通じて下水処理場から環境中へ放出されていることを、放流水の水質と汚濁負荷量の両面から調査して明らかにした結果を表1に示した。種類の異なる複数の工場からの排水を一括して受け入れる下水処理場において、誤って処理がなされていると考えられた要因として、それまで下水処理の処理効率が放流水の濃度のみで評価されていたことが挙げられる。この点を踏まえて、複数の種類の異なる工場排水を混合して下水処理場に流入させることの問題点について、表1の水質と汚濁負荷量の数値を用いて5～10行程度で説明せよ。

表1 種類の異なる工場排水を個別および混合放流する時の水質と汚濁負荷

工場	排水量 (千t/日)	水質(mg/L) ^{*1}		汚濁負荷(kg/日)	
		BOD	鉛	BOD	鉛
①個別に放流する場合					
A工場	1	240	0	240	0
B工場	1	0	2	0	2
合計	2	-	-	240	2
②A、B工場の排水を混合して放流する場合					
A工場+B工場	2	120	1	240	2

*1 mg/L = g/t

問題 3

問 1 以下の (i) ~ (iii) に答えよ。

- (i) 化石燃料と異なり、バイオマス（生物資源）を原料とするバイオ燃料が「カーボンニュートラル」と見なされている理由を述べよ。
- (ii) 「カーボンニュートラル」は自然生態系では成立しても農業生態系で成立することはまずない。その理由を述べよ。
- (iii) コストやインフラ整備といった社会経済的要因以外にバイオ燃料が真に CO₂ 排出量の削減に貢献するための必須条件を挙げよ。

問 2 大気中の CO₂ 濃度が化石燃料の燃焼などによって今後大幅に増加するとしたら、それは植物にとって光合成の材料が増えることを意味する。しかしながら、それによって全ての作物の収量が一律に向上する訳ではない。そこで以下の (i) ~ (iv) について答えよ。

- (i) 現在の大気中の CO₂ 濃度はどのくらいかを答えよ。
- (ii) CO₂ 濃度が上昇してもトウモロコシはイネやコムギほど増収しないと考えられているが、その理由を述べよ。
- (iii) 水の供給が十分な地域と水不足に陥りがちな地域では、どちらが CO₂ 濃度上昇の恩恵を受けられると考えられるか。理由とともに答えよ。
- (iv) 土壌窒素が制限要因となる場合、CO₂ 濃度上昇による増収率は多くの作物で低下すると予想されるが、窒素不足でも増収率がほとんど変わらないと考えられる作物を一つ挙げてその理由を述べよ。