

北海道大学大学院環境科学院
環境起学専攻
(人間・生態システムコース，環境適応科学コース，国
際環境保全コース)

令和 8 年度大学院修士課程入学試験問題
(秋季入試)

令和 7 年度 10 月入学大学院修士課程入学試
験問題

専門科目 解答例

環境科学系

問1

- ① 工業化, ②2.0 ,③1.5 ④遺伝子資源, ⑤モントリオール, ⑥残留性有機汚染物質 (POPs)
- a) 人間の資源需要を地球の資源再生能力に照らして評価する指標のこと。人々が利用する再生可能資源の供給に必要とされる面積, インフラの整備によって示される面積, 廃棄物を吸収するのに必要とされる面積を合計して計算される。
 - b) 動物、人、生態系の健康をひとつに捉え、バランス良く健全にあるべきとの考え方である。従来、人間を中心に考えられてきた健康の概念を野生動物や生態系への健康へと拡大している。これを実践するための指針としてワンヘルスマンハッタン原則が定められている。
 - c) 地球システムでのさまざまな環境変化が、突然あるいは不可逆的となるまでの閾値。気候変動、生物多様性、土地システムの変化、淡水利用、生物地球化学の流れ/循環、海洋酸性化、大気エアロゾル、成層圏オゾン層の喪失、そして”新規のもの”で定義される。
 - d) 物質循環とは、自然界においてさまざまな物質が循環的な動態をとることを指している概念で、炭素循環や窒素循環など元素単位で示されたり、水循環など化合物単位で捉えられる。物質循環にはエネルギーの流れを伴い、その原動力のひとつとして生命活動がある。
 - e) ビジネスの世界では、持続可能性, 社会的責任, 優れたガバナンスが重要であり、これらに関する問題を評価・管理するためのフレームワークとなる概念である。ESGは Environment (E), Society(S), Governance(G)の頭文字となっている。

問2

- a) 大規模なダム建設は、洪水調節、水力発電、飲料用、灌漑用、工業用など多目的な貯水など、さまざまな便益をもたらす。ダム建設は、水流、土砂輸送を変化させ、下流における魚の回遊に影響を与える。ダムに堆積した土砂はダムの貯水能力を低下させ、水力発電の発電量に影響を与える可能性がある。
- b) 被圧帯水層は、地表下にある水で飽和した含水層です。その上下には不透水層が存在するため被圧帯水層は圧力下にあり、井戸で含水層を貫通すると、水は含水層の上端を超えて上昇します。不圧帯水層は、上部の水面（水面）が大気圧下にあるため、上昇や下降が可能な含水層です。
- c) 点汚染源は排水管、側溝、下水の流出口など、特定の場所（発生源の特定が可能な場所）から水域に排出される。例として発電所や下水処理場がある。非特定汚染源は散在性または拡散性で、特定の水域に排出される特定の場所を持たない。例とし

て、農地、家畜飼育場や牧草地などがある。

- d) 対流圏のオゾン層は、生体組織を刺激し、スモッグの原因となるため、汚染物質である。しかし成層圏では、オゾンは有害な紫外線を吸収する。紫外線は目や皮膚を含む動植物組織にダメージを与える高エネルギー波長をもつので、成層圏のオゾンは紫外線から身を守る重要な盾となっている。
- e) 水媒介性疾患には、チフス、コレラ、赤痢、腸炎、伝染性肝炎およびシストソーマ症などがある。例えば、コレラ菌 (*Vibrio cholerae*) によって引き起こされるコレラは、主な源は未処理または不適切に処理された人間の排泄物である。また、チフスはサルモネラ・チフィ菌 (*Salmonella typhi*) によって引き起こされ、主な源は未処理または不適切に処理された人間の排泄物である。
- f) 溶存酸素は水中に溶けている酸素の量である。水質と、その水質が育む生物の種類を示す良い指標である。6ppm 以上の酸素を含む水は、魚貝類にとって望ましい水質とされる。酸素が 2ppm 未満の水では、主にミミズ、バクテリア、菌類、その他のデトリタスフィーダーや分解者が生息しやすい。

物理系

問3

(1)

静止軌道衛星：地球の自転と同じ速さで地球の周りを周回する衛星。衛星に働く重力と遠心力がつりあう高度（約 36,000km）の軌道をとる。地球上の同じ位置を常に観測できることが利点である。

自由対流高度：地形などに起因して強制的に持ち上げられた空気塊の温度が、周囲の空気の温度よりも高くなる高度のこと。この高度より上空では空気塊に正の浮力が働くため対流が発達する。

ハドレー循環：赤道付近で上昇し、両半球の亜熱帯で下降する大規模な大気の流れのこと。ハドレー循環の一部として、赤道付近（ITCZ）では対流活動に対応した上昇流がみられることに加えて、亜熱帯では高気圧帯が形成されて乾燥した気候となる。

ドップラーレーダー：レーダーの電波が粒子にあたって反射する際に、粒子が電波の発信地に近づいているとドップラー効果によって反射エコーの周波数が高くなる。この特性を利用して、上空の風を観測する機能を備えたレーダーのこと。

(2)

(a) 鉱物ダスト（黄砂）、森林火災、海塩のしぶき（波浪）

(b) 雲の面積が大きくなると短波放射の反射が増加し、地表へ到達する日射量が減少するため、地球を冷やす効果がある。また、雲の変化は、宇宙へ向かう長波放射を通じても放射収支に影響する。特に、雲が厚く、高度が低い（温度が高い）低層雲が増加すると宇宙へ向かう長波放射が増加して地球を冷やす効果が大きい（逆に減少すると地球の放射収支が正となり地球を暖める）。

(c) 地球放射のうち大気中の温室効果ガスの吸収線から外れた波長の放射は大気によって吸収されにくく、宇宙まで到達する。この波長領域を大気の窓と呼ぶ。宇宙からのリモートセンシングで赤外線を用いる場合には、この波長帯を観測することで、大気の影響を受けにくく地球表層の観測が可能である。

(d) 太陽定数を S 、地球半径を R とすると、地球の大気上端に到達する日射の総量は $\pi R^2 S$ となる。図1は地球全体の平均であるため、地球の表面積 $4\pi R^2$ に図中に記載された 340 を乗じると地球が受け取る日射の総量 $4 \times 340 \pi R^2$ となる。したがって、 S は 340 の約 4 倍となる。

(e) 土地利用変化によって地表面のアルベド反射率が変化すると短波の吸収量が変化する。例えば、人間活動による歴史的な森林伐採や農地化は局地的にアルベドを増加させ、地球を冷却する効果があったことが知られている。

(3)

(a) i (A: 気圧傾度力, B: コリオリ力, C: 遠心力)

(b) ii (遠心力と気圧傾度力が釣りあう)

(c) $2\Omega v \sin \theta$

(d) 地表による摩擦力が空気塊に働くため風速が減速する。風速が減少することによってコリオリ力と遠心力が低下する。その結果、等圧線を横切って低気圧の中心へ向かう風の成分が生じる。

生態・地理系

問 4

(1)

- a. ①侵食
②波
③マスマーブメント（集動、重力変形作用）
- b. 蛇行：河川の側方侵食は、屈曲部の外側で河岸が削られることで主に生じる。これにより流路がより屈曲し、蛇行が発達する。蛇行が進行しその首部が短絡されると、旧流路が切り離され三日月湖などが形成される。
- c. 大量の岩屑が河谷に到達すると、河道が一時的にせき止められ、天然ダムが形成されることがある。このダムが決壊すると、下流に土石流や洪水を引き起こす可能性がある。また、運搬される堆積物の増加により下流の河床が上昇し、流路の変化や洪水リスクの増大を招く。

(2)

- d. A
- e. 流れ山は、もともと山体を構成していた岩石のブロックからなり、土壌も発達しにくく、傾斜地でもあり、土地利用の制約が大きい。このため開発が進まず、森林や緑地として残されることが多い。
- f. 扇状地
- g. 扇状地の形成は大規模崩壊の生じた後。なぜなら、扇状地が崩壊の移動体末端部を覆うように形成されており、移動体の上面や側面を流下した河川が運搬した土砂が堆積してできたものと考えられるから。

問 5

(1)

- (i) 光合成有効放射は植物の光合成に使える光で、純一次生産力はその光を使って得られる有機物量。
- (ii) 種間競争は異種が資源をめぐって競い合う現象で、ニッチ分割は競争を緩和するために、それぞれの種が資源や空間を分けて利用することで共存するしくみである。(種間競争が強まると、ニッチ分割が進行して各種の生態的役割や生息域が細分化される。)
- (iii) 中規模攪乱仮説は、攪乱の頻度や強度が中程度であると、生態系内で多様性が最大になるという理論である。攪乱が小さすぎると優占種が独占し、強すぎると耐性種のみが残るため、多様性が低下する。逆に、中規模攪乱があると多様性が高まる。

(2)

- (a) 土地利用変化による生息地分断化は、個体群の隔離を招き、遺伝子流動を妨げる可能性がある。その結果、遺伝的多様性が低下し、群集全体の環境応答力や回復力が弱まる危険性がある。分断された個体群では近親交配や局所絶滅のリスクも高まる。
- (b) レジリエンスは攪乱後に生態系が元の状態へ回復する力を示し、レジスタンスは攪乱に対する抵抗力を表す。生物学的侵入に対するレジスタンスが高い群集では侵入種が定着しにくく、レジリエンスが高ければ一時的な影響後も回復しやすい。侵入種による影響があった場合、その群集の再生可能性は両者の力のバランスにより決まる。
- (c) 供給機能: 食料・水・木材等、人が直接利用できる生態系産出物。
調整機能: 気候緩和、水質浄化、害虫防除など、生態系を安定させる機能。
- (d) 肥料負荷により窒素濃度が上昇すると、ミズゴケなどの低窒素環境適応種が消失する。一方で、窒素選好性の高い植物が優占し、種多様性が低下する。さらに、この変化は湿原の窒素循環を改変し、生態系機能と安定性に影響を及ぼす。

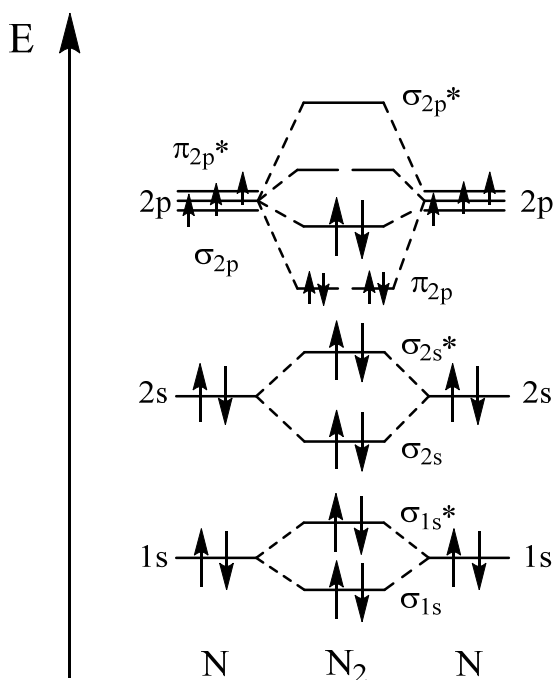
(3)

- (a)
 - (i) 地形は降水の分布に影響し、海風を受ける山地の風上側では豊富な降水により植生が育ちやすく資源が豊かになる。一方、風下側は降水量が少なくなるため、資源が乏しく植生も限られることで、生物の分布に差が生じる。
 - (ii) 生態系の機能は単に種数の多さだけでなく、種が均等に存在することにより、異なる種が役割を分担し、環境変動に強い安定性や回復力（レジリアンス）をもたらすからです。
 - (iii) 生物種の絶滅リスクは個体群サイズが小さいほど高まるため、大きな面積の生息地を保護することで個体群の安定的な維持が可能となり、絶滅リスクを低減できる。このため、生物種保護では広い生息地の保護が優先される。
- (b)
 - (i) 生態系の食物連鎖において、例えば、上位の捕食者が下位の栄養段階の生物を抑制することで、その影響がさらに下の段階に連鎖的に波及し、生態系全体の構造や物質の流れを制御する現象を指す。
 - (ii) オオカミは食物連鎖の頂点捕食者として有蹄類の個体数や行動を制御し、これにより植生への過剰な採食圧が抑制される「栄養カスケード」が生じる。オオカミの捕食による種間相互作用は被捕食者の密度や行動変化を引き起こし、これがポプラ属樹木の定着数増加につながる。結果として、オオカミの絶滅や再導入による個体数変化が被食者の個体群動態を調整し、ポプラ属樹木樹林の構造の回復を促進するのである。

化学系

問6

(1)

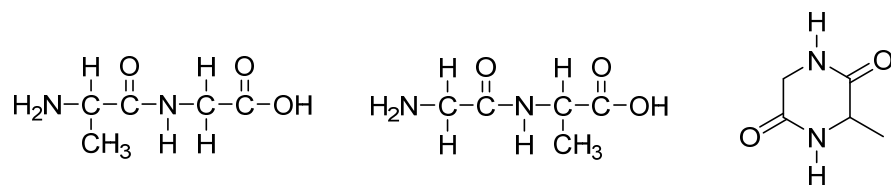


N_2 , N_2^- , N_2^{2-} の結合次数はそれぞれ、3, 2.5, 2である。結合次数が大きいほど結合が短くなるので、平均核間距離＝結合距離の大小関係は、 $\text{N}_2 < \text{N}_2^- < \text{N}_2^{2-}$ となる。

(2)

アミノ酸は、少なくとも一つのアミノ基 NH_2 と、少なくとも一つのカルボキシ基 COOH をもつ有機化合物である。

グリシンとアラニンの縮合によって生成するジペプチドの構造は以下の3種類である。



(3)

(a) 全圧 = $0.32 + 0.15 + 0.42 = 0.89 \text{ atm}$ 、 N_2 のモル分率 : $0.32 / 0.89 = 0.359... = 0.36$ 、 He のモル分率 : $0.15 / 0.89 = 0.168... = 0.17$ 、 Ne のモル分率 : $0.42 / 0.89 = 0.471... = 0.47$

(b) $P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2$ より、標準状態 (273.15 K , 1 atm) における体積は、 $0.57 * 2.5 / 288.15 = 1 * x / 273.15$ より、 $x = 1.35... = 1.4 \text{ [L]}$

(4)

(a) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{ H}_2 \rightarrow 2 \text{ Fe} + 3 \text{ H}_2\text{O}$

(b)

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ &= \{2 \Delta_f H^\circ[\text{Fe(s)}] + 3 \Delta_f H^\circ[\text{H}_2\text{O(g)}]\} - \{\Delta_f H^\circ[\text{Fe}_2\text{O}_3\text{(s)}] + 3 \Delta_f H^\circ[\text{H}_2\text{(g)}]\} \\ &= \{2 \times 0 + 3 \times (-241.8)\} - \{-824.2 + 3 \times 0\} \\ &= 98.8 \text{ [kJ]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta S^\circ &= \{2 S^\circ[\text{Fe(s)}] + 3 S^\circ[\text{H}_2\text{O(g)}]\} - \{S^\circ[\text{Fe}_2\text{O}_3\text{(s)}] + 3 S^\circ[\text{H}_2\text{(g)}]\} \\ &= \{2 \times 27.3 + 3 \times 188.7\} - \{87.4 + 3 \times 130.6\} \\ &= 141.5 \text{ [J/K]}\end{aligned}$$

$$\text{よって、} \Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ = 98.8 - 298.15 \times 0.1415 = 53.6... > 0$$

$\Delta G^\circ < 0$ の時に反応は自発的に進むので、この反応は 25°C の標準状態において自発的に進まない。