

A（地球環境学）解答例

問題 1

問 1 1970年以降、北極圏での気温上昇の結果、特に日射量の多い夏の海水面積が長期的に減少している。そうすると太陽光を強く反射していた白い海水が減り、かわりに太陽光を多く吸収する暗い海水面が広がる。つまりアルベドが減少する。そうすると、より多くの太陽放射が海洋に吸収され、さらなる気温上昇を招く。この過程が「アイス-アルベドフィードバック」と呼ばれる正のフィードバックであり、北極圏温暖化増幅の要因となっている。（203字）

問 2 生態系への影響では、海水面積の変化（減少）によってホッキョクグマやアザラシなど海水の上で捕食や子育てをする動物の生息地が失われ、また、気温上昇により南方より新たな生物が侵入し、食物連鎖や生物多様性が大きく変化する。人間社会への影響では、夏の嵐の増加によって沿岸部に強い波が発生し、海岸侵食が進行し、沿岸施設や住居に被害が生じる。一方、海水面積の変化（減少）によって北極海を大型船が航行できるようになり地下資源開発が進む。（210字）

問題 2

問 1 人員や設備に冗長性をもたせる、例えばそれらのバックアップを常に準備しておくことは、緊急時の事業継続に有効である一方、予備資源の維持にはコストがかかり、平時の経営効率が低下するため。（90字）

問 2

（1）生態系B—生態系Aでは家畜が狭食性なため、病原菌により一部の牧草種が失われるだけでも影響が大きい。牧草種ごとの特性が異なるため、空いた生息域を他種が十分に活用できず、系全体の生産量が減少する可能性もある。一方、生態系Bでは種の特性が類似しているため、消失した種の代わりに他種が拡大することで、広食性の家畜へ餌を十分に供給できる。（164字）

（2）生態系A—生態系Aでは、干ばつ時に土壤中の水分が減少しても、深い層の水分を利用する牧草種が生き残ることで、ある程度牧草生産は維持できる。しかし、生態系Bの牧草種は根が浅く、干ばつにより同時に深刻な影響を受けてしまうため、牧草生産力が大きく低下する可能性がある。（131字）

B（地球科学I）解答例

問題 1

問 1 基底礫岩 覆瓦状構造（インブリケーション）

地層Aが堆積した時の川の流れの方向（古流向）を知ることができる。（32字）

問 2 断層Iの活動回数は2回。1回目は20,000年～18,000年の間、2回目は18,000年～5,000年の間。

問 3 断層IIは、地表付近で破碎したため、断層運動に伴う擦り潰しによる未固結の断層ガウジとなる。（44字）

断層IIは、地下深部の地圧の高い条件下で破壊が生じることから、固結した断層岩となる。（41字）

問 4

- ・花崗岩が形成される
- ・地下深部での断層活動による断層岩（カタクレサイト）の形成
- ・花崗岩が隆起する
- ・地表露出後の花崗岩が削剥される
- ・地層Aが堆積する
- ・活断層Iの1回目の活動に伴い地層Aにズレが生じる
- ・地層Aが侵食される
- ・地層Bが堆積する
- ・断層Iの2回目の活動によるズレが生じる
- ・地層Bが一部侵食される
- ・地層Cが堆積する

問題 2

- 問 1
- | | |
|------------|-----------------------------|
| ① 飛騨帯 (i) | ② 飛騨外縁帯 (g) |
| ③ 秋吉帯 (b) | ④ 舞鶴帯 (f) |
| ⑤ 超丹波帯 (b) | ⑥ 美濃-丹波帯（美濃帯 or 丹波帯でも可） (c) |
| ⑦ 領家帯 (d) | |

問 2

・海洋プレート層序について：下位より，海嶺または大洋島の玄武岩類，生物源チャート，砕屑岩が整合的に積み重なる層序．玄武岩類の上位を，礁石灰岩が覆うこともある．（78字）

・海洋プレート層序の形成について：砕屑物が到達できない遠洋の海底で，玄武岩類が噴出する．そこがCCD以下の深海である場合，玄武岩の上には炭酸塩以外の生物骨格が選択的に蓄積され，結果的に珪質堆積物が形成される．そして海洋プレートの移動により，大陸の付近まで到達した時，珪質堆積物の上を砕屑物が覆う．（147字）

問 3

化石の名前：紡錘虫（フズリナ，パラフズリナでも可）

地質体の名前：②，③，⑥

問 4 白亜紀以降に活動した左横ずれの断層（系）で，Heinrich Edmund Naumannが発見した．（51字）

問題 3

問 1 有孔虫殻，二枚貝の殻，サンゴ骨格，など，その他の化石グループの名称を解答しても可．

問 2 南極氷床，北米氷床の順に氷床が形成された鮮新世から更新世の時代には，低い安定酸素同位体比をもつ水が氷床に蓄積したために，海水は高い安定酸素同位体比を示すようになる．この海水の同位体比の変化を反映し，当時の生物の炭酸塩骨格の化石の安定酸素同位体比の値が上昇する傾向を示すようになった．（141 字）

補足：蒸発して雲になった水の酸素同位体比は低い．雲から降水として高い同位体比の水を除去した雲の水はさらに低くなる．そのような過程を経て極域に移動した雲から降雪として蓄積した氷床は，海水の安定酸素同位体比より低い値をもつようになる．

問 3 メタンハイドレートは，永久凍土や海洋堆積物中に存在するメタンと水分子が結びついた氷状の物質である．気候の温暖化はメタンハイドレートの崩壊とメタンの大気への放出を引き起こす．メタンとメタンが酸化した二酸化炭素は

強力な温暖化ガスであるので、さらなる温暖化とメタンハイドレートの崩壊を引き起こす。(145字)

問4 生物起源の炭酸カルシウムの安定炭素同位体比は、炭素の供給源の種類によって決まる。PETMの起きた時期に炭素同位体比が負に大きくシフトしているならば、炭素供給源として安定炭素同位体比の低いメタンの関与が強く示唆されるため。(110字)

問題4

問1 同時期の隕石孔（クレーター）の認定、イリジウム正異常、衝撃石英、マイクロテクタイト、燃焼起源有機分子、オスミウム同位体比負異常。

(このうち3つを答えれば正解とする)

問2 短期的には、大気中に放出された大量の火山灰やススによって太陽放射がさえぎられ、気温が低下する。(47字)

長期的には、噴火で放出された二酸化炭素により温暖化が進行する。(31字)

C (地球科学 II) 解答例

問題 1

- 問 1 剪断センスを示す組織名：雲母フィッシュ，ポーフィロクラストの非対称組織，S-C面構造，面構造のシアーバンド
剪断センス：左ずれ

問 2

- (1) プレート収束域において，海溝から沈み込んだ冷たい海洋プレートが地下深部に持ち込まれ，高い圧力下にさらされる場。
代表的な変成岩の例：エクロジャイト，青色片岩
- (2) 沈み込み帯深部において，沈み込んだ海洋プレートから放出された水がマントルの融点を下げて大量のマグマが生成された場。
代表的な変成岩の例：グラニュライト，片麻岩

問 3

- ㉞ 特性エックス線
- ㉟ 波長分散型
- ㊱ 比例計数管
- ㊲ エネルギー

問題 2

問 1

- (1) サニディン (2) 曹長石 (3) 曹灰長石

問 2

- (1) 830°C
- (2) 液相の組成： $\text{K}_{0.42}\text{Na}_{0.58}\text{AlSi}_3\text{O}_8$ ，固相の組成： $\text{K}_{0.72}\text{Na}_{0.28}\text{AlSi}_3\text{O}_8$
量比 液相：固相＝22：8＝11：4
- (3) 固相 1 の組成： $\text{K}_{0.70}\text{Na}_{0.30}\text{AlSi}_3\text{O}_8$ ，固相 2 の組成： $\text{K}_{0.10}\text{Na}_{0.90}\text{AlSi}_3\text{O}_8$
量比 固相 1：固相 2＝40：20＝2：1
- (4) ㉞ 名称：パーサイト

問 3

- (1) 共存する相の組成
固相 1： $\text{K}_{0.56}\text{Na}_{0.44}\text{AlSi}_3\text{O}_8$
固相 2： $\text{K}_{0.20}\text{Na}_{0.80}\text{AlSi}_3\text{O}_8$

液相： $\text{K}_{0.32}\text{Na}_{0.68}\text{AlSi}_3\text{O}_8$

(2) $F=2+2-3=1$

(3) 図 4 において圧力が固定されていることから、温度 T_1 における系の自由度は 0 であるため、液相が無くなるまで温度一定のまま固相 1 と固相 2 の晶出が続く。液相が無くなると冷却が始まり、固相 1 と固相 2 の組成はソルバスに沿って変化する。400°C に至ると、 $\text{K}_{0.85}\text{Na}_{0.15}\text{AlSi}_3\text{O}_8$ と $\text{K}_{0.03}\text{Na}_{0.97}\text{AlSi}_3\text{O}_8$ の 2 相が形成される。

問 4

- (1) 高温から急冷した場合、固相分離が起きにくいため、K と Ca が固溶した高温型のアルカリ長石が形成される。このように急冷される条件は火山岩に当てはまる。
- (2) 低温の状態でゆっくりと冷却した場合、固相分離が起きやすく、低温型のアルカリ長石が形成される。このような条件は、深部でゆっくりと冷え固まる深成岩に当てはまる。

問題 3

問 1 背弧拡大に伴うマントル上昇流によって、かんらん岩が圧力低下によってソリダス温度を超えると部分溶融して玄武岩マグマが形成される。

問 2 マントルウェッジでは、カンラン岩が加水されて部分溶融する。加水する条件が必要なのは、マントルウェッジのカンラン岩はすでに減圧溶融を受けて枯渇した状態にあるため、加水してソリダスを下げないと部分溶融を起こさないためである。

問 3 2.9 km

問 4 $3.35 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

D (地球科学 III) 解答例

問題 1

問 1 水と岩石・土壌の比率の違い，接触していた時間（反応時間の違い），など．

問 2 河川Aは河川Bに比べて Cl^- や SO_4^{2-} の陰イオン濃度が高い．河川Aは河川Bよりも火山性流体の混入割合が大きく，これらのイオン濃度に違いが生じたと考えられる．（79字）

問 3 河川A，B，湧水からの供給量に基づくと湖水の $[\text{Ca}^{2+}]$ ， $[\text{Mg}^{2+}]$ はそれぞれ，

$$[\text{Ca}^{2+}] = 8.1 \times 57/100 + 7.7 \times 33/100 + 17.5 \times 10/100 = 8.91 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = 3.5 \times 57/100 + 2.9 \times 33/100 + 7.2 \times 10/100 = 3.67 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$$

よって， $8.91 \times 2.5 + 3.67 \times 4.1$ より， $37 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$

問題 2

問 1 （表層部での）光合成による CO_2 の消費，有機物の分解による CO_2 の発生，表層と深層の水の循環，など．（1つのみで良い）

問 2 （以下， $0 \text{ K} = -273^\circ\text{C}$ とした場合の解答例）

$$(1) \text{ T} = 8 (^\circ\text{C}) = 281 \text{ K}$$

$$10^3 \log_e \alpha_{(\text{カルサイト}-\text{H}_2\text{O})} = 32.28$$

$$\text{よって } \alpha_{(\text{カルサイト}-\text{H}_2\text{O})} = 1.03281$$

$$\alpha_{(\text{A}-\text{B})} = R_{\text{A}} / R_{\text{B}}, \quad \delta_{\text{A}} = (R_{\text{A}} / R_{\text{std}} - 1) \times 1000 \text{ ‰},$$

$$R_{\text{A}} = (\delta_{\text{A}} / 1000 + 1) \times R_{\text{std}}.$$

$$\text{よって， } \alpha_{(\text{カルサイト}-\text{H}_2\text{O})} = [(\delta_{\text{カルサイト}} / 1000 + 1) \times R_{\text{std}}] / [(\delta_{\text{H}_2\text{O}} / 1000 + 1) \times R_{\text{std}}] \text{ となる.}$$

$$\text{ここから， } \delta_{\text{カルサイト}} = \underline{+27 \text{ ‰}}$$

$$(2) \delta_{\text{カルサイト}} = +27.5 \text{ ‰ のとき，}$$

$$\alpha_{(\text{カルサイト}-\text{H}_2\text{O})} = [(\delta_{\text{カルサイト}} / 1000 + 1) \times R_{\text{std}}] / [(\delta_{\text{H}_2\text{O}} / 1000 + 1) \times R_{\text{std}}] \text{ と， } 10^3 \log_e \alpha$$

(カルサイト-H₂O) = $(2.78 \times 10^6)/T^2 - 2.89$ の式より,

湖水の温度 T (°C) は, +4.8 °C.

- (3) 「カルサイトとグラファイト (石墨) の間の炭素同位体交換反応」
「カルサイトと二酸化炭素の間の炭素同位体交換反応」 など.

問題 3

- 問 1 (ア), (イ): 光合成, 食物連鎖 *順不同 (ウ) 壊変
(エ) 減少 (オ) 一定 (カ) 閉鎖系

問 2 大気上層において, 宇宙線によって生成した中性子と窒素 ^{14}N の核反応で生じる. ^{14}C は生成後に酸素と反応して, CO_2 になる. *後半は, 「 CO_2 (二酸化炭素)」 のみでも良い.

問 3 $C_t = C_0 \exp(-\lambda t)$, $\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$ に基づいて計算. $t = 2.8 \times 10^4$ (年)

問 4 1950~1960年代頃に行われた地上核実験により大気中の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 濃度が大幅に増加したため. (49字)

問 5 宇宙空間では, 宇宙線照射によって ^{14}C が生じるが, 隕石が地球に落下した後は宇宙線の影響がなくなり隕石中の ^{14}C は減衰する一方となる. そのため, 隕石の現在の ^{14}C 濃度から落下した年代を算出することが出来る. (102字)

問題 4

問 1 $(\text{Mg}, \text{Fe}^{\text{II}})_2\text{SiO}_4 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{MgCO}_3 + \text{FeCO}_3 + \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{Na}_2\text{O}$

問 2

(1) EDTA と Mg^{2+} は 1:1 で反応する. 消費した EDTA 量の平均値は 4.55 mL であるから, $[\text{EDTA 濃度: mol} \cdot \text{L}^{-1}] \times [\text{EDTA 消費量}] / [\text{溶液量}] = 0.010 \times (4.55/1000) / (25/1000) = \underline{1.8 \times 10^{-3} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})}$.

(2) 試料溶液 250 mL に含まれる Mg^{2+} の物質量は, $1.82 \times 10^{-3} \times 0.25$ で求められる. MgO の含有量 (g) は $1.82 \times 10^{-3} \times 0.25 \times (24.31 + 16.00) = 1.83 \times 10^{-2}$ (g) となるから, 試料 0.52 (g) 中の MgO 含有量は $1.83 \times 10^{-2} / 0.52 \times 100 = \underline{3.5 \text{ wt\%}}$.

(3) 金属イオンと EDTA のキレート形成は pH が高いほど進行するが, pH が高く

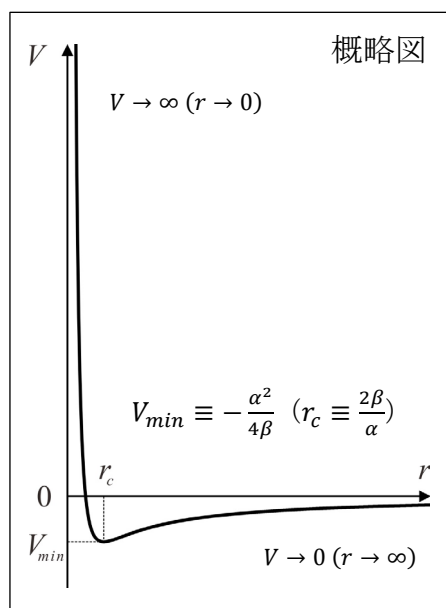
なりすぎると金属イオンは水酸化物を形成する．キレート形成が安定に進み $\text{Mg}(\text{OH})_2$ が沈殿しないpH範囲が約10となるため． (97字)

E（物理学）解答例

問題 1

問 1

(1) (導出過程を省略)



(2) (導出過程を省略) $m\ddot{r} = -\frac{\alpha}{r^2} + \frac{2\beta}{r^3}$

(3) (導出過程を省略) $\frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} m \dot{r}^2 - \frac{\alpha}{r} + \frac{\beta}{r^2} \right) = 0. \quad \frac{1}{2} m \dot{r}^2 - \frac{\alpha}{r} + \frac{\beta}{r^2} = E \quad (E \text{ は一定}) .$

(4) (導出過程を省略) $E > 0$ のとき $r \geq r_+$; $E = 0$ のとき $r \geq r_0$; $-\frac{\alpha^2}{4\beta} \leq E < 0$

のとき $r_+ \leq r \leq r_-$. ただし, $r_{\pm} \equiv \frac{-\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 + 4E\beta}}{2E} \quad (E \neq 0) \quad , \quad r_0 \equiv \frac{\beta}{\alpha} .$

問 2

(1) (導出過程を省略) $m(\ddot{r} - r\dot{\phi}^2) \mathbf{e}_r + \frac{1}{r} \frac{d}{dt} (mr^2\dot{\phi}) \mathbf{e}_{\phi} = -G \frac{Mm}{r^2} \mathbf{e}_r .$

(2) (導出過程を省略) $\frac{d}{dt} (mr^2\dot{\phi}) = 0. \quad mr^2\dot{\phi} = L \quad (L \text{ は一定}) .$

(3) (導出過程を省略) 運動方程式から $\frac{d}{dt}(T + U) = 0$. $T \equiv \frac{1}{2}m(\dot{r}^2 + r^2\dot{\phi}^2) =$

$\frac{1}{2}m\dot{r}^2 + \frac{L^2}{2mr^2}$. 力学的エネルギー $T + U = \frac{1}{2}m\dot{r}^2 + \frac{L^2}{2mr^2} - G\frac{Mm}{r}$ は一定. ここ

で, $E = T + U$, $\alpha = GMm$, $\beta = \frac{L^2}{2m}$ と置くと, $\frac{1}{2}m\dot{r}^2 + \frac{\beta}{r^2} - \frac{\alpha}{r} = E$ は, 問 1

(3) の力学的エネルギー保存の式と同形. 楕円 (又は円) 軌道の r は有界であるので, 問 1 (4) の範囲 $-\frac{\alpha^2}{4\beta} \leq E < 0$ が相当する.

問題 2

問 1 KdL

問 2 $TdS = dU - KdL$

問 3 $dF = dU - SdT - TdS = -SdT + KdL$

問 4 $K = \left(\frac{\partial F}{\partial L}\right)_T$

問 5 $S = -\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_L$

問 6 $\left(\frac{\partial S}{\partial L}\right)_T = -\frac{\partial^2 F}{\partial T \partial L}$

問 7 問 6 の答えに問 4 の答えを微分して代入すると

$$\left(\frac{\partial S}{\partial L}\right)_T = -\frac{\partial^2 F}{\partial T \partial L} = -\left(\frac{\partial K}{\partial T}\right)_L = -\alpha$$

問題文より $\alpha > 0$ であるのでエントロピーは減少する.

問 8 断熱的な伸長は $dS = 0$. 問 2 より, $dU - KdL = cdT - KdL = 0$

$\left(\frac{\partial T}{\partial L}\right)_S = \frac{K}{c} = \frac{\alpha T}{c} > 0$ よって温度は上昇する.

もしくは $dS = \left(\frac{\partial S}{\partial L}\right)_T dL + \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_L dT$ であるから

$$\left(\frac{\partial T}{\partial L}\right)_S = -\left(\frac{\partial S}{\partial L}\right)_T / \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_L$$

前問より $\left(\frac{\partial S}{\partial L}\right)_T = -\alpha$. 長さを一定に保ったゴムの熱容量を c とすれば $c =$

$T \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_L$. これらを代入して $\left(\frac{\partial T}{\partial L}\right)_S = \frac{\alpha T}{c} > 0$ よって温度は上昇する.

F（化学）解答例

問題 1

問 1 二酸化炭素（CO₂）はその分子構造により，赤外線領域の光を吸収する振動モード（逆対称伸縮や変角振動）を持ち，大気中の熱を吸収・再放射して温室効果をもたらす．一方，窒素分子（N₂）は対称な直線二原子分子で，赤外線領域の光と相互作用する振動モードを持たない．このため，N₂は温室効果ガスとしての性質を持たない．（153 字）

問 2 $\text{CO}_2(\text{aq}) = (3.4 \times 10^{-7}) \times (101300 - 3200) \times 4.0 \times 10^{-4} = \underline{1.3 \times 10^{-5} \text{ (mol/kg)}}$

問 3 $[\text{H}^+] = 2.38 \times 10^{-6} \rightarrow \text{pH} = -\log_{10}(2.38 \times 10^{-6}) = 5.62$ （答） pH 5.6

問 4 最も多く存在する炭酸種は HCO₃⁻（炭酸水素イオン）

計算： $K_1 = [\text{H}^+] \times [\text{HCO}_3^-] / [\text{H}_2\text{CO}_3]$

$\rightarrow \text{pH} = -\log_{10} K_1 + \log_{10} [\text{HCO}_3^-] / [\text{H}_2\text{CO}_3]$

$8.2 = 6.37 + \log_{10} [\text{HCO}_3^-] / [\text{H}_2\text{CO}_3]$

$[\text{HCO}_3^-] / [\text{H}_2\text{CO}_3] = 10^{1.83} = 67.6$

問 5 海水の pH が 8.2 から 8.0 に低下すると， $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$ の平衡式において， H^+ 濃度が増加するため，平衡は左に移動し， CO_3^{2-} は HCO_3^- となる．その結果， CO_3^{2-} の濃度は減少する．つまり， CaCO_3 の飽和度が下がるため， CaCO_3 が析出しにくくなり，サンゴや貝類の石灰化能力は低下する．（152 字）

問題 2

問 1 ①[Ar] 3d⁶ ②二座 ③配位 ④6 ⑤八面体

問 2

（1）Fe³⁺を Fe²⁺に還元するため（16 字）

（2）Lambert–Beer の法則 $A = \varepsilon \cdot c \cdot l$

$c = A / (\varepsilon \cdot l) = 0.350 / (11100 \times 1.00) = 3.15 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

$3.15 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \times 0.100 \text{ L} = 3.15 \times 10^{-6} \text{ mol}$

Fe の質量 = $3.15 \times 10^{-6} \text{ mol} \times 55.85 \text{ g/mol} = 0.176 \text{ mg}$

試料 A は 50.0 mg なので,

$$0.176/50.0 \times 100 = \underline{0.352\%}$$

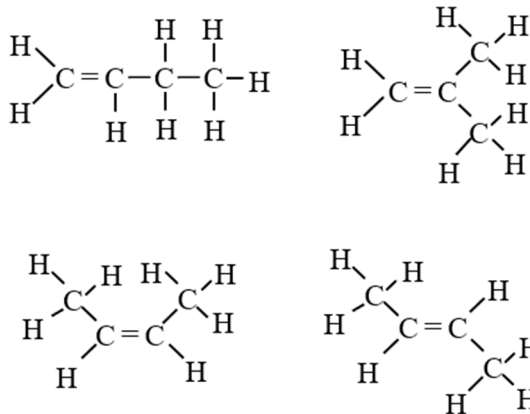
問 3

(1) ICP-MS は比色分析法に比べて感度・精度が高い. 一方, 比色分析法は Fe^{2+} など化学種ごとの定量が可能であるが, ICP-MS ではそれはできない. (72 字)

(2) ^{56}Fe は存在度が高いが, アルゴンプラズマで生成される $^{40}\text{Ar}^{16}\text{O}^+$ と質量数が等しいためにスペクトル干渉が生じる. この干渉を回避するために質量/電荷が 54 や 57 のスペクトルが用いられることがある. (99 字)

問題 3

問 1 以下の 4 つ:



問 2 cis-2-ブテンと trans-2-ブテン

問 3

(1) 1-ブテン

(2) ブタン ($\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_3$)

(3) クロロ化反応で生じるモノクロロ化合物は,

1-クロロブタン : $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{Cl}$

2-クロロブタン : $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CHCl--CH}_3$

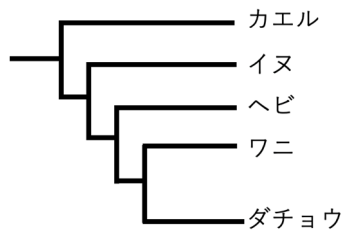
(4) $6 \times 1 : 4 \times 3.8 = 28 : 72$

1-クロロブタンと 2-クロロブタンの生成比は 28% と 72%

G（生物学）解答例

問題 1

問 1 カエルが基部で分岐し、イヌと爬虫類（鳥類）をわけ、爬虫類（鳥類）の中でヘビが先にわかれ、ワニとダチョウが姉妹群



問 2 ゲノム中のDNAは4種類の塩基配列によって遺伝情報を保持しているが、その中にある短い配列が連続反復している部位。（56字）

問 3 最適採餌理論とは、採餌効率などを適応度とみなし、これを最大化する行動様式を解析する理論のこと。その一つの限界値定理は、徐々に採餌効率が低下する資源パッチをいつ離脱すべきかがパッチ間の移動時間に応じて変わること
を予測する。（110字）

問 4 アレン則（アレンの規則）

問 5 性選択（性淘汰）

問 6 環境収容力

問 7 比較的小さな地域にもかかわらず、絶滅の危機に瀕した種を含め、極めて多くの種が分布している地域。（47字）

問題 2

問 1

（1）YYRRTT

（2）Pbの表現型はすべて潜性であるから、遺伝子型はyyrrttである。よって、F1の表現型は、Paの配偶子によって決まり、F1の表現型の分離比は、Paの配偶子の分離比と等しくなる。F1の表現型はすべて顕性なので、Paが形成する配

偶子はすべてYRT, よって遺伝子型はYYRRTTだと推定できる. (144字)

問 2

(1)

種子の色—種子の形		種子の色—丈の高さ		種子の形—丈の高さ	
黄・丸	178	黄・高	102	丸・高	98
黄・しわ	21	黄・矮	97	丸・矮	99
白・丸	19	白・高	98	しわ・高	102
白・しわ	182	白・矮	103	しわ・矮	101

(2) 「種子の色—丈の高さ」, 「種子の形—丈の高さ」の表では, 各表現型がほぼ同数にわかれるので, 独立している. 「種子の色—種子の形」の表では, 各表現型の出現数に大きな差があり, 連鎖していると考えられる. (98字)

(3) (1) の集計値から, $(21 + 19)/(178 + 21 + 19 + 182) = 0.1$ 10%

問 3 F1の配偶子の分離比は, 問題 2 (3) で得られた組み換え頻度の値より,

$$YRT:YRt:YrT:Yrt:yRT:yRt:yrT:yr t = 9:9:1:1:1:1:9:9$$

「白色・丸型・矮性」の表現型となる個体の遺伝子型はyyRRttまたはyyRrtt
F1同士の交配で, この2つの遺伝子型のいずれかとなる確率は,

$$1/40 \times 1/40 + 1/40 \times 9/40 \times 2 = 19/1600$$

よって, 個体数の期待値は 19.

問題 3

- ① イントロン: 真核生物の遺伝子内にある, タンパク質として発現しない非コード領域で, 転写産物から除外される部分. (48 字)
- ② エピジェネティック遺伝: ゲノムのヌクレオチド配列には直接影響しない形で, 生物の形質が遺伝すること. DNA 塩基などの化学修飾が関わる. (54 字)
- ③ 収斂 (しゅうれん) 進化: 異なる進化的系統に属する生物同士が, 似通った環境で生きることによって類似した性質を独立に獲得すること. (51 字)
- ④ 常染色体: 核の中にある遺伝子を担っている構造物である染色体のうち, 性決定には直接かかわらない染色体. (45 字)

- ⑤ 侵略的外来種：自然に分布していない場所に侵入した非在来種で，その場の生態系や生物多様性や経済などに損害を与えている種．（52 字）
- ⑥ 生物学的種概念：ある生物集団が自然条件下で互いに交配し生殖能力のある子孫をつくる能力がある場合，同一種とみなす考え方．（51 字）
- ⑦ 創始者効果：個体群中の小集団が隔離されて遺伝的浮動によって変異が固定し，親集団とは異なる遺伝子頻度をもつようになること．（54 字）
- ⑧ ホメオティック遺伝子：一群の細胞の発生運命を制御することで発生中の個体の身体構造や器官を決定するマスター制御遺伝子．（47 字）

H (数学) 解答例

詳細な導出過程は省略する.

問題 1

問 1 固有値 $\lambda = -1, 1, 2$. 対応する固有ベクトルの例はそれぞれ $\begin{pmatrix} -2 \\ -2 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 3 \\ 4 \\ 1 \end{pmatrix}$.

問 2 $P = \begin{pmatrix} -2 & 1 & 3 \\ -2 & 1 & 4 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ とし $\Lambda = P^{-1}AP = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{pmatrix}$

問 3 $A^n = P\Lambda^n P^{-1} = \begin{pmatrix} -2 & 1 & 3 \\ -2 & 1 & 4 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} (-1)^n & 0 & 0 \\ 0 & 1^n & 0 \\ 0 & 0 & 2^n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -1 & 1 \\ 6 & -5 & 2 \\ -1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$

n が偶数であるので, $A^n = \begin{pmatrix} -3 \cdot 2^n + 4 & 3 \cdot 2^n - 3 & 0 \\ -4 \cdot 2^n + 4 & 4 \cdot 2^n - 3 & 0 \\ -2^n + 1 & 2^n - 1 & 1 \end{pmatrix}$

問題 2

$$(1) \int_0^a \frac{a}{\sqrt{a^2 - x^2}} dx = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{a}{\sqrt{a^2 - (a \sin t)^2}} a \cos t dt = a[t]_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{\pi a}{2}$$

$$(2) \int_1^e \frac{\log_e x}{\sqrt{x}} dx = [2\sqrt{x} \log_e x - 4\sqrt{x}]_1^e = 4 - 2\sqrt{e}$$

問題 3

$$(1) y = \frac{C(1-x) - (1+x)}{C(1-x) + (1+x)}$$

$$(2) y = Ce^{-\cos x} - \cos x + 1 \quad (C \text{ は積分定数})$$

問題 4

問 1

$$(1) \frac{1}{2}F(k-k_0) + \frac{1}{2}F(k+k_0)$$

$$(2) \quad \frac{1}{2}F(k) + \frac{1}{4}\{F(k-2k_0) + F(k+2k_0)\}$$

$$\text{問 2} \quad A(k) = \int_{-\infty}^{\infty} a(x)\exp(-ikx)dx = (\text{計算省略}) = F(k)F^*(k)$$

$$a(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} A(k)\exp(ikx)dk \text{ より}$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x+x')f^*(x')dx' = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(k)F^*(k)\exp(ikx)dk$$

上式で $x=0$ とし, 改めて x' を x と書き換えると与式を得る.

問題 5

$$\text{問 1} \quad W(X=k) = \frac{n!}{k!(n-k)!} p^k (1-p)^{n-k}$$

$$\text{問 2} \quad W(X=k) = \frac{n!}{k!(n-k)!} p^k (1-p)^{n-k} = \frac{n!}{k!(n-k)!} \left(\frac{\lambda}{n}\right)^k \left(1 - \frac{\lambda}{n}\right)^{n-k}$$

$n \rightarrow \infty$ とし, 指数関数の定義を用いると

$$P(X=k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$$

$$\text{問 3} \quad \lambda=1 \text{ のポアソン分布 } P(X=k) = \frac{1}{k!} e^{-1} \text{ において,}$$

$$P(X \geq 2) = 1 - \{P(X=0) + P(X=1)\} = 1 - \left\{ \frac{1}{0!} e^{-1} + \frac{1}{1!} e^{-1} \right\} = 1 - \frac{2}{e} = 0.264$$