

2027 年度第 I 期募集・2026 年度秋入学
名古屋大学大学院環境学研究科 地球環境科学専攻（地球惑星科学系）
博士前期課程 一般選抜普通入試 筆記試験問題

【専門科目】

（注意事項）

- (1) この問題冊子は、専門科目に関するものである。問題部分はこの表紙を除いて34頁ある。
- (2) 問題は科目 A から H まで全部で8科目あるので、ここから2科目を選んで解答しなさい。
A（地球環境学）、B（地球科学Ⅰ）、C（地球科学Ⅱ）、D（地球科学Ⅲ）、
E（物理学）、F（化学）、G（生物学）、H（数学）
- (3) 解答用紙は問題冊子とは別に配布する。
- (4) 解答用紙には各科目共通解答用紙（10枚）が綴じられている。
- (5) 解答用紙は選択した科目についてそれぞれ別の用紙を使用すること。1つの問題の解答が複数枚に渡ってもかまわない（ただし、指示のある場合は問題ごとに別の用紙を使用すること）。答案は解答用紙の枠内に記入すること。配布された用紙で不足する場合は監督者に申し出ること。
- (6) 提出する全ての解答用紙に受験番号を記入し、また、各解答用紙に解答した科目をアルファベットで記入すること。
- (7) 解答には黒の鉛筆かシャープペンシルを使用すること。
- (8) 試験に際して、関数電卓または定規を使用したい場合は、挙手をして監督者に申し出ること。
- (9) 試験中は時計および提供された関数電卓以外の電子機器（携帯電話、スマートフォン、スマートウォッチ・スマートグラスなどのウェアラブル端末等を含む）の電源を切り、カバン等にしておくこと。身につけていてはいけない。
- (10) 試験時間は14時00分から17時00分までである。
- (11) 試験中に気分が悪くなった場合や、トイレに行きたい場合など、必要のある場合は監督者に申し出ること。また、試験時間途中の解答用紙の提出および退出は認めない。
- (12) 試験問題の内容に関わる質問は一切受け付けない。
- (13) 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

・選択した2科目を○で囲みなさい。

A	B	C	D	E	F	G	H
---	---	---	---	---	---	---	---

・下欄に受験番号と提出する解答用紙の枚数を記入し、この表紙だけを問題冊子から取り外して、解答用紙の上に重ねて提出しなさい。

受験番号		提出する解答用紙の枚数	枚
------	--	-------------	---

A（地球環境学）

以下の問題 1～問題 2 を、それぞれ別の解答用紙に分けて，全て解答しなさい。

問題 1 図 1 は国内の林野火災（森林，原野又は牧野が焼損した火災）の発生件数と焼損面積の年変化である．国内の林野火災の出火原因のほとんどは，たき火，火入れ，放火，たばこなど人為的なものであり，落雷など自然現象によるものは稀である．以下の問 1～問 4 を全て解答しなさい．

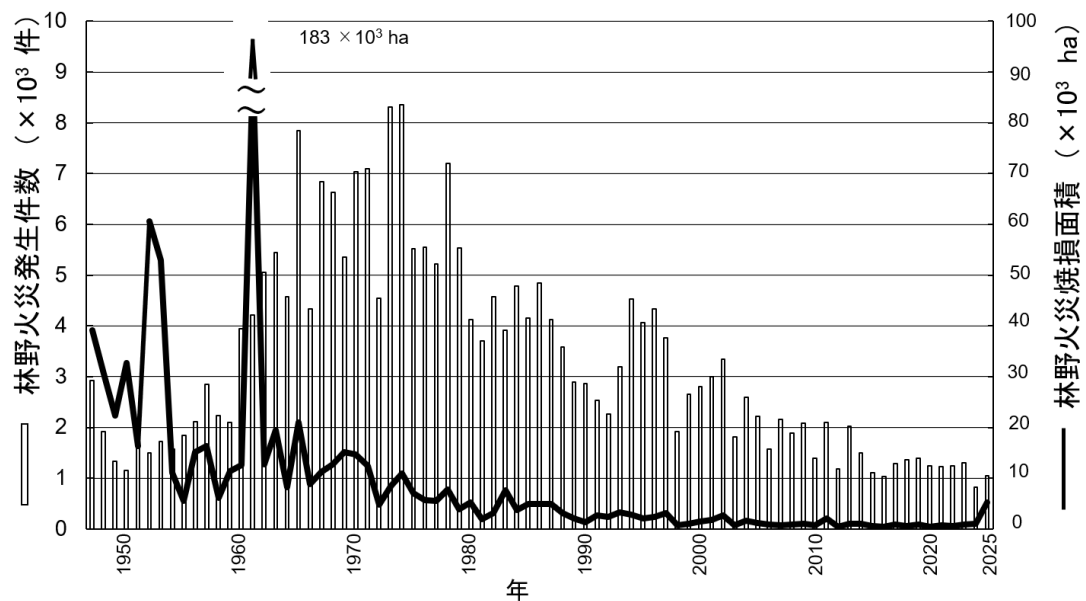


図 1．国内の林野火災発生件数と焼損面積の年変化。
(令和 3 年度消防白書，その年以降は消防統計より作成．)

問 1 林野火災によりさまざまな生態系サービスの低下が危惧される．供給サービス，調整・維持サービス，文化的サービスについて，1つずつその事例を挙げ，それぞれ50字程度で答えなさい．

問 2 1950年代から1970年代の国内の林野火災発生件数は，家庭用燃料エネルギーの様式と関連することが示唆されている．次の文章中の（1）～（3）にあてはまる家庭用燃料エネルギー源を答えなさい．

国内の家庭用燃料エネルギー源について、1950年代前半には木炭、（１），（２）が主流であったが、木炭と（１）の消費量は1950年代後半から急減し、1975年以降には微量となった。（２）の消費は1960年代にピークを迎えた後、1975年にかけて急減した。第一次オイルショックや輸入の影響もあり、（２）の消費は一時回復したが、その後減少しつつある。1970年代には灯油、ガス、（３）の消費量が木炭、（１），（２）を上回った。

問3 図2は国内人工造林（人工林を新規に植栽し、育成すること）の年間面積の推移である。図1の1950年代から1970年代、および1970年代から2020年代の林野火災の件数と焼損面積の推移について考えられる理由を、家庭用燃料エネルギー源の利用様式、森林の成長状態、社会情勢、人と森との関係に全て着目して、全部で200字程度で答えなさい。

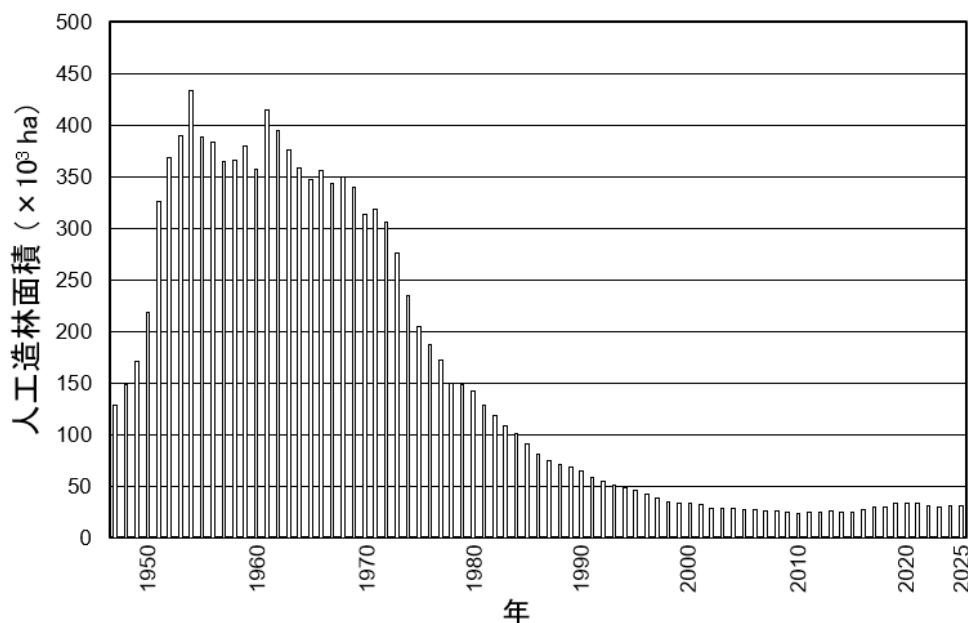


図2．国内の人工造林面積の年変化．

（林野庁「森林・林業統計要覧」より作成．）

問4 2000年代には世界の森林火災の焼損面積は、20年間で2倍に増加している。この焼損面積の増加について考えられる理由を、気候変動や森林管理に着目して、全部で150字程度で答えなさい。

問題 2 IPCC 第 6 次評価報告書では、人為的な効果による地球の平均気温の上昇について、1850 年～1900 年を基準として 2010 年～2019 年に観測された昇温を、最良推定値として 1.07 °C であるとしている。さらに、さまざまな要因の寄与について図 3 のように説明している。この図を見て以下の問 1 ～問 4 を全て解答しなさい。

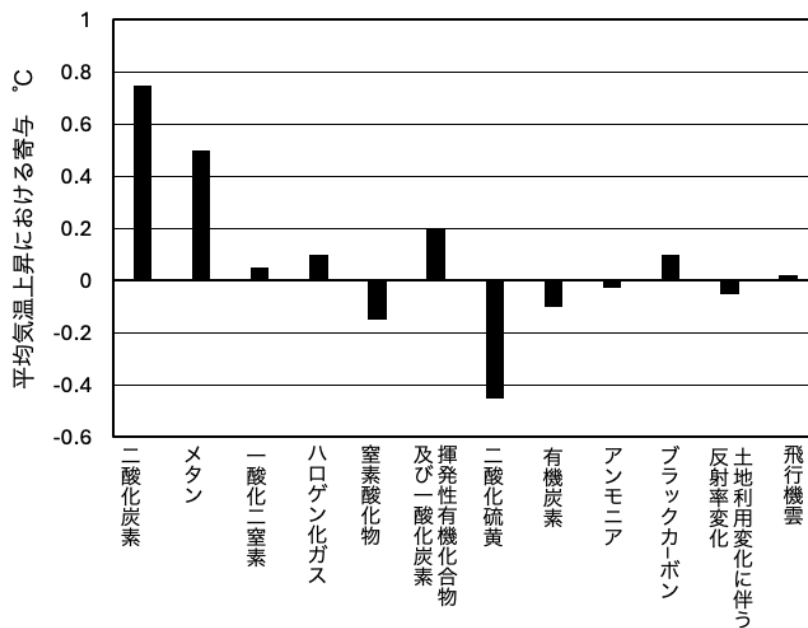


図 3. 1850 年～1900 年を基準とした 2010 年～2019 年に観測された昇温への寄与の評価
(出典 IPCC 第 6 次評価報告書第 1 作業部会報告書政策決定者向け要約)

問 1 人為的な二酸化炭素の排出には化石燃料の燃焼と土地利用変化がある。土地利用変化によって二酸化炭素が排出されるプロセスを、例をあげて 150 字程度で説明しなさい。

問 2 人為的な二酸化硫黄の排出は気温を下げる方向に寄与している。二酸化硫黄の排出源の例をあげて、それが気温を下げる方向に寄与するメカニズムを 150 字程度で説明しなさい。

問 3 IPCC では気候変動への対策として緩和策と適応策があるとされている。適応策とはどういうものか、例をあげながら 100 字程度で説明しなさい。

問 4 ハロゲン化ガスについて、主にどのような用途で用いられているか、また、緩和策としてどのような対策が取られているか、合わせて 100 字程度で説明しなさい。

B（地球科学 I）

以下の問題 1～問題 4 を、それぞれ別の解答用紙に分けて、全て解答しなさい。

問題 1 図 1 はトレンチ調査で露出した基盤岩および地層の断面スケッチ図である。基盤岩である花崗岩の上に地層 A～E が堆積している。地層 A と地層 B の関係、および地層 C、地層 D、地層 E の関係は、それぞれ整合関係である。以下の問 1～問 3 を全て解答しなさい。

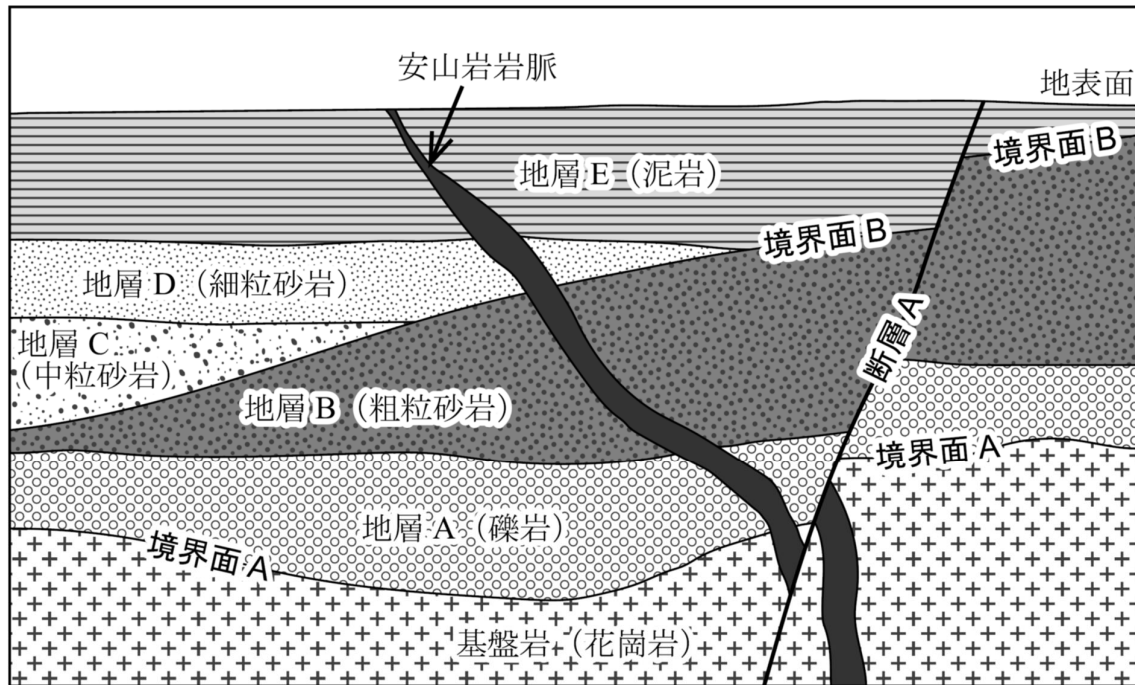


図 1. トレンチ調査断面のスケッチ図。

問 1 境界面 A および境界面 B の性質をもっともよく表すものを、以下の選択肢から 1 つ選び、それぞれ記号で答えなさい。

- (a) 傾斜不整合面； (b) 平行不整合面； (c) アバット不整合面；
(d) 無整合面

問 2 断面スケッチ図から読み取れる地史について、年代の古い順から説明した下記の箇条書き文において、[i] ～ [iv] に入る適切な文を、それぞれ 2 行程度で記述しなさい。

- ・基盤岩である花崗岩が形成した。

- ・花崗岩が削剥され， [i]
- ・地層Aの上に地層Bが堆積した．
- ・ [ii]
- ・地層Cの上に地層Dが，地層Dの上に地層Eが堆積した．
- ・ [iii]
- ・ [iv]
- ・地層E，断層A，および安山岩岩脈が削剥され，地表面が形成した．

問3 地層が堆積した後，岩石化する続成作用は主に圧密作用と膠結（セメント化）作用からなる．下線部はどのようなプロセスか，それぞれ2行程度で説明しなさい．

（注：次ページに続きます．）

問題 2 図 2 に示される地域には付加体が分布し，岩相や年代に基づいて付加体 A，付加体 B，および付加体 C に区分される．各ユニットは衝上断層を介して接しており，断層面は三角マークのついている方向に傾斜している．図 3 には付加体 A，付加体 B，および付加体 C の年代から復元される海洋プレート層序の模式図を示している．これらを踏まえて以下の問 1 ～問 2 を全て解答しなさい．

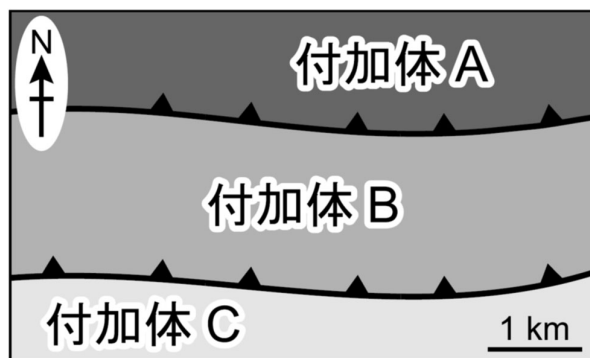


図 2．ある地域に分布する付加体の区分図．

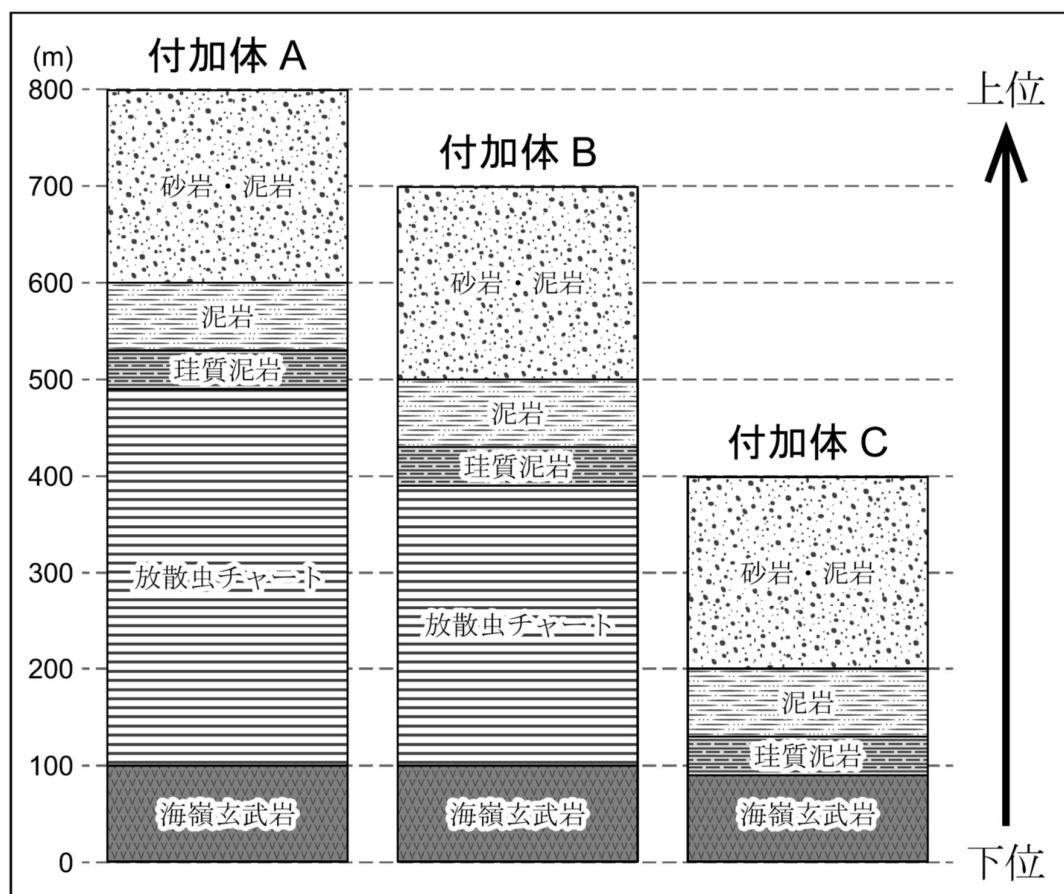


図 3．付加体 A，付加体 B，および付加体 C から復元される海洋プレート層序の模式図．

問 1 付加体はかつて地向斜堆積物と考えられていた．付加体が認識されるようになった経緯，および付加体の基本構造である覆瓦状構造やそれに伴って形成さ

れる年代特徴について説明した下記の文章において，[i] ～ [x] に入る適切な語句を，以下の選択肢から1つ選び，それぞれ記号で答えなさい．

地向斜造山論では，大陸縁辺部の海域において，見かけ [i] へ地層が整然と堆積し，厚い堆積物が形成されるためには地向斜の [ii] によって堆積盆が発達すると考えられていた．しかしその後，[iii] をはじめとする [iv] による年代決定が可能になると，地層が単純に累重しているのではなく，[v] によって同じ地層や海洋プレート層序が繰り返し出現していることが明らかになった．このことから，それらの地質体は海洋プレートの沈み込みに伴って形成された付加体であると認識されるようになった．付加体は一般的に，[v] が [vi] することによって成長するため，[vii] 下位のユニットほど [viii] 特徴を持つ．一方，ユニット内部では，付加過程に伴う変形を免れた場合海洋プレート層序が保存されるため，[ix] 上位ほど [x] 特徴を持つ．

[i] : (a) 上位から下位 ; (b) 下位から上位

[ii] : (a) 隆起 ; (b) 沈降

[iii] : (a) 放散虫 ; (b) アンモナイト ; (c) 有孔虫

[iv] : (a) 大型化石 ; (b) 微化石 ; (c) 示相化石

[v] : (a) 褶曲 ; (b) 削剥 ; (c) 衝上断層 ; (d) 正断層

[vi] : (a) 陸側へステップアップ ; (b) 海側へステップアップ ; (c) 陸側へステップダウン ; (d) 海側へステップダウン

[vii] : (a) 層序的 ; (b) 構造的

[viii] : (a) 古い年代 ; (b) 若い年代

[ix] : (a) 層序的 ; (b) 構造的

[x] : (a) 古い年代 ; (b) 若い年代

問2 付加体A→付加体B→付加体Cの順に付加年代が若くなっていることがわかっている．付加体A，付加体B，および付加体Cの間での海洋プレート層序の違いから，それぞれの付加体を形成した海洋プレートでどのような変遷があったことを認識できるか，5～6行程度で説明しなさい．ただし，付加体A，付加体B，および付加体Cの同一岩相における堆積速度は一定とする．

問題3 図4は地球の地質時代の年表を示したものである。以下の問1～問3を全て解答しなさい。

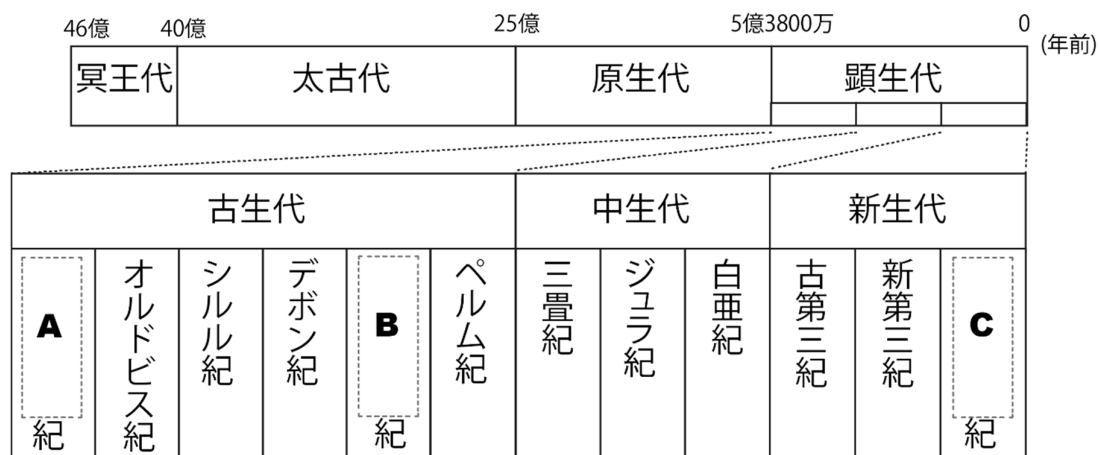


図4. 地質時代の年表.

問1 図4の空白A, B, Cを埋める時代名を答えなさい。

問2 顕生代に大量絶滅事件が起きた時代境界を3つ答えなさい。解答は時代境界の前後の時代名を用い「〇〇紀—△△紀」のように記すこと。

問3 問2で解答した大量絶滅事件から1つを選び、5行程度で説明しなさい。解答には(1)時代名「〇〇紀—△△紀」、(2)地質学的証拠が得られている大量絶滅事件時の環境変化、(3)絶滅した化石動物グループの名称を含めること。

(注：次ページに続きます。)

問題4 図5は海水中の溶存酸素環境の変化と、それに伴う堆積物中の特徴の変化を模式的に示したものである。以下の問1～問3を全て解答しなさい。

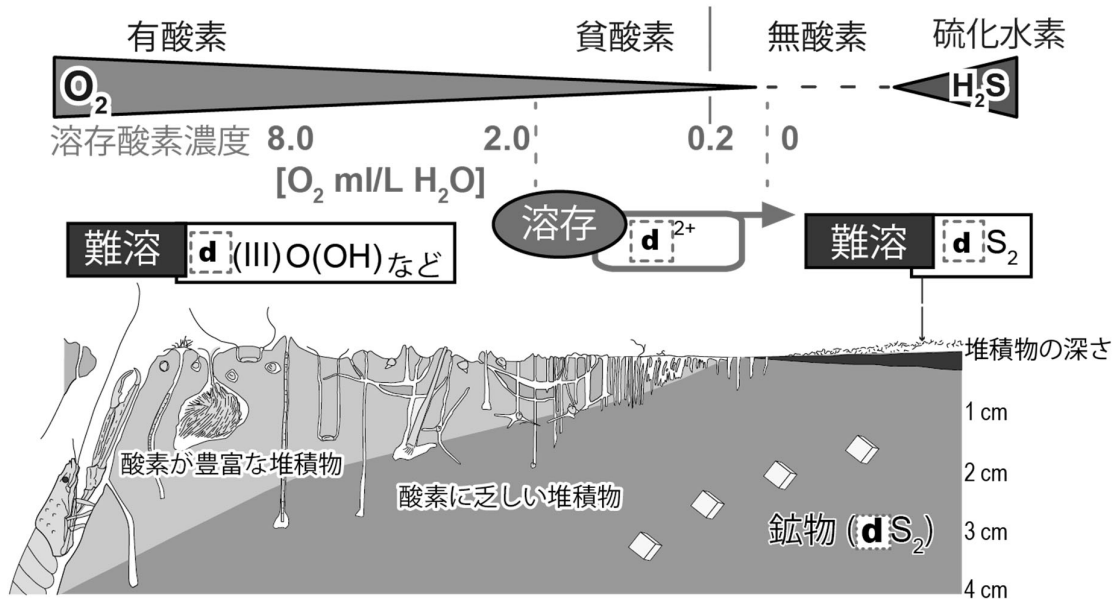


図5. 海水中の溶存酸素環境の変化と堆積物中の特徴の変化.

Tyson and Pearson (1991) に基づいて作成.

問1 図5の堆積物の断面には層構造を乱す動物が描かれている。これらの動物の生態を表す言葉を、以下の選択肢から1つ選び記号で答えなさい。

A: ネクトン; B: プラנקトン; C: ベントス; D: ネクトベントス

問2 図5の海水中、堆積物中には溶存酸素環境の変化に即したある元素 d の振る舞いを示してある。 d にあてはまる元素記号を書きなさい。

問3 皮膚、筋肉などの軟組織の痕跡や、ほぼ完全に関節した状態の個体など、例外的に保存状態が良い化石を含む地層は、化石鉱脈 (Fossil Lagerstätten) と呼ばれ、バージェス、チェンジャン、ゾルンホーフエンなどの化石産地が知られている。

図5に示された堆積環境の情報から、化石鉱脈の形成に必要な条件を物理的と化学的側面から読み取り、あわせて5行程度で説明しなさい。

C (地球科学 II)

以下の問題 1 ～問題 3 を，それぞれ別の解答用紙に分けて，全て解答しなさい。

問題 1 表 1 の a から e は，マントルに由来する非アルカリ玄武岩質親マグマが，地下のマグマだまりで冷却し，分別結晶作用を受ける過程で晶出しうる代表的な鉱物相の化学組成である．ここでは，晶出した鉱物は残液マグマから分離されるものとし，マグマ混合，地殻物質の同化，揮発性成分の影響は考えない．m は，c，d，e がそれぞれ 35%，30%，35% 含まれる混合物の化学組成である．表 2 は，残液マグマの量が (1) ～ (5) の時の化学組成を示したものである．図 1 は，横軸に SiO_2 濃度，縦軸に SiO_2 以外の主要成分濃度を取り，表 2 の値を示したものである．数値は小数点以下第 2 位に丸めてある．以下の問 1 ～問 5 を全て解答しなさい．

表 1．鉱物 a ～ e 及び混合物 m の化学組成（重量パーセント）．

	鉱物					混合物 m
	a	b	c	d	e	
SiO_2	0.00	0.00	38.40	54.78	50.50	47.55
TiO_2	52.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	31.67	11.08
Fe_2O_3	0.00	68.97	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	47.35	31.03	22.96	6.37	0.00	9.95
MgO	0.00	0.00	38.64	18.65	0.00	19.12
CaO	0.00	0.00	0.00	20.20	14.35	11.08
$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	0.00	0.00	0.00	0.00	3.48	1.22
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

表 2．相対的な残液マグマの量及び残液マグマの化学組成（重量パーセント）．

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
相対的な残液マグマの量	100	65	48	35	19
SiO_2	49.75	50.94	53.23	57.72	70.66
TiO_2	1.85	2.85	1.80	1.30	0.18
Al_2O_3	13.97	15.52	15.41	14.84	12.84
$\text{FeO}^{*(\text{注}1)}$	11.21	11.89	12.61	10.08	3.43
MgO	9.80	4.78	2.98	2.34	0.25
CaO	10.84	10.71	10.10	9.12	5.82
$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	2.58	3.31	3.87	4.60	6.82
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

(注1) $\text{FeO}^ = \text{FeO} + 0.9\text{Fe}_2\text{O}_3$

問1 表1のaからeの鉱物名として最も適切なものを、それぞれ以下の選択肢から選んで答えなさい。

選択肢：磁鉄鉱 (magnetite) , 方解石 (calcite) , カンラン石 (olivine) , 斜長石 (plagioclase) , 石英 (quartz) , チタン鉄鉱 (ilmenite) , 普通輝石 (augite) , 頑火輝石 (enstatite)

問2 図1では、(2)の組成は、混合物mにおける各酸化物濃度と、(1)における各酸化物濃度を結ぶ線分の延長上に位置する。(1)のマグマの重量の35%が混合物mとして晶出・分離したとき、残ったマグマの組成は(2)となる。その後、(2)から(3)への分化が生じるためには、c, d, eに加えて、aまたはbのどちらの鉱物が晶出する必要があるか記号で答えなさい。また、そのように考えた理由を2行程度で答えなさい。

問3 マグマの組成が(3)となった時点で、初期から晶出していた鉱物のうち一つの晶出がほぼ終了し、別の鉱物の晶出が始まると考えられる。晶出が終了する鉱物と、新たに晶出が始まる鉱物を、それぞれaからeの記号で答えなさい。また、そのように判断した理由を、表2または図1に示される化学組成の変化に基づいて2行程度で説明しなさい。

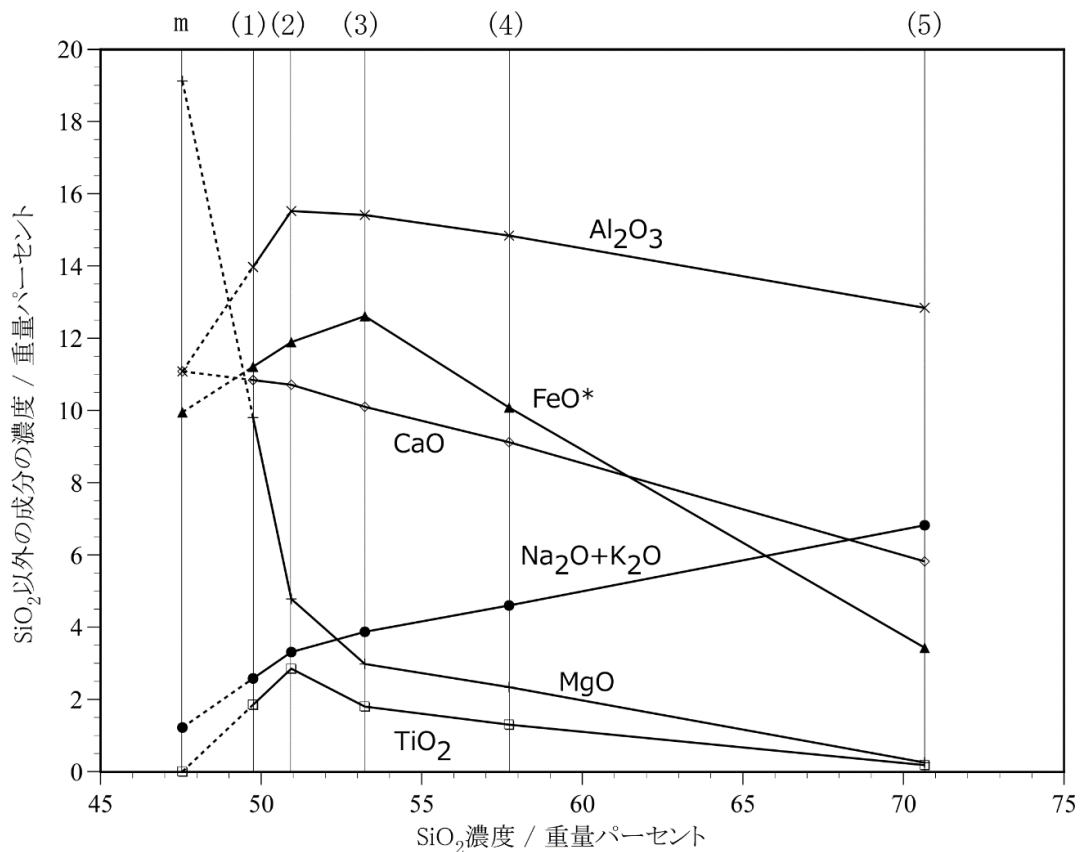


図1. マグマの化学組成の変化. m 及び(1)~(5)は、混合物 m 及び表2の(1)~(5)に対応する。

問 4 大規模な花崗岩体を形成するのに必要な量の花崗岩質マグマを，玄武岩質マグマの分別結晶作用のみによって生成することは，一般に困難であると考えられている．その理由を一つ挙げ，3行程度で説明しなさい．

問 5 非アルカリ玄武岩質マグマの分化経路には，分化の途中で鉄が残液中に濃集するものと，鉄の濃集が顕著に生じないものがある．表 2 および図 1 に示される分化経路は，一般に何系列と呼ばれるか答えなさい．また，鉄の濃集が生じる分化経路と，生じにくい分化経路の違いは，どのような鉱物の晶出時期の違いによって説明されるか，2行程度で簡潔に答えなさい．

問題2 鉱物の相転移反応に関する以下の問1～問5を全て解答しなさい。

問1 アルミノ珪酸塩鉱物 (Al_2SiO_5) は、温度・圧力の変化によって3つの異なる結晶構造を持つ鉱物相に変化する。このように、同一の化学組成をもつが、結晶構造が異なる鉱物同士の関係性を指す用語を答えなさい。

問2 ギブスの自由エネルギー G の温度 T および圧力 P に対する変化率は、エントロピー S 、体積 V を用いて、次の式①、②で表される。

$$\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_P = -S \quad \text{①}$$

$$\left(\frac{\partial G}{\partial P}\right)_T = V \quad \text{②}$$

表3. アルミノ珪酸塩鉱物の標準状態 (298 K, 0.1 MPa) における熱力学データ。

鉱物	S° (J/K)	V° (J/Pa)	H° (kJ)
㊦	80	4.4×10^{-5}	-2600
㊧	92	5.0×10^{-5}	-2593
㊨	89	5.2×10^{-5}	-2596

$S^\circ, V^\circ, H^\circ$ は標準状態におけるエントロピー、体積、生成エンタルピーを表す。
Holland & Powell (1998) を参照。簡略化のため数値を一部改変。

表3に与えられた標準状態におけるアルミノ珪酸塩鉱物の熱力学データと、式①、②の関係を用いて、以下の(1)～(2)を全て解答しなさい。

- (1) 温度の上昇に伴って安定になる鉱物を、低温側から高温側に向かって順番に並べなさい。
- (2) 圧力の上昇に伴って安定になる鉱物を、低圧側から高圧側に向かって順番に並べなさい。

問3 反応によるギブスの自由エネルギーの変化を ΔG ，エントロピーの変化を ΔS ，体積の変化を ΔV ，エンタルピーの変化を ΔH とする． $\Delta S(T, P)$ ， $\Delta V(T, P)$ ， $\Delta H(T, P)$ を定数と仮定し，それらを標準状態の値で代表させると， $\Delta G(T, P)$ は式③のように近似される．

$$\Delta G(T, P) = \Delta H(T_0, P_0) - T\Delta S(T_0, P_0) + \Delta V(T_0, P_0)(P - P_0) \quad \text{③}$$

ここで， T_0 と P_0 は標準状態における温度（298 K）と圧力（0.1 MPa）を表す．

表3のデータと式③の関係を用いて，以下の（1）～（4）を全て解答しなさい．なお，解答用紙には，計算過程も示すこと．

- （1）反応の平衡条件 $\Delta G(T, P) = 0$ を用いて，式③から反応曲線を $P(T)$ の形で導出しなさい．
- （2）図2の温度-圧力図上において，㉖-㉗，㉖-㉘，㉗-㉘の各反応曲線 $P(T)$ の勾配の正負を答えなさい．
- （3）㉖-㉗，㉖-㉘，㉗-㉘の各反応曲線について，1気圧における平衡温度を℃で求めなさい．ただし，高圧状態を考えているので，1気圧は $P = 0$ とみなしてよいものとする．
- （4）㉖，㉗，㉘の3相が共存する三重点の温度（℃）と圧力（GPa）を求めなさい．

問4 表3のデータを基にした場合，アルミノ珪酸塩鉱物の温度-圧力図上における反応曲線と安定な鉱物の関係性として，最も適切なものを図2の(a)～(d)から一つ選びなさい．また，選んだ理由を3行程度で説明しなさい．

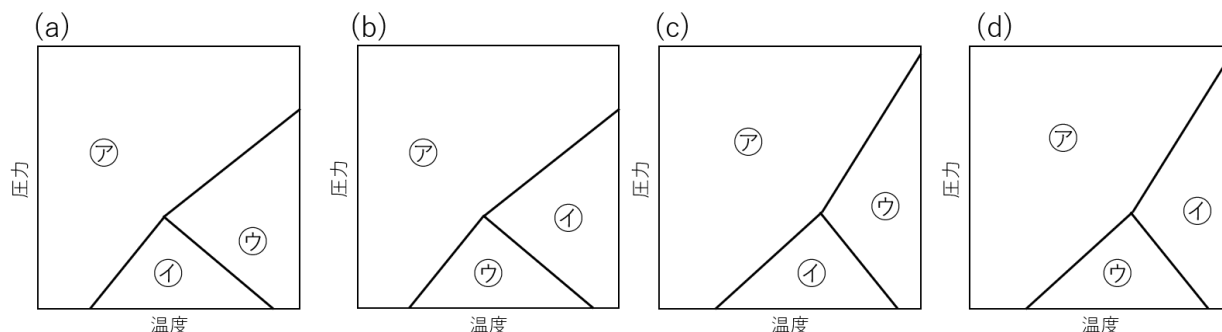


図2．アルミノ珪酸塩鉱物の反応曲線と安定な鉱物の関係性．

問5 ㉖，㉗，㉘に該当するアルミノ珪酸塩鉱物の名称を答えなさい．

問題3 以下の問1～問2を全て解答しなさい。解答用紙には、計算過程も示すこと。

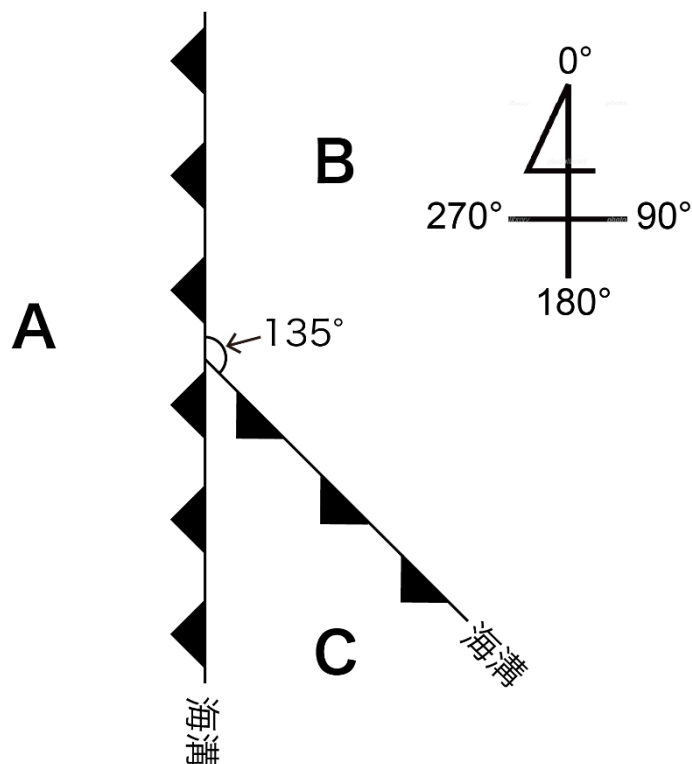


図3. 3つのプレートA, B, Cの境界と3重会合点の配置図.

問1 図3はプレートの3重会合点の模式図である。プレートBとプレートCはプレートAに沈み込み、同時にプレートBはプレートCに沈み込んでいる。ここで、プレートCに対するプレートBの相対速度を $U_{BC} = 40 \text{ mm/yr}$ 、方位を 225° とする。また、プレートAに対するプレートCの相対速度の大きさを $U_{CA} = 40 \text{ mm/yr}$ とし、方位を 270° とする。以下の(1)～(2)を全て解答しなさい。

- (1) プレートAに対するプレートBの相対速度 U_{BA} の方位と大きさを求めなさい。
- (2) プレートAの前弧域に海溝に平行な横ずれ断層が形成されたとする。この場合の断層センスを、理由とともに2行程度で答えなさい。

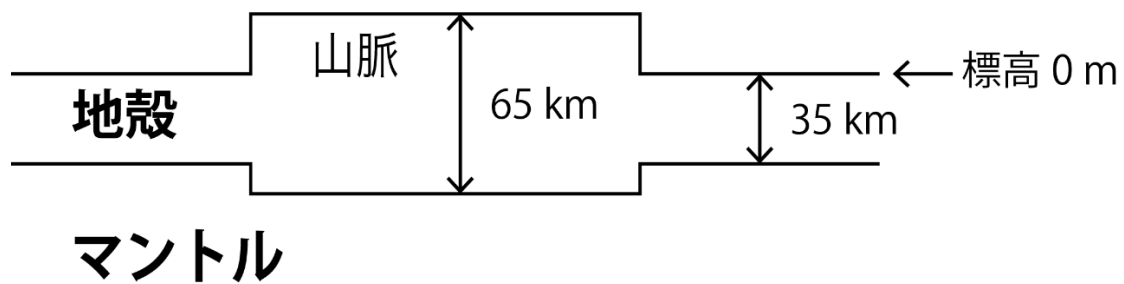


図 4. 地殻とマントルの模式断面図.

問 2 図 4 は，地殻とマントルの模式断面図である．山脈部の地殻の厚さは 65 km，その両側の地殻の厚さは 35 km とする．地殻の密度は $2.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，マントルの密度は $3.3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ として，それぞれ一定とする．アイソスタシーが常に成り立つものとして，以下の (1) ～ (2) を全て解答しなさい．

- (1) この場合の山脈の標高を求めなさい．
- (2) 山脈の表面が年間 3 mm で一様に侵食されるとする．この場合，100 万年後の山脈の標高を求めなさい．ただし，標高 0 m の地表は侵食されないものとし，山脈で削剥された堆積物は考慮しなくてよい．

D（地球科学 III）

以下の問題 1～問題 3 を全て解答しなさい。

問題 1 宇宙における元素の合成と進化に関する以下の問 1～問 2 を全て解答しなさい。

問 1 図 1 は、太陽系における元素存在度を原子番号に対してプロットしたものである。この図をもとに、以下の（1）～（4）を全て解答しなさい。

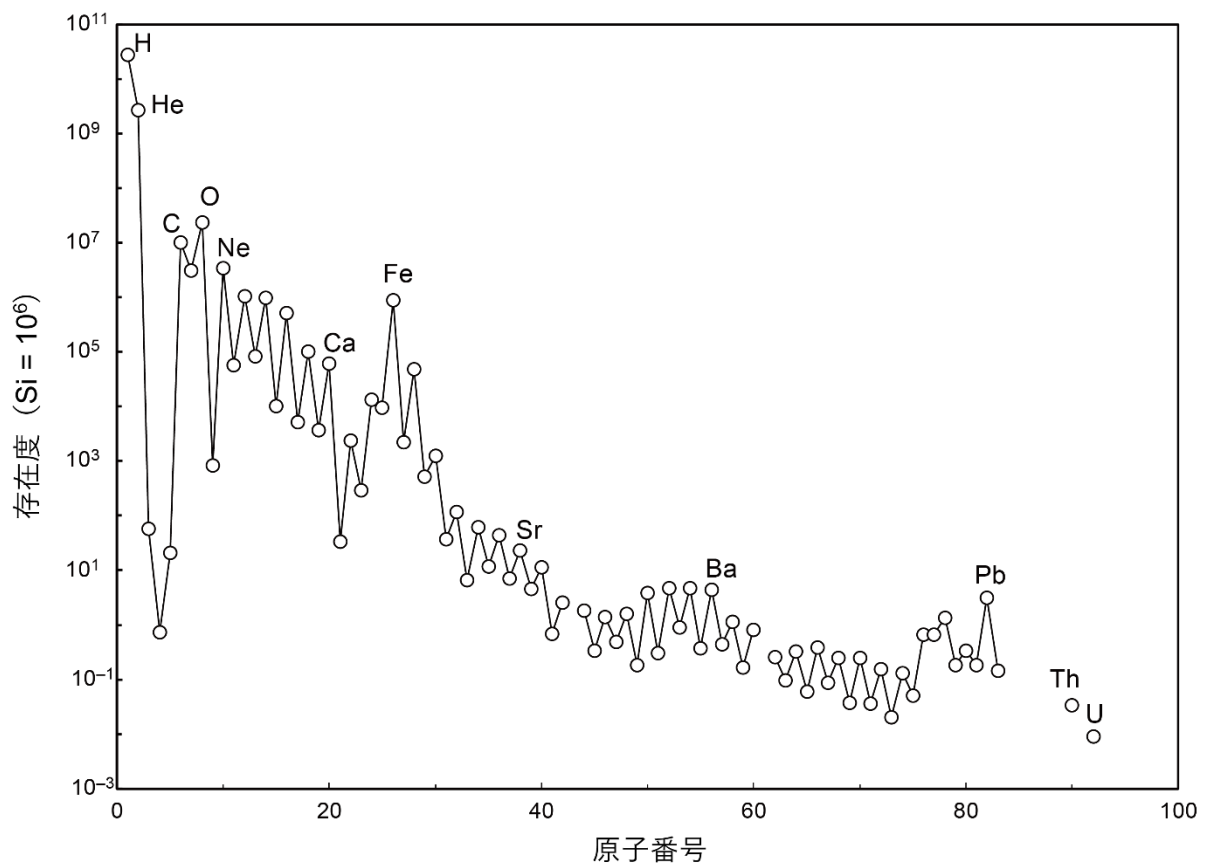


図 1 太陽系における元素存在度。
縦軸はSiの原子数を 1×10^6 に規格化した値を示す。

（1）太陽系における元素存在度は、2つの手法に基づく測定値を組み合わせて推定されている。その2つの手法と、両者を相補的に組み合わせる理由を、100字程度で説明しなさい。

（2）H およびHe が極めて高い存在度を示す理由を、50～100字で説明しなさい。

(3) Fe を中心とする存在度ピークが見られる理由を，50～100 字で説明しなさい。

(4) 図 1 に示す通り，偶数原子番号の元素が隣接する奇数原子番号元素より高い存在度を示す傾向がある．この理由を100 字程度で説明しなさい。

問 2 図 2 は，天然放射壊変系列の1つである ^{238}U 系列（ウラン系列）を示したものである．図において，矢印の近傍には放射壊変の種類を，また各核種の下には半減期を示している．実線矢印は主要な放射壊変経路を，点線矢印は分岐比の小さい副次的な放射壊変経路を示している． μs ，s，m，d，y，ky，Gy は，それぞれマイクロ秒，秒，分，日，年，千年，十億年を表す．

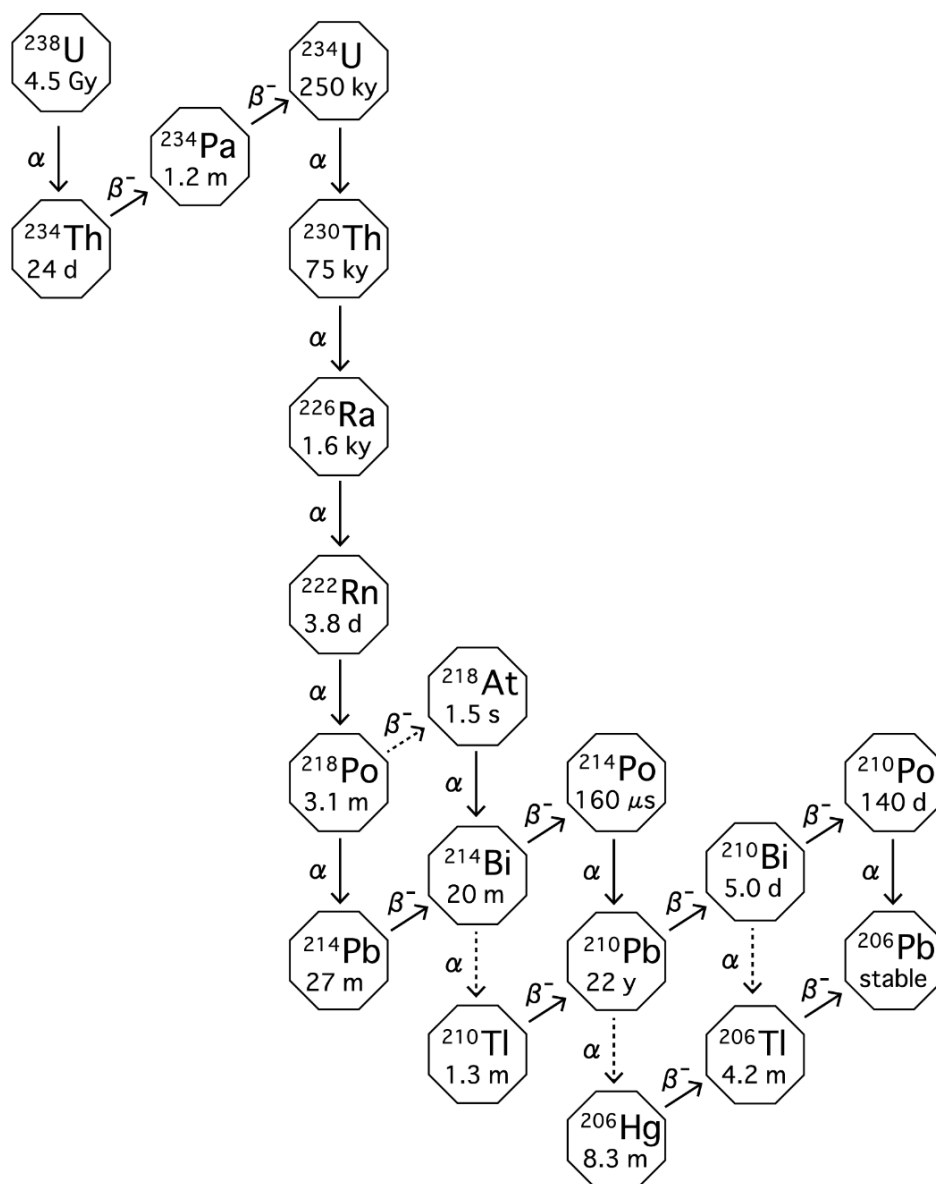


図 2 ^{238}U 放射壊変系列
(Wikimedia Commons “Decay chain”をもとに改変)

半減期が約45億年の ^{238}U は多段階の放射壊変を経て最終的に安定核種 ^{206}Pb に至る。天然鉱物中では、これらの核種間には半減期の違いを反映した特有の存在状態が成立しうる。各核種の単位時間あたりの壊変数 $R [\text{s}^{-1}]$ は、壊変定数 λ および原子数 N を用いて、

$$R = \lambda N \quad (\text{式1})$$

と表される。また、壊変定数 λ と半減期 $T_{1/2} [\text{s}]$ の間には、

$$\lambda = \frac{\log_e 2}{T_{1/2}} \doteq \frac{0.693}{T_{1/2}} \quad (\text{式2})$$

の関係がある。以下の (1) ～ (4) を全て解答しなさい。

- (1) 閉鎖系の天然ウラン鉱物中において、 ^{238}U 壊変系列が十分長時間を経て放射平衡の状態に達していると仮定する。このとき、 $R(^{238}\text{U})$ と $R(^{226}\text{Ra})$ の値の間の大小関係を示し、その理由を50～100字で説明しなさい。
- (2) 閉鎖系の状態を仮定したとき、天然ウラン鉱物中における ^{226}Ra と ^{238}U との原子数比 $N(^{226}\text{Ra})/N(^{238}\text{U})$ を、それぞれの半減期 $T_{1/2}(^{226}\text{Ra})$ および $T_{1/2}(^{238}\text{U})$ を用いて式で表しなさい。さらに、図2に示された半減期を用いて、その比の値を有効数字1桁で求めなさい。
- (3) ^{222}Rn は希ガス元素であり、鉱物や岩石中から外部へ逸散する場合がある。 ^{222}Rn が系外へ散逸した場合、 $R(^{214}\text{Pb})$ および $R(^{214}\text{Bi})$ の値がどのような影響を受けるかについて、放射平衡の観点から50～100字で説明しなさい。
- (4) 図1に示す通り、Pbは比較的高い存在度を示す元素であり、いくつかの安定同位体をもつ。様々な天然物質におけるPbの同位体の起源について、 ^{238}U 系列以外の放射壊変系列との関係に着目して、100～200字で説明しなさい。

問題2 有機地球化学では、分子構造・組成・同位体比などの分析結果を用いて、有機物の起源や反応過程を推定する。以下の語句から3つを選び、有機地球化学における意味や役割を含めて、それぞれ100字程度で説明しなさい。

ラセミ化、続成作用、非生物的有機合成、 $\delta^{13}\text{C}$ 、メタン生成、バイオマーカー

問題3 蛇紋石は、MgとFe(II)が互いに置換した固溶体を形成する層状ケイ酸塩鉱物であり、その理想化学式は $(\text{Mg}, \text{Fe}^{\text{II}})_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ で表される。蛇紋石は、かんらん石 $(\text{Mg}, \text{Fe}^{\text{II}})_2\text{SiO}_4$ を主成分とする超苦鉄質岩の蛇紋岩化作用によって生

成する．蛇紋岩化作用は主として水和反応からなり，場合によってはFeの酸化還元反応を伴う．表1は，蛇紋石を主要構成鉱物とする岩石粉末試料Aの主成分元素分析の結果を，酸化物換算の重量％として示したものである．ただし，表中の Fe_2O_3^* は，アルカリ熔融分解後に定量された全鉄量を，Feの価数によらず Fe_2O_3 換算で表した値である．

以下の問1～問2を全て解答しなさい．計算値は有効数字2桁で答えなさい．必要に応じて，以下の原子量を用いなさい．

H: 1.01, O: 16.00, Na: 22.99, Mg: 24.31, Al: 26.98, Si: 28.09, K: 39.10,
Ca: 40.08, Mn: 54.94, Fe: 55.85

表1 岩石粉末試料Aの主成分元素分析の結果

成分	SiO_2	MgO	Fe_2O_3^*	Al_2O_3	CaO	Na_2O	K_2O	MnO	小計
重量％	40.8	37.6	7.8	1.2	0.7	0.1	0.1	0.1	88.4

問1 蛇紋岩化作用と試料AにおけるFeの存在形態について，次の(1)～(4)を全て解答しなさい．

(1) Feを含まない理想化した蛇紋岩化反応について考える．かんらん石 Mg_2SiO_4 と水 H_2O を出発物質として，蛇紋石 $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ およびブルーサイト $\text{Mg}(\text{OH})_2$ が生成する反応を，化学反応式で示しなさい．

(2) 一般に，岩石粉末試料中のFe(II)の含有量をFe(III)とは独立に定量するためには，試料分解や分析操作においてFe(II)の酸化を防ぐ必要がある．Fe(II)を定量するための分析法を1つ挙げ，その際の試料分解法や試料調製法について100字程度で説明しなさい．

(3) 試料A中のFe(II)の含有量を独立に定量した結果，FeO換算で5.2重量％であった．この結果を用いて，試料A中の $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe(II)})$ モル比 x を求めなさい．

(4) 実際のFe(II)を含む蛇紋岩試料では，Fe(III)を含む鉱物種が共存する場合がある．そのような鉱物種を1つ挙げ，蛇紋岩化作用との関係を50～100字で説明しなさい．

問2 試料Aにおける水素含有成分の存在度は、ペンフィールド法を用いて、 H_2O 含有量として精密に分析することが可能である。次の(1)～(5)を全て解答しなさい。

(1) 試料Aをトラップ付きのガラス管（ペンフィールド管）に入れ、 110°C で乾燥したところ、元の試料に対して0.3重量%の減量が認められた。この減量の原因となった成分について50～100字で説明しなさい。

(2) 引き続いて、ペンフィールド管内の試料をブンゼンバーナーによって強熱し、放出された水をトラップ部に凝縮・捕集して秤量した。その結果、試料中の H_2O 含有量は11.2重量%と求められた。この値が主として試料中のどのような化学種に由来するかについて、50～100字で説明しなさい。

(3) 問1(3)で求めた $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe(II)})$ モル比 x を有する蛇紋石 $(\text{Mg}_x\text{Fe}_{1-x}^{\text{II}})_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ について、問2(2)で示した操作によって発生する H_2O の量(重量%)を求めなさい。

(4) 問2(2)で示した H_2O 含有量の測定値と、問2(3)で求めた蛇紋石由来の H_2O 量を比較することで、試料Aを構成する鉱物組成を推定しなさい。また、その理由を100～200字程度で説明しなさい。

(5) ペンフィールド法によって H_2O として定量される水素含有成分は、さまざまな状態で岩石試料中に存在している。蛇紋岩以外の岩石試料について、その具体例を1つ挙げ、どのような状態の水素含有成分が測定されうるか、100字程度で説明しなさい。

E (物理学)

以下の問題 1 ～問題 2 を、それぞれ別の解答用紙に分けて、全て解答しなさい。

問題 1 質量 M 、半径 R の球対称な天体を考える。また、円周率を π とし、万有引力定数を G とする。以下の問 1 ～問 3 を全て解答しなさい。

問 1 質点とみなせる質量 m_0 の人工衛星が、天体の中心を中心とする半径 r_0 の円軌道上で、周回周期 T 、速さ v で等速円運動をしているものとする。ただし、 $m_0 \ll M$ とし、天体の中心は静止しているものとする。また、人工衛星の軌道は天体の外側 ($r_0 > R$) にあるとする。以下の (1) ～ (3) を全て解答しなさい。

(1) 人工衛星の等速円運動に関する運動方程式を m_0 、 v 、 r_0 、 G 、 M を用いて示しなさい。ただし、人工衛星の加速度は v 、 r_0 を用いて記しなさい。

(2) 人工衛星の速さ v を r_0 と T を用いて示しなさい。

(3) 天体の質量 M を G 、 r_0 、 T を用いて示しなさい。

問 2 天体の内部構造を探るため、天体の慣性モーメントを導出する。天体の重心を通る自転軸まわりの慣性モーメント I は $I = kMR^2$ と表され、この無次元量 k を「慣性モーメント係数」とよぶ。以下の (1) ～ (5) を全て解答しなさい。

(1) 密度 ρ 、半径 r 、厚さ dr の薄い球殻の質量 M_s を ρ 、 r 、 dr を用いて示しなさい。

(2) 質量 m 、半径 r の薄い球殻の自転軸まわりの慣性モーメントが $\frac{2}{3}mr^2$ になることを導出しなさい。

(3) (1) の薄い球殻の自転軸まわりの慣性モーメントを ρ 、 r 、 dr を用いて示しなさい。

(4) 半径 R で密度 ρ が一様な球の自転軸まわりの慣性モーメントを ρ 、 R を用いて示しなさい。

(5) 密度 ρ の一様な球の自転軸まわりの慣性モーメント係数 k が0.4となることを示しなさい。

問3 地球の慣性モーメント係数は $k \approx 0.33$ であり，一様な球の慣性モーメント係数 $k = 0.4$ よりも小さい．これは地球内部の密度が均一ではなく，質量が相対的に中心付近に集中していることを反映している．この傾向を簡単なモデルで調べるため，地球を半径 R の球として近似し，図1のような2層モデルを考える．このモデルでは，中心から半径 R_c までの領域を一様密度 ρ_c のコア，半径 R_c から半径 R までの領域を一様密度 ρ_m のマントルとする．ただし， $\rho_c > \rho_m$ とする．以下の(1)～(4)を全て解答しなさい．

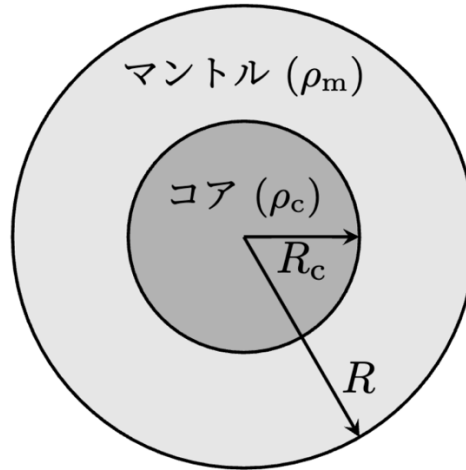


図1. 2層モデル.

- (1) コアの質量 M_c ，マントルの質量 M_m ，全質量 M を，必要に応じて R_c ， R ， ρ_c ， ρ_m を用いて示しなさい．
- (2) 2層モデルの自転軸まわりの慣性モーメントを R_c ， R ， ρ_c ， ρ_m を用いて示しなさい．
- (3) コアの半径が地球の半径の半分 ($R_c = R/2$) であり，コアの密度がマントルの密度の2倍 ($\rho_c = 2\rho_m$) であると仮定する．このとき，全質量 M と全慣性モーメントをそれぞれ R ， ρ_m を用いて示しなさい．
- (4) (3) の仮定における慣性モーメント係数 k を求めなさい．

問題 2 n モルの理想気体を，外界との熱のやり取りが可能なシリンダーの中に封入し，摩擦を無視できるピストンで体積変化させる．以下では準静的な可逆過程を考える．この場合，気体の圧力を p ，体積を V ，温度を T ，エントロピーを S とすると，内部エネルギー U ，エンタルピー H は以下のように書ける．

$$dU = -pdV + TdS \quad (1)$$

$$H = U + pV \quad (2)$$

これらの関係を用いて，以下の問 1 ～問 5 を全て解答しなさい．

問 1 内部エネルギーは， V と T を独立変数として以下のように書ける．

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV + \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT \quad (3)$$

(1) と (3) 式の関係を用いて， $\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V$ と $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T$ がそれぞれどのように表せるか示しなさい．

問 2 問 1 の関係を用いて，モル数が一定の理想気体の内部エネルギーが温度のみの関数であることを示しなさい．

問 3 モル定積熱容量 (C_V) とモル定圧熱容量 (C_p) は以下のように表される．

$$C_V = \frac{1}{n} \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V, \quad C_p = \frac{1}{n} \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p.$$

これらの関係を用いて $C_p - C_V = R$ であることを導出しなさい．ここで R はモル気体定数である．

問 4 理想気体の断熱過程において， $TV^\gamma = \text{一定}$ となることを示しなさい．ここで $\gamma = C_p/C_V$ であり，定数とする．

問5 このシリンダーとピストンを用いて、 n モルの理想気体について図2に示す4つの状態変化（カルノー・サイクル）を行わせた．まず気体を温度 T_A の熱源と接触させ等温膨張させた（状態1→状態2）．その気体を断熱膨張させ、温度 T_B まで達したところから（2→3）、温度 T_B の熱源と接触させ等温圧縮させた（3→4）．その気体を断熱圧縮させた場合に、もとの状態に戻った（4→1）．状態1、2、3、4の体積をそれぞれ V_1, V_2, V_3, V_4 とし、4つの状態変化1→2、2→3、3→4、4→1において、気体が受け取った仕事をそれぞれ $W_{12}, W_{23}, W_{34}, W_{41}$ とする．以下の（1）～（3）を全て解答しなさい．

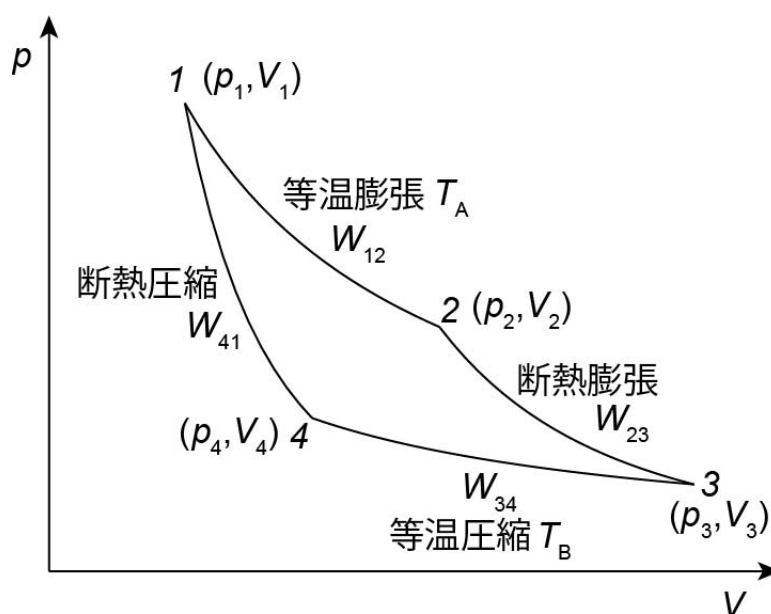


図2．カルノー・サイクル．

- （1） $V_2/V_1 = V_3/V_4$ が成り立つことを示しなさい．
- （2）1サイクルの間に気体が受け取った仕事 $W = W_{12} + W_{23} + W_{34} + W_{41}$ を求めなさい．
- （3）1サイクルの間に気体が受け取った熱 Q を、仕事を用いて示しなさい．この量が正か負かを根拠とともに述べなさい．

F (化学)

以下の問題 1 ～問題 2 を全て解答しなさい。

問題 1 ナフサは、原油を加熱し、沸点の違いを利用して蒸発・凝縮させる常圧蒸留という工程によって分留されたものである。以下の問 1 ～問 5 を全て解答しなさい。

問 1 表 1 は、ナフサの熱分解によって生成する主要なガス成分の物理化学データである。

表 1 ナフサ熱分解による主要ガス成分の物性データ (1気圧下)

物質名	化学式	分子量	沸点 (°C)
メタン	CH ₄	16.0	-161.5
エチレン	C ₂ H ₄	28.1	-103.7
エタン	C ₂ H ₆	30.1	-88.6
プロペン	C ₃ H ₆	42.1	-47.6

(1) メタンとエチレンの沸点の差について、以下のキーワードを全て使って50～100字で説明しなさい。

キーワード：総電子数，ファンデルワールス力

(2) 分子量がほぼ等しいエチレンとエタンの沸点の差について、分子の形状に着目しながら、以下のキーワードを全て使って50～100字で説明しなさい。

キーワード：接触面積，ファンデルワールス力

問 2 ナフサの主要成分の1つである*n*-ヘキサンの熱分解を考える。

(1) *n*-ヘキサン (C₆H₁₄) が熱分解によってエチレン (C₂H₄) と*n*-ブタン (C₄H₁₀) を生成する反応について、反応熱 ΔH (kJ/mol) を求めなさい。計算過程も明記しなさい。なお、結合エネルギーは次の値を使いなさい。C-C結合：348 kJ/mol, C=C結合：612 kJ/mol, C-H結合：413 kJ/mol

(2) ナフサからエチレンなどのプラスチック原料を製造する工業プロセスにおいて、800°C以上の熱エネルギーを加え続ける必要がある。(1)の計算結果を踏まえ、なぜ外部から熱エネルギーを加えなければならないのかを、次

のキーワードのうち適切な2つを用いて50字程度で説明しなさい。

キーワード：発熱反応，吸熱反応，結合の切断

問3 ナフサの熱分解で得られるエチレンやプロペンは多様な付加反応を起こす。次の(a)～(c)の反応について、生成物の構造式を答えなさい。また、(a)～(c)のそれぞれの付加反応において、二重結合に付加する向きとして最も適切なものを、下の選択肢(ア)～(ウ)から選びなさい。

- (a) エチレン + Br_2
- (b) エチレン + H_2 (Ni触媒)
- (c) プロペン + HBr (マルコフニコフ付加)

【選択肢】

(ア) シス付加，(イ) トランス付加，(ウ) シス・トランスの区別なし

問4 ナフサの熱分解プロセスでは、目的のエチレンと同時に副生成物として大量のメタンが生成する。プラントでは、このメタンを燃料として完全燃焼させて熱エネルギーを得ている。

(1) 副生したメタン16.0 kgを完全に燃焼させたとき、放出される二酸化炭素(CO_2 ，分子量44.0)の量(kg)を求めなさい。化学反応式と計算過程も明記しなさい。

(2) 二酸化炭素とメタンはいずれも温室効果ガスとして赤外線を吸収する。一方、大気中の窒素(N_2)や酸素(O_2)はほとんど赤外線を吸収しない。この違いを、以下のキーワードを全て使って100～200字で説明しなさい。

キーワード：分子振動，双極子モーメント（電子の偏り）

問5 エチレンからポリエチレンが生成するラジカル重合反応は、開始，成長（連鎖），停止の3段階を経て進行する。

(1) ラジカル重合の成長反応において、次々と開裂していくエチレンの結合を、次の(ア)～(ウ)から1つ選びなさい。

(ア) σ 結合 (イ) π 結合 (ウ) 水素結合

(2) ポリエチレン生成の高圧ラジカル重合では、過酸化物などの開始剤に熱を加えてラジカルを発生させることで反応が始まる。ポリエチレン生成のラジカル重合反応における開始，成長（連鎖），停止の3段階のメカニズムを200字程度で説明しなさい。

問題 2 エチレンジアミン四酢酸 (EDTA) を用いたキレート滴定は、天然水や水道水などのマグネシウムイオン (Mg^{2+}) やカルシウムイオン (Ca^{2+}) の定量などによく用いられている。EDTAのイオンは2価以上の金属イオンと1 : 1のモル比で反応し、安定な水溶性のキレート錯体をつくる。河川水の Mg^{2+} と Ca^{2+} の定量を行うため、下記の滴定操作A~Cを行った。

[操作A] 亜鉛標準溶液によるEDTA溶液の標定

まず、高純度の金属亜鉛0.6806 gを精秤し、ビーカー内で希塩酸で溶解した。その後、1 Lのメスフラスコに移し、純水で定容し、亜鉛標準溶液を作成した。次に、エチレンジアミン四酢酸二水素二ナトリウム二水和物を約2 g秤りとり、約500 mLの純水に溶かし、約0.01 mol/LのEDTA溶液を作成した。

亜鉛標準溶液10 mLをホールピペットでコニカルビーカーに量り取り、純水を加え、約50 mLにした。ここにアンモニア (NH_3) -塩化アンモニウム (NH_4Cl) 緩衝溶液3 mLと指示薬 (エリオクロムブラックT : EBT) を加えた。この溶液に、ビュレットからEDTA溶液を滴下し、溶液の赤味が消えて青色に変化した時点を終点とした。このときの滴下量は10.32 mLであった。

[操作B] 試料水の Mg^{2+} と Ca^{2+} の合計量の定量

試料水50 mLをホールピペットでコニカルビーカーに量り取った。まず、試料水中の微量のアルミニウムイオン (Al^{3+}) や鉄イオン (Fe^{3+}) をマスキングするため20 vol.%トリエタノールアミン溶液を1~2 mL加えた。その後、 NH_3 - NH_4Cl 緩衝溶液3 mLと指示薬 (EBT) を加えた。この試料水を操作Aで作成したEDTA溶液で滴定したところ、滴下量は14.21 mLであった。

[操作C] 試料水の Ca^{2+} の定量

試料水50 mLをホールピペットでコニカルビーカーに量り取り、 Al^{3+} や Fe^{3+} をマスキングするため20 vol.%トリエタノールアミン溶液を1~2 mL加えた。8 mol/Lの水酸化カリウム (KOH) 溶液4 mLを加えてpH 13にし、数分間放置した後、指示薬 (カルコンカルボン酸 : NN) を加えた。この試料水を操作Aで作成したEDTA溶液で滴定したところ、滴下量は12.68 mLであった。

以下の問1~問6を全て解答しなさい。なお、計算については計算過程も明記し、有効数字に留意して解答しなさい。必要ならば次の値を用いなさい。原子量H=1.01, C=12.01, N=14.01, O=16.00, Mg=24.31, Cl=35.45, K=39.10, Ca=40.08, Zn=65.38, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ の溶解度積 $K_{\text{sp}} = 1.2 \times 10^{-11}$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の溶解度積 $K_{\text{sp}} = 5.5 \times 10^{-6}$, NH_3 の解離定数 $K_{\text{b}} = 1.8 \times 10^{-5}$, 水の解離定数 $K_{\text{w}} = 1.0 \times 10^{-14}$ 。

- 問 1 操作Aで作成した亜鉛標準溶液のモル濃度 (mol/L) を求めなさい.
- 問 2 操作Aと操作Bで用いた緩衝溶液は5.0 mol/Lアンモニア – 1.0 mol/L塩化アンモニウム溶液である. この緩衝溶液のpHを求めなさい.
- 問 3 約0.01 mol/Lとして作成したEDTA溶液の正確なモル濃度 (mol/L) を求めなさい.
- 問 4 操作Bと操作Cにおいて, トリエタノールアミン溶液による Al^{3+} や Fe^{3+} のマススキングを行っているが, このマススキングを行う理由はいくつかある. 1つは, 試料中の Al^{3+} や Fe^{3+} とEDTAとの結合による, Mg^{2+} や Ca^{2+} の滴定値の誤差を防ぐことである. これ以外の理由を50~100字で説明しなさい.
- 問 5 試料水の Mg^{2+} と Ca^{2+} の濃度 (mg/L) をそれぞれ求めなさい.
- 問 6 操作Bでは Mg^{2+} と Ca^{2+} の合計量が定量できるのに対し, 操作Cでは Ca^{2+} のみの定量が可能である. この理由を50~100字で説明しなさい.

G (生物学)

以下の問題 1 ～問題 3 を、それぞれ別の解答用紙に分けて，全て解答しなさい。

問題 1 次の文章を読み，問 1 ～問 5 を全て解答しなさい。

有性生殖の生物において，雄の分散性が低いために兄弟間で生じる交配相手を巡る競争のことを局所的 (a) 配偶者競争と呼ぶ．自身の子が経験するであろう局所的配偶者競争の程度がどれくらいになるかを母親が査定できるなら，それに従って子の性比を調節するはずであると Bill Hamilton は提案した．例えば，理論的には， N 匹の雌が 1 つの寄主に産卵し，そこから羽化した子の間で交尾が起こるような (b) 寄生バチの場合，(c) 進化的に安定した性比は，雄の比率で表現すると，(d) $(N-1)/2N$ となる．

問 1 下線部 (a) に関連して，同性内性淘汰によって進化したと考えられるキタゾウアザラシの形質を一つ挙げなさい。

問 2 下線部 (b) は，生物種間の関係を表す用語の一つであり，他種の資源を奪って子孫を増やす生活様式である．一方で，アリとアブラムシのように，双方の種が利益を得る関係を何というか．漢字 4 字で答えなさい。

問 3 下線部 (c) は，進化的安定戦略の一例である．進化的安定戦略とは何か，50 字程度で答えなさい。

問 4 下線部 (d) について， N が小さくなると，雌と雄のどちらにより偏った性比になるか答えなさい。

問 5 多くの生物種では，性比が 1:1 に近い値になっている．適応的観点から，その理由を 150 字程度で説明しなさい。

問題2 次の文章を読み、問1～問5を全て解答しなさい。

(a) 真核細胞の遺伝子のほとんどは、細胞核内の染色体上にある。主な例外は、[ア] と [イ] に存在するDNA上にある遺伝子である。通常、ヒトの (b) 体細胞には46本の染色体があり、そのうち44本は22対の相同染色体からなる [ウ] 染色体であり、残りの2本は男性では相同ではない [エ] 染色体である。

真核細胞でタンパク質が合成される過程を3段階に分けると以下のようなになる。まず、DNAは自身にコードされた情報を [オ] に転送する。次に、[オ] は細胞質へ移動して、[カ] と結合する。その後、[カ] が [オ] に沿って移動していくにつれ、遺伝情報は特定の [キ] 配列をもったタンパク質へと翻訳されていく。なお、真核生物では、遺伝子の中に [ク] とよばれる非コード領域と [ケ] とよばれるコード領域がある。DNAが [オ] 前駆体に転写されたあと、[オ] が核から離れる前に [ク] が除去され、[ケ] が連結される。この過程は (c) RNAスプライシングとよばれる。

突然変異では、DNAの [コ] 配列が変化する。突然変異は有害な場合があるが、まれに、突然変異が起こった個体の適応度を高めることがある。

(d) 細菌は一倍体であるため、各遺伝子は単一の対立遺伝子をもち、有益な突然変異が起きた新たな対立遺伝子は、すぐに効果を発揮できる。

問1 [ア] ～ [コ] に入る語を下の語群から選びなさい。ただし、[ア] と [イ] の順は問わない。

エキソン 性 アミノ酸 ミトコンドリア tRNA 常 mRNA リボソーム
液胞 葉緑素 イントロン 微小管 塩基 リン酸 ATP 葉緑体

問2 下線部 (a) に関連する下記の (1) と (2) を全て解答しなさい。

(1) 真核細胞が原核細胞と異なる点は複数あるが、その中の一つを挙げなさい。

(2) 下の生物群は、①真核細胞を持つ生物と、②原核細胞を持つ生物のどちらに当たるのかを、それぞれ解答しなさい。

植物 細菌 古細菌 真菌類

問3 下線部 (b) に関連する下記の (1) と (2) を全て解答しなさい。

(1) ネコの体細胞が38本の染色体を持っていた場合、ネコの精子細胞が持つ常染色体は何本か答えなさい。

(2) ショウジョウバエの二倍体の体細胞は8本の染色体を持っている。この場合、配偶子では何通りの異なる染色体の組み合わせが可能となるか答えなさい。

問4 下線部 (c) は、遺伝子数より多い種類のポリペプチドの生産を可能にするが、それがなぜ可能なのかを50字程度で答えなさい。

問5 下線部 (d) に関連する下記の (1) と (2) を全て解答しなさい。

(1) 細菌と違い、ウイルスは生物とみなされないことがある。その主な理由を30字程度で書きなさい。

(2) 細菌とウイルスによる病気のうち、抗生物質が治療に有効とされるのはどちらかを答えなさい。

問題3 以下に挙げた8つの生物学的用語の中から4つを選び、それぞれ50字程度で説明しなさい。

(1) 定位

(2) メタ個体群

(3) 競争排除則

(4) 生物学的濃縮 (生物濃縮)

(5) ロジスティック個体群成長

(6) キーストーン種

(7) ベイツ式擬態

(8) 二次遷移

H (数学)

以下の問題 1 ～問題 5 を全て解答しなさい。答案には計算過程も書きなさい。

問題 1 次の x , y , z についての連立 1 次方程式が任意の実数 a に対して一意の解をもつことを、係数行列の行列式を用いて示しなさい。ここで、 e はネイピア数である。

$$\begin{cases} x & + ay & + e^a z = 5 \\ x + (a + e^a)y & + (a^2 + e^a)z = 7 \\ 2x & + 2ay & + 3e^a z = 1 \end{cases}$$

問題 2 以下の問 1 ～問 2 の定積分の値を計算しなさい。

問 1 $\int_1^{\sqrt{3}} \frac{\log \sqrt{1+x^2}}{x^2} dx$ (ここで、 $\log$ は自然対数を表すものとする)

問 2 $\int_a^b \frac{1}{\sqrt{(x-a)(b-x)}} dx$ (ここで、 a , b は実数とし、 $a < b$ とする)

問題 3 実数値関数 $y(x)$ に関する次の常微分方程式について、以下の問 1 ～問 3 を全て解答しなさい。ただし、 x は実数であり、 a は x に依存しない正の定数とし、 $0 < y < a$ とする。

$$\frac{dy}{dx} = \left(1 - \frac{y}{a}\right)y$$

問 1 $y(0) = \frac{a}{2}$ をみたす解を求めなさい。

問 2 問 1 の解を示す曲線 $y(x)$ の接線の傾きが最大になる点の x 座標を求めなさい。

問 3 問 1 の解を示す曲線 $y(x)$ について、 x を横軸に、 $\frac{y}{a}$ を縦軸にとり、曲線 $\frac{y(x)}{a}$ を図示しなさい。曲線の形はフリーハンドで概形を示せばよいが、特徴が分かるように描きなさい。

問題 4 以下の問 1 ～問 2 のフーリエ変換を求めなさい。ただし、関数 $f(x)$ のフーリエ変換 $F(k)$ と逆フーリエ変換をそれぞれ次式で定義する。

$$F(k) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-ikx} dx, \quad f(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(k) e^{ikx} dk$$

問 1 $f(x) = e^{-|x|}$

問 2 $f(x) = \frac{1}{1+x^2}$

問題 5 図 1 に示す正方形 ABCD の頂点 A に 1 つの粒子がある．この粒子は，4 つの頂点上のみを時計回り，または反時計回りに移動できる．また， n 回目 (n は 0 以上の任意の整数) の移動後に，ある頂点に位置しているこの粒子は， $n+1$ 回目の移動後には次の 3 つのいずれかの状態のみをとる：

- 1) 確率 q で時計回りに隣の頂点に位置する
- 2) 確率 q で反時計回りに隣の頂点に位置する
- 3) 確率 r で同じ頂点に留まる

ただし， q も r も 0 ではないとする． n 回目の移動後に粒子が頂点 A, B, C, D に位置する確率をそれぞれ a_n, b_n, c_n, d_n とし，これらを成分にもつ列ベクトル $\mathbf{x}_n$ を次の通り定義する．以下の問 1 ～問 4 を全て解答しなさい．

$$\mathbf{x}_n = \begin{bmatrix} a_n \\ b_n \\ c_n \\ d_n \end{bmatrix}$$

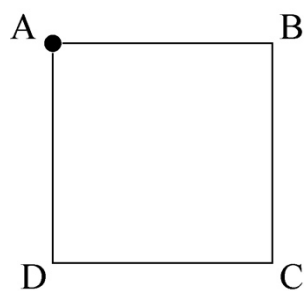


図 1．正方形 ABCD.

問 1 $\mathbf{x}_{n+1} = P\mathbf{x}_n$ と表したときの正方行列 P を， q と r を用いて成分表示しなさい．

問 2 正方行列 P の固有値と固有ベクトルを求めなさい．

問 3 a_n を r と n を用いて表しなさい．

問 4 十分な移動回数後に，粒子が頂点 A に位置する確率を求めなさい．