

2026 年度第 I 期募集・2025 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29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。ただし、専用の解答用紙については、受験番号のみ記入すれば良い。
- (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、カバン等にしまっておくこと。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 を全て解答しなさい。

問題 1 以下の問 1～問 2 を全て解答しなさい。

問 1 図 1 は 1880 年から 1890 年の年平均気温を基準とした偏差で表した，全球および北極圏の年平均気温の経年変化を示したものである．1970 年代以降，北極圏の年平均気温の上昇は，全球平均に比べて大きいことがわかる．この現象を北極圏温暖化増幅という．図 2 は北極海の海氷の季節ごとの面積の経年変化を示したものである．図 2 のような海氷面積の経年変化と北極圏温暖化増幅とは密接に関係していると考えられている．両者の関係をアイス・アルベドフィードバックという用語を用いて 200 字程度で説明しなさい。

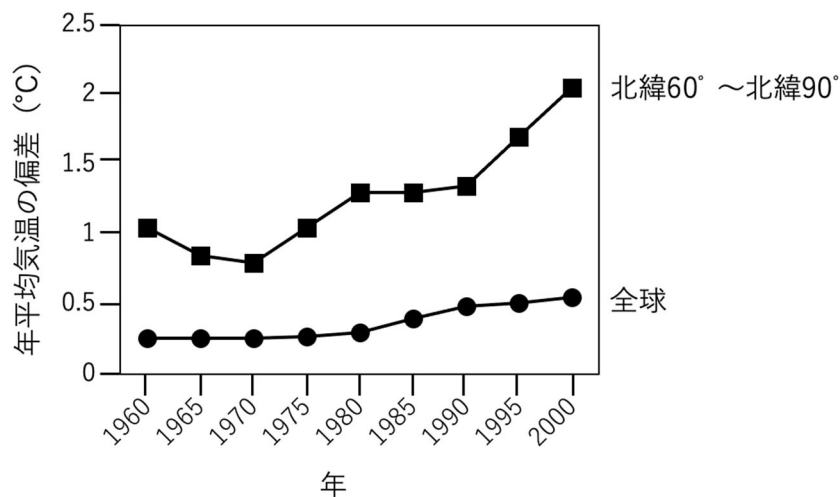


図 1．全球および北極圏（北緯60°～北緯90°）の年平均気温偏差の経年変化。

出典 北極域研究共同推進拠点HP https://j-arcnet.arc.hokudai.ac.jp/public_lecture/lecture_1_1/ を
改変。

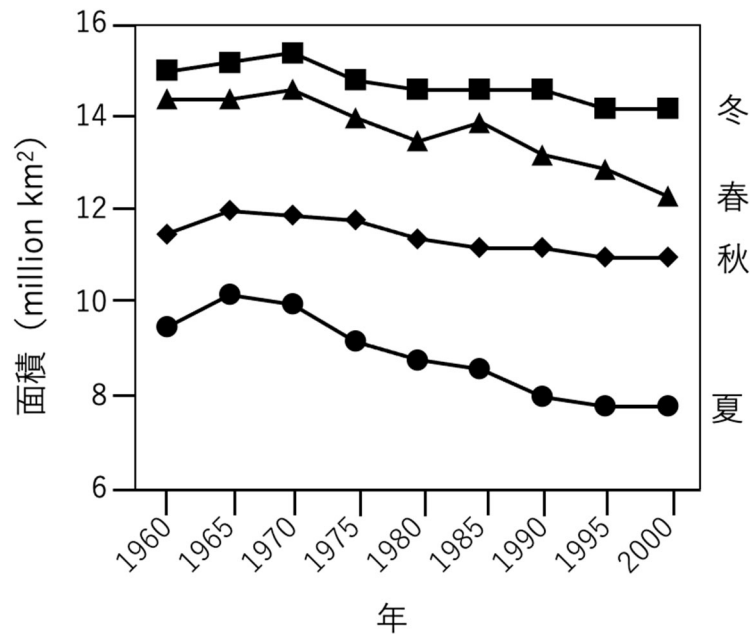


図 2. 北極海の季節ごとの海氷面積の経年変化.

出典 Impacts of a Warming Arctic HP <https://www.amap.no/documents/download/1062/inline> を改変.

問 2 IPCC第6次評価報告書によれば、北極圏の気温上昇と北極海の海氷面積の変化は今後も続くと考えられている。さらにこのような変化が今後も続くとしたら、地表が積雪で覆われている期間の減少、永久凍土の融解、沿岸部の夏期の嵐の増加などの変化が起こると考えられている。これらの現象が北極圏の生態系および人間社会にどのような影響を及ぼすと考えられるか。下線部の5つの現象から2つを選び、それらが生態系に及ぼす影響をそれぞれ説明しなさい。同様に、下線部の5つの現象から2つを選び、それらが人間社会に及ぼす影響をそれぞれ説明しなさい。全部で200字程度で答えなさい。ただし生態系への影響と人間社会への影響で重複している現象があっても良いものとする。

問題 2 レジリエンスは、個人、組織、システムなどが、外部からのストレスを柔軟に受け止め、速やかに回復し適応していく能力として捉えられる。レジリエンスの強化は、持続可能な開発目標（SDGs）の複数の目標やターゲットで言及されているように、社会、経済、環境など多岐にわたる領域で重要視されている。以下の問 1～問 2 を全て解答しなさい。

問 1 企業のレジリエンスを高めるため、特に緊急時の事業継続の可能性を高める

ための措置が、経営を悪化させることがある。その理由を「冗長性」という語句を用いて100字程度で説明しなさい。

問2 下記2つの放牧地生態系があるとする。気候条件は同等とする。以下の（１）～（２）を全て解答しなさい。

生態系A

植物相：10種類の牧草種が生息している。これらの種は全て、深さの異なる根系をもち、異なる時期に生長、成熟するなど、多様な水分、栄養利用戦略をもつ。

動物相：3種類の家畜が放牧され、それぞれ異なる牧草種を餌としている。

生態系B

植物相：10種類の牧草種が生息している。これらの種は全て、比較的浅い根系をもち、同じ時期に生長、成熟するなど、類似した水分、栄養利用戦略をもつ。

動物相：1種類の家畜が放牧され、全ての牧草種を餌としている。

- （１）上記のAとBの放牧地生態系において、一部の牧草種のみに感染する病原菌が蔓延した場合、放牧家畜が植物を持続的に利用できる場としてのレジリエンスがより高いのは、どちらの生態系であると考えられるか。2つの系を比較しつつ、理由とともに150字程度で述べなさい。
- （２）上記のAとBの放牧地生態系において、長期的な干ばつにより土壌中の水分が大きく減少した場合、放牧家畜が植物を持続的に利用できる場としてのレジリエンスがより高いのは、どちらの生態系であると考えられるか。2つの系を比較しつつ、理由とともに150字程度で述べなさい。

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地層のスケッチである．基盤岩の花崗岩の上に，未固結の地層 A，B，C が堆積している．それぞれの地層から産出する炭質物の年代を測定したところ，地層 A は 20,000 年前，地層 B は 18,000 年前，地層 C は 5,000 年前の年代を得た．またトレンチ内には断層 I と II が確認された．以下の問 1～問 4 を全て解答しなさい．

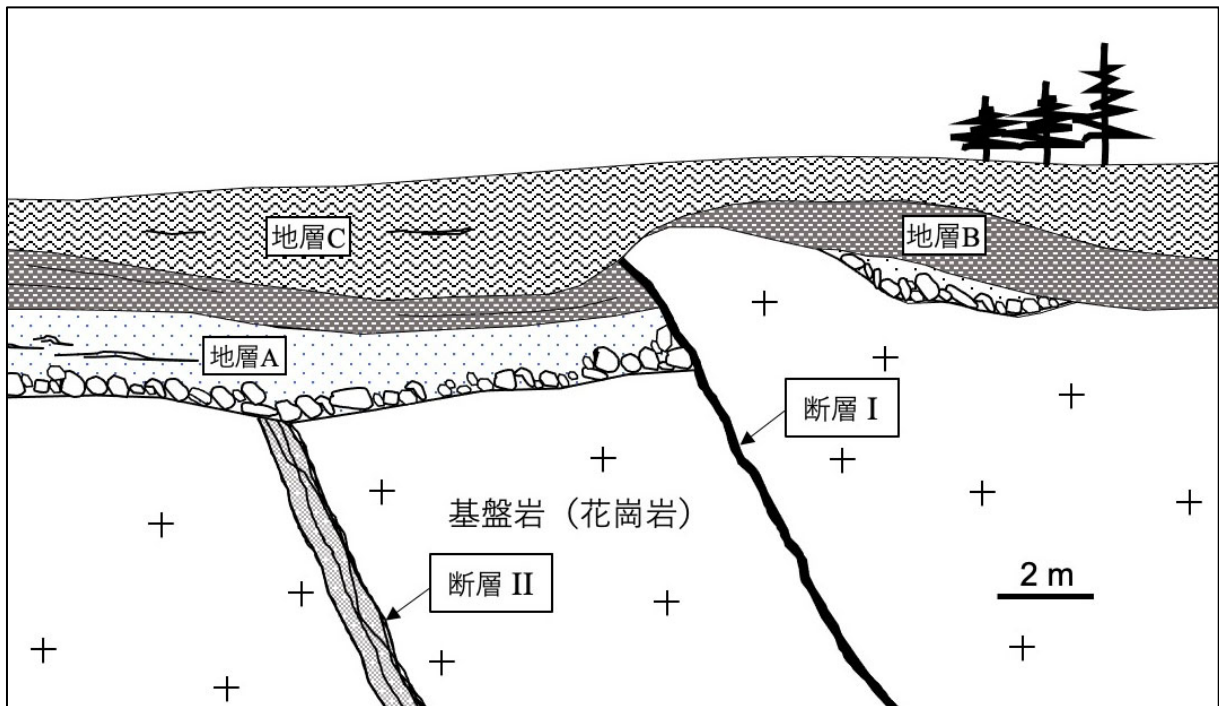


図 1．トレンチ調査断面スケッチ図．

問 1 基盤岩と地層 A との境界には礫層が確認された．このような礫層を何というか答えなさい．この礫層の礫は一方向に傾いて配列する．このような堆積構造の名称を答えなさい．また，その構造から読み取れることを 30 字程度で説明しなさい．

問 2 断層 I の活動は少なくとも何回あったと考えられるか．また，それぞれのおおよその活動時期を答えなさい．

問3 基盤岩中に認められる断層Ⅱの断層岩は固結しており，カタクレーサイトからなる．また，断層Ⅰは未固結の断層ガウジからなる．断層Ⅰ，断層Ⅱがどのように形成されたのか，それぞれについて50字程度で説明しなさい．

問4 トレンチの露頭情報から読み取れる地史を，古い順から箇条書きで答えなさい．

問題2 以下の問1～問4を全て解答しなさい．

問1 図2は，簡略化した西南日本内帯の地体区分である．①～⑦の地質体の名称を答えなさい．また，各地質体の特徴について，以下の語句群（a）～（i）より，最も適切なものをそれぞれ1つ選び，地質体の番号に対応させて答えなさい．

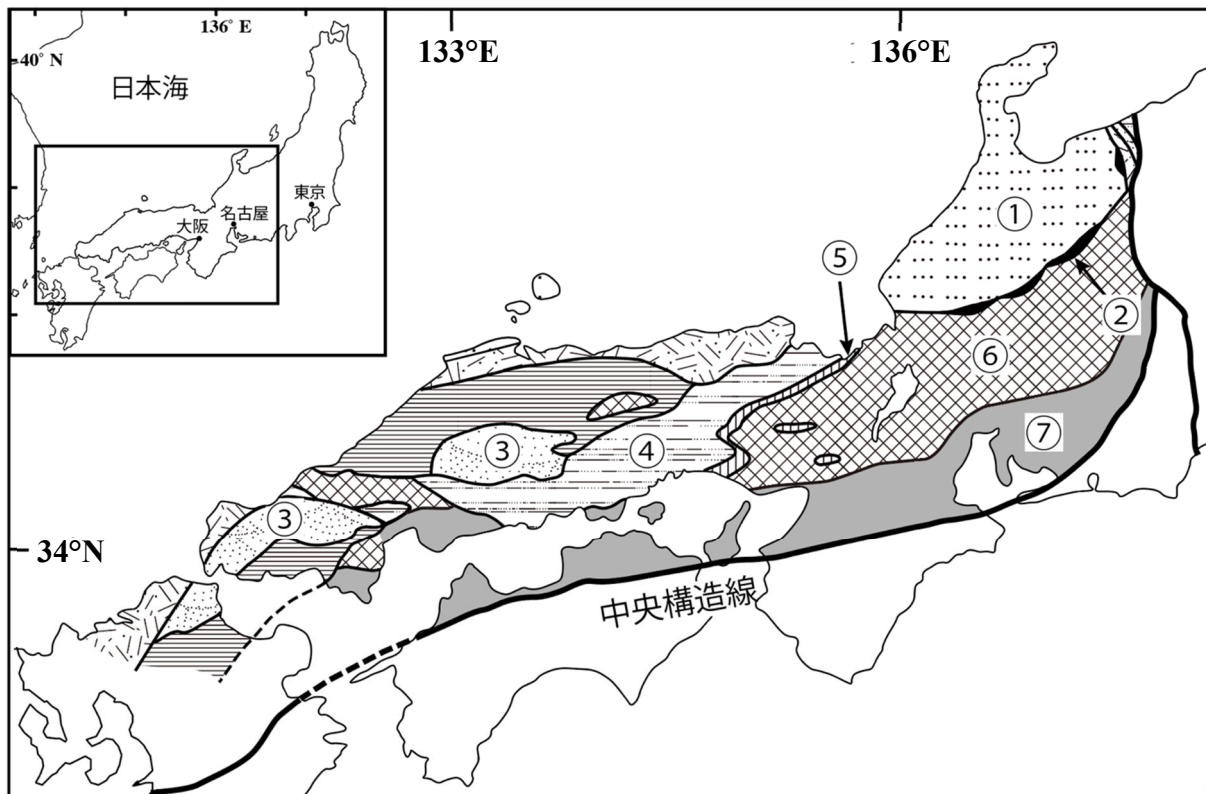


図2．西南日本内帯の地体区分（<https://www.gsj.jp/geology/geology-japan/geology-japan/index.html>を元に編図）．

語句群

- (a) 石炭紀付加体
- (b) ペルム紀付加体
- (c) ジュラ紀～白亜紀付加体
- (d) ペルム紀付加体の変成相
- (e) ジュラ紀～白亜紀付加体の変成相
- (f) 島弧オフィオライトと被覆層
- (g) 断片化した古生代～中生代の浅海陸棚相
- (h) 蛇紋岩メランジェ
- (i) 大陸基盤

問2 付加体中には、「海洋プレート層序」が保存されていることがある。海洋プレート層序とはなにか、50字程度で答えなさい。また、どのようにして海洋プレート層序が形成されると考えられているか、「遠洋、深海、プレートの移動」をキーワードに、100～150字で答えなさい。

問3 日本の様々な場所で、岩石薄片の中に図3のような化石が見つっている。この化石の名前を答えなさい。また西南日本内帯において、この化石が見つっている地質体を3つ、図2の番号で答えなさい。

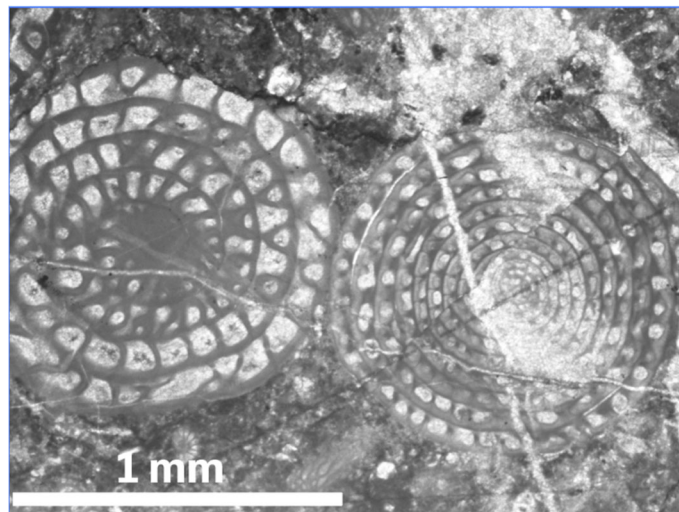


図3. 岩石薄片の顕微鏡写真.

問4 以下の(A)～(C)の語句から1つずつ選び、中央構造線について50字程度で説明しなさい。

- (A) 石炭紀以前, 石炭紀～ペルム紀, 三畳紀～ジュラ紀, 白亜紀以降
- (B) プレート境界, トランスフォーム断層, 左横ずれ, リフト帯

(C) Robert Sinclair Dietz, 田中芳男, Heinrich Edmund Naumann,
Alfred Lothar Wegener

問題 3 新生代における気候（図 4）は，初期においては非常に温暖であり，暁新世—始新世境界の Paleocene-Eocene Thermal Maximum (PETM) や前期始新世の Early Eocene Climatic Optimum (EECO) などの温暖化イベントが知られている．その後，近年の地球温暖化傾向が始まるまで，徐々に寒冷化が進み，特に更新世中期以降においては，氷期-間氷期サイクルとして知られる周期的な気候変動が顕著となる．安定酸素同位体分析は，これらの新生代の気候を復元するための重要な手法となっている．これらをふまえて以下の問 1～問 4 を全て解答しなさい．

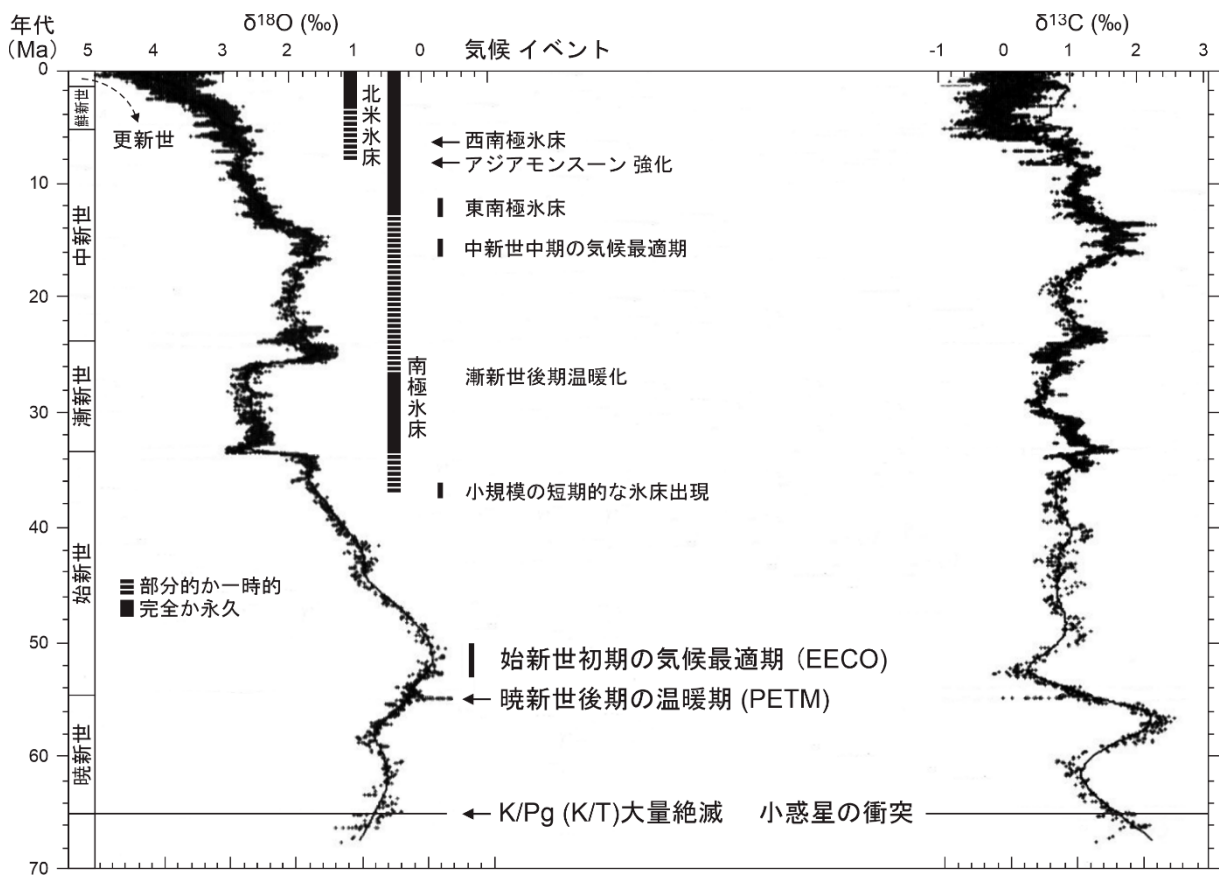


図 4．新生代の気候変動の記録を示す図（川幡（2011）の付図を改変）．

問 1 新生代の気候記録を復元するために安定酸素同位体比を分析することに用いられる化石の種類の例を 2 つ答えなさい．

問 2 図 4 に示された安定酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) の記録は，始新世の終わり頃から

更新世にかけて値が上昇する傾向がみられる．この傾向を，図 4 に示された気候イベントと関連させて 150 字以内で説明しなさい．

問 3 PETM の極端な温暖化は，メタンハイドレートを介した正のフィードバック機構と関連付けられる．このメカニズムを 150 字以内で説明しなさい．

問 4 PETM とメタンハイドレートの関連性を示すために，海洋堆積物記録の安定炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) がなぜ重要なのかを 150 字以内で説明しなさい．

問題 4 地球の生命は，複数回の大量絶滅を経験してきた．K/Pg 大量絶滅は，小惑星の衝突と関連付けられている．これらをふまえて以下の問 1 と問 2 を全て解答しなさい．

問 1 K/Pg 大量絶滅は小惑星衝突が原因であるとする仮説を裏付ける証拠を 3 つ答えなさい．

問 2 K/Pg 大量絶滅の時期は，インドのデカントラップを形成した巨大火成岩岩石区の活動時期と一致している．このような大規模な噴火が地球の気候に及ぼす短期的および長期的な影響をそれぞれ 50 字以内で説明しなさい．

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 以下の問 1 ～問 3 を全て解答しなさい。

問 1 図 1 は，面構造に垂直，線構造に平行な切断面で作成した花崗岩質マイロナイトの変形微細構造の様子を表す薄片写真である．このマイロナイトについて，剪断センスを示す組織名を 3 つ答えるとともに，画像で判定される剪断センスを答えなさい．ただし，構成鉱物は石英，長石，黒雲母であるとする．

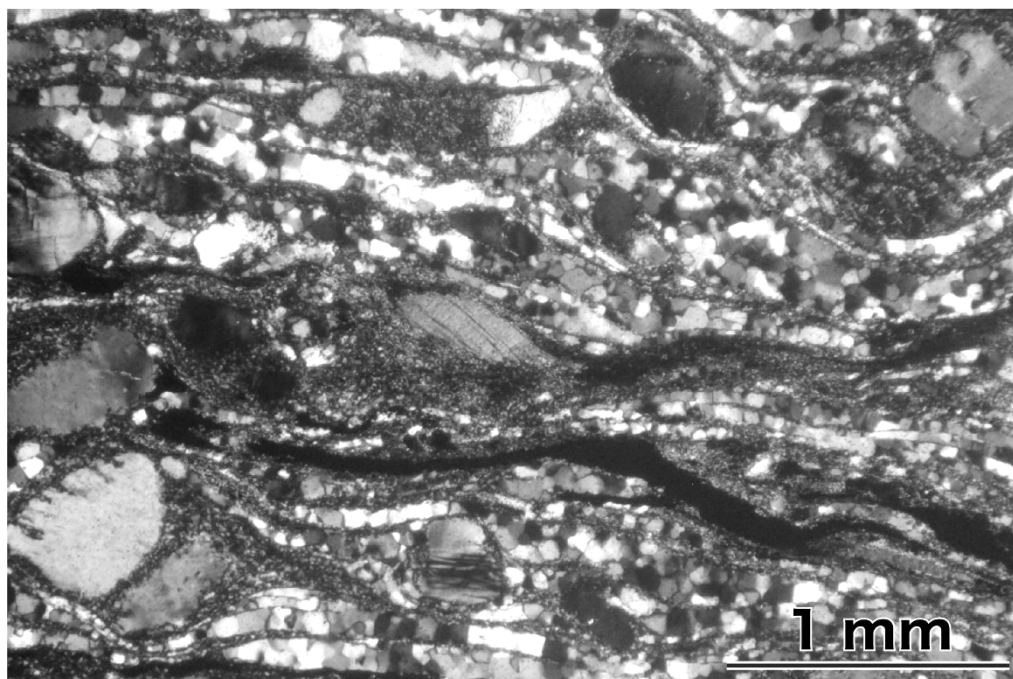


図 1．花崗岩質マイロナイトの薄片写真（直交ニコル）．

問 2 広域変成岩の種類とそれらが形成されるテクトニックな場について以下の（1）～（2）を全て解答しなさい．ただし，問題文において， P は圧力， T は温度を意味する．

（1）地球内部において， dP/dT が大きいのはどのようなテクトニックな場であるかについて，プレートテクトニクスと関連づけて 2 行程度で説明しなさい．また，そのようなテクトニックな場で形成される代表的な変成岩の種類を 2 つ答えなさい．

- (2) 地球内部において、 dP/dT が小さいのはどのようなテクトニックな場であるかについて、プレートテクトニクスと関連づけて 2 行程度で説明しなさい。
また、そのようなテクトニックな場で形成される代表的な変成岩の種類を 2 つ答えなさい。

問 3 以下の文章の㉖～㉙の空欄に当てはまる最も適切な語句を、下記の語句群の中からそれぞれ 1 つ選びなさい。

岩石学において、鉱物中のミクロンスケールの微小領域における化学組成を測定することがある。そのような分析に広く用いられている装置が電子プローブマイクロアナライザー (EPMA) である。

EPMA は加速された電子を試料表面に照射する。照射された電子は試料中の原子と相互作用し、各元素に固有の㉖が発生する。㉖の強度 (単位時間あたりに放出される光子の数) は、元素の濃度に概ね比例する。この関係を利用することで、微小領域の定量分析が可能となる。

一般に EPMA は複数の㉗分光器を備えており、これにより複数の元素を同時に高分解能で測定できる。通常、㉗分光器のエックス線検出器には、ガス増幅型検出器である㉘が用いられる。㉘にエックス線光子が入射すると、内部のガス分子が電離され、電子と正イオンの対が生成される。生成された電子は電場により加速され、他のガス分子を電離しながら陽極へと移動する。この電離過程が連鎖的に発生することでパルス電流が生じ、その全電荷量は入射したエックス線の㉙に正比例する。

語句群

- | | | | | |
|---|---------|----------|-------------|------|
| ㉖ | 連続エックス線 | 特性エックス線 | 反射電子 | ガンマ線 |
| ㉗ | 波長分散型 | エネルギー分散型 | | |
| ㉘ | 半導体 | 比例計数管 | NaI シンチレーター | |
| ㉙ | 波長 | エネルギー | 質量 | 寿命 |

問題2 長石に関連した以下の問1～問4を全て解答しなさい。

問1 図2において、左は高温型長石、右は低温型長石の分類図である。以下の(1)～(3)を全て解答しなさい。

- (1) $K_{0.5}Na_{0.5}AlSi_3O_8$ の組成を持つ高温型のアルカリ長石の名称を答えなさい。
- (2) $K_{0.05}Na_{0.95}AlSi_3O_8$ の組成を持つ低温型のアルカリ長石の名称を答えなさい。
- (3) $K_{0.02}Na_{0.48}Ca_{0.5}Al_{1.5}Si_{2.5}O_8$ の組成をもつ斜長石の名称を答えなさい。

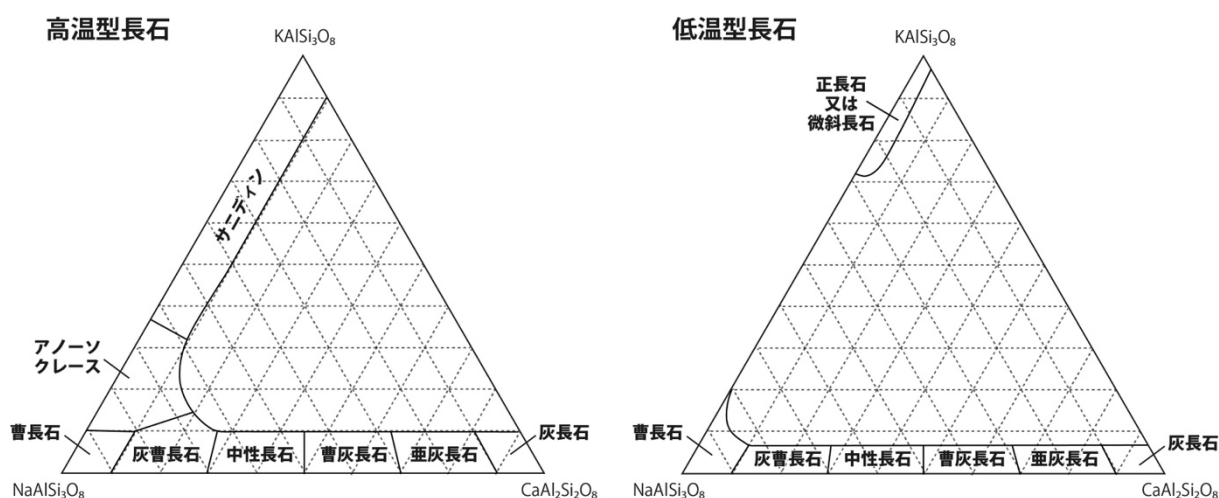


図2. 長石の分類図.

(黒田・諏訪, 1968 を基にして作成)

問2 図3は圧力 0.2 GPa におけるアルカリ長石の相平衡図である。組成 X のメルトが平衡を保ちながらゆっくりと冷却する場合について、次の(1)～(4)を全て解答しなさい。

- (1) 組成 X のメルトが冷却する場合、固相が晶出し始める温度を答えなさい。
- (2) 800°Cにおいて、液相と固相はそれぞれどのような組成を持つか答えなさい。組成の表記方法は問1の問題文を参照すること。また、液相と固相の量比を答えなさい。
- (3) ソルバスと呼ばれる固相分離線を通ると、長石は2相に分離する。550°Cにおいて、分離した2相の組成をそれぞれ答えなさい。組成の表記方法は問1の問題文を参照すること。また、2相の量比を答えなさい。

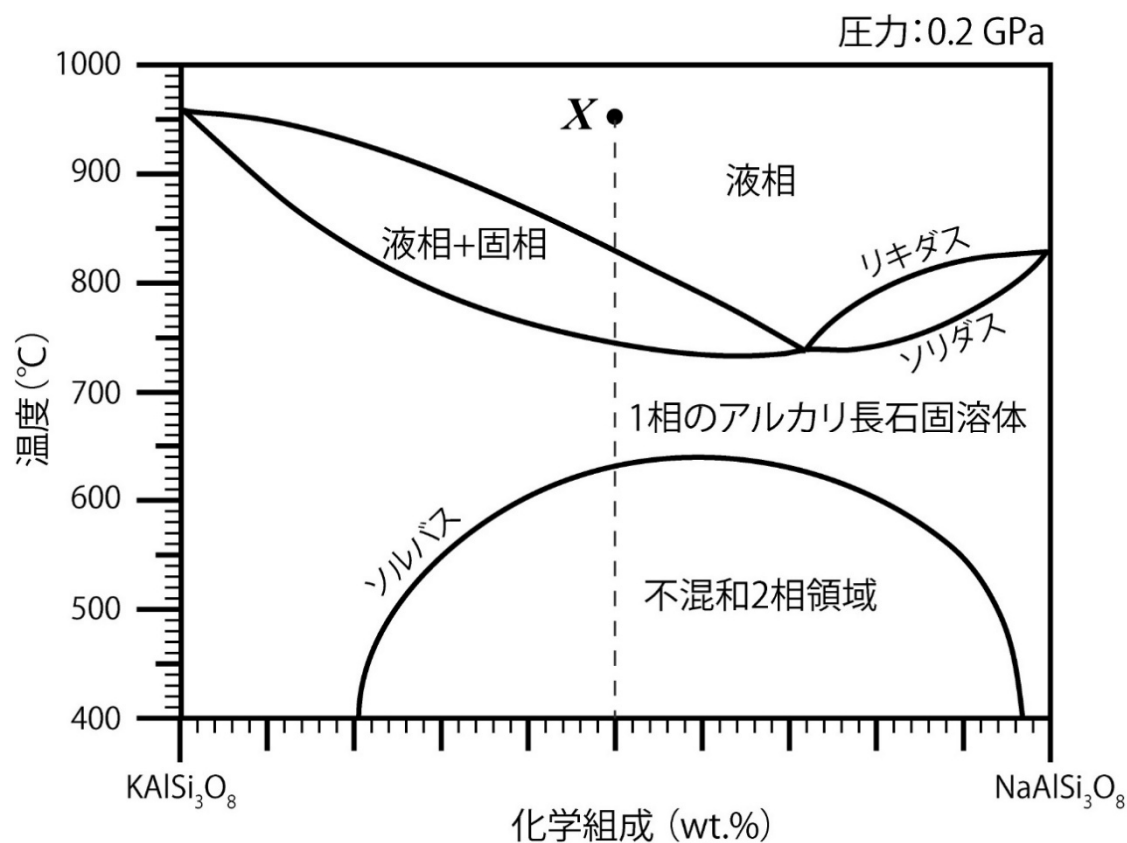
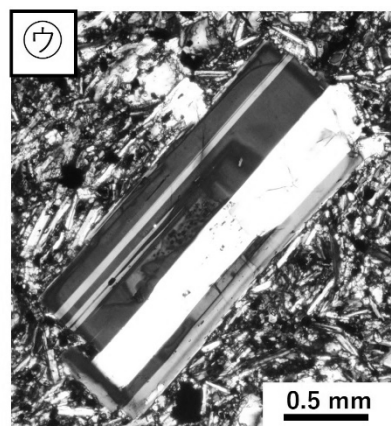
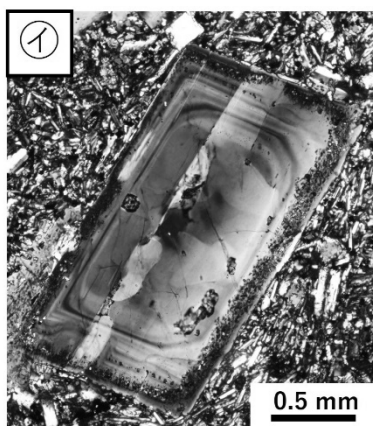
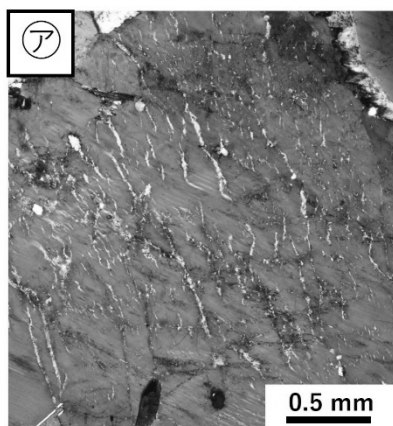


図 3. 圧力 0.2 GPa におけるアルカリ長石の相平衡図.

(Bowen & Tuttle, 1950 を基にして作成)

(4) 下の写真は岩石薄片内における長石の代表的な組織である. (3) のような固相分離が起こった場合, 岩石薄片内で観察される組織として最も適切なものを, 以下の写真㉖~㉘から 1 つ選び, その組織の名称を答えなさい.



問3 図4は圧力 0.5 GPa におけるアルカリ長石の相平衡図である。組成 Y のメル
トが平衡を保ちながらゆっくりと冷却する場合について、次の (1) ~ (3)
を全て解答しなさい。

- (1) 組成 Y のメルトが温度 T_1 まで冷却した場合、共存する相の組成をすべて答
えなさい。組成の表記方法は問1の問題文を参照すること。
- (2) (1) の場合における自由度を答えなさい。
- (3) (1) の状態で平衡を保ちながら 400°C まで冷却が続いた場合、出現する
相の組成と温度はどのように変化するかを 4~5 行程度で説明しなさい。

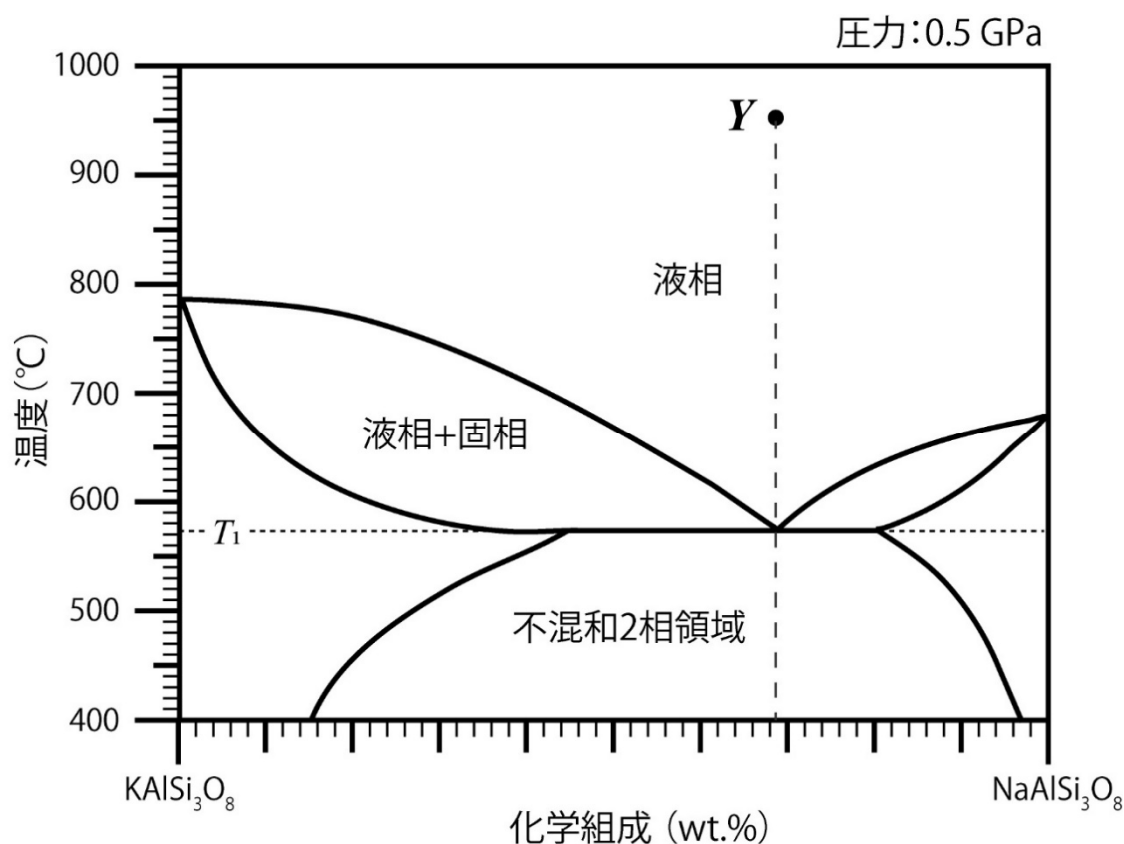


図4. 圧力 0.5 GPa におけるアルカリ長石の相平衡図。

(Tuttle & Bowen, 1958 を基にして作成)

問4 アルカリ長石の形成に関する以下の (1) ~ (2) を全て解答しなさい。

- (1) 高温型のアルカリ長石は火山岩に含まれていることが多い。その理由と形
成される条件について、2~3 行程度で説明しなさい。
- (2) 低温型のアルカリ長石は深成岩に含まれていることが多い。その理由と形

成される条件について，2～3 行程度で説明しなさい。

問題 3 図 5 は海洋プレートが島弧に沈み込む様子を示した模式図である．これに関して，以下の問 1 ～問 4 を全て解答しなさい．

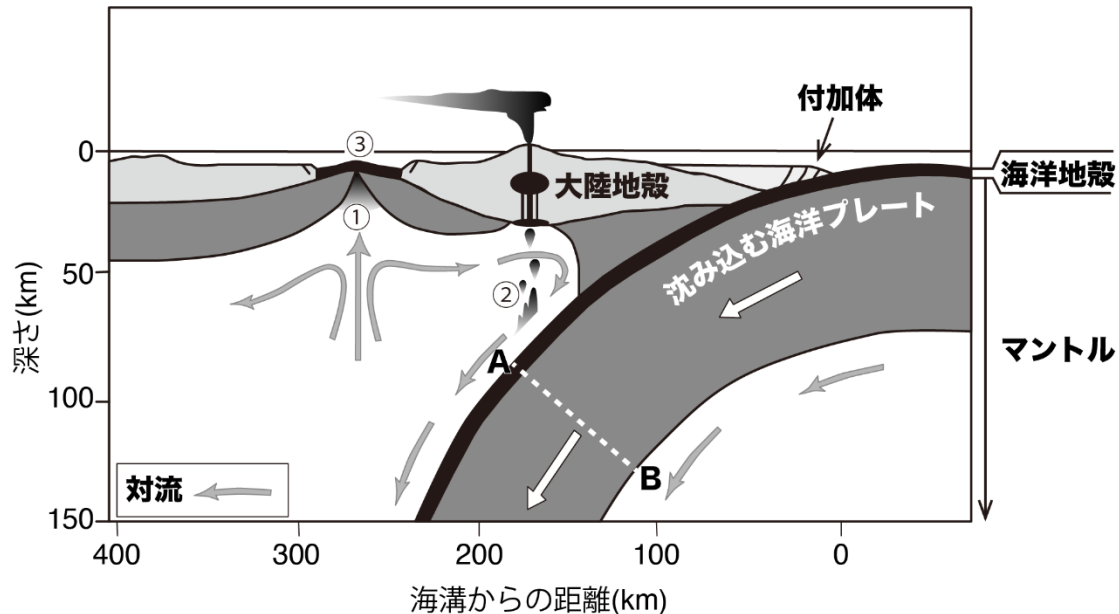


図 5．海洋プレートが島弧の下に沈み込む模式図．

(Stern, 2017 を基に簡略化して作成)

問 1 図 5 の①の領域におけるマンタルの部分溶融はどのような条件で起きるのか，2～3 行程度で説明しなさい．

問 2 図 5 の②の領域におけるマンタルの部分溶融は，①の領域とは異なる条件が必要と考えられている．どのような条件で起きるのか 3 行程度で説明しなさい．

問 3 図 5 の③の海洋底では，水深 2.0 km の海底下に厚さ 2.0 km の堆積物が堆積している．この堆積物を取り除いたとき，海底の深さは何 km になるのか，アイソスタシーが成り立っているものとして答えなさい．ただし，海水の密度を $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，堆積物の密度を $2.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，海洋地殻の密度を $2.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ とする．解答用紙には計算式も記入すること．

問 4 厚さ 7 km の海洋地殻および厚さ 70 km のマンタルからなる海洋プレートが破線 AB の位置まで沈み込んだとき，海洋地殻を構成する岩石全てがエクログジャイトに転移したとする．この沈み込んだ海洋プレートの AB 断面の平均密度を求めなさい．

ただし，海洋プレートの厚さは変わらないものとし，エクログジャイトの密度は温度 0°C で $3.50 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，AB 断面における海洋プレートの底面 B のマンタル

ルの密度を $3.30 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，エクロジャイトに転移した海洋地殻とマントルの熱膨張率はどちらも $3.30 \times 10^{-5} / \text{K}$ とする．また，AB 断面の温度構造は，上面で 500°C ，底面で 1300°C の一定の温度勾配をもつものとする．解答用紙には計算式も記入すること．

D（地球科学 III）

以下の問題 1～問題 4 を全て解答しなさい。

問題 1 河川A, 河川B, および湧水が流入し, 別の河川へ流出する湖について考える。湧水は湖底から供給されているものとする。湖への水の供給割合は, 河川Aが57%, 河川Bが33%, 湧水が10%である。各水源に含まれるイオンの濃度は表 1 のとおりであり, これらのイオン濃度に対する人為的要因は無視できるとする。さらに, 次の3つの条件を仮定する。「①湖への水の供給量は常に一定である。②降水および蒸発の影響は無視できる。③湖への全供給量と湖からの全流出量は釣り合っており, 湖水のイオン濃度は一定である」。このとき, 以下の問 1～問 3 を全て解答しなさい。

表 1. 河川A, Bの水および湧水に含まれる各イオンの濃度。

	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Cl^-	SO_4^{2-}
河川A	8.1	3.5	7.3	1.3	9.6	5.2
河川B	7.7	2.9	7.8	0.9	3.2	3.5
湧水	17.5	7.2	15.0	5.5	20.4	9.2

(単位: $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)

問 1 湧水に含まれる各イオンの濃度は, 河川Aおよび河川Bよりも大きい。その原因として考えられる要因がいくつかあるが, そのうち1つを答えなさい。

問 2 河川A, 河川Bの水に含まれる各イオン濃度の違いが生じた理由について, どのイオンに着目したかを含めて100字程度で答えなさい。

問 3 水の硬度は, $[\text{Ca}^{2+}](\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}) \times 2.5 + [\text{Mg}^{2+}](\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}) \times 4.1$ で表される。湖水の硬度 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) を有効数字2桁で答えなさい。

問題 2 湖水の Ca^{2+} が溶存無機炭素 (DIC) と反応しカルサイトを形成する反応について, 以下の問 1～問 2 を全て解答しなさい。DICとは, $[\text{H}_2\text{CO}_3]$, $[\text{HCO}_3^-]$, $[\text{CO}_3^{2-}]$ の総和のことを指す。

問 1 湖水のDICが変化するメカニズムとして, 大気からの CO_2 ガスの溶解の他に考えられる要因はいくつかあるが, そのうち1つを答えなさい。

問 2 水中の Ca^{2+} がDICと反応しカルサイトを形成する際, カルサイトと H_2O の間

には酸素同位体分別が生じる．カルサイト－ H_2O の酸素同位体分別係数を α とした場合，この反応は次の温度依存性があることが知られている．

$$10^3 \log_e \alpha = (2.78 \times 10^6)/T^2 - 2.89 \quad (\text{温度 } T \text{ の単位は } \text{K})$$

この時，以下の（１）～（３）を全て解答しなさい．計算は途中式も示し，有効数字2桁で答えること．また，同位体分別係数 α の算出には近似式を用いないこと．

- （１）湖水の温度を 8.0°C とし，平衡を保ってカルサイトが析出する場合を考える．湖水の安定酸素同位体比（ $\delta^{18}\text{O}$ ）が -6.0‰ であるとき，析出するカルサイトの $\delta^{18}\text{O}$ 値を計算しなさい．
- （２）湖から採取したあるカルサイトの $\delta^{18}\text{O}$ 値は $+27.5\text{‰}$ であった．湖水の $\delta^{18}\text{O}$ は -6.0‰ で一定であり，平衡を保ってこのカルサイトが析出したとした場合，カルサイトが析出したときの湖水の温度（ $^\circ\text{C}$ ）を答えなさい．
- （３）安定同位体交換反応における同位体分別の温度依存性を利用し，反応が起こった際の温度を推定する方法は，同位体地質温度計と呼ばれる．カルサイトは水との酸素同位体交換反応だけでなく，他の物質との同位体交換反応も同位体地質温度計として利用されている．その例を，「カルサイトとAの間のB同位体交換反応」の形式で1つ答えなさい．A，Bはそれぞれ化合物名，元素名とする．

問題 3 ^{14}C 年代測定法について，以下の問1～問5を全て解答しなさい．

- 問1 ^{14}C 年代測定法では，堆積物中の木片など，生体由来の炭素を含む試料の ^{14}C 濃度 C_t を測定し，元となった生物が死んだ年代 t_0 を見積もることが出来る．その原理について述べた以下の文章について，（ア）～（カ）に当てはまる語句を語群から選び，解答しなさい．

生物は生きている間，（ア） や （イ） を通して ^{14}C を取り込む．生物の死後は ^{14}C の取り込みが停止し，生体中の ^{14}C は （ウ） によって濃度が （エ） する． ^{14}C 濃度の （エ） は，半減期に基づくため， C_t から t_0 を見積もることが出来る．ただし， ^{14}C 年代測定法において，年代決定が成立するためには，試料となる生物が生きていた時の大気中の ^{14}C 濃度が既知であり，過去の大気の ^{14}C 濃度は（オ）であること，試料となる生物の死後，試料中の ^{14}C について（カ）が保たれていること，という2つの条件が必要である．

[語群] 濃縮, 希釈, 光合成, 温度, 圧力, 食物連鎖, 壊変,
減少, 増加, ゼロ, 一定, 閉鎖系, 開放系

問2 大気中の ^{14}C の生成メカニズムを答えなさい。また、 ^{14}C は生成されたのち、どのような化合物を形成するかを答えなさい。

問3 ある地層に含まれる植物の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ の値を測定したところ、 4.2×10^{-14} であった。現在の大気の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ の値が 1.2×10^{-12} であり、年代決定が成立するための条件が全て満たされていると仮定した場合、この植物が死んだ年代を有効数字2桁で計算しなさい。ただし、 ^{14}C の半減期は5730年とする。

問4 実際の ^{14}C 年代測定において、下線部の条件は1950年代以降には成立しなくなっている。その理由を50字程度で答えなさい。

問5 ^{14}C 年代測定法は、大気中の ^{14}C を利用した手法とは異なるメカニズムに基づいて、隕石の落下年代測定にも利用されている。そのメカニズムを100字程度で答えなさい。

問題4 岩石試料の主成分分析において、 Na_2CO_3 などを利用したアルカリ熔融は、試料を溶液化する際の有効な手法の1つである。以下の問1～問2を全て解答しなさい。必要に応じて、原子量 O: 16.00, Mg: 24.31を用いなさい。

問1 Na_2CO_3 熔融の際、岩石試料中のカンラン石 ($\text{Mg, Fe}^{\text{II}})_2\text{SiO}_4$ はどのように分解されるか。Mg, Feのモル比は1:1として化学反応式を答えなさい。

問2 岩石粉末試料0.52 gを用いて Na_2CO_3 熔融を行った。融成物を塩酸に溶解させた後、 Mg^{2+} を他のイオンと分離した溶液を250 mLに定容し、これを試料溶液とした。試料溶液中の Mg^{2+} の濃度を求めるため、0.010 Mのエチレンジアミン四酢酸 (EDTA) 標準溶液を用いたキレート滴定を4回行った。滴定には試料溶液25 mLを用い、終点に至るまでに消費したEDTAの体積はそれぞれ4.65 mL, 4.47 mL, 4.51 mL, 4.56 mLであった。この時、次の(1)～(3)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。

(1) EDTA消費量の平均値から試料溶液の Mg^{2+} の濃度($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)を計算しなさい。

(2) 岩石試料中のMg酸化物の質量パーセント濃度を計算しなさい。

(3) EDTA滴定では試料溶液のpHが非常に重要である。 Mg^{2+} のEDTA滴定は、通常、試料溶液をpH10に調節して行う。その理由を100字程度で答えなさい。

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 質点の運動に関して、以下の問 1 ～問 2 を全て解答しなさい。

問 1 原点からの距離 r に依存するポテンシャル $V(r) = -\frac{\alpha}{r} + \frac{\beta}{r^2}$ 中で、原点を起点とする半直線上に限定された、質点（質量 m ）の一次元運動を考える。ただし、 α 及び β を正の定数とする。以下の (1) ～ (4) を全て解答しなさい。

- (1) V を r ($r \geq 0$) の関数として、その極値、発散、漸近などの特徴が分かるように概略図を示しなさい。
- (2) 質点の運動方程式を導出しなさい。
- (3) 質点の運動方程式より、力学的エネルギー E が一定であることを示しなさい。
- (4) 質点が動くことのできる範囲は、力学的エネルギー E の大きさによって変化する。その範囲 (r の区間) を、 E の大きさで場合分けをして、それぞれの場合について示しなさい。ただし、 $E - V(r) \geq 0$ であることを用いてよい。

問 2 質量の大きい中心星（質量 M ）による万有引力ポテンシャル $U(r) = -G \frac{Mm}{r}$

中の小天体（質量 $m \ll M$ ）の運動を考える。ただし、 r を中心星からの距離、 G を万有引力定数とする。このとき、小天体の運動は、平面内に限定される。図 1 のように、空間に固定した軸（ z 軸）に直交する平面を運動面として、平面極座標 (r, φ) （動径方向単位ベクトル $\mathbf{e}_r$ ；方位角方向単位ベクトル $\mathbf{e}_\varphi$ ）を用いて小天体の位置を $\mathbf{r} = r \mathbf{e}_r$ と表示する。 $\mathbf{e}_r$ 及び $\mathbf{e}_\varphi$ の時間 t に関する微分について、 $\frac{d\mathbf{e}_r}{dt} = \frac{d\varphi}{dt} \mathbf{e}_\varphi$ 及び $\frac{d\mathbf{e}_\varphi}{dt} = -\frac{d\varphi}{dt} \mathbf{e}_r$ が成り立つ。中心星は、 z 軸上の原点 O に固定されているとみなしてよい。以下の (1) ～ (3) を全て解答しなさい。

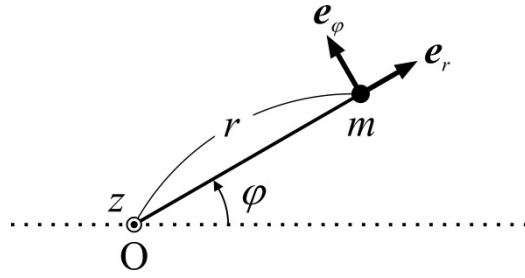


図1. 平面極座標 (r, φ) による位置の表示. z 軸上の原点 O から距離 r をとり, 平面内に固定した基準軸 (点線) から方位角 φ を反時計回りにとる.

- (1) 動径方向及び方位角方向の運動方程式を導出しなさい.
- (2) 方位角方向の運動方程式より, 角運動量の大きさ L が一定であることを示しなさい.
- (3) 小天体の軌道は, $L \neq 0$ のもとで, 楕円 (又は円), 放物線, 双曲線のいずれかになることが知られている. 楕円 (又は円) 軌道となる力学的エネルギーの範囲を示しなさい.

問題2 ゴム糸の伸長を熱力学的に考察する. 以下の問1～問8を全て解答しなさい. ゴム糸の伸長は準静的過程として扱い, 伸ばしたゴム糸の長さ L は熱力学量として扱える. 以下では物理量 A の無限小変化量を dA と記し A の変化量と呼ぶ.

問1 張力 K でゴム糸を dL 伸ばした時に, 張力がゴム糸に加えた仕事を式で書きなさい.

問2 問1の時のゴム糸に対して熱力学の第一法則を, エントロピーを使って書きなさい. 内部エネルギーの変化量を dU , エントロピーの変化量を dS , 温度を T とする. なお, 変形の際にゴム糸に体積変化があったとしても, これに伴う仕事は他の量に比べて小さいので無視できるとする.

問3 ヘルムホルツの自由エネルギーは $F = U - TS$ と書ける. ヘルムホルツの自由エネルギーの変化量 dF をゴム糸の長さ L と温度 T の変化量の関数として書きなさい.

問4 張力 K をヘルムホルツの自由エネルギー F の偏微分を用いて書きなさい.

問5 エントロピー S をヘルムホルツの自由エネルギー F の偏微分を用いて書きなさい.

問6 問5で得られた式の両辺を，ゴム糸の長さ L で微分した式を書きなさい．

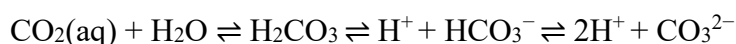
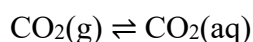
問7 伸ばしたゴム糸の長さ L を一定に保つのに必要な張力が $K = \alpha T$ の形で温度に依存するものとする．ここで $\alpha(> 0)$ は定数である．このゴム糸を温度一定の条件で伸ばすとエントロピーは増大するか減少するかを，式を用いて説明しなさい．

問8 前述のゴム糸を断熱的に伸長させた時，ゴム糸の温度は上がるか下がるかを，式を用いて説明しなさい．ただし，ゴム糸の長さ L が一定の場合の熱容量を c とする．

F (化学)

以下の問題 1 ～問題 3 を全て解答しなさい。

問題 1 化石燃料（石油，石炭など）の燃焼によって発生する(a)二酸化炭素（CO₂）は，温室効果ガスの一種であり，地球温暖化の主な原因の一つとされている。大気中のCO₂の一部は海水に溶解し，以下のような平衡状態となっている。



このとき，以下の問 1 ～問 5 を全て解答しなさい。ただし，必要であれば，25°Cでの炭酸（H₂CO₃）の第一解離定数 $K_1 = 4.3 \times 10^{-7}$ ，第二解離定数 $K_2 = 5.6 \times 10^{-11}$ を用いなさい。問 2，問 3 については，計算過程も示しなさい。

問 1 下線部(a)に関して，CO₂は温室効果ガスであるが，窒素（N₂）は温室効果ガスではない。この理由について，振動モードの観点から両者を比較し，150字程度で説明しなさい。

問 2 大気中のCO₂濃度が 4.0×10^2 ppmであるとき，25°Cにおける水へのCO₂(aq)の溶解度（mol・kg⁻¹）を求めなさい。ただし，ヘンリーの法則（気体が液体に溶け込む時，一定温度における気体の溶解度は，その気体の分圧に比例する）に従うものとし，25°Cにおけるヘンリー定数 $K_H = 3.4 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$ ，大気圧を $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，飽和水蒸気圧を $3.2 \times 10^3 \text{ Pa}$ とする。

問 3 問 2 で得られた溶存CO₂(aq)の全量が炭酸（H₂CO₃）として存在し，かつ第一段階の解離のみを考慮する場合，pHを有効数字2桁で求めなさい。

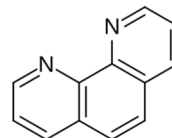
問 4 海面近くの海水の pH が 8.2 とする。このとき，海水中で最も多く存在している炭酸種は何か答えなさい。その根拠となる計算式も示しなさい。

問 5 海水の pH が 8.2 から 8.0 に低下したとき，炭酸カルシウム（CaCO₃）の殻をもつ生物の石灰化にどのような影響があるかを，150 字程度で答えなさい。

問題 2 溶液中の鉄（Fe）イオンの定量にフェナントロリンによる比色法が用いられることがある。この方法は，3 分子の 1,10-フェナントロリン（phen）が第一

鉄イオン (Fe^{2+}) と錯体を形成することを利用する。ある Fe(III) 化合物 (固体) **A** 中の鉄の定量のために実験を行った。鉄の定量に関する以下の問 1 ～問 3 を全て解答しなさい。

参考) 1,10-フェナントロリン (phen)



問 1 $[\text{Fe(phen)}_3]^{2+}$ に関する以下の文章に当てはまる最も適切な語句、数字等を下記の語群からそれぞれ選び、答えなさい。

Fe^{2+} の電子配置は ① であり、1,10-フェナントロリン (phen) は ② 配位性のキレート配位子である。 $[\text{Fe(phen)}_3]^{2+}$ の錯体は、phen 分子の窒素原子が Fe^{2+} と ③ 結合して形成する。この錯体の配位数は ④ であり、⑤ の立体構造をしており、光学異性体を有する。

語群：

- | | | | | |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------|
| ① $[\text{Ar}] 4s^2$, | $[\text{Ar}] 4s^2 3d^4$, | $[\text{Ar}] 4s^2 3d^6$, | $[\text{Ar}] 3d^5$, | $[\text{Ar}] 3d^6$ |
| ② 一座, | 二座, | 三座, | 四座, | 五座 |
| ③ イオン, | 共有, | 金属, | 配位, | 水素 |
| ④ 2, | 3, | 4, | 6, | 8 |
| ⑤ 四面体, | 六面体, | 八面体, | 十二面体, | 二十面体 |

問 2 Fe(III) 化合物 **A** 50.0 mg を水に溶かして 100 mL にした後、(a)塩酸ヒドロキシルアミンを加えた。この溶液に phen 試薬を加えて錯体 $[\text{Fe(phen)}_3]^{2+}$ (赤橙色) を形成させ、波長 510 nm、光路長 1.00 cm で吸光光度分析を行った。この Fe の吸光光度分析に関する以下の (1) ～ (2) を全て解答しなさい。

- (1) 下線部 (a) の操作は何のために行うのか、その理由を 20 字程度で答えなさい。
- (2) 吸光度を測定したところ 0.350 であった。モル吸光係数 $\epsilon = 1.11 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ として、この Fe(III) 化合物 **A** に含まれている Fe の質量% を求めよ。ただし、Fe の原子量は 55.85 とし、吸光度は Lambert-Beer の法則に従うものとする。

問 3 近年、Fe の定量に誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP-MS) が用いられる。ICP-MS に関する以下の (1) ～ (2) を全て解答しなさい。

- (1) ICP-MSによるFeの定量の特徴を、比色法と比較しつつ、100字程度で説明しなさい。
- (2) 天然のFeは4種の安定同位体 (^{54}Fe (5.8%), ^{56}Fe (91.8%), ^{57}Fe (2.1%), ^{58}Fe (0.28%)) からなり、 ^{56}Fe の同位体存在度が最も高い。しかし、ICP-MS を用いたFeの定量においては、質量/電荷の値が56ではなく、54や57のスペクトルが用いられることがある。その理由を100字程度で説明しなさい。

問題3 ある有機化合物 **X** は分子式 C_4H_8 をもち、常温常圧で気体である。**X** は臭素水を脱色する性質があることがわかっている。この有機化合物 **X** に関する以下の問1～問3を全て解答しなさい。

問1 **X** として考えられる化合物を全て構造式で示しなさい。

問2 問1で挙げた化合物のうち、互いに幾何異性体の関係にあるものを示し、それぞれの名称を記しなさい。

問3 その後、**X** は問2で示した化合物以外であり、かつ、直鎖構造をもつという情報が得られた。このとき、以下の(1)～(4)を全て解答しなさい。

- (1) **X** の名称を答えなさい。
- (2) **X** に水素を付加して得られる化合物 **Y** の構造式を示しなさい。
- (3) **Y** を塩素と光の下でラジカル反応させる段階で生成された2種類のモノクロロ化合物について、それぞれの構造式を示しなさい。
- (4) 1位の炭素に結合している各水素と2位の炭素に結合している各水素の置換反応の速度の比を1:3.8としたとき、(3)で示された2種類のモノクロロ化合物の生成比を計算しなさい。

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 (a)海鳥のミズナギドリ目はペンギン目に近縁であり，アホウドリ科やミズナギドリ科が含まれる。ワタリアホウドリや(b)オオミズナギドリは，海上の風速勾配を利用したダイナミックソアリングと呼ばれる滑空飛行を用いて，(c)餌場間を長距離移動する。滑空飛行には他にサーマルソアリングと呼ばれる上昇気流を利用する方法があり，(d)熱帯域に生息するオオグンカンドリなどが用いる。(e)オオグンカンドリの雄は繁殖期に風船のように膨らむ赤色の喉袋をもち，雌とは異なる形態・行動形質を示す。海鳥類の中には，(f)個体数が減少している種も多く，(g)様々な保全策が導入されている。以下の問 1～問 7 を全て解答しなさい。

問 1 下線部 (a) に関連し，分子系統解析や形態学的解析によって進化系統樹の分岐関係が決定される。ヘビ，カエル，ワニ，ダチョウ，イヌを用い，これらの分岐関係を示す進化系統樹を描きなさい。

問 2 下線部 (b) に関連し，オオミズナギドリは一夫一妻の配偶システムを持つが，遺伝子解析の一手法であるマイクロサテライト解析を用いた親子鑑定によって婚姻外交尾が見られることが確認された。マイクロサテライトとは何か，50字程度で答えなさい。

問 3 下線部 (c) に関連し，最適採餌理論とその一つである限界値定理について，下記の語句を全て用いて，合わせて100字程度で説明しなさい。

[適応度，パッチ，採餌効率]

問 4 下線部 (d) に関連し，自然選択の結果，熱帯地域に生息するものより寒冷地域に生活するもののほうが，耳や尾，嘴などの突出物が小さくなる傾向が見られる。この規則の名称を答えなさい。

問 5 下線部 (e) のような雌雄間の違いは，特定の形質を持つ個体が他個体より多くの交尾機会を得る自然選択の一型によって進化した。この選択の名称を答えなさい。

問6 下線部 (f) に関連し、ロジスティック個体群成長モデルでは、個体数は時間が経過するにつれ一定値に近づく。この一定値を何と呼ぶか答えなさい。

問7 下線部 (g) に関連し、特に保全すべき場所として、生物多様性ホットスポットが挙げられる。生物多様性ホットスポットとは何か、50字程度で説明しなさい。

問題2 ある植物の種子の色、種子の形、丈の高さはそれぞれ単一の遺伝子で決まっており、各形質の顕性（優性）、潜性（劣性）の表現型と対立遺伝子（アレル）は表1のとおりである。以下の問1～問3を全て解答しなさい。

表1. 各形質の顕性・潜性表現型（カッコ内の英字は対立遺伝子の記号）。

		表現型	
		顕性	潜性
形質	種子の色	黄色 (Y)	白色 (y)
	種子の形	丸型 (R)	しわ型 (r)
	丈の高さ	高性 (T)	矮性 (t)

問1 「黄色・丸型・高性」の個体Pa, 「白色・しわ型・矮性」の個体Pbを交配してできたF1の表現型はすべて「黄色・丸型・高性」であった。以下の(1)～(2)を全て解答しなさい。

(1) Paの遺伝子型を答えなさい。

(2) (1)の遺伝子型であると判断した理由を150字程度で説明しなさい。

問2 F1と「白色・しわ型・矮性」の個体を交配させて得られた400個体について、各表現型の個体数を集計すると、表2の通りであった。以下の(1)～(3)を全て解答しなさい。

(1) 表2をもとに、2つの形質ごと（「種子の色—種子の形」、「種子の色—丈の高さ」、「種子の形—丈の高さ」）の各表現型の個体数の集計表を、それぞれ作成しなさい（表の型式は表2と同一とし、罫線はフリーハンドでかいてよい）。

(2) (1)の結果をもとに、どの形質の遺伝子が独立で、どの形質の遺伝子が連鎖していると考えられるか、100字程度で理由とともに答えなさい。

(3) (2)で「連鎖している」と答えたものに関して、組み換え頻度(%)を求めなさい(計算式も示すこと)。

表2. 問2の交配実験で得られた各表現型の個体数.

表現型	個体数
黄色・丸型・高性	90
黄色・丸型・矮性	88
黄色・しわ型・高性	12
白色・丸型・高性	8
黄色・しわ型・矮性	9
白色・丸型・矮性	11
白色・しわ型・高性	90
白色・しわ型・矮性	92
計	400

問3 さらにF1同士を交配させて、1600個体のF2を得た。このうち「白色・丸型・矮性」の表現型を有する個体数の期待値を、問2(3)で求めた組み換え頻度を用いて、求めなさい(計算過程も示すこと)。

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

- ① イントロン
- ② エピジェネティック遺伝
- ③ 収斂(しゅうれん)進化
- ④ 常染色体
- ⑤ 侵略的外来種
- ⑥ 生物学的種概念
- ⑦ 創始者効果
- ⑧ ホメオティック遺伝子

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 次の行列 $\mathbf{A}$ について、以下の問 1 ～問 3 を全て解答しなさい。

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 2 & -1 & 4 \\ 0 & 1 & 4 \\ -3 & 3 & -1 \end{pmatrix}$$

問 1 固有値およびそれぞれの固有値に対応する固有ベクトルを求めなさい。

問 2 対角化しなさい。

問 3 n が偶数であるとき $\mathbf{A}^n$ を求めなさい。

問題 2 次の定積分の値を計算しなさい。ここで $a > 0$, e はネイピア数である。

$$(1) \quad \int_0^a \frac{a}{\sqrt{a^2 - x^2}} dx$$

$$(2) \quad \int_1^e \frac{\log_e x}{\sqrt{x}} dx$$

問題 3 次の常微分方程式を解きなさい。

$$(1) \quad \frac{dy}{dx} + \frac{1 - y^2}{1 - x^2} = 0$$

$$(2) \quad \frac{dy}{dx} = (y + \cos x) \sin x$$

問題 4 関数 $f(x)$ のフーリエ変換 $F(k)$ と逆フーリエ変換を次式で定義する。

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

ここで $\exp(x) = e^x$ は指数関数, i は虚数単位, x と k は実数である。これらの関係を用いて、以下の問 1 と問 2 を解答しなさい。

問 1 次の関数をフーリエ変換し, F を用いて表しなさい。 k_0 は実数である。

$$(1) \quad g(x) = f(x) \cos k_0 x$$

$$(2) \quad h(x) = f(x) \cos^2 k_0 x$$

問 2 関数 $a(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x+x') f^*(x') dx'$ のフーリエ変換 $A(k)$ を求め、それを用い

て次式に示す関係が成り立つことを示しなさい．ここで*は複素共役を表す．

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

問題 5 以下の問 1 ～問 3 を全て解答しなさい．

問 1 ある事象が 1 回の試行で起こる確率を p とし，この試行を独立に n 回繰り返すとき，この事象が起こる回数 X が k である確率関数 $W(X = k)$ を求めなさい．このときの確率分布を二項分布と呼ぶ．

問 2 問 1 の二項分布で $np = \lambda$ として， λ を一定に保ったまま $n \rightarrow \infty$ とした極限の確率関数 $P(X = k)$ を導きなさい．なお，指数関数 $e^{-\lambda}$ は次式で定義される．

$$e^{-\lambda} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{\lambda}{n}\right)^n$$

この確率分布をポアソン分布と呼ぶ．

問 3 1000 年間に平均 1 回地震が発生するとする．1000 年間に発生する地震の回数を X とし， X がポアソン分布に従うものとして， X が 2 以上となる確率を求めなさい．ここでネイピア数 $e = 2.718$ とし，答えを小数第 3 位まで求めなさい．