# 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**　地球温暖化に伴う氷の融解などによって，今後数百年間に起こる海水準の上昇が懸念されているが，次頁の図１，２に示すように海域毎の海水準の変動パターンは複雑である．海水準の変動に関する以下の問１～４に答えなさい.

問１　過去 100 年間に地球の平均海水準は約 15 cm 上昇した．地球上に存在する以下の A～D の 4 つの種類の氷の中で，その融解が過去 100 年間の平均海水準の変化に，相対的に「大きく寄与したもの」と「寄与していないもの」を，それぞれ 1 つずつ選び，その理由と共に述べなさい．ここでは，「氷の融解による太陽光反射率（アルベド）の減少が温暖化を加速し，他の種類の氷の融解を促した可能性」などの「間接的な寄与」は考えないものとする．（それぞれ 100 字程度）

A．北極海の海氷
B．南極大陸の氷床
C．グリーンランドの氷床
D．南極大陸とグリーンランドの氷床以外の山岳氷河

問２　今後数百年間に，温暖化が地球の平均海水準を上昇させるプロセスの中には，氷の融解以外に大きな役割を果たすものがある．そのプロセスが今後の海水準変化に与える影響の見通しも含めて，そのプロセスについて説明しなさい．(100 字程度)

問３　次頁の図１のように，人工衛星で観測された近年（1993～2012 年）の海水準の上昇率は地球上の海域毎にさまざまであり，東太平洋では小さく，西太平洋では大きい．これには大気海洋循環系の変動が関わっており，北米の San Francisco と南米の Antofagasta および西太平洋の Pago Pago の潮位計のデータには，太平洋の東と西の間で海水面がシーソーのように数年ごとに上下するエルニーニョ・南方振動（ENSO）の影響もみられる．1982～83 年と 1997～98 年が顕著なエルニーニョの年であったことを考慮して，Antofagasta と Pago Pago の潮位計のデータを，図２の A～D の 4 つの中から，それぞれ 1 つずつ選び，その理由を述べなさい．（あわせて 150 字程度）

問４　沿岸の潮位計で観測される海水準の変化は，実際には，海面高度の変化から陸面高度の変化を引いた相対海水準の変化に対応している．Manila では沿岸陸域での地下水の過剰な汲み上げが，Stockholm では最終氷期に存在していたスカンジナビア氷床の融解と消失が，それぞれの陸面高度の長期的な変化に影響している．Manila と Stockholm の潮位計のデータを，図２の A～D の４つの中から，それぞれ１つずつ選び，その理由を述べなさい．（あわせて 150 字程度）

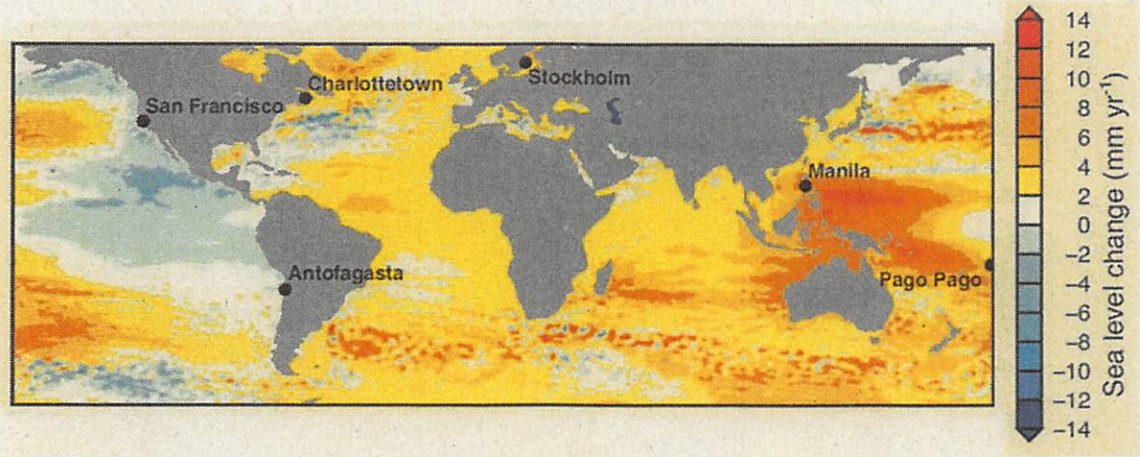



図１　1993 年から 2012 年の間に人工衛星を使って測定された世界の海水準の平均変化速度の分布[IPCC WG1 (2013) FAQ13.1 Fig.1 より]．(図中の６つの地点は，図２の潮位計のデータが取得された地点を示す)

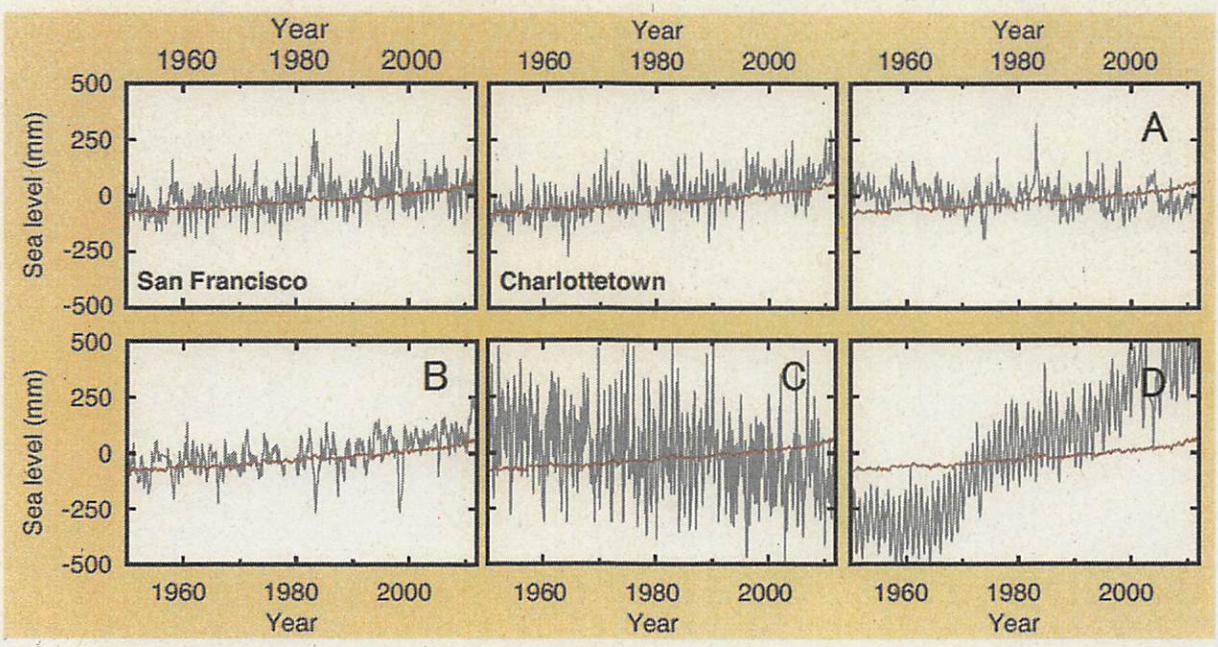



図２　世界の６地点（図１参照）で観測された潮位計による相対海水準の変化[IPCC WG1 (2013) FAQ13.1 Fig.1 より]．図中の赤線は，地球全体で平均した海水準の変化を示す．潮位計のデータにみられる一年周期の規則的な変動は，海水準の季節変動に対応しているので，ここでは考慮しなくて良いものとする．

**問題２**　国連気候変動枠組条約に関連した地球の炭素循環の推計においては，人為的に排出される二酸化炭素の発生源として化石燃料の燃焼と土地利用変化の二つが考えられている．また気候変動対策に関する国際的な取り決めとして，2015 年 12 月に国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議（COP21）においてパリ協定が合意された．これらのことについて以下の問１～４に答えなさい．

問１　人為的な二酸化炭素の発生源のうち，土地利用変化による二酸化炭素排出とはどのようなものか．例をあげて 50 字程度で答えなさい．

問２　石炭火力発電所の排気に含まれる二酸化炭素は人為的な排出として計上されるが，木質バイオマス発電所の排気に含まれる二酸化炭素は計上されない．その理由を 150 字程度で説明しなさい．

問３　パリ協定では「今世紀後半に温室効果ガスの人為的な発生源による排出量と人為的な吸収源による除去量との間の均衡を達成する」とされた（第 4 条）．この目標を達成するためには具体的にどのような方策をとればよいか．考えられる方策をその実現可能性や技術的・社会的課題にも言及しながら 200 字程度で論じなさい．

問４　パリ協定では気候変動に対する対策として緩和策と適応策を進めていくことが定められている．緩和策とは人為的な温室効果ガスの排出を抑制し吸収源による吸収を増加させるなどして気候変動の進行を遅らせる方策である．では適応策とは何か，例をあげて 150 字程度で説明しなさい．

# B（地球科学Ⅰ）

以下の**問題１～問題２**を，それぞれ別の解答用紙を用いて，全て解答しなさい．

**問題１**　図１はある地域の地質図である．地表面は水平・平坦とする．A～G は地層または岩体，H は断層である．B は珪質泥岩，C はタービダイト，F は礫岩からなる．また，図２の a～d はこの地域の露頭写真，図２の e～h は a～d の露頭からそれぞれ一つずつ採取した岩石試料の薄片の偏光顕微鏡写真（直交ニコル）である．表１の α～δ はこれらの試料の全岩化学組成である．これらをみて以下の問１～８に全て答えなさい．

問１　下表は A, D, E, G の露頭写真，それぞれを構成する岩石の偏光顕微鏡写真及び化学組成を対応づけたものである．解答用紙に下記の様な表を書き，岩石名を記入し，その他の空欄に当てはまるものを記号で埋めなさい．なお，A, D, E, G はそれぞれ異なる種類の岩石から構成される．

| 地層または岩体 | 岩石名 | 露頭写真 | 顕微鏡写真 | 化学組成 |
|---|---|---|---|---|
| A | | | | γ |
| D | | | | β |
| E | | | f | |
| G | | c | e | |

問２　A からは本地域のどこからも後期三畳紀を示す同じ放散虫化石群集を産する．また B 及び C も同様に全域から，それぞれ前期ジュラ紀及び中期ジュラ紀を示す放散虫化石群集を産する．A と B，B と C がともに整合関係である場合，隣接する A と C はどのような関係と考えられるか．

問３　問２に示す A，B，C から構成される地質は，日本の場合，地帯構造区分で何帯に分布するか．地質帯名を２つ答えなさい．

問４　図１に見られる褶曲はどのような褶曲か．その形態・姿勢の特徴を２行程度で述べなさい．

問５　断層 H の活動時期を推定したい．断層岩の年代測定以外にどのような方法があるか．３行程度で説明しなさい．

問６　E の形成環境についてわかることを３行程度で述べなさい．

問7　本地域の地史を古い順に箇条書きで示しなさい.

問8　断層 H は正断層で，断層面の走向・傾斜は N45°E，80°N である．また D は板状で，周囲の地質との接触面の走向・傾斜は EW，60°S である．図 1 の X–X' における断面図を，深さ方向と水平方向の比を 1:1 とし，フリーハンドでかきなさい.

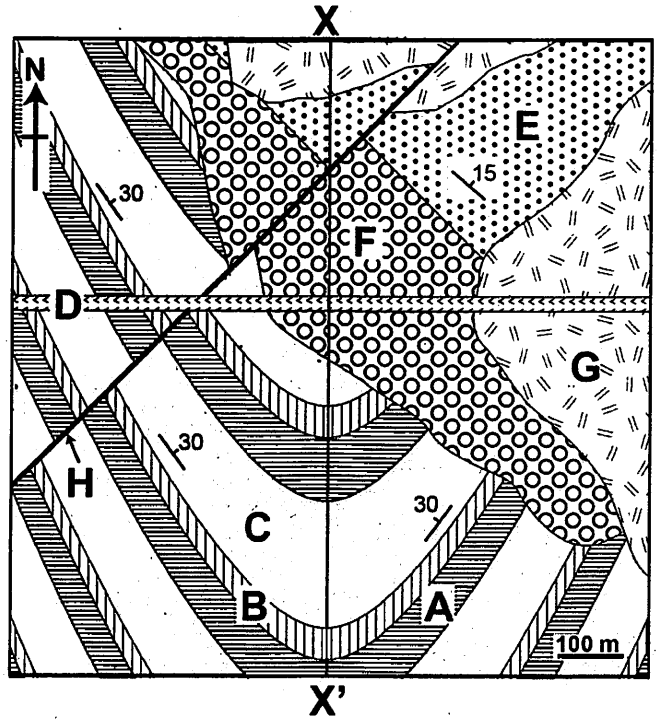



図 1．地質図

表 1．化学組成（wt. %）

| | α | β | γ | δ |
|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 71.12 | 48.16 | 93.54 | 99.54 |
| $TiO_2$ | 0.30 | 0.52 | - | 0.03 |
| $Al_2O_3$ | 15.00 | 16.50 | 2.26 | 0.35 |
| $Fe_2O_3$ | 0.12 | 3.39 | 0.48 | 0.09 |
| FeO | 2.38 | 8.68 | - | - |
| MnO | 0.05 | 0.13 | 0.79 | - |
| MgO | 0.80 | 8.27 | 0.23 | 0.06 |
| CaO | 2.97 | 12.51 | 0.66 | 0.19 |
| $Na_2O$ | 3.44 | 1.37 | 0.37 | - |
| $K_2O$ | 2.28 | 0.14 | 0.51 | - |
| $H_2O+$ | 0.99 | 0.47 | 0.72 | 0.25 |
| $H_2O-$ | 0.25 | 0.10 | 0.21 | - |
| Total | 99.70 | 100.24 | 99.77 | 100.51 |

－　検出限界以下

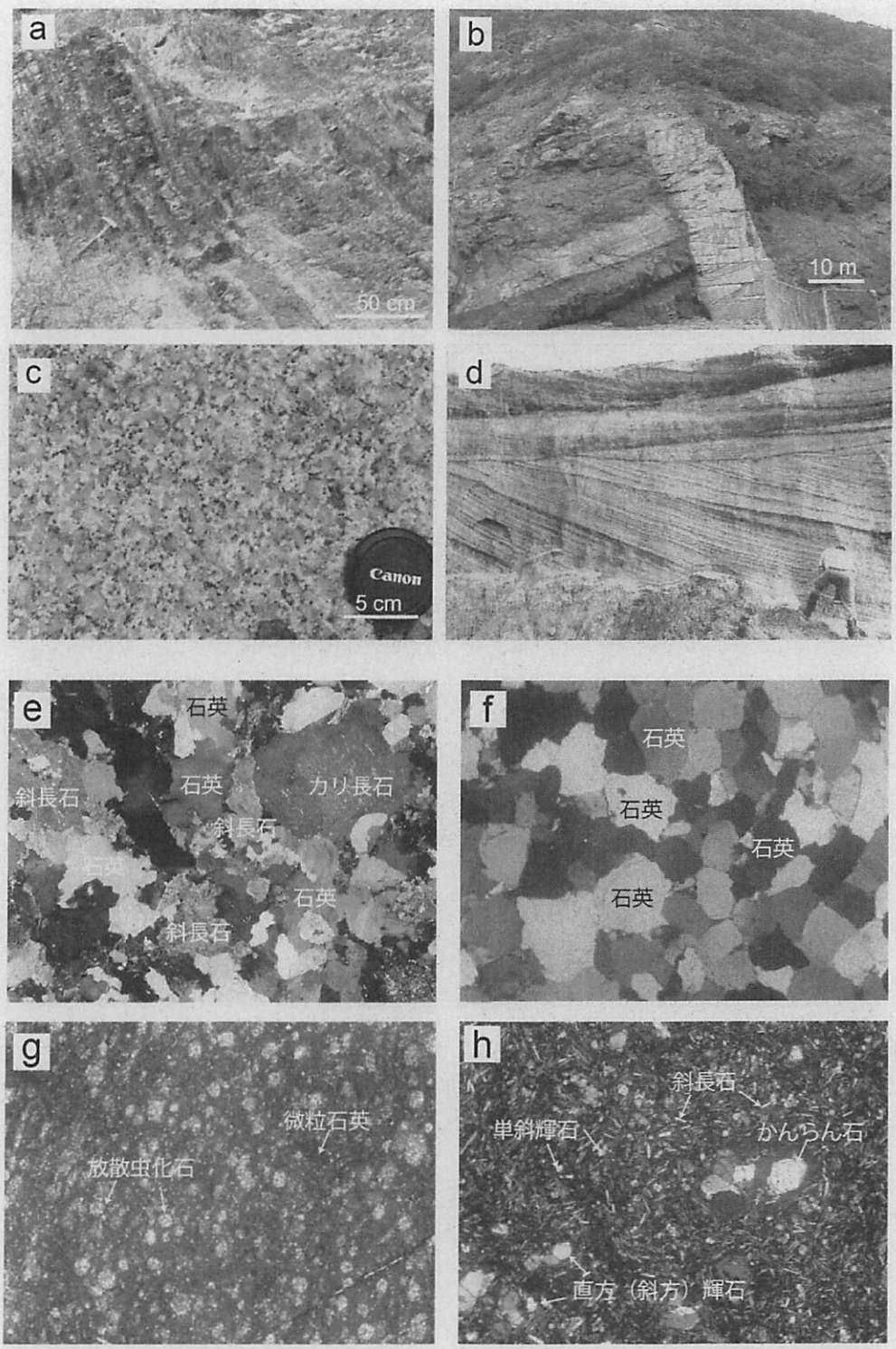



図２．露頭及び偏光顕微鏡写真．　e～h は横幅が 4 mm.

**問題２** 図３のA〜Eは生物の生存時から化石化するまでの素過程を，簡略に図示したものである．以下の問１〜問５に全て答えなさい．

問１　脊椎動物が関節離断（A）することなく，化石化する場合がある．どのような条件下であれば，関節した状態で化石が保存されうるか，３行程度で説明しなさい．

問２　化石の断片化（B）は，どのようにして起きるか，考えられる可能性について，二枚貝を例にとり，死亡時と死亡後にわけて，あわせて３行程度で答えなさい．

問３　生物侵食（C）とは，穿孔などの生物活動による侵食であり，死殻のみならず，生存時の生物殻，岩石なども生物侵食を被る．以下の（１）〜（２）に答えなさい．

（１）絶滅種が被った生物侵食の痕は，古生態学的にどのような意義があるか，１行程度で簡潔に答えなさい．

（２）海食崖が生物侵食を受けた場合，地質学的，地形学的な観点からどのような影響があると考えられるか，１行程度で簡潔に答えなさい．

問４　変形（D）した化石を用いた古生物学以外の分野への応用研究の可能性について，１行程度で簡潔に述べなさい．

問５　置換（E）に関して，以下の（１）〜（２）に答えなさい．

（１）方解石とアラレ石の温度圧力条件による安定性の違いについて，１行程度で簡潔に説明しなさい．

（２）置換化石の例を１つあげなさい（解答の形式：「○○に置換されたΔΔの化石」）．

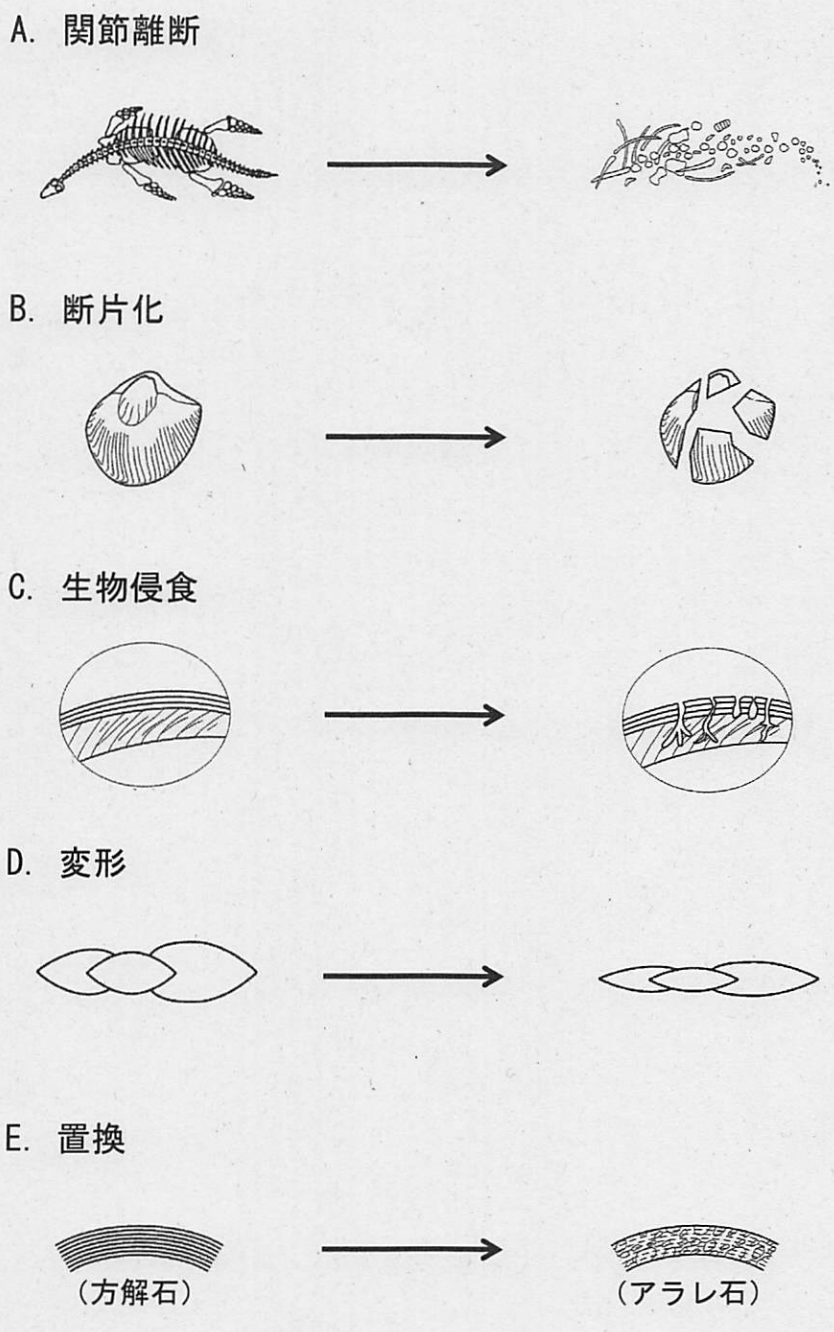



図３．化石化における素過程（Benton and Harper (2009)を一部改変）.

# 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を用いて，全て解答しなさい．

**問題１**　偏光顕微鏡下での鉱物の光学的性質に関する以下の問１～問３を全て答えなさい．ただし，薄片は全て厚さ 30 μm であり，光源は白色光とする．

問１　薄片に含まれる石英の光学的性質に関して説明した下記の文章のうち，空欄(あ)～(う)に当てはまる最も適切な語句を，次の語句群から選んで答えなさい．

語句群：一次，二次，散乱光，直線偏光，複屈折，レタデーション

石英は光学的異方体であり，入射した光は速度の異なる２つの［　(あ)　］に分かれて進む．石英は光学的一軸性正号結晶であり，通常光の屈折率は 1.544，異常光の屈折率は 1.553，従って，［　(い)　］は 0.009 である．単ニコル下で観察すると無色透明であり，直交ニコル下で観察すると［　(う)　］の干渉色に色づいて見える．

問２　広域変成岩に含まれる石英を偏光顕微鏡下で観察したときに波動消光という現象が見られることがある．波動消光の結晶学的な成因について，２行程度で説明しなさい．

問３　ある岩石に含まれるコランダムの屈折率は，通常光が 1.768，異常光が 1.760 であった．問１の石英の光学的性質に関する説明文を参考にして，薄片に含まれるコランダムの光学的性質を述べるとともに，石英とコランダムが薄片内で共存している場合，偏光顕微鏡下での特徴の違いから石英とコランダムを区別する方法について，４行程度で説明しなさい．

**問題２**　中央海嶺は海洋プレートの形成場である．以下の問１～３を全て答えなさい．

問１　中央海嶺は拡大速度によって高速拡大軸型と低速拡大軸型に分けられる．高速拡大軸と低速拡大軸をもつ代表的な中央海嶺の名称を１つずつ答えなさい．

問２　図１は海洋地殻の模式的な岩石層序の１つである．この図にもとづいて次の（１）～（４）を全て答えなさい．

（１）ハンレイ岩とカンラン岩について，それぞれの主要造岩鉱物を答えなさい．

（２）図１において，玄武岩は枕状溶岩とシート状岩脈群に分けられている．枕状溶岩とシート状岩脈群の特徴と形成場についてそれぞれ３行程度で説明しなさい．

（３）図１の（A）で示された境界は，ハンレイ岩とカンラン岩の岩石物性の違いから地球物理学的な不連続面と考えられている．その不連続面は何とよばれているのか答えなさい．また，その不連続面の原因となる岩石物性について２行程度で説明しなさい．

（４）図１の（A）における圧力を計算しなさい．ただし，海水の密度を 1000 kg/m$^3$，堆積物の密度を 1600 kg/m$^3$，玄武岩の密度を 2800 kg/m$^3$，ハンレイ岩の密度を 3000 kg/m$^3$，カンラン岩の密度を 3300 kg/m$^3$，重力加速度を 9.8 m/s$^2$ とする．また，計算式も解答用紙に記入しておくこと．

問３　図２は中央海嶺付近の模式断面図である．次の（１）～（２）を全て答えなさい．

（１）リソスフェアの厚さが中央海嶺から離れるに従って変化するのはなぜか，３行程度で説明しなさい．

（２）図２において部分溶融が生じる条件について２行程度で説明しなさい．

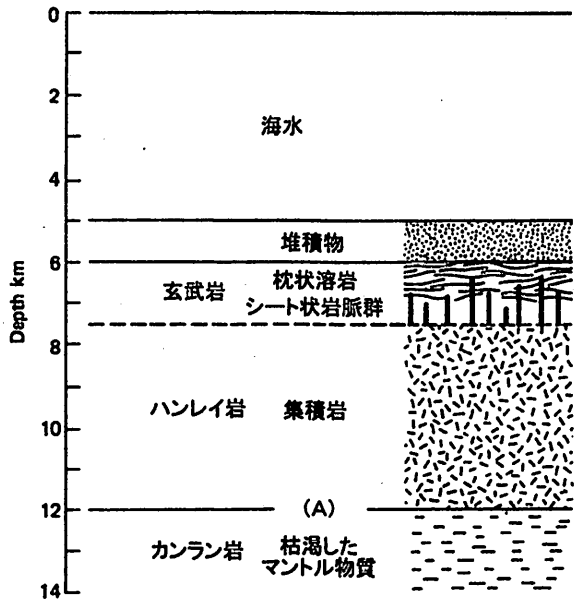



図１　海洋地殻の岩石層序の模式図 (Turcotte & Schubert 2002 をもとに作図).

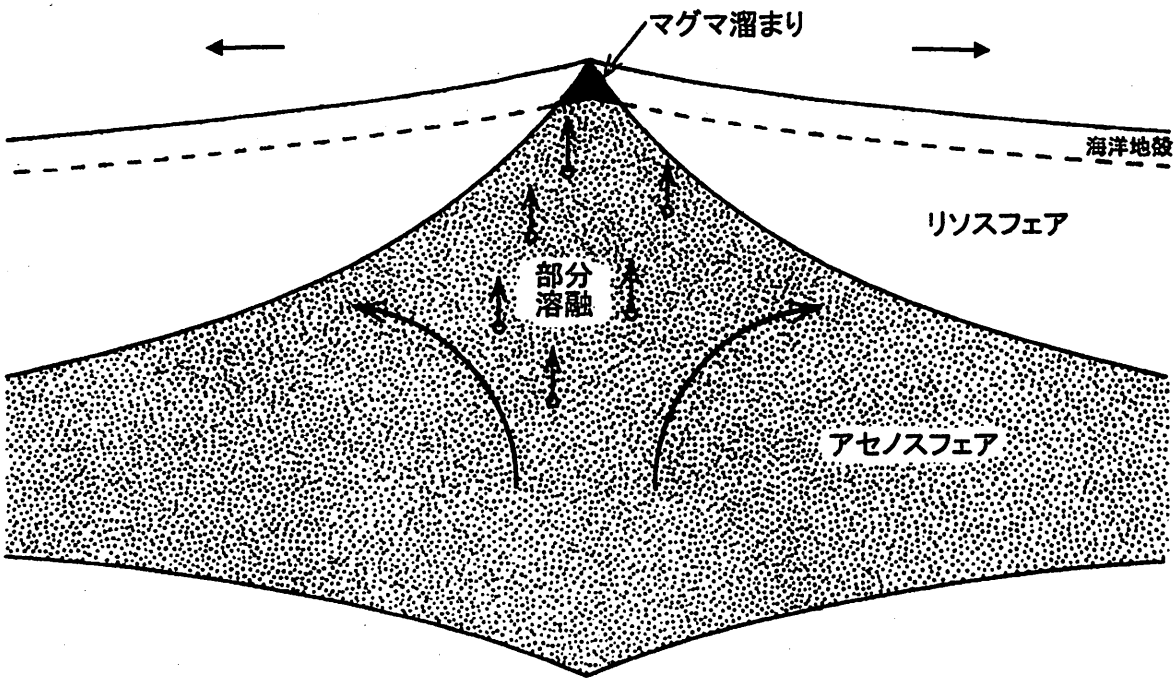



図２　中央海嶺付近の模式断面図 (Turcotte & Schubert 2002 をもとに作図).

**問題３**　以下の問１～問２を全て答えなさい．

問１　図３は，灰長石―苦土カンラン石―シリカ鉱物の疑似３成分系における，ある一定圧力下での相図である．図中の点 X の組成で全て液からなっている状態の系が冷却する場合について考える．

（１）まず，閉鎖系かつ常に平衡が成り立っている場合について考える．この液が冷却して全て固体になるまでの間，液の組成と液と共存する固相がどのように変化するか説明しなさい．また，液の組成の変化を専用の解答用紙に図示しなさい．

（２）次に，晶出した固相は全て系外に取り除かれる場合について考える．この液が冷却して全て固体になるまでの間，液の組成と液と共存する固相がどのように変化するか説明しなさい．また，液の組成の変化を専用の解答用紙に図示しなさい．

問２　ある火山は，午前 10 時ごろに噴火し，フェルシック鉱物に富む白い火山灰が降下した．その後，午後 5 時ごろからマフィック鉱物に富む黒い火山灰が降下した．この噴火は，新たなマグマの供給が無い完全に閉じた状態のマグマ溜りからマグマが上昇したことにより生じたことが明らかになっている．白い火山灰から黒い火山灰に変化した理由を推定し，５行程度で記しなさい．

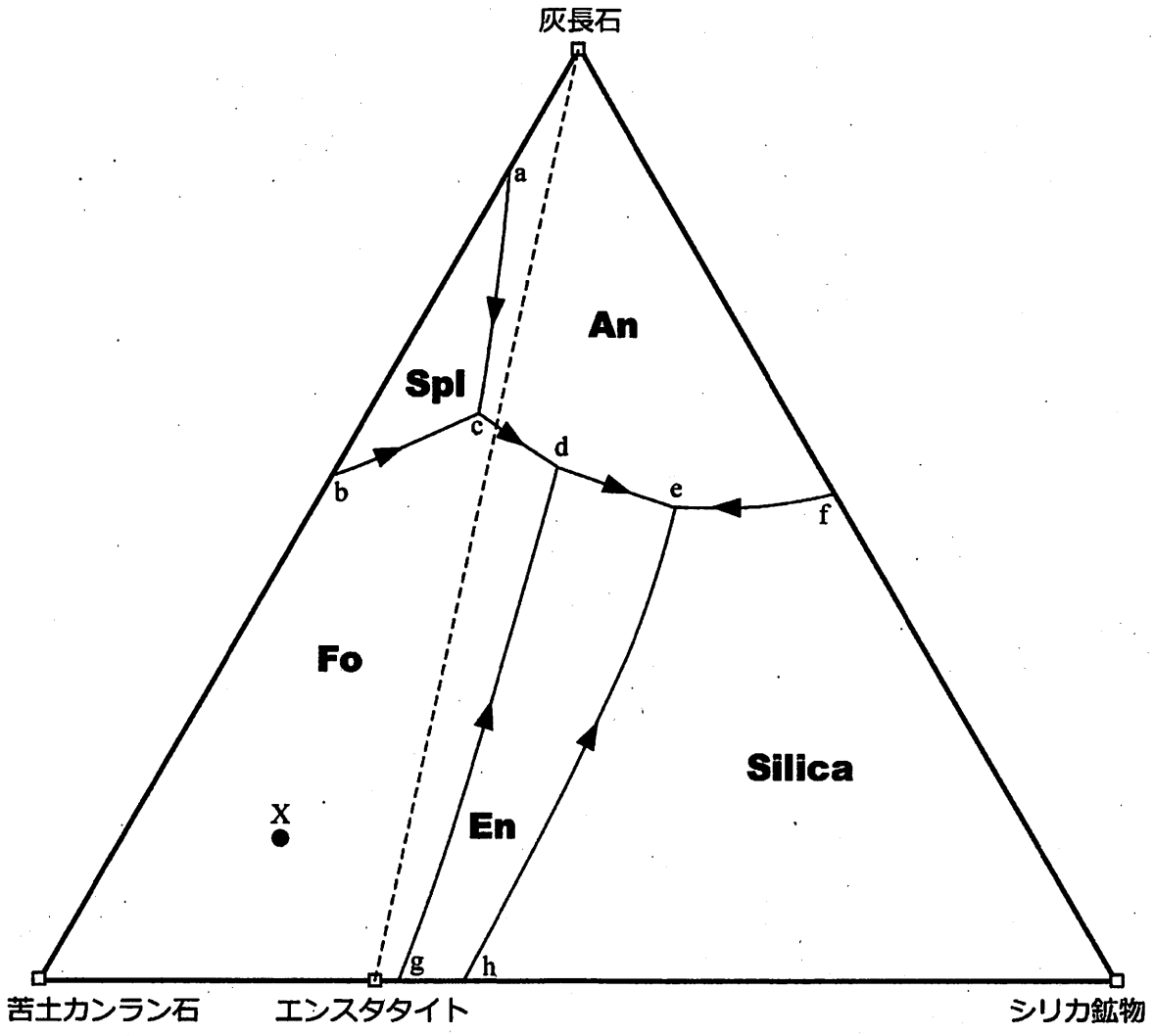



図３ 灰長石―苦土カンラン石―シリカ鉱物の疑似３成分系における，ある一定圧力下での相図．灰長石，苦土カンラン石，シリカ鉱物およびエンスタタイトの組成に対応する位置を記号（□）で示してある．Fo，En，An，Spl，Silica は液相面上で液と共存する固相で，それぞれ苦土カンラン石，エンスタタイト，灰長石，スピネルおよびシリカ鉱物である．曲線 ac，bc，cd，de，ef，dg，eh は共晶線あるいは包晶線で，これらの曲線上の矢印は高温側から低温側に向かう方向を示している．また，点線は，灰長石とエンスタタイトを結ぶ直線である．

# D（地球科学Ⅲ）

以下の**問題１～問題３**を全て解答しなさい．なお，解答にあたって計算を用いる場合には，その計算過程も答案用紙に示すこと．

**問題１**　以下の（１）．～（４）を調べることで得られる情報を地球科学的観点から，それぞれ 100 字以内で書きなさい．

（１）砂岩中に存在するジルコンの $^{206}Pb/^{238}U$

（２）火成岩中に存在する斜長石の Ca/Na

（３）東北日本弧に産する火山岩の $^{87}Sr/^{86}Sr$

（４）砂岩の $Al_2O_3/(Na_2O + CaO + Al_2O_3)$

**問題２**　流出河川を持たない，浅い湖がある．この湖は，湖に流れ込む河川水と湧水，および，湖に直接降る雨によって涵養されており，それらの供給量の比は河川水 85%，湧水 5%，雨水 10%である．そして，全供給量と湖面からの水の蒸発量がつり合っているため，湖面の水準は一年を通して変化しない．さらに，湖水全体の $\delta^{18}O_{VSMOW}$ 値は，常に均一かつ一定であり，–10.1‰を示している．河川水，湧水，雨水の $\delta^{18}O_{VSMOW}$ 値は，それぞれ–20.2‰，–14.8‰，–11.0‰であるとして，以下の問１～問４に答えなさい．計算問題については有効数字３桁で答えなさい．

問１　$\delta^{18}O_{VSMOW}$ に使われている VSMOW という語句は，ある英語表記を省略したものである．その英語表記を正確に書きなさい．

問２　VSMOW の酸素同位体比（$^{18}O/^{16}O$）を R とした時，湖水の酸素同位体比（$^{18}O/^{16}O$）を，R を使って表しなさい．

問３　湖に供給される水の $\delta^{18}O_{VSMOW}$ の平均値を求めなさい．

問４　湖面から蒸発する水蒸気と湖水との間における酸素同位体分別係数（$\alpha = (^{18}O/^{16}O)_{水蒸気} / (^{18}O/^{16}O)_{湖水}$）を求めなさい．

**問題３** 有機物生産や有機物汚染の多い河川では，硫酸イオンの還元により多量の硫化水素が生成することがある．川底で生成した硫化水素が，連続的に気泡として大気へ放出されている河川（水温 18℃）について，以下の問１～問３に答えなさい．ただし，18℃における硫化水素の水への溶解度を 0.10 mol $dm^{-3}$，18℃での硫化水素の第１段階と第２段階の解離定数を，それぞれ $K_1 = 1.0 \times 10^{-7}$，$K_2 = 1.2 \times 10^{-14}$ とする．計算問題については有効数字２桁で答えなさい．

問１　この河川水の pH を実測したところ 5.0 であった．河川水の $S^{2-}$の濃度を求めなさい．

問２　この河川では，定常的に FeS の沈殿が起こっていることが観察された．河川水の $Fe^{2+}$濃度の下限値を求めなさい．ただし，18℃における FeS の溶解度積を $5.0 \times 10^{-18}$ とする．

問３　この河川水の pH は，硫化水素の溶解平衡のみによって決まる pH = 4.0 よりも高くなっている．この原因として考えられることを 100 字以内で書きなさい．

# E（物理学）

以下の**問題1～問題2**を，<u>それぞれ別の解答用紙</u>に分けて，全て解答しなさい．

**問題１**　図１のように，鉛直下向きの一様な重力場（重力加速度の大きさ$g$）のもとで，質量$m$，半径$a$の密度一様な円柱を，水平から角度$\theta$をなす斜面上におき，時刻$t = 0$で静かに手を離す．円柱は斜面に沿って下向きに進むものとし，その距離を$x$とする（円柱の回転軸は常に図１の紙面に垂直とする）．円柱については，その回転軸周りの慣性モーメントを$I$とし，重心の速度を$v$，回転角速度を$\omega$とする．また，円柱と斜面との間に働く摩擦力を$f$とし，転がり摩擦は無視できるものとする．以下の問１～問４に答えなさい．

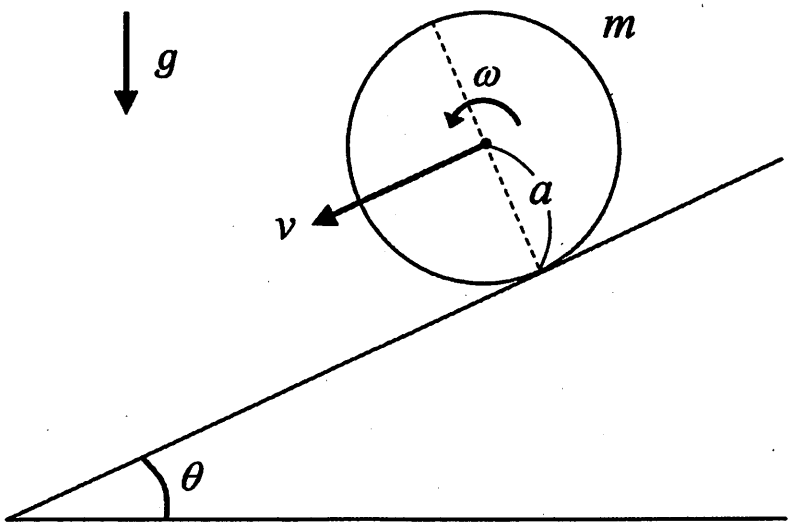



図１

問１　円柱の慣性モーメントは，$I = \dfrac{ma^2}{2}$となることを示しなさい．

問２　円柱が斜面を滑らずに，転がり落ちる場合について，以下の（１）～（６）の問いに答えなさい．

（１）円柱の重心の，斜面に沿った方向の運動方程式を，$m$，$v$，$f$，$\theta$，$g$を用いて書きなさい．

（２）円柱の回転の運動方程式を，$I$，$\omega$，$f$，$a$を用いて書きなさい．

（３）円柱の重心の速度$v$と回転角速度$\omega$の関係を示しなさい．

（４）時刻$t$における円柱の重心の速度$v$，進んだ距離$x$，回転角速度$\omega$を求めなさい．ただし，円柱の慣性モーメント$I$には問１の表記を用いること．

（５）円柱の力学的エネルギーが保存することを示しなさい．

（6）摩擦力$f$を，$m$，$\theta$，$g$を用いて書きなさい．

問3　$\theta$がある角度$\theta_1$より大きくなると，円柱は滑りながら転がり落ちるようになる．この角度$\theta_1$を用い，円柱と斜面の間の静止摩擦係数$\mu$を表しなさい．

問4　円柱が滑りながら，転がり落ちる場合（$\theta > \theta_1$）について，以下の（1），（2）の問いに答えなさい．

（1）円柱の重心の，斜面に沿った方向の運動方程式，および回転の運動方程式をそれぞれ書きなさい．ただし，円柱と斜面の間の動摩擦係数を$\mu'$とする．

（2）この場合，円柱の力学的エネルギーは保存しない．なぜ保存しないのか，理由を述べなさい．

**問題２**　図2(a)のように絶対温度$T_a$，$T_b$，$T_c$（$T_a > T_b > T_c$）の３つの熱源A，B，Cと熱のやり取りおよび，力学装置と仕事のやり取りをする系を考え，これを系Dと呼ぶことにする．初期状態での系Dの温度を$T_a$，エントロピーを$S_0$，内部エネルギーを$U_0$とし，以下の①～⑥の熱力学操作をこの順で行う（図2(b)）．

① 系Dを熱源Aと熱的に接触させた状態で力学装置を用いて系Dに対して準静的に仕事を行い，系Dのエントロピーを$S_1$に変化させる．

② 系Dへの熱の出入りを遮断して力学装置を用いて系Dに対して準静的に仕事を行い，系Dの温度を$T_b$に変化させる．

③ 系Dを熱源Bと熱的に接触させた状態で力学装置を用いて系Dに対して準静的に仕事を行い，系Dのエントロピーを$S_2$に変化させる．

④ 系Dへの熱の出入りを遮断して力学装置を用いて系Dに対して準静的に仕事を行い，系Dの温度を$T_c$に変化させる．

⑤ 系Dを熱源Cと熱的に接触させた状態で力学装置を用いて系Dに対して準静的に仕事を行い，系Dのエントロピーを$S_3$に変化させる．

⑥ 系Dへの熱の出入りを遮断して力学装置を用いて系Dに対して準静的に仕事を行い，系Dの温度を$T_a$に変化させる．

操作①③⑤では準静的等温過程，②④⑥では準静的断熱過程が実現される．⑥の操作後の系Dの内部エネルギーを$U_f$とする．各操作で系Dが熱源A，B，Cから受け取った熱量をそれぞれ$Q_a$，$Q_b$，$Q_c$とし，全操作①～⑥を通して系Dが力学装置からなされた仕事の総和を$W$とする．これらの熱量や仕事は負の値を取る場合もある．熱源の温度変化は無視でき，$Q_a$，$Q_b$，$Q_c$，$W$以外の熱や仕事のやり取りは存在しないものとする．以下の問１～問４に答えなさい．

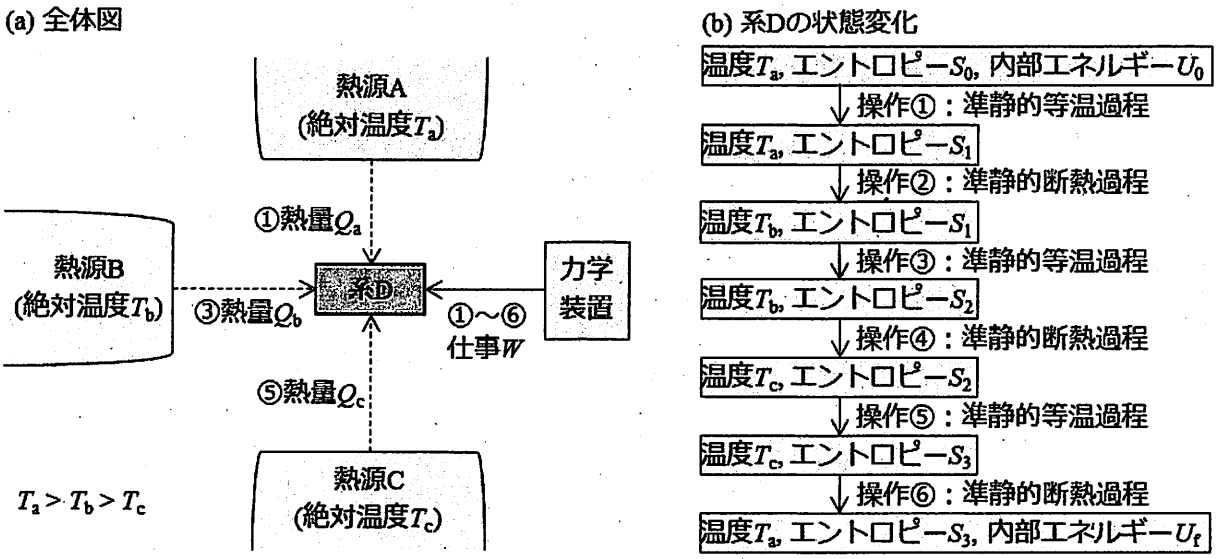



図２

問１　熱力学第１法則に基づき，①～⑥の熱力学操作全体を通した系Ｄの内部エネルギー変化$U_f - U_0$を$Q_a$，$Q_b$，$Q_c$，$W$を用いて表しなさい．

問２　①～⑥の熱力学操作全体を通した系Ｄのエントロピー変化$S_3 - S_0$を$Q_a$，$Q_b$，$Q_c$，$T_a$，$T_b$，$T_c$を用いて表しなさい．

問３　$Q_a < 0$，$Q_b > 0$，$Q_c < 0$，$W = 0$，$S_0 = S_3$とした場合，①～⑥の熱力学操作全体の結果として系Ｄが熱源Ｂから熱量$Q_b$を受け取って熱源Ａと Ｃに分配したことになる．このときの$Q_a$と$Q_c$をそれぞれ$Q_b$，$T_a$，$T_b$，$T_c$を用いて表しなさい．なお問１，問２の答えを用いて良い．

問４　$Q_a \geqq 0$，$Q_b \geqq 0$（ただし$Q_a + Q_b \neq 0$）とし，$Q_c < 0$，$W < 0$，$S_0 = S_3$とした場合，系Ｄは熱源Ａ，Ｂから熱を受け取って熱源Ｃに放熱するとともに力学装置に対して仕事をする熱機関と見なせる．この熱機関の効率を求めるために以下の２つのサイクルを考える．まず$Q_a > 0$，$Q_b = 0$として①～⑥の熱力学操作を１サイクル行う．これをサイクル１と呼び，その効率を$\eta_1$とする．次に$Q_a = 0$，$Q_b > 0$として①～⑥の熱力学操作を１サイクル行う．これをサイクル２と呼び，その効率を$\eta_2$とする．（１）～（３）の問いに答えなさい．

（１）$\eta_1$および$\eta_2$を$T_a$，$T_b$，$T_c$を用いて表しなさい．

（２）サイクル１とサイクル２を合わせて系Ｄが力学装置に対して行った仕事の総和$W^{total}$を$Q_a$，$Q_b$，$\eta_1$，$\eta_2$を用いて表しなさい．

（３）以上の結果を用いることにより，この熱機関を$Q_b = 2Q_a$として動かしたときの効率$\eta$を$T_a$，$T_b$，$T_c$を用いて表しなさい．

# F（化学）

以下の**問題１～問題３**を全て解答しなさい．

**問題１**　25℃，1 atm での二酸化炭素（$CO_2$）の水への溶解度は 0.029 mol $dm^{-3}$ である．また，25℃での炭酸（$H_2CO_3$）の第一解離定数 $K_1$，第二解離定数 $K_2$ はそれぞれ $4.3 \times 10^{-7}$，$5.6 \times 10^{-11}$ である．水の自己解離定数を $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ として，以下の問１～問３に答えなさい．

問１　$H_2CO_3$ のイオン平衡をあらわす２段階の化学反応式を書きなさい．

問２　25℃，1 atm での $CO_2$ に飽和した水溶液における，(1) $HCO_3^-$ の濃度，(2) pH を，それぞれ有効数字２桁で求めなさい．

問３　モル分率 $3.0 \times 10^{-4}$ の $CO_2$ を含む 25℃，1 atm の空気と平衡状態にある水の pH を有効数字２桁で求めなさい．

**問題２**　物質 A についての $n$ 次の分解反応の速度は，A の濃度を[A] [mol $dm^{-3}$]，反応速度定数を $k$ [$mol^{(1-n)}\ dm^{3(n-1)}\ s^{-1}$]とするとき，下記の式[1]で表すことができる．

$$\frac{d[A]}{dt} = -k[A]^n \qquad [1]$$

このことを用いて，以下の問１～問３に答えなさい．計算の過程や根拠を示すこと．

問１　物質 A の分解反応で，最初の存在量の 20%が分解するのに 100 秒を要した．A の 60%が分解するのに要する時間を，この分解反応が(1)零次反応，(2)一次反応，(3)二次反応，のそれぞれの場合について，有効数字２桁で求めなさい．

問２　五酸化二窒素（$N_2O_5$）の気相での熱分解反応:

$$2N_2O_5(g) \rightarrow 4NO_2(g) + O_2(g) \qquad [2]$$

について，反応開始後の $N_2O_5$ の濃度の時間変化を測定したところ，温度 65℃で以下の表１のような結果が得られた．

表１　温度 65℃における $N_2O_5$ 濃度の時間変化

| 経過時間 [s] | 0 | 50 | 100 | 150 | 225 | 350 | 510 | 650 | 800 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $N_2O_5$ [mol $dm^{-3}$] | 3.80 | 3.24 | 2.63 | 2.13 | 1.55 | 0.92 | 0.47 | 0.26 | 0.14 |

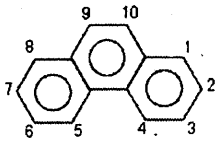
この結果から，熱分解反応[2]の反応次数を推定し，65℃における反応速度定数

$k$ を有効数字 2 桁で求めなさい．なお，解答には専用用紙の片対数グラフを用いなさい．

問 3　反応[2]の活性化エネルギー$E_a$ が 94 kJ $mol^{-1}$ であるとき，反応速度と温度に関するアレニウスの式が成り立つと仮定して，温度 45℃での反応[2]の反応速度定数を有効数字 2 桁で求めなさい．気体定数 $R$ は 8.31 J $mol^{-1}K^{-1}$ とする．

**問題３**　有機反応に関する以下の文章を読み，以下の問 1 ～問 3 に答えなさい．

臭化第二鉄（$FeBr_3$）の存在下でフェナントレン（$C_{14}H_{10}$）に臭素（$Br_2$）を反応させると，下記の反応式[3]に示すように，求電子反応によって，臭素置換体および少量の臭素付加体が得られる．




$$+ Br_2 \xrightarrow{FeBr_3} \begin{matrix} C_{14}H_9Br \\ C_{14}H_{10}Br_2 \end{matrix} \qquad [3]$$

問 1　反応[3]における $FeBr_3$ の働きについて述べなさい．化学反応式や図を用いてよい．

問 2　フェナントレンの共鳴構造 5 種を全て，ケクレ構造式（単結合を"－"，二重結合を"＝"で表す）を用いて書きなさい．

問 3　共鳴構造から判断して，Br が最も置換もしくは付加しやすい位置 2 か所を，反応式[3]のフェナントレンの構造式に記された炭素原子の番号で答えなさい．

# G（生物学）

以下の**問題1～問題2**を，それぞれ別の解答用紙を用いて，全て解答しなさい．

**問題1**　有性生殖に関する次の文を読んで，以下の問1～問4に答えなさい．

有性生殖では配偶子同士の接合や受精が行われるが，配偶子生成の過程には減数分裂が関わっている．減数分裂では，第一減数分裂と第二減数分裂と呼ばれる連続した細胞分裂が行われる．第一減数分裂では，まず同じ遺伝形質を支配する遺伝子を担う（ ① ）染色体が対合する．この際，（ ① ）染色体の一部に（ ② ）が起こって断片が交換されることがある．つぎに，（ ① ）染色体対が整列し分離する．このとき，体細胞分裂とは異なり，（ ③ ）染色分体は接着したまま一対として移動する．その後，通常は（ ④ ）分裂が起こり，第一減数分裂が終了する．第二減数分裂は体細胞分裂と基本的に同じだが，染色体（ ⑤ ）をしていない一倍体細胞で分裂が始まるところが体細胞分裂と異なる．第二減数分裂では，（ ③ ）染色分体の（ ⑥ ）が分離し，各対の（ ③ ）染色分体が細胞の対極へ移動する．その後，通常は（ ④ ）分裂が生じる．

有性生殖する生物の性決定には，性染色体に位置する遺伝子が関わっていることがある．ただし，(1)性決定に関与しない遺伝子も性染色体上に位置することがある．性染色体上に位置する遺伝子を（ ⑦ ）遺伝子と呼ぶ．

多くの動物は有性生殖する．有性生殖する動物の中には，オスとメスで生殖器以外の形態やサイズが大きく異なるものがいる．このような差異を（ ⑧ ）と呼ぶ．（ ⑧ ）の例には，(2)カブトムシのオスが大きな角を持つことや，クジャクのオスがメスに比べて目立つ色彩の羽を持つことなどが挙げられる．

問1　上記の①～⑧に入る語句を下記の枠内から選びなさい．

| |
|---|
| 性的二型，伴性，姉妹，セントロメア，細胞質，複製，減少，交差，相同，接合，有性，性的対立，分裂，細胞壁 |

問2　減数分裂では，配偶子の間に遺伝的多様性を生む現象が通常2回起こる．この2回の現象はどのようなものか，説明しなさい．（それぞれ100字以内）

問３　下線部（１）のような遺伝子の中には，遺伝性の血友病を引き起こすものがある．いま仮に，血友病患者ではない両親から生まれた男子が遺伝性の血友病を発症したとする．この両親から生まれた別の男子が遺伝性の血友病を発症する確率を答え，そのような確率になる根拠を書きなさい．（200 字以内）

問４　下線部（２）に挙げたカブトムシの大きな角とクジャクの目立つ色彩の羽は，それぞれどのような理由で進化したと考えられるか．性選択の観点から説明しなさい．（それぞれ 100 字以内）

**問題２**　生物の種間相互作用について，以下の問１～問３に答えなさい．

問１　種間の相互作用には，(a)両種の個体の生存と繁殖にとって有益である場合と，(b)一方には有益であるがもう一方には有害である場合などがある．

（１）(a)，(b)それぞれを何と呼ぶか、用語をひとつずつ書きなさい．

（２）それぞれについて例となる生物名を挙げて説明しなさい．(200 字以内)

問２　真核生物の細胞内には，ある種の原核生物が起源であると考えられる小器官がある。

（１）その名前をひとつあげ，その機能を説明しなさい。(100 字以内)

（２）この小器官が原核生物を起源とすると考えられる根拠を説明しなさい．(150 字以内)

問３　Paine は 1960 年代に，岩礁海岸の潮間帯で，岩に付着している生物群集を調べた．主要な捕食者であるヒトデを取り除くと，イガイが増加し，フジツボなどが減少した．

（１）この実験から考えられる種間相互作用について，「競争」，「空間資源」，「競争排除」のすべての語を用いて説明しなさい．(250 字以内)

（２）この例におけるヒトデのような生態系に大きな影響を与える種を何と呼ぶか書き，優占種との違いを説明しなさい．(150 字以内)

# 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 $A$ について，以下の問1～問3を解答しなさい．

$$A=\begin{pmatrix}0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 1\\ 1 & 0 & 0\end{pmatrix}$$

問１　$A^n$を求めなさい．ただし，$n$は正の整数とする．

問２　$A$の逆行列を求めなさい．

問３　$A$の固有値と固有ベクトルを求めなさい．

**問題２**　次の定積分の値を求めなさい．

問１　$\displaystyle\int_0^1 \frac{dx}{x^2+1}$

問２　$\displaystyle\int_0^{\pi/2} x^2 \sin x\,dx$

**問題３**　次の常微分方程式を与えられた条件の下に解きなさい．

問１　$\dfrac{d^2y}{dx^2}+4\dfrac{dy}{dx}+3y=4e^{-x}$，　ただし，$x=0$ で，$y=0$，$\dfrac{dy}{dx}=2$とする．

問２　$\begin{cases}\dfrac{dx}{dt}=3y\\ \dfrac{dy}{dt}=x-z,\\ \dfrac{dz}{dt}=-y\end{cases}$　ただし，$t=0$ で，$(x,y,z)=\left(3,0,\dfrac{1}{3}\right)$ とする．

**問題 4**　実数値関数 $f(x)$ のフーリエ変換を

$$F(k)=\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)\exp(-ikx)\,dx$$

と定義する．ここで，$i$ は虚数単位，$k$ は任意の実数とする．また，$\exp(s)=e^s$ は指数関数である．$f(x)=\exp(-x^2)$ として以下の問 1 と問 2 を解答しなさい．

問 1　$\dfrac{dF}{dk}=-\dfrac{k}{2}F$ となることを示しなさい．

問 2　$F(k)$ を求めなさい．

**問題 5**　範囲 $(-\infty,\ +\infty)$ の実数値をとる確率変数 $x$ に対して，平均が 0，分散が $\sigma^2$ の正規分布（ガウス分布）に従う確率密度関数 $f(x)$ は

$$f(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$

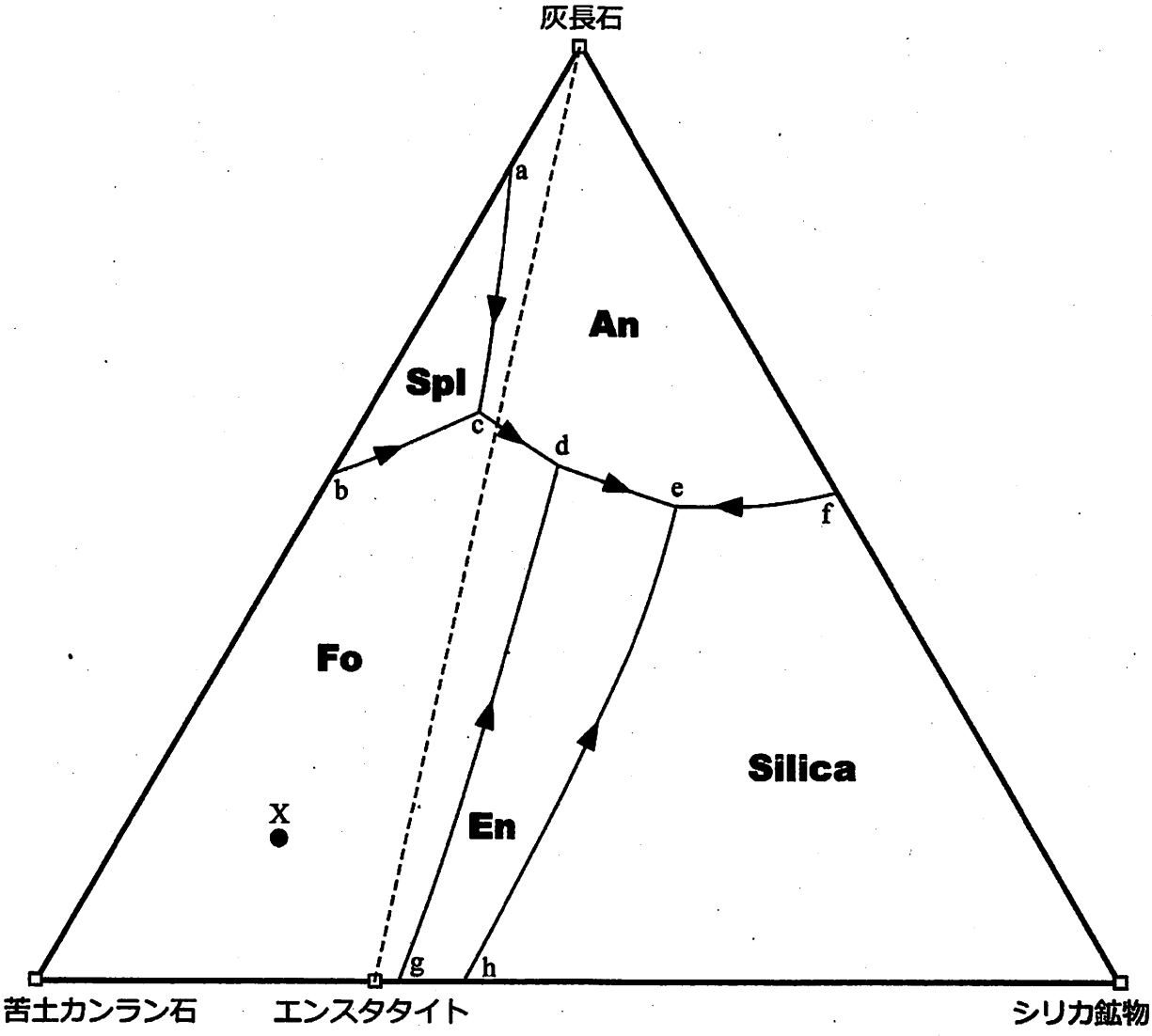
と与えられる．ここで，$\exp(s)=e^s$ は指数関数である．また，誤差関数 $\mathrm{erf}(\xi)$ は，$\xi$ を任意の 0 以上の実数として

$$\mathrm{erf}(\xi)=\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^{\xi}\exp(-t^2)\,dt$$

と定義される．このとき確率密度関数 $f(x)$ に従う確率変数 $x$ が 99% の確率で含まれる範囲が $|x| \leqq X$ であるとして，$X$ の値を定める方程式を，誤差関数 erf を用いて表しなさい．ただし，方程式を $X$ について陽に解く必要はない．

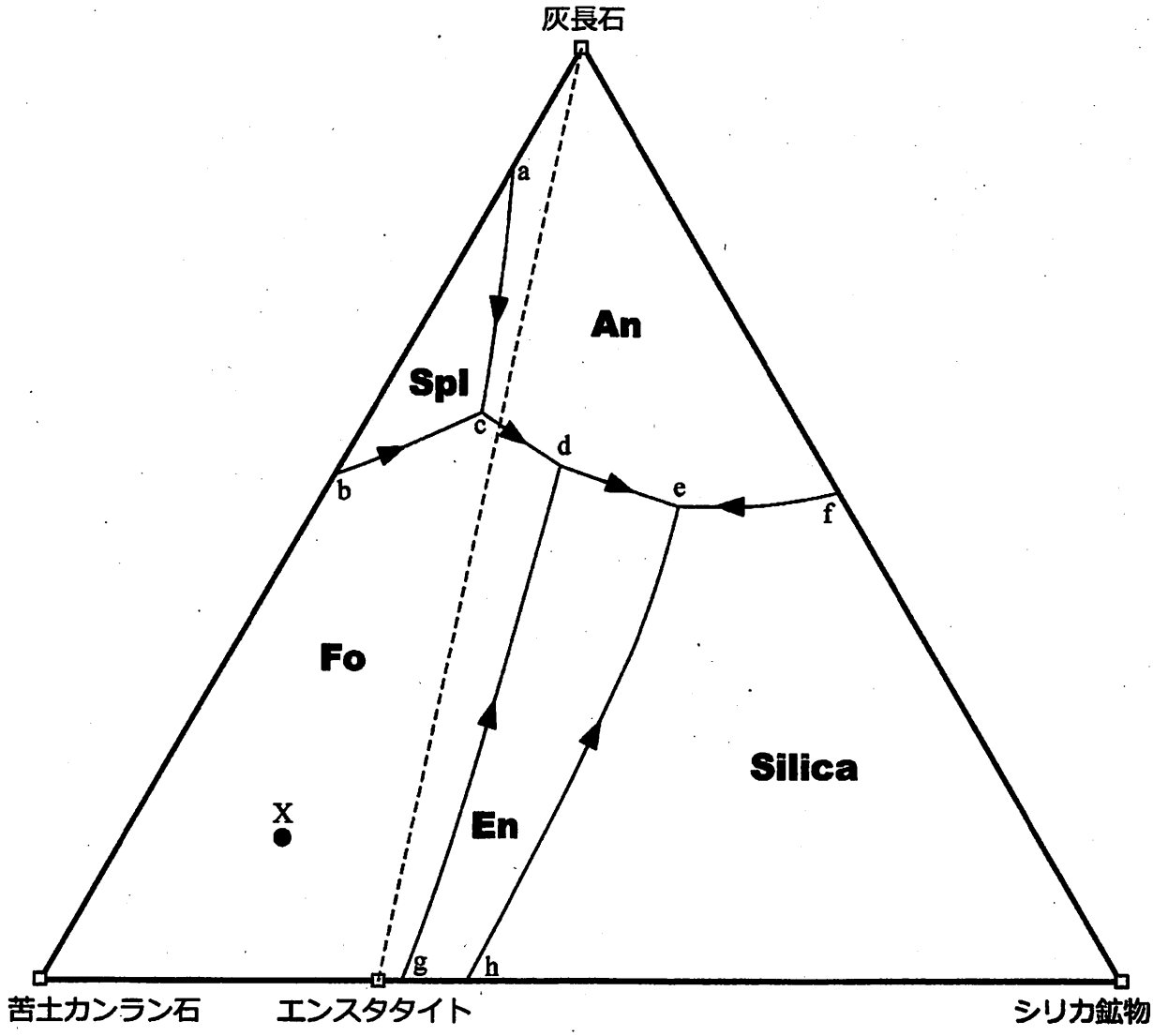
C 地球科学Ⅱ 問題3　問1　（1）　解答用紙

受験番号＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

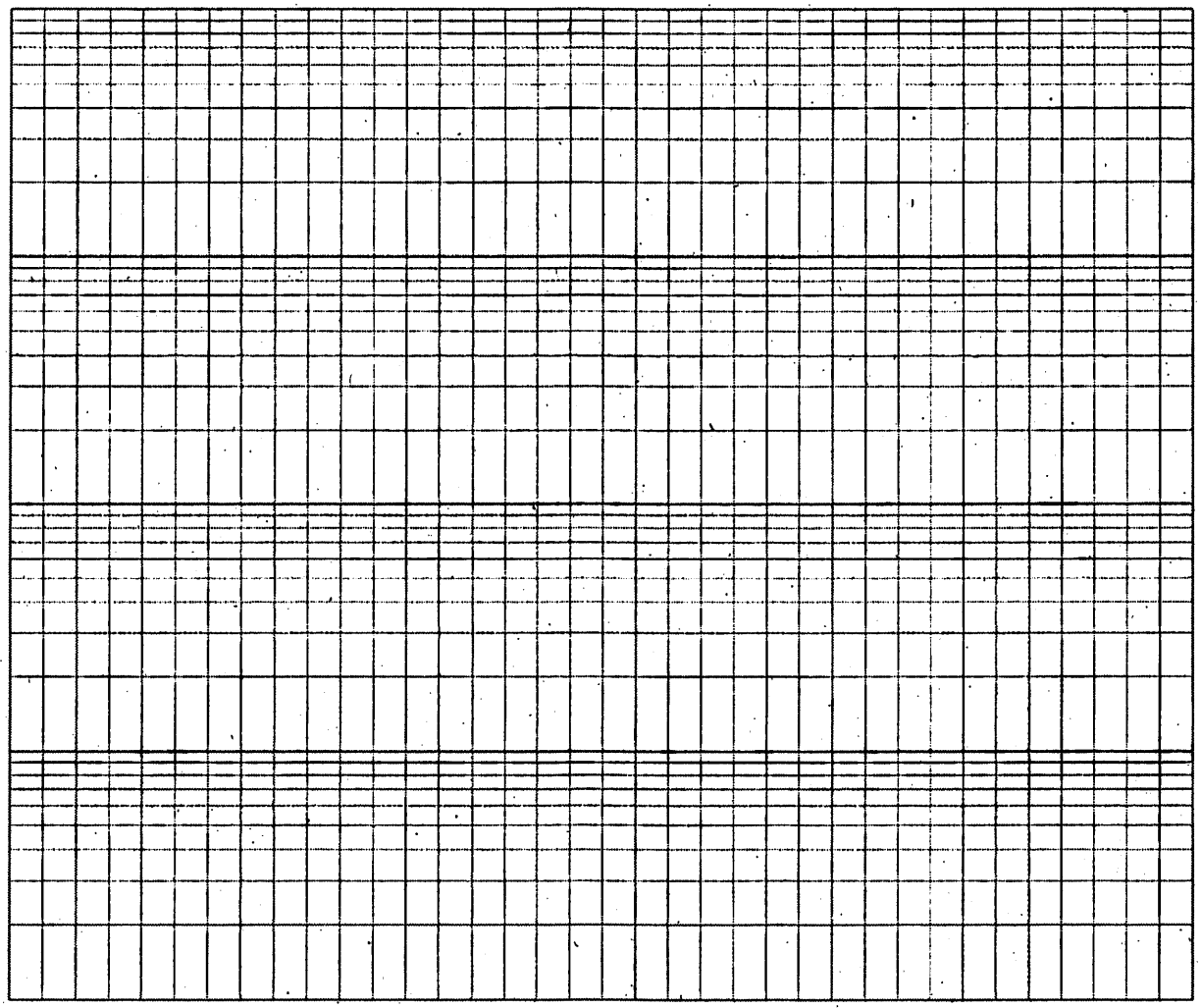


C 地球科学Ⅱ 問題３　問１　（２）　解答用紙

受験番号＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿



F　（化学）　問題２ 問２　専用解答用紙

受験番号 _____

（片対数グラフ）