

平成 27 年度(2015 年度)
東北大学大学院理学研究科 地学専攻
博士課程前期 2 年の課程 入試問題

専門科目

A 分野(地圏進化学・自然史科学・環境動態論・自然災害学)

B 分野(環境地理学・環境動態論・自然災害学)

C 分野(地球惑星物質科学・岩石地質学・自然史科学・比較固体惑星学)

平成 26 年 8 月 4 日 13:00～14:30 実施

注 意 事 項

1. 机の上には受験票、筆記用具、時計以外は置かないこと。
2. 携帯電話や音の出る機器などは、電源を切ってかばんの中に入れること。
3. 合図があるまで問題冊子を開かないこと。
4. 試験時間は 13:00 から 14:30 までである。
5. 問題は A 分野 2 問(問題 A1、A2)、B 分野 2 問(問題 B1、B2)、C 分野 3 問(問題 C1～C3) の計 7 問が出題される。このうちから 2 問を選択して解答すること。選択にあたっては、志望分野から少なくとも 1 問を選択し、残り 1 問は志望分野を含むいずれの問題群から選択しても構わない。
6. 解答はすべて解答用紙に記入すること。解答は大問 1 題ごとに 1 枚の解答用紙を使うこと。表面に書ききれないときは裏面も使うこと。解答用紙の所定の欄に受験番号・氏名・志望分野および問題記号番号を記入すること。
7. 試験終了後、受験生には入学後の抱負などについて 20 分間の作文を課す。なお、これらの作文の際には、参照物などの持ち込みはできない。C 分野を志望する受験生には、志望研究室の調査を行う。

問題 A1 次の文章を読み、以下の問 1～問4に答えよ。

アとは、地球の形として、海域では平均海水面と一致し、陸域ではこれを延長してできる仮想的な曲面のことをいう。日本国では東京湾の平均海水面がアと一致するものとし、東京湾でのアの高さは標高 0 m とされている。この仮想的な曲面は完全な回転楕円体とは異なり、(a) 地下の不均一な密度分布のため、起伏をもっている。このアにもっとも近い大きさや形をもつ回転楕円体を、地球楕円体と呼ぶ。この地球楕円体上の任意の緯度における重力は、万有引力とイの合力として計算でき、それをウ重力と呼ぶ。赤道上でのウ重力の値は極域のそれと異なりエ。ところが、実際にある場所で測定した重力は、ウ重力と差がある。重力の実測値から、その地点での標高による影響を補正することをオ補正という。測定地点と仮想的な平均海水面との間にある物質による引力を補正することをカ補正という。これらの補正を施した重力の値とウ重力との差を重力異常と呼ぶ。

問 1 ア～カに入る適切な語を答えよ。

問 2 下線部 (a) に関して、この起伏の形と地球楕円体との関係はどうなっているか。

図 1 の A) は周囲より密度の大きい物質がある場合、図 1 の B) は周囲より密度の小さい物質がある場合の概念図である。A) と B) の図を解答用紙に書き写し、地球楕円体に対するアに相当する起伏の形を曲線でそれぞれ描くこと。

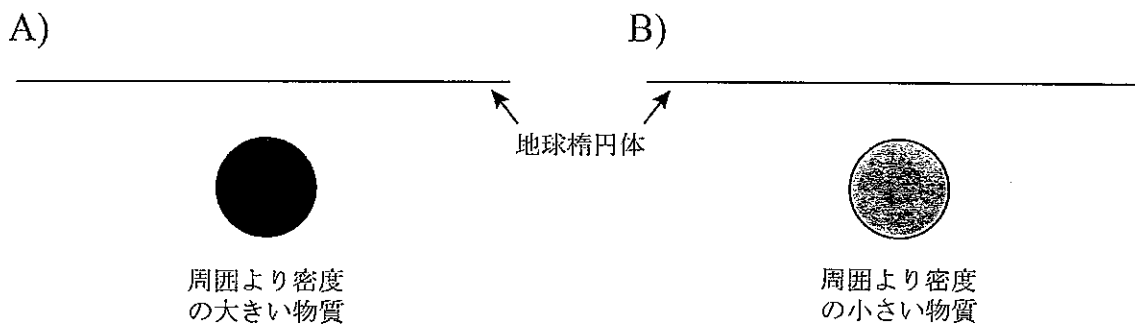


図 1

問3 図2は、中央海嶺の模式断面図である（図の縦横比は任意である）。この場所でアイソスタシーが成立しているとする。中央海嶺から1600 km離れた地点Xの水深5.30 kmの海底面下のリソスフェアの厚さ L km を有効数字3桁で求めよ。計算過程も示せ。ただし、海水の密度は $\rho_w = 1.03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、リソスフェアとアセノスフェアの密度はそれぞれ $\rho_L = 3.38 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、 $\rho_m = 3.30 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ とし、中央海嶺の水深は2.90 km とする。

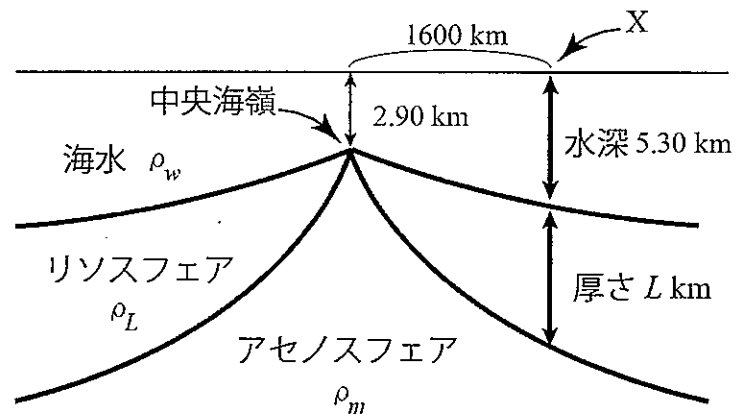


図2

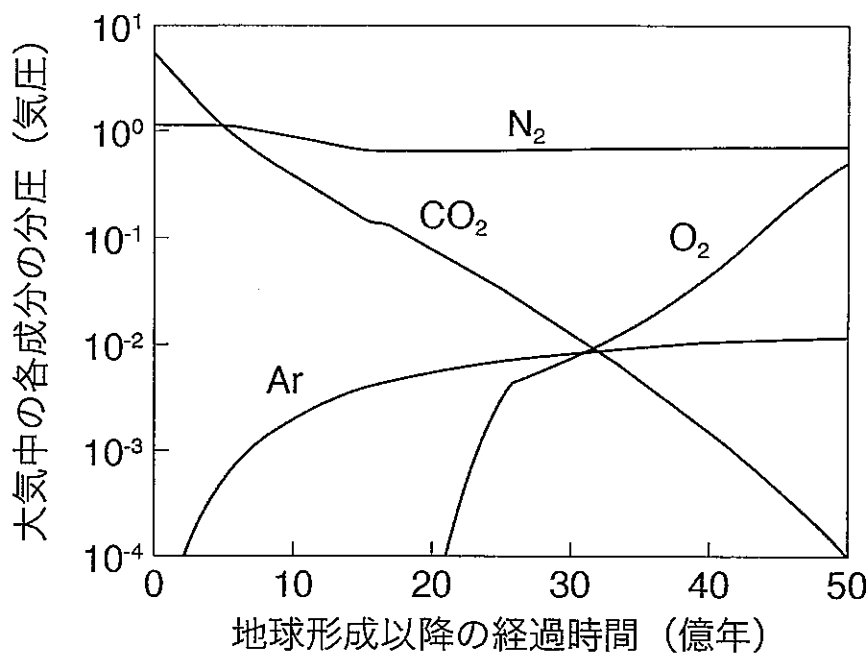
問4 中央海嶺で生まれた海洋のリソスフェア（海洋プレート）は、海溝に向かって移動する間に、徐々に堆積物におおわれていく。この一連の地層は海洋プレート層序を形成している。この海洋プレート層序について、以下の用語をすべて用いて、図示せよ。図中には中央海嶺から海溝でのプレートの沈み込みの様子も含めること。

玄武岩 遠洋性堆積物 半遠洋性堆積物 陸源性堆積物

問題 A2 以下の問 1～問 3 に答えよ。

問 1 海水の総量と海水中の Fe の濃度は、それぞれ 1.5×10^{21} kg と 2.0×10^{-6} g/kg である。海洋から海底堆積物へと除去される Fe の除去速度から計算された Fe の平均滞留時間は 60 年である。ここで、海洋に供給される Fe の流入経路は河川と大気からだけであると仮定し、河川からの Fe の供給速度が 4.0×10^{13} g/年 であるとする、大気からの Fe の供給速度 (g/年) は、いくらになるかを計算せよ (計算過程も示せ)。なお、ここでは河川と大気から海洋に供給される Fe は全て海水に溶けるものとする。

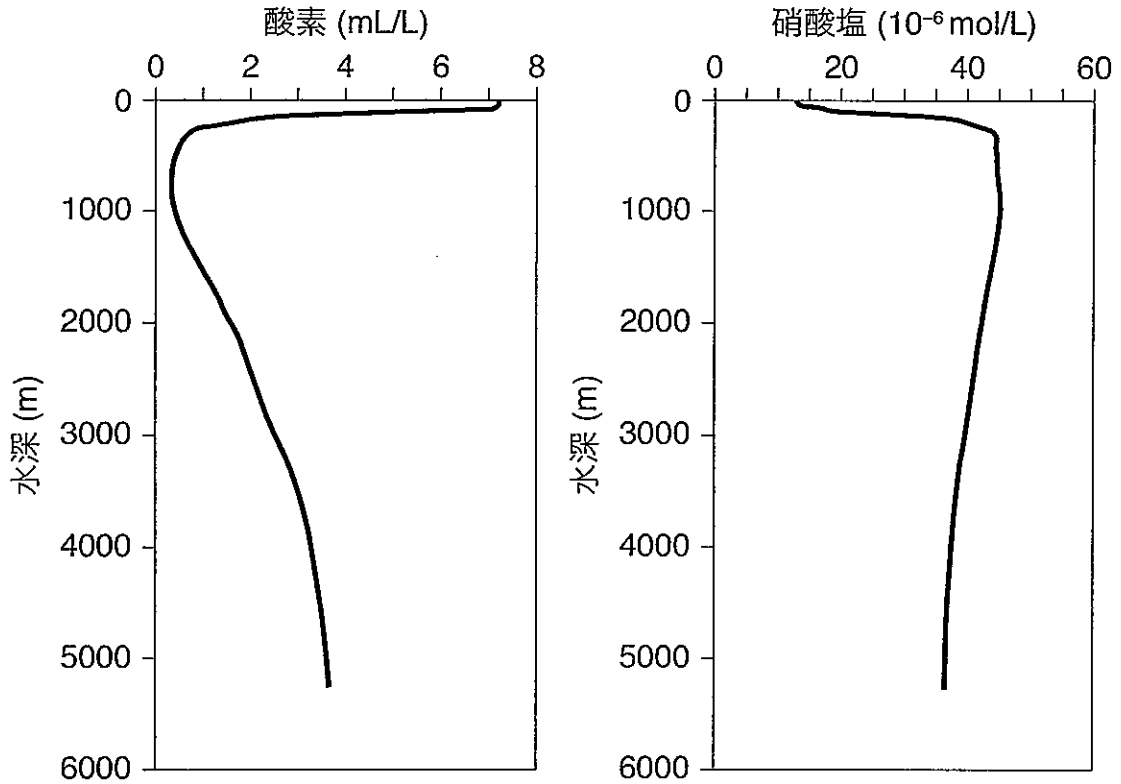
問 2 図 1 は地球形成以降の大気組成の変化を表したモデル図である。この図は、大気中の CO_2 濃度は地球形成直後から一様に減少したことを示している。地球の歴史を通じて、 CO_2 が大気から除かれていった過程を 2 つ挙げ、化学式を用いて説明せよ。



(Tajika and Matsui, 1992 より引用)

図 1 地球形成以降の大気組成の変化を表したモデル図

問3 図2は北太平洋で観測された海水中の溶存酸素 (O_2) と硝酸塩 (NO_3^-) 濃度の鉛直分布である。海洋において、溶存酸素と硝酸塩の鉛直分布が、海洋表層から水深 1000 m 付近までの間で大きく変化している理由を、それぞれ4行程度で述べよ。



(Libes 編, 1983 より引用)

図2 北太平洋のある地点における海水中の溶存酸素 (O_2) と硝酸塩 (NO_3^-) 濃度の鉛直分布

問題 B1 以下の問 1～問 5 に答えよ。

問 1 図 1 は、ある形をした砂丘を示している。このような形の砂丘を何と呼ぶか。

問 2 この砂丘に卓越する風の向きはどの方向と考えられるか、図 1 中の①～④のうちから最も適切なものを一つ選べ。

問 3 図 2 は、砂丘形成に関わる要因と砂丘の形態を概念的に示したものである。要因は砂の供給量、風の強さ、植被である。図 2 中の (ア)、(イ) に該当する要因と、図 1 でみられる形態の砂丘がおもに出現する領域を正しくあらかず組み合わせを、①～④から一つ選べ。

- ① (ア) 砂の供給量、(イ) 風の強さ、 領域 A
- ② (ア) 砂の供給量、(イ) 風の強さ、 領域 B
- ③ (ア) 砂の供給量、(イ) 風の強さ、 領域 C
- ④ (ア) 風の強さ、(イ) 砂の供給量、 領域 A
- ⑤ (ア) 風の強さ、(イ) 砂の供給量、 領域 B
- ⑥ (ア) 風の強さ、(イ) 砂の供給量、 領域 C

問 4 図 3 は、ある地域の地形図である (1/2.5 万地形図を一部改変)。小沢沼からいよこ巫女沼付近に至る地域にみられる地形の特徴と土地利用について、4 行程度で述べよ。

問 5 問 4 で述べた地形の形成について、砂の供給、堆積作用、侵食作用の三つの用語を用いて 8 行程度で説明せよ。

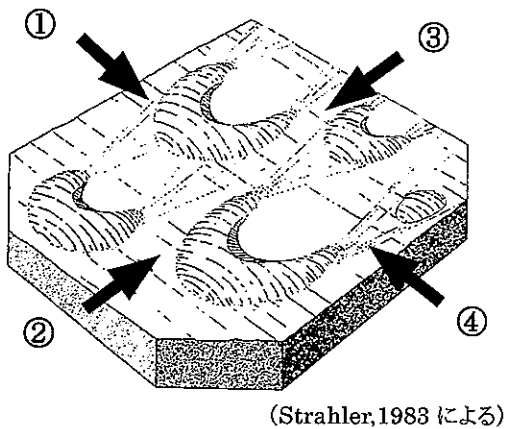


図 1

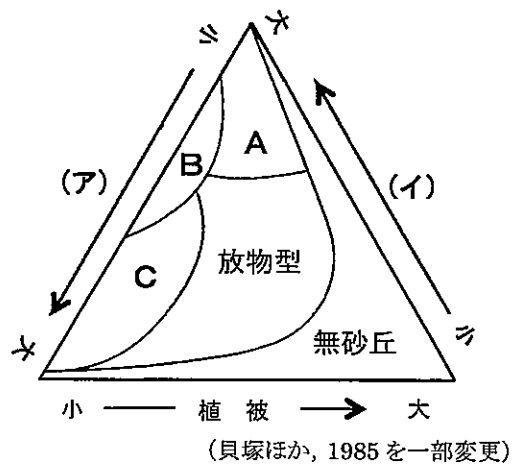


図 2

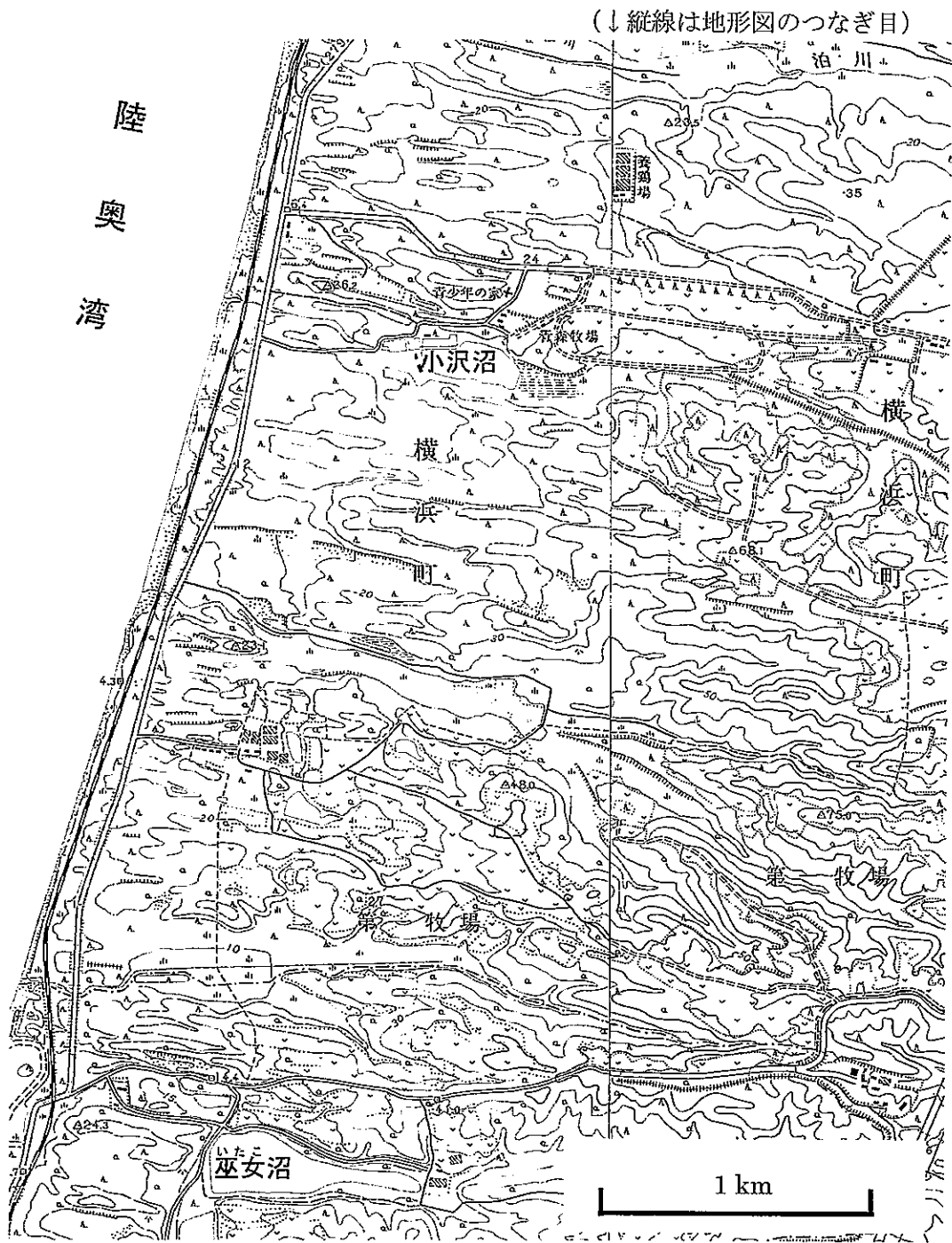


図 3

問題B2 次の文章を読み、以下の問1～問5に答えよ。

20世紀後半の世界人口は1950年25億人から2000年61億人へと急増した。この人口増加の約 %は発展途上国での人口増加であった。発展途上国では、20世紀後半に多産多死から多産少死へと が進んだ結果、人口爆発が起こった。しかも、発展途上国では、首位都市など一部の大都市に農村部から大量の人口が極端に集中流入し、 と呼ばれる都市化現象を生起させた。1980年代後半の東南アジアなどでは、(a) 外国からの直接投資とモータリゼーションなどにより の出現をみた。

一方、先進国では、 が少産少死の段階へと移行した。しかも、高学歴化と女性の社会進出が進行し、晩婚化が進み、人口の再生産力を測る は人口規模を維持するために必要とされる を大きく下回る国が出現した。日本はその代表例である。日本の は1950年代以降減少を続け、1970年前半に人口置換水準にまで低下した。少子化対策は国の重要な政策課題である。しかし、2000年代後半以降、日本は死亡数が出生数を上回って自然減少する状態に至った。将来の出生数は、 に再生産年齢人口を乗ずることで推計できるが、再生産年齢人口が長期にわたる少子化傾向の結果、今後も減少を続けることが見込まれている。一方で、(b) 老年人口は今後も増加を続け、老年人口比率が大幅に上昇すると見込まれている。

少子高齢化に対応して、都市計画においては、 の考え方が普及して、かつての人口増加を前提にした から土地利用の集約化を図る方向に転換しつつある。日本の大都市圏では、1990年代後半以降、都心回帰とよばれる (c) 都市中心部の人口が減少から増加に転じる現象が現れた。 それに対して、(d) 郊外の住宅地の一部では、高齢化が進み、新規の転入者もないために、人口が減少する地区が出現し、都市によってはすでに の対策が検討されている。また、大都市圏の今後の空間構造の在り方に関して、通勤時間を短縮することで をとって、少子化対策につなげようとする考え方も見られる。

問1 文中の空欄 ～ にもっともよくあてはまる語や数値を下から選び、記号で答えよ。

- | | | | | | | |
|----------|-----------|-----------|-----------------|--------|--------|--------|
| a) 人口転換 | b) 移動転換 | c) 超郊外化 | d) コンパクト・シティ | | | |
| e) 反都市化 | f) 過剰都市化 | g) 再都市化 | h) ワーク・ライフ・バランス | | | |
| i) 空き家 | j) 郊外開発 | k) 土地区画整理 | l) 生活の質 | | | |
| m) メガシティ | n) 子ども女性比 | o) 幼年人口比率 | p) 合計特殊出生率 | | | |
| q) 50 | r) 70 | s) 90 | t) 1.1 | u) 1.5 | v) 2.1 | w) 3.0 |

問2 下線部 (a) にある外国からの直接投資は発展途上国の大都市の郊外の景観を大きく変化させた。その主な変化を直接投資の直接的、間接的な影響を含めて4行程度で述べよ。

問3 下線部 (b) に示される高齢化社会の到来の中で、高齢者が買い物弱者になる場合がある。地方都市の中心市街地に居住する高齢者が買い物弱者になる場合について、その理由を5行程度で述べよ。

問4 下線部 (c) の現象に関連するものに、都市中心部における都市再開発事業がある。都市再開発事業が開発利益を求めて実施されるときに発生する住民構成の変化の特徴とその理由を5行程度で述べよ。

問5 下線部 (d) の現象は、大都市圏のどのような場所で発生しやすいか。また、どのような特徴を持った住宅団地でおこりやすいか。次の語句すべてを用いて4行程度で述べよ。

公共交通機関 商業施設 開発時期

問題 C1 以下の問 1、問 2 に答えよ。

問 1 次の図は Anorthite-Forsterite-SiO₂ 系の常圧における相平衡状態図である。これについて次の (1)~(3) に答えよ。なお、図中の数値は温度 (°C) を表している。

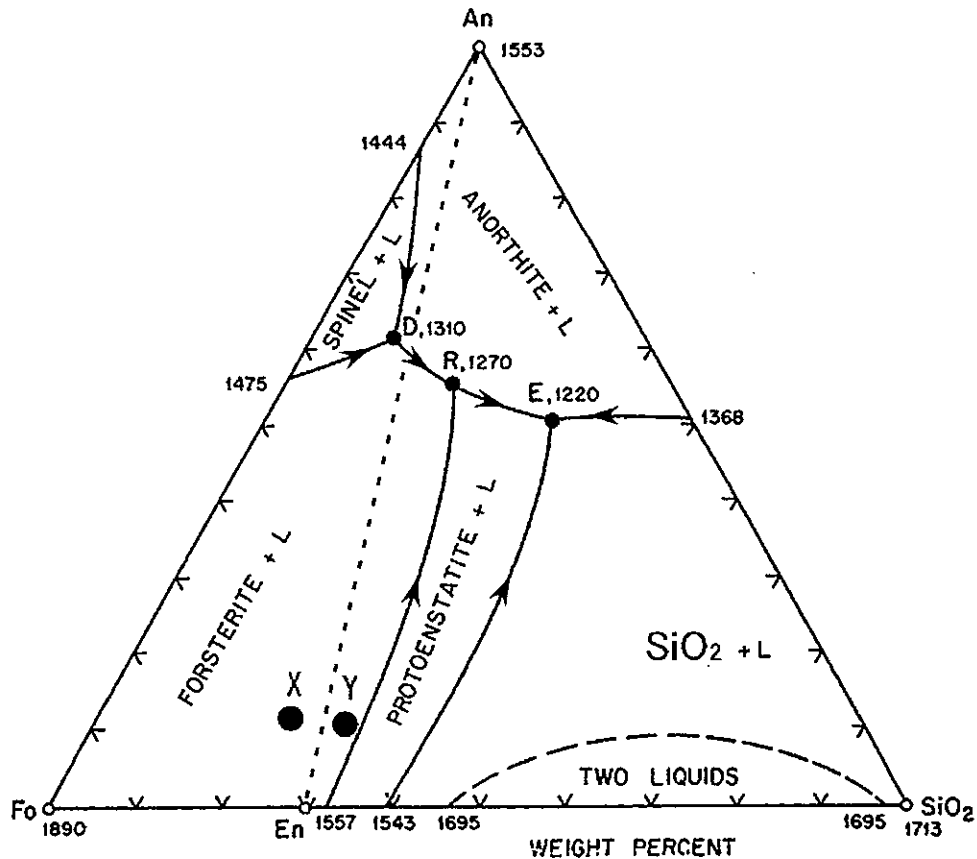


図1 Anorthite-Forsterite-SiO₂系の相平衡状態図

なお、図中の An は Anorthite、Fo は Forsterite、En は Enstatite、L は Liquid である。また、SiO₂ 組成の固相の名称は簡略化のため記していない。

- (1) 組成 X の液の平衡結晶作用について 5 行程度で説明せよ。
- (2) 組成 Y の液の平衡結晶作用について 5 行程度で説明せよ。
- (3) 次の語句を、それぞれ 3 行程度で説明せよ。
 - (a) 自由度
 - (b) 閉鎖系
 - (c) 示強性状態量
 - (d) クラウジウス-クラペイロンの式

問2 鉱物に関する次の文章を読み、次の(1)～(4)に答えよ。

亜鉛と硫黄からなる鉱物がある。この鉱物の結晶構造を調べたところ、単位格子は等軸晶系(立方晶系)であることがわかった。そして、得られた亜鉛と硫黄の原子配置は次の通りである。

硫黄 x, y, z : $0, 0, 0$; $0, 0.5, 0.5$; $0.5, 0, 0.5$; $0.5, 0.5, 0$

亜鉛 x, y, z : $0.25, 0.25, 0.25$; $0.25, 0.75, 0.75$; $0.75, 0.75, 0.25$; $0.75, 0.25, 0.75$

(1) 解答用紙に次の図2を書き写し、その図に亜鉛と硫黄の原子配置を示せ。なお、亜鉛を黒丸で、硫黄を白丸で記せ。

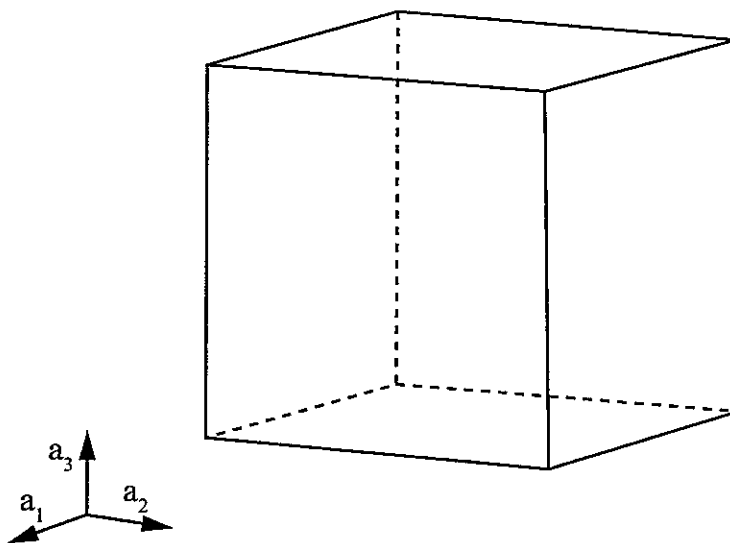


図2 単位格子

(2) 亜鉛原子の周りの最近接硫黄原子はいくつか。また、硫黄原子の周りの最近接亜鉛原子はいくつか、それぞれ答えよ。

(3) この結晶の化学組成、 Z 、鉱物名を答えよ。

(4) この鉱物の結晶格子がもつ対称要素をすべて示せ。

問題 C2 以下の問 1、問 2 に答えよ。

問 1 地球上の岩石について、次の (1) と (2) に答えよ。

(1) 玄武岩は地球型惑星の表面部分を構成する最も主要な岩石である。玄武岩が他の火山岩と異なる主な特徴、および地球上の玄武岩の主な種類とそれらの分布、そして成因について、10行程度で説明せよ。

(2) コース石 (coesite)、ひすい輝石 (jadeite)、藍閃石 (glaucoaphane) は、ある種の特徴的な一群の岩石に含まれる。これらの岩石は地球上に長さ数百 km の帯状に露出する。それはどのような岩石で、どのような場所に分布し、どのように形成されるか。5行程度で説明せよ。

問2 岩石に含まれる化学成分について、次の(1)～(3)に答えよ。

(1) 下表に挙げたA、B、Cの化学組成をもつ造岩鉱物は、通常の岩石によく含まれている。各鉱物について、下表の最下欄に指定された酸素数に対応する各々の陽イオン数とその合計を求め、解答用紙に表として記すとともに、各鉱物の化学式と鉱物名を答えよ。なお、各元素の原子量は計算の簡単のために次の通りとし、解答の数の有効数字は2桁とする。

O = 16, Na = 23, Mg = 24, Al = 27, Si = 28, Ca = 40, Fe = 56

酸化物重量%

	A	B	C
SiO ₂	39.3	55.6	55.6
Al ₂ O ₃	0.0	0.0	28.3
FeO	18.8	0.0	0.0
MgO	41.9	18.5	0.0
CaO	0.0	25.9	10.4
Na ₂ O	0.0	0.0	5.7
計	100.0	100.0	100.0
酸素数	4.0	6.0	8.0

(2) 上の表のA、B、Cの各鉱物はどれもいくつかの成分の割合が一定せず、いろいろな割合のものが産する。このような鉱物を何とよぶか、一語で答えよ。

(3) 上の表のような主要元素の他に、岩石には様々な微量元素が含まれる。次の(a)、(b)、(c)の一群の微量元素について、それぞれ代表的な微量元素1つの元素記号と元素名を答えよ。そしてその元素を多く含む鉱物名をそれぞれ1つ記せ。

- | | |
|------------------------|------------------------------|
| (a) 希土類元素 | rare earth elements |
| (b) 高イオン価元素 | high field strength elements |
| (c) 固相濃集元素 (調和元素、適合元素) | compatible elements |

問題 C3 以下の問 1～問 3 に答えよ。

問 1 地球の原型は (a) 炭素質コンドライトなどの隕石や小天体が集積合体し 46 億年前に形成されたと考えられている。その後、巨大な天体が地球に衝突し、月が形成したと考えられ、この事象は [1] と呼ばれている。月の形成後に地球表層は十分に冷えて、海が存在できるようになった。その後、化学反応の連鎖によって最初の生物が誕生したと考えられている。科学者オパーリンは、この化学反応の連鎖の中で生命が誕生するプロセスを [2] と名付けた。38 億年前ごろの太陽は現在よりも暗く、そのため当時の地球表面温度は著しく低く、液体の海が存在できなかったとされている。しかし実際には 38 億年前の地層には海が存在した証拠がある。この矛盾する事象は [3] と呼ばれている。その後、生物は進化し続け、[4] とよばれる微生物によって作られた酸素が大気に濃集した。

(1) 上記文章の [1] から [4] に当てはまる適切な語句を記せ。

(2) 下線部 (a) の炭素質コンドライトにはコンドリュールという物質が含まれていることがある。コンドリュールの特徴と形成時期に関して 5 行程度で記せ。

問 2 ある岩石に対して以下の式を用いて年代測定を試みるとする。

$$({}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}) = ({}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr})_i + ({}^{87}\text{Rb}/{}^{86}\text{Sr}) \times (e^{\lambda t} - 1) \quad \text{----- 式(1)}$$

λ は壊変定数、 t は年代、 e は自然対数の底、 $({}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr})_i$ は初生値である。式(1)の ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$ と ${}^{87}\text{Rb}/{}^{86}\text{Sr}$ は、現在の岩石中の値である。一般的に、岩石の年代を決定するためには、アイソクロン法が用いられる。アイソクロン法によって精度良く岩石の年代を決めるためには、どのような ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$ や ${}^{87}\text{Rb}/{}^{86}\text{Sr}$ を持った岩石を、いくつ以上の試料を対象に分析すれば良いか、5 行程度で記せ。

問 3 図 1 の縦軸は硫化水素とある物質 x との $\delta^{34}\text{S}$ 値 (Canyon Diablo Troilite を標準物質とする) の差 (同位体平衡にある場合) を表している。図中の実線(a)は x が硫酸イオンである場合、実線(b)は x が黄鉄鉱である場合、実線(c)は x が方鉛鉱である場合である。現在の海水には硫酸イオンが溶存している。海洋底では、この硫酸イオンをもとにさまざまな鉱物が形成される。

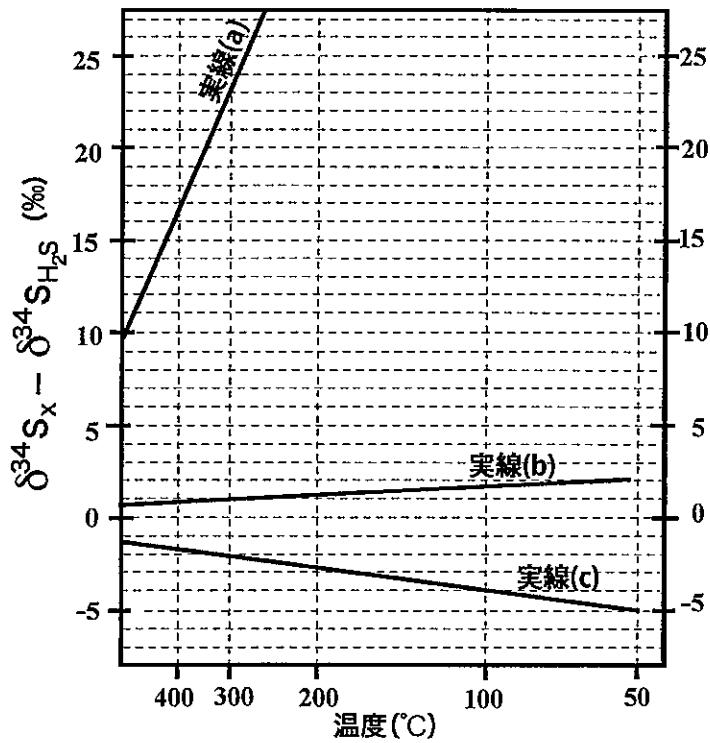


図1

(1) 中央海嶺など海底熱水が海洋地殻内部を循環している環境を想定する。そこでは地下で岩石と海水が高温で反応し、硫酸イオンが硫化水素に還元され、その硫化水素がその場で黄鉄鉱と方鉛鉱を形成したとする。黄鉄鉱と方鉛鉱の $\delta^{34}\text{S}$ 値は、それぞれ -2% と -5% であったとする。計算過程を示し、黄鉄鉱と方鉛鉱が形成された温度を見積もれ。全ての物質の間で同位体平衡が成り立っていたとする。

(2) 黑色頁岩中には、フランボイダル状の黄鉄鉱が産出することがある。こうした黑色頁岩中黄鉄鉱の $\delta^{34}\text{S}$ 値は、海底熱水活動で形成された黄鉄鉱の $\delta^{34}\text{S}$ 値とは異なる値をとることが多い。黑色頁岩中の黄鉄鉱の $\delta^{34}\text{S}$ 値は、海底熱水起源黄鉄鉱の $\delta^{34}\text{S}$ 値に比べ、どのような値をとると予想されるか、理由とともに5行程度で記せ。

余白