

大学入試 地学

— 短期完成七日間 —



大学入試地学研究会 編

はじめに

この問題集は『大学入試地学 記述論述問題集』を一通り終えられた皆様のために、短期集中の仕上げ用として、試験形式で7セット分の予想問題を編集したものです。本番同様の雰囲気、制限時間を守って取り組んでみて下さい。

1日2時間、1週間で『地学』の全分野を凝縮して学習できる実践的な内容です。

制限時間： 75分（採点&復習 45分） 目標得点： 60点

時間に対する問題量が多いため、目標得点をクリア出来なかったからといって悲観する必要はありませんが、復習はしっかりと行って下さい。量が質に転化して、『地学力』が格段に向上するのを実感して下さい。

皆様のご健闘をお祈り致します。

2012年12月 大学入試地学研究会

目次

| | | |
|----------|-----------|-----------|
| 実戦演習 一日目 | 問題 03 ページ | 解答 11 ページ |
| 実戦演習 二日目 | 問題 15 ページ | 解答 23 ページ |
| 実戦演習 三日目 | 問題 27 ページ | 解答 36 ページ |
| 実戦演習 四日目 | 問題 41 ページ | 解答 46 ページ |
| 実戦演習 五日目 | 問題 50 ページ | 解答 59 ページ |
| 実戦演習 六日目 | 問題 63 ページ | 解答 72 ページ |
| 実戦演習 七日目 | 問題 76 ページ | 解答 86 ページ |

一日目

暗闇がある中、神は光を創り、昼と夜が出来た

第1問

I 写真 A、B、C は気象衛星「ひまわり」の撮影した雲の画像であり、日本の気候に特徴的な気象現象を示している。それぞれの気象現象の (1) 名称 (2) 季節 (3) 特徴 (4) 発生する理由 を、例に倣って記せ。

例：(1) 温帯低気圧 (2) 春と秋
(3) 4～5日周期の天気の変化をもたらす。前線に沿って天気が悪い。
(4) 高緯度と低緯度の温度差



写真 A



写真 B



写真 C

II 地球は大気圏や水圏を含めて、図1のような層状構造をなしている。 この構造に関連して、以下の問いに答えよ。 各問とも25字以内で答える事。

問A A~D各層(または圏)の名称を記せ。

問B B層は液体であり、C層は固体である。 これはどのような事から推定されているか。

問C 全層状構造を通じて、どのような特徴があるか。

問D F層(圏)内の温度分布は図2の(ア)~(ウ)のどのタイプに相当するか。

問E 地球の歴史の中頃に生命活動が盛んになった。 この為にF層にどのような変化が起こったか

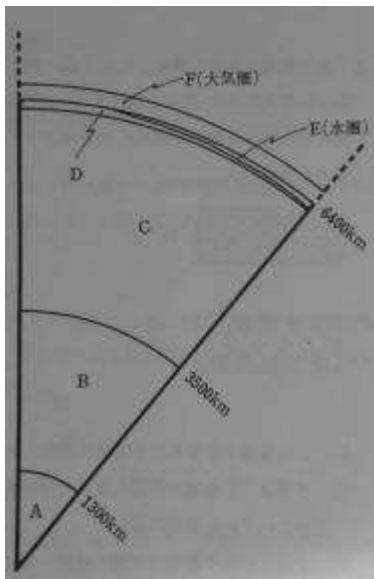


図1

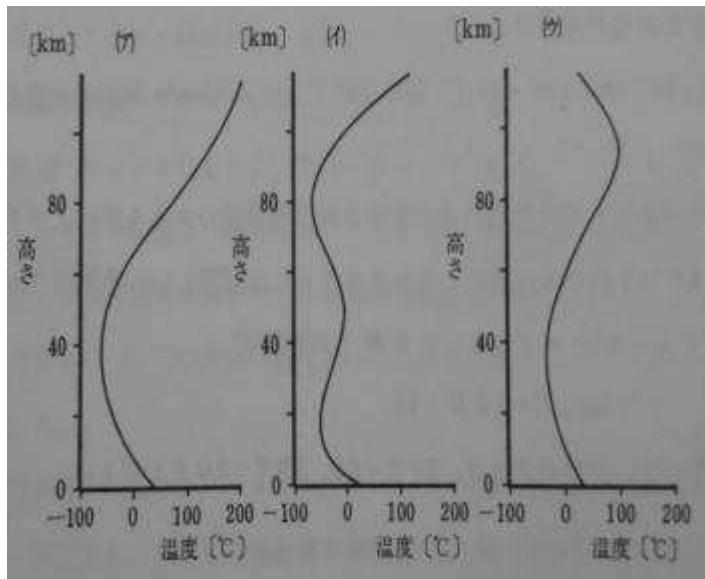
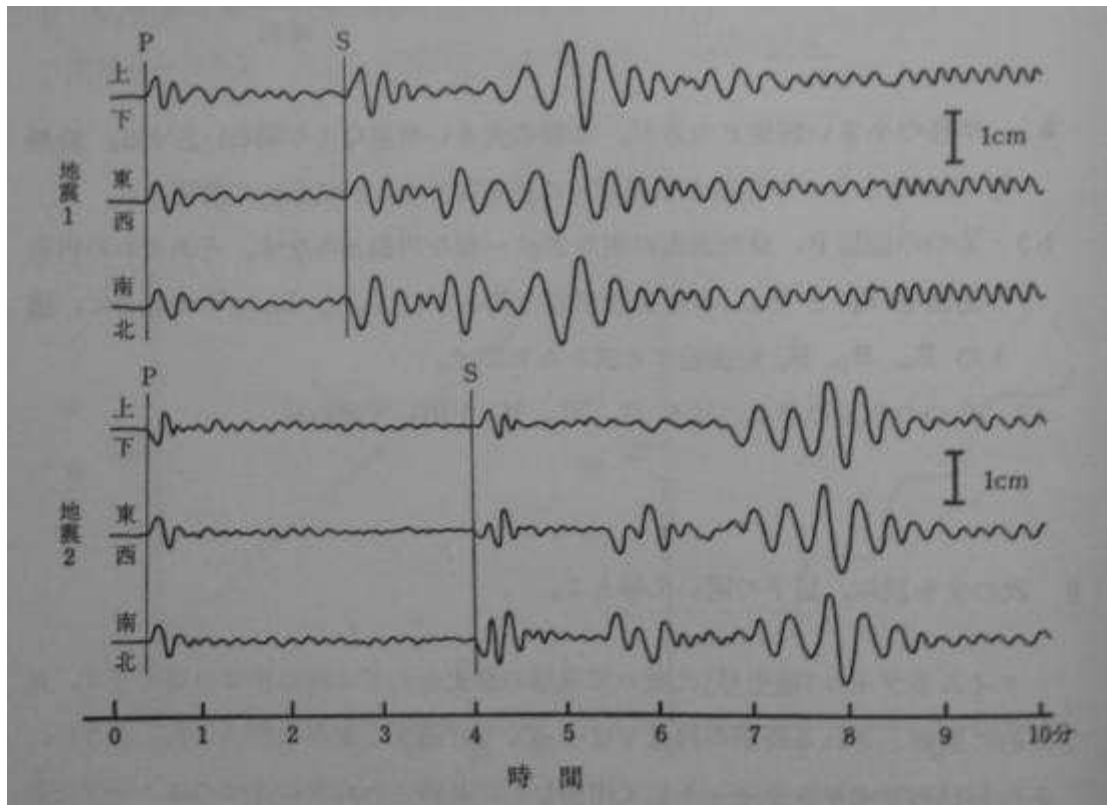


図2

Ⅲ 次の文を読み、問 A～C に答えよ。

下図は2つの地震、地震1および地震2をある観測点の地震計で記録したもので、地面の動き(変位)の上下方向、東西方向、南北方向の各成分を示している。 P および S は、それぞれ P 波と S 波の到達した時刻を示す。



問 A マグニチュードはどちらの地震が大きいか。理由を付して、50字程度で説明せよ。

問 B P 波が到達した時に地面が動く向きを、P 波初動の向きと呼ぶ。地震1の P 波初動の向きはどの向きか。

問 C 2つの地震は観測点から見て、それぞれどの方向で起きたか。P 波初動の向きから推定せよ。

第2問

I 次の文を読み、以下の問いに答えよ。

タイムカプセル『エンシェント号』に乗って、地球の歴史をたどる旅に出る計画を立て、地史的に重要とされる時期の付近ではゆっくりと過去の世界を調べられるようにあらかじめタイマーをセットして出発した。計画された次の4つのストップで観察できた地表付近の様子を、それぞれ50字程度でレポートして欲しい。但し、下の語群の用語を重複することなく1ストップにつき2語ずつ用いる事。また、各ストップは、地質時代名では何と称されているか。××代のように記せ。

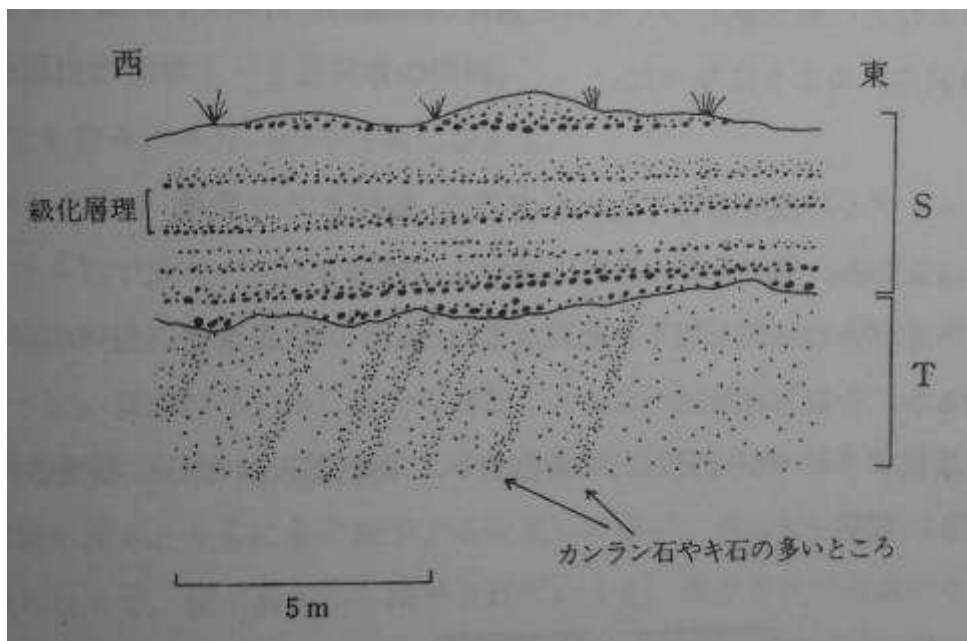
第1ストップ (0.7億年前) 第2ストップ (4億年前)
第3ストップ (5.5億年前) 第4ストップ (30億年前)

語群： 原始的シダ植物 魚類 恐竜類 ラン藻類 酸素
三葉虫類 大西洋の形成 有殻生物

II 次の文を読み、問 A~C に答えよ。

ある場所に数百 m に渡って東西に伸びる急崖があり、連続した露頭となっている。この露頭の一部を下図に示す。

露頭全体は上部 S と下部 T に分かれている。S は成層した海成堆積岩であり、級化層理(下部ほど構成粒子の粒経または比重が大きくなっている堆積構造)が見られる。T は深成岩である。この深成岩の構成鉱物は、露頭全体の東部では斜長石とカンラン石が主であり、西部では斜長石と輝石が主である。斜長石は東部のものが西部のものに比べて Ca に富み、Na に乏しい。下図に示すように、所々に層状構造が見られるが、これは斜長石(比重約 2.7)が多い部分と、カンラン石や輝石(ともに比重約 3.3)が多い部分とが層状に重なってできているものである。



問 A 上部 S の堆積岩と下部 T の深成岩の形成過程に共通するところがある。それは何か。S の級化層理と T の層状構造とに類似点があることをヒントにして考え、60 字以内で述べよ。

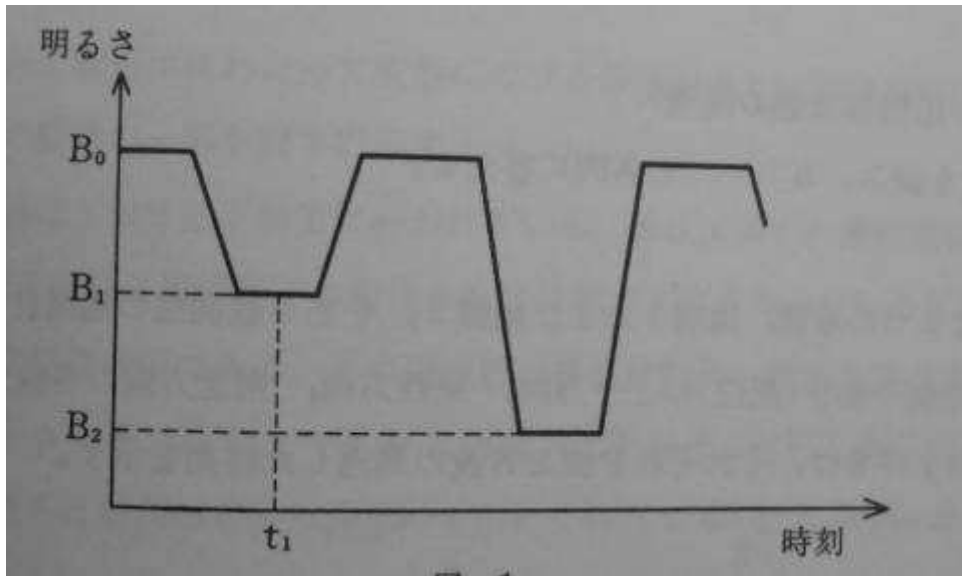
問 B T の形成時の鉛直上方は、図においてどの向きであったか。その向きを 20 字以内で、できるだけ正確に記述せよ。

問 C 問 B で向きを推定した理由を 60 字以内で簡潔に説明せよ。

第3問

I 次の文を読んで、問 A～C に答えよ。

連星を真横から観測すると、2つの恒星が互いに隠したり隠されたりして、連星全体の明るさが下図のように変化して見える。



問 A 半径の小さい恒星 P の方が、半径の大きい恒星 Q より明るいとする。時刻 t_1 における2つの恒星と観測者の位置関係を説明せよ。

問 B 2つの恒星 P、Q を表面の明るさが一様な円板とみなす。それぞれの円板の面積を S_p と S_q 、単位面積当たりの明るさを L_p と L_q とした場合、図の B_0 、 B_1 、 B_2 を表現する式を導け。

問 C 2つの恒星の半径の比を B_0 、 B_1 、 B_2 を用いて表せ。

II 次の文を読み、問 A～C に各 10～60 字で簡潔に答えよ。

1965 年に、いわゆる 3 K 宇宙黒体放射(以後、宇宙放射という)が発見されるまで、系外銀河の後退速度と距離の比例関係(ハッブルの法則)が、宇宙膨張のほぼ唯一の観測的証拠だった。宇宙放射は、水素が高温のプラズマ(電離ガス)状態から中性原子状態に移るころに発した放射であり、それ以後はほとんど散乱吸収を受けずに宇宙に拡がり、現在、極低温の放射として観測されているものである。宇宙放射の観測によって、宇宙の熱の歴史が分かってくると、水素やヘリウムなどの軽元素がつくられた過程が理論的に計算され、膨張宇宙論が定量的に検討されるようになった。

問 A ハッブルの法則を導く為に必要な銀河までの距離を求めるにはどうすればよいか。適当と思われる方法を 1 つ述べよ。

問 B ハッブルの法則を導く為に必要な銀河の後退速度をどのようにして求めるか、その方法を述べよ。

問 C 高温プラズマから発した宇宙放射が、極低温放射として観測されるのはなぜか。説明せよ。

第1問 解答

- I 写真 A (1) 台風 (2) 初秋
(3) 一時的に風速が大きくなり、豪雨を伴うことが多い。
(4) 熱帯収束帯における積乱雲の生成と降雨。
- 写真 B (1) シベリア高気圧からの季節風 (2) 冬
(3) 気温が低く、日本海側では雪、太平洋側では晴天で空気が乾燥する。
(4) 冬季の大陸地表の放射冷却。
- 写真 C (1) 梅雨 (2) 初夏
(3) 本州以西では前線の北側で、雨または曇りの天気が続く。
(4) オホーツク海に対流圏上空まで達する安定した高気圧が出現する事。
- II 問 A A : 内殻 B : 外殻 C : マントル D : 地殻
問 B C は地震の P・S 両波を伝え、B は P 波のみ伝える。
問 C 中心に近い層ほど、その構成物質の密度が大きい。 問 D イ
問 E CO₂ が減少し、O₂ が増加し、オゾン層が形成された。
- III 問 A PS 時間が長く、震源距離が大きいのに、最大振幅はほぼ同じであるから、地震 2 の方がマグニチュードが大きい。
問 B 南東上方で押しの向き 問 C 地震 1 : 北西方向 地震 2 : 南東方向

第1問 解説

I A : 前線のない渦がある。これは台風である。 B : 日本海から南東に向かって薄い雲が広がっている。これは冬の季節風の中で、日本海から蒸発した水蒸気が凝結したものである。 C : 日本列島の南岸沿いに東西に伸びている雲の帯は長い前線、つまり、梅雨前線を示している。

II 地球の各層の特徴としては、次の点が考えられる。 ① 内部ほど密度が大きい。 ② 内部ほど圧力が大きい。 ③ 内部ほど温度が高い(大気圏を除く) ④ 構成物質が変化する。

III 問 A 震源が遠くなるほど地震の振幅は小さくなる。 2つの地震の振幅が等しい時は震源距離の大きい方がその規模が大きい。

問 B 地震 1 では東と南と上方に同じ振幅で揺れているので、この3つのベクトルを合成する。

問 C 地震 1 の揺れは南と東と上方で、この3つのベクトルを合成すると、南東上方になる。 P 波は縦波であるから、地震 1 の震源は南東上方から北西下方に伸びる直線状にあり、震源は北西下方にある。一方、地震 2 についても同様に考えると、震源は南東下方にある。

第2問 解答

I 第1ストップ： 中生代末期

恐竜類は海陸で繁栄し、空を飛ぶものもあった。 また、大陸移動によって、大西洋の形成が進んでいた。

第2ストップ： 古生代中期

甲冑魚など原始的な魚類が出現し、陸には原始的シダ植物の生活が始まっていた。

第3ストップ： 古生代初期

海中には三葉虫など有殻生物が繁栄していたが、陸上に生物は出現していなかった。

第4ストップ： 先カンブリア時代

水中にはラン藻類が出現しており、これによって大気中に酸素が増加しつつあった。

II 問A 液体の中で、これよりも密度の大きい粒子が沈殿して岩石が形成された。

問B 西側で、鉱物の層状構造に垂直な方向

問C マグマが冷却する時、カンラン石と Ca に富む斜長石から晶出が始まり、これがマグマ溜まりの下部に堆積するから。

第2問 解説

I 各絶対年代から、それに対応する相対年代を求め、その頃に生存した生物についてまとめる。

II 玄武岩質マグマが冷却する時も、カンラン石と Ca に富む斜長石とが早期に晶出して、沈殿によってマグマが分離する。 これによってマグマの成分は変化し、更に冷却すると輝石や、前よりも Ca の少ない斜長石が晶出する。 従って、玄武岩質マグマが冷却する時には、カンラン石と Ca に富む斜長石からなる岩石の上に、輝石や Ca の少ない斜長石を含む岩石ができる。

従って、岩体 T は西側が上位で、東側が下位である。

第3問 解答

- I 問 A 恒星 P が観測者と恒星 Q との間に入ると、P に遮られた分だけ Q が暗くなる。
この時の減光は連星の明るさの 1/2 よりも小さい。
- 問 B 星の明るさは、単位面積あたりの明るさと、見かけの円板の面積の積に等しい。
図の B0 の時、P と Q は離れており、その明るさは P と Q の明るさの和である。
従って、 $B_0 = S_p L_p + S_q L_q \cdots \textcircled{1}$
図の B1 の時、P によって遮られた分だけ Q の明るさが減少しているので
 $B_1 = S_p L_p - (S_q - S_p) L_q \cdots \textcircled{2}$
図の B2 の時、連星の明るさは Q の明るさに等しいので、 $B_2 = S_q L_q \cdots \textcircled{3}$
- 問 C ①-②より、 $B_0 - B_1 = (S_p L_p + S_q L_q) - \{S_p L_p + (S_q - S_p) L_q\} = S_p L_q \cdots \textcircled{4}$
③、④より、 $B_2 / (B_0 - B_1) = S_q / S_p$
P、Q の半径をそれぞれ R_p 、 R_q とすると、 $S_q / S_p = (R_q / R_p)^2$
従って、 $B_2 / (B_0 - B_1) = (R_q / R_p)^2$ $R_q / R_p = \{B_2 / (B_0 - B_1)\}^{1/2}$
- II 問 A ケフェウス型変光星の変光周期を測定し、この値から絶対等級を求める。
問 B 銀河について、スペクトルの赤方偏移を測定する。
問 C 放射する天体が極めて遠距離にあって、高速度で後退するので、ドップラー効果によって、波長が大きくなっている。

第3問 解説

- I 多くの星は2つ以上の星によって、共通重心の周りを公転している。これを連星という。地球がその軌道面上にある時、連星の食が起こり、光度が変化する。これを食連星という。連星間の距離と公転周期から、その質量を求められる。
- II 問 A 近距離の星の場合、その距離は年周視差の測定で求められる。これより遠い場合は、スペクトル型を測定し、HR 図を利用してその絶対等級を求め、これと見かけの等級とから距離が求められる。スペクトル型が測定できないほど遠い星団や銀河については、ケフェウス型変光星の変光周期から絶対等級を求め、これと見かけの等級とから距離が求められる。
- 問 B 天体の後退速度は、ドップラー効果によるスペクトルの赤方偏移を測定する事で求められる。
- 問 C 高温のプラズマの放射は波長は小さいが、後退する天体からの放射はドップラー効果によって波長が大きくなる。宇宙放射は、極めて遠距離にある高速度で後退する天体から来る為、低温放射である。

配点

第1問 (40点)

I 各4点 計12点

II A: 1点×4 D: 2点 B・C・E: 各3点 計15点

III A: 6点 B: 3点 C: 2点×2 計13点

第2問 (30点)

I 各4点 計16点

II A: 5点 B: 3点 C: 6点 計14点

第3問 (30点)

I A: 5点 B: 6点 C: 6点 計17点

II A: 4点 B: 4点 C: 5点 計13点

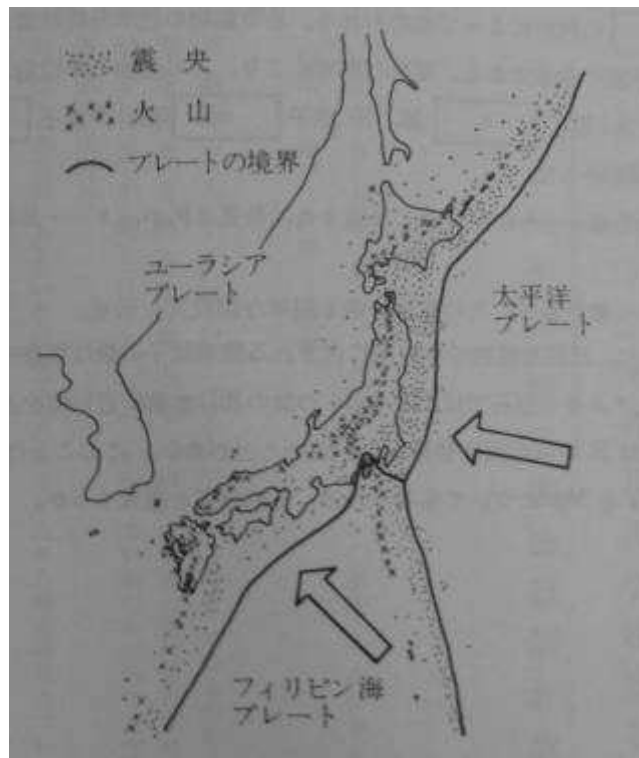
二日目

神は空を創った

第1問

I 次の文章を読み、問AおよびBに答えよ。

日本およびその周辺地域では、図に示すように3つのプレートが相対的に異なった方向に運動しており、東側にあるプレートが西側にあるプレートの下方に斜めに沈み込んでいると考えられる。大きな地震の多くはプレートの境界付近に沿って起こり、そのやや西側には火山帯が走っている。また、プレートの境界は日本海溝のように海底が急に深くなる地形に沿っている。



問A 大きな地震は海溝の東側(太平洋側)よりも西側(大陸側)に多く起こる。この事実はどうのように説明されるか。80字以内で述べよ。

問B 日本列島がプレートの境界の東側にはではなく、西側にある事実はどうのように説明されるか。100字以内で述べよ。

II 次の文章を読み、以下の問A～Cに答えよ。

日本付近の日々の天気図を見ていると、低気圧や高気圧が西から東へ移動する事に気付く。また、低気圧域では風はその中心の周りを反時計周りに吹き、雨や曇りの所が多い。長年の統計によれば、地球表面のほぼ半分は雲に覆われている。雲は降水をもたらす事の他に、地球のエネルギー収支において、重要な役割を果たしている。

問A 高・低気圧が西から東に移動するのはなぜか。 60字以内で答えよ。

問B 低気圧域で風向きが反時計周りに周るのはなぜか。 60字以内で答えよ。

問C 地球の放射エネルギー収支において、雲の果たしている役割について、80字以内で述べよ。

第2問

I 次の文章は、地球の歴史について述べたものである。この中で、下線部分に誤りがある。(A)、(B)については、その誤りを正して書き直せ。(C)については、60字以内で、誤りの理由を説明せよ。

今から 45 億年前に地球は誕生し、地球の表面を覆う最初の地殻は約 40 億年前にできたと考えられている。このように古い地殻の岩石は、現在、(A)主として大陸の周辺部で見ることができる。 30 億年前頃には最初の生命があったとされている。その後地球上では、(B)しばしば大きな変化が起こって全ての生物が絶滅し、次の時代に新たに生命が発生するというような事が繰り返された。 地質時代の各時代で化石の種類が違うのはそのためである。地質時代を通じて、地球上の大陸は成長・分裂・移動を続けていた。古生代の末頃には一つに集まってパンゲアと呼ばれる超大陸をつくっていたが、その後、分裂・移動して、現在のような大陸の分布が生じた。これらの大陸は今後もそのような移動を続け、(C)あるものは沈降して大洋底に没してしまうであろう。

II 次の文章を読み、以下の問A～Cに答えよ。

多くの鉱物では構成元素の原子が規則正しい配列を繰り返している。これを（ 1 ）という。また、この配列の単位となっているものを単位胞という。その大きさは（ 2 ）の回折によって求められる。ある鉱物の化学分析結果と単位胞の体積、密度は下表の通りである。簡単な計算により、この鉱物の単位胞は Fe 原子（ 3 ）個、Al 原子（ 4 ）個、Si 原子（ 5 ）個、O 原子（ 6 ）個から成る事が分かった。

| 成分 | 重量% | この鉱物 100 g 中に含まれる成分酸化物のモル数 |
|--------------------------------|-------|----------------------------|
| SiO ₂ | 36.21 | 0.603 モル |
| Al ₂ O ₃ | 20.48 | 0.201 モル |
| FeO | 43.31 | 0.603 モル |
| 合計 | 100% | |

単位胞の体積： 1.53×10^{-21} cm³ 密度： 4.32 g/cm³

アボガドロ数： 6.02×10^{23} 個/モル

問 A 上の文中の（ 1 ）～（ 6 ）に適した語または数値は何か。

問 B 上表と（ 3 ）～（ 6 ）の数値から、この鉱物の最も簡単な組成式を示せ。

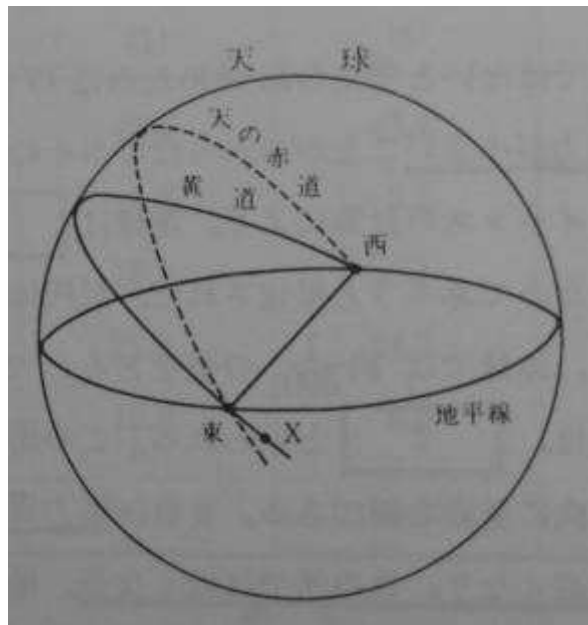
問 C この例のように、ケイ酸塩鉱物の単位胞に含まれる酸素原子の数は整数に近い値をとる。しかし、アルカリ長石では Na と K の数の和は整数に近い値をとるが、Na のみ、または K のみの数は整数にならない事が多い。この事はカンラン石における Fe と Mg についてもみられる。これは何を意味するか。

第3問

I 次の文章は月の出の時刻について述べたものである。文中の(1)～(5)に当てはまる最も適切な語句または数値を答えよ。

恒星の出没は、太陽が天球上を1日に約1度東に進むため、1日に約4分早くなり、これは1年を通じて変わらない。しかし、月の出は平均すると1日に約(1)分遅くなり、この遅れの時間は月日によって変動する。ここでは特に満月の日とその翌日での月の出の遅れを考える。北半球では、四季の満月のうちで、遅れの時間の最も短いのは秋分の頃である。その理由は次のように説明される。但し、月は黄道上を一様に動くものとし、天の赤道と黄道の傾きは 23.5° とする。

下図は、北緯 35° における地平線と、秋分の日の日没時の天球を表す。この時、地平線と黄道の傾きは(2) $^\circ$ であって、これは黄道が地平線となす角度の(3)の値である。簡単のために秋分の日が満月であるとしよう。満月の翌日の日没時には、月は黄道上を太陽に対して約(4) $^\circ$ 進んで図のXに達している。この月が(5)に平行に日周運動をして地平線に出るまでの時間は、明らかに黄道が地平線となす傾きが(3)の時に最も短い。



II 次の文章を読み、下の問 A～C に答えよ。

半径 a (天文単位)の円軌道を描いて公転している小惑星がある。この小惑星は大気を持たない黒体の球とする。黒体とは入射する全ての波長の光を吸収する物体である。また、温度 $T(K)$ の黒体は、その表面から ST^4 (ジュール/秒・ m^2)の割合で光を放射する。この小惑星に太陽から入射するエネルギーと小惑星の放射するエネルギーとが釣り合って、小惑星の表面は一様な温度 $T(K)$ となっているものとする。

問 A 地球の軌道における太陽定数を W_0 とし、他の惑星においても同様に太陽定数を定義して W で表すとする。この W を W_0 と a で表せ。

問 B T を W の関数で表せ。

問 C この小惑星と同様な小惑星 A と B がある。B の公転周期は A の公転周期の $1/8$ である。B の温度は A の温度の何倍か。計算過程と合わせて示せ。

Ⅲ 次の文章を読み、以下の問 A～C に答えよ。 計算過程も合わせて示せ。

夏の夜空に明るく輝くアンタレスの年周視差を観測した結果、ほとんど測定限界近くの 0.01 秒角であった。 アンタレスはこのように比較的遠方にあるにも関わらず、明るいで巨星である事が分かる。 このような巨星でも望遠鏡観測によってその大きさを直接測ることは難しい。 しかし、アンタレスが新月の暗いふちに隠れるとき、アンタレスの光が減少し始めてから完全に見えなくなるまでに 0.1 秒かかることが観測されている。 これらの事からアンタレスの大きさを求める事ができる。

問 A アンタレスの視直径は何秒角か。 但し、この観測の時にアンタレスの中心方向に移動する月のふちの相対速度は毎秒 0.5 秒角であった。

問 B アンタレスまでの距離を天文単位で表せ。

問 C アンタレスの実際の直径は太陽の直径の何倍か。 但し、太陽の視直径は 32 分角である。

第1問 解答

- I 問 A 海洋プレートが海溝から大陸に向かって下降し、これと大陸プレートの接する境界付近にひずみが溜まり、この解放によって地震が発生すると考えられている。
- 問 B 日本列島の太平洋岸は平常時には沈下し、地震によって隆起し、東に移動する。この事は、日本列島が西側プレート上にあつて、海洋プレートの上に乗っている事によるものと考えられている。
- II 問 A 中緯度上空にある偏西風の波動は西から東に向かって移動する。従つて、これに伴つて動く高・低気圧も西から東に動く。
- 問 B 北半球では低気圧に吹き込む風は転向力によってその中心の右側に逸れ、低気圧の周囲の風を反時計回りの渦にしている。
- 問 C 雲は反射によって太陽放射の吸収と地表からの放射を妨げている。一方、地表のエネルギーは水蒸気に含まれて大気中に入り、雲を生じることによって大気を暖めている。

第1問 解説

I 日本列島の地学現象と、プレートの関係に関する問題である。ユーラシアプレート、太平洋プレート、フィリピン海プレートの動きについてまとめればよい。

II 問 A 低気圧では大気が収束しており、高気圧では発散している。これを可能にしているのは、上空における大気が発散と収束である。中緯度上空には、一年通じて偏西風があり、その波動の前には発散が、後には収束が起こつていて、それぞれ地上の収束と発散とに対応している。こうして上空の波動の動きに対応して、地上の高・低気圧は東に移動する。

問 C 地球の写真を見ると、地球が白い雲に覆われていることが分かる。これは、雲が太陽放射を反射している事を意味している。つまり、雲によって地球が太陽の放射エネルギーを反射する割合が大きくなっている。また、雲は地表からの放射をも反射しており、保温の働きがある。

地表の水は潜熱を吸収して大気圏に入り、ここで潜熱を放出して雲になる。こうして地表に吸収されたエネルギーは大気に移る。雲は地表と大気の熱収支で大きな役割を果たしているのである。

第2問 解答

- I (A) 主として大陸の中心部で見ることができる。
(B) しばしば大きな変化が起こって、繁栄している生物が絶滅し、新しい生物が発展するというような事が繰り返された。
(C) 花崗岩質層を持つ大陸地殻は大洋底地殻よりも密度が小さいので、両者が衝突する時は、大洋底地殻が大陸地殻の下に没する。
- II 問 A 1 : 結晶 2 : X線 3 : 3 4 : 2 5 : 3 6 : 1 2
問 B $\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$
問 C アルカリ長石では KAlSi_3O_8 と $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ とによって、また、カンラン石では Fe_2SiO_4 と Mg_2SiO_4 とによって、それぞれ任意の割合で混ざった一つの鉱物が形成されている事を意味している。

第2問 解説

I アイソスタシーが成り立つことから分かるように、プレートに関しても浮力の原理が成り立っている。大洋底プレートは玄武岩質層と上部マントル層から成り立つのに対し、大陸プレートは最上部に密度の小さい花崗岩質層があり、大洋底プレートよりも密度が小さい。従って、この両プレートが衝突する時には、大陸プレートが上になり、大洋底プレートはその下に没する事になる。

II 鉱物の組成式と固溶体に関する問題。組成式の決定は、原子量が与えられていないので、モルによって決定する。表より、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 FeO とが 3 : 1 : 3 の割合で含まれているので、その化学組成は $3\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{FeO}$ となり、これからその組成式 $\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ が求められる。

第3問 解答

I 1 : 50 2 : 31.5 3 : 最小 4 : 12 5 : 天の赤道

II 問 A 惑星に達する太陽放射エネルギーは太陽からの距離の2乗に反比例する。

従って、 $W a^2 = W_0$ **$W = W_0 / a^2$**

問 B 吸収量と放射量とは等しいから、 $W = S T^4$ $T^4 = W / S$

従って、 **$T = S^{(-1/4)} \times W^{(1/4)}$**

問 C A と B の軌道半径をそれぞれ R_a 、 R_b 、公転周期をそれぞれ P_a 、 P_b 、太陽定数をそれぞれ W_a 、 W_b 、表面温度をそれぞれ T_a 、 T_b とすると、

$R_b^3 / P_b^2 = R_a^3 / P_a^2$ 、 $P_b = P_a / 8$ 従って、 $R_b = R_a / 4$

$S T_b^4 / S T_a^4 = W_b / W_a = R_a^2 / R_b^2 = 16$

従って、 $T_b^4 / T_a^4 = 16$ $T_b / T_a = 2$ $T_b = 2 T_a$

B の表面温度は A の表面温度の 2 倍である。

III 問 A 0.1 秒間に月が移動する角度がアンタレスの見かけの直径である。

これを求めると、 $0.5'' \times 0.1 =$ **0.05''**

問 B アンタレスまでの距離を d A.U. とすると、

$d \times 0.01 \pi / (180 \times 60^2) = 1$ **$d = 2.06 \times 10^7$ A.U.**

問 C アンタレスの実直径を A.U. で表すと、 $0.05 / 0.01$ A.U. = 5 A.U.

太陽の実直径は 1 A.U. $\times 32 \pi / (180 \times 60) = 0.0093$ A.U.

よって、アンタレスの大きさは太陽の $5 / 0.0093$ 倍 \approx **500 倍**

第3問 解説

I 1 朔望月は約 29.5 日であって、この間に月の出の時刻が 24 時間遅れており、1 日当たりにして約 50 分遅れている。この事は月が太陽を基準にして天球上を 1 ヶ月で約 360° 、1 日で約 12° 東に移動する事を意味する。ところが、月が一樣の速度で黄道上を移動したとしても、その 1 日当たりの赤経の変化は、月が黄道上のどの部分を移動するかによって大きく異なる。この事は太陽の年周運動によって起こる均時差の現象と同じである。月が夏至点と冬至点を動くときには、その動く方向は天の赤道と平行である上に、黄道上の赤経の値の変化は赤道上のそれより大きいので、1 日当たりの月の位置の赤経の変化は大きい。しかし、月が春分点と秋分点を動く時には、その方向は天の赤道と斜めであり、動く距離の割りに赤経の変化が小さく、月の出の 1 日当たりの遅れは小さい。しかも、月が春分点を動く時には、月は北に向かっているため、その分月の出が早くなる。以上のような理由から、秋分の頃の満月には月の出の 1 日当りの遅れは、1 年間で最も小さいものである。

配点

第1問 (30点)

I 各6点 計12点

II 各6点 計18点

第2問 (30点)

I A: 3点 B: 3点 C: 6点 計12点

II A: 1・2 各2点 3~6 各1点 B: 2点 C: 8点 計18点

第3問 (40点)

I 各2点 計10点

II 各5点 計15点

III 各5点 計15点

三日目

神は大地を創り、海が生まれ、地に植物を生えさせた

第1問

- I 図1は海洋底の年齢分布図、図2と図3は地震の震央分布図である。
これらの図を参考にして、以下の問A~Eに答えよ。

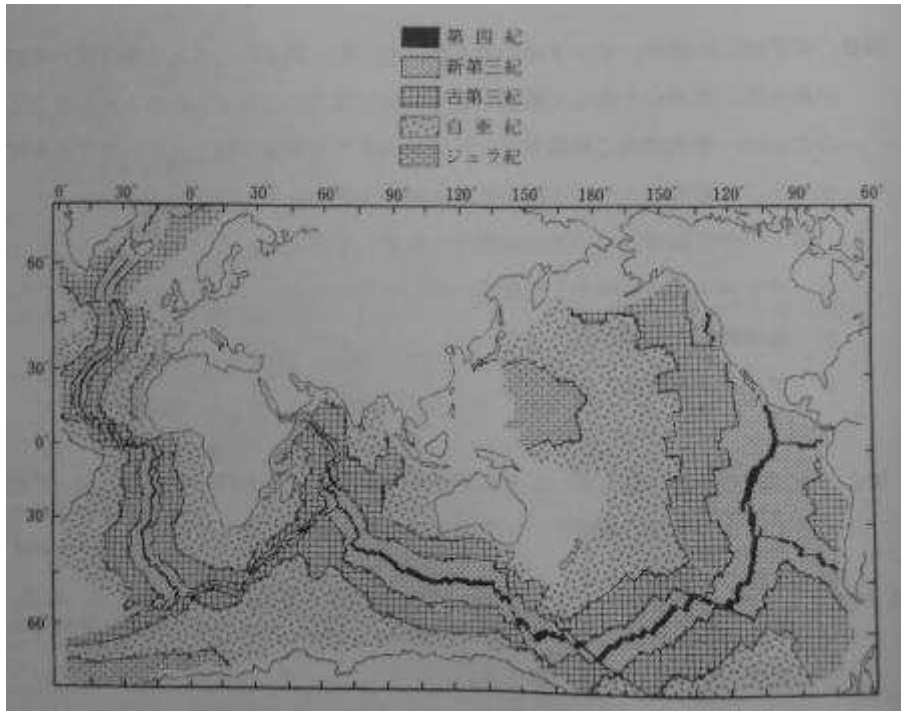


図1

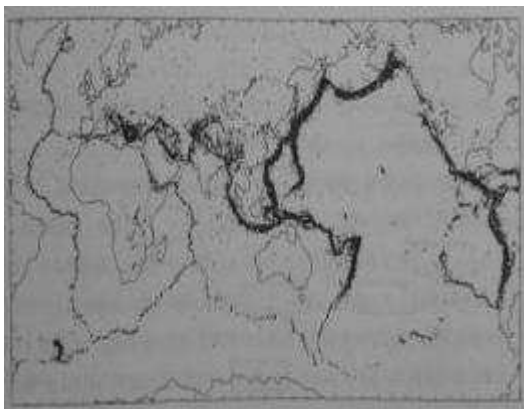


図2



図3

- 問 A 図 2 と図 3 はいずれも最近 20 年間に生じたマグニチュード 4 以上の、地震の震央分布図であるが、深さが 100km より浅いか、深いかの違いがある。 深さ 100km より浅い位置で生じた浅発地震の分布図は、図 2 と図 3 のどちらか。
- 問 B 太平洋、大西洋、インド洋の各大洋において、図 1 に見られる海洋底の年齢の最も若い部分に一致して地震が発生しているのが、図 2 を見ると分かる。 この事は、各大洋のこの部分においてどのような現象が起こっている事を示すのか。
下記の a)~c)のうちから最も適当と思われるものを一つ選べ。
a) プレートとプレートとの衝突が起こっている。
b) 海洋底拡大活動が起こっている。
c) プレートが沈み込んでいる。
- 問 C 海洋底の年齢の最も若い部分に発生する地震には、大洋中央海嶺に沿って起こる (1) 型の地震と、トランスフォーム断層に沿って起こる (2) 型の地震の 2 種類がある。上の 1、2 に入れるのに最も適当な語を、下記の中から一つ選べ。
a) 正断層 b) 逆断層 c) 横ずれ断層
- 問 D 地球上で地震が最も多発しているのはどこか。 下記の a)~d)の中から一つ選べ。
a) プレート境界部 b) 海陸境界部 c) 大洋中央部 d) 大陸内部
- 問 E 海洋底の年齢で最も古い部分は、約 1.8 億年である。 地球の年齢は約 45 億年であるのに、海洋底の年齢はわずか 1.8 億年であるのはなぜか。 40 字以内で答えよ。

II 次の文を読み、以下の問 A および B に答えよ。

地球は完全な球形ではないと考え始められたのは 17 世紀である。(ア)赤道付近では高緯度地域より重力が小さいことが分かったのがそのきっかけとなった。その後、ニュートンやホイヘンスの計算により、地球は (1) によって南北に潰れた回転楕円体となるだろうと予測された。楕円体の潰れ具合を表す量を (2) といい、地球では約 1/300 の値をとる。楕円体よりもより忠実に地球の形を表す面は (3) と言われる。この面は、海面の形に極めて似ており、重力の方向に垂直な面である。また、(イ)重力異常(フリーエア異常)が正の所では、この面は高くなり、負の所では低くなる。地殻は密度の大きいマントルの上に浮いており、ある一定の深さで圧力が等しくなるような状態となる傾向がある。この状態を (4) という。

問 A 文中の空欄 (1) ~ (4) に当てはまる最も適切な語句を書け。

問 B 下線部(ア)、(イ)の理由をそれぞれ 100 字以内で答えよ。

第2問

I 天体の放射エネルギーや空間運動、さらには宇宙構造を明らかにするにあたって、地球から天体までの距離は最も基本的な量の一つである。天体の距離決定について、以下の問 A および B に答えよ。

問 A 下記の天体 1～5 の距離決定に、最も関連の深い用語を、語群 I と II からそれぞれ一つずつ選び、例のように答えよ。 例) 6 : a-f

- 1 : 大洋や惑星
- 2 : 太陽近傍の恒星
- 3 : 遠い恒星や星団
- 4 : セファイド(ケフェイド)型変光星
- 5 : 銀河や準星(クェーサー)

語群 I a : スペクトル型 b : 赤方偏移 c : 変光周期
d : レーダー測距 e : 年周視差

語群 II f : HR 図(ヘルツシュプルング・ラッセル図)
g : 周期 - 光度関係 h : 三角測量 i : ケプラーの第三法則
j : ハッブルの法則

問 B 問 A の天体 3 (遠い恒星や星団)の距離決定の方法を、120 字以内で説明せよ。

II 次の問 A および B に答えよ。

問 A 赤道面内を円軌道を描いて周期 1 日で地球の自転と同じ方向に公転する人工衛星(静止衛星)は、地上どのくらいの高さ(h)を運動しているか。但し、

地球の半径： $r = 6400\text{km}$

地球と月の平均距離： $d = 378000\text{km}$

月の公転周期： $T = 27$ 日 とせよ。 答えと合わせて計算過程も示せ。

問 B 同じ衛星が周期を変える事無く円軌道から楕円軌道に変わった場合には、地上からどのように見えるか。 100 字以内で定性的に答えよ。

第3問

I 次の文を読み、以下の問A～Cに答えよ。

上部マントルは主に(1)によって構成されており、ここで発生するマグマ(本源マグマ)の成分は(2)質である。このマグマが上昇し、その温度が下る時、主要造岩鉱物のうち、有色鉱物ではまず(3)が、次いで(4)が晶出し、無色鉱物では(5)に富む(6)から晶出が始まる。

これらの鉱物が分離すると、最初(2)質であったマグマの成分は(7)質となり、引き続き晶出する鉱物の分離によって、マグマの成分はやがて(8)質になる。平板状に結合した SiO_4 四面体 (Si-O 四面体) によって構成される(9)や、金属元素を含まない(10)などは、この段階で晶出する。

問A 上の文中(1)、(2)、(7)、(8)に最も適する岩石名を、(3)、(4)、(6)、(9)、(10)に最も適する鉱物名を、さらに(5)に最も適する化学元素はそれぞれ何か。

問B マグマから晶出する有色鉱物について、その化学組成の $(\text{Fe} + \text{Mg}) / (\text{Si} + \text{Al})$ の値(重量比)を調べるとき、初期に晶出するものから、晩期に晶出するものへと、この重量比がどのように変化し、それがなぜ起こるのかを100～120字程度で説明せよ。

問C 大陸地殻に最も多い火成岩の多くは、上の本源マグマから分離したものでないと考えられている。この岩石の成因として、これ以外に考えられているものを2つ挙げよ。

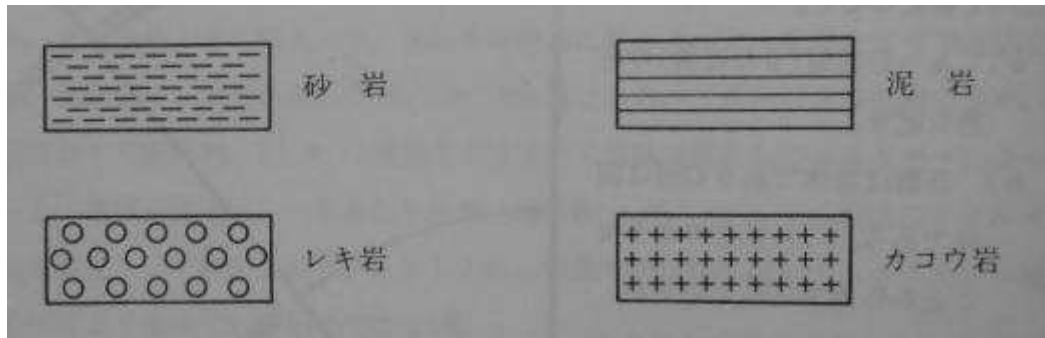
II 次の問 A および B に答えよ。

問 A 結晶中の原子または原子の集団は規則正しく繰り返して配列している。この規則配列の繰り返しの単位を単位胞と呼んでいる。化学式 MgSiO_3 で表されるある鉱物結晶の単位胞の体積は $4.2 \times 10^{-22} \text{cm}^3$ 、密度は 3.2g/cm^3 である。 MgSiO_3 を 1 分子とすると、単位胞に含まれる MgSiO_3 分子の個数(整数)はいくらか。計算の過程も示して答えよ。但し、 MgSiO_3 の分子量を 100、アボガドロ数(物質 1 モルに含まれる分子の数)を 6.0×10^{23} 個/モルとする。

問 B 地球内部の鉱物を推定する一つの実験として、高温高压下で MgSiO_3 の化学組成を持つ鉱物の合成を行った。この結果、温度 1000°C 、圧力 25 万気圧で鉱物結晶 X、温度 1000°C 、圧力 30 万気圧で鉱物結晶 Y が得られた。化学組成はいずれも MgSiO_3 であるが、結晶構造は互いに異なる事が分かった。下表には合成した鉱物結晶の単位胞の体積と、 MgSiO_3 を 1 分子とした時の単位胞に含まれる MgSiO_3 分子の個数 N を示してある。X、Y のそれぞれに下表の A、B がどのように対応するかを示せ。(例: $Z = C$ など) また、そのように決めた理由も示せ。

| 合成した鉱物結晶 | 単位胞の体積 | N |
|----------|-----------------------------------|---|
| A | $2.6 \times 10^{-22} \text{cm}^3$ | 6 |
| B | $1.6 \times 10^{-22} \text{cm}^3$ | 4 |

Ⅲ ある地域の地質を調査したところ、下記の 1)~8)の事実が分かった。この地域について東西方向(東を右側にする)の模式的な地質断面図を描け。砂岩及び泥岩については、層理面の傾斜が分かるようにせよ。岩石の種類は下図の凡例に従って示せ。



- 1) この地域の基盤をなす地層は褶曲した泥岩からなる P 層である。
- 2) P 層はこの地域の西部と東部で背斜をなし、中部で向斜をなす。褶曲の軸の方向はいずれも南北に近い。
- 3) P 層は傾斜不整合で M 層の基底礫岩に覆われている。
- 4) M 層は主に砂岩からなる。
- 5) M 層は褶曲していない。層理面の走向はほぼ南北で、傾斜は西に約 20° である。
- 6) P 層および M 層には花崗岩(G 岩体と呼ぶ)が貫入している。
- 7) M 層および G 岩体は不整合で、C 層に覆われている。
- 8) C 層はほとんど水平で、砂岩と泥岩の互層からなる。

第1問 解答

I 問A 図2 問B b 問C 1 : a 2 : c 問D a

問E 海洋底は中央海嶺で誕生し、ここから移動して海溝から沈み込んで消失するから。

II 問A 1 : 自転 2 : 扁平率 3 : ジオイド 4 : アイソスタシー

問B (ア) 自転によって生じる遠心力は赤道が最大で、極で0になる。また、自転によって赤道半径が極半径よりも長くなっており、地球の引力は赤道が最小で、極に向かって大きくなる。重力の差はこの2つの原因で生じる。

(イ) 重力異常が正のところでは、鉛直線はその地域に向かって集中しており、それに垂直な面であるジオイドが膨らんで高くなっているが、重力異常が負のところでは、逆にジオイドが凹んで低くなっている。

第1問 解説

I 問A 島弧では海洋プレートの沈み込みに伴って、プレートの境界面に沿って、浅発および深発の地震が起こっている。中央海嶺では湧き出るマントル物質からできるプレートが両側に向かって分離し、海洋底が拡大するのに伴って地震が発生する。ここではマントル内部は高温で岩石の粘度が小さいので、マントル内部の地震(深発地震)はほとんど発生しない。以上から、主に島弧に震央が集中している図3は深発地震を示しており、島弧と中央海嶺に震央が集中している図2は浅発地震を示している事が分かる。

問B プレートは中央海嶺で誕生して海溝に向かって移動する。従って、海洋底の最も若い部分は中央海嶺であり、最も古い部分は海溝である。図1はこれを示している。最も若い海洋底である中央海嶺で起こる地震は、この海洋底拡大に伴って発生するものである。

問C 海洋底が拡大する時、両プレート間の地殻は落下して正断層ができる。海洋プレートが沈み込む島弧では、大陸プレートは海洋プレートの上に押し上げられて逆断層ができる。中央海嶺が垂直方向の横ずれ断層によって食い違う時、離れた中央海嶺の間ではプレートは逆方向に動くが、他の部分では同方向に動いてずれを生じない。断層の横ずれを生じる部分(右下のAB間)をトランスフォーム断層という。



II 重力異常が正のところでは、その強い重力によって、鉛直線は中心に向かって集中した状態になり、それに垂直なジオイド面は膨らむ。重力異常が負のところでは、その逆になり、ジオイド面が凹む。

第2問 解答

I 問 A 1 : d-i 2 : e-h 3 : a-f 4 : c-g 5 : b-j

問 B 主系列星について、スペクトルと見かけの等級を観測し、スペクトルから HR 図を利用して絶対等級を求める。この絶対等級と見かけの等級から距離が求められる。この方法は年周視差による測定より精度は低い、100 パーセク以上離れた星について利用される。

II 問 A 人工衛星の公転については、地球を回る月を含めてケプラーの法則が成り立つ。静止衛星の地上からの距離を h km とすると、

$$(h+6400)^3 / 1^2 = 378000^3 / 27^2 = 378000^3 / (3^2)^3$$

これを解いて、 $h = 35600\text{km}$ **$3.6 \times 10^4 \text{ km}$**

問 B 近日点付近では東に向かう角速度が地表よりも大きく、見かけ上、東に動き、遠日点付近では同じ角速度が地表よりも小さく、見かけ上、西に動く。しかし、平均角速度は地表と等しいので、毎年同じ動きになる。

第2問 解説

I 金星や火星など、近距離にある惑星の距離はレーダー測距で求める。これは地球から天体に向けて発射した電波が、反射して地球に戻るまでの時間を測定する事で距離を求めるものである。ケプラーの第3法則より、惑星軌道の半長径の3乗は公転周期の2乗に比例するので、会合周期から求められる公転周期から、どの惑星についても太陽との距離の相対的な大きさが求められる。これとレーダー測距によって得られた絶対量とを組み合わせると、太陽系内の全ての天体の距離が求められる。

太陽近傍の恒星の距離は、年周視差の測定によって求められる。年周視差は恒星から1天文単位を見込む角であるから、1天文単位を基線として三角測量を行うことを意味する。年周視差は非常に小さい量なので、100パーセクより遠い天体に対しては適用不能である。

HR図を利用すると、主系列星についてはそのスペクトル型から絶対等級を近似的に求める事ができる。絶対等級と観測によって得られる見かけの等級からその天体の距離が得られる。精度は低い、年周視差が測定できない100パーセク以遠の天体の距離測定に使用されるが、スペクトル型が測定できないほど遠い天体については、この方法も利用できない。

ケフェウス型変光星(ケフェイド)の変光周期は近似的にその絶対等級によって決まる。これが変光星の周期-光度関係である。これを利用して、ケフェウス型変光星についてはその変光周期から絶対等級が得られ、これと見かけの等級からその距離が求められる。この方法によって、スペクトル型が測定できないような遠距離にあって、ケフェウス型変光星を持っている天体、例えば銀河の距離が求められる。

銀河や準星では、そのスペクトルの赤方偏移から後退速度が求められる。ハッブルの法則より、銀河の後退速度はその距離に比例するので、ケフェウス型変光星を利用できないような遠距離の銀河は、そのスペクトルの赤方偏移を測定する事で求める事ができる。

第3問 解答

- I 問A 1 : カンラン岩 2 : 玄武岩 3 : カンラン岩 4 : 輝石
5 : カルシウム 6 : 斜長石 7 : アンザン岩 8 : リュウモン岩
9 : 黒雲母 10 : 石英

問B 晩期に晶出する鉱物ほど、Si-O四面体の結合によって多くのO原子をSiとAlの原子が共有して、Si-O四面体の持つ陰イオン価が小さく、これと結合する金属原子が少ない。従って、重量比は小さくなる。

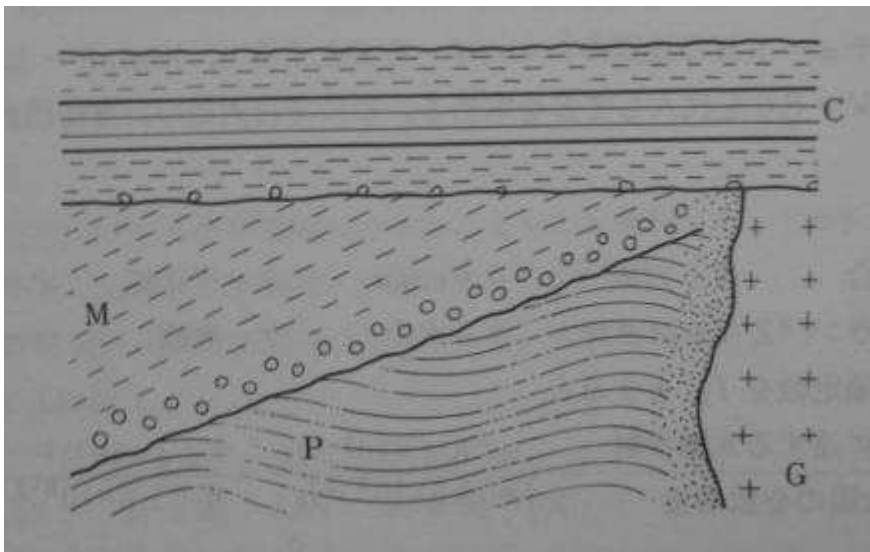
問C 花崗岩質マグマの発生、花崗岩化作用

- II 問A MgSiO_3 分子の質量 $100\text{g} / (6 \times 10^{23}) = 1.67 \times 10^{(-22)}\text{g}$
単位胞の質量 $3.2\text{g} / \text{cm}^3 \times 4.2 \times 10^{(-22)}\text{cm}^3 = 1.34 \times 10^{(-21)}\text{g}$
単位胞内の分子の個数 $\{1.34 \times 10^{(-21)}\} / \{1.67 \times 10^{(-22)}\} \doteq \underline{8}$

問B X = A Y = B

(理由) Bの方が密度が大きい事は、より高圧下で形成された事を示している。

III



第3問 解説

I 問A・B 上部マントルで、カンラン岩の部分融解により玄武岩質マグマが発生し、この分化によって様々な岩石や鉱物ができる。火成岩の主要造岩鉱物は全てケイ酸塩である。ケイ酸塩は SiO_4 四面体の結合状態によって多くの種類に分けられる。

玄武岩質マグマから初期に晶出する有色鉱物はカンラン石である。この結晶では SiO_4 四面体が独立して $\text{SiO}_4(-4)$ 価イオンとして金属イオンと結合している。その化学組成は Fe_2SiO_4 または Mg_2SiO_4 であって、 $(\text{Fe} + \text{Mg}) / \text{Si}$ の値は2である。次に、晶出する輝石の結晶では、 SiO_4 四面体は単一の鎖を形成しており、 $\text{SiO}_3(-2)$ 価イオンとして金属イオンと結合している。従って、その化学組成は FeSiO_3 または MgSiO_3 であって、 $(\text{Fe} + \text{Mg}) / \text{Si}$ の値は1である。

こうして、カクセン石、黒雲母と進むに従って、1つの SiO_4 四面体は多くの SiO_4 四面体と結合するようになり、1個の Si と結合する O の割合が減少し、 SiO_4 四面体と結合する金属イオンが減少する。つまり、後から晶出する鉱物の中ほど、 $(\text{Fe} + \text{Mg}) / \text{Si}$ の値は小さくなる。

なお、問題文で $(\text{Fe} + \text{Mg}) / (\text{Si} + \text{Al})$ と分母に Al が加わっているのは、黒雲母などの結晶では Si 原子の一部が Al 原子に置き換わっているからである。

問C 造山運動に伴って形成される火成岩の多くは花崗岩である。これは、花崗岩の多くが玄武岩質マグマの分化によって生じたものではない事を示している。この花崗岩を形成したマグマの成因は造山運動に伴い、大陸地殻の一部が融解したり、マントルで直接花崗岩質マグマが発生したりするのではないかと考えられている。また、造山運動に伴って、砂岩などが広域変成作用によって、片麻岩から花崗岩に移行する事が知られている。この過程は花崗岩化作用と呼ばれている。

II 問A MgSiO_3 を成分とする鉱物のうち、火成岩に含まれるものは輝石であるが、高圧下では、より高密度の鉱物になる。単位胞に含まれる分子の個数は、単位胞の質量を1分子の質量で割る事によって求められる。

問B 体積 $2.6 \times 10^{-22} \text{cm}^3$ の単位胞の中に、 MgSiO_3 6分子が入っている時、1分子の占める空間は $2.6 \times 10^{-22} / 6 = 4.3 \times 10^{-23} \text{cm}^3$ である。また、体積 $1.6 \times 10^{-22} \text{cm}^3$ の単位胞の中に、 MgSiO_3 4分子が入っている時、1分子の占める空間は $1.6 \times 10^{-22} / 4 = 4.0 \times 10^{-23} \text{cm}^3$ である。従って、AよりもBの方が密度が大きい。鉱物は高圧下で合成されるものほど高密度になるので、YはBに対応する。結晶は、温度または圧力の変化に応じて、それを構成する原子の配列が変化する。このように、同じ化学組成を持つ異なる結晶を、互いに多形(同質異像)であるという。低圧下で安定的な結晶から、高圧下で安定的な結晶に変わるときは、密度が大きくなる。

III 与えられた条件に基づき、丁寧に作図する。

配点

第1問 (30点)

I A・B・D: 各2点 C: 2点×2 E: 4点 計14点

II A: 1点×4 B: 6点×2 計16点

第2問 (30点)

I A: 2点×5 B: 6点 計16点

II 各7点 計14点

第3問 (40点)

I A: 1点×10 B: 6点 C: 1点×2 計18点

II 各6点 計12点

III 10点

四日目

神は太陽と月と星を創った

第1問

主星Aとこれより半径が大きい伴星Bとを合わせて、見かけの等級が2.0等の連星がある。地球がこの連星の公転軌道面の延長上に位置することによって、周期的にこの連星の食が観測され、この時の連星のみかけの明るさは平常時(2.0等)の90%、および20%になる。

この連星に関して、次の問A～Eに答えよ。解答は数値を求める経過も記せ。

必要ならば、次の常用対数を利用せよ。

$$\log 2.0 = 0.30 \quad \log 3.0 = 0.48 \quad \log 7.0 = 0.85$$

問A Aの光度はBの光度の何倍か。

問B Bの半径はAの半径の何倍か。

問C 単位表面積の明るさで、AはBの何倍か。

問D 明るさが平常時の20%になった時、この連星の見かけの明るさは何等級か。

問E この連星の年周視差が $0.02''$ であるとしたら、連星の絶対等級はいくらか。

第2問

I 火成岩に関して、次の問いに答えよ。

問A ハンレイ岩には有色鉱物が多く含まれる事によって、花崗岩に比べて、ある種の元素が多く含まれている。その元素を記号で2つ示せ。

問B 同一の岩石を構成する同じ名称で呼ばれる鉱物でも、その化学組織は一定ではない。同じ安山岩に含まれる斜長石については、それがどのようなになっているか、また、どうしてそのようなになったかを100字程度で説明せよ。

問C 火成岩を構成する鉱物の中には、その鉱物特有の結晶面を示すものと示さないものがある。前者を自形、後者を他形であるという。花崗岩を構成する主要鉱物のうち、その組織の中で最も他形を示す事が多い鉱物は何か。

問D 班晶には自形を示すものが多い。この理由を50字程度で説明せよ。

II 次の文の空欄(1)から(10)にそれぞれ、適切な語句、化学式を入れよ。

但し、(2)と(9)は化学用語(例：炭酸塩、酸化物)で、(3)と(4)は該当する物質の化学式または元素記号で、それ以外は地質年代の名称である。

地球の表面およびその付近では、長い地質時代の間多くの鉱床が形成された。このうち、堆積作用に伴って形成されたものを堆積鉱床という。

カナダ、オーストラリアなど大陸の各地に分布する赤鉄鉱の鉱床は(1)代に、海水に溶けていた多量の鉄イオンが鉄の(2)となって沈殿し、形成されたものである。

ボーキサイトは、岩石が(3)と CO_2 の作用で風化し、岩石に含まれていた可溶性の物質が溶脱して、(4)が濃集したものである。含油層や石炭層も堆積鉱床である。

地球全体でみると、含油層は特定の時代に形成されたものとは言えないが、日本列島では(5)紀に限られている。また、世界的にみると、石炭層は(6)紀に堆積したものが多いが、日本列島のそれは、主に(7)紀に堆積したものである。日本列島でセメントの原料などとして採掘されている石灰岩は主に、(8)代の堆積物である。金属鉱床にはマグマの活動に伴って形成されたものが多い。この一つである黒鉄鉱床は、金属(9)によって構成され、現在日本列島で採掘されているのは(10)に形成されたものである。

第3問

次の文章を読んで、以下の問A～Eに答えよ。

重力加速度の値（以下、重力とする）は一般に高緯度ほど大きい。そして地球を構成する物質が水平方向に均質であれば、各地のジオイド上の重力は緯度の関数として表される。この値を標準重力とする。各地の重力を比較するにあたっては、次のような補正が行われる。この補正は一部行うこともあれば、全て行うこともある。

- (1) 測定値をジオイド上の値に直す。これを**高度補正**という。
- (2) 地表の起伏の影響を取り除く。これを**地形補正**という。
- (3) 測定点とジオイドの間にある物質の影響を取り除く。これを**ブーゲー補正**という。

これらのうち、高度補正のみを行って得られた値と標準重力の差を**フリーエア異常**といい、3つの補正を全て行って得られた値と標準重力との差を**ブーゲー異常**という。

問A 標準重力が緯度によって異なる原因を2つ挙げよ。

問B 山地で測定した重力の値に上の3つの補正を行うとき、その値はそれぞれどのように変化するか。大きくなる場合は+、小さくなる場合は-と答えよ。

問C 海洋の表面では一般にフリーエア異常、及びブーゲー異常はそれぞれ、正負いずれの値になるか、合計100～120字で説明せよ。

問D 海嶺(中央海嶺)ではブーゲー異常は正の値であるが、フリーエア異常はほぼ0である。この事は海嶺がどのような状態にある事を示しているか。100～120字で説明せよ。

問E 海溝ではブーゲー異常は正の値であるが、フリーエア異常は負の値である。この原因について100字程度で説明せよ。

第1問 解答

問A 4倍 問B $\sqrt{2}$ 倍 問C 8倍

問D 3.8等 問E -1.5等

(解答の導出過程については、解説を参照)

第1問 解説

多くの星は2つ以上の星によって、共通重心の周りを公転している。これを連星という。地球がその軌道面上にある時、連星の食が起こり、光度が変化する。これを食連星という。

問A 連星の公転軌道面の延長上に地球があると、連星の食が起こる。連星では光度の大きいほうが主星で、光度の小さいほうが伴星であり、Aの光度はBの光度より大きい。また、Aの半径はBの半径より小さいので、AがBの向こう側に隠れる皆既食の時は連星の光度は平常時の1/2よりも小さい。また、AがBの手前に来るとき、連星の光度は、AによってBが遮られた分だけ小さくなる。この時の連星の光度はAの光度より大きいから、連星の光度は平常時の1/2よりも大きい。従って、連星の光度が平常時の20%になるのはAの皆既食の時であり、平常時の90%になるのはBの金環食の時である。以上より、Aの光度は連星の80%、Bの光度は連星の20%であり、Aの光度はBの光度の**4倍**である。

問B 連星の20%の光度を持つBが金環食によって10%に減少しているということは、Bの表面の1/2がAによって覆われた事を示している。従って、Bの表面積はAの表面積の2倍であり、表面積は半径の2乗に比例するので、Bの半径はAの **$\sqrt{2}$ 倍**である。

問C 単位面積当たりの明るさは、光度を表面積で割ったものに等しい。Aの光度はBの4倍で、表面積は1/2倍であるから、Aの単位面積当たりの光度は、Bの $4 / (1/2) = \mathbf{8倍}$ である。

問D 星は明るさが100倍になると、等級数は5減少する。明るさが平常時の20%になった時の連星の見かけの光度を m とすると、 $100^{\{(m-2.0)/5\}} = 100 / 20 = 5$ 両辺の対数をとって
 $\log 100^{\{(m-2.0)/5\}} = \log 5 \rightarrow \{(m-2.0)/5\} \log 100 = \log (10/2) \rightarrow$
 $2 \{(m-2.0)/5\} = \log 10 - \log 2 = 1 - 0.30 = 0.70 \rightarrow m = 2.0 + 1.75 = 3.75 \approx \mathbf{3.8等}$

問E 連星の絶対等級を M 等とすると、

$$M = 2.0 + 5.0 + 5 \log 0.02 = 7.0 + 5 \times (0.30 - 2) = \mathbf{-1.5等}$$

第2問 解答

I 問A Fe, Mg

問B 斜長石はソウチョウ石成分とカイチョウ石成分から成る固溶体であって、高温化で晶出するものほど、カイチョウ石成分に富む。同じ岩石の中では、班晶は石基より高温下で晶出するので、より Ca 成分に富む。

問C 石英

問D 班晶はマグマ溜まりの中で、ほぼ完全な液体の中で晶出するので、自由に結晶が形成されるから。

II 1 : 先カンブリア時 2 : 酸化物 3 : H₂O 4 : Al 5 : 新第三
6 : 石炭 7 : 古第三 8 : 古生 9 : 硫化物 10 : 新第三

第2問 解説

I 問A 有色鉱物にのみ含まれる元素は、Fe と Mg である。

問B 斜長石はソウチョウ石(NaAlSi₃O₈)とカイチョウ石(CaAl₂Si₂O₈)から成る固溶体である。マグマの中で斜長石が晶出するとき、早期にはカイチョウ石成分に富むシャチョウ石が晶出し、その後、次第にソウチョウ石成分に富む斜長石が晶出する。従って、ハンレイ岩に含まれる斜長石は花崗岩に含まれるものより Ca に富み、同一の安山岩の中では早期に晶出する班晶の斜長石は石基のそれより Ca に富む。

問C 花崗岩の顕微鏡写真を見ると、その構成鉱物の中で石英が他形で最も不規則な形をしている。これは石英の晶出が最後に起こったからである。

問D ほぼ完全な液体の中で結晶ができる時には、妨害がないので完全な形で結晶ができる。地下のマグマ溜まりでできる火山岩の班晶はこのような理由から自形になりやすい。

II 赤鉄鉱は鉄の酸化物(Fe₂O₃)で、この鉱床は先カンブリア時代の海水に溶けていた鉄イオンが、生物の出現によって放出された遊離酸素と反応して酸化物となって、海底に堆積したものである。

地表では造岩鉱物は H₂O と CO₂ などの作用で風化し、可溶性の物質は水に溶けて流出し、後に Al(OH)₃ が残される。これがボーキサイトである。このようにしてできる鉱床は風化残留鉱床と呼ばれる。

日本列島の含油層はグリーンタフ地域に分布している。これは新第三紀に形成されたものである。

地球上の多くの石灰層は石炭紀に形成されたものであるが、日本列島のそれは、ほとんどが古第三紀のものである。日本列島の石灰岩の多くは古生代のものである。これは熱帯地方で形成されたサンゴ礁がプレートの動きによって現在の位置に運ばれてきたものと考えられている。黒鉱はホウエン鉱(PbS)、センアエン鉱(ZnS)など、金属硫化物の集合体であって、海底に噴出したマグマの熱水から沈殿することによって形成されたものである。

第3問 解答

- 問A 1. 地球は赤道半径が極半径より長い楕円体に近い事。
2. 地球の自転による遠心力は赤道で最も大きく、高緯度ほど小さい事。
- 問B (1) + (2) + (3) -
- 問C 海水の密度は小さいが、マントルの密度は地殻より大きく、構成物質の質量は大陸とほぼ等しく、フリーエア異常はほぼ0である。しかし、ブーゲー補正によって、海水を岩石に代えると、大陸より質量は大きくなり、ブーゲー異常は正になる。
- 問D 海嶺では海洋底から高まっている分質量が大きいはずなのに、フリーエア異常がほぼ0なのは、この高まりが内部の変質、及び高温での膨張による事を示すと考えられる。しかし、海水を岩石に代えると質量が大きくなり、ブーゲー異常は正になる。
- 問E 海溝では地殻が薄いので、海水の代わりに岩石を入れると質量が大きく、ブーゲー異常は正になる。しかし、プレートの沈み込みによってマントルが押し下げられていて質量が小さく、フリーエア異常は負である。

第3問 解説

- 問A 重力は地球の引力と自転による遠心力の合力である。地球の引力はその重心からの距離の2乗に反比例し、地球の赤道半径が極半径より長い楕円体に近い為、引力は極で最も大きく、赤道で最も小さい。また、自転による遠心力は地軸からの距離に比例するので、赤道で最も大きく、極に近いほど小さい。
- 問B 山地ではその高度だけジオイド面よりも地球の重心から離れているので、高度補正によって重力の値をジオイド上の値に換算するとき、その値は大きくなる。山地は平地に比べて、その地点を含む面とジオイドとの間に岩石が少ないから、地形補正によって平地の値に換算するとき、重力の値は大きくなる。山地表面の点では、その点とジオイドの間にある岩石の引力によって、同じ高度の空中の点に比べて引力が大きくなっており、この岩石を取り除くブーゲー補正を行うと、重力の値は小さくなる。
- 問C 海洋では地殻が薄く、密度の大きいマントルがジオイドと接近しているが、海水の密度は岩石よりも小さく、質量全体で比べると大陸と等しくなっており、フリーエア異常は0であるのが普通である。しかし、ブーゲー補正によって、海水の代わりに岩石を入れると、大陸よりも質量が大きくなり、ブーゲー異常は正になる。
- 問D 海嶺は海洋底から盛り上がっており、これが下から押し上げられている事によるものだとすれば、この地域の質量は大きく、フリーエア異常は正になるはずである。しかし、測定値を見ると周囲の海洋底とおなじであって、フリーエア異常は0である。これによって海嶺の高まりは、地下の温度の高い事や、マントル構成物質の変質によるものと考えられている。
- 問E 海溝のフリーエア異常の値は著しく負である。これは、地殻やマントルが何らかの力によって押し下げられ、質量が不足している事を示しており、海溝でプレートが沈み込んでいる事を示すものと考えられている。島弧側のプレートは沈む海洋プレートによって押し上げられており、海溝に沿った地域では、フリーエア異常の値が正になっている。

配点

第1問 (30点)

各6点 計30点 (途中経過4点、結果2点)

第2問 (40点)

I A: 3点 B: 8点 C: 3点 D: 6点 計20点

II 2点×10 計20点

第3問 (30点)

A: 3点×2 B: 2点×3 C~E: 各6点 計30点

五日目

神は魚と鳥を創った

第1問

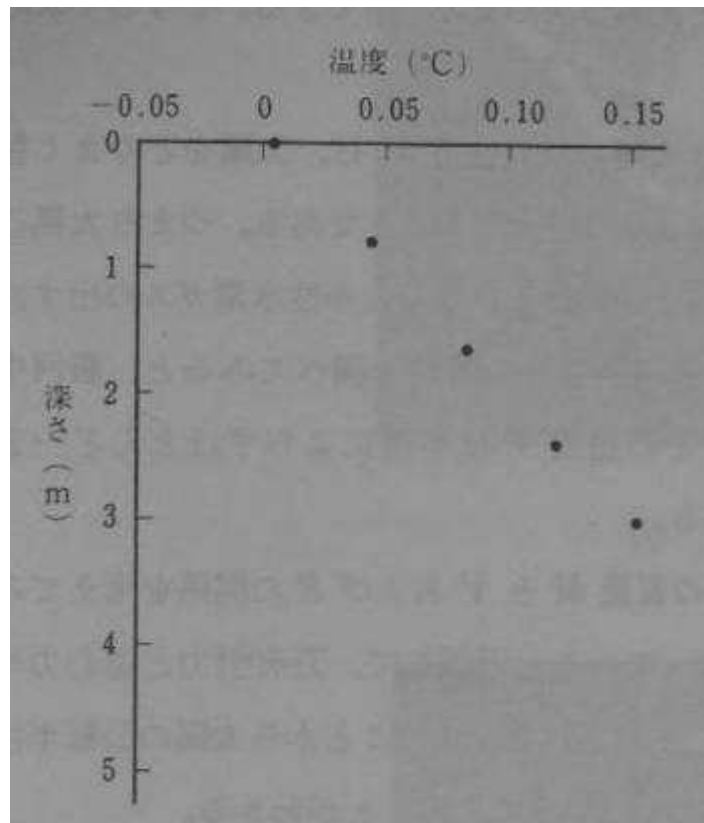
I 以下の文章を読んで、問 A～C に答えよ。

地球の内部から地表に流れる熱流量(地殻熱流量)の測定は、地震波や重力の測定と並んで、地球内部の構造やダイナミクスの解明に重要な手掛かりを与えている。

熱流量は地下鉛直方向の温度勾配から求める事ができる。例えば、海洋地域で測定を行う場合には、海洋底の柔らかい堆積層中に温度計を挿入し、いろいろな深さでの温度を測定し、温度勾配を求める。下図に、西大西洋で行った測定例を示してある。縦軸には、海洋底から鉛直に測った深さ、横軸にはそれぞれの深さで測った温度を示してある。また、この場所で採集した堆積物の熱伝導率は、 $0.8\text{W/m}\cdot\text{K}$ であった。

大陸地域での地殻熱流量の測定は、深井戸等を利用して行われる。大陸地域での平均的な地殻熱流量は約 0.06W/m^2 である。

地球内部からの熱流は主に、地球内部に存在する U、Th、K40 などの放射性物質の壊変エネルギーや、地球形成時に地球内部に蓄積された熱によると考えられている。地球を構成している主要な岩石中の平均的な発熱量を次ページの表に示してある。



問 A 図の観測結果が得られた時点での地殻熱流量を、有効数字 1 桁で求めよ。

問 B もし、熱流量の測定を、(ア)東太平洋海嶺付近、(イ)日本海溝付近、で行ったとしたら、それぞれの熱流量に、どのような相違があると考えられるか。理由とともに 100 字程度で説明せよ。

問 C 大陸地域での地殻熱流量のうち、マントルから供給される熱流量はどの程度と考えられるか。理由とともに 100 字程度で説明せよ。

| 岩石の種類 | 平均的な発熱量(W/m ³) |
|-------|----------------------------|
| 花崗岩 | 2.7×10^{-6} |
| 玄武岩 | 0.44×10^{-6} |
| 橄欖岩 | 0.01×10^{-6} |

II 次の文章を読み、問 A～C に答えよ。

月面探査機により採集された月の石は、31～46 億年という放射年代を示している。月の高地には、隕石の衝突によって生じた大小無数のクレーターが存在し、表面はクレーターからの放出物に覆われている。また、月の海は溶岩に覆われていて、クレーターは少ない。一方、地球の大陸には、楕状地(シールド)でも、隕石クレーターは稀にしか認められない。

問 A 月の高地と海では、どちらが古いと考えられるか。理由と共に 60 字以内で述べよ。

問 B 月面写真から、地質学のある原理を適用して、各岩層の相対的時代を明示した月面地質図が作られている。この原理とは何か。

問 C 地球の大陸には、なぜ隕石クレーターが稀にしか発見されないのだろうか。その主な理由を 100 字以内で述べよ。

第2問

I 次の文章を読み、問 A～E に答えよ。

地球では、他の惑星とは異なり、**H₂O** が液体の水、固体の水、気体の水蒸気と3つの状態で存在し、これらのうち、液体の水の割合が最も多い。この事によって、(ア)地表の温度の時間的変化が少なくなり、また、(イ)場所(緯度)による温度変化も少なくなっている。

今から (1) 年前から (2) 年前は氷河時代と呼ばれる。この時代には、寒冷な時期と温暖な時期が繰り返された。(ウ)海面は寒冷な時期には低下し、温暖な時期には上昇した。 (エ)海岸段丘という地形は、かつての海面上昇の記録である。

問 A 下線部(ア)に記した現象は **H₂O** の状態変化とどのように関係しているか。

20 字以内で述べよ。

問 B 下線部(イ)、(ウ)に記した現象は、水や水蒸気が氷と異なる性質を持っている事に起因する。それはどのような性質か。20 字以内で説明せよ。

問 C 下線部(ウ)、(エ)について、高海面期には気候が温暖であった事を確かめる方法はいろいろあるが、日本の海岸段丘を構成する地層を調べる事によって確かめるにはどうする場よいか。30 字以内で説明せよ。

問 D 下線部(エ)について、高海面期の海岸近くの海底水平面が、世界中どこでも海岸段丘として残されているわけではない。一つ一つの高海面期が、それぞれ別の高さの海岸段丘として記録されている地域には、地殻変動に共通した特徴がある。その特徴とは何か。20 字以内で述べよ。

問 E (1)、(2) に最も近い数値を下から選び、 $3 : 10^9$ のように記せ。

10^3 10^4 10^5 10^6 10^7 10^8

II 次の文章 1、2 を読み、下線部に関する問 A～C に答えよ。

文章 1 : 石灰岩、泥岩、凝灰岩などの堆積岩と花崗岩との接触部付近を観察すると、(ア) 様々な種類の鉱物が見出される。これらの鉱物には、堆積岩が、花崗岩マグマの活動に伴って生じる熱い溶液と反応して、新たに生成したものである。このような溶液には様々な元素が含まれている。

文章 2 : ある地域で、石灰岩と花崗岩の接触部を詳しく観察したところ、(イ) ザクロ石、輝石、角閃石、その他様々なケイ酸塩鉱物が生成していた。(ウ) このうち、輝石の代表的な 4 試料の化学分析結果が以下の表である。

| | 試料 1 | 試料 2 | 試料 3 | 試料 4 |
|----|------|------|------|------|
| Si | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 |
| Mg | 0.5 | 2.9 | 1.4 | 2.0 |
| Fe | 9.5 | 7.1 | 8.6 | 8.0 |
| Ca | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| O | 60.0 | 60.0 | 60.0 | 60.0 |

数値は原子数比の%表示

問 A 下線部(ア)について、生成する鉱物の種類はどのような要因によって決まるか。その要因を 30 字以内で説明せよ。

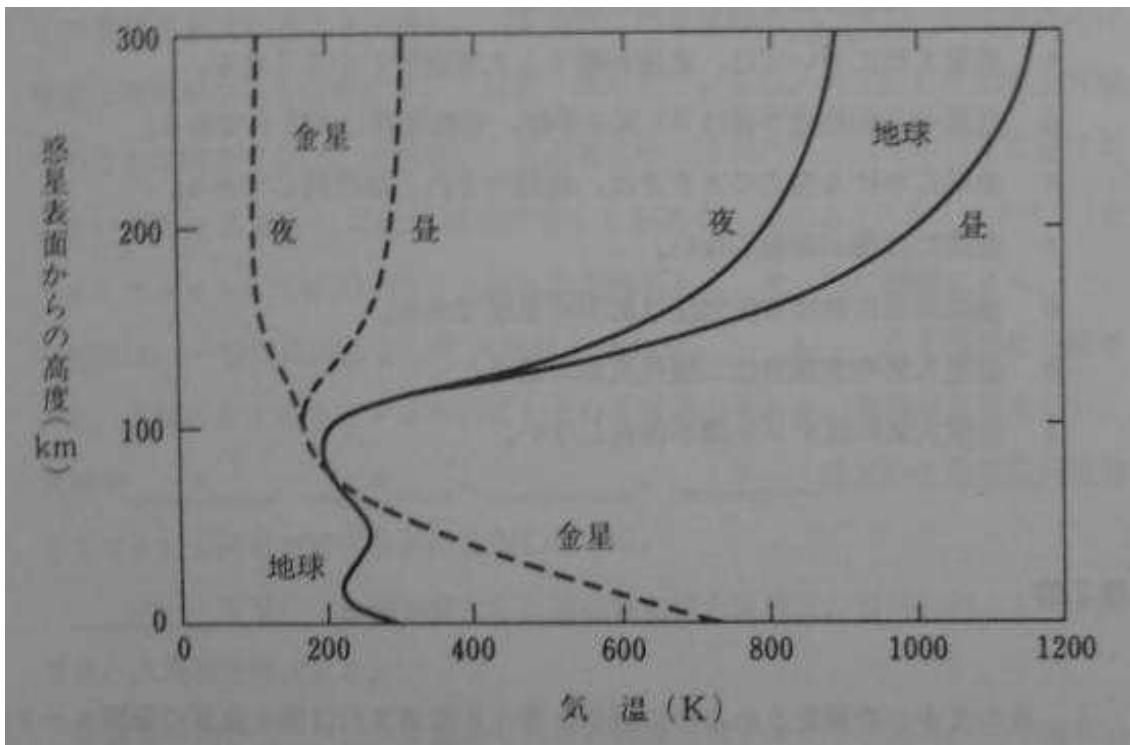
問 B 下線部(イ)について、この地域で見出されるザクロ石の化学組成は下記の内のどれに近いと考えられるか。その記号を書き、理由を 30 字以内で述べよ。

- a: $\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ b: $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$
c: $\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ d: $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$

問 C 下線部(ウ)について、表に示されている輝石の組成は様々であるが、一定の規則性を持っている。このような性質は幾つかの鉱物に共通して見られるものである。この性質とは何か、答えよ。また、この事を考慮に入れて、輝石の化学式を、斜長石の化学式 $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_8$ 、黒雲母の化学式 $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ などの例に倣って書け。

第3問

I 惑星大気の気温は、高度と共にどのように変わるのだろうか。下図の実線は、各種の観測資料を基に作成した、平均的な地球大気気温分布を示す。金星大気についても、ベネラ号やパイオニア号などの惑星探査機による観測から、高度に対する気温分布が求められた。図の破線がそれを示す。なお、地球でも金星でも、高度の低いところの昼夜の気温変化は無視してある。



次の A~D の文は、図に見られる気温分布の特徴を述べたものである。 これらの特徴が現れる理由を、以下の参考事項 1~9 を考慮しつつ、50~100 字で説明せよ。

文 A： 地球の場合、高度 50km 付近に気温の極大が存在する。

文 B： 高度の低いところでは、金星の気温は地球の気温より高い。

文 C： 高度の高いところでは、金星の気温は地球の気温より低い。

文 D： 高度 100~300km の領域では、昼の気温は地球でも金星でも高度と共に上昇する。

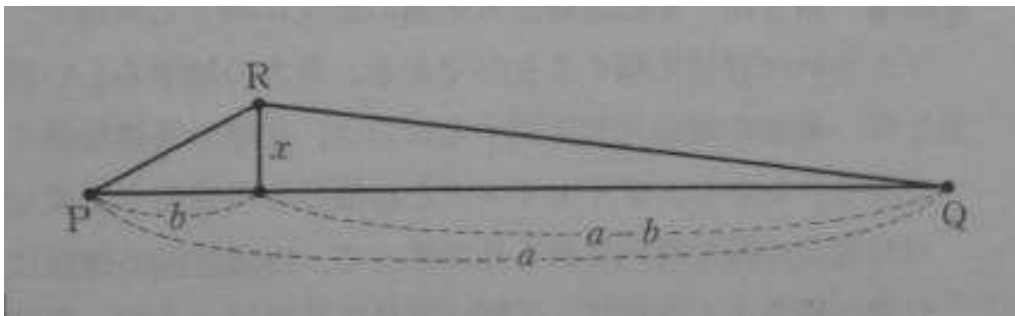
参考事項

- 1： 二酸化炭素は、赤外線をよく吸収したり放出したりする。
- 2： オゾン層は紫外線を吸収して分解する。
- 3： 惑星大気においては、高度が増すと、大気密度が小さくなる。
- 4： 金星の公転軌道半径は 0.7 天文単位、自転周期は 243 日である。
- 5： 金星における重力の大きさは、地球のそれとほぼ同じである。
- 6： 金星には海が存在しない。
- 7： 金星表面における大気圧は約 100 気圧である。
- 8： 金星大気の主成分は二酸化炭素である。
- 9： 金星大気にはオゾン層が存在しない。

II 1987年に大マゼラン星雲に現れた超新星の周りにリングが観測され、さらにそれが超高速で広がっていくように見えた事が報告された。これを理解する為に、問題を簡単化して、超新星からの光が地球との間に存在する星間雲中の多数の小さな粒子の表面で反射され、遅れて地球に到着する為に、このようなリングが観測されたものと考えてみる。

地球から a 光年離れたところに超新星が出現し、瞬間的に光を放ったとする。

問 A 超新星 P と地球 Q を結ぶ線上に、超新星から b 光年の点を考える。そこから、この線と垂直方向に x 光年離れたところに多数の小さな粒子が存在していて(R)、光をあらゆる方向に反射するとする。超新星から出た光がここで反射され地球に到達するのにどれだけの時間が掛かるか。但し、 x は a や b より十分に小さいとし、また、 $|y| \ll 1$ の時の近似式 $(1+y)^{1/2} \doteq 1+y/2$ を使用してよい。



問 B このような多数の粒子が、超新星と地球を結ぶ線と垂直方向に直線状に並んでいたとすると、超新星の出現以後、地球から見える反射点はこの直線に沿って動いていく。 $a = 15$ 万光年、 $b = 1000$ 光年の時、 $x = 30$ 光年のところから $x = 40$ 光年のところまで反射点が動くのに何年かかるか。また、 $x = 90$ 光年のところから $x = 100$ 光年のところまで反射点が動くのに何年かかるか。

問 C 多数の粒子がどのように分布していると、円形の細いリングが広がって行くように見えるか。例を1つ挙げよ。

第1問 解答

- I 問 A 温度勾配を図から読み取ると、 $0.15\text{K} / 3\text{m} = 0.05\text{K/m}$ になる。
熱伝導率は $0.8\text{W/m}\cdot\text{K}$ で、熱流量は温度勾配と熱伝導率の積として求められる。
よって、地殻熱流量は $0.8\text{W/m}\cdot\text{K} \times 0.05\text{K/m} = \mathbf{0.04\text{W/m}^2}$
- 問 B (ア)ではマントル内部から上昇する高温の物質によって、エネルギーが海底に運ばれているが、(イ)では低温の海洋プレートの沈み込みによって、エネルギーの流出が妨げられているので、熱流量は(ア)で大きく、(イ)で小さい。
- 問 C 大陸地域の平均的な熱流量の 0.06W/m^2 は厚さ約 22km の花崗岩の発熱量に相当する。この事は、大陸の熱流量のほとんどが大陸地殻内の発熱による事を示し、マントルからの熱流量は0に近いと考えられる。
- II 問 A 高地が古い。理由：月の表面では浸食が起こらず、形成されたクレーターはほとんどそのまま残る。従って、古い地域ほどクレーターが多い。
- 問 B 切られている岩層は、これを切っている岩層よりも古い事と、上に重なる岩層ほど新しい事、の二つによる。
- 問 C 地球の表面では、地殻変動と水・大気による激しい浸食によって地形は絶えず変化し、クレーターは消滅していく。従って、クレーターはごく新しいものが、地形変化の少ない地域に見られるに過ぎない。

第1問 解説

- I 問 B 海嶺ではマントル内部から高温の物質が上昇してプレートが形成されており、これに伴ってエネルギーが運ばれるので熱流量が大きい。一方、海嶺で生産されたプレートは冷えながら動いて、海溝で沈み込んでいる。これが海溝付近の熱流量が小さい原因である。
- 問 C 花崗岩の発熱量は $2.7 \times 10^{(-6)}\text{W/m}^3$ であるから、大陸地域の地殻熱流量の 0.06W/m^2 を放出するのに必要な花崗岩の厚さは、 $0.06\text{W/m}^2 / 2.7 \times 10^{(-6)}\text{W/m}^3 = 2.2 \times 10^4\text{m} = 22\text{km}$ である。
大陸地殻の厚さを 30km としても、ここに 22km 程度の厚さの花崗岩が存在する事は十分にあり得る。従って、大陸地域の熱流量の大半が、地殻を構成する岩石によって賄われていると考えられる。
- II 問 A 月の表面には大気がなく、浸食作用や堆積作用は起こらない。従って、ここに生じた隕石クレーターなどの地形は消滅する事はないので、表面には時間と共に新しいクレーターが加わり、増加する。月の高地にクレーターが多く、海に少ないのは、海の地形が高地の地形よりも新しいことを示している。
- 問 C 月面に生じた地形はほぼ永久的に残存するが、地球の表面の地形は、地殻変動と堆積作用によって絶えず変化しており、古い地形が残存しない。この為、地球表面に見られるクレーターは新しいものに限られ、地殻変動や雨の少ない地域以外にはほとんど見られない。

第2問 解答

- I 問 A 多量の潜熱が出入りして温度変化を妨げる。
問 B 常温で大循環を行い、低温で氷になる。
問 C 産出する化石と同じ生物が現在生息している環境を調べる。
問 D 隆起、沈降がほとんどないこと。
問 E 1 : 10^4 2 : 10^6
- II 問 A 熱水溶液および堆積岩の成分、反応時の圧力と温度。
問 B d 理由 : 石灰岩と熱水の反応で生成されるのは Ca を含むケイ酸塩だから。
問 C 固溶体 (Ca, Fe, Mg)SiO₃

第2問 解説

- I 問 A 水の比熱と潜熱が大きいことが、水の状態と温度の変化を妨げ、気候の安定に寄与している。
問 B 水蒸気は風の一部として大循環し、水は海洋で大循環して低緯度から高緯度にエネルギーを運ぶ。
問 C 気温が上昇すると、生物群もそれに適応して変化する。地質時代の気候変化は示相化石で分かる。
問 D 地球上には地殻変動の激しい地域とそうでない地域とがある。例えば、沈降している地域では、かつて陸上に生じた地形も海面下に没している。従って、地質時代の海面の位置を知るには楕状地のような安定した地域でなければならない。
問 E 氷河時代は第四紀更新世で、その絶対年代は約1万年から約170万年の間である。
- II 問 A 鉱物を決めるのは化学組成と生成時の温度と圧力である。同一の化学組成からも、温度と圧力に応じて異なった鉱物ができる。こうしてできた鉱物を多形という。
問 B 石灰岩と花崗岩の接触部には、接触変性作用によって、Ca を含むケイ酸塩鉱物ができる。これをスルカンという。ここで生成されるザクロ石には Ca が含まれている。
問 C 表からは、試料1～4のいずれも、Ca + Fe + Mg = 20、O = 60、Si = 20 となっており、これらの比は 1 : 3 : 1 である。よって、その化学組成は (Ca, Fe, Mg)SiO₃ である。
Mg と Fe の量が試料によって異なるのは、輝石が固溶体であることを示している。試料に Ca が多く含まれているのは、この輝石が変性作用で生じたからである。

第3問 解答

- I 文 A 地球大気においては、オゾン層が太陽紫外線を吸収し、そのエネルギーによって大気が加熱されているから。一方、金星大気にはオゾン層は存在しないので、このような気温の極大は現れない。
- 文 B 金星には地球よりもはるかに多くの大気があるが、主成分は二酸化炭素である。この為、金星が吸収する太陽の放射エネルギーは地球よりも少ないが、温室効果が地球よりもはるかに大きいので、大気下層の温度が高い。
- 文 C 金星に入射する太陽エネルギーは地球の約2倍に達するが、雲が厚いために、その反射能力は地球の2倍以上もあり、吸収するエネルギーは地球よりも少ない。従って、そのエネルギーを放射する大気上層の温度は地球よりも低い。
- 文 D 高度100~300kmの大気層では、空気は希薄であるが、太陽放射の紫外線がここで吸収されて高温になる。

- II 問 A 超新星を出た光が星間雲で反射した後、地球に達するまでの経路は、Pを超新星、Qを地球、Rを星間雲として、問題図のPR+RQになる。

$$\begin{aligned} PR+RQ &= (b^2+x^2)^{1/2} + \{(a-b)^2+x^2\}^{1/2} \\ &= b(1+x^2/b^2)^{1/2} + (a-b)\{1+x^2/(a-b)^2\}^{1/2} \\ &\doteq b(1+x^2/2 \times b^2) + (a-b)\{1+x^2/2 \times (a-b)^2\} \\ &= a + x^2/2b + x^2/2(a-b) = \underline{a + \{ax^2/2b(a-b)\}} \text{ 年} \cdots \text{①} \end{aligned}$$

- 問 B xが、 x_1 から x_2 になったとき、上の値の変化は、

$$\begin{aligned} [a + \{ax_2^2/2b(a-b)\}] - [a + \{ax_1^2/2b(a-b)\}] \\ &= a(x_2^2 - x_1^2) / 2b(a-b) \quad a \gg b \text{ であるから、} a-b \doteq a \text{ として} \\ &\doteq a(x_2^2 - x_1^2) / 2ab = (x_2^2 - x_1^2) / 2b \cdots \text{②} \end{aligned}$$

$$x_2 = 40, \quad x_1 = 30, \quad b = 1000 \quad \text{として、②に代入して、} \underline{0.35 \text{ 年}}$$

$$x_2 = 100, \quad x_1 = 90, \quad b = 1000 \quad \text{として、②に代入して、} \underline{0.95 \text{ 年}}$$

- 問 C 超新星を中心とした円板状で、土星の環のようなもの。

第3問 解説

- I 問 A 地上から高さ約20~30kmの範囲には、他に比べてオゾン(O₃)が最も多く含まれている。オゾンは太陽からの紫外線をよく吸収するので、この付近の気温は比較的高い。しかし、気温が極大になるのは、高さ約50km付近である。オゾンが生成・分解するとき、および太陽の紫外線を吸収するとき、熱を発する。しかし、その発熱量はオゾンの密度だけでなく、そこまで到達した紫外線の量にも関係する為、オゾンの密度が最大の層と、温度が極大になる層との間にずれがある。オゾン層は太陽放射に含まれる有害な紫外線をよく吸収し、地上の生物を守る役割を果たしている。

問 B 大気は太陽放射の中心となっている可視光線に対して、ほぼ透明であるから、可視光線は地表に達し、ここで吸収される。地表の温度は低いので、地表で吸収されたエネルギーは赤外線として放射される。しかし、大気中の CO₂ や H₂O がこれを吸収して地表に向けて赤外線を放射するので、地表で吸収されたエネルギーが宇宙空間に逃げるのが妨げられる。この CO₂ と H₂O による働きを温室効果という。金星には厚い雲があり、この反射によって金星が吸収するエネルギーは地球より少なくなっている。しかし、空気の量は地球より多く、その大半が CO₂ であるため、温室効果が非常に大きく、大気下層の温度は地球よりもはるかに大きい。

問 C 金星は太陽から 0.7 天文単位のところにあり、単位面積当たりに入射する太陽エネルギーは地球の約 2 倍だが、雲が厚いため、反射能が地球の 2 倍以上あり、単位面積の吸収するエネルギーは地球よりも小さくなる。シュテファン・ボルツマンの法則によると、放射エネルギーは表面温度の 4 乗に比例し、表面温度は放射エネルギーの関数である。金星や地球では放射エネルギーは吸収するエネルギーに等しいと考えてよいから、吸収するエネルギーの少ない金星の表面温度は地球より低くなければならない。

問 D 熱圏は太陽放射の紫外線を吸収することで高温を保っている。大気圏に入射する紫外線は吸収されながら地表に向かうので、上空ほど強く、上空ほど空気が希薄なので、熱圏では上空ほど温度が高い。熱圏の温度は紫外線の吸収に支配されており、惑星が吸収する全エネルギーとは直接関係がない。

II 問 C 超新星の周囲に星間雲が超新星を中心とする円板状に分布しているとき、円板が地球と超新星を結ぶ直線と垂直の場合は円形のリングをつくる。斜交する場合は、超新星の上下・左右で対称にはならないが、リングができる。

配点

第1問 (35点)

I A : 8点 B・C : 各6点 計20点

II 各5点 計15点

第2問 (30点)

I 各3点 計15点

II 各5点 計15点

第3問 (35点)

I 各5点 計20点

II A・B : 各6点 C : 3点 計15点

六日目

神は獣と家畜を創り、神に似せた人を創った

第1問

I 次の文章を読み、以下の問 A~C に答えよ。

主系列星の光度は質量の4乗に比例する事が知られており、星の進化はその質量に大きく左右される。一方、星が主系列に留まる時間はその質量に比例し、光度に反比例する。そして、太陽質量の星の主系列星としての寿命は約 10^{10} 年である。従って、太陽質量の10倍以上もある大質量星の主系列星としての寿命は短く、その後、これらの星は HR 図でほぼ一定の光度を保ちながら、赤色巨星に進化していくと考えられている。これらの星はやがて超新星爆発を起こし、星の内部でつくられていた様々な元素を星間空間に放出する。このようにして、星における核反応によりいわば汚染された星間ガスから次の世代の星が生まれる。現在観測されている大質量星や、約 50 億年前に誕生したとされている太陽も、前の世代の星により既に汚染された星間ガスから生まれたものである。

一方、質量の小さい星は進化が遅く、銀河系の形成と相前後して生まれた宇宙年齢と同じ程度に古い星も現在まで生き残っている。このような星の代表的な例は球状星団の星である。また、これら球状星団の星は一般に金属元素の量が、太陽や上に述べた大質量星などの種族 I の天体に比べて少なく、100分の1程度である事が知られている。球状星団は典型的な種族 II の天体である。

問 A 太陽光度の 160000 倍の主系列星の寿命は約何年か。また、光度を一定に保ちながら、表面温度が 4000°C の赤色巨星に進化した時の半径は、太陽半径の何倍になっているか。(但し、太陽の表面温度は 6000°C とする)

問 B 球状星団の星の年齢が宇宙年齢と同程度であることは、どのようにして分かったか。100 字以内で述べよ。

問 C 種族 I と種族 II の天体の基本的な違いは何によると考えられているか。100 字以内で述べよ。

II 次の文章を読み、以下の問 A~D に答えよ。

原始太陽系星雲中で、太陽および惑星が形成された際、隕石のような小天体ができ、それらが集まって、地球が形成されたと考えられている。下表は、太陽系形成時の記録を残している始原的な隕石 I の酸素以外の主な元素の化学組成と、地殻の平均化学組成 (Si を 1.0 とした時の原子の数) を示したものである。隕石 I の化学組成を持つ原物質から地球が形成されたと仮定して、以下の問いに答えよ。

| | 隕石 I | 地殻 |
|----|------|------|
| Na | 0.06 | 0.13 |
| Mg | 1.07 | 0.09 |
| Al | 0.08 | 0.31 |
| Si | 1.00 | 1.00 |
| Ca | 0.07 | 0.09 |
| Fe | 0.91 | 0.09 |

問 A 原始太陽系星雲とほぼ同じ化学組成をもつと考えられる現在の太陽の化学組成と比較して、隕石 I が形成された時に、その中に取り込まれなかった主要な元素を二つ挙げよ。

問 B 表から考えて、地殻に濃縮した元素を多く含む代表的なケイ酸塩鉱物は何か。

問 C Fe が全て核に濃縮したと仮定した場合、マンツルの平均化学組成の Mg/Si 比に最も近い代表的なケイ酸塩鉱物は何か。 Na、Al、Ca は無視する。

問 D 問 C で求めた鉱物では実際には Fe 等も含まれることが多い。このように数種類の原子が置換しあって化学組成が連続して変わることを何というか。

第2問

I 以下の文章を読んで、問 A～C に答えよ。

大洋中央海嶺で生成された海洋底は、地質学的な時間の経過と共に、中央海嶺から離れていく。中央海嶺から離れると共に、海底の水深も増加していく。図1はその関係を示す一例である。重力異常や地殻熱流量などの観測データによれば、この水深変化は海域の固体地球の表層部が冷えて収縮する事を表している。この冷却過程は、海洋底から海水中に放出される熱量の大部分を作り出す重要な過程である。

固体地球表層の冷却は、実際には複雑な問題を含んでいるが、ここでは図2に示すような簡単なモデルを想定し、その冷却過程を調べる事にする。固体地球の内部はアセノスフェアと呼ばれる均一な流動性の岩石(温度 1300°C 、密度 3300kg/m^3)でできており、それが冷却されてできた表層の部分をリソスフェアと呼ぶことにする。堆積層を含む海底の地殻構造の変化は水深の変化に比べて小さいので、ここではその影響は考えない事にする。簡単化のために、海嶺の軸ではリソスフェアの厚さは0であり、時間と共に海水により冷却されて厚くなるとする。リソスフェアの上面の温度を 0°C 、下面の温度を 1300°C とし、便宜上、その内部の温度を鉛直方向に平均した値を一定値 800°C とする。なお、海水の密度を 1000kg/m^3 とし、アセノスフェアおよびリソスフェアの体積膨張率(1°C の温度変化に対して体積が変化する割合)および比熱(単位重量の岩石の温度を 1°C 上昇させるのに必要な熱量)をそれぞれ、 $2.5 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 、および $1.0 \times 10^3\text{J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ とする。

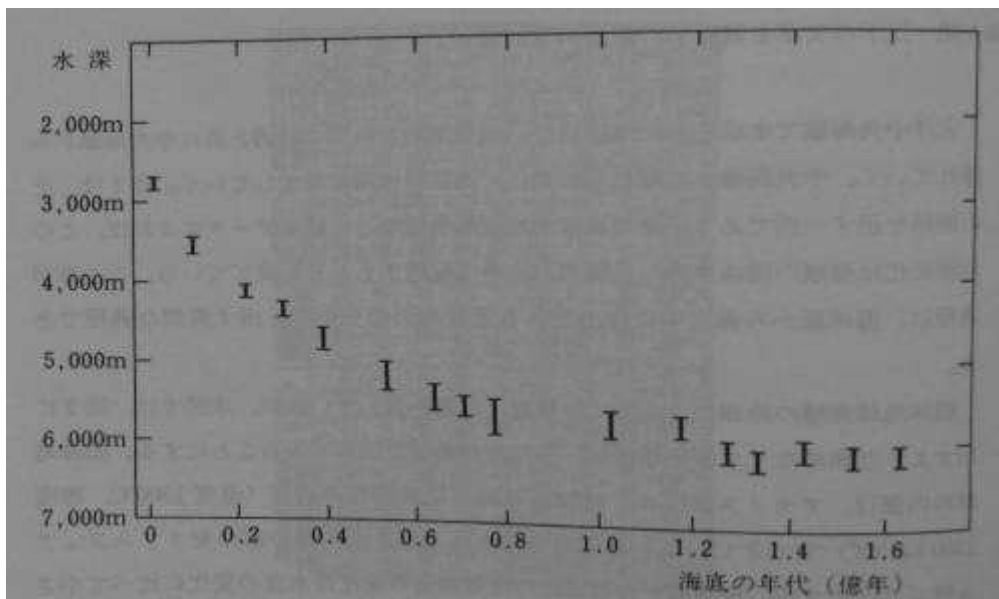


図1 北太平洋の水深の変化

- 問 A リソスフェアの平均密度を有効数字 2 桁まで求めよ。
- 問 B 年代が 1 億年である海底の水深は、中央海嶺の軸上の水深と比べて、平均して約 3 km 増加している。 アイソスタシーが成立しているとして、年代が 1 億年のリソスフェアの平均の厚さを 1 km の桁まで求めよ。
- 問 C 海洋底の移動速度を一定とすれば、リソスフェアの形は図 2 に示したように決まり、時間が経過しても変化しない。 また、海洋底の総面積を一定とすると、新たに生成される海洋底の面積と沈み込み等で消え去る海洋底の面積は等しい。 この時、リソスフェアの成長により一定期間中に全海洋底から海水中に放出された熱量の総計は、その期間に沈み込み等で消え去った海域のリソスフェアを生成する際に放出された熱量と同じである。 海洋リソスフェアの成長による熱の放出が、地球内部から単位時間に放出される全熱量 $4.2 \times 10^{13} \text{W}$ の何%になるか求めよ。 なお、中央海嶺で生成された海洋底の総面積は $2.8 \times 10^8 \text{km}^2$ であり、毎年新たに生成される海洋底の面積は 2.8km^2 である。 また、1 年は 3.2×10^7 秒、 $1 \text{W} = 1 \text{J/s}$ である。

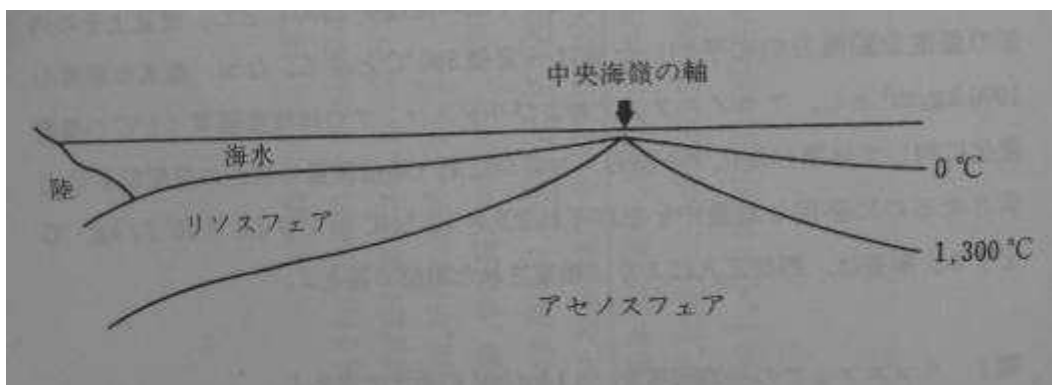


図 2 固体地球表層の冷却モデル

II 次の文章を読み、以下の問 A～C に答えよ。

地表に露出する岩石は、形成された環境と地表の環境とが異なる為に一般に不安定で、地表条件で安定な状態へと変化しようとする。こうした変化を（ 1 ）作用と呼ぶ。（ 1 ）作用は更に温度変化に伴う体積変化による亀裂の形成や、その亀裂に水が浸み込んで氷結・融解を繰り返し、亀裂形成が促進されることによる（ 2 ）作用と、大気中の酸素や二酸化炭素などを溶かし込んだ水が岩石を形成する鉱物と反応し、鉱物の融解や分解が促進される事になる（ 3 ）作用とに細分される。（ 1 ）作用を受けた岩石は、浸食されて砕屑粒子となり、鉱物の溶解により溶け出した Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ などのイオンや SiO_2 と共に海に運搬されて堆積する。こうして形成された堆積物は、次第に埋没し、固結して堆積岩へと変化する。堆積岩には、岩石片や造岩鉱物粒子などの粗粒な砕屑物からなる（ ア ）と、海水中に溶存する Ca^{2+} イオンや炭酸イオンを（ イ ）などが固定し、その遺骸が集積して出来た（ ウ ）や、同じく海水中に溶存する SiO_2 を（ エ ）などが固定し、その遺骸が集積してできた（ オ ）といった生物起源のものがある。これら砕屑性の堆積岩と生物起源の堆積岩の相対的比率は時代により変化し、その時代の表層環境を反映していると考えられる。

問 A 上の文中の空欄（ 1 ）～（ 3 ）に適切な語句を入れよ。

問 B 上の文中の空欄（ ア ）～（ オ ）に下の語群から適切な語句を入れよ。

語群： 泥岩 珊瑚や有孔虫 苦灰岩 石灰岩 ゴカイ クロロフィル
放散虫や珪藻 石炭 石油 礫岩や砂岩 チャート
粘土鉱物 岩塩 有機物 凝灰岩

問 C （ 3 ）作用が（ 2 ）作用に比べて卓越する時代には、どのような堆積岩が多く形成されると考えられるか。堆積岩の種類を2つ挙げ、そのように考えられる理由を50字以内で述べよ。

第3問

I 次の文章を読んで、問 A～C に答えよ。

ある地域の地質調査を行った結果、この地域には下表に示す4種類の岩石 A、B、C、Dがあり、それらの分布は図1のようになっている事が分かった。AとBの境界およびCとDの境界が断層でないことも分かった。北側のA、B分布域と南側のC、D分布域の間は新しい堆積物で覆われていて、BとCとの関係を直接観察することはできなかった。

これらの岩石の密度はいずれも $2.7\sim 2.8\text{g/cm}^3$ であった。

また、図2は、これらの岩石を構成するいくつかの鉱物が安定的に存在する温度と圧力の範囲を示すものである。

問 A A、B、C、Dの岩石それぞれの生成した温度と圧力の範囲を図示せよ。

問 B AとBの境界付近にある岩石が生成した圧力の範囲はどのくらいか。また、BとCとの境界付近にある岩石についてはどうか。

問 C BとCとの関係は、観察することは出来ないが、断層であると推定する事ができる。何故、そのように推定する事ができるのか、理由を200字程度で述べよ。

| 岩石 | 構成鉱物 |
|----|-----------------|
| A | 石英 黒雲母 白雲母 ラン晶石 |
| B | 石英 黒雲母 白雲母 ケイ線石 |
| C | 石英 黒雲母 白雲母 紅柱石 |
| D | 石英 黒雲母 カリ長石 紅柱石 |

岩石の構成物質

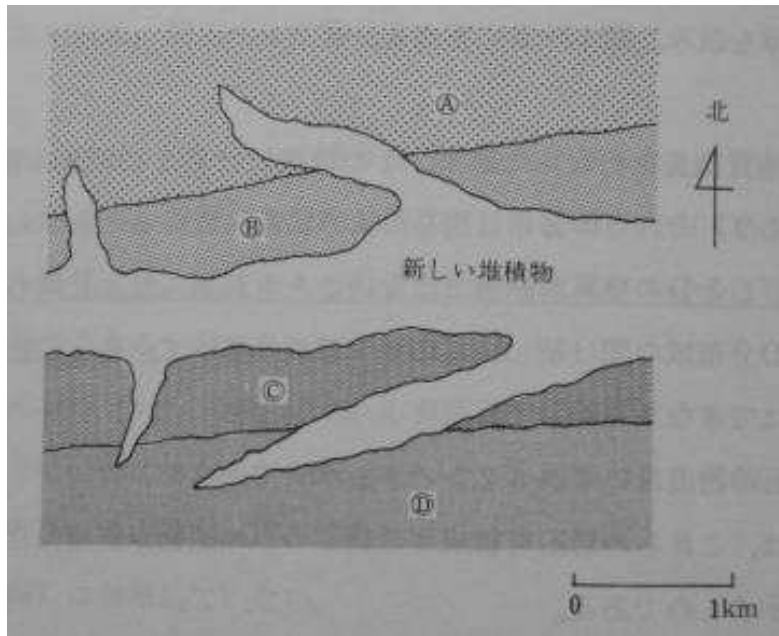


図1 岩石の分布図

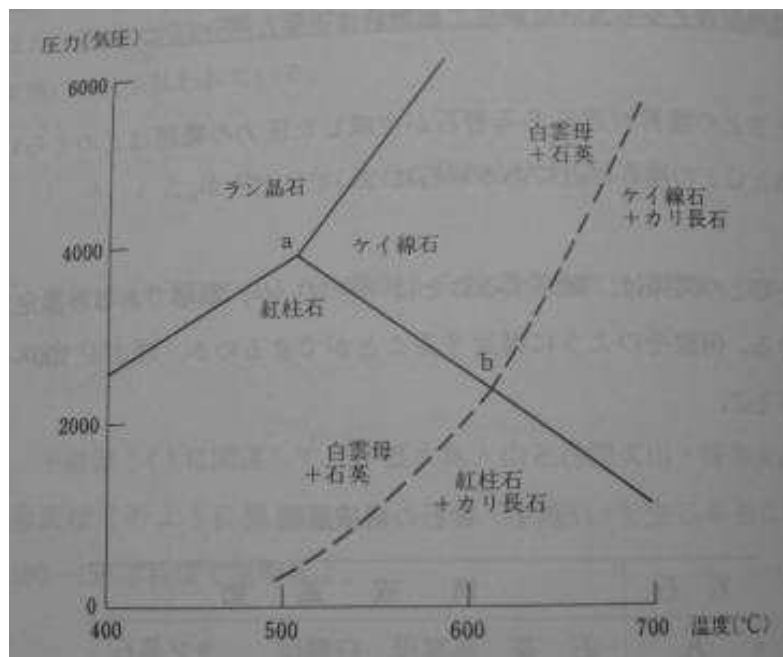


図2 鉱物が安定的に存在する温度と圧力の範囲図

II 次の文章を読み、以下の問 A~E に答えよ。

なお、MgO、FeO、SiO₂ の分子量をそれぞれ、40.3、71.8、60.1 とする。

下表は鉱物 A とマグマ B の化学組成を示している。このマグマ B から、鉱物 A が晶出して取り去られると、(ア)残りのマグマの化学組成は変化する。このような、(イ)マグマから結晶が晶出してマグマの化学組成が変化する作用により、地下深部でできたマグマからいろいろな化学組成のマグマができると考えられている。

| | 鉱物 A | マグマ B |
|--------------------------------|-------|-------|
| SiO ₂ | 40.32 | 50.30 |
| TiO ₂ | 0.0 | 0.52 |
| Al ₂ O ₃ | 0.0 | 16.31 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.0 | 0.90 |
| FeO | 12.76 | 8.68 |
| MgO | 46.72 | 9.61 |
| CaO | 0.0 | 10.98 |
| Na ₂ O | 0.0 | 2.52 |
| K ₂ O | 0.0 | 0.18 |

数値は酸化物重量パーセント

問 A 鉱物 A の化学式は原子比で表現すると、Mg(x)Fe(y)Si(z)O(x+y+2z)の形に書ける。

(x + y) / z の値を求めよ。

問 B 鉱物 A の鉱物名を記せ。

問 C マグマ B の種類を次の a~d の中から選べ。

a: 玄武岩質マグマ b: 安山岩質マグマ c: デイサイト(石英安山岩)質マグマ

d: 流紋岩質マグマ

問 D 下線部(ア)に関して、もとのマグマ B に比べて重量パーセントが減少する成分は何か。

問 E 下線部(イ)の事を何というか。

第1問 解答

I 問 A 任意の恒星と太陽の質量、光度、主系列星としての寿命、半径、表面温度を $m_0, m_1, l_0, l_1, t_1, t_2, r_1, r_2, T_1, T_2$ とする。

星の光度は質量の4乗に比例するから、 $l_1/l_2 = (m_1/m_2)^4 = 160000/1 \cdots \textcircled{1}$

従って、 $(m_1/m_2)^4 = 20^4 \quad m_1/m_2 = 20 \cdots \textcircled{2}$

星の寿命は質量に比例し、光度に反比例するから、 $t_1/t_2 = (m_1/m_2)(l_2/l_1)$

これを①に代入して、 $t_1/t_2 = (m_1/m_2)(m_2/m_1)^4 = (m_2/m_1)^3 \cdots \textcircled{3}$

③を②に代入して、 $t_1/t_2 = (1/20)^3$

$t_2 = 10^{10}$ 年であるから、 $t_1 = 10^{10}/20^3 \doteq \underline{1 \times 10^6 \text{ 年}}$

S・ボルツマンの法則により、 $l_1/l_2 = (4\pi r_1^2 \sigma T_1^4) / (4\pi r_2^2 \sigma T_2^4)$

よって、 $r_1/r_2 = (l_1/l_2)^{1/2} \times (T_2/T_1)^2$

この式に $l_1 = 16000, l_2 = 1, T_1 = 4000\text{K}, T_2 = 6000\text{K}$ を代入して、

$r_1/r_2 = (16 \times 10^4)^{1/2} (6000/4000)^2 = \underline{9 \times 10^2 \text{ 倍}}$

問 B 星の寿命は光度によって決まる。従って、一つの球状星団の中で、最も光度の大きい主系列星の寿命が、その球状星団を構成する星の年齢であって、どの球状星団についても、それが宇宙の年齢に近いから。

問 C 二つの種族の天体の基本的な違いは、それらの天体が生まれてからの時間によるものである。散開星団など種族 I の星は比較的最近生まれたものであり、球状星団など種族 II の星は宇宙年齢に近い星である。

II 問 A H、He 問 B 斜長石 問 C 輝石 問 D 固溶体

第1問 解説

I 問 B 一つの星団を構成する星はほぼ同時期に生まれたものである。球状星団については光度の大きい主系列星がなく、これは光度の大きな星が主系列星の段階を過ぎた老齢の星である事を示している。

問 C 種族 I の星は太陽や散開星団などで、銀河の円盤部に分布している初期に生まれた星のうち、質量(光度)の大きな星が超新星になって、宇宙空間に放出した Fe など重い元素を含む星間物質から形成されたものである事を示している。種族 II の星は球状星団を構成する星など、主に銀河系のハローに分布している。これはビッグバン後間もなく、宇宙が H、He など軽い元素によって構成されていた頃に形成されたもので、Fe など重い元素はほとんど含まず、その年齢は宇宙の年齢に近い。

II 問 A 太陽は主に水素とヘリウムによって構成されるが、隕石にはほとんど含まれていない。

問 B 斜長石(Na,Ca)(Al,Si)4O8 はほとんどの火成岩に含まれる、地殻構成鉱物中、最大のものである。

問 C マントルの化学組成は石質隕石に近く、Mg/Si=1 の化学組成を持つケイ酸塩鉱物は輝石である。

問 D 輝石は Fe、Ca を含むことが多い固溶体である。化学組成は(Ca,Fe,Mg)SiO3 である。

第2問 解答

I 問 A 1300°C、体積 V_0 、密度 ρ_0 のアセノスフェアから、800°C、体積 V_1 、密度 ρ_1 のリソスフェアが生じたとすると、 $(V_0 - V_1) / V_1 = 2.5 \times 10^{-5}(1300 - 800)$
これを解いて、 $V_0 / V_1 = 1.0125$ となる。 $V_0 / V_1 = \rho_1 / \rho_0$ であるから、
 $\rho_1 = 1.0125 \rho_0 = 3300 \times 1.0125 = 3341.3 \text{ kg/m}^3 \approx \mathbf{3.3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3}$

問 B 水深が 3km 増加した地域のリソスフェアの厚さを $x \text{ km}$ とし、中央海嶺との間でアイソスタシーが成り立っているとすれば、

$$1000.0 \times 3.0 + 3341.3 x = 3300.0(x + 3) \quad \mathbf{x = 167 \text{ km}}$$

問 C 中央海嶺で生成された海洋底の総面積が $2.8 \times 10^8 \text{ km}^2$ 、毎年生成される海洋底の面積が 2.8 km^2 とすれば、最古の海洋底の年齢は、 $2.8 \times 10^8 / 2.8 = 10^8$ 年
1 億年前に生成された厚さ 167km、面積 $2.8 \times 10^8 \text{ km}^2$ のリソスフェアが 1 年間沈み込んでいく。リソスフェア生成に伴って放出されるエネルギーを E_1 、地球内部から 1 年間に流出するエネルギーを E_2 とすると、

$$E_1 = 1.0 \times 10^2(1300 - 800) \times 2.8 \times 10^6 \times 167 \times 10^3 \times 3.3 \times 10^3 = 7.7 \times 10^{20} \text{ J}$$

$$E_2 = 4.2 \times 10^3 \times 3.2 \times 10^7 = 1.34 \times 10^{21} \text{ J} \quad E_1/E_2 = 0.57 \quad \mathbf{57\%}$$

II 問 A 1：風化 2：物理的風化 3：化学的風化

問 B ア：礫岩や砂岩 イ：珊瑚や有孔虫 ウ：石灰岩

エ：放散虫や珪藻 オ：チャート

問 C 石灰岩とチャート 理由：化学的風化作用に伴って水に溶けた物質が海に運ばれ、石灰岩やチャートができる。

第2問 解説

II 問 A 風化作用は物理的風化作用と化学的風化作用から成り立っている。気温の変化が繰り返されると、鉱物によって膨張率が異なる為、岩石を構成する鉱物の間に割れ目が生じたり、その隙間に入り込んだ水が凍結して体積が増大する事により、岩石が崩壊する。これが物理的風解である。また、地表では水や二酸化炭素、酸素などが岩石と反応し、粘土鉱物など新しい物質を作ったり、一部の成分を溶脱したりする。これが化学的風化作用である。

問 B 堆積岩には礫岩、砂岩、泥岩など砕屑物によって構成される砕屑岩、水に溶けた物質、 NaCl 、 CaCO_3 、 SiO_2 などが沈殿することによって形成される化学岩、生物の遺骸が集積して形成される生物岩がある。チャートは放散虫、珪藻など、 SiO_2 を含む生物の集積によって、また、石灰岩は珊瑚、有孔虫など CaCO_3 の殻を持つ生物の集積によって形成される事が多い。

問 C 化学的風化が卓越する地域では、岩石の分解によって生じた Ca^{2+} 、 SiO_2 などが多量に水によって海に運ばれるので、海では Ca を含む石灰岩や SiO_2 を含むチャートができやすい。

第3問 解答

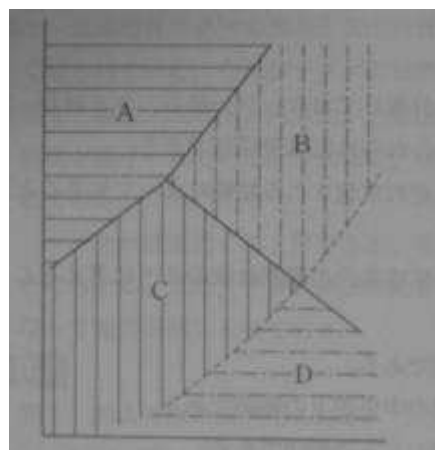
I 問 A 右図のようになる。

問 B A と B : 4000 気圧以上

B と C : 生成時に B と C とは接していなかったため、B 側と C 側では圧力が異なっており、与えられた条件だけではそれを知る事ができない。

問 C 構成鉱物によると、B は A よりも高温 D は C よりも高温であるが、それぞれ

地殻内の連続した地域で生成されたことが分かる。しかし、A と B および C と D の生成条件を比べると、A と B は C と D よりもかなり高圧下の深い地殻内で生成された事が分かる。このように、異なったところで生成されたにも関わらず、現在 B と C が接して露出しているのは、生成後に両者の位置が変動した事を示しており、断層の関係にあると判断できる。



II 問 A 与えられた表と分子量から、3つの酸化物のモル比を求めると、次のようになる。

$$\text{MgO: } 46.92/40.3 = 1.16 \quad \text{FeO: } 12.76/71.8 = 0.18 \quad \text{SiO}_2 = 40.32/60.1 = 0.67$$

このモル比は Mg、Fe、Si のモル比に等しい。

$$\text{よって、} (x + y) / z = (1.16 + 0.18) / 0.67 = \mathbf{2.0}$$

問 B カンラン石 問 C a 問 D MgO、FeO 問 E 結晶分化作用

第3問 解説

I 問 A 図2から A、B、C、D の生成条件の範囲は次のように考えられる。 A : ラン晶石を含むから、図の左上の範囲になる。 B : ケイ線石、白雲母、石英を含むので、図の中央部上の範囲である。 C : 紅柱石、白雲母、石英を含むので、図の左下の範囲である。 D : 紅柱石、カリ長石を含むから、図の右下の範囲である。 以上より A~D の生成範囲を図示すると、解答のようになる。

問 B A と B の境界の圧力は 4000 気圧以上になる。 B と C の境界の圧力は図から約 2000~4000 気圧になるが、B と C とは生成時に接していなかったため、B と C の境界線は岩石の分布図の B と C の境界付近の岩石の生成条件を満たしていない。

問 C 地球内部では深いほど、圧力と温度が高くなる。 C と D を生成した変成作用は低圧型の変成作用で、比較的浅いところで起こっている。一方、A と B とはより高圧型の変成岩で、C や D よりも深いところで生成された。 以上のように、生成条件の異なる二つの変成岩が接しているのは、生成後に起こった変動の為、二次的に接するようになったと考えられる。

II 問 B モル比で $(\text{Mg} + \text{Fe}) / \text{Si} = 2$ のケイ酸塩の化学式を示すと、 $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$ であり、この鉱物はカンラン石である。

問 C SiO_2 を重量比で約 50% 含むマグマは玄武岩質マグマである。

問 D マグマ B からカンラン石が晶出する時、重量比の減少する成分は、マグマ B の中よりもカンラン石の中でその重量比の多い成分である。それは、 MgO と FeO である。

問 E マグマの中で鉱物が晶出し、そのマグマから分離してマグマの成分が変化する作用を結晶分化作用という。

配点

第1問 (30点)

I A: 10点 B・C: 各5点 計20点

II A: 4点 B~D: 各2点 計10点

第2問 (35点)

I A・B: 各7点 C: 6点 計20点

II A: 2点×3 B: 1点×5 C: 4点 計15点

第3問 (35点)

I A: 8点 B・C: 各6点 計20点

II A: 5点 B・D: 各3点 C・E: 各2点 計15点

七日目

神は休んだ

第1問

I 次の文章の空欄1～10に、次ページの語群から適当な言葉や式を選んで埋めよ

我々の銀河系は、写真1、2に示す銀河とよく似た、円盤状の(1)の一つである。写真1は正面(回転軸の方向)から、写真2は真横(銀河面の方向)から見た写真である。我々は銀河面の近くに住んでいるので、銀河系は我々を取り巻く星の帯、天の川として見える。

写真1の銀河には数本の光る腕が見える。この腕では、星の密度の高まりによる重力の影響で(2)が強く圧縮されて、(3)が促進される。従って(4)が集中しているので、腕状に明るく光って見える。

太陽系は銀河系の周りをほぼ円軌道を描いて運動している。この軌道の半径 R_0 、つまり太陽の銀河中心からの距離を求める方法について考えてみる。銀河系の中心は、光では(2)による吸収のためによく見えない。そこで銀河系の中にほぼ球対称に分布するたくさんの(5)の分布の中心を求め、そこを銀河中心とみなす。(5)の距離は、そこに含まれている(6)を使って、その周期と光度の関係から(7)を求め、見掛けの等級と比べて決めることが出来る。こうして求められた R_0 は、おおよそ25000光年である。

次に銀河系の回転について考える。太陽の軌道速度 V_0 は、太陽を取り巻く星などの動きを観測して求める事ができ、おおよそ200km/sである。つまり、太陽は約(8)の周期で銀河系を公転していることになる。さらに中性水素ガスの出す波長21cmのスペクトル線を観測して、銀河系各部の運動を調べてみると、銀河中心の周りにはほぼ円運動をしており、その速度 V は半径によらずほとんど一定で、 $V = V(R) \cong V_0$ である事が分かる。

半径 R の内側に含まれる銀河系の質量 M と V および R の関係を考えてみる。この関係は M が銀河中心に集まっていると近似して、万有引力と遠心力の釣り合いから求められ、おおよそ(9)と表される。このことから太陽の公転半径 R_0 の内側に含まれる銀河系の質量は、おおよそ(10)である事が分かる。

銀河系だけでなく、多くの系外銀河についても、その回転速度は半径によらず外縁部までほぼ一定である。この事は、ある半径内に含まれる銀河の質量は、半径と共に増え続ける事を示している。一方、写真のように銀河のずっと外縁部では、星などがそれほど大量に観測されていない。銀河系の外縁部で、直接観測されないのに質量だけは大量に含まれているという矛盾は、「ミッシングマス」の問題として、現代天文学の大きな謎である。

語群： 星の形成 新星 超新星 超新星の残骸 若く明るい星 赤色巨星
 ケフェウス型変光星 連星 絶対等級 年周視差 視直径 星間物質
 散開星団 球状星団 渦状銀河 楕円銀河 200 万年 2000 万年
 2 億年 $2 \times 10^{30} \text{kg}$ $2 \times 10^{36} \text{kg}$ $1.4 \times 10^{41} \text{kg}$
 $M \doteq VR^2/G$ $M \doteq V^2 \times R/G$ $M \doteq V^2 \times R^2/G$
 (但し、 $G = 6.7 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ は万有引力定数)

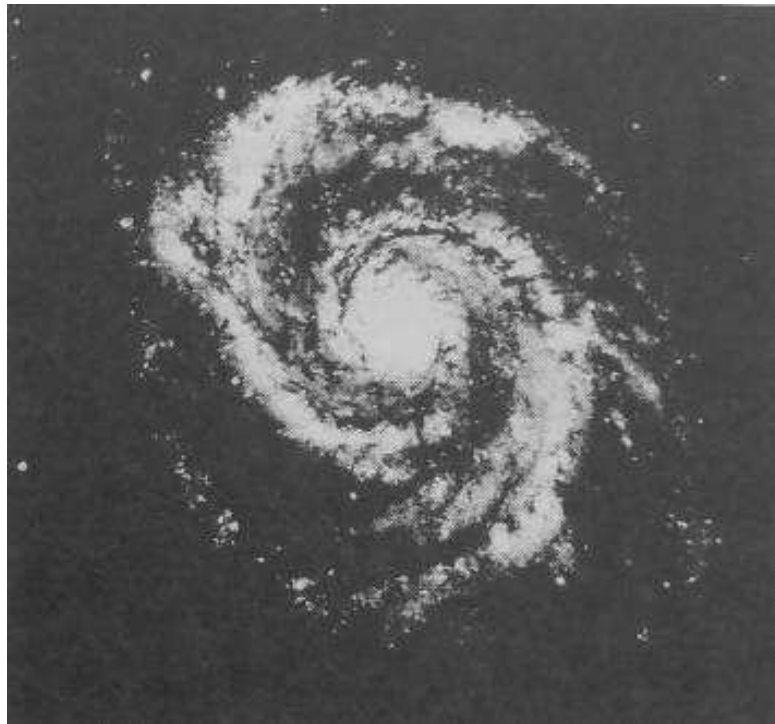
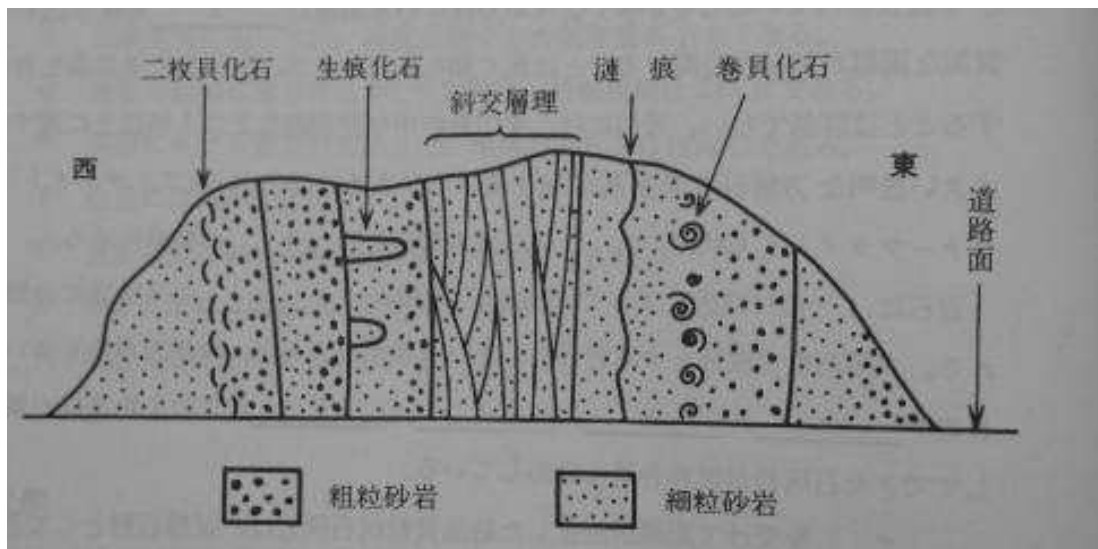


写真1 M51



写真2 NGC4565

II 東西方向を走る道路の北側の崖に、下図のような一連の砂岩からなる地層が観察される。この地層は層理面がほとんど直立し、ところどころに化石を含み、特徴的な堆積構造も見られる。この地層について、以下の問 A および B に答えよ。



問 A 次の a~d のうち、正しいと考えられる解釈を一つ選べ。

- a) この地層は、西側にあった崖に沿って、現在見られるようなほぼ直立した地層面をもって堆積した。東側の地層が新しい。
- b) この地層は、東側にあった崖に沿って、現在見られるようなほぼ直立した地層面をもって堆積した。西側の地層が新しい。
- c) この地層は、ほぼ水平に堆積したが、後で地殻変動を受けて層理面が直立した。東側の地層が新しい。
- d) この地層は、ほぼ水平に堆積したが、後で地殻変動を受けて層理面が直立した。西側の地層が新しい。

問 B 上図に示されている斜交層理、漣痕(リップルマーク)、砂岩の粒度変化、3種類それぞれの化石の中から、地層の新旧の判定に役立つ特徴をできるだけ多く選び、判定の理由を箇条書きで示せ。

第2問

I 次の文章を読み、以下の問 A および B に答えよ。

地球上のあらゆる活動は太陽から降り注ぐエネルギーと、地球内部からのエネルギーによって引き起こされる。

太陽エネルギーは太陽中心部での核（ 1 ）反応によって発生し、放射（ 2 ）によって表面に運ばれる。太陽から放射されるエネルギーのうち、地球に届く量は太陽放射エネルギーの約（ a ）分の1に過ぎないが、年間当たり約 6×10^{24} ジュールにも及ぶ。地球が球形であるため、一日あたり地表面が受ける太陽エネルギーの量は一様ではない。例えば、太陽が赤道の真上にある時には、緯度 α での太陽エネルギーの入射量は赤道での入射量の（ 3 ）倍となる。その結果生じる（ 4 ）方向の温度差は、大気や海水の（ 5 ）によって和らげられている。

地球内部では、カリウム、トリウム、（ 6 ）などの放射性元素の崩壊によってエネルギーが発生し、主として熱伝導や熱対流によって地表面に運び出される。熱伝導によるものは、多くの点で測定された地殻熱流量から、地球全体では年間当たり（ b ）ジュール程度と見積もられている。地球内部からのエネルギーは地表面に届く太陽エネルギーに比べると遥かに少ないが、地学的には重要な意味を持っている。

例えば、地球内部のエネルギーの一部はマントル上部や地殻下部の岩石を一部溶かして（ 7 ）を発生させる。それが地表に噴出するのが（ 8 ）活動であり、また地殻上部に貫入して、周りの岩石に熱エネルギーを与えて化学反応を進め、鉱物組成を変化させるのが（ 9 ）作用である。これらの火山活動を含め、地震活動や大陸移動、（ 10 ）運動などは、全て地球内部からのエネルギーによっている。地震活動では、一年当たり地球全体で約（ c ）ジュール程度のエネルギーが地震波として放出される。しかし、これらの地学的現象に関与するエネルギー量が全て判明している訳ではない。

問 A 文中の空欄 1～10 に適当な語句、または式を入れよ

問 B 以下の①～③に従って、文中の a ～ c に入れるべき数値を計算して、有効数字 1 桁で答えよ。地球の半径は $6.4 \times 10^3 \text{km}$ とする。

- ① 太陽と地球の平均距離を $1.5 \times 10^8 \text{km}$ とし、大気の効果や地表面での反射は無視する。
- ② 平均地殻熱流量は $1.5 \times 10^{-6} \text{cal/cm}^2 \cdot \text{秒}$ ($= 2.0 \times 10^{12} \text{ジュール/km}^2 \cdot \text{年}$) とする。
- ③ 年間当たりの全地震により放出される地震波のエネルギーは、マグニチュード 8.6 の 1 回の大地震によるエネルギーにほぼ等しい。地震波のエネルギー E (ジュール) とマグニチュード M との経験式 $\log(10)E = 1.5M + 4.8$ を用いよ。
必要であれば、 $10^{0.30} = 2.0$ 、 $10^{0.48} = 3.0$ とせよ。

II 次の文中の空欄を埋めるのに適当と考えられる数値、もしくは語句を、次ページの語群 a~z から選び、文章を完成せよ。

地殻の岩石を構成する元素の平均含有量に着目すると、興味深い事実に気付く。まず酸素(O)が重量比で (1) 程度、原子比で (2) 程度存在し、地殻はほとんど完全に酸素化合物で出来ている事が分かる。また、重量比で珪素(Si)が (3) 以上あり、O、Si、Al、Fe、Ca、Na、K、Mg の 8 種の元素で約 (4) %となっている。従って、地殻の構成物質を (5) の集合として理解する事が普通である。

一方、炭素(C)は、平均すると岩石 1t 当たり約 0.2kg で、含有量としては 17 番目であるが、人類が利用している量は他の元素に比べて圧倒的に多い。1 年間に単体のダイヤモンドとして約 (6) t、石墨(グラファイト)として約 (7) t 使われる他、石炭、石油、天然ガスなどの化合物の主成分として約 (8) t 利用されるので、最も身近な元素といえる。地殻では方解石などの (9) の中に存在する事が多い。方解石の理想的な化学式は CaCO_3 であるが、Ca の一部が Mg、Mn、Fe などで置換されている事が多い。 Ca(OH)_2 の水溶液に (10) を吹き込めば、微細な固相が生じて白濁する事はよく知られているが、人工的に単結晶を育成する事は容易ではない。天然には、火成岩の中の空洞などに 1m 以上に達する大きい透明な単結晶が産する事がある。あられ石(アラゴナイト)とファーテライトも CaCO_3 で、これらは方解石と (11) の関係にある。

岩石は一般に成因によって火成岩、堆積岩、(12) の 3 種類に分類される。方解石を主成分とする岩石にもその 3 種類があるが、堆積岩が最も多い。貝殻や (13)、(14)、(15)、(16) などの生物遺骸が累積してできた石灰岩が世界各地に分布している。(17) を受けて組織が変化した結晶質粒状石灰岩は、装飾石材として利用され、大理石と呼ばれる。炭酸塩に富む (18) が固結した岩石がカーボナタイトである。この種の岩石の (19) を観察してこれを火成岩と判断した研究例はあったが、そのような組成の液状の相が地中に存在する事は疑問視されていた。近年、カーボナタイト中の炭素や酸素の (20) が堆積性の石灰岩中のそれと大きく異なる事が分かり、また CaCO_3 を主成分とする溶岩の噴出も実際に観察された。

語群： a 1/2 b 1/4 c 2/3 d 6 e 99 f 300000 g 3×10^9
h ケイ酸塩鉱物 i 炭酸塩鉱物 j 産状 k マグマ l 深成岩
m 変成岩 n 有孔虫 o 珊瑚 p ウミユリ q 藻 r 魚 s シダ
t 続成作用 u 熱変成作用 v 侵食 w 二酸化炭素 x 水蒸気
y 同位体存在比 z 多形(同質異像)

第3問

I 次の文章を読み、以下の問 A~E に答えよ。

太陽系の惑星は大きく 2 種類に分ける事ができる。地球型惑星と木星型惑星である。前者は小型で主として (1) と金属鉄から成り、後者は大型で主として水素と (2) からできている。 どうしてこのような 2 種類の惑星ができたのか考えてみる。

原始太陽系の組成は、現在の (3) の組成や、炭素質隕石の組成から推定され、原子数の比として、次ページの表に示されている。 主な構成要素である H、C、O は、ほとんど H₂、CO、H₂O の分子として存在していたと考えられる。(O の約 15%はケイ酸塩を構成する)。 従って、原始太陽系星雲中の H₂ 分子の圧力が、 1×10^{-4} 気圧だったと仮定すると、H₂O の蒸気圧はおおよそ (4) 気圧である。

地球の高層大気中では断熱膨張により、温度が下ると水蒸気が過飽和になり、氷の結晶ができる。 これと同様に、原始太陽系星雲中でも、温度が低い領域では水蒸気が過飽和となり、氷の結晶ができる。 次ページの図に示した飽和水蒸気圧の温度依存曲線を使うと、原始太陽系星雲中で氷ができる温度は (5) K である事がわかる。

原始太陽系星雲中のどこで氷ができたかを推定するには、星雲中の温度分布を知る必要がある。 物質は太陽の放射エネルギーをもらい、そのエネルギーを黒体放射で放出する。 物質の単位面積について考えると、太陽から受け取るエネルギーは太陽からの距離(r)の (6) 乗に比例し、放出するエネルギーはその物質の温度の 4 乗に比例するから、物質の温度は r の (7) 乗に比例する。 従って、地球付近の温度が 300K であったとすると、氷の結晶ができるのは原始太陽系星雲中では太陽からおおよそ (8) 天文単位以遠である事がわかる。 木星の衛星カリストやガニメデに多量の氷が存在する事はこの計算結果と合っている。

原始太陽系星雲の組成から計算すると分かるように、このようにしてできる氷の重量は、ケイ酸塩+金属鉄 の重量の約 (9) 倍になる。 木星や土星はこのような氷などを集めて急速に成長して、その巨大な重力で、原始太陽系星雲中の水素や (2) を大気として取り込む事ができたと考えられている。 一方、地球型惑星の成長した領域では氷は存在しなかったため、惑星の質量は比較的小さく、水素や (2) を主成分とした大気を安定に保持する事はできなかったと考えられる。

問 A 空欄 1～3 に当てはまる語を下の語群から選び、記号で答えよ

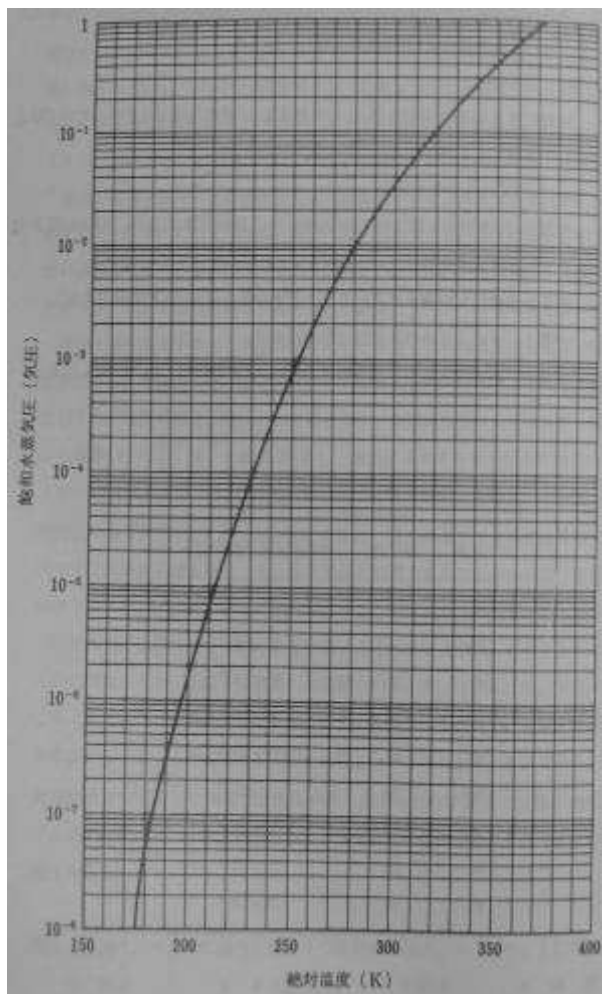
語群： a H₂O b ケイ酸塩 c 炭酸塩 d 酸素 e 水素 f 窒素
g ヘリウム h 太陽 i 地球 j 月

問 B 気体の圧力は分子数に比例する事から、空欄 4 を有効数字 1 桁で求めよ。

問 C 下図より、空欄 5 に入る適当な数値を有効数字 2 桁で求めよ。

問 D 空欄 6、7 に入る適当な数値を求めよ

問 E 空欄 8、9 に入る適当な数値を有効数字 1 桁で求めよ。 計算の過程も示せ。



| 元素 | 原子量 | 存在度(原子数の比) |
|----|-----|----------------------|
| H | 1 | 2 |
| He | 4 | $2 \times 10^{(-1)}$ |
| C | 12 | $1 \times 10^{(-3)}$ |
| N | 14 | $2 \times 10^{(-4)}$ |
| O | 16 | $2 \times 10^{(-3)}$ |
| Ne | 20 | $2 \times 10^{(-4)}$ |
| Mg | 24 | $1 \times 10^{(-4)}$ |
| Si | 28 | $1 \times 10^{(-4)}$ |
| Fe | 56 | $8 \times 10^{(-5)}$ |

II 鉱物は、一般には複雑な化学組成を有している。この為、その化学式も複雑になる。例えば、雲母は $K(Al, Fe, Mg)_2(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2$ 長石は $(K, Na, Ca)(Al, Si)_4O_8$ と書かれる。この事に関する次の文中の空欄1～5に、適当な語句、あるいは数値を入れて、文章を完成せよ。

亜鉛の鉱石鉱物である閃亜鉛鉱の化学式は $(Zn, Fe)S$ である。この化学式は、 $Zn : Fe : S$ は不定であるが、亜鉛と鉄とを合わせた原子の数と硫黄の原子の数との比は一定である事を意味する。このような化合物を固溶体という。図1に閃亜鉛鉱の原子の配列を示す。図で白丸は硫黄の原子を、黒丸は亜鉛、または鉄の原子を表す。亜鉛、または鉄の原子はそれぞれ (1) 個の硫黄原子に、同様に硫黄原子はそれぞれ (2) 個の亜鉛または鉄の原子に囲まれている。

図1は小さな原子が長い手を出して相互に結ばれているように描いている。しかし、原子やイオンを種類ごとに固有の半径を有する球と考えると、化学的な性質の理解に便利な事が多い。この時、硫黄原子は他の原子よりも大きく、図2に示すように互いに接して積み重なっていると考える。亜鉛原子は互いに接しあう (3) 個の球状のイオン原子の隙間にちょうど入る大きさを有すると考える。鉄の原子の大きさも、閃亜鉛鉱の中では (4) 原子とほぼ同じである。なお、図2では、ある1個の硫黄原子に着目すると、それに接している周囲の硫黄原子の数は (5) 個である。上に示した雲母や長石の化学式で、括弧にまとめられた元素は、それぞれ同程度の大きさを有するものと考えられる。

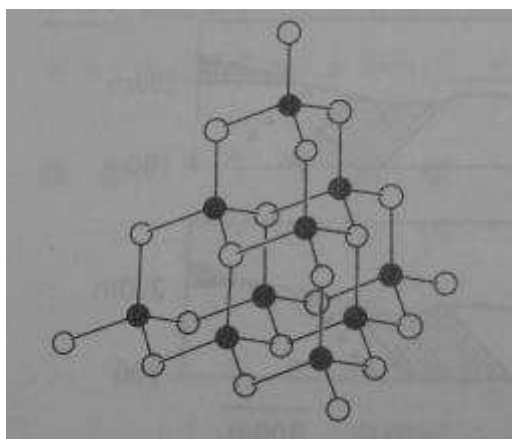


図1

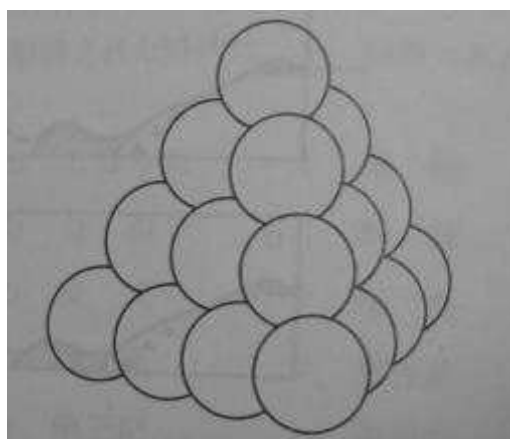


図2

第1問 解答

- I 1 : 渦状銀河 2 : 星間物質 3 : 星の形成 4 : 若く明るい星
5 : 球状星団 6 : ケフェウス型変光星 7 : 絶対等級 8 : 2 億年
9 : $M \simeq V^2 \times R / G$ 10 : $1.4 \times 10^{41} \text{kg}$

II 問 A d

問 B 斜交層理では上に堆積したラミナが下のラミナを切っており、また、ラミナはその上の面が凹むように堆積するので、東側が下である。

漣痕は浅海で波の作用によって出来るものであり、海底が丸く凹むように形成されるから、東側が下になる。

いろいろな大きさの砂粒が流水によって運搬される時、粗粒のものから順に堆積するから、東側が下である。

生物の巣穴は海底に入口がある。図の巣穴は東側がその底になっているので、東側が下である。

第1問 解説

I 太陽の公転軌道の半径を 25000 光年とすると、公転軌道の円周の長さは、 $25000 \text{ 光年} \times 2 \times 3.14$
 200km/s で回る時、光速が $3.0 \times 10^5 \text{km/s}$ より、 $25000 \times 2 \times 3.14 \text{ 年} \times 3.0 \times 10^5 / 200 = \underline{2.3 \times 10^8 \text{ 年}}$
公転軌道の半径を R 、速度を V とすると、遠心力の加速度は $V^2 / R \dots \textcircled{1}$

質量 M の物体が距離 R の物体に及ぼす万有引力の加速度は、万有引力定数を G として $MG / R^2 \dots \textcircled{2}$

$\textcircled{1}$ と $\textcircled{2}$ が釣り合うので、 $V^2 / R = MG / R^2$ **$M = RV^2 / G$**

1 光年 = $3.0 \times 10^5 \text{km} \times 60 \times 6.0 \times 24 \times 365 = 9.5 \times 10^{12} \text{km}$

$R = 9.5 \times 10^{12} \text{km} \times 2.5 \times 10^4 = 2.4 \times 10^{17} \text{km} = 2.4 \times 10^{20} \text{m}$

$V = 2.0 \times 10^5 \text{ m/s}$ $G = 6.7 \times 10^{(-11)} \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$ 以上より、

$M = RV^2 / G = 2.4 \times 10^{20} \text{m} \times (2.0 \times 10^5 \text{ m/s})^2 / 6.7 \times 10^{(-11)} \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2 = \underline{1.4 \times 10^{41} \text{kg}}$

II 斜交層理(クロスラミナ)は流れの激しい海底や風の強い砂漠などで形成される。単層を構成している斜交した小さな層をラミナという。斜交層理の上下は上のラミナによって下のラミナが切られている事や、ラミナの上面が凹んでいる事によって判断する。

流水によって砂が運搬される時、大きい粒子は下に、小さい粒子は上になって堆積する。こうした状態を級状層理という。級状層理には大陸棚に出来るものと、大陸斜面を流れ落ちる泥乱流によって出来るものがある。

第2問 解答

I 問 A 1 : 融合 2 : 対流 3 : $\cos \alpha$ 4 : 子午線 5 : 大循環
6 : ウラン 7 : マグマ 8 : 火山 9 : 変成 10 : 造山

問 B a: 太陽定数を I 、地球の半径を r 、地球と太陽の距離を R とする。

地球に達する太陽放射の総量は $\pi r^2 \times I$

太陽表面から放射されたエネルギーの合計は、 $4\pi R^2 \times I$

地球に達する太陽放射 / 太陽の全放射量 = $\pi r^2 \times I / 4\pi R^2 \times I$

$$= (6.4 \times 10^3)^2 / 4 \times (1.5 \times 10^8)^2 = 1/2.2 \times 10^9 \quad \underline{2.2 \times 10^9}$$

b: $2.0 \times 10^{12} \text{J}/(\text{km}^2 \cdot \text{年}) \times 4 \times 3.1 \times (6.4 \times 10^3 \text{km})^2 = \underline{1.0 \times 10^{21} \text{J/年}}$

c: マグニチュード M の地震のエネルギーを E とすると、

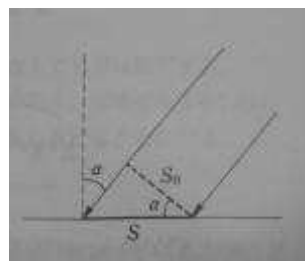
$$\log(10)E = 1.5M + 4.8 = 1.5 \times 8.6 + 4.8 = 17.7 = 18.0 - 0.3$$

$$E = 10^{(18-0.3)} = 10^{18} \div 10^{(0.3)} = 10^{18} \div 2.0 = \underline{5 \times 10^{17}}$$

II 1 : a 2 : c 3 : b 4 : e 5 : h 6 : d 7 : f 8 : g
9 : i 10 : w 11 : z 12 : m 13 : n 14 : o 15 : p
16 : q 17 : u 18 : k 19 : j 20 : y

第2問 解説

I 地表に達する太陽の放射エネルギーは緯度が高くなるほど少ない。右図のように、太陽放射の地表に対する入射角は赤道では 0° であるが、緯度が高くなると大きくなる。



太陽放射に垂直な面積 S_0 の平面に達する太陽放射は、太陽定数を I_0 として、 $S_0 \cdot I_0$ である。

緯度 α の地表では、この放射が入射角 α になり、面積 S の平面に広がる。その時単位面積に達する太陽放射を I とすると、地表に達する太陽放射は SI で表される。よって、 $SI = S_0 \cdot I_0$

図より $S_0/S = \cos \alpha$ であるから、 $I = I_0 \cos \alpha$ となる。

II 地殻の構成物質の約 $1/2$ が O で、 $1/4$ が Si であるから、この2元素で約 $3/4$ を占める。この事実は地殻の構成物質のほとんどがケイ酸塩鉱物であることを示している。

有孔虫のフズリナ、珊瑚やウミユリは石灰岩の中によく見られる化石である。藻類のうち、石灰岩を形成したのは石灰藻であり、先カンブリア時代のコレニアやコリシウムが知られている。

カーボナタイトは CaCO_3 を主成分とする特殊な火成岩で、安定大陸にのみ知られている。タンザニアの活火山ではこの溶岩流が観察できるといわれている。

第3問 解答

I 問 A 1 : b 2 : g 3 : h

問 B 太陽系ではその 15%がケイ酸塩を構成し、 1×10^{-3} が CO を構成するから、
水蒸気を構成する O は $2 \times 10^{-3} \times (1 - 0.15) - 1 \times 10^{-3} = 7 \times 10^{-4}$
原始太陽系星雲での H₂ の存在度は $2 \times (1/2) = 1$ であるから
H₂O と H₂ の分子数の比は H₂O : H₂ = $7 \times 10^{-4} : 1$
水蒸気の圧力は 1×10^{-4} 気圧 $\times 7 \times 10^{-4} = \underline{7 \times 10^{-8}}$ 気圧

問 C 1.8×10^2

問 D 太陽から r 天文単位の距離にある物体の温度を T K とすると、
 $k_1 \cdot r^{-2} = k_2 \cdot T^4$ $T^4 = (k_1/k_2) \cdot r^{-2}$ $T = k_3 \cdot r^{-1/2}$
(k_1 、 k_2 、 k_3 はいずれも比例定数) 6 : -2 7 : -1/2

問 E $T = k_3 \cdot r^{-1/2}$ の式に、 $T = 300$ 、 $r = 1$ を代入して、 $k_3 = 300$
 $T = 300r^{-1/2}$ 180K の天体と太陽の距離を r 天文単位とすると、
 $300r^{-1/2} = 180$ $r \doteq 3$ 天文単位
太陽系星雲では、H₂O のほとんどが氷である。 その質量の存在度は
 $18 \times 7 \times 10^{-4} = 126 \times 10^{-4}$ … ①
ケイ酸塩+金属鉄を構成する O、Si、Mg、Fe の質量の存在度は
O : $16 \times 3 \times 10^{-4} = 48 \times 10^{-4}$ Si : $28 \times 1 \times 10^{-4} = 28 \times 10^{-4}$
Mg : $24 \times 1 \times 10^{-4} = 24 \times 10^{-4}$ Fe : $56 \times 8 \times 10^{-5} = 45 \times 10^{-4}$
これらを合計すると、 145×10^{-4} … ②
①、②より、氷とケイ酸塩の重量比は $126/145 \doteq 0.9$
8 : 3 9 : 9 \times 10^{-1}

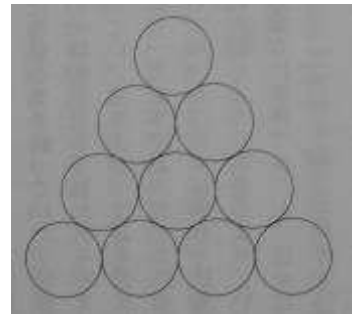
II 1 : 4 2 : 4 3 : 4 4 : 亜鉛 5 : 12

第3問 解説

I 問 A 太陽系の惑星は地球型惑星と木星型惑星とに分けられる。前者は密度が大きく、体積が小さいが、後者は密度が小さく、体積が大きい。その相違は生成時の条件による。地球型惑星は、地殻とマントルは主にケイ酸塩によって構成され、核は主に鉄とニッケルによって構成されている。一方、木星型惑星は、主に水素とヘリウムによって構成されていると考えられている。原始太陽系星雲の大部分は太陽になり、周辺に残った成分の一部が隕石となり、それが集積して惑星が生まれたと考えられている。従って、原始太陽系星雲の組成は太陽と隕石とから推定する事ができる。

問 C 気温が下ると露点に達し、その時の温度が非常に低い時には氷晶を生じる。図から温度を 7×10^{-8} 気圧を飽和水蒸気圧とする温度として読み取ると、約 180K になる。

II 問題の図2のように、硫黄原子は4個で正四面体を構成し、その中心に金属原子が組み込まれている。従って、1個の金属原子は4個の硫黄原子に囲まれている。この事はSi-O四面体で、1個のSi原子が4個のO原子に囲まれているのと同じである。また、金属原子と硫黄原子の数は1:1であるから、硫黄原子に囲まれた金属原子も正四面体を構成しており、1個の硫黄原子は4個の金属原子に囲まれている。硫黄原子の水平面上の並び方は右図の通りで、中心にある硫黄原子は6個の硫黄原子と接している。また、結晶構造では1個の硫黄原子の上下に、それぞれ3個ずつ硫黄原子が接している。1個の硫黄原子には、合計12個の硫黄原子が接している。



配点

第1問 (30点)

I 2点×10 計20点

II A: 2点 B: 8点 計10点

第2問 (40点)

I A: 1点×10 B: a4点 b3点 c3点 計20点

II 1点×20 計20点

第3問 (30点)

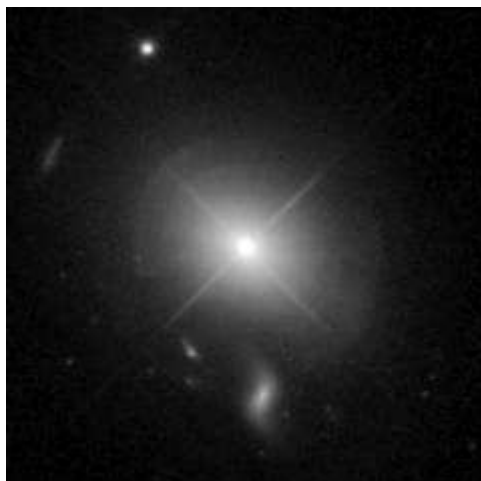
I A: 1点×3 B: 3点 C: 2点 D・E: 各6点 計20点

II 2点×5 計10点

八日目

神は自ら助くる者を助けた

大学入試地学 短期完成七日間



(C) 2012 大学入試地学研究会

2012年12月01日発行