

地学基礎・地学 (5 問)

[I] 次の文章の [ア] ~ [コ] の中に最も適当な語または数字を入れて、文章を完成させよ。解答は解答欄に記入せよ。

[ア] 型惑星である金星、地球、火星の現在の大気組成を比べてみると、火星と金星は、[イ] が主成分であるのに対して、地球は [イ] は主成分ではないという違いがある。しかし、原始地球の大気組成は [イ] が主体であった。[イ] が雨に溶解して生じる [ウ] と、初期地球の大陸地殻が風化し海洋に溶出したカルシウムイオンとが反応して、沈殿物が生じる。また、現在の地球の酸素のほとんどは、生物の [エ] による産物である。すなわち、原始地球の大気組成は金星や火星のものと似ており、これら3つの惑星の大気の起源は共通であったと考えられる。金星、地球、火星の大気は、これら天体の内部から生じたか、[オ] の衝突によって生じたと考えられている。

酸素発生型の [エ] を行う生物は、約 [カ] 億年前に出現し、約23億年前に地球全体が氷で覆われる状態をもたらした [キ] と呼ばれる出来事の後に大繁殖した。それ以前には、酸素の乏しい環境を好む微生物が存在していた。グリーンランドの [ク] 地域には、約 [ケ] 億年前に海底に堆積した岩石が分布する。その岩石に含まれる炭質物は、炭素の [コ] が低い値を示すことから、当時の生物に由来すると考えられ、現在の地球に残っている最古の生命の痕跡として考えられている。

このページは白紙です。

[Ⅱ] 宇宙に関する次の文章を読み、問(1)～(5)に答えよ。解答は解答欄に記入せよ。

太陽のような恒星の中心核では、4個の水素が1個のヘリウムに変換される核融合反応によってエネルギーを生成している。この反応では、反応前後で総質量の0.7%
(a)
が失われてエネルギーに変換されている。恒星が水素の核融合反応によって、温度を一定に保ちながら光り輝いている状態は ア と呼ばれる。太陽程度の質量の恒星の終末では、外層ガスは放出され惑星状星雲となり、中心部には核融合反応が停止した イ が残る。質量が太陽より8倍以上重い恒星は、最後に ウ という大爆発を起こし、ブラックホールや中性子星を形成する。

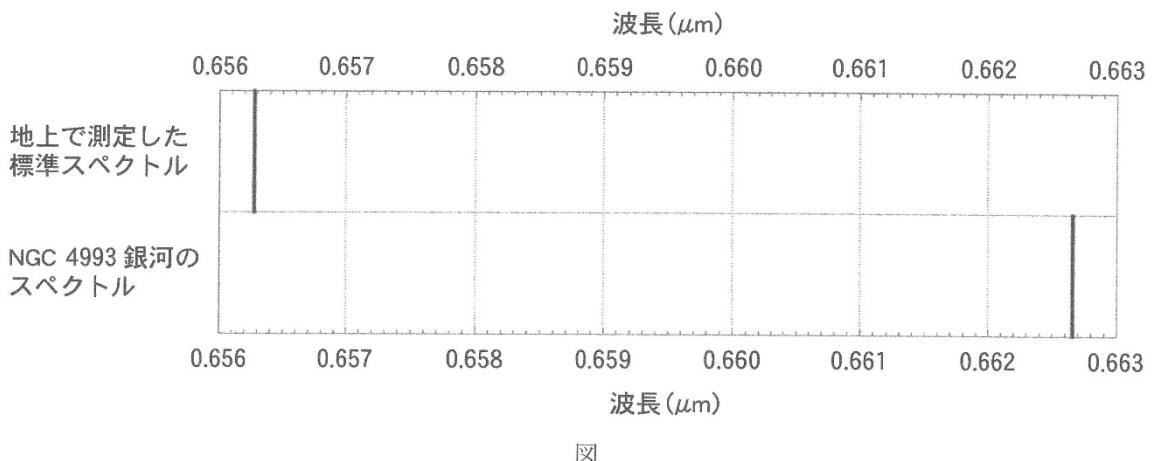
2017年ノーベル物理学賞は、天体からの重力波の検出に世界で初めて成功した研究者らが受賞した。物体が存在すると、その周囲の空間(時空)は歪む。物体が運動すると、空間の歪み具合が変化し、その情報が波となって光速で伝わる。この波が重力波である。これまでに、ブラックホールとブラックホールが合体した際に発生した重力波
(b)
と、中性子星と中性子星が合体した際に発生した重力波
(c)
が観測されている。

問

- (1) 文章中の ア ~ ウ に最も適当な語を入れて、文章を完成させよ。
- (2) 2015年9月14日に初めて重力波が観測された下線部(b)の天体现象では、太陽質量の36倍のブラックホールと太陽質量の29倍のブラックホールが合体し、太陽質量の62倍のブラックホールが形成されたと推定されている。この合体前後で太陽質量の3倍に相当する質量が失われてエネルギーに変換され、そのエネルギーが重力波として0.1秒の短時間に放出された。この重力波が0.1秒間で放出したエネルギーは、太陽が核融合反応により0.1秒間に生成しているエネルギーに比べて、何倍強いかその桁数を求めよ。両者が単位時間あたりに失う質量を比較することで、答えを求めれば良い。計算の過程も記すこと。ただし、太陽がその寿命(アにある期間)の間に、核融合反応に利用できる水素の総量は太陽質量の10%で、下線部(a)のように核融合反応によるエネルギー発生効率は0.7%である。太陽の寿命は100億年でエネルギー生成率は一定として良い。

質量とエネルギーの等価性により、失われた質量と生成されるエネルギー量は比例関係にある。

- (3) 2017年8月17日に観測された下線部(c)の天体现象では、重力波と同時に電磁波(電波～可視光～ガンマ線)も放射された。広島大学を含む世界中の電磁波観測により、この天体が含まれる銀河 NGC 4993 が見つかった。図にあるように、NGC 4993 を観測した際には、水素原子が発する輝線スペクトルの波長(黒の太線)が、地上で測定した標準スペクトルに見られる本来の波長から赤方偏移していた。 $1\mu\text{m}$ は 10^{-6} m 。この図から、NGC 4993 の赤方偏移を有効数字3桁で求めよ。計算の過程も記すこと。



図

- (4) (3)で求めた赤方偏移を用いて、ハッブル定数を 70 km/s/Mpc 、光速を $3.0 \times 10^5 \text{ km/s}$ として、NGC 4993までの距離を Mpc の単位として有効数字 2 桁で求めよ。計算の過程も記すこと。Mpc は 10^6 パーセク。赤方偏移は 1 より十分小さく、宇宙の膨張率は一定と考えて良い。
- (5) 下線部(c)の天体现象では、中性子星どうしの合体の際に、金やプラチナなど重い原子核が生成されたことも明らかになった。宇宙初期(ビッグバン)と、恒星内部の核融合反応により生成される元素について、それぞれ主要なものを 2 種類答えよ。

このページは白紙です。

[Ⅲ] 次の文章を読み、問(1)～(4)に答えよ。解答は解答欄に記入せよ。

図1は、ある地域の地形図である。図中の実線は等高線を表し、等高線上の数字は標高を示している。図2は、図1中のA～Dで示した各地点のボーリング調査によって得られた柱状図である。この地域では、礫岩層、砂岩層、凝灰岩層、泥岩層が整合関係で重なっており、地図に示す範囲では断層や地層の褶曲等は認められなかつた。また、地層の厚さは場所によって変化しないこととする。

問

- (1) 柱状図をもとに地層の走向・傾斜を求めよ。
- (2) 図1に示したP地点において、砂岩層と凝灰岩層の境界は標高何mの位置にあるか求めよ。
- (3) 図1中のP地点では、地表から何mの位置に凝灰岩が現れるか求めよ。
- (4) 図1の範囲外である南西側の標高200mのあたりに花崗岩の露頭が見られた。この花崗岩と図2に示した地層との地質学的な境界について、考えられる関係を3つ示すとともに、それぞれの場合について境界付近で観察されうる現象について記載せよ。

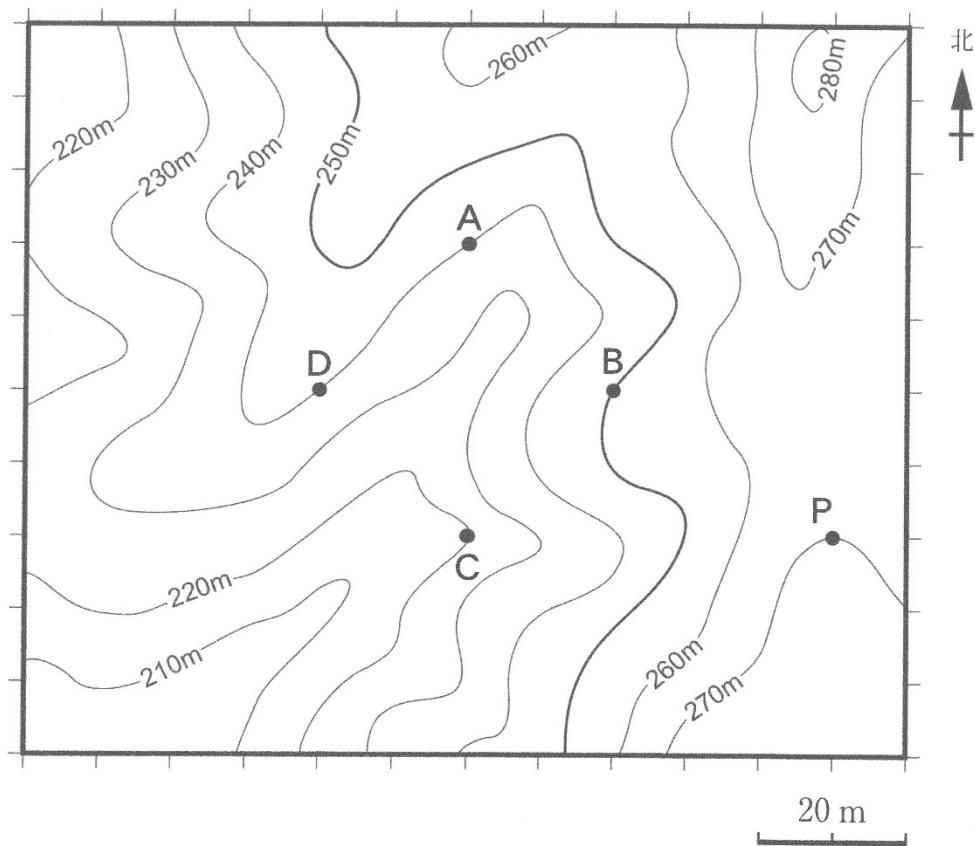


図 1

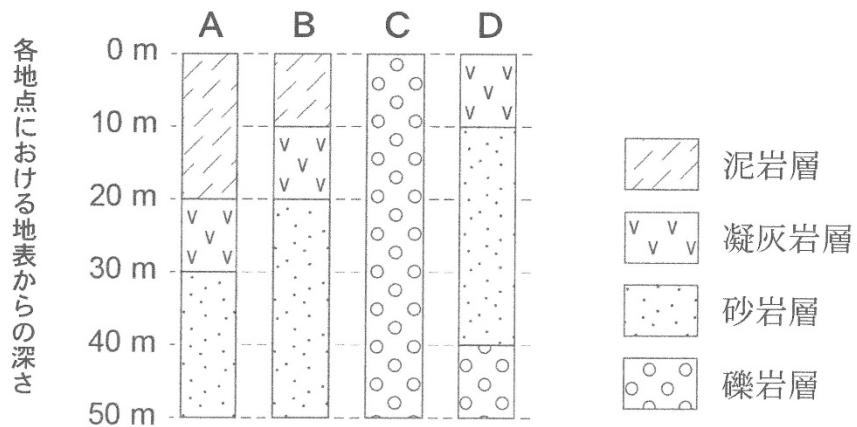


図 2

[IV] 地球の内部に関する次の文章を読み、問(1)～(4)に答えよ。解答は解答欄に記入せよ。

地球の内部は、アと変形のしやすさにより分類されている。アによる分類では、地球内部は地殻、マントル、核に分類される。地殻とマントルの境界は地震波の速度が不連続に増加する面に相当し、イと呼ばれている。海溝では、中央海嶺で生じたウが沈み込んでいる。マントルの動きは、沈み込むウ内で起こるエの震源の分布により深さ 700 km 付近まで知ることができる。

問

- (1) 文章中のア～エに入る最も適当な語を入れて、文章を完成させよ。
- (2) 地球の内部構造は、地震波の速度の3次元的な分布を明らかにする手法により透視できる。この手法は何と呼ばれるか。
- (3) 地殻とマントルを合わせた体積は、地球の体積の何%を占めるかを小数点1桁まで答えよ。核とマントルの境界の深さを 2900 km とし、地球の半径を 6400 km とする。
- (4) マグマオーシャンとは何かを説明せよ。このマグマオーシャンの中で地球の核はどのようにできたかを説明せよ。

[V] 次の(1)から(5)の語句群から 2 つの語句群を選択し、選んだ語句群ごとに 5 つのすべての語句を用い、それぞれ地学的に意味のある文章を作成せよ。解答は解答欄に記入し、使用した語句に下線をつけよ。

- (1) プレートテクトニクス、大陸移動、プレート、アセノスフェア、地球の表層
- (2) はやぶさ 2、太陽系、炭素、塵、星間雲
- (3) オーロラ、陽子、電子、地球磁気圏、太陽風
- (4) 季節風、日本海側、シベリア高気圧、放射冷却、西高東低
- (5) チャート、遠洋域、放散虫、ケイソウ、二酸化ケイ素