

## 地 学

1 次の文章を読み、以下の問1～3に答えよ。

恒星は星の中心部で核融合反応が起こり、それによって生じるエネルギーで輝いている。そのなかでも、主系列星では、中心部で水素が  に変わる核融合をしている状態であり、恒星は一生の大部分を主系列段階で過ごす。重い主系列星ほど明るく、表面温度が高く、主系列段階に留まっている時間が短い。質量が太陽の0.08倍以下の星では、中心部の温度が1000万度以下であるため核融合反応が起きず、恒星とはならず  とよばれる暗い天体になる。

質量が太陽の0.5倍より大きな恒星では、中心部の水素が尽きると、続いて周辺部の水素が核融合反応を起こし、中心部は熱源を失って自らの重力によって収縮を始め、中心温度を高めてゆく。一方で、恒星の外層は膨張し表面温度が下がって赤くなり、恒星は赤色巨星へと進化していく。中心部の温度が約1億度を超えると  の核融合反応が始まり、主に  や  という元素の生成が始まる。主系列段階を離れた恒星は、巨星段階を経てやがて死を迎える。

次に恒星の集合体としての銀河の進化を考える。現在の<sup>た</sup>楕円銀河は主に古い恒星から構成されており、恒星の光を合成した銀河全体の色は赤い。誕生時の短い期間に一気にすべての恒星が生まれ、その後は新たに恒星が生まれないのが一般的である。しかし、生まれた直後の楕円銀河では、銀河全体の色は青い。<sup>(b)</sup>その後時間が経つにつれ、赤くなってきたと考えられる。<sup>(c)</sup>一方で、現在の渦巻銀河には若い恒星も存在し、楕円銀河より恒星の平均年齢は低いのが一般的である。渦巻銀河では、銀河誕生初期に多くの恒星が生まれた後も、徐々にペースは落としつ<sup>(d)</sup>つも、楕円銀河に比べれば長い期間、恒星が生まれ続けたと考えられる。

問 1 ア ~ エ に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部 (a) に関して、主系列段階に留まる時間  $T$  は、恒星質量  $M$  とどのように相関するか、式を使って示し、理由とともに 3 行以内で説明せよ。ただし、主系列星の光度  $L$  は質量  $M$  の 4 乗に比例するものとする。

問 3 銀河の色の時間変化について、以下の問(1)~(3)に答えよ。なお、簡単のため、次の 5 つの仮定をおく。

- ・ 主系列星の光度  $L$  は質量  $M$  の 4 乗に比例する。
- ・ 銀河で恒星が生まれる時には、太陽の 0.08~100 倍とさまざまな質量の恒星が生まれる。生まれる恒星の個数は質量の 2 乗に反比例し、重い恒星ほど少ない。たとえば太陽の 10 倍の質量をもつ恒星は、太陽質量の恒星の 100 分の 1 の数しか生まれない。
- ・ 生まれるすべての恒星の重元素の組成は、太陽と同じである。
- ・ ここでは銀河全体の明るさや色に、主系列星の光のみが寄与するとみなす。
- ・ 銀河の観測は可視光域で行い、宇宙膨張によるスペクトルの赤方偏移は考えない。

(1) 下線部 (b) に関して、生まれた直後の楕円銀河では恒星の光を合成した色が青いのはなぜか、その理由を 3 行以内で説明せよ。

(2) 下線部 (c) に関して、時間が経つにつれ楕円銀河全体の色が赤くなっていくのはなぜか、その理由を次の語句をすべて用いて 4 行以内で説明せよ。

{ 重い主系列星, 軽い主系列星, 寿命, 表面温度 }

(3) 下線部 (d) のような形成過程を経た渦巻銀河では、銀河全体の色の時間変化は、楕円銀河の場合と比べてどうなるか、3 行以内で説明せよ。

2 次の文章を読み、以下の問1～6に答えよ。

海水の  を求めるためには、水温と塩分の情報が必要である。塩分は、海水1kgに含まれるすべての塩類の質量(g)で表すと平均して約  ‰ であるが、季節や場所によって異なる <sup>(a)</sup>ことが知られている。海洋の水温や海水の  は鉛直方向に層構造を示し、<sup>かいめん</sup>海面付近の表層混合層では海水がよく混合されて水温が深さによらずほぼ一様である。また、中緯度の表層混合層は、夏に薄く冬に厚い明瞭な季節変化を示す <sup>(b)</sup>。熱帯と中緯度の海域では表層混合層の下に水温の鉛直勾配が大きい  層が常に存在し、水温がほぼ一様の深層につながっている。しかし、高緯度の海域では明瞭な  層はみられない。

同じ緯度帯でも、海域によって特徴的な現象がみられる。平年状態の赤道太平洋の東部では深層の水温の低い海水が湧き上がる <sup>(c)</sup>ために、赤道太平洋の西部よりも海面水温が低い。また、大西洋の西部を低緯度域から高緯度に向かって流れる メキシコ湾流とその付近では、海洋から大気へ大量の潜熱と顕熱が供給されてい <sup>(d)</sup>る。

問1  ,  に適切な語句を入れよ。

問2  に入る最も適切な数値を次から1つ選んで解答欄に記入せよ。  
{29, 32, 35, 39}

問3 下線部(a)に関連して、全海洋表層の平均塩分と比較して塩分が低い海域が存在する。そのような海域で塩分が低い原因を3つ、合わせて3行以内で説明せよ。

問4 下線部(b)に関して、中緯度域で表層混合層の厚さが明瞭な季節変化を示す理由を4行以内で説明せよ。

問 5 下線部(c)に関して，赤道太平洋の東部で水温の低い海水が湧き上がる理由を 3 行以内で説明せよ。

問 6 下線部(d)に関して，メキシコ湾流とその付近で海洋から大気へ大量の潜熱が供給されている理由を 3 行以内で説明せよ。

3 次の文章を読み、以下の問1～4に答えよ。

造岩鉱物の多くはケイ酸塩鉱物である。ケイ酸塩鉱物では1つのケイ素を4つの酸素が取り囲む  $\text{SiO}_4$  四面体が基本単位となっており、 $\text{SiO}_4$  四面体のつながり方でケイ酸塩鉱物は分類されている。たとえば輝石<sup>きせき</sup>では  $\text{SiO}_4$  四面体の配置は  になっており、角閃石<sup>かくせんせき</sup>では  $\text{SiO}_4$  四面体の配置は  になっている。

問1  ,  に適切な語句を入れよ。

問2 黒雲母<sup>くろうんも</sup>は薄くはがれやすい性質がある。このような性質と結晶構造の関係について、次の語句をすべて用いて4行以内で説明せよ。

{ 結合力, 共有,  $\text{SiO}_4$  四面体, 酸素 }

問3 マグマの温度が下がると、鉱物が結晶するようになる。斜長石は結晶する温度範囲が広い。温度の低下に伴って結晶する斜長石の組成変化について3行以内で説明せよ。

問4 ラン晶石<sup>しょうせき</sup>, ケイ線石<sup>せんせき</sup>, 紅柱石<sup>こうちゅうせき</sup>はいずれも化学組成が  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  であるが、結晶構造は異なる。このような関係を表す名称を1つ答えよ。

4 次の文章を読み、以下の問1～5に答えよ。

地球が誕生した頃の地球の大気は原始大気とよばれる。原始大気の主成分は  ア  と  イ  で、  ウ  はほとんど含まれていなかった。大気中の  ア  は、やがて大量の雨となって地上へ降り注ぎ、原始海洋が形成された。原始海洋が形成されると、大気中の  イ  は海洋に溶け込み、海水中のカルシウムと結びついて炭酸塩として海底に堆積した。約27億年前以降、海洋ではシアノバクテリアの活動によって海水中の  ウ  が増加した。その結果、太古代最末期から原生代初期の海底では縞状鉄鉱層が集中的に形成された。大気中においても、  ウ  濃度は増加を続け、カンブリア紀以降には現在の  ウ  濃度に近づいた。その頃、植物は陸上進出した。その後、  エ  紀にはリンボクなどの繁栄に伴って陸上に大森林が発達し、  ウ  濃度が現在よりも高くなった。一方、古生代や中生代には海洋の広範囲で  ウ  が欠乏する事象が生じ、海底に黒色頁岩が堆積した。

問1  ア  ～  ウ  に適切な大気成分名を、  エ  に適切な語句を入れよ。

問2 下線部(a)に関して、縞状鉄鉱層は海底でどのように形成されたか、その形成過程を1行で説明せよ。

問3 下線部(b)に関して、植物が陸上進出した要因を、次の語句をすべて用いて3行以内で説明せよ。  
{大気圏, 太陽光線}

問4 下線部(c)に関連して、陸上に大森林が発達した結果、気候が寒冷化した。その理由を2行以内で説明せよ。

問 5 下線部(d)に関連して，現在石油のもととなっている黒色頁岩はどのような岩石か，黒色頁岩の特徴と成因を2行以内で説明せよ。

**5** 次の問1～4に答えよ。

問1 地球の磁場はどのように発生するのか、発生する仕組みを3行以内で説明せよ。

問2 火山岩は、生成時にどのようにして地磁気を記録して残留磁気となるのか、4行以内で説明せよ。

問3 地球には磁気圏がある。地球の磁気圏境界面(または磁気圏界面)は、昼側では地球の近くへ押しつけられたような形をし、夜側では彗星<sup>すいせい</sup>の尾のように遠くへ伸びた形をしている。地球の磁気圏境界面がそのような形となる理由について、2行以内で説明せよ。

問4 太陽表面に現れる黒点には強い磁場があり、その温度はまわりの光球の温度より低くなっている。黒点に強い磁場があると、黒点の温度がまわりの光球の温度より低くなるのはなぜか、2行以内で説明せよ。