

## 2015 年度 九州大学 前期 地学

### 〔1〕 地球史

出題範囲	地球史
難易度	★★☆☆☆
所要時間	12分
傾向と対策	非常に基本的な問題である。とりわけ短答式で問われている知識は考えてわかるものではないため、万が一わからないものがあつた場合、速やかに基礎知識の吸収に努めるべきであろう。記号問題についても同様だった。大量絶滅の回数などはそのまま覚えてしまったほうが楽である。文章式の問5は字数と指定された用語の多さで苦戦したかもしれないが、むしろ用語が発想のヒントとなっているので、このような問題も落ち着いて取り組んでいきたい。

#### 解答

問1 エディアカラ化石群（生物群）

問2 バージェス動物群

問3 1: (b) 2: (e) 3: (b) 4: (a)

問4 超大陸パンゲア

問5 温室効果の強化で温暖化が進行した結果、海水温が上昇したために酸素の海水への溶解度が低下したうえ、極域での海水の冷却が不十分となって海洋の深層循環が弱まったことで海洋は無酸素状態となっていた。

(95字)

問6 (d)

問7 イリジウム

#### 解説

問1 難易度：★★☆☆☆

オーストラリア南部アデレード付近にあるエディアカラ丘陵で先カンブリア時代の化石群が発見され、エディアカラ化石群とよばれている。この化石群は硬い殻をもたず、以前と比べて比較的大きな生物が多いことが特徴である。扁平な体をもつものが多かった。代表種はディッキンソニアなど。エディアカラ生物群にはクラゲ状の動物なども含まれているが、大部分の生物は現生動物との分類上の関係はわかっておらず、進化の過程で現れた、すでに途絶えた分岐の1つにすぎないともいわれている。これより答えるべきなのはエディアカラ化石群(生物群)である。

問題の問い方から「化石群」もしくは「生物群」と記述することが望ましいが、一般的にはエディアカラ動物群と呼称されることもある。

**問2 難易度：★★★★☆**

バージェス動物群はカンブリア紀初期に現れた動物群で硬い殻をもつものが多く、現生の動物の祖先と考えられている。現存する動物門のほとんどすべてはこのバージェス動物群の時代には現れていたといわれ、動物種の大きな増加は捕食者と被捕食者の進化の競争に加え、眼ができたことによって爆発的に進化が進んだ結果であるとみられている。古生代を代表する海生生物の三葉虫も含まれるほか、アノマロカリスやオパビニア、ハルキゲニアなどが有名である。よって、答えは**バージェス動物群**。カナダのロッキー山脈から産する、という条件がなければ中国のチェンジャン（澄江）動物群なども挙げられる。

**問3 難易度：★★★★☆****1：(b) 5回**

カンブリア紀以降にはさまざまな大量絶滅が起こっているが、絶滅した種の数を用いて規模を表した際に顕著に表れる大量絶滅は5回で、オルドビス紀末、デボン紀末、ペルム紀末、三畳紀末、白亜紀末が含まれる。このうち特に規模が大きかったイベントが問題で取り上げられているペルム紀末の大量絶滅で、この大量絶滅では最大で生物種の95%が絶滅したとされる。恐竜が絶滅したことで知られる白亜紀末の大量絶滅の絶滅率が70～80%とされることを考えると、この値は驚異的である。フズリナや三葉虫など重要な生物も絶滅しているので覚えておこう。

**2：(e) アンモナイト**

白亜紀末の大量絶滅で姿を消した動物のうちの代表的なものがアンモナイトと恐竜である。アンモナイトは古生代中期に現れて白亜紀にかけて繁栄した頭足類で、広範囲に分布し、かつ年代ごとに多様な種が生息していたことから有効な示準化石としても使われる。

残りの選択肢のうち(a)のフズリナは古生代石炭紀頃、(b)の三葉虫は古生代カンブリア紀に現れてともにペルム紀末の大量絶滅で姿を消し、(c)のピカリアと(d)のかへい石（ヌムリテス）はともに古第三紀に現れて新第三紀の間に絶滅している。

**3：(b) 石炭**

石炭紀は文字どおり石炭が多くつくられた時代である。一般的に木の死骸があまり分解されずに堆積して泥炭などになり、さらに変性すると石炭となる。石炭紀頃には太い幹をもった大型シダ植物が多く現れたが、木質を効率よく分解できる菌類があまり進化していなかったせいで分解が進まず、多くの倒木が石炭になったといわれている。世界に分布する大規模炭田も石炭紀に形成されたものが多く、ヨーロッパのルール炭田やドネツ炭田、アメリカのアパラチア炭田などはこの頃形成された石炭を利用している炭田である。

**4：(a) 寒冷化**

石炭紀には多くの未分解の木の死骸ができたことによって大気中に存在していた炭素が固定され、二酸化炭素濃度が低下したことによって大気の温室効果が低下して、石炭紀からペルム紀前期にかけて気候は寒冷化した。

以上より解答をまとめると、1 : (b) 2 : (e) 3 : (b) 4 : (a) となる。

#### 問4 難易度：★★★★☆

超大陸パンゲアはペルム紀末に大陸どうしの衝突によって誕生した超大陸で、三畳紀中期頃に分裂した。このとき分裂してできた大陸分布が今の大陸分布のもとになっている。パンゲアの形成によってペルム紀末から火山活動が活発になり、多くの火山ガスが放出されたことで気候が温暖化した。この気候変動はペルム紀末の大量絶滅の原因の一つといわれている。よって、答えは**超大陸パンゲア**。「超大陸パンゲア」のほか、単に「パンゲア」、「パンゲア超大陸」や「パンゲア大陸」とよばれることもあるので、柔軟に対応していこう。

#### 問5 難易度：★★★★☆

内容自体は簡単ではないが、深層循環が深海への酸素提供の役割を果たしていることから考えることができれば困難な発想ではないだろう。解答に盛り込んである要素は

1. 二酸化炭素濃度の上昇によって温室効果が強まり、温暖化が進んだ。
2. 温暖化によって海水温が上昇し、酸素の海水への溶解度が低下した。
3. 温暖化によって極地域で海水が沈み込むのに十分なほど冷却されなくなり、海洋の深層循環が駆動されなくなり弱まった。
4. 2・3で挙げた2つの原因により海洋に酸素が供給されにくくなり、海洋は無酸素状態となった。

の4点である。

実際にこの頃の地層からは還元的な環境を示す硫化鉄が含まれる地層が見つかっており、海洋が酸素に乏しい環境になったことは確かだとみられている。

#### 解答例

温室効果の強化で温暖化が進行した結果、海水温が上昇したために酸素の海水への溶解度が低下したうえ、極域での海水の冷却が不十分となって海洋の深層循環が弱まったことで海洋は無酸素状態となっていた。(95字)

#### 問6 難易度：★★★★☆

白亜紀末の年代は約6600万年前であるから答えは(d)となる。代、できれば紀の境界の年代はわかっていると便利なので覚えておこう。

#### 問7 難易度：★★★★☆

イリジウムは重い元素で惑星形成においては鉄やニッケルと似た挙動をするため、本来ならほとんどが核に濃集して地殻にはあまりみられない。しかし白亜紀—古第三紀境界の地層にはイリジウムが周りに比べて非常に高濃度で含まれていることがわかり、地球外のイリジウム供給源として隕石が考えられた。その後、この隕石に対応すると考えられるチチュルブ・クレーターがメキシコのユカタン半島で見つかったことで、白亜紀末の大量絶

滅の原因として隕石衝突が挙げられることになった。よって、答えは**イリジウム**。

(諸星暁之, 笠見京平, 芝田力, 西山学)

# 2015 年度 九州大学 前期 地学

## [2] マグマの発生と接触変成作用

出題範囲	火山/鉱物
難易度	★★★★☆
所要時間	13分
傾向と対策	マグマの発生と化学組成の変化, マグマの貫入による接触変成作用とマグマに関する記述問題と, 角閃石の構造に関する計算問題が出題された。記述問題は出題内容に関する正確な理解が問われている。計算問題は化学を履修している人には見慣れた問題だろう。解説は化学を履修していない人にも理解できるように書かれているので, しっかりと理解してほしい。

### 解答

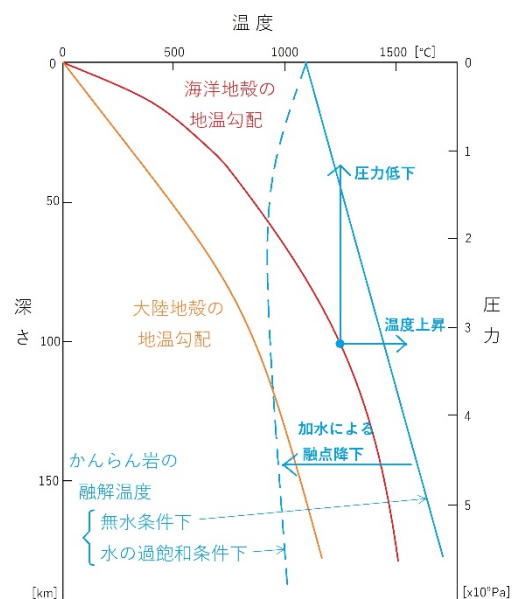
- 問1 マントル物質が水を含むことで, 融点が下がるから。(24字)
- 問2 マグマの温度が下がり, 融点の高いかんらん石や輝石などの鉱物が晶出することで, 鉄やマグネシウムが除去され, ケイ酸やナトリウムが相対的に増加するから。(73字)
- 問3 解答: 深成岩 A  
理由: らん晶石は低温高圧の条件下, 紅柱石は低温低圧の条件下で存在するから, らん晶石帯をつくった深成岩 A のほうが高圧, つまり深い場所に貫入したと考えられる。(74字)
- 問4 4:11

### 解説

#### 問1 難易度: ★★☆☆☆

海洋プレートの上面は海水と接していたため, 含水鉱物などのかたちで多量の水が含まれている。海洋プレートが海溝に沈み込むとき, 圧力の増加により鉱物が脱水分解(鉱物の変化)し, 水がマントルに供給される。マントル物質は水を含むと融点が下がるため, 温度の変化がなくてもマントル物質が部分熔融してマグマが発生する。

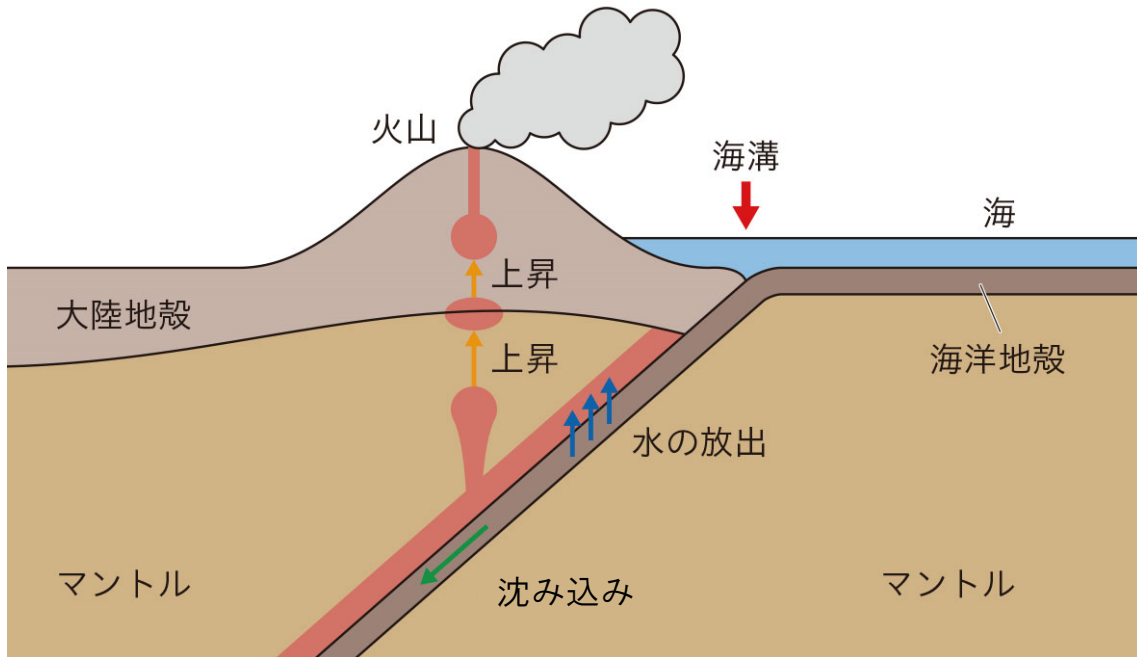
沈み込み帯におけるマグマの発生には, 圧力の低下によるものもある。沈み込む海洋プレートにマントル物質が引きずられて沈み込むことで, その分を埋め合わせるように深部の高温のマントルが上昇する。これを反転流というが, 上昇してきたマントルは圧力の低下により熔融する。実際には, 融点の降下と圧力の低下の両方によってマグマが生成されると考えられている。



かんらん岩の融解曲線

## 解答例

マントル物質が水を含むことで、融点が下がるから。(24 字)



沈み込み帯におけるマグマの発生

## 問2 難易度：★★★★☆

玄武岩質マグマが冷却される際、最初に晶出するのは有色鉱物の中で最も融点の高いかんらん石である。かんらん石は  $\text{Fe}^{2+}$  や  $\text{Mg}^{2+}$  に富む鉱物であるから、かんらん石が晶出したあとのマグマの残液は  $\text{Fe}^{2+}$  や  $\text{Mg}^{2+}$  が多く除去され、安山岩質マグマとなる。さらに温度が下がると、融点の高い順に輝石、角閃石、黒雲母が晶出し、 $\text{SiO}_2$  の割合が徐々に増加し、マグマの化学組成はデーサイト質マグマ、流紋岩質マグマというように変化する。有色鉱物と並行して、無色鉱物の斜長石も晶出する。先に  $\text{Ca}^{2+}$  に富む斜長石(灰長石)が晶出し、あとから  $\text{Na}^+$  に富む斜長石(曹長石)が晶出する。このように、同じ玄武岩質マグマからさまざまな化学組成のマグマができる作用を結晶分化作用という。

マグマの化学組成の変化には、結晶分化作用のほかにも2つの作用によるものがある。1つ目は同化作用といい、マグマが地殻の物質を取り込むことで、化学組成が変化するものである。2つ目はマグマ混合といい、異なる組成のマグマが混合することで、化学組成が変化するものである。

## 解答例

マグマの温度が下がり、融点の高いかんらん石や輝石などの鉱物が晶出することで、鉄やマグネシウムが除去され、ケイ酸やナトリウムが相対的に増加するから。(73 字)

## 問3 難易度：★★★★☆

らん晶石，紅柱石，けい線石はいずれも同じ組成式  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  をもつが，温度と圧力の条件によって異なる結晶構造をとり，見た目と名前も変化する。このように，同じ組成でも異なる結晶構造が存在することを多形という(同質異像ともいう)。多形の関係にある鉱物としては，ほかにグラファイト(石墨)とダイヤモンド(ともに C)，方解石とアラゴナイト(ともに  $\text{CaCO}_3$ )，石英，鱗珪石，クリストバライト，コース石，スティショバイト(すべて  $\text{SiO}_2$ )などがある。

図1からは，深成岩の岩体に近い部分では高温によりけい線石が産出し，離れた部分でらん晶石と紅柱石が産出していることがわかる。

右の図から，らん晶石と紅柱石ではらん晶石が高圧の条件下で，紅柱石が低圧の条件下で存在するから，らん晶石帯のほうが深い場所にあり，したがって深成岩Aのほうが深い場所に貫入したことがわかる。

## 解答例

らん晶石は低温高圧の条件下，紅柱石は低温低圧の条件下で存在するから，らん晶石帯をつくった深成岩Aのほうが高圧，つまり深い場所に貫入したと考えられる。(74字)

## 問4 難易度：★★★★☆

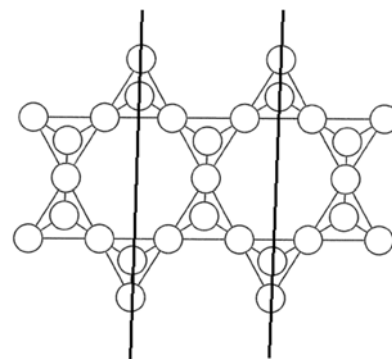
2重鎖の繰り返しの最小単位は右の図の2本の直線で挟まれた部分である。図の○が酸素原子を表し，1つの△の中に1つのケイ素原子が含まれる。この中に含まれるケイ素原子の数は，

$$1 \times 2 + \frac{1}{2} \times 4 = 4$$

酸素原子の数は，

$$1 \times 7 + \frac{1}{2} \times 8 = 11$$

したがって，その比は4:11となる。



角閃石の  $\text{SiO}_4$  四面体の  
2重鎖構造の最小単位

(芝田力，諸星暁之，笠見京平，西山学)

## 2015年度 九州大学 前期 地学

### 〔3〕 海洋プレート

出題範囲	地球の内部構造
難易度	★★☆☆☆
所要時間	10分
傾向と対策	<p>後半の問題は丁寧な考察が必要となる問題で、落ち着いて計算することが大切だ。求められる計算は単純なアイソスタシーの計算や式に当てはめて整理するだけの計算なので、落ち着いて解けば大きな障害にはならないだろう。地殻熱流量はしっかり問われることの少ない分野でもあるので、すらすら解けなかった場合は復習しておくといよいであろう。</p> <p>前半の知識問題は頻出単語のため確実に覚えておこう。</p>

#### 解答

問1 リソスフェア

問2 低速度層

問3 (d)

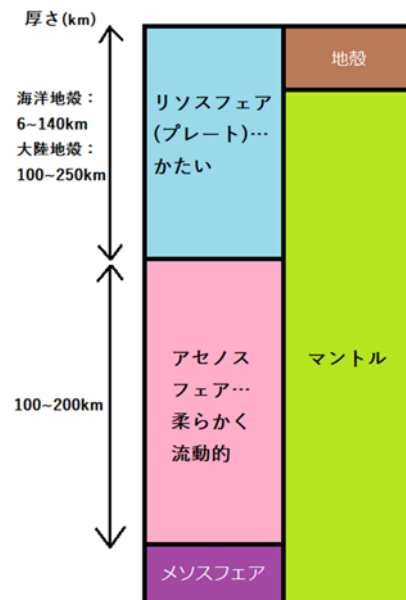
問4 ウ：200 エ：207 オ：大きい

#### 解説

問1 難易度：★★☆☆☆

地球をいくつかの領域に分ける際には一般的に化学的区分と力学的区分が使われており、リソスフェアとアセノスフェアは問題にあるように硬さをもとにした力学的区分によって区分されている。物質の違いをもとにして区分された地殻・マントルの区別とは一致しないことに注意が必要だ。右の図を確認しておこう。

以上より解答は、**リソスフェア**となる。

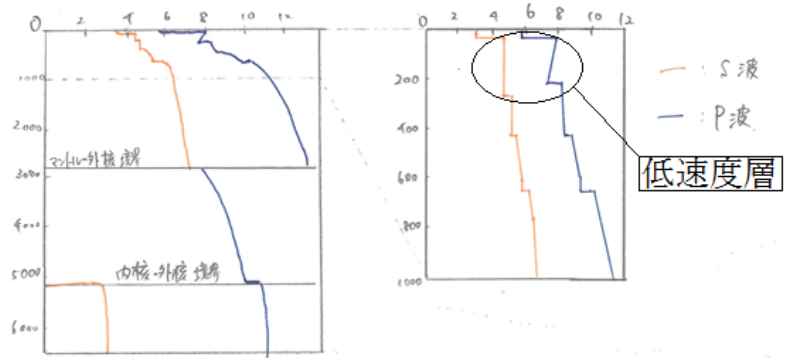


地球内部の力学的区分と化学的区分



## 問2 難易度：★★★★☆

アセノスフェアとリソスフェアの区分は、地震波速度から求めた硬さをもとにした力学的区分である。この問題の問いはやや回りくどい問い方となっており分かりにくいかもしれないが、このことを考えれば、たとえ低速度層といういい方を知らなくても答えにたどり着けるだろう。一般的に教科書に掲載されている



低速度層の深さと減速の様子

地震波速度の図では、深さ 50km~250km ほどに地震波速度が深くなるにつれて小さくなる領域がみられ、この層が低速度層に対応する。他の区域ではおおむね深くなるほど地震波速度は大きくなっている（傾きが右下がり）一方、低速度層だけ傾きが左下がりになっているのがわかるだろう。P 波速度で特に顕著にみられる。

以上より解答は、**低速度層**となる。

### ◆Column 力学的区分と化学的区分

地球の大まかな区分として使われる力学的区分と化学的区分はその名のおりもとなつた観測事実が異なる。

力学的区分は地球の地震速度分布の中にみられる低速度層とよばれる領域を基準にした区分である。低速度層は、おおむね地下深くなるほど地震波速度が大きくなる中で特異的に地震波速度が小さくなる領域のことを指し、この層より上をリソスフェア、この層より下をアセノスフェアとしている。またアセノスフェアより深部の流動性を失ったマンツルの領域をメソスフェアとよぶ。

化学的区分は化学組成による区分で、地殻はケイ酸に比較的富む花崗岩や玄武岩、マンツルはケイ酸に比較的乏しいかんらん岩からなる。化学的区分についても発見は地震波速度の調査をもとに行われている。震源からの距離ごとの地震波の到達時間を示した走時曲線の傾きがある地点で変化することから、地殻の下に地震波速度が地殻に比べて早い領域があると考えられ、初めてマンツルの存在が示された。この研究を行った研究者の名前をとって、この境界面はモホロビッチ不連続面とよばれる。

## 問3 難易度：★★★★☆

地殻熱流量は地下増温率と熱伝導率の積で表される値で、深さ $d_1$ [m]、 $d_2$ [m]での温度をそれぞれ $T_1$ [K]、 $T_2$ [K]とし、単位時間・単位距離・単位温度差あたりの熱エネルギー輸送量を表す熱伝導率 $k$ [W/m・K]とすると地殻熱流量 $Q$ [W/m<sup>2</sup>]は

$$Q = k \frac{T_2 - T_1}{d_2 - d_1}$$

である。いま、地殻熱流量は地下増温率に比例する、すなわち熱伝導率は一定として設定されており、また海

洋プレート上面と下面の温度差も一定とされている。このことから上の式を考えると、 $d_1$ を海洋プレート上面、 $d_2$ を海洋プレート下面とすれば変化するのは $d_2 - d_1$ のみであり、これは海洋プレートの厚さ $L$ にほかならない。海洋プレートの厚さ $L$ は②式より

$$L = 10000\sqrt{t}$$

と表されているから、地殻熱流量の式に代入して

$$Q = k \frac{T_2 - T_1}{d_2 - d_1} = k \frac{T_2 - T_1}{L} = k \frac{T_2 - T_1}{10000\sqrt{t}} = C \frac{1}{\sqrt{t}}$$

(ただし $C$ は定数で、 $C = k \frac{T_2 - T_1}{10000}$ ) となる。よって、地殻熱流量は  $\frac{1}{\sqrt{t}}$  に比例する。

以上より解答は、(d)となる。

#### 問4 難易度：★★★★☆

均衡面（等圧面、補償面）を水面から $D + L$ の深さにおいてアイソスタシーを考える。海嶺での水深は①式より $2500 + 350 \cdot 0 = 2500$ [m]であるから、水深が $D$ の地点と海嶺でアイソスタシーのつり合いを考え、

$$D\rho_w g + L\rho g = 2500\rho_w g + (D + L - 2500)\rho_a g$$

ここで $D = 2500 + 350\sqrt{t}$ 、 $L = 10000\sqrt{t}$ を代入すると

$$(2500 + 350\sqrt{t})\rho_w g + 10000\sqrt{t}\rho g = 2500\rho_w g + \{(2500 + 350\sqrt{t}) + 10000\sqrt{t} - 2500\}\rho_a g$$

整理して

$$350\rho_w g\sqrt{t} + 10000\rho g\sqrt{t} = 10350\rho_a g\sqrt{t}$$

$$7\rho_w g\sqrt{t} + 200\rho g\sqrt{t} = 207\rho_a g\sqrt{t}$$

また、両辺を $g\sqrt{t}$ で割り、 $\rho_w = 1000$ と $\rho_a = 3300$ を代入すると、 $\rho = 3380.5 > 3300 = \rho_a$ より海洋プレートの平均密度はアセノスフェアの密度よりも大きいことがわかる。

以上より解答は、ウ：200 エ：207 オ：大きい となる。

(諸星暁之，笠見京平，芝田力，西山学)

## 2015 年度 九州大学 前期 地学

## 〔4〕 地球のエネルギー収支と温室効果

出題範囲	地球のエネルギー収支
難易度	★★☆☆☆
所要時間	13分
傾向と対策	この大問では地球のエネルギー収支について問われていた。問1, 問2は知識を問う問題であった。問3は太陽定数が何を表しているかを理解していれば難しくはなかっただろう。問4の記述は字数が100字程度と多かったが, 問われている内容は基本的なことなので, 普段から重要な事項については自分の言葉でまとめられるよう練習しておこう。

## 解答

問1 (b)

問2 イ:(b) ウ:(e)

問3  $0.7\pi a^2 S$ 

問4 温室効果ガスには可視光線を透過し, 赤外線を吸収する性質があるため, 可視光線の領域にエネルギーのピークがある太陽放射は大気を透過して地表に到達し, 赤外線の領域にエネルギーのピークがある地球放射は吸収して一部を地表に向けて再放射するため。(117字)

問5 人間による化石燃料の消費

問6 (a)

## 解説

問1 難易度: ★★☆☆☆

地球大気上面で, 太陽光線に垂直な単位面積に入射するエネルギー量を太陽定数といい, その値は約  $1.37\text{kW/m}^2$  である。基本事項なので覚えておこう。

したがって, 解答は, (b) である。

## ◆Check!! 太陽定数の求め方

太陽の表面温度を  $T[\text{K}]$  とする。

太陽から放射される単位面積あたりのエネルギー量  $E[\text{W/m}^2]$  は, シュテファン・ボルツマンの法則よりシュテファン・ボルツマン定数を  $\sigma[\text{W/m}^2\text{K}^4]$  として,

$$E = \sigma T^4$$

ゆえに, 太陽から放射される全エネルギー量  $L[\text{W}]$  は, 太陽の半径を  $R[\text{m}]$  として,

$$L = 4\pi R^2 E$$

地球と太陽の間の距離を  $D$  [m]とし、太陽から距離  $D$  だけ離れた地点には太陽から放射されたエネルギーが一様に届くものとする、太陽から距離  $D$  だけ離れた単位面積あたりに入射する太陽放射  $S$  [W/m<sup>2</sup>]は、

$$S = \frac{L}{4\pi D^2} = \frac{4\pi R^2 E}{4\pi D^2} = \frac{R^2 \sigma T^4}{D^2}$$

この  $S$  が太陽定数である。

実際に、太陽の半径を  $6.960 \times 10^8$  m、表面温度を  $5777$  K、太陽と地球の間の距離を  $1.496 \times 10^{11}$  m、シュテファン・ボルツマン定数を  $5.670 \times 10^{-8}$  W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup> として計算すると、

$$S \approx 1367 \text{ W/m}^2 \approx 1.37 \text{ kW/m}^2$$

となる。

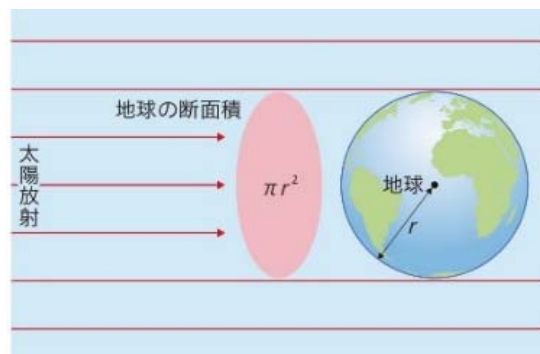
また、地球に到達する太陽放射の全エネルギー量  $e$  [W]は、地球の半径を  $a$  [m]として

$$e = \pi a^2 S$$

地表の単位面積あたりが受けるエネルギーの平均は

$$\frac{e}{4\pi a^2} = \frac{\pi a^2 S}{4\pi a^2} = \frac{S}{4} \approx 342 \text{ W/m}^2$$

地球のアルベド(反射能)は 0.30 程度なので、地球が吸収するエネルギー量は  $2.4 \times 10^{22}$  W/m<sup>2</sup>程度である。



地球に到達する太陽放射

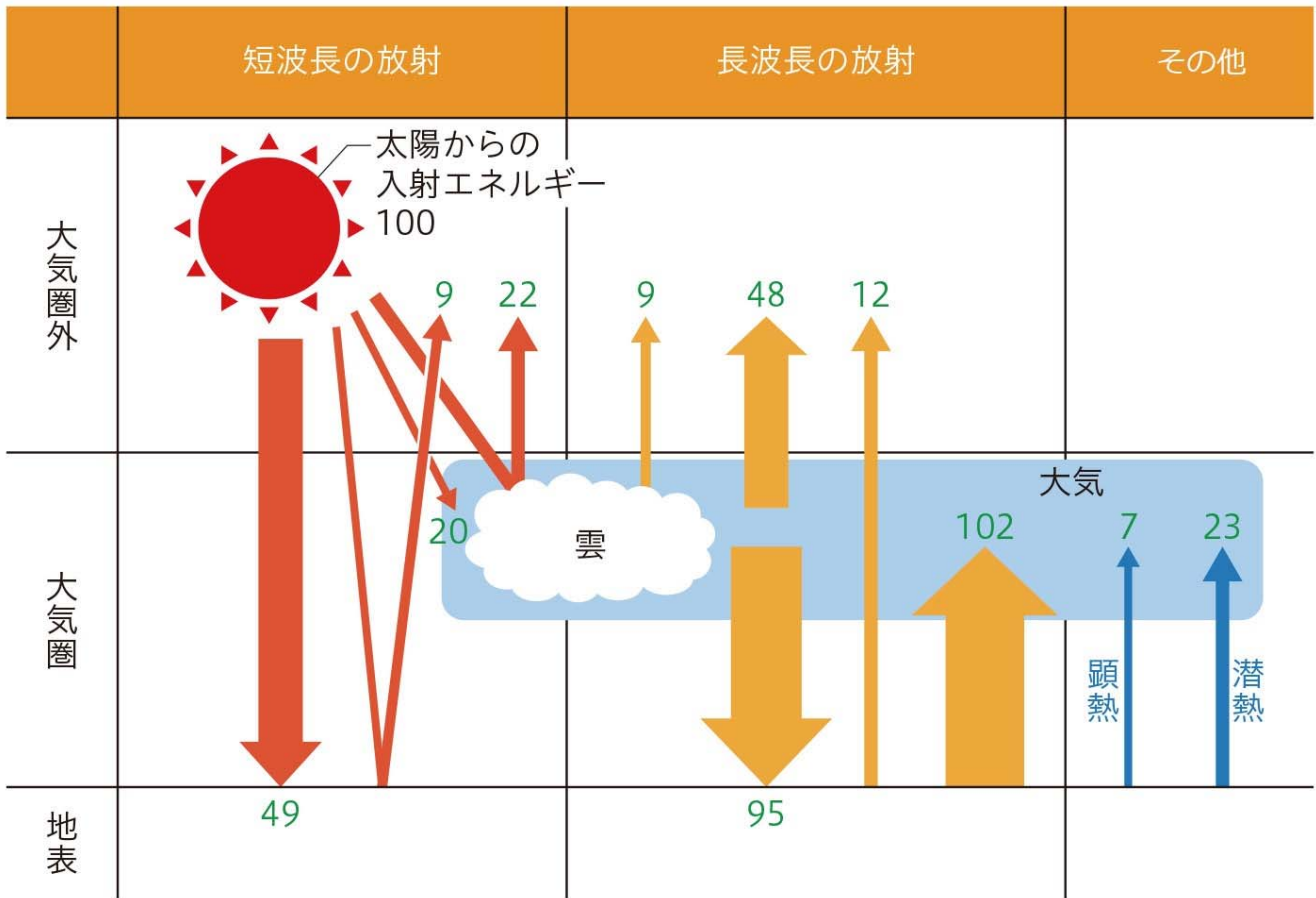
## 問2 難易度：★★★★☆

地球に入射した太陽放射は、オゾンによって紫外線が、水蒸気や二酸化炭素などの温室効果ガスによって赤外線が吸収される。しかし、太陽放射で最もエネルギーが大きい波長は可視光線の領域にあるため、大気による吸収は約 20%にすぎない。

入射するエネルギーに対する反射するエネルギーの割合をアルベドという。アルベドは雪などでは大きく、

森林などでは小さいが、地球全体で見ると約 0.30 である。地表に吸収されるのは残りの約 50% である。

以上より解答は、イ : (b) ウ : (e) である。



地球の熱平衡

問 3 難易度 : ★★☆☆☆

地球に入射する太陽放射のエネルギーは  $\pi a^2 S$  で、このうち 30% が地表や大気、雲などによって反射され、70% が地球に吸収される。地球は熱平衡状態にあり、地球から放出される地球放射のエネルギーは、地球に吸収される太陽放射のエネルギーとつり合っているため、地球から放出される地球放射のエネルギーは  $0.7\pi a^2 S$  となる。

問 4 難易度 : ★★☆☆☆

二酸化炭素や水蒸気などの温室効果ガスには紫外線や可視光線を透過し、赤外線を吸収する性質がある。太陽放射は最もエネルギーの大きい波長が可視光線の領域にあり、地球放射は最もエネルギーの大きい波長が赤外線の領域にあるため、温室効果ガスは太陽放射をあまり吸収せず、地球放射を吸収する。温室効果ガスが吸収したエネルギーはあらゆる方向に放射されるため、その一部が地表に到達し、地球を暖める。

## 解答例

温室効果ガスには可視光線を透過し、赤外線を吸収する性質があるため、可視光線の領域にエネルギーのピークがある太陽放射は大気を透過して地表に到達し、赤外線の領域にエネルギーのピークがある地球放射は吸収して一部を地表に向けて再放射するため。(117 字)

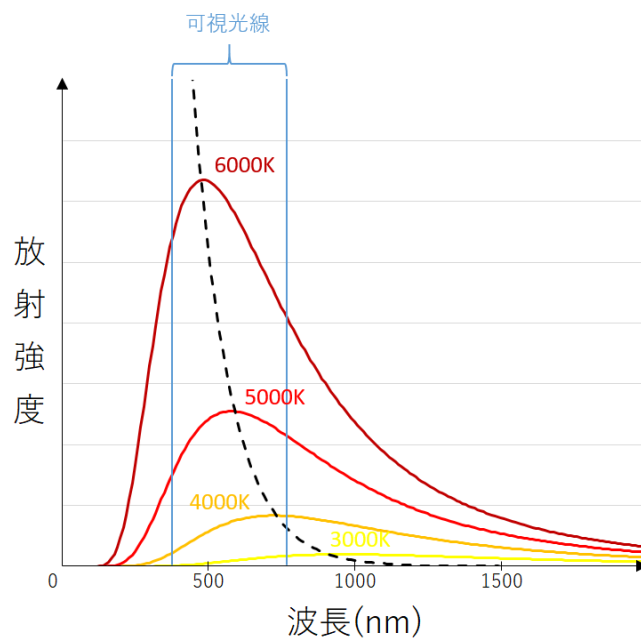
## ◆Check!! ウィーンの変位則

太陽や地球を黒体(あらゆる波長の電磁波を完全に吸収する理想的な物体)と見なすと、表面温度  $T[K]$  のとき放射強度が最大となる波長  $\lambda [\mu\text{m}]$  は、次の関係を満たす。

$$\lambda T \approx 2900$$

この関係をウィーンの変位則という。

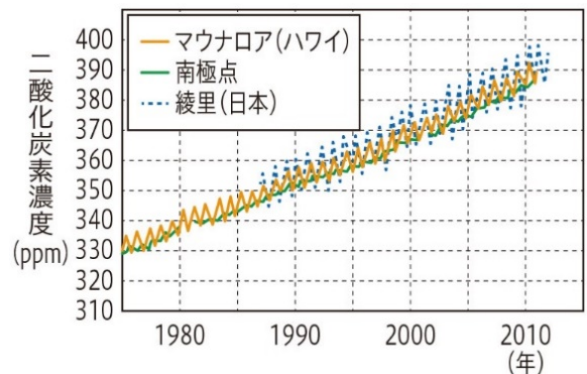
太陽の表面温度を  $5800\text{K}$ 、地球の表面温度を  $290\text{K}$  とすると、ウィーンの変位則からエネルギーが最大となる波長は太陽放射では約  $0.50\mu\text{m}$ 、地球放射では約  $10\mu\text{m}$  となる。



恒星の放射強度と波長の関係

## 問5 難易度：★★★★☆

地球の二酸化炭素濃度は産業革命により大量に石炭を使い始めた 1800 年頃を境に大きく上昇し始め、石油の消費量が増えた 1900 年代半ばからはさらに上昇率が大きくなった。グラフからわかるように、ここ 50 年で二酸化炭素濃度は約  $70\text{ppm}$  ( $0.007\%$ ) 上昇しており、約 1.2 倍になったことになる。

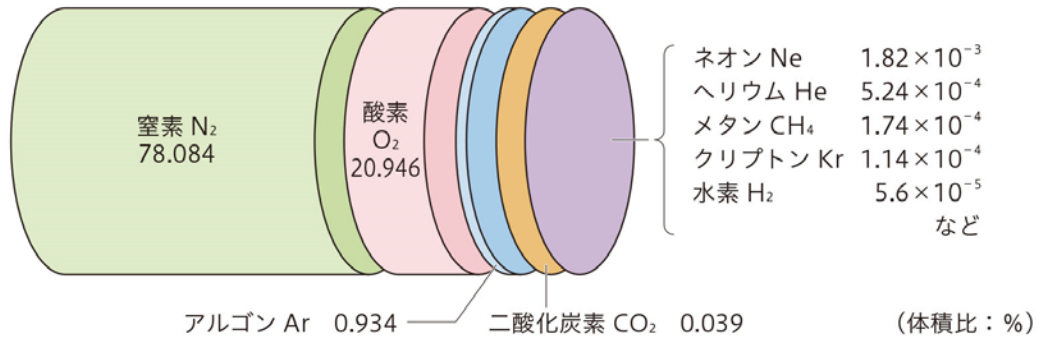


地球の二酸化炭素濃度の変化

以上より解答は、人間による化石燃料の消費となる。

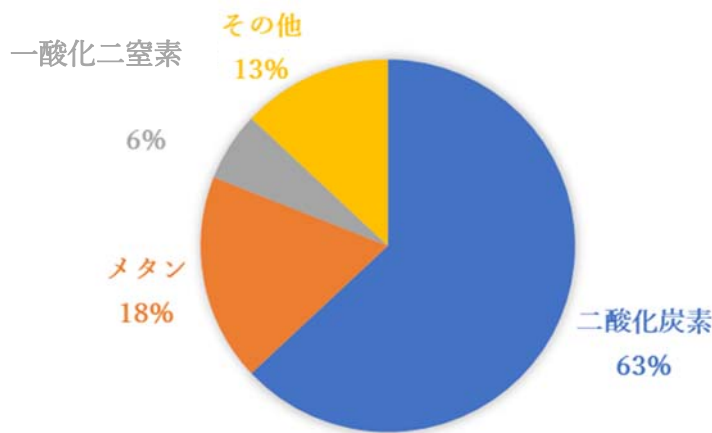
問6 難易度：★★★★☆

地球上の大気組成は下図のように窒素が約 78%、酸素が約 21%、アルゴンが約 0.9%である。二酸化炭素はこれらに次いで 4 番目に多いが地球大気の約 0.04%にすぎない。



地球の大気組成

また、各気体の温室効果への寄与は下のグラフのようになっている。二酸化炭素は他の温室効果ガスよりも大気中での割合が大きいため温室効果への寄与も大きくなっている。



温室効果への寄与率  
(水蒸気は除く)

以上より解答は、(a) となる。

(笠見京平, 芝田力, 諸星暁之, 西山学)



## 2015 年度 九州大学 前期 地学

## 〔5〕 地球磁場

出題範囲	地磁気
難易度	★★★★☆
所要時間	12分
傾向と対策	この大問では地球磁場やバンアレン帯、太陽風などについて記号、計算、記述などさまざまな形式で問われている。問1では標準的な知識が問われていた。問2、問3は教科書であまり大きく取り上げられている事柄ではないため難しかったかもしれない。問5は問題文をよく読めばヒントとなることが書かれているので、落ち着いて問題文を読んで解答しよう。

## 解答

問1 ア：全磁力 イ：水平分力 ウ：鉛直分力 エ：ダイナモ オ：プラズマ(荷電粒子)

カ：太陽風 キ：地球磁気圏 ク：バンアレン帯

問2 (b)

問3 (c)

問4 求める日数は

$$\frac{1.5 \times 10^8}{400 \times 60 \times 60 \times 24} \approx 4.34 \text{ 日}$$

よって(c)

問5 フレアなどによって太陽風の粒子数が増加し、速度が大きくなっている場合。(35字)

## 解説

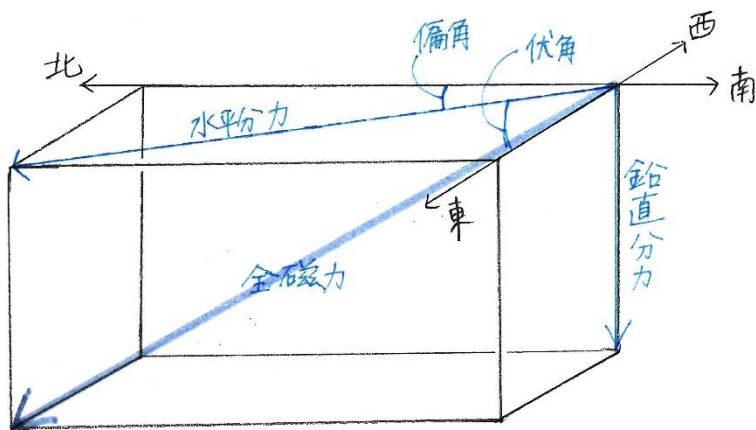
問1 難易度：★★★★☆

ア：全磁力 イ：水平分力 ウ：鉛直分力 エ：ダイナモ

地球磁場の強さを全磁力といい、その水平成分を水平分力、鉛直成分を鉛直分力という。また、全磁力と水平分力のなす角を伏角、真北と水平分力のなす角を偏角という。これらのうち、例えば全磁力、伏角、偏角の3要素がわかれば、残りの水平分力と鉛直分力の大きさもわかる。このように、3つの要素がわかっているならば残りの2つもわかるような、3つの要素のことを地磁気の3要素という。

このような地磁気が発生するしくみとして、外核で液体の鉄が小さな磁場中を対流することによって誘導起電力が生じ、その起電力によって生じた電流によって磁場が形成され磁場が大きくなるというサイクルを繰り返し、やがて一定になったと考えられている。このしくみをダイナモといい、この考え方をダイナモ理論という。

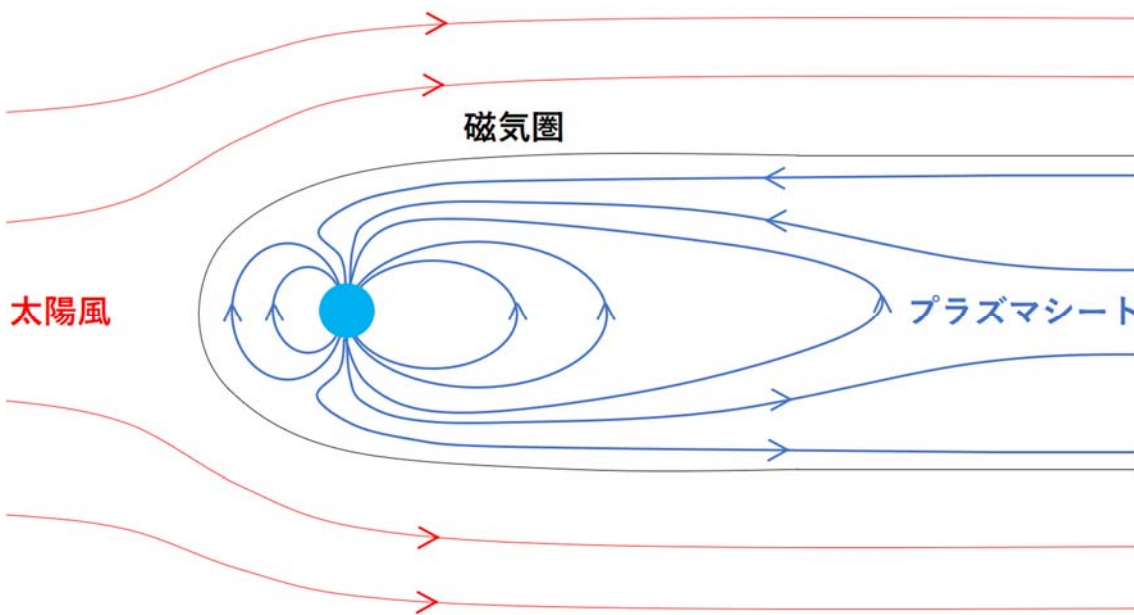




地磁気の要素

オ：プラズマ(荷電粒子) カ：太陽風 キ：地球磁気圏 ク：バンアレン帯

太陽のコロナからはプラズマが噴き出ている。コロナから噴き出るこのプラズマの流れを太陽風という。地球磁気圏は太陽風によって地球の磁場が閉じ込められている領域である。地球磁気圏があるおかげで太陽風や宇宙線はほとんど地表に到達しない。地球磁気圏の内側では陽子や電子が地球の磁場に捕らえられ、2つのドーナツ状の帯を形成している。これらのドーナツ状の帯をバンアレン帯という。



地球磁気圏

以上より解答をまとめると、ア：全磁力 イ：水平分力 ウ：鉛直分力 エ：ダイナモ オ：プラズマ(荷電粒子) カ：太陽風 キ：地球磁気圏 ク：バンアレン帯 となる。

## 問2 難易度：★★★★☆

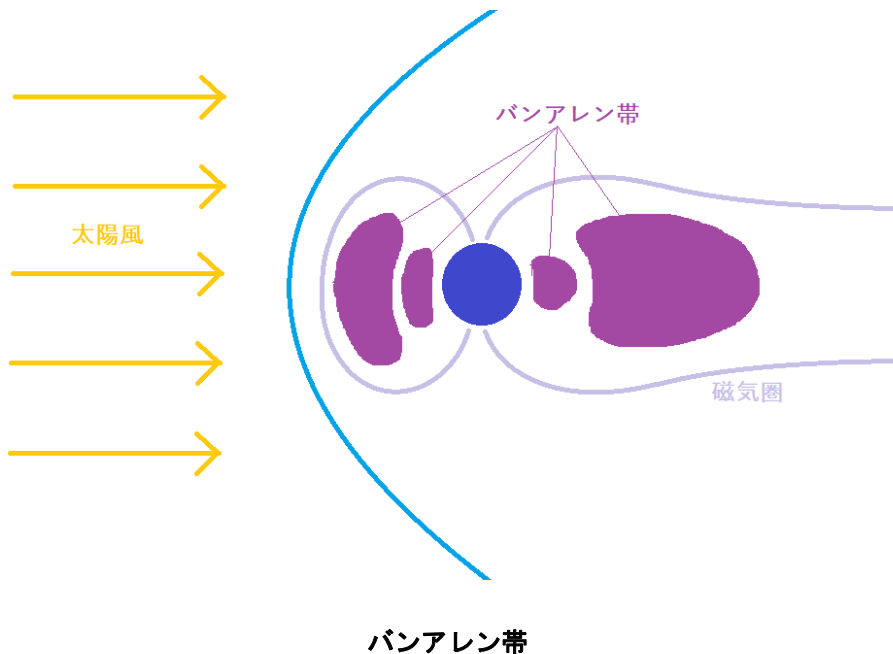
地球の磁場は地球の中心に自転軸に対し  $10^\circ$  傾けておかれた、北極側が S 極の棒磁石による磁場に似ている。この傾きは時間とともに変化し、N 極と S 極が逆転することもある。地磁気が逆転している期間を逆磁極期といい、最新の逆磁極期は松山逆磁極期(約 260 万年前～約 78 万年前)である。

以上より解答は、(b) となる。

## 問3 難易度：★★★★☆

バンアレン帯は広がりをもった 2 つの帯からなり、このうち地表から約 4000km の高さに中心があるものを内帯、約 20000km の高さに中心があるものを外帯という。これらの放射線帯は 1958 年にアメリカの衛星によって発見された。内帯は高速の陽子と電子が、外帯は高速の電子が多い。

以上より解答は、(c) となる。



## 問4 難易度：★★★★☆

太陽と地球の間の距離は 1 天文単位であり、約 1 億 5000 万 km である。太陽風はこの距離を 400km/s で進み、1 日は  $60 \times 60 \times 24$  秒なので、単位や桁数に注意して計算すると下の式のようなになる。この問題は太陽と地球の距離さえ知っていれば簡単に式が立つと思うので、計算ミスをしないように気をつけよう。

求める日数は

$$\frac{1.5 \times 10^8}{400 \times 60 \times 60 \times 24} \approx 4.34 \text{ 日}$$

よって(c)

問5 難易度：★★★★☆

太陽のコロナは普段 100 万 K 程度であるが突然 1000 万 K~5000 万 K の高温になることがある。この現象をフレアという。フレアは、コロナ中で磁場のひずみが限界に達し、蓄積していたエネルギーが放出する現象だと考えられている。フレアが発生すると太陽風の粒子数が増加し、速度も大きくなる。この時地球磁気圏は、フレアが発生していないときよりも太陽風によって太陽側が強く押し潰される。

解答例

フレアなどによって太陽風の粒子数が増加し、速度が大きくなっている場合。(35 字)

(笠見京平, 芝田力, 諸星暁之, 西山学)