

## 9

## 恒星としての太陽の進化

## CHECK POINT

## Ⅰ 太陽と恒星

**星の明るさ** 恒星の明るさは等級で表し、等級は小さいほど明るい。5 等級差では明るさは 100 倍、1 等級差では約 2.5 倍。太陽は地球に近いので、みかけの明るさは 27 等だが、一般的な恒星である。

**星の色**

恒星は、温度によって色が異なる。

## Ⅱ 太陽の誕生と進化

**太陽の誕生**

・星間物質と星間雲

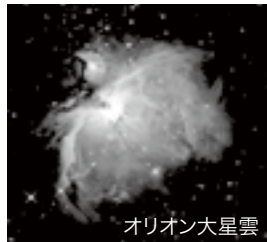
**星間物質**…水素などからなる星間ガス、ケイ酸塩、石墨、水(氷)などからなる固体微粒子(星間塵)の集まり。

**星間雲**…星間物質の濃度の高い部分。

**散光星雲**…星間雲が近くの恒星の放射で照らしだされて見えているもの。

例 M 16 など。

**暗黒星雲**…星間雲によって、背後の恒星の放射が散乱・吸収されて暗く見えているもの。



・原始星から主系列星へ

**原始星**…太陽は約 46 億年前に星間ガスが収縮して重力のため内部が高温となり、原始星として輝きはじめた。

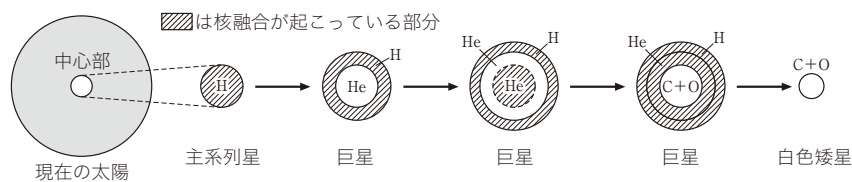
**T タウリ型星**…周囲をとりまくガスが太陽に落ちることによって原始太陽は成長し、周囲のガスがなくなり、恒星の光が外から見えるようになるった段階。

**主系列星**…原始太陽誕生約 1000 万年後～現在。中心部で水素の核融合反応がはじまり、安定して輝いている段階。

**巨星(赤色巨星)**…約 100 億年後、中心部がヘリウムになり、核融合反応の中心が周囲の水素に移ると、膨張して表面温度が下がる。中心部のヘリウムの核融合反応が起こりはじめると、さらに膨張する。

**白色矮星**…さらに数億年後、外層のガスをふきだし、中に高温の小さな天体が残った状態。放出されたガスは**惑星状星雲**となる。

太陽は誕生から白色矮星になるまで約 120 億年かかる。



## CHECK TEST

**1 [星の明るさの表し方]** 星の明るさを表す等級は値が  いほど明るく、明るさが 100 倍になると、 等  くなる。

**2 [太陽の元素と起源]** 太陽の元素と起源に関する次の文章中の 、 にあてはまる語句を答え、下線部に関連して、地球の地殻を構成する主要な元素の組合せとして最も適当なものを、下の①～④のうちから選べ。  
(センター本試2011 改)

宇宙で最初に恒星が形成されたときに存在していた元素は水素や  などの質量数の小さい元素だけであった。一方で地球には、 より質量数の大きい元素(重元素)が多量に存在する。重元素は、恒星内部で起こる  で合成され、その後星間空間へ放出される。多くの恒星から重元素が放出されることにより、星間物質に含まれる重元素の量が増えてゆく。このような星間物質から太陽や地球が誕生した。

地球の地殻 太陽  
a 窒素とケイ素 c 炭素と酸素  
b 酸素とケイ素 d 水素  
① a と c ② a と d ③ b と c ④ b と d

**3 [太陽の進化]** 恒星の段階を、太陽の進化の順に並べたものとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

① 原始星、主系列星、赤色巨星、白色矮星  
② 原始星、主系列星、白色矮星、赤色巨星  
③ 原始星、白色矮星、主系列星、赤色巨星  
④ 原始星、白色矮星、赤色巨星、主系列星

**4 [太陽の寿命]** 太陽が主系列星として輝く時間として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

① 約 50 億年 ② 約 100 億年  
③ 約 137 億年 ④ 約 200 億年

答 1 A 小 さ B 5 2 A ヘリウム B 核融合 元素の組合せ ④ 3 ① 4 ②

## 例題 9 星の明るさ

恒星 A の等級は、恒星 B の等級より 4 等大きかった。恒星 A の明るさは、恒星 B のおよそ何倍か。次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、1 等級の差は約 2.5 倍の明るさの違いに相当する。 倍  
(センター本試2013 改)

①  $\frac{1}{80}$  ②  $\frac{1}{40}$  ③  $\frac{1}{10}$  ④ 10 ⑤ 40 ⑥ 80

**解説**

1 正 ②⇒恒星の明るさは等級で表す。等級は小さいほど明るく、5 等級小さいと明るさは 100 倍になる。 4 等級大きいと、明るさは、 $100/2.5=1/40$  になる。  
答 1 ②

# BASIC ベーシック問題

## 55 ▢【暗黒星雲】2分

写真の星雲が黒く見えている理由として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 1 (センター追試1994 改)

- ① 星間物質の密度が周囲よりも高く、背後の天体からやってくる可視光をさえぎっている。
- ② 星間物質の密度が周囲よりも低く、輝くガスの量が極端に少ない。
- ③ 星間物質の密度が周囲よりも高く、ガスが散逸して星間塵しか残っていない。
- ④ 星間物質の密度が周囲よりも低く、主にX線を放射している。



## 56 ▢【太陽の寿命】2分

太陽の質量は約  $2 \times 10^{30}$  kg である。太陽は現在主系列星の段階で、太陽の中心部で、1年当たり  $2 \times 10^{19}$  kg の水素が核融合反応している。太陽が巨星になるまでに、質量の10%の水素が消費されたとすると、主系列星として過ごす時期は約何億年か。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。約 1 億年 (センター追試2010 改)

- ① 4      ② 10      ③ 40      ④ 100      ⑤ 1000

## 57 ▢【主系列星】2分

太陽は現在主系列星の段階である。主系列星について述べた文として、最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 1

- ① 重力による収縮段階にある。
- ② 中心部で水素核融合反応が進行している。
- ③ ヘリウムの核融合反応が進行している。
- ④ 高温のため鉄の分解が進行している。

## 58 ▢【太陽の進化】2分

惑星状星雲で、中心星(星雲の中心に見える恒星)が、次の進化段階に移る過程でその外層をゆっくりと放出する段階がある。太陽がこの段階になるさいの進化の過程を表すものとして、最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

1 (センター追試1994 改)

- ① 星間雲→原始星
- ② 原始星→主系列星
- ③ 主系列星→巨星
- ④ 巨星→白色矮星

## 59 ▢【恒星の終末】3分

恒星の終末について、次の文章を読み、以下の問いに答えよ。 (センター追試1999 改)

超新星は恒星自身の爆発であり、恒星の質量の一部または全部を吹き飛ばす。超新星爆発に伴い、恒星内部でつくられていたOやFeなどの重い元素は星間空間にまき散らされる。こうして星間物質中の重い元素の割合は、時間とともに増加していく。恒星は星間物質から生まれるので、新しく生まれた恒星ほど、これらの元素の水素に対する構成比は高くなる。

問1 ある超新星が最も明るいとき、地球から見た等級が－7.5等に達したとする。このときの超新星の明るさは満月の何倍か。最も適当なものを、次の①～⑦のうちから一つ選べ。ただし、満月の明るさは－12.5等である。 1 倍

- ① 1/100      ② 1/10      ③ 1/5      ④ 1
- ⑤ 5      ⑥ 10      ⑦ 100

問2 進化した星の中には、太陽の今後の進化と同様にHeの核融合反応が進行しているものがある。この反応でつくられる元素は何か。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- 2
- ① H      ② C      ③ Pb      ④ U

## 60 ▢【太陽の一生】3分

次の文章中の空欄 ア ～ エ に入れる語の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。 1

約 ア 年前、一つの星間雲の内部に密度の高いガスの塊が発生し、収縮を始めた。収縮が進むにつれて、ガス塊中心部の温度と密度は上昇し、やがて水素から イ への核融合反応が始まった。このようにして現在太陽と呼ばれる恒星が誕生した。

今から約50億年後の未来、太陽の中心部では水素のほとんどが イ になる。この太陽内部で起こる元素組成の変化は内部構造の変化を引き起こし、太陽は赤色巨星へと進化する。赤色巨星時代の最後の数万年間に、太陽は大量のガスを吹き出し、質量の約半分を失う。

残された太陽は一転して収縮を開始し、表面温度は約5万K近くまで上がる。赤色巨星時代に放出されたガスは高温化した太陽の光により電離され、 ウ として輝く。その後の太陽は、核融合反応が停止し、 エ として冷えていくのである。

	ア	イ	ウ	エ
①	46億	ヘリウム	惑星状星雲	白色矮星
②	46億	ヘリウム	白色矮星	惑星状星雲
③	46億	炭素	惑星状星雲	白色矮星
④	46億	炭素	白色矮星	惑星状星雲
⑤	100億	ヘリウム	惑星状星雲	白色矮星
⑥	100億	ヘリウム	白色矮星	惑星状星雲
⑦	100億	炭素	惑星状星雲	白色矮星
⑧	100億	炭素	白色矮星	惑星状星雲

# MASTER マスター問題

## 61 ㊦【恒星からの放射】5分

恒星からの放射] 恒星からの放射に関する次の文章を読み、あとの問いに答えよ。(センター本試2000 改)

夜空にうかぶ恒星を注意して見ると、赤い星から青い星まで、恒星にはさまざまな色があることがわかる。これは恒星の表面温度によって、放射エネルギーの波長ごとの分布(スペクトル)が異なるためである。次の図は恒星表面の単位面積から放射されるエネルギーの分布を示したものである。この図によると表面温度が ア 星ほど、その放射エネルギー強度が最大となる波長は短波長側にずれ、星の色は イ をおびて見えることがわかる。

太陽の放射スペクトルは図の 6000 K のスペクトルにほぼ等しいが、多少の違いも見られる。特に可視光領域のスペクトルを細かく調べると、数多くの暗線(吸収線)がみられることがよく知られている。

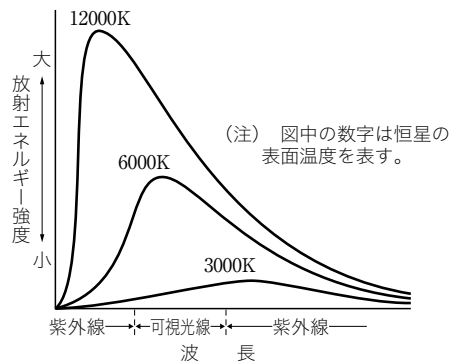


図 恒星表面の単位面積から放射されるエネルギーの分布

問1 文章中の空欄 ア・イ に入れる語の組み合わせとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 1

- | ア    | イ  | ア    | イ  |
|------|----|------|----|
| ① 高い | 赤み | ③ 低い | 赤み |
| ② 高い | 青み | ④ 低い | 青み |

問2 図に関連した文として誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2

- ① 表面の単位面積からの赤外線放射量は、高温の恒星ほど少ない。
- ② 放射エネルギー強度が最大になる波長は、温度に比例する。
- ③ 12000 K の恒星は、多量の紫外線を放射する。
- ④ 3000 K 程度の低温の恒星を観測するには、赤外線観測が有効である。

問3 太陽放射について述べた文として、最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

3

- ① 太陽のコロナは1万～2万 K もの高温で、X線などを放射している。
- ② 日食で月が光球を隠すと、光球の数倍まで広がった彩層が現れる。
- ③ 黒点が多い時期にはフレアが多数発生し、X線の放射や太陽風が強まる。
- ④ 太陽からの赤外線放射は、地球の窒素により吸収される。

問4 文章中の下線部の原因は何か。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

4

- ① 太陽の周辺部は、中央部より暗く見える。
- ② 黒点は光球より温度が低く、まわりよりも暗く見える。
- ③ 中心部で起きている原子核反応に伴い、固有の波長の光が吸収される。
- ④ 太陽大気中のさまざまな元素が、それぞれの固有の波長の光を吸収する。