

# 地球惑星科学II

## 第12回

2024年01月11日

# 連絡：学期末試験について

- 2月1日(木)10:30から実施
- 場所：E301
- 地球惑星科学入門・地学図表・自筆ノートは持ち込み可、電卓も持ち込み可。
  - 他の書籍などは不可
  - スマートフォン・携帯電話・電子辞書は使用禁止(電卓としての使用も禁止)
- 出題形式
  - 記述問題、計算問題
  - その場での思考を問う問題も出題

# 今日のテーマ

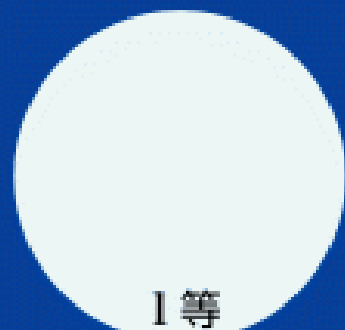
- 恒星とはどのようなものか？
- 恒星の分類
  
- 参照：地球惑星科学  
入門 31章



地学図表P.39  
二訂版地学図表P.141

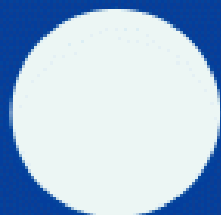
# 恒星の見かけの明るさ(実視等級)

明るさの差を面積で表す



1等

$$100 = 2.512^5$$



2等

$$2.512^4$$



3等

$$2.512^3$$



4等

$$2.512^2$$



5等

$$2.512$$



6等

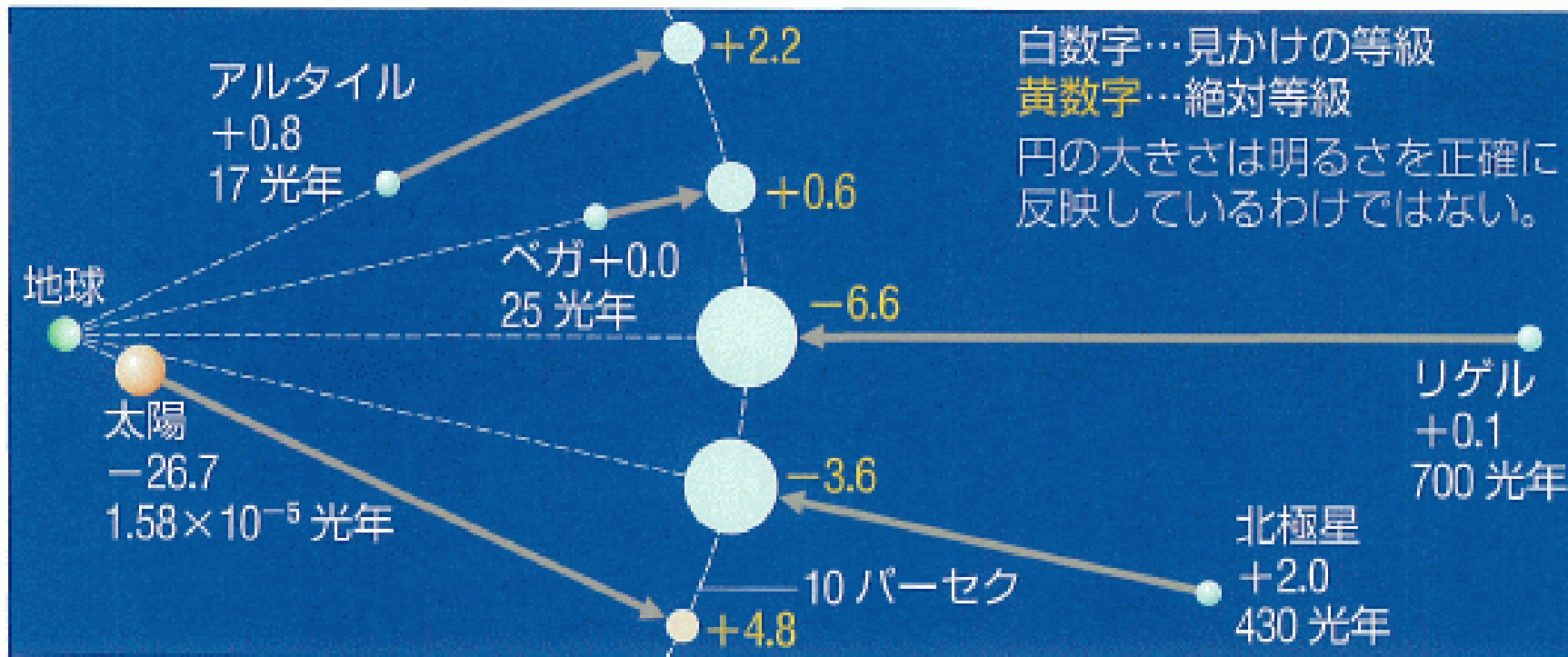
$$1$$

地学図表P.38

二訂版地学図表P.140

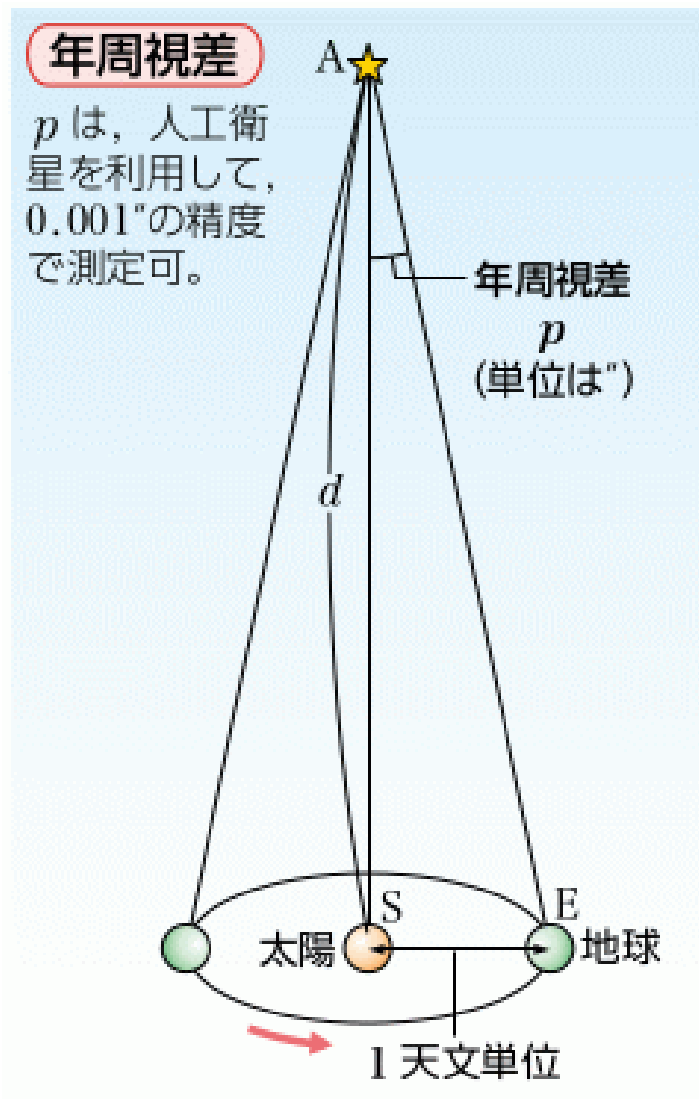
明るさ(等級)	星数	星数累計	明るさ(等級)	星数	星数累計
-0.5等以上	2	2	6.5~ 8.5	59000	68000
-0.5~0.5	7	9	8.5~10.5	470000	540000
0.5~1.5	12	21	10.5~12.5	3200000	3700000
1.5~2.5	67	88	12.5~14.5	19000000	23000000
2.5~4.5	900	990	14.5~16.5	100000000	120000000
4.5~6.5	7600	8600	16.5~18.5	420000000	540000000

# 絶対等級



地学図表P.38  
二訂版地学図表P.140

# 近い恒星までの距離の測定方法



年周視差が1秒  
となる距離を  
1パーセク(parsec)  
という

地学図表P.38

二訂版地学図表P.140

# 計算問題

- 太陽系の端では太陽は何等星か？
  - 太陽系の端で太陽を見つけることはできるか？
  - 太陽系の端で太陽は何番目に明るい星？
  - 太陽の実視等級は-26.75等
  - 明るさが100倍違うと等級で5異なる

# 計算問題：解答例

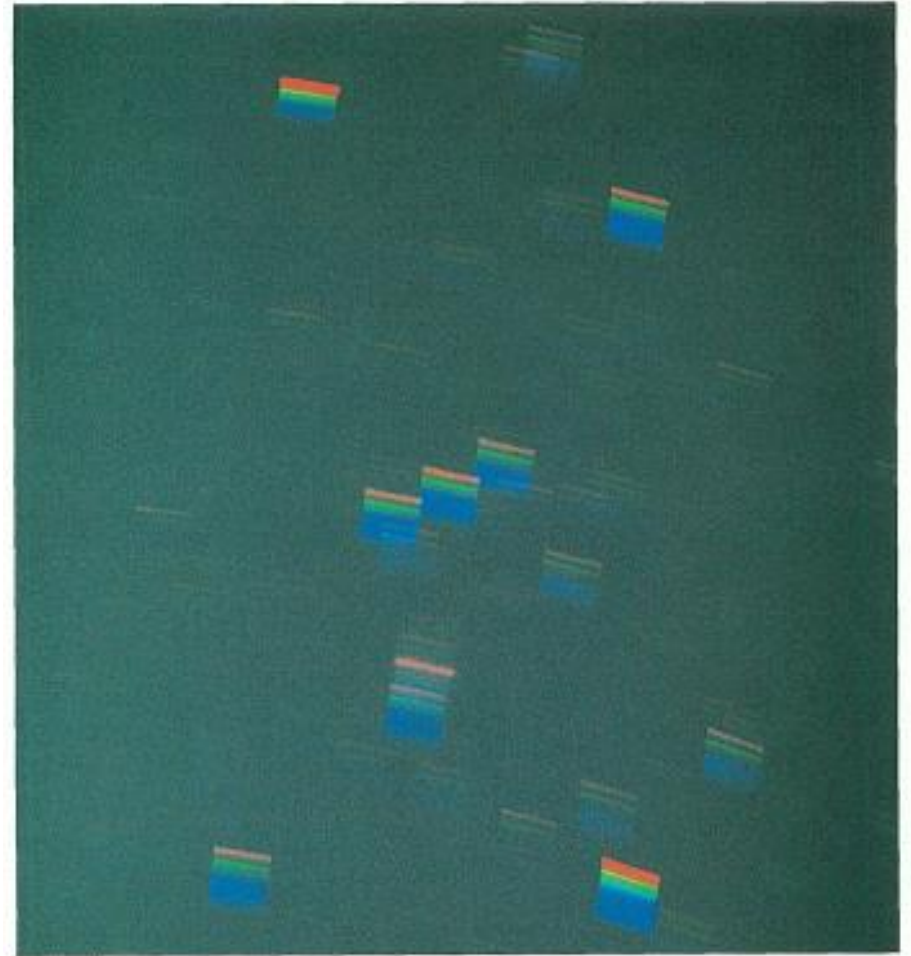
- 太陽系の端では太陽は何等星か？

- 太陽－地球間： $1\text{ au}$
- 太陽－太陽系の端： $10^5\text{ au}$  (太陽の重力圏)
- 太陽の実視等級は $-26.75$ 等
- 明るさが100倍違うと等級で5異なる

- 距離比： $\frac{10^5}{1} = 10^5$
- 明るさの比： $(10^5)^{-2} = \left(\frac{1}{100}\right)^5$
- 等級差： $5 \times 5 = 25$
- 太陽系端での太陽の等級： $-26.75 + 25 = -1.75$

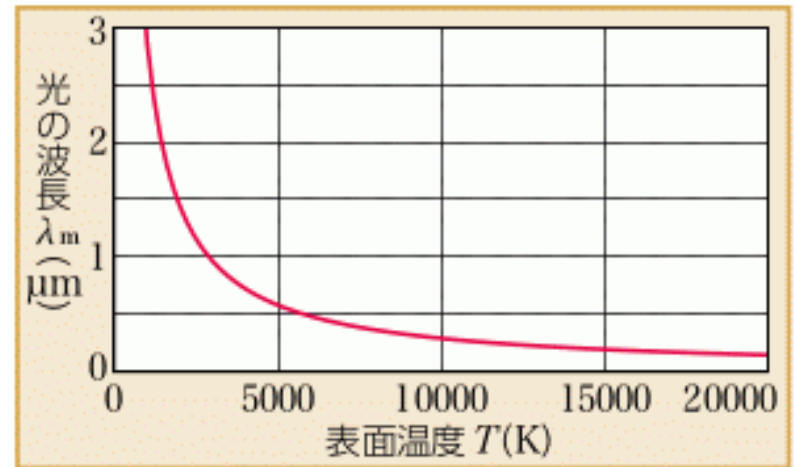
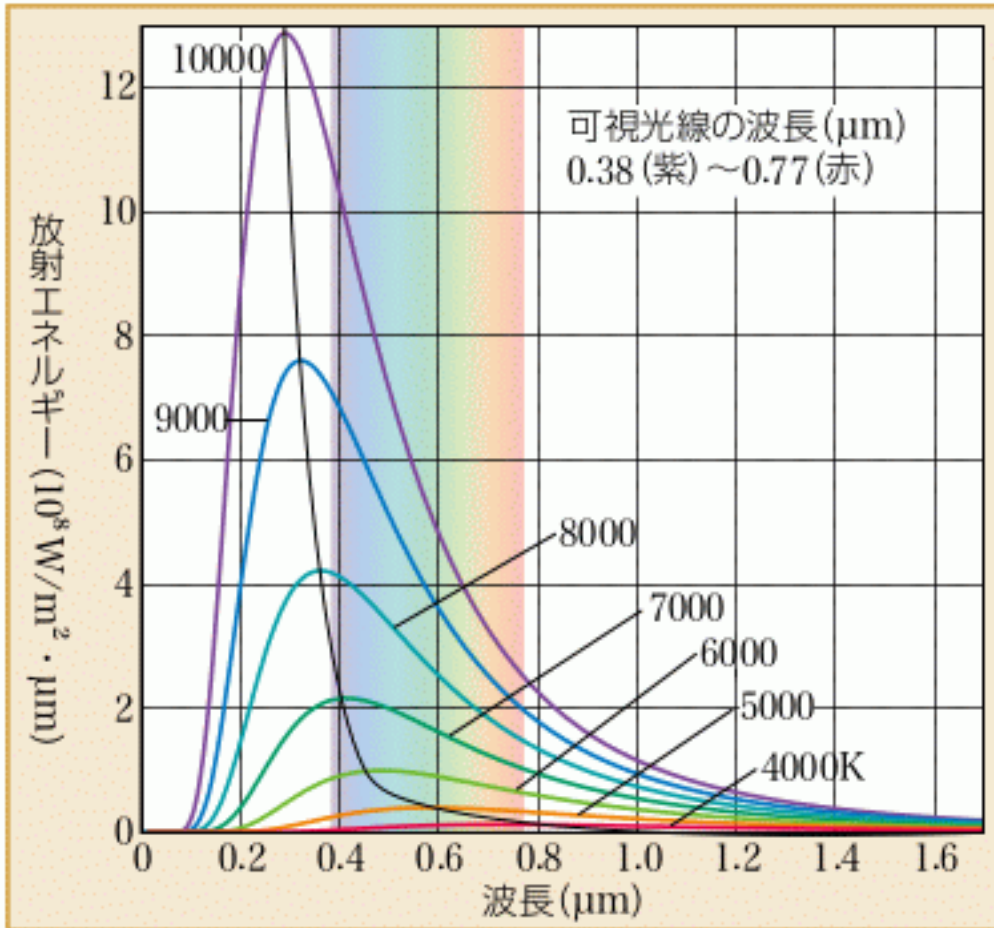


# 恒星の色



地学図表P.39  
二訂版地学図表P.141

# 恒星の温度

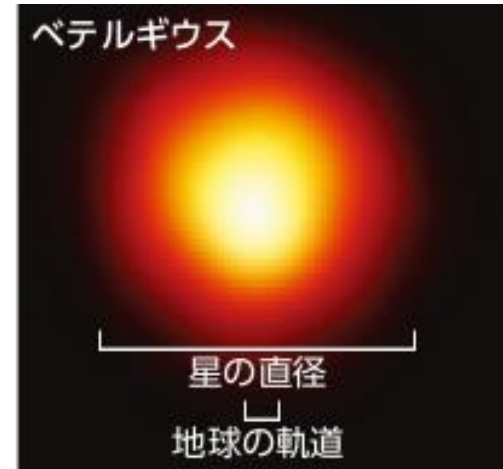
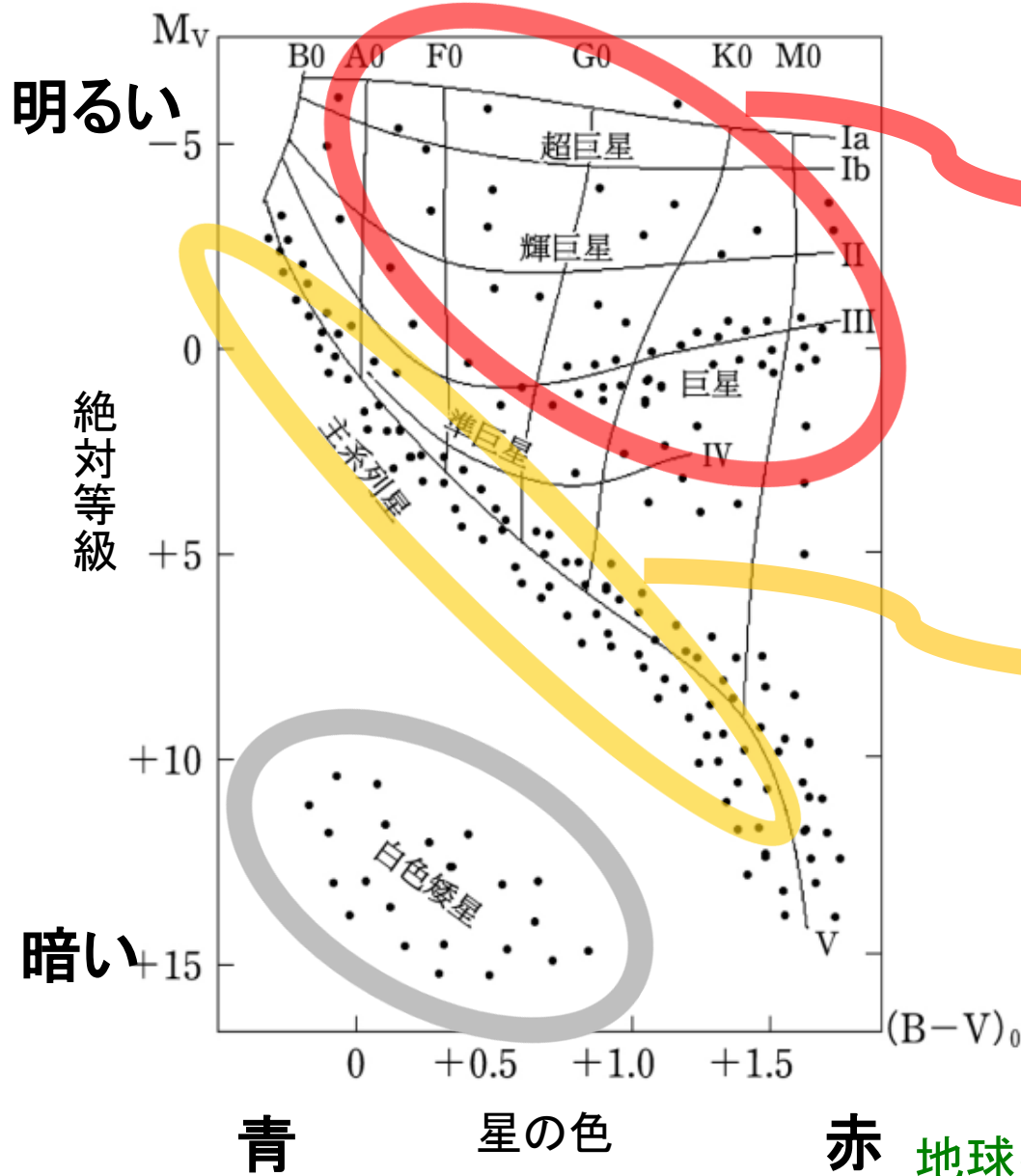


温度が高いほど

- ・光の波長が短い
- ・単位面積当たりの放出エネルギー量

多い:  $\sim \sigma T^4$

# 恒星の分類: HR図



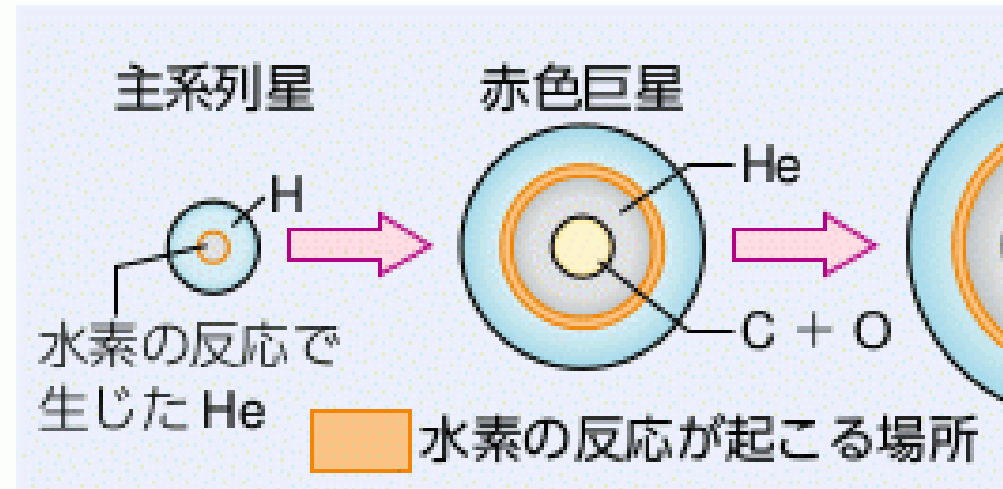
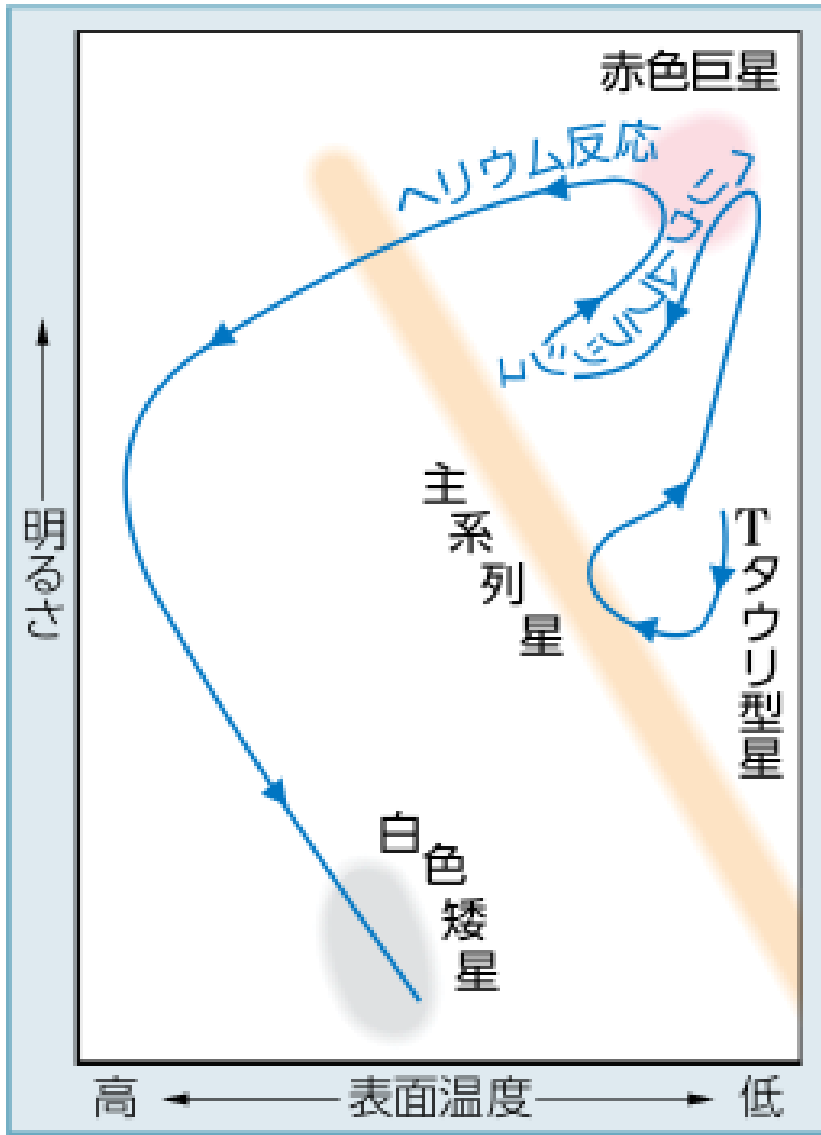
地学図表P.38  
二訂版地学図表P.140



<http://depression-note.com/health/sunshine>

# 太陽の進化

地学図表P.40  
二訂版地学図表P.142

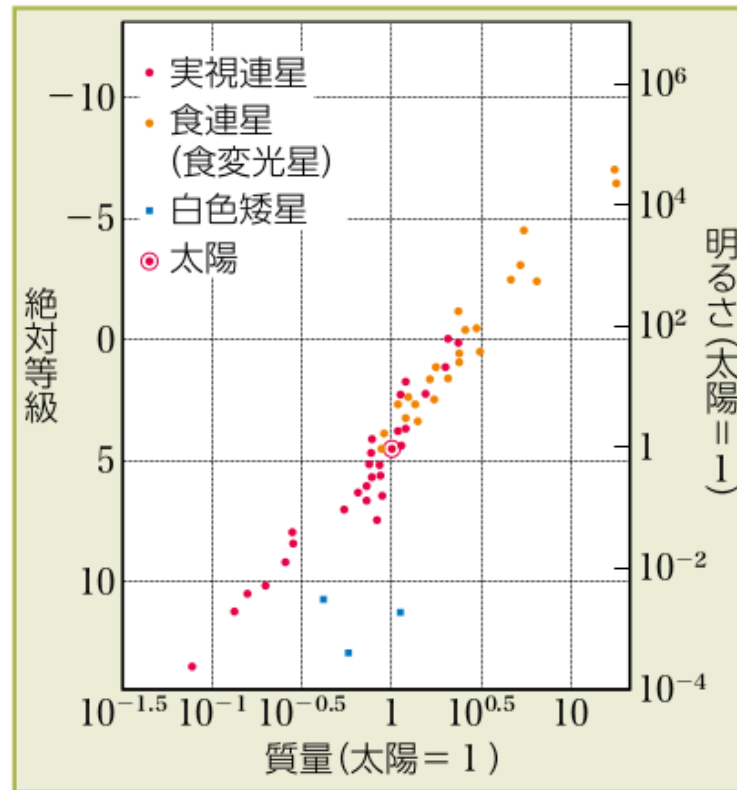


ヘリウム燃焼  
(トリプルアルファ反応)  
 $4\text{He} + 4\text{He} + 4\text{He} \rightarrow ^{12}\text{C} + \gamma$

地学図表P.41  
二訂版地学図表P.143

# 恒星の性質は質量が決める

- 質量光度関係



地学図表P.44

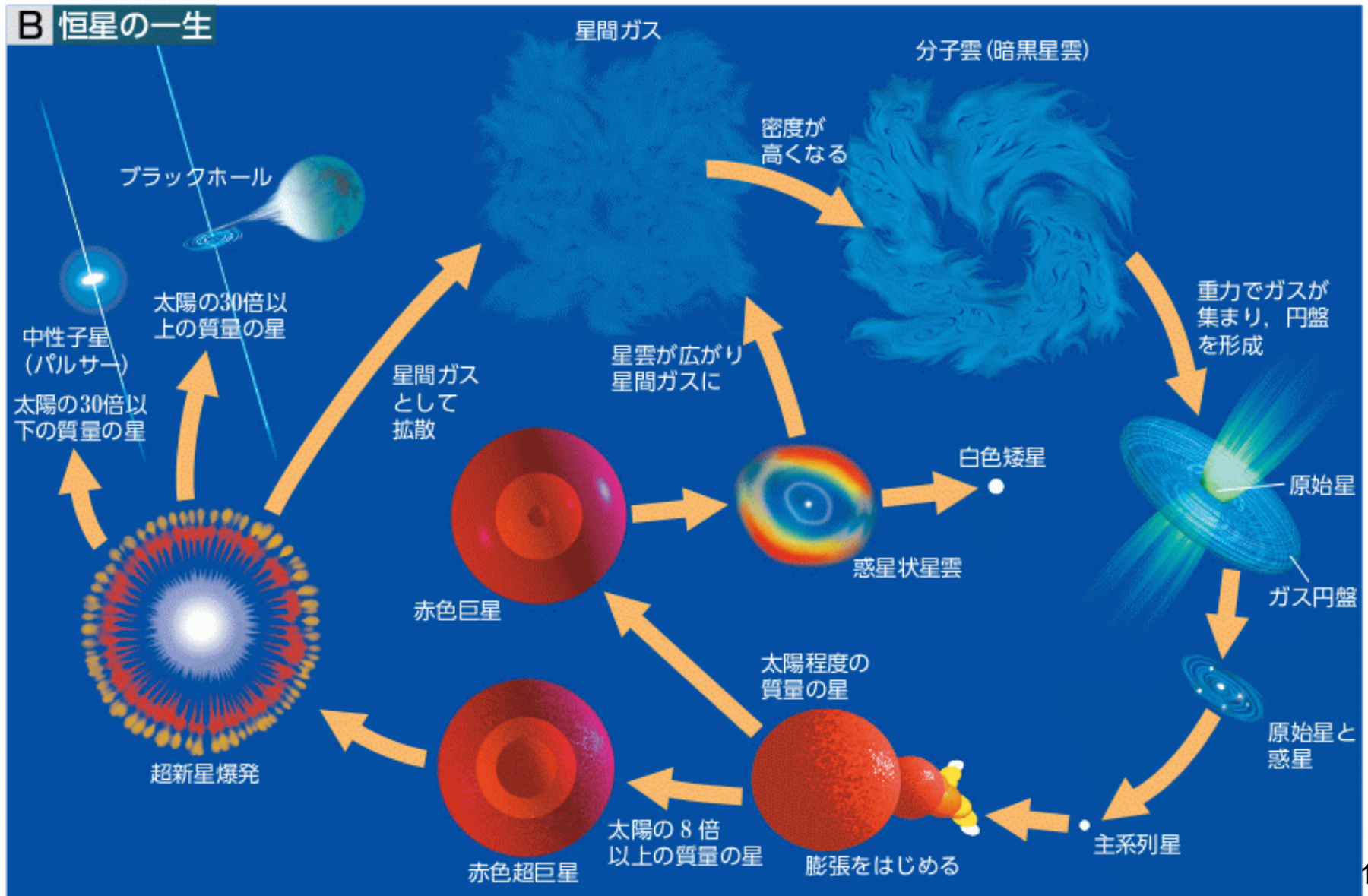
二訂版地学図表P.146

- 質量が大きい恒星ほど寿命が短い

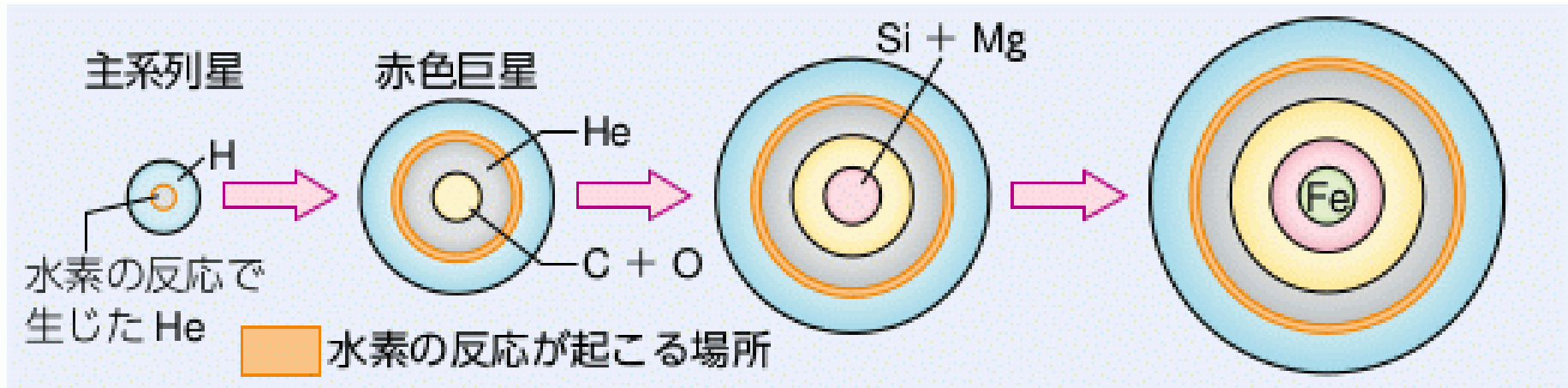


# 恒星の一生

地学図表P.40  
二訂版地学図表P.142



# 大質量星の進化 ( $10M_{\text{sun}}$ 以上の場合)



ヘリウム燃焼  
(トリプルアルファ反応)  
 $4\text{He} + 4\text{He} + 4\text{He} \rightarrow ^{12}\text{C} + \gamma$

炭素燃焼の例  
 $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C} \rightarrow ^{24}\text{Mg} + \gamma$   
酸素燃焼の例  
 $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O} \rightarrow ^{28}\text{Si} + ^4\text{He}$

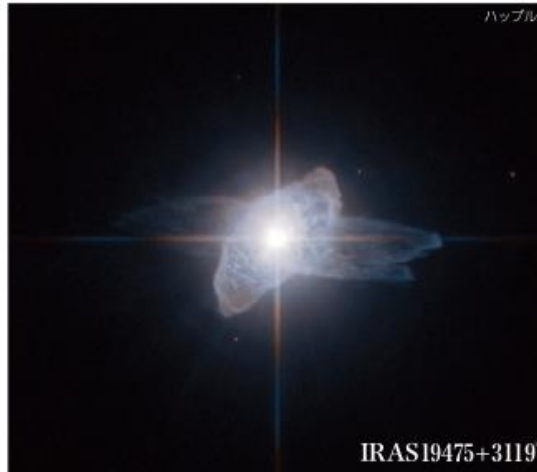
地学図表P.40  
二訂版地学図表P.142

- 主系列星から赤色巨星へ進化
- 恒星の内部で元素合成が起こる:  
炭素、酸素、ケイ素、マグネシウム、鉄

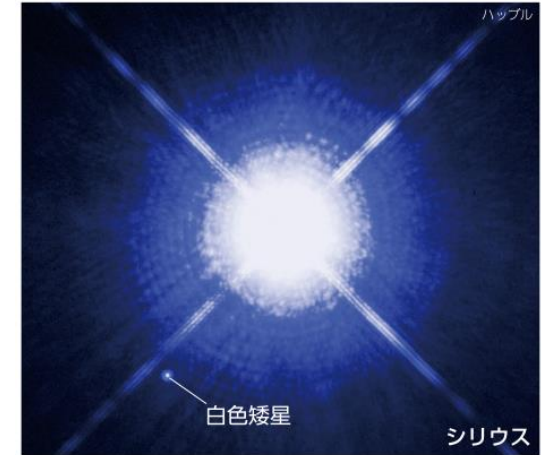
# 星の死

## ・ 小質量星の場合

惑星状星雲  
の形成

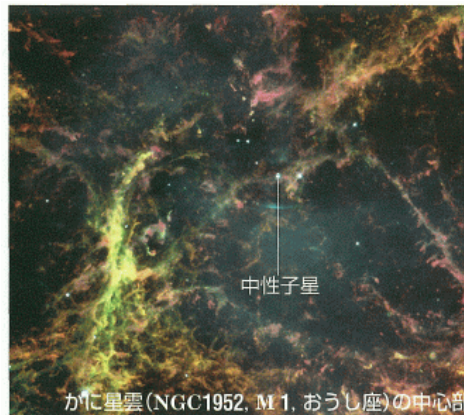


白色矮星  
の形成



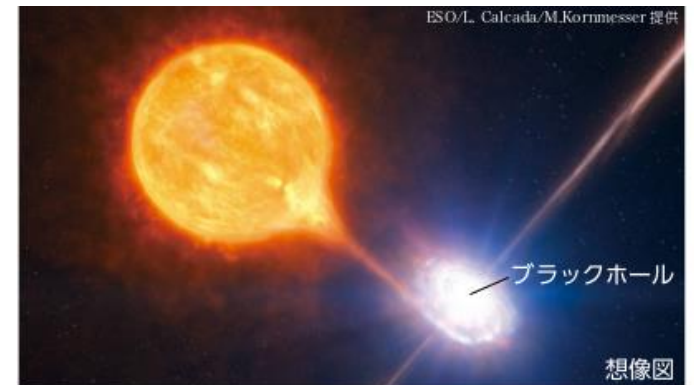
## ・ 大質量星の場合

超新星爆発



重たい元素  
の合成

ブラック  
ホール  
の形成



地学図表P.43  
二訂版地学図表P.145



# 元素の存在比

宇宙初期の  
元素合成



恒星内部の  
元素合成

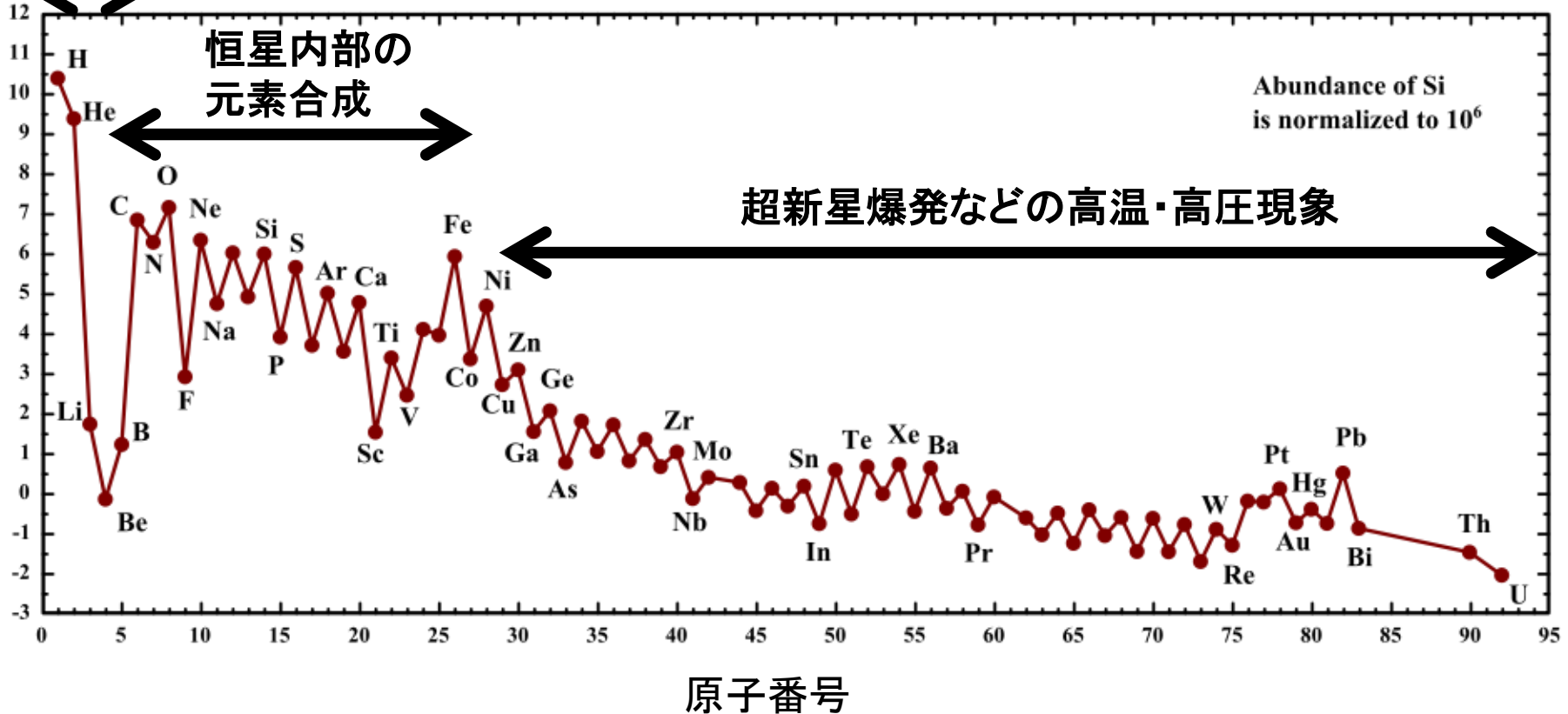


超新星爆発などの高温・高圧現象



Abundance of Si  
is normalized to  $10^6$

存在比



[https://online.science.psu.edu/astro140\\_fawd001/node/11779](https://online.science.psu.edu/astro140_fawd001/node/11779)

# 今日のミニレポート

- 星間分子雲（暗黒星雲）の状態が変わると、形成される惑星系はどのように変化すると考えられるか？  
様々な場合について考えてください。結果だけでなく理由も書いてください。
- 字数制限あり：500字程度