

理Ⅰ 19組 740482G 木下 碓斗

## 第4問

7 M<sub>☉</sub> の HR 図の点 c → D への移動がヘルツシュポルンゲギャップである。7 M<sub>☉</sub> のような中質量星の場合、主系列段階で中心部では主に CNO サイクルが働いており、この CNO サイクルが非常に温度に敏感なため、少しでも温度の高い中心でエネルギーの発生率が非常に大きくなって高い温度勾配がでる。故に、断熱的溫度勾配よりも大きな温度勾配ができて、対流核をつくりだす。このため対流核全体で同時に水素がなくなり、ヘリウム核が形成される。このヘリウム核が、比較的溫度が高く、密度もあまり高くないため、縮退しない。ここでヘリウム核で水素がほぼ同時になくなるので水素核燃焼が止まり、よって核融合熱が出て来なくなり、星全体が収縮を始める。このとき、少し収縮して重力エネルギーが解放されて、ヘリウム核の周りの溫度が上がり、ヘリウム核周囲の水素が燃焼する。これによって十分な熱がでてくると、水素外層の収縮は止まる。これが点 c である。一方で、ヘリウム中心核では熱源がないので、さらに収縮が続く。ヘリウム核表面の溫度は重力エネルギーの解放で上昇するため、先ほどの水素核燃焼が一層激しくなり、発生するエネルギーが大きくなる。そのため、水素外層がどんどん膨らんで、これにより表面溫度が下がるため、c から D に向かって、発生する熱エネルギーが外層の膨張に使われてしまうために明るさを少しずつ減らしながら移動し、表面溫度が低くなるにつれ、表面付近の不透明度が大きくなると熱の流れが悪くなることで対流層が表面で発達して、外層全体が対流層になる点 D へと行く。この c → D の移動時間が A → B の主系列に留まる時間(約 4000 万年)や、赤色巨星分岐に留まる時間(約 10 万年)に比べて短く、(約 10 万年)この状態にある星を見つけることが稀なため上記のように呼ばれるのである。一方、1 M<sub>☉</sub> では、主系列段階で中心部では、主に pp チェーンが働いておりこの場合中心部は輻射平衡である。そして、水素を燃やして形成されるヘリウム核は密度が高いため縮退しており、7 M<sub>☉</sub> のような流木にはならず、ヘルツシュポルンゲギャップを持たない。

## 第5問

Ⅱ-P 型のような「鉄の殻分解型」超新星では、超新星爆発の最後の段階で鉄のコアが殻分解を起こして爆縮し、中性子星を形成するときの反動で、衝撃波が星の中心部で発生する。この衝撃波の後では、物質は高温高圧になるが、衝撃波が星の表面に到達し星から抜けてしまうと、星の表面溫度は赤色巨星の 3000 K から、数十万 K へ上がると同時に激しく膨張を始める。星の明るさ(光度)は、ステファン・ボルツマンの式から

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

なので半径が大きくなり、また溫度が高くなるにつれ、明るくなる。爆発直後では、前述の