

科目名 宇宙科学 I(文科生)	教員名 土井 靖生	2019年7月22日(月) 第5限 試験時間 90分	
指定クラス 文科	解答用紙 1枚	計算用紙 1枚	持ち込み 不可

以下の3問の問題の全てに答えよ。

解答の記述は必ずしも問の順番通りで無くとも良い。解答の際には対応する問の番号を明記すること。

問題1 以下の文章の空欄に該当する語句を下の選択肢の中から選び、文章を完成せよ。
同じ選択肢を複数回用いて良い。

ビッグバンによる宇宙誕生後、宇宙は高温・高密度の状態にあった。この時物質は原子核を構成する陽子・中性子・電子が全てバラバラの状態であった。ビッグバンによる宇宙誕生後、宇宙が膨張し冷却していく過程で、バラバラだった陽子・中性子が結合し、最初の原子核を生み出す。この時宇宙年齢はおよそ100秒、温度は10億[K]程度である。この時陽子と中性子の個数比はおよそ陽子:中性子 \simeq (a) だったことが知られている。一方現在の宇宙に観測される元素は大半が (b) と (c) であり、その存在比は個数比が (b) : (c) \simeq (d)、質量比が (b) : (c) \simeq (e) である。(b) と (c) が宇宙初期に陽子・中性子の結合により生成されたと考えて互いの存在比 (a) と (d), (e) が合致することが、ビッグバンにより宇宙の元素合成が行われた強い証拠のひとつである。(ヒント:陽子と中性子の質量はほぼ同じである。)

恒星の中心部に於いても高温・高密度により元素合成が行われる。恒星は自己の (f) により中心部が高温・高圧になることにより、中心部で (g) を起こす。最初に起こる (g) 反応は、(h) が (g) により (i) となる反応である。この時4つの (h) の原子核(陽子) から1つの (i) 原子核が形成される。主な経路は陽子が次々と衝突することにより起こる (j) である。

質量の (k) 星ほど中心部は高温になり、(g) 反応が盛んに起こる。その結果中心部はより高温となり、(g) はますます盛んとなる。従って質量の (k) 星ほど、高温・高輝度となり、その寿命は (l) なる。星の質量と温度・明るさが互いに関係することから、この状態の星はHR図上で一定の係に並ぶ。この様な星を (m) と呼ぶ。星は (m) の状態でその一生の内ほとんどの時間を過ごす。

中心部で (h) を燃やし尽くすと中心部の (g) は止まり、中心部はエネルギー供給源を失って (n) を始め、より高温・高密度となる。星の質量が十分大きい場合は (i) が (g) を起こす。この時 (i) 原子核に陽子や別の (i) 原子核を衝突させることで生ずるリチウムやベリリウムの同位体は不安定で、すぐに元の状態に分裂してしまう。分裂前に更に (g) を進め、安定な (o) を生成する必要がある。この過程を (p) と呼ぶ。(o) が生成すると、以降は (o) 原子核に (i) 原子核を次々と衝突させることで更なる重元素を合成することが可能となる。この過程を (q) と呼ぶ。すなわち (p)こそが、宇宙に重元素が存在し、地球などの固体惑星や生命の元となる有機分子を生み出す源である。

中心部で (h) や (i) の燃焼が終わると、(g) が中心部より外側で起こる殻燃焼の状態となる。この時星は全体が (r) し、表面温度が下がる。この状態を (s) と呼ぶ。(s) の表面では重力が小さいことから、(t) が起こり、最終的に高温の中心核がむき出しとなる。この状態を (u) と呼ぶ。(u) 周囲には吹き飛ばされたガス雲が存在し、中心星からの紫外線に照らされて輝く。昔の望遠鏡で惑星の様に見えたことから (v) と呼ばれる。この時星内部で形成された重元素の一部(炭素・窒素など)が宇宙空間にばらまかれる。

星内部の (g) により、(w) までの重元素を形成することが出来る。しかし (w) より重い元素については (g) で生み出すことが出来ない。従って (w) を形成した中心核では (g) がストップし、エネルギーを生み出せなくなった中心核は (x) する。一方で中心核の外側は (x) により高温・高密度となることから (w) の生成が続き、中心核の質量は増大する。中心核の質量がチャンドラセカール限界(1.44M_☉)を超えると (y) が圧力に耐えきれず、原子核に押し込まれることで原子核の (z) が (A) となる。この様な星を (B) と呼ぶ。この時原子核サイズが大幅に小さくなることから中心核が一挙に潰れ、(A) 生成の反応エネルギーにより加熱された星全体は爆発する。これを (C) 爆発と呼ぶ。

【選択肢】

- (1) CNO サイクル (2) 窒素 (3) 3 α プロセス (4) 膨張 (5) 主系列星 (6) 金 (7) 収縮 (8) 惑星状星雲 (9) 炭素 (10) 中性子
(11) 惑星 (12) 短く (13) ウラン (14) 質量放出 (15) 超新星 (16) 巨星 (17) 酸素 (18) 重力 (19) 大きな (20) ブラックホール
(21) p-p チェイン (22) 白色矮星 (23) 電子 (24) 核分裂 (25) 小さな (26) 鉄 (27) 中性子星 (28) 陽子 (29) 核融合
(30) α プロセス (31) ヘリウム (32) 新星 (33) 水素 (34) 長く (35) 質量降着 (36) 摩擦力 (37) 原始星 (38) 電磁力
(39) 3:1 (40) 7:1 (41) 12:1

問題2 星を生み出す元となる星間物質に関する以下の問いに答えよ

問 2.1

星間物質は水素を主成分とし、その状態により3種に大別される。3種のそれぞれについて

- 水素の状態
- 大まかな温度
- その温度を決める要因
- 高温 → 低温へと状態を変化させる要因、あるいは別の状態のガスへと変化させる要因

を記述せよ。

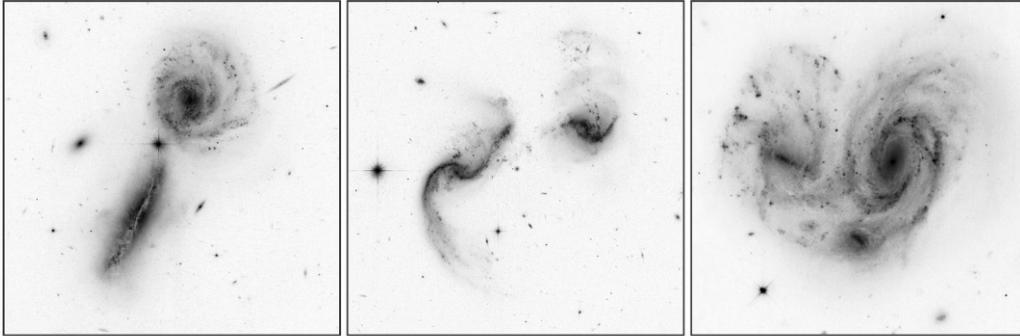
問 2.2

星は星間物質から生成される。星が3種の内どのガスからどの様な過程を経て生まれるのかを記述せよ。

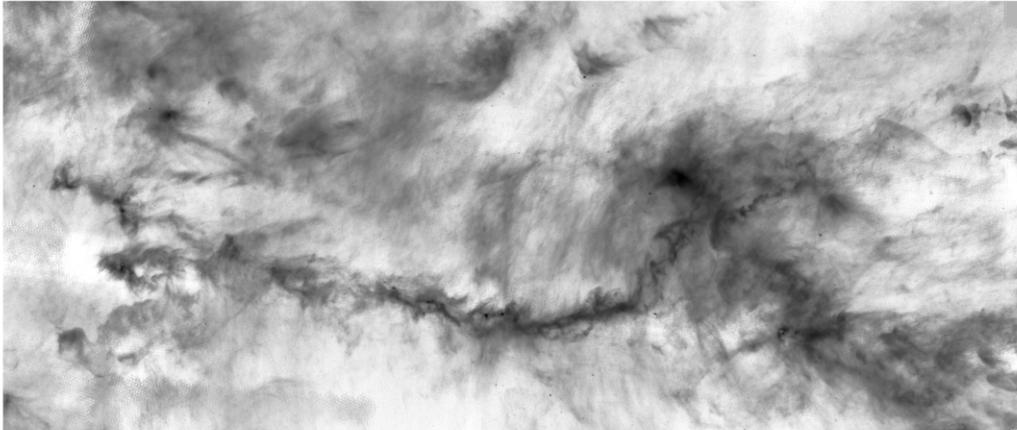
問題3 以下に示す各天体画像について、その内容を詳述せよ

- 授業中に見せた画像を白黒印刷のために色を反転しています。
- 知っていることを出来るだけ沢山書いて下さい。

問 3.1



問 3.2



問 3.3

