

基礎地学II 試験問題

(基礎クラス: 21, 22, 24 ~ 38, 43)

- 問1 から 問11 の全ての問題に解答せよ.
- 地球惑星科学入門と自筆ノートは持ちこんで良い
- 解答用紙は指定のものを使うこと. 解答欄は解答用紙の裏面に続いている. 必ず学生番号と氏名を記入すること.
- 計算をする場合には, 計算過程も記すこと. その際, 四捨五入によって概数だけを求めれば良い. 例えば

$$3.14 \sim 3,$$
$$365 \sim 400$$

などと計算せよ.

2011 年 02 月 03 日

問1 以下の現象・項目の中から、地球が自転していないと起こらないもの(地球の自転が主要な原因の1つとなっているもの)を選び番号で解答せよ。

- | | |
|-----------------|----------------|
| (1) 年周視差 | (2) 季節の変化 |
| (3) フーコーの振り子の運動 | (4) 惑星の逆行運動 |
| (5) オーロラ | (6) 気団の形成 |
| (7) 西岸強化流 | (8) 転向力(コリオリ力) |
| (9) 偏西風波動 | (10) 地衡風 |
| (11) エクマン層の形成 | (12) 天球の日周運動 |

問2 次の6つの文章は大気と海洋に関する記述を行ったものである。これらの中から、正しいもの全てを選び番号で答えよ。正しいものが無ければ「無し」と解答せよ。

- (1) 地球表層付近における大気の主成分は酸素と窒素である。大気は微量成分としてアルゴンや二酸化炭素も含んでいる。海洋の主成分は水であるが、微量成分としてマグネシウム、カルシウムなども含む。海洋中の微量成分は総称して塩分と呼ばれる。
- (2) 地球の大気も海洋も鉛直方向に、層構造を持っている。大気の場合、対流圏・成層圏・中間圏などに区分されており、海洋の場合は混合層・水温躍層・深層などに区分されている。どちらの層構造においても温度分布の変化が大きな特徴となっている。
- (3) 海洋の表層には風成循環と呼ばれる大規模な流れが存在している。海洋表層における風の水平方向の変化により海洋表層の流れが作られる。大西洋や太平洋では亜熱帯循環などの大規模な渦が形成され、日本付近やアメリカ東海岸沖には西岸境界流と呼ばれる強い流れができる。
- (4) 数1000 kmの水平スケールをもつ空気の塊を気団と呼ぶ。日本の周囲の気団の位置関係・強弱関係により季節の天候が決まる。日本付近にはシベリア気団、小笠原気団、オホーツク海気団などの気団が存在し、季節に応じてこれらの気団の位置関係・強弱関係が変化する。
- (5) 低気圧とは周囲よりも気圧が低い領域を指す。低気圧には、中緯度で発生する温帯低気圧と熱帯で生まれる熱帯低気圧があり、両者で異なる構造を持つ。温帯低気圧は前線を伴うのに対して熱帯低気圧は前線を持たない。熱帯低気圧は壁雲とレインバンドと呼ばれる構造を持つ。
- (6) 最近の150年で地球の平均温度が上昇しており、この現象は地球温暖化と呼ばれている。その原因として、大気中の二酸化炭素濃度増加が考えられている。将来の温度上昇の予測が世界の研究機関で行われており、その予測結果はいずれも100年で2.5度上昇するものとなっている。

問3 以下は、宇宙、恒星、惑星に関して記述した文章である。6つの文章の中から、間違ったもの全てを選び番号で答えよ。間違ったものが無ければ「無し」と解答せよ。

- (1) 初期の宇宙の姿は、真空中の非常に小さな高温領域であった。このような理論を裏付ける証拠の1つは、星のスペクトルの観測から得られる、地球に対する恒星の移動速度の値である。恒星の移動速度の値は、現在の宇宙が膨張していることを示している。
- (2) 星団とは、お互いの重力によって作られた恒星の集団である。星団には、恒星がまばらな集団になっている散開星団と恒星が密集している球状星団がある。星団に含まれる恒星を HR 図上にプロットすることにより、散開星団の方が新しい恒星を多く含んでいることがわかる。
- (3) 太陽は、星間分子雲中のガス（水素、ヘリウム）が集積することにより形成された。現在の太陽の中心付近では、水素の核融合反応が起こっている。核融合反応で発生したエネルギーは全く外部に放出されないため、太陽内部の温度は上昇を続ける。このため100億年後に太陽は爆発する。
- (4) 原始太陽系円盤は、星間分子雲の収縮により作られた。収縮の際、遠心力と万有引力によって赤道面にガスとダストが沈殿する。赤道面にたまったダストは凝縮し10kmサイズの微惑星が形成される。微惑星は太陽の周囲を公転する間に互いに衝突合体し、地球や他の惑星が形成された。
- (5) 形成期の地球表面には微惑星が衝突し、水蒸気や二酸化炭素が放出され、大気が形成される。大気の温室効果により形成されたマグマの海と大気の間で気体分量の調節が起こり大気量が決定される。微惑星の集積が終了すると水蒸気が凝結し、海洋が形成された。
- (6) 衛星とは、惑星の周囲をまわる天体である。木星・土星は多くの衛星を持っているのに比較して、地球型惑星のまわりの衛星の数は少ない。月は地球の衛星であり、初期地球に火星サイズの天体が衝突（ジャイアントインパクト）し形成されたと考えられている。

問 4 次の文章は様々な対流現象に関して記述したものである。空欄に入る最も適切な語句を下のそれぞれの選択肢の中から 1 つ選び、番号で答えよ。

熱的強制の差によって生じる流体運動を対流と呼ぶ。地球の大気の大循環は入射太陽放射量の緯度分布によって生じる対流の 1 種である。大気の大循環は、赤道付近で上昇し緯度 30 度付近で下降する (a) と中緯度の偏西風波動によって引き起こされる低気圧と高気圧から成る。大気の場合、水蒸気の相変化に伴う (b) の解放も大気の大循環にとってのエネルギー源になっている。海洋の (c) の場合、グリーンランド沖と南極沖における密度が大きい海水の沈み込みによって駆動されている。これらの海域で沈みこんだ海水は (d) で世界中の海洋深層を循環し、赤道域やペルー沖で湧昇する。大気海洋の運動のエネルギー源をもたらす太陽においても対流現象が生じている。太陽表面の光球においては (e) と呼ばれる対流現象が起こっている。

- (a) (1) ハドレー循環 (2) フェレル循環 (3) 偏西風波動 (4) スコールライン
(b) (1) 潜熱 (2) 長波放射 (3) 背景放射 (4) 位置エネルギー
(c) (1) エクマン流 (2) プロミネンス (3) 深層循環 (4) 風成循環
(d) (1) 数年 (2) 数十年 (3) 数百年 (4) 数千年
(e) (1) コロナ (2) 粒状斑 (3) 太陽風 (4) 超新星爆発

問 5 次の文章は宇宙における様々な天体を記述したものである。空欄に入る最も適切な語句を下のそれぞれの選択肢の中から 1 つ選び、番号で答えよ。

現在の宇宙には、(a)、ボイド、銀河群、銀河団、銀河などの階層構造が存在している。この階層構造の種となったものは初期宇宙における (b) である。銀河とは数百億以上の恒星が重力的にまとまったものであり、様々な形をしたものが存在する。銀河の中には、暗黒星雲と呼ばれる、ガスが濃集して恒星が形成される領域や、形成された恒星によって光輝く (c) も存在している。太陽系が存在する銀河は (d) と呼ばれている。太陽系の中には 8 つの惑星が存在する。それらは地球型惑星と木星型惑星に大別されている。地球型惑星には、水星・金星・地球・火星があり、それらの主成分はいずれも (e) である。

- (a) (1) グレートウォール (2) インフレーション (3) ビッグバン (4) フレア
(b) (1) ケプラー運動 (2) ゆらぎ (3) パルサー (4) 一様性
(c) (1) ブラックホール (2) コールサック (3) 散光星雲 (4) 馬頭星雲
(d) (1) オールトの雲 (2) レンズ状銀河 (3) 三裂星雲 (4) 銀河系
(e) (1) 岩石 (2) 気体 (3) 水 (4) 氷

問6 図1は地球全体の熱収支をあらわす図である。地球の熱収支に関する以下の問に答えよ。

- (a) 太陽定数は 1370 W/m^2 である。これから、地球の全表面で平均した入射エネルギー量は 342.5 W/m^2 となることを示せ。
- (b) 図1に示された数値を用いて地球のアルベドを計算せよ。
- (c) 図1に示された数値を用いて大気上端に入射した太陽放射が大気によって吸収される割合を求めよ。
- (d) 図1に示された数値を用いて地面が射出した長波放射が大気によって吸収される割合を求めよ。
- (e) 大気が選択的に長波放射を吸収し地面に再放射することにより大気が無い場合に比べて表面温度が上昇する効果をなんというか、答えよ。
- (f) 長波放射による冷却に関するタイムスケールを求めることを考える。地球表面全体で平均した地球放射のエネルギー量(地球から宇宙空間に放射するエネルギー量)は $235 \text{ J/m}^2/\text{sec}$ ($=\text{W/m}^2$) である。このエネルギー放出量で 1 m^2 あたりの大気の柱(質量は 10^4 Kg)の温度を一様にする下げをすることを考える。大気柱の温度を 10K 下降させるのに何日程度かかるか、概数を求めよ。ただし、空気の比熱を 1000 J/K/kg とする。

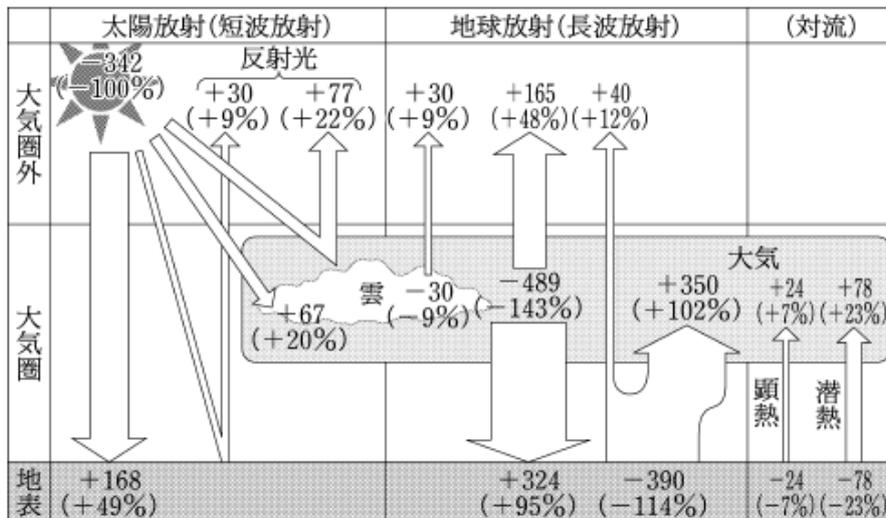


図1: 地球全体の熱収支. 単位は W/m^2 . 原図は地球惑星科学入門 222 ページ.

問7 海洋に関して以下の問に答えよ.

(a) 下の表1を用いて海洋の全質量の概算値を計算せよ.

海域	面積(10 ⁶ km ²)	平均水深(m)	最大水深(m)
全海洋	362.033	3,729	10,920
太平洋	166.241	4,188	10,920
濠洲地中海	9.082	1,252	7,440
ベーリング海	2.261	1,492	4,097
オホーツク海	1.392	973	3,372
黄海および東シナ海	1.202	272	2,719
日本海	1.013	1,667	3,796
大西洋	86.557	3,736	8,605
地中海	2.510	1,502	5,267
インド洋	73.427	3,872	7,125
北極洋	9.485	1,330	5,440

表1: 大洋の面積と平均水深. 原表は地球惑星科学入門 270 ページ.

(b) 以下の図2と図3を用いて, 2月と8月の表面海水の塩分の概数をそれぞれ求めよ. 結果だけでなく, どの図からどのような数値を読みとったのかも明記せよ.

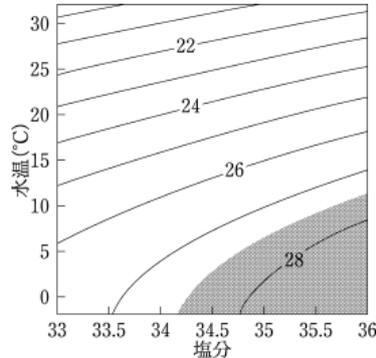


図2: 水分・塩分の関数としての海水密度. 原図は地球惑星科学入門 274 ページ.

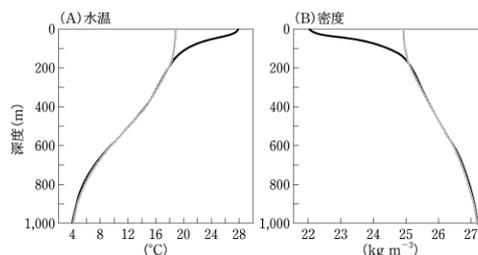


図3: 北緯30度, 東経140度での, 2月(灰色線)と8月(黒線)における平均的な水温と密度の鉛直分布. 原図は地球惑星科学入門 276 ページ.

問 8 表 2 に示された数値を使って以下の問に答えよ.

- (a) 金星の公転の速さ (軌道速度, m/sec) の概数を求めよ.
 (b) 地球と土星の数値を使ってケプラー第三法則が成り立つことを説明せよ.

星	軌道長半径 (天文単位)	公転周期 (年)	離心率	質量 (地球単位)	赤道半径 (地球単位)	平均密度 (g/cm ³)	赤道重力 (地球単位)	自転周期 (日)	衛星 の数	太陽より受ける 輻射(地球単位)
水星	0.387	0.24	0.2056	0.055	0.383	5.43	0.38	58.65	0	6.67
金星	0.723	0.62	0.0068	0.815	0.949	5.24	0.91	243.0	0	1.91
地球	1	1	0.0167	1	1	5.52	1	0.9973	1	1
火星	1.524	1.88	0.0934	0.107	0.532	3.93	0.38	1.026	2	0.43
木星	5.203	11.9	0.0485	317.8	11.2	1.33	2.37	0.414	49	0.037
土星	9.555	29.5	0.0555	95.2	9.45	0.69	0.93	0.444	53	0.011
天王星	19.22	84.0	0.0463	14.5	4.01	1.27	0.89	0.718	27	0.0027
海王星	30.11	164.8	0.0090	17.2	3.88	1.64	1.11	0.671	13	0.0011

表 2: 惑星表. 原表は地球惑星科学入門 365 ページ.

問 9 太陽系近傍の銀河までの距離と後退速度の関係 (ハッブルの法則) を示したものが図 4 である. 以下の問に答えよ.

- (a) 図 4 に示された銀河と地球との間の距離を決定する方法を説明せよ.
 (b) 40 Mpc の距離にある銀河の後退速度 (km/sec) の概算値を求めよ.
 (c) 40 Mpc の距離にある銀河を地球から観測した場合, その光はおよそ何年前にその銀河から放出されたものか, 概算値を求めよ.
 (d) 40 Mpc の距離にある銀河の実視等級が 10 等であったとする. この銀河を 4 Mpc まで近づけたとすると実視等級は何等級になるか, 求めよ.

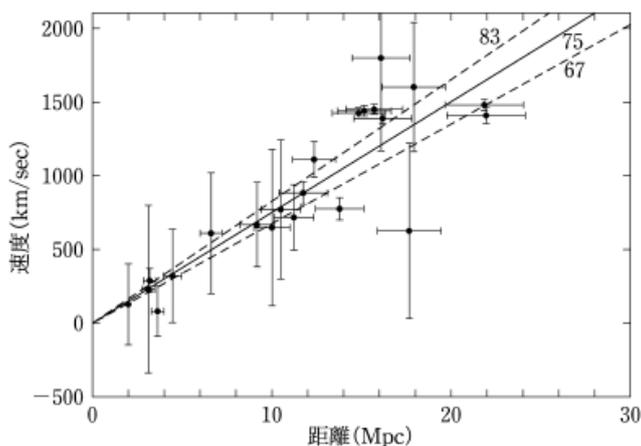


図 4: 近傍銀河の距離と後退速度の関係. 横軸の Mpc は 10^6 パーセクを表す. 1pc (1 パーセク) は 3.26 光年である. 原図は地球惑星科学入門 353 ページ.

問 10 気候変化あるいは気候変動と呼ばれるものには複数の時間スケールをもつものが存在する。数年～数十年の時間スケールで起こる気候変動現象、数万年～数十万年の時間スケールで起こる気候変動現象、数億年～数十億年の時間スケールで起こる気候変動現象をそれぞれ 1 つづ (全部で 3 つ) 挙げよ。更に、それぞれの気候変動現象について説明せよ。

問 11 以下の表は質量に応じた恒星の一生の違いをまとめたものである。空欄に入る語句を答え、その語句があらわす天体の特徴を説明せよ。

太陽質量 の 3 倍以内	太陽質量 の 3～8 倍	太陽質量 の 8～30 倍	太陽質量 の 30 倍以上
星間分子雲	星間分子雲	星間分子雲	星間分子雲
↓	↓	↓	↓
主系列星	主系列星	主系列星	主系列星
↓	↓	↓	↓
(a)	(a)	(a)	(a)
↓	↓	↓	↓
惑星状星雲	何も残らない	超新星爆発	超新星爆発
↓		↓	↓
(b)		中性子星	(c)