

令和3年4月入学 総合研究大学院大学複合科学研究科

極域科学専攻入学者選抜 専門科目 博士課程（5年一貫制）

<注意事項>

- ・ 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- ・ 試験時間は120分です。
- ・ 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- ・ 問題及びページ番号は次のとおりです。計3問を選択して解答しなさい。3問は同一の分野から選択しても、別々の分野から選択しても構いません。

| | | | | | |
|-------|--------|-------|-------|-------|----------|
| 物理学1 | 1ページ | 物理学2 | 2ページ | 物理学3 | 3ページ |
| 化学1 | 4-5ページ | 化学2 | 6ページ | 化学3 | 7ページ |
| 地球科学1 | 8-9ページ | 地球科学2 | 10ページ | 地球科学3 | 11-12ページ |
| 生物学1 | 13ページ | 生物学2 | 14ページ | 生物学3 | 15ページ |
- ・ 解答用紙には罫線のもの、白紙のもの、マス目のもの3種類がありますが、どれを使用しても構いません。
- ・ 解答用紙がさらに必要な場合には、挙手をして監督者に知らせなさい。
- ・ 試験開始の合図後に、解答用紙の指定の欄に受験番号、氏名及び選択した問題を記入しなさい。解答用紙は1問ごとに別に作成しなさい。
- ・ 1問につき解答用紙が複数枚にわたる場合には、すべての解答用紙に受験番号、氏名及び選択した問題を記入し、さらに、解答用紙右下の所定の欄に、ページ数を記入しなさい（2枚の場合には、1/2、2/2、3枚の場合には1/3、2/3、3/3）。
- ・ 試験中は机の上の見やすい場所に受験票をおきなさい。
- ・ 試験中に机の上におけるのは、受験票の他、黒鉛筆、シャープペンシル、消しゴム、鉛筆削り（手動式のもの）、時計（計時機能だけのもの）です。
- ・ 耳栓は使用できません。
- ・ ハンカチ、ティッシュペーパー、目薬等の使用を希望する者は、監督者に申し出て許可を受けてから使用しなさい。
- ・ 試験時間中は、監督者の指示に従って下さい。従わない場合は退室させることがあります。
- ・ 不正行為と認められた場合は、受験自体を無効とします。
- ・ 試験室に入室してから試験終了までは、試験中の発病又はトイレ等やむを得ない場合を除いて原則として一時退室を認めません。やむを得ない場合には、手を挙げて監督者の指示に従いなさい。一時退室が認められた場合でも、原則として試験時間の延長は認めません。
- ・ 試験終了時間前に解答を終了した場合には退室を認めます。その場合には、手を挙げて監督者の指示に従いなさい。ただし、試験終了15分前以降試験終了までの間は、退室を認めません。
- ・ 試験終了5分前になったら、終了5分前の合図をします。
- ・ 試験終了後、問題冊子、解答用紙を持ち帰ってはいけません。

<物理学 1 >

問題：次の文章の (ア) ~ (キ) の部分を埋めよ。

大気圏内を飛翔する質量 M の人工衛星が受ける抵抗は大気分子との完全非弾性衝突によるものと仮定した場合の抵抗力 R について考える。

人工衛星の運動方向に垂直な断面積を S 、大気分子の密度を ρ とし、大気分子の速さは任意の時刻 t における人工衛星の速度 v に比べて無視できるものとする。また時刻 t から時間 dt の後の人工衛星の速度を $v+dv$ とし、 v と dv は同一直線上とし、局所的に一次元の問題として考える。

人工衛星が時間 dt の間に衝突する大気分子の質量 dm は次のように表せる。

$$dm = \text{(ア)} \quad (\text{i})$$

衝突により大気分子の速度は人工衛星の速度と同じになるものと考えれば、

(イ) 保存則により、

$$\text{(ウ)} = \text{(エ)} \quad (\text{ii})$$

また、人工衛星 (質量 M は不変) の運動方程式は、以下となる。

$$\text{(オ)} \quad (\text{iii})$$

以上、(i)、(ii)、(iii)式より、抵抗力 R を v の関数として表すと、

$$R = \text{(カ)} \quad (\text{iv})$$

以上よりこの場合、抵抗力は衛星速度の (キ) 乗に比例する慣性抵抗となることがわかる。

<物理学 2>

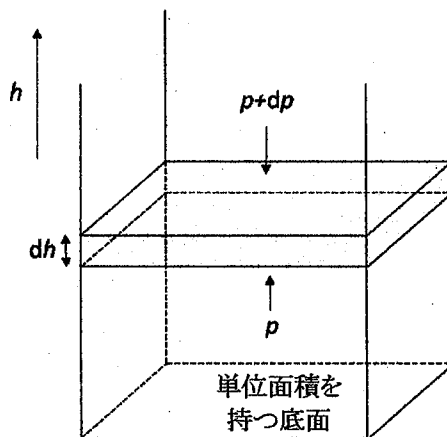
問題：以下の問いに答えよ。ただし、真空の透電率を ϵ_0 とする。

- (1) 半径 R の薄い球殻に電荷 Q が一様に分布している時、球の内外の電場を求めよ。
- (2) 半径 R の球内に電荷 Q が一様密度で分布している時、球の内外に生じる電場を求めよ。
- (3) 正電荷が半径 R の球内に密度 ρ で一様に分布している状況で、球内に初速度 0 で置かれた質量 m 、電荷 $-e$ の電子の運動を求めよ。ただし、電子は、正電荷で生じた電場の力のみ受けるものとし、球内の正電荷との衝突は無いものとする。

<物理学3>

問題：対流圏においては、高度 h とともに大気温度 T が下がることが知られている。以下、大気を理想気体とし、断熱過程および水を含まない乾燥大気を仮定して h と T の関係を導く。(ア) から (ク) を求めよ。

- (1) まず下図のように、単位面積の底面を持ち、高さ dh の領域を考える。この領域の上面と底面にかかる力の差 (= 圧力の差) は、この領域内の大気にかかる重力に相当すると考えられる。このことから、大気の密度を ρ 、重力加速度の大きさを g とすると、上面と底面との圧力 p の差 dp と dh の関係 (ア) が導かれる。



- (2) 次に、1モルの理想気体について、その体積 V の変化 dV と温度変化 dT の関係を求めよう。気体の内部エネルギー変化は温度変化 dT により決まり、定積モル比熱を C_v とすると、(イ) となる。また気体がされる仕事は気圧 p のもとでの体積変化が dV であると、(ウ) となる。ここで断熱過程のもとでは、熱力学(エ)法則により、(イ) = (ウ) の関係が得られる。
- (3) (2)の気体について、その状態方程式 $pV=RT$ (R は気体定数) と、その各諸量の微量成分 (dp, dV, dT) の表現形 (オ) + (カ) = RdT 、および(2)の結果 (イ=ウ) を使って V を消去すると、 $\frac{dT}{T}$ と $\frac{dp}{p}$ の関係は、(キ) と表される。
- (4) (2)の気体について、その平均分子量を m とすると、密度 ρ は $\rho = m/V$ となる。これと(1)の結果 (ア) および(3)の結果 (キ) を用いると、大気中の高さ変化 dh と温度変化 dT は (ク) の関係を持ち、高度とともに気温が下がることが示される。

<化学 1>

問1 原子内では、原子核の周りを原子番号に等しい数の電子がまわっている。これらの電子は一定個数がグループをつくり、原子核の周りをいくつかの軌道に分かれて運動している。この電子軌道の集まりを電子殻という。以下の小問に解答せよ。

(a) 元素の周期表を原子番号 1~20 について示せ。ただし、元素の周期表には、元素記号と原子番号のみを記載すること。

(b) 上の問で表には 4 行があらわれた。この 4 行はどのような意味を持つか？ 200 字程度（これを超えてもよい）で説明せよ。

問2 以下の小問に答えよ。

(a) 天然の塩素原子は、 ^{35}Cl （相対質量 34.97）と ^{37}Cl （相対質量 36.97）の 2 種類の同位体から成り、それぞれの存在比は 75.77 %、24.23 %である。このことから塩素の原子量を求めよ。有効数字に特に注意すること。

(b) エタン C_2H_6 を燃焼させたときの化学反応式をかけ。

(c) 塩素酸カリウム KClO_3 が塩化カリウムと酸素に分解するときの化学反応式を書け。

問3 以下の一連の小問に答えよ。

(a) 食品を加熱する手段のひとつとして電子レンジが用いられる。水を含む食品を加熱するためにマイクロ波帯の周波数 2450MHz を用いる理由を 200 字以内で説明せよ。

(b) また、この周波数を用いて固体状態の氷を加熱しようとしても、効果的ではない。その理由はなぜか、そして氷を効果的に加熱するのはどのような周波数

を使用すべきか、理由を 150 文字以内で説明せよ。

(c) 氷の加熱を効果的に行いうる周波数で水を含む食品を加熱しないのはなぜか、理由を 150 文字以内で説明せよ。

(d) 地球をめぐる人工衛星軌道から、マイクロ波帯の電磁波を用いて地球上の様々な現象を観測することが可能である。水分子の回転と電磁波の相互作用という観点から、マイクロ波帯の利点を論ぜよ。また、観測対象が地球上の雪や氷である場合の、マイクロ波との相互作用について論ぜよ。全体で 200 文字程度の記述とすること。

<化学2>

問題1：以下の表は、ある岩石中に含まれる鉱物結晶の化学分析値（重量%）である。以下の問いに答えよ。（結果だけでなく、途中の計算過程がわかるようにすること）

| 重量% | 石英 | (A) | (B) | (C) | (D) |
|--------------------------------|-----|------|------|------|------|
| SiO ₂ | 100 | 59.9 | 55.5 | 43.2 | 42.7 |
| Al ₂ O ₃ | | | | 36.6 | |
| MgO | | 40.1 | 18.6 | | 57.3 |
| CaO | | | 25.9 | 20.2 | |

- (1) 鉱物結晶 (A)～(D) の化学式を求めよ。ただし、以下の原子量の値を用いること。Si : 28.1、Al : 27.0、Mg : 24.3、Ca : 40.1、O : 16.0
- (2) 石英と鉱物 (D) が反応して、鉱物 (A) を生成する反応式を書け。
- (3) 上記 (2) の反応の dP/dT (単位: bar/K) を求めよ。ただし、標準状態 (285.15K、1bar) における1モルあたりのエントロピー (標準エントロピー) と体積 (標準体積) として以下の値を用いること。

| | 標準エントロピー (J/K) | 標準体積 (J/bar) |
|-----|----------------|--------------|
| 石英 | 41.5 | 2.27 |
| (A) | 133 | 6.26 |
| (D) | 95.1 | 4.37 |

問題2：固体地球圏における水素の存在形態と循環について、200～300字程度で説明しなさい。

<化学3>

問題1：以下に挙げた用語の中から2つ選択し、それぞれについて100字以内で説明を書きなさい。

液晶、イオン化エネルギー、浸透圧、平衡反応

問題2：以下の問いに答えなさい。

(1) 500 gの水には何個の水分子が含まれるか。なお、アボガドロ数を 6.02×10^{23} とし、有効数字3桁で答えなさい。

(2) 0°C および 60°C における中性の水の水素イオン濃度とpHを有効数字2桁で求めなさい。なお、 0°C および 60°C における水のイオン積はそれぞれ $1.0 \times 10^{-13} (\text{mol/L})^2$ 、 $1.0 \times 10^{-15} (\text{mol/L})^2$ とし、とする。

(3) ファンデルワールス力のうちの分散力について200字以内で説明しなさい。

<地球科学1>

問題：

産業革命以降から現在までの地球温暖化の要因とメカニズムとその影響について、下記の10のキーワードを全て含んだ上で、500～1000字程度で記述下さい。

(キーワード：平均気温、IPCC、人為起源、温室効果ガス、森林破壊、自然要因、氷期間氷期サイクル、海面上昇、降水量、氷河・氷床)

なお、下記の文面は、『武田邦彦メールマガジン「テレビが伝えない真実」』から『地球温暖化を考えるにあたって整理しておくべき「13の真実」』を抜粋したものであるが、これはあくまで参考資料であり、個々の真偽については自分で判断下さい。また回答において、この「13の真実」に無理に触れる必要は無い。

1. 地球は今、氷河時代で、多細胞生物が誕生してからもっとも気温は低い。
2. 現在は氷河時代の中の間氷期にあり、あと1,000年ぐらいは温暖な気候が続くと予想されている。
3. 20世紀に入り、1940年までは温暖、それから1970年まで寒冷、そしてその後、温暖と気温は高くなったり低くなったりしている。
4. 1970年まで寒冷だったので「寒冷化に備える」という研究が行われていた。
5. 1988年にアメリカ議会上院で「これから温暖化する」という演説が行われた。学会ではない。
6. その時に予想された温暖化予想温度は、30年たった現在、まったく違っているので、計算は間違っていた。
7. 石油、石炭などを燃やすと温暖化ガス(CO₂)がでることから、環境団体と原子力推進団体が強力で推進した。
8. ヨーロッパ諸国はアジア諸国にエネルギーの使用制限をかけることによって経済発展を抑制しようとした。
9. 1997年に京都会議が行われ、CO₂の排出抑制が決まったが、実質的に守ろうとしたのは日本ただ1か国だった。
10. その後、日本だけがエネルギー抑制を行い、税金を80兆円使用した。これは納税者一人当たり120万円に相当する。

11. 世界全体の気温は15年ほど前から、大都市を除きほぼ変わっていない。
12. 大陸国は影響を受けやすいが、海洋国家は海洋性気候なので気温の変化は少ない。
13. トランプ大統領が新しい温暖化規制をするパリ条約を離脱したので、日本のマスコミは騒いだが、もともと言い出したアメリカは1回も規制をしていない。

<地球科学 2>

問題：以下に挙げた語句の中から4つを選択し、それぞれについて150字程度で簡潔に地球科学的説明を与えよ。

- ・鉄隕石
- ・ハドレー循環
- ・斉一説
- ・GIA
- ・アスペリティ・モデル
- ・洪水玄武岩
- ・マウンダー極小期
- ・炭素14年代測定

<地球科学 3>

図1は3種類の断層の運動パターンを示している。

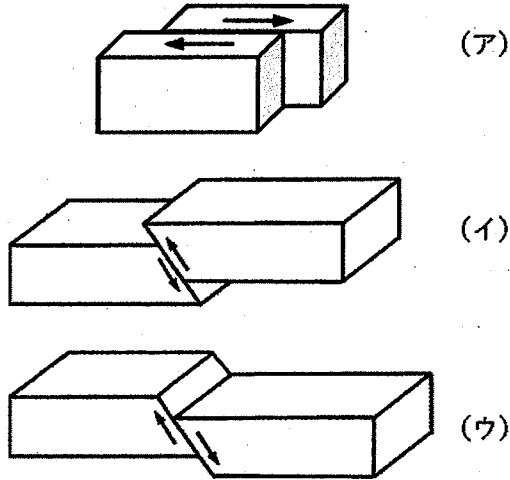


図1

(1) (ア)、(イ)、(ウ)に断層の種類を書きなさい。

(2) 図2は(ア)～(ウ)のどれかの断層で生じる地震の発震機構を示している。それぞれの断層で起きる地震に対応する発震機構(A～C)を書きなさい。なお、発震機構の灰色は押し(圧縮)部分を表し、白色は引き(伸張)を表す。

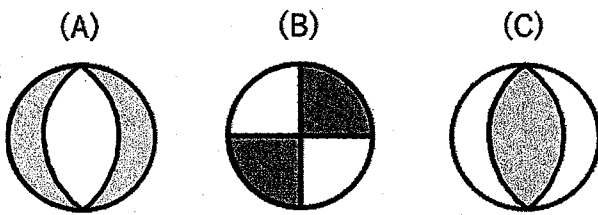


図2

(ア)―()、(イ)―()、(ウ)―()

(3) プレートの沈み込み帯ではしばしば低角逆断層型の地震が発生する。その発生メカニズムについて100字程度で書きなさい。

(4) 図3は地殻の発散境界における断層系と地殻表面の動き(矢印)を示している。図の①と②で起きる地震の震源メカニズムを描きなさい。

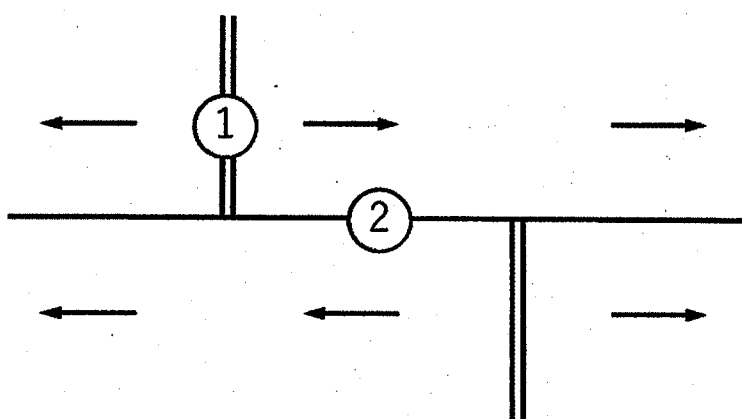


図3

(5) ②はトランスフォーム断層と呼ばれるがそれははどういった場所で発生するか、50字程度で書きなさい。また、発生している場所の具体例を一つ示しなさい。

<生物学 1 >

問題：以下に挙げた語句の中から4つを選択し、それぞれについて150字程度で簡潔に生物学的な説明を与えなさい。

- 有孔虫
- 海洋酸性化
- 系統発生
- 最適採餌理論
- 環境DNA
- 細胞外酵素
- 遺伝子の水平伝播
- 外来種

<生物学 2>

問題1. 下の文章の (ア)～(エ) に適した言葉を入れよ。

海洋環境は海洋生物の体内の体液よりも塩分が多いため、生物はイオンバランスを維持するために、(ア) の損失と塩分の獲得を最小限に抑える必要がある。一方、陸上の生物の水源は通常淡水であり、(イ) 勾配を維持するためにより多くの(ウ)を必要とする。海洋生物と比較すると、陸上生物の大きな利点は、(エ) の利用可能性が高く好気性代謝によって得られる(ウ)が大きいことである。

問題2. 下の図は海洋と陸上に優占する生物の体長と一世代の時間を示している。以下の(1)と(2)の設問に答えよ。

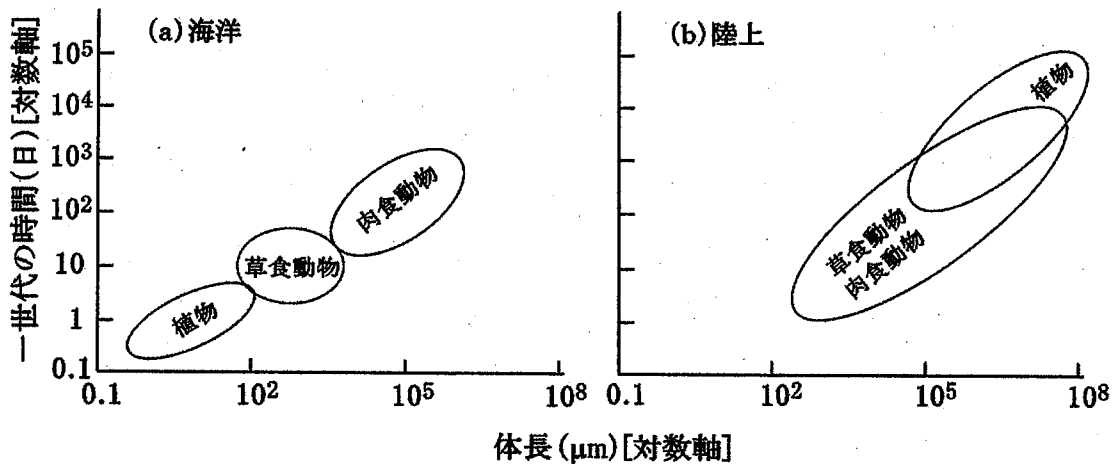


図1. 海洋と陸上において優占する植物、草食動物および肉食動物の体長（個体サイズ）と一世代の時間（寿命）。
 ※海洋と陸上での優占種のみを対象にしているため、全ての生物群の情報は含んでいない。

- (1) 海洋の優占植物の方が陸上の優占植物よりも体長が著しく短いのはなぜか。下の括弧内の7つの単語を全て含め、理由を200字程度で答えよ。(表面積、体積、栄養素、吸収、葉、光、支持構造)
- (2) 図1(a)と(b)のグラフから、海洋と陸上に共通する関係性(傾向)としてどのようなもの読み取れるか。関係性について記述した上で、その生物学的理由について200字程度で述べよ。

<生物学3>

問題：以下の文章を読み、問1から問4に答えよ。

食物網の中にあつて他種との相互作用が強く、それを除去すると食物網全体に大きな変化を波及させるものがある。そのような種を(ア)と呼んでいる。(ア)の例として、岩礁潮間帯のヒトデが挙げられる。アメリカ西海岸において上位捕食者であるヒトデは二枚貝のイガイ類を好んで捕食することにより、イガイ類の空間資源の占有を阻み、結果としてフジツボ類、カサガイ類など競争劣位者の存在を助け、潮間帯の生物種数を高いレベルに維持する。生態系の上位捕食者によるこのような食物網への効果を(イ)と呼ぶ。

また、エネルギーの流れという観点から食物網を見た場合、ある栄養段階の特性が、高次ではなく低次の栄養段階から強い影響を受けるという見方もできる。このような食物網への効果は(ウ)と呼ばれている。

一方、直接に捕食被食関係のない種の間でも、別の種を介して相互作用がある場合があり、これは(エ)と呼ばれる。

- 問1. 上の文章中の(ア)～(エ)に当てはまる適切な言葉を入れよ。
- 問2. 上位捕食者の存在により低次の栄養段階の生物種数が維持される例について、3つ以上の栄養段階にわたって相互作用が見られる事例を挙げ、100字程度で簡潔に説明せよ。
- 問3. Hairstonらは、生態系には多くの植食者(昆虫など)がいるにも関わらず、「なぜ世界は緑に満ちあふれているのか?」という疑問を立て、上位捕食者が存在するという観点から説明できると考えた。この観点に沿った説明と、別の観点からの説明をそれぞれ150字程度で述べよ。
- 問4. 「種の多様性が高い生物群集ほど攪乱に対して安定している」という考えについて、200字程度で論ぜよ。