

大学入試センター試験および国公立大二次・私大

大学入試 分析と対策

理科

2015
平成27年度

物理 2
学校法人 河合塾 物理科講師 寺田 正春

生物 28
学校法人 河合塾 生物科講師 榊原 隆人

化学 17
学校法人 河合塾 化学科講師 西 章嘉

地学 37
私立灘高等学校・中学校 地学科教諭 野村 敏郎

啓林館

この冊子の内容は次のURLからもアクセスできます
<http://www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/tea/kou/rika>

大学入試 分析と対策

物 理

学校法人 河合塾
物理科講師 寺田 正春

1. センター試験「物理」

(1) 総括

新課程で最初のセンター試験であった。教科書の全ての範囲が必修となったこともあり、解答すべき大問数は2014年度より1題増えて5題になった。その内訳は、第1問～第4問が必答問題、第5問（熱力学）・第6問（原子）はいずれか1問の選択問題であった。一方、マーク数は1個減って21個であった。大学入試センター発表の平均点は64.31点で、昨年度より約3点増加した。全体的に込み入った内容はなく、比較的素直な問題であった。また、出題分野が増加したにも関わらず、マーク数が減少したことも平均点上昇の一因と思われる。

(2) 設問別分析

第1問（小問集合）

状況を素早く判断して計算は迅速にしよう

知識問題は問1の波の回折だけであった。ほかはすべて数値・文字式計算であった。

問1 波の回折による現象を記述している文はどれか。最も適当なものを、次の

①～⑦のうちから一つ選べ。

- ① 入浴中、水面に静かに波を起こすと、風呂の底が揺らいで見える。
- ② 笛を吹くと特定の振動数の音が出る。
- ③ 夜になり、地表付近の気温が上空よりも下がると、遠くの音が聞こえやすくなる。
- ④ 波は岸壁に当たるときに高く跳ね上がる。
- ⑤ コンクリートの塀の向こう側の見えない場所で発生した音でも、塀を越えて聞こえてくる。
- ⑥ よく晴れているとき、昼間の空は青く、夕日は赤い。
- ⑦ 救急車がサイレンを鳴らしながら通り過ぎるとき、その音の高さが変化するように聞こえる。

出題例1

問2は電気力のつり合い。4つの電荷の配置から互いの距離の関係を正しく把握しなくてはいけない。問3は慣性力と最大摩擦力のつり合い。単振動の最大加速度の式を覚えておかないと失点する。

問3 次の文章中の空欄 ・ に入れる式の組合せとして正しいものを、下の①～⑦のうちから一つ選べ。

図2のように、質量 m の物体があたり水平な台の上に置かれている。台を水平方向に振幅 A 、角振動数 ω で単振動させるとき、台に乗った観測者からみて、物体にはたらく慣性力の大きさの最大値 F_1 は である。角振動数 ω を0からゆっくり増大させると、 F_1 の値が を超えたときに、物体は滑り始める。ただし、物体と台の間の静止摩擦係数を μ 、動摩擦係数を μ' 、重力加速度の大きさを g とし、物体の底面は常に台に接しているものとする。

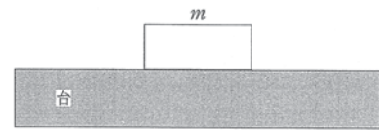


図 2

出題例2

問4はボイル・シャルルの法則ではなく、状態方程式を用いる。問5は力のモーメントのつり合い。ちょうつがいの位置のまわりの力のモーメントに気づけば手早く処理できる。全体的に力学関連が多かったが、問2以外は基本的で解答しやすかったであろう。問1、問2、問5は旧課程「物理I」の範囲である。

第2問（電磁気）

公式の物理的意味を把握しよう

(A) 問1はダイオードによる整流作用。ダイオードの向きと電位の高低に関する2つの理解度が問われている。問2は半周期にわたる交流の平均消費電力というのがポイント。1周期の平均消費電力の半分になることに気づけばよい。

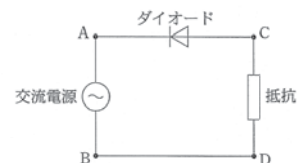


図 1

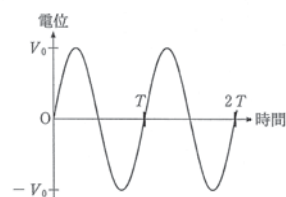


図 2

出題例3

(B) 問3のサイクロトロンは粒子の加速器として教科書に紹介されている(啓林館『物理』p.295)。加速の仕組みは詳しくは書かれていないが、啓林館『物理』p.297では例題などで同様のことが扱われているので、加速の仕組みを題意から読み取ればやさしいであろう。

図 3

問 3 運動エネルギー E_0 をもつ粒子が電極内に入射し、電極間を n 回通過した。粒子のもつ運動エネルギーを表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

① $nqV + E_0$ ② $\frac{nV}{q} + E_0$ ③ $nqV^2 + E_0$
 ④ $\frac{nV^2}{q} + E_0$ ⑤ $\frac{1}{2}nqV^2 + E_0$ ⑥ $\frac{1}{2}\frac{nV^2}{q} + E_0$

出題例 4

問3は境界(磁場)による荷電粒子の等速円運動の速さと半径の定番問題なので正答率は高かったと思われる。

第3問(波動)

公式は正確に覚えよう

(A) 問1は異なる媒質への屈折において、振動数が不変である(教科書でも当然触れられている)ことを述べていることに気づけば簡単である。

図 1

問 1 境界面上の一点において、単位時間あたりに、媒質1から到達する波の山の数と媒質2へと出ていく波の山の数とは等しい。このことから成立する関係として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

① $v_1\lambda_1 \sin \theta_1 = v_2\lambda_2 \sin \theta_2$ ② $v_1\lambda_1 \cos \theta_1 = v_2\lambda_2 \cos \theta_2$
 ③ $\frac{v_1 \sin \theta_1}{\lambda_1} = \frac{v_2 \sin \theta_2}{\lambda_2}$ ④ $\frac{v_1 \cos \theta_1}{\lambda_1} = \frac{v_2 \cos \theta_2}{\lambda_2}$
 ⑤ $v_1\lambda_1 = v_2\lambda_2$ ⑥ $\frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2}$

出題例 5

問2は屈折の法則を正確に覚えておけば即答できる。

(B) 問3は逆位相の波源で強め合う条件の式になることに注意しよう。問4は波源をずらすことによる経路差の変化が波源のずれの距離の2倍になることに気づかないと思わぬミスをする(類例:啓林館『物理』p.162, 図10「クインケ管による音波の干渉」, 問5)。

図 2

問 4 次に、仕切り板の振動の中心位置を水路に沿って d だけずらしたところ、問3の状況において二つの水面波が強めあっていた場所が、弱めあう場所となった。 d の最小値として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

① $\frac{vT}{8}$ ② $\frac{vT}{4}$ ③ $\frac{vT}{2}$ ④ vT ⑤ $2vT$

出題例 6

(A)(B) どちらも旧課程「物理 I」の範囲である。

第4問(力学)

力学的エネルギーの変化と外力による仕事の関連を正しく把握しよう

(A) 水平投射の特徴として、水平方向は等速度運動、また鉛直方向は自由落下運動であることを理解していれば問1, 問2は簡単である。

図 1

問 1 小球を投げてから点Pに当たるまでの時間 t_1 を表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $t_1 =$

① $\frac{L}{2v_0}$ ② $\frac{L}{v_0}$ ③ $\frac{2L}{v_0}$
 ④ $\sqrt{\frac{L}{2v_0}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{L}{v_0}}$ ⑥ $\sqrt{\frac{2L}{v_0}}$

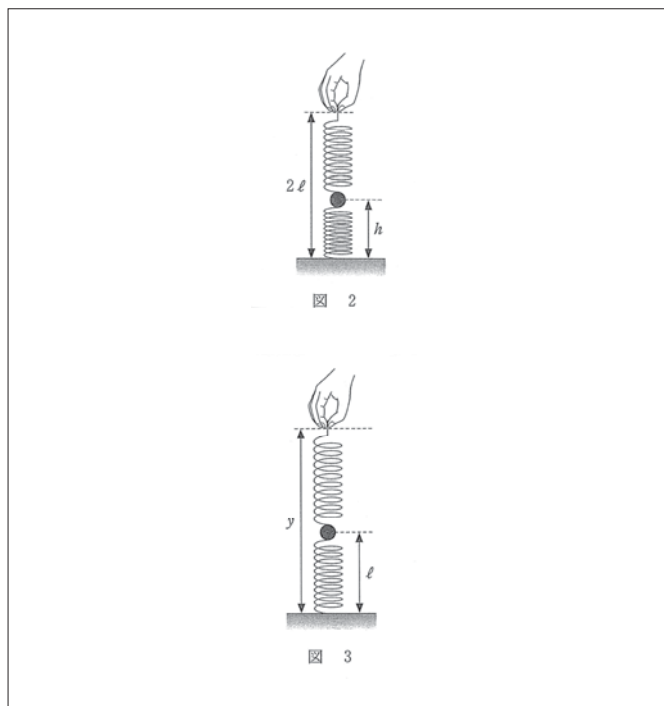
問 2 小球を投げてから点Qに落ちるまでの時間 t_2 を表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $t_2 =$

① $\frac{L}{v_0}$ ② $\frac{2L}{v_0}$ ③ $\frac{(1+e)L}{v_0}$
 ④ $\sqrt{\frac{h}{g}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{2h}{g}}$ ⑥ $\sqrt{\frac{(1+e)h}{g}}$

出題例 7

問3は壁との衝突による力学的エネルギーの減少が全体の力学的エネルギーの減少に等しいことに気づけばよい。

(B) 問4は2つのばねの伸びと縮みの長さが互いに等しいことを即座に把握できれば手早く解答できる。問5は図2から図3の変化で仕事と力学的エネルギーの関係を正しく理解していないと正答にはたどりつけない。計算ミスに注意すること。問4～問5は現行の「物理基礎」あるいは旧課程「物理I」の範囲である。



出題例8

第5問 (熱力学)

定圧・定積・等温・断熱変化は確実に理解しよう

問1は断熱変化の特徴を答えればよい。問2は断熱・等温・定圧変化において気体がされる仕事を圧力-体積のグラフの図1から比較すればよい。問3は各変化の体積-温度のグラフを図2から答えればよい。どれも特別な仕掛けはないので容易であろう。問1, 問3は旧課程「物理I」の範囲である。

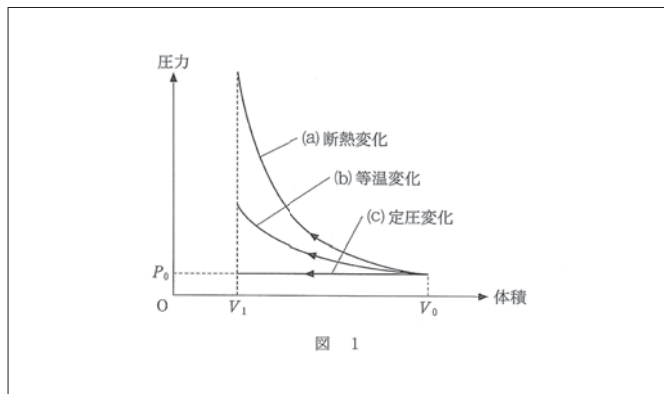


図 1

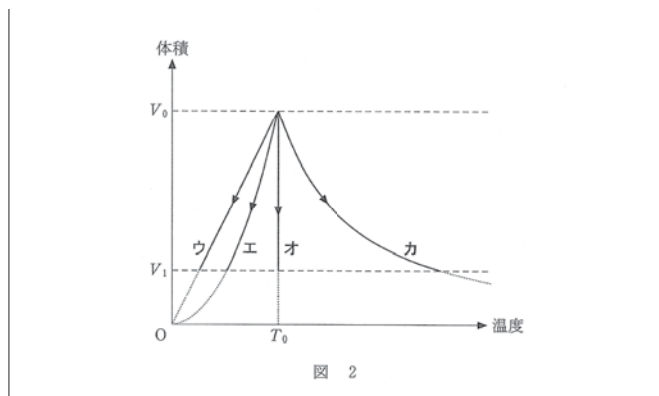


図 2

出題例9

第6問 (原子)

教科書の図や参考は目を通しておこう

問1は金箔を用いたα粒子の大角度散乱というラザフォードの歴史的な実験である(啓林館『物理』p.378, 図3)。よく似た図もあるが、α粒子の場合は金の原子核の後方に回り込んで戻ってくることはないので、一度教科書の図を見ておけば間違えることはないであろう。問2は水素原子の定常状態の導入と水素原子のスペクトルの解明に成功したボーア模型を、また、問3は物質波による量子条件を問うている。エネルギー準位などの計算問題はないので、一度学習すれば易しい問題であろう。

(3) 学習対策

センター試験「物理」は全分野が出題範囲となっているが、実際は旧課程「物理II」の選択分野を選択問題にするという苦肉の策であった。第1問～第4問は小問集合・電磁気・波動・力学で必答、第5問は熱力学か原子の選択という形式が今後の流れになる可能性もある。しかし、出題分野が増えても試験時間は変わらないので、マーク数も今までと変わらず22個前後であろう。分野に関係なく、まんべんなく出題する方針も維持されると、深く掘り下げた内容ではなく、基本重視の類型的問題になると予想される。

対策として、まずは公式や法則は正確に覚えることである。公式や法則を説明する典型的な現象や事例を知っておかなくてはならない。教科書をよく読み、教科書に掲載されている「やってみよう」「参考」「発展」なども見ておく必要がある。一方、いろいろな分野の問題を60分で処理するためには、問題の状況に応じて素早く頭を切り替える必要がある。そのために問題演習の重要性は言うまでもない。少なくとも教科書の問、例題、章末問題は全部解いておくようにした

い。さらに、できるだけ最新の実戦形式の問題集を1冊仕上げておくこと。ただし、解答がほぼ決まっているような定番的な問題に出くわした場合、題意を把握せずに覚えている解答をそのまま選んでミスすることがあるので、**図・問題文・解答群をよく見読してから解答を選択する**ようにしてほしい。

最後に、模擬試験は今までのセンター試験の出題傾向を分析して、受験生の陥りやすい間違いをあぶり出せるように作成されているので、積極的に活用してもらいたい。

2. センター試験「物理基礎」

(1) 総括

初めてのセンター試験「物理基礎」ということで注目されたが、マーク数や問題レベルについては大方の予想通りといえる。大問数は3題、マーク数は13個であった。大学入試センター発表の平均点は31.52点であった。第1問は小問集合、第2問（物理現象とエネルギー）は波の性質・電気抵抗、第3問（運動とエネルギー）は力と仕事・物体の運動であった。どれも基本を押さえた標準レベルの問題で取り組みやすかったであろう。30分で13個のマーク数は適切であったと思われる。

(2) 設問別分析

第1問（小問集合）

各分野から偏ることなく出題された。問1は摩擦によって発生した静電気の基本。問2は気体が得た熱量と放出した熱量を用いる熱効率の計算。問3は等加速度運動の加速度と距離の計算。問4は弦の固有振動。問5は原子力発電の特徴に関する問題。問5に関しては、具体的な核燃料の種類や核廃棄物まで触れるようにとは指導要領や解説書には書かれていないが、昨今のニュースなどの露出度を鑑みれば妥当な出題といえるであろう。

第2問（物理現象とエネルギー）

(A) 問1は波の速度の計算。基本的ではあるが、波の進行方向が x 軸の負の向きであることを読み取らなくてはいけない。問2は波の周期、波長、速さの関係式に基づいて計算すればよい。

(B) 問3は抵抗を流れる電流の計算。問4は抵抗での消費電力の計算。どちらも直列接続と並列接続が正

しく理解されているかを問われている。

第3問（運動とエネルギー）

(A) 問1はフックの法則にもとづくばねの伸びの計算、問2は弾性力による位置エネルギーの計算であるが、公式だけ覚えておくだけではどちらも正答にたどりつけない。公式の導き方を教科書で確認しておきたい。

(B) 問1は等加速度運動する小物体の速度-時刻グラフの選択。問2は初速度を変化させたときの斜面上における速さの比較。力学的エネルギー保存の法則を理解していれば容易であろう。

(3) 学習対策

マーク数13個が今後の標準になると思われる。問題のリード文は読みやすく、設定状況は比較的単純なので取り組みやすいといえる。ただ、30分の試験時間なので、問題を一読して題意を把握するだけの力をつけておく必要がある。そのためには、教科書を読み込み、「問」、「章末問題」、「例題」などを解いておきたい。また、「参考」、「実験」、「やってみよう」、「探求活動」、「Point!」などにも目を通しておきたい。ただし、「発展」は余裕があれば見ておくという程度でよいであろう。

3. 一般入試（二次・私大）

(1) 全体の分析

原子分野の出題が注目されたが、昨年同様、純粋な原子分野を出題する大学は少数であった。例年通り力学・電磁気・波動分野の出題が大勢を占めた。全体の難易度は多くが標準、一部にやや難が見られるといった程度である。解答形式は国公立大の多くが記述・論述式で、私大はマーク式、選択式、記述式とさまざまである。

(2) 力学分野の特徴

単純な力のつり合いの問題は少ない。一方、力のモーメントに関しては応用的な問題が出題されるが、教科書を理解して、ある程度の演習をしておけばそれほど難しくはないであろう。

1 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

図1に示すように、摩擦のある水平な床の上に置かれた質量 M [kg]、長さ $2L$ [m] の密度が一定な剛体の台の片方を重さの無視できるワイヤーで天井に固定してすべり台を作り、物体をすべらせる実験を行う。すべり台の左端を O 端、右端を A 端、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

ただし、図1の床に沿った方向を x 軸、それに垂直な方向を y 軸とし、すべり台は図のように x - y 平面内で原点 O を中心として回転するだけで、水平および鉛直方向の移動はないものとする。また、すべり台の厚さは無視できるものとする。

I 図1のように、ワイヤーによってA端を床から持ち上げ、すべり台と床とのなす角度が θ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$) となったところで静止させた。このとき、すべり台につながれたワイヤーの張力の大きさを T (N) を次の(1)から(6)の手順にしたがって求めよ。ただし、すべり台の延長線とワイヤーのなす角度は α ($0^\circ < \alpha < 90^\circ$) であり、 $0^\circ < \alpha + \theta < 90^\circ$ とする。

- (1) A端において、すべり台OAに対して垂直な力の成分とすべり台OAに対して平行な力の成分をそれぞれ T , α を用いて表せ。
- (2) すべり台がO端において床から受ける鉛直上向きの抗力を N (N) としたとき、すべり台にはたらく鉛直方向の力のつり合いの関係を考慮して、 N を T , L , M , g , θ , α のうち、必要なものを用いて表せ。
- (3) O端において、すべり台が床から受ける摩擦力の大きさを F (N) を T , θ , α を用いて表せ。また、摩擦力の向きは x 軸の正あるいは負、いずれの向きかを答えよ。
- (4) O端を中心とした重力によるモーメントの大きさを L , M , g , θ , α のうち、必要なものを用いて表せ。
- (5) O端を中心としたワイヤーの張力 T によるモーメントの大きさを T , L , g , θ , α のうち、必要なものを用いて表せ。

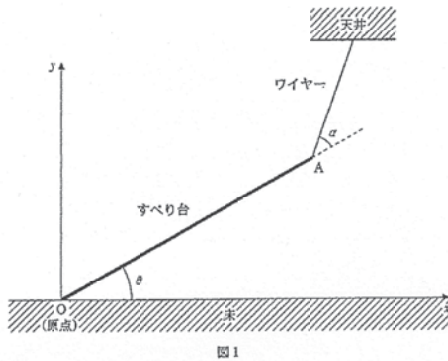


図1

長崎大

出題例1

運動に関しては物体系での相対運動が目立った。典型例として“運動する斜面台上の物体の運動”は必ず押さえておきたい。

I 図のように、質量 M (kg) で斜面の角度 θ (rad) の斜面台が、水平な床の上に静止している。この斜面台の高さ h (m) のところに静止していた質量 m (kg) の物体Aが、斜面から離れずすべり落ち始め、斜面台も床の上を動き始めた。座標軸は、水平右向きに x 軸、鉛直上向きに y 軸をとり、図は時刻0での斜面台と物体Aの位置を示している。斜面台と物体Aの間にはたらく垂直抗力の大きさを N (N)、重力加速度を g (m/s^2)、物体Aと斜面台の間および斜面台と床の間の摩擦は無視できるものとする。また、斜面は十分長く物体Aが床に到達する事は考えなくてよい。以下の各問いに答えよ。

問1 物体Aの加速度の x 成分 a_x (m/s^2) と y 成分 a_y (m/s^2) を、 N , m , g , θ を用いて表せ。

問2 斜面台の加速度の x 成分 A_x (m/s^2) を、 N , M , θ を用いて表せ。

問3 斜面台は加速度運動をしており、斜面台から見ると、物体Aには重力と斜面からの垂直抗力に加えて、大きさ ma_x の慣性力がはたらく。物体Aが斜面から離れずすべり落ちる条件から、 N を m , M , g , θ を用いて表せ。

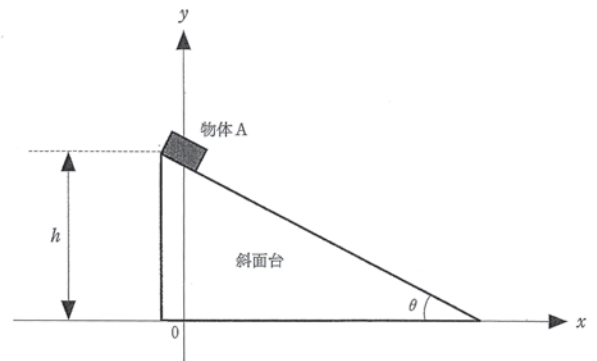
問4 物体Aの時刻 t (s) における速度の x 成分 v_x (m/s) と y 成分 v_y (m/s) を、 m , M , g , θ , t を用いて表せ。

問5 斜面台の時刻 t (s) における速度の x 成分 V_x (m/s) を、 m , M , g , θ , t を用いて表せ。

問6 物体Aの運動量と斜面台の運動量の和の x 成分が保存することを示せ。

問7 物体Aの運動量と斜面台の運動量の和の y 成分は保存しない。この理由を述べよ。

問8 時刻 t (s) における物体Aの位置 x (m) と y (m) を、 m , M , g , θ , t , h を用いて表せ。さらに、物体Aの軌跡の方程式を求めよ。



図

愛知教育大

出題例2

ばね振り子の単振動は例年通り頻出である。上位レベルの受験生には相対運動での単振動と円運動も紹介しておきたい。

[I] 図1のように台車Aと台車Bが水平な平面の一直線上を走っている。台車Aの後端には、ばね定数 k のばねが取り付けられている。はじめ、台車Aと台車Bは、平面上をなめらかに、それぞれ速度 v_A , v_B で走っているとす。台車の速度は紙面に向かって右向きを正として、 $v_B > v_A > 0$ であった。台車Aと台車Bの質量をそれぞれ m_A , m_B とし、ばねの質量は無視できるものとする。

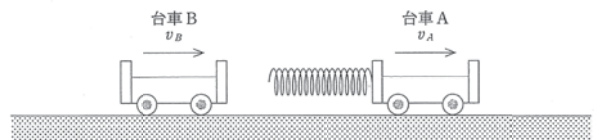


図1

しばらくすると、台車Bは台車Aに追いつき、ばねに接触してばねが縮みはじめる。台車Bが台車Aに最も近づいた瞬間にばねは自然長から長さ l だけ縮み、台車Aと台車Bの速度はともに V となった。ばねは、弾性力がフックの法則に従う範囲で伸縮するものとする。台車Aと台車Bが最も近づいた後、再びばねが伸びはじめ、ばねが自然長に戻った瞬間に台車Bは台車Aのばねから離れた。以下の問いに答えよ。

問1 台車Bがばねに接触する前とばねが最も縮んだ瞬間に対して、運動量保存の式と力学的エネルギー保存の式を示せ。

問 2 ばねの縮み ℓ を, k, v_A, v_B, m_A, m_B を用いて表せ。

問 3 ばねが自然長に戻り台車 B がばねから離れた時, 台車 B が静止するための条件を, (㉠) $\frac{v_B}{v_A}$ と $\frac{m_B}{m_A}$ の関係式と, (㉡) m_A と m_B の大小関係で表せ。また, 導き方も記せ。

次に, 台車 B が台車 A のばねに接触した瞬間に, ばねと台車 B が連結される場合を考える。連結後, 台車 A と台車 B は振動しながら進む。連結された瞬間を時刻 0 とする。図 2 に示すように, 時間 t 経った時, ばねの右端は x_A , ばねの左端は x_B だけ, それぞれ移動した。このとき, 以下の問いに答えよ。ただし, 連結はエネルギーの損失なく瞬間的に行われるものとし, 変位 x_A, x_B は紙面に向かって右向きを正とする。

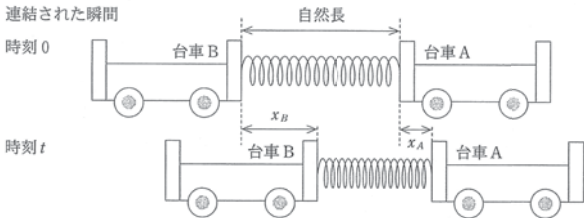


図 2

問 4 平面に静止している人からみた, 時刻 t における台車 A と台車 B の加速度をそれぞれ a_A および a_B として, 台車 A と台車 B の運動方程式を, それぞれ立てよ。ただし, 加速度 a_A, a_B は, 紙面に向かって右向きを正とする。

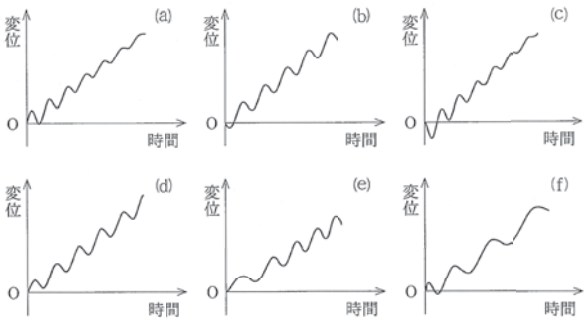
問 5 次の文の **ア** ~ **オ** に入る適切な数式を, k, ℓ, m_A, m_B のうち必要なものを用いて解答欄に記入せよ。

台車 B に対して静止している人からみた台車 A の運動を考える。台車 B に対して静止している人から見ると台車 A の加速度は, $a_A - a_B$ で与えられ, 台車 A と台車 B の変位の差 $x_A - x_B$ を用いて,

$a_A - a_B = \text{ア}$ ($x_A - x_B$) と表される。この式より, 台車 B に対して静止している人からみて台車 A は単振動する。

また, ばねの最大の縮みは **イ** であるので, 単振動の式は $x_A - x_B = \text{ウ}$ $\sin \omega t$ で表すことができる。ここで, ω は角振動数を示し, $\omega = \text{エ}$ で与えられる。したがって, 単振動の周期は, **オ** である。

問 6 変位 x_B を時間 t の関数として表したところ, 以下のグラフ群中の(a)~(f)のいずれかとなった。最も適したグラフを選択し記号で示せ。また, その理由も答えよ。



グラフ群

広島大

出題例 3

第 1 問 質量 m の小球 A, B が長さ l のひもの両端につながれている。図 1 のように水平な天井に小球 A, B を l だけ離して固定した。小球 B を固定した点を O とし, 重力加速度の大きさを g とする。小球 A, B の大きさ, ひもの質量, および空気抵抗は無視できるものとする。以下の設問に答えよ。

- I 小球 B を固定したまま小球 A を静かに放した。
- (1) ひもと天井がなす角度を θ とする。小球 A の速さを θ を用いて表せ。ただし, $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$ とする。

- (2) 小球 A が最下点 ($\theta = \frac{\pi}{2}$) に達したときのひもの張力の大きさを求めよ。
- (3) 小球 A が最下点 ($\theta = \frac{\pi}{2}$) に達したときの小球 A の加速度の大きさと向きを求めよ。

II 小球 A がはじめて最下点 ($\theta = \frac{\pi}{2}$) に達したときに小球 B を静かに放した。この時刻を $t = 0$ とする。

- (1) 2 個の小球の重心を G とする。小球 B を放したあとの重心 G の加速度の大きさと向きを求めよ。
- (2) 時刻 $t = 0$ における, 重心 G に対する小球 A, B の相対速度の大きさと向きをそれぞれ求めよ。
- (3) 時刻 $t = 0$ における, ひもの張力の大きさを求めよ。
- (4) 時刻 $t = 0$ における, 小球 A, B の加速度の大きさと向きをそれぞれ求めよ。
- (5) 小球 B を放してから, はじめて小球 A と小球 B の高さが等しくなる時刻を求めよ。
- (6) 小球 B を放したあとの時刻 t における小球 A の水平位置を求めよ。ただし, 点 O を原点とし, 右向きを正とする。

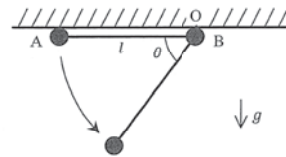


図 1

東京大

出題例 4

今年度も万有引力の問題は少なかったが, スイングバイの方法 (啓林館『物理』 p.92 参考) は紹介しておきたい。

天体と探査機の間の万有引力を利用して, 探査機の変速をスイングバイという。

A) 質量 M の天体と質量 m の探査機が, 同一平面上を運動している。図 1 のように, 最初天体と探査機は十分離れていて, 天体は y 軸に沿って正の向きに速さ V_0 で動いており, 探査機は x 軸に沿って正の向きに速さ v_0 で動いていた。その後, 探査機は天体に接近し, 速度が変化した。最後に探査機は天体から十分離れ, 運動方向を変え, x 成分は v_x , y 成分は v_y の速度で運動していった。一方, 天体の進行方向は変化せず, y 軸に沿って運動しているが, 速さはわずかに減少して V になったと仮定する。また, 質量 m は M より十分に小さいとする。天体と探査機が十分離れている時は, 万有引力の効果は十分薄いと無視する。

- 1) 天体と探査機の運動量の和は保存される。これを最初と最後に対して, x 方向について適用すると次のようになる。

$$mv_0 = \text{①}$$

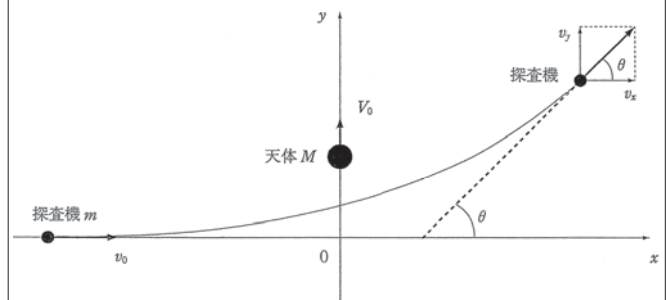


図 1

2) スイングバイによる探査機の運動エネルギーの変化 $\Delta E (\geq 0)$ を, m, v_0 を用いて表せ。

$$\Delta E = \boxed{2}$$

3) 最初と最後で, 天体と探査機の運動エネルギーの和は保存される。そのとき, $\Delta E, M, V_0, V$ の間に成立する関係式を書け。

$$\boxed{3} = 0$$

4) 探査機と天体の y 方向の運動量の和は保存する。これを最初と最後に対して適用し, M, m, V, v_0 を用いて表せ。

$$MV_0 = \boxed{4}$$

5) 上の 2), 3), 4) で導いた式を解いて v_0 を V_0, M, m のみを用いて表せ。

$$v_0 = \boxed{5}$$

6) ΔE を M, m, V_0 を用いて表せ。

$$\Delta E = \boxed{6}$$

7) 探査機のスイングバイ後の速度の向きを x 軸から反時計まわりに角度 θ とする。 $\tan\theta$ を V_0/v_0 と m/M で表せ。

$$\tan\theta = \boxed{7}$$

このように $\tan\theta$ が, 初期の値で決まってしまうのは, スイングバイした後も, 天体が方向を変えず y 軸方向に運動すると仮定したからである。

B) 今度は, 質量 M_s の不動の太陽の周りを, 速さ V_0 で半径 R_0 の等速円運動をしている質量 M の惑星を考える。このとき, M_s, M, R_0, V_0 の間には次のような関係が成り立つ。ただし G は万有引力定数である。

$$\frac{GM_s M}{R_0^2} = \boxed{8}$$

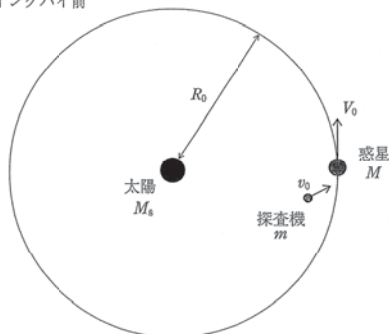
この惑星の近くを, 質量 m の探査機が速度 v_0 で近づいてきて, スイングバイが行われたとする。通常, $M_s \gg M \gg m$ であり, スイングバイによる惑星の軌道の変化は少ないので, スイングバイ後も惑星は円軌道を行うと仮定する。ただし, 惑星の円軌道の半径は R , その速さは V に, 探査機の速さは v になったとする。すると, M_s, M, R, V の間には $\boxed{8}$ 式と同じような関係式が成り立つ。

スイングバイの最初と最後で, 惑星の運動エネルギーと, 惑星の太陽による万有引力の位置エネルギーと, 探査機の運動エネルギーの合計は等しいことから, 次の関係がある(探査機の太陽や惑星による位置エネルギーの変化は十分小さいとして無視する)。 M_s, M, m, R, V, v を全て用いて表すと,

$$\frac{1}{2} MV_0^2 - \frac{GM_s M}{R_0} + \frac{1}{2} mv_0^2 = \boxed{9}$$

となる。

スイングバイ前



スイングバイ後

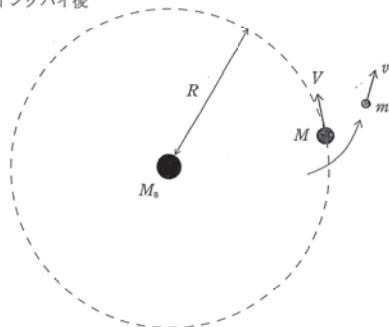


図 2

これらより, 探査機を得たエネルギー $\Delta E = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2$ は, 惑星の円軌道の半径の変化として, R_0, R を用いて次のように表される。

$$\Delta E = \frac{1}{2} GM_s M \times \left(\boxed{10} \right)$$

以上より, エネルギーの増加 ($\Delta E > 0$) に対しては, 惑星の円軌道の半径が減少 ($R < R_0$) していることが分かる。

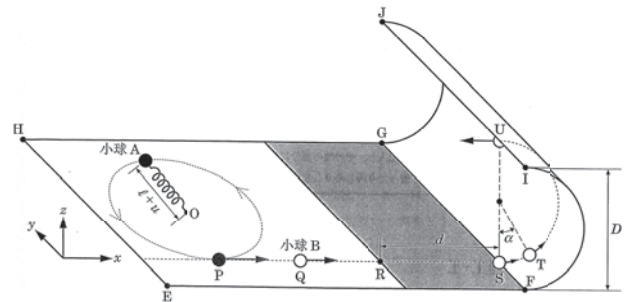
京都産業大

出題例 5

円運動, 衝突・運動量保存, 等加速度運動, 力学的エネルギー保存を含む力学の総合問題ができれば, 高校物理の力学はほぼマスターしているといえるであろう。

I 図に示すように, 水平面(面 EFGH)とそれと滑らかにつながっている半円筒面(面 FIJG)がある。面 EFGH 上で, 一端を点 O につなぎ回転できるようにした質量が無視できるバネがあり, その他端には質量 m_A (kg) の小球 A が取り付けられている。バネの自然長は l (m), バネ定数は k (N/m) である。また, 点 Q の位置には質量 m_B (kg) の小球 B が静止している。ここで, $m_B > m_A$ である。小球 A と小球 B の大きさは無視できるものとし, 空気抵抗も考えなくてよい。重力加速度の大きさは g (m/s²) とする。

図中に示すような互いに直交する x 軸, y 軸, z 軸を設定した。それぞれの軸の矢印の向きを正とした。点 P, 点 Q, 点 R, 点 S, 点 T, 点 U は, y 軸に対して垂直な同一平面内 (xz 平面内) にあり, 点 S, 点 T, 点 U は直径 D の半円筒にある。点 F と点 G を結ぶ直線は y 軸と平行である。さらに, 点 F と点 I を結ぶ直線, および点 G と点 J を結ぶ直線はともに x 軸と平行である。また, 点 F と点 I の間の距離, および点 G と点 J の間の距離はともに半円筒の直径 D と等しい。



小球 A は, バネが u (m) だけ伸びた状態で摩擦の無視できる水平面上を, 点 O を中心とした円周上を図中の矢印の向きに角速度 ω (rad/s) で等速円運動を行った。この時, バネの伸び u を, m_A, l, k, ω を用いて表すと $\boxed{1}$ になる。

等速円運動を行っていた小球 A は, 点 P の位置で突然バネから切り離されて, 摩擦の無視できる水平面上を, 円運動の接線方向である x 軸の正の向きに移動した。その後, 点 Q の位置で静止している小球 B と衝突した。点 Q の位置において, 小球 B と衝突する直前の小球 A の速さは V_0 (m/s) であった。 V_0 を m_A, l, u, k を用いて表すと $\boxed{2}$ になる。

小球 A と小球 B が衝突する際の反発係数 (はねかえり係数) を e とする。点 Q の位置における衝突直後の小球 A と小球 B の速さは, それぞれ V_1 (m/s) と V_2 (m/s) であった。 V_2 を m_A, m_B, V_0, e を用いて表すと $\boxed{3} \times V_0$ になる。

小球 A と衝突した後の小球 B は, 摩擦の無視できる水平面上を点 R の位置まで進んだ。さらに, 小球 B は摩擦のある水平面上を点 S の位置まで移動した。小球 B と摩擦面との間の動摩擦係数は μ' であり, 点 R と点 S の間の距離は d (m) である。点 S の位置で摩擦面を通過した直後の小球 B の速さを V_3 (m/s) とする。 V_3 を V_2, μ', g, d を用いて表すと $\boxed{4}$ になる。

その後, 小球 B は直径 D (m) の半円筒状の摩擦の無視できる内面を上がっていった。ここで円弧の角度 α (rad) だけ上がった点 T の位置での小球 B の速さを V_4 (m/s) とする。 V_4 を V_3, g, α, D を用いて表すと $\boxed{5}$ になる。また, 円の中心に向かって, 小球 B が円筒の内面から受ける力は垂直抗力と呼ばれ, N (N) で表される。点 T の位置での N の大きさを m_B, V_4, α, g, D を用いて表すと $\boxed{6}$ になる。

さらに, 小球 B が円筒の内面を上がっていく, 半円筒で最も高い点 U の位置から速さ V_5 (m/s) で, 円の接線方向に飛び出した。 V_5 を V_4, g, D を用いて表すと $\boxed{7}$ になる。

小球 B は点 U の位置から飛び出して, 水平な面 EFGH に落下した。小球 B が落下した位置と点 S との間の距離は L (m) であった。 L を V_5, g, D を用いて表すと $\boxed{8}$ になる。

近畿大

出題例 6

(3) 電磁気分野の特徴

ガウスの法則や点電荷の電界（電場）や電位の出題は少なかった。ただ、静電誘導に関する基本問題は意外と落とし穴になるので確認しておきたい。

答案には、結果だけでなく、考えのすじ道もかきなさい。問題に与えられていない記号が必要なときは、定義してから用いなさい。

半径 a の導体の小球に電荷 Q ($Q > 0$) を与え、内径 R ($R > a$)、厚さ d の球殻の導体の内側に、中心が重なるように固定した。図1はその断面図である。球殻は周囲から絶縁されており、もともと帯電していなかった。クーロンの法則に現れる比例係数を k_0 、真空の誘電率を ϵ_0 とする。両者には $\epsilon_0 = 1/(4\pi k_0)$ の関係がある。解答にはどちらかを用いてもよい。球殻の中心からの距離を r とする。

- (a) 球殻の内側の空間 ($a < r < R$) における電界を表現する電気力線（矢印付きの実線）を解答用紙の図に描き加えよ。また、電界の大きさ E_1 を r の関数として表せ。
- (b) 球殻の内表面に誘起される電荷密度 σ_1 、内表面に誘起される電荷の総量 Q_1 を求めよ。電荷の符号に注意すること。
- (c) 球殻の外表面に誘起される電荷密度 σ_2 、外表面に誘起される電荷の総量 Q_2 を求めよ。球殻の外径が $R + d$ であること、および、電荷の符号に注意すること。
- (d) 球殻の外側の空間 ($r > R + d$) にはどのような電界が現れるか。球殻の外側の電界を表現する電気力線を解答用紙の(a)の図に描き加えよ。また、球殻の外側の電界の大きさ E_2 を r の関数として表せ。
- (e) ここで、小球を球殻の内面と接触させると（図2）、電界の様子はどのように変化するか。接触後の球殻の内側および外側の電界を表現する電気力線を解答用紙の図に描き加えよ。電界がない領域があれば、そこには「なし」と書くこと。また、球殻の内側および外側の電界の大きさをそれぞれ E_3 、 E_4 とし、 r の関数として表せ。

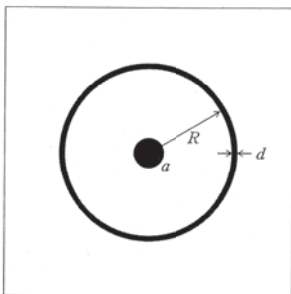


図1

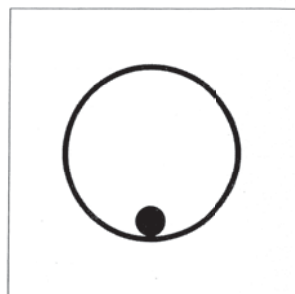


図2

ここでは球殻が接地されている場合について考えよう。前問と同様に、半径 a の導体の小球に電荷 Q ($Q > 0$) を与え、内径 R ($R > a$)、厚さ d の導体の球殻の中心に固定した（図3）。

- (f) 球殻の内側および外側の空間にはどのような電界が現れるか。それぞれの電界を表現する電気力線を解答用紙の図に描き加えよ。電界がない領域には「なし」と書くこと。また、球殻の内側および外側の電界の大きさをそれぞれ E_5 、 E_6 とし、 r の関数として表せ。
- (g) このとき、空間の電位を考えよう。球殻は接地されているので、その電位をゼロとする。小球の電位 V はいくらか。
- (h) ここで、小球を球殻の内面と接触させると（図4）、電界の様子はどのように変化するか。接触後の球殻の内側および外側の電界を表現する電気力線を解答用紙の図に描き加えよ。電界がない領域には「なし」と書くこと。また、球殻の内側および外側の電界の大きさをそれぞれ E_7 、 E_8 とし、 r の関数として表せ。

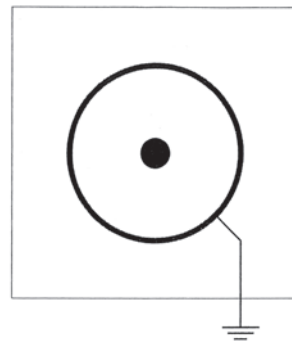


図3

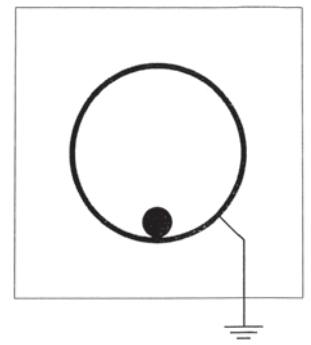


図4

学習院大

出題例7

直流回路でキルヒホッフの法則を扱って考える問題は減少気味に思えるが、メートルブリッジのような定番のテーマは確実に理解させておきたい。コンデンサーに関しては誘電体を挿入する際のメカニズムを理解しておけばいいであろう。

II 図1のように、直流電源、真空中の電気容量が C である平行板コンデンサー A、B、抵抗値 R の抵抗、およびスイッチ S_0 、 S を接続した回路を考える。コンデンサー A、B の極板は真空中に固定されており、極板間に、上下向きに比誘電率 $\epsilon_r (> 1)$ の誘電体を挿入する。極板は長方形で、極板と誘電体の紙面に垂直な方向の幅は等しく、極板の上から見ると図2のように並んでいる。そこで図1の x 方向の長さや位置に注目する。極板の長さはそれぞれ $2a$ であり、コンデンサー A の極板とコンデンサー B の極板は $2a$ 離れている。誘電体の長さは $4a$ である。図1のように x の原点をとり、誘電体の位置を中心の座標 x で表すと、誘電体は $x = -a$ から a の範囲でなめらかに動かすことができる。したがって、コンデンサー A、B の電気容量 C_A 、 C_B は x の関数となる。最初、コンデンサー A、B には電荷はなく、スイッチ S_0 、 S は開いている。問1～5に答えなさい。また、導出の過程も示しなさい。なお、極板の端の影響、 R 以外の抵抗は無視してよい。

(配点 25 点)

問1 電気容量 C_A 、 C_B を C 、 ϵ_r 、 a を用いて x の関数として表しなさい。

問2 まず、誘電体を $x = -a$ におき、スイッチ S_0 、 S を閉じ十分に時間が経過したあと、スイッチ S_0 を開いた。両方のコンデンサーに蓄えられている電気量の和を Q としたとき、コンデンサー A、B に蓄えられた電気量 Q_A 、 Q_B を Q と ϵ_r を用いて表しなさい。

問3 次にスイッチ S を開き、誘電体に外力を加えて $x = -a$ から a までゆっくり動かした。コンデンサー A、B に蓄えられている静電エネルギー U_A 、 U_B を Q 、 C 、 ϵ_r 、 a を用いて x の関数として表しなさい。

問4 その後、スイッチ S を閉じると抵抗に電流 I が流れた。スイッチを閉じた直後の電流の大きさ I_0 とその向きを求めなさい。また、電流 I が時間とともにどのように変化するか、スイッチ S を閉じた時刻を $t = 0$ として、その概略を描きなさい。

問5 問4の操作を行ったとき、スイッチ S を閉じてから十分に時間が経過するまでの間に、抵抗で発生するジュール熱を求めなさい。

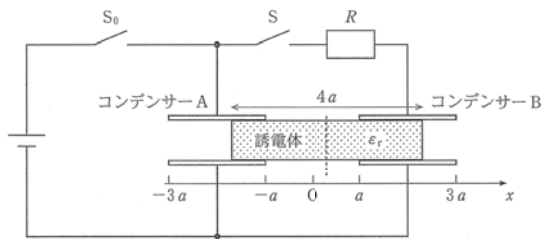


図1

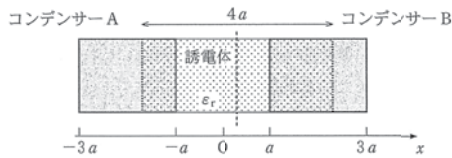


図2

神戸大

出題例8

ローレンツ力，ホール効果，自己・相互誘導の出題は昨年度よりさらに減少した。電磁誘導は例年通り2本レールが主流である。昨今はレールに置く導体棒が2本というパターンが増加傾向に見えるが，磁界中を回転する導体棒の電磁誘導の出題も少なくない。

[2] 図2に示すように水平面上に十分長い2本の導体のレールが間隔 L [m] で平行に置かれている。図のようにレールの上になす導体の棒1，2を置く。これらの棒はレールに対して常に垂直であり，2本のレールとの接触を保ちながら，その上を左右になめらかに動くことができる。棒1とレールの接触点を図のようにP，Qとする。棒1にはレールに平行に糸が取り付けられ，糸の右方向の先に滑車を通して質量 m [kg] のおもりがぶら下げている。棒1の質量は m [kg]，棒2の質量は $2m$ [kg] である。この空間には鉛直上向きに磁束密度の大きさが B [T] の一様な磁場(磁界)がかけられている。運動の方向は，棒1，2については水平右向きを正とし，おもりについては鉛直下向きを正とする。棒2のレール間の電気抵抗を R [Ω] とする。棒1とレールの電気抵抗は無視でき，棒とレールの接触点の電気抵抗も無視できる。空気抵抗，糸と滑車の質量は無視できる。滑車はなめらかに回る。棒とレールに流れる電流が作る磁場の磁束密度は B に比べ十分小さく無視できる。重力加速度の大きさを g [m/s²] とし，おもりが地面に到達することはないものとして，以下の問いに答えよ。(45点)

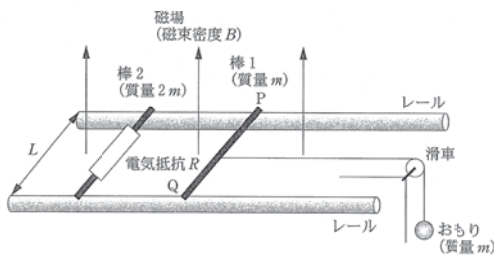


図2

まず，棒1と棒2を動かさないように押さえておき，棒1だけを静かに離れたところ棒1が右方向へ動き始めた。

問1. 棒1の速度が v [m/s] ($v > 0$) の時，棒1の両端に生じる起電力の大きさを求めよ。また，電位が高いのはP，Qのどちら側か。解答紙の選択肢を○で囲め。

問2. 問1の起電力によって，棒1，2と2本のレールで作られる回路に流れる電流の大きさを求めよ。また，棒1に流れる電流の方向はP→Q，Q→Pのどちらか。解答紙の選択肢を○で囲め。

問3. 問2の電流によって棒1が磁場から受ける力の大きさを求めよ。

問4. 十分な時間が経つと糸が棒1を引く力と問3の力が釣り合い，一定の速度で棒1は運動する。この速度の大きさを， m, g, B, L, R の中から必要なものを用いて表せ。

棒1が問4のように一定の速度で運動しているときに，棒2を静かに離れたところ，棒2が動き始めた。以後，この状態の運動を考えることにする。棒1の速度を v_1 [m/s]，加速度を a_1 [m/s²]，棒2の速度を v_2 [m/s]，加速度を a_2 [m/s²] とする。棒1と棒2は衝突することはないものとする。糸の張力の大きさを T [N] とし，糸はたるむことがない。

問5. 棒2が動き始める方向は左右のどちらか。解答紙の選択肢を○で囲め。

問6. 棒1，2と2本のレールで作られる回路に流れる電流の大きさを， v_1, v_2, B, L, R の中から必要なものを用いて表せ。

問7. 棒1の運動方程式を， $m, a_1, T, v_1, v_2, B, L, R$ の中から必要なものを用いて表せ。また，棒2の運動方程式を， $m, a_2, v_1, v_2, B, L, R$ の中から必要なものを用いて表せ。

問8. おもりの運動方程式を， m, a_1, g, T の中から必要なものを用いて表せ。

棒2を静かに離してから十分に時間が経つと， $a_1 = a_2$ となる。以後，この状態について問いに答えよ。

問9. a_1 および $v_1 - v_2$ を， m, g, B, L, R の中から必要なものを用いてそれぞれ表せ。

問10. 棒1，2と2本のレールで作られる回路で発生する単位時間当たりのジュール熱を， m, g, B, L, R の中から必要なものを用いて表せ。

九州大

出題例9

また，交流回路のインピーダンスは思ったよりも出題されなかった。しかし，電気振動は例年とほぼ同じ出題頻度という印象であった。電気振動を単振動とのアナロジーで考えさせる問題は，上位レベルの受験生にとっては刺激になるであろう。

[II] 次の文の (1) ~ (10) に入れるのに最も適当なものを各問の文末の解答群から選び，その記号をマークしなさい。ただし，同じものを2回以上用いてもよい。以下の問で必要があれば次の近似式を用いてもよい。
 $\frac{1}{\Delta t} (\cos(t + \Delta t) - \cos(t)) = -\sin(t)$, $\frac{1}{\Delta t} (\sin(t + \Delta t) - \sin(t)) = \cos(t)$
 ただし， Δt は微小量である。

(i) LC直列回路でのコンデンサーの極板の電荷や電流の変動を，次のようにして調べる。

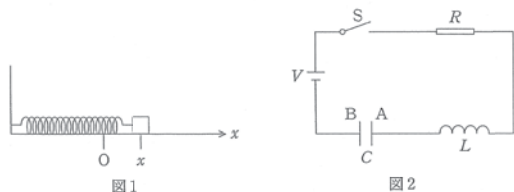
(A) まず，RLC直列回路のコンデンサーの極板の電荷の変動と，単振動する質点にさらに強制力や速さに比例する空気抵抗を受ける場合の運動との類似性を調べる。後者の例として図1のように，ばね定数 k のばねに取り付けられた質量 m の質点の運動を取り上げる。この質点の運動は

$$m \frac{dv}{dt} = -kx + f - \gamma v \quad \dots \textcircled{1}$$

で記述される。上式では， x はばねの自然長の位置からの時刻 t での変位を表し，時刻 t での速度 v および加速度 $\frac{dv}{dt}$ は

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{1}{\Delta t} (x(t + \Delta t) - x(t)), \quad \frac{dv}{dt} = \frac{1}{\Delta t} (v(t + \Delta t) - v(t)) \quad \dots \textcircled{2}$$

で与えられる。ただし， Δt は微小な時間である。また， f は強制力で， γ は速さに比例する空気抵抗の比例係数である。



一方、図2は、電源(起電力 V) につながれた RLC 直列回路図である。時刻 t でのコンデンサー(電気容量 C) の極板 A の電荷 Q や回路を流れる電流 I の変動を表す式は、抵抗 R およびコイルの自己インダクタンス L を用いて

$$V = \text{(1)} \times Q + \text{(2)} \times I + \text{(3)} \times \frac{dI}{dt}$$

すなわち

$$\text{(3)} \times \frac{dI}{dt} = - \text{(1)} \times Q + V - \text{(2)} \times I \quad \cdots \text{(3)}$$

で与えられる。ただし、電荷 Q と電流 I の関係および電流の変化率は

$$I = \frac{dQ}{dt} = \frac{1}{dt}(Q(t+dt) - Q(t)), \quad \frac{dI}{dt} = \frac{1}{dt}(I(t+dt) - I(t)) \quad \cdots \text{(4)}$$

で与えられる。

式①と③、式②と④を比べると、次のように対応することがわかる。

$$(x, v, m, k, f, \gamma) \leftrightarrow (Q, I, \text{(3)}, \text{(1)}, V, \text{(2)})$$

したがって、極板の電荷や電流の時間変化を質点の運動に置き換えて考えることができる。

(B) 図3のような回路を用いてコンデンサーの極板 A の電荷を $Q_0 (> 0)$ まで充電した後、スイッチ S_1 を開いてスイッチ S_2 を閉じる。この場合の極板 A の電荷 Q と回路を流れる電流 I の変動を調べる。これらの変動を記述する式は、問(A)より

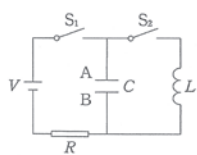


図3

$$\text{(3)} \times \frac{dI}{dt} = - \text{(1)} \times Q$$

となり、強制力や抵抗が無い単振動の運動方程式と同じである。したがって、電荷 Q および電流 I は、周期 (4) の周期的な変動をし、互いに変動の位相が (5) だけずれることがわかる。これらのことを、 S_2 を閉じた瞬間を時刻 $t = 0$ として、式では

$$Q(t) = \text{(6)} \times \cos(\omega t), \quad I(t) = \text{(7)} \times \sin(\omega t)$$

と表すことができる。ただし、 $\omega = \text{(8)}$ である。

関西大

出題例10

(4) 波動分野の特徴

正弦波の式の導出のみならず、正弦波を用いた反射波の計算、さらに、正弦波による入射波と反射波の重ね合わせによる合成波の計算などは三角関数の計算に慣れておかないと手間取るであろう。正弦波を用いた計算は一度きちんとしておけばよい。

3 次の問題の \square の中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの解答群の中から選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。(同じ番号を何回用いてもよい。答えが数値となる場合は最も近い数値を選ぶこと。)(20点)

ウェーブマシン(波動実験器)がある(図3-1参照)。図3-1(a)は変位を与えていないときの図である。ウェーブマシンに沿って x 軸をとり、左端の位置を x 軸の原点 O とする。また、ウェーブマシン上の、左端から 1.5 m の位置を点 P 、 3 m の位置を点 Q とする。 y 軸はウェーブマシンの変位の方向にとる。図3-1(b)は、原点 O に正弦波として時間変化する変位を与えたときの、ある時刻におけるウェーブマシンの図である(ただし、この図は例示のためのもので、設問中で指定される条件のもとでの波とは関係しない)。なお、波の伝わる速さは 0.5 m/s であった。また一般に、ウェーブマシンを伝わる波の波長には装置の構造に由来する下限が存在するが、その下限は十分小さいと考えてよいものとする。

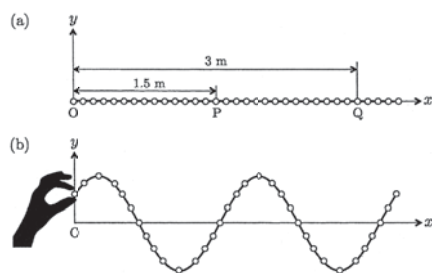


図3-1

(1) ウェーブマシンの左端(原点 O) の変位 $y_0[\text{m}]$ が、図3-2に示すように、時刻 $t = 0\text{ s}$ から正弦波の時間変化をしたとする。この波の振幅を $A[\text{m}]$ 、周期を $T[\text{s}]$ とすると、 $A = \text{(ア)}$ m 、 $T = \text{(イ)}$ s であり、振動数は (ウ) Hz 、波長は (エ) m である。

$x = 1.5\text{ m}$ の点 P における変位について考えよう。点 O の振動は、 x 軸の正の向きに速さ 0.5 m/s で伝わっていく。点 O から点 P の位置まで進むのに要する時間 $t_1[\text{s}]$ は $t_1 = \text{(オ)}$ s である。時刻 t_1 以降の時刻 $t[\text{s}]$ での点 P の変位 $y_P[\text{m}]$ は

$$y_P = A \sin \frac{2\pi}{T} (t - \text{(カ)})$$

である。

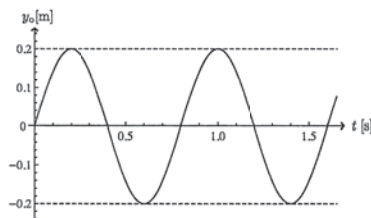


図3-2

(2) 点 Q およびその右側の部分を動かさないように固定する、すなわち、点 Q を固定端とする。ウェーブマシンの左端(原点 O) の変位 $y_0[\text{m}]$ の時間変動は、時刻 $t \geq 0\text{ s}$ で図3-2に示されている正弦波とする($t < 0\text{ s}$ では、全ての点の変位はゼロとする)。点 O の振動が点 P に到達するのに要する時間は $t_1 = \text{(オ)}$ s 、点 Q に到達するのに要する時間 $t_2[\text{s}]$ は $t_2 = 2t_1$ である。点 O の振動が点 Q の固定端に到達し反射されて左方向に進み、点 P と点 O のそれぞれに到達するのに要する時間を $t_3[\text{s}]$ 、 $t_4[\text{s}]$ とすると、 $t_3 = 3t_1$ 、 $t_4 = 4t_1$ である。

以下において、点 P と点 Q の間の位置 $x = X[\text{m}]$ ($1.5\text{ m} \leq X \leq 3\text{ m}$) の点の、時刻 $t[\text{s}]$ (ただし、 $t_3 < t < t_4$ とする) の変位 $y[\text{m}]$ について考える。 $y[\text{m}]$ は、点 O から進行してきた入射波の変位 $y'[\text{m}]$ と点 Q から進行してきた反射波の変位 $y''[\text{m}]$ の重ね合わせとなり、 $y = y' + y''$ で与えられる。

点 Q で時刻 $t[\text{s}]$ に生じる反射波について考える。点 Q での入射波、反射波の変位をそれぞれ $y_Q'[\text{m}]$ 、 $y_Q''[\text{m}]$ とすると、点 Q での全変位 $y_Q[\text{m}]$ は $y_Q = y_Q' + y_Q''$ で与えられる。まず、点 Q に固定端があるので $y_Q = 0\text{ m}$ である。一方、点 O から図3-2の正弦波が入射波として進行してくるので、点 Q での入射波の変位 $y_Q'[\text{m}]$ は

$$y_Q' = A \sin \frac{2\pi}{T} (t - \text{(キ)})$$

である。よって、点 Q での反射波の変位 $y_Q''[\text{m}]$ は

$$y_Q'' = -y_Q' = -A \sin \frac{2\pi}{T} (t - \text{(キ)})$$

となる。このように、固定端では入射波による変位を打ち消すように反射波の変位が生じる。

反射波が点 Q から位置 $x = X[\text{m}]$ に到達するのに要する時間は (ク) $[\text{s}]$ である。よって、位置 $x = X[\text{m}]$ の時刻 $t[\text{s}]$ での反射波の変位は

$$y'' = -A \sin \frac{2\pi}{T} [t - \text{(ケ)}]$$

となる。ある時刻の反射波の変位を x の関数として表したグラフは、その時刻の入射波の変位のグラフを $x > 3\text{ m}$ に延長し、 (コ) ことによって得られることになる。

入射波と反射波の重ね合わせにより定常波が得られる。三角関数の公式

$$\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$$

を用いると、変位 $y = y' + y''$ を

$$y = 2A \cos \left[\frac{2\pi}{T} (t - 6) \right] \sin \left[\frac{2\pi}{T} x \times \left(\text{シ} \right) \right]$$

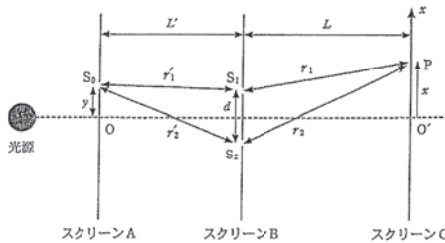
と書き表すことができる。点Pと点Qの間 ($1.5 \text{ m} \leq X \leq 3 \text{ m}$) に生ずる節の数は シ 個である。(ただし、点Qの固定端も節の1つと数えるものとする。)

東京理科大

出題例11

弦や気柱共鳴はほぼ例年通り出題されている。ドップラー効果に関しては、すべての場合（観測者あるいは反射板が運動する場合、斜めドップラーなど）が出題されている。回折格子やダブルスリットの問題は入射光の方向を変えるなどの工夫が見られる。教科書の標準的な設定において、一部を変化させると、どのような結果になるかを考えることも必要であろう。

3 図のように、3枚の平行なスクリーンA, B, Cを開隔 L , L で置き、スクリーンAには単色スリット S_0 が、スクリーンBには複スリット S_1, S_2 がある。スクリーンAの左側にある単色光源から出た光(波長 λ)は S_0 と S_1, S_2 を通過してスクリーンCに到達し干渉縞をつくる。スリット S_1, S_2 の中点を通り、スクリーンに垂直な直線とスクリーンA, Cとの交点をそれぞれ O, O' とする。また、スクリーンCに、 O' を原点とした x 軸を上向きにとり、 x 軸上の点Pの位置を x とする。距離 $OS_0, S_0S_1, S_1P, S_0S_2, S_2P, S_1S_2$ をそれぞれ y, r_1, r_1, r_2, r_2, d とすると、以下の問いに答えよ。



- (問1) $y = 0$ のとき、点Pに明線ができるための条件を r_1, r_2, λ と整数 m を用いて表せ。
- (問2) (問1)の場合、 x を d, L, m, λ を用いて表せ。ここで、 $|x|, d$ は L より十分小さいものとする。必要であれば、 $|a| \ll 1$ の場合の近似式 $\sqrt{1 \pm a} \approx 1 \pm \frac{a}{2}$ を用いよ。
- (問3) $y > 0$ のとき、点Pに明線ができるための条件を $r_1, r_2, r_1', r_2', \lambda$ と整数 m' を用いて表せ。
- (問4) (問3)の場合、 x を $y, d, r_1', r_2', m', \lambda$ を用いて表せ。ここで、 $|x|, y, d$ は L, L より十分小さいものとする。
- (問5) スリット S_0 を一定の速さ v_0 で上方に移動させるとき、明線の動く速度 v_1 を符号も含めて求めよ。
- (問6) (問5)において、透明で屈折率 n をもつ物質をスクリーンA, B間に満たしたときの明線の速度 v_2 と、スクリーンB, C間に満たしたときの明線の速度 v_3 を、それぞれ符号も含めて求めよ。

熊本大

出題例12

光が分散して虹が見えるメカニズムは恒例の問題となった。副虹や太陽の傘もその発現の理由を考えておきたい。

〔II〕 次の文中の空欄 (ア) ~ (カ) にあてはまる式または数値を解答用紙 (ー) の該当する欄に記入せよ。また、文中の空欄 (a) ~ (c) にあてはまる語句を解答群から選び、その番号を解答用紙 (ー) の該当する欄に記入せよ。ただし、空気中の光の速さを c [m/s] とする。

図1のように、単色の平行光線が空気中から半径 R [m] のガラス球に入射している。ガラス中に入射角 i [rad] で入射した光の屈折角が r [rad]

であった。この光の空気中での波長を λ [m] とすると、ガラス中での波長は (ア) [m] であり、振動数は (イ) [Hz] である。ガラス球の中心 O と入射光線を延長した直線との距離を x [m] とすると、 $\sin i$ は R と x を用いて $\sin i = \text{(ウ)}$ と表される。

空気に対するガラスの相対屈折率がある値のとき、図2のように、空気中からガラス中に小さな入射角で入射したすべての光は、入射角 θ で入射した光が到達する球面上の点Pに集まる。 i が小さいとき $\sin i \approx i$ と近似できることを用いると、このときの相対屈折率は (エ) である。逆に、点Pに小さな光源を置くと、光源から放射状に出る光の一部は、ガラス球を通過後に平行光線となり、明るさを保ったまま遠くまで届く。

図1のように、入射角 i , 屈折角 r でガラス中に入射した光の一部は、次に到達するガラス球面でガラス中から空気中に出る。この空気中に出て進む光線とガラス球に入射する光線とのなす角 θ_0 [rad] は、 i と r を用いて $\theta_0 = \text{(オ)}$ と表される。距離 x の増加に対して θ_0 は (a) のので、異なる距離 x から入射する平行光線は、ガラス球から出ると平行光線とはならない。ガラス中に入射した光がガラス球面で1回反射した後に空気中に出る場合では、その空気中に出て進む光線とガラス球に入射する光線とのなす角 θ_1 [rad] は、 i と r を用いて $\theta_1 = \text{(カ)}$ と表される。図3は、空気に対するガラスの相対屈折率が1.3のときの θ_1 を $\frac{x}{R}$ の関数としてグラフに表したものである。このグラフから、相対屈折率が1.3のとき、 $\frac{x}{R}$ の値が (b) の範囲の入射光は、角度 θ_1 が (c) [rad] でほぼ同じとなり、ガラス球から出た後に平行光線となって遠くまで届くことがわかる。

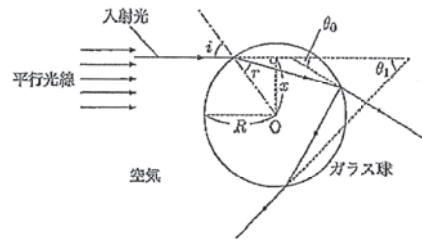


図1

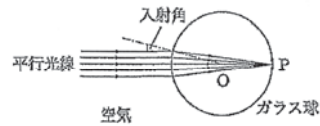


図2

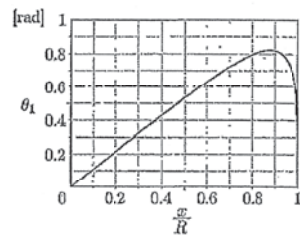


図3

同志社大

出題例13

(5) 熱分野の特徴

内部エネルギーと分子運動論との関連も定番である。教科書以上に突っ込んだ内容であるが、頻出といつてよいであろう。

3

図1のような半径 r の変形しない球形容器の中に、1 mol の単原子分子からなる理想気体が入っている。気体分子は容器の内壁と弾性衝突を行い、気体分子どうしの衝突は無視できるものとする。また、容器の内壁はなめらかであり、気体分子に対する重力の影響は無視できるものとする。弾性衝突する各気体分子は球の中心を含むそれぞれの平面内を、図2のように運動する。以下、球形容器の中の気体分子の圧力、温度ならびに内部エネルギーを考える。アボガドロ数を N_A 、気体定数を R とする。円周率を π とする。

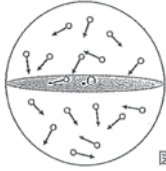


図1

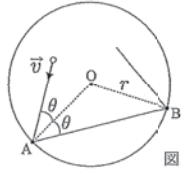


図2

[1] 図2のように、質量 m の1個の分子が速度 \vec{v} (大きさ v) で、内壁上の点Aにおいて、球の中心Oと結ばれた線分OAと θ の角をなして衝突する。その後、内壁上の点Bで2回目の衝突をした後、同様の衝突を繰り返すとする。以下の設問(1)~(4)に答えよ。なお、 r, m, v, θ の中から必要な記号を用いて解答せよ。

- (1) 点Aでの衝突で、分子が内壁に与える力積の大きさを求めよ。
- (2) 1回目と2回目の衝突の間に分子が移動した距離を求めよ。
- (3) 単位時間あたりにこの分子が衝突する回数を求めよ。
- (4) 球形容器の内壁がこの1個の分子から単位時間あたりに受ける力積の大きさを求めよ。

[2] 次に1 molの分子の場合を考える。すべての分子についても図1のような球形容器との衝突を考えればよい。しかし、実際には、速度 \vec{v} の大きさや向きは分子によって異なるので、1 molの分子について考えるときは、 v^2 を平均値 \bar{v}^2 で置き換える必要がある。以下の設問(5)~(7)に答えよ。

- (5) 設問(4)で与えられた単位時間あたりの力積をすべての分子について足し合わせたものは、内壁が受ける力の大きさの総和になる。これを球形容器の内壁の面積で割ることで圧力 p が求められる。圧力 p を $r, m, N_A, \bar{v}^2, \pi$ の中から必要な記号を用いて求めよ。
- (6) 理想気体の状態方程式を用いることにより、気体分子1個あたりの平均運動エネルギー $\frac{1}{2}m\bar{v}^2$ を絶対温度 T を含んだ式で表せ。 r, N_A, R, T, π の中から必要な記号を用いて解答せよ。
- (7) 球形容器中の理想気体の内部エネルギー U を求めよ。 r, N_A, R, T, π の中から必要な記号を用いて解答せよ。

[3] 前問まで考えてきた球形容器中の1 molの理想気体に熱量 Q を加えた場合を考える。

- (8) 理想気体の圧力変化 Δp を求めよ。なお、 r, N_A, R, Q, π の中から必要な記号を用いて解答せよ。ただし、熱は容器から外へ移動しないものとする。

九州工業大

出題例14

熱気球が浮かぶ仕組みを、何となくわかるというような漠然とした理解ではなく、熱力学的な考察をもとに正しく理解しておきたい。

II. 下方に開口部をもつ熱気球が、質量の無視できるロープで地上の杭につながれている。空気を含まない熱気球の体積は無視でき、その質量は M である。この熱気球を圧力 p_0 、温度 T_0 の大気中で浮上させる実験を行った。空気は理想気体とみなせるものとし、気体定数は R とする。

- (1) 最初、熱気球内には空気がなく、しぼんだ状態で地上に静止している。このとき、熱気球に働く重力と地面が熱気球を押す垂直抗力 N はつりあっているので、 $N = \square$ キ が成り立つ。
- (2) 熱気球内に開口部から加熱した空気を送り込むと、図2のように熱気球の体積が最大の体積 V 、熱気球内の空気の温度 T が $T = T_1$ になったが、熱気球は地上から離れずに静止し続けた。このとき、熱気球内の空気の圧力は p_0 、温度は T_1 であるので、熱気球内の空気のモル数 n_1 は、 $n_1 = \square$ ケ である。また、熱気球は体積 V 、圧力 p_0 、温度 T_0 の空気を押し出した空気のモル数 n_0 は、 $n_0 = \square$ ケ である。熱気球が押し出した空気の質量は、空気1モルあたりの質量を m とすると mn_0 であり、熱気球が受ける浮力は mn_0g である。このとき、熱気球内の空気の質量は mn_1 であるので、地面が熱気球を押す垂直抗力 N は M, m, n_0, n_1, g を用いて、 $N = \square$ コ で与えられる。
- (3) 引き続き熱気球内の空気を加熱し、熱気球内の温度 T が $T = T_2$ になったとき、熱気球はいまにも地面から離れようとした。熱気球内の空気のモル数 n_2 と熱気球が押し出した空気のモル数 n_0 の関係は、 $\frac{n_2}{n_0} = \square$ サ である。このとき垂直抗力 N は $N = 0$ なので、 T_2 は M, m, n_0, T_0 のみを用いて、 $T_2 = \square$ シ となる。
- (4) 熱気球内の空気をさらに加熱すると温度が上昇し、熱気球内の空気のモル数が n_3 になった。このとき、熱気球には鉛直上向きに大きさ \square ス の力がはたらく。時刻 $t = 0$ で熱気球と地上の杭をつなぐロープを切った。その後、熱気球は図3のように熱気球内の空気の温度を一定に保ったまま上昇した。熱気球内の空気を含む熱気球の全質量は \square セ である。空気の抵抗および熱気球の上昇中の大気の圧力と温度の変化は無視できるものとする、熱気球の加速度は \square ソ、高度 H に達する時刻は \square タ となる。



図1

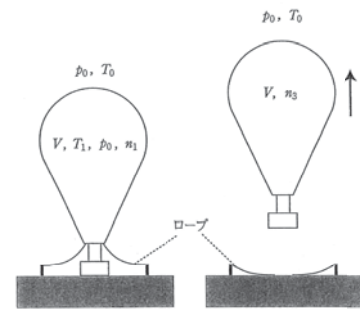


図2

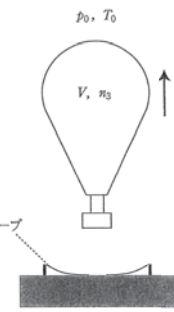


図3

甲南大

出題例15

理想気体の状態変化はサイクルの出題が多いが、受験生にとっては2室に分けられた気体の状態変化は苦手であろう。熱力学の理解を深めるために、また、二原子分子に関しても十分に時間をかけて説明して受験生に理解させたい。

III 次の問題の答えを導出の過程も含めて、解答用紙の所定の場所書きなさい。

(50点)

図1のように同じ質量の仕切り板A、Bで上下に分けられた円筒がある。仕切り板の面積は S 、質量は M とする。仕切り板と円筒の間には摩擦はないものとする。気体の膨張・収縮に応じて、仕切り板は上下に動くことができるが、その動きは十分に遅く、仕切り板にはたらく力は常につり合っているとす。下の領域1には単原子分子理想気体が、上の領域2には二原子分子理想気体がそれぞれ1 molずつ入っている。円筒及び仕切り板は断熱材でできており、熱の出入りはないものとする。単原子分子理想気体、二原子分子理想気体の1 molあたりの定積熱容量はそれぞれ $\frac{3}{2}R, \frac{5}{2}R$ (ただし、 R は気体定数) であり、大気圧は P 、重力加速度の大きさは g である。理想気体の質量と仕切り板の厚さは無視できるとし、温度は絶対温度で測るとする。以下の問いに答えなさい。

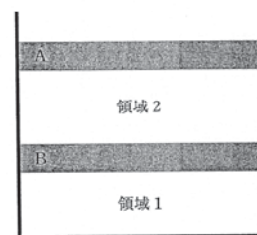


図1

実験1:

最初、単原子分子理想気体と二原子分子理想気体の温度はそれぞれ T_1, T_2 であった。

1. このときの、単原子分子理想気体、二原子分子理想気体の圧力をそれぞれ求めなさい。
- 次に外部から領域1に熱 Q_A を、領域2に熱 $Q - Q_A$ を加えた。
2. じゅうぶん時間がたった後の単原子分子理想気体の温度と体積を求めなさい。
3. じゅうぶん時間がたった後の二原子分子理想気体の温度と体積を求めなさい。

Q を一定にして Q_A を変えると、容器底面から測った仕切り板Aの高さ H は図2(a)のように変化した。仕切り板の質量を2枚とも変えた装置で同じような実験をしたところ、図2(b)のようになることが分かった。

4. 仕切り板Aの高さ H を

$$H = (Q_A \text{ に関係ない項}) + \text{係数} \times Q_A$$

と表記したときの「係数」を求め、「係数」の正負が逆転する場合の M を S , P を使って表しなさい。

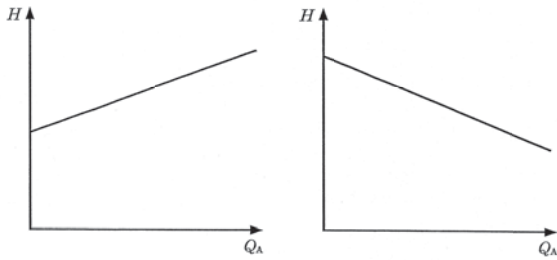


図 2 (a) 図 2 (b)

実験 2 :

最初、実験 1 と同じように領域 1, 2 の温度をそれぞれ T_1 , T_2 に保った (図 3 (a))。その後、熱をよく伝える金属棒を図 3 (b) のように接続した。ただし、金属棒は領域 1 と領域 2 以外には熱を伝えないとする。

5. しばらく時間がたった後の単原子分子理想気体, 二原子分子理想気体の温度を求めなさい。
6. 金属棒をつなぐことによって領域 2 から領域 1 に移動する熱量 q を求めなさい。
7. 実験 2 で起きていることは実験 1 で $Q = 0$, $Q_A = q$ にした場合と同じである。このことから金属棒をつないだ後の仕切り板 A の高さが金属棒をつなぐ前の仕切り板 A の高さよりも高くなる条件を求めなさい。

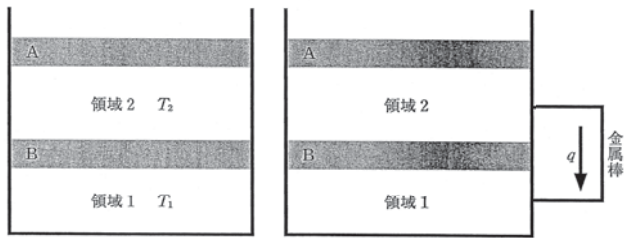


図 3 (a) 図 3 (b)

中央大

出題例 16

断熱変化でのポアソンの法則 “ $pV^\gamma = \text{一定}$ ”, あるいは “ $TV^{\gamma-1} = \text{一定}$ ” は的確に使えるように演習しておきたい。ボルツマン定数 k と気体定数 R , アボガドロ定数 N_A の関係 $R = kN_A$ も覚えておきたい。

(6) 原子分野の特徴

原子分野の問題は出題されても基本的で、それほど本格的な問題ではなかった。新課程の最初だから当分は様子見というところであろう。選択問題とするところもある。

次の文章を読んで、 には適した式か数を、 には有効数字 2 桁で適した数値を、また () には与えられた選択肢から適切なものを選びその記号を、それぞれの解答欄に記入せよ。なお、 は、既に で与えられたものと同じ式を表す。

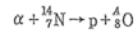
- (1) ボーアの理論によると、水素原子における電子の定常状態のエネルギー準位は正の整数 n を用いて $-\frac{Rch}{n^2}$ と表される。ここで R はリュードベリ定数、 c は光の速さ、 h はプランク定数である。この式は、電子に波としての性質があり、その波長 λ_e が電子の運動量 p を用いて $\lambda_e = \text{ア}$ のように表されることや、電子が陽子のまわりを円運動するとき、その軌道の半径 r と電子波の波長 λ_e

を用いて表される イ が正の整数値になるときに限り電子波が定常波をなすことなどを用いて得られる、電子が $n = n_H$ のエネルギー準位からそれよりも低い $n = n_L$ のエネルギー準位に移るとき、エネルギーが ウ で波長が エ の光子を放出する。これによって、水素原子の発する光の波長はとびとびの値をとることがわかる。以下では $R = 1.1 \times 10^7 / \text{m}$ を用いよ。電子が $n = 3$ のエネルギー準位から $n = 2$ のエネルギー準位に移るときに発せられる光の波長は オ m で与えられる。また、あるエネルギー準位にある電子が $n = 3$ のエネルギー準位に移るときに発せられる光の波長の最小値は カ m である。

京都市

出題例 17

V (選択問題) 次の核反応がある。



α は ${}^4_2\text{He}$ の原子核、 p は ${}^1_1\text{H}$ の原子核である。A は反応でできる酸素原子核の質量数である。以下の問いに答えよ。なお、答えを導く過程も記述すること。

- 問 1 この核反応式の酸素 O の質量数 A を答えよ。
- 問 2 反応前の 2 粒子の電荷の和を答えよ。ただし、電気素量を e [C] とする。
- 問 3 ${}^{14}_7\text{N}$ の中性原子の質量を 14.003074 u とする。また、電子の質量を $5.486 \times 10^{-4} \text{ u}$ とする。 ${}^{14}_7\text{N}$ の原子核の質量を答えよ。ただし、 u の単位で示すこと。 u は統一原子質量単位、または原子質量単位と呼ばれる質量の単位である。
- 問 4 反応後の 2 粒子の質量の和は、反応前の 2 粒子の質量の和よりも $1.28 \times 10^{-3} \text{ u}$ だけ大きいとする。この増えた質量は、何 MeV のエネルギーに相当するか答えよ。ただし、 1 u は $9.31 \times 10^8 \text{ eV}$ に相当するものとする。

県立広島大

出題例 18

サイクロトロンのような加速器は、本来は原子分野であるが、作動原理はほとんど電磁気なので、電磁気分野で学習しておくといよいであろう。

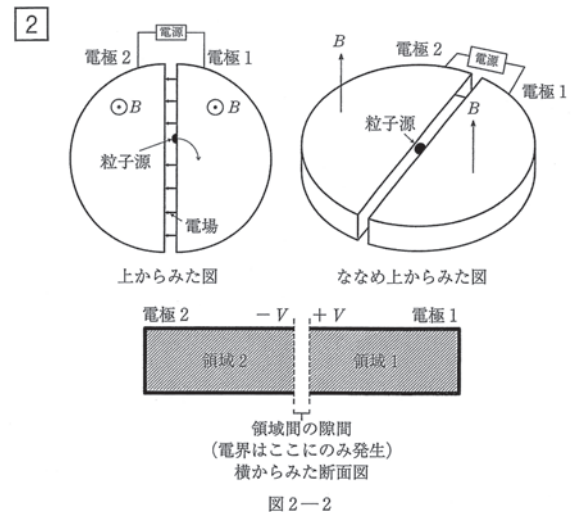


図 2-2

さて、図 2-2 のように、半円筒形で中空の電極 1, 電極 2 を向かい合わせて一様磁界中に置く。磁束密度は大きさ B , 方向は上からみた図で紙面を裏から表につらぬく向きとする。電極 1 と電極 2 の間には荷電粒子を入射する粒子源がある。電極 1, 電極 2 に電圧をかけると、それぞれの電極で囲まれた領域 1, 領域 2 はそれぞれの電極と等電位になり、領域 1 と領域 2 の間の隙間にだけ電位差

に応じた電界が発生する。ただし、領域1と領域2の向かい合う面は平行で、領域間の隙間は小さいので、粒子が隙間を運動する時間およびそこでの磁界の影響は無視できる。

まず、電極1と電極2の電位はそれぞれ $+V$ 、 $-V$ ($V > 0$) に固定する。質量 m 、電荷 q ($q > 0$) の粒子を隙間から領域1に垂直に入射する。粒子が領域1に入射した瞬間の速さを u_0 とする。その後、粒子は領域内で半径 (a) の等速円運動を行い、やがて領域1を出た。ふたつの領域の電位差を考慮すると、

領域2に入る直前の粒子の速さは (b) となり、 u_0 と比べて (8) 。粒子はその後領域2に入る。領域2内での円運動の半径は (c) となり、(a) と比べて (9) 。再び粒子が領域2を出て領域1に入った時には、粒子の速さは (d) になる。

次に、電極1、2に交流電圧をかけることを考える。粒子がそれぞれの領域内で半円を描く運動をする時間は (e) となる。図2-3のように、粒子が電極の間の隙間を通過するときいつも電位 $+V$ の領域から電位 $-V$ の領域に移動するように交流電圧の周期を調整すれば、領域を移動するときには粒子は常にエネルギーを得ることになる。したがって、交流電圧の周期を (f) にすると、粒子は常に加速される。このとき、先ほどと同様に質量 m 、電荷 q ($q > 0$) の粒子を初速度の大きさ u_0 で領域1に垂直に入射すると、 n 回目に領域2に入った時の粒子の運動エネルギーは (g) となる。したがって、領域を移動するたびに粒子の運動エネルギーを増大させ、最終的にエネルギーの大きな粒子を作り出すことが可能になる。このような原理で粒子を加速する加速器を「サイクロトロン」と呼び、原子核実験や放射線医療に広く利用されている。

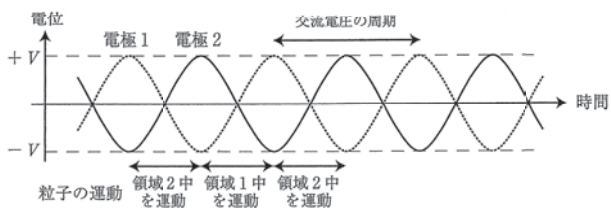


図2-3

青山学院大

出題例19

上位大学を目指す受験生は、次年度に備えて光電効果、コンプトン散乱、ボーア模型、原子核反応など入念に準備しておくべきであろう。

(7) 学習対策

原子分野も含めて物理全分野にわたって基礎を固め、公式や法則の適用の仕方を修得しなくてはいけない。それらは教科書の例題や章末問題を解くことにより、ある程度は養われる。さらに、二次試験に対応できる応用力をつけるために、実践的な問題集で全分野の問題演習をしておくことが必要である。昨今の入試の形式(論述・記述)を考えると、単に公式や法則を適用して解くだけでなく、たとえステレオタイプの問題でも、法則が成立する根拠や適用できる公式名を簡潔に記述しながら答案を作成するというような木目細かさが必要である。自分自身が納得できるような答案の作成を心がけ

ることを意識したい。また、身の回りの現象に関する物理的な考察やハイテクに関する解説が掲載されている教科書の「話題」「参考」「発展」さらに、「やってみよう」「実験」「探求活動」などからの出題もあるので、折にふれ、教科書を読み直すことを伝えておきたい。さらに、志望大学の過去問にチャレンジして出題傾向(出題形式や解答形式)に慣れることも重要である。加えて、入試問題のテーマが隔年で変化することもよくあるので、3、4年前の入試問題にも目配りが必要であろう。最後に、単科の医科大学では個性的でやや難しい問題が出題されることがある。

3 次文中の (1) から (11) に入る適切な数式を答えよ。ただし、同じ番号の空欄は同じものを示す。また、(8) は、解答用紙の所定の欄に図を実線で描き、(a) と (b) は、それぞれ () 内の選択肢から適切なものを選んで記号で答えよ。なお、解答欄には解答のみ記せ。

大気圧 p_0 は一定の空気中の音波について考察する。音速 v は一定とし、媒質の空気は理想気体とみなし、その定圧モル比熱と定積モル比熱の比を γ ($\gamma > 1$) とする。解答に際して、 a を任意の実数、 e と η を絶対値が1に比べて十分小さい実数とすると、 $(1+e)^a \approx 1+ae$ 、 $\sin a\epsilon \approx a\epsilon$ 、 $\cos a\epsilon \approx 1$ 、 $a\epsilon^2 \approx 0$ と近似できるとせよ。

問1 音波は空気の変位と圧力変化が伝わっていく現象であるが、そのときの圧力変化は断熱変化とし、圧力の変化量 Δp は大気圧 p_0 に比べて十分小さいとする。空気(理想気体)の断熱変化では、圧力 p と体積 V のあいだには $pV^\gamma = \text{一定}$ の関係が成り立つ。大気圧 p_0 、体積 V の状態の空気が、それぞれ微小量 Δp 、 ΔV だけ異なる圧力 $p_0 + \Delta p$ 、体積 $V + \Delta V$ の状態へ断熱変化した場合、 $\Delta p =$ (1) $\frac{\Delta V}{V}$ が成り立つ。

問2 図1のように、体積 V の胴体Bに、長さ l 、断面積 D の細い円筒Tの口がついた容器がある。いま、図2のように、円筒T内の空気 A_T が、ひとかたまりとして、わずかに円筒T外へ移動すると考える。ただし、これ以降、空気塊 A_T の体積変化は無視する。すると、胴体B内の空気 A_B はわずかに膨張して圧力が減少し、容器外の圧力 p_0 と差が生じるため、空気塊 A_T は引き戻される。逆に、空気塊 A_T がわずかに胴体B内へ移動すると、空気 A_B は圧縮されて圧力が増加するため、空気塊 A_T は押し返される。胴体B内の空気 A_B の圧縮、膨張は断熱変化とする。このように、空気塊 A_T がわずかに移動すると、空気 A_B の圧縮、膨張により逆方向の力を受けるため、空気塊 A_T は単振動する。その振動数 f を、図3のような、なめらかな水平面上にある、ばね定数 k の質量の無視できるばねについている質量 m の小物体の運動に置き換えて求める。

小物体は空気塊 A_T に対応するので、空気の密度を $\frac{\gamma p_0}{v^2}$ とすると、質量 $m =$ (2) となる。次にばね定数 k を求める。 Δx を十分小さいとして、小物体が移動してばねが Δx 伸びることは、空気塊 A_T が円筒T外へ Δx 移動して、空気 A_B の体積が V から $V +$ (3) へ膨張することに対応する。問1より、空気 A_B の圧力変化 Δp_B は、

$$\Delta p_B = (1) \frac{(3)}{V}$$

となり、空気塊 A_T を引き戻す Δx に比例する力 $F = -$ (4) Δx がはたらき、ばね定数 $k =$ (4) が求まる。よって、振動数 $f =$ (5) となる。

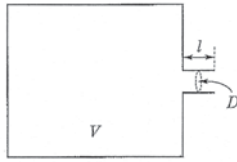


図1

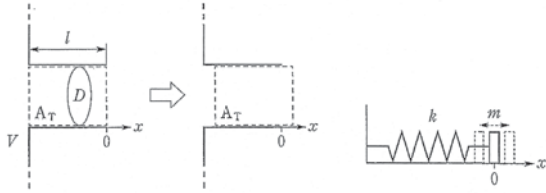


図2

図3

問3 図4のように、水平に置かれた断面積 S = 一定のまっすぐな管 S 内の音波を考える。管 S の伸びている方向に x 軸をとる。管 S は、ここで考える音波に対して適切な長さであり、内外とも大気圧 p_0 とする。

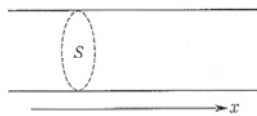


図4

x 軸の正の向きに伝わる音波を、振幅 A 、周期 T の正弦波 I とし、その変位 y_1 を $y_1 = A \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right)$ とする。図5は、変位を y 軸にとり、ある時刻での変位 y_1 を表している。さらに、同じ周期 T で、 x 軸の負の向きに伝わる音波も考え、それを正弦波 II とする。正弦波 I と II を重ね合わせた合成波 III は定常波となり、 $x = 0$ での変位が時刻によらず 0 とする。このとき、図5と同じ時刻の正弦波 II の変位 y_2 を描くと (図) となる。また、時刻 t での正弦波 II の変位 y_2 は $y_2 =$ (6) となる。

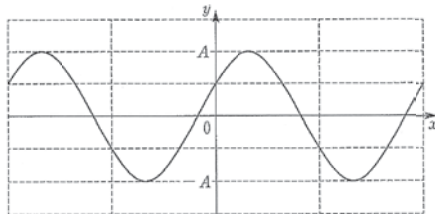


図5

問4 前問の合成波 III において、時刻 t の $x = L$ での変位 y_3 は $y_3 =$ (7) となる。よって、合成波 III の $x = L$ での単振動の振幅 A_L は、(8) の絶対値で与えられ、 $A_L =$ (8) となる。これより、正弦波 I の振動数が、小さい方から f_1, f_2, \dots のとき、振幅 A_L は、合成波 III の x 座標の各位置での単振動の振幅の中で最大となる。ここで、 $f_m =$ (9) ($m = 1, 2, 3, \dots$) である。

問5 管 S 内の x 座標の各位置での音波による圧力の変化を、次のように求める。時刻 t 、位置 x における正弦波 I の変位を $y_1(x, t)$ と書くことにする。例えば、 $y_1(L, t_0)$ は、時刻 t_0 の座標 $x = L$ の位置での正弦波 I の変位である。

問1より、振動による圧力変化は体積変化より求まる。 δ を十分小さいとして、管 S 内の位置 $x - \delta$ と $x + \delta$ の間にある空気 A_x の正弦波 I による状態変化を考える。時刻 t では、位置 $x - \delta$ と $x + \delta$ における空気は、それぞれ $y_1(x - \delta, t)$ 、 $y_1(x + \delta, t)$ だけ x 軸方向に変位しているので、空気 A_x の体積はそれらの差だけ変化するものとする。これより、正弦波 I による体積の変化量 $\Delta V_x^{(1)}$ は

$$\Delta V_x^{(1)} = \{y_1(x + \delta, t) - y_1(x - \delta, t)\} S = \text{(10)} \times (2\delta S)$$

となり、圧力の変化量は $\Delta p^{(1)} =$ (11) \cdot (10) である。

同様に、正弦波 II による各位置での圧力変化を求める。時刻 t での位置 $x - \delta$ と $x + \delta$ の間にある空気 A_x の正弦波 II による体積の変化量 $\Delta V_x^{(2)}$ は、 $\Delta V_x^{(2)} =$ (12) $\times (2\delta S)$ となり、圧力の変化量

$$\Delta p^{(2)} = \text{(13)} \cdot \text{(12)}$$

が求まる。これらから、合成波 III による x 座標の各位置での圧力変化は、 $x = 0$ の位置では最も (a) (ア) 大きい (イ) 小さい。また、正弦波 I の振動数が問4の振動数 f_m のとき、合成波 III による圧力変化は、 $x = L$ の位置では最も (b) (ア) 大きい (イ) 小さい。

京都府立医大

出題例20

このような問題に深入りしすぎると時間が足らなくなり、できる問題にまで手が回らなくなり、思わぬ失点をする羽目になる。思考が堂々巡りして進まなくなった時「手早く切り上げる思い切りも時には必要」ということを試験対策の一つとして生徒に伝えたい。

寺田 正春 (てらだ・まさはる)

授業では高認生、高卒生まで幅広く担当。全統マーク模試、広大入試オープンを担当。

日本物理学会会員 (Ph.D.)。

日本写真協会会員。

著書：らくらくマスター物理基礎・物理(河合出版・共著)、物理教室(河合出版・共著)、マーク総合問題集(河合出版・共著)、マーク直前問題集(河合出版・共著)。

大学入試 分析と対策

化学

学校法人 河合塾
化学科講師 西 章嘉

1. センター試験「化学基礎」

(1) 全体の概要

基本的な内容が中心で、平均点は高かった

2015年度は新課程「化学基礎」として初めてのセンター試験であった。大問2題、マーク数14であり、第1問が「物質の構成」、第2問が「物質の変化」の内容で、配点は各25点であった。問題形式・分量は2014年度までの「化学I」が踏襲されていたが、内容的には基本的な設問が多く、文系生にとっても取り組みやすかった。

平均点は35.30点で、理科基礎科目の中では最も高い結果となった。表1の平均点は大学入試センターの発表によるもの、大問別の得点率（平均点／配点×100）は河合塾の追跡調査によるものである。

（注：追跡調査での平均点は38.8点であった。したがって、実際の得点率は表の数値の90%程度と推定される。）

表1 平均点、大問別得点率

平均点	全体	大問別 得点率	第1問	第2問
	35.30点		78.0%	77.2%

なお、正答率が90%以上の設問が2問、80～90%の設問が7問あった一方、正答率が50%を下回る設問は1問だけであった。

(2) 設問別分析

第1問 基本事項の確認が中心であった

単体と化合物、原子やイオンの電子配置、物質の三態、電子式、分子の極性、化学結合、化学と人間生活が出題され、7問中5問で正答率が80%を超えた。正答率が最も低かった設問は、化学結合の種類を判断する問6（出題例1）であり、正答率が48%であった。この設問の正答は②であるが、これを解答できなかった多くの受験生は、アンモニアとアンモニウムイオンを混同したと思われる。また、⑤の誤答が目立ったが、炭酸イオン中の炭素と酸素が共有結合していることに

気づけなかったのであろう。

問5は無極性分子を選択する問題であったが、成績上位層と下位層の正答率の差が66%あり、最も差のついた問題であった。

日常生活に関わる物質についての問7（出題例2）の正答率は78%であった。

問6 物質とそれを構成する化学結合との組合せとして適当でないものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 6

	物質	構成する化学結合
①	塩素	共有結合
②	アンモニア	配位結合
③	銅	金属結合
④	塩化ナトリウム	イオン結合
⑤	炭酸カルシウム	イオン結合と共有結合

出題例1

問7 日常生活に関わる物質の記述として下線部に誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 7

- ① プラスチックは、おもに石油からつくり出される高分子化合物である。
- ② 白金は、空気中で化学的に変化しにくいため、宝飾品に用いられる。
- ③ ダイヤモンドは、非常に硬いため、研磨剤に用いられる。
- ④ 鉄は、鉄鉱石をコークスで酸化して得られる。
- ⑤ アルミニウムは、ボーキサイトからの製錬に多量の電力を必要とするため、回収して再利用する。

出題例2

第2問 計算問題は平易な内容であった

化学量、化学反応式と量的関係、溶液の濃度、酸・塩基・塩、酸化還元反応が出題され、7問中4問で正答率が80%を超え、残り3問の正答率は60～70%であった。問1（出題例3）は分子量の最も小さい②が正答で、正答率は63%であったが、誤答のほとんどは、成績中位層・下位層で分子量の最も大きい④を選択したものであった。問3は濃度計算、問7は反応式を用いた量計算であったが、ともに平易な内容で正答率は高かった。問4の酸・塩基の定義、問5（出題例4）の塩の水溶液のpHは、正答率がそれぞれ66%、63%であった。

問 1 0℃, 1.013×10^5 Paにおいて気体1gの体積が最も大きい物質を, 次の①~④のうちから一つ選べ。 8

① O₂ ② CH₄ ③ NO ④ H₂S

出題例 3

問 5 次に示す 0.1 mol/L の水溶液(ア~ウ)を pH の大きい順に並べたものはどれか。最も適当なものを, 下の①~⑥のうちから一つ選べ。 12

ア CH₃COONa 水溶液
イ NH₄Cl 水溶液
ウ NaCl 水溶液

① ア>イ>ウ ② ア>ウ>イ ③ イ>ア>ウ
④ イ>ウ>ア ⑤ ウ>ア>イ ⑥ ウ>イ>ア

出題例 4

(3) 学習のポイント (指導におけるポイント)

「化学基礎」の学習は高2までに終わっていると思われるので, 基本事項を確認・理解させた上で, 問題演習を通して定着度を上げていくという学習がよい。知識が必要な分野のうち, 化学結合の種類, 分子の極性の有無, 酸・塩基の定義, 塩の水溶液の性質, 酸化還元反応は, 特に受験生の理解度の低い分野である。また, 計算問題は教科書の章末問題の演習で十分に対応可能であるが, 単に公式を覚えるだけでなく, 計算式の立て方や考え方を理解しながら学習するように指導しておきたい。また, 日常生活に関わる物質についても出題されており, 教科書の「化学と人間生活」や「酸化還元反応の利用」などで扱われている身の回りの物質や現象と化学との関連についても注意が必要である。(啓林館『化学基礎』では, これらがしっかりと扱われている。)

なお, 2015年度は平均点がほかの理科基礎科目と比べても高く, 2016年度は高卒生も「化学基礎」を選択することになるので, やや難化することが予測される。2015年度のセンター本試験のレベルを目標にするのではなく, 追試験や教科書の章末問題のレベルを目標に指導するのがよいであろう。

2. センター試験「化学」

(1) 全体の概要

基本～標準的な内容が中心であるが, 一部, 思考力を要する問題も出題された

2015年度は新課程「化学」として初めてのセンター

試験であった。大問数は必答問題4題と選択問題1題(第5問, 第6問から1題選択)の5題構成で, マーク数は29であった。第1問が「物質の構成, 物質の状態と平衡」, 第2問が「物質の変化と平衡」, 第3問が「無機物質」, 第4問が「有機化合物」, 第5問が「合成高分子化合物」, 第6問が「天然高分子化合物」で, 配点は第1～3問が各23点, 第4問が22点, 第5問・第6問が9点, 分野別の比率は, 理論:50%, 無機:20%, 有機:30%程度であった。また, 「化学基礎」の内容からも出題された。

得点調整後の平均点は62.50点であり, 得点調整前の平均点は58～59点程度と予測される。表2の平均点は大学入試センターの発表によるもの, 大問別の得点率(平均点/配点×100)は河合塾の追跡調査によるものである。

(注: 追跡調査での平均点は66.3点であった。したがって, 実際の得点率は表の数値の90%程度と推定される。)

表2 平均点, 大問別得点率

全体 平均点	大問別 得点率	第1問	第2問	第3問
		77.4 %	59.1 %	66.5 %
62.50 点		第4問	第5問	第6問
		64.5 %	56.7 %	71.1 %

なお, 正答率が80%以上の設問が6問, 70～80%の設問が9問(うち選択問題が2問)あった一方, 正答率が50%を下回る設問は4問(うち選択問題が1問)だけであり, 標準的な問題が中心であったといえる。

(2) 設問別分析

第1問 取り組みやすい問題が多かった

原子の構造, 濃度, 金属結晶, コロイド, 気体, 分子間力と沸点の関係が出題された。6問中1問は正答率が40%台であったが, それ以外は正答率が75%を超えており, 取り組みやすい問題が多かった。

問2(出題例5)は質量パーセント濃度をモル濃度に変換するという「化学基礎」の内容であったが, 正答率は41%と低かった。解答に必要な体積V[L]が問題中に与えられていたことが, 正答率が低かった原因の1つであろう。

面心立方格子の単位格子中の原子数に関する問3は, 正答率が95%と全設問の中で最も高かった。また, 連結容器を用いた混合気体に関する問5も正答率が90%

と高かった。

問 2 質量パーセント濃度 10%，密度 $d(\text{g/cm}^3)$ の溶液が $V(\text{L})$ ある。溶質のモル質量が $M(\text{g/mol})$ であるとき、この溶液のモル濃度は何 mol/L か。モル濃度を求める式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

mol/L

① $\frac{100 dV}{M}$ ② $\frac{100 d}{M}$ ③ $\frac{1000 d}{M}$
 ④ $\frac{1000 dV}{M}$ ⑤ $\frac{d}{10 M}$ ⑥ $\frac{dV}{10 M}$

出題例 5

第 2 問 差のつく問題が多く出題された

熱化学，平衡の移動，溶解度積，電気分解，酸化還元反応の量的関係が出題され，6 問中，正答率が 80 % 以上の設問が 1 問，正答率 20 % 台の設問が 1 問，50 ~ 70 % の設問が 4 問であった。成績上位層と下位層で差のつく問題が多かった。

結合エネルギーに関する問 1（出題例 6）の正答率は 59 % であったが，誤って「反応熱 = 反応物の結合エネルギーの総和 - 生成物の結合エネルギーの総和」を用いて計算した①が誤答として目立った。

溶解度積に関する問 3（出題例 7）は正答率が 26 % と全設問の中で最も低かった。誤答としては，溶液の混合により濃度が減少（体積が増加）することを考慮しなかった①が目立った。

酸化還元滴定の計算に関する問 5 は正答率が 51 % と低かった。「化学基礎」の内容であり，直前期の対策が不十分であった受験生が多かったと予測される。

問 1 HCl の生成熱は 92.5 kJ/mol である。H-H の結合エネルギーが 436 kJ/mol，Cl-Cl の結合エネルギーが 243 kJ/mol であるとき，H-Cl の結合エネルギーとして最も適当な数値を，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

kJ/mol

① 247 ② 386 ③ 432
 ④ 772 ⑤ 864

出題例 6

問 3 表 1 に示す濃度の硝酸銀水溶液 100 mL と塩化ナトリウム水溶液 100 mL を混合する実験 I ~ III を行った。実験 I ~ III での沈殿生成の有無の組合せとして最も適当なものを，下の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，塩化銀の溶解度積を， $1.8 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ とする。

表 1

	硝酸銀水溶液の濃度 (mol/L)	塩化ナトリウム水溶液の濃度 (mol/L)
実験 I	2.0×10^{-3}	2.0×10^{-3}
実験 II	2.0×10^{-5}	2.0×10^{-5}
実験 III	2.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}

	実験 I での沈殿生成の有無	実験 II での沈殿生成の有無	実験 III での沈殿生成の有無
①	有	有	有
②	有	有	無
③	有	無	有
④	有	無	無
⑤	無	有	有
⑥	無	有	無
⑦	無	無	有
⑧	無	無	無

出題例 7

第 3 問 無機物質の知識だけでなく，思考力を要する問題も出題された

14 族元素，硫黄の化合物，銅とその合金，金属イオン，化学変化の量的関係，局部電池が出題された。7 問中，正答率が 80 % 以上の設問が 2 問，正答率 50 % を下回った設問は 1 問であった。なお，現役生と高卒生の得点率の差が 10 % 以上ついた問題が 7 問中 5 問と，ほかの大問に比べて多かった。

問 5 はアルミニウムと銅の混合物に酸を加えたときに発生する気体の体積のグラフから，混合物中のアルミニウムと銅の物質質量比を求める問題であったが，正答率は 50 % と低かった。グラフを読み取る問題はセンター試験で頻出である。

局部電池に関する問 6（出題例 8）は思考力を要する問題であり，正答率は a が 55 %，b が 35 % であった。a は検出試薬 ($\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ とフェノールフタレイン) の知識があれば，現象が理解できなくても解答できたが，b では亜鉛は溶けるが鉄は溶けないこと，鉄部分で a の銅部分と同じ反応が起こっていることに気づく必要があり，難しかった。なお，この鉄の腐食の過程を理解するエバンスの実験は，1994 年度のセンター本試験でも取り上げられている。

問 6 銅線をしっかりと巻き付けた鉄くぎをシャーレ A に入れ，細い亜鉛板をしっかりと巻き付けた鉄くぎをシャーレ B に入れた。次に， $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ とフェノールフタレイン溶液を溶かした温かい寒天水溶液をシャーレ A，B に注いだ。

数時間たつと，シャーレ A，B でそれぞれ色の変化が観察された(図 2，図 3)。なお，寒天は，色の変化を見やすくするために入れてあり，反応には影響しない。

【シャーレ A の観察結果】

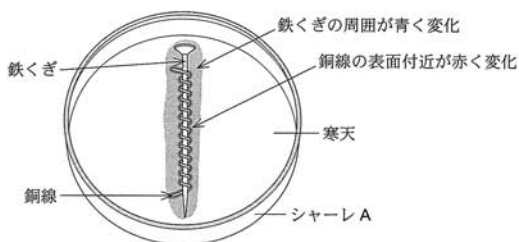


図 2

【シャーレ B の観察結果】

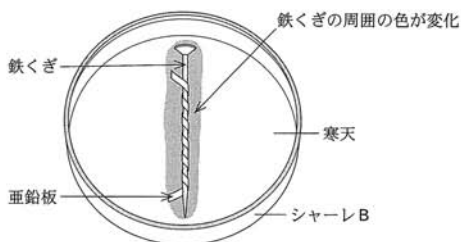


図 3

これらの結果に関する次の問い(a・b)に答えよ。

- a シャーレ A で色が青と赤に変化したのは、それぞれ何が生じたことによるものか。その組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 6

	青	赤
①	Fe ²⁺	Cu ²⁺
②	Fe ²⁺	OH ⁻
③	Fe ³⁺	Cu ²⁺
④	Fe ³⁺	OH ⁻

- b シャーレ B で色が変化した部分は何色になったか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 7

- ① 赤 ② 青 ③ 黄 ④ 黒 ⑤ 緑

出題例 8

第 4 問 基本事項の確認を中心とした出題

異性体、塩素とフェノール類の検出、アセトアルデヒドとその関連物質、アセトンの製法、芳香族化合物の分離、エステルを示性式の決定が出題された。正答率が 80 % 以上の設問および 50 % 未満の設問は 1 問もなく、正答率の差はあまりつかなかった。

検出反応に関する問 2 (出題例 9) の正答率は 52 % であった。誤答としては②が目立ち、フェノール類の検出は知っているが、塩素 (ハロゲン) の検出反応であるバイルシュタイン試験 (啓林館『化学』p.273, 437) は知らない受験生が多かったようである。

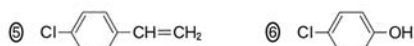
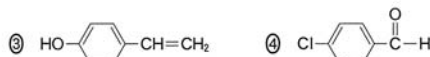
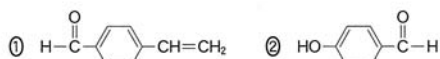
アセトンの合成実験に関する問 4 (出題例 10) の正

答率は 52 % であった。有機化合物の合成実験はセンター試験に類出の内容なので、教科書の物質の性質をよく理解して、実験装置を判断できるようにしておきたい。

有機化合物の分離に関する問 5 の正答率は 75 %、計算の絡む問 6 の正答率は 58 % であったが、ともに成績上位層と下位層で大きく差があった。

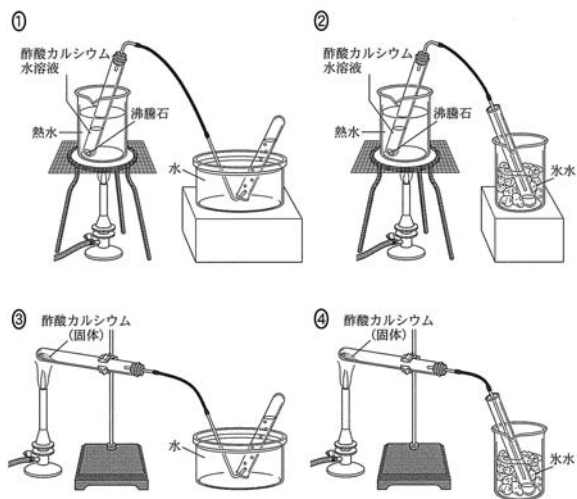
- 問 2 次の記述(a・b)の両方に当てはまる化合物として最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 3

- a 熱した銅線に触れさせて、その銅線を炎の中に入れると、青緑色の炎色反応が見られた。
b 塩化鉄(III)水溶液を加えると、紫色の呈色反応が見られた。



出題例 9

- 問 4 酢酸カルシウムからアセトン合成する実験を行う。この実験の方法として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5



出題例 10

第 5 問 基本的な知識だけでなく、計算問題も出題された

合成高分子化合物の特徴、ナイロン 66 の構造式、ビニロンに関する計算が出題された。

問 1 はポリエチレン、ポリスチレン、フェノール樹脂、ポリアクリロニトリル、メラミン樹脂に関する正

誤問題で、正答率は73%であった。問2はナイロン66の構造式を選択する問題で、正答率は65%であった。

問3(出題例11)はポリビニルアルコールのアセタール化に関する計算問題で、正答率は33%と低かった。合成高分子化合物の計算の中でも、ビニロンの計算は苦手とする受験生が多い。(部分構造の繰り返し1単位2つ分の式量に注目すればよい。)

問3 図1に示すように、ポリビニルアルコール(繰り返し単位 $[-\text{CHOH}-\text{CH}_2-]$ の式量44)をホルムアルデヒドの水溶液で処理すると、ヒドロキシ基の一部がアセタール化されて、ビニロンが得られる。ヒドロキシ基の50%がアセタール化される場合、ポリビニルアルコール88gから得られるビニロンは何gか。最も適当な数値を、下の①~⑥のうちから一つ選べ。 g

ポリビニルアルコール

ホルムアルデヒドの水溶液

ビニロン

図 1

① 91	② 94	③ 96
④ 98	⑤ 100	⑥ 102

出題例11

第6問 基本的な知識だけでなく、計算問題も出題された

糖類、核酸、アミノ酸、シクロデキストリンに関する計算が出題された。

問1は、グルコース、アミロース、アミロペクチン、グリコーゲン、核酸に関する正誤問題で、正答率は78%であった。問2は不斉炭素原子をもつ中性アミノ酸の構造式を選択する問題で、正答率は68%であった。

問3(出題例12)はシクロデキストリンの加水分解を題材にした計算問題で、正答率は66%であった。見慣れない題材であるが、第5問の計算問題より易しい。

なお、第5問の選択者は70%、第6問の選択者は30%程度であった。これは、シクロデキストリンという見慣れない構造を見て、第6問の選択を避けたためと予測される。

問3 複数のグルコース分子がグリコシド結合を形成して環状構造になったものをシクロデキストリンという。図1に示すシクロデキストリン0.10molを完全に加水分解するとグルコースのみが得られた。このとき反応した水は何gか。最も適当な数値を、下の①~⑥のうちから一つ選べ。 g

(六員環の炭素原子Cとこれに結合する水素原子Hは省略してある)

図 1

① 1.8	② 3.6	③ 5.4
④ 7.2	⑤ 9.0	⑥ 10.8

出題例12

(3) 学習のポイント(指導におけるポイント)

理論分野の早期対策が必要

理論分野の範囲はかなり広い。理論分野では、現象を理解し、さらに計算問題にも対応できる能力が要求されるため、直前期の詰め込み学習では高得点を望めない。早い時期から教科書などで基礎事項を確認・理解した上で、教科書傍用問題集などで問題演習し、解答に至る手順や公式の運用の仕方を身につけさせる必要がある。

無機・有機分野の知識定着が高得点をとるポイント

例年、無機分野と有機分野では、現役生と高卒生の得点率の差が出やすい。知識分野での失点は、高得点を目指す受験生にとっては避けたいものである。物質の性質や反応を系統的に整理し、問題演習を通じて知識の定着を図りたい。また、実験に関する問題は頻出であり、教科書に図や写真で載っている実験装置は必ず確認させておきたい。

直前期にはセンター形式の問題に慣れさせる

センター試験で高得点をとるには、センター試験形式の問題に慣れることも必要である。特に、正誤問題、グラフの絡む問題は二次・私大対策だけではカバーできないので、十分に演習させたい。

3. 一般入試(二次・私大)

(1) 全体の傾向

2015年度二次・私大入試の難易度は、東京大、京都大、大阪大、早稲田大、慶應義塾大などの難関大も含め、

全体的に昨年度と同程度またはやや易しくなった。一方、難しくなった大学は、東北大、九州大、広島大、東京医科歯科大、日本医科大など、一部の大学に限られた。

国公立大では論述問題が多く、計算過程を記す問題も出題される。私立大では一部の難関校を除き、小問集合形式の出題が多い。いずれの入試においても、基本事項の理解度を試す出題が中心となっている。

一方、一部の難関大では、反応速度、緩衝液のpH計算、加水分解定数、オゾン分解、マルコフニコフ則など教科書の「発展」に掲載されている内容や、高校の教科書では扱われていない物質を題材とした内容も出題され、思考力・応用力を要する。

(2) 分野別分析

[理論分野]

酸・塩基では、シュウ酸や食酢を題材とした中和滴定以外に、逆滴定（東京医科歯科大、三重大、関西学院大）、二段階滴定（東京農工大、高知工科大、立教大）も出題されている。アセチルサリチル酸の定量（星薬科大－出題例13、啓林館『化学』p.345）はやや難しい。

アセチルサリチル酸は、水酸化ナトリウム水溶液を用いて中和滴定を行うと加水分解反応が起こるため、終点があきらかにせず、正確な定量はできない。そこで、以下のように工夫して定量を行った。

アセチルサリチル酸【カ】mgに0.5 mol/L水酸化ナトリウム水溶液50 mLを加え、大気中の二酸化炭素が入りこまないようにした還流冷却器を用いて10分間煮沸した。冷却後、直ちに0.25 mol/L硫酸で滴定したところ、18.00 mL消費した。同様の方法でアセチルサリチル酸を加えずに行ったところ、0.25 mol/L硫酸50.00 mLが必要であった。

【カ】にあてはまる値として正しいのはどれか。

[解答番号 14]

- | | | |
|---------|---------|---------|
| 1. 540 | 2. 810 | 3. 960 |
| 4. 1440 | 5. 1620 | 6. 2880 |

星薬科大

出題例13

酸化還元反応では、過マンガン酸カリウムを用いた滴定が中心である。COD（啓林館『化学基礎』p.168, 191）は、北海道大・後期、浜松医科大、慶應義塾大・医、慶應義塾大・理工、法政大で出題された。

結晶は、無機分野の問題の中で小問として扱われることも多く、難度の高いものは少ない。やや難度の高い問題として、面心立方格子の隙間（首都大学東京）、イオン結晶の限界半径比（お茶の水女子大－出題例14、啓林館『化学』p.34, 35）がみられた。

(3) 塩化ナトリウムと同じ単位格子をもつ固体物質において、単位格子の1辺の長さを a nm、陽イオンの半径を r_c nm、陰イオンの半径を r_a nm としたと

き、 a と r_c および r_a の関係式を記せ。ただし、陽イオンと陰イオンは互いに接しているとする。

(4) (3)の場合で、陽イオンと陰イオンが接するためには、 $\frac{r_c}{r_a}$ はどのような範囲の値である必要があるか。ただし、 $r_a > r_c$ とする。

お茶の水女子大

出題例14

状態図（東京大、大阪大、北海道大・後期、明治薬科大、啓林館『化学』p.16）は、教科書によっては「参考」として扱われているが、必ず学習しておきたい。

気体では、単純に気体の法則だけを扱う問題は私立大の小問形式の問題でみられる程度であり、混合気体、水銀圧力計（京都府立医科大、奈良県立医科大・後期）、気液平衡（京都大、札幌医科大、京都工芸繊維大、同志社大）の問題が多い。蒸気密度法による分子量測定（千葉大、啓林館『化学』p.26）は浮力も考慮する必要がある、やや難度が高い。また、実在気体（旭川医科大、富山大、慶應義塾大・理工）も出題され、難関大志望者は、教科書の「発展」で扱われるファンデルワールスの状態方程式（啓林館『化学』p.30）にも注意しておきたい。

気体の溶解度は、ヘンリーの法則のみを使う基本的な問題から、密閉容器内の圧力を考える応用的な問題（京都大、名古屋大－出題例15、名古屋工業大）までが出題されている。

問1 窒素の水への溶解に関する以下の文章を読んで、設問(1)～(3)に答えよ。ただし、蒸発にともなう水(液体)の体積減少は無視せよ。また、水蒸気と窒素は理想気体とする。

ある温度 T_1 (K) において、水 10 L と窒素 x (mol) を容積 11 L の密閉容器に入れて放置したところ、一部の窒素は水に溶解し容器内は平衡状態に達した。このときの気体の全圧は P (Pa)、溶解した窒素の物質量は y (mol) であった。

設問(1): T_1 (K) における飽和水蒸気圧が P_{H_2O} (Pa) であるとき、この容器内に気体として存在する窒素についての状態方程式を、 x (mol)、 y (mol)、気体定数 R (Pa·L/(K·mol)) を用いて記せ。

設問(2): ヘンリーの法則が成立しているとき、以下の 内にあてはまる数値を有効数字2桁で求めよ。ただし、 T_1 (K) において 1.0×10^5 Pa の窒素は、水 1.0 L に 4.5×10^{-4} mol 溶解する。

$$y = (P - P_{H_2O}) \times \text{$$

設問(3): 最初に容器に入れた窒素の物質量 $x = 1.0 \times 10^{-1}$ mol、温度 $T_1 = 330$ K であるとき、溶解した窒素の物質量 y (mol) を有効数字1桁で求めよ。ただし、気体定数 R は 8.3×10^3 Pa·L/(K·mol) であり、窒素の溶解によって飽和水蒸気圧は影響を受けないものとする。

名古屋大

出題例15

希薄溶液の性質は、凝固点降下、浸透圧を中心に基

本～標準的な問題が多いが、ラウールの法則（京都府立医科大，日本医科大，福岡大），外挿法により浸透圧から高分子の分子量を求める問題（岐阜薬科大，啓林館『化学』p.59）はやや難しい。

熱化学では，生成熱，燃焼熱，結合エネルギー，中和熱に関する標準的なレベルの問題が中心である。なお，ボルン・ハーバーサイクル（啓林館『化学』p.88）は，大阪市立大，星薬科大で出題された。

電池，電気分解は，ダニエル電池，鉛蓄電池，燃料電池，塩化ナトリウム水溶液の電気分解（イオン交換膜法），直列回路の電気分解が多いが，リチウムイオン電池やニッケル水素電池（徳島大），酸化銀電池（岐阜大）もみられた。

反応速度では反応速度式に関する問題が多く，また，化学平衡との融合問題が目立つ（京都府立大，北里大・薬など）。この単元は近年，難度の高い問題が増加傾向にあり，半減期（群馬大，九州大），多段階反応と律速段階（慶應義塾大・薬，啓林館『化学』p.130），アレニウスの式（信州大，早稲田大・理工，関西学院大，啓林館『化学』p.125）などが今年も出題された。なお，二次反応の半減期（東京工業大－出題例16）は目新しい。

つぎの式(1)で表される反応に関する記述を読み，下の問に答えよ。

$$2X \longrightarrow Y \quad (1)$$

この反応では，反応速度がXの濃度の2乗に比例する。このとき，反応時間tにおける反応物Xの濃度[X]は，反応速度定数をk，反応開始時のXの濃度を[X]₀とすると，式(2)で表される。

$$\frac{1}{[X]} = kt + \frac{1}{[X]_0} \quad (2)$$

問 25.0℃で4.00 mol/LのXを反応させたところ，Xの濃度が半分になるまでの時間はt_x[s]であった。また，65.0℃でA[mol/L]のXを反応させたところ，Xの濃度が半分になるまでの時間は0.150 t_x[s]となった。この反応では，温度が10.0℃上がるごとに反応速度定数が2.00倍になる。

Aはいくらか。解答は有効数字3桁目を四捨五入して，下の形式により示せ。

. mol/L 東京工業大

出題例16

化学平衡では，例年通り，X₂ + Y₂ ⇌ 2XY（東京工業大，京都府立大など），ハーバー法（横浜市立大，関西大など），N₂O₄ ⇌ 2NO₂（東北大，名古屋大，横浜国立大，岡山大など）が多く，標準的な問題が中心である。

電離平衡は，昨年度よりやや少なくなった。酢酸やアンモニア（東京大－出題例17，山口大，長崎大，奈良県立医科大，東京慈恵会医科大，東京理科大・理工

など）が中心であるが，炭酸の緩衝液（浜松医科大，奈良女子大），硫酸の電離平衡（滋賀医科大）も出題されている。なお，緩衝液の計算や加水分解定数については，教科書では「発展」扱いであるものの，入試では当然のように出題されている。

次の文章を読み，問カ～コに答えよ。必要があれば以下の値を用いよ。
 $\log_{10} 2 = 0.30, \log_{10} 2.7 = 0.43, \log_{10} 3 = 0.48$

弱酸とその塩，または弱塩基とその塩を含む溶液は，少量の強酸や強塩基を加えてもpHがごくわずかしき変化しない。このような作用を緩衝作用と言い，私たちの血液や細胞内のpHを一定に保つという重要な役割を果たしている。ここでは，酢酸水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えたときのpHを求めることにより，緩衝作用を検証しよう。ただし，全ての実験は25℃で行い，溶液の混合による体積変化は無視できるものとする。

酢酸は水溶液中でその一部だけが電離しており，電離していない分子と電離によって生じたイオンの間に，以下に示す電離平衡が成り立っている。

$$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$$

酢酸の電離定数をK_aとする。また，酢酸水溶液のモル濃度をc，電離度をαとすると，cとαを用いて，K_a = e と表される。酢酸の電離度は1に比べて十分小さいので，1 - α ≈ 1と近似すると，cとK_aを用いて，H⁺のモル濃度は[H⁺] = f と表される。

まず，溶液A(0.10 mol・L⁻¹の酢酸水溶液)をビーカーにとり，pHを測定した。次に，1000 mLの溶液Aに，500 mLの溶液B(0.10 mol・L⁻¹の水酸化ナトリウム水溶液)を加えた。この混合溶液をCとし，pHを測定した。このとき，酢酸ナトリウムは，以下のように，ほぼ完全に電離している。

$$\text{CH}_3\text{COONa} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+$$

次に，1500 mLの溶液Cに，10 mLの溶液D(1.0 mol・L⁻¹の水酸化ナトリウム水溶液)を加え，pHを測定した。その結果，pHに大きな変動はなく，緩衝作用が確認された。

一方，1000 mLの溶液Aに，1000 mLの溶液Bを加えて中和反応を行った。このとき，溶液は中性にはならず，塩基性を示した。これは，以下に示すように，酢酸イオンの一部と水が反応してOH⁻が生じるためである。

$$\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$$

(問)

カ 空欄 e , f に入る適切な式を記せ。

キ 下線部①に関して，溶液AのpHを有効数字2桁で答えよ。答えに至る過程も記せ。ただし，25℃における酢酸の電離定数をK_a = 2.7 × 10⁻⁵ mol・L⁻¹とする。

ク 下線部②に関して，溶液CのpHを有効数字2桁で答えよ。答えに至る過程も記せ。

ケ 下線部③に関して，このときのpHを有効数字2桁で答えよ。答えに至る過程も記せ。

コ 下線部④に関して，このときのpHを有効数字2桁で答えよ。答えに至る過程も記せ。ただし，水と反応して生成する酢酸の量は，酢酸イオンの量と比べて，きわめて少ないものとする。また，水のイオン積をK_w = 1.0 × 10⁻¹⁴ mol²・L⁻²とする。

東京大

出題例17

昨年に引き続き、溶解度積の問題は少なくなり、塩化物やクロム酸塩（北海道大・後期、大阪大、新潟大、慶應義塾大・看護など）、硫化物（旭川医科大、愛知教育大、北里大・医、明治薬科大、星薬科大など）、炭酸カルシウム（滋賀県立大）などが出題された。

[無機分野]

無機分野は、例年通り、各論を暗記していれば解答できる問題が大半を占めるが、国公立大では、結晶や化学平衡などの理論分野の絡んだ問題もみられる。

塩の推定（金沢大、甲南大）や錯イオンの立体構造（大阪市立大－出題例18、明治大・農、啓林館『化学』p.239）はやや思考力を要する。

金属イオンに非共有電子対をもつ分子や陰イオンが配位結合したイオンを錯イオンという。錯イオンの構造や配位数は、主に金属イオンの種類によって決まる。錯イオンの形は、配位数が2の場合には直線形、配位数が4の場合には正四面体または正方形、配位数が6の場合には正八面体になる。

(3) 下線部に関して、(i)と(ii)の問いに答えよ。

(i) 金属イオン M^{2+} に、配位子Aが4つ配位した錯イオンを $[MA_4]^{2+}$ と表す。 $[MA_4]^{2+}$ の形が正方形であるときの構造を例①に示す。金属イオン M^{2+} に2種類の配位子AおよびBが2つずつ配位した $[MA_2B_2]^{2+}$ の形が正方形であるとき、 $[MA_2B_2]^{2+}$ には幾何異性体がある。例①の描き方にしたがって、 $[MA_2B_2]^{2+}$ の幾何異性体をすべて記せ。

例①

実線—は配位結合を表す
点線—は錯イオンの形を表す補助線

(ii) 金属イオン M^{2+} に、配位子Aが6つ配位した錯イオンを $[MA_6]^{2+}$ と表す。 $[MA_6]^{2+}$ の形が正八面体であるときの構造を例②に示す。金属イオン M^{2+} に2種類の配位子AおよびBが3つずつ配位した $[MA_3B_3]^{2+}$ の形が正八面体であるとき、 $[MA_3B_3]^{2+}$ には2つの立体異性体がある。解答用紙の空欄にAまたはBを記入し、 $[MA_3B_3]^{2+}$ の2つの立体異性体の構造を示せ。

例②

実線—は配位結合を表す
点線—は錯イオンの形を表す補助線

大阪市立大

出題例18

セラミックス（ガラス、陶磁器）が富山大で出題された。

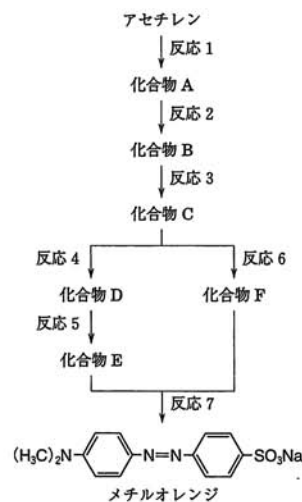
[有機分野]

脂肪族化合物や芳香族化合物の反応経路、簡単な構造決定が中心であったが、例年同様、一部の難関校では難度の高い構造決定も出題された。

反応経路、有機化合物の分離などは標準的な問題が中心であったが、メチルオレンジの合成経路（近畿大－出題例19）は思考力を要する。

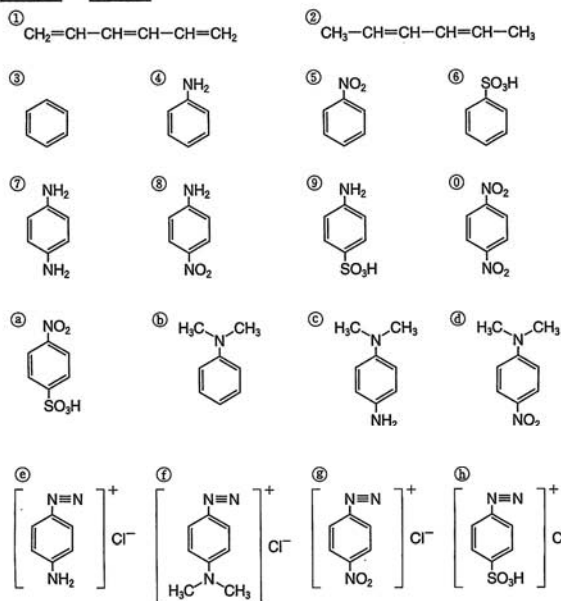
次の [15] ~ [20] に入れる最も適当なものを、解答群からそれぞれ一つ選び、解答欄にマークせよ。

下図はpH指示薬であるメチルオレンジを合成するための1つの反応経路を示したものである。アセチレンを出発原料として1~7の7つの反応からなり、各反応の生成物はそれぞれ順にA~Fの6種類の化合物と最終産物のメチルオレンジである。ただし、酸や塩基から塩が生成する反応や、塩から酸や塩基が遊離する反応は1つの独立した反応として扱わず、関連する前後いずれかの反応に含める。また、アミノ基の水素原子はハロゲン化アルキル存在下での加熱によりアルキル基と置換される。したがって、化合物Aは [15]、化合物Bは [16]、化合物Cは [17]、化合物Dは [18]、化合物Eは [19]、化合物Fは [20] である。



解答群

[15] ~ [20]



近畿大

出題例19

構造決定ではエステル（京都大，東北大，富山大，広島大，京都府立大，早稲田大・理工，同志社大，立命館大など）が目立った。

教科書では「発展」として扱われる炭素間二重結合のオゾンや過マンガン酸カリウムなどによる酸化分解（東京大，北海道大・後期，京都工芸繊維大，首都大学東京，近畿大，兵庫医科大，啓林館『化学』p.288）は例年通り多く出題され，一部の問題（千葉大，大阪府立大）では反応の説明がなかった。また，マルコフニコフ則（関西学院大，甲南大，啓林館『化学』p.288），ニトロ化と配向性の反応機構（大阪市立大－出題例20，啓林館『化学』p.322）もみられた。

μイオンは番号 の炭素原子とは結びつきにくい。

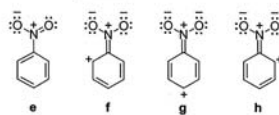


図3



図4

(i) 化合物BとCの構造式を例にならって記せ。

(ii) と にあてはまる最も適切なものを次の(a)～(d)の中から選び，記号で答えよ。ただし，同じ記号を選んでもよい。

(a) 1, 2, 3 (b) 2, 3, 4 (c) 2, 4, 6 (d) 1, 3, 5

(iii) ベンゼン，フェノール，ニトロベンゼンのニトロ化に関する以下の文章を読み， ～ にあてはまる化合物名を記せ。

ベンゼン，フェノールおよびニトロベンゼンの構造式，さらにニトロニウムイオンが正電荷を帯びていることを考えると，ニトロ化反応は , , の順で起こりやすいと予測できる。実際， は室温で希硝酸と速やかに反応して，ニトロ化された化合物を生じる。これに対し， や のニトロ化反応は希硝酸ではほとんど起こらない。 は，混酸中で60℃に加熱してはじめてニトロ化される。 をニトロ化するにはさらに高温が必要である。

大阪市立大

出題例20

油脂（北海道大，広島大，早稲田大・人間科学，立命館大など）は，けん化や付加の計算が中心であった。そのうち，油脂を構成する脂肪酸の構成比を考える同志社大の問題は，油脂の混合物を考える必要があり，慣れていない受験生も多かったであろう。

糖類（京都大，札幌医科大，金沢大，名古屋工業大，岡山大学，香川大，早稲田大・理工，東京理科大学・薬など），アミノ酸・タンパク質（大阪大，千葉大，富山大，名古屋市立大，慶應義塾大・理工，東京理科大学・理工，立命館大，福岡大など）は，例年通り多く出題された。大半は，糖類の名称と構造，タンパク質の検出反応，ペプチドのアミノ酸配列，等電点（神戸大，慶應義塾大・薬，神戸薬科大）などの標準的な問題であるが，酸性アミノ酸の等電点（奈良県立医科大）はヒントがなく，難しい。また，フルクトースの $-\text{COCH}_2\text{OH}$ の部分が還元性を示す理由（岡山大学，九州大－出題例21，早稲田大・理工，近畿大・医，啓林館『化学』p.390脚注）も出題されており，難関大受験生は注意が必要である。

スクロースの水溶液は還元性を示さないが，加水分解するとグルコースと〔オ〕の等量混合物となり還元性を示すようになる。水溶液中で，〔オ〕は，図1に示すように六員環状構造が鎖状構造Aを経て五員環状構造と平衡状態にあり，Aは更にいくつかの鎖状構造間で平衡状態にある。鎖状構造Bが存在するため〔オ〕は，グルコースと同様に還元性を示す。

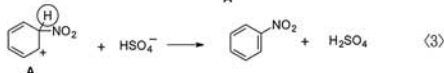
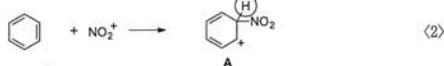
問1 分子の構造式と反応性に関する次の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) 次の文章を読み，(i)～(iii)の問いに答えよ。

エタンは炭素原子間が単結合の飽和炭化水素である。エタンと臭素を混合して光をあてると置換反応が起こりプロモエタンが生じる。一方，エチレンは炭素原子間に二重結合をもつ不飽和炭化水素である。エチレンと臭素を混合すると付加反応が起こり1,2-ジプロモエタンが生じる。

ベンゼンの構造式は，単結合と二重結合を交互に書いて表すが，炭素-炭素結合はすべて等しく，単結合と二重結合の中間の状態とみなされる。したがって，ベンゼンではエチレンに比べて不飽和結合への付加反応が起こりにくい。

ベンゼンを硝酸と硫酸からなる混酸と反応させるとニトロベンゼンが生じる。この反応では，まず，式(1)のように，混酸中で正電荷を帯びたニトロニウムイオン (NO_2^+) が生じる。これが，式(2)のように，ベンゼン環の炭素原子の1個と共有結合で結びつき，正電荷を帯びた不安定なAをつくる。次に，式(3)のように，硫酸水素イオンがAから で示した水素原子を水素イオンとして引き抜き，ニトロベンゼンが生じる。



(i) エタン，エチレン，ベンゼンについて，炭素-炭素結合の長さが短いものから長いものへと順に化合物名を記せ。

(ii) 下線部について，ベンゼンからニトロベンゼンが生じる反応の化学反応式を記せ。

(iii) ベンゼンのニトロ化反応における濃硫酸の役割を簡潔に記せ。

(2) 次の文章を読み，(i)～(iii)の問いに答えよ。

ベンゼンの一置換体 ($\text{C}_6\text{H}_5\text{X}$) の置換反応において，どの水素原子が置換されるかは置換基Xの種類によって異なる。

フェノールを混酸と反応させると，化合物B (分子式 $\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_7$) が生じる。フェノールでは，酸素のもつ非共有電子対がベンゼン環に影響するために，構造式aのほかに特定の原子が正電荷または負電荷をもつ構造式b, c, dを書くことができる(図1)。これらの構造式から，フェノールでは図2の番号 の炭素原子がその他の炭素原子と比べてわずかに負電荷を帯びていると考えられる。したがって，正電荷を帯びたニトロニウムイオンは番号 の炭素原子と結びつきやすい。

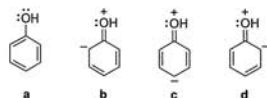


図1



図2

ニトロベンゼンを混酸と反応させると，化合物C (分子式 $\text{C}_6\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_4$) が生じる。ニトロベンゼンでは， NO_2^+ で表したニトロ基がベンゼン環に影響するために，特定の原子が正電荷または負電荷をもつ構造式e, f, g, hを書くことができる(図3)。これらの構造式から，ニトロベンゼンでは図4の番号 の炭素原子がその他の炭素原子よりもわずかに正電荷を帯びていると考えられる。したがって，正電荷を帯びたニトロニウ

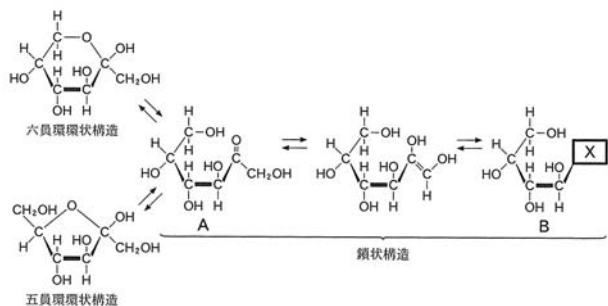


図1

問4. [オ]にあてはまる単糖類の名称を答えよ。

問5. 図1の鎖状構造Bで空白になっている部分Xの構造を図1にならって答えよ。

九州大

出題例21

核酸（名古屋大，富山大，三重大，早稲田大・教育など）は昨年度より若干少なくなったが，核酸の構造を暗記していないと解答できない問題（京都大－出題例22，北里大・薬）もみられた。

ペントースであるリボースとデオキシリボースは核酸の構成成分で，水中で鎖状構造と環状構造の平衡状態で存在している。環状構造をとるこれらの糖に核酸塩基とリン酸が結合した化合物をヌクレオチドとよぶ。核酸はヌクレオチドがつながった高分子化合物で，糖とリン酸が交互に連結して形成される主鎖（骨格）に結合した塩基は，決まった塩基間で塩基対を形成する。

問4 核酸の構造に関する(i)～(vi)に答えよ。

- (i) 図2に，下線部②の平衡状態におけるリボースの鎖状構造を示す。核酸を構成するリボースの環状構造を解答欄に記入し，図2に対応する炭素原子の番号を示す数字を記せ。構造を記すにあたり，炭素原子の立体配置は示さなくてよい。
- (ii) 環状構造のリボースにおいて，核酸塩基の窒素原子と結合する炭素原子を図2から選んでその番号を記せ。
- (iii) 下線部③の核酸の主鎖の構造において，リン酸と脱水縮合するヒドロキシ基をもつ炭素原子を図2から選んでその番号をすべて記せ。
- (iv) デオキシリボ核酸(DNA)を構成するデオキシリボースにおいて，ヒドロキシ基が水素に置換した炭素原子を図2から選んでその番号を記せ。
- (v) 核酸を構成する塩基として，アデニン，ウラシル，グアニン，シトシン，チミンがある。図3の核酸塩基はこのうちのどれか。その名称を解答欄に記せ。
- (vi) 図3に示す核酸塩基において，リボースの炭素原子と結合する窒素原子を(あ)～(う)から選んで記せ。

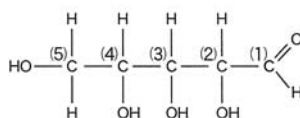


図2

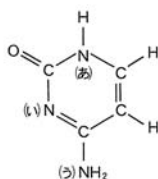


図3

京都大

出題例22

合成高分子化合物（信州大，富山大，名古屋工業大，岡山大，早稲田大・教育，東京理科大・理工など）は昨年度より若干少なくなった。生分解性高分子としてポリ乳酸やポリグリコール酸（京都大，東京医科歯科大－出題例23，浜松医科大，啓林館『化学』p.427），ポリブチレンサクシネート（京都工芸繊維大）が出題された。また，レゾールを答える問題（慶應義塾大・看護）もみられた。なお，フェノール樹脂やアミノ樹脂は付加縮合で得られる。付加縮合は今年度のセンター追試験でも扱われていたが，旧課程で使われていた縮合重合から用語が変更されているので注意しておきたい。

乳酸とグリコール酸の共重合体 PLGA (poly(lactic/glycolic acid)) は生分解性が高く，生体内で乳酸とグリコール酸に加水分解された後，代謝反応によって水と二酸化炭素に分解されて体外へ排泄されるため，生体にとって安全な材料である。そのため，PLGA は，手術用縫合糸，骨折時の骨接合材，歯周組織の再生膜，薬物送達システム(DDS) (注)の薬物の放出制御材料などとして医療分野で使われている。

PLGA の合成において，乳酸やグリコール酸の直接的な縮重合では低分子量の重合体しか得ることができない。そこで，乳酸2分子の脱水縮合により環状二量体であるラクチドを，また，グリコール酸2分子の脱水縮合により環状二量体グリコリドをつくり，これらを開環重合させることで高分子量の PLGA を得ている。その際，PLGA の乳酸とグリコール酸の組成比や分子量を変えることで体内での加水分解速度を変えることができる。手術用縫合糸として用いた場合は，2～3か月で吸収分解される。DDS で用いられる場合は，ある薬剤を PLGA の微粒子で包み込み，薬剤の成分が体内で少しずつ溶け出すように PLGA の加水分解速度を制御することで，血液中の薬剤濃度を1～6か月間ほぼ一定に保つことが可能になっている。

PLGA の原料の1つである乳酸は，主にトウモロコシなどのデンプンを加水分解した後，乳酸菌による乳酸発酵により得られており，環境負荷が低くなるように配慮して製造されている。

(注) 薬物送達システム (drug delivery system : DDS) : 薬物の効果を最大限に発揮させるために，必要最低限の量の薬物を，必要な時間に，必要な場所(部位)に送達させる技術。

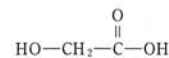


図2-1 グリコール酸の構造式

問1 下線部(a)の乳酸およびグリコール酸の代謝による分解反応は，反応の収支をまとめると，酸素による酸化反応である。(ア)乳酸および(イ)グリコール酸の分解反応の化学反応式をそれぞれ示せ。

問2 下線部(b)について，次の各問に答えよ。各構造式は図2-1にならって書け。

- (1) ラクチドの構造式を書き，不斉炭素原子を丸で囲め。また，ラクチドの立体異性体はいくつ存在するか。
- (2) グリコリドの構造式を書け。
- (3) 乳酸の重合度を m，グリコール酸の重合度を n として，PLGA の構造式を解答欄に書き入れて完成せよ。

問 3 下線部C)について、ラクチドとグリコリドを物質量比 3 : 1 の割合で共重合させた PLGA (3:1) の平均分子量が 5.5×10^4 であった。この分子 1 分子中には平均して何個のエステル結合が含まれているか。有効数字 2 桁で答えよ。

東京医科歯科大

出題例23

(3) 学習のポイント (指導におけるポイント)

新課程 1 年目であった 2015 年度入試は、昨年度までと大きな違いはみられなかった。したがって、従来の指導から大きく変更する必要はないであろう。以下に、特に注意したい点を述べる。

上の(1)、(2)でも述べたように、入試問題の大部分は標準的なレベルの問題である。このレベルの問題を確実に解くことが合格への第一歩である。基本事項を確認した上で、問題演習を通して基本事項を組み立てて解答を導く練習を十分にさせておきたい。

国公立二次試験や一部の私立大では、論述問題も多く出題される。平素から化学現象の起こる理由を文章にする練習をさせておくと、直前期に焦る受験生は減るであろう。

核酸と合成高分子化合物からの出題は、2015 年度入試ではやや減ったが、これは、旧課程履修者への配慮とも考えられる。次年度以降は旧課程履修者への配慮もほぼなくなるため、出題頻度は高くなることが予測される。教科書の最後の方で扱われる単元であり、学習が遅れがちになるが、入試に間に合うように準備をしておきたい。

なお、難関校では、結晶、反応速度、化学平衡、有機化合物の立体構造、オゾン分解など、教科書の「発展」で扱われる内容が、当然のように出題される。難関校を目指すには、「発展」に関連した問題演習も十分に行い、思考力を養っておくことが必要である。

■西 章嘉 (にし・あきよし)

授業では高 1 ~ 3 生、高卒生の幅広いレベルの講座を担当し、教材では数多くのテキスト作成を担当する。また、全統マーク模試・化学基礎の作成チーフを務め、阪大即応オープン、神大オープンなどの作成・作題も担当する。

著書：「チョイス新標準問題集」(河合出版・共著)、
「大学入試問題正解」(旺文社・共著)

大学入試 分析と対策

生物

学校法人 河合塾
生物科講師 榊原 隆人

1. センター試験「生物基礎」

(1) 総括

「生物基礎」のセンター試験は、大問3題、小設問16問、マーク数16であった。平均点は26.66点(50点満点)で、100点満点に換算すると53.3点であり、昨年度の「生物I」とほぼ同じであった。大問は、「生物と遺伝子」、「生物の体内環境の維持」、「生物の多様性と生態系」の3分野から、バランス良く1題ずつ出題された。また、大問はすべてA・B分けになっており、幅広いテーマから出題された。

河合塾の再現データの結果では、正答率が80%以上の「易しい」小設問の割合は、昨年度の「生物I」が約22%であったのに対し、今年度の「生物基礎」は約19%とわずかに低下した。また、正答率が50%以下の「難しい」小設問の割合は、昨年度の「生物I」は約22%であったのに対し、今年度の「生物基礎」は約31%に上昇した。(なお、以降の正答率はすべて河合塾の再現データによるものである。)

小設問16問のうち、15問が知識問題であり、実験結果や図・表に基づいて考察する問題は出題されなかった。知識問題については、幅広いテーマから少しずつ出題され、その内容はやや詳細な知識を必要とするものも多かった。また、15問のうち、文章正誤問題が8問、生物用語や記号などを選ぶ問題が7問で、そのうち3問は正しいものを過不足なく含む組合せを選ぶ問題であった。

(2) 設問別分析

第1問 生物の特徴および遺伝子とそのはたらき (配点20点)

Aは生物の特徴に関する知識問題、Bは遺伝子とゲノムに関する知識問題と知識に基づいて考察(計算)する問題であり、第1問の平均点は10.3点(平均得点率は約51%)であった。

問1は真核生物の組合せとして正しいものを選ぶ問題であり、正答率は約58%であった。酵母菌を原核生

物とみなした誤答、ネンジュモを真核生物とみなした誤答が多くみられた。問3は同化の過程を過不足なく含む組合せとして正しいものを選ぶ問題であり、正答率は約66%であった。同化の過程は、植物が取り込んだ無機物から有機物を合成する過程(ケ)と動物が単純な有機物から複雑な有機物を合成する過程(サ)である。ケを選ぶことはできたが、サを選ぶことが難しかったようである。(啓林館『生物基礎』p.39、同『新編生物基礎』p.30には、ほぼ同じ図が出ている。)問4はDNAの抽出材料として適当でないものを選ぶ問題(出題例1)であり、正答率は約53%であった。ニワトリの卵白には細胞(核)が存在しないので、①が正解であるが、④のバナナの果実を選んだ誤答が約20%と多かった。問5はゲノムに関する記述として正しいものを選ぶ問題(出題例1)である。正答率は約40%と低く、④を選んだ誤答が約40%あった。ゲノムという語が正しく理解できておらず、また、ハエなどのだ腺染色体では、発生の段階に応じて、異なる遺伝子が活性化され、染色体の異なる位置にパフがみられることを正しく理解できていない受験生が多かったようである。問6はヒトのゲノムと遺伝子に関する2つの計算結果の組合せとして正しいものを選ぶ問題(出題例1)であり、正答率は約8%と極めて低かった。この問題ではヒトの遺伝子数が与えられておらず、ヒトの遺伝子数が約2万であることを覚えていなければ計算できない問題であった。☐チ☐を2万とする⑤・⑥を選んだ誤答が合計で約44%と多かった。

B 遺伝情報を担う物質として、どの生物も、DNAをもっている。それぞれの生物がもつ遺伝情報全体を、ゲノムとよび、動植物では生殖細胞(配偶子)に含まれる一組の染色体を単位とする。また、DNAの塩基配列の上では、ゲノムは「遺伝子としてはたらく部分」と「遺伝子としてはたらくかない部分」とからなっている。

問 4 下線部セに関連して、DNA を抽出するための生物材料として適当でないものを、次の①～⑦のうちから一つ選べ。 4

- | | |
|--------------|----------|
| ① ニワトリの卵白 | ② タマネギの根 |
| ③ アスパラガスの若い茎 | ④ バナナの果実 |
| ⑤ ブロccoliの花芽 | ⑥ サケの精巣 |
| ⑦ ブタの肝臓 | |

問 5 下線部ソに関する記述として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 5

- ① ヒトのどの個々人の間でも、ゲノムの塩基配列は同一である。
- ② 受精卵と分化した細胞とでは、ゲノムの塩基配列が著しく異なる。
- ③ ゲノムの遺伝情報は、分裂期の前期に2倍になる。
- ④ ハエのだ腺染色体は、ゲノムの全遺伝子を活発に転写して膨らみ、バフを形成する。
- ⑤ 神経の細胞と肝臓の細胞とで、ゲノムから発現される遺伝子の種類は大きく異なる。

問 6 下線部タに関連する次の文章中の チ・ツ に入る数値の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。 6

ヒトのゲノムは約 30 億塩基対からなっている。タンパク質のアミノ酸配列を指定する部分(以後、翻訳領域とよぶ)は、ゲノム全体のわずか 1.5 % 程度と推定されているので、ヒトのゲノム中の個々の遺伝子の翻訳領域の長さは、平均して約 チ 塩基対だと考えられる。また、ゲノム中では平均して約 ツ 塩基対ごとに一つの遺伝子(翻訳領域)があることになり、ゲノム上では遺伝子としてはたらく部分はとびとびにしか存在していないことになる。

	チ	ツ
①	2 千	15 万
②	2 千	30 万
③	4 千	15 万
④	4 千	30 万
⑤	2 万	150 万
⑥	2 万	300 万
⑦	4 万	150 万
⑧	4 万	300 万

出題例 1

第 2 問 生物の体内環境の維持 (配点15点)

A は肝臓と血糖量調節に関する知識問題、B は免疫に関する知識問題で、第 2 問の平均点は 8.8 点 (平均得点率は約 59 %) であった。

問 2 は肝臓につながる血管などに関する用語の組合せとして正しいものを選ぶ問題であり、正答率は約 63 % であった。⑤ を選んだ誤答が約 21 % と多く、肝門脈がどこからくるのかが理解できていないようである。問 3 は血糖量調節に関する正しい記述の組合せを選ぶ問題であり、正答率は約 44 % と低かった。正解はキ、コであるが、ホルモンと自律神経に関するカ～クの記述のうち、キを選ぶことはできたが、糖尿病に関するケ～サの記述のうち、コを選ぶことが難しかったようである。問 4 は体液性免疫に関係する 3 種の細胞に関する

正しい記述を過不足なく含む組合せを選ぶ問題であり、正答率は約 39 % と低かった。⑥ を選んだ誤答が約 24 % と多く、樹状細胞がリンパ球であると勘違いしているようである。問 5 はアレルギーと後天性免疫不全症候群 (エイズ) に関する記述として正しいものを選ぶ問題であり、正答率は約 77 % であった。誤答は②と⑤が多く、「アナフィラキシーショック」や「日和見感染」などの用語の意味を正しく理解できていないためと考えられる。

第 3 問 生物の多様性と生態系 (配点15点)

A はバイオームの分布と特徴に関する知識問題、B は生態系におけるエネルギーの流れと地球温暖化に関する知識問題であり、第 3 問の平均点は 10.8 点 (平均得点率は約 72 %) であった。

問 1 は正答率が約 95 % で、全設問中最も高かった。問 2 は日本の代表的なバイオームである a (針葉樹林)、b (夏緑樹林)、c (照葉樹林) を構成する樹種の特徴に関する記述として正しいものを選ぶ問題 (出題例 2) であり、正答率は約 35 % と低かった。誤答は①と②が多く、b (夏緑樹林) が落葉樹であることは覚えているが、a (針葉樹林)、c (照葉樹林) がともに常緑樹であることを覚えていない受験生が多かったようである。問 3 は硬葉樹林に関する記述として正しいものを選ぶ問題 (出題例 2) であり、正答率は約 74 % であった。⑥ を選んだ誤答が約 14 % であった。「葉の硬い」という表現につられて選んでしまったと思われるが、硬葉樹林の優占種であるオリーブやコルクガシなどは落葉樹ではなく常緑樹である。問 4 は生態系内におけるエネルギーの流れに関する文章中の空欄に入る適当な語の組合せを選ぶ問題であり、正答率は約 90 % と高かった。なお、河合塾の 2014 年度第 2 回全統マーク模試「生物基礎」第 3 問の間 6 で、本問とほぼ同一の問題が出題された。

A 次の図 1 に示すように、バイオームの分布は、年平均気温と年降水量に対応している。年平均気温の高い地域における年降水量は様々であり、いくつかのバイオームが成立している。一方、年平均気温が非常に低い地域における年降水量は少なく、バイオームとしては ア だけが見られる。

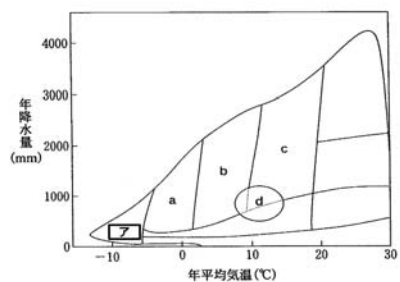


図 1

問 2 上の図1のa~cは、日本の代表的なバイオームである。これらのバイオームに関する記述として最も適当なものを、次の①~⑥のうちから一つ選べ。 13

- ① aとbでは、落葉樹が優占している。
- ② bとcでは、落葉樹が優占している。
- ③ aとcでは、落葉樹が優占している。
- ④ aとbでは、常緑樹が優占している。
- ⑤ bとcでは、常緑樹が優占している。
- ⑥ aとcでは、常緑樹が優占している。

問 3 上の図1のdに関する記述として最も適当なものを、次の①~⑧のうちから一つ選べ。 14

- ① 北アメリカの東岸などに成立している。
- ② 地中海周辺などに成立している。
- ③ アフリカの内陸部に成立している。
- ④ アジアの内陸部に成立している。
- ⑤ 葉の軟らかい常緑樹が優占している。
- ⑥ 葉の硬い落葉樹が優占している。
- ⑦ 背の低い草本が優占している。
- ⑧ サボテンの仲間が優占している。

出題例 2

(3) 学習対策 (指導上のポイント)

「生物基礎」のセンター試験では、小設問 16 問中 15 問が知識問題であった。来年度以降も、知識問題の割合が高い傾向が続くと予想されるので、まずは教科書に記載されている基本的な内容や用語の意味を理解させ、定着させるようにしたい。知識問題 15 問のうち、3 問は正しいものを過不足なく含む組合せを選ぶ問題であり、また、知識問題の中にはやや詳細な知識を必要とする問題も多く含まれているので、これらの問題に対応するためには、教科書の本文だけでなく、「図・表」、「観察・実験」、「参考 (コラム)」、「探究活動」なども含めて隔々まで十分理解させておく必要がある。

(ただし、教科書の「発展」に記載されている内容はセンター試験では出題されない。)

今回、遺伝子とゲノムに関する計算問題が出題されたが、その正答率は極めて低かった。遺伝子の分野以外に、マイクロメーターによる測定、酸素解離曲線、腎臓の濃縮率・再吸収率、暖かさの指数、生態系内の物質循環などに関する計算問題が出題される可能性がある。問題集や過去のセンター試験などを用いて十分に問題演習を行い、計算問題に対応できるようにさせておきたい。

また、今回は出題されなかったが、来年度以降、実験結果などに基づいて考察する問題 (実験考察問題) が出題される可能性がある。実験考察問題では、実験

の意義と内容、設問文や選択肢の文意などを理解するとともに、与えられたデータ (図・表など) を正確に読み取り、論理的に思考する力が要求される。計算問題と同様に、問題集や過去のセンター試験などを用いて十分に問題演習を行い、実験考察問題に対応できる力をつけさせるようにしたい。

2. センター試験「生物」

(1) 総括

「生物」のセンター試験は、大問数は 6 題 (7 題のうち第 6 問と第 7 問はいずれか 1 題を選択する選択問題) で、マーク数は 31 または 32 であった。平均点は得点調整前で 48.39 点、得点調整後で 54.99 点であった。マーク数、問題のページ数やリード文の行数、図表の数など、昨年度の「生物 I」とほぼ同じであり、全体的な分量は 60 分の試験時間に対して多かった。

必答問題の第 1 問から第 5 問は、「生命現象と物質」、「生殖と発生」、「生物の環境応答」、「生態と環境」、「生物の進化と系統」の 5 分野から 1 題ずつ出題されており、配点も 18 点ずつであった。また、それぞれ A・B 分けになっており、各分野から幅広く出題されていた。選択問題の第 6 問と第 7 問は、複数の分野にわたる複合的な問題であり、配点は 10 点であった。「生物基礎」の内容である免疫に関する知識問題も出題された。

問題内容の割合は、知識問題がおおよそ 5 割、知識と考察を要する問題がおおよそ 3 割、考察問題がおおよそ 2 割で、昨年度の「生物 I」と比較すると、知識問題の割合がやや高くなった。知識問題の設問のうち、半数以上は文章選択肢の問題であり、正確な知識がないと正解を選べないものが多かった。やや詳細な知識を問う問題や、紛らわしい選択肢が多かったため、難易度は高かった。

(2) 設問別分析

第 1 問 生命現象と物質 (配点 18 点)

A はタンパク質の特徴と代謝のしくみに関する知識問題であり、B はオペロン説に関する知識問題と、DNA の複製に関する計算問題であった。第 1 問の平均点は 7.9 点 (平均得点率は約 44 %) で、必答問題 5 題の中で最も低かった。

問 2 は光合成において、チラコイドで行われる反応過程についての知識問題であり、新課程で新たに教科書に記載された内容である。正答率は 74.5 % と高かつ

た。問3は窒素固定と窒素同化，問4はラクトースオペロンの転写調節に関する知識問題であり，正答率はそれぞれ36.8%，43.8%であった。問5は大腸菌のDNAの複製に関する知識と考察を要する問題（出題例3）で，正答率は22.4%であり，すべての設問の中で5番目に低かった。DNAの複製が複製起点から両側に進行することが設問文に示されていたが，そのことを考慮せずに計算をした④の誤答が42.4%と非常に多かった。

問5 下線部クに関連して，大腸菌におけるDNAの複製は，次の図1のように，複製起点とよばれる領域で始まり，そこからリーディング鎖とラギング鎖を合成しながら両側に進行する。大腸菌のもつDNAは450万塩基対の環状二本鎖DNAであり，複製起点が一つである。大腸菌のDNA合成酵素が1秒あたり1500ヌクレオチドの速度で合成するとき，大腸菌のDNAの1回の複製には何分かかかるか。最も適当なものを，下の①～⑨のうちから一つ選べ。 分

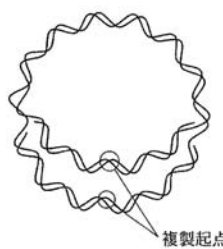


図1

① 15 ② 25 ③ 30 ④ 50 ⑤ 150
⑥ 250 ⑦ 300 ⑧ 1500 ⑨ 3000

出題例3

第2問 生殖と発生（配点18点）

Aは配偶子形成に関する知識問題と受精に関する考察問題であり，Bは動物の発生に関する知識問題と考察問題であった。第2問の平均点は10.0点（平均得点率は約56%）であった。

問2は花粉管や精子の誘引に関する考察問題で，各正答率はともに88.5%であり，すべての設問の中で3番目に高かった。問3はイモリの発生に関する知識問題であり，正答率は33.8%であった。④の誤答が多く，灰色三日月（環）が現れる時期がわからなかったと思われる。問4は新課程で新たに教科書に記載された母性効果因子に関する知識と考察を要する問題（出題例4）である。内容は難しいが，事実上，二者択一の問題であるので，正答率は71.9%と高かった。問5は遺伝の計算を含む考察問題（出題例4）で，正答率は19.2%であり，すべての設問の中で2番目に低かった。母性遺伝を扱っており，さらに原腸胚の段階での分離比が尋ねられているなど，設定も複雑で読み誤りやすい問題であった。

B 動物の発生では，特定の発生段階に特有の構造ができていく。シヨウジョウバエの幼虫の体は頭部，胸部および腹部からなり，野生型の原腸胚期の胚の頭部と胸部の境界の位置は，タンパク質Xの量によって決まっている。タンパク質Xは，母親の卵巣で行われる卵形成時に卵の前端に蓄えられるRNAから翻訳される。また，翻訳されるタンパク質Xの量は，蓄えられるRNAの量に比例している。

この蓄えられるRNAの量を野生型の半分または2倍に変化させると，頭部と胸部の境界の位置が変わり，頭部の比率が異常な原腸胚になってしまう。これらの胚も，その後孵化して子孫を残すことができる。しかし，タンパク質XのRNAを全くもたない卵から発生した胚は，原腸胚期に頭部が欠失するために，その後しばらくは発生が進むものの，孵化することなく死んでしまう。

問4 下線部ウに関して，それぞれの原腸胚に形成される頭部と胸部の境界の正常胚に対する相対的な位置の変化の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

	半分に変化させたとき	2倍に変化させたとき
①	後方に動く	後方に動く
②	後方に動く	前方に動く
③	前方に動く	後方に動く
④	前方に動く	前方に動く

問5 下線部ウに関連して，タンパク質Xをコードする正常な対立遺伝子とそのRNAが転写されない異常な対立遺伝子とのヘテロ接合体では，正常な対立遺伝子のホモ接合体（野生型）に比べて，転写されるタンパク質XのRNAの量は半分になる。そのため，産み出されるどの卵でも蓄えられるRNAは半量になってしまう。ヘテロ接合体のオスとヘテロ接合体のメスとを交配して得られたすべてのメスと，異常な対立遺伝子のホモ接合体のオスとを交配したとき，次の世代の原腸胚の形態の分離比として最も適当なものを，次の①～⑨のうちから一つ選べ。

	正常：異常	正常：異常	正常：異常
①	9 : 7	② 8 : 1	③ 3 : 1
④	2 : 1	⑤ 1 : 0	⑥ 1 : 1
⑦	1 : 2	⑧ 1 : 3	⑨ 0 : 1

出題例4

第3問 生物の環境応答（配点18点）

Aは骨格筋の筋収縮に関する知識問題であり，Bは植物ホルモンに関する知識問題とオーキシンの移動に関する考察問題であった。第3問の平均点は11.1点（平均得点率は約62%）で，必答問題5題の中では2番目に高かった。

問1は骨格筋の構造，問2は筋原繊維の模式図，問3は骨格筋の収縮曲線と筋収縮のしくみに関する知識問題であり，正答率はそれぞれ57.4%，67.3%，60.2%であった。問5はオーキシンの移動に関する考察問題（出題例5）であり，正答率は75.8%と35.5%であった。図4から極性移動の内容は読み取れたが，図5からオーキシンの移動速度を求めることができなかった受験生が多かった。誤答は⑦や⑧が多く，縦軸の値を移動距離と勘違いして，グラフの傾きを求めてしまったためと思われる。

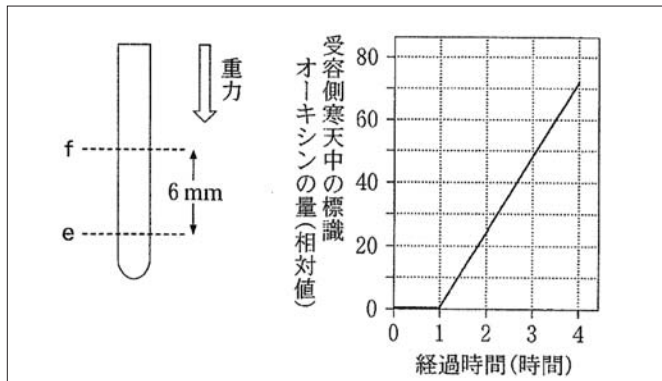


図 5

問 5 実験 1 の結果から導かれるオーキシンの移動に関する考察として適当なものを、次の①～⑧のうちから二つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。なお、オーキシンは一定速度で根の中を移動し、標識はオーキシンの移動に影響を与えないものとする。 ·

- ① 重力の方向にかかわらず、根の先端側から基部側に移動する。
- ② 重力の方向にかかわらず、根の基部側から先端側に移動する。
- ③ 根の先端・基部の方向にかかわらず、重力に対し下方に移動する。
- ④ 根の先端・基部の方向にかかわらず、重力に対し上方に移動する。
- ⑤ 移動速度は、およそ 6 mm/時である。
- ⑥ 移動速度は、およそ 12 mm/時である。
- ⑦ 移動速度は、およそ 18 mm/時である。
- ⑧ 移動速度は、およそ 24 mm/時である。

出題例 5

第 4 問 生態と環境 (配点 18 点)

A は個体群に関する知識問題であり、B は生物の相互作用に関する考察問題であった。第 4 問の平均点は 11.1 点 (平均得点率は約 62 %) で、必答問題 5 題の中で最も高かった。

問 2 は生存曲線に関する知識問題であり、正答率は 36.3 % であった。死亡個体数と死亡率を読みまちがえたと思われる⑨の誤答が 51.7 % と、非常に多かった。問 3 は生存曲線に関する知識と考察を要する問題であり、問 2 で数と率をまちがえると、問 3 の表の解釈もまちがえてしまうため、正答率は 42.0 % であった。問 4 は被子植物と昆虫の相互作用に関する考察問題で、正答率は 88.9 % であり、すべての設問の中で 2 番目に高かった。問 5 は種間関係と進化に関する知識と考察を要する問題であり、正答率は 55.7 % であった。

第 5 問 生物の進化と系統 (配点 18 点)

A は生物の変遷と植物の系統に関する知識問題であり、B は自然選択に関する考察問題を中心とした問題であった。第 5 問の平均点は 9.4 点 (平均得点率は約 52 %) で、必答問題 5 題の中では 2 番目に低かった。

問 1 は生物の変遷に関する知識問題であり、正答率

は 46.1 % と 26.3 % であった。正誤の判断にやや詳細な知識を要する選択肢が複数あり、正答よりも選択率の高い誤答の選択肢が 2 つ (③ 30.0 % と ⑤ 40.6 %) あった。問 2 は植物の系統に関する知識問題であり、正答率は 48.1 % であった。問 3 は進化のしくみに関する知識と考察を要する問題、問 4 は自然選択に関する考察問題であり、正答率はそれぞれ 65.6 %、78.5 % で、難しい問題であったが比較的よくできていた。問 5 は動物の系統に関する知識問題 (出題例 6) であり、正答率は 49.4 % であった。図 1 の系統樹は旧口動物を脱皮動物と冠輪動物に分類するもので、新課程で新たに教科書で扱われるようになった内容である。

問 5 下線部ウに関連して、次の図 1 は動物の系統樹であり、a～e は、マイマイ、カイメン、イソギンチャク、ヘビまたはザリガニのいずれかである。マイマイに対応する記号として最も適当なものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。

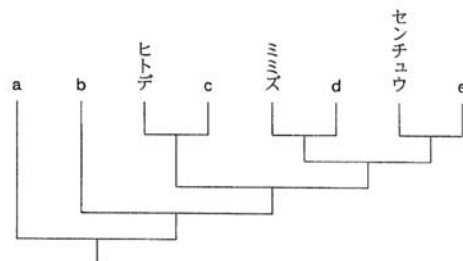


図 1

- ① a
- ② b
- ③ c
- ④ d
- ⑤ e

出題例 6

第 6 問 (選択) 生命現象と物質 (配点 10 点)

遺伝子と免疫の内容を中心とした複合問題であった。第 6 問の平均点は 2.5 点 (平均得点率は約 25 %) で、すべての大問の中で最も低かった。

問 1 は免疫に関する知識問題 (出題例 7) であり、正答率は 17.3 % であった。この正答率はすべての設問の中で最も低かった。紛らわしい選択肢があり、正答よりも選択率の高い誤答の選択肢が 2 つ (① 22.2 % と ③ 30.3 %) あった。ほとんどの選択肢が「生物基礎」の内容であった。問 2 は真核生物の遺伝子発現に関する知識と考察を要する問題で、正答率は 21.0 % と 21.3 % であり、すべての設問の中で 3 番目と 4 番目に低かった。転写調節領域 (転写調節配列) とプロモーターの位置関係を逆にした誤答が多かった。問 3 はバイオテクノロジーに関する知識と考察を要する問題であり、正答率は 38.4 % であった。② ES 細胞の誤答を選んだものが多かった。

医療の分野では、臓器の形や大きさがヒトのものに似ていて調達しやすいブタからの異種間臓器移植が検討されている。しかし、ヒトには自己と非自己とを認識して異物を排除する機構が備わっているため、ブタの細胞表面のタンパク質Xはヒトに対して急性の拒絶反応を誘起してしまう。この拒絶反応を誘起しない臓器をもつブタを作出する方法として、主に三つが検討されている。その一つは、ブタの臓器の細胞表面に、ヒト由来し、この拒絶反応を抑制するタンパク質Yを強制的に発現させる方法である。もう一つは、ブタのタンパク質Xを遺伝的に破壊する方法である。第三の方法は、臓器を移植される人から得た細胞を、遺伝的に特定の臓器を欠損したブタの胚盤胞に注入することによって、拒絶反応を起こさない細胞でできた臓器をもつブタを作出する方法である。

問1 下線部Aに関する記述として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 1

- ① 抗体は、可変部であるL鎖と定常部であるH鎖からできている。
- ② ワクチンは、病原体に対する免疫グロブリンを含んでいる。
- ③ リンパ球は、断片化した異物を非自己として抗原提示する。
- ④ 様々な種類のリンパ球は、すべて骨髄に由来する。
- ⑤ 自然免疫は細胞性免疫なので免疫記憶は起こらず、獲得免疫は体液性免疫なので免疫記憶が起こる。

問2 下線部イに関する次の文章中の エ、 オ に入る語として最も適当なものを、下の①～⑧のうちからそれぞれ一つ選べ。エ 2 ・ オ 3

ブタのからだ全体または移植する臓器で活発に発現する遺伝子に由来する エ と オ とタンパク質Yの遺伝子をこの順に結合させたDNA断片をつくる。このDNA断片を核に注入したブタの受精卵を仮親の子宮で育てることで、タンパク質Yを発現する臓器をもつブタを作出することができる。

- | | |
|------------------|--------------|
| ① イントロン | ② エキソン |
| ③ プロモーター | ④ オペレーター |
| ⑤ リプレッサー | ⑥ mRNA |
| ⑦ 転写調節領域(転写調節配列) | ⑧ 翻訳領域(翻訳配列) |

問3 下線部ウの細胞として最も適当なものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。 4

- | | | | |
|--------|--------|---------|-------|
| ① B細胞 | ② ES細胞 | ③ iPS細胞 | ④ T細胞 |
| ⑤ 樹状細胞 | ⑥ 卵母細胞 | ⑦ 未受精卵 | ⑧ 受精卵 |

出題例7

第7問(選択) 生物の進化と系統(配点10点)

遺伝子と分子進化の内容を中心とした複合問題であった。第7問の平均点は7.6点(平均得点率は約76%)で、すべての大問の中で最も高かった。

問1は制限酵素地図に関する知識と考察を要する問題であり、正答率は41.7%であった。問2は分子系統樹に関する知識と考察を要する問題で、正答率は98.8%であり、すべての設問の中で最も高かった。図1の電気泳動の結果を正確に読み取れなくてもなんとなく正解を選んでしまう問題であった。問3は共生説に関する知識問題であり、正答率は80.7%であった。

(3) 学習対策(指導上のポイント)

センター試験の知識問題で問われる知識は、教科書に記載されている内容に限られるが、単に用語を問う

ような形式の問題は少なく、文章選択肢で、その正誤を判定するような形式のものが多い。したがって、単なる用語の丸暗記だけではほとんど対応できない。教科書の内容や用語の意味を正しく理解させ、定着させるようにしたい。さらに、ほかの事項との関連性なども理解させるようにしたい。このためには、センター試験の過去問やセンター試験向けの問題集などを用いて、十分に問題演習を行わせることが有効である。また、「生物」のすべての範囲から幅広く出題されるので、苦手とする分野や学習が進んでいない分野がないように、バランスよく学習させることも重要である。

センター試験の考察問題では、実験の内容などを読み取る読解力と、グラフや表のデータなどを解釈する考察力・分析力が要求される。このような力を身につけるためには、やはり、センター試験の過去問やセンター試験向けの問題集などを利用して、問題演習を十分に行わせておくことが有効である。早い段階から計画的に学習を進めさせるように指導していくようにしたい。

3. 一般入試(二次・私大)

(1) 全体の傾向

旧帝大などの難関大の難易度は、昨年度と比べて、名古屋大、慶応大(医)などは難化し、大阪大、広島大、神戸大、岡山大、千葉大、静岡大、早大(教)などでは易化し、東京大、京都大、北大、東北大、東京医科歯科大、筑波大、岐阜大、横浜市立大、大阪市立大、早大(理工)、慶応大(看)などは変化がなかった。今年度は新課程入試の初年度ということもあって、易化した大学が多く、難化した大学は少なかった。新課程で新たに扱われるようになった内容の出題が多く大学の大学でみられたが、出題された量は少なく、単に用語を尋ねるだけのものや小設問1問程度を出題する大学が多かった。このため、旧課程生(高卒生)もそれほど不利にはならなかったと思われる。

出題分野は、昨年と同様、「遺伝子」が非常に多く、ほとんどの大学が何らかの形で必ず遺伝子分野を出題しているといった状態である。しかし、「発生と遺伝子」の分野で、新課程で新たに扱われるようになった内容については出題が少なかった。また、「一遺伝子一酵素説」や「DNAの半保存的複製」は、昨年度は多く出題されていたが、新課程の教科書での扱いが少なくなったこともあり、今年度はほとんど出題されなかった。

このほか、新課程の教科書での扱いが少なくなった「遺伝」については、昨年に比べて出題が減少する、あるいは問題が易しくなることが予想されたが、昨年並みに出題がみられ、難易度も昨年度と同程度のものであった。

(2) 2015年度で注目される出題項目

新課程で新たに扱われるようになった内容として、最も多く出題がみられたのは細胞骨格であった。早大(理工)(出題例8)、広島大、東京医科歯科大、慶応大(看)など多くの大学で出題され、このうち、早大、広島大は考察型の問題で、旧課程生(高卒生)でも対応できるようになっていたが、東京医科歯科大、慶応大(看)などでは、知識でタンパク質名を答えさせるものであった。

動物の体の形態を維持し、また運動器としての重要な役割を担う器官に骨格がある。細胞にも細胞骨格とよばれる細胞小器官があり、細胞の形態維持や運動に関与している。この細胞骨格は3つに分類され、いずれもタンパク質でできた線維状の構造物である(図1)。

細胞骨格の1つであるアクチンフィラメント(Fアクチン)は、1本のポリペプチドが全体として球状に折りたたまれたアクチンモノマー(Gアクチン)とよばれる小型のタンパク質からなる(図2)。多数のGアクチンが結合して鎖状になり、さらに2本の鎖が互いにらせん状に巻き付いてFアクチンが形成される(図1)。Fアクチンには方向性があり、一方の端はプラス端とよばれるプラス端とよばれる。また、Gアクチンには、ATPが結合した状態の分子(Gアクチン-ATP)とADPが結合した状態の分子(Gアクチン-ADP)の2通りが存在する。

Fアクチンの形成の初期段階では、まず数個のGアクチン-ATPが集まって核とよばれる構造が作られる。この段階はゆっくりと進行するが、ひとたび核が形成されると、引き続き多数のGアクチン-ATPが端から次々に結合していく(重合)。Fアクチンを伸長させる。Gアクチン-ATPは、Fアクチンのプラス端とマイナス端のいずれへも結合し(図1)、プラス端へ結合する速度はマイナス端へ結合する速度よりも大きい。ここでは、Gアクチン-ADPのFアクチンへの結合は考えなくてよいものとする。

Fアクチンに結合したGアクチン-ATPは、適当な時間の後に変換され、Gアクチン-ADPとなる(図3)。プラス端に結合したGアクチン-ATPの変換速度は、Gアクチン-ATPがFアクチンのプラス端に結合する速度よりも遅い。一方で、マイナス端では、Gアクチン-ATPは結合と同時にGアクチン-ADPへ変換されるものとする。このため、Fアクチンにおいて、Gアクチン-ATPとGアクチン-ADPの分布に偏りが生じる。

Gアクチン-ATPがFアクチンに重合し伸長させる一方で、Fアクチンの端からはGアクチンが次々に分離し(脱重合)、Fアクチンを短縮させる(図1)。FアクチンにはGアクチン-ATPとGアクチン-ADPの分布の偏りがあるため、Fアクチンのそれぞれの端からはGアクチン-ATPまたはGアクチン-ADPのいずれか一方が連続的に分離していく(図4)。Fアクチンの端からの分離速度は、Gアクチン-ATPとGアクチン-ADP分子で異なる。Fアクチンから分離したGアクチン-ADPからは、すぐにADPが放出され、続いて周囲に存在するATPが速やかに取りこまれてGアクチン-ATPが再生され、再び重合に利用される。重合と脱重合の速度の大小関係により、Fアクチンの全体の長さも変化する。

以上をふまえて、FアクチンとGアクチンについて、以下の実験1から実験3を行った。

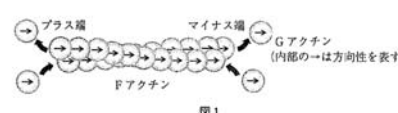


図1

実験1

Fアクチンに取り込まれていない(遊離の)Gアクチン-ATPをさまざまなモル濃度(C)で準備し、そこに適当な長さの1本のFアクチンを加えて反応させた。このとき、Fアクチンを加えた直後の、プラス端での伸長速度(Vp)とマイナス端での伸長速度(Vm)のグラフは、図2のそれぞれ実線と点線で示された。図2の縦軸は、Fアクチンのそれぞれの端での伸長速度を表し、正の場合は端が伸長し、負の場合は短縮することを意味する。また、VpおよびVmのグラフにおいて、端の長さが変化しない場合のCの値は、それぞれC₀と2C₀であった。

問1 細胞骨格の3つの線維状の構造物の名前を、直径の粗いものから順に解答欄の左から答えなさい。

問2 Fアクチンを例にとりながら、タンパク質の1次構造から4次構造のそれぞれについて説明しなさい。

問3 ATPがADPへと変換される反応について、以下の化学反応式の空欄(あ)(い)に適切な分子式を答えなさい。

$$\text{ATP} + (\text{あ}) \rightarrow \text{ADP} + (\text{い})$$

問4 Fアクチンのプラス端およびマイナス端からは、Gアクチン-ATPとGアクチン-ADPのいずれが分離していくかを答えなさい。また、実験1および実験2に基づき、Gアクチン-ATPおよびGアクチン-ADPが脱重合していく速度の違いと、それぞれの速度のGアクチン-ATPのモル濃度(C)への依存性を答えなさい。

早大(理工)

出題例8

発生については、母性効果因子が北大(出題例9)で出題された。ディシェベルドによるカエルの背腹軸

の決定のしくみに関する実験、および、ビコイドによるショウジョウバエの前後軸の決定についても扱っており、新課程の内容を的確に問うた問題であった。今後、このタイプの出題が増加すると予想される。

動物の体はさまざまな細胞、組織、器官からなり、非常に複雑である。この複雑な体の形成は、たった1つの細胞である受精卵から始まる。両生類のカエルを例に受精とその後の発生をみていこう。カエルの精子は卵(図1A)の動物半球から卵細胞質に進入する。精子が入ると、卵細胞表面の表層部分がそれより内部の細胞質に対して約30度回転する。この回転とともに、卵の植物極表層に存在したディシェベルドとよばれる母性因子が図1Bのように移動する。この母性因子が移動した領域は将来背側となり、ここで初めて背腹軸が形成される。受精卵は(ア)によって細胞の数を増やし、桑葉胚を経て胚となる。胚期には背側に移動した母性因子の効果により、予定内胚領域の背側から腹側にかけてノードルとよばれるタンパク質の濃度勾配が生まれる(図1C)。この濃度勾配は、形成体を含む背側中胚葉の形成に重要な役割をもつ。(イ)期になると、予定中胚葉と予定内胚葉細胞が(ウ)より陥入し、胚内部へ移動する。(イ)期の終わりに外胚葉、中胚葉、内胚葉の3つの胚葉がそれぞれの位置に配置され、神経胚期、尾芽胚期にかけて、さまざまな組織や器官が形成される。組織や器官がつけられるのしくみを知るため、これまで多くの実験が行われてきた。以下に両生類を用いた背側中胚葉の形成に関する実験を述べる。

＜実験1＞ 胚から動物極を含む部分(図1D①)と植物極を含む部分(図1D②)を切り出し、その細胞塊をそれぞれ単独で培養した。その結果、図1D①は表皮様の外胚葉組織に、図1D②は内胚葉組織にそれぞれ分化した。この実験の結果から、図1D①の領域を予定外胚葉領域、図1D②の領域を予定内胚葉領域とよぶ。

＜実験2＞ 胚から予定外胚葉領域と予定内胚葉領域を切り出し、それぞれの胚腔側が接するように両者を重ね合わせて培養した。その結果、予定外胚葉は血球、脊索などの中胚葉組織に、予定内胚葉は内胚葉組織に分化した。

＜実験3＞ 胚の予定内胚葉領域における背側と腹側の領域を切り出し、それぞれに予定外胚葉領域の細胞塊と重ね合わせ培養した。その結果、背側の予定内胚葉と培養した予定外胚葉は脊索などの背側中胚葉組織に、腹側の予定内胚葉と培養した予定外胚葉は血球などの腹側中胚葉組織に分化した。

＜実験4＞ 実験2と同様の重ね合わせ実験を、次の操作を加えて行った。予定外胚葉と予定内胚葉の間に小さな孔のあいたフィルター、あるいは孔のないガラス板をはさみ培養した。フィルターをはさんだ培養片の予定外胚葉は血球、脊索などの中胚葉組織に、ガラス板をはさんだ培養片の予定外胚葉は外胚葉組織に分化した。

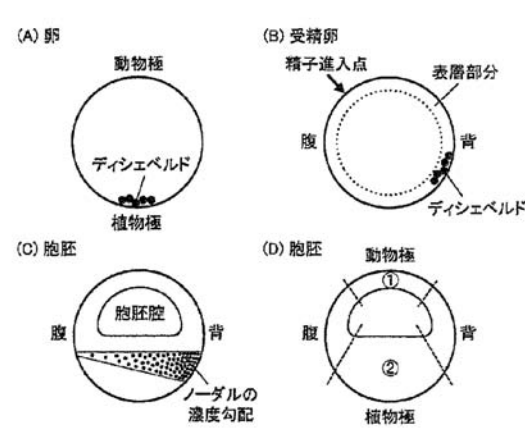


図1

問3 下線部c)に関して、次の文章はショウジョウバエにおける胚の前後軸形成について述べたものである。文中の(ア)～(イ)に適切な語句を入れよ。

ショウジョウバエの卵は、ピコイドとよばれる母性効果遺伝子の伝令RNA(mRNA)を前端部に蓄積する。受精後にこのmRNAからタンパク質が合成され、胚の前方から後方に濃度勾配をつくる。この濃度勾配が胚に前方の位置情報を与える。その後、位置情報にしたがって14の(ア)が区画化される。それぞれの(ア)に特有の形態をつくらせる調節遺伝子を(イ)遺伝子群とよぶ。(ロ)遺伝子の発現が異常になった胚は、頭部から脚がはえるなどの奇形をもつ個体となることがある。

問4 実験1と実験2の結果から、予定外胚葉が中胚葉組織に分化する条件を25字以内(句読点を含む)で説明せよ。

問5 実験1～実験4の結果から、予定外胚葉が脊索に分化するしくみを50字以内(句読点を含む)で説明せよ。

問6 下線部dについて、次の実験を行った。予定内胚葉域の腹側においてノーダルの濃度を背側と同程度に高くした。その結果、腹側においても脊索を含む背側中胚葉組織が形成された。実験1～実験4の結果に基づき、この実験で腹側に脊索が形成された理由を次のキーワードをそれぞれ1回使い、60字以内(句読点を含む)で述べよ。

キーワード: 予定内胚葉域 位置情報

北海道大

出題例9

細胞外分泌については、SNAREタンパク質を扱った問題が慶応大(看)(出題例10)で考察型の問題として、神経伝達物質の放出のしくみを知識で尋ねる問題が京都大で出題された。

(Ⅲ) 次の文章を読んで以下の設問に答えなさい。

ヒトのからだを構成する細胞が正常に機能するためには、①細胞を構成する多様なタンパク質が、それぞれあるべき場所に運ばれる必要がある。例えば、クエン酸回路を構成する酵素は細胞小器官である(ア)に運ばれるのに対して、インスリンは(イ)の細胞の外側に放出され、インスリン受容体はグリコーゲンの合成を促進するために(ウ)の細胞の細胞膜表面でインスリンのシグナルを受け取る。インスリンのような②分泌タンパク質は(エ)小胞体で合成され、ゴルジ体を経て、細胞膜の外側に放出される。この過程はエキソサイトーシスと呼ばれる。一方、エンドサイトーシスで細胞外から取り込まれた高分子などを分解するための細胞小器官である(オ)で働く分解酵素は、同様に(カ)小胞体で合成され、ゴルジ体を経て(キ)に輸送される。細胞内で輸送中のタンパク質は(ク)二重膜からなる小さな小胞の中に包まれ、細胞骨格に沿って移動していることが分かっていたが、小胞がどのようにして中身のタンパク質を正確に目的地に輸送できるのかは謎であった。2013年のノーベル生理学・医学賞は、このタンパク質の小胞輸送のメカニズムを解明したアメリカのシェクマン、ロスマンおよびスードフの3人に授与された。

1人目のシェクマンは、小胞輸送に必要な様々なタンパク質をコードする遺伝子を発見した。彼は、遺伝子の変異により小胞輸送が途中でうまくいかなかった③酵母の温度感受性変異株を多数取得した。これらの変異株の変異遺伝子を同定することで、異なる細胞小器官や細胞表面への輸送をコントロールしている多数の遺伝子が明らかになった。

2人目のロスマンは、④小胞が目的地の膜と融合する際の目印となる一連のタンパク質複合体を発見した。下記の図7に示すように、小胞の表面に存在するv-SNAREと総称される一連のタンパク質は、目的地の膜の表面に存在するt-SNAREと総称されるタンパク質のうち対応するものとのみ結合する。このv-SNAREとt-SNAREの結合により小胞の膜と目的地の膜の融合が引き起こされるので、それぞれ異なるv-SNAREを有する小胞は、対応するt-SNAREが存在する正しい場所で膜融合し、対応するt-SNAREが存在しない膜とは融合しないので、小胞中の積み荷分子を正しい目的地にのみ配達することができる。

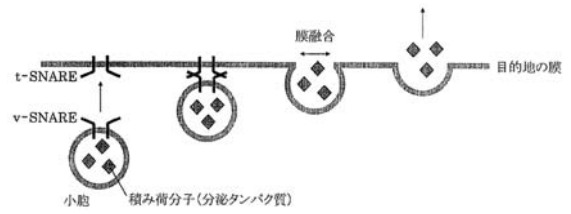


図7 SNAREタンパク質の相互作用を介した膜融合の模式図

慶応大(看)

出題例10

また、遺伝子発現の調節でヒストンの修飾が三重大(出題例11, 啓林館『生物』p.107)で、筋肉のトロポニン・トロポミオシンが京都大, 慶応大(看), 名古屋市立大で、細胞接着が九州大で、それぞれ知識問題として出題された。さらに、生態分野では、中規模攪乱説が早大(人間科学)(出題例12)で出題された。

(B) 多細胞の真核生物において、DNAはヒストンに巻きついてヌクレオソームを形成し、繊維状の染色体の構造をとる。遺伝子が発現するとき転写と翻訳が行われるが、ヒストンが修飾を受けてDNAとの結合が弱くなることで、DNAのプロモーター領域に転写の開始をつかさどる(オ)や(カ)が結合して転写を開始する。転写で得られたRNAは多細胞真核生物の遺伝子の構造上、スプライシングにより伝令RNA(mRNA)が生成され、翻訳されるためにリボソームに移る。翻訳はmRNAの遺伝暗号をアミノ酸に変換していくことであり、mRNAの特定の遺伝暗号と相補的に対応するアミノ酸をリボソームに運ぶ転移RNA(tRNA)がその役割をこなす。翻訳過程の最初のアミノ酸に対応するmRNAの「AUG」あるいはアミノ酸の連結を終える「UAA, UAG, UGA」の遺伝暗号はタンパク質の合成に重要な役割をはたす。

問4 下線部(C)について、どのような修飾を受けるかを記せ。

三重大

出題例11

問2

図6は、グレートバリアリーフの珊瑚礁で調査されたサンゴの坡度とサンゴの種数との関係である。▲は珊瑚礁外側斜面で、台風の高波やつねのある程度の波浪の影響を受けている。●は珊瑚礁内側の平坦地形の場所で、波浪は少ないほどサンゴの坡度は増加する傾向がある。点線はデータから想定された坡度と種数の関係を示した曲線である。次の設問(1)～(2)に答えなさい。

(1) 種多様性に関係するこの現象はどのような生物学的概念によって説明できるか。最も適切なものを①～⑤の中から1つ選びなさい。

- ① 生態的地位の分割説
- ② 中規模攪乱説
- ③ キーストーン捕食者による共存説
- ④ 相利共生による多様共存説
- ⑤ 競争の排除によるすみわけ説

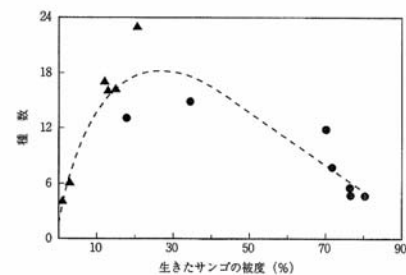


図6

早大(人間科学)

出題例12

新課程の教科書では扱いが少なくなった植物の組織、浸透圧が神戸大で、光-光合成曲線が早大(教)で出題された。そして、遺伝については、新課程の教科書では扱われなくなった伴性遺伝が愛知教育大(出題例13)で出題され、さらに岐阜大ではX染色体の不活性の内容が出題された。

キイロショウジョウバエの体細胞には8本の染色体があり、そのうち3対6本は雌雄で共通に見られ、常染色体という。一方、残りの2本は、雌では形が同じであるが、雄では2本のうち1本が雌と形が異なる。これら2本の染色体は性染色体と呼ばれ、雌雄で共通な染色体をX染色体、雄だけがもっている染色体をY染色体という。キイロショウジョウバエの常染色体の1組をAで表すと、雌の体細胞の染色体構成は2A+XX、雄は2A+XYとなる。これらの細胞が減数分裂した場合、卵はすべてA+Xとなり、精子はA+XとA+Yの2種類になる。したがって、X染色体をもつ精子と受精した卵は雌になり、Y染色体をもつ精子と受精した卵は雄になる。性染色体には、性の決定に関する遺伝子だけでなく、他の形質に関係する遺伝子も存在する。例えば、キイロショウジョウバエのX染色体にある黄体色遺伝子と野生型(正常)体色遺伝子は、たがいに対立遺伝子であり、黄体色遺伝子は野生型体色遺伝子に対して劣性である。Y染色体に、これらの対立遺伝子は存在しない。したがって、雌では、2本のX染色体がともに黄体色遺伝子を持たない限り、劣性形質である黄体色は現れない。一方、雄ではX染色体が1本なので、X染色体に含まれる遺伝子の形質は劣性であっても現れる。

問1 黄体色の雌と野生型体色の雄を交配すると、F₁では、雌はすべて野生型体色、雄はすべて黄体色になる。この両者を交配して得られるF₂の表現型の変異比を雌雄に分けて答えよ。

問2 野生型体色の雌と黄体色の雄を交配したところ、F₁は、雌雄ともにすべて野生型体色になった。この両者を交配して得られるF₂の表現型の変異比を雌雄に分けて答えよ。

問3 X染色体にある小翅遺伝子と野生型(正常)翅遺伝子は、たがいに対立遺伝子であり、小翅遺伝子は野生型翅遺伝子に対して劣性である。また、X染色体にある棒状眼遺伝子と野生型(正常)眼遺伝子は、たがいに対立遺伝子であり、棒状眼遺伝子は野生型眼遺伝子に対して優性である。これら4つの対立遺伝子はY染色体に存在しない。小翅で野生型眼の雌と野生型翅で棒状眼の雄を交配して得られたF₁の雄と雌をさらに交配して得られるF₂の表現型の変異比を数えた結果、翅と眼がともに野生型が157個体、小翅で野生型眼が592個体、野生型翅で棒状眼が608個体、小翅で棒状眼が143個体得られた。小翅遺伝子と棒状眼遺伝子の間の組換え価を求めよ。

愛知教育大

出題例13

(3) 学習対策(指導上のポイント)

新課程になって、これまでは一部の難関大学で考察問題として出題されてきた高度な内容が、教科書に記載されるようになったことで、中堅大学でもその一部(用語など)が知識問題として出題されるようになった。しかし、高度な発展的内容からの出題は量的には少なく、やはり重要なのは基本的な内容をきちんと理解させることであると思われる。また、発展的内容については、どの内容をどこまで扱うかが重要になる。特に遺伝子分野では、近年の入試問題を十分に分析して指導内容を吟味し、入試によく出題される内容を重

点に指導し、出題されない内容についてはあまり深入りしすぎないようにしたい。

また、新課程の教科書では扱いが少なくなった「植物の組織」や「浸透圧」は、今年度の入試ではほとんど出題されておらず、今後も出題されないと考えられる。しかし、遺伝については、新課程の啓林館以外の教科書では扱われていない「伴性遺伝」などが昨年並みに出題されており、これまで通り出題されることが考えられるので、十分な対策が必要であろう(啓林館『生物』p.148, 149)。

このように、学習する分量が多く、内容も深いため、指導には多くの時間が必要となる。これを4単位という限られた時間内で指導するとすると、ややもすれば、知識の羅列になりかねない。そのため、教科書に記載された内容をどの程度まで教えるかを吟味する必要があるだろう。そして、ある特定の分野に時間をかけすぎることなく、全分野をバランスよく扱うことが重要となるだろう。

入試の鍵となるのは考察問題と論述問題である。考察問題では、まず、じっくり考えさせて解かせ、そのもとで問題を解くのに必要な知識や、与えられた図や表の解釈の仕方などをきちんと解説するようにしたい。論述問題は、添削指導を通して生徒の書いた答案に対し、どこがどのように誤っているのかを的確に指導するようにしたい。論述問題は大きく得点差がつくところであるので、その十分な対策が不可欠である。

榊原 隆人(さかきばら・たかひと)

授業では、高卒生・高3生のセンター講座からハイレベル講座、および医進クラスを担当する。教材では、生物基礎センター試験対策テキスト(夏期・冬期講習、大学受験科通年テキスト)、高1・2 夏期・冬期講習テキスト、および生物記述論述添削の作成を担当する。また、模試では、生物基礎全統マーク模試および全統記述模試の作成チームを務め、名大入試オープンの作題も担当している。著書:「生物基礎 早わかり一問一答」(中経出版)、「2016 センター試験対策問題パック生物基礎」(河合出版・共著)

大学入試 分析と対策

地学

私立灘高等学校・中学校
地学科教諭 野村 敏郎

センター試験「地学基礎」

(1) 全体の傾向

内容・形式とも、事前の予想を大きく外して驚かされた。あえていうなら、難易度の点で今年の「地学Ⅰ」を踏襲したともいえ、全体として難しかった。計算と図の読み取りは、慣れていないと時間を割かれた。知識問題は難易度が普通でも、組み合わせにより、正解に達するには広い範囲で正確な知識が同時に要求された。また深く考えさせる問題が多くなり、この点でも時間の不足を感じた受験生が多い。分野は「固体地球、変動、地史」が配点の46%を占め、「大気と海洋」が32%、「宇宙」が22%であった。この配分が来年も続くのかは何ともいえないが、追試験は少なくとも同じ配分であったようだ。また、出題方式や難易度で、他教科とのアンバランスに不公平感を感じた受験生が多い。

(2) 設問別分析

第1問

- A：広い範囲の知識が要求され、「地学基礎」の範疇かと疑問を感じるものもあった。
- B：バージェス動物群に関する深い知識だけでなく、ほかの時代の示準化石や全球凍結なども問われている。

—A—

問1は結局、4つの惑星の水について問われている。また誤りの選択肢が絶妙である。前半は正しい記述でも結論が違っていたり、惑星本体と衛星の様子がすり替えてあったりで、中途半端なうろ覚えの知識では必ず迷ってしまう（出題例1）。

第1問 地球の活動と生物の進化に関する次の問い(A・B)に答えよ。(配点 23)

A 惑星の水と地震・火山現象に関する次の問い(問1～4)に答えよ。

問1 惑星における水に関する文として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 金星の表面温度は温室効果により約500℃になるので、水はすべて蒸発して水蒸気となり、大気の主成分として存在している。

- ② 木星は太陽系最大の惑星であり、水の氷からなる厚い層に覆われていて、表面にはいく筋もの縞模様やひび割れが見られる。
- ③ 火星は大気をとどめておくことができるが、太陽からの距離が離れているため、その表面に液体の水が存在したことがない。
- ④ 地球では、大気中にあった水蒸気が凝結して大量の雨が降ったことにより、その表面に原始の海が形成された。

出題例1

問3は海溝型地震と津波の発生の仕組みを問うだけでなく、震源域の面積を図から読み取らせている（出題例2、啓林館『地学基礎』p.36）。ほとんどの受験生が未経験で戸惑ったであろう。しかも図には「余震を含む」地震の震央分布が示してあり、日本海にある「余震でない」震央まで入れてしまうと、誤った面積である30万km²を選んでしまう。また三宅島、猪苗代湖、十和田湖は震央の○印と紛らわしく、見間違えた受験生がいたかもしれない。

問3 次の文章中の ～ に入れる語句と数値の組合せとして最も適当なものを、次ページの①～④のうちから一つ選べ。

東北沖では、 プレートとその下に沈み込むプレートとの間に、断層のずれを引き起こす力が徐々に蓄積され、ある限界に達すると、断層が急激にずれて、地震が発生する。2011年東北地方太平洋沖地震は、このような原因で発生した地震である。次の図1は、この地震の直後1日間に発生した余震を含む地震の震央分布であり、ずれ動いた断層(震源域)を地表に投影した領域の面積は、約 km²であったことがわかる。この地震の際、 によって海水が上下方向に変動し、巨大な津波が発生した。



図1 東北地方太平洋沖地震発生後1日間のマグニチュード4.5以上の余震を含む地震の震央分布
○印は各地震の震央を示す。

出題例2

問4は震源位置を決定する作図問題であった（出題例3，啓林館『地学基礎』p.43）。新傾向というだけでなく，通常は観測点3地点に囲まれた場所に震央がある場合を練習するが，それを三角形の外に震央を設定した問題にした点でも極めて斬新で評価される。

問4 震源が地表付近にあるとき，初期微動継続時間 T (秒)と震央距離 D (km)には， k を定数として $D = kT$ という公式が成り立つ。震源が地表付近のある地震のP波到着時刻とS波到着時刻は，次の表1のとおりであった。この地震の震央は，下の図2のどの領域に含まれるか。最も適当なものを，下の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし， $k = 7$ km/秒とする。 4

表1 観測地点A～CでのP波とS波の到着時刻

地点	P波到着時刻	S波到着時刻
A	1時10分50秒	1時10分53秒
B	1時10分53秒	1時10分58秒
C	1時10分57秒	1時11分05秒

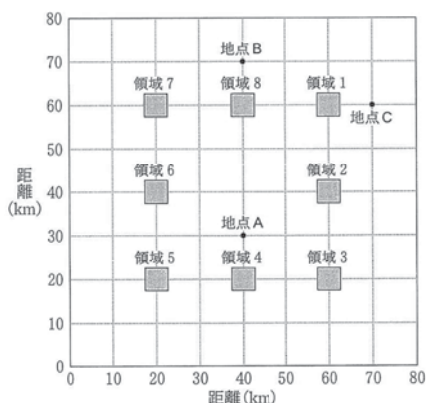


図2 領域1～8と観測地点A～Cを示す平面図

- ① 領域1
- ② 領域2
- ③ 領域3
- ④ 領域4
- ⑤ 領域5
- ⑥ 領域6
- ⑦ 領域7
- ⑧ 領域8

出題例3

しかし，この問題には意外な落とし穴が潜んでいた。P波とS波の到着時刻の差からそれぞれの地点の初期微動継続時間（P S時間）をA：3秒，B：5秒，C：8秒と求め，問題文にある大森公式で震源距離をそれぞれA：21 km，B：35 km，C：56 kmと計算し，作図すると図のようになる（解答例1）。何と求められた震央が，震源距離を半径とする円の外に出てしまうのである！ これは「震央距離 > 震源距離」を意味し，あり得ない事態である。

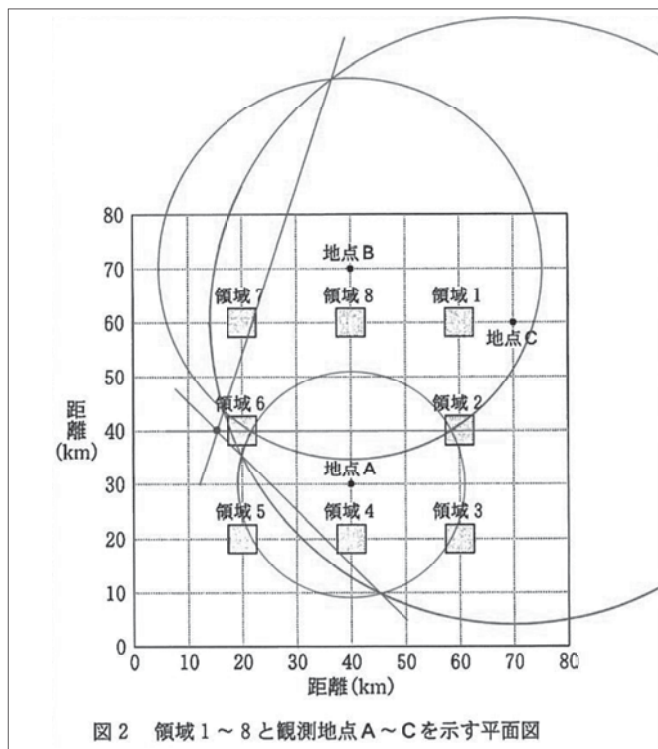


図2 領域1～8と観測地点A～Cを示す平面図

解答例1

実はP波とS波の到着時刻が1秒の精度で書かれていることに原因がある。±0.5秒の誤差は，時刻の差を取ったP S時間では±1.0秒に拡大し，求めた各震源距離は±7 kmの誤差を含んでいたのである。図の方眼1目盛り近い誤差を考えれば，正解が領域6にあると見えてくる。あるいは問題文の1行目にさりげなく書かれている「震源が地表付近にある」に思い当たれば，作図が「3つの円が1点で交わる場合」になるはずと気づき，1点で交わらなくとも3つの円周が最も接近している領域6を選べるだろう。

もちろんセンター試験ではコンパスや定規の使用は認められていないので，上記のような正確な作図はできない。したがって，出題者が期待したのはフリーハンドで概略の円を描き，その先は深く考えずに円周が最も接近している領域6を選ぶことだったのだろうか？フリーハンドでもきっちりと作図ができ，正規の方法で震央位置を求めてしまった受験生には「震央距離 > 震源距離」の矛盾が待っている。これも矛盾と気づかずに，求めた震央が一番近いからの理由で領域6を選べば，それはそれでOKである。しかし「震央距離 > 震源距離」の意味するところに気づいた優秀な受験生は，さらに観測誤差の問題点にまで気づき，求められた震央の位置も，震央距離も震源距離も，誤差を含んでいることに気づかなければ，安心してこの問題を終了できない。越えるべきハードルが高いのではないだろうか。優秀な受験生の多くはかなりの時間

をここで費やし、不安を残したまま次に行かざるを得なかったと推測する。

深く考えない受験生が短時間でスルーでき、優秀な受験生が時間を取られ、特に優秀な受験生が問題の妙に感心する。また、「物理基礎」や「化学基礎」の出題で、実験を行った設定での計測値に誤差が含まれるという問題であったなら、評価もいささか変わったであろう。

—B—

問5は古生代カンブリア紀のバージェス動物群についての出題ではあるが、単にアノマロカリス、ピカイア、オパビニアの名前を知っていれば良いというものではない。ピカリアとピカイアのように非常によく似た名前が出されているが、ほかの地質時代の示準化石にも通じていなければならない。また、三葉虫は啓林館『地学基礎』p.85のバージェスの写真にも大きく取り上げているように、バージェス動物群に属している(出題例4)。

問6も単に「かたい殻をもつものが多く」というバージェス動物群の性質を知っているだけではだめで、生物の上陸した時期や全球凍結など全地球史に明るくないと自信を持って答えられなくしてある(出題例4)。

B 生物の進化と地層に関する次の文章を読み、下の問い(問5～7)に答えよ。

カンブリア紀には、無脊椎動物が突如多様化したことが化石記録からわかる。このできごとはカンブリア爆発とよばれ、バージェス動物群はそのよく知られた例である。

問5 バージェス動物群の化石の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

① アノマロカリス、ストロマトライト、ピカリア
 ② ピカイア、ヌムリテス、モノテス
 ③ 三葉虫、アノマロカリス、オパビニア
 ④ オパビニア、デスマスチルス、ウミニユ

問6 バージェス動物群化石の特徴として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

① 海洋だけでなく陸上にも生息していた。
 ② かたい殻をもつものが多くあらわれた。
 ③ 超大陸パンゲアの分裂に伴って生息域が拡大した。
 ④ 全球(全地球)凍結の影響で絶滅した。

出題例4

問7の地質断面図の問題は平易であった。各岩石の生成順は容易に判断が付き、代表的な示準化石の時代と、カンブリア紀の絶対年代を知っていれば、正解できた(出題例5、啓林館『地学基礎』p.107)。

問7 次の図3は、ある場所で観察される地層の断面を示したものである。地層aは約10億年前の年代を示す片麻岩であり、地層cからはフズリナ(紡錘虫)、地層eからはアンモナイト、地層gからはマンモスが産出する。この図の中で、バージェス動物群化石が見つかる可能性のある地層として最も適当なものを、下の①～⑦のうちから一つ選べ。

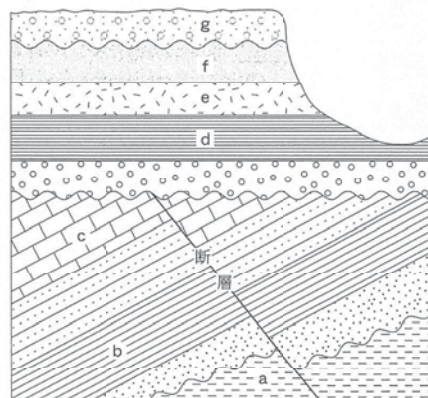


図3 ある場所で観察される地層の断面図
 地層境界の波線は不整合面を示す。

- ① a ② b ③ c ④ d ⑤ e ⑥ f ⑦ g

出題例5

第2問

A：大気と海洋に関する出題であったが、問2、問3については地学教師間で議論になった。

B：新課程に沿った日本の自然環境に関する出題であった。内容は平易であったが、3項目の正誤の組み合わせで答えるので選択肢は8個。1項目でも間違えると点を失う。

—A—

問1は水の循環システムを正しく理解できていたら容易であった(出題例6)。

第2問 大気と海洋、日本の自然環境に関する次の問い(A・B)に答えよ。

(配点 16)

A 大気と海洋の構造や地球上の水や物質の循環に関する次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。

(a)海では深くなるほど水温が低くなっているのに対し、大気の大気圏では上空に行くほど気温は低くなっており、海洋と大気はそれぞれの温度の高い部分で接している。両者の接している海面での総蒸発量は総降水量より 、陸域 になっており、海面での総蒸発量と総降水量の差は 量とつり合っていて、地球上の水や物質の循環と密接に関連している。地球上の水や物質の循環は我々に恩恵をもたらしているが、(b)人間活動が自然環境を変えている事態も増えてきており、排気ガスなどによる大気汚染の影響は、都市域などの限られた地域だけにとどまらなくなっている。

問1 上の文章中の ～ に入れる語句の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

	ア	イ	ウ
①	少なく	でも同様	河川や地下水による水の輸送
②	少なく	でも同様	湖沼や水河による水の貯留
③	少なく	ではその反対	河川や地下水による水の輸送
④	少なく	ではその反対	湖沼や水河による水の貯留
⑤	多く	でも同様	河川や地下水による水の輸送
⑥	多く	でも同様	湖沼や水河による水の貯留
⑦	多く	ではその反対	河川や地下水による水の輸送
⑧	多く	ではその反対	湖沼や水河による水の貯留

出題例6

問2は大気と海洋の高度・深度に対する温度勾配を一緒に扱ったとして、一部で問題視する意見もあったが、私はその点は構わないと思う。むしろ「大気の安定・不安定」が「地学基礎」で扱えなくなったにもかかわらず、aで「冷たい空気が、暖かい空気の上に乗っている状態が安定的に存在しうる」の正誤を問うた。しかも「高度が高くなるほど気圧が低くなっているの」がその直接の原因かどうか判断しなくてはならない。教科書によっては「発展」で安定の場合の気温減率の値の例を習っているかもしれないが、同じ圧力のもとでは密度の大きいはずの冷たい空気が、密度の小さい暖かい空気の上に乗っている。そのことを可能にしているのは、高度による圧力の違いが原因であると、仕組みを正しく理解していることを「地学基礎」の履修者に要求するのは酷ではないだろうか。また、次の問3の問題文によって誤誘導された受験生もいて、問2は正答率が異常に低かったと考えられる（出題例7）。

問2 前ページの下線部(a)に関連して、大気と海洋の構造について述べた次の文 a～c の正誤の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。

- a 高度が高くなるほど気圧が低くなっているの、冷たい空気が、暖かい空気の上に乗っている状態が安定的に存在しうる。
- b 対流圏における高度に対する気温の低下率、および海洋における深度に対する水温の低下率はそれぞれほぼ一定である。
- c 低緯度の海洋表層では継続的に熱が加えられているにもかかわらず深層で水温が低くなっているのは、高緯度で作られた冷水が運ばれてくるからである。

	a	b	c
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

出題例7

問3の問題文「暖かい空気のほうが冷たい空気より軽いという性質」が前問の誤誘導になったことは既に述べた。もちろん、この性質は正しいのである。正しいのではあるが、「同じ圧力のもとで」という大前提は書かれていない（出題例8）。

問3 次の文 a～d のうち、暖かい空気のほうが冷たい空気よりも軽いという性質によって生じる大気の構造や動きについて述べた文の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。

- a 台風は強い上昇気流を伴っている。
- b 曇天日の1日の中での温度差は、晴天日にくらべて小さいことが多い。
- c 海岸の近くでは、天気の良い昼間に、海から陸に向かって風が吹く。
- d 成層圏では上空に行くほど温度が高い。

- ① aとb ② aとc ③ aとd
- ④ bとc ⑤ bとd ⑥ cとd

出題例8

また、この問題でも上記の性質が「直接の原因」となって生じる大気の構造や動きか、が重要である。aとcがまさにこの性質によって生じる現象とすぐわかるし、bは現象のどこにも空気の密度が絡んでいないことは明白である。しかし問題はdである。

d 成層圏では上空に行くほど温度が高い。

もちろん原因はオゾン層などによる紫外線の吸収。つまり熱源が上にあることが直接の原因である。しかしこの状態が成立している背景には、上記の性質も原因の一つとして絡んでいる。つまり、もし暖かい空気のほうが冷たい空気より重かったら、上空ほど温度が高い状態が維持できない可能性が高くなる。(100%と言えないのは、先ほどの静水圧的安定がありうるからで、その点は前問と同様である。)これは国語的読解力を試される問題である。正しく問題文を理解し、直接の原因になっているか考えた上で、dは除外しなければならないのである。論理的思考も試される。とは言え、正しい2つの組み合わせを選ぶ形式であるからaとcが結局選ばれると思うが、dの可能性を慎重に検討する時間が割かれるのは間違いない。

問4は人間活動の影響と考えられる地球温暖化・オゾンホール・酸性雨と、自然現象と考えられるエルニーニョ現象とを対比させた、面白い問題である。簡単に正解の④を選べるが、我々がエルニーニョ現象を教えるとき、つつい海面水温の変化と貿易風との関係にばかり力が入り、降水分布の変化といったことにまで説明がいかないことも多い。もっと違った形式で出題されていたら、失点を招いたかもしれない（出題例9）。

問 4 48 ページの下線部(b)に関連して、人間活動の影響ではなく、自然現象であると考えられている現象を記述した文として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 [11]

- ① 1900 年代の半ば以降、地球全体の平均気温はそれまでに比べて急激な上昇を示しており、氷河の後退や海面の上昇が起こっている。
- ② 近年、南極上空でオゾン濃度の著しく低い部分が生じ、地上に到達する紫外線が増加している。
- ③ 窒素酸化物などが溶け込んだ酸性度の高い雨が降ることによって、世界各地の植生や建造物に大きな影響を与えている。
- ④ 太平洋赤道域の東寄りの海域で、数年に一度海面水温が高くなり、それに対応して降雨の分布が変化するという現象が起こっている。

出題例 9

—B—

問 5 は日本の自然環境に関して、a 水力発電と b 地熱発電、c 海底熱水鉱床に関する正誤を問うた問題であった。易しかったと評する向きが多いが、このような形式の問題はたった 1 問でも間違えると灰燼に帰す。細かい記述の隅々まで油断なく検討する慎重さが必要である。例えば、b の記述が「蒸気や熱水として取り出し」でなく「蒸気や温泉水として取り出し」となっていたら、受験生はちゃんと「誤」と判断できたであろうか？ 冷や汗ものである (出題例 10)。

B 日本の自然環境がもたらす恵みに関する次の問い(問 5)に答えよ。

問 5 日本は豊かな自然をもち、私たちは豊富な水、温泉、地下資源などの恩恵を受けている。この自然からの恵みについて述べた次の文 a～c の正誤の組合せとして最も適当なものを、下の①～③のうちから一つ選べ。 [12]

- a 日本列島は収束境界に位置する造山帯であり、その気候が温暖湿潤であるため、急傾斜で流量の多い河川が数多く存在し、水力発電に利用されている。
- b 火山の周辺では、マグマの影響により地下浅部まで高温であり、この熱エネルギーを蒸気や熱水として取り出し、地熱発電が行われている。
- c 日本周辺の海底では、火山活動に伴って熱水が噴出しており、この熱水に含まれる有用成分が沈殿したものは、化石燃料として利用されている。

	a	b	c
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

出題例 10

第 3 問

太陽の黒点とスペクトルが出題された。探究活動 (啓

林館『地学基礎』p.197) からの出題として注目される。図の読み取りと計算、それとスペクトルに関する広い知識が問われた。

問 1 は緯度の異なる 2 つの黒点が描かれた図を見たとき、「緯度ごとの自転周期を求める問題か？」と色めき立ったが、違っていた。どちらも同じ低緯度として単一の自転周期を求める問題であった。そして緯度による自転周期の違いは知識として訊いてきた。また、見かけの自転周期と真の自転周期の関係も訊くかと期待したら、これもなく、見事に肩透かしをくらった感じがした (出題例 11)。

第 3 問 太陽の観察に関する次の文章を読み、下の問い(問 1～3)に答えよ。(配点 11)

さまざまな観察によって太陽を多角的に調べることができる。次の図 1 の左図は、ある日の太陽表面のスケッチであり、右図は同様に 6 日後の同時刻に得たスケッチである。図 1 には 10° おきに経線と緯線が記してある。このスケッチから低緯度では見かけの自転周期は [ア] 日であり、これは高緯度での自転周期より [イ] ことがわかる。分光器を用いると、下の図 2 に示すような太陽光のスペクトルを観察することができ、詳しく調べると、太陽に存在する元素の種類と存在量を知ることができる。

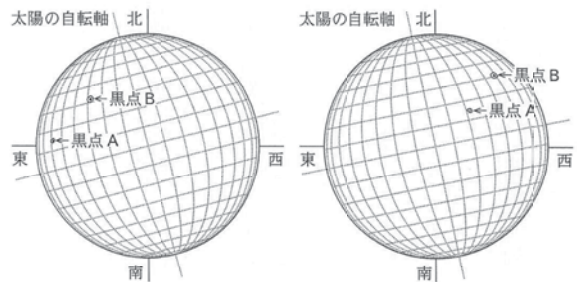


図 1 太陽黒点のスケッチ
各図の東西南北は天球面上における方向を示す。

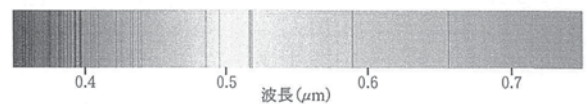


図 2 太陽光のスペクトル

出題例 11

図には 10 度ごとに経線が記入されており、6 日間に 80 度自転したのは明らかで、当然 27 日の自転周期が出てくる。もちろん知識として 27 日を覚えていても OK である (出題例 12, 啓林館『地学基礎』p.167)。

問 1 前ページの文章中の [ア] ・ [イ] に入れる数値と語の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 [13]

	ア	イ
①	8	短い
②	8	長い
③	14	短い
④	14	長い
⑤	27	短い
⑥	27	長い

問2 前ページの図1のスケッチでかかれた黒点Aは緯度方向に約2°の広がりをもっている。このことから黒点Aは地球の直径のおよそ何倍であるか。太陽の直径は地球の約100倍であることを考えて、最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 倍

- ① $\frac{1}{200}$ ② $\frac{1}{20}$ ③ 2 ④ 20 ⑤ 200

出題例12

問2はこれも極めて易しい計算問題であった。

問3は太陽光のスペクトルと太陽に存在する元素について問われたが、例によって広い知識に関わる問題にしてある(出題例13)。とはいえ、誤っているものを1つ選ぶ問題であるから、暗線のできる仕組みを正しく理解していれば、問題なく④と正解する。

問3 52ページの文章中の下線部に関連して、太陽光のスペクトルとそれからわかる元素について述べた文として誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 太陽光のスペクトルから、水素、ヘリウムに加えて、ビッグバン直後の宇宙に存在しなかった元素も太陽には存在することがわかる。
 ② スペクトルの波長の短い方から長い方までなめらかに連続した光の帯状の部分は連続スペクトルとよばれる。
 ③ 太陽は全質量の70%以上が水素で占められており、その水素の核融合反応でエネルギーを生成している。
 ④ 太陽光のスペクトルに見られる暗線は、これに対応する元素が太陽にないことを示している。

出題例13

ちょっとドキッとしたのは③で、太陽で水素の占める割合を質量で70%と書いてきたことである。教科書などでよくある表は原子の個数で書かれていて(出典によるのであろうが)、約90%を水素が占めている。もしこの辺りを突かれていたら、引っかけた受験生は多くいたことだろう。

(3) 学習対策

まずは教科書に帰れと言いたい。参考書や問題集、過去問よりも教科書! 教科書では要約された少ない文章の中に、原因があり、結果がある。因果関係のストーリーが詰め込まれている。それを隅々まで読み込み、深く考える。ただ覚えるのではなく、考えてみる。例えば、違った結論をくっつけてみる。それはなぜ問

違いだとわかるのか? 例えば、異なる分野で出てきた同じキーワードを関連づけてみる。広い範囲で何が言えるのか? そういった深く掘り下げる読み方で教科書に帰っていただきたい。

それと教科書にある発展や探究活動は大切にしてほしい。探究活動はとにかくやってみてほしい。やってみなければわからないことはいっぱいある。

また、高得点を目指す人にあえて教科書以外で何かを挙げるとすれば、地学オリンピックの一次選抜試験問題や気象予報士試験の学科・予報に関する一般知識問題であろうか。どちらも関係団体のホームページで公開されているので参考にされるとよい。ただし、前者は出題範囲が高校「地学基礎」に準拠しているが、後者は当然ながら、はるかに高度な内容となっている。しかし、出題方式の参考にはなる。

長年にわたる膨大な量の過去問に頼った反復練習の時代は終わり、地学の学習対策は「深く!」の時代になったと思う。

野村 敏郎 (のむら・としろう)

授業は地学基礎と中学理科の地学分野を担当。早稲田大学理工学部資源工学科大学院修士卒。NPO 法人東亜天文学会総務担当理事。アマチュア天文家。1989～1994年に新小惑星を13個発見。No.4106に「Nada」と命名。ほかの趣味は養蜂、砂金掘り、漂着コハク拾いなど多数。ホームページ「野村先生の砂金教室」(<http://www.geocities.co.jp/Outdoors-Mountain/6557/>)

MEMO

A series of horizontal dotted lines for writing.

