

平成23年度

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

- ◎ **物 理**..... 2  
学校法人 河合塾 物理科講師 寺田正春
- ◎ **化 学**.....14  
学校法人 河合塾 化学科講師 高橋茂幸
- ◎ **生 物**.....27  
学校法人 河合塾 生物科講師 榊原隆人

林 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/kori/index.htm>

# 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 I

### (1) 総括

大問数は4題のままでマーク数は1個減少して24個になった。組合せ選択の問題が増加したが、二次試験的な計算問題が減少し、総じて分かりやすい設定の問題だったので2010年に比して取り組みやすくなった。大学入試センター発表の平均点は64.08点で2010年(54.0点)に比べてほぼ10点増となった。全体としてよく練られた問題であるが、電気分野で二次試験的な要素が含まれるため物理Ⅱを学習した受験生や応用的な問題集をやりこなし受験生は高得点であったと思われる。

### (2) 設問別分析

#### 第1問 (小問集合)

小問でも立式計算は必要!

問1は固定端反射の作図であるが、丁寧に作図しないと終わらぬミスをする。固定端および自由端での波の反射の作図は生徒に習熟させておきたい(啓林館「物理 I 改訂版」p.198 図14)。

問1 右端が固定端である媒質に左から図1のような形の波を送った。このとき、右端の固定端で反射された波の形はどうなるか。最も適当なものを、下の①~④のうちから一つ選べ。  1

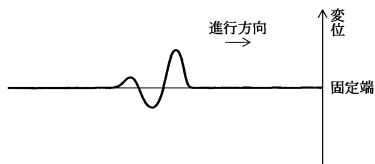


図 1

出題例1

問2は微妙なグラフが選択肢にあるので、力学的

エネルギー保存則を適用して  $\theta = 90^\circ$  での速さを計算する必要がある。問3の正負の静電気の判定実験は教科書にもある(啓林館「物理 I 改訂版」p.16 実験1)。問4は屈折の法則に基づいて計算すればいいが、教科書には音速が変化する媒質中における音波の屈折の様子が図示されている(啓林館「物理 I 改訂版」p.218 図6, 7)。問5の剛体のつり合いは力のモーメントの計算で  $\sin \theta$  と  $\cos \theta$  のミスをしえないこと。

問5 長さ  $L$ 、質量  $m$  の一様な棒の一端を天井に取り付け、他端にはばね定数  $k$  のばねをつないだ。ある力でばねを横に引くと、図5のように棒と鉛直方向とのなす角が  $\theta$  となり、ばねは水平になって静止した。このとき、ばねは自然の長さからどれだけ伸びているか。正しいものを、下の①~④のうちから一つ選べ。ただし、天井と棒、棒とばねは自由に回転できるようにつながれており、棒とばねは鉛直面内にあるとする。また、ばねの質量は無視できるものとし、重力加速度の大きさを  $g$  とする。  5

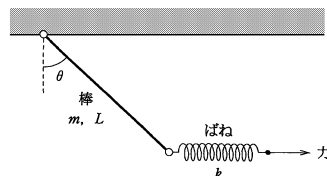


図 5

出題例2

問6はさまざまな物理量の定義や関係式を正しく把握しているかが問われている。基本的ではあるが良問といえる。

#### 第2問 (生活と電気)

電気は計算重視で二次試験レベル、磁気は電磁誘導の定性問題!

問1, 問2は教科書では扱わない非線形抵抗を扱っている。特に、問2は問題集などでグラフの処理の仕方に慣れておかないと戸惑うであろう。

問3は電磁誘導の典型的問題。また、問4の渦電流は教科書にある（啓林館「物理 I 改訂版」p.33〈やってみよう〉渦電流の効果）。

問 4 図 5 および図 6 のように、水平な絶縁体の板に置かれた 1 円玉の真上に、N 極を上にして磁石を静止させ、そのあと磁石を鉛直方向にすばやく引き上げた。下の文章中の空欄  ～  に入れる記号、語句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。

図 5 (真横から見た図) 図 6

出題例3

第3問（波動）

凹レンズの基本とオーソドックスな音波の干渉！

問 1 は凹レンズの一般的な特徴に関する基本問題。凹レンズの性質を利用した近視眼の矯正に関する問2は教科書にも類問がある（啓林館「物理 I 改訂版」p.249 問6）。

問 2 人間の目に関する次の文章中の空欄  ・  に入れる語句の組合せとして最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。

人間の目では、図 1 で示されているように、角膜から水晶体までの部分が一つの凸レンズのはたらきをして、物体の実像が網膜上に作られる。このレンズの焦点距離は、見ている物体までの距離が変わっても網膜上に像ができるように調節される。たとえば、物体までの距離が大きくなると焦点距離は  なるように調節される。

遠くの物体を見ようとするとき、焦点距離を十分  できない場合は、物体の実像は網膜より  にでき、網膜上の物体の像は不鮮明になる。この状態は凹レンズのめがね、またはコンタクトレンズで矯正できる。

図 1

出題例4

問3は圧力変化のグラフから周期を見つけるのが目新しい。教科書には圧力変化ではなく、密度変化として説明されている（啓林館「物理 I 改訂版」p.216 〈参考〉）。

問 3 振動数  $f_0$  の音波を  $S_1$  だけから発生させた。このとき図 2 の P 点での音波による空気の圧力変化を表したグラフが図 3 である。この音波の波長  $\lambda$  の値として最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。  m

図 3

出題例5

問5は波長がはじめの半分になることが分かれば、後は干渉の基本的問題といえる。

第4問（運動とエネルギー）

連結ばねとおもり、連結2物体の運動、気体の法則、どれも洞察力と計算力が必要！

問1ではね  $S_1$  は2個のおもりを吊り下げていることが見抜ければ簡単に計算できる。問2の力学的エネルギー保存則は計算ミスに注意。問3は結局は力のつり合いになる。問4は物体 A が物体 B よりひと足早く静止することに気づかなくてはいけない。問5は定圧変化になる。問6は円筒内の空気の圧力が  $P_0 - \rho gh$  になることと、力のつり合いで大気圧を忘れないことに注意。

問 6 次に、図 5 のように円筒を鉛直に保ったまま引き上げると、円筒内の水面は外部の水面から  $h$  の高さまで上がった。このとき、手が円筒を上向きに支えている力の大きさを表す式として正しいものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。

図 5

出題例6

### (3) 学習対策

公式や法則を覚えるだけでなく、教科書を精読して公式や法則を説明する現象や事例を見ておくことが必要である。教科書に掲載されている「やってみよう」「参考」「話題」「発展」なども見ておくように指導したい。また、渦電流に関連した誘導モータの原理や本年第3問・問2の凹レンズと水晶体（凸レンズ）のような組み合わせレンズの例として、顕微鏡や望遠鏡（ガリレイ型、ケプラー型）の原理にも触れておきたい（啓林館「物理 I 改訂版」p.250〈参考〉）。できれば探究活動や実験などを実施してもらいたいが、それらを実施できる時間の余裕がない場合は、それらの内容や結果・考察などをプリント配布してそれらの意義を理解させるという手段が考えられる。いろいろな分野の問題を60分で片付けるためには、問題の状況に応じて頭の切り替えを迅速にする必要がある。そのために問題演習の重要性は言うまでもない。教科書の問、例題、章末問題は全部解くように指導したい。さらに、昨今の傾向の二次試験的な問題に対しては、できるだけ最新の実戦形式の問題集を1冊仕上げればよい。また、解答がほぼ決まっているような類型的な問題に出くわした場合は、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、与図および問題文をよく見読してから解答するようにも指導したい。一部の物理Ⅱの内容（放物運動、単振動、非直線抵抗、キルヒホッフの法則、ホイートストーンブリッジ）に関しては深入りしない程度に、シンプルな例題や共通一次からの過去問も含めて紹介しておくのがよいであろう。

最後に、模擬試験は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だせるように作成されているので、積極的に活用してほしい。

## 2. センター試験 理科総合 A

### (1) 総括

大問数は5題から4題に減少したが、全体のマーク数は26個で変化はなかった。理科総合 A は、物理Ⅰ、Ⅱのように現象を定量化、数量化することが

主眼ではなく、エネルギー保存のような基本的な概念に基づいて、自然に対する科学的な見方や考え方を養うのが狙いである。大方の問題はこの趣旨に沿っているが、物理の性格上どうしても数式は出てくる。力学的エネルギー保存則、仕事率、熱量計算、電力などの計算は必出である。物理関係の数式は全設問数の23%ほど（5～6個）になる。それほど込み入った計算ではないので、本年の第2問の問1c、問3、問4、さらに、第4問の問3、問4、問5レベルができる程度の数式運用能力を身につけさせたい。また、力のつり合い、作用と反作用、力と運動、自然界におけるエネルギーの変換などは、計算は必要ないが、物理的な内容を理解しておかないと合格点に達するにはおぼつかない。生徒には具体的な例をあげて、丁寧に解説してこれらの内容を周知徹底させておく必要がある。

### (2) 学習対策

身の回りのいろいろな事柄が出題されるので、教科書を精読し、生活に必要な道具・装置と物理の関連を理解しておくことが必要である。また、計算問題は必ず出題されると考えてよい。問題自体は難しくはないが、公式にあてはめるだけという単純なレベルではなく、与えられたグラフや状況をもとに計算するように考えられている。具体的な対策としては、過去問を理解できるまで徹底的にやりこなし、さらに問題の読解力と計算力を養うためにも教科書の例題以外に理科総合 A の問題集1冊を仕上げるように指導したい。

## 3. 一般入試（二次・私大）

### (1) 全体の分析

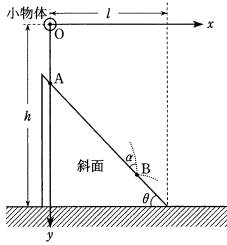
出題分野に関しては、『力学・電磁気（物理Ⅱ）に加えて熱とエネルギー・波動（物理Ⅰ）』の出題が大勢を占める。選択分野（物質と原子・原子と原子核）を出題する大学は、物質と原子（主に熱力学）の出題が主で、原子と原子核を出題する大学はきわめて少数であった。一方、問題の難易に関しては、おおむね昨年と変化はないように思える。また、神戸大のように、『文中に与えられた物理量の他に解



斜面と物体との斜め衝突，その後は放物運動という複合的な設問も目立った（出題例9）。

〔I〕 次の文章を読み，の中に数式を，の中には数値を入れ，の中から最も適切なものを選んで記号で答えよ。またに適切な説明を入れよ。解答は解答用紙の所定の欄に記入せよ。

水平な床に角度 $\theta$ のなめらかな斜面が固定されている。この斜面の鉛直上方で床からの高さ $h$ の位置から，質量 $m$ の小物体を以下の手順で落とす。ただし，小物体の大きさは無視し，重力加速度の大きさを $g$ とする。図のように小物体の最初の位置を原点 $O$ とし，水平右向きに $x$ 軸を，鉛直下向きに $y$ 軸をとる。斜面の右端は $x=l$ ， $y=h$ である。



(1) まず， $\theta = 45^\circ$ にした。原点 $O$ から，時刻 $t=0$ に小物体を自由落下させた。小物体は斜面と時刻に弾性衝突をした。小物体は斜面上のA点で跳ね返り，右方へ運動を続けた。衝突直後の小物体の速度の $x$ 成分の大きさはである。小物体は一回目の衝突から，の倍の時間が経過したのち，再び斜面上のB点に衝突した。B点の $x$ 座標はである。また，再衝突直前の速度の $y$ 成分の大きさはの倍で，このときの速度が斜面となす角度を $\alpha$ とすると， $\tan \alpha =$ が求められる。ただし， $\tan(\alpha + b) = \frac{\tan \alpha + \tan b}{1 - \tan \alpha \tan b}$ を用いてよい。

小物体が斜面と再衝突しないで直接床に落ちるためには，高さ $h$ と距離 $l$ の間に， $h >$   $l$ の関係が成り立つ必要がある。

同じ斜面の角度 $\theta = 45^\circ$ で $h = \frac{10}{9}l$ の高さから小物体をより大きい速さで鉛直下向きに投げおろすと，小物体は斜面と一度しか衝突しない。

京都産業大

出題例9

変わったところでは，演示実験の『すっ飛びボール』が出題された（出題例10）。はね返り係数が1より大きくなるような，一見常識に反する実験結果であるが，直感に頼らず物理的に考察すれば理解できる例として生徒に紹介したい。

単振動はばね振り子が主であるが，浮力による単振動も押さえておきたい。その際に単振動を起こすきっかけが衝突というのは定番であろう（出題例11）。

床から高さ $h$ [m]の所に，大きさの無視できる球A(質量 $M$ [kg])と球B(質量 $m$ [kg])がある。A，Bを落下させるときの運動を考える。運動はすべて鉛直線上でおこるものとする。床と球のはねかえり係数を $e$ とし，重力加速度の大きさは $g$ [m/s<sup>2</sup>]とする。空気抵抗は考えないとする。

はじめに，図2 aに示すようにAだけを初速度0[m/s]で落下させた。Aは床に衝突した後，はねかえった。問1から問5までは，Aと床の1回目の衝突を考える。

(途中略)

Aを落下させた直後にBも落下させた。双方とも初速度は0[m/s]である。図2 b，図2 cに示すように，Aが床に衝突しはねかえった直後に，AとBは完全弾性衝突をした。A，Bの落下した距離はどちらも $h$ と考えてよい。

(以下問略)

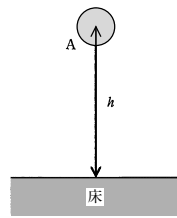
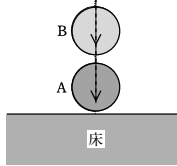
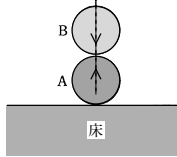


図2 a



球Aが床に衝突する直前

図2 b



球Aが床に衝突した直後

図2 c

金沢大 前期 II

出題例10

(2) 図1-2のように，静止している円柱Aの上面から高さ $L$ (m)の位置にある小球Bを自由落下させ，円柱Aと完全非弾性衝突させる。小球Bは円柱Aの質量と同じ質量 $M$ を持ち大きさを無視できるものとする。衝突後，円柱は水面下に沈んだり水面から飛び出したりはせずに単振動を行った。以下の問いに答えよ。答えは $M$ ， $S$ ， $H$ ， $\rho$ ， $g$ ， $L$ の中から適切な文字を用いて表せ。

- 衝突直後の円柱Aの速さを求めよ。
- 衝突後，円柱Aが最大の距離沈んだ時の円柱底面の位置 $x$ を求めよ。答えを導く過程も示せ。
- 衝突後，円柱の運動する速さが最大となる時の円柱底面の位置 $x$ を求めよ。

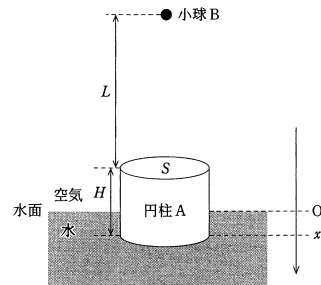


図1-2

東京農工大 前期 I

出題例11

次に、単振り子に関してであるが、運動方程式による力学的な分析と実験との比較により重力加速度を求める方法は、物理学の実践的な方法の代表例として普段の授業でも実行してほしい（出題例12）（啓林館「物理Ⅱ改訂版」p.54～55 出題された図2は p.55の図とほぼ同じである）。また、次元解析に言及しておくのもよいであろう。

I 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に書きなさい。

(50点)

長さ  $l$  [m] で質量の無視できる糸の上端を固定し、下端に質量  $m$  [kg] のおもりを付けた単振り子を考える。糸を固定した点を含む鉛直面内で、糸がたるまないようにしながら、糸と鉛直線のなす角が  $\theta$  [rad] のところで静かにおもりをはなすと、おもりは振動を始める。そのときのおもりの位置の最低点を  $O$  と書く（図1）。糸の伸び縮みはないものとし、おもりの大きさは無視できるものとする。また重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] と書く。

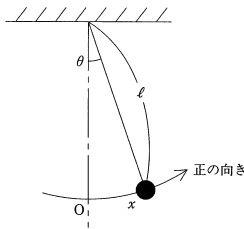


図1

- 糸と鉛直線のなす角が  $\theta$  [rad] のとき、おもりに はたらく力を解答用紙の図の中に、矢印付きの線分で書き入れなさい。ただし、糸の張力は  $S$  [N] とする。
- このときの糸の張力  $S$  と、おもりに はたらく力の糸と直交する方向の成分  $F$  [N] を、 $m$ 、 $g$  および  $\theta$  を用いて表しなさい。ただし、 $F$  および  $\theta$  の向きは、図1の右向きを正とする。
- 点  $O$  から円弧に沿って測ったおもりの変位を、右向きを正として  $x$  [m] と書く。 $\theta$  が十分に小さいとき、 $F$  は  $x$  に比例することを示しなさい。ただし、半径  $l$  で中心角  $\theta$  の円弧の長さは  $l\theta$  と与えられる。また必要であれば、 $\theta$  が十分に小さいときに成り立つ近似式  $\sin \theta \approx \theta$  を用いてよい。
- 問3より、おもりに はたらく変位  $x$  に比例する復元力がはたらく、バネ定数  $k$  [N/m] のバネにつながれた物体と同じような運動（単振動）をすることがわかる。この場合のバネ定数  $k$  に相当するものを  $m$ 、 $g$ 、 $l$  などを用いて表し、それをもとに単振動の周期  $T$  [s] を導きなさい。
- 糸と鉛直線のなす角が  $\theta$  のとき、点  $O$  を基準としたおもりの重力による位置エネルギーの式を書きなさい。また、これがおもりの運動をバネにつながれた物体の単振動と同じであると考えたときの位置エネルギーに一致することを示しなさい。必要であれば、 $\theta$  が十分に小さいときに成り立つ次の近似式を用いてよい。

$$\cos \theta \approx 1 - \frac{1}{2} \theta^2$$

- 以上のことを実験で確かめてみた。質量  $0.10$  kg のおもりに糸を付け、糸の他端を固定する。紙に直線を描き、前方から見ておもりが最低点にあるときにその直線と糸が重なるように、紙を固定する（図2）。単振り子を小さく振らせて、紙に描いた直線上を糸が通過したときにストップウォッチを始動させ、10 往復に要した時間を測り、振動の周期  $T$  を求めた。糸の長さを  $0.60$  m から  $1.6$  m まで変えたときの結果を表1に示す。表1には測定した周期  $T$  の値と、これより計算された  $T^2$ 、 $T^{-1}$ 、 $T^{-2}$  の値が示されている。この結果を、横軸に糸の長さ  $l$  を、縦軸には問4の結果を確かめるのに最も都合がよい量をとって、解答用紙のグラフ用紙にプロットしなさい。ただし、どのような量を選んでプロットしたのかがわかるように、グラフの縦軸にはその量を必ず示しなさい。また、グラフの縦軸の値の範囲は適当に設定し、目盛と数値を縦軸に示しなさい。

表1

$l$ [m]	0.60	0.80	1.0	1.2	1.4	1.6
$T$ [s]	1.55	1.82	2.04	2.15	2.40	2.51
$T^2$	2.40	3.31	4.16	4.62	5.76	6.30
$T^{-1}$	0.645	0.549	0.490	0.465	0.417	0.398
$T^{-2}$	0.416	0.302	0.240	0.216	0.174	0.159

7. 問6のプロットから重力加速度の大きさ  $g$  を求めたい。測定には誤差があるので、実験で求められた値が教科書に載っている値に一致するかどうかは必ずしも明らかでない。グラフから得られるどのような数値を使ってその結果が得られたのかを示しながら、 $g$  の値を有効数字2桁で求めなさい。

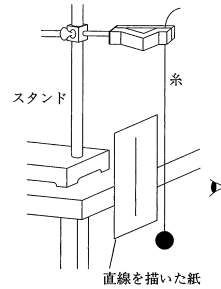


図2

中央大学

### 出題例12

単振り子と浮力による単振動は生徒が自力で立式・計算して、単振動の変位や速度が導出できるように指導したい。また、これも実験でよく扱われる題材であるが、加速度運動する車内において風船が受ける力に関する問題が出題された（出題例13）。アルキメデスの原理を理解する格好の例題と思われるので生徒に紹介しておきたい。

- 1 次本文を読み、以下の問に答えよ。（配点比率 医： $\frac{1}{3}$ 、工・産生： $\frac{1}{4}$ ）

太郎君は、ヘリウムガスの詰まった風船に糸を付けて手に持ち、父の運転する自動車の後部座席に乗った。自動車は直線的に走るとき、その加速や減速に応じて風船が動いた。その運動の向きは車の加速度の向きと同じであった。等加速度運動する電車の中の、ひもでつるされたおもりの振舞について知っていた太郎君にとっては、この風船の動きは非常に不思議であった。このとき、空気の流れのせいではないかと意を確認したがすべて閉まっており、車内の空気が安定していた。この現象を理解しようと、太郎君は以下のように考えを進めた。

風船にはたらく力は重力と糸の張力および浮力だけであると考えると、上記の電車内のおもりの話と本質的に同じであり、観察結果に合わないことになる。何か他の力がはたらいているはずである。風船は空気中に浮いているのだから、その力は風船の周囲の空気がおよぼしているに違いないと思った。

そこで、まず車内の空気の運動について考えてみた。自動車が一定の加速度  $a$  [m/s<sup>2</sup>] で運動しており、車内の空気や風船は安定しているとする。車内の空気の小さな部分  $A$  (図1に示すような長さ  $\Delta x$  [m]、体積  $\Delta V$  [m<sup>3</sup>] の直方体) の水平方向の運動について調べ、左右の側面の圧力を、図1のように  $P_1$  [Pa]、 $P_2$  [Pa] とする。この圧力の差  $\Delta P = P_1 - P_2$  [Pa] によって、部分  $A$  が加速度  $a$  で自動車とともに運動していることになる。その運動方程式を調べ、 $\Delta P$  が  $\Delta x$  に比例することがわかった。

風船は、この圧力差により水平方向の力を受ける。この力の大きさを求める考え方は、水中の物体が受ける浮力の話と節違はないことであることに太郎君は気付いた。浮力の話では、水圧の差が深さの差に比例しており、その結果はアルキメデスの原理として知られている。加速度運動している自動車内の物体には、アルキメデスの原理に類似の

車内の物体は、その物体が押しのかけた空気にはたらく慣性力(車内の観測者からみた)と同じ大きさで、逆向き力をうける

が成立することがわかった。このことから、太郎君は自動車の中で観察した風船の動きと、電車内につるされたおもりの動きについて、“不思議”が不思議でなくなり、納得できた。

以下では、風船の体積を  $V$  ( $\text{m}^3$ )、空気とヘリウムの密度をそれぞれ  $\rho_a$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )、 $\rho_h$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) とする。生じる圧力差は小さいので、これらの密度は変化しないとしてよい。また、重力加速度を  $g$  ( $\text{m}/\text{s}^2$ ) とする。なお、風船の素材は薄く、その質量は無視できるものとする。

問1 下線部ア)の「非常に不思議であった」のは、何が、どのように不思議であったと推測するか。60文字以内で述べよ。

問2 下線部イ)に述べていること、すなわち、自動車の進行方向に関する部分Aの運動方程式を書き表し、 $\Delta P$  と  $\Delta x$  との関係式が、

$$\Delta P = a\rho_a \Delta x$$

となることを示せ。

問3 自動車が一定の加速度  $a$  で走り、風船の糸が鉛直方向と角  $\theta$  (rad) をなして安定しているとき、車内の太郎君が観察すると、風船にはたらく力(重力、空気による浮力、糸の張力、上記のアルキメデスの原理に類似の力)とみかけの力である慣性力とがつりあっていることになる。このつりあいの条件式を、水平方向と鉛直方向それぞれについて示せ。ただし、糸の張力を  $T$  (N) とし、風船が進行方向に傾いているときの  $\theta$  を正とする。(図2を参照)

問4 上で求めたつりあいの式を用いて、風船が進行方向に傾くことを示し、さらに  $\tan \theta$  を求めよ。

問5 下線部ウ)の太郎君の納得した内容を80文字以内で述べよ。

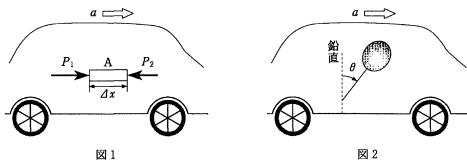


図1

図2

岐阜大

### 出題例13

他に特徴としては、昨年と同様に万有引力がらみの問題は少なかった。放物運動、円運動も例年と同じような状況設定で典型的な問題が多かったように思える。ただ出題テーマは隔年ごとに増減する傾向が見られるので、来年もこれらの傾向が続くとは限らないことに留意したい。

### (3) 電磁気分野の特徴

単純な電場・電位のみの問題は少ない。昨年多かったガウスの法則に関する問題は激減した。一方、キルヒホッフの法則を適用する直流回路の問題(出題例14)が増加した。

一方、単純なコンデンサー回路の問題は減少した。電気振動は例年どおり出題例は多いが、コンデンサーが2個含まれるなど難しくなっている(出題例15)。

2 抵抗値  $r$  ( $\Omega$ )、 $R$  ( $\Omega$ ) の抵抗と抵抗値  $x$  ( $\Omega$ ) の可変抵抗で構成された回路について考える。以下の問いに答えよ。ただし、アース電位は  $0$  V とする。(配点 25%)

(問略)

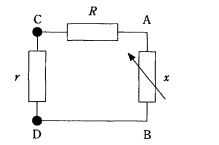


図1

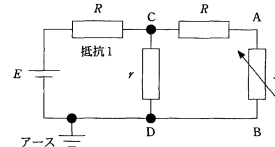


図2

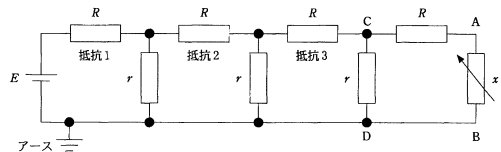


図3

静岡大

### 出題例14

問1 最初に  $S_2$  を開いたまま  $S_1$  を閉じた。十分長い時間がたった後、 $C_2$  のコンデンサーに蓄えられる電気量  $Q_2$  は (キ)  $\{C_1, C_2, V\}$  であり、その極板間の電位差  $V_2$  は (ク)  $\{C_1, C_2, V\}$  となる。

問2 その後、 $S_1$  を開き  $S_2$  を閉じたところ周期  $T$  の電気振動が始まり、 $S_2$  を閉じた直後からの時間  $t$  におけるコイルを流れる電流  $I(t)$  とコイルの誘導起電力  $V_L(t)$  は図2(b)のようになった。この電気振動において、コイルを流れる電流が最大値  $I_m$  となるとき、 $C_3$  のコンデンサーの極板間の電位差  $V_3$  は (ケ)  $\{L, C_2, C_3, Q_2\}$  となり、電流の最大値  $I_m$  は (コ)  $\{L, C_2, C_3, Q_2\}$  である。また、 $0 \leq t < T$  の時間において、 $C_3$  のコンデンサーに蓄えられる電荷  $q_3$  が最大となるのは時刻  $t$  が (サ)  $\{T\}$  のときであり、電荷  $q_3$  の最大値は (シ)  $\{L, C_2, C_3, Q_2\}$  である。

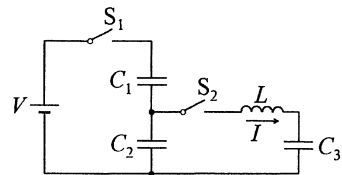


図2(a)

岡山大 前期 第2問

### 出題例15

ローレンツ力に関しては、ホール効果の問題は減少した。検流計の原理やオーロラの発生を想像させる問題(出題例16と17)は生徒の興味を引くと思われるので、生徒に紹介してもらいたい(啓林館「物理II改訂版」p.114 図8, p.129〈参考〉, p.143)。

[2] 図2 aは検流計の仕組みを示しており、図2 bは上から見た様子、図2 cは横から見たコイルの様子を示している。コイル(図2 c参照:縦  $a$ [m], 横  $b$  [m])は長方形に薄く  $N$  回巻かれており、検流計の指針はコイルが巻かれている面に垂直に固定されているものとする。コイルに電流が流れていない状態で、指針は上向き ( $y$  軸方向) を指している。磁石からの磁束密度  $B$  [T] は水平方向 ( $x$  軸方向) に一様・平行とし、コイルの導線は問 [1] と同じものとする。いま、コイルに電流  $1$  Aを、図2 cで ① AからB、② BからA) に流すと、指針は右に  $30^\circ$  振れた(図2 b)。この状態でコイル全体が磁場から受ける力のモーメントの大きさは  $\square$  え [N・m] となる。

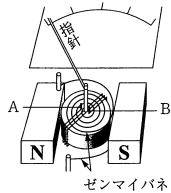


図2 a

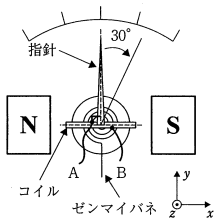


図2 b

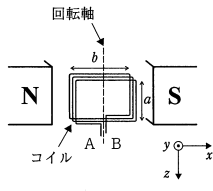


図2 c

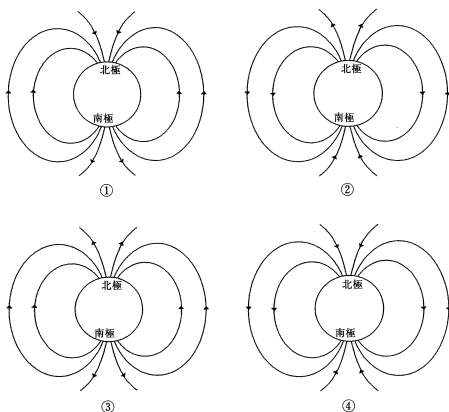
立命館

出題例16

II 地球の外から飛来した荷電粒子が磁極付近の気中へ突入する場合を考察する。以下の問いに答えよ。

(1) 地球付近の磁力線の向きを正しく表している図は  $\square$  11 である。

$\square$  11 の解答群



(2) 粒子の電荷が負であった場合、北極近くの上空における磁力線に沿った粒子のらせん運動の向きを正しく表している図は  $\square$  12 である。また、粒子の電荷が正であった場合、同様にならせん運動の向きを正しく表している図は  $\square$  13 である。

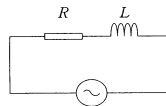
近畿大

出題例17

電磁誘導に関しては、レール上をすべる導体棒という教科書的なケースが多い。新課程入試当初(2008年)に多かった自己インダクタンスの計算問題はほとんど出題されなくなった。一方、交流回路の問題は増加した。誘導リアクタンス、容量リアクタンス、直列RLC回路のインピーダンスの計算など、交流の数学的な扱いが要求される問題は増加した(出題例18)。上位レベルの生徒には微積分を用いる説明(啓林館「物理Ⅱ改訂版」p.172〈発展〉RLC直列回路)も刺激があっただろう。

(ii) 図4のように抵抗値  $R$  の抵抗、自己インダクタンス  $L$  のコイル、周波数  $f$  の交流電源からなる直列回路に  $I(t) = I_0 \sin 2\pi ft$  で表される電流が流れている。ただし、 $t$  は時刻を表す。

(A) コイルに発生する逆起電力は、じゅうぶんに短い時間  $\Delta t$  間の電流変化  $\Delta I$  を用いて  $-L \frac{\Delta I}{\Delta t}$  で与えられる。したがって、抵抗及びコイルにかかる電圧は、それぞれ



$$V_R(t) = I_0 \times \frac{\square 30}{\square} \times \sin 2\pi ft$$

$$V_L(t) = I_0 \times \frac{\square 31}{\square} \times \sin(2\pi ft + \square 32)$$

図4 LR直列交流回路

と表される。

(B) 電源の起電力は

$$V(t) = V_R(t) + V_L(t) = Z I_0 \sin(2\pi ft + \phi)$$

$$Z = \frac{\square 33}{\square} \quad \cos \phi = \frac{\square 30}{Z} \quad \sin \phi = \frac{\square 31}{Z}$$

と表される。

(C) 図5と図6はそれぞれ  $I(t)$  と  $V(t)$  の測定結果である。 $I(t)$  及び  $V(t)$  の最大値がそれぞれ  $2$  A と  $100$  V、位相のずれは  $\phi = \frac{1}{3}\pi$  [rad] であった。これより、交流の周波数  $f$  は  $\square$  34 [Hz]、回路のインピーダンス  $Z$  は  $\square$  35 [ $\Omega$ ]、抵抗値  $R$  は  $\square$  36 [ $\Omega$ ]、自己インダクタンス  $L$  は  $\square$  37 [H] であることが分かる。

途中の計算が必要があれば、次の公式や近似式を用いてもよい。

$$\left. \begin{aligned} \sin(\alpha \pm \beta) &= \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta \\ \cos(\alpha \pm \beta) &= \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta \end{aligned} \right\} : \text{複号同順}$$

$$\sin \gamma \approx \gamma, \quad \cos \gamma \approx 1 - \frac{1}{2}\gamma^2 \quad ; \gamma \text{ [rad] が十分に小さいとき}$$

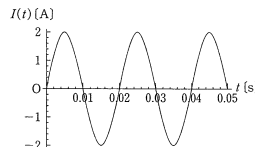


図5 電流  $I(t)$  の変化

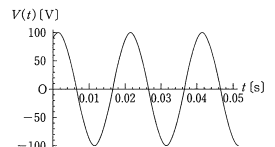


図6 電源の起電力  $V(t)$  の変化

【解答群】

- (ア) 0      (イ)  $\frac{1}{4}\pi$       (ウ)  $\frac{1}{2}\pi$       (エ)  $\pi$       (オ)  $\frac{\sqrt{2}}{4\pi}$
- (カ)  $\frac{\sqrt{3}}{4\pi}$       (キ)  $\frac{\sqrt{2}}{2\pi}$       (ク)  $\frac{\sqrt{3}}{2\pi}$       (ケ)  $R$       (コ)  $-L$
- (サ)  $L$       (シ)  $2\pi L$       (ソ)  $\sqrt{R^2 + L^2}$
- (タ)  $\sqrt{R^2 + 4\pi^2 f^2 L^2}$       (チ)  $\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$       (ツ) 25
- (テ) 30      (ト) 50      (タ) 60      (ト) 75      (チ) 100

関西大学 [II]

出題例18

シンクロトロンやベータートロンのような加速器や質量分析器は原子物理の分野といえるが、それらの原理は電磁気と力学であるから、電磁気として解説すればよいであろう。

#### (4) 波動分野の特徴

教科書では「発展」で扱われている正弦波の式(啓林館「物理 I 改訂版」p.186参照)を用いる問題が出題されている(出題例19)。

(1) 正の定数  $A$ ,  $a$ , および定数  $b$ ,  $c$  を用いて,  $h = A \sin(at + bx + c)$  と表される振幅  $A$  の波(正弦波)を考える。定数  $a$ ,  $b$ ,  $c$  には, 次のような意味がある。

ある特定の位置に静止した観測者を考えよう。この観測者は, 変位の時間変化を見ることになるので, 変位  $h$  と  $t$  との関係のみに着目して  $h = A \sin(at + \text{定数})$  と表すと, この波の周期  $T$  と振動数  $f$  は, 定数  $a$  を用いて, それぞれ  $T = \frac{2\pi}{a}$ ,  $f = \frac{a}{2\pi}$  と表せる。

次に, ある時刻におけるこの波の波形を考えよう。変位の空間変化が波形を与えるので, 変位  $h$  と  $x$  との関係のみに着目して  $h = A \sin(bx + c + \text{定数})$  と表すと, (定数  $b$  が負の場合もあることに注意して) この波の波長  $\lambda$  は,  $\lambda = \frac{2\pi}{|b|}$  とわかる。また,  $c = c_0$  をもつ波と  $c = c_0 + \pi$  をもつ波の波形は, 互いに  $\frac{1}{2}$  波長だけずれた波を表すこともわかる。

ところで, 任意関数  $g(x)$  を用いて  $y = g(x)$  と表されるグラフを,  $x$  軸の正の向きに定数  $u$  だけ平行移動してできるグラフは,  $y = g(x - u)$  と表されるグラフである。よって,  $u$  を正の定数として, 変位が  $g(x + ut)$  で表される波は,  $x$  軸の  $+$  の向きに, 速さ  $u$  で進む波を表す。これから, いま考えている波  $h = A \sin(at + bx + c)$  の速さ  $V$  を  $A$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  のうち必要なものを用いて表すと, (定数  $b$  が負の場合もあることに注意して)  $V = \frac{a}{b}$  となる。そして, 波が  $x$  軸の正の向きに進むとき, (定数  $a$  は正であることに注意して)  $b$  の符号は  $+$  とわかる。

まとめると, 正弦波が  $x$  軸の正の向きに進む場合, 時刻  $t$ , 位置  $x$  におけるこの波の変位は,  $h = A \sin(\frac{2\pi}{T}(t - \frac{x}{V}) + c)$  のように表すことができる。

以上より,  $b$  を正として,  $h = A \sin(at + bx)$  と  $h' = A \sin(at - bx)$  は, 同じ振幅, 振動数, および波長をもち, 互いに逆向きに進む2つの進行波を表す。波は重ね合わせができるので,  $h + h'$  に対応する合成波も存在する。この合成波を三角関数の性質を利用して整理すると, もとの進行波の波長  $\lambda$  と振動数  $f$  を用いて,

$$h + h' = 2A \sin(\frac{2\pi}{\lambda}x) \times \cos(2\pi f t)$$

と表すことができる。これから, 時刻  $t$  によらず  $h + h' = 0$  となる位置は, 任意の整数  $\ell$  と, 進行波の波長  $\lambda$ , 振動数  $f$  のうち必要なものを用いて表すと,  $x = \frac{\lambda}{2} \ell$  となる。このように, 合成波  $h + h'$  は,  $x$  軸の正の向きにも負の向きにも進まない  $\frac{\lambda}{2}$  波を表している。また,  $x = \frac{\lambda}{4} \ell$  の位置を, この  $\frac{\lambda}{2}$  波の  $\frac{1}{4}$  セという。

関西学院大 Ⅲ

出題例19

正弦波の式は形を覚えるだけでなく, 生徒自身が自力で導出できるよう指導したい。交流回路のリアクタンスやインピーダンスの計算でも分かるように, この程度の三角関数の計算力は必要である。一方, 正弦波の式を用いないで, 合成波, 反射波, 定常波を考えさせる問題は相変わらず多い。今日の話題としては津波に関する問題もあった。自然を物理的に理解する現象の一つとして取り上げてもらいたい(出題例20)。

(3) 水中を伝わってくる波動としては, 音波と水面波(弱い風によるさざ波のように, 水面付近の水だけが運動するもの)のほか, 水面と水底の水全体が運動する波動があり, 地震によって起きる津波はこの種類の波動である。海底を震源とする大地震によって海底から海面までの大量の海水が一気に動かされ, そのエネルギーが伝わる波動が津波である。

現実の津波は, 海底地形や海岸線の形など複雑な要因に影響されるので, その挙動を予測するのは単純なことではないが, 津波が海洋を進行する速さ  $V$  (m/s) と水深  $D$  (m) の間には, 次の関係,  $V = \sqrt{gD}$ , が知られている。ここで, 重力加速度の大きさを  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$  とした。これは, 津波による海面変動(波高)が  $D$  に比べて小さく, 波長  $\lambda$  (m) が  $D$  より十分長いときに当てはまる式である。例えば, 外洋の  $D = 5 \times 10^3 \text{ m}$  であるところでは,  $V = \frac{1}{2} \sqrt{gD}$  (m/s) とかなり高速で伝わる。津波の周期  $T$  は  $10^3 \text{ s}$  程度と長い。そのため1ヶ所での海面変動はゆっくりしている。 $D = 5 \times 10^3 \text{ m}$ ,  $T = 1 \times 10^3 \text{ s}$  とすると, 波長は  $\lambda = \frac{1}{2} g T^2$  (m) となる。関係式  $V = \sqrt{gD}$  を用いると,  $D = 5 \times 10^3 \text{ m}$  の外洋を進んできた津波が進む速さは, 陸地に近い  $D = 2 \times 10^2 \text{ m}$  の沿岸海域に入ると,  $\frac{1}{5}$  倍になる。したがって, 波長は  $\frac{1}{25}$  倍になる。このように浅い海域に津波が進入すると, 1波長分の海面変動のエネルギーが波の進行方向に沿って短い区間に集中するため, 海岸近くでは津波の波高が大きくなるということが説明される。

㉠の解答群

0	2	1	$2 \times 10$	2	$2 \times 10^2$
3	$2 \times 10^3$	4	$2 \times 10^4$		

㉡の解答群

0	$2 \times 10$	1	$2 \times 10^2$	2	$2 \times 10^3$
3	$2 \times 10^5$	4	$2 \times 10^7$		

㉢の解答群

0	0	1	0.1	2	0.2	3	0.3	4	0.4
5	1	6	2	7	3	8	4	9	5

㉣の解答群

0	0	1	0.1	2	0.2	3	0.3	4	0.4
5	1	6	2	7	3	8	4	9	5

東京理科大 ③

出題例20

弦や気柱共鳴はほぼ例年どおりである。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(啓林館「物理 I 改訂版」p.230〈話題〉〈発展〉を参照)ので, 生徒にはすべての場合を覚えておく必要がある。しかし, ドップラーの公式の導出・説明を要する問題も出題されているので, 生徒には公式だけ覚えるのではなく, それらの公式を自力で導出できるように指導する必要がある。他に風速を考慮した問題が目新しい(出題例21)。風速の扱いは一度は触れておいた方がよいであろう。

7 大気中に、図1のように  $x$  軸上に振動数  $f_0$  の音源 S と観測者 O が存在し、音源 S は  $x$  軸正方向に速さ  $v$  で移動している。観測者 O は  $x = x_0 (x_0 > 0)$  の位置で静止している。大気中の音速は  $V$  で、音源 S の速さ  $v$  は音速  $V$  より小さいとする。以下の問いで音源 S は、時刻  $t = 0$  に  $x = 0$  の位置にあるとし、時間が経過しても観測者 O の位置にまだ到達していないものとする。

はじめは無風状態で、大気は静止している。

問1 以下の問いに答えなさい。解答は、 $f_0$ 、 $v$ 、 $V$  および  $x_0$  のうち必要な記号を用いなさい。

- (1) 時刻  $t = 0$  に音源 S が発した音が観測者 O に伝わる時刻  $t_1$  を求めなさい。
- (2) 時刻  $t = t_1$  における、音源 S と観測者 O の間に存在する音波の波の数
- (3) 時刻  $t = t_1$  において音源 S が発した音が、観測者 O に伝わる時刻  $t_2$  を
- (4) 観測者 O が聞く音の振動数  $f_1$  を求めなさい。



図1

次に、速度  $U$  の風が一樣に吹いている場合を考える。ただし、 $U$  は音速  $V$  より小さいとする。音波は大気中で速度  $V$  で伝わる波である。そのために、媒質である大気が移動する場合、音波の伝わる速度は「媒質(大気)中を伝わる速度」と「媒質(大気)の移動する速度」の合成になる。以下の問いに答えなさい。解答は、 $f_0$ 、 $v$ 、 $V$ 、 $x_0$  および  $U$  のうち必要な記号を用いなさい。

問2 図2のように、 $x$  軸の正方向に速さ  $U$  の風が一樣に吹いている場合を考える。

- (1) 音源 S から観測者 O に音が伝わる速さを求めなさい。
- (2) 時刻  $t = 0$  に音源 S が発した音が観測者 O に伝わる時刻  $t_3$  を求めなさい。
- (3) 時刻  $t = t_3$  において音源 S が発した音が、観測者 O に伝わる時刻  $t_4$  を求めなさい。
- (4) 観測者 O が聞く音の振動数  $f_2$  を求めなさい。

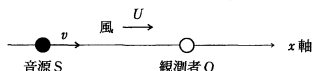


図2

千葉大 前期

### 出題例21

回折格子、光速度の測定、多層媒質間の屈折・全反射は例年どおりだが、薄膜による干渉(出題例22)が増加の傾向にある。本年は少なかったが、来年に備えてニュートンリングも押さえておきたい。

III 石けん水の薄膜が色づいて見えるのは、薄膜で光が反射するとき膜の両面からの反射光の干渉によって、可視光の範囲にある特定の波長の光が強められるためである。図のように屈折率  $n$ 、厚さ  $d$  の平面状の薄膜に対して入射角  $i$  で入射する白色光を考える。このことについて、以下の問いに答えよ。ただし、 $n > 1$ 、空気の屈折率は1とし、薄膜の厚さは一定とする。また、人の目で感じることでできる可視光の波長は  $4.0 \times 10^{-7} \text{ m}$  から  $8.0 \times 10^{-7} \text{ m}$  の間とする。解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入せよ。

問1 以下の文章の空欄に当てはまる数式を答えよ。

空気中で波長  $\lambda$  の光が、図の点 A から薄膜に入射し点 B で反射して点 C で薄膜から出るまでの間、光の波長は  となる。一方、入射角  $i$  と屈折角  $r$  の間には  $\sin r =$   の関係がある。また、光が点 C で反射する際には波の位相が逆転する。点 A で入射して点 C で出てくる光と点 C で反射する光の経路差を  $\Delta l$  とすると、干渉の次数  $m$  を 0 または正の整数として   $= (m + 1/2)\lambda$  が成り立つとき、二つの反射光は同位相となり明るく見える。

問2 点 A と点 D で入射光が同位相のとき、点 C と点 E でも同位相となることを示し、さらに光の経路差が  $\Delta l = 2d \cos r$  で与えられることを示せ。

以下では、光は薄膜に垂直に入射する(入射角  $i = 0$ )とし、干渉の次数  $m$  に着目して解答せよ。

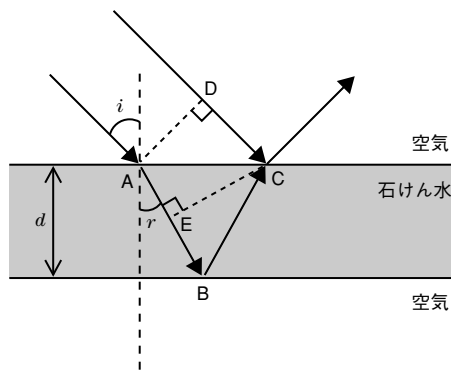
問3 反射光の干渉によって強められる光の波長  $\lambda$  を  $n$ 、 $m$ 、 $d$  を用いて表せ。

以下では、石けん水の屈折率を  $n = 1.3$  として解答せよ。

問4 薄膜の厚さが  $d = 10^{-7} \text{ m}$  のとき、色づいて見える反射光の波長  $\lambda$  を求めよ。

問5 薄膜の厚さが  $d = 10^{-8} \text{ m}$  の場合、薄膜が色づいて見えるかどうか理由をつけて述べよ。

問6 薄膜の厚さが  $d = 10^{-6} \text{ m}$  の場合、薄膜は色づいて見えない。その理由を述べよ。



筑波大 前期

### 出題例22

光波の反射による位相差は、教科書で「発展」(啓林館「物理 I 改訂版」p.259) 扱いになっているが、例年出題されているので、生徒には知識として教えておくのが無難である。

### (5) 選択分野の特徴

熱力学を中心に出题されている。気体の状態変化はピストンで仕切られた2室の場合が多くなった(出題例23)。

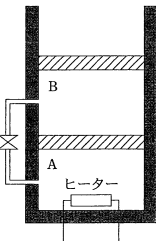
分子運動論は増加の傾向にあり、やや難しくなっている(出題例24)。

さらに、「発展」内容であるポアソンの公式『 $pV^\gamma = \text{一定}$ 、あるいは  $TV^{\gamma-1} = \text{一定}$ 』は毎年出題

(C) 次の文中の「ア」～「ケ」に最も適するものをそれぞれの解答群から一つ選び、解答用紙の所定の欄にその記号をマークせよ。また、空欄「c」に適する式を解答用紙の所定の欄に記入せよ。

図のように、円筒形の容器に2つのピストンがはめられ、鉛直に立てられている。容器内はピストンによってA室、B室に分けられていて、両室はコックの付いた細い管で結ばれている。ピストンは容器内を上下に滑らかに動けるようになっており、また、容器内の任意の位置で固定することもできる。容器の断面積はSであり、ピストンの質量はいずれもmである。容器の底近くにはヒーターが取り付けられており、A室内の気体を加熱できる。容器やピストンなどの装置は、すべて、熱容量の無視できる材料で作られており、また、熱を通さない。気体の質量、管の体積、ヒーターの体積は無視でき、管の口をピストンがふさぐことはない。重力加速度の大きさをg、気体定数をRとする。単原子分子理想気体の定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$ である。

はじめ、コックを閉じ、ピストンが自由に動けるようにして、A室とB室のそれぞれに、絶対温度 $T_0$ の単原子分子理想気体をnモルずつ閉じ込めた。容器の外側は真空にした。ピストンがつり合いの位置で静止しているときのA室の圧力 $p_0$ は「c」であり、A室の体積は「ア」である。このとき、B室の体積はA室の「イ」倍になっている。



次に、つり合いの位置で両方のピストンを固定して、ヒーターに電流を流し、A室内の気体に熱量Qをゆっくりと加えてからヒーターを切った。その結果、A室内の気体の絶対温度は $T_1$ 、圧力は $p_1$ となった。 $T_1 = T_0 +$ 「ウ」であり、 $p_1 = p_0 +$ 「エ」である。

続いて、コックを開いて、全体が一様になるまで十分に待った。この間に「オ」。B室内の気体の絶対温度は「カ」となった。また、コックを開く直前に比べて、コックを開いた後のA室の圧力の変化が $\Delta p_A$ であり、B室の圧力の変化が $\Delta p_B$ であるとする、 $\frac{\Delta p_B}{\Delta p_A} =$ 「キ」である。

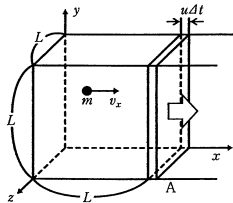
最後に、コックを閉じ、両方のピストンの固定を解除して、新たなつり合いの高さまでゆっくりと移動させた。その結果、下側のピストンは固定を解除する前と同じ位置で、上側のピストンは固定を解除する前よりも高い位置で静止した。このときの気体の内部エネルギーは、この操作を行う前と比べて「ク」。また、ヒーターで加えた熱量Qは「ケ」に等しいことがわかる。

明治大

### 出題例23

4. 気体を断熱膨張させるときの体積変化と温度変化の関係を示す、気体分子の運動エネルギーを考えると、以下の(イ)~(オ)の手順で導こう。

はじめ、一辺の長さL[m]の立方体の容器に希薄な単原子分子気体が入っている。この容器に対して図のように、x, y, z軸をとる。x軸と垂直な壁Aはx軸方向に動き、辺の長さを変化させることができる。壁Aをx軸の正の向きに一定の速さu[m/s]で短い時間dt[s]だけ動かして、この気体を断熱的に膨張させる。気体分子1個の質量をm[kg]とし、それにかかる重力は無視する。また、気体分子同士の衝突は考えない。以下の設問の解答を解答欄の所定の位置に記入せよ。ただし、導出過程は示さなくてよい。変化量を求める際には、増加する場合に正、減少する場合に負として解答せよ。



(イ) 1個の気体分子が壁Aに垂直に速度 $v_x (> 0)$ [m/s]で衝突してはね返るとして、衝突後の気体分子の速度 $v_x'$ [m/s]を求めよ。ただし、気体分子と壁Aとの間のはね返り係数は1とし、壁Aの速さuは衝突前後で変化しない。速度はx軸の正の向きにとり、u,  $v_x$ を用いて表せ。

(ロ) この1個の分子の1回の衝突による運動エネルギーの変化量をm, u,  $v_x$ を用いて表せ。ただしuは $v_x$ より十分小さいと考えて $u^2$ に比例する項は無視できるものとし、uに比例する項のみ書け。

(ハ) 次に、この1個の分子が壁Aに垂直に衝突することを繰り返す場合における、短い時間dtの間の運動エネルギーの変化量 $\Delta E$ [J]を考える。u dtはLより十分小さいとすれば、この時間dtの間は壁Aが静止しているとみなしてよい。つまり分子は2Lだけ進むごとに1回、壁Aと衝突する。分子が時間dtの間に壁Aに衝突する回数を考えることにより、 $\Delta E$ を求めよ。ただし、容器のはじめの体積をV[m<sup>3</sup>]、また時間dtの間の微小体積変化量を $\Delta V$ [m<sup>3</sup>]として、m,  $v_x$ , V,  $\Delta V$ を用いて表せ。

(ニ) 以上の結果は、任意の方向から飛んできた分子についても当てはまる。ただし $v_x$ は分子の速度のx軸方向の成分となる。分子の速度のy, z軸方向の成分をそれぞれ $v_y$ [m/s],  $v_z$ [m/s]とすれば、分子の速さv[m/s]の2乗は $v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$ と書ける。ここで、容器中の全ての分子を取り扱う。 $v_x^2, v_y^2, v_z^2$ のそれぞれの平均値 $\overline{v_x^2}, \overline{v_y^2}, \overline{v_z^2}$ を考えると、各分子は方向に関係なく不規則に運動しているから $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2} = \frac{1}{3} \overline{v^2}$ の関係が成り立つ。このこと(イ)の結果から、任意の方向から飛んできた全ての分子についての $\Delta E$ [J]の平均値 $\overline{\Delta E}$ を求めよ。ただし、分子1個あたりの運動エネルギーの平均値を $\overline{E}$ として、V,  $\Delta V$ ,  $\overline{E}$ を用いて表せ。

(ホ) 希薄な気体では $\overline{E}$ は気体の絶対温度T[K]に比例することが知られている。ここで、断熱膨張の際の $\overline{E}$ の変化量は(ニ)で求めた $\overline{\Delta E}$ であるとする。また、この断熱膨張による温度Tの変化量を $\Delta T$ [K]とする。 $\Delta T$ を、T, V,  $\Delta V$ を用いて表せ。

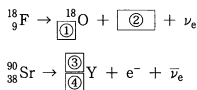
芝浦工業大 前期

### 出題例24

されるので教えておいた方がよい(啓林館「物理II改訂版」p.212〈参考〉)。また、ボルツマン定数kと気体定数R、アボガドロ数 $N_A$ の関係 $R = kN_A$ も教えておきたい(啓林館「物理II改訂版」p.202)。

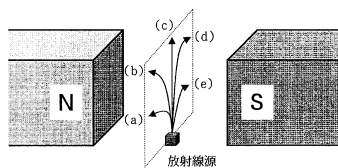
医学部では核反応や放射線の問題が出題されることにも留意したい(出題例25)(啓林館「物理II改訂版」p.266 図1)。

問1 以下の核反応式における空欄①~④を埋めよ。



問2 図のように放射線源と磁石を真空中に設置した。以下の①~④の各放射線は鉛直上向きに飛びだし、(a)~(e)のいずれかの異なる進路を通った。このとき、各放射線の進路を(a)~(e)の記号で答えよ。

①  $\alpha$ 線 ②  $\beta^+$ 線 ③  $\beta^-$ 線 ④  $\gamma$ 線



慶応大

### 出題例25

この他に、バンド理論による半導体などの物性物理、素粒子論、宇宙論などが教科書に書かれているが、ほとんど出題されていない。これらは観測結果や理論の紹介だけのため、入試問題の題材にはなりにくいであろう。

## (6) 学習対策

必修分野に関しては、二次対策として特別に目新しいものはなく、従来の標準的な入試問題集を丁寧に仕上げればよい。教科書の「発展」も教えておいた方がよい。邪魔になる知識ではないし、知っていれば見通しよく問題が処理できる場合がある。演習に際して、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解答を作成するというような木目の細かさが必要である。自分の理解度を採点者に分かってもらえるような答案の作成を心がけるよう指導すべきである。選択分野は、最大公約数的な対処の仕方として、やはり熱力学（気体分子運動論を含む）が中心になるであろう。半導体や素粒子論、宇宙論などの入試問題になりにくいテーマは

お話程度にして、手早く切り上げるのが現実的な対処といえるであろう。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」からの出題もある。「実験」「課題探究」「発展」などから出題されることもあるので、これらはできるだけ生徒に紹介しておくとうい。

また、選択分野に関する入試情報をできるだけ早く入手して本試験に備えるよう、常にアンテナを張っておくように生徒に指示しておくことも必要である。後は志望大学の過去問にチャレンジさせるとよい。

最後に、単科の医科大学では、一部に個性的でやや難しい問題が出題されることがある。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。『手早く切り上げる思い切りも時には必要だ』ということを受験対策の一つとして生徒に伝えてよいであろう。

### ■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、京大即応オープン、広大入試オープンを担当。  
著書：「らくらくマスター物理Ⅰ・Ⅱ」（河合出版・共著）  
「物理教室」（河合出版・共著）

# 化 学

学校法人 河合塾 化学科講師 高橋 茂幸

## 1. センター試験 化学 I

### (1) 全体の概要

#### ●昨年に続き低い平均点

2011年度のセンター試験の平均点は56.57で、昨年は上回ったものの、過去10年では3番目に低い数値であった。また、物理 I、生物 I、地学 I の平均点はいずれも63点から64点台であり、これと比較しても、化学は難しかったといえよう。

表1は、河合塾の追跡調査による大問別得点率(平均点/配点×100) およびその高卒生と高3生の差(高卒生-高3生)をまとめたものである。

(注：追跡調査での平均点は約62点であった。したがって、実際の得点率は表の数値の約90%程度と推定される。)

表1. 得点率比較

	2011年		2010年		2009年	
	得点率	差	得点率	差	得点率	差
平均点	56.57		53.59		69.54	
第1問	67.2	3.6	63.6	2.0	77.2	2.8
第2問	62.4	5.2	54.8	5.6	73.6	6.4
第3問	63.6	3.6	67.6	2.8	79.2	5.6
第4問	54.4	6.0	55.2	4.8	74.0	8.4

過去10年で最も平均点の低かった昨年と比べて、理論分野を中心とした第1問、第2問の得点率は上昇したが、無機物質を中心とした第3問、有機化合物からの第4問でさらに得点率が下がっており、過去10年で最も平均点の高かった一昨年と比べると無機、有機分野で20%近く下がっている。

#### ●大枠に変化はない

大問数は4、設問数は28(10年、09年も28)。

出題分野は、第1問が「物質の構成」を中心とした理論分野、第2問が化学反応と熱、酸と塩基、酸化還元の「物質の変化」を中心とした理論分野、第3問が主に「無機物質」、第4問が「有機化合物」で、配点はどの大問も25点で、配点比率は理論分野50%、無機分野25%、有機分野25%であった。大枠は、ここ5年変わっていないことから、次年度も大きな変化はないと予測される。

#### ●昨年に続き難問が出題された

正答率が50%以下の小問は6題で、昨年の9題より減少したが、このうち40%以下の問題は5題で、昨年の4題より増加しており、特に3題(第1問 問1a、第2問 問2、第4問 問5b)は20%台の正答率であった。一昨年は正答率60%を切った小問は2題(正答率46.0%と48.2%)であったことから見ても、かなりの難問が昨年に続いて出題されたといえよう。なお、正答率が80%を超える小問も4題あった。

### (2) 設問別分析

第1問 正答率が低かった電解質、物質量計算に課題、身の回りの物質は定着

「物質の構成」、「物質の構成粒子と結合」、「物質の量」からの出題で、基本事項からの出題が多かったものの、昨年に続き正答率は70%に達しなかった。問1a(出題例1)は、電解質を有機化合物から選択させるというやや意表をついた設問であったが、酸が電解質であることは基本事項であろう(啓林館「化学 I 改訂版」p.256、「Master 化学 I」p.200に「サリチル酸は水に少し溶ける」という記述がある)。ところが、スクロースを選んだ解答が31%で、サリチル酸の29%を上回った。中学校では新指導要領が先行実施され、電解質やイオンが学

習項目に入ったが、現行課程では高校ではじめて扱う項目であり、溶液の電気伝導性と電解質、イオンなどが十分に理解されていない結果であろう。また、問5（出題例2）も基本的な化学量計算であるが、正答率は56%で、問題のレベルに比べてあまり高くなかった。体積で計算すれば容易に解答を得ることができるが、ある程度計算問題の演習を積んでいないと要領よく解くことは厳しいであろう。

電子配置と元素の性質などを扱った問3は正答率90%程度、これ以外はほぼ70%前後であった。問2は元素の分類に関する基本問題であったが、正答率は67%、典型元素の領域を選ぶ設問だが、13～18族の元素のうちから非金属元素である領域を選んだ誤答が20%に達した。密度とアボガド口数に関する問4は高卒生と高3生の正答率の差が7%と比較的大きかったが、密度の計算の不出来が主な要因と思われる。問6は身の回りに関連する物質で、物質の用途や基本的な性質に関するもので、正答率も73%であったが、成績上位生と下位生の差が50%を超えている。新指導要領でも「化学と人間生活」は指導内容にあげられており、この項目からの出題は定着したといえる。

問1 a 電解質である化合物

- |              |            |
|--------------|------------|
| ① エタノール      | ② グリセリン    |
| ③ サリチル酸      | ④ 酢酸エチル    |
| ⑤ スクロース（ショ糖） | ⑥ ホルムアルデヒド |

#### 出題例1

問5 標準状態で10mLのメタンと40mLの酸素を混合し、メタンを完全燃焼させた。燃焼前後の気体の体積を標準状態で比較するとき、その変化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。ただし、生成した水は、すべて液体であるとする。

- |              |              |
|--------------|--------------|
| ① 20mL 減少する。 | ② 10mL 減少する。 |
| ③ 変化しない。     | ④ 10mL 増加する。 |
| ⑤ 20mL 増加する。 |              |

#### 出題例2

### 第2問 熱化学－エネルギーの関係を図でおさえる、燃料電池は頻出

化学反応と熱、酸・塩基、酸化還元、電池・電気分解からの出題で、高3生と高卒生の正答率の差が

比較的大きかった。問1～3はいずれも熱化学からの出題で、基本的な反応熱の計算である問1の正答率が85%であったのに対し、水の状態とエネルギーの関係を題材にした問2（出題例3）は正答率23%で、全体の中で最低であった。この問題では④を選んだ解答が56%で正解の⑤を大きく上回った。固体より気体の方がエネルギーが高い状態にあることから、これを誤答としたものと推測されるが、単体（水素、酸素）と水（固）、水（気）の関係を図で書いてみると容易に判断できる。

次に正答率の低かった小問は、問6（出題例4）で43%であった。この問題は、燃料電池、電気分解の電極反応を理解した上で、量的関係をグラフで問うという何段階かの思考過程を要するもので、比較的難度が高い。高3生と高卒生の差は10%で、全体の中で最も大きく、成績上位生と下位生の差も60%と大きく開いた。燃料電池は、社会的にも注目されており、今後も出題される可能性がある（出題された図や反応は、啓林館「化学I改訂版」p.124、「Master化学I」p.102、「新編化学I改訂版」p.73によく似たものが記載されている）。酸化還元反応に関する問4、中和滴定を題材とした問5はいずれも教科書の内容を理解していれば解ける基本的なレベルの問題で正答率も70%前後であった。なお、問4は還元剤としてはたらいっているものを選ぶ基本的な問題であったが理系、文系の差が12%近くあり、文系生のこの分野の学習の遅れが目立った。

問2 水に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- |  |
|--|
| ① 水（固）が水（液）になるときに吸収する熱量を融解熱という。  |
| ② 水（液）が水（気）になるときに吸収する熱量を蒸発熱という。  |
| ③ 水（液）の生成熱は、 $1.013 \times 10^5$ Pa (1atm)、25℃において、水素（気）が燃焼して水（液）が生じるときの燃焼熱に等しい。 |
| ④ 水（固）の生成熱は、水（気）の生成熱より大きい。   |
| ⑤ 水（気）の生成熱は、水（液）の生成熱と水（液）の蒸発熱の和に等しい。   |

#### 出題例3

問6 図1に示すように、水素を燃料とする燃料電池と質量100gの銅板2枚を電極とする電気分解装置を接続して、0.5mol/L 硫酸銅(II)水溶液1.0Lの電気分解を行った。この燃料電池の負極では、水素が水素イオン $H^+$ となって電子を放出している。

この実験において、燃料電池で消費した水素の標準状態における体積[L]と銅電極Aの質量[g]の関係を示すグラフ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、消費した水素が放出した電子は、すべて電気分解に使われるものとする。

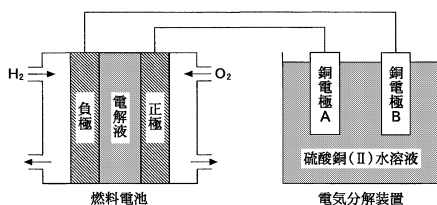
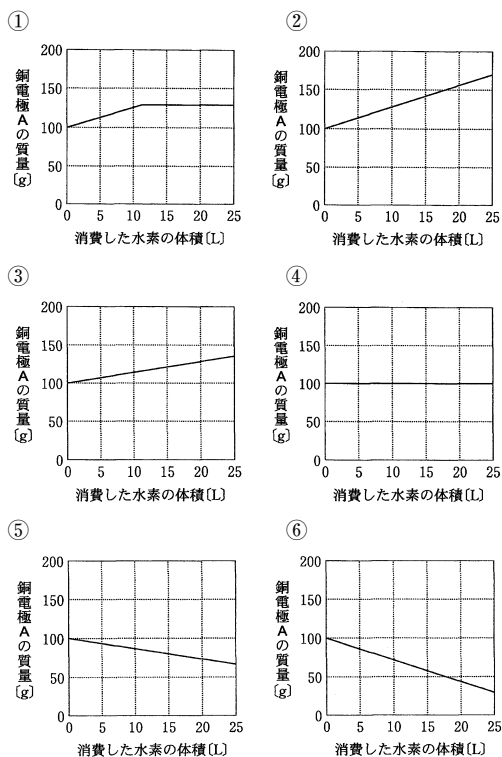


図 1



出題例4

### 第3問 金属イオン、ミョウバンに注意 上位生一下位生で大きな差

無機物質からの出題で、同素体に関する問3は95%、金属と酸に関する問4は85%で正答率がきわめて高く、希ガスについての問1と化合物の熱分解に関する問2はいずれも60%、鉄の製錬について

の化学量計算の問5は70%程度の正答率であった。これらの中では、問1で、「沸点が最も低いのは、ヘリウムである」、問2で「 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ を加熱すると、白色の $CuSO_4$ が生成する」を、いずれも誤りとしたものが20%近くあった。

一方、金属イオンの反応に関する問6(出題例5)が42%、塩とその構成イオンに関する問7(出題例6)が33%と正答率が低く、また、成績上位生と下位生の差も50%前後と大きかった。問6は組解答形式で幅広い知識を要求され、比較的難度の高い設問である。②～⑤のいずれも15%程度が選択している。問7はミョウバンを選んだ解答が37%で、正解の塩素酸カリウムを上回った。ミョウバンは過去にも出題され、このときも正答率が低かった。センター試験、無機物質の鬼門と言っても過言ではなく、組成式、複塩、水溶液が弱酸性など教科書に記載されている事項を重点的に整理しておく必要があるだろう。

問6 水溶液中でイオンAとイオンB、およびイオンAとイオンCをそれぞれ反応させる。いずれか一方のみに沈殿が生じるA～Cの組合せを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

	A	B	C
①	$Ca^{2+}$	$Cl^-$	$CO_3^{2-}$
②	$Fe^{3+}$	$NO_3^-$	$SO_4^{2-}$
③	$Zn^{2+}$	$Cl^-$	$SO_4^{2-}$
④	$Ag^+$	$OH^-$	$CrO_4^{2-}$
⑤	$Mg^{2+}$	$Cl^-$	$SO_4^{2-}$

出題例5

問7 塩とその構成イオンの組合せとして誤りを含むものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

	塩	構成イオン
①	塩化アンモニウム	$NH_4^+$ , $Cl^-$
②	過マンガン酸カリウム	$K^+$ , $MnO_4^-$
③	ミョウバン	$K^+$ , $Al^{3+}$ , $SO_4^{2-}$
④	酢酸鉛(II)	$Pb^{2+}$ , $CH_3COO^-$
⑤	炭酸水素ナトリウム	$Na^+$ , $HCO_3^-$
⑥	塩素酸カリウム	$K^+$ , $ClO^-$

出題例6

#### 第4問 実験関連で二年続けて難問、C4アルコールに注目

有機化合物からの出題で、正答率は54%、昨年よりさらに下ががり、高3生と高卒生の差も最も大きかった。また、問1～問4はいずれも上位生、下位生の差が60%以上で大きく開いた。

アルコールに関する基本的な知識を問う問1、立体異性体に関する問2は、いずれも正答率が70%を超えた。問3はエステル構造決定で正答率は56%、この問題では銀鏡反応陽性からギ酸エステルであることを判断できるかがポイントで、約40%が酢酸エステルを選択していた。クメン法に関する問4は基本的知識を問うもので(啓林館「化学I改訂版」p.252、「Master化学I」p.204、「新編化学I改訂版」p.145に、似た系統図が記載されている)、正答率は65%、ここではクメンヒドロペルオキシドの部分構造で $-OOH$ ではなく $-OH$ を選んだ誤答が15%程度存在した。

問5はエステル合成の実験に関する設問(出題例7)で、aは正答率53%だったが、bは29%で極めて低かった。bでは⑤を選択した解答が30%程度で、正解の②を上回った。酸を用いてエステルを加水分解した場合、酢酸とエタノールになりいずれも水に溶け、均一な溶液になる。また、水酸化ナトリウム水溶液を用いて加水分解した場合、酢酸ではなく酢酸ナトリウムが生じるので、刺激臭はしない。昨年はニトロベンゼンからアニリンを合成する実験が出題され、これも正答率は38%程度で低かった。教科書に記載されている有機化合物関連の実験には必ず目を通し、かつ、それぞれの操作の目的、起こっている変化について考察を深めておく必要がある。問6はC4アルコールに関する設問(出題例8)で、正答率は31%であった。特に②あるいは⑤を選んだ誤答がいずれも20%程度あった。理系の二次私大の場合は、C4アルコールは超頻出事項であるが、その全体が記載されていない教科書が多いので、文系生には少々つらい問題であったろう。事実、文系生の正答率は25%で、全体の中で3番目に低かった。

問5 次の操作1～4からなる実験について、下の問い(a・b)に答えよ。

**操作1** 乾いた試験管Aに酢酸とエタノールを2 mLずつ入れて振り混ぜ、さらに濃硫酸を0.5 mL加えた。この試験管Aに沸騰石を入れて、十分に長いガラス管を取りつけ、図2に示すように80℃の水の入ったビーカーの中で5分間加熱した。

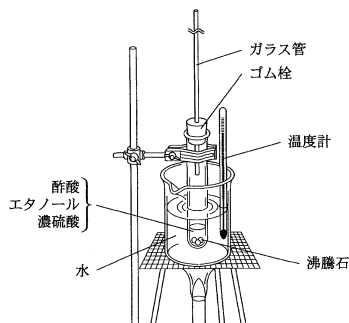


図 2

**操作2** この試験管Aの内容物を冷却したのち、炭酸水素ナトリウムの飽和水溶液を少量ずつ加えて中和した。

**操作3** 試験管Aの内容物が水層と生成物の層の2層に分離したので、生成物の層を乾いた試験管Bに移した。

**操作4** 試験管B内の生成物の一部を別の試験管Cに移し、十分な量の水酸化ナトリウム水溶液を加えて、熱水中で振り混ぜながら加熱して反応させた。

a 操作1～3に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 操作1で試験管Aに沸騰石を入れるのは、突沸(突発的な沸騰)を防ぐためである。
- ② 操作1で試験管Aに長いガラス管を取りつけるのは、蒸発した内容物を冷却して、液体に戻すためである。
- ③ 操作2では、二酸化炭素が発生した。
- ④ 操作2の中和の結果、試験管Aの内容物が分離したとき、生成物の層は下層であった。
- ⑤ 操作3で試験管Bに移した生成物には、果実のような芳香があった。

b 操作4の反応に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 試験管Cの内容物に水酸化ナトリウム水溶液を加えた直後は2層に分離していたが、反応が十分に進行すると分離しなくなり、均一な溶液になった。
- ② 反応後の溶液からは、酢酸の刺激臭がした。
- ③ この反応では、エタノールが生成した。
- ④ この反応は、けん化と呼ばれる。
- ⑤ 水酸化ナトリウム水溶液の代わりに希硫酸を用いた場合、加えた直後は試験管の内容物は2層に分離しているが、反応が十分に進行すると分離しなくなり、均一な溶液になる。

出題例7

問6 炭素、水素、酸素のみからなり、炭素原子を4個もつ分子量74の第二級アルコールAがある。Aを酸化すると分子量72のケトンBになる。A、Bに関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① Aには不斉炭素原子がある。
- ② Aの構造異性体のうち、アルコールはAのほかにも3種類ある。
- ③ Aの構造異性体のうち、エーテルは2種類ある。
- ④ Bの構造異性体のうち、アルデヒドは2種類ある。
- ⑤ Bの構造異性体には、不斉炭素原子をもつものがある。

#### 出題例8

### (3) 学習上のポイント

昨年同様、思考力を要するものや幅広い知識がないと解答に至らない設問が複数あり、全体的に難度が高かったが、教科書をしっかりマスターし、ある程度演習をこなせば解けない問題はない。

#### ① 演習を通じての知識の体系的整理、段階をおった思考の訓練を

第2問の問1、問2に象徴されるが、ある程度機械的に解ける計算問題はできるが、少し思考力を要する問題になると大きく正答率が下がる。ここでは、反応熱の定義のみではなく、物質のもつエネルギーと反応熱の関連がしっかり把握できていたかがポイントで、教科書に必ず記載されているエネルギーの図の理解が鍵である。

また、第2問 問6のように、いくつかの基本事項を組み立てて解法の道筋をつくっていく能力が問われる設問も毎年出題されている。これに対処するためには、教科書のまとめをしっかりと整理するとともに、センター試験の過去の問題の学習などを通じて、いろいろな角度からの考察の中で、基本事項を確認し、かつ基本事項を組み立てていく応用力を身につけておく必要がある。

#### ② 教科書の「実験」にしっかり目を通そう

昨年、今年と教科書の「実験」からの出題が2題あり、特に有機化合物に関する設問は、いずれも正答率が低かった。「実験」に関する出題は今後も2～3題はあると予想される。基本的な知識のまとめや計算問題の演習が重要であることは言うまでもないが、それとともに軽視されがちな「実験」のページにもしっかり目を通し(第4問の問5は、啓林館「化

学I改訂版」p.239、「Master 化学I」p.194と図がほぼ同じで、試薬の量まで同じである)、実験結果がなぜそうなったのかを考察してみよう。

#### ③ 計算問題—成績下位生はとにかく問題を解く

難度の高い問題より、基本的な計算問題で成績上位生と下位生の差が大きい。今回でも密度が理解できていない、指数計算で桁を間違えるなど基本的なミスに起因すると見られる誤答が目立った。教科書の例題でよいので、とにかく問題を解き、解法をチェックし、身につけよう。

#### 補) 理科総合Aについて

理科総合Aの平均点は55.63で昨年の63.38より下がり、09年の56.59とほぼ同じであった。大問数が昨年までの5から4に減少したが、全体のマーク数は変化しなかった。化学に関連した第1問は電子配置、混合物の分離、量的関係(物質量の計算)、電気分解、金属の性質など小問集合、第3問は前半が酵素のはたらき、利用、後半がpHや身近な酸化還元反応に関する設問で、いずれも身近な素材や現象から化学の基本的な知識を問うものであった。昨年同様、思考力を要する問題や難度の高い問題はなく、ここ数年この傾向は変わっていない。したがって、教科書の基本事項のまとめ、章末問題と過去のセンター試験の問題演習で対応できるだろう。

## 2. 一般入試(二次・私大)

### (1) 全体の傾向

東京大、京都大、東工大、東北大、九州大、名古屋大、大阪大、早大、慶応大など難関校では、例年同様かなりの応用力を要する難度の高い問題が出題されたが、多くの国公立大、私立大では標準的な問題が大半であった。また、私立大学では、基本的な知識を幅広く問う小問集合の形式での出題も多い。

今年の特徴は、酸化還元、電池、電気分解、結晶の構造からの出題が増加したことである。また、依然、化学平衡からの出題は電離平衡を中心に多く、さらに溶解度積も増加した。無機分野では、2族元素や鉄を題材に、溶解平衡や熱化学なども含めた総

合問題が目立った。有機分野ではエステル構造決定、糖類、アミノ酸・タンパク質からの出題が多かった。以下、分野別に今年の傾向について見ていこう。

## (2) 分野別分析

### [理論分野 化学 I]

昨年もそうであったが、酸化還元、電池・電気分解からの出題が多い。酸化還元では、過マンガン酸カリウムによる酸化還元滴定(甲南大一出題例9、名古屋工大、長岡技術大、愛知教育大)が多く、また、ヨウ素滴定も複数の大学で出題されている。出題例を見てもわかるように過マンガン酸カリウムによる滴定は標準的な設問がほとんどである(啓林館「化学 I 改訂版」p.113~114及び p.135~136も参

照)。一方、ヨウ素滴定では、さらし粉の定量(東京農工大)、銅(II)イオンの定量(岐阜大)、溶存酸素の定量(東京理科大 薬)などやや難度の高い設問が多い。電池、電気分解ではダニエル電池(金沢大一出題例10)、燃料電池からの出題が多く、リチウムイオン電池(大阪薬科大)も出題された。なお、教科書の「発展」に記載されている標準電極電位(啓林館「化学 I 改訂版」p.118)に触れたものもあった(中央大一出題例11)。この問題では、標準還元電極電位と還元力の強さについて誘導があるので、解答を導くのはそれほど困難ではない。電気分解では、特に銅の電解精錬からの出題が多かった。

物質の構成では、周期表を中心とした小問集合が私大を中心に多く出題され、同位体の存在比の計算、化学 II の範囲である電子式や分子の極性からの出題が増加した。

2 次の文を読み、問1～問5に答えよ。必要があれば次の数値を用いること。原子量 H=1.00, C=12.0, O=16.0, S=32.1, K=39.1, Mn=54.9

シュウ酸二水和物(COOH)<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>Oの結晶を水に溶かし、メスフラスコを用いて0.0500 mol/Lの水溶液を調製した。この水溶液10.0 mLをホールピペットを用いてコニカルビーカーに入れ、純水を約20 mL加え、さらに3 mol/Lの硫酸水溶液を5 mL加えた。この溶液を約70℃に温めた後、濃度のわからない過マンガン酸カリウム水溶液を器具Aを用いて少しずつ滴下した。11.0 mL滴下したときに溶液の赤紫色が消えなくなったので、この点を滴定の終点とした。

問1 シュウ酸二水和物(COOH)<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>Oの結晶を水に溶かして0.0500 mol/Lの水溶液を調製するのに最も適当な方法を、以下の【解答群】(ア)～(オ)から選び、記号で記せ。

【解答群】

(ア) 結晶4.50 gを水1000 mLに溶かす。  
 (イ) 結晶4.50 gを水995.5 gに溶かす。  
 (ウ) 結晶3.15 gを水に溶かして500 mLにする。  
 (エ) 結晶4.50 gを水に溶かして1000 mLにする。  
 (オ) 結晶6.30 gを水993.7 gに溶かす。

問2 この中和の操作に用いた器具Aとして、最も適当なものの名称を記せ。

問3 1) この滴定において、過マンガン酸イオンがどのように変化したかを示す。電子を含むイオン反応式は以下のように表される。

$$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + \boxed{\text{a}} \text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O} \quad (1)$$

式(1)の  $\boxed{\text{a}}$  に当てはまる数値を記せ。

2) この滴定において、シュウ酸がどのように変化したかを示す。電子を含むイオン反応式は以下のように表される。

$$(\text{COOH})_2 \rightarrow 2 \boxed{\text{b}} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \quad (2)$$

式(2)の  $\boxed{\text{b}}$  に当てはまる化学式を記せ。

3) 式(1)および式(2)より、硫酸酸性水溶液中における過マンガン酸カリウムとシュウ酸の酸化還元反応の反応式を記せ。

問4 下線部のように、この反応は硫酸酸性水溶液中で行う必要がある。この反応では、硫酸のかわりに硝酸を用いることができない理由を15字程度で記せ。

問5 この滴定で用いた過マンガン酸カリウム水溶液の濃度は何 mol/Lか。有効数字3桁で求め、数値を記せ。

甲南大

出題例9

下図に電池A、B二種を示す。

電池Aは亜鉛板と銅板を希硫酸に浸したもので、電池Bは亜鉛板をうすい硫酸亜鉛水溶液に浸し、銅板を濃い硫酸銅(II)水溶液に浸し、亜鉛、銅水溶液を素焼きの筒で仕切ったものである。

問1 水素が発生するのはA、Bどちらの電池か、その記号を記入しなさい。水素が発生するのは銅板、亜鉛板いずれの板か、また、それは正極か負極かを記入しなさい。さらに、もう一方の電池では水素が発生しない理由を80字以内で記入しなさい。

問2 問1で発生した水素は過酸化水素水を加えると発生しなくなる。このとき、生成している物質があれば、化学式で記入しなさい。何も生成しない場合は「なし」と記入しなさい。

問3 電池Bの素焼きの筒をガラスの筒に交換した。どのような変化が起こるか、理由とともに80字以内で記入しなさい。

問4 電池Bを20時間放置し、亜鉛板の質量を測定したところ、10.000 gから9.856 gに減少していた。一方、反応前の銅板の質量は5.000 gであった。20時間後の銅板の質量は何gになるか、有効数字4桁で求めなさい。また、このときに流れた電流の平均値を有効数字2桁で単位を付して記入しなさい。計算過程も示しなさい。

金沢大

出題例10

熱化学は、炭化水素の燃焼熱やアルコール発酵を素材にした反応熱の計算が中心だが、格子エネルギー（首都大－出題例12）やさらにイオン結晶の溶解熱の考察（名古屋大）など応用力を要するものも出題されている。

酸塩基は中和滴定による酢酸の定量や水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの混合水溶液の二段階滴定（名古屋工大、浜松医大、啓林館「化学I改訂版」p.101）などが中心で、出題傾向に大きな変化はなかった。

V 次の文章を読み、問い(1)～(5)に答えなさい。なお、(a)～(d)については解答欄の「酸化剤」または「還元剤」のどちらかを選び○で囲みなさい。また、①～④には物質量の比を書きなさい。(50点)

化合物またはイオンの還元されやすさの目安として標準還元電極電位というものが使われる。下の表は、電子を含むイオン反応式とそれに対応する標準還元電極電位を表している。電位の値が大きいほど、左辺の化合物またはイオンが還元されやすいことを表している。

例えば、表中の電子を含むイオン反応式のうち、番号2のMnO<sub>4</sub><sup>-</sup>についてのものと番号3のFe<sup>3+</sup>についてのものに注目する。番号2の反応の標準還元電極電位の値(1.51V)は番号3の反応の標準還元電極電位の値(0.77V)より大きいので、番号2の反応が右向きに進むことにより、番号3の反応を逆向きに進めることができる。すなわち、酸性水溶液中でMnO<sub>4</sub><sup>-</sup>とFe<sup>2+</sup>を反応させると、MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>は酸化剤となり、Fe<sup>2+</sup>は還元剤となる。

番号	電子を含むイオン反応式	標準還元電極電位(V)
1	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + 2H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> → 2H <sub>2</sub> O	1.77
2	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> + 8H <sup>+</sup> + 5e <sup>-</sup> → Mn <sup>2+</sup> + 4H <sub>2</sub> O	1.51
3	Fe <sup>3+</sup> + e <sup>-</sup> → Fe <sup>2+</sup>	0.77
4	O <sub>2</sub> + 2H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> → H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.68
5	I <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> → 2I <sup>-</sup>	0.54
6	SO <sub>2</sub> + 4H <sup>+</sup> + 4e <sup>-</sup> → S + 2H <sub>2</sub> O	0.45
7	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> + 4H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> → SO <sub>2</sub> + 2H <sub>2</sub> O	0.17
8	S + 2H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> → H <sub>2</sub> S	0.10

問い

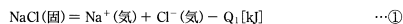
- 酸性水溶液中でのMnO<sub>4</sub><sup>-</sup>とFe<sup>2+</sup>のイオン反応式を書きなさい。
- 酸性水溶液中でのSO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Sの反応では、SO<sub>2</sub>が(a)となる。SO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Sが反応する物質量の比は①となる。
- 酸性水溶液中でのSO<sub>2</sub>とI<sub>2</sub>の反応では、SO<sub>2</sub>が(b)となる。SO<sub>2</sub>とI<sub>2</sub>が反応する物質量の比は②となる。
- 酸性水溶液中でのH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>とI<sup>-</sup>の反応では、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>が(c)となる。H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>とI<sup>-</sup>が反応する物質量の比は③となる。
- 酸性水溶液中でのH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>とMnO<sub>4</sub><sup>-</sup>の反応では、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>が(d)となる。H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>とMnO<sub>4</sub><sup>-</sup>が反応する物質量の比は④となる。

中央大

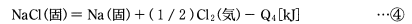
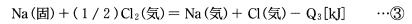
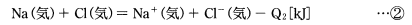
### 出題例11

3 次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

NaCl結晶を構成するイオンを互いに結び付けているエネルギーは、次の熱化学方程式①の右辺の熱量Q<sub>1</sub>で与えられる。



Q<sub>1</sub>は、次の3つの熱化学方程式②～④を組み合わせて求めることができる。



また、ナトリウムが固体から気体になる状態変化の熱化学方程式は、次の式⑤である。



必要ならば、表1に示したデータを用いなさい。

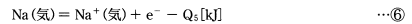
表1

NaCl(固)の生成熱	411 kJ/mol
Na(気)のイオン化エネルギー	502 kJ/mol
Cl(気)の電子親和力	354 kJ/mol
Cl <sub>2</sub> (気)の結合エネルギー	240 kJ/mol

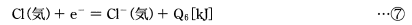
問1 ナトリウムイオンNa<sup>+</sup>と塩化物イオンCl<sup>-</sup>は、それぞれK殻、L殻、M殻に何個の電子を持つか、答えなさい。

問2 ⑤式のように、物質が固体から気体になる状態変化を一般に何とというか、答えなさい。

問3 電子をe<sup>-</sup>で記すことにすると、気体のナトリウム原子から気体のナトリウムイオンを生成する反応の熱化学方程式は、次の式⑥で表わされる。



一方、気体の塩素原子と電子から気体の塩化物イオンを生成する反応の熱化学方程式は、次の式⑦と書くことができる。



熱化学方程式②、⑥、⑦が示すエネルギー変化の様子は、図1のように表わされる。

熱量Q<sub>2</sub>、Q<sub>5</sub>、Q<sub>6</sub>をそれぞれ答えなさい。

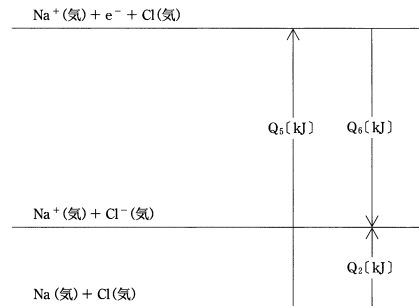


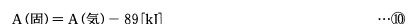
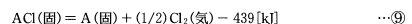
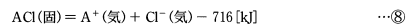
図1

問4 1 molの気体の塩素分子から気体の塩素原子ができる反応の熱化学方程式を記しなさい。

問5 熱化学方程式③の右辺の熱量Q<sub>3</sub>を答えなさい。

問6 熱化学方程式①の右辺の熱量Q<sub>1</sub>を答えなさい。

問7 ナトリウムとは異なるアルカリ金属Aについて、以下の3つの熱化学方程式⑧～⑩が知られている。



アルカリ金属Aのイオン化エネルギーを答えなさい。

問 8 アルカリ金属 A はリチウムまたはカリウムである。適切な元素を元素記号で答えなさい。また、理由をイオン化エネルギーの違いから 30 字以内で説明しなさい。

首都大

### 出題例 12

#### [理論分野 化学Ⅱ]

最も特徴的なことは、結晶の構造からの出題が大きく増加したことである。金属結晶やイオン結晶の基本事項に関する設問が多かったが、最密構造（東工大、啓林館「化学Ⅱ改訂版」p.26）、イオン結晶の構造（北大 後期）、原子の欠損（京都大）など難度の高いものや、炭素の同素体に関連するもの（岡山大―出題例 13、名古屋大）も多かった。

平衡からの出題は相変わらず多く、問題のレベルも基本からかなり難度の高いものまで多岐にわたっている。ヨウ化水素の生成に関する速度と平衡の基本問題、二酸化窒素に関する気相平衡、酢酸やアンモニアの電離平衡などが中心だが、昨年、今年と続いて溶解度積からの出題も増加している。塩化銀の溶解平衡が中心だが（啓林館「化学Ⅱ改訂版」p.122～124）、さらにアンミン錯体との平衡（名古屋大―出題例 14）や水酸化鉄(Ⅲ)（京都大）、炭酸カルシウム（東京医科歯科大）など難度の高いものも出題された。

さらに、分配平衡（お茶の水女子大―出題例 15、京都府立医大）、吸着平衡（京都大）など応用力を要するものもあった。昨年、難度の高い設問が多かった反応速度は、東京大などでかなり難度の高いものが出題された以外は、活性化エネルギーや簡単な反応速度の計算など標準的な問題が多かった。

気体では、今まで比較の出題例の少なかった実在気体が増加し、ファンデルワールスの状態方程式（千葉大―出題例 16、横浜市大、啓林館「化学Ⅱ改訂版」p.50）も出題された。混合気体や気液平衡からの出題も多い。

希薄溶液の性質も昨年同様、多くの大学で出題されており、今年は特に酢酸の二量体に言及したものが複数あった（北大 前期、東京理科大 理）。

### 第 1 問

次の文章を読み、問 1 および問 2 に答えよ。

炭素にはいくつかの（ア）が存在する。例えば、二次元結晶となる炭素の（ア）としてはグラフェンがある。グラフェンは正六角形の格子が原子 1 個分の厚さで平面状に繋がった 2 次元結晶であり、炭素分子が蜂の巣状に並んでいる。グラフェンは炭素が持つ価電子のうち（イ）個を使って共有結合しており、残る価電子は結晶表面を（ウ）できるため、電気伝導性を（エ）。2010 年にガイムとノボセロフはグラフェンの研究によってノーベル物理学賞を受賞した。グラフェンが層状に重なったものがグラファイト（黒鉛）である。層と層の間は弱い（オ）で結合している。そのため、グラファイトは層状にはがれやすいという性質を持つ。

グラフェンに関連した（ア）として、グラフェンが筒状になったような構造を持つカーボンナノチューブや、炭素原子 60 個からなるサッカーボール状の構造を持つ C<sub>60</sub> フラーレンなどがある。1996 年には C<sub>60</sub> フラーレンの発見によりノーベル化学賞がクロトー、カール、スモーリーに与えられている。C<sub>60</sub> フラーレンは結晶構造を取る場合がある。このとき、C<sub>60</sub> フラーレン分子を一つの粒子と考えると、立方体の各頂点および各面の中心に C<sub>60</sub> フラーレン分子が位置する。

炭素の（ア）にはさらに、三次元結晶となるダイヤモンドがある。ダイヤモンドは、各炭素原子が（カ）個の価電子により隣接する炭素原子とそれぞれ共有結合を作って（キ）のかたちをとり、これが繰り返された立体構造を持つ。この原子の配置は幾何的に理想的な角度であるため、ひずみがなく、安定である。ダイヤモンドは天然で最も（ク）物質であり、電気伝導性を（ケ）。

問 1 文章中の（ア）～（ケ）に適切な語句または数字を記せ。

問 2 下線部について、(1)～(4)に答えよ。

- (1) このような結晶格子を何と呼ぶか記せ。
- (2) 1 個の C<sub>60</sub> フラーレン分子に隣接している他の C<sub>60</sub> フラーレン分子の数を記せ。ただし、C<sub>60</sub> フラーレン分子は球形で、隣接している C<sub>60</sub> フラーレン分子は互いに接しているものとする。
- (3) 単位格子当たりの炭素原子数を記せ。
- (4) 単位格子の一辺の長さを  $1.41 \times 10^{-7}$  cm とするとき、C<sub>60</sub> フラーレン結晶の密度 (g/cm<sup>3</sup>) を求め、有効数字 3 桁で記せ。

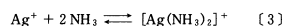
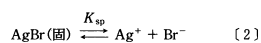
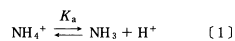
岡山大

### 出題例 13

問 2 次の文章を読んで、設問(1)～(5)に答えよ。必要ならば次の値を用いよ。

$$\log_{10} 5.8 = 0.763, \log_{10} 9.9 = 0.996$$

$1.0 \times 10^{-2}$  mol/L の硝酸アンモニウム NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 水溶液 1.0 L を調製した。この溶液に臭化銀 AgBr の粉末  $8.0 \times 10^{-7}$  mol を加え、よくかき混ぜたが、臭化銀は溶けきらず、固体が残った。このとき溶液では、以下の三つの平衡（反応式〔1〕、〔2〕、〔3〕）が成り立っている。



K<sub>a</sub> は反応式〔1〕の電離定数を、K<sub>sp</sub> は反応式〔2〕の溶解度積を表す。この溶液に対して水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、pH を徐々に上昇させたところ、臭化銀が溶け始め、pH = x のときにちょうど溶けきった。このとき、溶液中のアンモニウムイオンの電離度は α、ジアンミン銀(Ⅰ)イオン [Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>+</sup> の濃度は C [mol/L] であった。

溶液の温度は常に一定に保たれており、臭化銀、水酸化ナトリウム水溶液を加えたことによる溶液体積の増加は無視できるものとする。また、生成するアンモニアはすべて溶液中に溶解しているものとする。

設問(1): 下線部で示す硝酸アンモニウム水溶液の pH を有効数字 2 桁で答えよ。  
ただし、ここでは  $K_a = 5.8 \times 10^{-10}$  mol/L とせよ。

設問(2):  $K_{sp}$  を  $C$  を用いて書き表せ。

設問(3): 溶液中のアンモニア濃度 (mol/L) を  $\alpha$  と  $C$  を用いて書き表せ。

設問(4):  $K_a$  を  $\alpha$ ,  $C$ ,  $x$  を用いて書き表せ。

設問(5): 電離度  $\alpha$  は  $1.0 \times 10^{-2}$  であった。臭化銀がちょうど溶けきったときの pH の値  $x$  を有効数字 2 桁で求めよ。  
ただし、ここでは  $K_a = 5.8 \times 10^{-10}$  mol/L,  $K_{sp} = 5.6 \times 10^{-13}$  mol<sup>2</sup>/L<sup>2</sup> とせよ。

名古屋大

### 出題例 14

2 溶質の抽出に関する次の文章を読んで、問(1)~(5)に答えよ。計算問題では計算過程も記し、有効数字 2 けたで答えよ。

水とベンゼンは、互いに溶け合わずに 2 液層に分離する。この 2 つの液体に溶質 A が溶ける場合、溶質 A が両液層中で同じ分子として存在するならば、一定の温度では両液層に溶ける溶質の濃度の比  $\frac{c_2}{c_1} = K$  (分配係数) は一定となる。

ここで、 $c_1$ ,  $c_2$  は、それぞれ水層とベンゼン層における溶質 A の濃度である。水 100 mL に 1.00 g の溶質 A を溶かし、これを水溶液 X とする。

実験 1 水溶液 X が入った分液漏斗に、ベンゼン 100 mL を加えてよく振り混ぜ、25℃ で静置したところ、溶質 A の 0.75 g が水層からベンゼン層へ移った。

実験 2 別の分液漏斗に水溶液 X を入れ、ベンゼン 50 mL を加えてよく振り混ぜ、25℃ で静置した後、ベンゼン層と水層とを分けた。再び分液漏斗を用いて、この分けた水溶液に新たに 50 mL のベンゼンを加えてよく振り混ぜ、25℃ で静置した後、ベンゼン層と水層とを分けた。この操作により、合計  $a$  グラムの溶質 A が水層からベンゼン層へ移った。

- (1) 水層とベンゼン層とは、どちらが下層になるか。
- (2) 実験 1 の結果を用いて、水層の濃度  $c_1$  とベンゼン層の濃度  $c_2$  を溶質 [g]/溶媒 [1 mL] の単位で表し、分配係数  $K$  を求めよ。
- (3) 実験 2 における全抽出量  $a$  を求めよ。
- (4) 実験 1 と実験 2 の比較から言えることは何か。
- (5) 25℃ で水溶液 X から溶質 A を抽出するのに、100 mL のベンゼンを  $n$  等分して  $n$  回の抽出操作を行うとき、 $m$  回目 ( $m \leq n$ ) の抽出によってベンゼン層に移る溶質 A の質量を  $x_m$  グラム、 $m$  回目 ( $m \leq n$ ) の抽出後に水層に残っている溶質 A の質量を  $x_m'$  グラムとする。
  - (i)  $n \geq 3$  のとき、1 回目の  $x_1, x_1'$  と 2 回目の  $x_2, x_2'$  を  $K$  と  $n$  を用いた式で表わせ。求める過程も記せ。
  - (ii) (i) で求めた式からの類推により、 $m$  回目の  $x_m, x_m'$  を  $K$  と  $n$  と  $m$  を用いた式で表わせ。(式の導出は必要ない。ヒント: 必要があれば、3 回目の  $x_3, x_3'$  の式も導いて考えよ。)
  - (iii)  $n$  回の抽出操作によって、水層からベンゼン層へ移る溶質 A の全量を  $K$  と  $n$  を用いた式で表せ。

お茶の水女子大

### 出題例 15

1 実在気体の状態方程式として次のファンデルワールスの状態方程式がよく使われている。温度 (絶対温度)  $T$ , 1 mol あたりの体積  $V$ , 圧力  $P$  の間に次の関係が成立する。 $R$  は気体定数である。

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

$a$  は分子間力によって決まる定数、 $b$  は分子の大きさを反映した定数でともに正である。理想気体からのずれを議論するための量  $Z$  を次のように定義する。

$$Z = \frac{PV}{RT}$$

理想気体では常に  $Z = 1$  である。以下の問い (問 1 ~ 5) に答えなさい。

問 1 ファンデルワールスの状態方程式を用い、 $Z$  が次式で表されることを示しなさい。

$$Z = \frac{V}{V - b} - \frac{a}{VRT}$$

問 2 同じ体積、同じ温度で He と Ar の 2 種類の気体を考える。分子間力を無視した場合、どちらの気体の  $Z$  が 1 に近い値になるか。理由とともに答えなさい。

問 3 温度  $T$  を一定のもので、圧力  $P$  を下げて体積  $V$  を非常に大きくすると  $Z$  は 1 に近づき理想気体とみなせる。そのことを説明しなさい。

問 4 温度  $T$  を一定のもので、理想気体とみなせる問 3 の場合より圧力  $P$  をわずかに上げて体積  $V$  を小さくする。このとき He や  $N_2$  のような極性のない原子・分子からなる気体では  $Z$  が 1 より大きい。その理由を説明しなさい。また  $NH_3$  のような極性のある分子からなる気体では  $Z$  が 1 より少し小さい。その理由を説明しなさい。

問 5 問 4 で  $NH_3$  のような気体では  $Z$  が 1 より少し小さかった。体積  $V$  一定のものでさらに温度を下げると  $Z$  の 1 からのずれは大きくなるか、それとも小さくなるか。理由とともに答えなさい。

千葉大

### 出題例 16

#### [無機分野]

非金属では、アンモニア、硝酸の工業的製法やハロゲンからの出題が多いが、今年は例年と比べて、やや出題例が減少している。なお、炭素の同素体は結晶の構造やフラーレンも含めて増加している。

金属では、2 族および鉄を題材とした理論との融合問題が目立った。2 族では、カルシウムやマグネシウムを中心に全般に関するもの (東京農工大、静岡大、神戸薬科大、兵庫医大、信州大、名古屋市大、岐阜薬科大、長崎大)、塩化カルシウム (弘前大)、炭酸カルシウム (東京医科歯科大) が出題された。

鉄も製錬やイオンの反応が中心で、さらにコロイドまで含めた総合問題が多い (東京農工大 - 出題例 17、首都大、三重大学、大阪教育大)。また、アルミニウムや銅も製錬を中心に 出題されている。金属イオンの反応、分離は例年同様、出題例が多く、溶解度積と併せて出題される例も多い。

3 鉄に関する次の〔1〕～〔5〕の問いに答えよ。

〔1〕 図1に示す溶鉱炉による鉄の精錬に関して、空欄(ア)～(ケ)にあてはまる最も適切な語句または化学式を答えよ。

溶鉱炉には鉄鉱石、コークスおよび石灰石が上部から投入される。主にコークスの燃焼により炉内は高温となり、熔融状態の生成物①と②が炉底部から取り出される。生成物①は、スラグと呼ばれ、鉄鉱石中のSiO<sub>2</sub>などと石灰石の反応で生成する。生成物②は、(ア)と呼ばれ、生成物①より比重が重いため、炉底にたまり分離できる。生成物②中の主成分は、溶鉱炉内で、投入した鉄鉱石中の主成分である赤鉄鉱(化学式 (イ))と、コークスから発生した(ウ)により、主に以下の反応式で示される反応で得られる。

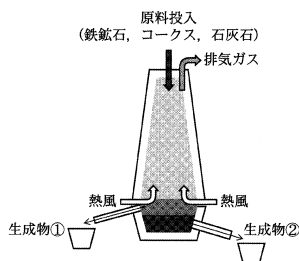
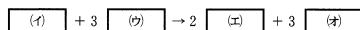


図1 溶鉱炉の構造

〔2〕 〔1〕の生成物②を精製して得られた純粋な鉄27.9gを希塩酸に溶かし、淡緑色水溶液を得た。次に、この水溶液に塩素ガスを通じると鉄イオンが酸化され、1.00 × 10<sup>3</sup> mLの黄褐色(黄色)の溶液へと変化した。淡緑色水溶液に塩素ガスを通じた時に起こる反応を、化学反応式で示せ。鉄はすべて反応したとして、得られた鉄化合物のモル濃度を有効数字二けたで求めよ。答えだけでなく、考え方と計算過程も示せ。

〔3〕 〔2〕で得られた黄褐色(黄色)の水溶液から2.00 mLをとり、沸騰した純水に加えた結果、赤褐色のコロイド溶液が得られた。このコロイド溶液の分散質は、〔2〕で得られた黄褐色(黄色)の水溶液中の鉄化合物(X)が化学反応を起こし、異なる鉄化合物(Y)となり、凝集したものである。XのYへの変化を、化学反応式で示せ。また、この操作で生成する溶液中に存在するコロイド粒子の総質量を、有効数字二けたで求めよ。答えだけでなく、考え方と計算過程も示せ。ただし、XからYへの反応は100%進行し、コロイド粒子はYのみが、化学反応を伴わずに単に凝集してできており、コロイド粒子になっていないYは存在しないものとする。

〔4〕 コロイド粒子1個の質量は、3.55 × 10<sup>-19</sup> gであった。コロイド粒子は、〔3〕のYのみが化学反応を伴わずに単に凝集しているものとして、粒子1個に含まれる鉄イオンの個数Nを求めよ。なお、Nは、以下の式で表わすとし、空欄(カ)、(キ)に入る最も適切な数値を一けたの正の整数で答えよ。

$$N = (カ) \times 10^{(キ)} \text{ 個}$$

アボガドろ定数は、6.02 × 10<sup>23</sup>/molを用いて計算せよ。答えだけでなく、考え方と計算過程も示せ。

〔5〕 〔3〕で得られたコロイド粒子を高温の水素気流中で還元した結果、コロイド粒子1個が図2に示すように一辺の長さがAの立方体である1個の純粋な鉄の結晶となった。結晶の一辺の長さAを求めよ。ただし、答えは以下の形で表わすとし、空欄(ク)に入る数値を有効数字二けたで、(ケ)に入る数値を一けたの正の整数で答えよ。

$$A = (ク) \times 10^{-(ケ)} \text{ m}$$

なお、生成した1個の結晶中に含まれる鉄原子の個数は、〔4〕で求めたNの値と等しいと仮定する。この結晶は図2に示す単位格子の一辺の長さaの体心立方格子の構造を持つ。鉄原子は、半径r = 1.3 × 10<sup>-10</sup> mの硬くて変形しない球と考え、図2のように体心立方格子内で鉄原子は接触して充てんしていると仮定する。また、必要であれば以下の数値を用いよ。

$$\sqrt{2} = 1.4, \sqrt{3} = 1.7, \sqrt{5} = 2.3$$

答えだけでなく、考え方と計算過程も示せ。

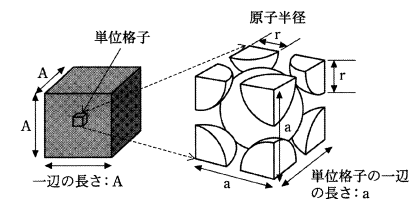


図2 生成した鉄結晶と体心立方格子の原子配置

東京農工大

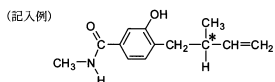
### 出題例17

#### 〔有機分野 化学I〕

化学Iの有機分野では、エステル構造決定、炭化水素の構造と反応、ベンゼンを起点とした芳香族化合物の合成からの出題が多かった。エステルの構造決定ではC4アルコールのエステル(京都工芸繊維大―出題例18)が中心で、エステル以外にも千葉大、徳島大、島根大などでC4アルコールを題材にしたアルコール全般に関する出題があった。センター試験の分析でも述べたが、C4アルコールを中心にアルコールの構造、酸化、脱水などをまとめておくことが重要である。炭化水素の出題も多く、特にアセチレンから始まり、簡単な高分子化合物も含まれるものが目立った(大阪大 後期 エ―出題例19)。ベンゼンからの誘導体ではアニリン(法政大)さらにアセトアミノフェン(立命館大)、フェノール(金沢工大)などが出題されている。化学Iの有機分野からの出題は、脂肪族、芳香族の反応経路や簡単な構造決定など標準的なものがほとんどである。なお、教科書の「発展」で取り上げられた炭素二重結合のオゾン分解(啓林館「化学I改訂版」p.217)は、やや減少したものの今年もいくつかの大学で出題されており、油脂を構成する脂肪酸の構造決定(岐阜大 この問題では過マンガン酸カリウムによる酸化であった)も出題されている。

III 次の文を読んで、問1～問6に答えよ。なお、化合物の構造式は記入例にならって書け。

(配点率 25%)



組成式  $C_9H_{11}O_2$  の化合物 A に、水酸化ナトリウム水溶液を加えて煮沸し、じゅうぶんに反応を進行させたのち、冷却したものを分液漏斗に移し、ジエチルエーテルを加えて振り混ぜた。ジエチルエーテル層と水層を分離し、ジエチルエーテル層を蒸留すると、沸点  $100^\circ\text{C}$  の化合物 B と、B とは異なる沸点を示す化合物 C が得られた。一方、水層に濃塩酸を加えたところ、芳香族化合物 D が白色の沈殿として生成した。

化合物 A の分子量を測定したところ、278 であることがわかった。化合物 B の元素分析を行ったところ、炭素 64.9%、水素 13.5%、酸素 21.6% という値が得られた。化合物 C は標品との比較により、1-ブタノールであることがわかった。

B および C に、ナトリウムを加えると、どちらの場合も、気体 E が発生した。

B および C に、硫酸酸性下でニクロム酸カリウムを加えて、おだやかに加熱したところ、B からは化合物 F が、C からは化合物 G が生じた。F と G にそれぞれアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて、加熱すると、G では銀が析出したが、F では変化がなかった。また、F にヨウ素を含む水酸化ナトリウム水溶液を加えて、加熱すると、化合物 H が黄色の沈殿として析出した。

化合物 D を加熱したところ、分子内で容易に脱水し、化合物 I が得られた。I の分子量を測定したところ、148 であることがわかった。

問 1 化合物 A と B の分子式を書け。

問 2 気体 E の分子式を書け。

問 3 下線部①の結果から確認される化合物 G にある官能基は、他の反応によっても確認することができる。どのような反応操作を行い、どのような変化が観測されるかを書け。

問 4 下線部②の反応の名称と、化合物 H の分子式を書け。

問 5 化合物 F と G と I の構造式をそれぞれ書け。

問 6 化合物 A の構造式を書け。また、A は不斉炭素原子を含んでいる。構造式中の不斉炭素原子を記入例にならって \* で示せ。ただし、光学異性体は区別しないものとする。

京都工芸繊維大

### 出題例 18

[2] 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。なお、計算問題は有効数字2桁で答えよ。

石灰石(炭酸カルシウム)を焼いて作られる生石灰に、コークスを混ぜて強熱すると、化合物 [ A ] が得られる。化合物 [ A ] に水を作用させれば、常温・常圧で気体であるアセチレンが得られる。

アセチレンは、燃焼するときに多量の燃焼熱を発生するので、燃料として用いられるほか、大部分はさまざまな物質の合成のための原料として用いられている。たとえば、触媒を用いてアセチレンを直接重合すると、不溶・不融の高分子化合物 [ B ] が得られる。これに  $I_2$  を作用させると金属光沢が現れ、電気伝導性を示すようになる。

アセチレンに Ni を触媒として水素を1分子付加させると化合物 [ C ] が得られる。また、アセチレンに塩化水銀(II)を触媒として塩化水素を1分子付加させると化合物 [ D ] が、酢酸亜鉛を触媒にして酢酸を1分子付加させれば化合物 [ E ] がそれぞれ得られる。これらの化合物 [ C ]、[ D ]、[ E ] はいずれも、高分子材料の単量体として知られており、それぞれ相当する高分子化合物 [ F ]、[ G ]、[ H ] を与える。

得られた高分子化合物 [ H ] に対し、水酸化ナトリウム水溶液を作用させ、エステル基を加水分解することにより、合成繊維の原料として用いられている高分子化合物 [ I ] が得られる。

問 1 下線部①について、この化学反応式を記せ。

問 2 下線部②の燃焼反応について、 $10.0\text{g}$  のアセチレンを  $16.0\text{g}$  の酸素と混合し、容積が  $2.00 \times 10^{-2}\text{m}^3$  である密閉容器の中で燃焼させた。このときに発生した熱量は  $260\text{kJ}$  であった。

- (1) アセチレンが完全燃焼するときの化学反応式を記せ。
- (2) 容器の中で(1)の燃焼反応のみが完全に進行したとして、アセチレンの燃焼熱を求め、計算過程とともに記せ。
- (3) 上記(2)の反応後、容器の温度を  $0^\circ\text{C}$  にしたときの容器内の圧力を求め、計算過程とともに記せ。

問 3 化合物 [ C ]、[ D ]、[ E ]、高分子化合物 [ B ]、[ F ]、[ G ]、[ H ]、[ I ] の構造式を記せ。ただし、すべての立体異性体及び構造異性体は考慮しなくてよい。

問 4 高分子化合物 [ H ] を得るための重合様式について、以下の選択肢から適切なものを選び、解答欄に記せ。

[選択肢] 縮合重合 重縮合 付加重合 重付加 開環重合 共重合

問 5 下線部③について、

- (1) このような加水分解反応を何と呼ぶか答えよ。
- (2)  $100\text{g}$  の高分子化合物 [ H ] を部分加水分解すると、 $60.0\text{g}$  の高分子化合物 [ I ] が得られた。高分子化合物 [ H ] に含まれるエステル基のうち、何パーセントが加水分解されたかを求め、計算過程とともに記せ。ただし、高分子化合物 [ H ] の分子量は十分に大きいものとする。

大阪大 後期 工

### 出題例 19

#### [選択分野]

糖類、アミノ酸・タンパク質からの出題が多い。糖類では、二糖類を中心に還元性の有無や加水分解など基本事項に関する設問が多い(香川大、新潟大、立教大)が、デンプンのヒドロキシ基のメチル化(東北大)など思考力を要するものも出題されている。また、糖類からの応用として核酸に言及した出題例(福井大、岩手大)もある。

アミノ酸・タンパク質では、アミノ酸の電離平衡とペプチドのアミノ酸配列の決定が中心で、特にイオン交換樹脂によるアミノ酸の分離が目立った(広島大—出題例20、東京医科歯科大など)。なお、イノシトール(神戸大)、トレハロース(滋賀県立大)、ホモガラクトロナン(京都大)、メタロチオネン(明治大農)など教科書に記載されていない糖類やタンパク質も出題されたが、問題文の誘導にしたがっていけば解けるものがほとんどである。

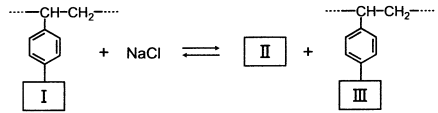
合成高分子では、先に述べたようにアルキンの付加反応と連動して PVA やビニロンなどの出題が多く。また、機能性高分子(名古屋大)や生分解性高

分子(名古屋工大, 広島大), アラミド(横浜市大)なども出題されたが, 特に機能性高分子や生分解性高分子は出題例が増加傾向にあるので注意を要する。

脂質は, 大部分が化学Ⅰ油脂, セッケンからのものので, 界面活性剤に言及したものが多く, リン脂質からの出題は, 今年は少なかった。

化学Ⅱの最後の項目である「課題研究」に関連する項目としては, 化学の基礎法則(金沢大, 近畿大)リモネンを用いたプラスチックのリサイクル(大阪大 後期 理-出題例21, 啓林館「化学Ⅱ改訂版」p.282)などがあげられる。

問 2  $\boxed{\text{I}}$  ~  $\boxed{\text{III}}$  にはまる部分構造または化学式を記入し, 下線部(a)の反応に記述される以下の反応式を完成させよ。



問 3 アラニンについて, 下線部(b)に示す pH の値を有効数字 2 桁で求めよ。

問 4 文章中の  $\boxed{\text{あ}}$  と  $\boxed{\text{い}}$  にはまるアミノ酸はリシン, アラニン, グルタミン酸のどれか, 物質名を答えよ。なお,  $\boxed{\text{う}}$  は問わない。

問 5 下線部(c)の樹脂に吸着したアミノ酸が流出される理由について, 「電荷」と「吸着」の二つの語句を含めて, 30 字以内で説明せよ。

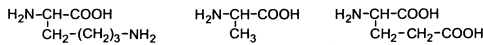
問 6 C の構造式を図 1 にならって記せ。

広島大

### 出題例 20

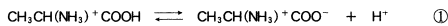
[Ⅳ—b] 次の文章を読み, 問 1 ~ 問 6 の答えを解答欄に記入せよ。

$\beta$ -ジビニルベンゼンとスチレンが共重合した樹脂を濃硫酸で処理することにより, ベンゼン環に  $\boxed{\text{I}}$  基が導入された  $\boxed{\text{ア}}$  樹脂が得られる。この樹脂に塩化ナトリウム水溶液を通すと  $\boxed{\text{II}}$  が流出する。  $\boxed{\text{ア}}$  樹脂を用いてアミノ酸を分離することができる。図 1 に 3 種類のアミノ酸の構造を示す。アラニンは, 水溶液中では陽イオン( $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3)^+\text{COOH}$ )、 $\boxed{\text{イ}}$  ( $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3)^+\text{COO}^-$ )、陰イオン( $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COO}^-$ )として存在しており, これらの割合は pH によって変化する。水溶液中でのアラニンの電離平衡はそれぞれ式①, 式②で表される。水溶液中でアラニンイオンの電荷が全体として 0 になるときの pH をアラニンの  $\boxed{\text{ウ}}$  という。



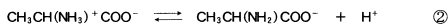
リシン                      アラニン                      グルタミン酸

図 1



①の反応の平衡定数

$$K_1 = \frac{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3)^+\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3)^+\text{COOH}]} = 5.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \quad (25^\circ\text{C})$$



②の反応の平衡定数

$$K_2 = \frac{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3)^+\text{COO}^-]} = 2.0 \times 10^{-10} \text{ mol/L} \quad (25^\circ\text{C})$$

化合物 A はトリペプチドであり, リシンのカルボキシル基とアラニンのアミノ基が結合し, さらにアラニンのカルボキシル基とグルタミン酸のアミノ基が結合している。A を 6 mol/L の塩酸に溶解して加熱すると, それぞれのアミノ酸に分解した。この溶液を  $\boxed{\text{ア}}$  樹脂を詰めたカラム(ガラス管)に通してこれらのアミノ酸を吸着させたあと, pH 2 の緩衝液を流してもアミノ酸は流出しなかった。このカラムに緩衝液を pH を大きくしながら流していくと, 順次アミノ酸が流出した。pH 4 の緩衝液を通すと  $\boxed{\text{あ}}$  が流出した。pH 7 の緩衝液を通すと  $\boxed{\text{い}}$  が流出した。pH 11 の緩衝液を通すと  $\boxed{\text{う}}$  が流出した。

A に無水酢酸を反応させてアセチル化すると, トリペプチド B が得られた。B にペプチド結合のみを加水分解する酵素を作用させると, 3 種類の化合物 C, D, E に分解された。これらを pH 2 の緩衝液に溶かし,  $\boxed{\text{ア}}$  樹脂を詰めたカラムに通すと C が吸着されずに流出した。pH 4 の緩衝液を通すと D が流出した。pH 7 の緩衝液を通すと E が流出した。

問 1 文章中の  $\boxed{\text{ア}}$  ~  $\boxed{\text{ウ}}$  にはまる最も適切な語句を記入せよ。

[3] 有機化合物を使った実験について, 問 1 と問 2 に答えよ。

問 1 プラスチックのリサイクルに関する次の記述を読み, 以下の設問(1)~(5)に答えよ。

発泡ポリスチレンは, 合成樹脂素材の一種で, ポリスチレンに気泡を含ませたものである。これを再利用するために, いったん溶媒に溶かしてから再生する実験を行った。まず, ポリスチレンの溶媒を調査したところ, トルエン, リモネン(みかんの皮などから採取される天然油, 図 1)にはよく溶けるが, エタノールには溶けにくいことがわかった。そこで, 再生実験の溶媒にはリモネンを採用した。はじめに, リモネン 20 mL が入ったビーカーに, 発泡ポリスチレン 10 g を加えて溶かした。次に, この溶液にエタノール 20 mL を加えたところポリスチレンが凝集したので, 溶媒を取り除いてから, ドラフト内で自然乾燥させた。こうして得られた乾燥ポリスチレンを細かく切り, ベタンに数時間ひたした。最後に, ベタンを含んだポリスチレンを金属製ざるに移し, 熱湯にひたしたところ一気に発泡し, 発泡ポリスチレンとして再生できた。

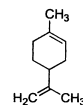
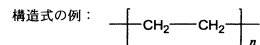


図 1 リモネンの構造式

(1) 下線部(a)のポリスチレンの構造式を例にならって記せ。



(2) 下線部(b)のように, ポリスチレンはトルエンやリモネンによく溶けるが, エタノールには溶けにくい。その理由を 70 字以内で説明せよ。

(3) 下線部(c)では, 溶媒としてトルエンを採用しなかった。その理由を 20 字以内で書け。

(4) 下線部(d)では, 発泡させるためにブタンやヘキサンを採用しなかった。その理由を 40 字以内で説明せよ。

(5) 発泡ポリプロピレンも家庭でよく使われ, 見かけは発泡ポリスチレンと似ている。これらが混在すればリサイクル処理が困難となる。両者を区別する簡単な方法を 30 字以内で書け。

大阪大 後期 理

### 出題例 21

### (3) 学習上のポイント

(2) で述べたように、酸化還元、電池・電気分解、化学平衡、エステルや炭化水素の反応と構造、糖類、アミノ酸・タンパク質などからの出題が多く、その多くは標準的な問題である(出題例9, 10, 18, 19参照)。入試問題の大部分はこのように標準的なレベルの問題であり、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。ただし、基本事項の確認だけではだめであり、基本事項を組み立てて解法を導く能力が問われる。これは適切かつ十分な演習を積み重ねる以外にない。

その上で、「発展」を反映した思考力を要する比較的難度の高い問題への応用力を養成していく必要がある。ここ数年、溶解度積、電離平衡での塩の加水分解、希薄溶液の性質などで、主に「発展」に記載されている項目からの出題は確実に増加している。難関校を目指す場合、この部分が合否の鍵を握る可能性が大きい。「発展」に記載されている事項を理解し、さらに演習問題をじっくり解くことによって解法の道筋を身につける必要がある。

また、「課題研究」で取り上げられている項目から出題されるケースも増えている。上げられている課題の実験やそれに基づく考察を深めることも重要である。

#### ■高橋 茂幸(たかはし しげゆき)

授業では高1～高3生、高卒生のトップレベル生から基礎学力生まで幅広く担当。また河合塾マナビスも担当。教材ではテキストおよび全統マーク模試などの作成を担当。

著書：こだわってシリーズ「速度・平衡・無機物質」(河合出版)

「精選化学 I・II 問題演習」(旺文社・共著)

「入試問題正解」(旺文社・共著) など

# 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 I

### (1) 全体の傾向

今年度のセンター試験は、大問数5題、小設問数32問であった。昨年度と比較して、小設問数が3問増加した。また、前文や選択肢が文章になっている形式の文章量、および考察問題の割合が増加した。知識問題は詳細な知識が要求される問題が増えた。正答率が80%以上の「やさしい」小設問の割合は、昨年度は65%であったが、34%に減少した。また、正答率が90%以上の「非常にやさしい」小設問が昨年度は31%もあったが、3%に激減した。逆に、正答率が50%以下の「難しい」小設問の割合は、昨年度は10%と低かったが、19%と増加した。これらの結果は、今年度の問題が昨年度と比較してやや難化したことを示している。全受験生の平均点は昨年度より約6点下がって、63.36点（大学入試センター発表）であった。

各大問は5題ともA・B分けになっており、幅広いテーマから出題されている。知識問題と考察問題の割合は例年どおりほぼ半々であったが、昨年度よりやや考察問題の割合が多かった。知識問題は小問集合的で、幅広いテーマから少しずつ出題されていた。選択肢が用語などの組合せになっているものが15%近くあり、十分な知識の理解がないと解答できない。データを読み取り考察する問題はいずれも比較的正確率が高く、逆に知識問題の正確率が低かった。得点差は知識問題で開いたようである。

### (2) 設問別分析

#### 第1問 細胞と細胞分裂

Aは細胞の構造と機能に関する標準的な知識問題であり、Bは細胞分裂に関する標準的な知識問題で

ある。第1問全体の正答率は56%で、大問5題中最低であった。

問1の正答率は50%と低く、誤答は③に集中しており、フックは知っているが、ブラウンはわからなかったようである（啓林館「生物I改訂版」p.14、「新編生物I改訂版」p.10に記載）。問3の正答率は30%で32問中最低であった。サフランイン液は教科書の「実験」（啓林館「生物I改訂版」p.60に記載）「探究」に記載されている染色液であり、やや詳細な知識であるため、成績上位者でも正答率は37%と低かった。問4（出題例1）の正答率は44%で、誤答は②・④に集中していたので、凝集した染色体が観察され始める時期がわからなかったようである。問5の正答率は76%であった。問6の正答率は60%で成績上位者と下位者の正答率の差、高3生と高卒生の差がともに大きく、誤答は④に集中していた。卵割、体細胞分裂、減数分裂の違いが理解できていない受験生が多いようである。

B 図1は、体細胞分裂中のある真核細胞の大きさ(体積)、および核1個あたりのDNA(デオキシリボ核酸)量の時間経過に伴う変化をグラフにしたものである。横軸は時間経過、縦軸は細胞の大きさ(相対値)、または核あたりのDNA量(相対値)を示している。ただし、核あたりのDNA量は、核膜が観察されない期間は破線で示されており、その期間は染色体の集まりを核と見なしている。

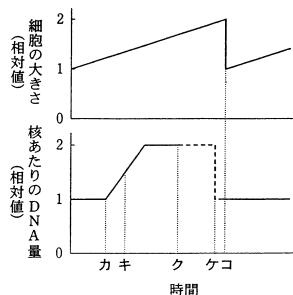


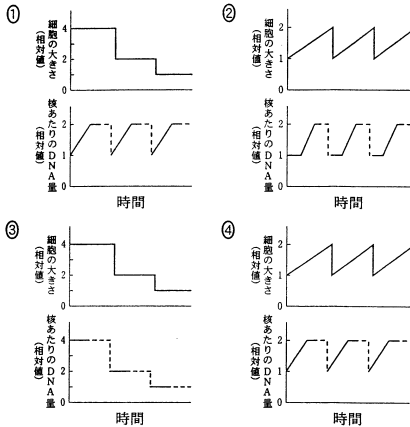
図 1

問 4 図1において、凝縮した染色体が観察され始める時期、および細胞質分裂が終了する時期は、それぞれカ～コのどれに対応するか。そ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。

凝縮した染色体が観察され始める時期      細胞質分裂が終了する時期

- |   |   |   |
|---|---|---|
| ① | カ | ケ |
| ② | カ | コ |
| ③ | キ | ケ |
| ④ | キ | コ |
| ⑤ | ク | ケ |
| ⑥ | ク | コ |

問 5 多細胞動物の発生初期においては、卵割という特殊な細胞分裂が観察される。ウニの最初の2回の卵割における、細胞の大きさ(相対値)と核あたりのDNA量(相対値)の変化を示すグラフとして最も適当なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。



問 6 ウニの卵割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 通常の体細胞分裂に比べてゆっくり進行する。
- ② 各割球が同時に分裂することはない。
- ③ 細胞質分裂の直後から染色体複製が始まる。
- ④ 第一卵割では、対合した相同染色体が分離し、均等に分離される。
- ⑤ 第二卵割から不等割になる。

### 出題例1

## 第2問 生殖と発生

Aは受精と初期発生に関する小問集会的な知識問題であり、Bはウニの受精の実験に関する考察問題である。第2問全体の正答率は71%であった。

問1の正答率は48%と低く、誤答は①・④・⑤に分散していた。重複受精の知識不足がうかがえる。問2の正答率は65%で、文系生と理系生の差が大きかった。問3の正答率は41%と低かった。成績下位者では、正答である④より誤答である③や⑤を選んだものが多かった。また、成績上位者の正答率は32問中2番目に低かった。問4、問5、問6の正答率はそれぞれ85%、82%、83%と高かった。問4、問5、問6のような知識があまり要らない考察問題は、予想以上によくできていた。

## 第3問 遺伝子・遺伝

Aは遺伝子の本体に関する標準的な知識問題、Bは家系図の遺伝と伴性遺伝に関する考察問題、Cは連鎖遺伝と染色体地図に関する考察問題である。第3問全体の正答率は71%であった。

問1・問2はやさしかったので、正答率はそれぞれ88%、82%と高かった。問3の正答率は46%と低く、誤答は④に集中していたので、遺伝子型が決まるのがaかbか判断できなかったようである。特に、成績下位者では、正答の⑤より誤答の④を選んだものの方が多かった。問4の正答率は65%、問6の正答率は71%であり、いずれも成績下位者の誤答は均等に分散していた。一方、問5の正答率は87%と高く、組換え価の計算は非常によくできていた。

## 第4問 環境と動物の反応

Aは自律神経系と内分泌系に関する標準的な知識問題、Bは神経筋標本を用いた実験に関する考察問題である。第4問全体の正答率は67%である。

問1の正答率は73%であり、誤答は②に偏っていたので、アドレナリンが分泌される内分泌腺が副腎の髄質なのか皮質なのかわからなかったようである。問2の正答率は84%であった。問3の正答率は52%で、成績上位者の正答率は32問中3番目に低かった。誤答は①・④・⑤に分散しており、成績上位者でも内分泌系の知識問題が不得意であることがうかがえる。問4、問5、問6(出題例2)は、知識と考察の両方が必要な考察問題で正答率が低かった。問4の正答率は63%で、成績下位者の誤答は分散していた。問5の正答率は66%で、誤答は④が多かった。問6の正答率は65%で、誤答は①に集中していた。

**B** 脊椎動物の運動や姿勢の維持は骨格筋(横紋筋)の収縮・弛緩によって行われている。運動神経に活動電位が発生すると、その興奮は筋繊維に接する神経繊維の末端に伝えられ、シナプスを介して筋繊維全体に伝達される。また、一本の運動神経は複数の筋繊維を支配している。そこで、筋収縮のしくみを調べるために、次の実験1を行った。

**実験1** 運動神経のつながった骨格筋をカエルから取り出し、この神経筋標本を用い、神経に電気刺激を加えたときの筋収縮の様子を記録した。神経への刺激を次第に強くしたとき、図1のように刺激の強さが閾値を超えると筋収縮が認められた。また、刺激を徐々に強くすると、その収縮の強さは徐々に大きくなり、その後一定になった。一方、刺激の強さを一定に保ち、その刺激頻度を変えたときの筋収縮の様子を図2に示す。刺激頻度を1回/秒から30回/秒に変えると、筋収縮の様子は明らかに異なった。それぞれの収縮曲線を収縮A

と収縮 B で示す。図 3 は 1 回/秒の刺激時の収縮曲線を詳しく表したものであり、刺激を与えてから筋収縮の発生までに、図中の T で示される **時間的な遅れ(潜伏期)** が認められた。

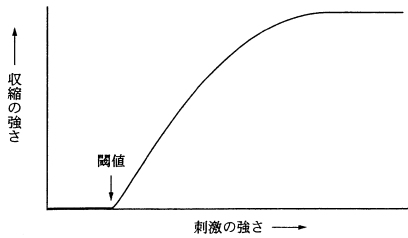


図 1

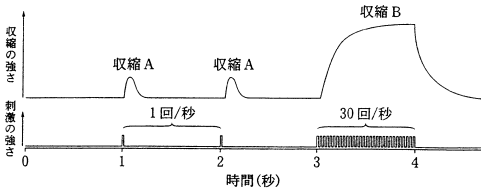


図 2

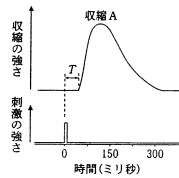


図 3

問 4 下線部オの現象を説明する記述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 電気刺激の強さと筋収縮の強さとの間に、全か無かの法則が成り立つ。
- ② 電気刺激が強くなると、興奮する筋繊維の数が増えるために筋収縮が強くなる。
- ③ 電気刺激が強くなると、神経繊維に生じる活動電位が大きくなるために筋収縮が強くなる。
- ④ 電気刺激がある刺激の強さを超えると、神経繊維の興奮が抑制されるために筋収縮の強さが一定になる。

問 5 下線部カに関して、刺激の強さを一定にし、刺激頻度を変えて、収縮 A と収縮 B を同一標本で発生させた場合の説明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 収縮 A は単収縮、収縮 B は強縮とよばれる。
- ② 通常の運動時の筋収縮は収縮 B である。
- ③ 収縮 B が収縮 A に比べて強いのは、刺激頻度が高まることで筋繊維の活動電位の持続時間が長くなるためである。
- ④ 収縮 B が収縮 A に比べて強いのは、最初の刺激で生じた収縮が十分に弛緩する前に次の収縮が起こるためである。

問 6 下線部キの説明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 活動電位が筋繊維に生じてから筋収縮が起こるまでの時間にほぼ等しい。
- ② 活動電位が神経繊維に生じてから筋収縮が起こるまでの時間にほぼ等しい。
- ③ 運動神経の刺激部位から筋までの距離に影響されない。
- ④ 神経と筋との間の興奮伝達時間を含まない。

出題例2

第5問 環境と植物の反応

A は水の吸収・移動と蒸散に関する標準的な知識問題、B はアズキの茎の成長に及ぼすオーキシンとジベレリンの作用の実験に関する考察問題である。第5問全体の正答率は80%と高かった。

問1の正答率は75%で、誤答は①に集中していた。問2の正答率は  が66%、 が88%であった。問3の正答率は88%と高かった。問4の正答率は90%、問6の正答率は67%であった。問4と問6(出題例3)は、2001年度のセンター試験とほぼ同じである。特に、切片の重さの増加が吸水によるもので、それが、「体積の増加を伴う」ということから、切片の太さを考察する問6は、2001年度の過去問を学習した受験生の方が学習しなかった受験生よりも絶対に有利になる。問5の設問文は問6を解くのに必要なヒントとなっており、ここで切片の増加が、体積の増加を伴うことを示している。

B 植物の成長は、様々な植物ホルモンの作用により調節されている。オーキシンとジベレリンがアズキの茎にどのように作用するかを調べるために、次の実験1を行った。

実験1 アズキの芽ばえから長さ10 mmの茎切片を切り取り、植物ホルモンを含まない培養液、ジベレリンを含む培養液、オーキシンを含む培養液、オーキシンとジベレリンを含む培養液に12本ずつ浮かべた(図1)。それぞれの培養液で12時間培養した後、各茎切片の長さや重さを測定して平均し、培養前後で増加した割合(%)を求めた(図2)。また、茎切片の長さの増加した割合に対する重さの増加した割合の比を図3に示した。なお、植物ホルモンは成長に適した濃度を使用し、実験の間に茎切片の細胞数は変化しないものとする。

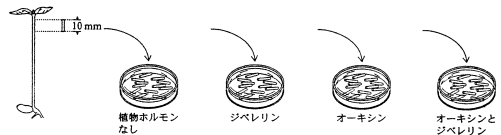


図 1

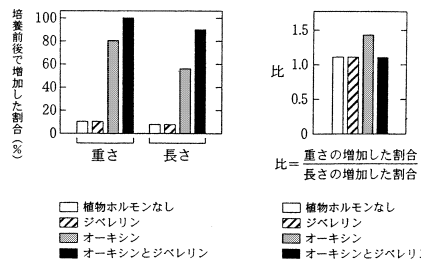


図 2

図 3

問 4 実験 1 の結果に関する記述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

- ① オーキシンでは茎切片の伸長が促進されず、ジベレリンによって伸長が促進される。
- ② オーキシンだけでは茎切片の伸長が促進されず、オーキシンとジベレリンがある場合にのみ伸長が促進される。
- ③ オーキシンだけで茎切片の伸長が促進され、ジベレリンによってさらに伸長が促進されることはない。
- ④ オーキシンだけで茎切片の伸長が促進され、ジベレリンによってさらに伸長が促進される。

問 5 実験 1 で植物ホルモンによって茎切片の長さや重さが変化するときには、水の取り込みによる細胞の体積の増加が伴う。この細胞体積の増加に関連して、形や大きさが著しく変化する細胞の内部構造として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 6

- ① ミトコンドリア
- ② 細胞板
- ③ 葉緑体
- ④ ゴルジ体
- ⑤ 液 胞
- ⑥ 核

問 6 実験 1 の結果から、アズキの茎に対するオーキシンとジベレリンの作用の記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、茎切片の重さの増加は主に細胞が吸水したためで、それに伴う茎切片の長さや重さの変化は茎切片全体に均一に起こるものとする。 7

- ① 茎切片の単位長さあたりの重さは、オーキシンとジベレリンを含む培養液とオーキシンを含む培養液の場合で変わらない。
- ② 茎切片の単位長さあたりの重さは、オーキシンとジベレリンを含む培養液の方が、オーキシンを含む培養液の場合よりも増加する。
- ③ 茎切片の太さは、オーキシンとジベレリンを含む培養液とオーキシンを含む培養液の場合で変わらない。
- ④ 茎切片の太さは、オーキシンとジベレリンを含む培養液の方が、オーキシンを含む培養液の場合よりも細い。

### 出題例3

## (3) 指導上のポイント

ここ数年の傾向として、知識問題で問われる知識は、基本的なものだけでなく、教科書の探究・観察のページや図中にのみあるようなものが増え、内容も詳細になっている。また、出題範囲も小問集合のように多岐にわたり、特に受験生が陥りやすい部分を的確に狙って問題が作成されている。このため、教科書に記載されている内容を図なども含めて隅々まで十分理解させる必要がある。また、考察問題では、長い文章を読み、初めて見る表や図（グラフ）からデータを読み取らなければいけないので、まず、設問文や選択肢の文章を十分読み取ることができる

読解力を養い、さらに表や図などを正確に読み取り、論理的に思考する訓練が必要となる。このため、過去問を中心に問題演習を十分に積ませたい。また、近年は、過去のセンター試験の類題も出題されている（今年度の第5問の他にも、2008年度の本試験の第2問が、1998年度の本試験の第1問と同じ内容であった）ので、過去問はできるだけ多く演習させるようにしたい。さらに国公立大学の二次試験で出題された問題の類題も出題されることがあるので、高得点を望む生徒には国公立大学の二次試験なども見せておきたい。

## 2. センター試験 理科総合 B

理科総合 B のセンター試験は大問4題構成で、知識問題が21問、図とグラフの読解問題が8問の計29問であった。分野の内訳は、地学分野が17問、生物分野が9問、両分野にまたがったものが3問で、地学分野からの出題が目立った。昨年に比べて、図やグラフの読解において知識を必要とする問題が増え、また、生物分野の知識問題にやや詳細な内容を問うものが増えた。平均点は54.58点で今年の64.83点より10.25点低くなった。

教科書の基本的な知識問題、および問題文に与えられた文章や図を読み取ることができれば正解にたどりつける問題もあるが、実験（観察）目的、方法に関する知識問題、およびその結果（データ）の読み取りと考察に関する問題が出題される。教科書に扱われている内容を理解させるとともに、資料図を含めて問題文をしっかりと読み取る力、結果を読み取る力を養わせる必要がある、高得点を取得させるには十分な対応が必要である。

## 3. 一般入試（二次・私大）

### (1) 全体の傾向

出題分野は生物Ⅰが約45%、生物Ⅱが約55%で、昨年同様生物Ⅱからの出題が多かった。中でも遺伝子の出題が多くみられたが、昨年よりは減少した。選択分野については、選択問題として出題した大学が約15%、片方の分野のみを出題した大学が約35%、両方の分野を必答問題として出題した大学が

約10%で、昨年度より選択問題として出題した大学の割合が減少した。

旧帝大などの難関大学では、昨年度と比べて、内容を理解しづらいような難しい実験考察問題が減少し、基本的・典型的な問題が増加した。このため、難関大の問題が昨年度より易化した。また、全体として昨年度よりも知識問題の割合が増加した。分野別では、昨年度よりも数は減少したものの、今年度も「遺伝子」が多く出題された。また、「遺伝子発現の調節」、「PCR法」および「iPS細胞」など新しい内容の出題が昨年度に比べて減少した。(なお、国公立大44大学、私立大12大学での分析を行った。)

## (2) 2011年度で注目される出題項目

COP10の開催に関連して、生物多様性に関する内容の出題が名古屋大、福島大などでみられた(出題例4)。一部の教科書に「発展」として記載されている内容として、関西大で「RNA干渉」(出題例5)、藤田保健衛生大で「細胞骨格」(出題例6)、また、岐阜大で「水晶体が眼杯を網膜に誘導する」内容が出題された(出題例7)。遺伝子の新しい内容としては、京都大で「マイクロサテライト」を扱った問題(出題例8)が、また早稲田大で2010年5月に発表された「合成ゲノム細胞」の内容が出題された。

このように、新しい題材を用いた問題が次々と出題されているが、その数は少なくなっており、その反面、典型的な「転写・翻訳」や「酸素解離曲線」など、日頃の学習成果が反映される問題が多く出題された。

(…途中省略)その後、陰樹が優占した森林(陰樹林)となつて、全体としては安定する。この状態を ク という。この状態になつても、実際には、優占種の陰樹に加えて、他の陰樹や陽樹が共存する。たとえば、日本の夏緑樹林では、ブナが優占することが多いが、ブナ以外のミズナラやカエデ類などの種が多数存在し、種多様性の高い森林になる。

問6 生物多様性は、大きく3つのレベルの多様性ととらえられており、下線⑤は、種数の多さという種のレベルの多様性である。他の2つのレベルの多様性はそれぞれ何か答えよ。

名古屋大 問題Ⅲ

### 出題例4

問6. 下線部④で示した遺伝子発現の調節が、翻訳段階で起こる場合も知られている。特に、真核生物では、小さなRNAが、翻訳を妨害して遺伝子発現を調節する場合がある。この小さなRNAによる遺伝子発現の調節機構を何と呼ぶか。その名称を解答欄に記入しなさい。

関西大〔Ⅲ〕

### 出題例5

(…途中省略) (4) 細胞質基質には細胞骨格とよばれるタンパク質でできた繊維が網目状に張りめぐらされており、細胞の形態維持や細胞運動にはたらいている。

問6 下線部(4)の細胞骨格を形成する繊維は、その直径の違いから(a)太い繊維、(b)中間の繊維、(c)細い繊維の3種類に分類されている。  
 i) (a)と(c)の名称と、それぞれの繊維を構成しているタンパク質の名称を記せ。  
 ii) (a)と(c)の両方がともに関与する細胞運動を1つ記せ。  
 iii) (a)はその上を動くモータータンパク質とよばれるようになって、細胞内での物質の移動や細胞小器官の配置に役立っている。そのようなモータータンパク質の名称を1つ記せ。

藤田保健衛生大 第1問

### 出題例6

(…途中省略)

動物胚では、発生段階に応じて、胚の特定の部分が他の部分の分化の方向を決定させる ア という現象を次々に引き起こすことによって、さまざまな組織や器官ができる。このような過程によって、眼のような複雑な器官が形成される。

問2. 下線部①に示した現象の一部を明らかにするために、以下の2つの実験を行った。これらの実験から、どのような結果が得られるのか、60字以内で記せ。

【実験1】イモリの尾芽胚から眼杯を取り出し、別の尾芽胚の胴部表皮下に移植して、表皮の変化を観察した。

【実験2】イモリの尾芽胚から眼杯を取り出し、眼杯だけを培養した場合と分化中の水晶体と接触させて一緒に培養した場合に分けて実験をし、培養後の各々の眼杯の違いを観察した。

岐阜大 ②

### 出題例7

ゲノム中には、CACACA・・・のようにごく短い塩基配列(この場合はCA)が何回も繰り返されている部分がしばしばあり、マイクロサテライトと呼ばれている。相同染色体の同じ位置に存在するマイクロサテライトの塩基配列の繰り返し数は多様であるため、個体の識別や親子の判定に利用することができる。あるマイクロサテライトを含むDNAの領域を人工的に増幅し、得られたDNAをゲル電気泳動にかけると繰り返し数の違いが観察できる。たとえば、二倍体の生物個体の場合、相同染色体間で塩基配列の繰り返し数が異なれば2本のバンドが、同じであれば1本のバンドが観察される。

いま、ゲノム中の異なる領域にある2つのマイクロサテライトを用いて、ある木本植物の親子の判定をしようとしている。この植物は二倍体の被子植物で、昆虫などによって運ばれた別の個体の花粉によって受精がおこり、種子を1つだけ含む果実ができる。このとき、花粉を送り出した側の個体を花粉親と呼ぶ。1本の親木(以後これを母樹と呼ぶ)から果実を9個採取し、花粉親を特定するために、2つのマイクロサテライトの電気泳動像を解析した。その結果、母樹に隣接する花粉親x、花粉親y、花粉親zとの交雑によってつくられた果実がこの9個の中にそれぞれ1つずつ含まれていることが判明した。

問6 図1と図2は、9個の果実(あ)～(い)について行ったマイクロサテライト1とマイクロサテライト2の電気泳動像である。マイクロサテライト1の電気泳動像ではA～E、マイクロサテライト2の電気泳動像ではF～Iのバンドが観察された。表1は花粉親x、花粉親y、花粉親zと母樹について観察されたバンドの一覧表である。この表中の右端の空欄(1)～(3)には、x、y、zをそれぞれ花粉親

とする果実が1つずつ入る。該当する果実を(あ)~(け)の中から選び、解答欄に記入せよ。また、空欄(a), (b)には母樹がもつバンドがそれぞれ1つまたは2つ入る。該当するバンドをA~Iの中から選び、解答欄に記入せよ。

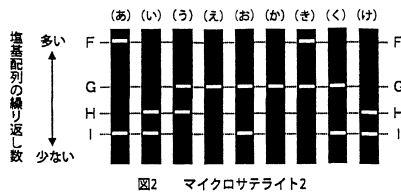
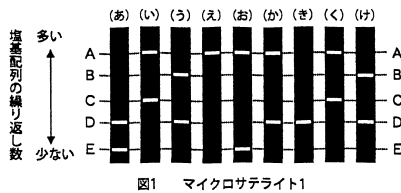


表1

	マイクロサテライト1	マイクロサテライト2	それぞれを花粉親とする果実
花粉親x	C	F, H	(1)
花粉親y	A, E	F	(2)
花粉親z	B, C	F, G	(3)
母樹	(a)	(b)	

京都大 問題Ⅲ

出題例8

(3) 2012年度以降の入試予測

一部の教科書で「発展」や「参考」として記載されている高度な内容の出題が、難関大だけでなく、中堅大でもみられた。このような内容の出題は今後も続くと考えられるが、その内容を本格的に扱うと非常に難問になるので、用語などを尋ねる知識問題での出題になると考えられる。しかし、出題が2~3年続くと、一部の大学ではあるが、その詳しい内容について出題されることも考えられる。

「遺伝子発現の調節」、「PCR法」および「iPS細胞」などの新しい内容については、今後出題が増加されると考えられるが、多く出題された翌年には著しく減少するといった、年による出題頻度の変動もあると思われる。

近年の研究成果や話題となった内容についての対応は速く、すぐに大学入試で出題される傾向がある。しかし、内容を用いているだけで、設問はなく、学習していなくても影響はない問題もある。また、トピックス的なものでは、一時的な出題になる場合も考えられる。

(4) 指導上のポイント

生物Ⅱからの出題が多く、内容も多いので、生物Ⅱにかなり多くの指導時間をあてるようにしたい。高度な内容や「発展」からの出題もあるが、今年の出題傾向からみても、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、発展的内容の指導には多くの時間が必要となるため、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、指導内容を判断し、あまり深入りし過ぎないようにしたい。選択分野については、入試の現状から考えて、やはり、両分野とも学習させておきたい。

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。

■神原 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。教材では、高3通年テキスト、高2・高3講習テキスト、および生物記述論述添削の作成を担当。模試では、全統記述模試作成チーフを務め、名大入試オープンの作成、全統マーク模試の作題を担当。



理数教育の未来へ

啓林館

URL <http://www.shinko-keirin.co.jp/>

〒543-0052 大阪市天王寺区大道4-3-25 TEL.06-6779-1531 FAX.06-6779-5011  
 〒113-0023 東京都文京区向丘2-3-10 TEL.03-3814-2151 FAX.03-3814-2159  
 〒003-0005 札幌市白石区東札幌5条2-6-1 TEL.011-842-8595 FAX.011-842-8594  
 〒461-0004 名古屋市中区葵1-4-34 双栄ビル2F TEL.052-935-2585 FAX.052-936-4541  
 〒732-0052 広島市東区光町1-7-11 広島CDビル5F TEL.082-261-7246 FAX.082-261-5400  
 〒810-0022 福岡市中央区薬院1-5-6 ハイヒルズビル5F TEL.092-725-6677 FAX.092-725-6680