

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

2017
平成29年度

物理 2
学校法人 河合塾 物理科講師 本村 智樹

生物 23
学校法人 河合塾 生物科講師 横原 隆人

化学 12
学校法人 河合塾 化学科講師 西 章嘉

株啓林館

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>

1 センター試験「物理基礎」

(1) 総括

大問数・解答マーク数は昨年度と変化はなく、出題形式ではグラフ選択の問題がなくなり、一部組合せ問題に部分点が与えられた。

平均点（本試）：29.69点（59.38%）

第1問が小問集合、第2問が波と電気分野、第3問が力学分野からの出題でこの3年間のセンター試験の大問構成と同じ。出題内容としては教科書に準拠し、エネルギーに関する基本的な知識や法則・公式を問う「易」、および「標準」レベルの問題を中心として出題された。この形式での出題は定着したようである。今年度の平均点は29.69点であり、得点率は59.38%であった。難易度としては昨年度の平均点より約4.5点下がっており、やや難化した。今回、第2問のBの電気分野の組合せ問題に部分点を与えるという措置がなかったら、平均点はもっと低くなっていただろう。この措置により、大学入試センターの想定していた平均点30点（60%）とほぼ同じになっている。次年度以降も平均点としては、30~35点（60~70%）に落ち着く難易度で問題は作成されるだろう。今年度の本試験において特に目立った特徴を以下に挙げておく。

- ① 昨年度2問出題されたグラフ選択問題の代わりに、グラフの読み取りで得た値を用いる計算問題が出題された。
- ② 基本単位に関する組合せ問題で、部分点措置が取られた。また、一部の教科書では本文に記載されていない（啓林館では本文記載『物理基礎 改訂版』p.189、『考える物理基礎』p.144）「電流がつくる磁界の向き」が出題された。しかし、中学校の理科で学習した右ねじの法則の知識と、磁界の向きが方位磁針の向きであるという理解があれば、正解できる内容であった。
- ③ 数値計算・文字計算の問題が増え、1つの公式だけを使う問題が減った。さらに、受験生にとって不慣れな基本単位の問題や回路の短絡に関する問題が出題された。このことを踏まえて、受験対策としては教科

書の全範囲をまんべんなく学習しておく必要がある。以下、今年度のセンター試験の本試験「物理基礎」を分析する。

(2) 設問別分析

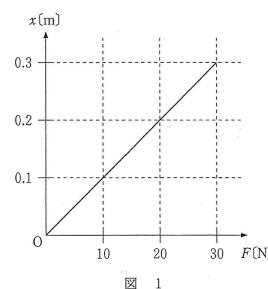
第1問 小問集合（配点20点）

さまざまな分野からの小問集合。基本的な知識・理解を問う問題で、計算を要する問題は1題であった。理解が浅いと解けないものも出題されるので、公式だけでなく、図やグラフなども合わせた学習が必要。

問1：発電に関する語句の組合せ問題。昨年度も出題されている（啓林館『物理基礎 改訂版』p.208、『考える物理基礎』p.158）。

問2：与えられたグラフからばね定数を求め、弾性エネルギーを求める問題。2つのステップを踏み、数値計算をする必要がある（出題例1）。

問2 ばね定数 k の軽いばねの一端を固定し、他端を大きさ F の力で引っ張ったところ、図1のような、 F と自然の長さからの伸び x の関係が得られた。
 $x = 0.20\text{ m}$ のとき、ばねに蓄えられた弾性エネルギーは何Jか。最も適当な数値を、下の①~⑥のうちから一つ選べ。 J



- ① 1.0 ② 2.0 ③ 4.0
 ④ 0.10 ⑤ 0.20 ⑥ 0.40

出題例1

グラフよりばね定数を求めたのち、ばねの弾性エネルギーの公式を使う。正解は②であり、上位層と下位層とで正答率に差がついている。

問3：一部の教科書で本文記載されていない、電流がつくる磁界の向きを図で選択させる問題。啓林館『物理基礎 改訂版』p.189、『考える物理基礎』p.144で電流

がつくる磁界の向きが右ねじの法則に従うことを学習していれば、容易に正解が得られる。方位磁針のN極が磁力線の向きを向くことがポイント。

問4：定常波の問題。位置Oの媒質の動きを考え、4分の3周期後の波形を描いて、変位を求める。

問5：水の状態変化についての語句の組合せ問題で、アは潜熱についての知識、イはグラフの傾きから固体と液体の比熱の大小を読み取れるかを問うている。水の比熱が氷の比熱より大きいという知識があれば容易。今回も熱分野は大問としての出題はなかったことから、次年度からも熱分野の出題は小問集合として出題されるだろう。

第2問 様々な物理現象とエネルギーの利用（配点15点）

Aの弦の振動とうなりは教科書にある典型問題であるが、Bの電気抵抗は単位の正確な知識とやや思考力を要する内容。

A 弦の振動とうなり

問1：波の速さと2倍振動に関する数値計算の組合せ問題。図を描いて考えることが必要。

問2：うなりに関する数値計算問題。うなりは単位時間あたりの回数であることに注意。2つの音の振動数が同じになるとうなりが消えるが、文章を読み違えないように注意深く読むことが大切である。

B ジュール熱と電気回路

問3：ジュール熱と単位の組合せ問題（出題例2）。

B 電気抵抗について考える。

問3 次の文章中の空欄 **ウ**・**エ** に入れる式と単位の組合せとして正しいものを、下の①～⑨のうちから一つ選べ。 **8**

抵抗値 R の抵抗に大きさ I の電流を時間 t だけ流した。発生したジュール熱は **ウ** と表され、その単位であるジュール（記号J）は基本単位 kg, m, s を用いて **エ** と表される。

	ウ	エ
①	RIt	$\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$
②	RIt	$\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}$
③	RIt	$\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$
④	$Rt^2 I$	$\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$
⑤	$Rt^2 I$	$\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}$
⑥	$Rt^2 I$	$\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$
⑦	$R^2 It$	$\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$
⑧	$R^2 It$	$\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}$
⑨	$R^2 It$	$\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$

出題例2

ジュール熱の式と単位を問う組合せ問題で、正解は

⑥であるが、ジュール（記号J）を基本単位で表すのは戸惑った受験生が多かったであろう。ジュール熱の公式についての正答率は高いが、単位を間違った答案が目立った。そのため部分点の措置によりジュール熱のみ正解でも2点得られたのは大きい。

問4：電気回路の数値計算の組合せ問題。短絡（ショート）されている部分がある回路は、不慣れな受験生もいたであろう。公式は単位も含めて正確に理解しよう。

第3問 物体の運動とエネルギー（配点15点）

A 力のつり合いと力学的エネルギー保存の法則

問1：力のつり合いに関する問題。正答率は高いと予想したが、意外にも苦戦した受験生が多い（出題例3）。

A 水平面と角度 θ をなす、なめらかな斜面上の物体の運動を考える。重力加速度の大きさを g とする。

問1 図1のように、斜面上に質量 m の小物体を置き、水平方向に大きさ F の力を加えて静止させた。 F を表す式として正しいものを、下の①～⑨のうちから一つ選べ。 $F =$ **10**

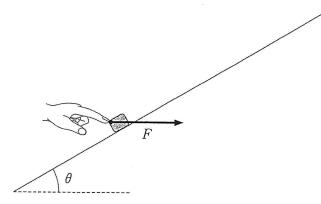


図 1

- | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| ① $mg \sin \theta$ | ② $mg \cos \theta$ | ③ $mg \tan \theta$ |
| ④ $\frac{mg}{\sin \theta}$ | ⑤ $\frac{mg}{\cos \theta}$ | ⑥ $\frac{mg}{\tan \theta}$ |
| ⑦ mg | | |

出題例3

正解は③であるが、①や⑥の誤答が目立った。いろいろな解法があるが、ここでは、斜面に平行な方向の力のつり合いの式を立てれば容易に求めることができる。

問2：運動方程式により加速度を求め、等加速度直線運動の公式を用いて解くこともできるが、ここでは、P, Q間で力学的エネルギーが保存されることに着目して解くほうが容易である。

B なめらかな水平面での2物体の運動方程式と運動エネルギー

問3：物体AとBそれぞれの運動方程式を連立して張力を求める典型問題（啓林館『物理基礎 改訂版』p.59, 『考える物理基礎』p.49）。

問4：物体A, Bの速さが等しいことと、運動エネルギーを表す式を知っていれば容易に正解が得られる。

力学は出題割合が高いので、内容をしっかりと理解し、教科書で典型問題を確實に解けるようにしておく必要がある。

(3) 学習対策

センター試験「物理基礎」の問題では、基本的には日常生活に関連するエネルギーを題材として全問題が小問集合的に出題されている。大学入試センターの出題意図としては、1つの分野を深く学習するというより、生活の中の身近な物理現象を幅広く理解できる力を要求しているように思える。受験層が文系生主体となることを考慮すると、次年度以降もセンター試験「物理基礎」の平均点は60~70%と予想される。対策としては、やはり教科書の基本事項および法則・公式を幅広く正確に理解させておけばよいだろう。その際、単に公式を丸暗記させるのではなく、その式の意味を考え、グラフを利用し、変化する物理量と変化しない物理量をしっかり見抜く練習をさせておくことも必要である。さらに、日常生活におけるエネルギーに関する知識を持ち、そのエネルギーを教科書で確認する習慣を身につけておくとよいだろう。また、問題演習としては教科書の「例題」、「類題」、「問」、「章末問題」と教科書傍用問題集（啓林館『センター物理基礎』）の演習で十分だが、センター試験では同じ内容が繰り返し出題されることがあるので、過去のセンター試験「物理I」の「物理基礎」範囲の問題を演習させておくとよいだろう。また、教科書の「参考」、「実験」、「やってみよう」、「探究活動」、「Q&A」などにも目を通しておきたい。次年度に出題される可能性が高い分野としては、今年度出題されなかった原子分野と波動分野の共鳴などが予想される。しっかり対策をとっておきたい。

2 センター試験「物理」

(1) 総括

選択問題が波動分野と原子分野に変更された。素直な典型的な問題が中心であった。

平均点（本試）：62.88点

マーク数は昨年度より2個増えたが、大問数や選択問題の配置は昨年度と同じ形式をとっている。出題分野の配置が一部変更され、第3問のBが熱分野に変更され、熱分野が必答問題となった。第5問が熱分野から波動分野に変更され、選択問題が波動分野と原子分野に変更された。また、小問集合の配点が25点に変更された。大問

構成は、第1問【必答問題】小問集合、第2問【必答問題】電磁気（A、Bの2テーマ）、第3問【必答問題】（A波動、B熱）、第4問【必答問題】力学（A、Bの2テーマ）、第5問【選択問題】波動、第6問【選択問題】原子の形をとっている。今年度の特徴としては、素直な典型問題が多くあった。一部に、誘導が少なく自分で手順を組み立てる必要がある問題もあったが、ほとんどは素直で解答しやすい問題であった。複数解答の組合せ問題において、正解以外の選択肢に部分点は設けられなかった。ここ数年、組合せ問題の部分点の設定の有無は、毎年変更されている。また、マーク数は23であり、昨年度より2つ増加した。組合せ問題の数が、第5問を選択したとき9問から5間に、第6問を選択したとき11問から5間に減少した。実質的な分量は昨年度と同等である。今年度の平均点は62.88点であり、昨年度の平均点61.70点とほぼ同じである。

(2) 設問別分析

第1問 小問集合（配点25点）

「物理基礎」と「物理」の教科書から幅広く基本法則を用いる問題が中心。

問1：運動量保存の法則の問題。2球の正面衝突後の速度を求める問題で運動量保存の法則よりすぐに求まる。

問2：軽い棒にはたらくひもの張力の大きさを求める問題。力のモーメントのつり合いより求める典型的な問題である。

問3：絶対値が等しく符号が逆の電気量をもった2つの点電荷のまわりの電気力線の様子を表す図を選択する問題。計算によって図を選択することは難しいため、初見では正答しにくく、教科書に記載されている電気力線や等電位線の様子を正しく覚えている必要がある（啓林館『物理 改訂版』p.221,『総合物理2』p.17）。

問4：凸レンズの焦点の外側に物体を置いたときの像の種類（正立or倒立）を選択する基本問題と、物体をレンズから遠ざけるときの像の位置の変化を問う組合せ問題。レンズの公式（写像公式）よりレンズから像までの距離の変化を求める（啓林館『物理 改訂版』p.184,『総合物理1』p.316）。

問5：気温差による音波の屈折に関する問題で、冬の夜間に地表付近の気温が低くなるときの音速の変化と、それに伴い音が遠くの地表に届きやすくなるか届きにくくなるかを選択する組合せ問題である。気温と音速の関係より音速の変化を求めて、初見で音波が屈折によりどのように進むかを考えるのは至難の業である。

う。教科書（啓林館『物理 改訂版』p.159, 『総合物理1』p.279）に記載されている音の屈折をきちんと押さえていれば、すぐに正答を選ぶことができる。センター試験では、教科書をじっくり読んでおく必要がある。センター試験らしい、教科書に記載されてはいるが、二次・私大入試ではほとんど問われることがない設問である（出題例4）。

問5 次の文章中の空欄 **ウ**・**エ**に入れる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。 **5**

風の吹いていない冬の夜間に、上空に比べて地表付近の気温が低くなることがある。このとき、上空と地表付近での音速は **ウ**。このような状況では、気温差がない場合に比べて、地表で発せられた音が速くの地表面上に **エ**。

	ウ	エ
①	地表付近の方が速い	届きやすくなる
②	地表付近の方が速い	届きにくくなる
③	等しい	届きやすくなる
④	等しい	届きにくくなる
⑤	地表付近の方が速い	届きやすくなる
⑥	地表付近の方が速い	届きにくくなる

出題例4

正解は⑤である。意外に正答率が低く、苦手な受験生が多い。

第2問 電磁気（配点20点）

A コンデンサー：昨年度は極板間に誘電体を挿入したときの電界と静電エネルギーに関する問題であったが、今年度は極板間に金属板を挿入したときの電位と静電エネルギーの問題となっている。2年連続の出題である。

問1：□1はコンデンサーの極板間に金属板を挿入していない場合の電位のグラフを、□2は極板間の一部に金属板を挿入した場合の電位のグラフを選択する問題。□1は基本問題であり、よくできていたが、□2は極板間の電位差が変化するものを選ぶ誤答が目立った。また、この設問は現役生と卒業生との得点差が大きかった（出題例5）。

A 図1(a)のように、極板間の距離が $3d$ の平行板コンデンサーに電圧 V_0 を加えた。次に、帯電していない厚さ d の金属板を、図1(b)のように極板間の中央に、極板と平行となるように挿入した。極板と金属板の面は同じ大きさ同じ形である。また、図1(a)および(b)のように、左の極板からの距離を x とする。図中には、両極板の中心を結ぶ線分を破線で、 $x = d$ および $x = 2d$ の位置を点線で示した。

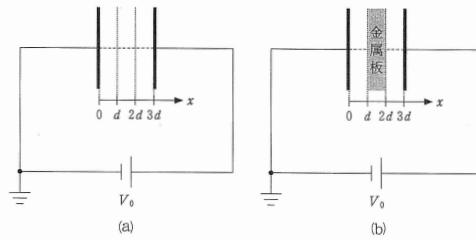
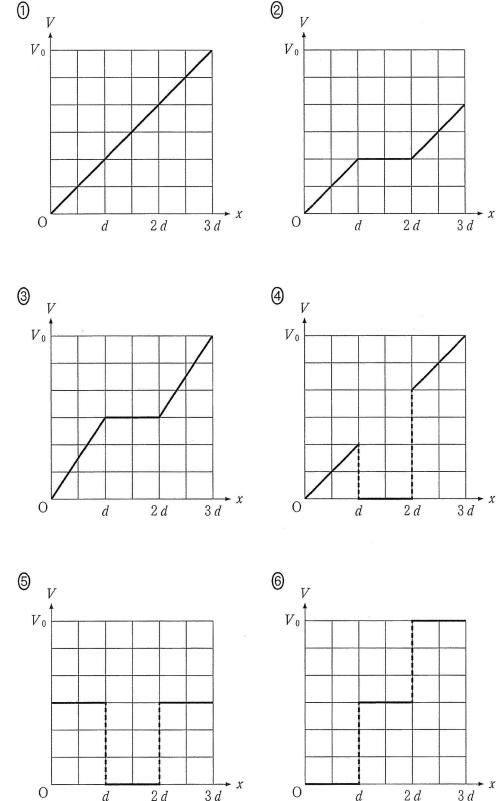


図1

問1 図1(a)および(b)において、十分長い時間が経過した後の、両極板の中心を結ぶ線分上の電位 V と x の関係を表す最も適当なグラフを、次の①～⑥のうちから一つずつ選べ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。

図1(a)： **1**
図1(b)： **2**



出題例5

正解は□1が①、□2が③である。□2で現役生と卒業生との得点差が大きかった。

問2：問1の2つのコンデンサーの静電エネルギーの比を求める問題。計算は単純であるが問1□2のミスが連動する。

B 電磁誘導とダイオード：ファラデーの電磁誘導の法則に関する問題。

問3：3つの時間帯において誘導電流が流れか流れないかを選択する組合せ問題。磁束密度のグラフから誘導起電力の有無を考える基本問題である。

問4：コイルとダイオードを直列接続し、抵抗器に電流が流れるときのコイルの両端の電圧の大きさを求める問題。電圧がダイオードの順方向のときに抵抗器に電

流が流れ、このときにファラデーの電磁誘導の法則を用いて誘導起電力を計算して求める。グラフをもとにダイオードの性質を考え、誘導起電力の向きを決める必要がある。

第3問 波動・熱（配点20点）

A くさび形空気層による光の干渉：教科書（啓林館『物理 改訂版』p.202, 『総合物理1』p.334）にある光の干渉の典型問題。

問1：くさび形空気層の反射光を観察したとき、隣り合う明線の間隔を求める問題。明線のできる条件等を聞くことなくいきなり明線の間隔を聞いているためやや解きにくいが、隣り合う明線の位置での空気層の厚さの差が半波長になることに気づくと解きやすい。

問2：反射光が明線であるときには透過光は明線であるか暗線であるかを選択する問題と、すきまに液体を満たしたときの明線の間隔を求める問題の組合せ問題。透過光は、反射光より位相が π ずれる反射が1回多いため反射光と明暗が逆転する。また、液体を満たしたときの明線の間隔は、波長に比例するため、波長同様に n 分の1倍になる。正答率は5割を切っている。明線の間隔に nd を選択した誤答が目立った。

B 気体の状態変化：圧力 - 体積の図から内部エネルギー、温度、放熱量を求める典型問題で、基本公式を押さえなければ平易である（啓林館『センター総合物理新訂版』p.111例題42）。

問3：单原子分子の理想気体の内部エネルギーを求める基本問題。

問4：ボイル・シャルルの法則か理想気体の状態方程式より温度を求める基本問題。

問5：定圧圧縮において放出する熱量を求める問題。定圧モル比熱を用いて求めることができるが、意外にできていない。この設問も現役生と卒業生の得点差がやや大きかった。

第4問 力学（配点20点）

A 円錐面上の小物体の運動：物体の加速度を正確に理解しておくことが必要な問題。

問1：ややわかりにくい運動に見えるが、単になめらかな斜面上の等加速度運動の問題。物理基礎の範囲。

問2：なめらかな円錐面上を水平方向に等速円運動するときの半径を求める問題。角度 θ の設定がよく見る斜面の傾斜角 θ と逆になっていることと、斜面に垂直方向ではなく、向心加速度が生じない鉛直方向に力がつ

り合っていることに気づけるかがポイントである（出題例6）。

第4問（必答問題）

次の文章（A・B）を読み、下の問い合わせ（問1～5）に答えよ。

〔解答番号 1 ~ 5〕(配点 20)

A 図1のように、十分大きくなめらかな円錐面[△]、中心軸を鉛直に、頂点Oを下にして置かれている。大きさの無視できる質量 m の小物体が円錐面上を運動する。頂点Oにおいて円錐面と中心軸のなす角度を θ とし、重力加速度の大きさを g とする。

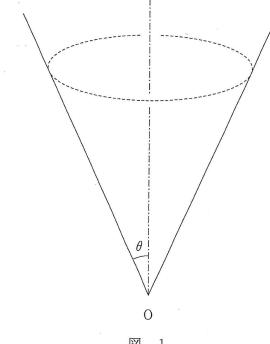


図 1

問2 次に、図3のように、大きさ v_0 の初速度を水平方向に与えると、小物体は等速円運動をした。その半径 a を表す式として正しいものを、下の①～⑩のうちから一つ選べ。 $a =$ 2

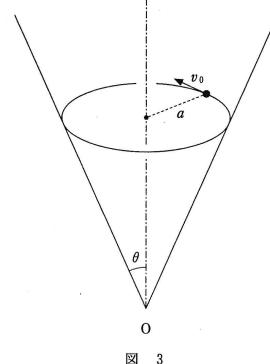


図 3

- | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|
| ① $\frac{g \sin \theta}{v_0^2}$ | ② $\frac{g \cos \theta}{v_0^2}$ | ③ $\frac{g}{v_0^2 \tan \theta}$ | ④ $\frac{g \sin \theta \cos \theta}{v_0^2}$ |
| ⑤ $\frac{v_0^2}{g \sin \theta}$ | ⑥ $\frac{v_0^2}{g \cos \theta}$ | ⑦ $\frac{v_0^2 \tan \theta}{g}$ | ⑧ $\frac{v_0^2}{g \sin \theta \cos \theta}$ |

出題例6

正解は⑦である。力を図示して円運動の運動方程式を立てる典型的な等速円運動の問題であったが、今回のセンター試験ではいちばん正答率が低かった。

問3：円錐面に沿って運動した後の速さを求める問題。

運動の見た目は三次元的でわかりにくいが、単に力学的エネルギー保存の法則を用いる問題であることに気づけば、点Aと点Bの高低差から求めることができる。

B エレベーター内の物体にはたらく力：慣性力を考えた物体にはたらく力のつり合いを用いる問題。

問4：糸につながれて滑車にかけられた2物体の運動

(アトウッドの器械) の基本問題。2物体の運動方程式を連立して張力の大きさを求める。上位層と下位層では差がついた。

問5：等加速度運動するエレベーターの中で物体が静止しているときの、ばねの自然の長さからの伸びを求める問題。慣性力を用いて、力のつり合いよりすぐに求めることができる。

第5問 (選択問題) 波動 (配点15点)

ドップラー効果：公式で解ける典型問題。

問1：観測者が音源に近づくときの観測者に聞こえる音の振動数の変化と波長を求める組合せ問題。基本的な内容であるが、波長を公式で求めることで、ミスをした受験生が多かった。

問2：音源が近づくときの波長を求める問題。

問3：反射板が音源に近づくときの速さを振動数から求める問題。ドップラー効果の公式を用いて反射板に届いた音の振動数を計算し、再度ドップラー効果の公式を用いて観測者に届く音の振動数を表す。ここから反射板の速さを求める。

第6問 (選択問題) 原子 (配点15点)

放射線と原子核反応

問1：放射線に関する文章の正誤問題。放射線量に関する単位のシーベルトは聞き慣れない受験生もいたかもしれないが、他の選択肢を消去して正解を選ぶことができる。問1の問題のシーベルトを見て、原子分野の選択を諦めた受験生も多くいたであろう。

問2：結合エネルギーを求める問題。答えは、結合エネルギーの定義そのものであるが、原子番号や質量数を用いて陽子数や中性子数を正しく表す必要がある。

問3：核反応の問題とそれに伴ってエネルギーが放出されるか吸収されるかを選択する組合せ問題。核反応では質量数の和が保存されることと、原子番号の和が保存されることを用いて、原子核反応後の原子核を決定する。核反応に伴ってエネルギーが放出されるか吸収されるかは、具体的な結合エネルギーから放出されるエネルギーを計算することも可能であるが、太陽からエネルギーが放出されるという常識的な判断からも選ぶことができる。

(3) 学習対策

理系生にとっては、高校物理のすべてを含む「物理」は、国公立二次・私大入試向けの学習がセンター試験対

策とも言える。ただし、センター試験では応用性の高い難問は出題されない。単純な設定であるが、物理現象を分析・把握する能力や、基本的な物理法則の理解の深さを問う問題が多く出題される。今後も、分野に関係なく、教科書全体からまんべんなく出題する方針が維持され、基本重視の類型的な問題になると予想される。この傾向に対処するには、基本法則の確認を中心とした学習が必要である。この「学習」とは、授業や問題演習で扱われている現象と基本法則がどのようにかかわっているのかを常に考えながら進めることである。公式や法則を正確に覚えることはもちろん大切であるが、受験生の中には「公式を覚えておけば十分」とか「解けるようになったらそれでおしまい」と考える生徒も多くいる。その点も指導の際には十分注意したいところである。主な対策としては、教科書をよく読むことで、公式や法則を説明する典型的な現象や事例を整理させておくことである。教科書に記載されている「参考」、「やってみよう」、「発展」、「Q&A」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すばやく頭を切り替える必要があり、そのため問題演習が重要であることは言うまでもない。少なくとも教科書の「例題」、「類題」、「問」、「章末問題」は全部解いておくことが必要である。さらに、できるだけ最新の実戦形式の問題集を、1冊は仕上げておきたい。問題演習においては、易しい問題からやや難しい問題まで、幅広いレベルの問題を解くことが大切である。「基本」＝「易しい問題」と勘違いしている受験生が多いが、それは間違っている。やや難しい問題も、解くことによって基本法則の理解を深めたり、基本の大切さに気づかされたりする場合が多い。センター試験本番では問題文・与えられた図・解答群をよく読んでから解答を選択することが重要であるため、日頃の学習においてそのことを意識しておくことが重要である。直前期にはセンター試験特有の形式に慣れる必要があるため、センター試験の過去問やマーク模試の問題による演習が不可欠である。原子分野は、新課程のセンター試験になって3年とも、選択問題の一方として出題されている。次年度以降も選択問題として出題されると予想される。ただ、必答問題である小問集合の中の1設問としても問われる可能性がある。この場合は、知識を問う程度の内容になる可能性が高く、受験生には確実に得点させたい。2015年度以降の【物理】に変わってから、旧課程の【物理Ⅰ】と比較してセンター試験の出題範囲はおよそ倍増した。国公立二次・私大入試と同じ出題範囲になったため、全

範囲の学習を仕上げる時期が旧課程のときよりおよそ1ヶ月早くなつた。センター試験までに、原子分野を含む高校物理すべての学習が終了するような授業計画を立てていくことが大切だ。

3 一般入試（国公立二次・私大入試）

（1）全体の分析

新課程入試3年目となる今年度の入試において、新課程入試特有の分野が本格的に出題されるのではと予想していたが、国公立大および私大の出題分野の割合には、昨年度と比べてほとんど変化が見られなかつた。その理由として、昨年度同様に旧課程履修者に対する配慮や高校での履修進度を考慮したことが挙げられるであらう。新課程の分野として出題が増えると考えられていた熱分野の「ポアソンの法則」、波動分野の「波の式」・「凸面鏡と凹面鏡」、電磁気分野の「交流回路のインピーダンス」および原子分野の出題の割合を見てみると、原子分野からの出題が昨年度より若干増加はしている。波動分野の「波の式」の出題は昨年度に増加したが、今年度も昨年度程度に出題されている。また、「凸面鏡と凹面鏡」の問題は今年度もほとんど見られない。各大学の入試問題の多くが3～4題構成となっており、例年通り重要分野である力学と電磁気の出題割合はそれぞれ30%前後であり、各大学で必ず1題が出題されることになる。熱分野と波動分野の出題の割合はそれぞれ15%程度、原子分野は約10%程度で、これはかつて原子分野が出題されていた1997～2005年度の割合とほぼ同じである。次年度からも、原子分野は今年度と同じ割合で出題されるだらう。私立大学において以前は熱分野より波動分野のほうが出題割合が高かったが、新課程になってからは、波動分野と熱分野の出題割合が同じ程度になっている。それは、新課程になり、教科書での熱分野の学習が力学の次になつてることから、受験生の熱分野の学習不足が解消されたと判断されたからであらう。難関大学の難易度として、私立大学では、慶應義塾大学は理工学部、医学部とともにやや易化、早稲田大学も理工学部、教育学部ともに易化している。国立大学に関しては、東京大学は昨年度と同程度ではあるがやや易化、京都大学や名古屋大学は昨年度の難しさと比較すればやや易化、大阪大学は昨年度やや難化していたが、今年度は一昨年度までの難易度に戻つた。北海道大学と東北大学はともに難化。九州大学は昨年度と同程度であり、広島大学と岡山大学はやや難化した。公立大では、横浜市立大学は易化し、大阪

市立大学は昨年度難化したが、今年度も昨年度と同程度である。今年度の入試では、思考力を要する問題も一部見られ、原子分野の出題が昨年度よりやや増加している。

今年度の特徴的な入試問題を見てみよう。

（2）特徴的な入試問題（分野別分析）

[力学分野]

特に人気が高かつた出題テーマではなく、力学全範囲からの出題となっている。例年通り放物運動、固定面との衝突、単振動、物体系の運動などが出題されており、万有引力（慶應義塾大学等）は例年より出題頻度が高い。出題例7の東京大学の問題は、摩擦力に関する問題であり、動摩擦力の大きさが面の面積により変化するという新傾向になっている。積木を題材とした静止摩擦力に関する問題は、計算というより、思考力が必要な内容となっている。

第1問 図1-1のような、3辺の長さが L 、 L 、 $3L$ で質量が M の直方体の積木を考える。積木の密度は一様であるとし、重力加速度の大きさを g で表す。以下の設問に答えよ。

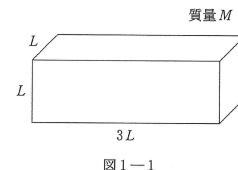


図1-1

II 図1-3のように、2個の積木（積木1、積木2）がそれぞれ水平な台と斜面に置かれており、滑車を通してひもでつながれている。斜面の傾き角を θ とする。積木1の長辺と平行に x 軸をとる。最初、積木1の右端の位置が $x = 0$ であった。 $x < 0$ では床面はなめらかで摩擦はないが、 $x \geq 0$ では床面と積木1との間に摩擦があり、その動摩擦係数は一様で μ' である。斜面や滑車はなめらかで摩擦は無視できる。ひもがたるんでない状態から積木1を静かに放したところ、積木1は初速度0で動き始め、右端が x_0 ($x_0 \leq 3L$) のところまで進んで静止した。ただし、図1-4のように、積木1の右端が x だけ動いた状態での動摩擦力の大きさ f は、 $f = \frac{x}{3L} \mu' Mg$ で与えられるものとする。斜面は紙面に垂直である。また、2つの積木の長辺は紙面と平行であり、ひもは滑車の左右でそれぞれ積木の長辺と平行である。

- (1) 積木1が動いているときの加速度を a とすると、 a は積木1の右端の位置 x を用いて $a = \boxed{\text{ウ}} (x - \boxed{\text{エ}})$ と表される。 $\boxed{\text{ウ}}$ 、 $\boxed{\text{エ}}$ に入る式を求めよ。ただし加速度は x 軸の正の向きを正とする。
- (2) 積木が動き始めてから静止するまでの時間を求めよ。
- (3) 積木1の右端がちょうど $x_0 = 3L$ になったときに静止したとする。このとき動摩擦係数 μ' を θ を用いて表せ。

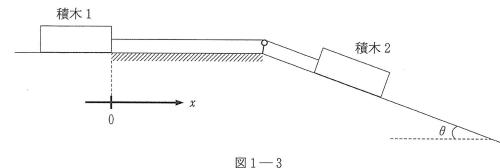


図1-3

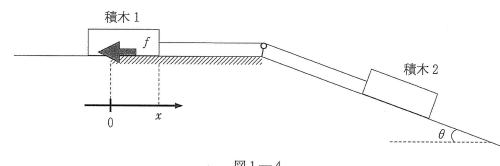


図1-4

III 積木を9個用意し、床の上に重ねて積むことを考える。積木どうしの静止摩擦係数を μ_1 、積木と床との間の静止摩擦係数を μ_2 とする。積木の側面の摩擦は無視できるものとし、積木の面に垂直に加わる力は均一とみなしてよい。また、積木にはたらく偶力によるモーメントは考えなくてよい。

(1) $\mu_2 = \mu_1$ とする。図1-5のように積木を3段に互い違いに重ねて積み、下の段の真ん中の積木を長辺と平行な向きに静かに引っ張り、力を少しづつ増やしていくところ、あるときその積木だけが動き始めた。積木が動き始める直前に引っ張っていた力の大きさを求めよ。

(2) $\mu_2 \neq \mu_1$ とする。図1-6のように前回と違う向きに積木を重ねて積み、下の段の真ん中の積木を長辺と平行な向きに静かに引っ張り、力を少しづつ増やしていくところ、あるときその積木だけが動き始めた。こののような状況が起こるために μ_2 の範囲は $\mu_2 > \boxed{\text{オ}}$ と表される。 $\boxed{\text{オ}}$ に入る式を求めよ。

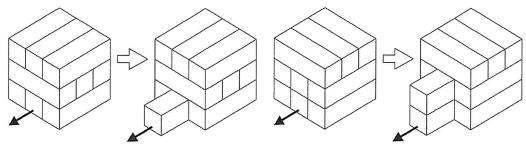


図1-5

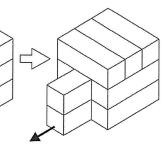


図1-6

東京大学

出題例7

[熱分野]

今年度も東京大学などさまざまな大学で気体の状態変化に関する問題が出題された。出題例8の同志社大学の問題は、液体の水圧を考慮し、与えられたポアソンの式 $pV^{\frac{5}{3}} = \text{一定}$ を利用する問題となっている。

つぎに、図3のように、ピストンが $z = h$ の位置にある状態で、物体から糸を取り外した後で、通気口から細い管を液体中に差し入れ、管を通してゆっくりと同じ液体を注ぎ始めた。液体を注入し続けるとピストンはゆっくりと下降し、ピストンがストップバーに達した瞬間に液体の注入を止めた。圧力 p_1 を用いると、注入した液体の質量は $\boxed{\text{キ}} \times p_1 [\text{kg}]$ 、液体を注ぐ間に気体Gが外部からされた仕事は $\boxed{\text{ク}} \times p_1 [\text{J}]$ と表せる。

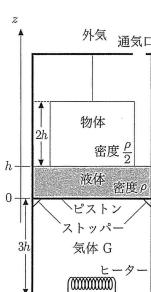


図1



図2

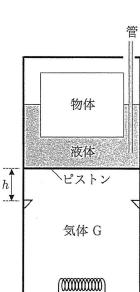


図3

同志社大学

出題例8

[波動分野]

反射・屈折、干渉、ドップラー効果など例年通りの出題が見られる。名古屋大学で出題された、動く音源から伝わる球面波の波面についての問題は、音源の速さが音速より速い場合がやや難しい内容となっている。また、早稲田大学の基幹・創造・先進理工学部で出題された、プリズムにおける屈折と多重スリットによる干渉の問題は、近似計算が必要であり、やや難となっている。また、結果がレンズの公式と一致することから、レンズの公式も正確に理解しておくことが必要である。出題例9の東北大学の問題は閉管と開管に生じる定常波を中心に据えた波動の総合問題であり、新課程で復活した正弦波の式も併せて出題されている。

3 図1のように、両端の位置が $x = 0$ 、 $x = L$ となるように x 軸に沿って置かれた長さ L の2種類の円筒管での音の共鳴について考える。一方は $x = 0$ の端部が閉じ、 $x = L$ の端部が開いた閉管であり、他方は両端が開いた開管である。管壁の厚さ、および開口端補正是無視できるものとして、以下の問(1)、(2)に答えよ。解答は解答用紙の所定の場所に記入せよ。また、結果だけではなく、考え方や計算の過程も記せ。

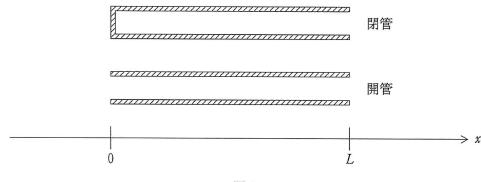


図1

(a) 閉管に関する下記考察の $\boxed{\text{ア}}$ から $\boxed{\text{オ}}$ に入る適切な式を、それぞれ f 、 t 、 x 、 λ 、 L 、および正の整数 m の中から必要なものを用いて記せ。

まず、円筒管端部での進行波の反射について考える。左進行波 $F_1(t, x)$ は、 $x = 0$ で固定端反射をして右進行波 $F_2(t, x)$ となる。固定端反射では変位の符号が反転する。すなわち、 $F_1(t, 0) = -F_2(t, 0)$ から次式が得られる。

$$A_1 = -A_2 \quad (3)$$

また、右進行波 $F_2(t, x)$ は $x = L$ で自由端反射をする。この反射波が左進行波 $F_1(t, x)$ に一致する場合に共鳴が起きる。自由端反射では変位の符号は保たれる。すなわち、 $F_1(t, L) = F_2(t, L)$ から次式が得られる。

$$A_1 \sin\left(2\pi\left(ft + \frac{L}{\lambda}\right)\right) = A_2 \sin\left(2\pi\left(ft - \frac{L}{\lambda}\right)\right) \quad (4)$$

④式に③式を代入して、加法定理

$(\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$ 、複号同順)を使って整理すると、次式が得られる。

$$2A_1 \sin(\boxed{\text{ア}}) \cos(\boxed{\text{イ}}) = 0 \quad (5)$$

任意の t に対して⑤式が成立りたためには、

$$\boxed{\text{イ}} = \frac{2m-1}{2}\pi \quad (m = 1, 2, 3, \dots) \quad (6)$$

でなければならない。このことから、共鳴が起きる場合の波長の条件として、次式が得られる。

$$\lambda = \boxed{\text{ウ}} \quad (m = 1, 2, 3, \dots) \quad (7)$$

次に、閉管内の波全体を表す式について考える。管の中の媒質の変位は、左進行波 $F_1(t, x)$ と右進行波 $F_2(t, x)$ の重ね合わせとなるから、 $F(t, x) = F_1(t, x) + F_2(t, x)$ と書ける。この式に①②③⑦式を代入して加法定理を使って整理すると、次式が得られる。

$$F(t, x) = 2A_1 \sin(\boxed{\text{エ}}) \cos(\boxed{\text{オ}}) \quad (m = 1, 2, 3, \dots) \quad (8)$$

⑧式は、媒質が変位しない位置、すなわち節の位置、が時刻によって変わらない定常波を表している。このとき、閉管の中の定常波の節の数は m である。

東北大

出題例9

[電磁気分野]

コンデンサー、電磁誘導の問題が多く出題されている。新課程になり交流回路のインピーダンスに関する問題（出題例10-広島大学）も出題され始めている。また、九州大学で出題された変化する磁界中の荷電粒子の運動による円電流が中心につくる磁界についての問題（出題例11）は、反磁性に関する内容となっており、やや難問となっている。また、出題例12の岡山大学の、コンデンサー内に橿円の断面をもつ柱上の物体を挿入した後の内部の電界を電気力線で描かせる問題は、慣れていない受験生が多かったであろう。

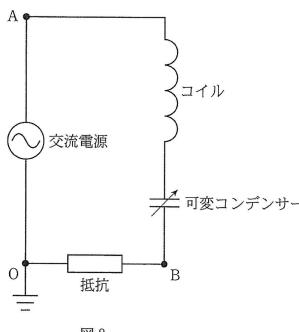


図2

問(i) 文章中の ~ にあてはまる式を解答欄に記入せよ。それぞれ、 R 、 L 、 C 、 V_0 、 T のうち必要なものを用いて示せ。

問(ii) 下線部の場合について、回路を流れる電流に対する電源電圧の位相に着目してコンデンサーの電気容量を求め、 R 、 L 、 V_0 、 T のうち必要なものを用いて示せ。導き方も記せ。

広島大学

出題例10

次に、図2に示すように z 軸の正の向きに磁束密度 $\vec{B}(t)$ の一様な十分弱い磁場をかける。 \vec{B} の大きさ $B(t)$ が十分小さいときには、回転半径の変化は無視できることが知られている。したがって、ここでは磁束密度 \vec{B} の磁場があるときも、回転半径 r で等速円運動するものとする。電子の速さは変わりうるので v (m/s)とする。

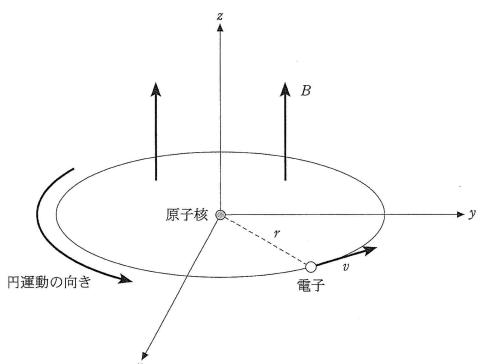


図2

九州大学

出題例11

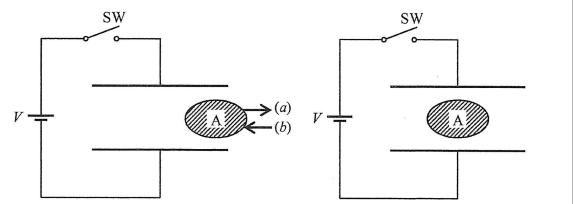


図4

岡山大学

出題例12

[原子分野]

今年度の東京大学と京都大学では出題されなかったが、昨年度より原子分野を出題した大学は増加した。

一部の私立大学（久留米大学医学部等）では試験範囲に原子分野を除く形で入試を実施したところもあるが、昨年度よりは国立大学での出題が増加している。各大学の出題テーマとしては、教科書に記載されている光電効果（筑波大学等）、コンプトン効果（九州工業大学等）、および水素原子のボア模型が主流であった。光の二重性に関する問題（金沢大学等）も見られ、出題例13の九州大学の問題は、光の波動性と粒子性を鏡での光の反射について考察する内容となっている。なかでも、私立大学（医学部）の東京慈恵会医科大学の問題は、量子細線内の電子波・磁界中の電子の運動に関する内容となっており、問題設定がやや複雑で状況がつかみ難く得点しにくかったと思われる。しかも、3題中2題が原子に関する問題となっていた。出題例14の光圧の問題は解いたことがなかった受験生には難しかったであろう（『センター総合物理 新訂版』 p.254）。

問3. 真空中を x 軸の正の向きに動く平面鏡による光の反射を考える。鏡の表面は x 軸に垂直であるとする。以下の (ア) から (イ) の空欄に適した式をそれぞれの解答欄に記入せよ。

(1) 光を粒子として考える。光子1個が振動数 ν で x 軸の正の向きに鏡に入射し、振動数 ν' で x 軸の負の向きに反射したとする。このとき、鏡の速度が光子との衝突によって、 V から V' に変わったとする。鏡の質量を M として、エネルギー保存則より、 $\frac{M}{2}V'^2 - \frac{M}{2}V^2 = \boxed{(ア)}$ である。また、運動量保存則より、 $MV' - MV = \boxed{(イ)}$ である。ただし、(ア)と(イ)は h 、 c 、 ν 、 ν' の中から必要なものを用いて表せ。

これらの保存則を満たすように、 ν' と ν の関係が決まる。その関係を入射光子の波長 λ と反射光子の波長 λ' の関係に書き直すと、 $\frac{\lambda'}{\lambda} = \boxed{(ウ)}$ となる。ここで、(ウ)は c と V を用いて表せ。ただし、 V から V' への変化は、 V に比べて十分に小さいとして、 $V' + V \approx 2V$ と近似せよ。

以下では、光の反射による鏡の速度の変化を無視し、鏡は一定の速さ V で動くものとして扱う。

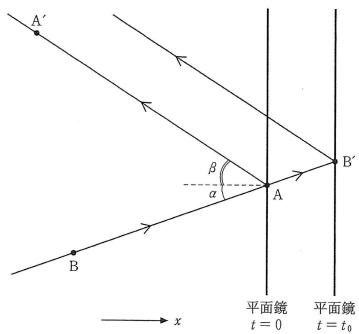


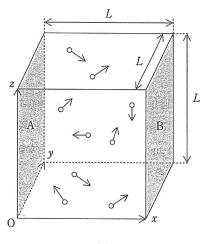
図2

九州大学

出題例13

3. 光子はエネルギーと共に運動量をもつ。したがって、光が壁に当たると壁は圧力を受ける。図のように、一辺の長さが L の立方体の箱の中に、一定の振動数 ν の光子が N 個入っている。この箱の内壁は光を完全に反射し、光子は、運動方向に偏りはなく、あらゆる方向に飛び交って、壁と弹性衝突を繰り返す。

光の速さを c 、プランク定数を h 、単位体積あたりの光のエネルギーを u として以下の問に答えなさい。ただし、光子の数 N は十分に大きいものとする。



図

問 1. 箱の中に入っている光子の数 N を u を用いて表しなさい。

問 2. x 方向にだけ運動する(壁Aと壁Bの間を往復する)1個の光子が、時間 t の間に壁Aに及ぼす力積を求めなさい。ただし、1個の光子の運動量の大きさを p とする。

問 3. 壁Aが受ける圧力 P を、 c 、 h 、 ν および光子の運動量の大きさ p で表しなさい。

問 4. 光子の運動量の大きさ p を c 、 h 、 ν で表しなさい。

問 5. 光の圧力 P を単位体積あたりの光のエネルギー u で表しなさい。

問 6. 単原子分子理想気体の圧力 P_g と単位体積あたりの内部エネルギー u_g の関係を示し、光との違いの理由を簡潔に説明しなさい。

東京慈恵会医科大学

出題例14

(3) 学習対策

今年度の国公立二次・私大入試においては、旧課程生に対する配慮を引き続き行った大学もあったが、昨年度と大きな変化はなかった。しかし、やはり原子分野からの出題は多くなった。原子分野は典型問題の出題が大半を占めており、確実に得点できるように、時間をかけて指導していく必要がある。さらに、原子分野はもちろん、「インピーダンス」「正弦波の式」などの出題は次年度からも当然定着するため、しっかり対策をとっておく必要がある。「凹面鏡と凸面鏡」に関しての出題は少ないと思われるが、教科書にある内容を押さえておけば十分であろう。力学分野と電磁気分野は必ず出題されるため、この2つの分野に関しては時間をかけて学習してい

くことが望まれる。これらの内容の対策も含め、限られた授業時間内でどのように指導していくかは重要な課題であり、緻密な授業計画を立てる必要がある。

本村 智樹（もとむら・ともき）

授業では高1・2生、高3生、卒業生（医進クラス含む）まで幅広いレベルの講座を担当。教材作成や、全統マーク模試・物理基礎および全統記述模試・物理基礎の作成チーフ・メンバーであり、広大入試オープンと九大入試オープンでも作成メンバー・作題を担当している。

1 センター試験 化学基礎

(1) 全体の概要

昨年度に引き続き、難度の高い問題が含まれていた

大問2題、マーク数16は、昨年度と同じであった。第1問が「物質の構成」、第2問が「物質の変化」を中心とした内容で、配点は各25点であった。

平均点は28.59点で、昨年度より1.82点高くなったものの、他の理科基礎と比べると、昨年度に続き、最も平均点の低い科目となった。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32.8点であった。したがって、実際の得点率は表の数値の90%弱と推定される。）

表1 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
28.59点		75.6%	55.2%

昨年度と比べると、第1問の得点率が10.8%高くなつた一方、第2問の得点率が2.6%低くなつた。また、正答率が80%以上の設問は4問、正答率が50%を下回る設問は4問あり、これは昨年度と同じであった。

(2) 設問別分析

第1問 化学結合、結晶、実験問題で差がついた。

同素体、原子の構造、分子の構造と形、結晶の分類、物質の三態変化、気体の性質に関する実験・考察、日常生活と化学物質が出題された。正答率が90%以上の設問が3問あった一方、正答率が50%未満の設問はなく、得点しやすい内容であった。

正答率が最も低かった設問は、問6のアンモニアの噴水実験に関する問題（出題例1）で、正答率は53%であった。誤答は④、⑤が目立った。なお、この実験は、「化学基礎」の教科書ではあまり扱われていないが、「中学理科」の教科書では扱われている。なお、啓林館『化学基礎 改訂版』p.82では写真を扱っている。

問4aは、結晶の分類に関する基本的な問題であるが、上位層と下位層で最も差がついた。化学結合や結晶の内容は、昨年度、一昨年度も差がついており、指導上、留意する必要がある。また、昨年度は出題されなかった日常生活に関連する物質に関する正誤問題が問7で出題され、正答率は63%であった。

問6 乾いた丸底フラスコにアンモニアを一定量捕集した後、図1のような装置を組み立てた。ゴム栓に固定したスポット内の水を丸底フラスコの中に少量入れたところ、ビーカー内の水がガラス管を通じて丸底フラスコ内に噴水のように噴き上がった。この実験に関する記述として誤りを含むものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 7

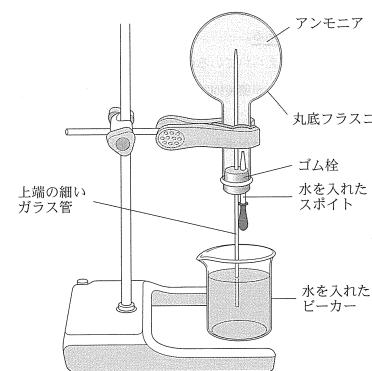


図 1

- ① アンモニアを丸底フラスコに捕集するときには上方置換法を用いる。
- ② ゴム栓がゆるんですき間があると、水が噴き上がりがないことがある。
- ③ 丸底フラスコ内のアンモニアの量が少ないと、噴き上がる水の量が少なくなる。
- ④ 内側が水でぬれた丸底フラスコを用いると、水が噴き上がりないことがある。
- ⑤ ビーカーの水にBTB(プロモチモールブルー)溶液を加えておくと、噴き上がった水は青くなる。
- ⑥ アンモニアの代わりにメタンを用いても、水が噴き上がる。

出題例1

第2問 計算問題、中和滴定の考察、酸化還元の反応式が難しい。

化学量、溶液の濃度、化学反応と量的関係、実験器具の扱い、中和滴定とその指示薬、酸化還元反応が出題された。正答率が80%台の設問が1問、70%台の設問が2問というのは、昨年度と同じであったが、正答率が50%未満の設問が4問あり、昨年度の1間に比べてかなり増加した。

正答率が最も低かった設問は、問5の中和滴定に関する

る問題（出題例2）で、正答率は35%であった。指示薬の色の変化が徐々に起こるか、急激に起こるかで、酸または塩基の強弱を判断し、さらに中和に要した液量から酸または塩基の価数を判断する必要があり、思考力を要する。誤答は①、②、⑥が目立ち、指示薬の色の変化に関する考察が難しかったのであろう。

問2は单分子膜に関する文字計算の問題で、正答率は48%と低かった。過去に「化学I」の問題として出題されたことはあったが、「化学基礎」のみの受験生にとってはイメージがつかみにくかったのであろう。問6は酸化還元の電子を含むイオン反応式と全体のイオン反応式の係数を決める問題で、正答率は42%であった。センター試験で電子を含むイオン反応式を完成させる問題は新傾向であり、センター試験のみで「化学基礎」が必要な受験生にも、反応式を書く練習をさせておくほうがよいであろう。

問5 次に示す化合物群のいずれかを用いて調製された0.01 mol/L水溶液A～Cがある。各水溶液100 mLずつを別々のビーカーにとり、指示薬としてフェノールフタレンを加え、0.1 mol/L塩酸または0.1 mol/L NaOH水溶液で中和滴定を試みた。次に指示薬をメチルオレンジに変えて同じ実験を行った。それぞれの実験により、下の表1の結果を得た。水溶液A～Cに入っていた化合物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。

14

化合物群：NH₃ KOH Ca(OH)₂ CH₃COOH HNO₃

表 1

水溶液	フェノールフタレンを用いたときの色の変化	メチルオレンジを用いたときの色の変化	中和に要した液量(mL)
A	赤から無色に、徐々に変化した	黄から赤に、急激に変化した	10
B	赤から無色に、急激に変化した	黄から赤に、急激に変化した	20
C	無色から赤に、急激に変化した	赤から黄に、徐々に変化した	10

	Aに入っていた化合物	Bに入っていた化合物	Cに入っていた化合物
①	KOH	Ca(OH) ₂	CH ₃ COOH
②	KOH	Ca(OH) ₂	HNO ₃
③	KOH	NH ₃	CH ₃ COOH
④	KOH	NH ₃	HNO ₃
⑤	NH ₃	Ca(OH) ₂	CH ₃ COOH
⑥	NH ₃	Ca(OH) ₂	HNO ₃
⑦	NH ₃	KOH	CH ₃ COOH
⑧	NH ₃	KOH	HNO ₃

出題例2

(3) 学習のポイント（指導においてのポイント）

「化学基礎」の学習は高2までに終わっていると思われる所以、基本事項を確認、理解させたうえで、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・結晶の分類や性質、分子の極性の有無、酸と塩基の定義、塩の水溶液の性質、酸化・還元は、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、対応が可能であるが、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。

実験に関する内容も重視される傾向にある。教科書で扱われている実験内容は、できるだけ授業で触れておきたい。また、日常生活に関わる物質について、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もの、過去のセンター試験で扱われたものを中心に、確認させておきたい。

2 センター試験 化学

(1) 全体の概要

平均点は過去最低であった。

大問数は必答問題5題と選択問題1題の6題構成で、昨年度と同じであった。マーク数は35で昨年度より増加したが、設問数は昨年度と同じであった。第1問が「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「合成高分子化合物と天然有機化合物」、第6問が「合成高分子化合物」、第7問が「天然高分子化合物」で、配点は第1問～第3問が各24点、第4問が19点、第5問が4点、選択問題である第6問と第7問が各5点であった。

平均点は51.94点で、1990年度から始まったセンター試験の歴史上、最も低い平均点となった。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57.3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	第4問
51.94点	67.5%	49.2%	56.3%	52.6%
	第5問	第6問	第7問	
	67.5%	64.0%	66.0%	

昨年度と比べると、第1問、第2問の得点率がそれぞれ6.4%、6.5%低くなり、理論分野の難度が高くなった。また、正答率が80%以上の設問は3問あり、昨年度の5問から減った一方、正答率が50%を下回る設問が10問あ

り、昨年度の7問（第6問選択者）または8問（第7問選択者）から増加した。

なお、第1問と第2問の解答に時間がかかりすぎたため、時間が足りなくなった受験生も少なくなかったようであり、これも平均点の低下の要因であろう。

（2）設問別分析

第1問 気液平衡や状態図で差がついた。

結晶の分類（化学基礎）、電子配置（化学基礎）、結晶の構造、気体分子の熱運動と圧力、状態図と三態変化、気液平衡、凝固点降下が出題された。正答率が80%以上の設問が1問だけで、昨年度の3問を下回った。また、正答率が50%未満の設問も1問あり、昨年度に比べて難度が高くなかった。

最も正答率の低かった設問は、気液平衡に関する問5（出題例3）で、正答率は49%であった。また、上位層と中位・下位層の差がついた問題でもあった。誤答は、⑤（窒素の分圧のみを考えた）と⑦（圧力を単純に2倍した）が目立ち、あわせて32%であった。

問4の状態図は、基本的な内容かつ4択問題であったにも関わらず、正答率は61%、55%と高くなかった。状態図は、センター試験で初めて出題されたことも影響したのである。

問5 ピストン付きの密閉容器に窒素と少量の水を入れ、27℃で十分な時間静置したところ、圧力が 4.50×10^4 Paで一定になった。密閉容器の容積が半分になるまで圧縮して27℃で十分な時間静置すると、容器内の圧力は何Paになるか。最も適当な数値を、次の①～⑦のうちから一つ選べ。ただし、密閉容器内に液体の水は常に存在し、その体積は無視できるものとする。また、窒素は水に溶解しないものとし、27℃の水の蒸気圧は 3.60×10^3 Paとする。

□ Pa

- ① 2.25×10^4 ② 2.43×10^4 ③ 4.14×10^4 ④ 5.40×10^4
⑤ 8.28×10^4 ⑥ 8.64×10^4 ⑦ 9.00×10^4

出題例3

第2問 難度の高い問題が多かった。

結合エネルギーと反応熱、平衡の移動、反応速度の計算、緩衝液、電気分解、酸化還元反応の量的関係（化学基礎）が出題された。7問中5問の正答率が50%を下回っており、難度が高かった。

問1はアンモニアの生成熱から結合エネルギーを計算する典型的な問題であったが、正答率は32%と低かった。これは、NH₃ 1 mol中のN-H結合をすべて切断するのに必要なエネルギーが問われているにも関わらず、N-Hの結合エネルギーを答えるミスをした答案が33%あったことが要因である。

問3は過酸化水素の分解反応の反応速度に関する問題（出題例4）で、正答率は45%、39%と低かった。aでは②（濃度ではなく物質量を求めたもの）、④（H₂O₂とO₂の反応量の比を1:1としたもの）の誤答がそれぞれ約18%ずつと目立った。また、bでは、①（物質量で速度を求めたもの）、②（H₂O₂とO₂の反応量の比を1:1としたもの）、④（混合前の体積で濃度を求めたもの）の誤答がそれぞれ約16%ずつと目立った。特にbは上位層の正答率も40%にとどまり、レベルによる正答率の差はほとんどなかった。

問4は緩衝液に関する正誤の組解答の問題（出題例5）で、正答率は35%であった。誤答は③が目立った。また、問6は酸化還元反応の量的関係の問題で、反応式を正確に書けないと解答できず、正答率は41%であった。

問3 ある濃度の過酸化水素水100 mLに、触媒としてある濃度の塩化鉄(III)水溶液を加え200 mLとした。発生した酸素の物質量を、時間を追って測定したところ、反応初期と反応全体では、それぞれ、図1と図2のようになり、過酸化水素は完全に分解した。この結果に関する次ページの問い合わせ(a・b)に答えよ。ただし、混合水溶液の温度と体積は一定に保たれており、発生した酸素は水に溶けないものとする。

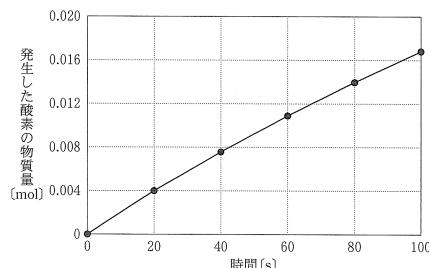


図 1

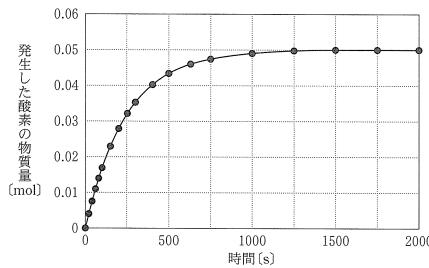


図 2

a 混合する前の過酸化水素水の濃度は何 mol/Lか。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 □ mol/L

- ① 0.050 ② 0.10 ③ 0.20
④ 0.50 ⑤ 1.0 ⑥ 2.0

b 最初の20秒間において、混合水溶液中の過酸化水素の平均の分解速度は何 mol/(L·s)か。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

□ mol/(L·s)

- ① 4.0×10^{-4} ② 1.0×10^{-3} ③ 2.0×10^{-3}
④ 4.0×10^{-3} ⑤ 1.0×10^{-2} ⑥ 2.0×10^{-2}

出題例4

問4 0.1 mol/L の酢酸水溶液 100 mL と、0.1 mol/L の酢酸ナトリウム水溶液 100 mL を混合した。この混合水溶液に関する次の記述(a～c)について、正誤の組合せとして正しいものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。5

- a 混合水溶液中では、酢酸ナトリウムはほぼ全て電離している。
- b 混合水溶液中では、酢酸分子と酢酸イオンの物質量はほぼ等しい。
- c 混合水溶液に少量の希塩酸を加えても、水素イオンと酢酸イオンが反応して酢酸分子となるので、pHはほとんど変化しない。

	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5

第3問 盲点になりがちな知識も出題され、計算問題で大きく差がついた。

身近な無機物質、遷移元素と触媒反応、気体の分離、無機物質と化学量計算、イオン化傾向と電池が出題された。正答率は47%～75%に収まっており、正答率が80%以上の解答しやすい設問はなかった（昨年度は2問）。

問1は身近な無機物質に関する正誤問題（出題例6）で、正答率は①が62%，⑥が50%であった。誤答として③（29%），④（37%）が目立ったが、セラミックスについて盲点であった受験生が多くいたと思われる。

問4は黄銅中の銅の含有率を求める計算問題、問5は塩素の発生反応に関する計算問題であり、正答率はいずれも51%であったが、上位層と下位層の正答率の差が大きくなつた。問6はイオン化傾向と電池の構成に関する実験考察問題で、正答率は47%と、第3問で最も低かった。

問1 身近な無機物質に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑦のうちから二つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。1 2

- ① 電池などに利用されている鉛がとりうる最大の酸化数は、+2である。
- ② 粘土は、陶磁器やセメントの原料の一つとして利用されている。
- ③ ソーダ石灰ガラスは、原子の配列に規則性がないアモルファスであり、窓ガラスなどに利用されている。
- ④ 酸化アルミニウムなどの高純度の原料を、精密に制御した条件で焼き固めたものは、ニューセラミックス（ファインセラミックス）と呼ばれる。
- ⑤ 銅は、湿った空气中では、緑色と呼ばれるさびを生じる。
- ⑥ 次亜塩素酸塩は、強い還元作用をもつため、殺菌剤や漂白剤として利用されている。
- ⑦ 硫酸バリウムは、水に溶けにくく、胃や腸のX線撮影の造影剤として利用されている。

出題例6

第4問 異性体、実験考察問題が難しい。

エチレンとアセチレンの性質、エステルの加水分解とアルコール、ベンゼンからのアゾ染料の合成経路、ブタンの塩素置換体の数、界面活性剤に関する実験考察が出題された。正答率が50%未満の設問が3問あり、第4問全体としての正答率は難度の高かった昨年度（51.1%）と比べて若干高くなった程度であった。

問2はC₅エステルの加水分解で得られるアルコールの異性体の数に関する問題で、正答率は54%であった。加水分解で得られたカルボン酸が還元性を示す（ギ酸）ことからアルコールの炭素数が4であると判断し、その異性体の数を考えるという複数の思考過程を要する問題で、上位層と中位・下位層で差がついた。また、現役生と卒業生の差が15%と大きく、演習量の違いが正答率の差に現れた。

問5は界面活性剤に関する実験考察問題（出題例7）で、正答率は、aが25%，bが21%と低かった。また、上位層の正答率もaで33%，bで31%にとどまり、実験考察問題を弱点とする受験生の多いことが反映された。aは⑥（塩析）が正解であるが、③（けん化）の誤答が46%にも達した。啓林館『化学 改訂版』では、p.68～72とp.317とを参照ページで相互に関連をもたせ、知識をつなぎ合わせられるようにしている。bは、②（13%）、③（16%）、④（27%）、⑥（12%）と誤答が分散しており、セッケンと合成洗剤の性質の違いが問われていることに気づけなかったのであろう。

問5 界面活性剤に関する次の実験I・IIについて、下の問い合わせ(a・b)に答えよ。

実験I ピーカーにヤシ油(油脂)をとり、水酸化ナトリウム水溶液とエタノールを加えた後、均一な溶液になるまで温水中で加熱した。この溶液を飽和食塩水に注ぎよく混ぜると、固体が生じた。この固体をろ過により分離し、乾燥した。

実験II 実験Iで得られた固体の0.5%水溶液5mLを、試験管Aに入れた。これとは別に、硫酸ドデシルナトリウム（ドデシル硫酸ナトリウム）の0.5%水溶液を5mLつくり、試験管Bに入れた。試験管A・Bのそれぞれに1mol/Lの塩化カルシウム水溶液を1mLずつ加え、試験管内の様子を観察した。

a 実験Iで飽和食塩水に溶液を注いだときに固体が生じたのは、どのような反応あるいは現象か。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- 8
- | | | |
|------|------|-------|
| ① 中和 | ② 水和 | ③ けん化 |
| ④ 乳化 | ⑤ 浸透 | ⑥ 塩析 |

b 実験IIで観察された試験管ア・イ内の様子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。 [9]

	試験管ア内の様子	試験管イ内の様子
①	均一な溶液であった	油状物質が浮いた
②	均一な溶液であった	白濁した
③	油状物質が浮いた	均一な溶液であった
④	油状物質が浮いた	白濁した
⑤	白濁した	均一な溶液であった
⑥	白濁した	油状物質が浮いた

出題例7

第5問 合成高分子、天然有機物全般が問われた。

問1は単量体が脱水縮合した構造をもたない高分子化合物を選択する問題で、正答率は58%であった。正答はナイロン6であるが、誤答として尿素樹脂が目立った。
問2は高分子化合物全般に関する正誤問題で、正答率は75%と高かった。

第6問 今年度も計算問題が出題された。

問1は重合体と単量体の組合せに関する問題で、正答率は76%と高かった。問2はポリ乳酸の分解により発生する二酸化炭素の量を求める計算問題で、正答率は57%であった。繰り返し単位1つから二酸化炭素が3分子発生することがわかれれば解答できるが、上位層と中位・下位層で差がついた。

第7問 ペプチドの電気泳動が出題された。

問1はジペプチドの電気泳動に関する問題（出題例8）で、正答率は57%であった。また、上位層と下位層の差が55%と大きかった。国公立二次・私大入試ではよく出題されるが、センター試験としては難度の高い問題と言えよう。問2はマルトースの定量に関する計算問題であったが、正答率は71%と高かった。

問1 次の3種類のジペプチドA～Cの水溶液を、図1のようにpH 6.0の緩衝液で湿らせたろ紙に別々につけ、直流電圧をかけて電気泳動を行った。泳動後にニンヒドリン溶液をろ紙に吹き付けて加熱し、ジペプチドA～Cを発色させたところ、陰極側へ移動したもの、ほとんど移動しなかったもの、陽極側へ移動したものがあった。その組合せとして最も適当なものを、次ページの①～⑥のうちから一つ選べ。 [1]

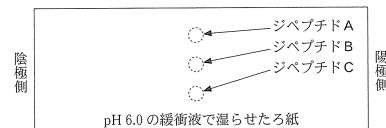
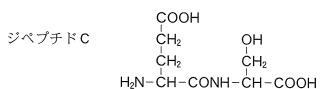
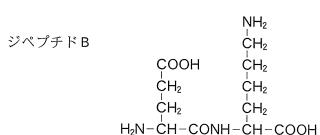
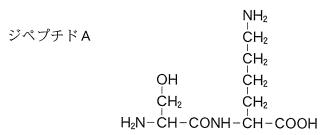


図1

	陰極側へ移動したジペプチド	ほとんど移動しなかったジペプチド	陽極側へ移動したジペプチド
①	A	B	C
②	A	C	B
③	B	A	C
④	B	C	A
⑤	C	A	B
⑥	C	B	A

出題例8

(3) 学習のポイント（指導においてのポイント）

国公立二次・私大入試対策と一体した学習を。

現行課程で3回目のセンター試験が終わったが、旧課程と比べると、複数の思考過程を要する問題が増加している。今年度では、気液平衡、反応速度、緩衝液、ペプチドの電気泳動などが挙げられ、これらは国公立二次・私大入試で出題されてもよいレベルの問題であった。高得点を目指す受験生に対しては、従来のセンター試験レベルの対策にとどまるのではなく、国公立二次・私大入試対策用の問題演習を十分に積ませておきたい。

無機・有機分野の知識定着を。

例年、無機分野と有機分野では、現役生と卒業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はかりたい。

また、実験考察問題は頻出であり、教科書に記載されている実験装置・探究活動、センター試験の過去に出題された内容は必ず確認させておきたい。

直前期にはセンター試験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、センター試験の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、実験考察問題は国公立二次・私大入試対策だけではカバーしにくいので、十分に演習させておきたい。

3 一般入試(国公立二次・私大入試)

(1) 全体の傾向

2017年度国公立二次・私大入試の難易度は、多くの大学では昨年度並みであったが、東京大、筑波大、名古屋工業大、早稲田大などはやや易化し、京都大、北海道大、名古屋大などはやや難化した。特に、東京大では問題の分量が減少し、試験時間内で十分解答できる分量になった。一方、京都大では、近年、解答しやすい問題が比較的多かったのに対し、今年度は思考力を要する発展的な問題が増加した。

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。

今年度のトピックスとして、昨年度末に正式名称が確定した「ニホニウムNh」を題材とした問題（名古屋大、九州大-出題例9、金沢大、滋賀医科大、滋賀県立大、明治大、関西学院大）が多く見られた。ただし、化学的性質がよくわからないこの元素を題材とした出題が次年度以降も続くとは考えにくく、今年度限りのものであろう。

日本で発見された原子番号113番の新元素の名称案が〔①〕になることが、2016年6月9日に発表された。この元素は、原子番号30番の典型元素である亜鉛と原子番号83番の典型元素であるビスマスを高速で衝突させ、核融合により合成する。〔①〕は、周期表においてアルミニウムと同じ〔ア〕族に属する元素である。単体のアルミニウムは、軽くてやわらかい金属で、ボーキサイトを精製してアルミナとよばれる純粋な〔A〕をつくり、さらにこれを融解塩電解して製造される。

九州大

出題例9

(2) 分野別分析

[理論分野]

酸と塩基、酸化・還元では、シュウ酸や食酢を題材とした中和滴定、逆滴定、過マンガン酸カリウム滴定、ヨウ素滴定が多く、二段滴定（島根大、高知大、上智大）も少なくない。また、COD（富山県立大、滋賀県立大、北里大、星薬科大）、溶存酸素量（山形大）、グルコース

の定量（静岡県立大）などは思考力を要する。アスピリンの定量（旭川医科大、摂南大-出題例10）では、アスピリンと水酸化ナトリウムが1：2の物質量比で反応していることの判断が難しい。

アセチルサリチル酸は解熱鎮痛剤として用いられており、アスピリン錠の主成分である。アスピリン錠に含まれるアセチルサリチル酸の含有量を求めるため、以下の実験I～IVを行った。

実験I：アスピリン錠20錠をとり、その質量を量ったところ12.0gであった。このアスピリン錠20錠をすりつぶして粉末とした。

実験II：実験Iの粉末1.80gを量り、0.50mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液50mLを正確に加え、吸収管（ソーダ石灰）を付けた還流冷却管を用いて10分間穏やかに煮沸すると、主成分のアセチルサリチル酸は完全に反応した。

実験III：冷却後、実験IIの反応液に指示薬として〔ア〕を加え、直ちに過量の水酸化ナトリウムを0.25mol/Lの硫酸で滴定したところ、16.80mLを要した。このとき、ベンゼン環に直接結合したヒドロキシ基は電離していないかった。

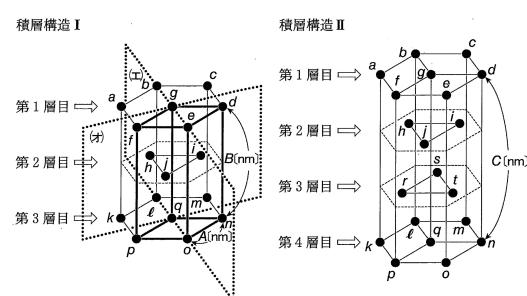
実験IV：実験中に混入する空気中の〔イ〕の影響を除くため、アスピリン錠の粉末を用いずに実験IIおよびIIIと同様の操作を行ったところ、0.25mol/Lの硫酸49.80mLを滴定に要した。

問7 実験I～IIIにおいて、用いたアスピリン錠の1錠に含まれるアセチルサリチル酸の質量は〔a〕〔b〕〔c〕mgである。a～cに該当する数字をそれぞれマークせよ。ただし、アスピリン錠に含まれるアセチルサリチル酸以外の成分は、反応しないものとする。

摂南大

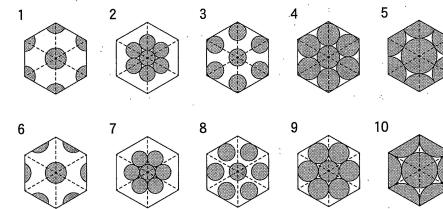
出題例10

結晶は、面心立方格子、体心立方格子、塩化ナトリウム型などについての、基本的な内容が中心である。六方最密構造と立方最密構造のさまざまな断面図（東京理科大-出題例11）は、結晶の立体感覚をつかむにはよい素材であるが、試験会場で落ち着いて考えるのは難しいであろう。また、例年通り、限界半径比（名古屋大、愛知教育大、奈良女子大、啓林館『化学』p.34、『化学 改訂版』p.76）も散見された。



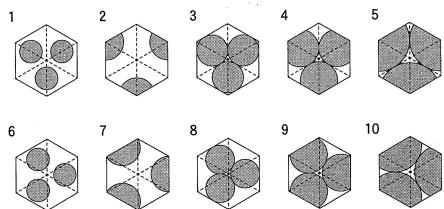
(2) 積層構造Iについて、7つの点a, b, c, d, e, f, gを通る面で切断した。その切断面を表している最も適切な図を解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

解答群



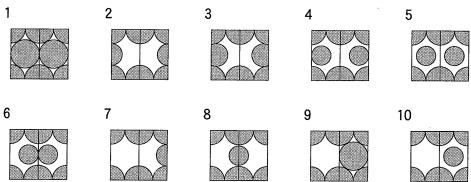
(3) 積層構造Iについて、3つの点h, i, jを通る面で切断した。その切断面を表している最も適切な図を解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

解答群



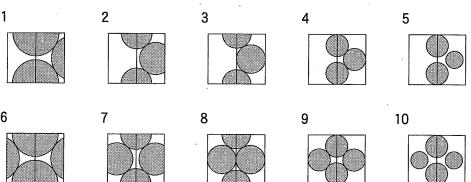
- (4) 積層構造 I について、6つの点 b , g , e , o , q , ℓ を通る面(□)で切断した。その切断面を表している最も適切な図を解答群から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

解答群



- (5) 積層構造 I について、 g と q を通り、 a と f , c と d , m と n , p と k のそれぞれの中点を通る面(△)で切断したとき、その切断面を表している最も適切な図を解答群から一つ選び、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。

解答群



東京理科大

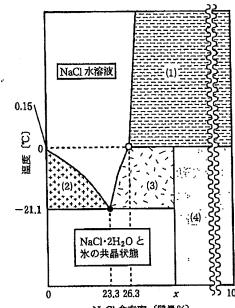
出題例11

気体は、混合気体や蒸気圧の典型的な問題が中心であるが、ラ・ウールの法則が絡んだ気液平衡の問題（京都大、滋賀県立大、啓林館『化学改訂版』p.61）は難度が高い。なお、状態図に関して、臨界点や超臨界流体（徳島大、東北医科薬科大、松山大、福岡大、啓林館『化学』p.16、『化学改訂版』p.29）は、近年増加傾向にある。

溶液は、凝固点降下と冷却曲線、浸透圧が多く、今年度はコロイドも多かった。密閉したU字管を用いた浸透圧の問題（神戸大）は、思考力を要する。また、塩化ナトリウム-水の相平衡図（山口大-出題例12）は受験生にとって馴染みがない図である。

凝固点降下は、溶液の凝固点が純溶媒よりも低くなることであり、その降下度は、一般に溶液中に含まれるすべての溶質粒子（電離質溶液の場合には電離したイオンを含む）の質量モル濃度に比例する。

$H_2O-NaCl$ 混合物は、 $NaCl$ 含有率と温度によって、液体と固体が単独で存在または共存するいろいろな状態となる。それぞれの状態は、右図に示す1気圧での相平衡図のいくつかの実線で囲まれた領域で示される。 $NaCl$ 含有率が増えるにつれて結晶が析出する温度が下降する。また、 $NaCl$ の結晶は、 H_2O との共存下において $0.15^{\circ}C$ 以下では2分子の結晶水を持つ $NaCl \cdot 2H_2O$ が安定となり、 $NaCl$ 含有率が 23.3% 以上の $NaCl$ 水溶液を冷却すると、 $NaCl \cdot 2H_2O$ の溶解度が下がりその結晶が析出する。2つの曲線が交差する黒丸の点を共晶点と呼び、それ以下の温度では、 $NaCl \cdot 2H_2O$ の結晶と水が混在した共晶状態となる。この共晶点の温度 ($-21.1^{\circ}C$)、共晶温度と呼ばれるが、塩化ナトリウムの作用により到達できる最も低い凝固点となる。

図 $H_2O-NaCl$ 混合物の相平衡図（概略図）

山口大

出題例12

熱化学は、生成熱、燃焼熱、結合エネルギー、中和熱に関する基本～標準レベルの問題以外に、イオン化傾向と反応熱（大阪大）、格子エネルギーとイオン結合の強さ（北海道大）が出題された。

光とエネルギーは、出題数は少ないものの、ルミノールや光触媒の酸化チタン(IV)が知識として問われた問題（九州工業大、徳島大、立命館大-出題例13、啓林館『化学改訂版』p.97, 98, 251）も見られた。特に、立命館大では、光の波長、化学発光、光触媒、光合成などが総合的に問われ、盲点を突かれたと感じた受験生も少なくなかったであろう。

光とは電磁波の一種であり、人間の目で感じができる光を可視光といい、その波長範囲はおよそ $380 nm$ から $780 nm$ である。光の色は波長によって異なり、物質による光の吸収や発光を見ることによって、人間は物質の色を見分けることができる。可視光を吸収する化合物は、他の物質を着色する色素材料として使われることもある。物質を燃やすと熱だけではなく光も放出され、元素に特有の色を示すことがある。この現象を炎色反応といい、花火などに応用されている。化学発光では、反応物と生成物の化学エネルギーの差の一部が光として放出される。ホタルやオランウツガの出す光が生物発光の例であり、科学検査における血痕の鑑識法である「あ」反応などが化学発光の例である。「あ」は、血液中の成分などを触媒として、塩基性溶液中で過酸化水素などによって酸化されると青く発光する。

光のエネルギーを吸収した物質が光化学反応を起こすこともある。その応用例としては、モノクロ写真用フィルムや光触媒などがある。写真フィルム上の「い」は光を吸収して反応し、「う」が析出して黒くなる。光触媒の「え」に光が当たると、その表面に付着した有機物などから電子を奪い、これらを酸化分解するので、その表面はいつも清潔に保たれる。また、水素と「お」の混合気体は、暗所ではほとんど反応しないが、強い光を当てると、爆発的に反応して「か」を発生する。

植物は太陽からの光エネルギーを吸収し、水や二酸化炭素を原料として光合成を行って、大気中に酸素を放出し、みずからの栄養となる糖類を合成している。酸素は、紫外線照射により、その「き」であるオゾンを生じる。オゾンも紫外線を吸収し、分解生成を繰り返し、太陽からの有害な紫外線を遮断し、地球生命圈を守っている。光合成の原理を応用し、太陽光エネルギーを化学エネルギーへ人目的に変換する「人工光合成」が完成すれば、環境負荷の小さい新たなエネルギー変換技術となる可能性があり、現在さかんに研究が行われている。

- [1] 文章中の下線部(a)について、下の選択肢の中から (i) 最も短波長および(ii) 最も長波長にあてはまる色を選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 黄 ② 緑 ③ 紫 ④ 赤 ⑤ 青

(2) 文章中の下線部(b)の色素材料として、青色を呈する芳香族化合物のインジゴがある。インジゴはジーンズや浴衣などの藍染めに使用されるが、インジゴ 자체は水に不溶である。そこで、インジゴを塩基性条件下で還元し、黄色のロイコ体として水に溶かし、これを繊維に吸着させる。繊維を空気にさらし、ロイコ体を酸化するとのインジゴに戻り、染色される。黄色のロイコ体は酸性条件下で、下図の構造で示す白藍として得られる。白藍のヒドロキシ基の水素がいずれも失われたものがインジゴである。白藍の構造にならって、インジゴの構造を解答用紙の 内に記入せよ。

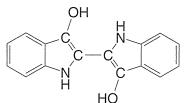


図 白藍

立命館大

出題例13

電池、電気分解の出題には、特に目立ったものは少ないが、電気透析（北海道大-出題例14、静岡県立大・中期）は思考力を要する。

下線部(i)について、海水から食塩の主成分である塩化ナトリウムを得るために電気透析法と呼ばれる方法が幅広く用いられている。電気透析法の模式図を図2に示す。海水を塩化ナトリウム、塩化マグネシウム、硫酸マグネシウム、硫酸カルシウム、塩化カリウムの5種類の塩が溶解した水溶液として考え、以下の(1)～(4)に答えよ。

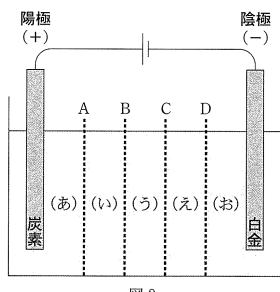


図2

(3) 電気透析法では図2に示すA～Dの4ヶ所全てに、陽イオンのみを通す膜、または陰イオンのみを通す膜を設置して電流を通じることで、海水を塩濃度の高い濃縮液と塩濃度の低い希釀液に分離する。図2における(い)と(え)の2ヶ所のみで塩濃度を高めるには、陽イオンのみを通す膜をA～Dのどこへ設置すべきか。以下の組み合わせから正しいものを一つ選び、記号で答えよ。ただし、組み合わせに記載されていない場所には陰イオンのみを通す膜を設置するものとする。

- | | | |
|---------|---------|---------|
| (キ) AとB | (ク) AとC | (ケ) AとD |
| (コ) BとC | (サ) BとD | (シ) CとD |

北海道大

出題例14

反応速度は、反応速度式を求める問題が多い。エステルの酸触媒による加水分解速度を、中和滴定の結果から求める問題（慶應義塾大・医、日本女子大）は、思考力を要する。発展的な内容として、アレニウスの式（新潟大、名古屋大、名古屋市立大、東北医科薬科大、東京理科大、立命館大、関西大、啓林館『化学』p.125、『化学改訂版』p.129）、多段階反応（浜松医科大学、立命館大、

啓林館『化学』p.130、『化学 改訂版』p.132）、半減期（滋賀医科大、早稲田大・理工、日本女子大、啓林館『化学』p.119、『化学 改訂版』p.123）が、今年度も複数の大学で出題された。

化学平衡では、例年通り、 $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2 HI$, $N_2 O_4 \rightleftharpoons 2 NO_2$ 、ハーバー・ボッシュ法が多く、ほとんどは基本～標準的な内容である。東京大のハーバー・ボッシュ法の平衡（出題例15）は、圧力・温度が一定のもとで窒素を加えることにより、窒素が増加する方向へ平衡が移動することを判断する問題が含まれ、ルシャトリエの原理で学習した結果と違う点に戸惑った受験生もいたであろう。

II 次の文章を読み、問工～キに答えよ。

N_2 と H_2 の混合気体を密閉容器に入れて高温にすると、次の化学反応が可逆的に起こり、やがて平衡状態に達する。



この可逆反応の正反応は、発熱反応であることが知られている。この可逆反応が平衡状態にあるとき、反応温度を a したり、圧力を b すると、ルシャトリエの原理から考えると、 NH_3 の生成率が増加する。工業的には、 NH_3 は、四酸化三鉄が主成分の触媒を用いて生産される。

① 気体の反応では、反応の進行に伴う濃度変化を測定するよりも圧力変化を測定するほうが容易なので、濃度の代わりに分圧を P_A , P_B , P_C とし、これらを用いて Q を以下のように定義する。

$$Q = \frac{(P_C)^2}{(P_A) \cdot (P_B)^3}$$

各気体の分圧は反応の進行とともに変化するので、 Q もそれに応じて変化し、平衡状態に達するとある一定値になる。このときの Q の値を圧平衡定数(K_P)といふ。

平衡状態にある N_2 , H_2 , NH_3 の混合気体に、圧力を加えたり、反応物や生成物を加えたりした直後の Q の値を K_P と比較することにより、反応がどちらに進むかを知ることができる。

NH_3 の生成反応について次の実験を行った。以下では、すべての気体は理想気体として扱るものとする。

実験1：容積一定の容器Iに、3.0 molの N_2 と6.0 molの H_2 を入れ、温度 T_1 で反応させた。平衡に達したとき、 H_2 の分圧は反応開始前における H_2 の分圧の0.9倍であった。

実験2：容積が可変な容器IIに N_2 と H_2 を入れ、全圧 P を一定に保ち、温度 T_2 で反応させた。平衡に達したとき、 N_2 , H_2 , NH_3 の物質量は、それぞれ4.0, 2.0, 1.0 mol であった。

キ 実験2の平衡状態に、全圧および温度を一定に保ちながら混合気体に N_2 を3.0 mol加えた。加えた直後の Q を Q_1 とし、 Q_1 と K_P を、それぞれ全圧 P を用いて表せ。さらに、正反応と逆反応のいずれの方向に平衡が移動するかを、 Q_1 と K_P を用いて説明せよ。

東京大

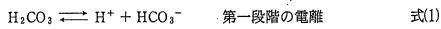
出題例15

電離平衡では、教科書で「発展」として扱われている緩衝液の計算、加水分解定数が出題されるのは当たり前になっている。また、難関大では、物質収支と電荷収支（九州大・後期-出題例16）、生体内の緩衝液（札幌医科大学）、錯体の安定度定数（京都大、東北大）、オキシンの分配平衡（金沢大）などが見られた。

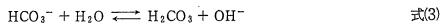
溶解度積は、硫化物が多い。なお、モール法（東京理

科大, 星葉科大, 立命館大, 啓林館『化学』p.171, 『化学 改訂版』p.175) は, 昨年度より若干少なくなったものの, 複数の大学で出題されている。

問 5. 下線部②に関連して, 一般的に炭酸は水溶液中で次式(1), (2)のように二段階で電離する。



ここで式(1)の電離定数は $K_1 = 10^{-6.3} \text{ mol/L}$, 式(2)の電離定数は $K_2 = 10^{-10.3} \text{ mol/L}$ である。一方, HCO_3^- は水と式(3)のように反応する。



このとき, 次の(a)~(c)に答えなさい。

(a) この条件のもとで 0.20 mol/L の NaHCO_3 水溶液をつくった。この溶液中で NaHCO_3 は完全に電離するとして, 溶液中の炭素原子の物質量が保存される式(物質収支の条件式)と溶液中の陽イオン電荷の総和と陰イオン電荷の総和が等しくなる式(電気的中性の条件式)を, $[\text{Na}^+]$, $[\text{H}_2\text{CO}_3]$, $[\text{H}^+]$, $[\text{HCO}_3^-]$, $[\text{CO}_3^{2-}]$, $[\text{OH}^-]$ を用いてそれぞれ表しなさい。

(b) (a)で求めた二式を, K_1 , K_2 , $[\text{H}^+]$, $[\text{HCO}_3^-]$ を用いて表しなさい。ただし, ここで $[\text{Na}^+]$ は $[\text{H}^+]$, $[\text{OH}^-]$ よりも十分に大きく, 電気的中性の条件式の中では $[\text{H}^+]$, $[\text{OH}^-]$ を無視できるものとして計算すること。

(c) この溶液の pH を答えなさい。ただし, 答えに至る過程も書きなさい。

九州大・後期

出題例16

【無機分野】

無機分野は, 例年通り, 各論を暗記しておれば解答できる問題が大半を占めるが, 国公立大では, 結晶格子, 電気化学, 化学平衡などの理論分野の絡んだ問題も見られる。

昨年度に引き続き, 錯体の立体構造 (大阪大, 東京医科歯科大, 順天堂大-出題例17, 明治大, 同志社大, 啓林館『化学』p.239, 『化学 改訂版』p.241) の出題が目立った。

塩化クロム(III)は組成式が $\text{CrCl}_3 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$ で H_2O または塩化物イオンが配位している正八面体6配位の錯塩である。この錯塩 5.30 g を水に溶かし, 硝酸銀を充分量加えたところ, 塩化銀の沈殿が 2.86 g 生じた。次の問い(a), (b)に答えなさい。

(a) この塩化クロム水溶液中の錯イオンはどれに相当するか。正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。 6

- ① $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$
- ② $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]^{2+}$
- ③ $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]^+$
- ④ $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]^+$
- ⑤ $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]^-$
- ⑥ $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]^{2-}$

(b) この錯イオンには何種類の立体異性体が考えられるか。正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。 7

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

順天堂大

出題例17

【有機分野】

脂肪族化合物, 芳香族化合物では, 例年通り, 有機化合物の合成経路, 簡単な構造決定が中心で, 一部の難関大では難度の高い構造決定も出題されている。

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分解や過マンガン酸塩酸化, マルコフニコフ則は, 当たり前のように出題されている。多くは問題文中にヒントがあるが, 九州大, 岡山大, 徳島大では知識がないと解答できない問題が出題された。また, 炭素陽イオンの安定性からマルコフニコフ則を考察する問題 (旭川医科大-出題例18, 啓林館『化学』p.288, 『化学 改訂版』p.285) も見られた。千葉大では, 配向性 (啓林館『化学』p.331, 『化学 改訂版』p.331) の知識を要する合成経路の問題 (出題例19) が出題された。

プロパンに HCl が付加する場合, 図2に示したように, 生成物として A と B の2種類の化合物が考えられる。各間に答えなさい。

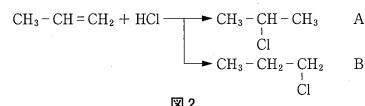
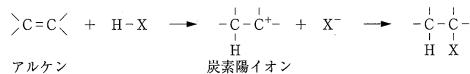


図2

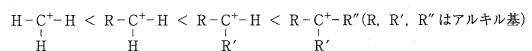
問 1 化合物 A と B の名称を書きなさい。

問 2 プロパンのようなアルケンに対するハロゲン化水素 HX の付加反応は次のような二段階反応を経て進む。



A が生成するときに生じると考えられる炭素陽イオン, および B が生成するときに生じると考えられる炭素陽イオン, それぞれの化学構造式を書きなさい。

問 3 反応途中で生じる炭素陽イオンの安定性は次のような順序であることが知られている。



この序列を参考にして, A と B ができるときに生じる炭素陽イオンのうち, どちらがより安定かを構造式を用いて説明しなさい。

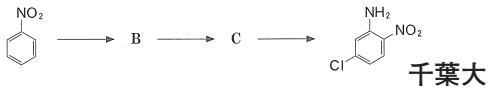
問 4 プロパンに HCl が付加する場合, A と B のどちらが主生成物となるか, 記号で答えなさい。

問 5 ロシアの化学者マルコフニコフは, プロパンへの HCl の付加反応を含む多くの実験から, ある経験則を導いた。炭素陽イオンの安定性を考慮して, その経験則を説明しなさい。

旭川医科大

出題例18

問5 下線部⑤について、図に示すニトロベンゼンを出発原料とする5-クロロ-2-ニトロアニリンの合成経路における化合物B、Cの構造式を書きなさい。
ただし、ベンゼン環の二つの水素原子が置換された芳香族化合物の置換反応では、二つの置換基の配向性が一致する位置にある水素原子が置換されるものとする。



出題例19

この脱アミノ化反応がDNA中のシトシンで起こった場合、生成物の塩基部位は速やかに生体内のある修復酵素により除去される。一方、シトシンの5位にメチル基(-CH₃)が導入された5-メチルシトシンで同様の脱アミノ化反応が起こった場合、この修復酵素では除去の対象とならず、異なる遺伝情報をもたらす塩基配列となる。これは、突然変異誘発の原因となり得る。

問2 式(1)の [X] に入る原子または原子団を化学式で答えよ。

問3 化合物Cの構造式を記せ。

問4 下線部の反応で生成した化合物の名称を記せ。

京都大

出題例20

合成高分子化合物では、知識問題や計算問題を中心であるが、難関大では、イオン交換樹脂を用いたアミノ酸の分離（岐阜大、慶應義塾大・医、関西大）、生分解性高分子（滋賀県立大）、吸水性高分子の吸水の仕組み（新潟大、名古屋工業大-出題例21、啓林館『化学』p.429、『化学改訂版』p.422）なども出題されている。

架橋構造はゴム以外の製品にも導入されており、カーボニルベンゼンにより架橋したポリスチレンを濃硫酸で処理することで得られる樹脂は水に溶けないが、水を十分含ませることができ、水溶液中の [ク] イオンを交換することができるイオン交換樹脂となる。また、ポリアクリル酸ナトリウムを主成分とし適度に架橋構造を導入した高分子化合物は自重の数十倍から数百倍の質量の水を吸収・保持できるため、[ケ] 高分子（樹脂）と呼ばれる。これらは紙おむつ、土壤保水材などに利用されている。その他にも、酸素透過性に優れたシリコーンと、生体適合性が高く非電解質のアクリルアミド系高分子からなる [キ] 体は連続装用可能なソフトコンタクトレンズとして利用されている。

問5 紙おむつ用樹脂とコンタクトレンズ用樹脂は、どちらも水を含ませることができるが、大量の水を含ませることができるのは紙おむつ用樹脂である。その理由について以下のことが考えられる。 [ア] から [エ] に当てはまる適当な語を記せ。

これらの樹脂の性質の違いは、水を含むことができる高分子が電解質であるか否かにある。紙おむつ用樹脂は、水を含むと高分子鎖中の一部（側鎖）が [ア] する。その結果、樹脂内部でイオン濃度が増加するため [ブ] が高くなり、大量の水を取り込もうとする。また [ア] によって生成した高分子鎖中の [シ] イオンどうしの [ド] によって網目が広がる。さらにイオンに水分が [エ] する。これらのことによって大量に取り込まれた水は、圧力を加えても樹脂の外には漏れ出しにくくなるためである。

名古屋工業大

出題例21

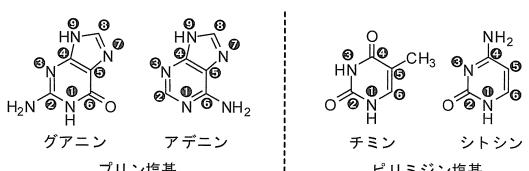
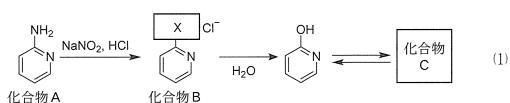


図1

(図中の白抜きの数字は炭素原子もしくは窒素原子をつけた番号で、1位、2位などと呼ぶ)

亜硝酸ナトリウム(NaNO₂)は、肉の発色や細菌繁殖の防止のための食品添加物として用いられている。しかしながら、これを大量に摂取すると核酸塩基の脱アミノ化反応などが引き起こされ、毒性や発がん性を示すことが知られている。例えば式(1)の化合物Aは、塩酸中で亜硝酸ナトリウムと反応し、化合物Bとなる。この化合物を加水分解すると、最終的にアミド結合を有する化合物Cとなる。



(3) 学習のポイント (指導においてのポイント)

現行課程で3年目の入試であったが、全体としては、出題傾向の変化は見られなかった。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。

近年は、教科書で「発展」として扱われる内容が、多くの大学で当たり前のように出題されている。しかし、教科書に載っている「発展」のすべてを扱うことは、授業時間を考えると難しい。生徒の受験する大学のレベルを考慮し、扱う内容を精査することが重要である。具体

的には、限界半径比、緩衝液の計算、オゾン分解は中堅大でも出題されており、差のつく問題になりやすい。また、難関大志望者に対しては、反応速度や電離平衡の発展的内容、錯体や有機化合物の立体化学も十分に指導しておきたい。

一方、入試問題の大部分は基本～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うえで、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。また、国公立二次試験や一部の私大では、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、直前に焦る受験生は減るであろう。

西 章嘉（にし・あきよし）

授業では高1～3生、卒業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）

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、設問数15問、マーク数17であった。平均点は39.5点（50点満点）で、昨年度より11.9点高くなかった。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1題ずつ出題され、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（受験者2,899名、平均点43.0点）の結果では、正答率が80%以上の「易しい」設問の割合は、昨年度が約24%であったのに対し、今年度は約76%と大幅に上昇した。また、正答率が50%以下の「難しい」設問の割合は、昨年度は約29%であったのに対し、今年度は0%であり、最も正答率の低い問題で正答率約69%であった。

設問15問のうち、13問が知識問題、1問が計算問題、1問がグラフから選択肢の正誤を判断する問題で、昨年度2問出題された考察問題は出題されなかった。知識問題については、教科書に記載されている基本的な知識を問う問題がほとんどであった。知識問題13問のうち、文章正誤問題が5問、生物用語や記号、グラフなどを選ぶ問題が8問であり、また、13問のうち、7問が正しいものの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19点）

Aは生物の特徴に関する知識問題、Bは細胞周期と遺伝子の発現に関する知識問題と計算問題であり、第1問全体の正答率は約84%（現役生 約83%，卒業生 約87%）であった。

問1は全ての生物に共通して含まれる物質の組合せとして最も適当なものを選ぶ知識問題であり、正答率は約76%であった。誤答の②「①, ③」を選択した受験生が全体の約9%見られ、「セルロース」を細胞膜の成分と勘違いしたものと思われる。問2は原核生物と真核生物

の組合せとして最も適当なものを選ぶ知識問題であり、正答率は約74%であった。問3は真核細胞に存在する細胞小器官の組合せとして最も適当なものを選ぶ知識問題である。問題文中に「アは酸素を使って有機物を分解する」、「イは光合成を行う」と記されていることから、正答率は約96%と非常に高かった。問4は細胞周期の間期のDNA合成準備期、DNA合成期、分裂準備期の略称を問う知識問題であり、正答率は約89%と高かった。問5は標本の観察結果から、細胞周期全体の長さと分裂期の長さを求める計算問題（出題例1）である。分裂期の細胞数（42個）と間期の細胞数（168個）の割合から分裂期の長さを求めるのであるが、正答率は約86%と予想以上に高かった。問6の力は「発現」の用語を問う知識問題であったが、正答率は約69%とやや低かった。誤答の①「複製」を選択した受験生が全体の約19%も見られた。キはだ腺（だ液腺）の細胞で合成されるタンパク質を問う知識問題であり、正答率は約98%と非常に高かった。

問5 下線部C)に関して、タマネギの根端細胞の細胞周期の長さを調べるために、以下の実験を行った。盛んに細胞分裂を行っている組織をタマネギの根端から取り出し、酢酸オルセインで染色して押しつぶし標本を作った。標本を顕微鏡で観察し、標本に含まれる間期の細胞と分裂期の細胞の数を数えた。その結果、間期の細胞が168個、分裂期の細胞が42個であった。タマネギの根端の細胞の間期が20時間であるとすると、細胞周期全体の長さと分裂期の長さはそれぞれ何時間になるか、それぞれの時間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。

5

	細胞周期全体の長さ(時間)	分裂期の長さ(時間)
①	20	4
②	25	5
③	50	10
④	62	42
⑤	168	42
⑥	210	42

出題例1

第2問 生物の体内環境の維持（配点15点）

Aは血液、血液循环、ホルモンに関する知識問題、Bは生体防御に関する知識問題であり、第2問全体の正答率は約85%（現役生 約84%，卒業生 約89%）であった。

問1は血液に関する記述として最も適当なものを選ぶ

知識問題であり、正答率は約83%と高かった。誤答の③を選択した受験生が全体の約9%見られ、問題文の「分解して」を読まずに「フィブリン」と「血ペイ」で選択したものと思われる。問2は血液の循環に関する記述として最も適切なものを選ぶ知識問題であり、正答率は約84%と高かった。問3は体液の水分量を調節するホルモンとそのホルモンを分泌する内分泌腺を問う知識問題であり、正答率は約79%と高かった。誤答の③「甲状腺－チロキシン」を選択した受験生が全体の約12%見られた。問4はヒトにおける抗体産生のしくみに関する知識問題であり、正答率は約90%と非常に高かった。誤答の①を選択した受験生が全体の約8%見られ、抗体産生細胞に分化する細胞を、「B細胞」ではなく、「キラーT細胞」と誤って理解していたものと思われる。問5は抗体産生における二次応答に関するグラフとして最も適切なものを選ぶ知識問題であり、正答率は約90%と非常に高かった。

第3問 生態と環境（配点16点）

Aはバイオームの分布に関する知識問題とグラフから選択肢の正誤を判断する問題、Bは生態系に関する知識問題であり、第3問全体の正答率は約89%（現役生 約88%，卒業生 約91%）であった。

問1は図1に関する記述として適切なものを選ぶ知識問題（出題例2）である。選択肢①～③については、バイオームに関する知識を必要とせず、図1から年平均気温がほぼ同じである場合、年降水量と有機物生産量との間にどのような関係が見られるかを読み取ればよく、正答率は約97%と非常に高かった。選択肢④～⑦については、各バイオームが図1のグラフ上のどの位置なのかを知つていれば、グラフ上の「有機物生産量」の大小を比較するだけで正答することができ、正答率は約90%と非常に高かった。問2は図1のXで示したバイオーム（夏緑樹林）が分布していない地域として最も適切なものを選ぶ知識問題であり、正答率は約83%と高かった。誤答の①北海道を選択した受験生が全体の約14%見られた。

問3は生態系における生産者と消費者に関する記述として誤っているものを選ぶ知識問題であり、正答率は約96%と非常に高かった。問4は熱帯多雨林と針葉樹林における「落葉・落枝の供給速度」と「土壤中の有機物の分解速度」に関する知識問題である。熱帯多雨林の気温が針葉樹林よりも高いことから、針葉樹林よりも熱帯多雨林のほうが分解者による有機物分解速度が速いことは容易に判断でき、正答率は約81%であった。誤答の②を

選択した受験生が全体の約16%見られた。

A 地球上における各バイオームの分布は、年平均気温と年降水量に密接な関係がある。次の図1は、年平均気温、年降水量、および生産者による地表の単位面積あたりの年平均有機物生産量の関係をバイオーム別に示したものである。

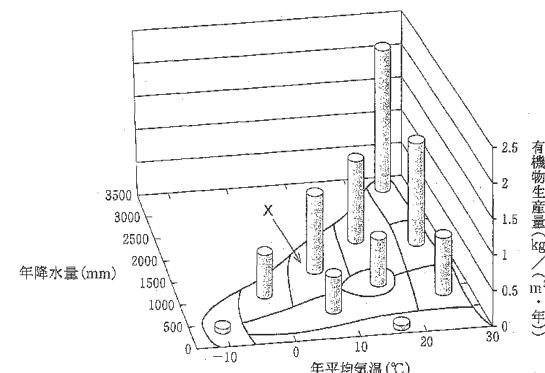


図 1

問1 上の図1に関する記述として適切なものを、次の①～⑦のうちから二つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。 [13] ・ [14]

- ① 異なるバイオーム間で年平均気温がほぼ同じ場合、年降水量が少ないと有機物生産量は大きくなる。
- ② 異なるバイオーム間で年平均気温がほぼ同じ場合、年降水量が少ないと有機物生産量は小さくなる。
- ③ 異なるバイオーム間で年平均気温がほぼ同じ場合、年降水量と無関係に有機物生産量は一定となる。
- ④ サバンナの有機物生産量は、ツンドラのものよりも大きい。
- ⑤ 砂漠の有機物生産量は、針葉樹林のものよりも大きい。
- ⑥ 照葉樹林の有機物生産量は、硬葉樹林のものよりも小さい。
- ⑦ 雨林樹林の有機物生産量は、硬葉樹林のものよりも大きい。

問2 上の図1のXで示したバイオームが分布していない地域として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 [15]

- | | | |
|-------|------|------|
| ① 北海道 | ② 関東 | ③ 中部 |
| ④ 四国 | ⑤ 九州 | ⑥ 沖縄 |

出題例2

（3）学習対策（指導上のポイント）

今年度のセンター試験では、設問15問中13問が知識問題であった。昨年度と同様に今年度も知識問題の割合が高く、来年度以降もこの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正確に理解させ、定着させるようにしたい。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」なども含めて隅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。）。

今年度は細胞周期に関する計算問題が出題された（啓林館『生物基礎 改訂版』p.79）。昨年度では腎臓における尿素の濃縮率に関する計算問題が（啓林館『生物基礎

改訂版』p.117), 一昨年度では遺伝子に関する計算問題が出題されており、来年度以降も計算問題が出題される可能性が高い。したがって、出題が予想される計算問題(DNA中の塩基組成、酸素解離曲線、暖かさの指數、生態系内の物質循環とエネルギーの流れなど)については、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。

今年度は出題されなかったが、昨年度は考察問題が2問出題されているので、来年度以降は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問を選択する選択問題)で、マーク数は34または35であった。昨年度より文章量とマーク数が増加したため、全体的な分量はやや増加した。平均点は69.0点で、昨年度より5.4点高くなかった。

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、配点は各18点であった。また、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。選択問題の第6問と第7問は、第6問が「生命現象と物質」の分野から、第7問が「生物の環境応答」と「生物の進化と系統」の分野からの出題であり、ともに複合的な問題で、配点は各10点であった。

問題内容の割合は、知識問題がおよそ5割、知識と考察を要する問題がおよそ4割、考察問題がおよそ1割であり、昨年度とほぼ同じ傾向であった。また、昨年度に比べて選択肢が4個の設問が大幅に増加(昨年度はマーク数4→今年度はマーク数13)し、複数の解答を選ばせる問題が大幅に減少(昨年度はマーク数12→今年度はマーク数6)した。この変化は設問自体の難易度とは別に、正答率に大きく影響したと考えられる。

考察問題における実験条件の設定などが昨年の問題に

比べてやや複雑なものが多かったが、選択肢の少ない設問が多くたため、全体的な難易度は昨年並みであった。なお、以下に示す正答率は河合塾の答案再現データ(受験者1,302名、平均点76.1点)の結果である。

(2) 設問別分析

第1問 生命現象と物質(配点18点)

Aはタンパク質の構造と機能に関する知識問題、Bは真核生物の転写調節に関する知識問題と考察問題であった。第1問全体の正答率は80.3%で、必答問題5題の中で2番目に高かった。問1はタンパク質の構造に関する知識問題であり、正答率は85.9%、94.5%と非常に高かった。問2はペプチドホルモンに関する知識問題であり、選択肢の文章が長く、正答率は低かった。問3と問4は転写調節に関する知識問題であり、問3は成績上位層と下位層で正答率に大きな差があった(上位層87.0%、下位層34.7%)。問5は調節タンパク質のはたらきを問題文から読み取って適切な図を選ぶ問題であり、正答率は93.7%と非常に高かった。

第2問 生殖と発生(配点18点)

Aは動物の発生に関する知識問題と考察問題、Bは被子植物の配偶子形成と重複受精に関する知識問題と考察問題であった。第2問全体の正答率は68.9%で、必答問題5題の中で2番目に低かった。問1はイモリの発生過程における分化の誘導に関する知識問題であり、正答率は低かった。問2は誘導による水晶体の分化に関する知識を要する考察問題であり、正答率は92.5%と非常に高かった。問3はES細胞に関する知識を要する考察問題であり、正答率は低かった。問4は染色体数に関する知識を要する考察問題であり、精細胞の染色体の数の正答率は92.2%と非常に高かったが、一つの胚のうに存在する染色体の数の正答率は45.7%と、すべての設問の中で2番目に低かった。問5は胚乳の遺伝に関する知識を要する考察問題(出題例3)であり、正答率は49.2%とすべての設問の中で3番目に低かった。また、成績上位層と下位層で正答率に大きな差があった(上位層72.4%、下位層13.9%)。現行課程になって教科書での遺伝の扱いが少なくなったために、遺伝を苦手とする受験生が多くなっていると考えられる。

問5 下線部b)に関連して、イネの種子の胚乳には、ヨウ素ヨウ化カリウム溶液(ヨウ素液)で青紫色に呈色(発色)する形質をもつものと、赤紫色に呈色する形質をもつものがある。これらのうち、青紫色に呈色する形質が優性で、優性の対立遺伝子Wと劣性の対立遺伝子wの一組の対立遺伝子が関係している。青紫色に呈色する形質をもつ純系Aと、赤紫色に呈色する形質をもつ純系Bとを用いて次の表2に示す組合せで交配をし、雌親に実った種子をヨウ素液で呈色させた。この結果から導かれる考察として最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。

7

表2

交配の組合せ		雌親に実った種子をヨウ素液で呈色させた結果
雌親	雄親(花粉)	
交配1 純系A	純系B	青紫色の種子のみ
交配2 純系B	純系A	青紫色の種子のみ
交配3 純系B	交配1で得られたF ₁ 個体	青紫色の種子と赤紫色の種子
交配4 交配1で得られたF ₁ 個体	純系B	青紫色の種子と赤紫色の種子

- ① 交配1で実った種子の胚乳の遺伝子型と、交配2で実った種子の胚乳の遺伝子型は、同じである。
- ② 交配1で実った種子の胚乳の遺伝子型と、交配3で青紫色に呈色した種子の胚乳の遺伝子型は、同じである。
- ③ 交配2で実った種子の胚乳の遺伝子型と、交配3で青紫色に呈色した種子の胚乳の遺伝子型は、同じである。
- ④ 交配3で赤紫色に呈色した種子の胚乳の遺伝子型と、交配4で赤紫色に呈色した種子の胚乳の遺伝子型は、異なる。
- ⑤ 交配3で青紫色に呈色した種子の胚乳の遺伝子型と、交配4で青紫色に呈色した種子の胚乳の遺伝子型は、同じである。

出題例3

第3問 生物の環境応答（配点18点）

Aは神経系と興奮の伝導と伝達に関する知識問題、Bはフィトクロムと光発芽種子に関する知識問題と考察問題であり、第3問全体の正答率は71.7%であった。問1は脊椎動物の神経系に関する知識問題であり、用語の組合せを選ぶ問題で、正答率は低かった。問2は有髄神経繊維の伝導速度に関する知識問題であり、正答率は高かった。問3はシナプスにおける興奮の伝達に関する知識問題で、用語の組合せを選ぶ問題であったが、正答率は90.5%と非常に高かった。問4は光発芽とフィトクロムに関する知識問題であった。問5と問6は光発芽種子に関する知識を要する考察問題（出題例4）であり、正答率は55.1%、63.4%と低かった。また、問6は現役生と卒業生で正答率に大きな差があった（現役生56.4%、卒業生78.4%）。

B (c)レタスの種子の光発芽では、フィトクロムが光受容体としてはたらくことが知られている。フィトクロムは、X型とY型の二つの形質をとり、X型は波長660 nm付近の光を吸収してY型へ、またY型は波長730 nm付近の光を吸収してX型へと、可逆的に変化する。異なる光環境がレタスの種子の光発芽に与える影響について調べるために、次の実験1・実験2を行った。

実験1 直射日光があたる日なたの条件と、他の植物の葉の陰となる日かけの条件において、光の強さを波長ごとに調べたところ、次の図1の結果が得られた。

件において、光の強さを波長ごとに調べたところ、次の図1の結果が得られた。

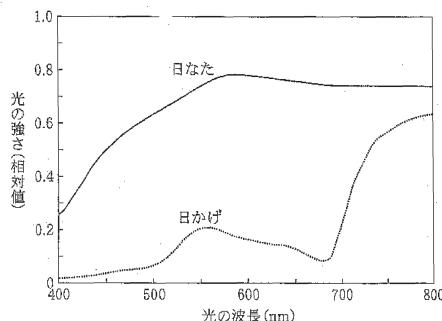


図1

実験2 生育に適した一定の温度条件において、暗所で十分に吸水させたレタスの種子それぞれ100粒に対し、次の図2のI～Vに示すように、図1の各光条件を組み合わせて処理した。48時間後に発芽率(発芽した種子数の割合)を調べたところ、図2の右側に示す結果が得られた。

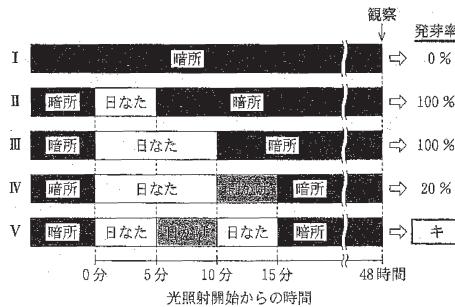


図2

問5 次の文章は、実験2において図2のI～IVの結果から導かれる考察である。文章中の□ク～□コに入る数値と語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。

日なたとは異なり、日かけでは、上方を覆う他の植物の葉が波長□ク nm付近の光をよく吸収するため、波長□ケ nm付近の光より波長□ク nm付近の光が弱くなる。その結果、□コ型のフィトクロムが減少し、レタスの種子の発芽率が低下する。

	ク	ケ	コ
①	660	730	X
②	660	730	Y
③	730	660	X
④	730	660	Y

問6 実験2において、図2のVの結果(□キ)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 0% ② 20% ③ 60% ④ 100%

出題例4

第4問 生態と環境（配点18点）

Aは種間関係に関する考察問題、Bは種間関係と搅乱に関する知識問題と考察問題であった。第4問全体の正答率は89.7%で、必答問題5題の中で最も高かった。問1と問2はハリガネムシとバッタの種間関係に関する考察問題であり、問1の正答率は96.7%とすべての設問の中

で最も高かった。また、問2の正答率も91.3%, 86.3%と非常に高かった。問3は生態系の搅乱に関する知識問題であり、正答率は96.5%とすべての設問の中で3番目に高かった。問4は種間競争に関する知識問題であり、正答率は94.4%と非常に高かった。問5は生態系の搅乱に関する知識を要する考察問題であった。教科書に載っているグラフと見た目は同じであるが横軸の設定が違っているため、グラフの読み取りに注意を要するが、間違った読み取りをしたときに選んでしまう選択肢が用意されていなかったため、誤答を避けられた受験生も多かったと考えられる。

第5問 生物の進化と系統 (配点18点)

Aは生物の変遷と動物の系統に関する知識問題と考察問題、Bは集団遺伝に関する知識問題と考察問題であった。第5問全体の正答率は68.2%で、必答問題5題の中で最も低かった。問1は生物の変遷に関する知識問題であり、比較的詳細な知識が要求され、正答率は30.6%とすべての設問の中で最も低かった。なお、生物の変遷に関するやや詳細な知識を要求する設問は、昨年度も出題されている。問2は哺乳類の系統に関する考察問題で、パズル的な問題であった(出題例5)。問3は生きている化石に関する知識問題であり、卒業生よりも現役生のほうが正答率が高かった(現役生78.7%, 卒業生74.5%)。問4は遺伝子頻度に関する知識を要する考察問題であり、正答率は61.4%と低かった。また、成績上位層と下位層で正答率に大きな差があった(上位層81.9%, 下位層28.7%)。問5はハーディ・ワインベルグの法則の名称を問う知識問題であり、正答率は93.5%と非常に高かった。問6は遺伝子頻度に関する知識問題であった。

A 哺乳類は中生代の [ア] に、鳥類は [イ] に出現した。中生代は約 [ウ] 年前に終わり、新生代になると哺乳類や鳥類は多様化した。哺乳類に関して、ある研究ではDNAの塩基配列をもとに、次の図1のような系統関係を支持する系統樹が得られている。この系統樹の [エ] ~ [カ] には、イヌ、ハツカネズミ、アフリカゾウのいずれかが入る。

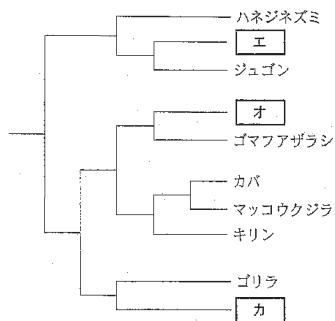


図 1

問1 上の文章中の [ア] ~ [ウ] に入る語と数値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。 [1]

	ア	イ	ウ
①	ジュラ紀	白亜紀	6600万
②	ジュラ紀	白亜紀	2300万
③	三疊紀	白亜紀	6600万
④	三疊紀	白亜紀	2300万
⑤	三疊紀	ジュラ紀	6600万
⑥	三疊紀	ジュラ紀	2300万

問2 イヌ、ハツカネズミ、アフリカゾウ、マッコウクジラ、およびキリンの間には、次の④、⑤に示すような類縁関係があることが分かっている。

④ ハツカネズミは、アフリカゾウよりマッコウクジラと近縁である。

⑤ キリンは、ハツカネズミよりイヌと近縁である。

このとき、上の図1の [エ] ~ [カ] に入る動物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。 [2]

	エ	オ	カ
①	アフリカゾウ	ハツカネズミ	イヌ
②	アフリカゾウ	イヌ	ハツカネズミ
③	イヌ	アフリカゾウ	ハツカネズミ
④	イヌ	ハツカネズミ	アフリカゾウ
⑤	ハツカネズミ	アフリカゾウ	イヌ
⑥	ハツカネズミ	イヌ	アフリカゾウ

出題例5

第6問 生命現象と物質 (配点10点)

遠心分離技術を用いたDNAの半保存的複製の実験や、細胞分画法の実験に関する問題であり、第6問全体の正答率は67.4%であった。問1はDNAの半保存的複製に関する知識を要する考察問題であった。問2は細胞分画法と細胞小器官に関する知識を要する考察問題であり、正答率は58.4%, 62.0%と低かった。また、成績上位層と下位層で正答率に大きな差があり(上位層78.3%, 下位層10.3%), 現役生と卒業生でも正答率に大きな差があった(現役生48.4%, 卒業生71.6%)。

第7問 生物の環境応答・生物の進化と系統 (配点10点)

海岸での生物観察に関する会話文をもとにした、動物の行動と動物の系統に関する知識問題で、第7問全体の正答率は81.9%であった。問1はアサリとクラゲの分類群を問う知識問題であった。問2は動物の行動に関する用語を問う知識問題であり、正答率は96.7%とすべての設問の中で最も高かった。問3は動物の系統に関する知識問題であり、正答率は低かった。

(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、單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、他の事項との関連性なども理解させるようにならう。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（国公立二次・私大入試）

(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、東京大、東北大、名古屋大、九州大などでは難化し、北海道大、大阪大、岐阜大、早稲田大（理工）などでは易化し、京都大、広島大、神戸大、筑波大、千葉大、東京医科歯科大、静岡大、岡山大、横浜市立大、大阪市立大、慶應義塾大（医）、東京慈恵会医科大学などでは変化がなかった。全体的には昨年度とほぼ同じ難易度かあるいはやや易化したように感じられた。

出題分野は、昨年度と同様「遺伝子」が非常に多く見られ、ここ数年この傾向が続いている。また、他の分野との融合問題としての出題も多い。しかし、新課程での扱いが少なくなった一遺伝子一酵素説、DNAの半保存的複製、ファージの増殖などは昨年度に続き今年度もほとんど出題されなかった。同様に、教科書での扱いがなくなった「植物の組織」や「浸透圧」は昨年度、昨年度に続き今年度も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。また、「発生」については、新課程で新たに扱われるようになった内容（以下、新課程内容と記す）である母性効果因子や背腹軸の決定、およ

び、神経誘導の分子機構などがどのように出題されるか注目されているが、一昨年度、昨年度と同様に今年度も出題がきわめて少なかった。

新課程内容で昨年度多く出題された内容のうち、青色光受容体（フォトトロピン）は今年度も出題が多く見られたが、細胞骨格・モータータンパク質や岡崎フラグメントなどは、一昨年度、昨年度で一通り出題したためか、今年度は出題がかなり減少した。また、新課程内容ではないが、『生物基礎』で大きく扱われるようになったバイオームについても、一昨年度、昨年度に比べて出題が減少した。

最も注目すべきは「遺伝」である。教科書での扱いが少なくなったためか、一昨年度に比べ昨年度は出題がかなり減少したが、今年度はまた一昨年度並みに増加した。内容は連鎖・組換えを中心とした旧課程と同様のもので、以前の様子に戻ったような感じである（啓林館『生物』p.128～159、『生物 改訂版』p.126～137には、遺伝について詳しく書かれている。）。

新課程内容の出題が多く見られた一昨年度、昨年度に比べ、3年目を迎えた今年度は少し落ち着いてきたように感じられ、以前の内容に戻るような所も少し見られた。

(2) 2017年度で注目される出題項目

「遺伝子」の分野では、花器官の形成に関するABCモデルが岩手大（農）、新潟大、島根大－出題例6などで出題された。この内容については、遺伝と絡めて出題されることも多い。また、「生殖」では、花粉管の誘引に関する内容が広島大、島根大、東京医科歯科大、群馬大、東京慈恵会医科大学－出題例7などで出題された。この内容については昨年のセンター試験でも出題されており、単に誘引物質を放出する細胞名を尋ねる知識問題としての出題もあるが、出題例のような実験考察型の出題もあった（啓林館『生物』p.202、『生物 改訂版』p.170にトレニアについて書かれている。）。

花の形態は多様であるが、がく片、花弁、おしべ、めしへの4つの花器官で構成される基本構造は共通で、花を上面から見ると、図1に示すように外側から内側に向かって、領域1：がく片、領域2：花弁、領域3：おしべ、領域4：めしへが同心円状に配置されている。シロイヌナズナの突然変異体の研究などから、花器官の形成には3種類の調節遺伝子(A, B, C)がホメオティック遺伝子として働いていることがわかった。図1に示すように、A, B, C遺伝子は働く領域が決まっている。A遺伝子はがく片が形成される領域と花弁が形成される領域、B遺伝子は花弁が形成される領域とおしべが形成される領域、C遺伝子はおしべが形成される領域とめしへが形成される領域で働いている。また、A遺伝子が働く部分ではC遺伝子が抑制され、C遺伝子が働く部分ではA遺伝子が抑制されており、どちらか一方の遺伝子が働くなくなった場合には、抑制されていたもう一方の遺伝子が働くようになる。

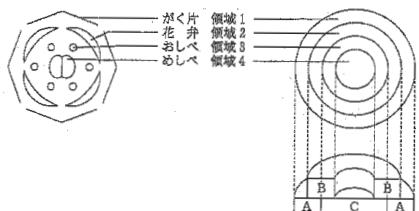


図1

問4 下線部(3)のシロイヌナズナの突然変異体について、次の小問①・②に答えよ。

- ① 次のシロイヌナズナ突然変異体(a～c)では、図1の領域1～4に何が形成されるか。解答欄の野生型シロイヌナズナの例にならって答えよ。
- A遺伝子が働くない突然変異体
 - B遺伝子が働くない突然変異体
 - C遺伝子が働くない突然変異体
- ② 小問①のa～cの突然変異体を交配することで、A, B, C遺伝子の複数が働くなくなった多重変異体を作出することができる。花器官が次のようになる多重変異体(dおよびe)において、働くなくなっている遺伝子をすべて答えよ。
- がく片だけが形成され、花弁、おしべ、めしへが形成されない。
 - すべて葉になる。

問5 下線部(4)で示すホメオティック遺伝子は、ホメオティック突然変異体の原因遺伝子としてショウジョウバエで最初に明らかにされた遺伝子である。「体節」、「触角」および「脚」の3語すべてを使って、ショウジョウバエのホメオティック突然変異体を50字以内で説明せよ。

島根大

出題例6

II. 花粉管はめしへの花柱を通って胚のうに向かって伸長する。花粉管が胚のうに誘引されるしくみについて調べるために、胚のうが珠皮から外に露出しているゴマノハグサ科のトレニアの用い次の実験1～4を行い、それぞれ結果を得た。

【実験1】花から胚珠を取り出し、培地上で伸長中の花粉管とともに培養した。その結果、胚珠の近くにある花粉管が胚珠に向かって伸長した。

【実験2】複数の胚珠を用意し、レーザーを用いて胚のう内にある4つの細胞(卵細胞および細胞④～⑥[前々頁(27ページ)図2])を様々な組み合わせで破壊した。その後、それぞれの胚珠を実験1と同様に花粉管とともに培養し、花粉管が胚のうに誘引される頻度について調査し、結果を下表にまとめた。ただし、破壊した細胞は(X)、破壊せず残した細胞は(O)で表した。また、細胞①～③はすべての胚珠で破壊していない。

胚のうの状態	各細胞の状態(×破壊あり、○破壊なし)			誘引頻度(%)
	卵細胞	④	⑤	
破裂なし	○	○	○	98
	×	○	○	94
	○	×	○	100
	○	○	×	71
1細胞破壊	×	○	○	93
	×	○	×	61
	○	×	○	71
	○	○	×	0
2細胞破壊	○	○	×	0
	○	○	○	0
	○	○	○	0
	○	○	○	0

【実験3】胚のうを構成するある細胞で強く発現しているタンパク質Xを人工的に合成し、ゼラチンに混ぜてビーズ状に固めた。次にこのゼラチンビーズを培地上で伸長中の花粉管の近くに置いたところ、花粉管はゼラチンビーズの方向に伸長した。

【実験4】人工的に合成した「タンパク質X」遺伝子のmRNAを選択的に結合する物質Y」を胚のうの中央細胞に注入し、その後、実験1と同様に培地上で伸長中の花粉管とともに培養したところ、ほとんどの花粉管は胚珠とは無関係の方向に伸長した。

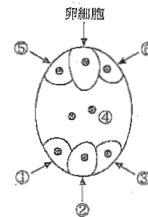


図2

問8. 実験1と2の結果から導き出される結論として適切なものを次のA～Eからすべて選び記号で答えよ。

- 卵細胞は花粉管の誘引に関与する。
- 助細胞は花粉管の誘引に関与する。
- 反足細胞は花粉管の誘引に関与しない。
- 中央細胞は花粉管の誘引に関与しない。
- 花粉管の誘引には少なくとも2種類の細胞が関与する。

問9. 実験1～4の結果から導き出される結論として適切なものを次のA～Eからすべて選び記号で答えよ。

- 物質Yは細胞間を移動できる。
- 助細胞がタンパク質Xを分泌する。
- 花粉管の誘引伸長は化学傾性である。
- 中央細胞がタンパク質Xを合成する。
- 胚のう内でタンパク質Xを合成する細胞は1つである。

問10. 次の文章中のア～ウの [] に入る適切な語句を記入せよ。

トレニアとアゼトウガラシはともにゴマノハグサ科に属する近縁種であるが、トレニアの花粉管はアゼトウガラシの胚珠に誘引されず、アゼトウガラシの花粉管もトレニアの胚珠に引き寄せられない。タンパク質Xのアミノ酸配列を比較すると近縁種の間でも配列全体の10%以上に違いがあり、このタンパク質の [ア] の速度は速いと考えられる。また、トレニアの花粉管をトレニアのタンパク質Xとともに培養すると、花粉管の細胞膜にタンパク質Xが結合するようになるが、他種の花粉管との培養ではそうした結合を認めないと、トレニアのタンパク質Xは他種の植物のタンパク質Xに対する [イ] とは結合できないと考えられる。これらの結果から、被子植物の生殖において、タンパク質Xは [ウ] の配偶子間の受精を促すと推定される。

東京慈恵会医科大学

出題例7

「遺伝」では、連鎖・組換えの他に胚乳の遺伝が新潟大、愛知教育大、和歌山県立医科大などで出題され、またセンター試験でも出題された。遺伝についてはこのように他の内容との融合問題としての出題が予想される。

発展的な内容として、三毛猫を題材としたライオニゼーションが名古屋大-出題例8で出題された。伴性遺伝の知識がないと難しく、また、X染色体の不活性化については、問題文を丁寧に読めば理解できるように詳しく説明されているが、同じタイプの問題を解いたことがな

いと難しい。

哺乳類がもつX染色体は、全染色体の5%を占める大きな染色体であり、そこには1000以上の遺伝子が存在する。そして、そのほとんどはY染色体には存在しない。したがって、XX型の性染色体をもつ雌は、XY型の雄に比べてX染色体上の遺伝子を2倍もつことになる。そのため、哺乳類の雌は2本のX染色体の1本をはたらかなくする(不活性化すること)によって、X染色体の遺伝子量の雌雄差を補償している。このX染色体の不活性化は、胚の子宮への着床後まもなく起こるが、父親と母親由来のX染色体のどちらが不活性化されるかは細胞によって異なっている。しかし、どちらか一方のX染色体がいったん不活性化されれば、その後は細胞が何回分裂しても不活性化されるX染色体は変わらない。

この現象の身近な例が三毛ネコである。三毛ネコの毛色が出現するには少なくとも3つの異なる遺伝子座が関わっている。ここでは便宜上、以下のE、F、G遺伝子座によって毛色が決まるものとする。E遺伝子座とF遺伝子座は常染色体に存在し、G遺伝子座はX染色体上にあることがわかっている。

1つ目のE遺伝子座の遺伝子は有色か白色かを決める遺伝子であり、優性遺伝子Eをもつと、他の遺伝子座の遺伝子型に関係なく全身が白色となるが、劣性遺伝子eがホモ接合となった場合、有色となる。2つ目は白斑の有無を決める遺伝子座Fで、優性遺伝子Fをもつと白斑が表れ、劣性遺伝子fがホモ接合の場合、白斑はできない。そして、G遺伝子座の優性遺伝子Gはオレンジ色を表す作用があり、劣性遺伝子gは黒色を表す作用がある。

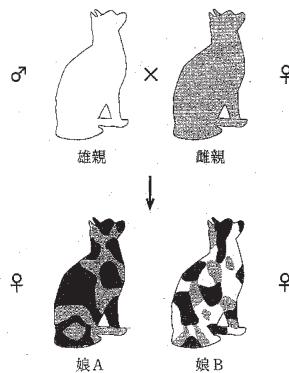


図1 交配によって得られた毛色のパターン

図1に示したように、ある家庭で飼っている全身白色の雄親と全身オレンジ色の雌親の間に、黒色とオレンジ色の毛色が斑状に混じった二毛の雌ネコ(娘A)と、黒、オレンジ、白の毛色が斑状に混じり合った三毛の雌ネコ(娘B)が生まれた。

設問(1)：これら4種類のネコがもつG遺伝子座の遺伝子型をそれぞれ記せ。また、すべての個体について、そのような遺伝子型であると推定した根拠を述べよ。なお、雄ネコのY染色体は「Y」で表記し、遺伝子型は「遺伝子記号/Y(たとえばG/Yなど)」で記せ。

設問(2)：これら4種類のネコがもつE遺伝子座の遺伝子型をそれぞれ記せ。また、すべての個体について、そのような遺伝子型であると推定した根拠を述べよ。

設問(3)：これら4種類のネコがもつF遺伝子座の遺伝子型をそれぞれ記せ。また、すべての個体について、そのような遺伝子型であると推定した根拠を述べよ。

設問(4)：三毛ネコにはさまざまな模様がある。オレンジ色の部分が大きいものや小さいもの、オレンジ色の斑が背中に多いものや少ないものなどさまざまである。また、まったく同じ遺伝子型をもつ三毛ネコどうしあっても、三毛模様のパターンは同じにならない。どうしてひとつとして同じ模様をもつ三毛ネコは存在しないのであろうか。その理由を述べよ。

設問(5)：通常、三毛模様の毛色をもつネコは雌であり、このような毛色が雄ネコに表れるではない。しかし、まれに雄の三毛ネコが生まれることがあり、ほとんどの場合、それらは性別をもたない(不妊である)。その原因は性染色体の数の異常であると考えられている。この個体はどのような性染色体構成をもつと考えられるか。そして、雄であるにもかかわらずなぜ三毛模様が表れるのか、その理由を述べよ。

名古屋大

出題例8

また、RNA干渉が東京大・出題例9、神戸大などで出題された。昨年度までに出題されたものはほとんど今年度の神戸大と同様に用語のみを尋ねる形であったが、今年度の東京大では実験考察型で本格的に扱っている。今後、難関大ではこのような出題が増えることが予想される(啓林館『生物』p.109、『生物 改訂版』p.109にRNA干渉について詳しく書かれている。)。

DNA・RNA・タンパク質を介して遺伝情報が発現する過程は、その各段階において様々な制御を受ける。そのような制御の一例として「RNA干渉」があげられる。RNA干渉とは、真核生物の細胞内に二本鎖のRNAが存在すると、その配列に対応する標的mRNAが分解されてしまうという現象である。無脊椎動物や植物などにおいて、RNA干渉は生体防御機構として重要な役割を果たしていることが知られている。

RNA干渉において、長い二本鎖RNAは、まず「ダイサー」と呼ばれる酵素によって認識され、端から21塩基程度ごとに切り離される。こうして作られた短い二本鎖RNAは、次に「アルゴノート」と呼ばれる酵素を取り込まれる。アルゴノートは、短い二本鎖RNAの片方の鎖を捨て、残ったもう片方の鎖に相補的な配列をもつ標的mRNAを見つけて切断する。その後、切断された標的mRNAは別のRNA分解酵素群によって細かく分解される。このように、RNA干渉には二本鎖RNAの存在だけではなく、様々なタンパク質のはたらきが不可欠である。

実験1 ショウジョウバエ(ハエと略す)のRNA干渉に関するタンパク質Xおよびタンパク質Yの機能欠失変異体ハエ(x変異体ハエおよびy変異体ハエと呼ぶ)をそれぞれ作製し、野生型ハエとともに、一本鎖RNAをゲノムとしてもつFウイルスまたは大腸菌を感染させた。その結果、図1-2のような生存曲線が得られた。一方、未感染の場合の14日後の生存率は、野生型ハエ、x変異体ハエ、y変異体ハエのすべてにおいて、98%以上であった。また、感染2日後の時点において、Fウイルスまたは大腸菌に由来する21塩基程度の短いRNAがハエの体内に存在するかどうかを調べたところ、表1-1に示す結果となった。

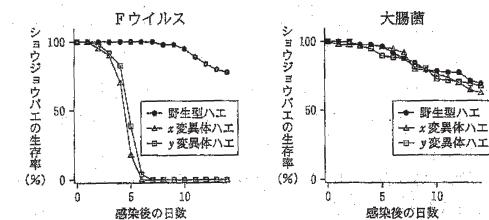


図1-2 Fウイルスまたは大腸菌感染後のショウジョウバエの生存曲線

表1-1 感染2日後のショウジョウバエ体内における短いRNA

	野生型ハエ	x変異体ハエ	y変異体ハエ
Fウイルス由来の短いRNA	有	有	無
大腸菌由来の短いRNA	無	無	無

実験2 Fウイルスのゲノムには、ウイルス固有のB2と呼ばれるタンパク質をコードする遺伝子が存在する。B2タンパク質の機能欠失変異体Fウイルス(ΔB2Fウイルスと呼ぶ)を作製し、野生型ハエに感染させたところ、野生型Fウイルスと比べてΔB2Fウイルスはほとんど増殖できなかつた。一方、 α 変異体ハエや γ 変異体ハエにΔB2Fウイルスを感染させた場合は、野生型Fウイルスと同程度の顕著な増殖が確認された。

また、FウイルスのB2遺伝子を取り出し、野生型ハエの体内で強制的に発現させた。すると、そのようなハエにおいては、B2遺伝子を強制発現させていない通常の野生型ハエと比べて、Fウイルスだけではなく一本鎖RNAをゲノムとしても他のウイルスも顕著に増殖しやすくなつた。一方、 α 変異体ハエや γ 変異体ハエにおいては、その体内でFウイルスのB2遺伝子を強制発現させてもせなくとも、Fウイルスやその他の一本鎖RNAウイルスの増殖の程度に違いはなかつた。

C 実験1と2の結果から、タンパク質Xとタンパク質Yは、それぞれ何であると考えられるか。以下の選択肢①～⑥から1つ選べ。

選択肢	タンパク質X	タンパク質Y
①	ダイサー	アルゴノート
②	ダイサー	B2
③	アルゴノート	ダイサー
④	アルゴノート	B2
⑤	B2	ダイサー
⑥	B2	アルゴノート

D 実験1と2の結果を考慮した以下の文中の空欄1～7に当てはまるもっとも適切な語句を、以下の選択肢①～⑯から選べ。同じ選択肢を繰り返し使用してもよい。解答例：1-①, 2-②

実験1において、野生型ハエと比べて α 変異体ハエや γ 変異体ハエでは、1の感染に対する生存率が顕著に低下していることから、ショウジョウハエは、もともと2の機構を利用して1に抵抗していると考えられる。2は3に対して起る現象であるので、1は一時的に3の状態をとるような複製様式、すなわちRNAを雛型にして4を行う複製様式をとっていると考えられる。

また実験2の結果から、FウイルスのB2タンパク質には、5がもつ6の機構を7するはたらきがあると考えられる。

- | | | |
|------------|----------|----------|
| ① ショウジョウハエ | ② Fウイルス | ③ 大腸菌 |
| ④ 促進 | ⑤ 抑制 | ⑥ 維持 |
| ⑦ 一本鎖DNA | ⑧ 二本鎖DNA | ⑨ 一本鎖RNA |
| ⑩ 二本鎖RNA | ⑪ DNA合成 | ⑫ RNA合成 |
| ⑬ タンパク質合成 | ⑭ RNA干渉 | ⑮ 抗体産生 |

東京大

出題例9

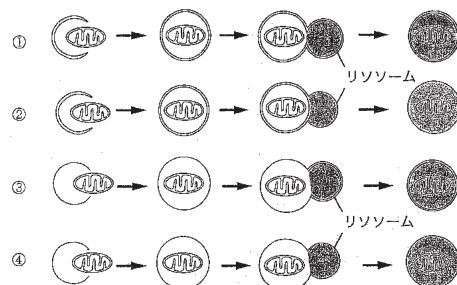
さらに、新しい内容としてはSNP(一塩基多型)が群馬大、三重大などで、自食作用(オートファジー)が藤田保健衛生大(医)－出題例10などで出題された。いずれも名称程度を知識で尋ねる形の問題であった。

ミトコンドリアなどの細胞小器官が古くなって傷んだりしたような場合にはプロテアソームでは対応できず、(e) 傷んでしまった細胞小器官などを小胞の膜で取り囲んだ後、リソソームと融合することにより分解する自食作用が起きることもある。この自食作用は細胞が飢餓状態になったときにも起こり、細胞にとってアミノ酸の重要な供給源にもなっている。また、細胞内に病原体が侵入したときにも同様のやり方で病原体を殺している。

問6 下線部(6)について、

- i) 植物細胞や酵母でも自食作用は起きているが、これらの生物にリソソームは存在しない。これらの生物でリソソームの代わりに働く細胞小器官の名称を記せ。
- ii) 自食作用のことを英語で何とよぶか。カタカナもしくはアルファベットで記せ。
- iii) リソソームに含まれる分解酵素は、万が一リソソームが壊れて細胞内に放出されたとしても細胞内のタンパク質を分解しないようにできている。そのしくみについて簡潔に記せ。

問7 ミトコンドリアが自食作用によって分解される様子として最も適当なものを、次の模式図①～④から1つ選び、番号で記せ。ただし、図に描かれた曲線はすべて脂質二重層の膜を表しているものとする。



藤田保健衛生大(医)

出題例10

(3) 学習対策(指導上のポイント)

新課程になって、これまで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れることであると思われる。また、新課程内容については、やはり「遺伝子」の内容をどこまで扱うかがポイントとなるだろう。あまり詳しく扱いすぎると、生徒は消化不良となり、費やす時間も多くかかりすぎるので、生徒の現状に合わせた指導内容の吟味が重要となる。さらに、近年の入試の出題状況を十分に分析して、担当している生徒の志望する大学の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きないようにしたい。そして、新課程内容のうち、これまであまり出題されていない「発生」および「神経」の内容については、今後の入試の出題状況により、扱う内容を吟味することになるであろう。

また、「遺伝」は教科書での扱いは少なくなっているが、旧課程の頃と同様の内容まで扱い、演習も積ませておきたい。特に伴性遺伝については、その知識が必要とされる問題が出題されており、十分な演習が必要である。

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ためには、上述したように、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し、入試の出題状況をふまえたうえで、各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しかた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があるので、その十分な対策が不可欠である。

榎原 隆人（さかきばら・たかひと）

授業では、卒業生・現役生のセンター講座からハイレベル講座、および医進個別指導を担当する。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フを務め、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」

(KADOKAWA),

「生物 早わかり一問一答」(KADOKAWA),

「2017センター試験対策問題パック生物基礎」(河合出版・共著)