

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

2020
令和2年度

理科

物理	2
学校法人 河合塾	物理科講師	本村 智樹
化学	10
学校法人 河合塾	化学科講師	西 章嘉
生物	21
学校法人 河合塾	生物科講師	榎原 隆人
地学	32
麻布中学校・高等学校	教諭	安原 健雄

启林館

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

大学入試 分析と対策

物理

学校法人 河合塾
物理科講師 本村 智樹

1 センター試験「物理基礎」

(1) 総括

今年度はセンター試験としては最後であったが、大問数（3問）・出題形式・設問数など、大きな変化はなかった。解答マーク数は一つ減り13個に戻った。知識問題、数値計算、文字計算、定性的思考問題がバランスよく出題された。難易度は昨年度並みであり、共通テストを意識した問題は特にみられなかった。

- ◆平均点（本試）：33.29点（66.6%）
- ◆ほぼ昨年度並み

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（昨年度と同様）であった。出題内容としては、教科書に準拠した、基本的な知識問題、数値計算問題、文字計算問題、定性的思考問題がバランスよく出題されている。今年度の平均点は33.29点であり、得点率は66.6%であった。昨年度の平均点より2.71点上がっているが、難易度としてはほぼ昨年度並みであった。分量については、マーク数が昨年度の14個から13個と、1個減っているが、全体的には昨年度までと同じ量であった。今年度はセンター試験としては最後であったため、共通テストの試行問題に似た問題が出題されることも予想されたが、共通テストを意識した問題は特にみられなかった。次年度は共通テストに変わり、その想定平均は25~30点（50~60%）となっているため、難易度がやや上がり平均点がやや下がることを予想しておかなければならない。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問出題された原子分野からの出題はなかった。
- ② 数値計算の問題と文字計算の問題は昨年度より増加したが、定性（知識・グラフ選択等）問題は減少した。
- ③ 複数解答の組合せ問題の数が昨年度の6個から4個に減少した。
- ④ 共通テストの試行テストにみられる会話形式や実験データに関する出題はなかった。

次年度からは共通テストとなるが、出題意図としては、センター試験と同様に、日常生活で利用するエネルギーや物理に関して受験生が幅広い基礎知識を身につけているかどうかが問われるだろう。教科書で扱うテーマが変更されているわけではないので、受験対策としては、教科書の全範囲を幅広く学習し、整理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・理解を問う問題である。出題分野は力学2問（昨年度と同じ）、波動と電気と熱が各1問であった。理解が浅いと解けないものも出題され、公式だけでなく、図やグラフなども合わせた学習が必要である。

問1：3本のばねでつるされた小球のつり合いの問題で、ばねは2年連続で出題された。（啓林館『センター物理基礎 補訂版』p.29）

問2：静止していた小物体に同じ大きさの力を異なる方向に加え、1秒後の運動エネルギーの大小を比較する問題。仕事と運動エネルギーとの関係の理解または、運動方程式による加速度の大きさを求めることが大切。意外にも、受験生のできは悪い。

問3：送電の仕組み（啓林館『物理基礎 改訂版』p.196）に関する知識を確認する語句の選択問題。今回の得点率が最も低い問題であった（出題例1）。

問3 次の文章中の空欄 [ア] ~ [ウ] に入る語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。 3

問3は送電の仕組みを模式的に示している。発電所から一定の電力を送り出す場合、送電線で発生するジュール熱によって失われる電力を小さくするには、送電電圧を [ア] することで、送電線を流れる電流を [イ] するとよい。そのため、発電所で発電された電気は、何處か変圧されたのち家庭へ送られている。送電に [ウ] を用いると、このような変圧を容易に行える。

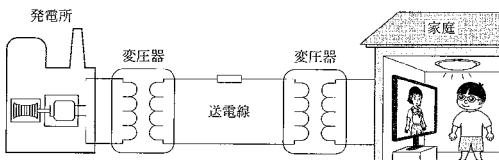


図 3

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
ア	高く	高く	高く	高く	低く	低く	低く	低く
イ	大きく	大きく	小さく	小さく	大きく	大きく	小さく	小さく
ウ	直流	交流	直流	交流	直流	交流	直流	交流

出題例 1

問4：2つのおんさによるうなりの周期（啓林館『物理基礎 改訂版』p.160）および周期の間の2つのおんさから出た波の数の差を求める数値の組合せ問題。公式を用いればよい（啓林館『センサー物理基礎 補訂版』p.79）。

問5：身近な熱現象についての知識を問う文章選択問題。熱エネルギーに関する幅広い知識が求められる。

第2問 さまざまな物理現象とエネルギーの利用（配点15点）

Aのパルス波の合成は教科書（啓林館『物理基礎 改訂版』p.146～148）にある内容を問う基本問題として出題された。Bの直流回路と消費電力については教科書の抵抗の接続（啓林館『物理基礎 改訂版』p.182）、電力と電流の熱作用（啓林館『物理基礎 改訂版』p.184）の式を使う内容。

A 波の性質と重ね合わせの原理の問題

問1 グラフから波の速さを読み取る問題。

問2 原点の変位の時間変化を表すグラフの選択問題。

2つのパルス波の進行を丁寧に図をかいて追うことが必要。（啓林館『センサー物理基礎 補訂版』p.75）

B スイッチの開閉を伴う直流回路と消費電力の問題

問3 回路の基本問題であり、合成抵抗を求め、オームの法則を用いる問題。電流が流れていらない抵抗の電圧は0になることに注意が必要。

問4 スイッチの開閉により抵抗が変わるため、合成抵抗を求め、消費電力の公式を用いる問題。上位層と下位層の得点差がついた。

第3問 物体の運動とエネルギー（配点15点）

Aのゴムひもつきの小球の運動の問題は過去のセンター試験「物理（4単位）」で出題されている。Bの

斜方投射（教科書：啓林館『物理基礎 改訂版』p.34）の問題は、一見難しそうだが、現象説明のみを丁寧な誘導をかけて解きやすく出題しており、工夫がされている。

A ゴムひもでつるされた小球の落下運動の問題

問1 ゴムひもがたるんだ状態での小球の運動が自由落下運動であることに留意して、公式を用いて落下時間を求める問題。（啓林館『物理基礎 改訂版』p.27）

問2 小球が最下点に達したときゴムひもの長さが h であることを踏まえて、小球の質量を求める問題。ゴムひもの伸びが $(h-l)$ であることに留意して、力学的エネルギー保存則を用いることがポイント。（啓林館『物理基礎 改訂版』p.90）

B 小球の斜方投射の問題（出題例2）

問3 小球の発射直後から壁に到達するまでの時間を求める問題。水平方向の運動が等速度運動であるという文中の誘導に従えば容易に解ける。

問4 小球の最高点の高さを求める問題で、鉛直方向の運動が鉛直投げ上げ運動（啓林館『物理基礎 改訂版』p.30）であるという文中の誘導に従って公式を適用する基本問題。

B 図2のように、水平から 60° の斜め上方に小球を発射する装置がある。小球を点Pから速さ v で鉛直な壁に向かって打ち出した。小球は、高さが最高点に達したとき、点Qで壁面に垂直に衝突した。壁は点Pから水平方向に ℓ だけ離れており、点Qは点Pより ℓ だけ高い位置にあった。ただし、小球は壁と垂直な鉛直面内を運動し、空気の抵抗は無視できるものとする。また、重力加速度の大きさを g とする。

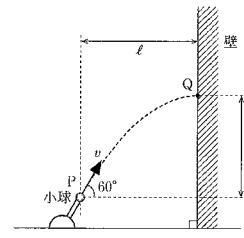


図 2

問3 発射直後において、小球の水平方向の速さは $\frac{v}{2}$ である。発射から壁に衝突するまで、小球は水平方向には速度が一定の運動をする。発射直後から小球が壁に到達するまでの時間 t を表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $t = \boxed{12}$

- | | | |
|---------------------|--------------------|---------------------|
| ① $\frac{v}{2\ell}$ | ② $\frac{v}{\ell}$ | ③ $\frac{2v}{\ell}$ |
| ④ $\frac{\ell}{2v}$ | ⑤ $\frac{\ell}{v}$ | ⑥ $\frac{2\ell}{v}$ |

問4 発射直後において、小球の鉛直方向の速さは $\frac{\sqrt{3}}{2}v$ である。小球は鉛直方向には加速度が一定の鉛直投げ上げ運動をし、点Qで鉛直投げ上げ運動の最高点に達する。 h を表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $h = \boxed{13}$

- | | | |
|--------------------|---------------------|---------------------|
| ① $\frac{v^2}{8g}$ | ② $\frac{v^2}{4g}$ | ③ $\frac{3v^2}{8g}$ |
| ④ $\frac{v^2}{2g}$ | ⑤ $\frac{5v^2}{8g}$ | ⑥ $\frac{3v^2}{4g}$ |

出題例2

(3) 学習対策

次年度からセンター試験が共通テストに変わるが、物理基礎の教科書で学習する内容は変わっていない。そのため、学習対策としては今まで同様に教科書を中心に観察・実験も踏まえて完璧に学習することが大切である。共通テストでは、観察・実験を題材とする、日常生活に関連するエネルギーの理解力を問う問題が出題されると思われる。また、センター試験と同様に、1つの分野を深く学習する力より、生活の中の身近な物理現象を幅広く理解できる力を身につけているかを確認する出題となるであろう。平均点としては今までの60%から50%程度へ難化させる想定ではあるが、受験層が文系生主体となることを考慮すると、心配するほど難化することはないだろう。「物理基礎」の平均点は55~60%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。また、物理量は単位とともに正確に覚えさせることも忘れてはならない。また、実験を積極的に行い、データ分析力を身につけさせておくことも重要である。さらに、日常生活におけるエネルギーに関心を持ち、そのエネルギーを教科書で確認する習慣を身につけさせておくとよいだろう。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 補訂版』）の演習で十分であると思われる。できれば、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。

ループと第6問を選択したグループの間で、正答率にほとんど違いはないが、今年度は第5問全体の正答率が58.8%であったのに対して、第6問全体の正答率は75.3%であった。実際に解答してみると、第6問の原子のほうが取り組みやすかった。

◆今年度の平均点（本試）：60.68点。（昨年度：56.94点）

◆平均点はやや高くなつたが、難易度はほぼ昨年度並み。

平均点は60.68点で、正答率の高い設問が多かった。昨年度は平均点が低かったが、今年度は例年並みの点数に戻った。もう少し詳しくみると、正答率が50%を下回る設問が増加した一方で、正答率が80%を超える設問は全23問中8問（2018年度は4問、2019年度も4問）もあった。また、部分点による平均点の増加も1.8点分ほどあると考えられる。このように、平均点は昨年度と比べて上昇したもの、一概に易化したとは言えない。

全体的な印象としては、得点すべき設問はきちんと得点できいて、物理的思考力を必要とする難度の高い設問もそれほど正答率は悪くない。よく対応できていると感じる。その一方で、複数のステップを踏んで解く設問では、簡単な設問であっても正答率が5割を切る。普段から設問で聞かれたことだけを機械的に答えるのではなく、なぜこのようにして解くのか、理由を考えて、解答の大きな流れを捉えられるようにしたい。

全体構成は以下のようであった。

第1問 [必答問題] 小問集合5問 (25点)

第2問 [必答問題] 電磁気 (A, Bの2テーマ) (20点)

第3問 [必答問題] 波動 (A, Bの2テーマ) (20点)

第4問 [必答問題] 力学 (A, Bの2テーマ) (20点)

第5問 [選択問題] 熱 (15点)

第6問 [選択問題] 原子 (15点)

以下、今年度のセンター試験の本試験「物理」を分析する。

(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1：一様な棒とおもりのつり合い

力のモーメントのつり合いの式のみから答えが得られる典型問題。（啓林館『物理 改訂版』p.24）

問2：2本の直線電流が作る合成磁場（啓林館『物理

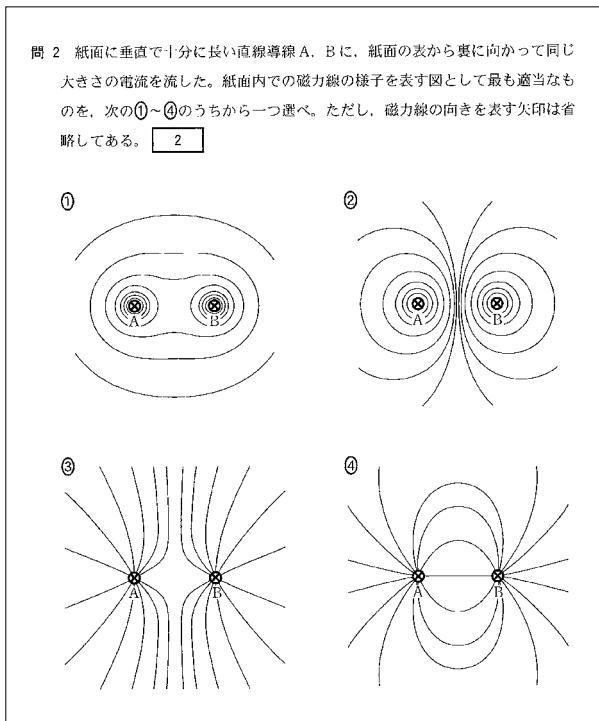
2

センター試験「物理」

(1) 総括

設問数としては昨年度と同じだが、マーク数は昨年度の22個から2つ減少して、20個になった。一方、複数の事柄をまとめて問う組合せ問題の数が昨年度の6問（または5問）から9間に増加した。問題の分量としては、昨年度と比べて大きな変化はなかった。今年度の選択問題は第5問の熱と第6問の原子の選択で、難易度に差があった。例年、第5問を選択したグ

全設問の中で最も正答率が低く、27.2%であった。2本の直線電流が作る磁力線は、受験生のほとんどがみたことがなかったであろう。この後の設問の時間配分もわからず、慌てて解答してしまった受験生も多かったと思われる（出題例3）。



出題例3

問3：クインケ管による音波の干渉

クインケ管は教科書（啓林館『物理 改訂版』 p.161）にある代表問題。問題文に詳しい説明もあるので、波長 $\lambda = 2L$ であることに気づくことがポイント。

問4：ボイル・シャルルの法則と内部エネルギー

単原子理想気体における、ボイル・シャルルの法則（啓林館『物理 改訂版』 p.105）と内部エネルギー（啓林館『物理 改訂版』 p.115）に関する組合せ問題。

問5：2球の二次元衝突

一直線上でない場合の運動量の保存（啓林館『物理 改訂版』 p.41）に関する問題。正しく解答するためには、衝突前の運動量の合計が0であること、したがって、衝突後的小球Bの運動量が小球Aの運動量とは反対向きで、同じ大きさになっていることに気づくことがポイント。

第2問 電磁気（配点20点）

A コンデンサー回路

問1：円筒形の導体で作られたコンデンサー回路

円筒形の導体を用いて作られるコンデンサーの問題

で、受験生全員にとって初見の問題だったであろう。来年度以降に実施される共通テストでも、このような初見の問題の出題が予想される。等価回路を選ぶ問題では、よく対応できていた（出題例4）。

問1 次に、導体を加工して、等しい形状の導体P, Q, R, Sに切り離し、図1(a)と同じ誘電体をはさんだ。図2のように導体P, R間に電池をつないだ回路は、図1(c)の平行板コンデンサーを4個接続した回路とみなせる。この回路として最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 1

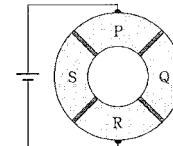
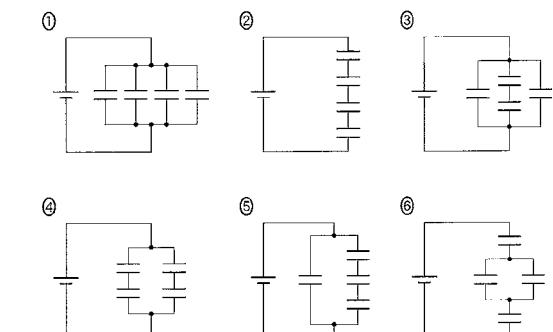


図 2



出題例4

問2：コンデンサー回路の電圧

問1と同様に等価回路をかいて電圧を求める問題。コンデンサー回路の解法に習熟していないと、解くのは難しい。

B 荷電粒子の運動

問3：一様磁界中の軌跡と運動エネルギー

磁界中の荷電粒子の運動（啓林館『物理 改訂版』 p.288）の問題。ローレンツ力は仕事をせず、磁界中では運動エネルギーが変化しないことを理解する必要がある問題。得点差が大きくなつた。

問4：一様電界中での荷電粒子の加速

エネルギー保存則を用いて、加速電圧による運動エネルギーを求める典型問題。実力差が出る問題。

第3問 波動（配点20点）

A 水面波のドップラー効果

問1：ドップラー効果の波長と周期の組合せ問題

内容としては、波源が静止していて観測者が遠ざかる場合のドップラー効果の問題（啓林館『物理 改訂版』 p.165）だが、振動数ではなく、周期を用いており、一工夫されている。

問2：波源が途中から動き出したときの波形

静止していた波源が途中から動き出したときの波形を選ぶ見慣れない問題で、難しい。

B 光の干渉

問3：ヤングの実験

ヤングの実験に関する問題（啓林館『物理 改訂版』p.195）で、小問集合のように1設問だけで独立している。きちんと干渉条件を立てて、根拠をもって答えたい。現役生と卒業生の正答率の差が開いた設問である。

問4：ニュートンリング

問3と同様に独立したニュートンリング問題（啓林館『物理 改訂版』p.204）で、これもきちんと干渉条件を立てて根拠をもって答えたい。

第4問 力学（配点20点）

A 衝突と鉛直面内の円運動

問1：2物体の完全非弾性衝突

近年、連続して出題されている衝突の問題である。正答率は高く、全設問の中で最もよくできている。

問2：鉛直面内の円運動

円筒内面を一周するための最小の初速を求める問題（啓林館『センサー総合物理 新訂版』p.77例題33）である。点Pでの円運動の式とエネルギー保存則を連立して解くので、設問の中でのステップ数は多いが、見慣れた問題で正解を覚えている受験生も多かったのではないかと思う。現役生と卒業生の正答率の差は最大となっている。

B 力のつり合いと運動方程式

問3：2つの小球とばねのつり合い

2球にはたらく力のつり合いからばねの伸びと糸の張力の大きさを求める組合せ問題。正答率はさすがに高い。

問4：自由落下を始めた直後の2球の加速度

手を離した直後的小球1, 2それぞれの加速度の大きさを求める組合せ問題である。直後であることから、ばねの伸びは不連続に変化しないため、小球2は力がつり合ったままで、加速度はゼロである。一方で、小球1は糸からの張力がなくなり、重力とばねの弾性力によって加速度は $2g$ となる。正答率は50%程度で、悩んだ受験生が多かったと思われる。

第5問（選択問題）熱（配点15点）

問1：浮力によるつり合い

重力と浮力の力のつり合いから求まるが、正答率は高く、全設問の中で3番目によくできている。

問2：水圧の式

設問文の内容を把握することは難しいが、正答を得るのはそれほど難しくない。容器がちょうど上昇を始めるときなので、垂直抗力はゼロであることと、水圧の式（啓林館『物理基礎 改訂版』p.69）を用いるだけである。正答率は全設問の中で2番目に低い。必要以上に難しく感じ、混乱した受験生が多かったのであろう。

問3：ボイル・シャルルの法則

問題文中の体積に関する記述をヒントにして、ボイル・シャルルの法則（啓林館『物理 改訂版』p.105）を用いて解く問題であることに気づくことがポイント。

第6問（選択問題）原子（配点15点）

問1：原子核反応式と α 崩壊

日本の研究グループが命名権を得たニホニウムの生成過程について、原子核反応式を完成させ、生成後の α 崩壊の回数を求める問題。有名な時事であり難しいと感じたと思われるが、内容は原子核反応の式を完成させる基本問題である。正答率は高い（出題例5）。

問1 次の文章中の空欄 [ア]・[イ]に入れる式と数値の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑨のうちから一つ選べ。 [1]

ニホニウム(Nh)は原子番号113の元素で、2015年に日本の研究グループが命名権を得た新元素である。命名権獲得のきっかけとなった実験では、



という反応によりニホニウムを生成した。生成された錫Nhは[イ]回の α 崩壊をして、錫Md(メンデレビウム)原子核になったことが確認された。

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
[ア] $\frac{1}{2}Cu$	$\frac{1}{2}Cu$	$\frac{1}{2}Cu$	$\frac{1}{2}Zn$	$\frac{1}{2}Zn$	$\frac{1}{2}Zn$	$\frac{1}{2}Zn$	$\frac{1}{2}Zn$	$\frac{1}{2}Zn$
[イ] 3	6	12	3	6	12	3	6	12

出題例5

問2：結合エネルギー

質量欠損から結合エネルギーを求める数値計算問題で、計算は面倒だが、選択肢間の数値の差が大きいので選びやすい。光速の2乗をかけるべきところを1乗で計算てしまっているミスが多かった。

問3：電界中の α , β , γ 線の軌跡

電界中での α , β , γ 線の軌跡を選ぶ問題（啓林館『物理 改訂版』p.382）だが、各放射線の電荷だけ把握できていれば解ける。正答率は高い。

（3）学習対策

次年度から実施される共通テストでは、試行問題でみ

られたような実験に関する設問が登場すると思われる。そのため、「思考力・表現力・判断力」を実験を通して身につけさせておくことが重要となる。しかし、過去を振り返ると、特別に応用性の高い難問は出題されることはないだろう。身近な物理現象を分析・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と思われる。共通テストに変わるといつても、教科書の学習項目に変化があるわけではない。そのため、今後も分野に関係なく、教科書を中心に全体からまんべんなく出題されるだろう。一見見慣れない形式の出題が増えると思うが、内容は教科書に沿った基本重視の類型的な問題になると予想される。理系生にとって、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共通テスト対策であるとも言える。よってこれまで通り、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させ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に重点を置いた指導が考えられる。教科書に記載されている「参考」、「やってみよう」、「発展」などもみておく必要がある。2020年度から実施される共通テストに向けては、実験・観察を踏まえた指導が必要となる。そのため、特に教科書の「実験」、「やってみよう」、「探究活動」は今まで以上に取り扱う必要がある。その一方で、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、そのための問題演習の重要性は言うまでもない。少なくとも教科書の「問」、「例題」、「類題」、「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一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られたり、基本の大切さに気づかされたりする場合が多い。本番では問題文や与えられた図、解答群をよく見読みして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させてお

く必要がある。直前期には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。また、試験では時間配分も大切であるため、必ず時間を計って過去問演習をさせたい。原子分野は、やはり選択問題の一方として出題されるだろう。または、必答問題である小問集合の中の1設問として問われる可能性もある。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。1月に実施される共通テストまでに、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も大切となる。

3

一般入試(国公立二次・私大入試)

(1) 全体の分析

今年度の入試は、昨年度の入試でいくつかの大学でみられた「思考力」「判断力」「表現力」を確認する意図のある出題が引き続きみられた。難易度は各大学によりばらつきがある。国立大の難関大学の難易度として、東京大は分量の変化はなく難易度は昨年度並みである。京都大は昨年度より分量が増えており、分量は増加傾向である。難易度はここ3年連続で難化していたが、今年度も昨年度と同じくらい高い。名古屋大も分量が増加し、見慣れない状況設定の問題構成で難易度もかなり上がった。大阪大は分量、難易度ともに昨年度並み。主な国公立大に関しては、北海道大は昨年度増加した分量が減少し、やや易化。東北大は昨年度分量が増加したままで、難易度は変化なし。東京工業大は分量、難易度ともに変化なし。九州大では昨年度同様解答の文字指定がなく、描図、論述、実験データの分析を出題するなど新入試を意識した内容になっている。難易度は変化なし。千葉大は昨年度やや難化していたが、分量は減少しやや易化した。広島大は分量がやや増加しやや難化。岡山大は分量がやや増加したが、難易度に変化はない。公立大では、特に大きな変化はない。私大では、慶應義塾大は昨年度理工学部で難化していたが、かなり易化した。医学部は変化なし。早稲田大は基幹・創造・先進理工学部で、ここ2年出題されていなかった描図問題が出題された。国公立大および私大の出題分野の割合は、昨年度と比べてほとんど変化がみられなかった。出題形式は、国公立二次（前期）では記述式・論述式・空所補充・選択式・グラフ選択・作図など各大学でさまざまな形式をとっている。私大は

選択式が主流で、昨年度までと大きく変わった点はみられない。出題分野・テーマに関しては、力学と電磁気は必ず出題されている。各大学の入試問題の多くが3～4題構成となっており、力学と電磁気の出題の割合はそれぞれ30%前後で、各大学で必ず1題が出題されていることになる。熱分野、波動分野の問題は昨年度、昨年度と同程度の割合で出題されており、次年度以降も同程度で出題されるだろう。原子分野の出題の割合をみてみると、今年度も昨年度と同程度で全体の10%程度であり、とくに増加はみられない。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ろう。私大においては以前は熱分野より波動分野の出題の割合が高かったが、今年度も昨年度と同様に、波動分野と熱分野の出題が同じ程度になっており、原子分野に関しては全体としての出題の割合は低い。私大の受験時期から判断すると、原子分野の出題は少ないと予想されるが、決して油断してはならない。

今年度の特徴的な入試問題をみてみよう。

(2) 特徴的な入試問題（分野別分析）

[力学分野]

国立大学の大半で、1つの出題テーマに偏らず、多くのテーマを含む力学総合の形を呈した問題の出題が今年度も多くみられた。東京大では、力学と原子の融合問題として、万有引力による粒子の運動に量子条件を適用させる問題が出題された（出題例6）。また、京都大の糸につるされたばねにはさまれた2物体の運動、名古屋大の4つのばねにつながれた棒と3つの物体にはたらく力とその運動、九州大のあらい面上でばねがとりつけられた2物体系の運動など、単振動の出題が目立った。単独物体の単振動も、神戸大や筑波大、私大において出題が増えている。万有引力をテーマとする出題も、岐阜大や広島大、私大では早稲田大の基幹・創造・先進理工学部、学習院大など、多数あった。難関大学では物体系に関する問題や他の分野との融合問題が主流となっており、思考力を試す形をとっている。他のテーマとしては、衝突、円運動が例年通り多数の大学で出題されている。

Ⅲ ボアの原子模型では電子の円軌道の円周 $2\pi r$ とド・ブロイ波長 λ の間に量子条件

$$2\pi r = n\lambda \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

が成立つ。以下で考える小球の円運動に対しても同じ量子条件が成立つと仮定する。

(1) 設問Ⅲ(2)の(式1)に対応する万有引力がはたらく小球の円運動を考える。各 n について、量子条件を満たす円軌道の半径 r_n を n, h, m, M, G を用いた式で表せ。ただし小球のド・ブロイ波長 λ は、小球の速度の大きさ v を用いて $\lambda = \frac{h}{mv}$ で与えられる(h はプランク定数)。

(2) 宇宙には暗黒物質という物質が存在し、銀河の暗黒物質は銀河中心からおよそ $R = 10^{22}$ mの半径内に集まっていると考えられている。暗黒物質が未知の粒子によって構成されていると仮定し、設問Ⅲ(1)の結果を用いてその粒子の質量に下限を与えてみよう。暗黒物質の構成粒子を、(式1)に対応する万有引力を受けながら円運動する小球として近似する。設問Ⅲ(1)で考えたボアの量子条件を満たす小球の軌道半径のうち $n = 1$ としたものが $R = 10^{22}$ mと等しいとしたときの小球の質量を求めよ。

なお銀河の全質量は銀河中心に集まっていると近似し、その値を $M \approx 10^{12}$ kgとする。また、 $G \approx 10^{-10}$ m³/(kg·s²)、 $\frac{h}{2\pi} \approx 10^{-34}$ m²·kg/sと近似してよい。この設問で求めた質量が暗黒物質を構成する1粒子の質量のおまかなか下限となる。

東京大

出題例6

[熱分野]

例年と変わらず、気体の分子運動論（京都大、広島大、早稲田大教育学部、関西大）、気体の状態変化（北海道大、名古屋工業大、早稲田大人間科学部、関西学院大）、断熱変化と定圧変化による熱移動（東京大）、熱サイクル（大阪大、東北大、岡山大、東京慈恵会医科大学）、ばねつきピストン（千葉大）に関する問題等が国公立大、私大で多数出題されている。

[波動分野]

例年通り、今年度の入試においても教科書に記載されている全分野から万遍なく出題されている。波の式（千葉大）は昨年度よりやや減少している。共振・共鳴（筑波大、関西大）、波の屈折（同志社大）、波の干涉（名古屋大、大阪大、神戸大、静岡大、岐阜大、広島大、岡山大、九州大、早稲田大基幹・創造・先進理工学部）などの問題が、多数の大学で出題されている。なかでも九州大では、ヤングの実験の標準的な問題ではあるが、新入試を意識して実験の測定値の計算方法や実験レポートの完成を伴うという初見の問題が出題された（出題例7）。ドップラー効果の出題は昨年度より減少している。

千春さんは、実験中に記録した実験ノート（資料1）をもとに、レポート（資料2）を作成している。これらの資料に関して、以下の問い合わせよ。

問 1. 資料1の空欄 [ア]に入る人名を答えよ。

問 2. 資料1の波線部(イ)は、干涉縦の暗線の間隔 s の平均を計算する方法について述べている。千春さんが s を求める際にその3倍である $3s$ を利用した理由を、表1に示すクラスメートの浩介さんの計算方法と比較しながら考えよう。

(1) 資料1の表Cにおいて、千春さんが求めた s の平均を表す式を、暗線の位置を示す記号 $x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$ を用いて書き表せ。

(2) 一方、浩介さんは右の表1のように、隣り合う暗線の間隔の計算値を利用して、 s の平均を求めた。浩介さんが求めた s の平均を表す式を、(1)と同様に、暗線の位置を示す記号を用いて書き表せ。

表1：浩介さんの計算方法

$x_1 - x_0$	3.9 mm
$x_2 - x_1$	4.1 mm
$x_3 - x_2$	3.9 mm
$x_4 - x_3$	4.1 mm
$x_5 - x_4$	4.0 mm
s の平均	4.0 mm

(3) これらの結果をもとにして、千春さんの計算の方が精度が高くなる理由を述べよ。

九州大

出題例7

[電磁気分野]

例年通り、コンデンサー、電磁誘導、電磁場内の荷電粒子の運動、交流の出題が目立った。コンデンサー単独としては千葉大、岡山大、広島大、九州大等で、コンデンサー、コイル、ダイオードを含む回路としては京都大、大阪大、岡山大、立命館大で、出題されている。電流が作る磁場（関西学院大）やホール効果（東北大）の出題も例年通りみられた。特に電磁誘導は今年度の出題で目立ったテーマであった。主な大学として、東京大、名古屋大、静岡大、岐阜大、名古屋工業大、早稲田大人間科学部、関西大等で出題された。なかでも、出題例8の名古屋大の問題は、磁場中を対角線方向に動く正方形コイルの電磁誘導の問題なので、目新しさがあり戸惑った受験生も多かったであろう。荷電粒子の運動も北海道大、神戸大（サイクロotron）、同志社大等で出題されている。交流回路（名古屋工業大、東京慈恵会医科大学）やソレノイドコイル（慶應義塾大理工学部）のテーマも少なからず出題されている。

図1のように水平面内に距離 d を隔てて平行に配置された2本の導体レールがある。レールの一端には、スイッチ S_1 , S_2 、起電力 E の内部抵抗のない直流電源、抵抗値 R の電気抵抗器が取り付けられている。レールの他端は開放されている。このレールの上に、質量 M の一巻きの正方形コイルが、その対角線方向とレールとが直交し、コイル面が水平になるように置かれている。正方形コイルは、形を変えたり傾いたりすることなく、この向きを保ちながら二つの頂点 P と Q がレールと電気的に接触してレールの上を摩擦なしに動くことができる。正方形コイルの一つの頂点 D には質量の無視できる軽い伸び縮みしない絶縁性の糸が取り付けられ、定滑車を介して質量 M の非磁性体のおもりとつながれている。レールと平行な方向を x 軸、水平面内でレールに垂直な方向を y 軸、鉛直方向を z 軸にとると、定滑車は糸の水平部分が x 軸と平行になるように固定されている。レール、正方形コイル、回路の導線の電気抵抗、空気抵抗は無視し、重力加速度の大きさを g とする。スイッチ、電源、電気抵抗器などの大きさ、レール、正方形コイル、導線などの太さ、回路を流れる電流による磁場の影響は無視する。糸がたるむことはなく、レールは十分に長く正方形コイルがレールから落ちることはない。いま、全てのスイッチ S_1 , S_2 が開かれた状態で正方形コイルを固定し、磁束密度 B の大きさの磁場を鉛直上向きに加える。

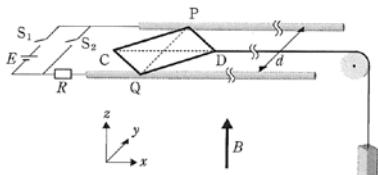


図1

名古屋大

出題例8

[原子分野]

原子分野については、今年度も大問としての出題は少ない。国公立大では力学、熱、波動の融合問題としての出題が目立つ。私大では小問集合での基礎知識中心の出題となっているのが主流である。内容としては、教科書に記載されている光電効果、コンプトン効果、水素原子のボア模型、スペクトル、放射性崩壊、原子核反応に関する典型問題が主流である。また、力学との融合問題が東京大、慶應義塾大医学部で、電磁気との融合問題が早稲田大教育学部で、それぞれ出題された。

(3) 学習対策

今年度の国公立二次・私大入試においては、昨年度と大きな変化はなかった。しかし、思考力・判断力・表現力を確認するための、実験を題材とした出題が目立ち始めた。原子分野からの問題は、難関私大や国公立大では普通に出題されている。出題内容は教科書に記載されている典型問題が大半を占めており、確実に得点できるよう時間かけて指導していく必要がある。凸面鏡や凹面鏡の問題は、今年度は出題が少なかったが、侮ることはできない。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。さまざまな分野との融合問題が増加傾向にあるため、全範囲を系統的に整理しておくことも重要である。問題の内容も長文化の傾向にあり、そのため分量も増えている。問題設定の掌握力、正確でスピーディーな計算力を養っておくことが必要となっている。また、実験と観察を題材とする内容の問題も要注意である。できる限り実験による演習も含めて指導しておいたほうがよい。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。

大学入試 化学 分析と対策

学校法人 河合塾
化学科講師 西 章嘉

1 センター試験 化学基礎

(1) 全体の概要

第2問が難化し、平均点は下がった。

大問2題、マーク数15、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。昨年度に比べ、マーク数は1個減少したが、全体としての分量はほぼ同じであった。

平均点は28.20点で、昨年度の31.22点より3.02点低くなかった。下の表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32.4点であった。したがって、実際の得点率は表の数値の90%程度と推定される。）

表1 平均点・大問別得点率

全体平均点	大問別	第1問	第2問
28.20点	得点率	72.4%	57.3%

昨年度と比べると、第1問の得点率が2.8%高くなつた一方で第2問の得点率は13.1%低くなり、全体としてはやや難化した。なお、文章の正誤判定問題では昨年度に引き続き4択問題が中心であり、受験生が解答しやすいように配慮しているものと思われる。

(2) 設問別分析

第1問 物質の構成（配点25点）

解答しやすい問題が多かったが、計算問題は難しかった。

原子・イオンの電子配置、元素の分類、分子の極性、状態変化と熱運動、蒸留装置、化学量、生活に関わる物質が出題され、マーク数は8であった。正答率が80%以上の設問が5問あった一方で正答率が50%を下回った問題は1問だけであり、全体としては昨年度より得点

率がやや高くなった。

正答率が最も低かった設問は、問6の混合溶液中の溶質の物質量を求める計算問題（出題例1）で、正答率は32%であった。誤答は③が48%と目立ったが、これは、Br⁻の物質量0.024molから、CaBr₂の物質量を0.024molとしたためである。複数の思考を要する応用問題ではあったが、化学式を考慮せずに問題文中に出てくる物質量だけを単純に追いかけている受験生が多いことを示した結果である。

問5は蒸留装置に関する問題（啓林館『化学基礎 改訂版』p.39）で正答率は71%，問7は生活に関わる物質に関する正誤判定問題で正答率は65%であった。

問6 ある量の塩化カルシウム CaCl₂ と臭化カルシウム CaBr₂ を完全に溶かした水溶液に、十分な量の硫酸ナトリウム Na₂SO₄ 水溶液を加えると 8.6 g の硫酸カルシウム二水和物 CaSO₄·2H₂O(式量 172) の沈殿が得られた。水溶液中の臭化物イオンの物質量が 0.024 mol であったとすると、溶かした CaCl₂ の物質量は何 mol か。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、水溶液中のカルシウムイオンはすべて CaSO₄·2H₂O として沈殿したものとする。
7 mol

- ① 0.002 ② 0.019 ③ 0.026 ④ 0.038 ⑤ 0.051

出題例1

第2問 物質の変化（配点25点）

全体的に難度が高くなつた。

質量数の総和を区別した分子の割合、溶液の濃度、中和滴定、塩、電池、金属の溶解が出題され、マーク数は7であった。正答率が80%以上の問題はなく、正答率が70%台の問題も1間にとどまり、容易に解答できる問題が少なかった。そのため、全体としては昨年度より得点率がかなり低くなつた。

正答率が最も低かった設問は、問6の金属の溶解に関する正誤判定問題で、正答率は41%であった。上位層の正答率も58%にとどまり、金属の溶解に関する知識の整理（啓林館『化学基礎 改訂版』p.180）が不十分な受験生が多かった。誤答は②が35%と目立った。

問3は中和滴定で用いた酸・塩基の種類と濃度を決める問題（出題例2）で、正答率はAが61%，Bが52%

であった。滴定曲線の始点のpHから塩基（水酸化ナトリウム）の濃度が、中和に要する酸の滴下量から酸の濃度が決まる。また、中和点が塩基性であることから滴下した酸が弱酸（酢酸）であることがわかる。複数の思考過程を要する問題であるが、これは、次年度から始まる大学入学共通テストを意識した出題とも考えられる。

計算問題の正答率は、問1の質量の異なる塩素分子の存在比を求める問題が58%，問2の溶液の濃度に関する計算問題が64%であった。また、塩の水溶液のpHを比較する問4の正答率は52%と低かった。

問3 水溶液A 150 mLをピーカーに入れ、水溶液Bをピュレットから滴下しながらpHの変化を記録したところ、図1の曲線が得られた。水溶液AおよびBとして最も適当なものを、下の①～⑨のうちから一つずつ選べ。

A [11] · B [12]

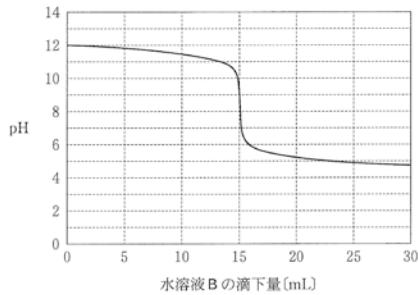


図 1

- ① 0.10 mol/L 塩酸
- ② 0.010 mol/L 塩酸
- ③ 0.0010 mol/L 塩酸
- ④ 0.10 mol/L 酢酸水溶液
- ⑤ 0.010 mol/L 酢酸水溶液
- ⑥ 0.0010 mol/L 酢酸水溶液
- ⑦ 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液
- ⑧ 0.010 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液
- ⑨ 0.0010 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液

出題例2

(3) 学習のポイント (指導におけるポイント)

大学入学共通テストの試行調査では、リード文を読んだうえで解答する形式の問題が中心となり、センター試験の小問集合から出題形式が大きく変化した。しかし、設問はリード文を読まなくても解答できるものが多いため、センター試験形式の問題演習で知識・技能を定着させることが重要である。また、高得点を目指す受験生に対しては、国公立二次・私大的大問形式の問題演習を行い、リード文を読んだうえで解答する練習も積ませたい。

日常生活に関わる内容、実験に関する内容は、センター試験に引き続き、重視されると予想される。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。また、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。

2

センター試験 化学

(1) 全体の概要

難易度は昨年度とほぼ同じであった。

大問数は必答問題5題と選択問題1題の6題構成で、マーク数は32個、設問数は25問であった。昨年度に比べ、マーク数は3個増加したが、全体としての分量はほぼ同じであった。

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2問が各24点、第3問が23点、第4問が19点、第5問が6点、選択問題である第6問と第7問が各4点で、昨年度とほぼ同じ形式・配点であった。

平均点は54.79点で、昨年度の54.67点とほぼ同じであった。下の表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61.2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
54.79	56.7%	60.7%	61.2%	66.6%
	第5問	第6問	第7問	
	69.2%	48.8%	66.3%	

昨年度と比べると、第2問、第4問、第5問の得点率がそれぞれ5.0%，17.2%，14.3%高くなったものの、第1問、第3問、第6問、第7問の得点率がそれぞれ17.4%，1.7%，2.5%，7.4%低くなり、第1問の難化、第4問の易化が目立った。また、正答率が80%以上の設問は第6問選択者で5問、第7問選択者で6問あり、昨年度の3問から増えた。一方、正答率が50%を下回る設問は8問あり、昨年度の7問または6問より増えた。

(2) 設問別分析

第1問 物質の状態と平衡（配点24点）

思考力を要する問題の増加で、得点率が大幅に下がった。

ハロゲン、状態図、混合気体、水銀柱と気液平衡、浸透圧、コロイドが出題された。正答率が80%以上の設問が1問（昨年度は2問）あったのに対し、正答率が50%未満の設問が2問（昨年度はなし）であった。昨年度に比べて基本的な問題が少なく、難度は高くなかった。

正答率が最も低かった設問は、問3の混合気体の密度を表す式を求める問題で、正答率は39%であった。同じ物質量のH₂とN₂の混合気体が題材で、混合気体の平均分子量（15）（啓林館『化学 改訂版』p.42）を求めれば解答できる内容であったが、混合気体の分子量の和（30）を用いた誤答である③が50%と目立った。

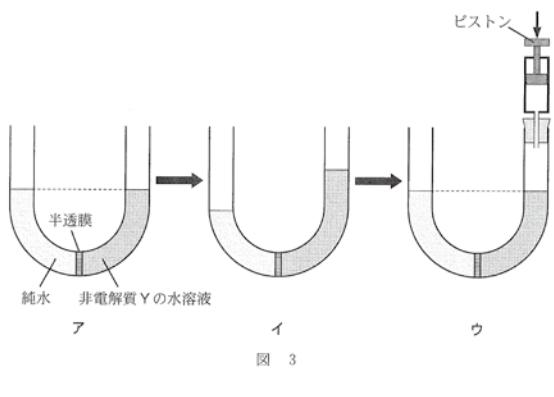
問5の浸透圧の問題（出題例3）の正答率は40%であった。

問5 浸透圧から非電解質Yのモル質量を決定するために、図3のように実験を行った。装置内の半透膜は水分子のみを通し、断面積が一定のU字管の中央に固定されている。次の実験I～IIIの結果から得られるYのモル質量は何g/molか。最も適当な数値を、下の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、気体定数はR = 8.3 × 10³ Pa·L/(K·mol)である。 g/mol

実験I U字管の左側には純水を10mL入れ、右側には非電解質Yが0.020g溶解した10mLの水溶液を入れた（図3、ア）。

実験II 大気圧1.0133 × 10⁵ Pa、温度27°Cで静置したところ、水溶液の液面は純水の液面よりも高くなった（図3、イ）。

実験III ピストンを用いてU字管の右側から空気を入れて、非電解質Yの水溶液側に圧力をかけ、左右の液面を同じ高さにした。このとき、U字管の右側の圧力は、1.0153 × 10⁵ Paになった（図3、ウ）。



出題例3

U字管の一方が閉じられており、両側の圧力の差が浸透圧に相当することを判断する必要があり、難度が高い。誤答は、右側の空気の圧力1.0153 × 10⁵ Paを用いて計算した②が24%と目立った。

問1のハロゲンに関する正誤判定問題の正答率は67%，問4の水銀柱と気液平衡に関する計算問題の正答率は50%，問6のコロイドに関する正誤判定問題の正答率は59%であった。

第2問 物質の変化と平衡（配点24点）

対数グラフを用いた出題が目新しい。

化学反応と熱、反応速度、化学平衡、電離平衡が出題された。正答率が80%台の設問が1問（昨年度も1問）、70%台の設問が2問（昨年度は1問）あったのに対し、正答率が50%未満の設問が3問（昨年度は2問）あり、全体としては昨年度と同程度の難易度であった。

正答率が最も低かった設問は、問1bの鉄の酸化物の生成熱を求める計算問題で、正答率は39%であった。aで反応の量的関係から鉄の酸化物の組成式を求める必要があり、この正答率は51%であった。bは、aを間違えると正答を導くことができないため、正答率が低かったと思われる。過去のセンター試験ではこのような運動型の問題はほとんどみられなかったが、次年度以降の大学入学共通テストでは、このような出題形式もあると考えられる。

問3は反応速度式の反応次数を求める問題（出題例4）で、正答率は72%と高かった。対数グラフを初めてみた受験生も多かったろうが、濃度と反応速度の対応関係が読み取りやすいように配慮されていたため、高い正答率になったと思われる。対数グラフは大学入学共通テストの試行調査でも出題されており、今後、注意が必要である。

問4は可逆反応における反応時間と生成物の量の関係を表すグラフを選択する問題。正答率はaが41%，bが88%であった。aでは②の誤答が27%と目立った。温度を下げると平衡が発熱方向へ移動することは考えられたが、反応速度が小さくなることを見落としたのだろう。

問5は指示薬の電離平衡と滴定曲線に関する問題（出題例5）で、正答率は47%であった。指示薬の電離定数から変色域を求め、その指示薬を用いることのできる滴定曲線を選択する問題で、難度が高い内容であったが、4つの滴定曲線から2つを選択する問題で、変色域が同じ滴定曲線の組合せを選択すると解答できたので、難度の割には正答率が低くなかったと思われる。

問3 ある一定温度において物質Aと物質Bから物質Cが生成する反応を考える。

この反応の反応速度 v は、A のモル濃度を $[A]$ 、B のモル濃度を $[B]$ 、反応速度定数を k とすると、

$$v = k[A]^a[B]^b \quad (a, b \text{ は一定の指数})$$

と表される。

次ページの図 2 は、 $[B]$ が 0.1 mol/L で一定のときの、C の生成速度と $[A]$ の関係を示す。また、図 3 は、 $[A]$ が 1 mol/L で一定のときの、C の生成速度と $[B]$ の関係を示す。 $[A]$ と $[B]$ がそれぞれある値のときの C の生成速度を v_0 とする。 $[A]$ と $[B]$ をいずれも 2 倍にすると、C の生成速度は v_0 の何倍になるか。最も適当な数値を、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、C の生成速度は、いずれの場合も反応開始直後の生成速度である。 [4] 倍

① 2 ② 4 ③ 8 ④ 16

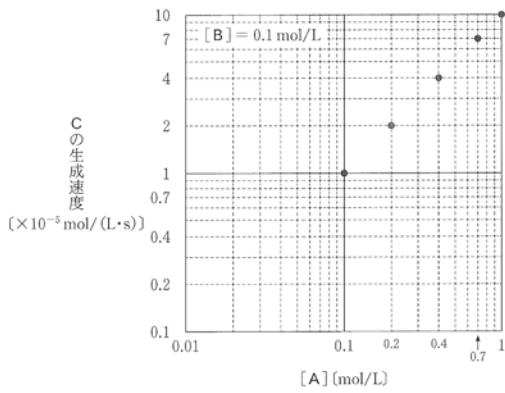


図 2

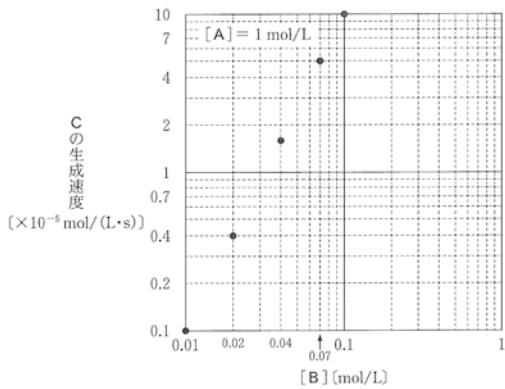
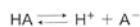


図 3

出題例 4

問 5 中和滴定の指示薬として色素分子 HA を用いることを考える。この色素分子は弱酸であり、水中で次のように一部が電離する。



この反応の電離定数 K は、 $1.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ である。水溶液中で HA は赤色、 A^- は黄色を呈するため、この反応の平衡が左辺あるいは右辺のどちらにかたよっているかを、溶液の色で見分けることができる。なお、HA と A^- のモル濃度の比 $\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]}$ が 10 以上または 0.1 以下のときに、確実に赤色あるいは黄色であることを見分けられるとする。次ページの図 5 の滴定曲線ア～エのうち、この色素を指示薬として使うことができる中和滴定の滴定曲線はどれか。正しく選択しているものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 [7]

① ア、イ

② ア、ウ

③ ア、エ

④ イ、ウ

⑤ イ、エ

⑥ ウ、エ

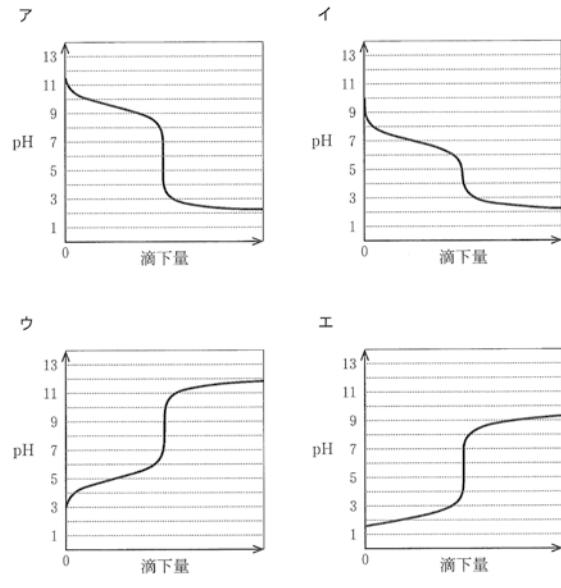


図 5

出題例 5

第3問 無機物質 (配点23点)

例年通り、基本的な知識問題が中心であった。

無機物質の性質とその利用、酸化物、金属イオンの分離、カルシウムとその化合物、ニッケル水素電池が出題された。全 6 問のうち、正答率が 80% 台の設問が 1 問、70% 台の設問が 1 問、50% 台の設問が 3 問、40% 台の設問が 1 問あり、全体としての難易度は昨年度とほぼ同じであった。

正答率が最も低かった設問は、問 5 のニッケル水素電池の電気量の計算問題（出題例 6）で、正答率は 43% であった。

問 5 ニッケル水素電池は二次電池として自動車などに利用される。この電池は放電時にニッケルの酸化数が +3 から +2 に変化し、その全反応は



と表される。ここで、M は水素吸蔵合金である。

二次電池に蓄えられる電気量は、 $\text{A}\cdot\text{h}$ （アンペア時）を用いて表される。ここで $1\text{A}\cdot\text{h}$ とは、1 A の電流が 1 時間流れたときの電気量である。完全に放電した状態で 6.7 kg の Ni(OH)_2 を用いたニッケル水素電池が、1 回の充電で蓄えることのできる最大の電気量は何 $\text{A}\cdot\text{h}$ か。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。なお、 Ni(OH)_2 の式量は 93、ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。 [8] $\text{A}\cdot\text{h}$

① 2.4×10^2

② 4.8×10^2

③ 9.7×10^2

④ 1.9×10^3

⑤ 3.9×10^3

⑥ 7.7×10^3

出題例 6

$\text{A}\cdot\text{h}$ （アンペア時）の単位に戸惑った受験生が多かつたと思われ、誤答は分散していた。リチウムイオン電池など、日常生活で用いられる二次電池の容量は mAh で表される。今後、国公立二次・私大入試でもこの単位の

出題が増える可能性があると思われる。

問2の酸化物に関する正誤判定問題の正答率は55%、

問4のカルシウムに関する正誤判定問題の正答率は55%であった。問2では、 MnO_2 が H_2O_2 の分解反応の触媒であることを知つていれば正答に至るが、誤答は②「 CuO は、 $CuSO_4$ 水溶液に $NaOH$ 水溶液を加えて加熱すると、沈殿として得られる」が29%と目立った。

第4問 有機化合物（配点19点）

昨年度は難しかった有機分野が、今年度は大幅に易化した。

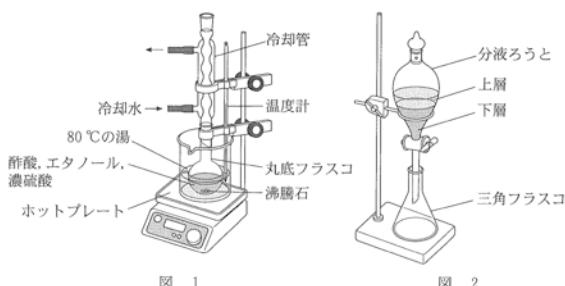
炭化水素、分子式の決定、芳香族化合物の性質、異性体、エステルの合成実験と反応の仕組みが出題された。昨年度は正答率が70%以上の設問がなく、30%台の設問が2問あったが、今年度は正答率が80%台の設問が2問あった一方で正答率が50%未満の設問は1問だけであり、昨年度に比べるとかなり解答しやすくなかった。

正答率が最も低かった設問は、問5bの酸素の同位体を用いたエステル化の反応の仕組みを調べる問題（出題例7）で、正答率は43%であった。誤答は②が21%，③が18%，④が16%と分散していた。なお、問5aの正答率は60%であった。

その他の問題の正答率は、問1の炭化水素に関する正誤判定問題が84%，問2の分子式の決定問題が57%，問3の酸の強さを比較する問題が64%，問4の鏡像異性体が存在する化合物の分子式を選択する問題が82%であった。

問5 酢酸エチルの合成に関する次の実験I・IIについて、次ページの問い合わせ(a・b)に答えよ。

実験I 丸底フラスコに酢酸10mLとエタノール20mLを取つて混ぜ合わせ、濃硫酸を1.0mL加えた。次に、このフラスコに沸騰石を入れ、図1のように冷却管を取り付け、80℃の湯浴で10分間加熱した。反応溶液を冷却したち、過剰の炭酸水素ナトリウム水溶液を加えてよく混ぜた。このとき気体が発生した。フラスコ内の液体を分液ろうとに移し、ふり混ぜて静置すると、図2のように二層に分離した。



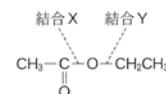
実験II エステル化の反応のしくみを調べるために、実験Iのエタノールの代わりに、酸素原子が同位体 ^{18}O に置き換わったエタノールのみを用いて酢酸エチルを合成した。生成した酢酸エチルの分子量は、実験Iよりも2大きくなつた。

a 実験Iに関する記述として適当でないものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 [5]

- ① 濃硫酸は、エステル化の触媒としてはたらいた。
- ② 炭酸水素ナトリウム水溶液を加えたとき、二酸化炭素の気体が発生した。
- ③ 酢酸エチルは、図2の下層として得られた。
- ④ 得られた酢酸エチルは、果実のような芳香のある液体だった。

b 実験IIに関する次の文章中の「ア」・「イ」に当てはまる語と数値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。 [6]

得られた結果から、エステル化の反応では下の構造式の「ア」があらたに形成されることが分かった。また、生成した水の分子量は「イ」と推定される。



	ア	イ
①	結合X	18
②	結合X	20
③	結合Y	18
④	結合Y	20

出題例7

第5問 高分子化合物（配点6点）

問1はナイロン66およびSBRの単量体を選択する問題で、正答率はそれぞれ76%，72%。問2はアミノ酸の等電点とpHから電荷の状態を判断する問題で、正答率は59%であった。誤答は、等電点9.7のアミノ酸のpH 7.0における電荷を負と考えた④が23%と目立った。

第6問 合成高分子化合物（配点4点）

問1は高分子化合物に関する正誤判定問題で、正答率は51%であった。高密度ポリエチレンと低密度ポリエチレンの性質の違い、ポリイソプレンのシス形とトランス型の弾性の違い、ポリ乳酸が生分解性であることなどが問われたが、「イオン交換樹脂がイオンを交換する反応は、可逆反応である」を誤りとした③の誤答が22%と目立った。問2は共重合体の重合度を求める計算問題で、正答率は47%であった。

第7問 天然有機化合物（配点4点）

問1は天然高分子化合物に関する正誤判定問題で、正答率は85%であった。問2は糖の加水分解に関する計算問題（出題例8）で、正答率は47%であった。デキストリンの重合度から生成するマルトースの物質量を求

めると解答できるが、グルコースの物質量から計算した誤答である⑤が26%と目立った。

問2 平均分子量が 8.1×10^3 であるデキストリン($C_6H_{10}O_5$)_n (繰り返し単位の式量 162) 1.0×10^{-3} mol を、アミラーゼ(β-アミラーゼ)で完全に加水分解したところ、マルトースのみが得られた。十分な量のフェーリング液に、得られたマルトースをすべて加えて加熱したとき、生じる酸化銅(I) Cu_2O は何 g か。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、還元性のある糖 1 molあたり Cu_2O 1 mol が生じるものとし、反応は完全に進行したものとする。

② 2.0

① 1.8 ③ 3.6 ④ 4.0 ⑤ 7.2

出題例8

(3) 学習のポイント (指導におけるポイント)

基本的な知識・技能を定着させたうえで、国公立二次・私大対策と一体化した学習を

大学入学共通テストの問題作成方針には、「知識の理解の質を問う問題や、思考力、判断力、表現力を發揮して解くことが求められる問題を重視する」とある。実際、試行調査では、リード文を読んだうえで解答する形式の問題が多く、センター試験の小問集合から出題形式が大きく変化した。しかし、基本的な知識・技能で解答できる設問も多く、まずは、基本事項を理解させ、演習により定着させたい。この点は、従来の指導方針から変更する必要はないであろう。さらに、国公立二次・私大入試と同等レベルの問題も出題されることが予想されるので、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、上位層と下位層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。

実験のデータ処理や考察にも注意

実験考察問題は大学入学共通テストでも引き続き重視されると予想されるので、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。また、試行調査ではグラフをかいたうえで解答する問題も出題された。実験データをグラフにプロットすることが苦手な生徒も少なくない

ので、データを処理させる練習もさせておきたい。

3

一般入試 (国公立二次・私大)

(1) 全体の傾向

2020年度国公立二次・私大入試の難易度は、昨年度並みの大学が圧倒的に多いが、東京大、京都大、名古屋工業大、広島大、立命館大などでは難化、北海道大、東北大・後期、東京医科歯科大、静岡大、浜松医科大、岐阜大、岡山大、慶應義塾大・医、慶應義塾大・看護医療、慶應義塾大・理工、東京慈恵会医科大、早稲田大・教育などでは易化した。

出題形式の傾向にはほとんど変化はなく、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、大問形式だけでなく、小問集合形式の出題も少なくない。

(2) 分野別分析

[理論分野]

化学基礎の範囲である化学結合、中和滴定、酸化還元滴定は、典型的な基本～標準的な問題が中心である。化学結合については双極子モーメント(北海道大-出題例9、浜松医科大)などが、中和滴定についてはトロナ鉱の二段滴定(東京大)、アセチルサリチル酸の逆滴定(杏林大・医)などが出題されている。酸化数の決め方についてのリード文を読んだうえで、グルコースやエタノール中の炭素原子の酸化数を考える問題(立命館大)もみられた。

異なる原子間に共有結合中に生じる電子対の偏りはイオン結合が混在した状態と考えることができる。この電子対の偏りの程度は、正電荷 $+q[C]$ と負電荷 $-q[C]$ が距離 $r[m]$ 離れているときに式(1)で定義される双極子モーメントの大きさ μ により調べられる。

$$\mu = qr[C \cdot m] \quad (1)$$

例えば、実際のフッ化水素 HF 分子の結合距離は $9.17 \times 10^{-11} m$ 、双極子モーメントの大きさは $6.09 \times 10^{-30} C \cdot m$ である。この値と 100 % イオン結合であると仮定した場合の HF 分子の双極子モーメントの大きさとの比は 0.415 となることから、実際の HF 分子の結合には 41.5 % のイオン結合が含まれていると考えられる。なお、結合距離はイオン結合の割合によらず変化しないものとする。

(1) 次の空欄 [A] に当てはまる適切な語句を答えよ。

下線部は、各原子が電子対を引きつけようとする強さの差によって生じている。この強さを相対的な数値で表したもの [B] という。

(2) 塩化水素 HCl が H^+ と Cl^- の 100 % イオン結合であると仮定した場合、双極子モーメントの大きさ [C · m] を有効数字 2 枠で答えよ。ただし、H と Cl の間の結合距離は $1.27 \times 10^{-10} m$ である。

(3) 奥化水素HBrの実際の双極子モーメントの大きさが $2.76 \times 10^{-30} \text{ C}\cdot\text{m}$, HBrの結合距離が $1.43 \times 10^{-10} \text{ m}$ のとき, HBrに含まれるイオン結合の割合[%]を有効数字2桁で答えよ。

北海道大

出題例9

結晶格子は、面心立方格子、体心立方格子、ダイヤモンド型、塩化ナトリウム型を中心に、基本的な内容が出題されている。面心立方格子と六方最密構造の積層（新潟大－出題例10、啓林館『化学基礎 改訂版』p.93, 『化学 改訂版』p.10~12）は、最密構造の深い学習が必要である。また、閃亜鉛鉱型とウルツ鉱型に関する問題（京都大－出題例11）は、立体を把握する力が試されており、難しい。

問4 図3に示すように、金属原子を平面上にすき間なく敷き詰めたものを第1層とし、次に第1層のすき間に原子を積み重ねて第2層をつくる。このようにして層の数を増やし、下線部(b)の面心立方格子と六方最密構造をつくる場合、第3層以降の積み重なり方の違いを文または文章で説明せよ。

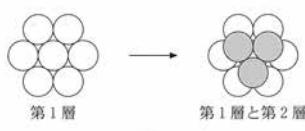


図3

新潟大

出題例10

硫化カドミウムの結晶構造として閃亜鉛鉱型構造とウルツ鉱型構造が知られている。どちらの構造もイオン半径の大きな S^{2-} が最密充填構造をとり、その隙間にイオン半径の小さい Cd^{2+} が存在すると考えると理解しやすい。

閃亜鉛鉱型構造では、 S^{2-} は図2に示すように面心立方格子をとり、 Cd^{2+} が四面体间隙に一つおきに存在する。図2には格子の高さを1とした場合の、それぞれ高さ(相対的な高さ)0, $\frac{1}{2}$, 1の断面における S^{2-} の配置(断面図)も示している。

ウルツ鉱型構造では、 S^{2-} は図3に示すように六方最密充填構造をとり、 Cd^{2+} は、閃亜鉛鉱型構造と同様に、四面体间隙に一つおきに存在する。図3には格子の高さを1とした場合の、それぞれ相対的な高さ0, $\frac{1}{2}$, 1の断面の S^{2-} の配置も示している。図3の格子の中には□う個の S^{2-} が含まれており、図3に示す S^{2-} 間距離が0.41 nmの場合、格子の高さは□え nmとなる。

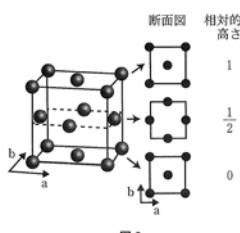


図2

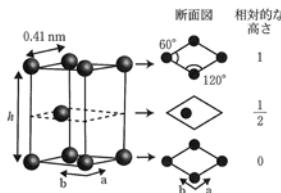


図3

問4 閃亜鉛鉱型構造の格子の中での Cd^{2+} の中心を通る断面を、図2に示す断面に平行な面で切り出し、 Cd^{2+} の配置を○で示した図(断面図)を例として図4に示す。また、格子の高さを1とした場合の断面のそれぞれの高さも図4に示している。閃亜鉛鉱型構造の場合、2通りの組み合わせが考えられる。

ウルツ鉱型構造の格子の中での Cd^{2+} の中心を通る断面を、図3に示す断面に平行な面で切り出した場合を考える。図4の例にならって、適切な断面図と相対的な高さを□お □～□し□に入れて図5を完成させよ。ウルツ鉱型構造の場合も、閃亜鉛鉱型構造の場合と同様に、2通りの組み合わせが考えられる。ただし、□か□、□く□、および□こ□、□し□は既約分数で答え、それぞれ値の小さな順に記せ。

断面図	相対的な高さ	断面図	相対的な高さ
	$\frac{1}{4}$		$\frac{1}{4}$
	$\frac{3}{4}$		$\frac{3}{4}$

図4 閃亜鉛鉱型構造の Cd^{2+} 配置の表示例

断面図	相対的な高さ	断面図	相対的な高さ
	か		け
	く		さ

図5 ウルツ鉱型構造の Cd^{2+} 配置

京都大

出題例11

気体や溶液では、目新しい問題はあまりみられない。教科書では「発展」として扱われている実在気体の状態方程式（名古屋工業大・後期、京都薬科大、啓林館『化学 改訂版』p.46）は、今年度も出題がみられた。ベンゼンとトルエンの混合溶液の蒸留（早稲田大・理工－出題例12）は、ラウールの法則（啓林館『化学 改訂版』p.61）の知識が必要であった。

(1) ベンゼンとトルエンの混合溶液を蒸留により分離したい。そこでW君は、図1のように装置を組み立てた。
先生から間違いを指摘されたため、指摘点を直してから蒸留を開始した。その後加热を止め冷却し、三角フラスコ内の留出液を分析した。丸底フラスコ内にはまだ溶液が残っていたので、三角フラスコを再度設置したうえで(2) 加熱を再開した。

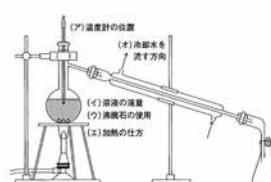


図1 実験装置図

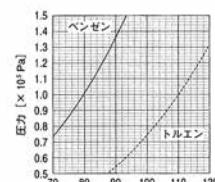


図2 ベンゼンとトルエンの蒸気圧曲線

問1 図1の(ア)～(オ)のうち、間違いのある点を記号すべてで答えて下さい。

問2 加熱を再開する際には、(ア)～(オ)のいずれかに対応してさらに対応が必要である。必要な対応を10字以内で答えなさい。

問3 ベンゼン（モル分率0.50）とトルエン（モル分率0.50）の混合溶液がある。この溶液の90℃におけるベンゼンの蒸気圧とトルエンの蒸気圧を、蒸気圧曲線（図2）を用いて有効数字2桁で答えなさい。

早稲田大・理工

出題例12

化学反応とエネルギーについては、反応熱の基本的な計算、電池や電気分解の反応をおさえておけば解答できる内容が中心であった。ダイヤモンドの結合エネルギー（静岡大－出題例13、慶應義塾大・理工）は、ダイヤモンド1molあたりのC-C結合の物質量を間違える受験生が多い。

問4 ダイヤモンド12gのC-C結合をすべて切断するのに必要なエネルギーが708kJであるとすると、ダイヤモンド中のC-C結合の結合エネルギー(kJ/mol)はいくらか。所定の欄に計算過程を示し、有効数字2桁で答えよ。ただし、ダイヤモンドでは、各炭素原子は隣接する4個の炭素原子と結合しているものとする。

静岡大

出題例13

反応速度では、反応速度式の反応次数を決める問題が多く、お茶の水女子大、京都工芸繊維大ではグラフの描図もあった。慶應義塾大・薬（出題例14）では、0次反応、1次反応、2次反応をグラフから判断する内容が含まれている。また、教科書の「発展」で扱われているアレニウスの式（横浜国立大、広島大、九州大、慶應義塾大・理工、東京理科大、近畿大・医、啓林館『化学改訂版』p.129）の出題が目立ち、慶應義塾大・理工では昨年度に引き続き、アレニウスの式が与えられていなかった。

①反応が一定体積中で進行する場合、反応物Xから生成物Yが生じる反応の反応速度vは、
単位時間に減少する反応物Xの濃度、あるいは単位時間に増加する生成物Yの濃度で表される。

反応速度vは、反応物Xの濃度を[X]として、一般に以下の式で表すことができる。

$$v = k[X]^n$$

このように、反応物の濃度と反応速度の関係を表した式を反応速度式といい、^②比例定数kは反応速度定数、nは反応次数である。反応次数nは実験によって求められる。

温度・体積が一定の条件で、水中における化合物X_A、X_B、X_Cの濃度[X_A]、[X_B]、[X_C]をいずれも8.0×10⁻³mol/Lとして分解反応を開始したところ、[X_A]、[X_B]、[X_C]は時間とともに、それぞれ表1のように変化した。このとき、分解反応開始から20分後の[X_A]、[X_B]、[X_C]はいずれも4.0×10⁻³mol/Lであり、開始時の半分であった。これらの化合物の分解反応について、縦軸に反応物の濃度、横軸に時間をとると図1のグラフのように表される。

表1

時間(min)	0	5	10	20	30
[X _A] (×10 ⁻³ mol/L)	8.0	6.4	5.3	4.0	3.2
[X _B] (×10 ⁻³ mol/L)	8.0	6.7	5.7	4.0	2.8
[X _C] (×10 ⁻³ mol/L)	8.0	7.0	6.0	4.0	2.0

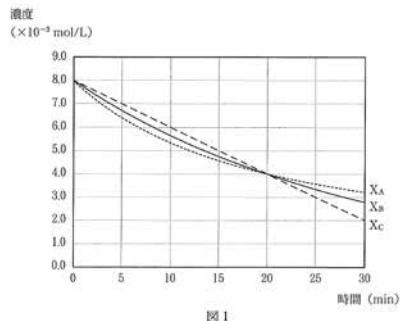


図1

これらの反応の実験結果より、化合物X_Aの反応次数は(18)、化合物X_Bの反応次数は(19)、化合物X_Cの反応次数は(20)と求められる。時間0～5分までの間の平均分解速度と、0分と5分における反応物の濃度の平均値から反応速度定数を求めると、化合物X_Aでは(21)、(22)×10⁽²³⁾⁽²⁴⁾ [ア]、化合物X_Bでは(25)、(26)×10⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾ [イ]、化合物X_Cでは(29)、(30)×10⁽²⁹⁾⁽³⁰⁾ [ウ]になる。

問3 (18)～(20)には0、1、2のいずれかが入る。適切な数字をマークシートにマークしない。ただし、各数字は1回のみ使用できるものとする。

問4 (21)～(32)に入る適切な数字またはマイナス符号(−)をマークシートにマークしない。ただし、(21)、(25)、(29)に入る数値は0ではない。

問5 [ア]、[イ]、[ウ]には下記のいずれかの単位が入る。それぞれ適切なものを下記から選び、[ア]に入るものを(33)、[イ]に入るものを(34)、[ウ]に入るものを(35)のマークシートにマークしなさい。

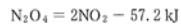
- | | | |
|---------------|---------------|---------------|
| 1 mol/L | 2 L/mol | 3 /min |
| 4 mol/(L·min) | 5 (L·min)/mol | 6 L/(mol·min) |
| 7 (mol·min)/L | | |

慶應義塾大・薬

出題例14

化学平衡では、例年通り、H₂+I₂↔2HI、N₂O₄↔2NO₂、N₂+3H₂↔2NH₃が多く、そのほとんどは基本～標準的な内容であるが、N₂O₄↔2NO₂を題材にした大阪大（出題例15）は、グラフの意味を捉える必要があり、思考力を要する。不均一系の平衡(C+CO₂↔2CO：京都大、東北大、C+H₂O↔CO+H₂：岐阜薬科大)、分配平衡（順天堂大・医）もみられた。

窒素酸化物であるNO₂とN₂O₄は、気体状態において両者の平衡混合物(以下NO₂–N₂O₄と表す)として存在する。その熱化学方程式は次のように表される。



この化学平衡を調べるために、質量w(g)のNO₂–N₂O₄を容器に封入し、温度T(K)と圧力P(Pa)の関係のグラフを作成した。容器内の気体の温度は任意の値に設定可能である。また、可動ビストンにより容器の容積を変更することができ、ビストンは反応が平衡状態に達するのに要する時間よりも速く操作できる。ここでNO₂とN₂O₄は、それぞれ理想気体として扱えるものとする。気体定数をR=8.31×10³Pa·L/(mol·K)、N₂O₄のモル質量をM=92.0 g/molとする。

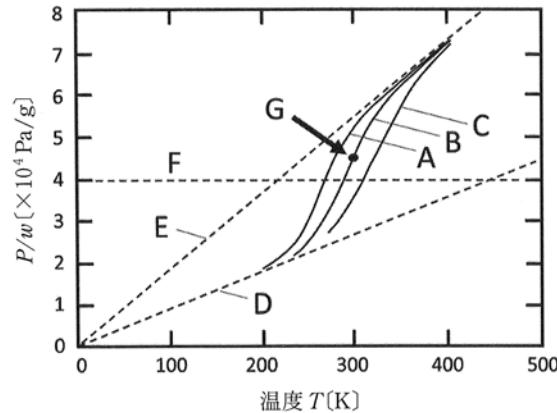


図1 P/wと温度Tの関係

実験1

容積1.0Lに設定した容器にNO₂–N₂O₄をw(g)封入し、圧力を質量で割つ

た値 P/w (Pa/g)を縦軸、温度 T (K)を横軸にプロットした。ここで、用いる $\text{NO}_2-\text{N}_2\text{O}_4$ の封入量を w_A , w_B , w_C と変えて、異なる3つの実験 A, B, C を行い、図1に示した曲線 A, B, C をそれぞれ得た。これらの曲線が $P/w = 4.0 \times 10^4 \text{ Pa/g}$ を示す破線 F を横切る温度は、曲線 A < B < C の順に高くなり、各交点における N_2O_4 の分圧に対する NO_2 の分圧の比の大小関係は a であった。また、これらの曲線は低温側では原点を通る直線 D に、高温側では原点を通る直線 E にそれぞれ漸近した。ここで、直線 E の傾きは b $\text{Pa}/(\text{g}\cdot\text{K})$ である。

問1 $\text{NO}_2-\text{N}_2\text{O}_4$ の封入量 w_A , w_B , w_C および a における分圧比の大小関係の正しい組み合わせを、下の表の①~④から選び番号で答えよ。

番号	封入量 w (mg)			各交点における分圧比の大小関係
	w_A	w_B	w_C	
①	9.2	92	920	曲線 A < B < C
②	9.2	92	920	曲線 C < B < A
③	920	92	9.2	曲線 A < B < C
④	920	92	9.2	曲線 C < B < A

問2 下線部のようになる理由を100字以内で答えよ。

問3 b に入る適切な値を有効数字2桁で求めよ。

問4 NO_2 と N_2O_4 の平衡において、 N_2O_4 の解離度を α と定義する。仮に、 N_2O_4 が解離していない場合は $\alpha = 0$ 、全ての N_2O_4 が解離して NO_2 となつたときは $\alpha = 1$ である。点 G($T = 300 \text{ K}$, $P/w = 4.53 \times 10^4 \text{ Pa/g}$)における解離度 α を有効数字2桁で求めよ。解答欄には、計算過程も示せ。

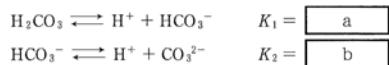
大阪大

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。酢酸やアンモニアなどの1価の酸以外に、硫化水素（京都大、名古屋工業大・後期、名古屋市立大）、炭酸（東京大、東北大、名古屋工業大、日本大・医、関西学院大）、リン酸（東京理科大、立命館大）など、多価酸の電離平衡も多く出題されている。また、物質収支と電荷収支を考える問題（東京大－出題例16、名古屋工業大・後期）もみられた。

第一反応の終点におけるpHは、0.10 mol/Lの炭酸水素ナトリウム水溶液と同じpHを示した。このpHを求める式は、炭酸水素ナトリウム水溶液に関する以下の文章中の a ~ e にあてはまる式。
 f にあてはまる数値を答えよ。ただし、水溶液中のイオンや化合物の濃度は、例えば $[\text{Na}^+]$, $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ などと表すものとする。

炭酸の二段階電離平衡を表す式とその電離定数は



である。ただし、25 °Cにおいて、 $\log_{10} K_1 = -6.35$,

$\log_{10} K_2 = -10.33$ である。

炭酸水素ナトリウム水溶液中の物質量の関係から

$$[\text{Na}^+] = \boxed{c}$$

の等式が成立する。また、水溶液が電気的に中性であることから

$$\boxed{d}$$

の等式が成立する。以上の式を、 $[\text{H}^+]$ と $[\text{OH}^-]$ が $[\text{Na}^+]$ に比べて十分小さいことに注意して整理すると、 $[\text{H}^+]$ は K_1 , K_2 を用いて、

$$[\text{H}^+] = \boxed{e}$$

と表される。よって、求めるpHは f となる。

東京大

出題例16

【無機分野】

無機分野は、例年通り、各論を暗記していれば解答できる問題がほとんどであるが、結晶格子、電気化学、化学平衡などの理論分野が絡んだ問題も少なくない。都市鉱山（筑波大－出題例17）は、近年話題の題材である。

都市で大量に廃棄される家電製品などの中には都市鉱山と呼ばれる有用な資源が存在し、この資源を再生し有効活用することは持続可能な社会にとって重要である。2020年の東京オリンピック・パラリンピックで使用される金・銀・銅の入賞メダルは、使用済み小型家電に含まれる金属をリサイクルしてつくられた。また、地球上で存在量が少なかったり、抽出・精製が難しい金属はレアメタルと呼ばれ、
 二次電池などに利用されている。近年では、資源問題解決のため、安定供給が難しいレアメタルに代わる材料を安価で豊富に存在する元素でつくる研究が注目されている。

問2 下線部b)に関して、ボーキサイトからアルミニウムの単体を得るよりも、使い終わったアルミニウム製品をリサイクルする方がエネルギーが少なくてすむ。これは回収したアルミニウム製品があまり酸化されていないことが1つの理由である。アルミニウムがあまり酸化されない理由を25字以内で説明せよ。

問5 下線部e)に関して、希少金属の枯渇問題の解決に貢献できる材料の研究例・実用技術としてふさわしいものを次の①~④から2つ選び、番号で答えよ。

- ① 携帯電話などに使われている透明な導電体の酸化インジウムの代わりに、伝導性がある $12\text{CaO}\cdot7\text{Al}_2\text{O}_3$ の組成の酸化物が開発されている。
- ② 磁石材料であるフェライトの代わりに、強い磁力をもつ酸化ジルコニウム ZrO_2 を主成分とした重希土類元素磁石が開発されている。
- ③ 窒素と水素からアソモニアを合成する方法にはオスミウムを触媒としてもちていたが、代わりに鉄を主成分とする触媒が開発されている。
- ④ 一次電池であるマンガン乾電池の代わりに、起電力が低下しにくい亜鉛と銅からなるボルタ電池が開発されている。

筑波大

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、構造決定が中心である。今年度は、ジエステル、エステル結合とアミド結合をもつ化合物の構造決定（北海道大、筑波大、金沢大、名古屋工業大、大阪大）が目立った。また、教科書では「発展」として扱われる炭素間二重結合のオゾン分解や過マンガン酸塩酸化（啓林館『化学 改訂版』p.286）を利用した構造決定（東北大、千葉大、横浜国立大、名古屋大、横浜市立大、大阪市立大、立命館大）も目立った。中でも、千葉大（出題例18）は、炭素間二重結合の過マンガ酸塩による酸化、マルコフニコフ則（啓林館『化学 改訂版』p.285）の知識を必要とする内容であった。

次の文章を読み、以下の問い合わせ(問1~5)に答えなさい。

分子式 $C_{18}H_{18}O_2$ の化合物 A は、不齊炭素原子をもたない化合物である。化合物 A を水酸化ナトリウム水溶液中で加熱し分解した後、反応溶液をジエチル

エーテルで抽出すると、エーテル層から化合物**B**が得られた。一方、水層に塩酸を加えて酸性にしたところ、化合物**C**が得られた。

ベンゼンの一置換体である化合物**B**の分子内脱水を行うと、高分子化合物の单量体である分子式 C_8H_8 の化合物**D**が得られた。触媒を用いて化合物**D**に水を付加させたところ、化合物**B**とは異なる化合物**E**が生成した。

化合物**C**を硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液に加えて加热すると、化合物**F**と分子式 $C_3H_4O_4$ のジカルボン酸であるマロン酸が得られた。化合物**F**は、トルエンを硫酸酸性の過マンガニ酸カリウム水溶液で酸化することでも得られる。

問1 化合物**B**、**D**、および**E**の構造式をかきなさい。

問2 下線部の反応で、化合物**B**ではなく**E**が生じた理由を60字以内で答えなさい。

問3 化合物**F**の化合物名をかきなさい。

問4 化合物**C**について考えられる構造式をすべてかきなさい。なお、立体異性体が存在する場合は区別してかきなさい。

問5 化合物**A**の構造式をかきなさい。なお、立体異性体が存在しても区別しなくてよい。

千葉大

出題例18

天然有機化合物である糖類、アミノ酸・タンパク質、核酸は、知識問題が中心であるが、教科書で「参考」として扱われているアミノ酸の電離平衡（啓林館『化学改訂版』p.380）は、今や当たり前のように出題されている。また、核酸では、塩基対の水素結合の数（新潟大）、塩基対の構造の記述（慶應義塾大・薬）も出題されている。糖類では、アセタール化によるヒドロキシ基の保護（京都大－出題例19）が難しい。また、酵素反応の反応速度論（浜松医科大、神戸大－出題例20、啓林館『化学改訂版』p.429）も出題されている。

合成高分子化合物では、单量体や重合の種類などの基本的な知識、計算問題が中心である。高密度ポリエチレンと低密度ポリエチレンの性質（北海道大、東北大・後期、富山大）、吸水性高分子（同志社大）、生分解性高分子（東北大・後期、浜松医科大、名古屋工業大、同志社大）、イオン交換樹脂を用いたアミノ酸の分離（和歌山県立医科大学）などもおさえておきたい。

L-ソルボースはD-フルクトースの立体異性体のひとつであり、図3のフィッシャー投影式のとおり、C5炭素に結合した原子あるいは原子団の立体配置のみ、D-フルクトースと異なっている。また、D-フルクトースと同様に、水溶液中では鎖状構造と環状構造の平衡状態として存在し、C5炭素に結合したヒドロキシ基がカルボニル基と反応した五員環構造をとることができる。

(1) L-アスコルビン酸(ビタミンC)はL-ソルボースから図3に示した経路で合成される。まず、L-ソルボースのC1炭素を含む CH_2OH 基を選択的にカルボキシ基まで酸化することで、2-ケト-L-グロン酸が合成される。続いて、脱水縮合反応によって分子内エステル結合が形成され、ケト形のL-アスコルビン酸が得られる。この化合物はエノール形のL-アスコルビン酸へ変化する。

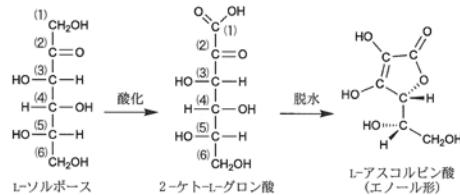


図3 L-ソルボースの選択的酸化によるL-アスコルビン酸の合成。(1)～(6)で示した炭素を文中ではそれぞれC1～C6とする。

問1 下線部①のL-ソルボースの五員環構造を図4に示した。

□ア～□エにあてはまる原子または原子団を化学式で答えよ。

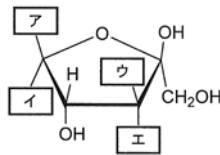


図4

問2 下線部②に関する次の文を読み、(i)と(ii)に答えよ。

複数のヒドロキシ基をもつ化合物において、特定のヒドロキシ基のみを反応させる方法のひとつに、反応させたくないヒドロキシ基を一時的に異なる化学構造に変換し、望まない反応を防ぐという手法がある。このような手法は「保護」と呼ばれ、その概念を図5aに示した。空間的に近接した2つのヒドロキシ基を、アセトンと反応(アセタール化)させることで、五員環構造にしている。この環構造は、1,2-型環構造と呼ばれ、酸化反応の影響を受けない。一方で、酸性条件下では加水分解により開裂し、もとのヒドロキシ基に戻る。図5bのような配置のヒドロキシ基の間でもアセタール化は進行し、六員環構造(1,3-型環構造)を与える。また、分子内に3つ以上のヒドロキシ基が含まれる場合(図5aや5c)は、より近接した2つのヒドロキシ基の間でアセタール化がおこる。

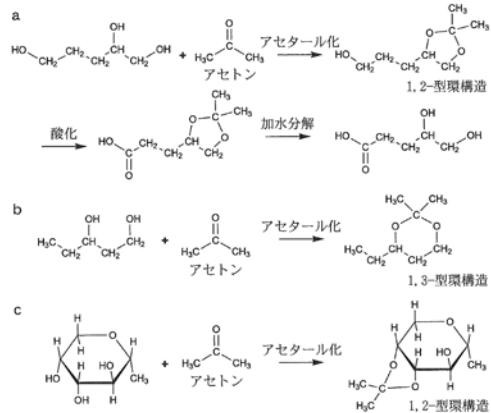


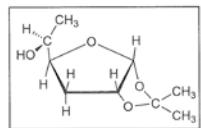
図5 アセタール化によるヒドロキシ基の保護の例

図4の五員環構造をとったL-ソルボースがアセトンと反応すると、分子内の5箇所のヒドロキシ基のうち、□Iと□IIに結合したものは1,2-型環構造として「保護」され、□IIIと□IVに結合したものは1,3-型環構造として「保護」された。この状態で残された CH_2OH 基を酸化し、その後に加水分解を行ったところ、2-ケト-L-グロン酸(図3)が合成できた。

(i) 上記の文章の□I～□IVにあてはまる炭素を、図3を参照して、C1～C6から選べ。

(ii) 単糖類の化学反応に興味を持った大学生のAさんは、D-グルコースをアセトンと反応させ、得られた化合物の構造を解析した。その結果、D-グルコースは、水溶液中の存在比が非常に小さい五員環構造をとってアセトンと反応したことがわかった。また、その反応により得られた化合物には2つの1,2-型環構造が含まれることが判明した。Aさんが得た化合物の構造を、下記の記入例にならって示せ。不齊炭素がある場合は、その立体構造がわかるようにすること。

構造式の記入例：

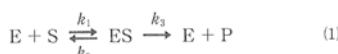


問3 下線部③について、L-アスコルビン酸合成の最終段階では、2-ケト-L-グロノ酸から水分子がとれて縮合がおこり、環状エステルであるL-アスコルビン酸(図3)が得られた。どれた水分子に含まれている酸素原子が結合していた炭素はどれか。図3を参照して、C1～C6から選べ。

京都大

出題例19

タンパク質には酵素(E)として働くものがあり、生体内で様々な反応の触媒として機能する。酵素には触媒としての作用を示す活性部位があり、ここに基質(S)を取り込んで酵素-基質複合体(ES)を形成する。ここから反応が進行して生成物(P)を与えて、酵素(E)が再生する。また酵素-基質複合体から酵素と基質に戻る反応も起こる。これらの反応をまとめて式(1)のように表すことができる。



ここで、 k_1 [L/(mol·s)]、 k_2 [s]、 k_3 [s]は式(1)に示した矢印に対応する各反応の反応速度定数である。酵素反応が式(1)に示したような経路で進行し、ESの生成と分解の速度がつり合いの状態にあった。このとき、反応速度 V [mol/(L·s)]は式(2)で表すことができる。

$$V = \frac{k_3 [E]_T [S]}{K_M + [S]} \quad (2)$$

$$\text{ただし, } K_M = \frac{k_2 + k_3}{k_1}$$

ここで、 $[E]_T$ は反応に用いた酵素の全濃度であり、 $[S]$ は基質の濃度である。

キモトリプシンはアミド結合の加水分解の触媒として作用する加水分解酵素の一種であり、式(1)に従って酵素反応を起こす代表的なものである。

問5 k_1 、 k_2 、 k_3 、および $[E]_T$ が変化せず一定の値をとるととき、酵素反応の最大速度 V_{\max} を表す式を式(2)より導き答えなさい。

問6 アミド結合を持つある化合物(基質 S_1)を、キモトリプシンと反応させた場合、反応速度定数は、 $k_1 = 5.05 \times 10^8$ L/(mol·s)、 $k_2 = 1000/s$ 、 $k_3 = 10/s$ である。このとき、 K_M の値を単位も含めて答えなさい。

問7 キモトリプシンの全濃度($[E]_T$)を 1.0×10^{-6} mol/L で一定にし、基質 S_1 との反応を測定した。この時の酵素反応の最大速度 V_{\max} を計算し、解答欄のグラフ中、基質濃度 $0 \sim 20 \times 10^{-6}$ mol/L の範囲に対し破線(---)による直線で示しなさい。

また、基質濃度($[S_1]$)を $0 \sim 20 \times 10^{-6}$ mol/L の範囲で変化させた場合、この酵素反応の反応速度 V が $[S_1]$ に対してどのように変化するかを、解答欄のグラフ中に実線(—)で示しなさい。

神戸大

出題例20

(3) 学習のポイント (指導におけるポイント)

全体としては、出題傾向の変化はみられなかったので、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。

教科書の「発展」の指導を精査する

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、マルコフニコフ則、アミノ酸の電離平衡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。

基本～標準レベルの問題を確実に得点させる

入試問題の大部分は基本～標準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。

化学用語や現象を説明できるようにさせる

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、試験の直前期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、高卒生の幅広いレベルの講座を担当し、教材では数多くのテキスト作成を担当する。また、全統共通テスト模試の作成チーフを務め、阪大入試オープン、神大入試オープンなどの作成メンバーも担当する。

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）

編集協力：「化学の新体系問題集 発展編」（啓林館）

大学入試 生物

学校法人 河合塾
生物科講師 神原 隆人

1 センター試験「生物基礎」

(1) 総括

「生物基礎」のセンター試験は、大問3題、設問数16問、マーク数23個であった。平均点は32.1点（50点満点）で、昨年度より1.1点高くなった。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3049名、平均点35.6点）の結果では、正答率が80%以上の「易しい」問題の割合は、昨年度が約24%であったのに対し、今年度は約48%と大幅に増加した。また、正答率が50%以下の「難しい」問題が昨年度は3問（マーク3個）みられたが、今年度は1問もみられなかった。これらのことから、全体の難易度は昨年度よりやや易化したと言える。

設問16問のうち、知識問題が12問、考察問題が3問、計算問題が1問であった。教科書に記載されている基本的な知識を問う問題が中心であるが、教科書の本文ではなく、「参考」や「コラム」として記載されている内容に関する出題が目立った。昨年度と同じく計算問題が1問出題されたが、考察問題の割合はやや減少した。また、大学入学共通テストを意識した問題としては、第1問で会話形式の問題が出題されたが、昨年度出題された仮説を検証するために必要な実験を選ぶような問題は出題されなかった。

なお、以下に示す正答率は河合塾の答案再現データの結果である。

(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18点）

Aは細胞小器官と細胞の構成成分に関する知識問題およびミクロメーターに関する計算問題、BはDNAの複製・転写・翻訳に関する知識問題および肺炎双球菌の形質転換に関する知識問題であった。大学入学共通テスト

の試行調査で出題された問題と同様に、Aのリード文が会話文で（出題例1）、その会話内容に関連する内容について問う形式の問題であった。第1問全体の平均得点率は約80%（現役生 約79%，卒業生 約83%）であった。

問1 真核細胞の細胞小器官に関する記述として誤っているものを選ぶ基本的な知識問題であるが、全体の正答率は約72%で、誤答では②と④が多かった。

問2 ミクロメーターを用いてミトコンドリアの長さを求める基本的な知識問題である。通常の問題では、「接眼ミクロメーターの○目盛りと対物ミクロメーターの△目盛りが一致していた」のように、一致した目盛り数が示されるが、本問では「接眼ミクロメーターの20目盛りが対物ミクロメーターの50 μm に相当している」となっており、大学入試ではあまり見かけない形式であった。全体の正答率は約84%と高かった。

問3 動物細胞の構成成分に関する知識問題である。細胞の構成成分については、一部の教科書にしか記載されていないが、全体の正答率は約79%と高めだった。

問4 Bのリード文と問4の文章には「生物基礎」で学習しない内容に関する記載がみられるが、「セントラルドグマ」、「複製」、「転写」、「翻訳」の用語の意味が理解できていれば解答できる知識問題であった。全体の正答率は高く、ア、イ、ウ、エがそれぞれ約96%，約92%，約91%，約87%であった。

問5 DNAの1本のヌクレオチド鎖の塩基配列に相補的な「DNAの塩基配列」と「RNAの塩基配列」を選ぶ基本的な知識問題である。「DNAの塩基配列」の正答率は、卒業生（約98%）と現役生（約97%）の間で大きな差はみられず、ともに高かったが、「RNAの塩基配列」の正答率は、卒業生が約91%であるのに対し、現役生は約80%と低かった。

問6 肺炎双球菌の形質転換に関する基本的な知識問題である。全体の正答率は約77%であり、誤答では⑤が多かった。

A 次の文章は、細胞の特徴を探究する活動の一環として、ある動物細胞を光学顕微鏡で観察しているホタルとヒカルの二人の会話である。

ホタル：色素を利用して(a)細胞小器官を染めて観察すると、実はミトコンドリアにもいろいろな形や大きさのものが見えるね。この細長いミトコンドリアのサイズはどのくらいだろう。

ヒカル：今使っている対物レンズと接眼レンズの組合せだと、(b)接眼ミクロメーターの20目盛りが対物ミクロメーターの50 μm に相当しているね。細長いミトコンドリアは接眼ミクロメーターの2目盛りだけだ、これはどのくらいの長さになるのかな。

二人は様々な細胞小器官を観察し続けた。

ホタル：拡大しても、細胞小器官の間は何もないよう見えるけど、実際にはどうなっているんだろう。教科書の細胞の模式図でも、細胞小器官の間は何も描かれていないことが多いよね。水で満たされているのかな。

ヒカル：水だけではないはずだよ。私たちの観察条件では見えないだけで、エネルギー物質や(c)細胞を構成する様々な成分が含まれているはずだよ。

ホタル：きっと様々な化学反応が起きているんじゃないかな。細胞って、なんだかすごいね。

出題例1

第2問 生物の体内環境の維持（配点16点）

Aは魚類の体液濃度とその調節に関する知識問題および考察問題、Bは免疫に関する知識問題および実験考察問題であった。第2問全体の平均得点率は、大問3問中最も低く、約60%（現役生 約57%，卒業生 約71%）であった。

問1 淡水魚と海水魚における「体液の塩類濃度」と「尿の塩類濃度」の比較から、淡水魚と海水魚における「尿の塩類濃度」の高低を考える問題である（啓林館教科書p.119）。この内容は「参考」や「コラム」として記載している教科書が多く、全体の正答率は約57%と低かった。

問2 淡水魚と海水魚の鰓にある塩類細胞における塩類の輸送に関する知識問題である。この内容も「参考」や「コラム」として記載されている教科書が多く、全体の正答率は約54%と低かった。

問3 図1から淡水魚のコイと海水魚のカレイが長期間生存できる塩類濃度を読み取る考察問題である。全体の正答率は約65%であり、約21%の受験生がコイとカレイを逆にした誤答の②を選んでいた。

問4 細胞性免疫のしくみに関する知識問題である。全体の正答率は約63%とやや低く、誤答では④と⑦が多くあった。

問5 実験の結果に基づいて考察する問題（出題例2）である。図3から、抗体産生細胞が分化するために必要な培養条件を読み取る考察問題で、全体の正答率は約61%とやや低く、誤答では②と③が多かった。

問5 下線部(c)に関する、抗体の産生に至る免疫細胞間の相互作用を調べるために、実験1を行った。実験1の結果の説明として最も適当なものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。 15

実験1 マウスからリンパ球を採取し、その一部をB細胞およびB細胞を除いたリンパ球に分離した。これらと抗原と共に図3の培養の条件のように組み合わせて、それぞれに抗原提示細胞（抗原の情報をリンパ球に提供する細胞）を加えた後、含まれるリンパ球の数が同じになるようにして、培養した。4日後に細胞を回収し、抗原に結合する抗体を産生している細胞の数を数えたところ、図3の結果が得られた。

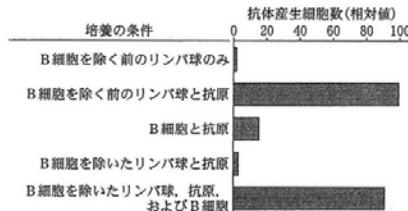


図 3

- ① B細胞は、抗原が存在しなくても抗体産生細胞に分化する。
- ② B細胞の抗体産生細胞への分化には、B細胞以外のリンパ球は関与しない。
- ③ B細胞を除いたリンパ球には、抗体産生細胞に分化する細胞が含まれる。
- ④ B細胞を除いたリンパ球には、B細胞を抗体産生細胞に分化させる細胞が含まれる。
- ⑤ B細胞を除いたリンパ球には、B細胞が抗体産生細胞に分化するのを妨げる細胞が含まれる。

出題例2

第3問 生物の多様性と生態系（配点16点）

Aはバイオームに関する知識問題および生態系における炭素とエネルギーの移動に関する知識問題、Bは温室効果ガスに関する知識問題および二酸化炭素濃度の変動に関する考察問題であった。第3問全体の平均得点率は約72%（現役生 約71%，卒業生 約78%）であった。なお、問4と問5については、現役生で約15%，卒業生で約13%の受験生が無解答であった。「生物基礎」全体の問題の量とレベルから考えて、時間不足で解答できなかったとは考えにくいので、問3が最後の問題であると勘違いして、問4以降の問題を解答しなかった受験生がいたのかもしれない。

問1 ステップ、硬葉樹林、雨緑樹林の各バイオームにおける代表的な生産者を選ぶ基本的な知識問題で、正答率はそれぞれ約74%，約81%，約65%であった。正答率がやや低かった雨緑樹林では、約15%の受験生が誤答の⑧ヒルギ類を選んでいた。

問2 図の矢印の方向と選択肢から「ある主要な元素」が炭素であると判断する必要があったが、全体の正答率は約82%と高かった。

問3 生態系におけるエネルギーの移動に関する基本的な知識問題であり、全体の正答率は約81%と高かった。

問4 二酸化炭素以外の温室効果ガスを選ぶ基本的な知識問題であり、全体の正答率は高かったが、⑦メタン（約81%）に比べて⑥フロン（約75%）の正答率がやや低かった。

問5 サトシはそれぞれ図2と図3から読み取る問題、スは冷温帯の綾里には冬季に落葉する落葉広葉樹が分布し、亜熱帯の与那国島には常緑広葉樹が分布するという知識に基づいて考察する問題である。全体の正答率は約67%とやや低く、誤答では④が多かった。

(3) 学習対策（指導上のポイント）

「生物基礎」のセンター試験は、知識問題を中心であるので、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。そして、今年度「参考」や「コラム」として記載されている内容に関する出題が多かったように、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。このため、教科書の本文だけでなく、「図・表」、「参考」、「コラム」、「欄外」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。）

2018年度以前の「生物基礎」のセンター試験では、設問16問中、考察問題は1問出題される程度であったが、昨年度は4問、今年度は3問出題されており、考察問題の割合が高くなっている。そして、実験結果に基づいて考察する問題など、これまでの考察問題よりも十分に考えさせる問題になってきている。さらに、昨年度出題された仮説の検証に関する問題など、大学入学共通テストを意識した問題が出題されており、対策が必要となる。このためには、やはり、教科書に記載されている「観察・実験」や「探究活動」などをもとに、実際に生徒に仮説の設定や実験計画の立案を行わせ、それに対して的確な指導を行うようにしたい。3年生になってからでは時間的に難しいので、1・2年生の段階で行うようにしたい。次に、考察問題については、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わせ、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を養わせるようにしたい。生徒の中には、問題集の考察問題に取り組むときに、あまり考えずにすぐに答えを見てしまい、その結論となる考察すべき内容を覚えてしまおうとする者がいる。そうさせないためにも、単に問題集の考察問題を自学自習させるのではなく、その問題を用いて、データの読み取り方や解釈のし

かたなどを的確に指導するようにしたい。

また、計算問題も、1問ではあるが毎年出題されているので、まず、過去の「生物基礎」センター試験の本試と追試の計算問題を演習させるとともに、DNA・遺伝子、細胞周期、酸素解離曲線、腎臓における濃縮率・再吸収率、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、問題集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。

2

センター試験「生物」

(1) 総括

「生物」のセンター試験は、大問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）、マーク数34または35であった。昨年度に比べて、図や表の数は減少したが、問題のページ数、小問数、マーク数、総選択肢数がいずれも増加したため、全体の分量は昨年度と変わらなかった。平均点は57.6点で、昨年度より5.3点低くなった。

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、各分野から幅広く出題された。選択問題の第6問と第7問は、第6問が「生命現象と物質」と「生物の環境応答」の分野から、第7問が「進化と系統」の分野からの出題であり、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4割、知識を要する考察問題がおよそ4割、考察問題がおよそ2割で、昨年度に比べて考察問題の割合が減少し、教科書レベルの標準的な知識問題の割合が増加した。また、選択肢の数が6個以上ある問題の数が大幅に増加した（昨年度はマーク数が13または14個→今年度は26または27個）。このため、設問自体の難易度は昨年度から難化したわけではないが、平均点は低下した。なお、以下に示す正答率などは河合塾の答案再現データ（受験者993名、平均点67.2点）の結果である。大問ごとの平均点と平均得点率を次表に示す。

大問		配点	平均点	平均得点率
1	必答	18	10.6	58.9%
2	必答	18	11.4	63.3%
3	必答	18	14.0	77.8%
4	必答	18	14.6	81.1%
5	必答	18	9.9	55.0%
6	選択	10	6.5	65.0%
7	選択	10	6.8	68.0%

(2) 設問別分析

第1問 生命現象と物質 (配点18点)

Aは遺伝子の発現調節に関する知識問題、Bは細胞周期に関する知識問題および考察問題であった。大問の平均点は10.6点で、必答問題5題の中で2番目に低く、卒業生と現役生で平均得点率に大きな差があった（卒業生71.1%，現役生55.0%）。知識問題の配点が10点、知識を要する考察問題の配点が8点であった。問1・2はラクトースオペロン、問3は真核生物の転写に関する問題であり、正答率はそれぞれ78.8%，70.7%，83.2%であった。いずれも基本的な内容であったが、問2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91.1%，下位層23.2%）。Bの細胞周期に関する問題は、生物基礎の範囲からの出題であった（出題例3）。問4・5とともに、細胞周期に関する典型的な問題であったが、問4の正答率は19.7%と、すべての設問の中で最も低く、また、成績上位層と下位層で大きな差があった（上位層31.3%，下位層3.6%）。問5の正答率は53.6%であった。

B 動物のからだを構成する細胞（体細胞）は成長し、二つの娘細胞へと分裂する。この一連の過程で、複製された染色体は等しく分配される。細胞は、「DNAの複製を行う時期」、「DNAの複製完了から分裂開始までの時期」、「分裂期」、および「分裂完了からDNAの複製開始までの時期」の4つの時期を繰り返す。これを細胞周期という。細胞周期に関する実験1を行った。

実験1 ある動物細胞を培養し、10時間ごとに細胞密度（培養液1mLあたりの細胞数）を調べたところ、図1の結果が得られた。培養開始から50時間後に細胞を一部採取し、DNAを染色して観察したところ、凝縮した染色体をもつ細胞が10%見られた。

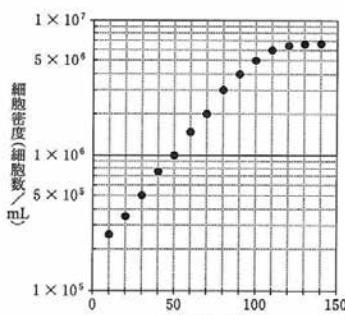


図 1

問4 実験1で観察した細胞の細胞周期の中で、「分裂期」に要する時間として最も適当なものを、次の①～⑦のうちから一つ選べ。 4 時間

- ① 1 ② 2 ③ 5 ④ 10
⑤ 20 ⑥ 50 ⑦ 100

問5 実験1に関して、図1の培養開始から50時間後の細胞の集団における細胞あたりのDNA量を調べたところ、図2の結果が得られた。下の文章中のキ～ケに入る記号の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑨のうちから一つ選べ。 5

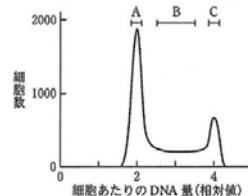


図 2

細胞あたりのDNA量が、A、B、およびCの範囲において、キの範囲にある細胞は、「DNAの複製を行う時期」の細胞である。クの範囲にある細胞は、「DNAの複製完了から分裂開始までの時期」または「分裂期」の細胞である。ケの範囲にある細胞は、「分裂完了からDNAの複製開始までの時期」の細胞である。

	キ	ク	ケ
①	A	B	C
②	A	C	B
③	A	BとC	C
④	B	A	C
⑤	B	C	A
⑥	B	AとC	C
⑦	C	A	B
⑧	C	B	A
⑨	C	AとB	B

出題例3

第2問 生殖と発生 (配点18点)

Aはホヤの発生に関する知識問題および考察問題、Bはアサガオの花の形成と減数分裂に関する考察問題で、大問の平均点は11.4点であった。知識問題の配点が3点、知識を要する考察問題の配点が12点、考察問題の配点が3点であった。問1・2・3の正答率はそれぞれ60.0%，56.7%，56.7%であった。問2は、母性因子のはたらきを確認するために必要な実験を考えさせる、大学入学共通テストを意識した問題（出題例4）であり、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72.3%，下位層23.9%）。問4は模式図から花器官のどれが形成されたかが読み取れれば、教科書の知識をもとに解ける問題で、正答率は85.4%と75.3%であった。問5は染色体の乗換えと減数分裂における細胞あたりのDNA量の変化に関する知識問題である。正答率は低く47.1%で、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68.7%，下位層8.7%）。

(問題一部省略)

あるホヤの未受精卵は、図1のように4種類の小さな卵のような小片(以後、卵片とよぶ)に分離することができる。これらの卵片は互いに異なる色をもち、(a)それぞれ赤卵片、黒卵片、茶卵片、および白卵片として区別できる。これらの卵片の特徴を調べたところ、核は赤卵片にのみ含まれていた。また、RNAやタンパク質の量は各卵片間で差はみられなかったが、含まれる物質はそれぞれ異なっており、(b)これらの物質のなかには細胞の発生運命に関わるものもあった。

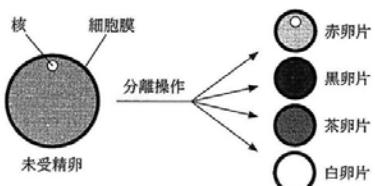


図 1

問 2 下線部(a)に関連して、これらの卵片を用いた一連の実験から、黒卵片のみに筋肉細胞への分化を決定づける能力があることが推論できた。次の実験結果①～⑩のうち、この推論を合理的に導くために必要不可欠な実験結果の組合せとして最も適なものと、下の①～⑩のうちから一つ選べ。 [2]

- ① 赤卵片のみが、精子をかけると胚になり、表皮細胞ではたらく遺伝子を核内に含んでいた。
- ② 赤卵片のみが、精子をかけると胚になり、表皮細胞のみが分化した。
- ③ 赤卵片と黒卵片を融合してから精子をかけると、表皮細胞と筋肉細胞を含む胚になった。
- ④ 赤卵片と茶卵片、または赤卵片と白卵片を融合してから精子をかけると、いずれの場合でも表皮細胞のみを含む胚になった。
- ⑤ 茶卵片と黒卵片、または白卵片と黒卵片を融合してから精子をかけても、筋肉細胞を含む胚にはならなかった。

- | | |
|-----------|--------------|
| ① ②, ③ | ② ③, ④, ⑦ |
| ③ ④, ⑤, ⑥ | ④ ⑤, ⑥, ⑦, ⑧ |
| ⑤ ⑥, ⑦ | ⑥ ⑦, ⑧ |
| ⑦ ⑧, ⑨ | ⑧ ⑨, ⑩ |

出題例4

第3問 生物の環境応答 (配点18点)

Aは動物の反応と行動に関する知識問題および考察問題、Bは植物の環境応答に関する知識問題および考察問題であった。大問の平均点は14.0点で、必答問題5題の中で2番目に高く、卒業生と現役生での平均得点率の差は比較的小さかった。知識問題の配点が9点、考察問題の配点が9点であった。問1・2・3の正答率はそれぞれ69.7%, 73.7%, 75.0%で、問3では、雄が羽ばたきをする場合に性フェロモンを感じできていることに着目する必要がある。問4・5の正答率はそれぞれ93.9%, 86.4%で、変異体Cがアブシン酸を受容できず、変異体Dがアブシン酸を合成できないことを文章や実験データから読み取る必要がある。問4の正答率はすべての設問の中で最も高かった。問6は種子の発芽に関する知識問題で、正答率は68.4%であった。基本的な知識問題

であるが、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 84.9%，下位層 31.2%）。

第4問 生態と環境 (配点18点)

Aは個体群や生態系などに関する知識問題および考察問題、Bは物質生産に関する知識問題および植物の成長能力と被食防御を題材とした考察問題であった。大問の平均点は14.6点で、必答問題5題の中で最も高く、卒業生と現役生での平均得点率の差は比較的小さかった。知識問題の配点が11点、知識を要する考察問題の配点が3点、考察問題の配点が4点であった。問1は、最近マスコミなどにも取り上げられているヒアリを題材とした問題であり、ヒアリとアブラムシとワタ（綿花）の種間関係に関する知識問題と考察問題である。正答率は92.0%で、すべての設問の中で3番目に高かった。問2・3の正答率はそれぞれ86.4%, 86.3%であった。問4は被食量と純生産量の関係に関する知識問題で、正答率は68.5%であった。基本的な知識問題であるが、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 88.8%，下位層 20.3%）。問5は実験結果をもとに考察する問題であるが、与えられた文章に沿って考えれば解答しやすい設問であり、正答率も比較的高く、それぞれ70.2%, 92.5%, 91.1%, 86.4%であった。

第5問 生物の進化と系統 (配点18点)

Aは進化のしくみに関する知識問題および考察問題、Bは植物の系統に関する知識問題および考察問題であった。大問の平均点は9.9点で、必答問題5題の中で最も低く、卒業生と現役生での正答率の差は比較的小さかった。知識問題の配点が5点、知識を要する考察問題の配点が13点であった。問1・2の正答率はそれぞれ54.9%, 75.2%であった。問3は、塩基置換の速度から個体の生存や繁殖に有害な遺伝子を考察する問題（出題例5）である。

正答率は32.8%で、すべての設問の中で2番目に低かった。問4は植物の系統に関する知識問題である。正答率は89.2%で、卒業生よりも現役生のほうが高かった（卒業生 89.1%，現役生 89.3%）。問5は系統樹から地層が形成された年代を考察させる問題であったが、正答率は39.8%で、すべての設問の中で3番目に低かった。

問3 下線部(b)に関連して、遺伝子に生じた塩基置換はアミノ酸配列の変化を起こすもの(以後、非同義置換とよぶ)と、起こさないもの(以後、同義置換とよぶ)に分類することができる。ある遺伝子X~Zについて、それぞれの塩基配列を様々な動物種の間で比較し、非同義置換の率と同義置換の率を計算した結果を、表1に示した。表1のデータに基づき、遺伝子X~Zについて、突然変異が起きた場合に個体の生存や繁殖に有害な作用が起きる確率の大小関係として最も適当なものを、下の①~⑥のうちから一つ選べ。

3

表 1

1 塩基あたり 100 万年あたりの塩基置換の率		
	非同義置換	同義置換
遺伝子 X	0.0	6.4×10^{-3}
遺伝子 Y	1.8×10^{-3}	4.3×10^{-3}
遺伝子 Z	0.6×10^{-3}	3.9×10^{-3}

- ① X < Y < Z ② X < Z < Y ③ Y < X < Z
④ Y < Z < X ⑤ Z < X < Y ⑥ Z < Y < X

出題例5

第6問 生命現象と物質・生物の環境応答（配点10点）

植物の酵素を題材とした、細胞内輸送、遺伝子および植物の環境応答に関する考察問題であった。すべての設問が知識を要する考察問題である。大問の平均点は6.5点で、選択問題2題の中では低いほうであり、卒業生と現役生で平均得点率に大きな差があった(卒業生73.0%、現役生61.0%)。河合塾の再現データでは993人中248人が第6問を選択していた。問1の正答率は73.8%であった。問2は、与えられた塩基配列と問題中のアミノ酸数の情報から、mRNAをもとに合成されるタンパク質のアミノ酸数を判断する問題である。正答率は64.9%で、成績上位層と下位層に大きな差があった(上位層81.8%、下位層21.1%)。問3は、植物の光受容体の知識をもとに、光による選択的スプライシングの調節について考える問題である。正答率は56.5%で、卒業生と現役生で大きな差があった(卒業生67.1%、現役生50.9%)。

第7問 生物の進化と系統（配点10点）

進化の過程における生物の陸上進出に関する知識問題および考察問題であった。知識問題の配点が7点、知識を要する考察問題の配点が3点であった。大問の平均点は6.8点で、選択問題2題の中では高いほうであり、卒業生と現役生での平均得点率の差は比較的小さかった。河合塾の再現データでは993人中739人が第7問を選択していた。問1の正答率は59.5%であった。問2の正答率は61.2%と82.9%であった。問3は、陸上植物と藻類がもつ光合成色素をもとにして、これらの系統関係を考察する問題である。陸上植物がもつ光合成色素の知識の

みで解答することができ、正答率は71.0%であった。

(3) 学習対策（指導上のポイント）

センター試験の知識問題で問われる知識は、教科書に記載されている内容に限られるが、単に用語を問う形式の問題は少なく、文章選択肢で、その正誤を判定する形式のものが多い。したがって、単なる用語の丸暗記だけではほとんど対応できない。対策としては、まず、教科書の内容や用語の意味を正しく理解させることを徹底させたい。さらに、他の事項との関連性なども理解させ、そのもとで実際の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、知識として定着させるようにしたい。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。

昨年度に比べて今年度は考察問題の割合が減少したが、大学入学共通テストを意識した、実験を考えさせる問題が出題されているので、この対策が必要である。実際に仮説を設定させたり、実験計画を立案させるのは2年生の段階で行わせるようにし、3年生になってからは、やはり問題演習を中心に行わせたい。センター試験の過去問やセンター試験向けの問題集あるいは国公立二次・私大の入試問題を利用して、与えられた文章と実験データから情報を正確に読み取り、どのデータを比較すればよいのかを考えさせる練習を十分に行わせるようにしたい。この際、生徒に自学自習させるのではなく、その問題を用いて、データの読み取り方や解釈のしかたなどを的確に指導するようにしたい。

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力と、グラフや表のデータなどを解釈する考察力が要求される。このような力を身につけるためには、やはり早い段階から計画的に学習を進めさせるように指導したい。

3 一般入試（国公立二次・私大入試）

(1) 全体の傾向

今年度の国公立二次・私大入試の難易度は、昨年度と比べて、東北大、神戸大、岡山大、広島大、九州大などでは難化し、北海道大、筑波大、千葉大、東京医歯大、静岡大、浜松医大、岐阜大、京都大、大阪市立大、東京

慈恵会医大、同志社大、関西大、関西学院大などでは変化がなかったが、東京大、横浜市立大、名古屋大、名古屋市立大、大阪大、慶應義塾大（医）、早稲田大（理工）、立命館大などでは易化した。このように、今年度は、昨年度と比べて易化した大学が多くみられた。また、今年度の入試の全般的特徴として、例年に比べて考察問題の割合が減少し、知識問題の割合が増加した。これは、東京大、名古屋大、慶應義塾大（医）、早稲田大（理工）などの難関大でもみられた。

出題内容については、目新しい内容の出題は少なく、これまで多くの大学で出題されてきた典型的な問題や標準レベルの問題が多くみられた。現行の教育課程の入試となって今年度で6年目を迎えており、昨年度あたりから出題の内容が落ち着いてきていると言える。

出題分野は、「遺伝子」が最も多くみられ、ここ数年この傾向が続いている。今年度については、多く出題されているものの、昨年度よりは若干減少した。また、「免疫」や「恒常性」などの「生物基礎」の分野の出題が昨年度に続き、今年度も多くみられた。反対に、「膜タンパク質・細胞骨格」の内容や「アメラシの慣れ」は、一昨年度以前に非常によく出題されていたが、昨年度から出題は減少した。特に「慣れ」の問題は今年度はほとんど出題されておらず、全国の大学で一通り出題されつくした感じである。一方、「遺伝」については、昨年度は大問1題すべて「遺伝」の問題がいくつかの大学で出題されたが、今年度は他の分野の大問中に小設問が1問程度含まれているものが主流であり、また一昨年度以前の形式に戻った。

（2）2020年度で注目される出題項目

「遺伝子」の分野は、昨年度までは遺伝子発現の調節の内容がよく出題されていたが、今年度は転写・翻訳や遺伝子組換えの内容を扱った問題（出題例6）が多くみられた。

遺伝子組換え技術を用いると、様々な生物種に由来する遺伝子産物を大腸菌で発現させることができる。ここでは、サンゴ由来の蛍光タンパク質Xを大腸菌で発現させる実験を行った。以下がその手順である。

まず、生きたサンゴからRNAの精製を行った。次に、^①逆転写酵素を用いて伝令RNA(mRNA)に相補的なDNA(cDNA)を合成した。なお、逆転写反応の際に^②チミン(T)塩基が20個並んだ1本鎖DNAをプライマーとして用いることで、mRNAを選択的に逆転写した。次に、このcDNAを鉄型として^③ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)法を用いて、X遺伝子のcDNA断片を増幅した。PCR産物の両端を制限酵素EcoRIで切断し、DNAリガーゼを使ってプラスミドベクターのEcoRI切断部位に挿入したのち、大腸菌に導入した。プラスミドが導入されて生えてきた大腸菌コロニーのうち5つのクローン(a~e)について、液体培地で培養し、プラスミドを精製した。^④それを制限酵素EcoRIもしくはHindIIIで切断し、電気泳動を行うことで、切断パターンを確認した。また、紫外線を照射すると、a~eの大腸菌クローンの中には、螢光を発するものがあるのを確認できた。

問6. 下線部④について、a~eの大腸菌クローンから得られたプラスミドについて、GAATTCの塩基配列を認識して切断する制限酵素EcoRIもしくはAAGCTTの塩基配列を認識して切断する制限酵素HindIIIで処理し、電気泳動を行った。

図1に示すように、PCR産物を挿入するのに用いたプラスミドベクター(全長2900塩基対)は、EcoRIで処理するとプロモーターの直下(ただし転写の向きは図中の矢印方向とする)で1箇所切断され、HindIIIで処理するとプロモーターの100塩基対下流で1箇所切断される。PCR産物は、問4で説明したように、両端のみがEcoRIで切断できるようになっている。また、X遺伝子のmRNA配列には、開始コドンから500塩基下流(3'側)に1箇所AAGCUUの配列がある。

図2に、a~eの大腸菌クローンから精製したプラスミドの切断後の電気泳動の結果を示す。DNA断片は電気泳動によってサイズごとに分離され、螢光試薬で可視化されている。サイズマーカー(500, 1000, 2000, 3000, 5000塩基対)の位置を参考にして、それぞれのDNA断片のおよその長さを知ることができる。螢光タンパク質Xの螢光が確認できたのはa~eの大腸菌クローンのどれであろうか。可能性のあるものをすべて答えなさい。

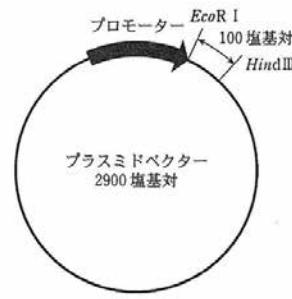


図1

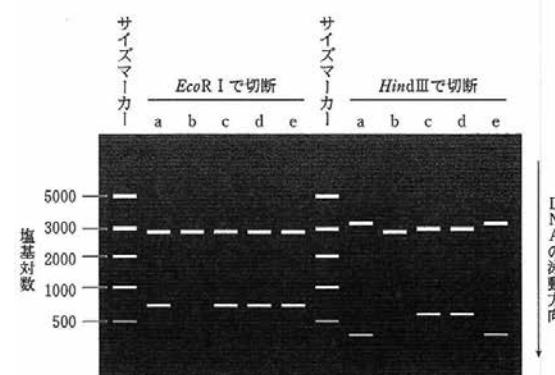


図2

九州大

出題例6

「発生」の分野については、母性効果因子や背腹軸の決定などの、現行過程になって扱われるようになった内容は、これまであまり出題されておらず、どのように出題されるかが注目されていた。今年度、東北大でホメオティック遺伝子の内容とともに出題された(出題例7)。

(I) カエルの背腹軸は、精子の進入位置によって決まる。受精で精子が卵細胞内に入ると、その中心体から微小管が、表層の直下を伸びて植物極に達し、さらに動物極に向かって伸びる。このとき微小管の伸長とともに、動物極と植物極を結ぶ軸に対して表層が約30度回転する。これが表層回転である。これにともない、微小管をつたって、卵の植物極側に局在するディシェベルドタンパク質と呼ばれる母性因子が、将来の背側で灰色三日月環ができる領域に移動する(図1B)。これとは別の母性因子で β カテニンと呼ばれるタンパク質は、未受精卵では卵全体に存在するが、表層回転の後に将来背側となる領域の細胞質に蓄積される(図1D)。卵割が進むと、背側の細胞質に蓄積された β カテニンは核に移動し、調節タンパク質としてはたらくようになる。そして背側に特徴的なさまざまな遺伝子の発現を促す。

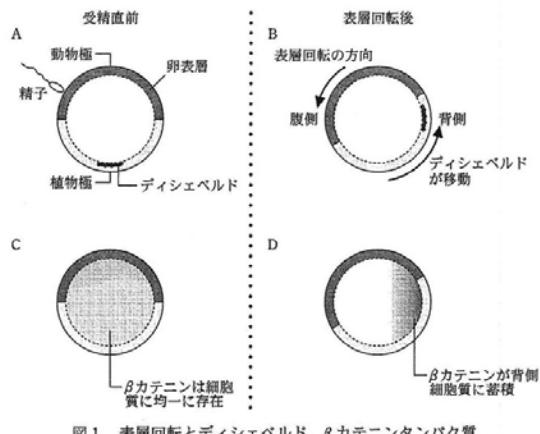


図1 表層回転とディシェベルド, β カテニンタンパク質

問(I) 受精卵に紫外線を照射することによって、微小管の伸長を阻害することができる。この実験の結果どのようなことが起こるか、以下の①~⑦から正しいものを選び、起こる順番に左から並べて記せ。なお β カテニンタンパク質は合成されては分解されるため、ほぼ一定の量で未受精卵の細胞質に存在しているとする。またディシェベルドには β カテニンの分解を抑える働きがある。

- ① 表層回転が起こらなくなるが、灰色三日月環は形成される。
- ② 背側に特徴的な遺伝子の発現が起きず、胚全体で腹側に特徴的な遺伝子が発現する。
- ③ 背側だけで β カテニンの核への移動が起こる。
- ④ 原腸形成が起きる。
- ⑤ ディシェベルドが植物極にとどまる。
- ⑥ 背側での β カテニンの蓄積が起こらなくなる。
- ⑦ β カテニンの分解が胚全体で抑えられる。

(問題一部省略)

(IV) 動物の発生の過程では、様々な遺伝子が正しい場所で正しい時期に発現して働くことが重要である。その発現が乱れたり機能を失ったりすると発生異常がおこる。ショウジョウバエがもつ、ある1つの遺伝子が突然変異して機能を失うことによって、本来触角であるべき場所に肢が形成されたり、本来は胸部に一对しかない翅が二対形成されることがある(図5)。このような変異をホメオティック変異とよぶ。また、このような変異の原因となる遺伝子をホメオティック遺伝子とよぶ。

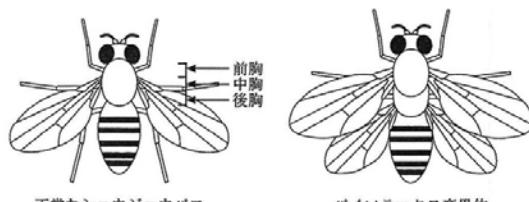


図5 正常なショウジョウバエとバイソラックス変異体

哺乳類であるマウスでも人工的にホメオティック変異をもつ個体を得ることが可能となった。例としてショウジョウバエのホメオティック遺伝子の一つである $AbdB$ と相同的なマウスの遺伝子について考える。ショウジョウバエの $AbdB$ は腹部体節で発現しており、この遺伝子に変異がおきると、腹部第5~7体節がより前側の腹部第3~4体節の性質をもつような変異がおこる。 $AbdB$ 遺伝子に相当するマウスの遺伝子は $Hoxa10$, $Hoxc10$, $Hoxd10$ の3つあり、それぞれ異なる染色体上に存在する。これらは進化の過程で染色体の重複により生じたと考えられている。ところで、マウスではこれら3つのうちのどれか1つの遺伝子に変異をおこしてその機能を失せても、椎骨の形態に劇的な変化は見られなかった。いっぽう、これら3つすべての遺伝子の機能を失ったマウスでは、腰の部分の椎骨がすべて胸部の椎骨の形態をとり、その近傍に本来は胸部にしかない肋骨のような骨が形成された。つまり腰の部分の骨を形成するべき細胞群が胸の部分の性質をもつようになる変異が観察された。

問(6) 下線部(d)の変異体はバイソラックス変異体と呼ばれる。この変異体では Ubx 遺伝子が機能を失った結果、3つある胸部体節のうちの後胸が中胸に変化して中胸がもう1対もつようになつたと考えられる。しかし、 Ubx が後胸の性質を付与する遺伝子だとしても、その機能が失われただけで Ubx が発現していた場所が中胸の性質をもつのはどうしてだろうか? じつはこれには前胸や中胸の性質を付与して翅を形成する遺伝子 $Antp$ が関わっている。図6に示した Ubx 遺伝子と $Antp$ 遺伝子の発現領域の重なり具合から、なぜ Ubx 遺伝子の機能が失われると後胸が中胸の性質を示すようになったのかを、30字以内で記せ。なお、ホメオティック遺伝子の産物は調節タンパク質であり、遺伝子の発現を促進するものもあれば抑制するものもあることを考慮せよ。

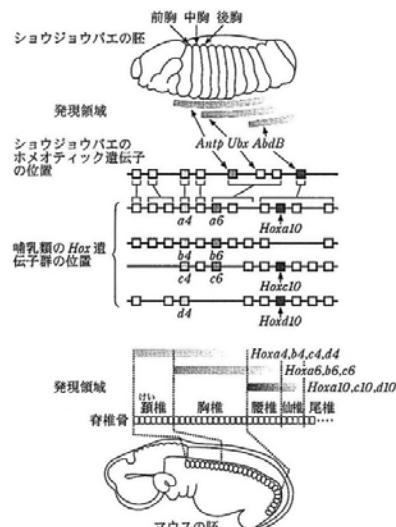


図6 ホメオティック遺伝子とその発現領域

東北大

出題例7

「遺伝」については、大問1題すべて遺伝の問題ではなく、遺伝子など他の分野に絡めて、大問中に小設問が1~2問含まれている形式(出題例8)が多かった。

ヒトやマウスなどの毛は、その根元部分の毛のもととなる細胞(毛母細胞)が増殖することで、伸長する。毛母細胞の増殖部では、色素細胞が盛んにメラニン色素をつくり、増殖した毛母細胞に供給する。メラニン色素には黒色のユーメラニンと黄色のフェオメラニンがあり、これらの色素がどれくらい含まれるかによって体毛の色が決まる。両色素はチロシンから一連の酵素反応により色素細胞で合成されるが、ユーメラニンが合成されるか、フェオメラニンが合成されるかは、色素細胞刺激ホルモン(α -MSH)のはたらきによる(図1)。

マウスでは、複数の遺伝子座が体毛の色に関係している。このうち、遺伝子座A(アグーチ遺伝子)については、野生型対立遺伝子(A)をもつマウスは濃い灰色、つまりアグーチ色になる。これは、毛の伸長とともに、黒色のユーメラニンと黄色のフェオメラニンが交互に合成され、1本1本の毛の色が黒色と黄色のまだらになっているアグーチパターンの体毛ができるためである(図2)。それに対して、劣性対立遺伝子(a)のホモ接合体(aa)のマウスはアグーチ色にならない。

この遺伝子Aからは、131個のアミノ酸できているアグーチタンパク質がつくられる。アグーチタンパク質は α -MSHのはたらきを阻害することにより、ユーメラニン合成を抑制する。 α -MSHが作用するとユーメラニンが合成されるが、アグーチタンパク質によってユーメラニン合成が抑制されているときはフェオメラニンが合成される。アグーチタンパク質が過剰につくられると、マウスの全身の体毛は黄色になる。

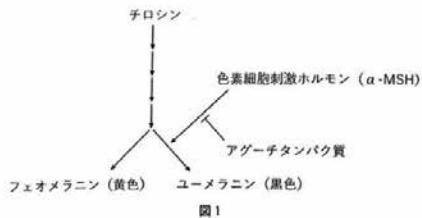


図1

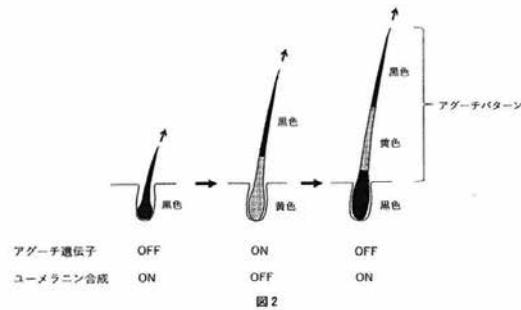


図2

問1 下線部に関する次の文章を読み、(ア)～(ウ)に最も適切な用語を入れよ。

アグーチ遺伝子の情報をもつDNAは、131個のアミノ酸から予想されるものに比べ、かなり多くの塩基対を含む。一般に、真核生物では、RNAはDNAからの転写後に不要な部分である(ア)が切除され、同時にタンパク質の遺伝情報をもつ部分である(イ)がつなぎ合わせられてmRNAとして完成する。この過程を(ウ)とよぶ。

問2 体毛の色に関係する別の遺伝子座Cについては、野生型対立遺伝子(C)をもつマウスでは色素が正常につくられ、マウスは有色になる。劣性対立遺伝子(c)のホモ接合体(cc)のマウスでは色素がつくられず、マウスは白色になる。AAccの遺伝子型のアグーチ色のマウスとaaCCの遺伝子型の白色のマウスを交配すると、雄種第1世代(F₁)はすべてアグーチ色となった。このF₁どうしを交配させると雌種第2世代(F₂)の体毛の色はどのようになるか、理由とともに答えよ。

問3 遺伝子Aの対立遺伝子の1つであるlethal yellow変異(A^l)は致死遺伝子として知られ、ホモ接合体は生まれてこない。A^lはAに対して優性であり、ヘテロ接合体のマウスは全身が黄色の体毛となる。純系のアグーチ色のマウス(AA)とA^lをもつ黄色のマウス(AA^l)とを交配すると、F₁には親と同じ2種類の体毛の色の表現型が1:1の比で現れた。

(1) F₁のアグーチ色のマウスどうしを交配すると、F₂の表現型はどのようになるか、理由とともに答えよ。

(2) F₁の黄色のマウスどうしを交配すると、F₂の表現型はどのようになるか、理由とともに答えよ。

ただし、他の遺伝子座の影響については考慮しなくてよい。

問4 α -MSHはメラニン色素の合成の調節だけでなく、摂食行動の調節にもたらいていくことが明らかになっている。 α -MSHが正常につくられているても、A^lをもつ黄色のマウス(AA^l)は、肥満になりやすいことが知られている。このことをふまえて、マウスの体毛の色と摂食行動との関係を α -MSHとアグーチタンパク質のはたらきから説明せよ。

奈良女子大

出題例8

「光合成」の分野は、例年、光合成経路や光リン酸化、C₄植物などの内容が多く出題されている。光合成色素の分離(クロマトグラフィー)については、どの教科書

にも記載されており、学校での実験実施率が高い実験であるにもかかわらず、ここ数年の入試ではあまり出題されていなかった。しかし、今年度、岡山大で出題され(出題例9)、またセンター試験でも出題されたので、来年度以降出題が増加することが予想される。

問2 光合成色素に関する次の文章を読み、下の(1)～(4)に答えよ。

褐藻類のコンブ、紅藻類のスサビノリ、緑藻類のヒトエグサを細かく刻み、鉢詰で破碎した後、ジエチルエーテルを加えて更に破碎した。それぞれの試料から得られた抽出液を薄層クロマトグラフィーで展開した。色素の移動率(Rf値)、吸収ピーク(nm)および保有する生物を表1に示した。また、色素の吸収スペクトルは図1の通りである。

表1 各種色素の性質

色素	Rf値	吸収ピーク(nm)	色素を保有する生物
クロロフィルa	0.5	429, 661	コンブ、スサビノリ、ヒトエグサ
クロロフィルb	0.45	452, 642	ヒトエグサ
クロロフィルc	0.4	446, 629	コンブ
フコキサンチン	0.47	450	コンブ、スサビノリ
カロテン	0.9	450, 475	コンブ、スサビノリ、ヒトエグサ

(問題一部省略)

(2) 図2に3つの試料の薄層クロマトグラフィーによる分離結果の模式図を示した。表1を参考に、図2の(カ)～(ク)に該当する色素の組み合わせとして正しいものを次の①～⑥から選び、番号で答えよ。

カ キ ク

- | | | |
|-----------|---------|---------|
| ① クロロフィルb | クロロフィルc | フコキサンチン |
| ② クロロフィルc | フコキサンチン | クロロフィルb |
| ③ フコキサンチン | クロロフィルb | クロロフィルc |
| ④ クロロフィルb | フコキサンチン | クロロフィルc |
| ⑤ クロロフィルc | クロロフィルb | フコキサンチン |
| ⑥ フコキサンチン | クロロフィルc | クロロフィルb |

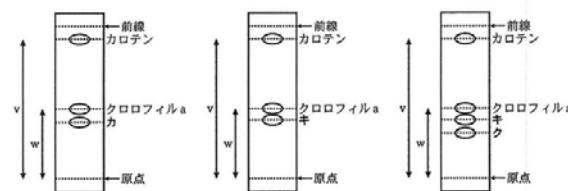


図2 薄層クロマトグラフィーによる分離結果の模式図

(3) 図2のカロテンとクロロフィルaの移動距離vとwを答えよ。ただし、原点から前線までの距離を20 cmとする。

(4) 陸上植物であるホウレンソウで同様の実験を行った時に、どの様な分離結果が得られるか。同じ結果になるのは、コンブ、スサビノリ、ヒトエグサのうちのどれか答えよ。また、予想される結果とその理由について80字以内で説明せよ。ただし、アルファベットや句読点も字数に含める。

岡山大

出題例9

「免疫」の分野では、深い知識が求められる問題や、難しい実験考察問題が出題されることが多い。筑波大で出題された、免疫チェックポイントは本庶佑が2018年ノーベル生理学・医学賞を受賞した研究の内容である(出題例10)。本問題は、問題文を読めば、その知識がな

くても解答できる。

脊椎動物は、細胞の増殖を制御しながら、生体の恒常性や各器官の機能を調節している。しかし、^(a)遺伝子変異でがん化した細胞があらわれると、この制御システムが破綻してしまう。数十年前まで、がんは治療困難な疾患と考えられていた。しかし近年、さまざまな抗がん剤の開発により、がんは根治可能な疾患となりつつある。

従来の抗がん剤は、がん細胞のみに効果があるわけではない。例えば、代表的な抗がん剤フルオロウラシルは、がん細胞のみならず、正常細胞も攻撃する。その結果、さまざまな副作用が生じる。しかし近年、がん細胞を特異的に攻撃する分子標的薬の研究が進み、副作用が弱く、かつ顕著な治療効果を示す抗がん剤が開発されてきた。中でも^(c)抗体を用いた分子標的薬は、がん治療の分野に革命的变化をもたらした。

さらに最近、免疫システムを活性化させる新しいタイプの分子標的薬にも注目が集まっている。ある種のがん細胞ではT細胞の活性化を抑制するタンパク質PD-L1が発現している。がん細胞のPD-L1がT細胞のタンパク質PD-1と結合するとT細胞の活性が抑えられ、がん細胞はT細胞からの攻撃を回避する。新しい分子標的薬は、この結合を抑制することで、免疫システムを活性化してがん細胞を攻撃する。PD-1やPD-L1などの分子は、^(d)免疫チェックポイント分子として知られ、これらを標的とした新しい抗がん剤の研究開発が進められている。

問2 下線部(b)に関し、図1はフルオロウラシルとDNAの塗基の構造を表している。フルオロウラシルは、どのように細胞を攻撃すると考えられるか、図を参考に50字以内で説明せよ。

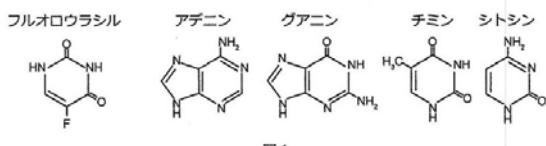


図1

問3 図2はがん細胞が増殖する際の情報伝達の経路を表している。下線部(c)が作用すると考えられる部位を図中のア～エから1つ選んで記号で記せ。また、その理由を20字以内で説明せよ。なお矢印は情報が伝達される方向を表している。

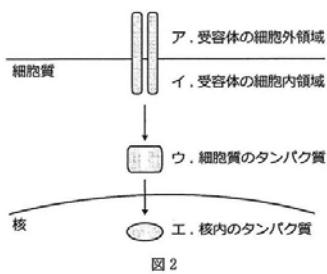


図2

問4 下線部(d)に関し、免疫チェックポイント分子は正常な細胞にも発現している。正常な細胞で発現している免疫チェックポイント分子にはどのような役割があると考えられるか、50字以内で説明せよ。

筑波大

出題例10

最も注目すべきは、入試改革の方向性を踏まえた、仮説を設定し検証する問題や、実験を計画する思考問題である。慶應義塾大（医）では、示された実験結果からその実験がどのような仮説に基づくのかを考察させる問題が出題され、東京医科歯科大では、仮説を検証するための実験方法と予想される結果を問う問題（出題例11）が出題された。昨年度あたりからこのようなタイプの

問題が出題され始め、昨年度は一昨年度よりも出題が少し増加したので、今年度はさらに増加することが予想されたが、出題は極めて少なかった。やはり、このタイプの問題は作題が難しく、また採点も難しく時間がかかるので、今後、どの程度増加していくのか注目される。

問題2 下線部①について、次の問題に答えよ。

雌ミジンコの卵母細胞期は、単為生殖周期の40時間から60時間の間である。MFによる性の決定時期が卵母細胞期であると決定するためには、下線①の条件でどのような実験を計画すればよいか、実験の方法と予想される結果について述べよ。なお実験には総数140匹のミジンコを用い、使用する水槽の数に制限はない。また実験群では、MFを含む溶媒に溶かし、その溶液を水で適切な濃度に希釈した水槽を用い、そこにミジンコを入れることでMFが作用することとする。水槽から水槽へのミジンコの移動には目の細かい網を使う。それぞれの群において、産まれたミジンコの数に差はなかったものとする。

東京医科歯科大

出題例11

(3) 学習対策（指導上のポイント）

今年度の入試は、昨年度に比べて易化した大学が多く、「遺伝子」分野を除けば、標準的で典型的な問題が多く出題され、教科書の「発展」に扱われているような高度な内容の出題は減少した。したがって、入試対策で重要なのは、やはり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。理解を伴わずに単に用語を丸暗記して、問題集の答えを覚えようとしている生徒がみられるので、基本的な内容において、理解することの重要性を指導していきたい。一方で、「遺伝子」、「発生」、「神経」の分野などにみられる高度な内容を、授業でどこまで扱うかがポイントとなる。あまり詳しく扱いすぎると、生徒は消化不良となり、費やす時間も多くなりすぎるるので、生徒の現状に合わせた指導内容の吟味が重要となる。

また、「遺伝」は現行課程の教科書で扱われている内容だけでなく、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。

そして、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から解かせて、そのうえ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のどこがどのように誤っているのか、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から、十分な対策が不可欠である。

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、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、入試の出題状況を踏まえたうえで、各分野をバランスよく扱うことが重要となるだろう。前述したように、昨年度あたりから出題の内容が落ち着いて、目新しい内容の出題は少なくなり、これまで多くの大学で出題されてきた典型的な問題や標準レベルの問題が多くみられるようになった。したがって、担当されている生徒の志望する大学の入試問題を十分に分析し、よく出題される内容や出題される問題のレベルを把握してそれを重点に指導するようにしたい。

榎原 隆人（さかきばら・たかひと）

授業では、卒業生・高3生の共通テスト対策講座からハイレベル講座まで幅広く担当する。教材では、生物基礎共通テスト試験対策テキスト（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、生物基礎の全統記述模試、および全統共通テスト模試の作成チーフを務め、各大入試オープンの作題・作成も担当している。

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）

「2020共通テスト対策問題パック生物基礎」

（河合出版・共著）

大学入試 地学

センター試験「地学基礎」

(1) 全体の傾向

今年度の大問数は昨年度よりも1つ増えて4つであった。大問構成は「固体地球、変動、地史」、「大気と海洋」、「宇宙」、「自然災害」であり、昨年度はなかった「自然災害」の出題により大問が1つ増加した。分野別配点割合は2:1:1:1(各大問の小問数は6,3,3,3)であり、これは教科書の記載分量と概ね同じである。「自然災害」の大問4は分野横断的な出題であった。

今年度も、昨年度の随筆を引用した問題文のような目を引く出題はなかったが、ハザードマップの読み取りが出題される等、全体的に図が多用されており、科学的な見方や思考を問う出題意図が感じられた。昨年度よりも全体のページ数が増加したが、これは主に図の大きさと数によるものである。計算要素は減少したが、読み取りに注意が必要な設問もあり、全体的な難度としては昨年度と同程度であった。しかし、今年度の平均点は27.03点で、昨年度から2.59点減となった。これは地学基礎初年度の2015年度(26.99点)に次いで低い点数である。

2015年度は、3文の正誤で8択の問題が複数出題されたほか、通常の選択問題も選択肢が多く、難度が高かったため、平均点が低い結果となった。出題形式として、最適解を1つ選ぶ選択問題と異なり、消去法での確認ができる正誤問題の内容と設問数は、得点率に影響しやすいことが考えられ、2016年度には選択肢は主に4択で最大6択、正誤問題では最大4択となり、2015年度よりも易化した。それ以降は同程度の出題傾向が続いており、今年度もその点は変わらなかった。今回平均点が低くなった要因としては、理解できている受験生が得点を落としやすい設問も一部あったように思われるほか、やや細かい知識が含まれる設問や、見慣れない図や表現の設問に対応しきれなかつたことなどが挙げられるだろう。基礎知識が身についていることに加え、設問の題意や状況設定をしっかりと読み取って整理することができたかがポイントであった。

麻布中学校・高等学校
地学科教諭 安原 健雄

(2) 設問別分析

第1問 (1~6)

- A : 地震と、プレートテクトニクスに関する問題。いずれも基本事項についての文の選択であったが、問2は題意の読み取りに注意が必要であった。
- B : 堆積構造と地層の新旧に関する問題と、化石と地質時代に関する問題。問3は図の印象が強いが読み取るべき情報は少なく、基本的な知識を確認する出題であった。
- C : 火山岩中の鉱物と、変成岩に関して、基礎知識を問う問題。

- A -

問1は地震についての基礎知識問題で、内容はいたってオーソドックスなものであった。おさえておくポイントとしては、地震の発生場、マグニチュードと震度の違い、初期微動継続時間と震源距離の関係に加え、緊急地震速報の仕組みである。緊急地震速報については、「観測されたP波から予測される強いS波の到着を事前に知らせるもの」と、教科書では地震災害のページで参考として掲載されている(啓林館『地学基礎』改訂版p.217)が、初期微動継続時間とあわせて学習し、仕組みを理解していることがほとんどであろう。緊急地震速報に関する問題は昨年度にも計算を伴って出題されたが、地震に関する内容は、グラフや図の読み取り、計算を伴っての出題も多くみられる。

問2はプレートテクトニクスに関する文の選択問題(出題例1)。

問2 プレートテクトニクスの考え方によって説明されることがらとして適当でないものを、次の①~④のうちから一つ選べ。 2

- ① アイスランドにはギャオと呼ばれる大地の裂け目がある。
- ② ヒマラヤ山脈やアルプス山脈のような大山脈が存在する。
- ③ 日本列島のような島弧では地震や火山の活動が活発である。
- ④ ハワイ島のようなホットスポットが形成される。

出題例1

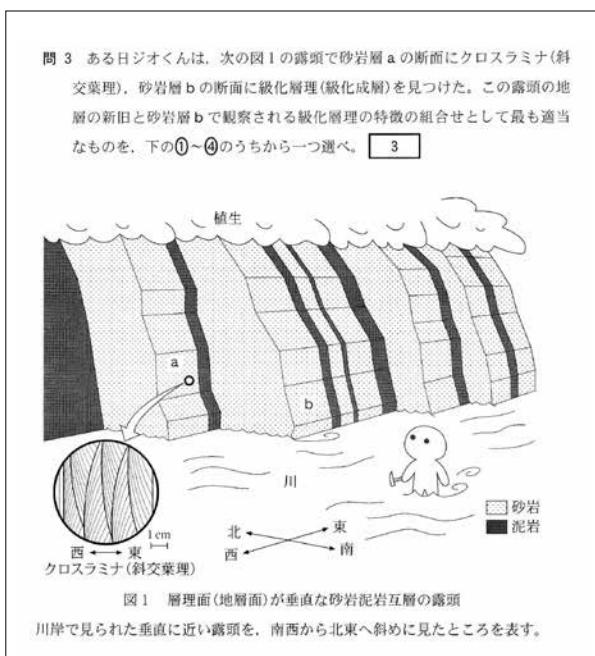
「プレートテクトニクスの考え方によって説明される

ことがら」として地形や変動などが挙げられているが、選択肢を一見して、全てが当てはまるものだと感じてしまった受験生は多かったのではないか。ここでの正答（すなわち当てはまらないもの）である④に示されている「ハワイ」と「ホットスポット」という用語は、プレートの移動に関する学習でも扱うため、昨年度を含め、これまでも火山島の配列とプレート運動に関連して出題されることが多かった。今回、④の文をしっかりと読めば、問われているのは「ホットスポットの形成について」であり、マントル深部から高温の物質が上昇して形成されるものなので、プレートの移動で説明できるものではないと判断できる。その点では、学習段階で「この用語はセットで覚えておけばよい」ということにならないよう、その仕組みまで考えることが求められた出題であったと言える。

ただし、マントル対流やプルームについて学習を深めていた受験生ほど、「プレートテクトニクスの考え方」の示す範囲に迷ってしまったかもしれない。「プレートの運動によって形成されるもの」という表現であれば、より題意を捉えやすかったのではないか。また、①～③は教科書でも示されている基本事項ではあるが（啓林館『地学基礎』改訂版p.19～21）、ギャオという地形名称を問われる出題はこれまでになく、①はやや細かい知識を求められた感がある。

- B -

問3は堆積構造と地層の新旧に関して、図の読み取りを伴う問題（出題例2）。



地層の新旧	級化層理の特徴
① 東へ向かって地層が新しくなる。	西へ向かって粒子が細くなる。
② 東へ向かって地層が新しくなる。	東へ向かって粒子が細くなる。
③ 西へ向かって地層が新しくなる。	西へ向かって粒子が細くなる。
④ 西へ向かって地層が新しくなる。	東へ向かって粒子が細くなる。

出題例2

露頭の図が示される問題では、地層の形成順序を読み解く出題が過去に繰り返しがられたが、今回の出題では、問題文の補助として、「層理面が垂直なので、地層の上下方向が東西方向となる」ことを認識しやすくするために露頭の図が使われている。図があると、そこに示された情報に意識がいってしまうかもしれないが、ここでのポイントは、クロスラミナの図からの上下判定だけである。クロスラミナについては、ラミナ（葉理）の向きから古流向を問う出題が過去に何度もみられたが、今回のようにラミナが交互に向きを変えるような図は、2008年度の地学I本試験で名称を問う問題として出題された程度である。今回は上下判定ということで、ラミナの切断関係を読み取る必要がある。図から、切っている葉理が上なので東が上であると判断でき、それにより、地層累重の法則から上ほど新しい（地層の新旧）、上である東に向かって粒子が細くなる（級化層理の特徴），という組合せを選択できる。この設問でも、ただ用語を覚えるだけでなく、視覚的な要素も含め、現象を認識していることが求められた。教科書でも写真や図を用いて説明されており（啓林館『地学基礎』改訂版p.66），章末問題にも上下判定の練習問題があるので（啓林館『地学基礎』改訂版p.82），活用して確認しておきたい。

今回は図に示された状況を把握するための説明文を読むことがさらに必要となるあたり、設問としては図が余計な情報であると感じてしまうが（「層理面が垂直」の次の行に「垂直に近い露頭」とあるのも紛らわしい），露頭の図を入れていることについては、実際の野外調査における、「観察した事象からの考察」というプロセスを意識させる意図が感じられる。なお、地学基礎では地層の姿勢についての表現に制約があるため、設定した状況を認識させるうえでは補助が必要だったという点も大きいだろう（4単位の地学であれば「走向が南北で傾斜が90°」と示せば伝わる）。

問4は化石植物と地質時代についての問題で、リンボクの繁栄、被子植物の出現、クックソニアの出現について、その時期を問われる出題であった。クックソニアとリンボクは頻出であり、昨年度や一昨年度にも選択肢の

中で出題された。また、それぞれシルル紀に出現した最初の陸上植物と石炭紀のシダ植物として、教科書にも植物名が太字で示されているため（啓林館『地学基礎』改訂版p.92），植物名と地質時代（紀）名をセットで認識できている受験生も多いだろう。さらに細かい年代値まで覚えていることを要求されているのかというと、設問の意図としてはそうではないだろう。選択肢が年代値を問うものではなく、時間軸における位置を問うものであったことからも、単純な知識の確認ではなく、顯生代における植物の変遷を、代表する植物名を挙げて示した設問と言える。とはいって、年代値の知識を求められたと感じた受験生は多かったのではないだろうか。

解答に際しては、クックソニア、リンボク、被子植物という順番がわかることで、まず解答を③と⑥に絞ることができる。そのうえで時期を選ぶことになるが、シルル紀や石炭紀の年代値を覚えていなくても、クックソニアとリンボクがいずれも古生代の植物であり、古生代と中生代の境界が約2.5億年前ということが認識できていれば、③を選ぶことができる。もちろん、細かい年代値を把握できていると解答に有利である。ただ、少なくとも学習段階において意識したいのは、地球の歴史という大きな流れを、古生代と中生代の境界といった重要な区分をおさえながら、さまざまな観点で捉えていくことはないだろうか。古生物についても時代と化石をセットで覚え込むということではなく、それが地球史の流れの中でどのような位置付けのどのような生物なのか、図や化石標本などで触れながら学習をすすめたいところである。地学では生活感覚とは大きく異なる時間スケールを扱う難しさがあるが、地球史を1年に換算して捉えてみるという試みもあり、例えば2012年度の地学Ⅰ本試験でも出題されている（過去の出題例1）。

問4 地球の誕生を1月1日の午前0時として、地球の誕生から現在までの時間を1年に見立てた場合、先カンブリア時代と古生代の境界は1年のうちのいつごろに相当するか。その境界の時期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 2月前半	② 6月後半	③ 11月後半
④ 12月後半		

過去の出題例1

- C -

問5は安山岩に含まれる2種の鉱物を選ぶ問題（出題例3）。

問5 ある安山岩質溶岩から岩石を採取して肉眼観察したところ、斑晶として白色の鉱物Aと黒色や暗緑色の鉱物Bを含んでいた。この岩石から作成した薄片（プレラート）を偏光顕微鏡で観察したところ、次の図2のような組織であった。鉱物Aおよび鉱物Bの組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5	
--	--

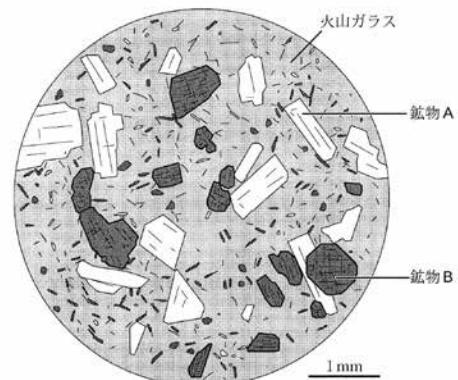


図2 ある安山岩質溶岩の組織のスケッチ
斑晶中の実線はへき開を表す。

	鉱物A	鉱物B
①	斜長石	輝石
②	斜長石	かんらん石
③	石英	輝石
④	石英	かんらん石

出題例3

問題文から、鉱物Aが無色鉱物、鉱物Bが有色鉱物であると判断でき、選択肢もその組合せとなっている。スケッチからは、鉱物Aは長柱状で一方向のへき開がある無色鉱物、鉱物Bは断面が八角形で90°に交わる二方向のへき開がある有色鉱物ということが読み取れる。鉱物の顕微鏡下での形は断面によって異なるが、ここでは斜長石と輝石の典型的な形を示していることから、鏡下観察で各鉱物の特徴をおさえていた受験生には正答の判断が容易だったであろう。また、各鉱物の特徴まで把握できていない場合でも、石英とかんらん石にへき開がないことを知っていれば、それらを選択から除外できる。

ただし、教科書ではへき開という用語は説明されていても、各鉱物の鏡下での特徴までは紹介されていないため、教科書範囲での設問としては、安山岩に含まれる鉱物として適当なものを図とは無関係に選ぶ問題となってしまっている。教科書（啓林館『地学基礎』改訂版p.46）で火成岩の組成と分類を図として確認できていれば、安山岩には一般的に斜長石と輝石が含まれると判断できるが、そのまま覚えているだけでは、安山岩にも石英が含まれるのでは、と考えてしまうかもしれない。その場合、晶出温度等から斑晶鉱物を推定するのは地学基礎の範囲としては厳しいだろう。そうすると、単に火成岩と鉱物を対応させて覚えているかどうか、ということになってしまふ。へき開に関する補足を入れる等によって、図を読み取らせる必要性のある出題にすることもできたのではと感じる。

火成岩組織の観察は教科書でも実習として挙げられて

おり（啓林館『地学基礎』改訂版p.44），経験させておきたいところである。設備面等で難しいこともあるが、教科書に掲載されている写真なども活用し、実物の様子を確認しておきたい。その際はスケール感も重要であるが、ハンドスケールの火成岩の研磨標本写真が実際のサイズで教科書に掲載されているのは、組織を確認するうえでもありがたい点である（啓林館『地学基礎』改訂版p.47）。なお、実物の岩石となると、いわゆる教科書に載っているような、典型的な標本を生徒にみせることが難しい場合もある。悩ましいところではあるが、教科書に典型的なものが載っていることで比較ができる点は有効に利用し、自然の多様性に対し、分類とは人為的なものであると伝え、そのうえでどのような点に注目すべきかなど、より実践的な学習につなげたいところである。

問6は変成岩についての基礎知識の確認問題。一昨年度は変成作用がおよぶ範囲と変成岩の組織についての出題がみられたが、今年度は、原岩・変成作用・変成岩の種類に関するオーソドックスな出題であった。

第2問（7~9）

A：台風通過時の観測データを読み取る問題と、前線の断面図を選ぶ問題。問2はオーソドックスな内容であるが、図の向きが要注意であった。

B：海水の密度に関する正誤選択問題。

- A -

問1は台風通過時の観測データから、台風の進路に対する観測所の位置を選ぶ問題。風向風力の記号を理解したうえで、3カ所の観測所における風向、風力、気圧の変化を読み取り、台風の周囲の風向とあわせて考える必要があり、状況設定の整理と思考力が求められる出題であった。その意図は、判断材料（台風の中心付近が低圧であることと、北半球で反時計回りの渦であること）が問題文で与えられていたことからもうかがえる。

観測データの図（出題例4）では、各観測所における時系列の変化が載っており、全てを把握しようとすると大変ではあるが、同時間における3カ所の違いに着目すればよい。

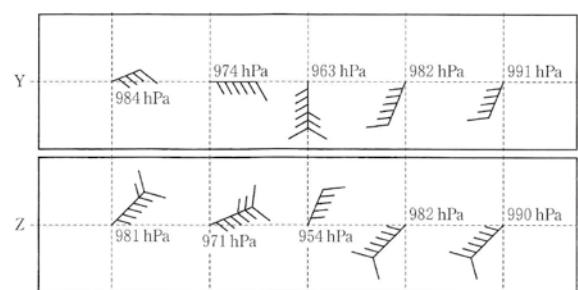
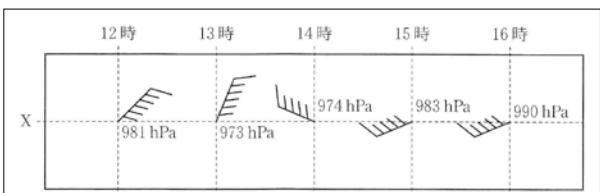


図2 観測所A, B, Cのいずれかで観測された風向、風力、気圧の変化

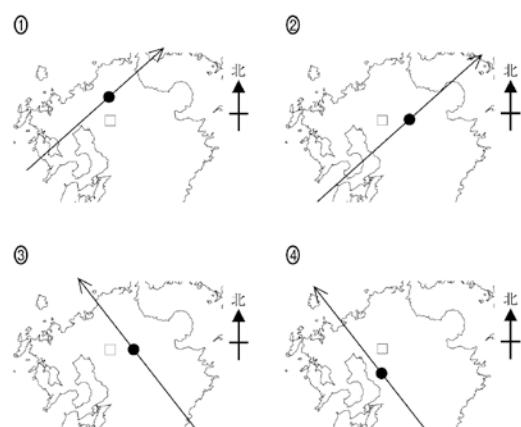
出題例4（図2のみ抜粋）

図において、14時頃のZ地点で最も気圧が低いので、台風の中心に近いことがわかる。同時間のX地点とY地点では風向が異なるため、反時計回りの風を考えると、南風であるY地点が東側、北寄りの西風であるX地点が西側と判断できる。北に向かう台風においては東側が危険半円であることを知っている受験生にとっては、Y地点での南風の風力が大きいことも、選択の確認材料になるだろう。

今回のような低気圧に伴う風向や気圧の変化に関する出題は過去にもみられたが、風向変化から台風の進路を考える問題が、平成30年度の共通テスト試行調査（プレテスト）の地学基礎でも出題されている（過去の出題例2）。そのため、このような内容を意識して学習していた受験生は多かっただろう。

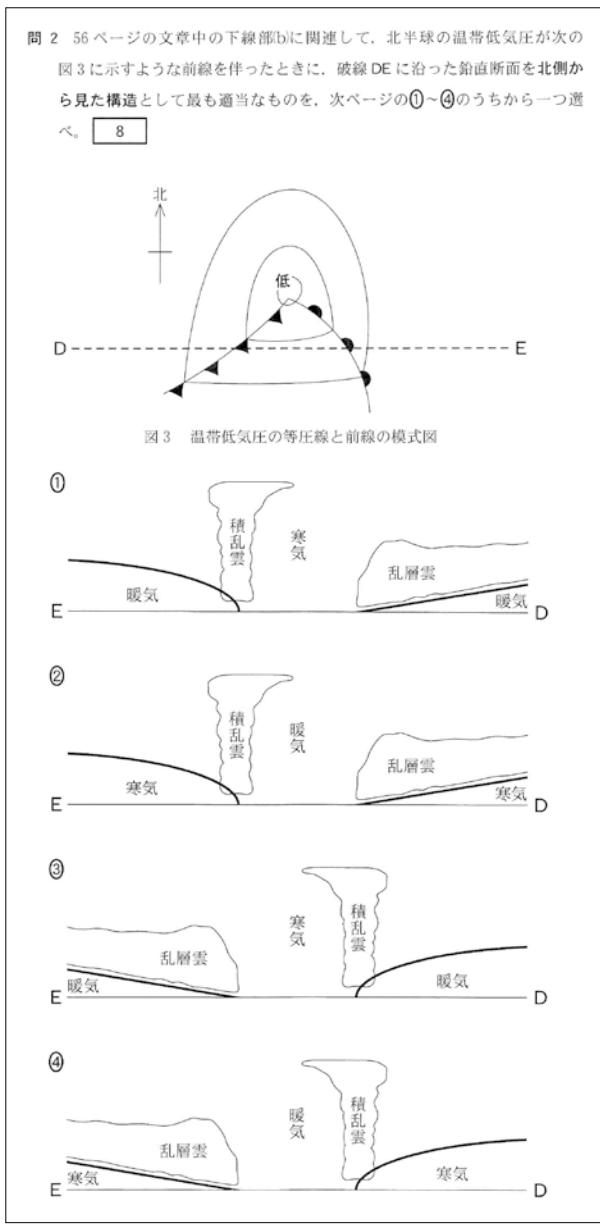
問5 次の文章は、1828年9月にいわゆる「シーボルト台風」が九州を通過した際の久留米における記録の現代語訳である。この記録をもとに、この台風の推定された経路を示す矢印、および9月18日午前4時における台風の中心位置（●）として最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。ただし、図中の□は久留米の位置を示す。また、風向は地形の影響を受けないものとする。 9

9月17日の午後8時頃から風が強まり、最初は北東風だったのが、南東風に変わり、激しい風が吹いた。18日の午前4時頃に南西風になり、午前6時頃風が弱くなった。
久留米藩の記録『米府年表』による



過去の出題例2

問2は温帯低気圧に伴う前線の断面図を選ぶ問題。図は教科書に示されている温帯低気圧の構造そのままであり（啓林館『地学基礎』改訂版p.142），既視感のある設問でもあるが，問題文に注意しないと思わぬ落とし穴があった（出題例5）。



出題例5

問題文でも「北から見る」ことが太字で示されてはいるが、模式図で示された断面線と選択肢とで、東西を反転させた図が出題された。設問の意図としては、ただ図を暗記しておくのではなく、問題文をよく読んで状況を適切に考えることを求めるものであろう。しかし、模式図と断面図を示す場合は左右を揃えておくことが通常であり、それを単に記号のまま反転させることで、ひっかけのようになってしまったのは残念である。せめて、選択肢に東西の方位を示すべきであろう。「問題文を読み落とさないように」というメッセージを受け取るしかない

のだろうが、現象を理解している受験生が本質ではない部分でひっかかってしまったとすれば、重ねて残念である。

今回の問題で求められている「視点を変える」ということ自体は、本質を理解する（ないしは理解を確認する）うえで重要である。ただ、先述の通り、模式図として記号を用いて断面を示すのであれば左右の向きは揃えるべきであるし、低気圧の性質として暖気や寒気の東西の動きに注目させるのであれば図中で東西を強調すべきである。これが地図上や天気図上に示された温帯低気圧であれば、東西の判断も含め、北からの視点という位置づけを捉えやすかったのではないか。また、渦が逆回りの南半球の温帯低気圧を模式図として示し、その断面図を問うというのも、暖気と寒気の動きについての確認として、視点を変えるという意味ではありだろう。

なお、この図では水平方向にも鉛直方向にもスケールがつけられていないが、鉛直方向に引き伸ばした断面図であることは、学習段階で確認しておきたい。

- B -

問3は密度の大きい海水ができる理由についての正誤選択問題。教科書では、「冷たい空気によって海水が冷やされ、さらに海水の凍結により塩分が高くなり、海水の密度が大きくなる」と示されており、章末問題でも確認されている（啓林館『地学基礎』改訂版p.135, p.138）。この内容で深層循環形成の原因を選択する出題は、例えば2006年度の地学I本試験でみられたが、今回の設問では、「a 海水の温度が低下する」と、「b 海水の生成に伴って海水の塩分が増加する」という2文の正誤の組合せであった。ここではaがbの海水生成の理由でもあるため、独立した2文の正誤選択になっていない感はあるが、解答はしやすかったんだろう。

第3問 (10~12)

宇宙の歴史、天体の大きさ、太陽系惑星の大きさと密度に関する問題。問1と問2は、設問としての図の扱いに特徴のある出題であった。

問1は宇宙の歴史における諸現象の時期を問う問題で、時間の流れが目盛のない軸として出題された（出題例6）。

問1 次の図1は、宇宙の誕生から現在を含む時間の流れを示したものである。この図に、最初の恒星が誕生したときと太陽系が誕生したとき、太陽が巨星（赤色巨星）になるときを書き入れると、それぞれa～fのどこに対応するか。そ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。なお、矢印の始点からそれぞれの記号を記した位置までの長さは、宇宙の誕生からそのときに至るまでの経過時間に比例しているとする。 [10]

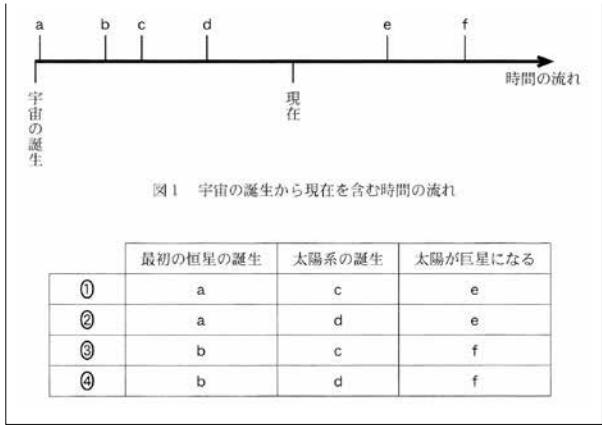


図1 宇宙の誕生から現在を含む時間の流れ

	最初の恒星の誕生	太陽系の誕生	太陽が巨星になる
①	a	c	e
②	a	d	e
③	b	c	f
④	b	d	f

出題例6

出題のポイントは、各現象の順番ではなく時期が問われている点である。大問1の問4と似た雰囲気の設問と図だが、目盛のない図に時間スケールを当てはめるという思考ステップが加わっている。そこでとまどった受験生も少なくないだろう。まず、宇宙の誕生が138億年前であり、太陽系の誕生が46億年前であるという知識から、宇宙誕生から現在までの3分の2が経過したdが太陽系の誕生の時期であると判断できる。そして、太陽が巨星になるのが約50億年後であるという知識から、dから現在までとほぼ同じ期間が現在から経過したeがそれにあたると判断できる。なお、太陽が巨星になるまでの期間については、教科書では「太陽が主系列星の段階にある期間は約100億年」とされており（啓林館『地学基礎』改訂版p.184）、現在で主系列星の半分程度の年数を経過しているとして見積もることができる。

選択肢には最初の恒星の誕生も含まれているが、その時期を覚えていなくても、太陽に関する要素のみで解答できる（反対に、太陽が巨星になる時期がわからなくて、最初の恒星で判断できる）。選択肢を絞るということでもあるが、細かい知識を多く要求する意図ではないということだろう。なお、最初の恒星の誕生時期については、昨年度に選択肢の一つとして問われる出題がみられたが（過去の出題例3）、今回の図中のbはその内容を示している。昨年度の問題を確認していた受験生にとっては、判断材料の1つとなったのではないだろうか。

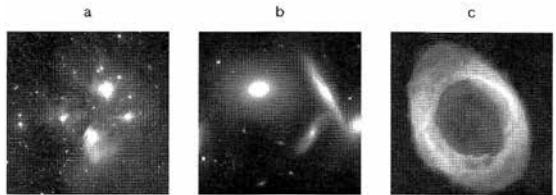
問3 前ページの会話文中の下線部(b)に関連して、宇宙が誕生してから現在までに起こった現象について述べた文として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 15

- ① 宇宙誕生の数分後には、陽子や中性子は存在していた。
- ② 宇宙誕生の数日後に、宇宙の晴れ上がりが起きた。
- ③ 宇宙誕生の数十億年後に、最初の恒星が誕生した。
- ④ 宇宙誕生の約50億年後に、太陽系が誕生した。

過去の出題例3

問2は銀河群、星団、惑星状星雲の大きさを比較する問題（出題例7）。

問2 現在の宇宙にはさまざまな広がり（大きさ）の天体が存在している。次の画像a～cのそれぞれは、銀河群、星団、惑星状星雲のいずれかを撮影したものである。画像に示された天体の実際の大きさを、大きいものから小さいものへと並べたとき、その順序として最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 11



	a	b	c
①	a	c	b
②	a	b	c
③	b	a	c
④	b	c	a
⑤	c	a	b
⑥	c	b	a

出題例7

ここでは、写真と天体とを照合したうえで大きさの比較が求められたため、学習段階で写真を確認できていると判断しやすかっただろう。一方で「大きさは覚えていない」という点でとまどった受験生もいたのではないか。教科書では、aの星団とcの惑星状星雲は写真が掲載されており（啓林館『地学基礎』改訂版p.189, p.185）、銀河群ではないが、銀河や銀河団の写真も掲載されている。選択においては、単独の天体である惑星状星雲をcに絞ったうえで、aとbを恒星の集団なのか銀河の集団なのかで見分けることとなる。aのプレアデス星団（すばる）は星雲を伴うため、やや不規則な形の中にはみられるが、教科書等で写真を確認していれば判断しやすい。実際の大きさについては、銀河の集団である銀河群が最も大きいことは容易に判断できるが、星団や惑星状星雲については教科書で示されていないため、恒星の集団としての星団と、単独の恒星がガスを放出した惑星状星雲では、集団のほうが大きいだろうという判断となる。学習段階でこれらの実際の広がりについて調べ、宇宙の階層構造やスケール感をつかむことは一つの学習方法であると思うが、多様な天体についての諸データを全て覚えておくべきということでは当然ない。その点では、基本的な天体の性質についての知識から、それを使って思考する出題の一例であった。また、学習段階では視覚的要素も意識したいところであるが、さまざまな天体の様子や宇宙空間のスケールをつかむうえでは、

国立天文台の4次元デジタル宇宙プロジェクトが提供している「Mitaka」等のソフトも効果的に利用したい。

問3は地球、木星、天王星の中で、質量と密度が最も大きい惑星をそれぞれ選ぶ問題。地球型惑星と木星型惑星に関するオーソドックスな出題であり、例えば2017年度の地学基礎追試では平均密度の比較をグラフで示す出題がみられた。教科書では、各惑星の特徴が単元ページでまとめられているほか、巻末資料にも惑星についての数表が載っている（啓林館『地学基礎』改訂版p.233）。各惑星についての数値を用いたグラフの作成や、関係性や分類を調べてみる等、学習にも活用したいところである。

第4問（13~15）

昨年度出題されなかった自然灾害分野として、地震動、津波、火山噴火に関する分野横断的な問題。正誤選択、図の読み取り、計算が出題された。

問1は地震の揺れと津波の高さについて、2文の正誤選択問題。地盤が固い場所ほど揺れが増幅されやすい、というaの文については、教科書（啓林館『地学基礎』改訂版p.35）で周期の長い地震について「やわらかい堆積物が厚い平野などでは増幅される」と記載されている。問題文に「大きい」や「揺れやすい」ではなく「揺れが増幅されやすい」と表現されていることで、地盤による地震の発生規模の違いなどを邪推することなく、地震動が伝わる際の軟弱地盤の脆弱性を考えて誤文と判断できるのではないか。また、津波が海岸に近づくと高くなるというbの文については、水深と津波の速さが関係しており、啓林館の教科書では4単位の地学で記載されている内容であった（啓林館『地学』改訂版p.281）。ただし、地学基礎の教科書でも記載されているよう（啓林館『地学基礎』改訂版p.215）、津波は海底から海面までのすべての海水が動く、波長数百kmにもなる波で、地形によっては津波が集中して高い波となることもある。そういう特徴から、bの文が正しいと判断した受験生もいるだろう。

地震を含め、自然災害に関しては、どのような地学現象がどのような被害をもたらすかという点が注目されやすい。もちろん重要な観点ではあるが、地学の学習においては、やはりその地学現象の仕組みを理解することが、その影響を想定することにもつながることは強調したい。防災や減災のためにさまざまな観測や調査が行われているが、地学現象の仕組みを理解し、さらに将来に

つなげる点では、その観測や調査に着目した学習も行いたいところである。

問2はハザードマップを読み取る問題（出題例8）。問題文で「想定通りの噴火をしたときに」と書かれていることから、ハザードマップで示されている通りに、各選択肢の内容の正誤を判断すればよい。

次の図1は、成層火山であるX岳が、現在の火口から噴火したことを想定したハザードマップである。図1には、火碎流や溶岩流の流下、火山岩塊の落下、厚さ100cm以上の火山灰の堆積が予想される範囲が重ねて示してある。この火山が想定どおりの噴火をしたときに、地点ア～エで起きる現象の可能性について述べた文として最も適切なものを、次ページの①～④のうちから一つ選べ。 14

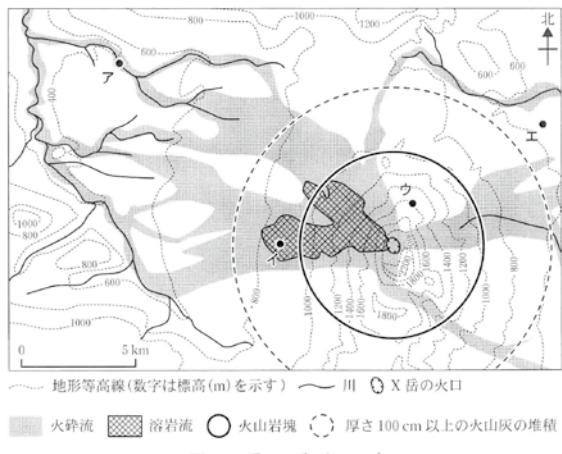


図1 X岳のハザードマップ

- ① 地点アは火口から離れているため、噴火してから数時間経って火碎流が到達する可能性が高い。
- ② 地点イには、火碎流や溶岩流の流下だけでなく、火山灰の落下の可能性も高い。
- ③ 地点ウが火口に対して風上側にある場合には、そこに火山岩塊が落下してくる可能性は低い。
- ④ 地点エは、火碎流や溶岩流の流下、火山岩塊の落下や火山灰の落下のいずれも可能性が低い。

出題例8

①は、火碎流の速さを認識できているかがポイントであった。教科書（啓林館『地学基礎』改訂版p.39）に「高速で山腹を流れ下る火碎流」とあり、その流下速度は時速100kmにもなる。詳細な数値を知らなくても、ここで地点アまでの距離は15km程度と読み取れ、数時間もかかることはないため、誤りだろうと判断できる。②は、地点イが火碎流や溶岩流の範囲に含まれているだけでなく、厚さ100cm以上の火山灰の堆積（破線）の領域に含まれていることからも、正しいと判断できる。溶岩流の到達範囲として塗られていることで、他の要素が重なっていることを見落とさないようにする点は、図の読み取りとして注意が必要である。③は、火山灰が偏西風で東に流れやすいことから連想してしまいがちな内容であるが、火山岩塊がどのようなものかを把握していれ

ば、風の影響を受けるものではないため誤りだと判断できるだろう。④は、工の地点が凡例に示されたいずれの現象の範囲からも外れていることで、判断を誤ってしまった受験生がいたかもしれない。凡例で火山灰の範囲として示されている破線は厚さ100cm以上の堆積であり、当然、その外側にも火山灰が降下して堆積する必要がある。したがって、破線のすぐ外側である工にも火山灰の降下はあったと考えられ、誤りと判断できる。凡例を含めたハザードマップの読み取りによって状況を適切に把握し、知識と合わせて判断することが求められる出題であった。今回のようなハザードマップの内容から判断する設問は、例えば2003年度の理科総合B本試験でも出題されている（過去の出題例4）。

- b 上の会話文に関連して、二人はある火山の噴火活動直後の単位面積あたりの降灰量を示した次の図2を入手した。図2からわかつることを述べた文として適当でないものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。 26

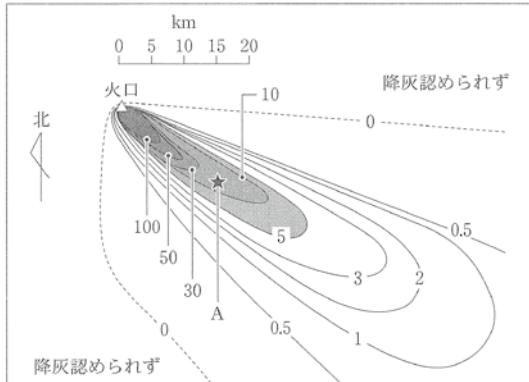


図2 ある噴火における降灰量(kg/m^2)の分布

- ① 噴火時には、火口の上空では北西の風が吹いていたと考えられる。
- ② 火口から5km以内の距離でも、降灰のなかった地域がある。
- ③ 降灰量は、A地点から南東方向に離れるよりも、南西方向に離れる方が急激に変動する。
- ④ 降灰量が $5\text{kg}/\text{m}^2$ 以上の地域の面積は、 1000km^2 を超えない。
- ⑤ 火口から10km以上離れた地域では、降灰量は $10\text{kg}/\text{m}^2$ を超えない。

過去の出題例4

問3は降灰分布予測に関する問題（出題例9）。先に挙げた理科総合Bと似た図ではあるが、風向を選択し到達時間を計算する出題であった。

- 問3 66ページの文章中の下線部C)に関連して、火山噴火による降灰分布予測に関する次の文章を読み、アイに入れる語と数値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。 15

次の図2は、火山Aが噴火した直後に発表された12時間後までの降灰分布予測である。この地域では噴火時刻の12時間後までアの風が吹くと予測されている。この風の風速が $10\text{m}/\text{s}$ であるとすると、B市で火山灰が降り始めるのは噴火時刻のおよそイ時間後と予測できる。

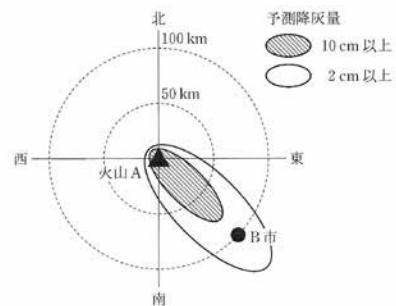


図2 火山Aが噴火した直後に発表された降灰分布予測図
図中の同心円は火山Aの火口から50km、100kmの等距離線を示す。

	ア	イ
①	南東	3
②	南東	10
③	北西	3
④	北西	10

出題例9

まず空欄アについて、図2から降灰分布が南東にのびていることが読み取れるため、風が北西から南東に向かって吹くことは容易に判断できる。ここでのポイントは、空欄アに当てはまるのが、「風が向かう方位」ではなく「風向を示す方位」であることを、読み落とさないことである。したがって、設問としては、図を読み取ったうえで、風向の示し方を問うものであった。ただ、それであれば、文中で「アの風」として方位だけを答えさせずに、空欄に風まで含め、選択肢を「南東の風」「北西の風」とすれば、風向の定義も出題に含めていることが明確だったと感じる（全選択肢で重複する語は極力含まないようにする意図もあるだろうが）。風向を答えよという出題で方位を問う設問でもよかつただろう。風向自体は大問2でも出題されていた。今回、図を正しく読み取り、風向の定義は認識できていた中でも、図から最初に読み取れる情報に引きずられて、「アに風が吹く」と助詞を読み違えてしまった受験生もいたかもしれない。先入観で読み飛ばさず、細かいところまでしっかりと把握するように注意したい。

空欄イについては、火山AからB市までの100kmの距離を $10\text{m}/\text{s}$ で移動する時間を計算するのみである。誤答選択肢が $100 \div 10$ の値という点でも確認が容易であるが、このような計算では、単位の変換や桁の扱いでのミスに注意したいところである。

(3) 対策

やはり大事なのは、教科書での学習をしっかりと行うこと。意識したいのは、記載事項を網羅的に覚えようとするのではなく、それぞれの内容において基本的な仕組

みを理解することである。教科書は図やグラフを多用しながら全体に読みやすく見やすく整理されており、さらっと眺めるだけで情報が入ってくるような気がしてしまうが、「なぜそうなのか」という本質を捉えられるよう、じっくりと目を通したい。補助的に実物や映像等を用いて、実際のイメージを持てるようにしておけるとよいだろう。「参考」や「発展」にも目を通すことで、「地学基礎」の内容をより深めることもできる。加えて、教科書をベースに視野を広げる学習を心がけたい。図やグラフは、読み取るだけでなく、自分でかいてみることも、そこに表れている事象の関係を理解するために重要である。観察や、思考力・判断力・表現力の育成においては、「やってみよう」や「探究活動」も有効に活用したい。

問題演習としては、過去問に取り組んでおいたほうがよい。大学入学共通テストになるとはいえ、地学基礎ではこれまでと範囲や出題内容がそれほど大幅に変化するということではないだろう。過去問を通して、基本事項の確認や、選択（マーク）式の問題形態に慣れることにもなり、設問の場面設定の把握や情報の整理などの練習にもなる。また、過去と同様の内容の出題は想定されるため、その対策にもなるだろう。今年度に出題されたよ

うな、図から判断することを求められる形式の出題等は、理科総合Bでもみられた。地学基礎に限らず、それ以前の過去問も有効であるので、理科総合Bを含め、良問を選んで解かせることは是非行いたい。必ず、誤答のどこが間違っているのかを考えながら解いておけば、本番での判断が確実にできるようになっていくだろう。また、「応用的な場面設定」や「問われていることに適した解答を選ぶ出題」等については、平成29年度、30年度の試行調査（プレテスト）の問題（「地学」であっても範囲的に可能な設問はある）を活用するとよいだろう。地学オリンピックの問題も、難度は高いが参考になる。

安原 健雄（やすはら・たけお）

授業は高校地学と中学理科の地学分野を担当。早稲田大学大学院理工学研究科（地球・環境資源理工学専門分野地質学部門）を修了後、複数の中高での非常勤講師を経て、2010年より現職。東京都私立中高協会の理数系教科研究会（地学）の委員も務める。