

化学の大学入試問題を考える (21)

化学教育協議会
平成 21 年入試問題検討 WG

1 はじめに

平成 21 年の大学入試で出題された化学の問題について、入試問題検討 WG で検討した結果を報告する¹⁾。例年と同様、旺文社の「全国大学入試問題正解・化学(2010年)受験用」に掲載された全国 82 大学 90 学部の入試問題を検討の対象とした。入試問題の検討は、統一的な基準に従って、大学と高校の教員から構成される WG の委員 9 名と協力委員 9 名で行った。本稿は、各委員・協力委員による検討結果をもとに、WG 委員による議論を経て、主査がまとめたものである。

本稿は、毎年実施される大学入試の問題の定点観測、すなわち化学教育全体の観点に立った客観的な検討評価であるとともに、新たに入試問題の作成担当になった大学教員に対する問題作成のガイドラインとなることを意図している。多くの大学では、ふだん高校の教科書を見る機会などほとんどない大学教員が、問題作成委員に指名されることが普通であろう。入試問題を作成する際には、是非、本稿を参考にしていただきたい。

例年通り、入試問題の作成にかかわる大学教員へのお願いという形式で、平成 21 年に出版された入試問題の検討結果を報告する。

2 平成 21 年の入試問題の検討結果と問題作成者への要望

(1) 基礎的な学力を問う問題の重視

各大学の個別学力試験の問題作成にあたっては、まず基礎的な学力を問うことを基本においていただきたい。基礎的な学力を問う問題は、受験生が高校で教科書にもとづいて勉強した成果を発揮できる問題であり、また大学においてより専門的な化学を学ぶために必要な基礎知識を問う問題でもある。平成 21 年に出版された基礎的な学力を問う問題のなかで、工夫が感じられると評価された問題をあげる。

化学反応には熱の出入りが伴うこと、および熱化学方程式によるその定量的な扱いは、高校で履修する基礎的な事項の一つである。この内容を、昨今のエネルギー問題、環境問題と関連させた出題が多く見られた。このような視点を加えることは、単に熱化学方程式の計算を行わせるよりも、受験生、および入試問題を過去問として学ぶ高校生にこれらの問題に対する関心をもたせる機会となり、化学と人間生活のつながりを気づかせる点からも歓迎できる。たとえば、秋田大 2 問 1 [実例 1] や、電気通信大 2 [実例 2] は、燃焼熱と反応によって生成する二酸化炭素量を関連させた問題であり、受験生に化学反応とエネルギー問題、および環境問題とのかかわりを意識させている。同様の問題は、東京工業大(前) 4 や、法政大 2 などにも見られた。高校の授業においても、このような問題をとりあげながら、化学と人間生活とのかかわりをつねに高校生に意識させることが望まれる。

同志社大 1 は 2 族元素を中心とした無機物質に関する問題であり、人間生活とのかかわりも含めた基礎的知識を問う問題であると評価された。有機化合物の分離を題材とする問題も多く出題されているが、その中で近畿大 4 [実例 3] は、フェノールや芳香族カルボン酸に関する基礎的事項の理解を問いなが

ら、未知物質の構造を推定させる工夫がなされた問題である。

基礎的な学力を問う問題を作成するにあたり、解答に必要な知識や概念が高校の履修範囲にある限り、題材は、必ずしも教科書に記載されているものに縛られる必要はないと、WG では考えている。むしろ、題材や、応用力・思考力、あるいは表現力を問うなど設問に工夫を加えることにより、入試問題に、その大学の独自性やメッセージを盛り込むことができるであろう。高校の先生方の中には、教科書に記載されていない物質や事項が入試問題の題材になると、それをもって学習指導要領からの逸脱であると指摘される方もおられる。しかし、実際に問題を解いてみると、高校で履修した知識で解答できる場合が少なくない。この点については、是非、高校の先生方のご理解をいただきたい。

(2) 高校の履修内容の十分な理解

入試問題の作成にあたり、複数の出版社の教科書を調査し、まず現在の高校生が何を学んでいるのかを理解していただきたい。現在の高校生が学んでいる内容は、出題者が高校時代に学んだ内容とはかなり異なっているため、注意が必要である。また、受験生に解答させる、あるいは解答を導くために知っていることを前提とする事項は、現在使用されている数社の教科書のほとんどに記載があることを確認してほしい。

教科書の「発展的な内容」については、これまでにもこの報告書で述べた¹⁾。何度でも繰り返すが「発展的な内容」は、学習指導要領の範囲を越えた記述であり、現行の学習指導要領のもとで学ぶ受験生が知らなくてもよい内容である。したがって、たとえ複数の教科書に「発展的な内容」として記載されていても、それを履修していることを前提とした問題を出題してはならない。

以上の観点から、高校の履修範囲を越えた内容を解答させている、あるいは解答を導くための前提としていると指摘された問題をあげる。

- ・「溶解度積」を説明することなく用いた計算問題(東北大(後)、岐阜大、東京理科大(薬)など)
- ・ファントホッフの式を知っていることを前提とした「浸透圧」の計算問題(名古屋大、宮崎大)
- ・「圧平衡定数」と濃度平衡定数の関係に関する問題(宮崎大)
- ・遷移元素の電子配置に関する問題(東京大、慶應義塾大(理工))
- ・水銀、水銀(II)イオンの性質に関する問題(札幌医科大、慶應義塾大(薬))
- ・チオ硫酸ナトリウムの反応や電子状態に関する問題(東北大(後)、大阪大(後))
- ・酢酸ナトリウムと水酸化ナトリウムからメタンが生成する反応を含む問題(東京工業大(前)、慶應義塾大(理工))
- ・アルケンの過マンガン酸カリウムによる酸化反応を含む有機化合物の構造決定(岩手大)
- ・医薬品の薬理作用や副作用に関する細かい知識を問う問題(三重大・選択問題)

2 次の問1および問2に答えよ。

問1 次の文章を読み、設問(1)~(3)に答えよ。

21世紀の大きな課題として、エネルギー資源の確保と、地球の温暖化や大気汚染などによる地球環境の悪化を防ぐことがあげられる。そこで、私たちが使用しているエネルギー源のうち、都市ガスの主成分であるメタン、家庭用LPGの主成分であるプロパン、そしてバイオマス由来のエネルギー源のひとつであるエタノールについて、燃焼熱と生成する二酸化炭素量について調べた。

生成熱はそれぞれ、メタン 75kJ/mol、プロパン 107kJ/mol、二酸化炭素 394kJ/mol、水(気体) 242kJ/molであった。また水(液体)の蒸発熱は、44kJ/mol、エタノール(液体)の燃焼熱は、1368kJ/molであった。

- (1) メタンが完全燃焼し、二酸化炭素と水(液体)を生成するときの熱化学方程式を記せ。ただし、反応熱(kJ)を Q とし、物質の状態は、例にならって明示せよ。例 $\text{H}_2\text{O}(\text{液})$
- (2) メタンおよびプロパンについて、それぞれ1molが完全燃焼し、二酸化炭素と水(液体)を生成するときの燃焼熱を求めよ。
- (3) メタン、プロパンおよびエタノールについて、それぞれ完全燃焼したときに生成する二酸化炭素1

molあたりの燃焼熱が大きい順に、化合物名を答えよ。

[実例1] 秋田大2(1)

2 以下の問に答えよ。計算を含む問題については、2桁の有効数字で計算過程も含めて答えよ。なお、原子量は次の値を用いよ。C12, O16(配点50)

- (1) プロパン(C_3H_8)が完全燃焼したときの化学反応式を書け。
- (2) プロパンが完全燃焼したときに発生する熱量はいくらか。プロパン(気)、二酸化炭素(気)、水(気)の生成熱をそれぞれ、106, 394, 242kJ/molとして計算せよ。1molのプロパンについて計算すること。
- (3) プロパンを燃料としたコンロとやかんを用いて1.0kgの水を0℃から100℃まで加熱した。このとき放出される二酸化炭素は何gか。ただし、コンロとやかんでお湯を沸かす場合の燃焼熱の利用効率を20%とし、水1gを1℃上昇させるのに必要な熱量を4.2Jとせよ。
- (4) (3)のプロパンをメタンに替えると、二酸化炭素の排出量は何g増えるか減るか。ただし、メタンが完全燃焼したときに発生する熱量は804kJ/molである。また、燃焼熱の利用効率は(3)と同じとせよ。

[実例2] 電気通信大2

(3) 知識を問う問題の精選

本WGは、複数の教科書の本文に記載されている事項ならば、なんでも入試問題としてよいという立場はとらない。知識を問う問題では、たとえ教科書に記載されていても、高校生が記憶すべき基礎的な事項かどうか、十分に検討してから出題していただきたい。瑣末な知識を問う問題、あるいは教科書に参考程度に記載されている事項を問う問題に対処するためには、受験生は教科書を丸暗記する以外にない。このような問題は、化学という学問が本来もっている魅力を失わせ、高校生を化学から遠ざけることにつながる可能性があることを出題者は認識してほしい。

平成21年に出題された問題のうち、多くの教科書には記載があるものの、高校生が記憶する必要のない事項にかかわる問題と評価されたものをあげる。

- ・分子の構造を記憶していることを問う問題。本WGは、 O_3 や P_4 などの個々の分子の構造(関西学院大)、あるいは錯イオンの構造(静岡大、名古屋大など)は、高校生が必ずしも記憶する必要のない事項と考える。
- ・緑青の組成式(横浜市立大)
- ・ヨードホルム反応の化学反応式を含む有機化合物の構造決定(岩手大、横浜市立大)
- ・核酸に関する知識を問う問題(早稲田大(教育)、関西学院大、福岡大)

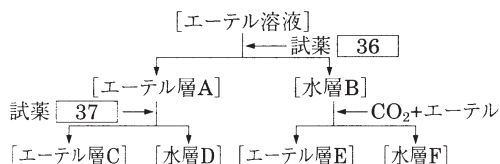
- ・合成樹脂や合成繊維に関する知識を問う問題(群馬大・選択問題)
- ・リノール酸、オレイン酸の構造と性質に関する問題(埼玉大・選択問題、金沢大・選択問題)
- ・スクロースの構造、マルトースの構造と性質に関する問題(名古屋工業大・選択問題)

(4) 応用問題における受験生への配慮

教科書の「発展的な内容」に関する出題について述べたとおり、高校の履修範囲を越えた内容に関する事項を、敢えて入試問題の題材にする際には、高校で学ぶ知識で解答できるような十分な誘導や説明をつけていただかねばならない。たとえば、「溶解度積」を題材にするならば、問題文中で説明し、その言葉を知らなくても化学平衡の知識で解答できるような配慮が必要である。実際、島根大、大阪府立大などでは、そのように出題されている。また、多くの教科書の本文には記載のない「ヨウ素滴定」を題材とする問題でも、ヨウ素とチオ硫酸ナトリウムの化学反応式を与えてあれば、化学量論の知識と計算力を問う適切な問題となる(埼玉大)。平成21年も「オゾン分解」を含む有機化合物の構造決定に関する問題が多く出題されたが、いずれも、オゾン分解を知らなくても解答できるように配慮されている(東京工業大(前)、岐阜大、早稲田大(基幹理工ほか)など)。但し、WG委員からは、有機化合物の構造決定の問題に、敢えて高校生が知らない反応を用いる必要があるのか

4 アニリン，ニトロベンゼンおよび構造不明の二置換芳香族化合物 X と Y を含むエーテル溶液がある。この溶液について，操作 1～3 に従ってこれら 4 種類の化合物を分離した。この文章中の空欄 36～45 にあてはまる最も適切なものを，それぞれの解答群から選べ。

操作 1. 分液ロート中のエーテル溶液に 36 を加えたのち，よく振り混ぜ，エーテル層 A と水層 B に分離し



た。

操作 2. エーテル層 A に 37 を加えたのち，よく振り混ぜると，エーテル層 C にはニトロベンゼンのみが存在した。一方，水層 D に水酸化ナトリウム水溶液を加えると，さらし粉水溶液との反応で赤紫色を呈する化合物が得られた。この化合物は水層 D 中に存在する状態では，分子中に 38 構造をもっていると考えられ，また，この化合物を無水酢酸と反応させて得られる化合物は一般に 39 とよばれる。

操作 3. 操作 1 で得た水層 B に二酸化炭素を十分に吹き込んだ。エーテルを加えてよく振り混ぜたのち，エーテル層 E と水層 F に分離すると，エーテル層 E には化合物 X のみが存在した。また，化合物 Y は水層 F に存在していた。化合物 X は 40 あるいは 41 であると考えられ，これらを区別する場合，42 化合物が 40 であると判断することができる。また，化合物 Y は 43 あるいは 44 であると考えられる。これらを区別する場合，45 化合物が 43 であると判断することができる。

36 および 37 に対する解答群

- ① 水酸化ナトリウム水溶液 ② 炭酸水素ナトリウム水溶液 ③ 希塩酸
④ 水 ⑤ 飽和食塩水

38 に対する解答群

- ① $-\text{COOCH}_3$ ② $-\text{COOH}$ ③ $-\text{COO}^-$ ④ $-\text{NH}_2$
⑤ $-\text{NH}_3\text{Cl}$ ⑥ $-\text{OH}$ ⑦ $-\text{O}^-$

39 に対する解答群

- ① エステル ② アミド ③ エーテル
④ カルボン酸 ⑤ フェノール ⑥ アルコール

40, 41, 43 および 44 に対する解答群

- ① *m*-メチル安息香酸 ② サリチル酸 ③ マレイン酸 ④ 安息香酸メチル
⑤ マレイン酸ジメチル ⑥ *m*-クレゾール ⑦ *m*-クロロフェノール ⑧ フェノール
⑨ 1-ナフトール ⑩ *p*-クロロベンジルアルコール a *p*-メチルベンズアルデヒド

42 および 45 に対する解答群

- ① 焼いた銅線につけて燃焼させると，青緑色の炎色反応を示す
② ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えると，黄色沈殿を生じる
③ 炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると，二酸化炭素が発生する
④ 金属ナトリウムを加えると，水素が発生する
⑤ 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると，青紫色を示す
⑥ アンモニア性硝酸銀水溶液を加えると，銀鏡を生じる
⑦ 希硫酸水溶液を加えると，白色沈殿を生じる

[実例 2] 近畿大 4

を，出題にあたり十分に検討してほしいとの意見があった。

一方で，たとえ誘導や説明がついていても，高校で履修しない概念を含む問題や，高校生にとって難解すぎる内容に関する問題は，入試問題として不適切である。その問題が，来年度以降には受験対策として高校や予備校でとりあげられることを考えると，その問題の化学教育に与える影響は少なくない。高校の履修範囲を越える問題を出题する場合には，このような影響にも配慮して，本当にその問題を出题する必要があるかについて十分に議論していただきたい。

以下の問題は，WG において，問題文中に一応の説明はあるものの，高校で学習しない概念や高校生にとって難解すぎる内容を含む問題と指摘されたものである。

・「状態図」を用いた問題 (名古屋工業大，星薬科大，明治大)。状態図は多くの教科書において，「発展的な内容」として記載されている。本来は大学教養課程の熱力学において，相平衡のまとめとして学ぶべき内容である。出題された問題には，状態図に関する一応の説明はあるが，高校で履修する物質の三態に関する内容にとどまらず，三重点，臨界点，超臨界状態といった事項も含まれている。

・「反応速度」に関する問題 (三重大学，慶應義塾大 (理工))。与えられたデータから，半減期や速度定数を求めさせる問題であるが，反応速度が濃度の時間変化であるという概念の理解が十分ではない高校生には難解である。大学教養課程において，微積分を用いて学ぶべき内容である。

- ・「アレニウスの式」を用いた速度定数の温度依存性に関する問題（大阪大（前），横浜市立大）。大学教養課程で学ぶ反応速度論の基礎的事項ではあるが，問題に式の説明はあっても，高校生はその式のもつ意味を理解できるとは思われない。したがって，単に式の変形や数値計算の問題となるため，入試問題としては適切ではないと考える。
- ・「原子価殻電子対反発モデル」による分子の構造に関する問題（京都大）。分子における中心原子のまわりの構造が電子対の反発によって決まるというモデルを提示し，水やオゾンなどの分子の構造を推定させる問題であり，大学入試でもしばしば出題が見られる。WGでは，問題を読んで理解すれば，高校で履修する知識で解答できる問題であり，また前項(3)で指摘した単に分子構造を記憶していることを問う問題よりも良い，という評価もあった。しかし，分子構造が電子対の反発によって決まるというモデルは，必ずしも理論的な裏付けがなされているわけではなく，受験対策でこの問題を学ぶ高校生に，誤った理解を植え付けることが懸念される。これも大学教養課程で学ぶ内容であり，大学では，分子構造を推定する古典的なモデルとして扱い，量子論に基づいた混成軌道の概念へと続く。

(5) 用語や表記方法に注意

入試問題に用いる化学的な用語や表記は，受験生が理解できるものを使用していただきたい。問題作成者が，普通に使っている用語も受験生には通じないことがある。問題に用いる用語は，必ず，教科書に記載されているかどうかを確認してほしい。平成21年の入試で用いられた化学的な用語のうち，WGにおいて，高校では一般に用いられないと指摘されたものとして，「水酸基」（愛媛大），「シリコン」（香川大），「フェーリング反応」（愛媛大）などがある。これらは，高校ではそれぞれ，「ヒドロキシ基」，「ケイ素」，「フェーリング液の還元」という。「ポリエチレンテレフタレート」（熊本大・選択問題）は「ポリエチレンテレフタラート」に統一されている。「モル比」（星薬科大）も出題者の研究現場では通用するかもしれないが，高校では「物質量の比」という。また，「プロトン化」，「脱プロトン化」（青山学院大）も高校では使用しないので，説明が必要である。また，「アボガドロ数」（山口大）も高校では用いないので，「アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ とする」としてほしい。

また，曖昧な用語を用いないように，また問題設定が曖昧にならないように十分に注意してほしい。たとえば，「芳香族カルボン酸」（大阪大（前））という語句も， $-\text{COOH}$ がベンゼン環に直接結合したカルボン酸に限るのか，それともフェニル酢酸のようなベンゼン環をもつカルボン酸を含むのか曖昧である。用語や問題設定が明確でないと，問題を解く受験生に不安を与えることになろう。

これまでの報告書においても，圧力はPaに統一し，気体定数 R は $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ を標準にしてほしいとお願いしてきた¹⁾。まだ， $R = 8.31 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ （大阪府立大）などとするとところもあるが，これらについては，おおむね定着してきたように思われる。また，すべての教科書においてリットルの表記が l から L に改められたのを受けて，検討した大学のうち，6割程度の大学の入試問題にも L が使用された。

3 おわりに

平成21年に実施された大学入試は，平成15年4月に施行さ

れた現行の学習指導要領に基づく4回目の入試であった。選択履修分野について選択問題を作成した大学は，検討した82大学のうち17大学と前年と同数であり，選択履修分野についての各大学の対応は定着したように見受けられる。気になることは，検討に使用した旺文社の書物に，次年度の予想と対策として，「教科書の発展学習や参考に記載されている内容をテーマにした問題の出題は徐々に増加しているのので，それらにも眼を通しておくこと」とはっきりと書かれていることである。基礎的な内容を十分に理解した生徒が，「発展的な内容」を学び，さらに理解を深めることはまったく健全なことである。しかし，高校生が本来知らなくてよい「発展的な内容」を，受験対策のために眼を通しておかねばならない，という現状はどう考えても望ましい姿とはいえない。

さて，ご存知の通り，平成21年3月には，新しい高等学校学習指導要領が発表された。現在では，すでに平成24年4月から開始される「化学基礎」の教科書検定が行われ，その翌年から使用される「化学」の教科書の執筆が進んでいる。新しい学習指導要領に基づく大学入試は平成27年に実施されるが，大学入試センター，および各大学ではそれにどのように対応するかについて，すでに検討が進んでいるはずである。このたびの学習指導要領の改訂の概要については本誌の拙文を参照していただきたいが²⁾，新しい学習指導要領には，初等教育との継続性の重視，定量的内容の復活，選択履修分野の廃止といった評価できる点がいくつかある。その一方で，「化学Ⅰ」，「化学Ⅱ」各3単位の現行課程から，「化学基礎」2単位，「化学」4単位への変更により，大学入試，さらには高校の化学教育が大きな変革を迫られる可能性がある。特に，現行では「化学Ⅰ」を出題範囲としている大学入試センター試験がどのように変わるか，また各大学の入試において文系の学生に対してどのように理科科目を課すかは，高校における化学教育を大きく左右するものと推察される。大学，および高校の双方の先生にとって，現行の学習指導要領のもとで実施されている大学入試に注目することは，さし当たって重要なことである。しかし，今後の10年間の化学教育を左右する次の学習指導要領と，それに基づいて執筆が進んでいる教科書についても関心をもつことは，それと同程度に重要なことであろう。

村田 滋（東京大学大学院総合文化研究科）
平成21年入試問題検討WG 主査

- 1) 平成20年入試の報告として，化学と工業 2009, 62, 820；化学と教育 2009, 57, 350.
- 2) 村田 滋，化学と教育 2010, 58, 300.

日本化学会化学教育協議会平成21年入試問題検討WG

主査：村田 滋（東大院総合文化）

委員：白井豊和（都立武蔵高），小川昭弥（大阪府立大院工），貝谷康治（都立南多摩高），田中弘美（桜蔭学園高），田中芳和（四天王寺高），妻木貴雄（筑波大附属高），宮城政昭（東京学芸大附属高），安井正憲（電気通信大学量子・物質工）

協力委員：歌川晶子（多摩大附属聖ヶ丘高），金澤 豪（北海道立札幌西高），高橋義人（福岡県立修猷館高），齋藤俊和（早稲田高），谷本泰正（岡山県立岡山朝日高），中塚多聞（岡山県立岡山新見高），三池田 修（都立永山高），山本孝二（千葉県立八千代高），渡部智博（立教新座高）