

化学の大学入試問題を考える (23)

日本化学会教育・普及部門 入試問題検討小委員会

1 はじめに

平成 23 年の大学入試で出題された化学の問題について、日本化学会教育・普及部門に所属する入試問題検討小委員会が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 2012 年受験用」に掲載された全国 83 大学 92 学部の入試問題を検討の対象とした。入試問題の検討は、大学と高等学校の教員からなる委員 9 名と協力委員 7 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、委員による議論を経て、委員長がまとめたものである。

平成 23 年に実施された大学入試は、平成 15 年から施行されている高等学校学習指導要領に基づく 6 回目の大学入試であった。ご存知のように、平成 21 年に新しい学習指導要領が公示され、すでに平成 24 年 4 月から、高等学校でも新学習指導要領に基づいた学習が始まっている。従って、現行の学習指導要領に基づく大学入試も平成 26 年で終了し、平成 27 年には、新学習指導要領の履修内容に沿った大学入試がスタートすることになる。

高等学校の化学教育になじみのない大学の先生方のために、現行の学習指導要領について簡単に振り返ってみよう。現行の学習指導要領は、学習内容の大幅削減、総合的学習時間の新設など、いわゆる“ゆとり教育”を基調とするものであり、当初から多くの批判があった。「化学Ⅰ」および「化学Ⅱ」の項を見ても、

- ・酸塩基の強弱は定性的な扱いにとどめ、pH は測定実験を中心に扱うこと。
- ・代表的な酸化剤、還元剤にも触れるが、その強弱は定性的な扱いにとどめること。
- ・気体の分子運動論については定量的な扱いはしないこと。
- ・結晶については、原子、分子又はイオンの配列を扱うにとどめること。溶液について沸点上昇、凝固点降下、浸透圧を扱う場合は定量的な扱いはしないこと。

などと記されている。当初はこの学習指導要領に沿った教科書の作成が始まったが、すぐに各方面から批判があがった。文部科学省は、学習内容の大幅削減に対する批判を受けて教科書検定方針を変更し、「発展的な内容」と明記することを条件に、学習指導要領の範囲を超えた内容の記述を容認した。教科書に「発展的な内容」が記載されたことは、高等学校で履修すべき内容を曖昧にし、高等学校の教育現場や大学入試に大きな混乱を引き起こした。特に、学習指導要領を遵守しようとする高等学校の立場と、これでは大学教育が成立しないとする大学の立場は、大学入試のあり方を巡ってしばしば対立することになった。

また、現行の学習指導要領では、“生徒の興味・関心等に応じた学習ができるように”（高等学校学習指導要領 総説）、履修項目の選択を可能とした。「化学Ⅱ」では「生活と物質」と「生命と物質」が選択履修内容となっている。しかし、これもまた、高等学校の教育現場や大学入試を混乱させる要因となった。高等学校ではこれらの履修内容について、学習指導要領の理念に沿った教育がなされているのだろうか。大学入試においても、入試問題検討小委員会が検討の対象にしている約 80 大学のうち、選択履修内容に関する選択問題を出題している大学

は、平成 19 年の 20 大学をピークに減少し、平成 23 年では 13 大学にとどまっている。

さて、平成 24 年 4 月から実施されている新しい高等学校学習指導要領では、現行の「化学Ⅰ」（3 単位）と「化学Ⅱ」（3 単位）は、「化学基礎」（2 単位）と「化学」（4 単位）に再編成された。選択履修項目は廃止され、現行の学習指導要領で多用された“定性的な扱いにとどめる”や、“定量的な扱いはしないこと”といった表現は抹消された。例えば、新しい学習指導要領解説を見ると、

- ・酸、塩基については、水素イオンの授受による定義やその強弱と電離度の関係を扱う。
- ・結晶の構造については、金属結晶の体心立方格子、面心立方格子、六方最密構造を取り上げ、それらの構造の特徴を扱う。
- ・溶液の性質については、蒸気圧降下、沸点上昇、凝固点降下、浸透圧を取り上げ、溶媒との違いを扱う。凝固点降下に関連して、過冷却や溶質の分子量測定について触れることが考えられる。

など、履修内容についてかなり明確に指示されている。現行の学習指導要領との格差に驚くものの、高等学校の先生方には、現行の一つ前の学習指導要領の履修内容にほぼ戻ったと受け取る方が多い。現行の学習指導要領は何だったのか。実施された 9 年間に、高等学校や大学の化学教育に、また大学入試にどのような影響を及ぼしたのだろうか。これらを、しっかりと検証する必要があるように思う。

入試問題検討小委員会の役割は、良問の発掘や学習指導要領からの逸脱の指摘ではなく、大学入試問題が化学教育にどのような影響を与えるかといった観点から、入試問題を客観的に検討・評価することと考えている。当委員会の立場について、“学習指導要領を擁護し、入試問題は教科書から出題すべきであると主張している”との批判があるとすれば、それは誤解以外の何物でもない。入試問題は大学が作成するものであり、どんな問題が出されても、その大学に入学したい受験生はそれに解答して良い成績を取めなければならない。しかし、だからといって、それぞれの大学が好き勝手な問題を出題したら、高等学校の化学教育は破綻する。前述したように現行の学習指導要領には様々な問題点があるものの、全国の多数の高校生は、その学習指導要領に沿って書かれた教科書に基づいて学習し、受験にのぞむ。入試問題の作成に携わる大学の先生方にはその点をご理解いただき、現行の教科書を十分に検討した上で問題を作成していただきたい。当委員会が主張することがあるとすれば、この点に尽きるといってよい。

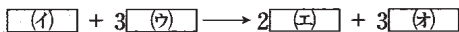
以下に、平成 23 年に出題された化学の入試問題を検討した結果を報告する。問題の検討は例年、各委員・協力委員に、次の六つの観点に該当する問題を、それぞれが担当する大学の問題から指摘していただく方法をとっている。

- ① 高校教育の範囲内の問題であり、さらに応用力や思考力を問うなどの工夫が感じられる問題
- ② 高校教育の範囲内ではあるが、入試問題として適切でない問題
- ③ 高校教育の範囲を超えた出題であるが、誘導や工夫があり

3 鉄に関する次の[1]～[5]の問いに答えよ。

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

溶鉱炉には鉄鉱石、コークスおよび石灰石が上部から投入される。主にコークスの燃焼により炉内は高温となり、熔融状態の生成物①と②が炉底部から取り出される。生成物①は、スラグと呼ばれ、鉄鉱石中の SiO_2 などと石灰石の反応で生成する。生成物②は、と呼ばれ、生成物①より比重が重いので、炉底にたまり分離できる。生成物②中の主成分は、溶鉱炉内で、投入した鉄鉱石中の主成分である赤鉄鉱(化学式)と、コークスから発生したにより、主に以下の反応式で示される反応で得られる。



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

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

粒子はYのみが、化学反応を伴わずに単に凝集してできており、コロイド粒子になっていないYは存在しないものとする。

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

$$N = \text{(カ)} \times 10^{\text{(キ)}} \text{個}$$

アボガド定数は、 $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ を用いて計算せよ。答えだけでなく、考え方と計算過程も示せ。

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

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

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

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

答えだけでなく、考え方と計算過程も示せ。

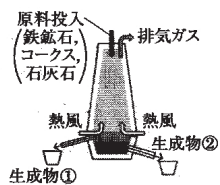


図1 溶鉱炉の構造

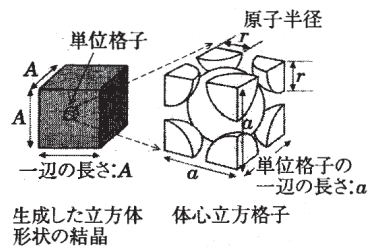


図2 生成した鉄結晶と体心立方格子の原子配置

[実例1] 東京農工大3

入試問題として適切な問題

- ④ 高校教育の範囲を超えた出題であり、入試問題として適切ではない問題
- ⑤ 従来の問題とは異なった発想力や思考力を問う新傾向・新形式の問題
- ⑥ 問題の設定や用語などに不適切な部分がある問題

本稿は、各委員・協力委員からいただいた検討結果を集約したものである。昨年と同様、入試問題の作成に携わる大学の先生方に対する要望の形式としたのは、本稿を、問題を作成する際の指針としていただきたいとの希望からである。ふだん高等学校の教科書を見る機会がない先生方にも、本稿を通じて、現在、高等学校ではどのような化学教育が行われているかについて、関心をもっていただければ嬉しい。

2 平成23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

化学における基礎学力とは、物質がどのようにして成り立ち、どのような法則に従って変化するかに関する基礎的な知識と、化学量論に基づく定量的な考察ができるための適度な計算力であろう。このような受験生の基礎学力を問うことを、問題作成の基本においていただきたい。

なお、“基礎学力を問う問題”は“教科書にある題材を用いた問題”を意味するものではない。高等学校の先生方には、教科書に記載されていない物質を題材にした問題があると、直ちに高校教育からの逸脱であると指摘される方がおられるが、実際に問題を解いてみると、高等学校で学ぶ内容が理解できていれば十分に解答できる場合が少なくない。むしろ、解答に必要な

(a) 環状構造を1つだけ持つ芳香族炭化水素A, B, C, D, Eの分子式は C_9H_{10} であり、水素の付加反応により分子式 C_9H_{12} の化合物F, G, Hのいずれかを与えた。化合物A, B, Cからは同一の化合物Fが生成し、化合物BとCは互いに幾何異性体の関係にある。化合物Gは化合物Dから生じ、フェノールの工業的生産に利用される化合物として知られている。化合物Hを与える化合物Eは、適切な条件下において酸化すると化合物Iとギ酸に分解され、さらに化合物Iは触媒を用いて空気酸化することによりPET樹脂の原料となるジカルボン酸Jに変換された。化合物Jは、分子式 $C_{10}H_{14}O_2$ の化合物Kに水酸化ナトリウムとヨウ素を加えて温めたのち十分量の塩酸を加えても合成することができる。化合物Jの異性体の1つである化合物Lを加熱したところ、水分子がとれて分子式 $C_8H_4O_3$ の化合物Mが得られた。化合物Mにアニリンを作用させると、分子式 $C_{14}H_{11}NO_3$ の化合物Nが生成した。

問1 分子式が C_9H_{10} の芳香族炭化水素で、化合物A, B, C, D, Eのように環状構造を1つだけ持つ化合物は他にいくつあるか答えよ。

問2 化合物GおよびMの化合物名を記せ。

問3 化合物A, E, K, Nの構造式を記せ。

[実例2] 京都大3(a)

な知識や概念が高等学校で学ぶ範囲にある限り、受験生が興味をもって取り組むことができるような題材を広く求めることが望ましい。

平成23年の入試問題においても、受験生の基礎的な学力を問う問題のうち、応用力や思考力を問う工夫が感じられると評価された問題がいくつも報告された。たとえば、東京農工大3 [実例1] は鉄を題材として、無機物質の反応、コロイド、結晶格子に関する知識と計算力を問う問題である。反応式に係数を与え、また結晶格子の詳細な図を記載することによって、赤鉄鉱の化学式や、単位格子と原子半径の関係を記憶していなくても解答でき、また、計算が煩雑にならないような工夫がなされている。鉄を題材とした総合的な問題は首都大学東京でも出題されたが、この問題は、赤鉄鉱と磁鉄鉱の化学式や鉄の精錬法を記述させている点で、やや細かい知識を問う問題であると評価された。また、奈良女子大1は水を題材として、極性、水素結合、結晶格子に関する知識と計算力を問う問題である。これらのように、ある一つの物質を題材として、それについて様々な視点から問う問題は、受験生の総合的な学力を問う問題として、入学試験にふさわしい問題であろう。また、これらの問題はおそらく、専門が異なる多くの大学教員が共同して作成したものと推察され、作題に対する熱意が感じられる問題である。

有機化合物の構造決定に関する問題は、多くの大学で必ずといっていいほど出題される問題である。受験生の基礎学力を問いながら、問題にミスがないように、また過去の問題と重複がないように、それぞれの大学で、題材や問題設定に工夫を凝らすことになる。京都大3(a) [実例2] は芳香族化合物の構造決定に関する問題である。14種類の化合物が登場するが、基礎的な事項や反応だけで構造が決定でき、思考力や解析力を問う工夫がなされた問題であると評価された。ただし、ヨードホルム反応に基づいて化合物の構造を推定させる点がやや難しいとの意見もあった。東京工業大(前期)7は、分子式 $C_{14}H_{12}O_3$ をもつ3種類のカルボン酸エステルの構造を問う問題である。設定がやや複雑であるが、混合物の分離操作の情報から構造を決定させる点で、思考力を必要とする問題となっている。また、北海道大(前期)3Iは、分子式 C_4H_8O をもつ有機化合物の構造決定の問題である。教科書では扱わない環式化合物を解答させているが、教科書に記載されている基礎的な知識があれば十分に解答が可能である。後述するように、教科書に記載の

ない反応を用いた有機化合物の構造決定の問題もしばしば見られる。しかし、上記のような基礎的な事項や反応を組み合わせた問題には、受験生の基礎的な学力を問おうとする姿勢が感じられ、好感ももてる。

(2) 高等学校における履修内容の十分な理解

先に強調したように、問題作成にあたり、まず、高等学校の教科書を十分に調査し、現在の高等学校の生徒が何をどのように学んでいるかを理解していただきたい。その際、複数の教科書にあたるのが重要である。受験生が解答を得るための前提となる知識は、必ず、ほとんどの教科書の本文に記載があることを確認して欲しい。前述したように、「発展的な内容」として記載されている事項は、必ずしもすべての受験生が学ぶ必要のない事項であり、その扱いは教科書によって異なっている。もし、どうしてもその事項を問いたければ、適切な誘導をつけていただく必要がある。以下に、平成23年の入試問題において、高等学校で必ずしも履修しなくてよい内容を、解答を得るための知識として要求していると指摘された問題をあげる。

・溶解度積に関する問題 現行の学習指導要領では、“平衡定数は、弱酸や弱塩基のごく簡単な系を扱うにとどめること”とある。しかし、入試問題を作成する大学教員は、化学平衡の定量的な取扱いは大学で学ぶ化学熱力学の最も重要な内容であり、それに関する基礎知識は高等学校で身につけてくべきであると考えられる。溶解度積は、現行の一つ前の学習指導要領に基づく課程では「化学Ⅱ」で扱われていたが、現行の学習指導要領では、上記の条項に基づいて、扱ってはならない内容とされた。しかし、前述した「発展的な内容」の一つとして教科書に掲載され、さらに平成19年の教科書改訂では、多くの教科書で本文の記載事項に取り上げられ、現在に至っている。溶解度積はひとつの例に過ぎないが、この経緯を見るだけでも、現行の学習指導要領と教科書検定制度の不備は明らかであり、それによって高等学校の教育現場と大学入試がいかに混乱したかが容易に想像できる。

実際、現行の学習指導要領のもとで実施されている大学入試の問題では、“溶解度積”を説明なく用いているものと、問題文中で説明や誘導を記したものが混在している。平成23年の入学試験でも、多くの大学で溶解平衡を題材とした問題が出題されたが、東京工業大(前期)、名古屋大、神戸大、慶應大(医)、早稲田大(基幹理工など)、星薬科大などでは、溶解度

積が誘導なく用いられた。一方、東京医科歯科大、東京理科大(理)、神戸薬科大では、問題文中に溶解度積の説明があり、 $K_{sp}=[Ag^+][Cl^-]$ などと定義されて用いられている。上記のような混乱した状況では、これらの是非を議論しても無意味であるが、説明を加えた大学では、受験生に配慮した問題作りがなされていると評価することができる。

・沸点上昇、凝固点効果に関する問題 これらも現行の学習指導要領と教科書検定制度の不備によって、高校教育と大学入試に混乱を引き起こした問題の一つである。学習指導要領においてこれらの定量的な扱いは禁じられたにもかかわらず、教科書では $\Delta t = Km$ の式が「発展的な内容」として掲載され、さらに改訂後には本文、あるいは「参考」の記載となった。平成23年の入試問題でも、首都大学東京で沸点上昇、北海道大(前期)、東京海洋大、長崎大、大阪府立大などで凝固点降下に関する問題が出題されたが、いずれも、これらの定量的な扱いを理解しているかを問う問題であった。なお、甲南大では、「凝固点降下度は、溶媒の性質を反映する定数(モル凝固点降下)と希薄溶液の質量モル濃度の積で与えられることが知られている」との誘導をつけて、凝固点降下に関する問題が出題されている。

・浸透圧に関する問題 浸透圧の定量的な扱いは、現行の一つ前の学習指導要領に基づく課程では「化学IB」で扱われていたが、現行の学習指導要領では禁じられた。ファントホッフの法則は、多くの教科書では「発展的な内容」となっている。平成23年の入試問題では、九州大でファントホッフの法則を知っていることを前提とした問題が出題されたが、これは適切な誘導をつけていただく必要がある。実際、岐阜大では、ファントホッフの式を与え、高分子化合物の平均分子量を求めさせる問題が出題されている。

・圧平衡定数に関する問題 圧平衡定数については、多くの教科書が「発展的な内容」として扱っている。東京理科大(理)の気体の平衡反応に関する問題では、説明なく圧平衡定数が用いられているが、これには誘導をつけていただかねばならない。一方、東京農工大では「気体における可逆反応の平衡定数は、モル濃度の代わりに平衡状態のそれぞれの気体の分圧を用いて表される。」との説明をつけて、圧平衡定数を用いた問題が出題されている。

・高等学校で扱わない有機化学反応を用いる問題 教科書の「発展的な内容」には、従来の高等学校の教科書では扱われていなかった有機化学反応が記載されている。これらが記載されているのは、その反応を用いた入試問題が過去に出題されたことが理由である場合が多い。「発展的な内容」に記載された反応は、教科書によって扱いが異なるので、これらの反応を知っていることを前提とした問題を出題して欲しくない。この観点から、アルケンの付加反応を題材に陽イオンとマルコフニコフ則に関する知識を問う問題(徳島大)は、入試問題として適切ではないと評価された。

そのほか、高等学校で履修しない内容を解答させている問題として、アセチレンの合成と反応に関する問題(自治医科大)、ジスルフィド結合やチオール基の名称を問う問題(大阪大(前期)、慶應大(医))、DNAの機能に関する問題(金沢大・選択問題)が指摘された。

一方で、高等学校の履修内容ではないが、適切に誘導がなされている問題もいくつか指摘された。例として、分配平衡に関する問題(お茶の水女子大)、チオ硫酸イオンとヨウ素との反応を用いた酸化還元滴定に関する問題(岐阜大、上智大)、けん化価・ヨウ素価を求める問題(慶應大(医))、アニリンの電

解重合に関する問題(早稲田大(基幹理工など))がある。また、ペプチドを題材とする問題で、問題文中にアミノ酸残基の構造や分子式を与えることによって、アミノ酸の構造を記憶していなくても解答できるように配慮された問題(鳥取大、青山学院大)も、適切な誘導がなされた問題と評価された。

(3) 知識を問う問題の精選

教科書に記載されていれば、何でも出題してよいというわけではない。教科書に記載されている事項を記憶しているかどうかを問う場合には、それが、高校生が知っているべき基本的知識であるかどうかという観点に立って、出題していただきたい。以下に、平成23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、必ずしも高校生が記憶する必要がない細かい事項を問う問題であると指摘されたものをあげる。

- ・化学の法則・学説の名称や提唱者を問う問題(金沢大、近畿大)
- ・蒸留装置を描かせ、操作手順を説明させる問題(信州大)
- ・錯イオンの立体構造や名称を問う問題(電気通信大、三重大、琉球大)
- ・水酸化物の溶解性に関する問題(千葉工業大)
- ・塩素原子を含むオキソ酸の強さに関する問題(芝浦工大、早稲田大(基幹理工など))
- ・グルコース、フルクトースの構造を書かせる問題(神戸大)
- ・ヨードホルム反応の反応式を書かせる問題(宮崎大)
- ・有機化合物の工業的製法に用いる触媒に関する問題(法政大)
- ・必須アミノ酸に関する問題(名城大(薬))
- ・こんにゃくや寒天の構成成分を問う問題(福岡大)

また、以下は、「選択問題」として出題された選択履修項目に関する問題のうち、高校生が記憶する必要がない知識を問う問題と評価されたものである。「選択問題」を出題することは、現行の学習指導要領に沿った大学入試がなされているものとして評価できるが、知識を問う問題では、瑣末な事項ではないかどうか、化学の入試問題として適切かどうかを十分に検討していただきたい。

- ・絹や羊毛の構成成分を問う問題(岩手大、秋田大)
- ・蜂蜜や寒天の構成成分を問う問題(香川大)
- ・核酸塩基の塩基対形成に関する問題(長崎大)
- ・医薬品の名称と機能に関する問題(名城大(薬))

(4) 応用問題における受験生への配慮

高等学校で学ばない概念を扱う問題や、高校生にとって難解すぎる内容の問題は、入試問題として適切ではないと考える。その問題は応用問題として成立しても、来年度以降、受験対策に用いられることによって、本来、高等学校で学ぶべき内容の理解が疎かになったり、大学で基礎から学ぶべき内容の理解が妨げられたりする可能性がある。以下に、平成23年に出題された問題のうち、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して指摘されたものをあげる。

・電子軌道を扱った問題 原子の電子配置に関する問題であるが、s軌道、p軌道、d軌道、f軌道という言葉が問題文で使われている(早稲田大(教育))。この問題では、問題文中に説明があり、電子軌道に関する知識がなくても解答は可能である(但し、この問題は遷移元素の電子配置を扱っており、高校生にとって難解すぎる問題でもある)。しかし、電子軌道はほとんどの教科書に「発展的な内容」として扱われており、入試問題として取り上げられたことによって、高等学校の先生方や受験生は、高等学校でも学ぶべき内容と捉えたのではなかろうか。軌道概念は化学を体系的に学ぶために、最も重要な概念の

一つである。大学の教養課程では、それをしっかりと身につけてもらうために、電子の波動性から解き明かし、波動関数や量子数といった事項とともに、軌道概念の必要性和有用性を学ぶ。軌道の学習は、大学に入ってからで十分である。このような問題によって、高等学校の先生方や受験生が、本来、高等学校で学ぶべき内容を見失わないように切に望みたい。

・ボルン-ハーバーサイクルに関する問題 “結晶を構成するイオンを互いに結び付けているエネルギー”をボルン-ハーバーサイクルから求めさせる問題である(首都大学東京、慶應大(理工))。ヘスの法則の応用と見ることができ、委員の間には、適切に誘導があり高等学校の履修範囲で解答できる問題であるとの評価もあった。ボルン-ハーバーサイクルに関する出題は過去にも例があり、すでに多くの教科書で「参考」として記載されている。大学では、ボルン-ハーバーサイクルは、格子エネルギーの理論的な導出と対比させて、その実験的な求め方として学び、熱力学に基づいて取り扱われる。熱力学では、熱化学方程式はエンタルピー変化 ΔH を用いて表記されるので、高等学校で学ぶ熱量とは符号が逆になり、しばしば混乱する学生を見かける。高等学校の熱化学は重要な単元の一つではあるが、大学で学ぶ熱力学とのつながりがやや弱い。高等学校では基本的な概念の習得にとどめ、ボルン-ハーバーサイクルのような複雑な系の取扱いは、大学に入ってから学べば十分であると思う。

・有機化合物の構造と物性の関連に関する問題 高等学校の化学では、分子間力について体系的に学ぶ機会がない。従って例えば、アルカンの沸点が炭素数とともに増大することや、直鎖状よりも分枝状アルカンのほうが沸点が低いことは教科書に記載されていても、その理由は学ばない。分子構造によって分子間力が異なることは、分子間にはたらく分散力の本質がわかってはじめて理解できることであり、大学で学べば十分である。この観点から、アルコールの構造異性体を沸点の序列から判別させる問題(岐阜大、徳島大)や、不飽和脂肪酸を構成成分とする油脂が液体である理由を論述させる問題(岐阜大)は、大学入試問題として適切ではないと思う。

・結晶構造に関する問題 現行の学習指導要領では、“結晶については、原子、分子又はイオンの配列を扱うにとどめること”とされ、単位格子の長さや原子半径との関係などの定量的な扱いは「発展的な内容」となっている。しかし、身近な物質である鉄や食塩が、原子やイオンが秩序正しく配列することによって構成されていることは基本的な内容であり、それを理解するためには、ある程度の定量的な扱いも必要であると考えられる。結晶格子に関する問題を含む事例1を適切な問題としてあげたのは、このような理由による。これに対して、結晶格子の名称、あるいは単位格子の長さや原子半径の関係を記憶していないと解答できない問題や、解答にあたり難解な幾何学的考察を必要とする問題は、学習指導要領の記述にかかわらず、入試問題として適切ではないと考える。この観点から、簡単に描かれた図をもとにイオン結晶の極限半径比を求めさせる問題(北海道大(後期)、東京理科大(理))や、面心立方格子と六方最密構造の層間距離に関する問題(東京工業大(前期))は、高校生にとって難解であり、入試問題として適切ではないと評価された。

また、結晶構造に関する問題では、しばしば3乗の計算を含む有効数字3桁の計算が要求されるなど、計算が煩雑であるとの指摘があった(京都市大、大阪大(前期)、同志社大など)。出題する大学の先生方は、必ず筆算で計算を行い、受験生に過度の負担をかけていないかどうかを確認して欲しい。なお、群馬

大の結晶構造に関する問題では、“有効数字3桁で答えよ。ただし、 $(4.08)^3$ を67.9とする”との指示があり、受験生の負担を軽減する工夫がなされた問題であると評価された。

(5) 用語や表記方法に注意

問題に用いる語句や表記は、教科書に記載されているものを用いていただきたい。現行の学習指導要領において、教科書が改訂されてから、 l (リットル)はすべて l と表記されるようになったが、入試問題にまだ l を用いている大学が、検討した83大学中で7大学もあった。これらの大学では、本当に教科書を十分に調査した問題作りがなされているかどうか、疑わざるを得ない。

以下に、平成23年の入試問題において、用語や表記方法に問題があると指摘されたものをあげる。

- ・「モル数」(横浜市立大)は教科書では用いられていない。「物質質量」と表記していただきたい。
- ・「過マンガン酸カリウム1分子」(札幌医科大)は誤りである。組成式で表される物質を“分子”と表記しないように注意して欲しい。
- ・「塩化銅」(愛知工業大)は「塩化銅(II)」と表記していただきたい。
- ・熱化学方程式では、原則として物質の状態が付記される。従って、燃焼の熱化学方程式を書かせる問題(早稲田大(教育))では、生成する水の状態を特定しなければならない。

3 おわりに

すでに述べたように、平成21年に公示された新しい学習指導要領が、平成24年4月から高等学校において実施されている。履修内容、特に定量的な扱いの軽減、選択履修項目の設定など、実施当初から指摘されていた現行の学習指導要領の問題点が、新しい学習指導要領では解消された。このような状況のもと、本稿では、現行の学習指導要領と教科書検定制度が、いかに高等学校の教育現場と大学入試を混乱させたかを、入試問題を検討評価する立場から、いくつかの実例とともに述べた。

自然科学において現象を定量的に扱うのは当然であり、大学で学ぶ化学では、様々な理論に基づいて現象を定量的に解析する。有機反応論における置換基効果ですら、定量的な扱いがなされる。大学に入学する高校生には、数式を用いて現象を扱うことにより、実験や観察から、原子や分子に関する様々な情報が得られるということを知っていて欲しいと思う。随所に“定量的な扱いはしないこと”と記された現行の学習指導要領が、大学教員の立場から受け入れ難いのは、このためである。皮肉にも、“定量的な扱いはしないこと”とされた内容について、大学入試が定量的な問題を出し続けたことが、高校生が“定量的な扱い”を敬遠することを、多少なりとも抑制したといえるかもしれない。このような矛盾は、もう二度とあってはならない。

さて、新しい学習指導要領に基づく「化学基礎」(2単位)はどのように進められているだろうか。平成25年4月からは、「化学」(4単位)の授業が開始される。現行の大学入試に対応しながら、新しい学習指導要領に則した教育も行わなければならない高等学校の先生方のご苦労は、大学教員の想像をはるかに超えたものであろう。

入試問題を作成する大学の先生方には、現行の教科書を十分に検討し、受験生が高等学校で何を学んでいるのかをよく理解していただきたい。それが前提となって、はじめて入試問題は、大学のメッセージとなると思う。大学入試を通じて、多くの大学教員が、高等学校の化学教育に関心をもつことを願っている。そして、将来、現在の高等学校の履修内容はこれでよい

のか、高等学校の化学では何を学ぶべきなのかといった議論が沸き起こることを期待している。

村田 滋 (東京大学大学院総合文化研究科)
入試問題検討小委員会 委員長

- 1) 平成 22 年入試の報告として, “化学の大学入試問題を考える (22)”,
化学と教育 2012, 60, 36.

日本化学会教育・普及部門入試問題検討小委員会

主査: 村田 滋 (東大院総合文化)

委員: 臼井豊和 (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 (電気通信大院情報理工学)

協力委員: 伊藤崇由 (北海道立苫小牧西高), 歌川晶子 (多摩大附属聖ヶ丘高), 高橋義人 (福岡県立修猷館高), 谷本泰正 (川崎医科大), 中塚多聞 (岡山県立岡山大安寺中等教育校), 三池田 修 (都立翔陽高), 山本孝二 (千葉県立松戸六実高)



行事一覽

会告原稿の締切日は、掲載希望月の前々月の末日です。期日に遅れないように E-mail にてお送り下さい (kyoiku@chemistry.or.jp)。HP のテンプレートをご利用下さい。
http://edu.chemistry.or.jp/chemedu/kakyo.html
本会または本会支部による主催または共催を原則とします。28 字×30 行以内厳守。

開催期日	講演会など開催名 (開催地)	掲載号
2013 年		
1 月 26 日 (土)	平成 24 年度福岡県理科・化学教育懇談会総会 (福岡).....	60 巻 12 号
2 月 2 日 (土)	化学への招待—講演会 元素の発見と同定—1 世紀前, そして現在 (東京) ...	60 巻 12 号
9 日 (土)	化学実験講座 (第 177 回) (東京)	60 巻 12 号
3 月 23 日 (土)~28 日 (木)	高校生のための先進的科学技术体験合宿プログラム「スプリング・サイエンス キャンプ 2013」参加者募集 (全国 12 会場)	60 巻 12 号
30 日 (土)	高校生のための化学実験講座 (第 98 回) (東京).....	本号

◆高校生のための化学実験講座 (第 98 回)

共 催 国立科学博物館 日本化学会関東支部
会 期 3 月 30 日 (土) 14 時 30 分~16 時
会 場 国立科学博物館上野本館 地球館 3 階 実験実習室
(台東区上野公園 7-20) [交通] JR「上野」駅公園口から徒歩
5 分, 東京メトロ「上野」駅 7 番出口から徒歩 10 分
※昨年度より会場が新宿分館から上野本館に変更になりました。
参加申込締切 3 月 16 日 (土) (消印有効)
定員 15 名 (定員を超えた場合は抽選)
内 容 「見える化合物」色素の合成と性質 (慶應義塾大学理
工学部) 犀川陽子
みなさんの身の回りにある色とりどりのペンや, 服や, 花な
どの「色」は特定の有機化合物や金属の色でできています。身
近な「色」がどのような色素でできているのか, 色ペンを使っ

て分離実験をして調べましょう。また, 無色の原料から色素を
化学合成してみましょ。色素ができる化学反応がどのように
進むのかを経過観察して, 一番良い条件で布をキレイに染めて
みましょう。

対 象 高校生
参加費 50 円 (保険料, 当日集めます) ※高校生以下は入館
料無料。年齢がわかる証明書等を提示してください。
参加申込方法 往復ハガキに, 1. 参加希望行事の期日, 名称
(高校生のための化学実験講座), 2. 氏名 (フリガナ), 3. 住
所 (返信用ハガキの宛名も), 4. 連絡先電話番号, 5. 年齢,
6. 学年を明記のうえ, 下記宛お申し込み下さい。また, 下記
のホームページからもお申し込みいただけます。
申込先 110-8718 東京都台東区上野公園 7-20 国立科学博物
館学習企画・調整課 学習支援事業担当 電話 03-5814-9888
URL: http://www.kahaku.go.jp/event/all.php?month=201303



新しく教育会員になられたかたがた

Kanyiva Sttphen-kyale 東京大学大学院
袖本 玲 文化学園大学

四方 啓嗣 大阪市立大学

▷現在会員数 (2012 年 12 月)

正会員	学生会員	教育会員	名誉会員	法人会員	公共会員	賛助会員	合計
22,294	5,422	1,779	79	463	457	0	30,494