

化学的教養および実験指導のための大学化学入試問題の利用

池田育浩 (神戸女学院中学部・高等学部)

1. 緒言

毎年、大学入試センター試験・個別学力試験など、大量の大学化学入試問題が作成されている。これらの問題が作成される主な目的は、大学入学希望者が、入学後の専門教育を受けるのに必要な基礎的な知識・学力を身につけているかを評価し、入学者を選別することである。このような目的を考えると、現在、多くの中等教育機関で行われているような「大学入試のための指導」もある程度は必要であり、また生徒が、入学後の専門教育に耐え得る学力を身につけるといふ意味においても、必要なことであると思われる。

しかしながら、近年の大学化学入試問題を調べてみると、「入学者の選別」という意味合い以上に、化学教育指導において有用かつ興味深い入試問題が少なくないことに気づかされる。例えば、高等学校の化学で学ぶ知識を用いて、エネルギー・環境問題を考察する問題や、自然現象を考える問題、医薬品・食品・色素のような、普段、目にしたり口にしたりするものについて理解を深める問題、ニュースなどで耳にする最先端の化学技術に関する問題など、教科書に記載されている以上のことを考察する問題である。すなわち、単に指導要領や教科書に掲載されている化学的な知識を確かめるだけでなく、それらの知識を使って身の回りの現象や社会問題などについて考察を深めるような問題である。このような問題は、一見いわゆる「典型的な入試頻出問題」ではないため、「教科書・指導要領を逸脱した難問・奇問」「入試対策として学ばなければならないことが増える」として、苦言を呈されることも少なくない。しかしながら、これらの問題を積極的に利用することで、生徒たちの化学に対する興味・関心を喚起することができるのではないと思われる。また、「なぜ化学を学ぶのか？」という生徒の疑問に対して、「身の回りの現象や社会問題を考えるための化学的教養を身につけるため」という、1つの回答を提供できる可能性もある。

また、化学の指導においては、実験指導も欠かせ

ない。実験教材の開発は数多く行われており、国内でも実験関連書籍や、日本化学会発行の論文誌「化学と教育」などで、多数の実験が報告されている。実験指導は、化学に対する生徒の興味・関心を喚起できる指導として、積極的に取り入れることを推奨する意見はよく聞かれる。しかしながら、基礎知識の修得のない状態で実験を行っても、生徒たちにとっては「何かよくわからないが、色が変わったりして面白かった」という程度の実感しか得られず、単なる「おもしろ実験」で終わってしまうことも少なくない。実験指導を行う際にも、基礎的な知識を修得した上で、その知識を運用して実験内容や観察された現象を解釈できるように指導することが不可欠で、その基礎知識の修得において、大学化学入試問題を利用することは有効である。

本研究では、このような視点で大学化学入試問題を調査し、生徒の興味・関心を喚起する素材となる大学化学入試問題の抽出・分類を行った。この研究報告書は、今回調査した大学化学入試問題を総論的にまとめ、報告する形とした。また、実験指導についても、実験指導に関する文献と、その実験内容をより深く理解するのに利用できる大学入試問題を引用する形で報告する。

2. 調査・研究の方法

今回の調査・研究では、大学入試問題と実験報告の調査を中心に行った。大学入試問題については、毎年度発行されている旺文社発行「全国大学入試問題正解・化学」(主に現行課程の年度)、数研出版発行「化学入試問題集」、ジェイシー教育研究所の入試問題データベース「Xam 化学」、数研出版の「studyaid データベース・化学」(1992～2011)を主に利用した。「Xam 化学」については、大量の入試問題が収録されており、これらの中から検索条件として「その他の目新しい問題」「その他の化学平衡に関する問題」等の検索条件で抽出した問題、および備考の付された問題を調査した。実験指導に関しては、国内発行の実験関連書籍および日本化学会

発行の「化学と教育」(1987～2011年)を主に調査した。

3. 調査結果

以下、本研究の趣旨にそって抽出した問題を報告していく。なお、出題校を明記する際に、出題された年度の下2桁のみ明示した(例えば「11」は2011年度を、「97」は1997年度を示す)。

環境・エネルギーに関する問題：近年の環境・エネルギー問題に対する関心の高まりもあって、これらに関する出題は大変多い。熱化学の知識を用いて、二酸化炭素排出量とエネルギー量を計算する問題(10 名古屋大、09 法政大、09 秋田大など)、新エネルギーとして注目されているバイオエタノールに関する問題(11 名古屋工業大、10 香川大など)、最近ニュースでも耳にする、海底深くに存在するメタンハイドレードについての問題(11 大分大、11 中央大、10 東京大など)、二酸化炭素や窒素酸化物による酸性雨発生メカニズムを化学平衡や気体の溶解に関するヘンリーの法則を使って考える問題(08 東京理科大、07 山口大、06 名古屋市立大、02 京都大、92 九州大など)、オゾン層の生成速度や破壊について考察する問題(09 名古屋大、04 東京医科歯科大、03 東京大、98 お茶の水女子大)などがある。新エネルギーのバイオエタノールについては、「二酸化炭素排出量の観点で、本当に環境に良いか？」を考察させる問題もあった。酸性雨に関しては、空气中に存在する二酸化炭素が意外に雨水の酸性化(pH5.7程度)に寄与していることが知られており、その点も理論的に計算する問題が多い。空气中の二酸化炭素が、自然に存在する水を酸性化する働きがあることは、普段はなかなか気づきにくい。そのようなことを実感する実験として、空气中の二酸化炭素によって、0.2%チモールフタレイン・エタノール溶液の青色が消える実験が報告されている⁽¹⁾。環境問題を考える時に、「二酸化炭素の排出量削減が必要」との意見はよく聞かれるが、それを達成する「節約」以外の具体的な方法として、二酸化炭素を大気中に排出せず、液化して深海に貯蔵す

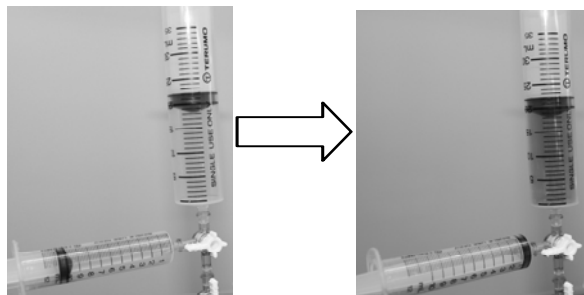


図1 酸性雨の原因となる赤褐色の二酸化窒素の生成

るというアイデアを指摘した問題(08 山口大)は、化学が環境問題解決に貢献できる可能性を示しており、化学に対する関心を高める素材となりうる。また、酸性雨の原因物質として、排ガス中に含まれる窒素酸化物の影響も大きい。これらを実験室で安全に発生させる方法も報告されており^{(2)・(3)}、前述の問題(02 京都大など)で考察した内容を、実験で確認することができる(図1)。

生体や医薬品についての問題：高等学校において、理論化学として学ぶ内容を利用して、生体に関係した現象を考える問題も出題されている。血液のpHを考える問題(11 弘前大、00 京都府立大)、深海で作業していた人がかかる潜水病について、気体の溶解度の知識から考察する問題(10 名古屋市立大、05 広島大)、血液中のヘモグロビンが酸素と結合し、それによって体中に酸素が運ばれることを、化学平衡や化学反応の量的関係の知識を使って考察する問題(10 札幌医科大、10 名古屋市立大、06 埼玉大後期、01 摂南大)、気体の法則を利用して、ベッド上の患者の血管にかかる圧力を考察する問題(09 星薬科大)、胃液を素材にして制酸などについて考える問題(02 慶応義塾大、97 岐阜薬科大)、胃液中での薬剤の形を化学平衡の知識を用いて考察し、薬剤が吸収される仕組みを考察する問題(08 東京理科大、08 東邦大、02 慶応義塾大)などがあった。

また、医薬品を直接素材にした問題も多数見られ、鎮痛剤イブプロフェン・フェナセチン(11 中央大、08 日本大、07 東京理科大)、鎮痛剤パラセタモール(08 名古屋工業大)、局所麻酔薬アミノ安息香酸エチルの合成(08 東邦大)、抗菌作用のラクtofエリンやアセトアニリドを改良した総合感冒薬のアセトアミノフェン(06 愛媛大)、抗生物質のペニシリン(06 九州大)、局所麻酔薬ベンゾカインや抗菌剤プロントジル(03 富山医科薬科大)、局所麻酔薬リドカインの合成(07 東京理科大)、抗がん剤のシスプラチンを素材にした錯イオンの構造に関する問題(05 静岡大)、少し変わったところでは薬剤の腎臓での排出を遅らせ、体内滞留時間を延ばすことによって薬剤の投与回数を減らすのに有用なポリリンゴ酸についての問題(11 名古屋工業大)などがあった。これらの問題の中には、医薬品の構造式が示され、さらにその合成経路を考える問題などもあり、このような問題に接する高校生は、高校の化学で学んだ知識で、ある程度薬剤について考えられることがわかり、医学や薬学を志す生徒が、化学を学ぶ動機付けになる問題だと思われる。

身近なものを素材にした問題：身近なものを素材にした問題には、様々な種類のものがあるが、電池に

関する出題は特に多い。教科書でもダニエル電池や鉛蓄電池、燃料電池などについて学ぶが、それ以外の電池を素材とした問題には、補聴器などのボタン電池として利用されている空気-亜鉛電池 (11 東北大)、電力貯蔵用電池として利用されているナトリウム-硫黄 (NaS) 電池 (09 名古屋市立大)、腕時計やカメラ・電子体温計などの電池として使用される酸化銀電池 (08 東京大)、携帯電話用の電池として利用されているリチウムイオン電池 (11 大阪薬科大、11 早稲田大、10 東京大、11 東北大後期、06 京都大)、色素増感太陽電池 (09 早稲田大、06 京都府立大)、販売もされ始めた直接メタノール型燃料電池、(07 東京理科大)、充電可能な二次電池のニッケル-カドミウム電池 (04 北海道大、03 大阪医科大、96 関西学院大)、グルコースを燃料として用いるバイオ電池⁽⁴⁾ (07 東京医科歯科大)、備長炭やアルミ箔などの身近なものを利用して作成できる備長炭電池⁽⁴⁾ (05 北海道大) などが出題されていた。これらのほとんどは、高等学校で学ぶ酸化還元反応の知識を用いて考察する問題であるが、ニッケル水素電池の電極材料となる水素吸蔵合金に関する問題 (09 奈良女子大、09 関西大、09 東京医科歯科大、06 東京工業大) では、結晶構造の知識を使って、水素が吸蔵される仕組み (結晶のすき間に水素が入っていく) まで考察する問題となっており、酸化還元だけではなく、様々な知識を組み合わせる興味深い問題となっている。

電池以外の身の回りにあるものを素材にした問題には、活性炭やシリカゲル (乾燥剤) による吸着現象を考察した問題 (11 京都大、08 静岡大、08 埼玉大、06 京都工芸繊維大、92 東京学芸大)、吸水性ポリマーの性質をその化学構造から考える問題 (10 京都教育大)、紙がふやける理由をその化学構造から考える問題 (09 早稲田大)、温泉の成分や温泉の硫黄成分による銀の指輪の変色に関する問題 (11 法政大、10 早稲田、09 名古屋大、09 慶応義塾大、08 香川大、07 名古屋工業大)、醸造酒や御神酒などの酒類を素材にした糖類やアルコールに関する問題 (11 明治大、07 鹿児島大)、マリリン・モンローが使用していたシャネルの5番の香水やカレーの香り成分のクミンアルデヒド、ラズベリーの香り成分のラズベリーケトン素材にした有機化合物構造決定の問題 (11 名古屋工業大)、消火器の原理に関する問題 (09 富山大後期)、魚の水かえが必要な理由を素材として溶液の pH を考える問題 (07 名古屋工業大)、肥料のやりすぎの影響を浸透圧の知識に基づいて考える問題 (07 名古屋工業大)、スプレー缶の成分と噴霧を気体の法則や蒸気圧の知識を利

用して考える問題 (11 東京理科大)、シックハウス症候群の原因物質に関する問題 (05 東京医科歯科大、06 産業医科大)、ソフトコンタクトレンズの素材に関する問題 (08 名古屋工業大)、古紙が痛む原因を紙の製造方法から考える問題 (93 お茶の水女子大、92 京都薬科大)、家庭用ドリップ式コーヒーメーカーの原理を考える問題 (97 法政大)、接着剤の素材に関する問題 (10 名古屋工業大)、コンニャクイモに含まれるグルコマンナンを素材にした問題 (10 群馬大)、熱化学の知識を利用してハンバーグを焼く際のエネルギーを考える問題 (10 秋田大)、ドライアイスをペットボトル内に密閉した際の危険性について考える問題 (08 芝浦工業大)、無機化学の知識を利用して塩素系カビ取り剤とトイレ用洗剤を混ぜ合わせる際の危険性について考える問題 (08 富山大後期)、「アイスクリームは体を冷やすので、意外に太りにくい」という仮説を熱化学の知識によって考察する問題 (11 早稲田大) などがあった。

また、昨年の原発事故に関連して、「半減期」という言葉が頻繁に聞かれるようになったが、半減期を考慮した年代測定に関する問題 (09 北里大、08 関西学院大、06 東京医科歯科大、06 山口大) も出題されている。これらの問題を通して、半減期の意味を理解し、ニュースで聞く内容について理解を深めることもできる。

身近に存在する鉄に関する出題も多数見られるが、映画「もののけ姫」にも見られた「たたら製鉄」の内容から、鉄の製法を考えるユニークな問題 (10 立命館大) もあった。鉄を実験室で作るには、アルミニウムの還元力を利用したテルミット法が有名で、アルミニウム粉末と酸化鉄の粉末を混合して点火すると、激しい光を発生して反応が起こる (図2)⁽⁵⁾。この実験も、変化の様子が激しく、生徒が興味を持って取り組める実験であるが、テルミット反応の実験を扱った問題 (10 横浜国立大) を同時に指導することで、実験内容をさらに深く理解することができる。

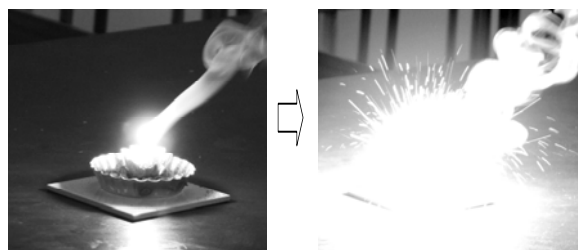


図2 テルミット反応の様子。激しい光と熱を伴って反応が起こる

他に、身近なものを素材にした入試問題のなかで、実験指導と組み合わせることが有効な素材として、みかんの皮などに含まれるリモネンを素材にした問

題(11 東京大、11 大阪大後期、10 京都府立医科大、07 横浜国立大)と蛍光色素・フルオレセインを素材にした問題(11 広島大)があげられる。リモネンには、発泡スチロールを溶かす働きがあり、ゴミの体積を減らすのに利用できる天然素材として、実験も報告されている⁽⁶⁾。実験とともに上記の問題演習とあわせて指導することで、リモネンとはどのような構造をした化合物なのか、その構造はどのような実験で決められるのか、また「なぜスチレンを溶かすことができるのか」といった具合に理解を深めていくことができる。さらに、「ものを溶かす」という現象を分子の極性と関連付けて理解する実験⁽⁷⁾や、分子の極性を理論的に考える問題(10 大阪大、11 東京大)とあわせて指導すると、さらに理解が広がる可能性がある。フルオレセインについては、混合した無水フタル酸とレゾルシンを、市販の電子レンジで500W・5分間加熱するだけで簡単に合成できるマイクロ波熱触媒合成実験が報告され⁽⁸⁾、高等学校でも比較的簡単かつ安全に合成できるようになった。この実験についても、ただ「身近なものを合成する実験」として行うよりも、上記の問題演習とあわせて指導することで、高等学校で学ぶ物質や反応の仕組みを利用して、身近な蛍光色素のできる様子を理解する素材となりうる。

その他に、色が見える仕組みを、分子内の二重結合の広がり(=共役系)から考える問題(07 早稲田)があった。二重結合の数が変わることによって、色の見え方が変わることを確認する実験として、トマトジュースと臭素水を用いて虹色を再現するユニークな実験が報告されており⁽⁹⁾、これについても実験と演習を組み合わせることで、生徒はより深い理解を得られる教材となりうる。

自然現象に関する問題：自然現象を素材にした問題としては、フェーン現象を気体の法則を利用して考察する問題(07 東京工業大)、鍾乳洞・カルスト地形生成のメカニズムについて化学平衡の知識で考察する問題(08 東京理科大、05 京都大)、オホーツク海で流水ができる仕組みを凝固点降下の知識を用いて考察する問題(08 九州工業大、07 岡山大学)、地球大気中での二酸化炭素や水の循環メカニズムに関する問題(07 早稲田大)、海洋プランクトンの殻の成分に関する問題(07 山口大)、オゾン層の厚みを見積もる問題(09 名古屋大)、対流圏の厚みから、地表面での空気の質量を見積もる問題(07 法政大)、鉄を主成分とする縞状鉄鋼層の形成メカニズムを考察する問題(11 首都大学東京)などがあった。

先端技術に関する問題：高等学校では学ぶ機会は少ないが、大学等で学ぶ先端技術を素材とした問題と

しては、X線回折による結晶の単位格子の測定についての問題(07 横浜国立大、99 東京工業大)、分子量を直接測定する質量分析計に関する問題(10 大阪大後期、04 京都府立医科大)、有機化合物の構造決定に利用される核磁気共鳴(NMR)に関する問題(11 大阪医科大、08 大阪大)、重金属と結合できるタンパク質を表面に固定化した細胞を用いて重金属を回収する細胞表面工学に関する問題(11 明治大)、マイクロメートルオーダーの微細な流路上で反応を行うマイクロチップに関する問題(10 大阪大後期)などがあった。先端技術を利用しており、かつ身近なものとして、近年急激に普及した液晶テレビがあるが、フラットディスプレイなどに利用される液晶物質について考察する問題(08 早稲田大)もあった。液晶物質を、電子レンジを用いて比較的簡単に作成し、液晶の性質を確認できる実験も報告⁽¹⁰⁾されているので、そのような実験と問題演習を組み合わせるのも有効と思われる。

4. まとめ

これまで大量に作問されてきた入試問題を、「化学的教養を深める問題」「実験指導の内容をより深めるのに役立つ問題」という視点で調査・抽出した。限られた範囲内での調査となったが、それでもいわゆる「典型的な問題」ではない、ユニークな問題が多数見つかった。これらの入試問題は、高校生が化学を学ぶ意義を感じたり、興味・関心を深めるのに利用できるだけでなく、大学生のリメディアル教育の教材としても利用できる可能性がある。

5. 参考文献

- (1) 左巻ら、2009年、日常の化学事典、東京堂出版、p.260
- (2) 前田、2008年、安全で簡単なNOとNO₂比較実験、の化学と教育、56巻、10号、p.498
- (3) 池田、2010年、連結三方コックを用いる窒素酸化物に関する安全な生徒実験、日本化学会第90回春季年会講演要旨集、90巻、2号、p.452
- (4) 日本化学会近畿支部編、2003年、もっと化学を楽しくする5分間、化学同人、p.142-147
- (5) 小松、2009年、机上でできるテルミット反応、化学と教育、57巻、5号、p.242
- (6) 村山ら、2006年、化学の不思議さや面白さが体感できる柑橘類の果皮を用いた教材化の試み、化学と教育、54巻、12号、p.664
- (7) 後藤、2008年、「極性の理解」のための実験、化学と教育、56巻、9号、p.450
- (8) 松村ら、2005年、発光試薬や発光性錯体のマイクロ波合成：マイクロ波化学入門8、化学と教育、53巻、2号、p.112
- (9) 岩田、2003年、トマトジュースを虹色に、化学と教育、51巻、4号、p.218
- (10) 石見ら、2010年、電子レンジを使った液晶の簡易合成とモデルデバイスの作製、化学と教育、58巻、12号、p.592