大学と切れた高校化学—病状・原因・治療法—

生活に役立つ話はあまりない。学術趣味を漂わせながらも大学の化学には直結せず、入試で満点をとっても入学後に頭のリセットを要求する。それが日本の高校化学だ。「閉じた世界」の素顔を眺め、閉じさせた原因あれこれと、「開かせる」ための方法を考える。高校化学教育を劣化させた主犯は、初中等教育に関心がないまま入試問題をつくる大学人ではないか？

渡辺 正

Disconnected Chemistry Education from High School over to University: Pathology, Etiology, and Possible Therapy

Tadashi WATANABE

Abstract: The high school chemistry education in Japan provides quite limited knowledge useful for daily life. And what is worse, though being infected by superfluous pedantry, it is almost utterly disconnected from university chemistry. Accordingly, even a youngster who has got a perfect score for chemistry in an entrance exam, has to reset his/her brain during the initial stages of university education. Here the author examines how Japanese high school education is “closed,” what have caused the closure, and what measures could “open” it. The main culprit for the devastation of high school education may be university chemistry professors/researchers who involuntarily take charge of the entrance exam, with complete lack of interest in the real situation of primary/secondary education.

Keywords: Chemistry Education/High School/University/Textbook Authorization/Textbook Publication/University Entrance Examination/International Chemistry Olympiad

1. 使命を忘れた高校化学

高校は全員入学に近づいた。大学進学率も50%を超えたというが、進学先は文系のほうが多いし、理工の化学系に進む人は同世代の1~2%だろう。つまり国民のほとんどは化学の勉強を高校で終える。

いうまでもなく化学は、理系科目のどれよりも生活と縁が深い。軽くて輸送の省エネルギーに役立つPETボトルをビール容器にしない理由は？ 壁紙はなぜ90%までが塩ビ製なのか？ 携帯電話をつくるのに必須の金属あれこれはどうやって手に入れるのか？…といった疑問のヒントでも教われれば、高校卒業後の人生は楽しくなるし、国民の化学(科学)力が向上することにもなる。

一方で化学系進学者は、大学につながる話を教わりたい。なにしろ入学後は、熱力学や分子運動論、量子化学や有機電子論と、いきなり理屈の世界に入るのだから。

しかし日本の高校化学は、どちらの期待にも応えない。生活にも大学にも直結していないのだ。

東京大学生産技術研究所
(153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1)
教授, 工学博士
1976年 東京大学大学院工学系研究科工業化学専門課程修了
専門は生体機能化学, 電気化学, 環境科学

図1 高校教科書の日米比較

米国では、「身近な現象を解剖する」ふうの重厚な高校化学教科書を化学会(ACS)が出している。2006年刊の2冊^{1), 2)}を、筆者の関与している高校教科書『化学I』『化学II』と並べて図1に示す。サイズや厚みをチラリと見ただけで内容の豊かさは想像できよう。あいにく日本には重厚な教科書をつくる風土がないのだけれど、「生活関連」の面はこのへんで切り上げたい。

本稿では第2の側面、つまり「大学との断絶」を主題にする。高校と大学の「界面」には入試があり、いま大半の高校生は(多くの中学生も)大学入試を最終ゴールとみて勉強に日々いそしむ。だがその入試問題に疑問が多い。ま

ずはそこを眺めよう。

2. 悲しきゴール

次の問いに答えなさい。

酢酸、ホルムアルデヒド、アセトンのうち、フェーリング液を還元するのはどれか？

高校で化学を教える先生や、入学直後の大学生、高校教科書の執筆者なら正解をすぐ言えるだろう（正解はホルムアルデヒド。念のため）。筆者はたまたま 20 年ほど小中高の理科教科書に関与してきたのでわかるのだが、もし関与していなかったら、電気化学や光化学、生化学が本業の人間としては当てずっぽうを言うしかない。

出題者はよほどフェーリング液が好きなのか、過去 10 年分のセンター試験（化学 IB と化学 I）を調べてみたら、ほぼ同じ問題が 8 回も出ていた。

むろん上の問いなら正解は一つに決まる。だがフェーリング液の還元とは、「アルカリ性水溶液中で進む $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}_2\text{O}$ の反応」にすぎない。適度な還元力の有機化合物も無機イオンも（数十万以上？）フェーリング液を還元し、限られた条件のもとでアルデヒド基の確認に使えろというだけの話。受験生は、フェーリング液の作用を受けたアルデヒド基の変化など気にもせず、「連想ゲーム」的に正解の番号をマークする。高校や予備校の先生も、そういう「対策」を伝授するに違いない。

正解を知っていても生活に役立たないし、大学に入ってから役立つ場面もほとんどない。物理化学屋の無知かと心配になって身近な有機化学のプロ数人に聴いたところ、やはり異口同音にそう言った。大昔なら、大学でも少しは役に立つ知識だったらしいが。

フェーリング液は氷山の一角にすぎない。エタノールがヨードホルム反応を示すとか、炭化カルシウムと水の反応でアセチレンができるとかも連想ゲームの世界だろう。センター試験も大学の個別試験も、「化学力」を試すとは思えない問題ばかり。ゲームが脳を鍛えることを否定はしないが、なんとも悲しい現実だと思う。

3. 入学直後の「実力」

42 年前に化学と物理で受験し、入学後の断崖絶壁や深淵に出合ったとき、わが身の化学力はせいぜい次のようなものでしかないと思っ、心細い限りだった。

- 原子数と電荷数の釣り合う化学反応式がバッチリ書ける（小学生レベル）。
- 化学計算がスラスラできる（中学レベルの加減乗除と、簡単な指数・対数）。
- 結合の生成や切断が起こると知っている（なぜ起こるのかはまるで知らない）。

●化学反応式をいくつか書ける（なぜその向きに進むのかはさっぱりわからない）。

●気体の状態方程式など理論式を少し知っている（なぜ成り立つのかは知らない）。

大学では「なぜ？」の話がいきなり始まる。それが化学の本質だからだ。もちろん基礎体力ゼロの身は面食らい、しばらくは消化不良が続いた。

42 年前はまだ夜明け前だった量子化学は、学部 3 年のころ初めて習った。だが近ごろはまったく違う。まず量子化学を…と気合を入れる教員が多いため、消化不良になる学生も 42 年前より多いだろう。

工学系の化学に進もうと決めた学部 2 年のころにそれまでを振り返ったとき、化学の本質は次の四つが…とようやく悟った。

- A 周期表の元素はなぜ存在するのか？
- B 原子はなぜ、どのようにしてつながり合うのか？
- C 反応はなぜその向きに進むのか？
- D ものの性質は何が決めるのか？

どれも根元は「物理」だから、物理をやらずに化学はわからない…というのも「悟り」の一つ。つまり化学に進みたいなら物理の素養が必須なのだが、いまの高校化学は A～D をまともに扱わないし、科目タテ割り主義のせいで物理の香りもないに等しい。

そればかりか、教科書には「高校限り」の用語や表記、説明が目白押し。気になるものの一部を眺めよう。

4. あやしい用語・表記など

定比例の法則・倍数比例の法則

教科書執筆に関与し始めた 20 年前、むかし高校でたぶん習った二つに再会した際、すぐには意味が思い出せなかった。学問の香りはしても数学用語ではなく、日常語でもない。とにかくイメージ喚起力がまったくない。

前者の原語 law of constant proportion は「組成一定の法則」、後者 law of multiple proportion は意味的に「組成整数比の法則」か。いつか誰かが proportion を「比例」、multiple を「倍数」と誤訳したのだろう。

化学の芽生え期だった 1800 年ごろ、物質は元素が一定の原子数比で集まったものとわかり、ありがたい法則 = law に思えた。いまや中学でも教わる話だから、少なくとも高校生に用語を覚えさせる必要はない。

物質質量

1970 年代の後半から教科書に載り始めた用語。モル単位の量をいい、学術用語として日本の計量法にも載っているが、次のような問題がある。

- 大学の研究室では使わない（使う必要がない）。むろん高校でも、使わずにすべてが語れる。

●高校化学の入り口ですぐ教えるため、化学嫌いを増やす一因になるだろう。

●原語 amount (of substance) は「(物質の)量」だから、化学用語などにせず、ただ「量」と紹介するのが筋だった。

ちなみに米国の高校教科書(図1)も、大学向けの分厚い一般化学教科書³⁾も、amount of substance を仰々しい学術用語とはみなさず、索引に採ってない。それがまともな態度だと思う。

価標

O-H のように結合を表す線をいう(42年前にはなかった)。ただの線にいちいち名前をつけるのは、学術趣味というものだろう。旧文部省編『学術用語集』は bond と英訳しているが、そんな英語になるとは思いにくい。

リットル記号 (l や ℓ)

1960年の「単位は例外なく立体文字(ローマン体)で書く」という国際合意があるのに、日本の小中高校だけは面妖な文字 l や ℓ を使ってきた。それが国内に広く浸透し、新聞記事やテレビ画面、商品のラベル、理系官庁のホームページにも l や ℓ があふれる。

正しい表記は l か L だが、大学の教育や研究では、数字の 1 (いち) と混同しない L を使う。幸い 2007 年春の『化学 II』『物理 II』教科書検定で文科省が各社に修正指示を出し、戦後 60 年以上も続いてきた誤表記がようやく改まる。入試問題にも L を使う大学が出てきたし、センター試験もそうする気配があるため(2009 年に採用?), 2~3 年以内には教科書や問題集・参考書からも l や ℓ が駆逐され、その一点では大学や海外とつながることになる。

オキソニウムイオン

IUPAC 勧告に従う H_3O^+ の呼び名だという。しかし有機化学では昔からずっと、一般式 $\text{R}^1\text{R}^2\text{R}^3\text{O}^+$ の陽イオンをオキソニウムイオン(複数形)と総称してきた。それは今後も変わらないため、単数・複数のない日本語ではまったく同じになって紛らわしい。

ちなみに米国の教科書 3 冊^{1)~3)}は H_3O^+ を「ヒドロニウムイオン」と呼ぶ。日本の高校化学教科書も 1970 年代まではそうだった(ある年齢以上の読者はご記憶だろう)。学術的には H_3O^+ = オキソニウムイオンも正しいのだろうが、高校は学者をつくる場ではない。わざわざ呼び名など押しつけず、「エイチ・スリー・オー・プラス」と読ませれば十分ではないか。

熱化学方程式

日本の高校では、反応に伴うエンタルピー変化を反応熱と呼び、次の「熱化学方程式」に書き表す(これも昔から

大学入試の定番)。

だが大学では(海外の高校でも)、同じ内容を下のように書く。当然ながら後述の化学オリンピックでも必ずこの流儀を使う。

また海外の教科書では、熱化学方程式(thermochemical equation)という用語もまず見かけない。用語など使わなくても、意味は間違いなく伝わるからだ。

語法

化学教科書の日本語は実に貧しい。大学や企業の研究室で空気のように飛び交う下記の用語が、高校の教科書に決して使われないという事実を、どれほどの読者をご存じだろうか?

[日常語] 依存, 寄与, 関与, 導入, 共存, 挙動, 示唆, 知見, 因子, 抑制, プロセス(過程), 駆動, ランダム, コントロール(制御・支配), 独立 [に発見]

[化学用語] 系 [反応系・均一系など], 種 [化学種・イオン種など], 相 [気相・凝縮相など], 界面, 定性・定量, 単離, 化学量論, 立体化学, 立体障害, 基底状態・励起状態, 求電子性・求核性, 共役, 共鳴, メカニズム(機構), 素反応, 前駆体, 中間体, 半減期, 定常状態, 転位, 再結合, 共重合, 架橋, 修飾, オーダー(桁), 等温式, パラメーター(変数), 収率, 検量線, 外挿, [温度の] 関数, 任意 [の温度], [生成物を] 与える

5. あやしい話

教科書にウソは書いてない…とふつうは思う。検定を通った、しかも理科の教科書にウソがあっては困る。だが現実はそのではない。気になるウソのごく一部を紹介しよう。最初の二つは、電気化学分野を選んだ身に無駄足を踏ませたウソだから、恨みはとりわけ深い。

電気化学①: 電解の説明

戦後 50 年あまり高校の教科書は、「電解液に電流を通じると、陽イオンが陰極に、陰イオンが陽極に向かい、それぞれ電子授受して原子や分子になる」と電解のしくみを説いてきた。だがそれは、因果関係も事実もことごとく無視したウソである。電子授受の向きと反応物の電荷に関係はないし、電流は電解反応の結果として流れる。筆者の声が多少は効いて 1996 年度の教科書から軌道修正が始まったけれど、ひどい記述はまだ残る。

電気化学②: ファラデーの第二法則(?)

現行の(しかもシェアの大きい)『化学 I』教科書の半数以上が、「電極で反応するイオンの量は、イオンの価数に反

比例する」という「法則」を載せている。生徒は必死に覚えるのだろう。

しかし、100年以上の歴史をもつ電気化学分野で知られる反応(1万以上?)のほとんどは中性分子や金属自身の反応だから、例外的な「イオンが電子授受する電解反応」に「法則」の資格はないし、貴重な(?)イオン反応でさえ事実と合わないことは、次の2反応を見比べてたちまちわかる(例はほかにもおびただしい。たとえば Cl^- イオンの酸化なら、イオン1個あたりの放出電子数は1個から8個に及び、「イオンの価数に反比例」などしない電子授受反応式を少なくとも5種類は書ける)。

言語道断のウソを教科書に載せ続けるのは、犯罪の一種だろうし、科学時代の怪談でもある。

雑知識の群れ

ウソではないにしろ、教科書にも入試問題にも、つまらぬ雑知識が多すぎる。水酸化銅 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ が青白色でクロム酸銀 Ag_2CrO_4 が赤褐色だとか、水に溶かしたとき酸性の水溶液にならない酸性塩があるとか、芳香族炭化水素は付加反応より置換反応をしやすいとか、フェノール樹脂が熱硬化性だとか…を覚えさせて、どんな意味があるというのか? 「なぜそうなのか?」を教えない以上、やはり「連想ゲーム」の世界でしかない。

4と5を含め、高校化学教育の問題点あれこれは近刊の本⁴⁾にも述べた。

6. なぜこうなった?

日本の高校化学を生活にも大学にも無縁の「閉じた世界」にした要因は、いったい何か? ほぼ20年来、初中等教育の教科書を書いて検定を受け、センター試験や個別試験にタッチするなかで思い当たったポイントは次の三つ(6.1~6.3)になる。

6.1 教科書検定

ご承知のように日本では、民間のつくった教科書を文科学省が検定し、パスした本のうちから教育委員会(小中学校)または学校(高校)が採択して使う。しかし、それが万国共通の姿だと思てはいけない。日本のやりかたはむしろ例外中の例外なのだ。

日本を含む18カ国が高校教育を規制している姿につき、教科書研究センターが2001年に出した調査結果⁵⁾のあらましを表1に示す。以後の動向は追えていないが(こういう調査を広範・詳細にやって国民に知らせるのは、文科省にふさわしいお仕事のひとつだろう)、さほど変わってはいないという前提で話を進める。

表1 高校教科書の規制: 日本を含む18カ国の比較

民間が発行, 検定・認定なし	英国, フランス, スウェーデン, フィンランド, オーストラリア
国と民間が発行, 検定・認定なし	ニュージーランド
国と民間が発行, 一部に認定	シンガポール
国と民間が発行, 認定	ロシア
民間が発行, 認定	米国(州で異なる), カナダ
国と民間が発行, 一部に検定	タイ
国と民間が発行, 検定	中国, 韓国, マレーシア
民間が発行, 検定	ドイツ, ノルウェー, インドネシア, 日本

シンガポールとロシア、米国、カナダは教科書の「認定」をする。耳学問ながら認定は、検定よりだいぶ緩いものらしい。投稿論文の審査に似て、「明らかな誤りはとがめるものの、あとは出版社(著者)の責任とする」が基本姿勢か? なお米国の教育行政は州単位で行われ、当局がいったい口を出さない州もあると聞く。

英国やフランスなど先進国の大半は、民間がつくった教科書を認定も検定もしない。同じ科目の教科書も内容・分量が多様化し、教師は学校や生徒のレベルに合うものを自由に選ぶのだろう。

民間がつくった教科書を国が検定するのは、ドイツとノルウェー、インドネシア、日本だけ。ただしドイツは、かつて1年間滞在した折り高校の化学教科書を見比べて、装丁や分量、中身の多様さに驚いた経験がある。あいにくノルウェーとインドネシアの実態は知らないが、あらゆる科目の教科書をビシビシ取り締まるのは、ほぼ日本だけだという気がする。

いわゆる「学習指導要領」をもとにした日本の教科書検定はじつにきびしく、わずかなハミ出しも咎める。たとえば高校『化学I』では、「扱う酸化剤・還元剤の数を減らしなさい」とか、「結合距離や結合角を書いてはいけない」といった調子。噴飯モノの話題もあれこれあるが、詳しくは共著の本⁶⁾にゆずりたい。

6.2 教科書出版社の姿勢

実のところ学習指導要領も「解説」も、こまかいシバリは少なく、教科書制作の自由度はかなり大きいはずなのに、どの教科書も(高校『化学I』なら十数冊が)ほぼ同じ内容=金太郎飴になってしまう。要因の一つは、まったく同じ基準で行う検定制度だけれど、「他社の本と違うのは困る」という制作側の姿勢も大きい。

また、出版社が検定意見を気にしすぎるあまり、一度でも検定を通った(安全パイの)記述なら、ときに当否を検討しないまま載せ続ける。そのため、検定にあたる方々の力量や熱意が必ずしも十分ではないこともあって、誤った記述が延々と残ることも多い。

さらには、大学入試を最終ゴールとみる社会風潮のな

か、たいていの出版社は、「入試に出る内容が盛ってあればよい」という感性をもつ。

6.3 大学入試の姿

入試は資格試験ではなく選抜試験だから、どんな問題を出しても構わないはず（出題の中身や難易度が選抜結果を大きく左右するとは思えない）。とはいえ、同じ試験をするならば、国の将来に役立つ（＝中等教育に資する）ような問題を出すのが望ましい。

その点が日本の大学は実におかしい。「入試問題は教科書の範囲から出す」という奇妙な不文律が横行しているのだ。出題に使う物質も反応も、教科書の範囲を出てはいけないのだという。範囲外の出題をしたら受験産業界からクレームがくるという話を、某大学の知人に聞いた。入学から10～20年後、無用の高校化学などすっかり忘れたころ入試に動員される教員も世の風潮に迎合し、作題会議では、「お…この教科書に載ってた。これでいこう」などという言葉が飛び交う。

かくして、教科書検定～教科書制作～大学入試の三つが悪循環＝閉じたサイクルをつくり、大学に通用しない（実生活にも役立たない）高校理科の世界を生んだのだろう。

開いた世界をつくるには、悪循環を断ち切れればよい。いちばん簡単かつ有効な手は、入試の姿を変えることだ。その意味で諸悪の根源＝A級戦犯は、大学入試（つまり中等教育に無関心な大学人）だといえよう。この点は本稿の末尾でも繰り返したい。

7. 化学オリンピック

7.1 海外の高校カリキュラム

高校生の化学オリンピック⁷⁾は1968年から毎年7月に開かれ、2008年のブダペスト大会が第40回となる。日本は2003年のアテネ大会から出場し、2010年の第42回大会（組織委員長：野依良治先生）を主催する。筆者も実行委員長として微力を尽くす予定。

化学オリンピック（実験5時間＋筆記5時間）の問題は、国際運営委員会が策定し参加諸国の合意を得た「シラバス」をもとに出題される。筆記試験のシラバスは、原子・化学結合・物理化学・有機化学など13分野の合計はば400項目を、難易度でレベル1・2・3に分類した表だ。いまのところレベルの定義は以下のとおりで、レベル1と2の内容は断りなく出題に使ってよい。

レベル1 ほぼ全部の高校で教える内容

レベル2 たいていの国の高校で教える内容

レベル3 高校ではふつう扱わない内容

高度なレベル3の内容は、開催年の1～2月に主催国がネット公表する「準備問題集」に関連問題が組み込まれ、それを見て各国は代表生徒の事前トレーニングを行う（本

表2 化学オリンピック筆記試験のシラバス（一部）

レベル1（ほぼ全部の高校で学習）の項目例

- s軌道・p軌道の形
- 放射性元素の崩壊
- パウリの排他律
- フントの規則
- ホウ素は+3価
- 錯形成反応式
- pK_a からpHの計算
- 標準電極電位
- ベンゼンの共鳴安定化

レベル2（たいていの高校で学習）の項目例

- 核反応
- 系と外界の概念
- エンタルピー
- 標準生成エンタルピー
- エントロピー
- 緩衝液のpH計算
- 溶解度積から溶解度の計算
- 微分反応速度式
- ラジカル反応
- 付加反応のマルコフニコフ則
- 脱離反応と置換反応
- 重合の連鎖反応メカニズム
- 単糖類のフィッシャー投影図

番では、準備問題集に沿う形の出題が多い）。

日本にとっての厚い壁は、断りなく出してよいレベル1と2の内容だ。項目の一部を表2にまとめる。化学の先生がたや文科省のご関係者、とりわけ高校課程の内容策定にかかわる方々はきっと驚かれるだろう（ぜひ驚いていただきたい）。レベル2の項目はもとより、レベル1の項目も、日本なら理系の大学1・2年で（ものによっては3年で）ようやく学ぶ。つまり諸国は高校のカリキュラムがずいぶん進んでいるのだ。

海外には、少ないながら、日本と同じく教科書を検定する国もある。ただしそんな国は、日本とは違って、「最低これだけは書きなさい。あとは自由」のスタンスをとるという。検定制度のない英国でも、おおかたの合意がある標準的な内容を教科書の6割ほどにとどめ、残る4割には高度な話題も先端トピックスも自由に書ける、と王立化学会の関係者から聞いた。そこに生まれる幸せな相互作用が高校の教科書を、ひいては高校教育の中身・やりかたを進化（近代化）させてきたのだと思う。当然ながら教科書を採択する際には自由競争の原理が働き、ずさんな本は自然淘汰されていく。

日本化学会は1988年と89年、化学オリンピックにオブザーバーを派遣したけれど、理事会は参加を決断できなかった。ひとたび参加すれば、いずれ主催するのが国際的な義務になり、主催経費（数百名・10日間の滞在費と開催費を含めた総額＝数億円）の調達方法も難題だったが、もっと大きな要因は「高校カリキュラムの古臭さ」だったと筆者はみている。

なお、日本の教科書が例外なく扱う高分子は、オリンピックでは「高校の範囲を出る」レベル3に分類される（本誌の読者各位はご不満だろうが）。ただし海外諸国は、小さな分子が結合し合う理由を（量子化学の基礎を使って）きちんと教えているため、「重合のしくみ」を問う問題ならときどき出る。かたや日本の高校は、肝心な「重合は

なぜ、どんなふうに進むのか？」をいっさい言わず、までも「連想ゲーム」ふうに「付加重合」「縮合重合」「熱可塑性（硬化性）」といった用語を教えるだけだから、高分子を学んだことにはなっていない。

7.2 化学オリンピックの出題姿勢

2006年の韓国大会では、星間物質の寿命、宇宙の背景放射の絶対温度と振動数の関係、溶解度積と標準電極電位の関係、スピネルの構造化学、シキミ酸の生合成などなどが出題の素材だった。

また2007年のモスクワ大会で出た問題には、水素結合をつくるプロトンのトンネル確率、振動反応の速度論的解析、ケイ酸塩鉱物の構造と加水分解、原子移動ラジカル重合の解析などがある。日本の大学入試とは雲泥の差があることに驚く読者も多だろう。

むろん、出題に使うこうした物質も反応も、海外だろうと日本だろうと、まず高校教科書には載っていない。けれど、物質や反応あれこれを貫く「化学の原理」（たとえば上記3項のA～D）をきびしく問うのが、化学オリンピックの出題姿勢だといえる。

化学の基礎・基本をしっかりつかみ、論理的思考力を身につけた生徒ならオリンピックの問題にも高得点がとれるけれど、雑知識を詰めこんだだけの生徒はお手上げになってしまう。釈迦に説法を承知で言えば、化学は世にいうような暗記モノでは決してなく、論理的思考力を鍛え、物質の性質や変化をミクロなレベルで解き明かす自然科学の一分野なのだ。

なお、いま国際運営委員会は「シラバス」の改訂を進めている。レベル1～3の分類をやめ、「高校生なら学んでいるはずの項目」と「大学レベルの項目」に二分するのだという。2007年に出的暫定案を眺めると、「高校生なら…」のほうには、表1のレベル1・2に加え、下記のような項目が見える。

- 実験誤差の評価と有効数字の処理
- 核子の知識、 $\alpha\cdot\beta\cdot\gamma$ 崩壊
- 水素型原子の量子数(n, l, m)とs・p・d軌道
- 電極電位に関するネルンストの式
- 均一系反応と不均一系反応、反応次数
- ギブズエネルギー、熱力学第二法則
- 錯形成滴定
- 有機分子の構造と反応性（極性、求電子性、求核性、誘起効果）
- 軌道の混成と立体構造
- σ 結合と π 結合、非局在化、芳香族性
- 架橋反応、重合の連鎖反応、重付加、縮重合

高校教員の方々は目を疑うだろうけれど、新しいシラバスが合意された暁には、こうした内容も断りなく出題できる。それが高校化学の（少なくとも理系進学者向けの）国

際標準カリキュラムなのだ。

8. 何をすべきか？

理論だけ教えるのが能ではないが、大学と断絶していて生活にも役立たない話を高校生に教えるのは、使う時間とエネルギーの浪費だろう。軌道修正に時間がかかるのは承知のうえで、以下4項目の改善策を提案したい。

8.1 現行教科書の総点検

まずは教科書を総点検する。用語や中身の点検は、海外の動向に目を配りつつ最前線で研究を楽しむ若手研究者に任せよう（筆者のような老人の出る幕ではない）。たとえば物理化学・無機化学・有機化学それぞれ数名を公式代表として日本化学会が選り、文科省の主催で検討会を開く。検討結果は公開し、さまざまな立場の関係者から意見を聴取したのち最終案に仕上げる。

むろん高校のカリキュラムだけ洗練しても意味はなく、小中高校一貫の改革が欠かせない。理想を言うと、そうしたグランドデザインをつくり上げるには、理工系の博士号をもち、日本の未来を本気で考える人材を文科省の初中等教育担当部署に配置するのが絶対だろう。

8.2 学習指導要領の刷新

点検の結果をもとに、学習指導要領を刷新＝近代化する。その作業も若手研究者に任せよう。たとえば英国は、政府のカリキュラム委員会に化学会の公式代表2名を入れると聞く（日本では、文科省に一本釣りされた人たちが、公開性のない場で学習指導要領を決めてきた）。

8.3 教科書検定の再考

他国に類を見ない形の検定が必要なのかどうかをよく考えよう。私見をいうと、教育内容の進化を阻み、金太郎飴を再生産するだけの検定はすっぱりとやめ、教科書の中身を自由競争に任せたい。

8.4 大学入試の再考

これが何よりも緊急かつ簡単な手段だと筆者は思う。化学なら、原理はきびしく問いつつも、できるだけ教科書にない物質・反応を素材に使おう。上記のとおり化学オリンピックはその流儀だ。入試がそんな姿になったら、高校の教科書も、それぞれ個性的な素材を使いつつ、本物の「化学」を説くものになっていかざるをえない。

むろんそのとき、大学人は「伝統」に頼る安易な出題を許されなくなる。また高校現場の先生がたには、「連想ゲーム」の類と訣別し、本物の「化学」を生徒に語る覚悟と実力が要求される。

9. おわりに

冒頭にも書いたとおり、国民のほとんどは理科の勉強を高校で終える。中高校で学ぶ理科の中身が薄っぺらなままだと、これからますます進む科学の世を生きる力も身につかない。人生を豊かにする科学リテラシー向上のため、時間は多少かかるにしても、初中等理科教育の刷新にとりかかろうではないか。

文 献

- 1) ACS 編: "*Chemistry in Context—Applying Chemistry to Society*," 第5版 (全622頁), McGraw-Hill, 2006
- 2) ACS 編: "*Chemistry in the Community*," 第5版 (全712頁), W. H. Freeman & Co., 2006
- 3) ACS 編: "*Chemistry*" (全860頁), W. H. Freeman & Co., 2004
- 4) 渡辺 正, 北條博彦: "高校で教わりたかった化学", 日本評論社, 2008
- 5) http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyoukasho/gaiyou/03062701/003.htm
- 6) 渡辺 正: 「化学教育の国際比較」, "世界の科学教育" (松田良一編著), 明石書店, 2006
- 7) 化学オリンピック日本委員会編, 渡辺 正監修: "化学オリンピック完全ガイド", 化学同人, 2008