

入試を変えれば教育は変わる



Tadashi WATANABE **渡辺 正** 東京大学生産技術研究所教授

高校化学は何のため?

いま高校は全員入学に近い。大学進学率は5割を超えたが、化学系に進む若者は同学年のうち1~2%だろうから、国民の大半は化学の勉強を高校で終える。

そんな世の高校化学は、何よりもまず暮らしに役立つものであってほしい。ジャガイモはなぜ生で食べられないのか? トウモロコシから燃料用エタノールをつくるのは石油の浪費ではないか?…というような物質がらみの疑問に答え、人生を豊かにするのが化学という学問の功德だと思う。

かたや化学系に進む少数の若者は、ご承知のとおり入学後たちまち熱力学や量子化学、有機電子論など「理屈」の洗礼を受ける。だから理屈の世界につながる科目でもあってほしい。しかし現実はどうか?

悲しき成果

高校化学の実質は、大学入学直後の実力に投影される。我が身の42年前を振り返ると、入学の直後はせいぜい次の力しかなく、心細いかぎりだった。

- 元素の記号や原子価を覚え、原子数・電荷数のつり合う反応式が書ける (小学生レベル)。
- 化学計算ができる (ほぼ小中学生レベル)。
- 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)。
- 化学反応をいくつか知っている (なぜその向きに進むのかはまるで知らない)。

そのため大学化学の勉強は、絶壁をよじ登るようなものだった。高校までの知識が暮らしに役立った覚えもあまりない。

「化学」の断絶

大学など研究機関の化学者は、豊富な物質世界に分け入って創造 (ものづくり) を目指す。それに必要な化学の素養を私見で四つにまとめたらこうなる。

- ①原子の性質は何が決めるのか?
- ②原子はなぜ、どのようにしてつながり合うのか?
- ③化学変化はなぜその向きに進むのか?
- ④物質・材料の性質は何がどう決めるのか?

大学では①~④を深く学び、「なぜ?」「どのように?」を解き明かす快感が知識をしっかりと定着させる。①~④のジュニア版を中高校でも教えれば、暮らしにも必ず役立つ上、大学への接続もよくなって進学後のまごつきも減る。

そこが日本はどうもあやしい。とりわけ高校化学には、学習内容にも使う用語にも、大学や世間とすっぱり切れたものが多いのだ¹⁾。

高校—大学の界面には入試が控え、高校生の多くは入試を最終目標にする。すると高校化学の改善には、「入試で何を問うか?」が重大なカギを握る。

化学オリンピック① シラバス

少し脇道に入る。筆者は10年ほど「高校化学グランプリ」に参与してきた。国際化学オリンピック代表生徒の選考を兼ねるグランプリでは、オリンピックなみの筆記・実験問題を課す。

オリンピックの試験は「シラバス」(約400項目の分類表)をもとに出題される。2009年以降のシラバスでは、化学の中身を「高度な事項」と「**高校生なら学んでいるはずの事項**」に分ける予定で、後者の内容は自由に扱える。そのごく一部を下に示す。

量子数 (n, l, m) と s・p・d 軌道、フントの規則、標準電極電位とネルンストの式、エントロピー、ギブズエネルギー、 σ 結合・ π 結合、有機分子の反応性 (求電子性・求核性・誘起効果)

目を疑う読者も多かろう。どれも日本では理工系の大学1・2年生が学ぶ。つまり諸国は (少なくとも理系進学者向けの) 高校カリキュラムを近代化させ、量子論の基礎など化学の「なぜ?」をたたきこみ、大学にスッとつながる話を教えているのだ。

化学オリンピック② 出題の姿勢

オリンピック問題の特徴はまだある。筆記試験（5時間）の場合、教科書にまず載らない物質や反応を素材によく使うところだ。2006年の韓国大会では、星間物質の寿命、スピネルの構造化学、シキミ酸の生合成などを使った。2007年ロシア大会の素材は、振動反応の速度論的解析、原子移動ラジカル重合など。

そういう高級な物質・反応を扱いつつも、化学現象あれこれを貫く「なぜ？」は厳しく問うのが、オリンピックの出題姿勢だといえる。

化学は暗記モノではなく、論理的思考力を鍛える自然科学の一分野…という感性が、国際標準の高校化学シラバスを生んだとおぼしい。日本の高校生も、基礎・基本を身につけて論理的思考力があればオリンピックでも高得点がとれる。だが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。

大学入試は連想ゲーム？

日本の大学入試に話を戻す。過去10年分のセンター試験（化学IB・化学I）を眺めたら、有機分野で「アルデヒドはフェーリング液を還元する」と答えさせる問題がなんと8回も出ていた。

だが、弱い還元剤（1万種以上？）なら同じ反応 $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}_2\text{O}$ を促すため、アルデヒド固有の話ではない。とはいえ受験生はアルデヒド基の変化など気にもせず、たぶん「連想ゲーム」で正解をマークする。

フェーリング液の還元は、大学でまず役に立たないし、暮らしにも縁はない。水酸化鉄 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ が淡緑色だとか、塩酸とアンモニア水の中和滴定で指示薬にメチルオレンジを選ぶとかも同類である。

雑知識（や計算力）が完璧なムダだとはいわないけれど、化学の本質を突く入試問題は実に少ない。

閉じた世界

入試には教科書が深くからむ。その教科書は、伊藤先生²⁾もご指摘のとおり、先進諸国に類のない検定が金太郎飴にした（定価を1円単位で定める国の制度も金太郎飴化を触媒する）。

中身次第では金太郎飴でもよいが、上述のように大学とも生活とも切れているばかりか、誤りの記述も少なくない¹⁾。つまり高校までの化学は閉じた世界を形成し、教育につきこむ時間と労力を浪費させている。ゆゆしき事態だといわざるをえない。

諸悪の根源

閉じた世界を生む要素として、「検定」のほか「出版

社の姿勢」と「入試」も大きいと筆者はみる¹⁾。

ことに入試の責任は重い。というのも、「**入試問題は教科書の範囲から出す**」という妙な不文律が横行しているからだ。化学なら、出題に使う物質も反応も教科書から採るのだという。少しでも逸脱した出題をすると「伝統主義者」や受験産業がかみついたため、出題側は縮こまってしまふ。戦後60年以上、そういう風潮が初中等教育の近代化を阻んできた。

簡単な処方箋

入試は資格試験ではなく競争試験だから、問題の種類で結果はさほど変わらない。そこで大学人に提案したい（前回¹⁾も書いた）。作題の際は、原子の電子配置など基本事項はさておき、**なるべく教科書にない物質・反応を素材として**「化学」の理解度を問おう。

けっして無理な注文ではない。大学人が（雑音を無視して）その気になればすぐできる。よい手本はオリンピックの過去問³⁾か。

入試がそんな姿になれば、合格者名簿はほぼ同じでも、初中等教育の改革を促す強い力が生まれよう。教科書の中身は多様化し、杓子定規の検定²⁾も廃止に向かわざるをえない。長い伝統を壊す企てだし、教員の力量強化も必須だから時間は多少かかるにせよ、一步を踏み出さないかぎり初中等教育は永久に変わらない。「大学入試」と「大学」が別世界であり続ける国を、先進国とは呼ばないだろう。

本会には、そうした惨状を世に伝え、国と連携しつつ小一中一高一大き貫く「化学教育のグランドデザイン」を描く責務がある。化学教育協議会にぴったりのテーマではないか？

野依先生を指揮官として2010年に日本で開く化学オリンピックは、未来のリーダー発掘、化学の意義アピールのほか、初中等教育の後進性を関係者に気づいていただく好機にもなると期待している。

以上のような思いを2年がかりで本⁴⁾にまとめた。ご一読のうえ忌憚のないご意見を頂戴したい。

1) 渡辺 正, 化学と工業 **2005**, 58, 645.

2) 伊藤 卓, 化学と工業 **2006**, 59, 969.

3) <http://icho.csi.jp/exam.html>

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**.

ここに載せた論説は、日本化学会の論説委員の執筆によるもので、文責は、基本的には執筆者にあります。日本化学会では、この内容が当会にとって重要な意見として認め掲載するものです。ご意見、ご感想を下記へお寄せ下さい。
論説委員会 E-mail: ronsetsu@chemistry.or.jp