

# 国際化学オリンピックに備えて —2004年日本代表生徒の学習支援報告

KUDO Kazuaki, IWATOH Eiji

工藤 一秋, 岩藤 英司

東京大学生産技術研究所 助教授, 東京学芸大学附属高等学校 教諭

講座

2004年の第36回国際化学オリンピックにおいて、日本代表生徒が好成績を収めた。本稿では、化学教育協会の化学グランプリ・オリンピック委員会が主体となり、日本化学会支部の担当大学教員やボランティアの高校教員らの協力を得て行ってきた、この大会へ向けた代表生徒の学習支援の実態について報告する。

## 1 はじめに

2004年にドイツのキール市で開かれた国際化学オリンピック第36回大会で、日本代表生徒が参加2年目にして金メダル1、銅メダル3の輝かしい成績を挙げたことは、新聞報道などでご存知の方も多であろうし、本誌でもすでに9月号で速報として報告している。

化学オリンピックは、高校化学や大学入試のレベルをはるかに超えた問題が出されるため、代表生徒個人での準備にはおのずと限界があり、周囲の人間の協力が必要不可欠である。筆者らは、化学教育協会の化学グランプリ・オリンピック委員会のオリンピックワーキンググループ（以下、WG）委員として、2004年代表生徒の訓練に携わった。拙稿では、代表生徒の決定後、化学オリンピックに参加するまでの間に行われた学習支援について紹介したい。

## 2 全体の流れ

化学オリンピックは毎年7月に開催され、参加国はそれまでに代表生徒の選出とトレーニングを行っておく。わが国では、2004年ドイツ大会の代表を2003年夏開催の化学グランプリにおいて決定した。このため、日本代表の選手には、化学オリンピックに向けて約10ヵ月の準備期間が与えられたことになる。

化学オリンピックに向けての準備の流れは、おおざっぱに以下のとおりである。

前年の11月に、化学の基礎体力を養うべく参考書と問題集が代表生徒に貸し出される。代表生徒はそれらを読んで、電子メールや直接の質問により不明な点や疑問点を解決することで、基礎力の充実を図る。明けて1月下旬には主催国から準備問題が発表されるので、それに取り組む。3月末から4月はじめにかけて「トレーニング合宿」が開

催され、そこで準備問題に重点をおいた講義や実験練習などが行われる。合宿後、代表生徒達は本番さながらの模擬試験を受ける。それ以降は、日本化学会支部の担当大学教員の指導のもと、弱点の克服や実験技術の会得につとめ、本番に備える。

トレーニング合宿が支援全体の中でかなり重要な部分を占めるので、以下、これを区切りとして3つの期間に分けて支援体制を紹介する。

## 3 トレーニング合宿以前

### 3.1 準備問題の発表まで

2003年11月に、2004年日本代表の認証式が開かれた。この折に、岩波書店「化学入門コース」全8巻、ならびに同「化学入門コース演習」全4巻が代表生徒に貸与された。これらの書籍は、大学初年度以上の内容であり、いかに化学グランプリを勝ち抜いた日本代表といえども、高校生が読んですぐに理解できるものではない。化学オリンピックではおおよそこのレベルの問題までが出題されるため、まずは、これらの本に目を通して「これから挑むべき世界」の概観をつかんでもらった。

2004年1月上旬にドイツ大会のシラバスが正式決定した。シラバスとは、出題される可能性のある事項を整理してまとめたものである。代表生徒は、各自でこのシラバスに目を通し、参考書を手がかりに各項目の理解につとめる。WGでは、シラバスの和訳を作成した上で、項目ごとに参考書との対応関係を記入し、これを代表生徒に配布した。シラバスの内容はこれまで年によって二転三転して、我々支援側もその都度翻訳などで苦労させられたが、2005年以降しばらくはシラバスを変更しないことが化学オリンピックの運営委員会で決まったため、ことシラバスに関しては、今後の代表候補の生徒はかなり早い時期から準

備をしておくことが可能と思われる。

準備問題発表前のまだ余裕があるうちに化学オリンピックの過去問題を眺めてみるのも、この時期に可能な準備といえる。過去問題は、日本化学会化学教育協議会の化学オリンピックに関するホームページ(HP)<sup>1)</sup>からたどっていくことでアクセス可能である。

当然ながら、上記の準備を行うのは、代表生徒自身の力だけでは難しく、このため、「いつでも質問のできる体制」を作っておくことが不可欠である。WGとしては、1) 電子メールでWGに質問をする方法、そして2) 代表生徒の居住する地域の担当大学教員(日本化学会支部に人選を依頼)に直接質問する方法の2通りを、各人が選択できるようにした。後のアンケートによると、4名のうち2名が1)を、残り2名が2)を主として選んだことが分かり、この支援体制が正しかったと確信した。また、これ以外にも、代表生徒のご家族が“その道のプロ”で、気軽に質問ができたというケースもあったようである。

なお、この時期に代表生徒、担当大学教員、高校の化学担当教員の三者で話し合いをもち、『担当大学教員が代表生徒を直接指導できる時間は限られている。ならばその時間を言葉だけでは伝えにくい実験の指導に使い、化学に関する質問は電子メールを使ってWGに対して行うことにするのがもっとも効率がよい』と、早々と支援体制を明確化した例もあった。

### 3.2 準備問題への対応

化学オリンピックの主催国は、開催年の2月になる前に、25題以上の筆記問題と5題以上の実験問題からなる準備問題を作成して、参加国に公開する。化学オリンピックの規則で、本番で高校化学の範囲を越えるレベル3の問題を出す場合には関連内容を準備問題に含めること、また、問題のうち最低でも6題は準備問題に準拠した内容とすることが決められている<sup>2)</sup>。このため、参加生徒にとって、準備問題への取り組みは、オリンピックに向けた準備の中で必然的に大きなウェイトを占める。実際、計8題出された2004年大会の筆記問題は、いずれも1つまたは複数の準備問題の内容を大なり小なり含んでいるように見受けられた。

2004年の準備問題は、主催国ドイツの化学オリンピックHP上で、1月末に英語で発表された。これをなるべく短期間で和訳して代表生徒に渡すことが、支援側の最初の大きな任務である。ただちに手分けをして翻訳作業に入った。用語や単位などを日本の高校生に理解できるものにする必要があるし、時として問題自体に間違いがある場合もある。このため、単に翻訳すればよいというわけではなく、内容の吟味も伴うので、それなりに神経を使う。各問題に対して一人が翻訳、一人がそのチェックを行い、さらにその後WG委員全員が再確認するという体制で臨んだ。完成した問題から順に、電子メールに添付して代表生徒はじめ

#### Problem 37: Qualitative analysis of anions in an unknown mixture

##### Introduction

Besides the quantitative analysis of chemical compounds, the qualitative analysis of unknown substances or mixtures of substances in order to identify the cations and/or anions is also an important procedure in analytical chemistry.

Cations have to be separated prior to identification, however, this is not the case for anions. In this exercise, the anions in an analytical sample are to be identified. Some of these anions can be identified by direct analysis of the solid sample, however, for other it is necessary to identify them in the filtrate of a soda extract. Several reagents are provided that can either be used in the initial identification of the anions present, or to perform the necessary confirmation tests for a particular anion.

The reactions of the anions with the reagents that are available, as far as is necessary for your analysis, are described below.

図1 問題の例(キール大会準備問題集より)。

#### 問題37 未知混合物中の陰イオン定性分析

##### 序論

化合物を定量分析することに加えて、陽イオンや(又は)陰イオンを同定するために未知物質または混合物を定性分析することもまた、分析化学の重要な手法である。

陽イオンの場合は、先に分離をしなければ同定できないが、これは陰イオンの場合には当てはまらない。

この課題では、分析用サンプル中の陰イオンを同定する。これらの陰イオンの幾つかは、固体サンプルを直接分析することで同定できるが、その他のものは、ソーダエキス(訳者注: 調製方法は後述)のろ液で同定することが必要である。配布された幾つかの試薬類は、含まれている陰イオンをまず同定するのに使ったり、特定の陰イオンに必要な確認テストを行ったりすることに使用してよい。

今回分析に使うことのできるそれぞれの試薬と陰イオンとの反応について、以下に解説する。

図2 和訳した問題の例(キール大会準備問題集より)。

関係者へと送付した。また、広く意見を聞くために、ホームページ上でも和文問題を公開した(図1, 2)。

作業はWG委員で分担し、筆記問題は大学教員、実験問題は高校教員が主に担当した。日本の2月は高校・大学とも多忙な時期であり、代表生徒に一刻も早く準備問題を紹介したいという気持ちと裏腹に作業はなかなかかどらず、すべての翻訳が終了したのは2月の2週目の終わりであった。

代表生徒は、渡された準備問題を眺めて、改めて化学オリンピックの問題のレベルの高さについて知らされることになる。おそらくはほとんどの問題がとても歯が立たないはずである。しかし、そこであきらめてしまえば準備が進まない。そこで、WGで準備問題の解答と解説を作成し、それを代表生徒に渡して学習の助けとしてもらうことにした。

主催国は準備問題の解答を用意しているが、HP上では然るべき時期(2004年の例では5月)が来るまで公開しないのが慣わしのようなのである(参加国によっては準備問題を代表生徒の選考に使うためではないかと推察する)。主催国から各参加国の担当者宛てに解答つき準備問題(ただし略解のみで解説は一切ない)の冊子体が送られてくるので、それに基づいて解答・解説の作成を行った。代表生徒にとってみれば、解答を見ただけでは意味が分からない問題も多いであろうから、解説の作成が重要な位置を占める。この作業は、原則として問題の翻訳を行った者が担当し、3月初旬までかかった。

それから3月末のトレーニング合宿までの短い期間、春休み中の代表生徒に腰を据えてこれらの難題に取り組んでもらい、解答や解説を読んでもなお理解できない部分の洗い出しを行った。それに基づいて、トレーニング合宿のメニューを決定した。

#### 4 トレーニング合宿

2004年3月30日から4月2日の足掛け4日間、東京において代表生徒のトレーニング合宿を行った。

化学オリンピックに参加する国の多くは、代表候補の生徒達を集めて合宿を行う。これを代表生徒の最終選考と兼ねる場合が多いようである。日本の場合、2004年の代表生徒はすでに決定していたので、各自の疑問点を解決し、その実力を伸ばすことが合宿の主な目的であった。その他に、代表生徒同士はもちろん、同行するメンターや前年の代表生徒と顔を合わせて、緊張感をほぐしたり化学オリンピックの雰囲気についての情報を得たりする、という意味合いもあった。

日数こそ4日間だが、初日は夕刻に集まって顔合わせと翌日の実験の簡単な説明を行ったのみであり、また、終日は遠方からの参加者に配慮して午後の早いうちに切り上げたため、トレーニングに使うことのできた時間は実際には3日足らずであった。このため、朝9時から始めて、食事の時間以外ほとんど休みなしに夜は9時半ないし10時までという大変な過密スケジュールとなってしまった(図3)。

##### 4.1 実験問題のトレーニング

東京学芸大学附属高等学校の化学実験室において、午前3時間午後5時間の計8時間をかけて行った(ちなみに本番の実験問題の制限時間は5時間である)。4名の代表生徒に対し、WG委員やボランティアの高校教員など、合わせて10名以上が指導にあたった。

6題ある実験の準備問題から、頻出分野である滴定と有

機合成の2題が取り上げられた(果たして2004年大会本番でもこれら2分野から出題された)。トレーニングにあたってWG委員が予備実験を行い、また打ち合わせを重ねて周到に準備を行った。本番の形式に慣れてもらおうとの意図から、提示された複数の課題について各自が時間配分を考えて実験計画を立案し、制限時間内に実験を行ってレポートを提出してもらう形式とした。本番と異なるのは、間違った操作を行うと指摘してもらえし、また、疑問が生じればその場で解決できるという点である。

化学オリンピックの実験問題では、日本の高校化学では通常扱われない器具や装置を用いる場合もある。そのようなものはあらかじめ準備問題で触られるので、この意味からまずは準備問題をひととおりこなせるようになることが必要である。もちろんそのような器具類に慣れておくにこしたことはないが、支援側でも常に用意できるとは限らない。今回のトレーニングでは、会場で用意できなかった器具類を他校から持ち込むことで対応したが、特に、代表生徒が自分の高校に戻って残りの実験問題に取り組む際には、多かれ少なかれ代替品で済ませる工夫が必要となる。代替品を使うという発想は実験の本質を理解して初めて生まれるものであり、その意味で、筆者はこのようなセンスを持つことを重要なことだと考えている。

代表生徒の実験技術には個人差があったが、専門性の高い大学教員と現場を知る高校教員が協力し合って指導を行い、生徒それぞれの実力に合わせてレベルアップをはかることができたと思う。代表生徒にとっても、お互いを意識しながら実験することで、プラスになる面が多かったのではないだろうか。後のアンケートでは、実験トレーニングに割り当てられた絶対的な時間の不足を指摘する声もあったが、限られた日数、また準備の都合などを考えると致し方ないように思われる。

##### 4.2 筆記問題のトレーニング

先に述べたように、本番で出題される筆記問題のかなりの部分が準備問題に関連した内容となることから、準備問題の理解度を高めることに重点をおいて、問題解説と関連分野の説明を講義形式で行った。なお、あらかじめ代表生徒の理解度について情報を得ておき、全員が理解していると思われる問題・事項については解説を省略した。各問題に関連した分野を専門とする大学教員9名が講師を担当し、1コマあたり1時間から2時間の熱のこもった講義を、1日半の実施期間内にみっちり行った。講師一人あたり3ないし4題程度を担当したため、問題の背景まで含めると相当な分量になり、必ずしも基礎からじっくりというわけにはいかず、早足での説明になってしまった感は否めない。代表生徒4人のみを相手にこれだけの体制で講義を行うことが、何かもったいないことのようにも思われた。

講師は自分の番が終わればお役御免となるが、代表生徒はそうはいかない。途中で意識が朦朧とする一幕もなかつ

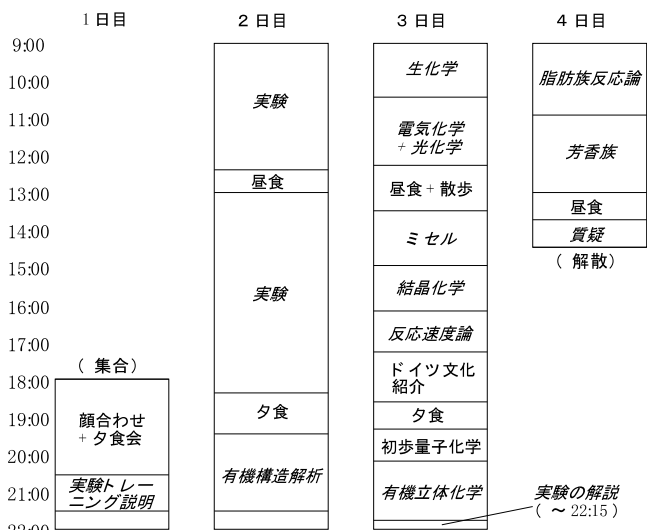


図3 合宿のスケジュール。斜体はトレーニングメニューの内容。

たとはいえないが、とにかくも全員がこの長丁場に堪えるだけの体力と気力を持ち合わせていたことに敬意を表する。

合宿終了時のアンケートでは、案の定、合宿の期間をもう少し長くして、また1日あたりの講義の量を減らして復習や質問が十分できるようなスケジュールとしてほしいという意見が異口同音に聞かれた。今回は初めてということもあり、どちらかという支援者側の都合に合わせて合宿の計画を立ててしまったが、主役はあくまでも代表生徒であるので、このような声に耳を傾けていくことが今後必要と思われる。

## 5 トレーニング合宿以降

合宿終了時点での実力の確認と本番の問題形式に慣れてもらうことを目的として、筆記の模擬試験を実施した。問題の作成は、WG委員が担当した。当初は合宿期間内の模擬試験実施を検討していたが、スケジュール上とても実現できないと判断し、後日郵送にて問題を配布、解答を集め採点をして結果を代表生徒にフィードバックした。4月と5月の二度にわたって模擬試験を実施した。

それ以降は、もっぱら代表生徒が自習により本番に備えた。WGに対する電子メールでの質問は、実験に関するものが6月に何件かあった他、筆記問題に関するものが開催月の7月に入ってからまとめて寄せられた。後者は本番の時期が迫っていることもあり、回答可能な委員が率先して回答するという方法で対応した。

この期間の支部担当教員による指導の実態について詳しくは把握できていないが、後のアンケートによると、随時質問を受け付けたり、また実験指導を行っていただいたりしたようである(代表生徒と担当大学教員の自宅同士がご近所だったというケースもあった)。ただし支部によっては、「WGからの具体的な指示や代表生徒からの要望がなかったため、何をやってよいか分からなかった」という声も聞かれた。

一方の代表生徒の声はというと、もっとも気になったものに「器具や試薬がないために、やりたくても実験の練習ができなかった」というものがあった。WGとしては実験に関する消耗品類を提供する体制を作ったつもりでいたが、支部や高校の先生にアナウンスが足りなかったようで

ある。また、この生徒は電子メールを使う習慣がなく、WGとして途中で実態を把握できていなかったことも一因である。今後はこのようなことのないように、よりきめ細かな対応を行っていく必要があるだろう。

## 6 おわりに

本文ではあらわに述べてこなかったが、代表生徒の学習をもっとも近くで支援していただいたのは各高校の化学担当の教員の方々であったことと思う。支部の担当をおつとめいただいた大学教員の方々共々、この場を借りて感謝申し上げます。

なお、2006年の化学オリンピックから、化学グランプリ成績上位者4名をそのまま日本代表とするこれまでの方法から、成績上位者8名を代表候補として、3月のトレーニング合宿の時期にその中から4名を選出するという方法に切り替えられる。いろいろな問題もあるだろうが、そうすることによって少しでも多くの高校生に高いレベルの講義を聴いたり難しい実験を行ったりする機会を与えられ、そのことが化学オリンピック参加の本来の目的である、化学の分野に優れた人材を確保する、ということにつながっていくものと期待している。

## 参考文献

- 1) <http://icho.csj.jp/>
- 2) 「夢・化学21」組織委員会、日本化学会化学教育協議会編、「別冊化学化学オリンピックへ行こう」、化学同人(2003)。



くどう・かずあき

**筆者紹介** [経歴] 1993年東京大学大学院工学系研究科合成化学専攻博士課程修了。同年東京工業大学資源化学研究所助手、96年東京大学生産技術研究所講師を経て、99年より現職。工学博士。[専門]有機機能化学。[連絡先] 153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1 (勤務先)。



いわとう・えいじ

**筆者紹介** [経歴] 1987年東京学芸大学教育学部卒業。87年より東京都立高等学校勤務。99年鳴門教育大学学校教育研究科教科・領域教育専攻化学科修士課程修了。2000年より現職。教育学修士。[専門]化学教育。[連絡先] 154-0002 東京都世田谷区下馬4-1-5 (勤務先)。

