

# 第37回国際化学オリンピックに参加して

KUDO Kazuaki

工藤 一秋

東京大学生産技術研究所 助教授

日本にとって3回目の参加となる第37回国際化学オリンピックが2005年7月に台湾・台北市で開催された。男子3人女子1人、また、3年生2人2年生2人という“ヘテロな”日本代表生徒団は、それぞれに実力を出し切り、銀メダル1銅メダル3と、昨年に続き全員がメダルを獲得するという健闘を見せた。引率者の立場から本大会をレポートする。

## 1 はじめに

2005年7月16日から24日にかけて、台湾・台北市の台湾大学ならびに台湾師範大学を会場として国際化学オリンピック第37回大会が開催された。日本からの参加は3度目で、今村麻子さん(兵庫・私立神戸女学院高等学部2年)、鹿又喬平君(東京・私立創価高等学校3年)、川崎瑛生君(東京・私立武蔵高等学校3年)、永田利明君(東京・私立開成高等学校2年)の代表生徒4名、細矢治夫名誉教授(お茶の水大)、薬袋佳孝教授(武蔵大)、岩藤英司教諭(学芸大付属高)、林真理子教諭(神戸女学院高)そして筆者の引率者5名、計9名からなる日本代表団が、7月16日に成田を発った。日本からの女子生徒の参加は初めてであり、また、4名のうち2名が2年生というのも初である。川崎君は、昨年の大会にも出場したりピーターである。

台湾の中正国際空港に降り立つと案内役の女性が待機しており、入国審査を待つ長蛇の列を尻目に国賓用の特別ゲートに案内され、あっという間に外に出ることができた。大変ありがたい配慮であり、主催者のホスピタリティーを強く感じた。空港ロビーでは台湾大学新聞研究所のキース君が我々を迎えてくれた。キース君は、日本代表の生徒団が台湾に滞在する間、面倒を見てくれるガイドである。後述するとおり、化学オリンピックの会期中のほとんどの時間、代表生徒と引率者は別行動となる。他国の地で右も左も分からない代表生徒達に、少しでもリラックスして本来の実力を発揮してもらえるようにするのがガイドの役目である。日本が参加した過去2回の大会ではいずれも、ガイドとの会話は英語であって、意思の疎通に苦労したということだが、キース君は日本語が堪能であり、この点で今回の代表生徒諸君はずいぶん楽だったのではないだろうか。

到着のタイミングが重なったオランダ代表団とともに、

専用バスに乗って空港を出た。台北の北約30kmの三峡にある教育研究院で引率者だけがバスを降ろされ、生徒達はさらに南下して台北市内にある台湾師範大学の寄宿舍へと向かった。以降は、開会式など主催者側で企画したイベントに参加している時間を除いては、生徒と引率者は互いにコンタクトできない。内容を検討したり翻訳したりする都合上、引率者が先に問題を目にするので、万が一にも問題が漏れないようにとの配慮である。しかし最近では国際携帯電話を持参する参加者もいるため物理的な隔離だけでは難しく、性善説に頼らざるを得ないのが現状である。

## 2 開会式から試験前日まで

翌日は、朝からかなりの強風が吹いており、テレビによると近年まれな規模の大型で強い台風が台湾に接近しているとのこと。主催者側は相当肝を冷やしていたことだろう。そんな中、当初の予定通り台北市内の中央研究院で開会式が開催され、そこで生徒達と再会した。同院院長でノーベル化学賞受賞者の李遠哲博士らによる挨拶の後、各国の代表が順に紹介され、杜正勝教育大臣の開会宣言によって華やかに幕を開けた。

昼食後代表生徒と別れて、2日後に実験問題が行われる台湾大学の化学実験棟へと向かった。そこでは参加生徒一人一人に実験台、実験器具が用意されていた。代表生徒4人の実験台は別々の部屋にあり、互いに相談ができないようになっている。ここでは、自国の生徒に割り当てられた実験台をまわって、揃えられている実験器具や試薬を検分する。この時点では、器具・試薬の一覧表を手機械的に照合作業をするのみで、問題の内容までは知らされていない。

風雨が相当強まってきた中をバスで宿舎に帰る途中、英語版の実験問題案が配布された。問題は2題で、1題は有

機合成と光学分割、もう1題は無機定性分析に関するものであった。先ほど見た実験器具類の用途がこのときに分かる。この問題案を読んで、化学的におかしいところはないか、自国の生徒には無理と思われる難しい操作はないか、表現は適切かなどをあらかじめチェックしておき、夕食後に開催される問題検討会でそれらの点を議論することになる。

1題目は、ラセミ体のフェニルグリシンを合成し、ジアステレオマー塩法でそれを光学分割するという問題で、生成物の収率や純度を採点の対象としている。検討会の席で、もしも最初の合成で収率が極端に低かった場合に、その後の光学分割ができず、合成でつまづいた生徒が二重に減点されるので不公平だ、という意見が出た。喧喧諤諤の末、光学分割に使うフェニルグリシンは、生徒が合成したものではなしに、主催者側があらかじめ用意したものを用いるということで一件落ち着いた。このように問題内容の変更にも及ぶ大きな議論の他、部分点の配分の適否のチェック、英語表現の微修正などがなされ、最終案が認められたのは午後10時をまわっていた。討論は英語で、かつ速いテンポで進められ、筆者などはフォローするのがやっとであった。実際、発言しているのは出席者の2割程度で、そのほとんどは化学オリンピック慣れしている常連の引率者のようである。

次の日は一日翻訳に充てられている。問題は英語で出題されるので、それを各代表生徒の使用する言語に直すのである。これにより、生徒は言語上のハンデを負うことなく問題に取り組むことができる。

この日は、朝から暴風雨であった。台風の中心が台湾の南部を通過したらしく、被害の様子がテレビに映し出されていた。宿泊施設から翻訳を行うコンピュータールームまでの間にあるほんの二、三十メートルの渡り廊下を歩くだけでもずぶぬれという状況下、主催者側は何とか大過なく進めようと、いろいろと細やかな配慮をしてくれた。

英語圏の国は翻訳の必要がなく、引率者の仕事は前日の検討会でほとんど終わっている。あいにくの天気のため、彼らは時間をもてあましていた。我々を含む非英語圏の国は逆で、この日が正念場である。各言語にカスタマイズされたパソコンと何台かのプリンタが設置されているコンピュータールームへと向かった。各国にではなく各言語に一台であって、たとえばスペインに対しては、スペイン語とカタルーニャ語の二台が割り当てられている、といった具合である。

幸いにして単一言語の我々は、日本用に用意されたパソコンから問題文のファイルをコピーして別室に行き、細矢、薬袋、岩藤、工藤で分担して、各自のノートパソコンを用いて翻訳を行った。暴風雨についてコンピュータールームまで往復する回数を減らすのに、日本から持参したポータブルプリンタが大変重宝した。実験問題では誤訳は実験

操作の誤りにつながりかねないため、それぞれが持分を翻訳した後、その内容を別の人間がチェックするという体制で臨んだ。12ページの問題用紙、そして5ページの解答用紙の翻訳を4時ぐらいいまでに終え、そのころには雨も小ぶりになっていた。

昨日の検討会の結果、主催者側は急遽光学分割用のサンプルを生徒の人数分だけ用意する必要が生じ、台風について実験会場に行って準備を行っていたはずで、その努力には頭の下がる思いである。また、後で聞くと、この日に予定されていた生徒達のツアーは荒天のため中止となり、一日中宿舎に閉じ込められていた模様で、台北行きの機内で身につけた折り紙が国際交流に役立ったとのことである。

### 3 いよいよ本番

翌7月19日には、代表生徒達が朝から5時間に及ぶ実験問題に取り組んだ。我々はその様子を見ることはできず、ただ遠くから健闘を祈るのみである。この間、引率者にはバスツアーが組まれており、まだ台風の影響が色濃い中、ずぶぬれになりながら景勝地を観光し、台湾田舎料理を味わった。この小旅行の帰りのバス中で、今度は筆記問題の問題案が渡された。これについても実験問題同様に事前チェックをしておき、夜の検討会に臨む。筆記問題は問題冊子だけでも26ページと大部で、全部で8題ある。内訳は、有機化学3題(アミドとフェノールの化学構造と性質、L-リボースの合成、有機光化学)、無機化学2題(金およびそのイオンに関する化学、ルイス構造)、分析化学1題(二酸化炭素の水への溶解平衡)、物理化学2題(オゾンの反応速度論、たんぱく質の折りたたみに関する速度論と平衡論)であった。分量が多いため、4題ずつ2会場に分けて検討会が行われた。筆者の参加した有機化学関連問題を中心とした検討部会は、特段の問題点もなく2時間足らずで終了した。もう一方の会場に顔を出してみると、まだ2題目であり、ルイス構造を問う問題の出題内容の是非に関して激しい論議が続けられていた。限られた時間ということもあり、最終的には多数決で議事が進められていった。各国引率者から次々に出てくる意見をさばいて合意をとりつけるこの検討会の座長は、大変なエネルギーを要する。

翌日はまた、一日かけて翻訳を行う。実験問題の翻訳でコツをつかんでいる分、進行はスムーズであり、夕刻には全ての翻訳を終えた。なお、採点の都合上、言語に依存する論述問題は出題されない。グラフや化学式を書かせる問題、計算問題、択一問題のいずれかである。ところで、日本は現在、将来的に化学オリンピックの開催国となる検討を始めており、そのための視察の目的で来台した科学技術振興機構(JST)の前田義幸氏とこの日に合流した。

その次の日、台風一過の真夏の台湾で、体育館に机を並べて生徒が5時間の理論問題に挑戦した。これが終わってしまうと、生徒は結果を待つのみである。この夜に、生徒

と引率者が再会して夕食会が行われたが、皆開放感に満ち溢れていた。最初は日本代表団だけでテーブルを囲んでいたが、ひとしきり食事が終わると他国の生徒達もあそびにやってきて、にぎやかに過ごした。

このようにして筆記問題が検討・翻訳・実施されている間、舞台裏では実験問題採点のためのサンプルの分析が進められていたことは、想像に難くない。有機実験の問題では生成物の純度が採点の対象となっているため、255人の生徒から提出された2種のサンプルについて、一方はNMRで化学純度を、他方は旋光度で光学純度をそれぞれ決定するという大変な作業が行われていたはずである。

#### 4 採点から結果発表まで

翌7月22日は、引率者にとっては採点の日である。解答例とつき合わせ、正解していることを祈りながら代表生徒4名の20ページ以上におよぶ答案冊子をめくっていく。この時点で、各生徒のおおよその成績がわかる。ただし、他国の生徒の結果は分からないので、メダルがどうなるかについては全くの未知数である。さらに、この日に渡されたのは筆記試験の答案のみであり、自国の生徒の全成績すら、まだわからない。

翌朝、実験・筆記両方の問題に対する主催者側の採点結果が渡された。これを前日の自己採点の結果とつき合わせ、主催者の採点ミスの指摘や部分点の交渉を行う arbitration (直訳すると仲裁あるいは調停) に臨む。主催者側の採点はかなり寛容であり、われわれが自己採点で「解答例のものとは異なっているが部分点の余地あり」としてあらかじめチェックしていった問題は、ことごとく正解扱い、もしくはこちら側が期待した以上の部分点がついてきていた。

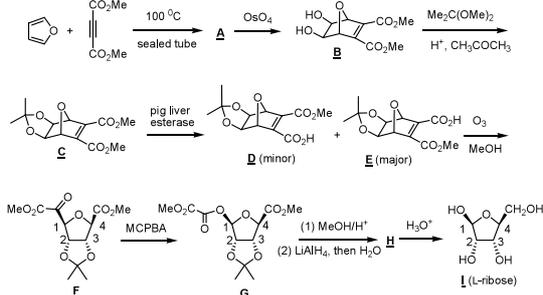
無事 arbitration が終わると、いよいよ翌日が閉会式であり、そこではじめてメダルの有無や色が分かる。閉会式



閉会式でメダルを胸にする代表生徒(前列右から2番目永田君 [銅], 左に順に今村さん [銅], 川崎君 [銀], 鹿又君 [銅])と引率者ら(前列右細矢, 前列左から林, 工藤, 後列右から前田, 岩藤) [化学工業日報提供]。

#### 問題2：有機合成と立体化学

下に示すのは、非天然の糖L-リボース(化合物J)の合成法の流れである。



sealed tube = 封管 pig liver esterase = ブタ肝臓エステラーゼ  
(minor) = 副生成物 (major) = 主生成物

- 2-1 化合物Aの分子式は  $C_{10}H_{16}O_5$  である。Aの構造式を描け。  
2-2 化合物AからCを合成するルートに関して、次の文が正しいればTを、間違っているときはFを解答欄に記入せよ。  
(a) 化合物AからBの反応で  $OsO_4$  は酸化剤として用いられている。  
(b) BからCへの反応では、メタノールが副生成物として得られる。  
(c) BからCへの反応において、プロトンが触媒としてはたらくしている。  
(d)  $Me_2C(OMe)_2$  を加えなくても、収率は下がるもののCが生成する。

(中略)

Hの分子式は  $C_9H_{16}O_5$  である。Hのプロトン NMR のデータは以下のとおりである：

$^1H$  NMR ( $CDCl_3$ )  $\delta$  1.24 (s, 3H), 1.40 (s, 3H), 3.24 (m, 1H), 3.35 (s, 3H), 3.58 (m, 2H), 4.33 (m, 1H), 4.50 (d,  $J = 6$  Hz, 1H), 4.74 (d,  $J = 6$  Hz, 1H), 4.89 (s, 1H). s: 重線 d: 二重線 m: 多重線

- 2-5 化合物Hの立体構造も含めた正しい構造式を描け。  
(後略)

#### 問題8：タンパク質の折りたたみ

ほとんどのタンパク質は、通常2種類の構造でしか存在しない。それは、完全に折りたたまれた天然型構造(N)と完全にほどけた構造(U)である。それ以外の構造をとっているタンパク質の濃度は事実上無視できる。

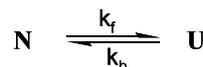


ここで、 $K(T)$  は絶対温度  $T$  における平衡定数である。

- 8-1 平衡状態において天然型と変性型がまったく同量であるときは、平衡定数はいくつになるか？  
8-2 平衡状態において天然型と変性型がまったく同量であるとき、この過程の標準自由エネルギー変化( $\Delta G^\circ(T)$ ) はいくらになるか？  
8-3 平衡時における溶液中でのNとUの濃度をそれぞれ  $(C_N)_{eq}$ ,  $(C_U)_{eq}$  と表し、タンパク質全体の濃度を  $C$  で表すこととする。このとき、平衡時の全体に占めるほどけた構造のタンパク質の割合は  $f_U = (C_U)_{eq}/C$  で表される。 $f_U$  を平衡定数  $K$  を用いた式で表せ。式の導出の過程を全て示すこと。

(中略)

タンパク質がほどけたりまた折りたたまれたりする過程の化学反応式は次のように書かれる。



$k_f$  と  $k_b$  は、それぞれ順方向と逆方向の反応速度定数を表す。ただし、両方向の反応過程は1次反応の式に従うものと仮定している。

- 8-6 上に概略を示した、タンパク質の折りたたみとその逆反応を表す簡単な化学反応式と反応速度論の素過程について、平衡定数  $K$  と速度定数  $k_f$  と  $k_b$  の間の関係を示せ。  
8-7 上の全過程の反応速度を表す式を導け。即ち、 $dC_U/dt$  を速度定数と  $C_U$  と  $(C_U)_{eq}$  だけで表すこと。

第37回大会の問題より(抜粋)。

は、グランドホテルのホールで行われ、まず、杜正勝教育大臣、李遠哲博士の挨拶があった後、全体の講評、各問題別の成績分布などが紹介された。いよいよ結果の発表である。表彰ではまず最初に、メダル外ではあるが筆記問題8題中で1題でも満点を取った敢闘賞の生徒の名前が呼ばれ、記念品が渡された。次に、銅メダルの生徒が成績が低いほうから高いほうへと順に呼ばれ、一人ずつ壇上に上がっていく。我々日本代表団の生徒は、主催者側の手違いによって成績順とは異なる順番で名前が呼ばれたため、関係者をひやひやさせる一幕もあったが、今村さん、鹿又君、永田君が銅メダルを獲得した。次に銀メダルの生徒が呼ばれていく。前回2年生で金メダルをとった川崎君には連続金の期待がかかったが、惜しくも銀メダルにとどまった。全員がメダルをとったことで、引率者の間にも安堵の空気が流れた。

今回は、前回ドイツ大会と比較して問題がやさしかったようで、金メダルをとった生徒は90%以上の正答率をマークしていた。1位はロシアのアレクセイ・ゼルフマン君で、何と彼は2年連続で1位という快挙を成し遂げた。上位入賞者が多かったのは、次回開催国の韓国(金4)、ベトナム(金3銀1)、アゼルバイジャン、イラン、台湾、ロシア(以上金2銀2)などであり、アジア諸国の活躍が目立った。なお、ここ数年連続して参加生徒全員が金メダルをとっている中国は、今回は欠席であった。

すべてが終わった後、同じ会場で晩餐会が行われ、生徒も引率者も最後の国際交流を満喫した。

## 5 化学オリンピックが終わって

翌朝、多くの国の代表はそれぞれ帰国の途についたが、われわれは少し足を伸ばして新竹へと向かい、台湾で化学の研究がもっともアクティブに行われている大学のひとつ、国立清華大学を見学した。化学科の学科長の汪炳鈞先生に施設などの案内をしていただき、また、汪研究室の学生の皆さんにもいろいろと親切にいただいた。

翌日成田に戻り、村井眞二日本化学会会長らとともに中

山成彬文部科学大臣(当時)を表敬訪問、結果を報告してねぎらいの言葉をいただくと共に、通商産業省製造産業局にも挨拶に伺って解散となった。

## 6 おわりに

全員メダルを手にしたものの、参加する以上は少しでも上を目指したいのは皆同じである。次回化学オリンピックでは、前年の8月に国内予選で代表候補生徒を選出、3月の選抜試験で代表を最終決定するという方式に移行する。それによって、候補に選ばれた生徒の皆さんの間での競争意識が刺激され、結果として本番での好成績につながるものと期待している。なお、本稿の執筆時点ですでに、日本は2010年の第42回大会主催国として名乗りを上げており、次回韓国大会中に承認されれば正式決定となる。その時に向けて、一人でも多くの方々に化学オリンピックを知り、また参加していただきたいと考えている。

国際化学オリンピックへの参加事業は、今年JSTの国際科学技術コンテスト支援事業に採択され、準備段階からスムーズにすすめることができた。記して感謝の意を表す。また、代表の国内選考からはじまり、オリンピックに向けての訓練、広報活動などで、化学グランプリ・化学オリンピックに携わった多くの方々にお世話になった。この場を借りてお礼申し上げたい。

## 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)。

## 化学と教育誌をおすすめ下さい

本誌の新規購読方法は下記のとおりです。入会申込書は下記宛ご請求ください。

### 1. 会員外の場合

「教育会員」として入会すると配布が受けられます。年会費7,200円、【学生割引】年会費4,800円、入会金不要。

### 2. 「個人正会員」が追加購読する場合

所定の年会費のほかに、購読費5,400円を加算して購読いただきます。

### 3. 団体(学校・図書館・法人など)の場合

団体としての入会または購読手続が必要です。詳細は下記宛お問い合わせください。

### ○申込先

101-8307 東京都千代田区神田駿河台1-5  
社団法人 日本化学会 会員係  
(電話 03-3292-6169, FAX 03-3292-6317)