

高専における分析化学教育の実際と特徴

澤井 光, 原 嘉 昭

1 はじめに

高等専門学校（高専）は、中学校卒業者を対象とする5年制の高等教育機関であり、主に技術者の育成を目的としている¹⁾。世間一般には目立たない校種ではあるが、令和5年現在で全国に58校（国立51校、公立3校、私立4校）の高専が存在し、5万人超の「学生」が各々の専門分野についての勉学に励んでいる。高専教育の大きな特徴は、一般科目と専門科目を「くさび形」に配置することで高校生に相当する低学年次から5年間一貫して専門性の高い教育を行う点にある。この15歳からの早期専門教育が功を奏し、現在多くの高専卒業生達が技術創造の現場で活躍している。

卒業後の学生は就職する者（6割）と進学する者（4割）に分かれる²⁾。進学者は、国立大学等の3年次へ編入する者が多いが、そのほか2年制の高専専攻科に進学する者もいる。専攻科では、専門分野についての学習と研究を更に深め、大学改革支援・学位授与機構の審査を経て学士の学位を取得することも可能である。

高専には機械工学をはじめとする種々の工学系専門学科が設置されており、化学系の専攻を持つ高専も全国に34校存在している³⁾。化学系の学科を卒業した高専生は、各業種の品質管理部門や分析機関において化学分析業務に従事することが少なくないため、高専においても分析化学は重要な科目である。本稿では、高専の化学系学科で行われている分析化学教育の実際と特徴的な点を

高専教員の日線から紹介する。

2 高専における分析化学教育

2・1 高専の分析化学系カリキュラム

工業高専のうち化学系の学科を有する高専では、専門科目としての位置付けで分析化学や分析化学実験が開講されている。全国各高専は、一定の教育カリキュラム（モデルコアカリキュラム）を提供するよう制度付けられているため教育内容の均一性が高く、化学系の学科が設置された高専であれば全国でほぼ同じレベルの分析化学教育が行われている。一例として表1に茨城高専における分析化学系科目をまとめたが、特徴的な点として低学年次から多くの時間数の実験科目が配置されていることが挙げられる。高専という教育機関が技術者の養成を掲げ、実技の習得に重心を持つことを反映している。

2・2 分析化学系実験科目の実際と特徴

ここでは茨城高専の2年次（高校2年生に相当）に開講される分析化学実験について紹介する。この科目では、化学分析の技術と方法の修得を目的としており、特に化学分析における「手の動かしかた」と「実験センス」の修得を重視している。一般に学生実験では複数人のグループを構成させることが定石⁴⁾である。しかし、この実験科目では基本的に班を構成せず個人で実験に取り組ませ、各学生が実験操作を確実に実施・習得できるようにしている（図1）。初学者である40人前後の学

表1 茨城高専における分析化学系科目

科目	形態	単位数	開講時間 ^{*1} (コマ/年)	開講年次	(参考) 相当する 高校もしくは大学年次
分析化学Ⅰ	講義	2	60	2	高校2年次
物質工学実験Ⅰ (分析化学実験)	実験	3	90	2	高校2年次
機器分析	講義	2	60	3	高校3年次
物質工学実験Ⅰ (機器分析実験)	実験	4 ^{*3}	120(60) ^{*3}	4	大学1年次
分析化学Ⅱ	講義	1	15	5	大学2年次
物質工学実験Ⅲ (環境工学実験 ^{*2})	実験	2 ^{*3}	60(30) ^{*3}	5	大学2年次
分析化学特論	講義	2	30	専攻科1	大学3年次

*1 茨城高専の場合、1コマ=50分；*2 環境指標（COD等）の化学分析を実施；*3 オムニバス形式での開講のため、内数として実質的な開講時間を表示



図1 滴定を行っている様子

生それぞれに個人実験を行わせることの指導上の労力は大きいですが、各個人に確実に実験操作を身に付けさせることのメリットはさらに大きい。

茨城高専の分析化学実験は通年科目であり、主に容量分析、系統的定性分析、重量分析の三つのテーマで構成されている⁵⁾。このうち容量分析では、標準溶液の調製、標定から始まり、中和滴定、酸化還元滴定、キレート滴定を中心に実技を学ぶ。確実なビュレット操作を体得できるよう多くの滴定をこなすプログラムになっているが、指導上の工夫はそれぞれ多様な試料を準備している点にあると考えている。例えば中和滴定であれば warder 法のように教育効果の高いテーマはもちろん、食酢や果汁中の有機酸の定量といった身近で学生の好奇心を刺激する題材を用意することで飽きることなくビュレット操作を習得できるように配慮している。また金属イオンの系統的定性分析を実験テーマとして実施する教育機関は少なくなりつつある⁴⁾⁶⁾ようだが、茨城高専では六属法に則って第六属を除く第一～五属の分属から各金属イオン個別の確認反応までを実施し、最後には未知試料の定性分析を実施させている。今日、系統的定性分析の実務上の意義は薄れつつある。このような古典的な化学分析をテーマとして採用することの目的は、学生の化学的センスの涵養にある。例えば鉄(III)イオンの確認反応を座学で学ぶとして「チオシアン酸鉄イオンの血赤色」を書面で眺めるのは存外に味気ない。実際に溶液が血液のように試験官の壁面をどろりと伝い流れゆく様を観察すれば、この表現の妥当さを一瞬で理解できるだろう。実際に自らの手で反応させ、その結果を体験し、教科書には現れないような情報に触れる経験こそが重要であり、この点で系統的定性分析は化学を学ぶ者に必要なセンスの醸成に欠かせないテーマの一つであると考えている。

以上の様に茨城高専では、学生の実技スキルと感性の醸成を大きな目標として一年間をかけて様々なテーマの化学分析実験を実施している。また、同じく2年次に開講される分析化学Iの講義内容と実験テーマが時期的

に重複するように内容と進度を調整している⁵⁾。実験では実技を中心にスキルを磨いてもらうが、ここに講義による理論的な側面からのフォローを加えることで、両者の学習効果を相乗的に高めることを狙っている。

3 高専生の活動事例～分析化学討論会における高校生ポスター発表

第82回分析化学討論会(令和4年5月14～15日、茨城大学水戸キャンパス)では、「高校生ポスター講演」が行われ、茨城高専からも2～3年生の学生(高校2～3年生に相当)からなる天文部(実質的には科学部)のグループによって「宝石の色は何によって決まる?」と題したポスター発表が行われた。本講演では、ルビーの発色メカニズム(Al_2O_3 へ取り込まれた Cr^{3+} が原因)に着想を得て、 Al_2O_3 以外の透明な物質(Ga_2O_3 や In_2O_3)へCrを添加したら何色になるのか、さらにこれらの混晶を作製し混合比を変えることで発色をコントロールできるのではないかと、など宝石の発色についての研究成果が報告された。高専生は、数多の学生実験の経験からまず手を動かすことに躊躇がない。今回の研究も「まずは自分たちで作ってみて確かめよう」という彼女らの実践的な姿勢が発露した好例である。この研究の過程では単結晶成長装置(図2)、X線回折装置、走査電子顕微鏡などの、まず普通高校には配備されていない装置が使用されているが、学生達は当たり前のようにこれらを使い熟す。このように初学者には敷居の高い装置や分析技術を高校生の年齢から気軽に使い、各々の課外活動に役立てることができるのも高専ならではの光景である。

そして彼らの学習や課外活動を支える教員もほとんどが博士号を持つ研究者であり、学生達は「学者」に慣れている。実際に件の高校生ポスター講演に参加した学生達は、研究者とのディスカッションにも物怖じせず実に堂々と研究成果を説明しており、結果として優秀ポスター賞の榮譽に接するほどの優れた成果を残している(図3)。

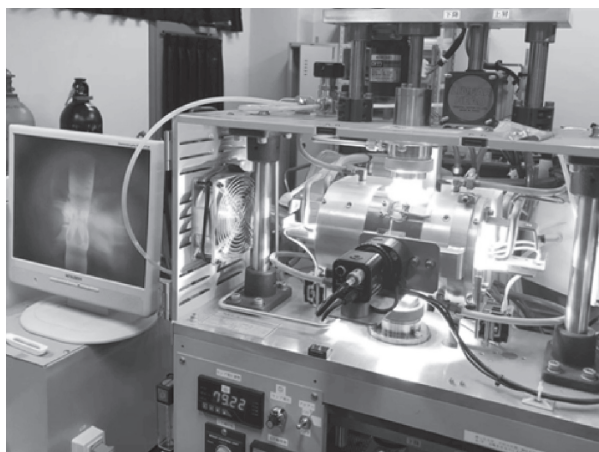


図2 茨城高専に配備されている単結晶成長装置



図3 第82回分析化学討論会高校生ポスター講演の優秀ポスター受賞

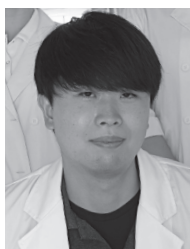
4 おわりに

高専における分析化学教育の実際と特徴について紹介した。「高専生は実践経験が豊富である」というのは高専卒業生を採用した企業からよく聞かれる評価⁷⁾であるが、高専特有の5年または7年一貫の専門教育がそれなりに評価されたものであると解釈している。技能修得には長く地道な修練が必要で、その意味では高専は地に足のついた教育を提供できていると感じる。近年でも国内外で新たな高専が誕生しており、社会から向けられる期待は引き続いて大きい。ひきつづき分析化学の分野から高専教育が果たすべき役割を担っていきたい。

文 献

- 1) 矢野眞和, 濱中義隆, 浅野敬一: “高専教育の発見”, (2018), (岩波書店).

- 2) 文部科学省高等教育局専門教育課: “高等専門学校の充実について”, (2016).
- 3) 文部科学省高等教育局専門教育課: “高等専門学校の学科一覧(令和5年4月現在)”, (https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/kousen/tokushoku/001.htm), (Accessed 2023.6.2).
- 4) 村上雅彦: 化学と教育, 68, 122 (2020).
- 5) 国立高等専門学校機構: “全国国立高専 Web シラバスシステム, 茨城工業高等専門学校”, (https://syllabus.kosen-k.go.jp/Pages/PublicDepartments?school_id=11), (Accessed 2023.6.10).
- 6) 小熊幸一: ぶんせき (*Bunseki*), 2001, 523.
- 7) 石井久美子: 日本地理学会発表要旨集, p. 204 (2022).



澤井 光 (Hikaru SAWAI)

独立行政法人国立高等専門学校機構茨城工業高等専門学校国際創造工学科 (〒312-8508 茨城県ひたちなか市中根 866). 金沢大学大学院自然科学研究科博士後期課程物質科学専攻修了. 博士(工学). 《現在の研究テーマ》キレート配位子を活用した環境改善技術の開発. 《趣味》旅行, コーヒー, 道.

E-mail: hsawai@ibaraki-ct.ac.jp



原 嘉昭 (Yoshiaki HARA)

独立行政法人国立高等専門学校機構茨城工業高等専門学校国際創造工学科 (〒312-8508 茨城県ひたちなか市中根 866). 広島大学大学院理学研究科博士課程後期修了. 博士(理学). 《現在の研究テーマ》機能性材料の結晶成長, 物性評価. 《主な著書》“物理(上)力学・波動(高専テキストシリーズ)”, (共著), (森北出版). 《趣味》天体観測, テニス(どちらも万年初心者).

E-mail: yohara@ibaraki-ct.ac.jp