

理工系大学の分析化学教育

小川 信明

1 分析化学とは

もっとも端的に言うなら、「分析化学とは、分離と計測の化学である」¹⁾。もう少し詳しく言うと、「分析化学は、天然や人工の物質の化学的組成を定性的・定量的に識別するための方法(論)を開発・確立することを目的とする化学の一分野である」²⁾。または、「分析化学は物質の化学的な立場からの特徴描写(キャラクターゼーション)に関する学問であり、定性と定量の両面を含む」³⁾。ウィキペディアでも、「分析化学」の項目が掲載されており、かなり丁寧に記載されている。分析化学は大学の化学教育において基礎科目の一つであり、環境化学への展開や高度な分析技術の開発などが研究のテーマとなっている。」と、教育についても最後に触れられている⁴⁾。

2 分析化学の移り変わり

分析化学は、湿式分析の基礎である、化学平衡論を用いた酸塩基平衡・酸化還元平衡・溶解平衡・液液分配平衡・イオン交換平衡及び化学反応速度論などの基礎理論を学習し(これらは、時代が変わっても、ほとんど変わらないところであるが…)、それぞれの機器分析(原子吸光分析、発光分光分析、蛍光X線分析、中性子放射化分析、電気化学分析、紫外・可視吸光分光法、蛍光分光法、光熱変換分光法、NMR、ESR、赤外・ラマン分光法、ガスクロマトグラフィー(GC)、質量分析(MS)、メスバウアー分光法、X線・中性子・電子線回折、旋光性分析、円二色性分析、共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡、透過型電子顕微鏡、走査型プローブ顕微鏡、AFM、走査型近接場光学顕微鏡、SECM、X線光電子分光法、キャピラリー電気泳動、ICP-MS、GC-MS、LC-MSなど)の原理・装置構成などを理解することである。ただ、上にあげた機器分析の装置・技術の発展は目覚ましく、どんどん新しい分析法・機器が開発されつつあり、例えば、X線結晶構造解析、中性子線結晶構造解析の急速な進歩により、タンパク質などの4次構造も見えてきている。さらに、AIなどIT技術の進歩に伴い、これまでは人がやっていた実験手順の自動化が急速に進み、それはそれで良いのであるが、化学系の学生さんには、ブラックボックス化した装置の構造や分析原理はしっかりと、教授すべきである。これは、原理上あり得ない値や

誤差を出していても、平気で報告することがないように学習してもらうためである。もう一つ、実分析で重要なのは、サンプリングの方法(場所、時間、採取量など)及びサンプリングした試料の前処理である。これは、実践的なところであり、教育としても、大学・学科・研究室によって、違いが大きい部分ではあるが、用意された試料の分析だけではなく、実試料のサンプリング・試料の前処理・分析・分析結果の報告まで、教育してほしいところである。

3 分析化学教育(理工系)…化学系とそれ以外の学科

分析化学教育つまり講義の部分であるが、前項をもう少し教育内容で見ると、理工系、特に化学系では、1. 分析化学(理念、原理—溶液内反応(酸塩基、酸化還元、沈殿滴定、錯生成滴定、相関分配(液液平衡、溶媒抽出)、電位差滴定、電気分解、イオン交換平衡)、定性分析、定量分析、重量分析、反応速度論的分析、誤差とデータ処理)の原理の部分と、2. 機器分析化学(原理、装置、改良、分光測光、ボルタンメトリー、クロマトグラフィー、X線(中性子線)結晶構造解析)を教育するのが、今でも一般的である。理工系特に化学系では、分析化学講義+分析化学実験(専門)であるが、もちろん文系では、化学の中で少し分析が出てくる程度で、分析化学という専門の講義はない。

化学教育の観点で見ると、ぶんせきの談話室⁵⁾でも書いたが、文科省の化学系学科の設置審で認められているように、多少の科目名の違いはあっても、「分析化学」は、「物理化学」、「無機化学」、「有機化学」とともに、化学系の学科の3年次までに学ぶ必修科目であることは間違いのないところなので、これらの4科目は、ご専門の先生がおられなくても、化学系の先生方が教えることになる。秋田大学で生命化学科(後に生命科学科)を立ち上げるときには、分析化学の講義は、4科目8単位あった。今でも分析化学は、化学の中で、主流の学問分野であり、必要な学問である。学問・研究分野としての別の指標が、学術雑誌のIF(インパクトファクター)である。IFだけで雑誌や研究のクオリティをはかれるわけではないが、アメリカ化学会の四つの分野、物理化学、無機化学、有機化学、分析化学であり、それぞれの雑誌は *J. Phys. Chem. A, B, C, Inorg. Chem., J. Org. Chem.,*

表2 T学科分析化学シラバス(非化学系)

科目コード	00000	曜日	前期木3,4	対象学生	地球資源学科
オフィスアワー	時間・場所				
担当教員名	所属				
授業科目名	和名: 分析化学 英文: Analytical Chemistry				
所属屋内室番号・電話番号					
学期時限	3年次前期	単位・条件	2 選択		
授業の形式と時間数	講義	30時間			
授業の目的・概要及び達成目標	<p>1. 目的・概要 自然環境を守り生命を尊重する"豊かな人間性"を育成するために必要な,分析化学は,混合物から純物質を分離・抽出する過程,その化学組成を正しく認識し,その濃度を正しく評価する過程,化学種の溶存状態を特定する過程を理解するために,その基礎となる平衡論を理解する。また,環境問題の一つである酸性雨における汚染物質の平衡について理解する。</p> <p>2. 達成目標</p> <p>1. 実試料のサンプリングの理解ができ,分析データの簡単な統計処理ができる。 2. 溶液及び酸塩基平衡の概念(歴史的を含む)を説明できる。 3. 酸塩基平衡と中和滴定の理論が理解でき,平衡濃度の計算ができる。 4. 錯生成反応の理論が理解でき,化学種の平衡濃度の計算ができる。 5. 溶解平衡の理論が理解でき,化学種の平衡濃度の計算ができる。</p> <p>学科(プログラム)の学習・教育目標との関係 地球資源学科A, Bコースの「F-1」に対応する科目である。 カリキュラムの位置付け 分析化学は,化学系(理学,工学,薬学,農学,資源学,環境工学)の基礎学問としての位置付けが重要であり,化学系のどの分野にとっても必要とされることとされており,3年次の必修に近い科目である。また,高校の化学I,II,B,熱力学的平衡論を履修していることを前提とする。</p> <p>授業の進行予定と授業の進め方 本講義は,基礎化学I,IIなどの物理化学系の科目と,基礎化学実験などを履修したあとに学ぶことを想定している。定性分析,定量分析で重要な,溶液反応の取り扱いを,物理化学の平衡論を基礎に,体系的に学ぶ。 この講義で学ぶ項目は次のようである。 1~3. 分析化学とは?及び分析の実際と分析データの評価及び整理(3回目:レポート課題1)。 4,5. 溶液。 6,7. 化学平衡(7回目:レポート課題2)。 8~10. 酸塩基平衡と中和滴定(10回目:レポート課題3)。 11,12. 錯生成平衡とその応用(12回目:レポート課題4)。 13,14,15. 溶解平衡とその応用(15回目:レポート課題5)。 16. 最終試験。 その他,毎回,授業のキーワードを書いて,提出していただく。</p> <p>授業に関連するキーワード 溶液内反応 酸塩基平衡 錯生成平衡 溶解平衡 標準偏差</p> <p>成績評価の方法と基準 試験(80%),レポート・受講態度(20%)で総合的に評価する。総合点で,60点未満D,60点以上70点未満C,70点以上80点未満B,80点以上Aとする。レポートは,課題が出された翌週の授業開始までに提出すること(遅れたら,評価しない)。なお,最終試験は,1回のみで,追試・再試は行いません。総合点で,60点以上合格(C)</p> <p>教科書・参考書等 教科書:「クリスチャン分析化学―基礎編」G.D.Christian著,原口監訳,角田,本水ら共訳,丸善 参考書:「分析化学-溶液反応を基礎とする」大橋・小熊・鎌田・木原 共著;三共出版。など</p> <p>備考 技術者や研究者を目指す人にとって,重要な基礎科目であるので,予習・復習を欠かさず,内容をしっかりと身につけてください。</p>				

3.3 教科書

世界的に分析化学の教科書(翻訳本を含む)としては,古くは,シャルローの定性分析化学⁶⁾,最近では,ハリス⁷⁾とクリスチャン³⁾のものがかなり使われており,日本人が書いたものでは,大橋弘三郎ら²⁾,宗林由樹と向井浩⁸⁾,庄野利之と脇田久伸⁹⁾,湯地昭夫と日置昭治¹⁰⁾,姫野貞之と市村彰男¹¹⁾,などであるが,特に機器分析に関しては,実験と演習の教科書を分析化学とは別に出版しているケースも多い^{1)9)12)~15)}.

4 まとめ

結局,理工系の分析化学の教育は,既存の定性分析・定量分析の原理や手法および機器分析の原理・装置などを理解するために,まず物理化学・無機化学・有機化学・生化学・環境化学などの化学の基礎科目を学習し,理解し,そのうえで,分析化学という学問分野の全貌を

把握し,卒業研究・修士課程研究・博士論文研究を完成させるところがいわゆる大学教育である。さらにそれらを踏まえ,新しい分析手法の開発や既存の分析方法の改良などに取り組める技術者・研究者を輩出していくことが,分析化学の教育・研究に課せられた使命であると思う。

文 献

- 1) 井村久則, 樋上照男編:“基礎から学ぶ 機器分析化学”, (2016), (化学同人).
- 2) 大橋弘三郎, 小熊幸一, 鎌田薩男, 木原壮林:“分析化学—溶液反応を基礎とする—”, (1992), (三共出版).
- 3) G. D. Christian, P. K. Dasgupta, K. A. Schug: “Analytical Chemistry, 7th Edition”, (2014, 2004), (John Wiley & Sons, New York). 今任稔彦, 角田欣一 監訳: “クリスチャン 分析化学”, I 基礎編, II 機器分析編, (2016), (丸善出版).
- 4) ウィキペディア: “分析化学” <https://ja.wikipedia.org/wiki/分析化学>, (accessed 2023. 8. 4).
- 5) 小川信明: ぶんせき (*Bunseki*), 2023, 118.
- 6) G. シャルロー 著, 曾根興三, 田中元治 訳: “改訂版 定性分析化学 I, II”, (1976), (三共出版).
- 7) D. C. Harris: “Quantitative Chemical Analysis, Ninth Edition”, (2016), (W. H., Freeman and Company, New York), 宗林由樹 監訳, 岩元俊一 訳: “ハリス 分析化学, 原著 9 版”, (1976), (化学同人).
- 8) 宗林由樹, 向井浩: “基礎 分析化学”, (2007), (サイエンス社).
- 9) 庄野利之, 脇田久伸: “入門機器分析化学”, (1988), (三共出版).
- 10) 湯地昭夫, 日置昭治: “分析化学”, (2015), (講談社).
- 11) 姫野貞之, 市村彰男: “溶液内イオン平衡に基づく 分析化学”, (2001), (化学同人).
- 12) 石橋雅義: “実験分析化学 改訂版”, (1952), (共立出版).
- 13) 日本分析化学会北海道支部 編: “増補 新版分析化学実験”, (1978), (化学同人).
- 14) 日本分析化学会北海道支部, 東北支部 編: “改訂版 分析化学反応の基礎 演習と実験”, (1994), (培風館).
- 15) 梅澤喜夫, 本水昌二 渡会仁, 寺前紀夫 編: “機器分析化学”, (2002), (東京化学同人).



小川 信明 (Nobuaki OGAWA)

秋田大学名誉教授(〒010-8502 秋田市手形学園町1-1). 大阪大学大学院理学研究科博士課程単位取得退学. 理学博士.
 《現在の研究テーマ》 酵素内包タンパク質ナノカプセルを用いた新規分析手法の開発. 《主な著書》 “はかってなんぼ—分析化学入門”, (丸善), (分担執筆). 《趣味》 ワインを飲みながらスポーツ観戦.
 E-mail: ogawa@gipc.akita-u.ac.jp