

# 探究活動に生かす 有機高分子の未知試料同定実験の開発

佐藤 大

当センターの化学研究班では、探究的な活動の充実をめざし、教員からのニーズに基づく観察・実験の教材や学習プログラムの開発に取り組んでいる。今回、北海道釧路湖陵高等学校の佐藤友介教諭より、「高分子」において、未知試料同定の実験教材の開発について依頼があり、連携して学習プログラムの開発を行った。また、広く活用できる授業プログラムの実現を目指し、北海道岩内高等学校の高橋さおり教諭に授業実践をお願いし、連携して取り組んだ成果とあわせて報告する。

[キーワード] 学校との連携 高分子化学 マイクロスケール実験 探究活動

## はじめに

当センターの化学研究班では、児童生徒に化学の有用性を感じさせるとともに、観察・実験及び探究活動の方法を通じて科学的な思考力を育むための、教材や学習プログラムの開発を重点に掲げ、観察・実験における教員のニーズを踏まえた教材や学習プログラムの開発に取り組んできた。

昨年度に引き続き、釧路湖陵高校の佐藤友介教諭より、同校で行っている「自己調整学習」をテーマとした授業研究において活用できる実験教材について要望があった。「化学 (5) 高分子化合物 イ 天然高分子化合物」で扱われる「タンパク質やデンプンの性質を調べる実験」で、「探究的な活動」を、「限られた時間」で「問題演習と同等以上の効果がある」ように実施したいという希望に基づき、

- ①化合物の性質を踏まえた未知試料の決定方法を最短手順で計画し、実験結果から導き出すこと。
  - ②短時間に多くの実験を簡便に実施するため、マイクロスケール実験とすること。
  - ③高分子分野で取り扱う主な定性反応を網羅すること。
- を主眼に、連携して実験教材の検討と学習プロ

グラムの開発に取り組んだ。

本報では、実験教材の開発と岩内高等学校の実践について報告し、学習プログラムの開発については、本紀要p82～p85に佐藤友介教諭の報告として掲載した。

## 1 実験の概要

化学の高分子化合物の分野では、生物体とも関連の深い糖類、タンパク質の構造を調べたり理解するために、高分子化合物を構成する単糖類やアミノ酸の性質について学ぶ。そして、高分子化合物を加水分解して得られる物質から、その構造を類推し性質に迫る試みがなされる。しかし、これらの反応は教科書において羅列的に取り扱われており、全体像として把握することが難しい。また、教科書に示されている結果だけを活用し、物質に触れることなく、イメージも作れないまま、ひたすら暗記するといったことに陥りやすい。本実験では、基礎的・基本的な知識を活用し、未知試料の性質を調べる実験数をできるだけ少なくするような実験計画を立案し、その仮説に従って未知試料の同定に取り組むことを目的として構成した。短い時間で最大限の効果が得られるよう、実験手順の簡素化と実験時間を可能な限り短くするため、高分

子化合物の加水分解を実験系から思い切って外すと同時に、マイクロスケール化による方法を試みた。

なお、未知試料の性質を調べる実験数をできるだけ少なくするような実験計画については全国高校化学グランプリの出題<sup>\*1)</sup>を、定性反応の組立については「化学と教育」誌の記事<sup>\*2)</sup>を、それぞれ引用・参考にした。

## 2 未知試料水溶液の調整

未知試料は、単糖類1種類、二糖類1種類、多糖類1種類、アミノ酸3種類、タンパク質2種類の計8種類を準備した。

### 未知試料

1%グルコース, 1%スクロース, 0.1%デンプン, 1%グルタミン酸, 1%チロシン, 5%システイン, 3%ゼラチン, 6倍希釈卵白

未知試料はいずれも、定性反応を行った際に、変化がわかりやすい濃度に調製し、5 mL点眼ボトルに入れて用いた。チロシンは水に難溶性のため、5%水酸化ナトリウムを少量加えて溶けやすくした。なお、チロシンを塩酸で溶かしたものは、ニンヒドリン反応が十分に得られないことがわかった。卵白については、乾燥卵白を用い、溶液に透明感を持たせるために、食塩を少量加えて水に不溶な卵白グロブリンを溶かし、茶こしでこして用いた。

## 3 加温の工夫

実験を短時間で行う上で、最も懸念されるのが加熱に要する時間である。図1のマルエム製マイクロチューブNo3(容量2 mL)と、点眼ボトルやプチボトルを組み合わせることで試薬量を少なくし、加温にかかる時間を短くするとともに、図2のようなマイクロチューブ用のフローターを自作し、用いることで、一度に8種類の未知試薬を加熱することが可能となり、大幅に時間を短縮することができた。



図1 ミクロチューブ

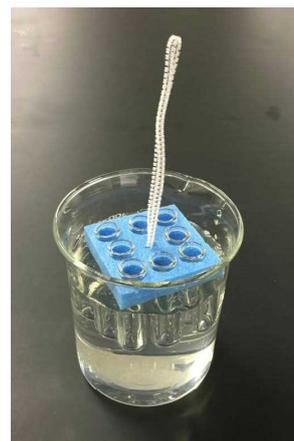


図2 自作のフローター

フローターは次のように自作した。

- ①100円ショップで購入した、厚さ1 cmの発泡ポリスチレン板を5 cm四方に切り抜き、φ10 mmのコルクボーラーで8カ所をくりぬく。(図3)
- ②くりぬいた発泡ポリエチレン板の中央に、二つ折りしたモールを差し込み、裏側でねじって固定し、取っ手とする。(図4)

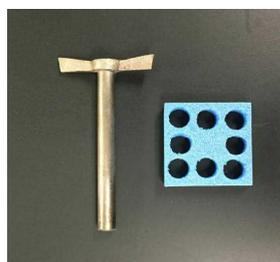


図3 切り抜いた所



図4 モールの取付

この自作フローターは、300 mLビーカーにちょうど入るサイズであり、温度を一定に保ちながら、変化の様子を観察しやすい利点がある。また、マイクロチューブを付けた状態で自立させることもできるので、バットなどにお湯を張って用いることも可能である。モールを付けるアイデアは、教材案をやりとりする中で、釧路湖陵高校の近藤美樹実習助手に改良案を提示していただいたので、耐久性とメンテナンス性を大幅に向上させることができた。

#### 4 実験操作の工夫

できるだけ操作を簡便にし、かつ実験前後の様子が観察しやすいよう、マイクロチューブと24ウェルセルプレートを組み合わせることを提案した。

図5のように、24セルのウェルセルプレートを用いることによって、マイクロチューブを液体が入った状態でも安定に保持することができ、いずれも透明であることから、呈色反応を行った後の色の確認も容易である。また、2枚のセルプレートを組み合わせて用いると、8種類の未知試料を1列に並べることができるようになり、実験結果をまとめやすくなる。



図5 セルプレートとの組合せ

#### 5 各検出反応の操作

##### (1) ニンヒドリン反応

- ①マイクロチューブに、未知試料を3滴と、1%ニンヒドリン試薬を2滴入れる。
- ②300mLビーカーに、80℃以上の湯を入れる。
- ③マイクロチューブをフローターにセットし、湯の上に浮かべ反応させる。
- ④未知試料にもよるが、最大でも3分で反応は終了する。

##### (2) ヨウ素デンプン反応

- ①マイクロチューブに、未知試料を2滴と、ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を2滴入れる。
- ②反応は速やかに完了する。

##### (3) フェーリング反応

- ①マイクロチューブにフェーリング液Aとフェーリング液Bをそれぞれ2滴ずつ加え、よく振

り混ぜて色が深青色になることを確認する。

- ③未知試料を2滴加え、よくふり混ぜる。
- ④マイクロチューブをフローターにセットし、湯の上に浮かべ反応させる。
- ⑤未知試料にもよるが、最大でも3分で反応は終了する。

システインはチオール基を持ち、ごく弱い還元性を持つことから、緑色の呈色を示す。そのため、生徒には赤褐色沈殿を生成したものが、狙いとするフェーリング反応の結果であることを伝える必要がある。

##### (4) ビウレット反応

- ①マイクロチューブに未知試料を2滴加える。
- ②1 mol/L水酸化ナトリウム水溶液を2滴加える。
- ③0.01mol/L硫酸銅水溶液を1滴加え、よくふり混ぜる。

フェーリング反応と同様に、システインが、やや褐色に呈色するので、紫色の呈色が正しいビウレット反応であることを伝える必要がある。

##### (5) キサントプロテイン反応

- ①マイクロチューブに濃硝酸を1滴加え、ふたを閉めて生徒に配布する。
- ②マイクロチューブのふたを注意深く開け、未知試料を2滴加え、ふたをする。
- ③マイクロチューブをフローターにセットし、湯の上に浮かべ反応させる。
- ④未知試料にもよるが、最大でも3分で反応は終了する。

⑤加熱後のマイクロチューブに、1 mol/L水酸化ナトリウムを5滴加える。黄色に呈色したものには、色の変化が明確になるまで加える。

##### (6) 硫黄の検出反応

- ①マイクロチューブに未知試料を2滴入れる。
- ②6 mol/L水酸化ナトリウムを1滴加える。
- ③10%酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を1滴加える。
- ④マイクロチューブをフローターにセットし、湯の上に浮かべ反応させる。
- ⑤反応は1分程度で完了する。

教科書では、水酸化ナトリウムを加え中和し

た後、酢酸鉛を加えるとあるが、検出するだけなら、中和しなくても十分に検出が可能である。

## 6 実験の活用

本実験はマイクロスケール化による実験手順の簡素化と加温の工夫により、全ての実験を実施したとしても概ね30分程度で終わることが可能である。また、未知試料の物質を、あらかじめ生徒に伝えておき、物質の性質を確認した上で効率の良い物質の同定手順を思考させることによって、仮説を立てて実験を計画するといった探究的な授業の展開が可能である。

本実験は釧路湖陵高校と連携し、教材の検討を進めていったが、教材としての汎用性を高め、各学校で柔軟に活用できる場面を模索するため、岩内高校に連携協力をお願いし、授業で実践していただいた。

本実験を実施する前に、糖類（グルコース、スクロース、デンプン）の未知試料決定の探究活動、タンパク質（牛乳・卵白・ゼラチン・味の素）の未知試料決定の探究活動を試験管を用いた通常スケールで実施し、主な検出反応について学んだ後、表のようなマトリックスの系で探究活動に取り組んでいただいた。

表 岩内高校で実施したマトリックス

	糖			アミノ酸	タンパク質	
	グルコース	スクロース	デンプン	グルタミン酸	ゼラチン	卵白
(1) エンヒドリソ反応	×	×	×	○	○	○
(2) フェーリング反応	○	×	×	×	×	×
(3) ヨウ素デンプン反応	×	×	○	×	×	×
(4) ビウレット反応	×	×	×	×	○	○
(5) キサントプロテイン反応	×	×	×	×	△	○

生徒達が互いに相談しながら、教員の力を借りることなく自ら進んで実験計画を立て、その計画に従い意欲的に取りむ様子が見られたという成果が得られた反面、最短手順には到達できなかったこと、実験結果を的確に記録しまとめるところまで到達できなかったことが課題として報告された。次年度の取り組みに向けて、ワ

ークシートの充実と、学習プログラムの再検討に向け、連携を継続し取り組んでいる。

## 7 まとめ

この実験をもとに学習プログラムを開発し、実践した報告が本紀要のp82～p85に掲載されているが、開発の過程において、互いの情報を交換しフィードバックさせることにより、実験教材のデザインにとどまらず、学習プログラムのブラッシュアップにつながったことは大きな成果であった。

また、岩内高校で実践した報告からは、学校のニーズに応じた内容に実験プログラムを柔軟に変化させ、本来の目的である化学的に探究する能力と態度を育てるため、学習プログラムの工夫と改善に取り組む必要があることが示唆された。このことから、より広く活用できる授業プログラムのモデルを検討し、その成果を全道の高等学校へとフィードバックしたい。

今後も、21世紀型能力の育成を見据え、教員のニーズを的確に捉えた実験教材や学習プログラムの開発を、教員と当センターが連携を図りながら、その実践結果をもとに、限られた時間を有効に活用して「目的意識を持って観察、実験などを行い」「化学的に探究する能力と態度を育てる」実験教材や学習プログラムの開発と普及に努めていきたい。

## おわりに

今回、連携を図り、検討した実験教材を授業で実践していただいた、北海道釧路湖陵高等学校の佐藤友介教諭、北海道岩内高等学校の高橋さおり教諭に感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 全国高校化学グランプリ2005第二次選考 課題.  
<http://gp.csj.jp/media/common/gp2005-2A.pdf>
- 2) 梶山正明 化学と教育 51巻1号 (2003年)  
糖類・アミノ酸・タンパク質の検出

(さとう ひろし 化学研究班)