天然高分子分野における授業実践

－探究的活動を取り入れた授業モデルの考察－

佐藤　友介

天然高分子の単元では，主に糖，アミノ酸，タンパク質，核酸などを扱う。本授業ではそれらの化合物とそれぞれの検出方法に関する基礎知識と，実験技能の定着を促す指導を行った後，未知試料を同定するための，効率的な実験手順（「実験の最適化」）を協働により考え，検証することにより，論理的思考力や主体的に学習に取り組む姿勢を身につけさせることを目的とした授業の展開を考察した。

［キーワード］天然高分子（糖・アミノ酸・タンパク質）　　自己調整学習　　ルーブリック

はじめに

本校では「自己調整学習」をテーマに授業研究を行って２年目となる。自己調整学習とは，生徒自らが学習をモニタリングして，学習の進捗状況を能動的に調整していく学習過程を意味する。理科授業において，こうした学習を成立させるためには，観察・実験をもとに個々の生徒が構築した概念や予想・仮説を協同的に検討し，さらにクラス全体でその成果を共有する機会を設定していく。これによって，理科教育における主要課題である科学的な思考力・判断力・表現力や主体的に取り組む姿勢を効果的に身につけさせることができる学習である。また，校内では，ワーキンググループを立ち上げてルーブリックを活用した評価，ICTの活用など学習指導法についての研究を行ったり，北海道立教育研究所附属理科教育センターと協力して実験教材の開発を行うなど授業改善の取組を推進している。

ここでは，探究的な活動を取り入れた授業実践について，授業展開とその工夫について報告する。

１　授業展開の工夫

１－１　概要

天然高分子の単元について，化合物と検出方法に関する基礎知識の定着を図り，観察・実験を通じてその深化を図る。基礎事項の確認については８時間，観察・実験について３時間とした。以下に観察・実験に関わる３時間の授業の構成と，それぞれの内容について簡潔に説明する。

１－２　授業展開

(1)事前学習：実験目的の説明と実験計画の作成Ⅰ

ア　糖，アミノ酸，タンパク質における各検出反応についての確認（15分）

教科書，学習プリントを用いて既習事項を再確認した。

イ　学習課題，評価基準の説明（10分）

これまで学習したことをもとに，８種類の未知試料（グルコース，スクロース，デンプン，グルタミン酸，チロシン，システイン，ゼラチン，卵白）を６種類の検出反応（ヨウ素デンプン反応，ニンヒドリン反応，フェーリング反応，ビウレット反応，キサントプロテイン反応，硫黄の検出反応）を用いて同定することを確認した（次ページのマトリックスを参照）。なお，タンパク質については参考資料として食品可食部の基準窒素１ｇ当たりのアミノ酸組成(mg)を提示した。次に，ルーブリックを用いて学習課題や評価の観点と基準を説明し，生徒が学習目

標を明確にしながら授業に取り組めるように配慮した。なお，この学習での観点は次の３つとした。

［観点①］化合物と検出方法に関する基礎知識が定着しているか

［観点②］「実験の最適化」を考慮して実験計画を立てているか

［観点③］適切に実験を進めているか

また，①～③の観点における到達度Ａ（Ｓ，Ａ，Ｂ，Ｃ４段階評価とする）は、次のように設定した。

［①における到達度Ａ］

化合物と検出方法に対する基礎知識を理解しており，資料などで調べながら実験結果から未知試料が何であるかを　同定することができた

［②における到達度Ａ］

効率的な実験手順で同定することができる方法を計画・整理し，実行することができた

［③における到達度Ａ］

グループメンバーと協力しながら，実験計画に従って，実験を進めることができた

ウ　実験計画の作成Ⅰ（個人による作成）(25分)

同定するための実験手順を個人で計画した。マトリックス通り行えば48回の試行で同定することができるが，今回のテーマの１つである「実験の最適化」を考慮し，より効率的な実験計画を作成することを促した（なお，最短では25回の試行で同定することができる)。この時点では基礎事項の定着度によって，すぐに実験計画の検討に取り組めたり，再度，既習事項を確認し直したりする生徒もいたりするなど，計画の作成に差が出ていた。

(2)実験手順の説明と実験計画の作成Ⅱ［１時間目］

ア　実験手順および方法の説明（全体説明）(15分)

今回の６種類の検出反応の実験操作についてICT機器（iPhone６）を用いて画像や動画などを用いて説明した。このことにより実際の検証実験の時には生徒はスムーズに取り組むことができた。ICT機器を用いるメリット，は撮影した画像や動画をアプリ（keynote）を使って簡単にプレゼンテーション資料にすることができたり，その場で撮影したものを投影して，共有できるなど，このような探究的な活動や自由度の高い授業展開で効果的に用いることができることである。

イ　全体での確認（５分）

さらに検出反応で呈色する色を画像で示して，試薬そのものの色などで誤認しないよう再確認を行った。

ウ　実験計画の作成Ⅱ（グループにおける協働学習）(30分)

前時に個人で考えた実験計画を共有しながら，協働により実験手順を作成した。各班とも実験計画の基礎となるマトリックスの確認から始ま

ニンヒドリン反応	×	×	×	○	○	○	○	○
フェーリング反応	○	×	×	×	×	×	×	×
ヨウ素デンプン反応	×	×	○	×	×	×	×	×
キサントプロテイン反応	×	×	×	×	○	×	○	○
ビウレット反応	×	×	×	×	×	×	○	○
硫化鉛の沈殿	×	×	×	×	×	○	×	○
試　料	グルコース	スクロース	デンプン	グルタミン酸	チロシン	システイン	ゼラチン	卵白
	糖			アミノ酸			タンパク質	

表：未知試料と検出反応のマトリックス　　（○：陽性　×：陰性）

り，班員の計画の照らし合わせ，グループとしての計画の作成という流れで進めていた。結果は概ねビウレット反応，キサントプロテイン反応，硫黄の検出の順番が異なるだけですべての班においてほぼ同様の手順が考えられていた。また，この計画を立てる際に生徒の表現力の育成を意識し「この反応で（　結果・変化　）が確認できたら，未知試料は，（　グループ名，物質名　）であると考えられる。」といった定型文にあてはめて「実験の仮説」を表現するように指示した。

(3)検証実験［２時間目］

ア　検証実験（50分）

最初にキサントプロテイン反応における濃硝酸の取り扱い方や加熱時の注意，廃液の処理など実験上の留意点を確認し，直ちに検証実験に取りかかった。生徒たちは自分たちが作成した計画への期待感から，実験開始の合図とともに，夢中で作業に取りかかっていた。検証実験が終わり，試料を同定することができた班から結果を黒板に書かせるようにした。自分たちが何番目に終了したかを気にする班もあり，実験の速度や緊張感を維持させることができた。

イ　実験結果

・10班すべて同定に成功

・試行回数　25回：６班　　26回：１班
　　28回：２班　　29回：１班

実験方法の不手際（加熱温度が低すぎたり，完全に呈色しないうちに検証を終えた）などで，予想と異なる結果が出る班もあったが，再試行したり，他の検出反応を試行するなど柔軟に対応し，すべての班で正解を導けたのは，この２年間の取組の成果であると感じた。

(4)実験のまとめ［３時間目］

ア　学習の成果の共有（30分）

各班の実験手順をクラス全体で共有し，その過程が１つではないことを確認した。そしてルーブリックに基づいて生徒が自己評価を行った。自己評価の結果は次の通りである。

［観点①］化合物と検出方法に対する基礎知識が定着しているか

Ｓ：13　Ａ：14　Ｂ：13　Ｃ：０　欠席１

［観点②］実験の最適化を意識した実験計画を立てているか，それについての考察がなされているか

Ｓ：18　Ａ：19　Ｂ：２　Ｃ：０　欠席２

［観点③］適切に実験を進めているか

Ｓ：15　Ａ：20　Ｂ：３　Ｃ：０　欠席３

また発展的考察として，マトリックスでもわかるとおり，スクロースについてはすべての検出反応で陰性となるため，水と異なることを証明するにはどうしたらいいかをみんなで話し合い，今回の取組を終えた。

イ　演習（20分）

理解の定着を図るため，問題演習を行った。

(5)「授業の進め方」に関する生徒の感想（複数挙げられたものを抜粋）

・実験手順を自由に考えるなど，自主的な学習ができた。

・知識や実験手順があいまいであると，実験がスムーズに進まないことがわかった。

・班員で知識を共有することが重要だと感じた。

これらの感想からも，この今回の学習の効果が感じられた。

２　観察・実験における工夫

(1)理科教育センターとの連携による実験方法の工夫

昨年度に引き続き，今回の実験に際しては，北海道立教育研究所附属理科教育センター・化学班（以下「理セン」という。）に，短時間で効率的に行える実験方法を研究，開発していただいた。当初は複数の試薬や検出反応を用いるため，実験操作や手順が複雑になり，短時間で行うことができるかが懸念されたが，マイクロスケールで行ったり，８つの試薬の調整や，加熱が同時にできるフローターなど様々な工夫をしていただき，効率的に実験を進めることができた。また実習助手も予備実験を重ね，実験器具を改善するなど大変協力してくれた。

授業の進め方やワークシートのやりとりをしている中で，定型文による実験仮説の文章化や発展仮説についてなど，様々な指導・助言をいただいた。このように昨年度のように観察・実験での連携だけでなく，理センと授業展開やそのコンセプトまで共通認識を持ちながら連携できたことは，これからの授業実践で大きな助けとなると考える。

(2)生徒の感想から

・しっかり計画を立て，４人で役割分担をしたことで，スムーズに実験を進めることができた。
・基礎知識が大切であることを感じた。
・「実験の最適化」を意識することができた。
・作業の確認や意思疎通など，コミュニケーションの重要性を実感した。
・加熱している間に次の準備をするなどもう少し手際よく進められたと思う。実験後半から先々を考えて，実験を進めることができた。
・予想と異なる結果が出るなど，実験の繊細さを感じた。班員で再検討しながら，修正することができた。
・加熱用のフローターなど実験器具がとても使いやすかった。

というものが多かった。生徒が手間取った点を挙げると水温が80℃付近でない状態で検証を行っていた班が，予想されていない結果になって再検証をしていた。常に80℃を保てるようにしておけばスムーズに進められたと思う。またキサントプロテイン反応においてゼラチンが淡黄色に呈色し，それを陽性にするか陰性にするかで迷っていた班があった。色の濃さによる定量的観点から判断したり，硫化鉛の沈殿と合わせて結果を導くなど，うまく処理していた。

３　まとめ　～普段の授業に探究活動を取り入れるには～

３－１　授業の展開について

授業への取組状況や，生徒の感想からも授業展開は良かったと感じる。内容や実験の進め方でやや難しいと感じる生徒もいたが，班員と協力し最後まで進めることができていた。また，生徒の感想からも「作業の確認や意思疎通など，コミュニケーションの重要性を実感した」，「基礎知識が大切であることを感じた」，「予想と異なる結果が出たが，班員で再検討しながら修正することができた」など単に実験を行うだけでなく，そこに至る過程の重要性（特に最適化という考えに興味を持つ生徒も多かった）や，新たな課題に対する対応などより高いレベルの記述があったことが，手応えを感じる部分であった。このような取組ができるのも２年間，継続的に自己調整学習，協働的な学習を適宜授業に取り入れてきた成果と考える。

配当授業時間や展開は問題ないと思うが，実験計画と検証実験を２時間連続とし，グループ計画ができた班から検証実験に入る方がより自由度も高く，計画のイメージも残っておりスムーズに取り組むことができたのではないかと感じた。

３－２　これからの展望

自己調整学習，探究活動と協働的な学習，ルーブリックの活用，ICT機器の利用，理センとの連携などSSHを中心に本校で取り組んでいるものが，授業実践の中でリンクされてきたと考える。1つの科目の中で進めるには限りがあるが，他の教科・科目などと連携しながら取り組んでいくことができれば，より良い授業展開ができると感じた。これからもしっかりと年間計画や授業計画を考えながら，継続して理センと連携して授業モデルを開発し，発信していきたい。

４　おわりに

最後になりましたが，実験方法の開発について，多大なご協力とご指導をいただきました，北海道立教育研究所附属理科教育センター化学研究班の伊藤崇由先生，佐藤大先生に，厚くお礼申し上げます。

（さとう　ゆうすけ　北海道釧路湖陵高等学校）