

こんにゃくを用いた一貫堀川の浄化方法の検討

－生徒の自己解決能力を育成するための指導支援－

群馬県立高崎工業高等学校 工業化学科 教諭 高橋 磨耶

1. はじめに

平成30年3月に告示された高等学校学習指導要領の「総合的な探究の時間」では、探究の見方・考え方を働かせ、横断的・総合的な学習を行うことを通して、自己の在り方生き方を考えながら、よりよく課題を発見し解決していくための資質・能力を育成することを目指している。

本校では「課題研究」をもって「総合的な学習の時間」に代替している。工業に関する課題を発見し、工業に携わる者として独創的に解決策を探求し、科学的な根拠に基づき創造的に解決する力を養うとともに、「作品製作、製品開発」、「調査、研究、実験」、「職業資格の取得」を通して、主体的かつ協働的に取り組む態度を養うことを目標として「課題研究」の指導を行っている。

2. 課題研究班の編成

本校、工業化学科では3年次に3単位で「課題研究」を実施しており、本班は「水質班」として、水質分析、水に関わる調査研究を推奨し生徒を募った。進路決定に関わる最終学年ということもあり、研究内容に関連する化学系企業に就職を希望する5名の生徒で班が編成された。

3. 課題研究における指導

(1) テーマの設定と課題解決策の検討

「実習」や「環境工学基礎」、「地球環境化学」、「工業化学」の授業で学んだ環境汚染についての知識や課題を元にテーマを話し合い、身近な河川を題材にすることを考えた。本校敷地の北側に流れる一貫堀川(図1)は、以前、魚や亀がいたものの現在は小生物が見えず、水が濁っていることから水質汚染が原因と推測し、浄化方法を検討することで、地域貢献、環境保全を目指した。

浄化方法は様々あり、手順と方法について話し合いを重ねた。薬品での浄化は小生物に悪影響、中空糸膜の場合圧力が必要でコストがかかるなどの意見の中、自分達にしかできないこと、誰も発想しないような浄化方法を考えていた。小生物への影響を重点的に話し合っていたので、天然素材を用いることで小生物への影響が最小限になるのではないかとアドバイスをすると、こんにゃくはどうかという意見が出た。



図1 一貫堀川

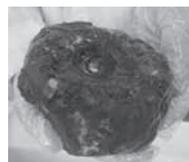


図2 こんにゃくいも

こんにゃくいも（図 2）は国内シェア 93% を占める本県の特産物であり、本校の近隣にもこんにゃく畑がある。商品にならない廃棄こんにゃくいもを使用することでコスト削減が望めるうえに、浄化設備としての商品価値が生まれる。こんにゃくは小生物が食べても影響はなく、形状が自由に加工できる。また、授業で活性炭が有機物を吸着することを学習した生徒は、こんにゃくに活性炭を混ぜ込めることに気付くなど、多くの利点が挙がり、こんにゃくで浄化する方向でまとまった。そして、研究題目を「こんにゃくを用いた一貫堀川の浄化方法の検討」に決定した。

（2）高校生ものづくりコンテストと環境測定分析士の資格取得への挑戦

水質分析から問題点を明確にし、その問題点をこんにゃくで解決するという研究を考えたが、分析技術や分析項目などの環境に関する知識が不十分で研究内容を組み立てられずにいた生徒達に、技術の向上のために高校生ものづくりコンテスト化学分析部門への挑戦と、知識の向上のために環境分析測定士の資格取得を提案した。

高校生ものづくりコンテスト化学分析部門の今年度の課題は「キレート滴定法により試料水（2 種類）のカルシウム及びマグネシウムの定量を行うことにより、試料水中の各硬度を求め、測定結果報告書を提出する。」であり、滴定法は水質分析の中でも測定できる項目が多く、正確に分析する技術が身に付くと考えた。しかし、本県は過去に参加した例がほとんどなく、昨年度初めて本格的に挑戦した。参考資料がない中、JIS やテキストを参考にフローチャートを板書し、確認しながら練習に取り組むところからはじめ、注意点や目標時間など黑板にメモ（図 3）を書き続けた。また、東京都工業化学教育研究会の先生方にご協力いただき、東京都の合同練習会に参加させていただいた。本校の実習室で

練習を積み重ねていた生徒にとっては初めての实習室、使い慣れない器具で困惑した様子だったが各自判断しながら練習し、多くの先生方にアドバイスをいただいた。



図 3 黑板のメモ

一方で、環境分析測定士の資格取得に向け、環境汚染物質の分析・測定技術に関する基礎知識及び関連法規についての学習に取り組んだ。教科書やテキストを参考に問題に取り組み、6月に全員で東京の会場で受験したところ、3名が取得することができた。

これらの経験では生徒はお互いに支え合い、助け合いながら取り組んだ。不足している技術や知識を補いながら絆を深め、チームとして取り組む姿勢が見られた。

練習を積み重ねたものづくりコンテストへの挑戦は技術面で大きな自信となり、環境分析測定士の資格取得から環境汚染物質や分析についての知識が増え、本研究の実験を組み立てることができた。実験計画を立て、計画を元にスケジュール、実験条件や比較検討方法、評価方法を考え、実験を開始した。

（3）研究内容

① 水質分析

分析項目は資格取得時に学習した環境基準を参考に項目を立てた。毎月月上旬に晴れた日を選び、原水を採取（図 4）した。川の中層部の水を取り、ボトルを共洗い後、原水で満たした。採取条件を統一することで比較検討が行えるようにした。現地で pH と水温を測定し、他の分析項目は実習室にて滴定法や透視度計、原子吸

光光度計を用いた。各項目の分析には多くの時間がかかるが、生徒は、項目を分担し、役割をもって取り組んだ。

測定結果から COD（化学的酸素要求量）、硬度が高い結果となったが、年間を通して分析すると、水質変動が少なく、安定していた。季節によって水質が変わらないことから保存期間が短い原水を実験で使用することとした。



図4 一貫堀川の原水採取

② こんにやくの作成

農家の方のご協力もあり、商品化できないこんにやくいもをいただけることになった。こんにやくの作り方、凝固剤についても教えていただき、こんにやくを作成した。こんにやくいも 250g をすりおろし、鍋で煮ながら水分を飛ばす。凝固剤（炭酸ナトリウム）を加え、粘度が高くなったらバケットに移し、冷蔵庫で冷やし凝固させる。また、凝固剤に砕いた活性炭を混合させ、活性炭入りこんにやくも作成した。

③ 吸着実験

こんにやくが水質にどのような影響を与えるのか、イオン等の吸着効果があるのかを調べるため、原水 250 mL にこんにやくの塊を入れ 1 週間冷蔵庫に保管後、原水分析項目と同項目を分析し、評価した。結果、こんにやくの数に比例するように COD の値が上昇した（図 5）。

④ 透過実験

作成した一般的なこんにやくと活性炭入りこんにやくを膜状に加工（図 6）、細孔径を統一し、透過実験を行った。透過された処理水を分析し、

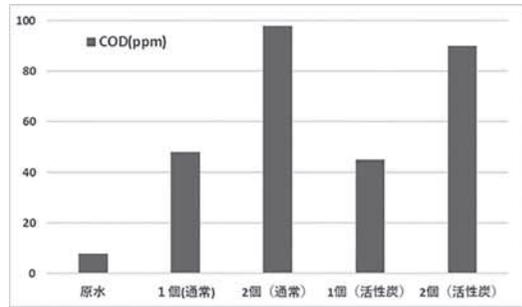


図5 吸着実験結果

評価すると濁度、硬度、各種イオンの値は減少したが、COD の値は上昇した。また、こんにやくを固形状に加工し、砂ろ過法のようにボトルに詰め込み透過させると膜状と同様の物質が除去されたが、COD の値は膜状ほど上昇しなかった。

これまでの結果をまとめると、こんにやくと原水が接触すると COD の値が高くなり、接触時間が長いほど COD の値も高くなる。これはこんにやくに含まれる成分が溶解し、流出したことが原因と考えられた。



図6 加工した膜状こんにやく

⑤ 凝固剤検討実験、乾燥処理実験

吸着実験、透過実験の結果から COD の値の上昇について文献調査を行った。こんにやくと原水が接触するとグルコマンナン（水溶性多糖類）が流出することが要因と考えた。そこで、グルコマンナンの流出制御の検討のために凝固剤検討実験と乾燥処理実験を行った。

こんにやくはアルカリ性になることで構造が変わり凝固が起こる。凝固剤はこれまで炭酸ナトリウムを使っていたが他の凝固剤を使用することで凝固がより進行し、グルコマンナンの流

出量が減少すると考えた。炭酸ナトリウムのpHと同条件のpH 9になるように調整した水酸化カリウムと水酸化ナトリウムを凝固剤に用いて、こんにやくを作成した。しかし、こんにやくは凝固せず、作成の過程でアルカリ性にならなかったことが原因と推測された。

また、グルコマンナンは水溶性多糖類なので、前処理としてこんにやくから水分を抜き出すことで透過時のグルコマンナンの流出を抑制できると考えた。炭酸ナトリウムで作成したこんにやくに冷凍と乾燥を2週間繰り返すと、予想通り多くの水分の排出が確認できた。乾燥させたこんにやく(図7)を膜状に加工、透過実験を行ったが、処理水のCODの値は上昇し、水溶性であること以外にも多糖類の存在が考えられた。

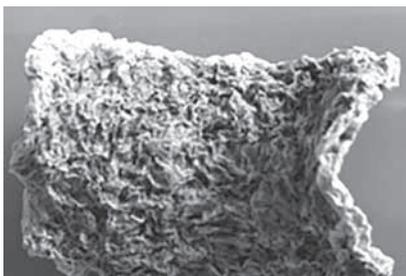


図7 乾燥させたこんにやく

4. 研究成果

こんにやくをろ過膜に用いることで、濁度、硬度、各種イオンの除去が可能だったが、問題点はCODの値の上昇であり、凝固剤や乾燥処理でも抑えることができなかった。生徒は「この研究は失敗だ」と言っていたが、研究は失敗することが多々あり、それまでの過程と考察を次に繋げることが研究であると話をした。成功や失敗がある中で、どのような結果であっても反省と考察を繰り返す研究の経験が、また次へ挑戦するための自己解決力や自己の在り方生き方を学ばせる位置付けになった。

実験を重ねていくごとに、次の実験結果を理論的に予測し、研究内容をより具体的に捉えら

れるようになった。研究過程において、専門的な知識の深化、未知の状況から考える力や問題解決の能力が高まった。

これまでの研究をスライド(図8)にまとめ、校内の学習成果発表会だけではなく、県内外で発表の機会をいただき、最終的に、第16回北関東工業高校生徒研究発表大会では優秀賞をいただくことができた。これは生徒にとっては大きな成果となり、自信に繋がった。事前に技術と知識を身に付け、持論を展開し、討論する姿には、「調査、研究、実験」から主体的かつ協働的に取り組む態度を養え、生徒の成長を感じる発表となった。

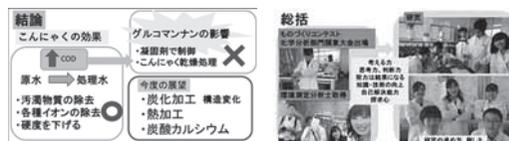


図8 発表資料スライド(一部)

5. おわりに

研究の指導の難しさは助言の加減である。研究には様々な道筋があり、生徒の推論に基づいて仮説、計画を立てることは難しい。生徒の不足している部分を補い、生徒自らが考える場面を要所で設定することを意識しながら“生徒が主体的に考える研究”となる指導をおこなった。複数の選択肢、苦労や困難に直面した生徒達はお互いを支え合い乗り越えることで成長し、私自身も学び合う楽しさや課題を克服しようと知恵を出し合う協働作業の重要性を再確認した。これからも産業教育を担う教員として高い専門的な知識と技術を身に付けた人材を育成し、日本の未来を担う技術者や研究者を育てられる教育者でありたい。

最後になりましたが、ものづくりコンテスト化学分析部門では東京都工業化学教育研究会の先生方にご協力いただき、競技内容から技術面までご指導いただいたことに感謝申し上げます。