



さりげないスナップ写真のすてきな笑顔のように  
群馬の教育や文化の話題を、ふだん着のままで紹介するシリーズ

アーツ  
やっちゃった!

# …失敗から学ぶ科学の真髄



## 渋川高校 化学実験授業

今回は久しぶりに、高校の授業参観記です。なかなか機会のない理科の実験授業を参観させてもらえることになり、興味津々で渋川高校を訪れました。今回の取材班は、県立高校で理科教師だった堀込啓一さんと田村廣史さんに加わってもらい、運営委員の倉林順一、瀧口典子、長谷川陽子の特別チームです。私たちは温かく迎えて下さった一場茂樹校長先生にご挨拶した後、理科の実験室に向かいました。

渋川高校の時間割は1コマ45分の7時間授業です。2年生で文系・理系ともに化学Iを履修することになっており、今日は、2時間目2年4組(文系)と3時間目2年5組(文系)の授業を参観させてもらうことになりました。理科の授業における実験は、演示実験(教師が実験して生徒に観察させる)と生徒実験(生徒自身が実験する)がありますが、今日は「生徒実験」です。8年前に完成した実験室は新しくて広く明るい雰囲気です。教室にはすでに生徒が集まっており、チャイムとともに「起立・礼」の号令がかかり授業が

始まりました。(参観した某先生が「教室を移動する時は、なかなか集まってくれなものだけどねえ」と感心しています。同感です。)

### 「中和滴定」の実験とは…操作と目的

今日の実験は「中和滴定」。化学の実験では定番だそうですが、私(瀧口)にはほとんど覚えがない。そもそも高校の授業で実験をやった記憶はほとんどありません。今日の授業の全てが物珍しくて新鮮です。4人1班の机の上には様々な形のガラスの実験器具が置かれていてスタンバイ…、さながら研究所の雰囲気

気をかもし出しています。

黒板にはすでに実験の手順が図解入りで丁寧に書かれていました。大まかには次のような操作をします。

- (1) ビュレットに水酸化ナトリウム水溶液（標準溶液）を入れ、先端まで液を満たす。
- (2) 市販の食酢を純水で正確に10倍に薄めた液をつくる。
- (3) コニカルビーカーに(2)で薄めた食酢を入れ、フェノールフタレイン溶液を2, 3滴加える。
- (4) 中和滴定をはじめめる。
- (5) (3)と(4)の操作を3回以上繰り返し、滴下量の平均値を求める。

この実験はそもそも何のためなのでしょう。配布されたプリントの最初に目的が書いてありました。「市販されている食酢中の酢酸の濃度を、水酸化ナトリウムの標準溶液を用いた中和滴定によって求める」。

従って、実験後の「考察」をして目的達成となります。

授業の担当栗原秀司先生は長年高校で理科教諭を勤められ、退職後非常勤として勤務されているベテラン。もう一人、実験授業の担当者として欠かせない存在は、実習教員の加納順子先生。まず栗原先生が、実験の手順を説明しました。時折、器具を手に持って操作のしかたを具体的に教えます。確かに、実験は「座学」ではなくまさに「実技」です。「水酸化ナトリウムを扱う時は慎重に。目に入ったりすると危険だからね」。だんだん私は緊張してきました。「間違っても目の中で中和させようなんて考えないで！」という冗談にも反応

せず、生徒は静かに聞いています。器具に触ってみたりおしゃべりしている者はいません。これにも感心！

## 実験開始

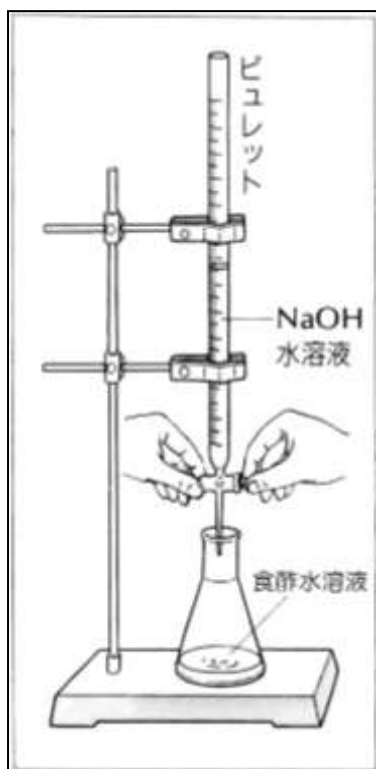
さあ、いよいよ実験開始！とたんに生徒が



活発に動き始め、声が飛び交っています。栗原先生と加納先生は、各班の間を巡って必要に応じてアドバイスをしていきます。班内で生徒の役割分担は前もって決めてあるわけではないようですが、誰か一人に押し付けている様子もなく、相談しながら適宜自分の役割を見出して操作しているようです。

## ビュレットは共洗い

第一段階に使うビュレットは1メートルはあると思われる細長い管で途中にコックがついていて、扱いにくそう。「ビュレットは長いからちゃんとよく共洗いしてね」と加納先生が声をかけているので「共洗いって何ですか」と思わず聞いてしまいました。「同じ液体で洗うこと。管内の濃度を同じにするためです。」フーン、実験ってずいぶんデリケートなんだ。そのうちまた別の班で加納先生の声が飛んでいます。「あっ、だめよ。机の上じゃ危ない！目に入るよ。水酸化ナトリウムを入れる時は床におろして」。



第二段階。食酢をビーカーからホールピペットという細い管に口をつけて吸い上げて、メスフラスコにとる操作も微妙です。「お前がやった後はやばいから、全部一人でやれよ」と誰かが言うと、笑いが起こりました。

## 水酸化ナトリウム水溶液がピンクに



さて、実験はいよいよ山場、第四段階の「中和滴定」に進みました。コニカルビーカーに入れた食酢に、ビュレットから水酸化

ナトリウム水溶液を少しずつ滴下して、よくふり混ぜます。試薬に加えたフェノールフタレインの作用で、液がピンクに変わりますが酸性度が高ければやがて色は消えます。色が消えにくくなったら注意して1滴ずつ加え、振っても消えなくなったところで滴下をやめて目盛りを読みます。滴定開始時の目盛りと滴定終了時の目盛りの差が、滴定に要した溶液の量となります。

## アッ、やっちゃった！

この過程が、班によって様々で個性が出て、参観している私たちも楽しませてもらいました。水酸化ナトリウムの滴下をぼつりぼつりと慎重にやっている班、初めは多めに途中からゆっくり慎重にと変化をつけている班、初めから大胆に垂らしてしまっって一気に濃いピンクに染まった班からは「アッ、やっちゃった！」と笑い声が起こって失敗？も楽しそう。滴下役のO君もだんだん熟練してきて最後は「オーッ」と拍手がわきました。

## 実験授業ができることがすごい！

各班とも実験の結果を黒板に記入し、器具を片付けて、ちょうど時間となりました。

「生徒が遊ばないで、実験に集中できているのはすごい！やりたくても、助手がいてくれないと、なかなか実験やらせられないからねえ。」と田村さんの実感こもった感想です。

## この日は連続3時間の実験授業

この日は、2時間目から3時間目・4時間目と、実験室はフル回転です。休み時間は10分しかありません。この連続授業に素早く対応できているのは、やはり実習教員加納先生の長年鍛えられた段取りのおかげだろうと感服しました。



## 考察は宿題

プリントの最後にある「考察」と「感想」は生徒一人ひとりの宿題になります。考察は以下の問題として出されていました。

- ① 食酢を10倍に薄めた水溶液中の酢酸のモル濃度を求めよ。
- ② 市販の食酢中（薄める前のもとの食酢）の酢酸のモル濃度を求めよ。
- ③ 市販の食酢の質量パーセント濃度を求めよ。ただし食酢を $1.02 \text{ g/cm}^3$ 、 $\text{CH}_3\text{COOH} = 60$ として計算せよ。

## いつもよりテンションあがる授業

授業を終えた生徒数人に一言インタビュー。

Q：こういう授業ってどうですか？

A くん「好きです。自分でやって実際に教科書でやったことが確認できるから。」

B くん「楽しい。実際に見ることができるから。」

C くん「チームでやるのがおもしろい。」

D くん「やりがいがあります。むずかしいけど。」

E くん「実際に経験できるところが楽しい。」

F くん「いつもの授業の時よりテンションあがります。」



## 理科教師としての視点から

一緒に授業参観した堀込啓一さんは、現役時代、同様な実験をやってきました。その経験を踏まえて次のように語りました。

教師としては、次のようなことを心得として実験授業にあたります。①周到な準備 ②ていねいな操作 ③適正な結果分析 ④あらゆる可能性に迫る考察 ⑤次の段階への発展  
今日の授業を参観して感じたのは

- ・ 器具や試薬等がしっかり準備されており、連続授業にも素早く対応できていた。
- ・ 生徒は時間前に集合し実験も手際よく行っており、事前指導が行き届いている。
- ・ 45分授業の中で、説明・実験・片付けがスムーズに行われた。
- ・ 授業者と助手が随時巡回して適切に指示がされていた。
- ・ 班や生徒によって、操作のていねいさに

違いがあった。

- ・ 他の班と異なる結果が出た班は、その原因を考えることが大切である。
- ・ プリントの考察課題以外の考察や感想に興味を持たれる。

## 集中力・やりごたえ…実験は、難しいけど楽しく、理解が深まる

後日読ませていただいた宿題の「感想」欄から、生徒の言葉を紹介します。どの生徒も真剣にまともに課題と向き合っています。

- ★ 細かい作業が多くて大変だった。特に操作4の滴定のNaOHを加えるのは集中力が必要で疲れた。
- ★ ホールピペットで吸い上げるのが非常に難しかった。フェノールフタレイン溶液の微調整もまた難しかった。実験的にはうまくいき、安全に注意しながら実験としてとても楽しくできた。
- ★ 1回目を失敗してしまったが、2. 3. 4回とうまくいったので、良い実験ができたと思う。周りの人たちに見られてプレッシャーを感じた。



- ★ 器具の使い方や実験の手順が頭にしっかり入っていなかったので実験時間が長くなってしまった。復習しておきたい。
- ★ 実験器具の名前と使い方をしっかり覚えたい。実験が順調に進んだのでよかった。
- ★ 最後の酸を少しずつ加える作業が難しく、色が濃くなってしまったりしたけど、とても楽しかったです。

- ★ 滴定の加減が難しく、やりごたえがあった。結果も目に見えて変化があるカタチで表れたので、やっていて楽しかった。

(同意見 4 組)

- ★ 今日の実験はなかなか手間もかかりましたが、役割を決め、どうにか濃度を求めることができました。いろんな器具が使え、よかったです。
- ★ 1 回目の滴定の時に塩基を多く入れすぎて濃いピンクになってしまい、溶液量が後の 3 回と比べて高くなってしまった。結果的に 4 回やることになってしまったが、誤差が 0.1 以内に抑えられ、なおかつ良い経験になった。
- ★ 班でしっかりと協力出来たし、結果も 3 回で測定できたうえに理解もできたのでよかったです。
- ★ 最初は少しミスしてしまったけれど、そのおかげで中和滴定は一滴一滴がとても重要になるのだと感じた。
- ★ 授業で学んだことを実際に実験をすることによりよい復習になったし、理解を深めることができました。
- ★ コニカルビーカーにビュレットから水酸化ナトリウムを加えるとき、色が変わるタイミングが一瞬だったので難しかった。
- ★ 最初は何を目的とする実験なのかもよく理解していなかったけど、実験をやっていく途中、最後に計算した値を見て、とても興味深い実験だったと思った。
- ★ 危険な薬品などを使ったけど、安全に実験できてよかった。実際にやってみると意外と難しかった。

## 失敗から本当の授業が始まる

ある班では、滴定に要した溶液量の平均値が他班と比べて半分ほどで、予想と比べてと

ても低くなりました。巡回していた加納先生が「どうしてそうなったのか、原因を考えてみてね」と指摘していました。生徒は感想欄

に「操作途中でミスをしてしまって」「たぶん薄めた際に失敗してしまったので」「おそらく酢を純水で 10 倍に薄める時に失敗して」と書いています。二人の先生は「どんな失敗をしたのか?」「どの操作のどこが悪かったまで考察できていないのが残念」とコメントを加え、さらに問いかけています。堀込さんもこだわっていた点でした。

なるほど、そこが実験の真髄なのでしょう。「失敗とその原因を考察すること」…科学の進歩は、数多くの失敗とその原因を考察し、試行錯誤を繰り返す地道な積み重ねの結果なのだと改めて学びました。この班の「失敗」と「考察」がクラス全体で共有できれば、生徒の学びと探究心はさらに深まることでしょう。



## 実習教員の仕事

渋川高校には理科の実習教員が配置されています。実験授業の先生のサポートをするのが仕事です。今回の実験授業でも生徒が集まる前から準備をする加納順子さんの白衣姿が見られました。加納さんはこの道 40 年のベテラン。加納さんにインタビューしました。

### Q：どんな点に配慮していますか？

実験授業は45分の中ですべてを行います。生徒が十分に実験に取り組めるよう、器具や溶液を授業前に準備しておきます。危険な溶液は使わないようにしていますが、今回の中和滴定に使われた水酸化ナトリウムは目に入ったりすると危険です。実験中も目配りが必要です。今回も溶液を目の高さよりも高いところで操作しようとしていた班があったのでアドバイスしました。

### Q：大変なことはどんなことですか？

教室での授業は40人のクラスを一人の先生が担当するけれど、実験となると二人でも無理です。安全性のためにも理解を深めるためにも半分を二人で見るくらいの余裕がほしいところです。せめて30人程度だとずっと余裕が生まれて生徒たちの様子に配慮することができます。生徒は実験の中でいろいろなミスをしますが、ミスをするのはとても貴重な経験です。でもそれをしっかりとフォローしないと単なる間違いで終わってしまいます。ミスの原因や、どうすれば良かったかなどを指導者が一緒に考えることで知識が定着します。



### Q：先生方との連携が大事ですね

実験そのもののマニュアルはありますが、準備段階からの全体的なマニュアルというものはありません。どんな目標を設定し、どん

な材料をどれだけの容量で使用するかなどは先生と相談しながら準備します。同じ実験を複数の先生が行う場合もありますからそんなときは調整役にもなります。うちの学校の先生方はお互いに協力し合う体制が出来ていて時間の空いている先生が支援してくれこともあります。実習教員としてはとても嬉しい。



### Q：高校の理科教育に望むことは？

小学校からの理科教育が十分とは言えない状況にありますが、私たちが健康で豊かな生活を営むためにも理科の基礎的な知識や応用能力が必要です。そして理科を楽しく学ぶためにも実験授業の持つ意味は小さくありません。小さな学校も含めて、実験授業ができる環境を保証してもらいたいですね。特別な学校にお金を使って優秀な人材を育てようという取り組みもありますが、国民全体の教育を目指すべきだと思います。

### 渋高のみなさん

#### ありがとうございました

大勢で押しかけた今回の取材でしたが、一場校長先生はじめ、対応して下さったみなさまありがとうございました。生徒のみなさんにはさぞかし迷惑な存在だったことでしょう。でも、おかげでみなさんが本当に熱心に取り組んでいる姿を紹介する記事が出来ました。心から感謝します。

(取材・撮影：堀込啓一・田村廣史・

倉林順一・長谷川陽子・瀧口典子)