

実験・観察に必要な基礎力と問題解決的な見方の育成

- 化学 A 「水」の授業から -

華陽フロンティア高等学校・定時制 園部 利彦

1 はじめに

本校は、前身の華陽高校の伝統の上に今年度開校した、定時制及び通信制の課程を置く単位制普通科高校である。授業は 部（10：40～） 部（13：15～） 部（17：50～）に分かれて行われ、修業年限は3年と4年から選択する（部は4年制のみ）。生徒の半数以上は中学校で学年30日以上欠席を経験しており、過年度生（約4分の1）、転・編入生もいるなど多様である。大半の生徒は本校に入学して、授業がよく分かる、校則などが緩やかで先生が優しく接してくれるなど、比較的生き生きとした学校生活を送っている。生徒の進路希望は最近では進学志向が高く、就職希望者もいる。一方で自己決定ができない者もあり、その様子は様々である。

2 指導の意図

筆者は、部及び部1年次生の化学 A（2単位） 部3年次生の生物 A（4単位） 部4年次生の生物 B（4単位）を担当している。本校では、生徒の学習実態を把握して教科指導に資するため、5月に全教科でアンケート調査を行った。その結果、理科に関する問題点として、1）国語力や計算力など基礎的学力が不十分で授業内容の理解ができないままに終わることが多い、2）中学校までの理科の学習内容及び実験・観察の経験が不十分のため理科の基礎力が不足している、3）理科的な見方・考え方が身につけていない、4）科学技術や自然科学全般への興味が低い、という点が明らかになった。そこで筆者は、生徒が基礎的な学力及び観察力を身につけた上で問題解決的な学習態度を体得するために、化学 A「自然界の物質とその変化」の「水」（使用教科書では「水と生活」）の単元で研究を行った。

3 単元案

時限	授 業 の 内 容	自然の事物・現象の観察	問題の発見	解決への取り組み
0	理科で実施したアンケート（５月）の分析結果の説明と授業への動機付け			・理科では何を学ぶか。 ・どのように学習すればよいか。
1	実験 「酢酸ナトリウム三水合物の加熱による変化」 （資料１）	CH ₃ COONa・3H ₂ O(固) ↓ 融解 CH ₃ COONa・3H ₂ O(液) ↓ 沸騰 CH ₃ COONa(固) ↓ 脱水(風化) CH ₃ COONa(液) ↓ 燃焼 Na ₂ CO ₃ + CO ₂ + H ₂ O	・加熱による変化の認識 ・日常的知識と既知の理科的知識との照合	
			・観察の仕方	・理科的に大切な点は何かを考えて見る。
	実験 「基本操作を学ぶ～銅元素の保存～」 （実験書）	Cu ↓ + O ₂ CuO ↓ + H ₂ SO ₄ CuSO ₄ ↓ + Fe Cu	・実験書の読み取りと理解 ・基本操作の習熟 ・実験操作と保安意識	
			・観察の仕方	・理科的に大切な点は何かを考えて見る。

3	授業 「自然現象を理科的に見る・理科の用語を正しく使う」 (資料2)		・ 理科的に見るとは ・ 化学の用語を知る	・ 素朴概念との共通点と相違点 ・ 日常の言葉との区別
4 5	授業 「水と生活 / 水について調べてみよう」 (教科書)	a 水の3つの状態 ----- b 水より軽い氷 ----- c いろいろな物質を溶かしこむ水 ----- d 水道水と井戸水	・ 物質の三態 ・ 物質の密度	・ どんな実験で確認できるか考える。
6	授業 「水と氷について考えよう」 (資料3)	・ 設問について各自で考える。 ・ 設問から班で行う実験を選択する。 ・ 実験を計画する。		・ 現象を説明するために必要な考え方を養う。
7	実験 「水と氷について考えよう」	・ 密度についての理解を確認する。 ・ 状態変化の理解を確認する。	・ 実験装置の設定と工夫 ・ 実験結果の見きわめ方	
8 9	授業 「レポートを作成しよう」 授業 「結果について考えよう」		・ 実験結果の考察	・ 正しい用語を使い、簡明なレポートを作成する。 ・ 単元のまとめ

4 授業の展開及び生徒の活動

1 限目・実験 : 実験 (資料1) では、酢酸ナトリウム三水和物の加熱による変化をもらさず観察すること、それを正しく記録して表現すること、そしてそれぞれの変化について考えることを指導してから実施した。

この実験は化学実験への導入に適切で、生徒は短時間に起きるいくつかの化学変化及び物理変化を観察することができる。変化のあらましは次のようである。酢酸ナトリウム三水和物を加熱し始めるとまず融解し、次いで水和水が沸騰する。水和水が蒸発すると無水塩となり、無水塩をさらに加熱し続けると融解・沸騰の後、最後に燃焼する。

この実験を2回、3回と繰り返すうちに生徒は、何に注目し、どのように観察すればよいかを体得するようである。次に、一通り観察を終えた生徒は、「融けた」「色が変わった」「燃えた」などは当然認識できるとしても、「何が何に変わったか」は分からない。そして、今までの自分が「融ける」や「燃える」とはどういうことなのかが曖昧のままであったことに気づかされる。さらに、それを的確に表現するには何らかの相当する用語が必要であることを啓発されるのである。考察では、これまでの生活の中や学校で学習してきた知識に照合するなどして各段階の変化を考えさせた。授業への参加の姿勢は良好であった。

2 限目・実験 : 実験 は理化研編の実験書に収載のものである。ここでは、1限目で目標とした 1) 注意深く観察すること、2) 理科的に大切な点は何かを考えて観察すること、3) 用語を正しく使ってレポートを書くこと、を意識して実験を行わせた。

その結果、生徒はよく実践し、前時の学習効果が明瞭であった。特に、反応物の変化を見る態度は1限目とは異なっていた。やり直しや失敗の回数が減り、観察のポイントを心得た実験への取り組みが見られ、実験の方法をよく読んで考えるようになったこと

などが成果として挙げられる。

3 限目・授業： 3 限目は、1、2 限目を受けて、化学でよく使う用語をできるだけ自然に体得させることをめざした。授業で用いた「漢字力を増そう・化学編」(資料2)は、生活の場面などで出会う身近な理科学的現象を表すのに、どんな用語を使えばよいかを考えさせることを目的として筆者が作成した教材である。典拠は主に「漢字の使い方ものしり辞典」宇野義方監修・福本 純編著(大和出版)である。

単なる漢字教養クイズではなく、化学における現象や変化を的確に表現したり伝えたりするためには適切な用語とその理解が不可欠であることを指導した。生徒の反応は良好で、きちんと取り組み、解説も考えながら聞いてくれた。

4、5 限目・授業： 本単元で直接に必要な知識は、教科書・第4章「水と生活」の「a 水の3つの状態」及び「b 水より軽い氷」である。教科書では密度についての定量的な取り扱いはほとんどないので、授業では原理的な説明にとどめ、実験で体験をしながら現象について考えていくことに重きを置いた。

「c いろいろな物質をとかしこむ水」及び「d 水道水と井戸水」では、環境中の水の循環を中心に、地球の水環境や市民としての環境保護などについて講じ、考えさせた。

6、7 限目・授業、実験： 授業では、「水と氷について考えよう」(資料3)の1～8での実験をA群(1, 2)、B群(3, 4)、C群(6, 7)の3群に分け、A～C群のどれかを班単位で選択させた。次に、選んだ実験を行うにはどんな器具が要するかや、それらを何個用意すればよいかなどを考えさせた。

以下に、実験における生徒の様子について各クラスから1班ずつを紹介する。



実験計画を立案する

1) 1 Aの2班について

2班は6の実験から始めた。上皿天秤の2つの皿に同じ容量のビーカーを載せたが、つり合わないことに気づいた。O君は、容量が同じビーカーだから(大きさも同じだし)当然つり合うものと考えていた。困った彼らは、6の実験結果を見極めるにはどうすればよいかを相談したが、具体的な解決法が浮かばなかった。とりあえずという感じで水を入れながら両者をつり合わせることはできたが、水はビーカーに途中までしか入っていない状態である。



「つり合わない、困った」



「よし、これでいい!」

そこで筆者が「これでは木を入れても水はあふれないね。」と助言すると、O君は「じゃあ軽い方のピーカーを満水にしておき、重い方のピーカーに水を入れていって、つり合ったところで水を入れるのをやめる。重い方のピーカーは満水になる前につり合うはず。木片を浮かべるのは満水にした方の（軽い方の）ピーカーで、そうすれば6の実験の条件がつくれる」と気づいて実験を行った。初めは木片が軽すぎたりして明確に結果が出なかったが、木片を変えるなどして結果を出すことができた。

2) 1Bの3班について

3班のO君らは6限目にC群の実験を選んでいった。彼らは、授業の当日に実験で使う木片やおもりを用意してくるほど意欲的であった。実験器具の用意をしてくることは生徒には指示しておらず、彼らがこのような意欲を見せる生徒であることを筆者はそのときに初めて知り、大いにほめてそれを使わせた。

7の実験で氷水の方が下がったのを見てその理由を考えていたところ、同じ実験を行っていた11班のM君がO君に近づいてきて、「氷水の方が下がったのは、氷の中に閉じ込められていた空気が氷が融けて抜けたからではないか」と言った。筆者が「そうかな？」と言うと、O君は自信がなさそうに「氷水の入った容器に水滴がついていた。あれで重くなったと僕は思う」と言った。よく観察したとほめた。



計画立案中の11班M君たち



実験中の3班O君たち

8、9 限目・授業：授業では、実験の結果について生徒がまとめた後で1～8の実験について解説し、解説をもとにしてレポートを完成させた。4や6のように、操作にコツが要る実験では失敗した班もあったので、実験操作上の留意点についても話した。期待したような質問はなかったが、レポートを見る限りでは生徒の理解度は良好であった。



浮いた？ 沈んだ？」



レポートを作成する

5 考察

1) 科学を身につけることについて

多くの高校生が、理科は現実の社会や自然と関連があるとは思っていないという。それは中学校頃から「今は先ず覚えよ」と教えられてきたことが挙げられる。左巻健男（東京大学教育学部附属中等教育学校）は、文系大学生の高校における理科教育の感想をまとめ、彼らが何の役にたつかわからない知識を詰め込み、その点数で順位づけされたことに不満を抱いていると分析している。さらに、実験は受験勉強での清涼剤でしかなく、結果として多くの文系大学生は高校理科から機能的な効用を引き出し得ていなかったとしている。確かに大多数の人々の日常生活では、実験・観測が実際にできることは重要ではない。しかしだからといって「ゆとりの教育」程度のことで一般の人々が必要な科学を身につけられると短絡することは誤りである。科学を学ぶということは、科学的知識を連関しあった総体として基礎的訓練を通して身につけることである。基本的事実についての知見は科学の枝葉末節ではなく科学的世界観の構成要素で、意味のある知識は断片的なものであってはならず相互の有機的連関の理解も不可欠であることを考えると、身につけるべき科学的知識を安易に精選することはできない。

2) 「理科嫌いな実験好き」について

アンケートなどでは、多くの生徒が「実験が好き」と答える。しかし、この中には「理科が好き」な者も「理科が嫌い」な者もあり、後者の生徒が理科を嫌いだという理由は「ややこしい」「難しい」「計算がある」などであることが多い。このことについて金子 隆（山形県立酒田西高校）は、「実験が好き」で「理科が嫌い」な生徒は、実験という体験やそれをもとにして既知のことがらから考察を進めることよりも、単に活動することが好きなのだと考えられる、としている。であるならば、実験の目的を明確にして考察を重視すると、理科だけでなく実験までも嫌いになることが予想される。しかし、あくまでも理科で重要なのは現象に裏付けられた論理構造であって、実験だけで生徒の興味・関心を引こうとすることは「理科嫌いな実験好き」を助長する可能性がある。

3) 科学と論理的思考について

1980年代に、視覚的手法による新たな科学雑誌がいくつか創刊された。写真やイラスト、コンピュータグラフィックス（CG）を多用した誌面づくりにより、それまでの科学雑誌が難解な言葉と数式でしか語れなかった科学の原理や最新の知見を容易に説明し、雑誌と読者のコミュニケーションの方法を変えた。科学を誰にでも分かりやすくするのに視覚的表現が大きな役割を果たしたことは事実であるが、その過程で、科学にとって重要な実験・観察・観測といった実体験が軽んじられる傾向が生まれ、読者はバーチャルな世界に慣れ親しむようになった。視覚重視の表現に慣れてしまうと、美しい画像として表現されたものが科学の世界の全てであるかのような錯覚に陥る。この20年間は、科学をすぐに理解できたような気にさせる雑誌が氾濫し、そこには科学とは本来難しいものであり勉強しなければ理解できないものであるということが欠落していたと言わねばなるまい。寺門和夫（株）ニュートン・プレス）は以上のように述べた上で、科学の現場で得られる生の情報はほとんどが数値であり、こうした数値のかたまりから意味のある情報を見出すことこそが科学であることを考えると、データの解析過程を省略することは、論理的に物事を考える習慣をつける点からいえばマイナスであるとしている。

4) 社会と問題解決能力について

佐々木 力（東京大学大学院総合文化研究科）は、理科離れは働き盛りの世代の無気力などと同じく社会の在り方の総体の反映もしくは帰結であって、いわば「この親にしてこの子あり」だとしている。このことは、原子力関連の科学や技術における安全性と危険性の矛盾、化学物質がもつ有効性と有害性、自然界に受け入れられない生物を生み出しかねない分子生物学などの例を挙げるまでもなく、現代の科学や技術の過半が若者たちに生き

甲斐を感じさせるものになっていないことと表裏一体である。無気力という点で際だっている日本の若者は、同時に、自然は美しいものではなく汚れているもの、科学技術は利便をもたらす叡知ではなく危険をもたらす凶器とみなしている。

生徒たちが生きる現実の社会を考えてみよう。研究せよ企業にせよ、あらゆるシステムが巨大化している現代の社会では、システムの中に自己を埋没させないと生きにくい状況であることを彼らは時代の温度として感じ取っており、喜びの中に生き生きとできる大人を目の当たりにしていない。そして彼らは、「なぜ学ぶのか」「何のための教育か」「何のための科学か」について、大人たちが答えてくれないことを予感している。風間晴子（国際基督教大学）は、それは、これまでの日本の社会が効率を求めるものの、手間暇のかかる理解や探究のプロセスを疎かにしてきたつけである。

今こそ、基礎的な知識理解の重要性を見直し、問題解決的な見方と手法を身につけさせる最後の機会であると肝に銘じなくてはならない。

6 まとめ

本校のかなりの生徒に共通する問題点として、中学校における長欠などにより理科の基礎的知識や実験経験の不足が挙げられた。そこで筆者は、彼らに実験における基本的な態度と手法を体得させることによって理科の実験・観察で操作が的確に行え、何らかの結果を出し、得られた結果について考察を行うのに必要な基礎力を育成することができると考え、研究を行った。

平成11年度に定時制教務部が在校生を対象に行った生活実態調査によれば、彼らが本校を選んだ主な理由は「高卒の資格を得るため」と「就職や進学を有利にするため」を合わせて90%、前籍校を退学しての入学者についても「高卒の資格だけはほしかった」、「社会に出て高卒の必要性を認識した」、「親など周囲の人から勧められた」を合わせて78%であった。そして入学後「良かった」、「後悔していない」と思っている生徒は合わせて75%に達し、本校での学習が「役立っている」、「時には役立っている」という生徒は合わせて60%であった。しかし、家庭での学習時間は「全くしていない」が69%であった。

以上のことがら及び約1年間の授業から本校の生徒を概括的にとらえると、彼らは高卒の資格取得を最優先に考え、理科に限らず教科の特性や内容についての関心は少ないものの、中学校の復習を含めた基礎科目の充実を真摯に求めていると考えられる。そして理科については、「面白い理科」よりもどちらかといえば「分かりやすい理科」を、興味・関心を前面に出すよりは（それも不要とはしないが）どちらかといえば系統的な理解を求めていると思われる。

授業において一定の辛抱を維持しながら授業を聞き、中退せずに学業を成就させようとしている姿は、正に華陽フロンティア高校の現代における存在意義である。今回の研究を通して本校の生徒の心情を考えると、入学までには様々な理由があるにせよ、中学校までの遅れを取り戻し、さらに高卒者として社会に出ようとしている彼らを指導者として支援していることの意義深さを痛感している。



「高卒」をめざして

参考文献：「科学・10月号」、「同・11月号」、「同・12月号」70、岩波書店（2000）