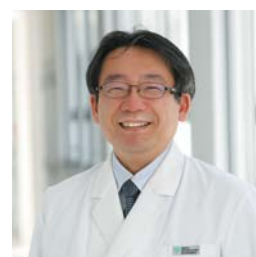


化学の授業で、安全で思慮深い動作や、 本質を見る力、総合的視野、自ら動くことを学ぶ

化学の講義・実験・演習・課題研究から、生徒が学べることは「化学のことだけではない」。そのことを生徒に発信し続けている先生が、化学の授業全体を通して実践しているキャリア教育をご紹介します。

取材・文/松井大助
撮影/村田わか



化学 SSH部主任
田中義靖先生

1967年生まれ。戸山高校で指導教諭、SSH部主任、理科主任を務める。また、東京都理化学教育研究会や次世代化学教育研究会の事務局長を担い、大学の教授と組んで「大人のための科学実験教室」を主催するなど、学校外でも理科教育の研究や、科学の普及活動を積極的に行っている。

化学の実験や問題演習は 仕事や生活の営みに通じる

戸山高校の化学実験室に、ゴーグルと白衣を身につけた2年生がぞろぞろと入ってくる。3月上旬の今日は「化学基礎」最後の実験の授業だ。この1年間で生徒達は、約20回の実験を経験してきた。

授業を担当する田中先生は、生徒いわく、「普段はサバサバ、でも叱る時はバシツと叱る先生」。1回目の実験の時、ゴーグルをつけないで実験室に入った生徒達は「めっちゃ怒られた」。安全面を軽視したからだ。実験室の片付けが適当だと叱られた生徒もいる。次に使う人への配慮が足りないからだ。実験の準備・実践・記録・片付けは、出席番号順に並んだ4人の班で行うのだが、ぼんやり仲間を眺めている生徒には「何してんの?」と田中先生の鋭い声。複数の薬品を戸棚から取る時、生徒達が「ケ所」で混み合い、ほかが空いているのに気づいていないと「センスない!」と田中先生が指摘する。

安全の重視、周囲への配慮、役割分担や段取りをよく考えること。これらは研究職は 물론、ものづくりやデスクワークでも大切なことだ。だから田中先生は、「化学の実験は、化学を学ぶもの」としか当初は思っていない生徒達に「本質が見えていない」とも投げかけてきた。

「システムキッチンが人間の動きやすさを研究して開発されたように、「安全で無駄がない、周囲にも配慮した動作」を



問題演習の授業では、センター試験や難関大学の入試問題も活用。ただ解くのではなく、よりよい解き方を探ることに力を入れている。

考えることは、仕事や生活の営み全般に通じます。生徒には実験を通して、そんな生きるセンスをみがいてほしいのです」

田中先生は年間の授業で、生徒が自力で問題を解く演習の時間も必ず確保している。そこでの問題解説も、化学というよりは実社会に絡めた話が多くなる。

「この問題は化学式で考えるとややこしいけれど、置き換えるなら『連結器が両端にある列車と、片方だけの列車を、条件どおりにつなげ』という問題と一緒に。要はただの「二次方程式の問題。世の中の現象って本質的には似ているわけです。表面に惑わされず、本質を捉えれば、解く糸口が見えてきます。だから君達は今後、も課題に挑戦してください。飢餓をなくしたい、とかね。それは達成できなくても、その道筋の中で生まれたものが、人生を豊かにし、世の中をよりよくします」

INTERVIEW

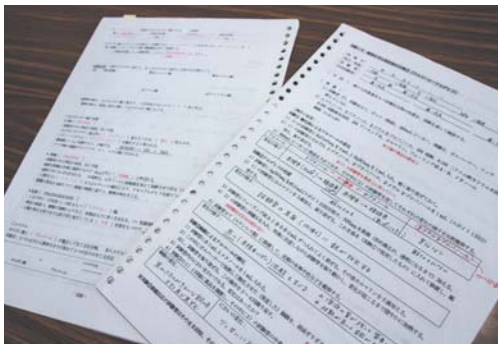


**生徒が基礎を学習できる
穴埋めプリントを作成し
化学の教員で共用**

化学 主任教諭
藤田陽子先生

化学の教員みんなで使う授業のプリントは、3年前にこの高校に赴任した時に、田中先生から作成を頼まれました。学校方針として、定期試験を統一し、そのために各教員の教え方もある程度そろえようとしていたからです。私自身は、以前にも板書中心ではなく、プリント中心の授業をしたことはあったんですね。ただ、今回はそれをほかの先生にも使っていただくので、より責任の重さを感じました。ですので、数冊の教科書や参考書を読み込み、プリント内容はあまり突飛な展開にせず、基本は教科書に沿うようにしました。最初の年は、各単元の授業に間に合うようにプリント作成していく自転車操業(笑)。2年目からはそれに修正を加えています。

普段の授業は、私もプリントと指定の教科書と図表だけで行っています。このやり方で深く教え込むのは難しいですが、そこは学習内容を終えたあとの問題演習で、生徒が問題を解きながら、知識や理解を深めていけるように促しています。



藤田先生作成の穴埋めプリント。化学は定期試験も統一しており、このプリントは試験までに学習する内容をそろえる役割も果たす。



戸山高校の平成26年度SSH実施計画。生徒が国内外の人と連携・交流しながら、課題の発見や解決することを目指してきた。

戸山高校(東京・都立)



School Data

普通科/1888年創立
生徒数(2014年度)
1004人(男子527人・女子477人)
進路状況(2014年度実績)
大学72.2%・短大0.3%・浪人27.5%
東京都新宿区戸山3-19-1

TEL 03-3202-4301

URL <http://www.toyama-h.metro.tokyo.jp/>

Outline

「国際社会に貢献するトップリーダーの育成」をミッションに掲げる。社会で総合力を発揮できるよう、理系の生徒も文系の知識を身につけ、文系の生徒も理数の感覚を養えるような教育課程を編成。生徒は3年次に文理科目を選択するが、その文理選択ではクラス分けを行わず、クラス内に多様な進路志向の生徒がいる環境をつくっている。一方で、SSH校の指定を受け、各学年に2クラスのSSHクラスを置いている。

**教科書を学ぶ時間は圧縮、
ただし広く浅く全部さわる**

田中先生が実験や問題演習を手厚くできるのは、教科書の内容を学ぶ時間のほうを「圧縮」しているからだ。

4人いる化学の教員で話し合い、学期末までに終わらせる学習内容を決めて、タイトな授業日数で割りふる。授業のやり方は各自任せだが、学習の質を保てるよう、全員共有の穴埋めプリントを使う。「プリントは藤田先生がつくってください

ついで、生徒はその穴埋めをすれば教科書の内容をだいたい押さえられます。だから私は、教科書を見てプリントをやればわかることは、わざわざ黒板に書きません。授業で話すことも、プリントには

ない、学習内容にかかわる日常生活のトピックスを中心にしていきます」

生徒が学習内容を完璧に覚えたら、

深く理解できたか、という点は、神経質に追わない。それよりも、広く浅くよいので、教科書1aの広範囲の化学の知識(59ページの表の「知識」欄参照)を、生徒が「全部さわる」ことを重視する。

「仕事でも私生活でも、生きるうえで学んだことを総合的に活用します。そのためにはまず、自分の中で総合化させられる『素材』が多いほうがいいと思うのです。幅広いことを見知っていると、『この理屈は実はこんな分野にも適応できるんだ』という気づきを得られます。深くても狭い視野になるより、浅くても広い視野をまず身につけてほしいです」

でも狭い視野になるより、浅くても広い視野をまず身につけてほしいです」

**授業で学んだことを
総合的に活用する視点も**

「化学基礎」で幅広い素材を学ぶ生徒達は、さまざまな機会を通して、学んだことを総合的に活用する視点も育む。

例年1学期には、田中先生が地理・家庭科の先生と組み、1年生全員へのリレー授業を実施。大豆や綿などテーマについて各教科の視点から講義や実験が行われ、生徒が多角的なものの方角にふれる。

学年の講演会では、食品や機器の開発をしていく社会人を招聘。商品開発が文系でも理系でもなく多様なジャンルの知を集結して進められることを学ぶ。

また、各学年に2クラスずつあるスーパーサイエンススクール(SSH)では、生徒が

「自分で課題を見つけ、課題の解決を目指すし、そのために大学や国内外の研究者とつながり、最終的に出した結論を、日

本人にも外国人にもわかってもらえるように発表する」ことに挑戦する。幅広い知識の活用から、コネクションづくり、プレゼン能力まで、総合力が問われる活動だ。その中でSSHの生徒は、学校外への英語のプレゼンにも挑むが、田中先生は

「私は英語が得意じゃないので、特にチェックはしない」という。

「教員は全部を自分で教えようとしていくっていいと思うのです。それよりも、外部の指導できる人につないであげる。そして生徒が不完全な発表をして、外部の人に間違いを指摘され、恥をかきながら学ばばいい。指導担当の私も恥ずかしいですが、そこで大人が余計な配慮をしたら、学びの機会が奪われます。生徒には『恥をかけ、ペンをかけ、汗をかけ』と伝えてい

ます。それができれば、雪だるまが転がるうちにどんどん大きくなるように、自分で学びながら成長していけます」

で学びながら成長していけます」



**生活を総合的に考える
家庭科の授業を起点に
リレー授業を構成**

家庭科 主任教諭
荒井きよみ先生

田中先生とは、1年生への地理・家庭科・化学のリレー授業を一緒にしています。2時間程の枠の中で3教科の視点から1つのテーマをつないでいきます。家庭科は生活を総合的な視点から捉える教科ですので、身近に豊富な素材をもち合わせています。そこで、テーマは家庭科で提案します。昨年度は実施が夏ということもあり、季節にふさわしい「Cotton」。家庭科からは日本文化が漂う浴衣の誕生や江戸の文様・着装、地理からは世界の綿花の生産消費や輸出入の現状と課題、化学からは硝化綿を使ってセルロース繊維の構造についての学びが展開されました。こうした取り組みを通して、生活事象を総合的に捉える視点を生徒達が実感することを目指しています。

授業ができるまで

**社会は変化しているのに
旧態以前とした学びでいいのか**

田中先生は、学生時代に家庭教師をし、そこで「対話しながら勉強をみる」ことのおもしろさを知り、教師になった。

一方で、その頃から「学校教育はこのままでいいのか」という思いもあつたという。例えば、理科の授業は、入試に備えるために講義が増えて、実験や観察は減る傾向にあった。しかし、田中先生はそうした実習こそが大事だと感じていた。

「今の子どもたちは、日常生活で『いろい

ろなもの」を扱う経験が不足しているからです。試験管を振る動作でも、加減がわからず、勢いあまって手からすべらせたり、逆に恐ろしく振れなかったりします。マッチを擦った経験がない生徒も多く、IH調理器のある家庭では、火を間近で見たことがない生徒もいます。実験に使う粉末を投げ放した窓のそばに置けば風で飛ばされる、ということも、失敗してはじめて学びます。何かあつた時に、便利なものに頼り過ぎなくても生活できるよう、自分でものを扱う経験は、積んでおいたほうがよいと思うのです」

だから勤務してきた学校では、どこでも貫いて実験の回数を増やしてきた。

「初任校では『うちの学校であんなに実験をして安全面は大丈夫か』と不安に思われた先生もいたようです。その点では、学校の生徒のタイプに合わせて危険が少ないものを選ぶなど、実験内容は変えていました。ただ、私は普段から特に凝った実験はしていないですね。教科書にある実験ばかりしているので、内容を選べばどの学校でも実験はできるんですよ」

学習内容を板書して丁寧に教えることにも「悠長すぎないか」と感じていた。「ノーベル賞を取った益川敏英先生が言われていました。昔の物理学の実験は一室でできたが、今では山二つあるような加速器を使う、と。その中で科学の基礎知識も、100年前より膨大に増えました。にもかかわらず、明治時代から続く板書方式でいいのかなど。生徒には、基礎は圧

縮して全部さわり、完璧には覚えなくても、その幅広い知識から必要なことや本質的なことをつかむ、ということができるようになってほしいです」

**生徒への「場」の提供のために
学校外の多様な人とつながる**

戸山高校に来た5年前からは、生徒が大学や企業など外部と交流したり、対外的な発表をしたりする「場」を提供することも力を入れるようになった。その中で人に感化されたり、恥をかいいたりして、「自ら学びを獲得してほしい」からだ。では、生徒につながるための外部との

コネクションを、田中先生自身はどうやって築いたのだろうか。

「来るもの拒まず、去るもの追わず」というスタンスでできた縁ですね。前任校にいた頃から、大学や企業、NPOの方などから、「科学教育と一緒にこんなことをしませんか」というお話を時々いただくようになりました。そうしたお話を、基本的に断らなかつたんです。まずは会ってみたい、私がやりたいことを相手にも語るようにしていました。そこで興味をもって、もらえれば、相手がまたいらしてくれて、さらに話が進みます。来なければ縁がなかった、ということですね。そうして外部との付き合いができていくと、私についての情報がほかにもまわるようになり、さまざまな方から、科学教育の企画や情報をいただけるようになったのです」



HINT & TIPS

**1 実験や演習で本質的に何を学んでいるかを
社会で求められる動作や発想を示して伝える**

実験や演習を行うのは、化学の興味を高めるためや、入試に備えるためでもあるが、田中先生はそれ以上に「仕事や生活全般に通じるよりよい動作や考え方を、授業で学んでいるんだ」という点を具体例とともに強調。化学の知識や技能だけを学んでいる感覚の生徒には「本質が見えていない」と釘を刺す。

**2 時代とともに質・量とも増す基礎知識を
生徒が広く学び、使いこなすことを目指す**

知識の詰め込みは否定されがちだが、田中先生はある意味で重要さが増したと考える。現代の課題解決に必要な基礎知識は、自然科学・社会科学とも増えているからだ。生徒には、化学の授業で、圧縮した短時間で幅広い知識をさわり、それを演習や課題研究で使いこなす、という力をつけてほしいと思っている。

**3 どの学校でもできて継続しやすいような
汎用性のある授業の工夫を考える**

独自のワークや実験に凝って自分の負担を増やすより、田中先生はどの学校でも継続しやすいやり方で授業を工夫したいと考えている。教科書に沿ったプリントの活用で講義時間を圧縮することや、教科書にある実験を増やすことは、オーソドックスな手法で、内容を調整すれば進学校でなくてもできる。

**4 大学や企業やNPOからの教育連携の打診は
会ってみてこちらの希望を伝え、縁を探る**

独自のワークや実験には凝らず、時間をかけない代わりに、田中先生は外部から教育連携の打診があれば、可能な限り時間を取って話を聴く。ただし相手の提案をただ受け入れるのではなく、「こんな企画や展開はできないか」とこちらの希望も伝え、それに興味を示して縁ができた相手と話を進めていく。

生徒はこう変わる

教師とも対等に議論する
センスと意欲をもつ生徒に



このクラスはSSHクラスではなく、文系に進む生徒もいる。それでも、変化を目で確認する、容量を計って取り分ける、安全に臭いを嗅ぐ、火を扱う、器具を割れないように洗うなど、実験を通して洗練していくふるまいには、仕事全般や私生活に応用できるものが多い。



SSHの生徒には、校外の講演やイベントに参加できる機会や、校内発表の機会が数多く与えられてきた。当初は反応が薄く、生徒を半ば強制参加させたこともあったそうだが、2月に校外での発表に参加したい生徒を募ると、定員の倍以上の希望者が集まった。

「化学基礎」で1年間で約20回の実験をしてきた生徒達。最後の実験は、50分の授業で、薬品を混ぜたり熱したりした時の反応を立て続けに4パターン確認するという、盛りだくさんの内容だった。

実験の順序が記されたプリントを見ながら、生徒達は手馴れたようすで、試験管やビーカー、ガスバーナーを扱っていく。田中先生が補足説明する時も、全員が手を止めることはなく、班のうちの一人が耳を傾け、もう一人は必要な薬品を取りに行き、残りは使用した試験管を洗うなど、手分けしてテキパキと作業を進める。どうやって役割分担しているのか生徒に尋

ねると、「まわりを見て各自が判断する」とのこと。使い終わった薬品や器具はすぐ片付けるので、机の上は混沌としない。仕事や生活全般に通じるセンスが、たしかにみがかれている。

問題演習の授業でも、回を重ねるほど生徒のセンスは高まっていく。あるクラスでは、難解な問題を出したはずが、「2問目から解けば、それをヒントに1問目も解けることに、生徒みんなが気づき、すんなり解かれたことがあった。田中先生は常々、「解き方は何種類もある、簡単でミスのない道を考えて共有しよう」と言ってきただけに、うれしかったという。

ややこしい問題に対して、生徒が見事な解き方を提案してくれたこともある。田中先生は驚き、同時に悔しくなり、次の授業までにより簡単な解き方を編み出し、「こうやるともついいね」と返した。「そんな生徒とのやり取りは楽しいです。

問題について議論するような時は、私は、生徒と教員は対等だと思っているので」

SSHのクラスでは、生徒達の世界が広がりがつある。ある女子生徒のグループは、校内の発表会で、パーマに関する研究や、ゴムをつくる研究を披露。するとある教育会社の人が目にとめ、同社主催のイベントでも発表しないかと誘ってくれた。そこで発表すると、大学教授が興味をもってくれたそうで、後日、生徒からメールを送ってつながった。自ら動けば、課題研究を前進させるチャンスが増えることを、生徒が実感しているところだ。

「今日指しているのは、講演などで『何かありますか?』と問われたら、手をあげない気がすまないぐらいの感覚を、生徒の中に育むことです。それこそ何も浮かばなくても条件反射で手をあげるぐらい(笑)。以前に、総合商社の社長が大学で講演をしたら、北京大学では質問攻めにあい、東京大学では場が静まり返ったそうです。これではダメですよ。とはいえ、ただ積極的になれといっても効果は薄いので、私は逆に多くの日本人がもつ奥ゆかしさに訴えかけています。『話を聞いて何も返さないのは相手に申し訳ないことだ』と。SSHの生徒は手をあげるようになりましたね。日本の子ども達には、さまざまな人ともつとあだこつだと議論する経験が必要だと思っています。そのなかで揉まれて、いずれは国際社会で、多様な相手と議論しながら難題に挑んでいけるような人になってほしいです」



授業で生徒につけたい力

	知識	能力	意欲・態度
つけたい力	<p>浅くとも広範囲の化学の知識理解</p> <ul style="list-style-type: none"> 「化学基礎」の授業だが、本来の学習内容に加えて、「化学」の科目の学習内容の約半分も、知識を関連づけながら先取りで学ぶ 例)「化学基礎」で酸化・還元反応や酸・塩基反応といった化学反応を学んでから、「化学」で扱う有機化合物や無機化合物も学習し、それらを素材にさらに化学反応について学ぶ 	<p>安全で無駄がなく配慮ある動作</p> <ul style="list-style-type: none"> 化学の実験を通して、安全に注意することや、段取りをよく考えること、周囲に配慮して動くことなどを、生徒が失敗しながら学ぶ <p>本質を見る力</p> <ul style="list-style-type: none"> 実験では「その動作をする本質は何か(安全や人への配慮)」を生徒と確認。問題演習では「問われている本質は何か」を生徒に問う 	<p>自ら動こうとする意欲</p> <ul style="list-style-type: none"> SSHクラスを中心に、生徒が多様な人と向き合える「場」を用意。そうした場に飛び込めば、新たな発見や、人のつながりを得られることを、生徒が実感できるようにする <p>手をあげる・議論しようとする姿勢</p> <ul style="list-style-type: none"> 授業や講演で、話をふられたのに手をあげないのは相手に申し訳ない、という感覚を共有する
その力が将来にどう生きる?	<p>大学入試に備えやすくなる</p> <ul style="list-style-type: none"> 化学で受験する生徒は、先取りで学習内容を終わらせるので、問題演習にも時間を割ける <p>多角的な視点から創造や分析ができる</p> <ul style="list-style-type: none"> 仕事や私生活で創造や課題解決をしたい時、文系でも化学のさまざまな理屈の適応を視野に入れられる。また、解熱剤の仕組みなど、身のまわりにある科学的な仕組みを捉えやすくなる 	<p>仕事の進行や連携がスムーズになる</p> <ul style="list-style-type: none"> 道具の扱いや作業の手順、役割分担などを自分でよく考えて、円滑に仕事を進めていける <p>難題を解く糸口を発見できる</p> <ul style="list-style-type: none"> エネルギーや食糧危機、セキュリティの問題など複雑な課題に対しても、自分にとって問題の本質は何か、共通項はないかなど、課題を整理しながら解決策の糸口をつかんでいける 	<p>やりたいことを発見し近づいていける</p> <ul style="list-style-type: none"> 国内外の人との交流から自分なりの興味や課題を発見し、その分野でやりたいことを実現させるためのコネクションも自分で築いていける <p>国際社会で存在感を発揮していける</p> <ul style="list-style-type: none"> 異文化でわからない相手同士だからこそ、意見や態度を表明するのが前提となる国際社会で、日本人らしく多様な人と渡り合っていける