

ストーリーを工夫した地学の「モデル実験」で科学的な視点や、自然に親しみ命を守る力を育む

地震や津波、台風などの災害が続いており、地球の自然と賢く付き合うことは誰にでも必要なことだと言えます。その自然と付き合うための知識や技能を、楽しく実用的に学べるよう、創意工夫されている授業実践をご紹介します。



一生の付き合いとなる
地球のことを
もっと知ってほしい



今号の先生

地学 永井秀行先生

大阪で育ち、大学2年の地学沖縄実習でその自然に魅せられ、4年の教員実習で教職の魅力も知り、「沖縄で教師になる」と決意。三度の採用試験に挑み、晴れて沖縄県の教員に。モデル実験等で多くの受賞歴があり、考案した火山噴火モデル実験は、地学基礎の教科書にも掲載されている。

生徒に対する想い

**自然現象の恩恵を受け取り
災害は避けられるように**

コザ高校の永井秀行先生が目指しているのは、生徒にとって「楽しい地学」かつ「命を守る地学」となるような授業だ。

「地学では『自然現象』や『自然災害』について学びます。この2つは別物ではなく、昔から地球で起きている自然現象のなかに人が居て被害が及ぶと、それが自然災害となります。大気や海洋の変化から地殻変動まで、さまざまな自然現象は、危ない時間帯や場所を避けていけば、害よりもはるかに多くの恩恵を私たちにもたらしている、と言えます。地学の授業を通して、そうした『日常は自然の恩恵を受け、災害時は避ける』という付き合い方を学んでほしいのです。私たちが人生で一番長く付き合うのは、親でも子でもなく、地球なのですから」

授業を通して、実社会で生きる力も育んでいる。端的に言えば、科学的な視点の醸成となるだろうか。例えば「科学的に正しいかを考える姿勢」もその一つだ。

「生徒と接していると、テレビやネットの情報に鵜呑みにし、疑うことを知らないと感じることがあります。『論破できる人』や『多数派が正しいとする風潮も感じます。専門家でも専門外は間違っていることがあり、多数派が正しいとも限りません。『科学的に納得できる説明がされたものが、最も正

授業の実践

**モデル実験にわくわくしながら
生徒が自ら考え、対話を重ねる**

では、永井先生は具体的にどんな授業を行っているのか。ポイントは3つある。

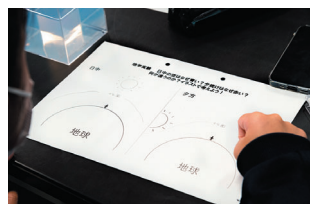
一つ目は、地球規模の自然現象を教室で再現する「モデル実験」に力を入れていることだ。自身が考案した実験・実習は10以上あり（欄外参照）、ほかも含め、年間の実験・実習は「地学基礎」で約30回、「地学」で約15回も用意している。

二つ目は、その実験を作業的にこなすのではなく、「続きが気になる展開」や「どんどん返しが起きる展開」のなかで楽しめるよう、ストーリーを練っていることだ（そのために永井先生はテレビドラマなどのストーリーを分析、参考にしている）。

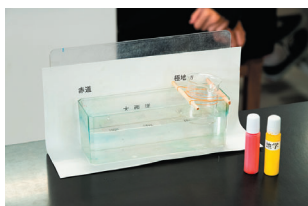
三つ目は、そのわくわくする実験のなかに、生徒が自分で考えたり、対話したりする機会を意図的に入れていることだ。



竜巻を再現する実験。底が凸凹のボトルでは逆さにして回すと渦ができ、底が平面のボトルでは逆さにしないでも渦ができる。竜巻の避け方として気象庁の情報の活かし方も学ぶ。



空の色を再現する実験。実習助手(左上写真中央)の力を借り、ワークシートも工夫して、準備や片付けも含めて50分の時間内に収まるよう、濃密な実験の流れを組み立てている。



海洋鉛直循環を再現する実験。インクを使うことで、冷やされた水が沈み込み、底で広がるといった動きを確認。そのあとで、表面を真水の層が覆っても鉛直循環が起きるかを実験した。

た前方は青くなり、一方で奥のほうは朱色に変化した！沸き立つ教室。永井先生は「距離が伸びるとなぜ赤くなる？」と深掘りを促す。生徒は意見を出し合い、「青い光は最初のほうで散乱してなくなり、残った赤い光が見える」という結論に達した。嬉しかったのか、拍手まで起きた。そこに宿題として新たな問いが。なぜ月の月は赤く、台風前後の空は紫なのか。「温暖化が海洋鉛直循環に及ぼす影響」を考える授業では、事前に映画『ディ・アフター・トゥモロー』を鑑賞した。温暖化が原因で氷河期が訪れる物語。こんなことが現実になりうるか「検証しよう」というのが授業の趣旨となる。まず、水槽とインクを使った実験装置で、海洋鉛直循環を再現した。地球上では「高緯度地域で、冷気によって表面の海水が冷やされ、重い水となって深く沈み込み、その水が海底をめぐるまでまた上昇する」という循環が起きている。この鉛直循環が「熱」の運搬にもひと役買うのだが、さて、温暖化で北極の水、塩分のない真水に近い水が融けて海面を覆うと、どうなるか。結論から言うと、水の沈み込みは上辺の真水部分にとどまり、海底まで沈み込む鉛直循環は起こらなくなる。地球上の熱の運搬が滞り、寒冷化が進み…。

以上の説明では、どんな現象なのか想像しづらかったかもしれない。だが、生徒たちは装置に真水と食塩水を入れたモデル実験で、循環が止まる現象をその目で確認した。温暖化のリスクの一つが絵空事ではない、と実感できる授業だった。

例えば「竜巻の発生条件を探ろう」という授業。冒頭ではまず、竜巻を映像で観察し、どんな特徴があるかを生徒同士で話し合った。出てきたのは「回転」「上昇」という意見。そこで永井先生が本題に入る。「竜巻の発生条件は、回転と上昇気流ではないか、という仮説ができましたね。実験で検証してみましょう」と。用意したのは、洗剤入りの水を詰めたペットボトル。このボトルを逆さにして、振って泡立て、くるくる回すと、泡の「上昇」と水の「回転」を生み出せる。果たしてこの条件で竜巻は発生するのか。

実験してみると、ペットボトルの中に、確かに竜巻のような渦ができた。再現できて楽しそうな生徒たち。でも実験はまだ終わらない。「逆さにしないでやったらどう？」と新たなお題。試してみると、今度は渦がうまくできない。なぜだろう。再び生徒同士で話し合い、「ボトルの底の凸凹のせいでは？」という意見が出た。そこで、別に用意していた底が平らなペットボトルでも実験してみると——逆さにならずとも、きれいな渦ができた！

「なぜ日中の空は青く、夕焼けは赤いのか」を考える授業では、永井先生が理由の一端を説明した。「太陽光に含まれる青い光は、赤い光などより波長が短く、空気中の分子にぶつかりやすい。ぶつかった青い光が散乱し、空が青く見える」と。この現象を実験でまず確かめた。正方形の水槽に、細かい粒子のワックスを混ぜた水を入れ、懐中電灯で光を当てる。結果、粒子にぶつかって青い光の散乱が起きたよう、水は青みがかった色に変化した。間髪入れずに永井先生が問う。「ではなぜ夕焼けは赤い？」。ここからは生徒の思考と対話の時間。太陽と人の位置を書き込むワークシートも手がかりに、「光が大气を通過する距離が伸びることに関係している？」との仮説をひねり出した。そこでまた実験だ。今度は長方形の水槽に、横から光を当てる。すると、光を当て

コザ高校(沖縄・県立)



School Data

全日制普通科／1945年創立
生徒数(2021年度)1116人(男子458人・女子658人)
進路状況(2020年度)
大学175人・短大24人・専門学校および
各種学校115人・就職4人・その他78人
〒904-0011 沖縄県沖縄市照屋5丁目5番1号
TEL 098-937-3563
URL <http://www.koza-h.open.ed.jp/>

Outline

校訓は「自由・平和・叡智」。部活動や生徒会活動が盛んで「文武両道」をモットーとする。ICTを活用した学習環境の整備にも力を入れており、クラウドサービスの学習システムの活用、生徒の所有するタブレットやスマホの校内無線LAN接続、AIによるアダプティブラーニングを取り入れた学習コンテンツの活用などを進めている。2020年度より、沖縄県教育委員会の「学力向上推進(カリキュラムマネジメント)モデル校」の研究指定校。



見習いたいのは仕掛けづくりと 周囲に還元していくその姿勢

生物
花原 努先生

永井先生には教材研究の質問などを時折しています。私は生物担当で、科目は違いますが、永井先生の授業を見学すると、生徒の興味を引き出す仕掛けや、学習内容と日常との結びつきに気づかせる仕掛けなど、ハッとする仕掛けが必ずあるんですよ。そうした仕掛けづくりを見習いたいのです。「使える知識にしたい」という思いにも共感します。本校の生徒には、しゃべるのは得意でも、書いて説明するのは苦手、という生徒が多いと感じています。生物の授業では、単元ごとの振り返りに、学んだことを基に生徒が50文字で問いに答え、それを私が添削して返すことをしています。知識を使って論理的に表現する力をつけてほしいからです。

もう一つ、永井先生を見習いたいののが、助成制度への応募などで自ら研究費を取得し、授業実践を外にも広めていることです。創意工夫を周囲にも広く還元されているというか。私も地元の民間の助成制度に応募し、採用していただけたことで、やりたかった授業を実現できました。

永井先生は、高校生のときから地学を得意科目としていたが、実は教師になつてから、己の力不足を痛感したという。「岩石の名前や特徴は暗記していても、実物の岩石を見ると何岩かわからない。気象現象も言葉では理解しているのに、うまくイメージできない。私の知識は『テストで点数を取るための知識』であり、自然現象とリンクしておらず、『実生活で使える知識』になつていなかったのです」

授業ができるまで

点数を取るための知識から
日々の生活で使いこなす知識へ

永井先生は、高校生のときから地学を得意科目としていたが、実は教師になつてから、己の力不足を痛感したという。

「岩石の名前や特徴は暗記していても、実物の岩石を見ると何岩かわからない。気象現象も言葉では理解しているのに、うまくイメージできない。私の知識は『テストで点数を取るための知識』であり、自然現象とリンクしておらず、『実生活で使える知識』になつていなかったのです」

だから「使える知識」に鍛え直そうとした。ちょうどこのころ、気象予報士制度ができる。気象情報を「適切に利用できる人」に与えられる国家資格だ。この資格試験に独学で挑み、合格し、「少しは自信をもてるようになった」という。

2000年代に入ると、校内で最新の天気図などを確認できる「リアルタイム気象情報表示システム」も開発（写真①参照）。学習内容を活かせば生徒が自分で天候を予測できるようにし、「知識つて使えるんだ」という実感を後押しした。

とはいえ、まだ悩ましい問題があった。地学現象は時空のスケールが広大で、「教室の実験・実習に向かない」「現象を授業で見せるのは困難」と言われていたのだ。言葉だけで学んだら、生徒はかつての自分のように、知識はあっても自然現象に結びつけられずに終わるのではないか。

この壁を乗り越えようと、初期は自然科学の番組を活用した。パソコンのシ

「湯葉を使ってプレート運動を再現するなど、身近な素材を使って地球のことを考える記事でした。時間や空間のスケールを変えれば、机の上でも地学現象を再現できたわけです。『これだ！』と思い、自分なりのモデル実験を作っていました」

2011年3月、もう一つの転機が訪れる。東日本大震災。津波の映像を目の当たりにし、「もし、あの場所に教え子がいたら、自分がいたら、その身を守ることができたのだろうか」と自問自答した。

「今まで目指してきた『楽しい地学』だけではだめだ、『命を守る地学』にもしなければ、と強く思ったのです」

沖縄気象台と組み、津波避難のワークショップ授業も開発した（写真②参照）。



HINT & TIPS

1 「失敗する実験」を敢えて取り入れ 探究心やチャレンジ精神を育む

条件の欠けた実験を行うこともある。雲は「水蒸気」を含む空気が「露点」に達するとできると学び、ペットボトルで実験すると、できない。雲粒の映像を見せ、生徒が「凝結核」を発見し、条件を足して実験すると成功する。失敗とは「条件が足りないこと」と実感させ、諦めずに挑戦する姿勢を育むねらいもある。

2 「板書がない授業」や「ペア音読予習」で 講義時間を短縮、実験や対話の時間をつくる

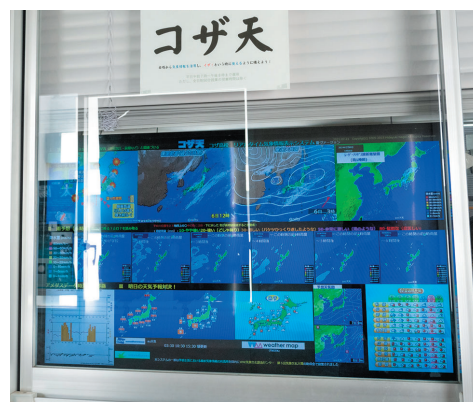
授業のなかで実験や対話を行う時間をどう確保するか。永井先生は板書をやめ、事前準備したスライドを使い、簡潔な説明を心掛け、講義時間を短縮。また、授業の最初に生徒同士で教科書をペア音読する時間を設けた（いわば授業内予習で、生徒の頭に先にキーワードが入ると、簡潔な説明でも円滑に進む）。

3 「使える地学」にするために、 年間の学習の流れを工夫、ニュースも活用

年間の学習は、生活との結びつきが強い気象、地震や火山の分野から先に学ぶ組み立てに。そのうえで他の単元に進んでも、天気の変化や自然災害があれば、授業冒頭で、気象庁のデータやニュースを過去の学習を踏まえて紹介。知識を使って情報を読み解けば、生活に役立つことを生徒に実感させている。

4 授業づくりでは賞や助成制度も活用して 自分の考えをまとめ、磨きをかけていく

モデル実験やオリジナル教材を開発する際、永井先生は科研費をはじめとする助成制度や各賞に積極的に応募している。落選したとしても、応募段階で自分の考えを整理することができ、審査・評価されることで改善もしていけるからだ。採択されれば、やりたいことをよりお金をかけて実現できるようになる。



【写真①】1代目から何代も重ねて永井先生が進化させてきた現在の「リアルタイム気象情報表示システム」（通称、コザ天）。大画面モニターに各種気象情報が収まる。

【写真②】津波避難ワークショップの授業マニュアル。授業では、地震・津波情報が数分ごとに次々に伝えられるなか、幼児や高齢者と共に生徒が行動する前提で、命を守るためにどう動くかを状況を踏まえて判断する。沖縄気象台のホームページで閲覧できる。

生徒はこう変わる

科学的に考える姿勢や

「防災の心・技・体」が身につく

授業にモデル実験を取り入れると、以降は勤務したどの学校でも「生徒の食いつきが全然違った」という。進学校でも、進路多様校でも、「今日は何の実験をするの？」と生徒が興味を示すようになり、観察や分析を基に仮説を立て、実験で検証するという科学的アプローチも楽しむようになった。現任校のアンケートでも、ほぼ100%の生徒が、実験や実習は楽しいと回答している。その実験の過程で生徒同士で対話することにも「理解が深まる」と肯定的な感想が多い。みんなで見出しから実験で検証すると、多数派の意見より、少数派の意見のほうが正しかったと判明することもあり、科学的根拠を考える重要性を実感する場にも

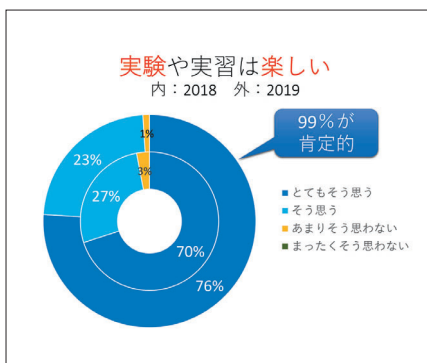
なっている。旅行に行く前や、季節の変わり目に、生徒が自ら気象情報をチェックするという変化も見られるようになった。

今後、永井先生としては、社会全般への地学教育の普及にも貢献したいと思う。既に取組も始めている。気象庁と日本気象予報士会が連携した「防災プロジェクト」では、地学教員向けのワークショップや実験講座を実施。この先は全国の先生とも交わりたいと構想する。また、沖縄県初の「防災士養成講座」の講師として、地域の人も関わるようになった。ゆくゆくは「地学を学びたくても学べなかった社会人向けの実験講座も開きたい」という夢を抱く。日本の高校現場では、特に理系志望の生徒に対して「受験科目

に指定する大学や学部がより多い」という事情から、理科のほかの科目を選択するように促す傾向があるからだ。

「日本列島は、4枚のプレートが重なっている。地震・火山災害が多く、海洋との位置関係から台風災害も多いところ。にもかかわらず、自然災害に「つながる自然現象を扱う地学が軽視されているように思うのです。自然災害から自分の命を守り、家族など身近な人も守る、という意識をもつこと。自然現象の情報から自ら入手して分析し、科学的に判断していく技能を得ること。そしてその判断に基づいて、行動する力も高めること。そうした防災の心・技・体を、より多くの人に身につけてほしい、と思っています」

実験へのアンケート結果



生徒INTERVIEW

実験やスライドでイメージをつかめるから地球のことや防災への関心が強まった

——永井先生の地学の授業の特徴といえなんでしょう？

村「実験が多いです。メントスコーラで火山の噴火を再現した実験とか。マグマが上昇して爆発して、山とかが飛び散っちゃうんです」

普久原「竜巻の実験も楽しかったです。ペットボトルを使うのですが、ボトルの底が、凸凹か、平面かで、渦を作れるかどうか変わってくるんです」

玉城「スライドや動画でイメージが伝わるように教えてください。部分月食の説明では、先生自身が地球役になって、天体の動きを見せてくれました」

吉田「インターネットの情報の間違っているところも教えてください」

——地学を学んで良かったと思うことはありますか？

吉田「天気のことです。積乱雲とか巻層雲とか、雲を見れば雨が降りそうとわかるので。旅行前は、天気図も見て、雲や風の動きを予想しています」



左後方より時計回りに、3年生の玉城克恵さん、普久原楓音さん、村 美花さん、吉田蒼音さん

村「私も天気のことで、『梅雨前線』『温暖前線』で何がどうなるか理解できるようになりました」

玉城「中学校では説明を聞いてもよくわからなかったけど、今の授業はイメージしやすいので、地球のことに興味をもてるようになりました」

普久原「日本は自然災害が多いから、その仕組みを知ることで対策や予防にもつながるな、と思っています」

思い描いている授業のあり方

目指す生徒像

- ・日常は自然の恩恵を受けて、災害時は避ける、という自然との付き合い方ができるようになる
- ・「防災の心・技・体」を身につけることで、自分の命や身近な人を守れるようになる
- ・情報を鵜呑みにせず根拠を確かめたり、俯瞰して総合的に見たりするなど、科学的な視点が身につく



地学の授業

実験・実習・実物を重視

- ・身近な素材を使ったモデル実験・実習で、地球の自然現象を再現。生徒が自分の手で何が起きるかを試してみて、起きた現象をその目で確認する
- ・岩石など実物があるものはふれることを重視する

生徒が考え対話して深める

- ・実験でも、教科書の学習でも、生徒が自ら考えて対話することを重視する。①問題提起、②個人予想、③グループ内の発表&議論、④各グループの発表といった展開を授業にできる限り取り入れる

他の教育活動や社会とのつながり

- ・気象や地震・火山のことを先に学び、年間を通して、天候や災害のニュースがあれば授業の冒頭で取り上げる
- ・「防災」というテーマを柱に、モデル実験で理解する地学講座を、学校の先生向けや社会人向けにも展開する