

講演『生涯学習時代における探究学習の創造』

―地球惑星科学からのアプローチ―

川上 紳一



1. 縞々学入門

宇宙から地球を

今日はよろしくお願いします。探究学習ということ、身近なところでは小中学生の夏休みの自由研究とか高校の理数科とかSSHの課題研究とか、そういったところでいろんな作品を見せていただいております。大学では地球科学と理科教育を両方またがってやってきます。最初はちよつと自分の自己紹介みたいな話から入りまして、どんなことを考えてやってるか、どんなことをしたら面白く学べるかというような

ことを主題にしてお話します。

まず、地球の歴史とか、地球がどうしてできたのかということ調べているのですが、自分たちの存在を宇宙や地球というスケールから眺め、あるいは四六億年、あるいは一三七億年という歴史の中で現在を見つめ直すというようなところに意義があるんじゃないかなということで研究をやっています。

「こういう研究では、自然体験というのが非常に大事なんです。例えば、ナミビアという砂漠の中で星空を眺めたことがあります。そこはほとんど人が住んでいないところなので、夜は地上は真っ暗なんです。

ところが、空を見上げると星がいっぱいあって、宇宙というのと地球というのは、地平線で接しているということを実感しました。すなわち、昼間は地上の世界がメインなんですけれど、夜は宇宙が主役になるというような印象を持ったんです。しかし、日本のような文明の中に生きていると、なかなか星を見る機会が減っていて、そういう体験はほとんどできないんじゃないでしょうか。

もともと私の研究は木星の衛星のイオという天体の研究から始まったんです。この星は一九七九年にボイジャーという探査機が探査して、その画像を見たら、表面がオレンジ色で、ちよつとでこぼこがあったり、黒いところがあつて、まるでパイナップルみたいな感じだったんです。この星には活火山が見つかつて、まだ内部が熱いということがわかりました。その理由が、潮の満ち引きだったんです。こ潮の満ち引きで、イオ全体が変形し、中に熱がこもつて火山が活動しているというわけです。イオは大きさが月ぐらいの星なので、太陽系の中では非常に珍しい潮汐による発熱がなければ、月と同じように冷え切つた星になっていたでしょう。

う。

イオの公転運動と内部構造と火山活動というのが一つの仕組みとしてつながっているということをよく考えてみると、これは一つのシステムになっているということです。同様に、地球というのも一つの巨大なシステムなので、そういう見方が必要であるということに気づき、その後いろんなことを研究し始めたわけです。

イオには活火山があり、噴火口も見つかっています。また、溶岩が流れた地形もあります。オレンジ色しているのは硫黄なんです。イオというのと硫黄というのは日本語で発音がよく似てるんですけど、表面はもう硫黄で覆われているという変わった星だったんですね。

この星がなぜ潮汐摩擦で熱が出るかというと、イオの外側に三つの衛星がぐるぐる回っていて、木星に対してイオと外側を回る三つの衛星がと逆側にあると内側に引つ張られ、逆にイオと三つの衛星が同じ側に来ると木星から遠ざかるように引つ張るので、木星に近づいたり遠ざかったりするわけです。この変化が周期的なひずみ変化を引き起こし、そのときに摩擦が働い

て熱が出るというわけです。天体の運動が天体内部の熱的狀態を決めてるというので、非常にユニークな天体でびっくりしたというわけです。

さて、地球という惑星を同じような見方で見つめると新しい地球観に気づいたわけです、私が皆さんぐらの歳のころには地球は惑星の一つという認識は薄かったんです。気象の研究者、海洋の研究者、地質の研究者、古生物の研究者、生物の研究者といった感じで、地球学を研究してるんじゃないかなかったですね。それぞれ地球の一部を研究してるという感じだったわけです。ところが、地球全体を見て捉えるというのが、ちょうど私がこの研究を始めたころの流れになったというわけです。

四六億年前の地球ができるときに、宇宙から微惑星と呼ば手いる天体が降ってきて、それが集まってだんだん成長していったという説が有力だと考えられるようになりました。月面を写した写真を見ると、月が形成された最後の段階における衝突が月の表面にあるクレーターを作ったというわけです。このようなクレーターがどのようにできたのかを解明するために、クレ

ーターの形成実験を始めたわけです。

また、当時の地球の研究を見ると、プレートテクトニクスと言って、海洋底の縞模様からプレートテクトニクスという概念が生まれたんですが、それは私たちが大学に入ったころはもう大方の面白いところは解明されていて、次の時代に何をするかということで、大野先生や多くのおみなさんといろんなことを模索したというわけです。その一つが粘土層の研究だったわけです。

縞々学とは？

恐竜はなぜ絶滅したのかという大きな謎があったんですけど、一枚の粘土層にその謎解きの秘密があったんです。この粘土層は、六五〇〇万年前に、大きな天体が地球に衝突してできたもので、一枚の地層から恐竜の絶滅という地球の歴史の大きな出来事が解明されたというわけです。こういう研究を「縞々学」というふうに呼んで、地層の縞模様を手がかりに新しい地球観を作ろうと試みたわけです。縞模様のある石はストロマトライトとか縞状鉄鉱床とかあるんですが、これ

は地球の大気に酸素をもたらした最初の生物と深い関係がありました。最初に光合成を始めた生物が生み出した酸素が地球をさびさせた結果できたのが縞状の鉄鉱石だったんです。

さらに縞模様の美しい石灰岩との出会いもありました。その地層は、地球が全面的に凍るというスノーボール・アースという出来事を記録しているということで非常に注目されたものでした。海洋底の縞模様からプレートテクトニクスが発見されたんですけども、恐竜絶滅事件、地球の大酸化事件、すなわち、地球がさびた事件の記録、さらにこれは地球が全面的に凍った記録ということで、縞模様にはそういう地球の大きな出来事の秘密が隠されていたというわけです。

こうした岩石を手がかりに、過去の出来事を調べるわけですけど、現在の地球でそれらの形成過程が研究できないかということで、ストロマトライトのできてる海岸に行って調べてみたんです。大野先生がよく言うんですけど、ストロマトライトが何をやってるかということの研究するには、ストロマトライトの気持ちになって考えるということが大切なんですね。スト

ロマトライトの生えている海に入って、ストロマトライトの解説をしてくださいと言われて、腰のあたりまで海水につかって、「ストロマトライトはね・・・」とかしゃべって、VTRを撮ったんです。こういうことをやっている、実感がわいてきて、地球と生命の歴史のイメージできてきます。そしてさらに研究を進めていくということが大事なんです。

同様に、生命が最初に生まれたところはどこかという謎についても、生命の起源を扱った多くの本や論文を読んだり、頭の中で概念を整理してもなかなか研究の糸口が見えなかったのですが、生命の起源を彷彿させるようなフィールドに行って、考えることができるかという話が浮上しました。このときは温泉に行って、高温の温泉水中で生息している微生物から生命の歴史を探ることが始ったわけです。

振り返ってみると、私は地球の科学の研究をしたかったので、高校生のときにまさか将来生物学に関わるとは思ってもみなかったんです。ところが、研究しているうちに地球と生物の歴史は切っても切れない関係にあるということから、生物にも歴史があつて、だから

両方セットで見なきゃいけないということを学んだんです。地球科学の人間が生物学に興味をもち、生物学者と研究するなんていうのは、これまであまりなかったもので、新しい世界が開けたようで、とても新鮮だったのです。

こうした研究を始めるまえでは、地球の人間は石を研究する。生物の人間は生き物を研究するというように、ほとんど関わりがなかったんですけども、こういう研究を始めてからつながりが出てきたというわけです。その結果、地球と生命の共進化というような概念を提案したんです。

そうは言うものの、地球科学者は、実際には岩石から過去を探るのが基本なので、地球の歴史を記録した重要な岩石をサンプリングのため、カナダやナミビアやロシアに行ったりしていると、この地球が全面的に凍るという出来事があるって、その後に、エディアカラ動物群と呼ばれているへんちくりんな最古の動物とか大型の生物が出てくる出来事があるって、こんな化石がどんなものか写真で見えるのではなくて、実際に現地に撮りに行ったり観察に行ったりして調べるという

ような展開になったんです。やはり、フィールドに出て、実際にものを見たり、産状を調べたりしながら研究することが、地球の研究では重要なわけです。その一方で、現在生息している多様な動物の形態や生態に関する興味が高まり、あとで述べるように、理科教材データベースというコンテンツの開発の動機づけにもなりました。

隕石を見分ける

これからが探究活動との関わりに入ってきます。皆さんはロシアの上空にできた煙の映像を覚えていますか。あの日（二〇一三年二月十五日）、巨大な筋状の煙を出しながら、隕石が落ちてきて、多数のけが人が出ました。その後、落ちた湖で巨大な隕石が回収されましたが、落下した翌日から、隕石ハンターが隕石探しを行っていて、見つかった隕石が市場に出回ったというわけです。

ロシアでの隕石落下があつてすぐに、インターネットで隕石が売られていたんだけど、偽物があるから気をつけろといった情報もいっしょに流れたんです。

今ここでお見せする石は、ロシアの隕石ですが、それとも隕石じゃないんですか。いかがでしょうか。この判断は実際に隕石を見た人でないと分からないものでしょう。ですから、生物にしても化石にしても、実物を見た人でないと分からないことが多いんです。隕石を持ってない人は「これが隕石です」と言われたら、そうだと思うって高い値で買わされてしまうと、大きな散財になるので気を付けなきゃいけない。

今、見てもらってるのは、ロシアに落ちた隕石ですが、けれど、先ほどお話したように、大気中を煙を出しながら落ちてくるので、表面が焼け焦げてるんです。だから、隕石かどうかは、これはパンと一緒にかどうかみればいい。先日の高知大学の集中講義では、カツオのたたきと一緒に表面は焦げてるけれど、中は生ですよと言ったらみなさん納得したようでした。冗談はともかく、表面焦げてるように見えて、中が焦げてないもので、これが隕石の証拠の一つだというわけです。それから隕石は鉄を含んでるから磁石にくっつくというのが調べる手立ての一つです。そういうことを知っているひとは、隕石かどうか分からないので磁石を貸して

欲しいとか言う人も出てきます。

ロシアの隕石は、落ちてきてすぐ回収された場合なんですけれど。過去に落ちた隕石がみつかることもあります。実際、隕石ハンターという人たちがいて——最近テレビ番組にもあったので有名なんですけども——メタルディテクターを使って砂漠で隕石を探し歩いているんです。でつかいのを探すと、ひと財産当てたみたいなものです。

モロッコでは隕石探しがとても盛んです。隕石探しをしていると、古い隕石が圧倒的に多いんですけれど、古い隕石の見分け方はもつと難しいんですね。焦げた表面が残っていて、ちよつと表面がはがれているところに注目すると、中は生に見えるものは隕石です。それから、大気圏を突入してきたときに正面から後方へ溶けた物質が流れていくので、流線形の形になったりします。また、大気による摩擦で弱いところは大きくえぐれて、奇妙な形になったものもあります。それから、車のフロントガラスのように雫が後ろに向かって流れていくので、流れたところに筋が残ることがあります。さらに、溶けた物質が裏側に流れていって、裏

側の表面を包み込むようになっているものもあります。こういう表面の形態は、大気圏突入時の証拠というわけです。

それから、地球に落ちて時間が経つと隕石中の鉄は錆びるんですね。だから、だんだんさびていってポロポロになるので、すぐに回収にしてあげないといけません。なぜ、そうなるのかというと、地球には酸素があつて水があるからです。だから、酸素と水は隕石にとつてはとても危険なものなんです。私たちは逆に酸素と水がないと生きていけないので、それらは生きていくうえで必要なものだと思うけれど、隕石にとつてはそれらは隕石を蝕む原因なんです。

石を見てみよう

話だけでは実感できないので、これから石を順番に見ていただきます。皆さんはもう隕石がどういうものかが分かつてきたので、鑑定してみてください

判断が難しい石もあります。そうかもしれない、そうでないかもしれない。こうやって見ていくと、自然界の石というのは、めちゃくちゃバリエーションがあ

るんです。もつといっぱい持ってきたので、あとで見てください。

ちよつと見ただけでは、判断しかねるものがあるのでん出てきます。こういう体験をすると、自分がいかに石を知らなかったかということを思い知らされます。地球のことを研究して、岩石のことを研究していながら、判断できない。それはそういう問題があることを意識して石をじっくり観察しなければ、鑑定のスキルは見につかないからでしょう。

さらに隕石であることがわかつたものを、詳しく調べると、隕石がどのような歴史をたどつて地球にやつてきたかがわかるようになります。天体と天体がぶつかつて砕けたりするので、そういうことを経験した隕石には、フラグメント、すなわち、破片を多く含んでいます。一見するとそれは礫岩です。それから、中が溶けると鉄の部分と岩石のところが分かれます。その結果、鉄隕石と岩石質の隕石ができます。岩石質の隕石は、玄武岩や斑レイ岩のような岩石組織を示します。大きな天体で内部が大規模に溶けると、鉄の部分と岩石の部分にわかれ、地球で言うところの核とマントルが分か

れるようなことがわかります。

このように、隕石一つとっても、太陽系の初期に固体微粒子が集まってできた段階から、内部が溶けて分化が起こった段階、さらに天体どうしの衝突で壊れて、こなごなに碎けるだんかいまで、さまざまながあるもので、いろいろな隕石を比較しながら、調べることも大切なことがわかります。

さて、ここでひとつ、今、皆さんに見ていただいた石があります。これは月の隕石なんです。月から来た隕石の多くは、角礫岩で、粒子がが不ぞろいなんです。これが見分けの一つポイントです。では、月の隕石から、月の歴史について、どのようなことがわかるでしょうか。

中学生と天体観測

話は変わって、隕石を使った探究学習に戻ります。

隕石はただ石を見て、隕石かどうかということ調べたわけですけど、月の歴史を探ることを探究する学習に隕石をどう生かすかが課題です。

たまたま、これは岐阜県の中学校の先生に天体望遠

鏡を作って授業ができないかということで実践したときのものです。天体の観察には望遠鏡が必要なんですけど、学校には望遠鏡はそんな一人一個ずつないというわけです。しかし、そこを何とかしたいというのが、その先生の思いだったんです。そこで安価な望遠鏡を探したら、「スピカ」っていう、京都大学でいつも夏休みに子ども向けに作ってる望遠鏡キット「スピカ」(オルビス株式会社)があったんです。これをサイエンス・パートナシップ・プロジェクトなどで買ってもらって、三年生一八〇人だったんですけども一人一個与えて授業をしました。作ったあと、天体の観察をする。これ以降、いろんな中学校とか高校で毎回こうした出前授業をやっています。作った後、実際、月を観察しなければ意味がないので、観察会もやっているとすけど、夜に生徒を集めて、スケッチするようになって、みんなであんな座って月のスケッチを描いてくれました。このときの生徒はすごい熱心だったんです。こんなことができたのは、この学校の校長先生が放課後の観察会を認めていただいたからできたことで、校長先生も立派だったんです。

それで、月は望遠鏡で見ると、クレーターがいつぱい見えます。生徒にはスケッチを描かせるといので、クレーターに着目してスケッチを描いてもらったんです。スケッチ用紙にコメントとか書くスペースもあって、そこには「だんだんピント合わせが上手になった」とか、「今日気付いたことは・・・」とか、いろんなことが書かれています。特にクレーターに注目するようにと指導したので、クレーターの周辺には筋があるものがあるとか、真ん中に尖ってるのがあるとか、いっぱい事実をみつけてくれました。

そのあと月を見ると、どんなことが分かるかということを質問したのですが、クレーターには大きいものと小さいのがある。それから、深いクレーターと底の浅いクレーターがある。それからクレーターの中にクレーターがある、大きさもいろいろ、海と呼ばれている黒っぽいところもクレーターかなど、いろいろな気づきや疑問がでてくるわけです。

クレーターを作る

月面のクレーターの観察を行ったあと、クレーター

について、「これって一体どういうこと？」って聞かれてピンとくる子は賢いけども、なかなかそこからイメージが出てこない。だから、どうするかというと、クレーターの形成実験をやる。

クレーター形成実験では、上から鉄の球を落下させて作るんですが、カラーの砂で地層を作って実験をやるの中から下の層が飛び出してくるということが分かります。次々と鉄球を落下させてクレーターを作っていくと、どんどん砂が混ざったり、前に作ったクレーターが新しいクレーターができて消えてしまったりとか、いろいろなことが分かります。このカラーサンドを使った実験で、最後に生徒が気付くことは、いろんな色の砂が混ざったということなんです。そこで、先ほどの月の石を見せます。そうすると、さまざまな岩石の破片が混ざったのが月の石であることが読み解けるようになるわけです。

月からやってきた石から、月の歴史を読み解く力に身に着けさせるために、望遠鏡を作る、月を観察してスケッチをする、クレーターの形についていろいろなことに気付く。その気付いたことが実は最初の石と観

察と結びついて分かるという学習過程を作ることが大切なわけです。すなわち異なる事象をつなげて考えることによつて初めて、「あ、これとこれはこういうことだったのか」ということを分からせたいというのがこの教材と学習過程の狙いなんです。だから、そのためにどうしても月からきた隕石が欲しかったんです、

さらに、月を見せたときに黒い部分と白い部分があります、海を作ってるのが玄武岩で、白いところが高地を作ってる斜長岩で、月面の色の違いが石の種類が違うことがわかります。これは天体の衝突によつて、あっちこっちから飛んでくる破片が混ざつてることから、月から来た隕石の中には、海と高地の破片が混ざっているものがあることも抑えたい点です。

石の縞縞

今日は、別の石もお見せします。この石を見て、気付くことはありませんか。

——（聴衆） 筋が入ってる。

そうですね、筋が入ってる。筋が入っていますが、その筋って何ですか？

——（聴衆） 年輪。

お、すごいですね。木の年輪みたいに見えるね。木の年輪に見えるんだったら、枚数、何枚？ はい、枚数、数える。どうですか。

——（聴衆） 十三。

十三？ 十三ですね。こちらは何枚ですか？

——（聴衆） 二十。

二十。はい、十三とか二十とかあったんですけども、木の年輪みたいになんかに重なった縞模様ですよ。地層って何でこんなにきれいに縞模様になるんですか？ どうやってできたら、こんなにきれいに縞模様になるのでしょうか？

——（聴衆）重なっていない。

重なっている？ でも、砂がどんどん重なつて層ができるなら、厚い砂の層とか薄い砂の層とか、厚さがいろいろあってもいいよね。これ、みんな、厚さが同じように見えるでしょう？ どうしてだろう？

こここのところを深めていくと、この石の意味がわかってくるんです。どういうことかというところ、きれいにそろつていて、一枚ずつ年輪みたいって言つたよね？ 年輪ということはこの石は一年に一枚地層ができるってこと。一年に一枚ですよ。

でも実際には、一年に一枚かどうか、わかりません。そこで、この一枚、一枚は何年ですかという質問を試してみます。すると、十年と言ったり、二十年と言ったり一〇〇年と言ったり、いろんな意見がでてきます。しかし、もし本当に年輪だったら一年ですよ。

石の年輪

実は、この石の縞模様ができたくみは、季節変化なんです。冬は凍って、夏は温暖な場所をイメージし

てみてください。この石はそういう場所できたものです。夏は雪氷が融けるから夏に水が流れて、砂が運ばれてきて、一枚の地層ができる。冬は氷に閉ざされてしまうので、静かなところで細かい粘土が沈殿する。だから、粗いもの、細かいものでサイクルができる。すなわち、この石は年輪なんです。地層ができ場所は、スイスアルプスの氷河湖のような場所だったんでしょう。このように、風景をイメージしながら考えるといいでしょう。

さて、地球の歴史の話をするときに、千年、万年とか言ってるんだけど、今の石の縞模様は年輪でしたね。一三枚。一三枚つていうことは何年分ですか。一三年だよ。二十枚ということは二十年です。そうすると、僕、何歳？

——（聴衆）十歳。

自分よりも、この石は年数くってるんです。こういう話をするとき、「石でもすげー歳くってるんだな」みたいなリアクションで、小学生にはとても驚きなんです。

それから、石は、もとは地層から来たんだよね、といった驚きもありました。小学生は石は石、地層は地層みたいに考えてるところがあつて、地層が砕けて転がつてきて、海岸に転がつて石になるとは考えたこともない。だから、元は地層だったということが驚きなんです。こういうことについても、私たちも出前授業をやつてみて子どもの素朴概念に触れることができたわけです。だから、探究活動つて、身近なところにくらでもあるんです。

2. 理科教員とのネットワーク作り

学習指導要領の「抜け落ち」

縞縞の石を使つて、縞模様空間パターンを、年数から時間スケールに置き換える視点が生まれます。そうすると、伊豆大島の有名な崖をみて、この崖にみられる地層はどれくらい年月でたまったものか推理することができるようになります。実際に、何年分でしょうか？

先ほどの石が十三年ですよ。十年つてことはないで

しょう。五〇〇年。千年、一万年、十万年ぐらいでしようか？。正解は下の地層が二万年ぐらい前で、上の地層が一万年ぐらい前で、トータルで一万年です。ただ、これは火山灰の地層なので、毎年同じ量の地層がたまつてできたわけではありません。なぜ火山灰かと分かるかというと、下の地層はうねつたように傾いてるけれど、上は山なりになっていきます。すなわち、小さな谷が徐々に埋もれてやがて平らになつて、最後には盛り上がつていったということがわかります。地層は水で運ばれて水平にたまったあと変形したものではなく、上から砂が降り積もつた火山灰の地層ということなんです。だから、火山活動が一万年間続いて、こ

んなだけ積もつたとがわかります。

地層がみえる崖を見たら「何年分だろう？」というのが、この地層の学習のメインテーマなんです。そして、この地層の中から昔の生物が出てきたら、昔の環境が分かったり、恐竜が絶滅したことが分かったりする。そもそも小学校の六年生の大地のつくりと変化の学習つて、そういうふうに物事を考えるものですよ、ね？

ところ、学習指導要領には地層は、礫でできているもの、砂でできているもの、粘土でできているものがあることを学習するとされていて、何でできているかということしか問題にしていなくて、その理由は、よく子どもは地層を見たときに色で判断するので、色ではなくて粒の粗さで観察してくださいというのが大事だから、そう言ってるわけだと思いますが、粒の種類で分けることが目的ではなくて、地層から何が読み取れるかが大事なんです。

そういう重要な視点が学習指導要領では抜け落ちることがあると分かったので、生命と地球の共進化というコンセプトで、ちよつと前まであった理科総合Bという教科書を作ったときに、この内容を検討して、さらに小中学校の学習内容をチェックしたところ、形式的な理科の学習が多くて、探究学習というのが見失われているということに気付いたわけです。

理科教材データベース

そこで、自然界には、いろいろな面白いことがいっぱいあるというので、教科書に掲載できない事象を集め、

理科教材データベースというコンテンツを作るということを始めました。そのスタートは二〇〇一年ごろからなので、もう一五年ぐらい続けています。

一日に掲載する写真は、五十枚として。三六五日で十年やったら、十五万枚の写真がホームページに掲載されます。そのホームページを作るときに、どういう情報を取り上げるかということは、現場のニーズが要るんです。学校の先生がどうしてもここは子どもたちに授業しても納得してもらえないとか、実験やったら、それぞれバラバラで一体どうなのかといったとき、あるいは意見が分かれて収拾つかないみたいな事態がよくあるので、そういう困難なことをコンテンツを見て確認すればわかるように、網羅的に集めて、いつでもどこでも利用できるようにしようとかたちでやってきたものです。

だから、学びの現場を知らないと、役に立つコンテンツは作れないのです。正直にいうと、小中高校の先生が一番偉いとは私は思っていて、なぜ偉いかっていうと、児童、生徒を受け持っていて、毎日児童・生徒と向かい合って、その実態を把握して指導しているから

なんです。私たちは時々しか出会えないから、なかなか学習者の実態がつかめない。つまり、学びの現場のニーズを知っているということが偉いんです。

でも現場で解決できなくて困っているというのが今の現場の実態なので、それを、何でも相談屋みたいな感じで、「何でもお手伝いします」といった感じで学校現場を支援しようとしたわけです。それでも、大学の先生は本気でそんなことやるともりなのか、みたいな感じで、もう始めは半信半疑。大学の教員が現場に対してなにかをやると言う、見返りに何か恐ろしいこと言われるんじゃないかと。例えば、科学の祭典やるから、ブース、たくさん出せ、みたいな感じで言われると、現場の教員は忙しいのにえらい迷惑なわけです。過去にそういうことが多々あったのじゃないね。校長先生とか、もう、身構えるという場面に出くわしたこともかつてはありました。しかし、現場の先生を支援して、授業を改善したり、教員の指導力が高まることを目指していることがわかると、だんだん気軽に相談に来てくれるようになるんです。こうやって、地道に現場と大学の信頼関係を作っていくしかない私は考

えて、これまでやってきました。

人工衛星観測ナビゲーター

星の学習について話をしましょう。「今日は星空を観察してきてください」と言われても、毎日星見ても同じでつまらない。なので、何か新しいものを見つける楽しみを作ろうというので、やってくる人工衛星がいつ来るかということ予測したホームページを作ったんです。このサイトを「人工衛星観測ナビゲータ」というのですが、この日は北西の空から国際宇宙ステーションが上がってきて、やがて地球の影に消えるといった具合に。ここにベガ、デネブ、アルタイルからなる夏の大三角があつて、そこに向かって国際宇宙ステーションがやって来るんです。なので、夏の大三角を見つけて、ここに向かってやってくる宇宙ステーションを見つけないといけない時間の説明して、星空観察会をやる面白くなるんですね。これ、夏休みの京大の学習教室で何回もやっていますが、実際に見つけたら、思ったより明るくて「あー、あつたあつた」みたいな感じで観察会が盛り上がるんです。

そのあとで、国際宇宙ステーションの話をして、では宇宙ステーションから地球を見たらどうですか、というので最近は日本宇宙フォーラムと一緒になつて、JAXAの「きぼう」という実験棟にハイビジョンカメラを付けてあつて、小中学生や高校生の授業でリクエストしたら、その日に宇宙ステーションから撮影されたビデオ映像を、地上にダウンリンクして、インターネットで見れるというシステムができました。こういうしくみを作ると、単に星の学習ではなくて、国際宇宙ステーションとか宇宙開発に興味が広がっていくというわけです。

昆虫図鑑

もう少し自分の身近なところだと、昆虫図鑑作ってますね。昆虫図鑑を作るといのは何かというと、見つけた虫が何なのかと図鑑で調べるといふふうに皆さんは考えてるでしょうけど、私は全部の昆虫の写真を撮るといふ意気込みで撮影を続けています。この虫はどこにいるかっていうのを探るために図鑑を読むという感じです。で、トンボは今一〇〇種類撮りました。

最近は、ナゴヤサナエとかオオサカサナエとメガネサナエとか、マルタンヤンマとか、夕暮れに飛ぶ見つけにくトンボ、環境が局地的なので、なかなか撮りにくくなってるんです。チョウも二二〇種類ぐらい撮りまして、あとは北海道に行つてウスバキチョウとか撮るという課題が残っています。最近はハチの写真を集めて、ハチ図鑑を作っているんです。ハチつていうと、大体何種類いるか知ってますか？

今まで、私が確認したハチは二〇〇種類ぐらいなんです。実際には一万種ぐらいいると言われていて、ヒメバチとか、あるいはコマエバチという、モンシロチョウやアゲハを飼育するとさなぎから出てくるグループは、種類が多くて、全然研究が進んでいないんです。

そこで、もう、見つけたハチはみんな新種みたいな感じだと言われたんです。私は一生懸命、写真撮つて名前付けようと思つていたら、ハチの専門家がほとんど新種だから名前付きませんつて言うんです。「ああ、分かりました、じゃあ無理なんですわね」。「でも、形態で見分けられる限り、全部、分けましょう」つて言つて、片っ端からハチの写真を撮り始めてるんです。今、

三〇〇枚ぐらい撮ってるんですけど、片っ端から写真撮って、図鑑を作っていくと、だんだん分かるんです。

これまでに昆虫は二五〇〇種類ぐらい掲載しているんですけども、チョウとかトンボはもう大体、調べられているので新種は見つからないけど、ハチとかハエは新種ばかりなんです。そこで、今年、科研費に申請して高校生の課題研究で、とにかく学校の周辺や公園で見かけたハチは全部、片っ端から写真撮って、全部ホームページに上げて、似たもので並べて整理しようという構想を進めています。

昆虫の写真撮影も一生懸命やってるんですけど、どんな感じかというと、チョウも、もうマニアックなくらい、すなわち脚が棒になるくらい探しまわってやってるんです。ミドリシジミとか、なかなか撮れない種をどうやって探すか、そのチョウはいつ、どここの何月何日にどの木のところにいて、というように探せば、必ずみつかるんです。でも、知らなければどんなに探しても見つからない。だから、情報を集めて探すということが大事です。

アゲハチョウなどの身近かなチョウも調べていくと、意外な生態がわかってきます。これはアオスジアゲハですけども、白い花が好きで、食草はクスノキなんです。だから、公園にもいるんです。これはミカドアゲハです。で、どちらの種か分かるようにするためには、ちゃんと翅の模様が分かるように撮るということが必要です。だから、真横から撮ったりもする。つまり図鑑的に撮る。どういうところにいるかが分かるようにレンジで撮ると生態がわかる。トラフシジミは、春先はトラ型の模様をしていて、翅の色が季節変化します。また、成虫見ると幼虫どこにいるか分からないから、今度は幼虫探しも必要になります。

そうやっていると、飼育もしてみたくります。飼うとキチョウが羽化する瞬間というのをビデオで撮ってみたいくなります。キチョウは、メドハギという食草にいますので、羽化するときにつかまる枝がないんです。「さなぎから出てきて、どうするんですか」と不思議に思っただけでオに撮ると、脚六本のうちの後ろ足でさなぎの殻に引っ掛かって、のけぞるようになって出てくるといことが分かったんです。なんとまあ変わった

出方したなと思って、二匹目飼育したら、二匹目も同じだった。なので、羽化の仕方でも種類によって全然違うということが分かったりする。ツバメシジミの幼虫はレンゲの花にいたんですけども、これは下に向かって羽化してくる。下に向かって出てきた後、羽を広げるために飛行機が、滑走路で離陸するときみたいに向き変えることがわかる。身近な生物に不思議なことがいっぱいあるということが分かったりしました。

蛾の世界はもつと不思議です。ムラサキシヤチホコは、一見すると、枯葉に見えないですか？ 枯葉に見えるこの姿は、翅の模様なんです。その模様が丸まった枯葉に見えるように擬態しているので、必ずこの姿勢に止まるんです。だから、周りの環境、光を覚知して、自分の体の体制をどのようしたら枯葉に見えるかを知っているんです。

エグリシヤチホコにも驚かされました。これはコンビニの駐車場にいて、何か木屑みたいのが落ちてるなと思って撮ったんです。でも、もしかしたら蛾かもしれないから写真撮ってから、ちょっと突いたら、ひらと飛んでいって、「あ、やっぱり蛾だったか」みた

いな感じですよ。カレハガもびっくりです。これなんか、クヌギの枯れた葉っぱそっくりで。びっくりなのは、この頭の、頭部のところ。鼻みたいところなんです。が、まるつきりクヌギの葉っぱの根元そっくりに擬態しててなんです。

こうして、大体、昆虫を見たら、属とかまで分かるようになったので、子どもたちを集めて虫捕りやるんです。子どもが虫捕り持って走り回るといのはいままや少なくなっていて、大学で公開講座としてやる超人気です。もう募集かけると、すぐにいっぱいになります。毎年七月にやっています。

「やってみて分かるというのが探究的な学習」

次に化石の話をお願いします。アンモナイトもたくさん、何万個と集めていて、今、大学生がこれの分類学をやってるんですけど、ハチの分類もアンモナイトの分類も、どれもやってみると一緒なんです。形態で分けている。で、だんだん細かく分けていって、最後に問題になるのは種の定義なんです。種の定義というのは、ある生き物がどういう形態をしているかが記載さ

れている。定義に沿って分けていくことをやるのは、何をやるにも一緒なので、これは分類学なんです。

中学校とかの学習では分かりやすいのをセットにして配って、どれかを比較する資料から選ぶようにします。たとえば、中生代ジュラ紀のアンモナイトの場合は、トルノセラスとかカリフィロセラスというのがあるって、自分が調べた化石の名前がわかると、それから地層の時代がわかる。この探究学習をすると、示準化石で地層の時代が分かるということを自分で名前を調べて、実感として理解できる。すなわち、やってみて分かるというのが探究的な学習です。そのために分かりやすいセットを作ることが教材研究として必要なんです。ややこしい教材だと、難しかったという印象だけが残ってしまうので、かえって逆効果なんです。

火山の模型作り

それから火山をテーマにした探究学習もやっています。ハワイの火山の写真をみせて、こんなふうになっ

てますと言っても実感できないので、私たちは、火山の形をした模型を作って、下から歯医者型の液をマグマにして流して、すぐに固まった溶岩を観察するという探究学習をやっています。歯医者型の液に絵具で色を付けて何回か流すと、溶岩流が繰り返していくと山がなだらかになって、でこぼこが消えていくことがわかります。また、異なる色の溶岩が重なって火山が成長していくこともわかる。時々、火山灰を噴出させることもやったりします。これをやると、ある生徒が「先生、火口が詰まりました。次の実験できません」って言ったんです。そしたら別の生徒が、「失敗だー」とか言うんですよ。この発言をうまく生かすと、面白い授業になるんですね。

実際に火山のときに噴火口が詰まったらどうなるかというと、マグマが上がっていくときは、マグマの通り道である火道にマグマが詰まってるけど、マグマが下がると空洞ができるんです。だから一度、表面にマグマが冷えてできた皮ができてドンと陥没してカルデラができるわけです。模型実験では、火口は詰まるので、割りばしなどで突いて穴を開けるんですけど、

自然は自分で崩落してカルデラができるということが分かる。だから、火山の気持ちになつて考えようと、詰まつて失敗だということはないんです。この授業では、このことを体験した生徒はすごいことがわかったという感想を書いていました。教科書にないことに、疑問をいだいたり、それがきっかけとなつて、新たな概念を学んだからでしょう。

それから、前に流した溶岩の下から新しいマグマが染み出したことがあります。これも失敗だと言う生徒がいたんですね。ところが、必ずしも山頂から噴火が起こつて、マグマが流れ出るとは限らなくて、横から出ることもだつてよくあるんです。これは火山のモデルで探究していくと、おかしなことが出てきて、それはおかしなことではなくて自然もそうなるということに気付くというのが、この実験の良さなんです。したがつて、何か答えが分かつててやつてみるという、追体験ではなくて、条件がいろいろある中で、やつてみて分かることから学んでいくというのがこの実験の良さです。こういうことは、やっぱり火山とはどういうものかということを分かつた上で、授業をやつ

ていくとだんだんできるようになつていく事例です。そのためには、教師の教材研究の深さが求められます。そのために、いっしょに授業案を練つたり、火山のしくみについて、議論することが必要なんです。

対話で深めていく探究型学習

ここに恐竜の骨があります。スピノサウルスという恐竜のものです。この化石から恐竜について探究するために、スピノサウルスの模型を作るんです。「ジュラシック・エッグ スピノサウルス」「骨格模型のキット。グリフォンエンタープライズ社」というのが国内で販売されているので、これを公開講座で小学生に作らせて、実際の骨と比較させるわけです。歯とか前肢の爪について、大きさを測定します。模型での大きさが五ミリで、実際の化石の大きさが一五センチだったとすると、その比で大きさを計算させます。そうすると、体長一七メートルとかつて推定できるんです。次に「体重どれくらい？」って聞くと、大きさが三十倍だから体重も三十倍とかつていう子もいますが、体積だから、その掛け算、掛け算、掛け算つて立体で計算しなきゃ

いけません。小学生のなかには、恐竜は好きだけど算数嫌いでがいて、でも体重出すには掛け算しなきゃいけないかったんです。隣にお母さんもいて、「だから算数もやらなきゃ駄目よ」みたいな感じで、親子の会話が面白かった。それで、体重が分かったら、この恐竜飼うとしたら、餌、どれぐらいやったらいいか考えさせたいんです。最後に「餌は何ですか」という質問したら、みんなサカナと答えたのにはびっくりしました。本に書いてあることはよく知っているんですね。

この場合も、学習者と対話しながら、探究的に理解を深めていくっていうか、どういうふう to 考えたらいいかを、ひとつずつ対話しながらやってくつていうのが、この探究型の学習のやり方です。これはプログラムとして作つて、そういう物事の考え方を教えるというやり方です。同様の学習は大野先生の三葉虫を調べようや、触ってみる貝でも開発されています。

また、小学校の授業でも、骨の化石があったので、骨と筋肉という単元がありますね。実際に骨を見せると子どもたちは大喜びなんです。これ、東京書籍の人の骨格のイラストがあるので、どこの骨かを比較さ

せる。すると、どこの骨がどういう形かっているのを見つくり見るようになります。ですから、ただ絵を見せ、何となく知つてるといふのと、実際にじっくり観察するとは全然違うんです。さっきの恐竜のときも、子どもたちに「好きな恐竜の絵、描いてごらん」って言つて、意外と描けないんです。で、小学生と大学生とペアにしてやつたんだけど、大学生のほうが下手だったりする。事物をじっくり見てないんですね。だから、実物を見てスケッチ描かせるといふことも、とても大事な学習なんです。

一人一人に応じて作るコンテンツ

それから学校の先生が授業やつてるときに、やっぱり教室でできないことに関しては、地層の露頭に行つて、ビデオ撮つてくる。「私は今日、どこど層に来ました。こんなところに木の化石があります」といった感じで。また、ここに「火山灰の層が一枚入ってます」といった解説をして、「この地層からどんなことが分かるでしょうか」といふように、映像のなかで、児童・生徒に語りかけるわけです。焼岳山頂にも登つて、

火山の噴気のところに立って、先生が「私は今、火口に来ています。石がまだ熱いです。ゴーゴーと音を立てて、蒸気が噴き出しています」みたいな感じで。そこで、サーモグラフィーを取り出して、ここで「今から温度を測ります。噴氣しているところは一〇〇度を超えています」といって、ビデオの中で生徒に語りかけると、「先生、登ったんですか」、「僕も行ってみよう」といった生徒の発言があつて、生き生きした授業が成立するわけです。

こうしたコンテンツは、誰でも使えるコンテンツではなくて、この先生のためのコンテンツというように、一人一人の先生のニーズに応じて作るというわけです。これを教員研修でやるわけです。

岐阜県でやってるので、岐阜県の教員を対象にやってるんですけど、岐阜大学の出身者は現場では三十パーセントかなので、他の大学の出身者も多いんです。だから、岐阜大学を遠巻きにしているのではなくて、愛知教育大学や大阪教育大学から来た人も岐阜県の教員になったらこういうコンテンツを作りつつ、いっしょに学んで教育の質を高めていくことが大切だと思います。

ます。

高校生と新種を見つける

先ほど、ハチを調べようと言う話をしましたが、一時期、コケ、お墓とか石碑とかに付いてる地衣類を調べたんです。これはたくさん種類があるんですけれど、これも何が何だか分からなかったので、片っ端から写真を撮って、分類学をやり始めたんです。同じことを高校生といっしょに進めたわけです。地衣類の見分け方を教えたり、写真の撮り方を教えて、撮った写真を送ってくると、定義と比較して、観察を行って、種を絞り込んでいく。そうすると、だんだん分類ができるようになり、新種をみつけたりするわけです。意外と新種があつて、高校生と一緒に地衣類調査をやつて新種を見つける。で、新種は論文にすることということで、三年ぐらい科研費でやったわけです。

オレンジ色をして岩石の表面に生育している地衣類の多くはダイダイゴケ科です。非常に特徴的な形態なんですけど、国内では記載がありませんでした。アメリカのほうでは、類似の種はもう記載されていました。

日本でも誰も記載してないので、これは国内では新種として記載しました。すなわち、地道に調べれば、高校生でも新しい発見ができるんです。その発見を手助けするためにコンテンツを作るというわけです。この発見ができるようになるためには、とにかく見たものを片っ端から集めて整理することが必要です。

体験型の環境教育

今日、話の最後になりますけれども、向こうで環境教育の発表があつて、とても素晴らしいと思つたんですけども、地球とか身の回りの自然というのは最後には環境教育で地球温暖化とかあるわけですけども、そういう取り組みをしているわけです。大学でESDKオリアというサークルを作つて、学生のサークルで環境問題を考える。そのときに、いろんなNPOと連携して、さまざまなイベントに学生が参加したり、あるいは他の学生を巻き込んで学んでいくわけです。自治体とも連携してやつていくわけです。どんなことをやっているかという、たとえば、泥んこ遊びと田植えです。やつぱり、こういう田植えとか泥んこに入るといふ機

会がないので、大学生が入つて子どもと一緒に泥んこになつて遊ぶことで、子ども達にも、そういう体験をさせるといふことです。それをやる大学生も初めて泥んこになることが多く、楽しかったといった感想が聞かれます。

それから岐阜県は、山地が多いので、人工林に行つて、間伐体験をするとか。それから、長良川のところを下つて、長良川の環境はどうなつてゐるかを見てくる。それでゴミとかの問題に気付くわけです。

また、小水力発電と言つて、五〇ワットとか一〇〇ワットとかつていう小さい発電機で、農業用の用水路で発電をするようなのを導入したりしています。そういう取り組みを今日みたいに大学生が集まつて話し合つて、最後、環境宣言みたいなことをまとめるというような取り組みです。

このようなことをやっているので、岐阜県と愛知県と三重県は伊勢湾に川が流れ込むので、この流域で環境問題を考える必要があるというわけです。それで、岐阜の山から流れていったゴミはどこに流れるかという、伊勢湾は閉じてるので、みんな、三重

の志摩の真珠を養殖しているところに近い答志島というところ流れ着くんです。愛知県、岐阜県から流れてくるゴミの約六十パーセントは、その島の海岸に辿り着く。なので、岐阜県からみんなでバスで行って海岸清掃をやるという、まさに今日高校生が発表していたことをやるんです。それで分かることは、自分たちが捨てたゴミが三重の海岸に行ってる。だから、これは捨てちゃ駄目だというのが、三重の海岸で拾って初めて分かる。よく、それが高校の先生が学校の周りでゴミ拾いの清掃活動をやってる。これは環境美化活動であって、環境教育になってないんですね。

流域の向こうの隣の県の人々に迷惑を掛けてるから自分たちも何とかしなきゃいけない。地球温暖化問題も二酸化炭素を排出しても自分とは関係がないんじゃない、これは巡り回って地球全体に及んで、海抜ゼロメートル地帯の人々の生活を脅かしてる。だから、出してはいけないという意識が出てくるというのは、そういうネットワークの中でやっていかないと答えが見えてこないということなんです。だから、自分の生活の範囲の中で閉じていては駄目で、もっと外に広が

っていくというのが、ESD[持続可能な開発のための教育]の活動で、そういうところから何か自分たちが、自分たちの生活に気付いて生活をよくするようなことを考えていくというのが、この体験型の活動の内容になります。

学問と教員と学習者をつなぐには……

今日の話は地球惑星科学からのということなんですけれども、地球科学ができることは、今日、お見せしたように標本があるんですね。標本というのは実物というの、すぐく学習者にとってはインパクトがあつて、実物なら見てみたいとかつていう心の動きがあるということなんです。それから物はあつても、どこから来たか分からないので、このICTで、さっきの先生とかを現場に行つて現場の状況をちゃんとVTRに撮つてくるというので、どこからの借りものではなくて、やはり自分の目で現場を見るということが必要になってくるということです。

それで、そのことをやるには子どもがどういうふうな疑問とか発想をするかということを知らないといけ

ないので、子どもの世界、あるいは小中学生、高校生の世界を知ることが私たちにとっては必要なことだから、機会があるたびにそういう人たちと交流する。

それから、実際にその子どもたちを指導するのは先生なので、先生たちが現場で何やってるか。教員の世界も知ると、教員が何を必要としているかが分かって、それに手を差し伸べればつながりができるということです。

さらに、具体的に、じゃあ、どういう手立てを出すかというときに、非いつ様なのが実は専門分野の知識ですね。専門の研究をベースに持つるので化石が出たり、隕石が出たり、火山が出たり、いろんなものが出るんですけど、理科教育だけやってる先生が何か言っても、抽象的なことは言えるかもしれないけど、具体的なものが出てこないのではないでしょう。

これまでにやってきたことを振り返ると、学習内容の理解をベースに、教員の世界と学習者の世界を融合させることで、新たな探究学習が創造できるのではないかというわけです。

プロフィール：

名古屋大学で学位を取った後、岐阜大学教育学部へ、現在教授。『縞々学・リズムから地球史に迫る』（東京大学出版会、1995年）などの著書多数。惑星の形成過程、地球や宇宙の歴史に見られるリズムを読み取る研究（縞々学＝しましまがく）、プレカンブリア代終わりの大氷河期など、惑星と生命の歴史全般にわたる研究を行っている。その一方で、「理科少年」の心を失わず、昆虫、地衣類などについても熱心に調べている。講習などを通じて、岐阜県の学校の理科の先生のネットワークをつくり、理科好きの子ども達の育成に努めている。

座談会 川上紳一×大野照文×中高の現場

子どもたちの発表を見て

——（大野）少し長丁場になってきましたけども、今、生徒さんたち、中学生とは思えない、すごいプレゼンをしてくれたわけですから、まず川上先生にちよつと、その辺の感想を。

——（川上）プレゼンを見せていただいて、まず、やっぱり自分の力でやつてるところがすごいと思います。特に中学生ね。今の電池のもすごいし、それから、自由落下の研究もすごいし、それから水中で、水の音速を出すという実験も一生懸命やつて、それぞれ自分たちの実験を工夫して、自分の研究としてやつてるところがいいところなんですね。何か先生から課題が出てやりました、みたいな感じではなくて、自分がこれを研究しようっていうところが出ていて、そこをやつぱり動機をもつと、なぜ自分はこれの研究をやるうと思つたかっていうところを、よりアピールすると良くなると思うんですよ。

——というのは、大学の研究者も科研費とかいうところで申

請をするんだけど、これは誰もがやつて追究してる研究なのか、大野先生なら大野先生がこの研究をやるのかっていうね。だから、私がこの研究をやるんですっていうところがあつて、じゃあ、その方法はこれでいいのかっていうところでやつて、それでやつぱり結果を出すと。そして、やつたことが他に誰か同じようなことをやつてないかチェックして、自分はどこにセールスポイントがあるのかっていうところを、もう一回確認した上でアピールすると、研究としての良さを受け止めてもらえるんですね。あまり、そこを気を付けてやらないと、一生懸命やつただけで、パツと見たら、「他でも誰でもやつてるような研究じゃないですか」と思われたらつまらないっていう感じがするんじゃない。今日の皆さんの発表は、しつかりやつてるっていうところはすごくあつたので、やつぱりそこが今の他との比較、自分の、自分なりのオリジナリティというところをもつとアピールすると思います。

——（大野）今の、何か、大学の卒業論文の発表か公表みたいな話で。逆に言うと、それぐらいレベルが高いと、君たちは。そしたら、塩飽先生に、こういうふうな中学校で

理科の研究をするということのいろいろないきさつと、あともう一つは基礎的な部分を学ぶのに、今回の展示でも置いてますけども、イギリスの教材があります。ちよつと言葉で補足してもらいながら、どういふうな生徒さんと一緒にどんなことをされてるか。

科学教育の現場から

——（塩飽）はい。最初からですね。まず、中学校の取り組みは三年生で一年間、週一時間研究をして、最終的にはA4の四ページの論文とサジェッションを行います。それに向けて、ケースプログラムの認知促進プログラムを行ってます。中学生より、ちよつと簡単なようなところなんですけど、変数とその値の関係性というのから始まっていて、比例とか反比例とか、蓋然性とか、いくらやればいいか、コンバート、バリエーション【変数】というような話をしている——

「塩飽修身（しわく・おさみ）。理科教員。一〇〇七年四月（開校時）より倉敷天城中学校に勤務。同校の特色ある教育「サイエンス」担当。」

ます。これが結構、私には価値がある話で、生徒との話するときにも、「このバリエーションは何？」って言ったら、文章の中から何が変数かを見つけ出すことができて、インプットバリエーション【入力変数】は何だ、アウトプットバリエーション【出力変数】は何だ、そのリレーションは何だって言ったら、「アップ、アップだ【比例関係、アップダウン】反比例関係」とか言って、すぐにとらえていきます。これはかなり大きくて、他の教科でも使えるかなと思っけていて。

あと今、今日、三人理科に関しては、その中では、今、この子はどいふうにとらえているか、言葉をとらえているかというのが共通の認識の部分というのがあるので、そこがうまく説明できるようにしたいと思います。あとは、中学校で初めてやったの「は君だよと、よく言うよね。初めて英文で書いたのは、彼だ。初めてポスター、英語で描いたのはこの学年だとかいう感じで、すごく刺激してきて。あとは、トロフィーを作って、一回目のトロフィーもらった子、二回目のトロフィーもらった子、もらわなかったら悔しい、ただそれだけがモチベーションになってて。その授業は天井知らずで、ここまでできるから、もうそれ以上はやらなくていい、じゃなくて、やりたかったらど

うぞ、というような感じでやっています。コンテストに出しても賞が取れないっていう、先生の話なんけども、これがすごくあって、悔しい思いをこちらはしながら。でも、やった子、今日来た子たちは本当に自分たちで仕上げてきたって言うって、昨日の放課後までポスター作ってたぐらいなんです。よく頑張っていました。

——（大野） 去年までは理科でない先生も、もう一人入っておられて、なぜ理科に社会が入っていたのか。

——（塩飽） 一番は、理科室はプロジェクトの、職員室ではない別の部分の、勝手にプロジェクトを組んで。生徒には言いづらいんですけど。どんなことを、次の一手をどう出そうかっていうのをすごく考えてたと思うんですよ。理科室へ来ると何か新しいことをやったり、何か面白そうなこと、「あれ、面白いやん」とか。多分、やりに来て雑談してる生徒が中に、叱られながらね、「うるせー」とか「黙れ」とか言われながら、次の一手に何を出すかという話をよくしてるたので。まだやってない一手はどう出そうかというのを僕らだけで考えてると理科だけになっちゃうので、社

会的な部門で出して、それをどう応用できるかなって、みんなにどう伝えるかなってというのがすごく役に立ってた方です。今年はおられないので、ちよつと痛手で、という感じです。

——（大野） 生徒さん、どうですか。

——（生徒A） 僕は、何か理科室の住人みたいな感じで、何か休み時間には大抵、理科室にいたんですけど。それから先生といっぱい雑談して、その雑談してる間に、何か、研究のことがボツと進んだりとか、いろんなことがあって、すごくよかったなと思っています。

地域との連携

——（大野） 今日は奈良の青翔高校というところから来てもらって、少しお話を聞ければと思っています。

——（山田二） とりあえず、学校の紹介させてもらいます

二山田隆文（やまだ・たかふみ）。理科（地学）教諭。理数

ね。奈良は分かりますね。奈良は、ちょうど北西のところが盆地になつてゐるんです。その盆地の南のほうに御所という小さな、昔は薬屋さんとかがいっぱいあった、古い町ですけどね。そこに青翔高校という学校があるんです。

青翔高校というのはちよつと珍しい学校なんですけど、理数科だけの学校です。最初は理数科だけで四クラスだったんですけども、今は青翔中学校ができたので、中学一年生が一クラスと、高校一年生が理数科三クラスという、そういうふうな学校です。

それで、ちょうど平成二十三年ですから、今から四年半前ですね。スーパーサイエンスハイスクールの指定を受けて。その前からもずっと皆さんがやつてゐるような課題研究とか、探究活動とか、そういうのと同じようなことをやつてたんですけども。グループでやつてたんですけども、さらにスーパーサイエンスハイスクールに指定されたというのをきっかけに、いろんな外の世界とか、いろんな学会とかで発表したり、そういうことをするようになった。

SSH部長。奈良県では数少ない地学担当教員。専門は天文教育。「現在はSSHのマネージメントに励んでいます」

になつていったと。そういうふうなご縁です。そしたら、あと、生物の発表についてしゃべってもらいます。

——（生田）私と、武内先生は生物担当なんですけど、私は中学も見ておりまして、武内先生は高校の教員ですけども。御所柿という、漢字で書いたら御所市の御所と柿なんですけど、その研究をしています。それと奈良県は遺跡が非常に多いんですが、ご存じでしょうか。奈良県は例えば、纏向遺跡。三年ぐらい前に、卑弥呼の宮殿跡じゃないかという話が出ています。御所市の名柄遺跡からでる桃核の研究もしています。

うちの学校の方針として、地域密着型、地域連携ということに大事にしています。御所市も本校も、WinWinの関係にということと、青翔高校、青翔中学が地元の話で、やつていくことによって地域も活性化していきたいなと思

三田依子（いくた・よりこ）。理科（生物）教諭。生徒のみんなのやる気スイッチを押して継続することが趣味。「科学研究を通じて、生徒のみんなが自分の努力の方向性・将来像を確立していくようす、成長を生徒とともに楽しみたいです」

っております。

御所市には遺跡がたくさんあり、桃の核が出土します。分類は外部の会社に依頼するのが普通です。しかし代金が高いです。御所市は非常に貧乏でして、外注でお金を出してはできないんです。だったら、地元の青翔高校でしてもらったつたらええと、(御所市が) 言ってくれはったので。それから遺跡の桃核の研究を始めたんですね。うまく研究ができて、次は纏向遺跡も測定させてもらいました。今後は大阪とか兵庫も教育委員会を通して遺跡の桃核の測定をやつていこうと思つています。

やる気スイッチを押す

——(生田) 私も武内先生も、目指してるところは、生徒のやる気スイッチをどうやって押すのかというところなんです。押すのは簡単なんですよね。一瞬、ぱっと上がるんです。でも、継続つて難しいなと思いませんか、皆さん。押すのは簡単で「よっしゃあ」と思つても、ずっとスイッチが入ったままにならないでしょう。ずっとスイッチが入っているのは何なんかなと思つていて。最近思つたのは地域連携かな。例えば、地域で研究をやるときは、これだけ手

伝ってもらつてるとか、こんだけお世話になってるんだつていうことをすごく生徒は実感するんです。柿もそうです。柿頂きにいつたり、お世話になつて。桃核も、文化財なので生徒は普通は測らしてもらえないところを測らしていただけなので、非常によく頑張つてくれています。いい意味での圧力つていうものは、成長を促してるのかなと思つていて、地元も、中学校も、こつちもいい関係であるように、また生徒も成長していけるようにと思つています。武内先生、柿の現状はどうですか。

研究者から教師へ

——(武内^四) 青翔高校の武内と申します。まだ教員歴が二年目なんです。それまで、ポスドクとして、大学のほうで研究員として働いておりました。それから、今の青翔高校のほうに、採用されて配属されたんです。その中で、ポ

^四武内菜穂子(たけうち・なほこ)。理科(生物)教諭。「最先端の科学技術や研究を生徒の知識でも分かるように、『身の回り』のことと関連させて説明していきたいです。生徒クギツケの臨場感のある授業。これが目標です」

ストク経験した私の役割っていうのは何なのかというふうに考えたときに、青翔高校ではいろいろな研究をすでにやっていると聞きました。でも、その研究の中で、もと研究者として、どんな所でもう少し踏み込んだようなアドバイザーがしたいなと考えたんです。学会に出て聞きに來られた先生たちが「どうしてここ測らないの?」「ここを測ればもっと良い考察ができるようになるのに。」というようなデータの信頼性や必要性を伝えるところで、お役に立てるかなというふうに私は考えています。

あと、論文の検索方法とか、生徒がここかくくても気付かないけどっていうところを、ちよつと、こちよこちよつてこしよぐつてやることによつて、もつと生徒が、ハツと思ふところがあつて、調べたい、もつと知りたいっていうような連鎖的な起爆剤になれるような発言ができるかなというふうに思つて、私は今やっています。

——（大野）僕らがいろいろ太学で見ている、今ドクタ―取つてすぐ優秀な人たちが結構職がないと。一方では、学校現場で、理科の力をどう付けるかつて悩んでいて、もう十年ぐらい前から言つてゐるんです。専門性ということに

ついては、太学で皆さん、勉強されて、そういうものを持つて、現場でそういう力をもつと發揮できるような仕組みを学校も、行政としてやつぱり思つてます。

交流から元氣をもらつて

——（川上）今日の、この高校生の皆さん、中学生の皆さんをちよつと見ていたんですけど、太学でやつていても、何のために学んでるのかっていうことを自覚しないでいる人が多いんです。「これで単位取れますか」とか。「これやつたら卒業できますか」とか。先の結果を求めている人がすくく多いんです。逆に、何かやりたいっていうふうに思つてやつてゐる人が多くいると、ひとりでにそういう雰囲気できる。僕らも今の最後のほうに、カヌーに乗つて川下りをしたり、海岸に行つてごみ拾ひしたりっていう他の学生いるんですけども、そういう学生ができたのは、六く七年前。

最初はそういう、年寄りが集まつて、環境について「どうしようか」と言つてるときに、太学二年生三人がここに来て。彼は最初、「何で自分たち、この人たちの間の中にいるのか」みたいな感じだったのが、月に一回、話し合いを

していくうちに、だんだん自分たちもその気になってきて、彼らが動く。で、次の学年、次の学年といって出てきたら、もう今は、僕らは何もしないのに勝手にやってるんです。NPOと連携して、今度、そこに行ってきましたとか、こっちで合宿しましたとか、何か知らない間にTシャツ作って、みんなを着てるんですよ。『僕の分のある？』って言うたら、「ああ、まだ一個余ってました」って。「え、注文、来なかったの？」みたいな感じでやってて、何か、もうひとりでに学生が動いているんですよ。で、四年生が動いていると、それを見て、自分たちもこれで、一年生も入ってきた人に仲間に組み込まれていて。

四年生は、一年間、どう活動するかというのは見えている。だから、この時期にこれして、これして、これしてっていうふうになってくると、一人ずつが役割みたいなのが自然にできてきて、僕はこれやるから誰々くんはこれと、中心になって責任を持つんだけど、その何かイベントをやるときには、みんなが参加する。ひとりでに、「今日は私、時間があるから来ました」みたいな感じで来るので。それで、何か今は学生がひとりでに、こう、動いています。

最初はごみ拾いとか、水力発電の設備とかっていうのも

NPOとか、こちらがスケジュールを立てたりしてるんですけど、今度は自分たちで企画してやりたいっていうふうになっているんです。だから、何か、自分たちで何かやっていこうという仲間が集まると、何となくできてくるような気がするんですよ。だから、今日もここにこれだけの生徒さんがいて、やっているのは、このメンバーがいてコアになって動いたら、多分、後輩とかに引き継がれてやるようになって、それが学校のカラーとか生徒さんたちの力になっていくようなですね。

だから、やっぱり、こういう場で、交流しながら、何か元氣をもらって帰って、また頑張ろうっていうような雰囲気が一番大事だなというふうに思っています。それが今日の環境のほうの発表を見ていても、やっぱり、そういうネットワークができているので、それを維持したり、さらに広めてくような活動が、今一番大事で、それが今の地域の活性化とか地域の何か、こう力というか、そういうのにもつながっていくんじゃないかなと。で、やっぱり一人一人が元氣で、何か、チャレンジしていくようなことが普通にやれて、こんな格好いいというふうにしていかないと、何か、だんだんとしぼんでいつちやうような気がするんですね。

だから、今日はすごく皆さんの研究発表を見て、やはりすごいなと思いました。

「楽しいな」を忘れないで

——（大野）そこにいる塚本さん。彼女はつい最近、ドクターを提出をしました。人間・環境学研究科ですね。非常に、何かいろんなことやってるお姉さんで、研究もそうです。それから、あと、『有限会社 関西教育考学の』社長さんなんです。

——（塚本^五）皆さんは中学、高校生で、今、地域連携について先生たちが経験をもとに言うてはるんで、多分まだ自分の実地ではぼくくん状態やと思うんです。調べ学習と

五 塚本明日香（つかもと・あすか）。京都生まれの香川育ち。京都大学総合人間学部、人間・環境学研究科を経て、二〇一五年四月より岐阜大学特任助教着任。専門は中国史。学部生の頃から総合博物館に関わり、週末子ども博物館等の活動に従事。二〇一〇年、（有）関西教育学で京大キャンパスツアーの運営実施。二〇一二年 同代表取締役就任。

かやってて、「あ、何か、面白」って、一番思った時ってどんな場面かちよつと教えてもらっていいですか。「何かここ、このとき面白かったん」みたいな話が一つか二つ聞けたらうれしいなと思って。

——（生徒B）自分が出したデータが、びゅつと線を引けたりとか、そういうときはすごく「やったな」という気にはなりません。エクセルに打つてるときは、何やってるんだろうと、時々分からなくなります。

——（塚本）それを繰り返して、その「良いデータが出た」っていうのを楽しんだ人たちが多分、今、前に座ってるんです。その「出た」っていうのを楽しいなっていうのを忘れんといってくれたらうれしいなと思います。別にどんな場面でもええし。

私の経験を一つ言わせてもらおうと、うちの学校は探究とか全然やらない学校だったんです。カリキュラムとして総合学習とか言われる前やったせいもあるんですけど。ただ、その中で私は、今、漢文を読むのがメーソンの専門なんです。高校のときは理系にいたんです。「二方」ずっと小

学校のと時から「三国志」が好きやったんです。で、漢文の授業で「三国志」の単元入るときに国語の先生が「おまえ、三国志好きやから、授業の単元の最初十分やる」と。赤壁の戦いという場面だったんだけど、「そこに至るまでの背景を、十分やるから、まとめてしやべれ」というて、先生が授業を十分投げてくれまして。その経験があったから、多分、大学入って、大学院進んで、今は漢文読みの研究をずっとしていると。

何か、やる気スイッチがどこで押されたのか、よく分かんないですけど、「おまえ、やってみ」って言うてくれたのが私はすごくうれしくて。それを多分、カリキュラムとして、みんなで作ってみようっていうのが総合学習とかだと思っんです。だから、何かしら、「あ、ちよつとやったろ」とか、「あ、こんとき、楽しかったんや」っていうのを持ち続けたいもらえる、何かの拍子に同じような感覚がきつとできることがあるので、それを楽しみに、まだどんどん進めていつてもえたらいいかなと思います。

幸せに研究してるかい

——（大野）最後に川上先生、何か。

——（川上）研究っていうのは、やっぱり何でやってるかっていうと、面白いからなんです。それから、何で調べたりしてるかっていうと、やっぱり知りたくなるんですよ。で、分からないことが分かったときにうれしい。で、分からない、このモヤモヤを解決したいと思うから研究しているようなところがあります。

それで、僕がまだ学生のときに、宇宙科学を専攻したんですけども、熊澤さんというすごい人がいて、僕に言ったんですよ。四年生で卒論の研究をしてたときに、「幸せに研究してるかい」って言われて、ガーンってなつて。研究やろうと思つてやつてたけど、幸せにやるかどうかって考えたことなかったんだけど。何か、その言葉が頭の中に残っちゃつて、本当にやりたいことをやってるのが本来の研究であつて、これでそれができているのかどうかということを決えず、何かその言葉が、今やってることは幸せに研究してるのかなのか、つらくて、何かやりたくないことやつて後ろから押されてチャレンジしてるのか、みたいなことを考えたときに、やっぱり、こう、何か自分の深いところ

からエネルギーがわいてくるから研究をやってるんだな、
みたいな。それがなかったら、何か、足が動かなくなっ
てしまうような気がする。

だから、こういうところを、絶えずエネルギーをインプ
ットしてやり続けると、それが普通に、研究してることが
普通になるというか。それが日頃の生活になるということ
が、僕らの考えてる研究であって、やらなきゃいけないか
らやってるっていうようなものではないと思う。だから、
研究者やってるのかもしれない。