

2022 年度 ソニー子ども科学教育プログラム応募論文

学びにのめりこむ

「科学が好きな生徒」の育成

～「科学する心」の涵養を目指して～



長野県 富士見町立富士見中学校

学 校 長 塩 崎 正 昭

P T A 会 長 小 林 慎 也

目 次

1 「科学が好きな子ども」の姿	1
(1) 本校における研究の歩み	1
(2) 本校がめざす科学が好きな子どもとは	1
2 「科学する心」と「科学が好きな生徒」	2
(1) 本校の願い「科学する心」の涵養とは	2
(2) 「科学が好き」＝「のめり込める」学びとは	2
(3) 「科学が好き」になるための手立てとは	3
3 「科学するが好きな生徒」を育む実践事例	4
1 問題意識をつなぐ文脈のある学び	4
(事例1) 問題意識をつなぐイオンの学び	4
2 身の回りの事象とつながる問題解決	7
(事例2) 富士見中の地下はどうなっているの？	7
(事例3) 土、日の天気は？学びをもとにして根拠のある予報をしよう	10
(事例4) いのちの誕生と発生・ミドリムシは動物か植物か	12
3 主体的な探究活動	13
(事例5) 個別の問題解決 一人一研究への支援	13
①理科「一人一研究」のための富士見の自然発見講座の開催	13
②一研究相談・理科室開放	14
4 生命あふれる環境作り	15
(事例6) 池の整備から生命の循環する環境へ	15
4 実践から得られた成果と課題	16
(1) 文脈ある学びによって得られる効果	16
(2) 身の回りに直結している題材は、関係づけて考える力を向上させる	16
(3) 自分たちで追究の方法を考えると、学びは確かに深まる	17
(4) 環境を整える活動を通して	17
(5) ICTの工夫で論議は能率的になるが、課題も多い	18
5 「科学が好きな生徒」のさらなる育成に向けて（計画）	18
(1) 文脈のある学びを、さらに広げて・繋いで	18
(2) 新しい素材の教材化と合同研究チームで自ら深める発展学習を	19
(3) 生徒による生徒のための問題解決の開発	19
6 結びとして	20

1 「科学が好きな子ども」の姿

(1) 本校における研究の歩み

本校では「科学する心を育む」ことを達成できれば、「科学が好きな子ども」が育まれているといえると考え、取り組んできたが、昨年度からこの方向性を変え、「科学する心」の先に「科学が好きな子ども」があるわけではなく、「科学が好きな子ども」の先に「科学する心」が育まれるのではないかという話し合いのもと、本校理科教育の目的は「科学する心を育む」であり、到達目標として「科学が好きな生徒」になるような取り組みをしている。

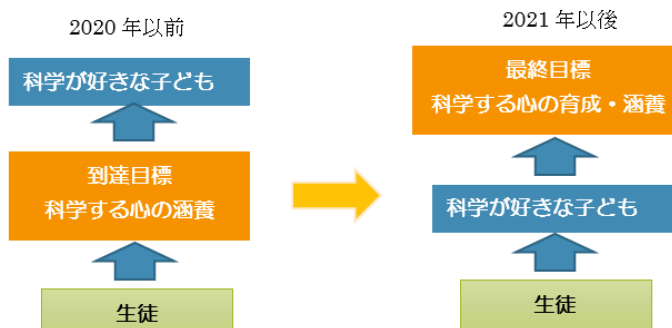


図1 科学が好きな子どもから科学する心へ

(2) 本校がめざす科学が好きな子どもとは

では「科学が好きな子ども」とはどのような生徒を指すのだろうか。

「先生、相談があります。」と2年生のN生が言う。相談の中味を尋ねると、「去年も一研究で結構相談したじゃないですか。その時は本当に何やれば良いんだろうって感じだったんですけど、今年は1年間でいろんなことが面白くなっていろいろやりたいことが多すぎて、どれにしたら良いんだろうって迷っているんです。」という。また、3年生のS生は「一研究のことなのですが、二つの研究をやって二研究になるのはアリですか？」と一研究相談アンケートで聞いてきた。その理由を、「やっていくうちにやりたいことが広がってしまうので、2つにした方がいいように感じているんです。」と述べている。

このような生徒たちは自ら探究活動をする中で学びを広げたり、深めたりしようという意欲がある（学びの拡張）。そのような活動を「快」とし、繰り返し求めようとする行動が見られるかどうか（のめり込み）がポイントなりそうだ。

今年も昆虫の学習をした。そのときのことである。「虫」聞いて昔は悲鳴を上げる女子はいたが、最近は体格の良い男子生徒が高い悲鳴を上げて嫌がることもある。長野県の田舎であるにも関わらずこの有様だ。「無理無理無理無理!」と叫ぶ、同様に女子も「きもーい」といつて近寄らない。その班へいき、虫が平気そうな女子のI生とダンゴムシを丸めて転がして遊んでみた。そのうちに「きもーい」と言っていた女子も面白がり、そのうちに「無理」だった男子も恐る恐る覗きながら確かに転がってから時限爆弾のようにモゾモゾ復活する愛らしいように「かわいいかも」といった。聞くところによると彼の母親は極度の虫嫌い。育ってきた環境の中で虫と接しながら関心意欲が湧く経験をしてこなかったと見える。開校当時から圧倒的に変化したことの一つに「学校への送迎」が極端に増えたことがある。時間をかけて歩かず、道草もしない。衛生的で無機質な生活は都会の生徒と変わらない。いや自然への渴望がない分もっと深刻ではないかと思えてくる。

ヤスデが怖くて見るができなかった生徒が、足の付き方に着目したり、動き方の規則性に注目したりしてみると驚きと発見があり、「もっと見ていたい」という生徒がいたように、

抱いた問いを解き明かしたいという「問題解決欲求」はマズローの欲求5段階説における「自己実現欲求」に通じていると考える。このような自己実現欲求は「能力を発揮して創造的活動をしたい」という、主体的な「自己の拡張願望」にほかならない。このような生徒の外見的特徴を平易な言葉で言えば「のめり込む」（没頭する・没入する）と言える。

「科学が好きな子ども」とは、「問題解決にのめり込む状態である生徒」と捉える

2 「科学する心」と「科学が好きな生徒」

（1）本校の願い「科学する心」の涵養とは

本校理科教育の最終的な目的である「科学する心」とは何かについて触れる。本校の学校教育理念は開校以来「知的好奇心を高め自らの夢に挑戦することができる生徒」である。これを受けて、理科教科会では『「科学する心」を育む』ことを大目標としてきた。この教科目標は諏訪地域が30年来共に理念を共有しながら歩んできたソニー教育財団を軸にその講師であった、小泉英明氏、日置光久氏、清原洋一氏、秋田喜代美氏、松本勝信氏、露木和男氏、菅井啓之氏、清水誠氏らから学び、咀嚼しながら考えていったものである世の中には流行があるが、この「科学する心」は一貫して不易なるものと考え、21世紀であろうが22世紀であろうが、人が人として生き、科学という哲学の下に生きるのであれば大切な要素であると考え。これを教え、育み、涵養していくことが理科教師の使命であると考えている。以下に本校が考える「科学する心」を示す。

科学する心 7つの様態

事物現象に感動し自然を畏れ敬う心（感動・畏敬・敬意）
命を大切にしてお互いを思いやる心（生命尊重）
多様性から学び違いを活かそうとする心（多様性と協働）
自ら事実を確かめようとする心（主体）
真実を大切に、予断なく判断する心（観照と省察）
本質を見極めより良い未来を創造しようとする心（諦観と志）
「おや?」「なぜ?」「不思議!」と感ずる心（好奇心）

「21世紀型スキル」は4領域10スキルがあるが、これらの中でも思考の方法や仕事の方法に関わって考えてみると、上記の心を持ち、これらを働かせていかないと成り立たないことがわかる。SDG'sに挙げられた17項目にしても、ゴールとする目的地へ行こうとすべき「人」がもつ心もしくは志の涵養が重要なのであって、無機質な問題達成が最優先ではないと考える。

「科学が好きな生徒」＝のめり込む生徒もその活動を通して上記7つの心が涵養されていくことが重要であり、心の成長と共に承認欲求が満たされ、さらに創造的な活動へ向かっていくことができる考える。

（2）「科学が好き」＝「のめり込める」学びとは

問題解決にのめり込める生徒の状況とは「何とかして問題を解き明かしたいという願いが強い」ことをさす。教科会では「科学が好き」＝「のめり込める」ような生徒の特長として以下

の様態が挙げられるのではないかと考えた。

ア 真剣に問題解決に取り組んでいる様子がある。

イ ワークシートに問題解決のための予想を記述し方法を自ら考えようとしている。

ウ 繰り返して確認をおこなったり、別の方法を用いて確証を得ようとしていたりしている。

エ 自分の予想をもとに得られた結果とよく吟味し、多面的多角的に考えている。

オ 記録の中で問題解決への熱意や満足感、充実感を示す記述や表現がある。

このような様態が見られるかどうかを吟味しながら、科学が好きな生徒を育むことができているかどうかについて吟味していきたい。

(3)「科学が好き」になるための手立てとは

のめり込み＝「主体的に自ら学びを広げたり、深めたりする」ような状態にする手立てはどのようなものがあるのだろうか。教科学習については昨年度までの研究を基にしながら加除修正しつつポイントを絞って以下のような仮説を考えて取り組むことにした。

<理科 教科学習>

導入場面

- ① ズレや矛盾による認知コンフリクトで学びの意欲は高まるだろう。
- ② 問題解決につながり（文脈）があると学びの意欲は持続できるだろう。
- ③ 自分につながりのある身の回りの題材を用いることで関心・意欲は高まるだろう。

追究場面

- ④ 自分で方法を考えると見通しを持った追究をするだろう。
- ⑤ 複数の方法を試せば見方考え方は多面的になり、学びはさらに深まるだろう。

考察・論議の場面で

- ⑥ それぞれの追究がすばやく共有できれば学びは深まるだろう。
- ⑦ 結果をもとに他の人の視点を利用することで学びは広がり深まるだろう。

ふりかえりの場面で

- ⑧ 学びの意味や価値が実感できれば、有能感や効力感が増すだろう。

<主体的な探究活動>

- ① 一人一研究の方法や支援を工夫することで主体的な問題解決ができるだろう

以上のような仮説をもとに、これまでに取り組んできた手法や考え方を当てはめると表1の通りとなる。

教科学習での取り組み(理科) (表1)

	導入場面	追究場面	考察・論議	ふりかえり
必要な要素	学びの連続性 認知コンフリクトを引き出す工夫、身近な素材・生命素材の教材化	見通しを持った追究 多面的・多角的な追究	結果・考察の同時的・積極的交流	学んでいることの価値・意味づけ(重層的価値認識)
手立ての方向性	事象提示や論議からのズレ・矛盾の自覚化(認知コンフリクト) 文脈のある問題解決	多様な素材や方法を用いた観察実験 観察や実験の条件を自分で判断できる	互いの考えを交流する場	獲得できる学びと生徒の生活との接点とその意味

具体的な方法	・事象提示の工夫 ・素朴概念の利用と相互の意見交流 ・素材の工夫 ・単元を貫く問いの設定 ・生命環境作り	マルチメソッド探究※1 ミッション型問題解決学習 知識構成型ジグソー法※3 プロジェクト型学習	意識共有の活性化 ・ICT の活用 ・交流タイム ・車座方式	身近な素材の教材化 実感できる素材の教材化
生徒の様態	・自分なりの予想が記述できている(イ) ・方法を自ら考えようとしている(ウ) ・他の人の意見にも耳を傾ける	・見通しをもち真剣に取り組んでいる(ア) ・複数確かめたり、別の方法を試したりしている(エ)	・他の人の考えの良さに着目する ・結果をもとに批判的な思考をする	・学びと自然・社会事象とを結びつけて納得した記述をしている ・さらなる追究への意欲をもつ(オ)

※1：自分で目的に応じた方法を考え取り組む(本校子ども科学プログラム 2021 参照)

※2：ミッション型問題解決学習(本校子ども科学プログラム 2013 参照)

※3：協調学習 授業デザインハンドブック 第2版,2017,東京大学 CoREF 参照

上記教科学習においた取り組みを一覧表にしたものと、主体的な学びである一人一研究について、本年度力を入れた点を文章で表すと以下の7点のようになる。

- 学びの連続性(文脈のある問題解決)を意識するための授業づくりをおこなう。
- 認知コンフリクト(ズレ・矛盾)から、自分なりの予想をもち、検証方法を自分で考える授業作りをおこなう。
- 自分の考えに応じて追究方法や素材を主体的に変化させるマルチメソッド探究、得られた個別の知見を組み合わせながら全体的な学びを構成していく知的構成型ジグソー法の利用を積極的におこなう。
- 意識の共有を活性化(ICT の活用と交流タイム、車座方式の使い分け)
- 身近な素材や生命に関する素材の教材化を通して「自分」と主体的に結びつけて考察できるようにする。
- 個人探究活動「一人一研究」へ段階をふみながらより具体的な支援をおこなう。
- 日ごろから生命にふれあえるような環境作りをおこなう。

3 「科学するが好きな生徒」を育む実践事例

1 問題意識をつなぐ文脈のある学び

(事例1) 問題意識をつなぐイオンの学び

＜ 2022 年 7 月 5 日 3 年 3 部 名取克裕 ＞

イオンの学習では、水溶液に電流が流れるしくみ、酸・アルカリと塩、イオン化傾向、電池という内容をイオンの考え方をもとにして問題解決的に学んでいく。ここで難しいのはそれぞれの内容は密接に絡んではいるものの、その結びつきが複雑なために内容(コンテンツ)を優先させていることで学びが個別に独立して見える状態になっている。そこで、イオンでの学びに文脈を生み出すための工夫についてイオン化傾向をもとにして考える授業を実践した。

(1) 中学校理科におけるイオンの変遷と課題点

科学における物質の捉え方も大きく変化していること、生活に密着していることから考えると、物質を構成する原子が電子のやりとりで電荷を生じていること、電荷による結びつき方

が変化することで化学変化が起きていることは大変重要な粒子概念である。ところが中学校におけるイオンの学習は、指導要領の改訂の度に大きく変化してきた。その影響もあってか、我が国にはアニオン（陰イオン）ではない、物質も明らかにされない「マイナスイオン」が存在する。このことから物質が電荷をもつ状態になるという概念を身につけておくことの重要性は高いはずだ。

イオンを学ぶ事で理解・納得ができることとして以下のことは特に重要に感じる。これらは互いに密接に関わっている内容でもあり単元の終わりには自分の言葉で説明できて欲しい部分である。

なぜ塩酸にマグネシウムや鉄を入れると水素が発生するのか・・・現象から理論へ

なぜ塩酸に銅を入れても水素が発生しないのか・・・貴金属とは何か

なぜ異なる 2 枚の金属と電解質で電流を生じるのか・・・電池のしくみ

中性 pH7 の 7 の意味は何か・・・やがて高校で培う学びの基礎に誤りはないか

水酸化ナトリウムを水の電気分解で使うのはなぜか・・・水の電気分解のしくみ

(2) 文脈に課題の多い教科書上の学び

教科書を基にする一般的なイオンの学習では、電解質・非電解質の存在からイオンの概念としくみについて考え、その後文脈に関係なく酸とアルカリについて扱う。「酸もアルカリもイオンに関係していました。」と後でわかる。その後、文脈に抛らず果物電池が提案され、電池の条件について探った後で、イオン化傾向をたしかめ、イオン化傾向を用いれば電池の説明はできることを学ぶ。これらの学びに学びの文脈を見いだすことは困難である。

どの教科書を比較してみても、イオンの学習では学びの要素を繋ぐことは難しいようである。その都度コンテンツで区切って学びに文脈が生まれにくい構成になっている。

(3) イオンの学びに文脈を作ることは可能か

①水溶液の通電から学びを広げるとしたら

電流が流れる水溶液の存在から極の変化に着目し、イオンの存在に目を向けた生徒に注目して欲しいことは何であろうか。塩酸を電気分解する中で、電極から塩素と水素が発生した。一方で亜鉛やマグネシウム、鉄などの卑金属を塩酸に入れると水素が発生する。これは中学一年で学習している内容であるが、原理としてイオンを使えば簡単に説明できる。この現象を抛り所に電気分解からイオンへ、イオンから金属のイオン化と水素の発生、ひいてはイオン化傾向へ繋ぐことができるのではないか。

②イオン化傾向が高い物質は水へ入れてもイオン化する

Na や Ca のようなイオン化傾向が非常に高いものは水にも溶けてイオン化する。水を分解し、 H^+ と OH^- にしてしまい、 H^+ へ e^- を渡して Ca や Na は Ca^{2+} Na^+ となるためである。生徒は塩酸とマグネシウムの反応をもとに水素が発生したことをもとにして水が分解されたことを導くのではないかと考えた。

② Ca の素材性と教材化

Na と Ca は両者ともイオン化傾向が高いため水を分解する。ところが、爆発的な反応をする Na と比べイオン化傾向の高い Ca の反応方は比較的穏やかである。Ca はイオン化しながら水素気体を発生しつつ、一旦イオン化するものの、 OH^- と結びついて水酸化カルシウムを形成し、白色の沈殿物を形成する。水酸化カルシウムは水に溶け残ったものは沈殿して「石灰水」となる。当然石灰水はアルカリ性なので、BTB 溶液を青くし、フェノールフタレインが

反応して赤色を呈する。これらの反応は様々な学びが繋がる実験でもある。

この実験を演示した段階では、発生する気体は何であるか不明である。当然水が分解されたということになるため、組み合わせは H^+ と OH^- なのか $2H^+$ と O^{2-} なのかわからない。したがって、「気体は水素である」という生徒と「酸素かもしれない」という生徒が出てくるだろう。それぞれで気体の調べ方が異なるため、自分の考えに即したマルチメソッド (MM) 法でおこなえばよい。一方で、沈殿物が発生するため、物質は何であるのか考えるために、液性変化を調べる BTB も用意しておく。結びついた物質は酸化カルシウム (CaO) もしくは水酸化カルシウム ($Ca(OH)_2$) と予想する生徒もいるかもしれない。昨年 2 年生で酸化カルシウムは化学反応で大量の熱を発生したことから、温度をはかるという生徒がいるかもしれない。水酸化カルシウム ($Ca(OH)_2$) は石灰水であることを明示しなければならないが、そうすれば、上澄み液を取り出して二酸化炭素を吹き込むことを考える生徒もいるだろう。

(4) 授業の実際 (特に 6 次 カルシウムに関わる展開について)

授業における第 6 次の様子を生徒のワークシートを中心にふり返りたい。

	学習内容	問い・活動のようす
把握	金属のカルシウムの見た目や水への反応を観察する	<金属 Ca を観察して> - ふつうに金属だ・白くない <水へ入れたときの反応> - なんか泡出てきた・白くなった・気体が出てきた・金属なのに水に溶ける - 出てきた気体は何だろう→「発生した気体は何だろう?」
予想	各自予想を考える	- 水素が発生させるのではない - 酸素が発生している。 - 水が分解されていると思うのでどちらか - 白い物質は何? - 二酸化炭素かな→なぜ?→泡が出るものって二酸化炭素が多いから 【予想】 自分の考え 水にカルシウム 1 粒を入れて とき 1 分後
仮説化	予想を出し合い、考えを批判的に広める	- 水しかないんだから、水素か酸素のどちらかだろう。 - カルシウムがとけて、代わりに白い物質ができたので、白い物質はカルシウムが変化したのかな。 - 二酸化炭素はないな
方法	自分たちの予想を確かめる方法を班ごとで話し合う	- 水素と思うので、上方置換で気体をとる。 - 水素かどうかわからないので水上置換で探してみる - 水素だったらマッチの火で燃えるだろう。 - 酸素だったら線香の火が大きくなるだろう - 残った白い物質が気になるので、BTB を入れてもいいですか?
実験	話し合いで決めた自分たちの方法で実験をおこなう。(MM)	- マッチの火を近づけると、音をたてて燃えたぞ。 - 試験管の底を下向きにして線香の火を近づけると音をたてて燃えた。 - 試験管の底を上向きにして線香の火を入ると線香の火は消えたぞ。 - 残った白い物質に BTB を入れると青色になった。
考察	結果をもとにどんな変化が起きているか考察しよう	- 結果から、出てきた気体は酸素だとわかる。 - 残った水溶液はアルカリ性だった。 - 水を分解して、水素イオンを水素にしまったのではない - カルシウム溶けたのはイオン化したからだろう。 - カルシウムが水酸化物と結びついて水酸化カルシウムになったのではない - 水酸化カルシウムならば、石灰水であるはずだ。 【結果の分析と考察】 水にはどのような変化が起きているのだろうか? 資料に照らすと $H_2O \rightarrow H_2 + \frac{1}{2}O_2$ である。 $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$ である。 Ca は電気を流すと分解して Ca^{2+} と OH^- になる。 Ca^{2+} と OH^- が結合して $Ca(OH)_2$ になる。 $Ca(OH)_2$ は水溶液に溶けると Ca^{2+} と OH^- になる。 Ca^{2+} と OH^- が結合して $Ca(OH)_2$ になる。 $Ca(OH)_2$ は水溶液に溶けると Ca^{2+} と OH^- になる。 ネットでも水酸化カルシウムについて調べていた

論議	それぞれ考えた意見を出し合って検討しよう	・水酸化カルシウムであるなら、石灰水なので、二酸化炭素を入れれば白くにごるのではないか。→《全体で確認する》 ・確かに白くにごるので、これは水酸化カルシウムと言える。	【全体での確認】 黒板に水素... どこから来た水素？ 水素 H_2 水 H_2O 白くにごるのは水から 水 水酸化カルシウム (石灰水) 白くにごる？ 水酸化カルシウム 石灰水 白くにごるまで 石灰水 とはいふ。 石灰水 同じ物質 → 二酸化炭素を入れれば白くにごる ● この前の 沈殿した後の 液体に、息を吹きかけると、白くにごる
結論	学びを整理して自分の言葉で結論を書く	カルシウムは水に溶かすとカルシウムがイオン化して水素が発生し、残った水溶液は水酸化カルシウム（石灰水）である。 解決されたこと イオン化しやすい物質はH_2Oをむりやり分解し、水素を発生させる。 残された課題 アルカリ性の原因は？	【結論】 カルシウムは水に溶かすと、水素が発生し、残った水溶液は水酸化カルシウム（石灰水）である 水酸化カルシウムは水酸化カルシウムイオンと水酸化カルシウムイオンからなる 【残された課題】 解決されたこと イオン化しやすい物質はH_2Oをむりやり分解し、水素を発生させる 解決されなかったこと・新たな課題 アルカリ性の原因は？

(5) 実践から得られた事（成果と課題）

- 考察場面ではカルシウムがイオン化することに注目できる生徒が多かった。
- また、カルシウムの水との反応では気体に注目が集まりやすく、発生した気体が何であるのかを問題にしやすかった。
- アルカリ性になったことを考えている生徒もあり、次時では自然な流れでアルカリの原因物質はカルシウム（金属イオン）なのか、水酸化物イオンなのかを問題にすることができた。
- △最終的にカルシウムのイオン化と水素の発生を統一的に考えることができる生徒も多くいたが、教師側が限定した問いを複数重ねることにつながりを持った予想になっていなかった生徒も多くいた。生徒の考える力を過小評価した形だった。
- マルチメソッド（MM）方式で実験を自ら考える際に、気体が水素か酸素かの限定的な要素だったので生徒は自分たちで考案しやすかった。
- △MM方式にする際に、わざとらしく BTB・フェノールフタレインを用意し、ストローを用意しておく等誘導的すぎる部分もあって、「先生これ使った方が良いですか？」と教師の意図を汲みに来るような生徒もいたことは、生徒の自由な発想を妨げるもととなっていた。しかし、この準備がないとアルカリ性への変化が掴めないことも事実である。
- 水酸化カルシウムについては生徒がタブレットを一人一台持っていることで情報検索をおこなって、どんな物質になるのか考察した上で物質について検索をおこなっていた。その中から自分たちになじみのある物質であることがわかり、追実験へつながった。そこまでは想定していなかったが、情報端末が生徒の手元にある時代における問題解決としてあってもよい形の一つかもしれない。

2 身の回りの事象とつながる問題解決

（事例2）富士見中の地下はどうなっているの？

（1）火山岩地域で地下の広がりを考える困難さ

長野県では、特に諏訪地域では、そのほとんどが火成岩であり、堆積岩はほんの一部の地域でしか見られない。そのため連続した地層はなく、地層のつながりをもとにした地層の空

間的な広がりを経験的に追究するのに適した場所とはいえない。そのため、比較的地層が繋がっていることがわかりやすい小川層、猿丸層を例に出して学習を進めたり、寒天の地層モデルを利用してストローを使ってボーリング調査をすることを通して内部の広がりを考察するような授業を展開したりしてきた。しかし、これらは馴染みの少ない長野市近郊の話であったり、モデル化された作られた世界の話であったりして、どこか最後に自分たちの生活に寄せるような学びとはなりにくかった。

また、理科のテスト問題にありがちな、「礫岩層が水平で一様に広がる」等という現象は実はあり得ない。層序学を学んで問題を作っているわけではないので仕方ない部分はあるが、実際は礫層は流水が弱まるにつれて砂層へさらに泥層へとシーケンスが変化する。この場合、礫層と砂層、泥層が堆積時代として「つながる地層」になる。(シーケンス層序学)。指導要領ではそのような部分まで求めてはいないが、「求めていないので〇〇という内容まで教えていれば良い」というのでは、それこそコンテンツベースの学びであって、指導要領が希求するコンピテンシーベースの学びとはいえない。

中学1年の地学分野で重要なのは、与えられた情報から地下の内部はどのようになっているのか学んだ知識を総動員しながら、疑問点は自分なりに調べ、自分としての考えを論理的にまとめていくことだと考える。つまり、自分の足下の情報がどんな形にせよ得られればよいということになる。決して地層が水平で一様に堆積しているような状況が必要不可欠なわけではない。

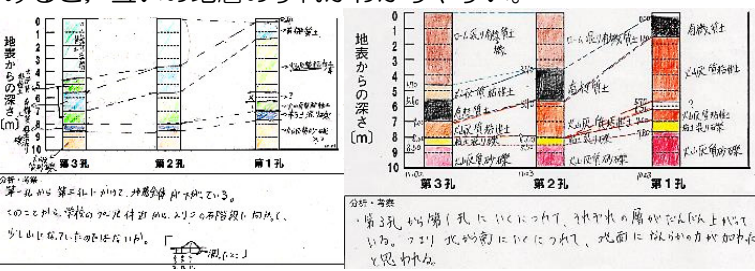
(2) 富士見中学校 地下の資料さがし

生徒が自分たちと関係しているような地質的な資料は、おそらくボーリング資料となる。校舎の建て替えの時に基盤の深さを確認するためにおこなう資料がどこかにあるはずである。そこで、校内の資料庫などを調べたところ、富士見中学校の前身だった富士見高原中学校が給食室を立て替えるときのボーリング資料が存在することが判明した。現在は校庭花壇となっている場所である。ボーリングは同一の標高で第1孔から第3孔までの計3つあった。地学の学習を終えた後でこれらを用いて富士見中学校の地下内部がどのようになっているのか、自分たちなりに観察をおこなった上で考察をおこなう授業を実施した。

(3) 授業の実際

＜ 2022 年 10 月 23 日 / 26 日 1 年 3 部 名取克裕 ＞

	学習内容	問い・活動のようす
把握	昔の校舎の写真とその当時の様子を話し、給食室の立て替え時ボーリングデータの話をする	「富士見中学校はもとはこのような木造校舎でした。ここへ私は通っていました。その当時の給食室はちょうど今の校庭の花壇付近にありました。」 ・古いね・白黒写真だ 「この給食室が建て替えられるときのボーリングデータが残っています」 ・まだ残っているんだ・何があるの？・気になる ＜私たちの足下はどうなっているのか～学んだことをもとにボーリングデータから考えよう～＞
予想	自分としては学校の地下はどんな構造なのか	・水平な地層があると思う。 ・ハケ岳が近いから火山岩があるのではないかな。
観察	教室に各孔別に資料をおいて各自自由に観察し、記録していこう	・「有機物混じり砂礫」の有機物って、植物とかかな？ ・同じ深さでもちがっているね。 ・けっこうぼろぼろなんだ ・書いてある岩石名が教わったことないものばかりだ。よくわからない。 📌 タブレットを使って調べてみた上で、言葉を分けて考えてごらん。最後に書いてある単語が結局その岩石と判断できるね。 

		・ちょっと容器から出して調べてみてもよいですか？ ●もとに戻してね。壊したりなくならないようにするならいいですよ。
考察Ⅰ	結果をもとに柱状図を描き、柱状図から断面図にして内部の構造を考えよう	・柱状図にしてみると、互いの地層のずれがわかりやすい。 ・断面図にしてみると水平ではないことがわかるね。 ・第3孔から第1孔にいくにつれてだんだん上がっている。つまり、北から南にいくにつれて地面に何らかの力が加わったと思われる。 
論議	自分の考えを互いに伝え合おう	・この傾斜はどうやってできたんだろうか。 ・褶曲の学習では水平方向の力だった。 ・有機物が傾斜沿いに堆積しているから、もともとあった山の斜面だったのではないか。 ・第3孔から第1孔にいくにつれてだんだん上がっている。このことから学校のプール付近から入り口の階段に向かって少し山になっていたのではないか。 
考察Ⅱ	仲間の意見も参考にしながら富士見中の地下で何が起きていたのか考えてみよう	・褶曲の学習では水平方向の力で地層が傾いているので、南北方向に押す力が加わったのではないか。 ・有機物や火山灰がななめに堆積しているし、火山灰の位置が同じような傾斜で堆積している。もともとあった山の斜面に堆積したので、ななめになったのではないか。 ・他の人はいろいろなことを考えていてすごいと思った。自分たちの地下がどうなっているのかとても興味が湧いた。

(4) 実践から得られた事(成果と課題)

- 柱状図の作成から断面図を構想することで、生徒は地下の様子について具体的に考えることができたようだ。
- 自分なりに構造やその原因を考えることは生徒にとってかなり難しい課題と思っていたが、生徒は主体的に考えることができていた。
- 正解がないために生徒は自由な発想をしながら地下にあった傾斜について考えることができていた。
- △一方で特定解を用意していなかったことで、互いの意見に対して批判的に問題点を積極的に指摘し合う場面は見られなかった。
- 「プールの側から階段に向かって」や「第1孔から第3孔つまり北から南」というような表現が出ていることから、身近な題材を用いたことで地層に関する具体的なイメージをもち、地形と関係づけて考察することができていた。
- 地層はかつての地形が反映されていたことを指摘した生徒に授業後なぜそう思ったか確認したところ、校舎の北側には川が流れているが南側が丘になっている現在の地形がもっと大きかったのではないかと、もしかしたら、谷の部分の埋めて平らにしたのではないかと、という人の手の関与も指摘をしている生徒もいた。
- 当該クラスは授業後数名が教卓を囲んで授業の評価をしてくれるが、「本当によく見ないと地層は判断が付きにくい。」「自分の足下がどうなっているのか、自分で確かめると楽しい。」「もっと時間をとってやってくれるとうれしい」等の言葉をもらった。

（事例3）土、日の天気は？学びをもとにして根拠のある予報をしよう

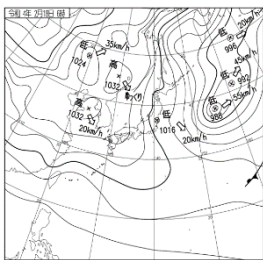
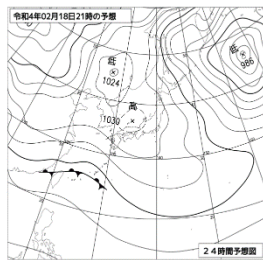
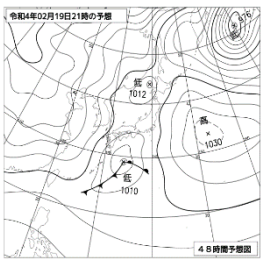
＜ 予想日 2021年 2月18日 評価日 2月22日 2年3部 名取克裕 ＞

（1）実践にあたって

2学年の気象の単元では、気象観測の基礎から学習を始め、霧や雲のでき方、日本付近の四季の天気の特徴へと進んでいく。天気、気温、湿度などの変化のメカニズムを学習する生徒たちだが、本来もっとも身近な科学である「この後の天気はどうなっていくのか？」「この後の気温はどうなっていくのか？」といういわゆる「天気予報」については、発達したメディアやネットからの情報に頼ってしまい、自ら探究する喜びを味わうことができないまま単元が終わってしまうことが多い。

そこで、偏西風・高気圧・低気圧・前線などのメカニズムと天気の変化について学習した後、実際に連続した土日2日間の天気を予想するミッション型（MPL）の学習を計画した。

現在では、気象通報から天気図を起す必要もなくなり、天気図をどう読みこなすことができるかが重要になっている。そこで今回は予想日18日6時の天気図と授業日21時、翌日21時の予想天気図を与え予想日18日時点で19日、20日の天気予報を予想天気図やこれまでの学びを基にしておこなう活動を考えた。さらに、予報日の次の授業で自分たちの予報を細かな気象データをもとに評価する活動をおこなった。このことで自分の考えに対してもより批判的な思考ができるのではないかと考えた。

	学習内容	問い・活動のようす
把握	土日の休みはどんな天気になるか予想しよう	「これまで学習していることを活かすことができるか、みなさんにミッションを出します。」 「皆さんは気象予報士です。ここに3枚の天気図があります。表は今日の6時の天気図、裏の2枚は今晚21時と明日の晩21時の予想天気図です。この天気図をもとにしながら天気図をよく読み取って天気予報を提供して下さい。もちろん、わかりやすく解説するために理由もきちんと述べる必要がありますし、天気だけではなく気温や風についても触れていきましょう。」 ＜板書＞＜土日の天気を予報せよ＞ まず、3枚の天気図をもとに自分で予報を立てます。その後で話し合いをおこないます。
予備予報	天気図を読み取って土日の天気がどうなるか自分で考える	   18日6:00 18日21:00 19日21:00 〔各自自分の考えをワークシートへ記入する〕
論議	なかまに意見を伝え合いながら、互いに疑問点や課題点を出し合う。	車座方式で話し合いをおこなった。 K生、S生、N生の話し合い ○今晴れているし、このまま高気圧に覆われるので明日は晴れだと思う。 ○でも、明日の21時にはもう低気圧がやってきているから、どこかで天気は崩れるんじゃないかな。 ○21時ってことだし、速度を考えれば明日の昼は大丈夫だと思う。 ○明後日は、低気圧も来ているから天気が悪いのでは？ 

		○速度だよ。21 時でここだから、もしかしたら回復するかも。
確定予報	なかまと話し合ったことをもとにして自分が納得し良いと思う考えを取り入れて自分の最終予報をつくる	<感想> ○S さんの意見は確かにそうだった。自分もはじめの考えから S さんの雪が降るという予想にした。 ○確かにみんなの言うこともその通りだなと思った。だけど、けっこう微妙なところもあるので、自分のはじめの考えをもとにして予報しようと思った。 ○本当のところはどうなのか、明日あさってが楽しみだ。
発表	自分の予想を発表したい人やグループは全体に発表をおこなう。	○19 日は高気圧が日本上空を覆って晴れるでしょう。夕方あたりから低気圧が近づき 20 日の朝頃に雪が降るかもしれません。気温は両日共に低いと考えられます。 (自分の考えを発表する R 生)



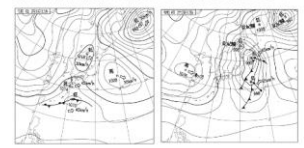
Kk 生は本当の天気予報らしくなるように自分の文章を練り上げていった。

Kk 生の予報

19 日は高気圧が来るため晴れとなるでしょう。しかし、シベリア気団の影響で寒く乾燥した一日になると思われます。風は北寄りに吹くでしょうまた、低気圧により偏頭痛になる恐れがあります。

20 日は低気圧が日本に近づくため天気は悪くなるでしょう。夕方あたりになると温帯低気圧の影響で長時間雪が降るでしょう。多少雪が積もるので所々雪かきが必要になりそうです。気温は低くなるので外に出かけるときは厚着をしましょう。

	学習内容	問い・活動のようす
把握	自分の天気予報は当たっていたか	<みなさんの天気予報は当たっていましたか？> ○びみょう ○雪の様子とかちょっと自分の考えとちがっていたように思う。
分析・考察	実際のデータと比較しながら自分の予報を振り返って	<19 日 20 日の詳細な気象データがあります。これをもとに具体的に分析と考察をしてみましょう。> K 生の分析 19 日の天気は晴れて、寒く乾燥した 1 日になると予想したが、晴れのち曇りのち雪だった。このような天気になった原因は、高気圧と低気圧の進むスピードが早かったからと考える。またシベリア気団の影響で寒く、雪が降ったと考える。20 日の天気は天気が悪くなると予想したとおりだった。だけど、比較的気温が高くて雪ではなく雨が降った時間もあったのはなぜかわからない。
ポイント	天気予報をおこなう上で重要なポイントとはなんだろう	○予報をするときには新しいデータでどう変化しているかもきちんと見ていかなければいけない。 ○もっと広範囲で情報を集めないといけないこともある。 ○気圧配置だけではなく衛星の写真も重ねてみてみるのが大切と思う。
感想	今回の学びから自分の感じたこと考えたことを記そう	○お天気コーナーではずれてちがうじゃんとかいっていたけど、よく考えると地域もあつたりして言い切ることのむずかしさがあると思った。 ○天気予報はテレビやネットで見るものだと思っているけど、理由がわかって予報を聞くのとなんとなく聞くのでは全然違うなと思った。



19 日の天気 (19 日 06 時 - 19 日 18 時)

地点	天気	気温(℃)	湿度(%)	風速(m/s)	風向	降水
札幌	晴	-12.0	55	1.5	北	0.0
仙台	晴	-10.0	60	1.5	北	0.0
東京	晴	-8.0	65	1.5	北	0.0
大阪	晴	-6.0	70	1.5	北	0.0
福岡	晴	-4.0	75	1.5	北	0.0
那覇	晴	-2.0	80	1.5	北	0.0

(2) 実践から得られた事(成果と課題)

○身近な状況を設定したことで自分事の問題解決となっている生徒は多かった。

○振り返りをする際により細かな気象データで検討したことでのどのような要素がその変化を生み出したのか探ろうとしていた生徒が多かった。

△知識の混乱が見られる生徒もあった。特に気団の定義や状況、高気圧・低気圧の移動に関して正確な知識を習得できていない場合があり、そこから考察や分析をおこなっても誤概念の上に立った論理となってしまう場合が見られた。

（事例4）いのちの誕生と発生・ミドリムシは動物か植物か

＜2021 年 受精観察 10 月 15 日 発生観察 10 月 18 日 ミドリムシ 10 月 20 日 名取克裕 ＞

これまでも命の発生について題材にしてきた。命が発生する瞬間の感動は非常に大きいものであり、特にウニでは、発生後 3 日ほどでプリズム幼生もしくはプルテウス幼生へと変化するのでその成長の早さに生命の力強さも感じることができる。昨年度はウニをお茶の水女子大学サイエンス&エディケーション研究所でおこなっている「内陸地域における海洋教育の実践と担い手育 2021」により提供をいただいた。

（1）ウニの受精

ウニの未受精卵と精子は、別々に微生物カウンターケースに入れて配布し両方を別々に観察した後に、精子を卵の側へ移した。生徒からは「すごい。」「いっぱいある。」「膜が上がってきた！」「すごい一瞬だ」「この子はキャサリンって名前にしよう。」とそれぞれ口にしていった。感想には次のように記されている。

K 生 精子は思っていた以上に小さくてたくさんあった。受精膜はゆっくり上がっていったとてきれいだ。受精膜がはられたとたんに精子が押しても膜に守られて全然動かなくなった。でも精子は一生懸命入ろうとしていた。動物ってこんな感じで受精しているんだなっておもうとすごいなって思った。一生懸命生きようとしているんだって思った。

今回の理科では 3 日後の様子を観察することを伝え、2 日後どうなっているのか予想をおこなった。生徒の多くは桑実胚を想定している。一部生徒は細胞分裂が進んで既に自立しているかもしれないと稚ウニを想定している。

（2）ウニの発生状況は？

3 日後のウニの成長の様子を覗いてみた。すると、「卵がない」「変なのが動いている」「これ？」中には「先生、ウニの卵は全部他の微生物に食べられました」という子もいた。ここには卵しか入れなかったこと、ウニの成長段階を資料集で確認したところ、生徒はプリズム胚であることを納得した。動きをよく観察、スケッチをした後、感想を書いた。

【予想】

自分

細胞分裂して 128 くらい？

M 生

細胞分裂して 128 個くらい

と予想

なかま

受精膜が太くかかっている

細胞の分裂が進んで

卵が出て自立している

という子もいた。ここには卵しか入れなかったこと、ウニの成長段階を資料集で確認したところ、生徒はプリズム胚であることを納得した。動きをよく観察、スケッチをした後、感想を書いた。

Ko 生 3 日たって見た卵は想像できないくらい成長していました。たくさん分裂したんだろうなあと思いました。きっとまだどんどん分裂しているんだと思った。私たちはすごくゆっくりなのに、ウニの時間はものすごく速い。とりあえず元気に成長していて良かったです。

（3）ミドリムシは動物？植物？

このウニの活動の翌日に、ミドリムシを観察して、ミドリムシは動物か植物か視点をもって論ずる活動をおこなった。動くから動物だ、葉緑体があれば自分で栄養を作るから植物だ、など自分の視点にそって話し合った。生徒どうしの話し合いは平行線だった。今はそれで良いと私は言った。ただ、考え続けて欲しいこと、知識も大切であろうが、今回の学習のように心で感じたことを大切にしよう伝えた。



3 主体的な探究活動

(事例5) 個別の問題解決 一人一研究への支援

＜ 2022 年 取り組み① 5月21日 8月 取り組み⑤ 7月26日～29日 ＞

本校では、開校以来夏休みに理科に関する内容を一人で自由に研究してくる「一人一研究」を全校生徒がおこなっている。当然一研究の成果や取り組みは理科の評価にも加味している。

これまでも毎年積み上げてきており、諏訪郡全体の科学作品展では毎年質量共に地域の県立進学校と肩を並べることができている。しかし、近年の取り組みに課題が生じてきた。例えば課題設定が安易であったり、調べ学習だけになっていたり、そもそも自由研究をやったことがないという生徒も出てきている。世の中は「主体的で深い学びだ」とかけ声はかけるが、どうもその大切な発現の場である自由研究の取り組みは縮小傾向にあるようだ。そのうち自由研究をやったことのない、大学でも探究系自然科学を専攻してこない理科の教師も出てきそうである。少なくとも富士見町ではそのようなことが起きないようにしていきたい。

このような課題に対して、本年度は次のような具体的な取り組みをおこなった。

- A) 4月中に一研究の案内を出し、1年生に向けてのガイダンスをおこなう。
- B) 早い段階で地域人材講師を招いて、探究のための素材探しを下支えする。
- C) 授業の中で相談をおこなう時間を設定する
- D) 基本的なまとめ方を、Google ドキュメント方式にする。それが難しいと感じる人は従来通り A4 レポート用紙を用いたレポートでおこなう。
- E) 全ての期間中で、メールによる相談をおこなう。
- F) 夏休み期間中に、観察・実験をおこなうことができる時間を4日間設け、必ず理科職員が対応できる体制を組む。

①理科「一人一研究」のための富士見の自然発見講座の開催

本年度は特に富士見町の豊かな自然環境を見つめてもらった上で、探究の対象にしてもらいたいと考え、富士見町をフィールドの中心として研究に取り組んでおられる方をお招きして講座を開きたいと考えた。このような内容を町の教育委員会子ども課に相談したところ、地域人材の活用として3名ほど候補を挙げていただいた。一研究推進担当教諭の知人2名を含め合計5名の講師(表2)をそろえることができた。4月下旬には、生徒と講師への通知を出し、募集をかけた。

5月21日は土曜日であったが、生徒が30名ほど集まってきた。

まずそれぞれの講師が自分の研究について語りながら(写真1)、自分たちの住んでいる富士見町にどのような特徴があってどんな魅力を感じているのかを教え

講師名	内 容
名取さん	カマナシホテアツモリソウに関する研究
西さん	鳥に関する観察や研究
茅野さん	水生昆虫について(生物による水質調べ)、一研究全般
北村さん	地質・岩石の研究について(南アルプスに関する研究)
片倉さん(カゴメ)	トマトをはじめとする植物の栽培に関する内容

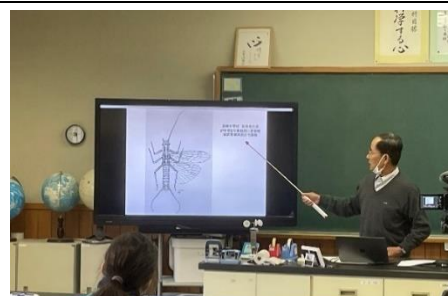


写真1 茅野靖雄先生

ていただいた。その後で講師ごと会場を分け、生徒は自分で興味があると感じた個別の講師の会場へいき更に細かな質疑応答や一研究としてどんなテーマにしていってよいかを相談する時間をとった(写真 2)。また、当日仕事で参加できなかったカゴメ野菜生活ファームの片岡さんからは、事前にビデオメッセージとカゴメトマトジュースに使われている特別なトマトの苗 50 株ほどをいただいた。

参加した生徒はそれぞれアイデアをいただいたり、先生方がどのように富士見町の自然に興味を持っているのかを熱心に尋ねたりしていた。

講師になっていただいた先生からは、「生徒が予想以上にたくさん質問をしてきた。熱心で驚いた。全員がこれで取り組むわけではないだろうが、少しでも(自分の研究や富士見の自然に)興味を持ってもらうことが大切だと思う。」との言葉をいただいた。

生徒からは、「トマトをさっそく持って帰って育てたい。」「鳥の骨格標本に興味があった。やってみたい。」

「地質による硬水や軟水の違いがあるって知らなかった。調べてみたい。」等の意見があった。ここへ参加した生徒の多くはテーマを見つけたり、取り組むための道筋をつけようとしていたりしていた。



写真 2 名取 陽先生の個別面談

②一研究相談・理科室開放

実は冬にも一研究の誘いをおこなって、雪の結晶を研究している生徒もいるし、年間通して再生栽培について研究している生徒もいるが、このような生徒は 10 名に満たない。年間通して研究をおこなっていなかったり、部活の関係で一研究の取りかかきのきっかけが掴めないでいたりするような生徒も多い。これら生徒は 6 月下旬から 7 月になってテーマ設定をおこなう。

このような大多数の生徒のために、改めてテーマの作り方や素材や道具の提供をおこなう必要がある。そこで、夏休みに入ってすぐの 7 月 26 日～29 日まで理科室を開放して一研究のための相談や実際に観察実験ができる機会を設けた(写真 3)。1 日あたり 5 名程度の生徒が来て観察や実験をおこなったり、一研究についての質問をおこなったりした。中には、5 月の講習会に来てヒントをつかみ、講師の西先生から鳥の死骸を頂いて、自分で骨格標本作製しようとしている生徒もいた。また、地質と水との関係に疑問を持った生徒は、水の硬度と地質を関係づけて考えるために、どのようにしたら水の硬度が測定できるのか相談に来た生徒もいた。水の硬度を測るためにはパックテストを使うか伝導度やイオン濃度を測定する器具を購入する必要がある。予めメールで相談を受けていたので、相談日に間に合うように業者に注文をかけ機材は揃えておいた。これら一研究のための機材の費用は昨年、一昨年と頂いた子ども科学プログラムをはじめとする教育助成金から捻出している。本年度はトマトを調べる生徒が多かったので、10 台の糖度計や血中酸素濃度測定器も購入している。機械がなくても工夫して測定している例もあるが、方法を自分で調べて「○



写真 4 相談・理科室開放



写真 3 水の硬度を調べる Km 生

○という機械はないですか？」と尋ねてくる生徒には少々値が張る物でも提供できる環境を整えている。このようなオンデマンド的な生徒の要求に対しては、教育助成金は必要不可欠であると改めて認識した。

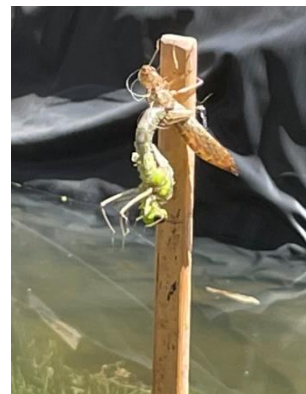
4 生命あふれる環境作り

（事例 6）池の整備から生命の循環する環境へ

一昨年度造成した池に昨年秋には睡蓮を入れた。根を張りすぎると防水シートを破ってしまうので箱の中に泥を入れ、そこに井戸尻考古館の好意でいただいた睡蓮を入れて育てることにした。すると驚くべきことが起こった。1年生の身のまわりの生物観察時に生徒がヤゴらしきものを見つけたのだ。「ヤゴだったら上に上がってきたがるから棒を立てよう」ということになり

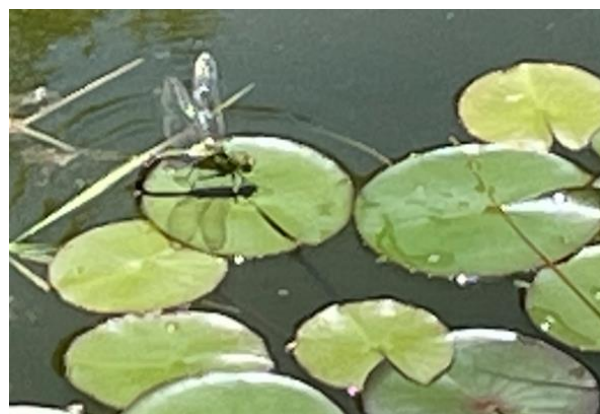


その場で工夫しながら竹刀の一部を使って下に石をくくりつけ自沈させた。なんと、沈めた次の日にそれを待っていたかのようにオニヤンマのヤゴが上がってきたのである。「うわ、すごい。こいつかえるぞ」と興奮しながら見ている男子生徒。遠巻きに女子生徒も興味津々で見ている。3時間目



あたりに背中が割れてヤゴの中からオニヤンマが出てきて透明な羽を広げていった。「このイナバウア最後どうなる？」「どうやって羽が折りたたまれてんだ？」「どのくらいで飛び立つんだろう？」と口々につぶやく生徒。そうしてオニヤンマは給食の準備中に飛び立っていった。オニヤンマのヤゴは育つのに3年ほど必要らしい。だとすると池ができる前である。そこから考えられることは睡蓮の根に潜り込んでオニヤンマは冬越しするかもしれないということである。このことを井戸尻考古館へ連絡すると、「永らくオニヤンマがどこの田んぼで冬越ししているかわからなかったが、これではっきりした。」と大変喜んでいた。生徒たちにこの話をすると、自分も来年睡蓮をもらいたいという生徒が何人もいた。

7月になり暑さも増してきたある日、窓の外から研究室の窓をたたいて手招きをしている生徒。何かと思っていくと「先生、今度はトンボが卵産んでる。」見ると睡蓮の葉を上手にを使って水中に卵を産んでいる。「やっぱり卵をかくしたいんだな。池に植物って大事だ。」「池で育ったトンボが池に卵を産みに来た。実家って大切だ」と感心していた。



このトンボが件の羽化したトンボかはわからない。しかし、毎日誰か来ては何かを探して、何かを見つけて、何かに疑問をもって帰る。池は生徒にとっての先生となっている。

4 実践から得られた成果と課題

身の回りに直結している題材であることは学びから関係づけて考える力を向上させる。

実践でおこなった内容を P3 の「科学が好き」＝「のめり込める」学びの様態ア～オに当てはめて考察してみる。

(1) 文脈ある学びによって得られる効果

今回はイオン化傾向から酸・アルカリへ繋ぐための教材の工夫について報告をした。このクラスではさらに文脈を繋げて電池まで繋いでいくことができた。生徒の記述からは次のことが読み取れた。

- 文脈があり、問題意識が連続していることもあって、自分が何に取り組もうとしているのか明確になっている生徒がほとんどであった。
- 発生する気体は何であるかは酸素か水素かの二択である。可能性の高いものから羅列しながら、最も確からしい気体について予測していた。その際に水が分解されると何になるかをイオンをもとに化学反応式で考える生徒が多かった。
- 自分の予想を確かめるための方法まで自分で考えることを求めていることや、特にこれまでもおこなったことのある実験であったことから主体的に実験方法を考えることはできていた。
- 気体だけではなく、水溶液の変化にも目を向け、時間内で他のなかまからの情報から水酸化カルシウムか調べようと BTB 溶液やフェノールフタレイン、呼気の吸入をおこなうなど、予定していた実験以外の実験を行う生徒が多くいた。
- 記録の中にも、自分の予想通りであることへの満足感と同時にアルカリ性になったことへの疑問や、石灰水という身近な物質への変化について面白いと感じている生徒も多くいた。学びの文脈として、次時は、「アルカリ性なのは金属イオンなのか、水酸化物イオンなのか」という明確な問題意識が成立した。

このような生徒の意識は、文脈があるだけではなく、Ca という素材の持つ力とも言える。Na よりイオン化傾向が高いのでより激しい反応を想起しがちだが、Na よりも穏やかに反応し、比較的安全であり、保管のリスクも少ない。

文脈ある学びがのめり込める状況を作ることができたとするには、さらに比較検討や他の例も試していかななくてはならない。少なくとも今回は文脈のある学びで生徒の意識はつながり、探究の意欲も高まったように思う。今後はイオン全体を文脈ある学びで繋ぐことも考えたい。

(2) 身の回りに直結している題材は、関係づけて考える力を向上させる

身の回りに直結している題材を用いることで身の回りの実態や質感と関係づけて考えることができていた。「あ、だからこうなのか」という納得ができるような学びも生まれている。

- ボーリングデータから地下を考察する活動では、どの資料に対してもそれぞれ細かく観察をおこなっている。「校庭の下ってこうなってるの？」など、実際の採取場所が現実の世界でどこかとわかっているために、その分興味深く観察をおこなっていた。
- 気象観測では、実際に体験しただけあって、実感を伴って分析することができていた。一方で、細かな気象データを与えたことで根拠をもって分析をすることができていた。

実際に観察記録まではつけさせなかったが、本来的には各自で気象観測をして、より質感・実感を伴う学びとしていくことは大切そうだ。

○感想の記述に「天気予報士の方々はすごい」とか「より広範囲で正確な判断が必要だと感じた」とあるように、自分たちの生活と結びつけた上でそこに携わる方々の努力を受け取ることができていた。ある意味キャリア教育となっている部分もある。

一方で、予め想定されていたことではあるが、自由に考察をさせていくことで気象や地学単元で学ぶべき内容をもとに総合的な考察をおこなっても、学ぶべき内容以上の知識や理解が必要になったとき、新たに大きな問いが発生する。例えば、気象で南岸低気圧であると雪が降るというしくみについては授業の中で押さえていない。したがって、低気圧の通過と関係づけることはできても、それ以上の風向や降雪量の多さなどは予測しがたい。生徒の深い疑問に対する指導者側の指導の在り方を十分に考えておく必要があるようだ。

(3) 自分たちで追究の方法を考えると、学びは確かに深まる

マルチメソッドやミッション型 (MPL) を用いて、自分たちに解決の自由度が高い問題解決の場合、生徒は大変よく考え工夫を凝らした活動を行う。マルチメソッドや述べられた感想や振り返りを分析すると理科の授業を楽しみにしてくる生徒が本校には多い。「科学が好き」＝「のめり込める」5つの様態の視点で見ても真剣に取り組み、記述は丁寧におこない、当然自分たちで方法を考える学習なので主体的に取り組み、狙い通りにいかないことも多いので繰り返しおこなって、最終的に高い満足感を得ている。ということであれば、マルチメソッドやミッション型 (MPL) を主軸として展開していけば良いということになる。但し、これらの方法には大きな課題がある。今回地学分野でおこなった内容は、全体像が見えていないと結果から関係づけて深い考察をおこなうことは難しい。

(4) 環境を整える活動を通して

生徒の反応からもわかるが、生命の誕生や羽化などの生物の変態は、子ども達自身深い興味関心をもつ。課題ではなくても何回も繰り返し観察をしたり、主体的に生物を捕獲して調べてみたりするなど、中学生でも自然へのめり込んでいく姿をしっかりと見ることができた。

これらの原因としてはいくつか考えられる。その一つとして生物教材の持つ「生きる」を説明する言葉なき説得力が挙げられる。その変化、その成長スピード、何とか生命を保とうとするその行動が、自分たちと無意識に重なって見ているのかもしれない。もう一方で挙げられるのは身の回りにありながら、見えていなかった、見ようとしていなかったことである。冒頭で述べたように、ムカデやヤスデを直視できなかった生徒も、よく見ていく中でその動きの規則性や面白さを感じていくようになり、最後は集中して観察をおこなった。この場合、その生物のどんな部分に注目して観察すること、即ち視点を持って観察することが生徒の関心意欲を高めることにつながるかを十分吟味しておく必要がある。

経験や体験が不足している生徒たちにとって、これまで以上に生物素材を身近にするための環境保全を生徒の活動と連携しておこなっていくことや、それら生物素材を教材化していくことが重要である。

(5) ICT の工夫で論議は能率的になるが、課題も多い

(昨年度の論文でも取り上げたが、) ICT の利用は効率性が高くなる反面、そのみでいくと授業のもつ熱量を高める上で課題が多い。また、広く意見を採ることができるようになるために、数多くの中からどの意見に注目していくか、効率性と妥当性を求めるときには教師側が選別していくことになる。発言のみで授業を進めた場合、本校生徒には反対意見は言いづらい面がある。そのような場合に、ICT を利用した意見集約では反対意見や異なる意見を探し出して指名することは非常に有効である。特に授業の導入において認知コンフリクトを引き出す際には大変重要である。ICT 利用には、前述した授業での生徒の主体性を担保した上で熱量を下げないような工夫と、教師の恣意的すぎる側面を解決しながらこれまでにないような運用の仕方を考えていく必要もありそうだ。

5 「科学が好きな生徒」のさらなる育成に向けて（計画）

(1) 文脈のある学びを、さらに広げて・繋いで

考察の「文脈ある学びによって得られる効果」で挙げたが、イオン全体を文脈のある学びで繋いでいくことは分断された内容を一つの流れにしていける上でも大切である。そこで MM や MPL を多く取り入れながら次のような展開を考え実践していきたい(2023 年度)。(表 3)

表 3 単元全部を文脈を持ったつながりにするためのイオンの学習展開案 2023

	学習活動	わかること 解決できること	疑問 解決できないこと
1 次	水溶液の電気伝導性を調べる実験を行う <MPL>	水溶液は電流を通すものと通さないものがある	電流を通すものは電極から正体不明の泡状の気体が出ている
2 次	電流が通るときの電極の変化に着目し気体を調べる	塩酸と塩化銅、塩化ナトリウム全てで陽極から塩素が発生する	陰極から塩素が発生する理由は何か
3 次	自分なりにこれまでの学習を活かして陰極から塩素が発生する理由を考える<MPL>	自分たちなりの解釈をおこなうことができる	一部説明できない部分がある。
4 次	これまでの科学者の知見をもとに自分たちの考えを整理確認する	イオンという概念やイオンにも種類があることがわかる	同じ陽イオンや陰イオンでどんな違いがあるのか
5 次	塩酸とマグネシウムの反応をもとに、鉄と銅、水素でイオンになりやすいものを考える	イオンにはなりやすさがある。鉄はイオン化しやすく銅はイオン化しにくい	演示：イオン化しやすい物質 ※Ca が水に溶けるときの反応
6 次	Ca が水に反応するしくみを考え、自分たちなりの確かめ方で調べる<MM>	Ca が水に反応して水素を発生させ石灰水となっていた	水溶液がアルカリ性となった原因は水酸化イオンか金属イオンか
7 次	電圧をかけてイオンを引くことによりアルカリ性となった原因をさぐる	アルカリの原因は OH ⁻ であることがわかる。	分解された H ⁺ は何性なのか。
8 次	電圧をかけてイオンを引くことにより H ⁺ は何性の原因物質か調べる	H ⁺ は酸性の原因物質である。	酸とアルカリを混ぜるとどんな場合でも中性になるのか
9 次	濃度や体積を変えて調べることで中性になる条件をさぐる<MM>	同濃度であれば同体積で中性になる。H ⁺ と OH ⁻ の量比による	問い：アルカリ電池という言葉から電池の条件について考えてみよう
10 次	自分たちなりに考えた条件をもとに電池になる条件を考える<MM>	電解質で、異なる電極である場合に電流を生じる	金属の組み合わせによるきまりが明確ではない
11 次	マグネシウム、亜鉛、鉄、銅の組み合わせから電池のきま	イオン化傾向が高い物質が負極になり、イオン化傾向の差が	身の回りのもので電池を作るとしたらどんなものが最適か

	りについて探る	大きい方が電圧が高い	
12 次	身の回りのもので機関車トーマスを動かす電池を作るにはどうすれば良いか＜MPL＞	トーマスを動かすにはかなりの工夫が必要である	市販の電池にはどんな工夫があるのだろうか
13 次	電圧が下がっていかないための工夫はどうすれば良いか、ダニエル電池をもとに考える	イオン化を防ぐためのしくみなど、工夫が必要であること。市販電池のすごさ。	燃料電池はどのようなしくみで動いているのか
14 次	実際に燃料電池を動かして何ができるのか調べてみよう	単純な作用で動いているわけではないこと。 イオンは生活に欠かせないものであること。	謎な部分は個々に広がって欲しい。

（２）新しい素材の教材化と合同研究チームで自ら深める発展学習を

生徒が身の回りのことを素材にして学びを深めたり広めたりすることについて、来年度も素材の教材化を十分に進めていくつもりである。一方、他教科で学習したことを活かしたり繋げたりしながら学習を深めていく方策も考えていた。（昨年度論文計画）しかし、実際問題で授業がはじまってみると、学校の中で大きな筋ができていない中で互いに教科連携を図って授業化するのには、この10年で教員の若返りと共にだいぶ苦しくなった。このような場合、理科から一方的に持ちかけても合意形成できないことが多い。

そこで、教科指導部主導で生徒の学びを向上させるための合同研究チームを組み、①自ら学びを深める、②学びから達成感をもつ、③学びに向かう人間性を高める、という視点から全職員をグループ編成し、その中の自らの学びを深めるグループで本年度までの理科の実践をもとに、協働できる教科や先生を探していくこととしたい。その場合、理科の担当教諭が具体的な提案者ではなくても、本プログラムは理科教科会全体で取り組んでいることであるので、理科の方で対応をしていくこととしたい。（2022年度～2023年度）

一方で最終場面でなければ知を総動員して解決できないという状況があるが、来年度は単元のはじめにこれまでの学びを使いながらミッションにチャレンジをしていく中で、思うようにいかない点や疑問に思う点について、単元や小単元を構成して追究していくという授業展開も試してみたい。

（３）生徒による生徒のための問題解決の開発

生徒が話し合いの進行役を務めながら探究学習を行っていく機会を、これまでも何回か試してきたが定着していない。その原因の一つとして、どの教科でも生徒が司会役になって進行することはあまりないことが挙げられる。理科では、部分的ではあるが、基礎的な知識を積み上げた上で応用的に考えていくような小単元や個別に解説を要する小単元もある。

その良い例が気象における四季の天気である。冬の天気の特徴は社会でも扱う。しかし、春・秋や夏、梅雨の天気については他教科ではあまり扱わない。また、この学習は教師からの解説が多くなりがちであったり、問題解決のテーマが身近なものというより知識優先的なものとなってしまうりしがちである。そこで以下の手順で授業を構成したい。（2022年度）（表4）

表 4 生徒が主体となって互いに学び合う活動 2022年度

	学習内容	問い・活動
前提	日本付近の気団について(1h)	日本付近の気団について確認をおこなう。(高気圧・低気圧で気団の存在を確認しておく。)
把握	ミッション 日本の天気の特徴について	「今回のミッションは、日本の四季についてです。皆さんの好きな四季の気候はどんな特徴があるのでしょうか？これらを気団をもとにしながらどのよ

	(0.5h)	うな気団がどのような影響を与えるために四季の特徴が現れるのか調べ、発表をしていただきます。」
方法	グループ別学習のルール確認 (0.5h) グループ別調査 (2～3h)	各季節ごとに分かれ、グループ編成をおこなう。以下のルールとする ○様々な資料を使って良い。○わかりやすく説明できるようにする ○季節の変わり目もおこなう。例えば夏なら、春→夏、夏→秋 ○はじめにブレーストーミングで各季節の特徴を明確にする ○明確にした特徴の原因を気団と関係づけて説明する ・教師は一切付け加えの説明をしない 各季節 2 グループ程度の構成とする
発表	調査の結果をプレゼンテーションで発表する (2h)	○基本的にグーグルのプレゼンテーションソフトで作成する。 ○わからないことがあったら質問する。 ○プレゼンテーションソフトの他にレジュメを必ず用意して重要な点、用語を記述するようにさせる。 ○レジュメをもとにクラス内テストをおこなう。(できたら各グループに問題作成させたい)

このことによって解説を聞くだけの状況から能動的主体的な学びとなると考える。しかし、昔ながらの考え方に立てば学習効率は極めて悪いので、発表場面を工夫する、調査を休みにかけての課題とするなど工夫する中で効率化を図りたい。

6 結びとして

研究代表としてこれまで多くの論文に携わってきた。途中大病を得て二度と書けないかと思ったところから、なんとか書き続けた中でわかったことは、自分自身が理科の授業と科学が好きなのだということだった。若い頃、渡辺理事長に「なぜソニーは松下のように塾を作らないのですか？」と恐ろしい質問をしたことがある。即座に「私はプロとしての先生方の力を信じている。」と言われた。一方で西谷理事長からは「先生方って本当に理科の原理原則わかっているのかな？」と言われたことがある。ここで代表として書き続けてきたのはひとえにプロ意識を持ち続け、理科と向き合うためである。自分にとってこのプログラムは理科の授業を磨く重要な機会である。井深大初代財団理事長が1962年第6回贈呈式で「子どもの時から科学的な雰囲気にはたっていて、なんとかなしに理科が好きになったとか、科学的な人間になるということが非常に大切なことだろう」と仰ったらしい。以来60年。これを具体化するために、私たちはこれからも理科の「授業」と環境としての「理科教師」にこだわりたい。理科離れを起しやすいという中学校での理科授業、理科教師の在り方こそ重要なのだと強く思う。そのために自分自身が謙虚でいること、向上しようとする人であることを目指して、先輩、諸先生方から授業法を学び、自分自身フィールドで探究し、本プログラムで考えを整理してきた。しかしやればやるほど身にしみるのは、自分の未熟さと拙さである。

しかし、還暦を迎える年をもって、研究代表及び執筆は止めることを決めていた。校内で後を継いでくれれば嬉しいが、叶わなくとも地域で論を書ける人を育てていきたい。これまで理科にこのような機会を与え続けて下さったことに心から感謝を申し上げる。

研究代表者 名取 克裕
理科教科会 河西 敏雄 渡邊 翼 速水 牧人
学 校 長 塩崎 正昭
教 頭 下平 浩之