

ソニー子ども科学教育プログラム 2018

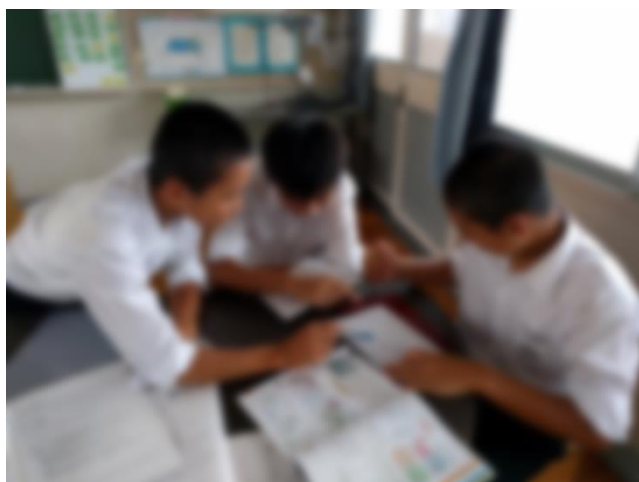
「科学が好きな子どもを育てる」

～「なぜ」を大切に，感性・創造性・主体性の育成～

『学び合い』の考え方を大切にした 「個別的」「協同的」な授業の実践



個別的に学ぶようす



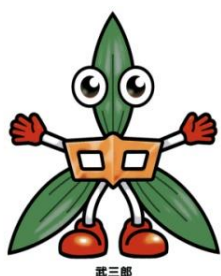
協同的に学ぶようす



2014 年度ふくい理数グランプリ最優秀賞



菊花マラソン伴走ボランティア



武三郎

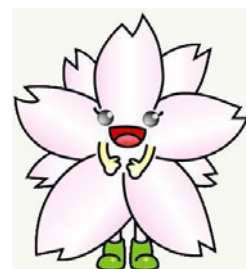
福井県越前市武生第三中学校

校 長

水谷 善長

P T A 会長

富永 良史



目次

I 章	はじめに	1
II 章	私たちが考える「科学が好きな子ども」とは	2
III 章	「科学が好きな子ども」を育てるために	
	（１）『学び合い』の考え方	3
	（２）学びの「個別化」「協同化」	5
IV 章	実践の中で見られた生徒の学びの実践	
	実践（１）プラスチックを分類するフローチャートを作ろう！（１年生・2017年7月）	6
	①課題	6
	②生徒の学びのようす	6
	③振り返り	7
	実践（２）「火をふく大地」をレポートにまとめよう！（１年生・2018年2月）	
	①課題	8
	②生徒の学びのようす	8
	③振り返り	10
	実践（３）ラボアジエに挑戦！「質量保存の法則」を証明せよ！（２年生・2018年5月）	
	①課題	11
	②生徒の学びのようす	12
	③振り返り	13
	実践（４）三中の先輩に挑戦！「化学かいろ」の最適条件を探れ！ （２年生・2018年6月）	
	①課題	14
	②生徒の学びのようす	14
	③振り返り	17
	実践（５）「生物と細胞」のレポートを作ってテストに挑戦しよう！ （２年生・2018年7月）	
	①課題	19
	②生徒の学びのようす	19
	③振り返り	19
	実践（６）【総合的な学習の時間】職業募集ポスターを作ろう！（１年生・2018年2月）	20
V 章	実践の成果	
	（１）『学び合い』の考え方	21
	（２）学びの「個別化」「協同化」	21
VI 章	今後の課題と指導計画	22
	（１）課題設定力（＝教材研究力）を高める	22
	（２）学習成果物（個人レポート）とその評価	23
	（３）形成的評価と診断的評価	23
	（４）学びのプロジェクト化	24
	（５）社会に開かれた学び	24
VII 章	おわりに	25

I 章 はじめに

本校のある越前市は、福井県の中央部に位置している。地区内には三世代同居の家庭も多く、生徒を取り巻く学習環境は非常に恵まれていると言える。また、近くには進学校とされる高校も複数存在し、塾などに通っている生徒の割合も高いなど、地域全体の教育に対する意識は高い。

しかし、本校は生徒の学習意欲も高く、学校生活や授業態度も極めて落ち着いていることに甘えてしまい、私自身は一斉的な講義形式などの授業が中心で、生徒自身の主体性や問題解決能力を高めることを疎かにしてきたのではないかという反省がある。「いかにスムーズに授業を進めるか」「いかに知識や解法のテクニックを教え込むか」ばかりを優先させてしまっていたと感じる。

中学校3年生の後半に、熱の3種類の伝わり方「伝導・対流・放射」について学ぶ単元がある。一方的な教え込みになりがちな内容であるが、数年前にそれまでの反省を踏まえて、「伝導・対流・放射の身のまわりの例について班で考えてみよう」という活動を中心に据えた授業に挑戦したことがあった。しかし、授業後にある生徒が「伝導・対流・放射の簡単な見分け方を先生から教えてほしい」と書いた振り返りを読んで、大きなショックを受けた。その生徒にとっては、「理科を学ぶ＝理科のテストで効率よく点を取るテクニックを身につけること」という認識であり、またそのような認識を生み出してしまったのは他でもない自分自身の授業こそが原因なのだと思うにはいられなかった。自分自身の授業の在り方について、根本的なパラダイムシフトが必要であると痛感した瞬間だった。

また、理科は観察・実験などが生徒の興味・関心を高めやすいという教科の特性があるが、生徒にただ教師の言うとおりに観察・実験を行わせることで、教師自身がきちんと学ばせた気になっていたことも否めない。教科書に載っていないような観察・実験を学んだり自分で開発したりして授業に取り入れることで、生徒の興味・関心の一時的な喚起に一定の効果はあったように感じる。しかし、そのような観察・実験を教師側から毎時間提示し続けることは難しく、生徒側も「今日は先生は自分たちのために何をしてくれるのか」を待つばかりになってしまい、その多くは教師自身の自己満足に留まってしまっていたと言える。目新しさやインパクトのある観察・実験に安易に飛びつくのではなく、その観察・実験を通じて「何を学ばせたいのか」「どんな力をつけさせたいのか」という考え方を大切にしなければならないことに気付かされた。

さらに、中学校学習指導要領が改訂され、2021年度の完全実施に向けて間もなく移行期間に入ろうとしている。次期学習指導要領では、「よりよい学校教育を通じてよりよい社会を創るという目標を共有し、社会と連携・協働しながら、未来の創り手となるために必要な資質・能力を育む」（「平成29年度小・中学校新教育課程説明会（中央説明会）における文科省説明資料」12頁より引用）とされている。来たるべき「知識基盤社会」「高度知識社会」「ポスト産業社会」において、絶えず学び続けていく力を育むために、「何を学ぶか」「どのように学ぶか」はもちろん、「何ができるようになるか」を明確にした授業をしていく必要がある。

そのために、特に理科では具体的な改善事項として、「課題の把握（発見）、課題の探求（追究）、課題の解決という探究の過程を通じた学習活動を行い、それぞれの過程において、資質・能力が育成されるよう指導の改善を図ること」（「中学校学習指導要領解説理科編」7頁より引用）などが挙げら

れている。理科ならではの「見方・考え方」を高めるための探究活動や問題解決学習などを通して、これからの社会を生き抜いていく力を養うことこそが、理科という教科を学ぶ意味であると言える。

しかし、それらを実際の学校現場の授業で実践するとなると、入試の存在や授業時数の限界など、様々な障壁があるのもまた事実である。そんな中で、既存の学校文化や制約と折り合いをつけながら、試行錯誤した実践の様子を報告したい。

Ⅱ章 私たちが考える「科学が好きな子ども」とは

私たち理科の教師は、子どもたちに「科学を好きになってほしい」「科学を深く学んでほしい」と願うことは当然であるが、Ⅰ章で述べたように、「科学を学ぶことを通して何ができるようになるか」という視点が抜け落ちてしまっただけでは本末転倒である。科学を学ぶことを通じて子どもたちに身につけてほしい「学力」とは何か、ということは今一度確認する必要があると考える。

哲学者の苫野一徳氏は、著書『教育の力』の中で、「学力」を以下のように定義している。

現代の公教育がその育成を保障すべき「学力」の本質、それはとどのつまり「学ぶ力」のことである、と。教育は、子どもたちに「学ぶ力」を育むことで、その後の長い人生において「自ら学び続ける」ことを可能にする、その土台を築く必要があるのです。(中略) それは必要な時に必要な知識・情報を的確に“学び取る”，そしてそれをもって自らの課題に立ち向かっていける、そのような“力”のことです。

(苫野一徳著『教育の力』講談社現代新書、2014、58頁より引用、傍点ママ)

この苫野氏の「学力」の定義を、科学を学ぶことを通じて子どもたちに身につけてほしい「学力」を考える上でのヒントとしたい。つまり、科学を学ぶことを通じて、生涯に渡って「自ら学び続ける」ことができる力、さらには「よりよい社会を創る」ことができる力を身につけることこそ、科学教育のゴールと考えるのである。

その上で、その「学力＝学ぶ力」をいかにして理科の授業で子どもたちに身につけさせるのか、という視点に立つ必要がある。Ⅰ章で述べたように、探究活動や問題解決学習といった科学的なアプローチは、理科の授業ならではのものであると言える。しかし、この科学的手法を教師主導で子どもたちにさせたところで、「学力＝学ぶ力」は身につかないことは明らかであるし、そもそも子どもたちにとって楽しい学びにはならないであろう。自ら課題に向き合い問いを立て、時には文献や他者との対話をしながら、自分の手で自然界の法則や規則性を明らかにしていくプロセスは、子どもたちの知的好奇心をかき立て、学びに没頭させる力を持っている。そしてこのプロセスは、有史以来人類が築き上げてきた科学の解明・発展のプロセスに他ならない。このプロセスを繰り返し経験することで、科学を楽しみ、学びに没頭する子どもたちの姿は、理科の授業だからこそ可能になるものであると考える。

したがって、私たちは「科学が好きな子ども」を以下のように定義する。

科学的なアプローチを通して、科学を楽しみ、学びに没頭することで、
生涯に渡って自ら学び続け、よりよい社会を創ることができる力を育む生徒

この定義を基にして行った授業の理論（仮説）について、次章から詳しく報告する。

Ⅲ章 「科学が好きな子ども」を育てるために

Ⅱ章で定義した「科学が好きな子ども」を育てるための理科の授業を具現化するために、以下の2つの考え方を柱として授業実践を行ってきた。

（１）『学び合い』の考え方

上越教育大学の西川純教授が主唱している『学び合い』（二重かっこの学び合い）の考え方に基づいた授業を行っている。『学び合い』の考え方とは、

1. 「学校は、多様な人と折り合いをつけて自らの課題を達成する経験を通して、その有効性を実感し、より多くの人が自分の同僚であることを学ぶ場」であるという学校観
2. 「子どもたちは有能である」という子ども観
3. 「教師の仕事は、目標の設定、評価、環境の整備で、教授（子どもから見れば学習）は子どもに任せるべきだ」という授業観

という3つの観によって表現される。具体的な授業の進め方は以下のようなものである。

①語り

『学び合い』の3つの観について、教師がわかりやすくかつ熱意を持って語り、説明する。

②課題の提示

この授業での課題は何か、授業の最後にどうなっていればよいのかを子どもたちがわかるように説明する。その際に、「課題の全員達成」を求める。

③課題解決のためのサポート

教師は子どもたちに課題解決のための動きを促す。課題解決の方法や班編制などは子どもたちに任せ、教師は子どもたちの学びを可視化したりアドバイスしたりするに留める。子どもたちは友達に聞いたり教科書を調べたり観察・実験をしたりして、課題達成を目指す。

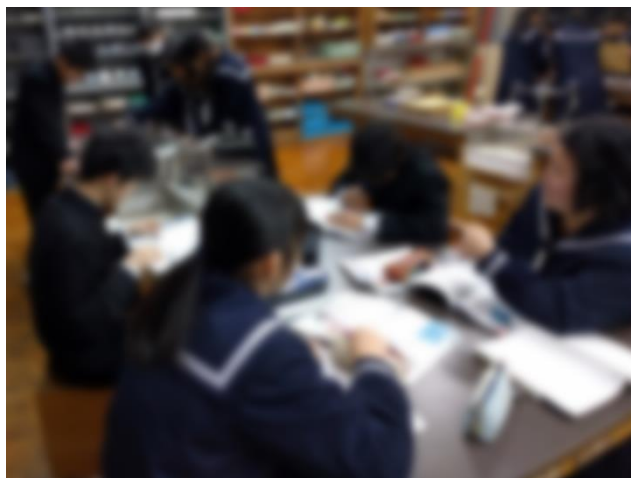
④評価

「課題の全員達成」という観点から、その授業の評価を行う。

この『学び合い』の考え方に基づいた授業を、2017年4月から、ほぼ毎時間行ってきた。例えば、小単元「気体の性質」の最後の授業（2017年9月）では、以下のような課題で授業を行った。

「二酸化炭素」「酸素」「水素」「アンモニア」の4種類の気体について、「発生方法（作り方）」と「その気体の集め方とその理由」について、3人に説明してサインをもらう。サインがもらえないときはアドバイスをもらい、よりよい説明にする。なお、「二酸化炭素」については2種類の集め方とその理由について説明すること。

これは、4種類の気体の発生の実験を行った後に、まとめの意味合いで行った授業での課題である。生徒は時間配分を考えながら、教科書やノートを復習したり、デジタル教科書で調べたり、立ち歩いたりグループを作って友達に聞いたりしながら、課題達成のために各々の方法で取り組んでいた（資料1）。



資料1 『学び合い』の考え方に基づいた授業のようす

従来的な一斉授業とはかなり授業の形態が異なるため、最初は戸惑いを覚える生徒は少なくない。そこで、「なぜこのような授業をするのか」「この授業を通じてあなたたちにどんな力を伸ばしてほしいのか」といった「語り」を、折を見て（特に4月の授業開きの際には丁寧に）行ってきた。以下がその「語り」の例である。

「理科は暗記科目」と思っている人も多いかも知れないけど、これからの時代、ただ「暗記する力」「公式を使って計算する力」なんかは、コンピューターとか人工知能の方が得意だね。これからの時代、大人になってから本当に必要な能力っていうのは、「助けて！と言える力」「困っている人に手を差し伸べる力」だと思います。そういういわゆるコミュニケーション能力っていうのは、人工知能とかは苦手で、まさに人間の強みと言われています。

私から出す理科についての課題をクリアするために、どんな方法を使ってもいいですが、「全員が課題を達成することを諦めない」ことだけは大切にしてください。それはこのクラスの学級目標「〇〇〇」と根っこは同じだね。だから、理科の授業を利用して、このクラスを本当にいいクラスにしてほしい。このクラスが1人も見捨てないいいクラスになれば、きっと世の中がいい世の中になる。それを本気で目指してほしいと思っています。

また、『学び合い』の考え方は授業の主導権の多くを教師から生徒に渡すことになるので、学習の進度も生徒が主体的に決めることになる。しかし、進度の目安となる枠は教師側から示す必要がある。小単元の進度の目安や課題を一覧にした「学習シート」を配布し、その学習シートに生徒は毎時間の最後に授業の振り返りを記述し、教師に提出している。生徒はその学習シートを参考にして、必要に応じて予習をしたり、以前の内容に戻ったりして、今の自分自身に必要な内容を選びながら学習を進める。また、教師はその振り返りに対し、基本的に肯定的なコメントを書いて返す（資料3）。また、課題が終わった生徒はネームプレートをひっくり返すなどの方法により、クラス全体の課題の進捗状況を可視化する。また、内容の定着を担保するために、小単元の最後の授業では「単元まとめテスト」という業者製のプリントをテスト形式で行い、全員が各自で設定した目標点数以上

を取ることを共通のゴールとしている。

（２）学びの「個別化」「協同化」

多くの『学び合い』の授業では、前述のように全員で共通の課題について取り組むことが多かった。『学び合い』は、あらゆる教科のあらゆる内容で取り入れることができるのが強みであるが、子どもたちを探究活動や問題解決学習に向かわせるためには、理科の教科としての特性を活かした工夫を課題に取り入れることが必要であると考えようになった。

苫野一徳氏は、前出の著書『教育の力』の中で、「学力＝学ぶ力」をすべての子どもたちに十分に育てていくための手立てとして、「学びの個別化」「学びの協同化」「学びのプロジェクト化」という3つのキーワードを軸に論じている。その中で、今回は特に「個別化」「協同化」に焦点を当てて授業実践を進めていくこととした。

まず「個別化」については、「一人一人が異なるアプローチが必要となるような課題を設定する」「複数時間に渡るレポート作成を課す」ことを試みた。例えば、生徒が一人一人異なる実験をする必要性が生じるような課題を設定したり、その成果をレポートや口頭で説明したりするような課題を設定するのである。生徒は課題について主体的に自らやり遂げる責任を負い、また教師は生徒が課題に対して自発的に学び、また課題を進めていくことに意義を見出しながら学んでいけるような課題づくりや環境づくりに務める必要がある。

資料3 振り返りシートの例

また「協同化」については、教師側からグループワークを課すのではなく、「個別化」によって一人一人が異なるアプローチで進めていく中で、誰かと協力したり教え合ったりする必要性が自然発生的に生じることによって実現されると考える。したがって、「個別化」と「協同化」は相反する概念ではなく、相互的に補完し合うような関係だと考えている。『学び合い』の考え方で授業を進めている生徒にとっては、日々の授業で行っている活動の延長線上にあるものであると、ごく自然に捉えることができるだろう。教師は個別化されている学びをつないだり可視化したりといったファシリテーターとしての力が求められると考える。

このように、(1)『学び合い』の考え方を大切にした上で、(2)学びの「個別化」「協同化」の視点を取り入れた授業実践について、2017年度の中学1年生から2018年度の中学2年生で行った事例を次章で説明する。

時	内容	教科書	理科ノト	振るわり
1	1 物質の状態変化	115-120	70 72上	① 蒸気 → ② 凝結 → ③ 融解 → ④ 凝固 → ⑤ 昇華 → ⑥ 凝華
2	2 物質の状態変化と体積・質量の変化(1)			⑦ 凝縮 → ⑧ 凝結 → ⑨ 凝結 → ⑩ 凝結 → ⑪ 凝結 → ⑫ 凝結
3	2 物質の状態変化と体積・質量の変化(2)	121-123	72下	⑬ 凝結 → ⑭ 凝結 → ⑮ 凝結 → ⑯ 凝結 → ⑰ 凝結 → ⑱ 凝結
4	3 状態変化が起こるとき温度	124-126	74	⑲ 凝結 → ⑳ 凝結 → ㉑ 凝結 → ㉒ 凝結 → ㉓ 凝結 → ㉔ 凝結
5				㉕ 凝結 → ㉖ 凝結 → ㉗ 凝結 → ㉘ 凝結 → ㉙ 凝結 → ㉚ 凝結
6		127-129	76	㉛ 凝結 → ㉜ 凝結 → ㉝ 凝結 → ㉞ 凝結 → ㉟ 凝結 → ㊱ 凝結
7	4 蒸留			㊲ 凝結 → ㊳ 凝結 → ㊴ 凝結 → ㊵ 凝結 → ㊶ 凝結 → ㊷ 凝結
8	単元まとめテスト	単元全体を網羅してのコメント 今日はテストの時から勉強して、成績は上がった。おめでとう。 その答えに自信を持って、勉強の成果があらわになった。 授業への態度（お礼）		

資料3 振り返りシートの例

Ⅳ章 実践の中で見られた生徒の学びの実際

（１）プラスチックを分類するフローチャートをつくろう！（１年生・2017年7月）

前章で述べたように、年度当初から『学び合い』の考え方を基にして授業実践を進めてきた。そこで、夏休みに入る前の1学期の集大成として、「個別化」「協同化」を目指し、一人一人ゴールの異なる問題解決的な課題設定で授業を行った。

プラスチックは小単元「身のまわりの物質とその性質」の集大成とも言える内容であり、特にプラスチックの分類については、ガスバーナーの扱いや密度による浮き沈みの判断など、既習事項をふんだんに活用することが必要となる優れた教材である。そこで、ただ分類するだけではなく、フローチャートの形で論理的に区別する方法を個人個人が明らかにすることを求める課題とした。

まず、前時の「有機物と無機物」の授業では、4種類の白い粉（砂糖・食塩・小麦粉・グラニュー糖）の区別をフローチャートに表すという課題を与え、フローチャートの書き方に慣れた上で本時の課題に取り組んだ。今回は5種類のプラスチックというさらに複雑な分類となるため、あらかじめヒントとなる表（資料4）を与え、それを活用するように指示した。

また、前時での経験から「とりあえず燃やす」といった安易な方法に飛びつく生徒が多いことも予想されたので、それぞれのプラスチックは1個ずつしか使えないという縛りを与えた。また、「プラスチック（今回の場合は特にPVC）は燃やすと有毒ガスが出る可能性がある」ことを理解することも重要であるため、PVCについてはバイルシュタインテストの方法を紹介し、確実にPVCを除外した上で燃やすことを指示した。

5種類のプラスチックの性質について調べてまとめよう！

1. 姓 名

身のまわりのプラスチック	水に浮かぶか 沈むか 密度 $< 1.00 \text{ g/cm}^3$	濃縮水に浮かぶか 沈むか 密度 $< 1.20 \text{ g/cm}^3$	バイルシュタインテストの結果	燃やしたときのような臭い	このプラスチックは
ペットボトル					
ストロー					
スプーン					
消しゴム					
ばらん					

資料4 分類の参考となる表

①課題（2時間扱い）

実際のプラスチックを使って実験を行い、5種類のプラスチック（PE・PET・PVC・PP・PS）を区別するフローチャートを作成し、その内容を3人に説明する。

【ルール】

- ・5種類すべてのプラスチックを区別できるようにすること。また、5種類のプラスチックはそれぞれ1個ずつしか使えない。
- ・PVCの可能性が少しでもあるものを燃やしてはならない（有毒ガスが出る可能性があるため）。
- ・最後に区別したものがそれぞれPE・PET・PVC・PP・PSのどれだと考えられるか、教科書を参考にして書き入れ、そのように考えた理由を説明すること。

②生徒の学びのようす

教師から「1時間目に実験、2時間目にフローチャート作りという流れがいいんじゃないかな。もしくは逆でもいいと思うよ」というアドバイスをし始めたところ、8割程度の生徒がまず実験から始め、残り2割程度の生徒がまずフローチャート作りから取り組んでいた。

実験から行う生徒は、自分たちで数人の班をつくり、とりあえずいろいろな実験を行い、協力しながら表を埋めていくという作業に専念していた。特にバイルシュタインテストで見られる炎色反応の緑色の美しさに驚嘆の声を上げる生徒が多かった。フローチャート作りから行う生徒は、実験をしている友達の結果をときどき聞きながら、主に教科書を参考にして予想される結果を基にフローチャートを作ろうと試みていた（資料5）。



資料5 実験のようす

また、フローチャートを「3人に説明する」場面では、早く課題が終わった生徒に対し、まだ課題が終わっていない生徒が説明を通じて質問するという場面が多くみられた（資料6）。

【対話の例】（A、Bともに生徒）

A：最初って何にした？

B：まず最初にバイルシュタインテストでPVCだけ分けちゃえば後が楽だと思うよ。

A：で、それ以外は全部燃やしちゃえばいい？

B：でも、燃やすだけではわかりにくいのあるから、水とか食塩水に浮くか沈むかを使った方がいいかも。

A：え？それも実験でやらないとだめ？

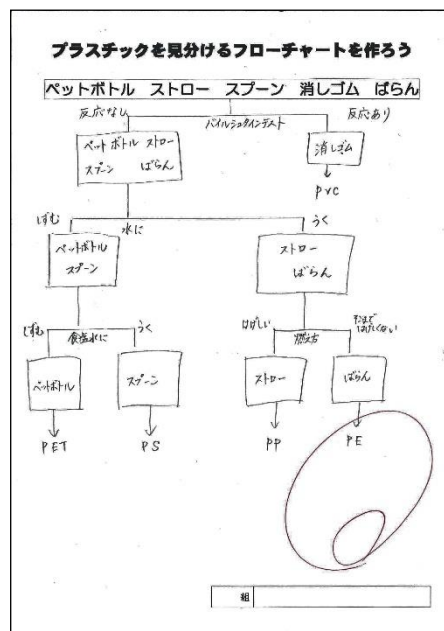
B：やらなくてもいいけど、やった方がわかりやすいと思う。

資料6 生徒同士の対話の例

③振り返り

これまでの課題は、「〇〇という言葉について説明する」など、全員が同じゴールを目指すものであったが、最終的に完成させるフローチャートは個人個人で異なるものとなり、自分自身の手で作り上げることで知的好奇心が高まったことが、生徒の書いた振り返りから感じられた。安易に誰かのを写すなどといった生徒は見られず、進度が遅い生徒には「いい加減にやったらだめだよ！」「あと少し頑張ろう！」などと声をかける姿が見られるなど、ゆるやかな協同性も見られ、全員がレポートを完成させることができた（資料7）。最終的には3人への説明が終わらなかった生徒が1～2人残ってしまい、全員達成とはならなかったが、「全員達成を目指したこと、諦めなかったことに価値があること」を強調した。

ただ、PE（ばらん）とPP（ストロー）の区別が極めて難しく、区別を間違えている生徒も少なくなかった。最後に答え合わせをして、「ちゃんと完璧に区別ができた人はすごい！」などと価値づけをしたが、一生懸命やったのに不完全燃焼な思いを抱いた生徒もいたと考えられる。教科書に載っている5種類全てについて分類をさせるのではなく、場合によっては種類を減らすなどといった教材の工夫が必要であると感じた。



資料7 レポートの例

（２）「火をふく大地」をレポートにまとめよう！（１年生・２０１８年２月）

１年生の最後の単元である「大地の変化」の中の、特に火山を扱う小単元「火をふく大地」は、生徒にとっては身近でない言葉の暗記が多く、授業も教師主導の教え込みになりがちである。しかし、粘度の異なるマグマのモデルを用いた実験や、火山活動と自分たちの生活とのつながりなど、学びを広げる余地の多い内容でもある。教師から与えられた問いを受動的に進めていくのではなく、能動的に学びを進めていく中で生じる生徒自身の「なぜ？」「詳しく知りたい！」などの問いを大切にしたいと考えた。その一方で、当然ながら重要語句の意味などはきちんと理解する必要があるので、その両者を共に実現できるような課題設定を工夫した。

また、１年間の『学び合い』授業実践の終盤に差し掛かってきた中で、１～２時間単位の細切れの課題ではなく、小単元全体での課題に挑戦するという意味合いも込めた。

①課題（４時間扱い）

小単元「火をふく大地」についてのレポートを作成する。

【必ずレポートに入れる内容】

- ・マグマのねばりけの違いによる「火山の形」「溶岩の色」「溶岩の流れやすさ」「噴火のようす」「実際の火山の例（桜島・雲仙普賢岳・伊豆大島）」
- ・火山噴出物（４つ）
- ・鉱物（無色鉱物２つ、有色鉱物５つ）の特徴
- ・火成岩、深成岩、火山岩の違い
- ・「観察２火成岩のつくり」のスケッチと考察（火山岩と深成岩を１つずつスケッチしてそれぞれの特徴を考察する）
- ・斑状組織（石基・斑晶）と等粒状組織との違いと、その違いが生じる理由
- ・火山岩（３つ）、深成岩（３つ）の名前と特徴
- ・火山の噴火によって起こる災害とそれに対する備え

※その他「自分で立てた問い」や「教科書に載ってない内容」「オリジナルな観察・実験」など

②生徒の学びのようす

生徒の多くは課題に書かれている順番通りにレポートを進めていった。「マグマのねばりけの違いによる…」の内容では、教科書に掲載されている「石こうのねばりけによる形の違いを調べる実験」の写真を見た生徒が「先生、石こうってありますか？」と尋ねてきた。そこで、「石こうはないけど、小麦粉ならあるよ」「小麦粉に水を混ぜると石こうみたいにドロドロになるから、やってみたら？」と提案したところ、何人かの生徒がビニール袋の中に小麦粉と水を入れて実験を行い、適切な水と小麦粉の分量と共に、その結果をレポートに書いていた（資料８）。一方で、実験は行わず、丁寧に表や絵を使ってレポートを書く生徒や、実際の火山の例をインターネットを使って大量に調べ、レポートに書いた生徒もいた。

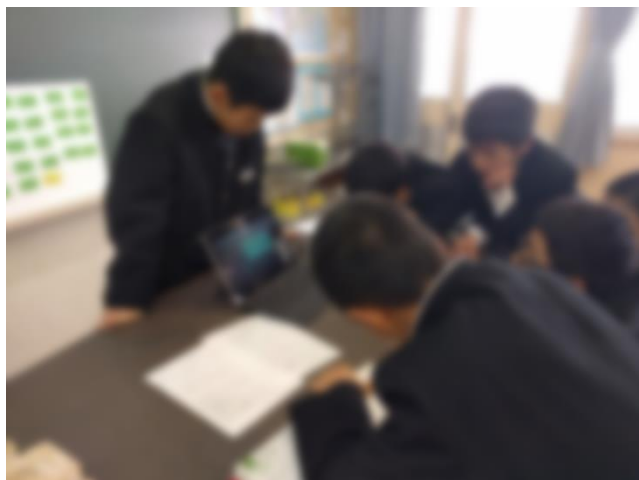
また、扱う内容が多く、何から手をつけていいかわからなくなる生徒もいることが予想されたので、タブレットでインターネット上の講義動画を自由に見ていいこととした。まず授業の最初にこの動画を見てからレポート作りに取り組む生徒や、レポートに行き詰まると動画を見に来る生徒が見られた（資料９）。前述のように教師も生徒からの質問に応じたり、「それは教科書のここに書いてあるよ」「同じ質問をさっき〇〇さんも聞いてきたから、〇〇さんに聞いてごらん」など、必要に応

じて質問に答えたりするなど、生徒同士の学びをつなぐ役割を意識的に行った。

他にも、理科室に保管してある火山噴出物の実物を見やすく展示したり、火山灰を顕微鏡で気軽に観察することができるように準備したり、参考書や資料集をすぐに参照できるようにしたりするなど、限られた時間の中で生徒がレポート作りに専念できるような環境作りに努めた（資料 10）。



資料 8 火山の噴火モデルの実験

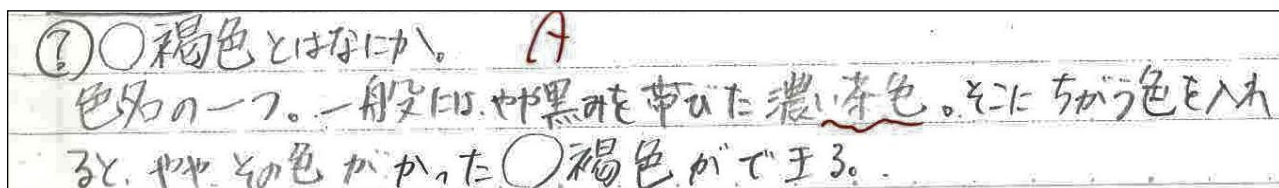


資料 9 PC で講義動画を見る生徒



資料 10 理科室内に準備した観察物

最終的に提出された生徒のレポートを読むと、「そんなところに問いを立てたのか！」という気がたくさん得られた。例えば、有色鉱物である角閃石などの特徴として「暗褐色」とあるが、「褐色とはどのような色か？」という問いを立て、自分で辞書を使って調べたレポートがあった（資料 11）。これまでの一斉的な授業では、褐色という言葉の意味については深入りすることなく、生徒はすぐに理解できだろうと思って簡単な説明程度に留めていた。しかし、確かに生徒にとっては初めて接する言葉であり、その生徒自身にとっては切実で重要な問いだったのであろう。



資料 11 「褐色」という言葉の意味について調べたレポート

最後の「単元まとめテスト」の時間の冒頭部分で、このような自分で問いを立てて調べている例や、表や図などを使ってわかりやすく書いているレポートを優れた例として教師側から紹介し、今後のレポート作りや勉強方法の工夫に活かすことを助言した（資料 12）。

③振り返り

今回の課題は、授業時数の都合もあり4時間しか確保できなかった上に、【必ずレポートに入れる内容】が多すぎたことにより時間的に厳しく、家で宿題としてやってこななければならなかったり、ただ書くだけで終わってしまったりした生徒が多かった。実際に、小単元の最後に毎回行っている「単元まとめテスト」においても、これまでの小単元以上に「問題がわからなかった」「難しかった」と答えた生徒が多かった。これは、教師自身が「必要最低限のことは網羅してほしい」とことと「発展的・応用的に自ら問いを立てて問題解決的に取り組んでほしい」とことの両方を欲張ってしまったことが原因であると感じる。したがって、基本事項をまとめるだけで精一杯になってしまった生徒や、逆に発展的・応用的な内容ばかりにこだわってしまい、適切な時間配分ができなかった生徒も多かったと考えられる。また、レポートの枚数制限を設けなかったことも、内容が冗長的になる原因になってしまったと考えられる。時間が足りず余裕がなかった結果、学びが個別的なままで終わってしまい、協同的に学ぶ場面がほとんど見られなかった。

また、教師自身が「レポートは最後に集めます」と伝えただけで、そのレポートをどのように評価するかを生徒に示すことができなかったことも一因であると考えられる。次回からはレポートをどのような観点で評価するのかを明示することが必要であると感じた。

こういった「どのように時間配分をするか」「4時間をどんな計画性を持って取り組むか」ということも、広義の「学力＝学ぶ力」と呼ぶべきものであり、生徒に身につけてほしい力ではある。しかし、初めて学ぶ内容に対して十分な計画性を持つことは難しい。したがって、もっと時間に余裕を持たせ、さらに生徒が見通しを持ちやすいように課題設定を工夫する必要があるということに気付かされた。また、そのような時間感覚もこのような課題に繰り返し取り組むからこそ身につくものであるので、一過性の課題にすることなく、継続的に取り組んでいく必要性も感じた。

（3）ラボアジエに挑戦！「質量保存の法則」を証明せよ！（2年生・2018年5月）

2年生最初の大単元「化学変化」は、理科の見方・考え方の1つである粒子概念の獲得のために極めて重要な内容を扱う。様々な実験を通して物質の化学的な実態や化学変化のメカニズムを明らかにしていくが、これは過去に科学者たちが試行錯誤を繰り返しながら少しずつ自然界の法則を明らかにしていった、科学の発展の歴史を追体験することに他ならない。

火をふく大地

マagmaのねばりけによる違い

傾斜	ゆるやかな形	急な形
マagmaのねばりけ	弱い	強い
溶岩の色	黒、白	白、白
溶岩の流す様子	流水やがし	流れにくい
噴火の様子	マagmaが火口から	爆発的に噴火
火山の例	伊豆大島（東京） 昭和火山（北海道）	浅間山（長野） 富士山（静岡県） 有珠山（北海道）

火山噴出物

- 火山ガス
- 火山灰
- 火山弾
- マagma、溶岩

特徴

- ど水もマagmaがもとになってできたものである
- 鉱物が集まり、つくられている
- マagmaが冷えてできた結晶がふくまれており、その結晶が固まったもの

鉱物の特徴

	無色鉱物		有色鉱物				
鉱物							
名	石英 ヒスイ	長石 カウゼン	黒雲母 クロモリ	角閃石 カウゼン	輝石 カウゼン	方解石 カウゼン	磁鉄鉱 ジマコウ
特徴（色）	無、白	白、灰	黒	暗褐色、黒	暗緑色	緑褐色	黒、不透明
形状	不規則	決まった方向	決まった方向	長い柱状	短い柱状	不規則な結晶	結晶が細く

資料 12 レポートの例

その中でも、特にラボアジエが発見した「質量保存の法則」は、初めて定量実験法を確立したという意味で、近代化学発展の端緒とされる非常に重要な法則である。この法則について、実験を通して見出すプロセスを大切にしたいと考えた。

しかし、例年教科書通りに実験を行っても、反応前と反応後の質量の総和に誤差が生じることがあり、「本当に質量は保存されているのか？」と疑問を持つ生徒がいるのも事実である。また、閉鎖系では法則が成り立つが開放系では成り立たないことも、粒子概念の獲得が不十分であることにより、浅い理解に留まってしまっている生徒も見受けられる。

そこで、今回は「質量保存の法則」について、先にその法則について説明した後に、「この法則が本当に成り立つのかを一人一人が証明する」という課題とした。先にゴールは示した上で、そのゴールにたどり着くまでのプロセスを生徒に任せるのである。その際の条件として、教科書に載っている実験だけでなく、前年度の「気体の性質」で行った気体発生 of 化学反応を用いることとした。さらに、「なぜ質量が保存されたのか」を、化学反応式と原子モデルを使って説明することも課題に盛り込んだ。

①課題（4時間扱い）

教科書の実験6を参考にして、「化学変化（物理変化）の前後で全体の質量は変化しない」という質量保存の法則を確かめる実験を行い、その内容をレポートにまとめる。

【レポート作成上の注意】

★実験は以下の5つの中から選ぶか、自分で調べたり考案したりした実験とする。ただし、班の中で同じ実験をしないこと。

- ①硫酸＋塩化バリウム→硫酸バリウム＋塩酸
- ②炭酸水素ナトリウム＋塩酸→塩化ナトリウム＋水＋二酸化炭素
- ③マグネシウム＋塩酸→塩化マグネシウム＋水素
- ④炭酸カルシウム（石灰石）＋塩酸→塩化カルシウム＋水＋二酸化炭素
- ⑤過酸化水素水→水＋酸素

★レポートに書く内容は、

- ・実験の方法 ・実験の結果（反応の前後で質量がどう変わったのか）
- ・なぜ「質量保存の法則」が成り立つのか、化学反応式と原子モデルを使っの考察
（説明の中に原子の「数」「組み合わせ」という言葉を使うこと）

②生徒の学びのようす

この授業においても、まず実験に取り組む生徒と、まずレポート作成を進める生徒とに分かれた。まず実験に取り組んだ生徒の多くは、「質量保存の法則は閉鎖系でのみ成り立つ」という条件を重く見ずに、とりあえず実験をしてみたという感じであった。（①以外の）実験を開放系で行った生徒は、反応の前後で質量が保存されないことに困惑していたようであった。そこで教師から「あれ？うまく質量が保存されている人と、保存されていない人がいるな～何が違うんだろう？」と全体に聞こえるように問いかけた。すると、予



資料 13 実験のようす

想通りの結果が得られた生徒やレポートを書き進めている生徒に対して「ねえねえ、どうやって実験やったの？」と尋ねる生徒が増え、「この実験は密閉された容器を使うことがポイントである」ことがクラス内で共有されていった（資料 13）。

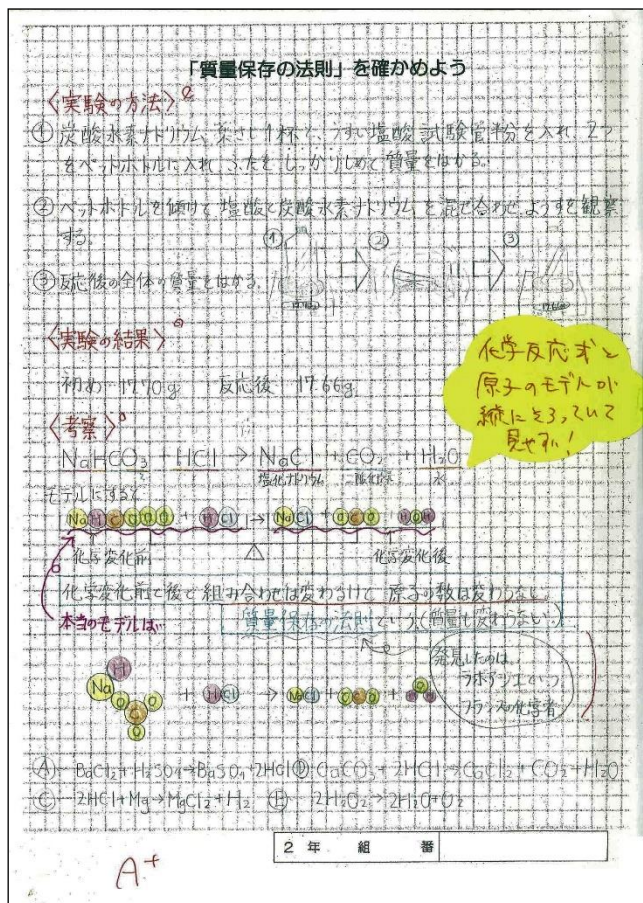
①②は教科書で扱われている実験であり、化学反応式も書いてあるためレポート作成を進めやすいが、③④⑤は1年生時に気体を発生させるために用いた化学反応であり、発展的な内容となる。レポートを書き進める生徒が増えていくと、それらの化学反応式を書くために「炭酸カルシウムの化学式って何ですか？」などと質問してくる生徒が出てくるようになった。「お、大切なポイントに気付いたね、あなたが最初に聞きに来たよ」などと認める発言と共に、教科書に載っていない化学式を黒板に書き、それを参考にして化学反応式を作るように助言した。原子モデルを用いて化学反応式を作るプロセスは既習事項ではあるが、やはり理解の個人差が大きい。「班の中ではみんな違う実験をしているけど、クラスの中には自分と同じ実験をしている人はいるはずだよ」と全体に呼びかけ、必要に応じて協同的に学ぶように促した。

授業中「先生、反応の前後で質量が微妙に変わっちゃったんですけど、これって失敗ですか？」という質問も多かった。「これくらいの違いなら誤差と言える」などと教師側が判断するのではなく、「あなたはどちらだと思う？」などと聞き返し、その対話の中から生徒に考えさせるように努めた（資料 14）。また、「失敗した！」と言っている生徒には、「理科の実験に失敗なんてないよ、『こうするとうまくいかない』ってことが身をもってわかったんだから意味があったと思うよ、きっとテストでは間違わないよね」などと声かけをした。

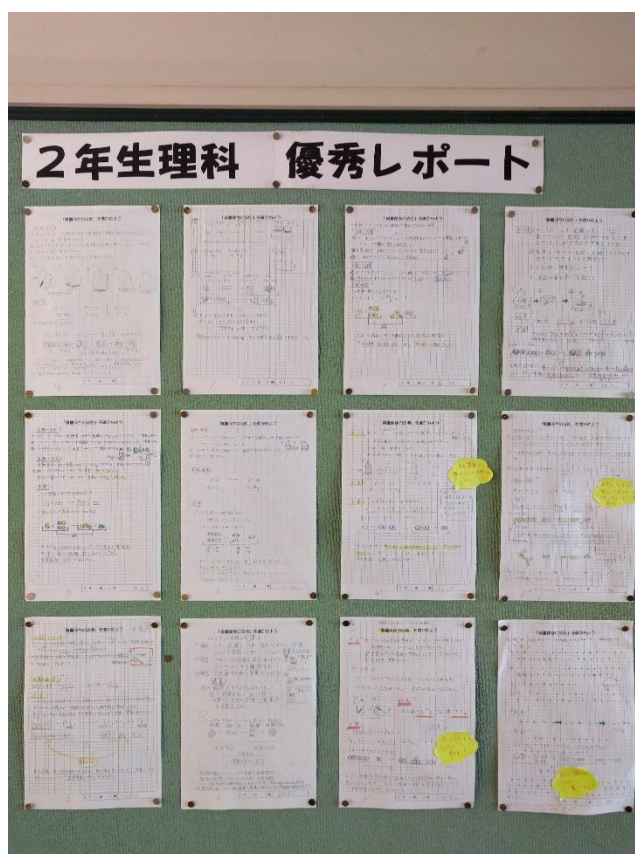
【対話の例 1】（T：教師，C：生徒） T：変わったっていうけどどれくらい変わった？ C：0.1g 増えました。 T：全体が 100g 近くあって、そのうちの 0.1g。あなたは体重が 0.1kg 重くなったら「太った！」って思う？ C：あんまり思わないです…。 T：それくらいならだいたい一緒！って思うよね？だからそれくらいなら誤差って考えればいいのかと思います。もし不安ならもう 1 回やってみたら？	【対話の例 2】（T：教師，D：生徒） T：どんな実験したの？ D：このペットボトルの中で気体を発生させたら、質量が少し減っちゃいました。 T：うーん…質量が減った原因って何だと思う？ D：発生した気体が出て行っちゃった…？ T：なるほど…気体が出て行っちゃった心当たりってある？ D：2 つを混ぜてから蓋をしたので、その間に出ちゃった…？ T：あ、混ぜてから蓋したのか…そんなら確かに出ていってる可能性高いよね。それ、もっといい方法でやってる人がたくさんいると思うよ。あそこで実験やってる〇〇さん見てみて？あんな風にやったらどう？聞いてみたら？
--	---

資料 14 対話の例

提出されたレポートは、「実験の方法」「実験の結果」「なぜ『質量保存の法則』が成り立つのか、化学反応式と原子モデルを使っの考察」の3項目が書かれているかどうかで評価を行い、ABCの3段階の評価を生徒に返した（資料 15）。さらに、その生徒なりの工夫や発展的な取り組みが見られる場合はA+評価とし、それらのレポートはコメントを付けて理科室近くに掲示を行い、優れたレポートの例を共有できるようにした（資料 16）。このレポートを掲示するという試みは、これ以降の授業でも継続して行っている。



資料 15 レポートの例



資料 16 レポート掲示のようす

③振り返り

教科書に載っている実験を全員が一律に行うのではなく、自分自身で個別的に行う実験を選ぶというプロセスが、生徒の学びに対する意欲を高め、学びを駆動したようすが伺えた。さらにその中で直面する、実験のやり方や化学反応式の書き方などといった様々な困難に対し、自然と協同的に学ぶ姿も見受けられた。課題の自由度や難易度が集団にとって適切であったことが、自然な形で「個別化」「協同化」を生み出したのだと考えられる。

しかし、「単元まとめテスト」を行った際に、「自分が行った実験以外の化学反応についてはよくわからなかった」「あんまり覚えていなかった」という振り返りが多く見られた。生徒にとっては、「授業は楽しかったけど、評価につながらない」という印象になってしまったように感じる。これは、授業での課題と評価が一致していなかったことが原因であると考えられる。授業では探究的な活動や問題解決学習といった学びのプロセスを重視しているのに対し、評価では従来の学力を測ろうとしているというねじれが生じてしまっていると言える。評価をきちんと見据えた課題にしなければならないことを痛感した。

（４）三中の先輩に挑戦！「化学かいろ」の最適条件を探れ！（２年生・2018年6月）

福井県では、福井県教育委員会が主催する「ふくい理数グランプリ」というイベントが毎年夏季休業中に行われている。中学生が3人1組でチームを編成し、予選を勝ち抜いた約10組が本選に出場できる。過去に行われた理科部門本選での課題は、「半熟卵や温泉卵を作るにはどうすればよいか」

「指ではじいたペットボトルが起き上がるためにはどうすればよいか」など、仮説を立てた上で実験を行ってデータを集め、さらにその結果や考察についてプレゼンテーションを行うなど、まるで本物の科学者のような探究活動に挑む。

2014年度のふくい理数グランプリ理科部門本選において、本校の代表生徒のチームが最優秀賞に輝いた。そのときの課題は「化学かいろ～最高温度を記録するチームはわたしたちだ！」であった。化学かいろを用いて最も温度が高くなるための最適条件を調べるという課題で、本校のチームは再現実験で92.6℃という、全体で最も高い温度を記録した。

大単元「化学変化」の終末では、発熱反応の例として化学かいろの実験を扱う。その実験を踏まえた上で、先輩たちが挑んだふくい理数グランプリでの課題に自分たちも挑戦し、レポートにまとめるという課題とした。生徒にとってはそもそも自ら仮説＝問いを立てるという経験が少ないことが予想されたので、いきなり実験をするのではなく、まず第一歩として自ら仮説を考えることを強調し、さらに奇をてらただけの仮説にならないようにするために、その根拠も書くこととした。そして、その仮説を確かめるための実験で変えるべき条件とは何か、さらに変えてはいけない条件とは何かも明らかにさせた。そして、その結果から仮説は正しいと言えるのか、またその考察を踏まえて次はどんな仮説を立てるのかまで考えさせることとした。

また、これまでの反省から、レポートをどのような観点で評価するのかを明示することとした。

①課題（4時間扱い）

授業で実験した「化学かいろ」の温度上昇を大きくするためには、何の条件を変えるといいでしょうか？自分自身で仮説を立て、その仮説を検証するレポートをA4 1枚で全員が作成する。

【レポートに書くこと】

★仮説…「仮説…の条件を変えれば温度上昇が大きくなる？」はず！

「理由」も含めて ※班の中で重複しないように！

★方法…「方法」仮説を検証するためにどんな実験を行ったか？

「変える条件」何の条件をどのように変えるか？

「そろえる条件」また変えない条件は何か？

★結果…「結果」どのような結果になったか？（必要があればグラフや表も）

★考察…「結論」自分が立てた仮説は正しかったのか or 正しくなかったのか？とその「根拠」

「次へのアイディア」今回の結果を踏まえて、

次にまた実験するとしたら何の条件を変えるか？

【レポートの評価】それぞれABC3段階で評価します

①独自性…仮説や実験方法にオリジナリティやユニークさがあるか

気付いたことなどが書かれているか

②論理性…仮説—実験—考察の間に論理的な整合性があるか

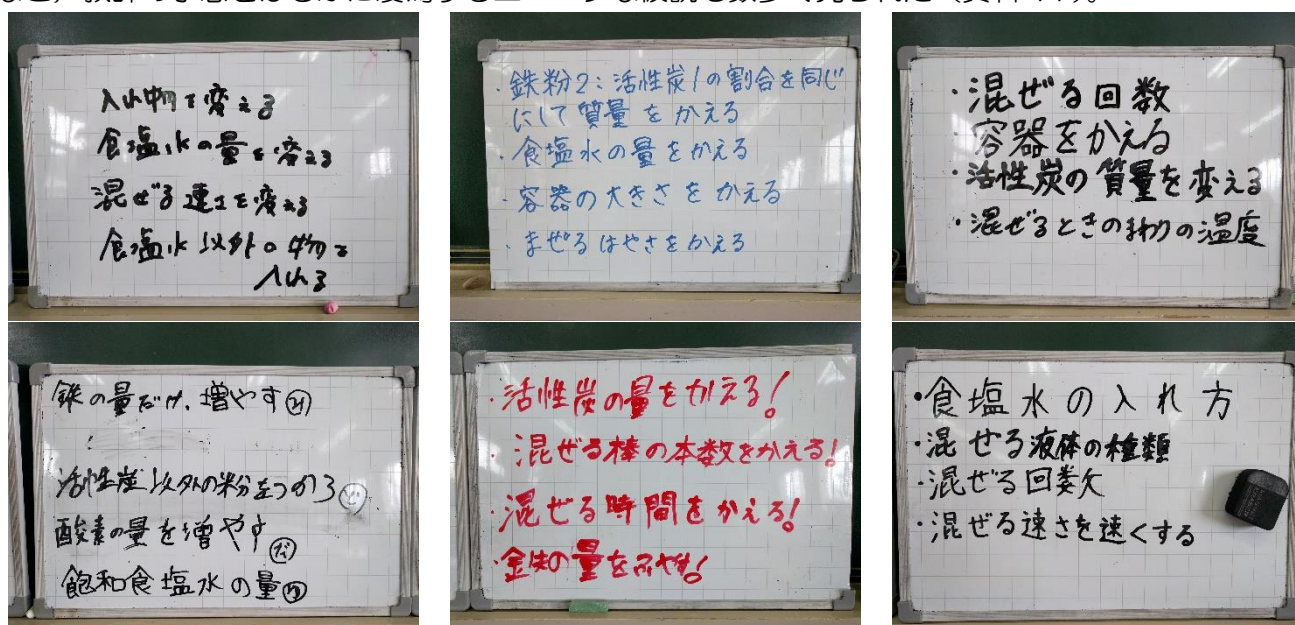
③再現性…レポートを読んだ人が同じ実験をして確かめるための情報があるか

②生徒の学びのようす

課題について説明する際に、次のような語りを行った。「この理科室は、化学かいろメーカーの研究室だと考えてください。あなたたちはより優れた化学かいろを開発するために雇われた科学者というイメージです。だから科学者としては会社に貢献しなくちゃいけないよね。化学かいろの温度

を上げるためには何の条件が鍵を握るのか、私も本当に答えを知りません。ぜひあなたたちの手で見つけてください。実験をしてみると、仮説が間違っていたり、はっきりとした結果が出なかったりする人も出てくると思う。でも、それを『失敗だ!』『結果が出なかった!』って思わないでください。それは、『この条件は温度上昇には関係ない』という事実がわかったんだから、成功なんです。だから、その考察がきちんとレポートに書いてあればOKです」「このクラスを会社全体って考えると、自分だけ利益を出せばいいって考え方はあまり良くないよね。自分だけじゃなく会社全体のことを考えないと。それって普段の授業で目指している『全員達成』と同じだと思います。だから、この授業であなたたちが取り組むことは、そのまんま将来社会に出て大人がやってることと同じ。だから、良い世の中、良い社会を作るために、今ここで良いクラス、良い授業を作っていこう!」このように、これまで行ってきた『学び合い』の考え方の延長線上に位置づける授業として生徒に意識させることに重きを置いた。

最初に、たくさんの多角的な仮説を出すため、また生徒がお互いの仮説を参考にし合うために、班ごとに自分たちの考えた仮説をホワイトボードに書き、できた班から黒板に掲示した。「鉄粉や活性炭、食塩水の量を変える」「混ぜる速さや回数を変える」などといった仮説は予想できたが、「混ぜる順番を変える」「容器を変える」「食塩水ではなく違う水溶液を加える」「容器を傾ける角度を変える」など、教師の予想をはるかに凌駕するユニークな仮説も数多く見られた(資料17)。



資料 17 班ごとに生徒が考案した仮説の例

教師は、これまでの授業同様、生徒の学びのようすを可視化したり、生徒同士の学びをつないだりする役割を重視した。しかも、今回は教師自身も答えを知らない課題であり、生徒が自ら仮説を立て、その検証実験に没頭する姿は、心からの称賛に値するものだった。例えば、「すごく面白い仮説だな～その発想は先生を超えてるね」「なるほど～その仮説を調べるためにそういう実験をするか…よく考えたね」「同じような仮説をあっちで〇〇さんも書いてたよ。参考にするといいんじゃない?」という風に、教師自身も知的好奇心をかき立てられる場面が多く見られた。また、「〇〇という仮説を考えたが、具体的にどんな実験をしていいのかわからない」という相談をしてくる生徒が多かったため、必要に応じて他の生徒を参考にしよう促したり、対話的にアドバイスをしたりした(資料18)。

【対話の例 1】(T：教師，E：生徒) T：「食塩水の濃度を変える」かー…なるほど，面白いね。 E：どんな濃度でやるといいですか？100%？ T：100%ってことは水がなくて食塩だけってことになってしま うよ。それってもはや食塩水じゃないよね。そもそも，みんなが 使ってる食塩水の飽和水溶液って何%？1年生で勉強した こと覚えてる？ E：食塩ってどれくらい水に溶けましたっけ？ T：(1年生の教科書を開いて) 水 100g に食塩はだいたい 38g 溶ける。これって何%？ E：…計算しないといけないんですよ。 T：そりゃそうだね。でも確かに計算面倒臭そうだから，計算し やすい5%とか10%とかでやるといいんじゃない？10%の 食塩水，作れる？ E：全体を 100g にして，そのうち食塩が 10g になるようにす るんでしたっけ。 T：そうそう，よく覚えてるね。でもそんな 100g も食塩水使わ ないでしょ？せいぜい数滴しか使わないんだから，使う量だ け作れると賢いよね。 E：わかりました。 T：あと，0%もやってみたら？食塩なし，つまり水だけ。簡単 でいいんじゃない？ E：なるほど！	【対話の例 2】(T：教師，F：生徒) F：先生！「酸素の量を変える」ってしたいので，酸素の缶ってあ りますか？ T：なるほど～面白い！それ誰もやってない実験だけど，確かに 酸素多いと温度上がりそうだね。いいよ使っても。でも酸素 の量って測りにくくない？どうする？ F：少ない方は短めにシュッとして，多い方は長めにシューっと。 T：私もそれがいいと思う。ボタンを押す時間が何秒かを変えれ ばいいよね。 (しばらくして実験後) F：先生？あんまり温度変わんないんですけど…。 T：そうなの？酸素の量は関係ないのかも？どんな風の実験し た？ F：こうやって，紙コップの中に酸素をシューっと…。 T：あーこれだと酸素がどんどん空気中に出て行っちゃってない ？それが原因かもね。前の「質量保存の法則」の実験思い 出して。密閉するために何使った？ F：ペットボトル！ T：そうそう！だからそうやって蓋できる容器でやってみるとよ り正確だと思うよ。でも温度計で温度は測れないな…。 F：「触った感じ」じゃダメですか？触って熱いか温かいか冷たい か…みたいな。 T：まあ違いがはっきりしてるんならそれでもいいでしょう！
--	---

資料 18 対話の例

資料 18 の生徒 F は，クラスで自分しか立てていない仮説を検証することに知的興奮を感じたのか，普段以上に意欲的に実験に取り組んでいた。その後，「先生！振ってたらペットボトルがへこみました！これって酸素が使われているってことですよ？」と報告をしてきた。この生徒 F のように，実験に没頭して取り組む生徒の姿が多く見られた(資料 19～21)。

実験に使う器具や薬品などは，理科室後方の共用机に準備しておいた。限られたスペースをクラス全員で使う必要があるため，大きな 1 本の瓶に入っていた薬品を紙コップに小分けにする生徒が現れたり，「この電子てんびんは鉄粉用」「この電子てんびんは活性炭用」といった規律ができあがりしていた。また，時間を計りながら混ぜるなど複数名で行うことが求められる実験では，自分たちでペアやグループを作るなど，ごく自然な流れで協同的に学ぶ姿が見られた(資料 22)。

レポートには，結果をグラフなどを使ってわかりやすく可視化した上で，仮説が正しかったどうかの考察が丁寧に書かれていた。レポートには教師が事前に伝えてあった 3 つの観点で ABC の 3 段階評価を返却した(資料 23)。



資料 19 実験に取り組む生徒



資料 20 酸素の量を変える実験



資料 21 PC からヒントを得る生徒



資料 22 協力して実験をする生徒

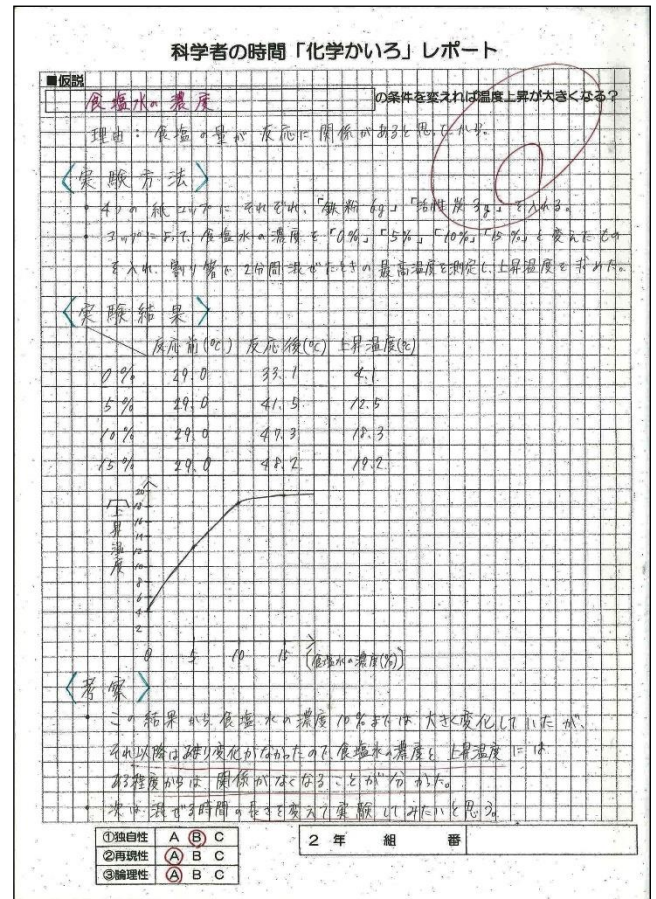
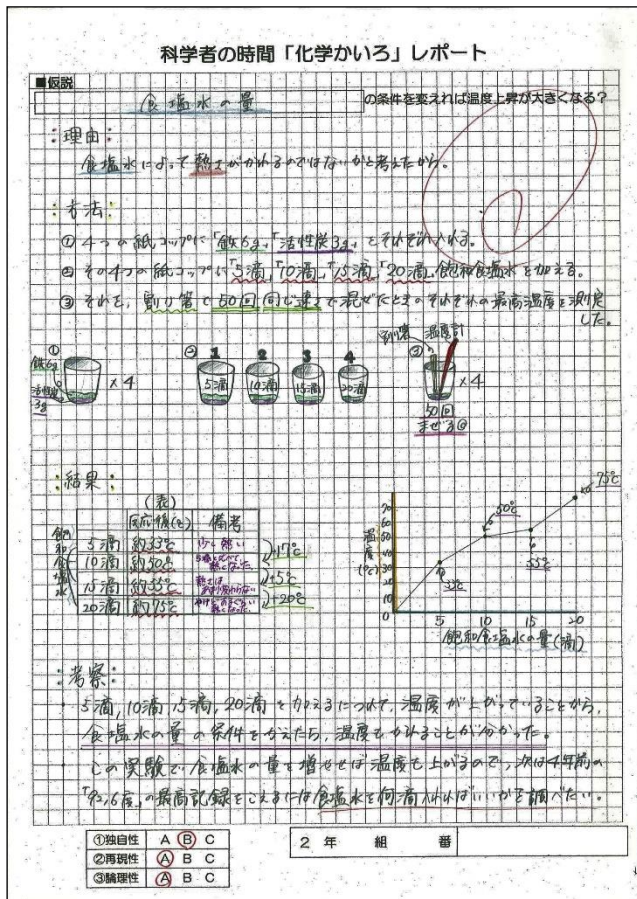
③振り返り

教科書に方法が載っていたり、既に結果がわかっていたりする実験を行うのではなく、「自分自身が科学的手法で化学かいろの秘密を解明する」「ひょっとしたら今自分は人類史上初めての実験を行っている」という動機付けは、生徒の主体性を高める原動力となっていた。その意味でこれまでの課題よりも個別化のレベルが高い課題だったので、より学びに没頭する姿が多く見られた。レポートのタイトルに「科学者の時間」というフレーズを入れたが、まさに生徒は科学者となり、同時に理科室は大学や企業の研究室になったかのようにであった。この課題は4時間配当で行ったが、2時間目以降は理科室に来た生徒から休み時間に実験を始めたり、家で保護者からのアドバイスをもらってくる生徒もいたりするなど、これまで以上に高い主体性が見られた授業であった。

それと同時に、教師と生徒の間や生徒同士の、科学的なレベルの高い対話が増えたのも印象的であった。これも、生徒が実験を「自分事」と捉えた結果生じた、「何とかしたい」「結果を出したい」という強い思いによって、周りに協力を求めたり逆に周りを助けようとしたりする協同性が高まったのだと考えられる。

また、よく「子どもは考察が書けない」と言われるが、仮説をきちんと設定することによって、それに対応する考察がよく書けていた。考察が書けないのは、実験の前段階で仮説がきちんと設定されていなかったり、曖昧であったりすることに原因があるのではないかと考えた。

今回のレポートは「再現性」を評価する基準を、「レポートを読んだ人が同じ実験をして確かめるための情報があるか」とした。しかし科学における本来の再現性とは、「誰が実験しても同じ結果になる」ことである。そういう意味では、同じような実験をしている生徒の結果が異なったり、また同じ生徒が複数回実験する度に結果が異なったりする場合が散見された。これでは再現性があるとは言えないが、今回は「仮説—検証—考察」の流れを経験することに重きを置き、厳密な意味での再現性は求めないこととした。これに関しては今後の実践において改善していくことを目指していきたい。



資料 23 レポートの例

(5)「生物と細胞」のレポートを作ってテストに挑もう！(2年生・2018年7月)

大単元「動物の世界」は、教師にとっても生徒にとっても「実験が少なく覚えることが多い」という印象が強い。そのため、教師側でもどうしても教え込みや座学中心の授業になってしまいがちである。しかし内容的には、自分自身のからだの仕組みやはたらき、ヒトをはじめとする様々な動物の分類など、生徒にとって身近で興味を持ちやすい単元であると言え、その中の小単元「生物と細胞」は、その導入部となる重要な内容である。実験が少なく覚えることが多い内容であっても、これまでの学びを活かした「個別的」「協同的」な課題設定はできないかと考えた。

ヒントとなったのは、同じような特性を持つ単元について前述した実践(2)である。その実践から意識的に変えたポイントが大きく2点ある。1点目は、課題を必要最低限のものに留め、かつ時間的に余裕をもたせたことである。実践(2)ではとにかく生徒から時間的に厳しかったという振り返

りが多く聞かれたので、レポートに必要な内容は欲張りすぎず、かつ教師側の見通しよりも多めに授業時間を確保した。ただし、さらに学びを深めたり発展させたりしたい生徒のために、発展的な内容を盛り込んでよいこととした。2点目は、そのレポートを使って単元まとめテストに臨むという点である。レポートを書いて終わりにするのではなく、実際にそのレポートを活用する場面を設定することとした。言わば、「数日後にテストを受ける自分」という「他者」を想定してレポートを書くというイメージである。そういった他者性や目的意識をレポート作成に取り入れたいと考えた。

①課題（4時間扱い）

「細胞のつくり」「単細胞生物と多細胞生物」の内容をA4 1枚にまとめたレポートを作成する。

【必ずレポートに書かれていなければならない事項】

- ・植物の細胞と動物の細胞のそれぞれのスケッチ
- ・細胞のつくりの各名称と説明

（植物と動物の細胞に共通するつくり3つ、植物の細胞にだけあるつくり3つ）

- ・単細胞生物と多細胞生物のそれぞれの説明、具体的な生物名
- ・多細胞生物における「細胞」「組織」「器官」「個体」の違い（具体的な例を挙げて）

【発展的な問い】

- ・植物の細胞にだけあるつくりは、なぜ植物にだけ必要なのか？なぜ動物は不要なのか？
- ・単細胞生物と多細胞生物、どちらの方が生物として完成度が高いか？
- ・その他、思いついたオリジナルな問いを設定して調べたり考えたりしてみよう！

②生徒の学びのようす

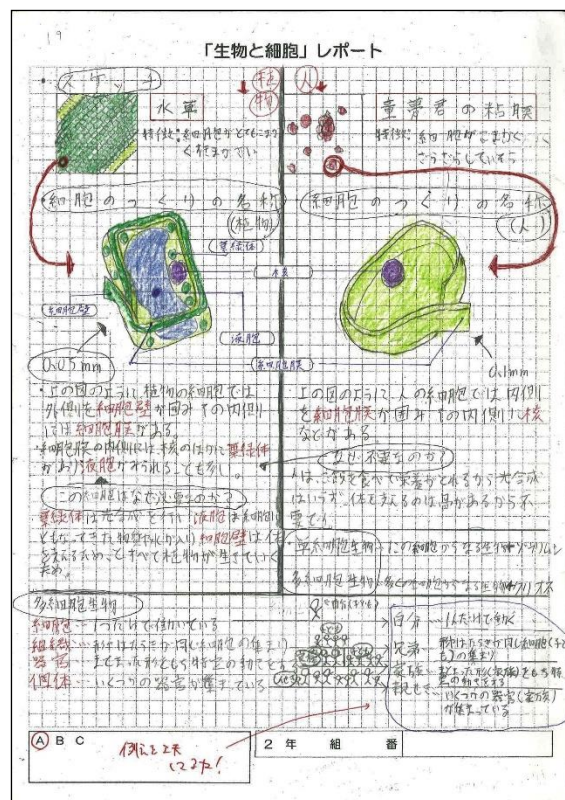
最初は「え？レポートをテストに持ち込んでもいいんですか？」という声が生徒から多く聞かれた。教師は「うん、だからカンペみたいなもんだね」「もちろん定期テストには持ち込めないから、それまでには頑張って覚えてもらわないといけないけどね」「でも一応レポートだから、課題に載ってることは全部書いてね。顕微鏡を使う観察もあるから、それは必ずスケッチしてよ」と伝えた。生徒は初めて見るヒトの細胞（自分自身の口内の細胞）を見て、「本当に人間も細胞でできてるんだ！」と驚きながらスケッチを行い、レポート作りを進めていった。また、これまでの授業で見られるような対話に加え、「いろいろ書きすぎてもテストのときに何が大事かわかんないよね」「やっぱり図とかイラストがあった方がいいかな？」など、テストを意識したやりとりが多く見られた。

でき上がったレポートは、「単元まとめテスト」で使用した後回収し、全体をABC評価して本人に返した（資料24）。

③振り返り

振り返りには「レポートを頑張ればそのままテストで点が取れるので、やりがいがあった」といった感想が多く見られた。当然であるが「単元まとめテスト」の結果は全体的にいつもよりも高く、生徒の得た満足感は大きかったようであるが、定期テストではレポートを持ち込むことはできない。しかし、この子どもたちがこれからの社会で本当に必要な力は何なのかということを考えると、評価の在り方について再考するきっかけとしての価値はあると感じている。

「理科は覚えればテストはできる」と言われがちであるが、その「覚える」ための前提として、教師側は「読めばわかるだろう」「聞けばわかるだろう」と考えてしまいがちである。しかし、今回レポート作成のようすを見ていて、必ずしもそのように単純ではないことを痛感した。例えば、「細胞・組織・器官・個体」の関係性の比喻として、教科書には「バイオリン・バイオリンパート・弦楽器チーム・オーケストラ全体」のイラストが載せられており、生徒の理解を深めるために優れた表現であると感じていた。しかし、「何でここにバイオリンの絵とか載っているの?」といった質問をしている生徒が少なくないのが現実であった。生徒は語句を覚えていないのではなく、その前段階として語句の意味や関係性を理解していなかったのである。それは少なからず「理科は覚えれば何とかなるよ」という言葉を口にしてきた自分自身も反省すべきであろう。また同時に、そのような疑問を自然と周りに聞くことができるのは、生徒が「個別的」「協同的」に学びと向き合っていることであると感じた。



資料 24 レポートの例

(6)【総合的な学習の時間】職業募集ポスターを作ろう! (1年生・2018年2月)

理科の授業だけでなく、総合的な学習の時間においても、個人レポート作成を通じた「個別化」「協同化」を意識した授業実践を、学年全体で行った。

本校は例年、キャリア学習の一環として、1年生時に職業調べを行っている。保護者など身近な方々の職業調べを行った後、実際に自分がなりたい職業や興味がある職業を1つ選び、調べ学習をしている。ただ紙に書かせるのではなく、読み手を意識させたいと考え、4～5時間扱いで「その職業を募集するポスターを作ろう」という課題とした。そして、もし自分がその職業に就くとしたら、募集するポスターにはどんな情報が書かれているといいのか、またその職業に魅力を感じてもらうためには、どんなポスターにするといいのかという視点を生徒に持たせることを大切にしたい。

生徒は必要に応じてグループを作ったり、図書室に調べに行ったり、パソコンで実際の職業募集ポスターを調べて参考にしたりするなど、理科の授業同様「個別的」「協同的」にポスター作りに取り組んでいた。また、最後は班ごとにそのポスターを使って、職業募集のPR活動という形態で、プレゼンテーションを行った(資料25)。



資料 25 プレゼンのようす

V章 実践の成果

(1)『学び合い』の考え方

Ⅳ章で述べた実践は、1年4ヶ月間の実践の中の一部であるが、それ以外の授業も『学び合い』の考え方を取り入れた実践を行ってきた。『学び合い』の大きな強みの1つは、あらゆる教科やあらゆる場面で実践可能である点にある。そして、日々の授業を通して「学びのコントローラーは常に自分自身が持っている」「自分だけでなく他人も含めての全員達成を目指すことは、長期的に見れば集団として得である」といったメッセージを生徒に伝え続けている。これは、子どもたちが将来よりよい社会を創っていく上で必要な考え方であると言える。また、換言すれば「学ぶとは何か」「学力とは何か」という本質を常に生徒に問い続けていることになる。この視点を常に持ち続けることが、「生涯に渡って自ら学び続ける」ために必要不可欠であると考えられる。ときには学びに向き合うことができない生徒の姿も散見されるが、その結果を自らが引き受けることが、本人にとっては「学びのコントローラーは常に自分自身が持っている」という理解に、周囲にとっては「自分だけでなく他人も含めての全員達成を目指すことは、長期的に見れば集団として得である」という理解につながっていくのだと考えられる(資料26)。

そのような授業の中では、主体性が高まると同時に、クラス内の生徒同士の関わりが増え、関係も良くなっていった。これまでは、そのような力を高めるためには主に行事等に依存することが多かった。しかし、毎日の授業でそれらを意識させることで、日々の授業で生徒指導や人間関係づくりが可能となったと言える。

また、時には課題について全員が達成できないこともある。そのときは、「なぜ終わらなかったのか」「課題の全員達成のために自分は何ができたか」について、生徒に語り問い返すだけでなく、教師も一緒に考えることを心がけてきた。場合によっては課題設定が難解すぎたり授業時数が足りなかったりしたこともあり、そのときは教師から生徒へ謝ることもあった。何より教師が全員達成を目指して日々問い続け、改善していこうという姿勢そのものが、「生涯に渡って自ら学び続ける」生き方のロールモデルになると信じている。

【生徒G】 他の授業と違って、自分たちで行うこのやり方に最初はとまどってなれなかったけど、自分たちが考え、意見し合い、話し合える理科の授業は楽しかったです。	【生徒H】 理科を通して、人と対話し、新しいことがわかる喜びが味わえました。わからないところは協力して解決したり、わからない人に教えてあげたりする学びは、私にとってプラスになりました。
---	---

資料26 『学び合い』の授業に対する生徒の振り返り

(2) 学びの「個別化」「協同化」

(1)『学び合い』の考え方を下敷きにして、さらなる「個別化」「協同化」を目指すために、複数時間をかけた個人レポートの作成は有効であったと考えられる。『学び合い』の授業では、よく「～を〇人に説明する」という課題を設定してきたが、どうしてもただ説明するだけで終わってしまい、深い理解が伴わない場合が見受けられた。しかし、個人レポートは自分自身の手で成果物を完成させる必要があるため、より自ら学びに向き合う必然性が生じたのだと考えられる。また、漠然とレポートを書くことを求めるだけではなかなか書けないという意見が生徒からも聞かれたので、レポートに書く内容を細かく例示することも心がけた。そうすることで、学習指導要領で求められている内容の網羅にもつながったと考えている。

また、理科ならではの課題の持つ力も、「個別化」「協同化」を進めるために重要であったと考える。理科の教科としての特性である「本物に触れることができること」「自然界の法則や謎を自らの手で明らかにすることができること」「複数の仲間と協力して観察・実験に取り組む必要があること」などを活かす課題設定をすることによって、生徒の「個性」「協同性」は飛躍的に向上した。特に実践（３）ラボアジエに挑戦！「質量保存の法則」を証明せよ！や実践（４）三中の先輩に挑戦！「化学かいろ」の最適条件を探れ！の実践では、生徒はまるで本物の科学者になったように、楽しそうに学びに没頭する姿が見られた（資料 27）。生徒にとって課題の自由度や難易度が適切であったり、既習事項を活用する場面があったりすることなどが重要であると考えられる。

【生徒 I】 4時間やって、初めはぐだぐだしていましたが、自分で決めた仮説を実験して結果をつきとめるのがおもしろかったです。	【生徒 J】 クラスの全員が、楽しそうに実験とかをして、失敗しても友達とやり直したりして、とってもいい時間だと思いました。
---	--

資料 27 「個別化」「協同化」を目指した授業に対する生徒の振り返り

Ⅵ 今後の課題と指導計画

（１）課題設定力（＝教材研究力）を高める

『学び合い』の考え方で授業を始めた頃は、『学び合い』のあらゆる教科やあらゆる場面で実践可能であるという特徴を安易に捉え、あまり課題設定を工夫してこなかった。しかし、「この課題を通して身につけてほしい理科的な見方・考え方とは何だろうか」という視点をもっと大切にする必要があることに気付かされた。今後もさらに教材研究を重ね、生徒にとって自由度や難易度が相応しい課題設定に挑戦していきたい。その際には、従来の学びの内容や評価方法から大きく乖離するような課題ではなく、従来の学校文化と融合させていくことを大切にしていく。また、評価方法については事前に生徒に示すことができるようにすることも必要である。

2018年度9月から2019年度3月までにかけて、現時点で計画している理科の授業における内容を以下に示す。

学年（年度）	内 容
2 年生 （2018 年度）	・ 天気図を読んで天気予報をしよう！（天気とその変化） 任意の天気図を選択し、前線や高気圧・低気圧の動きなどを読み取りながら、天気予報を行う。 ・ 目指せ省エネ生活！あなたの家は何の電化製品を使う？（電気の世界） 一人暮らしを想定し、決められたアンペア数の上限の中で、どのような電化製品をどのような組み合わせで使うのかを考察する。
3 年生 （2019 年度）	・ 化学電池の最適条件を探れ！（化学変化とイオン） 化学電池の電圧（起電力）を高くするには、何の条件を変えるといいのだろうか？「金属板の種類・面積・厚さ」「水溶液の種類・濃度」などの仮説を立て、検証実験を行い考察する。 ・ 「メンデルの法則」は本当に 3：1 か証明せよ！（生命の連続性） メンデルの実験で孫世代は本当にまる：しわ＝3：1 になるのか、グループで数学的に確かめる方法を考案・実践する。

3年生 (2019年度)	・「仕事の原理」は本当にいつでも成り立つか証明せよ！（運動とエネルギー） 道具を考案・作成し、どんな道具を使っても仕事の大きさは変わらないことを証明する。 ・あなたのエネルギー変換効率は何%？（運動とエネルギー） エネルギーを変換できる装置を考案・作成し、そのときのエネルギー変換効率を求める。 ・どうする？日本のこれからの発電？（地球と私たちの未来のために） 様々な発電方法について調べ、未来の日本に相応しい発電方法は何か、科学的な考察とともにまとめる。
-----------------	--

（２）学習成果物（個人レポート）とその評価

個人レポートは生徒個人の学びのようすを見取り、評価するための学習成果物としては一定の価値があるが、生徒にとってはレポート作成そのものが学びを阻害する原因となり得ることがあると考えられる。授業の中で、レポートを書くことそのものが負担になったり、必要以上に時間を割かれてしまったりするケースが多く見受けられた。レポートが生徒の学びの実態を常に正しく反映していて、額面通りの評価が可能であるかどうかは強い疑問が残る。

個人レポートを作成させる理由は、教師側が評価を行う上での都合による部分が多い。一方で生徒側の立場から考えると、必ずしも個人レポートという形式に固執する必要はないことに気付かされる。例えば、生徒によっては口頭発表の方が適していたり、プレゼンテーション形式の方が得意であったりする場合もある。それ以前に、言語的なアウトプットではなく、タブレットで写真や動画を撮影するといった方法や、パフォーマンス評価も考えられる。したがって、学習成果物についてより自由度を高めたり、よりシンプルにしたりすることが、より生徒の「個別化」「協同化」を促進するのでないかと考える。

（３）形成的評価と診断的評価

課題と評価は一体であるという観点に立つと、授業での課題を変えていくのであれば、日々の授業における形成的評価だけでなく、定期テストなどの診断的評価も変えていく必要がある。

これまでも、授業で実践したことを活かした定期テスト問題を積極的に出題してきた。例として、**実践（１）プラスチックを分類するフローチャートを作ろう！**の実践を行った後の、2017年度1年生2学期中間テストでは、以下のような出題をした。

表を参考にして、解答欄にあわせてPE、PET、PSを区別するための操作を表したフローチャートを書け。

ただし、「食塩水」という言葉を必ず使うこと（食塩水の密度は 1.20 g/cm^3 とする）。

なお、フローチャートの書き方は授業で書いたものを参考にすればよいが、意味がわかるものであれば書き方にはこだわらない。

	PE	PET	PS
密度（ g/cm^3 ）	約0.92	約1.39	約1.06

このような出題と従来の出題のバランスをどうすべきか、評価の観点は何が相応しいのかなど、課題は多い。しかし、**実践（５）「生物と細胞」のレポートを作ってテストに挑もう！**の実践で行っ

たように、まずは形成的評価として小テストを活用することは十分可能であろう。「テスト＝最終的に試されるもの」という位置づけでなく、プロセスの途中段階での到達度を測るなど、より柔軟な活用方法を模索していきたい。

（４）学びのプロジェクト化

前述のように、苫野一徳氏は著書『教育の力』の中で、学びの「個別化」「協同化」と同時に、「プロジェクト化」をキーワードとして挙げている。これは、「目的ある活動＝プロジェクト」への取り組みを通じて、子どもたちが自ら思考し課題を探究・解決していく経験を積んでいくものである。このプロジェクト型の学習は「何を学び取るか」がそれほど詳細には決定されていないことが特徴の１つであるため、従来の学校文化の中での教科学習には適さない部分もあると感じる。しかし、単元全体を包括するような課題（いわゆる「単元を貫く課題」）を設定することによって、教科学習の中でも可能である場面はあると考える。そのためにはやはり（１）課題設定力（＝教材研究力）を高めることが不可欠であり、プロジェクト型学習と従来型の授業をうまく融合させていくという視点を大切にしていける必要があると考える。

（５）社会に開かれた学び

今回の実践における個人レポートは、基本的に教師に提出することで完結してしまい、レポートの「読み手」を意識することが少なかったことは大きな反省点である。実践（５）「生物と細胞」のレポートを作ってテストに挑もう！の実践では、初めて「読み手＝数日後にテストを受ける自分自身」と明確に設定したことで、レポートを書くことの目的意識の高まりが見られた。この点をもっと意識する必要があると考えられる。例えば、実践（４）三中の先輩に挑戦！「化学かいろ」の最適条件を探れ！の実践であれば、

- ・レポートを使って班やクラスで内容について共有する時間を確保する
- ・ふくい理数グランプリのように、コンテスト形式にする
- ・レポート集を来年の２年生（１年下の学年）が参考にできるよう製本する
- ・クラスで結果をまとめ、化学かいろを製造しているメーカーに話を聞く

といった取り組みが考えられる。こうすることで、より学校が本物の社会に近づき、社会に開かれた学びを実現することができる。

より社会に開かれた学びを実現するためには、やはり総合的な学習の時間が有効である。本校の３年生は例年東京方面への２泊３日の修学旅行が例年６月にあるため、2019年度前半の総合の時間は、修学旅行に向けての活動が中心となる。本校では、2016年度に「福井を笑顔にするプロジェクト」と題し、自分たちが考えた地域振興のアイデアについて、東京で活躍されている福井県出身の方々にプレゼンテーションを行うという取り組みを行った。子どもたちは教師や保護者以外の大人から評価される経験が少ないことから、緊張しながらも意欲的に課題に取り組み、当日は東京で福井県出身の方々からの厳しくも温かい生の評価をいただき、非常に満足度の高い取り組みとなった（資料28）。



資料 28 修学旅行でのプレゼン活動

このような修学旅行を活用した取り組みを、来年度に向けて計画していきたい。例えば、東京オリンピックを翌年に控え、オリンピック観戦のために来日した外国人観光客向けの東京観光モデルコースを作成し、旅行代理店の方々にプレゼンテーションを行って評価していただくといった、積極的に学校外へ展開していく取り組みを考えている。このような取り組みは、前述の（４）学びのプロジェクト化にもつながるものであると考える。

Ⅶ おわりに

本校は研究主題「自ら学び、豊かな人間性を備えた生徒の育成～互いに支え合い、社会をたくましく生きぬくために～」の下、特に対話的活動を取り入れた授業の実践に力を入れている。また、定期的に授業参観週間を設け、現職教育ではPT（プロジェクト・チーム）と呼ばれる、年齢も教科も校務分掌もバラバラのチームで授業づくりや生徒指導、教育相談のなどについて対話する取り組みを行っている。特に、年３回（各学年１回ずつ）道徳の授業公開を行い、学年やPTで話し合ったり、その授業のようすや振り返りについてお便りで全校生徒に発信したりしている。そういった研究を通して強く感じることは、大切なのは小手先のネタやテクニックではなく、教師としての「在り方」「考え方」について常に問い続ける姿勢なのだとということである。

今回初めてソニー子ども科学教育プログラムの実践論文を書くにあたり、その中でも特に「科学が好きなこども」について深く考察するという営みは、まさに理科教師としての「在り方」「考え方」について問い直す契機となった。自らの実践について振り返って省察するだけでなく、そのような「在り方」「考え方」についての思考の補助線を与えていただいたソニー子ども科学教育プログラムに心から感謝と敬意を表したい。そして、その視点を常に大切にしながら、これからも生徒や教材に真摯に向き合っていきたい。

（執筆者・研究代表者 福井県越前市武生第三中学校 教諭 岩本純一）