

2019年度（令和元年度）

# ソニー子ども科学教育プログラム応募論文

## 「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～

## 「どうしても解き明かしたい！」

導入と問い直しの工夫により、子どもが主体的に活動し、  
自然の神秘と科学の有用性を実感する科学教育を目指して II



豊川市立南部中学校

校 長 松平 貴圭

P T A 会長 陶山 薫子

# 目 次

はじめに	1
1 私たちが考える「科学が好きな子ども」	1
2 「科学が好きな子ども」を育てるために	2
3 「科学が好きな子ども」を育てる実践	6
A 自然の神秘を実感する追究単元【2018年10月 2年実践「視覚の死角」】	6
B 科学の有用性を実感する追究単元 【2019年6月 3年実践「百発百中！ロングシュート！」】	11
C その他の実践	17
4 教育実践の成果と課題	21
(1) 成果	21
(2) 課題	21
5 今後の教育計画	22
おわりに	25

## はじめに

本校は、豊川市のほぼ中央に位置し、校区内に大型の商業施設が4か所もある。またJR飯田線と名鉄豊川線の2路線が通り、豊川市のメインである中央通りを含む市街地である。加えて、校区には「若葉祭（うなごうじ祭）」という戦国時代から続く神事が行われたり、大河ドラマで有名な山本勘助の生誕地であったりなど、大変長い歴史をもつ地域である。そのため、代々この地で生まれ育ち、祖父母もそろったいわゆる3世代家庭も少なくない。逆に、校区の南東部は現在宅地化が急激に進み、共働きでなかなか子どもとじっくり関わることができない家庭も多くある。そのような背景もあり、進学や学習に対する意識は高い。

しかしながら、教育に対して熱心なあまり、知識偏重な考えをもつ家庭や子どもが多い。子どもは素直で真面目であるが、授業に対しては積極性に欠け、一問一答の問題に対し正解であると確信できなければ発言ができないなど、受け身で、テストで点数を獲得することだけに關心が高い傾向がある。

そのような状況の中、昨年度より各学年とも年に数回の「問題解決的な学習過程による小単元」の授業を行い始めた。そのなかで、昨年度は1学期の炭に関する問題解決的な学習過程で授業を行った。それまで教師主導による正解を連ねる授業に慣れてきた子どもにとって、問題解決的な学習過程での授業は衝撃的であったようだが、**単元を終わってみて「とても楽しかった」という思いをもった。自分で調べ、解き明かすことの楽しさに気づき始めた**ようであった。

そこで、本年度も昨年度に引き続き、次の4点に重点を置くこととした。

- ①視覚化された導入（「楽しそう」「やりたい」「できそうだ」と思わせる工夫）
- ②焦点化された課題（課題の明示）
- ③共有化を伴うグループ・ペア活動（全生徒の主体的な学び合い 全体への繋ぎ）
- ④継続化を伴う終末（「次もやりたい」と思わせる結び）

私たちは、理科の授業とは、貴プログラムが大切にされている、『「なぜ」を大切に、感性・創造性・主体性の育成』を達成することにより、自然の神秘や科学の有用性を実感し、自然を大切にしながらもよりよい暮らしを創造する人間の育成を行うものであると考えている。そのためには、理科の授業において、何を素材とし、素材をどう教材化して出合わせれば、子どもの学びに火をつけるのか。出会いから生まれた「どうしても解き明かしたい」あるいは、「どうしても達成したい」という思いをいかに**自分の手で確かめる活動に導き、データを蓄積させ、データを基に議論し、結論を導き出させる**のか。そして、最終的に子どもにどのような感動を与えられるのか。これに尽きると考えている。

しかし、昨年度までの実践から、**意見交流を充実させるためにどのような方策が必要であるか**について明らかにしなければ、汎用性の高い研究にはならないことがわかってきた。つまり、**重点の②と③において**、さらに手だてやはたらきかけを意図的に、的確に行うための具体的方策を考えなければならないということである。問題解決的な学習過程において、**構造的板書に基づいた追究や意見交流の明確化**と、そのための**個々の追究に対する支援**について、教師と子どもが見通しをもち、一人一人が追究を的確に行い自信をもてるようにすることが不可欠である。個々が追究をしっかり行い、証拠に基づいた意見を持ち寄って意見交流をすることにより、子どもに「自然の神秘」と「科学の有用性」を実感させることを目指したいと考えた。

本年度も、各学年とも学期1回の実践を目ざし、「問題解決的」あるいは「課題解決的」な学習過程による授業を展開することにした。

また、本実践は、昨年度より国立教育政策研究所からの委嘱により、「魅力ある学校づくり調査研究事業」の校内のテーマとして掲げた『「わたし」が輝く授業』に合致している。昨年度2学期に校内で実践公開を行い、その価値に多くの先生方が賛同してくださった。まだ学校全体としての研究としては発展途上であるが、まずは理科部としてこれまでの1年の歩みを見直し、さらに実践を進めることで、学校全体の力になると考えている。

## 1 私たちが考える「科学が好きな子ども」(2018年応募論文からの修正部は朱書)

私たちは、自然の中で生きている。

自然には、長い年月をかけて育んできた絶妙なバランスがある。私たちは、他の生物から必要なエネルギーを取り込んできた。そして、必要がないものは他の生物に必要なものとして取り込まれることで、再び私たちに必要なものへと変化してきた。生物は、このように結びつきながら互いに生きてきた。私たちは、自然に感謝し、自然を大切にしなければならない。

自然には、一定の原理や原則がある。私たちは、自然の素材や事物や現象を利用して、便利な生活をつくりあげてきた。化学薬品も、電化製品も、私たちが生み出し、利用しているさまざまなものは、すべて自然の法則に従っている。私たちは、これからも自然の原理や原則をコントロールしながら、現代の便利な文明を発達させていかなければならない。

自然には、巨大なエネルギーが隠されている。美しい色彩や機能美を有した形がある。ときに、私たちは自然がつくりだす風景に心動かされ、自然の中にいることに喜びを感じる。ときに私たちは自然から学び、自然の形を利用したり、自然の仕組みを利用したりしている。「自然は神秘に満ちている」という認識を忘れてはいけない。

私たちは、これまで常に「自然の真の姿」に迫りたいと願い、科学を発展させてきた。自然の事物や現象を捉え、データを蓄積し、系統的にまとめてきた。そして、科学によって導き出した原理や原則を利用し、科学技術を発展させてきた。便利な暮らし、命を支える技術、自然を守る方法など、さまざまな科学技術によって、人間は発展を遂げてきた。

しかしながら、自然や科学は絶対的に万能というわけではない。とらえ方や使い方を誤ることで、生命を奪ったり、自然を破壊したりする。近年では、環境の変化に伴う災害も多く、私たちは自然の力の前であまりに無力であることを痛感することがある。自然とともに生き、科学を発展させる私たちは、自然の美しさや大きさ、巧みな仕組みだけでなく、自然の恐ろしさを理解しなければならない。

そのためには、義務教育の理科学習において「自然の神秘」と「科学の有用性」を実感させることが必要である。中学校3年間で「自然の神秘」を実感できた子どもは、自然の真の姿に迫りたいと願い、自然を大切にするような生活を考え、行動を始めるであろう。「科学の有用性」を実感した子どもは、さらに科学が発展することを願い、より便利な生活を考え、行動を始めるであろう。これらのことは、ユネスコが提唱する「持続可能な教育」にも通じ、新学習指導要領で一番大切にされている「主体的・対話的で深い学び」にも通じるものである。持続可能なよりよい社会を目ざし、私たちがどのような思いや考えをもって科学技術を発展させるのか。私たちは自然の中で、どのように生きていくべきなのか。未来を担う子どもが、倫理的な認識も備えたいうえで、社会で主体的に活躍できなければならない。これこそが、表面的に実験を楽しむだけではない、私たちが育てたい「科学が好きな子ども」である。

私たちは、「自然の神秘」や「科学の有用性」を子どもに実感させることが、理科教育の本質であると考え。その本質を実感できるからこそ、「科学は奥深く、楽しいもの」となるのである。私たちが育てたい「科学を好きな子ども」とは、自然の真の姿に迫りたいと願い「自然の神秘」と「科学の有用性」を実感し、持続可能な社会の構築を目ざし、主体的に活動できる子どもである。

## 2 「科学が好きな子ども」を育てるために

私たちは、「科学が好きな子ども」を育てるために、今年度以降も二つの柱を大切にする。一つ目の柱は、これまでの研究に引き続き「自然の神秘」や「科学の有用性」を実感できる素材の教材化である。

理科の学習で「自然の神秘」を実感することにより、身のまわりの自然に対し目が向くようになる。身のまわりの自然についてさらに深く知りたくなる。そして、身のまわりの自然を大切にしている心情が育つ。

理科の学習で「科学の有用性」を実感することにより、自然の法則に目が向くようになる。さまざまな事物や現象についてさらに深く解析したくなる。自然の原理や原則を利用する意欲が育つ。そして、さらに便利な世の中を構築するために科学を発展させたいと願う心情が育つ。

これらの経験の積み重ねが、「科学が好きな子ども」を育てる原動力となる。私たちは、「自然の神秘」と「科学の有用性」といった理科教育の本質と「物理・化学・生物・地学」という4領域の関わりを次のように整理した。

	自然の神秘	科学の有用性
物理・化学領域 現象・電気・運動・ 物質・化学変化・ イオン・エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・さまざまな現象が一定の法則のもと成り立っていることを知る</li> <li>・<b>すべての物質が粒子概念に基づく法則で成り立っていることを知る</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実験データ収集と考察より法則を導き出したうえで、現象をコントロールできる再現性を知る</li> <li>・最新の科学技術を知る</li> </ul>
生物・地学領域 植物・動物・遺伝・ 食物連鎖・地震・ 地質・気象・天体	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生物のからだや生物同士のつながりの巧みな仕組みを知る</li> <li>・自然の事物の美しさや迫力、時間的空間的なスケールの大きさを知る</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生物の命や生物同士のバランスを守る最新の科学技術を知る</li> <li>・最新の科学技術の利用と、利用するうえでの倫理や多様な価値観を知る</li> </ul>

これらの視点を大切にしながら、単元を構成する素材を発掘することで、子どもに「自然の神秘」や「科学の有用性」を実感させることにした。

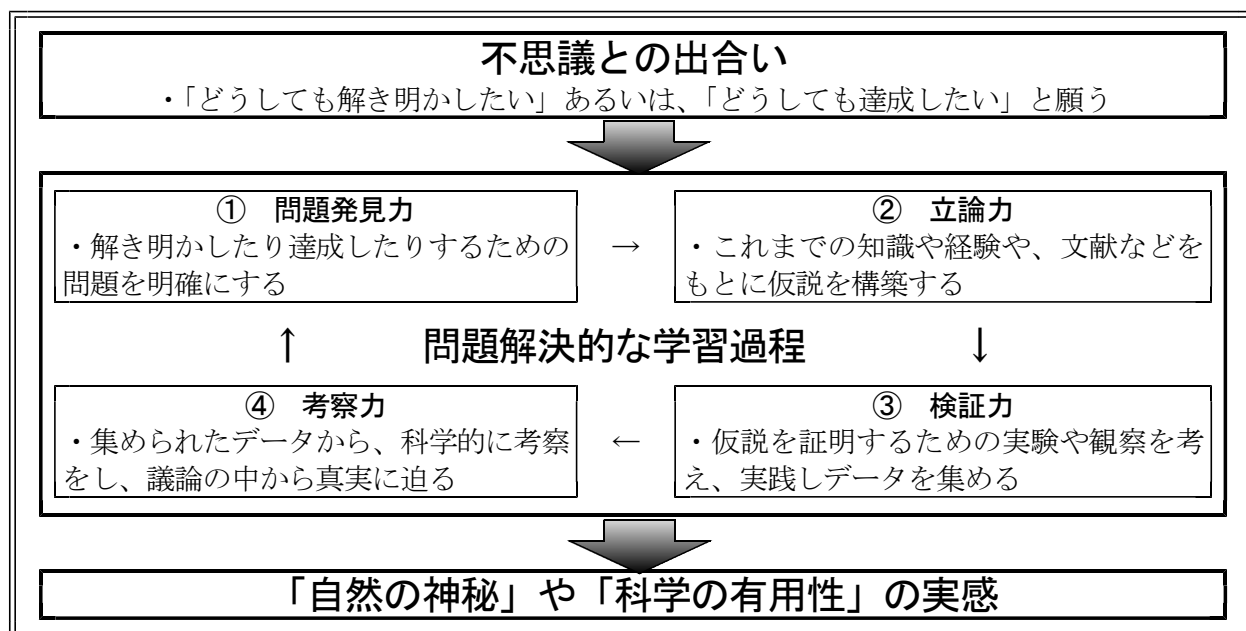
二つ目の柱は、「問題解決的な学習」を中心とすることである。

知識として教え込むだけでは、子どもに「自然の神秘」や、「科学の有用性」を実感させることはできない。実感させるためには、子どもに「どうしても知りたい」、「どうしても達成したい」という明確な目的意識をもたせ、自らの手で解き明かす経験をさせることが大切である。「生きる力」とか、「主体的・対話的で深い学び」という言葉で示される部分である。

知識偏重の傾向が強い子どもは、すぐに「正解は何ですか」と聞いてくる。テストに出ることだけが大切であると考えてしまう。誤差がないことがあたりまえだと思ってしまう。しかし、社会に出れば、多様な価値観や考え方があふれる。さまざまな事象や価値観を多くの視点からみんなで出し合い、議論し、最善の方法を導くことが大切になる。子どもには、社会で活躍する人材に育ててほしい。そのためには、「問題を発見する力」、「問題解決のための仮説を立論する力」、「仮説の正しさを証明するための検証を行う力」、「検証の結果から科学的に考察する力」が大切になる。

子どもに、この4つの力をつけさせるためには、中学校3年間の理科の授業で「問題解決的な学習過程」による授業の経験を積み重ねさせることが大切になる。

4つの力と、「自然の神秘」や「科学の有用性」との関わりを、次のように考える。



ここで大切なことは、

- ① 「出会い(導入)における工夫」
- ② 「追究に入る際の教師のはたらきかけ」
- ③ 「追究場面における教師のはたらきかけ」



#### ④「意見交流における構造的板書と意図的な指名」

のである。この4点について、次のようにまとめる。

##### ①出会い(導入)における工夫

身のまわりの事物や現象を、素材のまま子どもに出合わせても、子どもは不思議と感じるだけで、問題としてとらえられない。私たちは、素材を発掘し、教材化し、子どもに出合わせる。そして、不思議を見つけ出したり、不思議を問題に育てたり、新たな見方や考え方を得て生活に広げたりする。そこで、扱う素材については、以下の5つの視点のいずれか、あるいは複数の視点により、単元を構成できる素材を選定する。

- ・自然の**美しさ**や大きさ、**巧みさ**、自然の原理や原則を感じられるもの
- ・自然の正と負の両面に迫るもの
- ・自然とともに生きていると感じられるもの
- ・人間が自然を利用し、**発展してきた**知恵に気づくことができるもの
- ・今後発達が望まれる最新の科学技術に関するもの

さらに、これらの事象にただ出合わせても、問題は生み出せない。私たちは、これらの視点により発掘した素材を、次のような視点で加工し、子どもに出合わせる。

- ・それまでの知識や経験と目の前の事物・現象に**ずれを生じるようにする**
- ・一見難しそうな現象を**成功させ、可能性を考えたいくなるようにする**
- ・複数の対照的な事物や現象を提示し、**比較できるようにする**
- ・事物や現象の一部を注目できるように**強調する**

こうしてつくられた教材に出合うことで、子どもは「どうしても解き明かしたい」「どうしても達成したい」と願い、解決や達成のためには何が問題なのかを考え始める。これが、問題を発見するということであると考えられる。

##### ②「追究に入る際の教師のはたらきかけ」

導入を終えて追究について個人で考える時間を設けたあと、一度全体に返し、どのようなことを調べてみたいのか、個々の思いや考えを話させる。このとき、以下の2点について、特に留意をして意見をまとめる。

- ・子どもの思いや考えを最終の意見交流に合わせた「構造的な板書」によりまとめ、子どもがそののちの追究に見通しをもって取り組むことができるようにする。
- ・最終の意見交流で必要となるキーワードや資料が十分に出るように、問い直しを行う。

ほんの15分～20分の活動であるが、この活動を行うことで、子どもはその後の追究に見通しをもつことができる。さらに、教師もその後の子どもの追究に対する問い直しなどの見通しをもつことができ、より追究を深めるさせとともに、自分の追究に対する自信を生み出させることができる。

##### ③追究場面における教師のはたらきかけ

子どもは、個人あるいはグループの追究や意見交流を深めることを通して「自然の神秘」や「科学の有用性」を実感する。そのためには、教師のはたらきかけが不可欠である。

本年度は、昨年度の反省を踏まえ「データの妥当性」や「科学的根拠」、「再現性」といった根拠を明確にすることを大切にする。こうすることで、さらに議論は深まり、科学の有用性を実感できるようになると考える。

しかしながら、子どもの実験や観察は、手放しで十分なものになるとは限らない。教師は、子どもに自分の思いや考えの足りなさや、実験や観察によるデータの信憑性などに気づかせることで、さらに実験や観察を工夫し、データの収集を行うことが必要である。

意見交流においては、実験や観察によって得られた結果をもとに構築した思いや考えを、仲間にわかりやすく伝えることがとても重要である。教師が問い直しを行うことで、子どもは再

現や説明のモデルづくりや図式などを用い、わかりやすく説明できるように準備を始める。わかりやすく伝わることで、細かな矛盾に気づき、より自然の真の姿に近づくことができる。

特に今回の研究では、個人追究において個々の追究が意見交流に十分反映できる意見となるよう、意見交流のどの場面で活躍させるのかを見越したはたらきかけを行う。

#### ＜追究場面におけるはたらきかけ＞

- ・「どうすることで確かめられるのか」「対照実験となっているのか」「実験や観察をどう生かすのか」といった実験や観察方法に関する問い直し
- ・「いつでもそうなるのか」「本当にそうなるのか」「誤差はどの程度か」といったデータ精度に関する問い直し
- ・「その根拠でみんなを納得させられるのか」や「その説明でわかりやすいのか」という意見交流に向けての問い直し
- ・「何がわかっていて何がわからないのか」や「どんなことを証明したいのか」など、子どもの思いを整理し、仲間とともに考えるための問い直し
- ・他の子どもとの関連付けや位置付けを考えさせ、意見交流に見通しをもたせる小集団での交流に対する問い直しや助言

#### ④「意見交流における構造的板書と意図的な指名」

私たちは、子どもの実験や観察の結果と、そこから生まれた思いや考えを交流させることで、結論を導き出し、子どもに新たな思いや考えを生み出させる。こうすることで、子どもの学びは確かなものとなる。しかし、限られた時間の中で効果的な意見交流を行うためには、教師のはたらきかけが不可欠である。そこで、意見交流におけるはたらきかけを次のように考えた。

#### ＜意見交流でのはたらきかけ＞

- ・子どもの思いや考えを関連づけたり、思いや考えのつながりを位置づけるための、「意図的な指名」と「チョークの色遣いの工夫によって追究内容ごとにまとめる構造的な板書」
- ・演示や提示
- ・追究場面と同様の問い直し

特に物理分野や化学分野では、演示や提示を大切にする。子どもの思いや考えを結論に効果的に生かし、子どもに新たな思いや考えを生み出させ、確かな学びを実感させるために、できる限り実物に触れて考えさせる。私たちは、次の3つの目標をもって、演示や提示を行う。

#### ＜確かさを見つけ出させる＞

十分な追究を行い、それまでに得た事実を科学的な根拠を示しながら仲間に伝える演示や提示。子どもは、問題の解決に向けて行ったさまざまな実験や観察の結果から導き出した結論を話し合い、問題を解決していく。

#### ＜足りなさを見つけ出させる＞

これまでの追究の結果に対し、疑問や反論を抱かせる演示や提示。子どもはこれまでに得た知識や経験と目の前の事物や現象を比較して思考し、どうしても納得できない状況になり、新たな問題の解決に向けて追究を始める。

#### ＜新たな視点を見つけ出させる＞

これまでの知識や経験を生活の場面に広げる演示や提示。子どもは得られた知識や経験と生活を比較し、科学技術によってどのように豊かな生活を求めるべきなのか考えたり、追究によって得た知識や経験が他の場面に生かされていないか考えたりする。そして、子どもは、新たな見方や考え方を獲得していく。

さらに本年度は、単元の終末に書かせる「単元まとめ」について、「意見交流の板書の最終写真」とともに、厳選した思いや考えを掲載して印刷し配付する。これにより、意見交流時に板書を写すことが必要なくなるため、意見交流に集中できるとともに、これまでの学びのよさと「自然の神秘」や「科学の有用性」を実感できるようになると考える。

### 3 「科学が好きな子ども」を育てる実践

#### A 自然の神秘を実感する追究単元【2018年10月 2年実践「視覚の死角」】

##### 1 問題を見つけ出す子ども

授業のスタート、全員を起立させ、1枚の紙を全員に配付した。ハートマークと星マークが離れた位置についている紙である。教師は、右手で紙をもち、手を伸ばして、二つのマークのうち左側にあるマークをよく見るように指示した。そして、左側のマークを見ている両方のマークが見えることを確認した。子どもは「あたりまえ」と言わんばかりに「見える、見える」と話した。ここで教師は、「そのままゆっくり紙を近づけてごらん。そうすると、ある距離で右側のマークが消えるよ」と話し、子どもに体験を促した。一度で死角を見つけ出し「あ、本当だ」などと言う子どもがいたり、どうしても死角が見つけれなくて「嘘だ」と話す子どもがいたりした。友達と協力して見るように促すと、死角を見つけることができた子どもは死角を見つけられない友達をサポートした。そして、全員が自分の視野の中に見えない部分である死角が存在することを確認した。

ここで、教師は、友達と用紙を交換して同じ実験を行うように指示した。実は、教師が渡した紙は、マークの大きさやマーク間の距離をわざとバラバラにしてあった。そのため、紙によって死角の生まれる距離が違ってしまうようにしてあった。子どもはどんな紙でも必ず死角になる場所があることに驚いた。そして、死角が生まれる仕組みを知りたいと願い始めた。しかし、今回はここまでで追究に入ることをしなかった。



今度は、先ほどの2つのマークの下に虹のような横方向のストライプを加えた紙を配付した。そして、先ほどと同じようにマークが消えるかどうかを試すように促した。今度は全員、すぐに死角を見つけ、一方のマークを消すことができた。ここで教師は、「マークが消えたら下の模様は何色になっていますか」と問い直した。子どもは慌ててもう一度実験をした。そして、マークが消えても下のストライプが消えていないことに気づいた。子どもが不思議に思っていることを感じた教師は、さらに「結局、目には死角があるのか、ないのか、どちらですか」と問い直した。子どもは問い直しに対してうまく説明ができなくなった。そして、そのメカニズムを解き明かしたいと願い始めた。

ここで教師は、「追究に入る前の教師のはたらきかけ」として子どもに何が調べたいのか箇条書きで書き出すように促した。その考えの一部を下に抜粋する。

<子どもが追究をしたいと考えたこと>

- ・眼球の構造から死角が起きる理由を知りたい
- ・死角がどの位置にあるのか知りたい（距離、角度、大きさ）
- ・死角になりやすい色と死角になりにくい色を知りたい
- ・死角だった場所が死角にならない条件を知りたい（色、形、模様、バックの景色）

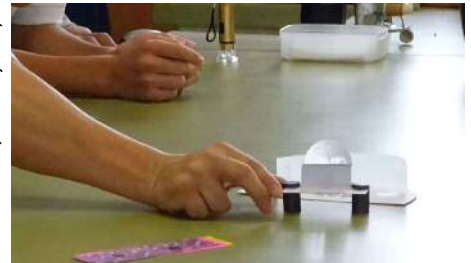


教師は、意見を構造的な板書でまとめ、「眼球の構造」「死角の位置と距離」「錯覚が起きる条件（色、動き、大きさ）」に分けた。そして、「調べたことをうのみにするのではなく、自分の手で確かめ、証拠をもち、意見交流に臨もう」と伝えた。次時からの個人追究で何を確かめるために、どんなことに取り組むのか考える時間を設け、授業日記を書かせた。

## 2 主体的に個人追究に取り組む子ども

次時から3時間、以下の点を確認し、自由に個人追究をしてよい時間を設けた。さらに、本実験ではモデルを使った説明なども必要であることを加味し、追究後2時間のまとめおよび意見交流準備の時間を設けた。もちろん、この時間を使って足りない実験を行うことも許可しており、モデルを作る必要がない子どもは最後のデータまとめのみ1時間を残し4時間にわたり追究を行った。そして、これ以降、毎授業の最後に授業日記を書かせ、授業日記には全員分その日のうちに朱書きを入れ、翌朝に返却をすることを繰り返した。こうすることで、新たな視点や新たな活動に気づくことができるように促すことを繰り返し、個々の追究を深めさせた。個人追究の時間の活動の主なものを以下に紹介する。

A男たちは、眼球の構造から、像が結ばれるメカニズムをもとに死角を考えれば解き明かせると考えた。まず初めに「盲点」について本やインターネットで調べた。すると、盲点は眼球の網膜に存在していることがわかった。そこで、眼球の図を書いて説明したいと考えていた。しかし、その図は1年生で学んだ凸レンズの学習が生かされていないものであった。そこで教師は、「本当に網膜に外の景色が像として結ばれるのか。それは光のどのような道筋なのか」と問い直した。すると子どもは画用紙と凸レンズを使いたいと話した。教師が2つのものを手渡すと、子どもは画用紙に外の景色を映すことができないか試行錯誤を始めた。そして、眼球モデルを完成させた。A男たちは、眼球内にレンズとなる水晶体があることで、網膜上の盲点が光を認識できないということを伝えたいと考えた。



B男たちは、最初に行った実験から、紙によって死角までの距離が違っていることに気が付いた。そこで、マーク間の距離が違っていても必ず死角ができるであろうと考え、マーク間の距離が変化できるよう磁石でマークを作り、マーク間の距離を変えられるようにして実験を行うことにした。すると、マークの間隔が長くなるほど、マークが消えるときの自分から紙の距離の誤差が大きくなることがわかった。このことを不思議に思ったB男たちは、見えなくなる範囲は遠くに行くほど広くなるのではないかと考えた。そこで、大きさの違うマークの紙をたくさん作り、離れるほど消える円が大きくなることを確かめた。そして、自分たちの考えの正しさを確かめるため、遠く離れている友達であれば、上半身が全て見えなくなることを実験して確認した。こうして、自分たちの意見に自信をもった。

C子たちは、紙と目の距離と、視野の中心とマークまでの距離を表にまとめた。ここで教師は、表では結果が見にくいのもっとわかりやすい方法はないのかと問い直した。すると子どもは、実験の結果を縮小して図にまとめた。そして、死角が視野の中心から約 $10^\circ$ 外側にずれたほぼ直線上に並ぶことがわかった。C子たちは、この図を使い、死角が直線上であることを伝えたいと考えた。



D子たちは、C子たちと同様、自分から1 m、3 m、5 mと離れた位置で、視野の中心とマークが消えるところの距離がどう変化するかを調べた。そして、遠くなるほど死角が外に遠ざかることを見つけた。ここで教師は、D子たちにA男たちと交流してみるように促した。D子たちは、死角は網膜の一点である盲点の延長線上であることを理解した。D子たちは、これをわかりやすく伝えることができないかと考え、眼球モデルの視神経から針金で死角を立体的に説明するモデルを作り始めた。



E男たちは、死角が両目にあるはずであると考え、実験をした。そして実験をしていくと、左右どちらの視野においても死角になる場所が視野の中心の外側にあることがわかった。ここで教師が、どちらも視野の中心の外側に盲点があるのは、どうしてなのだろうかと問い直した。E男たちは、死角がつくられる原因となる盲点が視神経の位置と一致することを本で調べた。そして、視神経がある位置が眼球の真後ろからわずかにずれた位置にあるのではないかと考え始めた。



F子たちは、模様が消えたり消えなかったりするのには脳がだまされているためではないかと考えた。そこで、紙の真ん中に死角より少し大きな範囲が途切れている線を描いた紙を用意した。そして途切れている部分の右側に線を消すように磁石のマークをつけ、うしろから磁石で磁石のマークを少しずつ左に動かした。すると、死角の右側だけにはいはずの線が現れた。ところが、線の左側に磁石のマークをつけて動かしたところ、死角の左側だけにはいはずの線が現れた。この実験で、脳は死角になって見えない場所を、周りの状況から判断し補完しているとわかった。



G男たちは、死角にも物が見える不思議が、脳の働きによるものであると考え、脳が判断できないような複雑な模様で実験したいと考えた。縦線や横線だけでなく、チェックや、ランダムに様々なマークを並べた模様などをつくり、死角の下の模様が補完されるか調べた。すると、ストライプなど規則性のあるものは縦横関係なく補完されたが、複雑な模様や景色などは補完されないことがわかった。

子どもは、追究に続いて資料づくりやモデルづくりを行った。そして、子どもが十分に準備したことを確認し、意見交流を行うことにした。

### 3 真実に迫りたいと願い根拠に基づいて話し合う

#### (1) 教師はディレクター。子どもが主役。(意見交流)

授業の初め、子どもには本時の板書を次時に印刷して配付することを約束し、全員を教卓まわりに集めた。そしてA男から意見交流を始めた。A男は眼球モデルをみんなに見せながら、網膜にあたる部分に外の景色を映しだして見せた。網膜の白い紙に風景がはっきり映し出されたことに、子どもは驚いた。そして、A男は1年生で学んだ凸レンズを通過する光の道筋であることを説明した。しかし、A男たちはモデルを作ったことで最初に作ろうとした図をなくし、説明は口頭だけであった。教師は構造的な板書として、A男の説明に合わせて黒板の中央左寄りにモデルを板書した。眼球のレンズとなる水晶体の存在が明らかになり、盲点の先に死角があることが確認された。そして、教師はC子たちを指名した。C子たちは、自分たちの実験の結果を掲示し、死角が直線上にあるということをA男たちに関連させて話した。さらに、D子たちを指名することで、盲点と水晶体の中心を結ぶ直線上に死角が並んでいることを視覚的に説明させた。さらに教師は、B男たちを指名した。B男たちは、D子たちの説明に加えて、死角が遠くに行くほど大きな範囲になることを説明し、これが光の直進という観点から起きる現象であると話した。

ここまで意見交流を進めたところで、教師は一度これまでの内容を板書を使って確認した。C子やD子と同じような結果のグループには、この時点で結果を示させて、死角が視神経の直線上であり、盲点が点ではなく面積をもっているため遠くになるほど広がることを確認した。さらにE男たちが、死角が両目にありともに視野の外側に直線上で存在することを実験の結果から説明した。加えて、C子が再び挙手をし、その角度が視野の中心から10°の直線上であると話した。ここで教師は「ということは確かに死角は存在しているのですね」と確認をした。子どもは当然だという表情でうなずいた。

死角が発生する仕組みを解き明かしたところで、どうして死角であるはずの場所にストライプなどが見えたのかという謎に話を切り替えた。F子たちやG男たちが説明を始めると、「脳がつくり出す幻覚」という結論にみんなが納得をした。

ここで教師は、これまでの話をまとめたうえで、「眼球にはレンズがあり、死角が盲点の直線上かつ、視野の中心から外にずれているということは、視神経が眼球の真後ろではなく中心からずれた位置ということで間違いないか」と問い直した。

すると子どもは、「そうです」と答えた。教師は「本当にそうなのか」とさらに問い直した。「そうです」と答える子どもが多かったが、一部の子どもが「見たわけではないけど」と話した。教師はこの意見を取り上げ、「みんなは見えていないのに絶対といえるのか」とさらに問い直した。子どもは自信をもって答えることができなくなった。「本物で確かめられないから絶対ではないけど、たぶん間違いないと思う」「目を取り出すわけにはいかないし」など、子どもは近くに座る友達と話し始めた。この言葉を受けた教師は、「では、本物の眼球を解剖して、レンズがあるのか、視神経は中心からずれているのかを確かめれば納得できますか」と話した。子どもはそんなことできるわけがないとざわついた。ここで教師は、豚の眼球を取り出した。そして、次時に眼球の解剖をして確かめることを伝えた。子どもは本物の眼球の登場に驚いたが、気持ち悪がることなく、真実が確かめられると目を輝かせた。

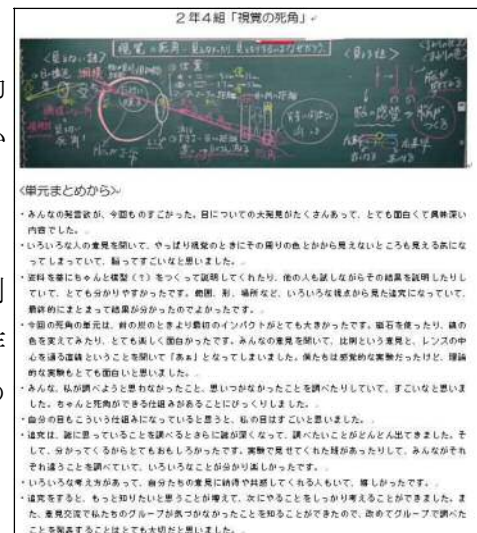
## (2)「どうしてもこの手で確かめたい」(眼球の解剖を進んで行う子ども)

次の授業では、すべての班に一つずつ豚の眼球を渡し、解剖の方法を説明してから眼球の解剖をさせた。子どもは、眼球を覆う硬膜のかたさに驚いたり、眼球を切開した際に出るガラス体の透明度に驚いたりした。さらに、水晶体を取り出し雑誌の切れ端に置くと、文字が拡大されることに感動をした。また、視神経が確かに中心からずれた位置にあることに「予想通りだ」と感動した。

解剖実験という一部の子どもが気持ち悪くなり活動できないが、目的意識が高かったためか全員が目を輝かせて解剖をしていたことが印象的であった。

なお、前時の板書については、冒頭に書いたとおり、右にあるような「意見交流の板書写真」と、眼球の解剖後に書かせた「単元まとめ」の一部紹介を各学級ごと作成し、印刷をして次の時間に配付した。子どもは友達の意見を真剣に読んでいた。

以下は、単元まとめの一部である。



- ・ 追究をすると、知りたいことが増えて、次にやることを考えることができた。意見交流で気づかなかったことを知ったので、意見交流することはとても大切だと思った。
- ・ 今回の単元は、前の炭のときより最初のインパクトがとても大きかった。磁石を使ったり、線の色を変えたり、とても楽しく面白かった。みんなの比例という意見と、レンズの中心を通る直線ということを知って納得できた。僕たちは感覚的な実験だったけど、理論的な実験がとてもおもしろいと思った。
- ・ 物を見るだけのためにたくさんの種類の部分がつながってやっと思えることができると知り、驚いた。光の量を調整するときも、無意識に脳は操作していてすごいと思った。
- ・ いつも私が見ているものは、本当に本物なのだろうかと思った。不思議。脳が修正しているという考えが出て、それが本当だったら脳は私が思っている以上に天才だと思った。



## B 科学の有用性を実感する追究単元

【2019年6月 3年実践「百発百中！ロングシュート！」】

### 1 「どうしても達成したい」と願い始める子ども

導入では、全員を教師機のまわりに集めた。NBA選手によるブザービーターの超ロングシュートや、ギネス記録になっているダムの上からのロングシュートなどの動画を見せた。子どもは、「すごい」「こんなことができるんだ」と歓声を上げた。

ここで、教師は、無言で発射装置を教師机の上に置いた。ゴールとなる籠を机の1.5m先に置いた。子どもは覗き込むようにしていた。そして、教師は鉄球を発射装置に置き、「一発でゴールを決められると思う人」と聞いた。ほぼ2/3の生徒が入らないだろうと予測した。教師は、静かに発射装置を引き、鉄球を一発で籠に収めて見せた。子どもは驚き、自分もやってみたいと言いだめた。そこで、J男を指名し、演示をさせた。鉄球は大きく籠を超えた。ここで教師は、「追究の目標は、籠に一発で鉄球を入れることです」と伝えた。そして、意見交流までに個人追究の時間を3時間、まとめの時間を1時間使えることを伝え、「ゴールを決めるためには何がわかればよいのだろうか」と聞いた。そして、個人で考える時間を設けたあと、グループで考える時間を設けた。そして、5分ほど話をする時間を設けたのち、これから何が知りたいのか、何を確かめたいのかについて聞いた。子どもは次のようなことについて調べたいと話した。

<子どもが追究をしたいと考えたこと>

「ボールが発射台を飛び出してからの軌跡」	「高さと落下までにかかる時間の関係」
「物体の重さと落下速度の関係」	「違う速さの物体の落下までの時間」
「物体の高さと落下速度の関係」	「物体の高さと落下にかかる時間の関係」
「物体の大きさと空気抵抗の関係」	「バネを引く強さと鉄球の初速の関係」など

教師は、これらの意見を構造的な板書にまとめ、「軌跡」「垂直方向の運動」「水平方向の運動」に分けた。そして、「3時間で一人が全てを調べるのは難しいかもしれないが、何か一つでも自分が絶対と言いきれる結論をもって意見交流に臨もう」と声をかけ、「意見交流でみんなの意見が合わされば成功するはずだよ」と伝えた。次の時間からの個人追究で何を調べるためにどんな実験をやりたいかについて、考える時間を設けたうえで授業日記を書かせた。

### 2 主体的に個人追究に取り組む子ども

次時から3時間は、毎授業の始まりに以下の点を確認し、自由に個人追究をさせた。

- ・以降の個人追究の時間、まとめの時間、意見交流の時間の日程の確認をする。
- ・授業終了10分前から片づけを行う。5分前から授業日記を書き、本時の実験や観察でわかったこと、さらに知りたいこと、次時に行いたい観察や実験を記載する。



そして、これ以降、毎授業の最後に授業日記を書かせ、これに対して教師は朱書きを入れ、翌朝に返却をすることを繰り返した。こうすることで、新たな視点や新たな活動に気づくことができるように促すことを繰り返し、個々の追究に対する自信を深めさせていった。

個人追究の時間の活動の主なものを以下に紹介する。

A男は、軌跡について調べた。しかし、調べた内容は大学で習うような数式ばかりで中学生が理解できるものではなかったが、わかった気でいた。そこで、「これはどういうことか。みんなが理解できるのか」と問い直した。A男は、友達が使っている文献を借り、「水平投射」という言葉を見つけた。さらにA男は説明にパソコンを使いたいと話した。A男は、パワーポイント資料を作るたび教師に見せ、教師はそのたびに問い直した。



B子たちは、「水平投射における軌跡」を調べるために、ハイスピードカメラを使いたいと申し出た。そして、いろいろな速さでボールを飛ばした。ここで教師は「全てのデータで共通することはないか」と問い直した。すると、どんなスピードで投射しても、投射後11コマ目(11/30秒)に同じ高さを通過することに気がついた。さらに教師は「どうすればそれをみんなにわかりやすく伝えられるかな」と問い直した。B子たちは、図をつくり始めた。



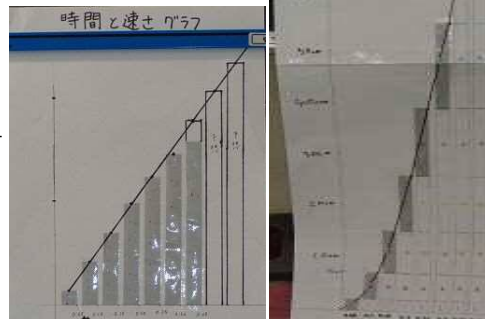
C男たちは、雨滴の落下などから落下運動が等速運動になると考えた。そこで、15cmごとの落下速度を調べることにした。ビースピ(速度測定器)を等間隔にして1mの定規につけ、この中に鉄球を落下させることで速度の変化がないことを証明したいと考えた。しかし、今まで見たことがない形のグラフができあがり、戸惑った。そこで教師は「グラフは何を意味しているのか」と問い直した。C男たちはグラフから下に行くほど速度が速くなっているため等間隔では速さの変化が徐々に少なくなることに気づき、落下運動が加速運動であると気づいた。



D子たちは、落下における速さの変化を調べたいと考えた。D子たちはハイスピードカメラを使い、1/30秒ごとに物体がどれだけ落下しているのか距離を見ることにした。なかなか撮影のタイミングと落下のタイミングが合わず、何度も実験を繰り返したが、最終的に「時間—速さグラフ」と「時間—距離グラフ」を完成させた。



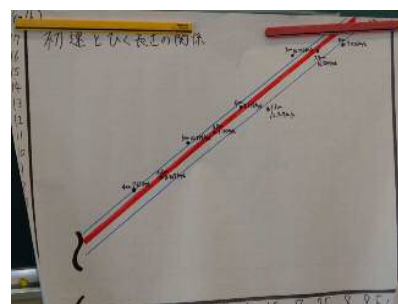
E子たちは、D子たちと同様の実験を記録タイマーを使って行った。そして、落下運動が等加速度運動であることを突き止めた。実験で得られた記録テープを0.1秒ずつに切り離し、横に並べて速度変化のグラフを作成した。ここで教師は「実験を成功させるためにみんなが活用するのは“時間—速度グラフ”でよいのだろうか」と問い直した。そして、A男との交流を促した。E子たちは、A男との交流で“時間—速度グラフ”だけではなく“時間—距離グラフ”が必要であることに気づいた。そこで、新たに別な記録用紙で右図のような“時間—距離グラフ”を完成させた。



F子たちは、物体の重さと落下速度について調べることで、どんな大きさのボールでもゴールできるようにしたいと考えた。そして、体育館の2階からバスケットボールとバレーボールを落下させて比べたいと考えた。実験をしてみて、床に同時に到達することに驚いたF子たちは、これを意見交流で演示したいと話した。そこで「授業中に体育館に移動せずに伝える方法はないか」と問い直した。F子たちはデジカメで動画を撮影し、授業で見せられないかと考えた。



G子たちは、ばねを引く強さと初速の関係を調べたいと考え、発射台を使い始めた。しかし、G子たちはばねを引く長さに対し1回ずつの実験で結果を導こうとしていた。そこで教師は、「何回やっても同じ値は出せるのか。本当に正確か」と問い直した。G子たちは2時間をかけ100以上のデータを集め、ばねを引く長さと初速の関係についてグラフを完成させた。



H男たちは、空気抵抗による物体の速度の変化についての影響を知りたいと考えた。そして、扇風機を使い、風が当たっているときと当たっていないときでどの程度減速をするのか調べることにした。すると、扇風機の風を最大の速さにしても、5%ほどの減速であることがわかった。H男たちは、籠の幅が15cmであることから、3m飛ばしても15cmの誤差ですむので、籠の端を狙えば空気抵抗は考えなくてよいと考えた。

### 3 真実に迫りたいと願い根拠に基づいて話し合う

#### (1) 教師はディレクター。子どもが主役。(意見交流第1時)

意見交流は、いつも通り全員教卓前に集合し、友達の演示や提示を見やすいようにして行った。この場合、子どもは板書をノートに書き写すことができないが、前回同様、子どもにはあらかじめ、本時の板書は写真に撮り、後日みんなの意見とともに配付することを約束しておいた。これにより、子どもは気兼ねなく友達との意見交流に集中することができた。

意見交流は、まずA男の意見からスタートした。A男がパソコンを使って軌跡について説明した。そして、垂直方向の落下運動と水平方向の等速直線運動について時間と位置の変化がわかれば、計算でゴールできる速さを求められると話した。

教師はA男の意見に沿って、黒板の中心に鉄球の軌跡についての図をまとめた。教師は、A男が意見を終わったところで少し間をあげ、「水平方向の等速直線運動」と「垂直方向の加速する運動」が詳しく分かれば、成功しそうであることを確認した。そして、「垂直方向の運動について意見がある人はどうぞ」と意見を求めた。



するとC男たちが落下が加速運動であることを話した。この意見に関連し、D子たちは、落下の運動について落下後の時間と移動距離について実験結果を示しながら話をした。さらに、E子たちが記録タイマーの結果を基に、“時間—速さグラフ”と“時間—距離グラフ”を示しグラフのつくり方とその結果から加速運動であることと、グラフを見れば高さから落下にかかる時間を導き出すことができると話した。

ここでI男が、1/20秒ごとに進んだ距離から速さを算出し、その速さの変化を調べたところ、速さが一定の増加量で増えていると主張した。そして、落下運動がただの加速運動ではなく、等加速度運動であることを説明した。このI男の意見はI男が家に帰ってから



前日に気づいた理論で、教師が把握していない意見であった。加速の数値がぴったり同じ変化量であることに、教師も含めみんなが驚いた。ただ、難しい内容であったため、この意見については、みんなにも十分納得させたいと思い、教師が補足で確認の説明を加えた。

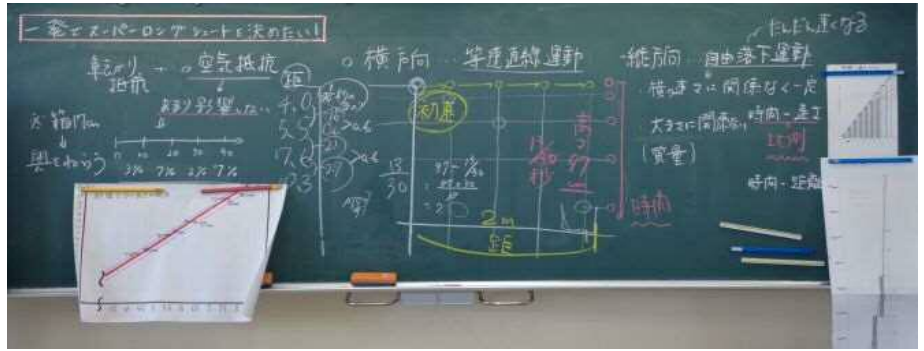
さらに、落下に関連し、F子たちが物体の重さが落下速度には影響しないという話をした。そして、落下させる距離がわかれば、落下までにかかる時間はグラフからおおよそ見当がつけられるという話をした。ここで教師は、B子たちを意図的に指名して、落下の速度や落下にかかる時間は、水平方向の速さに影響されないことを明らかにさせた。

教師はここまで、基本的に挙手した生徒から意図的に指名を繰り返すだけで、子どもの発言に合わせ、落下に関する子どもの考えを黒板の右側に整理して書き続けた。

自由落下についての意見が出尽くしたところで、これまでの意見を振り返り、「高さがわかれば落下までにかかる時間がわかるから、ばねを引く力と水平方向の速さがわかれば成功できそうだ」と話し、生徒Cたちを指名できるように流れを切り替えた。



G子たちは、発射させる高さから落下までの時間がわかれば、自分たちのつくったグラフを用いて初速を調整しゴールできると話した。ここまできて、子どもは「これなら本当にゴールできるかもしれない」と期待を高めた。意見交流についてはここで終了し、次の時間に計算をしたうえでチャレンジしようとし、授業日記を記入させた。



この日の授業日記には次のようなことが書かれていた。

- ・自分たちの意見がみんなの意見とつながっていて面白いと思った。重さが違って落下する速さが同じというのは考えてもみなかったことで驚いた。
- ・みんなの意見を聞いていて、本当にゴールできるかもしれないと思えてきた。次の時間がとても楽しみになってきた。

## (2) 「このままでは成功しません」 結果にこだわる子ども (意見交流第2時)

意見交流第1時の授業後、J男たちが教師のところへやってきた。そして、次のように話をした。

「D子たちの実験の結果と自分たちの実験の結果では1 mまで落ちるのにかかる時間が違ってきます。本当はどうなのか、もう一度確かめないと成功しないと思います。」

確かに、D子たちの結果では1 m落ちるまでにかかる時間は13/30秒であり、J男の結果では11/30であった。そこで、この事実を次の時間の初めにみんなに伝えてはどうかと話した。J男は納得をして教室に帰った。

翌日の授業のはじめ、教師はJ男が意見を言いたいそうですとみんなに伝え、J男を指名した。J男は1 mの落下にかかる時間をもう一度調べるべきであると主張した。みんなもこの意見に納得をし、ハイスピードカメラを用いて代表実験を行い、落下時間を調べることにした。画像を解析すると、11/30秒が妥当であることがわかった。さらに、D子たちは「もしかしたら、記録タイマーは記録テープをこすっているから抵抗があるのかもしれない」と話し、みんなが納得をした。11/30秒という落下時間に確信をもった子どもは、これで成功できるかもしれないと期待を高めた。

さらにここで、H男たちが空気抵抗による誤差について話をした。そして、的が3 m先であることから、籠の先端部を狙ってぎりぎり入るはずであるという話をした。子どもは1 mの高さから3 m先にある籠を狙うために必要なばねを引く長さを求めるために、仲間と計算を始めた。そして、G子たちのつくったグラフを基に、ばねを8.5cm引くことでシュートを

決められると結論づけた。

みんなからの推薦を受け、K男が実験を行うことになった。K男は緊張した面持ちでばねを引っ張り、みんなのカウントダウンに合わせてボールを発射させた。しかし、1回目はゴールとなる籠の手前の角に当たってしまい惜しくも入らなかった。この瞬間、教室中に大きく落胆する声が響き渡った。



しかし、子どもは、諦めるのではなく「もしかしたら引き方が足りなかったのかもしれない」と考え、机に乗って目盛りを真上から見て実験したい」と話した。さらに、「ばねの引く長さや速さの関係はG子たちの実験だから、G子たちの方が正確にできる」という意見になった。教師はG子に教卓の上に乗るように言い、2回目の実験をさせた。G子と一緒に追究を行ったメンバーが全員机に乗り、細かく調整を繰り返しながらボールを発射させた。すると、ボールは見事に籠にゴールできた。その瞬間、子どもからは歓声が上がった。

自分たちの実験の結果を基にし、理論の通りに行ったことで見事ゴールに成功したところで、単元まとめを宿題とした。単元まとめの結果は次のようである。

<子どもの単元後の想い（単元まとめ一部抜粋）>

- ちゃんと調べて、実験で確かめれば、絶対に不可能だって思っていたこともちゃんと決まるということがわかり、理科ってすごく面白いと思った。
- 今回の追究は、昔のNASAのロケットの研究に似ているなど思った。こういう研究がもっと大きなものになると、NASAのような偉業も成し遂げられるのだと思う。自分たちの追究はとてもハイレベルでカッコいいものだった。
- 自分たちなりにあらゆる手段で調べて答えを導き出すことはとても難しいけどとても楽しい。追究のおかげでちゃんと理解できて、自分たちで調べたから記憶に残った。他の班はグラフや計算などすごくて、本当に中学生？と疑ってしまうぐらい上手に説明をしていた。答えに近づくにつれどんどんワクワクした。
- 自分たちで調べて考えた実験が成功したことが印象に残っている。そして、自分たちの実験が他に人の意見とつながって「おお」と言われたときはすごくうれしかった。別の実験なのに、時間がほぼ一致するとかして、自然ってすごいなと思った。
- 今まで知っているつもりだったことが違うことがたくさんあった。想像と事実が違うものが、世の中には他にどれだけあるのだろうと思った。もっともっと調べたいことが、世の中にはたくさんあると思った。
- 自分たちの実験だけではシュートが決まらなかったけど、みんなの着目する所が違うおかげで結果がしっかり出て結果を出すことができて、すごくおもしろかった。
- 絶対に私だけではできなかったことだけど、みんなが法則などを見つけて少しずつゴールに近づいたと思うし、どうしていいかわからなくなったとき、みんなで話し合うことで案が出たり新しいことに気づかされたりした。とても刺激を受けることができた。



## C その他の実践

### (1) 主体的な活動を促す授業実践【2019年5月 1年実践「植物ってすごい!」】

本実践は、本校で中学校教師1年目を迎えた内藤教諭が、H28西部中学校ソニー科学教育プログラム応募論文を参考に、独自の方法で実践を行ったものである。

H28西部中学校実践では、光合成や蒸散について予備知識を与えていない状況から、「光合成とはどういうものなのか」について個人追究をし、光合成のメカニズムを明らかにしていくものであった。それに対して今回は、光合成について学習を行う前に葉のつくりのみ学習しておき、蒸散について課題解決的な学習の第一歩として、全員で一つの課題に取り組む経験をさせることを大切にしたい。そして、樹木が確かに高いところまで水を吸い上げ蒸散しているという事実を目の当たりにし、自然の神秘を感じさせることを目的とした。これは、西部中学校では高いところに手が届く樹木がなかったため高所の蒸散が確認できなかったが、本校では理科室から手が届くところに樹木があることから実現した実践である。

導入では、葉のつくりを確認し、葉には根から吸い上げた水を蒸散させる気孔があることを確認した。そのうえで、窓の外にある枝を指さし、「この木も根から水を吸い上げて蒸散しているのか」と問い直した。多くの子どもは水を吸い上げ蒸散していると考えた。そこで教師は「このストローで本当にこの高さまで水を吸い上げられるか実験してみよう」と話した。そして、ベランダからジュースを吸う子どもと下でジュースにホースをつなげる子どもに分け、1階からジュースを吸いあげられるかどうかの実験を体験させた。しかし、どれだけ吸っても2階の上あたりまでしかジュースが吸い上げられない状況に子どもは驚き、歓声をあげた。



教室に戻った子どもに、教師はもう一度「この木も根から水を吸い上げて蒸散しているのか」と問い直した。子どもは自分たちがジュースを吸い上げられなかった事実から、本当に木のでっぺんにある葉も蒸散しているのか自信をもつことができなくなった。しかし、それまでに根から吸い上げた水分を葉から蒸散によって外に出していると学んできた子どもは、木から蒸散をしていることを実験で確かめなければならぬと考え始めた。これに対し、「どのように葉から蒸散していることを調べるのか」と問い直したところ、子どもは教科書に書かれている葉にビニール袋をかぶせる方法でなら確かめられるかもしれないと考えた。そして葉にビニール袋をかぶせ、数日放置した。

数日後、ビニール袋の中に水がたまったことを見て、確かに蒸散していることがわかり、子どもは植物のもつ力の大きさに驚いた。

以下は、本実践後の子どもの授業日記の抜粋である。

- ・ビニール袋に水滴がついていて、本当に蒸散していることを確かめられたけど、建物と同じ高さまで木が蒸散していることはすごいと思った。
- ・植物が水を吸い上げられることが不思議になった。人間にはできなかったから、植物には人間にはない不思議な力があると思った。
- ・もっと高い木でも蒸散しているのか、蒸散の高さに限界はあるのか確かめたくなった。

## (2) 自然の神秘を実感するICT活用授業【2019年6月 3年実践「楽な仕事なんてない!?!」】

「データが多くあれば、結果は正確なものに近づく」ことはあたり前であるが、問題解決的な学習過程で、成果が出ることはとても大切である。しかし、実験をグループで行うと、1つの班の実験データは少ないため、どれだけ条件整備をしても正確な値は出にくい。また、すべての班の実験結果を全員がプロットしていこうとすれば、膨大な時間を必要とする。自分の手で座標をプロットし、グラフを作成するという活動に意味があることは否定しない。しかし、グラフの作成は数学でも行う活動であり、このために時間を費やすことは無駄となることもある。

そこで本年度、3年生の「エネルギーの移り変わり」の授業において、学年全ての班の実験データを一つにまとめ、より正確な結果をもとに検証できるようにした。

実験は、二つの重さの鉄球について、斜面のルール上を転がりルール上の物体にぶつかったときの①鉄球の初めの高さ、②鉄球が物体にぶつかる瞬間の速さ、③物体の移動距離を測定させるものである。これら3つの値について各グループの実験結果を右図のようなエクセルシートに入力させた。すると、

鉄球Aデータ													鉄球Bデータ												
高さ	速度	距離	高さ	速度	距離	高さ	速度	距離	高さ	速度	距離	高さ	速度	距離	高さ	速度	距離	高さ	速度	距離	高さ	速度	距離		
180	115	115	180	115	115	180	115	115	180	115	115	180	115	115	180	115	115	180	115	115	180	115	115		
90	105	105	90	105	105	90	105	105	90	105	105	90	105	105	90	105	105	90	105	105	90	105	105		
45	95	95	45	95	95	45	95	95	45	95	95	45	95	95	45	95	95	45	95	95	45	95	95		
15	85	85	15	85	85	15	85	85	15	85	85	15	85	85	15	85	85	15	85	85	15	85	85		

入力したデータが3つのシート(①③:A、②③:B、①②:C)に飛び、データから自動的にグラフ(A:高さ—エネルギーグラフ、B:速さ—エネルギーグラフ、C:高さ—速さグラフ)に座標がプロットされるようにプログラムを組んだ。

次の時間、これらのデータを印刷して全員に配付し、各自がグラフを完成させた。そして、各自が作りあげたグラフから読み取れることをまず個人で考えた。教師はこのときの机間巡視において、いろいろな値で比べても2倍・3倍になっているのか、グラフを縦に見たとき、どの点で見ても重さの比と合致しているのか、どういう補助線を引けばみんなにわかりやすく説明できるのかなど問い直した。以下は、意見交流で出た考察である。

**A: 高さ—エネルギーグラフ**

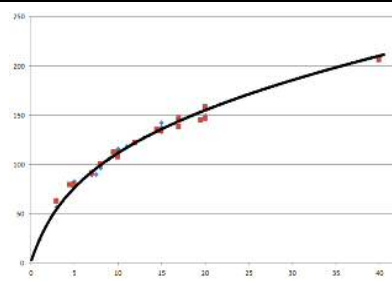
- 高さエネルギーは比例している。
- 鉄球の重さが約3倍のとき、同じ高さから落としたときのエネルギーは3倍になり、重さとエネルギーは比例している。
- あまりにずれている結果は無視してもよいのではないか。

**B: 速さ—エネルギーグラフ**

- 速さが2倍になるとエネルギーは4倍で、速さが3倍になっているとエネルギーは9倍なので、2乗の関係になっている。
- 鉄球の重さが約3倍なので、同じ高さから落としたときのエネルギーは3倍になり、重さとエネルギーは比例している。

### C：高さ一速さグラフ

- ・高さが2倍でも、速さは1.4倍で、3倍でも1.7倍ということは速さは高さの $\sqrt{\quad}$ になるのではないか。
- ・重さが違って速さは変わらずグラフは一つになってしまう。重さと速さはやっぱり関係ない。



たくさんのデータから正確なグラフを作成することで、子どもはこれまでの知識や経験を生かしながらデータを分析することができた。また、これまでに何度も問題解決的な学習の中で「主体的・対話的で深い学び」を経験しているため、友達と教え合うことや友達とともに見つけ出すことにも慣れてきた。

この意見交流の最後、教師が全体を通して何か気づくことはないか問い直したところ、L男が「高さ一速さグラフが $\sqrt{\quad}$ で、速さ一エネルギーグラフが2乗だから、高くすればするほど速さは $\sqrt{\quad}$ になり、エネルギーはその2乗だから、結局比例になる」と説明した。

一般的には解析されることがないCのグラフを示したことで、子どもは教師が意図したとおりに考察した。そして、この説明に多くの子どもが納得をした。データで語る理科の楽しさを実感させることで、これからの追究がさらに充実すると考える。

次に、この授業の授業日記の一部を掲載する。

- ・ロングシュートの授業で重さと速さは関係ないということは知っていたけど、改めて本当に一緒だったことが驚きだった。世の中ってうまくできてると思った。
- ・たくさんデータがあると、こんなにわかりやすいグラフになる。実験は一度や二度では絶対ダメだと思った。
- ・もしかしたら、いろいろな法則はすごくシンプルにできているのかもしれない。前に先生がインシュタインのことを話していたけれど、本当に数式は美しいと思った。

### (3) 科学の活用から創造性を引き出す活動

昨年度より、豊川市の商工会が主催となって行っていた「おもしろアイデア作品展」の募集が停止された。しかし、昨年度「市村アイデア賞」を紹介したところ、200名近い子どもが応募を希望した。そして、本年度も応募をしたいという思いをもった子どもが少なくなかった。そこで、本年度も「市村アイデア賞」に募集することとした。

本年度も、夏休み前、理科の授業を1時間用いて、過去の受賞例などをとりあげながら説明をした。そののち、アイデアを広げるために自由に友達と話をする時間を設けた。自分一人ではなかなかアイデアも浮かばないが、仲間と考えることで、いろいろなアイデアを考え始めた。中には、教師に、アイデアを話し、どうすれば実現できるのかなど、教師に相談に来る子どももいた。

仲間と考える時間はたった1時間だけでも、子どもの発想にとっても有効で、友だち同士で話しながらアイデアを出している姿がたくさん見られた。教師が相談にのるだけではなく、同じような考えをもっている仲間などと一緒に考えるよう促すことで、互いに影響を及ぼし合っていた。

子どもが提出したアイデアを抜粋して紹介する。

- ・スライド消しゴムホルダー（小さくなった消しゴムを最後まで使う）
- ・時短フェンス（卓球部の防球フェンスに一工夫）
- ・裏表直すくん（干してある服を簡単に裏表逆にできるハンガー）

本年度も、自由参加にもかかわらず、多くの応募があった。

#### （４）科学部のチャレンジ

本校には科学部がある。本年度、科学部は「科学実験チーム」と「ロボットコンテストチーム」に別れて活動を行った。

「科学実験チーム」は理科室を拠点として、気になる科学実験を行っている。そして、実験結果や考察をレポートにまとめる活動を行っている。本校科学部は、理科教諭ではなく社会科教諭が2名で顧問を務めている。そのため、実験の方法、実験の注意点、実験の結果のまとめ、考察まで、教師に頼るのではなく全て子どもが主体となって行っている。

以下は、行ってきた実験の一例である。

- ・さまざまなスライムとスライムができる条件
- ・フルーツが炭になる条件
- ・音が伝わる仕組み（音叉による音の広がり）の解析
- など

ロボットコンテストチームは、WRO（World Robot Olympiad）Japanミドル部門での入賞を目指し、理科室横のコンピュータ室を拠点に活動を行っている。日々プログラミングと試走を繰り返し、本番に臨むべく努力をしてきた。

本年度は、8月11日（日）に浜松市加美総合公園で行われた浜松予選会に、本校から5チームが参加した。前日の公式練習に参加し、本番に挑んだ。そして、本年度は2チームが同率で3位になり、1チームが見事に優勝を果たした。優勝チームは念願であった全国大会に駒を進めることになった。



全国大会出場が決まってから、さらに学校でロボットの調整を行い、全国大会に備えた。

そして迎えた8月25日（日）、全国大会は兵庫県西宮市にある関西学院大学西宮上ヶ原キャンパスで行われた。残念ながら全国大会では思うような成績を出すことができなかったが、子どもは精一杯の力で挑み、充実した時間を過ごした。

以下は、チームリーダーの言葉である。

浜松大会では優勝しましたが、納得ができる結果ではありませんでした。全国大会で納得のいく結果を出すために部活に加え家でも研究をしました。全国大会当日、改善したはずの部分が思う通りに動かず悔しかったです。これまでの成果を後輩に伝えたいです。



## 4 教育実践の成果と課題

### (1) 成果

- ・ 前任校のとき同様、問題解決的な学習過程の経験を積み重ねれば、子どもは教師の想像以上の追究を行い、自分の力で問題を解決し、自然の神秘や科学の有用性を実感できることがわかった。県の教育課程の説明会でも「主体的・対話的で深い学びは対話が目的ではなく、対話を手段として深い学びを実現するものである」という話を伺った。昨年度応募論文に載せた「地域の地層の実践」と「炭の実践」に続く問題解決的な学習となった「死角の実践」では、子どもが教師の想像を超えて活動する場面が多くなっていた。さらに、「シュートの実践」では、一つの目標に向かい、浅く広く知識を詰め込むのではなく、狭くても深く学ぶ姿が見られた。子どもの2年間の成長がとても大きいと感じている。

本校研究主任の栗田教諭は、理科部が行っている問題解決的な学習過程による授業について次のように評価している。

大学で行う演習の授業を中学でやっているという感じである。高度な内容を行っているのに、個人追究をしていながらも話がばらばらで言いたい放題になることがなく、ちゃんと一つのゴールにみんなに向かっていく。背景にしっかりした理論と考え方がなくして、ありえない授業である。一問一答の授業では絶対に生まれない「知のおもしろさ」のある授業である。

子どもは自分の力で問題解決に挑み、観察や実験の結果を関連づけ位置づけることで、自然の神秘や科学の有用性を実感できた。私たちが教え込む授業ではこのような結果は生まれなかったと思われる。さらに、問題解決的な学習をしっかり行い、自分で考えることに慣れた子どもは、「Cその他の実践 (2)」のような授業でも自然が一定の法則で成り立っていることを見つけ出し、自然の神秘を実感した。貴プログラムが掲げる「科学が好きな子ども」の姿を見ることができたことは大きな成果といえる。

- ・ 本年度新たに加えた「追究に入る際の教師のはたらきかけ」として導入時に「構造的な板書」を行い、その後の追究に見通しをもって取り組むことができるようにした。その結果、子どもは追究前に自分のやるべきことを考えられ、ほぼ全ての子どもが追究1時間前から実験をスタートさせる姿につながった。さらに、同じような考えをもつ仲間を見つけることで、共に調べることができ追究が深まったり、途中で参考になりそうな仲間を探して追究を深めたりする姿が見られた。これは、とても有効な手段であった。

また、「意見交流の板書の最終写真」とともに、厳選した思いや考えを掲載して印刷し配付した。意見交流に集中することで、板書を書かなくても内容が頭に入ったという声が聞かれた。これは、知識を身につけるうえで大きな成果であった。

- ・ 当然であるが、理科の授業を楽しみにしている生徒が増えたことは、「自然の神秘」と「科学の有用性」を実感できた子どもの姿からくる大きな成果であった。

### (2) 課題

- ・ 本年度、昨年度の反省を生かし、1年生の問題解決的な学習過程は全員で考え、全員で一つの問題に挑むものとした。それも、教科書を参考に考えられるものに厳選した。このことで、子どもは問題解決的な学習過程にスムーズに入ることができたと考えられる。しかし、内容が簡単すぎたため、子どもの学ぶ技術までは引き上げられなかった。1年生での問題解決的な学習過程の在り方は、今後も研究の必要がある。
- ・ 昨年度、「企業や研究機関との連携」を考えたいと思っていたが、結局本学区周辺の企業や施設と協力をした最新技術の授業ができなかった。教材開発に対し協力を得られないか、探ってみる必要がある。



## 5 今後の教育計画

### ① 2019年度後期・2020年度前期の研究の柱について

#### (1) 自然の神秘や科学の有用性を実感させられる施設・事業所

現在の研究をさらに深めるために地域の自然科学に関わる研究や開発を行っている企業や施設等についてまとめた。赤文字は昨年度までに加え、本年度新たに連携が考えられる施設・事業所等である。

施設・事業所	内容	可能性のある学年と分野
天狗缶詰	食品加工	3年 イオン（食品の殻や皮などの除去技術）
日本車輛	電車車両製造	1年 身の回りの現象（力学、騒音等の対策） 2年 電気（変圧、モーター、超電導、回生）
コニカミノルタ	光学機器	1年 身の回りの現象（光の性質） 2年 電気（コピー機への静電気応用）
OSG	ねじ・力学	1年 身の回りの現象（力学・摩擦） 1年 物質と状態変化（新素材開発）
トピー工業	自動車部品	1年 身の回りの現象（力学）物質の性質（素材） 2年 化学変化（酸化還元反応）
旭メタル	金属加工	1年 身の回りの現象（力学）物質の性質（素材） 3年 エネルギー（ベアリング、エネルギー損失）
新東工業	環境エンジニアリング	1年 物質と状態変化（セラミックス） 2年 電気（アクチュエーター、サーボシステム） 3年 環境（排水、排ガス浄化、粉体処理）
シロキ工業	車両部品	2年 電気（電磁ロック・イモビライザー・電波）
伊藤光学工業	光学	2年 動物（メガネ・コンタクトレンズ）
ぎょぎょランド	水族館	2年 動物（生物のつくりとからだ・分類） 3年 生物のつながり（分解者）
日本地質学会員 （中尾教諭）	地層・地質年代	1年 河岸段丘と地域の地層

これらの企業に詳しくお話を伺い、まずは理科の授業で使える素材探しを少しずつ始めていきたい。そのためにはまずは各企業が持っている技術を詳しく調べたうえで、こちらからどのように授業で扱うのかを見通しをもてるようにしなければならない。

## (2) 2020年度前期における学齢の違いによる問題解決的な学習過程のあり方について

本年度、3年生の力学の授業で仕事の法則を学ぶとき、「てこの原理」について「棒で軽く持ち上げたことは覚えているけれど、支点からの距離や加える力の関係を計算することはしなかった」と答えた子どもが多くいた。もちろん、訳も分からず「支点からの距離×加える力」が同じになると話し、公式を暗記させる教育では間違っている。しかし、小学校では理科を専門とする教員が理科の授業を行っているわけではないため、理想値通りにならないことが多い科学実験などは、苦勞されているとよく聞く。子どもが、実験をもとに科学的に根拠をもって語ることに慣れていない場合、中学校の理科の授業で問題解決力をつけることはとても大切になる。本年度の1年生の実践の様子からも、1年生の問題解決的な学習過程については、少しずつ学び方を身につけさせていくという側面が必要であると感じた。

今では自分たちの力で問題解決的な学習過程で単元を進められるようになった3年生も、小学校で学んだ内容に関連づけて考えさせたとき、「その実験は覚えましたが」と話すことがある。1年生では実験道具の使い方もうまくできない子どもがいる。そういった意味でも、「1年生ではどんな学び方を身につけさせるのか」について考えていきたい。

## (3) 2020年度夏に向けての科学部の支援

現在、本校科学部のうち、ロボットコンテストグループは大会に出場するという大きな目標のもと活動を行うことができている。しかし、科学実験グループはレポートをどこかに提出するわけでもないため、活動の目標がもてずにいる。

そこで、「学生科学賞」や「全国学芸サイエンスコンクール」など、目標をもたせて活動させることも視野に入りたい。もちろん、応募できる程の研究が可能かどうかはわからないが、賞の紹介をすることで子どもの科学的な追究意欲につなげることができると考える。

## ② 今後の授業について

以上のことを踏まえ、今年度9月以降の単元としての実践を次の中から選びたいと考えている。また、今年度2学期の実践の例を次ページに掲載する。

### <2019年度 2学期>

- ・1年生実践 「虹が発生するメカニズム」「見えない音と見える音」
- ・2年生実践 「IHの謎」「エレキギターはなぜ鳴るの」
- ・3年生実践 「人間電池に勝てるかな」「海水を真水にしたい」

### <2019年度 3学期>

- ・1年生実践 「火山がなくても温泉ができる謎」「運動場に落ちている宝石」
- ・2年生実践 「竜巻をつくりたい」「雲は巨大な湖だ」

※3年生は、高等学校受験もあるため3学期の実践を割愛する。

### ○2019年度2学期2年実践単元構想図(例)

	活 動	手立て
導 入	○教師がフォークギターで曲を披露する	
	<p>フォークギターはどうして大きな音が鳴るのだろうか</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・弦が震えるから音が鳴る。</li> <li>・箱にある穴が関係するんじゃないかな。</li> <li>・穴をふさげば音は小さくなるはずだよ。</li> </ul> <p>○エレキギターを取り出して、アンプにつながずに鳴らす。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・アンプにつながなければ音は大きく鳴らないよ。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・問題を生み出させるために、空洞がなければ音が大きく鳴らないことを強調する。</li> </ul>
追 究	<p>アンプをつなぐとどうして音が大きくなるのかな</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ギターにマイクがついているに違いない。</li> <li>・ギターのボディ全体の震えを取り出しているはずだ。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・構造的な板書で追究の柱を明確にさせる。</li> </ul>
	<p>エレキギターが音を電気に変換する仕組みに迫りたい</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>ギターに弦を通してある穴の部分に秘密があるのではないか。</p> <p>↓</p> <p>穴の部分からコードなどは出ておらず、電気とは関係なさそうだ。</p> <p>↓</p> <p>コイルの近くでギターの弦を動かすとわずかに電流が発生する。</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>弦の下にボタンのようなものがついているけれど、これは何だろう。</p> <p>↓</p> <p>弦の下のボタンのようなところを分解したらコイルが出てきた。</p> <p>↓</p> <p>音の高さが変わるとコイルが発生する電気の周波数も変わる。</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>ギターについてのボリュームのところには秘密があるのではないか。</p> <p>↓</p> <p>ボリュームのところに来る前に音が電気信号に変えられている。</p> <p>↓</p> <p>ピックアップとマイクの違いは空気を動かしているかどうかの差だ。</p> </div> </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・授業内では対話で問い直しを行い、追究を深めさせる。</li> <li>・追究に必要な道具を十分にそろえておく。</li> <li>・毎時間の始まりに追究やまとめの時間を伝え、見直しをもった追究を行わせる。</li> <li>・毎時間後、授業日記に朱書きをすることで、追究の見直しを図る。</li> </ul>
意 見 交 流	<p>エレキギターが音を電気に変換する仕組みに迫りたい</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・エレキギターは弦の動きによってピックアップのコイルに電気を発生させ、これを増幅することで大きな音にしている。</li> <li>・私たちのまわりでは、他にどのようなところでコイルが利用されているのだろうか。</li> </ul>	

## おわりに

2年後の新学習指導要領完全実施に向けて、世の中は「主体的・対話的で深い学び」を声高に叫んでいる。先日参加させていただいた愛知県主催の教育課程研修において「理科こそ問題解決的な学習過程による主体的・対話的で深い学びを実現するにふさわしい教科である」と伺った。全く同感であった。

私たち人間はまだ自然のわずか入り口程度しか解き明かすことができていない。そのため、問題解決的な学習として扱える素材はたくさんある。その素材に対し、問題解決的な学習の中で、自分の手で確かめた証拠を明示しながら意見交流をすることで、必ず学びは深まっていく。そして、学びが深いほど、科学の有用性や自然の神秘を実感できる。

新学習指導要領の完全実施に向けて、私たちが大切にしなければならないことは、私たち教師自身が自然の神秘や科学の有用性を実感していることではないだろうか最近強く思うようになってきた。これは、問題解決的な学習を繰り返す中で、子どもの真剣なまなざし、笑顔、歓声を何度も目の当たりにしてきたからこそ感じるのであろう。そして、子どもが科学の有用性や自然の神秘を実感することで確実に理科を大切に思い、理科を好きになっているからこそ、強く思うのであろう。

昨年度の2学期に引き続き、本年度の1学期も自分の授業を公開した。一度目は導入の場面。二度目は意見交流の場面である。その授業を見た先生が「こういった授業を他の教科でもできないだろうか」と話された。私たちは、それぞれの教科の特性を教科担任がしっかり把握することで不可能ではないと考えている。そして、全ての教科でそれぞれが一つの問題や課題に対してじっくり時間をかけて調べたり考えたりし、証拠を示しながら意見交流をする授業を仕組んでいくことで、どの教科でも「科学的な思考を基にした主体的・対話的で深い学び」が可能になるのではないかと考える。

まだまだ他教科までアドバイスができるほど、私たちの研究が十分に進められていないが、私たちの学びをさらに広め、知識・技能が重要語句などを教え込む（暗記させる）だけの授業ではなく、学び方に対する知識・技能を身につけさせる授業になればよいと感じている。その結果が、自然科学、人文科学などさまざまな分野でのエキスパートを育て、よりよい社会を構築する道しるべとなるであろう。

2019年 9月2日

豊川市立南部中学校 理科部

執筆代表者 安藤雅也

執筆者 安藤雅也、原理恵、鈴木雄大、鈴木佑里恵、内藤誉人