

実践事例と分析

実践事例2「作用・反作用の法則」実施学年3 学年

1 本単元の「ものがたりの授業」構想図

『ものがたり』の授業

★授業者のねがい（授業を通して生徒に期待する成長や変容）

日常生活で力が見えるようになってほしい。

●題材（力）に対する「ものがたり」の変容

（学習前）

力って見えないし、意識して
いないな。

探究的な学び
他者と語り合う

（学習後）

力を加えると必ず力を受ける
ことになるんだ。空気であって
もはたらくなんて！

≪（授業者が考えた）単元学習後の「振り返り」例≫ *「自己に引きつけた語り」部分

例えば、バットでボールを打ったり、金づちで釘を打ったりすると手がジーンとする感覚がくるとは経験していたけれど、それは力を加えると同時に力を受けるという作用・反作用の法則であるということが分かりました。それを学習して以来、その作用反作用を意識するようになりました。走る時、ペンで文字を書くとき、固くしめられたガスバーナーのねじを開ける時に痛みを感じるのもすべてこの法則のせいなんだと思います。また、ドライアイスロケットの実験は印象に残っています。飛んで行くことはもちろん、二酸化炭素がフィルムケースを押すことで飛んで行っていることには驚きました。目に見えない粒子にも作用反作用があるなんて思いませんでした。一番おもしろかったのは、飛行機の実験です。さっきのロケットと違って、飛行機の翼からは下に燃料が噴射されていないし、もう完全に未知の力がはたらいていると思いました。でも、翼の模型は浮いているし何か力があるということ。もっと探究したいと思いました。そこでみんなで作った風洞は思い出に残っています。作るのが大変だった風洞装置で物体の周りの空気の流れが見えたときは感動しました。空気は物体から力を受ける、つまり物体は空気から力を受ける、ここに作用・反作用の法則が隠れていて、それが飛行機が飛んでいる原理の1つなんだと、謎が解明した気分でした。この授業の中で力について考えることがたくさんありました。力は見えないけれど、見ようとするだけで時々ひょこっと顔を出してきてくれることを実感しました。

2 本単元で育成する資質・能力

知識 技能	・物質やエネルギーに関する観察、実験などを行い、それらの事物・現象について理解するとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本的な技能を身に付ける。	○作用と反作用の関係や作用・反作用の法則を理解できる。 ○ドライアイスロケットが飛ぶ理由を理解することができる。 ○気体についても作用・反作用の法則を適応し、力の矢印を描くことができる。
思考力 判断力 表現力 等	・問題を見出す力や根拠のある予想や仮説を発想する力などを発展させ、物質やエネルギーに関する事物・現象について規則性を見出したり、課題を解決したりする方法を身に付け、思考力、判断力、表現力等を養う。	○物体の運動の向きから力のはたらいている向きを考えることができる。 ○既習事項や経験などの根拠に基づいて結果を予想することができる。 ○得られた結果から、結論を導き出すことができる。
学びに向かう力 人間性 等	・物質やエネルギーに関する事物・現象に進んで関わり、自然を科学的に探究する活動を行い、科学的に探究しようとする態度を養うとともに、自然を総合的に見るができるようにする。	○飛行機が飛ぶ理由を探究することを通して、自然について関心を持ち、自分で探究することができる。 ○作用・反作用の法則について学習する中で、気に留めていなかった日常の現象を力という視点から捉え直している。

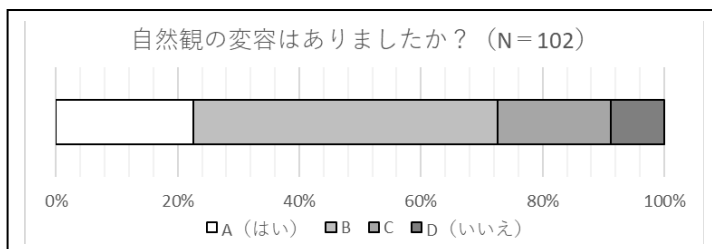
3 単元構成（全 11 時間）

時間	学習課題(中心の問い)と◆学習内容
1・2	2 物体間で力はどうにはたらくのだろう ◆作用・反作用の法則を発見する場面。 ◆2 人の体重の変化前の和と変化後の和が等しくなっていることに気づく。
3～5	フィルムケースロケットはどのようなしくみで飛んでいるのか ◆固体と気体（ドライアイスが気化したもの）についても法則が成り立っているということを見出していく場面。単元の最後に、飛行機の翼のまわりの気流から力を見つけるときに、気体に注目するための導入を兼ねている。
6・7	(風洞装置を作る) ◆風洞装置を班で1つ作らせ、自分たちの作ったものでいつもは見れない空気を見れたという達成感をもたせるためのしかけ。
8	飛行機が飛んでいられるのは、翼のおかげか、エンジンのおかげか ◆ロケットよりもなじみのある空飛ぶ乗り物である飛行機が飛んでいられる(浮いていられる)のはエンジンと翼のどちらのおかげかを考える場面。
9～11	なぜ翼には上向きの力がはたらくのだろう ◆翼の上下で曲げられている空気を観察することで空気と翼の間で力がはたらいっていることに気づく場面。

4 研究の分析（実践事例2）

（1）自然観の変容を生むための単元構成

本単元では、生徒が力学的な現象を探究するときの1つの道具としての「力」を見えるように（正しくイメージできるように）なしてほしいというねがいがあった。単元は第1～3章で構成されており、第1章は「作用・反作用の法則の発見」、第2章は「なぜロケットは飛んでいられるのか」、そして第3章は「なぜ飛行機は飛ぶことができるのか」という小単元で授業をおこなった。第3章で空気にはたらく力を考えさせるために第1章では、体重計を用いて目に見える体重という数字で力の変化を可視化し、力のイメージをつかみやすいようにした。上のデータより、作用・反作用の法則を通して、力についての自然観の変容があったという意見は約7割ということが分かる。またその下の□の中のような、自分が経験したことのある現象や考えたことのある現象を力の視点から考えることができている生徒もいた。



- ・見えない力のおかげだけで大きな物体が宙に浮いていて不思議だなと思ったし、…。
- ・今までは「気球は火があるから浮いているのかな」くらいしか考えたことがなかったけれど、温かい空気と気球のバルーンの部分で作用・反作用がはたらいていて、…。
- ・「のぞみ」が目の前を通過したとき、新幹線の方に寄せ付けられるような感覚がありました。これは高速で移動している空気が、ぼくをひいたのかなと思います。

単元を終えての振り返りの中には下に示す授業者が考えた自己に引きつけた語りの部分は見られなかった。

例えば、バットでボールを打ったり、金づちで釘を打ったりすると手がジーンとする感覚がくるとは経験していたけれど、それは力を加えると同時に力を受けるという作用・反作用の法則であるということが分かりました。それを学習して以来、その作用反作用を意識するようになりました。走るとき、ペンで文字を書くとき、固くしめられたガスバーナーのねじを開ける時に痛みを感じるのもすべてこの法則のせいなんだと思います。

日常生活の中で体験する素朴な出来事は作用・反作用の法則によって起きているという内容を具体例で記述していることを期待していたが、それを表出することはできなかった。単元11時間のうち、9時間は日常からかけ離れた現象を扱っていたことが原因であると考えられる。これについては、単元のすべての内容を学習し終わったあとに、多くの生徒が経験したことがあるであろう身近な現象を説明させるような展開を入れ、もう一度、自分自身のまわりに目を向けさせるといふしかけが必要であると考えた。

単元全体として、現象を説明するために力に注目させていくという流れであったが、生徒の中には力の正しいルールに従って議論することができていない生徒も多くいた。特に目立つのは、力のつり合いと作用・反作用の法則を混同しているパターンである。そのため、章の最後には教師が軌道修正をしていかないといけない場合もあり、生徒主体となって探究できないということもあった。生徒の現状をしっかりと把握したうえでの、単元の展開や焦点化を図っていききたい。

（2）仮説を立て、検証する力を育成するための手立て

下の□は、単元の10時間目「なぜ翼には上向きの力がはたらくのか」における班で考えた仮説を全体で吟味する場面のやり取りである。

- T：全部の班の仮説を見て、これはどういうことなん？ていうのはありますか？
- 4班：3班の「空気を切った時に、空気が上向きになる」っていうのが…
- 3班：翼が、こう…。(空気が翼にぶつかって、上と下に分かれるみたいなジェスチャー)
- T：上と下に分かると、上向きの力が…っていうことなんやね。3班さん、他にありますか？
- 3班：1班の「下向きの力」っていうのが、なんでなんかなって
- 1班：他の班みたいに具体的には書いてないんですけど、作用・反作用の法則がもしはたらいているんだしたら、上向きの力を出すためには、下向きの力が必要になるじゃないですか。
- 3班：ああ～！下向きがはたらくから、上向きがはたらくっていうことね。
- 5班：6班なんですけど、「翼に上昇気流が当たっている」ということは、下降気流が当たると落ちるっていうことですか？
- 6班：う～ん。
- T：下降気流が来たら落ちるということは、ずっと上昇気流が来ているということなんですね。

- 3班の意見「空気を切った時に、空気が上向きになる」とその後のジェスチャーでその仮説の意味を全体に伝わりはしたものの、問いに正対した仮説であるとは言えない。生徒が発言したことの先に本当の仮説があると考えられるが、生徒の様子からそこまでたどりついていないと見えなかったため、この場面ではこれ以上生徒に問うことはしなかった。

- 1班の意見「下向きの力（が空気にはたらくから）」という部分に対しては、下線部にあるように仮説に対する根拠がきちんと述べられていることが分かる。ただその前の発言にあるように、生徒が自信を持って言うことはできていない。これは、なぜ空気に下向きの力がはたらくのかという新たな疑問が見えてきて、発言している彼はその部分をすでに考えていて、仮説が見えてこないからであると考えられる。この発言の後の反応を見るとクラス全体の現象に対する理解が進んだことはうかがえるため、もう一度この意見を踏まえて仮説を練り直す時間にしてもよかったのではないかと考えた。
- 6班の意見「翼に上昇気流が当たっている」という部分に5班が質問をして、その仮説は科学的に説明可能かという視点から検討を促している。なぜ上向きの力がはたらくのかという問いに対して、6班は既有知識を使って仮説を立てられているが、5班は上空でランダムに吹いている気流の性質を議論に出して、科学的に仮説を否定できていると言える。

本時の仮説を立てる際のやりとりを手立て①～⑤の視点で振り返ると、班で仮説を検討する際に個人で立てた仮説がそれから先に生かされにくくなるという部分に改善が必要であると考えられる。本時では特に変数が見えにくく、仮説を立てることが生徒にとって困難であるにも関わらず、せっかく立てた仮説も早い段階から消えてしまうことは生徒にとって文脈を絶たれてしまうことになるので、同質の仮説でグルーピングすることも必要であると考えた。また本時のやり取りを見るに、根拠が薄いことがよく分かる。これは、本時をむかえる前までの授業において、仮説を十分に検討するだけの根拠を与えるような機会が少なかったのが原因だと言える。

（3）自己の「ものがたり」をつむぐ振り返り

授業後の「ものがたり」を記述させる視点として、次の内容を生徒に提示し、毎時間の振り返りを書かせた。

- ① 感じた情意をすべて書き出す（面白さ、驚き、喜び、悲しみ、困り、悩みなど）
- ② ①の理由を細かく具体的に書く（そう感じたのは、誰かの発言？実験やその結果？）
- ③ 思い浮かんだ疑問や仮説を書く（～が……なるということは・・・）

下の□は、ある生徒の単元中の振り返りを抜粋したものである。

- ①自分たちで実験方法を考えて、作用・反作用の影響で受けた力と加えた力は同じになることが分かりました。身のまわりにはいろいろな場面で作用・反作用があって面白いなとおもいました。ロケットはエンジンによる作用の力がはたらいて反作用の力でとんでいるのかなと思いました。
- ②ロケットの実験をして、エンジンで動くと思っていたけど作用・反作用を学ぶと CO₂がケースを押す力が関係していると知り、驚きました。でもロケットみたいな重い物が作用・反作用の力で本当に動くのか悩みました。物体には力がはたらいていないように見えるけど、すべての動きに関係していると思いました。また固体だけでなく気体にもはたらいていることも知り、驚きました。
- ③飛行機の実験をして、消しゴムと同じようになると思っていたので、予想が当たりました。翼は物体なので物体と気体が当たると、気体の方が軽いので機体にまとうようになるけど、木球は物体と物体なので、木球は外にいくのかなと友達の意見を聞いて思いました。飛行機が浮いていられるのは、作用・反作用の力以外の別の力もはたらいているのかなと思いました。不思議なのでもっと知りたいです。

①では、授業中に自分たちで考えた実験で発見した法則に対して面白いと記述し、その後に級友が発言したロケットについての新たに疑問を持ったという内容から、その時間の学びが次の学びへとつながっていることが考えられる。また②では、①で立てた仮説とは違う結論が出たことに驚いていることが分かるが、本人の中では本当にそうなのかという部分がまだ残っていることが読み取れる。このように、毎時間の振り返りに上に示したような①～③の視点を与えることによって、自己の情意が動いたときに、自分を主語として学びを捉えている傾向があることが分かった。

5 本単元で表出した生徒の「ものがたり」の分析

(1) 題材に対する「ものがたり」の変容について

単元を通しての振り返りを以下の点で分析した。

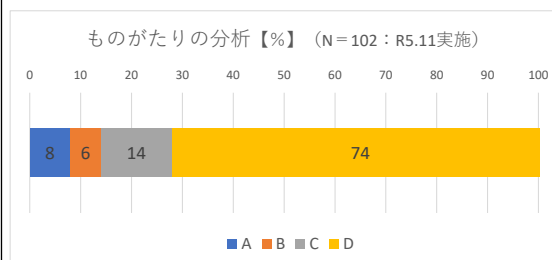
1. 学んだ過程の中で特に心に残っている部分（印象に残っている部分）とその時の自分の気持ち（驚き、困り、葛藤、感動など）を結び付けて語ることができている。
2. 学習を通して生まれた自然観（世界の見え方）の変容を語ることができている。（身のまわりにある何気ない現象やこれまでに経験したことを力の観点から捉え直す）
3. この単元での学習は、自分にとってどんな意味や価値があったのかを語ることができている。

① 自己と題材に対する変容の割合

上記の視点を踏まえた単元後の記述をA～Dに分類し、自己と題材に対する「ものがたり」が変容した生徒の割合を数量的に分析した。右図は、その結果である。

A～Dの基準

- A：視点3についての記述（得た知識だけでなく、学んできた過程や他者との関りについての記述）がある。
- B：視点1，2についての記述がある。（困難・葛藤を含む）
- C：視点1，2についての記述がある。
- D：視点1あるいは2について記述がある。



② その具体

A 題材と自己の変容が見られ、学びを自分の言葉で意味づけ・価値づけしていると判断した例（S 男）

今までは、「力」というものに、対し、重力の反対は、垂直抗力というように、言葉で覚え、実感のなきままに学んでいた。また、別に、そんなこと知らなくても、テストには関係のないものだと思い、正直、あきらめていた。しかし、この単元の授業で、「力」というものには、見え方だけでなく、身の回りの至る所に、同時に、想像より多い数の力が、はたらきまわって、世の中がまわっていることに、気がついた。1つの力が、はたらきこみ、相互作用が、生まれ、また、それにより、動くものに、違う力が、生まれる。それが色々な場所と、同時に、起こるなんてすごいと思えた。また、見え方の力を、見えるようにした。実験では、ほんと、分かりやすく、目に見えるだけで、こんなにも、分かりやすく、人だと思えた。もちろん、すべての力が、表された図ではないけど、このよう、こうやって、他の力（液体とか）も見えたら、良いと強く思った。他にも、作った装置の中には、あらゆる力が働き、それの、分解したり、伝達したりしていると思うと、とても、すごいと思える。これから、もっと、力について学び、実生活でも、考える機会がある（らしい）。その時に、今回、見えるようにした力の、実験を思い出し、考えてみるとおもしろいかもしれない。

B 自然観の変容が見られ、探究の過程で困難・葛藤を感じていたと判断した例（O女）

友達と天気の説明がわからず理解するこゝで止まった。今で「気球は火のあつた空に浮いているから、ごらん、こゝを考えると、こゝに浮いてる。」「空気の密度と気球のバールの部分で作用・反作用の法則に違ひない。」同じには見えないから、こゝをみると改めて、思ひました。見えない空のなかで、こゝで大きな物体が宙に浮いていて不思議な感じが思ひました。とても面白い。飛行機も最初はエンジンが頭に浮かんではいけない。それまでの授業で学ぶとエンジンが前に進むから、こゝに浮いてる。こゝの上に浮いてる。こゝと友達、意見が合う納得しました。

夏に飛行機に乗ったときに最初速度を上げたのはエンジンの役割で、だんだんと宙に浮いていく。こゝの空のなかで、こゝを考えると、こゝで止まった。雲の上でも力は同じように、こゝに浮いていく。こゝを考えると、こゝで止まった。

空気で見えるようにした実験では、しっかりと見えないと分かった。こゝで止まった。空気の密度と気球のバールの部分で作用・反作用の法則に違ひない。同じには見えないから、こゝをみると改めて、思ひました。見えない空のなかで、こゝで大きな物体が宙に浮いていて不思議な感じが思ひました。とても面白い。

6 単元における生徒の実際

① 分析の視点

〔視点1〕第2、3章でのしかけに困難・葛藤を感じつつも、力を見ようとしているか。

〔視点2〕力を見ようとするこゝが、自然観の変容につながっているか。

② 分析の対象（3年1組5班のO女とT男）

抽出生徒A（O女）：「地面を殴るとなぜ手が痛いか」という質問に対して、「神経が通っているから」と回答。現象を力の視点から考えようとしていない。飛行機に乗ったことがあり、少し知識はもっている。

抽出生徒B（T男）：「地面を殴るとなぜ手が痛いか」という質問に対して、「地面からの垂直抗力？があるから？」と回答。現象を力の観点から考えようとしてはいるが、自信を持って答えることはできていない。飛行機に乗ったことはあるが、知識は全くない。

※第1章 作用・反作用の法則の発見…体重計で力を可視化した。

第2章 なぜロケットは飛べるのか…ドライアイスでフィルムケースロケットを飛ばし、考察した。

第3章 なぜ飛行機は飛んでいられるのか…風洞実験を通して空気と翼の相互作用を考察した。

1. 第1章

【O女の振り返り】

自分たちで実験方法を考へて、作用・反作用の影響で受ける力と加える力は同じになることがわかりました。

身の回りの色々な場面で作用と反作用が働いていると思いました。

ロケットは「エンジン」による作用の力によって反作用の力でとんでいるのではないかと思います。

【T男の振り返り】

作用と反作用によって2力が発生していることが分かった。ロケットでは、噴射によって下へ力が作用し、反作用が垂直に加わることによって飛んでいるのかと思った。

両者ともに作用・反作用の法則というものを知った程度の感想で、様々な例を体験させていないせいか、実感を伴った理解であったとは言い難い。作用・反作用の法則を定性的な議論だけでなく、体重計を用いて数値化するというしかけは、生徒にとって力に見える化につながったかは見取れなかった。身のまわりの作用・反作用の法則を挙げさせる活動で、クラスで数名、ロケットが関係しているということを知っている生徒がおり、その生徒の意見が出たところから、第2章で予定していたロケットへ意識が向いたと思われる。

2. 第2章

【O女の振り返り】

ロケットの実験をして、エンジンで動くと思っていただけに作用・反作用の力を学ぶと、CO₂バックスを押す力に関係していることがわかり、おどろきました。ロケットの中には重さの力、作用・反作用の力で本来の重さの力が働いている。私は、友達と意見交換して、CO₂バックスを押す力によって、バックスにCO₂を押していることがわかりました。物体には力がかかるという力に見えるけれどもすべての力に関係していると思います。

【T男の振り返り】

振り返り... ロケットは、F-47が飛んでいる。中で火を
起すようにして排出されたCO₂が外の空気を押す作用に
なり、押し返される反作用が飛翔すると思われ、その仕組みが、ロケットエンジンに
実現するのだと思います。

○女は始め、何となくエンジンのおかげでロケットが飛ぶものだと思っていたが、ドライアイスロケットの実験をし、動画から運動の様子を分析することで力の観点から考えられるようになっていく。班員の意見に納得し、 CO_2 がふたを押す力など、力に注目しようとしていることがわかる。また、力が見えないものであることにも少し気づきだした記述も見られる。

Ｔ男は始めから、力に注目して運動を考えている。しかし、気体が対象となる運動に関して、困難や葛藤を感じるような記述は見られなかった。

3. 第3章

【○女の振り返り】

飛行機の実験をして、消しゴムと同じように振ると思っていたので、予想が
当たりました。翼は物体なのに、物体と気体か、空気に当たると、気体の方が軽い
ので、機体にはまともなように振るわけではない。本物は物体と物体の力はあまり変り
ないのに、空気にいっての力と、空気の意見と聞いて思いました。今までどうして
とんでいるのか、考えたら、これは振動、たのび、作用、反作用の力でとんでいると知り
たところから、面白かったと聞いてきました。作用・反作用の力以外の別の力も
はたかっているのかと聞いてきました。どうして翼が空気の作用の力か、はたかか
らないのか、不思議な面でも、と知りたかった。

【T男の振り返り】

作用-反作用の法則や力のつり合いについての理解が
深まりました。作用と反作用は、2物体の間にはたらく力
だから、力のつり合いの関係にない。つり合いは、向かい
合う力 $\rightarrow \leftarrow$ しかたつることだから $\longleftrightarrow$ 作用-反作用は
違っています。ふたにび飛行機の習で考えると。



結論にあっては作用・反作用の
 上向きの方に釣り合う力はないはず
 なのに翼の形状から、下よりも上の
 作用・反作用が強くなると思うから、
 ? の力がはたらくと、動かし、上の翼の作用と釣り合うのは、高さを保つことか
 できるのではない。あるいは、? の力がなくても反作用(上の)が
 釣り合う必要があるから、何かが違う力がはたらいている
 と考えれば、おもしろいと思ふ。最後に、この翼からこのこと
 について、とても理解が深まり、物体にどのような力
 はたらいているのかを考えることが、とても面白かった。しかし
 空気の力という力は、よくわからなかった。授業であつた、紙と糸との
 間を正しい空気が通ること、紙をひきつける。ということも、
 作用が無視されている? あるいはその作用に対しては
 釣り合う力があるが、反作用にはつながらない。関心がずっと
 深まり、新しい考え方をたどる、現象を知る喜びが、多かつた。

○女は第2章では、自分の意見や班員の意見をもとにどこにどのような力がはたらいているかを考察することができていたが、第3章になって失速していることがうかがえる。風洞実験の予想は、身のまわりの物体のまわりの空気の流れを見たときのことを覚えており、そのときの結果をもとに考えた予想と今回の結果が同じでなんの変哲もない実験となっていて、そこに情意がはたらいていない。また、翼周辺の力に関してもこだわりを感じない。

一方T男は、作用・反作用の法則だけにとどまらず、翼や空気にはたらく力のつり合いについても考察している。どこにどのような力がはたらいているかだけでなく、作用・反作用の法則から見つけた力からつり合いの話を展開し、さらに他にも力があるのではないかと展望を見出すこともしている。これは、力にこだわりをもって現象を説明しようとしているといえる。

4 考察【成果（○）と課題（●）】

○[視点1]について第2章では、ドライアイスを用いてロケットを飛ばしたが、意識して運動を観察しなければ力の議論ができないため、生徒にとって困難を感じさせることができたしかけであったと考える。誰も乗ったことのないロケットがどのように飛んでいるのかを考えるのに、実験、撮影、モデル化という流れで進めた。撮影した動画は、スローモーション機能を使っても一瞬で終わり分かりにくかったが、「見たものを言葉にしてみましょう」という発問から、何とか運動を言葉にし、そこから力について考えられるようになっていった印象がある。考察の時間には、生徒の多くが自分の意見を持ち、話し合いを行うことができていた。

○[視点2]について、本単元で扱っていない新幹線に関する自己の経験を学んだことと結びつけて振り返っている生徒がいた。（右）新幹線によって動かされた空気とそこにいる自分の関係を記述したこの生徒は、自然観の変容があったと言える。見えない空気を可視化させる風洞実験によって力を考えやすかったのは、しかけとして効果があったと考えられる。

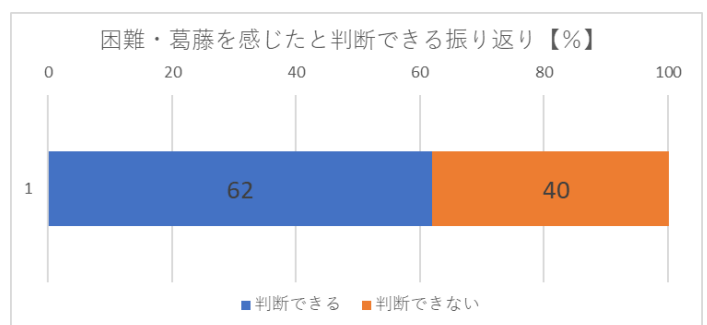
空気が物体をひく。そういうのを体験したことが多くあります。静岡の三島駅という駅のホームで新幹線とよく見ました。その駅は小さいので、「たまには停車するけど、その日は停車しません。のぞみは目の前を通過したとき、新幹線の方に寄せつけられるような感覚がありました。これは高速で移動している空気が、ぼくを引いたのかもしれないと思います。この単元とてもおもしろかったです。

●第1章では、体重計を用いたのは力を数値化するためであるが、生徒は体重を力と見ているというより、質量と見ているような印象を受けた。力に注目させるための手立てが必要であるが、単元の始めから力に注目させるようにするのは教師側の教え込みに陥る危険性があるため、検討しなければならない。

●第2章では、気体と固体の作用・反作用の法則を見つけさせることが目的であったが、「CO₂がふたを押す力」という意見は3クラス中1人しか見られなかった。そのための手立てとして、ローラー付きのイスに扇風機をのせるとイスが動くという演示実験を行ったが、多くの生徒からこの現象をロケットの実験とつなげて考えられている様子はいくつか見られなかった。この演示実験でも予想、実験、結果、考察という手順をたどらせ、じっくりと考える時間が必要だと考える。

●[視点1]について、単元の中に困難・葛藤があったかどうかを単元最後の振り返りから分析した。困難・葛藤を感じても諦めずに力について考えていると見取れる振り返りもあるが、単に「難しかった、分からなかった」という記述も見られ、多くの生徒にとって適切な困難を与えるようなしかけや単元構成になっていないことが分かった。第2章

までは力について熱心に記述している○女のような生徒が一定数いるため、第3章を単元の中から省くという方法も考えた。しかし、T男のような第3章まで学び終えて力にこだわりを持たせられるという生徒も一定数いることは今後、単元を考える上で考慮していきたい。



●[視点2]について、風洞実験は先ほど成果で述べた自然観の変容をもたらす効果もあるが、その作成の過程はしかけとして機能していないことが分かった。1つの原因として、空気を見る必要感を持たせられていないことが考えられる。ロケットの実験で気体に注目しないと運動を説明できないという困難を与えることが、空気を見る必要感につながると考えたが、ノートの記事を見ると論理的に誤りのある力を描くことで現象を説明しようとしていることが分かった。このことから生徒が考えた力が妥当なものなのかを考える場を設けることが、空気を見る必要感を持たせられることにつながるのではないかと考えた。また作成に2時間かかったというところで単元が間延びし、生徒の学習意欲の低下を感じた。

●振り返りの分析から困難・葛藤を感じたという生徒は約6割いることがわかったが、自己と題材に対する変容の割合のグラフにあるように意味や価値の実感をしたという生徒はわずか8人しかいないという結果が出た。1つは、難易度の適切な設定ができていない、または生徒への手立て（特に困難を感じる場面）ができていないことが考えられる。力学は体系的な分野であるがゆえ、単元の始めに力の3要素や力の3つのはたらきなどの1年生で学んだ基礎部分の確認をしたり、単元の中で発見したことを常に生徒の目に入るところに掲示したりする手立てが必要だと考えた。

●単元の振り返りを分析している中で、熱心に力について説明している生徒もいることが分かった。しかし、作用点が正確でなかったり、根拠が不十分で存在しない力を図示したりしている生徒が多くいた。これを改善するためには、力についての授業では、次のようなルールを生徒に守らせたい。それは、「力の説明の仕方は、必ず『〇〇が△△を押す（引く）力』の形にすること」である。この形にできていないものは生徒にもう一度考えさせ、何から受けた力なのか、何に加える力なのかをしっかりと認識させることで、議論の拡散を防ぐことができるのではないかと考えた。

●第3章では、なぜ飛行機の翼に上向きの力がはたらくのかという問いに対する仮説を立て、議論する場面で生徒同士の対話では収束しないという事態が起きた。題材にたくさんの要素があり、生徒によって注目している部分が異なる、つまり焦点化ができていないことが原因として考えられる。そもそも多くの要素を含む題材を扱わないというのも1つであるが、生徒にどの部分を注目させ、議論させるかを十分に検討しておくことが重要である。