

学校名	千葉県旭市立飯岡中学校	執筆者名	神原 真人
研究タイトル	科学的に思考し、理科の「理」をつくろうとする生徒の育成 ～探究が困難な授業の改善を通して～		

① **育てるべき資質や能力**…自分で設定した未来を担う子どもたちを育てるべき資質や能力について、その必要性を踏まえて記述する。(1ページ程度)

主に育成すべき資質/能力のキーワード	科学的に思考する姿、理解し知識化する姿
--------------------	---------------------

はじめに～1年目の挑戦～

本校に赴任して1年目、執筆者（授業者）の私は、4月から7月の授業実践を通して子どもたちの資質・能力の実態をつかみ始めていた。その実態や1学期の反省、改善点をS教頭へ報告した。職員室でS教頭と未来を担う子どもについての語らいが始まった。

1 本校における理科教育の問題の所在と科学が好きな子ども姿の構想に向けて

S：K先生、飯岡中での1学期の授業はどうでしたか。

K：3年生は、今までの学習の積み重ねもあり、細胞分裂の観察、ダニエル電池の実験など粘り強く探究する姿がありました。しかし、一生懸命探究しているのですが、その学ぶ姿に少し自分は違和感を感じました。それは、事物・現象を理解しようとしている姿ではなく、覚えよう、覚えようとして知識を習得している姿が目立ったということです。

S：理解しようとする姿と覚えようとする姿、一見似ているけど、その違いが観られた授業があるということ？

K：はい。例えば、細胞分裂の観察をしているときのことです。細胞分裂の核の変化や染色体が観られスケッチができたことは成果の一端と感じています。しかし、核の変化、染色体の様子などの観察結果を必死に覚えようとしている。決して悪いことではないのですが、その変化のある細胞を覚えるよりも、私は、その細胞の変化があることに不思議さをもち関連付けて「成長する際には、他にも核に変化がある細胞があるかもしれない」「複数の核の変化が観察できたけれど、成長する際、どのような順で変化している？」などと多面的、総合的に問題を解決してほしかったんです。

S：理科は、一問一答の世界ではないからね。問題解決されたら、そこから新たな問題（問い合わせ）が生じるという側面を子どもから引き出したいところだよね。

K：そういうことです。自分が大切だと思っていることは、未知の問題（疑問）から知をつくろうとするときに、ひとつを覚えて知をつくり終止するのではなくて、ひとつ、ひとつを関連付けて理解し知識化する方が、その事象の全体像が知れて理科好きが増えると思うんです。

S：では、K先生の今学期の反省点（問題点）を端的に述べると？

K：覚えて知をつくるのではなく、理解して知をつくれているかという点が問題の所在であり、その問題に紐づいて科学が好きな子どもを育成しなければならないという事です。

このような反省点のもと、科学が好きな子どもの姿を以下のように定義した。

科学が好きな子どもの姿の具体

科学的に思考する姿：観察結果を覚えるのではなく、「比較する」「関連付ける」「多面的・総合的に観る」ことなど分析・解釈をして、問い合わせや予想について振り返る姿

理解し知識化する姿：科学的に思考する中で、事物・現象の筋道をひとつ、ひとつ突き止めている姿

※理解の「理」は、理科の「理」である。理はことわりであり、その事物・現象の成り立つための筋道のことである。つまり、理科の本筋と向き合うのならば、この「理」をもち、自分なりの「解」を突き止めようとする「理解する姿」こそが、目標とする子どもの姿と言える。

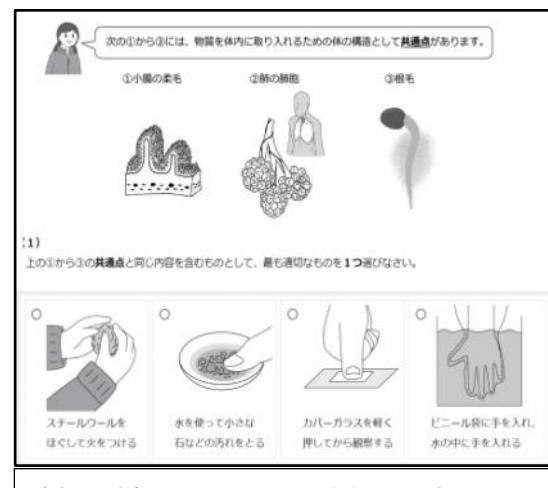
② 子どもたちの現状…子どもたちの置かれている環境や状況、学習レベルなどを客観的に把握し、収集した確かな情報に基づき、子どもたちの現状について記述する。(1~2ページ程度)

私は、理科の学習を通して、この「理」「筋道」を子どもたちがつくることができるよう授業改善をしたい。このような理科の理想の「理」を目指す上で、子どもたちは事物・現象の筋道をひとつひとつ突き止めていたのか、令和7年度全国学力状況調査を分析したところ、おおよそ前項で述べた問題の所在と関係する結果が見受けられた。

結果分析1 どのように関連付けて理解し、知識化するか パート1



資料1の質問に対して「当てはまる」「どちらかといえば当てはまる」と肯定的に答えた生徒は、千葉県、全国よりもやや上回る結果となり、ある程度、習得した知識を活用させようとする意識が働いていることがわかった。しかし、本当に本校の子どもは、知識を活用できているのか調査問題を基に分析した。ある調査問題では、柔毛、肺胞、根毛が体内に物質を取り入れるための工夫が理科の実験のどの操作と共通するかという問い合わせ（資料2）があり、この調査では、柔毛、肺胞、根毛が表面積を大きくして物質を取り入れている現象を多面的あるいは関連付けて理解し、知識化していることが必要である。また、その生物の工夫された体のつくりが日常生活や理科の実験中にも模倣され、取り入れられているところにも関連があ

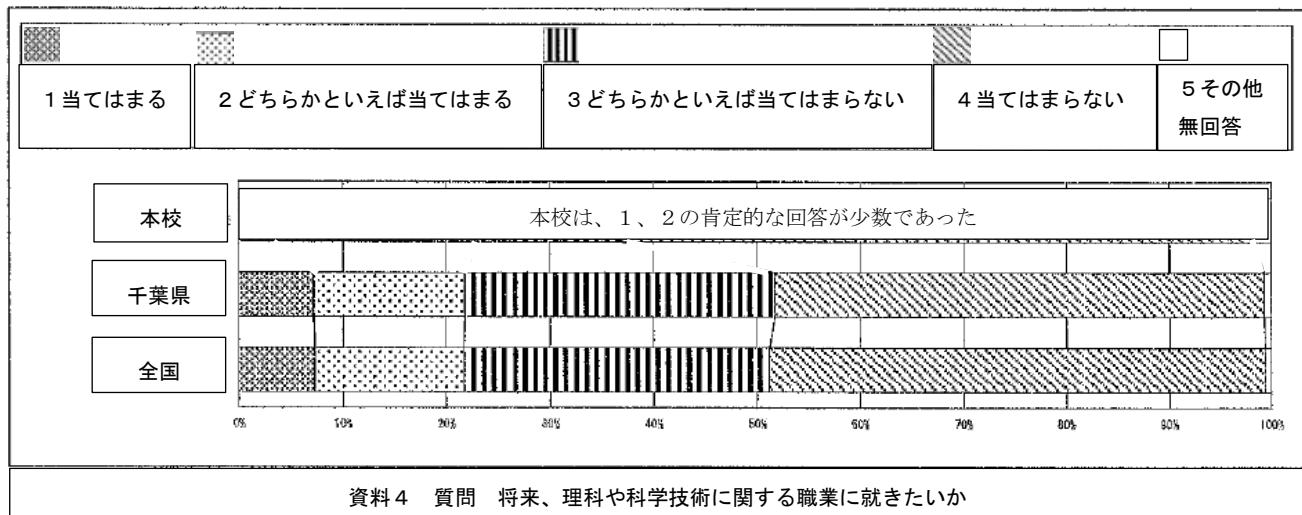


る。この調査の分析から、本校の子どもは、科学的に思考する際、生物領域の事物・現象を関連付けて理解するだけでなく、生物の体のつくりや働きを日常生活の事物などと関連付けて総合的に考える力を向上させる必要性があることがわかった。

結果分析2 どのように関連付けて、理解し知識化するか パート2

では、そもそも本校の子どもは、生物の体のつくりを関連付けて理解し知識化することができていたのかという点で分析した。資料3の調査において、葉、茎、根のつくりについての観察を行い、それらのつくりを関連付けて理解しているかという問い合わせがあり、大半の生徒が誤って知識化している。誤解した問題点は、主に2つあると考えている。1つめに、本物を観察していたのかということである。茎や根の観察は、小・中学校の過程で少なくとも2度観察する。維管束を言葉として覚えるのではなく、本物を観察した映像として理解していたか。2つめは、観察してきた複数の植物の葉、茎、根に少なくとも類似性（共通点）があるかという考えを働きながら生物の体のつくりを総合的に振り返ることができていたか。冒頭でも述べたように、生物の体のつくりをただ単に覚える・暗記することになってしまふと、生物の体のつくりを総合的にひとつひとつ突き止めることに至らない。この調査の分析から、観察して得た知識をひとつひとつ関連付け、自分なりの解釈をもちながら総合的に振り返る力も向上する必要性がある。

結果分析3 理科における学びの有用性



「理科の授業で学習したことは、将来、社会に出たときに役に立つと思いますか」という質問に対して「当てはまる」「どちらかといえば当てはまる」と肯定的に答えた生徒は、大半を占めた。この結果は、いかなる授業においても、自然や日常生活の事物・現象に興味や疑問をもてるよう授業づくりに努めてきた成果の一端ではないかと考えている。一方で、資料4のように「将来、理科や科学技術に関する職業に就きたいか」という質問では、「当てはまる」「どちらかといえば当てはまる」と肯定的に答えた生徒は、少數であった。地域の基幹産業として科学技術を基盤としている企業等が少ないことも

あるが、そもそも職業人と連携して理科の探究活動等が成されていない実態も見受けられる。したがって、職業人の科学的な見方・考え方触れ、キャリアの内容を学びながら理科の知識を習得する必要性がある。そのようなキャリアの見地から理科を学ぶことができれば、理科を学ぶ有用感の向上、職業との繋がりを認知することに繋がるであろう。

③ 教育支援の方針…子どもたちの現在の状況を踏まえ、過去の実践経験や知見（失敗）なども加えて、教育支援の方針を記述する。（2～3ページ程度）

手立てA 観察、実験の困難点を克服する教材研究

結果分析1・2より、授業では、実物の観察、実験を継続することがすべての基礎にあることが改めてわかった。観察、実験するための教材研究をすることは、理科の内容として当たり前の事である。ここでは過去の実践の失敗を授業改善する視点で、観察、実験の困難点を克服する教材研究に取り組む。手立ての具体については、各実践で述べる。

手立てB 自然の事物、現象においても日常生活や社会と関連付けながら学ぶ

結果分析1より、日常生活や実験への応用や利用などと関連付ける問い合わせがあった。生物の体のつくり（事象）を理解することに終止するのではなく、そのような体の精巧さを模倣や応用していることに目を向けられるような教材を準備したい。

手立てC 日常と非日常がつながった学習

結果分析3より、学びの有用感が得られる授業づくりに継続して努めていきたい。ここでの学びの有用性とは、主として「日常の実生活に理科で学んだ知識、技能が役立てられる！」と感じられることである。つまり、日常生活への役立ちを感じられるようにするために、私は、理科の授業そのものが非日常性の一面をもっていると考えている。非日常とは、日頃の生活では見られない現象を目撃することである。例えば、化学変化では、別の物質になっているかを調べる際に、日常生活では使用しない薬品を使い、日常では出会えない物質の変化を目の当たりにする。その非日常の光景が子どもたちの感性を刺激する。それと同時に子どもたちの見ている・考えている世界が非日常から日常に戻ることも重要である。この化学変化が日常生活の中のどのような場面で利用・応用されていたのかという原点の問い合わせに帰る教育をすることで非日常の観察、実験の内容が日常生活へのアプローチになっていると考えている。

手立てD キャリア教育の充実

結果分析3より、地域の職業人との交流を通して、理の筋道を子どもたちがつくることも科学が好きな子どもを育てるために何より大切であるとも考えている。職業人に仕事の内容を語って頂くだけではなく、自然科学のどのような事物・現象を利用した商品（仕事）なのか、または、理科の知識・技能がその職業人のどのようなキャリアとなっているのか学べるような指導計画を練っていきたい。

手立てE デジタルとアナログのハイブリット教育

例えば、電流計や電圧計については、ここ数年でデジタル式のものを採用している学校も出てきている。回路に直列につなぐとすぐにデジタル表示がされるだけでなく、反対につないでも電流値が表示される。観察結果から、法則や規則性を分析するためには優れものだが、電流の向きや実験回路をつくるといった技能面には欠点もある。理科の学び方として利点・欠点が考えられる一方で、子どもたちは、小学校からタブレットを利用した学習を経験していることから、想像以上に画面上でのデジタル情報処

理能力に長けた生徒もいる。そういう意味で現代の子どもは、日常生活にICT機器を使った経験がレディネスとして相応にあるということになる。したがって、私は、子どもたちの身近にデジタルが存在していることを前提に、ICT教材の効果を見極め、指導計画の適所に導入することを検討している。

※手立てAに関しては、理科の授業づくりの根幹を成す教材研究なので、実行計画1、2において講じている。一方で、手立てB～手立てEに関しては、必要に応じて実行計画に導入している。

④ 実行計画と準備状況…「③教育支援の方針」をもとに、自分が「いつ、何を、どのように行うのか」を具体的な実践や行動に落とし込み、来年度以降の実行計画と準備状況を明確に記述する。(3~4ページ程度)

具体的な工夫のキーワード	関連付け 分析・解釈 ひとつひとつを突き止める
--------------	-------------------------

実行計画1 生ブタモツを使った小腸・柔毛の観察 2年 消化と吸収 12月実行予定

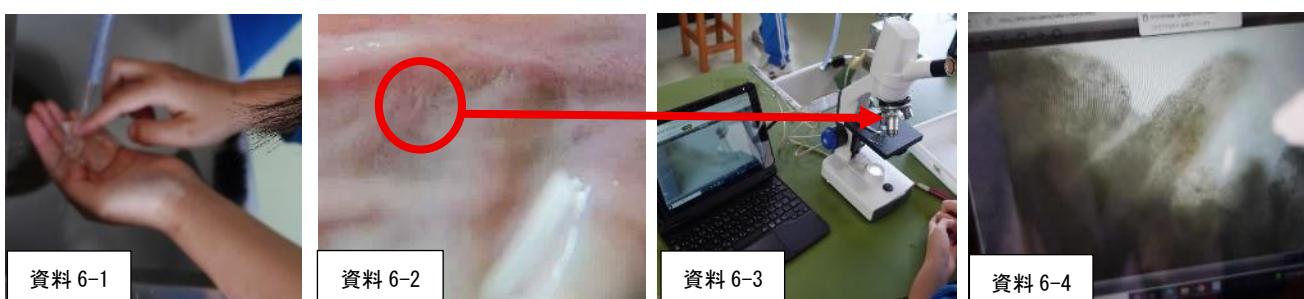
手立てA 観察、実験の困難点を改善する教材研究

中学校第2学年の教科書には、消化の観察、実験に関して、具体的な実験方法が記載されている。しかし、養分の吸収については、模式的な図の記載に留めていることが多い。そのため、吸収のしくみを理解するための観察、実験の実施率は、低い傾向が見られる。小学校6学年「人の体のつくりと人体」において吸収のしくみを既習しているため、中学校2学年では、柔毛の精緻なつくりを観察し、その観察結果を分析・解釈し、小腸のはたらきについて考察する過程を重視したい。



資料5 生モツの表皮組織に見られる柔毛

観察教材は、スーパーで販売している「生ブタモツ」を使用する。観察するための準備は、まず、モツの脂分を十分に洗い落とす(資料6-1)。次に、ピンセットで、赤丸で示したフサフサした部分の柔毛をピンセットでつまむ(資料6-2)。プレパラートをつくり、顕微鏡のステージに置く(資料6-3)。最後に低倍率から、突起状の柔毛を観察し、タブレットに写真を記録する(資料6-4)。



資料6 小腸の柔毛の観察手順とその結果

手立てB 自然の事物、現象においても日常生活や社会と関連付けながら学ぶ

小腸が吸収する器官であることは、既知の子どもが多いと思われるが、どのようなつくりによって吸収がしやすくなっているのかヒントなしで、予想図等を書くことは難しい。そこで、日常生活の用途で吸収できる物を発言させる。スポンジやタオルなどの意見が出てきたところで、タオルの表面を観察する。すると、タオルの表面には無数の凹凸が見られる。また、バスタオル、バスマットにも柔毛を模倣

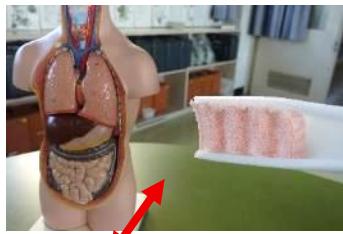
したつくりが見られる。この観察を設定することで、子どもたちから、水を吸収するための工夫したつくりについて根拠のある予想が出てくることが期待できる。このように、日常生活との関連性を指摘し予想することで小腸のつくりを理解するだけでなく、身のまわりの物がどのように物質を吸収しているかという原理を理解しようという考えを働かせ理解することが可能であると考えている。



資料7 ルーペで観たタオルの表面

手立てC 日常と非日常がつながった学習

動物の消化や吸収の器官として活躍している小腸。柔毛の観察は、ある意味、日頃の生活の中で観ることはないだろうし、非日常を体感する機会だと見込んでいる。この非日常の感覚から、よどみなく日常に視点を戻すための鍵となるのは「スケール」であると考えている。子どもたちは、「ここが、食道



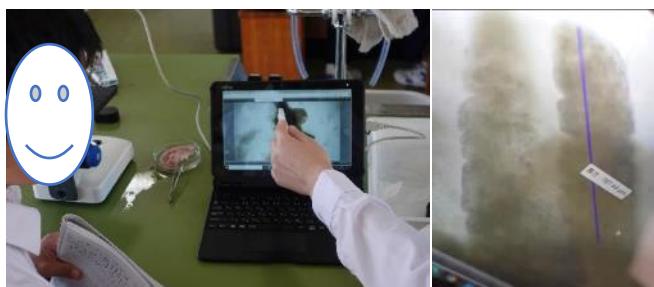
で、胃で、肝臓、小腸！」というように体の器官などを巨視的に捉えている。しかし、あの小腸が自分の体の中に、6、7メートルの長さにわたって、折りたたまれていること、そのくらい柔毛が内壁に貼り巡っていることを既知していないのではないだろうか。スケールを徐々に巨視的にしながら、人の体のつくりを理解し知識化できるよう準備した。



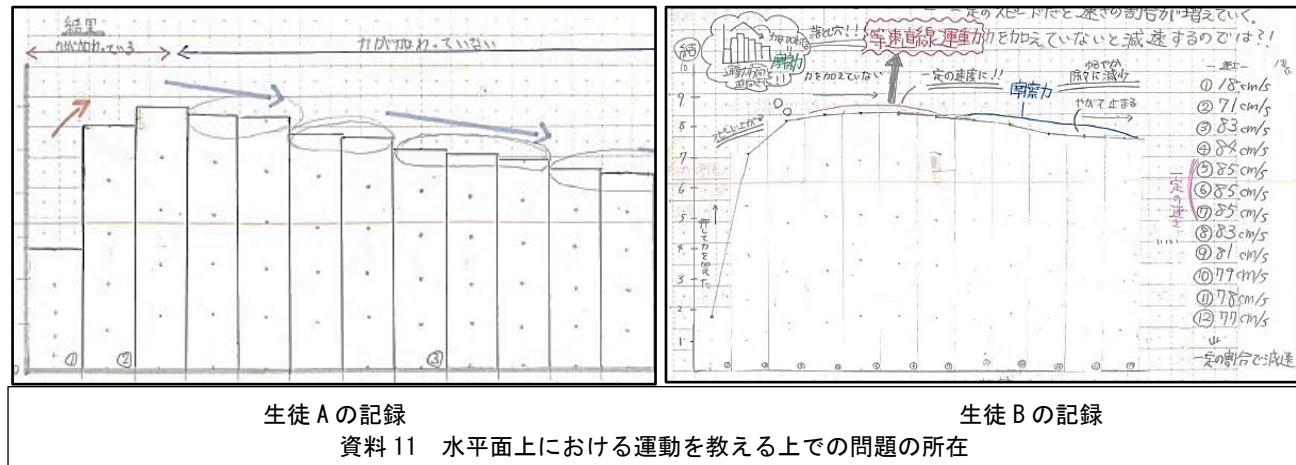
資料8 スケールを微視から巨視に戻すことで、非日常の感覚から日常的な感覚に帰納する

手立てE デジタルとアナログのハイブリット教育

タブレット接続型顕微鏡による観察では、対象物が画面上に映るので、対象物の微視的な部分をもっと注意深く観察したい場合、画面を指でピンチ操作し、対象物を拡大することができる。また、画面をピンチアウトしたときは、柔毛の突起にさらに細かい毛（微柔毛）のようなつくりも観察できたので、精巧なつくりを子ども自身で突き止めることができそうだ。また、顕微鏡観察をしたことを複数の相手に伝える際、観察物のどの部分のことを分析しているのか、共有が困難な場面があったが、資料9のようにタブレット画面を指すことで対話的に解釈し、理解することも可能であると考えている。その他に、実際の柔毛の大きさ（ μm 単位）を測ることも機能的に可能で、柔毛の大きさや数についても理解し、正しく知識化できそうだ。資料10の教材は、小腸を模し、ひだ、柔毛の凹凸に近い形を再現した。実際の生モツと模型の表面を両方触ることで、諸感覚から生物（なまもの）と作られた物（模型）の相違を探ることもできると考え、作製した。

資料9 デジタル：左 観察結果について画面を見て共有
右 柔毛の実際の大きさを画面上で測定

資料10 アナログ：タオルの表面、模型の凹凸などを触りながら、吸収について思考する

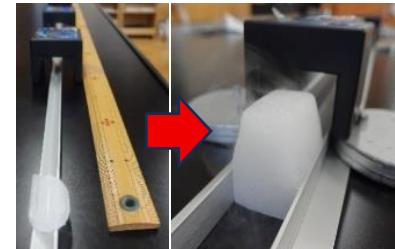
実行計画2 物体の運動 3年 等速直線運動 1月実行予定
手立てA 観察、実験の困難点を克服する教材研究
問題の所在1 ～等速直線運動を実現できるか～


今までの指導経験より次のような失敗談がある。資料11のように水平面上を台車が運動する実験では、空気抵抗や動摩擦力が大きく、物体が減速し、等速直線運動（理想的な運動）を分析、解釈できず終止してしまうことがあった。このような場面においては、より精度のよい実験結果を教師主導で他の子どもに見せてまとめあげるといった苦い経験がある。本実行計画では、できる限り等速に近い運動を実現できるよう研究し、その観察データから子どもたちが分析や解釈をして考察できることを目指す。

この問題を解決するため、素材（教材）として、ドライアイスを使用し、水平面上での運動を観察できるようにした。ここでは、予備実験を繰り返し、改善点を見つけ、修正を加えながら最終的に精度の高まった等速直線運動を実現することができた。

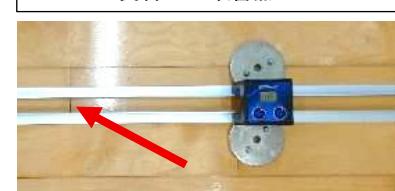
改善点1：ドライアイスを真直ぐ進ませるため、資料12のように電設

用モールを使ってドライアイスを運動させたが、動摩擦が大きかったので、実験台で観測するようにした。また、電設用モールは、幅が限られ、ドライアイスを小さく整形することも欠点であった。そのため、L字アルミバーを両端に置くことで測定器の幅までコース幅の調整可能となった。



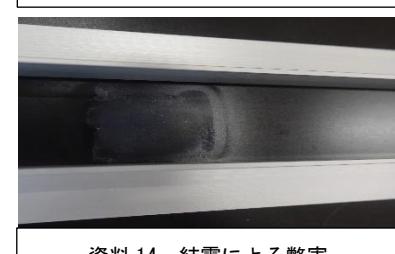
資料12 改善点1

改善点2：資料13のように床で試したが継ぎ目の所で最大0.12m/s減速した。床など小さな凹凸がある場所では行わず、実験台を両端まですべて使って観測するようにした。一方で、床のように運動の様子を2m程の距離で長く観察することで、目で速度の感覚を実感できることもわかつってきた。



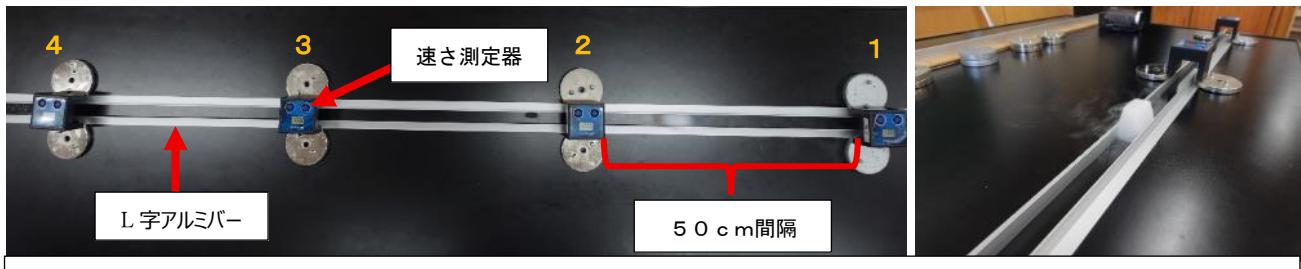
資料13 改善点2

改善点3：夏季は、資料14のように、ドライアイスによって机上が結露する部分もあり減速が目立つ。エタノールで机上を拭いておくことで、凝結しづらくなり、減速が防げる。さらに、机上の微小な埃などを取り除く効果も期待できる。



資料14 結露による弊害

を用いて予備実験をした結果、表1のような結果となった。隣の測定器との減速が最大で0.03m/s程度抑えられ、等速直線運動をする様子も観測でき、このデータから分析、解釈をして考察できそうだ。



資料15 予備実験における改善を図った実験装置

表1 予備実験の結果（表中の速さの単位はm/s）

	測定器1	測定器2	測定器3	測定器4
試行1（低速）	0.52	0.50	0.49	0.47
試行2（低速）	0.69	0.67	0.64	0.63
試行3（中速）	1.02	1.00	0.99	0.97
試行4（中速）	1.13	1.11	1.10	1.08
試行5（高速）	1.43	1.43	1.43	1.41
試行6（高速）	1.73	1.71	1.70	1.67

手立てC 日常と非日常を往還した学習

問題の所在2 ~台車の水平方向に関する力の解釈の違い~

前項資料11の生徒A、生徒Bの記録を見ると両者ともに減速運動が目立つ。生徒Aの記録は、等速直線運動には程遠い状況である。そして、ここで解釈に違いが生じる。生徒Aは減速した理由を、「力が加わっていないから」と捉え、生徒Bは、「摩擦力が生じているから」と捉えている。正確には生徒Bの摩擦力があり減速する解釈が正しいが、生徒Aのように「力が加われば加速度運動なのだから、力が加わらなければ減速運動だろう」と考える生徒も少なくない。また、台車の進行方向に力が生じているか否かで考えている子どもも多く、進行方向と逆向きの視点で力を捉えられていない。そこで、このような解釈の違いが生じることを想定し、授業を改善したい。

鍵となるのは、ドライアイスの運動をどこで導入するかと見込んでいる。ドライアイスは、日常的に使う車、自転車などと違い、表1の結果のように等速直線運動（凡そ、等速）が観察できる。つまり、日常ではあまり観たことのない運動の様子を目の当たりにする。私は、この等速直線運動を精緻に観察することこそが「非日常の体験」と考えている。逆を言えば、水平面上の台車の運動は、減速運動となってしまい、これが私達の日常的な体験・感覚と言えよう。このドライアイスと台車の運動に甲乙をつけるということではなく、日常的な体験（台車の運動）から非日常的な体験（ドライアイスの運動）を通して、子どもたちが水平面上の物体に加わる水平方向の力の解釈を変容させていくことが大切であると考えている。つまり、この日常と非日常の両者を観察することで、「台車には、車輪と床の間に摩擦が生じているが、ドライアイスは二酸化炭素が発生しているため床との間に摩擦が生じていないんだ」というような、日常的な体験で生じた解釈の歪みが解消されていくことが期待できる。

また、資料15のドライアイスの実験は、繰り返し実験を行える点がメリットであり、低速、中速、高速と短時間でデータが記録することができる。これにより、物体の運動を何回でも観察する中で、

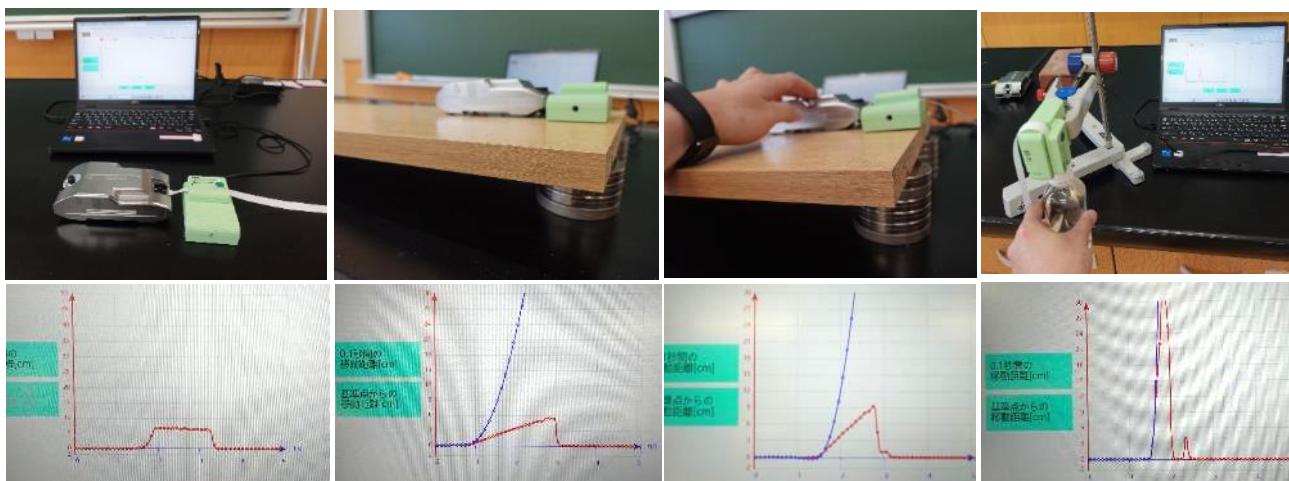
摩擦力のない運動を実感を伴って理解できるのではないかと見込んでいる。また、表1のようにデータを短時間で細かく記録して見直すことも可能なので、班員と対話的に結果を分析・解釈することができ、実験をする中で予想した考えが修正されていくことが期待できる。

資料16 水平面上の運動で想定される子どもたちの速さと力についての解釈



手立てE デジタルとアナログのハイブリット教育

問題の所在3 ～ 水平面、斜面、落下運動を関連付けて理解し知識化するには. . . ～

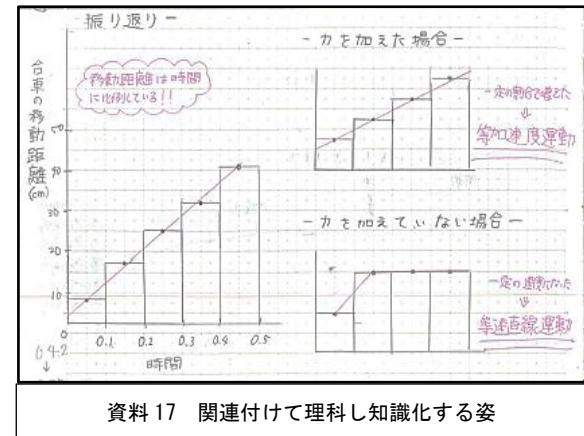


物体の運動を観察する際、打点式記録タイマーを使用すると、記録テープの処理、考察、まとめの過程で1単位時間が終了する。水平面上、斜面上、垂直方向の運動が、それぞれ1単位時間で整うように収まる授業になっているように見えるが、よく考えてみると、水平面上、斜面上、垂直方向と、これは実験条件を変えて試していることに過ぎない。つまり、物体の運動を総合的に捉えにくく、それぞれの条件を変えた結果を関連付けて考察するという点が問題の所在と言える。そこで、資料16にあるデジタル記録タイマーを用いて実験をすることでタブレット上に速(赤)、進んだ距離(青)の記録がすぐに表示される。これにより、水平面上、斜面上、垂直方向の運動が、1単位時間ですべて観測することができる。したがって、今まで部分と部分で捉えていた物体の運動が、1単位時間の中で条件を変えて実験ができるので関連付けて分析・解釈がしやすくなる。

現在の子どもはSNSなど突発的・表出的に事象を知ることに対して関心が高く、逆に本や新聞などのようにその事象の背景や原因を含めて知ることが苦手であると指摘されている。この背景も含めて実行計画を構想してみると、まずは、物体の運動を、水平面上、斜面上、垂直方向とデジタル記録タイマーでリズミカルかつ表出的に捉えることで、主として物体の速さを関連付けて考察する姿が期待できる。

一方で、このデジタル記録タイマーは、記録処理を自分で行っていないので、上記の事象の背景や原因を深く考えにくいという欠点があるように思える。

したがって、本実行計画では、導入部をデジタル式記録タイマーで、探究部を従来の打点式記録タイマーによる観察、実験によって取り組む。この展開により、終末部では、資料17のように、それぞれの条件の結果を関連付ける姿が期待でき、科学的に思考して知識化する姿に変容することも可能であると見込んでいる。

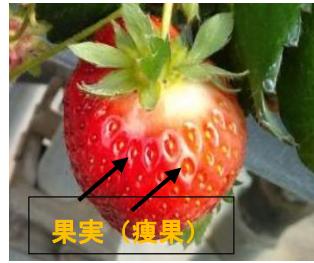


資料17 関連付けて理科し知識化する姿

実行計画3 キャリアも含め、ひとつひとつ突き止める理科教育

手立てD キャリア教育の充実

3・4項の結果分析3より、本校では、理科における学びの有用感が低いことが窺える。そこでふるさと教育と題し、地元の職業人の方と連携した理科、技術科の教育課程を設定した。



資料18 莓の花托のつくり



資料19 7月に植え付けした苗

莓栽培 実施期間 2年 7月～3月（定期的）

莓農家さんの作業農場へ定期的に赴き、苗（株）の成長の様子から、花の受粉や果実のでき方を観察する。莓は、花托に無数の果実（瘦果）ができる。瘦果を種子と勘違いしていることが多いので、1年次に学んだ既習事項と関連付けて果実のでき方について探究する。また、ランナーの伸長の様子を観察し、生殖による子孫の残し方についても視点を移せるようにする。

莓は、苗の育成が7月から始まっており、生物を育成させる過程で農家さんの知見やキャリアにも触れることができる。早春に販売している莓など目先の様子だけでなく、生物育成の過程、莓農家さんのキャリアなどを子どもたちがひとつひとつ突き止められるよう計画した。

畳や傘を科学的に探究 2年 11月 か 3月

地元旭市には、傘を製造するホワイトローズという企業があり、日本で初のビニール傘をつくった。資料20のように傘に穴があき逆止弁



資料20 雨傘に潜む科学技術



資料21 左の畠、右の畠で湿度が違うのはなぜ？

という構造を利用し、外から雨が入らないが、内から風が抜ける構造となっている。資料21では、畠の吸湿性実験で、左の畠と右の畠で湿度が違いを探る実験である。目には見えない水蒸気のゆくえを探るとともに、昔から日本では、なぜ畠が使用されていたのか生活と関連付けて学ぶことが可能だ。

終わり

挑戦1年目、子どもたちとともに「理」をつくりあげ、理科の可能性を信じ、前進したい。