

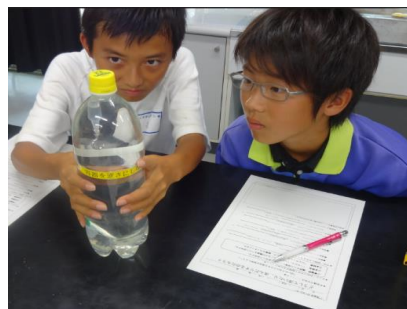
「科学的潜在能力の刺激」から「ラララ計画」へ

千葉市立こてはし台中学校 校長 渡邊 英夫

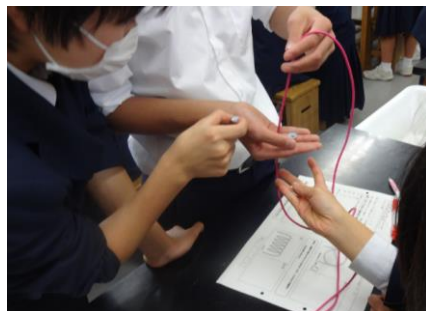
PTA会長 寺元 恵吾



夢を実現させる科学



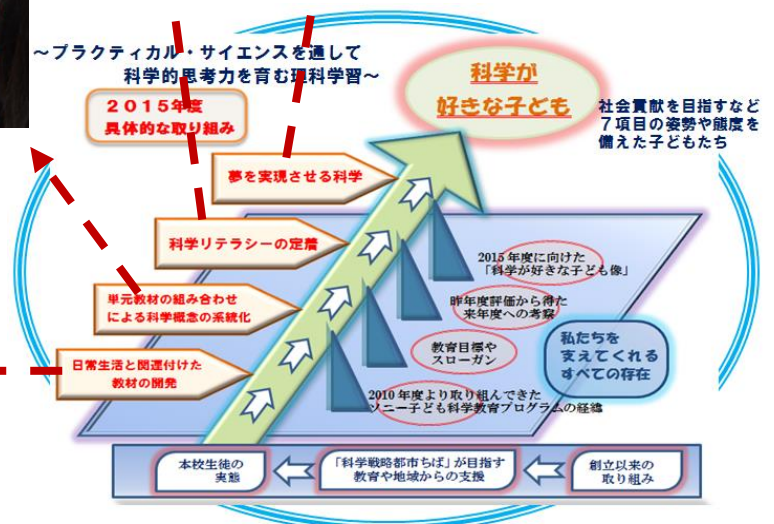
科学リテラシーの定着



単元教材の組み合わせ
による科学概念の系統化



日常生活と関連付けた
教材の開発



「科学的潜在能力の刺激」から「ラララ計画」へ

千葉市立こてはし台中学校

I	はじめに ～「科学が好きな子どもを育てる」とは～	1
II	「2014年度論文で提案した2015年度教育計画」の概要と評価	2
	1 2014年度論文で示した2015年度教育計画の全体構想	2
	(1)本校が考える「科学が好きな子ども」とは	2
	(2)2014年度の教育計画の柱	2
	2 2015年度の実践経過	3
	(1)日常生活と関連付けた教材の開発 事例1	3
	①この授業を設定した理由や背景	3
	②授業実践	3
	③成果や課題	5
	④関連した題材や発展させた実践	6
	(2)単元教材の組み合わせによる科学概念の系統化 事例2	7
	①この授業を設定した理由や背景	7
	②授業実践	8
	③成果や課題	10
	④関連した題材や発展させた実践	11
	(3)科学リテラシーの定着 事例3	12
	①この授業を設定した理由や背景	12
	②授業実践	13
	③成果や課題	15
	④関連した題材や発展させた実践	16
	(4)夢を実現させる科学 事例4	17
	①この授業を設定した理由や背景	17
	②授業実践	18
	③成果や課題	20
	④関連した題材や発展させた実践	20
III	「2015年度教育計画の評価」を基にした2016年度の教育計画	21
	1 2015年度教育計画の評価から	21
	2 生徒の実態から	22
	3 2016年度の教育計画「ラララ計画」	23
	(1)キャッチフレーズと構想図	23
	(2)「ラララ計画」の具体的なイメージ	24
IV	終わりに	25

「科学的潜在能力の刺激」から「ラララ計画」へ

千葉市立こてはし台中学校

I はじめに ～「科学が好きな子どもを育てる」とは～

(1) 科学的思考力は「生きる力」の土台

かつて宇宙飛行士の毛利衛氏は、「宇宙からは国境は見えなかった」とコメントした。地球外の空間から、地球は一つであるという当たり前のことを伝えた。科学技術の粋を集めて飛び立ったロケットからのメッセージは、科学技術の進歩こそが人々の幸福の源になるとも聞こえた。そう考えると、科学技術を支える「科学的思考力」は、間違いなく「生きる力」の土台である。

だとすれば、「科学的思考力」は知能を持った人間に、生まれながらに備わっている能力であろう。この能力が生活を豊かにし、文明を発展させてきたからである。生まれながらにして備える、この能力の根源を「科学的潜在能力」と呼ぶことにする。したがって、「科学が好きな子どもを育てる」とは、この科学的潜在能力を適宜に刺激し、「科学的思考力」へと形成していくことである。

(2) 「プラクティカル・サイエンス※」を通じた「科学的思考力」を育む理科学習

一昨年度より実用的な科学の重要性を認識し、昨年度からは「プラクティカル・サイエンス」をメインに、4つの方策を柱として、科学が好きな子どもを育てる教育計画の実践を目指してきた。

【2015年度教育計画におけるプラクティカル・サイエンスの構想】(2014年度論文より)

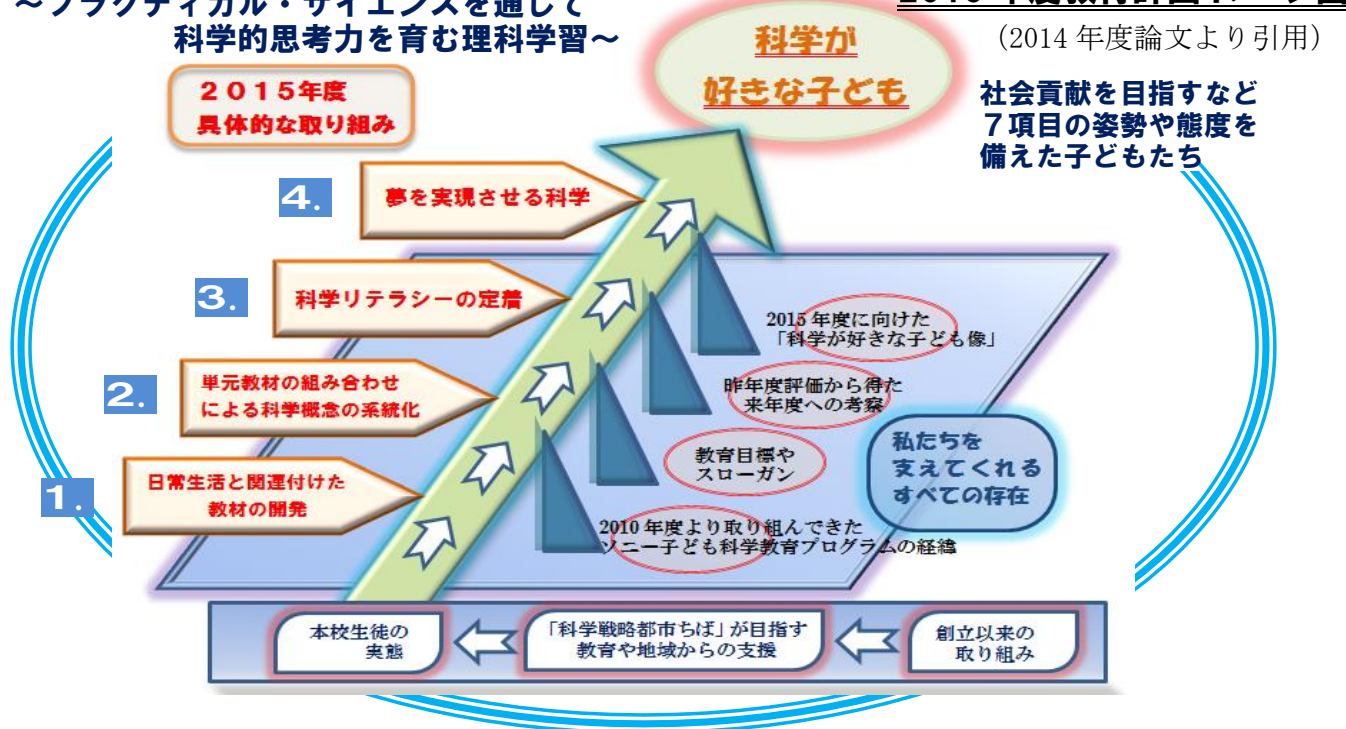
本校のプラクティカル・サイエンスを 発展させていくための方策	具体的な取り組み (2014年9月～)
A. 教材や対象の幅を広げていく	⇒ 1. 日常生活と関連付けた教材の開発
B. 広げた教材を深く掘り下げていく	⇒ 2. 単元教材の組み合わせによる科学概念の系統化
C. 表現力を高める	⇒ 3. 科学リテラシーの定着
D. 夢を語る理科授業を展開する	⇒ 4. 夢を実現させる科学

※プラクティカル・サイエンス…「実用的科学」の意。国際化が進む中で社会貢献を担うため、実用的な場面で事象を的確にとらえて表現し、コミュニケーションできる論理的な思考力を育む取り組み。詳細は、2015年度論文参照。

～プラクティカル・サイエンスを通して 科学的思考力を育む理科学習～

2015年度教育計画イメージ図

(2014年度論文より引用)



II 「2014年度論文で提案した2015年度教育計画」の概要と評価

1 2014年度論文で示した2015年度教育計画の全体構想

(1) 本校が考える「科学が好きな子ども」とは

本校では、2009年度より毎年ソニー子ども科学教育プログラムに応募している。したがって、理科部会では、校内研究テーマの設定と同時に「本校における科学が好きな子ども」とは、どのような子どもなのかについて、毎年検討を重ねている。理科部会の研究テーマの最終目標が「科学が好きな子どもの育成」であり、目指すところが同様のものだからである。

その検討経過は、社会の変化や千葉市の科学教育への取り組みとともに様々な変遷があった。昨年度の検討の中で、社会貢献のために科学の知識や技能を「日常の中で発揮する力」、すなわち、プラクティカル・サイエンスを習熟した人物が求められていると考察した。また、科学の方法を身につけるためには、安易な近道を選ばず、抜け道に頼らず、地道に努力する姿勢が大切であると考えた。そこで、2015年度の教育計画では、

- | |
|---|
| ① 身の回りの事物や事象に興味や関心を示し、疑問点を見つけようと努力する。 |
| ② その疑問点について、科学の方法を使って解決しようと積極的に挑戦する。 |
| ③ 周囲とのコミュニケーションを図り、新しい見方や考え方を積極的に取り入れる。 |
| ④ 科学の知識や技能を日常生活の中で発揮しようと努力する。 |
| ⑤ 科学を発展させる方法を手を抜かずに、地道に実践しようと努める。 |
| ⑥ 新しい見方や考え方から得た科学の夢を、豊かな表現力で周囲へ伝えようとする。 |
| ⑦ 身につけた科学の知識や技術を活用して、社会に貢献しようと努める。 |

という姿勢や態度を持つ子どもを「科学が好きな子ども」とした。

さらに、本年度の教育計画を実践を始める際(2014年9月)、「科学が好きな子ども」について「情意的なもの」と「技能的なもの」に分けたほうが、授業の目標が立てやすいという意見が出た。そこで、上記7点について、分析と検討を重ねた結果、「情意的なもの」と「技能的なもの」という2つの側面から、「科学が好きな子ども」を次のように表現を変え、授業計画を立てやすくした。

本校で考える「科学が好きな子ども」とは・・・(授業構想バージョン)			
《情意的なもの》		《技能的なもの》	
1 積極性(自ら行動する姿勢)	情1	4 貢献力(社会に関心を持ち地道に尽くす力)	技1
2 協調性(周囲と力を合わせる精神)	情2	5 表現力(知識や技能を共有し広げる力)	技2
3 挑戦心(困難なものに立ち向かう意欲)	情3	6 独創性(新しいアイデアを生む想像力)	技3

(2) 2015年度の教育計画の概要

2015年度教育計画の全体像は、p1にあるグランドデザインで示した。前年度のテーマ「～プラクティカル・サイエンスを通して科学的思考力を育む理科学習～」に迫るため、4つの柱(1～4)に基づき、事例1～4の授業を実践した。概要は、下表の通りである。

4つの柱	日常生活と関連付けた教材の開発	単元教材の組み合わせによる科学概念の系統化	科学リテラシーの定着	夢を実現させる科学
主な授業実践	事例1 集合花と単独花の花弁の違い～タンポポの花のつくり～	事例2 電流が作る磁界～LANケーブルを用いたコイルの実験～	事例3 圧力と浮力～科学の表現技法を身につけよう～	事例4 地球規模で環境を考える～小笠原高気圧の成り立ち～
主な発展事項	○水温と気化熱 ○園芸技術 ○カビと発酵食品 ○茶碗が硬い理由 ○猛暑日と地形の関係 ○エコシップ	○地震波での地球探査 ○人体と栄養素 ○昆虫と種子植物 ○ドップラー効果 ○足がつるしくみ ○植物の骨格	○一人一研究への活用 ・科学論文5要素 ・テーマと結論 ・実験の再現性 ○表現力の向上 ○屋台村方式の発表会	○夢を語る日本 ○正しい地球儀 ○モデル作りの重要性 ・大陸・海洋のモデル ・地層モデル ・電動説と地動説

2 2015年度の実践経過

上記4つの柱を中心とした取り組みについて、一貫性をもった評価となるように、統一した4項目(①～④)で実践経過をまとめた。

①この授業を設定した理由や背景

②授業実践

【ア 単元名】【イ 目標】【ウ 「科学が好きな子ども」の育成との関連】【エ 授業の流れ】

③成果や課題

④関連した題材や発展させた実践

(1) 日常生活と関連付けた教材の開発 **事例1**

①この授業を設定した理由や背景

(タンポポの花弁の数は花ごとに違う?)

日常生活において、花は彩りを添える花卉(かき)として、一般社会に流通している。しかし、生物学的に見れば、花は生殖器官であり、減数分裂した生殖細胞を作るための雌しべと雄しべがある。したがって、種(しゅ)を決定する遺伝子を作る器官であり、進化の過程や種を区別する中心器官である。すなわち、花のつくりを正しく理解することが、進化の過程やその種を理解することになる。にもかかわらず、タンポポの花、すなわちキク科植物の花は一つ一つの花が花卉のように見え、花の作りを正しく理解できていない場合が多い。



【「タンポポの花びらは14枚？」】

これが「一つの花」だとすれば、確かにそう数えられるのだが…。

(ブドウの花ってどんな花?房から想像してみよう!)

そこで、身近なフルーツを例にとり、実の一つが花の一つと対応することを手がかりに、集合花と単独花という視点から、「花一つ」をとらえる授業を構成する。ブドウの実が房になっていることは誰でも知っている。たくさんの花が集まり、実が房になる。その経験とブドウの花の写真を見比べることにより、花が集合していること(集合花)を知る。また、綿毛を持つタンポポの実の観察から、その一つ一つに種子があることを思い起こすことにより、タンポポも集合花であることを推測させる。つまり、日常生活で食したり、見たりしていることを利用して教材化した。

②授業実践 [2015年4月]

【ア 単元名】

第1学年 単元1「植物の生活と種類」 1章「植物の体のつくりとはたらき」

発展課題:「集合花と単独花の花弁の違い ～タンポポの花のつくり～」

【イ 目標】

- 1 花が多く集まって、一つの花のように見える花があることを説明することができる。
- 2 花が集まったために、花全体が目立ち、受粉に必要な多くの虫を集めることができること(種子を作る上で、都合がよいこと)を説明することができる。
- 3 タンポポの花は集合花で、5枚の花弁の合弁花であることを説明することができる。

【ウ 「科学が好きな子ども」の育成との関連】

新一年生として、中学校での理科学習の基礎を作る時期の学習である。楽しい理科を目指して、野外観察なども多く取り入れる。そこで、新しい仲間と積極的に協力し、自分の意見をはっきりと主張する姿勢を身に付けさせたいと考える。以上のことから、

- 情1「積極性(自ら行動する姿勢)」
- 情2「協調性(周囲と力を合わせる精神)」
- 技2「表現力(知識や技能を共有し広げる力)」

を中心に、中学校理科の最初の単元として、積極性と協調性の育成に力を入れ、授業を構築する。

【エ 授業の流れ】

<p>導入</p>	<p>○4つの花(タンポポ、ブドウ、アジサイ、ユリ)の写真を見て、花のしくみの違いを説明しよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・タンポポとキクが似ている。(花弁が黄色である。) ・ユリの花が大きく、アジサイの花は小さいのが集まっている。 ・ブドウの花は花弁がない。でも、実が房になることから、たくさんの花が集まっているようだ。 ・タンポポやキクの花弁は枚数が多い。 	
		
<p>展開</p>	<p>○タンポポの実について考えよう (補助的な発問)「実がつくのは、花びら1枚ずつですか?」「ユリの花びら1枚ずつに実や種はついていますか?」 →綿毛一つ一つが種だから、タンポポは花が集まってできている。花弁のように見えるものが1つ1つの花である。</p>	
<p>まとめ</p>	<p>○ワークシートにまとめる。 [結論]タンポポの一つ一つは花びらでなく「花」である。</p>	<p>【ワークシートの意見から】 「タンポポの実の観察から、タンポポは「集合花」であることがわかった。では、花びら(花弁)は、いったい何枚なのか。教科書や図鑑には、「5枚・合弁花」と出ている。それを顕微鏡で確かめてみたい。」などの意見があった。これらの意見を観察への意欲化へつなげていく。</p>
		
<p>花が大きくてきれい。 色がきれい。 たくさんの花がひとつに集まっている。 共通</p>	<p>花というより、小さい実みたい。 花びらがわからない。 (花が目立たない) 花が集まっている、房みたいになっている。</p>	

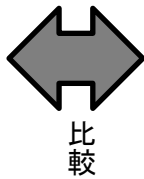
[授業後の感想]

あじさいの花は小さい花が集まって
いることがすぐにわかる。タンポポの
花は、花びらが多いので、全体で
一つの花に見えてしまっていた。
花びらが10とか、20とか、違うの
はおかしいので、花びらが多いか
一つ一つ花だと思えるようになって
きた。

タンポポのなかまは菊のなかま
と同じで、全部5枚の分弁花と
いうことかすごい。そのほか、確
にきれいな花に見えるので、そう進化
したという説明がわかりかた、色がいい
とか、香りかいいとか、虫を集めるため
なのか納得する。

発展課題

花色ではなく、「花のつくり」として比較する。

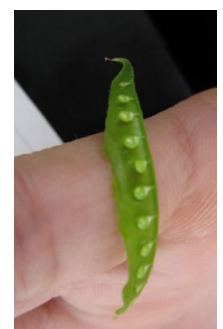


タンポポ
学習後改めてキクとタンポポを比べる。色だけでなく、ピンクのキクもタンポポの花と同じ。

③成果や課題

【成果】

「集合花」は花軸に小花がたくさんつく状態をいい、別名として「頭花」、「頭状花」、「頭状花序」という用語がある。それに対して、この授業でユリやアサガオを「単独花」としたが、「集合」の対義語として「単独」という語を用いた造語である。その点を明確に示してから、授業を進めた。集合花に対して単独花という用語を用いることで、花の種類を見分ける明確な指標となった。これによって、タンポポの花のつくりを詳しく次時で取り上げた際、「一つのタンポポの花」の花弁の枚数を顕微鏡で詳しく調べようとする意欲につながることができた。タンポポの花弁の撮影はできなかったが、顕微鏡撮影の技術は急速に上達した。下の中央の写真は、その技術を活用し、タンポポの柱頭を撮影したものである。柱頭の巻き具合や繊毛までピントが合っている。



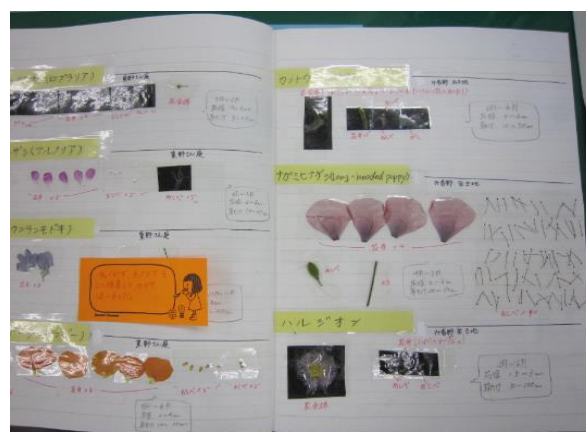
【積極的な調査学習】
意欲的・自主的にフィールドへ

左：タンポポの柱頭（生徒の顕微鏡写真）
右：カラスノエンドウ（胚珠のつき方の観察）

【課題】

本授業では、「雌しべの数（子房の数）＝花の数」として、集合花と単独花を区別する目印にした。カラスノエンドウなどのマメ科植物のように、雌しべの子房に胚珠が多数ある花でも、果実全体を一つとしてカウントすることで、集合花と単独花を区別することができた。ところが実際の観

察では、アブラナやカラスノエンドウなど、花が非常に小さい。そこで、花卉の大きい園芸植物を試料に供すると、野生本来のものとは違った変種がある。ポピーのように開花時にガク片が落ちるのでガク片がない花に見えたり、バラのように花弁数が原種の5枚の倍数体になっているものなどがある。生物を対象とする場合、必ず例外として突然変異種や品種改良種などがあり、日常生活と関連付ける題材を探す場合には、試料の選択に細かい配慮が必要である。



【観察記録ノートの例】

疑問点には、付箋をつける習慣をつける。

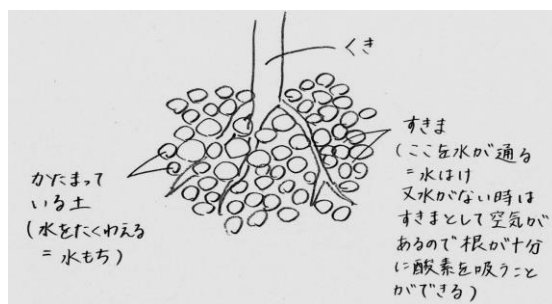
④関連した題材や発展させた実践

(炎天下、汗を拭きとれば、一瞬涼しく感じる)

日常生活は、科学の法則に支配されている。注射の消毒の時、腕がスーッとする。アルコールによる消毒だが、このアルコールは室温で冷やしてはいない。それでもひんやりとするのは、「気化熱」による。この経験により、アルコールの気化熱は理解できるが、科学的な思考力を育むためには、ここで留まらずに水などに発展させることが大事である。室温になった汲み置きの水で考えてみよう。皮膚に厚く乗っている場合は、ひんやりとは感じない。しかし、それを皮膚の上に薄く広げれば、蒸発が早まり、気化熱によってひんやりとを感じる。つまり、温度の低いアルコールが一か所にたまっている状態よりも、温度の高い水でも皮膚の上で広がっている方がひんやりと感ずることになる。炎天下で、汗を拭きとった瞬間、粒になっていた汗が皮膚全体に広がり、瞬時に蒸発するため、一瞬涼しく感じることに同じである。 [2014年9月]

(最も身近な食品、「野菜作り」は高度なノウハウに支えられている)

農業に適した用土の条件に、「水はけがよく、水持ちがよい」というのがある。常識で考えれば、「水持ち」、「水はけ」という相反する条件を一度に満たす用土はない。しかし、それを解決するのが「団粒構造の土」(右の例)である。一見、不可能なように見えるものも、視点を変えることで解決策が見えてくる。このように、身近な疑問点に対して、適切な段階で適切な視点を生徒に与えることで探究の姿勢が一気に高まることもある。一人一研究では、「美味しい野菜作り」、「花をたくさん咲かせる工夫」など、例年、園芸に関する研究テーマが多い。対象が花や野菜であり、一般的には生物学的な手法で研究を進めようとする。しかし、物理的、化学的な視点から研究を進めるアドバイスをする、一気にテーマ解決につながることもある。 [2015年7月]



【生徒の一人一研究「団粒構造」】

相反する条件を一度に満たす「団粒構造」。粒は水を保ち、隙間は水はけを促す。

【日常生活に関連した『新しい視点のアドバイス』で視野が広がった学習の例】

日常生活と関連した題材	新しい視点のアドバイス
カビという分解者と発酵食品の関係 [2014年12月]	人が栄養分を酸素で分解し二酸化炭素を発生させる呼吸と同じように、カビによる腐敗や微生物による発酵は、それぞれの生物のエネルギー生産を目的とした呼吸であることに気づかせる。
茶碗はなぜ硬いのか [2015年1月]	何気なく使っている陶器はなぜ硬いのか。1学年「鉱物」の単元において、多くの鉱物に多量に含まれる石英はガラス成分で、高温で溶けて固まり、陶器の強度向上につながっていることに気づかせる。

猛暑日と地形の関係 [2015年2月]	今夏も内陸部で連日のように、猛暑日がニュースとなった。しかし、海で囲まれる沖縄は、平均気温は高くても、猛暑日はまったくない。気温を考える際に、緯度だけでなく、「水の比熱」に着目させる。
エコシップ [2015年7月]	海洋国の日本では、車だけでなく船の燃費向上に注目させ、スクリューの周りに鉄棒をつけて水流を整流させることで、「大幅な燃費向上が期待できる」という視点を与えることで、様々な研究の方向が見えてくる。

(2) 単元教材の組み合わせによる科学概念の系統化 **事例2**

①この授業を設定した理由や背景

(中学校での科学の学習は、4つの概念に集約される)

「LANケーブルは情報を伝達する線」と生徒は考えている。しかし、特別な何かが通っているのではなく、LANケーブルの中を動いているものは「電流」である。電流の「入・切」でデジタル信号に変え、それを束にすることで言葉に変換している。この授業では、LANケーブルをコイルとして実験に用いた。身近な素材であり、軽量などの利点があるが、電球を点灯させるものも情報を伝えるものも、同じ「電流」という科学概念であることを意識づけることが大きな目的である。昨年度の主要な取り組みであったプラクティカル・サイエンスでは、「多面的な視点」を持つことの重要性を強調した。そして、全ての題材は学習指導要領中学校理科の4つの柱「粒子」、「エネルギー」、「生命」、「地球」の概念のどれかに集約されていく。それぞれの概念とその単元のつながりを意識し、系統化した学習とすることで、様々な事物や事象を多面的に判断する態度が育まれる。昨年度論文に以下のような例をあげたが、この他にも「同じ概念で考える多くの組み合わせ」が考えられる。

【4つの概念における単元どうしのつながり】 (「 」は題材名、()は学年)

粒子	エネルギー	生命	地球
○「水溶液」(1) ⇔「水溶液とイオン」(3)	○「植物の光合成」(1) ⇔「有機物の燃焼」(2)	○「植物の体のつくり」(1) ⇔「細胞のはたらき」(2)	○「気体の性質」(1) ⇔「気圧・気団」(2)
○「物質の状態変化」(1) ⇔「物質の質量」(2)	○「物質の状態変化」(1) ⇔「化学変化と熱の出入り」(2)	○「光の性質」(1) ⇔「目のはたらき」(2)	○「力と圧力」(1) ⇔「気圧差で生じる風」(2)
○「電流と回路」(2) ⇔「水溶液とイオン」(3)	○「力と圧力」(1) ⇔「物体の運動」(3)	○「生物の進化」(2) ⇔「遺伝の規則性」(3)	○「日本の気象」(2) ⇔「自然環境と人間」(3)

(電磁誘導や光電池を「エネルギー」という概念で系統立てて学習する)

ここでは、2学年「電流と磁界」の学習において「科学概念の系統化」を図る授業を構成した。この単元名自体が「電流」、「磁界」という2つの概念を指し、関係性があるので、系統だてた学習が必要である。そもそも電流は電子の流れであり、電子の流れがあれば磁界を生じる。例えば、原子核の周りでスピンしている電子を電流と考えれば、原子自体に磁界が生じている。原子で発生しているこの磁界を、マクロ的に見た時に「電流の周りに生じる磁界」と表現している。さらに、電流、磁界が同空間にあれば、力を生じる。電流によって生じた磁界と、もともと存在する磁界とが力を及ぼし合うからである。

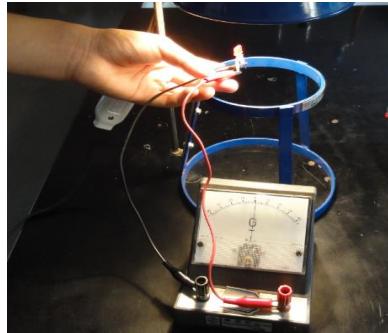
すなわち、これらの3つの要素「電流」、「磁界」、「力」はエネルギー概念として、一つに系統化して理解することが大切である。このような理解を通して「エネルギーの保存則」は、系全体で考える理由をイメージできるようになる。(下表参照→p10[以後の学習]のまとめ2)

2つの要素	生じるもの	具体的に起こっていること
電流 + 磁界	→ 力	電流による磁界と、もともと存在する磁界ではたらく力
磁界 + 力	→ 電磁誘導	コイルの中で磁石を動かす(力)と誘導電流が生じる。
力 + 電流	→ 磁界の変化	電流が流れているコイルを動かすと磁界が変化する。

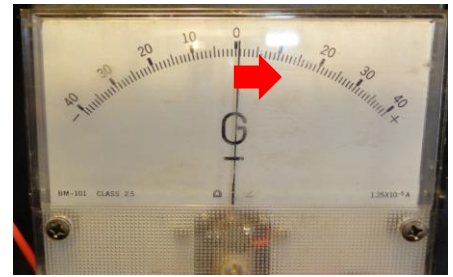
このような学習により、LED（発光ダイオード）に電流を流せば明かりがつく、すなわち光エネルギーを生じる。逆に、LEDに光を当てることで電流を作り出すことができることを、「概念の系統化」によって推測することができる。



足の長短を合わせて、発光ダイオードの足を束ねる。



ガルバノメータ（検流計）にすぎ、強力な光を当てる。



ガルバノメータを用いて電流を検知する。「発光ダイオードと光」を用いれば、確かに電流を作ることができる。

②授業実践 [2014年11月]

【ア 単元名】

第2学年 単元3「電流とその利用」 3章「電流と磁界」
「電流が作る磁界 ～LANケーブルを用いたコイルの実験～」

【イ 目標】

- 1 身の回りには電流がたくさんあることを理解することができる。
- 2 電流が流れると、その周囲には磁界が発生することを説明することができる。
- 3 電流の向きと生じる磁界の向きは、3次元的（空間的）な法則があることを説明することができる。

【ウ 「科学が好きな子ども」の育成との関連】

実験の手法は通常のものだが、LANケーブルを使うなど、新しい素材に目を向けた。また、空間での磁界の向きをワークシートという2次元に表現し、学習した法則を3次元のイメージにまとめるなど、グループの中で自分の役割をいかに果たすか、あるいは独創性のあるアイデアを生み出すかが重要になる。そこで、

- 情3「挑戦心(困難なものに立ち向かう意欲)」
- 技1「貢献力(社会に関心を持ち地道に尽くす力)」
- 技3「独創性(新しいアイデアを生む想像力)」

を意識して授業を進めていく。

【エ 授業の流れ】

[本時]

導入

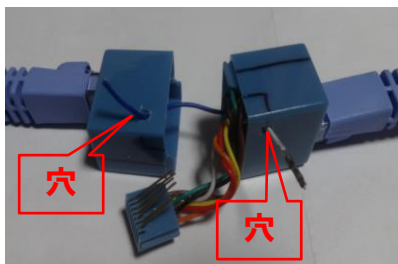
- LANケーブルを開いてみよう。
LANケーブルの接続部分を開いて観察する。→8本の導線が見え、8本の電流が流れていることを知る。
- LANケーブルの接続部分を改造したもの構造と実験内容を説明する。
(注意)
抵抗が大きいので、熱が発生する。そのため、電流を流すのは数秒間で素早く記録（磁石の変化等）をとる。



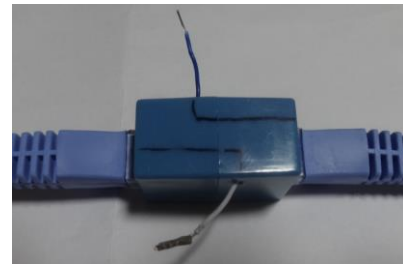
【LANケーブルの構造を確認する】



接続部を改造したLANケーブル
説明のため接続部を開いた写真



片方の接続線を全て1本ずつずらす。さらに、接続部ケースの横に穴をあけ、それぞれの一番端の線（白線と青線）を外に出す。



接続ケースを閉めた状態
ケースから出た線（両端）に電圧をかければ、8本の線の電流（コイル状の電流）ができる。

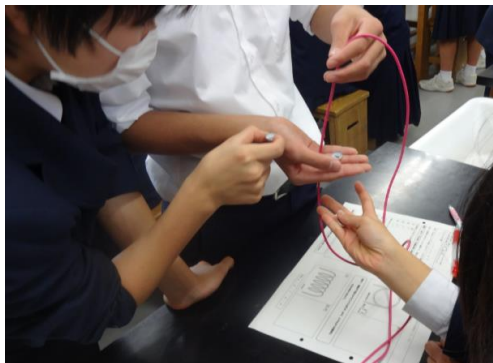
展開

○実験の目標と注意点を説明する。

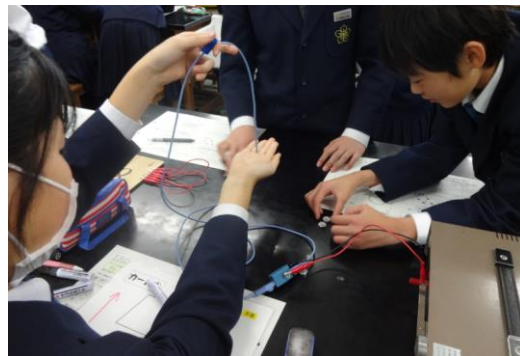
- ① LANケーブルは、軽くて様々な形状になり、長いので一度に何か所かで実験ができる。
- ② 抵抗が大きく、電圧は5Vで行う。ただし、抵抗が大きく熱が発生するので、磁石の向きなどの観察は素早く行う。

○実験

LANケーブルに電流が流れているとき、周囲の空間はどうなっているか。



ケーブルを輪にして、磁石で調べる



空間の周囲全体を調べる

○磁石で調べた結果

- ・ LANケーブルの周りで磁石が反応する。
- ・ 抵抗が大きく電流は流れにくいですが、小さい電流でも磁石がよく動く。
- ・ 場所によって、全然動かないところがある。（※結果から考えると、発生する磁界の向きと地球の磁界の向きとが一致していたらいい。）
- ・ 電流の向きに対して、右回りの磁界ができています。

まとめ

○実験でわかったことをワークシートにまとめよう。

- ① 電流が流れると、その周囲に磁界ができる。
- ② できる磁界は、電流の向きに対して右回りの向きである。
- ③ 電流が大きいほど、電流の本数が多いほど、できる磁界の大きさは大きい。

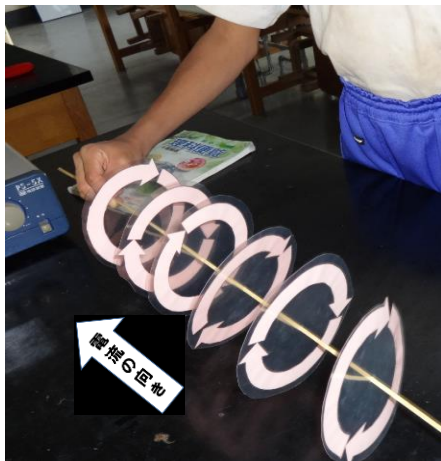
○電流や磁界は、お互いにどんな関係があるだろうか。

（→「以後の学習」課題）



【タブレット端末を用いた授業のまとめ】

LANケーブルは自在に動く。教卓上で実験を容易に再現し、動画で示すことができる。



【モデルは立体的に！】

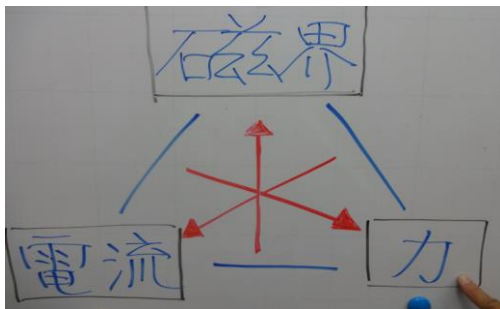
竹ひご（電流）とラミネートフィルム（できる磁界）による空間モデル

【生徒の感想】

LANケーブルを8本の導線として使うアイデアはなかなかだと
思った。ふつうの導線、ワニロケットの導線より、軽くて
すんわり丸手なので実験がしやすかった。それにしても、空間には
磁界がたくさんあふれていると思った。

パウチのこのモデルはうまくできていた。
左とか右だと、反対側から見ている人は
逆になる、てしまう。要するに、まとめが
出てきたように電流の向きに対して、
なに回りとかしないといけない。
空間は難しい。

【以後の学習】電磁誘導のまとめ・発展→「電流・磁界・力」（3要素）の関係を調べよう！



【まとめのホワイトボードから】

【まとめ1】電磁誘導

コイルの中や周りの空間で、「磁石を動かす」と電流ができる。「磁石を動かす」とは？

- ・磁石……「磁界」という磁力の空間
- ・動かす……「力」というエネルギーの変化

【まとめ2】3要素の相互関係

エネルギー概念で考えると、3要素（電流・磁界・力）は、相互に関係し合っている。

- 電流 + 磁界 → 力（左手の法則）
- 磁界 + 力 → 電流（電磁誘導）
- 力 + 電流 → 磁界（磁界の変化）

③成果や課題

【成果】

LANケーブルという身近な素材を実験に取り入れることで、実験への関心が高まった。また、素材の特性であるコイル状電流を簡単に作り出せることができ、実験設定を効率よく行うことができた。また、LANケーブルの特性である軽量、柔軟という特長によって、手で持ち、空間上で容易に実験ができた。結果を3次元の状態を確認するため、授業のまとめの段階でテレビ画像を用いたが、LANケーブルの特性により、教卓上で自在に実験状況を再現することができた。

電流と磁界の位置関係を示す立体的なモデルの導入により、理解が進んだと考える。このモデル作りでは、ラミネートフィルムが大いに活躍した。大きな矢印を立体的に作るには、どうしても重くなってしまうが、薄い紙に印刷した矢印をラミネート加工することにより、立体的な矢印にすることが容易にでき、非常に軽量のモデルを作ることができた。軽量であると、モデルを動かす際に様々な方向に動かすことができ、3次元の位置関係の把握には大きな効果があった。（上写真）

なお、電磁誘導のまとめにおいて、「電流・磁界・力」の関係をエネルギー概念で説明したが、「3つでワンセット」というキャッチフレーズにより、3つの関連性の理解は割合容易であった。

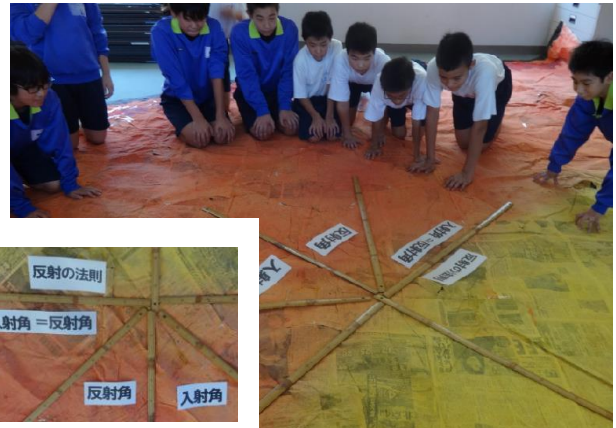
【課題】

実験結果から得た法則を、「右ねじの法則」、「右手の法則」などと3次的に言葉で表現することはできる。しかし、1本の電流やコイルの電流に対して、生じる磁界の方向を2次元で表すこと、すなわち、ノート上に表現することは非常に難しい。「矢印だけ」ではノートの裏面について表現できないため、一般的にはノートの上面に方位磁針を置き、そのN極の向きで表現する。しかし、

これも意外と難しい。数学でいわれる「空間把握」というもので、科学の法則の理解だけでなく、空間把握の能力と統合させる必要がある。この指導については、3次元の立体を回転させたり、様々な方向から示したりできるICT機器の活用が有効だと思われる。

④関連した題材や発展させた実践
(地球内部を地震波で調べる)

地球内部からの噴出物を調べることで、地球内部を推定できる。もっと直接的な方法として、地球に穴を開ける方法がある。地球の中心まで6400kmもあるというのに、現在の技術では、わずか十数kmしか掘り進めていない。そこで、地震波での調査が行われている。原理は、第1学年「身近な物理現象 光の性質」で学習した。光は波の性質があるので、地震波と同じ挙動を持つ。同一物質内では「光(波)は直進」するが、他の物質(密度の違う物質)に当たると、その表面で反射あるいは屈折するという原理である。これを用いて、地震の際、あるいは人工的に地震を発生させ、直接届く地震波と反射して届く地震波の時間差から、地下のどの部分にどんな密度の物質があるかを推定できる。このように「波」という同じ概念の挙動を用いて、地球という巨大な物体の内部を調べる手法を学ぶことで、新しい研究や発見のヒントにつながる。 [2015年2月]



【「100万分の1の地球モデル」の活用】

直接届いた地震波と反射した地震波の関係から、地球内部を推定する。写真は、マントルと外核の境界面で起こる「地震波の反射の法則」の学習。

(人は食べたものでできている)

「鉄分が足りない」、「カルシウム不足だね」などという言葉を知る。鉄もカルシウムも金属であり、私たちの身体は大量の金属を必要としている。血管と組織液、組織液と細胞の物質循環も、金属イオン濃度の浸透圧で行われている。鉄という物質は、建築材の鉄板であれ、体内の化合物であれ、原子番号26番の物質である。原子構造は、全く同じである。これは当たり前のことであり、「鉄くぎの鉄と血液中を流れる鉄は同一物質」という、科学概念の系統化を常に意識させることが重要である。「野菜サラダ」を研究テーマにした場合、野菜サラダの成分を「物質名」で追うことによって、ミネラルやビタミンの欠乏症を追究するなど、より深い研究へと導くことができる。普段の授業の中で、取り上げた題材がどういう科学概念で系統化されているかを常に意識させていくことが重要である。 [2014年10月]



【ドップラー効果の測定】

発信機を回転させて音源の速さを変え、首にかけた受信機で振動数の変化を測定する。(2014年度3年生「一人一研究」の様子、下表参照)

系統化する題材	系統化によって深まる学習内容や研究内容
昆虫類の発生後に種子植物が繁栄 [2014年9月]	地球上の生物の進化は、相互に関係している。種子植物の大繁栄には受粉を助ける昆虫類の誕生が不可欠であった。生物の進化を考える場合、生物間の関係はもちろん、気候や地形の変化など、地球全体の変遷を系統化する必要がある。
星間距離の測定の原理となる赤方偏移とドップラー効果 [2014年9月～12月]	星間距離の測定法は、波の理論で系統化できる。「全ての星が地球から遠ざかる」ビッグバン理論を用いる。ある星の写真を撮り(電波を受け取り)、地球との距離とその速さ(赤方偏移の大きさ)が比例すること(ハッブルの法則)を利用して星間距離を推定する。なお、赤方偏移は救急車が通り過ぎる際の、音の高低の変化(ドップラー効果)を利用するのが最もわかりやすい。(上の写真)

「足がつる」というのは、足がどうなっているのか [2014年11月]	「足がつる」とは、血管中に乳酸がたまり細胞に血液が届かず酸素不足となり、エネルギーを発生できない状態である。従って、乳酸を分解する飲み物を補給する必要がある。このように、乳酸の化学変化という統一概念で説明できる。
植物は外骨格？ [2015年5月]	地球の重力に抗して、どのように生活しているかを考える場合、巨大生物は海水の浮力を利用している。動物は、一般的に骨があり、植物は細胞壁で体を支えている。身体をつくりを「重力に抗する仕組み」という統一概念で説明できる。

(3) 科学リテラシーの定着 **事例3**

①この授業を設定した理由や背景

(マリ・キュリーの実験ノート)

物理学者木下是雄が物理学の一線から退き、「言語技術教育」の著書を多く出版するのは、1990年3月「レポートの組み立て方」(筑摩書房)からである。日本の科学者の表現力について、「日本語の思考法」(木下是雄、2009.4月、中公文庫)で、「この実験は……ということを示すものと思われる」、「この結果は……という関係を示唆している」などの例文を挙げ、「遠慮がちで不明確なために日本の研究者が第一発見者として認められなかったり、特許の論争に敗れたりする例はいまだにあとを絶たないようだ。」(上記著書より、そのまま引用)と述べている。

日本の科学論文の記述力を世界レベルのものにするには、小中学生の段階でもっと科学論文の表現技法を指導する必要がある。キュリー夫人(マリ・キュリー)の実験ノートを見ると、時系列で緻密に記録されている。ノーベル物理学賞につながるラジウムの発見は、実験器具の不具合から生じた偶然の現象から生まれた。実験ノートの記録を遡り、その偶然を再現したことで、世界はその事実を認めた。的確な記録によって、確信を持った発表が偉業につながったのである。

実験ノートの指導に力を入れている。左は、斜面を下る台車の実験データを処理したページである。

実験テーマは「斜面の角度の違いによる台車の運動」である。角度の大小の違いがあるデータさえあれば、この実験の目的は達成できる。しかし、分度器を用いて、「角度大=20°、小=15°」を測定し、記録した。「斜面の角度と加速度の大きさ」にまで課題を発展させた場合には、角度の記録が重要な意味を持つことになる。

【3年生の実験ノート】から

(日本人科学者が負ける理由は「体力」と「表現力」)

考察力や推理力に優れながら、日本人科学者が適正に評価されない理由として、体力不足や表現力不足が指摘される。高温多湿のアマゾンや猛暑の砂漠で研究を続ける体力はトレーニングで鍛えるしかない。それに対して、表現力については、日本人が持つ要因を克服する必要がある。「日本語」という言語自体の問題である。世界に発信する場合には英文などを用いることになるだろうが、母国語である日本語で正確な文章表現ができなければ、翻訳が不明確になる。ここでは、実験結果をもとに、考察を明確に述べるための技法の習得に絞って、授業を構成した。

②授業実践 [2015年6月]

【ア 単元名】

第1学年 単元3「身近な物理現象」 3章 力と圧力
「圧力と浮力 ～科学の表現技法を身につけよう～」

【イ 目標】

- 1 浮沈子の原理を探ることで、圧力と浮力について理解することができる。
- 2 実験結果を的確に記録する習慣を身につける。
- 3 考察したことやまとめを正確に表現する方法を身につける。

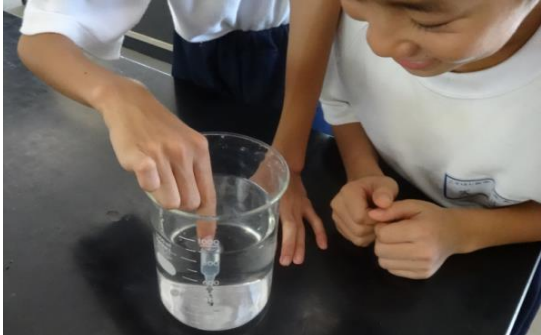
【ウ 「科学が好きな子ども」の育成との関連】

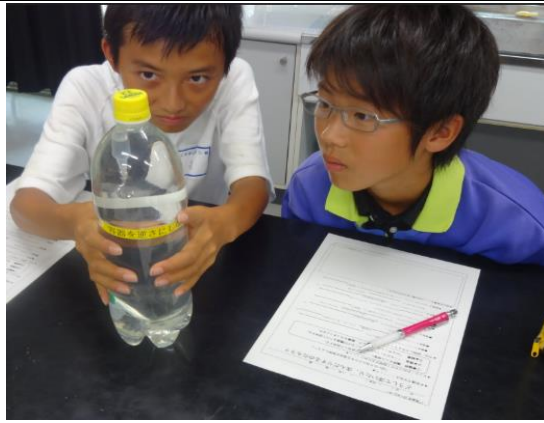
自分たちで製作した浮沈子を使って、その浮き沈みを注意深く観察することで、浮き沈みの理由を推測していく。その際、浮沈子に対して様々な実験を試みる挑戦心やグループで討論する協調性が重要である。また、これ以後の実験ノートの基礎を学ぶ時間なので、意見を論理的に整理し、それを的確に文章に表す力が必要である。そこで、

- 情2「協調性(周囲と力を合わせる精神)」
- 情3「挑戦心(困難なものに立ち向かう意欲)」
- 技2「表現力(知識や技能を共有し広げる力)」

を育むことを目指して授業を進めていく。

【エ 授業の流れ】

導 入	<p>(前時までには、浮沈子の製作は終わっている。)</p> <p>○浮沈子のおもりを調整しよう。 ビーカーに水を入れ、上部をつつくと、水に入り、ゆっくり上がってくる程度に、板おもりを調整する。 「浮沈子の重さ≒浮力」</p> <p>○ペットボトルに水を入れ、力を加えて、浮沈子が上下に動くことを確認する。</p>	
展 開	<p>○浮沈子が上下する理由をまとめよう。 浮沈子は浮いている。そこで、</p> <ol style="list-style-type: none"> ①押したときに、沈む理由を考える。 ②手を放したときに、浮き上がる理由を考える。 <p>そのために、まず、浮沈子にどのようなことが起こったかを観察し、ワークシートに記録する。</p> <p>○説明に必要な2つの原理を学習する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■「パスカルの原理」…閉じ込められた液体に力を加えると、どの方向にも同じ大きさの圧力が伝わる。 ■「アルキメデスの原理」…物体が受ける浮力は、その物体が押しのけた液体(水)の重さに等しい。 <p>○ワークシートの指示に従い、「操作」、「理由」、「結果」の順に分けて、箇条書きにしてから、一つの文章にまとめる。</p>	<p style="text-align: center;">【浮沈子の調整】</p> <p>「つつくと沈み、すぐに浮き上がる程度」に空気の量を調整する。つまり、「浮沈子の重さ≒浮力(浮沈子が押しのけた水の重さ)」としておき、小さい力で浮き沈みが起こるように調整する。</p>



【圧力をかけたときの浮沈子の観察】



○左…圧力なし→体積大→浮力大→浮く
 ○右…圧力あり→体積小→浮力小→沈む
 右の写真：圧力をかけ、浮沈子が沈んでいく。空気の部分が縮んでいる。浮き輪が縮むと浮力が小さくなるのと同じ。

○どんなことが起こっているか

- ・ペットボトルに水が詰まっていれば、上を押しても、下を押しても、浮沈子は縮む。(全ての方向に水圧が伝わる。) →どこかを押しと、圧力が伝わり、浮沈子が縮む(小さくなる。) (以上、「パスカルの原理」)
- ・浮沈子を押しと、浮沈子の体積が減っている。→押しをける水の体積が少ない。→押しをける水の重さが小さい。→浮力が小さくなる。(以上、「アルキメデスの原理」)

→浮いていた浮沈子が沈む。

※ペットボトルに入れる前に、浮沈子を調整していたことがここで生きる。

【説明文を書くための練習用ワークシート】

(「浮沈子」ワークシート)

月 日 (): 天気 () 1年 組 番

どうして浮いたり、沈んだりするのだろうか？

★不思議ですねえ・・・！？★

「浮いたり沈んだりする理由を説明しよう！」

★ヒント：わかりやすく説明するために・・・★

- ①●操作 操作をした順番に一つずつ区切って説明する。
- ②◆理由 「～なので」「～によって」などの理由をつけて説明する。
- ③▲結果 「以上のことから」として、結果をはっきりと示す。

最初に「説明の仕方」について、指示を与える。

- ①「操作・理由・結果を分けてかくこと」
- ②「短く文章を区切ること」
- ③「使う言葉を指定する」などを明確にする。

★では、説明してみよう!!!★

- 操作1→ペットボトルのどこを押しても エアキャップがつぶれる。
- 理由1→これは、パスカルの原理 によって、全ての方向に 圧力 が伝わるからである。
- 理由2→エアラップがつぶれると、押しをける 水の重さ が小さくなるので、浮力 (浮こうとする力) が小さくなる。
- ▼結果1→以上のことから、ペットボトルを押すと、物体は 沈む。
- 操作2→ペットボトルを押すのを止めると、
- 理由3→圧力 がかからなくなるので、エアラップが ふくらむ。
- 理由4→エアラップがふくらむと、押しをける 水の重さ が大きくなるので、浮力 が大きくなる。
- ▼結果2→以上のことから、ペットボトルを押すのを止めると、物体は 浮力。

最終的に一つの文章にまとめる(最下欄)が、下書きとして、操作・理由・結果を分けて書く習慣をつける。
 1年生として、最初の本格的なレポートとなるので、下線に適語を入れる形で練習する。

★自分の言葉で、一つの文章にまとめてみよう！

操作・理由・結果のそれぞれを「適切な接続詞と文末表現を用いて」、一つの文章にまとめる。(次ページ参照)

まとめ

- 以上のことをワークシートにまとめる。
- 感想をまとめる。※特に、科学の表現技法についての感想を書くようにする。

【最終課題「★自分の言葉で、一つの文章にまとめてみよう！」の例】

(まとめの欄の記入) 評価の観点は、「操作」、「理由」、「結果」が表現されているか。

(1) ペットボトルを押すと、パスカルの原理により水圧が伝わり、
操作 エアキャップがつぶれる。したがって、浮沈子の体積が小さく
なるので、押しかけた水の重さも小さくなり、**理由** アルキメデスの
原理によって浮力が小さくなる。したがって浮沈子が沈む。
(重さ**結果**浮力)

(2) ペットボトルを押すのを止めると、水圧がなくなり、エアキャップ
操作 がもとにもどる。したがって、浮沈子の体積が大きくなるので(もとにもどるので)
押しかけた水の重さも大きく、**理由** アルキメデスの原理により、浮力が大きくなる。
したがって、浮沈子が浮かぶ。(重さ**結果**浮力)

③成果や課題

【成果】

自分で製作した浮沈子に対して、「ペットボトルに力を加える」という動作をしながら、そのままの状態でも浮沈子の変化に目を向けるという教材である。生徒の動きが多く、変化を発見した時の達成感が大きい実験である。また、表現力の基礎を築くという点で、穴埋め方式のワークシートを何通りか作成して試みた結果、「操作」、「理由」、「結果」、「考察」などに分けて、順を追って書くという方式にすると、ほとんどの生徒がまとめの欄の記入ができた。今後のレポート学習や一人一研究の論文等に、この表現力の指導が生きてくるものと思われる。特に、「一人一研究」は夏休みにピークがくるので、一年生の夏休み前のこの単元でのレポート指導は効果がある。

「パスカルの原理」や「アルキメデスの原理」についての考察は、1年生にとっては難しく感じたので、観察結果の記述に集中させた。その際、実験の助言として、パスカルの原理については「ペットボトルの様々な場所を押すこと」、アルキメデスの原理については「ビーカーでかろうじて浮いている重さにおもりを調節したこと」などのアドバイスが適切であったと考える。

【課題】

パスカルの原理やアルキメデスの原理をより深く学習したい生徒には、ペットボトルの水温を変化させると浮き沈みの速さに違いが出ること、すなわち、押しかけた水の重さが変化することで浮力が変化する理由を考察させるとよい。また、圧力は大気圧の単元へ、浮力はものの浮き沈みの単元へと発展していくので、実験内容や考察の表現方法について、様々なパターンの文例を練習する必要がある。さらに、ここで学んだ表現力に工夫を凝らし、一人一研究などのレポートへ応用していくことが課題である。



【大気圧の大きさに感動！（楽遊館にて）】
子ども学芸員による「マルデブルグの半球」の逸話を聞きながら、科学の感動を体験する活動。二つの吸盤で机を持ち上げる力自慢の生徒。

④関連した題材や発展させた実践

(世界に通じる研究論文の土台作り)

毎年一人一研究に力を入れ、例年、千葉市、千葉県の論文コンクールにおいて、大変優秀な成績を収めている。本時の浮沈子を用いた実験は、理科の基本的な表現力を育むことと同時に、一人一研究のレポート作成のために、夏休み前に1学年の単元として位置付けている。その中で、全国レベルの賞を受賞したレポートをもとに作成した「一人一研究のしおり」を用いて、研究の重要な5つの要素「科学論文5要素」に力点を置いて説明している。「科学論文5要素」とは、

- ①テーマがおもしろい。【有用性】
- ②研究目的が焦点化されている。【焦点化】
- ③この研究だけで言える事実・意見の主張がある。【主張】
- ④データが豊富で同じ実験を再現性できる。【再現性】
- ⑤テーマに対する明確な結論が表現されている。【結論】

具体的に示すと、次表のようになる。下表は、本校の「27年度一人一研究のしおり」からの抜粋である。このほかの優秀作品も、夏休み前の授業で再現実験を示しながら、「科学論文5要素」(有用性、焦点化、主張、再現性、結論)を満たしていることを説明した。

【科学論文5要素】 本校27年度「一人一研究のしおり」から抜粋

全国レベルの賞を受賞した論文 科学論文5要素	「ミニトマトはなぜ割れるのか」	「つるで編む籠はなぜアケビのつるがよいか」
① <u>テーマがおもしろい</u> 【有用性】	○商品価値の高いトマトを作ることができる。	○長持ちする(壊れない)籠を作ることができる。
② <u>研究目的が焦点化されている。</u> 【焦点化】	○農家への聞き取り調査から、「雨の後」に、「熟した実のみ」が割れていることが多い。 →仮説：実が熟して、糖度が高くなると、浸透圧によって水分を吸収し、実が破裂する。	○伝統的に引き継がれている籠作りでは、冬にとったアケビのつるを乾燥後に籠を編む。 →仮説：冬のアケビのつるは他(フジなど)のつるにはない特徴や強度がある。
③ <u>この研究だけで言える事実・意見の主張がある</u> 【主張】	○ミニトマトの房の柄に水を満たした風船をつけ、風船を押して水圧をかけ、水が浸透していくことで、実際にミニトマトが割れることを検証する。	○冬と夏のつるの違いをみるために、断面の印影(様々なつるの断面を朱肉につけて押した印影)で形成層の部分の違い(乾燥度や間隙面積)をみる。
④ <u>データが豊富で同じ実験を再現できる。</u> 【再現性】	○ミニトマトを大量に準備し、濃度別食塩水法により比重で選別し、比重の違い(=糖度の違い)による、割れの発生率を確認する。	○山には大量のつるがあり、季節ごとに様々なつるを収穫すれば、材料はいくらでも手に入り、様々な種類の籠を作って強度を比較する。
⑤ <u>テーマに対する明確な結論が表現されている。</u> 【結論】	熟したトマトは糖度が上がり、浸透圧が高まって、細胞が大量の水を吸収して膨張し、ミニトマトの表面に割れが入る。	冬の休眠期にアケビのつるは道管の間隙が縮み、割れの起こる部分が少なくなるので、編む籠はアケビのつるが適している。

※上の表で引用した2つの研究例は本校の研究論文ではなく、全国学生科学賞入賞論文(千葉県代表のもの)の要約版をもとに、上表にまとめたもの。本校の「一人一研究のしおり」の中に取り入れて活用したもの。

「①テーマがおもしろい【有用性】」とは、その研究に惹かれるものがあり、その研究に意義があるという意味である。また、「④データが豊富で同じ実験を再現できる【再現性】」については、客観的な結論であることを示す重要性を指摘した。すなわち、他の人がその実験を追随したときに同じ結果を得ることができることを指す。また、「⑤テーマに対する明確な結論が表現されている【結論】」では、レポートのまとめ段階でテーマを再確認する必要性を力説した。研究が進み、実験を繰り返す中で、予想した結論とは違うものになることはよくある。その場合、結論が「テーマ」

に対して明確な表現になっているかを確認する必要がある。場合によっては、結論の表現を改めるのではなく、「テーマ」を直したほうがよい場合がある。これは、著名な研究においてもよくあることであり、研究論文の不正には当たらないことを指導することが大切である。〔2015年7月〕

また、「日本語という言語自体の問題」(p12参照)についても、「科学表現技法」(「L S O S」、22年度論文参照)として力を入れている。例えば、研究テーマが当初「おいしいお米の炊き方」であったが、英訳すると2つの別の表現になった。「おいしい」は「お米」にかかるのではなく、「炊き方」にかかることに気付いた。つまり、「おいしいお米をどう炊くか」ではなく、普通のお米を「おいしく炊く研究」であった。その結果、テーマを「お米のおいしい炊き方」に改めた。〔通年、随時〕



【ミニトマトはなぜ割れるのか】(上表の研究)

研究仮説「熟したトマトの糖度が高まり、水を吸収することで破裂する」ことを示した実験の再現実験。(一人一研究の指導)

風船に水を入れ、トマトの房全体に水圧をかける。房全体に水圧をかけることで、糖度の違うトマトに、同じ水圧を同時にかけることができる。

(日本を知るには外国を旅しろ！「屋台村方式」のコンセプト)

表現力を鍛える上で、屋台村方式の発表会は「短時間で確実に表現力を向上させる方式」である。本プログラムの本校論文において、過去に何度も屋台村方式の発表会を紹介しているので詳細は省くが、短時間で発表力、表現力を確実に向上させる。その理由は、1単位時間の中で「①発表者と聞き手が入れ替わること」、「②発表者と聞き手が入れ替わる時に作戦タイム(情報交換)をとること」である。聞き手の立場で困ったことを発表時に活かし、発表時に苦労した点を聞き手として質問するからである。他の同時多発発表会にはこの特徴はなく、聞き手はずっと聞き手、発表者はずっと発表者である。「日本を知るには、外国を旅しろ」と言うが、「屋台村方式の発表会」は、まさにこのコンセプトに拠って立つ。表現力は、短時間に驚くほど向上する。〔各教科で随時〕



【屋台村方式の発表会「全体の風景」】

声の重なりを避けるため、理科室の周囲に机を配置し、外に向かって発表する。中央に空間ができ、移動がスムーズである。

本校では、特別活動や生徒会活動などを含め、教科だけでなく行事などでも頻繁に、屋台村方式の発表会を行っている。

(4) 夢を実現させる科学 **事例4**

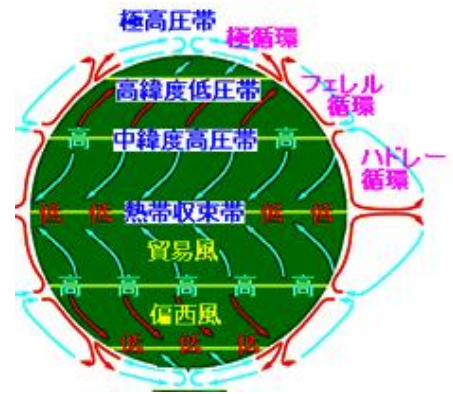
①この授業を設定した理由や背景

(水蒸気を多く含む空気は軽い)

雲についてアンケート(2014年10月、3年生対象)を行ったところ、気象の学習を終えている3年生でも半数近くが「雲は水蒸気である」と答え、雲の正体が水であることを理解できていない。水蒸気は見えないこと、凝結した水が空中に浮かんだものが雲であることなどを説明しても、なかなか定着しない。また、「湿潤な空気」、すなわち水蒸気を多く含む空気の重さについて質問すると、「湿った空気は重たい」というイメージを持っている。水は水素の化合物であり、水蒸気は非常に軽い。したがって、日本の夏を支配する「湿潤で温暖な小笠原気団は、なぜ高気圧なのか？」という疑問が起こるのが当然と思える。しかし、実際には「湿潤な空気は重い」という素朴概念に近い考えを持ち、「小笠原気団は高気圧」ということに生徒たちからは疑問の声が出ない。そこで、高気圧の成立を、地球規模の観点から考える視点を育むための授業を設定したい。

〔「湿潤・温暖」の小笠原気団は低気圧？〕

では、なぜ小笠原気団は高気圧になるのか。その答えは、空気の塊りの正体である「湿潤・温暖」からは答えが出ない。この答えを出すには、地球規模の巨大な空気の流れを調べ、中緯度高圧帯にできる下降気流による空気の圧縮を知らなければ説明ができない。プラクティカル・サイエンスから発展した「夢を実現させる科学」は、一見、想像もつかないようなことを地球規模で、あるいは宇宙規模で、あるいは逆に、目には見えない超微小な世界を知ること、想像もつかないような「夢」を語る学習である。ここでは、寒冷な極地方の空気の流れ（極循環）と高温の熱帯からの空気の流れ（ハドレー循環）のはざまにできる「フェレル循環」による圧縮大気による高気圧成立の学習を構想した。



【地球規模の空気の流れ】

②授業実践 [2015年1月]

【ア 単元名】

3学年 単元6「地球の明るい未来のために」 1章「自然環境と人間のかかわり」
「発展学習：地球規模の視点で環境を考える ～小笠原高気圧の成り立ち～」

※2年次の気象単元「日本の天気」では、小笠原気団（小笠原高気圧）の特徴や性質についてのみ学習し、3年次の「自然環境と人間のかかわり」という地球環境を考える中で、「小笠原高気圧の成立」を学習した。この配列の方が、理解を深める上で適切と考えた。

【イ 目標】

- 1 小笠原気団は、中緯度高圧帯にできる高気圧であることを説明することができる。
- 2 環境問題は局所的な見方だけではなく、地球全体の視野から考えることが重要であることを理解することができる。

【ウ 「科学が好きな子ども」の育成との関連】

科学が好きな子どもには、大いに科学の夢物語を語ってほしい。科学が好きな子どもを育てる喜びはここにある。感動は「常識を超えたところにある」のように、超巨大な世界、超微小な世界へと目を移すことで、新しい発見や喜びに出会える。気象単元によくある素朴概念について、地球規模の視点を持つことで、その克服を図る学習である。したがって、

- 情3「挑戦心(困難なものに立ち向かう意欲)」
- 技1「貢献力(社会に関心を持ち地道に尽くす力)」
- 技3「独創性(新しいアイデアを生む想像力)」

の育成を目指した授業を展開したい。

【エ 授業の流れ】

<p>導入</p>	<p>○気象の学習（2年次）の復習 「日本における自然からの恩恵について考えよう」 (気象の学習復習)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・温泉がある。 ・温帯地方で住みやすい。 ・四季がはっきりしている。 ・海に囲まれている。 ・海のおかげで急激な気温の変化が押さえられている。 	
------------------	---	--

「日本に影響を与える4つの気団」
調査内容の発表→意見交換（プチ屋台村）

○四季の特徴を示す気団は、どのような特徴を持っているだろうか。
 ※梅雨や台風など、季節ごとの天気の変化の理由を考えさせる。
 →主に、4つの気団（揚子江気団、小笠原気団、オホーツク海気団、シベリア気団）が四季それぞれに消長して、日本の気候に影響を与えている。

展開

○小笠原気団に注目してみよう。
 （性質・特徴）
 ・夏の天気を支配する。（勢力が強ければ、快晴で湿った夏になる。）
 ・湿潤である。 ・高温である。
 ・日本上空まで張り出すと、梅雨が明ける。
 （小笠原気団の成立について）
 →湿潤な空気の塊りなので、重くなり、高気圧になる。
 →反対意見などを求める。
 または、教師側から、湿潤な空気の重さについて考えさせる。
 水蒸気（水素が多くを占める）を多く含む空気は重いか？軽いか？
 →湿潤、温暖な気団は高気圧にはならない。
 →別の視点から小笠原気団の成立を考えてみよう。
 →地球規模の空気の流れ（教師側の説明）から推論してみよう。
 ○意見交換の後、百万分の一の地球を用いて、地球全体の空気の流れを想像してみる。



【ハドレー循環とフェレル循環の下降気流
 →「中緯度高圧帯」の形成】



【地球全体から見てくる「中緯度高圧帯」
 →「小笠原高気圧」】

■小笠原気団が高気圧になる理由■

- ①赤道地帯で温められた空気が高い緯度地方に向かい、小笠原付近で下降気流になる。（ア）
 - ②極地方の空気が重くなるので、低緯度付近に上昇気流ができ、低緯度低圧帯が発生する。それにより、フェレル循環が起こり、高緯度地方に向かった空気が小笠原付近で下降気流となる。（イ）
- ①、②より、
 「(ア)、(イ) の二つの下降気流により小笠原付近は中緯度高圧帯になり、小笠原高気圧ができる。」



【子ども学芸員による教材の準備】
 地球サイズを考えて曲線の巨大矢印を作成している。（左は製作に使った模造紙やはさみ）

まとめ

○話し合ったことを、自分の言葉でワークシートにまとめる。
 ・極循環によりフェレル循環が生まれ、小笠原付近に下降気流ができる。
 ・ハドレー循環により中緯度高圧帯の小笠原付近に下降気流ができる。
 以上の2つの下降気流により、小笠原気団は圧縮された空気が高気圧になる。
 ○わかったことをワークシートにまとめる。

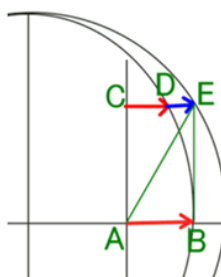
③成果や課題

【成果】

第3学年の環境問題の単元において、改めて地球規模での環境を考える時間を持つことで、小笠原気団など日本に大きな影響を与える高気圧について、改めて深く考える時間を持つことができた。また、第2学年の気象の学習では、一つ一つの気象用語などの理解に力を入れたが、この学習では、「地球規模」という視点で気象を見直すことができた。その結果、「水蒸気を多く含む大気は重い。」という素朴概念が解消された。同時に、中緯度高圧帯にできる下降気流によって小笠原高気圧が生まれることを理解することができた。

【課題】

このほか、地球規模の環境問題である地球温暖化の真相、エルニーニョ現象の日本の気象への影響、高気圧・低気圧と風向などは、地球規模で考えないと説明がつかない現象である。温暖化やエルニーニョ現象は気象学者の中でも意見が割れる難しい問題がある。また、コリオリの力は、地球の自転で起こる見かけの運動である。地球が球体で経線が極地方に行くほど狭いこと、すなわち、自転の角速度が同じでも地表面上の距離が異なることを示しながら説明しないと理解は難しい(右写真)。このように、地球規模で考えなければならない事象があることを知り、多くの立場から課題を見直していく姿勢を身に付ける必要がある。



高緯度(A)から低緯度(C)に風(南風)が吹けば、A→Bの自転により、風向はBからEである。しかし、実際にはBと同じ経度のD地点に風が向く。つまり、E地点より左(西)のD地点へ曲がったことになる。この見かけの力を「コリオリの力」と呼ぶ。



【コリオリの力】

④関連した題材や発展させた実践

(誰でも何にでも挑戦できる日本)

マクロ的、ミクロ的な見方を身につけた上で、将来の夢を語ろうとする場合、現在の日本には「東京オリンピック」という格好の題材がある。2020年7月から8月にかけての開催で、猛暑でのパフォーマンスの低下が心配されている。涼しい環境を作り上げる科学的な方法を始めとして、大いに夢を語るチャンスである。また一方で、東日本大震災による被災地の復興は終わってはいない。科学という手段を使うことで、復興のペースを上げることができるのではないかと。身近な問題に興味関心を持つ姿勢は、科学が好きな子どもにとって重要な要素である。 [2014年9月]

(凸凹のある地球儀は?)

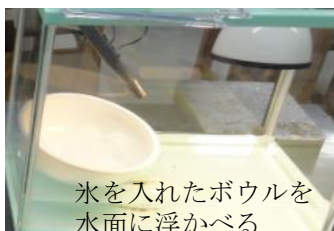
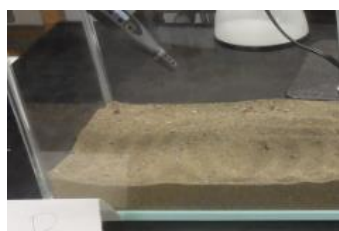
100万分の1サイズの地球(p19写真参照)を様々な場面で活用している。1年生では、このモデルの作成について、新聞紙の貼り合わせの大変さを説明するだけで大いに関心が高まった。また、地殻を黒く塗ったことは見ればすぐにわかる。しかし、よく見ると海がないことに気付く。地球表面の約70%が海なのに…。海溝や海底火山は別として、200~400m程度の水深の大陸棚を海と定義するのが一般的である。とすると、地球の半径6400kmを6.4mに縮めたこの地球モデルで、400mはどれくらいになるのだろうか? たった、0.4mmである。6.4mに対する0.4mm。つまり、海の色を塗らないことが、この地球モデルが正しいことの証明である。よく見かける50cm程度の地球儀は

表面がつるつるしているのので、正しい地球儀といえる。授業準備で、教師とともに様々な教材を製作する過程（下の写真）で真実を発見し、科学が好きな子どもが育っていく。[随時]

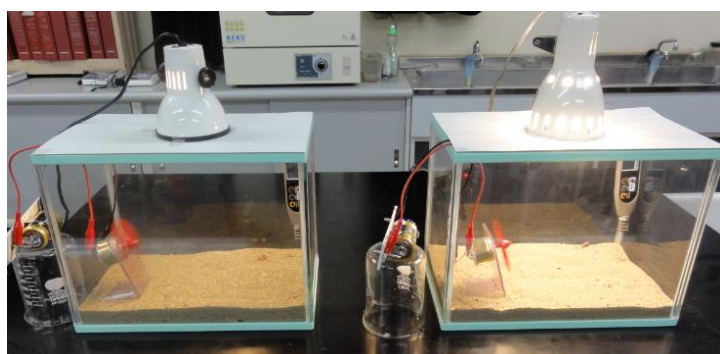
【様々なモデル作りに挑戦】



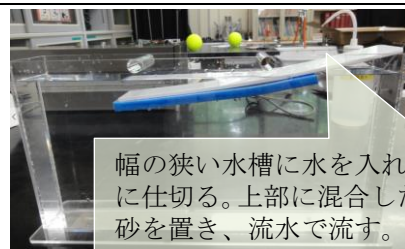
左：太陽モデル（夏、秋・春、冬）
 中左：大陸モデル
 中右：冬の海洋モデル
 下：秋・春の太陽モデル（左）と
 夏の太陽モデルによる実験
 ファンを回し、温度、湿度をデジタル測定できる機器を入れてある。



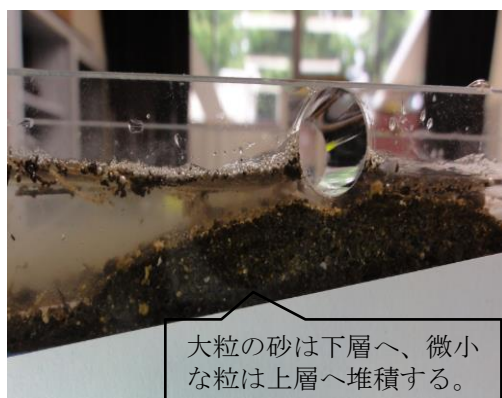
水を入れたボウルを
 水面に浮かべる



「気団の特徴（高温、寒冷、湿潤、乾燥など）を調べる実験」
 大陸や海洋のモデルを作成する。 [2015年3月]



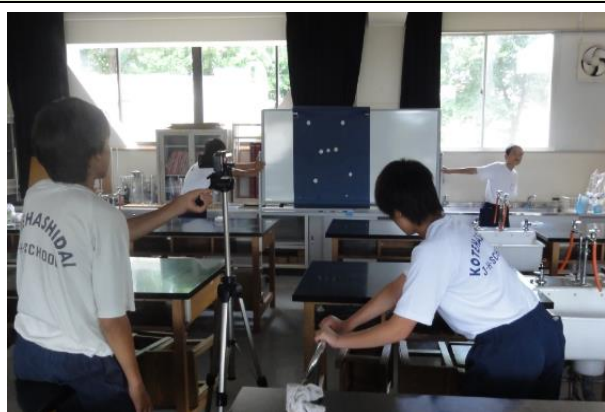
幅の狭い水槽に水を入れ、斜めに仕切る。上部に混合した粒の砂を置き、流水で流す。



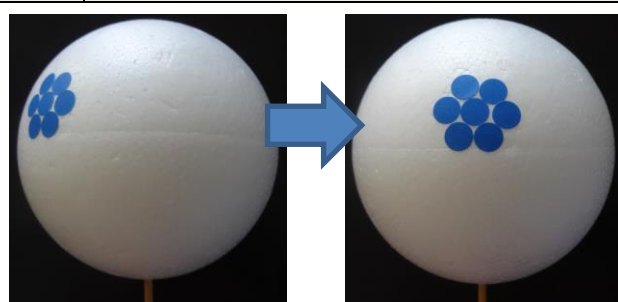
大粒の砂は下層へ、微小な粒は上層へ堆積する。

上：水を入れたミルソー

中：上から観察 下：横から粒の様子を観察
 水平方向の力（流水の力）で堆積した地層を
 垂直方向からも同時に見る工夫 [2015年1月]



「天動説と地動説」台車はビデオ固定、オリオン座モデルを右へ移動→次は逆の操作 [2014年11月]



実際に体験する大切さ！
 シールを黒点に見立て、球に竹ひごを刺して回転させながら、模様の変化を観察

太陽の球形を証明した「黒点の変化」のモデル
 [2014年12月]

Ⅲ 「2015年度教育計画の評価」を基にした2016年度の教育計画

1 2015年度教育計画の評価から

「科学が好きな子ども」を育てるために、六つの力（p2参照）の向上を目指し、「科学的潜在能力の刺激」を意識して実践を続けてきた。4つの柱の取り組みとそれぞれに関連した実践の評価については、それぞれの項で述べてきた。ここでは、全体的な概括評価を行い、大きな視野から検討を重ねて、次年度に向けた課題をまとめる。

	日常生活と関連付けた 教材の開発	単元教材の組み合わせ による科学概念の系統化	科学リテラシー の定着	夢を実現させる 科学
主な成果・課題	日常生活に関連の深い題材をもとに、その解決に向けて「適切な視点」を設定することで、本質をつかむことができた。課題として、日常生活と関連の深い事物には例外も多いことを念頭に置く必要がある。	「粒子・エネルギー・生命・地球」の4つの科学概念を念頭におき、考察やまとめを行う授業を構築できた。様々な事物や事象を同一の原理や理論から見る姿勢を育てることで、大きな視野を培うことができる。	科学レポートのまとめ方や発表する力を磨くことで、日本人の苦手とする表現力を磨くことができた。さらに、この手法を磨いて、「一人一研究」など、自分の課題のまとめへと応用することが課題である。	地球規模で考えなければ理解できない問題があることに気付くことができた。また、よりマクロ、あるいはよりミクロの視点で考えるべき問題や違う立場の視点に関心を持つことが課題である。
来年度の方向性	プラクティカル・サイエンスの流れをくみ、日常生活と関連付けることが科学による社会貢献につながるの、なお一層、「日常生活と関連付ける科学」に取り組む必要がある。	科学概念の系統化は大変難しいが、系統化する姿勢によって科学の知識や技術の全体像が見えてくる。高い理想に向かい、科学による夢の物語を作る上でもさらに取り組みたい。	日本人の弱点である表現力だけでなく、コミュニケーション能力などを含めた科学リテラシー全体は、全ての学習の基本となるものであり、学校全体で取り組んでいきたい。	科学概念の系統化と同様に、事物や事象を超マクロ的、超ミクロ的な視点で見るとは、科学の全体像を見る上で不可欠のものである。科学の夢を語る上でも継続して取り組みたい。

以上のような分析結果から、「科学リテラシーなどの基礎基本」、「日常生活との関連」、「科学の夢を語る物語」という3つのキーワードにまとめ、来年度の教育計画に反映させていく。

2 生徒の実態から

数年前まで、市内でも稀なほど自然豊かな地域であったことはし台も、3年ほど前から急激に環境が変化している。山野を開拓したみ春野（みはるの）地域の人口が急増したこと、それに伴い、学区を流れる新川（しんかわ）が護岸工事され、田んぼや山林などが減少した。また、数年前には春先に校内のあちこちで見られた冬眠から覚めたヘビやトカゲをめっきり見かけなくなった。また、千葉県は東日本大震災の被災県でもあり、放射性物質に関連して、湿地での活動などには大きな制限がある。これらの影響から、長年続けている「自然環境に関する経験」のアンケートにも、明らかに数字上の変化がある。学年ごとに生徒の特徴があり、一概には言えないが、下線をつけたミミズ、トカゲ、ゲンゴロウとの接触は激減しているのがわかる。また、新川の護岸工事とそれに伴って水場が遠ざかったことにより、メダカとの接触も少なくなっている。特に、ゲンゴロウを触った生徒は1.3%（2人/151人）しかなく、ほとんどの生徒がゲンゴロウを知らなかった。

「自然環境に関する経験」アンケート（○をつけた生徒の割合（%）、いずれも1年生）

質問「次の虫や動物たち（生きていて、動いている）を手で持ったことか、触ったことがありますか。持ったことか、触ったことがあるものに○をつけてください。」

	本校（2014年度）	本校（2011年度）	本校（2009年度）	市内I中（2009年度）
カブトムシ	38.0	44.1	74.1	68.7
トンボ	61.3	54.7	67.1	75.6
チョウ	62.1	59.0	56.8	57.7
バッタ	45.2	53.1	68.5	81.3
セミ	55.9	62.1	52.3	49.3
ダンゴムシ	63.2	80.7	76.2	88.1
ミミズ	<u>9.1</u>	24.8	35.4	31.9
トカゲ	<u>6.7</u>	23.1	66.9	44.3
メダカ	28.8	27.3	46.9	45.2
ゲンゴロウ	<u>1.3</u>	<u>1.6</u>	6.6	5.4

この状況を考え、「カエルと触れ合おう」キャンペーンを始めた。最初は気持ち悪いと遠慮していた生徒も、一人がカエルに触った感動を発すると、次々とカエルに手を伸ばす。「あのヌルヌル感がたまらない。」「意外と足の力が強い。」との感想。食わず嫌いならぬ「触らず嫌い」であったことは確かで、こういう経験が次の段階へ発展する勇気につながっていく。子どもたちに、忘れかけている何かに積極的に挑戦させ、新しい自分を発見させたい。それが、科学的潜在能力の刺激の端緒となるだろう。以上のことから、次のキーワードとして、「地域」、「更なる挑戦」が見えてきた。



「やったぜ！カエルを持った…！」

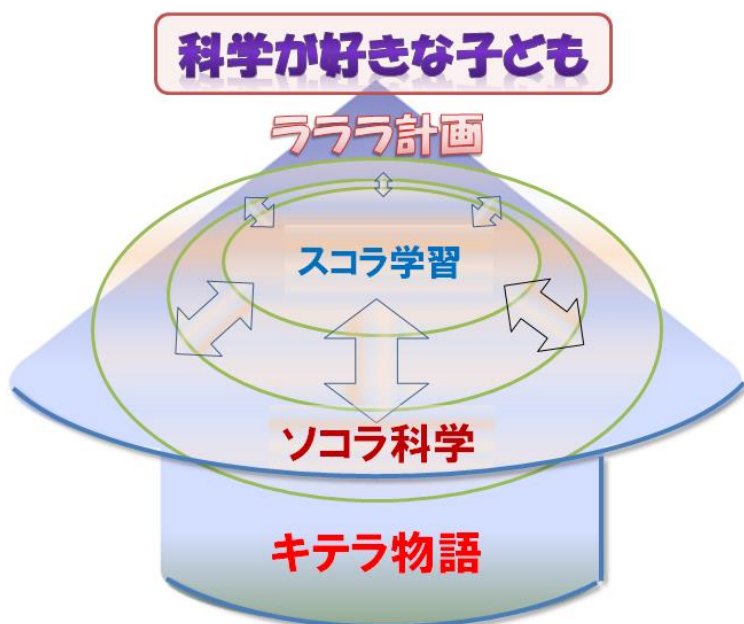
3 2016年度の教育計画「ラララ計画」

(1) キャッチフレーズと構想図

成果と課題、および生徒の実態から、教育計画のキーワードは「科学リテラシーなどの基礎基本」、「日常生活との関連」、「科学の夢を語る物語」、「地域」、「更なる挑戦」の5つがあがった。これらを検討し、焦点化した結果、「1 基礎・基本と表現力」、「2 日常生活および地域との連携」、「3 科学の夢物語」の3点に絞り込んだ。これら3本を柱として、2016年度の教育計画を構想する。

構想の際には、それを実践する推進力、すなわちキャッチフレーズが必要だ。そこには検討経過が盛り込まれ、見通しを示唆するようなものでありたい。そこで、「1 基礎・基本と表現力」は、理科授業を中心とした基礎・基本的な学習を示すので、ラテン語で「学校」を意味する「スコラ」を用いて、「スコラ学習」と名付けた。それに続く「2 日常生活および地域との連携」については、その意味合いから「身近な」、すなわち「そこら」から、「そこら辺の科学」と言い換え、韻を踏ませて「ソコラ科学」とした。

さらに、「3 科学の夢物語」については、スコラ学習とソコラ科学を土台として、それらを縦横に応用しながら「不思議で夢のある科学の物語」を創造する子どもたちをイメージしたい。そこで、「奇をてらう」、すなわち「変わったまねをする」という言葉を持ち出してみた。「一人だけ目立つのはよくない」という日本の風潮から考えると、「奇をてらう」という言葉には「否定的」な響きを感じる。しかし、世界標準の科学を目指すならば、日本人の引っ込み思案の姿勢を覆すためにも、「奇をてらう」姿勢を推奨すべきではないか。「人と違ってそれがいい！」の意識は、科学教育に不可欠だ。世界中と常時繋がったボーダレスの



2016年度教育計画のイメージ図 「ラララ計画」

時代にあって、「奇をてらう精神」は今後日本人が活躍するための必要条件に思える。以上のことから、スコラ学習、ソコラ科学を貫いて、科学の夢物語を描きだす教育を「キテラ物語」とした。

以上、3つの段階の語尾「ラ」をまとめて、「ラララ計画」と呼ぶこととし、教育計画の骨組みとしたい。これらをイメージ図で表したものが、上図「ラララ計画」である。なお、イメージ図の「スコラ学習」と「ソコラ科学」を結ぶ双方向の矢印は、学校での学習と地域との連携の緊密性を示している。

(2)「ラララ計画」の具体的なイメージ

①「スコラ学習」 ～基礎・基本と表現力～

何よりも、表現力の基礎・基本が大切である。本年度と同様、実験ノートについて、さらに丁寧で緻密な指導を加えていきたい。その繰り返しにより、上達した実験レポートが多くなる。レポート学習へのモチベーションをあげるためには、その先にある論文展覧会で入賞することを目指し、同時にそれが実現可能であることを実感させることである。本校では優秀な科学レポートが毎年制作され、千葉県の展覧会で数多く入選している。その実物を目の当たりにしたり、校内の発表会等で積極的にプレゼンさせたりすることで、後輩たちの意欲を高めることができるだろう。

また、短時間で発表力を向上させる「屋台村方式の発表会」は、理科の時間だけでなく、他教科や行事の時間でも展開されている。「キテラ物語」へと繋げるためにも、発表会の場では印刷物や掲示物だけではなく、音声画像や実物の活用、あるいは、身振り手振りと豊かな表情などの技術を駆使して、世界に通じる表現力を育んでいきたい。

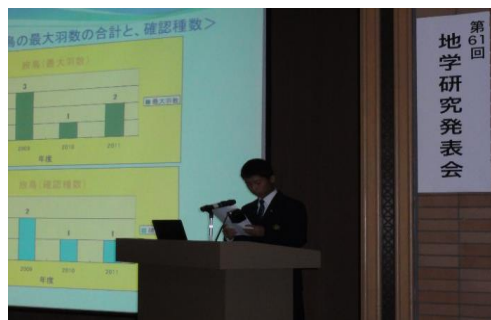
②「ソコラ科学」 ～日常生活および地域との連携～

人との交流は、成長の大きな糧となる。人間関係の希薄さが問題とされる今、地域との交流は中学生にとってとても重要である。地域の敬老会が本校体育館で盛大に行われるが、大勢の生徒が運営に協力し、参加する。老人の方々との触れ合いを通して、大きな心の成長が見える。小学校の放課後の活動「わくわくキャンパス」には本校の楽遊館の子ども学芸員が訪れ、小学生やその保護者を対象として実験会を開催している。小学生を指導する立場で参加するが、逆に教わることが山ほどあり、大変貴重な経験ををする。「千葉市花見川図書館祭」にも、毎年子ども学芸員が招待され、地域の方々に実験会を開催している。また、地域の救急救命士の方が来校し、本校生徒を対象に救急救命の講習会を実施した。身体のメカニズムや救命技術などを学ぶことを通して、救命士の方々の「社会貢献への姿勢や意欲」を肌で感じた。さらに、一人一研究の題材として地域の自然、新川の水生生物やその変遷などは、研究対象として魅力的である。そのほか、専門性が問われる研究内容については、高校との連携が5年がかりで続いている。

これらの実践はある程度定着しているが、状況によっては十分な成果があがっていない。成長段階を考慮し、生徒一人一人のニーズに合わせて、活動内容を密にしていけば、大いにキテラ物語の土台作りができると思う。

③「キテラ物語」 ～科学の夢物語～

科学概念は4つの系統に集約されていく。すなわち、違う現象に見えることも、科学概念としては同じものである場合がある。例えば、人が食事をするのは生きていくためだが、そのための食物の消化は、蠕動(ぜんどう)運動や消化酵素の分泌によって行われる。蠕動運動は物理的な分解で、ハンマーでレンガを砕くことと本質的に同じである。また、消化酵素による分解は化学反応であり、



【千葉県地学教育学会研究発表会】
招待された研究発表会。発表後、千葉大学の先生から、研究の講評をいただいた。



【「わくわくキャンパス」】
実験会を通じた小学生との交流



【救急救命講習会「社会貢献への意欲」】
50名もの救急救命士の方が、生徒のために無償で駆けつけてくれた。救命技術を学ぶだけでなく、救命士の方々の「社会貢献への意欲」を肌で感じる事ができた。

試験管の中で起こる化学変化と本質的に同じである。このように、身体の中や周り、大気や海の中、そして、地球全体や宇宙全体で起こっていることの不思議を語るためには、まず、スコラ学習とソコラ科学で、科学概念の不思議さの本質を見抜かなければならない。そして、いよいよ物語にするにはキテラの発想、すなわち、本質を崩さずに比喻を使ったり、印象深いキーワードを用いて、奇をてらった夢を語る。

例えば、「人は、小宇宙である。」という物語を、どうキテラするのか。私たちの太陽系は、2000億～3000億個の恒星と星間物質でできている。それに対して、私たちの身体は60兆個の細胞とその間を埋める物質でできている。大きさの違いこそあれ、ユニット数は私たちの身体のほうがはるかに多い。だから、人は小宇宙だと…。

キテラ物語には、本質から何かを「想像」し、そこから新しい何かを「創造」する力

と「表現」する力を鍛えなくてはならない。そのために、普段から教師と生徒が一体となって、教材作りをしたり、昼休みに楽遊館活動をしたり、なにげなく放課後に「心の中」や「宇宙の果て」の不思議さを語りあうことではないだろうか。同時に、授業で科学史の逸話を取り入れたり、様々な事象をミクロ的に、マクロ的に見る意識が必要だ。また、人間が幸福を求めて生み出した科学技術だが、それが却って環境問題を生み出したことへ目を向ける必要がある。さらに、普段とは形を変えて、科学概念を童話に置き換えたり、科学物語の台本作りをする時間を設定するのもおもしろい。このような試みを通して、「キテラ教材」を常に見つけ出していく姿勢が重要である。

■ 2016年度「ラララ計画」 ～試みたいと考える具体的な内容～ ■

「スコラ学習」 基礎・基本と表現力	「ソコラ科学」 日常生活および地域との連携	「キテラ物語」 科学の夢物語
<ul style="list-style-type: none"> ○実験ノートの指導 ○科学レポートの指導・掲示 ○科学論文展入賞の意欲化 ○校内発表会 ○屋台村方式の発表会 	<ul style="list-style-type: none"> ○わくわくキャンパス ○花見川図書館祭 ○高校との連携 ○地域との人的交流 ○地域の自然教材の積極的活用 	<ul style="list-style-type: none"> ○逸話を取り入れた教材 ○ミクロ・マクロ的な視点の意識 ○環境問題への取り組み ○童話・台本作りへの挑戦 ○キテラ教材の発掘

IV 終わりに

「科学的思考力」は生きる力の土台である。その根源となる「科学的潜在能力」を、子どもたちは無限に持っている。私たちはそれを刺激しながら、「科学が好きな子ども」を育てる使命を負っている。わくわくする仕事であり、それこそが教師の「キテラ物語」である。「スコラ学習」に取り組み、「ソコラ科学」で磨きをかけなければならない。「ラララ計画」は、常に現在進行形である。

(研究代表者 山本麻里子、論文執筆者 高野展也)



【宇宙は不思議に満ち溢れている！】
「太陽と月、そして地球」
(中央階段 2階ホールでの授業)