

教科書の内容を補完する教材・教具開発についての研究

—第5学年、第6学年の実践を通して—

和泉 研二・鎌田 潤一^{*1}・河村 美成^{*2}

A Study on Educational Materials to Supplement the Contents of Textbooks
-A case study of the fifth and sixth graders-

WAIZUMI Kenji, KAMADA Junichi^{*1}, KAWAMURA Yoshinari^{*2}

(Received January 7, 2015)

キーワード：子どもの既有的経験や知識、構成主義、教材開発、授業実践

はじめに

本論文は、研究紀要第37号に投稿した「教科書の内容を補完する教材・教具開発についての研究—第3学年、第4学年の実践を通して—」の続編である。前稿に引き続き、理科の教科書の不足部分を見出し、そこにどのような内容を補完すれば効果的な授業をつくることができるかを念頭に置いている。

教科書の内容を補完するにあたって、その学年の実態を考慮する必要がある。子どもが授業に持ち込む既有的経験や知識は、第3学年では生活経験が主であり、第4学年では、それに加えて図書やテレビ等から得た知識が多くなっていく。また、これらの学年は、類推して考えることが難しいため、教科書の内容と自作の教材・教具との関連をとらえられるようにする配慮が必要である。

筆者は、昨年度から理科専科として高学年の理科の授業に携わっている。その経験と今まで務めた学校での経験を併せた中から、子どもの既有的経験と知識を洗い出し、自らの授業実践を考察することで、教材・教具開発の視点を見出せればと思っている。

1. 研究の目的

本研究は、子どもの実感を伴った理解につながる授業づくりを目的としている。研究の背景にあるのが、構成主義の考え方である。子どもの既有的経験や知識に、教科書の内容やそれ以外の教師の働きかけの関連付けを図ることで、実感を伴った理解を獲得させる。その過程の中で、既有的の見方や考え方が、より科学的な見方や考え方へと変容していくのである（図1）。

研究の成果は、公立小学校の教員が授業をつくる上で参考になるものとする。そのために、身の回りの事物・現象や、安価な手作り教材等を扱い、できるだけ多くの教員が実践に移せるように心掛ける。研究の成果を還元する機会としては、本校の研究発表大会（6月）や中間発表会（1月）の他、「理科授業づくりの会」を考えている。

※「理科授業づくりの会」：本校理科部が、一昨年度立ち上げた公立小学校教員を対象とした勉強会。教科書の内容を中心に、講義と演習を行っている。一昨年度は5回、昨年度と本年度は6回、土曜日に開催している。

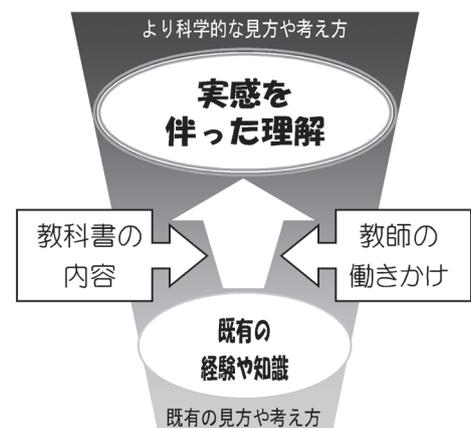


図1 授業のイメージ

*1 山口大学教育学部附属光小学校 *2 周南市立勝間小学校 (元山口大学教育学部附属光小学校)

2. 研究の内容

2-1 子どもの既有的経験や知識についての考察

子どもは、問題を解決しようと自己の生活経験や、見聞きした知識を積極的に活用する。確かに、該当学年以上で習う知識に感心させられることもあるが、誤概念を含んでいることも少なくない。ここでは、ノートや板書等の学習記録を振り返り、第5学年、第6学年における学習前の子どもの既有的経験や知識を整理し（表1、表2）、子どもの実態を考察する。

表1 学習前の子どもの既有的経験や知識（第5学年）

	単元と内容	子どもの既有的経験や知識【④はクラスの少数と思われるもの】	
		授業に生かせるもの	修正が必要なもの
物質・エネルギー	物の溶け方 ・物が水に溶ける量には限界がある ・物が水に溶ける量は、水の温度や量、溶ける物によって違い、この性質を利用して溶けている物を取り出すことができる ・物が水に溶けても、水と物とを合わせた重さは変わらない	・砂糖や食塩を溶け残こした経験がある ・水を蒸発させると、溶けた食塩を取り出せると考えている ・食塩を水に溶かしても、食塩の重さは変わらないと考えている	・食塩が水に溶けると、見えなくなる原理を意識していない ④食塩水は、底の方が濃いと考えている ・水温を上げると、食塩の溶ける量が増えると考えている
	振り子の運動 ・振り子が一往復する時間は、錘の重さや振れ幅などによっては変わらないが、振り子の長さによって変わる	④短い糸の方が、吊るした錘の動きは速いと考えている	・大きい人の方が、勢いよくブランコをこげると考えている ・振り子が一往復する時間は、錘の重さに関係すると考えている
	電流の働き【2-2-1】 ・電流の流れているコイルは、鉄心を磁化する働きがある ・電流の向きが変わると電磁石の極が変わる ・電磁石の強さは、電流の大きさやコイルの巻き数によって変わる	・電流を大きくしたり、コイルの巻き数を増やしたりすると、電磁石が強くなることを見聞きしている	・電磁石を作った経験がない ・電流を流したコイルも鉄を引き付けると考えている ・コイルの巻き数を増やすと、電磁石が強くなる原理を意識していない
生命・地球	植物の発芽、成長、結実 ・植物は、種子の中の養分を基にして発芽する ・植物の発芽には、水や空気、温度が関係している ・植物の成長には、日光や肥料などが関係している ・花にはおしべやめしべ等があり、受粉するとめしべの下が実になり実の中に種子ができる	・発芽に水が必要と考えている ・暖かくなると、発芽しやすくなると考えている ・日当たりのよい方が、よく育つと考えている ・おしべ、めしべ、花粉などを見たことがある	・発芽に土や肥料が必要であるとと考えている ・種子全体が水につかっても、発芽すると考えている ④雄花、雌花に分かれている植物を知らない ・受粉が結実に関係していることを意識していない
	動物の誕生 ・魚には雌雄があり、生まれた卵は日がたつにつれて中の様子が変わり孵化する ・魚は、水中の小さな生物を食べ物にして生きている ・人は、母体内で成長して生まれる	・魚や動物は、雌だけでは子は生まれないと考えている ・胎児は、へその緒を通して母体から栄養を受け取っていることを知っている	・子ができるための雄の役割を意識していない ④人も卵から生まれることを知らない ・精子のイメージが無い ・胎盤や羊水を知らない
	流水の働き【2-2-3】 ・流水には、土地を侵食したり、石や土などを運搬したり、堆積させたりする働きがある ・川の上流と下流によって、川原の石の大きさや形に違いがある ・雨の降り方で流れる水の速さや量が変わり、増水により土地の様子が大きく変化する場合がある	・石や土は、流水によって流されることを知っている ・川の上流と下流では、様子が違うことを知っている ・大雨による土砂災害を見聞きしている	・石や土は、河口にしか堆積しないと考えている ・曲がった川の内側と外側の様子の違いを意識していない ・砂防ダムや河川敷等の災害対策を知らない

生命・地球	天気の変化 ・雲の量や動きは、天気の変化と関係がある ・天気の変化は、映像などの気象情報を用いて予想できる	・衛星画像から、晴れの地域と曇りや雨などの地域を判断できる ・アメダスの情報を読み取ることができる	・天気の変化と偏西風との関係を知らない ㊤少台風は、寒い地域でも発生すると考えている ㊤少台風のことを知らない
-------	--	--	---

表2 学習前の子どもの既有的経験や知識（第6学年）

	単元と内容	子どもの既有的経験や知識【㊤はクラスの少数と思われるもの】	
		授業に生かせるもの	修正が必要なもの
物質・エネルギー	燃焼の仕組み【2-2-4】 ・植物体が燃えるとき、空気中の酸素が使われ、二酸化炭素ができる	・物が燃えるとき、酸素が使われ、二酸化炭素ができることを見聞きしている	・物が燃えるとき、大半の酸素が使われ、それが二酸化炭素になると考えている
	水溶液の性質 ・水溶液には、酸性、アルカリ性、中性のものがある ・水溶液には、気体が溶けているものがある ・水溶液には、金属を変化させるものがある	・酸性雨、アルカリイオン水、中性洗剤等から、酸性、アルカリ、中性の言葉を知っている	・鉄が塩酸に溶けるのは、酸の影響ではなく、薬品の影響であると知っている ・溶解と化学変化の違いを意識していない
	てこの規則性【2-2-2】 ・水平の天秤の支点から等距離に物を吊るしてつり合ったとき、物の重さは等しい ・力を加える位置や力の大きさを変えると、てこを傾ける働きが変わり、てこがつり合うときにはそれらの間に規則性がある ・身の回りには、てこを利用した道具がある	・天秤を使った重さ比べは、3年生の学習で経験している ㊤支点、力点、作用点の用語を知っている ・つり合いの関係式を抵抗なく見出し、使いこなせる	・実験用てこの目盛を相対的なものとしてとらえられず、数値に単位を付ける場合もある ・身の回りにおける道具における支点、力点、作用点を見出しにくい
	電気の利用 ・電気は、つくったり蓄えたりできる ・電気は、光、音、熱等に変えられる ・電熱線の発熱は、その太さによって変わる ・身の回りには、電気の性質や働きを利用した道具がある	・身の回りに、発電や蓄電を利用した道具があることを知っている	・モーターで発電できることを知らない ・コンデンサの存在や用途を知らない ・電球や電熱線等における抵抗の概念は無い
生命・地球	人の体のつくりと働き【2-2-5】 ・体内に酸素が取り入れられ、体外に二酸化炭素が排出される ・食べ物は、口、胃、腸などを通る間に消化、吸収され、吸収されなかった物は排出される ・血液は、心臓の働きで体内を巡り、養分、酸素及び二酸化炭素などを運んでいる ・体内には、生命活動を維持するための様々な臓器がある	・呼吸により、酸素が取り入れられ、二酸化炭素が排出されることを知っている ・胃、小腸、大腸の存在を知っている ・心臓の働きにより血液が循環していることを知っている	・呼吸により、吸気中の大半の酸素が取り入れられ、二酸化炭素になると考えている ・だ液に消化作用があることを知らない ・内臓の位置関係や、肝臓、腎臓などの臓器を知らない ・動脈と静脈があることや、それぞれの働きを知らない
	植物の養分と水の通り道 ・葉に日光が当たると、でんぷんができる ・根、茎及び葉には、水の通り道があり、根から吸い上げられた水は、主に葉から蒸散している	・日当たりのよい方が、よい実ができることを知っている ・水は、根から吸い上げられ、茎や葉の中の管を通して体中を巡ることを知っている	・植物の実は、主に肥料によってつくられると考えている ・吸い上げられた水の行方について意識していない
	生物と環境 ・生物は、水や空気を通して周囲の環境とかわって生きている ・生物の間には、食う、食われるという関係がある	・水や空気の循環について見聞きしたことがある ・肉食動物は、草食動物や小さな動物を食べることを知っている	・動物も、自ら養分をつくることのできることを知っている

生命・地球	土地のつくりと変化 ・土地は、礫、砂、泥、火山灰及び岩石からできており、層をつくって広がっているものがある ・地層は、流水の働きや火山の噴火によってでき、化石が含まれているものがある ・土地は、火山噴火や地震によって変化する	・地層に含まれる化石から、昔の土地の様子を推論することができる ・火山噴火や地震により、土地が変化することを見聞きしている	④地層は、土砂崩れや津波などの自然災害によってできる ・火山灰を見たことがなく、物が燃えた後の灰のようなものと考えている
	月と太陽 ・月の輝いている側に太陽があり、月の見え方は、太陽と月の位置関係によって変わる ・月の表面の様子は、太陽と違いがある	・月のクレーターや、太陽の黒点などを知っている	④新月を知らない ・月の出、月の入りの時刻が、毎日変わることを意識していない

○中学年と高学年における内容の違い

子どもの実態を考察する前に、まず、中、高学年で扱う内容の特徴を押さえておきたい。

中学年では、主に身近な事物・現象を扱うため、予想や仮説を立てる際に、既存の経験や知識を生かしやすい。（ただし、第4学年における水、金属の熱膨張や、水蒸気等を扱う内容は、この限りではない）それに対して、高学年では、より抽象化された事物・現象を扱うため、既存の経験や知識を類推しながら考える力が求められる。

重さを扱う内容を例にとると、第3学年「物と重さ」では、粘土の形を変えても、粘土を分けても重さは変わらないことは、今までの経験から素直に受け入れられる。しかし、第5学年「振り子の運動」や、第6学年「てこの規則性」では、錘を吊るして動かしたり、重さの違う錘をつり合わせたりする経験が無いに等しいため、見通しをもつことが難しくなってくる。

○第5学年の実態

この学年になると、生活経験よりも、図書やテレビ、通信教材等から得た知識を頼りに予想や仮説を立てるようになる。様々なことに興味が広がり、それだけ知識が増えていることもあるが、内容が身近な事物・現象から離れて、自己の生活経験だけでは説明しきれないことが考えられる。ただ、「コイルの巻き数を増やすと電流が大きくなるので、電磁石が強くなる」等、誤った知識で論理を構築することもあるので、観察や実験により実感を伴った理解に導く働きかけが必要である。

また、学年が上がることで、見方や考え方が発生的に変わるのでないかと感じることもある。水に食塩を溶かして見せたとき、第3学年の子どもの多くは、「食塩の重さが無くなった」と考えるが、第5学年になると、「食塩は、見えなくても水の中にあるので、重さは変わらない」と考えるようになるのである。

○第6学年の実態

子どもの実態は、第5学年と同様で、授業外で得た知識を問題解決に生かそうとする。ただ、化学反応や体内のつくりと働き、土地の成り立ち等、目で確かめることが難しい、或いは日頃意識していない内容を扱うため、既存の経験や知識及び新たに得た知識を関連させたり、類推したりする力が求められる。子どもにとって難関な場面であり、ここに理科離れに向かうか否かの原因が潜んでいるのではないかと考えている。子ども自身が、目的意識をもって問題解決に取り組むには、教師の問題提示が大きな役割を占める。「だ液は、何のために出るのか」と問うだけでは、「喉が乾かないため」、「食べ物を飲み込みやすくするため」となってしまう、消化に目が向かないのである。

2-2 授業実践を通じた教材・教具開発についての考察

子どもの既存の経験や知識を生かしながら、実感を伴った理解へ導くための教師の働きかけとはどのようなものか。ここでは、筆者の授業実践を振り返り、使用した教材・教具の効果について考察する。

2-2-1 電流の働き（第5学年）～単元構成の見直し（その1）～

○本単元のねらいと教科書に見る不足部分

本単元は、電磁石の極や強さの変化を調べることで、電流の働きについての見方や考え方をもちつことをねらいとしている。ここでは、電流の向きや大きさ、コイルの巻き数などの条件を制御しながら、電流が鉄心を磁化する働きをとらえることが大切である。

本校が使用する教科書の指導計画の概要と筆者の所感を図2に示す。

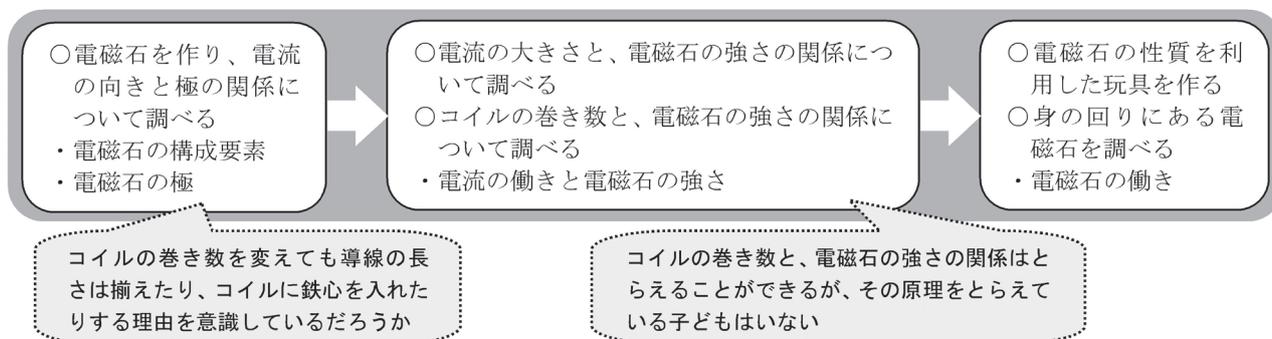


図2 「電流の働き」の指導計画と筆者の所感

学習指導要領解説理科編には、「電流が流れているコイルは、鉄心を磁化する働きがあり、…」とあり、教科書にも同様のことが書かれている。しかし、電流と磁力の関係にふれておかないと、コイルの巻き数を増やすと、電磁石が強くなる原理につながっていかない。また、筆者が初めてこの単元を扱ったとき、コイルを作った後、導線の余った部分を切り落としていたが、導線の抵抗により電流の大きさが変わってしまうので、これは厳禁である。いずれも、中学校で扱う内容であるが、原理を意識させないと、子どもの疑問を追究しようとする態度が育まれないと考える。

○本単元における教材・教具開発

本単元では、以下のア、イの内容を取り入れて単元構成を組み替え、実践を試みた。

ア 分子磁石の考え方

鉄が磁化する原理をとらえさせるために、単元の導入で分子磁石の考え方を扱った。

まず、2本の棒磁石を同極、異極で組み合わせて、磁力の強さを比べさせた。次に、フィルムケースに砕いたフェライト磁石の固まりを入れ、極の向きが揃ってないと、ネオジム磁石を使って、わずかではあるが極の向きが揃ったときの磁力の強さを比べさせた（図3）。

このようにして、極が揃うと磁力が強くなることをとらえさせた後、図を使って分子磁石の考え方を伝えた（図4）。その後、鉄釘をネオジム磁石で磁化させたり、木槌で叩いて消磁させたりして、鉄釘の中に在ると考えられている分子磁石の様子をイメージさせた（図5）。



図3 砕いた磁石の磁力

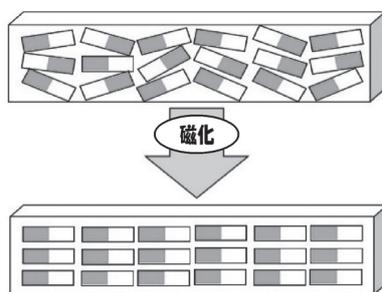


図4 分子磁石の考え方



図5 鉄釘を消磁させる様子

イ 電流と磁力の関係

電磁石の仕組みを「導線に電流を流すと磁力が発生する」⇒「導線を束ねると磁力が強くなる（ただし、クリップを持ち上げる程ではない）」⇒「電流が流れているコイルは、鉄心の分子磁石の向きを揃える（磁化させる）働きがある」の順でとらえられるように、単元の終わりに以下の授業を仕組んだ。

コイルの巻き数を増やすと、電磁石が強くなることは確かめているが、「それは、なぜか」と問うと、明確に答える子どもはいない。このようにして目的意識をもたせた後、次のような活動を仕組んだ。

まず、3.5mの導線に乾電池1個をつなぎ、方位磁針に近付けると、針が反応することを確認させる(図6)。次に、導線を束ねて方位磁針に近付けると、さらに大きく反応することを確認させる。

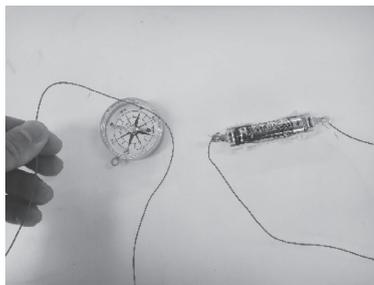


図6 導線に生じる磁力



図7 実験の様子

このようにして、コイルの巻き数と、電磁石の強さの関係を見出させるようにした(図7)。

○効果についての考察

分子磁石の考え方については、段階を追ってとらえられるように活動を仕組んだため、多くの子どもに受け入れることができた。しかし、電流と磁力の関係については、改善の余地がある。その原因が、コイルと鉄心の関係に目が向きにくかったことが考えられる。

授業の追加として、コイルの中にある鉄心中の分子磁石の様子を「電流を流す前」、「電流を流した瞬間」、「磁石になったとき」の3段階に分けて図示させる活動を取り入れた(図8)。その後、それぞれの考えを交流させることで、コイルと鉄心の関係を見出す子どもが増えたことから、分子磁石の考え方は有効であったと言える。

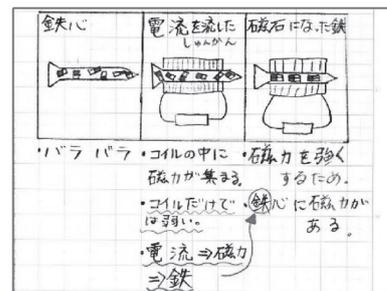


図8 子どものノート

2-2-2 てこの規則性(第6学年)～単元構成の見直し(その2)～

○本単元のねらいと教科書に見る不足部分

本単元は、てこの仕組みや働きを力の大きさや加わる位置を変えながら調べることで、てこの規則性についての見方や考え方をもつことをねらいとしている。ここでは、力の大きさと支点からの距離の関係を実験結果から推論し、その規則性を式に表したり、道具への利用のされ方を見出したりすることが大切である。本校が使用する教科書の指導計画の概要と筆者の所感を図9に示す。

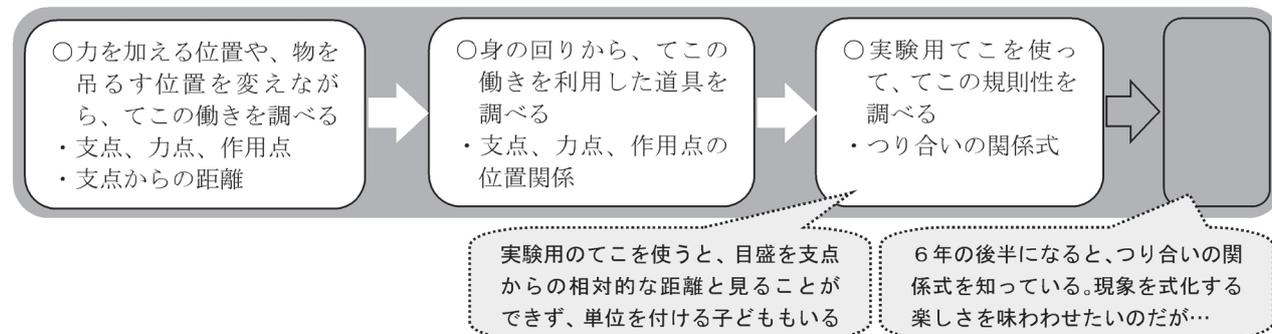


図9 「てこの規則性」の指導計画と筆者の所感

あくまでも筆者の主観であるが、物理の内容であるにもかかわらず、子どもにとって受け入れやすい。年が明けてから本単元の学習に入るのだが、受験対策のため、急場凌ぎでA4用紙1枚にまとめたプリントを使って説明したことがある。時間にして1単位時間かからなかったが、おそらくテストはできるであろう。しかし、ここに落とし穴があると考えられる。実感を伴わない学習が習慣化されてしまうと、今後、テスト時に丸暗記で対処するという悪影響を招いてしまうように思われる。

○本単元における教材・教具開発

本単元では、以下のア、イの内容を取り入れて実践を試みた。

ア 手作り実験用てこの活用

授業では、ホームセンターで買ってきた1mの細い角材を使った。

まず、錘を自由に釣り合わせると、どの班も違う重さの錘を釣り合わせていた(図10)。これは、自由試行から得た感覚で見当をつけながら、釣り合わせたとと思われる。次に、同じ重さの錘を釣り合わせ、その時の支点からの距離を基準に目盛を打たせた(図11)。すると今度は、事前知っている釣り合いの関係式に当

てはめながら、違う重さの錘をつり合わせていた。どの班も、自由試行の中から、つり合いの関係式を確かめるとともに、目盛の間隔が異なってもつり合いの式が成り立つことをとらえていた（図12）。



図10 つり合わせる様子



図11 等間隔に目盛を打つ様子

左うで		右うで		目盛り
重さ(a)	距離	重さ(b)	距離	
10	6	30	2	1班 5cm
20	1	10	2	2班 6cm
10	7	70	1	3班 4.5cm
20	9	180	1	4班 5cm
80	1	40	2	5班 14.5cm

図12 各班の目盛の間隔（右）

イ 3点天秤、4点天秤（筆者自作）の活用

実験用てこ（2点天秤）のつり合いの関係式は、言わば与えられた知識である。集めたデータから規則性を見出し、それを式化させるために自作の3点天秤、4点天秤を扱った。

2点天秤の経験から、3点天秤については、3つの腕の【錘の重さ】×【支点からの距離】の値が等しいときにつり合うことを早い段階で見出し式に表すことができた（図13）。4点天秤については、二つに分かれた（図14）。今までと同様、4つの腕の値が等しいときにつり合うと主張する班と、向かい合う腕の値が等しいとき（値が二つある）につり合うと主張する班である（図15）。結局、全体の話合いでは後者で一致し、中には、「腕の数が奇数のときは関係式の値が一つで、偶数のときは値が【腕の数】÷2の数あるのではないか」という考えも出された。



図13 3点天秤をつり合わせ様子



図14 4点天秤をつり合わせ様子

2点天秤
A: [錘の重さ] × [支点からの距離]
= B: [錘の重さ] × [支点からの距離]
3点天秤
A: [錘の重さ] × [支点からの距離]
= B: [錘の重さ] × [支点からの距離]
= C: [錘の重さ] × [支点からの距離]
4点天秤 (AとB, CとDは向かい合う腕)
A: [錘の重さ] × [支点からの距離]
= B: [錘の重さ] × [支点からの距離]
= C: [錘の重さ] × [支点からの距離]
= D: [錘の重さ] × [支点からの距離]

図15 つり合いの関係式

○効果についての考察

手作り実験用てこについては、もっている知識を試したり、つり合いの関係式の有用性を実感したりするのに有効であった。2点天秤、3点天秤についても、これまでの経験や知識を生かすのに有効で、特に、自らがデータを基につり合いの関係式を見出したところに価値がある。

本単元は、子どもの既存の経験や知識を類推させやすい内容であるため、子どもの主体性を生かすことができたと言える。

2-2-3 流水の働き（第5学年）～教科書の内容にひと工夫（その1）～

○本単元のねらいと教科書の限界

本単元は、川の様子を観察したり、流水の作用をモデル実験で調べたりすることで、流水の働きと土地の変化の関係についての見方や考え方をもつことをねらいとしている。ここでは、流れの速さや水量等の条件を制御しながら行った実験の結果と、実際の川の様子とを関連付けてとらえることが大切である。

本校のように、観察に適した川が近くにない学校は少なくない。また、実際の上流と下流の様子を観察するのは、不可能に近いと言ってよい。そのため、教科書の写真や視聴覚教材等に頼ることが多なるが、子どもは受け身になりがちである。

○本単元における教材・教具開発

隣の下松市に末武川がある。下流には大型レジャー施設、その北部には大型ショッピングセンター、ダム湖には大きな公園があり、上流にはナベヅルの飛来地がある。本校の子どもにとっては、馴染みのある川で

ある。また、この川は下流から上流まで道路が整備されていて、半日もあれば自動車写真で写真を撮りに行くことができる。授業では、この川を筆者はよく扱っている。

学習が深まった後、末武川の7つのポイントを示した地図(図16)と、そこで撮った7枚の写真を班毎に渡し、各ポイントに合う写真を選ばせた(図17)。上流と下流では、石の大きさや川幅等が違うことを学習しているが、ダムが2つあるため教科書に載っている川の様子とは違う所もある。7つ全てを当てるのは難しいが、重視すべきことは、写真を選んだ理由に学習したことが含まれているかどうかである(図18)。



図16 末武川の7つのポイント



図17 活動の様子

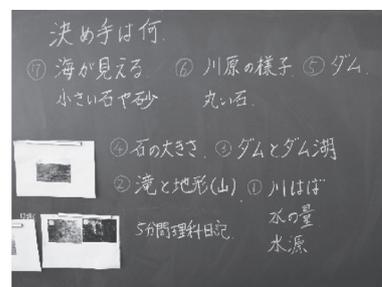


図18 写真を選んだ理由

○効果についての考察

先に、受け身になりがちな単元であると述べたが、子どもは学習したことや、互いが見聞きしたことを手掛かりに主体的に取り組む姿が見られた。中には、家の近くの川の様子を報告しに来る子どももいて、授業で身に付けた見方や考え方を広げることができる教材であると感じている。

2-2-4 燃焼の仕組み(第6学年)～教科書の内容にひと工夫(その2)～

○本単元のねらいと教科書の限界

本単元は、物を燃やし、燃やす前と後の物や空気の変化を調べることで、燃焼の仕組みについての見方や考え方をもちことをねらいとしている。ここでは、物の燃焼と空気の変化とを関係付けて、それらの質的変化を推論しながらとらえることが大切である。

本来、化学変化を扱う単元であるが、水溶液の性質における「アルミニウムと塩酸が結びついて、白っぽい物になった」のように、何かと何か結びついて別の物に変化したという考え方をさせるのは難しい。

「酸素が使われて二酸化炭素ができた」で終わってしまい、「何かと酸素が結びついて、二酸化炭素に変化した」とはならないのである。

○本単元における教材・教具開発

子どもは、原子、分子等の用語や、 H_2O 、 O_2 、 CO_2 等の化学式を見聞きしている。そこで、科学技術週間のホームページからダウンロードできる『一家に1枚周期表』を活用し(図19)、「水は、水素と酸素が結びついたもの」、「二酸化炭素は、炭素と酸素が結びついたもの」等のような見方ができるようにした。

物を燃やすと二酸化炭素ができる仕組みを確かめるために、炭素(活性炭)を酸素中で発火させる実験を行った(図20)。ピーカーを酸素で満たしてアルミニウム箔で密閉し、加熱するのである。対比させるために、鉄(スチールウール)も同様に発火させた(図21)。結果は、炭素では二酸化炭素ができ、鉄ではできない。FeにはCが付かないことから、燃焼のとき、物に含まれる炭素と酸素が結びついて二酸化炭素ができると結論付けた。



図19 周期表の活用



図20 炭素の発火



図21 鉄の発火

○効果についての考察

授業ではうまくいったように思えたが、子どもは本当に中学校レベルの内容を理解できたのだろうか。そのことを確かめるために、4か月後、次のような調査を行った。

設問 割り箸を燃やすと二酸化炭素を発生するのはなぜですか。『酸素』という言葉を使って説明しましょう。（6年1組30名に実施）

- ①空気中の酸素が、割り箸に含まれる炭素と結び付いて二酸化炭素に変化する（中学校レベル）・・・6.7%
- ②空気中の酸素が、割り箸を燃やすことによって二酸化炭素に変化する（小学校レベル）・・・・・・93.3%

学習前、子どもの考え方に「炎が酸素を取り入れて二酸化炭素を出す」というものが多かったが、調査結果が示すとおり、今回の授業を仕組んでも、子どもの見方や考え方は、更新されたとは言えない。原子、分子という用語や、化学式が使えているように見えても、それらの概念はできていないのである。

2-2-5 人の体のつくりと働き（第6学年）～教科書の内容にひと工夫（その3）～

○本単元のねらいと教科書の限界

本単元は、観察や実験、資料の活用をとおして、呼吸、消化、排出及び循環の働きを調べ、人や動物の体のつくりと働きについての見方や考え方をもちことをねらいとしている。ここでは、調べたこと基に推論しながら、消化や呼吸、血液の循環等の関連をとらえることが大切である。

資料を活用する割合が大きいので、だ液の消化作用や、呼気と吸気の違いを調べる実験は、確実にやっておきたい。しかし、教科書の問題設定では、問題意識を醸成させるには難しい。例えば、「吸う空気と、はいた空気では、どのような違いがあるのだろうか」等、既有的な経験や知識を引き出せないものである。また、呼気の二酸化炭素濃度は4%程度で、子どもは、これを多いと感じないだろう。

○本単元における教材・教具開発

問題設定を「ビニール袋をかぶると、なぜ危険なのだろうか」とした。このようにすると、親に注意された経験や見聞きした情報から、「息ができない」、「窒息する」、「二酸化炭素が増える」等の考えが出された。この時、「袋の中の空気が無くなるわけではないので、息はできるのではないか」、「窒息とは、どのような状態なのだろうか」、「呼吸と燃焼は似ているが、同じこととは思えない」等の問題意識が湧いてきた。

実験は教科書どおりで、気体検知管を使って吸気中の酸素が減り、二酸化炭素が増えることを確かめさせた。ここで、二酸化炭素濃度による体調変化の資料を提示する（図22）。わずかと思える二酸化炭素濃度でも、人体には重大な事態を招くことを伝えるのである。

二酸化炭素 3~4%
⇒頭痛、めまい、吐き気
二酸化炭素 7%
⇒意識不明、死にいたる

図22 二酸化炭素濃度による体調変化

○効果についての考察

問題意識をもって活動に取り組むことができたため、実験で得た数値の重みを実感しながら結論をまとめることができた。ある子どもは、学習前、「空気が無くなる」と考えていたが、学習後は、「たった3~4%で頭痛になり、7%で死んでしまう。はくたびに（ビニール袋の中の）二酸化炭素が増えてしまうので危ない」とまとめていた（図23）。

上にもあるように、たった3~4%で頭痛になり、7%で死んでしまうので危ない。はくたびに（袋の中の）二酸化炭素が増えてくるから危ない。

図23 ある子どものまとめ

3. 研究のまとめ

3-1 第5学年、第6学年の内容と子どもの実態について

中学年では、主に身近な事物・現象を扱うが、高学年では、より抽象化された事物・現象を扱う。そのような内容に対する子どもの実態を以下に示す。

- ① 子どもの既有的な経験や知識は、図書やテレビ等から得た知識がさらに増え、塾や通信教材等から得た知識を授業に持ち込む子どもも少なくない。授業に生かせる知識もあるが、実際に経験したり、確かめたりしていないため誤概念を含む可能性も大きい。
- ② 協同性や客観性が見られるようになり、他者と共に活動を進めることで、自己の見方や考え方を広げることができるようになる。

③ 内容にもよるが、類推して考えることができるようになってくる。今まで理解できなかったことでも、突然できるようになると思えるのも、そのためである。

①については、教師が最も注意を払わなければならない。子どもが理解しているものと授業を進めていると思わぬ失敗をしたり、子どもの誤概念を含む発言で困惑させられたりすることは、筆者もよく経験している。教師は、子どもの観察や実験で確かめようとする態度を育むよう、心掛けなければならない。

②と③については、大いに生かすべきである。子どもの既有的経験や知識を踏まえ、どのような内容をとらえさせるか、そのためにはどのような活動を仕組むかが授業づくりのポイントである。中学年と比べて活動の質を高められる分、より深い内容へ迫っていけるはずである。

3-2 教材・教具の開発について

2-2において、筆者が実践で扱った教材・教具を紹介した。これらは、教科書の内容を補完することを念頭に置いているが、子どもの既有的経験や知識によって差が見られた。てこの規則性(2-2-2)の実践は、既有的経験や知識を生かしやすいため、子どもが主体的に学習を進めることができたが、電流の働き(2-2-1)や、燃焼の仕組み(2-2-4)の実践は、既有的経験や知識が無いので、教師主導型の授業になってしまった感がある。教師の働きかけに原因があるのは認めるが、原子・分子概念に関する内容のため、もともと子どもの実態に合わないことも考えられる。

流水の働き(2-2-3)や、人の体のつくりと働き(2-2-5)の実践は、教師の働きかけのちょっとした工夫で、学習を深めることができた。いずれも、既有的に経験や知識を生かしやすい内容である。

これらのことから、教科書に補完する内容が、子どもの既有的経験や知識に即しているかが開発の視点であることがわかる。

その他、これらが一般的に扱いやすいものであるか、本校理科部が開催する「理科授業づくりの会」等での感想や意見を参考に改良を加えていきたい(図24、図25)。



図24 手作り実験用てこ



図25 末武川の7つのポイント

おわりに

本研究は、教材・教具開発の視点を見出す目的で行った。そのために、まず、子どもがもつ既有的経験や知識を整理した。実態把握を行うには、十分な資料集めができていたとは言いがたいが、昨年度の研究と合わせて、理科を学習する全ての学年の概要はつかめたと思う。次に、教科書の内容に補った方がよいと思われる、該当学年以上の内容でも子どもに習得させたかったりした教材・教具について、筆者の実践を振り返りその効果を考察した。その結果、有効であるか否かの原因が既有的経験や知識にあることも見えてきた。

筆者のつたない授業実践を通しての研究であるため、不十分な面も含むことを否めない。今後も授業づくりの研鑽に励みながら研究の精度を上げていき、多くの先生方の参考となるように仕上げていきたい。

引用・参考文献

鎌田潤一：「教科書の内容を補完する教材・教具開発についての研究 ―第3学年、第4学年の実践を通して―」，山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要第37号，2014。

掘 哲夫：「学びの意味を育てる理科の教育評価」，東洋館出版社，2003。

文部科学省：「小学校学習指導要領解説理科編」，大日本図書株式会社，2008。

本校使用教科書：「たのしい理科5-1年」，「たのしい理科5-2年」，「たのしい理科6年-1」，「たのしい理科6年-2」，大日本図書株式会社，2011。

仮説実験授業研究会：「授業書 磁石」，1968。

科学技術週間：「一家に1枚元素周期表」，ホームページ<http://stw.mext.go.jp/series.html>