

理科授業における習得した知識・技能を活用して科学的に追究できる児童の育成

—小学3年「風とゴムの働き」と「物と重さ」における言語活動を充実させた授業の実践を通して—

清水 哲 弘

岐阜県高山市立北小学校

川 上 紳 一

岐阜大学教育学部

Bringing up children's scientific thinking utilizing acquired knowledge and skills in science classes: practice with language activities in the subjects "wind and rubber operations" and "weight of material"

Akihiro Shimizu

Kita Elementary School, Takayama-shi, Japan

Shin-ichi Kawakami

Faculty of Education, Gifu University, Gifu, 501-1193, Japan

要 旨

中央教育審議会の答申を受け、理科授業においても言語活動を重視して、児童・生徒の思考力や判断力を高めることが理科教育における重要な課題となっている。学習内容についても、「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」といったキーワードで学習内容の系統性が打ち出され、新しい単元が導入された。本研究では、小学3年における「風とゴムの働き」、「物と重さ」の授業実践のなかで、習得した知識や技能を活用し、科学的に追究する児童を育成することをねらって、学習過程を構築し、授業実践を行ってその検証を行った。この2つの単元を学習する小学校第3学年の児童の先行知識を調査し、習得したことを活用できる単元指導計画を立て、学習過程にいくつかの工夫を凝らして授業実践を行った。その際、特に実験結果を整理して考察したり、科学的な概念を使用して説明したりする言語活動の充実を目指した。それらの言語活動を通して、児童に確実に知識や技能を身に付けさせ、その知識・技能を活かして科学的に追究できる児童の育成を図った。授業実践後には、学習者にアンケート調査を行い、単元指導計画や学習過程における工夫で効果が見られたかを調査した。

【キーワード】理科、言語活動、風とゴム、重さ、学習指導、言語活動

1. はじめに

小学校学習指導要領の改訂に先立ち、中央教育審議会の答申では、「科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から、学年や発達段階、指導内容に応じて、観察・実験の結果を整理し考察する学習活動、科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動、探究的な学習活動を充実する方向で改善する。」とされた（中央教育審議会、2008）。また、学校基本法が改定され、学習内容の確実な習得やその活用の力をつ

けることが求められるようになった。習得や活用は言葉を通じて実現されることから、「言語活動の充実」という方針も明確にされている。その具体化には、知識や技能を確実に身に付けさせる指導のあり方を検討し、活用する際には、考えたことを表現する場面を設定し、表現力を高めることも指導する教師には求められている。

さらに、新しい学習指導要領理科編では、学び方の特性と、中学校の「第1分野」、「第2分野」との整合性も加味して、小学校は従来の3

区分から、「物質・エネルギー」と「生命・地球」の2区分になった(文部科学省, 2008)。そして、「物質・エネルギー」については、児童が自ら条件を制御して実験を行い、規則性を帰納する学び方を重視しており、「エネルギー」、「粒子」を科学の基本的な見方や概念の柱とすることになった。

小学校第3学年における「風やゴムの働き」は「エネルギーの見方」、「物と重さ」は「粒子の保存性」を科学の基本的な見方や概念として、新たに追加された内容である(三井, 2010)。また、学習指導要領には、児童に身に付けさせたい問題解決の能力も、中学校との接続を見据えて学年ごとに明確に示されている。さらに、小学校第3学年では、「比較する」という問題解決の能力を重点的に育成することが求められている。以上のことから、小学校第3学年の児童に習得させるべき知識は、科学の基本的な見方や概念の柱となる知識であり、習得させるべき技能は、比較しながら追究する問題解決の能力となる。

「風とゴムの働き」については、生活科との関連をもたせた授業(佐々木, 2010; 鳴川, 2010)や、ゴムのもつエネルギーを実感させる授業(向, 2010)などの実践がある。また、「物の重さ」については、算数科の授業と関連させた実践がある(八嶋, 2010)。

本研究では、この2つの単元を学習する小学校第3学年の児童の先行知識を調査し、習得したことを活用できる単元指導計画を立て、学習過程にいくつかの工夫を凝らして授業実践を行った。その際、特に実験結果を整理して考察したり、科学的な概念を使用して説明したりする言語活動の充実を目指した。それらの言語活動を通して、児童に確実に知識や技能を身に付けさせ、その知識・技能を活かして科学的に追究できる児童の育成を図った。授業実践後には、学習者にアンケート調査を行い、単元指導計画や学習過程における工夫で効果が見られたかを調査した。また、ノートの記述や授業の活動の様子から、知識・技能を活用して科学的に追究できていたかどうかを検証した。

2. 児童の実態調査

児童がもともと持っている素朴な概念を打ち砕き、科学的な概念に変容させるためには、実感を伴った理解となるように、指導計画を工夫する必要がある。2つの単元はA区分なので、条件を制御して実験を行い、規則性を帰納する学び方で追究できる。したがって、指導要領で示された学習内容について、児童がどのような認識をもっているのか質問紙で調査して、指導計画を工夫する根拠とした。たとえば、児童があらかじめ知識をもっていて、予想をもちやすい条件の実験から行うことで、確実に知識・技能の定着を図り、習得した知識・技能を活用して次の条件について追究できるような学習内容の配列を考えることにした。

「風やゴムの働き」は5月、「物と重さ」は10月に授業実践するので、単元に入る前に先行知識を調査した。問題の内容は、学習指導要領で示された指導内容について問うものである。岐阜県高山市立北小学校3年生130名に授業を実施する前に行った。調査結果は表1、2のようになった。

表1. 「風やゴムの働き」の正答率

「風やゴムの働き」の質問内容	正答率
風が強いと車の動く距離が遠い	73%
ゴムの伸びが長いほど動く距離が遠い	90%
ゴムの太さが太いほど動く距離が遠い	49%
ゴムの本数が多いほど動く距離が遠い	67%

指導要領で示された指導内容である「ア 風の力は、物を動かすことができること」、「イ ゴムの力は、物を動かすことができること」について、風やゴムに物を動かす力があることはよく理解できている。しかし、ゴムの力を変える方法は、条件によって差があり、「太さ」について正答率が低い。したがって、ゴムの元に戻ろうとする力を変える方法として、ゴムの太さを変える実験を行うことで、実感を伴った理解を図る必要がある。

表2. 「物と重さ」の正答率

「物と重さ」の質問内容	正答率
粘土の置き方を変えても重さは変わらない	38%
粘土の形を変えても重さは変わらない	19%
アルミホイルの形を変えても重さは変わらない	27%
体積が大きいほうが重い	83%
同体積の塩と砂糖では塩のほうが重い	32%
同体積の鉄と木では鉄のほうが重い	93%

指導要領で示された指導内容である「ア 物は、形が変わっても重さは変わらないこと」は、正答率が低い。また、「イ 物は、体積が同じでも重さは違うことがあること」は、見た目が似ている塩と砂糖はどちらが重いのか判別できないが、鉄と木では鉄が重いと正しく答えられる児童がほとんどであった。したがって、粘土を使った実験で体積が変わっていないと重さも変わらないことを理解させてから、同体積でも重さが異なることがあることを追究させる配列を考えた。

3. 単元構想図と単元指導計画

児童の見方や考え方が、より科学的になっていくために、どのように学習内容を配列したらよいか考えるのが単元構想図である。児童の見方や考え方が、学習指導要領に示された内容に近づく順序を示す。また、習得した知識が次のどの知識と結びつくのかも明確にした。こうした系統性をもたせることで習得したことが活用しやすくなる。それぞれの単元で特に留意した点について述べる。

「風やゴムの働き」では、特に体感を重視して、力と物体の運動の関係を見つけさせられるようにした。まず、力の存在をより強く実感させるために、手の力で車を走らせる活動を取り入れる。手の力は自分で調節するため、弱い力と強い力が実感できるので、手の力を強くすると車の動く距離が遠くなることが明確に分かる。次に、ゴムの力を実感できるように、ゴムを捻ったり、引っ張ったりして、元に戻ろうとするときに力が生じていることを体感させる。その後、実態調査で正答率の低かった「太さ」について

とらえさせるために、変える条件を「長さ」、
「本数」、
「太さ」として、習得した知識を活用して予想と考察ができるように配列した。なぜ、このような配列なのか理由を述べる。「長さ」で「ゴムの元に戻ろうとする力が強くなると、車の動く距離も遠くなる。」という見方や考え方を身に付けさせる。次に、「本数」で「本数が多いほど、力が強くなる。」と考えさせておくと、「本数が多いのは、ゴムが太くなるのと同じだから、ゴムが太くなると、力が強くなる。」という考え方につながる。以上のように、児童の見方や考え方を漸進的に高められるようにした。さらに、変える条件だけを変えることによって、児童が行う実験は、ほぼ同じ器具、同じ方法で行うことができる。つまり、身に付けた実験技能を活用して、自分で実験方法を考えて実施することも可能になる。

「風やゴムの働き」の単元の配列を知識・技能を習得させることを主な目的とした単位時間を「習得型」、習得した知識・技能を活用して課題追究することを主な目的とした単位時間を「活用品」と分類して示すと表3のようになる。

表3. 「風やゴムの働き」単元配列の一部

時	型	学 習 内 容
2	習得	手の力で車を走らせて距離を調べる
3	活用	風の力を送風機で変えて距離を調べる
4	習得	ゴムを捻ったり引っ張ったりして、ゴムの元に戻ろうとする力の変化を調べる
5	習得	ゴムの長さを変えて距離を調べる
6	活用	ゴムの本数を変えて距離を調べる
7	活用	ゴムの太さを変えて距離を調べる

車の距離を調べる時間が合計5時間あり、全て体育館で実施し、距離を測る方法は同じにする。つまり、力の大きさを変える方法だけが変わるので、児童は予想をもちやすく、実験方法も熟達するので、活用する機会が増える。児童の見方や考え方のつながりは、単元構想図に矢印を用いて示し、知識のつながりもわかるよう

にしている。(資料1参照)

「物と重さ」では、まず「粒子の保存性」につなげるために、「どんな小さな粒にも重さはある。」という質量の存在に気付かせる学習活動が必要であると考えた。そこで、第1時には塩と水の重さを量ることで、「小さな粒の重さが集まって塩の重さになっている。」という見方を習得させる。次に、物の形を変える例として、「丸くする」、「平らにする」、「バラバラにする」の3つをとりあげる。「バラバラにする」ということについては、実態調査で最も正答率が低かったため、「粘土をバラバラにしたら、重さはどうなるか。」という課題でもう1時間増やして授業を行う。また、このことにより前時で身に付けた知識や技能を活用しながら、主体的に追究できる時間が増えることにもなる。さらに、単元の終わりに習得してきた知識や技能を活用する発展的な実験を行うことで、身に付けた見方や考え方を高めることができるのではないかと考え、活用を重視する時間を1時間追加した。学習内容は、塩と砂糖を同量混ぜた混合物の重さを量る実験を通して、「一粒一粒の重さは、混ぜても変わらない。」という「粒子の保存性」にもつながる見方を学習するようにする。(資料2参照)

「物と重さ」の単元の配列を習得型、活用型で分類すると表4のようになる。

表4. 「物と重さ」単元配列

時	型	学習内容
1	習得	塩をカップに入れて重さを量る
2	習得	粘土の置き方を変えて重さを調べる
3	活用	粘土をバラバラにして重さを調べる
4	活用	粘土の形を変えて重さを調べる
5	習得	体積を揃えて塩と砂糖の重さを調べる
6	活用	体積を揃えた種類の違う物体(鉄、木、プラスチックなど)の重さを調べる
7	活用	塩と砂糖の混合物の重さを調べる

以上のように、単元構想図を作成すると、児童の見方や考え方が漸進的に正しい科学概念に近づくように、単位時間ごとのつながりが明確になる。また、習得した見方や考え方を活用し

て説明できる内容も構想することができるので、単元を見通した指導につながる。

単元指導計画は、単位時間の目標と評価規準を明らかにすることで、授業において児童にどんな活動を通して、どんな知識や技能が身に付けばよいのか明確にするために作成する(表5)。そして、どんな実験道具で実験をして、どんな事実を児童につかませるのかを明確にする。そして、その実験結果から考察させるときに、科学的な見方や考え方にするための発問なども考える。こうして一時間の授業過程を見通すことができる。さらに、右側の枠に、単位時間で重点的に活用させる「自然に関する知識」と「観察・実験の技能」を明確に示すことで、単位時間ごとのつながりと役割も明確にする。

表5. 単元指導計画「物と重さ」

時	目標および評価規準	主な学習活動	主に活用する知識・技能	
			自然に関する知識	観察・実験技能
4	<p>形を変えたら粘土の重さがどうなるのかを説明せよ。形を変えて重さを比べる実験を通して、形が変わっても重さは変わらないことを理解できる。</p> <p>【評価規準】科学的な思考</p> <p>粘土の形を変えても重さの数値が等しい事実から、粘土の量がかわらなければ、形を変えても重さは変わらないと考えることができる。</p>	<p>○粘土の形を変えた物を見て、重さがどうなるか判断をもつ。 「丸くならなると重くなる、平べったくなると軽くなる?」 粘土の形を変えたら、重さはどうなるか。</p> <p>○予想を交錯して、実験の視点をもち、 「丸い粘土の形は重くなる、平べったい粘土の形は軽くなる」 「同じ重さの粘土を混ぜて重さが変わらない」 ○形を変えて重さを比べながら、重さを確かめながら。 ※台のわり、粘土、全員の結果表 ○実験結果から考察する。 ・表の数値はひねりや同じから重さは変わらないとはわかる ○考察したことを記録してまとめる。 ・形が変わっても重さは変わらないから、重さは変わらない 粘土の形を変えても、重が変わらなければ、重さは変わらない。 ○アルミ箔の形を変えて重さを量るとどうなるか判断する。 【評価の最終目標】</p>	<p>重さの数値化 (第1時) 台ばかりの使い方 (第1時) 比較する表の書き方 (第2時)</p> <p>活用する知識・技能</p>	

4. 問題解決の能力の習得と活用

単元指導計画を基に、問題解決の能力に絞って作成したのが「問題解決の能力の習得と活用の一覧表」である(表6)。

表6. 問題解決の能力の習得と活用の一覧表「物と重さ」

時	主な学習活動	問題解決の能力										主な科学用語					
		主要な能力			表現技能		実験技能										
		3年比較	4年関係付け	5年条件制御	推論	小さな粒の重さ	重さの数値化	手で持つて比較	台ばかり	電子天秤	前後の皿を変えない	すりきり	物の重さ	重い・軽い・等しい	体積が同じ	種類が違う	
1	塩や水など小さい粒のものを集めて重さを量る。	○				☆	☆	☆	☆	☆			☆	☆	☆	☆	
2	粘土の置き方を変えて、重さを比べる。	○	○			☆	○	○	○	○	○	○	☆	○	○	○	☆
3	粘土をバラバラに分けて、重さを比べる。	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
4	粘土の形を変えて、重さを比べる。	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
5	体積を揃えて塩と砂糖の重さを比べる。	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	☆
6	体積を同じにした種類の異なる物質の重さを比べる。	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7	塩と砂糖を半分ずつ混ぜた混合物の重さを量る。	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

一覧表には、授業時間と問題解決の能力などを行列にして、どの時間にどの能力を習得したり活用したりするのかを示した。また、事象を説明して理解するために児童に使用させたい正しい科学用語や変化を表す言葉を精選して示した。

図1のように、この一覧表に基づいて教師が意図的に指導することによって、より活用が重視されることになる。そして、結果的に習得したことを活用しながら主体的に追究する子どもの育成を目指すことができる。

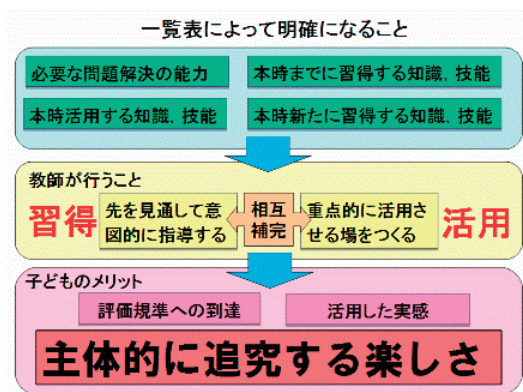


図1. 一覧表の利用のしかた。

5. 授業実践

作成した指導計画に基づいて、授業実践を行った。実践では、特に思考力・表現力を育成するための言語活動の充実を目指した。

(1) 思考の流れに沿ったノート作り

小学校第3学年は、生活科から理科になる学年である。したがって、理科授業の流れから習得させなければならない。そのためには、授業の流れに沿って記入していきけるようなノートがあれば、思考する手助けになると考えた。そこで、12mm方眼ノートを使って、ノート作りをさせることに取り組んだ。そして、板書の書き方も工夫した。

ノート指導で留意したことは、記述するときの書き方と、書く目的の2点を意識させることである。ノートは一単位時間で見開き2ページを使用し、左半分は課題から実験方法までの見通しを書き、右半分は結果から考察をしてまとめまでを書くようにした(図2)。また、授業は理科室で行い、黒板は上下2枚に分かれている

ので、上半分を左ページに書くこと、下半分を右ページに書くことにした(図3)。こうすることで、子どもたちも、黒板に書いてあることをノートのどの位置に書けばよいのかははっきり理解できるようになる。

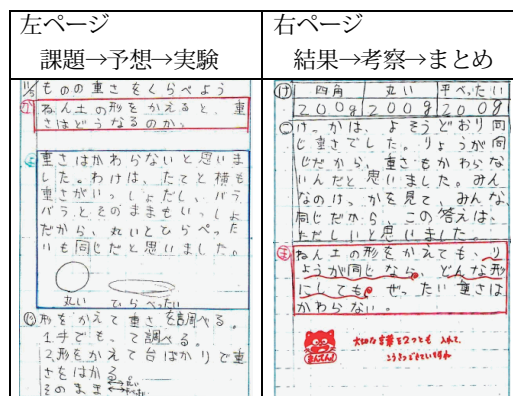


図2. ノートの記入例。



図3. 板書の構成例。

指導要領において、「第3学年では身近な自然の事物、現象を比較しながら調べること」を問題解決の能力として育成するように示されている。比べることは、表にすると視覚的に相違点や共通点が分かりやすくなるので、表も自分で定規を使ってノートに書くようにした。ノートに自ら枠や表を書くことで、何を比較しなければならないのか思考しながら記述することになり、表現力も高めることにつながると考えた。

また、予想、考察、まとめの書き方を決めて、身に付けさせた。たとえば、予想や考察は、課題に対する答えになるように言葉を選んだ結論を先に書き、その後、「わけは、～」と書くルールにした。そして、まとめは、教師が書いた板書を写すのではなく、板書された考察の言葉をつなぎ合わせて、自分で文章をつかって書くことにした。このノートの書き方を身に付けさせ

ることは、そのまま科学的な思考力・表現力の育成につながる。

そして、ノートは授業後に集めて、5段階評価をした。段階はハンコの種類で示し、文章に下線を引いたり、コメントをしたりしてノートの書き方で良くできている部分が児童に分かるようにした。こうした評価を繰り返すことは、児童に自分のノートを見る視点と規準を与えることになり、自己評価能力（メタ認知能力）を高めることにつながると考えた。

	長い	みじかい
1	16	9
2	13	5
3	19	3
4	12	4
5	15	6
6	18	4
7	14	7
8	17	5
9	11	8
10	10	5
11	14	4
12	13	5
13	12	5
14	11	4
15	10	5
16	11	5
17	12	5
18	13	5
19	14	5
20	15	5
21	16	5
22	17	5
23	18	5
24	19	5
25	20	5
26	21	5
27	22	5
28	23	5
29	24	5
30	25	5
31	26	5
32	27	5
33	28	5

図4. 全員の結果を示した表。

(2) 客観性を高める交流活動

学習指導要領では、科学的である要件として「実証性」、「再現性」、「客観性」を挙げている。そこで、科学的な結論を導き出すために以下の4つの視点で言語活動を充実させた交流をしくんだ。そして、指導と評価は一体であると考えて、指導したことができている児童を見つけたら、すぐに価値付け、児童の学び方が科学的なものになっていることを実感できるようにした。

1. 一人一人が実験結果を得て、全員が共通の事実に基づいて説明することを最も重視する。
2. 「実証性」、「再現性」、「客観性」をもった結論であるかをたくさんの結果を基に検討する。
3. 考察の記述内容を相互評価する。
4. 学習した知識を活用して、他の事象を説明する。

以下、それぞれについて詳しく説明する。

1. 共通の事実を基にする

どちらの単元においても、実験器具は1人に1つずつ渡し、実験結果は1人で出すようにした。「風やゴムの働き」では、体育館で走らせて実験を行った。したがって、クラス全員の車が走ることになる。すると、走った距離を測るのに巻き尺で1回ずつ測ってはいは、1人で結果を出せないし実験時間がかかりすぎるので、距離を歩測することにした。たとえば、児童はスタートから車の位置まで「1, 2, 3...14」と自分の歩いた数を数えて、ノートの表に「14歩」と記録する。さらに、同じ条件で3回ずつ結果をノートに記録して、真ん中の数値を黒板の全員の結果を書く表に記入した。そして、表の歩

数を比較して数の大きいものに丸印を付けることにして、視覚的にも比較しやすいようにした。「物と重さ」では、1人1つずつ200gの粘土を持たせ、形を変えて重さを量らせて実験を行った。そして、手で持って比べたときに体感する重さと、台ばかりで量った重さの数値の2点を大切にさせた。たとえば、児童は手で持った感覚をグループ4人で交流して、必ず両手に持ったどちらの粘土が重いのかを言葉にする。すると、自分の手の感覚が仲間と同じであることが分かり、共通の事実としてとらえることができる。台ばかりの重さは、目盛りを4人で一緒に見ることで、数値を共通なものにできる。そして、ノートの表に「200g」と重さの数値を記録して、黒板の全員の結果を書く表に記入した。

全員の実験結果が揃うたびに、「今日も全員が結果を出せたことが素晴らしいね。また、そのおかげでぜったいに間違いのないときとめることができたね。」と授業の最後に価値付けた。

2. たくさんの結果を基にする

実験で自分の結果を得たら、その数値を黒板に書かせることで、クラス全員のデータを集めた(図4)。全員の結果が同じであれば、再現性の「誰がやっても、何度やっても同じ」になり、客観性が高まることを、児童に説明した。そして、児童が結果や考察にその点について意識した言葉を記入できているときには、「科学的につきとめられているね。」と価値付け、学び方がよいことを実感させた。

3. 考察を相互評価する

実験後に考察を書いたら、席を立って相手を探して、考察の記述内容を交流する活動を行っ

た。その目的は、考察の説明が誰にでも分かりやすく、根拠のあるものになっているかを子ども同士で評価しあうことである。だから、話し手は「～だと考えました。どう思いますか？」と相手に問うようにし、反対に聞き手は必ず、分かりやすさと納得できる理由がついているのかの2点について評価した。こうした相互評価によって、結論の客観性が高まるようにした。また、考察の記述が足りない場合は、交流後に修正してよいことにした。

従来は、早く結果を出して考察を書いても、全体交流になるまでは、児童はじっと待っていることになっていた。しかし、こうして書いたらすぐに説明活動に行くことで、言語活動の機会を増やすことができる。

4. 他の事象を説明する

課題についてのまとめをした後、その時間に学習した知識を他の事象に当てはめて説明する活動を行った。その目的は、知識の適用範囲を広げて一般化につなげることで、評価規準に達していない児童にもう一度事実を見せることで理解を促すこと、知識を活用して説明する表現力を育成することの3点である。

たとえば、「粘土をバラバラにしたとき、重さはどうなるか。」という課題の授業では、まとめに「粘土をバラバラにしても、足したり減らしたりしなければ、重さは変わらない。」という命題が構成される。そのあとに教師は、「アルミホイルを使っても同じことは言えますか？」と子どもたちに発問する。すると、児童はアルミホイルの重さを電子天秤で量った後、それをバラバラにして再度重さを量り、重さが変わらなかった事実を確認して、「アルミホイルはバラバラにしても、足したり減らしたりしていないから、重さは変わりません。」と説明するのである(図5)。

この活動は、「評価の言語活動」と名付けて、単元指導計画にも毎時間授業の終末に設定した。授業では、「博士タイム」と呼んで、モチベーションも高める工夫をした。博士役になった児童は、実物投影機を使って電子天秤の数値をテレビ画面に提示して説明するようにした。こうすることで、全員が共通の事実を基に、再度まとめの

命題について考えることができる。また、ときには聞いている児童も評価規準に達することができるように、全員隣同士で博士役をやることもした。



図5. アルミホイルで説明をする児童。

(3) 個に応じた指導・援助

知識・技能を確実に習得させるためには、一人一人を見届けることが必要になる。そこで、全員を見届ける場面を決め、その場面で何を視点にして、どのように指導・援助を行うのかを明確に設定した(表7)。

表7. 見届けの視点と指導・援助の方針

場面	視点	指導・援助の方針
1 予想	予想はもてたか	・ヒントを出す
2 実験	正しい結果は出ているか	・操作を確認する ・再実験させる
3 考察	課題の答えとなる考えが書けているか	・事実と考えを分けて書かせる ・課題を意識させる
4 まとめ	大切な言葉をつかって文章が書けているか	・板書を見せる ・記述を確認する

以下それぞれの場面に応じて、具体的な指導・支援の仕方を説明する。

1. 予想の場面

課題に対して予想をもつことは、見通しをもって実験を行うために必要である。したがって、予想を交流するときには、全員が予想をもって挙手できるように予想を書いている時間に、机列表をもって机間指導した。机列表には、簡単にその児童の予想を記録し、交流のときに指名する順番を考える参考にした。また、予想がもてていない児童に対しては、側面の掲示してあ

る既習内容をヒントにしたり、選択肢を与えて選ばせたりして、立場を明確に意識させた。また、板書の予想のところにネームプレートを貼らせておくと、見方や考え方の変容が大きくなる子の予想が付くので、考察のときに「どうして考えが変わったの？」と声をかけることもできる。

2. 実験の場面

技能を習得していなかったり、実験方法を理解していなかったりする場合は想定して、机間指導をした。特に、台ばかりの数値の読取違いがないように、技能が高くない児童を重点的に支援した。実験結果は子どもが自分で黒板に書きに行くので、書いていない児童の名前を黒板に貼ってあるネームプレートから探し出して、個別指導することにした。客観性を高めるためにも、正確なデータがたくさん必要なので、黒板の数値がおかしいときも、すぐにその児童のところへ確認しに行いき、再度実験をさせるようにした。

3. 考察の場面

授業過程の中で最も重視したのが、考察の場面である。よりきめ細かく個に応じた指導・援助を行いつつ、習得した知識を活用している児童を価値付けるために、児童の追究状況を3段階にわけて具体的な姿で評価した(表8)。そして、評価した後にはどのような指導・援助するのも明確にすることで、全員に確実な知識の習得を図り、活用できている児童には活用できている喜びを感じさせられるようにした。3つの段階は、「評価規準に達していない」をC、「評価規準に達している」をB、「評価規準をこえて科学的な見方や考え方ができている」をAとした。たとえば、表6は「物と重さ」の第4時「粘土の形を変えると、重さはどうなるか。」という学習課題のものである。児童にかかる具体的な言葉まで明記することで、迷わずに指導・援助ができた。そして、「形を変えても、重さは変わらない。」と考察に書いているかどうかを全員確かめた。そのとき、同時に机列表には、「みんなが同じだから、ぜったいに変わらない。」や「体積が変わらないから、重さは変わらない。」などと結論の根拠まで書いている児童をチェッ

クしておいて、考察の交流で意図的指名ができるようにした。そして、指名したら、その見方や考え方のすばらしさを価値付け、活用する喜びが味わえるようにした。

表8. 個の追究状況とその指導・援助の方針

◎個の追究状況に応じたみとどけの場と視点 支援が必要な児童に個別指導をしつつ、既習内容を活用している児童を価値付けることで活用する喜びを実感させる。	
追究状況	指導・援助
C 重さが異なるデータを得ている。	もう一度、粘土の形を変えて台ばかりで重さを量りなおさせる。
C 重さが変わらない理由がわからない。	バラバラにしたときの理由を思い出させて、「量が変わっていない」ことに気付かせる。
B 手で比較したから秤で確かめている。	「手で比べるより数値で比べてから秤で確かめたほうが、より間違いないとわかるね。」と価値付ける。
B 仲間の結果も見えて考察している。	「自分だけでなく、仲間の結果も見ると間違いないとわかるね。」と価値付ける。
B 量がかわっていることを考えている。	「重さが変わらないのは、量が変わらないからなんだね。」と価値付ける。
A さらに違う形に変えて重さを量っている。	「違う形でも重さが変わらないか考えているんだね。」と価値付ける。

以上のような工夫をすることによって、児童が考察を書ききることが可能になり、ノートに書いたことを基に仲間同士で考察を交流するという言語活動も充実した。

4. まとめの場面

評価規準に到達したかどうかを判断するために、まとめの言葉は、児童が自分で書くようにした。板書の考察の部分には、まとめの文章につかってほしい科学的な用語、見方や考え方を黄色チョークで目立つように書いておき、まとめを書くヒントになるようにした。そして、教師は机間指導で全員のまとめの文章を読んで確認し、評価規準に達した文章になっている児童の肩をたたきながら「オーケー」と認める声をかけた。なかなか書けない子には、「黄色い字をつかうといいよ。」などアドバイスをした。そして、全員が書けたことを確認した後、意図的指名をしてまとめについてクラス全体で確認した。

6. 議論

(1) アンケート調査から

第3学年の担任クラスの32名に対して、4月、

7月、11月の3回同じ調査用紙で行った。質問の内容は、「どんな学習活動が楽しいのか」、「どんな学習活動に自信があるか」の2つの視点で作成した。回答は「とてもそう思う」、「まあそう思う」、「あまりそう思わない」、「まったくそう思わない」の4段階で得点化し、全員分を合計したのが、表9である。

表9. アンケート調査の結果

質問の内容		合計点		
		4月	7月	11月
楽しい活動	1 理科が好き	120	120	127
	2 予想をもつのが楽しい	113	118	127
	3 予想の交流が楽しい	110	111	124
	4 実験方法を考えるのが楽しい	122	120	119
	5 結果を比べるのが楽しい	117	121	124
	6 結果を図や表にするのが楽しい	107	119	125
	7 考察を考えるのが楽しい	107	117	127
	8 考えを仲間に聞いてもらうのが楽しい	114	114	121
	9 自分の考えが変わるのが楽しい	114	109	123
	10 生活とつながると楽しい	122	124	124
自信がある活動	13 既習、生活から予想することができる	112	111	116
	14 実験方法を考えることができる	112	113	122
	15 見通しをもって実験できる	117	120	123
	16 比べることができる	115	120	121
	17 客観性を確かめることができる	111	117	120
	18 予想とつなげて考察ができる	109	119	119
	19 理由を付けて話したり書いたりできる	99	107	123
	20 結果を表に表して考察ができる	107	119	126
	21 理科の言葉で説明できる	100	123	115
	22 仲間のよいところを真似できる	120	117	116
	23 自己変容に気付くことができる	111	119	117

上記の結果で、4月から11月にかけて得点が多くなった回答の内訳を示す。

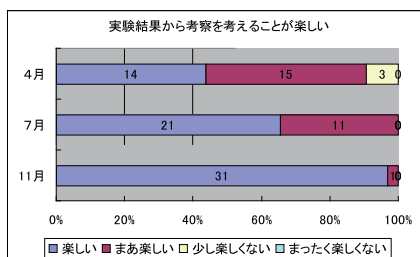
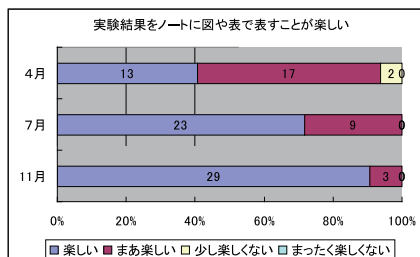
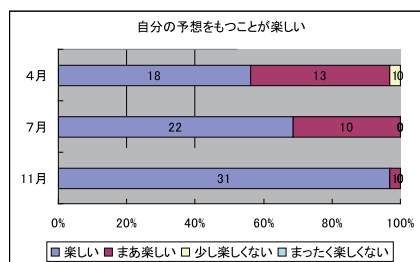


図6. 楽しいと感じる学習活動。

楽しいと感じる活動（図6）においては、11月に回答した全員が結果をみると考察を考えることを楽しく感じており、どの児童も事実を基にして思考する喜びを味わっていると分かる。また、楽しかった活動の具体例を聞くと、

- 「みんなで実験をするとき、粘土やいろいろな物の形を変えて台ばかりで重さを量ってみたり、全員挙手して仲間の意見を聞いて考えが変わったりするとワクワクして楽しい。」
- 「自分の考えをグループのみんなで確かめるのが楽しい。」
- 「重さの実験で黒板に書いてみんなの結果を比べるときが楽しい。」

といった回答があった。これらに共通することは、自分が予想したことについて、仲間とともに事実を確かめ、そこから自然のきまりを見つけることに喜びを感じている姿である。これは、客観性を高める工夫が有効であったことを示唆している。

図7に、できる自信がついた回答の内訳を示す。

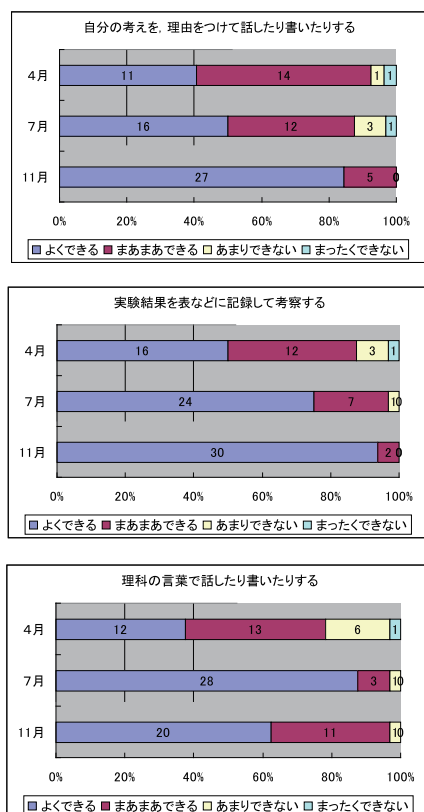


図7. 自信がある学習活動。

結果を記録して、授業で学習した理科で使う言葉で考察を書いたり話したりすることに自信を付けていることが分かる。このことから、どの児童も自分の力で考察を書けるようになったと感じていることが読みとれる。また、理由をつけられるようになったということから、思考力の高まりも伺える。中教審の答申で「科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から、学年や発達の段階、指導内容に応じて、観察・実験の結果を整理し考察する学習活動、科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動、探究的な学習活動を充実する方向で改善する。」と示された部分について、児童の自己評価をみると十分に効果があったといえる。その要因としては、言語活動を充実させるために、ノート指導をしたり、自分の予想や考察を交流する活動を多く取り入れたりしたことが考えられる。

最後に、どのような活動を好むようになっていのかとらえるために、楽しいと感じる学習活動のベスト3を選ばせたところ、図8に示す4つの項目の変化に特徴があった。

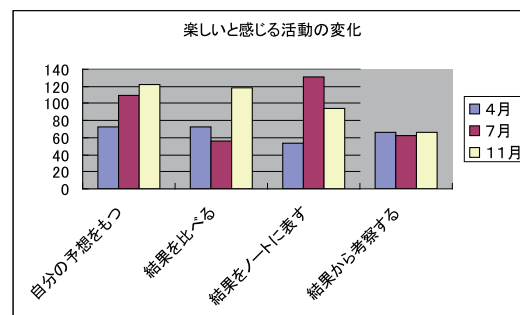


図8. 上位を占める楽しい学習活動。

予想をもつことが楽しいと感じるようになっていのは、指導計画の工夫によって、習得した知識を活用して予想をもてるようになったことが一因であろう。また、予想をもって実験することで、自分の予想が確かめられたときに喜びを得ていると考えられる。これは、個に応じた指導で、全員に確実に予想をもたせたことの効果もあるだろう。

次に、結果を比べるのが楽しいというのは、全員の結果を黒板に示し、自分と仲間の結果を比べる活動の効果が大きいと考えられる。そして、それに付随して、結果をノートに表したり、結果から考察をしたりすることも楽しいと感じているのではないだろうか。これも、予想と同様に考察を全員に自分で書かせた効果であろう。考察を苦手とする児童がいなくなったことは、大きな成果である。

(2) 活用に関する評価

本研究では、習得した知識・技能を活用する児童にすることで、科学的に追究できる児童を育成しようとした。そこで、習得したことを活用できていたかどうかを授業のノートや活動の様子、学習後のテスト得点、質問紙調査から検証する。

最初に実施した「風やゴムの働き」は5月だったので、理科を学習し始めて10時間ほどしか経過していない状況であった。しかし、A区分は、条件制御がしやすく結果ははっきり出るので、構想していたような児童の姿を生み出すことができた。

ノートの予想の記述には、前時の習得した知識とつなげて理由が書ける児童が出てきたので、その見方や考え方のよさを価値付け、他の児童

にも活用することを促した。すると、単元の後半になるほど、理由を書ける児童が増加していった。考察の記述も、後半になると予想とつなげたり、客観性を意識したりできるようになっていった。

技能面では、ノートに表を自分で作成したり、歩測で実験結果を出したりして活用する姿があった。特に全員の実験結果を出すためには、一人一人が実験をしなければならない。個に応じた指導・援助を繰り返すことによって、確実に全員が表に結果を記入できたことも大きな成果である。単元後半になれば、教師は実験方法を説明する必要もなくなった。児童は「同じ方法を使えばいい。」と、発言して自分がつきとめたい条件について主体的に調べていった。

この単元では「エネルギーの見方」を科学の基本的な見方や概念としているが、第3学年では「光の性質」も同じ内容構成となっている。「光の性質」の単元で、「鏡を増やすと、物を暖める働きはどうなるか。」という学習課題で授業をしたとき、予想に「ゴムも1本より2本の方が車が遠くまで動いたから、鏡も1枚よりも2枚のほうが働きが強くなる。」と記述した児童がいた。これは、単元を越えて知識を活用する姿である。

実態調査で正しくない概念の児童が多くいた「太さ」の条件についても、活用する姿があった(図9)。たとえば、予想では「ゴムの本数が多いほど力が強くなったので、太くした方が車は遠くまで動くと思います。」といった記述があった。そのような理由を記述できるのは、前時に本数を変えて実験を行っているからである。考察でも、「太い方が力が強くなるから」と理由を説明できていた。また、A児は、前時の本数を変える実験を行う予想の時点で、本数を多くすることを、太さを太くすることと同じだと考えて追究していた。これは、本数で習得した知識が、太さに活用できることを示唆している。

本数を変える課題									
<p>① ゴムを1本より多くすればいい。わりは、1本は細いか2本は3本にするよりかえりか。</p> <p>② ゴムの本数をかえて調べる 少 ← 多い 1本 3本 ひ.ばる長さと同じ</p>	<p>① ゴムの本数とうごくまより</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>本数</th> <th>1本</th> <th>2本</th> <th>3本</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>うごくまより</td> <td>10</td> <td>15</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table> <p>② このこしから、よれうて同じで、ゴムの本数が多いと、うごくまよりか遠くはりました。わけは、ゴムは太くなるよ、元にもとよりか、力が強くなるからで。</p> <p>③ 車のうごくまよりを遠くするには、ゴムの本数をかえて、ゴムを太くして元にもとよりうごくまよりを強くすればいい。</p>	本数	1本	2本	3本	うごくまより	10	15	20
本数	1本	2本	3本						
うごくまより	10	15	20						

図9. 本数を太さにつなげた見方。

もちろん、「太さ」を学習した後に「本数」を行っても前時のことを活用することはできるが、その場合はつきとめたときの喜びは少なくなると思われる。なぜならば、太さの方が「わからない」という児童が多いから、太さについて分かってから本数を考えても、結果が当たり前すぎて驚きも少なくなるからである。やはり、前時のことを活用して分からなかったことがつきとめられるほうが、児童は主体的に学んだこと、活用したことに楽しさを感じるはずである。

A区分として2単元目となる「物と重さ」は10月に実施したこともあり、さらに活用して科学的に追究する姿は高まってきた。科学的に追究している姿は、追究の見通しをもつとき、実験して考察するときの2つの場面が多く見られた。それぞれ知識面と技能面に分けて説明する。

知識面では、まず、予想をするとき「置き方では重さは変わらなかったから、バラバラにしても変わらない。」や「バラバラにしても体積が同じなら重さは変わらなかったから、どんな形にしても重さは変わらない。」という考え方ができていた(図10)。これは、前時に習得した知識を活用して予想している証拠である。次に、考察の場面では、客観性を意識して「みんな同じだから、ぜったい重さは変わらない。」というかなり確信をもった結論になっていた。さらに、「粒子の保存性」につながる「粘土の小さな粒にも重さがあって、それが集まって全体の重さになっているから、形を変えても重さは変わらない。」という見方まで至ることができていた。こうした児童の姿を生み出したのは、形を変える

前にバラバラにして「バラバラにした1つ1つにも重さがある。」という見方しておくことができたからである。たとえば、A児は、バラバラにしたときから粒子の存在を意識していて、形を変えたときにもその見方を活用して納得できる結論に至っている。

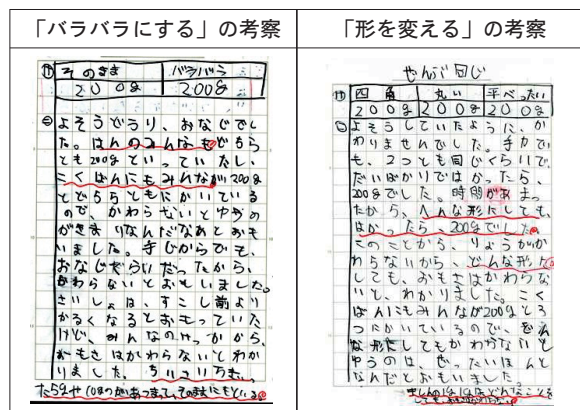


図10. A児の粒子の保存性を意識した考察。

次に、知識の定着状況を単元後に行った130名分の観点別の平均得点を表10に、テストの得点別度数分布を図11に示す。問題の得点は、観点別に50点満点で合計150点となっている。得点別度数分布においては、分かりやすいように100点満点に換算した。テストの平均点が非常に高いことから、よく理解できていることが分かる。また、知識理解の得点が非常に高いことから、指導要領に示された内容についてよく理解できたと考えられる。度数分布のグラフから、学年の半分以上の児童が満点であったことがわかる。

表10. 観点別のテスト平均点

学級	科学的思考	技能・表現	知識・理解
A	48/50	44/50	50/50
B	48/50	45/50	47/50
C	47/50	47/50	49/50
D	47/50	46/50	48/50
全体	47.5/50	45.5/50	48.5/50

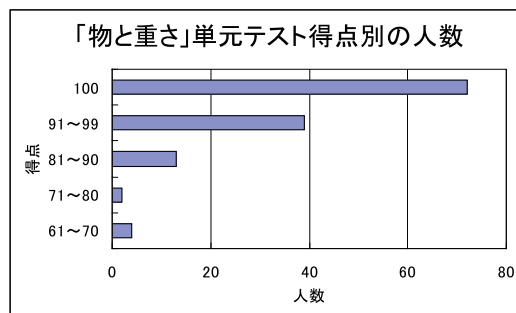


図11. テスト得点別度数分布。

最後に、粒子の保存性について、学習後にどれくらいの児童が「小さな重さをもった粒子が集まって、全体の重さになっている。」と考えているのかを質問紙で調査した。調査は、単元終了後しばらく経過した12月に実施し、知識の定着の継続状況も同時に見ることにした。調査対象は、学級担任クラスの32名で、粘土の重さが変わらない理由を文章と図で表現させた。それを質的に分析し、表11に示すようなカテゴリーで分類した。

表11. 粘土の重さの表現方法の人数

粒子で表現		粒子の保存性		重さの存在	
あり	なし	あり	なし	均一	中心
28	4	32	0	27	5

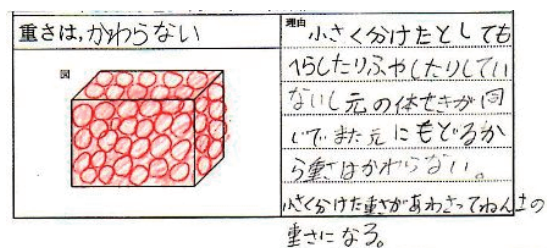


図12. 粒子モデルで表現した回答。

知識として「形を変えても、重さが変わらない。」は、全員が正解であったことから、2ヶ月後でも知識は定着したままであった。また、授業では粒子モデルで説明する活動を行っていないにも関わらず、重さを粒子で表現した児童が28名もいたことは驚きであった(図12)。文章の中には、「どこにでも重さはある」、「全体に重さがある」、「小さく分けたものにも重さがある」

といった表現が多く見られることから、第3時に行ったバラバラにする学習活動が活用されていることが伺える。以上のことから、「粒子の保存性」という指導要領で示された内容について、十分な定着が図られ、その知識を活用して科学的に重さの存在について説明できる児童を育成できたと考えられる。

技能面については、実験方法を見通したり、実験して結果を出したりするときに、活用して科学的に追究する姿があった。課題をつきとめる実験方法は、「手で比べてから、台ばかりで重さを量って比べる。」という前時で行った操作を児童の発言から提示することができ、習得した技能が活用されていた。さらに、実験操作も後半になるほど素早く正確になり、結果をすばやく出して考察を書き始められるようになった。表の作成や、黒板の表への記入も、教師が指示を出さなくても自分で動いていた。考察を書く場面になれば、全員の結果の表を見てノートに記述し、書けた児童から個人交流へ行っていた。

以上のような児童の姿を生み出せた要因について考察すると、指導計画を工夫したこと、客観性を高める交流活動の充実、個に応じた指導・援助の効果が大きいと考えられる。第一に、指導計画を習得した知識・技能が活用できるように工夫したことで、児童が活用して科学的に追究する機会が増え、さらに客観性を高めることや予想とつなげて考察することなどの習得が図られることになったのである。つまり、活用を促すことで、さらに習得をさせるというスパイラルな指導過程を生み出すことになり、科学的に追究できる児童を育成することを可能にしたのである。第二に、客観性を高める交流活動を授業過程の中に多数仕組むことによって、児童の言語活動の量を増やし、質を高めることができた。量の面は、ノートへの記述量が増えていること、考察を全体交流だけでなくペア交流で説明する機会が増えたことに現れている。質の面は、客観性を意識した結論、粒子に重さがあることを活用した説明に現れている。そして、この言語活動の充実によって、科学的に表現できる児童の育成を図ることができた。第三に、個に応じた指導・援助を行ったことで、全員に

習得したことを活用させることができるようになった。レベルの違いはあるにしろ、自分で予想をもって、実験をして結果を出し、考察とまとめを書ききるという学習活動を全員が行えるということは、基礎的・基本的な知識・技能を確実に習得させていることにつながる。実際に、児童の授業の感想を見ると、これらの理科の学び方や、科学的な見方や考え方を身に付けたことに大きな喜びを感じているものが多数ある。

図13に日記の中にあった児童の感想を示す。粒子概念を身に付けたこと、新しい言葉を知ったこと、仲間と一緒につきとめたことなど、意図的に指導していることに楽しさを感じている姿を知ると、教師として教える喜びを感じないではいられない。

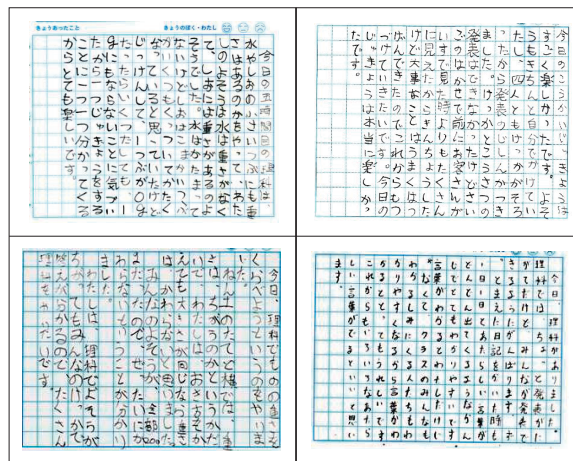


図13. 「物と重さ」の学習後の感想。

7. おわりに

- ・指導計画を工夫したことにより、習得と活用の内容を明確にした指導が可能になり、児童が習得したことを活用して科学的に追究できるようになった。
- ・共通の事象を見て説明する言語活動の充実を図ったことにより、考察の記述が増えたり、自信をもって説明したりする姿が増えて、思考力や表現力の育成ができた。
- ・A区分の内容について実験を中心とした仮説検証型の授業によって、客観性を意識したり、粒子モデルを用いて重さを説明したりするなど科学的な見方や考え方のできる児童を育成することができた。

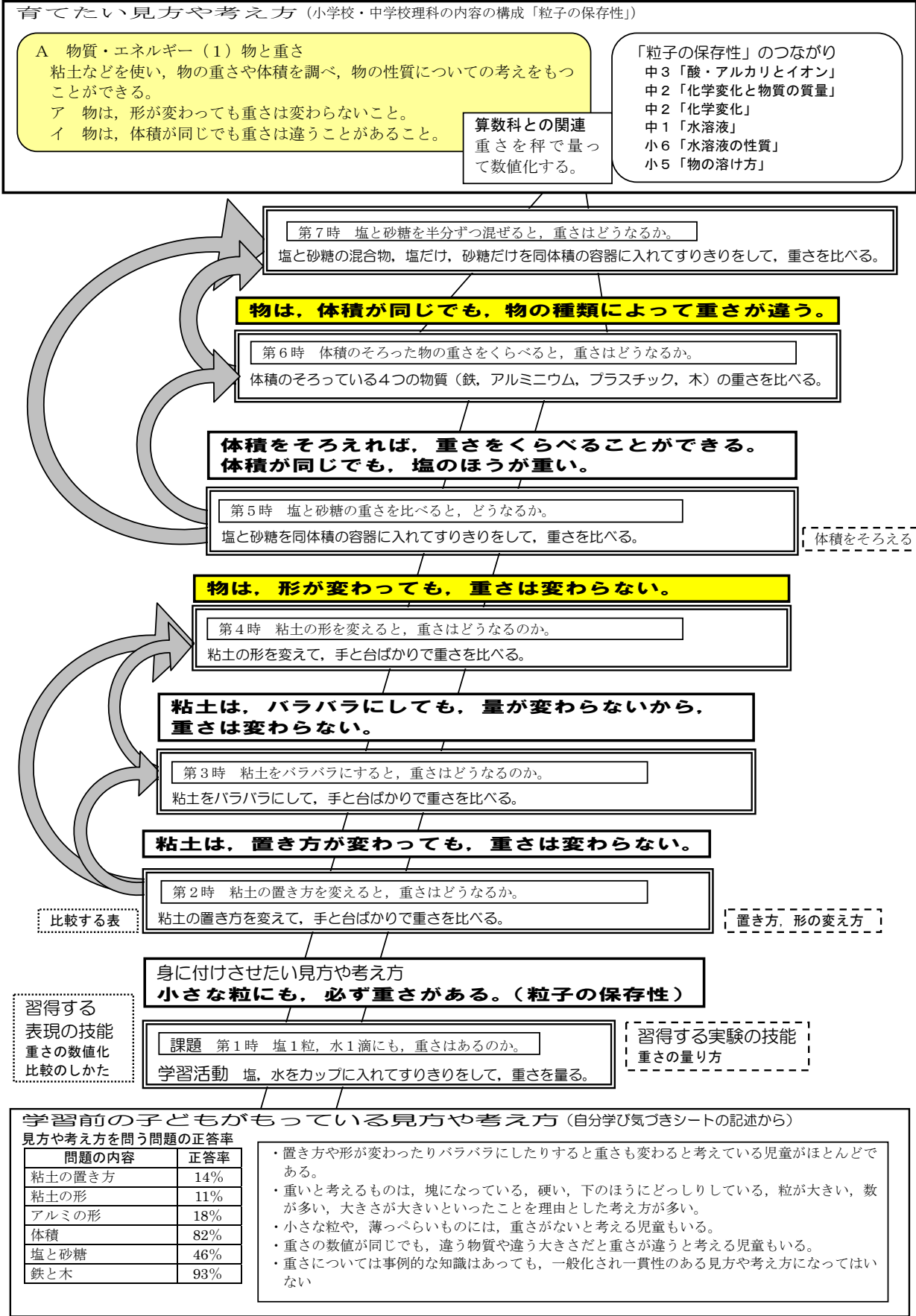
- ・言語活動を多くしたが、全体交流などで仲間の考えを取り入れる姿はまだ十分ではない。また、交流活動に楽しさや喜びを感じさせるまでいたっていない。
- ・どのような手立てが有効であったのかを、聞き取り調査など質的な研究方法を用いてあきらかにできるとよい。

謝辞. 本研究は、岐阜県教育委員会・岐阜大学が実施しているコア・サイエンス・ティーチャー養成プログラムの中級コースプログラム「岐阜大学講座」として実施したものである。岐阜県教育委員会飛騨教育事務所・上級CSTの山田茂樹氏には、授業構想ならびに実践において適切なアドバイスをいただいた。ここに記して感謝いたします。

引用文献

- 中央教育審議会（2008）「幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領の改善について」（答申），平成20年1月17日。
- 三井寿哉（2010）小学校理科・六つの新内容（6）第三学年「物と重さ」（特集学習指導の創造と展開）。初等教育資料，No.865，66-69。
- 文部科学省（2008）「小学校学習指導要領解説理科編」146p. 大日本図書。
- 向 智広（2010）ゴムのはたらきーゴムの持つエネルギーを実感させるー。初等理科教育，44，49-51。
- 鳴川哲也（2010）「すごいぞ！ 風之力 ゴムの力」ー動く物を制御して，エネルギーの見方を養うー。理科の教育，57，326-328。
- 佐々木昭弘（2010）3学年「風とゴム」をこう授業するー生活科との関連が指導のポイントー。初等理科教育，44，No.6，14-17。
- 八嶋真理子（2010）重さを感じる体験を大切に「どちらが重いかな」。理科の教育，57，329-331。

第3学年 理科 単元構想図「ものの重さをくらべよう」 (全7時間)



第3学年 理科 単元構想図「風やゴムでうごかそう」 (全8時間)

育てたい見方や考え方 (小学校・中学校理科の内容の構成「エネルギーの見方」)

A 物質・エネルギー (2) 風やゴムの働き
 風やゴムで動く様子を調べ、風やゴムの働きについての考えをもつことができるようにする。
 ア 風の力は、物を動かすことができること。
 イ ゴムの力は、物を動かすことができること。

中心となる見方や考え方
 力の大きさが変化すると、物体の運動のしかたが変化する。

「エネルギーの見方」のつながり
 中3「力学的エネルギー」
 中3「運動の規則性」
 中1「力と圧力」
 小6「てこの規則性」
 小5「振り子の運動」

第8時 身のまわりにある物で風やゴムの力を利用している物を探そう。
 風やゴムの働きを利用した道具などを探し、どのように使われているか考える。

太くすると、ゴムの元に戻ろうとする力が強くなる。

第7時 車の動く距離を遠くするには、ゴムの本数をどうしたらいいか。
 ゴムの太さを変えて、車の動く距離を比較して、ゴムが太いと遠くなることを見つける。

本数を増やすと、ゴムの元に戻ろうとする力が強くなる。

第6時 車の動く距離を遠くするには、ゴムの本数をどうしたらいいか。
 ゴムの本数を変えて、車の動く距離を比較して、本数が多いと遠くなることを見つける。

**ゴムの元に戻ろうとする力が強くなると、車の動く距離も遠くなる。
 長くすると、ゴムの元に戻ろうとする力が強くなる。
 ゴムの力は、物を動かすことができる。**

第5時 車の動く距離を遠くするには、ゴムの長さをどうしたらいいか。
 ゴムの長さを変えて、車の動く距離を比較して、ゴムが長いと遠くなることを見つける。

ゴムで車を走らせる方法

ゴムには、元に戻ろうとする力がある。

第4時 ゴムの力を出すには、ゴムをどうしたらいいか。
 ゴムを伸ばしたりねじったりして、ゴムには元に戻ろうとする力があることを見つける。

**風の力が強くなると、車の動く距離も遠くなる。
 風の力は、物を動かすことができる。**

考察の書きかた
 考察の交流のしかた

第3時 車の動く距離を遠くするには、風をどうしたらいいか。
 風の力を変えて、車の動く距離を比較して、風が強いと力が強くなって遠くなることを見つける。

力が強くなると、物を動かすはたらきが大きくなる。

習得する表現の技能
 表のかきかた
 比較のしかた

第2時 車の動く距離を遠くするには、手の力をどうしたらいいか。
 手で力の強さを体感しながら、力の強さと車の動き方には関係があることに気づく。

動く距離の測りかた

身に付けさせたい見方や考え方
車に力を加えると走る。

課題 第1時 実験に使う車を作って、走らせてみよう。
 学習活動 キットを利用して車を製作し、いろいろな方法で走らせて遊ぶ。

習得する実験の技能
 車の走らせかた

子どものもっている素朴な見方や考え方 (自分学び気づきシートの記述から)

見方や考え方を問う問題の正答率

問題の内容	正答率
強い風だと遠くへ動く	73%
ゴムの長く伸ばすと遠くへ動く	91%
ゴムの太くすると遠くへ動く	49%
ゴムを2本にすると遠くへ動く	67%

- ・風やゴムには物を動かす**力がある**と記述できている児童は、少ない。
- ・**風の力の方が日常生活と結びつきやすく**、物を動かす力があると理解している。
- ・ゴムの力は、引っぱるほど強くなると考えている。
- ・ゴムの力について、**太さや本数に関して正答率が低くなる**のは、ゴムの重さや力の制御のしかたについて正しくない見方や考え方があるからである。
- ・**力のことを「いきおい」と表現**している子が多い。また、「ビュー」「パチーン」などで力の大きさを表現することもある。