

算数科とのつながりを意識した理科の授業実践

－「密度」の学習における展開例－

龍岡 寛幸 ・ 嶋田 亘佑 ・ 本田 洸輔 ・ 磯崎 哲夫*

1. はじめに

中学校学習指導要領解説理科編には、指導計画作成上と内容の取扱いについての配慮事項として、「理科で学習する規則性や原理などが日常生活や社会で活用されていることにも触れ、私たちの生活において極めて重要な役割を果たしていることに気付かせるようにすることが大切である。また、他の教科の内容と関連する内容や学習時期を把握し、教科等の「見方・考え方」や育成を目指す資質・能力などについて、教職員間で相互に連携しながら、学習の内容や系統性に留意し、学習活動を進めることが大切である。」と示されている。また、自然の事物・現象を科学的に探究する力と態度の育成についても重要性が述べられている。さらに、文部科学省が推進しているSTEAM教育等の各教科等横断的な学習では、「STEAM教育は、「社会に開かれた教育課程」の理念の下、産業界等と連携し、各教科等での学習を実社会での問題発見・解決に生かしていく高度な内容となるものであることから、高等学校における教科等横断的な学習の中で重点的に取り組むべきものであるが、その土台として、幼児期からのものづくり体験や科学的な体験の充実、小学校、中学校での各教科等や総合的な学習の時間における教科等横断的な学習や探究的な学習、プログラミング教育などの充実に努めることも重要である。さらに、小学校、中学校においても、児童生徒の学習の状況によっては教科等横断的な学習の中でSTEAM教育に取り組むことも考えられる。」と中央教育審議会答申(令和3年1月26日)でまとめられている。このように、他教科等の状況を把握し、協働しながら教科横断的な学習を模索していくことが求められている。

本研究では、単位の取扱いに着目して、小学校での算数と中学校理科の学びのつながりを意識した授業実践での取り組みを紹介して、分析する。今年度は、「密度」の学習において、算数での既習事項を活用しながら密度の概念を生徒から引き出す授業展開について提案する。「密度」の学習は、中学校理科で初めて、2つの物理量を合わせて比較する学習内容であり、小学校第5学年算数科で学習する「異種の二つの量の割合」との関連が深い内容であると考えられる。授業の指導法には、これまで広島大学附属東雲小学校および広島大学附属東雲中学校(以下、本校と略記)で、学びを豊かにする授業の指導法として提案してきた内化外化の往還を用いている。

2. 小学校算数科における単位の取扱い

現行の小学校学習指導要領解説算数編では、小学校算数科内容の骨子③量の把握とその測定の方法の理解の中で、「算数科で学ぶ量の把握における測定とは、幾つかのものを比較する必要から、ものの特徴を捉えてそれを測り取り、数値化して表すことである。この意味で、量の把握における測定とは、ものの属性に着目し、単位を用いて量を捉え、その単位で測り取った数値に対応させることである。数学的には、量の測定とは、ものの集合から実数の集合への関数であるとみることができる。このようなもの

* 広島大学大学院人間社会科学研究所

の属性の数値化においては、ものの属性を直接比較すること、大小関係の推移律に基づいて行われる間接比較、そして任意の単位を設定して測定した結果の比較、そして普遍単位による測定という過程を通して、測定の意味についての学習を行う。」と明記されている。具体的には、発達段階に応じて育成を目指す資質・能力と、働かせる数学的な見方・考え方に迫るために、図1に示す順番で学習を進めている。第1学年から第3学年では、算数科の内容の5領域の中から、特に「C測定」において、長さ、重さ、かさおよび時間といった単位とその関係や仕組みについて学習する。第4学年から第6学年では、特に「C変化と関係」において、二つの量の関係や割合および比について学習をする。また、これらの単位についての学習は、「B図形」の第4学年「4平面図形の面積」や第5学年「3平面図形の面積」「4立体図形の体積」とも関係している。

高学年	第5学年(B図形) 4 平面図形の面積 ・三角形、平行四辺形、ひし形及び台形の面積の計算による求め方 5 立体図形の体積 ・体積の単位(cm^3 , m^3)と測定 ・立方体及び直方体の体積の計算による求め方	第6学年(C変化と関係) 1 比例 ・比例の意味や性質 ・比例の関係をを用いた問題解決の方法 ・反比例の関係 2 比 ・比
	第5学年(C変化と関係) 1 伴って変わる二つの数量の関係 ・簡単な場合の比例の関係 2 異種の二つの量の割合 ・速さなど単位量当たりの大きさ 3 割合(百分率) ・割合 ・百分率	
中学年	第3学年(C測定) 1 長さ、重さの単位と測定 ・長さや重さの単位と測定 ・適切な単位と計器の選択 2 時刻と時間 ・時間の単位(秒) ・時刻や時間を求めること	第4学年(B図形) 4 平面図形の面積 ・面積の単位(cm^2 , m^2 , km^2)と測定 ・正方形、長方形の面積
		第4学年(C変化と関係) 2 簡単な場合についての割合 ・簡単な場合についての割合
低学年	第1学年(C測定) 1 量と測定についての理解の基礎 ・量の大きさの直接比較、間接比較 ・任意単位を用いた大きさの比べ方 2 時刻の読み方 ・時刻の読み方	第2学年(C測定) 1 長さ、かさの単位と測定 ・長さやかさの単位と測定 ・およその見当と適切な単位 2 時間の単位 ・時間の単位と関係

図1 算数科の「単位」に関連する学習内容

3. 算数科における「単位」に関する先行研究

小学校算数科における「単位」に関する先行研究では、『単位量当たりの大きさ』を中心に児童の実態やその指導および授業実践等が多く報告されている。石井・鶴見(2021)は、小学算数『単位量当たりの大きさ』が中学校理科「密度」に及ぼす効果を全国学力・学習状況調査問題「算数A」と比較して述べている。その中で、「小学5年算数『単位量当たりの大きさ』における知識・技能を習得している概ねの児童は、中学理科の物質の密度を学習するための前提となる知識・技能をレディネスとして習得している。しかし、5割程度の児童が『単位量当たりの大きさ』を求める除法の式と商の意味について理解できていない状況を鑑み、中学校理科における物質の密度の導入では、小学算数での『単位量当たりの大きさ』での学びを積極的に取り入れるべきである』とまとめている。河崎ら(2017)は、算数科における組立単位に関する小学校教員の理解状況を報告している。なお、基になる単位をかけたり割ったりして作られた単位のこと組立単位と呼ぶことがある。その中で、「小学校で単位や組立単位について指導することは、内包量の理解につながると考える。しかし、算数科の授業では、答えにのみ単位をつ

けるだけ、単位をつけて立式したり、式変形をしたりすることはない。」としている。単位に着目した『単位量あたりの大きさ』や『速さ』の指導方法についての示唆を得ることを目的に、児童を実際に指導する小学校教員の組立単位に関する理解状況を調査し、その実態をまとめている。

4. 中学校理科における「密度」に関する先行研究および授業実践

これまでに、筆者は、協働的問題解決を生起させる理科授業の特徴の中で、知識構成型ジグソー法を用いた「密度」の授業実践について報告している(龍岡・磯崎 2016)。この実践では、エキスパート資料4つを作成し、指導法に知識構成型ジグソー法を用いることで、密度の概念の鍵となる「体積」と「質量」を導かせている。野添・天野(2016)は、教科間連携を図った中学校理科における授業実践研究の中で、「密度」を題材にした理科と数学の関連カリキュラムを開発して、「理科の文脈における「平均値」と、数学の文脈における「平均値」を別個のものではなく、同じ領域上で扱うことにより、「科学的な見方・考え方」と「数学的な見方・考え方」を双方向に活用させた深い学びへと繋げることができた。」と報告している。佐々木(2016)は、学習の系統性を考慮し物理量概念形成を目指した中学「密度」の指導の中で、単位の学習を考慮して実践を行い、密度の授業の際に、公式の暗記だけになっておらず、イメージを伴った概念形成を行うことができたことによって、その後の学習での考察でも「密度」を意識した考察ができるようになったと報告している。橋本(2018, 2019, 2020, 2021, 2023)は、小学5年算数「単位量あたりの大きさ」と中学2年理科「密度」の学習に着目して、算数と理科学習における「気づき」と「関連づけ」に着目して考察している。また、それらの研究を算数科(小学校)と理科(中学校)の教科間連携させることで、さらに深化させている。その中で、理数連携指導を行うことは、中学校以後の理科で用いる単位表記の学習内容の理解を深めるが、算数科でも組立単位の表記をもちいることで、中学以降の理科で用いる単位表記の理解が容易になるとまとめている。山田ら(2021)は、数学との教科等横断的な学習を促す理科授業の試みの中で、理科教師が数学での関数概念を指導事項に導入し、2つの数量の関係に着目させ、その特徴を表やグラフ、式を相互に関連付けて考察させる指導法について検討している。また、金井ら(2022)は、理科と数学の学習の順序性が密度概念の理解に及ぼす効果について、教科書に即した密度の理科授業後に、密度の理科発展的授業と比例の数学授業のどちらを先に学ばせる方が生徒の密度概念の理解に効果があるか、学習の順序性による影響を検証している。

5. 「密度」の学習における展開例

先行研究の調査から、密度の学習には特に小学校第5学年で学習する「単位量あたりの大きさ」の既習事項を活用して授業を構成することが有効であると示唆された。

そこで、授業の導入で、組立単位を考えさせる学習活動を取り入れて、「物質を区別するとき有効な単位を考えよう」を課題として授業を行った。本授業は、数学で関数について学習していない本校第1学年80名に、本年度7月に実施した。

5-1. 組立単位を考えさせる学習活動

組立単位を考えさせるために、小学校で学習した単位を用いた問題文「りんご4個(1000g)で500円でした」という条件を設定した。また、買い物ときによく見かける「100gあたり〇円」も紹介し、日常生活との関連も意識させた。そこから導ける組立単位を個人で考えさせて、班の中で説明させる中で、比較する視点を明確にすることで単位を作り出せることを体験させるとともに、2つの物理量を比較する場合は、どちらかの物理量を基準にすることが有効であることに気付かせた。

5-2. 展開例

本時の目標

- ・いくつかの組み立て単位を作り出し、説明することができる。
- ・2種類の金属を区別する単位を見いだして、区別する方法を説明することができる。

学習の展開

学習活動と内容	指導上の留意点 (◆評価)
<p>1. 導入 (15分)</p> <p>□個人で、基本単位(個数, 質量, 値段)の情報から導ける組立単位を考える。</p> <p>□導き出した単位を班で共有する。</p>	<p>○考えられる単位を1つ紹介し、個人で導き出した単位を説明させる。</p> <p>○小学校で使用していた「重さ」は、中学校からは「質量」を使用し区別することを伝える。</p> <p>○導き出した単位を説明させることで、比較する視点を明確にすることで単位を作り出せることを体験させる。</p> <p>◆いくつかの組立単位を作り出し、説明することができるか。【思考・判断・表現】</p> <p>○2つの物理量を比較する場合は、どちらかの物理量を基準にすることが有効であることに気付かせる。</p>
<p>【課題】物質を区別するときに有効な単位を考えよう</p>	
<p>2. 展開 (30分)</p> <p>□直方体の金属2種類を区別するときに注目する物理量を考える。</p> <p>□2種類の金属の質量と体積を測定する。</p> <p>□求めた質量と体積をどのように比べればよいか個人で考える。</p> <p>□班で意見を交流し、新たな単位の考え方をまとめる。</p> <p>□班で出た意見を全体で共有する。</p> <p>3. まとめ (5分)</p> <p>□全体で共有した新たな単位について、個人でまとめる。</p>	<p>○直方体の金属2種類を準備して、測ることができる物理量を考えさせる。</p> <p>○電子天秤を用いて、質量を測定させて、直方体の3辺の長さを測ることで、体積を求めさせる。</p> <p>○考え方を言葉で説明を書かせてから、測定した値を用いて数値を求めさせる。</p> <p>○求めた数値に単位をつけさせる。</p> <p>◆2種類の金属を区別する単位を見いだして、区別する方法を説明することができるか。【思考・判断・表現】</p> <p>○班で意見を共有し、新たな単位の考え方やその単位の特徴をまとめさせる。</p> <p>○いくつかの班に発表させて、新たな単位の考え方やその単位の特徴を共有させる。</p> <p>○全体で共有した新たな単位は、密度という概念であることを紹介する。</p>

6. 結果と考察

課題として与えた「りんご4個(1000g)で500円でした」と板書した後に、生徒がつぶやいた「1個あたり250gだ。」という発言を取り上げた。どのように考えたかを全体で共有し、そこから導ける単位「1個あたり250g ⇒ 250g/個」を例として板書した。このことから、簡単な算数の問題文の書き出しによって、そこから求められそうな『単位量当たりの大きさ』に着目させることができると考えられる。また、例示したことで、個人で組立単位を考えるとときに何も書けない生徒はいなかった。表1に、授業者として、この問題文から生徒が考えつくと思われる組立単位を示す。3つの物理量が示されているため、単位量となりうる物理量は3つとなる。そのため、1単位量あたりで組立単位を作った場合の6種類を想定していたが、その他にも「g/100円, 円/100g」のような単位を作った生徒も見られた。これは、日常生活との関連で、買い物ときによく見かける「100gあたり〇円」を紹介したことが原因だと思われる。

表1 1単位量あたりの大きさから導ける単位

「個」を単位量とした場合	「円」を単位量とした場合	「質量」を単位量とした場合
円/個 または g/個	個/円 または g/円	個/g または 円/g

主発問の「物質を区別するとき有効な単位を考えよう」では、まず、直方体の金属2種類(真鍮と鉄)を準備して、測ることができる物理量を考えさせた。その中で、体積と質量を生徒から引き出すことができた。それぞれをどのように測定するか尋ねることで、体積はメスシリンダー、質量は電子天秤を使用できることに気付かせた。これは、前時にメスシリンダーで水の体積を測定する練習をさせたことで、生徒達は、体積を測定するにはメスシリンダーが使用できることに容易に気付けたと思われる。しかし、生徒達は、メスシリンダーの使用が不慣れなため、今回は実験時間の短縮の目的で、物体が直方体であることを活かして、直方体の3辺を定規で測ることで体積を算出させた。得られた2つの物理量から、物質を区別するとき有効な単位を個人で考えさせて、班で共有してホワイトボードにまとめさせた(図2)。ここでは、体積を単位量にした場合(g/cm³)と質量を単位量にした場合(cm³/g)の2種類を考案すると予想されたが、個数を含めた6種類の単位を提案した班が多かった。これは、導入で用いた課題の物理量の中に、個数を含めたためであると考えられる。そのため、直方体を半分にした場合を想像させることで、物質を区別するとき個数が有効でないことに気付かせて、体積と質量を用いた組立単位の2種類を残した。

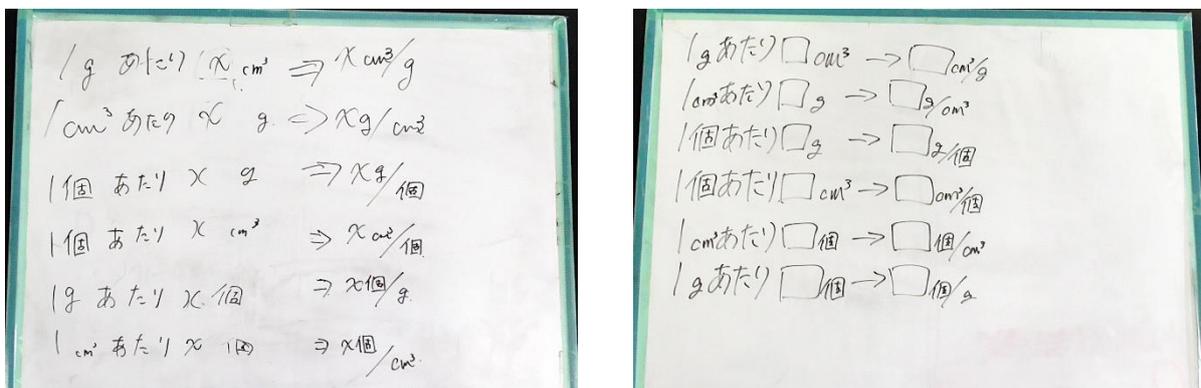


図2 生徒が考案した組立単位

次に、それぞれの単位の意味が「密」を表すのか「疎」を表すのか考えさせた。小学5年生で学習する人口密度の概念を想起させることで、単位量を体積にした場合が「密」であり、単位量を質量にした場合が「疎」を表す単位になりそうなことを導かせた。以上のことから、物質を区別するときにはどちらの組立単位も有効であることに気づかせた。最後に、理科の中では、現在、単位量を体積にした「密」を表す組立単位を用いていることを紹介し、それを「密度」ということを確認した。すでに教科書にある概念であったことを残念に感じている生徒は見られたが、自分たちでその概念を導き出したことに達成感を得ている生徒が多く見られた。これは、生徒がこれまでの既習事項から科学的な見方・考え方はたらかせて、新たな概念に迫ることができたことによって得られたものであると考えられる。

密度の概念の定着度を測るために、定期テストで1円玉がアルミニウムからできていることを証明する問題を2点満点で設定した(図3)。与えられた条件から、1円玉の密度を算出し、種々の金属の密度と比較することでアルミニウムからできていることを説明できている解答を2点、1円玉の密度を算出する方法で止まっているものを1点で採点した(N=79)。2点の答えは67.1%で、1点の答えは11.4%となり、得点率は72.8%で、比較的高い値を示した。しかし、21.5%の生徒は何も記述できていなかったことから、理解できていないのか時間が足りずに解答できなかったのか判断できないため、調査方法および調査問題を再検討する必要がある。また、密度の概念の定着のためには、密度の学習の前後で数学科と理科での教科横断的な学習内容の配置の工夫がより必要であると思われる。

1円玉がアルミニウムからできていることを確かめる実験を行ったところ、20枚(20.0g)で増えた体積が7.50 cm ³ であった。密度の計算過程を示しながら、表1の密度と比較することで、アルミニウムからできていることを証明しなさい。	表1	
	金属	密度 [g/cm ³] (約20°C)
	アルミニウム	2.70
	亜鉛	7.13
	鉄	7.87
	銅	8.96

1円玉の密度は、 $20 \div 7.5 = 2.666\dots$ となり、約 2.7 g/cm^3 と分かる。表1と見比べると、アルミニウムの密度の値と等しいので、1円玉はアルミニウムからできているといえる。

図3 定期テストの問題と生徒の解答例

7. おわりに

これまで、既習の科学的知識を活用させる探究的な学習のテーマを設定し、授業実践を繰り返してきたが、理科の学習内容だけではなく教科横断的な課題を設定することで、新たな概念を生徒から引き出す可能性を導くことができた。そのためには、教師がそれぞれの単元とその単元他教科とのつながりについて熟知しておくことが大切であると考えられる。このような授業を展開していくことが、生徒の科学的な見方・考え方をより深化させると考えられる。また、本実践は、広島大学附属中学校研究推進委員会が模索している「越境」カリキュラムの具体的な授業実践の一例としても期待できる。

【 引用・参考文献 】

文部科学省 (2018), 『中学校学習指導要領解説 理科編』 学校図書

文部科学省 (2023), 「STEAM 教育等の教科等横断的な学習の推進について」

(https://www.mext.go.jp/content/20230515-mxt_kyouiku01-000016477.pdf)

中央教育審議会 (2021), 「「令和の日本型学校教育」の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す, 個別最適な学びと, 協働的な学びの実現～ (答申)」

(https://www.mext.go.jp/content/20210126-mxt_syoto02-000012321_2-4.pdf)

龍岡寛幸・越智拓也・磯崎哲夫 (2018), 「既習の科学的知識を活用させる探究的授業実践－「化学変化と電池」における展開例－」, 『広島大学附属東雲中学校研究紀要中学教育』, 第 49 集, 25-30.

文部科学省 (2018), 『小学校学習指導要領解説 算数編』 日本文教出版

石井俊行・鶴見行雄 (2021), 「小学算数「単位量あたりの大きさ」が中学校理科「密度」に及ぼす効果～全国学力・学習状況調査問題「算数 A」と比較して～」, 『科学教育研究』, 第 45 巻, 第 3 号 280-291.

河崎雅人・松井愛生・小池守 (2017), 「算数科における組立単位に関する小学校教員の理解状況」, 『数学教育学会誌』, 第 58 集, 第 3-4 号 65-73.

龍岡寛幸・磯崎哲夫 (2016), 「協働的問題解決を生起させる理科授業の特徴－「知識構成型ジグソウ法」に着目して－」, 『広島大学附属東雲中学校研究紀要中学教育』, 第 47 集, 35-40.

野添生・天野秀樹 (2016), 「教科間連携を図った中学校理科における授業実践研究－「密度」を題材にした理科と数学の相関カリキュラムの開発を中心として－」, 『日本科学教育学会研究会研究報告』, 第 31 巻, 第 2 号 27-30.

佐々木庸介 (2016), 「学習の系統性を考慮し物理量概念形成を目指した中学「密度」の指導」, 『物理教育』, 第 64 巻, 第 2 号 105-108.

橋本美彦 (2018), 「算数と理科学習における「気づき」と「関連づけ」に関する一考察～小学 5 年算数「単位量あたりの大きさ」と中学 2 年理科「密度」の学習に着目して～」, 『日本科学教育学会年会論文集』, 第 42 巻, 115-116.

橋本美彦 (2019), 「算数と理科学習における「気づき」と「関連づけ」に関する一考察(2)～小学 5 年算数「単位量あたりの大きさ」と中学 2 年理科「密度」の学習に着目して～」, 『日本科学教育学会年会論文集』, 第 43 巻, 241-242.

橋本美彦 (2020), 「算数と理科学習における「気づき」と「関連づけ」に関する一考察(3)～小学 5 年算数「単位量あたりの大きさ」と中学 2 年理科「密度」の学習に着目して～」, 『日本科学教育学会年会論文集』, 第 44 巻, 99-102.

橋本美彦 (2021), 「算数科 (小学校) と理科 (中学校) の教科間連携～小学 5 年算数科「単位量あたりの大きさ」と中学 1 年理科「密度」の学習に着目して～」, 『日本科学教育学会年会論文集』, 第 45 巻, 157-160.

橋本美彦 (2023), 「算数科 (小学校) と理科 (中学校) の教科間連携(2)～小学 5 年算数科「単位量あたりの大きさ」と中学 1 年理科「密度」の学習に着目して～」, 『日本科学教育学会年会論文集』, 第 47 巻, 105-108.

山田貴之・稲田佳彦・岡崎正和・栗原淳一・小林辰至 (2021), 「数学との教科等横断的な学習を促す理科授業の試み－関数概念を有する密度の学習に焦点を当てて－」, 『理科教育学研究』, 第 62 巻, 第 2 号 559-576.

龍岡 寛幸・嶋田 亘佑・本田 洸輔・磯崎 哲夫(2024), 「算数科とのつながりを意識した理科の授業実践
－「密度」の学習における展開例－」, 広島大学附属東雲中学校研究紀要「中学教育第53集」, 72-79.

金井太一・小川佳宏・山田貴之 (2022), 「理科と数学の学習の順序性が密度概念の理解に及ぼす効果－中学校第1学年理科「密度」の発展的授業を通して－」, 『理科教育学研究』, 第62巻, 第3号 577-584.