



小学校理科と算数における教科横断的な指導の開発：
「流れる水の働き」と「単位量当たりの大きさ」の
関連に着目して

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2020-09-29 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 山中, 謙司, 谷地元, 直樹 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00006899

小学校理科と算数における教科横断的な指導の開発

—「流れる水の働き」と「単位量当たりの大きさ」の関連に着目して—

山中 謙司・谷地元直樹

北海道教育大学旭川校

Development of Teaching across Subjects in Elementary School Science and Arithmetic

— Focusing on the Relationship between “Function of Running Water” and “Size of per-unit Quantities” —

YAMANAKA Kenji and YACHIMOTO Naoki

Asahikawa Campus, Hokkaido University of Education

概要

小学校では、2020年度より新学習指導要領が完全実施され、各学校におけるカリキュラム・マネジメントの実現が求められている。一方で、これまでの全国学力・学習状況調査結果から明らかになる課題の中には、毎回同じ内容のものが指摘されるものもある。そこで、本研究では、「カリキュラム・マネジメント」のねらいを踏まえ、小学校理科で指摘されている課題克服のために、理科と算数における教科横断的な指導の開発を検討することを研究の目的とする。

小学校5年生の理科「流れる水の働き」の単元における指導を検討するために、算数の「単位量当たりの大きさ」の指導計画に補充的な内容を設定し、複数の学級で授業実践した。事前・事後調査からは、理科と算数の内容を関連付けた指導を行うことで、「単位量当たりの大きさ」に関する概念を実際の自然にある川を流れる水の量や勢いに適用して考えを表出する児童の割合が増えたことが確認できた。この授業実践並びに事前・事後調査の分析から、教科の枠を超えた意図的なカリキュラムの中で、教科横断的な指導を行うことの有効性が明らかとなった。

1. はじめに

(1) 研究の動機と目的

新学習指導要領では、それぞれの教科等におい

て育成を目指す資質・能力を整理し、それに基づき、教育目標や指導内容の構造の整理がなされた。その結果、「この教科で学ぶことで何が身に付くのか」という各教科等を学ぶ意義が明らかになっ

ている。全国学力・学習状況調査では、調査結果から明らかとなった課題が報告書に記載され、学校現場ではその課題克服を目指した授業改善がなされている。しかし、報告書では毎回同じ内容の課題が挙げられ、教科単独の授業改善は限界があることも考えられる。実際に、学習指導要領を基にカリキュラム・マネジメントを行うことはハードルが高い。例えば、五十嵐（2018）は、小学校学習指導要領解説理科編（平成20年告示）に、教科横断的視点で記述されている内容は算数と社会だけであると述べている。

各教科等における資質・能力の育成や現代的諸課題に対応した教育活動を展開するには、特定の教科等だけではなく、全ての教科等のつながりを考えていなくてはならない。例えば、安原・金児（2018）は、理科の科学的に探究する過程に数学の数学的活動を取り入れるなど、横断的な視点から「一連の学習」の必要性を指摘している。

そこで本研究では、「カリキュラム・マネジメント」のねらいを確認し、全国学力・学習状況調査の調査結果で指摘されている課題克服のために、教科横断的な指導の開発を検討することを研究の目的とする。

(2) 研究の方法

本研究では、全国学力・学習状況調査の調査結果から小学校理科で指摘されている課題克服のために、理科と算数における教科横断的な指導の開発を試み、その有効性を検証する。そこで、次に示す内容を順に進める。

- i) 先行研究等からカリキュラム・マネジメントの必要性や全国的な課題を取り上げ、教科横断的な指導について考察する。
- ii) 全国学力・学習状況調査から明らかとなった理科の課題に焦点化し、関連のある算数の単元の内容を検討する。
- iii) 旭川市内の小学校第5学年を対象に、課題となる問題を取り上げ、構想した補充的指導を実施する。
- vi) 事前・事後調査を実施し、回答の状況及び正

答率を集計することによって、本研究における補充的指導の有効性を検証する。

2. 研究の内容

(1) カリキュラム・マネジメントの必要性

①教科横断的な指導が求められる背景

カリキュラム・マネジメントについて、小学校学習指導要領（平成29年告示）解説総則編では、次の3つの側面から整理している。

- ・児童や学校、地域の実態を適切に把握し、教育の目的や目標の実現に必要な教育の内容等を教科等横断的な視点で組み立てていくこと
- ・教育課程の実施状況を評価してその改善を図っていくこと
- ・教育課程の実施に必要な人的又は物的な体制を確保するとともにその改善を図っていくこと

これらを踏まえ、各学校においては、カリキュラム・マネジメントを具体化してその実現に取り組むことになる。しかし、松浦（2019）が「年間指導計画などの一覧表は全体構想を理解するためには有効であるが、一覧表を作成した段階では、授業は曖昧なイメージにとどまっている」と指摘するように、その具現化は容易ではない。

PDCAサイクルを回す過程の中で、C（評価）をする際、全国学力・学習状況調査の結果は、学習指導要領を踏まえつつ、児童の姿に照らして育成する資質・能力の獲得の状況を把握する上で貴重なデータである。全国学力・学習状況調査は、その実施によって、「各教育委員会や各学校に対して、学習指導要領に示される内容等を正しく理解するよう促すとともに重視される力を子どもたちに身に付けさせるといった国としての具体的なメッセージを示すこととなる」としている（国立教育政策研究所、2018）。また、調査問題は特定の教材・単元や単独の教科等を越えて知識・技能を関連付けて活用したり、社会の課題と関連付けたり、他の教科等の知識や技能とつなげて考えたりする力を問うこととしている。この力は、新学習指導要領で育成を目指す資質・能力のうちの思

考力・判断力・表現力等と関連している。

【表1 理科2(3) 解答類型, 反応率】

②全国学力・学習状況調査の結果から見る問題の所在

i) 流れる水の働きに関する調査問題

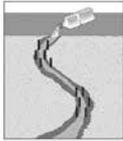
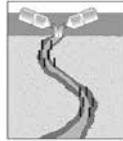
平成30年度全国学力・学習状況調査小学校理科

大問2(3)では、次の内容が出題されている【図1】。

水の量を変えた実験

○地面のけずれ方についてくわしく調べるために、みぞの曲がっているところの外側と内側に3本ずつ棒を立てる。

○1本のペットボトルの水を流したときと、2本のペットボトルの水を同時に流したときの棒のようすを調べる。

実験結果

1本のペットボトルの水を流したときの棒のようす	2本のペットボトルの水を同時に流したときの棒のようす
	

③ 上の実験の結果から、川を流れる水の量が増えたと、川の曲がっているところの外側と内側の地面のけずれ方は、どのようになると考えられますか。下の 1 から 4 までの中から1つ選んで、その番号を書きましょう。また、その番号を選んだわけを実験結果の「水の量」と「棒のようす」がわかるようにして書きましょう。

- 1 外側も内側もけずられる。
- 2 外側も内側もけずられない。
- 3 外側だけがけずられる。
- 4 内側だけがけずられる。

【図1 小学校理科2(3)】

この2(3)は、一度に流す水の量と棒の様子との関係から、大雨が降って流れる水の量が増えたときの地面の削られ方を選び、選んだわけを書く問題である。

本問で正答するためには、大雨が降ったときの地面の削られ方について実験結果を基にして考察するために、『雨の降り方によって、流れる水の速さや水の量が変わり、増水により土地の様子が大きく変化する場合があること(「学習指導要領」理科第5学年B(3)ウ)』を活用して、一度に流す水の量を増やした場合の棒の様子と水の量を増やす前の棒の様子とを比較し、分析して考察することが必要である。

表1は、理科2(3)の正答の条件及び解答類型、反応率を示したもので、正答は解答類型1、準正

解答類型	番号	わけ	反応率 (%)	正答
		(正答の条件) 番号を1と解答し、次の①、②の全てを記述している。 ① 「2本のペットボトルの水を同時に流して、水の量を増やすと」など、条件について、一度に流す水の量を増やしたことを示す趣旨で解答しているもの ② 「みぞの曲がっているところの外側と内側の両方とも棒がたおれたから」など、実験結果について、溝の曲がっているところの外側と内側の両方で棒が倒れた様子を示す趣旨で解答しているもの		
		(正答例) 【番号】 【わけ】 2本のペットボトルの水を同時に流して、水の量を増やすと、みぞの曲がっているところの外側と内側の両方とも棒がたおれたから。		
1	1	①、②の全てを記述しているもの	6.3	○
2	1	②のみを記述しているもの	1.7	○
3	1	条件について、流した水の単位時間あたりの量の増加ではなく、総量の増加を示す趣旨と②を記述しているもの	12.2	○
4	2	①のみを記述しているもの	9.8	○
5	2	条件について、流した水の単位時間あたりの量の増加ではなく、総量の増加を示す趣旨を記述しているもの	6.5	○
6	2	条件について、流した水の単位時間あたりの量の増加ではなく、水の勢いや速さを示す趣旨を記述しているもの	0.5	○
7	2	類型1から類型6以外の内容で記述しているもの	3.7	○
8	2	無解答	1.1	○
9	2	①、②の全てを記述しているもの	0.1	○
10	2	②のみを記述しているもの	0.0	○
11	2	条件について、流した水の単位時間あたりの量の増加ではなく、総量の増加を示す趣旨と②を記述しているもの	0.2	○
12	2	①のみを記述しているもの	0.3	○
13	2	条件について、流した水の単位時間あたりの量の増加ではなく、総量の増加を示す趣旨を記述しているもの	0.3	○
14	2	条件について、流した水の単位時間あたりの量の増加ではなく、水の勢いや速さを示す趣旨を記述しているもの	0.0	○
15	2	類型9から類型14以外の内容で記述しているもの	0.6	○
16	2	無解答	0.2	○
17	2	①、②の全てを記述しているもの	1.0	○
18	2	②のみを記述しているもの	0.3	○
19	2	条件について、流した水の単位時間あたりの量の増加ではなく、総量の増加を示す趣旨と②を記述しているもの	2.8	○
20	3	①のみを記述しているもの	8.1	○
21	3	条件について、流した水の単位時間あたりの量の増加ではなく、総量の増加を示す趣旨を記述しているもの	12.3	○
22	3	条件について、流した水の単位時間あたりの量の増加ではなく、水の勢いや速さを示す趣旨を記述しているもの	0.6	○
23	3	類型17から類型22以外の内容で記述しているもの	20.5	○
24	3	無解答	1.5	○
25	3	①、②の全てを記述しているもの	0.1	○
26	3	②のみを記述しているもの	0.0	○
27	3	条件について、流した水の単位時間あたりの量の増加ではなく、総量の増加を示す趣旨と②を記述しているもの	0.2	○
28	3	①のみを記述しているもの	0.8	○
29	3	条件について、流した水の単位時間あたりの量の増加ではなく、総量の増加を示す趣旨を記述しているもの	1.2	○
30	3	条件について、流した水の単位時間あたりの量の増加ではなく、水の勢いや速さを示す趣旨を記述しているもの	0.1	○
31	3	類型25から類型30以外の内容で記述しているもの	4.5	○
32	3	無解答	0.6	○
99	0	上記以外の解答	0.5	○
0	0	無解答	1.0	○
			20.2	

答は解答類型2及び3である。調査の結果、大雨時には川の曲がっている所の外側も内側も削られる内容を示す選択肢「1」を選び、大雨を想定した流す水の量を単位時間あたりの量の増加ではなく総量の増加を示す趣旨で記述している(解答類型3及び5)割合が、合計で18.7%となった。

このことは、実験結果を基に地面の削られ方について判断することができたにもかかわらず、実験の条件として、一度に流す水の量を増やしたことを表現できていない割合が多いことを示し、単位時間あたりの水の量を意識して変えた条件を正確に説明することに課題があると考えられる。

ii) 単位量当たりの大きさに関する調査問題

平成30年度全国学力・学習状況調査小学校算数A大問4(2)は、示された二つのシートの混み具合を比べる式の意味について、正しいものを選ぶ問題で、単位量当たりの大きさを求める除法の式と商の意味を理解しているかどうかをみる問題である【図2】。

(2) ㊦と㊧の2つのシートがあります。㊦と㊧のシートの面積は、ちがいます。



次の表は、シートの上になすわっている人数とシートの面積を表しています。

すわっている人数とシートの面積		
	人数(人)	面積(m ²)
㊦	16	8
㊧	9	5

どちらのシートのほうがこんでいるかを調べるために、下の計算をしました。

$$\begin{aligned} \text{㊦} \quad & 16 \div 8 = 2 \\ \text{㊧} \quad & 9 \div 5 = 1.8 \end{aligned}$$

上の計算からどのようなことがわかりますか。

下の 1 から 4 までの中から1つ選んで、その番号を書きましょう。

- 1 1 m²あたりの人数は2人と1.8人なので、㊦のほうがこんでいる。
- 2 1 m²あたりの人数は2人と1.8人なので、㊧のほうがこんでいる。
- 3 1人あたりの面積は2 m²と1.8 m²なので、㊦のほうがこんでいる。
- 4 1人あたりの面積は2 m²と1.8 m²なので、㊧のほうがこんでいる。

【図2 小学校算数A 4(2)】

本問で正答するためには、提示された2つの式が、基にする量を1 m²、比べられる量を人数として、1 m²あたりの人数を求めたものであることと、計算した結果から、数値が大きい方が混んでいると判断することが求められる。

表2は、算数A 4(2)の解答類型及び反応率を示したもので、正答は解答類型1である。

【表2 算数A 4(2) 解答類型、反応率】

問題番号	解答類型	反応率(%)	正答
4 (2)	1 1 と解答しているもの	50.3	㊦
	2 2 と解答しているもの	8.6	
	3 3 と解答しているもの	18.4	
	4 4 と解答しているもの	18.0	
	99 上記以外の解答	3.6	
	0 無解答	1.0	

調査の結果、1 m²あたりの人数を求める除法の式の意味と、求めた商を比べたときの混み具合について理解していると考えられる選択肢1を選んで正答した解答類型1の反応率は、50.3%である。一方、1 m²あたりの人数を求める除法の式の意味は理解しているが、求めた商を比べたとき、数値が小さい方が混んでいると捉えていると考えられる解答類型2の反応率は、8.6%、1 m²あたりの人数を求める除法の式の意味を理解していないと考えられる解答類型3と4の反応率はあわせ

て26.4%である。

算数A 4(2)の前問である(1)は、面積がそろっている二つのシートの混み具合について、正しいものを選ぶ問題で、異種の二つの量のうち、一方の量がそろっているときの混み具合の比べ方を理解しているかどうかをみるもので、正答率は87.9%である。

このことは、異種の二つの量のうち、一方の量がそろっているときの混み具合の比べ方を理解できているが、単位量当たりの大きさを求める除法の式と商の意味を理解することに依然として課題があることを示している。算数においては、単位量当たりの大きさに関する概念の定着は依然として課題となっており、そのことが理科における問題解決において、より妥当な解決の方法を発想したり、判断した理由を実験結果などの根拠を基にしながら説明することを通して、より妥当な考えをつくりだしたりすることに影響を及ぼしていると考えられる。

iii) 理科と算数における教育課程の編成比較

理科2(3)の内容は、学習指導要領では下記のように示されている。

流れる水の働きと土地の変化について、水の速さや量に着目して、それらの条件を制御しながら調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア 次のことを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。

(ア) 流れる水には、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こと。

(ウ) 雨の降り方によって、流れる水の速さや量は変わり、増水により土地の様子が大きく変化する場合があること。

イ 流れる水の働きについて追究する中で、流れる水の働きと土地の変化との関係についての予想や仮説を基に、解決の方法を発想し、表現すること。(関係部分のみ抜粋)

小学校学習指導要領解説理科編（2018）によると、児童が、流れる水の速さや量に着目して、それらの条件を制御しながら、流れる水の働きと土地の変化を調べる活動を通して、それらについての理解を図り、観察、実験などに関する技能を身に付けるとともに、主に予想や仮説を基に、解決の方法を発想する力や主体的に問題解決しようとする態度を育成することをねらいとしている（下線は筆者）。ここでは、ねらいとする流れる水の働きと土地の変化について理解をするためには、前提として、単位時間当たりの水の量を捉えた条件制御の考え方を働かせながら、流れる水の速さや量について正しく捉える必要があるといえる。

一方、算数A 4(2)の内容は、学習指導要領では下記のように示されている。

異種の二つの量の割合として捉えられる数量に関わる数学的活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア 次のような知識及び技能を身に付けること。

(ア) 速さなど単位量当たりの大きさの意味及び表し方について理解し、それを求めること。

イ 次のような思考力、判断力、表現力等を身に付けること。

(ア) 異種の二つの量の割合として捉えられる数量の関係に着目し、目的に応じて大きさを比べたり表現したりする方法を考察し、それらを日常生活に生かすこと。

（関係部分のみ抜粋）

小学校学習指導要領解説算数編（2018）によると、異なった二つの量の割合で捉えられる数量を比べるとき、三つ以上ものを比べたり、いつでも比べられるようにしたりするためには、単位量当たりの大きさを用いて比べるとより能率的に比べられることを理解し、単位量当たりの大きさを用いて比べることができるようにすることをねらいとしている（下線は筆者）。ここでは、具体的

な場面で異種の二つの量の割合を捉えることがねらいとされ、人口密度や面積などを例として、単位量当たりの大きさの考えを算数から拡張させ、他教科の学習にも流用可能であることを示唆していると考えられる。

第5学年における理科と算数の学習のカリキュラムを文部科学省検定済教科書会社提供による教育課程編成例を参照すると、流れる水の働きと単位量当たりの大きさのそれぞれの学習が10月から11月の間に計画されている。このことから、2つの学習内容は、大半の学校で同時期に指導していると考えられる。そこで、理科において、流れる水の速さや量について正しく捉え、実験結果を基に分析してより妥当な考えをつくりことができるようにするために、算数で獲得した単位量当たりの大きさについての知識や技能を、理科の学習である流れる水の働きの学習に適用して考える教科横断的な補充的指導を実施することにした。

(2) 補充的指導の概要と事後調査からの考察

①補充的指導の概要と授業の実際

旭川市内の小学校において、補充的指導を実践した。主な概要は次のとおりである。

[調査対象校]：旭川市内の小学校6校(7学級)

[調査時期]：令和元年11月～令和2年1月

[調査内容]

i) 事前・事後調査の実施

平成30年度全国学力・学習状況調査小学校理科大問2(2)(3)、算数A大問4(1)(2)と同様の問題で実施する。事後調査は冬季休業期間をはさむことで、一定の期間を空けるようにする。

ii) 補充的指導の実施（1時間）

算数の指導計画に補充的な内容を設定し、作成した学習指導案に沿って授業を実施する。

[作成した指導案]

算数の教科書では、面積を題材とした問題場面が主であり、単元の終盤に水を用いた問題が設定されている。本実践は補充的指導として単元末に設定し、水の勢いが異なる蛇口から出る水の量を扱い、単位時間当たりの水の量に着目できるよう

にした（指導案は別紙記載）。提示した問題は次のとおりである。

次のように水が入るA, B, Cの3つのじゃ口があります。
 [じゃ口A] [じゃ口B] [じゃ口C]
 200L 150L 300L
 5分で満水 3分で満水 7分で満水
 500L入る水そうを、一番早く満水にできるのは、どのじゃ口でしょうか？

3つの蛇口の水の勢いを比較する方法は、多様な考えを引き出すようにした。表現方法も式や線分図、言葉や図などを認めるようにした。

提示した問題を解決した後には、調査問題にある2本のペットボトルの水を同時に流すことの意味を捉えるために、2つの蛇口から同時に水を流す場面を設定した。また、水の総量が同じでも、水がたまる時間が異なることを捉えるために活用問題を設定した。

最後に、単位時間当たりの水の量に関わる実生活で見られる現象として、平常時と大雨時の川の様子を提示した。

調査対象となる学級の児童の学力の状況は、全国と比べて特徴的な状況はない。表3は、調査学級（A～G）で行った事前調査4問の正答率を点数化して平均値と標準偏差をまとめたものである。また、図3は、各学級の正答率のばらつきを表したものである。ここで、調査学級と全国の有意差を検討するために、一元配置分散分析を行った結果、 $p = 0.912 > 0.5$ であり、有意差はない。

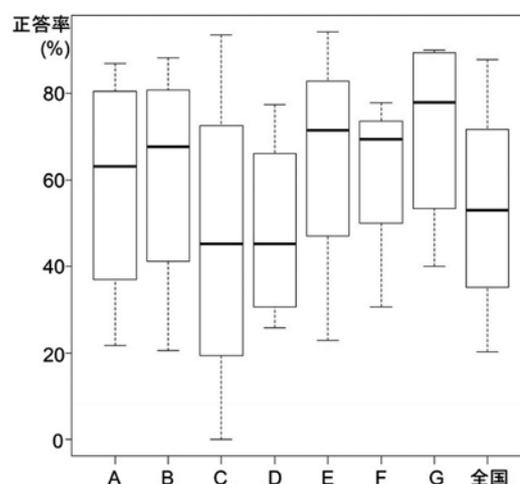
②事後調査の分析と考察

事前・事後調査における正答と誤答の判断は、算数A4(1)と(2)及び理科3(2)においては、国立教育政策研究所が示す解答類型で正答としている解答類型に当てはまるものを正答とし、正答以外の解答を無解答も含め誤答とした。理科3(3)においては、国立教育政策研究所が示す解答類型で正答としている解答類型に加え、補充的指導における効果が期待される解答類型4, 6, 9, 12, 14, 17, 20, 22, 25, 28, 30も加えて正答とした（表4の※で示したもので、以降、期待解答類型とする）。なお、事前調査あるいは事後調査の欠席が

【表3 学級毎の事前調査4問の平均正答率】

	児童数	平均	標準偏差
学級A	23名	58.7	28.5
学級B	34名	61.0	29.0
学級C	31名	46.0	38.5
学級D	31名	48.4	22.8
学級E	35名	65.0	30.1
学級F	36名	61.8	21.2
学級G	30名	71.4	23.5
全国		53.5	27.7

$p=0.912 > 0.5$



【図3 各学級における正答率の比較】

あった学習者は分析から除外した。

表4は、事前・事後調査の解答類型別の反応率と、事前と事後の反応率の差を調査問題毎に示したものである。算数A4(1)では、正答である解答類型2の事前と事後の差は-1.9%であった。同様に算数A4(2)では、正答である解答類型1の事前と事後の差は-0.5%、理科3(2)では、正答である解答類型3の事前と事後の差はなかった。一方で、理科3(3)では、期待解答類型の事前と事後の際は11.7%であった。

表5は、補充的指導によって、事前・事後調査の正答である解答類型や期待解答類型の人数の変化に着目し、McNemar検定を行った結果を示したものである。

【表4 事前・事後調査の解答類型別反応率】

算数4 (1)					
解答類型	正答	事前	事後	差	全国反応率
1		5.6%	7.5%	1.9%	8.3
2	◎	86.9%	85.0%	-1.9%	87.9
3		0.5%	0.9%	0.5%	1.7
99		6.1%	5.6%	-0.5%	1.5
0		0.9%	0.9%	0.0%	0.6

算数4 (2)					
解答類型	正答	事前	事後	差	全国反応率
1	◎	57.9%	57.5%	-0.5%	50.3
2		4.7%	5.6%	0.9%	8.6
3		17.8%	18.2%	0.5%	18.4
4		17.8%	17.8%	0.0%	18
99		0.9%	0.5%	-0.5%	3.6
0		0.9%	0.5%	-0.5%	1

理科3 (2)					
解答類型	正答	事前	事後	差	全国反応率
1		17.8%	16.8%	-0.9%	24.4
2		9.3%	8.4%	-0.9%	12.5
3	◎	69.2%	69.2%	0.0%	55.5
4		2.8%	5.6%	2.8%	6.7
99		0.5%	0.0%	-0.5%	0.6
0		0.5%	0.0%	-0.5%	0.3

理科3 (3)					
解答類型	正答	事前	事後	差	全国反応率
1	◎※	3.3%	7.9%	4.7%	6.3
2	○	6.1%	8.9%	2.8%	1.7
3	○	13.6%	13.1%	-0.5%	12.2
4	※	0.9%	5.1%	4.2%	9.8
5		8.9%	2.8%	-6.1%	6.5
6	※	3.3%	4.7%	1.4%	0.5
7		2.8%	3.3%	0.5%	3.7
8		0.5%	1.9%	1.4%	1.1
9	※	0.0%	0.0%	0.0%	0.1
10		0.0%	0.0%	0.0%	0
11		0.5%	0.5%	0.0%	0.2
12	※	0.0%	0.0%	0.0%	0.3
13		0.0%	0.0%	0.0%	0.3
14	※	0.0%	0.5%	0.5%	0
15		2.3%	0.9%	-1.4%	0.6
16		0.0%	0.0%	0.0%	0.2
17	※	0.5%	0.9%	0.5%	1
18		0.5%	2.3%	1.9%	0.3
19		0.9%	0.5%	-0.5%	2.8
20	※	3.3%	0.5%	-2.8%	8.1
21		13.6%	13.1%	-0.5%	12.3
22	※	6.5%	10.3%	3.7%	0.6
23		28.0%	17.8%	-10.3%	20.5
24		0.0%	0.5%	0.5%	1.6
25	※	0.0%	0.0%	0.0%	0.1
26		0.0%	0.0%	0.0%	0
27		0.0%	0.5%	0.5%	0.2
28	※	0.0%	0.0%	0.0%	0.8
29		1.9%	1.4%	-0.5%	1.2
30	※	0.9%	0.5%	-0.5%	0.1
31		0.9%	2.3%	1.4%	4.5
32		0.0%	0.0%	0.0%	0.6
99		0.5%	0.0%	-0.5%	0.5
0		0.5%	0.0%	-0.5%	1

【表5 事前・事後調査における正答人数の変化】

算数4 (1)			事後	
			正答	正答以外
事前	正答		163	23
	正答以外		19	9
n=214			p=0.537 > .05	

算数4 (2)			事後	
			正答	正答以外
事前	正答		88	36
	正答以外		36	54
n=214			p=1.000 > .05	

理科2 (2)			事後	
			正答	正答以外
事前	正答		123	25
	正答以外		25	41
n=214			p=1.000 > .05	

理科2 (3)			事後	
			正答	正答以外
事前	正答		21	17
	正答以外		53	123
n=214			p=1.69E-05 < .05	

事前・事後調査の正答である解答類型や期待解答類型の人数の変化で見ると、算数A 4(1)と(2)、及び理科2(2)では、事前調査における正答した人数と事後調査における正答した人数を比較すると、有意な差は見られなかった (McNemar検定, $p > .05$)。一方で、理科2(3)では、有意な差が見られた (McNemar検定, $p < .05$)。

以上の2つの分析結果から、算数A 4(1)と(2)、及び理科2(2)では、正答率が増加していないことや解答類型の人数の変化に有意差がないことが確認できる。これらの問題は、補充的指導による直接的な効果をねらう問題ではないことから、事前・事後調査における同一問題実施の学習効果がなかったといえる。

その一方で、理科2(3)では、期待解答類型の反応率が増加し、期待解答類型の人数の変化に有意差があることから、補充的指導によって、期待される効果が表れたと考えられる。とりわけ、解答類型5 (流した水の単位時間当たりの量の増加ではなく、総量の増加を示す趣旨で回答している記述) の反応率が6.1%減少したのに対し、解答類型4 (一度に流す水の量を増やしたことを示す趣旨のみで回答している記述) が、4.2%増加している。このことから、補充的指導によって、一定程度の児童が、川を流れる水の地面を削る働きは、流れる水の総量ではなく単位時間当たりに流れる水の量によるという考えに至ったといえる。

③補充的指導による効果要因の分析

相馬・谷地元 (2018) は、同一授業 (指導場面、本時の目標、扱う問題が同じ授業) において、授業者が目指している授業 (授業観) によって、生徒とのやりとりを通じた深まりや発問の的確さな

どに違いが見られると指摘している。本研究においても、同一の指導案を基に補充的指導を実施した。しかし、実際には、授業者によって単位量当たりの大きさについての知識や技能を流れる水の働きの学習に適用して考えさせるための指導の仕方に違いがあった。

そこで、授業者毎の補充的指導による効果の違いを学級毎の事前・事後調査の比較から検討し、補充的指導のどの要素が効果的であったかを分析した【表6】。

【表6】各学級の理科2(3)期待解答類型反応率

解答類型	1	4	6	9	12	14	17	20	22	25	28	30	計
A	事前	4.3%	8.7%	4.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	17.4%
	事後	27.3%	9.1%	13.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.5%	0.0%	0.0%	0.0%	54.5%
	差	22.9%	0.4%	9.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.5%	0.0%	0.0%	0.0%	37.2%
B	事前	2.9%	0.0%	5.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.8%
	事後	11.4%	5.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11.4%	0.0%	0.0%	0.0%	28.6%
	差	8.5%	5.7%	-5.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11.4%	0.0%	0.0%	0.0%	19.7%
C	事前	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.2%	12.9%	0.0%	0.0%	0.0%	16.1%
	事後	0.0%	0.0%	6.7%	0.0%	0.0%	3.3%	0.0%	3.3%	20.0%	0.0%	0.0%	33.3%
	差	0.0%	0.0%	6.7%	0.0%	0.0%	3.3%	0.0%	0.1%	7.1%	0.0%	0.0%	17.2%
D	事前	0.0%	0.0%	3.2%	0.0%	0.0%	3.2%	0.0%	9.7%	0.0%	0.0%	0.0%	19.4%
	事後	3.3%	10.0%	10.0%	0.0%	0.0%	3.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.3%	30.0%
	差	3.3%	10.0%	6.8%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	-9.7%	0.0%	0.0%	0.1%	10.6%
E	事前	2.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.7%	5.7%	0.0%	0.0%	0.0%	14.3%
	事後	2.9%	2.9%	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%	0.0%	14.3%	0.0%	0.0%	0.0%	22.9%
	差	0.0%	2.9%	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%	-5.7%	8.6%	0.0%	0.0%	0.0%	8.6%
F	事前	2.8%	0.0%	2.8%	0.0%	0.0%	0.0%	8.3%	5.6%	0.0%	0.0%	2.8%	22.2%
	事後	2.9%	2.9%	5.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.6%	0.0%	0.0%	0.0%	20.0%
	差	0.1%	2.9%	2.9%	0.0%	0.0%	0.0%	-8.3%	3.0%	0.0%	0.0%	-2.8%	-2.2%
G	事前	10.0%	0.0%	6.7%	0.0%	0.0%	0.0%	3.3%	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	30.0%
	事後	12.1%	6.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	27.3%
	差	2.1%	6.1%	-6.7%	0.0%	0.0%	0.0%	-3.3%	-0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	-2.7%

事前・事後調査の比較は、理科2(3)の問題における期待解答類型の反応率で行った。反応率の合計が10%以上を補充的指導による効果が高かった群(A, B, C, D)とし、それ以外を効果が低かった群(E, F, G)とした。

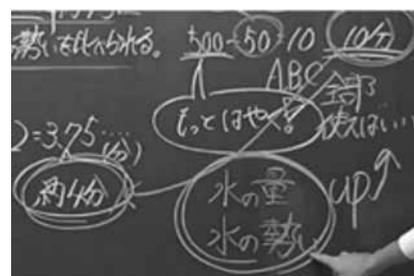
補充的指導による効果が高かった群の特徴として、次の要素が挙げられる。

i) 水の勢いに着目させる展開

児童にとって日常生活で使う言葉としての「水の量」とは、水の総量を指す場合が多い。本実践で提示した問題では、同じ大きさの容器に水を入れたときに満水になる時間が異なる3つの蛇口を扱った。ここでは、満水になる時間が異なる状況を、蛇口から出る水の勢いの違いと捉えることが必要であり、単位時間当たりの水の量を考える必然性につながる点で重要な要素である。

例えば、授業A, B, Cでは、展開段階で「10

分で満水になる」と「約4分で満水になる」に着目させた上で「何が異なるのか」と発問し、



【写真1】授業Bにおける板書の一部

「満水になる時間が短い」ことは、「水の勢いが異なる」と確認している(写真1)。

ii) 児童の思考を促す構造的な板書

提示した問題を解決する際には、1分当たりの水の量と1L当たりの時間で考える方法が表出される。これらの考えを板書上で構造的に示し、次の課題となる「満水になる時間や3つの蛇口から同時に水を入れたときに要する時間を考える」際に、それまでに考えたことや分かったことを基にしながら解決することを可能としている。

例えば、授業Aでは、展開段階の板書において3つの蛇口それぞれの「1分当たり」と「1Lあたり」の大きさを丁寧に整理した上で、3つの蛇口を同時に用いたときの満水になる時間を考える場面を設定している(写真2)。

また、授業B, Cでは、まとめの段階における練習問題の場面で、教師が「500mLのペットボトルが4つあるから水は4つの口から同時に出るけど、2Lのペットボトルでは、口が1つしかないから4倍の20秒になる。『同時に』がポイントになる」といった児童の考えを引き出した上で、その考えを板書上で構造的に示し、思考しやすい状況をつくりだしている。



【写真2】授業Aにおける板書の一部

iii) 算数と理科の関連の意識化

本実践では、算数で学んだ単位量当たりの大きさの概念を、理科の学習である流れる水の働きに適用して考えることができるようになることが重要である。児童にとって、学習で獲得したことを次の学習や他教科等での学習、実生活での事象につなげて考えていくことができるようにするためには、意図的に他の場面や文脈に当てはめて考えることができるように指導を工夫する必要がある。

例えば、授業A、C、Dでは、まとめ段階における終末場面で、大雨が降ったときの川の様子と平常時の川の様子の写真を提示し、算数で学んだ単位量当たりの大きさの考えを、実際の川を流れる水の勢いに当てはめて考える場面を設定し、川の流れる勢いは、単位時間当たりの川を流れる水の量に関係していることを確認している(写真3)。



[写真3 授業Dにおける授業の様子]

また、授業Cでは、提示した川の画像が、実際に理科の学習で用いた教科書に掲載されている川の様子の写真であり、理科の学習を想起しやすいようにしている。さらに、教師が「算数の学習は理科の学習と結びついていることを意識して学習していくように」と、教科横断的な視点をもって学習に臨むことを児童に説明している。

iv) 事象の演示による学習内容の確認

算数の学習における数学的活動では、具体物を用いた操作活動や思考を中心とした学習活動が開発される。一方、理科は、自然の事物・現象から

問題を見だし、観察・実験などの活動を通して問題解決を図る。理科と算数の教科横断的な指導においては、算数で獲得した概念を理科の学習に適用する際、知識や概念をつなぐことだけにとどまらず、実際の事物・現象に当てはめて考える場面の設定が重要である。

例えば、授業A、Dでは、まとめ段階における練習問題終了後に、2Lのペットボトルの水を容器に入れる時間と、500mLのペットボトル4本に入った水を同時に容器に入れる時間を実際に測る様子を演示している(写真4)。計算上で導き出した答えが、実際に当てはまるのかを確認すると同時に、容器に注がれる水の勢いの違いについて実感を伴って捉えることにつながった。



[写真4 授業Dにおける授業の様子]

一方、補充的指導による効果が低かった群の特徴として、次の内容が挙げられる。

- ・1分当たりに出る水の量が50Lの蛇口Bを用いて、500Lためる時間を求める場面で、比例の関係で考えるのではなく、式とその計算結果を問いかけたため、2つの数量を関係的に見ることを阻害している。理科のエネルギーに関する内容を柱とする領域で、児童が学習する際に働かせる「量的・関係的な見方」を扱う機会を逸している。
- ・展開段階で蛇口Bを用いて満水にする方法以外に、3つの蛇口を同時に用い、早く満水にする方法を考える場面を扱っていない。そのため、単位量当たりの大きさを考えることにとどまり、「同時」や「勢い」の考えまで至っていない。
- ・まとめ段階における練習問題を扱う場面で、「2L = 500mL × 4本」の確認がなく、問題の前提となる水の総量が同じであることがおさえられていない可能性がある。
- ・まとめ段階における終末場面で、大雨が降った

ときの川の様子と平常時の川の様子の写真を提示しているが、「大雨のときの川は水の量が多いから」との説明のみで終わり、単位時間当たりの水の量に触れていない。

3. おわりに

新学習指導要領では、育成を目指す資質・能力のうち、生きて働く知識・技能の習得については、個別の知識にとどまらず、活用可能な概念的な知識の習得が求められている。本実践のような教科横断的な指導により、単位量当たりの大きさについて、大雨による川を流れる水の量の変化と地面への影響を考えるとといった活用場面で適用することができたことは、知識・技能の習得において効果があったといえる。

また、理科と算数の教科横断的な指導の設定が、新学習指導要領の理科で求められる思考力・判断力・表現力としての問題解決の力の育成や、前提として働かせる考え方を豊かで確かなものにする点で有効であった。理科の学習では、新学習指導要領で第5学年において主に育成を目指す問題解決の力として「解決の方法を発想する力」が位置付けられている。解決の方法を発想する際には、条件制御の考え方が必要である。第5学年の理科で扱う条件制御に関わる学習内容は、流れる水の働きの学習の他に、単位量当たりの大きさを関連付けて数量的に条件制御する内容はない。したがって、本単元では、実験方法を試行錯誤しながら検討し、流す水を総量ではなく単位時間当たりの水の量を変えるといったより妥当な実験方法を見いだすことを通して、条件制御の考え方を働かせながら解決の方法を発想する力を獲得していくことになる。しかし、単位時間当たりの水の量については、同時期に算数で学習する単位量当たりの大きさの概念を適用することができる。流れる水の働きの学習の前に単位量当たりの大きさを学ぶように指導計画を編成し、理科と算数の学習を横断的につなぐ補充的指導の時間の設定が有効であるといえる。さらに、教科横断的な指導による

効果が見込まれる内容を開発し、意図的、計画的に指導に位置付けることで課題の解決につながる事が確かめられた。学級担任が行うカリキュラム・マネジメントは、紙面上で各教科を横断的につないだ計画だけではなく、実際の指導場面で、他の教科等との関連を意識しながら指導することができる。この点は、教科担任制ではできない小学校に多い学級担任制の利点である。しかし、学級担任が全ての教科等の課題を踏まえ、他教科等との関連を意識しながら日常的に指導することは困難である。本研究で実践したような教科横断的な指導による効果が見込まれる内容を、あらかじめ単元の指導計画に反映し、意図的、計画的にカリキュラム・マネジメントすることが大切である。

一方、現代的諸課題や特定の教科等だけではなく全ての教科等のつながりの中で資質・能力の育成を目指す必要がある課題は山積している。本研究では、その課題克服に向けた一事例を開発し、その有効性を検証したが、今後、本研究の成果を他の課題克服に向けた事例の開発につなげ、提案していく必要がある。また、本実践では、事後調査の結果として、単位量当たりの大きさについて直接的に問う問題による改善の傾向は見られなかった。教科横断的な指導による双方の教科の効果を考えると、本実践で扱った流れる水の働きを題材として単位量当たりの大きさについて問う問題で効果検証する必要がある。さらに、学習者が、算数の学習で学んだことが理科で学ぶ内容や身近な自然と関連していることを意識することで、算数を学ぶ意義や有用性の理解につながる事が期待できる。今後、学習者の意識の変化を調査分析する必要がある。

【引用・参考文献】

- 五十嵐敏文 (2018) 理科を軸とした教科横断型カリキュラムの開発に向けた一考察. 日本科学教育学会研究会研究報告, Vol. 33(3), pp.177-182.
- 猿田裕嗣 (2019) カリキュラム・マネジメントが重視される背景と目指すもの. 理科の教育 3月号, 東洋館出版社, pp.18-21.

- 松浦拓也（2019）理科におけるカリキュラム・マネジメントを考える。理科の教育 3月号，東洋館出版社，pp.22-25.
- 相馬一彦・谷地元直樹（2018）授業比較による数学授業の考察。北海道教育大学紀要，第69巻第1号，pp.157-167.
- 安原誠・金兎正史（2018）理科と数学科のつながりを意識した学習指導事例の分析とそれぞれを総合する必要性の考察。鳴門教育大学授業実践研究，第17巻，pp.165-173.
- 国立教育政策研究所（2018）平成30年度 全国学力・学習状況調査 解説資料 小学校理科，平成30年度 全国学力・学習状況調査 解説資料 小学校算数
- 小学校学習指導要領解説総則編（2018）文部科学省.
- 小学校学習指導要領解説理科編（2018）文部科学省.
- 小学校学習指導要領解説算数編（2018）文部科学省.
- 文部科学省（2016）カリキュラム・マネジメントの基本的な考え方。初等教育資料 8月号，pp.2-9.

（山中 謙司 旭川校准教授）

（谷地元直樹 旭川校准教授）

第5学年 算数科学習指導案（略案）

北海道教育大学旭川校 山中 謙司・谷地元直樹

1. 単位量あたりの大きさ（課題学習）

2. 本時の目標

- 水が流れる量を比較することを通して、単位量あたりの大きさに着目し、具体的な事象の問題を解決することができる。

3. 本時の展開

<p>教師の働きかけ（発問）</p> <p>○問題提示する。</p>	<p>主な学習活動（予想される児童の反応）</p> <p>○問題把握</p> <p>【問題】 次のように水が入るA、B、Cの3つのじゃ口があります。 [じゃ口A] [じゃ口B] [じゃ口C] 200L 150L 300L 5分で満水 3分で満水 7分で満水 500L入る水そうを、一番早く満水にできるのは、どのじゃ口でしようか？</p> <p>○予想させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> • A、B、C ・同じ など • 3つのじゃ口から出る水の勢いって同じかな？ • どのように考えると比較できるだろうかな？ <p>【めあて】 3つのじゃ口の水の勢いを比較する方法を考えよう。</p>	<p>○集団解決</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2つの考えでは、何をそろえたのかを確認しよう。（予想される児童の反応） <p>（その1） 1分あたりの水の量にそろえる A：1分で40L B：1分で50L C：1分で約43L なので、一番早いのはB</p> <p>（その2） 1Lあたりの時間にそろえる A：1、5秒で1L B：1、2秒で1L C：1、4秒で1L よって、一番早いのはB</p> <p>○問題の答えの確認</p> <ul style="list-style-type: none"> • ちなみに、何分で満水になるのかな？
<p>○問題把握</p>	<p>○問題把握</p>	<p>【留意点】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 図などを用いて、問題把握を促す。 • 問題の要点をノートに記入するようにする。 • 答えの予想は直観的でない。 • 3つのじゃ口で水の勢いが異なることを確認する。 • 課題を共有するこを目的とし、見通しは深く行わない。 • 単位量あたりの大きさを学習したことを復習し、解決の仕方を全体で確認する。 • 短時間で机間指導を終え、全体で確認する。 • (その1)だけ先に取り上げて、何をそろえたのかを確認する。 • 500Lは必要ない情報であることを伝える。 • 他の児童に問いながら、既習内容を振り返る。

<p>○問題を発展させる。</p> <p>10分よりもっと早く満水にする方法はないかな？</p> <ul style="list-style-type: none"> • 同時にじゃ口を開けばいいんじゃない。 • 1分あたりに入る水の量が増えるから。 <p>○個人思考（予想される児童の反応）</p> <p>1分あたりはA+B+Cなので、 40L+50L+43L=133L 1分で133L入る。500L入るので、 $500 \div 133 = 3.75$ (分) およそ、3分45秒くらいになる。</p>	<p>○児童の発言を用いてまとめをする。</p> <p>○学んだことを言葉で表現する。</p> <p>【まとめ】 単位量あたりの大きさにしておすことで、水の勢いを比較することができる。</p> <p>○練習問題を与える。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 最初に個人で取り組む。 <p>【練習問題】 口の形や大きさが同じ500mlのペットボトルが4本、2Lのペットボトルが1本あります。容器Aには、500mlのペットボトル4本の水を同時に入れます。容器Bには、2Lのペットボトルの水を入れます。容器Aにペットボトルの水が入りきる時間が5秒だったとき、容器Bにペットボトルの水が入りきる時間は何秒でしょうか。</p> <p>○問題の状況を把握させてから考えさせる。</p> <p>○個人思考（予想される児童の反応）</p> <p>①言葉で説明する 500mlのペットボトルは口が4つあるので、容器Aは容器Bより4倍早く入る。逆に、2Lのペットボトルは口が1つなので、4倍遅い。なので、$5 \times 4 = 20$ (秒)</p> <p>②単位量あたりの大きさに着目する 500mlのペットボトルは5秒で出るので、$500 \div 5 = 100$で、1秒あたりに100mlの水が出る。2Lのペットボトルの口も同じなので、$2L = 2000ml$に直して計算すると、$2000 \div 100 = 20$ (秒)</p> <p>○全体で答えを確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 容器Bは、およそ20秒かかる。 <p>○時間と水の量に関わる算数や理科の事例（川の様子：写真）を紹介する。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 川の流れの勢いは、単位量あたりの大きさに関わる。 	<p>川の流れの問題を意識させるために、水量を増やして考えさせる。</p> <ul style="list-style-type: none"> • じゃ口の水を合わせるときに、どの数量をもとにするべきかを考えさせる。 <p>【評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 単位量あたりの大きさに着目し、発問させた問題を解決することができている。(知識・理解) • 問題を振り返る中で、単位量あたりの大きさ、水の量、時間などのキーワードを列挙させる。 • 練習問題はプリントで配付する。 • 答えだけではなく、理由を記述するように指示する。 • 少し机間指導を行った後、問題の場面を図で表す。 • ①から取り上げて確認する。②は式のみ板書する。 <p>【評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 単位量あたりの大きさに着目し、具体的な事象の問題を解決することができている。(考え方) • 計算上は20秒だが、実数を想定して「およそ」と表記する。 • 川の流れを例に、算数と理科のつながりに着目させる。
<p>○問題の発展させる。</p> <p>10分よりもっと早く満水にする方法はないかな？</p> <ul style="list-style-type: none"> • 同時にじゃ口を開けばいいんじゃない。 • 1分あたりに入る水の量が増えるから。 <p>○個人思考（予想される児童の反応）</p> <p>1分あたりはA+B+Cなので、 40L+50L+43L=133L 1分で133L入る。500L入るので、 $500 \div 133 = 3.75$ (分) およそ、3分45秒くらいになる。</p>	<p>○児童の発言を用いてまとめをする。</p> <p>○学んだことを言葉で表現する。</p> <p>【まとめ】 単位量あたりの大きさにしておすことで、水の勢いを比較することができる。</p> <p>○練習問題を与える。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 最初に個人で取り組む。 <p>【練習問題】 口の形や大きさが同じ500mlのペットボトルが4本、2Lのペットボトルが1本あります。容器Aには、500mlのペットボトル4本の水を同時に入れます。容器Bには、2Lのペットボトルの水を入れます。容器Aにペットボトルの水が入りきる時間が5秒だったとき、容器Bにペットボトルの水が入りきる時間は何秒でしょうか。</p> <p>○問題の状況を把握させてから考えさせる。</p> <p>○個人思考（予想される児童の反応）</p> <p>①言葉で説明する 500mlのペットボトルは口が4つあるので、容器Aは容器Bより4倍早く入る。逆に、2Lのペットボトルは口が1つなので、4倍遅い。なので、$5 \times 4 = 20$ (秒)</p> <p>②単位量あたりの大きさに着目する 500mlのペットボトルは5秒で出るので、$500 \div 5 = 100$で、1秒あたりに100mlの水が出る。2Lのペットボトルの口も同じなので、$2L = 2000ml$に直して計算すると、$2000 \div 100 = 20$ (秒)</p> <p>○全体で答えを確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 容器Bは、およそ20秒かかる。 <p>○時間と水の量に関わる算数や理科の事例（川の様子：写真）を紹介する。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 川の流れの勢いは、単位量あたりの大きさに関わる。 	<p>川の流れの問題を意識させるために、水量を増やして考えさせる。</p> <ul style="list-style-type: none"> • じゃ口の水を合わせるときに、どの数量をもとにするべきかを考えさせる。 <p>【評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 単位量あたりの大きさに着目し、発問させた問題を解決することができている。(知識・理解) • 問題を振り返る中で、単位量あたりの大きさ、水の量、時間などのキーワードを列挙させる。 • 練習問題はプリントで配付する。 • 答えだけではなく、理由を記述するように指示する。 • 少し机間指導を行った後、問題の場面を図で表す。 • ①から取り上げて確認する。②は式のみ板書する。 <p>【評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 単位量あたりの大きさに着目し、具体的な事象の問題を解決することができている。(考え方) • 計算上は20秒だが、実数を想定して「およそ」と表記する。 • 川の流れを例に、算数と理科のつながりに着目させる。