

発展的課題に対する読み物とワークシートのニーズと評価

山下修一^{1)*}・野村裕美子²⁾・西山宜孝³⁾・保刈栄紀⁴⁾・及川美幸⁵⁾

¹⁾千葉大学教育学部

²⁾袖ヶ浦市立根形中学校

³⁾千葉県立木更津東高等学校定時制

⁴⁾すみだ教育研究所

⁵⁾墨田区立両国中学校

Needs and Evaluation of Reading Materials and Worksheets for Advanced Tasks

YAMASHITA Shuichi^{1)*}, NOMURA Yumiko²⁾, NISHIYAMA Noriyuki³⁾,
HOKARI Hideki⁴⁾ and OIKAWA Miyuki⁵⁾

¹⁾Faculty of Education, Chiba University

²⁾Japan Negata Junior High School

³⁾Kisarazuhigashi Part-time High School

⁴⁾Sumida Educational Research Institute

⁵⁾Ryogoku Junior High School

本研究では、まず千葉県内の理科教員対象にして、中学校1～3年理科教科書の発展的課題に対する支援のニーズがあるのかを調査した。そして、中学校2年「二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼」を例にして、読み物とワークシートで学習を支援することで科学的に説明できようになるのか、実際の理科授業で評価した。その結果、ニーズ調査からは、1年生物「植物の分類」に比べると2年地学「明日の天気」、3年物理「エネルギー効率」に対する支援のニーズが高かった。中学校2年生対象の発展的学習の結果からは、学習前は科学的に説明することが難しかった「二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼」の説明が、学習後には80%以上の生徒が科学的に説明できるようになり、自信度も高くなっていた。更なる発展的課題の「たたら製鉄」の説明については、90%以上の生徒が科学的に説明できるようになり、学んだことを新たな課題にも適用して説明できるようになった。

This study was performed to investigate how many junior high school teachers had the needs for support of advanced tasks and how newly developed the reading material and worksheet facilitated students' scientific explanation of "burning magnesium in carbon dioxide".

A total of 52 junior high school teachers were asked to answer the needs for support of 13 advanced tasks. The results showed that their needs for support of "tomorrow's weather" and "energy efficiency" were high regardless teaching experiences.

A total of 202 students tackled to explain "burning magnesium in carbon dioxide" in a 1-hour science lesson using the reading material and worksheet. The students' responses on the worksheet were analyzed. The results showed that 185 students (91.6%) were able to explain scientifically how magnesium burn in carbon dioxide. In addition, 192 students (95.0%) were able to explain scientifically even more difficult task about "Tatara Steelmaking". Most of the students realized that they had deeper understandings because they read the reading material and organized the information on the worksheet.

キーワード：発展的課題 (advanced task), 読み物 (reading material), ワークシート (worksheet),
マグネシウムの燃焼 (burning magnesium)

1. 問題と目的

2017年改訂の中学校学習指導要領では、改訂の基本方針として「知識及び技能の習得と思考力、判断力、表現力等の育成のバランスを重視する2008年改訂の学習指導要領の枠組みや教育内容を維持した上で、知識の理解の質を更に高め、確かな学力を育成すること」をあげてい

る(文部科学省, 2017)。また、2008年改訂の学習指導要領と比べると、例えば「(6)地球と宇宙の(ア)太陽の様子について」で、「ここでは、太陽は太陽系で最も大きく、……」(文部科学省, 2008)から、「ここでは、観察記録や資料に基づいて、太陽は太陽系で最も大きいこと、……」(文部科学省, 2017)のように改訂されている。観察記録や資料を読み解いて、知識の理解の質を更に高めることが求められている。

2020年度に小学校、2021年度に中学校で2017年改訂の

*連絡先著者：山下修一 syama@faculty.chiba-u.jp

学習指導要領に対応した教科書が出版され、知識の理解の質を更に高めるための発展的課題や読解力問題が掲載されるようになった。例えば、大日本図書の中学校理科教科書には、中学校1年「砂糖の溶解モデル」、中学校2年「二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼」、中学校3年「南半球での月の動き」などの発展的課題が掲載されている。これらの発展的課題に対して、生徒が主体的に既習事項を活かして知識の理解の質を更に高めることは容易ではなく、支援が必要であると考えられる。理科教員自身も学生時代にこういった発展的課題について学習してきたわけではなく、生徒任せの学習にしてしまいがちである。

山下・野村・岩本(2022)は、千葉県教育委員会との共同研究で(勝田・桜庭, 2018)、コア知識の知見(山下, 2018)とOPPA(One Page Portfolio Assessment)の知見(堀, 2018)を活かして、「脊椎動物の分類」の発展的課題に取り組むための読み物とワークシートを開発した。そして、千葉県内の公立中学校1年生5クラス154名を対象にして、実際の理科授業で試行した結果、「脊椎動物の分類」の単元終了時点では、マンタを魚類に分類できたのは68名(44.2%)であったが、読み物とワークシートによる一単位時間(50分)の学習後には、126名(81.8%)がマンタを魚類に分類できるようになった。

そこで本研究では、まず千葉県内の理科教員対象にして、中学校1～3年理科教科書の発展的課題に対する支援のニーズがあるのかを調査した。そして調査の結果、比較的支援のニーズの高かった中学校2年「二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼」を例にして、読み物とワークシートで学習支援をすることで科学的に説明できようになるのか、実際の理科授業で検討した。

2. 方 法

(1) 調査対象および実施時期

2021年7月に、千葉県内の理科教員を対象にして、中学校1～3年の理科教科書の発展的課題に対する支援のニーズを調査し、52名から回答を得た。対象となった理科教員52名の内訳は、教員経験年数1～5年：11名、6～10年：15名、11～20年：16名、21年以上：10名であった。

2021年11月には、千葉県内の公立中学校2年生32名を対象に、『化学変化と原子・分子』の単元終了後に、一単位時間(50分)で開発した読み物とワークシートを用いた発展的学習に取り組ませた。2021年12月～2022年1月には、千葉大学墨田サテライトキャンパスが開設され、千葉大学教育学部と墨田区が連携プロジェクトを立ち上げ、墨田区の生徒のPISA型の科学的リテラシーを育む支援をすることになったことから、東京都墨田区内の公立中学校2年生6クラス170名を対象に、同様に一単位時間(50分)で発展的学習に取り組ませた。なお、どちらの中学校でも、授業中に酸化還元反応の例として二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼については扱ったが、マグネシウムが二酸化炭素中でも燃焼する理由については扱っていなかった。

(2) 調査項目

理科教員対象の調査では、千葉県内で採択率の高いD社の中学校教科書1～3学年分の13発展的課題(物理分野：3, 化学分野：3, 生物分野：4, 地学分野：3)に対する支援のニーズについて、「5：必要 4：やや必要 3：どちらでもない 2：やや必要ない 1：必要ない」から一つ選ばせた。また、1年「脊椎動物の分類」のワークシートと読み物、2年「二酸化炭素中のマグネシウム燃焼」のワークシートに対するニーズについても、同様に5～1から一つ選ばせた(資料1)。

中学校2年生対象の発展的学習では、ワークシートの「なぜ、マグネシウムは二酸化炭素の中でも燃焼するのか?」「たたら製鉄で鉄が取り出せる理由」「この学習で成長したこと」に対する生徒の記述を分析した。

(3) 読み物とワークシート

(2)の調査結果、2年「二酸化炭素中のマグネシウム燃焼」のワークシートに対する支援のニーズの平均値が、3.88(0.96)と比較的高かったため、新たに読み物とワークシートを開発した。図1のA4版ワークシートは、コア知識とOPPAの知見を統合するために、コア知識を「酸素との結びつきやすさに順番がある」とし、異なる酸素濃度での燃焼結果から、酸素との結びつきやすさの順番を整理させた。OPPAの知見からは、はじめに「学習前の予想(自信度)」、学習後には「学習後の回答(自信度)」記述させるようにし、「学習前の予想」「学習後の回答」を比較して、「学習によって成長したこと」を記述させた。

A4用紙1枚の読み物については、山下・西山(2006)を参考にして、酸素との結びつきやすさにも順番がある

<課題>なぜ、マグネシウムは二酸化炭素の中でも燃焼するのか? <千葉県教育学部山下研究室 回答の自信の番号にも○を付けて下さい 組 番 氏名

学習前<なぜ、二酸化炭素の中でもマグネシウムは燃焼するのか?>(理由):

(5:自信あり 4:やや自信あり 3:どちらでもない 2:やや自信なし 1:自信なし)

<<読み物を参考にしながら、下の空欄をうめて下さい>>

<酸化・還元のコア知識>: 酸素との結びつきやすさに順番がある

異なる酸素濃度中の燃焼の様子

<比較>	酸素 20%中 (空気中)	⇒ 酸素 60%中	⇒ 酸素 100%中
マグネシウム Mg	 ()	 ()	 ()
炭素 C	 ()	 ()	 ()
鉄 Fe	燃えない	 ()	 ()
銅 Cu	燃えない	燃えない	 ()
銀 Ag	燃えない	燃えない	燃えない

酸素との結びつきやすさの順番を決める

> > > >

読み物を読んだ後<なぜ、マグネシウムは二酸化炭素の中でも燃焼するのか?>(理由):

(5:自信あり 4:やや自信あり 3:どちらでもない 2:やや自信なし 1:自信なし)

発展課題<「たたら製鉄」で鉄が取り出せる理由>:



(5:自信あり 4:やや自信あり 3:どちらでもない 2:やや自信なし 1:自信なし)

この学習で成長したこと:


図1 開発したA4版ワークシート

発展的課題に対する読み物とワークシートのニーズと評価

◎千葉大学教育学部山下研究室

<なぜ、マグネシウムは二酸化炭素の中でも燃焼するのか？>
読み物を読んで、ワークシートに情報をまとめよう！




教科書の二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼を見て、不思議だと思った人も多いと思います。



この読み物では、「なぜ、マグネシウムは二酸化炭素の中でも燃焼するのか？」を考えていきます。

まず、物質により燃えやすさ(酸素との結びつきやすさ)に違いがあることは、知っていると思います。
ここでは、マグネシウム・炭素・鉄・銅・銀の燃えやすさの順番を考えます。

⇒酸素が約 20%の空气中でも、マグネシウムは激しく燃え、炭素も燃えます。
⇒酸素 50%にすると、鉄も燃えだします。
⇒酸素 100%では、銅も燃えだします。

酸素 20%中 (空气中)	⇒酸素 60%中	⇒酸素 100%中
		
マグネシウム	炭素	鉄

銀は、酸素 100%にしても燃えません。

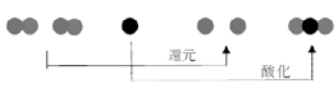
1

◎千葉大学教育学部山下研究室

これらのことから、酸素との結びつきやすさの順番が決められます。
燃焼の様子から、酸素との結びつきやすさの順番は、
 $Mg > C > Fe > Cu > Ag$ となることがわかります。

教科書にあった「酸化銅と炭素を混ぜて加熱すると銅を取り出せる実験」を思い出してください。

酸化銅 + 炭素 → 銅 + 二酸化炭素



なぜ、銅を取り出せるのか、酸素との結びつきやすさ ($Mg > C > Fe > Cu > Ag$) を使って説明してみよう！

2

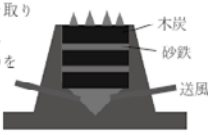
◎千葉大学教育学部山下研究室

教科書には、「炭素が酸化銅から酸素を奪う」と説明されていますが、なぜ炭素が酸化銅から酸素を奪うのか、酸素との結びつきやすさ ($Mg > C > Fe > Cu > Ag$) を使って説明すると、

「炭素は、銅よりも酸素と結びつきやすい($C > Cu$)から、
銅から酸素を奪って二酸化炭素となり、銅が残る」
と説明できます。

これと同じように、マグネシウムの二酸化炭素中の燃焼についても説明できるでしょう。

教科書には、砂鉄(酸化鉄など)から鉄を取り出す「たたら製鉄」が紹介されています。酸化鉄が多く含まれる砂鉄と木炭(炭素)を混ぜて高温に加熱すると鉄を取り出せる理由を 酸素との結びつきやすさ ($Mg > C > Fe > Cu > Ag$) を使って説明してみよう！

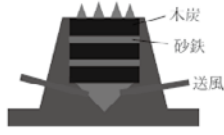


3

◎千葉大学教育学部山下研究室

酸素との結びつきやすさ ($Mg > C > Fe > Cu > Ag$) を使って説明すると、「炭素は、鉄よりも」と説明できます。

宮崎駿監督のアニメ映画「もののけ姫」には、「たたら製鉄」の場面があります。砂鉄は山を切り崩して、木炭は木を切って集めてきます。それで鉄を作って武器にするストーリーなので、いろいろと考えさせられますね。「もののけ姫」の再放送があったら、この学習のことを思い出して見て下さい。きっと、以前とは違った見方ができると思います。



<<この読み物を見ながら、ワークシートに情報を整理してください>>

4

図2 開発した読み物

こと「 $Mg > C > Fe > Cu > Ag$ 」をコア知識として(山下, 2020a; 山下, 2020b), 更なる発展課題「たたら製鉄で鉄が取り出せる理由」を考えさせるストーリーとし、図2の4ページ分の内容を両面印刷し、A5版に折って小冊子とした。

3. 結 果

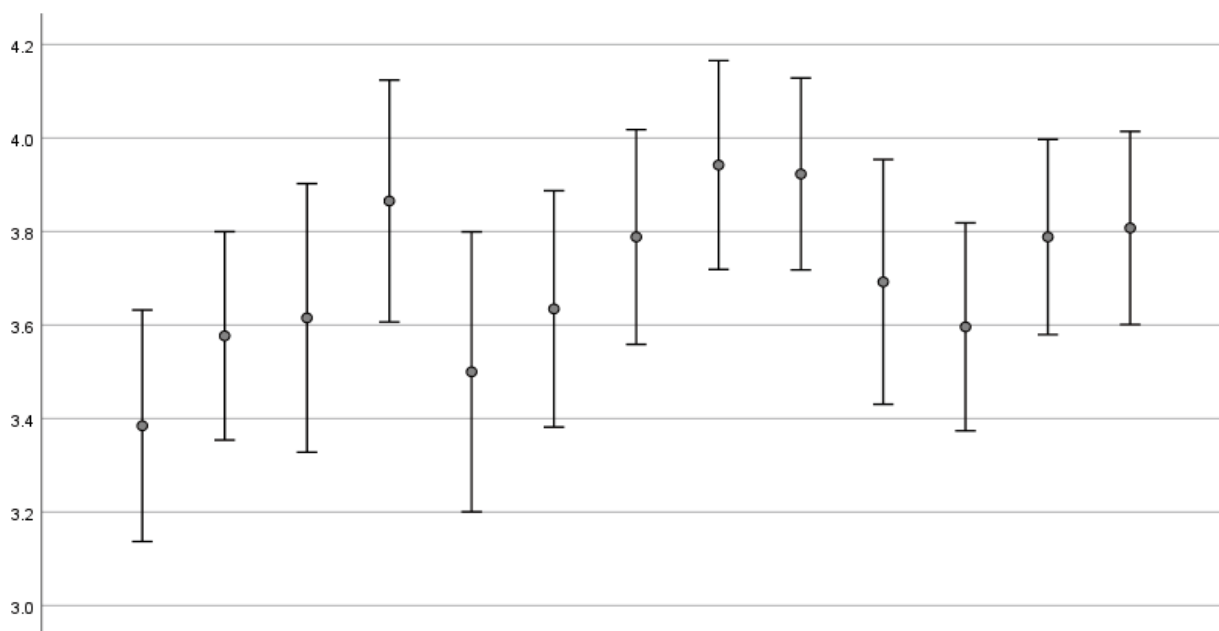
- (1) 理科教員の発展的課題に対する支援のニーズ
理科教員の発展的課題に対する支援のニーズの回答
「5:必要 4:やや必要 3:どちらでもない 2:

やや必要ない 1:必要ない」を5点~1点に得点化し、表1に平均値(SD)と分散分析の結果を、図3に95%信頼区間のエラーバーグラフ(中央の●が平均値)を示した。

単元間の平均値に差があるのを見るために、反復測定による分散分析を行った。Mauchlyの球面性検定の結果、 $P < 0.05$ であったので、Greenhouse-Geisserで補正した結果、有意確率が $P = 0.009$ となった。どこに差があるのかをBonferroni法で多重比較したところ、1年生生物「植物の分類」<2年地学「明日の天気」、1年生生物「植物の分類」<3年物理「エネルギー効率」であった。ま

表1 発展的課題に対する支援のニーズの平均値 (N=52)

単元	平均値 (SD)
1年生物「植物の分類」	3.39 (0.89)
1年化学「メダルの謎」	3.58 (0.80)
1年物理「全身映せる鏡」	3.62 (1.03)
1年地学「震源地」	3.87 (0.93)
2年化学「CO ₂ 中の燃焼」	3.50 (1.08)
2年生物「無脊椎動物の体」	3.63 (0.91)
2年物理「明るい豆電球」	3.79 (0.82)
2年地学「明日の天気」	3.94 (0.80)
3年物理「エネルギー効率」	3.92 (0.74)
3年遺伝「遺伝子技術」	3.69 (0.94)
3年連鎖「身のまわり生物」	3.60 (0.80)
3年化学「水溶液の正体」	3.79 (0.75)
3年地学「季節の変化」	3.81 (0.74)
===== ワークシート「動物分類」	3.85 (0.85)
ワークシート「CO ₂ 中燃焼」	3.88 (0.96)
読み物「動物分類」	3.71 (1.02)



1 生物 1 化学 1 物理 1 地学 2 化学 2 生物 2 物理 2 地学 3 物理 3 遺伝 3 連鎖 3 化学 3 地学

図3 支援のニーズのエラーバーグラフ

た、読み物やワークシートに対するニーズについては、いずれの平均値も3.7以上となり、2年「二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼」のワークシートの平均値が3.88 (0.96)となった。なお、52人を教員経験年数別に1～5年 (11人)、6～10年 (15人)、10～20年 (16人)、21年以上 (10人)に分けて、平均値に差があるのか分散分析を用いて確認したが、単元の平均値、読み物とワークシートの平均値共に有意な差は見られなかった。

(2) 読み物とワークシートでの発展的学習の結果

1) 生徒の説明状況

ワークシートの記述を分析することで、「なぜ、マグネシウムは二酸化炭素の中でも燃焼するのか?」、「たたら製鉄で鉄が取り出せる理由」を科学的に説明できるようになったのか、「学習で成長したこと」について探った (図4に生徒の記入例を示した)。





千葉県内の公立中学校2年生32名を対象にした結果については、学習前後の「二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼」「たたら製鉄」についての説明と自信度の推移を表2に示した。なお、自信度「5:自信あり 4:やや

読み物を読む前くなぜ、二酸化炭素の中でもマグネシウムは燃焼するのか？(理由)：
 二酸化炭素とマグネシウムが反応すると、二酸化炭素は還元、マグネシウムは酸化するから。

(5: 自信あり 4: やや自信あり 3: どちらでもない 2: やや自信なし 1: 自信なし)

<<読み物を参考にしながら、下の空欄をうめて下さい>>

<酸化・還元のコア知識>：酸素との結びつきやすさに順番がある
 異なる酸素濃度中の燃焼の様子

<比較>	酸素 20%中 (空气中)	⇒酸素 50%中	⇒酸素 100%中
マグネシウム Mg	 (急激しく燃える)		
炭素 C	 (燃える)		
鉄 Fe	燃えない	 (燃える)	
銅 Cu	燃えない	燃えない	 (燃える)
銀 Ag	燃えない	燃えない	燃えない

酸素との結びつきやすさの、順番を決める

燃えやすい Mg > C > Fe > Cu > Ag 燃えにくい

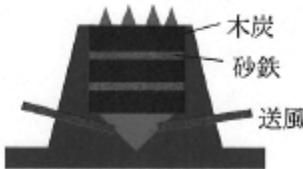
読み物を読んだ後くなぜ、マグネシウムは二酸化炭素の中でも燃焼するのか？(理由)：
 マグネシウムは酸素と結びつきやすい。
 そのため、二酸化炭素から酸素を奪って酸化マグネシウムとなり、火然焼する。
 (酸化・還元が同時におこっている)

$Mg + CO_2 \rightarrow MgO + C$

(5: 自信あり 4: やや自信あり 3: どちらでもない 2: やや自信なし 1: 自信なし)

発展課題「たたら製鉄」で鉄が取り出せる理由>：

炭素は金鉄よりも酸素と結びつきやすい(C>Fe)ので、
 金鉄から酸素を奪って二酸化炭素となり、金鉄が取り出せる。



(5: 自信あり 4: やや自信あり 3: どちらでもない 2: やや自信なし 1: 自信なし)

読み物を読んで成長したこと：
 たたら製鉄のことをあまり理解していなかったけど、
 今回の学習で分かるようになりました。
 「ものけし匠」をもう一回見てみようと思います。

<番号に○をつけ忘れていないか、もう一度確認して、提出してください>

図4 生徒のワークシートの記入例

自信あり 3:どちらでもない 2:やや自信なし 1: 自信なし」については、回答番号をそのまま5点～1点と得点化して平均値 (SD) を示した。

読み物とワークシートでの学習前は、「二酸化炭素中

のマグネシウムの燃焼」について科学的に説明できたのは15名 (46.9%) 自信度: 2.40 (0.83), 不十分な説明は17名 (53.1%) 自信度: 1.47 (0.80) であり、教科書で学習済みでも生徒にとっては、発展的課題について説明

表2 説明と自信度の推移 (N=32)

説明	Mg 燃焼(前)		Mg 燃焼(後)		たたら製鉄
科学的	15名(46.9%) 自信度: 2.40(0.83)		27名(84.4%) 自信度: 2.89(1.19)		30名(93.8%) 自 信度: 2.90(1.24)
不十分な 説明	17名(53.1%) 自信度: 1.47(0.80)		5名(15.6%) 自 信度: 1.80(1.30)		2名(6.3%) 自信度: 1.50(0.71)

自信度: 自信度の平均値 (SD)

することは難しかった。

読み物とワークシートでの学習後には、科学的に説明できたのは27名(84.4%) 自信度: 2.89 (1.19), 不十分な説明は5名(15.6%) 自信度: 1.80 (1.30) となり、多くの生徒が科学的に自信を持って回答できるようになった。科学的ではなかった5名(15.6%)の回答については、「酸素20%でも燃えたため」などといった不十分な説明であった。

更なる発展的課題のたたら製鉄の説明についても、科学的に説明できたのは30名(93.8%) 自信度: 2.90 (1.24), 不十分な説明は2名(6.3%) 自信度: 1.50 (0.71) であった。未習課題のたたら製鉄の説明についても、開発した読み物を読んでワークシートに情報を整理したことで、科学的に自信を持って回答できるようになった。ただし、科学的ではなかった2名(6.3%)は、「砂鉄と炭素は酸素が結びつきにくい」などといった回答だった。

なお、男(16人)・女(16人)間で、各説明の自信度の平均値に差があるのかt検定を用いて確認したところ、すべての項目で男・女間には有意な差が見られなかった。

東京都墨田区内の公立中学校2年生170名を対象にした結果の推移についても同様に表3に示した。ただし、「二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼」の説明については、

レベル2: マグネシウムの方が酸素と結びつきやすいから二酸化炭素の酸素を奪う

レベル1: 二酸化炭素の酸素を奪う/還元する

レベル0: 誤答

「たたら製鉄」の説明については、

レベル2: 炭素の方が酸素と結びつきやすいから酸化鉄の酸素を奪う

レベル1: 酸化鉄の酸素を奪う/還元する

レベル0: 誤答

として分析した。

表3から、学習前は「二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼」については、レベル2: 36名(21.2%) 自信度: 3.22 (1.21) / レベル1: 49名(28.8%) 自信度: 2.78 (1.14) であり、レベル0: 85名(50.0%) 自信度: 1.99 (1.01) となり、教科書で学習済みでも半数の生徒にとっては、発展的課題について説明することは難しかった。

読み物とワークシートでの学習後には、レベル2: 149名(87.6%) 自信度: 3.95(1.02) / レベル1: 9名(5.3%) 自信度: 3.11 (0.93) となり、レベル0: 12名(7.1%) 自信度: 2.58 (1.12) であり、ほとんどの生徒が科学的に自信を持って回答できるようになった。不十分な説明の12名(7.1%)の回答については、「化学変化が起きているから」などといったものであった。

更なる発展的課題のたたら製鉄の説明についても、レベル2: 151名(88.8%) 自信度: 3.85 (1.05) / レベル1: 11名(6.5%) 自信度: 3.09 (0.94) となり、レベル0: 8名(4.7%) 自信度: 2.88 (1.46) であった。未習課題のたたら製鉄の説明についても、開発した読み物を読んでワークシートに情報を整理したことで、科学的に自信を持って回答できるようになった。ただし、不十分な説明の8名(4.7%)は、「結びつきやすいから」などといったものであった。

2) 学習で成長したこと

「学習で成長したこと」についての記述内容を「理解深化」「考えられた・説明できた」「興味・面白い」「日常生活」のカテゴリーに分け、図5に千葉県内の2年生

表3 説明と自信度の推移 (N=170)

説明	Mg 燃焼(前)		Mg 燃焼(後)		たたら製鉄
レベル2	36名(21.2%) 自信度: 3.22(1.21)		149名(87.6%) 自信度: 3.95(1.02)		151名(88.8%) 自信度: 3.85(1.05)
レベル1	49名(28.8%) 自信度: 2.78(1.14)		9名(5.3%) 自信度: 3.11(0.93)		11名(6.5%) 自信度: 3.09(0.94)
レベル0	85名(50.0%) 自信度: 1.99(1.01)		12名(7.1%) 自信度: 2.58(1.12)		8名(4.7%) 自 信度: 2.88(1.46)

自信度: 自信度の平均値 (SD)

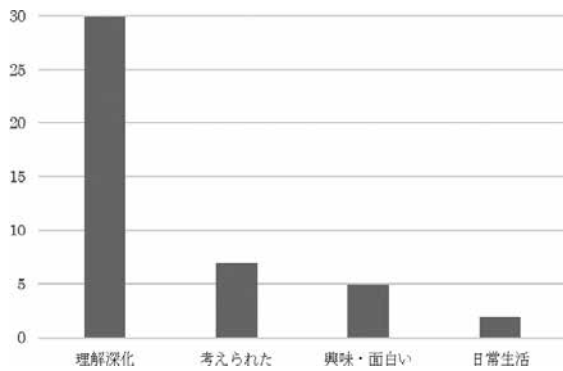


図5 成長したことの該当数 (N=32)

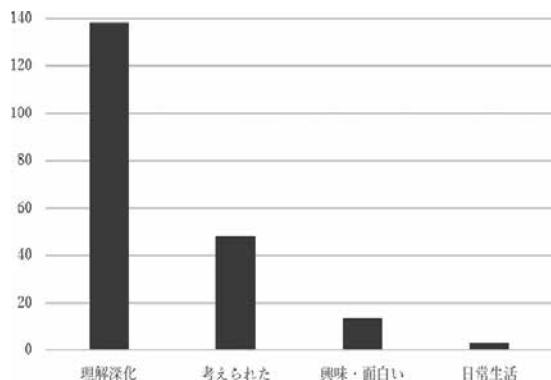


図6 成長したことの該当数 (N=170)

について、図6に東京都内の2年生について該当数を示した(複数該当有)。なお、「理解深化」については、「ワークシートに情報を整理することで、自分の考えが整理されてよくわかるようになった」などの記述を該当するものとして分類した。

千葉県内の2年生については、32名中30名(93.8%)が学習によって「理解深化」とし、7名(21.9%)が「考えられた・説明できた」、5名(15.6%)が「興味・面白い」に該当する記述をしていた。東京都内の2年生については、170名中138名(81.2%)が学習によって成長したこととして「理解深化」をあげ、48名(28.2%)が「考えられた・説明できた」、14(8.2%)が「興味・面白い」と記述していた。これらのことから、どちらの中学生も開発した読み物を読んで、ワークシートに情報を整理したことから、理解が深まったと実感していたことがわかる。

4. まとめと今後の課題

理科教員対象にした発展的課題に対する支援のニーズ調査からは、教員経験年数にかかわらず、1年生物「植物の分類」に比べると2年地学「明日の天気」、3年物理「エネルギー効率」に対する支援のニーズが高かった。また、読み物やワークシートに対するニーズについては、いずれの平均値も3.7以上となり、2年「二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼」のワークシートに対するニーズが3.88(0.96)と比較的高かった。

中学校2年生対象の読み物とワークシートを用いた発展的学習の結果からは、千葉県・東京都の生徒ともに、

学習前は科学的に説明することが難しかった「二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼」の説明が、学習後には80%以上の生徒が科学的に説明できるようになり、自信度も高くなっていた。更なる発展的課題の「たたら製鉄」の説明については、90%以上の生徒が科学的に説明できるようになり、学んだことを新たな課題にも適用して説明できるようになった。「学習で成長したこと」については、ほとんどの生徒が読み物を読んでワークシートに情報を整理したことから、理解が深まったと実感していた。

今後は、支援のニーズが高かった2年地学「明日の天気」、3年物理「エネルギー効率」などについても、読み物とワークシートの開発を進め、実際の理科授業でその有効性を検討する予定である。

付 記

本研究の一部は、科学研究費補助金 基盤研究(C) 課題番号21K02921「コア知識とOPPAの知見を統合して発展的課題に対応するワークシートの開発と評価」研究代表者：山下修一、千葉大学教育学部×墨田区連携プロジェクト「リテラシー育成のための分析、授業開発および検証」を受けて実施したものである。

引用文献

- 堀哲夫(2018) 授業改善の方法：OPPAの活用を中心に、科学技術教育, 229, 2-4.
- 勝田紀仁・桜庭一慶(2018) 科学的な思考力を高める授業と評価の実践：コア知識を活用したコミュニケーション活動・OPPAの活用を通して、科学技術教育, 229, 15-17.
- 文部科学省(2008)「中学校学習指導要領解説 理科編」Retrieved from https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2011/01/05/1234912_006.pdf(2022.6.23)
- 文部科学省(2017)「中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編」Retrieved from https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018_005.pdf(2022.6.23)
- 山下修一(2018) コア知識を用いたコミュニケーション活動, 科学技術教育, 229, 5-7.
- 山下修一(2020a) 理科第1分野のコア知識の一覧表の更新とBig Ideas・Core Ideasによる補強, 日本教育大学協会研究年報, 38, 3-15.
- 山下修一(2020b) 理科第2分野のコア知識の一覧表の更新とBig Ideas・Core Ideasによる補強, 千葉大学教育学部研究紀要, 68, 15-20.
- 山下修一・西山宜孝(2006) 化合力を導入して一貫した説明を促すコミュニケーション活動の効果, 理科教育学研究, 47(2), 65-74.
- 山下修一・野村裕美子・岩本華子(2022) 脊椎動物分類の発展的課題に対応するワークシートの開発と評価, 日本教育大学協会研究年報, 40, 27-37.

資料1

＜発展的課題に対する支援のニーズに関する調査(表・裏)＞

1. あなたの中学校理科の指導年数 (年) ※令和3年度終了時
 2. 発展的課題に対する支援の必要性について、ご自身の考えに近い番号
 (5:必要 4:やや必要 3:どちらでもない 2:やや必要ない 1:必要ない)に○をつけて下さい。

	単元名	探究活動の課題	内容	支援の必要性
1 年 生	生物の世界	植物の分類を活用する	植物をいろいろな観点から分類し図鑑をつくる	5・4・3・2・1
	物質のすがた	メダルの謎	金属の性質の違いを利用してメダルがどのような物質からできているのか調べる	5・4・3・2・1
	身近な物理現象	全身を映せる鏡	広さに制約のある場所に全身を映す鏡を置くにはどのくらいの長さの鏡があればよいか	5・4・3・2・1
	大地の変化	震源地はどこか	地震の震源をつきとめる方法を作図から考える	5・4・3・2・1
2 年 生	化学変化と原子・分子	二酸化炭素の炭素を奪え	マグネシウムを二酸化炭素(ドライアイス)の中で燃焼させる	5・4・3・2・1
	生物の体のつくりとはたらしき	無脊椎動物の体はどうなっているのか	イカの解剖をし、生きていくためのつくり(肺や心臓、消化器官など)を調べる	5・4・3・2・1
	電流とその利用	明るい豆電球はどれだ	豆電球の種類や電球の並べ方を変えて、豆電球の明るさを比べる(電流や電圧がどのように関係しているか)	5・4・3・2・1
	気象のしくみと天気の変化	明日の天気はどうか	天気図を使って、これからの天気を予測する	5・4・3・2・1
3 年 生	運動とエネルギー	エネルギー変換効率を調べよう	位置エネルギーが運動エネルギーに変換するときのエネルギー効率を算出し、エネルギー効率を良くするためにはどうしたらよいか考える	5・4・3・2・1
	生命のつながり	遺伝子を扱う技術について考えよう	遺伝子に関する研究にはどのようなものがあり、その研究結果がどのように利用されているのかを調べる	5・4・3・2・1
	自然界のつながり	身のまわりの生物の関わりを考えよう	自然界にすむ生物どうしのつながりをさまざまな生息地域(木・池・畑など)で考える	5・4・3・2・1
	化学変化とイオン	水溶液の正体は?	水溶液の性質を利用して分析する	5・4・3・2・1
	地球と宇宙	季節の変化を調べよう	南半球や赤道直下での季節による太陽の動きの変化を考える	5・4・3・2・1




＜＜裏面にも回答してください＞＞

発展的課題に対する読み物とワークシートのニーズと評価

3. 「学習前の予想」を記述し、コア知識を振り返りながら、観察・実験の結果を比較して、自らの結論を導き、「学習前の予想」「学習後の回答」を比較して「学習によって成長したこと」を記述する以下のワークシートや読み物の必要性について、ご自身の考えに近い番号(5:必要 4:やや必要 3:どちらでもない 2:やや必要ない 1:必要ない)に○をつけて下さい。

＜中学校 1 年＞脊椎動物(マンタ)の分類 WS	＜中学校 2 年＞二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼 WS																																																								
<p>必要性 (5・4・3・2・1)</p> <p>＜課題＞マンタは何類？自分の回答の確信度の番号に○をつけて下さい。 組 番 氏名</p> <p>学習前の予想(理由も)：</p> <p>確信度(5: 自信あり 4: やや自信あり 3: どちらでもない 2: やや自信なし 1: 自信なし)</p> <p>＜脊椎動物分類のコア知識＞</p> <p>魚類 両生類 爬虫類 鳥類 哺乳類 [えら呼吸] [子・えら呼吸] [親・肺呼吸] [肺呼吸] [陸上に卵を生む] [胎生] [胎生]</p> <p>＜比較＞ サメ イルカ</p> <table border="1"> <tr> <td>呼吸の場所</td> <td>サメ</td> <td>マンタ</td> <td>イルカ</td> </tr> <tr> <td>えら・肺の様子</td> <td>(解剖モデルのスケッチ)</td> <td>(解剖モデルのスケッチ)</td> <td>(解剖モデルのスケッチ)</td> </tr> <tr> <td>ふえ方</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>尾びれの動き方</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>胸びれの様子</td> <td>(解剖モデルのスケッチ)</td> <td>(解剖モデルのスケッチ)</td> <td>(解剖モデルのスケッチ)</td> </tr> <tr> <td>結論</td> <td>類</td> <td>類</td> <td>類</td> </tr> </table> <p>学習後の回答(理由も)：</p> <p>確信度 (5: 自信あり 4: やや自信あり 3: どちらでもない 2: やや自信なし 1: 自信なし)</p> <p>私の考えは筋が通っている学習によって成長したこと：</p>	呼吸の場所	サメ	マンタ	イルカ	えら・肺の様子	(解剖モデルのスケッチ)	(解剖モデルのスケッチ)	(解剖モデルのスケッチ)	ふえ方				尾びれの動き方				胸びれの様子	(解剖モデルのスケッチ)	(解剖モデルのスケッチ)	(解剖モデルのスケッチ)	結論	類	類	類	<p>必要性 (5・4・3・2・1)</p> <p>＜課題＞二酸化炭素の中でマグネシウムは燃えるのか？自分の回答の確信度の番号に○をつけて下さい。 組 番 氏名</p> <p>学習前の予想(理由も)：</p> <p>確信度(5: 自信あり 4: やや自信あり 3: どちらでもない 2: やや自信なし 1: 自信なし)</p> <p>＜酸化・還元のコア知識＞：酸素との結びつきやすさにも順番がある</p> <p>異なる燃焼温度中の燃焼の様子</p> <table border="1"> <tr> <td>＜比較＞</td> <td>燃焼 20% 中 (空気中)</td> <td>燃焼 50% 中</td> <td>燃焼 100% 中</td> </tr> <tr> <td>マグネシウム</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>酸素</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>炭</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>銅</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>鉄</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>酸素との結びつきやすさの順番</td> <td>></td> <td>></td> <td>></td> </tr> <tr> <td>結論</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>実験結果</p> <p>学習後の回答(理由も)：</p> <p>確信度 (5: 自信あり 4: やや自信あり 3: どちらでもない 2: やや自信なし 1: 自信なし)</p> <p>私の考えは筋が通っている学習によって成長したこと：</p>	＜比較＞	燃焼 20% 中 (空気中)	燃焼 50% 中	燃焼 100% 中	マグネシウム				酸素				炭				銅				鉄				酸素との結びつきやすさの順番	>	>	>	結論			
呼吸の場所	サメ	マンタ	イルカ																																																						
えら・肺の様子	(解剖モデルのスケッチ)	(解剖モデルのスケッチ)	(解剖モデルのスケッチ)																																																						
ふえ方																																																									
尾びれの動き方																																																									
胸びれの様子	(解剖モデルのスケッチ)	(解剖モデルのスケッチ)	(解剖モデルのスケッチ)																																																						
結論	類	類	類																																																						
＜比較＞	燃焼 20% 中 (空気中)	燃焼 50% 中	燃焼 100% 中																																																						
マグネシウム																																																									
酸素																																																									
炭																																																									
銅																																																									
鉄																																																									
酸素との結びつきやすさの順番	>	>	>																																																						
結論																																																									

＜中学校 1 年＞脊椎動物(マンタ)の分類-読み物の例 **必要性 (5・4・3・2・1)**

 <p>僕や太郎君は、肺で呼吸をしているよね。サメはどこで呼吸をしていると思う？肺かな？</p> <p>サメは○で呼吸！</p> <p>その通り！えら呼吸だからサメは魚類。</p> <p>太郎君は、卵生・胎生っていう言葉を知ってる？</p> <p>「卵生」は、卵から生まれること。「胎生」は、赤ちゃんとして生まれること。</p>	<p>僕は、お母さんのお腹から赤ちゃんで生まれたから胎生だ！</p> <p>サメは、ほとんどの種類が卵生なんだ！</p> <p>サメは、えら呼吸で卵生だね！</p> <p>サメには、尾びれ・胸びれ・背びれ・腹びれ、たくさんひれがあるよ。その中でも、尾びれと胸びれについてちょっと詳しく教えてあげる！</p> <p>尾びれ</p> <p>胸びれ</p>	 <p>よく見てごらん。イルカの尾びれは上下に動いているよね。</p> <p>太郎君は、泳ぐの好き？泳ぐときどうやって前に進んでる？</p> <p>僕、泳ぐの大好き！</p> <p>僕は泳ぐときに必ず上下に足を動かすよ！</p> <p>あ！イルカと同じだ！</p>
<p>その通り！尾びれや足を上下に動かして泳ぐのが哺乳類なんだ！</p> <p>サメやイルカは進化の過程で背や腹のひれが大きくなり変わったんだ！陸上で生活する哺乳類が海の中での生活に適ったとき、後ろ脚を上下に動かすひれになったんだ！</p> <p>イルカは海にいるから、魚類だと思っていたけど、尾びれを上下に動かす哺乳類だったんだ！</p> <p>ほ乳類ってことは僕と同じだから、イルカは○呼吸で、胎生</p> <p>素晴らしい！</p> <p>それじゃあ次に、イルカの胸びれはどうなっているかな？</p> <p>イルカの胸びれをよーく見てごらん！</p> <p>サメと違うよね？</p> <p>イルカの胸びれは人間みたいに骨がある！</p> <p>そう！これもイルカが哺乳類であるという証拠なんだよ！</p>	<p>最後は、マンタについてだ！</p>  <p>まず、マンタはどこで呼吸をしているかな？</p> <p>えらがいっぱい！○呼吸だ！</p> <p>素晴らしい！マンタは、○呼吸だ！</p> <p>それじゃあ、マンタは卵生？胎生？</p>	<p>サメが卵生だから、マンタも卵生？でも、海の中でもイルカみたいに胎生もいるんだーどちらだろう…</p> <p>マンタは、卵をお母さんのお腹の中で育ててから赤ちゃんとしてお腹の外に出す「胎生」なんだ！</p> <p>サメは、「えら呼吸」「卵生」で魚類。イルカは、「肺呼吸」「胎生」で哺乳類。マンタは、「○呼吸」「○胎生」で…</p> <p>結局マンタは何類なの？</p> <p>胸びれと尾びれを見てみよう！</p> <p>尾びれ</p>