

# 小学校理科における虫眼鏡による集光についての 学習に関する研究

山 田 真 子, 矢 原 萌々子

A study on learning about light condensing with a magnifying lens  
in elementary school science

Masako YAMADA, Momoko YAHARA

## 1. 研究の背景

平成29年改訂小学校学習指導要領では、小学校第3学年の「光と音の性質」の単元で、虫眼鏡による集光について学習している（文部科学省、2018）。その際、太陽の光を虫眼鏡で集めたときの明るさや暖かさに着目して学習している。

虫眼鏡による集光についての学習に関しては、様々な課題が指摘されている。例えば、麻柄（2001）によれば、学習者によっては、太陽光線を虫眼鏡で紙に集めた場合にできる小さな丸が太陽の像だと認めることができないことが示唆されている。また、高村・高村（1977）の授業実践より、太陽の光を集めると小さな丸い点のようになることを認識していても、蛍光灯などの光は虫眼鏡では集められないと考えていたり、集めると蛍光灯の形ではなく小さな丸い点のようになると考えたりする学習者がいることが浮き彫りになっている。このような誤った知識は、太陽の光を虫眼鏡で集めると小さな丸い点になって紙を焦がすという経験によって成立したと推察されている（麻柄、2001）。以上の先行研究から、太陽の光を虫眼鏡で集める実験では、光を発している物体と同じ形の像ができるということを理解しづらいことに課題があると考えられる。

また、太陽の光を虫眼鏡で集めたときの明るさは目に見えるので理解しやすいが、暖かさは目に見えないので捉えづらいと考えられる。勿論、虫眼鏡で太陽の光を紙などの上で一点に集めたときに紙から煙が出たり焦げたりした場合にはかなり高温になっていることは認識できると考えられる。しかし、虫眼鏡と紙との距離が近い場合には暖かくなっているのかどうかは明確にはわからないという課題があるのではないだろうか。この点について検討した研究は見られない。

一方、小・中学校における光に関する学習について、石井（2016）は、先行研究や過去の学習指導要領、教科書、海外の研究成果などを検討し、凸レンズなどの像のでき方について理解するためには光の直進を丁寧に学習する必要があることや、生徒の理解を目指すためには小・中学校を見通したカリキュラム構造を検討すべきであることなどを指摘している。この中で、過去の学習指導要領や教科書における光に関する学習の内容や活動の事例が丁寧に取り上げられているが、昭和20年代については言及されていない。つまり、戦後から現在までの光に関する学習の変遷の全貌については明らかにされていない。

以上のことを踏まえ、本研究では、小学校理科における光に関する学習の変遷から課題やその改善策を見だし、虫眼鏡による集光についての学習の効果的な実験方法や授業計画を考案することを目的とする。

研究の方法としては、まず、昭和22年から平成29年までの小学校学習指導要領とそれらに準拠した教科書を分析することとした。そして、その結果をもとに、虫眼鏡で光を集めると光を発している物体と同じ形の像ができることを理解させる実験方法や、太陽の光を虫眼鏡で集めたときの暖かさを捉えさせることのできる実験方法を考案し、それらを取り入れた授業計画を作成することとした。

## 2. 学習指導要領の分析

昭和22年から平成29年までの小学校学習指導要領における光に関する学習内容や教材について分析した。その際、小学校指導書理科編及び小学校学習指導要領解説理科編も合わせて分析した<sup>1)</sup>。その結果を表1に示す。

学習内容については、時代によって大きな変化は見られず、どの時代も基本的に、光の直進、反射、屈折、集光、光で物を照らしたときの明るさや暖かさが扱われている。ただし、焦点距離については、昭和27年から昭和52年までは扱われていたが、平成元年以降は扱われなくなり、中学校段階で学習することとなった。教材については、虫眼鏡はほとどの時代でも扱われているが、そのほかのものは時代によって異なっており、その時代の日常生活に関連したものが使用されていることがわかる。また、昔に比べて現在は、日常生活に関連した教材が減っていることが窺える。

表1 小学校学習指導要領における光に関する学習内容と教材

年代	学年	学 習 内 容	教 材
昭和22	2, 5	光の直進, 反射, 屈折, 集光, 光で物を照らしたときの明るさや暖かさ	レンズ, 鏡, 針穴写真機, レンズ写真機, 反射写真機
昭和27	2, 5	光の直進, 反射, 屈折, 集光, 光で物を照らしたときの明るさや暖かさ, 分散, 焦点距離	虫眼鏡・凸レンズ, 凹レンズ, 眼鏡, 写真機, 望遠鏡, 針穴写真機, 幻灯
昭和33	3, 5, 6	光の直進, 反射, 屈折, 集光, 光で物を照らしたときの明るさや暖かさ, 焦点距離	虫眼鏡, 水, 空気, 針穴写真機, 鏡, 青写真
昭和43	3, 4	光の直進, 反射, 屈折, 集光, 光で物を照らしたときの明るさや暖かさ, 分散, 焦点距離	虫眼鏡, 水, 空気, 針穴写真機
昭和52	3	光の直進, 反射, 屈折, 集光, 光で物を照らしたときの明るさや暖かさ, 焦点距離	鏡, 虫眼鏡, 青写真
平成元	3	光の直進, 反射, 光で物を照らしたときの明るさや暖かさ	鏡, ガラス, 金属
平成10	3	光の直進, 反射, 屈折, 集光, 光で物を照らしたときの明るさや暖かさ	鏡, 虫眼鏡
平成20	3		鏡, アルミニウム版, 虫眼鏡
平成29	3		鏡, アルミニウム版, 虫眼鏡

### 3. 教科書の分析

昭和22年から平成29年までの小学校学習指導要領に準拠した、教科書会社3社(啓林館、大日本図書、東京書籍)の検定済み教科書<sup>2)</sup>において、集光に関する実験を通してどのような内容を学習しているか、また、実験ではどのような教材が扱われているかを分析した。その結果を表2に示す。

まず、平成元年は集光に関する実験自体が扱われていなかったが、それ以外の時代では扱われており、集光に関する実験を通して光で物を照らしたときの明るさや暖かさについて学習している。また、昭和27年から昭和52年までは焦点距離についても学習している。しかし、平成10年以降は虫眼鏡で紙に光を集めたときの虫眼鏡と紙の距離に着目した実験は行われていたものの、焦点距離自体については扱われていない。これらのことから、平成元年以降は、焦点距離について扱わなくなったことにより、虫眼鏡から像までの距離と像との関係について学習していないことがわかった。教材については、昭和22年から昭和52年までは、虫眼鏡、レンズ、写真機、望遠鏡などの日常生活に関連したものを含め、多くの教材が扱われていた。しかし、平成10年から平成29年までは、虫眼鏡のみになっていた。このように、昔に比べて現在は、日常生活に関連した教材が減っていることがわかった。

現行の教科書における実験では、図1のように、虫眼鏡を紙から遠ざけたときに、虫眼鏡を通った日光は一点に集まることはわかるが、虫眼鏡をさらに遠ざけたときに、虫眼鏡を通った日光はどのように進み、どのような像ができるのかはわからないと考えられる。また、明るさについては、虫眼鏡を紙に近づけたときは明るく、紙から遠ざけて日光が一点に集まったときは非常に明るくなることはわかるが、暖かさについては、虫眼鏡を紙に近づけたときはよくわからず、虫眼鏡を紙から遠ざけて紙から煙が出たり紙が焦げたりしたときに非常に熱くなっているということしかわからないと考えられる。これらのことから、現行の教科書における実験は、虫眼鏡で光を集めたときの像の形や暖かさを理解するには不十分であることが窺える。

表2 教科書における集光に関する実験での学習内容と教材

年代	学習内容	教材
昭和22	光で物を照らしたときの明るさや暖かさ	虫眼鏡、レンズ、写真機、望遠鏡、眼鏡、針穴写真機、幻灯機
昭和27		虫眼鏡、レンズ、反射写真機、レンズ写真機、望遠鏡、眼鏡、ガラス、針穴写真機、顕微鏡、潜望鏡、映写機、幻灯機
昭和33	光で物を照らしたときの明るさや暖かさ、焦点距離	虫眼鏡、レンズ、写真機、望遠鏡、ガラス、針穴写真機、顕微鏡、幻灯機
昭和43		虫眼鏡、レンズ、写真機、望遠鏡、眼鏡、ガラス、青写真
昭和52		虫眼鏡、レンズ、ピン
平成10	光で物を照らしたときの明るさや暖かさ	虫眼鏡
平成20		
平成29		

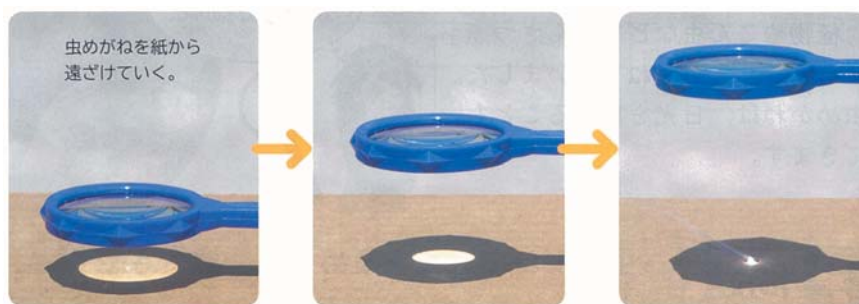


図1 現行の教科書における実験の様子

(有馬ら, 2020, p.128)

#### 4. 実験方法の考案

小学校学習指導要領と教科書の分析結果を踏まえ、虫眼鏡で光を集めたときの像の形や暖かさを理解するためには、現行の教科書に掲載されている虫眼鏡で集めた光の明るさや暖かさを調べる実験(図1)などに加えて、①線香の煙を用いて虫眼鏡を通った光の道筋を可視化する実験、②示温シール<sup>3)</sup>を用いて虫眼鏡で集めた光の暖かさを調べる実験、③虫眼鏡で蛍光灯などの光を集めたときの像の様子について調べる実験、④日常生活における光を集めることのできるものを紹介を行うことが効果的であると考えた。①の実験については、昭和43年版小学校学習指導要領に準拠した第4学年の教科書(藤井・蓮沼ら, 1975)に掲載されていた、線香の煙を用いた実験を参考にして、検討した。②の実験については、温度を可視化できる示温シールを用いて新たに実験を考案した。③の実験については、高村・高村(1977)の授業実践を参考にした。④については、虫眼鏡以外にも光を集めることのできるものとして、目と眼鏡について検討した。

①線香の煙を用いて虫眼鏡を通った光の道筋を可視化する実験に使用する材料は、虫眼鏡、工作用紙(約340mm×360mm)、ビニール袋、線香、ストロー、セロハンテープである。作り方としては、まず、工作用紙に縦約60mm×横約100mm×高さ約240mmの直方体の展開図を描き、それを切り取って組み立てる。その際、1側面(横約100mm×高さ約240mmの面)のみ切り取っておく。また、上面(縦約60mm×横約100mmの面)に、虫眼鏡のレンズよりやや小さい丸い穴を開けておく。次に、ビニール袋を切り開いたものを先ほど切り取った側面に取り付け、セロハンテープで固定する。そして、ストローを約50mmの長さに切り、片方の端から約15mmのところまで4カ所切り込みを入れ、切り込み部分を外側に90度に曲げて、組み立てた直方体の底面の真ん中あたりにセロハンテープで固定する。実験では、ストローに火のついた線香を立て、上面の穴に虫眼鏡をあてて、太陽のほうへ向ける。すると、虫眼鏡を通った光の道筋が見える。実験の様子を図2に示す。この実験を通して、虫眼鏡を通った光の道筋を見ることによって、虫眼鏡で日光を集めることができることを実感するとともに、虫眼鏡を通った日光は一点に集まるように進み、その一点を通った後は広がるように進むことを理解することができると考えられる。光の道筋を理解することは、中学校理科での凸レンズのはたらきに関する学習の理解にも役立つと考えられる。

②示温シールを用いて虫眼鏡で集めた光の暖かさを調べる実験で使用する材料は、虫眼

鏡、示温シール、うちわ（厚紙などで代用可）、タブレットやデジタルカメラ、水を入れたバケツである。今回用いた示温シール（株式会社ナリカ）は、30℃で暗紫色、45℃で紫色、60℃で赤（桃）色、それより高い温度では白色に変化するため、温度上昇を視覚的に捉えられる教材である。この示温シールをうちわに張り付け、実験の際、持ちやすくした。タブレットやデジタルカメラは、温度上昇による色の変化を正確に記録するために用意する。また、万が一、示温シールが燃えてしまったときのために、水を入れたバケツを用意しておく必要がある。実験では、虫眼鏡から示温シールまでの距離を変えたときの集めた日光の暖かさを比べながら調べる。注意点としては、光が集まったところを長く見つめないこと、光を一点に集めたときには示温シールが燃える可能性があるため、その状態で長く光を当て続けないようにすることなどが挙げられる。児童が実験する際には、事前にこれらのことを十分に伝えておく必要がある。実験の様子を図3に示す。また、虫眼鏡を近づけたときと遠ざけたときの示温シールの様子を図4に示す。この実験を通して、集めた日光による温度上昇を視覚的に捉えることによって、虫眼鏡から像までの距離が変わると、集めた日光の暖かさが変わることを理解することができると考えられる。また、像の形が変わらないことも示唆することができる。



図2 線香の煙を用いて虫眼鏡を通した光の道筋を可視化する実験の様子



図3 示温シールを用いて虫眼鏡で集めた光の暖かさを調べる実験の様子



図4 虫眼鏡を近づけたとき（左）と遠ざけたとき（右）の示温シールの様子

③虫眼鏡で蛍光灯などの光を集めたときの像の様子について調べる実験では、様々な形の蛍光灯などの光を虫眼鏡で紙の上に集めたときの像の様子を観察する。この実験を通して、太陽以外の光を虫眼鏡で集めたときも、像が光源の形と同様であることを実感させる

ことができる。

④日常生活における光を集めることのできるものの紹介としては、目と眼鏡を取り上げることとした。ヒトの目には、水晶体とよばれる凸レンズのはたらきをする部分があり、水晶体を通った景色などは像として網膜に映る(有馬ら, 2021)。そして、近視の場合、光は網膜の手前に集まるため、網膜に映る像はぼやけてしまうが、近視用の眼鏡(凹レンズ)をかけると、光が網膜上に集まり、はっきりとした像が映る。これは、現行の中学校理科第1学年の教科書(有馬ら, 2021)の小単元「凸レンズのはたらき」において、発展的な内容として記載されている内容ではあるが、図などを用いて丁寧に説明することで、児童はレンズや光により興味を持つとともに、レンズで光を集めると光を発している物体と同じ形の像ができることについて理解を深められるのではないかと考えられる。

## 5. 小単元の授業計画の立案

前節で検討・考案した実験など(①, ②, ③, ④)を取り入れた、第3学年の小単元「光の性質」の授業計画を表3に示す。

1時間目では、平面鏡に日光を当て、平面鏡の向きを変えたときはね返した光の進み方を調べることによって、日光は直進し、反射させることができることを理解する。2時間目では、平面鏡の枚数を変えたときはね返した日光を集めたところの明るさや暖かさについて調べることによって、日光は集められること、物に日光を当てると物の明るさや暖かさが変わることを理解する。3時間目では、まず、虫眼鏡を通った日光の道筋を調べる(①)ことによって、虫眼鏡で日光を集めることができることを実感するとともに、虫眼鏡を通った日光は一点に集まるように進み、その一点を通った後は広がるように進むことを理解する。次に、虫眼鏡で集めた日光の明るさについて調べることによって、日光が集まったところを小さくすると明るさが増すことを理解する。4時間目では、示温シールを用いて、虫眼鏡で集めた日光の暖かさについて調べる(②)ことによって、日光が集まったところを小さくすると暖かさが増すこと、一方で、日光が集まったところの形は変わらないことを理解する。5時間目では、これまでの実験結果をまとめ、虫眼鏡から紙までの距離を変えたときの像の形、明るさ、暖かさについて、気づいたことを話し合うことによって、光の性質や虫眼鏡のはたらきについて整理する。6時間目では、虫眼鏡で蛍光灯など

表3 小単元「光の性質」の授業計画(全7時間)

時数	主な学習活動
1	平面鏡に日光を当て、平面鏡の向きを変えたときはね返した光の進み方を調べる。
2	平面鏡の枚数を変えたときはね返した日光を集めたところの明るさや暖かさについて調べる。
3	虫眼鏡を通った日光の道筋を調べる(①)。また、虫眼鏡で集めた日光の明るさについて調べる。
4	示温シールを用いて、虫眼鏡で集めた日光の暖かさについて調べる(②)。
5	これまでの実験結果をまとめ、虫眼鏡から紙までの距離を変えたときの像の形、明るさ、暖かさについて、気づいたことを話し合う。
6	虫眼鏡で蛍光灯などの光を集めたときの像の様子について調べる(③)。
7	これまで学習したことが日常生活でどのように生かされているのかを知る(④)。

の光を集めたときの像の様子について調べる (③) ことによって、太陽以外の光を虫眼鏡で集めたときも、像が光源の形と同様であることを理解する。7時間目では、これまで学習したことが日常生活でどのように生かされているのかを知る (④) ことによって、レンズや光により興味を持つとともに、レンズで光を集めると光を発している物体と同じ形の像ができることについて理解する。

以上のような授業によって、虫眼鏡で光を集めたときの像の形や暖かさについて理解することができると考えられる。

## 6. 考察・まとめ

本研究では、小学校理科における光に関する学習の変遷から課題やその改善策を見だし、虫眼鏡による集光についての学習の効果的な実験方法や授業計画を考案することを目的とした。小学校学習指導要領や教科書の分析の結果、現行の学習内容では虫眼鏡で光を集めたときの像の形や暖かさを理解するには不十分であることが推察された。また、昔に比べて現在は、日常生活に関連した教材が減っていることがわかった。そこで、現行の教科書に掲載されている実験に加えて、①線香の煙を用いて虫眼鏡を通った光の道筋を可視化する実験、②示温シールを用いて虫眼鏡で集めた光の暖かさを調べる実験、③虫眼鏡で蛍光灯などの光を集めたときの像の様子について調べる実験、④日常生活における光を集めることのできるものの紹介を行うことが効果的であると考えた。これらを取り入れた授業を通して、児童は、虫眼鏡で光を集めたときの像の形や暖かさについて理解し、虫眼鏡による集光について深く学習することができると考えられる。今後の課題としては、作成した授業計画を実践し、その有効性を検証することが挙げられる。

## 註釈

1) 分析した小学校学習指導要領、小学校指導書理科編、小学校学習指導要領解説理科編を年代順に以下に示す。

文部省 (1947) 『学習指導要領理科編 (試案)』東京書籍.

文部省 (1952) 『小学校学習指導要領理科編 (試案)』大日本図書.

文部省 (1958) 「小学校学習指導要領」Retrieved from <https://erid.nier.go.jp/files/COFS/s33e/index.htm> (accessed 2022.10.31)

文部省 (1960) 『小学校理科指導書』大日本図書.

文部省 (1968) 「小学校学習指導要領」Retrieved from <https://erid.nier.go.jp/files/COFS/s43e/index.htm> (accessed 2022.10.31)

文部省 (1970) 『小学校指導書理科編』東京書籍.

文部省 (1977) 「小学校学習指導要領」Retrieved from <https://erid.nier.go.jp/files/COFS/s52e/index.htm> (accessed 2022.10.31)

文部省 (1978) 『小学校指導書理科編』大日本図書.

文部省 (1989) 「小学校学習指導要領」Retrieved from <https://erid.nier.go.jp/files/COFS/h01e/index.htm> (accessed 2022.10.31)

文部省 (1989) 『小学校指導書理科編』教育出版.

文部省 (1998) 「小学校学習指導要領」Retrieved from <https://erid.nier.go.jp/files/COFS>

/h10e/index.htm (accessed 2022.10.31)

- 文部科学省 (1999) 『小学校学習指導要領解説理科編』 東洋館.  
 文部科学省 (2008) 『小学校学習指導要領』 東京書籍.  
 文部科学省 (2008) 『小学校学習指導要領解説理科編』 大日本図書.  
 文部科学省 (2018) 『小学校学習指導要領 (平成29年告示)』 東洋館.  
 文部科学省 (2018) 『小学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説理科編』 東洋館.

2) 分析した教科書を準拠した学習指導要領ごとに分けて以下に示す。

昭和22年版学習指導要領理科編 (試案) 準拠

- 内藤卯三郎ら (1950) 『あたらしいりか小学二年』 啓林館.  
 理科研究委員会 (第一部) (1950) 『たのしいりか2ねん2』 大日本図書.  
 理科研究委員会 (第一部) (1950) 『たのしいりか3ねん3』 大日本図書.  
 理科研究委員会 (第一部) (1951) 『たのしい理科5年用 C: 12. 音はどのようにして聞えるか 13. 光にはどんな性質があるか』 大日本図書.  
 服部静夫ら (1951) 『新しい理科第5学年用 (3) : 音はどのようにしてきこえるか 光はどんな性質をもっているか』 東京書籍.

昭和27年版小学校学習指導要領理科編 (試案) 準拠

- 内藤卯三郎ら (1954) 『しょうがくりか二ねん』 啓林館.  
 内藤卯三郎ら (1954) 『小学理科五年下』 啓林館.  
 理科研究委員会 (1955) 『たのしいりか〔改版〕2ねん2』 大日本図書.  
 理科研究委員会 (1956) 『たのしい理科〔改版〕5年-2』 大日本図書.  
 茅誠司・服部静夫ら (1958) 『新編新しい理科5年下』 東京書籍.

昭和33年版小学校学習指導要領準拠

- 内藤卯三郎ら (1964) 『改訂小学しんりか3年』 啓林館.  
 内藤卯三郎ら (1964) 『改訂小学新理科5年上』 啓林館.  
 内藤卯三郎ら (1964) 『改訂小学新理科6年上』 啓林館.  
 岡田要・坪井忠二・藤田穆ら (1968) 『新訂版小学校理科3年』 大日本図書.  
 岡田要・坪井忠二・藤田穆ら (1968) 『新訂版小学校理科6年1』 大日本図書.  
 茅誠司・服部静夫ら (1965) 『新編あたらしいりか3年』 東京書籍.  
 茅誠司・服部静夫ら (1965) 『新編新しい理科5年下』 東京書籍.

昭和43年版小学校学習指導要領準拠

- 永田義夫ら (1975) 『改訂理科3』 啓林館.  
 永田義夫ら (1975) 『改訂理科4上』 啓林館.  
 永田義夫ら (1974) 『改訂理科6上』 啓林館.  
 坪井忠二・岩橋八洲民ら (1974) 『改訂小学校新理科3年』 大日本図書.  
 坪井忠二・岩橋八洲民ら (1974) 『改訂小学校新理科4年1』 大日本図書.  
 坪井忠二・岩橋八洲民ら (1975) 『改訂小学校新理科6年2』 大日本図書.  
 藤井隆・蓮沼宏ら (1976) 『新訂新しい理科3』 東京書籍.  
 藤井隆・蓮沼宏ら (1975) 『新訂新しい理科4上』 東京書籍.  
 藤井隆・蓮沼宏ら (1976) 『新訂新しい理科6上』 東京書籍.



## 昭和52年版小学校学習指導要領準拠

- 大木道則ら（1982）『改訂理科3年』啓林館。  
大木道則ら（1983）『改訂理科5年下』啓林館。  
坪井忠二・岩橋八洲民ら（1983）『改訂たのしい理科3年』大日本図書。  
坪井忠二・岩橋八洲民ら（1985）『改訂たのしい理科5年下』大日本図書。  
近角聡信・水野丈夫ら（1983）『改訂新しい理科3』東京書籍。  
近角聡信・水野丈夫ら（1983）『改訂新しい理科5下』東京書籍。

## 平成元年版小学校学習指導要領準拠

- 大木道則ら（1991）『理科3年』啓林館。  
戸田盛和ら（1992）『たのしい理科3年』大日本図書。  
水野丈夫・三浦登ら（1992）『新しい理科3』東京書籍。

## 平成10年版小学校学習指導要領準拠

- 大隈良典・石浦章一・鎌田正裕ら（2005）『わくわく理科3』啓林館。  
戸田盛和・有馬朗人ら（2006）『新版たのしい理科3』大日本図書。  
三浦登・奥井智久・毛利衛ら（2006）『新編新しい理科3』東京書籍。

## 平成20年版小学校学習指導要領準拠

- 大隈良典・石浦章一・鎌田正裕ら（2011）『わくわく理科3』啓林館。  
有馬朗人ら（2015）『新版たのしい理科3年』大日本図書。  
毛利衛・黒田玲子ら（2015）『新編新しい理科3年』東京書籍。

## 昭和29年版小学校学習指導要領準拠

- 石浦章一・鎌田正裕ら（2020）『わくわく理科3』啓林館。  
有馬朗人ら（2020）『たのしい理科3年』大日本図書。  
毛利衛・大島まりら（2020）『新しい理科3年』東京書籍。

- 3) 温度を可視化できる教材としては、シール状、シート状、テープ状のものなどがある。商品によっては、水銀が含まれており、廃棄時に水銀使用製品産業廃棄物として処理を行う必要があるものがある。虫眼鏡で集めた光の暖かさを調べる実験では、燃えてしまう可能性があるため、水銀が含まれていないものを使用した。

## 引用文献

- 有馬朗人ら（2020）『たのしい理科3年』大日本図書。  
有馬朗人ら（2021）『理科の世界1』大日本図書。  
藤井隆・蓮沼宏ら（1975）『新訂新しい理科4上』東京書籍。  
石井恭子（2016）「小・中学校における幾何光学のカリキュラム構造の歴史的検討と展望」『物理教育』第64巻、第3号、171-178。  
麻柄啓一（2001）「二重推理法による誤概念の修正」『科学教育研究』第25巻、第2号、128-136。  
文部科学省（2018）『小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編』東洋館。  
高村喜久江・高村紀久男（1977）「授業記録〈光と虫めがね〉第1部」仮説実験授業研究会編『仮説実験授業研究第10集』仮説社、189-229。

