

論文

季節による水温の変化によって イモリの行動が変化することを 小学生に理解させる授業の開発 — 映像教材とサーモグラフィーを利用して —

山野井貴浩・鈴木麻央・小笠原千雲

Development of a class for primary school students to understand changes in newt's behavior owing to seasonal variations of water temperature using a video and thermography

YAMANOI Takahiro

SUZUKI Mao

OGASAWARA Chigumo

I. はじめに

小学校理科第4学年の「(2) 季節と生き物」では「ア 動物の活動は、温かい季節、寒い季節などによって違いがあること」を理解させることを目的としている(文部科学省, 2008)。学習指導要領解説には、内容の取り扱いとして「(中略) 両生類は季節による水温の変化によって活動の様

子などに違いがある。(中略)このような活動の様子を観察することを通して、動物にはそれぞれ活動に適した季節があり、それによって活動の様子に違いがあることをとらえられるようにする」と記載されている。そのため、両生類について現行の小学校理科の教科書(全6社)では、各季節にカエルを観察し、1年間の変化をまとめることで、上記の目的を達成する展開となっている。だが、観察を長期間に渡って行うため、活動の変化を児童が実感することは難しいと予想される。手代木ら(2014)は、捕獲した冬眠中のヒキガエルをヒーターなどで温めて行動観察を行うことで、活動の変化を理解させる実践を行っているが、土の中で冬眠している個体を探すのは難しい場合も多いだろう。両生類の活動が水温によって変化することを示した映像教材があれば、小学校の教育現場において活用しやすいと考えられる。

そこで本研究は、比較的児童にとって身近で、かつ手に入りやすいアカハライモリ *Cynops pyrrhogaster* を用いて、水温が変化すると活動が変化する様子が分かる映像教材の開発に取り組んだ。さらに、この映像教材に加えてサーモグラフィーを利用することで、水温が変化すると体温が変化し、活動に変化が生じることを理解させる問題解決型の授業開発を試みた。

現行の小学校学習指導要領理科における4年生の問題解決能力は「関係づけ」である(文部科学省, 2008)。水温が変化すると体温が変化し活動が変化すること、これらに関係づけて理解することで、水温が変化すると活動が変化することの認識が深まると期待した。なお、この授業は、本単元の最後に1年のまとめとして行う際に活用できるものを想定した。開発した授業を小学4年生対象に実践し、授業前後に同一の質問紙を用いた調査を行うことで、教育効果を評価した。

II. 方法

1. 映像教材の内容

アカハライモリ（以下、イモリ）は、1日の総活動量の年変化はほぼ温度に比例し、冬は活動量が少なく夏は多いが、真夏の高水温下（26℃以上）と冬の低水温下（9℃以下）では活動量が減少することが報告されている（長井, 2000）。上記を参考に、水温5℃と16℃の活動の様子を映像化した。

5℃に設定した恒温器に1週間入れておいたイモリにエサを与えると反応しないが、同じ個体を16℃の恒温器に1週間入れ、取り出したイモリにエサを与えると反応することが確認できたため、その様子を映像化した。活動の様子の違いが比較しやすいよう、5℃と16℃の映像を並べた動画も加えた（図1）。映像は無音であり、映像を流しながら教師が口頭で説明

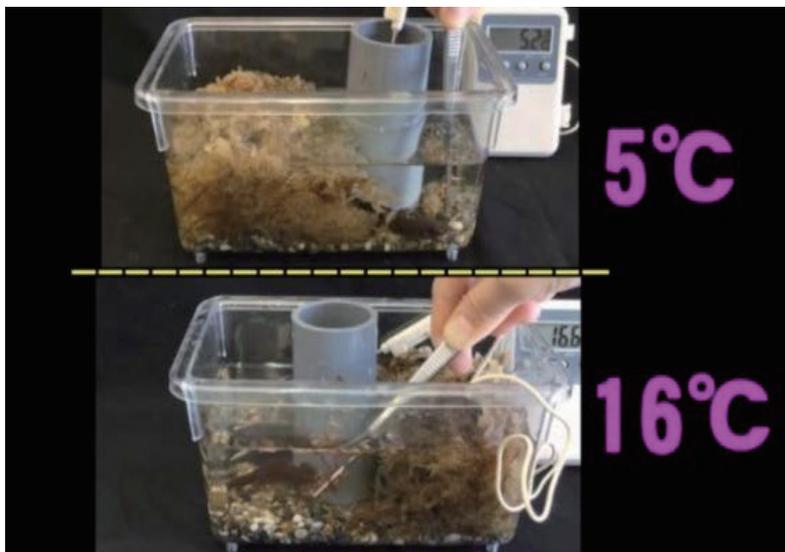


図1 映像教材の一部

水温が5℃の場合（上）は餌（乾燥アカムシ）に反応しないが、16℃の場合（下）は餌に食いつく。

を加えられるようになっている。映像の長さは1分30秒である。開発した映像教材はYouTubeにおいて公開した (<https://youtu.be/hKRw7nfT9bw>)¹⁾。

2. 実験方法の検討

(1) サーモグラフィーの選定

できる限り安価で高性能なものとして、FLIR C2 (約9万円) を選んだ。Morimoto (2017) ではより安価なFLIR ONE (約3万円) をiPhoneに接続して利用しているが、この機種では周囲の温度と動物の体温が同じくらいの場合、動物と周囲とを区別することができない。一方、FLIR C2ではデジタルカメラの画像とサーモグラフィーの画像を組み合わされたものが表示されるため、周囲の温度と動物の体温が同じくらいの場合でも、動物と周囲とを区別することができる。本授業にはこの機種を採用した。

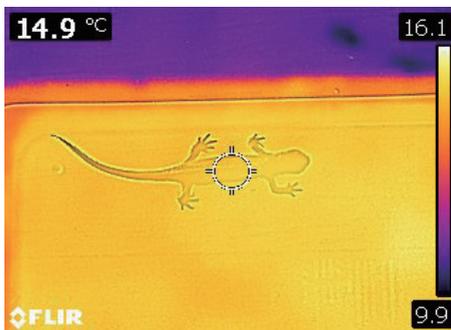
(2) 小学生向けの実験方法の検討

FLIR C2は、画像中の特定箇所の温度を測定することができるため、この機能を利用した。常温 (15℃) の水の入ったトレーにイモリを入れると、イモリの体温と水温が同程度であることが確認できた (図2a)。ビニール手袋を使い、そのイモリを氷水 (-0.2℃) の入ったトレーに移動させ (氷を入れたままだと水温が測りにくいため取り除いてある)、体温の変化を観察したところ、4分半後には、水温と同等になることが確認できた (図2b,c)。

季節による水温の変化によってイモリの行動が変化することを小学生に理解させる授業の開発

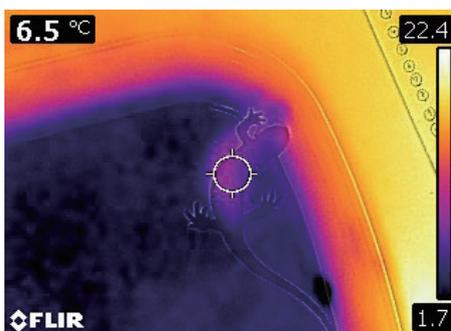
a) 常温の水に
入れた際

イモリの体温：14.9℃
水温：15.0℃



b) 氷水に
入れた直後

イモリの体温：6.5℃
水温：-0.2℃



c) 氷水に入れて
から4分半後

イモリの体温：4.1℃
水温：3.8℃

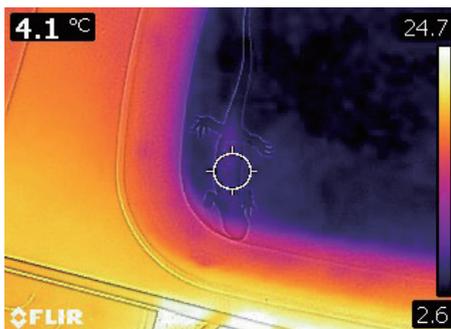


図2 イモリの体温と水温

また、ヒトの指とイモリを氷水につけた場合とで体温の変化を比較したところ、ヒトは体温が下がりにくいことが確認できた(図3)。

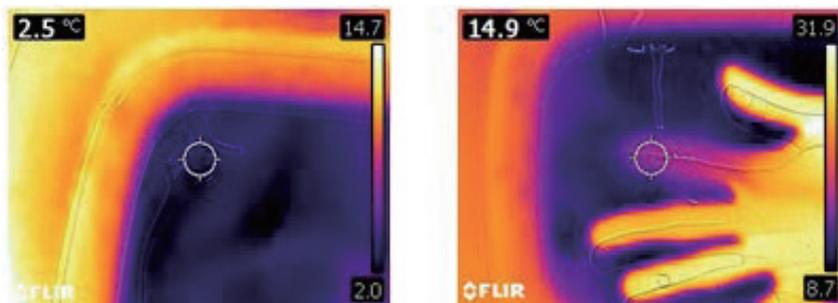


図3 イモリ（左）とヒト（右）の体温の変化の比較
上は氷水につけてから10分30秒後の写真。

3. 授業実践

(1) 授業実践の概要

授業は2017年12月、栃木県公立A小学校第4学年の児童17名を対象に行った。対象児童はこの単元の春と夏の生き物の学習は終了しているが、秋と冬の生き物の学習は行っていない状況であった。授業は著者らのうち鈴木が担当し、理科室において実施した。授業はグループ学習形式（1グループ4～5名）で行い、FLIR C2は各グループに1台配付した。

(2) 授業の展開

導入において「温かい季節から寒い季節になってきて生き物たちの様子に何か変化はないか、過ごし方にどのような違いがあるか」を発問すると、「寒くなると冬眠する」と答える児童が多く、温かい季節と寒い季節では生き物の過ごし方が違うことは気づいている様子であった。次いで、寒い季節になると水温はどうなるかを尋ねると、12月にもなると水道の水が冷たくなることから、水温も低くなると回答した。そこで「冷たい水の中で過ごす生き物は冬はどのように過ごしているのか、活動の様子に違いがあるか」を発問すると、首をかしげている児童が多かった。

本研究で作製した映像教材（図1）で視聴させ、5℃と16℃のイモリの

季節による水温の変化によってイモリの行動が変化することを小学生に理解させる授業の開発活動の様子を比較するよう指示し、5℃のときは鈍いが、16℃のときは活発になることを確認した。次に「水温によってイモリの動きが変わるのはどうしてか」と発問すると、イモリの体温が関係しているという意見が出た。その後、本時のめあて「イモりを氷水に入れたときイモリの体温はどうなるか調べよう」を提示した。

「体温を測る道具は何を使ったらよいか」と尋ねると、「サーモグラフィー」や「体温計」などの意見が出された。今回はサーモグラフィーを使ってイモリの体温を調べていくことを伝えた。次に、イモりを氷水に入れたときイモリの体温はどうなるか予想し、ワークシートに記入するよう指示した。

実験方法が書かれたプリントを配付し、まずイモリの体温は背中を測ること、水温はイモリの周辺を測ることを説明し、手順①から一斉に実験を行った(図4)。手順④については、それぞれのタイマー(1分30秒、2分30秒、3分30秒、4分30秒)がなった際に、イモリの体温と水温を測るよう伝えた。

【実験の手順^{てじゆん}】

- ① 常温の水に入っているときのイモリの体温と水温を測る。
- ② そのイモりを氷水の入ったトレーに移す。
- ③ 氷水に入れた直後、イモリの体温と水温を測る。
- ④ 続いて1分30秒、2分30秒、3分30秒、4分30秒のときのイモリの体温と水温をそれぞれ測る。

※イモりを測るときは^{せなか}背中を測る。

※水温を測るときはイモリ周辺の水温を測る。

※イモリは素手で触らない。

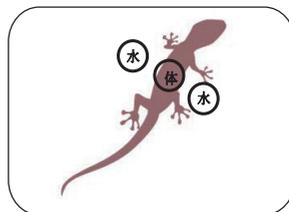


図4 実験の手順に関する配付プリント

実験後、黒板に貼った模造紙に結果を記入するよう各グループに指示した。その結果を踏まえ、氷水に入れるとイモリの体温が下がり、4分30秒後には水温と同様になっていることをクラス全体で確認した。次に「ヒト

の場合は水水に手を入れると体温はどうなるか」を尋ねた後、図3を示し「私たちヒトも周りの気温が低いと体温も下がる場合はあるが、イモリほどは体温は下がらないから冬でも外で元気に遊べる」という説明をした。最後に、まとめ（イモリを水水に入れるとイモリの体温もだんだん下がっていき水温と同じくらいの温度になるため、動きもにぶくなるといえる）を板書した。授業全体の板書を図5に示す。



図5 板書内容

(3) 教育効果の検討

授業の前後で同一の質問紙調査を行うことで授業の教育効果を評価した。質問の内容は、質問1「季節による水温の変化によってメダカの動きも変化すると思いますか」、質問2「季節による水温の変化によってイモリの動きも変化すると思いますか」、質問3「季節による気温の変化によってヒトの動きも変化すると思いますか」、質問4「季節による気温の変化によってスズメの動きも変化すると思いますか」とした。小学4年生に分かりやすいよう「活動」ではなく「動き」の語を用いた。回答方法は、「非常にそう思う」「どちらかといえばそう思う」「どちらともいえない」「どちらかといえばそう思わない」「全くそう思わない」からの選択式とした。先述したように授業ではイモリとヒトを扱ったが、その理解を他の変温動物（メダカ）や恒温動物（スズメ）においても活用できるかを調査するため、質問1と4を加えた。また授業後の質問紙調査では、感想を自由記述形式で尋ねた。

Ⅲ. 結果

1. 授業中の児童の様子

映像教材を視聴した後、水温が低いとき（5℃）のときと水温が温かいとき（16℃）のときとでイモリの動きはどうかを尋ねたところ、全員が5℃のときは16℃に比べて「鈍くなる」と答えた。

めあてを提示した後、「体温を測る道具は何を使ったらよいか」と尋ねると、即座に「サーモグラフィー」と答える児童がおり、他の児童も使ったことはないが、知っていると答えた。サーモグラフィーを各班に1台配付し、使い方を説明すると（図6a）、子どもたちは「すごい」と言いながら興味津々の様子であった。実験中は、身を乗り出して観察していた（図6b）。2つの班に、「常温の水に入っていたときのイモリの動きと比べて、氷水に入っているときのイモリの動きはどうなっているかな」と尋ねたところ、両班とも「鈍くなってきている」と答えた。

イモリとヒトの指を同じ時間だけ氷水に入れたときの様子を画像（図3）で示し、「イモリの体温と水温はサーモグラフィーの示す色で比べるとどうだろう」と聞くと「同じくらい」と回答し、「ヒトの体温と水温を比べてみるとどうだろう」と聞くと「違う」と回答した。

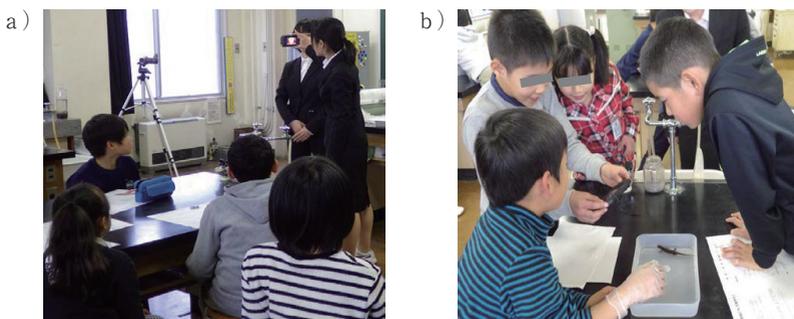


図6 授業中の児童の様子

2. 質問紙調査による教育効果の検討

イモリについて尋ねた質問2と、ヒトについて尋ねた質問3に関して、授業前後で回答に変化が見られた(図7)。質問2については、授業後は授業前に比べて「非常にそう思う」の回答が増加した。そう答えた理由として、「水温が低くなると動きが鈍くなるから」という回答が多かった。質問3については、授業後は「どちらかと言えばそう思わない」や「そう思わない」の回答が増加した。だが、授業後でも「非常にそう思う」や「どちらかといえばそう思う」と答えた児童も11名みられた。そう答えた理由としては、「手が冷たくなると手が思うように動かなくなるから」や「寒くなると鉛筆が持てなくなる」の回答があった。授業に伴う回答の変化を統計的に分析するため、回答を得点化し(非常にそう思う～全くそう思わないを5点～1点に変換)、Wilcoxonの符号付き順位検定を行った。その結果、質問2は授業後に得点が有意に増加し($z = -3.402, p=0.001$)、質問4は授業後に得点が有意に減少した($z = -2.251, p=0.024$)。

スズメについて尋ねた質問4に関して、授業後には「どちらともいえない」や「どちらかといえばそう思わない」の回答が増加した。一方で、メダカについて尋ねた質問1に関しては授業前後でほとんど変化が見られなかった(図7)。だが、質問1に対して、授業後に「非常にそう思う」と答えた理由に、「イモリと同じように」と書いた児童が5名いた。質問2と3と同様に、授業に伴う回答の変化を統計的に分析したところ、質問4は授業後に得点が有意に減少したが($z = -2.111, p=0.035$)、質問1は変化が見られなかった($z = -0.741, p=0.458$)。

授業後の感想として、「授業を受けて水にすむ生き物は水温が下がることで体温も下がり動きも鈍くなるがヒトは水温や気温が下がっていてもあまり体温は下がらなくて影響をあまり受けないことが分かった」や「イモリの実験で初めてイモリも活動が鈍くなるということが分かった」があった。その他の感想として、「サーモグラフィーを使って面白かった(楽しかった)」(4名)、「サーモグラフィーを使って温度を測るのは難しかった」(2

季節による水温の変化によってイモリの行動が変化することを小学生に理解させる授業の開発
 名),「サーモグラフィーはなぜ離れているところまで温度が分かるの
 うと思いました」(2名)があった。

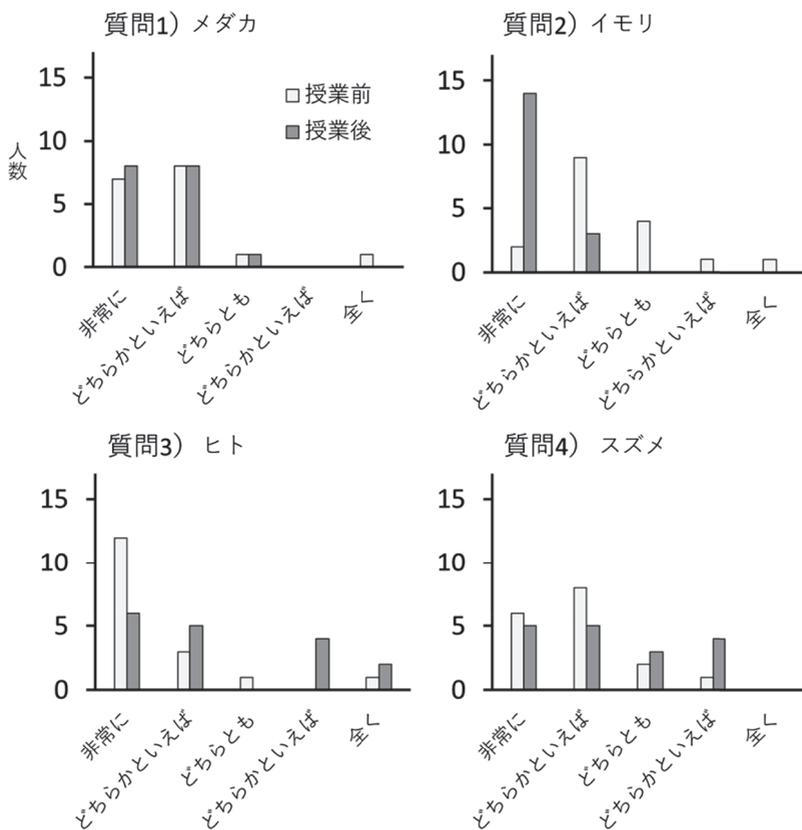


図7 授業前後の回答の変化

図中では省略してあるが、左から順に「非常にそう思う」「どちらかといえばそう思う」「どちらともいえない」「どちらかといえばそう思わない」「全くそう思わない」の回答を示す。

IV. 考察

映像教材を視聴する前は、「冷たい水の中で過ごす生き物はどのように過ごしているのか、動きに違いがあるのか。」と質問すると首をかしげている児童が多かったが、視聴後は全員が5℃のときは16℃に比べて「鈍くなる」と回答した。以上から、本映像教材はイモリは水温が低くなると動きが鈍くなることを実感させるのに効果的であると考えられる。

質問紙調査の結果、イモリについて尋ねた質問2に関して、授業後は授業前に比べて回答の得点が増加したところから、水温の変化によってイモリの動きも変化することに関して、多くの児童は授業を通して認識が深まったと考えられる。映像教材の視聴、およびサーモグラフィーを用いた実験において氷水につけた際イモリの動きが鈍くなったことを観察できたことが、この認識の深まりに影響していると思われる。また、質問2の授業に伴う回答の変化や授業後の感想を踏まえると、実験を通して、水温の変化によって体温が変化し、動きが変化することを関係付けて理解できたことも、この認識の深まりに影響した可能性がある。

ヒトについて尋ねた質問3に関しても、回答の得点が授業後に減少したことから、ヒトは気温が変化しても動きは変化しないことに関して、一部の児童は授業を通して認識を深めることができたと考えられる。しかしながら、授業後でも「非常にそう思う」「どちらかといえばそう思う」と答えた児童が11人おり、これらの児童の多くは冬になると自分の動きが変化していることを実感していることが理由であると回答した。今回の授業ではイモリとヒトの違いは、氷水につけてしばらく経った際の体温の様子を示した画像を見せ、ヒトの場合は冬でも活動に大きな変化はないという説明を行っただけであり、水温や気温の変化と活動の関係を示す動画を視聴したり、サーモグラフィーを用いた実験は行っていない。自分の指を氷水に入れてもイモリほど体温が低くなりにくいことを体験することで、活動についてもヒトはイモリほど変化しないことの認識を深めることができ

季節による水温の変化によってイモリの行動が変化することを小学生に理解させる授業の開発の可能性はある。しかしながら、氷水に手を数分間入れておくのは辛く、児童に行わせる際は希望者のみが行うなどの配慮が必要であろう。

スズメについて尋ねた質問4の回答の得点は授業後に有意に減少したことから、授業を通して、陸上の他の生き物がヒトと同じように気温によって動きに変化がみられないことの認識を深めることができたと考えられる。だが、授業後でも「全くそう思わない」と回答した児童はいなかったことから、その効果は限定的と言える。メダカについて尋ねた質問1の回答の得点は授業前後でほとんど変化がなかった。ゆえに、授業後に「非常にそう思う」と答えた理由に「イモリと同じように」と書いた一部を除く児童は、イモリが水温によって動きが変化することは実感し理解したものの、メダカなどの水の中で生きている他の生き物がイモリと同じように水温によって動きに変化があると認識していないと言える。両生類や魚類は変温動物であり水温が変化すると動きは鈍くなるが、哺乳類や鳥類は恒温動物であり気温が変化しても動きはあまり鈍くならないという共通性の認識へと繋げるためには、イモリやヒト以外の多くの生物について、気温や水温の変化に伴う体温や動きの変化について扱うことが必要と言える。

本研究と同様の試みとして、中上ら(2009)や川上ら(2010)は、サーモグラフィーを用いて変温動物であるイモリやカメ、恒温動物であるウサギの体温や外気温の変化に伴う体温の変化を撮影し、中学校第2学年「動物の生活と種類」の単元において活用できるWEB教材を開発している。

しかしながら、これらの授業では、気温の変化に伴う活動の変化は扱われていない。本研究で開発した授業は、映像教材とサーモグラフィーを組み合わせることで、水温(気温)が変化することで、体温が変化し、活動が変化することを関係づけて理解できる点に新規性があると言える。今回の実践は小学4年生対象であったが、今回の開発した授業方法は中学校2年生対象の場合にも活用できると思われる。

今後の課題として、今回の授業実践は秋と冬の生き物について学んでいない学習状況の児童が対象であったため、本単元の最後にある1年のまと

めとして授業を行った際の教育効果を検討する必要がある。また、今回の授業実践は少人数の児童を対象としたものであったため、さらに多くの児童を対象に教育効果を検討する必要がある。

注

- 1) 公開した映像教材には、アカハライモリに加えて、ヒメダカにおいても、水温が変化すると活動の様子が変化することが扱われている。

謝 辞

授業実践にご協力いただいたA小学校の校長先生、ならびに4学年の担任の先生、児童の皆様にご礼申し上げます。なお、本研究の一部は平成28～30年度文部科学省科学研究費補助金・若手研究（B）（課題番号：16K21321, 研究代表者：山野井貴浩）の助成を受けて行った。

引用文献

- 川上紳一・山田茂樹・酒井茂（2010）小中学校の理科授業におけるサーモグラフィーの活用と「理科教材データベース」の開発——現状と今後の展望——. 岐阜大学教育学部研究報告（自然科学）34：49-52
- Morimoto, K. (2017) The Development of Teaching Materials for IR Thermography, 科学教育研究41(4)：458-463
- 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
- 中上和奈・山田茂樹・川上紳一・岩田陽介（2009）サーモグラフィーを用いた理科教材開発と中学校における授業での活用研究. 岐阜大学教育学部研究報告（自然科学）33：59-63
- 長井清香（2000）有尾両生類の概日行動リズムの季節変化と繁殖サイクル. 『奈良女子大学博士論文』甲第125号
- 手代木英明・森内昌也・四宮範明（2014）動物の活動と環境とのかかわりの理解を図る観察について「季節と生物」の学習における越冬する動物の環境を変えた観察の有効性. 日本理科教育学会第64回全国大会要項集, 324

（本学教育学部准教授）

（本学教育学部卒業生）

（本学教育学部卒業生）