

エネルギー概念の獲得を目指したサーモグラフィーの活用

—中学校第3学年「科学技術と人間」における実践—

栗本 和宏

岐阜市立陽南中学校

川上 紳一

岐阜大学教育学部

Application of thermography for acquisition of the concept of energy:
A practice in the subject “Science and Technology and human being”

Kazuhiro Kurimoto

Yonan Junior High School, Gifu, 500-8353, Japan

Shin-ichi Kawakami

Faculty of Education, Gifu University, Gifu, 501-1193, Japan

要旨

現行の中学校学習指導要領解説 - 理科編（文部科学省，2008）では、「エネルギー」概念で学習内容の系統性・構造化が図られた。中学校第3学年「科学技術と人間」では、エネルギーの保存や変換といった見方・考え方を学び、エネルギー資源の有効利用といった内容の理解が求められている。本研究では、エネルギーの見方・考え方に関する概念形成と知識の定着、エネルギー資源の有効利用といった意識を育むことを目指して、サーモグラフィーを活用した授業を実践した。サーモグラフィーはグループに1台ずつ確保し、単元を通じて活用を図った。その結果、サーモグラフィーによる温度計測によって、エネルギーの変換に関する見方や考え方が定着しただけなく、サーモグラフィーに対する興味・関心、科学技術に対する肯定感を育むことができた。

【キーワード】：中学校，科学技術と人間，サーモグラフィー，エネルギーの保存

1. はじめに

現行の中学校学習指導要領解説 - 理科編（文部科学省，2008）では、エネルギー、粒子、生命、地球という4つの概念を柱として学習内容の系統性が明確にされた。第1分野のエネルギー概念は、エネルギーの見方、エネルギーの変換と保存、エネルギー資源の有効利用という観点で構造化されている。単元「科学技術と人間」は、第1分野のエネルギー概念における最終項目に位置づけられており、自然界におけるエネルギーの形態はさまざまであり、それらは相互に変換され、形態は変わってもエネルギーそのものは保存されることを理解させることになっている。また、第2分野との総合化のために新設された新単元「自然環境の保全と科学技術の利

用」を見据えて、エネルギー資源とその有効利用が大切であることを学ぶことになっている。

エネルギーの保存や変換、エネルギー資源の有効利用といった学習内容は、今回の学習指導要領の改訂によって新たに導入された学習内容である。本研究では、エネルギーの変換という見方の獲得と定着を目指して、サーモグラフィーとエコワットという教材を活用した授業実践を試みた。

サーモグラフィーは、温度分布を空間的に計測して画像として表示する計測機器であり、サーモグラフィーで得られる熱画像は、温度の違いを色で表現するものである。サーモグラフィーは高価な計測機器であったが安価なものも開発されており、理科授業で広く活用されるように

なっている(中上ほか, 2009; 川上ほか, 2010; 樹下, 2010; 山田・川上, 2010; 山田ほか, 2010)。また, 坂本・正元(2011)は, 理科教材研究においてサーモグラフィーを活用している。サーモグラフィーは, 電気エネルギーや光のエネルギーが熱エネルギーに変換される場合のわずかなエネルギーの変換も計測できるので, エネルギー変換学習に適していると考えた。

一方, エコワットは, 日常生活で使われている電気器具の消費電力を計測するための教具であり, エネルギー資源の有効利用に関する生徒の意識づけるうえで有効であると考えた。

サーモグラフィーについては, 岐阜県におけるコアサイエンスティーチャー養成プログラムで, 2010年から県内の小中学校に10台導入されており, 活用が広がっている。さらに, 将来的には岐阜市内の小中学校に一台ずつ導入される計画となっている。そこで, 本研究では, 岐阜県内の小中学校に導入されているサーモグラフィーの貸し出しを受け, グループに1台ずつ確保し, 本単元を通じて継続的に活用できるようにした。

中学校理科におけるエネルギー変換に関する教材・教具の研究や授業実践としては, 渡辺・鎌田(2013)による「エネピック」という教具の活用がある。また, 小学6年の「電気の利用」における教材研究には, 川上・岩田(2009)や錦生(2010)がある。

2. 授業の構想

中学校学習指導要領解説 - 理科編(文部科学省, 2008)に示された「エネルギー」を柱とした内容の構成, 「エネルギーの見方」, 「エネルギーの変換と保存」, 「エネルギー資源の有効利用」を受けて, エネルギーに関する見方や概念を育むために, 中学校3年生の「運動の規則性」, 「力学的エネルギー」, 「エネルギー」, 「科学技術の発展」に関する学習内容の系統性を明確にした指導計画を作成し, 連続して指導を行った。

ここで, 単元「運動とエネルギー」における育みたい科学的な見方や考え方として, 「物体の運動のようすは, 力のはたらきと関連付けてとらえることができること」, 「物体が運動するときエネルギーは互いに移り変わるが, 保存され

ること」, 単元「科学技術と人間」における育みたい科学的な見方や考え方として, 「エネルギーも物質も循環可能であるから, 自然との調和を図りながら, それらを有効に利用できるように科学技術を発展させていく必要があること」と捉えた。

昨年までの授業実践における生徒の実態は次のようであった。「運動とエネルギー」の学習では, 観察, 実験を数値でとらえ, その結果を分析, 解釈し, 規則性を見いだす生徒は多いが, 「科学技術と人間」の学習になると, 実際の授業において, 生徒にエネルギーを量としてとらえさせる指導に困難さを感じていた。そこで, 生徒にエネルギーを量としてとらえやすくなるための教材・教具として, サーモグラフィーとエコワットを用いることとした。また, エネルギーの変換と保存をとらえやすい実験教材・教具を開発し実践を行った。

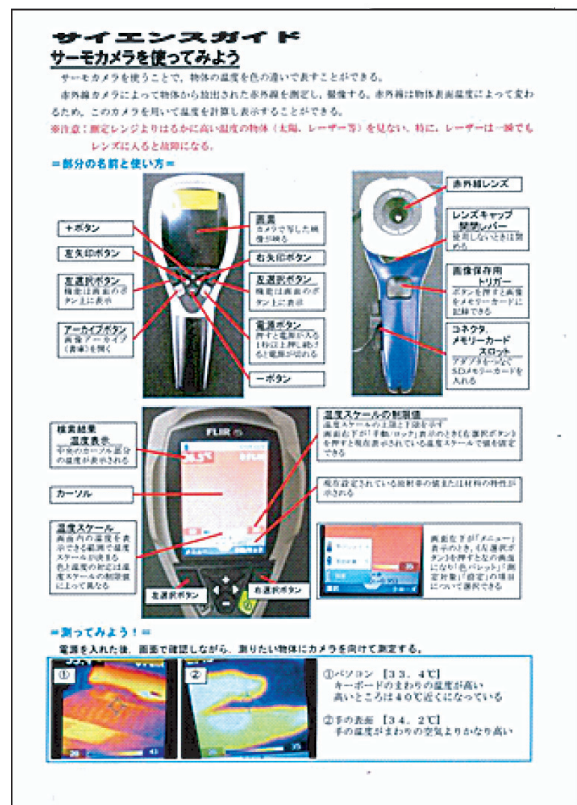


図1. 生徒に配布したサーモグラフィーの取扱説明資料。

3. 教材開発と授業実践

— 中学3年生 単元「科学技術と人間」 —

(1) サーモグラフィーの説明

授業で使用したサーモグラフィーはチノー社製サーモグラフィーCPA-150である。これは岐阜県・岐阜大学が実施しているコアサイエンスティーチャー養成事業、理数教育支援拠点に配備した備品である。サーモグラフィーは通常の授業で常時使われているわけではないため、県内の理数教育支援拠点から借り受け、グループに1台ずつ使えるようにした。

生徒にサーモグラフィーのしくみと扱い方を理解させるための取扱説明資料を作成し、単元の導入の時間において説明した(図1)。資料には、操作ボタンの説明と、熱画像の見方、温度スケールの説明を加えた。

(2) 「身のまわりのエネルギー」の授業実践

本時は、単元における導入の時間である。授業の導入では、電池を利用して動くおもちゃを提示し、電池はおもちゃを動かすことができるエネルギーを持っているということを確認した。その後、様々なエネルギーの存在を伝え、身のまわりにはどのようなエネルギーが存在しているのかを追究させた。その際、サーモグラフィーと照度計を利用できるようにした。

実験道具として、豆電球、電子オルゴール、プロペラ付きモーターを与え、エネルギーの存在に気づかせた。また、家庭においては、どのような器具に、どのようなエネルギーが存在しているのかということも考えさせた。

実験において、豆電球やモーターを利用する前後での温度変化などから、容易に熱エネルギーの存在を見いだす生徒が多かった。また、生徒Aはサーモグラフィーの利用により、導線部分の熱の存在から熱エネルギーを見いだす生徒もいた(図2)。生徒Aの授業後の振り返りを図3に示す。

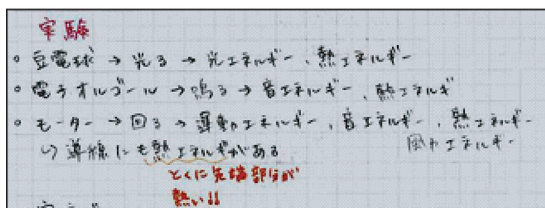


図2. 生徒Aの実験結果の記述。

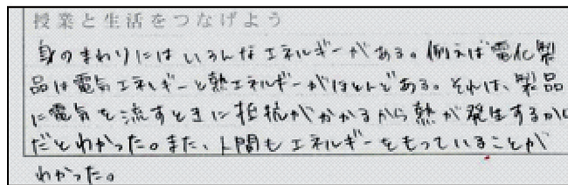


図3. 生徒Aの授業の振り返りの記述。

(3) 「エネルギーの移り変わり」の授業実践

第2時の「エネルギーの移り変わり」では、「エネルギーが他のエネルギーに移り変わる実験を通して、エネルギーは他のエネルギーに変換できることを見いだすことができる」というねらいのもと、授業を行った。実験では、はじめのエネルギー源として乾電池、手回し発電機、ソーラーパネルを準備し、器具として豆電球、モーター、オルゴールを準備した。上記のエネルギー源と器具を様々な組み合わせで、エネルギーが移り変わる実験を行った。生徒Bは、サーモグラフィーの利用により、豆電球の点灯の際、光エネルギーへの変換だけでなく、熱エネルギーへの変換も行われていることを見いだした(図4)。さらに、様々な種類のエネルギーへの変換の事実から、図5に示すような考察を立てることにつながった。

	はじめのエネルギー	エネルギーが移り変わり
豆電球	手回しエネルギー	→ 電気エネルギー → 光・熱
	電気エネルギー	→ 光エネルギー・熱エネルギー
	光エネルギー	→ 電気 → 光・熱、...

《考察・気づいたこと》
 ・豆電球で、光エネルギーが発生する同時に(赤色)に、熱エネルギーも発生した。

図4. 生徒Bの実験結果の記述。

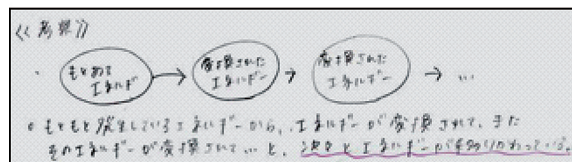


図5. 生徒Bの考察の記述。

(4) 「エネルギーの保存と損失」の授業実践

「エネルギーの保存と損失」の授業では、手回し発電機どうしをつなぎ、一方のハンドルの回転数を決めて回したときに、もう一方のハン

ドルの回転数が減少する実験を扱うことが多い。しかし、生徒にとってエネルギーを量としてとらえにくく、エネルギーの移り変わりがわかりにくいという課題があった。そこで、エネルギーを量としてとらえやすくしてエネルギーの移り変わりにより保存と損失を見いだせるようにするために、サーモグラフィーの利用と教材開発を行った。開発した教材は「乾電池→モーター→モーター（2つのモーターを連結した）→豆電球」という仕組みである（図6）。



図7. サーモグラフィーを利用した実験の様子。

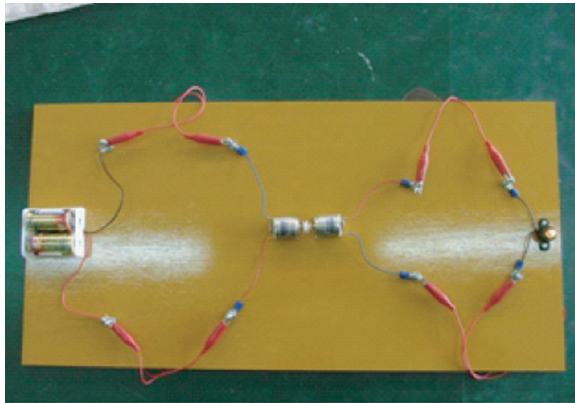


図6. 連結モーターを用いて開発した教材。

授業では、変換前の電気エネルギーが熱エネルギーなどに移り変わってしまうため、変換後の光エネルギーは減少してしまうこと、変換前後のエネルギーの総量は保存されていることを理解させることをねらいとした。導入では、変換部分に違いのある2つの豆電球を提示し、明かりの違いに気付かせ、移り変わった光エネルギーの減少を確認し、減少の原因を他のエネルギーの存在に着目し、追究させた。

実験では、電気エネルギーの減少の事実やエネルギーの移り変わりの事実を確かめさせた（図7）。そして、実験から得た事実から、豆電球が暗くなった事実とエネルギーの移り変わりを関連付けて考察させた。図8と図9に生徒Cの実験結果と考察を示す。

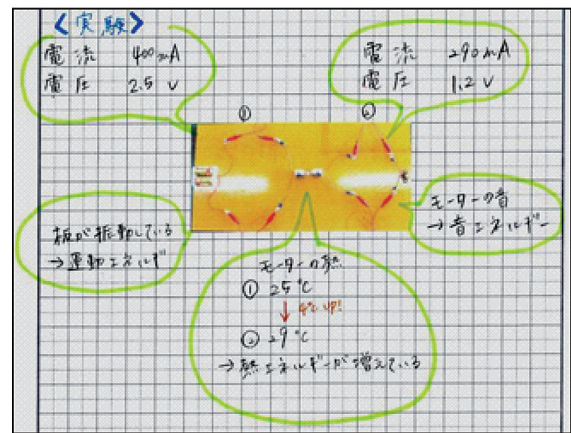


図8. 生徒Cの実験結果の記述。

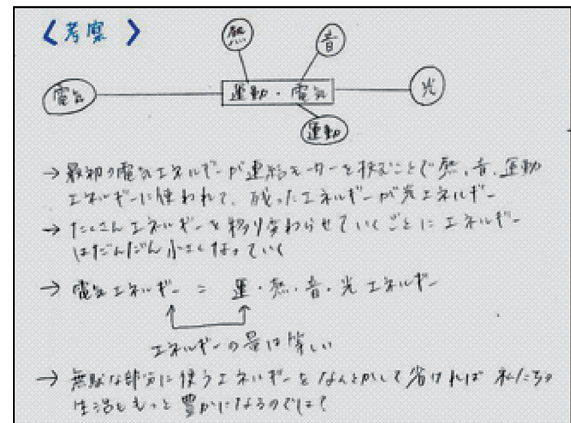


図9. 生徒Cの考察の記述。

生徒Cのように、多くの生徒がエネルギーの移り変わりによる損失を見いだすことができた。また、図10に示す生徒Dのように、エネルギーの移り変わりを量でとらえようとして、エネルギーの保存を考察した生徒もいた。

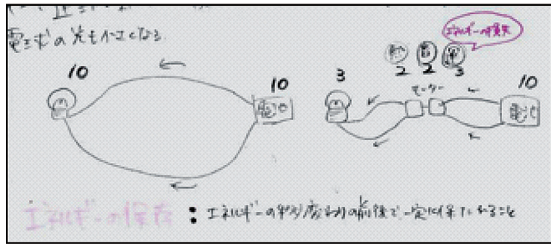


図10. 生徒Dの考察の記述.

本時に学習したように、エネルギーの損失が存在してしまうため、自分たちがそのエネルギーをどのように利用していくのかも大切であるという有効利用への意識や態度へとつなげるための終末の事象を試みた。授業の終末では、発電所から家庭に電気エネルギーが送られるまでの利用効率の例を紹介した後、白熱電球とLED電球を提示し、温度や照度を測定した。電球部分が白熱電球は120℃程度で、LED電球は30℃程度であるが照度の値はLED電球の方が大きいという事実を確認し、LED電球はエネルギーの利用効率を上げる点において有効であることを確認した。終末における生徒Eの記録と授業の振り返りを図11と図12に示す。

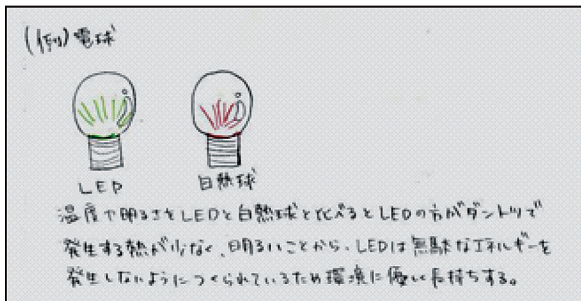


図11. 終末における生徒Eの記録.

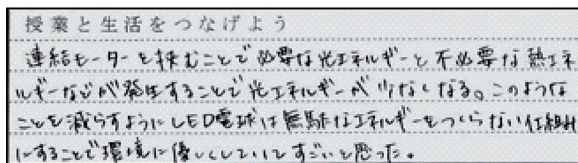


図12. 生徒Eの授業の振り返り.

4. 議論

(1) エネルギーの変換におけるサーモグラフィーの有用性

中学校学習指導要領解説 - 理科編 (文部科学

省, 2008) によると, 単元「科学技術と人間」におけるエネルギーの学習内容としては, 「日常生活や社会では様々なエネルギーの変換を利用していることを理解すること」が記されており, その取扱いについては, 変換の前後で「エネルギーの総量が保存されること及びエネルギーを利用する際の効率も扱うこと」とされている。エネルギーの総量が保存されるという見方については, 単元「運動とエネルギー」のところで力学的エネルギーの保存を学習することになっている。エネルギーの保存を扱う場合, 実際には摩擦などによって, 音や熱エネルギーに変換されることも考慮する必要がある。

本研究でサーモグラフィーを利用したのは, 今までエネルギーの学習を行うときに, エネルギーを量としてとらえた上で, エネルギーに関する見方や概念を育むことに難しさを感じたため, その一助とするためである。サーモグラフィーを利用することで, エネルギーの変換に伴って熱が発生することを, 熱画像を用いて可視化することで, 生徒が容易にとらえることができるようになると考えた。本論文では, 生徒の記述を多く紹介したが, それらの多くには, 単元「科学技術と人間」において育みたい「エネルギーの変換にともなってエネルギーの総量は保存されること」, 「エネルギーも物質も循環可能であるから, 自然との調和を図りながら, それらを有効に利用できるように科学技術を発展させていく必要があるという見方や考え方」が生徒自身の言葉や図で表現されている。

さらに, 授業の振り返りにおける生徒の記述例を示す。

- ・エネルギーというのは, 今まで1つのものに使われるだけだから, 移り変わりの前後で変わらないと思っていたけど, 途中で他のエネルギーにも変わっていることを知り, 驚いた。LED電球と白熱電球では, LED電球のほうが電気エネルギーを効率的に光エネルギーに変えることができ, なるほどと思った。
- ・エネルギー全体にも力学的エネルギーと同じような性質があることがわかった。モーター1つを動かすだけでも, いろいろなエネルギーに移り変わり, その中には利用しにくいもの

もあるので、少しでも多くのエネルギーが利用できるように工夫することが大切だと思った。

- ・家で使っている電力は、発電所でつくられた電力の半分以下だと知り、とても驚いたし、もったいないとも思った。100%にするのは無理かもしれないけれど、80%くらいにまでできれば、地球温暖化防止にもつながるのではと思った。また、自分の家でもできることを実行して、エネルギーを大切に使いきたい。

同様の記述は、他の生徒の記述にも見られた。すなわち、本研究で利用したサーモグラフィーは、エネルギーの学習において、とりわけエネルギーの保存に関する理解を深めるための一助として有効であり、エネルギーの有効利用への意識や態度を育むことにつながったことが示されたと考える。

(2) サーモグラフィーの活用による科学技術に対する肯定感の育成

これまで、小中学校の理科授業におけるサーモグラフィーの活用は、さまざまな単元で使われてきた。しかし、多くの実践では、単元のなかの1時間の授業において、実験・観察における視点の提示や、実験結果の確認のために使われており、単元を通じて継続的に活用するような実践はなかった。これは、サーモグラフィーの台数が少なく、日常的に授業で使われるような環境ではなかったからであると考えられる。また、授業で使用する場合に、教師による演示実験や授業の終末におけるクラス全体での確認の場面で使うことが一般的であった。本研究では、単元を通じてグループに1台ずつサーモグラフィーを活用できるように必要な台数を確保した。これは近い将来岐阜市内の小中学校に各校1台ずつサーモグラフィーが確保される方針であることを受け、周辺の学校間でサーモグラフィーを融通しあうことによって、グループに1台、単元を通じて利用するような授業形態が将来的には容易になる可能性があり、先行的に試行して有効性を研究することは意義があると考えたからである。

授業を行ってわかったことは、生徒がエネルギー概念の学習を進めるうえで役に立つだけでなく、サーモグラフィーという計測機器自体に生徒が興味を示し、いろいろなものの温度を測定してみたいとか、エネルギーの変換をとまなう事物・現象を日常生活のなかで探すような活動がみられたことである。

すなわち、エネルギー現象を可視化する装置そのものが科学技術の恩恵であり、科学の進歩によって技術発展や製品開発が行われていることを、授業を通じて実感できたことが示唆された。

単元「科学技術と人間」におけるこれまでの実践には、放射線教育（秦ほか、2012）、原子力発電所の地層処分問題（内ノ倉ほか、2010）や、紙おむつとして使われている吸水ポリマー（佐藤、2006）など、環境問題に関係した実践が多くある。国際的な学力調査によると、日本の子どもたちは、科学技術の進歩に対して否定的な意識をもっていることが明らかにされている。環境問題や資源問題は社会における重要な課題であるが、宇宙開発や海洋開発のような人類の未来に対して、夢を抱かせるような科学技術の肯定感を育むような取り組みも必要とされる。サーモグラフィーのような計測機器は、センサー部の斬新性、温度分布の可視化でわかる意外な熱力学現象の面白さなど、「科学技術の発展」の学習における科学技術に対する肯定感を育む教材・教具としても活用できる可能性がある。

5. おわりに

中学校理科「科学技術と人間」において、サーモグラフィーを活用した授業実践を行った。サーモグラフィーはグループに1台ずつ合計8台確保し、単元を通じて活用できるようにした。サーモグラフィーによる温度計測から、エネルギーに対する見方や考え方の定着がみられた。また、サーモグラフィーを活用した理科授業によって、科学技術に対する肯定的な意識を培うことができた。岐阜市の小中学校には近い将来サーモグラフィーが導入される予定であり、サーモグラフィーのメリットを生かした授業実践が小中学校の授業で展開されることが期待される。

謝辞. 本研究で利用したサーモグラフィーを複数確保するため、岐阜県教育委員会 山田茂樹先生をはじめ、各教育事務所の先生方に協力していただいた。ここに記して感謝いたします。

文 献

秦浩之・小西伴尚・川田博基・山田陽一郎・平賀伸夫・田邊博明・Michikuni Simo (2012) 外部連携による放射線教育の実践：中3理科のとりくみから、日本理科教育学会東海支部大会研究発表要旨集, 58, C04.

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.

川上昭吾・岩田道雄 (2009) 小学校第6学年「電気の利用」の教材研究, 日本理科教育学会東海支部大会研究発表要旨集, **55**, 1.

錦生正幸 (2010) 電気の働きを活用したものづくりに関する研究：第6学年理科「電気の利用」において, 日本理科教育学会中国支部大会研究要項, **59**, 26.

樹下安雄 (2010) サーモグラフィーを活用した理科教材の開発とその授業実践, 理科の教育, **59**, 34-36.

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.

坂本祐輔・正元和盛 (2011) 熱画像測定による植物機能蒸散の教材特性の検討, 日本理科教育学会全国大会要項, **61**, 297.

佐藤隆 (2006) 理科を学ぶ意義を実感させる授業づくりの実践：「科学技術と人間」をテーマとして, 日本理科教育学会関東支部大会研究発表要旨集, **45**, 78.

内ノ倉真吾・西本保宏・戎崎正人・菅野貴広・丹沢哲郎・熊野善介 (2010) 地層処分地選定に関する日本型合意形成モデルの構築 (3)：中学校理科における単元「科学技術と人間」の授業実践, 日本科学教育学会年会論文集, **34**, 183-184.

渡辺理文・鎌田正裕 (2013) エネルギー変換教材「エネピック」の中学校理科での活用, 東京学芸大学紀要, 自然科学系, **65**, 1-7.

山田茂樹・樹下安雄・柘植一樹・川上紳一 (2010) サーモグラフィーやサーモインクを活用した理科教材の開発とその指導の在り方, 教師教育研究, 第6号, 141-148.

山田哲也・川上紳一 (2010) 小学校理科「電熱線による発熱」におけるサーモグラフィーの活用と実験方法の検討, 岐阜大学教育学部研究報告 (自然科学), **34**, 53-56.

