

# 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—

川上紳一<sup>1</sup>・山田茂樹<sup>2</sup>・酒井 茂<sup>3</sup>

<sup>1</sup>岐阜大学教育学部

<sup>2</sup>岐阜県教育委員会飛騨教育事務所

<sup>3</sup>岐阜大学教育学部附属小学校

## Application of Thermography in Science Classes of Elementary and Junior High Schools and Development of Digital Contents in the Database on Science Education : Current status and future direction

Shin-ichi Kawakami<sup>1</sup>, Shigeki Yamada<sup>2</sup> and Shigeru Sakai<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Education, Gifu University, Gifu, 501-1193, Japan

<sup>2</sup>Hida Office, Gifu Prefectural Board of Education, Takayama, 506-0055, Japan

<sup>3</sup>Fuzoku Elementary School attached to Faculty of Education, Gifu University, Gifu, 500-8482, Japan

### 要 旨

小中学校の理科の内容に関係する事象について、サーモグラフィーによる画像を取得し、理科授業で活用するとともに、理科教材（デジタルコンテンツ）の開発を進めている。これまでに、ものの温まり方、日なたと日かげ、恒温動物と変温動物、化学反応とエネルギーなど、多くの単元で活用した。サーモグラフィーは、児童・生徒の興味や関心を高め、理解を深める手立てとして有効であるが、サーモグラフィーで取得される熱画像からは、わずかなエネルギーの出入りも視覚的に捉えることができること、温度分布を空間的に捉えることができるので、科学的な見方や考え方の育成のためのツールとなるものと期待される。

【キーワード】サーモグラフィー、デジタルコンテンツ、理科教材データベース、小中学校

### 1. はじめに

新しい学習指導要領によると、小学校段階では、自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図ること、中学校では、目的意識をもって観察・実験などを行い、科学的な見方や考え方を養うことが重視されている（文部科学省, 2008）。とりわけ、第1分野では、「粒子」、「エネルギー」をキーワードとして、カリキュラムが体系化されている。エネルギーはすべての事象に関係しており、小中学校の学習内容を熱やエネルギーといった視点で捉えることで、異なる事象の関連性をもたせることができるものと期待される。

熱力学現象についての学習では、サーモテープなどを用いた授業が行われているが、サーモグラフィーは温度分布を色調の違いで表した画像として表示する装置であり、現象をより視覚的に捉えられる点で優れている。これまでに、

JSTの「理科ネットワーク」やNHKのビデオ教材ライブラリーのなかに、ものの温まり方に関する、サーモグラフィーによるデジタルコンテンツが開発されており、視聴覚教材として授業で利用できるものが公開されている。筆者らは、これまでに、学校現場においてサーモグラフィーを導入し、教師による教材研究や授業実践の場で活用すると同時に、これまでにないデジタルコンテンツの開発を試みてきた（中上ほか, 2008；山田, 2009）。

本論文では、2006年における活用を含めて、これまでに開発したデジタルコンテンツを示す。2009年度、岐阜大学と岐阜県教育委員会の主催による「コア・サイエンス・ティーチャー養成事業」が採択になり、学校現場にサーモグラフィーを5台導入して、先進的な教材開発や授業実践を始めている（川上・山田, 2009a, b）。

## 2. 方法

サーモグラフィーの理科教育への活用については、2006年から始めている。2006年には、(株)チノーの営業担当者にデモ機(CPA-2200)を使用させていただき、岐阜大学教育学部附属小学校で教材開発を行った。2008年には、Fluke社製Ti20をレンタルしたが、2009年になってチノー製のCPA-150を5台確保している。これらの装置では、熱画像データをjpgファイルとして保存されるため、教材開発が容易であり、USBケーブルでパソコンにデータを取り込めるため、測定後すぐにスクリーンに表示できる。

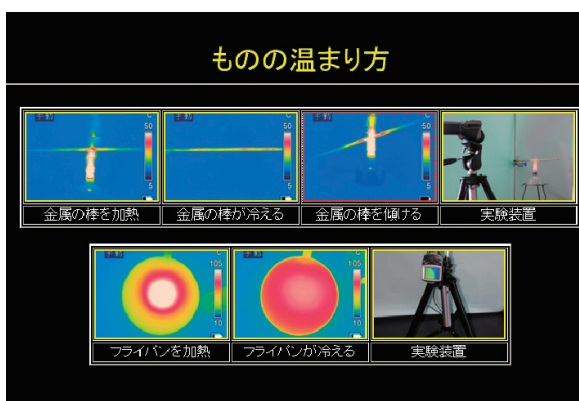


図1. 2006年にサーモグラフィーで開発したものの温まり方に関するデジタルコンテンツ。理科教材データベースより。

## 3. 教材開発と授業実践

### (1) 小学4年「ものの温まり方」

2006年において岐阜大学附属小学校4年生の授業実践のなかで、サーモグラフィーによるデジタルコンテンツの開発を行った。このときの授業は、空気、水、金属の順番に学習を進める単元指導計画を立てた。空気と水の温まり方では、上の方から先に温まることを学習していた子どもたちは、金属についても上から温まると予想するものが少なからずいた。

実験では、銅でできた棒をスタンドで固定し、アルコールランプで過熱するという実験器具を用意し、子どもたちの課題をもとに班ごとに実験を進めた。上から温まると予想したグループは、銅の棒を斜めにとりつけて実験を行っていた。この実験では、棒に等間隔にサーモテープを貼っておき、色の変化で温まり方を調べるといった方法で行っている。

実験結果の交流の場面では、両側が同じよう

に温まるという発言のほか、上から温まるという発言、下から温まるという発言があり、交流の中から結論を導くことが困難であった。こうした背景から、(株)チノーの営業担当者に岐阜大学教育学部附属小学校にデモに来ていただき、子どもたちが行った実験に関する熱画像を撮影することにした。このときの撮影では、ビデオ出力端子のあるサーモグラフィーを用いており、金属棒の温まるようすや、フライパンを加熱したり、冷却したりして、温度の変化を測定し、デジタルコンテンツとして、岐阜大学教育学部webサイト教材「理科教材データベース」に掲載した(図1)。

### (2) 小学3年「日なたと日かげ」

小学3年の「日なたと日かげ」の学習では、影のでき方や太陽との位置関係を調べたあと、日なたと日かげの温度の違いを学習することになっている。日なたと日かげの温度の違いについては、温度計で測定したり、手で触ってみるといった活動が行われている。サーモグラフィーは、温度分布を画像として表示する装置であり、空間的な広がりの中で、温度の違いを認識させるようなカリキュラムにおける有効な教材となると考えられる。また、日なたと日かげの温度の違いは、天候などにも左右されることや、子どもたちの手の感触による学習では、観察結果の客観性が弱く、しっかりした事実をとることが困難な場合があった。

2009年の長良小学校の実践では、サーモグラフィーCPA-150を用いて、グラウンドの温度の時間変化を測定した。得られた熱画像は、パソコンソフトパワーポイントを用いてアニメーション表示し、子どもたちの活動のあとの振り返りの場面で活用している(加藤一郎, 私信, 2009)。

いっぽう、飛騨市立河合小学校では、日なたと日かげの温度の違いを調べる活動のなかで、サーモグラフィーによる測定を取り入れた。子どもたちは、熱画像を見て、「やっぱり日かげは温度が低い」といった発言をし、見通しをもって測定を行う姿がみられた。また、グラウンドにおいてあったタイヤを移動し、タイヤの部分だけが温度が低いことや、移動したタイヤのあとの部分の温度が徐々に高くなっていくようすとらえる学習場面もあり、事象の空間分布と時

間変化の両方を意識づけるような学習が実現した(山田ほか, 2010)。

### (3) 小学6年「電流の利用」

「電熱線による発熱」の学習において、電熱線の温度を測定した。実験は長さが等しく太さの異なる電熱線を用いて、発熱量の違いを調べるといものである。太い電熱線の方が電流が大きく、発熱量も大きくなるが、乾電池を用いた実験では電圧降下によって差が小さくなる。発泡スチロールの切断では、電熱線の温度を30℃以上にすることが必要であり、直径0.2mmの電熱線に単一乾電池1個を接続した場合には、温度が30℃に達しないため切断されない(山田・川上, 2010)。

授業では、発泡スチロールが切断されるまでの時間に関する測定結果が大きかったため、事実の確認のために、サーモグラフィーのモニター画面を見せた。

### (4) 中学2年「恒温動物と変温動物」

2008年に、恒温動物であるウサギと変温動物であるカメを同時に撮影し、体温の違いを示す教材を開発した(中上ほか, 2009)。2009年には、室内(27℃)で飼育していたカメを約40℃の日なたに移し、体温の時間変化を撮影した。約10分間の間に、体温が27℃から31℃に変化するようすを撮影した(図2)。

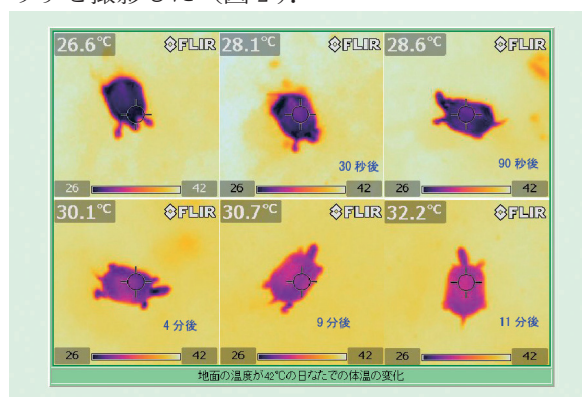


図2. サーモグラフィーを用いて撮影したカメの温度変化。理科教材データベースより。

### (5) 中学1年「身の回りの物質」

2008年に瑞穂市立穂積中学校において、中学1年「身のまわりの物質」の単元で、金属と非金属でものの温まり方の違いを調べる実験で活

用している。この実践については、中上ほか(2009)で報告している。

### (6) 中学3年「化学変化とその利用」

2009年9月に岐阜市立加納中学校の「化学変化とその利用」の授業において、サーモグラフィーを活用した。実験は、塩化アンモニウムに水酸化バリウムを加えるとアンモニアが発生するというもので、化学反応には熱を吸収するものがあることを理解することをねらっている。授業の導入では、うすい塩酸に水酸化ナトリウム溶液を加えると、温度が上昇することを示した。その後、生徒たちがグループごとに吸熱反応の実験を行った。これらの反応による溶液の温度変化をサーモグラフィーで撮影し、化学反応には、熱の出入りがともなわれることを確認した(図3)。

### (7) 中学3年「地球と宇宙」

2008年美濃市立美濃中学校において、地軸の傾きと季節の変化に関する学習で、サーモグラフィーを活用して作成したデジタルコンテンツを活用した(中上ほか, 2009; 樹下, 2009)。地球モデルに電球の光を当て、真上から光が当たっている部分が高温領域になっていることを示した。このコンテンツについては、2009年6月18日発行の「理科教育ニュース」に掲載され、多くの小中学校の理科教室の掲示物として利用された。

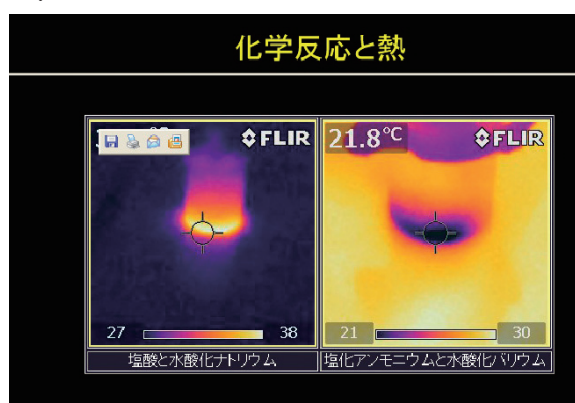


図3. サーモグラフィーで撮影した発熱反応と吸熱反応。左：塩酸に水酸化ナトリウムを加えた実験。右：塩化アンモニウムに水酸化バリウムを加えた実験。理科教材データベースより。

#### 4. 議論

本研究では、これまでに小中学校の理科授業において試験的にサーモグラフィーを用いたデジタルコンテンツや授業実践を行った事例について述べてきた。酒井（2006）は、ヒートアイランド現象の観測をテーマにした科学教育プロジェクトで、空や雲の温度をサーモグラフィーで測定し、放射冷却のしくみを追究する取組を行っている。温度分布や温度変化については、熱力学現象が関与するさまざまな事象と関係しており、まだまだ活用できる単元が多くあり、学校現場と連携してニーズを調査し、先進的なデジタルコンテンツの開発を進めていく必要がある。

#### 5. おわりに

サーモグラフィーは、直接目で見るができない熱力学現象を可視化する装置であり、現象を視覚的に理解するうえで大変すぐれた装置である。最近では、携帯型のサーモグラフィーが市販されており、児童・生徒のグループ実験の際に、机間指導でその場で撮影した画像を見せると、興味・関心が高まることがわかった。

サーモグラフィーCPA-150を多数確保し、学校間で共有して、小中学校の理科授業で日常的に活用できるような体制を構築すること、ビデオ出力端子のあるサーモグラフィーを確保し、温度の時間変化を示す動画コンテンツの開発などが今後の課題である。その一方で、サーモグラフィーを活用して児童・生徒の科学的な見方や考え方を育む指導計画を蓄積していくことも必要である。

**謝辞.** サーモグラフィーCPA-150は、平成21年度に採択された科学技術振興機構の委託事業コアサイエンスティーチャー養成事業の採択課題「教育委員会と大学理工系学部群が連携した

自律的成長プログラムによるCSTの養成（岐阜大学・岐阜県教育委員会）」における、中級コースプログラムの実施備品として導入したものである。岐阜大学教育学部附属小学校理科部の方々には、恒温動物と変温動物の撮影で協力していただいた。また、化学反応にともなう熱の出入りでは、岐阜市立加納中学校の小島久美子教諭および濱野由里衣教生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

- 川上紳一・山田茂樹（2009a）岐阜大学と岐阜県小中学校理科教育研究会の連携による教育実践研究の推進，科教研報，**23**，No.5, 1-4.
- 川上紳一・山田茂樹（2009b）理科授業におけるサーモグラフィーの活用と教材開発，日本理科教育学会東海支部大会講演要旨，C03.
- 樹下安雄（2009）サーモグラフィーを用いた理科教材開発とその授業実践，理科の教育，**59**，34-36.
- 文部科学省（2008）学習指導要領解説一理科編，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実践，岐阜大学教育学部研究報告（自然科学），**33**，59-63.
- 酒井敏（2006）手作りの測機で身近な気象を観測し新事実に挑む参加型科学プロジェクト：素朴な科学への挑戦，化学と教育，**54**，322-325.
- 山田茂樹（2009）「パターン把握」を用いた野外観察で，科学的な思考力，表現力を育成する指導～中学校理科「地球と宇宙」での一実践を通して～，科教研報，**23**，No.5, 59-62.
- 山田茂樹・樹下安雄・柘植一輝・川上紳一（2010）サーモグラフィーを用いた理科教材開発と授業実践，岐阜大学教師教育研究，**6**，印刷中.
- 山田哲也・川上紳一（2010）小学校理科「電熱線の発熱」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.

# 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

山田哲也<sup>1</sup>・川上紳一<sup>2</sup>

岐阜市立三輪南小学校  
岐阜大学教育学部

## Utilization of thermography and consideration of experimental procedure in the subject on "heat generation by heating wire" in the science classes of elementary school

Tetsuya Yamada<sup>1</sup> and Shin-ichi Kawakami<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Miwaminami Elementary School, Taromaru, Gifu, 501-2577, Japan

<sup>2</sup>Faculty of Education, Gifu University, Yanagido, Gifu, 501-1193, Japan

### 要 旨

小学6年の理科の学習内容に、新たに導入された「電熱線による発熱」に関する授業実践を行った。実験には長さが等しく太さの異なる2本の電熱線に一定の電流を流し、加熱された電熱線で発泡スチロールを切断する実験を行った。発熱量の違いは、発泡スチロールが切断されるまでの時間をストップウォッチで測定させた。実験結果の多くは、太い電熱線の方が切断に要する時間が短いというものであったが、児童の求めた測定値にはばらつきがあり、中には細い電熱線の方が切断に要する時間が短いというケースがあった。サーモグラフィーを用いて電熱線の温度分布を撮影した熱画像から、太い電熱線の方が温度が高いことを確認し、客観的事実をつかませた。この実践を踏まえて、児童に取り組みせる実験方法について検討した。

【キーワード】電熱線, 発熱, サーモグラフィー, 小学校, 理科

### 1. はじめに

新しい学習指導要領解説-理科編では、「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」といった科学の基本的な見方や概念を柱に、学習内容の構造化が図られている(文部科学省, 2008)。エネルギーに関する見方や概念を育むための学習内容として、第3学年に「風の働き」、「ゴムの働き」が追加され、第6学年では、「電気による発熱」が加えられた。これらは新しい学習内容であり、先行する実践事例がほとんどみられない。教科書出版社が発行している移行措置に対する補助教材では、電熱線による発熱にともなう水の温度上昇を測定する実験や、発泡スチロールを切断する実験が示されているが、出版社によって記述されている実験が異なっている。

本授業実践では、平成21年度発行の教科書出版社A社の補助教材と教材会社B社の実験器具「電熱線の働き実験器(DH-10)」を用いて授業

を行った。授業では、サーモグラフィー((株)チノー製CPA-150)を用い、電熱線の温度を熱画像で表示し、児童に提示している。授業実践の結果から浮き彫りになった改善すべき課題を踏まえ、客観的な事実を捉えさせるのに適した実験方法を提案する。

小中学校の理科授業で、サーモグラフィーを活用した授業実践や教材開発には、中上ほか(2009)、川上・山田(2009)、川上ほか(2010)がある。

### 2. 指導計画と授業実践

#### (1) 単元指導計画

新学習指導要領解説-理科編(文部科学省, 2008)で、「エネルギー」を柱とした単元構造図が提示されたことを受け、「電流と磁石」に関する学習内容の系統性を明確にした指導案を作成した(山田, 2010)。実際の指導の場面では、児

童のつまづきを調べ、知識・理解が不十分な内容については復習をすることにし、単元のはじめに第3学年の「明かりをつけよう」と「磁石の性質」について1時間、第4学年の「電気の働き」で1時間確保した。「電熱線による発熱」は、電磁石に関する学習9時間のあとの第12時と第13時に当てた。第12時においては、電熱線に電流を流すと発熱することを調べた。「電熱線による発熱」の授業のあとの1時間は電磁石を使ったおもちゃ作りを行い、最終時でまとめを行った。

## (2)「電熱線による発熱」の授業実践

本時は、全16時間からなる授業の第13時に位置づけられている。授業の展開は、教科書出版社A社の補助教材に基づいて、課題を「電熱線の太さによって、発熱量がちがうのか調べよう」とした。児童からは太い方が発熱が大きいという予想や、まったく逆に細い方が発熱が大きいという考えがでた。細い方が発熱量が大きく、速く切断されるという考えの理由としては、細い方が電流が速く流れるというものがあつた。太い方が速く切断されるという考えの理由は、電流が多く流れるというものが多かった。

実験には、教材会社B社の実験器具「電熱線の働き実験器 (DH-10)」を利用した。太さの異なる2本の電熱線 ( $\phi 0.4\text{mm}$ と $\phi 0.2\text{mm}$ )に単一乾電池2本を直列につなぐものを用いた。発熱の仕方の比較には、1cm角の四角柱に切った発泡スチロールが電熱線によって切断されるまでの時間を測定するというもので、A社の補助教材やB社の解説書に示された実験に準拠した。ただし、予備実験で、2本の電熱線に発泡スチロールを渡して電流を流すと、発泡スチロールの切断速度は細い方が速くなったため、2本の電熱線をまたぐように発泡スチロールを載せるが、電流はどちらか一方にだけ流し、切断されるまでの時間をストップウォッチで測定するという方法をとった。

授業は3クラスで実施し、実験は班ごとに取り組ませた。2クラスは太い方が速く切断されるという結果になったが、切断されるまでの時間は6秒から30秒とばらつきが大きかったり、

差が小さい場合があつた。3つ目のクラスでは、細い方が速く切断されるという結果になった班があり、班によって矛盾した結果になった。

客観的な実験結果を得る目的で、教師がサーモグラフィーCPA-150を提示し、電流を流した電熱線の熱画像をモニター画面で順番に見せて、太い電熱線の方が温度が高くなっていることを確認させた。図1にサーモグラフィーで撮影された熱画像の例を示す。発泡スチロールを載せた部分は、熱がこもるために他の部分より温度が高くなっていることがわかる。このことから、児童の行った実験におけるデータのばらつきには、発泡スチロールの載せ方も影響している可能性が示唆された。

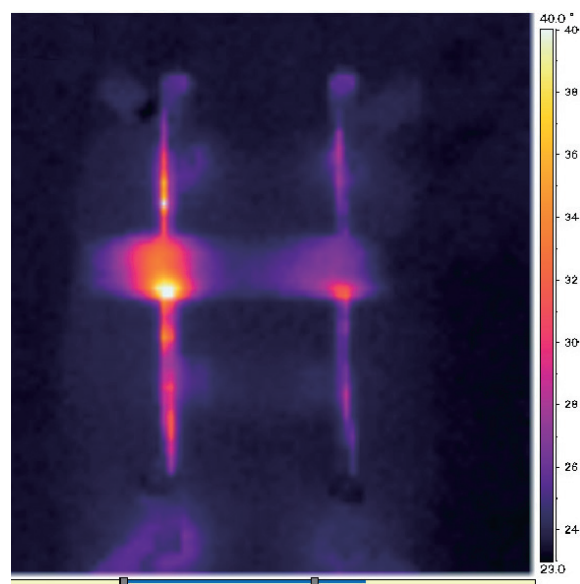


図1. 発泡スチロールの切断時における電熱線の温度分布. 乾電池を2本直列接続した場合. 左側が太い電熱線. 中央部の高温領域に発泡スチロールを載せてある.

## 3. 議論

### (1) 実験方法と実験器具

「電熱線による発熱」は新しく導入された内容であり、教科書によっても扱い方が異なっている。A社の補助教材のほかにはC社でも、発泡スチロールの切断速度で発熱の違いを測定しているが、D社の補助教材では、電熱線による水の温度上昇を測定して、発熱の違いを比較している。また、E社は発熱量の違いをサーモテープの変色までの時間で調べるようになっており、教科書出版社による実験方法には違いがみられ

る。

今回の実践では、A社の扱い方を採用し、器具としてB社の「電熱線の働き実験器 (DH-10)」で実験を行った。A社の教科書では、発泡スチロールを割り箸ではさんで電熱線に当てる方法がとられているが、今回の実践では、B社の取扱説明書に基づいて2本の電熱線にまたがるように置き実験を行った。授業では、片方の電熱線に電流を流したが、電熱線との接点における発泡スチロールの加重のかかり方にばらつきがあるためか、測定した時間にばらつきが大きくなった。

## (2) 実験方法の検討

授業後に再度予備実験を行い、発熱による温度上昇をサーモグラフィーで測定した(図2)。その結果、単一乾電池2本を直列接続して電流を流した場合、太い電熱線の温度は38℃、細い電熱線の温度は31℃となり、どちらの電熱線でも発泡スチロールが切断された。単一乾電池1本の場合は、太い電熱線の温度が約31℃、細い電熱線の温度が約25℃であり、太い電熱線では発泡スチロールが切断できたが、細い電熱線では切断できなかった。乾電池の代わりに電源装置を使用した場合は、太い電熱線の方が切断に要する時間が明らかに短くなっており、乾電池の場合には電流を大きくすると電圧降下の影響が大きいことが明らかになった。

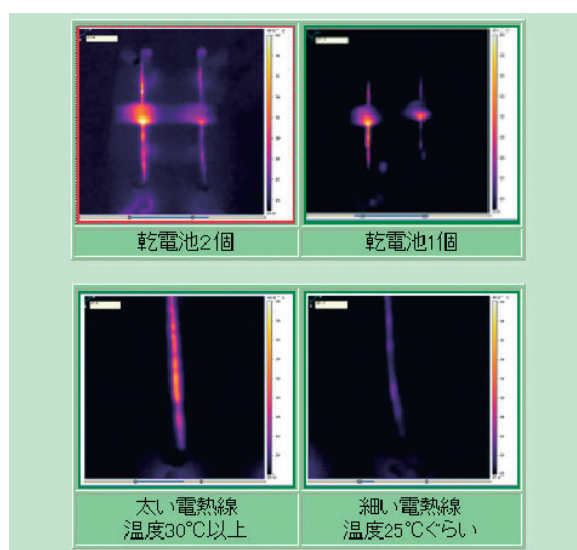


図2. 電熱線の温度分布を示す熱画像。  
webサイト教材「理科教材データベース」より。

単一乾電池を2本直列接続して電流を流し、温度上昇した2本の電熱線にまたがるように、サーモテープを載せてみると、両方とも変色したが、太い電熱線の方が変色した領域の幅が広がった。温度の違いは、サーモテープではわからなかった。教科書出版社の補助教材によっては、サーモテープが変色するまでの時間を調べる方法も示されているが、変色するまでの時間を発熱量の違いととらえるには解釈が含まれる。

こうした結果から、授業で課題を提示したあとの実験として、2本の電熱線に乾電池1個で電流を流し、サーモテープで両方とも温度が上昇することを確認する。変色域の幅が発熱量の差、温度差なのか、電熱線の太さによるものか判断がつかないことを受けて、さらに発泡スチロールを切断する実験を行う。太い電熱線だけが切断されることから、太い電熱線の方が高温になっているという結論を導くような学習の展開が考えられる。

## 4. おわりに

「電熱線による発熱」は、新たに導入された学習内容であり、6年生を担当する教員はこの授業の実践をどのように行うのかさまざまな試行錯誤が行われているものと考えられる。本実践では、サーモグラフィーを活用したことで、電熱線の発熱について客観的な事実を捉えさせることができた。岐阜県の小中学校では、サーモグラフィーの活用が広がりつつあるが、装置は徐々に安くなっているもののまだ高価なものであり、教科書に準拠した方法で、客観的な事実をつかませるためのさらなる工夫が必要であろう。本論文では、授業実践をもとに課題を明らかにし、指導案の骨子と実験方法を検討した。その検証は今後の課題である。

## 文 献

- 川上紳一・山田茂樹 (2009) 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教材開発, 日本理科教育学会東海支部第55回大会, C03.
- 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，岐阜大学教育学部研究報告（自然科学），**34**，49-52.
- 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.
- 山田哲也 (2010) 科学の概念を系統的に身につけていく指導計画の工夫-「電流の働き」を通して，平成21年度岐阜県総合教育センター理科教育講座（小学校）理科教育講座研究実践集，31-33. 印刷中.