

ガスバーナーの基本操作に関する知識及び技能の定着を促す 動画教材の開発と評価

－小学校第6学年児童を対象として－

村 上 凌 雅*・山 田 健 人**・山 田 貴 之***

(令和4年10月27日受付；令和5年4月3日受理)

要 旨

本研究の目的は、ガスバーナーの基本操作に関する知識及び技能の定着を促す動画教材を開発し、小学校第6学年児童を対象とした個別の実技検査を通して、その効果を検証することであった。この目的を達成するために、第6学年2学級を対象として、ガスバーナーの知識及び技能に関する動画教材を視聴して学習する1学級を実験群(27名)、同様の内容が整理されたプリント教材を用いて学習する1学級を統制群(28名)とした授業及び実技検査、質問紙調査を実施した。その結果、まず、実技検査において、実験群(動画教材)の方が、ガスバーナーの基本操作に関する知識及び技能の合計得点(15点満点)の平均値が有意に高いことが認められた。また、「動画(プリント)教材についての満足度」に関する質問紙調査において、動画教材の方が分かりやすく、知識の習得に役立つことが示唆された。さらに、動画教材は、視覚だけでなく聴覚も使って学習できる利点があること、児童が感じる難しさを払拭できる効果があることを明らかにした。

KEY WORDS

gas burner ガスバーナー, basic operation 基本操作, knowledge and skills 知識及び技能,
video teaching materials 動画教材, 6th grade elementary school students 小学校第6学年児童

1 問題の所在

中学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編の目標の1つに、「育成を目指す資質・能力のうち、知識及び技能を育成するに当たっては、自然の事物・現象についての理解を深め、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする」ことが明記されている(文部科学省, 2018a)⁽¹⁾。さらに、「観察、実験において事故を防止するためには、基本操作の正しい器具の使い方などに習熟させるとともに、誤った操作や使い方をしたときの危険性について認識させておくことが重要である」と記されており(文部科学省, 2018a)⁽²⁾、観察・実験器具の適切な操作技能を定着させることの重要性が示唆される。

しかし、公立中学校に勤務する理科教師22名と中学校第3学年生徒637名を対象に、観察・実験器具の基礎操作技能に関する調査を行った宮田・室谷(2009)⁽³⁾は、教師が生徒に操作技能を習得させることは相対的に難しいと回答した観察・実験器具は、ガスバーナーと顕微鏡と電流計・電圧計(各68%)、上皿天秤(63%)、駒込ピペット・プレパラート(各59%)、マッチ・薬品注ぎ(各45%)、ろ過(41%)など、計13種類であることを報告している。また、同調査で生徒が相対的に難しいと回答した観察・実験器具は、ガスバーナー(49%)、電流計と電圧計(48%)、電源装置(46%)、プレパラート(37%)、顕微鏡(34%)、上皿天秤・駒込ピペット(各33%)、ろ過(32%)など、計16種類であることを明らかにしている。このような宮田・室谷(2009)⁽⁴⁾の研究から、教師と生徒のいずれにおいてもガスバーナーの基礎操作に関する知識及び技能の習得について課題があることが示唆された。加えて、小学生468名、中学生371名、高校生478名、計1,317名を対象に、安全な加熱実験の操作に関する基礎的知識をどの程度正しく理解しているかを調査した中村(1980)⁽⁵⁾もまた、ガスバーナーの操作技能については、小中学生はもちろん、高校1年生でさえも約60%の生徒が点火時に何らかの危険な操作(ガスを出しておいてマッチを擦り点火するなど)をすと述べ、ガスバーナーの基礎操作に関する知識及び技能の定着の難しさを明らかにしている。さらに、小学校教師434名、中学校教師341名を対象に、指導上困難を感じる事項について調査した清水(2002)⁽⁶⁾は、中学校理科教師は化学分野に最も指導上の困難を感じており、特にマッチやガスバーナーの取り扱いができないといった生徒の操作技能の定着不足を原因に挙げていることを明らかにしている。

こうした課題の解決に向けて、これまでもガスバーナーの基本操作に関する知識及び技能の定着を促す研究はい

*富山第一高等学校 **さいたま市立美園北小学校 ***自然・生活教育学系

くつか報告されている。例えば、ガスバーナーの操作技能や操作方法に関する知識獲得を促す循環学習（宮田，2005，2006）^(7,8)，ガスバーナーの操作技能の定着を促す指導方法（山口，2006）⁽⁹⁾，ガスバーナーモデルの開発（宮田・岡田，2007a）⁽¹⁰⁾，ガスバーナーモデルの製作・利用と循環学習の同時利用（宮田・岡田，2007b）⁽¹¹⁾，ガスバーナーの安全な操作に関する指導方法（平賀，2004）⁽¹²⁾，ガスバーナーに関係する演示実験（肆矢，2009）⁽¹³⁾，中学生によるタブレット端末を用いたガスバーナーの動画撮影と省察（石井・秋吉・岡，2021）⁽¹⁴⁾などが挙げられる。

しかしながら，我が国の国立情報学研究所が運営する「CiNii」に「理科，ガスバーナー，操作」をキーワードとして入力し検索したところ，該当した論文は上述の報告を含めて10件のみであった。また，海外の研究動向については，「International Journal of Science Education」，「Journal of Research in Science Teaching」及び「Science Education」を対象に，「Wiley Online Library」と「Taylor & Francis Online」を用いて「science, gas burner, operation」をキーワードに検索したところ，234件の論文が該当した^(註1)。しかし，これらの論文において，実験室の安全管理に関する理科教師用教育プログラムの開発（Lomask, Jacobson & Hafner, 1995）⁽¹⁵⁾や，燃焼概念に関する中学生の説明の一貫性（Watson, Prieto & Dillon, 1998）⁽¹⁶⁾といった報告は見られるものの，ガスバーナーの基本操作に関する知識及び技能の定着を促す指導法や教材開発について検討した事例は見当たらず，国内外の理科教育や科学教育に関する学術論文において，研究の蓄積は未だ十分とは言えない。

こうした背景を踏まえ，著者らはガスバーナーの操作手順に関する理解や空気調節ねじとガス調節ねじを動かして炎の大きさや色を調節する技能の習得，誤った操作をしたときの危険性についての認識を促すことができる学習教材が必要であると考えた。

ところで，現在，GIGAスクール構想において，ネットワークの整備に伴い，学習者用コンピュータ端末が学習者1人1台に配付され，学習ツールとして幅広く導入され始めている。特に理科においては，「『観察・実験の代替』としてではなく，学習の一層の充実を図るための有用な道具としてICTを位置付け，活用する場面を適切に選択し，教師の丁寧な指導の下で効果的に活用することが重要」であると明記されているものの（文部科学省，2021）⁽¹⁷⁾，ガスバーナーの基本操作に関する知識及び技能の定着を促すことを目的としたICTの活用に基づく学習教材の開発についての研究報告は，前出の石井ら（2021）⁽¹⁸⁾を除き見当たらない。また，ガスバーナーの基本操作に関する既存の動画教材として，例えば，NHK for Schoolの「ガスバーナーの使い方（再生時間1分35秒）」や「ガスバーナーの使い方－中学（再生時間3分53秒）」などがある。しかし，これらには以下の表1に整理したような問題点が挙げられる。

表1 ガスバーナーの基本操作に関する既存の動画教材に見られる問題点

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ・動画に字幕が表示されていないため，視覚から得られる情報が少ない点 ・ガス調節ねじ及び空気調節ねじの回す方向が矢印などで表示されていないため，具体的な操作をイメージし難い点 ・適切な炎の色に調節する理由や事故防止の観点についての説明が不十分である点 ・小学校理科教科書（霜田・森本ほか44名，2019）⁽¹⁹⁾及び中学校理科教科書（霜田・森本ほか32名，2020）⁽²⁰⁾に記載されているガスバーナーの基本操作に関する学習内容と対応していない点 |
|---|

そこで本研究では，これらの問題点を改善するために，ガスバーナーの基本操作に関する知識及び技能の定着を促す動画教材を開発し，これを学習者に個別に視聴させることで，自身の不安箇所（例えば，操作手順やガスバーナーの構造，事故防止のポイント）を繰り返し確認することが可能となり，理解が促進されるか否かを調査することとした。開発した動画教材の効果については，「知識や技能の活用を評価するためには，パフォーマンス評価を用いる必要」とする西岡（2010）⁽²¹⁾の知見を踏まえ，個別の実技検査を実施し，得られたデータを基に検証することとした。なお，本研究では，後述する「3.1調査対象と時期」の通り，第6学年の11月に調査を行うこととした。その理由を以下に述べる。

まず，加熱器具を用いた実験が明記されている学習内容について，小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編（文部科学省，2018b）⁽²²⁾では，3つの単元（第4学年「金属，水，空気と温度」，第5学年「物の溶け方」，第6学年「水溶液の性質」）が該当し，いずれも実験用ガスコンロやアルコールランプ，ガスバーナーといった具体的な名称ではなく，加熱器具と総称されていた。さらに，我が国における主要教科書会社5社（大日本図書，学校図書，啓林館，教育出版，東京書籍）が発行している小学校理科教科書^(註2)を対象に，上記の3単元で用いられる加熱器具を確認したところ，5社全てに実験用ガスコンロとアルコールランプが記載されていること，4社にガスバーナーが記載されていることが明らかとなった。このことから，加熱器具の使用については明確な規定はなく，各校の理科担当教員がそれぞれの実験において必要な熱量の大きさや操作性，安全性などを比較検討し，選択しているものと考えられる。しかし，児童が習得すべき加熱器具の技能として，4社の教科書にガスバーナーが記載されているにも関

ならず、これについての知識及び技能の定着の難しさ（中村，1980）⁽²³⁾を理由に、小学校の理科授業においてはガスバーナーを扱わない傾向があると推察される。こうした背景を踏まえ、本研究では、小学校の理科授業においてガスバーナーの基本操作に関する知識及び技能の定着を促す動画教材を開発する必要があると考えた。

次に、本研究で調査を行うに当たり、協力校の理科担当教員の指導計画や指導方法に影響を及ぼすことがないように、理科の年間指導計画、単元指導計画、単位時間指導計画、時数、目標、評価といった諸要素について複数回の協議を重ねた。その結果、加熱器具を用いる上記の3単元の学習を終えた第6学年の11月下旬以降が妥当であるとの結論に至った。なお、調査対象となる児童が、ガスバーナーについて未習であることは言うに及ばない。

2 研究の目的

本研究では、ガスバーナーの基本操作に関する知識及び技能の定着を促す動画教材を開発し、小学校第6学年児童を対象とした個別の実技検査を通して、その効果を検証することを目的とした。

3 研究の方法

3.1 調査の対象および時期

調査対象は新潟県内の公立小学校第6学年2学級55名を対象に、2021年11月26日に授業及び後述する実技検査、質問紙調査を実施した。その際、開発した動画教材の効果を検証するために、ガスバーナーの知識及び技能に関する動画教材を視聴して学習する1学級27名を実験群、同様の内容が整理されたプリント教材を用いて学習する1学級28名を統制群とし、両群を比較検討することとした^(注3)。

3.2 教材の開発

動画教材及びプリント教材を開発するに当たり、まず、ガスバーナーの操作方法に関する評価規準を作成した（表2）。評価規準は、2020年検定済中学校第1学年理科教科書（霜田ら，2020）⁽²⁴⁾に記載されているガスバーナーの操作方法及び宮田（2004）⁽²⁵⁾を参考にした。なお、評価規準（表2）における項目15のみ2019年検定済小学校理科教科書（霜田ら，2019）⁽²⁶⁾には記載されていないが、残りの14項目については小中学校の両教科書にほぼ同等の内容が明記されている。このことから、第6学年児童を対象とした本研究において、中学校第1学年理科教科書を参考に評価規準を作成することは時宜に適うものと判断した。

次に、評価規準の全観点が含まれるような動画教材（資料1，2）及びプリント教材（資料3）を作成した。なお、開発した動画教材は約6分30秒の内容で編集し、児童が短時間に何度も視聴できるように配慮した。さらに、上述した既存の動画教材における問題点を改善すべく、「『字幕の表示』や『ねじを回す方向の図示』といった視覚から得られる情報の充実化」、「適切な炎の色に調節する理由や事故防止の観点についての理解を促す字幕入り動画と音声の同期」及び「評価規準（表1）との対応」を意図して動画教材を開発することとした。以下、本稿における動画教材とは、本研究で開発した動画教材を示すことを断っておく。

3.3 授業の概要

両群の授業の流れを図1に示す。まず、マッチの擦り方に関する復習を両群ともに行った。次に、実験群では自身のコンピュータ端末でQRコード（資料1）を読み込んで動画教材を視聴し、統制群では1人1枚のプリント教材を用いて学習した。時間はいずれも20分間であり、これ以降の動画教材の視聴やプリント教材の使用は認めなかった。そして、児童一人当たり8分間の実技検査を行った後、質問紙調査を実施した。なお、本調査に要した時間は両群ともに90分間（1コマ45分間×2）であり、実験群の調査終了後に統制群の調査が続けて行われた。

3.4 実技検査の流れと評価の方法

まず、実技検査の流れについては、両群ともに、出席番号順に6グループ（1グループ4～5人）を編成し、グループ内の児童をA～Eに割り振った。そして、各グループのAに割り振られた児童から順に6人ずつ実技検査を理科室で行った。また、検査以外の時間については、調査協力校の理科担当教員の立ち合いの下、別室にて復習プリントを用いた自習学習に取り組ませることとした。次に、実技検査の評価の方法については、理科教育学研究者1名、

理科を専門とする大学院生4名（現職教員3名を含む）及び学部生1名の計6名が1グループずつを担当し、表1に基づき、児童個々の操作方法と手順の正誤を評価することとした^(註4)。

表2 作成した評価規準

項目	評価規準
1	空気・ガス調節ねじを少し緩めることができた
2	元栓を開くことができた
3	コックを開くことができた
4	マッチに火がついた
5	火のついたマッチを下から近づけることができた
6	ガス調節ねじを開くことができた
7	点火できた
8	空気調節ねじを開くことができた
9	炎の大きさを適切に調節できた
10	空気調節ねじを閉めることができた
11	ガス調節ねじを閉めることができた
12	火を消すことができた
13	コックを閉めることができた
14	元栓を閉めることができた
15	次の人が使いやすいようにねじを緩めることができた

	実験群	統制群
15分間	マッチの擦り方（復習）	
20分間	「動画教材」で学習	「プリント教材」で学習
8分間×5	実技検査	
15分間	質問紙調査	

図1 両群の授業の流れ

3. 5 質問紙の作成

質問紙は大黒・竹中・稲垣（2009）⁽²⁷⁾を参考に、「動画（プリント）教材についての満足度」に関する質問を11項目、「動画（プリント）教材の良かったところや感想」に関する自由記述を2項目、計13項目で構成した（表3）。なお、回答については5件法（「5.あてはまる」～「1.あてはまらない」）で求めた。

3. 6 分析方法

3. 6. 1 実技検査

ガスバーナーの知識及び技能の定着具合を確認するために、実技検査では表2の評価規準を用いて、操作方法や手順について正誤の評価を行った。具体的には、各ガスバーナーの操作方法に関する項目が正しく操作できた場合を正答とし、各項目1点の計15点満点とした。実験群（動画教材）と統制群（プリント教材）の平均値及び標準偏差を算出した上で、群間での平均値の差を調べるために t 検定（両側検定）を行った。また、項目ごとの群間での正答者の人数に差が見られるかを調べるためにフィッシャーの直接確率計算（両側検定）を行った。手順については、まず、評価規準の項目2～7を「火をつける」、項目8～9を「炎を調節する」、項目10～14を「火を消す」といった3つのカテゴリーに分けた。次に、カテゴリーごとの手順を間違えることなく操作できた人数（手順完答者数）を算出した。最後に、群間での正答者の人数に差があるかを調べるためにフィッシャーの直接確率計算（両側検定）を行った。

表3 作成した質問紙

項目	動画（プリント）教材についての満足度
1	ガスバーナーの動画（プリント）教材はわかりやすい
2	ガスバーナーの動画（プリント）教材の字幕（文字）はわかりやすい
3	ガスバーナーの動画（プリント）教材の時間の長さはちょうどよい
4	ガスバーナーの動画（プリント）教材はガスバーナーの使用方法をわかりやすく表している
5	ガスバーナーの動画（プリント）教材はガスバーナーの使用方法の理解に役立つ
6	ガスバーナーの動画（プリント）教材は何に気を付けて実験すればよいかをわかりやすく表している
7	ガスバーナーの動画（プリント）教材はガスバーナーの各部分の名称の理解に役立つ
8	ガスバーナーの使用方法を理解するために、動画（プリント）教材を用いることは効果的だと思う
9	ガスバーナーの使用上の問題点をわかりやすく表すために動画（プリント）教材を用いることは効果的だと思う
10	自分にとって動画（プリント）教材を用いることは効果的だと思う
11	他の実験器具を紹介する動画（プリント）教材があれば見てみたい
12	ガスバーナーの動画（プリント）教材の良かったところやわかりやすかったところを自由に書いてください
13	今日の授業で学んだこと、気づいたことを自由に書いてください

注) 実験群には「動画教材」、統制群には「プリント教材」と表記された質問紙をそれぞれ配付した。
 項目1～11については5件法、項目12～13については自由記述による回答をそれぞれ求めた。

3. 6. 2 質問紙（項目1～11）

11項目全体及び各項目における実験群及び統制群間での平均値の差を調べるために、マン・ホイットニーのU検定を行った。

3. 6. 3 質問紙（項目12～13）

自由記述の分析には、分析の客観性を保持する目的から、計量テキスト分析ソフトウェア「KH Coder 3.Beta.04a」（樋口, 2020）⁽²⁸⁾を用いた。

4 結果及び考察

4. 1 実技検査

実技検査の知識及び技能の定着具合について、群間での平均値の差を調べるためにt検定（両側検定）を行ったところ、表4に示したように実験群（動画教材）において有意に平均値が高いことが示された ($t(53)=2.79$, $p<.01$)。さらに、項目ごとの群間での正答者の人数差についてフィッシャーの直接確率計算（両側検定）を行ったところ、「5.火のついたマッチを下から近づけることができた」、「8.空気調節ねじを開くことができた」、「9.炎の大きさを適切に調節できた」、「15.次の人が使いやすいようにねじをゆるめることができた」の4項目において有意な差が認められた（表5）。

以上の結果から、まず、全体としては実験群（動画教材）の方が、得点が有意に高いことが認められたが、特にガスバーナーの火をつけて消すという動作においては、「8.空気調節ねじを開くことができた」以外は、動画教材及びプリント教材に関係なく操作を行うことができたと考えられる。しかし、空気調節ねじを開くという動作については、ガス調節ねじを押さえながら回さないと開かないことから、静止画であるプリント教材よりも動画教材の方がガスバーナーの操作に動きがあることで、具体的な操作の仕方まで分かりやすいという利点があったものと考えられる。次に、「5.火のついたマッチを下から近づけることができた」と「9.炎の大きさを適切に調節できた」については、「マッチを下から近づける」や「炎の大きさを適切に」といったどれくらいの程度なのかが分かりにくい操作であったと考えられる。そのため、動画では正しい動作を演示のような形で具体的な手の動きや炎の大きさに着目できたことが動画教材の正答率が高かった原因だと考えられる。最後に、「15.次の人が使いやすいようにねじを緩めることができた」については、似た項目である「1.空気・ガス調節ねじを少し緩めることができた」において有意な差が見られなかったことから、ガスバーナーの使用前後でねじを緩めるという動作自体に原因は無いものと考えられる。その要因としては、項目2～7、11～14の正答者数が比較的多いことから、実験群の児童がガスバーナーの火をつけて消すという一連の操作を覚えることに意識が集中していたものと推察される。そのため、項目15について

は、プリント教材で全体を俯瞰しながらガスバーナーの操作手順を覚えるよりも、一連の操作を動画で確認できていた方が記憶に残りやすかったことが推察される。

実技検査の手順については、3つのカテゴリー（「火をつける」、「炎を調節する」、「火を消す」）における群間の完答者数をフィッシャーの直接確率計算（両側検定）で検定したところ、「炎を調節する」において有意な差が認められた（表6）。このことから、「火をつけて消す」という一連の動作については、上述した「教材に関係なく操作を行うことができる」ということを裏付ける根拠を得たものと考えられる。しかし、「炎を調節する」手順、つまり、炎を適切な大きさにした上で、適切な色の炎にするという流れについては、統制群（プリント教材）よりも実験群（動画教材）の方が効果的に学習していると考えられる。以上のことから、実技検査による動画教材の利点としては、「空気調節ねじを開ける」や「炎の大きさや色を適切に調整する」といった具体的な操作方法や調整の程度といった静止画では読み取りづらい箇所において、知識及び技能の定着が見ることができたと考えられる。

さらに、「3.3授業の概要」及び「3.4実技検査の流れ」で述べた通り、本研究では、両群ともに、出席番号順に6グループを編成し、グループ内の児童をA～Eに割り振るとともに、各グループのAの児童から順に6人ずつ8分間の実技検査を行った。そのため、動画教材またはプリント教材を用いて学習した直後に実技検査を行ったAの児童と最後に行ったEの児童では30分以上の差が生じることになる。そこで、各教材で学習してからの経過時間と実技検査の合計得点の平均値との関係についてt検定（両側検定）を行ったところ、有意な差は見られなかった（表7）。しかし、表7に示した両群の合計得点の平均値を用いてグラフを作成し、近似曲線を描いてみたところ、実験群では傾きが正（ $y=0.28x+11.12$ ）、統制群では負（ $y=-0.75x+11.55$ ）になっていることから、動画教材では時間が経過しても効果が維持され、プリント教材では時間の経過とともに効果が減衰していく可能性が推察される（図2）。この点について、さらに調査対象者数を増やしたり、各教材で学習してからの経過時間を延長したりすることで、両群に有意な差が認められるか否か検証することが望まれる。今後の課題としたい。

表4 実技検査の合計得点（15点満点）の平均値

群	平均値（標準偏差）	t値	自由度
実験	11.85 (2.80)	2.79**	53
統制	9.46 (3.39)		

注) 実験群 $n=27$, 統制群 $n=28$, ** $p<.01$

表5 実技検査の各項目の正答者数

項目	評価規準	実験群	統制群	p値
1	空気・ガス調節ねじを少し緩めることができた	16	15	.788
2	元栓を開くことができた	27	28	1.000
3	コックを開くことができた	27	28	1.000
4	マッチに火がついた	27	26	.491
5	火のついたマッチを下から近づけることができた	18	8	.007**
6	ガス調節ねじを開くことができた	24	21	.296
7	点火できた	25	22	.252
8	空気調節ねじを開くことができた	23	11	.001***
9	炎の大きさを適切に調節できた	21	11	.006**
10	空気調節ねじを閉めることができた	11	7	.259
11	ガス調節ねじを閉めることができた	22	21	.746
12	火を消すことができた	23	22	.729
13	コックを閉めることができた	24	22	.469
14	元栓を閉めることができた	24	22	.469
15	次の人が使いやすいようにねじを緩めることができた	8	1	.012*

注) 単位は人、実験群 $n=27$, 統制群 $n=28$

* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

表6 実技検査の各カテゴリーの完答者数

カテゴリー	実験群	統制群	p値
火をつける	11	5	.080
炎を調節する	19	6	.000***
火を消す	11	6	.151

注) 単位は人, 実験群n=27, 統制群n=28, ***p<.001

表7 経過時間と実技検査の合計得点(15点満点)の平均値

グループ	群	平均値 (標準偏差)	t検定	
			t値	自由度
A	実験(6)	12.17 (2.79)	1.55	10
	統制(6)	10.33 (0.82)		
B	実験(6)	10.83 (3.76)	0.09	10
	統制(6)	10.67 (2.88)		
C	実験(6)	11.83 (3.66)	1.40	10
	統制(6)	8.67 (4.18)		
D	実験(6)	12.00 (2.19)	1.26	10
	統制(6)	9.83 (3.60)		
E	実験(3)	13.00 (0.00)	1.94	5
	統制(4)	7.00 (5.23)		

注) 実験群n=27, 統制群n=28
両群の()内の数字は実技検査を行った人数を示す。

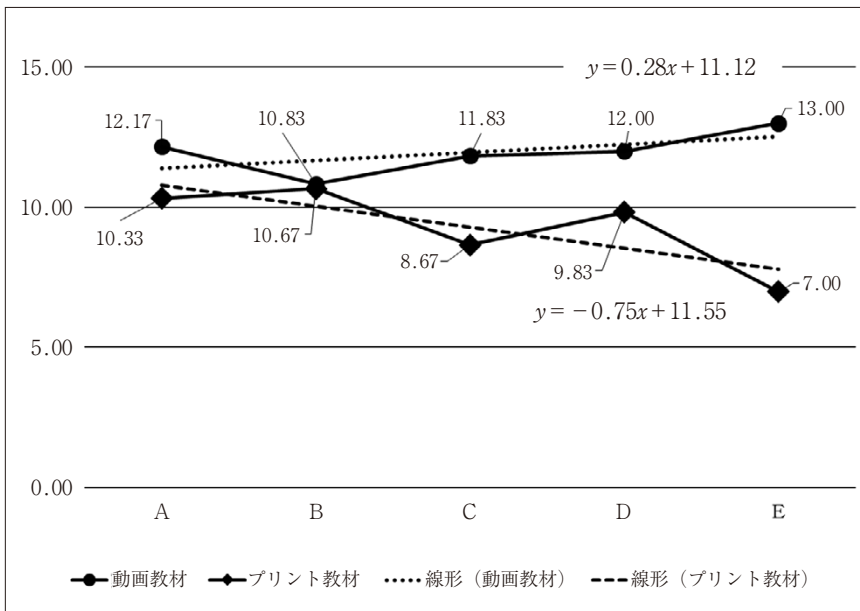


図2 経過時間と実技検査の平均値の推移

4.2 質問紙(項目1~11)

質問紙(項目1~11)全体の平均値をマン・ホイットニーのU検定で分析したところ、有意な差が認められ、実験群の方が満足度が高いことが明らかとなった(表8)。さらに、項目ごとにマン・ホイットニーのU検定で分析したところ、11項目中2項目に有意な差が認められた(表9)。以上のことから、動画教材の方が分かりやすく、知識の習得に役立つことが示唆された。

表8 質問紙（項目1～11）全体の平均値

群	平均値（標準偏差）	<i>p</i> 値	自由度
実験	4.71 (0.17)	.010*	53
統制	4.36 (0.19)		

注) 実験群 $n=27$, 統制群 $n=28$, * $p<.05$

表9 質問紙の各項目の回答者数

項目	群	分類された人数					<i>p</i> 値
		5	4	3	2	1	
1	実験	22	4	1	0	0	.014*
	統制	12	13	2	0	1	
2	実験	21	5	1	0	0	.741
	統制	21	3	3	0	1	
3	実験	15	10	1	1	0	.472
	統制	19	7	1	0	1	
4	実験	22	4	1	0	0	.121
	統制	16	10	0	1	1	
5	実験	22	4	1	0	0	.271
	統制	18	8	1	0	1	
6	実験	25	0	2	0	0	.077
	統制	18	5	2	2	1	
7	実験	22	3	2	0	0	.022*
	統制	13	9	3	2	1	
8	実験	21	6	0	0	0	.704
	統制	21	3	1	2	1	
9	実験	22	5	0	0	0	.418
	統制	20	4	3	0	1	
10	実験	23	4	0	0	0	.097
	統制	17	8	2	0	1	
11	実験	14	9	3	0	1	.624
	統制	14	7	3	0	4	

注) 単位は人, 実験群 $n=27$, 統制群 $n=28$, * $p<.05$

4.3 質問紙（項目12～13）

自由記述の分析に当たり、動画（プリント）教材の良かったところや分かりやすかったところに関する項目（以下、教材の良さと表記）と授業で学んだこと、気づいたことに関する項目（以下、感想と表記）の自由記述で、無記入を除いた有効回答（教材の良さ54名、感想55名）を用いた。また、明らかな誤字や脱字を修正し、「分かる」と「わかる」といった表記ゆれの修正を行った。さらに、両教材に共通しており、かつ出現回数が多かった語を使用しない語に設定した。具体的には、教材の良さでは「使い方」と「説明」の2語を、感想では「学ぶ」と「初めて」の2語を設定した。なお、強制抽出する語は設定しなかった。以上の前段階の処理を行った結果、教材の良さでは88の文が確認され、総抽出語数は543個、異なり語数は140個であった。また、感想では86の文が確認され、総抽出語数は458個、異なり語数は154個であった。

続いて、各教材の特徴を明らかにするために、共起ネットワークの作成を試みた。作成に当たり、語の出現回数の範囲を設定した。それぞれの語の出現回数とその度数分布を表したものを図3、4に示す。出現回数が少なかったり、多かたりする語は、分析で利用しづらいことから、分析対象から省くことが推奨されている（樋口、2020）²⁹⁾。従って、本研究では、教材の良さでは最小出現回数を4回、感想では最小出現回数を5回に設定した。

教材の良さにおける、実験群（動画教材）と統制群（プリント教材）を外部変数とした共起ネットワークを図5に

示す。円で示されているものが抽出語、円の大きさは出現数の多さ、抽出語から引かれている線は、外部変数と語の関連性があることをそれぞれ表している。例えば、「書く」では両教材との関連があると読み取ることができ、「写真」ではプリント教材にのみ関連があると読み取ることができる。まず、統制群（プリント教材）にのみ関連が見られた語には、「写真」と「方向」の2つの語が該当していた。具体的には、写真が用いられていることや、ガス調節ねじや空気調節ねじのねじを回す方向が分かりやすかったことが利点として挙げられた。

次に、実験群（動画教材）にのみ関連が見られた語には、「音声」、「危険」及び「字幕」の3語が該当していた。中でも「字幕」や「音声」といった動画教材特有の語が見られたことから、児童は動画教材において、視覚だけでなく聴覚も働かせてガスバーナーの知識及び技能を身に付けようとしていたことが考えられる。また、「危険」といったガスバーナーを扱う上で気を付けなければいけないことに関する語が見られたことから、動画教材はプリント教材よりも安全指導の観点においても効果があったと考えられる。このような動画教材の良さや効果は、「3.2」で述べた本研究における動画教材の開発意図（例えば、視覚から得られる情報の充実化や事故防止の観点についての理解を促す字幕入り動画と音声の同期）と一致している。これらの結果から、本研究で開発した動画教材は、第6学年児童がガスバーナーの基本操作に関する知識及び技能を定着するうえで有効に機能したものと解釈できる。

続いて、実技検査において高い点数を採れている児童はどのようなことに着目しており、反対に低い点数を採った児童はどのようなところで難しさを感じていたのかを明らかにするために、実技検査得点の上位群と下位群を外部変数とした共起ネットワークを作成した（図6）。ここでの上位群と下位群については、実技検査の点数において、平均点より高い児童を上位群、低い児童を下位群に振り分けて作成したグループと定める。外部変数を実技検査における上位群と下位群に設定し分析を行った結果、前者には見られ後者には見られなかった記述は「注意」であった。上位の児童は、教材の良いところとして、注意するポイントや危険なポイントを挙げた。このことから、注意点や危険なことに着目できる児童は、実技検査で高得点を獲得できると考えられる。

最後に、感想における、実験群（動画教材）と統制群（プリント教材）での実技検査の得点上位群と下位群を外部変数とした共起ネットワークを図7に示す。各群の上位群には見られ、下位群には見られなかった記述は「楽しい」であった。このことから、実技検査の得点と理科授業の満足度には相関関係があると考えられる。さらに、実験群（動画教材）の上位群には見られない記述で、それ以外には見られた記述は「難しい」であった。統制群（プリント教材）の上位群の児童は、高得点にも関わらず難しいと感じていたことから、動画教材には児童が感じる難しさを払拭できる効果があると言える。

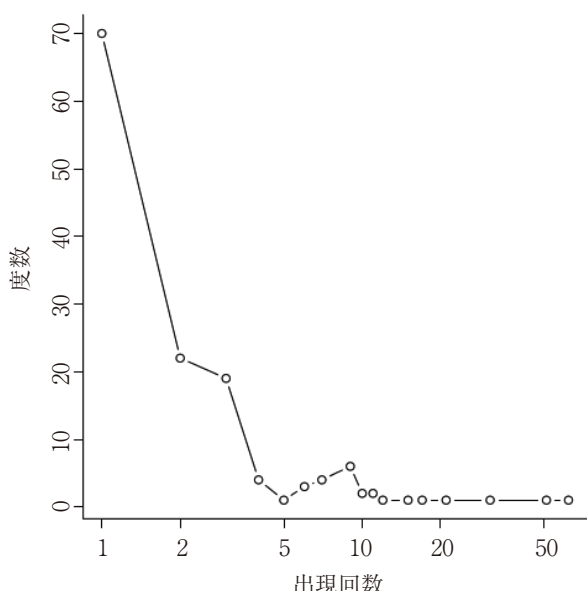


図3 教材の良さにおける出現回数の度数分布

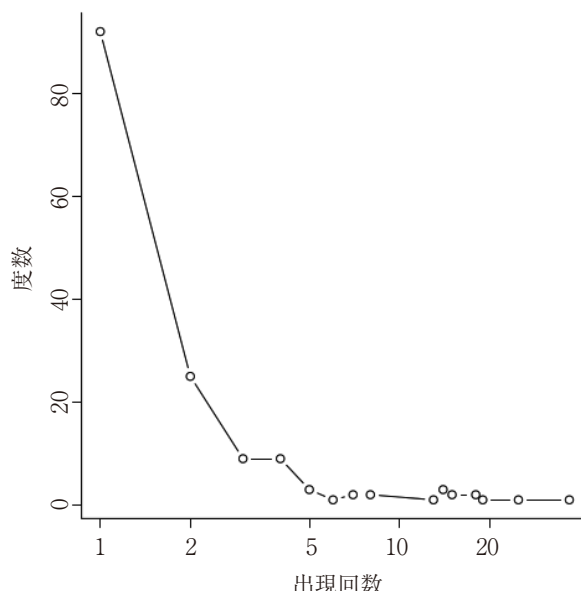


図4 感想における出現回数の度数分布

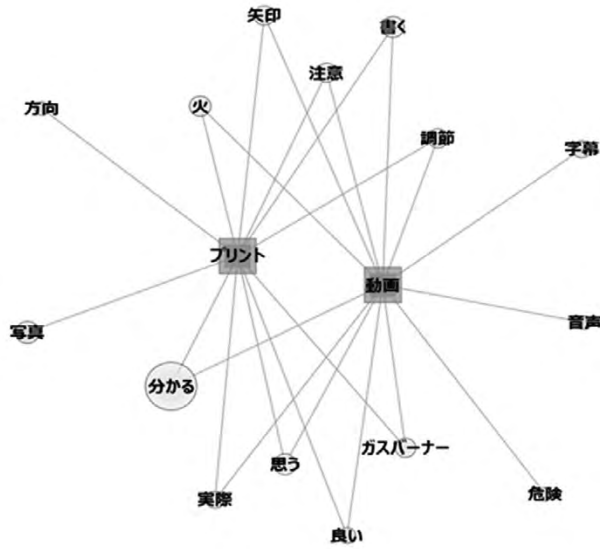


図5 両群における教材の良さの共起ネットワーク

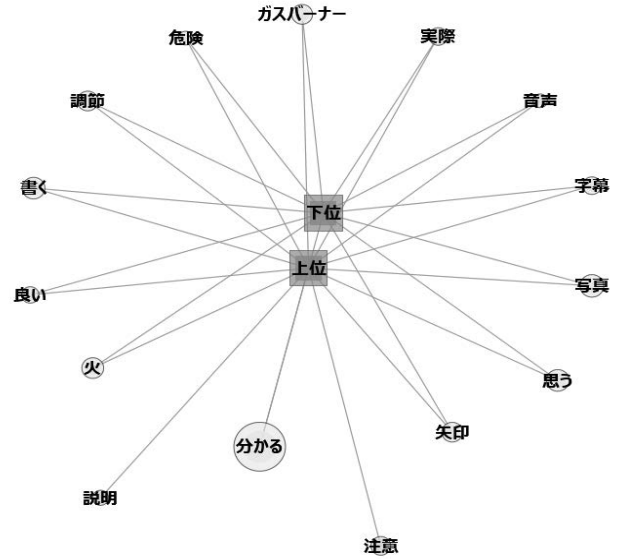


図6 教材の良さの共起ネットワーク

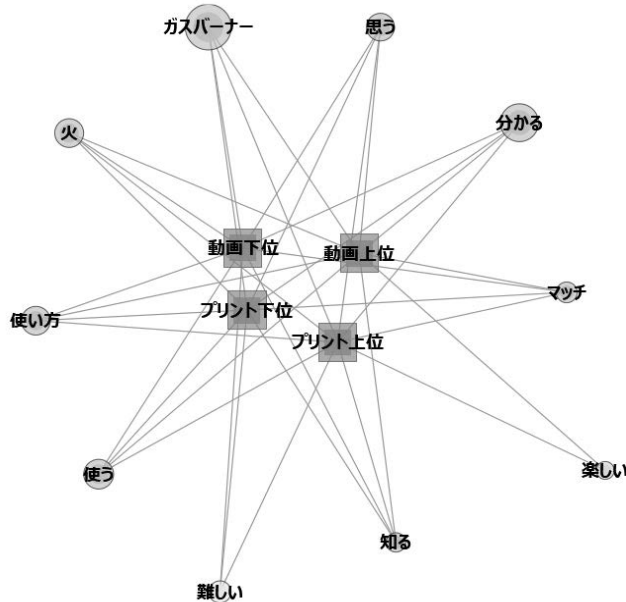


図7 両群における感想の共起ネットワーク

5 まとめと今後の課題

本研究の目的は、ガスバーナーの基本操作に関する知識及び技能の定着を促す動画教材を開発し、小学校第6学年児童を対象とした個別の実技検査を通して、その効果を検証することであった。この目的を達成するために、第6学年2学級を対象として、ガスバーナーの知識及び技能に関する動画教材を視聴して学習する1学級を実験群(27名)、同様の内容が整理されたプリント教材を用いて学習する1学級を統制群(28名)とした授業及び実技検査、質問紙調査を実施した。その結果、まず、実技検査において、実験群(動画教材)の方が、ガスバーナーの基本操作に関する知識及び技能の合計得点(15点満点)の平均値が有意に高いことが認められた。また、「動画(プリント)教材についての満足度」に関する質問紙調査において、動画教材の方が分かりやすく、知識の習得に役立つことが示唆された。さらに、動画教材は、視覚だけでなく聴覚も使って学習できる利点があること、児童が感じる難しさを払拭できる効果があることを明らかにした。

しかしながら、開発した動画教材において(資料1)、安全バンドの接続が不十分であったり、水の入ったピー

カーを三角架の上に置いて加熱したりするなどの不備な点が確認された。そこで、武藤・森本(1978)⁽³⁰⁾を参考に動画を修正し、調査協力校の児童に修正後の動画教材のQRコードを配付するとともに(資料4)、不備な点について補足説明を行った。今後の課題として、修正後の動画教材を用いた追試を行い、本研究で得られたデータや成果と比較検討する必要がある。さらに、下位グループの困難さを払拭することができるよう、修正後の動画教材についても改善を加える予定である。

注釈

- (1)234件の論文の内訳は、「International Journal of Science Education」から55件、「Journal of Research in Science Teaching」から54件、「Science Education」から125件であった。
- (2)調査した5社の小学校第4, 5, 6学年用理科教科書は、いずれも2019年3月に文部科学省検定済みのものであった。
- (3)教育的倫理的配慮を踏まえ、実技検査終了後、統制群の児童にもQRコードを配付し(資料1)、自身のコンピュータ端末で動画教材を視聴させるとともに、調査協力校の理科担当教員指導の下、ガスバーナーの基本操作に関する知識及び技能の定着を促す授業が行われた。
- (4)6人が独立して採点する上で、評価者間の解釈の差をできる限り縮小するために、2021年11月上旬から下旬にかけて複数回のシミュレーションを行い、一定の妥当性を担保できるようにした。

付記

本論文は、筆頭著者が2021年度に上越教育大学に提出した卒業論文に大幅な加筆・修正を行い、再構成したものである。

謝辞

本研究の授業実践にご協力いただいた、新潟県妙高市立新井中央小学校の村治隆夫校長先生、玉木政彦先生に厚く御礼申し上げます。また、実技検査において多大な協力をいただいた木原義季氏、本田勇輝氏、河本康介氏、山口達也氏に深謝します。

引用文献

- (1)文部科学省：「中学校学習指導要領(平成29年度告示)解説理科編」, 学校図書, pp.23-24, pp.130-134, 2018a.
- (2)再掲(1)
- (3)宮田斉・室谷利夫：「中学理科の観察・実験器具の基礎操作技能指導の改善に関する研究」, 理科教育学研究, 第49巻, 第3号, pp.79-90, 2009.
- (4)再掲(3)
- (5)中村重太：「自作hazards drawingによる児童・生徒の加熱実験操作に関する安全意識調査－安全教育実践への一つの試み－」, 日本理科教育学会研究紀要, 第20巻, 第2号, pp.39-48, 1980.
- (6)清水誠：「新学習指導要領『理科』実施上の課題－小・中学校教師が指導上困難を感じる事項の調査から－」, 科学教育研究, 第26巻, 第2号, pp.144-152, 2002.
- (7)宮田斉：「ガスバーナーの操作技能指導における“循環型の問答－批評学習”利用の事例的研究」, 理科教育学研究, 第45巻, 第3号, pp.61-72, 2005.
- (8)宮田斉：「ガスバーナーの操作技能指導における“循環型の問答－批評学習”の利用効果」, 理科教育学研究, 第46巻, 第2号, pp.57-64, 2006.
- (9)山口晃弘：「ガスバーナーの操作」, 理科の教育, Vol.55, 通巻647号, pp.46-47, 2006.
- (10)宮田斉・岡田能直：「ガスバーナーモデルの利用効果」, 理科教育学研究, 第48巻, 第1号, pp.117-124, 2007a.
- (11)宮田斉・岡田能直：「“ガスバーナーモデルの製作・利用”と“循環型の問答－批評学習”の利用効果」, 理科教育学研究, 第48巻, 第2号, pp.95-102, 2007b.
- (12)平賀伸夫：「ガスバーナーの安全な操作」, 化学と教育, 第52巻, 第8号, pp.530-531, 2004.
- (13)肆矢浩一：「ガスバーナーに関する演示実験」, 化学と教育, 第57巻, 第2号, pp.90-91, 2009.
- (14)石井巧・秋吉博之・岡博昭：「タブレットによる動画撮影・省察を利用したガスバーナー操作技術向上のための授業実践とその評価」, 日本デジタル教科書学会発表予稿集, Vol.10, pp.47-48, 2021.
- (15)Lomask.M.S., Jacobson.L., Hafner.L.P.：「The development and validation of an assessment of safety awareness of science teachers using interactive videodisc technology」, Science Education, Volume79, Issue 5, pp.519-534, 1995.

- (16) Watson,R., Prieto,T., Dillon,J. : 「Consistency of Students' Explanations about Combustion」, Science Education, Volume81, Issue 4, pp.425-443, 1998.
- (17) 文部科学省 : 「GIGAスクール構想のもとでの理科の指導において」, 2021. https://www.mext.go.jp/content/20210607-mxt_kyoiku01-000015482_r.pdf (最終閲覧日2022.10.22)
- (18) 再掲(14)
- (19) 霜田光一・森本信也ほか44名 : 『小学校理科3, 4, 5, 6年 SCIENCE』学校図書, 2019.
- (20) 霜田光一・森本信也ほか32名 : 『中学校科学1, 2, 3 SCIENCE』学校図書, 2020.
- (21) 西岡加名恵 : 「どのように学力評価計画を立てればよいのか? - パフォーマンス評価の重要性 -」, 理科の教育, Vol.59, No.696, pp.14-17, 2010.
- (22) 文部科学省 : 「小学校学習指導要領(平成29年度告示)解説理科編」, 東洋館出版社, pp.29-93, 2018b.
- (23) 再掲(5)
- (24) 再掲(20)
- (25) 宮田斉 : 「理科実験技能指導法の改善に関する実証的研究 - ガスバーナーモデルの製作と循環型の問答-批評学習利用を通して-」, 上越教育大学大学院修士論文, p.90, 2004.
- (26) 再掲(19)
- (27) 大黒孝文・竹中真希子・稲垣成哲 : 「教師教育におけるマンガ教材の開発と評価 - 協同学習の理論と方法を習得するための学習プログラムを事例として -」, 科学教育研究, 第33巻, 第4号, pp.338-347, 2009.
- (28) 樋口耕一 : 「社会調査のための計量テキスト分析(第2版) - 内容分析の継承と発展を目指して -」, ナカニシヤ出版, pp.174-175, 2020.
- (29) 再掲(28)
- (30) 武藤覚・森本信也 : 「小学校中学校 化学実験の基本操作法」, 東洋館出版社, pp.11-20, 1978.

【資料編】

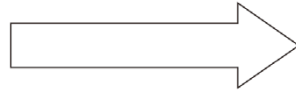
1. 開発した動画教材のQRコード（実験群用）

<https://youtu.be/3t6mOUryWm8>

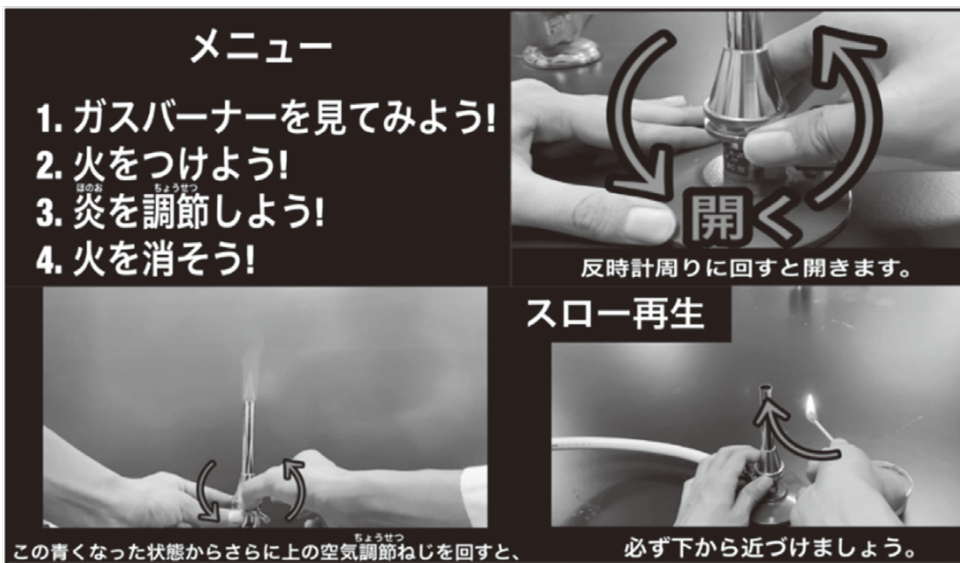


4. 不備な点を修正した動画教材のQRコード

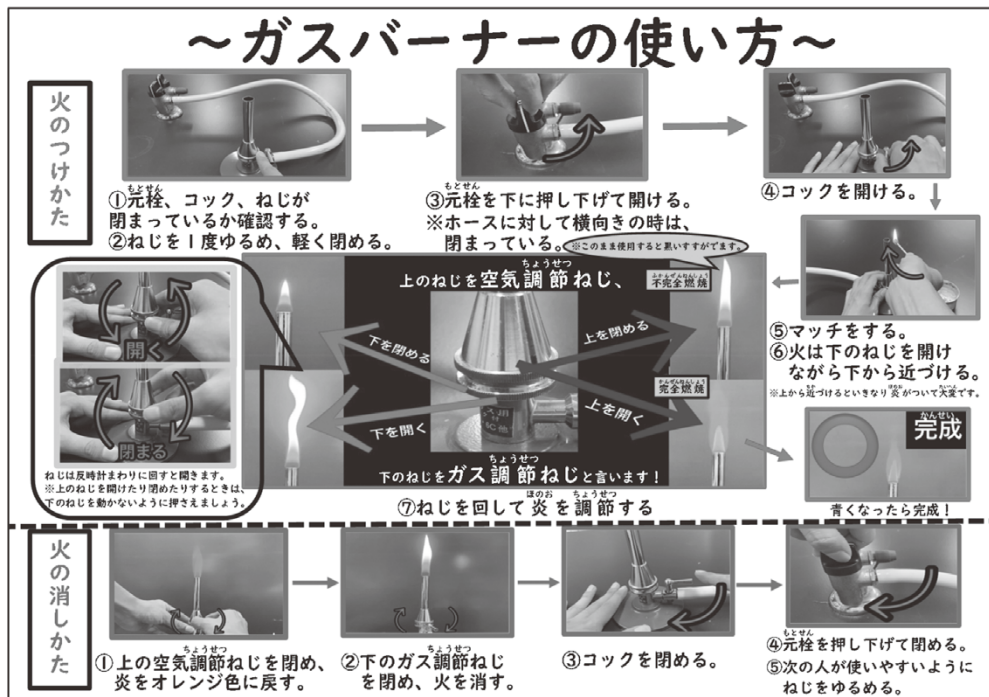
<https://youtu.be/DcHBg13BF10>



2. 開発した動画教材のサムネイル（実験群用）



3. 作成したプリント教材（統制群用）



Basic gas burner video teaching materials to promote knowledge and skills in sixth-grade elementary school students

Ryoga MURAKAMI* · Kento YAMADA** · Takayuki YAMADA***

ABSTRACT

This study developed basic gas burner operations video teaching materials for elementary school students and verified the effectiveness of these materials using classes, practical tests, and a survey in two sixth-grade elementary school classes, one of which was the experimental group (27 students), which was given the video teaching materials, and the other of which was the control group (28 students), which was given printed teaching materials with similar content. The post-class practical knowledge and skills test mean (out of 15 points) was significantly higher in the experimental group. A student satisfaction survey was also conducted in both groups, the results from which indicated that the video teaching materials were easier to understand and more helpful in acquiring knowledge. The video teaching materials also allowed the students to learn both visually and aurally, which the students claimed reduced the difficulty.