

コロナ禍における理科実験動画の配信と遠隔授業の実施

教科研究センター 理科教育課

南拓実 上中一司 澤大輔

今年度、COVID-19の影響による休校措置を受け、理科教育課では、小学校・中学校の児童生徒向けの理科実験動画33本を制作し、投稿サイト「YouTube」に掲載した。理科実験動画は短時間で実験の過程を体験できる動画であり、児童生徒の家庭学習支援だけでなく、教員の授業支援を目的としている。また理科教育課では、平成29年度より遠隔授業を実施しており、今回は、今年度実施した新教材について紹介する。

〈キーワード〉 COVID-19 科学的な見方・考え方 理科実験動画 遠隔授業 双方向

I はじめに

今年度は、COVID-19の影響により、3月2日より公立学校が一斉休校となった。この休校措置を受けて、理科教育課では、小学校・中学校の児童生徒の学習支援を目的とした理科実験動画の制作に取り組んだ。制作した理科実験動画は、投稿サイト「YouTube」に掲載し、配信してきた。また学校再開後は、従来通り遠隔授業も実施してきた。理科実験動画および遠隔授業をとおして、科学的な見方・考え方を働かせ、科学的に探究するための資質・能力を育成する一助となるように内容構成を検討し、実践してきた。

以下、「理科実験動画の配信」「遠隔授業の実施」の内容について具体的に紹介する。

II 理科実験動画の配信

1 目的

理科実験動画は、当初は、休校措置で生じた小中学校での前年度の「学び残し」を解消する目的で、授業内容に合わせた動画を制作したが、学校再開後も、コロナ禍で学校現場では実施しにくい実験内容（単元の導入内容や自然観察分野）を含んだ動画の制作にも取り組んだ。これらは、児童生徒の興味関心を高めるなど、教員の授業づくりに役立つ教材として、また家庭学習にも使える教材として、制作にあたった。

2 制作した理科実験動画

制作した理科実験動画は、児童生徒や教員がいつでも気軽に利用することができるように、5分から10分の長さとしている。動画の中身は、「導入→実験（観察）→まとめ」の順番で構成されており、1本完結型（1本の理科実験動画で探究の流れが体験できる）となっている。これらは、家庭学習で利用する児童生徒に対して、理科の見方・考え方を働かせながら、一緒に実験を進めているように感じられる動画である。また、授業の事前学習や事後学習での活用だけでなく、授業中に利用することで探究の結果を考えさせたり、発表させたりする時間を増やすこともできる。

以下に、今年度制作した理科実験動画を示す。

表1 制作した理科実験動画一覧（令和3年3月3日現在）

【小学校】

学年	タイトル	リンク先
3年生	物のおもさしらべ	https://youtu.be/TI3xRuLPczs
3年生	物のおもさくらべ	https://youtu.be/FED9jhKeC40
3年生	春の自然にとびだそう1	https://youtu.be/eNozyV9OqLs
3年生	春の自然にとびだそう2	https://youtu.be/z7K3D4GUp3s
3年生	春の自然にとびだそう3	https://youtu.be/6cIibzu_s_M
3年生	たねをまこう	https://youtu.be/vQV24lRmi2o
3年生	よう虫のかんさつ	https://youtu.be/p2Lbfy4lp_I
3年生	よう虫からさなぎへ	https://youtu.be/GKGN-Y10QRc
3年生	よう虫からさなぎへ（特別編）	https://youtu.be/ak6CQ5DGr4U
3年生	さなぎからせい虫へ	https://youtu.be/hIrVJ_B0ryI
3年生	さなぎからせい虫へ（特別編）	https://youtu.be/SeY_ah402Mg
4年生	空気のあたたまり方	https://youtu.be/MJR2iT9ooCk
4年生	水のあたたまり方	https://youtu.be/SFmK_q4ilos
4年生	金属のあたたまり方	https://youtu.be/NtF5HgxiWNg
4年生	からだが動くしくみ	https://youtu.be/oZlappNOF7s
5年生	ふりこのきまり	https://youtu.be/dRaxDiwlJbY
5年生	雲と天気	https://youtu.be/uis2vB84-T4
5年生	天気予想	https://youtu.be/CeEroD1byW0
6年生	電気をつくる	https://youtu.be/3_L500tMJIk
6年生	電気の利用	https://youtu.be/8_jUVu1RHqE
6年生	電熱線と発熱	https://youtu.be/F3So_9QF5Ug
6年生	物が燃え続けるには	https://youtu.be/Z-QPvQQ5TEo
6年生	物を燃やすはたらきのある気体	https://youtu.be/ASdvESP8YkM
6年生	空気の変化	https://youtu.be/dHidjNiF76c

【中学校】

学年	タイトル	リンク先
1年生	アブラナの花のつくり	https://youtu.be/W6ryL7RsuNE
2年生	炭酸ナトリウムの分解	https://youtu.be/itvw-WVoMQ8
2年生	水に電流を流したときの変化	https://youtu.be/eP3uLdc8mi8
2年生	異なる物質の結びつき①	https://youtu.be/va8-acWcW8
2年生	異なる物質の結びつき②	https://youtu.be/ne4k9jAYWUE
2年生	物が燃える変化	https://youtu.be/uCzlW0tEE6A
3年生	電流が流れる水溶液	https://youtu.be/bebWIr9h5yI
3年生	塩化銅水溶液の電気分解①	https://youtu.be/_XrxujuXK2Q
3年生	塩化銅水溶液の電気分解②	https://youtu.be/soITfH09m74

については次の章でそれぞれ紹介する。

3 理科実験動画の概要紹介

今年度制作した理科実験動画の中から2本紹介し、ねらいと課題、構成、工夫点をそれぞれ示す。

(1) 物が燃え続けるには (小学校6年生) (<https://youtu.be/Z-QPvQQ5TEo>)

① ねらい

空気の変化に着目して、物の燃え方を多面的に調べる活動を通して、燃焼の仕組みについて理解する。

② 課題

集気びんの中でろうそくを燃やし続けるには、どうすればよいのか。

③ 動画構成

展開例	動画の内容	児童の思考	制作上の留意点
導入	火のついたろうそくに集気びんを逆さまにかぶせると火が消えることを確認する	ろうそくの火が消えたのはなぜかを考える	集気びんをかぶせていないものも同時に示すことで比較できるようにする
実験1	集気びんをかぶせるときの条件を次のように変えて、火が燃え続けるか実験する ア：集気びんの上だけ隙間を作る イ：集気びんの下だけ隙間を作る ウ：集気びんの上下ともに隙間を作る	どうすればろうそくを燃やし続けることができるのかを予想する	底をカットした集気びんとねん土を使う 3つの実験を同時に提示することで比較しやすくする
結果1	アおよびウの実験では火が燃え続けるが、イの実験では火が消えることを確認する (図1)		
発問	「なぜ、イの実験では火が消えたのか」	なぜ、イの実験では火が消えたのかを考える	
実験2	上のアイウの実験において、それぞれに火のついた線香を近づけ、けむりの動きを確認する (図2)	集気びんの中の空気に着目し、火が燃えると中の空気がどうなるのかを考える	部屋を暗くしたり、集気びんを上方向と横方向から同時に撮影したものを提示したりすることで、煙の動きが動画ではっきり見えるようにする
結果2	アおよびウの実験では、線香のけむりが集気びんの中に入るが、イの実験では線香のけむりが集気びんの中に入らないことを確認する		
 <p>図1 実験1 (左：火をつける前、右：火をつけた後)</p>			
 <p>図2 実験2 (左：実験ア、真ん中：実験イ、右：実験ウ)</p>			
<p>発問：「物が燃え続けるにはどのようなことが必要だろうか」</p>			

まとめ	線香のけむりの動きから物が燃え続けるためには、常に空気が入れかわる必要があることを説明する	集気びんの中と外の空気の動きに着目し実験1、2の結果から多面的に考える	
-----	---	-------------------------------------	--

④ 工夫点

この動画では、ろうそくが燃え続ける条件について、空気の流れを線香のけむりの流れではっきりと見せることが重要である。そのため、部屋を暗くしたり、背面に黒い板を置いたりすることで、けむりの流れが見やすくなるように工夫した。また、実験をしている様子を横方向および斜め上方向から同時に撮影し、同時に見せることで、線香のけむりの流れをはっきりと映すことができた。

実験1のろうそくが燃え続ける条件を調べる場面では、3種類の条件（集気びんの上だけに隙間を作ったもの、集気びんの下だけに隙間を作ったもの、集気びんの上下ともに隙間を作ったもの）を同時に見せることで、それぞれを比較しやすくし、結果の違いが明確にわかるように工夫した。

(2) 物が燃える変化（中学校2年生）(<https://youtu.be/uCzlW0tEE6A>)

① ねらい

物質の酸化や還元の実験を行い、得られた結果から多面的に調べる活動を通して、酸化や還元は酸素が関係する反応であることを見出して理解すること。

② 課題

木片とスチールウールでは、火をつけた後の質量変化の違いが見られるのはなぜか。

③ 動画構成

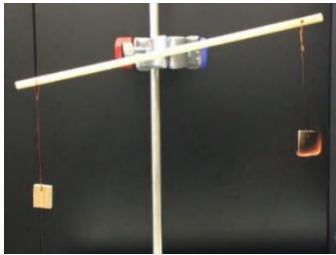
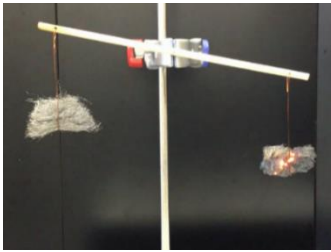
展開例	動画の内容	生徒の思考	制作上の留意点
復習	以下のような既習事項を復習する ・物が燃えると酸素の一部が使われ二酸化炭素ができること ・異なる物質が結びつくと別の性質をもつ化合物ができること		
導入	てんびんに木片をつるしてつり合わせた後に、片方(右)の木片に火をつけると火をつけた方の木片が上に傾くことを確認する(図3) 	既習事項から結果を予想する	てんびんがなめらかに動くように支点での摩擦を小さくする 水平につりあった状態で実験を行う

図3 木片に火をつけた後のてんびん

<p>実験 結果</p>	<p>木片のかわりにスチールウールをつるして火をつけたときも、同じ結果になるのか実験する 火をつけた方のスチールウールが下に傾く（図4）</p> 	<p>結果を予想する スチールウールは燃えると質量が大きくなることを知る このことから今後の課題を設定する</p>	<p>質量変化においては、スチールウールの燃焼以外の影響がないようにスチールウールの量を少なくし、体積を調整する</p>
<p>課題：「木片とスチールウールでは、火を付けた後の質量変化に違いが見られるのはなぜでしょうか」</p>			
<p>まとめ</p>	<p>課題を提示する</p>	<p>木片とスチールウールで異なる結果が得られた理由を既習事項と結び付けて考察する</p>	

④ 工夫点

この動画では、水平につり合った状態で片方の物体に火をつけた後に、わずかな質量変化で、てんびんがはっきりと傾き、木片とスチールウールでの差異が明確に現れることが重要である。この動画で作製したてんびんは、木の棒の中心に穴をあけ、鉄くぎで支えることで、木の棒および支点との摩擦を小さくした（図5）。また、スチールウールに火をつける際には、スチールウールを広げて熱が伝わりやすくなるように工夫した。しかし、スチールウールを広げすぎると燃えた時にちぎれ、下に落ちて質量そのものが変化したり、スチールウールを軽くするとてんびんが安定しなかったりしたため、スチールウールの体積や量を試行錯誤した。

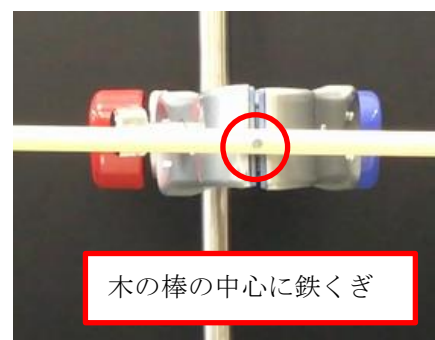


図5 てんびんの支点

まとめでは、生徒が一度考えることができるように、提示した課題の答えは説明していない。

4 成果および課題

令和3年3月3日現在、理科実験動画を33本制作し、配信を行った。動画を視聴・利用した教員からは、「コロナ禍でなかなか実験ができない中で、児童生徒が家庭学習をする際に役に立った」という感想が得られ、理科実験動画の制作・配信は、児童生徒の家庭学習の支援につながったと考える。また、「羽化の動画は、普段の生活でなかなか目にすることができない貴重な動画でありがたかった」「実験の進め方が丁寧で、授業をするうえで参考になった」等の感想が得られ、児童生徒の理科に対する興味、関心を引き出すこと、教員に対する支援においても、成果が得られた。

一方で、実験動画に関しては「他の理科実験動画サイトにも似たような実験動画が掲載されている」という感想もあり、他の実験動画サイトの実験動画とどのように違いを生み出すかが今後の課題である。

Ⅲ 遠隔授業の実施

1 目的

双方向性を活かした遠隔授業を行うことで、科学的な見方・考え方を働かせ、科学的に探究するための資質・能力を育成することを目的としている。また、高価な実験機材を用いた実験や、高度な専門性が必要である実験等を配信し、深い学びを実現することを目的としている。

2 実験配信一覧

現在、表2のように、小学校13実験、中学校19実験、高等学校29実験を配信している。

表2

小学校		中学校		高校			
学年	タイトル	学年	タイトル	学年	タイトル		
小3	昆虫の観察	中1	微生物の観察	物理	ばね振り子の x-t グラフ		
	風船ホバークラフト		塩素の性質		弦の定常波		
	ペットボトル空気砲		食塩の融解		コンデンサーの充放電		
	磁石で動くスライム		火山灰の観察		電子のらせん運動		
小4	熱気球をつくろう	中2	微化石の観察	化学	光電効果		
	お盆と風船を一緒に落とす		ダイヤモンドの燃焼		相互誘導		
小5	流れる水のモデル		テルミット反応		生物	中和滴定曲線	
	メダカの発生		鳥心臓の解剖			トリチユリの水銀柱	
	微生物の観察		メダカの血流			塩化ナトリウムの融解	
小6	メダカの血流		日本海側の雲のでき方			地学	酸化還元滴定
	静電気クラゲをつくろう		心電図				クロマトグラフィ
	太陽の観察		アルカリ金属と水の反応				リービッヒ冷却器
	マグマの流れ方		運動のコンピュータ計測				融解塩の導電性
			中3				熱の伝わり方
		音の共鳴でコップ割り		細胞小器官の観察			
		H α 線で太陽の表面観察		PCR法			
		酸とアルカリの中和		細菌の培養			
		花粉管の観察		植物組織の培養法			
		センサーを用いた解析		酵母菌のアルコール発酵			
				ミトコンドリアの染色			
				腎臓のはたらき			
			豚の心臓				
			光合成と光				
			ニワトリの心臓				
			噴火実験				
			プルーム				
			リップルマーク				
			砂箱実験				
			H α 線で太陽の表面観察				

ニワトリの心臓については今年度実施した新教材であり、次の章で紹介する。

3 配信の紹介

以下に今年度実施した新教材について紹介する。

(1) センサーを用いた運動の解析 (9月15日 丸岡南中学校)

① 配信のねらい

中学校では主に記録タイマーを利用した運動の解析を行うが、記録タイマーでは結果の処理に時間がかかってしまう。その点、超音波を利用した距離センサーは、物体の運動とリアルタイムでPC画面にグラフを描くことができ、測定方法も様々に変えられるので、運動とグラフの関係が理解しやすく、複数の実験結果を短時間で得ることができる。

運動の解析についての理解をさらに深めるために、距離センサーで得た複数の実験結果を比較し、測定の意味や実験方法について、十分に時間をかけて科学的に考察する話し合いを行うことで、深い学びを実現する。

② 学習指導案

テーマ「人の歩行運動を解析しよう」

時間	内容	生徒の活動	支援上の留意点	分担
10分	記録タイマーの解析の復習	授業者と対話	・0.1秒ごとの区間距離から、 距離-時間グラフ 速度-時間グラフ を描いたこと	学校
	距離センサーの機器説明(図6)	配信画面を見る	・超音波により距離を測っている ・コンピュータで自動解析し、グラフ化できる ・超音波が外れることもある ・測定範囲は8mまで	ラボ
	斜面を下るカートの運動を距離センサーで解析(図7)	配信画面を見る	・時間軸の幅を拡大し、打点間から平均の速さを算出してグラフ化している	ラボ
本日の課題：「人の歩行運動を解析しよう」				ラボ
5分	人の歩行運動の観察	画面で、人の歩行を映像で観察する	・普通に歩くこと	ラボ
	人の歩行運動の速さの予想	人の歩行運動の、「速度-時間グラフ」を予想し、ワークシートに記入する	○グラフを予想した根拠を示すこと ○複数の予想をしてもよいこと	ラボ
5分	予想の共有	記入したワークシートを使ってグループで話し合う	○自分たちがどうしてそのような予想をしたのかを話し合う	学校
5分	距離センサーによる人の歩行運動の解析①(図8)	画面で実験を見る	☆サンプリングレートは5Hz (ほぼ等速直線運動になる) (図9)	ラボ
10分	結果の考察	考察を個人で行ってからグループで共有	○予想どおりであったか ○予想と違ったのはなぜか	学校

	考察結果の発表	考察の発表	<ul style="list-style-type: none"> ●歩行速度が一定でないと予想した意見を取り上げる ●特に、歩行の際の踏み出しによる速度変化を描いている考察を取り上げて共有させる 	学校
5分	距離センサーによる人の歩行運動の解析②	画面で実験を見る	<ul style="list-style-type: none"> ☆サンプリングレートは20Hz (歩行の微妙な速度変化が現れる) (図10) ・サンプリングレートの説明 ☆グラフのメモリを操作する 	ラボ
5分	まとめ	わかったことをまとめる	<ul style="list-style-type: none"> ・グラフの見方と測定の仕方、同じ運動でも見える結果が異なってくる 	ラボ

・…サイエンスラボからの説明事項
○…生徒の活動で押さえないこと

☆…サイエンスラボの注意事項
●…学校側で生徒から引き出してほしいこと



図6 距離センサー



図7 斜面を下る運動



図8 人の歩行運動

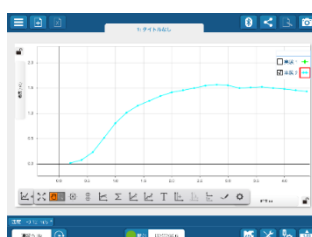


図9 5Hzで解析



図10 20Hzで解析

③ 工夫点

この配信では、実験器具が用意されていない配信先の中学校で、実験結果の考察をするため、実験の内容を生徒が把握する必要がある。そこで、センサーと解析画面が同時に映っている画面、人が歩いている様子をセンサーで記録している画面、解析しているタブレットPCアプリの画面の3画面を用意し、カメラを随時切り替えることで、実験の方法が正確に伝わるように工夫した。また中学校教員と事前打合せを行い、生徒の実態を踏まえ、話し合い活動が活発に行われるような流れを考えた。

(2) ニワトリの心臓の解剖 (11月11日 武生高校)

① 配信のねらい

心臓の構造や特徴を理解するために、教科書に示されていないニワトリの心臓を扱う。遠隔授業のメリットとして、画面を通して解剖の手順が分かりやすくなること、双方向性を生かして特徴や構造について学ぶこと、授業者がティーチングアシスタントを兼ねることが挙げられる。それらにより、生徒がより確実に心臓の特徴を理解しながら解剖実習を進めることができ、生徒の科学的思考力を伸ばさせることができる。

② 学習指導案

テーマ「心臓の構造を理解しよう」(図11)

時間	内容	生徒の活動	支援上の留意点	分担
5分	心臓の復習	授業者との対話	○心室、心房、弁の位置を確認	学校
10分	解剖方法の説明	配信画面を見る	・実験手順の説明 ○動脈が心臓のどの部分から出ているのか確認 ●右心室、左心室周囲の心筋の厚さについて考える(図12)	ラボ
10分	解剖実習① 心臓を横に切り、 観察、発表	配信画面を見て、心臓を横に切る解剖実習 解剖をしてわかったことを発表	・心臓の横切りを実演 ・竹串で動脈を確認 ○心房は薄い膜状 ○動脈と静脈で厚さが異なる	ラボ
5分	冠動脈の確認	配信画面を見た後に、冠動脈の役割を考えて発表	☆冠動脈は心臓の裏面にある ●冠動脈は何のためにあるか	学校
10分	解剖実習② 心臓を縦に切り、 観察	配信画面を見て、心臓を縦に切る解剖実習(図13) 解剖をしてわかったことを発表	・右心室側を縦に切る ○右心室の壁の厚さを確認 ・左心室を縦に切る ○左心室の壁の厚さを確認 ○房室弁を観察 ○心室からの動脈への経路を確認	ラボ
5分	豚の心臓の観察	配信画面を見る	○鳥類の心臓も哺乳類の心臓も同じ構造をしていること	ラボ
5分	まとめ	わかったことをまとめる	・心室の厚さ、弁のつくりの観察結果をまとめる	学校

- ・…サイエンスラボからの説明事項 ☆…サイエンスラボの注意事項
○…生徒の活動で押さえないこと ●…学校側で生徒から引き出してほしいこと

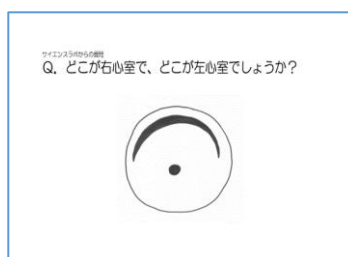


図11 「心臓の構造を理解しよう」の配信

図12 生徒への質問

図13 心臓を縦に切る解剖

③ 工夫点

この配信では、解剖実習を通して、心臓の特徴について理解を深めることを目的としている。そのために、心臓の構造について、着目点(心臓から動脈が出ている場所、心室の厚さの違い、弁の場所など)を、双方向性を生かした質問形式で考えてもらい、あらかじめ心臓の構造のイメージをつくり解剖実習ができるようにした。解剖実習では竹串を用いて、心室から心房や血管への通り道を確認し、イメージどおりに繋がっているかを理解できるようにした。また、心室の厚さや弁を確認しながら実

習を行うようにし、心臓の特徴を理解しやすいようにした。

映像は、解剖の様子を真上から撮影し、配信される映像が解剖実習している生徒の目線と同じようになるように工夫した。

4 成果および課題

令和3年3月3日現在、遠隔授業による実験配信を35回行った。遠隔授業では、映像で実験を見せ、対話をとおして深い学びにつながる授業構成を組み立てて行ってきた。さらに、今年度は「距離センサー」のように、高価であるため学校現場では購入できない実験設備や機器を用いた実験を行ったり、「ニワトリの心臓の解剖」のように、教科書には載っていない専門性の高い内容を取り扱ったりすることで、科学的思考力育成のためのより良い遠隔配信を行うことができた。

理科の実験では、課題を解決するために仮説を立てて実験を行い、実際に得られた結果を処理し、考察することで科学的思考力が育成される。COVID-19の影響下で実験がしにくい状況でも、生徒が配信映像を通して実験を疑似体験したり、ソーシャルディスタンスを保ちつつ実験をしたりすることができ、コロナ禍においても遠隔授業は有効であったと考えている。

一方で、生徒の感想の中には「画面が遠くて見づらい時があった」という感想が見られることがある。教室内の座席によっては画面が遠く見えにくいことが、画面を見て考えたり、実験・実習を行ったりする遠隔授業にとって課題である。また、実験の感覚的なもの（色・におい・音）が伝わりにくいこともあり、実際の臨場感が得られにくいことも課題の一つである。

IV 今後の取組み

今年度、理科教育課では、33本の動画制作・配信を行った。今後もCOVID-19の感染拡大や自然災害等の影響で各学校が休校になった場合でも、科学的思考力を高めることができる理科実験動画の制作を行う。また、他の理科実験動画サイトとの違いを生み出すために、さらに課題の設定や考察、実験器具の工夫を行ったり、より発展的な実験も動画の中に取り入れたりする。このような、サイエンスラボならではの動画制作を通して、生徒だけでなく、教員の授業力向上にもつながる動画を制作し、授業支援につなげたい。

遠隔授業においては、COVID-19の影響により実験がしにくい状況下でも、実験を配信し双方向性を生かして理解を深めていくことは、科学的思考力を高める上で有効であると考えられる。臨場感が得られにくい課題に対しては、カメラで撮影する倍率を変えたり、撮影する角度を変えたりするなど、カメラワークを工夫して、実験配信でしかできない実験の見せ方を考えたい。

今年度、GIGAスクール構想で情報端末とネットワークが整備される。理科実験動画においては、タブレット端末を利用して授業に活用するだけでなく、場所や時間にとらわれず、生徒が見たい実験を何度でも再生し考察できることは、理解を深めることに繋がると考える。遠隔授業においても、現在は教室にある一画面を生徒全員で見ているが、各生徒が持つ情報端末に配信することで実験や実習を手元で見ることができ、画面が遠くて見えにくいというデメリットを解消できるなど、遠隔授業の可能性が広がると考えられる。今後も、実験動画制作および遠隔授業に取り組み、理科の授業を支援していきたい。