

GIGAスクール構想を見すえた 子どもの想像力と創造力を高める理科教材の研究

吉川 直志

Study on Science Teaching Materials to Enhance Children's Imagination and Creativity Under GIGA School Program

Tadashi YOSHIKAWA

抄 録

Society5.0時代には、AIにはまねのできないものを生み出す想像力と創造力が求められる。今、子どもたちの想像力と創造力を高める理科教材が必要である。GIGAスクール構想によって、一人一台の端末による個別最適化された教育環境において、個々に、またはみんなで利用できる教材を提案する。大学の「一般化学」での授業やものづくり講座イベントを例に、想像力を育てる教材として、人が見えない小さな粒子となって現象を人の動きで表した動画、創造力を育てる教材として、個々のものづくりを組み合わせる新しいものを創り出す例の動画教材を示した。これらの動画から、可視化やモデル化し自分を移入して考える考え方や、違うものを組み合わせたり付加したりすることで新しいものになるという考え方を知り、自分たちで自然科学を理解し、次に進めていける教材となっている。動画のデータベース化、リスト化によって、いつでも誰でも理利用可能な想像力と創造力を高める理科教材を提案する。

キーワード：理科教材、自然科学、GIGAスクール

はじめに

来たるSociety5.0の時代⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾、AI (Artificial Intelligence) やIoT (Internet of Things) が社会を支える時代に向けて、その時代に生きる人材に求められることは、AIやデータを使いこなす力である。教育において、プログラミング教育やGIGAスクール構想⁽⁴⁾としてすでに準備は始まっている。これからのSociety5.0に生きる子どもたちには、AIにはまねのできないものを生み出す想像力と創造力の育成が必要である。そこで、想像力と創造力の育成に向けた理科教材を作成し、その教材を例に、これからの理科教材のあり方の一つの指針を提案したい。①想像力を高める理科教材 ②創造力を高める理科教材 について効果とその利用方法を検討し、GIGAスクール構想における個別最適化された学習環境に対応できる教材を提案する。

理科は、想像力と創造力を養うために最適な教科である。目に見えない現象を考えて理解したり、原理や法則から自然現象を思い描いて実験したり、また、学んだ自然法則を利用したも

のづくりを行ったりする。考え、思い描いたことを具現化し、実際に作り出す経験はまさに理科である。理科の中には、実験の結果を予想し仮説と比較する場面や、見えないものの動きを図示したりする場面があり、科学的な思考力を育む学びがある。また、小学校理科では必ずものづくりを取り入れることになっており⁽⁵⁾、学んだ知識や原理を生かしたものづくり教材がある。しかし、学びの方法であったり、ものづくりのキット化であったりと、想像力や創造力を高める理科教材としては、さらに要素を加えたものにする必要がある。例えば、一つの現象の理由を考えたとき、そこから別の現象の理由を想像出来る教材や、想像の中で現象から別の現象理解へとつなげていける教材、また、学んだ原理や法則を複数組み合わせる一つの新しいものを創りだすものづくり教材が考えられる。

この論文では、想像力と創造力のそれぞれを高める理科教材を順に提案していく。

GIGAスクール構想を見すえての理科教材

GIGAスクール構想において、一人一台の端末と高速ネットワークにより個別最適化された教育環境が実現されている。個人で動画教材により学びを深め、理解を確かめることが可能になる。また、個別の学習から協働学習へと膨らませていくこと⁽⁶⁾も想定されている。そこで、個別最適化された教育環境において、想像力と創造力を高める教材とは何かを検討する。教材に必要な要件は、

- ・自分で考えることで、想像力または創造力のどちらか、または両方を高められる。
- ・個別最適化された環境で利用でき、どこからでもネットワーク経由でアクセスできる。
- ・次へ学びを進めて、深めることができる起点となる。
- ・小学校から、どの学年でも有用である。

とする。理科は暗記ではなく、なぜそうなるのかという理由を理解できることや、学んだことや理解したことが実際に身の回りで現れたり、利用したりしていることを知って理解を深めることが求められる。その観点から、個別最適化された環境(例えば、端末利用による)で利用できる自然現象を理解する教材の検討を行い、想像力または創造力を高める理科教材を提案する。

共通科目「一般化学」の授業において

名古屋女子大学の全学共通科目(教養科目)の「一般化学」の授業を担当し、講義形式による授業を行っている。当然、実験はできないため、配布プリントや映像資料による授業となる。また、「化学」自体、原子、分子のレベルでの反応を考えることになり、目に見えない小さなものの動きや反応を考えることが要求される。そこで、見えない粒子の動きをイメージし、実際の反応を想像して考えら

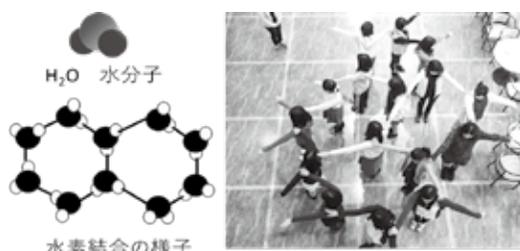


図1：水分子がつながった氷のイメージ図と動画

れるように、粒子のイラストやアニメーションと、人が粒子になってみんなで動いて現象を表現した映像を併用して理解につなげるようにした。用いる動画は、すべて擬人体感学習の研究⁽⁷⁾⁻⁽¹²⁾において作成したものである。小さな原子や分子の動きを一人ひとりの動きに結び付けて考えられることで、自分が粒子となって動いたり繋がったりすることを想像できるようにした。例えば、水の三態変化や水素結合の説明において、 H_2O の水分子がつながって氷になるイラストと、人で表した動画を見せる(図1)。自分がそこに入ってつながっていくことを想像し、広がりながら氷になる様子から、氷は体積が増すことを考えられるようにする。同じように、もののとけ方(図2)やとけたものとりだし方(図3)を目で見て、そして自分が水や溶けた物質になった気持ちで考えられるように動画を見せる。一般化学の授業で見えない粒子の動きの理解を助けるように可能な限り、人で行った動画を見せている(図4)。この動画視聴によって、見えない粒子の反応を、自分が粒子になって想像できるようにすることがねらいである。実験を見ても、見えない部分を想像し現象を考える準備となる。実際に授業の振り返り(e-ポートフォリオの総括)や各回の振り返りプリントに、動画により理解しやすくなったや、現象が分るようになったというコメントが

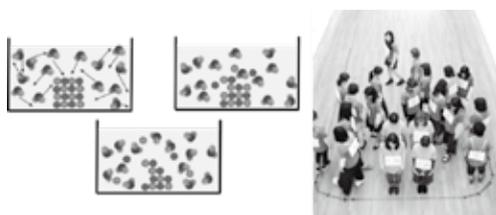


図2：もののとけ方のイメージ図と動画

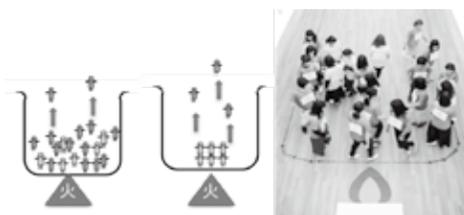


図3：とけたものをとりだすイメージ図と動画



図4：動画の例 左：ろ過、中：水溶液 右：鉄と塩酸

表1：小学校理科の動画教材 系統図

小学校理科 粒子(化学)分野 動画教材									
3年	物と重さ								
4年	<table border="1"> <tr> <td>空気と水の性質 空気気球・水鉄砲</td> <td>温度と体積</td> <td>塩まじり方</td> <td>水の三態</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	空気と水の性質 空気気球・水鉄砲	温度と体積	塩まじり方	水の三態				
空気と水の性質 空気気球・水鉄砲	温度と体積	塩まじり方	水の三態						
5年	<table border="1"> <tr> <td>物のとけ方</td> <td>とりだし方</td> <td>ろ過</td> <td>天気の変化 水の循環</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	物のとけ方	とりだし方	ろ過	天気の変化 水の循環				
物のとけ方	とりだし方	ろ過	天気の変化 水の循環						
6年	<table border="1"> <tr> <td>懸濁の仕組み</td> <td>水溶液の性質</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	懸濁の仕組み	水溶液の性質						
懸濁の仕組み	水溶液の性質								

多くあった。化学が暗記ではなく、理解できるものとしてとらえるきっかけになっている。このように、人で表した粒子の動きの動画の利用は、現象を想像するきっかけに使えると期待できる。

この例は、大学の授業での動画利用であるが、このような動画教材は、見えない小さな粒子を可視化し、自分がその中で動くことを考えられる。これが現象や反応について想像して考えるきっかけになるため、小中学校においても、見えない現象を想像する教材になることが期待できる。

ものづくり講座イベントにおいて

小学校の理科では、学んだことを生かしたものづくり、おもちゃづくりを行うことになっている。そこに創意工夫や新しいものを創り出す経験を取り入れて、創造力を育む活動とする。全く新しいものを発想することは難しいが、複数の原理や動きを組み合わせる新しいものを創ることは比較的容易である。発見や発明、革新の瞬間は、使い方やその組み合わせ方を新しくすることによって生まれることが多い。創造力は、これまで学んだことを違うものと組み合わせる考え方をすることで養うことができる。そこで、複数の要素（原理や力）を組み合わせることによって新しいものをつくるものづくり・おもちゃづくりによる創造力育成のきっかけづくりとする。組み合わせたものづくりの経験は、次の組み合わせで考える発想につながる。

そこで、これまでに行ってきた講座でのおもちゃづくりを紹介する。

(1) 空気ロケット発射イベント

2017年に名古屋市瑞穂児童館で、また、2018年から、名古屋土曜学習プログラムとして土曜日に小学校で行う講座イベントにおいて、かさ袋ロケットをダンボールの空気砲で打ち上げる「空気ロケット発射イベント」を幼児から小学生を対象に行っている。空気を入れて作り、投げて遊ぶかさ袋ロケットを、ダンボールの空気砲をたたいて押し出した空気を使って上に高く打ち上げる。これは、かさ袋ロケットと空気砲の組み合わせとなる。

講座イベントでは、まずは、かさ袋ロケットをつくる（図5）。かさ袋に空気を詰めて、羽根をつけ、おまりのビニールテープを巻くという簡単なものであるが、軽いかさ袋ロケットは空気に乗ってよく飛び、羽根によって飛び方が変わることを体験から知ることができる。空気中で飛ばすことは、空気抵抗により、空気が下から支えて飛ぶことを感じるようになる。実際の飛行機や紙飛行機が羽根で空気を押さえて飛ぶ様子も併せて示すことで、空気と飛ぶこととの関係についても感じてもらう。

次に、ダンボールでつくる空気砲との組み合わせを考える（図6）。かさ袋ロケットを高く飛ばしたいという思いから、空気砲の利用（組み合わせ）を考え、実際に宇宙ま



図5：かさ袋とかさ袋ロケット



図6：空気砲のロケット発射台

でものを運ぶロケットへの思いを引き出す。手で投げるときと違い、ダンボールをたたいて(ロケット発射時の音や噴き出す気体を連想させて)空気を勢いよく噴き出させることでロケットを発射させ、実際のロケット発射と比べながら実践することができる。これは、かさ袋ロケットと空気砲の二つを組み合わせて新しいものをつくった体験となる。ここから、より高く打ち上げるために子どもの創意工夫が始まる。ダンボールの穴の形状、空気砲のたたき方、たたき力、大きさなど、また、かさ袋ロケットの形状やおもりなどについても考えるだろう。組み合わせることで、工夫するポイントが増えることを体験し、遊びながら学ぶことになる。

(2) 歩く恐竜車づくりイベント

2022年3月に名古屋市瑞穂児童館において、大学生主体で、幼児から小学生低学年を対象にものづくりイベントを行なった。ここでは、ゴムの元にもどろうとする力を使って転がり走る糸巻き車に、かさ袋の恐竜を乗せ、さらに、車のタイヤ部分の中心軸を互い違いにずらし、歩くように動く恐竜車をつくった。

まずは、糸巻き車(図7)をつくる。キッチンペーパーの芯をまるいタイヤの厚紙で挟み、ゴムをとおしてつくる昔からよく知られた糸巻き車である。ゴムをまいて走らせるものであるが、手応えと走り方を自分で遊びながら体験でき、ゴムにエネルギーを蓄えて走るメカニズムを体験できるものになっている。



図7：糸巻き車

ここでもかさ袋との組み合わせで新しいものをつくる経験にする。かさ袋を糸巻き車に乗せる簡単なものであるが、丸いタイヤ部分の中心(ゴムを通す穴)を互い違いにずらすことで、互い違いに上下して、恐竜が歩くように進むようにできる。歩くように進む自分のつくった恐竜車(図8)に驚き、さらに動きの工夫を考える子どもの姿がある。これも、糸巻き車とかさ袋の組み合わせで新しいものをつくった経験になると考える。



図8：恐竜車

この二つのイベントは、用意されたものをつくることになるが、組み合わせで新しいものにするという経験は、発想の仕方の例となり、創造力につながるものと考えられる。小学校においても、複数の要素を取り入れ、組み合わせたものづくりができれば、創造力を高めることにつながる学びになる。

想像力と創造力を高める理科教材

(1) 想像力を高める理科教材

理科において、見えない現象を理解するには想像力が求められる。その力を育てるには、まず可視化すること、そして自己移入できること、そして他の現象も同様に考えていける系統性が保てることが求められる。人が粒子になってみんなで動いて現象を再現した動画は、見えない粒子の動きを可視化することで、人の動きを現象での粒子の動きとして見ることができる。

そこに自分が粒子になって動いているように考えられると、実際の現象の粒子の動きの想像につながることができ、粒子の動きとして様々な（化学の）現象を想像し考えることが可能となる。また、表1の示すように小学校での粒子（化学）領域における現象の動画はすべて用意でき、どの現象からでも、動画教材を使い始めることができる。身近で起こる様々な化学反応を、粒子の反応として捉えて考え、見える現象から見えない粒子の現象を想像できる力を育てる教材になる。一般化学の例のように授業で使うことも可能であり、動画配信やオンラインで視聴可能にすることで、個別にアクセスして視聴することも可能である。

この例から、想像力を高める理科教材として必要なことは

- ・見えない現象を、可視化やモデル化して考えることを示す。
- ・自分をそこに移入して考え、そこで自分の存在や動きから考えることができる。
- ・その考え方で想像して他の関連した現象を考え、自分の考え方を確認することができる。
- ・未知の（まだ学んでいない）現象の理由を想像出来る。

とする。見えない粒子に起因する現象は同様に個々の粒子の動きや反応と考えることができ、現象で起こっている小さな粒子の世界の出来事を想像できるようになる。見えないものでも見えるような場面を想定して考えることができるようになれば、様々な自然現象の理由を考えられる想像する力が身に付く。

（2）創造力を高める理科教材

理科において、創造する力を育てたい。私たちの生活を豊かにしてきたのはこれまでの創造力による発明や実用新案によるところが大きい。自然法則を利用したものを組み合わせる新しい効果や進歩を生み出すことで生まれてきた。そこで、組み合わせや掛け合わせによって新しいものを創り出す経験を理科でさせたい。これは、理科で行われる学んだことを生かした「ものづくり」から更に一歩進めた取り組みとなる教材になる。それぞれ個々に作って遊べたものを組み合わせると新しいものになるという経験は、自分で組み合わせる発想を生み出す基になると期待する。図9のように、かさ袋ロケット×空気砲＝空気ロケット発射となり、これは実際に宇宙へ行くロケットへとつながる。このような組み合わせたものづくりの例を示し、実際に自分たちで作ってみることで、新しいものづくりへの気持ちや考え方を高めることにつながる。

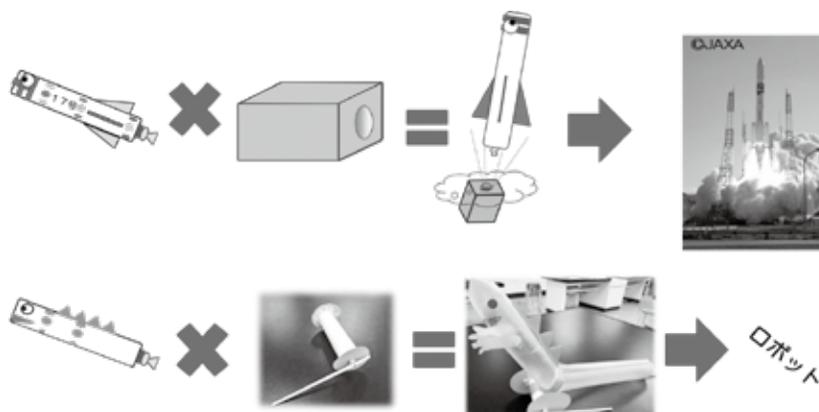


図9：ものづくりの組み合わせによる 新しいものづくり体験

そこで、創造力を高める教材として、組み合わせによるものづくりの例をネットワーク経由でだれでもどこからでもアクセス可能な教材として用意し、自分たちで作りと、授業やイベントで作って遊ぶことを通して、新しいものづくり、発明や実用新案への動機付けへとつなげ、科学技術の進歩の過程を感じられる教材とする(図10)。

創造力を高める理科教材に求められることは、二つのものづくりを組み合わせで新しいものを創る例で示したように、

- ・自分で、それぞれの要素を利用したものをつくることができる。
- ・二つ、または複数のを組み合わせで新しいものができることを実践できる。
- ・組み合わせや、付加してみようという考え方を有する。
- ・作った喜びや楽しさが感じられるものである。

となる。授業で行うものづくり体験において、学んだことを組み合わせ、組み合わせの工夫を行う経験は、新しいものを創る意欲にもつながる。組み合わせたり、別の使い方を考えたりすることが、創造する力に結びついていく。その例となる動画を準備し、いつでも視聴してやってみようという動機につなげたい。

ここで紹介したものはそれぞれ動画により、個別の利用が可能になる。これらは個別最適化に対応できる理科教材とすることができる。個々で学ぶことは可能であるが、しかし、「考えてみよう」「つくってみよう」という動機付けは、やはりみんなでやり、話し合ったり、創意工夫を競ったりすることで生まれる。これらの動画教材は、個別学習、協働学習、どのような場面でも、想像力と創造力を高める教材として利用できるものである。

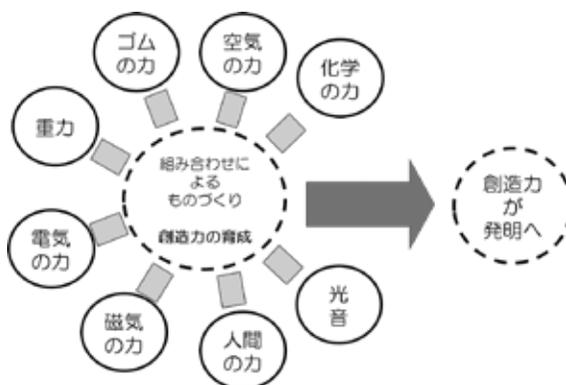


図10：組み合わせのものづくりの概念図

今後の展開

この論文では、大学での「一般化学」の授業や、ものづくりイベントを例に、想像力と創造力を高める教材を示した。動画教材によって想像や創造の考え方を知り、そこから自分で進めていくことで、想像力と創造力を高められる教材になることを期待する。今後、タブレットやICT機器から容易にネットワーク経由でアクセスできる教材として整え、使える教材としていきたい。映像教材化は今後さらに求められるものになる。また、場合に応じて個別学習と協働学習を行い、学びの広がりへと導ける学習教材としたい。一部、動画配信は行っているが、今後は、小中学校理科で学ぶ全ての内容において、動画の例を作成し、データベース化して、ICT利用による個別学習でも協働学習でも可能な学習方法としていく。また、大学の授業においてもこの教材を利用した学習を実践し効果を検証していく。

謝 辞

この論文は、名古屋女子大学の理科教育（物理）研究室の稲垣海月さん、谷口碧さん、富田紗菜さん、服部彩花さん、馬場江利加杏さん、森本彩花さん、田幸真菜さんとの共同研究を基にして研究を進めたものです。また、本研究に参加、協力して頂いた理科教育（物理）研究室の学生の皆さんに感謝いたします。この研究は令和3・4年度 名古屋女子大学 教育・基盤研究助成費による助成（「GIGAスクール構想を見すえた理科におけるICT活用授業の方法の研究」課題番号0303）を受けて行なったものです。

参考文献

- (1) 内閣府：第5期科学技術基本計画
<https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html>.
- (2) 内閣府：Society5.0「科学技術イノベーションが拓く新たな社会」
https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html.
- (3) 文部科学省：「Society5.0に向けた人材育成～社会が変わる、学びが変わる～」
（平成30年6月）http://www.mext.go.jp/a_menu/society/index.htm.
- (4) 文部科学省：「GIGAスクール構想の実現について」（令和2年8月更新）
https://www.mext.go.jp/a_menu/other/index_00001.htm.
- (5) 小学校学習指導要領解説 理科編（平成29年6月）文部科学省（2017）.
- (6) 吉川：「GIGAスクールにおけるICT利用による理科の協働学習の提案」, 名古屋女子大学紀要, 第68号, 29-37, 名古屋女子大学（2022）.
- (7) 吉川：「理科で学ぶ現象を擬人化体験によって理解につなげる擬人化体感学習利用の提案」, 名古屋女子大学紀要, 第66号, 13-23, 名古屋女子大学（2020）.
- (8) 吉川, 磯村, 尾崎, 沖, 向井：「小学校理科の主体的学びによる理解方法としての擬人化体感学習」, 名古屋女子大学紀要, 第64号, 9-19, 名古屋女子大学（2018）.
- (9) 吉川, 大西, 河合：「見えない粒子の世界の現象をみんなで演じて理解する擬人化体感学習の利用方法」, 名古屋女子大学紀要, 第62号, 15-24,（2016）.
- (10) 吉川, 石川, 加藤, 竹村：「見えない粒子の世界をみんなで演じて理解する方法の提案」, 名古屋女子大学紀要, 第61号, 15-25,（2015）.
- (11) 吉川, 香川, 森石, 山本：「小学校理科における擬人化体感学習の利用の検討」, 名古屋女子大学紀要, 第60号, 1-10,（2014）.
- (12) 吉川：「映像利用による理科教材の開発」, 名古屋女子大学紀要, 第67号, 25-34, 名古屋女子大学（2021）.