

## 技術・家庭科（技術分野）の主張

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2021-03-15 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 本部, 康司 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.14945/00028070">https://doi.org/10.14945/00028070</a>

## 技術・家庭科（技術分野）の主張

本部 康司

### 1 教科で育みたい人間像

自らの生活における諸問題に対して、解決するための方策を見だし、実践する技術・家庭科では、「よりよい生活を営む人」を育みたいと考える。技術・家庭科（技術分野）では、生活や社会における事象に着目し、そこに存在する諸問題を見だし、様々な技術を活用して、技術的に解決を試みる活動を行う。ところが、現代は社会の要求や人々の生活様式の変化が著しく、技術的な解決から見いだされた方策は、社会の要求や環境、使用状況などによって変化することが多い。そのため、知識や技能を習得することだけに重きを置いた授業形態では、それらを自らの生活へ活用するまで至るには難しいと言える。つまり、自らの生活を技術的視点からよりよくしようとする人を育むためには、知識や技術を習得するだけでなく、ものや技術を多様な視点から見つめ、活用方法を探ったり、試行したりしようとする創造活動が欠かせない。

技術・家庭科（技術分野）では、創造活動によって生じた思いや考えを経済性、安全性、自然環境の保全などの視点から見つめ直したり、異なる条件や立場から捉え直したりしながら、よりよくしようと設計、製作、評価する活動を積み重ねていく。このような活動によって培われた、自らの生活に対して多様な視点から見つめようとする態度や姿勢は、「もっとこのようにしたい」「構想を変更した方がよい」という新たな改善策を生み出すことにつながるだろう。考案した改善策は次なる製作意欲へつながり、再び製作活動に取り組む……。このような営みのサイクルを繰り返すことにより「よりよい生活を営む人」となっていくのである。したがって、技術・家庭科（技術分野）では「ものや技術を多様な視点から見つめ、創造する人」を育てていきたい。

### 2 教科ならではの文化

人は「もっとこうしたい」「このようになればよい」などの思いや願いをもって、技術を生み出し、技術の力によって思いや願いを実現してきた。社会や生活様式から生まれる要求や願いは時代によって変化するが、思いや願いを実現しようと技術的に解決する営みは不易なものである。このような「思いや願いを実現するための方策を創造する営み」を技術・家庭科（技術分野）ならではの文化と捉えた。

技術・家庭科（技術分野）ならではの文化を味わうには、自分なりの思いや願いをもち、実現に向かう活動を欠かすことはできない。自らの思いや願いを実現していくうちに、「なぜだろう」「うまくいかない」と感じる場面に出会うだろう。それらの疑問を仲間と共有し、互いに構想を検討し、吟味したりすることによって、新たな視点が見いだされて、方策がより実現可能なものとなっていくのである。また、仲間とともに解決を図り、多様な視点で見つめ直すと、自分の構想を確認したり、更新したりしていくことにもつながる。このような営みによって、技術の活用方法を見いだしたり、価値付けたりして、新たなものを創出していく子どもたちになっていくのである。このような営みをどの題材においても味わっていくことにより、「自分の生活の主役は自分である」という考えをもち、自分の生活や社会について思いや願いを深めていこう。

### 3 授業づくりで大切にしていること

技術・家庭科（技術分野）では、自らの生活を過ごしやすくするための方策を構想し、設計、製作、評価するという技術的に解決を図るサイクルを経験する。このサイクルを経験していくうちに「基礎的な知識や技能の習得」や「真摯に解決にあたる態度」、「よりよい生活や社会に向けて工夫創造しようとする姿勢」などを学んでいく。一連のサイクルにおいて、自らの方策が適していたかどうかを振り返ったり、技術を多様な側面から評価したりする活動に願う学びがある。例えば、AI（人工知能）が私たちの生活に浸透していくことについて、現在の仕事の半数がAIに代替される、AIによって物事が決定されるなどの懸念があり、否定的に捉える人がいる。しかし、多様な立場や特定の利用場面を想定し、様々な社会問題（地球温暖化、少子高齢化、過疎化、地域格差など）と照らし合わせながら、AIを導入する利点や必要性に気づいていくのである。このように否定的な側面と肯定的な側面の双方から、技術を見つめること

が今後の社会を生き抜くためには必要である。多様な視点から見つめることは、我々の生活においても大切である。自らの生活をよりよくするために改善策を講じていくだけでなく、その影にまで指摘することができる**公正な技術観を養う**ことは、技術・家庭科（技術分野）が願う学びであり、持続可能な社会を実現する一員として必要な学びでもある。

子どもたちが、技術・家庭科（技術分野）ならではの文化を味わうために、**身近な生活や社会へ生かすことができたり、創造性を駆り立てたりすることができるような、広がりのある題材の選定**を大切にしている。自分の考えたことが、実際の生活や社会と関連していることに気づいたとき、子どもたちの技術に対する関心はより高まっていくことが期待できる。また、誰にとっても生活しやすくなるような視点から社会がつくられている事実（公共性）や、エネルギーの利用と自然環境の保全を両立する取り組みなど（持続可能な社会の実現）に気づくことで、生活と技術を関連づけたり、多様な立場や利害関係から物事を見つめたりすることができるようになっていくだろう。

次に、子どもたちが**仲間とかかわりたくなるような動機付け**を大切にしていく。方策を試し、その結果から再度方策を検討していく活動や、製作する目的に立ち返り、設計を練り直す活動などにおいては、仲間とのかかわりを欠かすことはできない。子どもたちが「考えを聞いてみたい」「話し合いたい」と感じ、仲間と吟味し合うことによって新たな視点を得たり、自分の考えを明確にしたり、深めたりすることができるように働きかけていく。異なる考えや意見を伝え合ったり、批判し合ったり、語り合ったりする学び合いの価値を味わえるような授業をつくっていきたい。

## 実践事例

### 1 題材名 人と環境にやさしいスターリングエンジンに秘められた浪漫 — 生み出されるピストン運動を異なる動作に変換する —（第 2 学年）

#### 2 題材の目標

エンジンは車を動かすために必要であり、動作時に排気ガスを排出するものであると、エンジンを漠然と捉えている子どもたちが、スターリングエンジンが動作する原理や発明の経緯を理解したうえで、模型を製作し、生み出されるピストン運動や回転運動を異なる動作に変換する活動を通して、私たちの生活を支えるエネルギーの利用について見方や考え方を広げるとともに、持続可能な社会を創造しようとする思いをもつことができる。

#### 3 題材観

##### (1) スターリングエンジンとは

19世紀、欧州ではジェームズ・ワットによって効率化された蒸気機関が全盛期を迎える。次第にボイラーの高圧化が叫ばれるようになったが、ワットはある程度以上に水蒸気を高圧で利用すると危険性が高まることを訴え、ボイラーの高圧化に反対の立場をとっていた。ワットが取得した特許が1800年に失効すると、高圧蒸気機関の開発が次々に行われ、蒸気機関の出力は大きく向上していった。工場の生産性を追い求めて、水蒸気の高圧化が急速に進む一方で、ワットが懸念していた通り、高圧ボイラーの爆発事故が多く発生するようになり、多くの工場で労働者が命を落とした。

そのような中、スコットランドの牧師、ロバート・スターリングは、なんとかして高圧の水蒸気を使用しない安全な熱機関はできないだろうか考えた。ある日、熱気球が上昇や下降の様子を見て、気球内の空気が熱くなれば膨張し、軽くなることによって上昇することや、空気が冷たくなれば収縮し、重くなることによって下降することを参考にできないか考えた。そして、決して爆発することのない空気の利用した機関の開発に取り組み、1816年に新しい熱機関を発明した。その機関は、スターリングエンジンと名付けられ、爆発の危険性がないことで一気に注目を集め、生産量を急激に増加していった。



ロバート・スターリング  
(1790~1878)

ところが、1876年にドイツのランゲン・オットーが現在のガソリンエンジンの原型と言えるガス機関を、1894年にはドイツのルドルフ・ディーゼルがディーゼルエンジンを発明した。スターリン

グエンジンは、これらの内燃機関に対抗することができずに需要がなくなり、今日まで続く内燃機関の時代へ進んでいくのである。

##### (2) スターリングエンジンの動作原理

スターリングエンジンの動作原理は、「加熱」「膨張」「冷却」「圧縮」の四つの行程から成り立っている。原理は様々なスターリングエンジンが存在しているが、本題材で製作するものは図1のようにディスプレイサーのあるものとなる。ピストン内はパワーピストンによって密閉されており、ピストンの下面がお湯で加熱され、上面は空気で冷却されている状態となる。

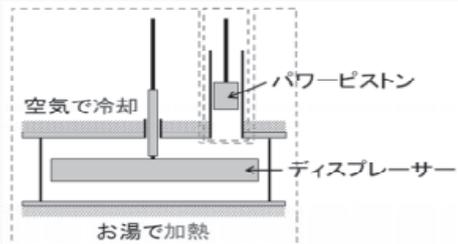


図1 スターリングエンジンの内部構造

ピストンの上部と下部が、加熱と冷却を同時に行われている状態でディスプレイサーが上がると「加熱」される空気が多くなり、内部の空気が「膨張」してパワーピストンが上昇する（図2左）。次に、ディスプレイサーが下がると「冷却」される空気が多くなり、内部の空気が「圧縮」されてパワーピストンが下がる（図2右）。これを繰り返すことによって、ピストン運動が連続して動作することになる。



図2 ディスプレッサーとパワーピストンの関係

### (3) スターリングエンジンの特徴

内燃機関の誕生以降、世界は内燃機関の時代に突入する。しかし、その間もスターリングエンジンは消え失せることなく、その研究は地道に続けられてきた。そして、爆発しない特徴だけでなく、スターリングエンジンには他の機関と比べて優れた点が多くあり、未来の機関として注目されるようになった。

#### ①熱効率が非常に優れている

スターリングエンジンのサイクルを理想的に実現できれば、これ以上に効率のよい熱機関は他にない。内燃機関は燃料を爆発させ続けるため、機関そのものはいへん高温となる。その一方で、外燃機関であるスターリングエンジンは設計によって異なるが、温度の差によって動作するため、それほど高い温度を必要としない。それにもかかわらず高い出力を生み出すことができるのだ。

#### ②あらゆる熱源が利用可能

スターリングエンジンは、小さな温度差を利用するように設計すれば動作することができる。燃料を燃焼させて熱源を取得するだけでなく、太陽光や地熱、微生物の分解熱など、地球上で自然に発生する熱源を利用することが可能となる。私たちの生活に目を向けても、電化製品が動作することによって生まれる熱や調理場で使用する火の余熱など、熱を利用する場面はいへん多い。動作に必要な熱源が身近にあるため、活用可能な場面を探ることが可能である。

#### ③排気ガスを排出しない

これはすべての外燃機関の特徴である。ただし、燃料を燃焼する際に発生する熱源を利用すれば排気ガスは発生する。しかし、内燃機関のように爆発させるわけではないため、燃焼を制御し、有害物質の発生を抑制することができると考えられている。太陽光などの自然エネルギーを熱源にする場合は、排気ガスが排出しないクリーンな機関を実現することができる。

#### ④爆発音が発生しない

ガソリンエンジンに代表される内燃機関は、エンジン内に燃料を注ぎ込み、点火爆発させるが、外燃機関は爆発を必要としないため、爆発音が一切発生しない。そのため、室内や静音性が要求される場所での利用に向いている機関であると言える。また、爆発に耐える強固な構造を必要としない。そのため、爆発による事故などの危険性がない安全な機関である。

#### ⑤構成する材料は金属だけではない

内燃機関は内部で揮発性の高い燃料を爆発させるため、機関自体が高温となる。そのため、構成する材料のほとんどは融点が高い金属となる。スターリングエンジンは、水の沸点(100度)ほどの温

度があれば動作することが可能となるため、木材やプラスチックなど様々な材料を組み合わせることで製作することができる。

スターリングエンジンは、これほど優れた点を有しているエンジンであり、単純な構造であるため、比較的容易に製作することが可能である。しかしながら、実用化に至らない決定的な理由は、内燃機関に匹敵するほどの十分な出力を得るためには機関の体積を大型にする必要があるからだ。ところが、大型にすれば移動する内部の気体が増加するため、エネルギーの損失が増大してしまう。また、設備費が高額になる特徴があり、火力発電所など巨大な施設で使用する場合においても、熱効率の高さによる燃料費を節約するメリットよりも設備費が膨大になるデメリットの方が大きくなる。総合的な費用対効果はディーゼルエンジンや蒸気タービンに劣る。また、初動のきっかけが必要となること、出力を制御することが難しいこともあり、実際に使用される場面は非常に限られている。実際に採用されている場面は、潜水艦の補助動力などであり、効率よりも静音性能が要求されるような特殊な事例である。理論上の熱効率は優秀であり、環境に対して優しい機関であっても、実用性がきわめて低い機関となっている。

### (4) 宇宙空間で活躍するスターリングエンジン

内燃機関の需要が継続している中、スターリングエンジンが再び注目されるようになったきっかけは、低温度差スターリングエンジンの出現である。低温度差スターリングエンジンの開発の歴史はクロアチアのザグレブ大学のコリン教授が1983年に行ったデモンストレーションから始まった。コリン氏はパワーピストンの代用としてゴムの薄い膜を使用したモデルを考案した。このモデルは温度差100度で力強く作動し、温度差が20℃になるまで動作し続けた。これを期に、スターリングエンジンの可能性が多く研究者に再認識され、低温度差で動作するスターリングエンジンに関する研究が盛んに行われるようになった。

さらにNASAによってこの流れは加速した。「体温で動くスターリングエンジンが作れないか？」というNASAからの難問に対して、米国のウィスコンシン大学のセンプ教授が見事に手のひらに乗せて動作するスターリングエンジンを完成させた。NASAの開発目的は地球観測や宇宙の天文観測の精度を高めるためであった。宇宙船に乗せて運ばれる高感度な観測装置は、微弱な電磁波を捉えられるように、信号の熱雑音を低減させる必要がある。地球観測衛星では液体窒素温度(約-196℃)、また、天文観測衛星では絶対零度(約-273℃)近くまで冷却する必要が生じるため、冷却

システムの技術は高感度観測装置の実現に必要な不可欠なものであった。現在の宇宙機における主な冷却システムは、より長寿命かつ高い信頼性が得られるように、液体ヘリウムなどの寒剤を使用しない、無寒剤機械式冷凍機が主流となっている。その一つに、 $-253$ 度を作り出す2段スターリング冷凍機が存在している。また、温度差があれば運転することが可能であるため、宇宙空間において太陽熱を利用した発電にスターリングエンジンを活用する研究が進んでいる。現在主流である太陽光発電と組み合わせたハイブリッド発電が期待され、宇宙用発電機として注目を集めている。

#### (5) スターリングエンジンについて学ぶ価値

「エンジン」という言葉から、どのようなイメージをもつだろうか。おそらく多くの人は「車に搭載されている」「ガソリンや軽油で動作する」「ものの主要部分、原動力」などと答えるだろう。なぜなら、多くの人が「エンジン」という言葉から、ガソリンエンジンやディーゼルエンジンを想像するからである。当然のことながら車に詳しい人からは、「馬力」「トルク」「8気筒」「バルブ」「インジェクター」などの専門的な用語が次々と出てくるだろう。車に搭載しているエンジンが実際に動作している様子を観察すると、ピストン運動を行うのみである。車の動作を生み出しているのは間違いなくエンジンが生み出すピストン運動であるため、ピストン運動を変換して前進や後進などの様々な動きを実現していることが想像できる。

ところが、私たちは人が短時間で移動することができる乗り物や、人が実現できないほどの巨大な力を生み出す産業機械などを目にしているにもかかわらず、エンジンは直接的には身近なものとは捉えていないのが現状である。なぜなら、エンジンは硬く頑丈に設計されており、内部の構造を観察する機会が少ないからである。また、内部構造や動作原理などは知らなくても目的とする動きが実現できることも理由の一つだろう。私たちの生活に深く関連しているエンジンについて、学ぶ機会はいよいよ重要であると考えている。自ら製作し、生み出されているピストン運動を安全に観察し、その原理について考えを深めていくことができるものはスターリングエンジン以外にはないのではないだろうか。

環境問題に対して、日常的な行動変容が求められる現代では、エンジンに関するイメージをさらに関連づけていったり、つなぎ合わせたりしていくと、「二酸化炭素を排出する」「地球の温暖化を進める要因」など、環境破壊を進める主要な要因として、エンジンを捉える考えも出されるだろう。「エンジン」という言葉から何かしらのイメージをも

つことができる人にとって、スターリングエンジンが動作する様子はたいへん興味深い。なぜなら、ガソリンや軽油などの燃料を利用しないため、排気ガスが出ないにもかかわらず、確かにピストン運動を実現しているからである。スターリングエンジンが動作する様子を観察しながら、この機関はどのような原理で動作しているのかを考えることだけでも学ぶ価値は十分にある。それだけでなく、生み出されたピストン運動や回転運動を異なる動作(回転運動や揺動運動など)に変換したり、伝達したりしていく活動を通して、身の回りの様々な動作が変換されて実現していることに気づいたり、どのように変換されているかについて想像したりすることはたいへん価値がある。そこで、題材の本質に迫るために「エンジンが生み出すピストン運動や回転運動は、どのように変換、伝達されているのだろうか」を題材を貫く問いとし、スターリングエンジンの製作に取り組んでいく。

スターリングエンジンの製作を通して、ロバート・スターリングが開発したきっかけや熱気球の動作原理を参考にしたこと、近年になって宇宙発電や冷却装置として再び注目されるようになった経緯はイノベーションする原点であると言える。また、ロバート・スターリングが自らの思いや願いを実現した機関を自ら製作し、生み出されるピストン運動や回転運動を異なる動作に変換していくことは、私たちの生活を支えるエネルギーの利用について見方や考え方を広げていこう。そして、現代が抱えているエネルギー問題について考えを深めていくことで、持続可能な社会を創造していこうとする思いを抱くことにつながる題材であると言える。

#### (6) 本題材で味わう技術・家庭科(技術分野)ならではの文化

本題材において、子どもたちに味わってほしい技術・家庭(技術分野)ならではの文化を「製作したスターリングエンジンが生み出すピストン運動を異なる動作に変換、伝達し、その動作を身近なものに関連づけていくこと」とする。

文化を味わうためには、スターリングエンジンの開発の経緯や動作する原理について理解することを欠かすことはできない。動作原理を知ること、スターリングエンジンの構造がたいへん単純であることに気づくだろう。また、スターリングエンジンの製作において、パワーピストン部を密閉状態にする作業は正確かつ精密さを要するため、構造の理解が必要となる。

生み出したピストン運動を異なる動作に変換していくことは、題材と生活を密接に関連づけていくことが期待できる。なぜなら、人によって生活

する環境や状況は異なるが、誰もが生み出された力を変換した動作を利用しているからである。

スターリングエンジンを製作することによって、私たちの生活に存在する熱に着目し、それを利用しようとする考えが出てくるようになり、熱をエネルギーとして捉えるようになっていくのである。

#### (7) 願う学びと子どもの姿

人は永久機関のような力を加えなくても動作し続けるものに目を奪われ、どうして動いているのかについて思いをもつものである。おそらく、スターリングエンジンの実物やそれが動作する様子を見た子どもたちは、カタカタと動作し続ける様子に驚きを隠せないだろう。中には、スターリングエンジンをエンジンとして捉えない子どももいるかもしれない。そのため、スターリングエンジンと出会う前に、明確なエンジンの定義が必要である。子どもたちにとって、エンジンがそれほど遠い存在であることを忘れずに、慎重に題材を進めていきたい。

本題材で願う子どもたちの学びは、スターリングエンジンそのものについて理解を深めることではない。スターリングエンジンが生み出したピストン運動を異なる動作に変換させたり、どのように活用できそうかについて思いを馳せたりすることにある。スターリングエンジンは温度差が生じる場面であれば動作することから、温度差が生じるという理由だけで「お風呂で利用できそうだ」

と使用できそうな場面を探るだけにとどまったり、「このエンジンを車に搭載すればよい」とガソリンエンジンやディーゼルエンジンの単なる代替品として利用方法を捉えたりするのではなく、ピストン運動や生み出された回転運動を変換、伝達し、新たな価値を見いだそうとする活動に願う学びがある。子どもたちは、ピストン運動を異なる動作に変換するために、調べたことをもとに試し、その様子について仲間と対話をしながら、様々な動作に変換することができることを実感していくだろう。うまく動作しない時には正常に動作する様子をじっくりと観察したり、理想とする動作を思い描いたり、摩擦力や力の伝達効率などに注目したりしていくだろう。仲間と意見を伝え合うことで、私たちの生活を支えているものの動作は、生み出した力を変換し、利用していることに気づいていくことを期待している。

そして、環境を破壊する力強い内燃機関を採用するか、内燃機関ほどの力はないが熱エネルギーだけで動作する環境に優しいエンジンを採用するかについて語り合う。また、スターリングエンジンが動作する場面を探ったり、二次利用して発電に生かしたりするなどの活用場面を互いに探っていく。このような活動を通して、持続可能な社会の実現に向けて、現実社会と照らし合わせながら模索していくことで、子どもたちに公正な技術観が育まれていくことを願っている。

- 参考文献：小林義行(2007)『はじめてのスターリングエンジン』 誠文堂新光社  
 松尾政弘(2001)『スターリングエンジン製作マニュアル』 誠文堂新光社  
 森山潤, 菊池章, 山崎貞登(2016)  
 『イノベーション力育成を図る中学校技術科の授業デザインの展望』 ジアース教育新社

- 参考資料：国立大学56工学系学部HP <https://www.mirai-kougaku.jp/laboratory/pages/180220.php>  
 JAXA 宇宙航空研究開発機構 [https://www.jaxa.jp/index\\_j.html](https://www.jaxa.jp/index_j.html)  
 日本スターリングエンジン普及協会 <http://eco-stirling.com/index.html>

## 4 新学習指導要領との関連

### C エネルギー変換の技術

- (1) 生活や社会を支えるエネルギー変換の技術について調べる活動などを通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。
- ア 電気、運動、熱の特性等の原理・法則と、エネルギーの変換や伝達等に関わる基礎的な技術の仕組み及び保守点検の必要性について理解すること。
  - イ 技術に込められた問題解決の工夫について考えること。
- (2) 生活や社会における問題を、エネルギー変換の技術によって解決する活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。
- ア 安全・適切な製作、実装、点検及び調整等ができること。
  - イ 問題を見いだして課題を設定し、電気回路又は力学的な機構等を構想して設計を具体化するとともに、

製作の過程や結果の評価、改善及び修正について考えること。

(3) これからの社会の発展とエネルギー変換の技術の在り方を考える活動などを通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア 生活や社会、環境との関わりを踏まえて、技術の概念を理解すること。

イ 技術の評価し、適切な選択と管理・運用の在り方や、新たな発想に基づく改良と応用について考えること。

## 5 題材構想 (全14時間)

- (1) エンジンは何をしているか
- (2) 環境を破壊しないスターリングエンジンを動作し、その原理を考える
- (3) スターリングエンジン模型を製作する
- (4) スターリングエンジンが生み出すピストン運動を異なる動作に変換する
- (5) スターリングエンジンを活用する場面を探り、エネルギーの視点から未来を考える

## 6 本題材で見られた子どもたちのあらわれ

### (1) エンジンは何をしているか

題材の初めに子どもたちがものの動作に注目することができるように、以下のものが実際に動作する様子や動画を提示し、それぞれの特徴について語り合った。

- A 永久機関のように回転する模型 (授業者が製作したもの)
  - B 風力発電機の羽根が回転している様子
  - C 子どもが自転車に乗り、ペダルをこいだ時に回転するタイヤ
  - D 自動車 (レースカー) が道路を走行する際のタイヤが回転する様子
- ※B, Dは映像による提示

子どもたちは、AからDの動作を観察しながら、「AからDのすべてが回転の動作をしている」「回っている動作は同じだけど、回転する速さや強さは違う」「Dの回転は強そう」などと発言した。その後、グループでAからDの特徴について語り合う時間をとった。その際、グループでは以下のような対話が行われた。

- ・すべてが回転している。でも、回転する速さや回転の強さは違っている
- ・速さに注目すると、AとBは今にも止まりそうなくらいゆっくり回っている。Cは人がこぐ速さによって、回転する速さが変わる特徴がある。Dも運転手の操作によって、回転する速さは変わるけど、一番速く回っている
- ・回転する強さはDが最も強い。動かすものの重量が最も重いから、そうに違いない。AやBは回転する力は弱そう

・ AとBは回転するもの自体が回っているけど、CとDは力を伝えて回転を生み出している  
など

グループで語り合った内容を全体で共有した際、回転に必要な力が環境に与える影響についての発言がなかったため、授業者は全体にCとDを再度提示し、「CとDの回転には、どのような違いがあるのだろう」となげかけた。すると、子どもたちから、以下のような発言があった。

- ・人の力で動くものと機械の力で動くものだから、そこが違う。どちらも速く回転するけど、決定的に違うのは音だろう
- ・自転車はそれほど音はしないけど、車は速くなるとそれに合わせて大きな音が出ている
- ・タイヤの回転が速くなると、白い煙も多く出ている
- ・排気ガスが出てしまう。排気ガスはとても臭い
- ・バスが近くを通ると煙で苦しくなった  
など

これらの発言を確認し、A, B, Cは環境を破壊することはないが、Dのみ排気ガスを出して、力を生み出していることを共有した。



その後、授業者は「AからDの回転は何によって生み出されているだろう」となげかけ、第1時を終えた。第1時の追求の記録には、以下のような記載があった。

- ・ 同じ回転でもそれぞれがまったく違っていた。例えば、Aはものが落下する際のボールの重さを利用して回転している。Bは風がものを押す力、Cは人がペダルを押す力、Dはエンジンが力を生み出している。Dが圧倒的に力強そうだった
- ・ Aが一番弱そうで、B、C、Dと徐々に力が強くなっていると思う。BとCはあまり差がなさそう
- ・ A、Bはクリーンエネルギーだ。環境にとってよい。Cもクリーンエネルギーと言える。なぜなら環境を破壊することはないから。Dだけが人体に影響を与える気体や環境を破壊する有害物質を含んだ煙を発生している
- ・ Aは最初はゆっくりだけど、どんどん速く回転していき、一定の速さになる。Bはずっとゆっくり回っている。風力はすぐに変化しないからだろう。Cは運転手のペダルを回す速さに比例している。高速でペダルを回転すれば、タイヤも速くなっていく。Dは運転手の操作で速くしたり遅くしたりを調整することができる。同じ回転でも特徴がいろいろある

など

第2時の初めに、授業者は第1時の「追求の記録」を全体に紹介した。その際「生み出された回転する力の強さ」「環境の保全」の項目を提示しながら、整理して板書した。子どもたちが、D（自動車のタイヤが回転する様子）にしかない特徴に注目することができるように「最も強い回転を生み出す」「地球の温暖化を進める排気ガスが発生する」「回転の向きを変えられる」「音がうるさい」を強調した。その後窓を全開にし、草刈り機を提示した。実際に動作させ（安全上、エンジンをかけるのみとし、刃は回転させない）、大きく連続する爆発音だけでなく、煙や熱風が排出されていることを確認した。

草刈り機の刃が回転する様子を観察することはなかったが、子どもたちは「使っているのを見たことがある」「刃が高速で回転して、草を刈ることができる」「白い煙が出ているのがわかる」「バスが過ぎていったときと同じにおい」などと発言した。そして、再度自動車が走行する映像を提示し、草刈り機と自動車の回転に共通していることを子

どもたちに尋ねた。すぐさま「エンジン」という言葉が出てきたので、「エンジンは強い力を生み出すことができるけれど、環境や人体にとってよくないものを排出する」ことを確認した。その後、「エンジンはどのように力を生み出しているのだろう」となげかけた。子どもたちは「ガソリンを燃やしている」「熱の力で回転している」などと発言した。エンジンの構造に関する意見が出されなかったので、授業者は4ストロークエンジンの模型を全体に提示した。すると、「あれは何?」「あれがエンジンだよ」「どこが回転するのだろう」という声があがった。エンジンの存在は知っているものの、そのものや構造などについては、知らないことが発言からわかったため、授業者は模型を実際に動かしながら説明をし、エンジンが力を生み出す過程を丁寧に示した。そして、エンジンが動作する過程は、「吸気」「圧縮」「膨張」「排出」の四つの行程があること、エンジンが1回転ですべての行程を行うものは2ストロークエンジンと言い、エンジンが2回転で四つの行程を行うエンジンを4ストロークエンジンということをおさえた。

授業者はエンジンの模型を動かし続け、シリンダー内ピストンの動きに注目するように促した。ピストンは上下運動を繰り返していることを全体で共有した後、「何らかのエネルギーを利用して、ピストン運動を生み出すもの」とエンジンを定義した。シリンダー内のピストンの動きを観察した子どもたちから、「回転していない」「どうやったら回転するのだろう」という意見を確認し、本題材の本質に迫る問いである「エンジンが生み出すピストン運動はどのように利用されているのだろう」を全体で共有した。問いを共有した子どもたちは、「追求の記録」に以下のような内容を記入した。

- ・ 車はエンジンの力で動いていることは前から知っていた。しかし、エンジンがどのように動いているのかについては知らなかった。エンジンが生み出すピストン運動はどうやって利用されるのか知りたい
- ・ 草刈り機のエンジンを動かすと白い煙が出て、とつてもうるさかった。草刈り機をもっている先生の様子から、草刈り機が振動していることがわかった。エンジン自体が熱をもつ理由は、エンジン内で燃料に火を付けて、爆発させているからだった。あの小さなエンジンの中で爆発が起こっていることを初めて知った
- ・ エンジンという言葉は知っていたけど、その構造は知らなかった。自分の生活を振り返ると、エンジンの力を自分も利用してい

る。車やバスなどは多くの人に乗っていても、動かしてしまうので、強い力であることは間違いないだろう

- ・人には実現できない力を生み出すエンジンが広がっていったから、環境を破壊することが増えてしまった。力強さより環境の保全を選ぶべきだろう。最近では電気自動車が増えてきていることも納得できる

など

## (2) 環境を破壊しないスターリングエンジンを動かし、その原理を考える

授業者は、前時で確認した「エンジンが生み出すピストン運動はどのように利用されているのだろう」を板書した。この時間に提示するスターリングエンジンを、子どもたちが「エンジン」として捉えることができるように、エンジンの定義について再度確認した。その後、ケトルで沸かしたお湯をコップに注ぎ、コップの上部にスターリングエンジンを置いた。ここでは、次時にスターリングエンジンの動作原理について考えを深めていく構想であったため、「スターリングエンジン」という名称は伏せて提示した。コップの上部に設置してしばらく経ち、カタカタと動作し始めたスターリングを観察した子どもたちからは、驚きや感嘆の声があがり、以下のような反応を示した。

- ・すごい。回転し始めた。どうして回転しているのだろう
- ・最初はゆっくりだけど、徐々に回転が速くなった。どうして回転するのだろう
- ・下の方を見るとピストン運動が生み出されている。コップから発生する水蒸気がピストンを押し上げているのだろう
- ・裏面を見たら、金属板でふたがされている。ピストンを水蒸気で押ししていない。どうして動いているのだろう？
- ・カタカタという音がしている。一度止めてみよう。簡単に止まった。回転する力は弱そう
- ・排気ガスは出ているのかな。袋を被せて確かめたい
- ・あれっ、回転が遅くなってきたぞ。止まりそう。ああっ、止まった

など

授業者は全体に向けて、提示したものがピストン運動を生み出していたことを紹介し、エンジンの定義と結びつけて、これがエンジンであることを確認した。子どもたちからは「確かにエンジン

だけど、何で動いているのだろう」「燃料を使わないのに回っているのは、なぜだろう」などと、スターリングエンジンがなぜ回転するのかに着目した発言が目立った。そこで、授業者は「スターリングエンジンが動く原理を探ろう」となげかけた。それぞれのグループでスターリングエンジンの動作を観察することができるように、各グループにスターリングエンジンを配付し、スターリングエンジンが動作する様子を間近で観察することができるようにした。以下は、その際の対話の様子である。

- ・下のコップに入っているお湯が怪しい。お湯の熱を利用しているのだろう。だから、お湯の温度が下がると回転しなくなる
- ・水蒸気がピストンを押しているのかな
- ・熱がなぜピストンを押し上げるのだろう (授業者が「熱い空気は上に行こうとするということなのか」尋ねる)
- ・空気は熱くなると膨張する性質がある。例えば、空の瓶をお風呂に入れて口の部分に、10円玉を乗せると、温められた空気に10円玉が押されてパカパカと動いた。それと同じ原理だ
- ・夏の暑い時に、家のリビングでエアコンをつけると、2階がとても暑いことがある。空気は熱くなると、上にいく
- ・空気の例じゃないけど、お風呂に入ると上の方は熱いけど、下の方が冷たい時がある。原理としては似ている
- ・温められた空気で押しているなら、スターリングエンジンの内部にあるふたのようなものは、ずっと上にあって落ちてこないのではないかな
- ・上の部分では、空気が冷やされて重くなる。だから内部のふたのようなものが下がるのではないかな
- ・上をもっと冷やし、下をもっと熱したらどうなるのだろう
- ・本当に排気ガスは出していないのだろうか

など

スターリングエンジンの動作原理について対話をした子どもたちは、自らの生活経験と関連づけながら、熱による空気の膨張と収縮によって動作していることに気づいていった。そして、スターリングエンジンは「温度差によって膨張、圧縮する空気の利用して、ピストンが動作している」ことを全体で確認した。また、対話の中で「本当に排気ガスは出していないのだろうか」「上をもっと冷やし、下をもっと熱したらどうなるのだろう」

という新たな疑問が出た。そのため、実際にスターリングエンジンを袋で覆い被せて動作させ、その際の袋の動きを観察した。



袋は全く動かない中、スターリングエンジンが動作している様子を観察した子どもからは、「排気ガスが出ないエンジンは未来のエンジンだ」という発言が聞かれた。また、子どもたちの「上をもっと冷やし、下をもっと熱したらどうなるのだろう」という疑問に対しては、「上をもっと冷やし、下をもっと熱したら、さらに速く動作するかもしれない」など、動作原理に基づいた動作の向上を求める意見や、実際に動作原理を確かめようという思いが出されたため、実際に試した。メインシリンダーの上部（お湯で熱せられる部分の反対側）に保冷剤を置くと、さらに空気が冷やされ、回転が速くなり、回転時間が延びた。



子どもたちは、スターリングエンジンが回転する様子を実際に観察することによって、疑問が解決されただけでなく、自分たちが考えた動作原理が確かであることを実感することができた。ただし、下部をさらに熱する考えに対しては、室内で火を使用することは難しいため、その方法は取りやめた。

スターリングエンジンが回転する様子を観察し続ける子どもたちから「すごい、エンジンだ」「排気ガスが出ないエンジンは画期的だ」「つくってみたい」などの声があがった。その後、授業者はスターリングエンジンに関する資料を配付し、以下の三点を確認した。

- ①19世紀初め（1816年）にロバート・スターリングが発明したエンジンであり、「スターリングエンジン」とよぶこと
- ②牧師であるロバート・スターリングは蒸気機関の高圧化に伴う爆発事故を減らしたい気持ちで製作に取り組んだこと
- ③熱気球が上下する様子をヒントにして開発したこと

そして、子どもたちの「スターリングエンジンをつくってみたい」という発言を取りあげ、次時からスターリングエンジンを製作していくことを伝えた。授業後の子どもたちの「追求の記録」には、以下のような内容が記された。

- ・スターリングエンジンが動いた時、思わず声が出てしまった。草刈り機のエンジンと違い、排気ガスも出ないし、音もうるさくないからとてもクリーンなエンジンだと思った
- ・早くスターリングエンジンを作ってみたい。構造は単純そうだから、すぐに製作できそう。でも、空気の力を利用するから、密閉にしなければいけない。密閉にするのは難しそう
- ・熱を伝えるためには、熱伝導率が高い金属を使用した方が良さそう
- ・確かに環境には良さそうだけど、エンジンの力と比べると、スターリングエンジンはとても弱そう。回転する円盤に触ってみたら、すぐに止まってしまった
- ・勢いよく回ってはいるが、最初のきっかけが必要だから、実用性は低そう。スターリングエンジンが実際に使用されている所はあるのだろうか

など

### (3) スターリングエンジン模型を製作する

スターリングエンジンの構造は単純だが、製作に取り組むと、製作の難易度が高い部分がある。「シリンダー内を密閉にすること」「シリンダーとパワーピストンの接続にすき間がないこと」「パワーシリンダーとパワーピストンの摩擦をできる限り少なくすること」などの項目は、スターリングエンジンが正常に動作しない要因である。そこで、本題材ではパワーシリンダーとパワーピストンは市販されているものを使用することとした。また、ディスプレイサーが滑らかに上下運動をするように二つの磁石を準備し、磁石の引きつ

け合う力を利用する磁気ディスプレイ型スターリングエンジンを製作することとした。製作の見本として、静岡大学教育学部松永泰弘教授から、スターリングエンジンの模型をお借りし、子どもたちに提示した。

子どもたちは、シリンダーの上部と下部となるアルミ材を切り出す作業から始めた。子どもたちは金切りばさみを使用して、丁寧にアルミ板を円に切っていた。金切りばさみでアルミ板を切ると、バリが生じ、指を切る恐れがあるため、軍手の装着を徹底した。実際に切削する際には、サポートしながら安全な作業となるようによびかけた。

次に、卓上ボール盤を使用し、上部のアルミ板にパワーピストンを接着するための穴を開けた。その際、材料が回転しないようにCクランプで材料を固定したり、アルミ板がへこまないように捨て板を準備したりして、安全に作業が進むようにした。支柱やシャフトの材料は金属であるため、切断時には弓のこを、折り曲げ時には万力と木槌を使用し、まっすぐに切断したり折り曲げたりすることができるようにした。切削や折り曲げなど金属を加工する際には熱が発生し、やけどをする危険性があるため、軍手の装着を徹底した。

多くの子どもたちが二枚のアルミ板とメインシリンダー、各部品を切り終わったら、はずみ車とパワーピストンの接続を行った。この場面では第 1, 2 時で使用した自転車を準備し、代表の子どもがペダルをこぎ、そこにかかる力について考える時間を設けた。ペダルをこぐ動作は、「片方の足でペダルをこぐ際に、もう片方の足ではペダルをこいでいないこと」「ペダルが上部に上がってきたら押し込む足が変わり、逆の足でペダルをこいでいること」「これらの動作を連続するとペダルをこぐ動作となること」を確認した。子どもたちは回転運動を生み出す際の、力の加え方には法則があることに気づいた。その後、はずみ車とパワーピストンの接続を行い、回転が生み出されるように調整していった。



製作中や製作後の「追求の記録」には、以下の

ような内容が記された。

- ・アルミを切った時に、とげができてしまってきれいな円にならなかった。やすりで断面を磨いてきれいにして取ることができてよかった
- ・金切りばさみを初めて使った。普段使用しているはさみとは違い、うまく切ることができなかった。刃をこすり合わせるような感覚が重要だと気づいたけど、力が必要で手が痛くなった
- ・部品の数はそれほど多くなかったけど、細かな調整が難しい。何度も調整したらシャフトが折れてしまった
- ・ディスプレイに磁石を埋め込み、上から磁石を近づけると、ディスプレイが上に吸い付くように上がった。磁石を遠ざけるとディスプレイが下に落ちていった。この動作が連続してスターリングエンジンが動作することがわかった

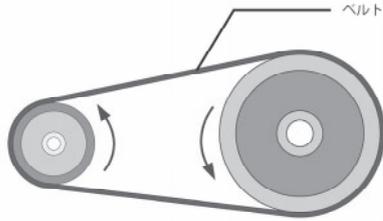
など

#### (4) スターリングエンジンが生み出すピストン運動を異なる動作に変換する

製作を通して、スターリングエンジンが動作する原理を実感した子どもたちに、授業者は「エンジンが生み出すピストン運動はどのように利用されているのだろう」と、すでに共有されている題材の本質に迫る問いをなげかけた。子どもたちからは、「ピストン運動が回転運動になることはわかったけど、この動きが何に利用されているかわからない」「回転運動には利用できたけど、他の動きはできないのだろうか」などの発言があった。ピストン運動や回転運動が異なる動作に利用されていることを実感するために、運動を伝達する仕組みや運動の方向を変化する仕組みなどの資料を配付し、それぞれのグループで資料を参考にして確かめるように促した。子どもたちはグループ内で対話をしながら異なる動作への変換や回転する力を伝達する方法について理解を深めていった。

##### 回転運動から離れた別の軸へ力を伝える

- ・回転するフライホイールにベルトを巻き、異なる軸に回転する力を伝えるためには、ベルトやチェーンが有効だろう
- ・自転車はチェーンを使っているから、わかりやすい。自転車以外にベルトやチェーンが使用されているものはないだろうか（授業者は卓上ボール盤の上部のふたを取り外し、その様子を観察するように伝える）

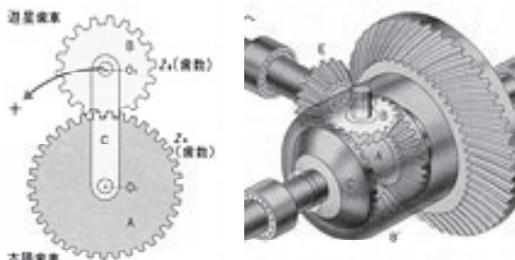


- ・卓上ボール盤はベルトで力を伝えていることがわかった。ベルトをかけるところがいくつもあった
- ・ベルトをどこにかけるかで速さが変わるのかもしれない。自転車がペダルをこぐ重さを変えることができる構造と同じように考えた。そうに違いない
- ・(提示した資料を見て) ベルトやチェーンを使用する場合、回転する軸の円より回転力を伝える軸の円が大きいと回転する数は減る。逆に、小さいと回転する数は増える
- ・どうして回転する数を減らす必要があるのだろうか
- ・自転車を例で考えると、回転する数が減ると回転する力は大きくなるのだろうか
- ・回転する回数が多いと、回転する力は弱いということだろうか

#### 回転運動を往復運動に変換する

- ・4本の棒をつなぎ合わせるリンク機構では、往復運動が生み出されるようだ。てこクラック機構ともよぶそうだ
- ・実際に模型を作ってみよう  
(スチレンボードを加工して、4節リンク機構の模型を製作する)
- ・本当に回転運動が左右に揺れる動きになった。車のワイパーのような動きになった
- ・棒の長さを変えたり、固定する所を変えると、動き方が変わる
- ・三本では動かなくなった

#### 回転運動から接する別の軸へ力を伝達する



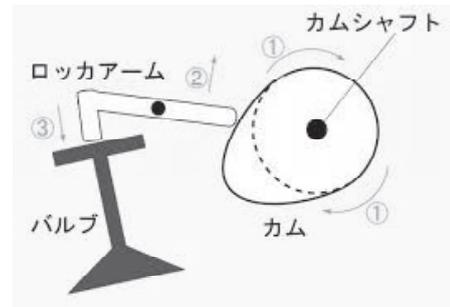
- ・歯車同士をかみ合わせれば、力は確実に伝えられる。でも、確実に接触をしないとうまく回らず、力が伝わらない。模型を作る

うとしたけど、うまくかみ合わせることができなかった

- ・歯車のように凹凸がないものを摩擦車とよぶことがわかった。歯車よりも力のロスが大きい。でも、構造は簡単だ
- ・回転する速度を上げるためには、力を伝える方の直径を小さくすれば、高速で回転することができる
- ・軸の方向を変えれば、いろいろな方向の回転を生み出すことができる

#### 回転運動を上下運動へ変換する

- ・楕円形のを回転させることで、上下運動を生み出すことができる。カム機構とよばれている
- ・カム機構を利用すれば、規則的な上下運動を生み出すことができる
- ・調べてみたら、車のエンジン内に使われているようだ



- ・エンジンが生み出すピストン運動を活用すれば、異なる動作に変換することができる
- ・様々な力を変換する機構や伝達方法を試してみたけど、うまく動作しないものもあった。力は目に映らないから、難しい

など

子どもたちは回転運動から異なる動作に利用できることを体験を通して実感していった。グループ内での活動だったが、他のグループではどのような動作になっているかを進んで聞きに行く様子や語り合う姿が見られた。子どもたちは自らの生活と関連づけたり、変換している活用例を調べたりしながら考えを深めていくことができた。授業者から草刈り機がどのような原理で回転を生み出しているのかをなげかけ、授業を終えた。授業後に子どもたちは「追求の記録」に以下のような内容を記した。

- ・回転運動を異なる動きに変換することができた。多くの動きに変換した動作から身の回りにあるものの動きをイメージすることができた

- ・摩擦車や歯車で回転する力を伝える方法では、伝えられる方の直径が伝える方の直径より大きいとゆっくりと回転し、直径が小さいと回転する速度が速くなった
- ・かき歯車を使えば、様々な方向に力を伝えることができる。身の回りの動くものは、回転運動を変換したり、伝達したりして異なる動作を生み出し、それを利用していることがわかった
- ・エンジンの力を逆回転にする方法に興味をもった。どのようにしているか調べたい。モーターに電気を流して回転を生み出す時は、プラス極とマイナス極を入れ替えれば逆回転になるけど、エンジンは摩擦車や歯車が接触する場所を変えれば、回転する向きも変えることができることがわかった
- ・ピストン運動を利用して回転運動を生み出したように、回転運動を工夫すれば、多くの動きに変えることができる

など

#### (5) スターリングエンジンを活用する場面を探り、エネルギーの視点から未来を考える

私たちの生活で利用されているものの動作は、燃料の爆発や電気の力などで生み出された運動を変換したり伝達したりしていることに気づいた子どもたちに、授業者は以下の内容を伝えた。

スターリングエンジンが広まって60年後に、ガスを使用した内燃機関が発明されて以降、内燃機関の時代に突入していった。スターリングエンジンの活用場面はほぼ失われた

この事実を知った子どもたちは、「やっぱりそうか」「当然のこと」と反応を示した。なぜなら、これまでの活動からスターリングエンジンが生み出す力が弱いことに気づいていたからだだろう。そして、授業者は「環境を破壊しないスターリングエンジンを利用できる場面を探ろう」となげかけた。この発問のねらいは、「生み出す力は弱いけど、環境を破壊しない」というスターリングエンジンの特徴を身近な生活と結びつけることで、公正な技術観を養うことが期待できると考えたためである。また、子どもたちが世界規模で取り組まれているエネルギー問題へ関連づけながら発言することを期待したからである。

子どもたちは温度差がある場所について考えていった。そして、スターリングエンジンを設置することによる効果について考えていった。以下に子どもたちが考案した内容の一部と対話の内容を

紹介する。

#### グループ A

- ・都市部のビルの壁に扇風機のような羽根を取り付けてみたい。そうすれば、風が生み出され、ヒートアイランド現象がおさえられるかもしれない
- ・ヒートアイランド現象って何？
- ・原因は多くあるようだけど、都市部で熱が逃げずに高温になる現象のことで、高層ビルが多いから、風が弱くなって熱がこもりやすくなると聞いたことがある
- ・うまく風が生み出されれば、解決しそう
- ・でも、スターリングエンジンは勝手に動き出さないから、何かきっかけが必要になる
- ・動くきっかけさえ見つけられれば、できそう

#### グループ B

- ・家の壁にスターリングエンジンを埋め込んでみたい。夏の屋外は太陽によって温められて、室内は空調で涼しくなっているから、温度差が生まれて動作できそう。その回転を利用することはできないだろうか
- ・スターリングエンジンから生み出される回転を歯車やベルトでつなげて、タービンを回転させることができれば発電ができそう
- ・ベルトコンベアのようなものを回すことができれば、洗濯物を簡単に入れられそう
- ・力が弱いから、あまり大きなものは運べない
- ・室内の温度は機械で一定になっていれば、外の温度が何度になったかスターリングエンジンでわかることもできるかもしれない

#### グループ C

- ・どうしても熱の発生を食い止められないことができない場面で利用しよう。例えば、工場で発生する熱や車のエンジンの熱を利用することはできないだろうか
- ・その場所で何をさせるかを考えよう
- ・熱が集まる場所にスターリングエンジンを置いて、スターリング発電をするとよい。例えば夏のプールサイドのマンホールはかなり高温になるから、利用できそう。それから、発電した電気は、蓄電池に溜めて誰でも機器を充電することができれば、助かる人が多いだろう
- ・水を扱う場所は、水がかかったら電気が流れてしまう。実現は難しい
- ・温泉を利用できないか。湧き出るところにスターリングエンジンを置いて、観覧車の

ようにして卵を入れられるようにすれば、  
自動でゆで卵が作れそう

など

子どもたちは対話しながら、身近な生活でスターリングエンジンの活用は難しいことに気づいていった。動作に必要な温度差のある場面は見つけれられるものの、生み出す力の強さや実用性などの視点から考えていくと、実現できない理由の方が見つけやすかったからだろう。身近な製品の代用としてスターリングエンジンを利用しようと考えたと、力が弱いから難しいと結論付けることが多くあった。子どもたちから「スターリングエンジンより、ガソリンエンジンのような強い力を生み出すものの方がよい」「力が弱いものよりも強い方がよさそう」という考えが出された。その後、授業者は、次の内容を子どもたちに提示した。

近年になってスターリングエンジンに注目が集まり出している。宇宙空間においてスターリングエンジンが活用されている。

スターリングエンジンが宇宙で活用されていることを知った子どもたちは驚きを隠せなかった。子どもたちからは「宇宙での温度差は250度くらいあると聞いたことがある」「地球上で利用できないものが、宇宙で活躍していることはすごい」などの発言があった。授業者は、主に冷却装置に活用されていて、宇宙観測には冷却装置が欠かせないことを伝えた。加えて、今から約200年前に発明された技術が、現代になって注目を集め、宇宙で動作している技術の尊さにふれながら、活用できないと考えられていた技術に注目したNASAの取り組みを紹介した。

強い力を生み出した方がよいという子どもが多かったため、授業者は「環境を破壊するおそれのある力強いエンジンを使い続けた方がよいですか。それとも環境に優しいエンジンに転換した方がよいですか」となげかけ、自分なりに考える時間を設けた。子どもたちはこの発問に対して、仲間と対話し、生み出す力の強さと自然環境の両立について考えを深めた。以下は、子どもたちの対話の一部である。

#### グループD

- ・自分たちのためにも、自然環境を重視することは大事だ
- ・今、強い力を重視する時代ではなくなってきている
- ・どっちを大切にすればよいか考える前に、今の社会は自然環境を重視することができ

ると思う？

- ・自然を大切にすべきだと言いたいけれど、難しそう。でも、生活に支障が出るものは、そのままにして、力が弱くてもよい場面は、スターリングエンジンのように環境に優しいものに変換していくべきだと思う
- ・場面によって使い分けるようにするためには法律や基準が必要だ。それぞれの視点で見たら、基準が必要なことがわかる。生活者としては、自然を重視にしたときに、力が弱いことで生活に支障が出てしまう。強い力を重視して、このままガソリンエンジンを使い続ければ、自然環境は破壊され続けてしまう
- ・何が自然環境によくないのか、私たちはどれほどの力を必要としているのか、利用するあり方について考えて、徐々に自然を守る方に変えていくべきだ
- ・すべてを一気に変えることは難しい
- ・強い力を求めるか、自然を守っていくかは難しい。本当に両立できるのだろうか

#### グループE

- ・これまで強い力を求めてきた歴史がある
- ・日本がもし昔から自然環境を重視してたら、今のように発展してない
- ・車が使えなかったら不便になる。歩いて移動するしかない世の中では困る
- ・パソコンも携帯電話もなくなってしまったら、生活が変わってしまう
- ・力を重視してきたから、学校に通うこともできる。自然を大切にしようと思えば、おそらくバスも走らないだろう
- ・自然環境を重視しすぎたら、すべてのものが高額になって、お金持ちしか暮らせなくなる社会になるのではないか
- ・医療機器も輸入できなくなるから、亡くなる人も増える
- ・衣服もほとんど海外から輸入してる
- ・力を重視しなければ生きていけない。力を重視してきたから自然エネルギーを利用することができる
- ・けれど、自然環境が破壊され続けるのを食い止める必要がある。そのために私たちが努力することが大切だろう

#### グループF

- ・ガソリンエンジンの時代は終わるべきだ
- ・それではどうすればいいの
- ・電気の時代になっていくのではないか。電気を売ることが自由化されたことを聞いた

ことがある。生み出した電気を貯めて、使ったり、売ったりする時代になる

- ・再生可能エネルギーの割合は増えていない。増やそうとしても増えていかないのではないか
- ・発電する効率が悪いから。例えば太陽光発電なら、曇りの日は発電量が少ないし、風力発電なら、風が吹かない日は（羽根が）回らないから発電できない
- ・電力を貯めていられるようにすればよい。蓄電する家や車を聞いたことがある

など

各グループで話題になった内容を全体で共有した後、授業者から「今後は、人の生活をより便利にするためだったら環境を破壊してもよいという考えは消滅すると言われていること」を確認した。そして、授業者は子どもたちへ「2030年代にガソリン車の製造廃止」と「指輪を装着して、新型感染症の感染を判定」の二つの新聞記事を配付した。その記事の概要を読み上げ、生み出す力は強いが環境を破壊する恐れのある、ガソリンエンジンの製造が廃止される動きが世界中に広まっていること、それが今から10年後にやってくることを伝えた。子どもたちの対話にあったような法律や基準などで自然環境を守ろうとする動きが出てくることも実現するかもしれないことも伝えた。

その一方で、環境を破壊する危険性が低く、強い力を生み出すことができるモーターへの転換が進んでいることも確認した。電気ですべてを生み出す技術が進んでいる事実を伝えると、子どもたちからは「確かに電気自動車やハイブリッドカーが多く発売されている」「ガソリンエンジンから電気モーターへ移行しているものが多い」などと発言した。最後に、授業者から人間の便利さだけを追求したり、環境を守ることを追求するのではなく、両方を対として捉え、互いが持続することができる技術や考え方が求められていることをおさえ、題材を閉じた。題材を終えた子どもたちは、「追求の記録」に以下の内容を記した。

- ・環境を守るか、強い力を生み出すかについては、今も判断が難しい。はっきり言えることは、自分の生活がより便利になっていくことはうれしいけれど、自然環境を破壊し続けることはやめていくべきということ。それをどのように実現していくかは、わからないけれど、どちらも大切にしながら生活していくことが求められている
- ・技術が生み出されるのを待っていたら、どんどん自然は破壊されてしまう。自然を破

壊しないためにも、規制をかけていくべきだ。規制をかければ反対する人が増えるけれど、どうして規制がかけるのかについて考えて、協力できる人になりたい。便利であることは大切だけど、便利すぎる社会は考え直すべき。人が行うことは何でも機械にやらせるのではなく、人が行うべき

- ・強い力があれば、いろいろなことを実現することができる。高層ビルを建てたり、道路を作ったり。けれど、自然環境は一度壊してしまうと回復することが難しいから、守るべきだろう。エネルギーを有効に使うことや効率よく生み出す方法について考えていきたい。スターリングが考えたように、きっかけは身近にあるかもしれないから、普段の生活を見つめ直すことをしていく
- ・人間が生きていくためには、環境保全は欠かせない。だから自然環境を大切にしなければならぬけれど、そればかりでは逆戻りになってしまう。便利な世の中だからこそ、便利さを失わずに環境を守るように生活していきたい。電気の社会になっているから、電気を効率よく貯められるようなシステムを開発したい
- ・SDGsについて調べたときに、当たり前のことばかりだと思ったけど、世界的に見れば、それが叶っていない地域もあるということだから、日本のような先進国がエネルギーに関する取り組みを進めることで、困っている地域を救えるかもしれない
- ・普段の生活から取り組めることがあるように思う。例えば、割り箸をもらわないとか、ゴミはゴミ箱に入れるとか。小さな行動が大きな成果となっていこう。そう考えると、エネルギー問題もこまめに電源を消すことや、人がいない時間帯は動作を止めることなどから始めて行くべきだろう。人がすべてを行うことは難しいから、センサで判断していくやり方は効果的だ
- ・私たちの生活はエネルギーを利用していることがわかった。車にしても草刈り機にしても、人が行う代わりにエネルギーを利用して、生活していて、今着ている服もペンも機械が作っていると思うと、無駄遣いをしないことが今の自分にできることだと思う。でも、自分が買わなくても作り続けるだろうから、いらなくなったものを捨てるという考えも大切になってくると思った

など

## 成果と課題

教科の主張で記した「技術・家庭科（技術分野）が願う子どもたちの学び」や「本題材で願う学び」をもとに授業実践を行い、以下のような成果と課題を見いだした。

### 1 成果

#### (1) スターリングエンジンの光と影を実感し、生活だけでなく社会、世界へと視野が広がっていった

技術・家庭科（技術分野）における製作の目的は、自らの「生活」をよりよくするためである。しかし、学習指導要領で示す「主体的・対話的で深い学び」を実現するには、自らの「生活」だけでなく社会や世界の現状や動向を見据えることも一つの手だてであると考えている。ところが、子どもたちが自然と社会や世界に目を向けることはたいへん難しいことも事実である。本題材では、子どもたちがスターリングエンジンの光と影を実感することを「願う子どもたちの学び」として、実践を重ねてきた。題材の終盤において、スターリングエンジンの活用方法を創造したり、力の強さを優先するか、環境への配慮を優先するかについて語り合ったりする場面では、思考する対象が身の回りの生活だけでなく、自然と社会や世界へ広がっていったことは成果であると捉えている。

#### (2) スターリングエンジンの動作原理を知り、製作に取り組み、ピストン運動を他の動作へ変換や伝達する活動により、身の回りの動きを一般化することができた

(1)で記した「願う子どもたちの学び」に加えて、本実践ではピストン運動や生み出された回転運動を異なる動作へ変換、伝達する学びにも重きを置いた。想定以上にスターリングエンジンが正常に動作することが難しかったため、スチレンボードなどの加工しやすい材料を使用して、様々な動作に変換、伝達する活動を行った。このような活動を通して、身の回りにある動作するものの動きは、生み出された回転運動を変換、伝達して実現されていると捉えることができた子どもが増え、それを実感しながら理解を深めていくことができた。また、回転運動を生み出す動力は異なっても、変換、伝達する仕組みは同様であることに気づく子どもが多くいた。ピストン運動や回転運動を異なる動作へ変換、伝達する活動によって、子どもたちがものの動作を一般化することができたと言える。

#### (3) 子どもたちの思考が「D 情報の技術」へつながっていった

授業を構想する際には想定していなかったが、子どもの思考をたどっていくと成果の一つとして言えることがある。それは、技術分野の四つの内容の関連性についてである。題材の終盤で力の強さを優先するか、環境への配慮を優先するかについて語り合う場面では、「電気中心の社会になる」という話題になったグループがあった。新型コロナウイルスに感染したかを判定する指輪に関する新聞記事を読んだ際に、子どもたちは各種センサが体内の情報を取得していることを知った。そして、自分たちの生活にも電気で制御しているものや、人の動作やものの状態などをセンサを使用して、判別しているものが増えていることに気づいていった。子どもの思考は「C エネルギー変換の技術」から「D 情報の技術」へつながっていったと言える。授業者として、技術分野の四つの内容の関連性を意識しながら、授業を構想することにより、子どもたちの学びはつながりをもつと感じた。

### 2 課題

切実感がもてずに終始きれいごととして捉える様子の子どものがいたことは課題である。実際にその子どもに要因を尋ねると、「自分たちが話し合っても、実際には変わっていかない」「話し合うよりも製作したい」と回答があった。この発言を受け、授業者として「学び」をどう捉えるかを改めて考え直し、子どもたちの実態に合っているかどうかについて再度確認する必要があると感じた。学ぶ側と授業を行う側が共通のイメージをもち、学びに向かっていく集団となるよう、題材の序盤で題材全体の流れを子どもたちに示すことも一つの手だてであると捉えている。

スターリングエンジンを製作する過程についても、大きな課題として捉えている。スターリングエンジンは、動作原理が明確であるため、子どもたちが工夫する余地がなく、同じ製作を重ねていった。子どもたちがまったく同じものを製作する場合は、模型を活用することも有効であると感じている。本題材では製作に重きをおかなかったものの、改めて製作する意義について考えを深めることができた。技術・家庭科（技術分野）では、基礎的な知識や技能の習得、真摯に解決にあたる態度を養うことが大切である。だからこそ授業を構想する際には、題材の内容やその難易度を見極めることは当然のことであり、技能の習得に関しては、子どもたちが習得すべき技能を整理し、製作活動に取り組む必要があると感じた。