

<論文>

## 小学校の理科実験活動におけるエネルギーに関する 児童の発話の特質

—第6学年の単元「電気とその利用」を事例として—

板橋 夏樹

【要約】 小学校第6学年の単元「電気とその利用」では、コンデンサーに蓄電した電気を使って電球や発光ダイオード、モーター等の各種電気器具を動かす実験活動を行い、エネルギーの保存や変換に関する学習を行う。本研究では、この実験活動における児童の活動の実相の解明のため、児童の発話を分析した。その結果、以下の知見を得た。

(1) 児童の発話の大部分が実験活動で用いる各種の実験器具の扱いに関するものであった。この一因として、この授業で用いられる手回し発電機やコンデンサーや発光ダイオード等の電気器具の扱いの難しさがあると考えられる。

(2) 「たまる、弱まる、減る、切れる」等のコンデンサーに蓄積される電気量に関する発話が多くみられたが、電気エネルギーから他の形態のエネルギーへ「変わる」等の発話が全くみられなかった。このことから、児童はエネルギーの保存の概念を実感を伴って理解しつつあるが、異なる形態同士のエネルギー変換を認識できていない可能性がある。

(3) 用語「エネルギー」の出現回数は、男児1名の「省エネ」についての発話1回のみであった。この学校で使用される各教科の教科書では、エネルギーという用語は複数の学年と単元で用いられている。しかし、この実験活動では電気エネルギーの保存や変換を扱う内容であるにもかかわらず、この用語を実験内容に適切に関連付けて活用できないことが明らかとなった。

Keywords：小学校、理科、エネルギー、電気、変換、保存、コンデンサー、発話

### 1. はじめに

『小学校学習指導要領』（平成29年告示）では、「主体的、対話的で深い学び」の実現をとおした児童の資質・能力の向上が求められている。理科の観察・実験活動では、必然的に児童が主体的に活動する場面となるため、活発な児童の発話や児童同士の対話が生じやすい。理科の対話の成立の要因についての先行研究としては、山岸・藤田（2000）がある。この研究で

小学校の理科実験活動におけるエネルギーに関する児童の発話の特質—第6学年の単元「電気とその利用」を事例として—（板橋 夏樹）

は、話し手が受け手に明確な応答を求める質問や合意を求めることが対話成立の要因となることを示唆している。高垣（2004）は、小学校第4学年の一斉形態の理科授業の協同学習における力の概念を題材とした教師や児童の相互作用を分析し、二項対立的な揺さぶりやアナロジーや視覚化という道具立てにより対話の生成や相互作用の変化が生じることを指摘していた。さらに、村瀬（2011）は小学校第6学年の生物分野の授業における話し合い活動や実験観察場面における児童の比喩表現の意味要素に着目した発話分析と考察により、児童が比喩表現を用いたやり取りをとおして自身の科学認識を深めることを指摘している。山根ら（2021）は、小学校第5学年の振り子の実験活動中の児童の発話と不適切な行為を分析し、不適切な行為が起きる際の原因として「測定値を記録・処理するという実験の特性によるものと、班員の考えや思いによるものがある」ことを明らかにしている。

ところで、『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、2018）では、エネルギー概念を主要な科学的概念の1つとして位置付けている。特に、第6学年の理科の単元「電気の利用」は、同書の「エネルギー」を柱とした内容の構成図において、「エネルギーの変換と保存」「エネルギー資源」に位置付けられており、第3学年から各学年で学習する電気と磁石に関する学習の総括としての位置づけにもなっている。

この単元では、手回し発電機で児童自身の手で発電できることや、その電気で豆電球やモーター、発光ダイオード、ICメロディー等の電子機器を動作させることができることを学ぶ。次に、手回し発電機で発生させた電気をコンデンサーに蓄電（充電）し、その電気をを用いて先述の電子機器を動作させることができることを学ぶ。さらに、蓄電したコンデンサーに豆電球や発光ダイオードを接続したときの作動時間の違いから消費電力の違いについても学ぶ。これらの学習を通して、電気エネルギーから光や音、運動エネルギーへのエネルギー変換や、エネルギーの保存の概念を学ぶ。

ところで、板橋（2022）は、小学校で使用される理科を含む各教科の教科書における用語「エネルギー」の使用される場面を調査した結果、その多くが食物や人体の内容であり、エネルギーの形態や変換の内容ではほとんど用いられていない実態を明らかにした。

『小学校学習指導要領』（平成29年告示）では、理科でエネルギー概念を扱うが用語「エネルギー」を直接扱うようにはなっていない。そのため、小学校理科の教科書では、原則として用語「エネルギー」は記載されていない。このような中で、児童はこの用語を使わずに、エネルギーの変換や保存に関する概念をどのように思考・表現し、何を学んでいるのだろうか。また、児童は用語「エネルギー」を授業中の発話の中で用いているのか、さらに、エネルギーの形態や保存についてどのように表現しているのだろうか。これらの解明には、授業内で児童が自然に発する発話を分析することが1つの糸口になる。理科授業における児童の発話分析に関する先行研究を見ると、第6学年の同単元を対象とした児童の発話を分析対象とした研究

は見つからない。そこで、同単元内の実験活動中の児童の発話や、児童同士の話し合いの内容を分析し解釈することにより、その実相を知ることができると考えられる。

本研究は、小学生のエネルギーについての考え方の特徴と今後の小学校段階におけるエネルギー概念の指導法の在り方を開発するための一助になると考えられる。

## 2. 研究目的

本研究の目的は、小学校第6学年の単元「電気とその利用」のコンデンサーを用いた電気エネルギーの保存、及び、蓄電した電気を用いた各種電気器具を作動させるエネルギー変換の実験における、児童の発話の実相を明らかにすることである。

## 3. 研究方法

本研究では、理科の実験活動における児童の発話を記録し、これを分析する。研究対象としたのは2021年12月13日に実施されたS市内の公立小学校第6学年（男子13名、女子11名）の1学級の理科授業の会話である。この学級の理科室での授業は、1班あたり男女混合の4名で構成された計6班編成で行われていた。また、この授業を指導した教師は、小学校での教員歴9年の理科専科の教員である。なお、本研究で見学した理科授業は、筆者や小学校の授業者が研究用に特別に用意した授業ではなく、教科書に沿った内容を扱った公立小学校で実際に行われている通常の授業である。このように、本研究は、一般的に行われている児童・教師の発話を分析対象とした事例研究である。

筆者は1コマ45分間の授業の参与観察を行うとともに、教師・児童の音声を記録した。各班の机の中央にICレコーダー（計6台）を設置して班内での児童同士の会話を録音した。その後、収集した教師及び児童の発話内容をICレコーダーで録音したデータをもとに書き起こしを行い、教師と児童の発話を文字化した。発話単位は海保博之・原田悦子（1997）が示した「話者が後退した時点を発話単位の終了とみなす」または「一定間隔以上の沈黙があった場合そこを発話単位の終了とみなす」時点を1カウントとした。なお、本稿での書き起こした発話データは「人+数字（班内での発話の番号：書き起こした発話文）の形式で特定の発言を示した。

なお、同授業では、教師及び児童は、新型コロナウイルス感染拡大防止のため、全員マスクを着用していた。このため、マスクを着用しない場合の録音に比べ、今回録音された音声には不明瞭な部分や雑音が多く含まれていた。そこで、フリー・ソフトウェアの「テープ起こしプレーヤー ver1.0.1.1」（株式会社アスカ21）を用い、可能な限り雑音を除去した。そのような

処理を行っても録音した音声には不明瞭な部分があった。その場合には、発話データ上に「聞き取り不可」と記載した。また、今回書き起こした発話データの分析においては、授業内容に関係のない児童の雑談を分析対象から除外した。

#### 4. 観察した授業の概要

本研究で観察した授業の概要を述べる。この小学校で使用している理科の教科書は『新しい理科 6』（東京書籍）で、観察した授業は単元「電気とその利用」の表 1 に示す部分である。この授業のめあては「手回し発電機でコンデンサーに電気をためて、コンデンサーを器具につなぐとどうなるのだろうか」というものであった。児童は、この授業で初めて蓄電の働きを持つコンデンサーの存在を知り、各自が蓄電した電気エネルギーで各種の電気器具が動くかどうかの実験を行った。本研究では、表 1 中の★印で示す授業における各班の児童・教師の発話内容を書き起こし、これを分析対象とした。この授業の課題は「手回し発電機でコンデンサーに電気をためて、コンデンサーを器具につなぐとどうなるのだろうか」というもので、児童は、手回し発電機でコンデンサーに蓄電し、その後、蓄電したコンデンサーを豆電球やプロペラ付きモーター、ブザー、発光ダイオード（以後 LED と記載）につなぎ、その様子を調べる実験活動を行った。なお、この授業では（株）大和科学教材研究所の理科教材キット「電気の利用 EM」<sup>1)</sup>を一人一台ずつ使用していた。このキットには、手回し発電機、豆電球、LED、電子ブザー、静電容量 1.0F のコンデンサー、プロペラ付きモーター等が含まれていた。図 1 は児童の席の配置を示したものである。

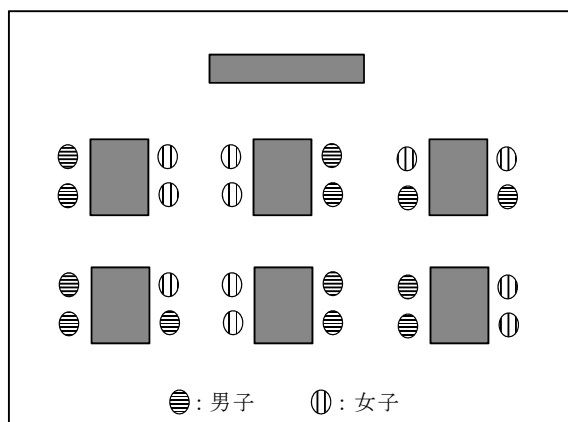


図 1 実験活動中の児童の席の配置状況

表1 観察した授業とその前後の授業内容の関係

	主な授業内容
前時	<p>○本時のめあて 「手回し発電機で発電した電気を器具で使うとどうなるのだろうか」</p> <p>○活動内容 手回し発電機を用いて、プロペラを動かしたり、豆電球やLEDを光らせたりする実験を通して、自身で発電し活用できることについて学ぶ。また、つなぐ器具によって手回し発電機を回す際の手ごたえが異なることに気づく。 ※光電池を用いた発電は本時で行っていない。</p> <p>○教科書の該当箇所： 『新しい理科6』（東京書籍、pp.151～152）</p>
本時 (★)	<p>○本時のめあて 「手回し発電機でコンデンサーに電気をためて、コンデンサーを器具につなぐとどうなるのだろうか」</p> <p>○活動内容 手回し発電機でコンデンサーに電気をためた後、そのコンデンサーをプロペラ付きモーターや豆電球、LED、ブザー等につないで作動させることができるか実験を行う。このことからコンデンサーに電気をためられること（蓄電）や、ためた電気を、光、音、運動などに変えて利用することができることを学ぶ。さらに、コンデンサーにつなぐ器具によって、動作する時間に違いがあることに気づく。</p> <p><u>実験1</u> コンデンサーにつないだ手回し発電機を50回し、コンデンサーを蓄電する。このコンデンサーを豆電球につなぎ、その様子を観察する。結果をワークシートに記録する。</p> <p><u>実験2</u> コンデンサーにつないだ手回し発電機を50回し、コンデンサーを蓄電する。このコンデンサーをプロペラ付きモーター、ブザー、LEDにつなぎ、その様子を観察する。結果をワークシートに記録する。</p> <p>○教科書の該当箇所： 『新しい理科6』（東京書籍、pp.153～154）</p>
次時	<p>○本時のめあて 「豆電球と発光ダイオードの明かりがつかう時のちがいがあろうか」</p> <p>○活動内容 コンデンサーに蓄電した電気をを用いて豆電球と発光ダイオードを発行させる実験を行う。ストップウォッチを使用して点灯する時間の違いを調べ、両者のエネルギー効率について理解する。</p> <p>○教科書の該当箇所： 『新しい理科6』（東京書籍、p.154）</p>

注) 表中の★印は、観察した授業を示す。

## 5. 発話内容の量的分析

ここでは、得られた実験活動中の児童発話を書き起こしたものを数量的に分析し、その特徴を明らかにする。書き起こした児童の発話の総数は255であった。さらに、得られた児童の発話内容を以下の表2のように分類し、その結果をグラフ化した(図2)。

表2 発話内容のカテゴリーとその内容

発話のカテゴリー	内 容
エネルギー変換に関する発話	「変換」の用語以外にも、それに類するような「変える」等の言葉を用いた発話をカウントした。
エネルギー保存に関する発話	「保存」の用語以外にも、コンデンサーでの電気の蓄電（充電）に関する表現（「たまる」「弱まる」「減る」「切れる」等）の発話をカウントした。
実験器具の操作に関する発話	各種の電気器具同士の接続の仕方や動かし方についての発話をカウントした。
電力の消費に関する発話	この単元では手回し発電機の「手ごたえ」をもとにエネルギー効率を考えるため、「手ごたえ」の発話をカウントした。
用語“エネルギー”を用いた発話	「エネルギー」の用語を用いた児童の発話数をカウントした。
探究や疑問に関する発話	「なぜ」「どうして」等の探究や疑問に関わる発話をカウントした。
その他の発話	上のカテゴリーに含まれない発話をカウントした。

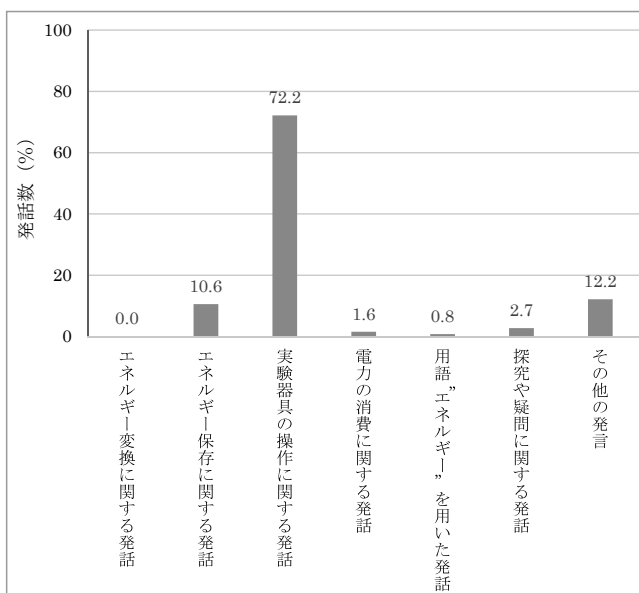


図2 児童の発話内容のカテゴリーと結果

図2から、実験活動中の児童の発話の多くが実験器具の操作に関するものであったことがわかる。次いで、「たまる」等のエネルギーの保存に関する発話が10.6%であった。それ以外のカテゴリーに関する発話は全くないか、ごくわずかであった。この状態を言い換えると、今回観察した授業では、多くの児童が実験活動の方法そのものについての発話に終始していたといえる。つまり、電気エネルギーが他の形態に変換されることや、コンデンサーに電気が保存できることや、蓄電した電気エネルギーが音や光、運動にエネルギーの形態が変化しているこ

とに児童が気付いていなかったことを意味している。

次に、児童の発話データを対象に、テキストマイニングによる分析を行った。共起の程度が強い語を結んで視覚的に表現した共起ネットワークを用いることにより、実験活動中の児童が発した語の頻出度合いと言葉同士の関連性を知ることができる。なお、本研究においては、樋口（2004）が開発したテキストマイニング用のフリー・ソフトウェアである KH Coder3 を使用した。その結果を図 3 に示す。

これによると、発話数の多い語は「豆電球」や、「発光ダイオード」と「光る」、「強い（弱い）」と「光」等の実験活動で使用した電気器具の名称とその作動状況を表す言葉であった。一方、コンデンサーの蓄電に関して児童が発した「充電」「切れる」「使い切る」等の語は少なかった。

次に、言葉同士の関係性に着目すると、例えば、図中の「発光、光る、ダイオード」や、「切れる、充電」「軽い、入れる、両方」などのように、言葉同士のつながっている数が少ないことが分かる。さらに、図中央にある「思う」という言葉の発生率が低いことから、実験活動を踏まえた考えを表出する場が少ないことが読み取れた。これにより、実験活動中の多くの児童は電球や発光ダイオードの点灯の挙動自体だけを観察している状態にあったといえる。つまり、その電気器具の中で発生している電気から光へのエネルギーの変換の過程について児童が深く考察できていなかった、といえる。

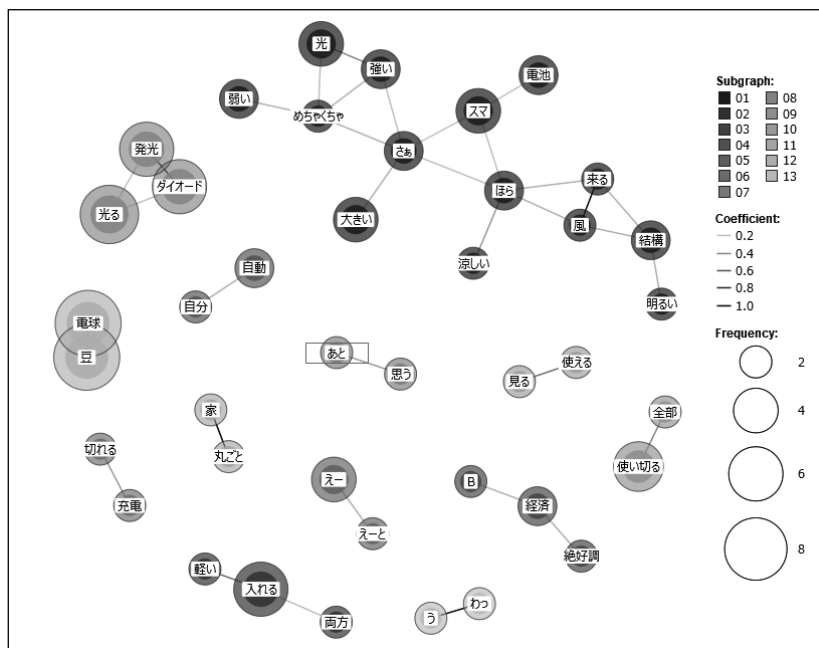


図3 児童の発話内容の共起ネットワーク図

## 6. 発話内容の質的分析

本節では、実験活動中に児童が具体的にどのような発話や周囲との言葉のやり取りを行っていたのかを分析し、その特徴を明らかにしたい。

### 6.1 エネルギーの変換に関する発話

本時の実験活動では、コンデンサーに蓄電された電気エネルギーが、豆電球や LED 等の光エネルギー、電子ブザーの音エネルギー、プロペラ付きモーターを動かす運動エネルギーに変換される過程を扱う。小学校理科では「エネルギー」や「変換」という用語は使用されないが、教科書ではその代わりに「電気は、光、音、運動などに変えて利用される」という文章でエネルギー変換を表現している。

そこで、「変わる、変える」等の言葉を用いて「○が△に変わる」等の児童の発話中の表現の有無を調べた結果、図 2 に示したとおり、そのような発話はゼロであった。つまり、児童の「○が光った」「鳴った」「動いた」等の発話は多くみられたものの、そのような動作が起こったエネルギーの変換の前後の関係を考察する段階に至っていなかったといえる。

### 6.2 エネルギーの保存に関する発話

ここでは、電気エネルギーの保存に関する発話について分析した。この単元では、コンデンサーに電気エネルギーを蓄電（充電）することをとおして、エネルギーの保存に関する概念を学ぶことになる。児童が使用する理科の教科書には、「エネルギー」や「保存」等の用語はない。その代わりに、「電気をためる」という表現があり、これがエネルギーの保存の概念を示す言葉に該当するといえる。

したがって、児童は、電気を「ためる」「たまる」や、「弱まる」「減る」「切れる」等の言葉を用いて会話をしている場合には、彼らがエネルギーの保存について考えていたと推察できる。以下では、これらの言葉を用いた事例を蓄電と放電の場面に分けて検討した。

#### 6.2.1 コンデンサーへの蓄電の表現の特徴

この小学校の児童が使用する東京書籍の理科の教科書には「コンデンサーなどを使うと、つくった電気をためることができます。電気をためることを、蓄電（充電）といいます」とある。このように教科書では、蓄電を「電気をためること」と表現している。教師が板書した本時のめあてにも、「手回し発電機でコンデンサーに電気をためて、コンデンサーを器具につなぐとどうなるのだろうか」と書いており、教師も電気をためるものとして蓄電を表現している。今回観察した 45 分間の授業で、教師は「ためる」という言葉を 4 回使用していた。また、



実験活動中の児童は、少なくとも7名の児童が「たまる」「ためる」の言葉を計13回使用していた。表3は、その一例である。

表3 「たまる」「ためる」の発話例

(2班)  
 女児A8：電気ためるの？  
 女児B4：ためるの。(電気)ためるんだったら・・・  
 男児A10：え、これだけでいいの？  
 女子A9：ためるんだったら、これにこう回してためる。電気、ためた方がいい。

このように、教師や児童は「ためる」「たまる」という言葉を積極的に活用した会話を行っている。特に、前述のように教師が発する「ためる」という言葉が、児童の観察時の会話に大きく影響しているともいえる。コンデンサーへの蓄電の原理は小学校理科では扱われないが、そのイメージを、児童はバケツに水がたまるような比喩表現を用いて想像していると推察される。

コンデンサーでの蓄電は、電気エネルギーの保存を意味している。エネルギー保存の概念を児童に理解させる場合には、児童の生活経験に近い「ためる」という表現の使用が分かりやすく適切であるといえよう。

### 6.2.2 コンデンサーの放電の表現の特徴

コンデンサーに蓄電した電気により各種の電気器具を作動させる実験活動において、表4に示すような児童の発話が見られた。コンデンサーの電圧が低下する現象を、1班の男児Aは「弱まる」、3班の女児Aは「減る」、3班の男児Aは「なくなる」という表現をしていた。また、2班の男児Aの「充電切れ」という表現は、日常生活で用いるスマートフォンや携帯型ゲーム機に内蔵されているバッテリーについて一般的によく用いられる表現の1つである。さらに、1班の男児Aの「寿命」やコンデンサーの電圧低下による電気器具の「回らなくなる」等の表現は、擬人化した表現といえる。以上から、多くの児童によるコンデンサーの放電の過程の表現は、エネルギーの擬人化や最近の日常生活で用いられる電子機器の状態の表現を活用したものといえる。

### 6.3 実験器具の操作に関する発話の特徴

教師は児童による実験活動を始める前に、この授業で使用する各種器具の使い方を電子黒板に拡大表示し、その使用方法を説明していた。本授業で使用した教材の構成は、各種の電気器具の接続の仕方は通常用いられるようなワニ口クリップ付きのリード線を用いる場合に比べて

表4 「弱まる」「減る」「切れる」の発話例

(1班) 男児A10：なんか、俺の弱まってきたんだけど 男児B5：弱まってる。 男児A11：寿命だ
(2班) 男児A12：(略) だんだん回らなくなってくるね。回る、回る、回る。あー、文句でもあるのか、おまえ。 男児B2：いやー、そんなー。 男児A13：それはね、充電切れたからだろ！
(3班) 男児B7：俺のも切れちゃった 男児A11：俺のも電気がなくなっちゃった 女児A10：これ全部使い切らなきゃいけないのかな。 光る？ 女児B6：光る。(聞き取り不可) より弱い。 女児A11：電気が減ると 女児B7：光が弱くなる

単純化され、様々な工夫がなされていた。それでも、各班の児童の発話内容を分析した結果、回路の組み立て方や使用する電子機器の操作について質問し合う児童同士の発話が多く確認された。これらの操作に関する発話数は、図2のグラフに示すように、全体の発話数の72.2%と大部分を占めていた。

その発話内容を分類すると、表5に示すように手回し発電機の回し方に関する操作方法や、モーターやLEDの接続や配線の仕方、コンデンサーと各種の器具の取り付け方、配線そのものに関する発話の確認された。今回の観察では、児童の性別に関係なく、電気器具の操作の仕方についての発話が数多く見出された。

児童は、今回の授業で新しく学ぶコンデンサーを除き、手回し発電機を豆電球、LED、プロペラ付きモーター、電子ブザー等の扱いを前時の実験活動で経験済みである。しかし、児童の発話を分析すると、これらの使い方に十分慣れていないことが読み取れる。この要因として次のことが考えられる。この単元で行う上述の電気器具を用いた回路づくりや操作は児童の日常生活にほとんどない活動であるため、多くの児童がこれらの機器の操作に慣れていない状態である。6.1と6.2で述べたような本時の中心となるべきエネルギーの変換や保存に関する発話がわずかであった理由の1つとして、実験活動における電気器具の操作自体に児童の関心が向けられたため、それ以上考察を行う時間的余裕がなかったことが考えられる。よって、この問題の解消のためには、より簡易な教材自体の工夫と、機器の操作のための十分な時間の確保が必要であろう。

表5 電気器具の操作方法に関する発話例

<p>(1) 手回し発電機に関する発話例</p>	<p>(2班)                  男児A1：つかないんだよー                  女児A1：あ、これ？                  男児A2：つかなくね？                  女児A2：あ、つかなかった？                  女児B1：あ、押さないで！                  女児A3：あ、待って。もう1回やろうか？ あ、反対になる。                  女児B2：回してみても</p> <hr/> <p>(6班)                  女児B5：どうやるの？                  女児A7：1回、電気をためるんじゃないの？                  女児B6：何回やる？                  女児A8：60回？                  男児A10：あ、数えてなかった。                  女児B7：1、2、3、4・・・</p>
<p>(2) モーターに関する発話例</p>	<p>(1班)                  男児A4：モーターが分からないんだよ。これに突っ込めばいいんじゃないの？                  これに突っ込めばよくねー？ どうなってるのこれ？ わかんねーな。</p> <hr/> <p>(3班)                  女子A6：えーとねー、えーとねー、えーとねー、こっちをこうすると。あ、反対？                  男児A9：あ、逆だ。まずい。これをここで、これがここで</p>
<p>(3) 豆電球やLEDに関する発話例</p>	<p>(6班)                  男児A3：もうついた。電源入れてとなくない？ ついたついた。いつまでもつかない？                  女児A2：えっ？                  男児A4：おっ、ついたついた。                  女児A3：ついた！                  男児A5：いーい。                  女児A4：なんでついたの？ めちゃくちゃ（光が）弱いんだけど。電源はいつてる？                  男児A6：もうちょっと（聞き取り不可）しよう。あ、消えた。                  女児B1：え、待って。なんか豆電球（聞き取り不可）                  教師1：そこまでメモしておいて                  男児A7：え、まって                  女児B2：あ、消えてきた</p>
<p>(4) コンデンサーに関する発話例</p>	<p>(1班)                  男児A2：そんなことより、これの回し方だよ。こうかな。（聞き取り不可）スイッチがこれじゃないの？ あ、点いてる。点きました。なんか気持ち悪い音するんだけど。                  男児B1：わーわーわーわーわ                  女児A1：そんなに早く回さないの                  男児A3：どっちだっけこれ？ こっちか。逆でない、それ？</p> <hr/> <p>(4班)                  男児A7：先生、はまりません。                  教師1：はまりませんか？                  男児A8：あ。はまらないんですけど。ノートに書きちゃったんですけど。                  教師2：じゃいいよ                  男児B3：先生、はまりません。                  教師3：はまらなかった？                  男児B4：熱くなるんですか？ 熱くなんない                  男児A9：プラスのものだけやって・・・                  教師4：ゆるいんだね、ま、いいでしょ。                  男児B5：先生、もとのやつはいいですか？                  教師5：もとのやつ？                  男児B6：さ、豆電球をやるぞ</p>
<p>(5) 配線の仕方に関する発話例</p>	<p>(2班)                  男児A5：えーと、どうすればいいんだ？                  女児A4：これを、こうつけるの。                  男児A6：あ、まちがった！ あ、そういうことか。赤は赤。</p>

#### 6.4 電力の消費に関する発話の特徴

ここでは、児童が前時の学習で学んでいる手回し発電機の「手ごたえ」を手掛かりとした消費電力の観点で分析する。前時では、手回し発電機に様々な電気器具をつないだ時の手回し発電機の「手ごたえ」の違いについて調べていた。手回し発電機での「手ごたえ」の違いは、各電気器具の消費電力の違いを示すものである。本時における前時の振り返りの場面では、モーターや豆電球に比べて、電子ブザーやLEDを手回し発電機につないだ時の「手ごたえ」が小さいことを確認していた。そこで、本時においても、児童が手回し発電機の「手ごたえ」について着目していたと考えられた。しかし、この「手ごたえ」についての発話は表6に示す一例のみであった。この班の男児Aは、手回し発電機を用いてコンデンサーに蓄電するほど手ごたえが軽くなると感じている、と発言していた。

表6 手回し発電機の手ごたえに関する発話例

(4班) 男児A11：(略) 電気を入れれば入れるほど軽くなってくる気がする。先生、電気を入れれば入れるほど軽くなる？ 教師6：電気を入れれば入れるほど軽くなっていっちゃうの？ 男児A12：(聞き取り不可) 教師7：ああ、そうなの。そういうことか。なるほどね。
--

#### 6.5 用語“エネルギー”を用いた発話

本時の学習は、これまでの述べたように、エネルギーの保存や変換の概念を扱う内容であった。他教科や日常生活の中でエネルギーという用語は広く用いられている。そのため、今回の実験活動では用語“エネルギー”を多く用いた児童同士の発話が予想された。しかし、児童の用語“エネルギー”を用いた発話は、表7に示す4班の男児Bの「省エネ」についての発話のみであった。なお、この「音は省エネ」という表現は科学的には誤りであるため、この男児は音について誤った認識をしているといえる。

表7 用語“エネルギー”を用いた発話例

(4班) 男児B19：省エネなんじゃない？ ほら。スマホってさあ、音であんま・・・ (中略) 男児B25：だってね、音は省エネだから。音は省エネだから。
---

#### 6.6 探究や疑問に関する発話の特徴

本研究では、探究に関わる発話として「なぜ」「どうして」等の疑問詞を用いた発話を探究

に関わる発話と定義した。それらに該当する発話は、図2に示すように全体の2.7%であった。その例を表8に示す。

2班では手回し発電機で蓄電したコンデンサーにモーターを接続してその動作の様子を調べていたが、なぜかモーターが回らなかった。そこで、男児Aは、モーターが回転しない理由を考えていた。

6班の男児Aは、実験活動の終盤の時間に、授業でコンデンサーに接続する電気器具を1つではなく2つにしたらどうなるかという点に関心を持ち、このような発話をしていった。

このような探究や疑問に関する2班の男児Aや6班の男児Aの発話は、両方とも実験活動の後半の場面で発生していた。これらの点から、探究に関わる発話が発生するためには、児童が実験活動前半の活動を円滑に進め、科学現象に対する考察について十分な時間の確保をする必要があることを示している。

表8 探究や疑問に関する発話例

(2班) 男児A8：回ってないんだけど。 女児A7：あ、回ってない。 男児A9：これってどういうこと？
(6班) 男児A17：これって2つやったらどうなるんですか？ 教師3：時間余ったときやってみよう。いろいろやってみたいでしょ？

## 6.7 その他の発話

これまでに分析した以外の児童の発話の特徴として挙げられるものを1つ述べる。それは、眼前の科学現象の理解をする際に、自らの電気製品に関する生活体験を当てはめて説明しようとするものである。表9の例に示すように、充電器とスマートフォン、及びその電池（バッテリー）という、児童の日常生活に関連付けた電気製品を用いて本時の実験課題の意味をとらえようとする発話が見られた。この児童は、手回し発電機を充電器、コンデンサーをスマートフォンの電池（バッテリー）、電気器具をスマートフォンに見立てていた。このように3つの機器を見立てることで、これらの接続の仕方を確認していたことが分かる。

表9 生活経験を援用した発話例

(1班) 男児A8：こー、ラジコンの（聞き取り不可）これがスマホの画面だとしてさ、これがスマホの電池。これが充電器。大丈夫じゃね？
--

## 7. 考察

児童の発話の量的な分析から、実験活動で用いる各種の実験器具の扱い方に関する発話が最も多く行われていた。この一因として、この授業で手回し発電機やコンデンサーや発光ダイオードなどの多数の電気器具を取り扱わなければならない点が挙げられる。さらに、これらの器具が児童の日常生活で身近なものでないことや、児童がこれらの器具の操作に不慣れであるために取り扱う自信がないために、操作の各過程に時間を要したためと考えられる。特に、コンデンサーと手回し発電機の接続や、その後の蓄電したコンデンサーを発電機から発光ダイオードや電子ブザーにつなぎかえる等の技術的な操作は児童にとって難しい。また、発光ダイオードや電子ブザーはモーターや豆電球と異なり極性をもつために、プラス・マイナスの端子を逆に接続すると作動しない。このような特性をもつ電子器具は、第6学年理科の本単元で初めて扱われるものである。本授業の目的は、エネルギーの保存や変換に関する視点をもって探究することである。その実現のためには、器具の操作自体をできるだけ簡単にし、そこにかかる時間を短縮することができるような教材の工夫も必要であろう。そのようにできれば、児童は時間的に余裕をもって探究に向き合えるようになると考えられる。

次に、今回観察した授業は、コンデンサーを用いた電気エネルギーの保存の概念や、コンデンサーに蓄電した電気エネルギーを光や音や運動といった異なる形態のエネルギーに変換できることを体験的に理解する授業であった。今回の調査では、電気をコンデンサーに「ためる」等の発話や、コンデンサーに溜まっていた電気エネルギーが「弱まる、減る、切れる」等の発話が多くみられた。これらの点から、児童が実感を伴ってエネルギーの保存についての理解を深めていたと推察される。一方で、「変わる」等の発話が全く見られなかった。このことから、児童は電気エネルギーが音や光、運動のエネルギーに変換する現象を目撃しているが、実験結果としての音や光、運動のエネルギーの形態のみだけに着目しており、変換前のコンデンサーに蓄電された電気エネルギーとの関係まで言及していない。つまり、2つの異なる形態のエネルギーの変換という視点で科学現象をとらえることができていない、といえる。今回観察した授業前半における教師の発話を分析したところ、その発話の大部分が、コンデンサーとそれにつなぐ電球等の電気器具同士の接続方法に関するものであった。教師は授業終盤でエネルギーの変換や効率に関する児童の気付きを取り上げてはいた。しかし、本研究の分析結果により、電気エネルギーが他の形態のエネルギーに変換されるという発見を、児童自ら気付くことは難しい。したがって、児童にエネルギーの変換を認識させるため、教師側の授業の「めあて」の設定場面等で意図的にエネルギーの変換についての視点を提供したり、実験活動中の児童同士の会話へ積極的に介入したりすることが必要である。

さらに、児童の用語“エネルギー”の使用についてである。今回の児童の発話で確認できた

のは、表7に示した男児1名の「省エネ」についての発話のみであった。ただし、表7に示す「音は省エネだから」という発言内容は科学的には誤りである。観察した小学校の児童が使用する理科の教科書『新しい理科』（毛利守他（2021）、東京書籍）では用語“エネルギー”を用いていない。彼らが用いる理科以外の教科書を見ると、社会科でを使用した教科書『新編新しい社会5下』（北俊夫他（2021）、東京書籍）の単元「わたしたちの生活と工業生産」には、「自然エネルギー」（p.31）や「再生可能エネルギー」（p.44）という表現がある。また、男児Aが言及した「省エネ」という用語は、家庭科の教科書『小学校わたしたちの家庭科5・6』（鳴海多恵子他（2021）、開隆堂出版）のコラム「住まいの省エネ」の中にある。表7で示した児童は、このような他教科で獲得した知識を使って目の前の事象を説明しようと試みた可能性がある。このように、理科やそれ以外の教科で学んだ知識を、目の前の科学現象の説明に使用して表現を試みようとする児童の存在が分かる。しかし、先述のとおり、用語“エネルギー”を用いていたことが確認できたのはこの事例のみであった。このことから、児童が他の教科の教科書でエネルギーという用語を目にしているにも関わらず、電気エネルギーを扱うこの実験活動の場で、エネルギーという科学的な用語を適切に活用できないでいる、という実態が明らかとなった。よって、理科の同単元のエネルギーの保存や変換を扱う授業では、理科を含め各教科でこの概念を扱った学習内容を織り交ぜたクロスカリキュラム的な視点による授業内容の構築による、児童のエネルギーに関する知識の統合が必要であろう。

## 8. おわりに

本研究は、ある公立小学校の第6学年理科の電気に関する単元の1回の授業における児童の発話を分析した事例研究である。この授業での児童の発話分析により、電気器具を扱う児童が実験器具の操作に相当の時間と労力を費やしていることを明らかにした。また、この実験活動を行うだけではエネルギーの保存や変換等の概念を自ら獲得することが困難であることも明らかとなった。

今後の課題は、同授業内容に関する複数の学校学級の授業分析の事例のさらなる収集と分析、本研究では焦点を当てなかった教師の発話の児童の実験活動への影響の分析である。さらに、児童が目にする教科書が異なれば、彼らが得る用語“エネルギー”の情報も異なってくる。よって、今回調査したS市とは異なる教科書採択地区の、出版社の異なる理科教科書を用いている小学校の児童の発話分析を行い、その発話内容の違いについて調査を検討したい。

小学校の理科実験活動におけるエネルギーに関する児童の発話の特質—第6学年の単元「電気とその利用」を事例として—（板橋 夏樹）

## 謝辞

本研究の遂行にあたり、仙台市立川平小学校の校長先生はじめ諸先生方のご協力を賜りました。この場を借りて御礼申し上げます。

## 附記

本研究の一部は、JSPS 科研費 20K02922 の助成を受けて実施した。また、本稿は、2022 年度に開催された日本理科教育学第 72 回全国大会での発表内容（板橋、2022）に大幅な加筆・修正を加えたものである。また、本研究は、宮城学院女子大学研究倫理審査の承認を得ている。

## 註

- 1) 観察した授業で児童が使用した教材キットは、以下に示すものである。  
（株）大和科学教材研究所の理科教材キット「電気の利用 EM」  
（[http://www.daiwa-e.com/contents/seihin/seihin\\_r6-07\\_main.php](http://www.daiwa-e.com/contents/seihin/seihin_r6-07_main.php) 2022 年 12 月 29 日閲覧）

## 参考文献

- 樋口耕一（2004）、「テキスト型データの計量的分析：2つのアプローチの峻別と統合」、『理論と方法』19(1)、101-115.
- 板橋夏樹（2022）、「児童が小学校教科書から得る用語“エネルギー”の情報について」、『宮城学院女子大学研究論文集 135 号』、1-16.
- 海保博之・原田悦子（1997）、『プロトコル分析入門 発話データから何を讀むか』、新曜社.
- 北俊夫他（2021）、『新編 新しい社会 5 下』、東京書籍.
- 文部科学省（2018a）、『小学校学習指導要領（平成 29 年告示）』、東洋館出版社.
- 文部科学省（2018b）、『小学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説理科編』、東洋館出版社.
- 毛利守他（2021）、『新しい理科』、東京書籍.
- 村瀬公胤（2011）、「理科授業の話し合いにおける科学的概念の協同構成：比喩表現のアプローチ（借用/領有）に注目して」、『理科教育学研究』51(3)、227-237.
- 鳴海多恵子他（2021）、『小学校わたしたちの家庭科 5・6』、開隆堂出版.
- 山岸美穂・藤田剛志（2000）、「理科授業における対話の発生とその要因：小学校 6 年生のグループ学習の場合」、『千葉大学教育学部研究紀要. I、教育科学編』第 48 巻、59-66.
- 高垣マユミ・中島 朋紀（2004）、「理科授業の協同学習における発話事例の解釈的分析」、『教育心理学研究』52(4)、472-484.
- 山根悠平・雲財寛・稲田結美・角屋重樹（2021）、「小学校理科授業における不適切な行為に関する児童の実態」、『理科教育学研究』62(2)、513-525.



**A Study on the Characteristics of Utterances about Energy in  
Elementary School Science Experiments:  
A Case Study of the 6th Grade Elementary Science Unit  
“Electricity and Its Use”**

ITAHASHI Natsuki

In the elementary school teaching unit “Electricity and Its Uses” (sixth-year students), experimental activities are performed using electricity from a charged capacitor to operate electrical apparatuses, such as lightbulbs, light-emitting diodes (LEDs), motors, and so on. Here, students learn about the conservation and conversion of energy. To clarify the actual state of student activities in these experiments, the present study analyzes the content of student spoken communications (“utterances”). The findings are as follows:

(1) The majority of student utterances concerned how to manipulate the experimental apparatuses used in the experiments. One reason is thought to be the difficulty of manipulating the electrical apparatuses used in the class, including a hand-cranked generator, capacitors, LEDs, and so on.

(2) The students frequently used words related to the amount of electricity accumulated within a capacitor, such as “accumulate (collect),” “weaken,” “reduce,” “deplete (use up),” etc. However, there was no use whatsoever of the word “change” or variations thereof that would indicate the conversion of electrical energy to another state of energy. Given these facts, it can be said that while the students gained an experience-based understanding of the concept of energy conservation, they were not cognizant of the phenomenon of energy conversion.

(3) The term “energy” appeared only once: a male student spoke of “saving energy.” Students in this school had repeatedly encountered the term “energy” in the textbooks of other classes. However, although the content of these experiments involved the conservation and conversion of electrical energy, it became clear that this term (“energy”) was not appropriately associated and used within the experiments.