

児童の力学的エネルギー概念の育成に関する実践的研究

－ 第6学年単元「てこの規則性」を中心として －

学習開発分野(23821261) 後藤 峻 吾

本研究では、まず児童が持つエネルギー概念の実態を調査した。次に、第6学年単元「てこの規則性」の学習に仕事概念を導入した授業を観察し、児童の様子を記録した。その結果、児童はエネルギーの変換と保存について十分に理解していないものの、力学的エネルギーを仕事と関連付けて捉えられるようになっていた。以上のことから、仕事概念をてこの授業に導入することは、エネルギー概念の育成に有益であることを明らかにした。

[キーワード] 小学校理科, エネルギー, てこの規則性, 振り子の運動, 実態調査

1 問題の所在

平成29年度改訂の学習指導要領(理科)では、エネルギー、粒子、生命、地球といった各領域について、第3学年から第6学年までの内容を系統的に学習することとなっている。児童のエネルギーに関する既有概念には誤概念が多く、児童がエネルギー概念を形成する上で指導が難しいと報告されている(隅田, 1996)。しかし、「エネルギーの捉え方」や「エネルギーの変換と保存」の学問的な考えに基づいた理科授業の実践的研究はこれまで十分には行われていない。

著者らのこれまでの研究では、振り子の運動に「斜面の運動」、「自由落下運動」、および「おもりの衝突」を組み合わせた授業を行った。この授業を通じて、児童は運動中の物体の重さが速さに影響しないこと、そして周期に影響しない「重さ」と「高さ」が「エネルギー」に関連していることは理解できていた。しかし、「速さ」とエネルギーの関係やエネルギーの捉え方については理解していなかった(後藤ら, 2023)。

2 研究の目的と方法

(1) 研究の目的

そこで、本研究の目的はまず、第6学年単元「てこの規則性」を題材として、児童が持つエネルギー概念の実態を明らかにすることである。そして、てこの授業を通して、エネルギーの見方や考え方を育成するための、具体的な指導方策を明らかにすることである。

(2) 研究の方法

研究の方法は次の通りである。

①小学校理科におけるエネルギーとその指導に関する先行研究を調査し、まとめた。

②第6学年単元「てこの規則性」の授業を観察した。なお、時期と対象は次の通りであった。

【時期】2023年12月から2024年1月まで

【対象】A県B小学校第6学年(32名)

③事前調査として、②の児童を対象に振り子の運動及びエネルギーに関する調査を実施し、その結果を分析した。なお、時期は次の通りであった。

【時期】2023年10月

④てこ及びエネルギーに関する調査用紙(プレ・ポストテスト)を作成し、調査を実施した。

⑤④の調査結果を分析し、考察した。

⑥小学校理科における力学的エネルギー概念育成に関する課題について検討した。

3 先行研究の検討

(1) エネルギーに関する先行研究について

①「エネルギー」の定義

エネルギーとは、物体が他の物体に対して仕事なし得る能力を意味する。物体が外部から仕事を加えられたという条件のもとで、その物体が仕事をなし得る能力をそなえ持ったとき、その物体はエネルギーを持っているという(広辞苑1996)。

②児童のエネルギーの捉え方

佐藤(2008)は、児童のエネルギーに対する理解が物理的な定義と日常的な認識の間で異なっていることを示していた。物理学ではエネルギーは「なすことのできる仕事の総量」として定義されるが、児童は「あたたかさ」や「動き」などの現象の原因として「エネルギー」を捉えていると示していた。

また、日常生活の文脈、例えば「省エネルギー」や「カロリー表示」といった用語から、エネルギーを電気や栄養と関連付けて考える傾向があり、さらに、メディアの影響も児童のエネルギーに対するイメージ形成に一定の役割を果たしていることを述べていた。

板橋(2019)は、児童が「エネルギー」という言葉から「食物」「人体」「電気」などを主に連想していることを明らかにした。また、理科の単元である「風やゴムの働き」「振り子の運動」「てこ」に関する記述やエネルギー保存に関する正しい記述がどの学年においても確認されなかったとことを明らかにした。さらに、多くの児童が電気をエネルギーの形態の一つとして認識しているものの、「エネルギーの変換」に関する記述は限定的で、「エネルギーの保存」に関する正しい理解は見られなかったとしている。これらにより、児童が「エネルギー」を「仕事をする能力」として科学的には捉えていないことがわかった。

③エネルギー概念形成における指導方策

小林(2017)は、中学校理科における「仕事」という概念は、日常言語との乖離が大きいため、生徒が「力と力の作用方向に沿った移動距離」という定義だけで理解するのは難しいとしていた。そこで、具体例として、おもりを持ち上げる際の図を用いて、「どの行為が一番労力を要するか」を考えさせる手法を提案していた。このアプローチにより、生徒はこの労力が力と移動距離に影響していることを直感的に捉えやすくなると述べていた。さらに、理科の視点から事象を考察すると、てこの場合でも、同じ物体を同じ高さに持ち上げる仕事の大きさは変わらないという仕事の原理の理解が促進されるとしていた。

(2) てこの学習を通じたエネルギー概念形成

小池(1996)は「てこ」の学習では、筋肉感覚による力と重さと関係を一体的に捉えることが難しいとしており、そのため、てこ、輪軸、力のつり合いを、実験器具上のつり合いとしてだけ認識し、力や仕事の概念から離れた認識の仕方をする人が多いと述べていた。

真鍋(2007)は、「てこ」の学習をエネルギー概念の導入と位置付けており、従来の学習では、実験用てこの理解に留まりがちで、条件制御の能力育成に重点が置かれていることが問題であると指摘していた。これに対し、「てこの規則性」の学習を

通じて「仕事の概念」を基盤とするエネルギー概念を育成する授業を提案していた。そこでは、力の概念を補充学習として配置し、単元の最後に仕事の原理(力の大きさと動いた距離の関係)の学習を取り入れていた。学習後の児童はエネルギーを持つものとして、おもりやバネばかり、ジェットコースター等をあげており、このことから、てこの授業に「力の概念」と「仕事の原理」を導入することで、正しいエネルギーの見方・考え方が養われることを明らかにしていた。

(4) 学習指導要領におけるエネルギーの取り扱い

小学校では、エネルギーを定義する内容は設定されていない。しかし、学習指導要領では、「エネルギー」を科学の基本的な概念等の柱とし、さらに「エネルギーの捉え方」「エネルギーの変換と保存」「エネルギー資源の有効利用」に分けて考えられている。具体的には、第5学年「振り子の運動」、第6学年「てこの規則性」は「エネルギーの捉え方」に関わる単元に位置付けられている。

4 結果と考察

(1) 事前調査(振り子の運動とエネルギー概念)

①事前調査の概要

おもりの重さ・振り始めの位置・うでの長さの3要素とエネルギーに関する児童の考え方の変容を調べるために、振り子の運動とエネルギーに関する調査用紙を作成し、調査を実施した。事前調査の概要は表1の通りであった。

表1 事前調査の概要

調査項目
a. 振り子の運動について
b. 振り子のおもりのエネルギー保存について
c. おもりの衝突について

②事前調査の結果と考察

a. 振り子の運動について

調査の結果から、ほとんどの児童が5年生の時の学習から半年を経過しても、振り子の周期は振り子の長さのみに関係すると理解しており、学習内容が定着していることがわかった。

b. 振り子のおもりのエネルギー保存について

振り始めの位置と反対側のおもりの位置は同じ高さになると全ての児童が回答していた。振り子のおもりが持つ位置エネルギーの保存については理解していることがわかった。

c. おもりの衝突について

おもりの衝突の調査結果は表2の通りであった。

表 2 おもりの衝突に関する回答結果

選択肢	回答率
A. おもりの重さ・振り始めの位置(完全正解)	44%
B. 振り始めの位置	13%
C. 振り始めの位置・うでの長さ	25%
D. おもりの重さ・うでの長さ	6%
E. おもりの重さ・振り始めの位置・うでの長さ	13%

振り始めの位置がエネルギーに関係する回答した児童は 94% (A・B・C・E の合計) であった。おもりの重さがエネルギーに関係していると回答した児童は 63% (A・D・E の合計) であった。うでの長さがエネルギーに関係すると回答した児童は 44% (C・D・E の合計) であった。児童には、周期はうでの長さが関係しているという考えが根強く残っていたため、うでの長さがエネルギーにも関係するという思い違いをしていると考えられる。

(2) てこの学習を通じたエネルギー概念の実態

①授業実践の観察

本研究で観察した第 6 学年単元「てこ」の授業では、従来の授業に加えて、てこがする仕事に着目した内容を導入していた。授業の概要は表 3 の通りであった。

表 3 「てこ」の授業概要 (10 時間)

	授業のテーマ	時間
1 次	てこの規則性について	5 時間
2 次	てこを利用した道具について	3 時間
3 次	てこがする仕事について	2 時間

②調査用紙の概要

てこ・仕事・エネルギーに関する調査用紙を作成し、調査を実施した。調査用紙の概要は表 4 の通りであった。

表 4 調査用紙の概要

調査項目	設問数
a. てこの規則性について	4
b. てこを利用した道具について	3
c. 仕事について	2
d, e. エネルギーについて	3

③調査の結果と考察

a. てこの規則性について

てこの規則性に関する問題についてはほとんどの児童が正解していた。このことから、授業を通し、てこの規則性に関する基本的な原理については理解できていることがわかった。

b. てこを利用した道具について

児童はてこを利用した道具である「はさみ」と「ピンセット」については、支点・力点・作用点の位置を正確に捉えていたことがわかった。一方、「栓抜き」については正しく捉えていない児童が

一定数見られ、その多くが「支点」は力点と作用点の中間に位置するという誤った認識をしていた。

c. 仕事について

児童のてこにおける仕事に関する回答の結果は図 1 の通りであった。

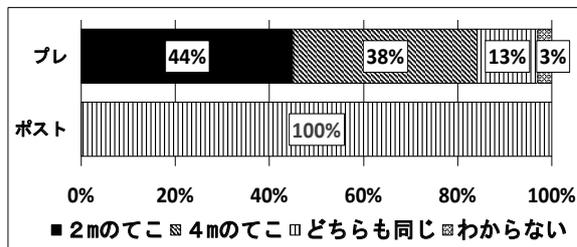


図 1 てこにおける仕事の回答結果

結果から、ポストテストでは、てこの棒の長さが異なっても、おもりの重さとそのおもりが移動した距離が同じであれば、仕事の量はどちらも同じであると全ての児童が回答していた。これは本単元において、仕事の概念とモーメント (傾ける働き) の考えを導入した効果であると考えられる。さらに、てこの規則性に関する問題も正解していたことから、ほとんどの児童がてこにおける仕事とモーメントの違いを理解していたと考えられる。

またポストテストでは、図 2 のような同じ重さの物体を異なる経路で同じ高さまで引き上げる力の大きさと仕事の量の違いを問う問題を行った。

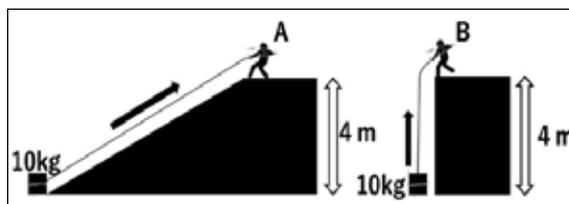


図 2 引き上げる力の大きさと仕事量について

図 2 において、引き上げる力は A の方が少なくて済むが、仕事の量は A も B も変わらないと回答できた児童は 48% であった。このことから、約半数の児童が力と仕事を区別することができていたと考えられる。

d. 位置エネルギーについて

図 3 のような机の上と下にある同じ大きさで重さの箱の位置エネルギーを問う問題を行った。

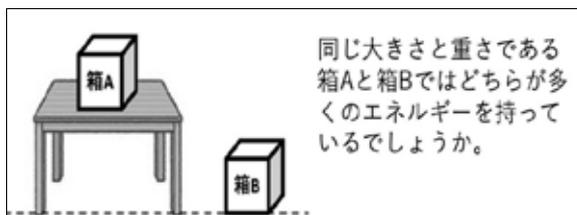


図 3 高さ位置エネルギーについて

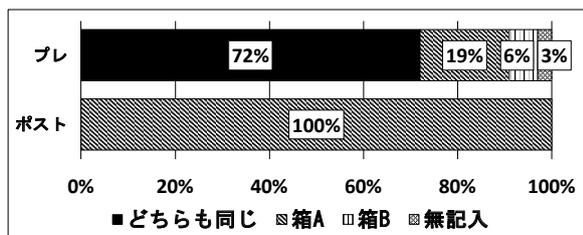


図4 位置エネルギーに関する回答結果

児童の回答の結果は図4の通りであった。ポストテストでは、全ての児童が図3に示す箱Aの方が箱Bよりも多くのエネルギーを持っていると回答していた。これは、おもりが持ち上げられた際に、高さに応じてそのおもりが持つ位置エネルギーは大きくなることを学習した効果であると考えられる。よって、位置が高いほど物体が持つエネルギーは大きくなるという、位置エネルギーの基本的な原理を理解することができたと考えられる。

e. 児童のエネルギーに関する考え方について

児童のエネルギーの捉え方は次の通りであった。

<p>【学習前】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ものを動かすための力だと思う。 ・原動力や源です。 ・生物が持っている力だと思います。 ・パワー
<p>【学習後】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・仕事をしようとする働き。 ・床に落ちるエネルギーや、そのものに溜まっている物がエネルギー。 ・例えば、物体が持ち上げられた時、持ち上げられた分だけ溜まったエネルギー。 ・そのものがする(持つ仕事)のことかと思えます。

本単元の学習前後の児童のエネルギーに対する考え方を比較すると、学習後には、より物理的な観点からエネルギーを捉えていることが明らかになった。本単元において仕事の概念を導入したことにより、児童がエネルギーを「仕事をする能力」として捉えることに繋がったと考えられた。

また、エネルギーの性質に関する問いにおいて、エネルギーは別の形態に変換することができ、さらにその総量は保存されるという正しい概念を有していた児童は約4割であった。このことから、半数以上の児童がエネルギーの変換と保存については理解していないことが明らかになった。

5 成果と課題

今回観察した授業では、従来のモーメント(傾ける働き)中心のこの学習に、仕事の考え方を加えた。これにより、児童はてこにおけるモーメントと仕事を区別し、位置エネルギーの概念の理解にも繋がれたと考える。さらに、学習を通して、漠然としたエネルギーの見方が力学的に仕事と関

連づけて捉えるようになった。本研究では、「仕事の考え方」を導入したてこの授業がエネルギー概念の育成に有益であることを明らかにした。

一方で、てこ以外の場面において、力と仕事の違いを明確に理解している児童は約半数程度に留まっていた。また、エネルギーの変換とその保存に関する理解はまだ多くの児童にとって不確かなものであった。そこで、今後は、仕事の概念に加え、力の概念の導入やエネルギーの変換と保存についても指導するための具体的方法について検討することが課題である。

主な引用・参考文献

- 後藤峻吾・今村哲史・神保諒一(2023)「小学校理科『振り子の運動』に関する授業改善の試み-おもりの重さとその動きに着目して-」、『第73回日本理科教育学会全国大会発表論文集』, 第21号, 201.
- 板橋夏樹(2019)「概念地図法を用いた小学生のエネルギー概念の分析」、『科学教育研究』, Vol. 43, No. 3, 233-243.
- 小林俊行(2017)「『見方・考え方』を働かせる『エネルギー』の学習」、『理科の教育』, 第783号, 17-20.
- 小池利雄(1996)「輪軸の指導上の問題点とその解明」、『へき地・少壮教員長期研修員論文』, 243-247.
- 真鍋秀樹・川勝博(2007)「エネルギー概念形成をみすえた小学校5年てんびんの授業の試み」、『日本理科教育学会四国支部会報』, 25巻, 11-12.
- 文部科学省(2018)『小学校学習指導要領解説(平成29年告知)解説 理科編』, 大日本図書
- 佐藤實之(2008)「エネルギー概念を理科学習の柱とする意義とその課題について」、『理科の教育』, Vol. 57, No. 674.
- 隅田学(1995)「『振り子の運動』に関する学習者の認知の発達的変容と学校理科学習の効果」、『日本理科教育学会研究紀要』, Vol. 36, No1, 17-28.

A Practical Study on Developing Children's Concepts of Mechanical Energy in Elementary Science : Focusing on the Rule of Leverage for 6th Grades
Ryogo GOTO