

# 高等学校物理基礎における 系統的理解を目指す授業づくり

— ICEルーブリックに基づく学習目標の提示と振り返りの活動を通して —

小柴 直人<sup>1</sup>

各教科等の特質に応じた「見方・考え方」を働かせながら、知識を相互に関連付けてより深く理解すること等に向かう「深い学び」の実現が求められている。本研究では、知識のつながりを考えるためにICEルーブリックに基づく学習目標の提示と振り返りの活動に着目した。高等学校物理基礎において、知識を相互に関連付けて系統的に理解することを目指す授業づくりを実践し、その成果と課題を明らかにした。

## はじめに

平成28年に中央教育審議会より示された、「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申)」では、「習得・活用・探究という学びの過程の中で、各教科等の特質に応じた『見方・考え方』を働かせながら、知識を相互に関連付けてより深く理解したり、(中略)することに向かう『深い学び』の実現を目指すこと(中央教育審議会 2016)が示された。

また、『高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説理科編』(以下、『解説』という)によると、「物理学の概念や原理・法則は単独で存在するものではなく、相互に関連し合っている。したがって、基本的な概念や原理・法則の個々の理解に留まらず、これらに関連させ系統的な理解にまで高め、一貫性のあるまとまりとして全体を捉えられるようになることが重要である。」(文部科学省 2019 p.61)と示している。

「深い学び」の実現が求められている一方で、これまでの筆者の指導を振り返ると、原理や法則の暗記を促す指導が中心になっており、生徒は知識を相互に関連付けて系統的に理解することが十分ではなかった。また、所属校において、令和4年度生徒による授業評価アンケート(理科)の「授業で学んだことをそれまでに学んだことと関連付けて理解することができた」という質問に対して「よくできた」と回答した生徒の割合が20%であることから指導上の課題と考える。

以上を踏まえ、本研究の目的を次のように定めた。

## 研究の目的

「深い学び」につながる高等学校物理基礎の授業実践として、知識を相互に関連付けて系統的に理解する

ことを目指す授業づくりを行い、仮説の検証を通して、その成果と課題を明らかにする。

## 研究の内容

### 1 先行研究

#### (1) ICEモデルとICEルーブリック

柘磨(2020)は、知識を相互に関連付けてより深く理解したり、知識を他の学習や生活の場面で活用できたりするようにするための学習モデルであるICEモデルを紹介している。ICEモデルとは、Ideas(基礎的知識)、Connections(つながり)、Extensions(応用)の三つの領域からなる学習方法である。ICEモデルの基本的な考え方は、基礎的な知識のつながりを適切な質問と指導を通じて理解させ、さらに自身の経験と結び付けて知識を応用させるものである。

ICEモデルにおけるルーブリックを「ICEルーブリック」と呼ぶ。成功の度合いを数やレベルといった尺度で示す一般的なルーブリックとは異なり、学習の質的な側面に焦点を当てた評価を行う特徴がある。また、ルーブリックを活用することで、ICEモデルの三つの領域における学びが明確になり、これを通じて、生徒は自身の学習の質を把握することができる。特に、中村(2018)は、高等学校数学科の授業においてICEルーブリックに基づく振り返りシートを活用した授業実践を行い、生徒の理解の様相を捉えている。

#### (2) 支援ツールとしてのルーブリック提示

鈴木(2011)は、ルーブリックの提示による評価基準・評価目的の教示が学習者に及ぼす影響について研究を行い、ルーブリックの提示がなされた群は、自身の理解状況を把握し、学習改善に活用しようとする意識が高いという結果を報告した。

以上を踏まえ、本研究ではICEルーブリックの学習者に応じた支援ツールとしての役割に着目し、知識を相互に関連付けて系統的に理解することを目指した。

1 県立綾瀬高等学校 教諭

## 2 研究仮説

本研究における研究仮説は次のとおりである。

学習者に応じた支援ツールである I C E ルーブリックに基づいた学習目標の提示と振り返りの活動は、知識を相互に関連付けて系統的に理解することに有効である。

## 3 ねらいシートと振り返りシート

本研究において、生徒の実態に合わせた I C E ルーブリックに基づく学習目標を表 1 のとおりに作成した。特に「知識を相互に関連付けること」について、Connections(つながり)(表 1)の三つの内容で定義する。また、『高等学校学習指導要領』(文部科学省 2019 p. 105)物理基礎の目標では、「日常生活や社会との関連を図りながら、物体の運動と様々なエネルギーについて、理解するとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。」と示しており、理科において、実生活との関連を図ることは不可欠である。このことから、Connections(つながり)(表 1)の内容に「実生活とのつながりを考えることができる」を設定した。

表 1 I C E ルーブリックに基づいた学習目標

Ideas (基本的知識)	・仕事とエネルギーについて原理・法則を理解できる。
Connections (つながり)	・単元内の基本的知識のつながりを考えることができる。 ・これまでの学習とのつながりを考えることができる。 ・実生活とのつながりを考えることができる。
Extensions (応用)	・仕事とエネルギーについて、問題を解いたり、自分の考えを表現したり、実験を通して探究することができる。(いずれかができる)

さらに、I C E ルーブリックに基づく学習目標を生徒に提示するツールとして「ねらいシート」、I C E ルーブリックに基づいて振り返りを行うためのツールを「振り返りシート」と名付け、一枚のシート(図 1)と

して作成した。特に、振り返りシートについては、知識を相互に関連付けて系統的に理解するために、Connections(つながり)(表 1)について、生徒の自由な言葉で振り返りを行えるように作成している。

検証授業では、全ての授業においてこのシート(図 1)を活用し、学習目標の確認と振り返りを行った。また、1人1台端末を用いることで生徒が知識のつながりに気付いた際、すぐに入力できるように工夫した。

## 4 検証の視点

仮説の検証のために次の視点でデータを収集した。

### (1) ねらいシートと振り返りシートの効果

ねらいシートと振り返りシートの効果について、事後アンケート(自由記述と選択式4件法)により調査を行い、回答結果から検証を行った。併せて、振り返りシートの記述内容から検証を行った。

### (2) 系統的に理解することができたか

#### ア 事前・事後アンケートの変容

知識を相互に関連付けて系統的に理解できたか、検証授業前後に事前・事後アンケート(選択式4件法)により調査を行い、回答結果から検証を行った。

#### イ 実生活に関わる問いの記述内容

検証授業5時間目と7時間目(後述する表2参照)に、実生活に関わる問い(以下、「問い」という)について考察する活動を行い、記述内容から検証を行った。

#### ウ コンセプトマップの内容

問いの記述以外にも思考を可視化する手立てである、コンセプトマップに着目した。比護(2013)は、生徒が作成したコンセプトマップを「放射型」「分岐型」「ネットワーク型」等に分類し(図2)、学力との相関を説明している。特に、「ネットワーク型」については、学習内容を構造的に理解していると推測している。

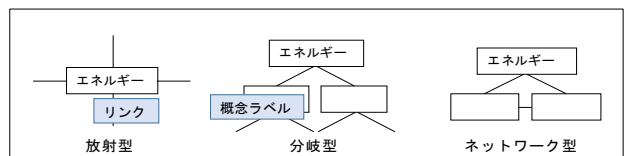


図 2 コンセプトマップの型

以上を参考に、検証授業前後における生徒の理解の様相を捉えるために、エネルギー概念を中心にコンセプトマップを作成させた。また、作成されたコンセプト

<b>3ケタ番号</b>	<small>☞ 自分の3ケタの番号を半角で入力してください。</small>	<b>氏名</b>
		小柴直人
<b>ねらいシート</b>		
Ideas	仕事とエネルギーについての原理・法則を理解することができる。	
Connections	単元内の基本的知識のつながりを考えることができる。	これまでの学習とのつながりを考えることができる。
		実生活とのつながりを考えることができる。
Extensions	仕事とエネルギーについて、問題を解いたり、自分の考えを表現したり、実験を通して探究することができる。(いずれかができる)	
<b>振り返りシート</b> <small>*セル内で改行するときは、Alt+Enterを同時に押そう!</small>		
時間	日付	Ideas
		Connections
		Extensions
1	9/14	できた
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">                 ・エネルギーと仕事の関係について学んだ。これまでに学習した力が関係している。                  ・仕事の原理を考えたときには、数学で学んだ三角関数や力の分解を再確認することができた。             </div>
		* ( ) 内は、自由記述例
		できた

図 1 ねらいシートと振り返りシート

マップを放射型、分岐型、ネットワーク型(図2)に分類し、事前・事後における内容から検証を行った。その際、ある概念に関連する知識を「概念ラベル」、概念ラベル同士の関連線を「リンク」(図2)と呼ぶ。

## 5 検証授業

### (1) 検証授業の概要

- 【期 間】令和5年9月14日(木)～10月5日(木)
- 【対 象】綾瀬高等学校 第2学年2クラス(50人)
- 【科 目】物理基礎
- 【単元名】「運動とエネルギー」
- 【時 数】7時間
- 【授業者】小柴 直人(筆者)

### (2) 単元の概要

『解説』(文部科学省 2019 p.13)において、小学校、中学校、高等学校の一貫性に十分配慮するとともに、育成を目指す資質・能力、内容の系統性の確保を図ることが示されている。このことを踏まえて、本単元では、「エネルギー」について中学校の学習を進展させ、これまでの物理基礎の学習内容と関連付けて理解することをねらいとし、検証授業を行った。

表2 単元の概要

次	時	学習活動
1	1	仕事とエネルギーの関係の理解
	2	手回し発電機による仕事率の観察・実験
2	3	仕事と運動エネルギーの観察・実験
	4	仕事と運動エネルギーの観察・実験
	5	運動エネルギーと実生活について考察
3	6	仕事と運動エネルギーの変化の理解
	7	エネルギーと実生活について考察

### (3) 各次の概要

#### ア 第1次

エネルギーについて、手回し発電機と豆電球を用いた実験を通して仕事と電力の関係を理解することをねらいとした。特に、実験の内容については、ねらいシートを活用することで、単にエネルギーを「仕事をする能力」として理解するのではなく、身近な電化製品における電力との関連付けながら仕事とエネルギーについて理解できるよう工夫した。

#### イ 第2次

物体の衝突に関する観察・実験を通して、理科の見方・考え方を働かせながら、運動する物体が持つエネルギーについて理解することをねらいとした。また、5時間目において、第2次の問いとして「自動車の速さの出過ぎの危険性」を設定し、考察する活動を行った。問いの内容については、運動する物体が持つエネルギーについて、公式による理解のみならず、ねらいシートを活用しながら、実生活の問題として考えることができるように工夫した。

#### ウ 第3次

力の向きと運動の向きが異なる場合の仕事について正負の仕事とエネルギーの変化量に関連付けて理解することをねらいとした。また、7時間目において、第3次の問いとして「ブレーキをかけた自動車の制動距離を小さくする方法」を設定し、考察する活動を行った。第2次同様に、問いの内容については、ねらいシートを活用し、知識を相互に関連付けながら実生活の問題に対して解決案を説明できるように工夫した。

## 6 検証の結果と考察

事前・事後アンケートは48人を対象とし、振り返りシートは49人を対象としてデータを収集した。なお、生徒の記述については、趣旨に影響がない範囲で言葉や表現を整える等の加筆・修正をした。

### (1) ねらいシートと振り返りシートの効果

#### ア 事後アンケートによる検証

事後アンケート(選択式4件法)の回答結果から、ねらいシートの効果を肯定的に捉えた生徒の割合は87%、振り返りシートの効果を肯定的に捉えた生徒の割合は88%であった。また、事後アンケート(自由記述)の回答結果の一部を表3に示す。

表3 事後アンケート(自由記述)

ねらいシートと振り返りシートは、どのようなことで助けになりましたか？
<ul style="list-style-type: none"> <li>・実生活や過去にやったものとのつながりが見えて理解しやすかった。</li> <li>・その授業で習ったことが何とつながりがあったという学びをしたか理解できる助けになった。</li> <li>・単元のつながりを意識することで普段の授業より理解しやすかった。</li> </ul>

表3から「つながり」の後には、「理解しやすい」や「分かりやすい」の回答が続いた。さらにこれまでの学習と比較して「理解しやすい」という回答から、知識を相互に関連付けることが理解の助けになったと考えられる。

#### イ 振り返りシートの記述内容

振り返りシートの記述内容から検証授業に参加した49人全ての生徒は、知識を相互に関連付けて振り返りをできたことが分かった。

また、検証授業2時間目「仕事と電力の関係を理解する実験」に対する振り返りについて、生徒Aの振り返りシートの記述内容(表4)を紹介する。

表4 生徒Aの振り返りシートの記述内容

Connections(つながり)
W(ワット)が大きいと手回し発電機の手応えが重いが豆電球の明るさが上がった。電子レンジを使う時にW(ワット)を選んで食品を温める時もW(ワット)が高いほど温かくなるのが速かった。

この生徒は、仕事と電力の関係を理解し、その知識を基に電子レンジの電力と食品の温まる速さの関係を考えることができた。また、別の生徒は、実生活とのつながりを考えたことで学習内容の理解を深めた様子を確認することができた。

## (2) 系統的に理解することができたか

### ア 事前・事後アンケートによる意識の変容

事前・事後アンケート(選択式4件法)の回答結果(図3、4)を示す。質問事項については、Connections(つながり)の内容に焦点を当て設定している。

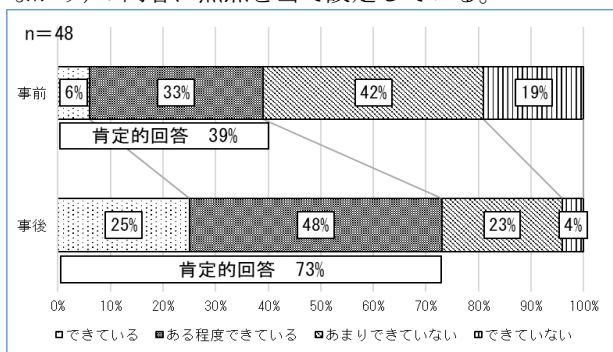


図3 これまでの学習とのつながりを考えることができたか

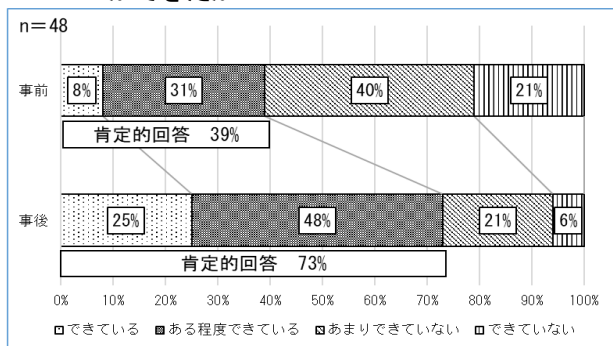


図4 実生活とのつながりを考えることができたか

事前・事後において、それぞれの質問事項について肯定的に回答した生徒の割合が34ポイント増加したことが分かる。検証授業を通して、知識を相互に関連付けて系統的に理解できた生徒が増加したと言える。

### イ ねらいシート、振り返りシートとの関係

事前・事後アンケート結果をクロス集計にて検証した。表5は、ねらいシートを肯定的に捉え、これまでの学習とのつながりを考えた生徒の人数示している。

表5 ねらいシートの効果とこれまでの学習とのつながりの肯定的なアンケート結果 n=48

	ある程度効果的である	ねらいシートは効果的である
これまでの学習とのつながりを考えることができていない(事前)	2	1
ある程度できている(事前)	11	4
これまでの学習とのつながりを考えることができていない(事後)	6	6
ある程度できている(事後)	15	6
	計 18	計 33

表5から、ねらいシートを肯定的に捉え、「これまでの学習とのつながりを考えることができた」生徒は、検証授業を通して、18人から33人に増加したことが分か

る。また、最も肯定的に回答した生徒は、1人から6人に増加した。この6人については、ねらいシートの効果が顕著に表れている。これは、ねらいシートの活用により、ICEルーブリックに基づく学習目標が明確になり、生徒は学習の見通しを持つことができた結果、「これまでの学習とのつながりを考えることができる」ようになったのではないかと考える。同様に、振り返りシートについても、肯定的な回答が増加した傾向が見られ、特に、最も肯定的に回答した生徒は、2人から8人に増加している。

これらのことから、ねらいシートと振り返りシートの活用が、知識を相互に関連付けて理解することに対して肯定的な影響をもたらしたと考える。

一方で、事後アンケートにおいて、ねらいシートの効果を最も肯定的に回答したが、「実生活とのつながりを考えることができていない」生徒を一人確認できた。この生徒の事後アンケートの回答(表6)を示す。

表6 事後アンケート(自由記述)

ねらいシートと振り返りシートは、どのようなことで助けになりましたか？
今までの学習やその他の授業とのつながりを考える時に今までの学習の振り返りや復習ができてよく覚えることができた。

表6から、ねらいシートと振り返りシートを肯定的に捉えており、これまでの物理基礎の学習内容のみならず他教科について学習内容とのつながりを考えたことが分かる。振り返りシート等の記述内容については、知識のつながりを数式や方程式で表すことができている一方で、実生活とのつながりを考えることはできなかった。数式や方程式で知識のつながりを理解するだけでなく、実生活と関連付けながら理解することの意義や有用性を実感させることが必要である。

### ウ 問いの記述内容の検証

検証のための参考資料として、問いに関するルーブリック表(表7)を作成した。

表7 問いに関するルーブリック表

基準	3	2	1
Ideas (基本的知識)	単元内の基本的知識とこれまでに学習した知識が含まれ、その理解が適切である。	単元内の基本的知識とこれまでに学習した知識が含まれているが、理解が不適切なものがある。	単元内の基本的知識が含まれている。
Connections (つながり)	単元内の基本的知識とこれまでの学習とのつながりを考えている。また、実生活とのつながりを考えている。	単元内の基本的知識とこれまでの学習とのつながりを考えている。	単元内の基本的知識のつながりを考えている。
Extensions (応用)	知識を相互に関連付けて、条件を設定し、比較、分類等を通して自分の考えを説明している。	知識を相互に関連付けて、自分の考えを説明している。	自分の考えを説明しているが、知識を相互に関連付けていない。

問いに関するルーブリック表(表7)の内容については、ICEルーブリックに基づく学習目標を基に作成した。また、授業内で生徒に提示せず、検証を行うために使用した。

問いの記述内容について、問いに関するルーブリック

ク表(表7)を用いて得点化し、検証を行った。問いの回答における得点と人数の関係(表8)を示す。

表8 問いの回答における得点と人数 n=49

項目	第2次			第3次		
	3点	2点	1点	3点	2点	1点
Ideas	23	16	10	34	10	5
Connections	3	29	17	35	2	12
Extensions	7	29	13	20	17	12

表8から、Connections(つながり)について第2次から第3次に向けて、概ね得点が向上した傾向にあることが確認できる。特に、第3次の問いについて、生徒Bの記述内容(図5)を紹介する。

ブレーキをかけてから自動車が静止するまでの距離を小さくするためには、  
速度をすくなく止めるようにする。すくなく止めることは、  
すればよい。

その根拠は、質量  $1000\text{ kg}$  の車が  $10\text{ m/s}$  の速さで進んでいる時にブレーキを  
かけたとき、(ブレーキの力  $2000\text{ N}$ )  
 $-2000\text{ N} = -\frac{1}{2} \times 1000 \times 100$   
 $a = -25$   
このことから止まるまでの距離  $25\text{ m}$  しか進むことができない。  
同じ条件の車を  $0.5\text{ m/s}$  の速さで進ませた時、  
 $-2000\text{ N} = -\frac{1}{2} \times 1000 \times 0.25$   
 $-2000\text{ N} = -1.5$   
 $a = 0.0025$   
このことから止まるまでの距離  $0.1\text{ m}$  しか進むことができない。  
このことから車の速度が速ければ進む距離が長くなる。からである。

図5 生徒Bの問いの記述内容

この生徒は、ブレーキの負の仕事と運動エネルギーの変化量の関係から第3次の問いについて考察した。また、知識のつながりを関係式で示しただけでなく、これまでの物理基礎の学習内容に着目し、条件を変え、計算することで論理的に考察した。一方で、表8からConnections(つながり)において第3次の得点が1点であった生徒を12人確認できた。これらの生徒は、知識を相互に関連付けて考察することができなかった。問いの内容等について検討する必要があると考えられる。

また、Connections(つながり)については、第2次から第3次に向けて得点が3点へ変容した生徒を31人、特に、9人の生徒は1点から3点へ得点を向上させることができた。

## エ コンセプトマップの検証

### (7) コンセプトマップの型の変容

事前・事後におけるコンセプトマップの型と人数の関係(表9)を示す。

表9 コンセプトマップの型と人数の関係 n=47

	事前	事後
放射型	23	5
分岐型	13	19
ネットワーク型	11	23

表9から、検証授業前後においてコンセプトマップの型は、放射型から分岐型やネットワーク型に変容したと言える。これは検証授業を通して、知識を相互に関連付けて深く理解できたと推測する。

### (イ) コンセプトマップの内容

コンセプトマップの内容についても、多くの生徒は、エネルギーを中心に新たな知識だけでなく、これまでの物理基礎の学習内容を概念ラベルとしてリンクすることができた。例として、生徒Cのコンセプトマップの内容(図6)を紹介する。

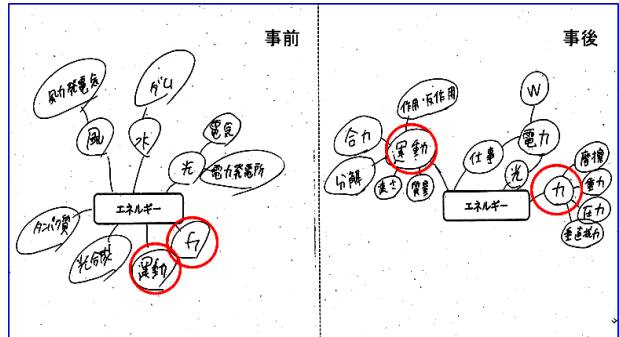


図6 生徒Cのコンセプトマップの内容

事前において、「運動」や「力」の概念ラベルから別の概念ラベルのリンクが確認できなかった。これまでに物理基礎で学習した知識が関連付けていないことが分かる。一方で、事後において、「運動」や「力」の概念ラベルから、いくつかの概念ラベルのリンクを確認することができる。検証授業を通して、エネルギーについて知識を相互に関連付けて系統的に理解できたと考えられる。

### (ウ) 問いの記述内容との関係

問いの記述内容とコンセプトマップの内容の両方の視点から、知識を相互に関連付けて系統的に理解できた様相を捉えることができた。また、第3次の問いについて、Connections(つながり)の得点が1点から3点に変容した生徒9人のコンセプトマップについて分析を行った結果、7人の生徒について、概念ラベルの数が増加したことを確認することができた。知識を相互に関連付けて理解したことで、概念ラベルの数が増加し、問いの得点の向上につながったと考えられる。また、概念ラベルの数が減少した二人の生徒について、コンセプトマップの内容を検証した。この内、生徒Dのコンセプトマップの内容(図7)を紹介する。

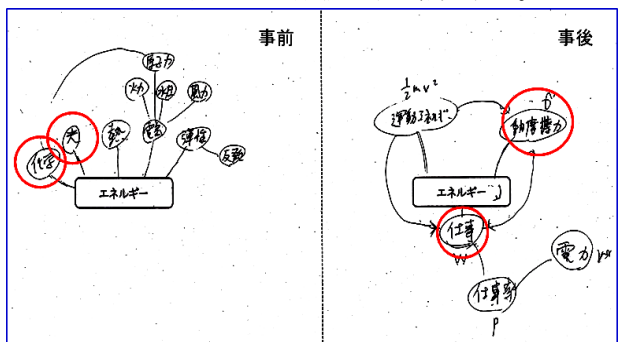


図7 生徒Dのコンセプトマップの内容

図7から、概念ラベルの数は減少しているものの、内容については、「化学」や「光」などのエネルギーの種類から「仕事」やこれまで物理基礎で学習した「力」

といった原理や法則へ変化したことが確認できる。また、記述された原理や法則はそれぞれが相互に関連付けており、「ネットワーク型」に記述できていることが分かる。概念ラベルの数が減少したもう一人の生徒についても生徒Dと同様な変化を確認することができた。これら二人の生徒は、検証授業を通して知識を相互に関連付ける中で、必要な知識を整理し、適切に選択できたことが問いの得点の向上につながったと考えられる。

## 研究のまとめ

### 1 研究の成果

「深い学び」につながる物理基礎の授業実践として、知識を相互に関連付けて系統的に理解することを目指す授業づくりを行った。本研究では、ICEループリックの役割に注目し、ICEループリックに基づく学習目標の提示と振り返りの活動を全ての授業において行い、生徒の変容を検証した。

事後アンケートの結果と振り返りシートの記述内容から、ICEループリックに基づく学習目標の提示と振り返りの活動は、知識を相互に関連付けることに有効であったと言える。また、問いについて考察する活動では、検証授業を通して、多くの生徒が知識を相互に関連付けて記述することができるようになった。授業においては、知識のつながりを考えながら、実生活の疑問や問題を発見し、解決しようとする姿が見られた。このことは、学習の基盤となる力の育成につながったと考える。本研究では、知識の理解の様相を振り返りシートや問いの記述で捉えることに加え、コンセプトマップにより可視化をした。その結果、検証授業を通して、エネルギー概念について中学校の学習内容から発展させ、これまでの物理基礎の学習内容や他教科の知識を関連付けて拡張し、系統的に理解した様相を捉えることができた。

### 2 研究の課題と展望

#### (1) Ideas(基本的知識)とExtensions(応用)の手立て

本研究においては、知識を相互に関連付けて系統的に理解するために、Connections(つながり)に焦点を当てた。その中で、振り返りシートの記述内容から、これまでのIdeas(基本的知識)について誤った理解をしている生徒がいることが分かった。今後、振り返りの記入に留まるのではなくフィードバックを行い、正確な理解を促すことで、Connections(つながり)において、より深い理解になると考える。

また、検証授業を通して、実生活とのつながりを理解することができていない生徒を確認することができた。理科においては、実生活との関連を図りながら理

解することは不可欠である。今後、実生活とのつながりを考えることのみならず、理科を学ぶ意義や有用性をより実感させる題材を用意する必要があると考える。また、本研究では、「実生活とのつながりを考えることができる」をConnections(つながり)の内容に設定したが、Extensions(応用)に適応させることも可能である。習得した知識を理科の見方・考え方を働かせながら、実生活における問題の解決に応用することで、個別の知識の習得ではなく、「生きて働く知識」に変容していくのではないかと考える。

#### (2) 汎用性

本研究で使用したICEループリックに基づく学習目標のConnections(つながり)(表1)の内容については、本単元のみならず、他単元や他教科においても適用できるよう作成した。この研究がすべての教科における「深い学び」への一歩となれば幸いである。

#### おわりに

最後に本研究を進めるにあたり、県立綾瀬高等学校の校長を始め、教職員、生徒の皆様、そして御協力いただいた全ての皆様に深く感謝申し上げます。

[指導担当者]

西村 崇志<sup>2</sup> 柴田 克也<sup>2</sup> 森本 祥夫<sup>3</sup>

#### 引用文献

- 中央教育審議会 2016 「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申)」 p. 50  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/\\_icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902\\_0.pdf](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902_0.pdf) (2023年12月19日取得)
- 文部科学省 2019 「高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 理科編 理数編」実教出版 p. 13 p. 61
- 柘磨昭孝 2020 「生徒も教師も楽しめる問いづくりの実践—学びが変わる問いのフレームワーク」日本橋出版 p. 50

#### 参考文献

- 鈴木雅之 2011 「ループリックの提示による評価基準・評価目的の教示が学習者に及ぼす影響」
- 中村剛 2018 「高等学校数学科における体系的理解を促す方法についての一考察」(日本科学教育学会研究会研究報告 Vol. 33 No3(2018))
- 比護一幸 2013 「中学校理科学習における概念地図の型と学力の相関」

1 研究テーマ:高等学校物理における系統的理解を目指す授業づくり

—ICEルーブリックに基づく学習目標の共有と振り返りの活動を通して—

2 研究の目的:

高等学校物理の学習において系統的理解を目指すために、学習者に応じた支援ツールとしてICEルーブリックに基づいた学習目標の共有と振り返りの活動が有効であるか明らかにする。

3 科目名:物理基礎

4 単元名:運動とエネルギー

5 単元の目標:

- (1) 物体の運動とエネルギーを日常生活や社会と関連付けながら理解するとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けること。
- (2) 物体の運動とエネルギーについて、観察、実験などを通して探究し、運動の表し方、様々な力とその働き、力学的エネルギーにおける規則性や関係性を見いだして、表現すること。
- (3) 物体の運動と様々なエネルギーに主体的に関わり、科学的に探究しようとする態度を養うこと。

6 単元の評価規準

【a】知識・技能	【b】思考・判断・表現	【c】主体的に学習に取り組む態度
物体の運動とエネルギーを日常生活や社会と関連付けながら理解するとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けている。	物体の運動とエネルギーについて、観察、実験などを通して探究し、運動の表し方、様々な力とその働き、力学的エネルギーにおける規則性や関係性を見いだして表現している。	物体の運動と様々なエネルギーに主体的に関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。

7 ICEルーブリックの観点

Ideas (基本的知識)	・仕事とエネルギーについての原理・法則を理解することができる。
Connections (つながり)	・単元内の基本的知識のつながりを考えることができる。 ・これまでの学習とのつながりを考えることができる。 ・実生活とのつながりを考えることができる。
Extensions(応用)	・仕事とエネルギーについて、問題を解いたり、自分の考えを表現したり、実験を通して探究することができる。(いずれかができる)

8 単元の指導と評価の計画

(○「記録に残す評価」 ●「指導に生かす評価」)

次	時	ねらい・学習活動	評価の観点			評価方法・ 指導上の留意点
			a	b	c	
1	1,2	<p>単元の問い:物理学における「エネルギー」とは何か?</p> <p>・仕事をする能力としてエネルギー量を理解する。</p> <p>① 単元の問いについて考える。</p> <p>② これまでの学習を基に「エネルギー」についてコンセプトマップを作成する。<u>ワークシート1【A】</u></p> <p>③ 仕事とエネルギーについて理解する。</p> <p>④ 発問「ピラミッドの建設では斜面を使用した形跡が発見されている。なぜ斜面を利用したのだろうか?」について考える。</p> <p>⑤ 仕事の原理について理解する。</p> <p>⑥ 仕事率について理解する。</p> <p>⑦ 手回し発電機の演示実験を通して、電力と仕事、電気エネルギーの関係について理解する。</p> <p>⑧ 各時間振り返りシートを入力を行う。<u>PC</u></p>	●			<p>【評価の方法】</p> <p>・行動観察</p> <p>・ワークシートの記述</p> <p>【指導上の留意点】</p> <p>・コンセプトマップについて説明する。</p> <p>・発問により既習の内容の関係を考えさせる。</p> <p>・電機分野と力学分野のつながりを見せさせる。</p>
2	3,4	<p>・物体の衝突に関する実験を行い、物体がする仕事と物体の速さや質量の大きさとの関係を探ろうとする。</p> <p>① 本次の問い「自動車の速さの出しすぎの危険性を説明しよう」について、自分の考えを説明する。<u>ワークシート2【A】</u></p> <p>② 物体の衝突に関する実験を行い、速さと仕事の実験データから考察する。<u>PC</u></p> <p>③ 質量と仕事の実験データから考察する。<u>PC</u></p> <p>④ 各時間振り返りシートを入力を行う。<u>PC</u></p>	○		○	<p>【評価の方法】</p> <p>・ワークシートの記述</p> <p>【指導上の留意点】</p> <p>・スプレッドシートで実験レポートを作成させる。</p> <p>・グラフの作成時、困っている生徒への支援を行う。</p>
3	5	<p>・運動エネルギーを仕事と関連付けて理解する。</p> <p>① 発問「一定の力で仕事をされる物体はどのような運動をしている?」について考える。</p> <p>② 運動エネルギーの変化と仕事について理解する。</p> <p>③ 本次の問い「自動車の速さの出しすぎの危険性を説明しよう」について、考察、記述する活動に取り組む。<u>ワークシート2【B】</u></p> <p>④ 振り返りシートを入力を行う。<u>PC</u></p>		●		<p>【評価の方法】</p> <p>・行動観察</p> <p>・ワークシートの記述</p> <p>【指導上の留意点】</p> <p>・発問により既習の内容の関係を考えさせる。</p>
4	6	<p>・力と運動の向きに対する仕事と理解する。</p> <p>① 本次の問い「ブレーキをかけた自動車の制動距離</p>	●			<p>【評価の方法】</p> <p>・行動観察</p>



		<p>(止まるまでの距離)を小さくするには、どのようなことが考えられるだろうか。」について、自分の考えを説明する。<u>ワークシート3【A】</u></p> <p>② 力と運動の向きが異なる場合の仕事について理解する。</p> <p>③ 自動車のブレーキがする仕事について、定量的に理解する。</p> <p>④ 振り返りシートを入力を行う。<u>PC</u></p>				<p>・ワークシートの記述</p> <p><b>【指導上の留意点】</b></p> <p>・これまでの学習を踏まえて自分の考えを記述するように促す。</p> <p>・計算が苦手な生徒には支援を行う。</p>
5	7	<p>・仕事の正負と運動エネルギーの変化の関係を定量的に考察し、説明する。</p> <p>① 自動車の速度と停止距離の目安について確認する。</p> <p>② 本次の問い「ブレーキをかけた自動車の制動距離(止まるまでの距離)を小さくするには、どのようなことが考えられるだろうか。」について、考察、記述する活動に取り組む。<u>ワークシート3【B】</u></p> <p>③ これまでの学習を踏まえて「エネルギー」についてコンセプトマップを作成する。<u>ワークシート1【B】</u></p> <p>④ 振り返りシートを入力を行う。<u>PC</u></p>			○	<p><b>【評価の方法】</b></p> <p>・行動観察</p> <p>・ワークシートの記述</p> <p><b>【指導上の留意点】</b></p> <p>・話し合いがうまく行われていないグループの支援を行う。</p>
6	8	<p>・日常の現象を基に、重力による位置エネルギー、弾性力による位置エネルギーと外力のした仕事を理解する。</p>	●			行動観察
7	9	<p>・力学的エネルギー保存の法則を振り子運動から理解する。</p>	●			行動観察
8	10、11	<p>・保存力のみがはたらく場合、力学的エネルギー保存の法則がなり立つことを、2次と同観察・実験により検証し、探究しようとする。</p>			○	ワークシート
9	12	<p>・力学的エネルギー保存の法則を鉛直ばね振り子から考察する。</p>			●	行動観察
10	13、14	<p>・あらい曲面の運動を例に、力学的エネルギーが保存されない場合について考察する。</p> <p>・エネルギーの変換の観点から、日常生活の科学技術との関係を見出す。</p>			○	ワークシート 行動観察
		ペーパーテスト	○	○		

※本実践の報告対象:上記の太枠囲みの箇所(1次~5次 計7時間)

3ケタ番号

☞ 自分の3ケタの番号を半角で入力してください。

氏名

ねらいシート

Ideas	仕事とエネルギーについての原理・法則を理解することができる。		
Connections	単元内の基本的知識のつながりを考えることができる。	これまでの学習とのつながりを考えることができる。	実生活とのつながりを考えることができる。
Extensions	仕事とエネルギーについて、問題を解いたり、自分の考えを表現したり、実験を通して探究することができる。(いずれかができる)		

振り返りシート

\*セル内で改行するときは、AltとEnterを同時に押そう!

時間	日付	Ideas	Connections	Extensions
1	9/14			
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				

神奈川県立綾瀬高等学校 物理基礎 「運動とエネルギー」  
実験レポート

【目的】

衝突に関する実験より、小球の速さと質量と物体の動いた距離を測定し、その関係性を見出す。

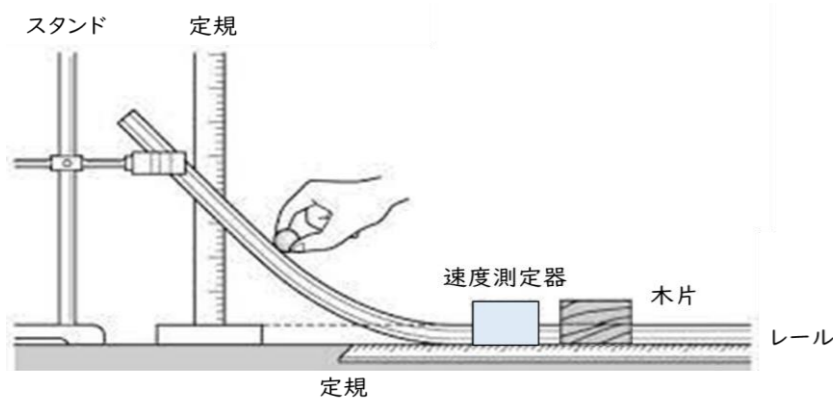
【準備】

・スタンド ・小球 ・速度測定器 ・定規 ・木片 ・実験レール

【方法】

- ① 下図のように実験装置を設置する。
- ② 小球をいろいろな高さから転がし木片と衝突させる実験を行う。
- ③ その際の衝突直前の速さと木片の移動距離にはどのような関係があるか、【予想】に記述する。
- ④ 実際に実験を行い、データを【結果】に入力する。
- ⑤ 質量の違う小球で同様に実験を行い【結果】に入力する。
- ⑥ 【シート2グラフ】にグラフを作成し、小球と木片の衝突に関して【考察】する。
- ⑦ 【感想】を記入する。

→ 記録や記述を入力するセル。文字を打つと色が消えます。



\*今回の実験は小球を落す高さは図りません。(速度測定器があるので)

参考動画資料

[運動エネルギー | NHK for School](https://www.nhk.or.jp/school/)



【予想】

【結果】

ビー玉		
m1 [g]	v2 [m/s] 2	x [m] *1
0	0	0
0.92	0.85	0.174
1.05	1.10	0.220
1.12	1.25	0.253
1.24	1.54	0.292
	0.00	

パチンコ球

パチンコ球		
m2 [g]	v2 [m/s] 2	x [m] *1
0	0	0
0.83	0.69	0.243
0.93	0.86	0.307
1.01	1.02	0.348
1.12	1.25	0.405
	0.00	

\*1 X [m] では、cmからmに変換しよう

【考察】

・予想では、球の速さが速いほど、木片の移動距離は大きくなると予想したが、ビー玉、パチンコ球ともに予想通りの結果になった。  
 ・予想では、球の大きさが大きいビー玉の方が木片の移動距離が大きくなると予想したが、実際はパチンコ球の方が移動距離が大きくなった。移動距離は大きさではなく質量に関係していることが分かった。  
 ・ $v-x$ グラフを見ると  $v$  が大きくなるにつれ木片の移動距離が、指数的に大きくなっている。 $v^2-x$ グラフでは、 $v^2$  と  $x$  は比例関係であることが分かる。  
 ・これらの結果から、球の速度と木片にする仕事の関係を理解できた。

【感想】

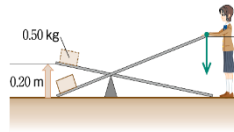
ワークシートI【A】 コンセプトマップ

エネルギー

ワークシートI【B】 コンセプトマップ

エネルギー

**例題1** 質量  $0.50\text{kg}$  の荷物をてこを用いて  $0.20\text{m}$  高いところへ持ち上げた。このとき、てこに加えた力のする仕事はいくらか。重力加速度の大きさを  $9.8\text{m/s}^2$  とする。(Ideas)



**例題2** ポンプを用いて、 $2.0 \times 10^3\text{kg}$  の水を  $2.0 \times 10^2\text{s}$  で  $5.0\text{m}$  の高さまで持ち上げる場合の仕事率は何wか。ただし、重力加速度の大きさ  $9.8\text{m/s}^2$  とする。(Ideas)

ワークシート2 考えてみよう1

自動車の速さの出しすぎの危険性を説明しよう

【A】記述してみよう

Blank writing lines for section A.

【B】これまでの学習を踏まえて記述しよう

①考察記述定型化練習

以下の [ ] に当てはまるように問いに対して、ねらいシートの項目と振り返りシートの記述内容を参考に整理しよう。

「1.主張」だからである。その根拠は、「2.データなど」や「3.根拠」からである。

「1.主張」

Blank writing box for section B part 1.

「2.データなど」 \*箇条書き等でいくつか書き出そう!

Blank writing box for section B part 2.

「3.根拠」 \*箇条書き等でいくつか書き出そう!

Blank writing box for section B part 3.

②まとめ ①を参考に文章としてまとめよう

自動車の速さの出しすぎの危険性は、  
「1.主張」 だからである。  
その根拠は、「2.データなど」や「3.根拠」  
からである。

③相互評価活動 \*他者に説明し、コメントや新たな視点をもらおう!

Table for peer evaluation with columns for 'Others' opinions and 'New perspective memo'.

**例題3** 質量  $10\text{kg}$  の物体が、速さ  $20\text{m/s}$  で動いている。この物体が  $100\text{m}$  移動する間、物体は運動の向きに  $25\text{N}$  の力を受けた。力を受けた後の物体の速さ  $v$  [ $\text{m/s}$ ] を有効数字を 2 桁として求めよ。(Extensions)

ワークシート3 考えてみよう2

ブレーキをかけた自動車の制動距離を小さくするには、どのようなことが考えられるだろうか。

【A】記述してみよう

Blank lined area for writing answer A.

【B】これまでの学習を踏まえて記述しよう

①考察記述定型化練習

以下の [ ] に当てはまるように問いに対して、ねらいシートの項目と振り返りシートの記述内容を参考に整理しよう。

「1.主張」すればよい。その根拠は、「2.データなど」や「3.根拠」からである。

「1.主張」

Blank box for writing '1.主張'.

「2.データなど」 \*簡条書き等でいくつか書き出そう!

Blank box for writing '2.データなど'.

「3.根拠」 \*簡条書き等でいくつか書き出そう!

Blank box for writing '3.根拠'.

②まとめ ①を参考に文章としてまとめよう

ブレーキをかけてから自動車が静止するまでの距離を小さくするためには、  
「1.主張」すればよい。  
その根拠は、「2.データなど」や「3.根拠」  
からである。

③相互評価活動 \*他者に説明し、意見や新たな視点をもらおう!

他者の意見・ 新たな視点メモ	..... ..... ..... .....
-------------------	----------------------------------



**例題4** 質量  $1.0 \times 10^3 \text{ kg}$  の自動車が、 $10 \text{ m/s}$  の速さで直線上を運動している。運転手がブレーキを踏むと、自動車は運動の向きと逆向きに力を受ける。ブレーキの力の大きさが  $2.0 \times 10^3 \text{ N}$  で一定だとすると、ブレーキを踏んでから自動車が停止するまでの間に、何 m 進むか。

## 学習に関する事前アンケート

1 これまでの学習を通して、以下の項目をどのくらいできていますか？

(1) 自分から学習の目標を設定しようとしている。

できている      ある程度できている      あまりできていない      できていない

(2) 自分の学習活動や学習したことの振り返りができている。

できている      ある程度できている      あまりできていない      できていない

(3) 自分の学習活動の改善を行うことができている。

できている      ある程度できている      あまりできていない      できていない

(4) 基本的知識を理解できている。

できている      ある程度できている      あまりできていない      できていない

(5) 単元内での知識のつながりを考えている。

できている      ある程度できている      あまりできていない      できていない

(6) これまでの学習とのつながりを考えている。

できている      ある程度できている      あまりできていない      できていない

(7) 学習した内容と実生活とのつながりを考えている。

できている      ある程度できている      あまりできていない      できていない

## 学習に関する事後アンケート

### 1 ICE ルーブリックについて以下の項目に回答してください。(自由記述)

(1) ねらいシートは、学習内容のつながりを考えることに効果的でしたか？

効果的であった    ある程度効果的であった    あまり効果的でなかった    効果的でなかった

(2) 振り返りシートは、学習内容のつながりを考えることに効果的でしたか？

効果的であった    ある程度効果的であった    あまり効果的でなかった    効果的でなかった

(3) ICE ルーブリック(ねらい・振り返りシート)はどのようなことで助けになりましたか？

### 2 これまでの学習を通して、以下の項目をどのくらいできていますか？

(4) 自分から学習の目標を設定しようとしている。

できている    ある程度できている    あまりできていない    できていない

(5) 自分の学習活動や学習したことの振り返りができている。

できている    ある程度できている    あまりできていない    できていない

(6) 自分の学習活動の改善を行うことができている。

できている    ある程度できている    あまりできていない    できていない

(7) 基本的知識を理解できている。

できている    ある程度できている    あまりできていない    できていない

(8) 単元内での知識のつながりを考えている。

できている    ある程度できている    あまりできていない    できていない

(9) これまでの学習とのつながりを考えている。

できている    ある程度できている    あまりできていない    できていない

(10) 学習した内容と実生活とのつながりを考えている。

できている    ある程度できている    あまりできていない    できていない