

## ‘How Science Works’ の視点を育成する 高等学校物理授業の開発および実践



実施担当者 京都明德高等学校  
教諭 田上 智之

### 1 はじめに

PISA2015 の結果報告書によると、日本の科学的リテラシーの水準は OECD 平均を上回っている一方で、自己効力感の得点が 2006 年同様、OECD 平均を大きく下回っていることが明らかとなった。この結果から生徒は理科の学習を「受験のための道具」、「将来のために学ぶ必要は無い」と考えていることが読み取れる。

一方、英国では「科学を取り巻く現代的課題を批判的に検討し、諸々の問題に対応できる市民を育てること」を目指し、ナショナル・カリキュラム(以下 NC)の学習目標に「‘How Science Works’ (以下 HSW) の理解」を掲げている。HSW は「科学はどのようにはたらくか(機能するか)?」と訳され、その中には科学的な視点からの意思決定等も含まれる。本研究ではいわゆる「科学的リテラシーをより深めたもの」として位置づけている。

しかし、日本の教科書を見てみると、独立して「科学と生活との関連」に触れているものは見られるが、それを教材に「科学理論と生活との関連を実感させること」を目指し、その過程を意識した実践は皆無である。科学と社会のつながりがブラックボックスである現在の状態を改善しないことには、上述の「理科」＝「理系の受験科目」という生徒の認識を(教科教育を通じて)変えることは難しい。昨年度、本校生徒に英国で使用されている教材の一部を翻訳・検討し、継続的に実践したところ、好評で生徒のリテラシー観への動機づけに大きな手応えを感じた為、NC を参考に HSW の視点を育成する物理授業を検討することとした。

以上の背景を踏まえ、本研究の目的は以下の 2 点とする。

#### ① 英国の目指す HSW の視点を育成する高校物理のモデル授業を開発および実践する。

英国で発行されている高校生対象(15-18 歳向け)物理の教科書等を参考に共通点と相違点や授業展開を把握し、日本の高校生対象に HSW の視点を育成する物理授業を開発し、実践する。

#### ② ①の授業で育まれた HSW の視点を通じたりテラシー観を育成する物理カリキュラムの開発および、科学的思考力と認知的な発達段階との統合的評価を行う。

①のモデル授業を統合し、1つのカリキュラムとしてまとめる。また、「科学的思考力」と「認知的な発達段階」との相関関係について本カリキュラムでも再現性を検証する。

## 2 実践計画

### 2-1 教材概要紹介

本研究で HSW を意識した授業を開発するに当たり、参考にした教材は Vanessa Kind and Per Morten Kind ”teaching secondary HOW SCIENCE WORKS” (図 1) [1] である。具体的には、本教材の第 1 章 ”How Science Works” – 1.2 Activities – Tricky tracks-making observations and inferences を実際に生徒に実践した。本教材は、生徒の探究における視点の統一を促す教材であり、本研究の軸となる HSW の意識に有効であると考え、行った。

この教材の主な活動は、A)~C)の「模様」(生徒が見ると、動物の「足跡」のように見える)をそれぞれ 1 つずつ見て、その模様ができた「ストーリー」を自由に組み立てさせ、それについて説明させる。その後、生徒にそれぞれが考えたストーリーに「共通する部分」と「それぞれで異なる部分」があることに気づかせ、それは「何」なのかについて考察させる(生徒たちは動物の「足跡」であることも共通だと考えがちなので、説明させる際に「足跡」ではない考え or 1 種類の動物(の足跡)にクラスの考えが落ち着かないように教員は注意)。「共通する部分」は「何かの印(模様)であること」、「異なる部分」は「それ以外全て」である。ここで気づかせたいのは「共通する部分」は「図に載っていて、誰が見てもわかる情報」、「異なる部分」は「図に載っておらず、図を見た個人が補足した情報」であることであり、個人が補足した情報は個人によって異なるため、他の人にはそれを説明しない限り、通じない、ということである。詳しくは後ほど、本校生徒に実践した結果について、報告したい。

また、本来は、そのあとに位置付けられている教材 Black box activities-observation, inference and creativity も実施予定であったが、教材の開発期間と授業の実施タイミングがうまく合わず、次年度以降、本研究の課題とした。これについては、4. で改めて述べることにする。

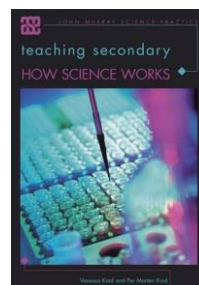


図 1: 書籍表紙

### 2-2 授業展開

本研究の流れは、図 2 の通りである。本研究では目的に沿って、①②の流れを作った。①は、HSW の視点を育成する授業開発を目的とした授業開発の流れである。(1)では、2-1 で紹介した Tricky Tracks (トリッキーな軌跡)の本校における実践、(2)では、トリッキーな軌跡の実践をもとに、その視点を物理授業の中で育成することを目的とした実践を行った。対象は高校 1 年 物理基礎、単元は「波動」(音波の単元学習前)である。内容は、物理基礎では本来扱わない「光と影」について扱った。活動の基本形態は、教員が実験器具を目の前で提示し、扱う現象について説明する。(例)光源とスクリーンがあり、その間に○の穴が開いた黒い紙を置く。これで光源を付けると、スクリーンにはどのような影ができるか?(後述)その後、生徒個人の予想→グループで協議→全体で共有し、結果を見て、それを記録する。これを繰り返し、「光と影の基礎性質」について改めて確認する、という授業である。本報告書では、実際に生徒の予想が変容する流れについて報告する。②は、HSW の能力を評価する 1 つの指標として、「科学的思考力」に着目し、それを評価できる統合的評価問題(Lawson’s Classroom Test for Science Reasoning (CTSR), 通称ローソンテスト)を実践前後に生徒に実施した。本報告では、今年だけでなく、本校着任時より実施している過去 5 年のデータを用いて、先行研究の大学生とのデータ比較を行い、CTSR が土台とするピアジェの発達段階の高校生レベルの状況、および CTSR の妥当性について試行している。



図 2: 研究の流れ(成果発表会ポスターより)

### 3 実践の結果

#### 3-1 授業中の生徒の様子や感想から

##### ①-(1) トリッキーな軌跡における生徒の考え

まず、本校生徒の課題に関する回答を見てもらいたい(図3:内容はワークシートから抜き出し、それを図にするために筆者が編集している)。本教材がうまくいくカギの1つとして、生徒の意見が多様性に富んでいることが重要である。図3はその一部であるが、それ以外にもたくさんの考えが出てきており、本教材の目的は十分達成できた。

しかしながら、ほとんど全員の生徒が(鳥もしくは動物の)足跡であることを前提に推論を進めており、「『足跡』かどうかさえわからない」という教員からの意見が受け入れにくかったと思われる。そこで、「この模様を2種類の葉っぱに見立てた人もいたよ、どんなストーリーを考えたとする？」というように、他のものに見立てた生徒の目線で考えてみると、「足跡」が必然ではない、という意見を生徒が受け入れやすかったと思われる。

それは、生徒が書いたまとめ(図4)からも見ることができる。授業のまとめとして、教員から「なぜ『観察(見たままの情報)』と『推測(情報から自分で補足した情報を含む)』を分ける必要があるのだろうか?」と投げかけたところ、生徒からは「『観察』は事実であり全員で共有できるが、『推測』は自分の考えが含まれているため、他の人が必ずしも納得するとは限らない。」といった趣旨の回答が多数見られた。これは本教材の目指すところであり、それが正しく生徒へと伝わっていることを示す結果である。

##### ①-(2) HSW の視点を意識した物理授業の開発

(1)の結果を踏まえ、物理授業へ HSW の視点を導入した授業開発を行った。先行研究として、K.Wosilait らの”Development and assessment of a research-based tutorial on light and shadow (光と影に関する探究型チュートリアルの開発と評価)”[2]、岸らの「中3を対象にした幾何光学における Tutorials の実践」[3]を参考に授業を開発し、実施した。実施した課題は以下の通りである(表5)。

表5: 演示実験授業 実施課題一覧(右上が実験1-①の図, 右下は実験装置を演示している様子)

実験1-①	円形の穴	
実験1-②	電球を上を持ち上げる	
実験2-①	直角三角形の穴に変える	
実験2-②	電球と黒い紙の距離を変える	
実験3-①	電球2個	
実験3-②	上の電球だけ持ち上げる	
実験4-①	縦に電球を並べる(実験なし)	
実験4-②	縦に長い形の電球に変える	

実験1~3までは、光源のもつ基礎的な性質や黒い紙に開けた穴の形状(円 or 直角三角形)によって、どのような影が形成されるか、という、いわゆる HSW でいうところの「観察」を正しく



図3: トリッキーな軌跡(生徒から出た意見の一部)

観察は事実でありみんながみたら分かることだけど、推測は自分の考えであり必ずしも他の人が自分の推測を納得するとは限らないから。	観察は見るだけで誰でも同じような考えが出てくるが、推測は人それぞれ考え方や見方、捉え方が違う為考えが異なるから。	「観察」の答えは大体同じなのに対し、「推測」は人によって答えが人によって全然違うから。
結果は見えてわかること。 推測は結果を踏まえ、なぜその結果になったのかを自分で考えるもの。	Q.なぜ、「観察」と「推測」を分ける必要があるのでしょうか? A. ①誰の目でも見て分かることだけならみんな同じになるが、自分が考えたことでは人は人によって違った推測が生まれるから、自分が考えたことと他の人に聞かれたら聞かれないから、自分と他の人の考えの違いを確かめる必要がある。	Q.なぜ「観察」と「推測」を分ける必要があるのか? A. 観察(観察)したことに付き纏うため、観察からどんなことが推測されるのかを分けて考えた方が色々な解釈が推測できるため。

図4: Q. なぜ、観察と推測を分ける必要があるのか?

行えるかどうかを問う段階であるといえる。ここで正しい結果を正確に確認し、記録しておくことが実験4を考える際のカギとなる。

実験4-①は、実験1・2の電球1個の場合と実験3の電球2個の場合の結果から、電球3個以上の場合の結果を予想する、という課題である（ここは実験を行わないため、思考実験的な扱いになる）。ここではHSWにおける「観察」から結果を「推測」する過程となり、トリッキーな軌跡同様、論理的に筋の通った説明が求められる。ここでは生徒個人の発達段階も大きく関係する。本実践では、数人の生徒ではあったが、それまでの演示実験との関係に気づき、それらを関連づけて思考し、説明する様子が見られた。

実験4-②も同様（図6）だが、よりわかりやすい「線光源」を利用すること（生徒にとっては新鮮なものである）、実験4-①をやった後に行うこと、によって、実験4-①より実験4の意味に気づく生徒が増える。このように教員の周到的な準備によって、生徒のHSWの能力を伸ばすことができると感じた。生徒の本実践後の変容については、次節にて述べることにしたい。

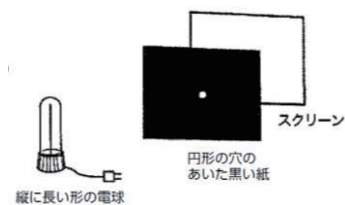


図6：実験4-② 実験図

### 3-2 生徒のHSWへの意識の変容について

実践授業後、生徒に振り返りを行った。その回答を見てみると、「トリッキーな軌跡」の授業に直接関連付けたものは残念ながら出なかった。その理由の1つとして、高校生であっても相当「関連していること」を強調しなければ、関連付けは行われぬ（3-1で述べたように生徒は潜在的に意識していたとしても、言葉として表面化しにくい）、ということがあるのではないかと感じている。さらに、わざとらしく結果が出ないように、連続で行わず少し期間をあけていることもこの結果に少なからず影響しているものと思われる。今後、カリキュラム化に向けて、より一層、HSWの教材分析やそのエッセンスを物理教育へ落とし込んでいくことには十分な意義が見られる結果となったと考えている。

## 4 まとめ

本研究では、①HSWを意識した（HSWの視点を育成する）高校物理のモデル授業の開発およびカリキュラム化、②統合的評価法の開発の2点を目的として研究を行った。①については、これまで述べてきた通り、話し合い活動や発表の中で、潜在的にHSWの視点を意識した回答をする生徒が少しずつ見られるようになってきたが、本人も自覚できておらず、この効果をワークシート等から十分に証明することは現状難しい。しかしながら、潜在的にHSWの視点が芽生えつつある生徒もいることから、今後も継続して検討していく価値が十分にあり、検討を続けていく。②については、成果報告会でも本校のCTSRの結果が国際調査等と同様の分布をとっていることを報告した。今回は紙面の都合上ご紹介できないが、こちらにも継続してデータを取り、分析していきたい。

## 謝辞

本研究は、公益財団法人中谷医工計測技術振興財団の助成により実施することができました。感謝申し上げます。また成果比較のため、ご協力頂いた先生方にも感謝いたします。

## 参考文献

- [1] Vanessa Kind and Per Morten Kind (2008) “teaching secondary HOW SCIENCE WORKS” HODDER EDUCATION.
- [2] K. Wosilait et.al, (1998) “Development and assessment of a research-based tutorial on light and shadow” Am. J. Phys. 66(10) pp.906-913.
- [3] 岸 翔太, 植松 晴子, 勝田 仁之「中3を対象にした幾何光学におけるTutorialsの実践」物理教育 63-2(2015).