



Title	《理科》科学的に探究し問いつづける生徒の育成：深い学びを引き起こすアクティブ・ラーニングを通して
Author(s)	宮城, 将吾; 比嘉, 司; 岩切, 宏友; 富永, 篤叫
Citation	研究紀要 = University of the Ryukyus Junior High School(29): 49-62
Issue Date	2017-03-31
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/37189">http://hdl.handle.net/20.500.12000/37189</a>
Rights	

## 科学的に探究し問いつづける生徒の育成

### - 深い学びを引き起こすアクティブ・ラーニングを通して -

宮城将吾\* 比嘉司\* 岩切宏友\*\* 富永篤\*\*

\*琉球大学教育学部附属中学校 \*\*琉球大学教育学部

#### I 主題設定理由

人はいろいろなことについて何かしらの経験則を持っている。学習科学では、人間は基本的に、自身の経験したことをまとめて、自分なりのものの見方、経験則をつくり、そこに他人に教わったことなども取り込みながら、いろいろな問題を解けるようになっていくとされている。すなわち、自分なりのわかり方の質を徐々に向上させていくというプロセスを経て学びを深めていくことが明らかになってきている。そのため、それぞれの異なった経験則を有する生徒が一同に会する教室においては、学びのプロセスは多様なものにならないをえない。そのため、知識伝達型の授業において、教師が「わかりやすい教え方」で説明したつもりであっても、それは多様にあるわかり方の一つでしかないのです。全ての生徒の納得を得るのは難しいということになる。

学びのプロセスと同様に、「わかり方」も生徒によって様々である。教師は、授業の中で、生徒たちから「わかった！そういうことか！」と声が聞こえると嬉しくなるものであり、そのような状態にある生徒たちは、考えることを楽しんでいるように見える。一体何が、生徒たちの「わかった」を引き起こしているのだろうか。また、「わかった」状態になったら、そこで、生徒たちの学びは終わってしまうのだろうか。生徒たちの様子を観察していると、そういう生徒ほど、「じゃあこの場合は、どうなるだろう？」などの新たな疑問を持つようになっていくことに気づかされる。すなわち、ある現象を提示して、「なぜ、このような現象が起こるのだろうか」という問いを発したとき、生徒が、「この条件がそろそろその現象は起こるんだ！」と条件と現象の関係を見つけることで「わかった」状態に

なると言える。その後、別の視点から問いかけることで「どうしてそうなるのだろうか？他にもあてはまる原理原則があるのだろうか？」という今まで気にしていなかったようなことが気になるようになることがある。つまり、「わかった」は、次に「わからなくなる」ための準備段階で、初めの疑問を解くとまたわからないことが出てくるのである。このような生徒は、この繰り返しで自分なりのわかり方や答えの質を上げるため、常に問いつづけているのである。

本校理科では、平成25年度から3年間、知識構成型ジグソー法が、素朴概念を科学的概念へと変化させるのに有効な手立てと考え「生徒同士の相互作用から科学的概念を形成するための授業づくり」を主題とした研究に取り組んできた。この研究の主な成果としては、一人ひとりが自分なりの納得を得ようと教材や友達との対話を通して学び合う姿勢が必然的に発生したこと、また、生徒の既存の概念を知り、そこで得た知見を問いや資料に反映させた教材づくりができたこと、特に他者目線とシミュレーションが教材の完成度を支えていることに気づくことができたことである。一方、課題としては、生徒が自分なりの考えをつくった上で、科学的概念に昇華させるには、それを検証させる手立てを検討する必要があることが挙げられる<sup>(1)</sup>。

前次研究で得られた協調的な学びによる個を活かす学習指導から一歩踏み込み、学びの場面で深く考えることを通して、引き起こされる生徒個々の学びを追究することを目的として、本年度から本校の研究テーマが、「21世紀型思考力の育成」-アクティブ・ラーニングを通して-へと一新した。本校理科でも前述した成果を活かしつつ、深い学びを引き起こすアクティブ・ラーニングを意識した授業づくりを行っていき

い。これにより、生徒が主体的に課題を捉え、科学的に探究する中で問いを見だし、その解消の過程で次のレベルの問いを創出することができるようになり、最終的には自分なりに納得できるようになることを期待している。

## II 研究の目的

本研究では、深い学びを引き起こすアクティブ・ラーニングを意識した授業を実践することで、一人ひとりが主体となり仲間と協働して問題を解決する中で深く学び、科学的に探究し問いつづける生徒を育成することを目的とする。

## III 研究仮説

日頃から、生徒が主体的に課題を捉え、協働する中で深い学びを引き起こす授業を意識し、実践することで、科学的に探究し問いつづける生徒を育成することができると思う。

## IV 研究内容

### 1 理科における深く考える生徒

国立教育政策研究所の掲げる深く考える力(思考力)とは、問題解決・発見・論理的・批判的・創造的思考・メタ認知・学び方の学びを構成要素として、具体像(イメージ)として、一人ひとりが自分の考えを持って、

他者と対話し、幾つかの考えを比較吟味して統合し、よりよい答えや知識を創り出す力、更に次の問いを見つけ、学び続ける力としている<sup>(2)</sup>。本校全体としては、深く考える生徒を「様々な問題に直面したとき、より良い解決に向けて論理的に考え、省察を繰り返し、考える生徒」としている。丸野(2008)は、学習者の学びへの深まりについて認知科学的な視点から詳しく述べている<sup>(3)</sup>。これを参考にし、本校理科での「深く考える生徒」を次のような状態にある生徒として捉えることにした。

- ① 既存の知識や経験に新しい考えや概念を関連づけている。
- ② 知識を相互に関連した概念に統合している。
- ③ パターンや根底に流れている原理を探索している。
- ④ 新しい考えを評価しそれらを結論に関係づけている。
- ⑤ 「知識とは(他者との)対話過程を通して創出されるものである」と理解し、批判的に議論の論理を吟味・検証している。
- ⑥ 自分の理解について省察を加えたり、自分の学習過程を省察している。

### 2 問いつづける生徒像

教室で、生徒が『なるほど!わかった』と声をあげたかと思うと、次の瞬間『えー?なんで?』と呟く瞬間に直面することがある。「わかった」の次にどうし

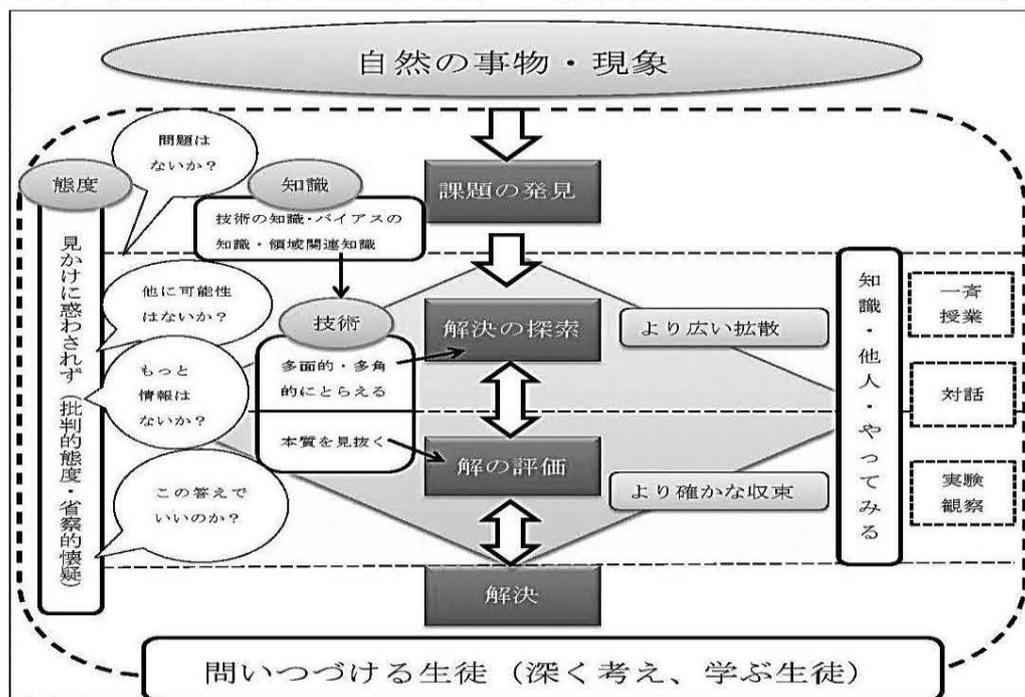


図1 問いつづける生徒(道田2012を参考に作成<sup>(4)</sup>)

て「なんでー」がくるのだろうか。どのようなことが生徒の理解に繋がり、そして分からなくなるのだろうか。

道田(2012)は、「考える」ということを次のように説明している。「考える」という過程は、いろいろと答えの可能性を考える思考「拡散的思考」と、複数の選択肢から1つを選んだり、1つにまとめたりする思考「収束的思考」が組み合わさって、拡散→収束というプロセスをたどる。つまり、より良く考えるには、より広く拡散させ、より確かに収束させることが必要ということになる<sup>(4)</sup>。この考えを基に問いつづける生徒(深く考え、学ぶ生徒)の姿を図1にまとめた。自然の事象・現象についての課題を発見し、解をより広く拡散的に探索し、より確かな収束を求めて解の評価を行い、解決していく。そのプロセスを進める上で重要になってくるのが、見かけに惑わされない「他に可能性はないか?」「この答えでいいのか?」などの批判的態度や省察的懷疑から生み出される問いである。また、その問いについて解の探索、解の評価、課題の解決まで多面的に捉えて本質を見抜く技術的な面とそれを支える知識も重要である。生徒は、このプロセスの中、より広い思考の拡散による様々な解の探索を行い、解の評価・課題の解決に向かってより確かな思考の収束を目指すために、授業で「知識」の習得、「他人」との対話、観察・実験を「やってみる」という学習活動を進めていく。この姿を科学的に探究し問いつづける生徒と捉えて単元構造・手立ての方法検討し、研究を進めた。

### 3 深く考えるための単元構造(指導計画)

#### (1) 単元構想(指導計画)

生徒が、深く考え、科学的に探究しながら、問いつづけることで、自分なりの答えを得て納得できる流れになるような単元を構想する。また、深い学びが引き起こされるような問い、予想、実験・観察、考察となるよう日常の授業を計画する。単元導入時や単元末には、知識構成型ジグソー法を取り入れ、一人ひとりの学びを大切に単元計画とする。

#### (2) 単元における知識構成型ジグソー法の活用

##### ① 単元導入での活用「これから学ぶ見通しをつくる」

単元導入時に単元全体の内容をつかめるような課題で知識構成型ジグソー法を取り入れることで、以降の

学習に見通しと興味を持たせることができる。これにより自分なりのわかり方で理解でき、新たな疑問が生み出される「わかるチャンス」となる。

知識構成型ジグソー法を活用した昨年度の実践を紹介する。3学年の実践で、エアートラック実験装置上の物体が、等速直線運動をするのを見せて「なぜ速度が一定で運動し続けられるのか?物体にはたらく力から考えて説明しよう」という課題を知識構成型ジグソー法で単元導入時に行った。この課題は、単元を通して学ぶ運動と力の関係を捉えることができるものになっていた。授業を熱心に取り組んでいる生徒の中で、『物体にはたらく力がつり合っているからはずらしていないことと一緒に、速さはそのまま変わらない』と自分なりの答えを出す生徒がいた。そこからこの生徒は『だったら、どうして力がはたらいていないのに運動しているのか?何か法則はあるか?』と疑問を持つようになった。つまり、生徒は、等速直線運動という現象は、物体に力がはたらかない、または、つり合った状態だからこそ起こる現象であることが「わかった」ことで、慣性の法則、運動の第1法則が「新たな疑問」として生まれてきた。

##### ② 単元末での活用「わかったつもりを見直す」

知識構成型ジグソー法の授業を実際に行うと、一斉授業で教えていたことが意外と定着していなかったことに気づくことがある。知識構成型ジグソー法の授業は、生徒にとって「わかったつもりになっていた」ことを新たに得た知識や考えを基に、もう一度自分で捉え直して、自分なりの表現で表出できるので自分なりに納得できる機会になる。そのため、関連する学習を一通り終えたタイミングで、やや質の高い課題に取り組むことを通じて理解を深め、整理し、より確かな定着を図るような場面での設定にも効果的だとされている<sup>(5)</sup>。

### 4 深く考えるための手立て

#### (1) 対話を介した学びの深まり

理科授業における対話とは、物や人、自然の事物・現象との出会いや原理原則のなかで生成される新しい知識の創出に向けての協働による協創の過程とされる。対話には、次の①～⑦の側面が見られると丸野(2010)は、指摘している<sup>(6)</sup>。①異なる考えとの出会い②教え・学び合う③主体性・協働性④知的対立・葛藤⑤よどみ、

迷い⑥自己省察⑦探求（意味・真実性の追求）。このことから、対話は「深く考える生徒」を下支えするものであり、その対象は、人（他人、自己）、事物にも及ぶと言える。よって、主体的・能動的な学習で対話を促すことは、本校理科がねらいとする科学的に探究し問いつづける生徒の育成に繋がるものである。



図2 仲間と協働し学びを深めていく生徒のようす

## (2) 対話を取り入れた授業を行うには

授業のねらいに迫るために対話を促すのならば、我々教師は、対話が発生する諸条件を理解し、意図した活動を行う必要がある。丸野（2010）は、対話による授業を行う際、少なくとも6つの要件と、その重要性を自覚することが必要としている<sup>(7)</sup>。この要件に本校理科が必要だと考える事項を加味したものを以下に示す。

- ①授業に先立ち、予め大まかな授業デザインを立て、細かな動きは、授業の状況に任せる。最後まで頑なに事前のプランには固執せず、必要に応じてプランの修正を柔軟に行う。
- ②生徒の理解のようすや状況の流れを読み取り、状況に応じて授業の内容や授業の形態を変更したり軌道修正を図る。
- ③軌道修正の手がかりは、生徒たちが発する疑問や問いの中から見出す。
- ④一部のわかる生徒を中心とした授業ではなく、わからない生徒、積極的に疑問を発する生徒、時に自分の考えに固執する生徒、発言はしないが冷静に考えている生徒（自己で問いつづけている）にも配慮した授業を営む。
- ⑤「答えを出して終わり」ではなく、そこから「問いつづける・考えつづける過程」を大切にす授業を目指す。
- ⑥生徒を教師の考えやはたらきかけに服従させるという姿勢ではなく、教師は生徒の多様な考え方や見方

を尊重する。それらは生徒どうしあるいは生徒と教師との間での対話の中に偶然に立ち現れてくる知的道具や資源であり、そこから、授業づくりの手がかりを見出す。

## (3) 問いの設定、発問の工夫

前次の研究から、毎時間の学習目標やテーマとなる「問い」の設定は、授業づくりにおいて重要な部分を占めることがわかった。授業で扱う題材や資料が同じでも、問いをどのように設定するかによって、授業が別のものになってしまうことが実践から確認されている<sup>(8)</sup>。また、授業の中で、生徒の考えを深める・広める・対話を生み出すためには、状況に応じてどのような「揺さぶり発問」をするのかについても重要と考える。そこで、本年度、深く考えるための手立ての一つとして知識構成型ジグソー法の授業を取り入れることで、生徒一人ひとりの問いの創出を図りたい。授業での問いの設定、揺さぶり発問を工夫することで、初発の問いの解決、新たな問いの創出に繋げていきたい。

## 5 深く考えた過程や結果をみとる手立て

### (1) ワークシート分析

ワークシートの記述内容を分析し、そこから深く考えた過程や結果を見とった。見とり方は次の通りである。

- ・一単位時間の授業で問いに対する生徒の考えが、どのように変容したのか、また、生まれた疑問や気になったこと等を見とった。そのため、生徒には疑問を持ち、不思議に感じることで生まれる問いを大切に、それを自分なりの表現でワークシートに記録することを伝えた。
- ・単元を貫く課題に対する単元導入時の考えと単元終了時の考えの変容を見とった。そのため、ワークシートは、学びの軌跡が見とれる形式とした。（一枚ポートフォリオ形式等）

### (2) インタビューの実施

ワークシート上の生徒の記述は生徒の思考の表出の一部に過ぎないと考える。そこで、気になる記述内容があった場合、その生徒に直接インタビューし、どうしてそのような考えに至ったのか等を聞いて、考えた過程を見とった。

## IV 授業実践

### 1 2 学年実践事例「呼吸のはたらき」

#### (1) 主題

激しい運動をすると呼吸数だけでなく心拍数も大きくなるのはなぜだろうか。

#### (2) 目標

- ・運動時に呼吸数と心拍数が上昇する現象を観察させ、そのメカニズムを考えさせることで、呼吸と心臓の鼓動を細胞でのエネルギーを取り出す活動と関連つけて説明できる。
- ・呼吸と心臓の鼓動が連帯することについて抱いた疑問を解決していく過程で新たな疑問を見つけ探究することができる。

#### (3) 本実践の目的

激しい運動をすると息切れがし、心臓の鼓動も速くなるのを誰しも経験したことがある。多くの生徒は、運動をすると呼吸が荒くなる理由を聞かれると、体内で酸素が必要だからと答えることができる。しかし、呼吸数と心拍数の変化を関連つけて説明するとなると精緻さに欠ける。これは、呼吸と心臓のはたらきを学習していても、「呼吸すること」を深く理解できていないためと考える。

そこで、本単元では、導入で知識構成型ジグソー法により運動時の呼吸数と心拍数の関係について考えさせ、そこで生じた問いから次の新たな問いが生まれ深い学びが引き起こされるよう単元の流れを工夫していきたい。最終的には、呼吸器系と循環器系の各器官のしくみやはたらきを統合して「呼吸すること」を詳しく説明できるようになることを期待する。

#### (4) 実践内容

##### ① 単元デザイン

学習内容を「どのように」学ばせるかは、習得した知識の持続性や汎用性に大きく影響する。よって教師は、学習後に目指す生徒の姿をイメージしつつ単元を設計していくことが肝要とされる。今回、本校理科の主題にある「科学的に探究し問いつづける生徒」を育成すべく単元をデザインした。導入では、主体的で対話的な学びを引き起こすために知識構成型ジグソー法を取り入れた。そこで生じた問いや疑問をその後の授

業で探究し解決する過程で新たな問いを創出し、単元の終盤で生徒が、導入時の問いに対し科学的で精緻な表現で説明できるようになることを期待した。単元の流れは表1のとおりである。

表1 単元の学習内容

	学習内容
1/4 時 (本時)	・呼吸のはたらき <学習前> 「激しい運動をすると呼吸数だけでなく心拍数も大きくなるのはなぜか説明しよう」 【知識構成型ジグソー法】
2/4 時	・肺のつくりと細胞の呼吸 【観察】肺のつくりと動脈血・静脈血 ※1/4 時の問いとのつながりを考慮
3/4 時	・心臓のつくりと血液の循環 【観察】ブタの心臓のつくり ・血液の成分 ※1/4 時の問いとのつながりを考慮
4/4 時	・呼吸のはたらき <学習後> 「激しい運動をすると呼吸数だけでなく心拍数も大きくなるのはなぜか説明しよう」

##### ② 思考が見えるワークシート

学習者の思考を見とることは、授業を多面的に評価する上で重要なことである。しかしながら学習者が授業のねらいに迫れたかをワークシートへの最終的な記述から知ることはできては生徒の思考の移り変わりを可視化することは容易ではない。堀（2013）は、思考や認知過程の内化・内省・外化を学習履歴から評価する手法として一枚ポートフォリオ評価法（OPPA: One Page Portfolio Assessment）が有効であることを挙げている<sup>9)</sup>。この手法では、一枚の紙の上に単元や学習内容のまとまりを単位として、生徒が授業の中で最も大切だと思ったことをまとめさせたシート（OPPシート）を用い、記述内容を比較・分析することで、概念変化や学びの深まりを知ることができる。また、生徒自身が自らの学びの軌跡を評価することでメタ認知の資質・能力の自覚化につながるとされている。

授業で用いる OPP シートは、A3 用紙の両面印刷とし、3 つ折りにして使用した。シートには次のア～エの枠組みを設けた。詳細については図 3 を参照された

ア 学習前後の「単元を貫く問い」

イ 毎授業の「授業の要点」を記録する学習履歴

ウ 単元全体を通した個人の学びを振り返る「学びの評価」

エ 問いの解決と新たな問いの創出を振り返る「問いつづける姿勢の評価」

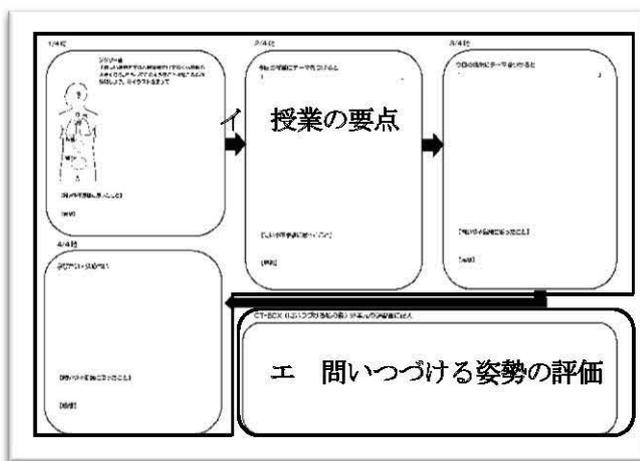
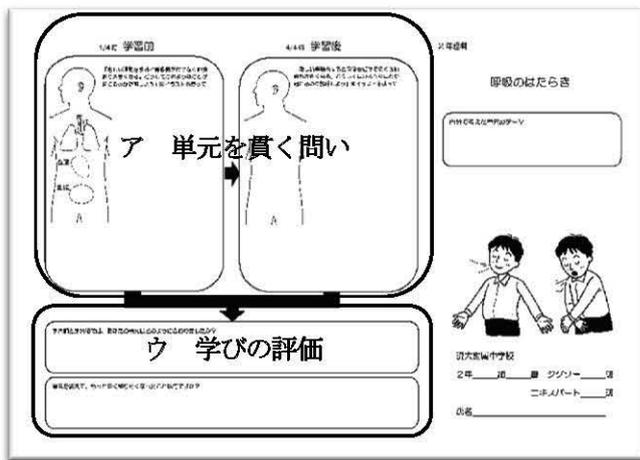


図3 OPPシートの全容(上:表面 下:裏面)

### ③ 本時の授業

#### (ア) エキスパート活動

エキスパート活動は、男女混合の4人で行った。精読する時間を5分、協力して課題に取り組む時間を10分とした。資料の中で大切だと思う箇所には、マーカーをすること、班で話し合っても課題がわからない時は、隣の班に意見交換に行ってもいいことを伝えた。時間は延長せず15分でジグソー活動に移った。エキスパート活動での資料の内容は次のとおりである。

#### 資料A 体を動かすエネルギー (要点)

- ・生物のからだは細胞できており細胞がエネルギーを得て体が動くこと。
- ・細胞の呼吸は、細胞内のミトコンドリアなどで行われ、養分からエネルギーを得るためには酸素を必要とすること。
- ・筋細胞の収縮は、主にATPがADPになるとき放出されるエネルギーを源とすること。

#### 資料B 肺呼吸と細胞の呼吸 (要点)

- ・吸気(すう息)と呼気(はく息)の成分量が異なること。
- ・呼吸には肺呼吸と細胞の呼吸があること。
- ・細胞の呼吸で消費された酸素は、肺呼吸で補われること。細胞の呼吸で生じた二酸化炭素は、肺呼吸で体外へ放出されること。

#### 資料C 血液循環と気体の交換 (要点)

- ・細胞の呼吸で必要となる酸素や発生した二酸化炭素は血液に溶け込み循環していること。
- ・血液の循環には肺循環と体循環があること。
- ・肺循環と体循環の2つの流れがあることで酸素と二酸化炭素の気体の交換が行われていること。

#### (イ) ジグソー活動

ジグソー活動は、1グループ3人とシトランプの▲♥で決めた。活動は、資料の説明と質問への応答に5分、課題「激しい運動をすると呼吸数だけでなく心拍数も大きくなるのはなぜか説明しよう」に取り組む時間を10分とした。先行クラスの反省から、説明する際は資料の説明文を隠し、イラストの部分で相手に見せ、それに自分なりの表現で説明をつけること、分からない箇所があってもそのままにせず、班員で資料を読み解き、協力して理解を得ることを伝えた。まとめは、先ずホワイトボード上の人体図にイラストで記入させ、その後、説明文を書き込ませる順とした。

#### (ウ) クロストーク

本時は、単元の導入であり、その後の学習に課題意識をもって主体的に臨めるよう、生徒へ「ジグソーの授業で生じた疑問や不思議に思ったことを大切に、記録に残し、その後の学習の中で探究していくこと」を強調した。そこで、クロストークの場合は、いくつかの班の考えを紹介し相互吟味させたが、1単位時間の授業で納得を得させるというより、新たな気づきや疑問を創出させることに注力した。クロストーク後、個人の考えと生じた疑問、感想をOPPシートに記入させた。

#### (5) 授業実践の分析

##### ① 生徒の学習の評価

「呼吸のはたらき」について4時間の学習の中で生徒がどのように学びを深めていったか、またどんな疑

間を抱き、不思議さを感じたか OPP シートの記述から見とっていきたい。

生徒 K の OPP シートを本実践末に図 4 (表面)、図 5 (裏面) として示す。表 2 は、図 4 から抜粋した生徒 K の問いに対する学習前と学習後の考えの履歴である。運動すると呼吸が荒くなるだけでなく心臓の鼓動も速くなる理由について学習前は人体図には記入できていない。運動することで体内の酸素が必要になること、酸素を運ぶために心臓が鼓動していると説明している。そこには、体内に酸素が必要となるエネルギーの視点や血液や循環器系の視点などが欠けている。後日、生徒 K にインタビューすると呼吸が体内に酸素を運び二酸化炭素を体外に出すためのはたらきであることはわかっていたが、肺がどのように血管と繋がっているかイメージできなかったとのことだった。このことは呼吸のはたらきを知識としては持っているが、呼吸が

様々な器官が相互に関わりあって行われるはたらきであるという総合的な視点を欠いている。言わば、呼吸がどうして必要なのか、深い理解に至っていないためと言えよう。学習後、生徒 K の人体図には肺、心臓、細胞とそれらを繋ぐ血管が記され、下部①体を動かすエネルギー②細胞呼吸のための肺呼吸③血液の循環の視点を得るに至っている。①～④の視点は、学習前には見られなかったものであり、4時間の学習で得た知識が人体に生じる事象を精緻に説明するのに活用されていることを示している。また、授業で扱っていない脳と脳へ至る血管が書き込まれ授業で得た知識以上の情報を取り入れていることがわかる。生徒 K のこの記述は、授業者の想定を超えるものであり生徒が課題を主体的に捉え、学びを深めているようすを目の当たりにしたとき嬉しさを覚えた。

次に生徒は、授業でどのようなことに疑問を感じ、不思議さを感じるのか生徒の学習履歴を基に見ていく。表 3 は、2 人の生徒の全 4 時間の記述である。

表 2 学習前後の学習履歴にみる思考の深まり (生徒 K)

	学習前	学習後
人体図		
説明文	激しい運動をすると体内にある酸素が少なくなるので、体内に酸素を取り込もうとして呼吸が速くなる。また、酸素をたくさん運ぶために心拍数が増える。	激しい運動をするとエネルギーが不足する。①エネルギーは体内の細胞内にある「ミトコンドリア」でつくられる。ATP は、 <u>養分と酸素でつくられている</u> 。② <u>酸素を取り入れるためには肺呼吸をしなければならない</u> 。だから肺呼吸が多くなったと思う。また、③ <u>酸素や養分などは、動脈を通し全身に運ばれるので血液を循環する心臓が必要となる</u> 。そのため心拍数も大きくなる。

表 3 単元の中で問い続ける生徒の姿

	生徒 N	生徒 K
1/4 時	ATP は結合が切れると ADP となるのか。ATP, ADP は何のはたらきをしているの？	ATP と ADP はどのようなものなのか？ エネルギーの差とはどういうこと？
2/4 時	赤血球は酸素とくっつくというがどのくらいの量からくっつくのか。また、赤血球は酸素としかくっつかないのか？	なぜ動脈血と静脈血は色が違うのか？ (なぜ、酸素の量などで色がかわるのか？)
3/4 時	肺静脈なのになぜ動脈血が流れるのか？	なぜ静脈だけ弁がついているのか？動脈にはついていなくても大丈夫なの！？
4/4 時	運動しているとき、呼吸数がふえるのは細胞が酸素を欲しがっているからなのか？	ATP とはどのような場所で作られているのか！？
単元末	呼吸数と心拍数の関係には運動神経もからんでいるのではと考えました。(例えばご飯を食べて吐き気がするのは消化とからんでいて逆流しているのでは)	自分達の体にある細胞の中にはどのようなものがあるのか、詳しく知りたいと思いました。また、他の器官についても知りたいです。

1/4 時 生徒 N、生徒 K ともに ATP と ADP の正体とエネルギーとの関係について疑問を抱いている。

4/2 時 両者とも血液が酸素と結びつくことによって生じる現象について疑問を抱いている。

3/4 時 両者ともに静脈の構造と静脈血について疑問を抱いている。

これを授業の内容（表 1）に照らし合わせると、2 人の生徒が抱いた疑問は、授業の内容から大きく外れてはいないことがわかる。つまり、2 人の思考は、授業の中心テーマに沿って行われ、それに関連した疑問が発生していることが伺える。しかし、4/4 時になると、この様相は異なる。2 人は違うことに疑問を抱いている。生徒 N は、呼吸数と細胞呼吸について、生徒 K は、ATP の生成される場所についてである。これは、4/4 時において、授業の前半 20 分を探究の時間として設定し、課題「激しい運動をすると呼吸数だけでなく心拍数も大きくなるのはなぜか」を説明するのに足りない情報を仲間と対話し学び合い、深め合う場としたためと考えられる。生徒の思考が授業の内容や教師の働きかけにどのように影響するのかについては、今後、統計学的数値を基に議論を深めていく必要がある。

今回、ワークシートを OPP (One Page Portfolio) 形式で作成した。そのねらいは次のとおりである。

- ・生徒が単元導入時と終盤までの自らの考えの変容を評価することでメタ認知の資質・能力を高めることができる。

- ・授業の要点を自分なりの表現でまとめさせることで、概念が変化していく過程を観ることができる。

- ・生じた疑問や感想を書き込ませることで、生徒の思考や興味と授業との関係を知る手がかりとなる。

多くの生徒が、課題を解く際、「どのように」して学び、「何」の情報を得、そして解に迫れたかどうか。という学びのプロセスを認識することで、達成感や成就感を味わっているようであった。生徒 T は、単元の最後の振り返りで次のように綴っている。

今回の授業では、私は疑問をもってその答えを出していく大切さがわかるようになりました。この情報が足りない、調べてみよう！となったのは初めてでした。わかったときの喜びは大きくて、自分が他の人よりも少し知識が増えた気がしてすごうれしかったです。

この授業を受けていない人にも、私の言葉で伝えるように工夫し、最後にまとめたときは、どうやったら分かりやすくしっかりと伝えられるように工夫しました。最初のころは、ていねいに説明していきなかつたけど最後には、ピッシリとしっかりと説明できました。すごく 4 時間で成長できました。

生徒 T の記述は、学習者に課題をどう意識づけるかで、主体性が高まり深い学びに繋がること、そして、解決へ向かわせることで学ぶ喜び・楽しさが一段と大きくなることを教えてくれた。本校理科がめざす科学的に探究し問いつつける生徒の姿を鑑みると OPPA 法によるメタ認知が有効であることを実感させられた。

## ② 実践を踏まえた授業の改善点

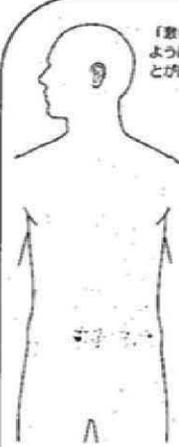
今回、「呼吸のはたらき」を 4 時間で設定した。この内容は、教科書（東京書籍）では 5 時間で扱われている。授業では、単元を、1/4 時に知識構成型ジグソー法、2/4 時、3/4 時に探究学習、4/4 時にまとめという流れで構成した。導入の知識構成型ジグソー法では解決できない課題や生じた疑問をそのままにせず、探究する姿勢を培うことをねらいとした。生徒の OPP シートの記述から、思考は拡散と収束を繰り返す、最終的には、ねらいに向かって収束する傾向があるが、その過程で一人ひとり異なった様相を呈すること。単元の大きな問いを設定した場合、その解決に向けて、下位の問いに対する小さな拡散と収束を繰り返すことを知ることができた。思考は、その人の経験則に依ることからすると当然かもしれないが、一枚の紙の上に残された履歴から生徒の思考の移り変わりを知ることができたことは、授業者として新鮮な驚きであり感動であった。

それぞれのエキスパート資料は、問いを解くために必須になるように作成した。しかし、一部の資料に情報を盛り込み過ぎ、生徒の思考を阻害する場面も見られた。これは、自分なりの納得を得ることのできなかつた生徒が、資料の用語をつなぎ合わせることに精一杯になり正確さに欠ける記述をしたことに見ることができる。資料の内容をどの程度詳しく明記するのかは、学習者の最近接領域を考慮する必要性を強く感じさせられた。

OPP シートには、授業改善に有用な学習者の学びの軌跡がまだまだ残されている。それをどのような視点から評価し、活用していくかは次年度の研究に繋がる課題である。

1/4時 学習前

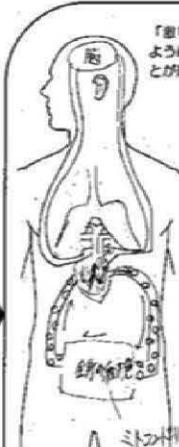
「激しい運動をすると呼吸数や心拍数はどのように変化するだろうか？なぜそのようなことが起こるのか説明しよう」



激しい運動をすると  
体内にある酸素が少なくなるので、体内に酸素を取りこむとして、呼吸が速くなる。また、酸素をたくさん運ぶために心拍数も速くなる

4/4時 学習後

「激しい運動をすると呼吸数や心拍数はどのように変化するだろうか？なぜそのようなことが起こるのか説明しよう」



激しい運動をするとエネルギーが不足する。エネルギーは筋肉細胞内にある「ミトコンドリア」でつくられる。ATPは体の各部分で使われている。だから、エネルギーをたくさん使うと酸素が必要だ。酸素をたくさん運ぶためには呼吸数を速くする必要がある。また、酸素をたくさん運ぶためには、心臓を速く回す必要がある。心臓を速く回すには、心拍数を速くする必要がある。心拍数を速くする

ミトコンドリア  
つくられる  
= 酸化酸素が  
下る

○= 呼吸数  
○= 心拍数

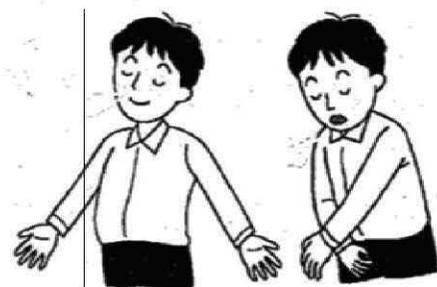
学習前と学習後では、あなたの考えはどのように変わりましたか？  
学習前は心臓に酸素を運ぶために呼吸数や心拍数が増えるのだとしか思わなかったが、ミトコンドリアの活動を通して、心臓、細胞、血液が深く関係していることがわかりました。

単元を終えて、もっと深く知りたくなったことは何ですか？  
自分の体内にある細胞の中には、ミトコンドリアがあるのだ、これを知りたいと思いました。また、他の器官についても知りたいです。

2年理科

呼吸のはたらき

自分で考えた単元のテーマ  
エネルギーと関係する  
人の臓器について



琉大附属中学校  
2年 組 番 シグソー 班  
エキスパート 班  
氏名 \_\_\_\_\_



## 2 3 学年実践事例「仕事の原理と仕事率」

### (1) 主題（単元全体の課題）

「重い荷物を引き上げる作業で、なぜロープホイストが使われているのだろうか？」

### (2) 目標

生徒一人ひとりが主体となり、単元全体の課題を解決する中で、仲間と対話し深く考え、学びを深めていくことで、力学的な仕事を定義し、仕事の原理に触れ、単位時間当たりの仕事として仕事率を説明することができる。

### (3) 本実践の目的

本単元は、仕事の大きさや仕事率を計算で求めることに意識が偏りすぎて、日常生活への関連性が弱くなり、機械的に覚える作業になりがち傾向がある。その結果、計算が苦手な生徒にとっては、単元全体に苦手意識が強くなってしまふことが多いように感じる。また、仕事の原理を利用した道具について教科書の資料や実物で紹介すると多くの生徒が興味を持つものの、なぜそうなるのかを説明できる生徒は少なく、多くの生徒が浅い理解で終わってしまっているようにも感じる。

そこで本実践では、単元全体を貫く軸となる課題を設定し、その導入で知識構成型ジグソー法を取り入れた。実践を通して、対話と実験を通して問いつづける姿勢を身につけさせ、その後、生徒の記述から気づきや問いを拾いながら、各授業の課題設定や発問づくりなどの授業づくりを行った。

この実践を通して、課題解決のため仲間と深く考え、問いつづける姿勢を持ちながら、生徒自身が主体的に学びを深めていくことを期待している。

### (4) 実践内容

#### ① 単元デザイン

単元を貫く課題を解決するための視点が、既習内容の力から仕事の定義、仕事の原理、仕事率へと広がるような流れで単元デザインをした(表4)。単元を貫く課題は、次のことを考慮して設定した。

- ・単元全体を通して考え続けられるように課題の解が仕事の定義、仕事の原理、仕事率を含めたものになるようにする。

- ・単元内容に関心を持たせるため、日常生活の中にありながらも普段その仕組みについて深く考えてなさそうな題材を使う。

今回の実践では、定滑車と動滑車を利用したクレーンのアームやフックと同じ仕組みになっているロープホイスト(図6)を題材として課題を設定した。

表4 単元の学習の流れ

	学習内容
これまで	力の規則性・物体の運動
本時 1/5時	単元課題「重い荷物を引き上げる作業で、なぜロープホイストが使われているのだろうか？」について考える。  本時の課題「ロープホイストを使うとなぜ小さい力で引き上げることができるのだろうか？」 【知識構成型ジグソー法】 エキスパート活動/ジグソー活動
次時 2/5時	クロストーク/個人活動(個人まとめ)  ・仕事の定義を学ぶ ・仕事の大きさを調べる実験方法を考える。
3/5時	・動滑車と定滑車で力の变化と力を加える距離の変化を実験で調べる。 ・動滑車を使った道具を他にあるか考える。
4/5時	・斜面を使っても仕事の大きさは変わらないのか実験する。 ・輪軸やてこを応用した道具についても考える。  ・仕事の原理について理解する。 ・仕事の効率について考える。
5/5時	・仕事の効率について実験を通して理解する。 ・仕事率の求め方を理解する。  単元課題「重い荷物を引き上げる作業で、なぜロープホイストが使われているのだろうか？」について考える。
この後	・仕事とエネルギー

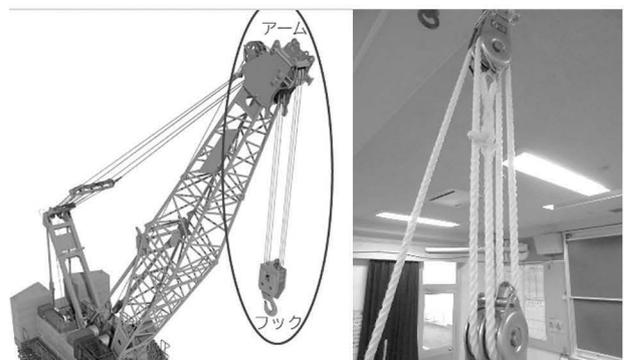


図6 クレーンのアーム、フック(左)とロープホイスト(右)

## ② 授業実践

単元全体の課題に対して生徒は、既習事項である力の規則性から「力が小さくなるから使用している」と力だけの変化に着目した解を答えると想定した。そして「それならなぜ、小さくなったのだろうか？」という展開で「ロープホイストを使うとなぜ小さい力で引き上げることができるのだろうか？」という本時の課題を設定した。主な目標は、1)仕事の原理を利用したロープホイストの仕組みを構造と既習内容で考え、説明することができる、2)力を加えている距離と物体が引き上がる距離のちがいに気づき、仕事の定義や仕事の原理につながる気づきや問いを生み出すことができる、の二つである。

### (ア) エキスパート活動

エキスパート活動で用いる資料は、「ロープホイストの構造」「動滑車と定滑車」「力の合成」の3つであり、それぞれの視点から「力」についての実験を行いつつ既習の範囲で考えることができる内容にした。また、エキスパート活動の実施時間は実験を含めて15分間と設定し、道具・資料を介して仲間と対話しながら考えさせた(図7)。



図7 ロープホイストを手にして対話し考えるようす

#### 資料A：ロープホイストの構造

天井に固定されている滑車2つと荷物に取り付ける滑車2つは1本のロープでつながっている。この道具を使えば、荷物を荷物にかかる重力の4分の1の力で引き上げることができる。

#### 資料B：動滑車と定滑車

- ・動滑車を使うと引き上げるために必要な力が変化すること、定滑車は力の方向を変化させるが力の大きさは変化しないことを資料と実験で理解する。

#### 資料C：力の合成

- ・2つの力で同じ方向に荷物を引き上げると2つの力

を合成させた力が荷物にかかる。

- ・荷物に固定した動滑車にロープを通し、2人で両端を支え、片方だけが引き上げると2分の1の力で引き上げることができることを資料と実験で理解する。

### (イ) ジグソー活動

ジグソー活動においてもエキスパート同様に実験道具を用いながら、課題について話し合い、まとめた班の解をホワイトボードに書き込みながら考えさせた。班の割り振りは、1グループ3人とし、各エキスパートの生徒が入るようにクジで決定した。班で考える時間を18分間とし、その後個人のワークシートにこの時点での解を記入させた。ホワイトボードにまとめたものは、写真に撮って記録を残し、次時へつなげるようにした。また、個人でまとめたワークシートを回収し、その記述を次時のクロストークの教師側の発問や展開を考えるための参考にした。

### (ウ) クロストーク

クロストークの前に、前時のジグソー活動で記述したホワイトボードの写真を各班に配布し、8分ほど確認しながら、再度ホワイトボードに記入させ、発表の準備をさせた。発表の順番は、挙手した順とした。各班の発表後に質問や意見を交えて考えを吟味させた。

## (5) 授業実践の考察

### ① 生徒の問いが紡ぐ学びの深まり

クロストークにおける生徒の問いがきっかけとなり、学びがより深まったと感じられる場面があった。これを、事前の授業者側の授業づくりと併せて紹介する。

1/5時のエキスパート活動、ジグソー活動後の生徒の記述を次時のクロストークに活かすため、授業者で考察を行った。そこから3つの視点からの複数のタイプの考えに分かれていることがわかり、それぞれの考えをA・B・Cタイプとした(図8)。期待する解としてはAタイプであるが、複数ある解から解決へ向けての収束をしていくため、授業者からの発問や検証する実験方法を考えた。Cタイプに対しては、力の分解や体重を乗せると楽に引っ張れることから考えているようなので、エキスパートBで使用した動滑車の実験で力が変化しないことを検証できると考えた。

次にBタイプは、全体の56%で半数以上だったため、授業者からの発問や検証する実験が無ければ、この解でまともになってしまう可能性があった。そこで、「ロー



ほとんどの生徒はこの演示実験で納得した様子であった。結局、授業者が事前に用意していた発問は、生徒同士のやりとりから自発的に生まれてきたことになる。

## ② 実践を踏まえた授業の改善点

今回実践した単元「仕事の原理と仕事率」は、5時間で設定し、単元を貫く課題に対して、単元を通して「仕事の定義」「仕事の原理」「仕事率」と視点を広げながら探究していく流れで構成した。そして、知識構成型ジグソー法での対話中心の授業を単元導入時に行い、毎時間の生徒の発言やワークシートの記述を活かしながら授業づくりに取り組んできた。また、「多様なエネルギーとその移り変わり」の単元でも同様に実践した。ここでは、知識構成型ジグソー法の授業を単元末に設定し、単元で学習した内容を振り返りながら課題に取り組むようにした。どの実践の中でも、本校理科がめざす科学的に探究し問いつづける生徒と捉えられる姿を、生徒の記述や生徒同士の発言、取り組みの様子から垣間見ることができた。

本実践の中で、生徒一人ひとりが生み出した気づきや問いは、授業づくりに反映されたものの、他にも多く残されている。今後は、それらを振り返らせ「自分にどんな視点が足りなかったのか」「どのように考えることがより良い解決に向かうことができるのか」など、自分の学びを振り返ることは、科学的に探究する姿勢の育成につながることに気づかせたい。そのためには、授業者が生徒から生み出される多くの問いを拾い、どのような視点で評価していくかを考えていく必要があると感じた。

## VI 成果と課題

### 1 成果

主な成果は、問いつづける生徒の姿を意識することで、主体的で対話的に学ばせるための授業づくりを心がけるようになったことである。その他の成果は次の通りである。

- ・アクティブ・ラーニングの視点で単元の構成を見つめ直すことができた。導入で知識構成型ジグソー法を取り入れ、生じた疑問をその後の授業で探究・解決していく流れは、深い学びを育む上で効果的であった。
- ・課題に対して主体的に取り組み、生徒同士が対話と実験を重ね試行錯誤する姿を多く見るようになった。

より確かな収束へ向けて、納得できるまで相互吟味し科学的に探究する姿勢が育ちつつある。

- ・ワークシートの記述内容から、その時点での理解の状況や疑問を拾い上げることで、より深く考えさせるための発問づくりを行うことができた。
- ・単元を貫く課題を設定し、反省的な思考を促すことで、課題意識をもって授業に臨ませることができた。その結果、生徒の思考が拡散し過ぎた場合でも引き戻せることがわかった。

### 2 課題

今年度、問いつづける生徒の姿をどのように拾い見とっていくかと言うことに注力した。OPP シートの導入、発話分析等を行ってきたが、依然として課題となるのは疑問や問いを見とる際の視点である。これについては、今後、理論的研究を深めて行きたい。その他、次のような課題が挙げられる。

- ・課題に対して生まれた疑問や視点の違う拡散した解を解決に向けて収束させるため、その解を検証する手立てを生徒自身に考えさせることや授業者が予め準備しておく必要があると感じた。
- ・課題解決の中で生まれた問いが、概念形成につながる本質を問うものなのか、表面的な問いなのか、段階的に区別する必要があると感じた。

### 参考文献・引用文献

- (1) 琉球大学教育学部附属中学校『研究紀要』第28集、2016年、p.97
- (2) 国立研究政策研究所「資質・能力 理論編」東洋館出版社、2016年、p.191
- (3) 丸野俊一「メタ認知と授業」高垣マユミ(編)『授業デザインの最前線Ⅱ』北大路書房、2010年、p.54-55
- (4) 道田泰司「最強のクリティカルシンキング・マップ」日本経済新聞出版社、2012、p.108-119
- (5) 三宅なほみ 東京大学 CoREF 河合塾 編著『協調とは』北大路書房、2016年、p.159-160
- (6) 前掲(3)、p.61
- (7) 前掲(3)、p.61-62
- (8) 前掲(1)、p.80
- (9) 堀哲夫「一枚ポートフォリオ評価 OPPA、一枚の用紙の可能性」2013年、p.57