

学術論文の Introduction と Abstract を用いた科学の最前線に触れる 中学校理科ならびに高校生物授業の開発

——ポリスチレンを生分解するミールワームの事例を用いて——

角島 誠*

(平成29年10月2日受付)

Development of junior high school science and high school biology lessons to be at the
forefront of science using scientific papers Introduction and Abstract
——Using a case of polystyrene-biodegrading mealworms——

Makoto KADOSHIMA

(Received Oct. 2, 2017)

概要

課題の所在や研究の意義を見出す文献調査には、どこからが未知の領域となる「科学の最前線」なのかを理解し、研究という行為を理解するなどの教育的な可能性があると考えられる。しかしながら、高等学校での「理科課題研究」の開発率は非常に低く、また探究活動は文献調査を行う研究ではない。

本論文では、文献調査という活動に焦点を当てた授業の開発を行った。文献調査の意味の理解や科学の最前線に触れることを目的とし、発泡スチロールを食し生分解すると発表されたミールワームの学術論文を事例として、中学校では新聞記事、高等学校ではこの論文の Introduction そして引用文献の Abstract を用い、かつ調べ活動等を取り入れるなどした展開をした。中学校で1時間、高等学校で2時間の授業で学びの効果が得られることが明らかとなった。

キーワード：中学校理科，高校生物，文献調査，Introduction，Abstract，科学の最前線，ミールワーム

1. はじめに

現行の学習指導要領において、研究は、「理科課題研究」として基礎を付した科目や付していない科目とは別の科目として設置されており、探究活動とは異なる位置づけとなっている。ある程度テーマが設定された探究活動に対し、何を研究のテーマとするかのテーマ設定までも行うのが理科課題研究である。

研究しようとするテーマが未知なる最前線にあるかどうか、あるいは研究する価値があるかどうかを証明するために、先行研究や関連研究である論文を踏まえる文献調査は

不可欠であることはいうまでもない。現場における課題研究の指導で参考とされている「理科課題研究ガイドブック第3版」においても、「高校における課題研究に限定すれば、全く文献調査なしでも百歩譲って“科学研究の練習”にはなるでしょう。」⁽¹⁾と表現されているように、それは練習であって研究ではない。基礎を付した科目と基礎を付していない理科科目のカリキュラムを展開する学校における探究活動では、そのテーマが研究するに値するかを問うといった文脈での文献調査は行われない。

では、理科課題研究の開発やSSHのような特別な設定があればどうであろうか。文献調査について、SSHを行った

* 初等中等教育研究センター，ICTセンター

学校ですら、「SSH 関連の発表会等に参加した場合、審査員や講師者である大学の先生方からの質問として「文献調査はどの程度したのか」、また教員側へのアドバイスとして「文献調査をきちんとさせる」というものが見受けられる。

この質問やアドバイスはナンセンスだと感じている。それは高校における文献調査には限界がある。⁽²⁾と文献調査の課題を指摘している。文献調査は研究にとって不可欠かつ重要なプロセスであることは正論であるものの、研究機関ではない学校現場や、研究という形をとりにくいカリキュラムや環境においては、扱いにくいものといえる。

「理科課題研究」の開設率が非常に低いという実態⁽³⁾にも鑑みたとき、研究において行われる特有かつ必須の活動である文献調査そのものに焦点をあてることで、探究活動の学びではできない学び、最前線の視点に立ったものの見方などの学びにつなげることが考えられないだろうか。

理科においてこのような意味合いから文献調査のみに焦点を当てた学びについての報告は見当たらない。本論文では、基礎を付した科目とその後履修させる基礎を付していない理科科目のカリキュラムを展開する広島なぎさ中学校・高等学校の協力のもと、同校の特徴や状況に鑑みた上で文献調査に焦点を当てた学びの展開方法を開発・実施し、考察を行う。

2. 実施校での考慮すべき特徴や事情

中高6か年の教育を展開する同校の理科は、同校が掲げる課題発見、課題解決ができる生徒を育むことに資する21世紀型高学力の一翼を担う教科として、カリキュラムマネジメント的につながる指導方針をたてている。すなわち、科学者が常に未知の最前線に立った課題解決をしていることから、「科学者」にフロンティアというルビをふって「科学者（フロンティア）の視点で」を指導方針としている。

この方針に沿って、同校では実際に解明されていない科学的な研究の最前線の現象を身近に触れることができる環境作りとして、生徒が関心を持ちやすく、かつ低価格で準備可能という条件で実物題材を探していた。そして、ゴミムシダマシ科の甲虫の幼虫であるミールワームが発泡スチロール（ポリスチレン）を分解することを報告し、その分解の仕組みはまだ不明であるとした Yu Yang et al. (2015a, 2015b) の研究⁽⁴⁾⁽⁵⁾に注目した。プラスチックごみ問題の解決策など、その仕組みが解明されたときの有用性は容易かつ様々な考えられることや、ペットショップで容易に手に入れることができる勝手の良さもあり、発泡スチロールを給餌しているミールワームを2016年5月より校内で常設展示し、その有用性の説明とともに、Yu Yang et al. の論文も展示してきた。

しかしながら、啓蒙展示にとどまっており、授業での具体的な扱いや展開にはつながっていなかった。

その他、

- ・同校は海に面しており、海洋ゴミなどに興味を持たせやすい。
 - ・中高6か年の教育環境であり、中学校での展開と併せた高校での展開が可能である。
 - ・「総合的な学習の時間」として扱わなくても、国際交流等が盛んで学校全体の雰囲気として様々な場面で英語を活用することに違和感がない。
 - ・プラスチックごみを油化するデモ用油化装置が常設しており、プラスチックごみに対する関心を引き出しやすい。
- といったことがあげられる。



図1 校内展示されているミールワーム

3. 展開の方針

時間配分なども含めて諸々の物理的な制約もあり、具体的な研究テーマを絞り込むという設定での文献調査だけを取り上げるというものはできない。同校の最前線に立った視点ということに鑑み、気になる論文の文献周辺を見てみることを通して：

- ①科学の研究における文献調査の意味を俯瞰的に理解する。
- ②「科学の最前線の視点」に立ったものの見方を言語化した学びを共有する。

ことを目指すこととした。

扱うテーマについては、同校が啓蒙展示しているポリスチレンを生分解するミールワームの現象を実物観察できるという直接性もあり、Yu Yang et al. (2015b) の論文を基本論文として、最前線のつながりを見ていくこととした。プラスチックごみに対する関心をもちやすい環境であることや、英語を扱うことができるという学校環境であることも、この判断を後押しした要因である。

また、中高6か年ということを生かし、中学校3年生の2分野において、ミールワームの展示内容の理解を目的と

した啓蒙的な授業を行い、高等学校の生物基礎ないしは生物の授業で文献調査を扱うという流れを作ることにした。

筆者が展開案を示し、授業者がクラスの実態に即した展開を実施し、アンケート調査を扱い考察することとした。

4. 中学校での展開

4.1 中学校3年生2分野での展開案

中学校3年生の2分野の『自然と人間』の「生物と環境」を扱う単元につながる導入としての教材的な位置づけで、展示しているミールワームとその研究、そして社会的有用性についての確認を行い、高校での学びの下づくりを行う。

生徒が読む資料は、論文ではなくCNNの日本語記事⁽⁶⁾とし、以下のような流れと内容を含むものを展開案とした。

- ・ミールワームの様子スクリーンでの拡大提示を行いながら、単元の学習を始めるに当たり、校内展示していたミールワームについて、どれほどの関心や認識を持っていたのかを問う。
- ・単元の導入として、プラスチックゴミに関する生徒の認識を聞き出しておく。また、瀬戸内海に面した学校として、瀬戸内海でのカキ養殖で用いるプラスチック製パイプゴミや、海洋におけるマイクロプラスチックやマイクロビーズの話題に触れておく。
- ・CNN記事を補足しながら、研究で解明されたこと、解明されていない課題を確認し、まさにそこが科学の最前線の位置にあるということ、観察している現象が最前線の現象でもあることを確認しておく。
- ・社会的な有用性として、プラスチックごみ問題の解決に役立つかもしれないということを確認する。
- ・意外と思われるような生物の基礎的な研究につながって研究が成り立っていることを確認する。CNN記事にはゴキブリなどもプラスチックを餌とすることが可能との表現もあり、ちょっとしたところに最前線な課題があることに言及しておく。
- ・高校では、この研究がその後どのようなになっているかを英語論文で追跡することを予告する。

4.2 授業の実施と展開の実際

対象 中学校 3年1組 38名

実施日 2017年9月7日

授業展開

展開案を受けて、授業者はクラス実態や状況を踏まえて以下のように展開した。

- ・9月の授業時には、ミールワームの殆どが成虫し、かつ成虫もすでに寿命を迎えたものが多く、卵と一部孵化し

た小さいミールワームしか残っていなかったが、海鳥の白骨化死骸の腹部にプラスチックゴミがたまっている写真や、ミールワームが発泡スチロールを食していった変化の写真、動画も使用して導入を行った。

- ・Yu Yang et al. (2015b) の英語論文については、校内展示しているミールワームのケースの横に展示してあった論文として実物を授業中に回覧させた。
- ・左にCNN記事を、右に①解明されたこと、②解明されていない課題、③社会的な有用性の3つの記入枠を配置したプリントを用意し、個人でじっくり書き込む時間を確保した。その後、グループにて互いの記述内容の意見交換をする時間を設け、授業者が①、②を聞き出し、「科学の最前線にある」という言葉を添えて確認をおこなった。その後、③の有用性について記事以外の内容も含めて意見をひろった。
- ・その後どうなったかについて高校で英語論文を扱うということについては、一言添える程度で、深くは言及しなかったものの、展開案の内容がすべて扱われた。

4.3 アンケートの内容と結果

内容

以下の5つの質問について、4件法で問うアンケートを実施した。

- 問1 西棟2階で展示されているミールワームについて興味・関心がありましたか。
- 問2 「科学の最前線の位置にある」という先生の説明に納得しましたか。
- 問3 プラスチックのゴミ問題や環境問題に一層の関心を持つてましたか。
- 問4 このたびの先生の説明を受けて、ミールワームの研究のその後について、興味・関心が高まりました。
- 問5 高校での論文を用いた授業に興味がありますか。

結果

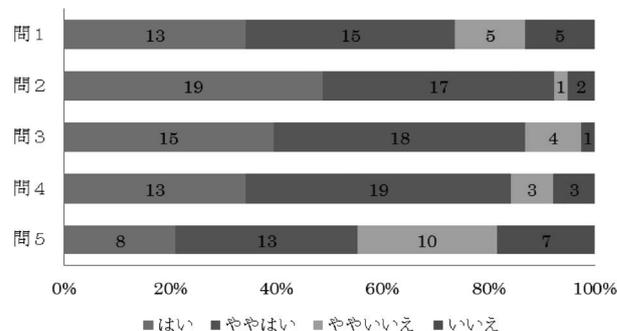


図2 中学校アンケート4件法での実数表示 (N=38)

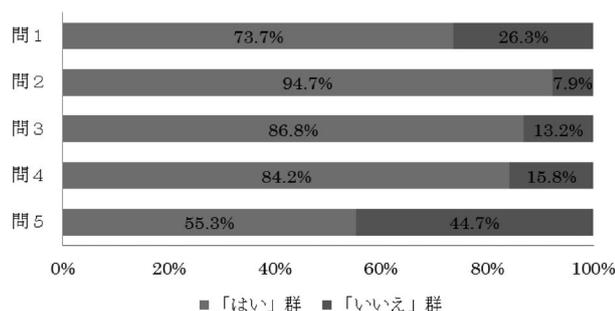


図3 図2の4件を2群へ換算後の%表示

4.4 考察

- ・問2の「科学の最前線の位置にある」については、94.7%が「はい」群としての回答となった。授業者の展開方法として、プリントに書き込み、グループで共有する作業をして、教員が確認を取るような丁寧な指導をしたことも一因かもしれない。
- ・問1の授業前での興味・関心の「はい」群73.7%に比べて、問3の「環境問題」への関心、問4の「ミールワームの研究のその後」への関心は、それぞれ86.8%、84.2%と高まっている。問1で興味・関心が無いとした10人の内、6名が興味・関心が高まったに変化していた。興味・関心を維持ないしはある程度向上させるには効果があったといえる。
- ・問5の「高校での論文を用いた授業」については、関心の「はい」群が55.3%にとどまった。8割を超えていた問3や問4の関心の割合がスライドして、問5の関心にはつながっていない。英語論文について授業中に言及した物理的な時間の少なさや深みが無かったことは事実であるが、そのことが要因だろうか。この点については推測の域を出ないが、授業中の回覧の際に英語論文を見て溜息をついた生徒を見たが、中学生にはぎっしり英語で書き綴られた英語論文を目の当たりにして、ハードルの高さを感じさせたのかもしれない。
- ・中学校3年生には、日本語で書かれたCNNの記事を用いたが、問2～問4に対しては有効であったことは確認できる。

5. 高等学校での展開

5.1 高等学校での論文の扱い方

インターネットでの論文閲覧サイトには様々あるが、Yu Yang et al. の論文が無料で全文閲覧が可能なサイトの一つに、ResearchGateがある。このサイトでは、その後この論文を引用した論文一覧が、Citationsとして、その引用箇所の文章を抜出した箇所と共に確認できる。また、同論文作成に当たり引用・参照した先行研究や論文一覧の一部がReferencesとして閲覧が可能である。そして、いずれの論

文においてもAbstractは閲覧が可能である。

テクニカルタームの多い論文本体そのものを厳密に授業として読んでいくことは能力的にも不可能であり、そのために多くの時間を割くこともできない。そこで、IntroductionとAbstractを用いることとした。

扱う対象としては、Yu Yang et al. が連続して出した論文の後者論文(2015b)を基本論文とし、ResearchGateにおいて2017年5月までに、Citationsにて掲載された9つの引用論文とする。

表1 論文番号とタイトル

論文	タイトル
基本	プラスチックを食すミールワームによるポリスチレンの生分解と無機化：その2 腸の微生物の役割
1	製品サステナビリティの測定
2	廃水曝気ディヒューザー
3	PETを分解・同化する細菌に関するコメント
4	液中発酵プロセスを通したリシニバチルスによってつくられたPHAの構造のおよび熱的特徴づけ
5	昆虫の量産
6	クウェート水域における細菌種の同定
7	非モデル昆虫における遺伝子サイレンシング
8	マイクロプラスチックの汚染と削減戦略
9	難分解性石油系プラスチックのリサイクルのための微生物酵素

※注1 各番号は引用論文時系列番号

まず、文献調査の必要性の理解のために、Yu Yang et al. (2015b) のIntroduction全文について、Referenceのルビ番号があるパラグラフごとに対訳をし、全27のReferenceを付した教材プリントを作成した。一つ一つの文章を読みながら、その裏付けとして先行研究が抑えられていることを確認する。そして、それらを踏まえた上で、研究の有用性や他にない独自性をもつものとして書かれていることを確認する。

続いて、この論文のAbstractとその対訳を用い、耳慣れないテクニカルタームがあったとしても、何が問題で、何がわかったかということの大意が捉えられるよう、全員で確認する。

次に、科学の最前線の視点にたつ、ということで引用論文のAbstractを用いた展開を行う。さまざまな分野につながっていることや、その後の研究の展開を垣間見ることが狙いなので、Abstractの内容を細かく理解していくことが目的ではない。

そこで、すべてのAbstractについて、Keywordsがあるものについてはこれを付し、一部テクニカルタームについては※を付した説明を付すなどした対訳プリントを作成し

た。テクニカルタームの説明が付され翻訳されたとしても、内容的に難しいものなど、引用論文 2, 4, 6 については教師主導で内容の概略説明を扱うものとした。生徒が扱えると判断したものについては、内容を深める切り口として「生徒活動」とした課題を設定した。

Introduction の教材プリントも含め、これら教材プリントは束ねて冊子とした。

表 2 Abstract の扱い方

論文	生徒活動	内容
1	調べ説明	「Cradle to Cradle」が具体化された商品事例を 1 分で説明してください。
3	意見交換	このやりとりから何を感じますか。率直に述べてみよう。
5	調べ説明	昆虫の量産について日本での具体的な事例を 1 分で説明してください。
7	調べ説明	逆遺伝学とは？ 1 分で説明してみてください。
8	意見交換	自分にとって意外だったこと、改めて知ったことを説明してください
9	翻訳	Yu Yang らの実験のその後は？

生徒活動についての補足

論文 1, 5, 7 の生徒活動において「調べ説明」としたことについて、前時に 3 人を 1 組の指定をし、各々がどれか一つを調べ、B6 サイズの用紙に説明要旨をまとめる宿題としておく。そして、該当論文を扱う時に、該当の課題を扱った者が、残りの 2 名に説明を行うものとし、教師は必要に応じ、全体共有等を行う。

論文 3, 論文 8 の「意見交換」についてはこの 3 人 1 組で行うものとしておき、その後全体共有を行う。

論文 3 について

Yu Yang et al. (2016) が、Yoshida et al. (2016a)⁽⁷⁾ の研究内容に対して、成果を誇張し誤解を招く論文であるとのコメント論文がこの論文 3 である。これに対する返答論文である Yoshida et al. (2016b)⁽⁸⁾ の Abstract を同じプリントに掲載した。ある意味、独自性や業績を競う科学の最先端の一場面であり、こういったやりとりについての感想を互いに言語化することで最前線であることの認識につなげる。

論文 9 について

最新の論文であり、Yu Yang et al. (2015a,b) の研究以後の進展について記述している箇所がある。論文本体のこの部分を翻訳することを通して、課題解決されたか否か課題が残っているのかを確認する。

5.2 生物基礎での展開案

実施時期は「生態系とその保全」の単元の学習を終え、受験に向けた演習復習に入る時期とした。

設定は、「生態系とその保全」の「単元内容に関連した内容の研究をすることとなり、その研究のテーマを探す」と仮定し、そこで科学の最前線に触れるものとした。具体的な進め方は、最新の研究課題として校内展示されているミールワームの研究の周辺をまずは見てみて、テーマとなるキーワードのようなものを探す作業を行うという形で、以下のような流れと内容を含むものを展開案とした。

1 時間目

導入

- ・設定の説明を行う。
- ・中学 3 年生と同様の展開を手短かに確認する。
 - ・ミールワームの実物を提示する。
 - ・研究論文の実物を提示する。
 - ・明らかになったことと
 - ・明らかになっていないこと
 - ・CNN の新聞から有用性について
 - ・問いかけ「この論文がどのようにして出来上がってきたか、そしてどこまでが解明されているか、最前線の視点にたってみよう。」

展開 1

- ・教材プリント集を配布する。
- ・ResearchGate のサイトをプロジェクターで確認し、サイトの作りを理解させる。
- ・Yu Yang et al. の基本論文の Introduction を用いた教材プリントを用いて、引用文献ごとに分けた一つ一つのパラグラフを読みながら、その裏付けとして先行研究が抑えられていることを確認する。

展開 2

- ・「発問 1」社会的な有用性が書かれている箇所はどこか。
- ・「発問 2」既知のことと未知のことが分かれ目となる科学の最前線となる箇所はどこか。
- ・感想の共有
- ・「発問 3」文献調査をしないで研究をするとどうなるか。

展開 3

- ・同論文の Abstract を用い、結局、何が明らかとなったのかを解説する。
- ・テクニカルタームや細かい数値等は別として、教師の解説の理解度を挙手にて確認し、必要に応じ補足等を行う。
- ・「発問 4」論文における Abstract や Keywords の役割

て何だろうか。

まとめ

- ・本日の学び，論文調査の必要性の確認を行う。
- ・次回の予告と，課題の割り振りを行う。

2時間目

導入

- ・問いかけ「前時扱った論文以後，どのような研究につながっているか，そして関連した研究にどんなものがあるか，最前線の視点にたってみよう。」
- ・3人1組の指示
- ・9つのAbstractの内容を踏まえて，興味関心を持ったものを後に聞くことを予告しておく。

展開1

- ・教材プリントを用い，論文1から論文9まで，5.1にてまとめた展開方法で，1つ1つを概観していく。生徒の反応に応じ，気づきや全体共有を行って板書しておく。

展開2

- ・興味・関心を持った論文を挙手で問い，数を確認する。
- ・9つの論文Abstractが呼び水となって論文体に興味を持ったと仮定し，ResearchGateのその論文体がどれだけ読まれたかを示す各論文のReadsの数値と比較してみる。

表3 論文のReads数と生徒の挙手数

論文	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Reads	17	56	236	109	1260	7	44	78	282
挙手									

※2 Reads数は2017年6月13日現在

- ・「発問」Readsの多い少ないだけが研究の評価だろうか。

まとめ

- ・科学の最前線という視点での感想，気づきを共有し，補足すべき視点があれば教師で補う。
- ・テーマを探す（課題が課題であることを確認する）ことの文献調査の重要性の理解の確認を行う。

5.3 授業の実施と展開の実際

対象 高校3年生 文系選択 生物基礎履修者33名

1時間目 実施日 2017年7月13日（出席33名）

2時間目 実施日 2017年9月7日（出席31名）

授業展開

展開案を受けて，授業者はクラス実態や状況を踏まえて以下のように展開した。

1時間目

- ・授業時は，一部のミールワームが成虫となりはじめていた時期であった。ミールワームが発泡スチロールを食していった変化の写真，動画も示した。中学3年時では行っていないはじめてのことなので，導入には15分程度の時間がかかった。
- ・展開案にて示した4つの「発問」用の記入プリントを作成し，論文資料と共に配布をして展開した。
- ・展開1のIntroductionの内容解説で10分程度を要した。
- ・展開2の「発問1」「発問2」をじっくり探させる時間を確保し，全員が相応に記入したところあいまで待って，共有と確認を行った。
- ・展開3を十分に展開する時間はなく，5分程度で教師主導によって「発問3」と「発問4」を確認していった。

2時間目

- ・夏休みを挟んでの実施となった。3人組や論文の課題の割り当ては夏休み前に実施しておいた。
- ・当日，課題の実施状況はよく，また3人組はよく機能していたように観察された。
- ・前時から時間が経っていることもあり，導入の部分で前回の振り返りも行い10分を使った。
- ・生徒の理解のようすの反応を見ながら進めたこともあり，展開1でほぼ時間を使用してしまい，残す時間3分となった。
- ・展開2については，Reads数の扱いはできず，興味のある論文の挙手をさっと行うにとどまった。挙手は論文5で5名，論文9で8名といった状況であった。
- ・急ぐように教師がまとめを行い，アンケート記入となった。アンケート記入は休憩時間にまで及んだ。

5.4 アンケートの内容と結果

内容

1時間目の開始時に以下の2つの質問について，アンケートを実施した。

問1 研究を行う前に行われる文献調査とはどういうものか知っていますか。

問2 西棟2階で展示されているミールワームについて興味・関心がありましたか。

尚，問1は2件法で問い，問2は4件法で問うた。

2時間目の授業後に以下の3つの質問について，4件法で問うアンケートを実施した。

問3 論文には難しい用語などがありましたが，要約の大意はつかめましたか。

問4 研究において文献調査が大切であるとの意味が理解できましたか。

問5 科学の最前線の視点を垣間見た思いがしましたか。

そして、自由記述で問6を実施した。

問6 このたびの授業についての感想や気づきがあれば書いてください。

結果

問1について

文献調査を認知していたものは2名(6.5%)、非認知が29名(93.5%)であった。

問2～問5について

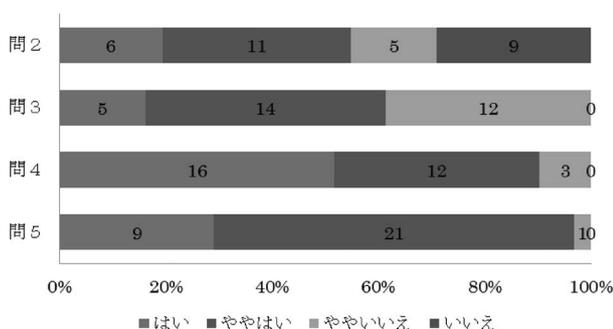


図4 高校アンケート4件法での実数表示 (N=31)

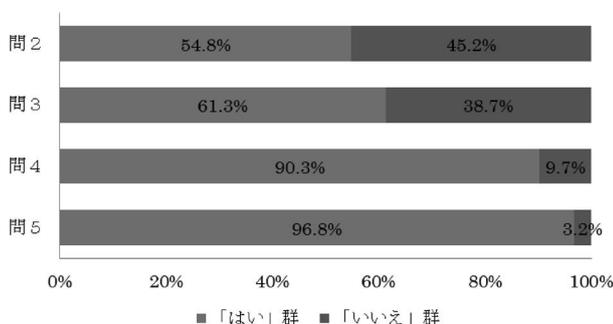


図5 図4の4件を2群へ換算後の%表示

問6の自由記述について

記入が24名、無記入が7名であった。以下、記述内容の分類(重複者数を含む)と、記述内容(重複的な内容は省略)を示す。

・難しい 2名

・難しいが面白い 2名

「難しかったが、なるほどと思うものがたくさんあった。」

・論文に触れた経験を肯定 6名

「論文を読む機会などなかなか無いので貴重な体験でした。」

「実際の論文を読み、自分で調べることができ、これまでにないことをしたことで興味深かったと感じた」

・ミールワームそのものへの関心 3名

「ミールワームの性質が一番興味深かったです。」

・科学、研究の性質に関するもの 6名

「研究というのは前のものを踏まえて、さらにそれを次へつなげていくというつながりを持っていることに気づいた」

「科学の最前線は必ずしも触れる必要はないとしても、どんな方向で使われているかを知る目的でも学ぶのはいいのかもしれないと思う」

「たくさんの細かい研究が今の社会を作り出しているという事に気づかされました」

・特定の論文の内容そのものへの興味関心 4名

「昆虫が食料になるかもしれないと示唆している論文が興味深かった」

「いちゃもんつけあい科学者の間でもあるんだなと思った。」

・その他 4名

「大学の授業みたいで面白かったけどやはり理系科目はつらいと感じた」

「受験とはかけはなれた分野だが身近なことをつきとめるのも面白いと思った」

「有意義な時間だったと思う」

5.5 考察

・高校3年生の文科系の生徒であり、問2の結果では、ミールワームに対する授業前の興味・関心の「はい」群54.8%は中学3年生の73.7%と比べると低いものの、この度の授業が狙った「文献調査の意味の理解」の90.3%、や「科学の最前線の視点」の96.8%では、効果があったと考えられる。彼らの場合、中学生と違って、まとまった量の文章や英語の扱いに対する心理的な障壁は低い。そのことから、ミールワームや環境への関心というより、Introduction や Abstract を読むべき、考えるべき対象として捉え、その読解プロセスの合理的な結果として問3、問4の結果につながったと考えるのが妥当であろう。

・93.5%の生徒が文献調査についての認識がない状態であったのに対し、問4の「文献調査の意味の理解」の「はい」群が90.3%に至っていることはこの授業の成果として評価できる。問6の自由記述にもみられたように、研究ではないものの、論文に触れるという機会を持つことで、科学の最前線とか科学的な姿勢とかいったことを理解し認識する機会となったことは確実であるといえる。

・問3の「要約の大意」の「はい」群については61.3%の理解にとどまった。実際に「はい」と答えているのは実数で5名であった。これについては授業者も展開してみ気づいたように、50分の授業内で扱うには論文数が9

つと多かったことや、当初から予測した内容的に難しい引用論文2, 4, 6は教師主導で内容の概略説明を扱うとしたものの、無理があったと考えられる。扱わないかあるいは題名程度の紹介にとどめ内容を扱わなかったとしても、この度の狙いは遂行できたと考えらえる。実際、興味があった論文に挙手が出たのが論文5と論文9といった平易な表現や社会的なつながりが盛り込まれたものに生徒は反応している。

- ・時間配分の関係で展開2が十分できなかったが、ここが少し余裕持ってできていると、仮定の設定ではあったものの「研究テーマを探す」の意味を深めることができていたと思われる。そういった意味でも、この授業では生徒実態に即した展開1で扱う量の見極めが重要であると指摘できる。

6. 全体を通じた考察

- ・この度の中学3年生（以下、中3）と高校3年生（以下、高3）の生徒は経年追跡された集団ではなく、別々の集団であり、高3の結果は、中3での指導を経てのものではない。中3はこの度の授業後も、ミールワームは毎年展示されていくが、どのような捉え方をしていくか、高校での授業での影響については未知数である。ただ、この度の授業は中学校、高校それぞれ独立したものとして行い、それぞれに学びの効果があったことは確認できた。
- ・中3の「高校での論文を用いた授業」については、関心が55.3%にとどまったが、その数字は高3の文科系の生徒の事前の興味・関心が54.8%であったのに近い。しかしながら、その程度の興味・関心でも授業としての効果は90%を超えるものとして確認できた。むしろ、中3での問3問4の関心が80%を超えて高まったことの方が、高校につながるものと理解できないだろうか。
- ・実際の研究のための作業でなく、疑似的な体験であり、かつ一斉授業という枠の中で行った内容であった。ある意味、プリントを用いることで、情報量をそのプリント内で制御できていたともいえる。
- ・文献を扱うということで、枚数の多い資料を生徒に手渡すこととなった。同校では2018年度高校入学生より順次、個人タブレットを持ち込むことになっている。膨大な紙資料もデータとして閲覧することが可能となる。ただ、上記に触れたように一斉授業として情報量を制御した展開が可能となるが、一方でタブレットによって個々がその場で検索可能な環境ともなるわけで、同校では違った展開方法が模索される必要がある。
- ・①科学の研究における文献調査の意味を俯瞰的に理解する。②「科学の最前線の視点」に立ったものの見え方を言語化し学びを共有する。この2点を目的としたこの度

の授業にとって、ミールワームを校内展示していることが、授業にどれほどの影響をもたらしているのかは、展示していない状況との比較調査ができていないので不明である。高3の結果が示したように、事前の関心度がマイナスに影響する授業ではないので、校内展示ではなく授業で初めてミールワームを見せたとしても、相応の成果は出るのではないかと推測する。また、事前に生徒の目に触れる校内展示をしていた題材を扱ったことは、目的に対する授業の必要条件ではなく、実施校が有していた良ききっかけであり題材であったと認識すべき性格と考える。ただ、問6の自由記述において、ミールワームそのものに関心をもったと記述した生徒が3名いた。この度の高3の授業対象者は、既に進路意識も明確な文系生徒であるが、それでもこういった単純な関心、面白さを抱かせる題材である。校内展示をしていることの教育的効果は、別の視点から調査されるべきものと考えられる。

7. おわりに

この度は、広島なぎさ中学校・高等学校の実態に即して英語論文で扱うとしたものの、実際には対訳を同時に扱っており、「科学の最前線」「文献調査の理解」という目的達成には和文論文でも十分可能なものといえ、準備の負担はもっと少なくすむ。また、ミールワームを題材としたのも同校の特徴や環境を踏まえた上でのものであって、現場や単元に応じた身近な題材の学術論文は枚挙にいとまない。

生徒実態に沿った教材の選択や分量を見極めることが重要ではあるが、基本的な展開構造からすると、中学校で1時間、高校では2時間の授業時間があれば、「科学の最前線」の視点、文献調査の（意義、研究の性格、必要性）といった俯瞰的な理解をもたらすことが可能であるといえる。

「理科課題研究」が開設できない学校における「文献調査」という切り口での学び、あるいは科学の最前線のとらえ方の展開例として参考にしていただけると幸いです。

謝 辞

本報告を行うにあたり、広島なぎさ中学校・高等学校の理科主任の堀内和徳先生、ならびに授業者として中学校理科と生物基礎の授業を担当された星野羊一先生にはさまざまご尽力をいただきました。ここに深く感謝いたします。

注

※注1 表1の引用論文
引用論文1

Thu Trang Le et al. (2016) Measuring Product Sustainability: A Literature Review.
Conference: Industrial and Systems Engineering Research

Conference (ISERC) Annual Meeting, At Anaheim, CA, 2016.5

引用論文 2

Peter A. Noble et al. (2016) A survey of biofilms on wastewater aeration diffusers suggests bacterial community composition and function vary by substrate type and time.

Applied Microbiology and Biotechnology 2016 100 (14), pp. 6361–6373

引用論文 3

Yu Yang et al. (2016) Comment on “A bacterium that degrades and assimilates poly (ethylene terephthalate)” . *Science* 19 Aug 2016: Vol. 353, Issue 6301, p. 759

引用論文 4

S. Mohapatra et al. (2016) Structural and thermal characterization of PHAs produced by *Lysinibacillus* sp. through submerged fermentation process.

International Journal of Biological Macromolecules 2016 93, pp. 1161–1167

引用論文 5

J. A. Cortes Ortiz et al. (2016) Insect Mass Production Technologies.

Insects as Sustainable Food Ingredients, Academic Press pp. 153–201

引用論文 6

K Chen (2017) Identification of Bacterial Species in Kuwaiti Waters Through DNA Sequencing.

IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2017 51, 012015

引用論文 7

Miranda Whitten et al. (2017) Gene silencing in non-model insects: Overcoming hurdles using symbiotic bacteria for trauma-free sustainable delivery of RNA interference. *BioEssays* 2017 Mar. 39 (3)

引用論文 8

Wei-Min Wu et al. (2017) Microplastics pollution and reduction strategies.

Frontiers of Environmental Science & Engineering 2017 11 (1): 6

引用論文 9

Ren Wei et al. (2017) Microbial enzymes for the recycling of recalcitrant petroleum-based plastics: how far are we?. *Microbial Biotechnology* 2017 Nov. 10 (6), pp. 1308–1322

文 献

- (1) 泉治彦「理科課題研究ガイドブック第3版」千葉大学先進科学センター (2015)
- (2) 森田直之ら「～南の島からゴミの島をなくせ！プラスチック熱分解をテーマとした環境教育～」『日本科学教育学会研究会研究報告』Vol31. No. 4 (2016)
- (3) 人見久城「科学的素養の修得をめざす高校理科課題研究の内容事例とそれを支援する指導法の検討」科学研究費基盤研究C 2015年度実施状況報告書
- (4) Yu Yang et al. (2015a) Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms: Part 1. Chemical and Physical Characterization and Isotopic Tests. *Environ. Sci. Technol.*, 2015, 49 (20), pp. 12080–12086
- (5) Yu Yang et al. (2015b) Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms. 2. Role of Gut Microorganisms. *Environ. Sci. Technol.*, 2015, 49 (20), pp. 12087–12093
- (6) 「ごみ問題解消か、虫で発泡スチロールを生物分解」2015.10.01 Thu posted at 15:05 JST. <http://www.cnn.co.jp/fringe/35071300.htm> (2017年8月31日確認)
- (7) S. Yoshida et al. (2016a), A bacterium that degrades and assimilates poly (ethylene terephthalate). *Science* 351, pp. 1196–1199
- (8) S. Yoshida et al. (2016b), Response to Comment on “A bacterium that degrades and assimilates poly (ethylene terephthalate)”. *Science* 19 Aug 2016: Vol. 353, Issue 6301, p. 759