

## ナミアメンボを用いた地球温暖化新教材の理科授業における効果

藤田大輝<sup>1</sup>・古木隆寛<sup>1</sup>・中城満<sup>2</sup>・原田哲夫<sup>1</sup>

Takahiro Furuki, Hiroki Fujita, Mitsuru Nakajo, Tetsuo Harada

<sup>1</sup>高知大学大学院環境生理学研究室, <sup>2</sup>同理科教育学研究室

キーワード (ナミアメンボ, 地球温暖化, 小学校理科, 理科授業, 視覚教材)

Evaluation of educational effects of a new teaching material about global warming using a water strider, *Aquarius paludum*.

### Abstract

According to continuous sampling research on life history of water striders, *Aquarius paludum* for more than 25 years, the number of voltines was increased from three to five in the population in Kochi City and neighbor city, Nankoku City (33°N, 133°E). The increased number of generations may be clear effect of the global warming and can be good teaching materials for elementary to senior high schools students to learn organisms and their adaptation to their environments in science classes.

This study consisted of two parts, one was sampling work in 2016 and another one was intervention classes to research the effects of a new teaching material to teach the effects of global warming using water strider, *Aquarius paludum*. This new material was a figure that shows a comparison of a seasonal change in samplings number between 1995 and 2016. The intervention classes which used the teaching material was performed for elementary school students who were in the 6<sup>th</sup> grade and 11-12 years old and senior high school students who were 2<sup>nd</sup> grade and 16-17 years old.

The intervention classes consisted of two parts. One was a science class which reads the figure and discuss on the difference in the seasonal change of sampling numbers between 1995 and 2016. The purpose of the first intervention was to clarify the effects of the presentation of the picture of water strider during the class. In Class B, teacher drew larvae and adult of water strider on the front black board but did not show any picture of the bug, whereas in Class C, teacher showed this drawing on the black board and also showed a picture of water strider, with power point soft, in which tandem of female and male appeared in the whole screen.

Another intervention was for elementary school students (Class A) and senior high school ones (Class S). In the Classes A and S, living adult *Aquarius paludum* appeared and students observed mean a while at the beginning of the class. The students drew water strider on the paper just before and after the class and also one month later. The effects of the two intervention classes were

measured by a questionnaire which was administrated just before and after the classes and one month later. The purpose of the second intervention was to clarify a difference in the educational effects between the two ages.

In the first intervention, a number of students both of Class B and C correctly answered “longer activity season on water surfaces till late fall and winter” as the effects of the global warming in the water strider as an effect of global warming. In the second intervention, the number of indice for correct drawing (three correct points: antennae, three parts of body, three pairs of legs) was rapidly increased in the elementary school students but soon decreased after one month later, whereas many senior high students already knew one of the three points and only small students increased from one to two points after the class and this increase was maintained even in one month later. This study might imply that using a picture during class is possible to disturb the concentration of elementary school students on the theme of the class, and that the impact of “one science class” might be larger for elementary school students than for senior high ones.

## I 本研究の構成

本研究はナミアメンボ(図 2)の生活史変動についての基礎研究とそれを題材にした新教材開発とその教育的効果の 2 部から成る。後者は小学生と高校生を対象に、地球温暖化についての新教材を題材に行った介入授業の結果である。

## II 基礎研究

### II-1 目的

昆虫の地球温暖化への反応として、4 つがある(Harada et al., 2005, Harada et al., 2011, Harada et al., 2013, Fujita et al., 2017, Harada, 2017)。1. 昆虫分布の北上、2. 活動期の延長とそれに伴う化数(1 シーズンに何世代か)の増加、3. 食植昆虫と植物または天敵の関係が温度変化への反応の違いによって破綻を起こす。4. マラリアなどの病原虫の宿主として、昆虫が病気の高緯度地方や高度域への進出を引き起こす。これらのうち、Forrest (2017) は最近の総説で、上記の 1-3 について触れ、特に 1 に関して、昆虫の季節適応の温暖化に伴う変動に関して、温暖化による雨量の変動や、休眠誘導のメカニズム、寿命とサイズの温暖化との関連を述べている。

ナミアメンボ(ナミ)は、東は日本列島、西はイングランド、南はインド、北は南シベリアまで広範囲に生息する種であり、温暖化に柔軟に対応する潜在能力が予測される(Harada et al., 2000)。また、高知は暖温帯と亜熱帯の境界域に位置し、温暖化の影響が顕在化しやすい。このようにナミは温暖化研究のモデル生物として適切である。

ナミの生活史研究が高知市と南国市で 1988 年から断続的に行なわれている(Harada et al., 2000)。1988-2002 年にナミは年 3 化性であったが(Harada et al., 2005)、2002-2008 年には年 4 化性または 5 化性になり(Harada et al., 2011)、2009-2011 年には年 5 化性となり(Harada et al., 2013)、2012 年に秋の寒波によって一度年 4 化性に戻ったが (Fujita et al., 2017)、2013-2015

では年 5 化性の定着が確認された(Fujita et al., 2017, 原田, 2017)。南国市と四万十市での生態調査によって、化数の増加や、夏休眠の出現と、越冬前後の飛翔による分散の放棄の可能性、前翅が長く、後翅が短いモザイク型の越冬個体の出現（黒く長い前翅が岸辺越冬中の太陽光曝露による保温効果に効果的）が示唆された(Harada et al., 2005, Fujita et al., 2017)。本研究ではこれらの生活史形質の状況を 2016 年について、採集データとサンプル解剖データにより明らかにする。

## II-2 方法

南国市の農業用水路 2 地点 (33°31'N) と四万十市後川 (32°59'N) (図 2) で 2016 年 3～12 月まで 2 週間おきにサンプリング調査をおこなった。Timed-catch-sampling (20 分間に 50 回網を振る) を 2 回行い、採集したナミのステージ (幼虫齢)、成虫の性別・採集数・相対翅長 (前・後翅) を記録の後、生息場所に戻した。調査地点から離れた地点で別に雌雄 10 ペア以上を採取し、解剖によって精巣のサイズや成熟卵母細胞数、飛翔筋を調べた。

## II-3 結果

2 週間に 1 回のサンプリングデータについて、5 齢 (終齢) 幼虫の出現の後、減少するタイミングを新世代の登場時と判断し、その回数を計測し、世代数をこれまでと比較した。南国市個体群、四万十個体群共に、5 齢幼虫出現と減少の回数が 5 回見られたので、年 5 化性が定着していると考えられる(図 3)。また、両個体群で雄においてのみ、多くのモザイク型 (前翅は長翅、後翅は短翅) が採取された。

## II-4 考察

2016 年度について、年 5 化性が確認された。両個体群ともに 12 月まで 5 幼虫が羽化しているものと思われる。南国市 (高知市との臨界地域) では、2011 年から、四万十市では、2014 年ころから 5 化性が定着していると考えられる。南国市の方が化性増加の進行が速いのは、道路舗装などコンクリートで覆われた面積が多く維持されていることから、ヒートアイランド現象の結果であると考えられる。

多くの雄個体におけるモザイク翅の出現は、岸辺で越冬する個体の場合、“暖房器具”としての前翅の役割が推定されるが、夏の世代における役割については不明である。

## III 新教材の開発とその教育的効果の検証

### III-1 目的

学習指導要領の改訂に伴い、小学校理科の授業では教育の理念を踏まえ「生きる力」を育成することが重視されている(文部科学省, 2008)。「生きる力」の育成に関連して、理科・生物領域では、「生の教材」が授業で「原体験」を補う上で、有効であると期待できる。しかるに、過去の研究では、「生の教材」(アメンボや骨教材) は特に小学生対象の場合、注目点の増加による混乱などにつながり、授業そのものの学習効果に対して、逆効果になることもある (竹中, 2010, 多賀, 2011, 白木, 2012)。この逆効果については、普遍的なことか再現性を検証する必要がある。また、「バーチャル化」と関連して、「視聴覚教材」と「黒板

への板書」の教育的効果についても比較する必要がある。

本研究では以上のことに留意し、ナミの地球温暖化による生活史の変化を題材とした新教材を開発し、その教育効果を検証する。

本介入授業研究の目的は以下の2つである。

- 1) 温暖化に関する授業を「具体的データ」と「黒板の板書」のみで行う場合と、それに視覚教材を加える場合とで比較
- 2) 「生のアメンボ」を授業に加えて行った場合の介入授業を小学生と高校生に行った場合の年齢による問題点の違いを検討する。

## III-2 方法

### III-2-1 介入授業-1

温暖化教材として、1995年及び2015時のアメンボ幼虫のサンプリング図を見せ、どのように変化したのかを考察させる方法を取った。その際、クラスB（附属小学校6年生）は、黒板にアメンボの幼虫の絵を書くと共に、アメンボの画像（図1）をパワーポイントで示した。一方、クラスC（同）では、絵の板書による説明のみであった。

### III-2-2 介入授業-2

「生のアメンボ」成虫の雄雌2-3ペアを直径30cm、高さ15cmの丸型水槽に、授業の最初に提示し、その上で、ナミの生活史に起こっている温暖化の影響を考えさせた。クラスAは附属小学校6年生であり、クラスSは高知県立嶺北高校3年生であった。その後介入授業-1で行った、1995-2005年間のナミの生活史変動についての図を見せ、年3化性から5化性に増加していることを解説した。

高知市の近年の気温のグラフやナミアメンボ5齢幼虫の増減のグラフなどの資料をパワーポイントで提示するという内容は全4クラスとも共通であった。介入授業直前、直後、1か月後に質問紙を配布した。質問紙には、ナミアメンボの絵を描写、温暖化による昆虫への影響についての記述、理科が好きか、などの質問項目が含まれた。

### III-2-3 授業実施

2017年2月22日、23日に高知大学教育学部附属小学校の6年生、6月21日に高知県立嶺北高等学校3年生を対象に介入授業を行った。中学生は3クラスを実験群に割り当て、1クラスはD群として授業を行わなかった。

### III-2-4 質問紙調査

質問紙には当該分野についての知識や理解度、自然や理科に対する意識に関する設問を設定した。項目には、ナミアメンボの絵の描写、温暖化による昆虫への影響についての記述、理科が好きか、などが含まれた。これらが授業実践の直前、直後、1ヶ月後でどのように変化するのかを疫学的手法を用いて検証した。なお統計的分析にはSPSS（Version12.0）を用いた。

## III-3 結果

「頭、胸、腹に分かれている」、「触覚がある」、「胸から足が生えている」の3点につい

て正しくナミアメンボの絵が描けているかを評価すると、視覚教材を見せたクラスBは、授業直後に正しく描けている率が高まったが、1か月後には減少した。板書のみクラスCでは、1か月後もある程度正答率の高まりは維持された。

クラスAでは正しく描けた項目が0から1-2に増えたが、クラスSでは1から2に少し増え1か月後にはそれぞれ定着していた。

介入授業Iでは「世代数増加、または出現期間が延長し、活動が遅くまで続くようになった」というグラフで示した正答、それ以外の正答、誤答に分かれた。何れのクラスも、「グラフで示した正答」が授業後増加した ( $\chi^2$ -test, クラス B:  $\chi^2$ -value=19.683, df=2, P=0.001; クラス C:  $\chi^2$ -value=24.958, df=2, P<0.001、授業前・直後・1か月後で比較)。授業後1か経過時点では、クラスB、C共に得られた知識にある程度の消失が見られたが、板書のみクラスの方が、知識の定着が見られた (クラス B:  $\chi^2$ -value=12.083, df=1, p=0.001, クラス C:  $\chi^2$ -value=, 4.800, df=1, P=0.028、授業直後・1か月後で比較) (図4)。

介入授業IIでも「世代数増加、または出現期間が延長し、活動が遅くまで続くようになった」というグラフで示した正答、それ以外の正答、誤答に分かれた。小学生の方が授業の効果は高等学校生より大きかった ( $\chi^2$ -test, クラスA:  $\chi^2$ -value=29.647, df=1, P<0.001, クラスS:  $\chi^2$ -value=7.938, P=0.005)。クラスA、S共1ヶ月後に定着が見られた (直後~1ヶ月後A:  $\chi^2$ -value=1.390, df=1, P=0.238, S:  $\chi^2$ -value=0.159, df=1, 0.690) (図5)。高等学校生は事前にある程度の知識があり、授業による新知識の付加は、30%程度の生徒に見られたが、1か月後にもその新知識は定着していた。

#### III-4 考 察

視覚的教材として写真を用いたB郡よりも、黒板に絵をかいたC郡のほうが定着度が高かった。板書指導と長期記憶との関係が暗示される。1回の授業の効果は、予備知識の無い小学生の方が高校生より高いかも知れない。

小学生の場合、板書のみ提示のほうが、授業課題の習得には効果的なのかもしれない。情報過多による混乱が考えられる。また、高等学校生は予め、知識があり、一回の授業では、これを上回るインパクトを与えるのは、困難であるかもしれない。粘り強い、日常の良質の教材を用いた授業の積みかさねが温暖化など、理科生物分野等の内容理解には必要である。

#### IV 引用文献

- Forrest, J.R.K. (2017) *Current Opinion in Insect Science* 17: 49-54.
- Fujita, H., Emi, K., Harada, T. et al. (2017) *Trends in Entomology*, 13: 13-23.
- Harada, T., Nitta, S. and Ito, K. (2005) *Applied Entomology and Zoology*, 40, 461-466.
- Harada, T., Inoue, T., Ono, I. et al. (2000) *Entomological Science*, 3, 157-165.
- Harada, T., Takenaka, S., Maihara, S. et al. (2011) *Physiological Entomology*, 36, 309-316.

- 原田哲夫 (2012) 研究者が教える動物飼育 第2巻 共立出版 pp. 67-72.
- Harada, T., Shiraki, T., Takenaka S. et al. (2013) *Natural Science*, **5**, 156-182
- 原田哲夫 (2017) 昆虫の生活史と地球温暖化 時間生物学 **27**, 61-67.
- 文部科学省 (2008) 小学校学習指導要領解説理科編
- 竹中志保 (2010) 高知大学総合人間自然科学研究科修士論文:「アメンボ類の環境適応と地球温暖化」に関する新教材開発と有効性の検証
- 多賀千洋, 赤松直, 原田哲夫他 (2011) 日本理科教育学会四国支部会報第29巻 (日本理科教育学会) pp.52-53.
- 白木隆士 (2012) 高知大学総合人間自然科学研究科修士論文: 「アメンボ類の高温耐性及び浸透圧耐性に関する小学校理科教材の開発とその教育的効果」

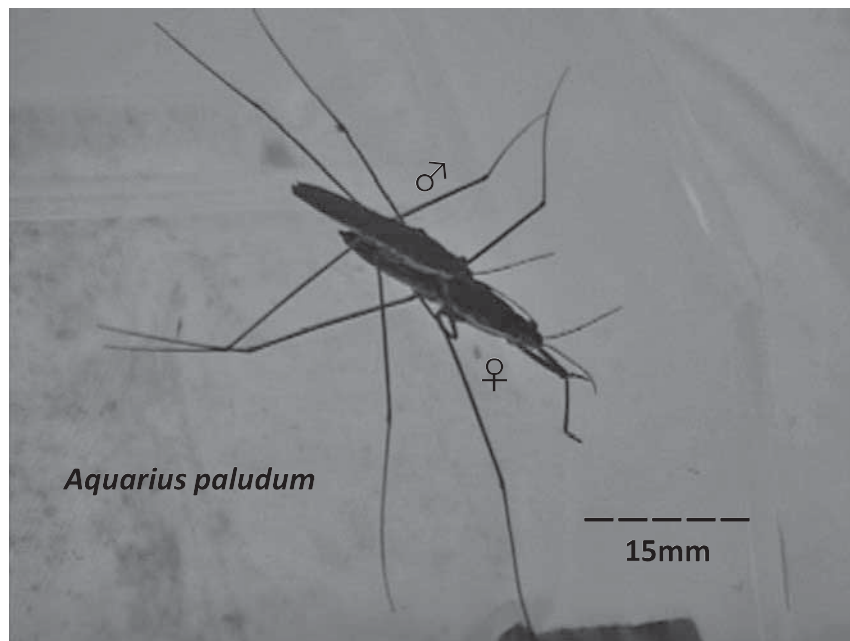
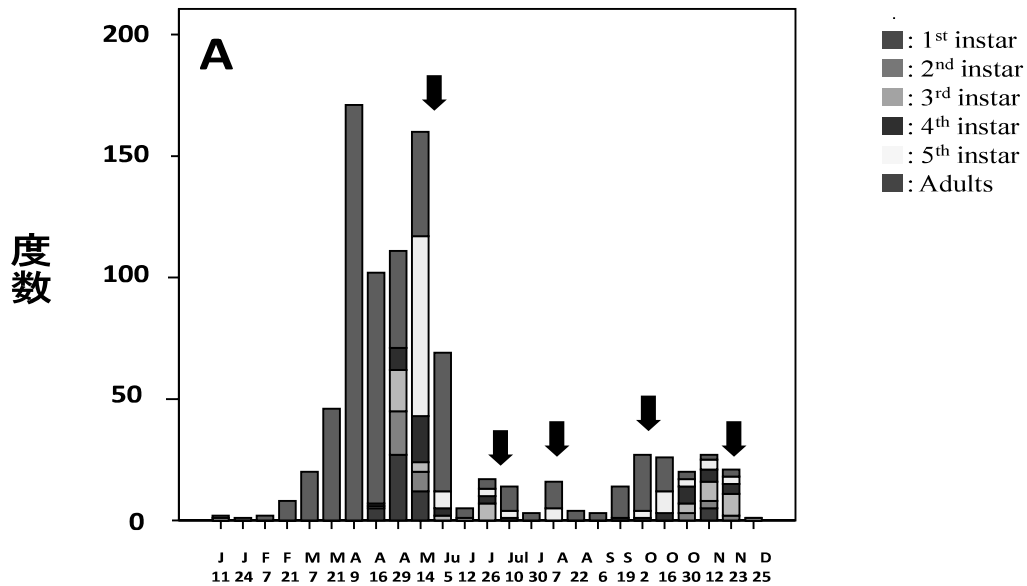


図1: ナミアメンボ個体 生殖期には、雄が雌の上に常に乗っている “タンデム=tandem”の状態にある。雌を他の雄からガードし、自らの遺伝子が確実に子孫に伝わる効果があると考えられる。(Harada, 2012)

Shimanto region 2013 Autumn



図 2:: 四万十川支流:後川のサンプリング地点 2007 年から 2 週間に 1 回継続的にサンプリング調査を行っている。



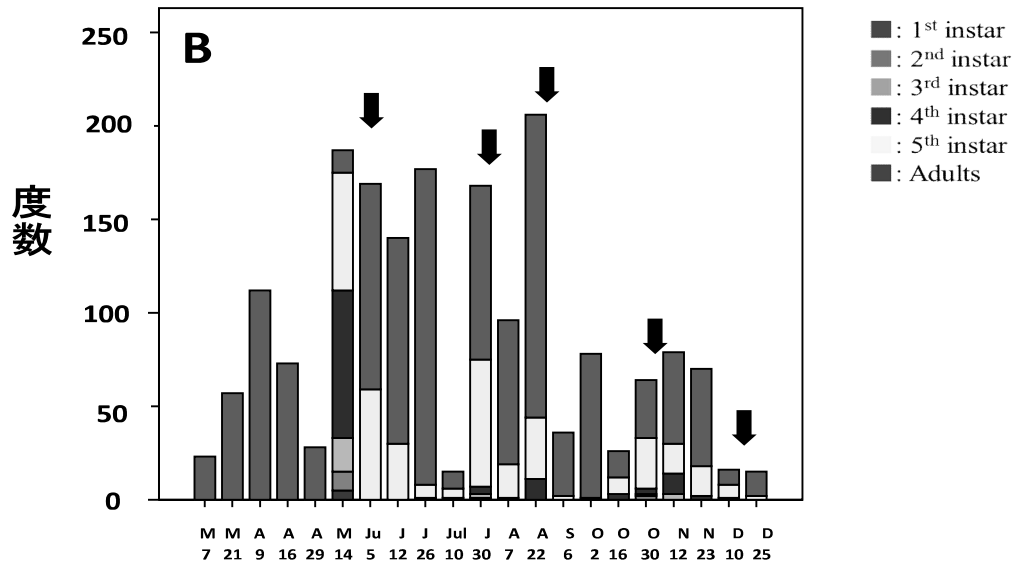


図 3：南国市農業用水路个体群水路(A)及び四万十市後川(B)におけるサンプリング結果 (2016)

いずれのフィールドでも、11月下旬または12月上旬まで幼虫が採取された。矢印は、5 齢（終齢）幼虫が出現して減少する時点（羽化のタイミングと推定）を示している。いずれの个体群も年 5 化性と推定できる。



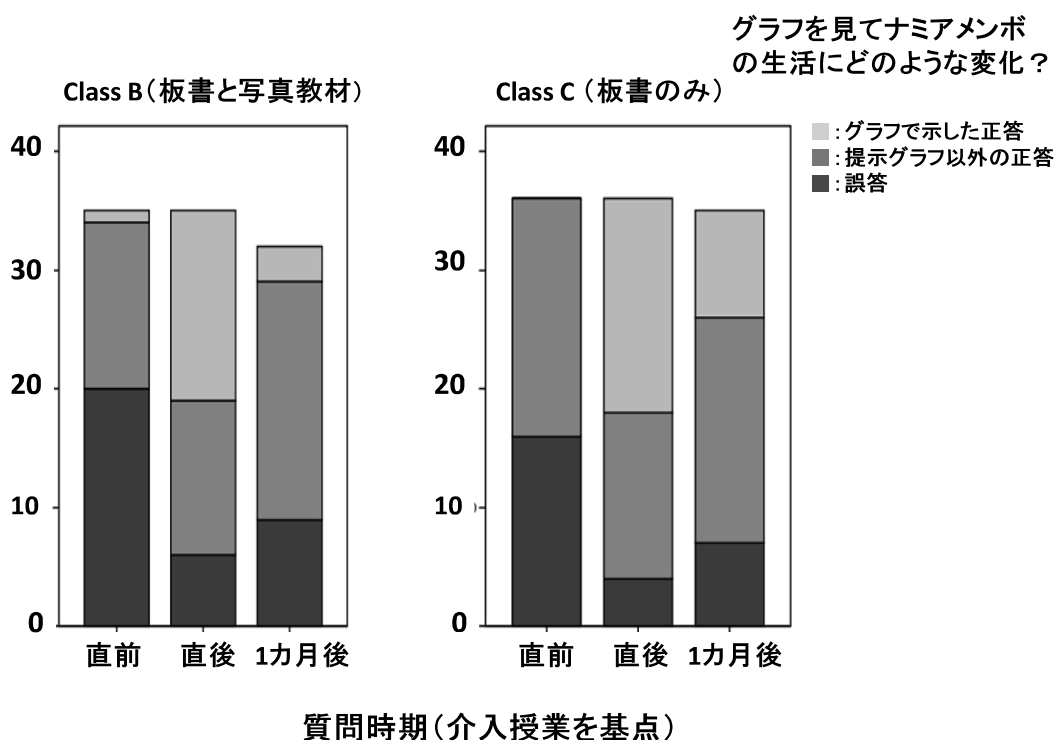


図4：介入授業の影響を写真教材の有無で比べる。図6で示すような図を授業で提示し、それを解釈させる形で、「ナミアメンボの生活への影響は？」という発問を授業中に行った。

「世代数増加、または出現期間が延長し、活動が遅くまで続くようになった」というグラフで示した正答、それ以外の正答、誤答に分かれた。何れのクラスも「グラフで示した正答」が授業後増加したが、板書みのクラスの方が、知識の定着が見られた( $\chi^2$ -test,  $p < 0.05$ , 1か月後で比較)。

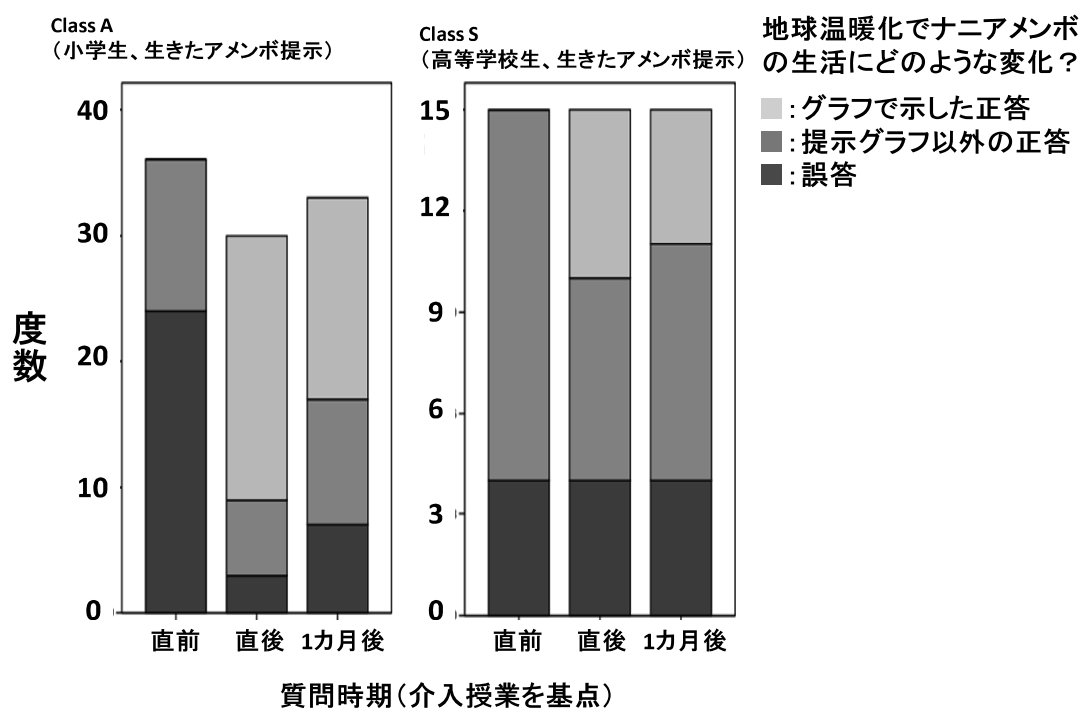


図 5: 生きたナミアメンボ個体を授業の始めに提示。介入授業の影響を小学生と高等学校生で比べた。生きたナミアメンボを観察する生徒に「ナミアメンボの生活への影響は？」という発問を授業中に行った。「世代数増加、または出現期間が延長し、活動が遅くまで続くようになった」というグラフで示した正答、それ以外の正答、誤答に分かれた。小学生の方が授業の効果は高等学校生より大きかった ( $\chi^2$ -test,  $p < 0.05$ , 小学生と高等学校生で授業前後の変化量を比較)。高等学校生は事前にある程度の知識があり、授業による新知識の付加は、30%程度の生徒に見られたが、1カ月後にもその新発見は定着していた。

## 提示教材:研究データ(5齢幼虫 採集個体数)

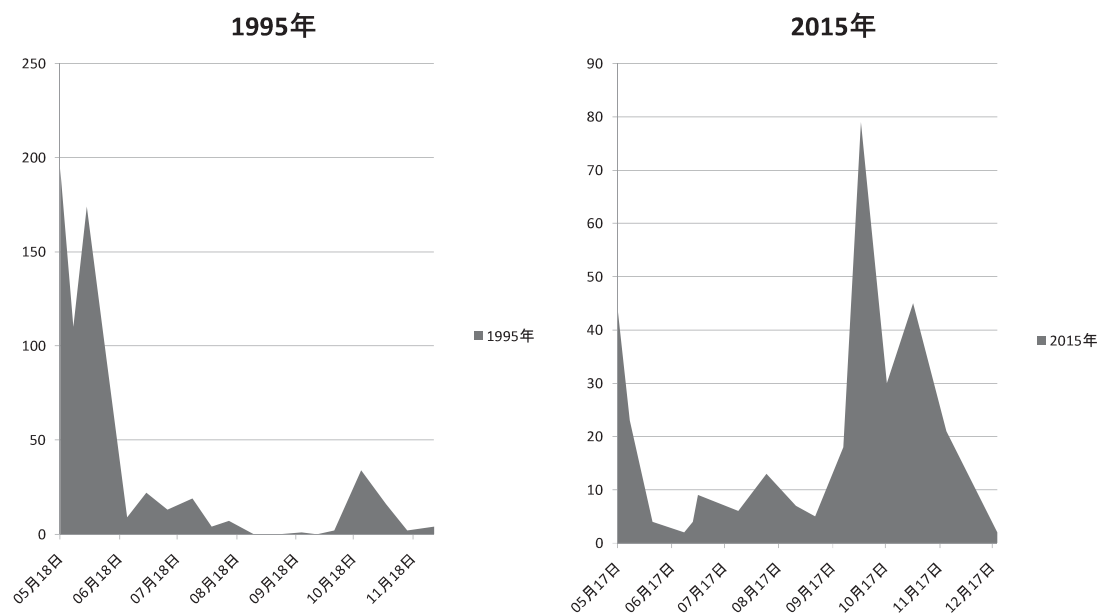


図6：4つの介入授業中に提示した、ナミアメンボ新教材。5齢幼虫のピークの数が新世代の新規加入を表す。明らかに、20年度の5齢幼虫の出現が秋の遅い時期にまで長い時期に及んでおり、世代数が増加していることがわかる。