

高校生物における生態学実験指導法の開発と改良

— 活動教材を用いた捕食者-被食者相互作用の理解 —

大西伸弥^{*1} 中川徹夫^{*2}

Development and Improvement of Teaching Method Based on Ecological Experiment in High School Biology Class

— Fostering Understanding of Predator-prey Interaction Using Activity-Based Teaching Materials —

OHNISHI Shinya^{*1} NAKAGAWA Tetsuo^{*2}

*1 兵庫県立明石城西高等学校 教諭

*2 神戸女学院大学 人間科学部 環境・バイオサイエンス学科 教授

連絡先：中川徹夫 〒662-8505 西宮市岡田山4-1 神戸女学院大学人間科学部環境・バイオサイエンス学科
nakagawa@mail.kobe-c.ac.jp

要 旨

高校生物において、捕食者－被食者相互作用は、主に教科書や図説の資料を用いて説明されてきた。中学校理科では、大鹿（2006）により捕食者－被食者相互作用を活動教材で学ぶ試みが報告されている。しかし、高校生物ではこのような活動例はない。本研究の目的は、この活動教材が高校の生態学の学習に有効であるかを検証することである。今回は、この活動教材によって、捕食者数と被食者数の周期的な変動が起こるかどうかを検討した。その結果、草食動物が増加すると資源が減少し、肉食動物が増加すると草食動物が減少するという理論的な捕食者－被食者相互作用に近い結果を得られた。実験に参加した生徒からも、内容を評価する感想が得られた。以上より、高校生物教材として有用であると思われる。

キーワード：生物実験、生態学、捕食者－被食者相互作用、食物連鎖、物質の循環

Summary

Predator-prey interaction has been mainly taught using only textbooks and their supplementary materials in high school biology classes. Ohshika (2006) has reported an example of teaching methods on the predator-prey interaction using activity based teaching materials in junior high school science classes. However, such activities have not been held in senior high school biology classes. The purpose of this study is to determine if such predator-prey role-play would yield expected changes in predator-prey numbers in high school. The study has shown the following results: the amount of resources decreased with the increase in the number of herbivores, and the number of herbivores decreased with the increase in the number of carnivores. These results reveal approximately logical predator-prey interaction and many students appreciate this method. Therefore, it is believed such activities can serve as effective teaching tools for high school biology classes.

Keywords: biology experiment, ecology, predator-prey interaction, food chain, material circulation

1 はじめに

今年度（2014年度）、高校理科は新学習指導要領の完成年度を迎えた。高校理科の必修科目は、「科学と人間生活」、「物理基礎」、「化学基礎」、「生物基礎」、「地学基礎」のうち「科学と人間生活」を含む2科目、または、「物理基礎」、「化学基礎」、「生物基礎」、「地学基礎」のうちから3科目である。このうち、「生物基礎」は、理系・文系を問わず多くの高校で開設され、これには旧課程の「生物Ⅰ」では取り扱われなかった生態系の分野が含まれるため、高校生物の授業担当者は、これまで以上に生態学を指導する機会が増えた。生態学の單元において、「生物基礎」では「植生の多様性と分布」や「生態系とその保全」を、「生物」では「個体群と生物群集」や「生態系の物質生産」、「生態系と生物多様性」を取り扱う¹⁾。

「生物基礎」や「生物」の教科書に掲載されている生態学分野の実験・観察の典型的な事例として、落葉の分解者による有機物の分解、指標生物による河川の環境汚染の調査、トンボの数の推定、ウキクサの個体群の観察、層別刈取法による生産構造図の作成、地表性動物の種類と個体数調査などがあげられる²⁻¹¹⁾。しかし、これらの実験・観察は、季節や天候に大きく左右される。また、場所や時間の確保や、実施前に指導教員による周到な下見が必要となり、多忙な高校現場において実施するのは、極めて困難であるのが実状である。そこで、生態学の授業は実験・観察に代わり、主として教科書や図説の資料、あるいは教員が準備した映画やスライド等を用いて行われることが多い。生態学分野における捕食者－被食者相互作用についても、例外ではない。

捕食者－被食者相互作用とはいわゆる「食う食われるの関係」で、ここでは被食者数と捕食者数の周期的な変動が起こる。周期的な変動とは①捕食者の増加と被食者の減少②捕食者の減少と被食者の減少③捕食者の減少と被食者の増加④捕食者の増加と被食者の増加の①～④が繰り返されることである。これは捕食者と被食者の理論的モデルとされ、次式(1)、(2)に示すロトカ・ヴォルテラの方程式で表される^{12,13)}。

$$\frac{dx}{dt} = rx - axy \quad (1)$$

$$\frac{dy}{dt} = bxy - cy \quad (2)$$

ここで、 x は被食者の量、 y は捕食者の量、 t は時間、 r は増加率、 a は捕食率、 b は転換率、 c は死亡率を表す。

近年、大鹿により中学校理科第2分野において、生態系におけるシカとオオカミの個体数変動、すなわち、捕食者－被食者相互作用を、活動教材で学ぶ試みが報告されている¹⁴⁾。また、井倉らにより小学生を対象に、ドングリー－ネズミーフクロウの個体数変動を活動教材で学ぶ試みも報告されている¹⁵⁾。ここで用いられている活動教材は「オー・ディア」とよばれるアクティビティで、環境教育プログラム「プロジェクト・ワイルド (PW)」中の1つである。PW

は様々な参加体験型のアクティビティを通して、様々な年齢の人々の認識、知識、技能、参加の向上を促し、野生生物が必要としている環境について、人々が適切な決定を下し、責任ある行動や建設的な行動を起こすようになることを目標としている¹⁶⁾。「オー・ディア」では、アクティビティを通して、動物と環境要因との関係やそれらの数量が保たれることで自然界のバランスが釣り合っていることを理解させること、また年ごとにそれらの環境が変化し、生物の集団は常に変化していることを学ぶことができる¹⁴⁾。

以上のように、参加体験型のアクティビティは生徒が主体的に活動できる内容であるため、理科における生態学の学習に加えて、環境教育の視点からも効果的であると予想される。しかし、高校生物では、このような活動例の報告はない。

本研究の目的は、この活動教材が高校生物における生態学の学習に有効であるかを検証することである。今回は、まず、被食者数と捕食者数の周期的な変動が起こるかどうかを検討した。

なお、本実験は旧課程である「理科総合 B」を履修している生徒を対象に実施したが、新課程の「生物基礎」と「生物」でも応用できる内容であることを付記しておく。「生物基礎」の教材としては「生態系のバランスと保全」の単元で、「生物」の教材としては「個体群とその変動」の単元で用いるのが妥当であると考えられる。

2 授業実践

2-1 日時と場所

実験は2012年2月、兵庫県立 N 高等学校の柔道場で、普通科1学年7クラスを対象に、著者の一人である大西が担当する理科総合 B (2 単位) の授業 (50分) で実践した。実験には、1 組38名、2 組38名、3 組36名、4 組38名、5 組38名、6 組37名、7 組39名、合計264名の生徒が参加した。

2-2 方法

方法は、“Environmental Detectives (Grades 5-8)” に掲載されている “Population Game¹⁷⁾” を参考にした。これを授業用に改変した。実験方法の概要を以下に記す。

- ① クラスの生徒10名を草食動物に指名した (残りの生徒は資源役)。
- ② 資源のラインと草食動物のラインを図1のように向かい合わせに設定した。
- ③ 資源役と草食動物役にサイン (水、食料、生活空間) を決めさせ、草食動物役は同じサインをしている資源役を探した。
- ④ 草食動物に捕まった資源役は草食動物役になり、資源を捕まえられなかった草食動物は資源役となった。
- ⑤ ②～④を繰り返し、資源役と草食動物役の数を記録した。
- ⑥ 10回目の実験から、資源役の中に、草食動物役にはわからないように、肉食動物役 (2名) を設定した。
- ⑦ 草食動物に捕まった資源役は草食動物役になり、資源を捕まえられなかった草食動物は資源役となった。肉食動物を捕まえた草食動物は資源役となった (資源役の中に紛

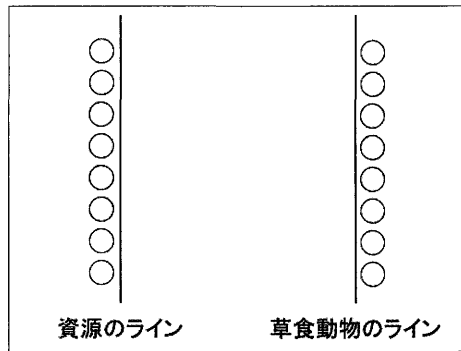


図1 実験の概略図

生徒は資源と草食動物の2種類にわかれ、整列をする。

れ込む肉食動物役が一人増えた)。

⑧ ②～④を繰り返し、資源役、草食動物役、肉食動物役の数記録した。

3 結果及び考察

図2に実験中の生徒の様子を示す。ここで、(A)は草食動物のラインに整列した様子、(B)は資源のラインに整列した様子、(C)はお互い背を向き合ってサインを決める様子、(D)は振り返ってサインを確認しあう様子を表している。また、(D)において、口に手を当てているサインは水を、腹に手を当てているサインは食料を、さらに頭の上に手を乗せているサイン

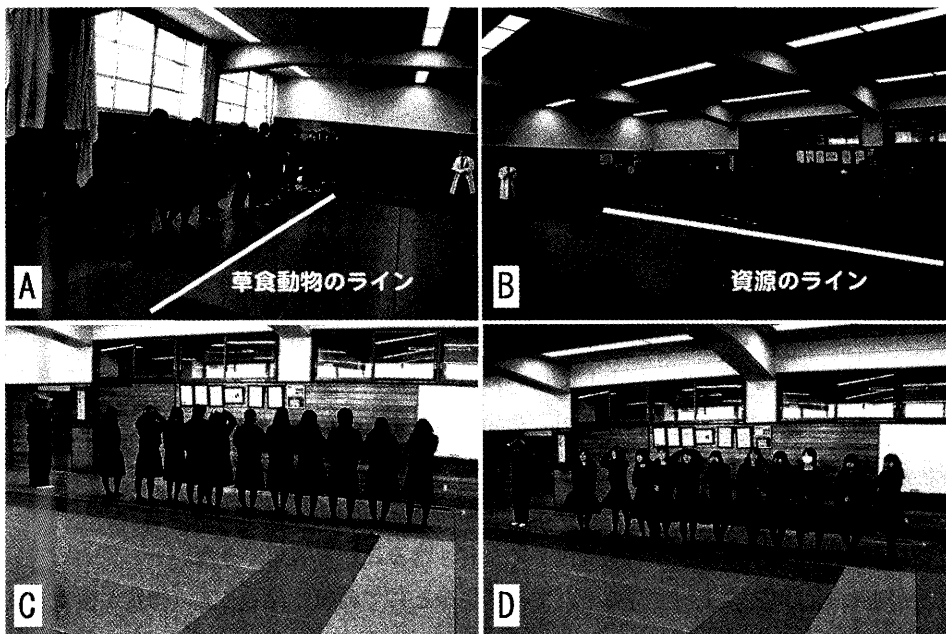


図2 実験の様子

(A) 草食動物のラインに整列した生徒の様子 (B) 資源のラインに整列した生徒の様子
(C) お互い背を向き合ってサインを決める様子 (D) 振り返ってサインを確認しあう様子

表1 実験回数に対する人数の平均値の割合と標準誤差

実験回数 (回)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
資源	平均人数 (%)	73.5	46.9	21.7	61.3	42.7	39.6	40.7	37.1	47.2	42.4
	標準誤差 (%)	0.2	0.5	2.1	4.0	5.5	5.1	4.5	4.6	4.7	3.9
草食動物	平均人数 (%)	26.5	53.1	78.3	38.7	57.3	60.4	59.3	62.9	52.8	51.5
	標準誤差 (%)	0.2	0.5	2.1	4.0	5.5	5.1	4.5	4.6	4.7	3.6
肉食動物	平均人数 (%)										
	標準誤差 (%)										

実験回数 (回)		10	11	12	13	14	15	16
資源	平均人数 (%)	27.2	42.5	44.0	40.9	36.0	33.8	43.9
	標準誤差 (%)	6.2	2.0	6.4	5.3	3.8	3.3	5.3
草食動物	平均人数 (%)	62.2	37.1	38.6	35.6	35.2	39.8	36.5
	標準誤差 (%)	5.0	5.3	5.6	3.0	4.2	4.5	5.1
肉食動物	平均人数 (%)	5.3	10.6	16.7	23.5	28.8	26.4	19.6
	標準誤差 (%)	0.1	0.1	2.0	4.5	6.0	4.5	2.2

は生活空間を意味している。

この実験の前日までに、授業で生態系に関する内容をすべて指導した。また、直前の授業で、この実験の目的や方法などを説明した。当日は、簡単に実験方法の説明をした後、すぐに実験を開始した。

実験回数に対する人数の平均値の割合と標準誤差を表1に示す。また、各クラスにおける実験回数ごとの人数を図3に示す。1回目から9回目までは資源と草食動物のみで行った。10回目より肉食動物を加えて行った。

図3より、クラスにより若干の違いやばらつきはあるが、いずれの場合も、1回目から9回目までの実験において、草食動物の人数の増加とともに、資源の人数は減少した。また、草食動物の人数が減ると資源の人数は増えた。10回目以降の実験において、肉食動物の人数の増加とともに草食動物の人数は減少した。また、肉食動物の人数が減少すると、草食動物の人数は増加した。この結果は、図説などで紹介されている捕食者と被食者の理論的なモデル(図4)や、周期的に個体数が振動する例として用いられているグラフ(図5)に類似している^{12,13)}。

実験に参加した生徒は、事前の授業で、食物連鎖や物質の循環について学習していた。代表的な生徒の感想を以下に記す。

- ・動きまわる実験だったので印象に残った。
- ・生物は生きていくために様々な環境因子に左右されることを確認できた。
- ・生物が死ぬと分解者によって分解されて再び資源として利用されること(物質が循環していること)を、この実験を通して再確認できた。

以上のような感想が多く寄せられ、多くの生徒にとって、本実験内容が生態学の学習に有用であったことが判明した。また、6組は10回目の実験以降、草食動物が絶滅してしまった。こ

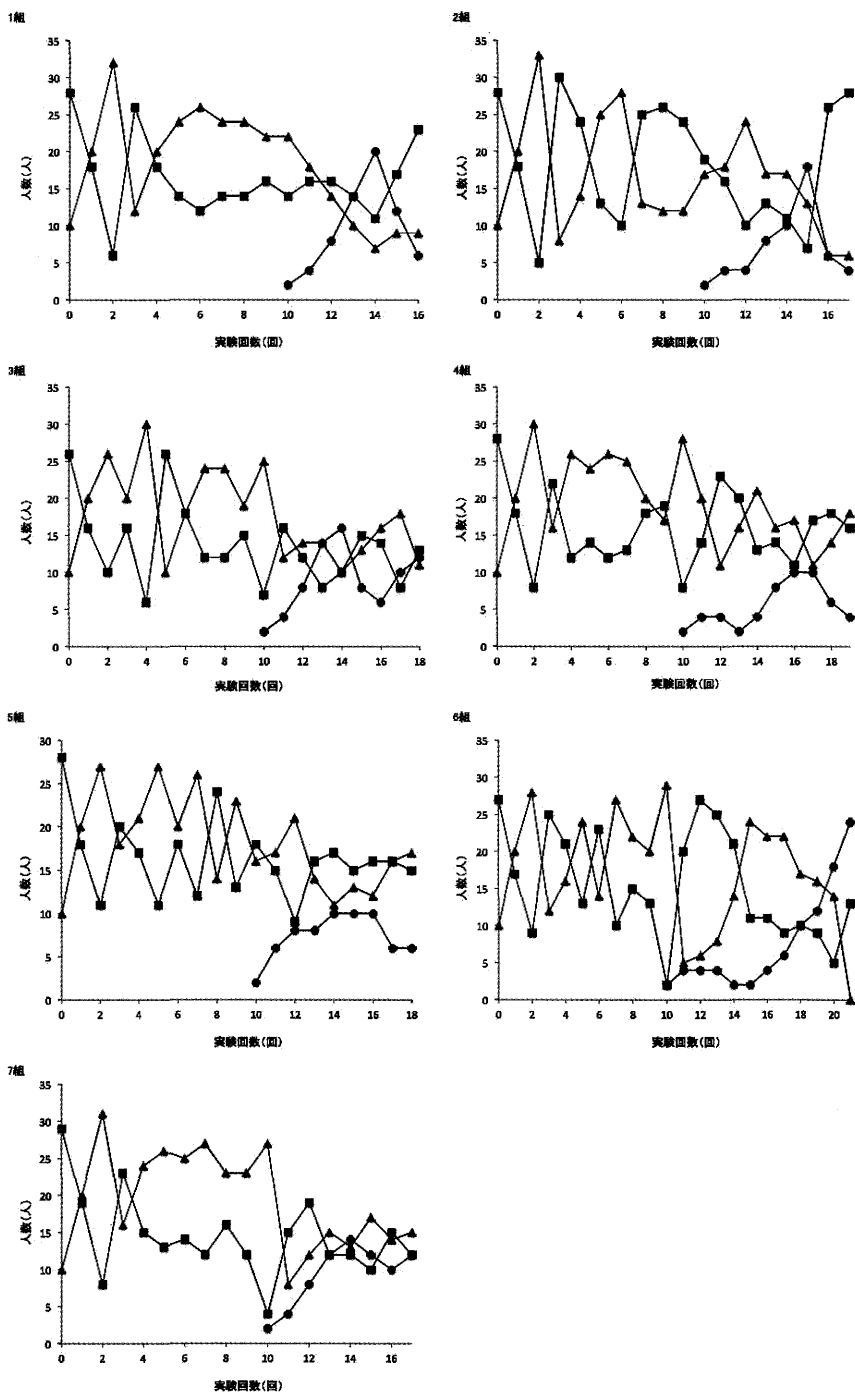


図3 資源、草食動物及び肉食動物の増減

■：資源 ▲：草食動物 ●：肉食動物

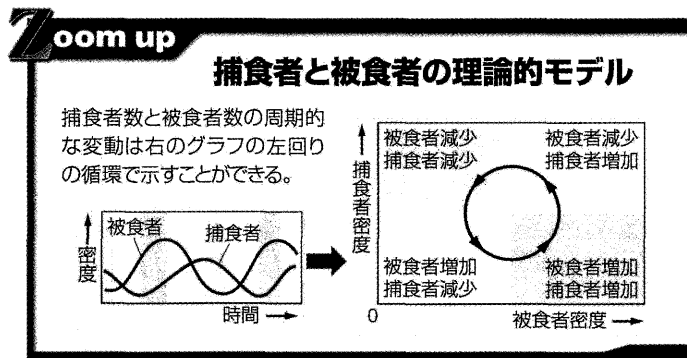


図4 捕食者と被食者の理論的モデル¹²⁾

● オオヤマネコとカンジキウサギの個体群の変動

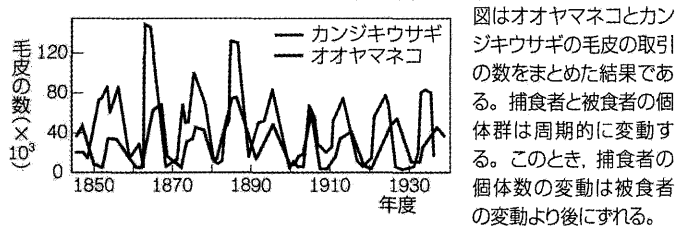


図5 周期的に個体数が振動する例¹²⁾

上：カンジキウサギ（被食者）、下：オオヤマネコ（捕食者）

のクラスからは、草食動物の絶滅によってやがて肉食動物の絶滅も起こる、生態系は微妙なバランスで存在している、などといった他のクラスではなかった感想が寄せられた。

4 おわりに

本研究では、被食者数と捕食者数の周期的な変動が起こるかどうかを検討した。その結果、理論的な捕食者-被食者相互作用に近いグラフが得られた。また、これらの結果と実験後の生徒の感想から、この活動教材は高校生物の学習においても有用性が高いことが強く示唆された。

高校生物の教科書に掲載されている個体数に関する実験では、ある時点で存在する個体数や、短期間での個体数の変動に注目したものがほとんどである。この活動教材を用いれば、生徒が各役割に応じた行動をしながら、短時間で長期間の個体数の変動を実感できる。コンピュータシミュレーションによる方法（ソフトウェア名：生態くん¹⁸⁾も可能であるが、生徒の学習と体験を関連させ、学習内容への興味関心を高めた方が理解は深まると考えられる。

以上のような理由からも、この活動教材は高校生物の学習において有効であると考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたり、元兵庫県立西宮高等学校教諭酒井篤誠氏に、資料・文献を提供いた

だいた。ここに厚くお礼を申し上げる。

参考文献

- 1) 文部科学省, 高等学校学習指導要領解説理科編理数編, 実教出版, 第1章, pp. 1-13 (2009).
- 2) 本川達雄 他, 生物基礎, 新興出版社啓林館, pp. 149, 154, 160, 162, 166, 176, 186, 191 (2013).
- 3) 本川達雄 他, 生物, 新興出版社啓林館, pp. 402, 405, 424, 433, 444, 450, 457 (2013).
- 4) 浅島誠 他, 生物基礎, 東京書籍, pp. 154, 167, 176, 182 (2013).
- 5) 浅島誠 他, 生物, 東京書籍, pp. 313, 336, 343, 362 (2013).
- 6) 吉里勝利 他, 高等学校生物基礎, 第一学習社, pp. 213, 238, 261, 271 (2013).
- 7) 吉里勝利 他, 高等学校生物, 第一学習社, pp. 318, 331, 341, 349 (2013).
- 8) 嶋田正和 他, 生物基礎, 数研出版, pp. 149, 163, 177, 190, 194 (2013).
- 9) 嶋田正和 他, 生物, 数研出版, pp. 286, 301, 303, 311, 324 (2013).
- 10) 庄野邦彦 他, 生物基礎, 実教出版, pp. 174, 187, 195, 207 (2013).
- 11) 庄野邦彦 他, 生物, 実教出版, pp. 329, 349, 351, 368 (2013).
- 12) 鈴木孝仁, 改訂版フォトサイエンス生物図録, 数研出版, p. 211 (2013).
- 13) 巖佐庸, 生物数理生物学入門—生物社会のダイナミックスを探る, 共立出版, pp. 34-40 (1998).
- 14) 大鹿聖公, 「中学校理科第2分野「自然と人間」における活動教材について—環境教育プログラム「プロジェクト・ワイルド」を用いた授業実践—」, 生物教育, 45(3), 170-180 (2006).
- 15) 井倉洋二 他, 「大学演習林と小学校の連携による総合学習の実践—児童と学生が共に学ぶ森林環境教育プログラムの効果—」, 鹿児島大学農学部演習林研究報告, 35, 49-60 (2007).
- 16) 半田真理子, 「環境教育プログラム「プロジェクト・ワイルドについて」, ランドスケープ研究, 64(4), 360-361 (2001).
- 17) K. Beals and C. Willard, “Environmental Detectives (Grades 5-8)”, Lawrence Hall of Science, University of California, Berkeley, pp. 118-123 (2001).
- 18) 理科工房 <http://www.rikakoubou.com/index.html> (2015年1月18日アクセス)

(原稿受理日 2015年2月12日)