

1 はじめに

平成26年8月、約70年ぶりにデング熱の日本国内感染が確認された。発生源といわれている代々木公園のみならず千葉市を含む全国各地に感染が拡大し、蚊が世間を大いに賑わせた。

本校では夜間の授業中、頻繁に蚊が現れるため、以前から生徒は蚊に悩まされていた。デング熱が発生した後は、蚊が現れると嫌がり、刺されて不安がる生徒の姿をたびたび目にするようになった。

本校生徒の多くは、理科の学習内容に興味を持っはいるが、自分で課題を見つけて解決し、成果を発表したいと思う生徒は少ない。「先生、蚊を何とかしてください」と個別に訴えてくることはあるものの、自らの力で、または仲間と協力して解決しようとはしない。

そこで、生徒の関心が高い蚊を用いて授業を実践し、課題の解決を試みることで、高等学校理科の目標である「科学的に探究する能力と態度を育てる」ことや「科学的な自然観の育成」につながると考えた。そして、将来にわたって生徒が科学に興味・関心をもち続け、地域社会の中で安心して安全に生活していけることを願い、本主題を設定した。

2 研究方法

- (1) 生徒の実態把握・・・聞き取り調査、アンケート調査
- (2) 教材開発・・・・・・予備調査、授業計画
- (3) 授業での実践・・・・蚊を教材に用いた授業
- (4) 生徒の変容・・・・聞き取り調査、アンケート調査

3 研究内容

(1) 生徒の実態把握

ア 生徒の理科への関心

生徒の理科への関心を把握するために、蚊を教材に用いた授業を実践する前にアンケート調査を行った。

＜理科への関心＞

- 質問1 理科の学習内容には興味がある。
- 質問2 理科に興味を持ったことや不思議に思ったことは自分で調べてみる。
- 質問3 理科で調べて発見したことを発表してみたい。

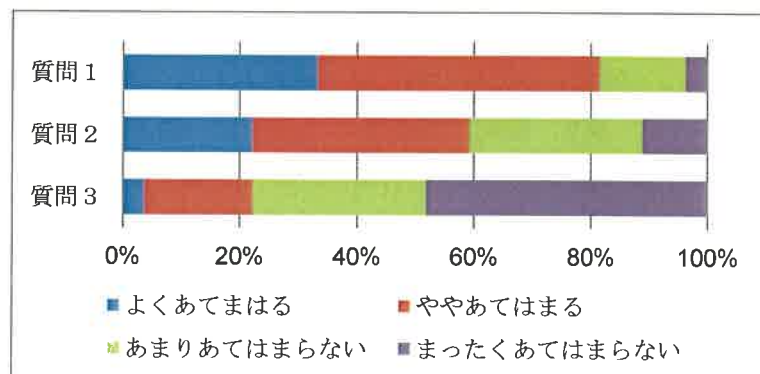


図1 理科への関心（回答数 27）

理科の学習内容に興味を持つ生徒（81%）は多いが、自分で課題を解決しようとする生徒（59%）になると減り、成果を発表したい生徒（22%）は少ないことがわかった。生徒が

自ら調べて社会へ貢献できるような授業が必要だと感じた。

イ 生徒が蚊に接する頻度

生徒がどの程度蚊を見て、蚊に刺されているかを調べるため、アンケート調査を実施した。

＜蚊に接する頻度＞
 質問 1 家に蚊が現れる
 質問 2 学校に蚊が現れる
 質問 3 家で蚊に刺される
 質問 4 学校で蚊に刺される

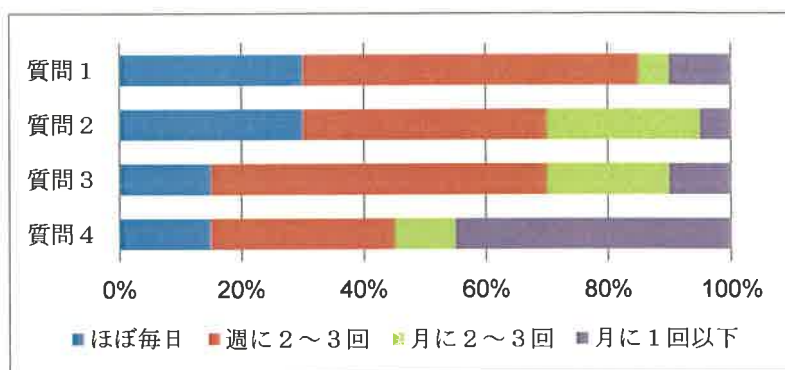


図2 蚊に接する頻度 (回答数 20)

生徒は蚊をたびたび目撃しており (ほぼ毎日と週に2～3回を合わせて家 85%, 学校 70%), 学校よりも家で蚊に刺されることが多いことがわかった (ほぼ毎日と週に2～3回を合わせて家 70%, 学校 55%)。

ウ 生徒の蚊の知識

生徒が蚊に対してどの程度の知識を持っているかを把握するため、授業実施前に質問紙による調査と聞き取り調査を実施した。

(ア) ボウフラを知っているか

ボウフラ (4 齢幼虫) を見せたところ、蚊の幼虫だと知らない生徒が多い (図3) ことに驚いた。「メダカ」や「ミジンコ」と答える生徒も複数いた。授業で生徒一人ひとりに蚊を育てさせ、蚊の生態を知ることで駆除の方法を考察させることにした。

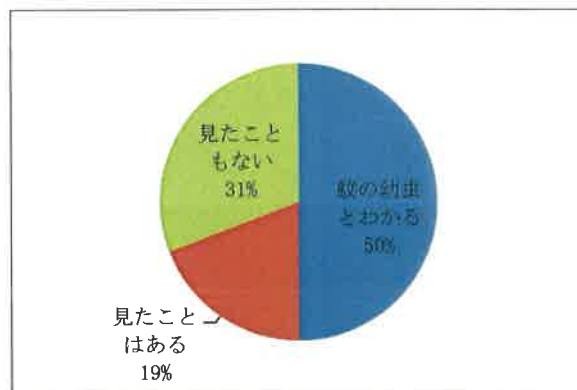


図3 ボウフラを知っているか (回答数 26)

(イ) 蚊の体の構造がわかっているか

何も見ずに蚊の絵を描かせたところ、体が頭部・胸部・腹部にわかれていない絵 (図4, 図5, 図6), 脚が6本でない絵 (図4, 図5), 翅が2枚でない絵 (図4), 不鮮明な絵 (図7) などが見られたほか、白紙の生徒も半数近くいた。双翅目の特徴どころか昆虫の特徴も知らない生徒が複数いることがわかり、蚊の体の構造を理解させ、じっくり観察する機会を設ける必要性を感じた。



図4 生徒の蚊の絵



図5 生徒の蚊の絵



図6 生徒の蚊の絵



図7 生徒の蚊の絵

(ウ) 蚊に刺されてうつる病気を知っているか

蚊に刺されてうつる病気を知っている限り書き出すように指示したところ、表1のような結果になった。デング熱とマラリアは比較的に知られているが、予防接種を受けているはずの日本脳炎については多くの生徒が知らなかった。蚊に刺されることの危険性を認識させ、自分の身をどのようにして守るか考えさせる必要性を感じた。

表1 蚊に刺されてうつる病気を知っているか (回答数 26)

デング熱	マラリア	日本脳炎	黄熱病	エボラ出血熱
19	8	3	1	2

※エボラ出血熱は蚊が媒介しないとされている

(2) 教材開発

ア 予備調査

予備調査として本校に現れる蚊の採集、校内の蚊の発生源の調査、蚊の飼育を行った。

(ア) 蚊の採集

平成26年7月～平成27年7月にかけて、本校(校舎内と校舎外)で主に捕虫網を用いた人囹法によって蚊の成虫の採集を行った。

採集した蚊は、多い順にアカイエカ(図8)、コガタアカイエカ(図9)、ヒトスジシマカ(図10)、ヤマトヤブカ(図11)、オオクロヤブカ、カラツイエカ、ハマダライエカの7種であった。なお、上位4種で採集した蚊の90%以上を占めている。



図8 アカイエカ
(体長 5.5mm)



図9 コガタアカイエカ
(体長 4.5mm)



図10 ヒトスジシマカ
(体長 4.5mm)



図11 ヤマトヤブカ
(体長 6.0mm)

夜間・校舎内の採集に限ると、アカイエカとコガタアカイエカがほとんど全てで、昼間吸血性のヒトスジシマカは1限(17:25～18:10)に現れることはあったが、2限目以降(18:30～)現れなかった。

平成26年で校舎内に最初に蚊が現れた日は定かでないが、最後に蚊が現れて採集した日は12月10日であった。なお、11月後半以降はアカイエカしか現れなかった。

平成27年、校舎内で最初に蚊を発見したのは4月30日で、アカイエカであった。5月中旬には授業中にアカイエカが頻繁に現れるようになった。

(イ) 蚊の発生源

平成26年7月～平成27年7月にかけて、本校の敷地内で蚊の発生源を探したところ、幼虫のいる容器(図12)を複数発見した。羽化させ同定すると、ヒトスジシマカ、オオクロヤブカ、ヤマトクシヒゲカ、ヤマトヤブカ、トラフカクイカの5種の蚊で、一

つの容器に2種類以上の蚊が同時に発生しているものもあった。

平成26年12月中に幼虫の姿が見えなくなった。次に幼虫を確認できたのは平成27年3月10日で、ヤマトヤブカの幼虫であった。5月には何種もの蚊の幼虫が確認できるようになった。

アカイエカとコガタアカイエカは本校では発生を確認できなかったが、水田が本校のすぐ隣にあるため、飛来してくると考えた。



図12 蚊の発生源の容器

(ウ) 蚊の飼育

平成26年10月～平成27年7月にかけて蚊の飼育を行った(表2)。

蚊の成虫は100円程度で購入した虫かごで飼育した(図13)。飼育場所は職員室の暖房近くの机の上である。虫かごの上部を不織布で覆い、蚊の逃亡と小バエの侵入を防ぐ。水(産卵用)と砂糖水(成虫の餌)または砂糖をそのまま入れておくことで、1カ月程度の飼育は容易にできる。生存率は砂糖水より劣るが、砂糖水は10日程度で交換する必要があるため、砂糖を用いた方が手間は少ない。



図13 蚊の成虫の飼育



図14 蚊の幼虫の飼育



図15 蚊の幼虫の飼育

幼虫は500mLペットボトル(図14)(大量に飼う場合に適している)、スピッチ管(図15)(1個体ずつ扱うのに便利)、20mLスクリー管(生徒に持たせた)のいずれかの容器の水の中で飼育した。エサに用いたのは100円程度で購入した粒の小さなメダカのエサである。

現時点で飼育に成功したといえるのは、ヒトスジシマカとアカイエカである。

ヒトスジシマカは2月中旬に全滅した(表2)が、卵(図16)で越冬する種であるため、低温による影響だと考えた。デング熱媒介蚊(ただし飼育環境下ではデングウィルスフリー)であり、次世代を得るのに吸血が必要のため、学校での飼育が適当とはいえない。

アカイエカは無吸血産卵(初回のみ)が可能で、不快な吸血をさせることなく次世代を得ることができる。またメスが成虫で越冬する種であるため低温にも強い。省スペース・安価で飼育でき、1年中繁殖させられることから、教材開発をするうえで有用な飼育昆虫となりうる。



図16 ヒトスジシマカの卵

表2 蚊の飼育状況

	ヒトスジシマカ	オオクロヤブカ	アカイエカ	ヤマトヤブカ
平成26年 10月	幼虫（1代目）採集 1代目成虫になり吸血	幼虫（1代目）採集		
平成26年 11月	1代目産卵する 孵化し2代目誕生	1代目成虫になり吸血	メス成虫（1代目）採集 1個体が吸血	
平成26年 12月	2代目成虫になり吸血 孵化し3代目誕生	1代目すべて死亡	1代目産卵する 孵化し2代目誕生 2代目成虫になる 2代目産卵する	
平成27年 1月	3代目成虫になり吸血 孵化し4代目誕生		孵化し3代目誕生 3代目成虫になる	
平成27年 2月	4代目成虫になる 4代目吸血しない すべて死亡		3代目産卵する 孵化し4代目誕生 4代目成虫になる	
平成27年 3月			4代目産卵する 孵化し5代目誕生 5代目成虫になる 5代目産卵する	幼虫（1代目）採集
平成27年 4月			孵化し6代目誕生 6代目成虫になる 6代目産卵する 孵化し7代目誕生	1代目成虫になる 1代目吸血しない
平成27年 5月			7代目成虫になる 7代目産卵する 孵化し8代目誕生	すべて死亡
平成27年 6月		幼虫（1代目）採集 1代目成虫になる	8代目成虫になる 8代目産卵する 孵化し9代目誕生 9代目成虫になる	幼虫（1代目）採集 1代目成虫になる
平成27年 7月		1代目吸血しない すべて死亡	9代目産卵する 孵化し10代目誕生 10代目成虫になる 10代目産卵する 孵化し11代目誕生	1代目吸血しない すべて死亡

イ 授業計画

(ア) 「生物基礎」での授業計画

「生物基礎」では5回程度（本校では1時数45分間）の授業を計画した。

時	題	関連する内容
1	学校ではどんな蚊に刺されるのか（ア）	生物の共通性と多様性
2	蚊はどのように成虫になるのか（イ）	生殖，発生
3	蚊に刺されるとどんな病気になるのか（ウ）	免疫，突然変異
4	蚊のだ腺染色体にパフは見られるのか	染色体，タンパク質の合成
5	蚊に刺されるとどうしてかゆくなるのか（エ）	体液，血液凝固，免疫

（イ）「科学と人間生活」での授業計画

「科学と人間生活」では「これからの科学と人間生活」として、「蚊から身を守るにはどうしたらよいか」全体のテーマに5回程度の授業を計画した。

時	題	関連する内容
1	学校ではどんな蚊に刺されるのか	科学技術の発展
2	蚊を発生させないためにはどうしたらいいか	物質の科学，生命の科学
3	蚊に刺されるとどんな病気になるのか	科学技術の発展，生命の科学
4	蚊に刺されても痛くないのはなぜか	科学技術の発展，生命の科学
5	蚊に効く薬は何か	生命の科学

（3）生物基礎での授業実践

ア 第1時「学校ではどんな蚊に刺されるのか」

目的	蚊の体の構造を観察し，昆虫の共通性を理解する。蚊を同定し，多様な種の生物が地球上に存在していることを理解する。
学習内容	蚊の分類体系の理解，蚊の構造の理解，雌雄の判別。4種の蚊（コガタアカイエカ，アカイエカ，ヒトスジシマカ，ヤマトヤブカ）の同定。
授業の進め方 【時配】	課題を把握させ，基本的な事項（分類，構造，道具の使い方等）について説明し，理解させる。【10分】 ルーペや顕微鏡を用いて，4種の蚊の同定をさせる。【30分】 同定した蚊の説明を図鑑で読み，学校や家で蚊に刺されることのリスクについて考えさせる。【5分】
道具	蚊の標本，ルーペ，双眼実体顕微鏡，柄つき針，検索表，身近な蚊の図鑑，ワークシート（図17）
成果と課題	ヒトスジシマカと他の蚊の区別は容易にできるようになった。 初めて実体顕微鏡で昆虫を細部にわたって観察したことで，気持ち悪いと言いながらも真剣に同定しようと努力している生徒が多かった（図18）。 熱心な生徒ほど，標本を動かしながら細部まで観察するため，標本の損傷が激しかった。 同定作業には，コガタアカイエカの吻の白帯，アカイエカの胸部側面の鱗片の塊の見方など随時助言が必要で，少人数でないと対応できない。 30分間では作業の遅い生徒は同定が終わりず，手際のよい生徒が補助役になり，協力して授業を進めることができた。

観察 標本①～④の力を検索表に従って同定しよう

例) 翅に斑はない → 物に白帯がある → 斑脚 → 脚の附節に白斑

カラツイエカ

標本①
翅に斑なし、物に白帯なし、脚の白帯なし。
腹部に横帯がある、胸部側面鱗片の塊あり。
アカイエカ

標本②
なし、物に鱗あり、斑、脚でなし
コハタアカエカ

標本③
なし、物になし、あり、斑あり、白一本
ヒスジシマカ

標本④
なし、白帯なし、鱗あり、赤二本
ヤマトヤブカ

標本①～④の同定を終えたら、メスとオスの標本を比べてみよう。

考察 学校ではどんなかに観察される可能性があるか?

アカイエカ

感想
メスヤメスで違ったり、
種類がたくさんいることがわかった。



图 20 交尾

目的	蚊の幼虫やさなぎを観察し、成虫になる瞬間をとらえる。 蚊の発生をおさえる方法を考える。
学習内容	蚊のライフサイクルの理解。 幼虫やさなぎの飼育・観察、駆除方法の考察。
授業の進め方 【時配】	課題を把握させ、基本的な事項（分類、構造、道具の使い方等）について説明し、理解させる。【10 分】 蚊 1 匹（または 2～3 匹）をスクリー管に移し、動きを観察させる。【15 分】 初回は 25 分程度。その後毎日大きさを記録し、エサをあげて飼育し、羽化したら完成したレポートを提出させる。1～3 週間程度で終了する。
道具	蚊の卵・幼虫・さなぎ，メダカのえさ，20mL スクリー管，スポイト，ワークシート（図 21）

成果と課題	卵，1 齢幼虫，2 齢幼虫を見るのは初めての生徒が多く，飼育を開始してすぐは関心が高かったが，日が経つにつれて飽きてしまい，最後まで継続できなかった生徒が複数出た。 体長を正確に棒の長さで記入するように指示したのだが，指示が適切であったかどうかわからない。昆虫の幼虫の発育に関するダイヤーの法則があてはまるか検証するところまで，教材化できなかった。 全員が水を無くせば蚊を駆除できると考察できたが，呼吸を封じる方法や脱皮を阻害する方法を考察する生徒はいなかった。 幼虫を殺す薬に興味を持つ生徒が現れた。 羽化する瞬間（図 19）が速すぎてとらえることができた生徒はいなかった。蚊のライフサイクルの理解を深めるため，交尾（図 20），産卵，孵化，脱皮，羽化など撮影画像や動画などで見せると効果的だった。
-------	---

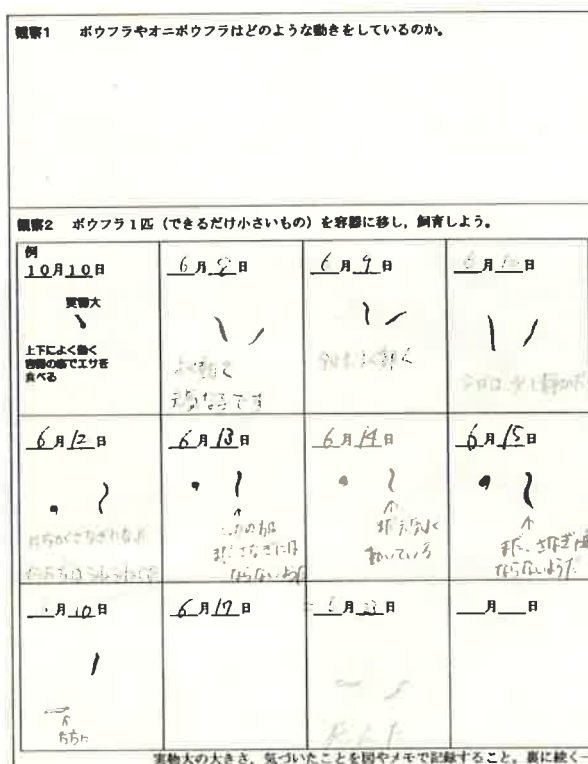
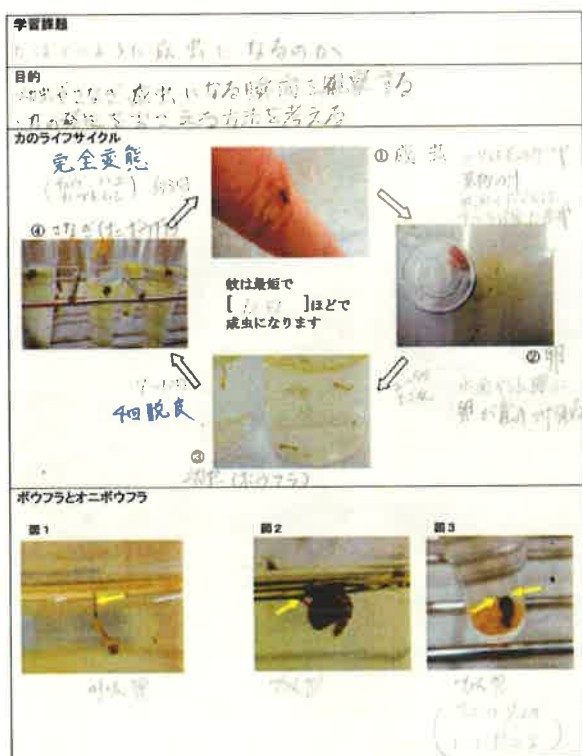


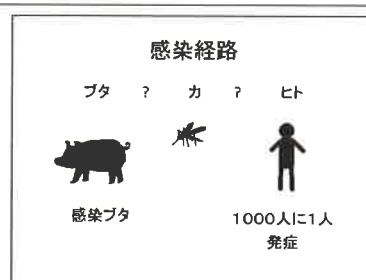
図21 生徒ワークシート 「蚊はどのように成虫になるのか」 ～ポケットモスキート～

ウ 「蚊に刺されるとどんな病気になるのか」

目的	蚊に刺されてうつる病気がたくさんあることを知る。 どのようにして自分の身を守ればよいか考える。
学習内容	蚊が媒介する病気の理解（デング熱，日本脳炎，マラリア，フィラリア（犬フィラリア・リンパ性フィラリア），黄熱病，ウェストナイル熱など）。 感染症の予防と治療。マラリアと鎌状赤血球貧血症。
授業の進め方 【時配】	学習課題を把握する。【3分】 スライドを見て，説明を聞き，各感染症についてワークシートにまとめる。

	【35 分】 病気を予防するにはどうするか，感染してしまったらどうするか考えさせ，発表させる。【7 分】
道具	スライド（図 22・23），ワークシート
成果と課題	デング熱のほかにもたくさんの感染症があること，人獣共通の感染症があることなど，生徒が知りたがっていた情報を伝えることができた。 自分の身を守るためには「蚊に刺されない」，「危ない地域に行かない」，「蚊を発生させない」という意見が多く，「予防接種を受ける」，「どんな蚊に刺されたか覚えておいて，発熱したらすぐに病院に行く」という建設的な考えを持つ生徒もいた一方，「怖い」としか書けなかった生徒もいた。

予防・治療 日本脳炎ワクチン 1期接種 3～4歳に6～28日の間隔をおいて2回 追加接種は約1年後に1回 2期接種 9～10歳までに1回 合計4回



なぜかゆくなるのか？	人数
唾液・血が体に入る	6人
アレルギー反応	3人
血が入ってきて炎症を起こす	1人
針が皮膚に透る	1人
血を抜かれるから	1人
蚊の口に何かある	1人
刺されたから	1人
マヒするから	1人
わからない・無回答	2人

図 22 スライド（日本脳炎の予防）

図 23 スライド（感染経路）

図 24 スライド（生徒の考え）

エ 「蚊に刺されるとどうしてかゆくなるのか」

目的	体液性免疫と細胞性免疫のしくみを理解し，蚊に刺されるとかゆくなったりはれたりする理由を説明することができる。
学習内容	体液性免疫による即時型反応，細胞性免疫による遅延型反応の理解。脱感作の理解。
授業の進め方 【時配】	課題を把握させ，蚊の吸血のしくみを動画（NHK「サイエンス ZERO」平成24年11月11日放送「バイオミメティクス 生物が極める超絶能力をいかせ！」）で確認させる。【10 分】 体液性免疫による即時型反応・細胞性免疫による遅延型反応のしくみをまとめる。【5 分】 初めて蚊に刺されると無症状である理由，何回も蚊に刺されるとすぐに強いかゆみを感じる理由を，キーワードを用いて説明させる。【15 分】 蚊に刺されすぎること脱感作の状態になることを理解させる【10 分】。 薬の成分と効用，炎症反応等を確認し，蚊に刺されたらどのように対処するか記入させる。【5 分】
道具	動画，スライド（図 24），ワークシート（図 25），かゆみどめの薬
成果と課題	文章を書くことに苦手意識を持っている生徒が多いので，キーワードを用いて説明できるよう配慮した課題にしたつもりだったが，白紙が目立った。 蚊に刺された時のかゆみ・はれのちがいに興味を持った生徒が授業の後で質問をしてきたため，蚊の種類によって唾液の成分が違い，抗原が異なることを説明した。授業内容に含めればよかった。

イ 蚊の判別ができるか

授業実施後の定期考査で、蚊の写真（ヒトスジシマカ・アカイエカ・コガタアカイエカ）を見て、蚊の名前を選択肢から選ぶことができるか問うた。

ヒトスジシマカの正答率は割合高く（75%）、アカイエカとコガタアカイエカの正答率（ともに 21%）は低かった（図 28）。アカイエカとコガタアカイエカを誤った生徒は皆、アカイエカをコガタアカイエカとして、コガタアカイエカをアカイエカと逆に認識していた。ヒトスジシマカの誤答には、オオクロヤブカやヤマトヤブカと混同しているものが目立った。また、写真による雌雄の判別は 88% の正解率だったため、ほぼできるようになったといえる。

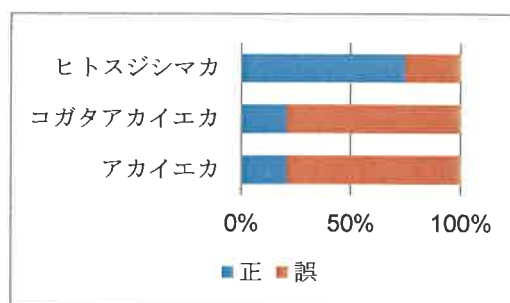


図 28 蚊の判別（回答数 24）

ウ 蚊による感染症とその予防

授業実施後の定期考査で、デング熱と日本脳炎を媒介する蚊をそれぞれ選択肢から選ばせた。デング熱媒介蚊にヒトスジシマカを選べた生徒は 71%（図 29）だったが、日本脳炎媒介蚊にコガタアカイエカを選べた生徒は 29% とふるわなかった。ここでもコガタアカイエカとアカイエカの混同が多かった。

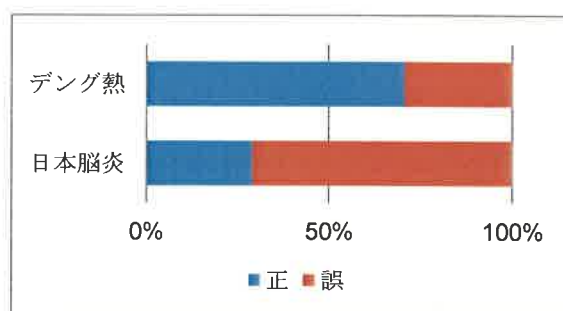


図 29 感染症媒介蚊がわかるか（回答数 24）

日本脳炎については、自身が予防接種を受けているか家庭で確認したり、4 回目の接種が済んでいない生徒が問題意識を感じるようになったり、実際に予防接種を受けた生徒が 2 名現れたり、かなり予防に対する意識が高くなった。

エ 生徒の行動の変化

デング熱発生の影響で、全ての蚊を恐れていた生徒もいたが、授業実施後は授業中に蚊が現れてもヒトスジシマカでないことを確認し、冷静に対処するようになった。

野外の学校行事の際には、肌を露出しない服装を心がけたり、友人と虫除けスプレーをかけあう姿を見たり、蚊取り線香の煙の向きを気にしたりと、以前の無頓着な様子からは変化が見られた。

自分の飼っている蚊を見せ合ったり（図 30）、各家庭での蚊対策を情報交換したりと、他の授業では見られなかった活発な言語活動も見られた。



図 30 蚊を見せ合う生徒

オ 生徒の感想

通常の授業では、ワークシートの感想記入欄は白紙の生徒が多いのだが、蚊を用いた授業では比較的感想が記入されていたので紹介する。

- ・あまり興味がなかったものに対し興味がわくようになった。
- ・自分で気をつけられるものはてっぺんがつかいたら身のまわりがキレイになっていた。
- ・蚊に対して少し興味を持ち始め、蚊を見るたびに「こうやって大きくなっていくんだ」と理解・考えるようになったので面白く感じました。
- ・蚊の授業の後どうすればはやくかゆみが引くか考えるようになった。
- ・あんな小さい虫が何人も死なせることができるのは怖いと思った。ワクチンや予防できることをしっかりする。
- ・少しでもあやしいなと思ったらすぐ病院に行く。予防もできるときにしく。
- ・蚊の種類もどの蚊が危ないのかも知れたのでためになりました。
- ・蚊は海外で問題になっていることは知っていましたが、日本ならと安心している部分もありました。しっかりと知識をもって対策をしていきたいと思います。
- ・マラリアやフィラリアにはかかりたくないと思った。発病しない薬などできるといいな。
- ・病名も蚊の種類もたくさんある事に驚きました。蚊で病気になることをあまり意識していなかったもので、改めて気を付けようと思いました。

4 おわりに

蚊はとても身近で、最も人間を殺している生物で、最も研究の進んでいる昆虫でありながら、教材として授業に登場することは少なかったように思う。

本研究では「生物基礎」と「科学と人間生活」で蚊を教材に用いた授業を実施した。実際は全て計画通りだったわけではなく、アカイエカの腺染色体は取り出せたが染色して見ることはできなかったため、急速アカムシに差し替えたこともあった。トラップ作りや忌避剤作りなど、生徒が喜びそうな実習も試行錯誤はしたが現時点では教材化に至らなかった。特に発酵の実験も兼ねられるドライイーストを使ったペットボトルトラップが失敗に終わったのは悔しい。

生物だけではなく、物理や化学の分野でも蚊を用いた授業の展開は無数に考えられる。例えば蚊が好む波長の光や音を調べる実験や、乳酸のL体とD体の嗜好性を比べる実験などは、生徒が進んで学習に取り組むと思われる。

幸い、アカイエカの飼育については確立でき、蚊を授業で扱うことに本校の生徒は好意的である。今後も研究を続けて蚊で様々な教材を作り、主体的・協働的な学びの機会をつくっていききたい。

最後に、本研究を進めるに当たり、御指導・御助言をいただいた教育庁教育振興部指導課の佐藤晴光主席指導主事、中村孝幸指導主事、前指導課主席指導主事の豊城勲先生、教科指導員の菅原大介先生、林広幸先生、前教科指導員の秋本行治先生、ならびに教科研究員の諸先生方に心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 「角砂糖による蚊成虫の一飼育法」 末永敏，熱帯医学，1996年
 「蚊の観察と生態調査」 津田良夫，北隆館，2014年
 「蚊の科学」 荒木修，日刊工業新聞社，2007年
 「蚊の不思議 多様性生物学」 宮城一郎，東海大学出版，2002年
 「蚊」 池庄司敏明，東京大学出版会，2015年