

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K01016

研究課題名(和文) 免疫システムと社会をつなぐ教材の開発と普及

研究課題名(英文) Development of educational materials for understanding immune systems connected with the well-being of human and society

研究代表者

日比野 拓(Hibino, Taku)

埼玉大学・教育学部・准教授

研究者番号：60513835

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、高等学校「生物基礎」の免疫の内容と社会をつなぎ、免疫のしくみを理解させる教材を開発し、高等学校現場へ普及させることを目的として行った。ワクチン、アレルギー、血清療法などを学習する免疫カードゲーム教材を開発し、大学と高校での試行により教材の有効性を得た。次に、食作用の瞬間を観察するために、タコノマクラ胚が適していることを明らかにし、かつアミノ変性シリコンオイルで食作用効率を上昇させられることが分かった。これらの発見を学会ニュースや海外学術雑誌で紹介した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

免疫学研究とその科学的知見に基づく医療の進歩は日進月歩であるが、高等学校生物・生物基礎の教科書は、改訂のたびに免疫学の先端領域を盛り込んでいる。その一方で、最新の学術的知見をわかりやすく理解させ、かつ免疫の知識と社会とを関連付けて学習するための取り組みや教材は、ほとんど見られないのが現状である。この現状を改善するための、本研究における免疫教材の開発は、社会的あるいは教育的な意義が大きい。

研究成果の概要(英文)：The purpose of our research is to develop educational materials which make high school students easily understand immune systems and the application to medicine based on immunological knowledge. We developed a card game material featuring vaccine, allergy, serum treatment, etc. We tried the material at the classes of our university and of a high school, and then we assessed the effectiveness by questionnaires. Next, we searched animals and foreign objects suitable for displaying phagocytosis in a high school class. The embryo and larva of a sand dollar, *Clypeaster japonicus*, injected by amino-functional silicone oil droplet showed rapid phagocytosis with high frequency, suggesting useful for an educational experiment.

研究分野：生物教育

キーワード：高等学校生物基礎 教材開発 3Dプリンター 免疫

1. 研究開始当初の背景

私たちは日常生活において、食品や花粉のアレルギーに悩まされ、毎年何らかの感染症に感染し、またTVのニュースでは新たなウイルスの大流行を耳にする。これらはすべて免疫に関わることであり、免疫は良くも悪くも私たちの社会と密接にかかわっている。中等教育において免疫を学び始める時期は、一般的には高校1年次の生物基礎においてである。そこでは、免疫の基礎だけでなく、免疫の応用面についても学習する。学習指導要領にも、高等学校「生物基礎」の目標として、日常生活や社会との関連性から生物や生物現象への興味を引き出すことが掲げられている。

生物基礎の教科書を見ると、最新の免疫の知見が盛り込まれていることに気付く。例えば、2011年ノーベル生理学・医学賞を受賞した「自然免疫系を活性化するトル様受容体(TLR)の発見」、「樹状細胞とその適応免疫系における役割の発見」は、ともに高校の生物基礎と生物の教科書に掲載されている。日進月歩の免疫学とその科学的知見に基づく医療の進歩を、教科書では改訂のたびに盛り込んでいこうとしている。その一方で、このような最新の学術的知見をわかりやすく理解させ、かつ免疫の知識と社会とを関連付けて学習するための取り組みや教材は、ほとんど見られないのが現状である。

本研究代表者は、自然免疫における病原体認識のしくみを学習するカードゲーム教材「TLRカードゲーム」の開発と授業実践を行い高い評価を得てきた。しかし、この教材だけではすべての免疫システムをカバーすることはできず、新たな教材の開発が不可欠であった。

高校生物基礎の教科書の「食作用」の内容に目を向けると、この内容の観察実験として、「バッタやコオロギの白血球の食作用の観察」が記載されている。この実験観察によって観察できることは、細胞内に墨汁が取り込まれた後の細胞であり、食細胞が捕食をする瞬間を見られるわけではない。また教科書の記載だけでは実験操作として不十分で、実験がうまくいかないという報告がある(櫻庭他 2013)。食作用の観察実験については、バッタよりもウニやヒトデの幼生を用いる方が理解促進に結びつくことと予想される。なぜなら、(1)食作用は19世紀後半にヒトデの幼生を用いて初めて発見され、ノーベル生理学・医学賞受賞という歴史的背景があること(古川 2009)(2)ウニ・ヒトデの幼生は透明であり、顕微鏡下で体内の細胞の挙動をリアルタイムで観察することができることが挙げられるからである。

2. 研究の目的

本研究は、高等学校「生物基礎」の免疫の内容と社会とをつなぎ、免疫のしくみを理解させる教材を開発し、高等学校現場へ普及させることを目的とする。本研究代表者がこれまで行ってきた免疫に関する教材開発の経験を活かして、(1)免疫システムと日常生活や社会とを関連付ける「新たな免疫カードゲーム教材」の開発と普及を行う。さらに、本研究代表者のこれまでの研究生活の中で培った海洋無脊椎動物の免疫学の知識や成果をもとに、(2)食作用の瞬間を観察するのに適した動物やその細胞の探索と、食作用効率を高める異物の探索を行う。さらに、(3)3Dプリンターを用いて顕微鏡観察を容易にする実験デバイスの開発を行う。

日比野(代表)は研究全体を統括し、免疫カードゲーム教材の開発、3Dプリンターを用いた観察実験デバイスの開発を行う。研究室の大学院生(2名)は、教材の試用を繰り返し行うことで欠点や改良点を発見する。教育学部の学部生とさいたま市内の高校生徒に対して、授業の一環として免疫カードゲーム教材や3Dスライドガラスを試行し、アンケートによる教材の評価を行う。

3. 研究の方法

本研究は、三か年計画で実施する。初年度は、免疫と社会とを結びつけて理解を促すカードゲーム教材「免疫理解で大冒険」の開発を完成させる。また、このカードゲーム教材を研究代表が行う大学の授業内や、高校の出張授業にて試行し、教材の有効性をアンケート調査する。次に、3Dプリンターを用いた観察実験デバイスの開発は、初年度からShade3Dアプリケーションを使ってモデリングを行い、いくつかの試作品をStratasys Objet30 Proプリンターで出力する。この試行錯誤を、2,3年目も継続する。本助成の2年目からは、食作用の瞬間を観察するのに適した動物候補として、複数種のウニの胚や幼生を使って実験を行う。さらに、食作用の効率を高める異物候補として、シリコンオイルに異なる側鎖が付与されたオイルを用いて、実験を行う。

4. 研究成果

(1)制作した免疫ゲーム教材「免疫理解で大冒険」は、すぐろくと手札となるカードを組み合わせて行うもので、プレイヤーがボードゲーム上の未開の地を冒険しながら、ワクチン、アレルギー、血清療法などを学習していくというものである。さいたま市のA高校においてこの教材を用いた授業実践を行った。授業後にアンケートを実施し生徒(高校生21名)が免疫学に対する興味関心を高められたかを分析した。すべての生徒がこの教材に興味を持ち、また抗体

の働きや血清療法のしくみを理解できたと回答した。身の回りの生活や社会と免疫とのつながりを意識できたかについては 95%が肯定的な回答を行った。このカードゲーム教材は研究室のホームページで公開し、さらに日本比較免疫学会の JACCI news 紙面上で教材の概要説明を行った。

(2) 棘皮動物は一般的に、胚や幼生が透明であり、光学顕微鏡で生体内の細胞の挙動を観察することができる。今回、ウニ類に属するバフンウニとタコノマクラの胚・幼生を用いて実験を行ったところ、タコノマクラ胚は食作用を観察するのに適した動物であることが明らかになった。タコノマクラの間充細胞胚では、多核となった食細胞が、体内に挿入した油滴に対してすぐに遊走を開始し、60 分以内でほぼすべての胚で食作用を見ることができた。このタコノマクラを多くの人に実験動物として利用してもらうために、タコノマクラの成体の採集と飼育方法、受精の方法、異物を体内に挿入する方法等を、日本比較免疫学会の JACCI news ならびに、海外学術雑誌に詳細に記載した。

次に、日本広域に生息するバフンウニを用いて、容易に食細胞の挙動を観察できる教材の開発を試みた。当研究室の研究から、バフンウニ胚・幼生はタコノマクラ胚に比べて、食作用の応答や食作用効率が低いことが分かっており、これは食作用のしくみが欠けているのか、オイルを敵とみなしていないのか不明であった。そこで、異物として使用するオイルとして、通常のジメチルシリコンオイルの他、アミノ基やカルボキシル基の側鎖が付加されたシリコンオイルを用いて実験を行った。アミノ基シリコンオイルでは他のオイルと異なり、色素細胞が 5 分以内に油滴へと遊走し、異物を取り囲む様子が観察できた。色素細胞は赤色であるため、光学顕微鏡で細胞の挙動を容易に観察でき、高校における食作用の観察実験に有用であることが示唆された。

(3) 食作用を観察する 3D プレパラートの設計では、75 mm x 25 mm x 厚さ 1.5 mm のプレパレートの中に 2 つの流路（ウニやヒトデ胚・幼生通行用、異物通行用）を作り、2 つの中間点で胚・幼生と異物がぶつかって異物が体内へと挿入されることを想定し制作を行った。次に Stratasys Objet30 Pro を用いて試作品を 3D プリントアウトした。いくつかの試作品を作ってみたところ、流路の直径を最も狭い部分で 0.1-0.2 mm、広い部分で 1.0-1.2 mm の幅で精巧に調整する必要があること、樹脂の透明性が顕微鏡観察に耐えうるか不明なこと、制作時に流路に挿入されたサポート材の除去が難しいことなど、いくつかの問題点が生じた。

次に、小中学生が理科実験でプレパレートを作成する時に、よくあるトラブルの一つ、「水試料をスライドガラスにのせすぎること」を改善するための、3D スライドガラスの設計と作成を行った。すなわち、スポイトでウニ胚やミジンコ等をのせたときに、余分な水が排水されるような流路を、プレパレートに加えて、3D プリンターで印刷を行った。製作した 3D スライドガラスを用いて、教育学部の大学 2 年生 44 名を対象に実験を行い、有用性を確かめた。この結果は、日本生物教育学会第 103 回全国大会にて、「観察の効率化を目指した「3D スライドガラス」の開発」というタイトルでポスター発表し、さらに SSTA 理科教育研究会ワークショップにて同研究を紹介した。

< 引用文献 >

櫻庭洋, 松田洋, 明石和夫, 石井照久. 中学校または高等学校での津波教育・里山教育・生物実験単元教育に関する一考察. 秋田大学教育文化学部研究紀要, 2013, 51-64.

古川亮平. ヒトデ幼生に探るマクロファージのご先祖 メチニコフの発見から 100 年. ミクロスコピア, 26 (1) 2009, 9-16.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Hibino T, Minokawa T, Yamazaki A	4. 巻 150
2. 論文標題 Cidaroids, clypeasteroids, and spatangoids: Procurement, culture, and basic methods.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Methods in Cell Biology	6. 最初と最後の頁 81-103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/bs.mcb.2018.09.012	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 日比野 拓	4. 巻 49
2. 論文標題 私の実験動物 # 5 タコノマクラ	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 JADCI News	6. 最初と最後の頁 20-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 吉田 竜矢, 宇田川 貴大, 日比野 拓	4. 巻 67(2)
2. 論文標題 ムジナモ自生地緊急調査後4年間の宝蔵寺沼水生動物相の変遷	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 埼玉大学紀要 教育学	6. 最初と最後の頁 341-351
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Buckley KM, Ho ECH, Hibino T, Schranke CS, Schuh NW, Wang G, Rast JP	4. 巻 6: e23481
2. 論文標題 IL17 factors are early regulators in the gut epithelium during inflammatory response to <i>Vibrio</i> in the sea urchin larva	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 eLife	6. 最初と最後の頁 1-24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7554/eLife.23481	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 吉田 竜矢、田端 雄樹、伊藤 悠昭、山本 孔紀、矢辺 徹、金子 康子、日比野 拓	4. 巻 66(2)
2. 論文標題 地域に密着した環境保全をテーマとした学習指導の開発 ムジナモ自生地宝蔵寺沼の水生動物相調査を事例として	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 埼玉大学紀要教育学部	6. 最初と最後の頁 609-622
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 日比野 拓	4. 巻 46
2. 論文標題 免疫カードゲーム教材の開発	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 JADCI News	6. 最初と最後の頁 5-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 日比野拓、杉本志聞
2. 発表標題 タコノマクラの発生における貪食細胞の系譜解析
3. 学会等名 日本比較免疫学会第30回学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 梅本恵理菜、杉本志聞、日比野拓
2. 発表標題 教員の体験活動をもとにしたDVD教材の導入 赤間川水生動物相調査を事例として
3. 学会等名 日本生物教育学会第103回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉本志聞、梅本恵理菜、日比野拓
2. 発表標題 観察の効率化を目指した「3Dスライドガラス」の開発
3. 学会等名 日本生物教育学会第103回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉本志聞、梅本恵理菜、日比野拓
2. 発表標題 観察の効率化を目指した「3Dスライドガラス」の開発
3. 学会等名 SSTA理科教育研究会ワークショップ
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 末光 隆志	4. 発行年 2020年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 772
3. 書名 動物の事典	

1. 著者名 Edwin L. Cooper他	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer Nature	5. 総ページ数 1048
3. 書名 Advances in Comparative Immunology	

〔産業財産権〕

〔その他〕

埼玉大学教育学部 自然科学講座理科分野 日比野研究室
<https://sites.google.com/view/hibino-lab/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------