

ICTを使った理科の授業に関する一考察（その4）

—高等学校の生物基礎「生物の体内環境の維持」において—

郡司 浩史^{*1}・福田 智美^{*2}・二歩 伸匡^{*2}・佐伯 英人

A Study on an ICT-Assisted Science Class (Part4) :

A case study of "Homeostasis in living organisms" of Basic Biology of Upper Secondary School

GUNJI Hiroshi^{*1}, FUKUDA Tomomi^{*2}, NIBU Nobumasa^{*2}, SAIKI Hideto

(Received August 3, 2016)

キーワード：ICT、高等学校、生物基礎、免疫

はじめに

2014年6月、中央教育審議会初等中等教育分科会高等学校教育部会は、『初等中等教育分科会高等学校教育部会審議まとめ～高校教育の質の確保・向上に向けて～』を取りまとめた。この『審議まとめ』の「第3章 高校教育の質の確保・向上に向けた施策」の「3. 多様な生徒の学習形態や進路希望に対応した教育活動の推進」では「(4) ICT等の活用による学びの機会充実」が示されており、そこでは「ICTの進展を踏まえ、高等学校における新たな教育の在り方の検討を進めていくことは重要であり、ICTの活用による対話型・協働型の新たな学習形態の普及に向けた検討を行うことが必要である」(p. 31)と記されている(中央教育審議会初等中等教育分科会高等学校教育部会, 2014)。

野田学園高等学校では、電子黒板とタブレットPCを連携する学習支援システム(Panasonic System Networks社のe Talkie GL50 for School)を導入している。本研究の目的は、電子黒板とタブレットPCを活用して、また、生徒同士が話し合い、学び合える場を設定して、理科(生物基礎)の授業を実践し、授業を受けた生徒の意識をもとに授業の有効性について議論することである。

1. 授業実践

高等学校の生物基礎の「生物の体内環境の維持」では「免疫」について学習する(文部科学省, 2009a)。文部科学省(2009b)では「病原菌などの異物を認識, 排除して体内環境を保つ仕組みを理解させることがねらいである」と示されており、また、「免疫にかかわる細胞については、主にマクロファージとリンパ球を取り上げ、抗原抗体反応などの免疫現象における働きを扱う」と示されている。

2015年11月6日、山口県私立中学高等学校協会の平成27年度教科等(理科)研究会を野田学園高等学校で開催した。このとき、生物基礎の授業を研究授業として第1学年A組で実施した。授業者は筆者の1人の福田である。研究授業は、生物基礎の「免疫」の3時間目(体液性免疫の1時間目)である。単元の展開は、啓林館の2015年度用の生物基礎の教科書(本川・谷本ほか, 2014)に従った。なお、教科書の章を単元とし、節を次とした。単元の展開を表1に示す。単元は教科書のp. 127-p. 139に該当し、2次はp. 131-p. 135に該当する。本時の学習内容はp. 131-p. 133の「抗原抗体反応」と「体液性免疫の仕組み」である。本時のねらいは「体液性免疫の反応機構について理解する」である。授業を受けた生徒は17名(男子: 9名, 女子: 8名)であった。

*1 山口大学大学院教育学研究科教科教育専攻理科教育専修 *2 野田学園高等学校教諭

表1 単元「免疫」の展開

次	学習の内容	時数
1	免疫とは	1
2	体液性免疫	2 (本時：その1)
3	細胞性免疫	2

前時、生徒は、生体防御の仕組みとして、体内への侵入を防ぐ仕組みと自然免疫を学習した。具体的には、体内への侵入を防ぐ仕組みとして、くしゃみやせきによる除去、気管の繊毛による除去といった物理的な防御があること、また、消化酵素や胃酸による殺菌、だ液や涙などに含まれるリゾチームという酵素による殺菌といった化学的な防御があることを学習した。自然免疫については、マクロファージ、好中球、樹状細胞の食作用があることを学習した。

研究授業の開始前にタブレットPCを生徒1人に1台配付し、電源を入れさせ、机上に置かせた。また、ワークシート（「授業中、電子黒板に表示する各スライドを印刷した紙」と「基本問題（基礎的な知識の定着を確認するための問題：2013年度滋賀医科大学（前期日程）の入学試験問題「生物」の第4問の実験2と問5）を印刷した紙」）を生徒に配付し、そのワークシートに、適時、メモを取って学習するように指示した。

本時の導入時、電子黒板を使って前時の学習内容（体内への侵入を防ぐ仕組み、自然免疫）について復習した（図1、図2）。この復習中、生徒に配付したタブレットPCの画面には、電子黒板に表示したスライドと同一のものを表示した。なお、このタブレットPCの画面には、教員の電子黒板への書き込みも表示される。生徒には、電子黒板とタブレットPCの画面の両方を見せ、上記の学習内容を復習させた。

次に、体内で異物を除去する仕組みとして、自然免疫以外に獲得免疫があること、その獲得免疫には体液性免疫と細胞性免疫があることを伝えた。体液性免疫については、本時と次時の2時間で学習し、その後、細胞性免疫について2時間、学習することを伝えた。本時は「体液性免疫の反応機構を理解する」が目標であることを伝えた。

以下、本時の学習内容である。

まず、電子黒板を使って、体液性免疫の仕組みを説明した（図3）。図4は生徒が電子黒板やタブレットPCを見ながら、ワークシートにメモしているようすであり、図5は生徒が見ているタブレットPCのようすである。次に、一次応答と二次応答の抗体の産生量について説明した（図6）。図7は生徒が電子黒板やタブレットPCを見ながら、ワークシートにメモしているようすである。図8は二次応答が働く仕組みについて説明しているようすである。

次に、上記の学習内容をもとに問題を解く時間を「演習」と称し、この「演習」を実施した。図9のように基本問題を生徒一人ひとりに考えさせた後、生徒にタブレットPCを使って解答を選択させた（図10）。すべての生徒が解答した時点で、生徒の解答を電子黒板で一覧表示し、学級全体で確認した（図11）。確認したところ、同じ抗原が時間差で侵入してきた場合には、すべての生徒（17名の生徒）が正解していた（マウスⅠの血清：d、マウスⅣの血清：a）。一方、異なる抗原が時間差で侵入してきた場合には、12名の生徒が正解であり（マウスⅡの血清：b、マウスⅢの血清：c）、5名の生徒が不正解であった（マウスⅡの血清：c、マウスⅢの血清：b）。そこで、異なる抗原が時間差で侵入してきた場合、一次応答が時間差で2回起きていることを説明した（図12）。

その後、プリント（応用問題（知識の活用力を培うための問題：2008年度大阪大学（前期日程）の入学試験問題「生物」の第1問の実験1～実験4と問1（150字以内という文字数の制限は無し））を印刷した紙）を配付し、生徒一人ひとりに応用問題について考えさせた。次に、各学習班（A班：6名、B班：6名、C班：5名）で話し合わせ（図13、図14）、さらに、各学習班の考えを発表させた（図15）。各学習班とも同じ内容の説明であった（表2）。血清療法、アレルギー、ワクチンについては次時に学習することを伝え、本時を終了した。



図1 電子黒板を使って前時の学習内容（体内への侵入を防ぐ仕組み）について復習しているようす



図2 電子黒板を使って前時の学習内容（自然免疫）について復習しているようす

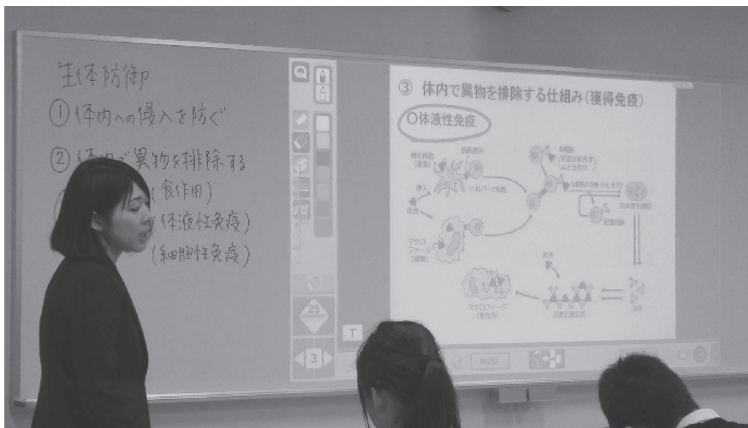


図3 電子黒板を使って体液性免疫の仕組みについて説明しているようす



図4 生徒が電子黒板やタブレットPCを見ながらワークシートにメモをしているようす（体液性免疫の仕組みについて）

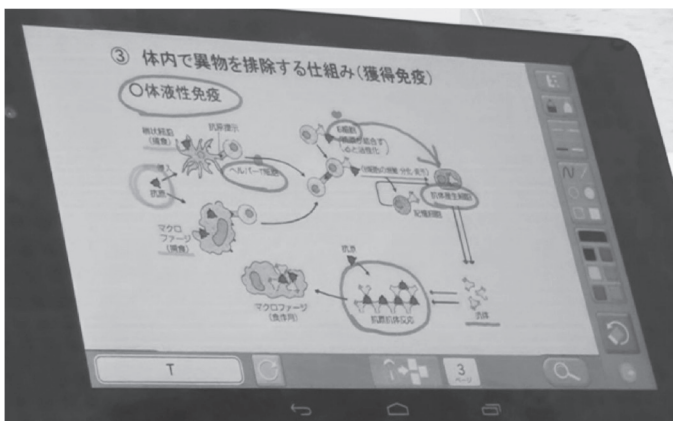


図5 生徒が見ているタブレットPCのようす（体液性免疫の仕組みについて）



図6 電子黒板を使って一次応答と二次応答の抗体の産生量について説明しているようす

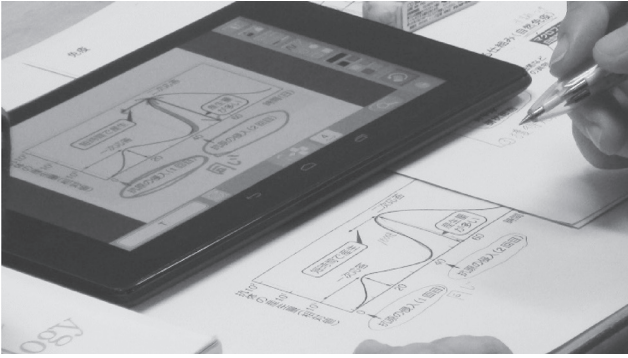


図7 生徒が電子黒板やタブレットPCを見ながらワークシートにメモをしているようす（一次応答と二次応答の抗体の産生量について）

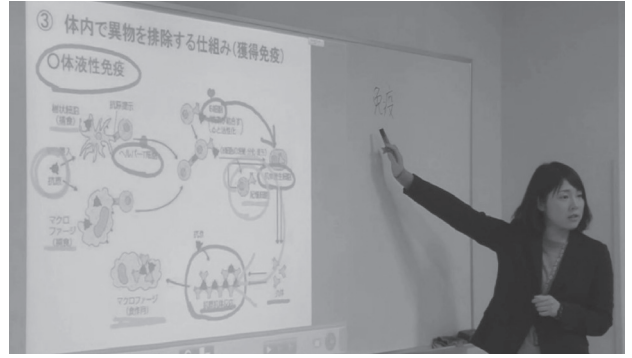


図8 電子黒板を使って二次応答が働く仕組みについて説明しているようす

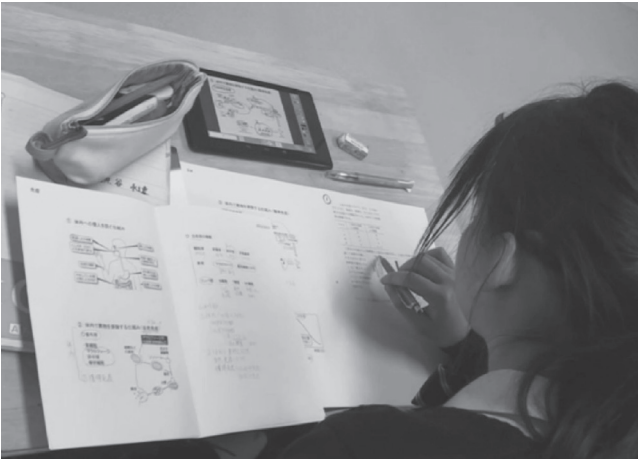


図9 生徒が基本問題について考えているようす



図10 生徒がタブレットPCを使って解答を選択しているようす

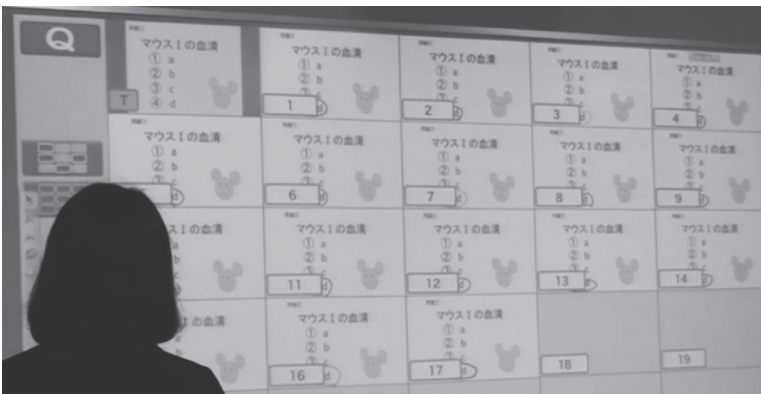


図11 生徒の解答を一覧表示しているようす

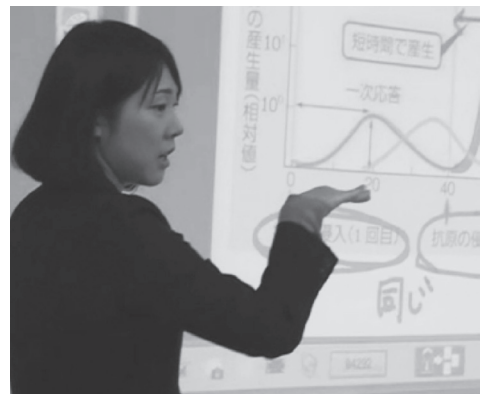


図12 異なる抗原が侵入した場合について説明しているようす（一次応答が時間差で起こる場合の抗体の産生量について）



図13 学習班で応用問題について話し合っているようす



図14 学習班で応用問題について話し合っているようす



図15 学習班の考えを発表しているようす

表2 生徒の説明（応用問題に対する解答）

[実験1] では、ネズミに $500\mu\text{g}$ のA毒素に対する抗体が無かったため、すべてのネズミが死亡した。

[実験2] では、注射したのが致死量に達しない $5\mu\text{g}$ のA毒素であったため、1匹も死亡しなかった。このとき、 $5\mu\text{g}$ のA毒素が注射されたことで、ネズミにはある程度の量の抗体ができ、ネズミの体内にA毒素に対する記憶細胞ができた。

[実験3] では、 $500\mu\text{g}$ のA毒素が注射されたため、ネズミの記憶細胞が抗体産生細胞になり、A毒素に対する抗体を大量に産生した。この二次応答が働いたため、 $500\mu\text{g}$ のA毒素が注射されても半数のネズミが生き残ることができた。半数のネズミが死んだのは個体差だと思う。

[実験4] では、再度 $5\mu\text{g}$ のA毒素を注射したため、二次応答が働き、抗体が大量に産生された。抗体の大量産生は1か月以上持続する。だから、1か月後に $500\mu\text{g}$ のA毒素が注射されても、抗体が多量にあったため、ネズミは1匹も死亡しなかった。

2. 調査の方法、分析の方法

調査には質問紙法（選択技法，記述法）を用いた。質問紙では問1と問2を設定した。質問紙の問1は選択技法による調査、問2は記述法による調査である。問1では「今日の授業について、当てはまるものに○をつけてください」という指示を行い、表3の質問項目①～質問項目⑤について「当てはまる～当てはまらない」を4件法（4，3，2，1）で示し、数字に○を付けさせ、回答を求めた。問2では「今日の授業の感想、疑問に思ったことや質問したいことなどについて自由に書いてください」という指示を行い、記述欄を設定し、自由記述で回答を求めた。この調査は授業終了後に実施した。

分析するにあたり、質問紙の問1（選択技法による調査）については、「当てはまる～当てはまらない」の4件法の回答（4，3，2，1）を4点～1点とした。この得点を用いて平均値と標準偏差を算出し、天井効果と床効果の有無を確認した。この授業において、問1の質問項目①～質問項目⑤は、得点の値が高いほど良好な状況を示す質問項目として設定した。そのため、天井効果がみられた場合、生徒の意識は良好と判断し、床効果がみられた場合、生徒の意識は不良と判断した。天井効果と床効果がみられなかった場合、平均値をもとに値の高低を判断した。

質問紙の問2（記述法による調査）については、生徒の記述を抽出し、「授業の感想」と「疑問に思ったことや質問したいこと」に分け、さらに、「授業の感想」についてはポジティブであるか、ネガティブであるかを視点として分類した。

3. 結果、考察

質問紙の問1（選択技法による調査）を分析した結果（平均値と標準偏差，天井効果の有無，床効果の有無）を表3に示す。

質問項目①「二次応答の仕組みが理解できた」では天井効果がみられた。そのため、生徒の意識は良好と判断した。質問項目②「体液性免疫について理解できた」では天井効果と床効果がみられなかった。平均値は3.06であり、平均値が3点以上であったため、生徒の意識は概ね良好と判断した。質問項目③「話し合いにより自分の考えを深めることができた」では天井効果がみられた。そのため、生徒の意識は良好と判断した。質問項目④「周囲と協力して意見をまとめることができた」では天井効果と床効果がみられなかった。平均値は3.12であり、平均値が3点以上であったため、生徒の意識は概ね良好と判断した。質問項目⑤「グループ内で積極的に意見を述べることができた」では天井効果と床効果がみられなかった。平均値は2.65であり、平均値が2点よりも大きく、3点よりも小さい値であった。そのため、生徒の意識は概ね良好でもなく、また、概ね不良でもない判断した。

表3 質問紙の問1を分析した結果

番号	質問項目	平均値 (標準偏差)	天井 効果	床 効果
①	二次応答の仕組みが理解できた	3.35(0.86)	●	-
②	体液性免疫について理解できた	3.06(0.83)	-	-
③	話し合いにより自分の考えを深めることができた	3.35(0.86)	●	-
④	周囲と協力して意見をまとめることができた	3.12(0.86)	-	-
⑤	グループ内で積極的に意見を述べることができた	2.65(1.12)	-	-

N=17 min=1 max=4

効果あり：● 効果なし：-

質問紙の間2（記述法による調査）の生徒の記述を抽出し、分類した結果を表4に示す。「授業の感想」の記述は6つあり、「疑問に思ったことや質問したいこと」の記述は1つあった。

「授業の感想」の記述のうち、S1「二次応答の仕組みが分かりました」、S2「二次応答がしっかり理解できてよかった」、S3「二次応答の仕組みが理解できたので問題にもあたっていききたい」、S4「免疫について理解できました」、S5「グループの人と意見を深めることができました」は、ポジティブな記述と解釈した。S1、S2、S3は質問紙の間1の質問項目①「二次応答の仕組みが理解できた」と関連があり、S4は質問紙の間1の質問項目②「体液性免疫について理解できた」と関連がある。S5は質問紙の間1の質問項目③「話し合いにより自分の考えを深めることができた」と関連がある。

S6「もう少し考える時間があれば・・・」は、「・・・」の部分が書かれていない。そのため、解釈に留意する必要があるが、授業中、考える時間が短かった（考える時間がもう少しあればよかった）と感じた生徒がいたことを示しているため、その意味でネガティブな記述と解釈した。

「疑問に思ったことや質問したいこと」の記述はS7「毎年インフルエンザの予防注射をしなければならない理由」であった。このS7は次時の学習内容（ワクチン）に関連がある。

表4 質問紙の間2の記述を抽出し、分類した結果

分類項目		記述内容
授業の感想	ポジティブ	S1：二次応答の仕組みが分かりました S2：二次応答がしっかり理解できてよかった S3：二次応答の仕組みが理解できたので問題にもあたっていききたい S4：免疫について理解できました S5：グループの人と意見を深めることができました
	ネガティブ	S6：もう少し考える時間があれば・・・
疑問に思ったことや質問したいこと		S7：毎年インフルエンザの予防注射をしなければならない理由

おわりに

本研究では「二次応答の仕組みが理解できた」という生徒の意識が良好であり、「体液性免疫について理解できた」という生徒の意識が概ね良好であったことが明らかになった。両者に違いがみられた1つの要因として、二次応答の仕組みについてはこの授業で学習したが、体液性免疫については学習していない内容（次時に学習する内容：血清療法、アレルギー、ワクチン）があったことが考えられる。

「話し合いにより自分の考えを深めることができた」という生徒の意識が良好であり、「周囲と協力して意見をまとめることができた」という生徒の意識が概ね良好であったことが明らかになった。このことは、生徒同士が話し合い、学び合える場が有効に機能したことを示唆している。

つまり、理科（生物基礎）の授業をうけた生徒の意識は「二次応答の仕組みが理解できた」と「話し合いにより自分の考えを深めることができた」で良好であり、また、「体液性免疫について理解できた」と「周囲と協力して意見をまとめることができた」で概ね良好であった。これらのことから、授業の有効性が示唆されたといえる。

ただし、「グループ内で積極的に意見を述べることができた」という生徒の意識は概ね良好でもなく、また、概ね不良でもないことが明らかになった。このことは、今後、学習班の話し合いで、生徒がより積極的に意見を述べられるように工夫改善する必要があることを示唆している。

この他、授業中、考える時間が短かった（考える時間がもう少しあればよかった）と感じた生徒がいたことも明らかになった。この点も今後、検討し、工夫改善していきたい。

付記

本稿の他に「ICTを使った理科の授業に関する一考察」として3つの実践研究を報告している。郡司・村

中・中元・佐伯（2015）、郡司・松永・佐伯（2016a）、郡司・松永・佐伯（2016b）である。

文献

郡司浩史・村中政文・中元啓二・佐伯英人（2015）：「ICTを使った理科の授業に関する一考察 - 小学校第5学年『植物の発芽，成長，結実』において -」，山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要，第40号，pp. 53-59.

郡司浩史・松永武・佐伯英人（2016a）：「ICTを使った理科の授業に関する一考察（その2） - 中学校第1学年『植物の仲間』において -」，山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要，第41号，pp. 161-167.

郡司浩史・松永武・佐伯英人（2016b）：「ICTを使った理科の授業に関する一考察（その3） - 小学校第6学年『月と太陽』において -」，山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要，第42号，pp. 31-40.

中央教育審議会初等中等教育分科会高等学校教育部会（2014）：『初等中等教育分科会高等学校教育部会審議まとめ～高校教育の質の確保・向上に向けて～』，38pp.

本川達雄・谷本英一ほか（2014）：『生物基礎』，啓林館.

文部科学省（2009a）：『高等学校学習指導要領』，東山書房.

文部科学省（2009b）：『高等学校学習指導要領解説理科編理数編』，実教出版.