

「実践報告」

## 高等学校生物における概念構築を図るための授業デザイン

中尾祐圭子（長崎大学大学院教育学研究科教職実践専攻）

星野由雅（長崎大学大学院教育学研究科）

大庭伸也（長崎大学教育学部）

野中光治（長崎大学大学院教育学研究科）

### I. 研究の背景と目的

高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）の生物の知識・技能の目標では、「生物学の基本的な概念や原理・法則の理解を深め」ることが記載されている。しかし、高等学校の生物教育における重要用語の選定について（改訂）には、用語が膨大になり、「生物学が暗記を求める学問であるという誤ったメッセージを若者に送っている」とあり、学習指導要領で求められていることと現状には乖離がある。

さらに、高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説理科編の探究の過程では、「事象や概念等に対する新たな知識を再構築したり、獲得したりする力」の育成が求められている。

このように、高校生物では、概念を理解し、さらに概念に対する新しい知識を再構築したり、獲得したりすることが求められている。そこで本実践研究では、生物学の概念を構築していく思考を表出させる手立てを講じた授業をデザインし、実践することによって、生徒の概念構築の力の育成を図ることを目指す。

R. T. ホワイト（1990）は、図 1 のような記憶要素の結びつきを「～概念」と呼んでいる。森本（1999）は、R. T. ホワイトの「～概念」を構成する記憶要素の 6 つを選定し、表 1 のように普遍的な意味の記憶（ストリング、命題、知的技能）と、特殊的・体験的な意味の記憶（イメージ、エピソード、運動技能）に分類し、それらが図 1 のように、結び付くことの重要性を述べている。このような R. T. ホワイト（1990）が提唱した概念を構成する記憶要素（普遍的な意味の記憶と特殊的・体験的な意味の記憶）に着目して授業デザインを考える。ここで、概念を構築する力は、記憶要素の意味を理解し、要素間の関係を正しく繋ぐ力と考える。

概念を表出させる手立てとして、普遍的な意味の記憶のうち命題については、コンセプト・マップ（以下、マップとする。）の作成を行うこととする。コンセプト・マッピングは概念地図法とも訳され、Novak, J. D. and Gowin, D. B.（1984）によって、概念と命題を外在化する技法として開発された。概念地図法は「ことば」のつながぎであり、子どもたちが概念間に見出している関係性を表現させるものであり、認知構造を確立するための評価手段として、概念地図法の導入は有効性が高いとしている（森本，横浜国立大学理科教育学研究会，2009）。

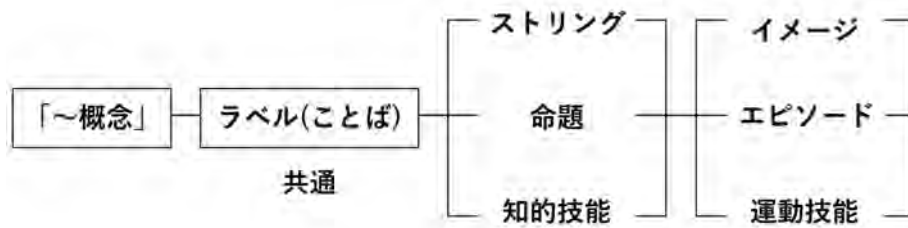


図1 「～概念」を構成する記憶要素

表1 記憶要素の種類

普遍的な意味の記憶

種類	簡単な定義
ストリング	分離されずまとまった形で記憶されている記号やことば。
命題	ことばの定義、ことばの間の関連性の記述。
知的技能	論理を用いた課題の遂行。

特殊的・体験的意味の記憶

エピソード	特定の経験あるいは目撃した事実についての記憶。
イメージ	知覚情報に対する心的な表象。
運動技能 (パフォーマンス)	パフォーマンスによる課題の遂行。

さらに、概念地図の作成について、皆川（1997）は、授業時間内にマップ作成の時間を確保することを課題としている。そこで、本実践研究では授業内で短時間のマップ作成でも概念を構築できるよう必要な手立てを検討する。

特殊的・体験的な意味の記憶については、本来は観察・実験によって得られることが多いが、本実践研究ではイラストを用いたり、日常生活と関連づけたりする工夫を行う。

また、概念形成を取り入れた先行研究には、既有知識がある学習内容については学習前と後にマップを作成させる方法(森本，横浜国立大学理科教育学研究会，2009)や、新たに学ぶ学習内容についても学習後だけでなく、学習の過程でマップを作成させる方法がある（森本ら，2009）。

そこで、本実践研究では、生徒の概念構築の力の育成を図る上で、教師が教科書の学習内容を説明する前に、生徒自身が教科書を読んでマップを作成する方法と、教師が教科書の学習内容を説明した後にマップを作成する方法とを、クラスを変えて授業実践することで、どちらの方法が効果的かを検討する。

## Ⅱ. 学校教育実践実習 4

### (1) 概要

長崎県立 X 高等学校第 3 学年文系 A 組、B 組、C 組の 3 クラス（C 組は習熟度の高いクラス）を対象として 2022 年 5～7 月に授業を行った。2 年時に学習している生物基礎の「獲得免疫」を 2 時間、復習として実践した。

本実習の授業デザインを表 2 に示す。マップを作成させる回数は、A 組には 1 回で作成させたが、B 組、C 組には、マップを作成させる時間をマップ作成(1)、マップ作成(2)の 2 回に分け、マップ作成(2)でマップの模範例を提示した。さらに、B 組には教科書の説明の前に、C 組には教科書の説明の後にマップを作成させた。マップの他に、概念構築のための手立てとして、イラストを用いてイメージをしやすくし、「考える視点」を示して命題を意識させるようにした。なお、各学級で他の条件は揃えたが、授業時間は日課や機器の調整時間によって異なった。

表 2 実習 4 の授業デザイン

	時間	A 組 (24 人)	B 組 (27 人)	C 組 (27 人)
1 時間 目	35 分	導入、細胞の紹介		
		教科書の説明	マップの説明	教科書の説明
		マップの説明	マップ作成(1) 13 分	マップの説明
	45 分	/	教科書の説明	マップ作成(1) 15 分
	50 分		マップ作成(2) 5 分	/
2 時間 目	45 分	マップ作成(1) 30 分	マップ作成(2) (模範例提示) 10 分	マップ作成(2) (模範例提示) 10 分
			マップをもとに対話	
	50 分	文章の空欄補充		
		免疫記憶の説明		

### (2) 評価方法

授業内で作成したマップの完成度、獲得免疫に関する事前・事後（授業の 3 週間後）テスト、アンケート調査を用いて評価し、クラス間で比較した。マップの完成度の評価は、模範例を提示しないマップ(1)及び、模範例提示後のマップ(2)を別々に評価した。なお、分析対象の人数は表 2 に示す。

### 【検定】

- 事前テストと事後テストの比較には、Wilcoxon の符号不順位和検定を用いた。
- マップ(2)の 2 クラス間の比較には、Mann-Whitney の  $U$  検定を用いた。
- 3 クラス間の比較には、Kruskal-Wallis 検定を用いた。

### (3) 結果

#### ● 事前テスト、事後テスト

事前テスト、事後テスト（45 点満点）における 3 クラスの生徒の得点の箱ひげ図を図 2 に示す。3 クラスとも、事前テストより事後テストの得点が有意に高くなった ( $p < .001$ )。ただし、事前テストと事後テストの得点の差には、3 クラス間で有意な差がみられなかった ( $p > .05$ )。また、事前テスト、事後テストともに、A 組、B 組よりも C 組の方が有意に高かった ( $p < .01$ )。個人別の得点を見ると、事後テストの得点が伸びた生徒の割合は、A 組に比べて B 組、C 組の方が多かった。事後テストの得点が伸びなかった生徒は、A 組と B 組で 10 点台あるいは 20 点台でクラスの中央値よりも低い生徒であったのに対して、C 組は 30 点台であり、クラスの中央値よりも高い生徒であった。

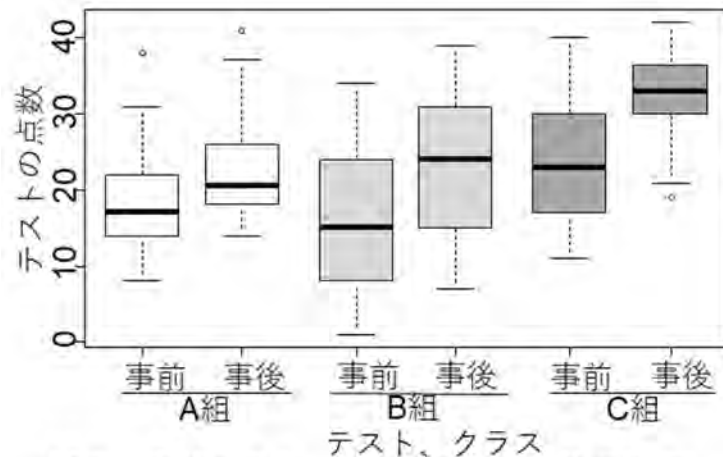


図 2 事前テスト、事後テストの生徒の得点

#### ● マップの完成度

実際に生徒が作成したマップを図 3 に示す。マップの完成度に関して、模範例を提示していないマップ(1) (表 2) と模範例を提示した後のマップ(2) (表 2) ともに、クラス間の得点に有意な差はみられなかった ( $p > .05$ )。また、マップの完成度が 8 割以上の生徒の割合は、A 組 21%、B 組 44%、C 組 74%であった。

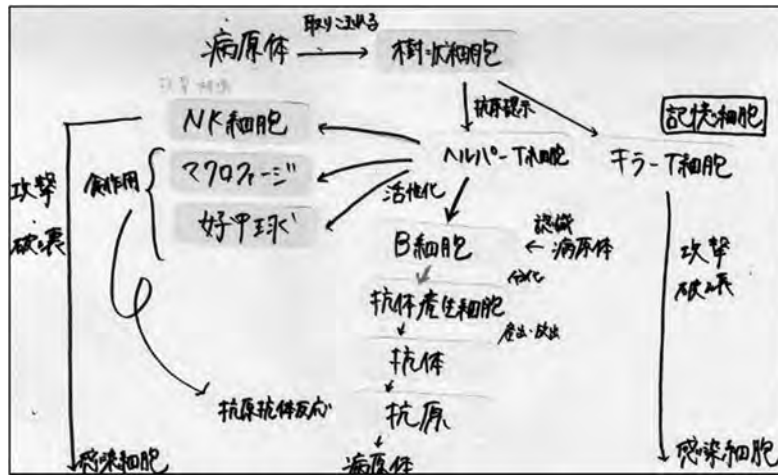


図3 生徒が作成したマップ

● アンケート

アンケートでは、質問「免疫に関わるさまざまな細胞の働きの違いを理解できた。」以外の質問項目では、3クラス間で有意な差はみられなかった ( $p > .05$ )。「よくあてはまる」と「少しあてはまる」と回答した割合の合計は、質問「マップを作成したことで、分からないところを見つけることができた。」は3クラスともに9割、質問「マップを作成したことで、自分の持っている知識以上に詳しく知りたいと思うようになった。」はB組7割、A組とC組で9割であった。

質問「今後、マップを活用して勉強したいですか。」に対して、「自分で作成して、活用する」と「授業中に時間を確保してもらえたら、自分で作成して、活用する」と回答した割合は合わせて6割以上を占めた。しかし、「自分で作成して、活用する」と回答した割合は、2割弱であった。

感想にはマップに関すること以外に、「イラストで理解しやすかった」や「考える視点を他教科にも活用したい」との記述がみられた。

(4) 考察

● 事前テスト、事後テスト

3クラスとも、事前テストより事後テストの生徒の得点が有意に高くなった。従って、獲得免疫の学習内容が生徒の中で概念化されたことが示唆される。事前・事後テストはA組、B組よりC組が有意に高くなった。これは、C組は習熟度の高いクラスであったためと考えられる。ただし、事前テストと事後テストの得点の差に関しては、クラス間に有意な差はみられなかった。このことから習熟度の異なるクラス間でも、授業の効果が同程度であったことが窺える。

また、事前テストから事後テストの得点が伸びた生徒の人数の割合は、A組に比べてB組、C組に多かった。その理由として、B組、C組にはマップ作成(2)で模範例を提示したことが考えられる。事後テストの得点が伸びなかった生徒は、A組、B組では得点が10点台あるいは20点台の生徒で、得点は中央値よりも低かった。これは、生徒の中ですでに間違った曖昧な概念が形成されており、それを正しい

概念に修正させることが困難であったと考えられる。一方、C組で得点が伸びなかった生徒は30点台で中央値よりも高い生徒であり、記述のわずかな違いで事後テストの得点が下がったためである。

#### ● マップの完成度

マップの完成度に関して、マップ(1)とマップ(2)ともに、クラス間の得点に有意な差はみられなかった。またマップの完成度が8割以上の生徒の割合は、A組21%、B組44%、C組74%であった。A組は模範例を提示していないため、重要な部分だけ作成しており、B組は模範例をもとに2つ目のマップを新しく作り直す生徒が多かったため、その完成度はA組の割合よりも上昇したがC組より低くなった。完成度の高いマップを作成させるには、手立てが異なっても模範例の提示と十分な時間が必要であったと考えられる。

#### ● アンケート

質問「マップを作成したことで、分からないところを見つけることができた。」に対して「よくあてはまる」と「少しあてはまる」と回答した割合の合計は、3クラスともに9割、質問「マップを作成したことで、自分の持っている知識以上に詳しく知りたいと思うようになった。」に対してはB組7割、A組とC組で9割であったことから、生徒はマップによって分からないところを見つけられる有用性を感じ、知りたいと思う意欲も高めたと考えられる。

質問「今後、マップを活用して勉強したいですか。」に対して、マップを生徒自身で作成して活用したいとの回答が3クラスで6割以上を占めた。しかし、「自分で作成して、活用する」と回答した割合が2割弱であった理由として、この授業が復習であったことが考えられる。2年時の授業ですでに理解していた生徒や新しい方法で授業を受けたことで混乱が生じた生徒にとっては、マップを活用した授業は必ずしも適していなかったと考えられる。

一方、生徒の感想からイメージを持たせるためのイラストや、命題を意識させることが生徒の概念理解を促したと考えられる。

以上のことから、概念を構成する記憶要素を意識した授業をデザインし、正確なマップを生徒自身が作成することは概念構築に寄与する可能性がある。初めてマップを作成させる場合は、模範例を提示することによって、より正しい概念構築を図ることができる。これらの結果をもとに、実習5の授業を検討する。

### Ⅲ. 学校教育実践実習5

#### (1) 概要

長崎県立X高等学校 第2学年理系D組、E組の2クラス（E組は習熟度の高いクラス）を対象として2022年9月に生物基礎の「獲得免疫」の授業を2時間、実践した。

本実習の授業デザインを表3に示す。マップ作成(1) (後半)と教科書の説明 (後半) の順番をクラスで入れ替えた。D組は教科書の説明 (後半) の後にマップ作成(1) (後半) を行った。E組は教科書を読みながらマップ作成(1) (後半) の後に、教科書の説明 (後半) を行った。その後、マップ作成(2)で模範例を提示し、マップの確認、修正を行った。

表3 実習5の授業デザイン

	時間	D組 (10人)	E組 (11人)
1 時 間 目	50分	自然免疫の復習	
		教科書の説明 (前半)	
		マップの説明と作成(1) (前半) 15分	
		マップの確認	
		教科書の説明 (後半)	マップ作成(1) (後半) 15分
2 時 間 目	45分	前時の復習	
		マップ作成(1) (後半) 15分	教科書の説明 (後半)
		マップ作成(2) (模範例提示) 5分	
	50分	獲得免疫の特徴の説明	
		マップをもとに対話	
		さらに知りたいことの記入	
			文章の空欄補充

## (2) 評価方法

実習4と同様に、授業内で作成したマップの完成度、獲得免疫に関する事後テスト、アンケート調査を用いて評価し、クラス間で比較した。さらに事後テストとともに生物基礎の既習内容に関する基礎問題のテストを行い、習熟度をみた。なお、分析対象の人数は表3に示す。

### 【検定】

2クラス間の比較には、Mann-WhitneyのU検定を用いた。

## (3) 結果

### ● 基礎問題のテスト、事後テスト

基礎問題のテスト (5点満点) における2クラスの生徒の得点の箱ひげ図を図4に、事後テスト (45点満点) の生徒の得点の箱ひげ図を図5に示す。基礎問題のテストでは、D組よりもE組の得点が有意に高かった ( $p = .018$ )。しかし、事後テストでは2クラス間に有意な差はみられなかった ( $p > .05$ )。

- マップの完成度

マップの完成度に関して、模範例を提示する前のマップ(1)と模範例を提示した後のマップ(2)ともに、2クラス間の得点に有意な差はみられなかった。 $(p > .05)$ 。また、マップの完成度が8割以上の生徒の割合は、D組8割、E組10割であった。

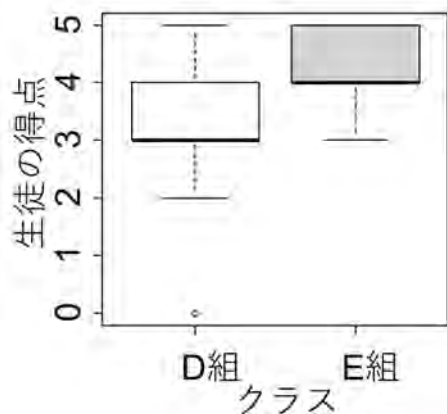


図4 基礎問題のテストの生徒の得点の箱ひげ図

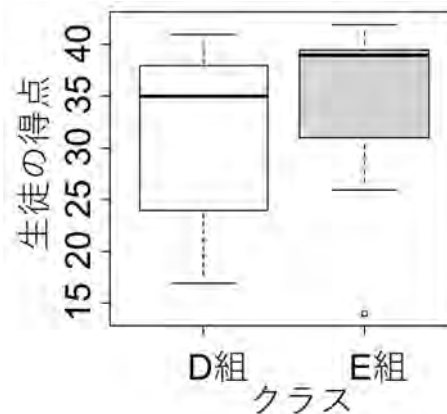


図5 事後テストの生徒の得点の箱ひげ図

- アンケート

アンケートの全ての質問の回答結果に関して、2クラス間で有意な差はみられなかった ( $p > .05$ )。

質問「マップを作成したことで、分からないところを見つけることができた。」と、質問「マップを作成したことで、自分の持っている知識以上に詳しく知りたいと思うようになった。」に対して「よくあてはまる」と「少しあてはまる」と回答した割合の合計は、D組、E組ともに9割以上であった。

質問「今後、マップを活用して勉強したいですか。」に対して、「自分で作成して、活用する」と「授業中に時間を確保してもらえたら、自分で作成して、活用する」と回答した割合は合わせて9割以上を占めた。

また、E組の生徒の感想には、「教科書の説明の前に自分でマップ作成することがよかった」との記述がみられた。他にも「他のことに興味を持てた」、「わからないところが明確になった」、「質問する機会が多く、理解に結び付いた」などの記述がみられた。

#### (4) 考察

- 基礎問題のテスト、事後テスト

基礎問題のテストについては、D組よりE組の生徒の得点の方が有意に高くなった。これは、E組が習熟度の高いクラスであったためと考えられる。一方で、事後テストについて、D組とE組では生徒の得点に有意な差はみられなかった。事後テストの得点がクラス間で差がみられなかった要因として3つ考えられる。1つ目は定期考査へ備えた問題演習によって、どちらのクラスの生徒も記憶が十



分に定着していたことである。2つ目は、実習4の結果より、手立てが異なってもマップ作成を取り入れた授業には、獲得免疫に関する学習に対して同程度の効果があることが考えられる。3つ目は、人数が少なかったことである。

#### ● マップの完成度

マップの完成度に関して、マップ(1)とマップ(2)ともに、クラス間の得点に有意な差はみられなかった。また、マップの完成度が8割以上の生徒の割合は、D組8割、E組10割であった。従って、マップを作成する手立て(教科書の説明とマップ作成の順番)を変えても、ほぼ全ての生徒が正確なマップを作成できることが分かった。

#### ● アンケート

アンケートの回答では、全ての質問において、クラス間で有意な差はみられなかった。これは、クラスによってマップの作成を教科書の説明の前か後にするという手立ての違いが、学習内容の理解には大きく影響しなかったためと考えられる。

質問「マップを作成したことで、分からないところを見つけることができた。」と、質問「マップを作成したことで、自分の持っている知識以上に詳しく知りたいと思うようになった。」に対して「よくあてはまる」と「少しあてはまる」と回答した割合の合計は、D組、E組ともに9割以上であったことから、生徒はマップによって分からないところを見つけられる有用性を感じ、知りたいと思う意欲も高めたと考えられる。

質問「今後、マップを活用して勉強したいですか」に対して、2クラスともに、「マップを生徒自身で作成して活用したい」との回答が9割以上を占めた。感想にもこれらに関する記述がみられ、マップを生徒自身が作成する有用性を実感していたと考えられる。

D組とE組でマップ作成の順番に関する手立ての違いによる効果を測ることはできなかったが、E組の感想から、「教科書の説明の前に自分でマップ作成することがよかった」との記述もみられ、授業後の生徒との会話で、予習をしようという意欲をみせた生徒もいたことから、生徒によっては教科書の説明の前にマップの作成をした方が概念構築を促すと考えられる。

また、対話することによっても概念構築が促されたと考えられる。今回の授業では、イメージしづらい部分や細胞の働きについて隣同士で確認し合ったり、授業者に質問したりする機会が多くあった。感想にも、「質問したことで理解に結び付いた」という記述がみられた。これは、マップが生徒の概念と命題を表出し、的確に命題を確認できたためである。このように、対話しながらマップを作成することによっても、分からないところに気付き、正しい概念へと導けたと考えられる。

#### IV. 結論

本実践研究のように概念を構成する記憶要素に基づいた授業は、生徒の概念構築に寄与する可能性がある。具体的な手立てとしては、イメージを持たせるためにイラストを用いること、命題を意識させるために考える視点を提示すること、概念を表出させるためにコンセプト・マップを作成することが有効である。また、短時間でマップの作成を行う場合、一度に扱う内容を少なくし、マップと教科書の文章を関連付けることが有効であろう。マップ作成に関しては、マップを生徒自身で作成し、さらにマップの模範例を提示する手立てによって、生徒の概念構築の力の育成を図れる可能性がある。教師による学習内容の説明と生徒のマップ作成の順番に関しては、学習後だけでなく、学習の過程において、生徒自らが教科書を読むなど、学習しながらマップを作成することも生徒によっては有効である。さらに、命題を意識させた上で、マップをもとに生徒同士で対話させることも概念構築を促す。

今回は、獲得免疫における細胞同士の明確な関係性をマップで表す内容であったことから、生徒はその関係性を理解し獲得免疫の概念を構築していた。すなわち、学習内容についての概念を構築する力は評価できたと考えられる。しかし、探究の過程における「事象や概念等に対する新たな知識を再構築したり、獲得したりする力」の育成までは評価できなかった。

#### V. 参考文献

- J. D. ノヴァック, D. B. ゴーウィン 福岡敏行, 弓野憲一監訳(1992): 子どもが学ぶ新しい学習法—概念地図法によるメタ学習—, 東洋館出版社.
- 皆川順 (1997): 理科の概念学習における概念地図完成法の効果に関する研究. *Japanese J. Educ. Psychol*, **45**, pp. 464 - 473.
- 森本信也(1999): 子どもの学びにそくした理科授業のデザイン. 東洋館出版社.
- 森本信也, 横浜国立大学理科教育学研究会(2009): 子どもの科学的リテラシー形成を目指した生活科・理科授業の開発—メタ認知的アプローチによる科学概念形成を目指した授業開発—, 東洋館出版社.
- 森本信也, 甲斐初美, 齋藤 裕一郎(2009): 子どもの科学概念構築と科学的リテラシー形成との関連利用統計, 横浜国立大学教育人間科学部紀要 I(教育科学), **11**, pp. 131 - 140.
- 文部科学省 (2018): 高等学校学習指導要領(平成30年度告示) 解説理科編理数編.
- 日本学術会議 基礎生物学委員会・統合生物学委員会合同 生物科学分科会 (2019): 高等学校の生物教育における重要用語の選定について(改訂).
- R. T. ホワイト 堀哲夫, 森本信也訳(1990): 子ども達は理科をいかに学習し教師はいかに教えるか: 認知的アプローチによる授業論, 東洋館出版社.