

科学的な思考力，表現力を高める指導法の研究
～生物 におけるモデルを活用した説明活動を通して～

鹿児島県立枕崎高等学校 教諭 藤野 研

1 本校生徒の実態・指導上の課題（対象：本校2年生92名，5月実施）

(1) 生物に対する興味・関心について

「生物が好きである・まあまあ好きである」と答えた生徒が55%，「生物の実験・観察が好きである・まあまあ好きである」と答えた生徒が80%であり，生物現象への興味・関心は比較的高いといえる（図1，図2）。

(2) 学習内容の理解について

「生物が得意である・まあまあ得意である」と答えた生徒は27%にとどまっており，その要因を詳しく見てみると，図や表，グラフが示すことを理解したり，用語を使って説明したりすることを苦手としている生徒が多かった（図3，図4）。

PISA2006 やTIMSS2007 における科学的リテラシーの論述式問題の結果から「科学的に解釈する力や表現する力」の不足が指摘されている。本校生徒においても論述式の問題に対して，白紙や見当違いの解答をするものが多く，「科学的に解釈する力や表現する力」が不足しているという同様の傾向が見られる。

そこで，一つ一つの用語や事象をしっかりと理解させるとともに，生徒自身の記述や他者との討論などの言語活動を通して，科学的な思考力，表現力の育成を図ることができると考えた。

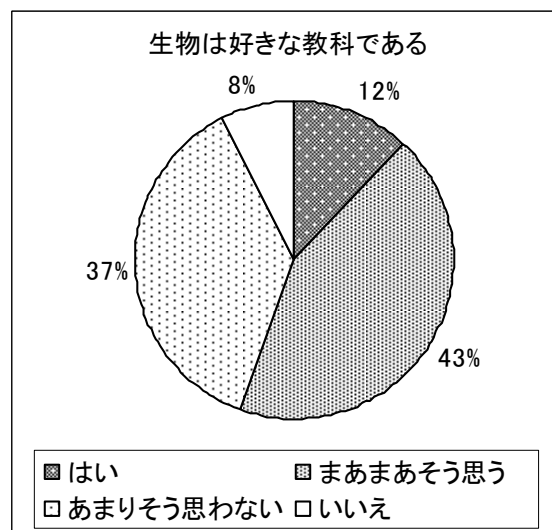


図1

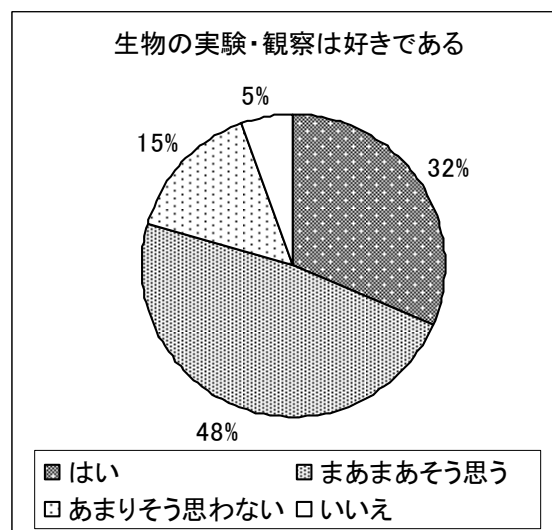


図2

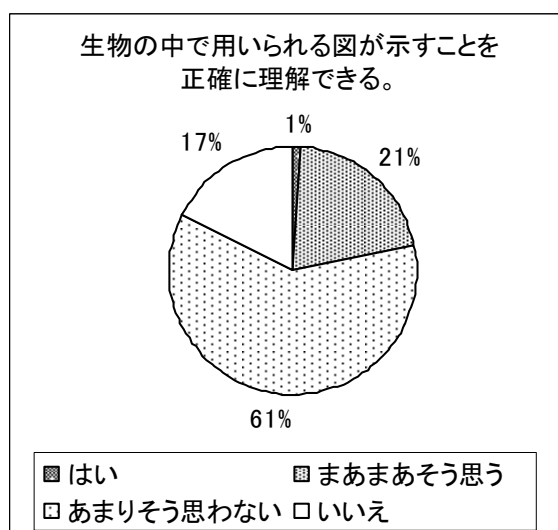


図3

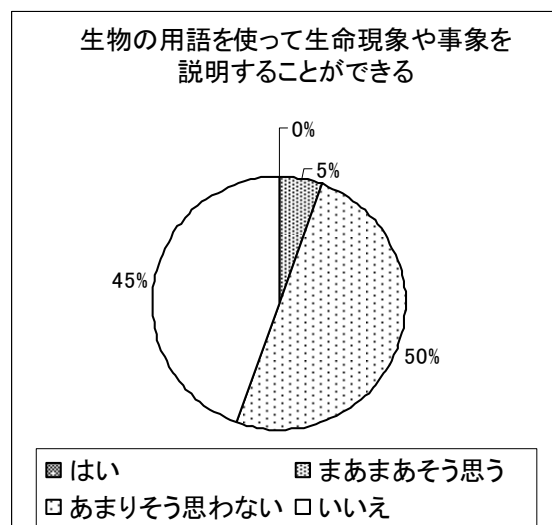


図4

2 実践の内容

(1) 言語活動の場の設定

言語活動を充実させ、思考力、表現力を育成するために、指導計画の中に言語活動の場を意図的、計画的に設定することで、学習課題や目標に至る過程を共有し、意見を交換したり探究したりすることによって、互いに思考を深めていくことが必要である。言語活動の場では、他のグループの意見を聞き、自分のグループの中に他の考えを取り込み、自分の考えを変化させていくことが重要である。

(2) 言語活動を充実させる工夫

科学的な思考力、表現力を育成するために、生徒のもっている知識と新しい知識をつなぐことを意識して以下のような取組を行なった。

ア 生徒の思考を深めていくための取組

生物 生徒の思考を深めていくための取組の年間計画

単 元	内 容	理解を深めていくための取り組み
第1章 細胞と個体 の成り立ち	第1節 生命の単位 - 細胞 < 1学期中間考査 > 第2節 細胞膜と物質の出入り 第3節 細胞の働きと酵素 第4節 細胞の増殖と分化 第5節 単細胞生物と多細胞生物 第6節 個体の成り立ち < 1学期期末考査 >	・ 実態把握のためのアンケート ・ 生徒実験（顕微鏡の使い方） （ミクロメーターの使い方） ・ 動画による原形質流動の観察 ・ 演示実験（膜による透過性の違い） ・ 細胞壁のモデルによる膨圧の解説 （参考 図8） ・ 生徒実験 （原形質分離・原形質復帰の観察） ・ 動画による原形質分離・原形質復帰の観察 ・ 体細胞分裂時の染色体の挙動を染色体モデルを用いて示す生徒の思考実験
第2章 生殖と発生	第1節 生殖 第2節 生殖細胞の形成 第3節 動物と植物の生殖 第4節 動物の発生 < 2学期中間考査 > 第5節 動物の発生のしくみ	・ 減数分裂時の染色体の行動を染色体モデルを用いて示す生徒の思考実験 ・ 生徒実験（ウニの発生の観察） ・ カエルの原腸胚後期のモデルづくり （参考 図9，10）
第3章 遺伝	第1節 遺伝の法則 第2節 いろいろな遺伝 < 2学期期末考査 > 第3節 遺伝子と染色体 第4節 遺伝子の本体	・ 生徒の実態把握のためのアンケート ・ 生徒実験（DNAの抽出）

第4章 刺激の 受容と反応	第1節 刺激の受容から反応まで 第2節 受容器と効果器 第3節 神経系 第4節 動物の行動 < 学年末考査 >	- 生徒実験（盲斑の検出） - 生徒実験（ニワトリの脳の観察）
---------------------	---	--

イ 記述することで表現力を育成する取組

(ア) 前時の授業内容のまとめプリント

ノートを見ながら生徒それぞれが大事だと思うものを自由にまとめる。

作文ができるように文例といくつかの用語を与えて指定した事象等についてまとめる。

指定した事象等について自分でまとめる。

を段階的に実施。

(イ) 図や表を使って説明させる小テストの実施（参考 図 11）

ウ 相互討議を通して理解を深め、思考力、判断力、表現力を育成する取組

モデルを用いて考察する場面での相互討議，発表

(3) 検証授業

検証授業では、「減数分裂での染色体の分かれ方」を題材に行なった。前時に学習した「減数分裂」「減数分裂の過程」を受けて、減数分裂により染色体が配偶子にどのように受け継がれていくかを探究させる内容である。本時では、減数分裂時の染色体の行動を考察していくなかで、配偶子に受け継がれる染色体の組み合わせが複数あることに気付き、そのことが、生物の多様性につながっていること、有性生殖により遺伝的に多様な個体ができることを理解させることを目標とした。

そこで、検証授業では次の3つ工夫を行った。

ア 既習事項の確認、重要用語の活用を促す工夫

前時のまとめをプリントに記述することで確認させた。その時に重要用語を確認，活用できるように各用語にチェック欄をつくった(図5)。

前回のまとめ

____ 年 _____

各用語にチェック欄をつくった。

以下の用語は細胞分裂の学習において重要な語句等である。具体例をあげたり，説明したりできるかチェックし，これらの語句を使って減数分裂と体細胞分裂の違いについて次の2つについてまとめなさい。

☒ 体細胞	☒ 配偶子	☒ 体細胞分裂	☒ 減数分裂	☒ 半減
☒ 2n	☒ n			

①それぞれの細胞分裂が行われるのはどんな時か。

体細胞分裂は 体細胞がふえるときにおこる

減数分裂は 配偶子ができるときにおこる

②分裂前後の染色体の数について

減数分裂は、染色体数が半減する (2n → n)

体細胞分裂は 変わらない

図 5

イ 事象提示や思考実験するための教材の工夫

染色体の行動を思考実験するために、染色体のモデル(図6)を一人一組ずつ用意し、実際に自分で染色体モデルを動かすことで、自分の考えを深め、相互討議の時もそのモデルを使って説明できるようにした。また、同様のモデルを拡大したものをつくり、グループの考えを黒板で発表できるようにした。

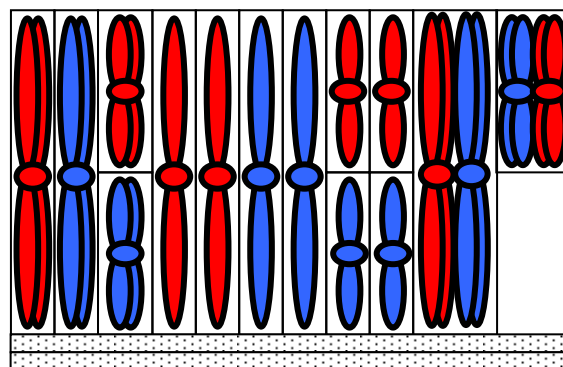


図 6

ウ 他者とのコミュニケーションの中で考えをまとめさせる工夫

自分の考えをまとめた後、二人一組のグループをつくり、相互討議をして自分の考えを整理し、グループの考えをまとめる時間をつくった。また、代表グループに発表をさせ、他のグループの意見を参考にグループや自分の考えをまとめてワークシートに記入できるようにした。

3 検証授業の実際

(1) 指導の実際

ア 単元名 第2章 生殖と発生 第2節 生殖細胞の形成

イ 単元の指導計画

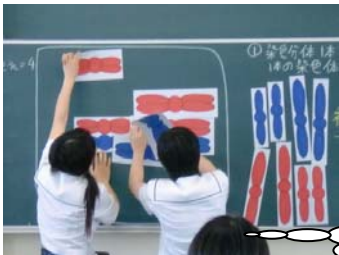
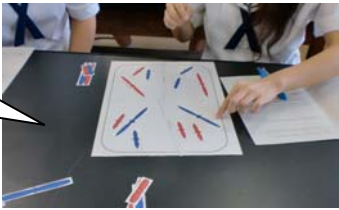
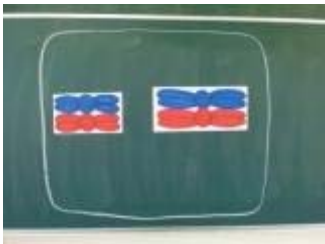
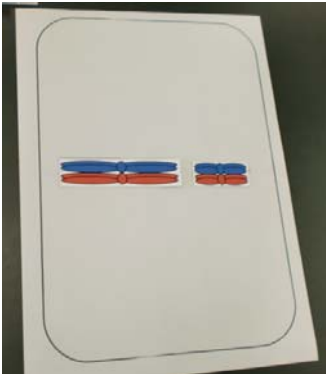
第2節 生殖細胞の形成 2時間

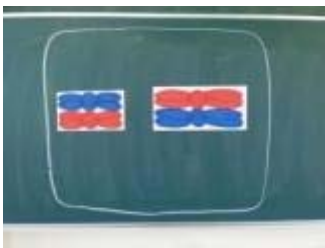
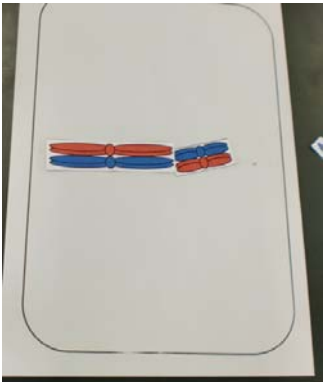
1 時間目 ① 減数分裂 ② 減数分裂の過程

2 時間目 ③ 減数分裂での染色体の分かれ方 (本時)

ウ 本時の実際

過程	時間 (分)	主 な 学 習 活 動	生 徒 の 活 動	指導上の留意事項・評価
導入	7	(前時の確認) 前時の授業を振り返り、本時の学習目標を確認する。 学習目標 「減数分裂における染色体の行動をモデルを使って考察し、発表する」	「前回のまとめ」プリントを記入する。 - 発問に対して答える。 $2n = 4$の染色体の状態を染色体モデルでつくる。	「前回のまとめ」プリント(体細胞分裂と減数分裂の違い)に記入したことを発表させる。(前時の内容を理解しているか。【知識・理解】) - 学習目標を黒板に板書する。 $2n = 4$の細胞の染色体の状態をモデルでつくらせる。(本時の内容を確認できたか。【関心・意欲・態度】)
展開	20 (7)	(減数分裂の染色体の行動をモデルを用いて考察する) 一人一人が、机上の染色体モデルを用いて、染色体の行動を考え、自分の考えをまとめる。(個人)	ワークシートに自分の考えを整理しまとめる。	机間指導をし、適宜アドバイスをする。(積極的にモデルを操作しているか。【関心・意欲・態度】【技能・表現】)

	(6) ・ 隣同士の二人組みで染色体モデルを用いて、減数分裂時の染色体の行動を説明し合う。 (小グループ) ここでは、 こう分かれる。 (7) (発表する) ・ 代表グループが発表する。  (全体) なるほど！	・ 個人の考えを基にお互いが説明し、染色体の行動を考察しグループの考えをワークシートにまとめる。  ・ 黒板のモデルを使い発表する。 ・ 他のグループの発表を参考にして、自分のグループの考えを整理する。	・ <u>分からないようであればノートや図表を開かせる。</u>(自分の考えグループの考えをワークシートにまとめているか。【思考・判断】【技能・表現】) ・ 右側の生徒から説明させる。(積極的に意見交換をしているか【技能・表現】) ・ 各グループの様子を見ながら発表グループを決定する。(自グループの考えを分かりやすく発表できたか。他グループの考えを参考に自グループの考えをまとめることができたか。【関心・意欲・態度】【技能・表現】【思考・判断】)
展開	1 8 (配偶子に受け継がれる染色体の組み合わせについて考察する。) ・ 配偶子に受け継がれる染色体の組み合わせについて、机上の染色体モデルを利用して考察する。 	・ 机上の染色体モデルを使って、第一分裂中期の状態をつくる。 	・ 発表したグループと異なる染色体の動きをしたグループがないか問いかける。(【思考・判断】) ・ 発表されたものと「異なる」と生徒が感じなければ、今回は、染色体に着目しているので、染色体を観察しやすい時期はどの時期か、問いかける。→中期 ・ 各自、机上の染色体モデルを使って、第一分裂中期の状態を作らせる。(【関心・意欲・態度】) ・ 「なぜ、染色体モデルが赤と青で色分けされているのでしょうか。」などの発問をして、第一分裂中期に二価染色体が赤道面に並ぶ時の並び方に違いができることに気付かせる。(【思考・判断】)

		 ワークシートの問を解く	 ↑上の写真では、上方に同色の、下写真では、上方に異なる色の染色体モデルが並んでいる。	- その結果、配偶子に受け継がれる染色体の組み合わせが複数あることを確認する。 - 配偶子に受け継がれる染色体の組み合わせ複数あることが、生物の多様性につながっていること、有性生殖により遺伝的に多様な個体ができることを理解させる。(ワークシートの問に取り組めたか【思考・判断】【知識・理解】)
まとめ	5	(本時のまとめ) 本時のまとめをする。	自己評価に取り組む。	- 机間指導をしながら、ワークシートの記入の確認をする - 次回の予告をする。

(2) 分析と考察

複数の学級で同様の授業を実施したが、初めてこの指導案で実施した授業で以下の問題点が生じた。

導入時の前時の復習として、減数分裂と体細胞分裂の違いについてまとめさせたが、その時に染色体の状態(染色分体1本で1本の染色体、染色分体2本で1本の染色体、二価染色体)の説明にこだわりすぎたため、生徒が染色体モデルを扱うときに混乱した。

生徒が染色体モデルの扱いに十分に慣れておらず、自分の考えを深める作業が成立せず、始めから他の生徒と相談する生徒が見られた。

「ノートや図表を参考にしてよい」と指示したため、生徒は正しい答えを探そうとノートや図表に頼ってしまい、自分の思考の深まりを導けなかった。これは、ワークシートに記入する用語の理解が不十分であったことも理由として考えられる。

については、「通常の体細胞の染色体の状態」、「分裂直前のDNA複製後の染色体」、「減数第一分裂前期の二価染色体」と、各モデルの拡大モデルを示しながら説明し、「染色分体1本で1本の染色体」と生徒が迷うような言葉は使わずに説明する事で、スムーズに展開に入ることができた。

については、一つ前の単元「減数分裂の過程」からモデルを扱わせることによって、染色体モデルの扱いに慣れさせることができた。また、染色体の状態についても、ここでモデルを使って理解させ、の問題点の解決に役立った。

については、「ノートや図表に頼らず自分の考えをまとめなさい。」という指示に変更した。また、ワークシートの記入に必要な用語については例示をし、その用語から選択するようにすると生徒の混乱も少なかった。

次に、検証授業で行なった工夫ア～ウについてそれぞれ分析と考察を行った。

工夫アについては、一度、記述することにより自分の考えをうまくまとめ、発表できたようだ。また、用語をチェックするとともに、その用語を用いて記述することに役立っていた。

工夫イについては、染色体の行動を染色体モデルを用いて考察する思考実験を行った。上述

したように、染色体モデルの扱い方に慣れると自分自身でいろいろと動かしてみても思考を深めることができたようだった(図7)。生徒の自己評価を見てみると「染色体のモデルを使って積極的に考察しましたか」という問いに、81%の生徒が「よくできた・まあまあできた」と答えていた。生徒の感想には次のようなものがあった。

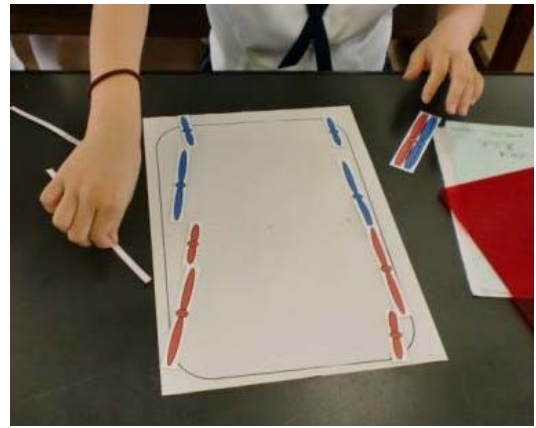


図7 生徒がモデルを動かす様子

- 減数分裂時の染色体の状態や動きがモデルを使って少しずつだったけどできた。最後には、数が半減することが分かった。
- 実際にモデルを動かしてみても、減数分裂は複雑だなあと感じました。モデルを使ったので楽しかったです。
- 最初は、動きが分からなかったけど何度もやってちゃんと覚えられた。
- 染色体の動きについて、よく理解することができた。モデルを使うことでとても分かりやすかった。

しかし、他の生物担当教師が、同様に「減数分裂での染色体の分かれ方」の単元で染色体モデルを使って思考実験を行ったが、生徒が意欲的にモデルを動かさなかったり、思考が深まらなかったりしたようである。複数の教師により学年で統一してモデルを使って実施する場合は、事前の指導と準備、担当者間の連携が必要である。

工夫については、二人のグループで互いに説明し合い、相互討議を活発に行っていた。全体への発表は恥ずかしがる傾向のある生徒も、二人のグループだと男女問わずお互いに分からない所を教え合いながら進めていく光景も見られた。また、他のグループの発表を聞くことで自分のグループの考えと違う考え方を知ることができ、生徒の思考の深まりや理解を助けていた。発表者となったグループも、周りに説明するために使う言葉を選んだり、前に出る前に用語を確認したりと正確に伝えるための努力と工夫をしていた。生徒の自己評価を見ても「グループ内で協力したり意見を交換したりしてモデルの操作を進めましたか」という問いに72%の生徒が「よくできた・まあまあできた」と答えており、主体的に意見交換を行っていたことがうかがえる。生徒の感想には次のようなものがあった。

- 減数分裂についてよく理解できていなかったが、みんなの意見を交換して理解ができたのでよかった。
- 自分のグループ以外の人意見が聞けてよかった。
- 2つのグループの発表で減数分裂時の染色体の行動がよく分かった。

生徒の自己評価を見ると、89%の生徒が「染色体の行動について理解できた」と答えており、81%の生徒が「配偶子に入る染色体の組合せについて理解できた」と答えている。モデルを使い考察し、人に説明したり相互討議したりすることによって生徒は自分の持っている知識を整理して考え、より理解が深まっていくと言える。

4 その他の実践における分析と考察

(1) 理解を深める取組について

年間を通して、理解を深めるために「モデルを活用する」ことを意識して実践してきた。目

に見えない事象をモデル化することで生徒がよりイメージしやすくしたり，教科書や図表では，平面図でしか表されないものをモデル化して立体概念を理解させたりすることができた。モデルを活用することで用語を「覚える」だけでなく，「理解する」ことに役立ったようだ。実践したモデルの写真を右に示す（図8～10）。生徒へのアンケート結果を見てもほぼ100%の生徒が「モデル化することが理解するのに役立った」と答えた。また，そのモデルを使って，相互に説明しあったり，全体に発表することを通して，さらに理解を深めたり，科学的な思考力，表現力を身につける手助けとなったようだ。モデルを活用した授業での生徒の感想を次に示す。

- 教科書や図表に載っている表面的な図ではわかりにくかったけど，モデルを自分で考えながら作っていくと，理解しやすかった。
- 折り紙で尾芽胚の横断面と縦断面がわかるやつはとても感動した。
- 平面では，はっきりと理解ができなかった原腸胚を，いびつでしたが作れて少しはわかることができた。
- 原腸がうまく再現できたのでうれしかった。
- モデルを使う前は，平面でしか分らなかっただったので理解しづらい部分が多かったが，モデルを使って立体的に見ることで理解できる部分が増えた。

(2) 表現力の育成のための取組について

年間通して，生物用語や事象についてノートに基にまとめさせたり，キーワードを与えて記述させたりすることを実践してきた。小テストでの



図8 細胞壁にかかる膨圧のモデル

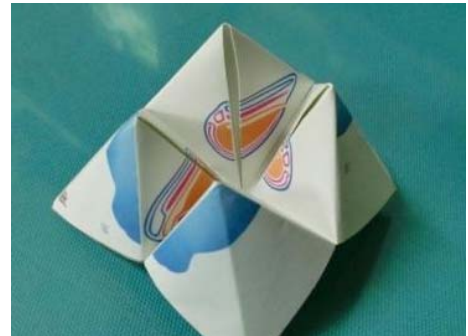


図9 カエルの尾芽胚の断面モデル



① ミトコンドリア

模式図	説明文
	二重膜構造
	内膜と外膜がある

問1 原形質分離をおこしている状態の細胞の模式図を書き，原形質分離が起こる仕組みについて以下のキーワードを使って説明しなさい。

<キーワード> 高張液，細胞膜，細胞壁，浸透圧，水，植物細胞

模式図	説明文
	植物細胞を高張液に浸すと，
	浸透圧の違いによって細胞膜が
	細胞壁から離れる。水は浸出
	元に戻り，原形質復帰が起る

図11 生徒の小テストの記述の変化

記述の変化や定期考査での記述式の問題への取組状況を基に分析した。

図 11 は、同一生徒による図と記述によって生物事象を説明する小テストの答案である。上は 1 学期中間考査頃、下は 1 学期期末考査頃である。1 学期の半ばまでは、ノートを見て自分が大事だと思う重要事項をプリントにまとめる作業をしていた。そのためか、上の答案では、単語で記述していた。一方、1 学期の後半では、作文に必要な文例と用語を与えて教師が指定した重要事項についてまとめる作業をしていたので、下の答案では、キーワードを使いながら、文章で記述している。重要事項をまとめる作業を繰り返し、段階的に進めたことが、表現力の育成に役立ったと考える。

定期考査における記述式問題への取組状況をみると(図 12)、正解の割合が 1 学期よりも 2 学期のほうが高くなっている。用語を正確に理解し、的確に使えるようになってきたためだと考えられる。一方、無記入、誤答が増えているのは、1 学期中間考査よりも、より長い文章で答えさせる設問だったためと考えられる。記述式への苦手意識をもつ生徒がおり、彼らがより積極的に問題に取り組めるようにするために授業の中で言語活動を取り入れ、「できる」という小さな成功体験を積み重ねることが必要である。また、本研究においては、比較検証をするために同程度の問題でなければならなかったことが反省点である。

生徒のアンケート結果について(対象：本校 2 年生 68 名、12 月実施)

「生物の中で用いられる図が示すことを正確に理解できる」については(図 13)、5 月に比べて 12 月の方が、「あまりそう思わない」、「いいえ」と答えた生徒が減少し、「はい」、「まあまあそう思う」と答えた生徒が増加している。モデル化することにより、図が示していることを具体的にイメージしやすくなり、より正確に理解できるようになってきたと考えられる。

「生物の用語を使って生命現象や事象を説明することができる」については(図 14)、5 月は、「はい」、「まあまあそう思う」と答えた生徒がほとんどいなかったのに対して、12 月ではその割合が、増加している。また、「いいえ」と答えた生徒の割合が減少していること

からも、他者への説明活動や文章にまとめる表現活動が、表現力の向上と生徒たちに「説明で

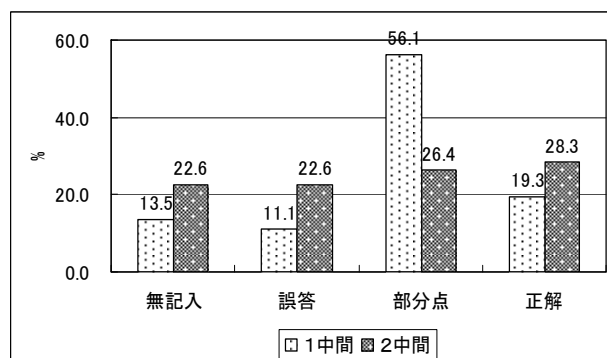


図 12 定期考査の記述式問題の取組

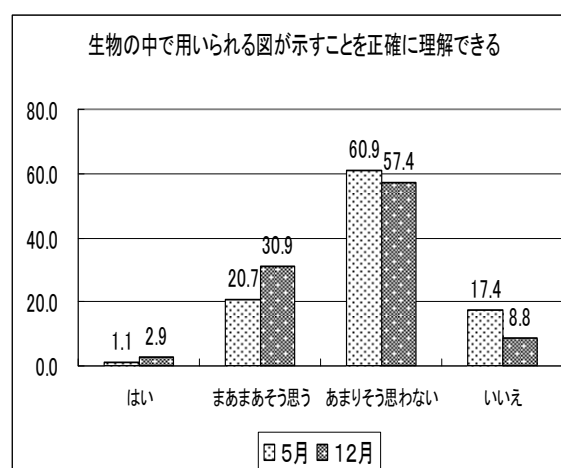


図 13 アンケート結果の変化

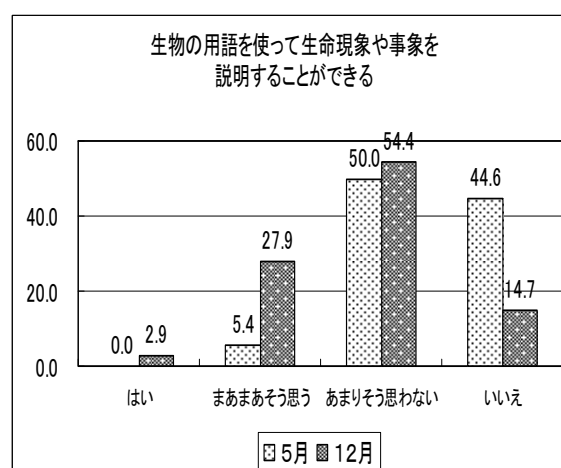


図 14 アンケート結果の変化

きる」と感じさせることに役立ったと考えられる。「あまりそう思わない」と答えた生徒も増加している。これは、「いいえ」と答えていた生徒が「すこしは説明できる」と感じるようになったが、記述式問題への苦手意識がまだ残っていて定期考査等でうまく記述できずに、「あまりできない」と感じているのではないかと思う。

モデル化することや記述，相互討議などの説明活動を取り入れることで，生徒は授業に主体的に参加し，生徒に少しでも「理解できた」と感じさせることができたようである。また，これらの取組が，生徒の理解を助け，思考力，表現力の育成につながると考えられる。さらに生徒の思考力，表現力を総合的に付けていくためには，教科内の連携はもとより，他教科とも連携し，学年をおって段階的に取り組んでいくことで，より効果は高まると考えられる。

5 成果と課題

(1) 成果

ア モデルを活用することにより，生徒の理解は深まる。

目に見えないものをモデル化することで，立体概念などの生徒の理解を深める事ができた。また，モデル化を通して相互討議をしたり，他者に説明したりする言語活動を積極的に取り入れることで，生徒の理解はさらに深まり，表現力の育成にもつながる。

イ 記述を通して，生徒の理解は深まり，表現力の育成につながる。

記述するという言語活動を通して，生徒は授業の中で，重要な用語，説明に必要な用語に気付くようになり，それが，表現力の源となる。また，用語の使い方を意識するようになるので用語のもつ意味を適確につかもうとする。その結果，様々な事象に対する理解が深まり，それらを説明したり表現したりする力の育成につながった。

(2) 課題

ア 時間の確保

モデルを使って理解を深める時間，相互討議や記述してまとめたり発表したりする時間は，やはりある程度の長さの時間が必要である。通常の講義や実験・観察の授業の中に，効果的に取り入れていく方法を考える必要がある。

イ 担当者，教科間の連携

より効果的に思考力，表現力を育成していくためには，教科内の担当者間の連携が必要である。また，教科間の連携を図ることでより総合的な力を育成することができると考えられる。