

中学校理科第3学年「生物の成長と生殖」小単元の授業実践

— 植物の茎頂を用いた体細胞分裂の観察をつけ加えた単元計画をもとに —

平成30年10月

島根大学教育学部

「教育臨床総合研究17 2018研究」

中学校理科第3学年「生物の成長と生殖」小単元の授業実践

— 植物の茎頂を用いた体細胞分裂の観察をつけ加えた単元計画をもとに —

A Science Class 'Growth and Reproduction of Organisms'

in 3rd Grade of Junior High School

— The Teaching Plan about Somatic Cell Divisions Using Shoot Tips —

豊田 和希*

Kazuki TOYOTA

大谷 修司**

Syuji OTANI

栢野 彰秀**

Akihide KAYANO

要 旨

本稿は、中学校第3学年理科「生物の成長と生殖」小単元に、シュンギクの茎頂を用いた体細胞分裂の観察を取り入れた授業を構想、展開し、実践した。本稿では、行われた授業の実際を報告する。

一連の授業を終えて、生徒の小単元に対する理解度を見たペーパーテストの分析から、全22問の平均正答率は73%であった。全体的にみると生徒は科学の知識を獲得していることが分かった。しかし、なかには正答率の高くはない問題も散見されたので、その原因を考察し、それを克服するための具体的な方策を述べることができた。

イメージマップの分析からは、学習前までに持っていた科学の知識を小学校やこれまで中学校で学習した文脈の中で捉えるのではなく、学習後は本小単元「中3生物の成長と細胞の変化」における文脈の中で捉え、鍵概念「植物の成長」から分散して広まった連想が行われていることが分かった。加えて、シュンギクの茎頂の観察よりニンニクの根端の観察の方が鍵概念「植物の成長」に結びついているのではないかと考える。また、学習前と学習後に作成した2枚のイメージマップを見比べることで新たに連想語をつなげることが出来なかったが、授業者の作成したイメージマップと学習後に作成したイメージマップを見比べることでさらに鍵概念から連想を広げていることが見いだされた。

〔キーワード〕 中学校理科 生物の成長と生殖 授業実践

はじめに

中学校理科「生物の成長と殖え方」単元では、体細胞分裂の観察を通して生物の成長を学習

* 島根大学大学院教育学研究科教育実践開発専攻

** 島根大学教育学部自然環境教育講座

していく。『中学校学習指導要領解説理科編』（2008）には、「植物の根端などの観察を行い、細胞分裂によって成長が起こることを理解させる。」と記載されている¹⁾。2017年に公表された『中学校学習指導要領解説理科編』（2017）でも同様の記載がなされている²⁾。中学校理科教科書における体細胞分裂の観察には、一般的にタマネギやニンニクの根端が用いられている。しかし、小学校第4学年「植物の成長と季節」、小学校第5学年「成長の条件」での学習をはじめとして、中学校第3学年までに学習してきた植物の成長は主に地上部での成長である。植物の分裂組織には根端分裂組織の他に茎頂分裂組織がある。根端分裂組織と同様に体細胞分裂を行うことで、地上部の伸長および花や葉を形成する役割を果たしている。また、平成28年度鳥根県学力調査結果の課題と今後の指導のポイントでは、身近な自然を対象にした体験的な活動を授業に取り入れることが求められた³⁾。生徒にとって身近な自然とは、植物では土に隠れて見えない根よりも地上部にある目に見える葉や茎のことではないかと考えられる。そこで、体細胞分裂の観察に、植物の地上部での成長に関わる茎頂分裂組織を用いることができれば、生物の成長をより実感することができるようになるのではないかと考えたのが、本研究に取り組んだ問題意識である。

先行研究では、2007年に野村が茎頂分裂組織を用いた体細胞分裂の観察にはシュンギクとエンドウが適当であることを明らかにしている。しかし、授業実践の報告は行っていない⁴⁾。筆者は、野村（2007）が報告した観察方法に、播種を培養土に行い実生に日光を当てて育てる、染色液滴下後にピンセットを用いて茎頂細胞のかたまりを細かくするという2点の改良を加えた。すると、より確実に分裂像が観察できるようになった。

本授業実践では、シュンギクの茎頂を用いた体細胞分裂の観察を取り入れた「生物の成長と生殖」小単元の単元計画を構想、展開し、実践した。本稿では、行われた授業の実際を報告する。

I 授業構成

1. 授業構成の視点

鳥根県の全中学校で用いられている東京書籍版『新編新しい科学3』（2016）を基に「生物の成長と生殖」小単元の単元計画を作成した（表1）。そして第5時にシュンギクの茎頂を用いた体細胞分裂の観察を取り入れた全10時間の単元計画を作成した。

表1の単元計画を見て分かるように、各次を単位とした学習内容のまとめりに子どもに課題を捉えさせ、学習を経たのちに結論に至るような単元計画になっていることが分かる。また、課題には疑問符をつけて捉えさせている。これが筆者の作成した単元計画の特徴となる。

2. 授業展開の概要

授業は、公立K中学校第3学年1クラス31人（男子16人、女子15人）を授業対象者として、2017年6月下旬から10時間実施した。

第1, 2時

第1時の授業では、導入として発芽したばかりのミズナの実生と技術・家庭科の授業で生徒

表1 作成した単元計画

次	時	学習内容
1	1	<p>課題 根が成長するとき、成長している部分の細胞にどのような変化が起こっているのだろうか？</p> <p>①ミズナの実生を観察する。【観察】</p>
	2	<p>②ニンニクの根の成長する部分を観察する。【観察】</p> <p>③根の先端に近い部分と根元に近い部分の細胞を比較して、細胞の大きさと核の形が異なっていることが分かる。</p> <p>課題の結論 根が成長するとき、根の先端に近い部分の細胞に比べて小さく、細胞内の核の形が異なっている。</p>
2	3	<p>課題 成長する部分の細胞で何が起きているから、生物は成長するのだろうか？</p> <p>①細胞分裂について学習する。</p>
	4	<p>②ニンニクの根端を用いて、細胞分裂のようすを顕微鏡で観察する。【観察】</p> <p>課題の結論 多細胞生物の成長する部分の細胞は、体細胞分裂が起こり、1つの細胞が2つに分かれて2個の細胞になり、細胞分裂が起こる際に染色体が複製されて、2個の細胞が2等分され、それぞれが分裂後の細胞へと受けわたされる。</p>
3	5	<p>課題 植物や動物の細胞分裂はどの部分で起こっているのだろうか？</p> <p>①シュンギクの茎頂を用いて、細胞分裂のようすを顕微鏡で観察する。【観察】</p>
	6	<p>②細胞分裂が起こる部分について学習する。</p> <p>課題の結論 植物では、根と茎の先端、さらに双子葉類では維管束の周辺で、動物では骨髄や上皮組織で細胞分裂が行われ、細胞の数がふえるとともに、細胞分裂によってふえたそれぞれの細胞が大きくなることで、成長する。</p>
4	6	<p>課題 無性生殖は、どのように行われる生殖なのだろうか？</p> <p>①無性生殖について学習する。</p> <p>課題の結論 無性生殖は、受精を行わずに、体細胞分裂によって新しい個体をつくる生殖である。</p>
5	7	<p>課題 有性生殖は、どのように行われるのだろうか？</p> <p>①動物の受精、被子植物の受精について学習する。</p>
	8	<p>②花粉管が伸びていくようすを顕微鏡で観察する。【観察】</p> <p>課題の結論 有性生殖は、雌と雄の生殖細胞が受精してできた受精卵が細胞分裂を繰り返し、新しい子がつくられる生殖である。</p>
6	9	<p>課題 染色体は、どのようなしくみで、親から子へ受けつがれるのだろうか？</p> <p>①無性生殖における染色体の受けつがれ方について学習する。</p>
	10	<p>②有性生殖における染色体の受けつがれ方について学習する。</p> <p>③イチゴの品種改良や生産の際に、どうして有性生殖、無性生殖を利用するのか考える。</p> <p>課題の結論 無性生殖では、体細胞分裂が行われることにより、子は親の染色体をそのまま受けつぐ。有性生殖では、減数分裂が行われることにより、子は両方の親の染色体を半分ずつ受けつぐ。</p>

が育てて成長したミズナを比較させ、どの部分がどのように成長したのか考えさせた。そして、成長している部分の細胞にはどのような変化が起こっているのかを考えさせ、本小単元全体の学習を通して解決して行く課題を「植物や動物が成長するときや子を残すとき、細胞にどのような変化が起こっているのだろうか？」と捉えさせた。その後、生徒一人に一つずつ根の生えたニンニクの鱗片を配布し、サインペンで根に等間隔の印をつけさせ、根のどの部分がのびて根が長くなるのか予想させた。

第2時の授業では、第1時にニンニクの根につけた印の間隔を観察した。その後、教科書p.70図1のタマネギの根の断面の顕微鏡写真を見て、根の先端に近い部分の細胞と根元に近い部分の細胞の大きさを比較させ、細胞の大きさと核の形が異なっていることを理解させた。そして、根が成長するとき、根の先端に近い部分の細胞に比べて小さく、細胞内の核の形が異なっているという授業のまとめを行った。

第3, 4時

第3時では、成長する部分の細胞では細胞分裂が起きていることを教え、細胞分裂の過程を学習させた。

授業の最後には、第4時で生徒が顕微鏡を用いて容易に染色体を探し出せるようにするために、教科書p.73のタマネギの根の細胞分裂のようすの写真を見せた。写真のA~Cの細胞が教科書p.71図2の細胞分裂の過程の模式図のどの段階に当てはまるか考えさせ、分裂像がどのように見えるのかを教えた。

第4時では、第1時に印をつけたニンニクの根端を用いて体細胞分裂の観察を行った。ニンニクの根は、授業前に切断し、塩酸処理をしたものをシャーレに入れておいた。その根を用いて、生徒がプレパラートを作成し、体細胞分裂を観察した。

第5, 6時

第5時では、導入としてシュンギクの芽生えを観察させ、細胞分裂はどの部分で起こっているのかを班ごとに考えさせた。次に観察方法の説明を行った。シュンギクの茎頂を用いた体細胞分裂の観察におけるプレパラート作成(図1)には、双眼実体顕微鏡を用いる必要があるため、1時間の授業中にプレパラートの作成から観察までを行うことは難しい。そこで本授業実践では、授業者が予め作成したシュンギクの茎頂のプレパラートを用いて体細胞分裂の観察を行うことにした。観察手順の説明では、これから観察するプレパラートがシュンギクの茎頂を用いて作成したものであることを生徒に実感させるために、実際に授業者がシュンギクの茎頂

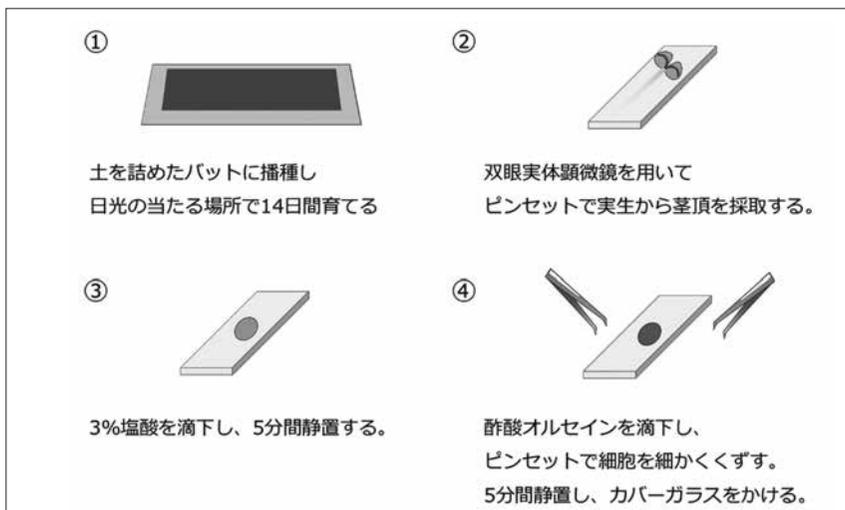


図1 シュンギクの茎頂を用いた体細胞分裂の観察におけるプレパラート作成方法

を用いてプレパラートを作成する様子を写真に撮り、スライドショー形式の動画を作成して説明した。

第6時では、第4、5時の観察の結果を踏まえながら、植物と動物の細胞分裂が起こる部分について学習した。その後、コダカラベンケイやサツマイモを実際に生徒に提示しながら、無性生殖について学習した。

第7、8時

第7時では、動物の受精と被子植物の受精について映像を視聴しながら学習させた。花粉管の伸長については、花粉が柱頭についてから精細胞がどのように卵細胞まで到達するのかを模式図を用いて班ごとに考えさせた。

第8時では、ホウセンカの花粉を用いて花粉管の伸長の観察を行い、有性生殖は、雌と雄の生殖細胞が受精してできた受精卵が細胞分裂を繰り返して、新しい子がつくられる生殖であるという授業のまとめを行った。

第9、10時

第9時では、無性生殖と有性生殖の染色体の受けつがれ方について、黒板上でモデルを用いて説明した。

第10時では、教科書p.86の学びを活かして考えようにある設問であるイチゴの品種改良にどうして有性生殖を利用するのか、イチゴの生産にどうして無性生殖を利用するのかを考えさせ、発表させた。

Ⅱ 授業評価方法

授業評価は、小単元の理解度をペーパーテストの得点で評価し、学習前後の生徒の有するイメージや学習内容の捉えは生徒が書いたイメージマップ（以降、IMと表記）で検討した⁵⁾。

Ⅲ 実践した授業の評価

1. ペーパーテストの得点による授業評価

小単元の授業実践の後、10月中旬に2学期中間試験が行われた。この中間試験は、授業実践が行われた本小単元を含んだテストである。中間試験は全50問で構成され、そのうち22問が本小単元内の学習内容の問題である。表2には、問題番号とそれぞれの問題の趣旨及び正答率が示されている。

表2より、中間テストの小問中において正答率が70%を下回る問題の内容は次の7問であることが分かる。問4) 押しつぶし法、問11) 花粉管の伸長、問12) 被子植物の有性生殖、問14) 有性生殖と無性生殖、問17) 胚、問19) 減数分裂後の染色体数、問20) 受精後の染色体数である。小問中において、正答率が70%を下回る問題について検討を加える。

表2 中間試験の問題番号とそれぞれの問題の内容及び正答率

問題番号	問題の内容	学習内容のまとめり	正答率 (%)
1	塩酸処理	ニンニクの根端の観察	94
2	染色体	ニンニクの根端の観察	97
3	核の染色液	ニンニクの根端の観察	82
4	押しつぶし法	ニンニクの根端の観察	21
5	顕微鏡の倍率	ニンニクの根端の観察	91
6	顕微鏡の倍率計算式	ニンニクの根端の観察	91
7	細胞分裂の過程	生物の成長と細胞の変化	85
8	細胞分裂が起こる部分	シュンギクの茎頂の観察	82
9	細胞の変化と成長	生物の成長と細胞の変化	82
10	花粉管の伸長の観察	花粉管の観察	77
11	花粉管の伸長	花粉管の観察	56
12	被子植物の有性生殖	被子植物の有性生殖	44
13	生殖細胞	被子植物の有性生殖	82
14	有性生殖と無性生殖	有性生殖・無性生殖	62
15	受精卵の変化	有性生殖	77
16	発生	有性生殖	91
17	胚	有性生殖	59
18	減数分裂	染色体の受けつがれ方	77
19	減数分裂後の染色体数	染色体の受けつがれ方	56
20	受精後の染色体数	染色体の受けつがれ方	50
21	有性生殖における染色体の受けつがれ方	染色体の受けつがれ方	77
22	無性生殖における染色体の受けつがれ方	染色体の受けつがれ方	71

問4) 押しつぶし法

問4はプレパラートをろ紙ではさみ、押しつぶす操作自体を答えさせる問題である。表8より、正答率が21%と全問題中で最も低かった。この理由として、以下の二点が考えられる。一点目は、出題方法である。この問題の他に細胞分裂観察の操作に関わる問題を問1および問2で出題したが、いずれも正答率が90%を超えていた。正答率の高かった問1、問2は、その操作を行う理由が問題文中に記載されていた。それに対して問4は、問題文の文脈を捉えて、想像して解答しなければならなかったため、正答率が高くならなかったと考えられる。二点目は、授業中に実験の操作の説明が十分でなかったことが考えられる。細胞分裂観察の操作の説明は全10時間中4時間目に行った。操作の説明から観察までを1時間で終わらせるために、操作の説明は短時間で行った。そのために、細胞分裂観察の操作の理解が不十分であったと思われる。

次回の授業実践時には、観察の場面において観察の前もしくは後に時間をとって、観察の操作について丁寧に説明したい。

問11, 12) 花粉管の伸長, 被子植物の有性生殖

問11は、柱頭についた花粉がのびていく先がどこであるのか答えさせる問題である。問12で

は、問11の答えが花のモデル図のどこに相当するのかモデル図の中に書きこませた。問11の正答率は56%、問12の正答率は44%であった。この結果から、花粉管の伸長を文章や模式図として考えることが苦手な傾向がみえる。これは、花粉管の伸長の観察を行った際に、半数以上の生徒が花粉管の伸長を観察出来なかったことに起因しているのではないかと考える。

次回の授業実践時には、花粉管の伸長が観察しやすいといわれるツユクサの仲間であるブライダルベールの花粉を用いて観察を行いたい。加えて、中学校第一学年「花のつくりと働き」小単元の復習を行い、胚珠や子房をはじめとして花のつくりを押さえたい。

問14) 有性生殖と無性生殖

問14は次のような内容であった。「有性生殖であるものを、次のア～オからすべて選び記号で答えなさい。ア. ジャガイモのいもから新しい個体ができる。イ. オランダイチゴの茎の一部がのびて地面についたところから新しい個体ができる。ウ. マツのまつかさにてきた種子から新しい個体ができる。エ. ミカヅキモのからだが分裂して2つの個体ができる。オ. メダカの精子と卵が結合して新しい個体ができる。」この問いの正答率が62%にとどまったのは、ジャガイモ、オランダイチゴ、ミカヅキモ、メダカは教科書に記載があるが、ウのマツのまつかさは教科書に記載がなく授業内で扱わなかったためであると考えられる。

以上より、授業中に無性生殖、有性生殖でふえる生物をそれぞれ実物や画像を提示して生徒に理解させるだけでなく、「挿し木でふえるアジサイは有性生殖だろうか、無性生殖だろうか。受粉してできた種子から育ったサツマイモは有性生殖だろうか、無性生殖だろうか。」と殖え方に着目させて考えさせる活動を行うことで無性生殖、有性生殖で殖える生物への理解が深まることが期待される。

問17) 胚

問17は、動物において受精卵が細胞分裂を始めてから、自分で食物をとることができる個体となる前までをなんとというか、科学の知識を答えさせた。問題の正答は胚である。正答率は59%であった。一方、「発生」を答えさせた問16の正答率は91%であった。発生と胚は同じ時間に学習したにもかかわらず、正答率に差があった。

今回の授業実践では、カエルの発生の様子を動画で視聴しながら発生と胚の説明を行った。次回の授業実践では、カエルの発生の動画を視聴しながら、どこからどこまでが胚になるのか考える活動を組み込むことで発生および胚に対する生徒の理解を高めたい。

問19, 20) 減数分裂後の染色体数, 受精後の染色体数

問19, 問20はヒキガエルの染色体数(22本)を例にして減数分裂が起こったときの染色体数に関する問題である。問19では、減数分裂によってつくられた生殖細胞の染色体数を答えさせた。問20では、減数分裂によってつくられた生殖細胞である卵や精子が受精してできた受精卵の染色体数を答えさせた。問19の正答率が56%、問20の正答率が50%であったことからおよそ半数の生徒が答えられなかったことが分かる。しかし、減数分裂と受精の仕組みをモデルで表した図を使用して、生殖細胞および子の染色体の様子をモデルで表す問21では、正答率が77%

2-2. 連想語数の増減の面から

2-2-1. 「学習事項」と「学習事項外」に書き出された連想語の検討

IMに書き出された連想語は、東京書籍版中学校理科教科書『新編新しい科学』(2016)、東京書籍版小学校理科教科書『新編新しい理科』(2016)、『中学校学習指導要領解説理科編』(2009)を参考にして、小中学校での既習事項および本小単元での学習事項に関連する連想語を「学習事項」、それ以外の連想語を「学習事項外」として分類した。表3には、学習前後に「学習事項」および「学習事項外」に分類された2群それぞれに生徒が書き出した連想語数の一人あたりの平均値とt値が示されている。

表3 学習前後に「学習事項」, 「学習事項外」に書き出された連想語数の一人あたりの平均値

	学習前	学習後	t 値	p
学習事項	10.6	17.9	6.8	**
学習事項外	1.8	0.0	4.4	**

**p<.01

表3より、「学習事項」に分類された群に書き出された連想語数の一人あたりの平均値は学習前10.6, 学習後17.9であり、学習前より学習後において生徒一人あたりの「学習事項」に分類された連想語数の平均値が有意に増加したことがいえる⁶⁾。また「学習事項外」に分類された群に書き出された連想語数の一人あたりの平均値は学習前1.8, 学習後0.0であり、学習前より学習後において「学習事項外」に分類された連想語数の生徒一人あたりの平均値が有意に減少したことがいえる。このことから、本授業実践において生徒が科学の知識を獲得していることが分かる。

2-2-2. 既習事項の関連の面から

「学習事項」に分類された連想語が、小学校から中学校のどの小単元の学習事項に相当する連想語なのかを明らかにするために、学習前後のIMに書き出された「学習事項」に分類された連想語を、小中学校で植物を扱う6つの小単元のどれに相当するか分類した。表4には、分類した小中学校理科の6つの小単元と各小単元に含まれる主な連想語が示されている。

表4 各小単元と含まれる主な連想語

小単元	含まれる主な連想語
小3 植物の成長と体のづくり	種 花 葉 茎 芽 根
小5 植物の発芽, 成長, 結実	水 空気 温度 発芽 日光 肥料
中1 植物の体のつくりと働き	双子葉類 単子葉類 合弁花類 離弁花類
中1 植物の仲間	葉緑体 光合成 蒸散 呼吸 二酸化炭素 主根 側根
中2 生物と細胞	細胞 多細胞生物
中3 生物の成長と殖え方	体細胞分裂 花粉管 染色体 有性生殖 胚 無性生殖

生徒の理解傾向をみるために、学習前後の各小単元に属する連想語総数を図3に示した。なお、図3に示された数値は、学習後の連想語数は学習後①（黒字）、学習後②（赤字）、学習後③（青字）で書いたすべて連想語を含んでいる。

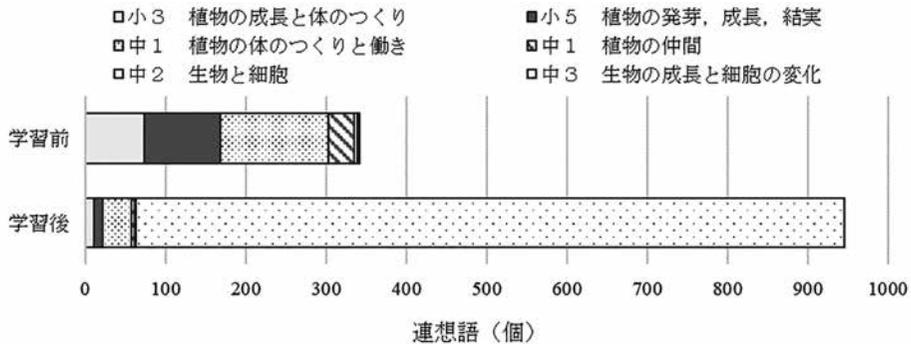


図3 各小単元に書き出された学習前後の連想語数

図3より学習後において連想語数が増加した小単元は、「中3 生物の成長と細胞の変化」(授業前3, 授業後883:以後, 3→883と略)のみであることが分かる。一方、「小3 植物の成長と体のづくり」(74→11), 「小5 植物の発芽, 成長, 結実」(94→11), 「中1 植物の体のつくりと働き」(135→36), 「中1 植物の仲間 (32→4)」「中2 生物と細胞 (4→1)」となり、これら5つの小単元に属する連想語数は減少したことが分かる。

図2の生徒Aが書いたIMを見てみると、学習前後に「根」(学習前左, 学習後上)という連想語を書きだしている。しかし、連想語のつながりを見てみると、学習前は「ひげ根」, 「主根」, 「側根」という「中1 植物の体のつくりと働き」に属する連想語として書き出していたものが、学習後は「先端から成長」, 「体細胞分裂」という「中3 生物の成長と細胞の変化」に属する連想語として書き出している。

学習後にすべての生徒のIMに書き出された「根」という連想語の総数は12であったが、すべて「中3 生物の成長と細胞の変化」に属する連想語として書き出されたものであった(以下, 12/12)。他にも、「被子植物 (16/17)」, 「受粉 (6/6)」, 「葉 (9/11)」, 「茎 (10/11)」といった連想語でも同様の傾向が見られた。このことから学習後の生徒は、学習前までに持っていた科学の知識を小学校やこれまで中学校で学習した文脈の中だけで捉えるのではなく、本小単元「中3 生物の成長と細胞の変化」における文脈の中で捉えているといえる。

2-2-3. 学習内容の面から

「中3 生物の成長と細胞の変化」小単元の学習内容は11の学習のまとまりに分けることができる。学習後にIMに書き出された「中3 生物の成長と細胞の変化」に属するすべての連想語を11の学習内容に分類した。表5には分類した11の学習内容と各学習内容に含まれる主な連想語が示されており、「学習事項外」の連想語は含まれていない。また、11の学習内容それぞれに含まれる学習後の連想語総数を図4に示した。なお、小単元における学習の順番は表5に示されたA~Kの流れになる。

表5 「中3 生物の成長と細胞の変化」の学習内容と含まれる主な連想

学習内容	含まれる主な連想語
A. ミズナの成長している部分の観察	葉 ギザギザになる 茎 太くなる 根 のびる
B. 生物の成長と細胞の変化	染色体 体細胞分裂 遺伝子 染色体
C. ニンニクの根端の観察	印の間隔 細胞が大きくなる 細胞の数が増える
D. シュンギクの茎頂の観察	茎の先端 シュンギク
E. ニンニク・シュンギクの観察	根と茎の先端
F. 無性生殖	分裂 栄養生殖 ミカヅキモ サツマイモ ヒドラ
G. 有性生殖	受精 受精卵 生殖細胞 胚 発生 精子 卵
H. 花粉管の観察	花粉管がのびる 胚になる ホウセンカ
I. 被子植物の有性生殖	受粉 精細胞 卵細胞
J. 染色体の受けつがれ方	クローン 減数分裂 両親から半数ずつ受けつぐ
K. おいしいイチゴをつくる技術	イチゴ 生産 品種改良

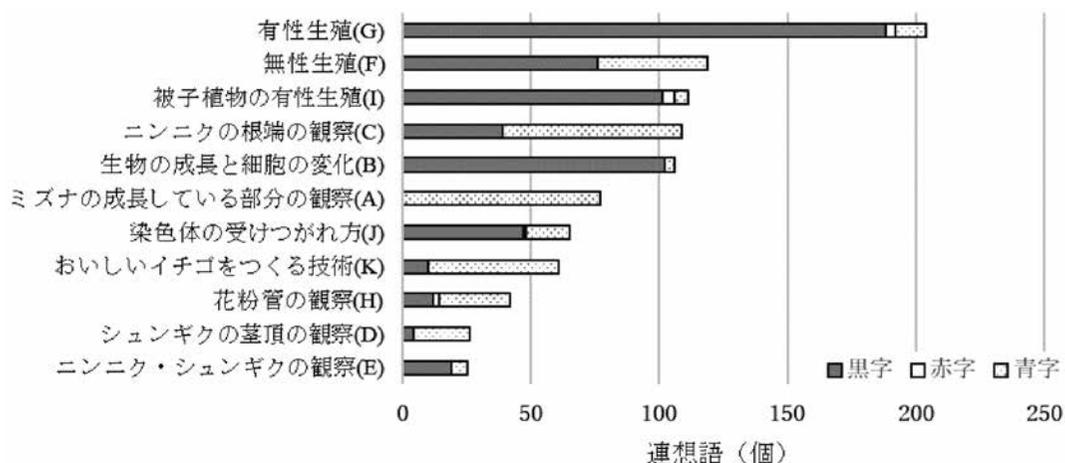


図4 学習後の11の学習内容とそれぞれに含まれる連想語数

図4は、すべての生徒のIMに書き出された連想語を11の学習内容ごとに数え上げている。図4より、学習後①(黒字)でIMに100以上の連想語が書かれていた学習内容は、「G. 有性生殖(188)」、「B. 生物の成長と細胞の変化(102)」、「I. 被子植物の有性生殖(101)」であった。

これら3つの学習内容では、「染色体(35)」や「遺伝子(21)」、「生殖細胞(16)」といった科学の知識の記述が多かったため連想語数が増えたと考えられる。

一方、学習後①(黒字)でIMに書かれた連想語が一人1つ平均となる31に満たなかった学習内容は、「A. ミズナの成長している部分の観察(0)」、「D. シュンギクの茎頂の観察(4)」、「K. おいしいイチゴをつくる技術(10)」、「H. 花粉管の観察(12)」、「E. ニンニク・シュンギクの観察(19)」であった。

「K. おいしいイチゴをつくる技術」を除くといずれも観察を行っている学習内容である。

このことから、授業で行った観察が生徒の中では鍵概念「植物の成長」と必ずしも結びつかなかったのではないかと考えられる。

学習後①（黒字）のIMと学習前に作成した自分のIMとを見比べて、学習後①（黒字）のIMに加筆した学習後②（赤字）は、11のどの学習内容においても10に満たなかった。

学習後②（赤字）のIMと授業者の作成したIMを見比べて、学習後②（赤字）のIMに加筆した学習後③（青字）のIMに書き出された連想語において一人2つ平均となる62以上の連想語が書かれていた学習内容は、「A. ミズナの成長している部分の観察（77）」、「C. ニンニクの根端の観察（70）」であった。

このことから、授業者の作成したIMを見ることで生徒は「A. ミズナの成長している部分の観察」、「C. ニンニクの根端の観察」の2つの学習内容が、鍵概念「植物の成長」を狙って学習していたことに気づいたのではないかと考えられる。次回の観察時には、観察の目的を生徒により意識させて捉えさせることで、それぞれの学習内容のねらいに気づかせたい。

一方、学習後②（赤字）のIMと授業者の作成したIMを見比べて、学習後②（赤字）のIMに加筆した学習後③（青字）のIMに書き出された連想語（青字）が10に満たなかった学習内容は、「B. 生物の成長と細胞の変化（4）」、「I. 被子植物の有性生殖（5）」、「E. ニンニク・シュンギクの観察（6）」であった。「I. 被子植物の有性生殖」、「B. 生物の成長と細胞の変化」の2つの学習内容に書き出された学習後①（黒字）の連想語総数は100を超えており、授業者が作成したIMを見ても新たに書き加える必要がないため、連想語数が多くはならなかったと考えられる。また、同じ体細胞分裂の観察を行ったにもかかわらず、「C. ニンニクの根端の観察」の学習内容に書き出された連想語総数は109、「D. シュンギクの茎頂の観察」では26とその数に差があった。このことから、シュンギクの茎頂の観察よりニンニクの根端の観察の方が鍵概念「植物の成長」に結びついているといるのではないかと考えられる。次回の授業実践時には、植物の茎頂を生徒が採取するところから観察をさせることで、茎頂の観察から「植物の成長」を実感させたい。そのために、シュンギクに代わる新たな供試材料を用いたり、より易しい観察方法を検討したりする必要がある。

2-3. 連想系列の面から

ここで「植物の成長」から、2つ以上の連想語で構成された連想系列について検討した⁷⁾。鍵概念から2つ以上の連想語が連想された系列には、連想語が直線的に表される直線型の連想系列（以下、直線型と略）と、連想語が枝分かれする分岐型の連想系列（以下、分岐型と略）に分けられる。図2に示された生徒AのIMでは、学習前は分岐型4系列が書き出され、学習後は直線型2系列、分岐型5系列となっている。

2-3-1. 連想系列数の面から見たIMの分析

生徒が学習前後に描いたIM（黒字、赤字、青字のすべてを含む）から、直線型および分岐型の連想系列数をそれぞれ数え上げた。直線型の連想系列は学習前56、学習後37、分岐型の連想系列は学習前53、学習後125であった。一人の学習者が書き出した直線型の連想系列数の平均値は学習前が1.8、学習後は1.2となる。これらの値にt検定を加えると、学習前後において平

均値の変化はみられなかった ($t=1.9$, $df=31$, $n.s.$)。一方、一人の学習者が書き出した分岐型の連想系列数の平均値は、学習前の1.7から学習後は3.9となる。これらの値にt検定を加えると、学習後において有意に増加している ($t=7.6$, $df=31$, $p<0.01$)。このことから、学習後は鍵概念「植物の成長」から分散して広まった連想が行われていることが分かる。

2-3-2. 連想系列に書き出された連想語数の面から見たIMの分析

直線型及び分岐型の連想系列に書き出された連想語数を数え上げた。直線型の連想系列には学習前141, 学習後①(黒字)のIMに書き出された連想語で58, 学習後②(赤字)のIMで15, 学習後③(青字)のIMで35の連想語が書き出された。分岐型の連想系列には学習前236, 学習後①(黒字)にIMに書き出された連想語で515, 学習後②(赤字)のIMで29, 学習後③(青字)のIMで297の連想語が書き出された。直線型及び分岐型の連想系列に書き出された連想語数の4つの記入時期(学習前, 学習後黒, 学習後黒+赤, 学習後黒+赤+青)の差を検討した。分散分析の結果、直線型 ($F(3, 124) = 4.514$, $p<.01$), 分岐型 ($F(3, 124) = 63.776$, $p<.01$) のどちらにおいても記入時期の間に有意差が認められた。そこで、どの記入時期で差が認められるのかを明らかにするため、多重比較を行った。表6は、直線型における4つの記入時期の多重比較の結果を、表7は分岐型における4つの記入時期の多重比較の結果が示されている。

表6 直線型における4つの記入時期の多重比較の結果

	平均値	学習前	学習後黒	学習後黒+赤
学習前	4.4			
学習後黒	2	< ^a		
学習後黒+赤	2.8	<	n.s.	
学習後黒+赤+青	3.9	n.s.	n.s.	n.s.

表7 分岐型における4つの記入時期の多重比較の結果

	平均値	学習前	学習後黒	学習後黒+赤
学習前	1.8			
学習後黒	16.2	> ^β		
学習後黒+赤	17.8	>	n.s. ^γ	
学習後黒+赤+青	26.8	>	>	> ^δ

表6, 7では不等号によって有意差が示されている。表6中に α 印が付されたところの不等号をみると、学習後黒<学習前となっているので、直線型では学習前に比べ、学習後黒のIMに書き出された連想語の数が有意に減少した。

表7中に β 印が付されたところの不等号をみると学習後黒>学習前となっているので、分岐型では、学習前と比べ、学習後黒のIMに記入した連想語数が有意に増加した。また、表7中に γ 印が付されたところをみると学習後黒と学習後黒+赤の間はn.s.となっているので、学習後のIMを記入した時期(学習後黒)と学習前後に自分の作成した2枚のIM2を見比べて赤字で記入した時期(学習後黒+赤)に有意差がないことが分かる。表7中に δ 印が付されたところの不等号を見てみると、学習後黒+赤+青>学習後黒+赤となっているので、学習前のIMと学習後①(黒字)のIMを見比べて赤字で記入した時期(学習後黒+赤)に比べ、学習後②(赤字)のIMと授業者の作成したIMを見比べて青字で記入した時期(学習後黒+赤+青)の連想語数が有意に増加していた。このことから、生徒は自分の作成したIMを見ることでは新たに連想を広げることは難しかったが、授業者が作成したIMと自分が作成したIMを見比べることで鍵概念から連想を広げられたことが分かる。

今回の授業実践時では、これまでの既習事項がこれから学習する単元とどこでどのようにつながっているのかを授業者自身が意識し、授業中にそのつながりが生徒に分かるような授業を行って、授業前に作成したIMと学習後に作成した2枚のIMを見比べたとき、鍵概念から連想を広げられるような授業をしたい。

おわりに

一連の授業実践ののちに、行われた授業に検討を加えた。生徒の小単元に対する理解度を見たペーパーテストの分析からは、全体的にみると生徒は科学の知識を獲得していることが分かった。しかし、なかには正答率の高くはない問題も散見されたので、その原因を考察し、それを克服するための具体的な方策を述べた。

IMの分析からは、次の3つの点が明らかになった。

一つ目は、生徒は本小単元の授業を受けて、学習前までに持っていた科学の知識を小学校やこれまで中学校で学習した文脈の中で捉えるのではなく、学習後は本小単元「中3 生物の成長と細胞の変化」における文脈の中で捉え、鍵概念「植物の成長」から分散して広まった連想で捉えていることである。

二つ目は、シュンギクの茎頂の観察よりニンニクの根端の観察の方が鍵概念「植物の成長」に結びついているのではないかという点である。

三つ目は、学習前と学習後に自らが作成した2枚のIMを見比べることで新たに連想語をつなげ、かつ連想を広げることは難しかったが、授業者の作成したIMと学習後に作成したIMを見比べることでさらに鍵概念から連想を広げていたことである。

教科書にもとづいた授業を行うことで、生徒に「科学の知識」を身につける授業を行うことができた。しかし、目で見えるところにある茎頂における体細胞分裂の観察を通して、本小単元のねらいであった「植物の成長」を生徒に十分に実感させることはできなかった。そこで、目で見えないところにある根と目で見えるところにある茎頂の観察を通して、生徒が「植物の

成長」をより理解し、学習したことがより広くつながっていくような教育内容と教育方法の検討をしたい。

【註】

- 1) 文部科学省：『中学校学習指導要領解説理科編』，pp.100，2008
- 2) 文部科学省：『中学校学習指導要領解説理科編』，pp.94，2017
- 3) 島根県教育委員会：『各教科等の指導の重点』，2017
- 4) 野村和弘：「植物のからだのつくりに関する効果的な指導法の検討」，
(https://www.esnet.ed.jp/center/kenkyu/uploads/h19/h19_22-03.pdf) 2018年1月29日
確認
- 5) IMの分析方法は，栢野他：「エネルギー・環境教育的アプローチを導入した高等学校化学に関する実践的研究」，『科学教育研究』，Vol (1)，pp.40-48，2000の該当部分を参考に
した。
- 6) 分析には，IBM SPSS Statistics 25を使用した。以後の分析も同様である。
- 7) 直線型は，連想語が2以上連続して書かれれば全て1つとして数えた。分岐型は分岐の仕
方がどのようであろうとも，一つとして数えた。

島根大学教育学部附属教育支援センター研究紀要

『島根大学教育臨床総合研究 2018 Vol.17』掲載