

# 共通性・多様性の視点で捉える細胞教材の開発と カリキュラム・デザイン

渡邊 重義<sup>\*1</sup>・鳥井元翔多<sup>\*2</sup>

## Development of cell teaching materials and curriculum design from the perspective of unity and diversity

Shigeyoshi Watanabe, Shota Toriimoto

(Received September 30, 2020)

In order to bring out the concept of "unity and diversity", which is the viewpoint of science, we conducted research on teaching materials related to cells. As a result of study using onion cells as a teaching material, we were able to extract the following perspectives: 1. Observation of the three-dimensional structure of cells, 2. Comparison of cells in tissues between bulb scales and leaves, 3. Comparisons of epidermal cells of bulb scales, leaves, tepals, and roots. We also showed the viewpoint and method of curriculum design that links learning contents by observing onion cells. Furthermore, we proposed some lesson ideas to connect cell learning to brings out the concept of "unity and diversity".

**Key words :** development of teaching materials, curriculum design, cell, unity and diversity, biology education

### I. はじめに

1960年代のアメリカの高校生物プロジェクトのBSCS (Biological Science Curriculum Study) は、生物教育内容に「生物の時間的変化-進化」「生物の形の多様性と様式の同一性」「生物の遺伝的連続性」「生物体と環境の相補性」「行動の生物学的基礎」「構造と機能の相補性」「調節と恒常性の維持-変化に際しての生命の保全」「探究としての科学」「生物学における概念の歴史」の共通テーマを設けていた(梅埜 1996)。日本の生物教育もその影響を受け、中学校指導書理科編(文部省 1970)では、生物的領域に「生命」「進化」の上位概念と「多様性と同一性」「生命の連続性」「エネルギー交代・物質交代」「構造と機能」の4つの下位概念を置いた構造図が示された。それから約40年後、中学校学習指導要領解説理科編(文部科学省 2008)は、小学校・中学校の基本的な概念である「生命」の下に「生物の構造と機能」「生物の多様性と共通性」「生物と環境の関わり」という柱において、各学年で扱われる内容の系統性や関連性を表す表を提示した。このように「多様性と共通性(または同一性)」は、生物教育の中心テーマの一つであったが、2017年の

学習指導要領の改訂により「理科の見方・考え方」を働かせる理科学習が重視されるなかで、「共通性・多様性」は生命に関する事物・現象を捉えるための見方に位置づけられた。すなわち、すべての生命に関する学習を「共通性・多様性」の視点で捉え、内容の関連づけを行い、概念形成を行うことが求められている。

「共通性・多様性」の見方を働かせるためには、学習する生命に関する事象を「共通性・多様性」の観点から分析し、「共通性・多様性」の見方が生まれるための教材研究を行う必要がある。また、特定の教材だけでなく、単元レベルの展開や単元を越えた内容間の結び付きを導くためには、「共通性・多様性」の視点で見たカリキュラム・デザインや、つながりを意識した授業構想や指導支援が要求される。そこで、本研究では、「細胞」教材に注目し、「共通性・多様性」の視点が生まれる、あるいは「共通性・多様性」の視点から内容理解が深まるための教材開発を行った。

### II. 細胞の学習と共通性・多様性

#### 1. 細胞の学習と生物の基本概念

生命概念の形成において、生物を捉えるときのサイズは重要な鍵となる。生物教育は個体レベルからス

\*1 熊本大学教育学部理科教育

\*2 熊本大学大学院教育学研究科(現・佐賀市立成章中学校)

タートし、器官・組織レベル、細胞レベル、分子・粒子レベルへとミクロになる一方で、個体群レベル、群集・群落レベル、生態系レベルへとマクロにもなっていく。このような生物の階層性において、「生物としての構造と機能の最小単位」(細胞説)である細胞は、生命の基本単位であることや、細胞1個だけで生活する生物(単細胞生物)がいることを認識することによって、生命に対する学習者の見方を広げる。

また、細胞は生物教育のコアとなる内容の一つであり、生物の基本概念と様々に結び付く。例えば、中学校学習指導要領解説理科編(文部省1999)では、細胞は第3学年「生物の細胞と生殖」という枠組みで取り上げられ、細胞の構造→細胞分裂と成長→有性生殖・無性生殖→減数分裂→遺伝という学習の順序になっていた。つまり、このカリキュラムでは、細胞の学習は「生命の連続性」の概念形成に発展する。次の教育課程における中学校学習指導要領解説理科編(文部科学省2008)では、細胞は第2学年「動物の生活と生物の変遷」で取り上げられ、細胞→組織・器官という学習内容の配列のなかで、構造や機能の学習が行われるようになった。しかし、内容の系統を示す表では、生物と細胞の学習内容は「生物の多様性と共通性」と「生命の連続性」に跨る位置に配置されていた。さらに現在の教育課程の中学校学習指導要領解説理科編(文部科学省2018)では、細胞が第2学年で取り上げられることに変更はなかったが、細胞を扱う項目名が「生物のつくりと働き」になり、細胞→組織・器官という配列で「構造と機能」を学習するという枠組みが強調された。内容の系統を示す表では、細胞の学習は「生命の構造と機能」と「生命の連続性」に跨る位置に配置された。以上のように、細胞の学習は教育課程の変遷によって関連づけられる主な基本概念が変化し、細胞の学習を含む教材配列が「共通性・多様性」「構造と機能」「生命の連続性」とのつながり方に影響してきた。

中学校学習指導要領(2008)に準拠した教科書の細胞に関連した内容(表1)を見ると、第1学年で「細胞」という用語は登場し、植物の葉のつくり(葉の断面/気孔)と働き(光合成)に関連して扱われている。第2学年では、植物や動物の細胞の観察を行い、細胞の構造を確認する。次に単細胞生物と多細胞生物を学び、多細胞生物の組織や器官の学習へと展開する。また、細胞がエネルギーを取り出す働きとして細胞呼吸を学ぶ。第3学年では、細胞分裂、生物の殖え方(生殖細胞)を学習し、減数分裂、生殖細胞、受精という一連のプロセスと遺伝の規則性を関連づける。このような中学校における細胞の取り扱いを見ていくと、「構造と機能」「生命の連続性」の概念との関わりが強く、

「生物の多様性と共通性」との関わりはやや弱いことがわかる。

高等学校学習指導要領(2009)に準拠した「生物基礎」の教科書では、「生物の多様性と共通性」という単元の最初で、細胞は生物の共通性として取り上げられ、原核細胞と真核細胞、植物細胞と動物細胞を比較することで細胞の多様性と共通性を学習する(表2)。また、細胞の構造の多様性の枠組みで、単細胞生物と多細胞生物が取り上げられている。「細胞とエネルギー」では、細胞呼吸と細胞内共生説、「遺伝子の分配」「遺伝子の発現」では、細胞分裂や細胞周期に始まり、体細胞中の染色体、DNA、ゲノムが扱われる。しかし、遺伝的多様性や進化は「生物基礎」では扱われず、「生物」の内容になっている。なお、細胞は、生物の体内環境の維持に関する「ホルモンによる調節」や「免疫」の学習においても、標的細胞、樹状細胞、B細胞、T細胞、マクロファージとして登場する。

表1 中学校「理科」における細胞の取り上げられ方。  
中学校学習指導要領(2008)に準拠した教育課程。

細胞に関連した学習内容		生命領域の基本概念			
		生物の構造と機能	生物の多様性と共通性	生命の連続性	生物と環境のかかわり
1年	葉の構造	◎			
	光合成	◎			
2年	細胞の構造	○	○	△	
	生物の体のつくり	○	○		
	細胞呼吸	◎			
3年	成長と細胞分裂	○		○	
	生殖細胞	○		◎	
	遺伝のしくみ/DNA等			◎	

◎: 強く関連している。○: 関連している。△: 少し関連している。

表2 「生物基礎」における細胞の取り上げられ方。  
高等学校学習指導要領(2009)に準拠した教育課程。

細胞に関連した学習内容	生命領域の基本概念			
	生物の構造と機能	生物の多様性と共通性	生命の連続性	生物と環境のかかわり
生物の多様性と共通性	○	◎	△	
細胞とエネルギー	◎	○		
遺伝情報の分配	△	△	◎	
遺伝子の発現	△	△	◎	
ホルモンによる調節	◎			
免疫	◎			△

◎: 強く関連している。○: 関連している。△: 少し関連している。

## 2. 中学校理科教科書における細胞の観察の学習展開

中学校理科の内容構成(表1)をみると、細胞と「多様性と共通性」の関連性はやや弱いように見える。しかし、取り上げているテーマは高等学校の「生物基礎」

と類似しているため、「多様性と共通性」の見方を強調するような学習展開も可能になると考えられる。そこで、中学校学習指導要領（2008）に準拠した教科書（5社）の学習展開から、「多様性と共通性」につながる視点と問題点を抽出する。

細胞の学習は、植物（タマネギの鱗茎葉／オオカナダモの葉）と動物（口腔上皮の粘膜）の細胞を材料にして「どのようなつくりをしているか」（1社）、「どのような違いがあるか」（2社）、「共通するつくりや異なるつくりを調べよう」（2社）という課題に基づき、顕微鏡でそれぞれの細胞の構造を観察することから始まる。教科書会社によって課題の表現が違っていることから、細胞を観察するときの目的が統一されていないことが示唆される。観察の方法は5社ともほぼ同じであるため、上記の課題の表現は観察の視点や結果の考察に影響する。3種類の材料で無染色の試料と染色した試料を観察すれば、いくつかの比較（無染色－染色／タマネギ－オオカナダモ／動物－植物）が可能になり、染色された核の存在（共通点）や葉緑体の有無（相違点）は見出しやすいと考えられる。しかし、同じような形をした細胞が連なっていたり（植物）、散在していたり（動物）することは、細胞は生物の体を支える基本単位という共通性につながる視点であるにも関わらず、観察結果としてあまり取り上げられない。また、細胞膜、細胞壁、液胞は、そのような構造があることを知らないと観察において認識されにくいいため、共通点・相違点の対象になりにくいと考えられる。

共通という見方は、分類や部位（器官・組織）が異なるにも関わらず「同じ」であることを認識できたときに強く意識されると考えられるので、タマネギ（植物）とヒト（動物）の違いや、葉（オオカナダモ）と鱗茎（タマネギ）の違いの取り上げ方が重要になる。しかし、種類と部位の両方が異なる材料を比較しているので、何の「違い」なのかが整理されにくい可能性もある。同一種の異なる器官・組織の細胞を比較するような観察の方が、「共通性・多様性」の見方を導きやすいかも知れない。中学校の理科教科書では、5社すべてが細胞の観察、細胞の基本的な構造、単細胞生物と多細胞生物と学習した後のまとめにおいて、個体、器官、組織、細胞という生物の階層性を示す図中で、ヒトと植物（ツバキ／ホウセンカ／ムラサキツユクサ）の異なる組織の細胞を提示している。また、葉の表皮細胞と葉肉細胞、小腸の上皮細胞と筋細胞のように同一組織中の異なる細胞も示されている。このような資料の提示は、細胞と「共通性・多様性」の見方をつなげる鍵になるであろう。

### III. 細胞の共通性・多様性を考える教材研究

#### 1. 教材研究の目的と方法

細胞の観察を通して、「共通性・多様性」を考えるための教材研究を行った。材料には、中学校理科において、細胞や細胞分裂の観察のための材料として用いられているタマネギを選択した。市販されているタマネギの鱗茎、鱗茎を水耕栽培して発根させたもの、さらに鱗茎を露地栽培して葉や花をつけたものを準備して、鱗茎（葉）、葉、花、根の組織と細胞の観察を行った。鱗茎葉の組織の観察には徒手切片を用いたが、葉、花弁、根の切片の作成にはプラントミクロトーム（日本医化）を用いた。表皮細胞の観察は、鱗茎葉と葉については、表面に剃刀で切れ込みを入れて、ピンセットで表皮組織だけを剥がしてプレパラートを作成した。花弁については、花弁をそのまま水で封入してプレパラートにして、焦点を表皮に合わせて観察した。根の表皮細胞は、組織の横断または縦断切片を用いた。組織および細胞は、無染色あるいは1%酢酸カーミン、0.05%トルイジンブルー、1%サフランインで染色して観察した。

#### 2. 結果

##### 1) 鱗茎の細胞の観察

タマネギの鱗茎葉の内側（向軸面）の表皮を酢酸カーミンで染色して観察したものが図1である。中学校理科において、植物細胞として最初に観察するのが、このような細胞の姿であり、生徒が細胞としてイメージする基本形になる。顕微鏡で観察すると、図1のように、直線的な長方形の枠（細胞壁）の中に赤く染まった丸い部分（核）が確認できる。表皮細胞であるため、植物細胞の特徴である葉緑体はなく、生徒実験用の光学顕微鏡では、細胞全体に広がった液胞や、ミトコンドリアの存在を確認することは難しい。

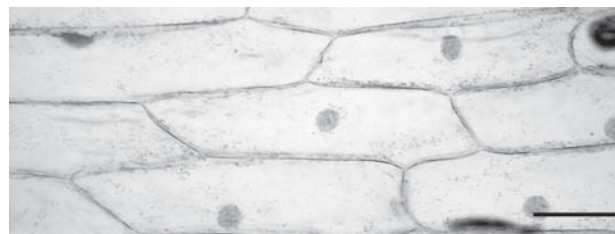


図1 タマネギの鱗茎葉の表皮細胞。酢酸カーミン染色。スケールは100 $\mu$ m。

鱗茎葉の表皮細胞の姿は、層状に広がる表皮組織と直交する方向から見たものであるため、生徒は細胞を平面的に認識しているかも知れない。そこで、表皮を



鱗茎葉から剥がさずに、横断または縦断切片を作成して観察した(図2)。図1の表皮細胞の短軸方向に相当するのが図2Aであり、長軸方向に相当するのが図2Bである。鱗茎葉の断面を異なる方向から見ることによって、表皮細胞の立体的な構造を確認できる。また、表皮細胞の下にも細胞があって(図2C)、表皮細胞と形や大きさが異なるが、染色された核をもつ細胞が集まって鱗茎葉になっていることを確認できる。

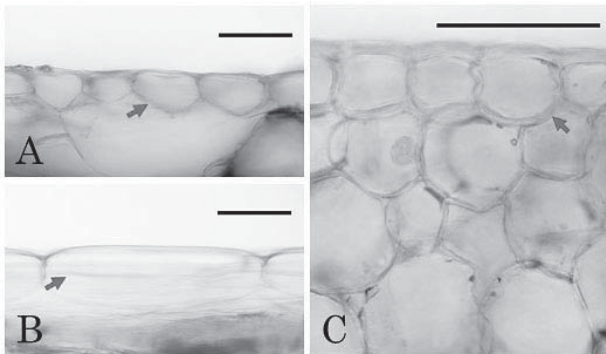


図2 タマネギの鱗茎葉の横断面(A, C)と縦断面(B)。A, Bは無染色。Cは酢酸カーミン染色。矢印は表皮細胞。スケールは100 $\mu$ m。

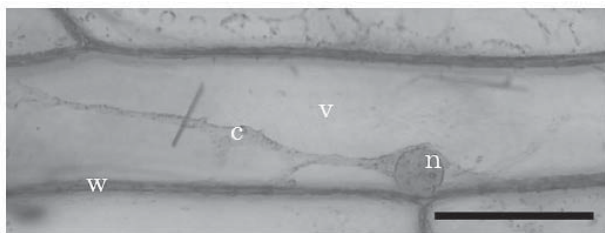


図3 タマネギの鱗茎葉の表皮細胞の構造。サフラニン染色。n:核。c:細胞質。v:液胞。w:細胞壁。スケールは100 $\mu$ m。

中・高校生の生徒実験用の光学顕微鏡では、絞りを調節することで細胞中に核以外の小さな粒子が存在することを確認できるが、酢酸カーミンなどの塩基性色素を用いた一般的な染色では液胞を確認することは難しい。細胞壁や核を染色するサフラニンで染色した試料では、図3のように核とそれを包む細胞質、さらに細胞質が糸状に伸びていることから液胞の存在を確認できる場合があった。材料の状態と染色状況によっては、他の染色液でも同様の観察結果が得られることがある。

## 2) 葉の細胞の観察

植物の葉は背腹性(表と裏)をもつ両面葉が一般的であり、発生するときに茎に向いている方(表側)を向軸側、その反対(裏側)を背軸側と呼ぶ。タマネギが含まれるネギ属の葉では、背軸側を外側にして円筒

形になっているため、図4の葉の周縁部全体が通常の葉の裏側に相当する。その周縁部の断面(図5)をみると、表面には透明な表皮があり、その内部に葉緑体をもった数層の葉肉細胞が並んでいることがわかる。また、その内側には維管束を確認することもできる。栄養器官である葉の組織や細胞と、貯蔵器官である鱗茎の鱗茎葉の組織や細胞を比べることで、基本的な構造の類似点と、細胞の形や葉緑体の有無などの相違点を認識できるのではないかと考えられる。

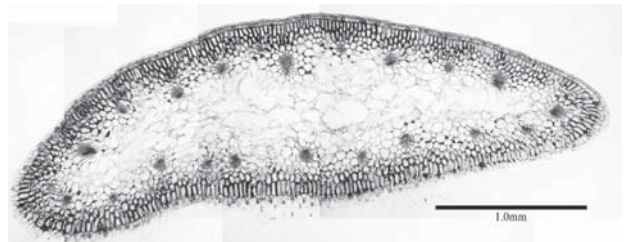


図4 タマネギの葉の横断面1。スケールは1mm。

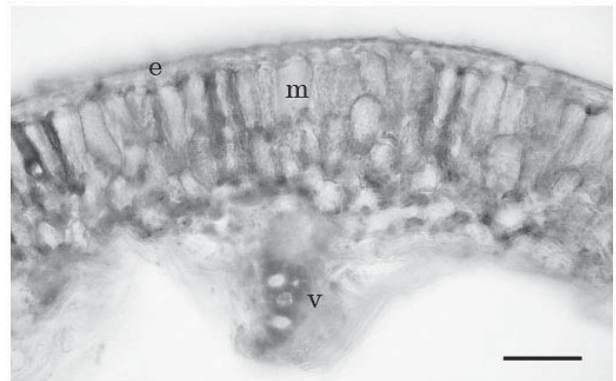


図5 タマネギの葉の横断面2。e:表皮。m:葉肉。v:維管束。スケールは100 $\mu$ m。

タマネギの葉の表皮細胞(図6A)は、外形が菱形であり、規則正しく組み合わさるように並んでいた。葉の部位によっては、表皮細胞が長軸方向に細長く伸びていたが(図6B)、これは葉の伸長成長と関係していると考えられる。鱗茎葉の表皮細胞とは似た点(細胞壁が目立つ/葉緑体がない)と異なる点(細胞全体の形)があることが確認できる。葉の表面すべてが背軸面であるタマネギの葉では、図6のように数多くの気孔を観察することができる。鱗茎葉でも稀に気孔が観察されることと比較してもよいであろう。

表皮細胞の下の葉肉細胞(図7)は、木本の普通葉にある柵状組織の細胞とよく似た形態を示し、葉緑体を含む細長い細胞が密に並んでいた。葉緑体の分布に注目すると、図7Aでは細胞の縁に並び、図7Bでは平面的に並んでいることがわかる。図7Cの表皮側からの観察では、葉緑体が円状に分布していることより、図7の葉肉細胞の中央には大きな液胞があること

が推察できる。大きな液胞があることは、鱗茎葉の表皮細胞と共通した点と言える。図7よりも下層の葉肉細胞は、形や大きさが不揃いで、細胞中の葉緑体は小さく数は少ないという違いがあった（鳥井元・渡邊 2018a）。

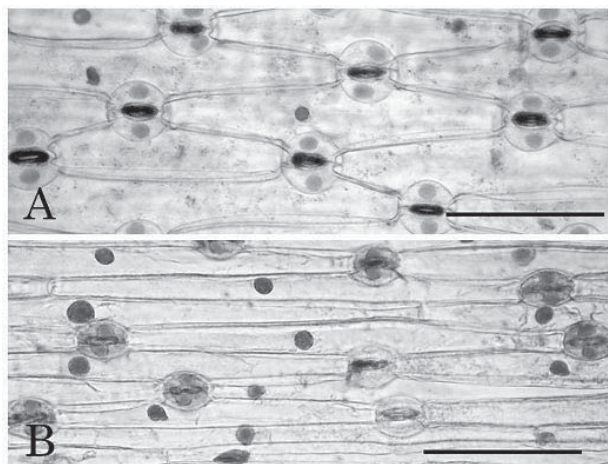


図6 タマネギの葉の表皮細胞。酢酸カーミン染色。Aは菱形の細胞が連なっている。Bは葉の伸長方向に細胞が細長くなっている。スケールは100 $\mu$ m。Bは鳥井元・渡邊（2018b）より引用。

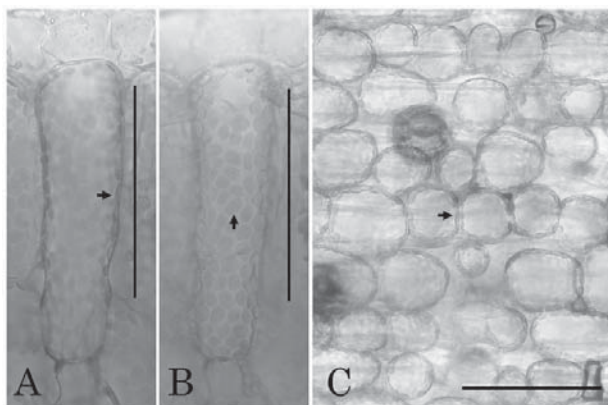


図7 タマネギの葉の葉肉細胞。A, Bは葉の横断面。焦点を変えて撮影した表皮の下の葉肉細胞。Cは表皮の上から撮影した葉肉細胞。葉緑体（矢印）は細胞の縁に集まっている。スケールは100 $\mu$ m。

### 3) 花被片の細胞の観察

春先にタマネギを露地栽培すると、6~8月に花をつける。“ネギ坊主”と呼ばれる球状の散形花序になり（図8A）、花には6枚の花被片があるため（図8B）、花期であればたくさんの観察材料を準備することができる。花は葉が変形して生じたものであるため、鱗茎葉、葉、花被片の構造の比較は、葉の貯蔵器官、栄養器官、生殖器官への分化と関連づけることができる。

花被片は白色であり、花被片を構成する細胞は色素を含んでいなかったが、中肋部分に葉緑体を含む細胞が観察された。無染色の横断面（図9）を見ると、向

軸面（表）の表皮は凸状の突起がある細胞が並んでいた。背軸面（裏）は、柔組織とあまり大きさの変わらない四角形の表皮細胞が並んでいた。向軸面と背軸面の表皮細胞の構造が異なるつくりは、花被片においては一般的である（安田 1986）。花被片に気孔が観察できる点は、葉との共通点を示すことになる。



図8 タマネギの花。A：散形花序。B：花。

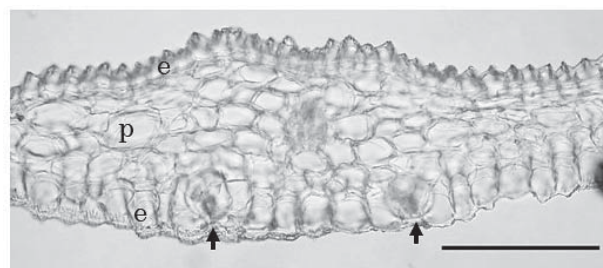


図9 タマネギの花被片の横断面。無染色。e：表皮。p：柔組織。花弁の裏側（背軸面）に気孔（矢印）がある。スケールは100 $\mu$ m。

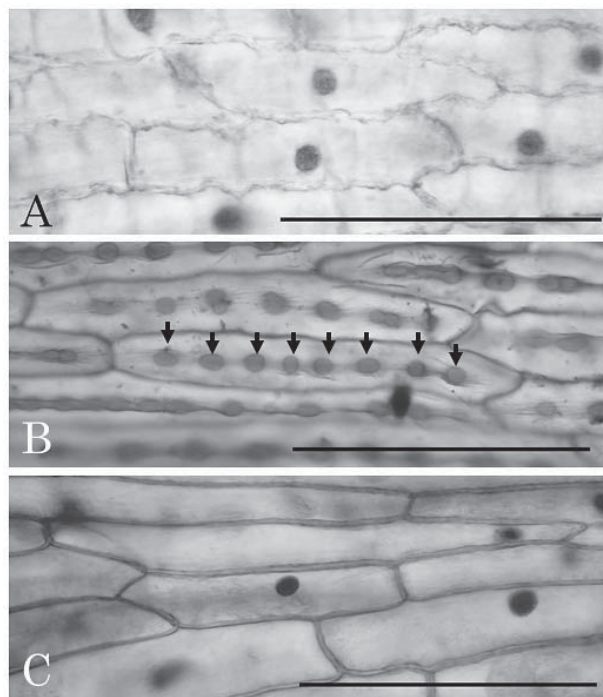


図10 タマネギの花被片の表皮細胞。AとBは向軸面（表）。Cは背軸面（裏）。Aは酢酸カーミン染色。B, Cはトルイジンブルー染色。Bの矢印は細胞表面の突出した部分（図9の横断面上部の凸の部分に相当する）。スケールは100 $\mu$ m。Bは鳥井元・渡邊（2018b）より引用。



花被片の向軸面の表皮細胞（図 10A）は、鱗茎葉や葉の表皮細胞よりも小さく、細胞壁が波打っているという特徴があった。また、トルイジンブルー染色を行った向軸面の表皮細胞の表面に焦点を合わせて観察すると、図 10B の矢印で示すような濃く染まった部分が、細胞の長軸方向に沿って並んでいるのが確認できた。これは図 9 の横断面にある向軸面の凸部分に該当すると考えられる。背軸面の表皮細胞（図 10C）は、鱗茎葉の表皮細胞と形が似ていた。

#### 4) 根の細胞の観察

根は植物の栄養器官（根・茎・葉）の一つであるが、組織や細胞の比較という観点でみると、共通点や相違点は維管束系の形態や葉緑体の分布を茎と対比することで見つけやすくなる。しかし、タマネギの茎は鱗茎下部の根が生えている一部分だけであり、植物の典型的な茎の構造を観察する材料としては適当ではない。トルイジンブルーは、木化した組織を青緑色に染め、木化していない細胞壁を赤紫色に染めるが（O'Brien ら 1964）、図 11A の根の横断面では表皮を含む外側の数層の細胞と中心部の維管束系の細胞が青緑色に染まり、その間の皮層の部分は赤紫に染め分けられた。したがって、根を構成する細胞が分化していることが確認できる。タマネギの根は、細胞分裂の観察材料として一般的であるが、生物の成長を考えるための材料としても取り上げられている。その場合、根の縦断面の図 11B のような写真が示され、細胞が成長方向に並んでいることや、根の先端と、その上部の細胞の大きさの違いから、細胞が大きくなるのが成長の一因であることを学習する。

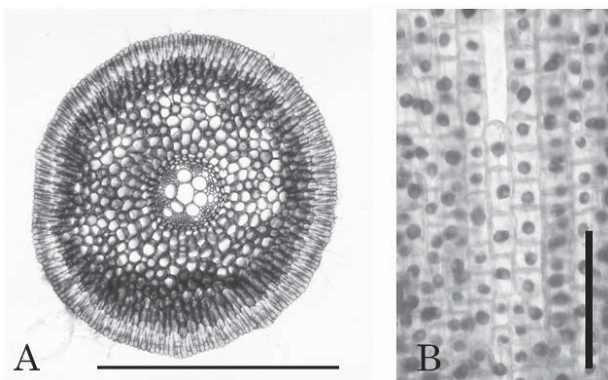


図 11 タマネギの根の横断面 (A) と縦断面 (B)。  
A はトルイジンブルー染色。スケールは 1mm。  
B は酢酸カーミン染色。スケールは 100 $\mu$ m。

根の横断面の表面部分（図 12）を見ると、最も外側に表皮細胞が一層に並んでいることがわかる。根の表皮細胞は、横断面では表面が丸い四角形に見えるが、根の縦断面を観察すると伸長方向に細長い長方形をし

ている。表皮細胞の表面には鱗茎葉や葉のようなクチクラ層は観察されない。これは地中が大気中と比べて乾燥した状況にないことに関連づけて考察できる。したがって、表皮細胞の構造が「生物と環境のかかわり」にも結びつく可能性がある。表皮細胞の下にもトルイジンブルー染色で青緑色に染まった細胞の層が存在するが、これは組織内部の保護を行う外皮であり、一部のシダ植物や単子葉植物の根で観察される（清水 2001）。

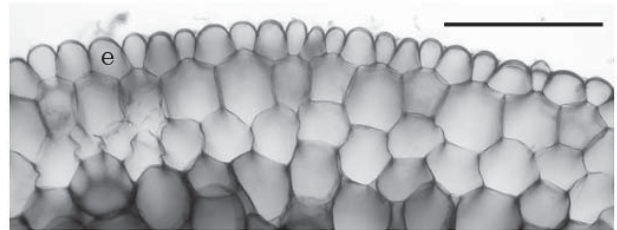


図 12 タマネギの根の横断面の表層部。トルイジンブルー染色。e：表皮細胞。スケールは 100 $\mu$ m。

## IV. カリキュラム・デザインと授業構想

### 1. カリキュラム・デザイン

生物教育では、葉のつくりの観察ではツバキ、気孔の観察ではツユクサ、体細胞分裂の観察ではタマネギのように学習内容に定番の生物が教材として用いられることが多い。観察実験や学習内容の説明に最も適した教材が選択されているためではあるが、特定の生物に注目して生命に関する事象を統一的に理解するようなアプローチも必要になる。生物の階層性を超えて「共通性・多様性」の理解を導くためにも、特定の生物を核にした学習内容の関連づけは有効ではないかと考えられる。タマネギは、身の回りの環境に自生する植物ではないが、食品として入手が容易であり、現行の中学校理科では細胞の構造や細胞分裂の観察材料として用いられている。したがって、本研究で示したように観察の対象を広げたり、観察の方法を工夫したりすることで、細胞レベルでの「共通性・多様性」の視点が生まれ、他の学習内容との有機的な結び付きに発展する。

中学校学習指導要領解説理科編（2018）では、細胞は第 2 学年で「構造と機能」「生命の連続性」に関連するように位置づけられているが、細胞の「共通性・多様性」を意図した学習を行うことで第 1 学年の個体レベルの「共通性・多様性」を考える学習と関連づけられる。また、細胞を「共通性・多様性」の観点から見ると、第 3 学年の「共通性・多様性」が生じるしくみとしての遺伝の学習に展開し、中学校 3 年間で

通じた「共通性・多様性」の学習の文脈が生まれることになる。タマネギの細胞の多面的な観察は「比較する」活動を通して「構造」を捉え、その「共通性・多様性」を「機能」と関連づけて考察するという科学的な考え方において、第1学年の個体レベルの生物の学習と第2学年の細胞レベルの学習を結び付ける。また、タマネギという同じ生物に注目することで、第2学年の細胞の観察と第3学年の細胞分裂の観察が関連づけられる。

## 2. カリキュラム・デザインから授業構想へ

現行の中学校理科教科書では、動物細胞としてヒトの口腔上皮の粘膜細胞、植物細胞としてタマネギの鱗茎葉の表皮細胞とオオカナダモの葉の細胞が用いられている。オオカナダモの葉が用いられるのは、葉が2層の細胞でできているため観察しやすいことと、タマネギの表皮細胞には見られない葉緑体を確認するためである。その一方で、オオカナダモの葉の細胞には、葉緑体が細胞全体に分布しているために核を観察しにくいという欠点もある。ほとんどの中学校理科教科書は、器官・組織の異なる上記の3種の生物種の細胞を比べて、動物細胞・植物細胞を比較している。植物細胞については、単元のまとめの段階で、ツユクサ、ホウセンカ、ツバキを例にして異なる器官・組織の細胞を紹介している。しかし、実際に細胞を観察しているタマネギ、オオカナダモは、根・茎・葉の区別が容易ではないためにまとめの例として取り上げられていない。

比較観察によって細胞の「共通性・多様性」を見出すためには、生物種、器官・組織などを整理して比べることが望ましい。現行の教科書で用いられている3種の細胞を比較して動物細胞と植物細胞の構造の違いを指摘することはできても、そこから細胞の「共通性・多様性」を認識することは容易ではない。例えば、同一種の生物の体をつくっている細胞が分化して構造が変化しているときに「多様性」を感じ、形が様々であっても同じ構造があったときに「共通性」を見出すのではないかと考えられる。あるいは同じ器官・組織で「共通性」が高いと考えられる細胞であるに関わらず、機能の面で形などに違いが見られたときに「多様性」を意識するのではないだろうか。

タマネギは鱗茎を水耕栽培することで根や葉を得られるため、器官・組織の異なる細胞を観察する材料として用いやすい。そこで、「共通性・多様性」の見方を導く方策として、本研究の教材研究の結果を生かした中学校理科第2学年「生物の体のつくりと働き」の授業展開を提示する。

### 【展開例1】

植物細胞の材料としてタマネギの鱗茎葉の表皮細胞と葉の細胞を用いて、ヒトの口腔上皮の粘膜細胞との比較（植物／動物）を行い、植物細胞と動物細胞の共通点と相違点を探し、細胞に関する基本的な理解を得る。次にタマネギの鱗茎葉と葉の細胞を比較して、器官の異なる細胞の共通点と相違点をあげ、同一種の生物における細胞の多様化を考察する。

### 【展開例2】

タマネギの鱗茎葉の表皮細胞を観察するときに鱗茎葉の横断面または縦断面の切片の観察も行い、立体的な細胞のつくりを理解する。鱗茎葉の断面は、観察後の考察において、資料（画像）として提示してもよい。また、断面を観察することで表皮細胞の下にもたくさんの細胞があって、生物体が細胞によってできていることに気づく。このようなタマネギの鱗茎葉の細胞の観察を基準として、ヒトの口腔上皮の粘膜細胞やオオカナダモの葉の細胞の特徴を見出し、共通点や相違点をまとめる。

### 【展開例3】

通常の細胞の学習の発展として1、2時間を追加し、タマネギの鱗茎葉、葉、花被片の表皮細胞の形態を比較する学習を行う。材料が準備できる場合は、顕微鏡を用いた観察を行い、準備が困難な場合は資料学習として実施する。鱗茎葉、葉、花被片が、それぞれ貯蔵器官、栄養器官、生殖器官であることから機能と関連づけるような考察を行う。鱗茎葉や花弁の表と裏（向軸面と背軸面）の比較や、気孔の存在から葉の表裏を考えるような学習に展開すれば、探究的な学びになる。また、表皮の役割を考えることによって、植物の陸上環境への適応や進化の学習に発展させることもできる。

### 【展開例4】

「生物の体のつくりと働き」の単元において、「生物と細胞」の最終時または「植物の体のつくりと働き」の学習が終わった後に、タマネギを材料にして、個体－器官・組織－細胞の関係性を図13のようにまとめる。図13は、写真で組織、細胞の形態を示しているが、写真の場所に記入欄を設けた同様のワークシートを準備して、図13に対応させながら、組織・細胞の特徴を記述し、共通点や相違点についてグループやクラスで話し合う。「植物の体のつくりと働き」の学習の最後にこのような学習を行う場合は、花（生殖）、葉（光合成）、鱗茎（栄養貯蔵）、根（水分や養分の吸収）などの機能に関連づけて、組織・細胞の「共通性・多様性」の考察を行う。



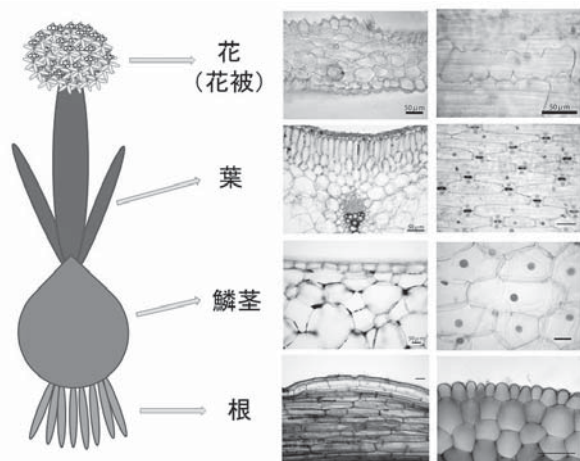


図13 タマネギの各器官における表皮細胞の形態の比較。

## V. おわりに

生物教育における教材研究では、観察実験のための教材教具の工夫や実験方法の開発あるいは学習内容の理解につながる教材の取り扱いの検討などが行われることが多く、科学的な見方や考え方の視点から教材研究が行われることは少ない。本研究は、小・中学校理科の「生命」領域の「理科の見方」である「共通性・多様性」の観点から教材研究を行った。現行の教科書でよく用いられているタマネギに注目し、その細胞観察の学習で「共通性・多様性」の視点が生きるための教材研究を行い、カリキュラム・デザインおよび授業構想の事例を提示した。概念形成に発展する学習の文脈を誘導する教材はタマネギに限定される訳ではなく、植物教材で言えば、気孔の観察で用いられるツクサや、小学校の理科でよく用いられるホウセンカも複数の学習を結び付ける核になる可能性をもつ。したがって、今後はタマネギ以外の材料で同様の研究を行うとともに、「共通性・多様性」に関する学習者の認識を教材研究や授業構想に反映させたい。

## 付 記

本研究は平成30年度修士論文研究「多様性と共通性に注目したタマネギの細胞の教材」(鳥井元翔多)の研究データの一部を用いて、新たなデータを付け加え、カリキュラム・デザインと授業構想の内容を大幅に加筆してまとめ直したものである。

## 文 献

- 文部科学省(2018) 中学校学習指導要領(平成29年告示) 解説理科編, 学校図書, 11.18.86-90.
- 文部科学省(2008) 中学校学習指導要領解説理科編, 大日本図書, 14.72-73.
- 文部省(1999) 中学校学習指導要領(平成10年12月) 解説理科編, 大日本図書, 82-86.
- 文部省(1970) 中学校指導書理科編, 大日本図書, 224-227.
- O'Brien, T. P., Feder, N., McCully, M. E. (1964) Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O, *Protoplasma* 59(2), 368-373.
- 清水建美(2001) 図説植物用語事典, 八坂書房, 246-248.
- 鳥井元翔多・渡邊重義(2018a) 多様性と共通性に注目したタマネギの細胞の観察-器官・組織の細胞の比較観察-, 日本理科教育学会九州支部大会発表論文集, 第44巻, 20-22.
- 鳥井元翔多・渡邊重義(2018b) 多様性と共通性に注目したタマネギの表皮細胞の観察-細胞学習の教材研究からカリキュラム構想へ-, 日本科学教育学会研究会研究報告, 33(2), 21-26.
- 梅埜國夫(1996) 生物教育の現代化, 教育出版センター, 80-90.
- 安田齊(1986) 改訂版花の色の謎, 東海大学出版, 26-29.

## 調査に用いた教科書

- 有馬朗人ほか, 新版理科の世界2, 大日本図書, 平成27年検定済
- 塚田捷, 大矢禎一, 江口太郎, 鈴木盛久ほか, 未来へ広がるサイエンス, 啓林館, 平成27年検定済
- 岡村定矩, 藤嶋昭ほか, 新編新しい科学2, 東京書籍, 平成27年検定済
- 霜田光一, 森本信也ほか, 中学校科学2, 学校図書, 平成27年検定済
- 細谷治夫, 養老孟子, 丸山茂徳ほか, 自然の探究中学理科2, 教育出版, 平成27年検定済
- 鳥田正和ほか, 生物基礎, 数研出版, 平成23年検定済
- 本川達雄ほか, 生物基礎, 啓林館, 平成23年検定済
- 浅島誠ほか, 生物基礎, 東京書籍, 平成23年検定済
- 吉里勝利ほか, 高等学校生物基礎, 第一学習社, 平成23年検定済