

中学校理科の授業における実物観察に関する考察

—花のつくりを例とした実践方法の検討—

岩元 明敏

1. はじめに

平成29年告示の中学校理科の学習指導要領⁽¹⁾(現行の中学校理科指導要領)の目標には、観察・実験を行うことにより、科学的に探求する力を養うことが明示されている。この理由は、平成20年改訂の学習指導要領の課題の1つとして、TIMSS2015の結果に基づく、国際的に見て「観察・実験の結果などを整理・分析した上で、解釈・考察し、証明すること」の資質・能力が十分ではないことが中央教育審議会から答申されたためであると考えられる⁽²⁾。

観察・実験のうち、観察については実物を用いること、すなわち実物観察がきわめて重要である。教育現場でもデジタル化が進み、多くのコンテンツがタブレット端末などを通じて視聴することが可能となってきたが、理科における観察は実物を用いなければ、本質的な理解にはつながらない。写真や映像だけでは、対象物の細部は把握できず、また視覚以外の情報、すなわち触覚、嗅覚などの情報も原則として得ることができない。

中学校理科における実物観察の代表的な例として、花のつくりの観察があげられる。現行の中学校理科指導要領の第2分野の内容では、花のつくりについて扱うことが示されており⁽¹⁾、令和2年検定、令和3年発行の各社の中学校理科の検定教科書の1年次の単元では、図や写真とともに花のつくりについての詳細な説明が掲載されている^(3, 4, 5, 6, 7)。同時にこれら全ての教科書において、花のつくりを実物の花を用いてどのように観察するかについても解説されている。

そこで本論文では、各社の教科書における花のつくりに関する説明とその観察方法に関する比較を行い、植物形態学的な知見も踏まえて、花のつくりについて観察も含めてどのように教えるべきかを検討する。さらにその検討を通じて、中学校理科の授業一般において実物観察をどのように取り入れ、実践していくべきかについての考察を行う。

2. 各社の検定教科書における花のつくりの説明の比較

令和2年検定の各社(学校図書⁽³⁾、教育出版⁽⁴⁾、啓林館⁽⁵⁾、大日本図書⁽⁶⁾、東京書籍⁽⁷⁾、50音順)の中学校理科教科書(1学年向け)における花のつくりの説明の比較を行った。いずれの教科書においても、花の各部の名称が書かれた模式図が説明の中心となっている。そこで、まず各社の模式図に記載のある花器官名および部分名称について、表にまと

めた(表1)。以下ではこの表を参照しつつ、各社の花のつくりに関する説明についての比較と、それについての考察を進めていく。

雌蕊(めしべ)については柱頭、子房は全ての教科書で記載が見られた一方、花柱に関しては啓林館と東京書籍で、また胚珠については大日本図書の教科書において記載が見られなかった。この共通性と違いの理由としては、どの教科書においても、花のつくりの後に果実・種子形成のことを取り上げていることがあげられる。花は植物の生殖器官であり、柱頭において花粉を受粉後、花粉管が花柱内を伸長し、そこから送り出された精細胞と子房の胚珠内にある卵細胞との間で受精が起き、果実・種子形成が開始される^(8,9)。中学校理科指導要領解説でも、「胚珠が種子になることに触れる」との言及がある⁽²⁾。この果実・種子形成を説明するためには、事前に花粉を受粉する柱頭、そして果実へと発達する子房、種子へと発達する胚珠の記載が必要である。そのため、ほぼ全ての教科書でこの3つの用語の記載が、花の模式図内に見られたと考えられる。なお、唯一胚珠の記載が花の模式図に含まれていない大日本図書の教科書でも、その後の花から果実の形成に関する解説で、写真を用いて胚珠についての詳細な説明がされている。一方、花柱については、中学校理科指導要領解説には「めしべは柱頭、花柱、子房の3部分から成り立っていること」を理解させることとあるが⁽²⁾、啓林館および東京書籍の教科書では記述がない。これは、花柱が果実・種子形成に直接的に関わらないため、記述が省略可能と判断されたものと考えられる。

雄蕊(おしべ)については、全ての教科書で葯(やく)のみの記載があり、花糸について言及されている教科書はなかった。花の雄蕊は、通常、花粉が形成される葯と、その葯と花の基部(花床)をつなぐ部分である花糸によって形成されている^(10,11)。それにも関わらず花糸に関する記載がどの教科書にもないことは、雌蕊の場合と同様にその後の果実・種子形成に花糸は直接関連しないためであると考えられる。一方で、果実・種子形成に必要な不可欠である花粉が形成される葯についてはどの教科書でも記載がある。

花卉、萼片(がく)については、全ての教科書の模式図に記載があった。ただし、教育出版の教科書のみ、萼片と萼の違いについての説明があり、模式図にも萼(がく)ではなく、萼片(がくへん)と記載されていた。植物形態学的な観点から見ると、花の各器官には単独の器官を指す用語と集合としての器官を指す用語の両方が存在する。すなわち、花卉(petal) - 花冠(corolla)、萼片(sepal) - 萼(calyx)、雄蕊(stamen) - 雄蕊群(androecium)、雌蕊(pistil) - 雌蕊群(gynoecium)である^(10,11)。雌蕊については心皮という用語を用いた方がより適切と考えられるが、それについては後述する。これは、植物の花においては器官の融合がしばしば生じ、観察しているものが単独の器官である場合と、複数の器官が融合してできた集合体である両方の場合があるためであると考えられる。したがって、植物形態学的には萼片と萼は分けるべきであり、他の器官名について単独の器官を示す名称(花卉、雄蕊、雌蕊)を用いている以上、本来は中学校教科書でも萼(がく)ではなく、萼片(がく片)と記載するのが適切と言える。この点について、前述した通り教育出版の教科書のみ言及があり、模式図に萼(がく)ではなく、萼片(がく片)と記載されている。中学校理科では、花器官の融合の一例である花卉の融合(合弁と離弁)についても扱うため、他社の教科書においても教育出版と同様の記載方法にすべきである。

同様の単独の器官を指す名称と集合器官を指す名称の問題は、雌蕊についても存在する。各社の教科書では雌蕊（めしべ）という名称を使って、果実・種子形成が行われる器官についての記述を行っている。これは中学校理科指導要領の内容に基づくものであり⁽¹⁾、指導要領解説においても「花のつくりについては、花の中心から、めしべ、おしべ、花弁、がく（がく片）の順に構成されていることを理解させる」との記述がある⁽²⁾。しかし、雌蕊は単独の器官ではなく、心皮（carpel）と呼ばれる器官の集合体を指す場合がある⁽¹¹⁾。すなわち、果実・種子形成が行われる器官の最小単位は心皮であり、雌蕊はその心皮で構成された器官である。雌蕊が1つの心皮で構成されている場合を離生心皮、雌蕊が複数の心皮で形成されている場合を合生心皮と言う^(9, 11)。合生心皮の場合、雌蕊は集合器官と考えることができ、雄蕊と同列に扱うべきではない。以上のことから、花の各器官の名称を雄蕊、花弁などと並べて模式図に書き込む場合には、雌蕊ではなく心皮とする方がより適切である。しかし、心皮の概念を適切に教えるためには、生徒が花の多様性と進化過程についての知識を持っていることが必要である。また、雌蕊が単独の心皮から構成されている場合もあり、その場合は単独の器官ととらえることができる。さらに生徒は、小学校から雄蕊、雌蕊という用語で花のつくりについて学んでおり、中学校理科で雌蕊を心皮と標記することはかえって混乱を招く可能性が高い。以上のことから現段階では中学校理科においても雌蕊という用語を用いるべきであろう。後の花の観察の章でも言及するが、実際の花を観察する際に雌蕊が集合器官となる場合もあることを理解させ、その後の学びにつなげる方がより教育効果は高いと考えられる。

蜜腺については、各社で対応が分かれており、教育出版と大日本図書の2社で記載があった。蜜腺は、受粉に必要なポリネーターを誘引する物質（蜜）を分泌する器官であり⁽¹⁰⁾、その意味では受粉、そして果実・種子形成とも関連している。しかし、ポリネーターを必要としない風媒、水媒などの花が存在すること、また蜜腺そのものが発達しない種もあることから、一部の出版社の教科書のみでの記載となったと考えられる。

表1 花のつくりについて

		学校図書	教育出版	啓林館	大日本図書	東京書籍
雌蕊（めしべ）	柱頭	○	○	○	○	○
	花柱	○	○	×	○	×
	子房	○	○	○	○	○
	胚珠	○	○	○	×	○
雄蕊（おしべ）	葯（やく）	○	○	○	○	○
	花糸	×	×	×	×	×
蜜腺		×	○	×	○	×
花弁		○	○	○	○	○
萼片（がく）		○	○	○	○	○
備考			萼片と萼の 区別あり			果実との対 比あり

○…記載がある ×…記載がない

3. 各社の検定教科書における花のつくりの観察方法の比較

次に各社^(3, 4, 5, 6, 7)の教科書における花のつくりの観察方法の解説についての比較を行った。いずれの教科書においても、花のつくりの観察は「観察」(学校図書, 教育出版, 啓林館, 東京書籍)または「実習」(大日本図書)という名称の囲み記事になっており、記事の内容の手順に従っていくと観察が進められるような形式になっている。この観察方法について、どのような植物を観察例として取り上げているか(観察の材料としているか)、また観察のポイントとしてどのような点をあげているかについて表にまとめた(表2)。以降は、この表を参照しつつ各社の花のつくりの観察に関する解説についての比較と、それについての考察を進めていく。

まず、観察例としては、東京書籍を除く全ての教科書でアブラナとツツジが取り扱われていた。アブラナは離弁花、ツツジは合弁花それぞれの代表としてあげられていると考えられる。花のつくりについて扱う単元は、新学期開始後の早い時期、おそらく4月後半～5月上旬にかけて授業が実施されるため、この時期が開花時期にあたるアブラナとツツジは観察対象として適切と言える。また、教育出版と大日本図書の教科書では、この2種に加えてエンドウも観察対象の例として取り扱われている。エンドウはマメ科の植物でアブラナと同じ離弁花であるが、各花弁が旗弁、翼弁、竜骨弁に分化しており^(10, 11)、花の形態の多様化を理解させるための良い観察対象となるため、この2社の教科書では取り扱われていると考えられる。一方、東京書籍の教科書は、観察対象とする植物の例を5社の中で唯一明記せず、囲み記事後半の「ほかの花のめしべを観察する」という項目で初めて「カラスノエンドウ」という具体的な植物名をあげている。観察する植物の例を明記しないことは、材料の入手の問題などを考慮してのものである可能性が高いが、他社が取り上げているアブラナとツツジは、前述したようにこの時期が開花時期であり、比較的入手しやすい観察材料である。教師による観察指導の準備がスムーズに進められるよう、東京書籍の教科書でも具体的な植物名をあげるべきだろう。

つづいて、観察の流れについての比較を行う。5社中4社の教科書で、花全体の観察→花の分解(解剖)とつくりの観察という流れが示されているが、唯一大日本図書の教科書のみ、花全体の観察についての言及がない。確かに、この観察でのポイントは花のつくりを明らかにする事であるため、花の分解とつくりのみに焦点をあてる構成も理解できる。しかし、花の各部の構造を理解するためには、まず全体の構造を把握することも重要である。その観点から、大日本図書の教科書においても、最初に花全体の観察についての記述があることが望ましいと言える。

全ての教科書で、花の分解とつくりの観察についての手順を説明した後に、雌蕊内部の観察(胚珠の観察)の手順が説明されている。しかしその流れには違いがあり、花の分解とつくりの観察に続いて、同じ囲み記事内で雌蕊内部の観察に進む教科書(学校図書, 啓林館, 東京書籍)と、別の囲み記事として雌蕊内部の観察を扱う教科書(教育出版, 大日本図書)に分かれた。花のつくりの観察と、果実・種子形成の観察を連続して解説するか、分けて解説するかという違いであり、どちらの方式にも長所・短所がある。まず、前者の場合、雌蕊の内部構造の観察までがワンセットになっているため、授業時間内に観察をスムーズに終えることができると考えられる。しかし、種子・果実形成の重要性を意識づけ

ることはやや難しくなる。一方、後者の場合、教員側の時間配分がやや煩雑となり、花のつくりの観察に時間がかかった場合、雌蕊の内部観察まで授業時間内に到達しない可能性がある。いずれの方式の教科書を授業に用いる場合でも、授業の進行と生徒の状況に合わせて、花のつくり、果実・種子形成につながる観察が適切に行われるよう考慮する必要がある。なお、教育出版の教科書のみ、雌蕊の内部構造の観察に加えて、雄蕊先端の観察の手順についての記載がある。これは雄蕊先端に形成される花粉を確認させるためのものであると考えられるが、花の発達段階によっては葯が成熟していない、あるいは成熟していても花粉がすでに放出されているために観察できないことがある。また、観察の材料として購入した花を利用する場合、葯を取り除いて販売している場合もあるため（特にユリの仲間など）、この観察を行う際には花の状態をよく見極めて実施する必要がある。

花のつくりの観察については、教育出版と大日本図書では、観察結果の例も教科書内に示されている。特に教育出版の教科書では、かなり詳細に観察結果が記載されている。観察結果を示すことは、生徒が自ら観察した後の確認や観察が時間内に終わらなかった時の参照用として有効であると考えられる。しかし、あまり詳細な結果が示されていると、生徒が観察前にその例を見ることで影響を受けてしまい、極端なケースでは自分の観察結果ではなく、その観察結果を「正解」と考えて写してしまうことも想定される。一般的に観察には「正解」はなく、材料ごとの違いなどによって教科書で示される観察例と実際の観察結果が異なることもあり得る（特に、花のつくりを含めた生物分野の観察ではその傾向が強い）。生徒が教科書の例を「正解」と考えて写すことを避けるためにも、詳細な観察結果を明示することは避けるべきである。記載したとしても、大日本図書の教科書のように結果の概要のみを示し、生徒の観察に大きな影響が出ないようにする配慮が必要であろう。

表2 花のつくりの観察について

	学校図書	教育出版	啓林館	大日本図書	東京書籍
扱っている植物	アブラナ, ツツジ	アブラナ, エンドウ, ツツジ	アブラナ, ツツジ	アブラナ, エンドウ, ツツジ	カラスノエン ドウ
花全体の観察	○	○	○	×	○
花の分解とつくりの観察	○	○	○	○	○
雄蕊先端の観察	×	○	×	×	×
雌蕊内部の観察	○	○	○	○	○
備考	観察の結果および考察の詳細な例の記載がある。	雄蕊の先端と雌蕊の内部の観察は別の囲み記事にまとめられている。		雌蕊内部の観察は別の囲み記事にまとめられている。観察結果例の概要の記載がある。	観察レポートの書き方についての詳細な記載がある。

○…記載がある ×…記載がない

4. 中学校理科の授業における実物観察について

ここまで各社の中学校理科検定教科書^(3, 4, 5, 6, 7)を比較し、花のつくりとその観察について、内容の妥当性とその内容を中学校理科の授業でどのように教えるべきかについて、植物形態学的な知見も踏まえて検討してきた。本章では、この花のつくりの観察を具体例として、中学校理科の授業において実物観察をどのように取り入れ、実施していくべきかについての考察を進めていく。

まず、実物観察において最も重要な点は、適切な状態の観察対象(材料)を用意することである。当然のことながら、適切な観察材料がなくては実物観察そのものが成立しない。花のつくりの観察で言えば、観察する花をどのように確保するかということになる。その点において、ほとんどの検定教科書では授業が実施される時期も踏まえて、具体的に観察対象とすべき植物名を明記し、写真や図などの掲載も行っていった。このように教科書に明確な指針が示されていると、授業前の材料の確保が容易になると考えられる。他の実物観察についても、このように教科書で材料の明示、可能であれば手に入れる方法も含めた記載が重要であると言える。

続いての重要な点は、具体的な観察の手順を教える教員・教わる生徒の双方がよく理解することである。花のつくりの例で言うと、ほとんどの検定教科書では観察を、全体観察→花の解剖→各部の観察→雌蕊内部構造の観察という4段階に分け、それぞれの段階の観察内容を詳しく解説していた。このように観察を段階に分け、手元の材料を参照しながら生徒それぞれが自分のペースに合わせて観察を進められるようにする工夫は有効であると言える。他の実物観察についても、このように教科書または配布プリントなどで手順を段階毎に示し、効率的に観察が進められるようにするべきであろう。

最後に、実物観察について留意すべき点として、その教育効果をどのように最大化するか、ということがあげられる。花のつくりの観察の場合、観察を通じて花の各器官の配置(内側から雌蕊、雄蕊、萼片、花弁)および形態の多様性(種ごとに花器官について形態に共通する点と異なる点があること)を理解させることが目的となる⁽²⁾。これを十分に理解させるためには、観察後の適切なフォローアップが不可欠である。すなわち、観察のあとに花の各器官の名称および機能を適切に学び、理解を深める工夫が必要である。各社の検定教科書では、観察方法の囲み記事の後に花のつくりについての説明が配置されており、そのような学びを支援する構成となっている。しかし、各器官の説明に関しては各教科書で多少の違いがあり、例えば萼片と萼の違いなど、専門(植物形態学)的な観点からは説明が不足している教科書もあった。教科書は全ての生徒に合わせての記述が求められるため、専門的な内容についてはあえて記述を省いている側面もあると考えられる。こうした状況はどの分野の実物観察でも起き得る。そのため、教員は実物観察の教育効果が最大となるように各教科書の教員用解説や副教材なども活用し、生徒の観察結果に応じて専門的な内容の学習も進められる体制を整えておくべきであろう。実物観察は、実物が対象となるだけに教科書の範囲を超えた問題を生徒が発見することが十分にあり得る。その際に生徒の学習意欲を失わせることのないよう、予め準備をしておくことが重要である。

【参考文献】

- (1) 文部科学省. 中学校学習指導要領, 平成29年3月.
- (2) 文部科学省. 中学校学習指導要領解説(理科編), 平成29年7月, 令和3年8月一部改訂.
- (3) 霜田光一他. 中学校 科学1, 学校図書, 令和3年2月.
- (4) 室伏きみ子他. 自然の探求 中学校理科1, 教育出版, 令和3年1月.
- (5) 大矢禎一他. 未来へひろがるサイエンス1, 啓林館, 令和3年2月.
- (6) 有馬朗人他. 理科の世界1, 大日本図書, 令和3年2月.
- (7) 梶田隆章他. 新しい科学1, 東京書籍, 令和3年2月.
- (8) Esau, K. *Anatomy of seed plants*, 2nd ed, John Wiley & Sons, 1977.
- (9) 清水晶子. 絵でわかる植物の世界, 講談社, 2004年.
- (10) Ronse De Craene, L.P. *Floral diagrams: an aid to understanding flower morphology and evolution*, Cambridge University Press, 2010.
- (11) 清水建美. 図説 植物用語事典, 八坂書房, 2001年.