

## 生物学の立場から提案する「遺伝」をテーマとする 授業内容の一例と教員養成の課題

佐藤 勝 幸

(キーワード：授業指導、遺伝様式と遺伝子、生物学の立場からの提案、関心を高める理科授業)

### 序 論

竹村(2015)は、教科の教育内容を開発するには、その研究内容を十分に理解し、研究を行っている専門家が関わるのが最も重要であることを忘れてはならない、つまり、学校の理科の教育内容を開発するには、理科の基盤学問である科学を専門として研究している学者が関わる必要があると指摘している。現に中学校での理科、遺伝に関する授業実践や教科書をみると、学習指導要領も含めよくまとめられているが、指導方法によっては概念の誤認識を起こす可能性を避けられない。もちろん使用する教科書内容に間違いはないので表面的には教育効果も上げられるといえる。しかし、生物学者が生物分野の部分を見ると、確かに学ぶべき内容を取り上げて教科書が作り上げられているが、学習指導する際は、広くその基盤となる学問内容を授業する教員が理解しないと課題が残る。具体的な例をあげてみると、遺伝様式として中学校では、メンデル遺伝の優性の法則(現在は顕性の法則)、分離の法則が扱われており、独立の法則は高等学校での学習となっている。高校では、「優性」は「顕性」に、「劣性」は「潜性」に統一される。この改正に関しては、日本遺伝学会が2017年、「優性・劣性」の表記を見直し、「顕性・潜性」と改め、日本学術会議の分科会も2019年、高校で学ぶべき用語に関して報告書をまとめた。確かに雑種 $F_1$ で現れる形質が優性、現れない形質が劣性とする、優性は優れた形質、劣性は劣った形質と連想されやすく、本来の意味を反映していないと思われる。この改正により現象と呼び名が一致すると思われる。このことから、生物学を専門とする学者が教科の内容を検討すべきであると示唆される。

本報告では、メンデル遺伝をもとに、学習指導においては「先ず遺伝子があり、次にメンデル遺伝が発見された」という誤認識が生じやすいこと、遺伝様式=メンデルの法則という概念が強く定着し、遺伝様式といえばメンデル遺伝のみという構図ができる可能性が高いことに言及し、その改善策を提案する。

### 中学校理科および高等学校生物基礎・生物における遺伝に関する内容

中学校理科(3年)教科書 啓林館『未来へひろがるサイエンス3』、高等学校教科書 啓林館『生物基礎』および『生物』の遺伝に関する部分をまとめてみると以下のようにまとめられる(図1)。中学校理科では、「遺伝のしくみ」でメンデル遺伝を扱っている。一方、高等学校の『生物基礎』では、DNAの分子レベルでの説明のみで遺伝様式については、扱われていない。高等学校の『生物』では、「性の決定」でヒトが例としてあげられている。また、「有性生殖による遺伝的多様性」で2つの遺伝子や連鎖が扱われている。さらに、「着目する2つの遺伝子が独立である場合」の中でヒトのABO式血液型の遺伝とメンデル遺伝が扱われており、「参考」として伴性遺伝、検定交雑、三点交雑による染色体地図の作成(キイロショウジョウバエ)が扱われている。ヒトのABO式血液型の遺伝は完全なメンデル遺伝様式ではないが、発展的に考えることが可能である。したがって、遺伝様式としては、メンデルタイプの遺伝と連鎖型の遺伝が扱われていることになる。実際には多くの遺伝様式が存在し、それらを学校現場で学ぶには時間を多くかけなければならなくなる。また、メンデルの遺伝以外の遺伝様式の中には大変複雑な様式もあり、基礎的な知識なしには理解しにくい場合が多い。この点から考えると、学習内容をメンデル遺伝や連鎖などとどめることが適切だといえるかもしれない。実際の指導では、染色体上に遺伝子があり、その分離と組み合わせにより遺伝が起こると解説・展開する方がスムーズである。しかし、このような手順では、「染色体上に遺伝子がある」→「その染色体が減数分裂により分配される」という理解が進むと思われる。ところが、メンデルが実験を行った時は、遺伝子が発見されていなかった。メンデルは遺伝する因子を想定し、その因子がどのように分配すると実験結果を説明できるか考え、法則を発見している。科学的

には遺伝学による概念が分子生物学（あるいは分子遺伝学）の分子的な解析による知見から裏付けられ、法則が確立していくことになる。したがって、学校での学習指導では、メンデル遺伝の概念は分かるが、科学的な思考やメンデルの実験に対する理解が十分できないことになる。遺伝子を想定し（メンデルは因子としたが）、パズルのようにその遺伝様式を考えるのが遺伝学のアプローチであり、一方、分子生物学などは、遺伝子そのものをゲノム解析し、決定するというアプローチをとる。この分子的な遺伝子の存在を決定しないと遺伝様式を正確に説明したことにはならない。最初に想定した遺伝子はあくまで仮説となるのである。しかし、この遺伝子の存在を仮説として設定し、目の前の現象を考えることが科学そのものの魅力である。同様なこととして、歩き回る遺伝子(トランスポゾン)を想定することで事物・現象が理解できると考え、その存在を初めて言及したバーバラ・マクリントック(Barbara McClintock, 1950)をその一例としてあげることができる。トウモロコシを使った実験でトランスポゾンの存在の可能性をあげ、その後バクテリアなどでも確認されたことで、1983年にノーベル生理学・医学賞が授与されている。この発見はワトソンとクリックがDNAの2重らせん構造を発表した少し前であった(Watson, J.D. & Crick, F.H.C., 1953)。



図1 中学校および高等学校の遺伝に関する単元構成

そこで、これらを踏まえてより科学的思考や興味を高めるようなメンデル遺伝の授業を提案する。メンデル遺伝を学校現場で扱うとき、メンデルの実験を振り返りながら、どのようなメカニズムであればメンデルの実験結果を説明できるか、教員と生徒で考える形で授業展開する。なかなか答えが出ないと予想されるので、教員の誘導で因子を想定しながら解決を試みる。メンデルの思考をなぞりながらメンデルが発見した内容を理解した上で、今日分かっている内容、すなわち、よく教科書で説明されている「染色体上に遺伝子がある」→「その染色体が減数分裂により分配される」を説明する。このような指導を行うと、生徒は、単に知識を習得するばかりでなく、科学的思考、科学の研究、科学の進歩などを理解しながら、メンデルの偉大さ、科学の面白さにも気がつくと思われる。教科書の内容のみを伝える授業ではなく、その基盤となる生物学を熟知することがよりよい教科指導に繋がるといえるだろう。同様な考えは、田中(2021)によっても『生物基礎』の「遺伝情報とDNA」において検討された。それによると、遺伝子の本体がDNAであることを扱う場合、その発見に伴う研究を、教科書を使っ

て生徒と共に追体験する方が、単に知識を説明するより、興味関心が高まり、理解しやすいのではないかと提案している。この提案の授業はまだ行われていないが、教育実習でこの内容を扱った経験から工夫・提案されている。このように大きな指導の変化でなくとも科学的な考えにも気づくことができる授業実践が可能となる。

遺伝様式＝メンデルの法則という概念が強く定着し、遺伝様式というとメンデル遺伝という構図ができ上がるということについては、中学校、高等学校を通じてメンデル遺伝、ヒトのABO式血液型の遺伝、連鎖が学習内容となっているので、致し方ない面がある。しかし、簡単な例示により、多くの遺伝様式やまだ解明されていない遺伝様式についても触れることで遺伝に関する概念をより現実的なものとするのが可能となるのではないだろうか。その際には、生物の図説などで補うこともできる。

## 教員養成として必要な教科内容について

教員養成の教科内容については、西園、増井（2009）が諸学問の専門家がその学問的内容を学校現場の教育実践を考慮して体系化し、その成果を教員養成の教科専門として導入する必要性を述べている。もちろんこの考えは学部ばかりでなく教職大学院にも適応できるといえる。各教科、各分野でも、それぞれの教科内容においてその基盤を形成する学問を研究する学者の関わりが不可欠であると思われる。教科書の表面的な知識や技術を伝授するのではなく、その基盤となる学問を深く理解することが、よりよい授業を展開できると考えられるので、このような資質は教員にとっては重要であり、教員養成系大学の教科に関するカリキュラムに備えるべき内容である。大学授業として展開されるこのような教科内容は諸科学の専門家や専門研究成果に基づいているので、育成される教員は一定期間ごとに変更する学習指導要領にも左右されず、学習指導を行うことが可能となる。もちろん学生が教員として教壇で授業展開する際は、学習対象者に応じた授業展開をしなければならないのは言うまでもないことである。

具体的に教員養成のための理科の教科専門のあり方について検討をこころみる。教科「理科」の基盤となる学問には、物理学、化学、生物学、地学がある。これらは大括りで分けた場合であり、それぞれの領域はさらに多岐に分かれる（佐藤，2018）。例えば、生物学は分類学、細胞学、生理学、発生学、生化学、生態学、行動学、遺伝学、進化学、分子生物学、分子細胞学、分子進化学など多くの分野に分けられる。それらすべての専門学者が教員養成のための教科内容を検討することが望ましいが、少なくとも生物学で研究している学者が教科内容の検討を行う必要がある。教科教育を専門学問とする学者のみでは十分とはいえない。教科内容を基盤となる学問からサポートする大学教員と教科教育を専門とする大学教員が、協働で教員養成系大学の教科に関する教科内容を作り上げることが大切である。特に教科内容としては、教員として必要な教科専門の知見、間違いやすい概念、教員として必要な資質や考え方などの内容を取り扱うことが大切である。このことは、他の教科においても同様に考えることが可能である。

教科内容については、学部と大学院は基本的に同じような考えで構築できると思われる。大学院の場合は、討論をより取り入れた内容を組み入れ、調べ、まとめ、発表などの活動を行い、能動的な学びにすることも可能であると思われる。さらに教員養成の教科教育においては、授業方法、授業評価、その教科の教育史などを取り扱うことがメインであり、不可欠であるが、教科内容と教科教育の授業は互いに関連を持ちながら展開することが肝要であることは言うまでもない。

## 教職大学院における教科内容について

教員養成系大学の大学院は教職大学院重点化に伴い、教科に関する分野が教職大学院に位置づけられている。教職大学院のカリキュラムは教育現場との結びつきが強く、教育現場の課題を中心となるため、教科専門の基盤となる専門的な学問の存在感がやや薄められた感を抱く。しかし、上述してきたように、学校現場での教科指導については、教科内容に関する理解の深さが大きく影響を与える。時間的な制約がある教員養成カリキュラムでより効果的な教科専門の内容をどう構築するかは今後の課題である。その教科内容を創出しつつ、小・中・高校の学習指導に結びつく、新しい教育内容を提案することが教員養成系大学の大きな役割となる。

## 引用・参考文献

1. 竹村信治 (2015) 教科内容学会の構築 日本教科内容学会誌第1巻第1号 p. 3-13
2. 中学校理科教科書 (令和3年度用) 『未来へひろがるサイエンス3』啓林館, 全338頁
3. 高等学校教科書 (平成30年度用) 『生物基礎』啓林館, 全240頁
4. 高等学校教科書 (令和2年度用) 『生物』啓林館, 全398頁
5. 西園芳信, 増井三夫 編著 (2009) 教育実践から捉える教員養成のための教科内容学研究: 兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科共同研究プロジェクト「教育実践の観点から捉える教科内容学の研究」風間書房 全256ps
6. 田中隆太郎 (2021) 生物学から提案する高等学校生物の教科内容構成と授業構成の具体 令和2年度鳴門教育大学修士論文
7. McClintock, Barbara (1950) The origin and behavior of mutable loci in maize. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 36: 344-55.
8. Watson, J.D. & Crick, F.H.C., (1953) Molecular structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid. *Nature* 171, 737-738.
9. 佐藤勝幸 (2018) 教科内容学からみた教職大学院の教科に関するカリキュラム構築に対する一考察, 鳴門教育大学研究紀要第33巻, 132-136.

## **A class lesson content to the theme of “heredity” suggested from a biological viewpoint and problem of the teacher training.**

SATO Katsuyuki

Before biological teachers have the science lesson of biological field, they should have understood biology well. In this report, class lesson for the field of heredity was considered. In junior high school science, Mendelian inheritance is taken up as a heredity style. Most of the class lessons are carried out as follows. There are dominant genes and recessive genes on the homologous chromosomes, and, by separation and the combination of chromosomes, a character is inherited. By this explanation, it is sure that students can understand the inheritance style well. However, a gene has not discovered yet when Mendel investigated. Mendel assumed hereditary factors and has been able to discover Mendelian law. Therefore, the class lesson to learn Mendelian inheritance with reliving an experiment of Mendel, was considered. Introduction of such a background in class lesson, seems to let students have big interest. Also, they can understand the approach of the study of the genetics and scientific fun. They can understand not only the content of the textbook but also scientific thinking and biological base in this lesson. Also, other subjects seem to be able to review similarly. In the teacher training university and college, it is important to reconstruct subject contents in the curriculum from study of the base.