

中学校理科での遺伝の法則の指導法に関する研究 —理科学習におけるシーケンスに関する実践的研究—

(理科教育講座) 向 平和・日詰雅博・中村依子
(附属中学校) 辻井 修・森山由香里

Junior High School Students' Understanding of Learning Mendel's Law of Heredity
-Influencing Students through Different Sequence of Learning Science Contents-

Heiwa MUKO, Masahiro HIZUME, Yoriko NAKAMURA,
Osamu TUJII and Yukari MORIYAMA

(平成 26 年 6 月 16 日受理)

1. はじめに

現行の学習指導要領における遺伝に関する学習内容は、中学校理科 3 学年では一遺伝子雑種に関する内容を取り扱い、高等学校では生物基礎の「遺伝子とその働き」と生物の「生命現象と物質」で DNA について取り扱い、生物の「生殖と発生」で遺伝子の連鎖と組換えについて取り扱われている。中学校理科では遺伝の法則の中で分離の法則を取り扱うことになったこと、高等学校では遺伝という単元がなくなり、基本的には分子生物学的内容を中心とした構成になったことが前指導要領との大きな変化である。

中学校理科教科書で取り扱う内容について概観すると、5 社の教科書のうち 1 社の教科書のみ遺伝の法則を分離の法則から説明しているものがあつた。その指導方法は、親世代の配偶子形成において、遺伝子が分配されることで分離の法則を規定していた。これまで、高等学校生物の教科書では不完全優性の形質を用いて分離の法則を規定した後、優性の法則、独立の法則を扱う指導順序は見られたが(註 1)、親世代の配偶子形成における遺伝子の分配により分離の法則を規定する指導法は、管見の限り、中学校・高等学校を通して見当たらない。

カリキュラムにおいてスコープとシーケンスが重要であ

ることは言うまでもない。理科教育研究においては教材開発や授業研究が主となり、シーケンスに関する実践的研究が十分なされてきたとは言い難い状況である。そこで、本研究では遺伝の法則を取り扱う順序に着目し、指導順序が与える生徒の遺伝の法則の理解への影響について調査した。

2. 方法

(1) 授業実践の方法

現在、最も一般的に行われている優性の法則から分離の法則の順序で行う指導方法と本研究で導入する親世代の配偶子形成時に規定した分離の法則の指導後、優性の法則を指導する順序で行う指導方法との違いによる遺伝に関する教育効果を比較するために、前者の指導順序を用いる対照群(中学校 3 年生 : A 組, C 組 80 名)と後者の指導順序を用いる実験群(中学校 3 年生 : B 組, D 組 79 名)を設定した。

遺伝の法則を定義するための形質の分離の例示は、対照群と実験群ともに、教科書で扱われているエンドウを用い、遺伝の法則の指導に用いた授業時間数はほぼ同時間であり、通常授業を行っている教員 2 名が、実験群と対照群のそれぞれ 1 クラスを担当した。

これら調査の流れをまとめたものを図 1 に示す。

表1 質問紙の設問

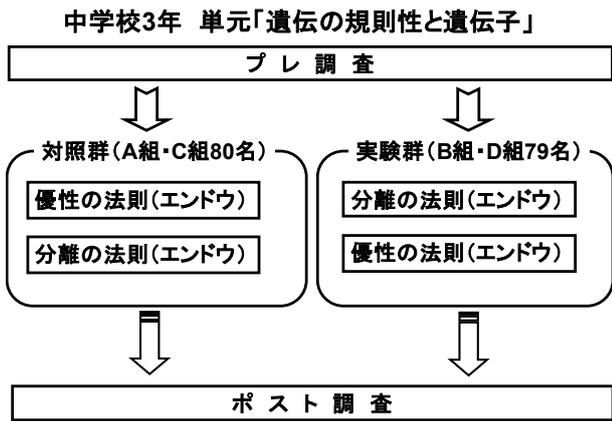


図1 遺伝の法則の指導方法に関する調査の流れ

(2) 質問紙の構成

今回の調査に用いた質問紙は、向 (2004) が高等学校向けに作成したものを中学校向けに改変し使用した。分析視点は以下の通りである。

まず、F₁ と F₂ の表現型を問い、形質の分離について学習者の考えを調べることで学習者の分離の法則に関する理解を調べた。また、異なる対立形質をもつ F₁ の表現型を問い、同様の表現型を回答するかを調べることで学習者が仮定した遺伝子に基づいて優劣関係を判断しているかを調べた。なお、遺伝形質に関する知識ではなく、遺伝に関する理解を問うために、質問紙には植物の種名を明記しないことにした。

具体的な設問は、設問1及び2で F₁ と F₂ における植物の背の高さの形質について、設問3で設問1及び2の回答理由を自由記述で、設問4で F₁ における花色の形質について、設問5で設問4の回答理由を自由記述で回答させた。

各設問の詳細を表1に示す。

なお、本研究では、中学校では不完全優性や遺伝子の相互作用などを学習していないため、正答を設定せず、回答傾向を分析することとした。

3. 結果および考察

プレ調査の結果を表2, 3に示す。

表2の結果より、優性形質が現れるという回答 (49 名) より、中間形質などが現れるという回答 (70 名) が多く見られた。

設問3の回答理由を見ると、植物の背の高さについてヒトの身長に合わせて考える傾向が強いことがわかった。

1. 同じ種の植物において代々背が高い親と代々低い親をかけ合わせでできた種子を播いたら、次世代の子はどのような背の高さになるでしょう。考えられるものをすべて選びなさい。

- ①背が高い子 ②背が低い子 ③中間の子 ④その他 ()

2. 1の子を育て、自家受精させて次の世代の種子を採り播きました。その種子からはどのような子ができるでしょう。考えられるものをすべて選びなさい。

- ①背が高い子 ②背が低い子 ③中間の子 ④その他 ()

3. 1と2のようになった理由を教えてください。

4. 同じ種の植物において、代々赤色の花のめしべと代々白色の花の花粉をかけ合わせてできた種子を播いたら、次世代の花はどのような色になるでしょう。考えられるものすべてを選びなさい。

- ①赤色の花 ②白色の花 ③桃色の花

- ④そのほかの色の花 ()

5. 上記のようになる理由を教えてください。

表2 設問1と設問2の回答結果 (回答者数)

設問1→設問2	A組	B組	C組	D組
①②→①②	10	4	13	5
①→①②	3	4	4	6
①②③→①②③	12	13	9	11
③→①②③	3	1	3	2
③→③	2	9	2	3
その他	10	9	9	12
計	40	40	40	39

表3 設問4の回答結果 (回答者数)

設問4	A組	B組	C組	D組
①②	15	10	17	15
③	5	11	5	5
その他	5	0	3	5
計	40	40	40	39

表3の結果より、表2の回答と比べて優性形質が現れるという回答 (80 名) が多く見られた。設問5の回答理由では、絵具などの赤と白の色を混ぜると赤が強くなるという理由が多く見られた。

上記の結果より、身の周りで見られる現象から遺伝を捉えていることが示唆される。また、優性形質が現れると回答し

表4 設問1と設問2の回答結果（回答者数）

設問1→設問2	A組	B組	C組	D組
①②→①②	11	12	25	19
①→①②	13	4	4	12
①②③→①②③	4	5	1	3
③→①②③	1	1	0	0
③→③	2	9	1	0
その他	9	9	9	5
計	40	40	40	39

表5 設問4の回答結果（回答者数）

設問4	A組	B組	C組	D組
①②	13	11	25	24
①	16	11	7	11
①②③	3	14	4	2
③	5	1	3	0
その他	3	3	1	2
計	40	40	40	39

表6 対照群と実験群の回答結果（設問1, 2）

設問1→設問2	対照群	実験群
①②→①②	45.0% (36)	39.2% (31)
①→①②	21.3% (17)	20.3% (16)
①②③→①②③	6.2% (5)	10.1% (8)
③→①②③	1.3% (1)	1.3% (1)
③→③	22.5% (18)	11.4% (9)
その他	3.7% (3)	17.7% (14)

括弧内は回答者数

表7 対照群と実験群の回答結果（設問4）

設問4	対照群	実験群
①②	47.5% (38)	44.3% (35)
①	28.7% (23)	27.8% (22)
①②③	8.8% (7)	20.3% (16)
③	10.0% (8)	1.3% (1)
その他	5.0% (4)	6.3% (5)

括弧内は回答者数

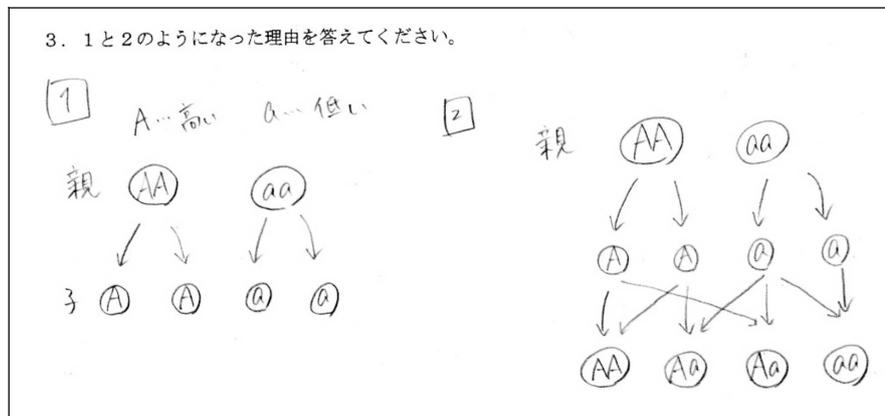


図2 設問1, 2の回答理由に見られる遺伝子の仮定の一例

ている生徒には、図2のように形質の優劣関係を仮定した遺伝子に基づいて判断していた生徒が多く見られた。これは、調査が一般的に単元「遺伝の規則性と遺伝子」を学ぶ時期より遅く実施したため、学校外で学んでいたことが影響していると考えられる。

ポスト調査の結果を表4, 5に示す。

表4の結果より、プレ調査より優性形質が現れるという回答者（100名）が増加したことがわかる。設問6の回答理由も図2に示すように、優劣関係を仮定した遺伝子に基づいて判断している生徒が多く見られた。

表5の結果より、表4の結果と同様に優性形質が現れるという回答者（118名）が増加した。その中でも優性形質が赤であるという回答が多く見られた。回答理由を見るとプレテストでの回答理由と同様の回答理由が多く見られた。

さらに対照群と実験群の比較のために集計した回答結果を

表6, 7に示す。

表6, 7の結果より、両群ともにF1では優性形質が現れ、F2では親と同じ形質が別れて現れると回答している生徒が7割以上であった。また、対照群と実験群では回答傾向に差は見られなかった。従って、遺伝の法則の学習順序のみを変化させても大きな影響がないことが示唆された。また、自由記述欄の分析の結果、半数程度の生徒は遺伝子を仮定して優劣関係を考えていることがわかった。また、F1で優性形質が現れることやF2での形質の分離などの現象に着目している生徒も多いことがわかった。しかし、なかには遺伝用語の誤用や遺伝現象を飛躍した論理で考えている生徒も見られた。

向(2004)は、高等学校の生徒に不完全優性の形質を用いて分離の法則から遺伝の法則を指導する方法について検討し、考察している。この場合、仮定した遺伝子に基づいて優劣関係を判断している生徒に対して、不完全優性を用いて分離の

法則から遺伝の法則を指導する方法により遺伝の法則を理解できた生徒が増加することが明らかとなっている。今回の調査ではそのような効果が見られなかった。中学校では、高等学校で扱う不完全優性や遺伝子の相互作用などを学習していない影響が考えられる。

また、向 (2005)、向ら (2011) では不完全優性の形質を有する植物材料の遺伝教材としての適性の検討および実践研究を行っている。不完全優性の形質の分離は遺伝子の分離と一致するため、分離の法則の理解に効果がある可能性があることを指摘している。また、形質の分離から遺伝子型を推定させる観察・実験は実験をデザインする能力に効果があることを指摘している。

本研究によって、中学校の生徒にとって優性の法則の印象が大きいたことが明らかとなった。一遺伝子雑種のみを扱う場合、不完全優性や複対立遺伝子などの例を扱う必要があると考えられる。

4. おわりに

今回取り上げた分離の法則の定義は「減数分裂のときに、対になっている遺伝子は分かれて別々の生殖細胞に入る」となっており、親世代の配偶子形成で規定されている。岩波生物学辞典第 5 版 (巖差ら編 2013) では、分離の法則を「対立形質を支配する 1 対の対立遺伝子が、雑種第一代 (F₁) の個体で互いに融合することなく、配偶子が形成されるときに互いに分かれて別々の細胞に入る」となっている。メンデルは「雑种植物の研究」(岩槻・須藤 訳 1999)において、雑種第二代 (F₂) を自家受精し得られた雑種第三代 (F₃) の分離比から優性ホモ接合体とヘテロ接合体を区別し、F₂ の戻し交雑から遺伝子が分配されていることを証明している。これは本来、親世代 (優性ホモ接合体と劣性ホモ接合体) の配偶子形成時の遺伝子の分離では証明できないことを意味している。これまでも遺伝の法則の定義については様々な視点で議論されている (木村 1965, 森元 1996, 池田 1987, 1994, 山崎 1992) が、本研究で取り上げた分離の法則の定義の方法についてはさらなる議論が必要であると考えられる。

附記

本研究は、平成 25 年度教育学部学部長裁量経費により実施した。感謝申し上げる。

〔註 1〕 不完全優性の形質を分離の法則の例示に用いていた教科書は以下の通りである。

- ・安東伊三次郎 (1922) 中學校 博物通論教科書, 賽文館.
- ・飯塚啓 (1916) 改訂 博物通論, 富山房.
- ・飯塚啓 (1922) 新制博物通論, 富山房.
- ・飯塚啓 (1926) 改訂 新制博物通論, 富山房.
- ・飯塚啓 (1933) 新編生物通論, 富山房.
- ・野村盆太郎 (1933) 現代 生物通論教科書, 東京開成館.
- ・丘浅次郎 (1924) 中等教育 博物通論, 東京開成館.
- ・田原正人 (1927) 最新 博物通論 (改訂版), 至文堂.
- ・吉田貞夫 (1933) 生物通論, 精華房.

参考文献

- ・巖差庸・倉谷滋・斎藤成也・塚谷裕一編 (2013) 岩波生物学辞典第 5 版, 岩波書店.
- ・岩槻邦男・須藤準平訳 (1999) G.J.Mendel 著, 雑种植物の研究, 岩波文庫, 岩波書店.
- ・池田秀雄 (1987) メンデルの遺伝に関する実験の内容について, 広島大学教育学部紀要第二部, 36 号 : 93-101.
- ・池田秀雄 (1994) 明治および大正初期における遺伝学用語およびメンデルの法則の定義, 教科教育学研究, 8 : 1-9.
- ・木村陽二郎 (1965) メンデルの遺伝法則について, 科学史研究, 第 73 号 : 18-23.
- ・森本弘一 (1996) 子供達の遺伝に対する認識, 日本理科教育学会研究紀要, Vol.37 (1) : 25-31.
- ・向平和 (2004) 高等学校の遺伝の導入において分離の法則の例示に不完全優性の形質を用いる効果—学習内容の配列の相違が学習者に与える影響—, 日本教科教育学会誌, 27 (3) : 21-28.
- ・向平和 (2005) 仮説検証能力の育成を目指した高等学校遺伝領域の教育内容の検討—メンデルが行った探究の方法を重視した教授方法の効果—, 広島大学大学院教育学研究科紀要第二部, 54 : 25-29.
- ・向平和・大鹿聖公・佐藤崇之・竹下俊治 (2011) 不完全優性の形質を有する植物を用いた遺伝の実験・観察教材の開発. 生物教育, 52 (3) : 77-83.
- ・山崎敬人 (1992) 「遺伝」の学習のあり方に関する研究, 生物教育, 32 (2) : 118-124.