

氏名（本籍）	うち やま ちえこ 内山 智枝子（東京都）
学位の種類	博士（学術）
学位記番号	甲第13号
学位授与の日付	2020年3月17日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	高等学校生物「遺伝子とその働き」を題材とした授業設計の支援に関する研究

論文審査委員（主査）教授 伊藤 稔
教授 武村 政春 教授 井上 正之
教授 太田 尚孝 嘱託教授 松田 良一
高崎健康福祉大学 教授 片山 豪

論文内容の要旨

近年の遺伝子関連技術の急速な発展によりゲノム編集が可能となった今日、この技術により、これまで人類が克服できなかった病気の治療など、多くの可能性が期待されると同時に、遺伝に関する科学的リテラシーを習得した上で、自己決定することが求められるようになった。科学的リテラシーを必要不可欠な用語や概念の理解とした場合、遺伝に関する科学的リテラシーには、親の形質が子や孫に伝わる“heredity”(遺伝)と同種個体間の形質に見られる違い“variation”(多様性)の両方に着目する必要があると考えられる。時間軸の“heredity”と空間軸の“variation”を総合的に捉えることが人間を含んだ生物学にとってきわめて重要であり、空間的な広がりがあるため初めて客観的な把握が可能になることから、“variation”の概念が広い見通しのために不可欠である。この“variation”の概念は、高等学校で習得することが現行の学習指導要領で設定されているが、“variation”の概念を習得する入り口であり基本となる、「遺伝子とその働き」の理解を目的とした授業は、どのように設計することが適切なのだろうか。

そこで1章序論の1-1では本研究の背景を示し、1-2では、授業を構成する要素が「目標」「内容」「方法」「評価」であることに着目して、それぞれの要素で何が課題なのか、先行研究を調査することにより浮かび上がらせた。1-2-1では、「遺伝子とその働き」の理解を目的とした授業の「目標」を設定する際、重点的に育成を目指す資質・能力は何かを明らかにするために先行研究を調査したところ、「DNA と RNA のはたらきの混同」、「DNA が RNA に変化する」「mRNA は転写が起こる前から存在している」といった概念の存在等が明らかになったため、

「遺伝子とその働き」の理解に不可欠な、「複製」と「転写」における DNA と RNA の役割を高校生が区別しているかどうか、その現状を調査すること、そして、先行研究と同じ混同が確認できるのであれば、その原因を追究することを、本研究における一つ目の課題として設定した。

次に 1-2-2 では、授業の構成要素「内容」と「方法」を検討するために、「遺伝子とその働き」の理解を目的とした教材や学習活動に焦点を当てた先行研究を調査した。先行研究では、「遺伝子とその働き」に関する授業では DNA 模型の活用によって分子サイズで起こる現象を可視化する工夫が報告されていたが、高校生が活用することによる学習効果は明らかになっていないことが分かった。そこで、DNA 模型は活用によって高校生が「遺伝子とその働き」の理解に不可欠な DNA の特徴を見だし、塩基の相補性と DNA の複製を関連付けて理解することを支援するツールとなり得るのかを検討する。そして、支援するツールとなり得る場合は、どのような模型の活用が効果的なのかを明らかにすることを、本研究における二つ目の課題として設定した。

さらに 1-2-3 では、「教育のパラダイム変換」を背景に変化が求められている授業の構成要素「評価」について先行研究を調査した。「遺伝子とその働き」の理解には「知識・技能」の習得だけでなく、「思考力・判断力・表現力」も必要であるため多面的・多角的な評価が求められ、ルーブリックの活用効果が期待されている。しかし、このような評価の実施には、授業者が課題を抱えていることが推測される。授業者が継続してルーブリックの持つアセスメント機能を活用することが可能で、授業者のニーズに合った信頼性のあるルーブリックをどのように作成するのが適切なのか、また、授業設計をする上で、どのようにルーブリックを位置付ける必要があるのかを、本研究における三つ目の課題として設定した。

以上のような先行研究から浮かび上がった課題から、授業者が「遺伝子とその働き」の理解を目的とした授業を設計する時に直面することが予想されるがこれまで解決していない三つの課題を解決することで、授業者がより効果的に「遺伝子とその働き」の理解を目的とした授業を設計することを支援することを研究目的と設定し、1-3 に示した。この3つの課題は、2章、3章、4章で解決を目指すこととした。

まず、2章では、「遺伝子とその働き」の理解を目的とした授業の「目標」を設定する際に向き合う必要がある課題1の解決を目指した。最終的な目標である「遺伝子とその働き」の理解に不可欠な「複製」と「転写」における DNA と RNA の役割を、高校生が区別しているかどうか現状を把握し、その原因を追究することを目的として、高校1年生「生物基礎」履修者を対象に質問紙調査を実施した。質問紙調査の結果、「複製」と「転写」における DNA と RNA の役割を区別していない生徒の存在と、どのように混同しているのかその実態が明らかになり、記号や模式図、岡崎フラグメント、相補的結合が起こる鎖の数、「複製」や「転写」の必要性に対する誤った理解が、混同の要因となっていることが示唆された。このことから、提示するメカニズムの内容と使用する記号や模式図を生徒の実態に合わせて検討すること、「複製」や「転写」の必要性を強調し相補的結合に関する知識の転化を促すように学習環境や授業デザインを工夫することが、生徒の混同の解決につながるのではないかと考える。

次に3章では、「内容」および「方法」を設定する際に必要となる課題2の解決を目指した。先行研究で報告されているようなDNA模型の活用効果が、高校生が活用した場合でも同じように得られるのかをまず調査し、さらに、どのようなDNA模型の活用が効果的に学習者の理解を促すのかを検証した。その結果、DNA模型の活用によって「遺伝子とその働き」の理解に不可欠な塩基の相補性と、複製の理解が促されることが示唆された。また、DNAのパーツを組み合わせた時、正しい組み合わせの塩基対しか作らない構造の模型であることが、提示する教材として必要な条件であることも明らかになった。

最後に4章では、「評価」を設定する際に必要な課題3を解決するために、中学校・高等学校理科におけるルーブリック活用の実態を把握し、効果的な活用方法を模索するためにウェブアンケート調査とインタビュー調査を実施した。調査の結果、ルーブリックを活用している教員にとって、ルーブリック作成のためのキャリブレーションやモデレーションは困難を感じる作業であり、評価するための時間が不足していることが明らかになった。調査を通して、ルーブリックのアセスメント機能を授業設計に活かすためには、目的の明確化、形態の検討、活動の価値の確認、他者の視点の4つが必要な要素として示唆された。

以上の結果から、これからの時代を生きていくために必要な遺伝に関するリテラシーの習得に不可欠な「遺伝子とその働き」の理解を促すために、授業の「目標」や「評価」を設計する上で検討が必要な要素が明らかになった。「目標」の設定とも関連するが、塩基の相補性はセントラルドグマの要である。相補的結合に関する知識の転化を促すためには、学習者の実態を把握したうえで、DNAの塩基配列の違いがRNAの違いおよび合成されるタンパク質の違いとして実感できる「内容」「方法」を検討し、授業者にとって持続可能な「評価」を設定することが、授業設計を検討するうえで必要であると考えられる。

論文審査の結果の要旨

本論文では、急速に進歩・発展を遂げている遺伝子関連技術によりゲノム編集が可能となったことを踏まえて、高等学校生物「遺伝子とその働き」に関する授業設計支援に関して、独創的な教材開発とその評価方法に関する研究を行った。例えば、これまで人類が克服できなかった病気の治療等に関して、遺伝に関する科学的リテラシーは必要不可欠な用語や概念の理解が求められる。遺伝に関する科学的リテラシーは、親の形質が子や孫に伝わる“heredity”（遺伝）と同種個体間の形質に見られる違い“variation”（多様性）の両方に着目する必要がある。時間軸の“heredity”と空間軸の“variation”を総合的に捉えることが現代生物学では重要である。この“variation”の概念は、高等学校で習得することが現行の学習指導要領で示されている。“variation”の概念は「遺伝子とその働き」の理解を目的とした通常の高校生物の授業設計に於いて、高校生物教員が授

業を構成するための「目標」「内容」「方法」「評価」に着目し、それぞれの要素で具体的な課題を先行研究から析出した。「遺伝子とその働き」の授業「目標」では、DNA と RNA のはたらきの混同「DNA が RNA に変化する」「mRNA は転写が起こる前から存在している」が析出された。「複製」と「転写」における DNA と RNA の役割を高校生が区別できているか等について、先行研究と同じ混同が学校現場でも存在していた。

そのために、高校生物の「遺伝子とその働き」の理解を目的とした教材や学習活動に焦点を当てた先行研究の分析を通して、「遺伝子とその働き」に関する授業では DNA 模型の活用によって分子サイズで起こる現象を可視化することにした。DNA 模型の活用は、「遺伝子とその働き」の理解に不可欠な DNA の特徴や塩基の相補性と DNA の複製を関連付けて高校生が、理解できる支援するツールである。本研究では、DNA 模型の効果的な活用について具体的な授業設計を提示した。

さらに、授業の構成要素の1つである「評価」について先行研究を調査した。「遺伝子とその働き」の理解には「知識・技能」の習得だけでなく、「思考力・判断力・表現力」も必要であるため多面的・多角的な評価が求められている。そのためにルーブリック評価が有効であることを明らかにした。

授業者が「遺伝子とその働き」の授業設計に関して、高校生がさらに理解を深めるために「複製」と「転写」における DNA と RNA の役割について、高校1年生「生物基礎」履修者を対象に質問紙調査を実施した。質問紙調査の結果は、「複製」と「転写」における DNA と RNA の役割を区別していない生徒の存在と、生徒が、どのように混同しているのか、その実態が明らかになり、記号や模式図、岡崎フラグメント、相補的結合が起こる鎖の数、「複製」や「転写」の必要性に対する誤った理解が混同の要因となっていることが明らかになった。そのために、「複製」や「転写」の必要性を強調し相補的結合に関する知識の転化を促すように学習環境や授業デザインを工夫した。

さらに、高校生物の授業における DNA 模型の活用が、高校生に効果があり、どのように DNA 模型の活用が効果的な理解を促すのかについて検証した。その結果、DNA 模型の活用によって「遺伝子とその働き」の理解に不可欠な塩基の相補性と複製の理解が促されることが判明した。また、DNA のパーツを組み合わせた時に、正しい組み合わせの塩基対しか作らない構造の模型であることが、提示する教材として必要条件であることも明らかになった。

最後に、高校生の生物学の学習に関する「評価」を設定する際に、中学校・高等学校理科におけるルーブリック活用の実態を把握し、効果的な活用方法を開発するために、ウェブアンケート調査とインタビュー調査を実施した。この調査の結果では、ルーブリックを活用している教員にとって、ルーブリック作成のためのキャリブレーションやモデレーションは困難を感じる作業であり、評価するための時間が不足することが明らかになった。この調査を通して、ルーブリックのアセスメント機能を授業設計に活かすためには、学習目的の明確化、学習形態の検討、学習活動の価値の確認、第三者的視点等、4つの要素が明らかになった。

以上の結果から、現代を生き抜く若者に必要な遺伝に関するリテラシーの習得に必要な不可欠な「遺伝子とその働き」の理解を促すために、授業の「目標」、「内容」、「方法」、「評価」を設計する上で検討が必要な要素が明らかになった。「目標」の設定とも関連するが、塩基の相補性はセントラルドグマの要である。相補的結合に関する知識の転化を促すためには、学習者の実態を把握したうえで、DNA の塩基配列の違いが RNA の違いおよび合成されるタンパク質の違いとして実感できる「内容」「方法」を検討し、授業者にとって持続可能な「評価」を設定することが、今後の生物担当教員が授業設計を検討する上で必要であることを明らかにした。

以上の結果、本論文が博士（学術）の論文として十分に価値あるものと認められる。