

学位論文審査の結果の要旨

1. 申請者氏名	井上陽子
2. 審査委員	主査：（上越教育大学） 小林辰至 副主査：（上兵庫育大学） 吉岡秀文 委員：（上兵庫育大学） 庭瀬敬右 委員：（上越教育大学） 中村雅彦 委員：（上越教育大学） 水落芳明
3. 論文題目 遺伝子リテラシー育成を目的とした遺伝子解析実験の開発と授業実践に関する研究 —高等学校「生物」分野における生命科学の充実をめざして—	
4. 審査結果の要旨 教科教育実践学専攻自然系教育連合講座 井上陽子 から申請のあった学位論文について、兵庫教育大学学位規則第16条に基づき、下記のように審査を行った。 論文審査日時：平成30年2月17日（土） 13時00分から13時30分 場所：神戸ハーバーランドキャンパス 演習室9 1. 学位論文の構成と概要 （論文の構成） 第1章 問題の所在と研究の目的 第1節 問題の所在 第2節 問題解決学習に関連する先行研究と現状 第3節 研究の目的 第2章 問題解決能力育成のための問題解決モデルの開発 第1節 問題解決能力育成のための問題解決モデルの提案 第2節 問題解決モデルに基づいた遺伝子リテラシー向上のための方策 1) 遺伝子解析実験 2) 体験的な学習を踏まえたグループ討論・意見交換・発表による深い学び 3) 高大連携 第3章 遺伝子教育と遺伝子リテラシー 第1節 遺伝子リテラシーを取り上げる意義	

第2節 遺伝子リテラシーの概要

第3節 学習指導要領と遺伝子学習

第4章 ヒトの DNA を用いた遺伝子増幅実験の開発と実践

第1節 ヒトとゼブラフィッシュの *SOX2* 遺伝子の増幅実験の開発

第2節 ヒトとゼブラフィッシュの *SOX2* 遺伝子の増幅実験の授業実践とその効果

第5章 ヒトの DNA を用いた遺伝子解析実験の開発と実践

第1節 ヒトとゼブラフィッシュの *SOX2* 遺伝子の解析実験の開発

第2節 ヒトとゼブラフィッシュの *SOX2* 遺伝子の解析実験の授業実践とその効果

第6章 遺伝子解析技術の社会や生活への応用－遺伝子診断を考える授業の開発と実践－

第1節 医療者との高大連携の意義

第2節 遺伝子診断の正しい概念に基づいたケース・スタディによる遺伝子診断を考える授業の実践とその効果

第7章 まとめと今後の課題

第1節 研究のまとめ

第2節 理科教育における現代的な課題としての遺伝子リテラシー育成に有効な要素と教育実践への示唆

第3節 今後の課題

(論文の概要)

本研究では、近年の高等学校生物の生命科学・分子生物学分野の遺伝子学習と学習指導要領との関連性から実験開発の必要性を踏まえ、遺伝子リテラシーを育成・向上させるための新しい視点から *SOX2* 遺伝子を取り上げ、その増幅と解析に関する生徒実験及び指導方法の効果について実践を通して検証した。

本研究の目的は、以下の3つである。

1つは、高校生に DNA や遺伝子などについて、分子レベルで正しい知識を習得させると共に、分子レベルにおける生命の「多様性と共通性」を認識させることを目的とした実験の効果を実践を通して検証することである。2つは、実験を通して習得した遺伝子に関する科学的な知識を遺伝子診断に活用させる課題に取り組み、その効果を検証することである。3つは、上記の2つを踏まえて、遺伝子リテラシーの育成・向上のための教育モデルを提案することである。

本論文は、7つの章で構成されている。

第1章では、まず「高等学校生物学の分子生物学分野における現代的な課題」として、分子生物学が高等学校学習指導要領に導入された経緯や社会的な背景をまとめ、「問題解決学習に関連する先行研究と現状」から問題点を浮き彫りにし、本研究における目的を明らかにした。次に、その目的を達成するために、以下の5つの課題を設定し、それぞれ第2章から第6章で述べた。

課題1：遺伝子リテラシー育成・向上のための問題解決モデルとその手立ての検討

課題2：遺伝子リテラシー育成・向上の意義と学習指導要領における遺伝子学習の検討

課題 3 : 分子の視点から DNA を理解するための実験の開発と有効性の検討

課題 4 : 遺伝子診断につながる遺伝子解析実験の開発と有効性の検討

課題 5 : 遺伝子解析技術の社会や生活への応用としての遺伝子診断を考える授業の開発と有効性の検討

第 1 章では、高等学校生物の分子生物学分野における遺伝子リテラシーを育成・向上する指導方法を提案する視点について述べた。1つは、DNA や遺伝子を分子として捉えることができる実験を導入することである。2つは、実験は生徒の興味や関心が高いヒトの遺伝子、特に生徒自身の DNA を用いる実験を構築することである。3つは、遺伝子の個人情報や倫理的な配慮、実験機器や試薬の調達などの観点から高大連携を導入することである。

第 2 章では、「生物基礎」の分子生物学分野において、遺伝子リテラシー育成・向上に影響を及ぼす要因の構造をモデルで示し、その指導の手立てについて具体的に述べた。また、それらの効果的な使い方についても検討した。その結果、ヒトの遺伝子を用いた遺伝子実験に加え、社会や実生活との関連性に遺伝子の知識を活用できる遺伝子診断や遺伝子組換え生物などについても考えさせることが必要であり、その際にはグループ討論や全体での意見交換、大学との関係による学習なども効果的であることが明らかとなった。

第 3 章では、遺伝子リテラシーの意義とその概要について述べると共に高等学校学習指導要領と遺伝子学習の関連性から遺伝子リテラシーの育成・向上の観点から不足していることを述べた。そして、その不足を補う教材とその効果について検討した。その結果、「生物基礎」の柱となる概念が「生物の共通性と多様性」であることから、遺伝子についても共通性だけでなく多様性の視点も認識させる必要があることが示唆された。このことから、「遺伝子」を扱う生徒実験においては、生物種間を超えて保存された機能（共通性）と、生物の進化の過程で獲得した新しい機能（多様性）の存在を理解できるような内容、すなわち、異なる生物種間において保存された遺伝子（祖先を同じくする遺伝子オルソログ）の塩基配列の比較を行い、塩基配列の同じ部分と異なる部分が存在することを確認できるような実験が必要であることが明らかとなった。

第 4 章では DNA 抽出、PCR 反応、電気泳動の手法を使った遺伝子増幅実験で、実験により
① 種が異なっても同じ遺伝子が保存されていることが確認できる、② 種間で同じ遺伝子を比較したときに、大部分の塩基配列は同じであるが一部異なる場所が存在することを認識できる、③分子レベルで DNA の大きさの比較ができるなど、分子を可視化することで生徒は DNA について正しく認識し実感できることが明らかとなった。

第 5 章では、ヒトとゼブラフィッシュの DNA を同じ配列のプライマーにより増幅し、2種類の制限酵素で独立に処理後、電気泳動にて検出される DNA 断片の大きさを比較させた。その結果、生徒はヒトとゼブラフィッシュの DNA 配列における共通性と多様性について、制限酵素処理断片の大きさの違いで理解されていたことから、本実験は「生物基礎」を学習した生徒だけでなく、「生物基礎」を学習していない生徒においても分子レベルでの理解を深められる教材であることが示された。また、実験を体験した生徒は、それぞれの実験が持つ意味や結果の解釈について、実験前より実験後においてより深い理解を示し、対照実験の意義

を理解するなど科学的な問題解決能力探究能力に効果があることが明らかになった

第6章では、ヒトとゼブラフィッシュの遺伝子解析実験に用いられる原理や仕組みが医療機関で行われる遺伝子検査と基本的には同様であるため、それを基に遺伝子診断について正しく理解し、得られた知識を科学的な視点から活用できる能力の育成について検討した。その結果、本授業プログラムは、遺伝子診断について生徒が正しく理解することに有効であることが明らかとなった。また、遺伝子検査にも違いがあり、医療機関で行う遺伝子検査とインターネットなど医療機関を介さない DTC (direct-to-consumer) 遺伝子検査では、結果の意意味するところや信頼度が全く異なることについても正しく理解できることが示された。

第7章は以上のまとめと今後の課題で、第1章から第6章までの結果から、高校生の遺伝子リテラシー育成やその向上に関しては、生徒自身の DNA を用いた遺伝子解析実験が有効であり、それに加えて遺伝子や遺伝学の知識を活用する技能も重要であることが示唆された。

2. 審査経過

審査委員5名は、提出された学位論文を精読したのち、平成30年2月17日に神戸ハーバーランドキャンパス演習室9において公聴会を実施した。公聴会に引き続き同演習室9において審査を行った。

(1) 論文の独創性について

平成21年告示の高等学校学習指導要領理科では、遺伝子の発現が調節される概要を理解させること等がねらいとして示されている。しかし、これらのねらいを達成するための生徒実験の開発は不十分な状況にある。本研究では、細胞の機能の未分化性への関与を強く示唆することで知られている *SOX2* 遺伝子に着目し、生徒にヒトとゼブラフィッシュの DNA 抽出、PCR (polymerase chain reaction) 法、電気泳動の手法を使った遺伝子増幅実験等に取り組みさせた効果について実践を通して検証しており、その手法や得られた知見には独創性が認められる。

(2) 論文の発展性

次期学習指導要領では、「理数探究」(仮称)が新設される見込みであり、本研究において開発された *SOX2* 遺伝子に関する生徒実験やその指導法は、時宜を得たものである。今後、さらに実践を積み上げることにより、生徒実験の内容や指導法が一般化されることが期待できる。

(3) 教育実践への貢献

これからの社会では、遺伝子診断の結果や遺伝子解析技術の応用等に関する判断や意思決定に必要な知識・理解等の修得がますます必要となる。このような、遺伝子に関するリテラシーの習得は、現行と同様に次期高等学校学習指導要領理科においても強調されるであろう。本研究で得られた知見は、生徒実験を通して遺伝子に関するリテラシーの育成を図る先駆けとなり、今後の教育実践への貢献が期待される。

3. 審査結果

以上により、本審査委員会は 井上陽子 の提出した学位論文が博士(学校教育学)の学位を授与するにふさわしい内容であると判断し、全員一致で合格と判定した。