

(別紙 2)

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 山野井貴浩

申請者・山野井貴浩氏の博士論文は、別紙 1 の要旨のように、日本の後期中等教育において、進化生物学の教育効果を高めるための実験・実習教材の導入と、その教育効果の測定である。

高等学校理科においては、とくに近年、進化の扱いが重視されている。2013 年度から実施されている学習指導要領においても旧指導要領から大きく改訂され、進化のしくみについて、従来のような表現型や種などのマクロレベルの理解に留まることなく、DNA などのマイクロなレベルからも関連させて理解できることが求められている。しかしながら、日本ではアメリカのように創造論が盛んでなく、それに対抗するための進化教育を充実させる必要性が低かったことなどから、これまでの日本の理科教育において進化の扱いはそれほど重視されてこなかった。そのため、進化を教授する環境が整備されておらず、とりわけ実験・実習教材が充実していない。本論文は、この点を改善し、日本の後期中等教育に適した、進化の実験・実習教材を工夫することを目標とするものである。

その際申請者が強調するのは、進化の仕組み（メカニズム）を理解してもらうことの重要性である。科学教育のもっとも重要な目的の 1 つは、生徒が科学的知識を身に付けることである。しかし知識そのものを教授するだけでは理解は表層的なものにとどまり、それらの知識を使いこなす段階（いわゆる「科学リテラシー」を身に付けた状態）に到達することは困難である。したがって、それらの各種知識の根底にあるメカニズムを理解することで、知識の転移が可能になり、みずから意見を述べたり、問題解決をしたり、意思決定したりすることに繋がり、科学リテラシーの向上に資すると申請者は考えている。

しかしながら、進化教育が充実していないという日本の中等教育の現状の中でも、とくに進化のしくみに関する実験・実習教材に関してはほとんど開発されておらず、実験・実習教材を用いた授業も実施されていない。すでに実施されている新学習指導要領の目指す進化教育には、進化のしくみを理解させるのに効果的な実験・実習教材を提案する必要がある。

以上の背景から、本研究では、アメリカを中心に蓄積されてきた進化のしくみに関するミス・コンセプションに関する研究や実験・実習教材の開発研究を参考にしつつ、高等学校理科の新学習指導要領に基づく生物教育の理念に則した、進化のしくみ（自然選択・中立説）に関する実験・実習教材を、教材を用いた授業実践とその教育効果の測定を通して、提案している。それぞれ、アメリカで開発されたオリガミバード (Westerling, 1992) と、MEGA を利用した分子系統樹実習 (Kuzoff et al., 2009) に変更を加えることで本研究の目的に応え

ることとしている。どちらも、変更をほどこす前に大学1年生を対象とした誤概念（ミス・コンセプト）の実態調査をおこない、その結果にもとづいて、必要な修正を元の教材に加えることで、これらの誤概念に対する教育効果を高めることに成功した。したがって本研究では、進化を重視する新学習指導要領の理念に則した実験・実習教材を提案することに成功し、今後の日本の進化教育の充実にとって貴重な進展をもたらしたといえる。

以上の論文内容について、審査員からは以下の諸点について、質問とコメントがなされた。

第一は、申請者による教材改良のオリジナリティの所在についてである。そもそも本研究は厳密な意味での教材改良研究の枠組みに入るものではなく、教材の改良前と改良後とで教育効果の比較をおこなっていない。むしろ本研究の目的は日本の後期中等教育の現状に適した教材を提供することであり、その点では効果測定ができていない。しかし、オリガミバードや分子系統樹教材の改良をほどこした点が、どのような背景や申請者ならではのオリジナリティを持っているのかに対して確認を求める質問があった。それに対しては、改良したトピックスは申請者のオリジナリティというよりも、日本の高校の教科書単元との連続性や連携を意識したもので、教育効果という点ではむしろ日本の状況を考慮したものであるとの回答があり、本論文の目的にかなった改良が施されていることが確認された。

第二は、ここで新規に改良した教材自体が、別の新たなミスコンセプトを生じさせる可能性についてである。たとえば、オリガミバードの突然変異ボックスの構造だと、塩基対、DNA、遺伝子、染色体の相互の関係があいまいで、ここで生じている「突然変異」と実際の生物体の各レベルで生じている突然変異との関係を明確に理解できないまま、突然変異と表現型進化の関係だけが印象的にインプットされしめる危険性があるのではないかと、などである。これらの可能性（危険性）の中には、申請者が自覚していたものも自覚していなかったものもあるが、いずれにせよこの論文の中で解決できる問題ではなく、他の教材や授業での説明などと組み合わせることで、総合的に対応していく必要が再確認されたにとどまる。

第三は、進化教育におけるモデルの役割と限界をどう考えるかである。これは、申請者自身が進化教育をどのように捉えているかとも関わってくる問題である。たとえば、コンピュータ・グラフィックスを使ったシミュレーションによって、オリガミバードを使った授業と同等、またはそれ以上の情報量を生徒に伝えることはさほど難しくないとされる。あえてオリガミバードを使うことの積極的な意味はどこにあるのか。これについて申請者は、シミュレーションはある程度の知識をもった生徒については大きな効果があるが、初学者には逆に難しいと思われるという経験則をもっており、その場合にはオリガミバードのように実際に手を動かして細工を加え、飛ばしてみてもそのパフォーマンスを調べ、といった作業を時間をかけて行なった方が、知識の理解も定着率も高くなるという信念をもっている。

また、生物進化のように実際の現象を観察することの困難な現象について、オリガミバードのような代理のモデルを使って授業することで、はたしてどこまで進化そのものについて教えることができるのか、モデルを使うことの限界があるのではないかと質問も出された。これはむしろ、モデルを使う授業を万能視するのではなく、その利点と同時に限界も常に自覚しながら教育をおこなうべきだという注意を促す意見と考えられる。申請者もこの点

は十二分に自覚している。それだけでなく、当初はもっとオリガミバードなどの効果を大きく考えていたのだが、博士論文の研究を進める中で、この教材の限界に自覚的になってきたとの回答があった。博士研究が単に研究の遂行というだけでなく、当該学生の視野の拡張をもたらしたものとして、有益な教育効果をあげたと評価してよいと思われる。

第四は、今の点とも関係するが、本論文で提唱した 2 つの改良教材（オリガミバードと分子系統樹）だけで申請者が理想としている進化教育がどこまで実現できるのかについてである。関連して、これらの教材で DNA のスケール感をどこまで教えることができるかという疑問も出されたし、申請者自身が論文の総合考察で強調している系統樹思考を身に付けることの重要性が、これらの教材によってどこまで実現できるのかについても確認が要求された。これらについては、むしろ申請者が今後の教育実践と研究を通じて追求、あるいは実現していくものであるとの見解は審査員の間で共有されており、とくにこの論文の価値を損ねるものではないと判断された。

以上の諸点を踏まえると、本論文は日本の後期中等教育における進化教育について、適切かつ有益な教材を提供することに成功しており、その教育効果を測定しているだけでなく、進化教育そのもののもつ社会的含意や科学論的背景についても、学術的諸課題と有機的に関連させつつ視野に入れることに成功している。この評価については審査員一同一致しており、本審査委員会は、本論文が博士（学際情報学）の学位に相当するものと判断する。

(以上)