

平成25年度 博士学位論文

中学校理科教育の改善を目指した実践的研究
～科学への興味・関心の醸成と定着のために～

お茶の水女子大学大学院

人間文化創成科学研究科

ライフサイエンス専攻

藺部幸枝

平成26年3月

目 次

論文要旨	3
略語一覧	5
序章	6
1. 問題の所在	
2. 問題克服の方策	
3. 本研究について	
第1章 科学者ダーウィンの人物紹介を取り入れた授業実践	16
1. 1. はじめに	
1. 2. 研究の方法と実践の概要	
1. 3. 結果と考察	
1. 4. まとめ	
第2章 科学者人物紹介による科学への興味・関心の醸成	40
2. 1. はじめに	
2. 2. 研究の方法と実践の概要	
2. 3. 結果と考察	
2. 4. まとめ	
第3章 生徒・教師・外部講師による授業実践と生徒作品	56
3. 1. はじめに	
3. 2. 研究の方法と実践の概要	
3. 3. 結果と考察	
3. 4. まとめ	

第4章 多くの科学者を科学史に着目して紹介することによる効果	80
4.1. はじめに	
4.2. 研究の方法と実践の概要	
4.3. 結果と考察	
4.4. まとめ	
終章	95
1. 本研究を通して明らかにしたこと	
2. まとめと今後の展望	
引用文献・参考文献	102
研究業績	106
謝辞	107

論文要旨

中学校理科教育の改善を目指した実践的研究 ～科学への興味・関心の醸成と定着のために～

藺部幸枝

現代社会は科学技術の進歩に伴い、グローバル化が急速に進んでいる。このような社会では、溢れる情報の中から有用な情報を選択し、多種多様な考え方の人たちとの交流の中で課題を協働的に解決していく力が求められる。そのためには、まずは一人ひとりが課題を見出し、科学的に思考・表現し、判断・行動しなければならない。そのような視点から中学校理科教育が担う役割を改めて問い直したとき、基本的な科学概念の形成、科学的思考力や探究に関する技能の育成に加え、それらを活用していこうとする原動力となる科学への興味・関心の醸成が大変重要となってくる。ところが日本の生徒においては、科学への興味・関心が諸外国に比べて著しく低い（PISA 調査など）ことが問題となってきた。

日本の中学校理科の学習には単元「科学技術と人間」があり、そこで科学技術と生活との結びつきを学ぶが、この学習だけで科学の有用性を実感させ、科学の関心を高めることは難しい。理科の学習全般において、科学の価値や科学の有用性を実感できるような学びを実現させ、科学への興味・関心を醸成するような中学校理科教育の改善が必要であろう。

そこで本論文では、日本の理科教育で問題となってきた「科学への興味・関心の低さ」を克服する方策として、これまでの日本の理科教育では十分に取上げられてこなかった科学技術の進歩・発展の過程、すなわち科学史を、科学者に着目して中学校理科教育に導入することを考えた。科学者に着目した授業を行うことで、生徒は科学者に親近感を覚え、科学者の功績から科学や技術の有用性を実感する。その結果、科学への興味・関心を醸成することができるとの仮説を立てた。実際に授業を考案・実践し、生徒の科学、科学者、科学技術の進歩・発展への関心に着目して、その効果を検証する研究を行った。その結果を以下に示す4章にまとめた。

第1章 科学者ダーウィンの人物紹介を取り入れた授業実践

「科学者ダーウィンの生涯」を教師が紹介する授業を行ったところ、科学への関心が高い生徒だけでなく低い生徒においても、授業そのものに対する興味・関心や、科学者に対する興味・関心を高める効果があることが示された。

第2章 科学者人物紹介による科学への興味・関心の醸成

中学3年生の生物単元「細胞とふえ方」に3人の科学者人物紹介の授業を組み入れ、単元学習前後で生徒の意識調査を行い、その効果を検討した。その結果、事前調査で科学への関心が高いグループでは、事後に科学者への関心が向上することが明らかになった。一方、科学への関心が低いグループでは、科学への関心を高める効果が認められた。

第3章 生徒・教師・外部講師による授業実践と生徒作品

実験と組み合わせた教師による科学者人物紹介、生徒自身による科学者紹介、研究者による特別授業を行った。生徒自身による科学者紹介で作成された生徒作品を質的に検討したところ、科学への関心が高い生徒だけでなく低い生徒の作品にも、意欲的に取り組むようすが見て取れた。3種類のどの授業でも生徒の授業への関心や科学技術の進歩への関心が高い状態で維持された。また、生徒自身による科学者紹介の授業には科学者への関心を、実験と組み合わせた教師による科学者人物紹介の授業には授業に対する関心を高める効果が認められた。

第4章 多くの科学者を科学史に着目して紹介することによる効果

15世紀から19世紀に生まれた生物・医学を専門とした科学者を教師が選び、生徒にその科学者の功績や生い立ちを調べさせ、発表させた。その結果、科学、科学技術の進歩・発展、科学者、科学者の話や伝記に対する生徒の興味・関心を高める効果が認められた。これらの効果は、調べて発表する生徒だけでなく、発表を聞くだけの生徒にも認められた。したがって、多くの科学者を科学史に着目して紹介する授業が、より有効であることが明らかになった。

略語一覽

AAAS	米国科学振興協会 The Americans Association for the Advancement of Science
IEA	国際教育到達度評価学会： The International Association for the Evaluation of Educational Achievement
OECD	経済協力開発機構： Organization for Economic Co-operation and Development
PISA	OECD 生徒の学習到達度調査： Programme for International Student Assessment
TIMSS	国際数学・理科教育動向調査： Trends in International Mathematics and Science Study
ICT	情報通信技術 Information and Communication Technology

序章

序章

1. 問題の所在

(1) 中学校理科教育と科学リテラシー

現代社会は科学技術の進歩に伴い、グローバル化が急速に進んでいる。こうした社会では、溢れる情報の中から有用な情報を選択し、多種多様な考え方の人たちとの交流の中で課題を協働的に解決していく力が求められる。そのために、一人ひとりが課題を見出し、科学的に思考・表現し、判断・行動しなければならない。このような視点から中学校理科教育が担う役割を考えると、生徒の科学的概念の形成、科学的思考力や探究に関する技能の育成に加え、それらを活用しようとする原動力となる科学への興味・関心の醸成と言えるであろう。端的に言えば「科学リテラシーを身につけさせること」と捉えることができる。

科学リテラシーおよび科学リテラシーを身につけた人の概念と定義は出典により様々である。全米科学教育スタンダードによると「科学的リテラシーとは、個人的な意思決定、または市民的及び文化的な活動への参加、そして経済生産力向上のために必要となった、科学的な概念及びプロセスについての知識及び理解のことである。」（長洲南海男監修，2001）とあり、科学的な知識や理解を重視している。また、米国科学振興協会（AAAS）のプロジェクト 2061 による定義には「科学的リテラシーを備えた人物というものは、（中略）個人的、社会的目的のために科学的知識と科学的な考え方をを用いるような人物である。」（日米理数教育比較研究会編訳，2005）と、個人や社会の目的のために科学的知識や技能を活用できる能力を重視している。さらに、経済協力開発機構（OECD）による生徒の学習到達度調査（PISA）のうち、科学リテラシーを中心に調査を実施した 2006 年または 2012 年の PISA 調査に示された定義には、全米科学教育スタンダードやプロジェクト 2061 による定義に加え、「科学とテクノロジーが我々の物質的、知的、文化的環境をいかに形作っているかを認識すること。思慮深い一市民として、科学的な考え方をもち、自ら進んで関わること。」（国立教育政策研究所，2007a，2013）とあり、科学の文化的側面を認識することと自発的な行動という態度面についても言及している。実際、PISA2006 年調査では、生徒質問紙の中で科学に対する態度についてたずねる項目を設け、科学に対する態度と取り組みに関するデータを集めている。そこでは、「科学的探究の支持」「理科学習者としての自己信頼性」「科学への興味・関心」「資源と環境に対する責任」の 4 領域が示されていた（国立教育政策研究所，2007b）。

以上のように、科学リテラシーおよび科学リテラシーを身につけた人の概念や定義の中で注目される資質や能力は、科学的知識・理解、活用する能力、意欲や態度が重視されている。実際、PISA2006の調査結果では、「科学に関する全般的な興味・関心の指標1単位あたりの科学的リテラシー得点の変化」が大きいのは、日本の34点はじめ、フランス、韓国、スイス、フィンランドの32～35点であり、「科学に全般的な興味・関心を持つ生徒」は科学的リテラシーの得点が高いと分析している（国立教育政策研究所，2007b）。この調査結果からも、生徒の科学への興味・関心を高めることが科学リテラシーを効果的に身につけさせることに役立つものであり、日本の理科教育においても重視されるべき点であると捉えられる。

（2）国内外の調査結果から見た日本の生徒の科学への興味・関心

PISA2006の生徒の科学に対する興味・関心の調査では、「科学や科学関連の問題とその解決に努力することに好奇心を示すこと。いろいろな資料や方法を使って、科学的な知識や技能を獲得する意思を示すこと。科学関連の職業について検討するなど、情報を探し、科学に関心を持ち続ける意思を示すこと。」を行っているかをたずねている（国立教育政策研究所，2007b）。その調査結果から、日本の生徒は科学への興味・関心が低く、科学の楽しさを実感できていないという問題点が指摘された（「OECD生徒の学習到達度調査（PISA2006）のポイント」における【結果の概要】：文部科学省 web ページ）。

さらに「国際数学・理科教育動向調査の2007年調査（Trends in International Mathematics and Science Study 2007：略称TIMSS2007）」および2011年調査（TIMSS2011）においても、「理科の勉強が楽しいか」「理科の勉強が好きか」の質問や、「将来、自分が望む仕事につくために、理科で良い成績を取る必要があるかどうか」「理科を使うことが含まれる職業につきたいかどうか」の質問に対して、「強くそう思う」と答えた生徒の割合が国際平均値よりも大きく下回った。これらの調査結果においても、日本の生徒が科学に対して興味・関心を失っていることが示された（国立教育政策研究所，2008，2012）。

また、国立政策研究所は、PISA2006の科学リテラシーに関する生徒質問紙調査を日本の中学校3年生対象に実施し、日本の高校1年生の結果と比較した。その結果、「中学3年生は高校1年生よりも、多くの質問項目で良好な意識を示し、必ずしもPISA調査結果のすべてが中学校までの理科教育に起因するものでない」としながらも、中学校段階の理科教育の課題に、「科学に関する自信、自己効力

感を高める」「理科や科学を学ぶ価値や意義を実感させる」「科学に関連する職業意識を養う」といった PISA 調査における「科学への態度」に関連する項目を挙げた（国立政策研究所，2008）。

これらの調査結果を踏まえ，中央教育審議会答申（中央教育審議会，2008）が出された。その答申をもとに改訂された中学校学習指導要領には，「科学を学ぶ意義や有用性を実感させ，科学への関心を高めること」が改訂のポイントとして示され，「国内外の様々な調査から，生徒が科学を学ぶ意義や有用性を実感していないことなどが課題となっている。そのため，科学技術が日常生活や社会を豊かにしていることや安全性の向上に役立っていること，理科で学習することが様々な職業と関係していることなど，日常生活や社会との関連を重視して改善を図る」と解説されている（文部科学省，2008）。

ところが，2012 年に実施された平成 24 年度全国学力・学習状況調査中学校理科の結果によれば，「理科の勉強は大切だと思いますか」「理科で学習したことは，将来，社会に出たときに役に立つと思いますか」の質問に対して，肯定的回答が国語や数学と比べ，大きく下回る結果となった（国立教育政策研究所，2012）。学習指導要領が完全実施された学年の生徒対象の調査であるが，生徒は科学を学ぶ意義や科学の有用性を実感できず，科学への関心が低いことが明らかとなった。

（3）理科教育の現場における理科嫌いの対策と対応

中学校理科教育の現場で生徒を見ていると，「生命」「粒子」「エネルギー」「地球」の各領域の様々な単元の学習過程において，生徒が苦手意識をもち，それを克服できなかったとき，理科の授業内容や科学への興味・関心を失っていく場合が多いように思われる。このように，理科の学習内容および科学全般に興味・関心を失った状況を理科嫌いと捉えたとするならば，理科嫌いになってしまった生徒の気持ちをいかに理科に向かわせるかが，中学校理科教育現場における課題である。

理科嫌いについて，吉岡は「『嫌い』とは，好まない，嫌がる，飽きる，興味がなくなる，という意味である」とし，「理科嫌い」を「子どもが，理科は好きではなく退屈で面白くないと思っている状況を現しており，子どもの立場での表現である」と解説し，理科に対する興味・関心を失う理由について言及している。理科の好き嫌いの理由について「好きな理由は『実験が好き・楽しい』であり，嫌いな理由は『覚えることが多い，難しい』であるが，中学生は『計算があるから』が 1 番の理由としてあげられる」と言う。「特に高校物理に関して言えば，

既に 1960 年代から難しい・嫌いという構図が出来上がっている」とし、長らく理科教育の問題であり、繰り返し問題にされるが一向に改善の兆しが見えないことが最大の問題点であると指摘した（吉岡，2002）。

理科嫌いになる時期について、出野らは小学校教員あるいは中学校・高校理科の教員を志望する学生を対象にアンケート調査を行った。そして、「中学校時代の理科の好き嫌い」と高校時代の理科の好き嫌いは明らかに連動しており、中学校時代に将来の理科の好き嫌いが決まってしまうこと」を明らかにした（出野・安田，2003）。

これまで、日本の理科教育の現場で問題となっている理科嫌いを克服するために、関係諸機関がその改善に努めてきている。例えば文部科学省は、2002 年より施策「科学技術・理科大好きプラン」を開始し（文部科学省，2002），2003 年より、スーパーサイエンスハイスクール事業をはじめ、大学や研究施設、科学館などを巻き込む大がかりな事業を通して、理科好きの青少年の育成を目指している（科学技術・理科大好きプランの主な施策：文部科学省 web ページ）。また、2007 年より小学校約 3000 校に対して、観察・実験を支援する人材を配置することで専科教員の不足を補い、小学校での観察・実験の充実に努めている（理科支援員事業：文部科学省 web ページ）。さらに、(独)科学技術振興機構では、理科教育に携わる人々に向けて、特に理科に対して苦手意識をもっている小学校教員の支援を目的として、子ども達の理科への興味・関心を喚起するために役立つ教材として、科学雑誌『Science Window』を提供している（2007 年創刊）。そこでは、最先端の科学を分かりやすく解説し、身近な疑問や話題について科学的に解き明かす工夫がなされており、定期的に全国の小学校・中学校・高等学校に無料で配布され、理科の授業などに役立てられている。また広く活用されるように、その内容は、(独)科学技術振興機構のホームページ（<http://sciencewindow.jst.go.jp/>）からダウンロードできるようになっている。

2. 問題点克服の方策

(1) 科学リテラシーの視点から日本の理科教育を見直す

本研究で着目した問題点は日本の生徒の「科学への興味・関心の低さ」である。筆者は、中学校理科教育が担う役割は科学リテラシーを身につけさせることと捉え、科学リテラシー育成の視点から日本の理科教育を見直し、問題点を克服する鍵を見出すこととした。そのために、科学リテラシー育成に主眼がおかれて著された、21 世紀の科学技術リテラシー像～豊かに生きるための智～プロジェクトに

よる『科学技術の智プロジェクト専門部会報告書』の『生命科学専門部会報告書』と『人間科学・社会科学専門部会報告書』（研究代表 北原和夫 科学技術の智プロジェクト，2008）を拠り所とした。科学技術の智プロジェクトは，若者の「理科離れ」の現状打開のために組織された「若者の理科離れ特別委員会（日本学術会議）」（後に「若者の科学力増進特別委員会」と改称）から始まった。理科離れの現状打開のために何をすべきかについての検討と「科学技術リテラシー構築に向けた調査研究（平成17年度科学技術振興調整費調査研究）」推進のもとに，「全ての日本人に身に付けてほしい科学技術の基礎的素養」を明示することを目的に，これらの報告書が著されている。

まず，『生命科学専門部会報告書』では，「ヒトは，増大する情報を共有し，利用するために，獲得した知識や技術，思考の方法，価値などの文化を，体系的に後世に伝える方法を見出した。それが『教育』と呼ばれる体系的・系統的な文化伝達様式である。」とあり，教育は文化伝承，つまり，文化を後世に伝えることの一様式としてはたらいっているとしている。

次に，『人間科学・社会科学専門部会報告書』では，科学・技術教育の目的について第1は「人間形成」，第2は「実用性」，第3は「『文化性』に依拠するもの」とし，「科学・技術は，人類の長い歴史の中で築き上げられてきた文化的所産であると捉えることもできる。このような文化を享受すること，すなわち，科学・技術のよさを知り，その価値を認めようとする態度を育成することである。」とあり，科学は人が社会とのつながりの中で構築してきた文化であり，その文化を享受し，その価値を認める態度を育成することが理科教育の目的の一つであるとしている。

そこで，現在の日本の理科教育において，科学文化の享受についてはどのように扱われているかを調べるために，日本の理科教育の基準となっている学習指導要領解説理科編を参照した。すると，科学の価値を実感させようとする意図が多く見出された。というのも，現行の学習指導要領は，その改訂の要点の一つに「科学を学ぶ意義や科学の有用性を実感させ，科学への関心を高めること」を挙げ，作成されているからである（文部科学省，2008）。

では，なぜ，学習指導用要領完全実施の2012年に行われた平成24年度全国学力・学習状況調査中学校理科の結果において，科学を学ぶ意義や科学の有用性を実感させる効果が認められなかったのであろうか（前項（2）国内外の調査結果から見た日本の生徒の科学への興味・関心を参照）。その理由の可能性の一つとして，調査対象・時期が中学校3年生の4月であったことが挙げられるかもしれ

ない。つまり、中学校3年生で学習すべき単元の未学習が影響した可能性が考えられるのである。中学校3年生で学ぶべき学習内容のうち特に効果が期待できるのは、改訂により選択から必修になった学習内容「科学技術と人間」である。学習指導要領には、「科学技術と人間」の中の「科学技術の発展」の目標に、「科学技術の発展の過程を知るとともに、科学技術が人間の生活を豊かで便利にしてきたことを認識すること。」とあり（文部科学省，2008），これはまさに、科学文化を享受し、その価値を認める態度を育成することにあたるのである。

しかし、先にも述べたように、単元「科学技術と人間」の標準履修時期は3年次の卒業直前であり、以前は選択であったことから、これまで日本の中学校理科教育現場で十分に履修されていなかった可能性も大きい。今後、このような科学技術の進歩・発展の過程を1年次から学ばせることで、科学を学ぶ意義や科学の有用性を実感させ、生徒の科学への興味・関心を高めさせることが可能になるかもしれない。

本研究では、「科学技術の進歩・発展の過程」を人類の歴史の中で構築されてきた科学の歴史、つまり科学史と捉え、科学史を理科教育に導入することで生徒の科学への興味・関心を高めたいと考えた。そこで、科学史を中学校理科教育に導入するにあたり、科学史と理科教育に関する先行研究を調査し、その成果と課題を見出すこととした。

（2）科学史と理科教育に関する先行研究の成果と課題

1970年代、鈴木善次は探究の過程を学習する際に、単にプロセス・スキルを学ぶだけでなく、歴史上の人物が「何を動機に、どういう思想を背景にして、研究に打ちむかったのか」ということぬきにしては探究の過程を本質的に理解したことにはならない」と述べている（鈴木，1973）。また、福井・鶴岡は、生徒が科学を学習するための動機づけとして、または興味・関心を喚起するために、科学史を活用する可能性について議論している（福井・鶴岡，2003）。さらに安東は、科学史を「直接的な科学史」（系統的・論理的な科学史）と「間接的な科学史」（科学者の伝記，エピソード）に区分し、それぞれの理科教育に対する意義を考察している（安東，2004）。しかしこれらの先行研究においては、必ずしも実践的にその効果は調査されていなかった。

一方、理科教育に科学史を導入し実践的研究を行った西條は、高校物理Ⅰの1年間の授業内容に合わせて原典資料を用いて授業を行い、その効果を生徒へのアンケートにより調査した。その結果、原典による難しさのためか、生徒には授業

があまり好意的に受け入れられなかったが、「科学の創造活動の側面，科学の歴史や思想文化または科学を生み出してきた人間自身に興味を持つ生徒が割合多くなっている」ことを明らかにした（西條，1979）．西條は，原典資料を用いた難易度の高い授業では，科学についての興味・関心を伸ばすことは出来なかったが，「科学者の逸話に興味を持つ生徒が割合多い」こと，実際の授業において「時にそれに触れると目を輝かす生徒が一気に増えた」こととから，全資料に「科学者の肖像写真を挿入して」「科学者小伝を添付する」ことで「親しみやすい形に整える」改善策を記載している（西條，1979）．このことから，安東のいう「間接的な科学史」には，生徒の興味・関心を高める効果がある可能性が感じられる．しかし，理科教育への「間接的な科学史」導入についての効果を定量的に調査している研究はない．

3. 本研究について

そこで本研究では，「間接的な科学史」，すなわち，科学者人物紹介を理科授業に取り入れることに，生徒の興味・関心を高める効果があるか否かを明らかにすることを目的とした．そのために，科学技術の進歩・発展に関わった科学者を選び，その科学者の功績や生い立ち，科学者の努力や研究姿勢を，その科学者が生きた時代背景とともに人間味が感じられるよう紹介する授業を考案・実践し，その効果を検証することとした．

（1）本研究の仮説

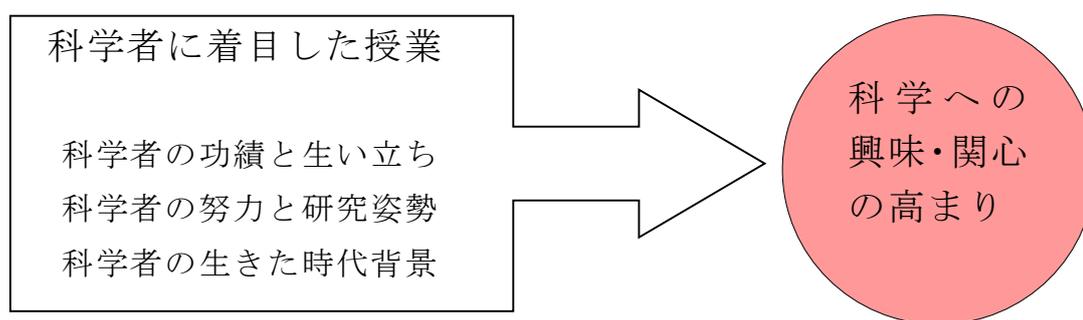


図 序－1 研究仮説

本研究では，図 序－1 に示すように，科学者に着目した授業を展開することで，生徒の科学への興味・関心が高まるという研究仮説を立てた．つまり，科学技術の進歩・発展に関わった科学者の人物像を知ることによって，生徒は科学者に親近

感を覚え、科学や科学技術の進歩・発展の過程を知ること、科学の価値や科学の有用性を実感する。その結果、生徒の科学への興味・関心を醸成することができるとの仮説を立てたのである。

（２）授業改善の基本方針

科学者に着目した授業における授業改善の基本方針は、生徒の興味・関心をかき立てるような授業、科学や科学技術の進歩・発展の過程を知り、その恩恵を実感できるような授業とした。

（３）研究の方法と構成

本研究では、（２）の項で述べた方針のもと、科学者に着目した授業を考案・実践し、生徒の意識調査をもとにした量的検討と、生徒の記述や作品をもとにした質的検討とを行い、その効果を検証する方法を採った。

科学者に着目した授業として、３種類の形態を考えた。それは、教師による科学者人物紹介、生徒自身による科学者紹介、現役の科学者（研究者）による特別授業である。

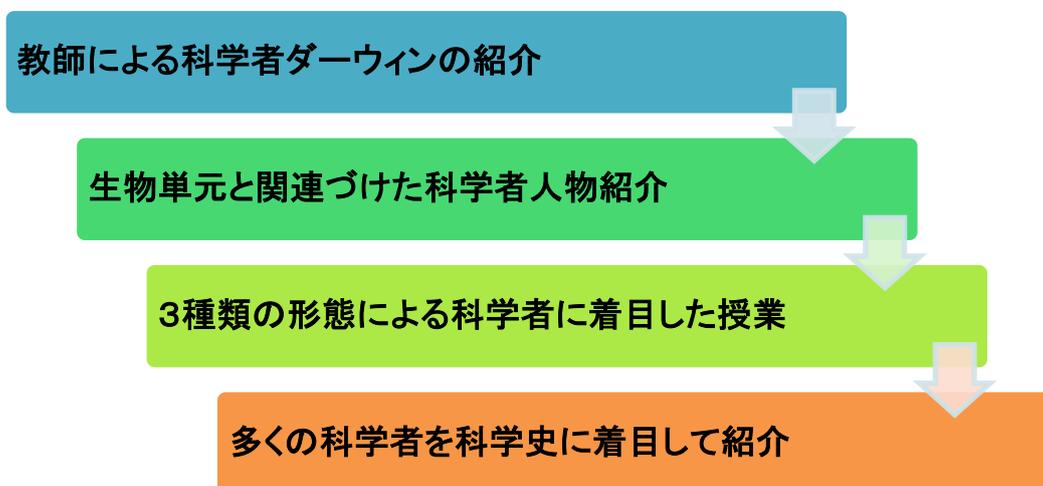


図 序－２ 研究の流れ

本研究の流れを図 序－２に示した。まず、教師による科学者人物紹介の授業の効果を調べた。次に、単元「細胞とふえ方」の学習内容と関連する３人の科学者を選び、教師が科学者人物紹介をする授業を組み込んだ単元全体の効果を調査した。つづいて、３種類の形態で科学者に着目した授業を実践し、生徒の作品に

よる質的検討を加え、効果を検証した。最後に、多くの科学者を科学史に着目して生徒自身が紹介する授業を考案し、その効果を検討した。

第1章：科学者ダーウィンの紹介を取り入れた授業実践

教師による科学者人物紹介を取り入れた授業には、生徒の科学への興味・関心を高める効果があるか否かを調べる調査を行うために、「科学者ダーウィンの生涯」を考案し、その人物像を紹介する授業を実践した。科学、科学者に対する興味・関心、実践した授業そのものに対する興味・関心等を質問紙で調査し、その結果から効果を検討した。

第2章：科学者人物紹介による科学への興味・関心の醸成

中学校第3学年の生物単元「細胞とふえ方」の学習内容に関連する3人の科学者を選び、その科学者を紹介する授業を考案・実践し、単元の学習前後で質問紙調査を行い、その効果を検討した。その際、事前調査における科学への興味・関心度の高低と、その効果について比較・検討した。

第3章：教師・生徒・外部講師による授業実践と生徒作品

中学校第3学年の「科学技術と人間」の単元で、教師による科学者人物紹介、生徒による科学者紹介、現役の科学者（研究者）による特別授業の3種類の形態による科学者に着目した授業を考案・実践し、その効果を検証した。特に生徒による科学者紹介における発表原稿を生徒作品として、質的検討を加えた。

第4章：多くの科学者を科学史に着目して紹介することによる効果

15世紀以降から19世紀に生まれた生物・医学に関する科学者を教師が選定し、その人物紹介を生徒自身に行わせる授業を考案した。科学や科学技術の進歩・発展などへの興味・関心を高めるか否かについて、科学者について自分で調べ発表するグループと、その発表を聞くだけのグループとで比較・分析した。