

令和元年6月14日現在

機関番号：14201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00959

研究課題名(和文) 考える力を養成するための天文を中心とした理科教科単元横断型教員用教材の開発と検証

研究課題名(英文) Development and verification of a cross-unit science teaching material related to astronomy for schoolteachers to train scientific thinking skills

研究代表者

大山 政光(Ohyama, Masamitsu)

滋賀大学・教育学部・准教授

研究者番号：80332716

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：

教員などの大人世代においても科学的思考力が弱くなっている。そのため、日常生活や太陽表面とも関係する「対流」に関して関西と関東の計4大学の大学生に調査した。その結果、小・中学校で学習する基本的な内容ですら理解度が低いことが分かった。この結果は、既習内容を活用し科学的に思考する力をつけるためには、基本的な内容の理解から必要であることを示している。さらに、「対流」に関する説明の仕方でもその学生の理解を推し量る指標を見つけた。そこで、これらの結果を取り入れ、基本的な内容、学生の思考レベルに合わせた回答例とその回答に関する課題を加えた「放射線」に関する単元横断型の教員用教材を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

科学的な思考には、既習内容を活用することが必須である。しかし、本研究で行った地理的に離れた4大学の大学生への「対流」に関する調査から、小学生で学習する理科の内容ですら大学生の理解度が低いことが分かった。この結果は、科学的な思考を苦手としている原因の1つであることを示しており、「理科嫌い」という社会的な課題を検討する上で重要な結果である。また、この調査から、学生の理解を推し量る指標を見つけたことは、会話や面接などで科学的に理解しているかどうかを推し量れる意味で社会的な意義が大きい。

研究成果の概要(英文)：As the scientific thinking skills of the adult such as teachers is weak, I made an investigation into scientific thinking skills of students using 'convection' related to the daily life and the surface of the sun. The targets of investigation are students of four universities in Kansai and Kanto areas. I found that many students do not understand contents of science in primary and junior high schools. This result indicates that they need to understand basic contents of science to train scientific thinking skills. Moreover, I found indices to estimate understanding level of students from their explanation about 'convection'. And then I developed a cross-unit science teaching material adding examples of explanation according to students' thinking levels and advice of each level.

研究分野：科学教育

キーワード：理科教育 科学的思考力 理解度 水 対流 教材開発 放射線 天文

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

子どもだけでなく、学校教員や教員志望学生など大人の理科嫌いや苦手意識が深刻である。これまでの科学研究費基盤研究(C)と関連する小学生・中学生・高校生・大学生への講義や学校教員への教員研修などの実践を通して、児童・生徒だけでなく理系学生や学校教員でさえ、科学的な思考力が弱いことが分かってきた。このことが理科嫌いや苦手意識につながっていると考えられる。

これまでの教員研修や児童・生徒・学生への実践を通して、科学的な思考力が弱い要因の1つに、思考する際に既習内容を活用していない可能性が浮かび上がってきた。そして、これは、子どもだけでなく、学校教員や大学生などの大人世代にも共通していることが分かってきた。

2. 研究の目的

大学生や学校教員などの大人の世代も科学的な思考が弱くなってきている。この科学的な思考が弱い要因の1つとして、科学現象・自然現象について思考する際に学習済の理科の内容を活用していないことにありと仮説を立てている。そこで、この仮説を立証することが本研究の目的の1つである。

次に、上記の研究結果をもとに、「自ら科学的に思考する力」を養成するために、天文分野に含まれる物理・原理・思考と共通の単元を見だし、その共通物理・原理に関する単元横断型の教員用教材を開発し、検証することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

本研究で、考える力を養成するための単元横断型の教材を開発するために、大きく分けて以下の2つの研究を行う。

研究) 研究 では、科学的思考力が弱い要因を探る。これまでの研究・実践を通し、科学現象・自然現象について思考する際に学習済の内容を活用していないことが、科学的思考力の弱さにつながっていると仮説を立てている。そこで、この仮説を確かめるため、以下の方法で研究を行う。

a) 1大学の大学生に「対流」を用いて、既習内容を用いて科学的に説明できているかの調査を実施する(調査1)。この調査を実施するため、基本編として小・中学校で学習する内容について、応用編として対流が関係する自然現象について問う調査問題を作成する。

b) 調査1による結果が、特定地域のみ結果であるのか、または、大学生に一般化することが可能かどうかを探るため、調査1と同調査を全国的に拡げて実施する(調査2)。

研究) 研究 での結果をもとにして、以下の方法で単元横断型の教師用教材を開発する。

) 中学・高校理科の単元と天文分野とで共通する物理・原理・現象を見いだす。

) 単元間に潜む共通原理や物理の理解を深め、共通原理等を用いながら各単元で学習する内容を理解し、科学的に解説できる力を育てる教材を開発し検証する。

4. 研究成果

研究) として、大学生の「対流」に関する理解度実態調査を実施した。この調査では、基本編と応用編の2つに分け、基本編では対流に関わる基本的な物理を問い、応用編では対流に係る自然現象について問う問題とした。基本編で調査した基本的な物理として、「小学校4年生で学習する温度変化に伴う空気や水の体積変化」、「小学校3年生や中学1年生で学習する密度の違いによる浮き沈み」、「中学1年生で学習する密度の意味[物質の質量]/[物質の体積]」について選択式で問うた。応用編として「水の入った水槽を下部中心から温めた際の水の動き」について図示と記述式で問うた。

研究) a) として、関西のA大学教育学部で理科系学生を含む1回生152人に基本編のみ実施した。その結果、水の温度変化に伴う体積変化に関して正答したのは、17.1%だけであった。また、65.1%の学生が体積は変化しないと誤って理解していることが分かった。この結果は、既習内容を活用する力をつける前に、まず基本的な内容の理解が必要であることを示している。

上記) の結果をふまえ、理科系学生のみを対象として関西の国立大学法人2大学、関東の国立大学法人2大学で同じ調査を実施した。調査対象は、関西のA大学では教育学部生78人(1

回生 23 人, 2 回生 19 人, 3 回生 19 人, 4 回生 17 人) で全員理科分野専攻, B 大学では教育学部生 19 人 (2 回生 18 人, 大学院生 1 人), 工学部系学部 1 人 (3 回生) の計 20 人で理科分野の専攻は 14 人である。関東の C 大学では教育学部生 50 人 (2 回生 7 人, 3 回生 37 人, 4 回生 4 人, 院生 2 人) で全員理科分野専攻, D 大学では理学部生 75 人 (1 回生 43 人, 2 回生 1 人, 3 回生 30 人, 4 回生 1 人) で、理科分野専攻は 67 人である。B, C, D 大学には応用編の調査において、他の現象に関する科学的な説明例と、学生が回答しそうな悪い説明例と悪い理由を示した回答例を調査シートとともに配布し、科学的な説明の仕方を周知した。

この調査結果として、小学 4 年で学習する『空気の温度変化に伴う体積変化』に関する 4 大学全体の正解率は 89.7%であったのに対し、同じく小学 4 年で学習する『水』の場合は正答率が理科系学生であっても 48.0%と低いことが分かった。『水』に関する各大学の正答率は A 大学が 52.6%, B 大学 35.0%, C 大学 60.0%, D 大学 38.7%と地域に偏りなく、理系学部においても低いことが分かった。

さらに、B, C, D 大学の 145 人に実施した『対流』に関する記述式調査では、「水が温められ上昇する」という回答が 48 人 (33.1%), 「水が温められ、軽くなり上昇する」が 6 人 (4.1%), 「水が温められ、密度/比重が小さくなり上昇する」が 36 人 (24.8%), 「水が温められ、体積が膨張して、密度が小さくなり上昇する」が 11 人 (7.6%) であった。

次に応用編の回答の仕方と基本編の理解との比較を行う。「水が温められ上昇する」と回答した 48 人の内、基本編を正解したのは 10 人 (20.8%)、不正解者は 38 人 (79.2%)、 「水が温められ、軽くなり上昇する」と回答した 6 人の内、基本編の正答者は 3 人であった。一方、既習内容を活用して科学的な説明である「水が温められ、密度/比重が小さくなり上昇する」と回答した 36 人では、基本編の正答者が 28 人 (77.8%)、 「水が温められ、体積が膨張して、密度が小さくなり上昇する」と回答した人では 11 人全員が基本編を正答していた。

これらの結果から、『対流』に関する記述式回答において、 ‘密度’ や ‘比重’ という言葉を用いて回答をした 47 人の内、39 人 (83%) が小学 4 年で学習する基本的な内容『水の温度変化に伴う体積変化』を理解していたこと、一方、『対流』の記述式調査において「水が温められ上昇する」と記述した 48 人の内、基本的な内容を理解していたのは 10 人 (20.8%) のみであったことが分かった。この結果から、『対流』に関して科学的な説明をする際に、 ‘密度’ や ‘比重’ というキーワードが、『対流』の理解度を測る指標となることが分かった。

この調査において、基礎編の『水の温度変化に伴う体積変化』の正答者から既習内容を活用できているかどうかを調べた。基礎編の正答者 66 人中、応用編の無回答や誤答が 12 人いた。その他に、「温められた水は上昇する」というような記述はあるものの、中学校で学習する温められた水が上昇する理由を書いていない科学的な説明不足が 10 人いた。その結果、基礎的な知識を持っていても、それらを活用しながら思考していない人の割合が約 33% いるということが分かった。

上記の結果をふまえて、基本的な内容を理解するための教材を作成した。大学の講義で小・中学校の内容をすべて復習することは困難であることと、小・中学校で学習すべき内容を大学で教えることは大学本来の目的ではないことを考慮し、5 分程度のビデオ教材とした。この作成した教材では、小学校の教科書 (6 社) で扱われている中で最も多い実験を採用した。次に、5 分程度の学習と作成教材の効果を探るため、授業内で講師は解説することなくビデオ教材のみを見せた。

次に、5 分間学習による理解の定着度を調べるため、3 ヶ月後に再度、基本編についての調査を実施した。調査問題は 1 回目と同等の内容・レベルとした。2 回の調査を受けた 152 人で比較すると、学習前の調査での正答率が 17.8%、学習してから 3 カ月後の調査では 48.7%となり、正答率が 30% 向上した。この結果は、大学において復習程度の 5 分間学習でも一定の定着を与えることを示している。

上記の結果をもとに、放射線をテーマにし、理科教員志望学生向けに科学的に思考する力を養成するための教材を開発した。地球の気候変動にも関係していると考えられている太陽宇宙線も放射線の 1 つであり、花崗岩からも放射線が出ている。また、放射線の種類を見分ける際にはローレンツ力、フレミング左手の法則などの中学・高校で学習する物理を活用することができ、単元を横断するテーマである。

開発教材では、各章の最初に問題を提示し、科学的な説明を考えさせるようにした。そして、学生が答えそうな悪い説明例も含めて 4 段階のレベル別に回答例を示し、次に科学的な思考をする上で何が不足しているかをレベル毎に提示した。その後、基礎的な内容などの解説を行い、関連する問題に対しての科学的な説明を加えた。さらに、その説明のどこに既習内容が使われ、その既習内容が小・中・高のどの単元で学習する内容を明示し、それらが学習済内容であることを意識づけさせるとともに、復習しやすいように工夫した。

開発した教材を教員志望学生に使用し検証を行った。その結果、科学的な説明の仕方、既習内容を活用することの大切さを理解できる教材であると評価された。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 6 件)

(1) Ohyama, M., Surveying Japanese Student's Understanding of 'Expansion of Water on Heating', 10th KIFEE International Symposium on Environment, Energy, and Materials, 2018. 10., (ノルウェー)

(2) 大山 真満, 沖 凌太, 山本 麻由, 小学校 4 年生で学習する『水の温度変化に伴う体積変化』に関する大学生の理解度調査と理解度の指標, 日本理科教育学会全国大会. 2018. 8. (岩手大学)

(3) 山本 麻由, 沖 凌太, 大山 真満, 大学における『水の温度変化に伴う体積変化』に関する再学習の効果, 日本理科教育学会近畿支部大会, 2017. 11., (滋賀大学)

(4) 沖 凌太, 山本 麻由, 大山 真満, 小学校 4 年生で学習する『水の温度変化に伴う体積変化』に関する大学生の理解度調査, 日本理科教育学会近畿支部大会, 2017. 11., (滋賀大学)

(5) Ohyama, M., The teaching materials for teachers about small astronomical telescopes, International Symposium on Education in Astronomy and Astrobiology, 2017. 7., ユトレヒト(オランダ)

(6) Ohyama, M. and Itonori, S., The website on water quality measurements for Norwegian-Japanese school network, 9th KIFEE International Symposium on Environment, Energy, and Materials, 2017. 3., (同志社大学)

〔その他〕

(1)報道関連(計 1 件)

新聞

[1] 2018 年 7 月 27 日 京都新聞『宇宙クイズ 児童ら楽しく -与謝野の桑飼小で「七夕出前講座」-』

(2)アウトリーチ活動(計 14 件のべ 15 回)

: 講演会等

- [1] 2018 年 11 月 27 日 滋賀県立河瀬中学校
- [2] 2018 年 10 月 16 日 京都府立鬮学校
- [3] 2018 年 10 月 15 日 京都府宇治市立小倉小学校
- [4] 2018 年 9 月 25 日 京都府立亀岡市立畑野小学校
- [5] 2018 年 7 月 19 日 京都府与謝野町立桑飼小学校
- [6] 2017 年 10 月 11 日 京都府宇治市立小倉小学校
- [7] 2017 年 8 月 5 日 高大連携講座・滋賀大学
- [8] 2017 年 6 月 25 日 大津市科学館
- [9] 2016 年 11 月 21,22 日 滋賀県立河瀬中学校
- [10] 2016 年 11 月 1 日 京都府八幡市立美濃山小学校
- [11] 2016 年 10 月 14 日 滋賀大学附属特別支援学校
- [12] 2016 年 10 月 4 日 京都府宇治市立小倉小学校
- [13] 2016 年 7 月 7 日 京都府京丹波町立下山小学校
- [14] 2016 年 6 月 18 日 大津市科学館

: 教員研修(計 4 回)

- [1] 2018 年 8 月 2 日 コア・サイエンス・ティーチャー養成研修(滋賀大学)
- [2] 2017 年 8 月 7 日 教員免許状更新講習(滋賀大学)
- [3] 2017 年 8 月 4 日 コア・サイエンス・ティーチャー養成研修(滋賀大学)
- [4] 2016 年 8 月 5 日 コア・サイエンス・ティーチャー養成研修(滋賀大学)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。