

令和 3 年 5 月 27 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K00980

研究課題名(和文)火山・気象現象に関する科学的な問いの生成を促す理科教材・指導法の探究

研究課題名(英文) Explore Science Teaching Materials and Methods for Encouraging Generation of Scientific Questions about Volcanic and Meteorological Phenomena.

研究代表者

土田 理 (TSUCHIDA, Satoshi)

鹿児島大学・法文教育学域教育学系・教授

研究者番号：10217325

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、火山・気象現象に関する科学的な問いの生成を促す理科教材・指導法の探究を目的としている。

そして次の点が成果としてあげられる。(1)理科検定教科書による気象や火山活動についての問いの生成キーワードの抽出と分析、(2)「科学的な問い」とクリティカルシンキングの関連性を調べる試行授業の実施と分析、(3)児童の自然現象に関する認識とその変化の分析、(4)火山・気象現象に関する科学的な問いの生成を促す理科教材・指導法に関する提言

研究成果の学術的意義や社会的意義

得られた成果から、現在予報がある程度可能となっている気象現象と予測が困難である火山・地震などを、地殻内外で生じている自然現象として統一的に考えるためには、論証における論拠に科学的な問いの生成が関係していること、児童に把握する機会を授業の中で、学年段階に応じて提供することが重要であることが提言され、今後の小学校理科教材研究への方向性を示したことに社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to explore science teaching materials and methods that encourage the generation of scientific questions about volcanic and meteorological phenomena.

The results are as follows:(1) Question generation keyword extraction and analysis about weather and volcanic activity using science textbooks, (2) Conducting and analyzing trial lessons class for investigating the relationship between scientific questions and critical thinking, (3) Analysis of cognition and changes about awareness of children's natural phenomena, (4) Recommendations on science teaching materials and methods for encouraging the generation of scientific questions regarding volcanic and meteorological phenomena.

研究分野：科学教育

キーワード：科学教育 問いの生成 火山 気象

1. 研究開始当初の背景

2014年から2016年に科研費補助金を受けて行ってきた研究課題「全天観測カメラを用いた火山と気象の教材「桜島と雲」を活用したモジュールの探究」の中で、ギリシャのクレタ大学自然史博物館の初等学校向け防災教育プログラム RACCE についてスーパーバイザーの Fassoulas Charalampos 博士との意見交換で、特に、日常的な自然事象と非日常的な自然事象を同じ事象として捉えることができる見識を児童生徒が持つことが重要であることが指摘され、防災に関する科学的な「問いの生成」の観点で教材を見直す指針になった。

小中学校の理科では、自然事象に関する興味・関心を通して、科学的思考・判断・表現の力を高め、自然事象を探究し、知識・理解を深めることを目的として、日々の授業実践が行われている。しかし、文部科学省の行っている全国学力テストにおけるの理科の調査を見ても、平成24年度と平成27年度の同一世代での関心・意欲・態度に関する項目では、小学校の時に高かった意識も中学校では大きく下がっていることが示された。

これは、中学校になり抽象的な思考を求められる内容になることがその大きな原因であるが、抽象的思考が必要とされる意味を小学校の時から実感を伴って捉えさせていないことにも原因がある。

実感を伴って捉えさせるには、子ども達が直接見たり体験したりできるが、その理由や原因を簡単に推測できない自然事象に出会い、「なぜ」「どうして」という問いを子ども自らが発することが求められる。そして、多くの問いから科学的に探究可能な問いに改良、精選し、実際に観察や実験を計画、実施を通して、問いの質を科学的に高めていく活動が求められる。

しかし、子ども達が自らのこととして捉えていない、または捉えることができない理科の題材が、上級学年ほど多くなるため、問いの生成を自らおこなうことが困難となる現状である。特に、地学分野では気象現象、火山や地震に対する問いの生成を通して、自然現象を科学的に捉え、現実的なハザードスキルを身につけることが重要であるが、問いの生成をスキップしたその場限りの知識の詰め込みと、その結果としての他人事として防災を把握している現状がある。

2. 研究の目的

本研究では、火山活動、気象現象に関する科学的な問いの生成（質問づくり）を促すことで地学領域に関する科学的思考・判断力を促進し、観察と予測と関係を科学的に捉え自然事象から生じる災害の科学的把握を目指した理科教材・指導法の探究を行う。

3. 研究の方法

以下に示す方法で研究を進めた。

- (1) 理科検定教科書による気象や火山活動についての問いの生成キーワードの抽出と分析
- (2) 「科学的な問い」とクリティカルシンキングの関連性を調べる試行授業の実施と分析
- (3) 児童の自然現象に関する認識とその変化についての調査と分析

これらの成果をもとに、火山・気象現象に関する科学的な問いの生成を促す理科教材・指導法に関する提言を行う。

4. 研究成果

- (1) 理科検定教科書による気象や火山活動についての問いの生成キーワードの抽出と分析

平成20年告示の学習指導要領に準拠した3年生から6年生用の小学校理科検定教科書（6社）から、B区分「地球」に係る単元で示されている問いについて、文字列として抽出を行い、問いに現れる言葉の繋がりから、問いの内容を分析した（引用①）。

火山と気象現象に関する問いについて、中心語を決めて、問いの中でその語につながる言葉の繋がりについて考察を行った。中心語は「火山」（または火山活動、火山灰）と「天気」である。中心語を中心に問いに含まれるキーワードの重要度評価を行い、その後、抽出したキーワードを重要度に応じて関連性のマッピングをすることで、中心語周辺の言葉の繋がりを視覚的に表現した。その中から、2社について「天気」と「火山」の関連語マップを図1から図4に示す。

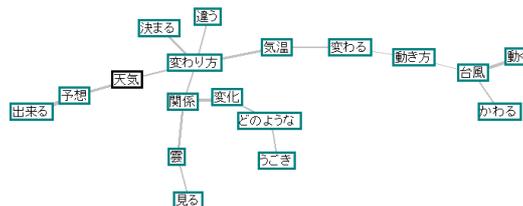
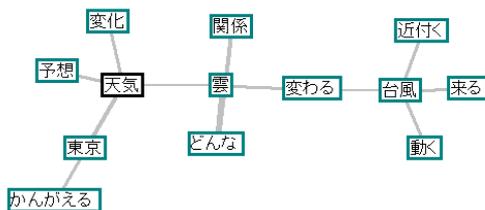


図1：「天気」の関連語マップ（A社） 図2：「天気」の関連語マップ（B社）

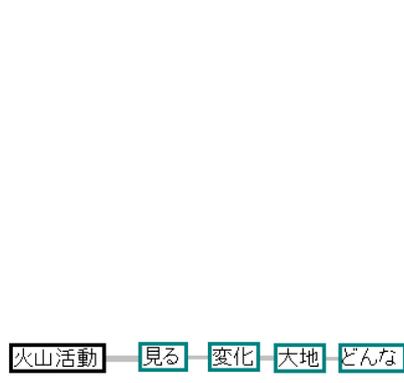


図3：「火山」の関連語マップ（A社）

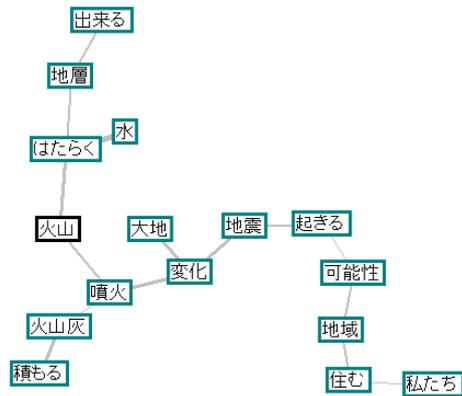


図4：「火山」の関連語マップ（B社）

「天気」に関しては、いずれの教科書においても広がりのある問い毎にマップに違いが見られたが、「火山」に関しては教科書によって関連語の広がり大きな違いが見られることが分かった。同様に教科書中の問いの分析を行った中でも、教科書毎に問いの数や問いの作られ方が大きく異なっていることがわかった。そして日本で使用している教科書においては、科学的な問いの定義などは明確に示されているとは言えないため、問いの質自体も指導する教師と教科書に影響を受けることになる。

一方、中学校理科検定教科書第2分野「火山と地震」から「問い」の文章を抽出し、「問い」が発せられる場面設定の分析をおこなった。その結果、多くの教科書において「導入場面」における問いは全体の60%から70%を占め、「考察場面」や「実験場面」の問いは30%であることが明らかになった。このことより、教科書中の問いのみでは、実験・考察場面で仮設や予想を生徒自らの問いとして確認することは困難であり、教師からの問いかけや生徒のお互いの問いかけを積極的に行う必要がある。

(2) 「科学的な問い」とクリティカルシンキングの関連性を調べる試行授業の実施と分析

2019年の米国NARST年会に出席し意見交換を行う中で、本研究のテーマである「科学的な問い」が、米国次期スタンダードの中心テーマの「批判的思考 (Critical Thinking)」と深い関係性を持つことが確認できた。

本研究では、火山活動と気象現象は、地球上で見られる自然現象という共通性を持っているが、火山活動は見るのが難しい地面の下で起こっている現象であるのに対して、気象現象は比較的観察が可能で宇宙からの観測によって予測も可能という違いがあることを、学習活動後に学習者が獲得する教材・指導法を目指している。

そこで、観察できなくても存在するの事実について、小学生の「問い」と「根拠」に基づく思考の関連性を調べるため、比較観察が可能な物が水に溶ける場合と溶けずに水に漂う場合の実験を観察後、溶けて見えなくなった物質も水中に存在する理由とその根拠を問う試行授業を、鹿児島市内の小学校5年生2クラス66名を対象に2019年12月に行った。

児童が回答した課題について、溶けて見えなくなっても水中に存在しているという主張をほぼ全員の児童が立てていたが、前もって作成していた主張の科学的な程度を評価するルーブリックを基に分析すると、主張の70%は溶かす前と溶かした後の重量比較のみを根拠としており、溶けなかった物の前後の重量比較と溶けた物の重量比較を対比させて、溶けない物と同じように見えないが存在しているという根拠をたてていた児童は10%に満たなかった。

この試行授業より、目による観察ができない事象について科学的な問いを立て、その問いに対する予想を、目による観察が可能な事象と観察ができない事象を二つの比較を通して科学的に考察することは、多くの児童にとって困難であるが、まったくできないことでは無いことが明らかになった。

(3) 児童の自然現象に関する認識とその変化についての調査と分析

火山活動や地震と気象現象の関係について、自然現象としての児童の捉え方に関しては、これまで調査事例が少ない。Fassoulas Charalampos 博士は、ギリシャのクレタ大学自然史博物館と連携しているクレタ島内の小学校などの授業の際、多くの子どもたちは火山活動と気象現象を全く別の現象としてとらえているようだ、と筆者が以前訪問した時に述べていた。本課題の研究当初に、予備調査を行っていたが、コロナ感染拡大の影響から研究期間延長を行った2020年に、再度、調査をおこなった。被験者は、鹿児島市内の小学校4年生から6年生で人数は表1に示した通りである。各学年1学期終了時の7月に1回目調査を行い、学年終了時の3月に2回目調査を行った。

調査は、二人の児童が火山活動と地震、気象現象について、同じ自然現象と考えられるか考えられな

表1：被験者内訳

学年	4	5	6
男子	31	17	27
女子	34	15	32
計	65	32	59

いかについて、会話している場面を示し、被験者がどちらの立場に賛同するか、その根拠とともに文章、図、絵で回答する質問紙によって行った。

その結果、2回の調査ともに両者を地球上における自然現象として統一して捉えていた児童は、4年生で40%、5年生で45%、6年生で40%であった。通常、平均的通過率を捉える場合、6割を想定するので、各学年ともにその割合を超えていないが、全く少ない訳でもない。

また、2学期、3学期でB区分「地球」の内容を学習する前後の回答の変化は、図5から図7に示した通りであった。図では、同じ自然事象と捉えることに賛成・反対・分からないで示してある。

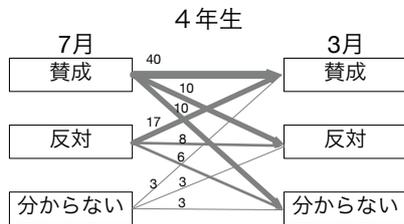


図5：回答遷移図（4年生）
数字は割合（%）

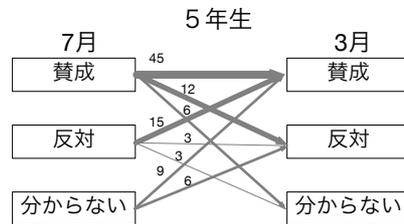


図6：回答遷移図（5年生）
数字は割合（%）

2学期、3学期の学習によって自然現象の把握が改善された児童は、4年生で20%、5年生で25%、6年生で30%であり、学年が進むにつれて自然事象を統一的に捉えることができるようになっていくと予想される。しかし、捉え方が安定していない児童は、4年生、5年生で20%、6年生で10%であり、6年生では「どちらともいえない」への遷移が20%にのぼった。

また調査問題では、それぞれの事象の予想可能性から自然現象と判断するかどうかを問うている。しかし回答の根拠として、気象予報は科学と技術によって発展してきたものであり、火山や地震はまだ現象解明の途中の段階である、ということの説明を図や絵、文章などで行っていた児童は、各学年とも数人に満たなかった。

これらの事より、学年を経てB区分の学習を進めるにつれて、地球内部と表面で生じている現象を同じ自然現象として見る知識はふえていくが、同じ現象として捉える根拠は不確かであり、知識だけが増えることで混乱も生じていると考えられる。

(4) 火山・気象現象に関する科学的な問いの生成を促す理科教材・指導法に関する提言

地下で生じている現象と地上で生じている現象を、同じ地球上での自然現象として捉えるためには、なぜそれらを同じとして捉えることができるのか、またなぜそれらを同じとして捉えることができない意見があるのか、両者の主張の根拠を可視化し、どちらに科学的な妥当性があるのかを考える時間を設定することが重要となる。

そのためには、観察された事象の原因や理由に対する自分の主張（仮説）が支持されるには、観察・実験可能な事実を得ることと、その事実を得ることで主張（仮説）が支持されるという論拠をセットで考えることを、少しずつ授業の中に加えていくことが求められる。そして、論拠は科学的な論拠と科学的でない論拠が存在し、科学的な論拠は観察・実験の可能性へと繋がる科学的な問いに対する事実の蓄積であることを、知識として獲得することが重要となる（図8）。

この論証は、先に試行授業で行った複数の観察事実があって、初めて主張（仮説）は支持されるというクリティカルシンキングに繋がるものである。

火山噴火や地震は観察が困難な地殻内でのメカニズムが要因となっている。一方、気象現象は地殻外の観察が比較的可能な場所でのメカニズムが要因となっている。

観察の可能性のみで主張（仮説）が成り立つと、事象の要因の把握の容易さで自然事象を切り離して理解することにな

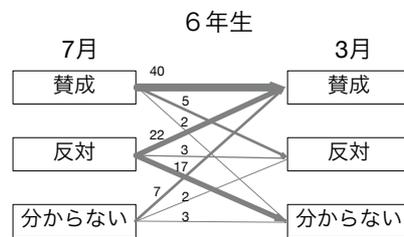


図7：回答遷移図（6年生）
数字は割合（%）

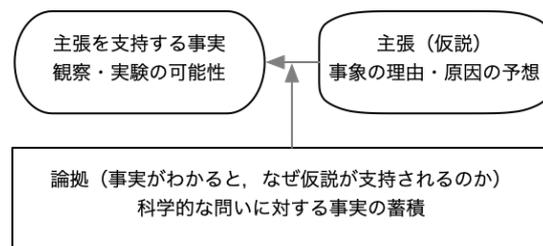


図8：主張（仮説）、観察・実験、論拠

る。特に、C区分は、時間・空間の広がりや繋がりが大きく異なる自然事象を扱っている。そのため、事象の把握の度合いで捉え方を区別しがちとなる。

本研究の成果(1)(2)(3)から、科学的な問いの生成を促す理科教材・理科指導には、観察の可能性と観察の困難さ、観察困難な事象が観察可能であれば予想できる事柄を、先に示した主張(仮説)、観察・実験、論拠の組み立てに加えることで、科学的な論拠にするための科学的な問いの事例を挙げることが必要となることが示された。

そして、「科学的な問い」とは何かということ、論証とクリティカルシンキングの関係を具体的な自然事象を比較しながら取り扱う中で、学年段階に応じて児童が把握していくことが重要となる。成果をもとにして、現行、小学校理科の指導内容へ付加する事項を表2に示す。

表2：現行指導内容への付加内容

学年	単元	観察や予想が可能な自然事象	観察が困難な事象や事柄	観察可能であれば予想できる事柄
4	天気と気温	気温と天気の関係	雲から雨になる過程	雲は水で構成されていること
	雨水のゆくえと地面のようす	・雨水の流れ ・地面の傾き ・水のしみこみ方	・地面にしみこんだ水の行方 ・地面の成り立ち	・排水溝以外の水の行方 ・土地の構成と成因
	自然のなかの水のすがた	ビーカーの水位変化	気体の状態での水	雲は地表からの水で作られる
	水のすがたと温度(A区分)	水の三態	圧力と水の三態の関係	地下やマグマの水の存在
5	天気の変化	天気予報と天気の関係	天気予報が可能である仕組み	予報できる事象と予報が困難な事象の区別
	台風と天気の変化	天気予報と台風の関係	台風による災害の可能性と予測	予測できる災害と予測できない災害の区別
	流れる水のはたらき	地図上の河川の位置と上流部から下流部までの河川の変化	・上流部、中流部、下流部で、時間とともに河川が変化していく様子 ・河川に見られる岩石の起源 河川が曲がる(湾曲する)原因	地表の変化は、地下の構造、地下での活動(構造帯、断層)地表での災害などと関係していること
6	大地の作りと変化	・露頭と露頭で採取される岩石の種類 ・噴火活動を続けている火山の地表での様子	・地層の広がり、つながり ・地層の成因と年代変化 ・火山噴火の原因と予測 ・地震の原因と予測	・時間・空間のスペンが非常に大きい事象と比較的小さい事象があること ・地球の地殻内部と外部で起きている事象は時間・空間のスペンが大きく異なること ・時間・空間のスペンが異なると観察、実験、予測が大きく異なること ・時間・空間のスペンが異なっても自然事象であること

その上で、図8に示した論証の流れを通して、火山活動、地震、気象現象の両者で、日常的な疑問を観察・実験可能な科学的な問いへと変える練習を行うことを理科教材と指導内容に加えることが必要であることが明らかになった。

<引用文献>

①土田 理, 小学校理科教科書に見られる火山・気象現象に関する問いの関連性, 日本科学教育学会研究会研究報告, 33(2), 2018, 73-76

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 土田 理	4. 巻 33
2. 論文標題 小学校理科教科書に見られる火山・気象現象に関する問いの関連性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本科学教育学会研究会研究報告	6. 最初と最後の頁 73～76
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14935/jsser.33.2_73	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------