

地学教育

第65巻 第3号(通巻 第336号)

2012年5月

目 次

原著論文

火山噴火と災害の教材に関する実態とニーズ:

2011年霧島山新燃岳噴火についての教員アンケートから

.....川村教一...(97~106)

教育実践論文

深海掘削船 JOIDES Resolution からのライブ授業:

中学校地学分野における導入部での実践とその役割

.....西田尚央・栗田克弘...(107~115)

コロイド溶液を用いた光害のモデル教材の開発.....中野英之・田中出帆...(117~124)

資料

地域や研究機関と連携した火山防災教育の実践.....岡本 研・宮嶋衛次...(125~137)

本の紹介(139)

学会記事(141)

お知らせ(143)

日 本 地 学 教 育 学 会

263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33 千葉大学教育学部理科教育教室内

~~~~~  
原著論文  
~~~~~

火山噴火と災害の教材に関する実態とニーズ： 2011年霧島山新燃岳噴火についての教員アンケートから

Enhancing Teaching Material of Volcanic Eruptions and Natural Disasters: Results of a Research Questionnaire Administered to Teachers on the 2011 Eruption of Shinmoe-dake Volcano, Kirishima Volcanic Complex, Kyushu, Japan

川村 教一*

Norihito KAWAMURA

Abstract: Teachers in Akita and Kagawa prefectures were given a research questionnaire to assess their efforts to develop teaching material about the 2011 eruption of Shinmoe-dake volcano, Kirishima volcanic complex, Japan. Results show that a few of the teachers used the active eruption of the volcano as a contemporary teaching tool, while others discussed the eruption of the volcano as a current topic of science. The results suggest that elementary to high school science teachers require quality teaching materials such as movies and still images of volcanic eruptions, as well as samples of volcanic and pyroclastic rocks, to teach effectively about volcanos.

Key words: Shinmoe-dake, volcano, eruption, teaching material development, teacher, questionnaire research

I. はじめに

火山や火山災害について、学習指導要領（文部省，1999a, b, c）によると小・中・高校のそれぞれの理科で学習項目に含められており，地学教育では重要な内容である。このことに関して，小学校理科について最近の教材開発や実践を見ると，火山活動のモデル実験を教材化した例がある（林，2008；笠間ほか，2011）。火山噴火になじみがない地域での中学校理科の実践として，ハワイ島のキラウエア火山などの火山地形や噴気，災害のようすを撮影した動画教材を用いた例がある（鹿江ほか，2007）。噴火活動自体の教材として，火山の過去の噴火活動を記録したビデオテープやDVDほかデジタル教材の視聴を取り入れた実践が考えられるが，市販の視聴覚教材では過去の噴火イベントに限られてしまい，最近の噴火事象はすぐに反映さ

れにくい。このため直近の火山噴火については教員自身が教材化する必要があるが，教員が授業で取り上げた実態や教材のニーズについては知られていない。

ところで，2011年1月19日に南九州霧島山の^{しんもえ}新燃岳が噴火し，1月26日には噴火警戒レベルを3（入山規制）に引き上げたほど活発化した一連の火山活動により，周辺地域に火山灰の降灰，飛来した火山礫による車の破損，空振による窓ガラスの破損などの火山災害を引き起こした（福岡管区気象台火山監視・情報センター・鹿児島地方気象台，2011）。新聞記事やテレビ番組，Webページの報道などを通じて，この噴火や火山災害についての情報入手が容易で，教員にとっては教材開発に取り組める時期であった。また，同様の理由で児童生徒が火山に関する情報を入手する機会が多く，興味・関心が高まる時期でもあった。このような時期に理科の年間指導計画を見直して火山の授業

* 秋田大学教育文化学部 2011年4月13日受付 2012年4月18日受理

に取り組み、児童生徒の興味・関心をいっそう高めるとともに、火山活動や火山災害への理解をさらに深めさせる指導を取り入れることが考えられる。このため、噴火事象直後に教員が教材開発に取り組む意義は大きい。

本報では、非火山地域、活火山の活動休止地域在住の小学校～高校教員を対象にした火山噴火の教材についてのアンケート調査結果について述べ、2011年霧島山新燃岳噴火に関する火山噴火と災害についての教材化の実態、および教材化を支援する際の視点について検討する。

II. 教員向けアンケート調査結果とその分析

1. 調査方法

調査対象は、非火山地域として香川県内の高校理科教員全員、活火山の活動休止地域として秋田県内小学校教員（理科担当）、中学校・高校理科教員の全員である。調査票は郵送により2011年2月4日に各校理科主任宛に送付し、回答済み調査票は学校ごとにとりまとめるうえ、同封した返信用封筒を用いて同年2月28日までに返送していただいた。

調査票（図1、小学校教員向けの例）では、設問1: 2011年新燃岳噴火の教材の実態、設問2: 新燃岳噴火を取り上げた火山の授業を行うときに入手を希望する資料もしくは教材、回答者情報として年齢、大学や大学院での専攻科目などについて尋ねた。なお、小学校～高校のそれぞれの校種・開設科目に合わせて、設問1の選択肢「オ」、「カ」、「コ」の表現を変えてあるが、基本的には全校種同一の設問である。

2. 結果

(1) 回収結果の概要

小学校教員への調査票配布枚数は252校607名で、回収された調査票は219名分（回収率36.1%）、中学校理科教員は131校294名配布で回収は128名分（回収率43.5%）、高校理科教員は、配布枚数は104校504名（内訳：秋田県62校276名、香川県42校228名）、回収は314名分（秋田県49校、185名、回収率67.0%；香川県26校、129名、回収率56.6%；全体回収率62.3%）である。

(2) 回答者の年齢層および専攻教科・科目

1) 年齢層

回答者は40歳代が最も多く、30歳代、50歳代がそれに次いでいる。20歳代、60歳代の回答者は少ない。これらは教員の年齢構成をおおむね反映していると思

われる（図2(a)）。

2) 専攻教科・科目

秋田県の場合、小学校では6割弱の回答者（219名中128名）が、中学校ではほとんどの回答者（128名中114名）が理科専攻であり、どちらの校種も大学・大学院での地学専攻者は全体の1割程度（小学校24名、中学校15名）である（図2(b)）。高校では、秋田県、香川県とも、物理、化学、生物専攻がそれぞれ3～4割程度で、地学専攻は数%（香川県129名中7名、秋田県185名中6名）である（図2(c)）。

3) 高校理科総合B地学領域指導経験の有無

高校理科教員に対し、基礎的な地学の内容を含む科目である理科総合Bの指導経験の有無を尋ねた。半数近くの回答者は指導経験がなく、残りの約半数の回答者は指導経験がある（図2(d)）。

(3) 2011年新燃岳噴火の教材化の実態

教員が2011年新燃岳噴火について教材化したか、しなかった場合はその理由について尋ねた設問1の集計結果を図3に示す。

(4) 希望する資料もしくは教材

新燃岳噴火を取り上げた火山の授業を行うときに、教員が入手を希望する資料もしくは教材について尋ねた設問2の集計結果を、図4～6に校種別で示す。

3. 分析

(1) 小学校教員

教員自身の教材化の取り組みや授業での取り上げ方についての設問1の回答結果の図3(a)を見ると、小学校教員は約60%（219名中134名）の教員が新燃岳の噴火を話題として取り上げた（回答「ア」）。また、2番目に回答が多いのは来年度以降に教材化予定（「エ」）で約15%（35名）である。

年代別の回答結果では、回答者の少ない20歳代（3名）、60歳代（5名）は省略した。これを見ると火山領域の授業終了のため教材化せず（「オ」）、火山領域担当でないため教材化せず（「カ」）の回答が50歳代には多い。回答の割合の差に有意差があるかどうか、本研究ではフィッシャーの正確確率検定（両側検定）で p 値を求めて判断する。50歳代教員76名のうち「オ」もしくは「カ」を回答したのは18名、これらのいずれも回答しなかったのは58名である。これに対して30歳代および40歳代教員（計131名）のうち「オ」もしくは「カ」を回答したのは16名、いずれも回答しなかったのは115名である。これらから、 $p=0.0503$ ($0.05 < p < 0.10$) となり回答の割合の差は有意

回答上の注意 選択肢については○で囲む、() 内は空欄は記入するなどしてください。

設問1 さる1月26日に南九州霧島山系新燃岳が噴火しましたが、このことについての先生ご自身の教材化の取り組み、あるいは授業で取り上げ方について、ア～スのうちもっともあてはまるものを1つ選んでください。なお、選択肢中の「話題」とは、学習のねらいは持たない短時間の話のテーマを指すものとし、授業展開の導入のための話題は除外します。

- ア 学習の教材とはしないが、授業や児童向けに話をする場面で話題として軽く取り上げた
- イ 話題とするだけでなく、教材化してすでに授業で用いた
- ウ 話題とするだけでなく、教材化して年度内に授業で用いる予定
- エ 本年度は機会がないが、教材化して来年度以降に機会があれば授業で用いる予定
- オ 6年生の理科(土地のつくりと変化)の学習が既に終わったので教材化しようと思わなかった
- カ 6年生の理科を担当していないので教材化しようと思わなかった
- キ 南九州の火山なので児童にとって身近ではない例だから教材化しようと思わない
- ク 南九州の火山なので教材に必要な素材が容易に入手できないので教材化しようと思わない
- ケ 教材化のための素材の入手方法がよくわからないので教材化しようと思わない
- コ 小学校理科教科書に載っていない火山なので教材化しようと思わない
- サ 教材化したいがそのための時間や予算が十分ではないので教材化できない
- シ 教材化しようとは思ってもみなかったし、これから教材化に取り組むかどうか今は分からない
- ス その他 ()

設問2 先生が現勤務校で新燃岳の噴火を取り上げた火山の授業を理科で指導することになったとき、教材研究の資料、もしくは教材として、次のうちどれを入手することを希望しますか。希望するものを3つ選んでください。

- ア 岩石や火山灰標本 イ 新聞記事 ウ 雑誌記事 エ 書籍 オ パンフレット・副読本
- カ 火山や噴火のようすの写真・画像 キ 火山や噴火のようすの動画(ビデオテープ・DVD)
- ク 火山災害のようすの写真・画像 ケ 火山災害のようすの動画(ビデオテープ・DVD)
- コ 火山災害の体験談 サ 新燃岳の噴火や災害についてのインターネットのWebサイト
- シ その他 ()

回答者情報について (1)、(2)についてはあてはまるものを選び、(3)は記入してください。

- (1) 年齢 : 60歳代 ・ 50歳代 ・ 40歳代 ・ 30歳代 ・ 20歳代
- (2) 大学・大学院における専攻分野 : 地学 ・ 地学以外の理科 ・ 理科以外
- (3) 回答日 : 2月 日 ()

図1 教員向けアンケート調査票(小学校教員向けの例)

設問1の選択肢オ、カ、コは校種により表現が異なる。

傾向にある。このことは、例えば小学校教員は必然性がないと教材化しない傾向の現れかもしれない。これは小学校教員の特性、つまり担当学年が毎年変わることが多いため、50歳代の教員であれば定年退職を迎えるまでに火山領域の授業を受け持つ可能性が低いので、教材化の意欲が相対的に低くなっている可能性がある。また、この設問について理科専攻と理科以外専攻の教員とを比べると、回答の割合の違いに有意差のある項目はない。

入手を希望する資料・教材に関する設問2では、火山や噴火の動画(「キ」)の回答が183名、火山災害のようすの動画(「ケ」)の回答が108名と、多くの小学校教員が回答している(図4(a))。ただし、いずれの項目においても、教員の専攻の違い(理科、理科以外)や年齢の違い(図4(b))において有意な違いは見いだせない。

(2) 中学校理科教員

教員自身の教材化の取り組みや授業での取り上げ方

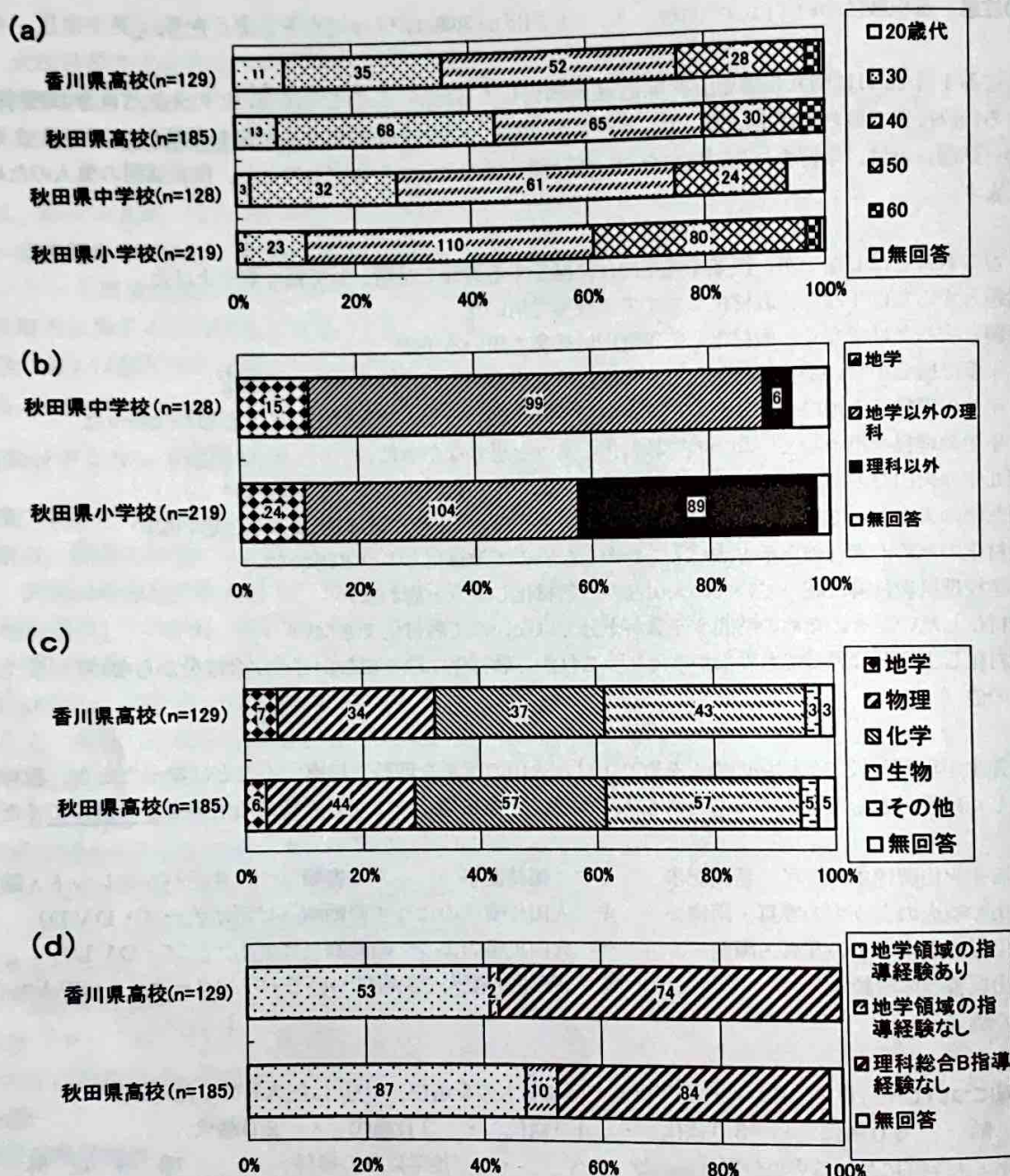


図2 回答教員の属性

(a) 年齢層, (b) 専攻教科・科目 (秋田県小学校教員, 中学校理科教員), (c) 専攻教科・科目 (秋田県, 香川県高校理科教員), (d) 理科総合Bの指導経験 (秋田県, 香川県高校理科教員)
グラフ内の数は回答者実数。

についての設問1の回答結果(図3(b))を見ると、中学校理科教員は約50%(128名中65名)の教員が新燃岳の噴火を話題として取り上げており(「ア」)、次に回答が多いのは、教材化して授業した(「イ」)および教材化予定(「ウ」)の約20%(26名)、来年度以降に教材化予定(「エ」)の約15%(19名)である。小学校教員の回答と異なり、「イ」と「ウ」が比較的多い一方で、担当外のため教材化しない(「カ」)が極

めて少ない。地学領域を担当する機会が小学校教員より多いためか、教材として取り上げようとする教員の割合が小学校より全体的に高い。

年代別の回答結果では、回答者数が3名と少ない20歳代を省いた。また、60歳代の回答者はいなかった。いずれの項目においても、年齢層間に有意な差は見られない。また、地学専攻(15名)と地学以外専攻の教員(105名)との間でも、いずれの項目で有意

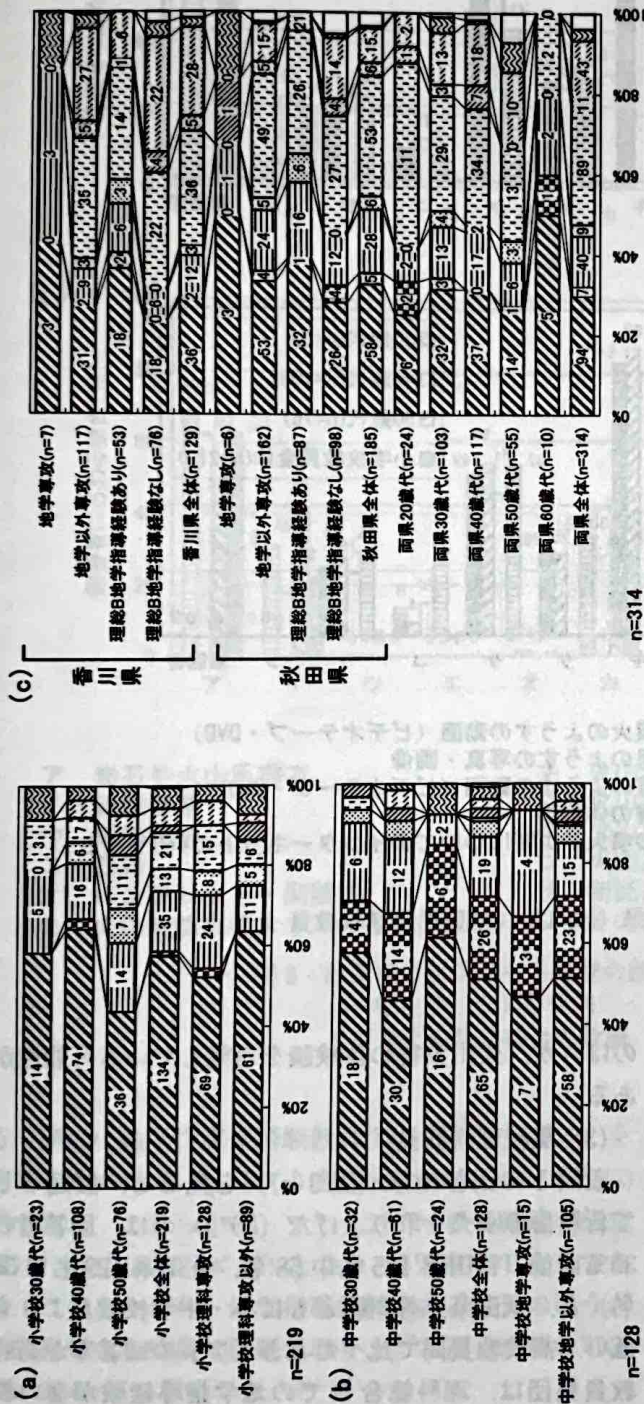


図3 教員向けアンケート調査の結果 (設問1)

ア 学習の教材とはしないが、授業や児童向けに話をする場合で話題として軽く取り上げた

イ 話題とするだけでなく、教材化してすでに授業で用いる予定

ウ 話題とするだけでなく、教材化して来年度以降に機会があれば授業で用いる予定

オ 6年生の理科(土地のつくりと変化)の学習が既に終わったので教材化しようと思わなかった【小学校】

オ 2分野「大地の成り立ちと変化」の学習が既に終わったので教材化しようと思わなかった【中学校】

オ 地学や理科総合Bの火山の学習が既に終わったので教材化しようと思わなかった【高校】

カ 6年生の理科を担当していないので教材化しようと思わなかった【小学校】

カ 2分野の理科を担当していないので教材化しようと思わなかった【中学校】

カ 地学や理科総合Bを担当していないので教材化しようと思わなかった【高校】

キ 南九州の火山なので児童にとって身近ではない例だから教材化しようと思わない

ク 南九州の火山なので教材に必要な素材が容易に入手できないので教材化しようと思わない

ケ 教材化のための素材の入手方法がよくわからないので教材化しようと思わない

コ 小学校理科教科書に載っていない火山なので教材化しようと思わない【小学校】

コ 中学校理科教科書に載っていない火山なので教材化しようと思わない【中学校】

コ 高校理科教科書に載っていない火山なので教材化しようと思わない【高校】

サ 教材化したいがそのための時間や予算が十分ではないので教材化できない

シ 教材化しようとは思ってもみなかったし、これから教材化に取り組むかどうか今は分らない

ス その他

図3 教員向けアンケート調査の結果 (設問1)
(a) 秋田県小学校教員, (b) 秋田県中学校理科教員, (c) 高校理科教員
グラフ内の数は回答者実数。

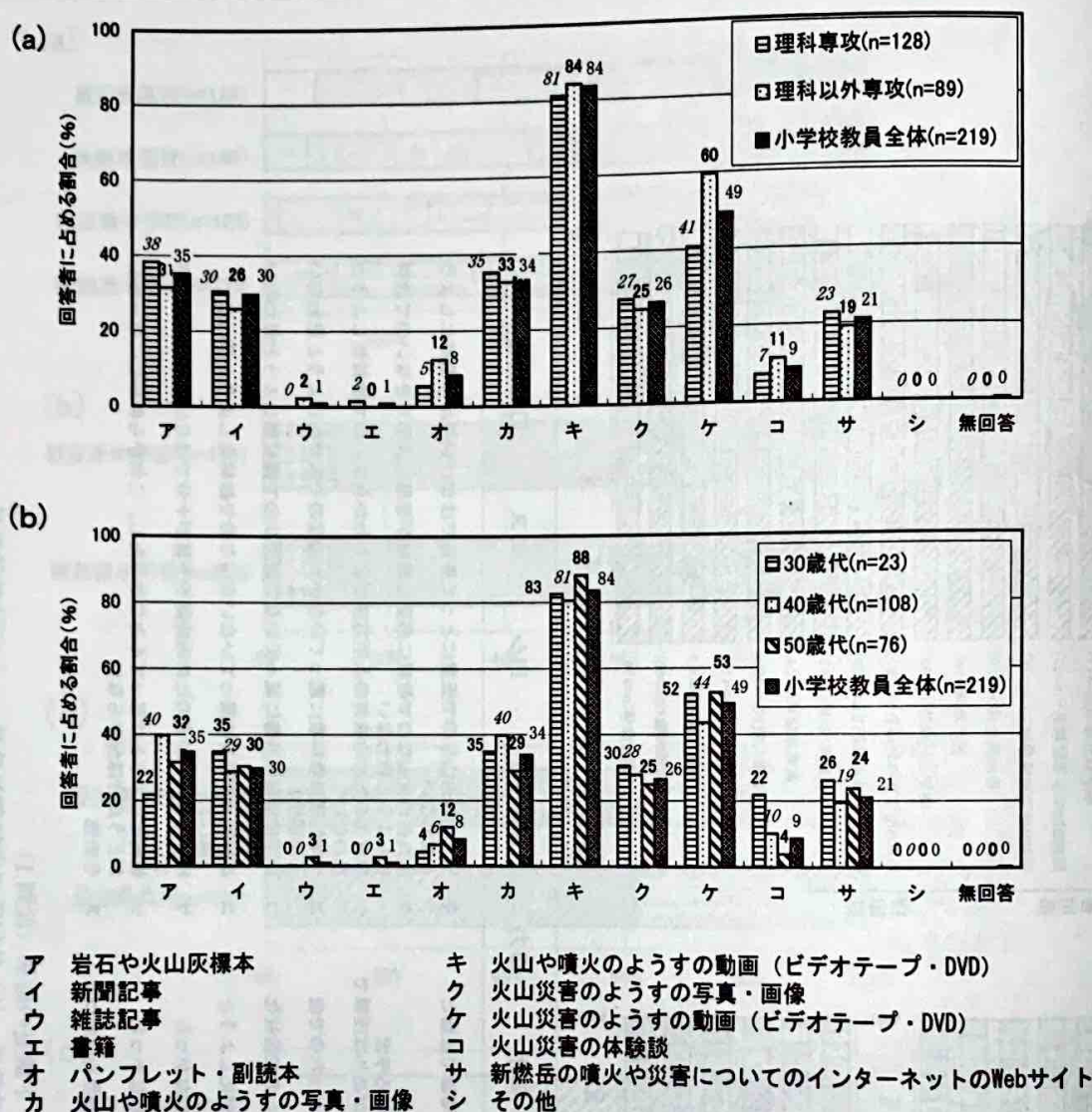


図4 教員向けアンケート調査の結果 (設問2): 秋田県小学校教員
 (a) 専攻別, (b) 年代別
 グラフ上の数は割合の数値。

な差は見られない。

入手を希望する資料・教材に関する設問2では、火山や噴火のようすの動画 (「キ」) の回答が106名、岩石や火山灰標本 (「ア」) の回答が77名と、多くの中学校教員が希望した (図5(a))。一方、地学以外の専攻教員の回答には、新聞記事 (「イ」) の希望がある。

年代別に見たときに、年代間での違いが大きく開いているのは、火山災害の体験談 (「コ」) である (図5(b))。30歳代教員 (32名) のうち「コ」は誰も回答しなかった。一方で例えば50歳代の教員 (24名) では、「コ」を回答したのは5名、回答しなかったのは19名である。フィッシャーの正確確率検定では、 $p=0.111$ ($p<0.05$) となり、「コ」の回答の割合の違いは5%水準で有意である。このことから50歳代教員

のほうが、火山災害の体験談を希望している可能性がある。

(3) 高校理科教員

設問1の回答結果 (図3(c)) を見ると、話題として新燃岳の噴火を取り上げた (「ア」) のは、回答者の30%前後 (秋田県185名中58名、香川県129名中36名) と、秋田県、香川県ともに小・中学校教員よりも低い。高校教員間で比べたとき「ア」の回答率が高い教員集団は、理科総合Bでの地学指導経験がない教員 (以下、地学指導未経験教員) よりも指導経験がある教員 (以下、地学指導経験教員) である。具体的に検討すると次のとおりである。秋田県と香川県を合わせた地学指導経験教員140名のうち、「ア」を回答したのは50名、「ア」を回答しなかったのは90名であ

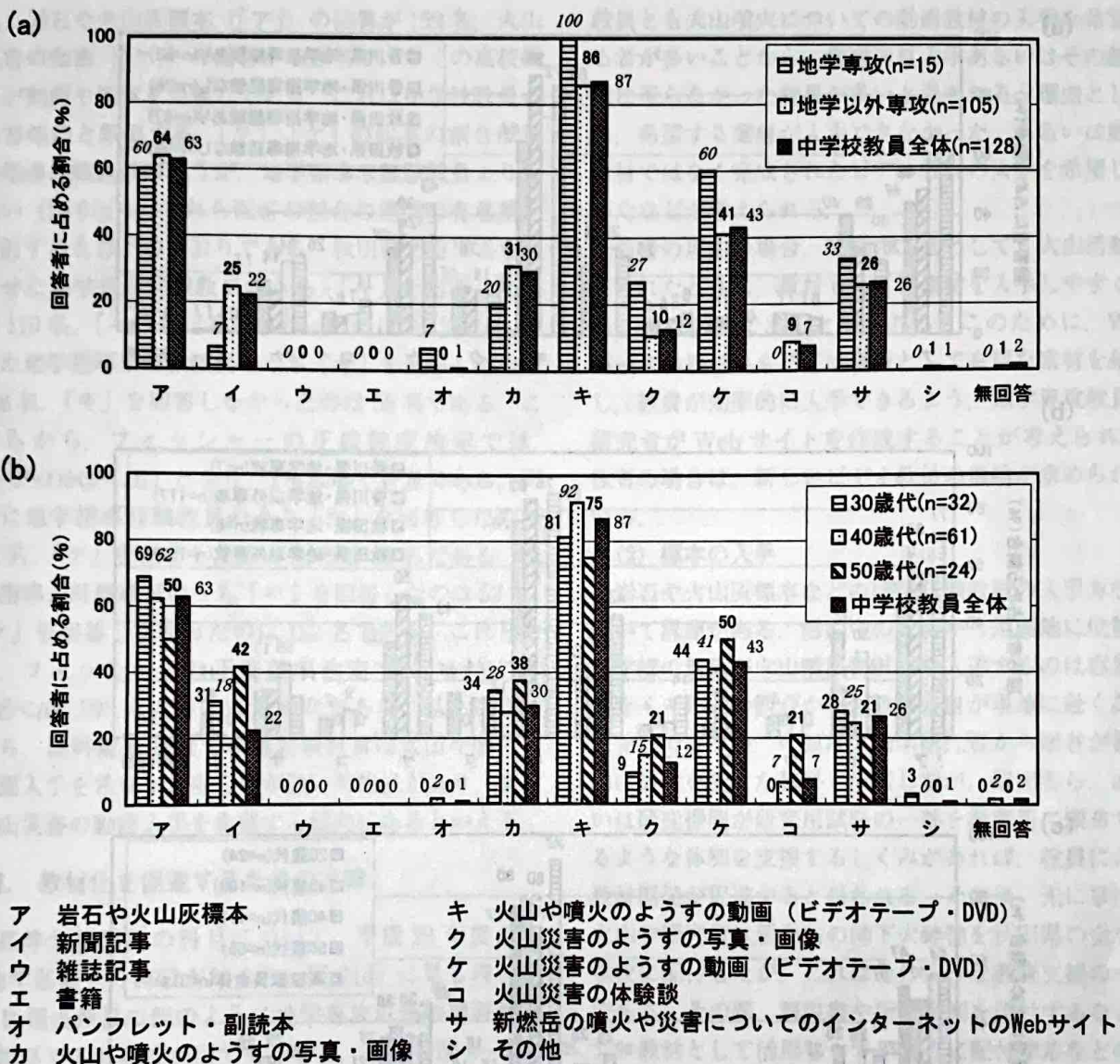


図5 教員向けアンケート調査の結果（設問2）：秋田県中学校理科教員

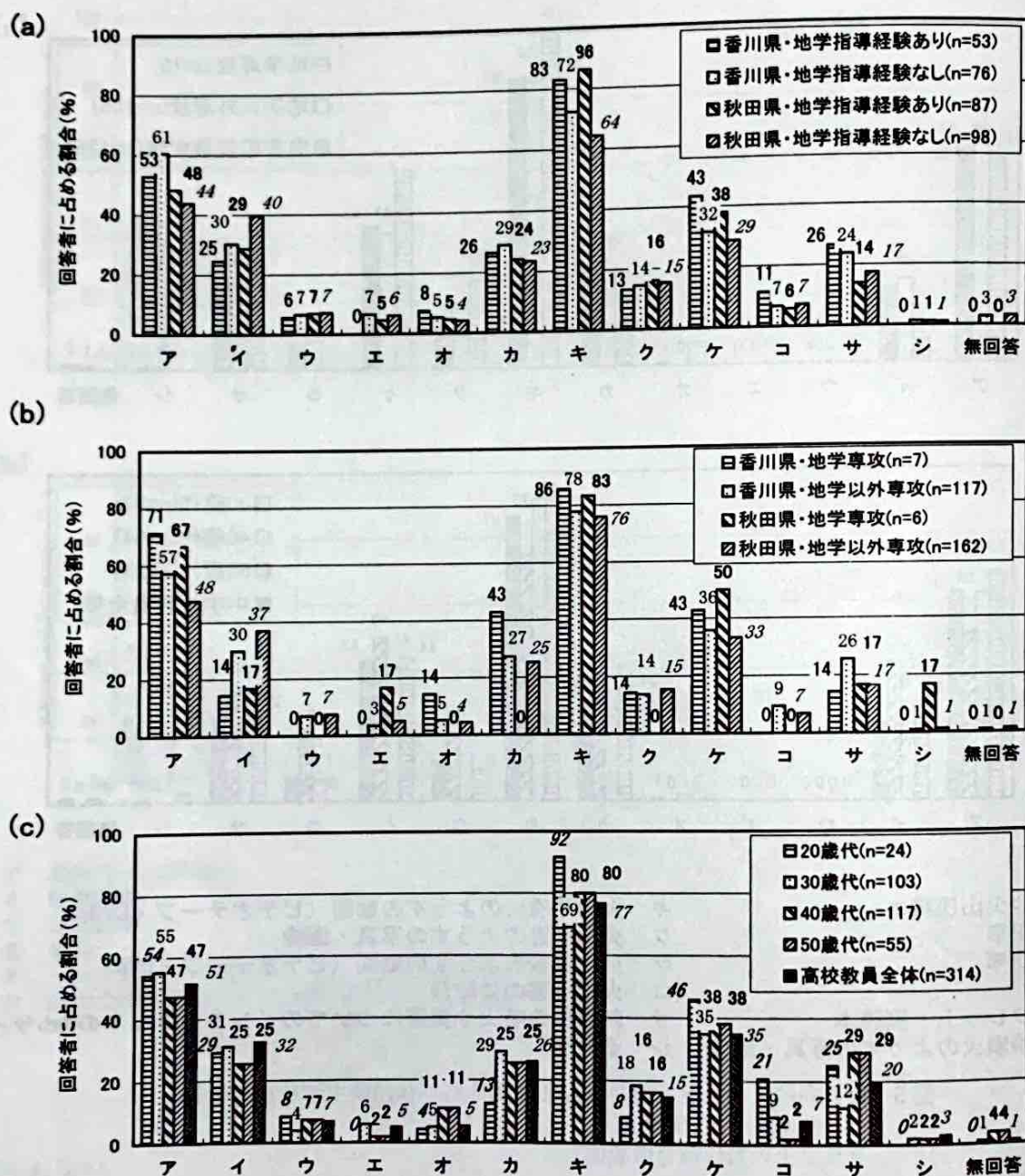
(a) 専攻別, (b) 年代別

グラフ上の数は割合の数値。

る。同様に地学指導未経験教員 174 名のうち「ア」を回答したのは 44 名、「ア」を回答しなかったのは 130 名である。これらから、フィッシャーの正確確率検定では、 $p=0.0482$ ($p<0.05$) となり、5%水準で有意である。このことから、地学指導経験がある教員のほうが新燃岳噴火を授業で話題に取り上げた割合が高い可能性がある。

一方、教材化の意志・予定なし（「シ」）の回答が高いのは、理科総合 B の地学指導経験教員よりも地学指導未経験教員、秋田県教員よりも香川県教員である。まず、地学指導経験教員と地学指導未経験教員との回答率の違いについて具体的に検討する。両県の地

学指導経験教員のうち、「シ」を回答したのは 7 名、「シ」を回答しなかったのは 133 名である。同様に地学指導未経験教員のうち「シ」を回答したのは 36 名、「ア」を回答しなかったのは 138 名である。これらから、 $p=0.0000$ ($p<0.01$) となり、1%水準で有意である。次に秋田県、香川県教員について検討する。秋田県教員（185 名）のうち、「シ」を回答したのは 15 名、「シ」を回答しなかったのは 170 名である。同様に香川県教員（129 名）のうち「シ」を回答したのは 28 名、「シ」を回答しなかったのは 101 名である。これらから、 $p=0.0008$ ($p<0.01$) となり、1%水準で有意である。以上のことから、地学指導経験教員、また秋



ア 岩石や火山灰標本
 イ 新聞記事
 ウ 雑誌記事
 エ 書籍
 オ パンフレット・副読本
 カ 火山や噴火のようすの写真・画像
 キ 火山や噴火のようすの動画 (ビデオテープ・DVD)
 ク 火山災害のようすの写真・画像
 ケ 火山災害のようすの動画 (ビデオテープ・DVD)
 コ 火山災害の体験談
 サ 新燃岳の噴火や災害についてのインターネットのWebサイト
 シ その他

図6 教員向けアンケート調査の結果 (設問2): 高校理科教員
 (a) 理科総合B 地学領域指導経験別, (b) 専攻別, (c) 年代別
 グラフ上の数は割合の数値。

田県教員のほうが教材化の意志が高い可能性がある。これらのような反応が見られるのは、授業を担当することによる教材化の必要性、あるいは図2(d)に見るように秋田県では理科総合Bのように地学領域を教

える可能性が高いことが要因ではないかと考えられる。

入手を希望する資料・教材に関する設問2では、火山や噴火のようすの動画 (「キ」) の回答が両県で237

名、岩石や火山灰標本（「ア」）の回答が159名、火山災害の動画（「ケ」）の回答が108名で、多くの高校教員が動画や標本を希望しており、これは中学校教員の回答傾向と類似する。「キ」、「ケ」の回答の割合は地学指導経験教員のほうが、地学指導未経験教員よりも高い（図6(a)）。これら回答の割合の差異の有意差を検討すると以下のとおりである。秋田県と香川県を合わせた地学指導経験教員のうち、「キ」を回答したのは119名、「キ」を回答しなかったのは21名である。また地学指導未経験教員のうち「キ」を回答したのは118名、「キ」を回答しなかったのは56名である。これらから、フィッシャーの正確確率検定では、 $p=0.0006$ ($p<.01$) となり、1%水準で有意である。同様に地学指導経験教員のうち「ケ」を回答したのは56名、「ケ」を回答しなかったのは84名である。地学指導未経験教員のうち「キ」を回答したのは52名、「ケ」を回答しなかったのは122名である。これらから、フィッシャーの正確確率検定では、 $p=0.0730$ ($.05<p<.10$) となり、有意傾向がある。以上のことから、理科総合B地学指導経験教員は火山や噴火の動画入手を希望する度合いが強い可能性があり、また火山災害の動画入手を希望する傾向にあるといえる。

III. 教材化を促進するための方策

高等学校理科の科目について、平成24年度から「地学基礎」の開設が始まり、図2(d)に見る理科総合B担当教員の例のように地学専攻以外の理科教員が担当する可能性が出てくること、および図4~6に見るように多くの小学校~高校教員が動画・静止画像や標本教材を希望していることから、このような教材開発を支援することが求められる。その際、地学以外を専攻した教員の一部にとっては、新聞、雑誌記事のような解説資料も有益である可能性がある。このことについてどのようにして支援をしていけば良いのだろうか。

(1) 動画・静止画像教材の入手

新燃岳の火山噴火について、テレビ報道やインターネットのWebサイトに、静止画像や動画が多数掲載されており、これらを教材のために入手することは可能であったと思われる。秋田県小学校教員の場合、教材研究における情報源としてWebサイト利用が最も多い（秋田大学教育文化学部わかる理科教育推進ワーキンググループ、2008）。しかし、Webサイトを通じて教材利用が可能であったにもかかわらず、各校種の

教員とも火山噴火についての動画教材の入手を希望する者が多いことから、教育素材入手あるいはその教材化に至らなかった教員が多いと思われる。理由としては、希望する素材が入手できなかった、あるいは動画素材ではなく完成されたビデオ教材の入手を希望していたなどが考えられる。

前者の理由の場合、支援の方法として、火山活動が見られたときに、教材もしくは素材を入手しやすくする工夫が必要であると思われる。このために、Webベースの教材集もしくは教材として有用な素材を紹介し、教員が効率的に入手できるよう、地学専攻教員や研究者がWebサイトを作成することが考えられる。後者の場合は、新しいビデオ教材の供給が求められている。

(2) 標本の入手

岩石や火山灰標本などの直接経験教材の入手方法について課題がある。活動中の火山から遠隔地に位置する学校の教員が火山噴出物試料を入手するのは容易ではなく、防災の観点からも教員各自が現地へ赴くことは妥当ではない。今回は火山学研究者から筆者が個人的に提供を受けた試料も活用したが、研究者ら、あるいは研究機関が研究用試料の一部を教育用に頒布できるような体制を支援するしくみがあれば、教員による教材開発が促進されると思われる。その後、先に挙げた火山学研究者は新燃岳の降下火砕物を秋田県の全小中学校に配付したが、これはそのような教育支援の一例である。その際、解説書や指導事例を添付するなどして、教材として活用しやすいように配付するなどの工夫が必要である。

(3) 教材としての新聞や雑誌の解説記事の課題

中・高校の地学以外専攻教員の一部は、新聞、雑誌記事を希望しているが、科学雑誌には2011年新燃岳噴火についての科学的な解説記事が掲載されたものがある（例えば、白尾、2011; 井村、2011; Newton編集部、2011）。しかし、噴火様式についての用語を用いた記事は地学以外専攻教員にとっては難解である可能性があり、この点から地学を専攻しなかった理科教員向けと思われる雑誌記事は、噴火の画像を中心としたものである（白尾、2011; Newton編集部、2011）。このような記事は教材として有用であるが、ページ数は2~3と少なく、また新燃岳の噴火が活発化してから2~3カ月後の出版で、教員がすぐに教材化に取り組もうとするときは有用な資料とはなりえなかった。この点で、新聞の解説記事のほうが速報性の点で有用な

教材用の資料となりうるので、教材として有益な記事が新聞等の速報性のあるメディアにより多く掲載されることが望まれる。

IV. おわりに

2011年新燃岳の噴火では、宮崎県都城市を中心とした宮崎県南部で火山災害となった。一日も早く地域社会の復興が進むようお祈り申し上げます。

謝 辞 秋田大学教育文化学部の林 信太郎教授からは、新燃岳噴火についての状況の解説、試料および画像の提供でたいへんお世話になった。また、アンケート調査の実施にあたり、調査期間が短いにもかかわらず秋田県小・中・高校教員および香川県高校教員の方々からご回答いただくことができた。また、アンケート調査の費用は秋田大学平成22年度研究環境の向上・改善支援経費の財政的支援をいただいた。本研究にあたりご協力くださった皆様方に心より御礼申し上げます。

引用文献

秋田大学教育文化学部わかる理科教育推進ワーキンググループ (2008)：第一部 小学校理科の授業に関する調査報告。平成18・19年度秋田大学大学戦略研究 わかる授業の実現をめざす小学校教員の理科系教科指導力プロジェクト報告書。秋田大学教育文化学部わかる理

科教育推進ワーキンググループ, 1-55.

福岡管区気象台火山監視・情報センター・鹿児島地方気象台 (2011)：霧島山の火山活動解説資料 (平成23年1月)。福岡管区気象台火山監視・情報センター・鹿児島地方気象台, 25p.

林 信太郎 (2008)：大地の変化の出前授業と教材開発。秋田大学教育文化学部わかる理科教育推進ワーキンググループ (編), 平成18・19年度秋田大学大学戦略研究 わかる授業の実現をめざす小学校教員の理科系教科指導力プロジェクト報告書, 61-64, 秋田大学教育文化学部.

井村隆介 (2011)：霧島山新燃岳噴火をよむ—約300年ぶりの本格的噴火。科学, 81, 348-351.

鹿江宏明・有田正志・西井章司・土井 徹・吉原健太郎・北川隆司・山崎博史・林 武広・鈴木盛久 (2007)：防災リテラシーの確立をめざした小・中・高等学校一貫教育の創造 (6)—火山災害を機軸に据えた動画教材の作成と授業実践—。広島大学学部・附属学校共同研究機構研究紀要, 35, 57-62.

笠間友博・平田大二・新井田秀一・山下浩之・石浜佐栄子 (2011)：水槽実験を活用した小学生向け火山学習プログラム。地学教育, 64, 1-12.

文部省 (1999a)：小学校学習指導要領解説理科編。東洋館出版社, 東京, 122p.

文部省 (1999b)：中学校学習指導要領 (平成10年12月) 解説—理科編—。大日本図書, 東京, 162p.

文部省 (1999c)：高等学校学習指導要領解説理科編・理数編。大日本図書, 東京, 310p.

Newton 編集部 (2011)：300年ぶりの本格的噴火。Newton, 31(4), 16-17.

白尾元理 (2011)：300年ぶりに本格的な噴火をはじめた霧島山新燃岳。科学, 81, 237-239.

川村教一：火山噴火と災害の教材に関する実態とニーズ：2011年霧島山新燃岳噴火についての教員アンケートから 地学教育 65 巻3号, 97-106, 2012

〔キーワード〕新燃岳, 火山, 噴火, 教材開発, 教員, アンケート調査

〔要旨〕秋田県・香川県の教員を対象に2011年霧島山新燃岳噴火の教材化の有無についてアンケート調査を行った。これによると、一部の教員は噴火を教えたが多くの教員は授業で話題として取り上げる程度にとどまった。また、教材として希望されているのは、小～高校教員からは火山噴火についての動画や画像が、中～高校教員からは岩石、火山灰標本である。

Norihito KAWAMURA: Enhancing Teaching Material of Volcanic Eruptions and Natural Disasters: Results of a Research Questionnaire Administered to Teachers on the 2011 Eruption of Shinmoe-dake Volcano, Kirishima Volcanic Complex, Kyushu, Japan. *Journal of Education of Earth Science*, 65(3), 97-106, 2012

教育実践論文

深海掘削船 JOIDES Resolution からのライブ授業： 中学校地学分野における導入部での実践とその役割

An Earth-Science Class in Junior High School Linking to the D/V JOIDES Resolution:
A Case Study and Its Implications

西田 尚央^{*1}・栗田 克弘^{*2}

Naohisa NISHIDA and Katsuhiko KURITA

Abstract: The study of Earth sciences in schools requires reference to an abundance of data and scientific content that is not readily obtained in the classroom. Videoconference capability is a useful tool for Earth-science classes on the basis of the previous study. This paper reports on an Earth-science class linking a junior high school in Tokyo, Japan and the ocean drilling vessel D/V JOIDES Resolution, sailing offshore Spain, using the application software Skype. Based on a questionnaire survey administered after the classroom session, students' interest in the vessel, the scientific cruise, and the related study of Earth sciences was clearly enhanced as a result of the exercise. The videoconference is thus expected to be a simple and very efficient tool linking classrooms in schools in remote settings with ongoing scientific activities, allowing students to readily observe important and interesting Earth-science objects and concepts.

Key words: videoconference, mutual communication, Earth-science class, JOIDES Resolution, Integrated Ocean Drilling Program

1. はじめに

近年、コンピューター機器やインターネットを活用することが、学校教育における重要なテーマの一つとなっている。このことは、平成20年、21年にそれぞれ改訂された小学校、中学校、高等学校の各学習指導要領の総則でも明記されており、各教科の学習内容の部分ではその活用例が示されている。また、文部科学省は、「教育の情報化に関する手引き」(文部科学省、2010)を発行し、多数の具体例をもとに教育現場でのICT (Information and Communication Technology) の活用を積極的に推奨している。地学分野の学習においては、時間的・空間的スケールの大きな自然現象を

対象とする(松川・林、1994)ため、野外実習や室内実験などに加え、児童・生徒の理解を促進するツールとしてのコンピューター機器やインターネットが大きな役割を担うと考えられる(林、2002)。

地学分野の学習を対象としたインターネットの活用に注目すると、専用のウェブページやアプリケーションの作成による教材開発や授業実践、あるいは学習支援システムが多数提案されてきている(例えば、池本・榊原、2000; 神鳥ほか、2001; 上原ほか、2002; 蓮沼・山崎、2002; 南島、2003; 中川ほか、2004; 鈴木ほか、2006; 伊藤ほか、2006; 荻原ほか、2006; 川村、2007)。これらは、専用のデータベースやアプリケーションをもとに、使用者が目的に応じた情報を効率よ

^{*1} 産業技術総合研究所地質情報研究部門

^{*2} 東京学芸大学附属小金井中学校 (現所属：山口大学教育学部理科教育講座)

2012年4月27日受付 2012年5月20日受理

く得られることが特徴である。一方、インターネットは、音声や画像による双方向コミュニケーションのツールとしても使用可能であるが、これを活かした教材開発や実践例は必ずしも多くない。例えば、田中・松川 (1996) は、ビデオ会議用アプリケーション「CU-SeeMe」を用いて高校の教室と離れた場所にある大学をつなぎ、生徒らが大学の研究者と直接やりとりする取り組みを示した。学校教育にインターネットの導入が開始された時期の試みであったが、現在ではCU-SeeMe およびその後継アプリケーションのアップデートなどは行われていないため、仮に再度使用を試みたとしても動作保証や使い勝手の面で問題が生じうると考えられる。また、林ほか (2004) は、インターネットを使用した天体望遠鏡のライブ観測システムとテレビ会議システムの併用による授業を実践した。中学校の教室で大学に設置された天体望遠鏡による天体観測画像をリアルタイムで観察するとともに、大学の天体観測施設のスタッフとの双方向コミュニケーションを行うことができた。ただし、鮮明な画像を得るために専用のストリーミングサーバが必要なことや、音声の送受信が不安定な点で、改善の余地が残された。一方、相場ほか (1999, 2000) は、インターネットではなく、PHS を使用した同様な取り組みを実践した。特に、教室と野外をつないだことが特徴で、教室にいる児童らが実際の川の流れや河床礫の特徴などについて効率的に観察することができた。しかし、機材の準備やそれに伴う費用などが少なからず必要なことが課題として残された。したがって、地学分野の授業でのインターネットの活用は、たとえその効果が期待されたとしても、教師側にとっては物理的および時間的な準備の負担が相対的に大きいため、実施に至るケースは少ないのが現状である。

こうした中で、川村ほか (2011) は、カナダ沖で停泊中の深海掘削船 JOIDES Resolution と日本の高校を Web 会議システムによって接続し、地学の課外授業を実施した。この実践では、通常の授業では知る機会の少ない海洋地質学に関連する学習（プレート動き、有孔虫化石、模式的な海洋地殻層序など）を行うとともに、日本にいる生徒と JOIDES Resolution に乗船中の教員や研究者との間で直接質疑応答が行われた。また、実施内容について参加した生徒や教員にアンケート調査を実施し、詳細な事後評価を行った。その結果、生徒らが学習内容を効果的に理解し、海洋地質学研究への興味・関心を高めることができたと報告

した。このことは、インターネットによって遠隔地と接続した授業の有効性を示し、今後の発展性を強く示唆するものであった。一方、川村ほか (2011) は、主な課題の一つとして、使用したビデオ会議システム (nice to meet you; ブイキューブ社) の通信の安定性が不十分な点を挙げていた。

これをふまえ、本論では、スペイン沖で研究航海中の JOIDES Resolution と日本の中学校をインターネット電話アプリケーション「スカイプ」でつないだライブ授業を実施し、その意義について考察することを目的とする。特に、対象とする生徒には地質分野に関する授業が未実施のため、高校地学の課外授業として実施した川村ほか (2011) に比べ、海洋地質学に関する具体的内容の理解よりも海洋地質学あるいはより広く地質学について学習する意義について考えさせ、それらの興味・関心を向上させることに重点を置いた。また、川村ほか (2011) や今回得られた結果を踏まえ、インターネット電話によるライブ授業の取り組みをより一般的に広く活用していくことの意義やその課題について議論する。

2. JOIDES Resolution でのアウトリーチ活動

JOIDES Resolution は、アメリカと日本およびヨーロッパが主導する統合国際深海掘削計画 (Integrated Ocean Drilling Program; IODP) で使用されている深海掘削船である。特に、IODP の主要な研究テーマである (1) 地下生物圏と地殻内流体、(2) 地球環境変動、(3) 固体地球における物質循環とそのダイナミクスの解明 (海洋科学技術センター, 2002) のために、海底堆積物や岩石のコア試料を採取することが主な役割である。近年、地球温暖化に代表される気候変動や環境変化が社会的関心事となっている中で、そのメカニズムの解明や将来予測を行っていくうえで基礎となる海洋地質学、古海洋学、あるいは古気候学などの研究分野がますます重要となっている。JOIDES Resolution などによる海洋掘削を伴う研究プロジェクトは、直接的にそれらに貢献する役割を担う。

一方、小学校から中学校、高等学校までの理科教育においては、このような研究分野について知る機会が少なく、その重要性に対する児童・生徒らの認識と理解が十分ではない。このため、IODP では、この数年アウトリーチ活動も積極的に行うようになってきた。例えば、航海中には、アウトリーチ活動担当の参加者 (教員など) によってブログを用いたその航海に関する

る情報発信が行われる。また、航海の前後の寄港地では、地元の児童・生徒などを対象とした船内の見学ツアーを行っている。寄港地での停泊中や短期の航海中に、現職教員を対象とした実地研修が行われる場合もある（川村ほか、2010）。本論によるライブ授業もこのようなアウトリーチ活動の一環である。筆者のうち西田が IODP 第 339 次研究航海 Mediterranean Outflow（以下 Exp. 339）（2011 年 11 月 17 日～2012 年 1 月 17 日）に乗船研究者として参加し、アウトリーチ担当として乗船したポルトガルの高校教諭 Helder Pereira 氏の支援のもと、筆者のうち栗田の勤務校（東京学芸大学附属小金井中学校）の生徒を対象に実施した。Exp. 339 の航海中には、同様なライブ授業（Video conference）が合計 31 回実施され、7 カ国（ポルトガル、スペイン、日本、フランス、イギリス、アメリカ、カナダ）のおよそ 1,000 人の児童・生徒らが参加した。実施内容はそれぞれ自由であるが、デッキや実際に研究者が作業している船内の各研究室を回って紹介する点は各 videoconference で共通する。

3. 準備

(1) 機材・物品

JOIDES Resolution では、インターネット電話アプリケーション「スカイプ」をインストールしたノートパソコン、ウェブカメラ、無線タイプのイヤフック式マイクをそれぞれ 1 セット準備した。このうちノートパソコンは、デッキや船内を移動しながら使用することを考慮し、船内無線 LAN への接続に対応するとともに、耐衝撃性能のあるものである。これらのほかに、説明用の図や写真類を準備した。学校側では、船側と同様にスカイプをインストールしたノートパソコン、ウェブカメラ、ヘッドセット（ピンマイクとイヤホン）を準備し、さらに、パソコン用スピーカー、スクリーン、記録用のカメラとビデオカメラを準備した。これらのほとんどは学校の備品で、ウェブカメラとヘッドセットのみ、新たに準備した。今回は、家電量販店で販売されているおよそ 3,000 円の一般的な製品を使用した。

(2) スカイプ

ライブ授業で最も重要な準備は、事前にスカイプを使用可能な状態にしておくことである。スカイプは、P2P 技術を応用した音声・映像による双方向コミュニケーション、いわゆるインターネット電話のためのマイクロソフト社のアプリケーションである。イン

ターネットの接続環境が整っていれば、スカイプをインストールしたコンピューターやスマートフォン同士で国内外を問わず誰とでも通話が可能である。特に、無料で一定の品質が保証されていることもあり、近年その利用者が増えている。また、通話相手側の映像をスクリーンに映し出すことが可能なため、多人数での使用も可能である。そのため、学校の教室と遠隔地を接続し、双方向的に授業を実施するうえで有用と考えられる。地学分野の学習でも特に中学・高校で扱う内容は、教室で行われる実験や観察、あるいは観測により得られるデータの範囲を超え、大型機器や野外観察によってのみ得られるものを多く含む。スカイプは、このような特徴を持つ地学分野の授業で有効活用できるアプリケーションの一つである。

スカイプでビデオ通話（高品質）を行うために必要なインターネット接続速度（上り／下り）は、最低で 400 kbps、推奨が 500 kbps である。JOIDES Resolution では衛星を経由する回線によってインターネットが使用できる。ただし、インターネット（World Wide Web）を含め電話や FTP（File Transfer Protocol）、システム管理など船内で使用するすべてのデータの転送速度は最大で 512 kbps であった。したがって、ライブ授業の実施時には、ほかのネットワーク回線の使用を控えるよう船内でアナウンスがあり、ライブ授業が優先された。一方、東京学芸大附属小金井中学校では、同じ敷地内の東京学芸大学のサーバに LAN 接続してインターネットを使用する。接続速度は最大で 100 Mbps で、スカイプの使用条件を満たしている。スカイプをパソコンにインストールするためには、Web ページ（<http://www.skype.com/intl/ja/home>）にアクセスし、指示される手順に従ってアカウントを作成する。その後、パソコンにダウンロードし、インストールすれば完了である。これら一連の作業に要する時間は、最大で 10 分程度である。また、基本的にフリーソフトのため費用はかからず、自由にインストールできる。

JOIDES Resolution と学校それぞれで使用するパソコンにスカイプをインストールした状態で、今回は、実際のライブ授業の 3 日前に通信テストを行った。スカイプのアカウントを事前にメールで互いに知らせ、時間を指定して実施した。通信テストでは、(1) 接続状態、(2) 会話の感覚、(3) 画像の状態、についてそれぞれ確認した。その結果、良好に使用できることが確認された。(1) 接続は問題なく行うことができ、そ

の状態が終了まで維持された。(2) 会話の感覚については、通常の電話に比べればわずかに音声の伝わり方に遅れがあるように感じた。このため、当日は余裕を持った会話を心がけるようにした。(3) 画像の状態は、基本的にはウェブカメラの性能に依存する。JOIDES Resolution 側では学校側の人物の表情などがよくわかり、問題ない程度であった。一方、学校側で見られる船側の画像は、スクリーンに投影しても全く問題なく、鮮明な画像が見られることが確認された。

4. 学習の位置づけ

東京学芸大附属小金井中学校では、第1学年の1月から第2学年の6月まで、理科や総合的学習の時間に地学(地質)分野の学習を行っている。その中で、海洋研究開発機構から譲り受けたコア試料の一部を活用した授業(高橋ほか, 2007)や、毎年5月下旬に秩父・長瀬において2泊3日の野外実習(修学旅行)を実施し(濱中, 2001)、地質分野の学習指導に積極的に取り組んでいる。例年、秩父・長瀬での野外実習の事前学習として第1学年の1月中旬からこの単元の学習を開始しており、今回のライブ授業はその興味・関心を高めるための導入として位置づけた。実施にあたっては、2日前の理科の授業の30分を使い、第1学年の全4クラスの生徒を対象として JOIDES Resolution や IODP による研究航海の概略について説明した。生徒らは中学に入学以降地質分野の授業を受けたことがない状態であった。このため、生徒らの予備知識や考えの傾向を把握するため、さらに生徒らの興味・関心を高めるために、事前にアンケート調査を実施した。このアンケート調査では、「ジョイデス・レゾリューション号について知りたいこと(科学者の生活や研究内容など)」というテーマで自由に記述させた。その結果、深海掘削の目的や、船内での研究方法などに関わる疑問や、船内の食事や研究者同士の人間関係などについて興味があることがわかった(表1)。すなわち、生徒らに興味関心を持たせることができたと考えられる。そのうえで、準備の都合上、第1学年の全生徒(160名)から参加希望を募り、ライブ授業を放課後に実施することとした。

5. 実施概要

(1) ねらい

本ライブ授業の主なねらいは、JOIDES Resolution の特徴や各研究室での研究活動について理解し、地球

表1 生徒らによる事前アンケートの記述例

- ・船の大きさはどれくらい?
- ・どれくらいのスピードで進んでいるのか?
- ・何人の人が乗っているのか? 自分の部屋はあるのか?
- ・船の重量制限はどれくらいか?
- ・何回くらいボーリングをとるのか? どこに保管しておくのか?
- ・食事はおいしいですか?
- ・研究者同士(異国の人で)仲は良いのか?
- ・病気の時には、どのように対応するのですか?
- ・日々楽しみにしていることは何ですか?
- ・研究員に女性はいますか?
- ・異国の人とどのようなコミュニケーション?
- ・ボーリングは一回するのにどれくらい時間がかかるのか?
- ・和食は食べられるのか?
- ・研究結果はどのように使用されるのですか?
- ・AKB48などの情報を知っているのか?
- ・睡眠時間はどのくらいあるのか?
- ・この仕事の楽しいことは? 大変なことは?
- ・その船でベットの調子はどうですか?
- ・なぜ船に乗ることになったのですか?
- ・ずっと船の上だとストレスがたまると思うが、ストレス発散法?
- ・ピンチな時はありましたか?
- ・科学者になろうと思ったきっかけや、船に乗ることにしたきっかけ?
- ・入浴などはできるのですか?
- ・その仕事にやりがいを感じる時はどんな時ですか?
- ・レクリエーション施設とは、例えばどのようなものですか?
- ・毎日ほとんど実験をしているんですか?

史の解明あるいは将来予測の基礎となる学問分野としての地質学に対する興味・関心を高めることである。特に、大きな時空間スケールによって成り立つ学問分野である地質学の特徴や、それらを学習する意義について考えられるようにする。

(2) 日時

2012年1月13日金曜日 16:30~17:30(船内時間同日 5:30~6:30)。JOIDES Resolution での航海中の研究体制は、0:00~12:00と12:00~24:00のそれぞれ12時間ずつの2シフト制である。すなわち、基本的にはどの時間帯であっても船内では作業が行われている。したがって、ライブ授業実施の時間は、学校側の準備の都合に合わせて設定した。

(3) 対象

東京学芸大学附属小金井中学校第1学年の希望者70名。

(4) 場所

東京学芸大学附属小金井中学校理科第二教室。

(5) 授業者

JOIDES Resolution 側は筆者のうち西田が、教室では筆者のうち栗田がそれぞれ担当した。

(6) 授業のながれ

当日の基本的ながれは、表2のとおりである。はじめにデッキから掘削やぐらを見上げるように映し出し、その高さ(62m)が実感できるように紹介した。次に、船内に入り、回収されたコアが実際に処理されていく順に従って各研究室をまわり、研究内容や作業方法などについて説明した(図1)。それぞれの場所では、説明とともに生徒に考えや意見を聞く機会を

表2 ライブ授業の主な内容とながれ

過程	船内の場所	学習テーマと学習内容・活動	指導上の留意点
ガイダンス	1. Pereira 教諭オフィス	・IODP Exp. 339 の概要と JOIDES Resolution 号の現在地、時差などについての説明を聞く。	・専門用語は用いずに、できるだけ平易な説明を心がける。
学習活動Ⅰ コア試料の 処理方法 について	2. Catwalk	「JOIDES Resolution 号の最も大きな特徴とその役割とは？」 ・掘削やぐら (Derrick) を下から見上げる画像によって、その高さ (62 m) を理解する。	・日の出前のため暗くて見づらい可能性があるため、説明で補う。
	3. コア試料一時保管棚 (船内に入る。)	「コア試料とはどういうものか？」 ・採取されたばかりのコア試料の状態について知る。コア試料は、長さ 1.5 m ごとに分割された円柱状のものである。	
	4. コア切断室	「コア試料を研究するための手順は？」 ・自動切断装置により迅速かつ安全に処理されることを知る。	・作業が休止中でコアがない場合は、コアカッターだけで作動させる。
学習活動Ⅱ 各研究室の訪 問と研究内容 について	5. サンプリングテーブル	「コア試料はどのような状態で研究されるのか？」 ・コア試料は、保存用 (アーカイブハーフ) と研究用 (ワーキングハーフ) があることを知る。 ・研究者の実演によって、物性解析用のサンプリング方法の例について知る。	・半割前の状態のコア試料は円柱状であったことを想起させる。
	6. コア記載テーブル	「コア試料の中身はどのような特徴があり、何がわかるか？」 ・コア試料の特徴を、詳細に観察・記録していることを知る。 ・おおよその堆積速度について理解する。 ・ポルトガル、オーストラリアからの乗船研究者に、研究や船内生活についてインタビューする。	・選択肢を与え、挙手により回答させる。 ・英語のやり取りだけでなく、他の生徒にも理解できるように、日本語での解説を加える。
	7. 古地磁気研究室	「古地磁気を調べると何がわかるか？」 ・アメリカからの乗船研究者による説明によって、装置の特徴や年代測定に関する研究内容について理解する。	・日本語での解説を加える。
	8. 微化石研究室	「微化石にはどんな種類があって、それから何がわかるか？」 ・顕微鏡を用いて有孔虫や石灰質ナノプランクトン化石の観察を行い、年代決定に用いられることを知る。	・有孔虫の拡大画像を提示する。
	9. 地球化学研究室	「化学分析はどのような機器を使って行われているか？」 ・陸上の研究施設と同様に、化学的分析のための機器がそろっていることを知る。	
学習活動Ⅲ 学習のまとめ	10. ミーティングルーム	「船内ではどのような研究が行われていたか？」 「船内にはどのような機器や装置があったか？」 「研究航海には、どのような意味があるのか？」 ・船側の指導者に質問する。 ・海洋地質学的研究の意義などに関する説明を聞き、研究航海の役割について理解する。	・西田が回答する。

作った。例えば、コア記載テーブルの場面では、はじめに、長さが 1.5 m の半割されたコア試料を観察し、水深が 1,000 m 以上の海底面下の地層が、主に生物擾乱の発達した泥質堆積物によって構成されることを理解させた。そのうえで、「1 cm の厚さの泥がたまるのに、どれくらいの時間がかかるか考えてみましょう」と選択肢を与えて問いかけて、堆積速度について考えさせた。また、微化石研究室の場面では、拡大表示した有孔虫の写真を提示して年代決定や古環境の推定に役立つと説明すると、「星砂として有孔虫のことを知っている」などのコメントが聞かれた。

代表の生徒 2 名が、ポルトガルとオーストラリアからの乗船研究者に対して英語で質問する機会も作った。2 名の生徒らには、事前にこのことを伝えて準備させていた。その結果、「コア試料として得られた泥

などを調べて、私たちの生活にどのような貢献があるのですか」や、「船内での食事では、どのようなものを毎日食べていますか」という質問をし、それぞれ回答を得ることができた。

最後に全体を通じて、JOIDES Resolution のことや、より広く地質学の研究一般についての質問を生徒から受け付け、船側から西田が回答した。例えば、「JOIDES Resolution はどれくらいの重量まで耐えられるのか」といった船に関するものや、「コア試料を調べることによって、具体的にはどのようなことがわかるのか」など、研究内容に関するものがあつた。

なお、通信状態は終始良好であった。また、音声のやりとりも事前テストを踏まえた対応をとったため、全く問題はなかった。

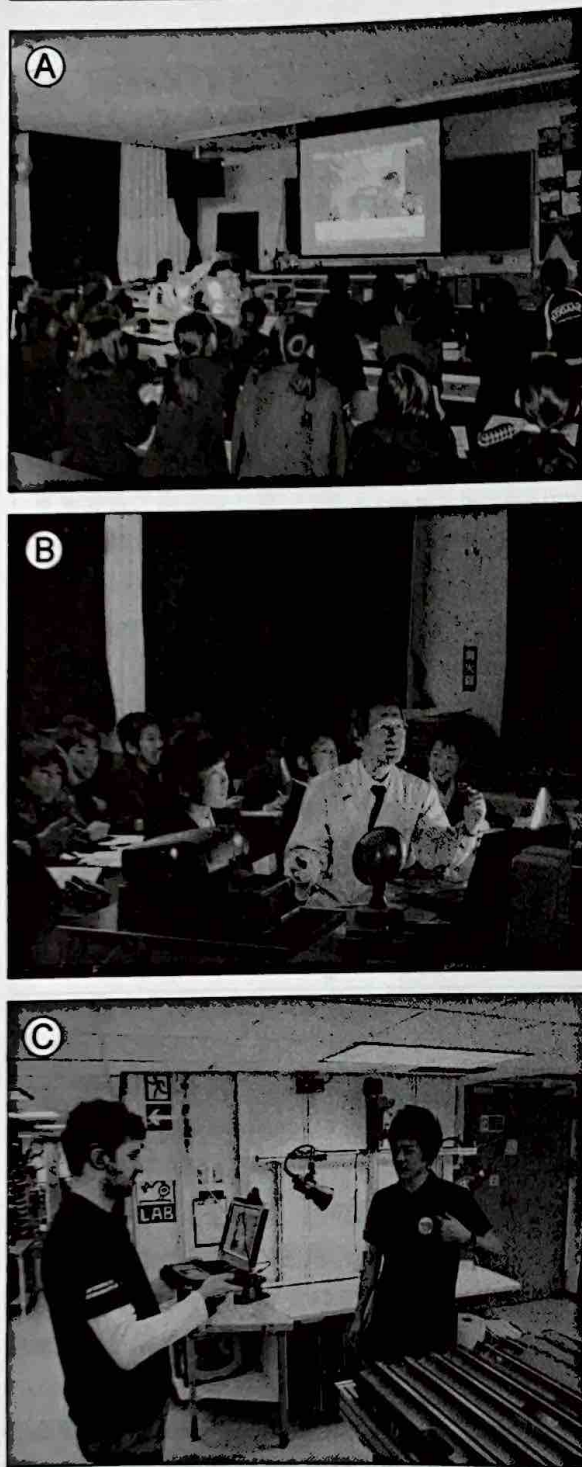


図1 ライブ授業時の教室のようす。

A: JOIDES Resolution からのライブ画像が映ったスクリーンに向かう生徒ら。B: 研究者に質問する女子生徒 (中央左)。C: JOIDES Resolution の船内で説明する著者 (西田) (右) とパソコンに装着したウェブカメラで撮影する Pereira 教諭 (左) (風呂田郷史氏撮影)。

6. ライブ授業の評価

(1) 事後アンケート調査

ライブ授業終了直後に、生徒らに自由記述で感想を書かせた。記入の時間はおよそ 10 分と短時間ではあったが、いずれも一言で終わっているものではなく、生徒によっては詳細に考えや感想をまとめていた (図 2)。記述内容は、(1) JOIDES Resolution や研究航海について、(2) コア試料や研究内容などについて、(3) ライブ授業そのものについて、の大きく 3 種類に分類される。各コメントを記述した延べ人数の割合は、船や航海についてのものが半数近くで最も多く、次いで研究について、ライブ授業についてである (図 3)。

各記述内容を詳しく検討すると、次のような特徴が読み取れる。(1) JOIDES Resolution や研究航海については 45 人が記述した (複数の内容の記述を含む)。このうち、「想像以上に船内が広く、きれいで驚いた」という内容の記述が 13 人であった。また、「コア処理に使う機器や装置などが充実していてすごいと思う」という内容の記述が 25 人と多かった。また、「いろいろな国の研究者がいて、チームで一丸として取り組んでいることがわかった」や、「保存食を食べているイメージだったがコックさんが作るおいしい食事ができることを知ってよかった」など、研究航海や船内での生活に関わるものも 20 人と多かった。このような記述から、生徒らが JOIDES Resolution や研究航海について興味・関心を持つことができたと考えられる。次に、(2) コア試料や研究内容については 34 人が記述した。具体的には、「土 (採取試料) を保存用と調査用に分けることは、なるほどと思った」や「磁力で年代がわかるのはすごいと思った」、「深海の土は 1cm たまるのに 100 年かかっているのには驚きました」、「地層から過去のことを調べて将来のことを予想するというのは究極の温故知新だと思った」などの記述があった。これらからは、コア処理作業や得られるデータを用いた研究について興味・関心を持つとともに、理解が深まったものと考えられる。また、「今度は本やインターネットなどで専門的なところまで知りたい」という記述もあり、今後の学習への意欲を持ったことが読み取れる。(3) ライブ授業そのものについては、34 人が記述した。具体的には、「船内のようすを画像で詳しく見られてよかった」、「英語で研究者に質問できて本当によかった」、「貴重な経験ができてよかった」などの記述があり、多数の生徒が好意的な印

ライブ映像「JOIDES Resolution 号」について (男子)

【感想用紙】あなたが感じたことや考えたこと等

船にあるが、いかにもあるとは思わなかった。

1cmの土が毎日で出れるのに100年かかると思ふ、それ
いなかた

○見ていて 船台に色んな整備がYYの, 717
す="がた

○泥の中の化石を見取りするのは大変だと思ふ

・2アを500.0に保管しているという事なく主人の
2アをとったという事なので、
正しいと思う。

○コアを見たら後の土主が主土主が争うと云うのは
「二」の事だと思ふ。

ライブ授業「JOIDES Resolution 号」について (男子)

【感想用紙】あなたが感じたことや考えたこと等

謙が英語をよくわからなかつたこともあったけれど、
海中に居る状態の説明では上の年代で通へるものが
多^いと聞いて、そこで高い技術のものかどう、というのた
なといふことか、よく分りなかつた。

* 1.5mの管に土が入り、7113のは分か、たけれと その管の中も
海の深さに差があるのに その中で混ざり、7137は110のから
というのを感じました。

✓ 採取したエアを将来の地球の酸素が予測できるのは植物の生活にはあまり必要ないけれど、それは大気で大変な二酸化炭素と関係している。

図2 生徒らによる事後アンケートの記述の一部

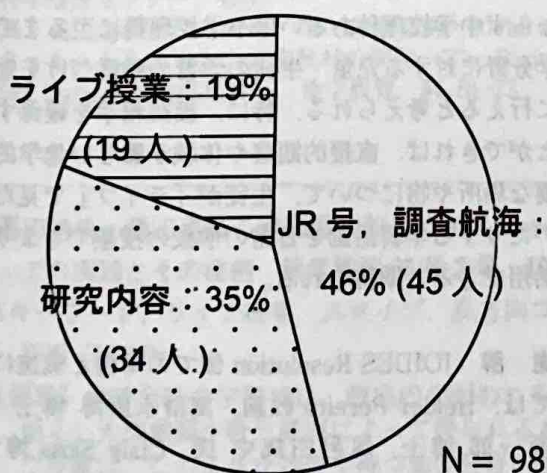


図3 生徒らによる事後アンケートの内容を3種類に分類し、記述した延べ人数の割合を示すグラフ。
(N= 回答した生徒の延べ人数)

象を持ったことがわかる。また、良好な通信状態で実施できたことを反映し、通信に関する不満はなかった。

(2) 実施上の課題

事後アンケート調査の結果から、ライブ授業により一定の成果が得られたことが読み取れる。それとともに、当日の生徒らのつぶやきや表情から、反省点や課

題が認識された。ライブ授業の進行は、コア試料が船上に回収されてからコアが処理される手順に従い、船内の各研究室を移動しながら行った。しかし、移動を伴うことにより、生徒によっては各研究室の位置関係がわかりづらかったようなつぶやきが認められた。また、それに伴って、各研究室での個々の作業内容について理解できても、それらの相互関係については十分に理解できていない生徒が一部で認められた。したがって、船内の平面図の提示や、各研究内容の関わりについてのより丁寧な説明が必要だったと考えられる。

今回のライブ授業は、希望者を対象として放課後に実施した。そのため、学校側での実施場所や物品の準備、あるいは研究者への質問などによる生徒の動きなどは、全体を通じてコンパクトに行うことができた。一方、第1学年4クラスの生徒全員（160名）を対象に行うことも想定された。東京学芸大学附属小金井中学校では、インターネット環境およびプロジェクターやスクリーンが準備された160名が同時に入る教室が使用可能である。一般的にも、視聴覚教室や体育館などで実施することは可能と考えられる。ただし、その

ような場所でのインターネット環境の整備状況は各学校により異なると予想されるため、条件に応じた実施場所を検討する必要がある。また、多数の生徒が参加してスムーズに進行させるためには、物品の準備についても検討の必要がある。例えば、相手側との会話を効率よく行うために、ヘッドセットの数やその使用法について考慮することが望ましいと考えられる。

7. 中学生を対象としたライブ授業の意義と今後の発展性

今回のライブ授業は、中学理科の地学分野の導入部に位置づけて実施した。特に、対象とした生徒らには地質分野の授業が未実施のため、関連する知識がほぼない状態であった。このため、地質分野の授業に対していかにして生徒らに学習の動機づけができるかという点が最も重要であった。

本実践では、生徒らに視覚的な印象を強く残すことを意識した。例えば、JOIDES Resolution 側では無線 LAN 接続をしたウェブカメラ付きのノートパソコンを用いたことを最大限に活かし、船内を移動して設備や実際にコア処理をする研究者のようすを紹介し、海洋地質学研究の最前線について「ライブ」で体感させた。また、海外の乗船研究者に英語でインタビューし、双方向のやりとりも実施することができた。その結果、生徒らの興味・関心が向上したことがわかった。したがって、インターネットを利用した映像を伴う双方向通信を最大限に利用することは、新たな学習分野の導入部でたいへん有効と考えられる。このことは、すでに川村ほか (2011) で高校地学の課外授業としての実践で得られた結果を支持するとともに、中学校理科、さらにはより簡略化することで小学校理科も含めてより一般的に広く活用できることを示す。

今回実施したように無線 LAN でスカイプ (あるいは類似のアプリケーション) に接続したライブ授業は、地学教育における新たな学習形態の一つとして期待される。特に、教室との接続相手側は、児童・生徒ら学習者の状況に応じて移動したり対象物に近づいたりして臨機応変に多様な対応をすることが可能である。また、児童・生徒が個人では容易に見学することができない観察場所や施設の様子を知ることができる点も、大きな特徴の一つである。例えば、海外の地質学的に重要な露頭や化石の観察や、海外の研究者との直接的なやりとりが可能である。このような双方向コミュニケーションを伴う取り組みによって、児童・生

徒らの自然事象に対する理解や科学的思考力の向上に役立つものと期待される。

インターネット電話によるライブ授業の取り組みをさらに推進するためには、接続相手の確保が重要になってくる。現状では、学校側とあらかじめ何らかのつながりがある人や場所を頼って行う場合に限られる。このため、このような活動の協力先として想定される機関 (例えば、大学、研究所、地質学的に有名な自然公園や観光地など) でライブ授業専用の受け入れ窓口が整っていれば、日常的な学校生活の中でもより広く活用していくことが可能になると考えられる。今後は、そのような仕組みづくりを検討していくことも必要と考えられる。

8. ま と め

インターネット電話用アプリケーションであるスカイプを用いて、日本の中学校と大西洋スペイン沖で調査航海中の深海掘削船 JOIDES Resolution を接続して「ライブ授業」を実施した。その結果、わずかな物品準備や費用でも、深海掘削船や研究航海、あるいはこれらに関連する研究分野に対する生徒らの興味・関心を向上させる授業を行うことができた。したがって、インターネット電話によるライブ授業は、高校地学のみならず中学校理科あるいは小学校理科に至るまでの地学分野に対する児童・生徒の学習の動機づけを効果的に行えると考えられる。特に、接続相手を確保することができれば、直接的観察や体験が難しい地学的に重要な場所や物について、生徒が「ライブ」で見たり聞いたりする学習活動を日常の学校の授業でもより広く活用できると期待される。

謝 辞 JOIDES Resolution 側での準備と実施に際しては、Helder Pereira 教諭、清水康博 博士、黒田潤一郎 博士、風呂田郷史 氏、Claig Sloss 博士、Cristina F. Roque 博士、七山 太 博士に貴重なご支援とご協力を多数いただきました。また、学校側での準備と実施にあたっては、平田博嗣 副校長に多大なご支援とご協力をいただきました。本論をまとめるに際しては、松川正樹 教授から貴重なご助言を多数いただきました。池原 研 博士、荒井晃作 博士、梅津慶太 博士からは、有益なご助言を多数いただきました。2名の匿名の査読者からは建設的なコメントを多数いただき、本論を改善することができました。以上の方々に、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 相場博明・馬場勝良・鈴木秀樹・鈴木二正・清水研助・板場 修・高橋尚子・西田享邦 (2000): 野外と教室をつなぐマルチポイント遠隔授業. 地学教育, 53, 25-34.
- 相場博明・鈴木秀樹・鈴木二正・板場 修・高橋尚子 (1999): 野外と教室をつなぐ遠隔授業の実践—流れる水のはたらきを例として—. 地学教育, 52, 1-10.
- 萩原文恵・尾久土正己・富田晃彦・半田利弘・中山雅哉 (2006): 金星太陽面通過のインターネット中継とその教材化. 地学教育, 59, 201-212.
- 濱中正男 (2001): 地質の野外学習を通して自然環境を学ぶ修学旅行の指導法. 地学教育, 54, 85-91.
- 蓮沼 賢・山崎謙介 (2002): 空間情報の可視化機能を有する WebGIS に基づいた地球科学 e ラーニングシステムの構築. 地学教育, 55, 189-201.
- 林 武広 (2002): 地学の学習におけるマルチメディア活用の意義と有効性. 地学教育, 55, 245-257.
- 林 武広・近藤惣一・鹿江宏明・匹田 篤 (2004): インターネット双方向天体学習の実践とその効果 (I) —中学校「地球と宇宙」単元の例—. 地学教育, 57, 15-23.
- 池本博司・榊原保志 (2000) インターネットと雲分布模型による「四季の天気」の学習. 地学教育, 53, 1-7.
- 伊藤 孝・関 友作・三輪俊一・豊田 守 (2006): モバイル端末とホームページを活用した「教員参加型野外観察支援システム」の提案. 地学教育, 59, 131-136.
- 海洋科学技術センター (2002): 地球システム変動の解明をめざして: IODP における我が国の科学計画. 海洋科学技術センター, 47p.
- 神鳥 亮・土橋一仁・上原 隼・佐藤文男 (2001): インターネットを活用した天文教材の開発—The Digitized Sky Survey と暗黒星雲—. 地学教育, 54, 61-73.

- 川村教一 (2007): インターネットを用いて行う局地気象の探求活動—備讃瀬戸海域に出現した陸風収束雲—. 地学教育, 60, 149-159.
- 川村教一・田口康博・Peart, L.・吉澤 理 (2010): スクール・オブ・ロック 2009: 科学掘削船ジョイデス・レゾリューション号における教員研修とその成果. 地学教育, 63, 89-100.
- 川村教一・田口康博・吉澤 理・猪熊真次 (2011): Web 会議システムを利用したジョイデス・レゾリューション号からの遠隔授業. 地学教育, 64, 13-26.
- 松川正樹・林 慶一 (1994): 地学とはどのような科学か?—地学教育の目標を考えるために—. 地学教育, 47, 3-9.
- 南島正重 (2003): 地震波形データによる地学実習とその総合学習や情報教育への展開. 地学教育, 56, 19-35.
- 文部科学省 (2010): 教育の情報化に関する手引. 文部科学省 ホームページ http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/1259413.htm
- 中川清隆・榊原保志・下山紀夫・板場智子・中澤美三 (2004): 雲のライブカメラ網の展開と気象情報画像取り込み・表示ソフトの開発. 地学教育, 57, 69-83.
- 鈴木数成・岡崎 彰・久芳頼正 (2006): Web ブラウザで使える恒星進化の表示ソフトの開発. 地学教育, 59, 185-191.
- 高橋 修・栗田克弘・村上 潤・湯浅智子 (2007): ピストンコアサンプルを用いた大洋底堆積物の授業実践—海辺と大洋底堆積物の比較—. 地学教育, 60, 13-22.
- 田中義洋・松川正樹 (1996): インターネット CU-SeeMe を使った授業—恐竜の生態を科学してみよう!—. 地学教育, 49, 241-245.
- 上原 隼・土橋一仁・神鳥 亮・佐藤文男 (2002): Digitized Sky Survey を利用した「暗黒星雲博物館」の作成—インターネットで閲覧できる暗黒星雲のデジタル図鑑—. 地学教育, 55, 13-22.

西田尚央・栗田克弘: 深海掘削船 JOIDES Resolution からのライブ授業: 中学校地学分野における導入部での実践とその役割 地学教育 65 巻 3 号, 107-115, 2012

〔キーワード〕ライブ授業, スカイプ, 双方向コミュニケーション, JOIDES Resolution, 統合国際深海掘削計画 (IODP)

〔要旨〕地学分野の学習では, 教室内で行われる実験や観察, あるいは観測により得られるデータの範囲を超え, 大型機器や野外観察によって得られるものを多く扱う. インターネット電話により遠隔地と接続した授業は, このような特徴を持つ地学分野の学習において有効に活用できると考えられる. そこで, 日本の中学校の教室と大西洋スペイン沖で調査航海中の深海掘削船 JOIDES Resolution とをインターネット電話アプリケーション「スカイプ」用いて接続し, 「ライブ授業」を実施した. その結果, 音声ならびに画像の良好な通信状態のもと, 生徒らの興味・関心を高める効果が認められた. したがって, 先行研究における高校地学での実践例に加え, 中学校やより簡略化することで小学校においても地学分野の学習の導入部で広く活用していけると考えられる. 特に, 接続相手を確保できれば, 直接的観察や体験が難しい地学的に重要な場所や物について, 生徒がライブで見たり聞いたりする学習活動の実施が促進されると期待される.

Naohisa NISHIDA and Katsuhiko KURITA: An Earth-Science Class in Junior High School Linking to the D/V JOIDES Resolution: A Case Study and Its Implications. *Journal of Education of Earth Science*, 65 (3), 107-115, 2012

教育実践論文

コロイド溶液を用いた光害のモデル教材の開発

Development of Educational Materials to Simulate Atmospheric Light Pollution Using a Colloidal Solution

中野英之^{*1}・田中出帆^{*2}

Hideyuki NAKANO and Izuho TANAKA

Abstract: Teaching materials to simulate atmospheric light pollution using a colloidal solution were developed for students in the teacher training course of the Kyoto University of Education. The teaching materials were useful in helping the students improve their understanding of the night sky environment as well as the mechanisms of light pollution.

Key words: light pollution, lighting, environmental education, astronomical education, simulation experiment

1. はじめに

光害は、市街光などが大気中の気体分子などにより散乱されてわれわれの目に入り、夜空が明るく見え、星の光を目立たなくさせるような悪影響をもたらす状況をいう。光害は環境問題の一つとして扱われるようになり、1998年に当時の環境庁により光害ガイドラインが策定された (http://www.env.go.jp/air/life/hikari_g/full.pdf, 2011年12月29日アクセス)。1989年には当時の岡山県美星町で光害防止条例が制定されたのを筆頭に各地でサーチライト禁止条例が制定されるなど、行政による光害対策も徐々に進んでいる。1988年に全国星空継続観察も始められ、市民レベルでの光害の実態調査と啓蒙活動も各地で活発に行われるようになった。

学校教育現場における光害の教材化も検討されている。ワークシートを用いた教材 (例えば長島ほか, 2005) も見られるが、その大部分は光害の実態調査に関するものである。星座の見え方から光害の実態を調べる教材 (例えば、渡部, 1999; 長島・渡邊, 2003) や測定機器を用いたものとして、夜空メーターを用いたもの (伊藤・高田, 2004) やスカイ・クオリティ・メーターを用いたもの (梅谷, 2010) などが挙げられ

る。これらの教材は光害の実態を把握するのに優れた教材であるが、夜間に行うため、児童や生徒が実際に行うには指導者の存在と保護者や学校関係者の協力が不可欠である。こうした環境が整っていない場合は実施が困難な場合も起こりうると考えられる。そこで本研究では、教室内で光害についてのメカニズムや、光害がある場合とない場合の星空の見え方を体験的に学習できるモデル教材を開発した。開発した教材は、主に小学校教員を目指す大学生を対象に開発したものであるが、将来的には小学校から高等学校までの教育現場での利用も視野に入れて開発を行った。本稿ではその教材開発と開発した教材を用いて、京都教育大学の学生を対象にした教育実践について報告をするものである。

2. 光害を体験的に学習できる教材「ヒカリ GUY」の開発

(1) 開発のコンセプト

光害は地上の光源と大気が存在がセットになって生じる現象であり、大気がなければ光源が強くても光害は生じない。このため、大気のない月面では太陽が見えていても恒星が見えている。光が大気に照射されると、光の波長よりも小さいサイズの大気分子や原子に

^{*1} 京都教育大学教育学部 ^{*2} 京都教育大学大学院教育学研究科 (現 京都女子高等学校)
2012年1月6日受付 2012年5月20日受理

よるレイリー散乱が、大気中に雲の水滴のような光の波長よりも大きい粒子が存在する場合はミー散乱が起きる。これらの散乱により光害が生じる(図1A, B)。都市部の星空は、散乱により明るく見えている大気を通して観察されるものである。光害下で見える星空をモデルで再現するためには、恒星に相当する光源を、散乱体を通して観察できるようにすれば良いことになる。

大気中の散乱現象を机上で観察することはそのスケールの違いから困難であるので、大気モデルとして、学校現場で夕陽が赤くなることを再現するためによく用いられる牛乳と水を混ぜたコロイド溶液を使用することにした。牛乳に含まれるタンパク質のカゼイン分子によりレイリー散乱が、脂肪球によりミー散乱が起こる。牛乳による散乱は、原因物質が大気の場合と全く異なるが、実験室レベルで容易に散乱現象を再現できることと、水に混ぜる牛乳の量を変えることにより、散乱の強度を自由に変えることができるため、机上で行う実験に適している。

散乱体にコロイド溶液を用いることにしたので、コロイド溶液が容器からこぼれ出たり、水面が波打って星像が乱れることを防ぐため、散乱体は机の上で容器に入れた状態で固定して使用しなければならない。観察者は上から散乱体をのぞき込む形で観察することに

なるため、恒星に相当する光源は散乱体の下部に固定することになる。恒星に相当する光源は、星座を型取った小さなピンホールが開けられた金属板に、背後から光を照射することにより再現した。可能なかぎり実際の星空を再現するために、星座の形を正確に示すようにするとともに、ピンホールの大きさも可能な限り小さくし、等級の違いも実際に明るさの違いとして表現できるように再現した。後者は特に重要で、どの星も同じ明るさで再現すると、光害によって暗い星が観察しにくくなることをモデル実験で再現できなくなる。星の明るさの違いをピンホールの大きさの違いで表現しようとしても、ピンホールを通して観察される光源の単位面積あたりの光量はピンホールの大きさにかかわらず一定であるため同様に光害によって暗い星が観察しにくくなることを再現できない。また、作製にあたっては、小型で故障しにくいもので、さらに使い勝手がよく、使用者が実際の星空への関心を深めていけるような教材づくりを目指した。以下に作製方法の詳細を述べる。

(2) 作製方法

作製した教材は、恒星板、光源、大気再現部から構成される(図2)。

恒星板

厚さ 0.5 mm, 100×100 mm のアルミ板に、星座を

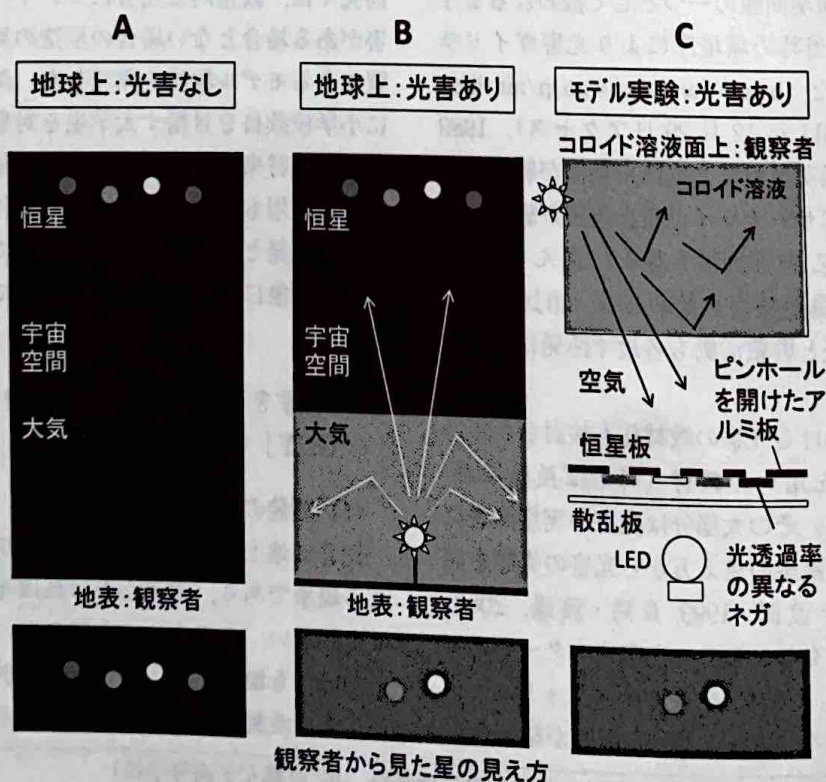


図1 光害がある場合とない場合の星空の見え方の違い

構成する恒星と1等星から6等星までの等級を記した星図を載せ、星図の上から恒星の位置をクギで押しつけ、アルミ板上に印を付ける(図3①)。図では便宜的に6個の恒星のみを描いているが、実際に教材として使用した星座は認知度の高いオリオン座とした。クギを押し付けて記した印にボール盤を用いて0.5 mmの鉄工用ドリル刃で穴を開けた(図3②)。アルミ板の裏面は3 mmの鉄工用ドリル刃を用いてバリを取り除き、さらに、アルミ板による反射を防ぐため、アルミ板の表側を無光沢の黒色の塗料で塗った。

恒星の明るさの違いは、透過率の異なる白黒フィルムのネガをアルミ板に開けられたピンホールの裏面に貼り付けることにより再現した(図3③)。透過率の高いネガを通った光は明るく、低いネガを通った光は暗く見える。透過率の異なるネガは以下の手順で作製した。A1大のケント紙を蛍光灯下でフィルム式一眼レフカメラ(NIKON FM)を用いて撮影する。フィルムは富士フィルム(株)製 ACROS100を用い、ピントを外した状態で、絞りF8~11、シャッタースピード1~1/1,000秒で撮影する。撮影後、フィルムをミクロ

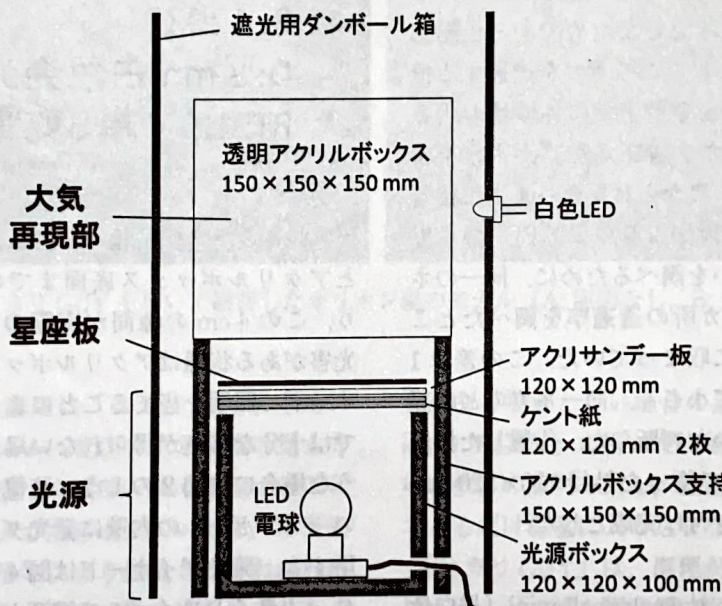


図2 ヒカリ GUY の概略

①等級を記した星図をアルミ板の上に載せ、クギで軽く印をつける

②アルミ板につけた印にボール盤で0.5 mmの穴を開ける

③アルミ板を裏返しにして恒星の等級に対応するネガを貼り付ける

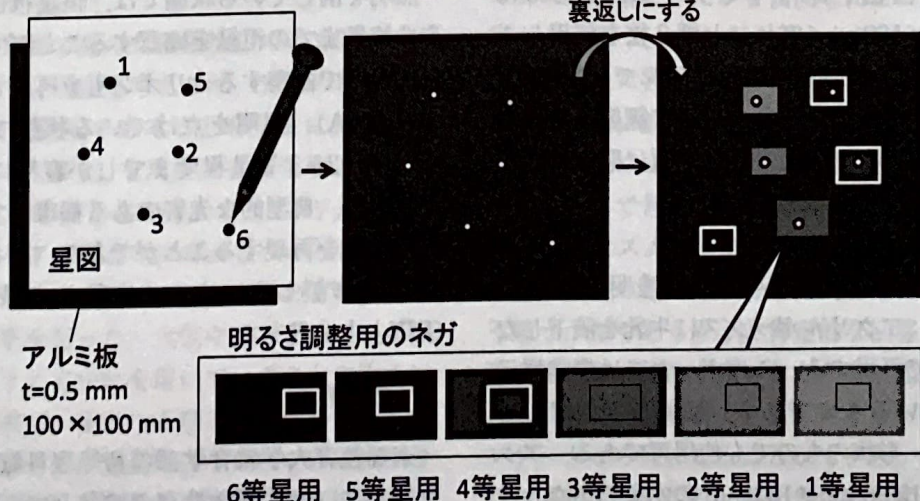


図3 恒星板の作製方法

表1 透過率の異なるネガを作製するための撮影条件

絞り	露光時間(秒)	ネガの透過率(%)	等級	光度の比
8	1/1000	100.0	1	100.0
11	1/60	44.8	2	40.0
8	1/30	13.0	3	15.8
8	1/15	5.2	4	6.3
8	1/8	1.9	5	2.5
8	1/4	1.1	6	1.0

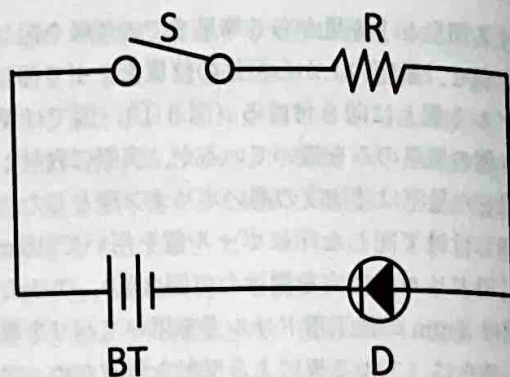
ファイン (20℃, 10 分間) で現像後, ネガをスライドマウントに固定し, 日立社製可視紫外分光光度計 U-1500 を用いて波長 550 nm で透過率を測定する. 波長を 550 nm としたのは人間の比視感度のピークが 550 nm 付近にあることを考慮したためである. 無感光のネガを透過率 100% とし, このネガを透過する恒星像を 1 等星とする. 1~6 等星までの各恒星の明るさに対応する透過率のネガを選び (表 1), ネガを小さく切り取り, アルミ板の裏からピンホール上に接着した (図 2). 光源ムラと現像ムラによる同一のネガの場所による透過率の違いを調べるために, 同一のネガを中央部と周辺部の 5 カ所の透過率を調べたところ, その差は $\pm 5\%$ 以内に収まっていた. この差は 1 等級の明るさの比に対して小さく, 同一ネガのどの部分を使用しても支障はないと判断した. 作製した恒星板は無光沢の黒色の塗料で塗った外径 120×120 mm の工作用紙にテープで貼り付け完成とした.

光源

光源の電球には, ELPA 社の elpaball mini (昼白色 相当 0.5 W) を使用した. 電球は 120×120×100 mm の木製の電球ボックス底部に固定した. 恒星板は電球ボックス上部に置いて使用する. 電球からの光を散乱させるために, 散乱板として厚さ 1 mm, 大きさ 120×120 mm の白色アクリサンダー板, 厚さ 0.15 mm, 大きさ 120×120 mm のケント紙 2 枚を使用しこれらを電球ボックスと恒星板の間に挟んで使用する. 光源の明るさはケント紙の枚数を変えて調節する. さらに電球ボックス内部には散乱板に均質に照明が当たるようにアルミホイルを敷き詰めた.

大気再現部

地球大気は, 150×150×150 mm の透明アクリルボックスを用い, アクリルボックスに牛乳を滴下した水約 3 L を入れて再現する. このボックスは模型展示用に販売されているものである. 透明なものであれば, ほかの材質・形状のものでも使用可である. アクリルボックスは 150×150×150 mm の木製のアクリルボックス支持板の上に置き, さらに電球ボックスはア



S: スライドスイッチ

R: 120 Ω

D: 3 mm 白色発光ダイオード

BT: 1.5 V 単3乾電池 2本

図4 ヒカリ GUY で使用する電子回路図

クリルボックス支持板の中に入れて使用する. 恒星板とアクリルボックス底面までの距離は 4 cm ほどあり, この 4 cm の隙間が実際の大气圏外に相当する. 光害がある状態はアクリルボックスの横から発光ダイオードで照明を当てることにより再現する. 実験室内では十分な暗さが得られない場合もあるので, このような場合には図 2 のように装置全体をダンボールで覆い, ダンボールの内壁に発光ダイオードを固定して使用する. 発光ダイオードは図 4 のような回路で接続され, スライドスイッチで電源が入れられるようになっている. 牛乳の滴下量は水 3 L あたり 10 滴 (約 0.5 g) が適量であった. 牛乳はコマゴメピペットを用いて滴下する. 散乱物質が多い夜空や少ない夜空を再現したい場合には目的に応じて滴下量を調整する.

照明を消している状態では, 恒星板に表示されている 6 等星までの恒星を確認することができ, 光害の少ない地域で観察するオリオン座を再現することができた (図 5A). 照明を点けている状態では, 光が散乱されて, 2~3 等星程度までしか容易に確認することができず, 典型的な光害のある都市部で観察できるオリオン座を再現することができた (図 5B). 実験装置は 8 台作製した. また, 作製した装置を「ヒカリ GUY」と命名した.

3. 授業実践

京都教育大学教育学部の初等理科教育受講者 25 名を対象に, 初等理科教育の授業 90 分 15 コマのうち, 天文分野を扱う 1 コマの授業のうちの 20 分を用いて

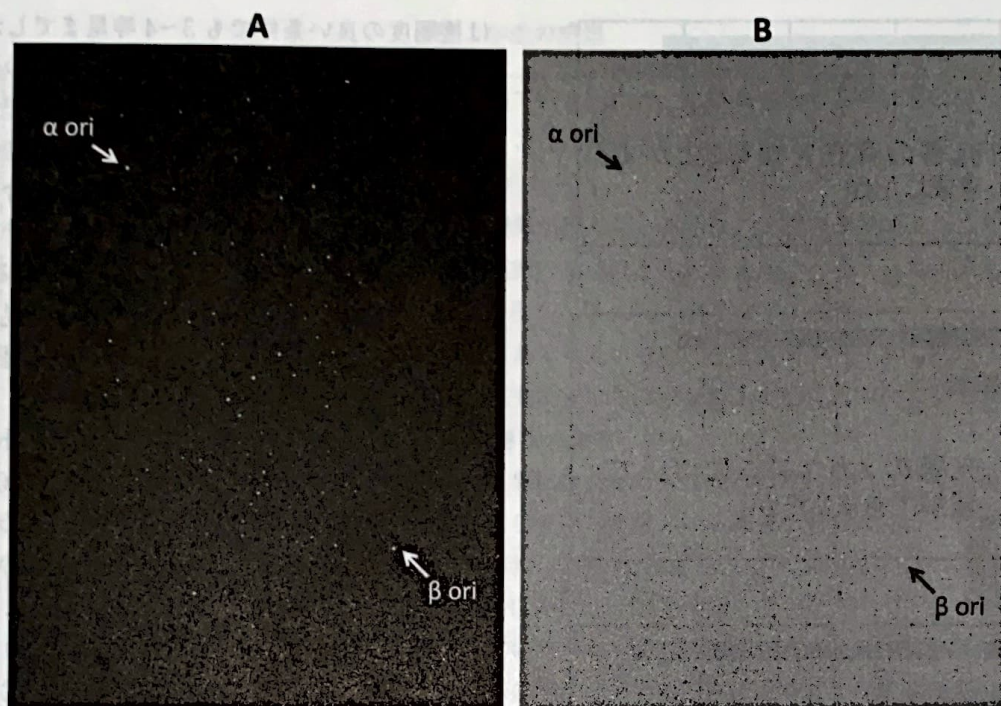


図5 ヒカリ GUY を用いて観察したオリオン座のモデル (A: 照明なし, B: 照明あり.)

教育実践を行った。受講生に「ヒカリ GUY」を用いて光害の存在やメカニズム、光害による星空の見え方の違いを体感させ、星空への興味・関心を深めることが目的である。光害のメカニズムについては、市街光などが大気中の気体分子等により散乱されてわれわれの目に入り、夜空が明るく見え、星の光を目立たなくさせる現象であることを理解させることを目標としている。履修している学生の所属は、発達障害、教育学、美術、理科、音楽、家庭科、体育である。6~7人、4班に分け、1班ごとに1台ずつ「ヒカリ GUY」を配布し、実践を行った。

まず始めに、京都で見られる星空について問い、京都で星が見えにくい理由を考えさせ、光害の原因が光源の存在と大気の散乱であることを学生に気づかせた。次に「ヒカリ GUY」を用いた実験手順についての説明を行った。準備として「ヒカリ GUY」一式と牛乳を入れたバイアル瓶とコマゴメピベットを用意した。まず、それぞれの実験パーツが実際のどの部分に相当するのか説明を行った。大気中に存在している散乱物質のモデルとして牛乳を用いていることを中心に説明を行った。次に、学生一人ひとりに恒星板を透かして恒星像を観察させ、恒星板に示されているのがオリオン座であること、1等星と6等星の100倍の明るさの差を体感させた。つづいて、装置の組立方法と光

害がある場合とない場合の星空の再現方法を説明し、「ヒカリ GUY」を用いた実験を開始した。なお、実験中は教室の照明を消し、遮光カーテンを用いて迷光ができるだけ教室に入り込まないように配慮した。

「ヒカリ GUY」は、原理が単純で操作も簡単であるためか、どの班も短時間で問題なく実験を進めることができた。学生の反応は良く、装置をのぞき込んで満天の星空を確認できたときには歓声が上がった。実験後に行ったアンケート調査結果を図6に示す。「ヒカリ GUY」を用いた実験について、光害の存在やメカニズムが理解できたかを質問したところ、大部分の学生がそう思う、ややそう思うと回答した。全15回の授業終了後に実施した初等理科教育の学期末試験において、夜空に放たれる市街光により暗い星が見にくくなる理由について問うたところ、8割以上の受講生が正しく解答できたことから、ほとんどの受講生が光害のメカニズムについて理解できたことが分かった。また、装置の使いやすさを質問したところ、全員がそう思う、ややそう思うと肯定的な回答が得られた。構造が単純で操作性が良いながらも、光害の存在やメカニズムについて理解できる教材となっていることがアンケートから伺い知ることができた。学生から寄せられた実験後の感想の一部を表2に示す。ほとんどがヒカリ GUY についての使用後の感想であったが、装置

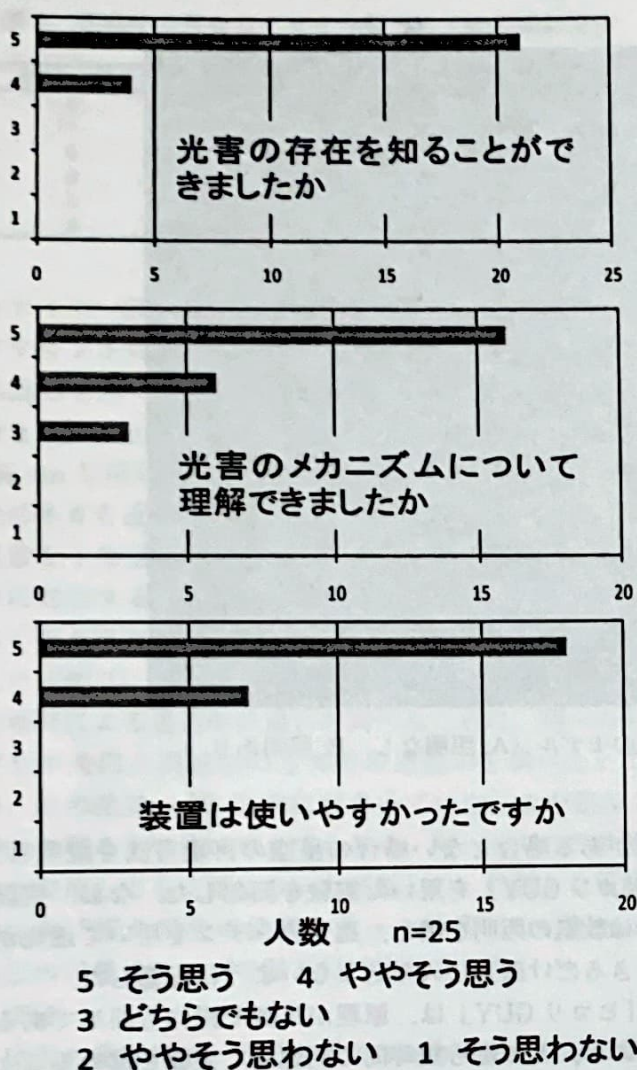


図6 アンケートの結果

そのものが分かりやすく、光害についての理解が深まった、夜空を見上げてみたいと思ったという感想が多く寄せられた。実験後アンケートで満点の夜空を実際に見たいかを質問したところ全員がとても見たいと回答したこと、感想で夜空を見上げて見たいという記述が多く見られたことから、今回の実験が学生の星空への興味を持たせるきっかけづくりにもなったことが分かった。

4. おわりに

本研究では、昼間に教室内で光害がある場合とない場合の星空の見え方の違いを再現できる教材「ヒカリ GUY」を考案し、「ヒカリ GUY」を用いて大学生を対象に教育実践を行った。実践の結果、体験的に光害についての理解を深めることができただけでなく、学生の星空への興味を持たせることができた。都市部で

は透明度の良い条件でも3~4等星までしか見えないため、1等星と6等星の100倍の明るさの違いを体験することができないが、「ヒカリ GUY」で光害のない場合の星空を再現することにより、100倍の明るさの違いを容易に体験させることができる。今回は6等星までを再現したが、教材としてのリアリティを高めるには、7~8等星までを再現する必要があると感じる。一般的には空の暗い場所では6等星まで見えるとされているが、実際には6等星よりも暗い恒星が肉眼で確認できる場合も多いためである。

「ヒカリ GUY」1台あたりの作製コストは3,000円程度であり、アクリルボックス(約1,500円)、LED電球(約700円)の購入費が7割強を占めた。アクリルボックスは透明な容器であれば、ほかのものでも代用可能であり、適当なものがなければ1Lピーカーでも代用できる。この場合、コストは1,500円程度まで抑えられる可能性がある。LED電球の代わりに安価な白熱球を利用することも考えられるが、発熱量が大きいため、今回開発した装置で使用するには適していない。

学生からの感想に「ヒカリ GUY」はもう少し大きいほうが良いというものがあった。今回は6~7人で「ヒカリ GUY」1台を使用したので大人数で装置をのぞき込む形になり、少し使いにくく感じたのかもしれない。操作性を考えて小型の教材を作製したが、大きいサイズのものを作製することは試みていないので、検討してみたい。

最後に、小学校から高等学校までの学校現場における「ヒカリ GUY」の利用の可能性について検討したい。

光害が環境問題の一つであることから、環境教育の一環として、小学校から高等学校までの理科や総合的な学習の時間で「ヒカリ GUY」を用いる実践が考えられる。長島ほか(2006)は、光害を環境教育の視点から授業実践の展開を、(1)光害に興味を持つ段階、(2)光害の実態を調査する段階、(3)環境のために生活を改善することを学ぶ段階の3段階に分けて検討を行っている。この段階に即して本教材を使用するならば、学校現場では、「ヒカリ GUY」は、(1)の光害に興味を持つ段階での使用が最も適している。コロイドやチンダル現象を学習していない児童・生徒に散乱現象を説明することは困難な場合が予想される。しかし、大気に浮かんでいる粒に光が当たり、いろいろな方向に反射することが散乱であることを、雲が白く見

表2 学生の感想

- 都会と田舎で星の見え方が違うことは知っていましたが、ここまで変わるとは思いませんでした。都会でも星がきれいだなと思うことはありますが、田舎だともっときれいなんでしょうね。(美術専攻・男性)
- 私の住んでいる所は、電灯もあまりなく空気が澄んだところなので夜空が星がよく見える。しかし、京都市内のような土地では夜空の星はほとんど見えない。そうした体験を実験でできるのは子どもにとって楽しいだろうと思った。(体育専攻・男性)
- 私の地元はすごく星が見えて、京都に来てあまり見えないことに疑問がありましたが、今回の実験でよく分かりました。照明の工夫で省エネにつながるという大切なことも理解することができてよかったです。(体育専攻・女性)
- 満天の夜空を見るためには光害対策をして無駄な光が外(夜空)に洩れないような工夫が必要だということがよく分かりました。自分たちの見ている夜空でも星は見るができるが、もっと見える環境に近づいていければ良いなと思いました。(体育専攻・女性)
- とても感動しました。理科って楽しいと感じました。(体育専攻・男性)
- 日常生活で使用している光が無駄になっているものもあるということが分かってよかった。都市でも星空を観察できる工夫は自らの照明に対する配慮によってより綺麗な空を見ることができるのだということが分かって良かった。(理科専攻・女性)
- 光をつけた後と前とで違いが分かりやすかったです。星の学習は星座が大半だったので、このような問題を授業でやるのは私にとって新しい視点でした。(理科専攻・女性)
- 星空を再現できるなんて本当にすごいなと感動しました。空気中に洩れ広がる光やゴミ・塵によって、本来あれほどきれいな星空を見ることができないなんて残念なことだなと思いました。今まであまり意識していませんでしたが、今回の授業で学んだことを思い出して、空を見上げたいと思います。(家庭科専攻・女性)
- 実際、田舎の方が都会よりも星がよく見えると言われているのは光の多さだとは理解していたつもりでしたが、今回、ヒカリ GUY の装置を使って改めてこんなにも違うものなのだと実感しました。実感できたことで、より光害が減れば良いなと思いました。(体育専攻・女性)

えることや雲の隙間から差し込む太陽の光が筋となつて観察されるといった身近な散乱現象と関連づけて児童・生徒に丁寧に説明する。このような指導を行うことにより、反射を学習する小学校3年生以上であれば、「ヒカリ GUY」を用いて光害のメカニズムを理解することは十分可能であると思われる。「ヒカリ GUY」は、光害下で見える星空をかなり忠実に再現できるので、ヒカリ GUY で実験を行った後に、実際の光害下の星空を観察させると、人工の光が夜空を明るくしていることについての実感を持った理解が促されることが期待できる。特に、光害が微弱な天体の光の観測を妨げていることについて、理解を深めることにつながるだろう。

小学校第4学年の理科では星には明るさの異なるも

のがあることを、中学校第3学年の理科や高等学校地学では等級について学習をする。こうした天文分野の星の明るさの学習で「ヒカリ GUY」を利用することもできる。前述のとおり、光害がある地域では5等級異なる恒星を同時に観察することは困難であるので、「ヒカリ GUY」を用いて5等級の恒星の明るさの差を体感できるメリットは大きいと考えられる。

ものづくりの観点から、中学校や高等学校において「ヒカリ GUY」を生徒に作製させることも可能であろう。中学校では第2学年では電流や回路について学習をするので、第3学年で天文分野を学習する前に、第2学年で学習をした電流の分野の復習を兼ねて「ヒカリ GUY」を作製することも考えられる。高等学校では調光機能を備えた装置に改良したり、光害の源とな

る照明の設置方法や形状を工夫するなどをして、光害を低減する方法について探究的に調べる活動につながることもできるだろう。恒星板を作製する際に使用するボール盤が利用できない場合には、恒星を柔らかい素材に変えて釘で穴を開けるなどの工夫は必要であるが、星空を生徒自らの手で再現する活動は生徒にとっても有意義なものとなるであろう。

引用文献

伊藤芳春・高田淑子 (2004)：夜空メーターの製作と星空

環境の測定. 宮城教育大学環境教育研究紀要, 7, 92-96.

長島康雄・渡邊 章 (2003)：小中学生のための天文教材 (2) 紙バックを用いた観測フレーム. 天文教育, 15, 47-52.

梅谷知数 (2010)：スカイ・クオリティ・メーターを使った高松市における光害の調査. 香川県立五色台少年自然センター自然科学館研究報告, 35, 51-62.

渡部義弥 (1999)：左巻健男・市川智史 (編), 誰にでもできる環境調査マニュアル. 東京書籍, 東京, 122-131.

中野英之・田中出帆：コロイド溶液を用いた光害のモデル教材の開発 地学教育 65 巻 3 号, 117-124, 2012

〔キーワード〕 光害, 照明, 環境教育, 天文教育, モデル実験

〔要旨〕 光害について体験的に学習者に理解させることを目標に, コロイド溶液を用いて, 光害が星空の見え方に与える影響を確認できる教材を考案した. 開発した教材を用いて教員養成系大学の学部生を対象に実践を行ったところ, 光害の存在やメカニズム, 光害による星空の見え方の違いを体感させ, 星空への興味・関心を深めることができた.

Hideyuki NAKANO and Izuho TANAKA: Development of Educational Materials to Simulate Atmospheric Light Pollution Using a Colloidal Solution. *Journal of Education of Earth Science*, 65(3), 117-124, 2012

資料

地域や研究機関と連携した火山防災教育の実践

Practice of Volcanic Disaster Education in Collaboration
with Research Institute and Community

岡本 研^{*1}・宮嶋 衛次^{*2}

Kiwamu OKAMOTO and Eiji MIYAJIMA

1. はじめに

北海道室蘭市は、有珠山、倶多楽（日和山）、樽前山、そして噴火湾を挟んで駒ヶ岳と、数多くの活動的な火山に囲まれた地域である。北海道室蘭栄高等学校ではスーパーサイエンスハイスクールの取り組みとして、生徒の火山に対する科学的な理解を深め、自然災害や防災への意識を向上させるため、地域や大学等研究機関と連携し、地域の火山にかかわる講演会や巡検の実施、コンセプトマッピング（概念地図法）による生徒の変化の検証、少人数による課題研究等を実施し、自然災害・防災教育に取り組んだ。本稿ではその実践の内容と成果について述べる。

2. 地域の火山災害に関する講演会の実施

地域の代表的な火山である有珠山の噴火の歴史や災害について、2009年から2011年にかけての3年間、理数科1年生全員（2クラス）を対象とした講演会と巡検の一連の学習プログラムを実施した（表1）。一連のプログラムでは、環境防災総合政策研究機構理事の岡田 弘氏（北海道大学名誉教授）や、北海道大学地震火山観測研究センター准教授の大島弘光氏らを講師とした。地域の身近な火山について学ぶことにより、自然科学に対する興味・関心の向上と深い知識を身に付けさせ、また、地域の自然災害について学ぶことにより、自然と人間とのかかわりについて実感を伴った理解をさせることが目的である。

講演の内容は、有珠山の噴火の歴史や、生徒たちも体験している西暦2000年の噴火の経過などの自然科学的な内容と、噴火予測と住民の避難、噴火災害と減災の方法など、社会科学的な内容、そして後日実施す

る巡検地との関連についてである。

[2009, 2010年度の講演]

○演題 「有珠山噴火と減災への取組」

○講師 北海道大学名誉教授（環境防災総合政策研究機構理事）岡田 弘氏

○内容

過去の有珠山噴火について／有珠山噴火の経過／噴火予測と住民の避難／噴火災害と減災の方法／世界の自然災害の例

[2011年度の講演]

○演題 「火山噴火のツメ跡を訪ねて」

○講師 北海道大学地震火山観測研究センター准教授 大島弘光氏

○内容

火山噴火のメカニズム／火山研究の歴史／過去の火山噴火と科学的データとの関係／地域巡検のコースとの関連

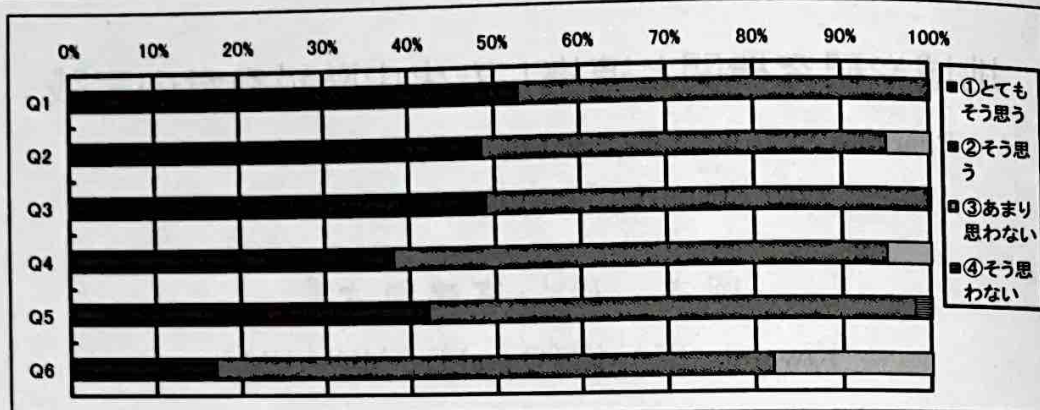
講演後、アンケートを実施し、生徒の「知識・理解」「関心・意欲・態度」「思考・判断」の向上に関する検証を行った。結果を図1に示す。

有珠山の講演は3年間高い評価を維持しており、Q1～Q5の質問で80%以上が肯定的評価となっている。講演はいずれも身近な火山である有珠山に関するさまざまな観点からの内容を、多くの写真、説明図や動画を用い、理解しやすく工夫された講演であったため、内面的にも強く引きつけられた結果であると思われる。

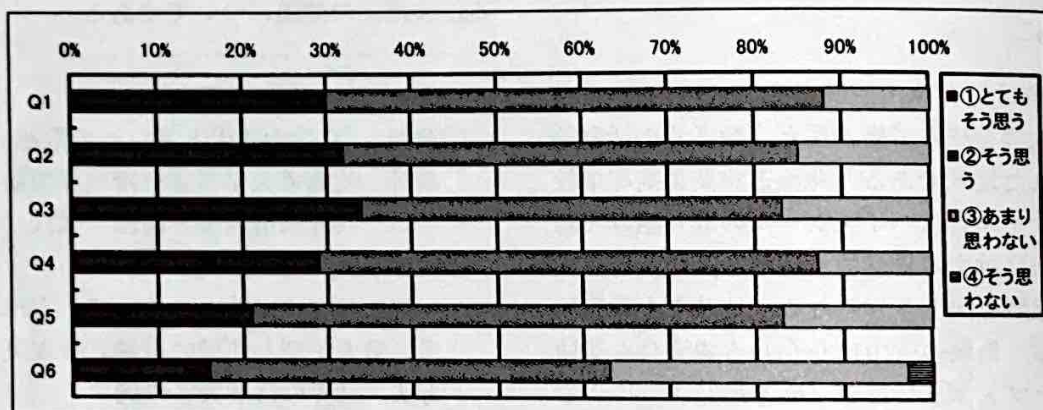
Q6「調べてみたいか」は、六つの項目中「とても

^{*1} 北海道立教育研究所附属理科教育センター ^{*2} 北海道弟子屈高等学校

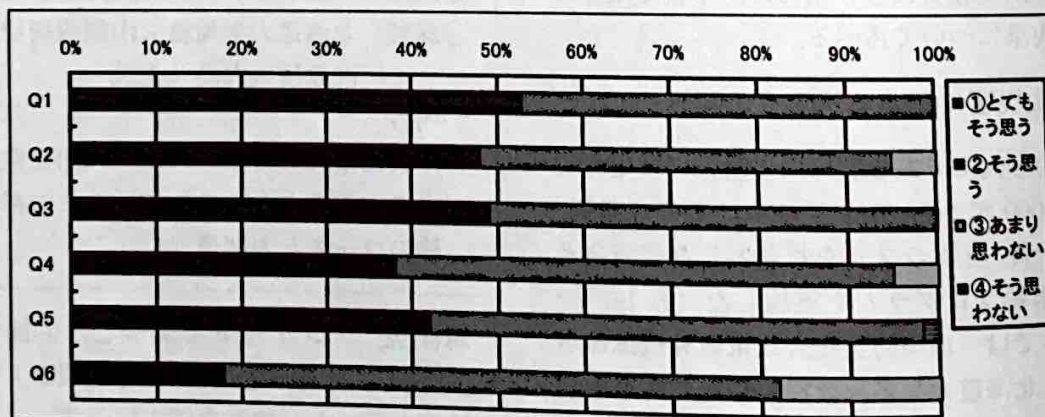
2011年12月5日受付 2012年5月20日受理



2009年度 (79名)



2010年度 (78名)



2011年度 (78名)

- Q1 理解しやすいものでしたか〔知識・理解〕
 Q2 興味のもてる内容でしたか〔関心・意欲・態度〕
 Q3 地域巡検へ取り組む意欲を増加させる内容でしたか〔関心・意欲・態度〕
 Q4 自然のダイナミズムについての理解を深める内容であったと思いますか〔知識・理解〕
 Q5 講演で自分の考えが広がったと思いますか〔思考・判断〕
 Q6 講演を聴いて生じた疑問点を、自分で調べてみたいと思いましたか〔関心・意欲・態度〕

図1 講演会の生徒アンケート結果

表1 1年生有珠山学習プログラム

学習プログラム	ねらい	授業時間
① コンセプトマップのラベルとリンクワードの記入	プログラム実施前の知識・理解の認識	5分
② 研究者による講演会	知識・理解の向上、興味・関心の向上	90分
③ コンセプトマップへの追加記入及びアンケートの実施	知識・理解や意識の変化の認識	5分
④ 現地での自然観察、探究活動、調査の記録	自然情報の読解、コミュニケーション能力の向上、思考力の向上	7時間（移動時間を含む）
⑤ 自己評価カードの記入、コンセプトマップ再追加記入	知識・理解や意識の変化の認識	30分
⑥ 有珠山巡検報告書の作成	知識・理解や意識の変化の認識、表現力の向上、情報の発信	100分

3. 有珠山巡検の実施

生徒の自然現象に対する知識を深め、自然現象と人間生活を関連づけて考察する態度を向上させる目的で、研究者を講師として巡検を行った。2009年は西山山麓火口群コースおよび金比羅山火口群コース、2010年および2011年は西山山麓火口群コースおよび三恵病院跡で実施した。2010年および2011年は「自ら調査する」ことを主な活動とし、調査活動を行った(図2)。

そう思う」の回答が最も少なかった。近年の北海道での理科教育に関する調査結果によると、子どもたちの野外での自然観察体験は、自然環境に恵まれた北海道でも近年減少傾向にあり(北海道立教育研究所附属理科教育センター, 2011), こうした“めんどうな”ことを嫌う傾向の萌芽であることが危惧される。

自由記述では、地域の身近な火山という意識が感じられる記述や、さらに学びたいという意欲的な記述も数多く見られた。

[自由記述欄より抜粋]

- さまざまな人の努力で住民の命が救われているのだと知った。有珠山が「噴火による地形変化」世界No.1だと知らなかった。
- 自分も自然災害に対しての意識が薄く、あまり関係がないものと思っていました。しかし、今回の講演で災害についてしっかり学んでおき、知っておくことが大切だと思いました。
- 火山が噴火することは悪いことばかりではなく、良い事柄も起こり、今後噴火する際の減災につながるということ。
- 危険を伝え合い、知ることの大切さがよくわかった。人間も、自然災害にいつまでも負けていられない！ 地元(苫小牧市)の樽前山についても少し気になった。
- 実際に自分が避難民だったこともあり、有珠山には興味がありましたが、100年ほど前から噴火を予知し、人々を避難させる人がいたとは思いませんでした。
- 噴火の起こる前兆の現象がなぜ起こるのかについて、もっと知りたいと思いました。

[2009年度巡検]

- 場所 有珠山周辺(西山山麓火口群コースおよび金比羅山火口群コース)
- 講師・北海道大学名誉教授(環境防災総合政策研究機構理事)岡田 弘氏
・北海道大学理学研究院地震火山研究観測センター 青山 裕助教
- 対象 1年理数科全員(2クラス)
- 時程 8:50 学校発→10:00 ビジターセンター着→金比羅山周辺観察→西山山麓火口群周辺観察→14:30 幼稚園跡→15:30 学校着

[2010, 2011年度の巡検]

- 場所 有珠山周辺(西山山麓火口群コースおよび三恵病院跡)
- 講師・大島弘光氏(北海道大学理学研究院地震火山研究観測センター准教授)
・青山 裕氏(北海道大学理学研究院地震火山研究観測センター助教)
- 対象 1年理数科全員(2クラス)
- 時程 8:50 学校発→10:00 西山山麓到着、巡検→12:30 展望台→13:30 洞爺湖ビジターセンター→14:00 火山遺構公園(三恵病院跡)着→14:30 遺構公園発→15:30 学校着

“自分で自然を測ってみよう”というテーマを与え、身の回りにある道具を用い、工夫をしながら観察地のさまざまな自然のデータ化を試みさせた。生徒たちは、各自が用意してきた定規、磁石、分度器、温度計、ペットボトル等を用い、水を入れたペットボトルを水準器にするなど測定方法を工夫しながら、被災建築物の傾きや、断層の変位量、噴気の温度、噴火口の

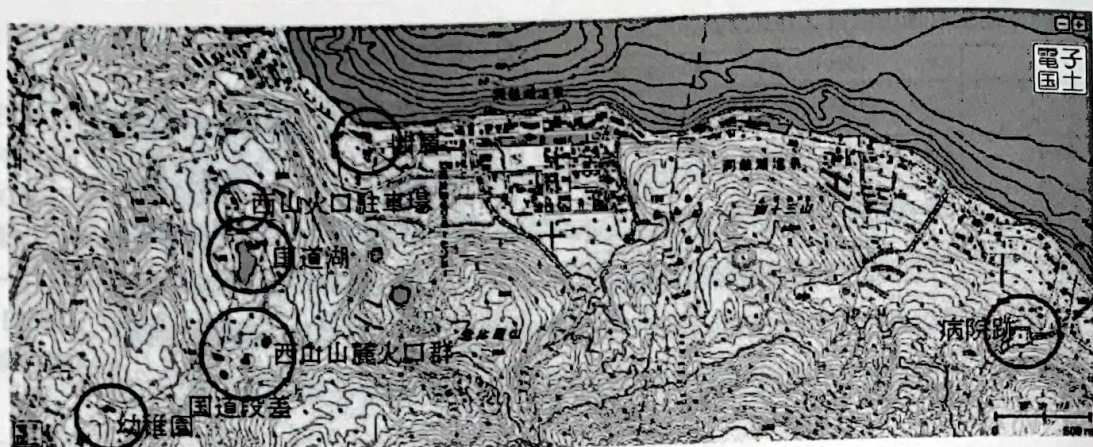


図2 巡検ルート（国土地理院地図閲覧サービスより <http://watchizu.gsi.go.jp/watchizu.html>）

水温、岩石と磁石の反応などを精力的に調べた。巡検における主な観察ポイントと活動内容は以下のとおりである。

① 国道湖

火山活動による地盤隆起のため、国道の一部が窪地となり、水が溜まって大きな池ができている様子を観察させ、その成因について考察させた。アスファルト上には地殻変動による多数の断層が観察され、場所によって正断層も逆断層も見られた。これらの断層の変位量や走向を測定させ、マグマ活動によって地下でどのような運動が起きたのかを考察させた。

② 西山山麓火口群・地熱地帯

西山山麓の散策路周辺では、現在でもいくつかの噴気口が見られ、噴気口の密集した地熱地域も存在していた。生徒は、放射温度計で噴気や周辺の地熱の温度を測定した。

さらに、2000年噴火の際に生じた現在有珠山周辺で最も活動的な噴火口であるN-B火口を観察した（図3）。立入禁止区域であるが、指導者の下、噴火口まで降りて観察を行った。噴煙や地面の温度測定を行い、さまざまな化学反応が起きていると思われる多様な色彩の表土の試料を採取し、その後課題研究のチームが成分の化学分析を行った。

③ 国道段差

国道段差と呼ばれている場所は、もともと国道であった場所が、2000年噴火の際のマグマの貫入に伴う隆起によって生じた南北の引張応力により多数の正断層が生じた場所である（図4）。生徒は、断層の変位量や走向を測定し、その応力について考察した。また、国道脇の砂箱の中に保存されていた火



図3 噴火口の観察

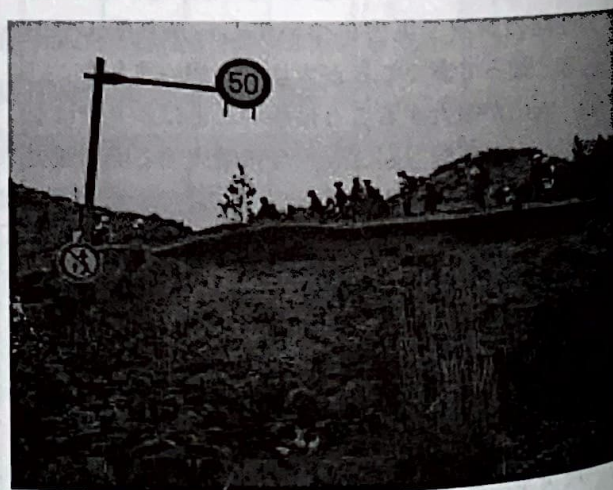


図4 旧国道の断層の観察

砕サージの噴出物を観察した。

④ 旧洞爺湖幼稚園

西山山麓火口からの噴石が数百m離れた幼稚園

まで飛来し、屋根や壁に穴を開けるなどの被害をもたらしていた。生徒は、噴石の大きさや幼稚園の傾きなどを測定した。その後、噴石の破片の密度から重量を推定し、噴火口から飛来した噴石の持っていた運動エネルギーを計算した。

⑤ 三恵病院跡

1977年噴火の際に断層上にあった病院が、階段状に破壊されていた。生徒は、病院の被災状況や断層の左右の被災状況の違いを調べた。

巡検後、各自巡検レポートを作成させた。2009年と2010年は、班ごとにワープロを用いて作成させていたが、2011年は個人で手書きのレポートを作成させたところ、生徒の感性に基づいた豊かな表現のレポートが作成された。巡検地での写真はあらかじめ縮小印刷して配布し、切り抜いて使用させた。作成時間はわずか50分間であり、見栄えはよくないが、制約がなく自由に表現ができる方法であるためか、その生徒の興味・関心の中心となった内容が大きく取り上げられ、説明図やイラストが多用されるなど、昨今のデジタルによる作品とはひと味違う作品となった(図5)。生徒の創造性が存分に生かせる手書きのレポートの作成は、表現力の育成や評価という観点において効果的である。

全員の作品を校内に展示したところ、生徒同士や教員からも高く評価され、岡田 弘北海道大学名誉教授の助言もあり、2011年に洞爺湖町で開催された「日

本ジオパーク洞爺湖有珠山大会」のポスター発表会場に全作品を展示することとなった。

巡検による、生徒の「関心・意欲・態度」、「知識・理解」、「科学的な思考力」の向上に関する検証のため、生徒に対するアンケート調査を行った(A:とてもそう思う B:少しそう思う C:あまり思わない D:そう思わない)。

Q1 有珠山噴火や自然災害について調べる地域巡検に興味を持ち、積極的に巡検に参加しようと思いましたか。〔関心・意欲・態度〕

2011年	A	90%	B	9%	C	1%
2010年	A	53%	B	47%	C	0%
2009年	A	54%	B	46%	C	0%

Q2 有珠山噴火と自然災害、噴火と地域の人々とのかわり、火山の人間生活への恩恵について、知識を身に付けることができましたか。〔知識・理解〕

2011年	A	44%	B	55%	C	1%
2010年	A	49%	B	50%	C	0%
2009年	A	47%	B	53%	C	0%

Q3 SSH 地域巡検に取り組んだ結果、学習前と学習後と比べ、自分の考えのどのようなことが変わった

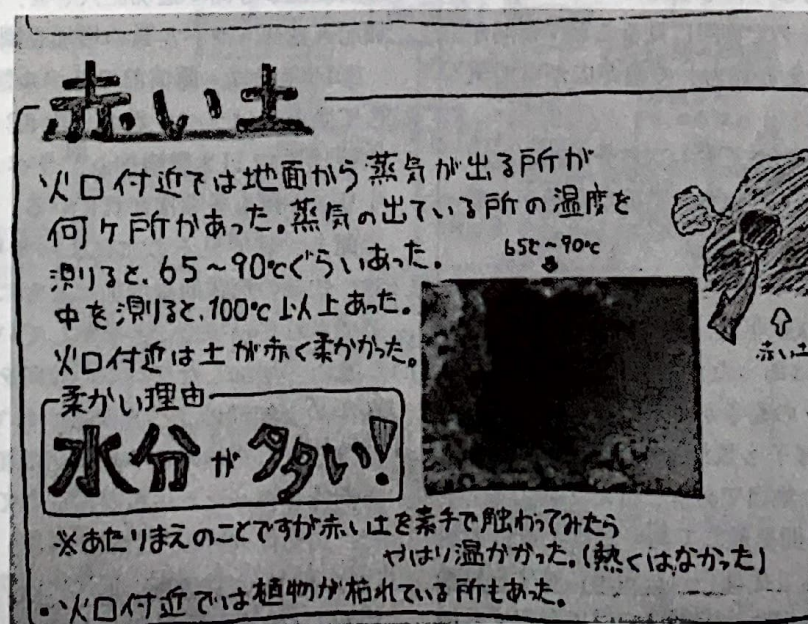


図5 手書きのレポートの一部

と思いますか。〔科学的な思考〕

- ① 自然（火山噴火）と人間（災害）との関係についての考えが変わった。

2009年51名、2010年58名、2011年56名

- ② 火山について興味や関心が増した。

2009年21名、2010年23名、2011年15名

- ③ 火山噴火が身近な自然現象と考えるようになった。

2009年15名、2010年13名、2011年14名

- ④ 自分で調べることの楽しさや意義を感じるようになった。

2010年7名、2011年18名 ※2009年は集計せず

〔自由記述より抜粋〕

- 学習前は火山に対して全く興味がなかったが、学習後はもっと火山について知りたくなった。
- 3月11日の震災が身近に感じられるようになった。これを機に被災者への考えが変わった。ボランティアに積極的に参加したい。
- 学習前は被災の状況を調べるだけだと思っていたが、学習後はなぜこのようになったのかを考えるようになった。
- 自分で測定することは楽しく、次々と疑問が浮かんできて、「どうしてだ？」と考えることがたくさんできるようになった。
- フィールドワークで実際に見ることで疑問が湧き、「自分で考える能力」の幅が広がった気がする。
- 特別な道具を使わなくても、自分の持っていたもので測定ができたので、柔軟な発想が必要だと感じた。

Q1については、2009年度、2010年度もすべての生徒が肯定的評価ではあったが、特に2011年度の1年生のモチベーションの高さがうかがわれる。実際の現地での生徒たちの様子も積極的な活動状況であり、目的意識を強く持った集団であると言える。

Q2においても3年間を通じて高い評価となっており、巡検の目的である「生徒の自然現象に対する知識が深め、自然現象と人間生活を関連づけて考察する態度が向上させる」ことは十分に達成されたと考えられ

る。

Q3については、2011年は講師が「被災地」という言葉を強調しており、このキーワードの記述が多数見られた。さまざまな要素のある自然観察の中で、このように事前に方向性を示すことによって、ものの見方が変わるという好例である。また、2011年は特に④の「自分で調べることの楽しさや意義」について記述する生徒が多く、実際の現地での取り組みも積極的であった。1クラスを2グループに分けたり、大学生のアシスタントなど、2009・2010年よりもきめ細やかな指導を行ったことが影響しているものと思われる。

4. コンセプトマップによる検証

講演と巡検を通しての生徒の有珠山に関する意識の変化と、知識の関連づけの形成について調べるため、有珠山に関するコンセプトマッピングによる検証を行った。コンセプトマッピングは、学習に関連する「言葉（概念）」をラベルとして視覚化し、そのラベルを子ども自身が直接的に操作し、ラベル同士の関連の仕方や意味について自由に表現するものであり、子どもの内面にある知の構造やその変容の様子を明らかにすることや、子ども自身に自らの学びを自覚させることをねらいとするものである（福岡、2002）。

講演前に、「有珠山」、「昭和火山」、「噴火」、「火山灰」、「避難」、「研究者」、「マスコミ」、「住民」の八つの概念ラベルを与えて、白紙に各自5分間でラベルとリンクワード（互いの関係を表す言葉）を記入させ、講演後に5分間で追加記入させ、さらに巡検後に再追加記入させ、ラベル数の増加を調べた（表2）。

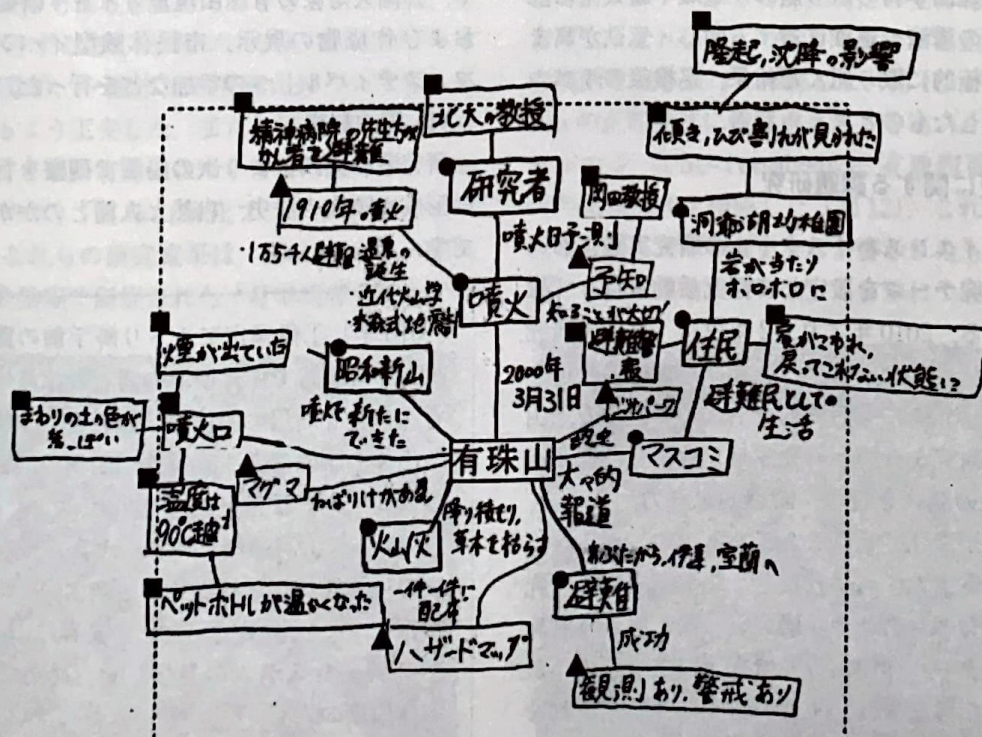
2011年では、講演前のラベル数（平均9.5個）に対して講演後はラベル数が平均8.3個増加し、さらに巡検後は平均11.2個増加し、ラベル間のつながりを示すリンク線も多数描かれている。実際に自分たちの耳で聞き、目で見ることによって得た多くの情報により、知識の飛躍的な増加とともに各要素の関連づけが形成されていったことを示している。

また、増加したラベルの傾向を見てみると、最初は断片的な知識のラベルが書かれているだけであるが、段階ごとに全体のラベル数が増加するとともに、ある方向性を持ったラベルが増加していくマップが見られた。例えば火砕流、溶岩、津波、断層などが増加した「科学型」、大森房吉、近代火山学などが増加した「歴史型」、行政、農業などが増加した「生活型」、水蒸気、粘土などが増加した「自然観察型」、避難、被災

マップを形状別に見てみると、ネットワーク型や放

	講演前のラベル 数（平均値）	講演後のラベル 数（平均値）	巡検後のラベル 数（平均値）
2011 年度	9.5	17.8	29.0
2010 年度	7.4	14.9	24.3
2009 年度	6.6	10.1	

3年間の結果を比較してみると、講演前に書かれたラベル数は平均6.6(2009年)→7.4(2010年)→9.5(2011年)と年々増加しており、講演後に追加されたラベル数は平均3.5(2009年)→7.5(2010年)→8.3(2011年)と増加し、さらに巡検後の増加数は平均9.4(2010年)→11.2(2011年)となっている。このことから、母集団が本来持っていた知識や関心が少しずつ高くなっており、地域でのスーパーサイエンスの



●印：講義前に記入したラベル ▲印：講義後に記入したラベル ■印：巡検後に記入したラベル
※実際は色分けによる。

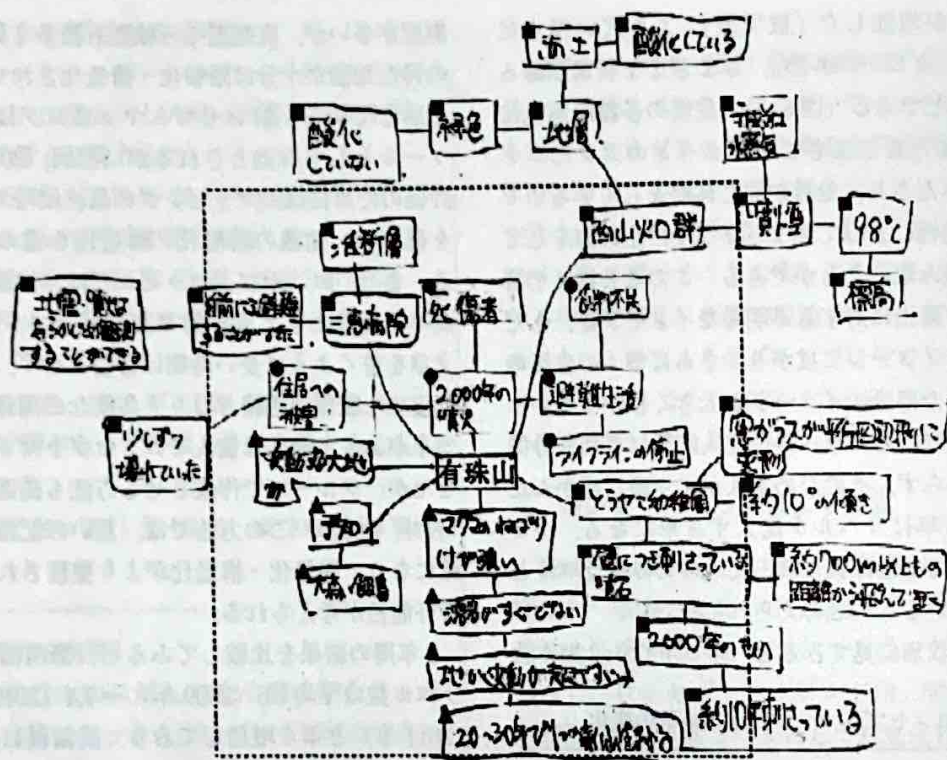


図7 科学型コンセプトマップの例

●印：講義前に記入したラベル ▲印：講義後に記入したラベル ■印：巡検後に記入したラベル
※実際は色分けによる。

説明会や上級生による新入生への説明会などを通して、本校の有珠山学習の取り組みが地域や新入生に認知され、生徒の講演や巡検に対する関心・意欲が高まり、巡検に積極的に取り組んだ結果、巡検後のラベルもさらに増加したものと考えられる。

5. 火山防災に関する課題研究

スーパーサイエンスハイスクールの研究実践において、生徒が研究テーマを設定して探究活動を行う「課題研究」がある。2010年より、2年生に「有珠山研究グループ」が発足した。研究の目的は、地域の身近な火山であり、世界的にも活動的な活火山である有珠山について調査研究を行い、研究成果を活用した普及活動や研究成果の発表を行い、論理的思考力、表現力、問題解決能力が深化させることである。

岡田 弘北海道大学名誉教授と、北海道立教育研究所附属理科教育センター地学研究班（兼・洞爺湖有珠山火山マイスター）の横山 光研究研修主事らの年数回の現地での指導を受け、生徒の自主的な研究活動を担当教員2名が援助しながら、約半年間、週2時間の授業時間の中で有珠山の自然災害・防災に関する調査研究活動を行った。また、これらの観察や研究の成果

を、より多くの人々に広めるため、普及資料の作成や、外国人対象の有珠山現地ガイド、研究成果の発表および作成物の展示、市民体験型イベント「ジオ・フェスティバル」への参加などを行った。

(1) 現地観察

研究者の案内により次の場所で観察を行い、有珠山の形成や噴火の歴史、自然と人間とのかかわりについて学んだ。

[2010年] ①伊達市アルトリ岬手前の露頭 ②アルトリ岬周辺で山体崩壊の岩石と津波堆積物 ③有珠善光寺周辺の山体崩壊の岩石 ④伊達市長和の山体崩壊の露頭 ⑤有珠山山頂の溶岩ドームと噴火口 ⑥三松正夫記念館

[2011年] ①洞爺湖ビジターセンター ②金比羅山の被災建築物・防災施設・噴火口 ③有珠山山頂東側 ④三松正夫記念館 ⑤有珠山山頂南側・GPS観測システムの見学 ⑥有珠善光寺周辺の山体崩壊の岩石

(2) 調査研究活動

現地で観察したことへの理解をさらに深めようと、校内で次のような生徒の自主的な研究活動が行われた。

[2010 年]

- ① 粘土の加熱による変色により、昭和新山の粘土に含まれている鉄がマグマの熱と地表の酸素によって酸化されたことを確かめる実験
- ② 小麦粉にさまざまな力を加え、断層形成について考察し、現地で多数観察された断層のでき方を調べる実験
- ③ 噴火のスケールを実感するため、噴石の運動エネルギーを求める実習

[2011 年]

- ① 有珠山に隣接する洞爺湖（カルデラ湖）の形成を再現するモデル実験の開発
- ② 噴出直後の高温の軽石が湖に沈む現象を再現する実験

(3) “うすごろく”と有珠山研究ブックの作成 (2010 年)

2010 年は、有珠山の観察を通して有珠山の不思議や魅力を学び、それらを広めることを目的として、生徒の発案で“うすごろく”と名づけた双六形式のボードを作製し（図 8）、一般市民が有珠山について楽しみながら学べるよう工夫した。また、研究・実験・経験したことをまとめ、有珠山についてより深く学ぶこともできるように、「有珠山研究ブック」を作成した（図 9, 10）。これらの研究成果は、2011 年 5 月に幕張メッセ国際会議場で開催された「日本地球惑星科学連

合 2011 年大会」においてポスター発表を行い、佳作を獲得することができた。

[有珠山研究ブックの内容]

有珠山について／洞爺湖有珠山ジオパーク／有珠山噴火の歴史／アルトリ岬のナゾの砂の層／有珠山南側の凹凸地形はなぜできた？／凹凸地形の正体／壁に突き刺さった岩／幼稚園噴石のエネルギーを計算する／道路が広がったり縮んだり？／断層／グラーベン／西山火山群／金比羅火山群／2000 年噴火の中心点を自分で探せ！／昭和新山／昭和新山の実験／銀沼火山／ドロノキのパワー／ロープウェイから見える鉄の柵／変わり果てた風景／三松正夫さんって？／火山マイスター／人間と火山

(4) 立体地形模型、有珠山研究ブック 2nd, ウステトラヒドロンの作製 (2011 年)

2011 年は、観察や研究の内容を「有珠山研究ブック 2nd」としてまとめ、英語版も作成した。また、生徒の発案で、一般市民が有珠山の自然災害の観察ポイントをわかりやすく学べるよう、1 m 四方の有珠山南部の立体地形模型を作製した。立体地形模型は、伊達市防災センターから有珠山周辺の立体地形模型の型を借用し、それに幅広のサランラップを貼り付け、発泡充填剤を吹きつけて作製した（図 11）。さらに、一辺 1 m の正四面体に観察ポイントを描いた“ウステトラヒドロン (USU-Tetrahedron: 有珠四面体)”と名づけた正四面体を作製した（図 12）。これは正四面体の四つの面に有珠の歴史などが書かれたものであり、四面体を回転させながら楽しく有珠について学ぶことが



図 8 作製した“うすごろく”



図 9 有珠山研究ブック 2010

幼稚園噴石のエネルギーを計算する

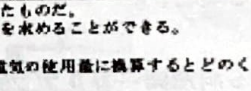
調査中の噴石に突き刺さった噴石



この噴石が落ちてからどのくらい経ったのか？



このエネルギーでどのくらい稼げるのか？



- 幼稚園に突き刺さっている噴石は、2004年の西山火口の噴火で降ってきたものだ。
- 噴石の速度と大きさから重量を算出し、飛んだ距離からエネルギーを求めることができる。
- 2004年の噴火では、噴煙は500mまで噴き上げた。
- これらのことから算出される噴石を飛ばすエネルギーは、電化製品の電気の使用量に換算するとどのくらいになるのだろうか？

計算すると

噴石のエネルギーは1193 (kJ) だった！

エネルギー計算

- ① 噴石の断片の質量を測定する。=161.35 (g)
- ② 水を一杯に入れたビーカーに噴石を入れ、あふれた水の量を測定する。=57.0 (ml)
- ③ ①÷②=2.83 (g/cm³)
- ④ 幼稚園の噴石の大きさを写真から推定する。=47100 (cm³)
- ⑤ ③の密度より、噴石の質量を求める。
2.83×47100=133283 (g)
- ⑥ 地図から、幼稚園と西山火口の位置関係を調べる (右図)。
- ⑦ 最高点での噴石のエネルギーを求める。
 $mgh = 133283 \times 9.8 \times 9.13$

エネルギーは、1193 (kJ) と求められた

このエネルギーは、消費電力66Wのノートパソコンは約4時間、2.3VのLEDライトは6日間、143Wのテレビは2時間30分つければなしで使えることになります。

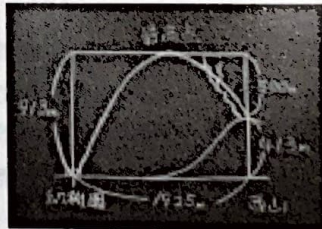


図10 有珠山研究ブックの例



図11 立体地形模型

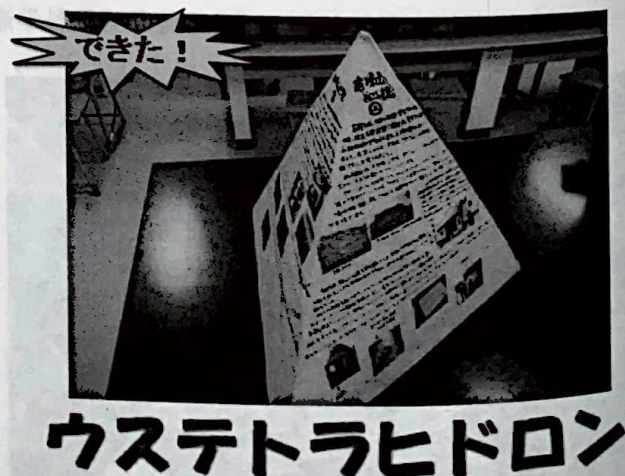


図12 “ウステトラヒドロ”

できるよう工夫したものである。

(5) JICA 研修員の巡検案内

2010 年と 2011 年、「異」との交流を行い国際性を育むことを目的とした「JICA 研修員理科大好き講座」を行い、課題研究有珠山研究チームの生徒たちが、JICA 研修員（西南アジア小学校理科教育）に対して英語で有珠山周辺の現地案内を行った。来校した JICA 研修員は、各国で小学校教育について研修を行っている国レベルの教育関係職員である。現地へ移動中、事前に作成した英文の案内書や解説フリップを用いて、有珠山の噴火活動や 2000 年の噴火について説明し、現地到着後は観察ポイントごとに説明を行った（図 13）。案内したコースは、2010 年は西山山麓火口群周辺の有珠山 2000 年噴火の際の地盤隆起で破壊された建設物および現在も噴煙を上げている地熱地帯であり、2011 年は金比羅山火口群周辺の熱泥流に巻き込まれた建設物および最大の噴火口である。実際に現地を歩くことで、他国の人々に火山災害のスケール感を伝えることができた。

JICA プログラム実施による生徒の「関心・意欲・態度」、「表現」、「国際性の意識」の向上の検証と研修員によるプログラムに対する評価のため、2010 年、2011 年の 2 年間に有珠山の現地案内を行った生徒（計 10 名）および JICA 研修員（計 19 名）を対象に、下記の質問によるアンケート調査を実施した。生徒アンケート結果は、Q1～Q3 において生徒 10 名全員（2 カ年合計）が「たいへんそう思う」と回答した。

[生徒アンケート]

Q1 このプログラムに積極的に取り組むことができましたか〔関心・意欲・態度〕



図 13 有珠山での防災施設の解説（2011 年）

Q2 このプログラムは興味を持てるものでしたか〔関心・意欲・態度〕

Q3 このプログラムで、国際性は増しましたか〔国際性〕

Q4 このプログラムで具体的に「良かった」と思ったこと〔表現〕

[自由記述欄より抜粋]

- 英語で伝えることの難しさがわかった。あまりこのような機会はないと思うのでとてもいい経験になった。
- 言葉での説明だけでなく、実際に現地で火山を見てもらいながらの説明だったので、噴火や災害について肌で感じてくれたと思う。
- たくさんの外国の方と話す機会はあまりないので、貴重な体験ができました。もっとたくさん話ができるようになりたいと思った。
- 火山を見たことがない外国人に火山を説明することは難しいと思っていたが、思った以上に理解してくれたと思う。

[JICA 研修員アンケート（2 カ年合計）]

Q 今回のプログラムをどう思いましたか。

- | | |
|-------------|------------|
| A たいへん良かった | 18 名 (95%) |
| B 良かった | 1 名 (5%) |
| C あまり良くなかった | 0 名 (0%) |
| D 良くなかった | 0 名 (0%) |

[自由記述欄より抜粋]

- ・ Despite of there difficulty in speaking English, the students performed the activity beyond our expectations. The students were good in concept as well as in practical.
- ・ I saw first time volcano. Mt. Usu Team wonderful, students demonstration about volcanic crater are live experience of us. It is most valuable visit in my Life. Thank you.
- ・ Mt. Usu group students information was relevant and useful to the trip. The opportunity itself to visit and observe active volcano is highly fruitful and interesting to us. I like to request to continue this program.

生徒のアンケートにより、生徒は興味・関心を持って積極的に取り組み、生徒の国際性を伸ばすことができた判断できる。また、自由記述から、外国人とのコミュニケーションは貴重な体験になったと意識していることがわかる。

JICA 研修員対象のアンケートでも肯定的な評価を得ており、JICA 研修員にとっても有意義なプログラムであったと思われる。有珠山の現地案内は、現地で実物を観察しながらの具体的な説明であること、近い距離でコミュニケーションを図ることができたことなどが高い評価を得た原因と思われる。

6. おわりに

有珠山を中心とした一連の火山防災教育を実施したが、多くの生徒がこれまでの自然と人間に対する考え方が変化し、また、自ら調査を行うことにより、自然にはたらきかけて考察する姿勢を学ぶことの大切さを意識させることができた。

巡検時の様子、アンケート結果、コンセプトマップやレポート作成などへの取り組みから、生徒たちには災害の恐ろしさという面よりはむしろ地域の火山のスケールの大きさという面が伝わっており、身近なところに世界的な火山が存在していることに対する喜びを感じているように思える。特に、有珠山周辺地域（壮瞥町、洞爺湖町、伊達市）からの通学生は意欲的に学習に取り組んでいた。

今回の取り組みは単発的な学習ではなく、有珠山をキーワードにさまざまなアプローチを組み合わせた一連の学習プログラムが、生徒のやる気を引き出し、積極的に取り組ませることができたと考えられる。多くの生徒の自然と人間に対する考え方が変化し、自ら調

査を行うことに関しての大切さも意識させることができた。また、課題研究における“うすごろく”や“ウステトラヒドロン”といった工夫を凝らしたものづくりを通した普及活動や、コンセプトマップを用いた生徒の変化に関する調査研究など、今後のさまざまな教育活動において応用できる実践を行うことができたと考えている。

謝 辞 本研究の実施にあたり、講演、巡検、JICA 交流、課題研究の指導等において、北海道大学の岡田 弘名誉教授、北海道大学地震火山観測研究センターの大島弘光准教授、同センターの青山 裕助教、北海道教育大学釧路校の境 智洋准教授、JICA 札幌の石井 潔市民参加協力課長、北海道札幌稲西高等学校の宮古 昌教諭、北海道立教育研究所附属理科教育センターの横山 光研究研修主事、三松正夫記念館の三松三朗館長をはじめとして多数の関係者にご協力いただいた。ここに感謝いたします。

引用文献

- 福岡敏行 (2002): コンセプトマップはどんなときに使えるのか?。福岡敏行 (編)「マップでわかる1子どもの学びと教師のサポートーコンセプトマップ活用ガイドー」, 東洋館出版社, 東京, 26-27.
- 北海道立教育研究所附属理科教育センター (2011): 北海道における理科教育の充実を図るための調査研究一第4回本道の理科教育に関する実態調査一, 78p.
- 岩井徳二 (2002): コンセプトマッピングを使って学習問題を明確にする。福岡敏行 (編)「マップでわかる1子どもの学びと教師のサポートーコンセプトマップ活用ガイドー」, 東洋館出版社, 東京, 34-36.

岡本 研・宮嶋衛次：地域や研究機関と連携した火山防災教育の実践 地学教育 65 巻 3 号；125-137, 2012
 [キーワード] 有珠山, 火山災害, コンセプトマップ, JICA

[要旨] スーパーサイエンスハイスクール研究指定校である北海道室蘭栄高等学校では、地域や研究機関と連携して地域の火山である有珠山に関する学習に取り組んだ。講演会、巡検、課題研究等の一連の学習プログラムを実施した結果、生徒の火山に対する科学的な理解を深め、自然災害や防災への意識を向上させることができた。

Kiwamu OKAMOTO and Eiji MIYAJIMA: Practice of Volcanic Disaster Education in Collaboration with Research Institute and Community. *Journal of Education of Earth Science*, 65(3), 125-137, 2012

編集委員会より

今号も発行が遅れましたことをお詫びいたします。本年は昨年を大幅に上回るペースで投稿いただいておりますが、原稿の不備や不十分な内容等で、掲載に時間がかかったり、掲載に至らなかったりするのが多い現状です。投稿前には信頼できる第3者に内容を確認していただくことを強くお勧めします。

また、7月より地学教育への投稿先が以下に変更となります。

〒263-8522 千葉県弥生町 1-33

千葉大学教育学部理科教育教室

濱田 浩美 宛

電話 043-290-3682

E-mail: hamada@faculty.chiba-u.jp

地 学 教 育 第65巻 第3号

平成 24 年 5 月 20 日印刷

平成 24 年 5 月 25 日発行

編 集 兼 日 本 地 学 教 育 学 会
発 行 者 代 表 牧 野 泰 彦

〒 263-8522

千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33

千葉大学教育学部理科教育教室内

電話 & FAX 043-290-3682 (濱田)

振替口座 00100-2-74684

印 刷 所 株式会社 国際文献印刷社

169-0075 東京都新宿区高田馬場 3-8-8

電話 03-3362-9741~4

EDUCATION OF EARTH SCIENCE

VOL. 65, NO. 3

MAY, 2012

CONTENTS

Original Article

Enhancing Teaching Material of Volcanic Eruptions and Natural Disasters:

Results of a Research Questionnaire Administered to Teachers on the 2011

Eruption of Shinmoe-dake Volcano, Kirishima Volcanic Complex, Kyushu, Japan

..... Norihito KAWAMURA...97~106

Practical Articles

An Earth-Science Class in Junior High School Linking to the D/V JOIDES Resolution:

A Case Study and Its Implications

..... Naohisa NISHIDA and Katsuhiro KURITA...107~115

Development of Educational Materials to Simulate Atmospheric Light Pollution

Using a Colloidal Solution

..... Hideyuki NAKANO and Izuho TANAKA...117~124

Survey Report

Practice of Volcanic Disaster Education in Collaboration

with Research Institute and Community

..... Kiwamu OKAMOTO and Eiji MIYAJIMA...125~137

Book Review (139)

Proceeding of the Society (141)

Information (143)

All communications relating this Journal should be addressed to the
JAPAN SOCIETY OF EARTH SCIENCE EDUCATION

c/o Faculty of Education, Chiba University, Chiba-shi 263-8522, Japan