

研究論文

サイエンス・コミュニケーターとしての力量向上が 中学校理科教師としての力量向上に与える効果についての事例研究

中山 迅
宮崎大学大学院教育学研究科

山口悦司
神戸大学大学院人間発達環境学研究科

里岡亜紀
高原町立高原中学校

Case Study of Some Effects for Developing Competency as a Lower Secondary School Science Teacher by Developing Competency as a Science Communicator

Hayashi NAKAYAMA*¹, Etsuji YAMAGUCHI*², Aki SATOOKA*³

*¹Graduate School of Education, University of Miyazaki

*²Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University

*³Takaharu Junior High School

Recently, the importance of science communication has been increasing. Science teachers are also becoming active science communicators outside school. Now, science communicators have many opportunities to receive training at science museums and science centers. However the main role of a science teacher is to teach students in school. This gives rise to the question: can a science teacher trained as a science communicator become an excellent science teacher in school? If we can clarify this question, we will be able to know the potential significance of science communication training.

In the present case study, we developed and implemented science communication training, and tried to determine whether and how developing a science teacher's competency as a science communicator is effective in developing competency as a science teacher. We used a Pedagogical Content Knowledge perspective in order to clarify what aspects of competency were developed. Specifically, qualitative analysis of the effects of science communication activity training with tephra as the educational content on improvement of PCK for science teaching in lower secondary school was performed by using concept mapping and an interview survey. The findings suggest the potential significance of the science communication training.

Key words: science teacher, pedagogical content knowledge, science communicator, in-service training for science teachers, tephra

1. 背景と問題の所在

1. 背景

現在の日本は、市民と科学研究者が科学を共有するためのサイエンス・コミュニケーションと、児童・生徒に科学を習得させるための理科教育の接点が拡大しつつある時代である。

我々は、この背景には、以下のような事柄が契機となった多様な取り組みが関係していると考えている。

- a. 国際比較調査の結果に表れた理科離れ(国立教育政策研究所, 2008)
- b. 第3期科学技術基本計画に盛り込まれた科学に関する教育の方向性(第3期科学技術基本計画, 2006)
 - (1) 社会・国民に支持される科学技術
 - (2) サイエンス・コミュニケーターの養成
 - (3) 次代の科学技術を担う人材の裾野の拡大
- c. 平成20年度告示の小学校及び中学校学習指導要

領（文部科学省，2008a, b）における博物館等と連携する指導の明記

TIMSS や PISA などの調査結果で周知された日本の生徒の科学に対する低い意識の改善への圧力が背景となったと考えられる第3期科学技術基本計画の示した方向性は、科学館や博物館との連携という形で学習指導要領の「指導計画の作成と内容の取扱い」に明記されるようになった。具体的には、以下のような記述である。

- ・博物館や科学学習センターなどと連携，協力を図りながら，それらを積極的に活用するよう配慮すること。（小学校理科）
- ・博物館や科学学習センターなどと積極的に連携，協力を図るよう配慮すること。（中学校理科）

これによって，科学館や博物館から学校に働きかけるサイエンス・コミュニケーション活動と，学校の理科授業として行われる学習の間に制度的な結びつきができた。

日本科学教育学会では，2003年の第27回年会以降にたびたび「サイエンスコミュニケーション」が学会企画として取り上げられ，2007年刊行の「科学教育研究」第33巻4号では「サイエンスコミュニケーション」の特集が生まれ（小川，2007），科学教育の重要テーマとして認知されるに至っている。

2. 問題の所在

上記のような流れの中で，学校における科学館・博物館利用と，サイエンス・コミュニケーターの育成は，従来は別々に行われてきた現実がある。そこで，まず，これらの事項に関する実践と研究の現状について述べる。

a. 学校と博物館の連携

中学校と自然史系博物館が連携する理科授業に関しては，中山ら（2003）と里岡ら（2004）が先駆的な実践研究を行っているが，実践研究として報告されている事例は少ない。

学校による博物館の利用実態については，平山（2007）が，福岡県下の博物館関連施設と小中学校を対象とした調査結果を報告している。学校による博物館等の利用は，ある程度の実施の実績があると同時に，訪問先での学習を施設のスタッフに任せてしまう傾向が問題として指摘されている。

このような現状を受けて，近年では，公立の科学

系・自然史系の博物館に所属する小・中・高等学校教員からの出向職員（ミュージアム・ティーチャーと呼ばれる）が中心となってワークショップを開催する動きが始まっており¹⁾，学校側と博物館側双方が連携の具体的な実施の手だてを探っている現状がある。

b. サイエンス・コミュニケーター養成と教員養成の接点

近年では，北海道大学，東京大学，早稲田大学，お茶の水女子大学をはじめとする大学や，日本科学未来館や国立科学博物館などがサイエンス・コミュニケーターの養成に乗り出している。このような研究の流れは，サイエンス・コミュニケーターの養成や学校と博物館の連携が推進されて，学校の理科教師もサイエンス・コミュニケーターとして活躍することへの期待が高まり，その機会が増加しつつあることを暗示している。

その中で，国立科学博物館の取り組みは，博物館と大学等が連携してサイエンス・コミュニケーターの養成に取り組んでいることに特色がある（小川ら，2007）。しかしながら，大学や博物館等で養成されるサイエンス・コミュニケーターの活躍の場がどこなのかは限定されていないため，養成後のキャリアパスの問題が残っている。

これに対して，教員養成や現職教員教育とサイエンス・コミュニケーター育成を関連的に行おうとする取り組みが始まっている（千葉・仲矢，2007；仲矢・千葉，2007）。千葉と仲矢の取り組みは，お茶の水女子大学における「科学コミュニケーション能力を持つ教員の養成」プロジェクトを通してのものである。千葉・仲矢（2007）は，理科教師を「児童生徒の教育にのみ携わり，またそれが職務」と位置づけ，サイエンス・コミュニケーターを「理科教育問題の解決や，地域住民の科学に対する要求に応え，科学リテラシーの向上に働くためには，地域に根ざす科学指導者が必要となっている。そのような能力を持った人材は「サイエンスコミュニケーター」と呼ばれる。」と位置づけている。その上で，サイエンス・コミュニケーターとしての機能をもつ理科教師に必要な力量として，「研究推進・教材開発スキル」「科学探究能力育成スキル」「プレゼンテーションスキル」などの9項目を掲げている。彼らの立場は，理科教師の役割にサイエンス・コミュニケーターの役割を付与

することが社会的に有効であると考えられるものと理解できる。

一方、博物館での研修を通して中学校の理科教師にサイエンス・コミュニケーターの力量を育成する事例研究を実施した中山ら（2006）の立場は、これとは若干異なっている。すなわち、理科教師がサイエンス・コミュニケーターの力量を獲得した上でその役割を演じるとしても、理科教師としての力量や役割と、サイエンス・コミュニケーターとしての力量や役割を切り離して位置づけるべきだという立場である。本論文も、これと同様の立場を採用するものであり、以下にこの立場について述べる。

本研究の事例で対象としている中学理科教師について考えると、理科教師としての本務は、教育課程に基づく理科授業を行い、生徒に科学を教えることにある。近年は、学校の教師の業務内容の多角化と増加の傾向が著しく、「重要であるから」といった理由で教師の役割を大きくすると、それが本務に影響して、結果的に教師に期待される大きな役割を果たすことが困難になると懸念される。理科教師がサイエンス・コミュニケーターの役割を担うことを期待する場合も、本務への支障が出る可能性があれば、学校長、教育委員会、社会からの合意を得ることが困難になってしまう。この点は、千葉や仲矢の研究（千葉・仲矢，2007；仲矢・千葉，2007）では問題にされていなかった部分である。しかし、この点を避けて通ると、学校の理科教育とサイエンス・コミュニケーションを結ぼうとする意図に反した結果を招く恐れがある。

そこで、我々は、理科教師がサイエンス・コミュニケーターとしても活躍できるようにすることが、理科教師としての力量向上につながることを示すことが重要であると考えた。そうすれば、理科の教師教育と、サイエンス・コミュニケーター養成との間に、いわゆる“win-win”の関係を成立させることができる。我々の一連の研究が意図するのは、まさにこの関係である。

すなわち学校教育に寄与するという教師の本来の使命に立ち戻ると、サイエンス・コミュニケーターとしての活躍を通して養われた力量が、学校の理科授業に活かされる見通しがあるのかどうかという問題に取り組むべきである。小川ら（2007）が指摘するように、サイエンス・コミュニケーターに養成される能

力としてコミュニケーション能力、コミュニケーション環境を整える能力、科学技術に関する専門性などがあるとすれば、これらは理科教員の備えるべき能力と重なりやすいことは十分に推測できる。

ところが、サイエンス・コミュニケーターとして育成された力量が、実際に理科教師の力量向上にとって効果があるのかどうか、また、どのように効果的であるのかについて、これまでに具体的な検討はなされていない。

そこで、本研究では、博物館での研修を通して中学校の理科教師にサイエンス・コミュニケーターの力量を育成する事例（中山ら，2006）を取り上げて、サイエンス・コミュニケーターとしての力量向上が、中学校理科教師としての力量向上に与える効果について検討する。具体的には次のような問いを立てた。

- (1) サイエンス・コミュニケーターとしての力量を育成するための研修プログラムに参加した教師は、サイエンス・コミュニケーターとしての力量だけではなく、理科教師としての力量も育成されたのか。
- (2) 理科教師としての力量が育成されたとすれば、力量のどのような側面が育成されたのか。

本研究では、理科教師に対するサイエンス・コミュニケーター研修が理科教師の力量向上につながることを示すことを目標として、事例研究の手法で迫る。

II. 理科教師とサイエンス・コミュニケーター

本研究では、中山ら（2006）と同様に、Gess-Newsome & Lederman（1999）の定義する教授学的内容知識（PCK）に基づいて作成した図1のような枠組みに基づいて、理科教師とサイエンス・コミュニケーターの力量をとらえる。科学を伝える役割を担うためには、伝えるべき内容について豊富な知識をもっていることが求められる。しかも、それはバラバラな知識の寄せ集めではなく、科学的な理論に沿った一貫性と構造をともなったものでなければならない。これが、中山ら（2006）が定義した「教育内容に関する知識：豊富で再体制化された知識」であり、理科教師とサイエンス・コミュニケーターで共通している。

ところが、教授法に関する知識と学習者に関する知識には、両者の間に違いがある。Gilbertら（1985）による「科学的知識の変換過程」（図2）の用語を用

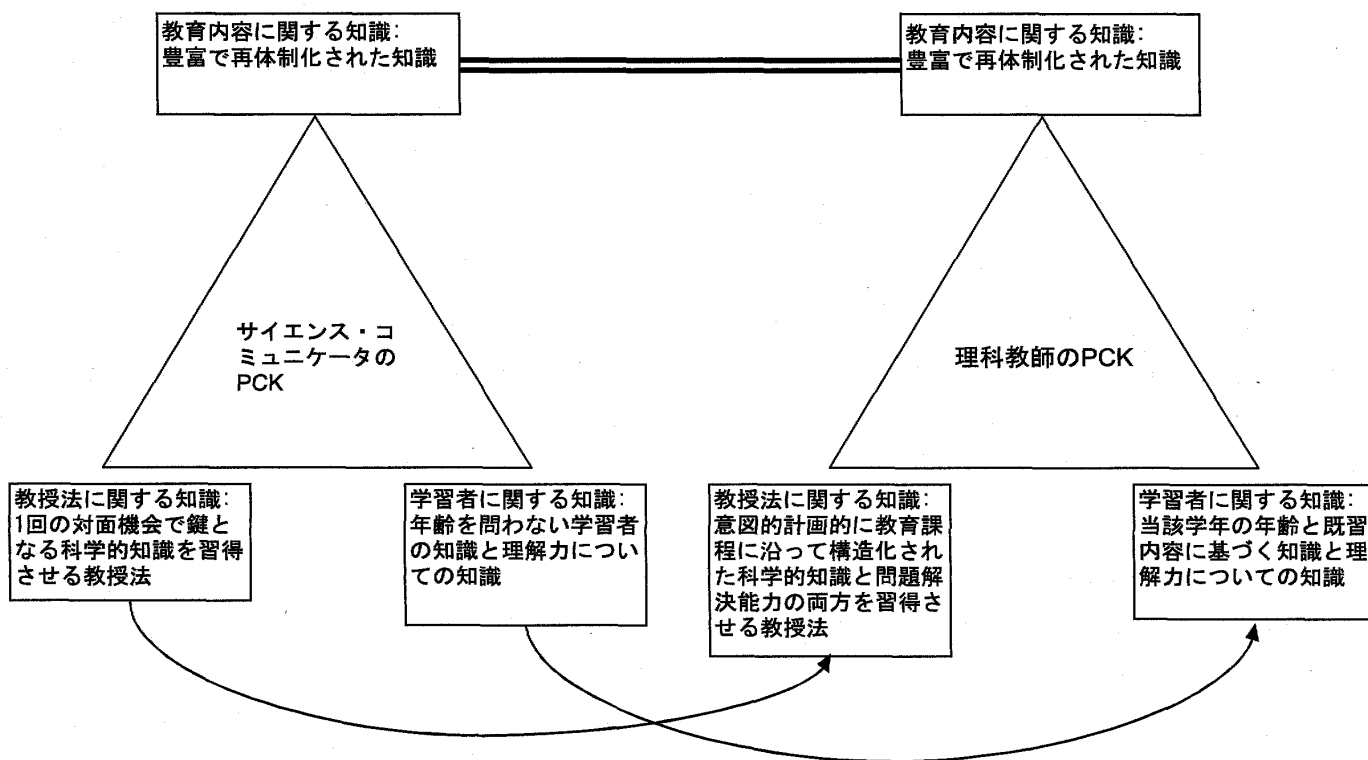


図1 理科教師とサイエンス・コミュニケーターに関する分析枠組み

いて考えると、教師は「科学者の科学」(S_{sc})に基づく「カリキュラムの科学」(S_{cr})を「教師の科学」(S_t)に変換し、それを踏まえて「子どもの科学」(S_{ch})を「生徒の科学」(S_{st})に変化させる役割を担っている。つまり、学校の教師には定められた教育課程に沿って構造化された科学的知識を、児童・生徒に段階的に習得させる役割が期待されている。日本の教育制度で考えると、文部科学省が示す学習指導要領に基づく意図的計画的教育がこれに該当する。

さらに、小学校及び中学校の学習指導要領(文部科学省, 2008a, b)は、「問題解決の能力」(小学校)や「科学的に探究する能力」(中学校)といった言葉を用いて、児童・生徒の科学的な問題解決能力の育成を求めている。教師はこれを計画的に児童・生徒に育成する役割を担っていることがわかる。このことから、理科教師の「教授法に関する知識」は、「意図的計画的に教育課程に沿って構造化された科学的知識と問題解決能力の両方を習得させる教授法」(図1)であると考えた。

理科教師の「学習者に関する知識」も同様に、教育課程にそったものであることが求められる。すなわち、Gilbertらによる図2の「子どもの科学」(S_{ch})を、各学年で教える内容に即して把握しておく力量

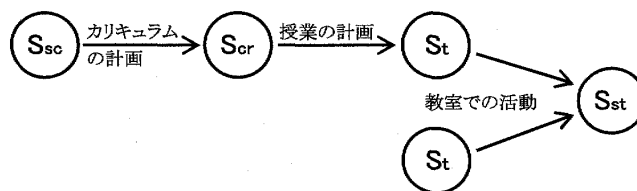


図2 科学的知識の変換過程 (Gilbertら, 1985)

が必要である。そこで、これを「当該学年の年齢と既習内容に基づく知識と理解力についての知識」(図1)とした。

一方、サイエンス・コミュニケーターは、伝えるべき知識の範囲、程度、順序についての定めがない。そのため、サイエンス・コミュニケーターは、学校の教師のように科学概念を積み上げ式に教授することは困難で、基本的に1回の機会ですべての事柄の本質を伝える必要がある。そこで、サイエンス・コミュニケーターの「教授法に関する知識」を「1回の対面機会ですべての科学的知識を習得させる教授法」(図1)とした。また、対象となる市民は、年齢等あらゆる属性の制限が少ないため、どのような相手であっても、おおよその知識と理解力を推定して接することができなければならない。そこで、「学習者に関する知識」を「年齢を問わない学習者の知識と理

解力についての知識」とした(図1)。

理科教師とサイエンス・コミュニケーターの力量は、このように教育課程の有無や、教育対象の年齢幅の違いによって異なったものである。しかし、サイエンス・コミュニケーターのように幅広い教育対象の知識と理解力を前提として教えたい事柄の本質を伝える力が身につけば、それは、限られた年齢幅の学習者への長期的で計画的な教育を行う力量にも良い影響があることが期待できる。本研究では、このような期待への見通しをもって、サイエンス・コミュニケーターとしての力量向上が、中学校理科教師としての力量向上に与える効果について検討する。

III. 研修プログラムの概要

2005年度に、中学理科教師を対象として実施した研修プログラムは、表1の4つの活動から構成されている。これは、中山ら(2006)に記述されているサイエンス・コミュニケーター養成を目的とした研修プログラムと同一のものである。表1の「家庭教育学級」とは、学校が保護者などを対象として実施する生涯学習の制度であり、法的には社会教育法に根拠がある。今回は、中学理科教師が所属する学校の家庭教育学級の年間計画に地域の火山灰について1回の講座が計画され、その講師を務めるのに必要な力量を理科教師に育成するための研修が、博物館スタッフによって実施された(表1参照)(中山ら, 2006)。

研修のうち屋内実習は、中学校理科教師、博物館スタッフ、大学スタッフといった関係者全員が宮崎県総合博物館に集まって行われた(図3)。前半は、教師による家庭教育学級の構想の説明、博物館スタッフによる中学校近隣の自然環境の説明、全員での協議による家庭教育学級の内容と方向性の確定などで

あった。後半は実験室で実施され、博物館スタッフによる、火山灰、火山灰に含まれる鉱物、そして火山ガラスの観察法についての説明や、椀がけ法による鉱物の取り出し、顕微鏡観察の実習であった。

フィールド実習は、中学校教師、博物館スタッフ、大学スタッフが参加して、学校のある宮崎県高原町及び隣の高岡町(当時)に点在する火山灰層の露頭を訪ねながら現地で6時間かけて行われた(図4)。宮崎県総合博物館の学芸スタッフは、自ら県内各地の地形や地質に関する調査を行っているため、「新編火山灰アトラス」(町田ら, 2003)などの書物のみからでは得られないような具体的な知識や、まだ論文に発表されていないような研究上の見解を有している。ここでは、巡検を行った複数の火山灰層のつながりや上下関係、そしてスコリアと豆石の違いなど、地域の火山灰層について、地元の博物館スタッフだからこそ伝えることのできる具体的な知識が、現地での観察指導を行いながら理科教師に伝授された。

指導案検討は、中学校教師、博物館スタッフ、大

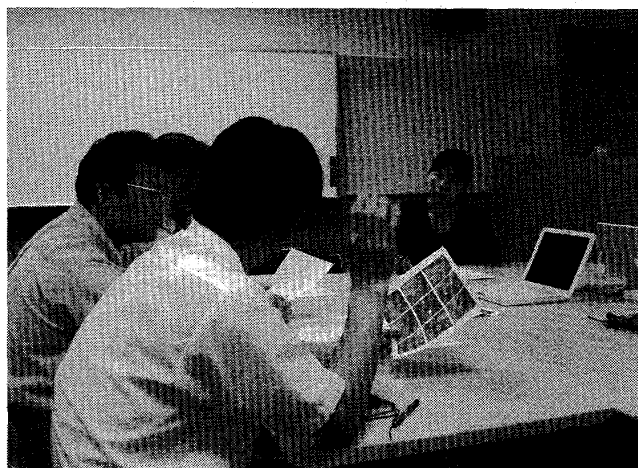


図3 博物館での実習風景

表1 研修プログラム

研修の種類	場所	実施日	所要時間	関係者
屋内実習	宮崎県総合博物館の会議室及び実験室	2005年8月25日	3時間	博物館スタッフ3名, 大学スタッフ2名
フィールド実習	宮崎県・高岡町及び高原町のテフラ層の露頭	2005年9月20日	6時間	博物館スタッフ2名, 大学スタッフ1名
指導案検討	宮崎大学教育文化学部の理科教育演習室	2005年10月2日	1時間	博物館スタッフ1名, 大学スタッフ2名
家庭教育学級	高原町立高原中学校・理科実験室	2005年10月6日	1.5時間	大学スタッフ2名, 家庭教育学級受講者10名



図4 火山灰の露頭の前での実習風景



図5 家庭教育学級

学スタッフが宮崎大学に集合して実施された。ここでは、理科教師が作成した家庭教育学級実施のための指導案の原案をスクリーンに投影し、全員で協議・修正して完成させた。その際に、博物館スタッフからの助言に基づいて、保護者に親しみやすいテーマと活動内容が設定された。

家庭教育学級は、保護者に地元の火山灰に関する科学を伝える内容で、中学校の理科教師が講師となって夜間の時間帯に実施された(図5)。まず、「土の中の宝石を探そう」と題して、火山灰についての説明が行われ、次に、火山灰からなる地元の土を椀がけ法で洗浄して準備したものを顕微鏡で観察し、爪楊枝の先を用いて高温石英や輝石などの美しい鉱物の結晶を取り出す活動が行われた。

表2 選択教科・理科の授業概要と研修プログラム

時期	生徒の活動	サイエンス・コミュニケーター研修プログラム
4月～7月	選択授業の開講・オリエンテーション (1) 個人で取り組む問題を作成し、火山灰層や火山灰の観察方法についての知識を身につける ①各生徒のテーマ設定 ②椀がけ法の習得や鉱物の特定	なし
夏季休業	なし	屋内実習
9月～12月	(2) 各生徒の問題を解決するための研究 ①予想 ②観察・実験	フィールド実習 指導案検討 家庭教育学級
冬季休業	なし	なし
1月～3月	(3) 各生徒が自身の研究をレポートにまとめ、さらなる提起をする ①レポートの作成 ②Webサイトを用いた情報発信と意見交換	なし

IV. 選択教科・理科の概要

理科教師がサイエンス・コミュニケーターとしての養成プログラムを受けた期間に、学校ではこれと平行して、同じ理科教師が霧島地方の火山灰について問題解決的な学習を進める選択教科・理科の授業を実施していた。

この授業の対象となった生徒は、中学2年生の男子7名、女子12名、計19名であった。彼/彼女らは、中学2年生の4月に、国語・社会・数学・理科・英語の中から理科を選んだ生徒である。選択教科の時間数は、2学期制の1学期には2週間に1時間程度、2学期には1週間に2時間程度で、年間約40時間であった。授業概要と研修プログラムの関係を表2に示す。

授業が本格的に開始された5～7月は、生徒に高原町で自慢できることを書くように求め、話し合い



図6 学校の校舎の裏の火山灰層

を実施した。多くの生徒が「山」や「火山」を挙げたため、学校の近くの火山灰層を観察することにした(図6)。見えている部分の地層がすべて火山灰でできていることや層の一つひとつに名前がついていることを説明し、個人で取り組む問題を設定するように要求した。問題を作成する際には、生徒の素朴な疑問を多く引き出し、それらを一覧表にして提示した後、1年間にわたる研究に耐え、かつ解決可能な問題になるように留意させた。

これらの問題を解決するために必要な、火山灰層や火山灰についての知識や観察・実験の手法について習熟させるため、3種類の火山灰を観察する時間を設けた。高温石英が多く含まれる火山灰(始良岩戸)、輝石が多く含まれる火山灰(小林軽石)、火山ガラスが多く含まれる火山灰(アカホヤ)の3種類の火山灰を用意し、1時間の授業で、1つの火山灰について詳しく学習できるようにした。1回の授業の中で、椀がけ法を用いて火山灰を洗浄、乾燥後に双眼実体顕微鏡で観察し、同じ手順での観察を3回の授業で繰り返すようにした。この時、双眼実体顕微鏡でのぞきながら対象となる鉱物を爪楊枝で拾い上げる訓練も実施した。

9～12月は、生徒が設定したテーマにそって、研究を進める段階であった。たとえば、「学校の火山灰と狭野の火山灰のちがい」というテーマを設定した生徒は、学校の校舎の近くにある火山灰層と、自宅のある「狭野」という地域にある火山灰層を比べるために、複数の火山灰層を対象として、手触り、粒の大きさ、含まれる鉱物を比較する調査を行った。ま

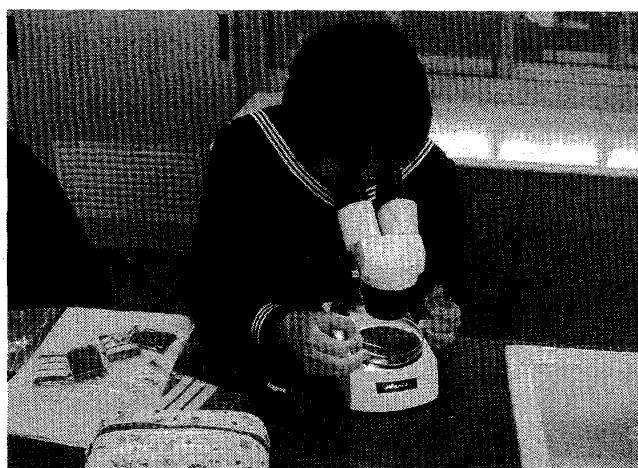


図7 双眼実体顕微鏡で火山ガラスを調べる生徒

た、「高原・狭野・広原・高岡のアカホヤの火山ガラスの割合について」という研究テーマを設定した生徒は、学校の近くや隣接する地域4カ所のアカホヤ・火山灰に含まれる火山ガラスの種類を詳細に調べた(図7)。

調査が一通り終了した後、火山灰層の上下の位置関係を意識させたり、他の地域の火山灰層との比較をさせたりするため、学校の校舎の裏の火山灰層の写真(図6)を拡大し、個々の生徒の観察結果を貼付けて比較でききるようにした。

1月～3月は、調査結果をレポートにまとめるとともに、疑問を解決する時期であった。生徒は、研究テーマ、予想、実験の手順、結果、考察を一つのレポートにまとめた。調査中に浮上した疑問を、専門家に電子メールや専用Webサイトを通して質問し、回答するように促した。

V. 評価方法

1. 対象

評価対象となった中学教師は、中山ら(2006)の対象と同一人物である。前述のように、教師は家庭教育学級におけるサイエンス・コミュニケーターとしての力量向上を目的とする研修を受けた時期に、自身の勤務校においては、選択教科理科で火山灰に関する内容を教えていた。教師は過去に家庭教育学級で講師をした経験はなかったが、選択理科を教える経験は有していた。教師の教職経験は9年で、当該の中学校での勤務は2年目であった。教職に就く前の学習履歴としては、教育学部で化学を専攻し、教

育学研究科で理科教育を専攻して、特に理科の学習について学んだ経歴を持つ。

2. 調査

調査の時期、分析枠組みおよび調査手法は、中山ら (2006) に準ずるものであった。調査時期は、選択理科に関する力量を評価するための調査を、実習開始前の2005年6月4日、屋内実習後の8月25日、フィールド実習・指導案検討後の10月2日、家庭教育学級後の10月21日の計4回にわたって実施した。フィールド実習と指導案検討についてまとめて調査を実施した理由は、フィールド実習と指導案検討の実施日が近接していたからであった。しかし、本研究では、研修プログラム実施前と実施中と実施後を含む計4回の調査を実施しているので、今回の研修プログラム全体を通した教師の力量の変化を検討することができると思われる。

分析枠組みとして、教授学的内容知識 (PCK) の観点で評価する分析枠組みを採用した。教授学的内容知識に着目した理由は、理科教師の成長には、単に教える経験年数を積み重ねるだけではなく、教授学的内容知識 (PCK) というような科学の教授・学習に関する認知発達が重要であると認められているからである (Gess-Newsome & Lederman, 1999)。具体的には、Gess-Newsome & Lederman (1999) の研究を参照しつつ、教育内容に関する知識 (伝えるべき科学についての知識)、教授法に関する知識 (知識の伝え方についての知識)、学習者に関する知識 (科学に接近しようとする生徒についての知識) という、3つの構成要素の視点から、教師の力量の変化を分析した。

調査手法は、概念地図法および面接法であった。各回の調査を、次の流れで実施した。まず、「高原 (たかはる) の自然」というテーマで、対象教師自身の所有している知識を表現した概念地図と、生徒が所有していると想定される知識を表現した概念地図を、対象教師に概念地図作製用ソフト (稲垣・舟生・山口, 2001) を用いてコンピュータ上に作成させた。その際に、概念地図のラベルは、教師が自由に設定した。概念地図作成後に、研究者2名が面接者となり、その概念地図について教師に説明を求めた。さらに、研究者2名が面接者となり、教授法に関する以下の8項目の質問に対して、選択教科・理

科を想定した回答を対象教師に求めた。

- (1) 高原の自然について、どのような事象を取り上げますか？
- (2) 高原の自然について、どのような実験・観察をしますか？
- (3) 実験・観察では、どのような器具や装置を使いますか？
- (4) 授業をどのような流れで進めますか？
- (5) どのような発問をしますか？
- (6) 高原の自然に対する学習者が持っている考えに対して、どのように対処しようと思えますか？
- (7) 高原の自然について、どのような方法で、いかに説明しますか？
- (8) 実験・観察以外に、何か学習活動を設定しますか？

概念地図の作成ならびに面接に要した時間は、1回の調査につき、約2時間であった。ここから得られた概念地図と、対象教師の発話記録の書き起こしを分析データとした。

VI. 結果

研修による教師の力量の変化を、教師が描いた概念地図と面接調査のプロトコルに基づいて「教育内容に関する知識」「教授法に関する知識」「学習者に関する知識」の3つの観点で分析し、最終的な結果を表3にまとめた。この結果について、以下に観点ごとに述べる。

1. 教育内容に関する知識

教育内容に関する知識は、中山ら (2006) と同一の変化である。つまり、火山灰に関する研修前の教師の知識は、「火山灰が降れば地層ができる」「火山灰の地層に特有の植物が生えるだろう」といった素朴で断片的な知識であった。しかし、博物館や野外を含むすべての研修後には、「層を観察する視点として粒の大きさや色があり、それを記述していくと柱状図ができる」「層に含まれる鉱物や火山ガラスを識別できる」といった基本的な方法論にかかわる知識を習得し、軽石とスコリアの区別もできるようになって、この地域の特有な「高原スコリア」「蒲平田スコリア」「皇子スコリア」の見分をしながら地域の火山灰層について観察したり説明したりできる力量

が身についた。中山ら（2006）は、この変化について、教育内容に関する教師の知識は、研修開始前には「高原の自然に関する拡散的な知識」だったものが、すべての研修を終えた後には「火山灰に関する豊富で再体制化された知識」に変化したと見なした（表3）。本研究では、教師の教育内容に関する知識は、中山ら（2006）のサイエンス・コミュニケーターの場合と同じであると見なし、その結果をそのまま用いることにする。

2. 教授法に関する知識

a. 研修開始前

「授業をどのような流れで進めますか」という質問に対して、教師は、表4のように回答している。教師は、このような趣旨の内容を「課題解決」という言葉で表現しているが、教師が「課題解決的」ということの内実は、生徒が「自分の問題」を設定し、それに従って実験などを進めるということである。このような授業の進め方に関して、教師は、問題は教師が決めるのではなく「子どもたちとの話の中で」決めると述べており、問題は生徒の「素朴な疑問」が出発点となっていると回答している。

「どのような発問をしますか」という質問に対して、教師は、表5のように回答している。生徒の問題設定を支援する方法について、生徒に地層を直接観察させるだけではなく、「これ似たようなものはない?」「おうちの近くにない?」と教師が発問すると述べている。この発問の意図について、教師は「比較」という活動を取り入れることで生徒が問題を設定しやすくなると語っている。

これらのことから、研修開始前の時点において、中

表4 研修開始前における教授法に関する面接プロトコル(1)

教師：一番最初は、課題を決めて。
面接者：先生が決めて?
教師：いえいえいえ。子どもたちとの話の中で何をするという課題を決めて。(中略)
教師：まず連れて行って、地層を見せて、あの素朴な疑問をまず、書かせました。その素朴な疑問から、一年間、調べるのに可能になって言っているのかな、有効なというか、それに耐え得る課題をつくっていきこうと。(中略)
面接者：だいたいそのような流れにしようと思った意図とか理由はありますか。
教師：選択授業というのは、課題解決的な内容をという目的もあったので、課題解決的なものをやりたいなというふうに思っていました。(中略)
教師：選択理科の中では、やっぱり、ちゃんと自分の課題に沿った実験を考えさせたりとか、そういう場面を作っていきたいというのはあります。

表5 研修開始前における教授法に関する面接プロトコル(2)

教師：(地層を) 見てるところで「これ似たようなものはない?」「おうちの近くにない?」と、子どもたちに聞きます。
面接者：家の近くの地層を聞いたってというのは?
教師：それは、やっぱり比較するものがないと、そこだけ調べても、あまり科学的にどうかと。比較するものがやっぱりあった方が子どもたちも課題がつくりやすいだろうということで(子どもたちに) 聞いてみました。

表3 理科教師の教授学的内容知識の変化

理科教師としての力量	研修開始前	屋内実習後	フィールド実習・指導案検討後	家庭教育学級後
教育内容に関する知識	高原の自然に関する拡散的な知識	火山灰に関する焦点化されているが乏しい知識	火山灰に関する豊富で再体制化された知識	火山灰に関する豊富で再体制化された知識
教授法に関する知識	火山灰に関する生徒の問題解決を促進するための知識	火山灰に関する生徒の問題解決を促進するための、より洗練された知識	火山灰に関する生徒の知識構成を伴った問題解決を促進するための知識	火山灰に関する生徒の知識構成を伴った問題解決を促進するための知識
学習者に関する知識	「生徒は火山灰に関する乏しい知識を構成している」という知識	「生徒は理科授業を通して学習した火山灰と鉱物に関する知識を構成できている」という知識	「生徒は理科授業を通して学習した火山灰と鉱物に関する知識を構成できている」という知識	「生徒は理科授業を通して学習した火山灰と鉱物に関する知識を構成できている」という知識

学校教師の教授法に関する知識は「火山灰に関する生徒の問題解決を促進するための知識」と呼べるものであったと判断した。「生徒の問題解決を促進」というのは、生徒自身が問題を設定してその問題を解決するという流れで授業を行うことを意味している。理科授業を生徒の問題解決の流れにそって行うべきであるという言説は、日本の学校では伝統的にそうあるべきだと考えられているものであり、この教師もそれにそった考えをもっている。

b. 屋内実習後

屋内実習後の面接調査において、教師は教授法として「いきなり鉱物を見て、洗って鉱物を見る」のではなく、「柱状図を作成させる」と述べている(表6)。これは、「研修開始前」から教授法に関する知識が変化したことを意味している。つまり、単に鉱物や露頭のスケッチをさせるという教授法に関する知識が、生徒に柱状図を描かせて、露頭全体や層の積み重なりを観察させるという教授法に変化している。しかし、生徒が設定した問題の解決を促進するという教師の基本的な姿勢は変化していない。

そこで、屋内実習後の教授法に関する教師の知識を「火山灰に関する生徒の問題解決を促進するための、より洗練された知識」とした(表3)。

c. フィールド実習・指導案検討後

フィールド実習および指導案検討を終えた後の面接での「どのような実験・観察をしますか」という質問に対して、教師は、屋内実習後と同様に、再び柱状図について語っている(表7)。しかも、複数地点の火山灰地層が同じものであるか異なるものであるかを適切に判断するためには、そこに含まれている鉱物の観察だけではなく、「火山灰をはさむ上下のその他の火山灰の並びがどうなってるのか」に着目した観察が必要であると指摘している。教師は、そのような科学的にいっそう高次の知識を生徒が構成できるようにするために、「柱状図を作りつつ鉱物を見る」という観察が必要だと述べているのである。

「学習者が持っている考えに対して、どのように対処しようと思いますか」という質問に対して、教師は、「アカホヤ」や「シラス」といった地層の固有名を挙げ、「小林軽石なら輝石が大事なキーワードになる」と、各層の特徴的な鉱物を授業で扱うことを示唆している(表8)。このような地層の固有名や各層の特徴的な鉱物は、複数地点の火山灰層が同じも

表6 屋内実習後における教授法に関する面接プロトコル

教師:	(以前は) とにかく自分たちがとっている地層と いうか露頭のスケッチをして、そこから火山灰 をとってきて、いきなり鉱物を見て、洗って鉱 物を見るっていうことをしていたんです。それ で、私としてはその中に入っている鉱物を比べ れば「同じ地層だ」「違う地層だ」っていうのが 言えるだろうと思ってたんですよ。(中略)
教師:	(今は) そうじゃないかもしれない。やっぱり 柱状図をかいて、ちゃんと全体を見ないと、そ の露頭全体を見ないと同じようなあの積み重なり 方なのかどうなのかとかが言えないんじゃない かな、ということがあるんで、いきなり鉱物 に入ってしまったのを修正して(中略)まずは やっぱり学校の駐車場のところの露頭と自分の 近くの露頭ときっちり柱状図をかかせるところ から始めないといけないのかな、というふう に思いました。

表7 フィールド実習・指導案検討後における教授法に関する面接プロトコル(1)

教師:	地層累重の法則……、ちゃんと下が古くて上が 新しいんだよってということとか。柱状図をいく つかの地点で作ることによって関係性がはっき りしてくる。というようなことは、火山灰の層 だけじゃなくて、いわゆる河川の働きなんかで できた地層にとっても重要なことなので。火山 灰だけでなく、地質全体を見るときに必要な視 点というか、必要な内容として、理解しとかな きゃいけない。(中略)
面接者:	例えば柱状図なしで鉱物を見るのと、柱状図を 作りつつ鉱物を見るのってどう変わってくるん ですか?
教師:	柱状図がないと、「たぶん別の場所の」ってなっ たときに、鉱物が同じだって言うだけではちょ っと弱いと思うんですね。さらに、「二つの似たよ うな火山灰の層がある。鉱物が一緒だ」だけじゃ ちょっと弱いだらうと。それよりもちゃんと上下 のその、火山灰をはさむ上下のその他の火山灰の 並びがどうなってるのかっていうことの方が、同 じだよっていうときの説得力が増すので、柱状図 はやっぱり必要かっていうように思います。

のであるか異なるものであるかを適切に判断するために必要な知識である。教師は、こうした知識構成を伴うような授業を行うことが、生徒の問題解決に

表8 フィールド実習・指導案検討後における教授法に関する面接プロトコル(2)

教師：とりあえず(地層が)火山灰でできてるっていうのはわかってると思うんです。色々鉱物を見たっていうのもなんとなくわかってると思うんです。(略)でも、「何が違うんだ」は、まだ、そこまでは至ってないと思うので、一つひとつの層をもうちょっと細かく見ていくということをしながらか比較ができたらなあと思います。

教師：いま何も教えてないんですよ。アカホヤがどうたらとか、シラスがどうたらとかいうことをまったく。

面接者：層の固有名も？

教師：層の固有名だとか、「小林軽石なら輝石が大事なキーワードになるんだよ」とか、そういうふうなことをまったく。

面接者：特徴を見せる鉱物(の名称)とか。

教師：はい、まったく子どもには教えてないので、そのへんを少しずつ教えていかなきゃいけないというふうには思っています。

とって必要だと語っている。

さらに注目すべき点は、こうした知識構成促進に関する手立てと同時に、生徒の興味を引く手立てについて教師が語ったことである。中山ら(2006)によれば、教師は、保護者向けのサイエンス・コミュニケーションに関する教授法について、「火山灰に関する専門用語を多用しない」、「土・畑・田などの保護者が普段から接している事象を取り上げる」といった手立てを用いることで、保護者の積極的な関与を促そうとしたとされている。今回の中学生を対象とした理科授業についても、教師は、保護者向けのサイエンス・コミュニケーションと同様な手立てを用いようとしていることを述べている。

例えば、専門用語を多用しないことについては、「いま何も教えてないんですよ。アカホヤがどうたらとか、シラスがどうたらとかいうことをまったく。」(特徴を見せる鉱物(の名称)を)「まったく子どもには教えてないので、そのへんを少しずつ教えていかなきゃいけないというふうには思っています。」(表8)と、層の固有名や鉱物の名称などの専門用語をできる限りに使用せず観察や学習を進めながら、適切なタイミングでそれらの用語を教えようとしていることを述べている。

また、学習者が普段から接している事象について

表9 フィールド実習・指導案検討後における教授法に関する面接プロトコル(3)

教師：自分たちがよく見ている高原中学校の横にある地層と、ちょっと5キロ位離れたところにある地層の写真を見せて、その比較をしながら説明をしていくことになると思います。その比較をすることで、火山灰の層の厚さが違うとか、並ぶ順番はいっしょだとか、そういうことが出てくると思うので、じゃあ順番が一緒ということから何が言えるのか、厚さが違うということから何がいえるのか、っていうことを子どもたちに考えさせていくような……、考えさせていながら説明することになると思います。

「どのような方法で、いかに説明しますか」という質問に対する回答(表9)で、生徒が普段から接している「高原中学校の横にある地層」を取り上げて、それと校区内の別の地層を比較させて問題を提起し、興味や関心を高めた上で生徒に考察させようとしている。

このように、フィールド実習および指導案検討を終えた後の面接では、教授法に関する知識は大きく変化している。それまでの知識は「問題解決の促進」を中心としたものであったが、フィールド実習および指導案検討後は、生徒に着実に科学的な知識を組み立てさせるための方略が意識されており、教授法に関する知識としては「火山灰に関する生徒の知識構成」という要素が追加されたと判断した(表3)。

d. 家庭教育学級後

家庭教育学級後の面接調査で、「どのような実験・観察をしますか」という質問に対して、教師は、家庭教育学級実施前と同様に、柱状図作成を行いつつ鉱物を観察させると述べている(表10)。地層の重なりについての巨視的な観察を中心にしつつ微視的な鉱物観察を行う教授法の意図について、「それだけじゃ、どの火山灰だっていうふうにはわからない。そうじゃなくて、柱状図のところであったように、重なり方がどうなっているかとか、そういうふうに総合的に判断していかなきゃいけないから、最初は見えるところをしっかりと記述させて、さらに中身まで」(表10)と述べて、火山灰地層が特定できるようになるための必要な知識構成を図りながら生徒の問題解決を促進する教授法について語っている。しかし、これは、基本的にはフィールド実習・指導案検

表10 家庭教育学級後における教授法に関する面接プロトコル

教師：まず目に見えるものをきちんと記述した後に、微視的なところで、じゃあ中の鉱物を見てみようというようにしていきたいなと思います。

面接者：なぜ微視的な……を先にやらないんですか？

教師：家庭教育学級でやったように、その中にいろいろ入ってるっていうのはやっぱり子どもも興味・関心をもつと思うんですけども、それだけじゃ言えないんだっていうのが。

面接者：何が言えないんですか？

教師：なんて言うんですかね、それだけじゃ、どの火山灰だっていうふうにはわからない。そうじゃなくて、柱状図のところであったように、重なり方がどうなっているかとか、そういうふうに総合的に判断していかないとダメなから、最初は見えるところをしっかりと記述させて、さらに中身までというふうに深めていければいいなと思ってるからです。

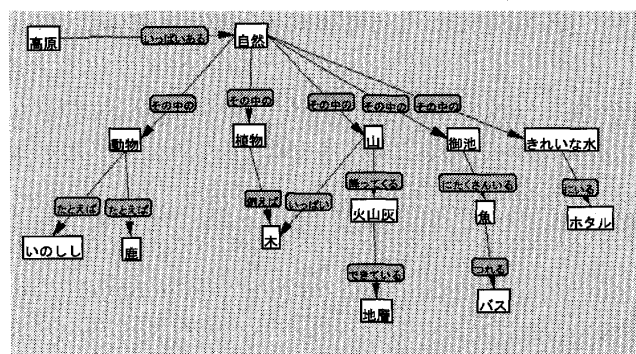


図8 研修開始前における学習者に関する概念地図

表11 研修開始前における学習者に関する面接プロトコル

面接者：(概念地図のラベルに) 火山灰はあるのか……。

教師：(火山灰が) 山から降ってきてそれで地層ができていてっていうのは分かっていると思うんですけども……。

面接者：(概念間のつながりは) バラバラだった？

教師：はい、まだですね。

面接者：バラバラ、かつそれほど知らない。

教師：知らないであるーと。

面接者：なるほどね。

討後における教授法から大きくは変化していない。

そこで、家庭教育学級後の教授法に関する知識を「火山灰に関する生徒の知識構成を伴った問題解決を促進するための知識」と判断した(表3)。

3. 学習者に関する知識

a. 研修開始前

研修開始前に教師が学習者について描いた概念地図(図8)には、「自然」「動物」「植物」「山」といったラベルが選ばれており、動植物の固有名詞が特定できるようなラベルは出現していない。教師は、生徒が校区内の自然の事物現象に関する漠然とした知識を持っていると考えていることが分かる。また、「火山灰」というラベルがあることから、生徒は火山灰に関する知識をもっていると考えていることも分かる。

面接での回答(表11)には、「(生徒は、)火山灰が山から降ってきて地層ができていて分かっていると思う」という発言がある。このことから、教師は、生徒が火山灰に関する知識をもっていると考えている。しかし、概念地図上の火山灰に関するラベルの数もラベル間のリンクも少なく、面接で火山灰の概念について「バラバラ、かつそれほど知らない」(表11)と述べていることから、生徒の概念は量的にも質的にも乏しいものであると考えていることが分かる。

る。

これらのことから、研修開始前の時点での「学習者に関する知識」は、「生徒は火山灰に関する乏しい知識を構成している」というものであると判断した。

b. 屋内実習後

屋内実習後の概念地図では、ラベルに「鉱物」および「火山ガラス」「石英」が追加されていた。面接では、「火山灰の中に鉱物が含まれているということは分かっている」、「自分が、区別できたのが、石英とか火山ガラスだったので、それについては子どもたちも分かっているだろう」と述べて(表12)、生徒が火山灰に含有鉱物などの含有物について理解していると考えていることがわかる。そして、「自分が区別できたのが、石英とか火山ガラスだったので、それについては子どもたちも分かっているだろうと、いう自信がついた。」(表12)という言葉には、観察した火山灰に含有される鉱物について教師が理解していることを、生徒にも理解させることができたと考えて、自分の指導に自信をもったことが示されている。

そこで、屋内実習後の教師の「学習者に関する知

表12 屋内実習後における学習者に関する面接プロトコル

教師：一学期の授業を受けて、火山灰の中に鉱物が含まれているということは分かっていると思います。

教師：ただ、今日、自分が区別できたのが石英とか火山ガラスだったので、それについては子どもたちも分かっているだろうと、いう自信がついた。

面接者：なるほど。

識」は、「生徒は理科授業を通して学習した火山灰と鉱物に関する知識を構成できている」とであると判断した。

c. フィールド実習・指導案検討後

フィールド実習と指導案検討後に教師が作成した学習者に関する概念地図には、「長石」と「輝石」が追加されていた。これらの鉱物に関する生徒の知識について、面接では、「生徒の中にもこういう鉱物が……つまり、火山ガラスと石英以外にもあるんだなあとというふうに認識できつつあると思った」（表13）と述べている。夏休みの自由研究レポートの記述から、火山灰の含有鉱物の種類についての生徒の知識に若干の広がりが出ていることを教師が見いだしている。しかし、二つの鉱物名の追加だけであったことから、フィールド実習・指導案検討後の学習者に関する知識は、屋内実習後と基本的な変化はなかったものと見なして「生徒は理科授業を通して学習した火山灰と鉱物に関する知識を構成できている」という知識であると判断した。

d. 家庭教育学級後

家庭教育学級実施後に教師が作成した学習者に関する概念地図には、「工事現場」というラベルが追加されていた。この意味について、教師は「希望的」と言いつつも「工事をしているところの地層と自分が学んでいるところを、もしかすると結びつけてくれているといいな—と思った」（表14）と述べている。そのような考えの根拠として「工事は、(中略)科学研究にとって大事なことなんです、というのを力説したお母さんがいらっしまった」（表14）と述べて、家庭教育学級での保護者との対話が、学習者に関する知識に影響を与えたことを表明している。

このように、家庭教育学級の実施が、教師の学習者に関する知識に影響を与えたことは確認できたが、

表13 フィールド実習・指導案検討後における学習者に関する面接プロトコル

教師：はい、今回は長石と輝石を（概念地図のラベルに）入れてます。これについては、夏休みの自由研究が提出されまして、それを読んだ中に選択理科の授業で使ってたプリントをもとに、自分の家の近くの地層に含まれる鉱物を分類していた生徒がいたため、生徒の中にもこういう鉱物が……つまり、火山ガラスと石英以外にもあるんだなあとというふうに認識できつつあると思ったからです。

表14 家庭教育学級後における学習者に関する面接プロトコル

教師：生徒のコンセプトマップは、ラベルを一枚付け加えています。（「工事現場」というラベルを示す）

教師：工事現場から見えている地層ということで付け加えました。これはですね、授業したときのお母さんが、えらく工事は、何ていうんですかね、科学研究にとって大事なことなんです、というのを力説したお母さんがいらっしまったので、そのことからもしかすると子どもたちもそういう考えがあるかなと思いました。

教師：目にする現場がいくつか町内にあるので、工事をされている現場が。

教師：だからもしかすると、子どももそういう観点でいうか、工事をしているところの地層と自分が学んでいるところを、もしかすると結びつけてくれているといいな—と思った。そういう希望的な、部分もあって付け加えました。

学習者の知識に関する概念地図に追加したラベルが「工事現場」のみであったことから、その変化は大きなものではないと判断した。そこで、教師の学習者に関する知識は、屋内実習後と同じ「生徒は理科授業を通して学習した火山灰と鉱物に関する知識を構成できている」とであると判断した（表3）。

VII. 考察

以上の結果に基づいて、屋内実習後、フィールド実習・指導案検討後、家庭教育学級後、研修全体を通しての理科教師の力量向上について考察する。

1. 屋内実習後

屋内実習後の教師に注目すると、「教育内容に関す

る知識」として得た火山灰に関する科学的知識が、教授法に関する知識に影響を与えている。表6で、「その中に入っている鉱物を比べれば「同じ地層だ」「違う地層だ」というのが言えるだろうと思ってたんですよ」「やっぱり柱状図をかいて、ちゃんと全体を見ないと、その露頭全体を見ないと」「いきなり鉱物に入ってしまったのを修正して（中略）まずはやっぱり学校の駐車場のところの露頭と自分の近くの露頭ときっちり柱状図をかかせるところから始めないといけない」といった発言がそれを示している。柱状図という地層の記述方法を学んだ教師は、それを教授法に導入し、「ちゃんと全体を見ないと、その露頭全体を見ないと同じようなあの積み重なり方なのかどうなのかとかが言えないんじゃないか」と述べて、地層全体の重なりを比較させる学習指導を採り入れるようになっている。

さらに、教授内容に関する知識の変化は学習者に関する知識にも影響を与えている。「今日、自分が区別できたのが石英とか火山ガラスだったので、それについては子どもたちも分かっているだろうと、いう自信がついた」（表12）と述べている。これは、教師自身が火山灰に含まれる石英と火山ガラスを見分けることができるようになったことで、生徒が、それらを観察できているかどうかを指導者として確認できるようになったことを示している。

教師は、博物館での屋内実習によってある程度の科学的な知識に基づいた洗練された教授法を獲得していた。しかし、生徒に実施させたい問題解決の流れは具体的ではなく、教えた事柄も漠然としたものであった。ところが、フィールド実習・指導案検討後には、生徒にたどらせたい問題解決の流れと獲得させたい科学的知識が結びついて具体化して絞り込まれたものになってきている。ここで、「知識」としての科学的知識と、「方法」としての問題解決が結びついた教授法に変化したことが重要である。

博物館での研修で生じた火山灰に関する科学的知識の変化が、中学校理科教師として必要な教授法に関する知識と学習者に関する知識の変化にとって好ましい影響を与えていると言える。

2. フィールド実習・指導案検討後

結果の説明で述べたように、フィールド実習・指導案検討後の教師は、特に教授法に関する知識が大

きく変化している。ここで教師は「柱状図を作りつつ鉱物を見る」と述べて、観察によって生徒が火山灰の中の鉱物が何であるかを特定することと、柱状図の作成を結びつけて行わせる教授法を採用するようになっている。

しかも、教師は、「いま何も教えてないんですよ。アカホヤがどうたらとか、シラスがどうたらとかいうことをまったく」「層の固有名だとか、小林軽石なら輝石が大事なキーワードになるんだよとか、そういうふうなことをまったく」「そのへんを少しづつ教えていかなきゃいけないなというふうには思っています」（表8）と述べている。これは、観察される火山灰層として最も基本的な「アカホヤ」・「シラス」の名称や、この地域に固有の「小林軽石」を他の堆積物から識別するための鉱物が輝石であることなどの基礎的な知識を教えることを、教師が意図的に先延ばしていることを示している。すなわち、火山灰に関する知識を一度に教え込むのではなく、層や鉱物の名称などの科学的に重要な概念を、まず少しずつ教えて、その次にそれを用いて次の知識構成をさせようとする教授方略である。つまり、火山灰層の固有名や個々の火山灰層に特有の鉱物について、学習の各段階に必要な科学概念が何であるかを教師が判断・選択して、小出しにしつつ生徒の概念構成を進めようとしている。このように、屋内実習後には、それまで単に「問題解決を促進する」と考えて、習得させる科学的知識の順序や構造についての配慮が不十分であった教授法に関する知識が、火山灰に関する科学的な知識に基づいた問題解決のステップを考慮する教授法に関する知識へと変化している。

これは、サイエンス・コミュニケーターの力量の変化に注目した中山ら（2006）の論文において、フィールド実習・指導案検討後の教師の教授法に関する知識が、「保護者が知らない事実を伝達するための知識」から「保護者の知識構成を促進するための知識」に変化したことと類似している。すなわち、サイエンス・コミュニケーターとしての教師が「保護者が知らない知識を伝えれば良い」と考えていたのが「保護者の知識構成を促進しよう」と考えてその方法に関する知識を獲得していた時期に、同時に中学理科教師でもあったこの教師は、「とにかく問題解決をさせる」という考えから脱却して、「火山灰の研究方法に基づいて手順を踏んだ観察と概念構成の積み上げを

させる」という教授法に関する知識に変化している。特に、教授内容としての火山灰に関する知識と、理科授業の基本的な方法であるとともに生徒に習得させるべき能力と見なされている「問題解決」とが結びついた教授法に関する知識に変化したことが重要である。

短時間の限られた対面機会しかないサイエンス・コミュニケーターであっても「教え込み」ではなく「知識構成の促進をする」という力量と、長期間をかけることのできる理科教師として、知識をステップ・バイ・ステップで積み上げつつ問題解決を行わせる力量との関連的な変化が見いだされる。

3. 家庭教育学級後

家庭教育学級後の教師の教授法に関する知識は、フィールド実習・指導案検討後のように大きく変化してはいないが、一部に重要な変化もある。表10で、教師は「まず目に見えるものをきちんと記述した後、微視的なところで、じゃあ中の鉱物を見てみようというようにしていきたい」と述べて、着実なステップを踏みながら学習を進める方略を述べている。そして、「最初は見えるところをしっかりと記述させて、さらに中身までというふうに深めていけばいいなと思ってる」と、必要な指示を教師が出すことで生徒に最低限必要な学習をさせ、その知識を用いて生徒に学習を深めさせる手立てについて述べている。

家庭教育学級というサイエンス・コミュニケーションの現場を経験した教師の教授法は、教えるべきことと考えさせることのメリハリの付け方を、従来以上に意識した教授法に変化している。

4. 研修全体を通して

a. 研修プログラムに参加した教師は、理科教師としての力量も育成されたのか。

サイエンス・コミュニケーターとしての力量を育成するための研修プログラム全体を通して、これに参加した教師は、サイエンス・コミュニケーターとしての力量だけではなく、理科教師としての力量も高めたと言える。

特に、火山灰について、生徒に科学的な知識を順序よく構成させることと、学んだ知識を用いて段階的に進める問題解決的な学習が適切にリンクした教授法を教師が用いるための力量が向上したことから、

このように結論づけることができる。

b. 理科教師としての力量のどのような側面が育成されたのか。

教授法については、理科教師として、生徒に問題解決を経験させてその力を育成する教授法が、地元の火山灰に関する知識や研究手法と結びついて、いっそう具体的で洗練されたものになっている。つまり、問題解決を促進するための教授法に関する知識に加えて、知識構成を伴った問題解決を促進するための教授法に関する知識が強化されている。

学習者に関しては、「学校の理科授業で教えた知識を生徒が構成できている」という知識の側面が育成された。つまり、火山灰層の重なりを柱状図に表し、層に含まれる鉱物について指摘することができるようになり、ひいては地域で目にする工事現場(表14)に現れた露頭を科学的な観察眼によって「火山灰層」と見なすことができるようになる学習者を想定することができるようになっている。教師には、学習者の観察眼についてまで見抜く力が育っている。

教師は、家庭教育学級の講師というサイエンス・コミュニケーターを経験することによって、以前よりも保護者を「有能な学習者」と見なすようになり、「必要なことを教えて、それを用いてその後の発見をさせる」という教授法に磨きをかけ、中学生に対する授業においてもその教授法が採り入れられている。

5. 教師の変化の原因とそこから得られる示唆

今回の分析で見られた中学校理科教師としての力量の変化が好ましい形で生じた原因について推察してみると、3つのことが考えられる。

第1に、家庭教育学級と中学校の選択教科・理科の教育内容が重なっていたことが挙げられる。理科教師のサイエンス・コミュニケーターとしての成長を、本職である中学校教育の力量向上に生かそうとするなら、サイエンス・コミュニケーションの場を、学校での教育内容と重なる部分において設定するようにすることが有効であろう。

これは、図9を用いて説明できる。理科の教師は、通常は学校理科の内容にかかわる形で活動している。ところが、科学と市民を結ぶ役割を担う博物館の協力によるサイエンス・コミュニケーター研修を行うことによって教師の知識の範囲が拡張し、それを教師自身が学校理科に取り込む形で適用していると考

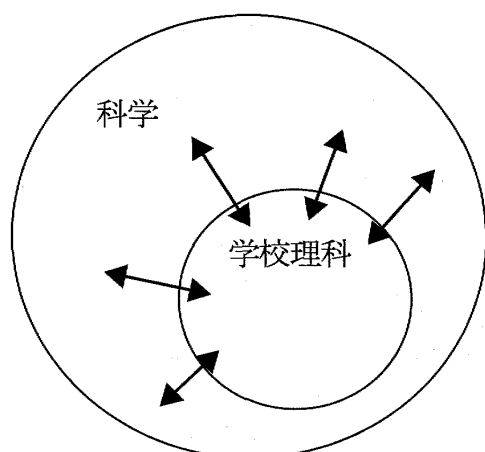


図9 科学と学校理科

えられる。

このように、もともと学校理科の内容に含まれていた教育内容を拡張する形でサイエンス・コミュニケーターの経験をした教師は、それに関連する科学の内容についての理解が進み、科学的知識の本質に沿った知識構成のやり方を、中学校の授業にも採り入れることができるようになったと考えることができる。

第2に、固定化されていない教育内容を教える経験ができたことである。中学校の理科授業は、学習指導要領によって教育内容が拘束されているが、家庭教育学級は取り扱う内容には制約がない。教科書に示された内容を定型的な流れに沿って教えるのではなく、話題を立ち上げていっしょに語って科学を共有する手立てを企画・立案・実施するサイエンス・コミュニケーションとしての力量は、計画的に知識構築を行う中学校理科授業の企画・立案・実施する中学校の理科授業に有効に採り入れられている。

第3に、予備知識が少ない保護者に短時間で本質を伝えようとする経験による効果が考えられる。

サイエンス・コミュニケーションの場では、中学校の授業とは異なり、学習者が理解しにくい内容を我慢して聞くというようなことはできない。そのため、常に興味を引きながら短時間で本質に迫っていくことが求められる。教師がサイエンス・コミュニケーターとしての研修を通してそのような経験をする、中学理科の授業でも、短時間で迫るべき本質への流れをまず作ってから、それにたどり着くまでのさらに詳しいステップを挿入するというやり方で教授計画を立てることができるようになるのではない

かと考えられる。

今回の事例で考えると、「土の中の宝石」というメタファを用いて、科学的な本質を見失わずに保護者の興味・関心を引いた家庭教育学級の教授法（中山ら、2006）が、中学理科の教授法に転移している。中学生の授業では、火山灰の顕微鏡観察などによって、中に含まれる鉱物や火山ガラスで興味を引きつつ、椀がけによる鉱物の取り出し、多数の鉱物名、柱状図の作成などが、本質的な知識構成をさらに豊かにする手立てとして中学生向けの教授法に採用されている。

このように、時間をかけて中学生に知識構成を行わせる授業では、何が最終的に伝えたい知識で、何がその前提になる知識なのか、学習者である中学生に何ができて何ができないのか、そして、どのような問題解決の手順がその知識に至るために必要なのか、家庭教育学級というサイエンス・コミュニケーターの場を経験した教師には見えてきたのであろう。

今回の事例研究は、理科教師が自らの理科授業とかわる分野でサイエンス・コミュニケーターの訓練を経験することが、理科教師としてのキャリアアップにつながることを示している。このような観点に立てば、学校の理科教師がサイエンス・コミュニケーターとして活動する機会を広げることを、教師の負担増として敬遠するのではなく、生徒への理科授業を本務とする教師に対する公的な教員研修の一環として、サイエンス・コミュニケーター研究を取り入れることも可能になるであろう。

謝辞

火山灰に関する研修に協力して下さった宮崎県総合博物館の皆様、特に地質担当の学芸スタッフである松田清孝先生、山本琢也先生（当時）、串間研之先生（当時）に深く感謝します。

附記

本研究は、科学研究費補助金基盤研究（A）「持続可能な社会のための科学教育を具現化する教師教育プログラムの開発」（研究代表者：野上智行，課題番号：20240068，平成20～23年度）の支援を受けた。

註

- 1) 2008年2月11日～12日に滋賀県立琵琶湖博物館に

において「ミュージアム・ティーチャーワークショップ」が開催され、それを引き継ぐ形で2009年2月14日～15日に北九州市立いのちのたび博物館において「平成20年度博学連携ワークショップ」が開催された。

引用文献

- 千葉和義・仲矢史雄：サイエンス・コミュニケーション能力を持つ教員養成，日本科学教育学会年会論文集，31，147-148，2007。
- Gess-Newsome, J., & Lederman, N. (Eds.): *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and Its Implications for Science Education*, Kluwer Academic Publishers, 1999.
- Gilbert, J., Watts, M., Osborne, R.: Eliciting Student Views Using an Interview-About-Instances Technique, in West, L and Pines, A, *Cognitive Structure and Conceptual Change*, Academic Press, 11-27, 1985.
- (訳書：ウエスト／パインズ著・進藤公夫監訳：認知構造と概念転換，東洋館出版社，25-46，1994)
- 平山静男：小・中学校の理科学習における理科教育関連施設・外部人材の活用に関する研究—福岡県における現状分析を通して—，日本科学教育学会研究会研究報告，22(1)，55-60，2007。
- 稲垣成哲・舟生日出男・山口悦司：再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェアの開発と評価，科学教育研究，25(5)，304-315，2001。
- 科学技術基本計画，2006，http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/kihon/06032816/001.htm (2009年12月5日現在)
- 国立教育政策研究所：TIMSS2007理科教育の国際比較—国際数学・理科教育動向調査の2007年調査報告書—，2008。
- 町田洋・新井房夫：新編火山灰アトラス [日本列島とその周辺]，東京大学出版会，2003。
- 文部科学省：中学校学習指導要領解説理科編，大日本図書，2008a。
- 文部科学省：小学校学習指導要領解説理科編，大日本図書，2008b。
- 仲矢史雄，千葉和義：いかにして科学コミュニケーション能力を養成するか—お茶大の取り組み—，日本科学教育学会研究会研究報告，21(5)，91-94，2007。
- 中山迅・山口悦司・里岡亜紀：フィールド学習を通して進める中学校と博物館の連携に関する事例的研究：宮崎県総合博物館の場合，科学教育研究，27(1)，71-81，2003。
- 中山迅・山口悦司・里岡亜紀・串間研之・松田清孝・山本琢也：サイエンス・コミュニケーターの力量を有する理科教師を育てる博物館研修の事例研究，科学教育研究，30(5)，316-331，2006。
- 小川義和：科学教育研究とサイエンスコミュニケーション (巻頭言)，科学教育研究，31(4)，193-194，2007。
- 小川義和・亀井修・中井沙織：科学系博物館と大学との連携によるサイエンスコミュニケーター養成の現状と課題，科学教育研究，31(4)，328-339，2007。
- 里岡亜紀・中山迅・山口悦司・伊東嘉宏・串間研之・末吉豊文・永井秀樹：宮崎県総合博物館と連携した中学校における干潟の理科学習，科学教育研究，28(2)，122-131，2004。

(受付日2010年4月21日；受理日2010年5月7日)

[問い合わせ先]

〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1
宮崎大学大学院教育学研究科
中山 迅
e-mail: e04502u@cc.miyazaki-u.ac.jp