

投稿論文

# 理科授業における教師のメタファー活用の特徴

## ——メタファーの機能についての認識に着目して——

内ノ倉 真吾\*

Characteristics of Teachers' Use of Metaphors in Science Classroom:  
From Views of Teachers' Concepts of the Functions of Metaphors

Shingo UCHINOKURA

中学校理科教師5名を対象にしたインタビュー調査から、教師がもつメタファーの機能についての認識とメタファーの活用の関係を指摘し、その認識に基づいた教師のメタファーの活用の特徴の一端を明らかにした。

第一に、教師がイメージの形成・豊富化を重視するとき、視覚的に捉えられない部分にしか対応しないメタファーを用いる傾向があった。そのメタファーの対応関係は比較的明瞭なものであり、教師はベース領域とターゲット領域を対応付けながら説明しようと考えていた。

第二に、教師が動機付けを重視するとき、生徒の心情に訴えかけるものや驚きを生み出すものをベース領域として選択し、それを詳説する傾向があった。また、教師は、メタファーの親近性を高めるために擬人化が有用であると考えていた。加えて、状況に依存してメタファーを活用していることも確認できた。

第三に、メタファーの機能についての先行研究の知見と教師のメタファーの機能についての認識には隔たりがあり、教師はメタファーを有効な教授の手立てと考えているものの、実際の授業ではメタファーの特定の機能のみが生かされていた。

### 1. はじめに

理科の教育内容である科学概念には、抽象的で複雑な概念や日常的な感覚では捉えられない概念がある。例えば、原子・分子などの粒子概念やエネルギー概念といった科学概念は、実験・観察などから直接的かつ容易には習得し得ないものである。そこで教師は、子どもの学習を促進・補完する方法の一つとして、メタ

※筑波大学大学院人間総合科学研究科博士課程／日本学術振興会特別研究員

ファー (metaphor)<sup>(1)</sup>を活用する。

もちろん、理科の教授・学習においてメタファーを生成し、用いているのは、教師ばかりではない。子ども自身もメタファーを生成し、科学概念を自分自身の関心に引き付けて意味付けしていることが知られている<sup>(2)</sup>。しかしながら、抽象的な概念や難解な概念については、一般的な子どもがメタファーを容易に生成するとは考えにくく、おのずと教師から与えられるメタファーを利用する機会が多くなる。

さて、それではいったい理科教師は、どのようにメタファーを活用しているのだろうか。これまで理科授業におけるメタファーの機能に関する先行研究では、その機能には次の4つのものがあると考えられてきた。すなわち、その4つの機能とは、(1)抽象的な概念のイメージの形成・豊富化<sup>(3)</sup>、(2)概念変容 (conceptual change) の促進<sup>(4)</sup>、(3)動機付け (motivation)<sup>(5)</sup>、(4)メタ認知的な活動の活性化<sup>(6)</sup>である。一方、教師のメタファーの活用に関する先行研究では、授業観察やインタビュー調査などの手法を用いて内容的な側面や方法的な側面から、教師がメタファーを活用する実態の一端を解明してきた。例えば、理科教師がメタファーを活用することが多い場面とは、子どもが科学的な説明を理解していないと教師が感じる状況や教師の発問に対して子どもが誤った回答をしたときである<sup>(7)</sup>。また、子どもにメタファーを提示する手続きとして、教師はメタファーの対応関係の教示、メタファーの限界の指摘、メタファーによる誤解への注意喚起を常時ではないながらもやっている<sup>(8)</sup>。教師がメタファーを活用する状況や手続き以外に、教師の活用するメタファーの内容についても特徴が指摘されている。例えば、メタファーのベース領域<sup>(9)</sup>として教師の生活経験が利用されることが多い<sup>(10)</sup>反面、子どもの社会文化的な環境を踏まえたものや擬人的なものも利用されることが知られている<sup>(11)</sup>。

上述の先行研究では、メタファーの機能や教師のメタファー活用的一端が解明されてきたにも関わらず、教師はメタファーの機能をどのように認識しているのか、そしてその認識に基づいてどのようにメタファーを用いているのかということは等閑に付されてきた。蓋し、メタファーの機能についての教師の認識は、教師のメタファー生成とその説明の仕方に影響を及ぼしている。例えば、抽象的な概念である原子や分子のイメージを豊富にするために、固体状態の原子・分子を教室で決められた座席に着いて授業を受ける子どもに見立てることもある<sup>(12)</sup>。

また、教師が子どもの概念変容を促進したいと考えれば、各種調査法<sup>(3)</sup>を利用するなどして、子どもが学習前に科学概念についてどのような考えをもっているのかを探り、その知見を基にしてベース領域を選択し、概念変容の認知的・情意的な条件<sup>(4)</sup>を満たすようにメタファーの提示の手続きを思案する。もしメタファーの機能に関する知見とその機能についての教師の認識に隔たりがあるとすれば、実際の理科授業ではメタファーの機能が十分に生かされていない可能性がある。そこで本稿では、メタファーの機能についての認識という視点から、教師のメタファー活用の実態、特に教師が生成するメタファーとそれを説明するときの特徴を探っていくことにしたい。

## 2. インタビュー調査の対象と内容・方法

### 1) インタビュー調査の対象

中学校理科教師5名を対象にして、メタファーの機能についての教師の認識とその活用に関するインタビュー調査を実施した。このことから本稿は、教師一般の特徴を探るものではなく、対象とした5名の教師の特徴を詳細に扱った事例研究として位置付けられる。調査では、メタファーの活用の特徴を探ることをねらいとしているため、カリキュラム・学習環境などが同じであり、生徒の実態も大きく異なることのない同一の中学校に勤務し、しかも性別にできるだけ偏りがなく、そして複数年の教員経験がある教師を抽出した。これらの観点に基づいて、茨城県内の同一の公立中学校に勤務する教師4名（以下、それぞれT1、T2、T3、T4と略記する）を機縁法により抽出した。この4名の教師に加えて、教師の年齢構成ならびに教員経験に幅をもたせるために、初任校として群馬県内の公立中学校に勤務する20歳代の教師1名（以下、T5と略記する）を同様に機縁法により抽出した。調査対象にした5名の教師のうち、教師T3、T4、T5の3名は女性であり、残りの2名の教師は男性であった。教員歴について、教師T5は、当時教員4年目を迎えたところであり教員経験が最も浅く、それ以外の教師は、複数の学校に勤務したことがあり、少なくとも5年以上の教員経験を有していた。年齢でいえば、教師T1が5名の中で最も年齢が高く、40歳代であった。いずれの教師も本研究の趣旨に賛同し、インタビュー調査には終始協力的であった。

## 2) インタビュー調査の内容と方法

メタファーの機能についての認識を探るために、教師が科学概念をどのように理解してきたのかという教師自身の学習の側面と、メタファーの活用を含めて、その科学概念をどのように教えているのかという教授の側面に着目して質問した。学習に関する質問として、

- (1) メタファーの活用に関わらず、状態変化もしくは電気分解を現在どのように理解しているのか
- (2) 学生のと看、どのように当該概念を学習してきたか
- (3) 当該概念を「わかった」と感じられたのは、どのようなときか
- (4) 当該概念を理解するために用いているメタファーがあるのか、ある場合はどのようなメタファーなのか

という4項目を設定した。また、教授に関する質問として、

- (1) 状態変化もしくは電気分解をどのような授業構成で教えているか
- (2) その授業構成で生徒がどのように理解すると想定しているか
- (3) 当該概念をどのように説明しているか
- (4) 当該概念を説明するためにどのようなメタファーを用いているか
- (5) 生徒に説明するメタファーと自分が理解しているメタファーは同じであるか
- (6) 一般的に科学概念を説明するときにどのようなメタファーを用いているか
- (7) 科学概念を説明するときにメタファーを用いる意図は何か
- (8) メタファーの有効性をどのように考えているのか

という8項目を設定した。

理科の教育内容として取り上げた状態変化や電気分解は、生徒が理解しにくい内容であることから<sup>(45)</sup>、教師がメタファーを用いて説明している可能性が高いと考てて事例として選択した。なお、同一中学校に勤務する4名には、これらのインタビューの質問項目を事前に伝えておいた。ただし、打ち合わせの都合上、教師T5には質問項目を事前に伝えておくことができなかつた。

インタビュー調査にあたり、次の点に配慮した。まず、質問項目を設定しインタビューの展開を計画していたものの、教師がもっているメタファーについての認識をできるだけ自然な形で表出できるように、インタビュー中に教師が自らの考えや経験に自発的に言及することは妨げなかつた。次に、理科教育では比喩的な表現について「メタファー」という語を使用するのが一般的となっているが<sup>(46)</sup>、

インタビューではこの語を使わずに、一般的に意味を理解しやすい「喩え」という語を用いた。さらに、教師の発言を誘導することがないように、インタビュアーは、前述の具体的なメタファーの機能について言及しなかった。

教師T5については平成11年10月上旬に、残りの4名の教師については同年11月中旬に筆者が個別にインタビューした。インタビュー調査の所要時間は、1人あたり平均して30分程度であった。本人の了承を得た上でインタビューでの会話を録音した。そして、録音した音声情報については文字化し、プロトコルデータとして分析に用いた。得られたプロトコルデータには、教師自身の学習という側面も含まれているが、メタファーの機能についての教師の認識やメタファーの活用の特徴を探る上でも有用な情報が含まれていると考え、すべてのプロトコルデータを分析の対象とした。

### 3. 教師がもつメタファーの機能についての認識とメタファーの活用との関係

#### 1) 教師がもつメタファーの機能についての認識の傾向

理科教育においてメタファーの機能として位置付けられているのは、前述のように抽象的な概念のイメージの形成・豊富化、概念変容の促進、動機付け、メタ認知的な活動の活性化である。インタビューした教師はイメージの形成・豊富化の機能を重視していた。これは中学校理科の教育内容が単純に視覚的に捉えられる現象だけではなく、その背後にある原理や抽象的な概念にまで及んでいることと関連が深い。例えば、水を冷却すると氷になること、そして氷になると体積が大きくなることは視覚によって確認できる。しかし、どうして水が氷になると体積が大きくなるのかを因果的に理解するためには、分子の存在や分子間の距離の変化を理解できなければならない。そのようなときに、教師はメタファーを活用して、見えないものをイメージとして生徒が捉えられるものへと変容を試みる。教師T1は、以下のプロトコルに示されるように、抽象的な概念を具体的なもののイメージとして捉えさせたいと考えており、その機能を担うものがメタファーであるという認識をもっていた。

できるだけ具体的に子どものイメージとしてつかめるような感じで。そういう難しいものじゃなくて、喩えてやっています。

教師の活用するメタファーのターゲット領域は抽象的な概念であり、文字通り見えないものであるのに対して、ベース領域は具体的なものであり、見えるもので

ある。抽象的な概念を具体的なものに関連付けようとすることは、見えないものをありありとイメージとして見えるようにするというイメージの豊富化であり、この機能を教師は重視している。例えば、教師T2は、このメタファーの機能を重視して、ベース領域には映画の一シーンなどの映像的なものをできるだけ活用したいと考えていた。さらに、メタファー生成の情報源として、映画だけに限らずニュースなどの画像を用いており、教師T2は子どものイメージ形成、豊富化に寄与する素材を日常的に探し求めている。

同様に教師T3、教師T4、教師T5も、イメージの形成・豊富化をメタファーの重要な機能として認識していた。教師T5によれば、日常的な概念でもありながら、科学的な概念でもある多面的な側面をもつ力などの概念を説明するときは、メタファーを理解の補助として活用し、生徒に「自分なりのイメージ」を形成してほしいと望んでいた。教師T3や教師T4は、生徒が理解しにくい内容についての自分自身のイメージを伝えるために、メタファーを用いて説明している。さらに、教師T3は、メタファーを用いるときの配慮として、自分が理解していることをそのまま生徒に伝えるのではなく、生徒の実態に合わせてベース領域を選択して、メタファーを生成し、説明していることにも言及している。いずれの教師であってもイメージの形成、そして豊富化をメタファーの重要な機能として考えている。

インタビューした教師は、メタファーの機能として動機付けも重視していた。中学生のとき理科の授業が大嫌いだったという教師T4は、教材研究を通じて自分自身が理解したことや理解した方法、理解したときの感動を生徒たちに伝えたいという思いをもっており、その思いを達成するための手段の一つとして、メタファーの活用を重要視していた。そのような教師T4は、メタファーを活用することによって、生徒たちの学習を認知的に促進できると同時に、情意的にも促進できるという認識をもっていることが伺える。また、教師T5は、「野球が好きなら野球の試合に喩える」などして、生徒たちの興味・関心を高めようと考えている。メタファーのベース領域の選択如何によって、生徒たちのそれへの興味・関心が高まり、引いては理科学習へと動機付けられることを期待している。教師T2は、人間の感情を取り入れ擬人化したメタファーを生徒が好むことを認知しており、生徒の好みに応じたメタファーを活用して、原子や分子を説明している。つまり、生徒の選好を利用するという教師T2や教師T5の方法は、メタ

ファーの活用により教育内容に生徒の興味・関心を引きつける狙いをもっていた。教師T3は、自らの教授経験に触れて、メタファーを用いて説明すると、生徒がメタファーの意味を理解したい、もしくは確認したいと思うようになり、それに触発されて質問が活発になる傾向を指摘した。このことから教師T3がメタファーの機能として動機付けを重視しているとは即断できないが、少なくともメタファーの活用による授業の活性化効果を認識しているといえる。

インタビューでは前述のようにメタファーを用いる意図や有効性について確かに質問した。イメージの形成・豊富化や動機付けへの言及はあったにも関わらず、概念変容の促進やメタ認知的な活動の活性化への言及は確認できなかった。もちろん、これは、「概念変容」や「メタ認知」という専門的な用語を用いなかったという意味ではなく、それらの基本的な考え方が教師のインタビュー調査での発言から看取できなかったという意味である。このような意味で、インタビューの対象とした教師はすべて、これらの2つの機能については全くもしくはほとんど認識していない、あるいは、仮にそれらの機能を認識していたとしても、少なくとも重視してはいない、といえる。なお、インタビューでは、メタファーの内容や種類だけではなく、状態変化や電気分解を教えるときの授業構成についても質問しており、メタファーを授業でどのように取り入れているのかということも射程に入れていたのであるが、それでも授業の構成にもかかわる概念変容の促進やメタ認知的な活動に言及した教師はいなかったのである。

まとめていえば、インタビューした教師たちは、メタファーの活用による科学概念の理解促進の効果を前提として、抽象的な概念のイメージの形成・豊富化や動機付けの機能を特に重視している、といえる。その一方で、概念変容の促進やメタ認知的な活動の活性化の機能については、認識していないか少なくとも重視していない。これまで指摘されてきたメタファーの4つの機能であるが、インタビューした教師に限っていえば、抽象的な概念のイメージの豊富化や動機付けを重視しているものの、実際は常に両方の機能を重視しているわけではなく、状況に応じて一方の機能を重視してメタファーを活用している。この点は次節以降で論じることにした。

## 2) 教師がイメージの豊富化を重視するときのメタファーの活用

インタビューした5名の教師がメタファーを活用する上で重要な機能として共

通に考えているのは、前節で述べたように、抽象的な概念のイメージの形成・豊富化であった。そもそもイメージの形成・豊富化ということは、抽象的なものを具体的なものに関連付けて豊かなイメージを形成することを意味している。理科授業において抽象的なものであることが多いのは科学概念であり、具体的なものは子どもたちの生活経験や学習経験の中でよく知っているものである。

メタファーを活用したイメージの形成・豊富化では、ある科学概念に対して具体的なものを挙げて、その特性を個々に対応付けていくという手続きがとられる。例として、化学分野での「塩酸の電気分解」の教授を挙げよう<sup>(7)</sup>。塩酸 (HCl もしくは HClaq) は、塩化水素 (HCl) が水に溶解した水溶液のことであり、塩化水素が電解質であるため通電性を示す。その塩酸に炭素を電極として電流を流すことによって、陽極 (+ 極) に塩素 (Cl<sub>2</sub>)、陰極 (- 極) に水素 (H<sub>2</sub>) が発生する。この通電による一連の化学反応を電気分解と呼ぶ。そのことのイメージを豊かにするために、教師 T 1 は、次のプロトコルに示されるように、「磁石」のメタファーを用いて説明している。そのメタファーでは、陰イオンである塩化物イオン (Cl<sup>-</sup>) が陽極へ、陽イオンである水素イオン (H<sup>+</sup>) が陰極へと静電的な引力によって移動することを教授するのが目的とされる。

陰イオンが陽極へ、陽イオンが陰極に集まるってことは、N 極には S 極が引かれていって、S 極には N 極が引かれていくということで、まあ磁石というものがあると。ただの金属だと、そういうふうには集まらないんだけど。そこに磁石、電源を入れるみたいなかたち、磁石つてもものをもってくるとお互い違う極同士のところにも集まる、というようなイメージで捉えさせてます。

教師 T 1 が活用するメタファーでは、陰イオン (陽イオン) が陽極 (陰極) に引き付けられることと N 極 (S 極) が S 極 (N 極) に引き付けられることが対応付けられる (表 1)。いずれの場合であっても、異なる符合のイオンや電極、そして磁極が非接触的な力によって引き付けられることを意味している。

表 1. 教師 T 1 の「磁石」のメタファー

領域	ベース領域	ターゲット領域
		磁石
対応関係	N 極	陰イオン, 陰極
	S 極	陽イオン, 陽極
	磁力	電気的な引力



このメタファーでは、陽極に塩素、陰極に水素が発生するところは対応関係に含まれていない。つまり、メタファーにはターゲット領域を部分的にしか表現し得ないという本質的な限界があるものの、教授の構想段階で既に教師T1は、メタファーを用いて塩酸の電気分解をできるかぎり幅広く説明しようとしていない、ということである。本来、電気分解とは一連の化学反応であって、プロセスである。しかしながら、教師T1は化学反応のメカニズムの一部分のみを取り出して、その部分にメタファーを適用して、ありありとしたイメージを形成しようと考えている。このことは、イオンが電極へと移動する原理が子どもにとって分かりにくいという経験的に蓄積された知識を活用していることと同時に、視覚に訴えかける授業の構成を考えていることとも密接に関連している。この点は、教師T1の以下の発言が示している。

非常に抽象的なので、イオンとか何とかっていっても見えないしわかんないですよ、子どもはね。気体が発生するっていうのはわかるんですよ、臭いし。水素も火をつければわかるんで、ただイオンの移動ですね。

つまり、塩酸の電気分解の実験を行えば、陽極での塩素の発生は、臭いを嗅いだり、脱色作用を確認することによって、また陰極での水素の発生は、燃焼反応を行うことによって感覚的（視覚的・嗅覚的・聴覚的）に把握できる、と教師T1は考えている。それに対して、イオンが水溶液中を移動することは文字通り視覚的に捉えることができないので、この部分についてはメタファーを活用して教えようとしている。

イオンの移動だけではなくて、電極での電子の授受についても、実験では視覚的に捉えることができない。実際、その電子の授受を理解できている生徒（この場合は高校生）は一般的に見てそれほど多くはない<sup>(8)</sup>。教師T2は、その部分について「バトンリレー」のメタファーを用いて説明していた。このメタファーでは、バトンを電子とみなし、バトンの渡し手が陰イオンや陰極に、バトンの受け手が陽イオンや陽極に対応付けられている（表2）。その比喩的な意味は、「二者間でのある共通するものの授受」といえる。

教師T2の場合も、塩酸の電気分解を全体的に捉えようとするのではなく、特に視覚的に捉えにくい部分に焦点化してメタファーを活用している。視覚に訴えかけることで科学概念や原理を生徒に理解させるようとする傾向は、教師T2が生徒に取り組みさせる実験にもその一端が表出している。例えば、この実験とは、

表2. 教師T2の「バトンリレー」のメタファー

領域	ベース領域	ターゲット領域
	バトンリレー	電子の授受
対応関係	バトン	電子
	バトンの渡し手	陰イオン, 陰極
	バトンの受け手	陽イオン, 陽極

水酸化ナトリウム水溶液と酸・塩基の指示薬（例えば、フェノールフタレイン溶液）を寒天に染み込ませ、電気を流すことによってイオンが移動して（つまり、電気泳動）、そして、その移動した部分が変色することを示すものであった。

教師がメタファーの機能としてのイメージの形成・豊富化を重視するとき、字義的な意味また比喩的な意味のいずれであっても視覚に訴えた授業構成を考えている。教師は、メタファーを用いることで視覚的に捉えられない部分を説明しようと考えている。それ故教師がインタビュー中に挙げた事例には、少なくとも視覚的に捉えられる部分を含めたメタファーを生成しようとする意識はあまり見られなかった。これは、その部分を取り入れたメタファーを生成しようとした場合、必然的に扱わなければならない対応関係の数が増大し、ベース領域を探索する負担が大きくなり、通常の授業では生産的でないからだと考えられる。いずれにせよ、教師がメタファーの機能としてイメージの形成・豊富化を特に重視した場合、電気分解のような一連のプロセスに対して、視覚的に捉えられない部分に限定して、メタファーを用いて説明しようとする傾向がある。そのときのメタファーの対応関係は比較的明瞭であり、教師はベース領域とターゲット領域を対応付けながら説明しているといえる。

### 3) 教師が動機付けを重視するときのメタファーの活用

#### ① 教師のメタファーの活用による動機付け

子どもの理科学習を促進するために動機付けは欠かすことができない。インタビューした教師たちも、動機付けが重要であることを十分認識している。例えば、教師T4が、できるだけたくさん実験を授業に取り入れることや生徒が興味をもつようなメタファーを活用することで動機付けようと考えていたように、教師たちは生徒を動機付けするために様々な工夫をしている。

ところで、メタファーの本質は、類似性を基にしたベース領域とターゲット領

域の諸特性の対応付けによる比喩的な意味の形成にある。したがって、メタファーを理解する過程では、いかに諸特性の類似性が認識されるのかということは重要であり、比喩的な意味の形成においてベース領域の選択が大事な要素となっている。このベース領域の類似性とは、メタファーの適切性を評価するときに必須の判断基準の一つである<sup>(19)</sup>。類似性の程度に応じて、ベース領域の諸特性がターゲット領域に対応付けられる範囲が規定される。その類似性は、どのような比喩的な意味が形成されるのかということにも影響を及ぼす。いうまでもなく、同じ類似性であっても、表面的な類似性よりも関係的な類似性のほうが諸特性の対応付けにおいて重要である<sup>(20)</sup>。

一方、理科授業においてメタファーが活用される状況の多くは、教師から生徒へとメタファーが提示される状況である。教師と生徒の間には生活経験・学習経験の差異が存在する。この状況の中で教師がメタファーを用いる場合、ベース領域の選択には特に配慮が必要であり、ターゲット領域との類似性が高いだけでは必ずしも生徒たちの学習促進にはつながらないことが起こり得る。それ故ベース領域は生徒たちにとって理解しやすい身近なものでもなければならない。生徒がよく知らないものをベース領域に選択した場合は、メタファーにより動機付けられないだけでなく、かえって興味・関心が低下することにもつながりかねない<sup>(21)</sup>。つまり、理科授業で教師がメタファーを用いる場合、その類似性だけではなく親近性についても考慮しなければならないのである。類似性とは科学概念の形成からの観点であり、親近性とは子どもの立場からの観点である。これらの2つの基準を同時に十分に満たすメタファーの活用が望まれるのだが、現実的にはいずれかの基準に偏ってしまう可能性もある。

教師T1は授業中に生徒の質問を受けてメタファーを生成することもあるが、次のプロトコルに示されるように、多くの場合事前の教材研究でメタファーの類似性のある程度満たしつつ、常に親近性を高めるようとしている。

生徒の身近にあるものでできるだけ。現象がそのここのと一致しているというのが大原則ですけど、それで生徒がわかりやすいものを探しています。いつも。

インタビューした教師は、メタファーの類似性を決して軽視しているわけではないが、メタファーが「身近なもの」であることの重要性に繰り返し言及しており、いかに親近性が高いかということに配慮している。もちろん、メタファーの機能

としてイメージの形成・豊富化を重視している場合であっても、メタファーの親近性は重要な選択条件である。ただし、教師が動機付けを重視している場合、メタファーの親近性に注意が偏り、類似性が十分に検討されないことも起こり得る。

メタファーの動機付けを重視したい教師T4が「火山の形成」について活用している以下のメタファーは、関係的な類似性の程度は低いと思われるが、生徒たちにとってはおそらく斬新であって身近なものとなっているだろう。

大地の変化のところで粘り気ってありますよね。なんだっけ、火山の噴火できれいになるのと楕状火山と。粘り気がこっちが大きくて、小さいとか教えるのって、よくあの、自分のウンチを想像しろって。下痢の状態はっていう感じで粘り気がないでしょ。そうするとこうなっちゃうんだよって。固いと固いとこうなっちゃうんだよって。ちょうどいいとおなかの調子がよくて、健康状態いいときはきれいなのがでてくるんだよとか。そんなふうなことでやるとやっぱり、身近なものでやるとわかるのかなって。

このメタファーでは、火山の形成とマグマの粘性、人の健康状態と大便の状態などがどのように対応するのか判断しにくいですが、教師T4は生徒が火山の形状を理解、少なくとも納得してくれることを期待している。また、ただ火山の形状を理解できればよいというのではなく、教師T4は教師でもあり女性でもある自分が大胆にも「ウンチ」のメタファーを活用することによって、生徒たちの興味・関心を高めることも期待している、と判断できる。

## ② 教師のメタファーによる動機付けの機能と擬人化

メタファーによる動機付けを重視する場合、教師はメタファーの親近性を高めるために擬人化が有用だと考えていた。副次的な効果でありながらも、教師T3は理科の教育内容だけに捉われない人間形成の手段としてもメタファーを活用できると考えていた。例えば、そのメタファーとは、以下のプロトコルに示されるように、物質の状態が変化しているとき加熱しても温度が変化しないことを「練習と成果」に見立てるメタファーである。このメタファーで類似しているところは、状態変化において温度が一定となる部分があることと、おそらくは練習や学習を続けても目に見える成果が上がらない期間、つまりプラトー現象があるということである。

子どもたちの生活に密着しているじゃないですか、部活とか家庭学習って。ある程度こうなんていうのかな、学習指導とか道徳的な意味合いを含めて、

ずっとこうトレーニングとかやっているんだけど、それがいつもいつもコンスタントに伸びていくじゃなくてみたいな説明したらどうかと思ったんですけど。

教師T3は、この対応関係から状態変化では加熱しても温度が変化しないことを理解させたいと同時に、練習や学習を続けても成果の上がないこともあるということをお教えたい、と思っている。さらには、成果をすぐに確認できなくても努力を続けることの意味や重要性を生徒たちに伝えたいと願っており、そのように動機付けたいと考えている。ただし、この継続的な努力の重要性を教えることは、状態変化における温度変化の特徴という理科の教育内容にとって直接的には関係なく、付随的なものではあるが、教師の教育意図にはなっているものである。

ところで、教師は生徒が疑問に思うような状況でメタファーを活用することがこれまでも指摘されているが<sup>(22)</sup>、何もその疑問がカリキュラムの範囲の説明で解決可能とは限らない。そのようなとき教師は、カリキュラムの範囲を越えた科学的な説明をして生徒の意欲を低下させることは避けたいと考えているのである。生徒の動機付けを重視した場合、メタファーの活用は一つ的手段となる。例えば、「物質の状態変化」の単元は中学1年生の学習内容であるが、教師T4によると状態変化が起きている間に温度が変化しないことは実験で確認することはあっても、原理的な部分にまで踏み込んで教えてはいない。一方、生徒たちは単純に加熱すると温度が上昇すると考えている。ところが、状態変化が起きているときは加熱しても温度は上昇することがない。このことは生徒たちの直感に明らかに反している。この現象に直面して、生徒たちは温度計が壊れているなど予想に反する現象の要因を他のものに帰着させたり、温度や熱を混同して区別できないことがある<sup>(23)</sup>。もし生徒が温度が変化しないことを疑問に思い、質問した場合どう説明するのか、と教師T5に尋ねると、次のプロトコルに示されるように、教師T5は科学的な説明をするよりはむしろ、擬人化したメタファーを用いて説明することを優先していた。

人間同士に喩えてみたりとか、なんか別の説明をするわけです。そういう細かい説明をする必要があるかどうかわからないけど、そういうのを求めているわけじゃないから、人間関係に喩えてみたりとか。

教師T5によれば、生徒のニーズは「細かい説明」といった科学的な説明や原理を説明するところにはない。このため、メタファーを提示するにあたり、以下の

プロトコルにあるように、教師T5はカリキュラムから逸脱するターゲット領域（例えば、分子や熱運動）に直接的に言及することやその対応関係を明示することは極力避けようとしていた。

お水の状態っていうのは、子どもの見た目だと静かな状態じゃないですか。沸騰している状態って、すごく活動している状態ですよ。ほこほこしているから見ればわかりますよね。つまり、静かな状態から活動している状態に動くには、人間だったらものをたくさん食べなきゃダメでしょ。動くためには食べ物たくさん食べなくちゃダメでしょ。その食べ物が熱なんだよとか、そういう感じ。

この教師T5の「食べ物」のメタファーでは、水が擬人化されている。人が静かな状態から動き回っている状態へと変化するためにたくさんの食べ物が必要である、という意味でベース領域を説明する。それに対して、ターゲット領域である水の分子や熱、状態変化や温度変化についての言及は少ない。つまり、教師T5は科学概念であるターゲット領域への言及を少なくし、その代わりにベース領域を詳説して、生徒たちが理解することを期待しているのである。

教師がメタファーの機能として動機付けを重視した場合、対応関係を明確にするという手続きを踏んでメタファーを提示するというよりは、生徒の心情に訴えかけるものや驚きを生み出すものをベース領域として選択し、それを詳細に説明する傾向にある。さらには、メタファーの親近性を特に重視し、擬人化が有用であると考えている。

### ③ 教師のメタファーによる動機付けの機能と状況依存性

メタファーによる動機付けの機能の重視と関連して、教師は状況に依存したメタファーを活用している。具体的には、生徒との関係、生徒間関係など教室特有の人間関係や状況などの学習環境を把握し、その学習環境をメタファーのベース領域として利用している。例えば、次のプロトコルで示されるように、教師T3は、金属結合の自由電子を教えるために「学級の輪」というメタファーを活用したことがあると明かした。

原子核が、担任の先生がいて、他の電子たちがしっかり手をつないで団結しているんだけど、1人ぐらい変わり者がいて。なかなか変わり者がいて、なかなか言うことを聞かないんだよね。見ながら、なんか見ながら。あれ俺だみたいな感じで、半分笑い話みたいな感じで。そういう子がふらふらあっち

の教室にいたり、こっちの教室に行っちゃったりするんだよねって。

このメタファーのベース領域である「学級の輪」それ自体もメタファーである。原子には原子核があって、少なくとも一つ以上の電子があるという点では類似しているといえるが、それ以外の部分是对应していない。このメタファーが活用された授業では、自由電子が学級の誰に対応するのか共有されていて、こうしたメタファーの活用がなされたといえる。したがって、そうした共有がなければ、別の授業で同じメタファーを活用しようとしても、同じような効果が上がるとは限らない。あくまでもその学習環境という状況でしか機能し得ないメタファーである。言い換えれば、教師T3はメタファーの親近性を重視し、継続的というよりはむしろ状況に依存した一回的なメタファーを活用していたことになる。教師T5もこのようなメタファーの活用について言及している。教師T5によると、通常環境では分子として存在する水素は、付き合っている恋人同士に見立てられる。もちろん、水素分子は同じ水素原子同士が結合しているのであって、もし擬人化するのであれば、同性の友達同士と考えるほうが妥当である。しかしながら、教師T5は、科学的には不適切な部分もあるけれども、生徒たちに常に一緒に行動していることに着目させたい、また、生徒たちの興味・関心を高めたいという意図で、以下の「恋人」のメタファーを活用している。そして、積極的にメタファーの中に生徒を登場させ、注意を引き付けようとしている。

付き合っている子同士がいると、何とかちゃんと何とかちゃんは分子ねとか、  
こういうわけですよ。全然もてないやつって、指しても大丈夫なやつは、例  
えば石崎君は1人でも大丈夫だって。お前はこれだよっていうんですけど。

教師T5は、このメタファーには不適切な部分があることを承知した上で、生徒が興味・関心をもっている異性に関する話題をベース領域として選択している。また、特定の生徒をメタファーの対応関係に含めており、教師T5は状況に依存したメタファーを活用している。このとき、メタファーの動機付けの機能を重視したため、ベース領域の選択の基準が親近性へ偏り、類似性が若干軽視されている。このことから改めて、動機付けを重視してメタファーを活用するとき、教師は認知的な意味で学習を促進することを常に第一に考えているのではなく、メタファーの適切性を多少損なう可能性があっても、情意的な意味でも学習を促進することを優先する場合もあるといえる。

#### 4. おわりに

メタファーの機能や教師が用いるメタファーの内容やメタファーの活用方法の特徴の一端がこれまで解明されてきた。しかし、先行研究では、理科授業におけるメタファーの活用に影響していると思われる、教師がもつメタファーの機能についての認識の問題は等閑に付されてきた。本稿では、この点に着目して、中学校理科教師5名を対象にしたインタビュー調査から、教師がもつメタファーの機能についての認識とメタファーの活用の関係を指摘し、その認識に基づいた教師のメタファーの活用の特質の一端を明らかにした。

教師がもつメタファーの機能についての認識とメタファーの活用との関係では、特にメタファーの生成と説明の特徴について次の2点を指摘した。第一に、教師がメタファーの機能としてイメージの形成・豊富化を重視するとき、電気分解のように一連のプロセスである現象に関しても、実験・観察によって直接的に見ることのできない部分にしか対応しない限定的なメタファーを活用する傾向があった。そのときのメタファーの対応関係は比較的明瞭なものであり、教師はベース領域とターゲット領域を対応付けながら説明しようと考えていた。第二に、教師がメタファーの機能として動機付けを重視するとき、対応関係を明確にする手続きを踏んでメタファーを提示するというよりは、生徒の心情に訴えかけるものや驚きを生み出すものをベース領域として選択し、それを詳細に説明する傾向があった。また、教師はメタファーの親近性を高めるために、擬人化が有用であると考えていた。加えて、状況に依存してメタファーを活用していることも確認できた。

さらに、教師がもつメタファーの機能について認識には、一定の傾向があることを指摘した。これまで先行研究で指摘されていたメタファーの機能である、抽象的な概念のイメージの形成・豊富化、概念変容の促進、動機付け、メタ認知的な活動の活性化のうち、イメージの形成・豊富化と動機付けのいずれかもしくは双方をインタビューした教師は重視していた。それら以外の2つの機能については、インタビュー中ではまったく言及がなく、それらの機能を認識していないか少なくとも重視していないと判断できた。メタファーの機能についての知見とインタビューした教師がもつその機能についての認識には隔たりがあることから、教師はメタファーを有効な教授の手立てと考えているものの、実際の授業ではメタファーの機能のうち特定の機能のみが生かされていた。何故、メタファーの他の機能が注目されず、また授業で生かされていないかという点については、授業



観察等の手法を用いて詳細に調査・分析する必要がある。この点については稿を改めて論じることにしたい。

## 註

- (1) メタファーの近接概念である「アナロジー」(analogy)の語を用いている先行研究もあるが、擬人化などのメタファーを含んでいる場合もあり、境界領域は必ずしも明確ではない。また、子どもの理解に見られるメタファー・アナロジーについては比喩的な側面が強く、異同を明確にすることが難しい。この点に終始する議論の非生産性を考慮した上で、本稿ではメタファーを「既知のものを通じて新規のものを知る」認知的な作用もしくはその作用の言語表現と位置付け、アナロジーもメタファーと同一の認知的な作用を与えるものという意味で、メタファーに部分的に包摂されるものと規定する。以下、本稿での「メタファー」の語は、特に断らない限りアナロジーを部分的に包摂するものとして用いる。メタファーとアナロジーの関係性については、瀬戸賢一、『メタファー思考』, 1995, 講談社, が参考になる。
- (2) 例えば、森本信也, 尾崎幸哉, 「子どもの自然認識におけるメタファー表現の意味するもの」, 『日本理科教育学会研究紀要』, 35(3), 1-9頁, 1995。  
中山迅, 「日光によるものあたたまりについて小学生が比喩的に構成する概念」, 『科学教育研究』, 22(2), 61-68頁, 1998。
- (3) Duit, R., "On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science", *Science Education*, 75(6), pp. 649-672, 1991.
- (4) 例えば, Duit, *Ibid.*,  
Dagher, Z. R., "Does the Use of Analogies Contribute to Conceptual Change?", *Science Education*, 78(6), pp. 601-614, 1994.  
Treagust, D. F., Harrison, A. G., Venville, G. J., Dagher, Z. R., "Using an Analogical Teaching Approach to Engender Conceptual Change", *International Journal of Science Education*, 18(2), pp. 213-229, 1996.
- (5) Duit, *op. cit* 3).
- (6) Coll, R. K., France, B., Taylor, I., "The Role of Models/and Analogies in Science Education: Implications from Research", *International Journal of Science Education*, 27(2), pp. 183-198, 2005.
- (7) Thiele, R. B., Treagust, D. F., "An Interpretive Examination of High School Chemistry Teachers' Analogical Explanations", *Journal of Research in Science Teaching*, 31(3), pp. 227-242, 1994.
- (8) Treagust, D. F., Duit, R., Joslin, P., "Science Teachers' Use of Analogies: Observations from Classroom Practice", *International Journal of Science Education*, 14(4), pp. 413-422, 1992.
- (9) 一般的に、メタファーの対応関係を考える場合、よく知っているもの(見立てるも

の)をベース (base) 領域, あまりよく知らないもの (見立てられるもの) をターゲット (target) 領域と呼ぶ。よく知っている領域は, ベース以外にアナログ (analog), アンカー (anchor), ビークル (vehicle), ソース (source) などと呼ばれることもある。語法に差異があるが, 意味の上では, いずれもよく知っているもの (見立てるもの) を指して使われる。

Aubusson, P. J., Harrison, A. G., Ritchie, S. M., "Metaphor and Analogy: Serious thought in science education", in Aubusson et al. (eds.), *Metaphor and Analogy in Science Education*, p. 4, 2006, Springer.

- (10) Thiele and Treagust, op. cit 7).
- (11) Nashon, S. M., "The Nature of Analogical Explanations: High School Physics Teachers Use in Kenya", *Research in Science Education*, 34, pp. 475-502, 2004.
- (12) Harrison, A. G., Treagust, D. F., "Science Analogies", *Science Teacher*, 61(4), pp. 40-43, 1994.
- (13) R. ホワイト, R. ガンストン, 中山迅・稲垣成哲監訳, 『子どもの学びを探る』, 1995, 東洋館出版社。
- (14) 例えば, Pintrich, P. R., Marx, R. W., Boyle, R. A., "Beyond Cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change", *Review of Educational Research*, 63(2), pp. 167-199, 1993.  
Duit, R., Treagust, D. F., "Conceptual Change: A Powerful Framework for Improving Science and Teaching and Learning", *International Journal of Science Education*, 25(6), pp. 671-688, 2003.
- (15) 国立教育政策研究所教育課程研究センター, 『平成13年度小中学校教育課程実施状況調査報告書-中学校理科』, 39頁, 2003, ぎょうせい。
- (16) 例えば, 中山迅, 里岡亜紀, 「メタファ」, 日本理科教育学会編, 『キーワードから探るこれからの理科教育』, 194-199頁, 1998, 東洋館出版社。  
中山迅, 下古立浩, 「メタファ表現から見た学びの構造」, 日本理科教育学会編, 『これからの理科授業実践への提案』, 8-11頁, 2002, 東洋館出版社。  
なお, 中山らのいう「メタファ」と「メタファー」には表記上の差異しかない。
- (17) 調査当時は, 平成元年改訂の『中学校学習指導要領』に従った理科授業が行われていた。現行の平成10年改訂の『中学校学習指導要領』, 平成11年改訂の『高等学校学習指導要領』では, これまで中学校段階の教育内容とされていたイオンやそれに関連する学習内容 (例えば, 電気分解など) が高校段階のそれと変更されている。
- (18) 国立教育政策研究所教育課程研究センター, 『平成14年度高等学校教育課程実施状況調査報告書-高等学校理科』, 130頁, 2004, 実教出版社。
- (19) Glynn, S. M., "Explaining Science Concepts: A Teaching-With-Analogies Model", in Glynn et al. (eds.), *The Psychology of Learning Science*, p. 226, 1989, Lawrence Erlbaum Associates (邦訳書, 武村重和監訳, 『理科学習の心理学』, 248頁, 1993, 東洋館出版社)。
- (20) Gentner, D., "Structure-Mapping: A Theoretical Framework for Analogy", *Cognitive*

*Science*, 7, pp. 155-170, 1983.

- (21) Harrison, A. G., "The Affective Dimension of Analogy: Student Interest is more than just interesting!", op. cit 9), p. 52.
- (22) Thiele and Treagust, op. cit 7).
- (23) Erickson, G., Tiberghien, A., "Head and Temperature", in Driver et al. (eds.), *Children's Ideas In Science*, pp. 63-65, 1985, Open University Press (邦訳書, 内田正男監訳, 『子ども達の自然理解と理科授業』, 86-88頁, 1993, 東洋館出版社).