

理科授業における教授学習の過程の可視化

小野瀬 倫也

1. はじめに

2014年11月、新しい時代にふさわしい学習指導要領等の在り方について文部科学大臣より中央教育審議会に対して諮問が出された（下村，2014）。今回特に、注目すべきことは、答申の3つの柱の一つである「教育目標・内容と学習・指導方法、学習評価の在り方を一体として捉えた、新しい時代にふさわしい学習指導要領等の基本的な考え方について」において「アクティブ・ラーニング」を具体的指導方法として取り上げていることである。アクティブ・ラーニングとは、従来のような知識の伝達・注入を中心とした授業から、教員と学生が意思疎通を図りつつ、一緒になって切磋琢磨し、相互に刺激を与えながら知的に成長する場を創り、学生が主体的に問題を発見し解を見いだしていく能動的学修を意味している（文部科学省，2012）。

上述のような授業場面に見られるように、教授学習活動は、教師、子ども、学級集団、教材など様々な構成要素が複雑に関係しあった動的な営みであると言い換えられる。その本質的な意味や効果を捉える上で、教授学習活動の内実を可視化することは有用である。本研究では、教授学習活動の内実を可視化することを試みるものである。

知識の伝達・注入では無い授業展開の志向は、「生きる力」「目標に準拠した評価」「指導と評価の一体化」をキーワードに作成された教育課程審議会答申（文部科学省，2000）と軌を一にする。これは、指導と評価の一体化概念をベースに授業を展開し、個人内評価を工夫して、生きる力を育むという段階的な流れとして読み取ることができる。本答申では特に指導と評価の一体化について、以下の点が強調されている。

- ・評価の結果によって後の指導を改善し、さらに新しい指導の成果を再度評価するという、指導に生かす評価を充実させることが重要である。
- ・評価は、学習の結果に対して行うだけでなく、学習指導の過程における評価の工夫を一層進めることが大切である。
- ・児童生徒にとって評価は、自らの学習状況に気付き、自分を見つめ直すきっかけとなり、その後の学習や発達を促すという意義がある。

このように、指導と評価の一体化概念は、現代においては教師の指導改善、教授学習

過程の重視、子どものメタ認知から構成されているのが明らかである。こうした指導と評価の一体化は、形成的評価への注視と言い換えられる。それは、形成的評価の核心はまさに、学習の過程に視点を当てたものであり、この過程で得られた情報こそが教師の指導改善、子どものメタ認知の促進に寄与する中心的役割を果たすと考えられるからである。つまり、学習の過程の中で、自ら学び自ら考えるプロセスが具現化され、それを支援、促進するための形成的評価がなされなければならないのである。言い換えれば、子どもによる科学概念の構築過程における即時的な評価がその中心として位置づけられるのである。本研究が目的とする「教授学習活動の内実の可視化」の中心は、この形成的評価と子どもの学習の過程にある。

2. 教授学習過程の可視化

前述の指導と評価の一体化が実現される時、子どもにとって、問題を明確化し、それを追究する意志をもつこと、そうした場が保証されることとなるのである（森本，1999）。そして、こうした子どもの学びを保証、支援する評価こそ、子どもの学びにとって「真正」なものとなるのである。このような視点に基づいた「評価」を「真正のアセスメント」という。つまり、指導と評価の一体化とは、真正のアセスメントの具現化と言い換えることができるのである。

「アセスメント」とは、その語源はラテン語の“sit beside”（一緒に側に座る）であり、日本ではあまり浸透していない。しかし、その中核にある意味は、値踏みや熟考後の意見形成といった重たい意味での評価（evaluation）ではなく、「周到な観察」である（OECD 教育研究革新センター，2008）。（注：ラテン語で「側に座る」は *assideo* と表記する）

高浦は、こうした評価とアセスメントの関係について次のように規定する。すなわち、「アセスメントは子どもがなすことができることに関する証拠を収集する過程である。評価はその証拠を解釈し、その証拠に基づいて判断や決定をなす過程である（高浦，1998）」。

真正のアセスメントとは、言い換えれば、アセスメントとその過程をも含めた、教師による価値づけ（エヴァリュエーション）の連鎖による子どもへの学びの保証と支援の過程なのである。本論では、子どもが自分の考えを様々な表現活動によって表出し、教師がそれを情報として収集する過程をアセスメントとよぶ。そして、教師がアセスメントによって得られた情報、すなわち、子どもによって表出された多様な考え

の意味を解釈・判断し、それを価値づける過程を評価と考える。

アセスメントと評価は、連鎖であると同時に即時的、すなわち表裏一体をなすものである。前述したように、指導と評価の一体化とは、まさしく、真正のアセスメントの具現化であった。そこで、指導と評価の一体化概念について具体的な授業場面を前提に検討を加える。

図1は、理科授業における教師と子どもの関係を表したものである。授業において、教師は、子どもの考えを解釈し、それを判断・価値づけて子どもに返していく。子どもは、教師の価値づけによって自分の考えの意味を実感する。自分の考えの意味を実感することは、すなわち、メタ認知の機能である。前述の答申（文部科学省、2000）にならうというならば、学習状況への気づき、自分を見つめ直すきっかけ、そしてその後の発達を促すことにつながることである。また、クラスメイトとの考えの交流の場面をすることも教師の重要な役割となる。

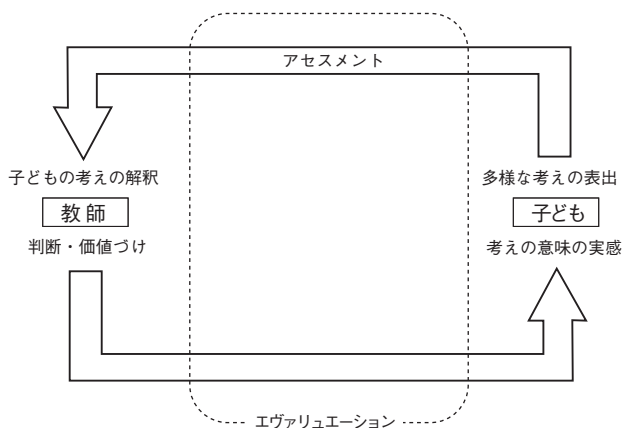


図1 理科授業におけるアセスメントとエヴァリュエーション

このように、授業をサイクルとして考えると、必然的に教師と子どもの対話が連続的に行われることになる。よって、理科授業の中で、アセスメントとエヴァリュエーションの実態を明らかにすることは、教授学習の過程を明らかにすることにつながると思われる。そこで、図1をベースとして理科授業における教授学習過程を見とるための方策、即ち可視化の書式を考えた。それが、次章で提案する「教授学習プロセスマップ」である。

3. 教授学習プロセスマップ

前章で議論したように、実際に授業において起きていることを見とることには意味がある。授業プロセスマップは、それを具現化するものであり、教授学習の内実を可視化することを意図している。本章では、その構造について述べる。

3.1 教授学習プロセスマップの構造

前章の「理科授業におけるアセスメントとエヴァリュエーション (図1)」をもとに、授業の構造を見とる視点を定め、可視化のための様式を定めた(図2)。左の列から時間、教師の活動、教師と子どもの相互連関と教材、子どもの学習、を配置した。教師と子どもの相互連関と教材については、教師から意図的に提示される教材、それについての子どもの解釈などが含まれる。また、そうした授業を構成する要因の関係、すなわち相互連関を矢印で繋いでいくことで授業で生起する事象を可視化するのである。

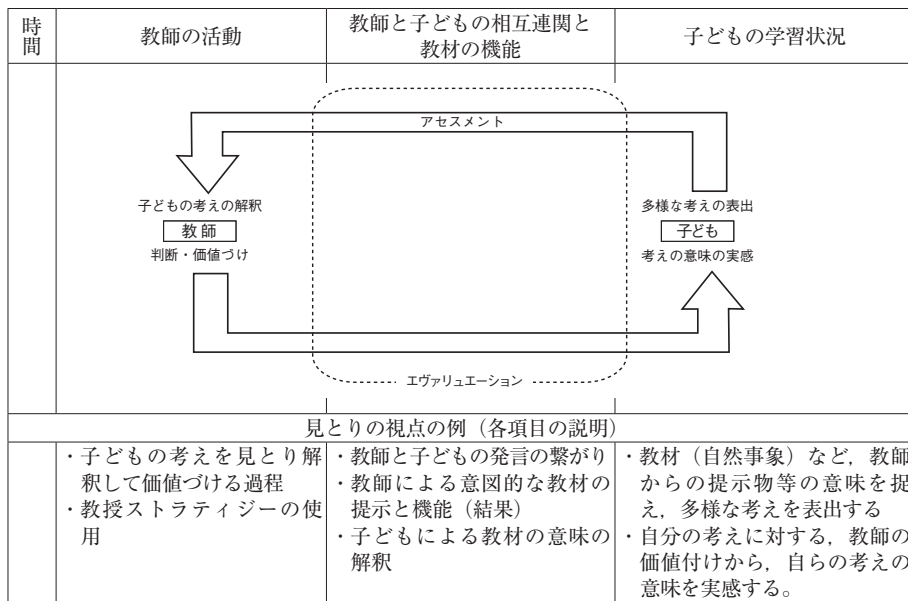


図2 授業の構造を見とる視点

図2の下段(見とりの視点の例)は、「教師の活動」「教師と子どもの相互連関と教材」「子どもの学習」を見とる視点についての説明である。詳細は事例をもとに後述する。

3.2 教師の教授ストラテジーの前提

教師が授業で用いる教授方略を本研究においては教授ストラテジーと呼ぶ。教師が教授ストラテジーをどんな場面でどのように使用するのかについては、後述する。ここでは、教師が用いる教授ストラテジー使用の判断に影響を与える要因を挙げる。教師はいくつかの前提に基づいて教授ストラテジーを使用していると考えられる（森本・小野瀬, 2004）。以下の(1)～(3)は、その例であり、表1はそれをまとめたものである。

表1 教授ストラテジー使用の判断に影響を与える要因

(1) 専門的な知識	<ul style="list-style-type: none"> ・学習指導要領などの顕在的カリキュラムの内容と構造 ・顕在的カリキュラムに基づく授業計画 ・子どもの科学概念構築プロセスに関する理解
(2) 科学観	<ul style="list-style-type: none"> ・教師の科学に対する捉え。 (例：相対主義的科学観、経験主義的科学観など)
(3) 実践知	<ul style="list-style-type: none"> ・教授学習過程の経験からもたらされる知識 ・子どもの素朴な考え方への理解

(1) 専門的な知識

学習指導要領などの顕在的なカリキュラムであり、それに基づく授業計画への理解である。また、授業の対象とする子どもに科学概念を構築させる際に、参考となる子どもの認知的な側面に関する知識である。

(2) 科学観

教師が持つ科学観である。例えば、経験主義的科学観に従えば、理科授業を一般的に正しいとされている「科学的知識」の教授を中心に考える。一方、科学は相互の理解とコミュニティによる承認によって成り立っていると考える相対主義的科学観による理科授業では、自ずと重要視される内容や活動が変わってくる。

(3) 実践知

教師の授業経験、教師が被授業者であったときの経験等である。実践知の内実は、教師個々の経験の蓄積ということになるが、授業を通して、授業が改善されていく、というようにループで考えるならば、「授業の反省的見直しと再構成」と言い換えることができる。それは、表2のような教師の活動が考えられる。

表2 実践知の要素

授業の反省的見直しと再構成	<ul style="list-style-type: none"> ・学習目標と子どもが構築した科学概念との照合 ・科学概念構築のプロセスと科学の体系、系統性との照合 ・教授ストラテジーの有効性の検討
---------------	--

3.3 教授ストラテジー

教師は授業の中で、教授ストラテジーを駆使している。表3は、理科授業において、教師が用いる教授ストラテジーとその説明である。

表3 教師の教授ストラテジーとその説明

教授ストラテジー	説明
子どもの学習実態の把握	<ul style="list-style-type: none"> ・子どもの考え、経験を表現させる ・既有的経験、知識、概念の把握 ・コミットメント、プリコンセプションなどの発見 ・教授ストラテジーの使用についての判断、構成 (学びの見通しの分析) ・学習内容の選定
子どもの考えの引き出し	<ul style="list-style-type: none"> ・子どもの考えを選別する ・子どもの考えの価値を見いだす ・子どもの考えの履歴を抽出する
子どもの考えの顕在化	<ul style="list-style-type: none"> ・子どもの考え方を具体的に演示してみる ・考え方を色々な視点から分析する ・対照的な考え方を提示する ・比喩的な表現をさせる ・考えの創造を支援
子どもの考え方の再認	<ul style="list-style-type: none"> ・子どもの考え方を繰り返し言う ・子どもの考え方(表現)を言いかえる ・視点の転換や議論の焦点化をする ・子どもの論理の修正、補強、拡大をする ・意図的な情報提供をする
知識共有化の促進	<ul style="list-style-type: none"> ・子どもの考え方をクラス全体へ提示する ・個々の考え方をクラス全体で共有する ・グループ毎の考え方をクラス全体で共有する ・知識を導入、補強する
学習の振り返り	<ul style="list-style-type: none"> ・学習のプロセスを振り返らせる ・新たな疑問を導出する

3.4 子どもの概念変容とその過程

子どもの概念変換においては、学習動機としての意図(intention)の役割が重要である。このことは、子どもが学習目標を明確に意識し、学習を自ら調整しつつ進める様態に関連する。Pintrich,R.は上述の学習動機を「学習を動機づける信念(Motivational Beliefs)」とし、それを具体的に実現するものとして「自己調整学習のストラテジー(Self-Regulated Learning Strategies)」として措定した。表4は、Pintrich,R.の指摘のうち、理科学習に関係が深いと考えられる子どもが自己調整学習を行う際に用いるストラテジーを挙げたものである(小野瀬・森本, 2005)。

表4 子どもの自己調整学習のストラテジー

子どもの自己調整学習のストラテジー (Self-Regulated Learning Strategies)	
認知的方略の使用 (Cognitive Strategy Use)	<ul style="list-style-type: none"> ・自分の言葉に言い換える ・情報を結合しようとする ・記憶しやすくするように学習したことを復唱する ・学習を概括する
学習の進捗状況の調整 (Self-Regulation)	<ul style="list-style-type: none"> ・学習課題を自問自答する ・学習課題を遂行するために受容すべき情報の質について考える。 ・学習課題を遂行するために必要な情報を吟味する。

子どもが意図的に概念を変換する学習場面では、認知的方略の使用や、学習の進捗状況の調整を行いながら進めるといった様態が見られるということである。

3.5 教師と子どもの相互連関と教材の機能

図2において、教師と子どもの間に「教師と子どもの相互連関と教材の機能」の列を配した。ここには、授業で起こる様々な内容の関係や、焦点化されている内容を示すこととした。以下にその内容を示す

- ・教師と子どもの発言の繋がりを矢印で示す
- ・教師による意図的な教材の提示と、結果としてそのことが授業の中でどのように機能したかという見とりの視点
- ・子どもによる教材の意味の解釈
- ・教材が教師のねらい（意図）に照らして適切かという視点
- ・教材が子どもの発達の最近接領域の視点からみて機能しているかという視点
- ・子どもの自己効力感、自尊感情、学習動機の見とり
- ・議論の焦点の明示

4. 教授学習プロセスマップの事例

前章までの議論に従って、授業のプロトコルについて分析を試みることにする。以下に示す事例1、事例2は、中学校理科の授業の一部であり、共に、授業開始から本時の学習課題が成立するまでの教師と子どもの対話の過程である。典型的な例を示すために、事例1は、ベテランの教師の授業、事例2は教員として採用されて経験が浅い教師のものである。図2に示した書式から時間を省略してあるが、どちらも授業開

始から 10 分程度であり、本時の課題を提示するまでのものである。指導単元はそれぞれ異なっている。

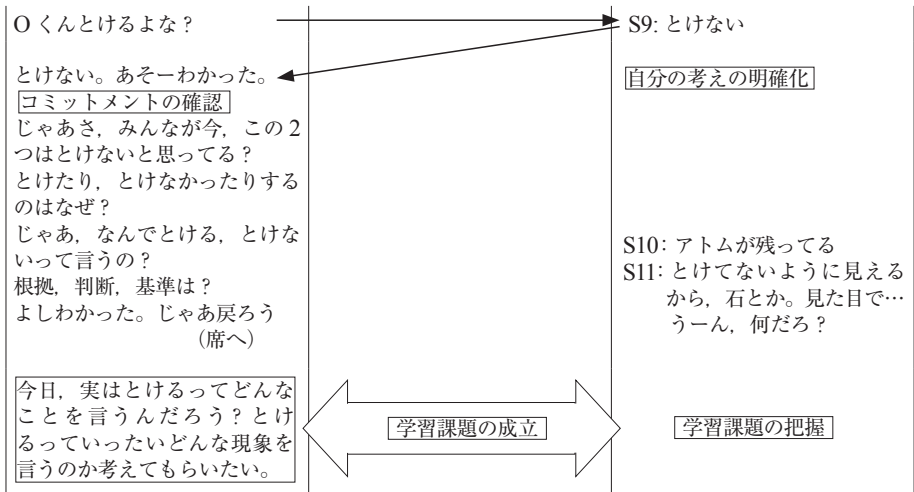
4.1 事例 1

(1) 授業概要 S 県内公立中学校第 1 学年 単元「溶解」

本授業では、子どもに食塩水の水溶液の提示（場面 1）、小麦粉の懸濁液の提示（場面 2）を観察させ、食塩は「溶けている」、「小麦粉」は濁っていることから「溶けたかどうか不明」といった意見が出された後に教師から子どもに「どろ水」が提示された場面である。その意図は「にごり」「沈殿」「均一性」へ着目させることであった。

(2) 授業プロセスマップ

教師の活動	教師と子どもの相互関連と教材の機能	子どもの学習状況
M くん、これとけますか？ 何で？	◻ 素材の提示：どろ	S1: とけない 石が残っているから
ああ、石が残っているから？石は取り除いたよ、え、小さい小石があるから？砂みたいだから？全部取り除けたよ。だから、泥だよ。	○ 粒子への着目 (こだわり)	S2: 小石 S3: 砂が残っているから
◻ 子どもの考えの再認 ◻ 子どもの考えの引き出し じゃあ、はい。(指名)		S4: えー ちがう S5: 小さな、小さな、小さな、 小さな石が入っているから
えーじゃちょっとまって。石じゃなくて泥だよ。 ちょっとまって。石は沈んじやうな、じゃあどろは？ M 君	○ 粒子の浮き沈み (均一性)	S6: 沈んじやう、え？ どろはとける？ 上に浮かべる
◻ 対照的な考え方を提示する 上に浮かべる。泥はとける。 ◻ 子どもの考えを繰り返す言う Y くん		(学習) 課題を自問自答する S7: 沈んでる
どろは沈んでる。重みがあるから沈んでる。とける？とけない？	○ とける・とけない	S8: とけない。だって、水たまりとか、透き通ってることある。
だからとけない。		◻ エピソード、既有概念の想起



(3) 授業プロセスマップの解釈

教師は子どもに「どろ水」を提示した。その意図は「にごり」「沈殿」「均一性」への着目である。子どもは「どろ水はとけない」と主張し、教師は一貫して石は取り除いたと主張する。そして、なぜ「とけない」と判断するのか根拠を求めた。子どもは、ふりにかけた土は小石が混ざっているから「とけない」ことにこだわりを見せた。そして、小石は取り除いたという教師の一貫した主張に、時間が経てば沈んでしまうから、「とけない」と。どろ水の観察を通して学習課題「実はとけるって、どんなことを言うんだろう？とけるっていったいどんな現象を言うのか考えてもらいたい」が成立した。

教師は、「子どもの考えの引き出し」等の教授ストラテジーを多用しながら素材である「どろ水」がとけていると言えるか否か、その判断基準を問うていった。このことで、子どもが自分の考えを明確にしていくことで、学習課題が成立したのである。

4.2 事例 2

(1) 授業概要 都内公立中学校 第2学年 単元「動物の生活と生物の変遷」

本授業の目標は、「ヒトの骨格について理解させる」「ヒトの筋肉の付き方について理解させる」である。主な評価の観点は「骨格と筋肉を関連づけて捉えることができる」である。

(2) 授業プロセスマップ

教師の活動	教師と子どもの相互連関と教材の機能	子どもの学習状況
T1: えー、まずは初歩的などころからいこうと思いますが、人間の指は何本ありますか？		S1:10
T2:10 じゃないね		S2:20
T3: そうですね。手足で五本五本、五本五本で 20 本ですね。		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 既存の知識の確認 </div>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px; display: inline-block;"> 骨の数への着目 </div>	
T4: 今日はこの骨についてやっていくのですが、少し質問を変えていきたいと思います。じゃあ、指の骨は何本？		S3: 分かんない
T5: 一本につきでもいいよ。まあ、場所によって少し違うけど		S4:3 本
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 既存の知識の確認 </div>		
T6: 三本、そうですね。えっと、指だと人差し指から薬指まで計三本ずつつくっています。		
じゃあ、親指どうですか？		S5:2 本
T7: うん、そうですね。二本になっています。		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 既存の知識の確認 </div>		
T8: 親指だけ手、見てもらうとわかると思うんですけど（手を見せながら）関節が一本なさそうですね。で、指に対して、それだけ骨がくっついているんですけど、えー、じゃあ人の体、どれだけ骨があるでしょうか。		S6: 分かんない
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 既存の知識の確認 </div>		
T9: 分かんないよね。これはもう直感で行くしかないと思います。		S7:50 本
T10:50 本くらい？ 50 本くらいですか……（あばら骨をさすりながら）どうですか、○○。		S8: 80 本くらい
T11:80 本くらい。ちょっと増やしたね。		
T12:150		S9:150
T13:100 ? 200 ?		S10:200
T14: ああ、200。そうとういい線行きましたね。だいたい、大人の成人男性で約 200 本と言われてます。で、赤ちゃんの方が、実は多いんです。骨が。赤ちゃんだいたい 300 から 350 ぐらいと言われてます。		

<p>T15: で、今日はその骨がどうして動いていくのか。というところについてやっていきます。</p> <p>T16: 一応ですね、プリント、骨格のプリントをひとつ用意したので配りますね。人間の人体模型的なやつに似てます。(プリント配布)</p> <p>T17: はい。ということで今配ったプリント見てもらって、人の骨格なんですが、こんな感じでいろんな名前がついています。で、この骨の本数がだいたい成人で約 200 から 206 本あると言われていきます。細かくいくと。まあ個人差があるそうなので必ずしも全員が全員いっしょであるとは限らないし、もしかしたらみんなも今まだ成長期の過程なので、この本数が異なってくるかもしれない。</p> <p>T18: で、そうですね、じゃあ次。どうして骨が動くのかというところですが、なんでだと思います？</p> <p>T19: 関節があるから、はい。 関節があると…関節どこにあります？ <u>既存の知識の確認</u></p> <p>T20: うん。この辺ね。(肘のあたりをさしながら)</p> <p>T21: 他にある？</p> <p>T22: 骨と骨の間。 <u>子どもの考えを繰り返し言う</u> そうですね。指とかも関節があることでこのようになってますね。(指を曲げながら)</p> <p>T23: 他にどうですか？</p> <p>T24: 筋肉ですね。 <u>子どもの考えを繰り返し言う</u> <u>既存の知識の確認</u></p> <p>T25: 今日は、この骨と筋肉、そして関節の動きから、体がどのように動いていくのか。というのをやっていきます。ということで、ノートを開いてください。(板書へ)</p>	<p><u>課題 1</u></p> <p>関節への着目</p> <p>筋肉への着目</p> <p><u>課題 2</u></p>	<p><u>学習課題の把握 1</u></p> <p>S11: 関節</p> <p>S12: こちらへん。(肘のあたりをさしながら)</p> <p>S13: 骨と骨の間</p> <p>S14: 筋肉</p> <p><u>学習課題の把握 2</u></p>
---	---	---

(3) 授業プロセスマップの解釈

①授業開始から課題1まで

教師の発問T1からT8において、見た目の体の形(指)から骨格(骨)へと子どもの視点を移した。更にT8からT14において、体全体の骨格(数)へと拡大した。そして、課題1として、「今日はその骨がどうして動いていくのか」という学習課題が提示された。

しかし、ここまでの議論は、骨の数についての議論であり、T15「課題1」は、子どもにとって、唐突に出てきたという受け止められ方がされることが考えられる。

②T16から「課題2」まで

T16～T17において、資料を使って人間の骨格の様子について確認した。T18において、教師から「どうして骨が動くのか」と発問される。S11は小学校での既習事項である「関節」の存在を返す。以後、T22まで関節が存在する場所が確認された。T23により、「どうして骨が動くのか」に対する他の意見が求められた。S14の「筋肉」という発言を受けて、課題2であるT25「骨と筋肉、そして関節の動きから、体がどのように動いていくのか」が示された。課題2の導出までの過程で教師が用いた教授ストラテジーは「既存の知識の確認」と「子どもの考えを繰り返す言う」である。本時の課題が、これから学習すべき内容を言い当てるものだと考えるならば、子どもが学習してきた内容を聞き出すことは出来ているが、「学ぶべき内容」が導出されていないため、学習課題の成立が不十分と考えられる。

4.3 事例が示唆するもの

前述のように、事例1はベテラン教師、事例2は経験が浅い教師であった。それぞれの解釈について比較する。(以下、事例1の教師を教師1、事例2の教師を教師2とする。)

まず、教師1が「子どもの考えの引き出し」「コミットメントの確認」など教授ストラテジーを使っている。その結果、子どもは、自分の考えを明確化したり、疑問点を明らかにしながら学習課題を成立させている。

一方、教師2は、「子どもの既存知識の確認・引き出し」を行っているが、根拠を求めたりすることが無く、一問一答式のやりとりで終止している。よって、事例2における学習課題の把握1及び2が成立したのかは疑問であり、不十分な導入になってしまったと考えられる。また、教師2は、既存の知識の確認は行っているが、「子どもの考え方」に影響を与えるような教授ストラテジーを使用していない。結果として、骨、関節、筋肉の存在を確認することのみを行って、課題2を導出している。課

題2では、骨の仕組み（関節の存在）と筋肉の作用（伸縮）によって体が動く仕組みについて考えることが課題になるべきである。よって、学習課題の成立過程と課題の内容の繋がりが薄いと考えられる。

本項では、ベテラン教師と経験が浅い教師を事例として比較した。しかし、3.2で示した、教授ストラテジーの使用の判断に影響を与える要因は特定していないので、ここでの比較は一般化できないと考えている。

5. おわりに

本研究では、理科授業における教授学習過程を見とるための基本的な視点を定め、「授業プロセスマップ」を構想し、実際の授業場面のプロトコルに適用して、分析を試みた。前章における2つの事例分析の比較から、教授学習プロセスマップを用いて教授学習過程の内実が明らかになったと考えられる。

授業は定式化されるべきものではないし、それを試みたとしても、状況が変わるので再現性は見込めない。教授学習プロセスマップの手法を精緻化していくとともに、多くの事例を積み重ねることで、具体的な理科授業の改善につなげたい。

附記

本研究はJSPS 科研費 24531150（研究代表：小野瀬倫也）の成果の一部である。また、本研究における授業実践の記録、プロトコル作成に関して国士館大学文学部教育学科初等教育専攻3年 窪田 楓氏の協力があつた。感謝したい。

引用・参考文献

- ・OECD 教育研究革新センター（2008）「形成的アセスメントと学力」監訳：有本昌弘 p.274
- ・下村博文（2014）「初等中等教育における教育課程の基準等のあり方について」（諮問）
- ・高浦勝義（1998）『総合学習の理論・実践・評価』, p.210, 黎明書房
- ・森本信也（1999）『子どもの学びにそくした理科授業のデザイン』, p.134, 東洋館出版社
- ・森本信也・小野瀬倫也（2004）「子どもの論理構築を志向した理科の教授スキームの分析とその検証」理科教育学研究, Vol.44, No.2, 59-70, 日本理科教育学会
- ・森本信也・小野瀬倫也（2005）「理科授業における子どもの概念プロフィールの変換に関する一考察」理科教育学研究, Vol.46, No.1, 1-14, 日本理科教育学会
- ・文部科学省（2012）「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて（答申）」, 中央教育審議会答申, p.3, p.4, p.9, (用語集 p.37)
- ・文部科学省（2000）『児童生徒の学習と教育課程の実施状況の評価の在り方について（答申）』