

# 子どもの科学概念構築を促す授業デザイン支援システムの検討 — 授業改善支援事業での実践を通して —

小野瀬 倫也  
佐藤 寛之

【キーワード】 教授学習過程の可視化, 教授学習プロセスマップ, 現職教員支援

## 1. はじめに

平成 26 年 11 月の中央教育審議会に対する文部科学大臣諮問(文部科学省, 2014)では, アクティブ・ラーニングの視点を取り入れた授業改善が諮られた。それを受けた平成 28 年 12 月の文部科学大臣への中央教育審議会答申(中央教育審議会, 2016)では, アクティブ・ラーニングによる授業改善の視点は「主体的・対話的で深い学び」の実現にあるとされ, 次期学習指導要領の基本的な考え方が示された。

一方, 理科を教えることに苦手意識を持つ小学校教師は多い<sup>1)</sup>。こうした現状のなか, 教科担任制を進めるなど学校現場での課題改善の為の工夫も進んでいる。例えば, 図 1 に示す小学校第 5 学年, 第 6 学年における教科等の担任制の実施状況によれば, 理科では, 第 5 学年, 第 6 学年ともに平成 16 年度に比べて平成 27 年度では教科担任制を実施している公立小学校の割合は倍増していることが理解できる<sup>2)</sup>。

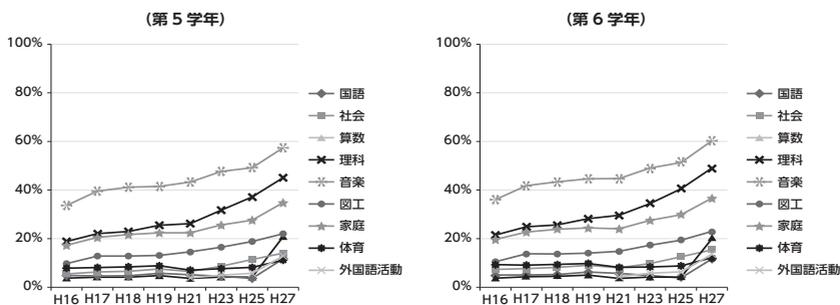


図 1 教科等の担任制の実施状況 (平成 27 年度計画) (文部科学省, 2016)

小学校高学年において, 教科担任制を導入することは, 様々な課題を抱える学校現場においては有効な手立てである。しかし, その内実には検討すべき課題もある。與那嶺・吉田 (2015) が実施した平成 26 年度の調査では, 沖縄県の公立小学校の総数 197 校中 180 校 (91.4%) で全国平均より多く理科専科が配置されていたが, 63.3% の学校で教務主任が理科専科となっているなど, 内容の吟味が必要である。

次期学習指導要領においては、小学校第1学年、第2学年における生活科と第3学年以降の理科との接続が明確に示されている。また、第3学年から始まる理科の授業内容の充実が、高学年における理科の充実には欠かせない。小学校教育課程全体を視野に入れた教科指導の充実が必要とされているなかで、理科授業を苦手とする教師への支援を行うこと抜きには、教師の指導力向上という根本的な課題の解決はあり得ない。そのため、理科授業を苦手とする教師へ支援は焦眉の課題である。

このように小学校教師が直面する現状は、小学校理科に関して考えるならば、教師個々が苦手と感じている教科指導を克服することが課題とされている中で、主体的・対話的で深い学びの実現という、更に高度な授業の実現を求められているのである。教師個々の力量を高めること、そして、社会の要請に応える授業展開を追求することは、教員研修における課題でもある。

しかし、現在、教育センター等で行われている理科の教員研修や理科の研修に関する研究は、観察・実験を主題としたものが多い。これらの研修や研究に関する研究は観察・実験を上手に行うためのスキルを養うという意味において一定の成果を果たしてきたが、教授・学習プロセスの熟達を目指した研究は皆無に近い。

ところで、都内K区では、経験年数が概ね5年以下の小中学校教員を対象に授業改善の為に支援を行っている(事業名:「授業改善支援チーム」)<sup>3)</sup>。この「授業改善支援チーム」事業は、1名の教師(原則として希望者)に年間3回の授業研究会を行い、授業改善を促すことを目的として平成24年7月から実施されている希望者向けの研修である。この事業での授業研究会には、大学教員、学生、指導主事、管理職らが参加し、チームとして授業改善に向けた研究協議を行う形をとっている。筆者のうちの一人は平成25年度から、都内K区の「授業改善支援チーム」事業に携わってきた。

本研究は、この授業改善支援事業を通して経験が浅い教師の理科授業デザインを支援するシステムについて考察するものである。

## 2. 研究の目的

本研究では、「理科授業デザイン支援システム」の開発を試みる。その為に、子どもの科学概念構築を促す授業デザインに資するものとして、子どもの自己調整学習を促すために開発し、試行してきた理科学習ガイドの構成要素を基に、教授・学習プロセスマップを考案した。教授・学習プロセスマップとは、文字通り、理科学習における「教師の教授活動」と「子どもの学習活動」の相互連関のプロセスを構想するためのものである。

そして、都内 K 区において授業改善事業として行われている授業研究会において、プロセスマップを適用し、その有用性について考察することとした。同時に、授業研究会全体を理科授業デザイン支援システムとして位置付けることを試みることにした。

### 3. 教授・学習プロセスマップの開発

本研究では、教授・学習プロセスマップに記載すべき要素として「子どもの考え」「教師の手立て」「活動の流れ」を取り入れることにした。教授・学習プロセスマップ作成の根底にあることは、子どもの学習を「素朴な考えから新たな考えへと更新していく過程」であると捉えることや、教師の教授過程を「子どもの学習実態を捉え、教授ストラテジーの使用について判断を下して教授スキルを発揮する過程」であると捉えることである。即ち、教授ストラテジーと教授スキルの具体化を目指し、理科授業全体を「教師の教授活動調整モデル」として省察するために活用できるものとしての「教授・学習プロセスマップ」の開発を目指した。以下にこれらについて順を追って説明する。

#### 3.1 子どもの学習過程

理科授業の目的は、子どもの科学概念構築にある。本研究では、理科学習における子どもの科学概念構築について、図2（小野瀬，2017）のように捉えた。即ち、子どもが学習問題を解決したり、自然事象と関わったりすることによって、当初もっていた素朴な考えを、より構造化され（子どもなりの）新たな科学概念に更新するというのである。

また、構造化され質的に優れた科学概念とは、子どもが初めて出会う事象に対する適用可能性、すなわち「活用できる」「応用できる」といった認知的な知識の状態といい換える事ができる。新しい学習

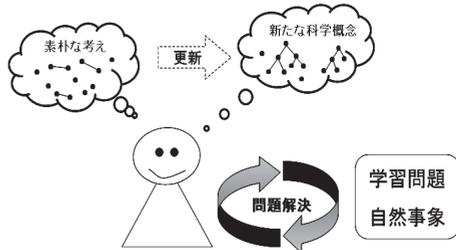


図2 新たな科学概念の構築

指導要領では、こうした状況にある子どもを『理科の見方・考え方』を自在に働かせ、自然の事物・現象に関わることができる児童』（文部科学省，2017）と指定し、更新のプロセスの重要性を指摘している。こうした、科学概念の獲得には、能動的、構成的な学習プロセスが必須である。子どものアクティブ・ラーニングによる科学概念の構築とは、正に上述の能動的、構成的な学習プロセスにより獲得され得るものであり、深い学びを実現させる為に欠かせないプロセスである。

### 3.2 子どもの学習過程の捉え

2000年の中央教育課程審議会答申のキーワードの一つである「指導と評価の一体化」は、その概念が教育現場にも定着している。この概念は、教師の授業における即時的評価、即ち形成的評価への注視と言い換えることができる。「形成的評価とは、授業中に教師と学習者がフィードバックを受け取り、学習者が意図された学習成果を達成できるように、現在行っている授業と学習を調整するプロセスである」(P.グリフィンら, 2014)。

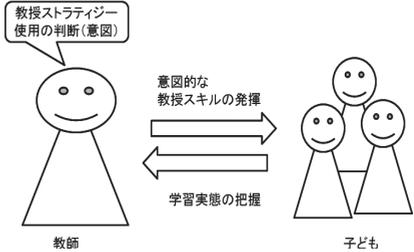


図3 理科授業での教師の判断行動モデル

小野瀬は、上述の考えに基づき、図3のように、子どもの科学概念構築を支援する教授・学習過程をモデルで表した(小野瀬, 2015:20)。即ち、教師が子どもの学習実態を把握して、子どもの科学概念構築を意図して教授ストラテジーを選択し、具体的な教授スキルとして発揮する様子として捉えたものである。

また、表1は、図3における教授ストラテジー及び教授スキルを具体的に示したものである(小野瀬, 2015:22)。教授ストラテジーと教授スキルは、ある程度、対応すると考えられるが、これらの関係は学習の文脈に依存するので、使われる頻度がおおよそ近いと思われるものの位置に配置されている。もちろん、授業は予定調和的に進行するものでは無いので、状況によって順序等が異なるのは当然である。

表1 教師の判断行動分析の視点

教授ストラテジー	教授スキル	
	教師の活動(行動, 思考・判断) レベル	子どもの活動レベル
顕在的カリキュラムと授業計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>・学習目標を立てる</li> <li>・評価基準, 評価計画を設定する</li> <li>・授業計画を立てる</li> </ul>	
子どもの学習実態の把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>・子どもの考えを繰り返し言う</li> <li>・子どもの考え(表現)を言いかえる</li> <li>・子どもの考え方を具体的に演示してみる</li> <li>・対照的な考え方を提示する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・子どもに考えを表現させる</li> <li>・学習や経験と関連付けて表現させる</li> </ul>
子どもの考えの引き出し	<ul style="list-style-type: none"> <li>・子どもの考えを選別する</li> <li>・子どもの考えの価値を見出す</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モデルや比喩的な表現をさせる</li> </ul>
子どもの考えの顕在化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コミットメント, プリコンセプション, ミスコンセプションを発見する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・グループで考えを構築させる</li> </ul>
子どもの考えの再認	<ul style="list-style-type: none"> <li>・エピソードや考えが共有できるものか判断する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・クラスで考えを構築させる</li> <li>・自分なりの論理を表現させる</li> </ul>
知識共有化の促進	<ul style="list-style-type: none"> <li>・考えの創造を支援する</li> <li>・意図的な情報提供をする</li> <li>・視点の転換や議論の焦点化をする</li> <li>・個々の考えをグループで共有する</li> <li>・グループ毎の考えをクラス全体で共有する</li> <li>・子どもの考えの履歴を抽出する</li> <li>・子どもの論理の修正, 補強, 拡大をする</li> <li>・知識を導入, 補強する</li> <li>・新たな疑問を導出する</li> </ul>	
学習の振り返り		

### 3.3 教師の教授活動調整モデル

図4は、「新たな科学概念の構築(図2)」及び「理科授業での教師の判断行動モデル(図3)」の視点を踏まえて、理科授業全体を「教師の教授活動調整モデル」として示したものである。

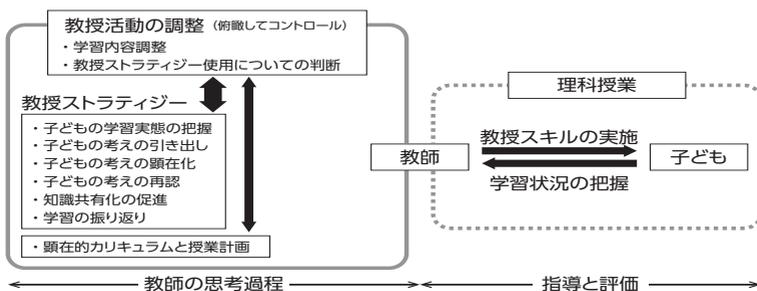


図4 教師の教授活動調整モデル(小野瀬, 2010)

図4の「教師の教授活動調整モデル」は、「理科授業での教師の判断行動モデル」における教師の教授ストラテジー使用の判断と教授スキルの使用について、その内実のモデル化を試みたものである(小野瀬, 2010:21)。教師は、子どもの科学概念構築を実現させるために、子どもの学習状況を把握し、顕在的カリキュラムと授業計画を参照しながら適宜、教授ストラテジーを教授スキルとして実施するということをこのモデルは表している。

### 3.4 教授・学習プロセスマップ

3.1 から 3.3 における議論を踏まえ、理科授業全体を「教師の教授活動調整モデル」として省察するために活用できるものとして、理科学習の教授・学習プロセスマップを開発することとした。その際に、これまでに筆者らが子どもの自己調整学習の様態をモニタリングするために用いてきた図5に示すゴーウィン(Gowin, D. B.)の認識論的Vee地図を踏まえた「理科学習ガイド」(小野瀬・佐藤・森本, 2012)を援用することにした。

この「理科学習ガイド」を援用する意図とは、自身の活動を把握(モニタリング)し、調整(コントロール)することにある。どのような情報を念頭において自分の予想や仮説を考えたり、それらに基づく「行為」を実際に行うべきか考えたりしていくことは、能動的で意図的な「学習」活動も意図的で目的的な「教授」活動も同様である。「自分の考えや予想・結果の解釈」といった子ども自身の考えを中

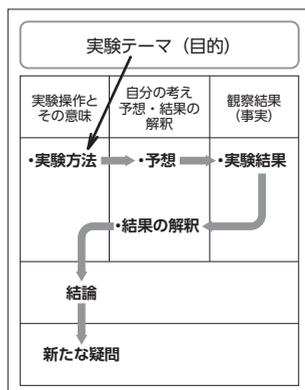


図5 理科学習ガイドの構成要素

心に事実や活動の意味を往還させながら振り返ることは、「教師の手立て」を中心に据え、「子どもの考え」や「活動の流れ」を往還させて、教授活動を省察することに類似しており、先行研究での成果が生かせると想起できた。

また、図6に示す教授・学習プロセスマップ（以降本文では、プロセスマップと略記する）は、理科授業の構想過程を図6の①～③のプロセスの連鎖として捉えている。このプロセスマップを用いて学習指導案を分析することにより、教師が意図する授業での「子どもの考えの変容過程」とそれを想定した「具体的な手立て（教授スキル）」を読み取ることが可能であると考えた。更に、授業構想もプロセスマップ上に表すことで、授業者に提案することとした。

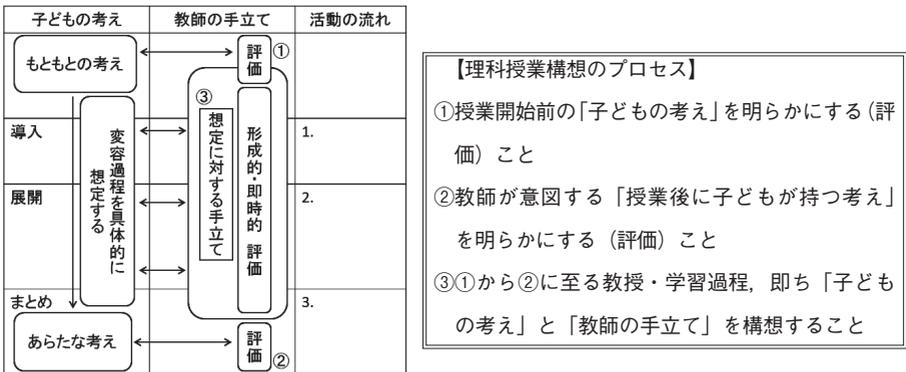


図6 教授学習プロセスマップ

#### 4. 実践の概要と分析

##### 4.1 授業研究会における実践のデザイン

前述の授業改善支援チーム事業における適用を前提に、図7に示す「理科授業構成支援システム」を構想した。このシステムの時系列的な説明を以下に示す。

- I 授業者による単元および本時の授業構想（学習指導案の作成）
- II（支援者による）教授学習プロセスマップの作成（教師の意図の可視化）
- III 授業の実施
- IV 授業研究会の実施（授業及び授業後の研究協議会）

※研究協議は授業者、大学教員、教育委員会指導主事、管理職、学生で構成

また、1人の教員に対して授業研究会が3回行われるので、各回の内容は表2のよう設定した。

学習指導案の形式は各学校や研究会のものを使用することを基本とした。ただし、授業者がプロセスマップの形式で第2回目以降を構想することを希望する場合には、支援者がプロセスマップを作成することはせず、授業者が作成したものをもとに研究協議に

臨むこととした。

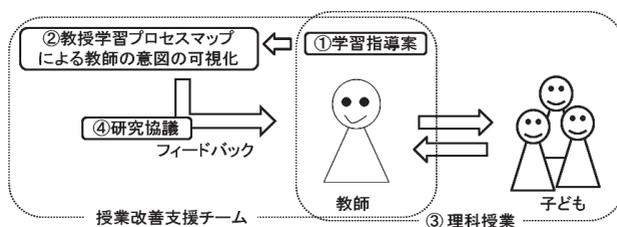


図7 理科授業構成支援システムの概要

表2 理科授業構成支援システムの内容

回数	実施内容
第1回	授業の実施。実施された授業の教授学習プロセスマップを使用した検討。第2回の授業に向けた課題の確認。(授業者は教授学習プロセスマップはこのとき初見)
第2回	授業の実施。教授学習プロセスマップを使った授業デザイン分析と実施された授業内容の検討。第3回の授業に向けた課題の確認。
第3回	教授学習プロセスマップを使った授業の構想と実施についての検討。成果と課題の確認。

## 4.2 授業者の授業デザインの変容と分析

以下では、2015年に実施した授業改善支援チーム事業での研究授業を事例とし、授業者の授業デザインの変容を示す。提示の仕方は、各回の授業研究会について、①では授業研究会が行われた日時と指導単元を示す。②では、提出された学習指導案のうち、本時の展開部分と必要に応じて板書計画など、指導者がどのように授業展開をしようとしたか、その意図が分かる内容を追加することとした。③では、提出された学習指導案をもとに作成したプロセスマップとその分析である。なお、実際のプロセスマップは手書きであり、文字や図の表記については、以下のように色分けすることで、授業者に提示した。(本稿では、網掛けの有無で区別した。)

青色(図9, 図11, 図13では網掛け無): 学習指導案に書かれたものをそのまま写した部分

赤色(図9, 図11, 図13では網かけ): 支援者が付け加えた部分

### (1) 第1回授業研究会

①実施日時: 2015年9月

実施単元: 小学校第4学年単元「わたしたちの体と運動」全7時間 本時1/7

②提出された本時案における目標・展開・板書計画: 図8に示す通りである

6 本時の指導 (1/7)

(1) 目標

人の体の、骨、関節、筋肉について、興味・関心をもち、課題をもつ。

(2) 展開

(3) 板書計画

次時	○学習活動	★指導上の留意点 ※準備するもの	◇評価
1 次 (本時)	○学習のめあてをもつ。 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">人のうでは、どのように動くのだろう。</div> ○模型と腕相撲を行い、模型と人の腕の違いについて考える。 ○人と模型の腕とのちがいをノートに書き、発表する。 ○腕を動かす仕組みについて予想する。 ○人の体の、骨、関節、筋肉について問題を見いだす。 ・骨と筋肉は腕の中のどこにあるのだろう。 ・関節はどこにあるのだろう。いくつあるのだろう。 ・筋肉はどのように動いているのだろう。 ○次時の学習の見通しをもつ。	※腕の模型 ★模型との比較を表にまとめる。 ★腕を動かすことに関係のある項目に着目させる。 ★骨、関節、筋肉の用語をおさえる。 特に、体の曲がる部分を「関節」と呼ぶことを確認する。 ◇関心・意欲・態度① (行動観察・ノート)	

人のうでは、どのように動くのだろう。		
○もけいのうでと、人のうではどこがちがう。	人	○人の体の骨、筋肉、関節について調べてみたいこと。
もけい	骨がある	・骨と筋肉は腕の中のどこにあるのだろう。
・ぐにゃぐにゃ	・かたい	・関節は何個あるの。
・骨がない	・自分で動かせる	・関節はどこにあるの。
・ひじがない	・ひじが逆には回らない	・筋肉はどう動いているの。
・どこでも曲がる	・筋肉がある	
・筋肉がない	・やわらかい	
・やわらかい	・関節がある	
・関節がない		

図8 第1回授業の本時案における目標・展開・板書計画

	子どもの考え	教師の手立て	活動の流れ
導入	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">人のうでは、どのようにうごくのだろう</div>		・学習のめあてをもつ
展開	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">                     板書計画から                      模型のうでと人のうでは、どこがちがう                      模型 人                      ・ぐにゃぐにゃ ・骨がある                      ・骨が無い ・かたい                      ・ひじが無い ・自分で動かせる                      ・どこでも曲がる ・ひじが逆には回らない                      ・筋肉が無い ・筋肉がある                      ・やわらかい                      ・関節が無い ・関節がある                 </div>	・模型との違いを表にまとめる  ・腕を動かすことに関係のある項目に着目させる。	・模型と腕相撲を行い模型と人の腕の違いについて考える ・人と模型の腕との違いをノートに書き発表する。  ・腕を動かす仕組みについて予想する。
まとめ	・骨と筋肉は腕の中のどこにあるのだろう。 ・関節はどこにあるのだろう。 ・筋肉はどのように動いているのだろう。	・骨、関節、筋肉の用語をおさえる。 特に、体が曲がる部分を「関節」と呼ぶことを確認する。	・人の体の骨、関節、筋肉について問題を見出す。  ・次時の学習の見通しをもつ。

図9 第1回授業のプロセスマップ

③プロセスマップとその分析

第1回授業のプロセスマップを図9に示す。図8の学習指導案(本時案)と板書計画を基にして作成した図9のプロセスマップに示されているように、授業者は授業の導入において学習の前提となる学習問題に対する「子どもの保持している考え」を想起せずに「学習のめあて」を子どもに提示しようとしていることが読み取れる。つまり、授業の前提となっているのは、発問「模型のうでと人のうでとは、どこがちがう?」という教師の発問に対

する子どもの反応のみである。この発問に対する子どもの反応を受けて授業者は、教師の手立てとして「模型と人のうで」の違い（子どもの気づき）を表にまとめ、その子どもの気づきを基に「腕をうごかすことに関係のある要因」に着目させようとした。このことから教師の授業展開の意図が読み取れる。そして、授業のまとめの段階において、子どもは「骨」や「筋肉」といった学習のキーワードに関する疑問をまとめ、教師は「関節」という新たな知識を教える（導入する）という授業展開となっていた。

授業者の授業構想においては、想定される授業展開の具体的方略が複数存在していたかもしれないが、これらのことは学習指導案上で具体的に明記されていない。また、上述の通り、学習問題に対する「子どもの保持している考え」を想起せずに学習指導計画の作成をすることから、「子どもの考えを引き出す」→「焦点化する」等の学習を動機づける教師の手立てに課題があることが、第1回授業のプロセスマップの作成を通して、浮き彫りとなった。

6 本時の指導 (4 / 6)

(1) 目標

空気の体積の変化について、温度と関係付けながら自分の考えを表現できる。  
また、空気は温めると体積が増え、冷やすと体積が減ることを理解している。

(2) 展開

(2) 第2回授業研究会

①実施日時：2015年11月

実施単元：小学校第4学年単元「ものの温度と体積」  
全6時間 本時4/6

②提出された本時案における目標・展開：図10に示す通りである

③プロセスマップとその分析  
第2回授業のプロセスマップを図11に示す。図10の学習指導案の「(2)展開」に記載された「○学習活動」、及び「★指導上の留意点」を基にして考えると、本時(4時間目/全6時間)の学習活動は、前時までの学習活動や日常経験等に由来する知識や概念

次時	時	○学習活動	★指導上の留意点 ◇評価	※準備するもの
第1次	4 (本時)	○学習課題、予想を確認する。  空気、温めたりひやしたりすると、体積が変わるだろうか。		
		○それぞれの班の実験方法を 確認する。 ・試験管に石鹼水で膜をはって調べる。 ・三角フラスコに石鹼水で膜をはって調べる。 ・ガラス管やろうとを使って調べる。  ○空気を温めたり冷やしたりして、その変化を記録する。 ・結果を、ノートと写真で記録する。  ○結果を共有する。 ・温めると膜がふくらんだ。 ・冷やすと、膜が縮んだ  ○結果から考察する。 ○試験管の口を下向きにして、空気を温め、体積が大きくなることを確認する。  ○結論をまとめる。	※試験管、三角フラスコ、ピーカー、ろうと、ガラス管、石鹼水、シャーレ、お湯(60℃)、水  ★火傷をしないよう、お湯の扱いには十分注意させる ※デジタルカメラ ◇技能②(行動観察・ノート) ※プロジェクタ  ★どの方法でも、温めると体積が増え、冷やすと体積が減ることを確認させる。  ◇思考・表現②(発言・ノート) ★空気が上昇したのではなく、体積が大きくなっていることを確認する。	
		空気、温めると体積が大きくなり、ひやすと体積が小さくなる。 空気の温度が変わると、体積が変化する。 空気の体積の変わり方は、水に比べて大きい。	◇知識・理解② (発言・ノート)	

図10 第2回授業の本時案における目標・展開

(以下、「日常知」と記す)を前提にしたものと考えることができたため、図11のプロセスマップでは、前時までの学習活動や日常知を組み入れて表記することとした。

この本時案提出の時点で作成したプロセスマップに子どもの考えの変容過程とそれに伴う教師の手立てといった情報を加え、理科授業のプロセスを提示することで、授業実践後の協議会では以下の内容を説明した。

- 図や絵を用いて説明すること (即ち、小学校学習指導要領解説理科編 p.34 の記載事項) の重要性に関すること
- 記入した絵は、子どもが持つイメージであり、このように表現することで、考えを共有したり、検討したりし易くなること
- 子どもが持つイメージに対する具体的な手立てを考える事が大切であること
- 導入から展開にイメージをつなぐこと
- 子どもの考えを意図する方向に変容させていくための具体的な手立てを構想すること

この「ものの温度と体積」の学習で子どもは、目に見えない空気の影響や収縮に関するイメージを子どもなりに絵図で表現させることが多い。図11のように子どものイメージ図を授業展開の中に組み入れたプロセスマップを提示することで、授業者は構想すべき情報とその意図が十分に理解することができていた。

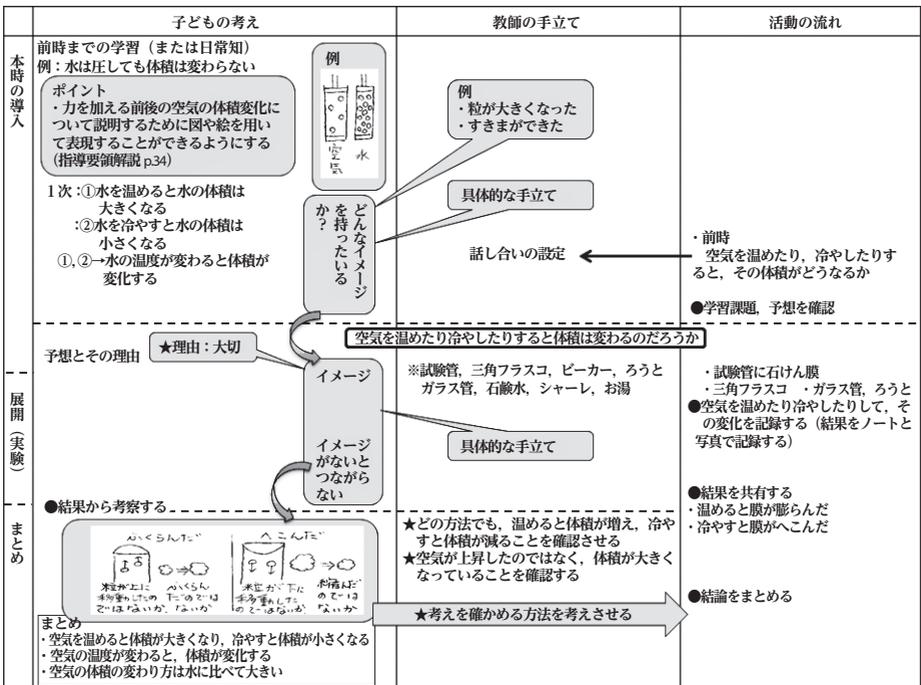


図11 第2回授業のプロセスマップ

### (3) 第3回授業研究会

①実施日時：2016年2月

実施単元：小学校第4学年単元「すがたを変える水」全8時間 本時7/8

②提出された本時案における目標・展開：図12に示す通りである

7 本時の指導 (7/8)			
(1) 目標			
<p>水が氷になることについて、温度と関係付けながら自分の考えを表現できる。また、水は0℃で氷に変化し体積が増えることを理解している。</p>			
(2) 展開			
	●児童の考え	★教師の手立て ※準備するもの	○活動の流れ
本時の導入	●前時までの学習		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>水は、冷やすと氷になる。(冷凍庫で水から氷にしている)</li> <li>水を冷やすと、水の体積は小さくなる。</li> </ul> <p>(既習事項)</p>		
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">                     水は、どのくらいの温度まで冷やすと氷になるだろうか。                 </div>		
展開(実験)	●予想とその理由		○学習課題・予想を確認
	<ul style="list-style-type: none"> <li>0℃に冷やすと氷になる。</li> <li>5℃くらいからだんだんこおる。</li> <li>0℃か1℃くらいでこおる。</li> <li>0℃より低くなったら氷になる。</li> <li>マイナス50℃</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>★0℃より低い温度の眺め方「れい下何度」「一何℃」を知らせる。</li> <li>★冬の寒い日に氷を見かける時、気温がどのくらいか思い起こさせる。</li> <li>★水が凍っていく様子をイメージさせる。</li> <li>★「寒報」について知らせる。</li> <li>★「冷却始め」「0℃近く」「-5℃」近くの氷の様子を写真で記録する。</li> <li>※水、氷、食塩、試験管、ピーカー、温度計(ストロー片)、ガラス棒、ストップウォッチ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○実験方法を考える。試験管、ピーカー、水、冷凍庫、氷、保冷剤...</li> <li>○試験管に入れた水を冷やし、氷の様子と温度を記録する。</li> <li>・氷の様子を付箋紙に、温度を表に記録する。</li> <li>・「冷却始め」「0℃近く」「-5℃」近くの氷の様子を絵図でも記録する。</li> </ul>
まとめ	●結果から考察する。	★時間・温度・氷の様子をふり返ることができるよう、冷却時間と氷の状態とを対比できる表の整理をする。	○結果を共有する。
	<ul style="list-style-type: none"> <li>自分は、0℃になると氷になると思っていた。予想通り0℃から氷になった。</li> <li>自分の予想では、氷の温度は0℃だと思っていたけれど、そのあとまだ温度が下がることが分かった。</li> <li>氷になると、水のときより2mmくらい体積が増えていた。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>★予想と比べてどうだったか、事実に基づいて考察させる。</li> <li>★「冷却始め」「氷になったとき」の体積の変化についても、目を向けさせる。</li> <li>★自分なりに考察したことを、表やグラフをもとに説明させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○完全に凍るまでは0℃のまま。</li> <li>○全部凍ると温度が下がる。</li> <li>○体積が増える。</li> <li>○結果から考察したことを、説明する。</li> <li>○学習のまとめをする。</li> </ul>
	・水は温度が0℃くらいでこおり始め、全部の水がこおるまで温度は変わらない。水全体がこおると、温度はさらに下がっていく。水が氷になると体積が増える。		

図12 第3回授業の本時案における目標・展開

③プロセスマップとその分析

第3回授業のプロセスマップを図13に示す。第3回授業研究会の前に授業者から授業改善支援チーム事業の関係者に送付された学習指導案は、第2回授業研究会で授業者と共に検討したプロセスマップの考え方に沿ったものであった。具体的には、子どもの考えが

どのように変容するかを事前に授業者が想起し、子どもの論理展開に無理が生じないように「教師の手立て」が具体化され示されていた。即ち、授業での「教師と子どもとの対話」を明確に意識しながら授業展開を構想することができるようになってきたといえる。実際の授業実践場面で、授業者が予め想起したような展開で「教師と子どもとの対話」が生じるか否かは問題ではない。むしろ、子どもの考えの変容における論理構成を考え、そのための学習活動のストーリーを組み立てたということに、意味があるのである。

例えば、「●予想とその理由」の場面では、「水はどれくらいの温度まで冷やすと氷になるのだろうか」という本時の学習問題の予想を立てさせる場面において、子どもの経験から知っている日常地を教師が把握するために「冬の寒い日に氷を見かける時の気温」「水が凍っているときのイメージ」を想起させている。即ち、考えを明確化させるための手立てを立案している。子どもの学びにそくした学習指導がシミュレートできてきていることの証左として、この学習指導案は意味あるものとなった。

	子どもの考え	教師の手立て	活動の流れ
導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>●前時までの学習                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・水は冷やすと氷になる (冷蔵庫で水から氷にしている)</li> <li>・水を冷やすと、水の体積は小さくなる (既習事項)</li> </ul> </li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・学習のめあてをもつ</li> </ul>
	<b>水はどのくらいの温度まで冷やすと氷になるだろうか</b>		
展開	<ul style="list-style-type: none"> <li>●予想とその理由                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・0°Cに冷やすと氷になる</li> <li>・5°Cくらいからだんだん凍る</li> <li>・0°Cか1°Cくらいで凍る</li> <li>・0°Cより低くなったら氷になる</li> <li>・マイナス50°C</li> <li>・初めはシャーベットみたいになる</li> <li>・上から凍る</li> <li>・冷蔵庫だと外から見えない</li> <li>・氷になっていく様子を観察したい</li> <li>・水で冷やす (試験管、ビーカー、水、冷蔵庫、保冷剤…)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・(0°Cより低い温度の読み方「れい下何度」「何°C)を知らせる</li> <li>・冬の寒い日に氷を見かける時、気温がどのくらいか思い起こさせる</li> <li>・水が凍っていく様子をイメージさせる</li> <li>・「寒剤」について知らせる</li> <li>※水、氷、食塩、試験管、ビーカー、温度計(ストロー片)、ガラス棒、ストップウォッチ</li> <li>・「冷却はじめ」「0°C近く」「-5°C」近くの水の様子を写真で記録する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●学習課題・予想を確認</li> <li>●実験方法を考える</li> <li>実験                             <ul style="list-style-type: none"> <li>●試験管に入れた水を冷やし、水の様子と温度を記録する</li> <li>・水の様子を付箋紙に、温度を表に記録する</li> <li>・「冷却はじめ」「0°C近く」「-5°C」近くの水の様子を絵図でも記録する</li> <li>●結果を共有する</li> </ul> </li> </ul>
まとめ	<ul style="list-style-type: none"> <li>●結果から考察する                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・自分は0°Cになると水になると思っていた。予想通り0°Cから氷になった。</li> <li>・自分の予想では氷の温度は0°Cだと思っていたけれど、そのあともまだ温度が下がることが分かった。</li> <li>・氷になると水のときより2mmくらい体積が増えていた</li> <li>・水は0°Cくらいで凍り始め、全部の水が氷るまで温度は変わらない</li> <li>・水全体が凍ると、温度は更に下がっていく</li> <li>・水は氷になると体積が増える</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・時間・温度・水の様子を振り返ることができるよう冷却時間と水の状態とを対比できる表の整理をする</li> <li>・予想と比べてどうだったか、事実在即して考察させる</li> <li>「冷却はじめ」「氷になったとき」の体積の変化についても目を向けさせる</li> <li>・自分なりに考察したことを表やグラフをもとに説明させる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●結果から考察したことを説明する                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・0°Cくらいで凍り始める</li> <li>・完全に凍るまでは0°Cのまま</li> <li>・全部凍ると温度が下がる</li> <li>・体積が増える</li> </ul> </li> </ul>

図 13 第3回授業のプロセスマップ

## 5. 研究のまとめと今後の課題

本研究では、都内K区の「授業改善支援チーム」事業での授業研究会を事例として、プロセスマップを用いた学習指導案の分析を試みた。これらの分析の結果は、授業者にフィードバックするとともに、授業改善の提案、次の授業の実施、授業後の振り返り（所謂、授業後の研究協議）を実施し、分析の結果についても再度検討した。さらに、本研究では、こうした活動全体を子どもの学びを有意味にさせていくための教授システムとして組み込むことで、理科授業デザイン支援システムの開発を試みた。

図13は、理科授業デザイン支援システムの一連の流れを表したものである。この理科授業デザイン支援システムは、以下の①～③のように展開される。

- ①授業実践を授業者である「教師の意図」、授業の効果としての「子どもの学習」、授業における教師の意図と子どもの相互連関の視点から捉える。
- ②上記の3つの視点は同時に分析の視点であり、これらの関係を示すために授業実践の内容を「教授学習プロセスマップ」としてまとめる。
- ③「教授学習プロセスマップ」を授業者にフィードバックするとともに、実践後の研究や協議に活用する。

教授学習プロセスを可視化することで、授業実践後の研究協議会での議論の活性化や授業者の省察活動の精緻化が見込まれる。このシステムを運用していくことで、教員の理科指導力の向上を図る。

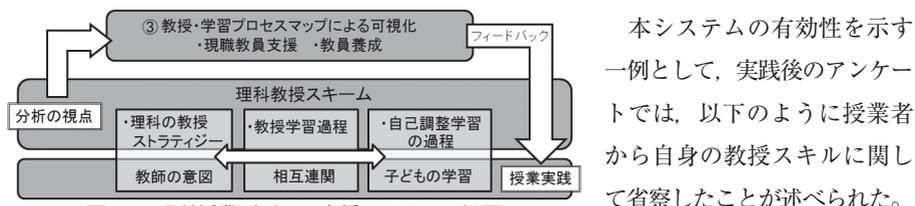


図14 理科授業デザイン支援システムの概要

- これまでの指導案作成よりも時間がかかるが、終わってからふり返ると、その分、事象や教材について理解が深まった。
- 子どもがどんなイメージをもつかを考えることによって、どう指導すればよいか見通しをもつことができた。

1.2における授業者の授業デザインの変容と分析から、本研究で提案するシステムを運用していくことで、教師の理科授業デザイン支援に有効に用いられる可能性があることが示唆された。今後の研究の方向性と課題として、既存の研修制度の枠組みを使った図14に示したシステムの検証ではなく、このシステムの運用を中心とした研修を設計

して実施したい。また、教員養成課程における学生の「授業づくり」に対する支援としての教授・学習プロセスマップの活用も目指したい。

附記 本研究は JSPS 科研費 15K04513,16K04675 の成果の一部である。

## 註

- (1) 例えば、科学技術振興機構理科教育支援センターが行った「平成 22 年度小学校理科教育実態調査及報告書」によれば、小学校学級担任として理科を教える教師の約半数は理科の指導に苦手意識を感じている。特に教職経験 10 年未満の教師においては、その割合が高い(教職 5 年未満: 49.7%, 5 年以上 10 年未満: 45.9%, 10 年以上 20 年未満: 41.5%)。
- (2) 教員の得意分野を生かして実施するもの、中・高等学校の教員が兼務して実施するもの、非常勤講師が実施するものなどを含む。
- (3) 都内K区では、若手教員(原則採用 2 年目から 6 年目の教員)の授業力を高めるため、教員養成系大学の教授らで構成する「授業改善支援チーム」を小中学校に派遣している。

## 引用文献

- 中央教育審議会 (2016) 「幼稚園, 小学校, 中学校, 高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について (答申)」
- P. グリフィン・B. マクゴー・E. ケア編 (2014) 『21 世紀型スキル』三宅なおみ監訳, p.123, 北大路書房
- 教育課程審議会 (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)」文部科学省
- 文部科学省 (2014) 「初等中等教育における教育課程の基準等の在り方について (諮問)」文部科学大臣諮問
- 文部科学省 (2016) 「平成 27 年度公立小・中学校における教育課程の編成・実施状況調査」, p.13
- 文部科学省 (2017) 小学校学習指導要領解説理科編, p.14
- 小野瀬倫也・佐藤寛之・森本信也 (2012) 「理科授業において子どもが抱く疑問とその特徴に関する研究: 認識論的 Vee 地図を踏まえた理科学習ガイドの改良と分析」, 理科教育学研究, Vol.53, No.1, pp.13-27, 日本理科教育学会
- 小野瀬倫也 (2015) 「理科授業における教授スキルの分析と検証」臨床教科教育学会誌, Vol.15, No.3, p.20, 臨床教科教育学会
- 小野瀬倫也 (2017) 「子どもが自己調整的に進める授業」『理科授業をデザインする理論とその展開』森本信也編著, pp.176-194, 東洋館出版社
- 與那嶺拓誠・吉田安規良 (2015) 「沖縄県の公立小学校における理科専科教員配置状況」『日本理科教育学会九州支部大会発表論文集』, pp.12-15