

物質概念の形成における「粒子」的な見方・考え方を重視した授業研究

—小学校第5学年「物の溶け方」を事例として—

佐藤 慎・小川哲男

はじめに

新学習指導要領が告示され、理科の学習内容構成に、科学の見方や考え方の基本的な柱の一つとして「粒子」が位置付けられた。物質についての粒子的な理解を深めていくには、小学校から中学校、さらに高等学校までの各学校段階に即して、系統的な指導が求められる。特に、小学校においては、原子、分子、イオンなどの概念を指導することは必要ではないが、子どもが溶解などの現象を科学的に説明する際に、「粒」をモデルとして考え表現することは、通常の授業において多く見られることである。すなわち、子どもは「粒」のモデルを使用することによって、様々な自然事象を実感を伴って説明し理解できるのである。

このような物質概念の形成は「粒子」的な見方や考え方を重視した授業展開によって実現される。そのためには、子どもが自らの体験や経験、実験を通して、実感を伴いながら物質概念を形成していくといった構成主義的な視点からの理科授業の構築が課題となる。しかも、このような理科授業が効果的に展開されるためには、絶えず子どもの多様な表現活動に着目した授業設計とそのモニタリングが必要となる。

本研究においては、新学習指導要領理科編に新たに示された「粒子」的な見方や考え方について、理論的な検討を行う。

また、小学校第5学年「物の溶け方」を事例としながら、構成主義的な視点に立った単元構成を工夫し、子どもの学習過程に見られる表現に着目し、その内容のモニタリングを位置付けた授業計画の構想プランを提案する。

1 物質概念の形成における粒子的な見方・考え方の育成

(1) 物質の「粒子」的な見方・考え方の実態

物質や現象の原因を探っていくと、そこには粒子レベルの活動が確認される。最近ではその粒子の活動をわかりやすく簡略化、拡大化し、映像として伝えることによって「粒子」という存在自体は一般に広く認められるようになってきた。しかし、我々大人であっても、ミクロの世界にある粒子を普段の生活の中で物質と直接結び付けて考えることはあまりない。また、その分子や原子に関しては直接目にすることができないものであり、実際のところは理解できない未知の領域である。

片平(2008)は、このミクロの世界に存在する「粒子」にかかわる子どもの考えについて、次のように指摘している。¹⁾

①粒子そのものの性質について

- ・粒子の形状や大きさをイメージすることができない。粒子と生物細胞との間で混乱がある。原子核と細胞にある核との比較ができない。
- ・砂の粒を原子や分子に類似したものと捉えている。砂の粒と粒子の違いがわからない。

②巨視的性質が粒子にある

- ・動き回る粒子の様子を説明するために、目に見える性質が粒子にあるとする。溶解する、膨張する、収縮する、浮かぶ、爆発するなどの日常経験を粒子に当てはめる。

③粒子の動き

- ・粒子は加熱されたときに動く。粒子を動かしたままにするには何かが必要である。
- ・0℃になると粒子は動きを止める。
- ・空気の粒子はいつも上に向かって動く。

④粒子間の結合や力に関して

- ・物質の結合状態をイメージすることや、固体から液体、気体へ変化させる条件や方法を概念化することが難しい。

⑤粒子間の空気

- ・粒子と粒子の間が真空であるという考え方を認められない。
- ・空気はどこにでもあり、粒子と粒子の間を埋めるために使われる。
- ・粒子と粒子の間には、細菌、微生物、他の気体が存在する。

⑥粒子に擬人化された性質を付与する

粒子は生きている。

このような指摘を踏まえると、子どもは日々、日常生活で得た情報や経験を基に粒子の概念を形成し続けている。しかし、テレビなどの情報では粒子を擬人化して説明したり、拡大化して説明したりして、その情報は偏ったものが多く、それらの情報を基にして築かれた粒子概念は、実際の粒子の姿と比べると差異があるといえる。また、見えない粒子は身の回りの類似したものに頼ってイメージが作られるため、そこには粒子にはない性質が付加されたり、本来の粒子とは異なった概念が形成されることもしばしばあるといえる。

(2) 粒子概念における「粒子」の意味²⁾

今回の学習指導要領の改訂においては、粒子概念について小学校、中学校を見通した系統的な指導が求められている。したがって各学校段階を踏まえて粒子概念の扱い方について検討する必要がある。

①粒子概念で用いる「粒子」

科学的概念の要素として、「粒子」は原子・分子・イオンなどの物質の構成要素を指す。最近では液晶粒子や花粉の粒子などの語を耳にするようになったが、我々は日常生活の中で物質や現象について粒子レベルで考えを巡らせることはあまりない。しかし、「粒子」は直接目にはできないが、測定装置を用いて「粒子」の質量や集団性、活動の様子が明らかにされている。³⁾

②小学校で扱う「粒」理論と中学校で扱う「粒子」理論

小学校段階の「粒子」の取り扱いでは、原子や分子などの用語には触れずに、物質は基本的な要素の「粒子」によって構成されていること、現象はすべて目に見えない「粒子」の動きによって説明できるという見方を子どもに示すことが重要である。無論、小学校段階では「粒子」の原子、分子、イオンなどの性質までには踏み込まず、この世界にあるもの、子どもの身の回りにあるものすべてが「粒」によって成り立っているという見方を育てることが大切である。すなわち「粒子」理論の土台となる「粒」理論の構築が小学校の学習で求められている。片平は「万物の変化はうわべだけのことで、その背後には不変の本体があるということに気づかせたい。この不変の本体の重要性に触れることが、中学校で学習する原子・分子概念への布石となる。」⁴⁾と指摘している。このように、小学校段階で育てられる「粒」理論が、中学校で学習する「粒子」概念への基本的な土台となっていくことが期待されているのである。

(3) 小学校、中学校で扱う粒子概念

今回の学習指導要領の改訂にあたっては、「粒子」的な見方や考え方の育成が求められているので、小学校、中学校の各々の学校段階に即した系統的な視点から、粒子概念の内容の検討が必要である。

学習指導要領の改訂により、小学校学習指導要領に新たに粒子概念の形成を意図した内容が盛り込まれた。物質は目に見えない粒の集合によってできていることや状態や形態が変容しても、もともととなる粒子自体は変化していないことなど、粒子に関する基本的な概念を小学校段階から徐々に取り入れていくことで、中学校、高等学校で扱う学習により系統性をもたせようとするのがねらいである。

学校教育で粒子を取り扱う際には、「粒子」だけを取り出し粒子の性質を独立させて指導することは避けたい。物質や現象の構成要素としての粒子、粒子の流動は物質や現象に変化をもたらすという粒子の働きなど、物質、現象と粒子の働きの関連性に目を向けさせ、粒子を通して身の回りの変化や現象をよりよく理解できるような学習の展開が望まれる。

粒子に関する学習内容を小学校、中学校での系統性で分けて整理すると、小学校段階での「粒子」の扱いは、原子・分子・イオンなどの用語や概念は学習指導要領において扱われておらず、粒子そのものの性質などではなく、物質を構成する要素となる「粒」として存在を子ども達に理解させる学習展開が望ましいと思われる。身の回りの現象はほとんどこの粒によって説明できることや物質の変化は粒の流動であり、粒そのものは変化しないなど、粒のイメージを現象や物質の変化を説明する中で膨らませ、粒子に基本的なイメージをもたせることで、中学校での学習につながるよう配慮する必要がある。

中学校段階では、小学校で抱いた「粒」に関するイメージをより鮮明に具体化していかなければならない。片平は「物質の性質や反応に関わる多くの現象を説明する際に役立つ理論として粒子理論を活用することが大切である。以下の点について理解することが望まれる。」と述べた上で、「ア) すべての物質は粒子の集合体である。イ) 一見すると複雑な化学現象を統一的に説明するために粒子理論が活用される。ウ) 科学者は粒子理論を用いて科学研究を行っている。」⁵⁾の3つの考え方を示している。中学校段階の学習では、「粒子」に含まれる原子、分子、電子、イオンなどの素粒子は、それぞれ働いている階層が異なることを理解し、子どもが自ら粒子を用いて理論をつくることによって、粒子に関する見方を深化させていくことが望まれる。

(4) 小学校学習指導要領理科編における「粒子」的な考え方⁶⁾

小学校学習指導要領では、子どもの科学的な見方や考え方、科学概念の理解など、実生活において必要な知識や技能を定着させるために、「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」などを柱とし、子どもの発達段階を考慮して内容が構成されている。中でも「粒子」という科学の基本的な見方や概念は、「粒子の存在」、「粒子の結合」、「粒子の保存性」、「粒子のもつエネルギー」に分けられている。第5学年「A(1)物の溶け方」の内容は「粒子の保存性」にかかわる内容として、前後学年で学習する第3学年「A(1)物と重さ」、第6学年「A(2)水溶液の性質」とが関連するように位置付けられている。

新学習指導要領理科編改訂の趣旨ポイントの1つは、小、中、高等学校の化学的分野の指導内容の系統性を高めることである。例えば、第5学年の「物の溶け方」の指導を構想するとき、第3学年の「物と重さ」や第6学年の「水溶液の性質」などの内容と学年間のつながりをもたせ、さらには中学校で学習する粒子論への基礎となるような系統性を意識して学習計画を立てる必要がある。

第5学年「物の溶け方」の単元では「物を水に溶かし、水の温度や量による溶け方の違いを調べ、物の溶け方の規則性についての考えをもつことができるようにする。」⁷⁾ことが学習のねらいである。これまでの学習指導要領と同様、「物の溶け方」の学習では、実験・観察を通して物が水に溶ける量には限度があること、溶かす物や水の温度によって水に溶ける量が違うこと、水に溶ける前と溶けた後で水と溶かした物を合わせた重さは変わらないことなどが内容の基本であるが、今回の学習指導要領の改訂に伴い「粒子」に関する考え方が盛り込まれたことによって、水や溶かした物を「粒」として絵や図に表してイメージ化を図りながら学習が行われることや、この「粒」のイメージを利用して物が水に溶ける際の量的変化や質的变化に着目し、その条件や規則性を見出すことによって現象をより深く理解し、その後学習する粒子概念の基礎的思考力を養うことが期待されている。

さらに詳しく「A(1)物の溶け方」について見ていくと、小学校学習指導要領解説では、次のように示されている。⁸⁾

- ア 一定温度で、一定量の水に物を少しずつ溶かしていくと、次第に物が溶け残るようになることや、さらにその水溶液に水を加えると溶け残った物が溶けることなどを調べ、物が一定量の水に溶ける量には限度があることをとらえるようにする。
- イ 水の温度を一定にして、水の量を増やして物の溶ける量の変化を調べ、水の量が増えると溶ける量も増えることをとらえるようにする。また、水溶液の水を蒸発させると、溶けていた物が出てくることなどをとらえるようにする。さらに、一定量の水を加熱して物の溶ける量の変化を調べ、水の温度が上昇すると、溶ける量も増えることをとらえるようにする。その際、高い温度で物を溶かした水溶液を冷やすと、溶けた物が出てくることもあわせてとらえるようにする。
- ウ 溶かす前の物の重さに水の重さを加えた全体の重さと、溶かした後の水溶液の重さを測定し、物を溶かす前と後でその重さは変わらないことをとらえるようにする。

したがって、これら3つの視点をもとに溶かす物の性質と安全性の吟味、実験方法等を検討することが大切である。特に「粒子」的な考え方を柱とした授業では、絵や図、言葉や文章を駆使し、子どもの「物の溶け方」についての見方や考え方を適切な表現方法で説明できるような工夫が必要となる。

2 第5学年「物の溶け方」の指導内容の検討と授業設計⁹⁾

(1) 単元の目標と内容

新学習指導要領解説理科編では、次のように示されている。

①目標⁹⁾

(1) 物の溶け方，振り子の運動，電磁石の変化や働きをそれらにかかわる条件に目を向けながら調べ，見いだした問題を計画的に追究したりものづくりをしたりする活動を通して，物の変化の規則性についての見方や考え方を養う。

②内容 A (1) 物の溶け方

物を水に溶かし，水の温度や量による溶け方の違いを調べ，物の溶け方の規則性についての考えをもつことができるようにする。

ア 物が水に溶ける量には限度があること。

イ 物が水に溶ける量は水の温度や量，溶ける物によって違うこと。また，この性質を利用して，溶けている物を取り出すことができること。

ウ 物が水に溶けても，水と物とを合わせた重さは変わらないこと。

③学習指導要領の位置付け

(イ) 理科の学習において基礎的・基本的な知識・技能は，実生活における活用や理論的な思考力の基盤として重要な意味をもっている。また，科学技術の進展などの中で，理数教育の国際的な通用性が一層問われている。このため，科学的な概念の理解など基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着を図る観点から，「エネルギー」，「粒子」，「生命」，「地球」などの科学の基本的な見方や概念を柱として，子どもたちの発達段階を踏まえ，小・中・高等学校を通じた理科の内容の構造化を図る方向で改善する。¹⁰⁾

そして，これまでの学習指導要領の「生物とその環境」，「物質とエネルギー」，「地球と宇宙」といった3つの区分を改め，「物質・エネルギー」，「生命・地球」という2つの領域で構成し，「物質・エネルギー」の区分では，中学校との接続などを踏まえて新たに「粒子」に関する考え方を取り入れることが明記された。

このことから，第5学年の「A 物質・エネルギー」の領域では，「粒子」についての基本的な見方や概念を柱とした内容として，「A (1) 物の溶け方」を設定することとなり，第3学年の「A (1) 物と重さ」，第6学年の「A (2) 水溶液の性質」に系統性をもたせつつ，「物の溶け方にかかわる条件を制御しながら調べ，水の温度や水の量と物の溶ける量との関係や，全体の重さが変わらないことをとらえるようにする。」¹¹⁾ ための学習として第5学年「A (1) 物の溶け方」が位置付けられたのである。

(2) 具体目標¹²⁾

具体目標を下記に示す。

自然事象への関心・意欲・態度

- ▶物によって溶け方の違うことから、溶ける様子や量に問題を見いだして調べようとする。
- ▶水に溶けて見えなくなった物のゆくえを、様々な方法で調べようとする。

科学的な思考

- ▶水の量や温度によって、溶ける量が決まるという見方や考え方ができる。
- ▶物が水に溶けても重さが変わらないことから、物が保存されているという見方や考え方ができる。

観察・実験の技能・表現

- ▶溶かす前の物と水の重さ、溶かした後の水溶液の重さを正確に量り、比べることができる。
- ▶水の温度と溶ける量を数的に調べ、グラフに表すことができる。
- ▶ろ過用具、加熱器具等を、正しく安全に扱うことができる。

自然事象についての知識・理解

- ▶物が水に溶ける限度は、溶かす物や水の量、温度によって違うことがわかる。
- ▶水溶液の温度を下げたり、水溶液の水を蒸発させると、溶けていた物が出てくることがわかる。

(3) 単元について

本単元では、粒子的な考え方を柱にして学習が進められることが求められている。したがって、粒子的な考え方をもとに絵や図、言葉によってそれらを表現することのできる授業の構成を図る必要がある。そこで、物が水に溶ける限度、その温度や溶ける物によって溶ける量が異なること、物が水に溶ける前と溶けた後で重さは変わらないことなどを粒子的な考え方を取り入れながら実験によって理解し、本単元のねらいが達成できるような授業の工夫を試みた。

(4) 単元指導計画

第一次 (5時間)

1時間目

- ・身の回りの物で、水に溶けるものを考える。
- ・生活の中で物が溶けている様子を考える。
- ・食塩を水の中に入れ、溶ける様子を観察する。
- ・物が水に溶けた後の、溶けたものの行方を考える。
- ・物が水に溶けた後の、溶けた物の行方をイメージし絵図化する(実験前①)。

2時間目

- ・水に物(食塩)を溶かす実験をする。
- ・物を水に溶かした後の、水の様子を考える。
- ・物が溶けると見えなくなることや、液が透明になることを話し合う。
- ・物が水に溶けている水のことを水溶液ということを理解する。
- ・物が水に溶けた後の、溶けた物の行方をイメージし絵図化する(実験中②)。

3 時間目

- ・水溶液には、色がついているものとそうでないものがあることを理解する。
- ・物が水にとけた後の、溶けた物の行方を絵図化する（実験後③）。

4 時間目

- ・物は、水にどのくらい溶けるか調べる。

5 時間目

- ・水溶液の学習の整理とまとめをする。
- ・物が水に溶けると、重さもなくなってしまうのか考える。

第二次（略）

第三次（略）

（5） 単元構成の工夫の視点

①単元構成のサイクルにかかわる6つの因子

単元構成を行うにあたっては、子どもがどのように学習課題に取り組み、解決し、学習内容を定着させていったのかという流れを正確に捉える必要がある。特に構成主義的な考え方をもとに授業を構想する場合、子どもの学びの過程を知ることが授業を構成するための基本となる。したがって、教師が子どもの学びの過程やその自然事象に関する科学概念の構成を探ることが必要となる。すなわち、教師による単元全体を通しての子どもの学びの過程の評価が求められるのである。

この過程において行われる評価は子どもの学びを知る上で重要な役割を果たす。この評価は、子どもの表現に着目し、授業設計から始まり、授業の実施、そして反省といった一連の理科授業の流れ全体を見る概括的な視点に立つものである。この一連の過程において、子どもから発信された表現は、教師によって評価されることにより、子どもの理論の変容や概念形成にかかわる理解を進めるための大きな手がかりとして機能する。

クラクストンの単元構成にかかわる視点は、この学習と評価の関連性を検討するにあたって重要であり、具体的には、次のような6つの因子¹³⁾が示されている。

- ・ *expertise* – the unreflective execution of intricate skilled performance;
 - ・ *implicit learning* – the acquisition of such expertise by non-conscious or non-conceptual means;
 - ・ *judgement* – making accurate decisions and categorizations without, at the time, being able to explain or justify them;
 - ・ *sensitivity* – a heightened attentiveness, both conscious and non-conscious, to details of a situation;
 - ・ *creativity* – the use of incubation and reverie to enhance problem-solving;
- and
- ・ *rumination* – the process of ‘chewing the cud’ of experience in order to extract its meanings and its implications.

上記のクラクストンの6つの因子は、理科授業の構成要素として位置付けて考えることができる。森本らは、これらの因子について理科授業構築の視点に立ち、次のように整理している。¹⁴⁾

- ・専門的な熟達性 (expertise) —科学や学習支援の方法についての知識。
- ・潜在的な学習の発掘 (implicit learning) —子どもの学習にとっての意味ある情報の収集。
- ・判断 (judgement) —明確なカテゴリーに基づく判断。
- ・感受性 (sensitivity) —学習状況への細心の注意。
- ・創造性 (creativity) —子どもの問題解決向上に関わる要件の判断。
- ・反芻 (rumination) —子どもの学習支援に関わる諸決定を総合的に判断する。

さらに、森本らの視点を基にしてこれら6つの因子を単元構成の視点から授業設計—実施—反省の一連のサイクルとして捉えると、以下の図1のように表すことができる。

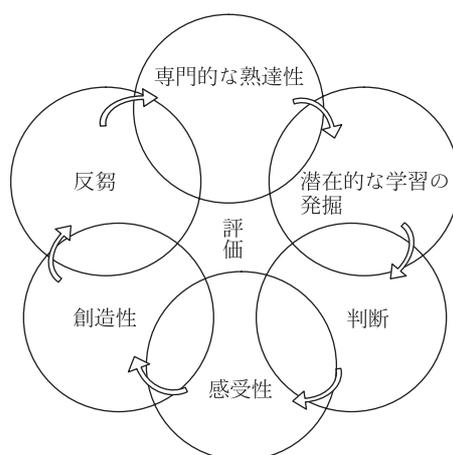


図1 評価に関する因子

これらの因子を理科授業の単元構成の具体的な視点として捉え直すと次のように整理することができる。¹⁵⁾

ア. 専門的な熟達性 (見通し)

教師がもつ科学観、学習指導要領、年間指導計画などの潜在的カリキュラムに基づいて、見通しをもって、授業の構成と評価の基準を決める。

イ. 潜在的な学習の発掘 (子どもの学習状況についての理解把握)

教師は子どもの学習実態を広範にわたり把握するため、子どもが自由に表現し伝えることのできる環境をつくる。そして言語や日常生活での経験等によって築かれた子どもの科学に対する思いを把握する。

ウ. 判断 (明確なカテゴリーに基づく指導の内容と方法についての意思決定)

子どもの学習実態をもとに、適切な発問や教材によって課題への意欲付けを図る。予想を発表し子ども同士話し合いを深める活動を行ったり、教材や教師の与える情報をもとに考えを深め、解決すべき課題を明確にし、課題追究への意欲を増進させる。ここで使用される教材は子どものイメージを具現化したり、情報を与えるために使用される。

エ. 感受性 (学習状況への細心の注意)

子どもの興味や疑問の在りかを敏感に感じ取り、即時的な対応を行う。適切な発問と教材によって子どもの疑問を課題に引き込んでいく。そのために教師には柔軟な対応が求められ、子ども

の考えを踏まえた課題設定と授業の構成が必要となる。

オ. 創造性（子どもの問題解決向上にかかわる要件の判断）

実験や観察などによって報告された結果をもとに、学習課題の解決を図る。データを踏まえて子どもが自分の言葉で表現し、子どもの科学への思いを深められるように配慮する。教師は子どもの表現に敏感に反応し、随時子どもの疑問の所在を把握しつつ、場合に応じて教材の選別や学習の方向を再構成する。

カ. 反芻（子どもの学習支援にかかわる諸決定を総合的に判断する）

子どもの反応、授業後のアンケートなどから今後の授業の方法を検討し、見通しを立てる。この見直しは同じ単元だけに限らず、次の単元にもつなげていく。

なお、この因子は広域のカリキュラムにも作用すると同時に、各単元、各授業単位でも教師が評価をする際の要素として機能する。同時に、この因子は子どもの表現活動から読み取れる学習の実態を的確に汲み取ろうとする教師の意識の存在がその前提となる。子どもの興味・関心の方向、解決された問題と課題として残された問題を一つ一つ正確に判断し、次の学習につなげる評価が求められる。そのために授業における評価は、次の段階に進む子どもの成長を系統的に捉え、子どもの自然認識の深化を子どもの表現から読み取り、学習内容を随時検討する際の評価基準としても活かされるものでなければならない。

②読解力育成の視点から見た表現力

上述したように、単元構成にあたっては、クラクストンの提起した6つの因子を採用することにより、授業設計—実施—反省の一連のサイクルに位置付けることが大切である。また、子どもの表現に着目し、この一連のサイクルを評価することも必要となる。理科教育においては、子どもなりの自然認識から科学的な認識へと高まっていく過程での「言葉」や「文字」が重要な鍵となる。しかし、PISA 調査の報告によると、我が国の子どもの表現力の不足が指摘されている¹⁶⁾。この問題を解決すべく、文部科学省は「読解力向上プログラム」¹⁷⁾を作成し、読解力の改善に向け3つの重点目標を定めた。以下がその目標である。

【目標①】テキストを理解・評価しながら読む力を高める取組の充実

【目標②】テキストに基づいて自分の考えを書く力を高める取組の充実

【目標③】様々な文章や資料を読む機会や、自分の意見を述べたり書いたりする機会の充実

このことを理科の授業に置き換えると、子ども達が自分の予想や考察を言葉や文字にして表現することや観察や実験のデータを読み取り、自分なりに咀嚼して理解することなどの「読み」「書き」の活動の充実が求められていると考えることができる。

情報を整理して文章にまとめたり、自分の考えを発表するなどの活動が活発であればあるほど、子どもの自然認識に深まりが増し、理科の授業自体も活発で深まりのある時間になるといえる。このような活動が実現されるためには2つの要素が求められる。1つは、子どもが表現した内容に含まれている意味を積極的に価値付け、子どもの考えのよさや問題点を指摘し、情報処理等を助言するといった教師側の働きかけである。2つ目は、子ども同士が自分の考えや友達の考えを自由に表現し、評価し、価値付けられる学習環境の保証である。この2つの要素がうまく機能している授業の中で、子

もは教師の助言や友達の考えと自分の考えを比較し、「子どもの言葉」で実感を伴った理科学習を展開していくことができるのである。

つまり、子どもにとって、授業は、思いや気付きを自分らしく表現できる場であることから、子どもの自由な表現活動が保証される理科授業が望まれているのである。

このことについて森本は、理科の授業を通して子どもに育みたい表現方法として次のような5つの視点¹⁸⁾を提起している。

第一に、「自然事象についての気づきや考え方を文章で表現する」方法である。森本は実験や観察から得られた結果や、教科書に提示してある結果そのものを単純に記憶することには否定的である。それは、結論がどのような手順で、どのような要因をもとに導き出されたのかを理解することに学習の意義を置いているからである。そのためには、子どもが感じたり、気付いたことを文章として表現し、自分の言葉で結論を理解しなくてはならない。言葉を媒体として事象に潜む不思議やきまり、規則を表現することで子ども自身で結論づける力を身に付けさせる必要があるとしている。

第二に、「理科の教科書にあることばの使い方を理解する」ことである。子どもがイメージし、実験し、導いた結果をそのまま子どもの「言葉」で留めておいては科学的な認識を構築するには不十分である。自ら導いた結論を教科書の言葉、つまり科学的な表現で置き換えることにより、その結論は科学によって裏付けられ、価値付けられることになる。子どもは自身が導いた結論と科学の結論に共通性を見出し、その事象をよりはっきりと理解することが可能になるのである。

第三に、「子どものイメージする力を高める」ことである。イメージしたことを絵や文章によって表すことにより、今自分が事象をどう捉え、どう感じているのかを明確にすることができる。それによって思考の焦点化がなされ、新たな疑問や気付きへとつながることが期待される。

第四に、「自然事象を何かに「たとえる」力を高める」ことである。生活の経験にたとえたり、言葉によって「ふわふわ」「シューっと」「～みたい」などで子どもが実験の様子を伝えようとするのはしばしばある。森本が「導線は電気のエネルギーを吸い取るストローのよう（みたい）」に見られる「～のよう」「～みたい」という言葉により、目に見えない導線の中を説明していきます。これは立派な推論の一種です。」と子どもの擬声語・擬態語に価値を見ているように、教師は子どもの自由な表現方法から子どもの思考を理解することができるのである。

最後に、森本は「観察・実験結果を「表やグラフ」で表現する力を高める」ことを挙げている。我が国の子ども達はグラフから読み取る力が弱いことはPISAなどの学力調査でも指摘されていることであるが、グラフを読む力は表現活動の中でも比較的高度な作業である。様々なグラフと対面してグラフを読むことを何度も繰り返さなければグラフを読み取る力は身に付かない。同時に表やグラフによって実験結果が整理され、効率よく実験の流れや結果を把握することができるといった、表やグラフにする意義を感じなければ読む力は伸びていかないだろう。森本は「表やグラフ、どちらも事象変化に潜む要因を明らかにし、その実態をまとめて提示する表現方法であることを子どもには理解させたい。」と述べている。したがって、まず表やグラフを読む体験を積み重ね、次に自らも適した場面で適した表やグラフを使って表現することができるように子どもに力を身に付けさせることが重要となる。

以上の5つが、森本が示した子どもに育みたい表現方法である。したがって、理科学習においては、森本の示した5つの表現活動に着目することが大切である。そして、これらの表現活動から明らかに

なる子どもの学習状況を的確に判断し、授業の吟味と調整を行うことが求められるのである。

3 「授業設計サイクル」と「表現活動」を結ぶ授業計画の構成プラン

ここでは、第5学年「物の溶け方」の授業計画の構成について前述した単元構成の工夫としての「授業設計サイクル」の視点と、「表現力」の視点を融合させ、下図に示した授業設計構成のモデルプランを提案する。

授業計画のモデルプランを作成するにあたっては、縦軸の「授業設計サイクル」にクラクストンの提唱する6つの因子を位置付けた。横軸には、子どもの学びの過程を評価するための5つの表現力を位置付けた。

なお、このモデルプランは試案であり、第5学年「物の溶け方」の第一次（5時間）を位置付けることとする。

授業計画のモデルプラン

		読解力育成の視点から見た評価に関わる子どもの表現力				
		文章表現	言葉の使い方	イメージする力	たとえる力	表やグラフ
授業設計・実施・反省にかかわる6つの因子	専門的な熟達性					
	潜在的な学習の発掘	1時間目 ・身の回りの物で、水に溶けるものを考える ・生活の中で物が溶けている様子を考える ・食塩を水の中に入れ、溶ける様子を観察する ・物が水に溶けた後の、溶けたものの行方を考える		1時間目 ・物が水に溶けた後の、溶けた物の行方をイメージさせ絵図化させる（実験前①）		
	判断	2時間目 ・水に物（食塩）を溶かす実験をする ・物を水に溶かした後の、水の様子を考える				
	感受性	2時間目 ・物が溶けると見えなくなることや、液が透明になることを話し合う	2時間目 ・物が水に溶けている水のことを水溶液という	2時間目 ・物が水に溶けた後の、溶けた物の行方をイメージさせ絵図化させる（実験中②）		
	創造性	3時間目 ・水溶液には、色がついているものとそうでないものがある	3時間目 ・水溶液には、色がついているものとそうでないものがある	3時間目 ・物が水にとけた後の、溶けた物の行方を絵図化させる（実験後③）		
	反芻	4時間目 ・物は、水にどのくらい溶けるか調べる 5時間目 ・水溶液の学習の整理とまとめをする ・物が水に溶けると、重さもなくなってしまうのか考える	5時間目 ・水溶液の学習の整理とまとめをする	5時間目 ・水溶液の学習の整理とまとめをする	5時間目 ・水溶液の学習の整理とまとめをする	4時間目 ・物は、水にどのくらい溶けるか調べる

おわりに

上図に示したとおり、物質概念の形成における「粒子」的な見方・考え方を重視し、「授業設計サイクル」と「表現力」を結ぶモデルプランを作成することができた。今後はこのモデルプランに修正を加えながら、授業を実施し、子どもの粒子的な見方や考え方がどのように育っていくのかについて、授業研究を進めていくことが課題である。

付記

本稿は、佐藤槇が作成した論文の素稿に小川哲男が修正し、補筆したものである。

引用参考文献

- 1) 片平克弘「物質概念形成に必要な粒子的な見方や考え方の育成」(日本理科教育学会編『理科の教育』Vol. 57, 東洋館出版社, 2008) pp. 658-660
- 2) 同上, pp. 660-661
- 3) 同上, p. 660
- 4) 同上, p. 661
- 5) 同上, p. 661
- 6) 遠藤謙一「物質を理解するための「粒子」を意識した授業とは」(日本理科教育学会編『理科の教育』Vol. 57, 東洋館出版社, 2008) p. 661
- 7) 文部科学省『小学校学習指導要領解説理科編』(文部科学省, 2008) pp. 44-45
- 8) 同上, p. 45
- 9) 同上, pp. 43-45
- 10) 同上, p. 3
- 11) 同上, p. 43
- 12) 教育出版社教科書編集委員会編『新版 理科5下 教師用指導書』(教育出版社) p. 65
- 13) Guy Claxton “The anatomy of intuition”, Terry Atkinson and Guy Claxton (Eds.). *The Intuitive Practitioner: on the value of not always knowing what one is doing*. Philadelphia: Open University Press, 2000, p. 40
- 14) 森本信也・小野瀬倫也「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」(日本理科教育学会『理科教育学研究』, Vol. 44, No. 2, 2004) p. 60
- 15) 森本信也・小野瀬倫也「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」(日本理科教育学会『理科教育学研究』, Vol. 44, No. 2, 2004) pp. 59-69
- 16) 国立教育政策研究所編『生きるための知識と技能2』(ぎょうせい, 2003) pp. 153-155
- 17) 文部科学省「読解力向上プログラム」(2005) http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku/siryu/05122201/014/005.pdf
- 18) 森本信也「2. 理科授業を通して子どもに育みたい表現方法」(森本信也編著『考え・表現する子どもを育む理科授業』東洋館出版社, 2007) pp. 25-43

(さとう まき 生活機構研究科人間教育学専攻2年)
(おがわ てつお 初等教育学科)