

# 自立に向かう理科の学習

—第5学年 「ものの溶け方」の実践を通して—

山中俊道

## 1. はじめに

ひとことで「自立」とはいうものの、それぞれの考え方や場面などによってさまざまな自立に関する概念が存在する。杉原は、子どもの自立と孤立との違いを対比しながら、真の自立とは、他の人との関わりのなかで、ときには援助や支配を受けながらも、それに惑わされることなく「自分の力で身を立てる」と定義している。そして、子どもの自立を促進する親の態度として受容的に子どもに関わり、かつ厳しく子どもを見守り、しつける指導的態度であることを指摘している。子どもに受容的に関わっていくことと、厳しく子どもを見守り、しつけるという一見、相反するような態度を求めているが、この、相反するような態度も子ども自身に自ら成長していこうという力を認め、かつその力に期待しているとするならば当然のことともいうこともできる。また、自立を妨げる教師像として、過保護・過干渉な親の態度と同じように、子どもは自ら学び、成長するという観点が弱い教師として「教えすぎる教師」、間違えることはよくないことだ考えて、子どもが間違えながら成長していく姿を認めない教師として「エラーを許容できない教師」、子どもの変化に応じて対応していく姿勢の乏しい教師として「柔軟性に欠ける教師」の3つのタイプがあることを指摘している。<sup>1)</sup>今、自立を育む教師像として求められているのは、子どもは自ら学び、成長する存在であり、その成長の過程においてはさまざまな失敗が存在し、変化していくものであるという視点をもつことが必要なのではないだろうか。

## 2. 学習観の転換

これまで、伝統的な学習観では、子どもを意図的・意識的に外から与えられた知識を伝達されなにかぎり学ぶことができないという受動的な存在としてとらえていた。しかし、子どもは本来知的好奇心が強く、有能な学び手であり、自ら積極的に学習していこうという存在である<sup>2)</sup>ということが分かってきた。子どもの学習観をこのようにとらえなおすならば、これまでとは違った学習形態が生まれてくることになるのではないだろうか。子どもが、本来持っている知的好奇心を満たし、自ら積極的に学習を進めていけるように、子どもに自己決定の場を多く与え、自らの構想において授業を進めていくことを認める柔軟さが望まれているのではないだろうか。

また、子どもは精神的に白紙の状態で、教えなければ何も知らず、何も考えずに授業に臨むのではなく、既存の知識を基に積極的に意味づけしていこうという存在であることが分かってきた。したがって、授業に臨む前からすでにその自然事象に対して何らかの意味づけを行っており、その上に、さらに新しく科学概念を印刷するような授業は成り立ってはいかない。科学概念とは異なった思考の枠組みを使って自然事象を見つめている子どもたちには、その思考の枠組みではうまく説明できない自然事象をとらえさせることで認知の不協和を起こさせ、新たな思考の枠組みを求めて認知の葛藤がおこってはじめて科学概念を受け入れる素地が出るのである。<sup>3)</sup>

科学理論そのものについても、自然界に実在するものでなく、人間の構成物であるにとらえる新しい考え方が示されるようになってきた。このことは科学教育を進めていく理科の授業にも大きな改革を迫っているといえる。小学校レベルとして起こりうる問題であるかどうかは別として、理科

の授業において、科学理論を成り立たせている前提そのものへの変更や挑戦を認めていく柔軟な姿勢が必要になってくる。つまり、科学概念そのものを絶対的なものとして認めないとするならば、その科学概念そのものを疑ってみるということを保障していかなければいけない。このような姿勢は、既成のものをありのまま受け入れる姿勢に疑問を投げかけ、異文化を積極的に理解していくことにもつながっていくと考えられる。また、科学概念そのものが絶対的真理ではないとして授業をしていくなれば、これが正しいのだからこれを理解しなくてはならないというように決定的なものとして科学の法則を扱えなくなってくる。あくまで暫定的にそう考えたほうが合理的に自然事象が説明できるだけであって、これが正しいといいきれるものではないことになる。つまり、本当のところはよく分からないがという前提があり「今のところこう考えるのが一番うまく説明ができるので、そう考えて説明することにしておこう。」というまとめかたになるのではないだろうか。

新指導要領において新しく示された授業の展開は、子どもたちが自己責任において問題を解決していく活動を保障することや、子ども一人一人が発想した予想や仮説、構想を尊重し、それらの考えに基づいて観察や実験などを進める展開である。その結果、子どもが立てた予想や仮説、構想などと、実験や観察の結果が一致した場合は、その予想や仮説、構想を確認したことになり、一致しない場合には自分が立てた予想や仮説、構想などを振り返り、再検討することになるのである。<sup>4)</sup>このような展開は、本校の理科の授業でこれまで実践を試みてきた構成主義学習論に基づく展開に近いものであるといえる。

### 3. 『ものの溶け方』について

#### (1) 単元の目標について

現行の指導要領が、第5学年の『ものの溶け方』の学習について、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ることができるようになることを目標としている。<sup>5)</sup>それに対し、新指導要領では、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持つようにすることを目標としている。子どもたちが規則性についての考えをもつことが新たに加わっており、規則性への言及のしかたが「理解する」でもなければ「とらえられる」でもなく「考えをもつ」となっている。つまり、規則性を「どこか他にあるもの」を理解したり、とらえたりするのではなく、子ども自身が規則性についての「考えを持つ」ことに視点を当てていることである。そして、新指導要領では次の3点が具体的な事項として示されている。

- ① 一定温度の、一定量の水に物を少しずつ溶かしたとき、やがて物が溶け残ったり、さらに水を加えると溶け残ったものが溶けることなどから、物が水に溶ける量には限度がある。
- ② 一定温度の水では、水の量が増えると溶ける量も増えることや、水を蒸発させて水の量が減ると、溶けていたものが出てくる。また、一定量の水を温度を上げると、溶ける量が増し、その水溶液の温度を下げると溶けていた物が水と別れて出てくることをとらえる。
- ③ 物を水に溶かしても、物と水の全体の重さは変わらないことをとらえることができる。

これらの活動を通して、物が水に溶けるときの規則性についての見方や考え方もつようにするとともに物が水に溶ける現象に興味・関心を持ち、それらの規則性を計画的に追究する能力を育てることが目標となっている。<sup>6)</sup>

#### (2) 子どもたちの認識とこれまでの実践

本単元においても、子どもたちは日常生活において粉末の飲料を水に溶かすことを初めとして、コーヒーや紅茶に砂糖や粉末のミルクを溶かしたり、塩水を作ったりするなど、さまざまな水溶液を作ることを経験してきた。これらの経験から、子どもたちは物を溶かすとき、何となくでは

あるが水よりはお湯のほうが溶けやすいとか、物によって水に溶けやすい物と溶けにくい物とがあるなどに気づいてきている。また、ココアなどを作ってそのまま放置しておくのだんだんと底に沈んでくることから、一度混ざったものでも放置しておくとかやがて沈殿してくるという思考の枠組みを構成してきている。また、物が実際に水溶液のなかでどのように溶けているかは確認できないため、溶けてしまうと味は残るが実体はなくなってしまうと考えたり、ココアなどのようすから細かい粒として水溶液のなかに存在すると考えたりする子どもたちがいることが知られている。

子どもたちは、水溶液の性質について学習するとき、前述のような考えをもって学習に臨んでいる。しかし、従来、ろ液のなかに溶質が残っているか確かめる場面では、ろ液を蒸発乾固させて溶質を析出させるか、冷却して水溶液の溶解度を下げ、溶質を析出させる方法でろ液のなかに溶質が溶け残っていることを証明しようとしてきた。そこには子どもたちの考えや選択が入り込む余地はなく、単に実験方法のみが教科書に示してあるだけである。つまり、誰がどんな考えで授業に臨もうと関係なく決められた実験が行われてきたのである。実験は自分の考えを確かめたり、違う考えの人を説得するための材料を集めるために行われるものとするならば、自分で計画し実行するから意味があるのである。そこで、本実践では、この場面において自分で実験の計画を立て実行することとした。

## (2) 指導目標

単元全体の指導目標を次のように設定し、実践を行った。

- ① 水の温度や量による溶け方の違いを意欲的に追求する態度を育てる。
- ② 物を水に溶かしたとき、ある量を過ぎると加えた物が水に溶けずに残ることから、物が水に溶ける量には限度があることを予想できるようにする。
- ③ 液量計やはかり、ろ過器具などを正しく安全に使うことができるようにする。
- ④ ある物は、水の温度を上げると、溶ける量が増し、その水溶液の温度を下げると、溶けていた物が水と分かれて出てくることをとらえられるようにする。

## (3) 指導内容と計画

指導計画は、本校の教育課程では13時間を設定しているが、子どもの考えを基に実験を計画していくことなどを考えて1時間多めの全単元で14時間を設定した。

第一次	水溶液の特徴をとらえる。……………	3時間
第二次	物は水にどれくらい溶けるか。……………	8時間
第三次	物が水に溶けると全体の重さは変わるか。……………	3時間

## (4) 実践の経過

物はどのように水に溶けるかを学習する前に、溶けた物が水溶液の中にどのように存在しているかを学習する。具体的にはビーカーに水とコーヒーシュガーを入れて攪拌せずに放置しておく、その後コーヒーシュガーはどうなるかということを観察する。子どもたちの多くは、家庭で作ったココアなどをしばらく放置しておくのだんだんそこに沈んできたりすることを経験していたり、初めに水とコーヒーシュガーを混ぜたときコーヒーシュガーが底に沈むことなどから、コーヒーシュガーは溶けても、底に滞ったままになると考えるものが多いし、たとえ攪拌して一度均一にしたとしても、やがてまた底に沈んでくるだろうと考える子どもが多い。しかし、底に沈んだコーヒーシュガーはやがて全体へと拡散していき、同じ濃さの均一な水溶液になってしまうのである。

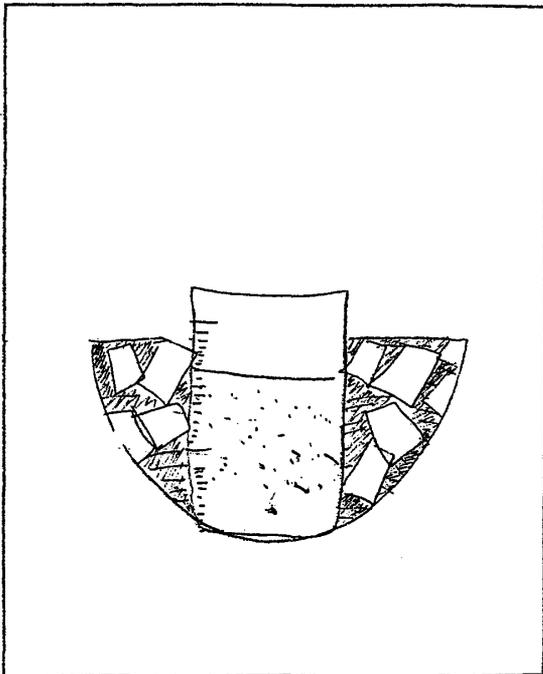
次に、学習を進めていく上で、子どもは状況依存性が強いので溶質の種類が多いほど般化しやすいのではないかと考えた。また、自己決定することによって知的好奇心が持続するのではないかと考えた。

そこで、比較的身近で危険性も少なく容易に手に入るものとして、今回、水溶液の性質について学習を進めていくときに使う溶質をミョウバン、ホウ酸、砂糖、食塩の中からグループごとに選択させることにした。

一定量の水にどれだけ溶けるかということで50mlの水に溶け残りができるまで溶かして調べてみた。砂糖は非常に多く水に溶け、砂糖で実験していたグループの子どもたちも驚いていた。他のグループの子どもたちも砂糖で実験しているグループのようすを見に来たりして、砂糖はよく溶けると感じとっていた。それに対し、ホウ酸で実験していたグループはあまり溶けないので面白くないようすだった。

さらに溶かしてみるにはどうすればいいか問いかけると、温めるといいだろうということで湯せんして温めた。湯せんしながら温めると、溶け残りがすべて溶けただけでなくさらに溶けていったので、温めるとよく溶けるということが分かった。

湯せんしていた水溶液を放置して休憩しているあいだに、水溶液の温度が下がり溶質が析出してきた。そこでどうして析出したかを考え、水溶液を冷やしてみるようになった。氷で水溶液を冷やすと、溶質がたくさん析出してきた。

実験計画書	方法
課題 <u>ろ液の中に蒸した物は溶け残っているか?</u>	
考え <u>前より水が増えているので</u> <u>溶け残っている。</u>	
手順① <u>うどんカップに水と氷を入れる。</u>	
② <u>ビーカーをそれにつける。</u>	
③ <u>ビーカーの中でつぶつぶがでてくるま</u> <u>でまっ。</u>	
④ <u>つぶつぶがでてきたら、溶け残ってい</u> <u>る。</u>	
⑤ _____ ⑥ _____	
準備 <u>うどんカップ、水、水、ビーカー</u>	
予想される結果 <u>冷やしたらつぶがでてくると思う。</u>	
年 組 名前 _____	

### 実験計画例

析出した沈殿を取り出すことにしてろ過をし、ろ液に溶質が含まれているかどうか予想した。ほとんどの子どもがろ液のなかに溶質が含まれていると予想したが、なかには溶質は含まれていないと予想する子どももいた。溶質が含まれている、あるいは含まれていないとしたら、どのような実験を計画すればそのことが証明できるか考えた。実験方法は、ろ液を冷やして溶質を析出させようというもの。蒸発皿で水分を蒸発させ溶質を析出させようというもの、顕微鏡で水溶液を見て溶質の粒を見ようというものの3つの方法が考えられた。

いずれの方法でもろ液のなかに溶質が溶けていることを子どもたちは確認した。氷でろ液を冷したグループは、結晶が析出してきたことで溶質が溶け残っていることを確認した。蒸発皿でろ液の水分を蒸発させたグループは、結晶が析出してきたことで溶質が溶け残っていることを確認した。ただし、砂糖でこの実験をしたグループはろ液が飴状になり、やがて焦げていったことで砂糖が溶け残っていることを確認した。顕微鏡で観察したグループは、本来ならば見ることができないはずの粒が、スライドグラス上で乾燥して結晶が析出してきたので、結晶を観察することができた。

昨年度と同じく、水溶液の重さについては単元が一番最後に回したので、水溶液のなかで溶質は姿を見せていないが存在することを学習してきているので、ほとんどの子どもが質量保存の概念を構成していた。

## 5. 成果と課題

子どもは状況依存性が強く過少般化しやすい傾向があることが知られている。今回は、予想別のグループによる学習にしないで、4種類の溶質を示し、溶質ごとにグループを作って学習を進め、集約するほうが般化しやすいのではないかと考えて実践した。<sup>7)</sup>水にどれくらい溶けるかを実験したときは、砂糖とホウ酸の溶ける量に大変大きな差があり、溶質によって溶ける量に違いがあることはよく分かったのではないかと考えられる。その点においては何種類かの溶質を同時に使って実験することは有効であったと考えられる。一方で、ただ溶解させるだけの実験ではあるが、ホウ酸で実験していたグループはあまり溶けないのでおもしろくないようすであった。溶質に何をを選ぶかは自分たちで決めたわけであるが、自分たちで決めれば何でもやる気が出るというものではないことがうかがえる。溶質を何種類か使って実験をする場合は、子どもたちの知的好奇心が持続する手だてについて研究していく必要があった。

砂糖は、溶かす量が多くなると粘性が出てきて、混ぜたり振ったりするだけで明らかに水とは違う様相を示すようになってくる。また、強い粘性のため攪拌も難しくなっていた。ろ過するにも時間がかかるし、ろ液も強い粘りがあるのでそれだけで水とは違う感じが見て取れた。蒸発皿を使って蒸発させると砂糖は析出せず蒸発皿が焦げて何があったか確かな判定を下すのは難しかった。したがって、この水溶液の実験で通して砂糖を使うには無理があるように思われる。

ろ過後、実験方法の計画を立てるなど時間がかかったために、ろ液から結晶が析出してきて肉眼でも確認できるようになってきたため、実験をする意味がなくなってしまうという事態が起きてしまった。また、飽和状態の水溶液を顕微鏡で見たためスライドグラス上で乾燥して結晶が析出してしまったので、飽和状態でない水溶液を見せて水溶液の粒は見えないことを確認することになった。ろ過後、速やかに実験に移るなどの対策が必要になってくるだろうと考える。

### 引用・参考文献

- 1) 杉原一昭, 「子どもの自立を妨げる親・教師」, 『児童心理』, 金子書房, 1999, Vol. 53, No. 2, pp. 18-24
- 2) 稲垣佳世子, 波多野誼余夫, 『人はいかに学ぶか』中央公論社, 1994, pp. 176-194
- 3) 森本信也, 田中朝夫, 「構成主義」, 『キーワードから学ぶこれからの理科教育』東洋館出版社, 1998, pp. 176-181
- 4) 文部省, 『小学校学習指導要領解説理科編』, 東洋館出版社, 1999, pp. 9-15
- 5) 文部省, 『小学校指導書理科編』, 教育出版, 1989, pp. 62-64
- 6) 文部省, 『小学校学習指導要領解説理科編』, 東洋館出版社, 1999, pp. 47-49
- 7) 西川純, 『なぜ理科は難しいといわれるのか?』, 東洋館出版社, 1999, pp. 35-43