

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

「自立」という言葉を『広辞苑』では、他の援助や支配を受けず自分の力で身を立てること¹⁾と定義している。本校の理科部が研究テーマとしている「自立に向かう理科の学習」を考えると、「自ら学び自ら考える子」の姿が浮かんでくる。その姿とは、親や教師と何も言葉をかわさなかったり、友だちとも関わりを持とうとしなかったり、何でも自分一人で考えたり、本を読んだりしながら学習していくというように、他人の意見に耳を傾けることなく、自分だけで考えたり判断したりしながら学習する姿が自立した子どもの姿ではない。学びの場における自立とは、先にあげた辞書的な内容の自立とは少し違って来る。あるときは親や教師からの指導を謙虚に受け入れ、必要なら自分の方から教を乞いながら、友だちとも話し合ったり、意見を交換したりしながら自分で学習を進めていくことが真に自立した姿として望ましいことではないだろうか。さまざまな見方や考え方に対して常に心を開き、積極的に他人との話し合いの機会を持ち、自分と異なった意見を吟味検討し、自分で一番納得できるものを創りだしていく姿こそ、「自ら学び自ら考える子」の姿であり、自立した姿といえるのではないだろうか。²⁾

2 理科の学習における問題

深谷らの調査によると理科は、実験や観察など自分たちで取り組むことが多く、子どもたちにとっては楽しい教科である。³⁾また、(財)日本科学技術振興財団などの主催による「青少年のための科学の祭典」が各地で開催されているが、どの会場においても子どもたちに好評を博しており、盛況である。⁴⁾反面、科学の内容を理解できていない大学生が多いことが理工系の大学の先生などから指摘されたり、マスコミ等では子どもたちの理科離れが大きく取り上げられたりしている。先の調査でも、理科に関して子どもたちの意欲や自信は大きいですが、正しい知識は身につけていないという実態があるようだ⁵⁾と分析している。

このような理科の学習が抱える問題点は、理科の実験や観察という表面的なおもしろさの部分子どもたちに強調するあまり、理科の本当のおもしろさを子どもたちに味わせていないからおきのではないかと感じるのである。実験や観察はたしかに楽しいし、それらを応用していろいろな物を科学工作として作ったり、科学マジックを見たりすることは、楽しいことであり十分興味を引きつけられるものである。しかし、実験や観察が楽しいからとか、科学マジックを見せられて不思議に思うからとかいうことだけでは、本質的な意味で理科好きにはならないのではないだろうか。なぜならば、科学的な内容の理解を伴う楽しさではないからである。実験や観察が楽しいというのは理科の学習を形成する一つの学習方法としての操作活動が楽しいのであって、内容の理解を伴うものではない。内容の理解が伴わない実験や観察では、一時的に子どもたちの興味を引きつけることはできても、その興味は決して長続きするものではない。逆に長続きさせようと次からつぎへと面白い実験を繰り返していたり科学マジックを見せたりしていたのでは、子どもたちをただの観覧者にしてしまい受動的な学習態度にしてしまう。⁶⁾実験や観察が理科を学ぶ楽しさを生むのではなく、内容を伴ったわかるよるこびを味わうことこそ理科の学習を進めていこうという気持ちを沸かたせてくれるものであると考えるのである。頑張ったのでわかるようになったという達成感こそ学習を進めようという気持ちの真の原動力となりうるものであり、楽しい実験や観察を通してもっと楽しい理科の内容を理解したという実感ががが必要なのではないかと考えるのである。

子どもたちは、一般に理科の学習に取り組む前から、その考え方が科学的に合理的かどうかは別として、学習内容に対して子どもたちなりの思考の枠組みを持って学習に臨んでいることが知られている。⁷⁾これまでは、授業を実践する際に子どもたちが授業前に持っているこれらの思考の枠組みを考慮に入れずに学習が進められることが多かった。最近になって、学習前から子どもたちが持っている思考の枠組みを考慮に入れて学習を進める必要があることが指摘されるようになってきた。そして、子どもたちが学習前に持っている思考の枠組みが合理的でない場合、合理的な思考の枠組みに組み替えさせることが教師の使命であるといえる。また、このような調査や研究が進み、教科書の内容構成において自然科学の概念の構成と子どもの科学的概念の認識の順序性は必ずしも同じではない⁸⁾ことも指摘されている。もし、学習していく順序を入れ換えるだけで、子どもたちの思考の枠組みを組み替えることができ、わかるよるこびを味わわせることができるならば、学習の順序を入れ換えることはそれほど努力のいる作業ではないので、誰でも容易に実践することができる。このような研究成果を受けて、これまでも何度か教科書とは違った順序で学習を進める方法を試みてきているが、本稿はその実践のうちの一つを報告するものである。

3 『ものの溶け方』について

(1) 単元の目標

第5学年の『ものの溶け方』の学習は、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ることができるようにすることを目標としているが、その中で次の3点が具体的な事項として示されている。

- ① 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。また、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定量的にとらえること。
- ② 幾つかの物を別々に水に溶かし、物が水に溶ける限度は溶かす物によって違いがあること。ある物は水の温度を上げたり下げたりすると、溶ける量が増えたり減ったりする。この性質を利用して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。
- ③ 水溶液の水を蒸発させ、溶けていた物が水と別れて出てくること。

などを量的変化に目を向けて結果を整理し、物が水に溶けるときの規則性についての見方や考え方を養うとともに、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ことをねらいとしている。⁹⁾

(2) 子どもたちの認識とこれまでの実践

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、子どもたちは物を水に溶かすとき、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かったり、溶けにくかったりすることがあるなど、いろいろな物があること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底に沈んでくることから、一度溶かしたものでもそのまま放置しておくで沈殿してしまうという思考の枠組みを構成してきている。しかし、物が溶けたときの水溶液全体の重さについては、あまり実感する機会もないうえに溶けると姿が見えなくなるために、重さも失われてしまうと考える子どもも多い。また、問われているのは溶けたものを含む水溶液全体の重さなのであるが、水溶液全体の重さについては感じる機会も少なく、逆に水のなかで物を持ち上げると軽く感じるという全体の重さではなく一部分の重さについての経験から、物は水に溶けると重さがなくなったり、軽くなったりすると考える子どもも多い。

これまで多くの子どもたちが、水溶液の質量の保存概念を学習するとき、このような考えを持ち込んで学習に臨んでいたためにつまずくことが多かった。また、多くの教師もこの場面を研究授業

にとりあげ実験方法などに工夫が加えられてきた。溶かす物を重さによって測り取るとき薬包紙にその物が付いたり、攪拌するときガラス棒に水溶液が付いたりしてその分だけ軽くなるので、薬包紙やガラス棒まで含めて重さを測定したり、攪拌する際に水溶液が飛び散らないように簡単に密閉できる容器を実験に使ったりするなど工夫してきた。また、どうしても測定には誤差が現れるため、その誤差にとらわれて自分の考えをなかなか変えようとしないうちも子どもたちもおり、そういう子どもたちを何とか納得させようとして誤差の概念を導入したり、討論の場を設けて討論のなかで子どもたちを納得させようとしたりするなど授業方法にも工夫が加えられてきた。

4 具体的な実践の方法

(1) 実践にあたって

教科書では、物が水に溶けても全体の重さは変わらないということを先に学習をする。そののちに、水溶液を冷やして溶けている物を析出させたり、水溶液の水を蒸発させたりすると溶けていた物を取り出すことができるということを学習するように順序が設定されている。これは、まず溶けて姿が見えなくなったとしても重さが残っていることから物質がそこに存在するのだということをとらえさせる。だから次に冷却したり水を蒸発させたりすると析出してくるのだと考えられるようにするためにこのような順序が設定されているものと考えられる。教科書は自然科学の概念構成にしたがって内容構成されているものといえる。一方、この単元で子どもたちの多くがつまずくもとなっていてところは、物が水に溶けても、全体の重さは変わらないということである。この原因を自然科学の概念の構成と子どもの科学的概念の認識の順序性は必ずしも同じではないことに着目して指導を試み、成果を上げたという実践報告がある。¹⁰⁾そこで、本実践ではその報告と同じような学習の順序構成で実践してみるとどのようになるか検証してみたものである。

(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 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定量的にとらえられるようにする。
- ⑤ 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。…………… 4時間

第二次 物が水に溶けると全体の重さは変わるか。…………… 4時間

第三次 水にどれぐらい溶けるか。…………… 6時間

(4) 実践の経過

初めに、溶けた物が水溶液のなか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実験する。子どもたちの多くは、家庭でココアなどをしばらく放置しておく、だんだん底に沈んできたりすることを経験していることなどから、初めに沈んだコーヒーシュガーはやがて溶けたとしても、底に滞ったままになると考える者が多いし、たとえ攪拌して一度均一にしておいたとしても、コーヒーシュガーは水より重いのでやがて底に沈んでくると考える子ども

たちがほとんどである。しかし、底に沈んだコーヒースユガーはその後全体に拡散していき同じ濃さの水溶液になってしまうのである。

つぎに、教科書と学習する順序を変えて、食塩水を少量蒸発皿に取り、蒸発させると食塩はどうなるかを実験してみる。多くの子どもたちが社会科の学習で、むかしは、塩を取るとき塩田で海水を蒸発させて採りだしていたということを学習をしていたことなどから、食塩が析出してくると予想し、実験後「やはりそうか。」という声も聞かれ、全員で確かめることができた。

そして、物が水に溶けても全体の重さは変わらないということを学習する。具体的には、砂糖を水に溶かすと砂糖水の重さはどうなるかを考えていくものである。これまでも学習前に子どもたちがどのような考えを持って授業に臨んでいるかを調査して授業を進めるようにしていた。その結果から、教科書の順序に従って学習を進めていった場合、年間約90人の学習を見てきたうちで、一年に一人いるかいないかというような少数意見を除くと、ここでは子どもたちは主につぎに上げる3つの考えをもって学習に臨むことがわかっていた。

- ① 砂糖が溶けて姿が見えなくなることから、砂糖の甘さは残るが重さはなくなり水だけの重さになる。
- ② 水のなかで物を持ち上げると軽く感じたり、沈んでいた砂糖が溶けて全体に広がっていくことから、砂糖の重さはなくならないが少し軽くなる。
- ③ 溶けた砂糖はどこにも行っていないので、全体の重さは砂糖の重さと水の重さを合わせたものになる。

次は、上述した①の考えを持つ子どもたちの典型的なワークシートの記述例である。そこにみられるように、子どもたちは溶けたものの姿が見えなくなることで重さもなくなると考えていることがわかる。

多くの考え - わたしの考え

説明図

問題 砂糖を水に溶かすと砂糖水の重さはいくらになるか?

手順① ビーカーに50mlの水を入れる

② かく砂糖を入れる

③ 砂糖のとけかたを見る。

④

⑤

⑥

⑦

⑧

⑨

⑩

⑪

⑫

⑬

⑭

⑮

⑯

⑰

⑱

⑲

⑳

㉑

㉒

㉓

㉔

㉕

㉖

㉗

㉘

㉙

㉚

㉛

㉜

㉝

㉞

㉟

㊱

㊲

㊳

㊴

㊵

㊶

㊷

㊸

㊹

㊺

㊻

㊼

㊽

㊾

㊿

思考 砂糖は水でとけてかく砂糖の姿、形が見えなくなると重さも変わる。

思考 砂糖の重さが減る

____ 年 ____ 組 ____ 名前 ____

考え方①のワークシート例

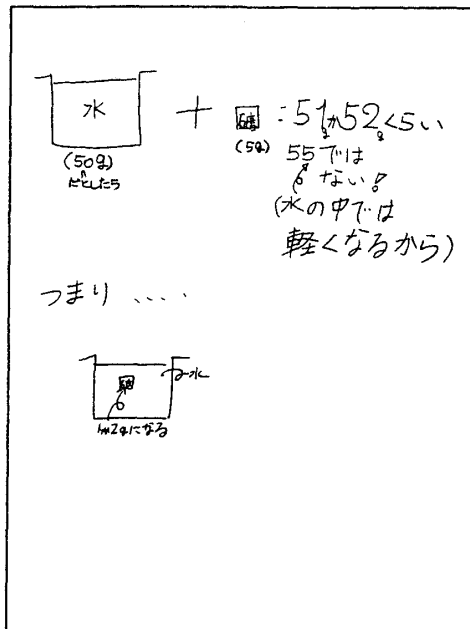
次は、上述した②の考えを持つ子どもたちの典型的なワークシートの記述例である。そこにみられるように、子どもたちは水のなかで物を持ち上げた経験から、重さは全く無くならないが軽くなると考え、全体としても少し軽くなると考えていることがわかる。

課題 砂糖が水にけきあした時、水の重さはどうなるか？

手順 ① 水 50 ml をビーカーに入れる
 ② 角砂糖を1つそのビーカーに入れて少し置いておく。(けた)

考え ほんの少し重くなる。かる重さにある重さをしたら重くなるのはあたまえ。でも砂糖の重さ+水の重さではない。なぜなら水の中だと軽くなるから。(重さが)

予想 ほんの少しだけ重くなる。



年 組 名前

ワークシート 2

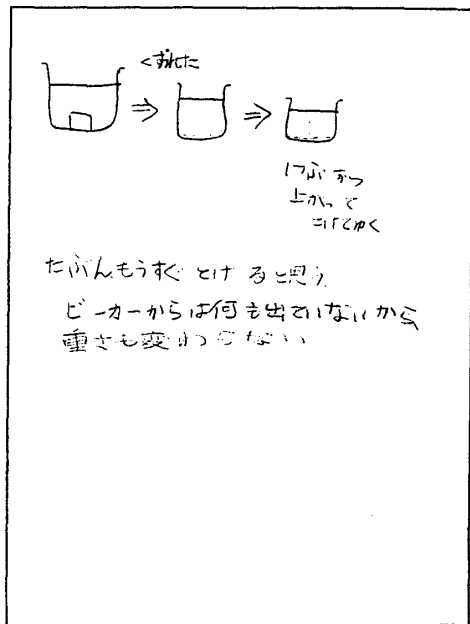
次は、上述した③の考えを持つ子どもたちの典型的なワークシートの記述例である。そこにみられるように、子どもたちは溶けた物の姿が見えなくなってもビーカーのなかを考えると、全体としての出入りはないので重さは変わらないと考えていることがわかる。

課題 砂糖を水にとけすと砂糖水の重さはおくらにたけか

手順 ① ビーカーに水を50ml入れる
 ② 角砂糖を水に静かに入れる (5g)
 ③ 様子をみる

考え 角砂糖はビーカーの底にしんどくくると、そしてそこから1つずつ上にのぼりてけてゆく。と見るとビーカーからは何も出ていないから水中に水と砂糖があるの重さは最初の角砂糖と水の重さの合計になる

予想 55g (水と砂糖の合計と同じ)



年 組 名前

ワークシート 3

しかし、本実践では先に水溶液のなかには溶けた物が残っているということを学習してきているために、授業前に多くの子どもたちが水溶液の重さは、溶かした物の重さと水の重さを合わせた重

さだと予想しており、水溶液が軽くなると予想した子どもは39人中1人だけであった。単元の初めに学習したコーヒースユガーの拡散実験で、コーヒースユガーは溶けて見えなくなっても茶色い色は全体に広がるので、このことから物質の保存に気がついていいように感じるが、このことをもって物質の保存を主張したりする発言をした子どもは一人もいなかった。また、自分の考えを書くワークシートにもそのような記述は見られなかった。最終的に実際に50gの水に5gの砂糖を溶かして重さを測って55gになることを確かめることができた。初めに物質の保存について学習していたので、この一人だけの子どもも実験結果を素直に受け入れることができた。

成果と課題

今回は、学習の順序性に着目して実践してみた。これまでも学習する順序を変えて実践してきたことはあったが、『ものの溶け方』の単元で実践するのは初めてであった。本実践のように質量保存の概念を学習する前に、水溶液を蒸発させて溶かした物を取り出し、目に見えなくてもその中には溶けた物が存在するという物質保存の概念を学習をしておく、物質は保存されているのだという一つの思考の枠組みができ、比較的無理なく質量保存の概念が受け入れることができたのではないかと考える。コーヒースユガーを使った拡散の実験は、結晶が溶けて見えなくなっても色は底に沈んでみえると予想していたが全体に拡散していたことから、溶けたものが軽くなると考えた子どももいた。反面、色が残っていて見えるということは、物が溶けても水溶液のなかに物質は残っていると子どもたちが考える助けにもなったとも考えられる。

また、今回の実践で初めて気づいたことであるが、水溶液の水を蒸発させると溶けていたものはどうなるかを聞いたとき、社会科で塩田による塩の製法を学習したことを例に出して発言していたことから、社会科などでどのような学習をするかによっても影響がみられることがわかった。

この取り組みが一応の成果を見ることができ有効であることはわかったが、このように学習の順序を入れ換えるだけで本当に思考の枠組みまで変えることができたかどうかは、今後の追跡調査の分析結果を待たなければならない。しかし、現時点では、学習を進める順序を変えることは、教師の努力もほとんど必要なく、今すぐ誰にでも実践できる有効な方法であったのではないかと思われる。今後もこのように学習の順序を入れ換えることで子どもたちが無理なく科学概念を構成することができるか検討してみる必要があると感じた。

引用・参考文献

- 1) 新村出編 『広辞苑』第5版, 岩波書店, 1998, p. 1359
- 2) 梶田叡一, 「『自立した子』とはどんな子か」, 『児童心理』金子書房, 1999, Vol. 53, No. 2, pp. 1-10
- 3) 深谷昌志他 「憶える学力・解く学力」, ベネッセ教育研究所編『モノグラフ・小学生ナウ』 Vol. 18-1, 1998, p. 41,
- 4) 『中國新聞』, 1998, 1, 5
- 5) 深谷昌志他 前掲書 p. 41,
- 6) J. S. ブルーナー, 『教育の過程』, 1963, pp. 89-104, 岩波書店
- 7) 森本信也, 『子どもの論理と科学の論理を結ぶ理科授業の条件』, 1993, pp. 9-21, 東洋館出版社
- 8) 堀哲夫 『理科教育学とは何か』, 1994, p. 92, 東洋館出版社
- 9) 文部省 『小学校指導書理科編』, 1989, pp. 62-64, 教育出版
- 10) 遠西昭寿, 横山治郎, 「水溶液における重さの保存に対する子どもの考え」, 日本理科教育学会研究紀要, Vol. 34, No. 2, 1993, pp. 45-51