

小学校理科の教材と指導法に関する研究

—「物の浮き沈み」を中心として—

川 原 寄 人*

Yorihito KAWAHARA

A Study of Teaching Materials and Methods of Science in the Elementary School —On Floating or Sinking of Bodies in Liquids—

Abstract: The teaching in elementary school, usually the materials and methods on floating or sinking phenomenon of bodies in liquids have been dealt with a pattern of the problem solving method. But there are many points to be duly considered, especially the above mentioned method inapt for the actual condition of learning in elementary school children.

In this paper, we presented some comments on these teaching trends in the past, and gave some criticism on the details of the text books used up to date. And a new teaching program which is conceivable to fit into the actual condition of school children was presented.

We obtained some remarkable effects on the nurture of many interests for the subjects in the most parts of pupils, and their full understanding of the key concepts. These results are inspected statistically by t-test.

I はじめに

理科に限らず、教材は教育目標を達成するための媒体であり、教育目標に照らして多くの素材から選び出された学習指導上の具体的な資料である。従って、どのような目標を設定するかによって、教材とその配列および指導方法は種々に特徴づけられる。

わが国の小学校理科の歴史を顧みると、科学主義か経験主義か、系統学習か問題解決学習かの二者択一的な対立が見られる。これは小学校理科の目標観の論争でもあり、また具体的な教材観の論争でもある。前者は自然科学の知識体系や基本的概念の伝達を重視し、子どもの心身の発達に照らして教材を選択配列する。そして、後者は学習者である子どもの主体性を重視し、とりくみ易い身近な自然科学的な事象を教材化するという特徴がある。ややもすると、前者は教師中心で子どもの主体性軽視に陥り易く、後者は「はいまわる。だけになるという危険性もち、それぞれ一長一短があるといえよう。これからの小学校理科においては二者択一的選択ではなく、双方をいかに程よく調和させるかが問われよう。

学習は、学習主体である子どもが教材に対して働きかけること、つまり主体的・能動的な活動をとおしてこそ成立するということは、今日の心理学においては、いわば、自明の事実となっている。従って、われわれは学習主体の活動を第一義にすえ、子どもが興味や関心をもつ身近な自然科学的事象のなかから、自然科学の基本的概念の形式にふさわしい事象を、子どもの心身の発達に照

らして選択することが重要であるとする。このことは、子どもをとりまく自然的事象に対する認識領域を拡大してやると同時に、高次レベルの科学的認識へと発展し得る基本的概念の獲得を保証してやることであると言えよう。また、科学的認識の獲得に際して、探究の過程や科学的方法の理解および科学的態度の形成を図ることも大切である。

昭和43年の小学校学習指導要領では、それまでの問題解決中心の理科から、科学的基本的概念を重視する方向へと改訂したが、概念先行の色彩が濃厚で、子どもの実態を第二義的にすえたと思われる単元もあり、大きな問題点をはらむものであった。たとえば、小学校1学年の「物には、かささと重さがあり、大小、軽重の違いがあることを理解させる」ことを目標とする単元である。砂、小石、おがくず等のちがいでによって砂車の回り方が変ること、載せる物の種類や大きさによってシーソーの傾きが変ること等の学習を通して目標に到達させようとしているが、ピアジェ等の研究によれば、物体の形を変えた時の物質の保存や質量（重さ）の保存の認識ができない子どもが大半存在するという年齢で、物質の一般的属性である質量（重さ）や体質（かさ）の認識を期待することが適切なものだろうか。この年齢では屈屈ぬきの豊かな直接的経験を与えることが重要であろう。

しかし、昭和43年の学習指導要領の改訂は概念先行という問題点をはらみつつも、子どもの身近な自然的事象の学習をとおしてその形成を図ろうとした点は評価されよう。4学年の「物の浮き沈み」の単元もその1教材である。物体の浮き沈みの原理を学習するなかで、物質概

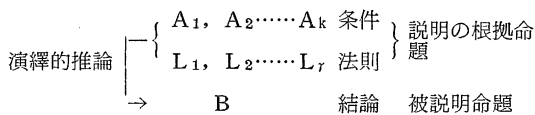
* 島根大学教育学部理科教育研究室

念としての「物の質のちがいの」認識に迫ろうとしている。しかし、具体化された数社の教科書の展開の仕方を見れば種々な問題点が見出される。そこで、われわれは、「物の浮き沈み」の単元の問題点を指摘し、同体積で重さ比べをした時の物質の多様性についての理解を深めると同時に物体の浮き沈みの一般的認識へと高めるために指導法を改善した教案を作成し、これを実践し、その効果と問題点を検討した。

II 問題点と指導法の改善

第一表に6社の教科書の展開の仕方の概要を示している。これを見ると、教科書によって多少の相違はあるが、全体的には問題解決的パターンとなっている。

一般に、問題解決的パターンにおいては、よくわからない事象について「なぜ」と問い、その事象についての説明を求める。ここでは「演繹の説明」を求めており、その進行はおおむね次の過程をたどる。



子どもにとって、物体の浮き沈みに関する法則は未知であり、帰納的に導き出される訳であるが、教科書会社のうち数社は、水と数種の固体、食塩水と数種の固体との関係から帰納的に導き出す展開となっている。しかし法則とは一般性を有するものであり、2つの液体の場合からの帰納で十分なものかどうか疑わしい。配当時間の関係でこのようになっているとは考えられるが、せめてこの他2～3種の液体の場合も取り入れられないものだろうか。この場合は法則の「確かさ」を高めるための演繹的検証であり、さほど多くの時間を要するとは思えない。

い。また、混じり合わない液体間における浮き沈みを取り扱っているのは6社のうち2社であるが、5学年の水の対流現象の理解を容易ならしめるために、ぜひ扱うべきだと考える。

多くの教科書では、「水中での物体の浮き沈みは体積に関係ない」ことを気付かせた後、「物体と同体積の水との重さ比べ」へと進行させる手順になっているが、この単元の山場であるところの「物体と同体積の水との重さ比べをすればよい」という発想が子どもの側から提起されるかどうか。これは単元全体の死活問題である。ところが、子どもの既学習を吟味してみても、上述の発想が根拠をもって提起されるとは考えられない。つまり、子どもにとっての必然性が見当らないのである。従って、教科書どおりに授業を展開すれば、教師先導型とならざるを得ず、子どもにとってはただ知識を押しつけられる苦痛の時間となる。このような授業こそ、理科学習に対する子どもの意欲を喪失させ、理科嫌いを増加させている大きな原因ではなからうか。

さて、学習指導要領では、「物の重さから、物の質の違いを理解させる」ことが目標となっている。水や食塩水を指標にして、同体積の条件で水や食塩水より重い物体と軽い物体とに分類し、浮き沈みは物体がもつ固有な性質ではなく、物体がもつ重さに関係があることを、また物体のもつ固有な重さから質に迫ろうとしている。しかし、われわれは上述の問題点を改善するために、単元を2分割し、①「物体の重さ比べ」から物質にはそれぞれ固有な重さ（質量）があり、②浮き沈みは物質がもつ重さの軽重の関係によって定まる、との認識に至る指導法を採用した。このように、単元を2分割し、それぞれに課題を置いた方が子どもにより明確な意識を持たすことが可能で、認識も深化できると考えた。

また、学習指導要領では水や食塩水と数種の固体から物体の浮き沈みの関係を把握させるようになっている

第1表 教科書会社6社の展開の概要

S社, Ke社, T社, D社	Ky社	G社
水中での物の浮き沈みは体積に関係ない	水中での物の浮き沈みは体積に関係ない	水と食塩水中でのジャガイモの浮き沈みの観察
↓	↓	↓
物が浮いたり、沈んだりするのはなぜか	浮く物と沈む物を同体積にして重さを比べる	ジャガイモの重さは同じなのになぜか
↓	↓	↓
物と同体積の水との重さを比べる	食塩水での物の浮き沈みの観察	同体積にして、ジャガイモ、水、食塩水の重さを比べる
↓	↓	↓
食塩水での物の浮き沈み	水に沈むジャガイモが、食塩水で浮くのはなぜか	↓
⋮	↓	↓
	同体積にしてジャガイモ、水、食塩水の重さを比べる	いろいろな物の浮き沈み

が、われわれはこの他砂糖水や油などと固体における浮き沈み、さらに混じり合わない液体間における浮き沈みへと発展させ、物体の浮き沈みの一般的認識をめざした。
 ○新指導展開の概要は第2表に示した。

III 授業実践の結果と考察

新教案による効果を調べるために、教科書に準拠した統制クラスと新教案に基づく実験クラスを設け、その比較研究を行った。

まず、両クラスが同質であるかどうかを調べるために事前テストを実施した。問1は、小石、にんじん、ろうそく等、物体の浮き沈みについて、問2と問3は、物体の体積を変えた時の浮き沈みについて、問4は、物体を水中に沈めた時、物体の体積と上昇した水の体積との関係、また、物体を沈める前後の水の体積保存について、問5は、底面積の異なる2つの容器に同体積の水を入れると、見かけ上の体積は異なるが、体積保存の認識が成

立しているかどうかについて、問6は、大中小の三者の関係づけができるかどうかについて調べた(具体的な調査問題については資料1を参照されたい)。

調査結果は第3表のとおりである。各問の個々の事項の χ^2 による両クラス間の有意差検定を試みたところ、問1の(ウ)と問6で統制群(Bクラス)に、問4の(ケ)で実験群(Aクラス)に有意差が出たが、全問を通したt検定(第4表)においては有意差は認められなかった。

また、知能偏差値についてt検定(第5表)を行った結果、両クラス間に有意差は認められなかった。

以上のように、事前テストと知能偏差値のt検定においては、両クラス間に有意差は認められなかったので同質と判断し、同一教師が同一時間(7時限)で授業を行った。なお、授業は昭和51年12月上旬、松江市内の1小学校で実践した。

授業終了4日後、事後テストを両クラスに課した。問1は○×式問題で、物の質と浮き沈みについて、問2は事前テスト4の(ウ)と同じ問題、問3は文中の括弧内に適

第2表 新指導展開の概要

学 習 課 題	児 童 の 活 動	備 考
物の重さ比べ ○重さ比べでは同体積にして行う ○いろいろな物の質のちがいの認識 物の浮き沈み ○物の浮き沈みは体積に関係せず同体積にして水より重い物は沈み、軽いものは浮くという直観的認識 ○液体一般と物との浮き沈みへ発展 ○液体間における浮き沈みへ発展	○物の重さ比べをするにはどうするか ○同体積のいろいろな物の重さを測りその順番をつける 鉛>石ころ>粘土>ジャガイモ>水>ろう>木 ○いろいろな物を水中に入れ浮き沈みを観察する。 ○食塩水や油などの液体中での物の浮き沈みについて仮説をたて検証する。 ○混り合わない液体間における浮き沈みについて仮説をたて検証する。	○1辺が2cmの立方体の鉛、石ころ、粘土、ジャガイモ、ろう、木を与える。 ○物体と同体積の水の重さの測り方を工夫させる。

第3表 事前テストの結果

()内はパーセント

	(1)								(2)	(3)	(4)		(5)	(6)
	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)	(カ)	(キ)	(ク)			(ア)	(イ)		
実 験 群	36 (92)	37 (95)	39 (100)	37 (95)	31 (79)	21 (54)	38 (97)	15 (38)	25 (64)	17 (44)	6 (15)	27 (69)	30 (77)	27 (69)
統 制 群	42 (100)	40 (95)	42 (100)	41 (97)	38 (90)	23 (55)	41 (97)	26 (62)	34 (81)	18 (43)	1 (2)	31 (74)	36 (86)	37 (88)

第4表 事前テストの有意差検定 (t 検定)

	平均	SD	調査人数
実験群	9.89	1.95	39
統制群	10.59	1.31	42

t = 1.887 有意差なし

第5表 知能偏差値の有意差検定 (t 検定)

	平均	SD	調査人数
実験群	47.89	10.89	40
統制群	50.90	9.55	40

t = 1.306 有意差なし

当な言葉を書き込み、文章を完成させる問題で、浮き沈みの原理について、問4は油と水の浮き沈みの関係、また、この中に固体のろうを入れた時の浮き沈みの関係について、問5は物体の体積を変化させた時の浮き沈みについて、問6は水の中にガソリンをいくら入れてもガソリンが沈まない理由についての記述式問題である(具体的な問題は資料2を参照されたい)。

事後テストの結果は第6表のとおりである。実験群全体の全問を通した正答率と統制群のそれとの間に有意差が存在するかどうかを調べるためにt検定(第7表)を行ったところ、1%レベルで実験群の方がすぐれているという結果を得た。このことは、少なくとも、新教案に基づく指導の方が、従来の教科書に準拠した指導より効果的であるということができ、われわれの所期の考えが

第6表 事後テストの結果

	(1)					(2)	(3)	(4)	(5)		(6)
	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)				(ア)	(イ)	
実験群	38 (92)	12 (29)	20 (49)	34 (83)	28 (68)	18 (44)	15 (37)	15 (37)	26 (63)	37 (90)	14 (34)
統制群	39 (98)	34 (85)	14 (35)	35 (88)	17 (43)	11 (28)	5 (13)	16 (40)	38 (95)	27 (68)	1 (3)

IV おわりに

子どもが興味を示し、とりくみ易いと思われる身近な自然科学的事象で、しかも、自然科学の基本的概念を形成できるものが、小学校理科の教材として望ましいという考え方から、「物の浮き沈み」の単元の指導法研究に

一応立証されたと思われる。しかし、問3や問6等相当難しい問題を課したため、また、問3は文章が完成されていなければ得点を与えなかったためにもよると思われるが、全体的に正答率が低く決して満足できるものではない。

また、各問の項目毎の正答率にクラス間の有意差が存在するかどうかを調べるために、 χ^2 検定を行ったところ、問1の(イ)と問5の(ウ)で統制群に、また、問1の(ウ)、問3、問5の(イ)および問6で実験群に有意差があった。問1の(イ)と問5の(ウ)は、ともに物体の大きさを変えた時の問題で、統制群に有意差が出たのは、統制群では、ジャガイモやリンゴ等の大きさを変えた時の浮き沈みに関して生徒実験をさせる等、かなり多くの時間をかけたが、実験群では、思考を中心に展開し、生徒実験をさせなかったためと思われる。しかし、ともかく、物体の体積変化と浮き沈みの関係における認識に関して、大きな問題点を残したことは否めない。

「物の浮き沈み」の単元は、従来、7~8時限の教材として扱われており、本研究では7時限の配当で取り組んでみたが、ゆとりのある指導展開やのびのびとした子どもの活動を保証してやるためには、さらに2~3時限必要であると痛感した。

第7表 事後テストの有意差検定 (t 検定)

	平均	SD	調査人数
実験群	9.20	3.60	41
統制群	7.35	2.31	40

t = 2.701 1%レベルで有意差あり

従事してきた。研究結果は、決して満足のできるものではないが、従来の指導よりも少しは改善できたと考える。

ところが、昭和51年12月の教育課程審議会の「ゆとりあるしかも充実した学校生活を送れるようにすること」という答申を受けて、昭和52年6月、小学校学習指導要領の改正案が発表された。これを見ると「砂車」や「物

の浮き沈み」等が削除されている。小学校1学年の「砂車」の単元で、「物にはかさと重さがあること」を理解させようとしたことは問題であったが、物質概念の基礎である体積と重さや物の質のちがいについての目標まで小学校理科から削除したことについては、新たな問題が出てきたと言える。

最後に、本研究のためにご協力をいただいた松江市立津田小学校の和田徳三郎先生をはじめ、市内の諸先生方に対し、深く感謝の意を表したい。

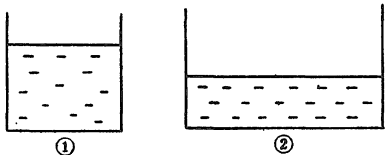
参 考 文 献

- 1) 学校理科研究会代表, 木村仁泰: 小学校理科カリキュラムの開発と実践, 東洋館, 1977.
- 2) 文部省: 小学校指導書, 理科編, 1970.
- 3) 碧海純一他編著: 科学時代の哲学3, 一自然と認識一, 培風館, 1972.
- 4) ピアジェ, インヘルダー著, 滝沢・銀材訳: 量の発達心理学, 国土社, 1969.

資料1 事前テスト

- 1) つぎの物で, 水にうく物には○, しずむ物には×をつけなさい。
ア. 小石 () イ. ガラス () ウ. 木ざれ () エ. くぎ ()
オ. りんご () カ. にんじん () キ. はっぱうすスチロール () ク. ろうそく ()
- 2) 小さい木ざれを池の中に入れたらうきました。同じ木で, 大きくて重たい「まるたんぼ」を池の中に入れたらどうなるでしょう。
ア. () うく
イ. () しずむ
ウ. () 水の中でとまる (ういたり, しずんだりする)
エ. () わからない
- 3) ジャがいもを, 水を入れた水そうの中に入れてしずみました。このジャがいもを水さくきって「豆腐ぶ」ぐらいの大きさにして水そうの中に入れてどうなるでしょう。
ア. () うく
イ. () しずむ
ウ. () 水の中でとまる (ういたり, しずんだりする)
エ. () わからない
- 4) メスシリンダーに水を入れ, その中に小石をしずめるとメスシリンダーの中の水面の目もりがあがりました。
(ア) めもりはどれくらいあがったでしょうか。

(イ) 水だけのりょう (かさ) はどうなったでしょうか。
ア. ふえた () ウ. かわらない ()
イ. へった () エ. わからない ()
- 5) 1dlの水をそれぞれ2本のメスシリンダーにとり, ①, ②の入れものに入れました。水のりょう (かさ) はどうなっているでしょう。



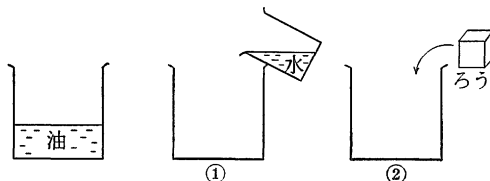
- ア. ①の方が多い () ウ. どちらも同じ ()
イ. ②の方が多い () エ. わからない ()
- 6) にんじんはジャがいもより重たい。ジャがいもはりんごより重たいア. どれがいちばん重たいでしょう。
()

イ. 重たいじゅんにならべなさい。

()

資料2 事後テスト

- 1) 下の文で, 正しいものに○をつけなさい。
ア. () いろいろな物の大きさを同じにすると重さも同じになる。
イ. () 小さくてかるいろうは水にうくが, そのろうを大きくして重くすると水にしずむ。
ウ. () りょう (かさ) と重さが同じ食塩水と砂糖水があります。この食塩水の中でたまごがうけば, 砂糖水の中でたまごはうきます。
エ. () 水や油のように形のきまっていない物の大きさや重さははかることができません。
オ. () 食塩水のこさをかえても, 物のうきしずみはかわりません
- 2) 水の入ったメスシリンダーに小石をしずめると, 水面の目もりがあがりました。目もりはどれだけあがったでしょう。
()
- 3) つぎの文の□の中に, ことばをかきこみなさい。
ア. 水の中でしずんでいるねんどは, □の水よりも□。
イ. 油にういている水は□の□よりかるい。
ウ. ジャがいもは水の中ではしずみ, こい食塩水の中ではうきました。このわけは, ジャがいもと□の水の重さを比べると, ジャがいもの方が□, 食塩水とくらべるとジャがいものほうが□からです。
- 4) 8cm³の水, ろう, 油の重さは, それぞれ8g(水), 7g(ろう), 6g(油)です。
ア. 油の入っているビーカーに水を入れてゆくとどうなるでしょう。①の図にかきなさい。
イ. 油と水の入っているビーカーに, ろうを入れるとどうなるでしょう。②の図にかきなさい。



- 5) 正しいものに○をつけなさい。
ア. 水の中にしずんでいるねんどを小さく切ってまるめ, 水の中に入れてどうなるでしょう。
① () うく
② () しずむ
③ () 水の中でとまる (ういたり, しずんだりする)
④ () わからない
イ. 水の重さが8gありました。水と同じ大きさ (かさ) のプラスチックネンドの重さをはかったら, 7.2gでした。このプラスチックネンドを水の中に入れてどうなるでしょう。
① () うく
② () しずむ
③ () 水の中でとまる (ういたり, しずんだりする)
④ () わからない
- 6) 水とガソリンの同じかさの重さをはかったら, 水は8g, ガソリンは6gでした。水の中にガソリンをいくら入れても, ガソリンはしずみませんでした。どうしてでしょう。
わけ
()