

# 理科教育分科会

## — 地学的教材における自然探究の過程 —

### 1. はじめに

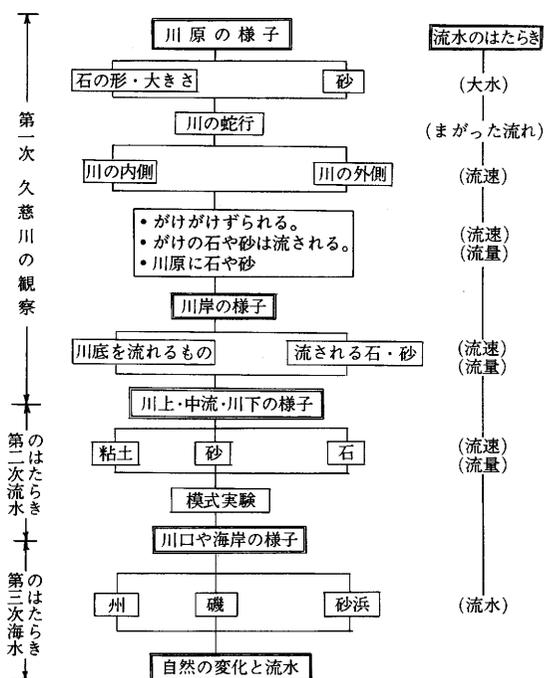
本分科会では昨年度までの2年間、溶解関連教材を例として、教材内容と授業過程の関係を中心に授業研究にもとづく研究を進めてきた。その結果、教材内容の性格・構造によって授業過程は大きく影響をうけ、授業過程にとり入れるべき学習様式の種類も異なってくることを強く感じさせられた。

そこで本年度はこの学習様式を多彩に導入しうる教材であり、自然認識の難しさももっている地学的教材をとりあげ、自然探究の過程をどのように構成したらよいか、研究工夫してみた。内容は流水の働らきによる地表の変化の学習であるが、この場合現地での観察学習、教室での視聴覚的学習、モデル実験による考察、討論学習を、どのように組合わせて学習効果を高めるかを意識しながら進めた。

### 2. 小学校地学教材「川の水のはたらき」の学習指導

#### (1) 探究の過程を重視する指導過程

・ 川原が、水の働きによってできることを、流れの速さや、水の量など、水の関係でとらえさせる。その過程で川上、川下へと学習の場を広げ、それぞれの土地のようすを水の働きとの関係でとらえる能力の育成を図り、さらに、川の流れや川原や、がけのようすから、土地のようすは長い間かかって変わったことをとらえさせようと指導過程を次のように考えたのである。

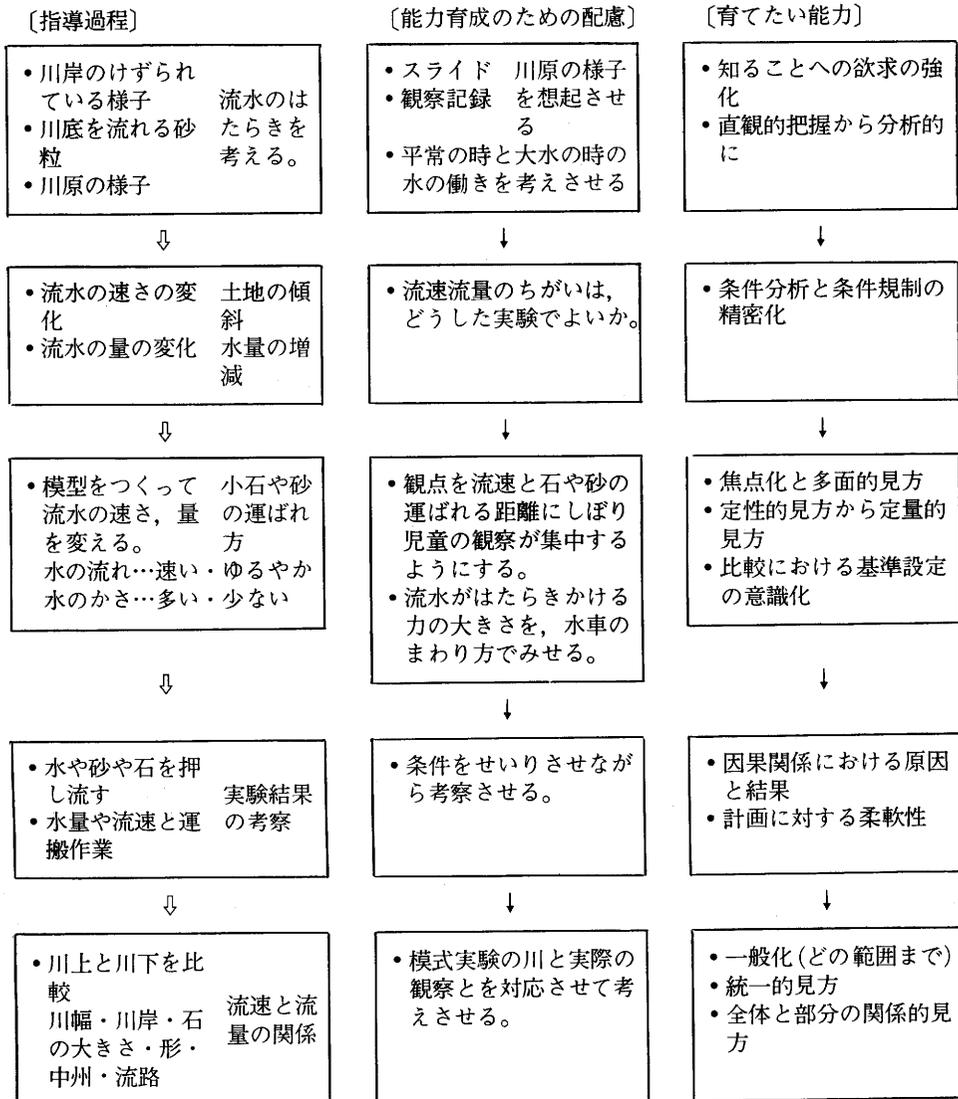


(2) 現地学習とモデル実験の位置づけ

川原の形、広がり、高さ、川原の石の大きさの分布状態などから、川原が変化するものであることを事実の観察（現場学習の再現）から推論し、変化させるものとしての流れる水の働き、とくに大水のときなどの関係でとらえてみるよう配慮したわけである。しかし土地の変化は、われわれ生活で考えられないほど長い間かかってきている。これらを、現象などを観察しスライドで変化のようすを再現し、考えても、あまりにもその隔たりは大きい。いくらからでもその中間に思考が連続するようモデル実験をとり入れてみたのである。そして、土地の様子を流量の変化と流速の変化との関係でみることにより、類推を実現化していくことができると考えた。

(3) 研究授業の分析検討

① 育てたい能力と指導過程



## ② 指導後の共同討議

### ア. 問題意識のもたせ方

探究する能力を育てるもっとも重要な点として問題意識をもたせるもたせ方が問題である。子どもひとりひとりが、川岸のけずられている様子と、2年で地面を流れている雨水がにごっていることや、地面にすじのできていることなど、土地の変化したようすなどを流水との関係でみている。また現地学習で、いろいろ観察してきているので、変化のようすと、先行経験とが錯綜し、関係づけ・意味づけして、「こんな大きな石はどうしてここにある。流れてきたにしても、あまり大きな石だから、おかしい」と疑問をもち、どうすれば解決できるか、子どもの問題意識となって高まっていく。そして先行経験と関係づけ・意味づけして自分なりに解釈して心象化していく。そしてこれが、観察実験の行動化の方向に深まり解決の探究へと連続する。

### イ. 感性的認識から理性的認識へ

事前指導で観察の観点を明らかにして現場の事象の観察をするのであるが、あまりにもスケールの大きいこと、目に入る情報が多いことなどから、その中にひそむ必要なものだけをとらえるのがむずかしい。しかし指導の中で、つねに、点としてとらえるのではなく、ひとつの流れの中で、(筋として)とらえることが重要である。川上における風船などの流速の測定結果と、水の流れているところからの距離のちがいで、 $1\text{m}^2$ 内に存在する石の数や、大きさを、川下の観測結果と比較する。こうした中で地形などを統一的に考察することが、自然を一体としてみていくような態度につながることだろう。

### ウ. 本質に迫るための、現場学習・モデル実験・視聴覚の利用

子どもたちが、いだいた問題解決のため生きてはたらく知識として活用できる内容は、第1学年で川原にたくさん存在する石で、大きさ、形は違っても、模様・手ざわりの似ているものがあること、第2学年で「雨水のゆくえ」をしている。雨水がたまったり、流れたりして、侵蝕・運搬・堆積させたりして地面の様子を変えること。第3学年「土しらべ」で土は粒の大きさによって水の中での沈み方、土の構成要素などについても学んできている。こうした学習の上に立って現場学習やモデル実験、スライドなどをどうみせるかを考えるわけである。

自然事象にあたり、石の大きさ、川原の様子、流速、川幅など観察し観測するわけであるが子どもの意識として、前述したように、点として把らえる児童が多い。こうした中で統一的な考察ができるような精選された、そして川上から川下への指導の筋をスライドなどを、とおして思考のポイントを明確にしていくことは重要なことである。

また、スライドなど視聴覚を利用することは代用経験にもなるが、現場を観察しているので具体的事象と結びつく。これが、スライドだけにとどまると、具体的ようでありながらかなり抽象的である。

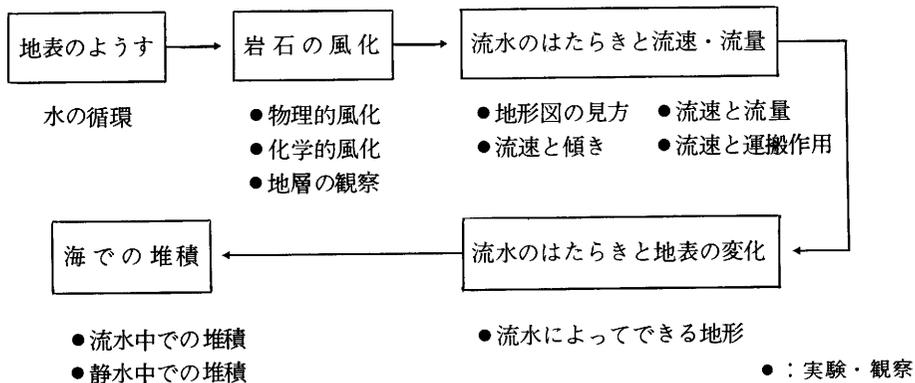
さらに、モデル実験をどう考えたらよいか、これは自然の事象の複雑な条件を制御し、観察するわけで、このことについては中学の項に記しておく。ただ小学校に於いては、物理的な実験にとどまらずひとつの川の流れを、定性的ではあるが分析的に、侵蝕され、流路が変わる様

子や、粒の大小によって運搬されるちがいなどに目をむけさせ、あの大きな久慈川の流水も、長い間にいろいろな流路や、地形の変化を起して、現在に至っていることなどを推論できるようにする。

### 3. 中学校地学教材「水のはたらきと地表の変化」の学習指導

#### (1) 探究の過程を重視する指導過程

地層の特徴から地層生成当時の環境を推測できる能力を身につけるには、探究の過程を重視した指導過程が必要であり、新指導要領にそって、次のような指導過程を考えてみた。



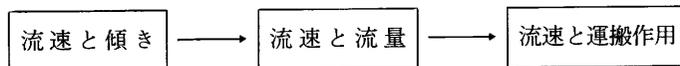
このためモデル実験・観察を数多く用意し、モデル的な個々の実験を、現在見られる事実との関連でとらえさせながら、これらをもとに関連的、総合的な考察を行ない、その因果関係を把握させるようにしたのである。

#### (2) 「流水のはたらきと流速・流量」におけるモデル実験の位置づけ。

流水の3作用によって、生成される地層は、すべて流速が基本であるという観点で、この学習を進めております。(構造図省略)

また傾き、流量、流路の幅やようす等、複雑な要素によって流速はかわり、流速の大小により浸食力、運搬力、堆積作用が変化する。海水のはたらきでも同様である。

この考え方から、次のようなモデル実験を考え、この実験結果から、久慈川の各地点における



水の代用 → ポリビニールアルコール

川底や川原の礫の大きさを考察させ一搬化をはかったのである。ただ3つの実験のうち、「流速と運搬作用だけでもよい」という考え方もあろうが、私は次のようにモデル実験を位置づけている。

- 流速を2倍、3倍にする方法など、条件制御が複雑であり、むずかしいこと。
- 探究の過程を通して、科学の方法を体得させるには、適切な内容であること。
- 小中との関連から、内容に深まりをもたせようとしたこと。
- 実験を能率的に行なわせ、授業の効率をたかめること。(他に転化できる)

(3) 研究授業の分析検討

① 指 導 案

第1学年3組 理科学習指導案 1970.12.4.(3時限)

指導者 和田 幸

1. 単 元 水のはたらきと地表の変化
2. 目 標 流水と地表の関連を動的に扱いながら、流水のはたらきと地表の相互作用によって変化してきた過程を、時間的、空間的にとらえさせるとともに、地層のつくりから、堆積当時の条件を考察できるような能力を養う。
3. 計 画 (11時間取扱い)
  - 第1次 地表のようす…………… 1時間
  - 第2次 岩石の風化…………… 2時間
  - 第3次 流水のはたらきと流速、流量…………… 4時間 (本時はその4時)
  - 第4次 流水のはたらきと地表の変化…………… 2時間
  - 第5次 海での堆積…………… 2時間
4. 本時の計画
  - (1) 目 標 流速が大きくなると、運搬される粒の大きさも大きくなり、運搬される粒の大きさは、直径でおよそ、流速の2乗に比例することを調べることができる。
  - (2) 準備・資料 流速測定装置、ビニール管、石、ものさし、O.H.P、V.T.R、マグネット鉄、記録用紙、
  - (3) 展 開

ね ら い	学習活動・内 容	指 導 上 の 留 意 点
<p>○本時の学習のねらいを各自つかむ。</p> <p>○流速を2倍、3倍にして、運ばれる粒の大きさを測る実験方法が考えられる。</p>	<p>1. 流速と運ばれる粒の大きさとの関係についての予想を確認する。 流速がますと、運ばれる粒の大きさは大きくなること。</p> <p>2. 予想を調べる実験方法について考える。</p> <p>(1) 各自考えてきた方法について、班で問題点を指摘しあいながら実験方法をまとめる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●流速を2倍、3倍にするには 傾き、流量、流路の幅など</li> <li>●粒の大きさを測る方法は、重さ、石の体積、</li> </ul>	<p>○前時に予想した流速と運ばれる粒の大きさとの関係を話し合いさせながら、本時のねらいを、生徒ひとりひとりに、はっきりつかませたい。</p> <p>○流速を2倍、3倍にする方法には、傾きや、流量、流路のはばなど、いろいろな方法が考えられるが、本時は、装置の関係から、傾きをかえて行なわせる。</p> <p>○傾きを変えることによって、流速を変えるが、傾きを大きくすると、すべり落ちる力も大きくなるため、ゆるやかな傾斜で実験させたい。</p> <p>○流速は、傾きが、1°、4°、9°になると2倍、3倍になるため、本時は流速は測定しないで、1°、4°、9°</p>

<p>○計画にしたがって実験ができる。</p> <p>○運搬される石の大きさ(直径)は流速のおよそ2乗に比例することがわかる。</p> <p>○下流ほど礫や砂粒が小さくなるのは、流速が下流ほど小さくなるために、礫の砂や泥がより分けられるためであることがわかる。</p>	<p>石の直径など。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●条件の制御について 流量、流路の幅、石の形等</li> </ul> <p>(2) 班ごとに実験の分担をきめる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●記録、石の測定、流量調節</li> </ul> <p>3. 流速が2倍、3倍…n倍になると石の大きさはどうなるか実験を行なう。(室外)</p> <p>4. 実験結果を各自グラフにまとめ、そのグラフについて考察する。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 各自、グラフにまとめる。</li> <li>(2) グラフがどのようなか話し合う。</li> <li>(3) グラフ化された結果について考察する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>●直線でないから、比例関係でない……この考え方は</li> <li>●流速が2倍、3倍になると石の直径は4倍、9倍になる。</li> </ul> </li> </ol> <p>5. 久慈川の上流、中流、下流の川底や、川原にある礫や砂粒の大きさのちがいについて推論する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●流速により礫や砂粒がより分けられる。</li> <li>●ぶつかりあつてこわれ、けずられる。</li> </ul>	<p>の傾きで実験させたい。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○石の大きさは、結果をグラフ化することも考えて、生徒達に抵抗の少ない、石の直径であらわしたい。</li> <li>○分担できた班から実験に入るが、特に水圧を一定にして、流量を等しくする方法について、じゅうぶんに配慮させたい。</li> <li>○実験がすんだら教室に入り、各自実験結果をまとめさせる。</li> <li>○各班のグラフをO.H.Pシートを利用して発表させながら、各自の実験結果を確認し、問題点について検討させる。</li> <li>○グラフが直線にならなくても、比例関係になることを気づかせるため、事前に準備したグラフを中心に考えさせたい。特に流速の値を2乗すると直線になることから、運搬力は、流速の2乗に比例することに気づかせたい。</li> <li>○川底や川原にある礫の形や大きさがなぜちがうのかじゅうぶんに推論させたい。</li> <li>○こう水のときの流速などから、運搬力の偉大さにもふれて行きたい。</li> <li>○V.T.Rにより細かい砂や泥が流される事実から、細かい砂は水中に浮かんで流され、礫や大粒の砂は川底をころがって流されることを確認させる。</li> </ul>
--	---	--

## ② 指導後の共同討議

### ア. 学習内容検討の方向として。

「運搬力は、直径で流速の2乗に比例する」という内容は、新指導要領にも強調されていない。内容を精選している現在、このような内容は指導要領にないから教えなくてもよいという意見もあるが、このような考え方は、研究の方向として改める必要があろう。

「運搬力は、直径で流速の2乗に比例する」という内容は、実験結果のグラフ化から考察させた場合、当然でてくるものである。特に次のエネルギーの偉大さを知らせるためには重要な内

容であり、一般化にいたる探究の過程の重視という面からも重要な内容である。

#### イ. 地学教材におけるモデル実験のあり方

地学現象の本質をつかむ手がかりを得るために多くのモデル実験が考えられるが、地学の場合、複雑な多くの要素が総合されており、条件制御等のために、モデル実験は容易ではない。本時では、「モデル実験で得たものを基盤に、流水のはたらきを類推すること」と「予想を検証するためのモデル実験を考える」という探究の過程で、条件制御という科学の方法を身につけること」でモデル実験を位置づけた。ただ、本時の実験は、地学の領域にこだわらず、物理的なモデル実験であり、その意味では大胆であるが、それだけに斬新であり、今後の地学教育におけるモデル実験の方向をしめしている。今後は、地学の中にも物理的、化学的なモデル実験を大いにとり入れていくことが、地学教育進展のために大切であろう。

#### ウ. 科学の方法としての条件制御

流水実験の場合、流量、摩擦、石の形、加速度等複雑な要素がからみあっており、条件をいかに制御して正確な実験値を導くか大切である。傾きを小さくして流速を2倍、3倍にしたのは加速度を考えるとこの点からよかったが、石の置く位置をしっかりと固定することも大切である。また運搬されたという判定の基準も、モデル実験の意義からは、1mmでも動けば、運搬されたと判定すべきであるが、条件を統一すれば別に問題はない。ただ時間的、空間的な概念の指導という点から考える必要がある。石の形も同じ物質で同形のものが用意できれば、直径の測定にも問題がなく、さらに実験値が正確になる。

また運搬物は小さいものほど動かされやすいと考えがちであるが、それは粒の大きさに左右される。直径1m~0.1mmでは流速が増すと小さいものほど動かされやすい。しかし0.1mm以下では動かされにくくなる。このように地学現象は大変に複雑でそれだけに条件制御がむずかしいことを把握しておく必要がある。

#### エ. 「予想をたてさせる」ことの指導

予想の段階にも低次なもの、高次なもの、いろいろあるが既習の学習内容やあの指導過程からすれば、「流速がますます運ばれる粒の大きさは大きくなる」という予想がたてられればよい。しかし、予想をたてさせることに学習のねらいをおく場合には、もっと高次な予想もたてられよう。例えば、石の直径を測定しないで、ただ流し、その結果から予想をさせれば数量的な予想がたつかもしい。

教師が探究の過程のどこにねらいをおくかによって、予想の質的な段階も決定されるものである。

## 4. む す び

以上で小学校における「川の水のはたらき」、中学校における「水のはたらきと地表の変化」の探究の過程を論じたが、小・中全体を総合して考えるとつぎのようにいえると思う。

小学校においては、流水のはたらきの現象とそこにふくまれる流水・地表間の因果関係を、い

つも全体的、巨視的観点を失わないようにしながらとらえていくようにしなければならない。この観点を保ちながら現地での観察、それをもとにした視聴覚的学習、さらに現象を条件統制によって単純化したモデル実験を層的に構造づけた学習過程が望ましいと考えられる。それに対し中学校では、小学校におけるこのような学習経験を前提として思い切ったモデル実験が可能になる。つまり小学校においては、モデル実験とはいってもなお自然の姿に近い形で行なうことが望ましいが、中学校においてはもっと強い条件の単純化を行ない、いわば物理的モデル実験の中で流水の働きの因子を明確化することができる。このような、自然を鋭いナイフで切ったような断面の認識を経て、再び総合的な自然認識に至ることは、望ましい自然探究の過程の一つのあり方であろうと考えたわけである。

(付小・小林昭，付中・和田幸，大学・高野恒雄 共同執筆)