

# 問題解決に生きてはたらく力を育成する理科学習の創造

山崎 敬人 柴 一実 神山 貴弥 風呂 和志  
三田 幸司 吉原健太郎 矢形佳吉子 山下 由紀

## I, はじめに

国際教育到達度評価学会 (IEA) の国際数学・理科教育調査報告書によれば、日本は小・中学生ともにトップレベルの得点をあげている<sup>1)</sup>。ところが、中学2年生が「理科は生活の中で大切」「将来、科学を使う仕事をしたい」と強く思う、またはそう思うと答えた割合は、国際平均値を大きく下回っていた<sup>2)</sup>。一方、西川らによる保護者を対象とした調査によれば、成人後の社会生活や家庭生活に小学校理科が深くかかわると答えた者は66.9%であった<sup>3)</sup>。国語や算数については90%以上の回答があったことと比較すると、かなり低い値であるといえよう。また、この保護者の評価に関して、教師を対象として行った調査では、理科を専門とする教師は保護者の回答を過小評価であると考えていたものの、理科以外を専門とする教師は妥当であると考えていたのである<sup>4)</sup>。

これらの調査結果によれば、子どもたちにとって理科を学習するのは生活に役立つからであるとは言い難く、また、習ったこと自体にはあまり興味もてないようである。また、このような傾向は、成人してからあまり変わらないようであり、理科の学習が人の生活において生きてはたらくものであると考えているのは、理科を専門とする教師だけなのではないかとも思われるほどである。

しかし、子どもたちが実社会に参加しながら社会の形成者となる21世紀初頭という時代、その時代を子どもたちが主体的に生きていくことを考えたとき、子どもたちにとって将来に渡って必要となるのは「問題解決に生きてはたらく力」であると考えられる。その力を育成していくことのできる理科学習の創造とは、理科に関する事柄に適用できる力だけではなく、子どもたちが将来所属するであろう、様々な集団において生起する諸問題を解決することができるような力も育て

ようとすることを意味している。そして、子どもたちが将来、他者とのかかわりの中で、自己実現へ向けて問題解決を行っていくことができるようにすることをめざしているのである。つまり、自然事象を対象とした探究活動を通して、様々な問題を科学的な思考によって解決していく方法を学ぶことができるようにすることにも重点を置いた理科学習を開発しようとしているのである。

## II, 問題解決に生きてはたらく力の育成の視点

問題解決に生きてはたらく力を育成していくにあたっては、次の二つのことが特に重要であると考えた。

### ○ 科学的な思考をもとにした探究力

問題解決のプロセスにおいて重要な力を育てていくことが必要である。具体的な力としては、

- ・自然事象とかかわる中で問題を発見する力や問題を構成する力
- ・自然事象を科学的に捉え、分析し、自ら問題解決を進める力
- ・事実や自分の考えを論理的に相手に伝える力
- ・事実や互いの考えについて検討し、集団としてのコンセンサスを得る力

などが挙げられる。

### ○ 科学的な思考や自然科学の内容に対する意欲や興味・関心

探究活動を行う際の実験や観察においては、教師が用意した活動を受動的に行わせるのではなく、子どもたち自身が考え出した方法によって自分たちなりの結論を創り出していくという、明確な目的意識を重視すべきである。また、基本的な知識・技能についても、科学技術の進歩に対応し、様々な問題解決を進める際の足掛かりとして大切であろう。子どもたちの目的意

---

Takahito Yamasaki, Kazumi Shiba, Takaya Kouyama, Kazushi Furo, Kouji Sanda, Kentaro Yoshihara, Kayoko Yagata and Yuki Yamashita: A Study on Developing the Science Learning to Improve the Ability of Problem Solving

識を高めたり、知識・技能を養ったりするために、興味や関心を高めることが重要である。

これらのことを子どもたちに育んでいくために、本研究では次の三点に注目した。

- (1) 自ら問題解決を進める学習者個人・学習集団の姿
- (2) スパイラルカリキュラムを意識した諸知識・諸技能・諸概念の配置
- (3) 意欲や興味・関心を高める学習材と学習環境

本報では、これら三点のうち、主に(1)に焦点を当てた小学校理科に関する授業実践と、主に(2)に焦点を当てた中学校理科での授業実践について報告する。

### Ⅲ、自ら問題解決を進める学習者個人・学習集団の姿について—小学校理科に関する授業実践から—

#### 1. 問題解決の方法を獲得できるようにするために

子どもが理科においていかに学ぶかという、言わば方法論的な知を、仮に学び方の知と呼ぶとすれば、この学び方とは学習の場における呼び方であり、生活の場で言えば、様々な問題を解決し自己実現を果たすための方法の一つであると言えよう。子どもたちにとっては、理科の学習活動をどのように進めていけばよいのかという、学び方についても学習の対象となるのであり、教科教育においては、内容知と方法知の両方がセットとして育まれる必要があると考えられる。

理科において科学的な思考力を育成するためには、個々の子どもが自然事象に対して自分の視点をもって問題を発見・構成し、問題とその解決方法との整合性に留意しながら学習活動を進めていくことができるようにしていく必要があろう。また、授業集団として、自分とは見方や考え方が異なる他者とコンセンサスを得ながら、協同的に問題解決を進めていくことができるようにしていくことも重要であると考えている。

科学的な思考をもとにした問題解決の方法を獲得できるようにするためのカリキュラムづくりをめざして、現在、次頁の表1のようなプランを開発中である。このようなプランによって「学び方」も育んでいくことで、子ども一人ひとりの成長に対する多面的な評価が可能になるとともに、さらなる指導の手立てが明らかになると考えている。

#### 2. 子どもたちの問題解決の姿と教師の手立て

本項では、自ら問題解決を進める学習者個人・学習集団の姿について、小学校理科の授業における子どもたちの問題解決の姿と、求められる教師の手立てについて、実際の授業実践をもとにしながら報告する。

- (1) 子どもなりの視点による「納得」

理科の授業において、子ども自身が問題解決を進めることの重要性は、常に語られることであろう。新しい科学観に基づけば、子どもが自ら進める問題解決とは、自分たちの問題に対して、集団としてコンセンサスを得た、納得できる結論を導き出すことであるとも言えるのではないだろうか。

実際の授業においては、いつでも簡単に子どもたちが納得できる結論が出るとは限らない。いくら観察や実験、話し合いを続けても、問題解決への見通しがもてずに立ち止まってしまうこともある。このような場面において手だてを行うことこそが、理科の授業における最も重要な教師の役割の一つであると考えられる。

では、実際の授業を思い起こしてみよう。子どもたち自身が問題解決を進めることができるようにしようと、教師は様々な手立てを講じる。単元の導入時には、子どもたちに疑問が生まれるようにするために、自然事象との出合わせ方を工夫する。そして、観察や実験の方法を子どもたちに考えさせ、個々の考えに応じて実験をさせるのである。子どもたちは、観察・実験は喜んで行う。

そこまでは教師の思惑通りである。しかし、観察や実験が一旦終わると、子どもたちはそれで学習が終わったと思うことがある。実験のまとめをさせようと、教師側から話し合いを仕組みれば、子どもたちはそれまで見せていた意欲が嘘のように黙り込んでしまう。話し合いが行われた場合でも、子どもたちの意見が対立してしまい、平行線を辿ってしまうこともある。そして、最終的には、教師が「実は・・・」と仕方なく答を与えてしまうことのあるのではないだろうか。

#### (2) 教師に求められる手立て

子どもたちの意見が平行線を辿ったり、悩んだりしているのは、納得できていないからであると思われる。子どもたちが納得できない理由としては、観察・実験によって得た事実と、自らの見方や考え方、知識、経験との間のずれを埋めることができない状態であることが挙げられよう。すなわち、ずれを埋めるための新しい見方や考え方、実験方法という、問題解決の見通しを見出すことができないために、子どもたちは立ち止まっていると考えられるのである。

子ども自らが問題解決を進めるとはいえ、授業においては教師の手立てが重要であることは言うまでもなからう。しかし、その手立てが、教師側の見方や考え方を一方的に与えるようなものでは、子どもたちを納得させることは難しい。先のような理由で子どもたちが立ち止まってしまうのならば、次のような手立てが

表1. 自ら問題解決を進める学習者個人・学習集団の姿 (案)

	個の姿	集団の姿	中心的に育む時期
めやす姿の高まり	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 設定した学習課題と実際に行っている問題解決との整合性を自省的に確かめながら結論を出すことができる。</li> <li>○ 多様な実験方法や分析方法を用いて結論を出すことができる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 他者の異なった視点からも共に問題解決を進め、グループとしてのプロジェクトを進めることができる。</li> <li>・無作為グループにおいて、個々の問題解決への見通しや実験方法を検討する。</li> <li>・各自が考えた実験方法を協同で行い、結果を総合する。</li> <li>・グループとしての問題解決のまとめを行い、他グループとの検討を通して学級でのまとめをする。</li> </ul>	↑↑↑↑
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 自然事象に対する驚きや疑問から学習課題を設定して実験を行い、まとめの段階において自らの問題解決と学習課題との整合性を反省的に振り返ることができる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 自他の問題解決への見通しの違いをいかに実験結果についてまとめていくことができる。</li> <li>・同じ考えのグループからそれぞれ1名ずつ集まった「交流グループ」において考えや実験結果を交流し、まとめる。</li> </ul>	↑↑↑↑
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 自然事象に対する驚きや疑問から学習課題を設定して実験を行い、自分の考えを確かめることができる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 一人ひとりの問題解決への見通しをもとに、協力して実験できる。</li> <li>・個々の考えをもとに観察・実験方法を考える。</li> <li>・同じ実験方法を考えた者どうしでグループを作り、協力して実験する。</li> </ul>	↑↑↑↑
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 自分が興味・関心をもった事象に対し、自分なりの考えに沿って観察・実験して結果を出すことができる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 他者の問題解決の方法や結果、考えを受け入れることができる。</li> <li>・他者の考えや観察・実験の結果を、自分と同じ視点か異なった視点かを区別しながら聞く。</li> </ul>	↑↑↑↑
<b>育みたい力</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・自然事象とかかわる中で、問題発見する力や問題を構成する力</li> <li>・自然事象を科学的に捉え、分析し、自ら問題解決を進める力</li> <li>・事実や自分の考えを論理的に相手に伝える力</li> <li>・事実や互いの考えについて検討し、集団としてのコンセンサスを得る力</li> </ul>	

考えられる。

・子どもたちが納得できない原因をつかみ、話し合いにおいて焦点化する

・個々の子どもの考えを生かしながら、子どもたちが糸口をつかめるようにする

このような考えをもとに、取り組んだ授業について子どもたちの会話記録とともに述べる。

(3) 立ち止まってしまった子どもたち (小学4年生

「もののかさと温度」での事例)

実際の授業の流れは次の通りであった。

- 1) 導入の実験
- 2) 実験グループによる実験
- 3) 実験グループごとに結果・考察を模造紙に書き、自由に見て回る中での交流
- 4) 学級全体での考えの交流と演示実験
- 5) 確かめの実験グループによる実験

- 6) 確かめの実験グループでの話し合い①(録)
  - 7) 学級全体での交流
  - 8) 確かめの実験グループでの話し合い②(録)
  - 9) 交流グループでの話し合い(録)
  - 10) 交流グループでの話し合いの内容を学級全体で交流
  - 11) 注射器を使った実験と学級全体でのまとめ
- (※(録)は会話を録音した場面をさす。)

導入の実験では、空気と水が同量入ったフラスコの口にガラス管をつけ、お湯や氷水をかけて管内の水が移動する様子を見せた。次に、管内の水が移動する理由を探るため、水や空気の変化を調べる実験方法を子どもたちが考え、実験グループごとに実験を行った。そして、実験結果や考察をグループごとに模造紙に書き、各自が自由に見て回る中で交流と検討を行った。

その後、学級全体で子どもたちの考えを交流した時のことである。空気については、温めたり冷やしたりするとかさが増えることは全員が納得できたが、水のかさが増えることを納得できない子どもがいたのである。そこで教師は、ガラス管付きのゴム栓を付けたフラスコの中に色水を満たし、お湯や氷水をかけると色水がガラス管の中を上がったり下がったりする様子を演示実験として見せた。また、水について調べた子どもたちの実験方法を学級全体で検討した上で、水のかさの変化を納得した子どもとそうでない子どもとを組ませて、新たに確かめの実験グループを作り、再度実験を行った。その結果、多くの子どもたちは水のかさが増えることに納得できた。しかし、学級全37人中7人の子どもたちは、それでも水のかさが増えることを納得できていなかった。

#### (4) 子どもたちが納得できなかった原因

確かめの実験後に記入させたワークシートを一人ひとり確認してみた。また、確かめの実験グループでの話し合い①の録音を詳しく聞いてみた。すると、子どもたちが納得できない原因となる考えは、次の5つであることが分かった。

- ア. 先に行った「もののかさと力」の学習で、注射器を使って実験して、空気はかさが増えるが水はかさが増えないことが分かっている。
- イ. 社会科の学習で、「水道の水は高い建物を上げていくことはできないためにポンプが必要」であると学習した。
- ウ. 空気については、熱によってかさが増えることが分かった。しかし、空気も水も両方ともかさが増えるとは思えない。
- エ. 実験装置の外には空気がある。その空気が水に作用している。

オ. 水を満たしたフラスコを温めると、中に小さな気泡ができた。この空気がかさが増えたのではない。

これらのうち、エについては、周りの空気は温めたり冷やしたりしていないこと、また、オについては、変化した水のかさに比べれば問題にならない位の量であることを、確かめの実験グループでの話し合い①で出された考えを学級全体で交流した際に説明すると、納得できたようであった。しかし、ア、イ、ウの三点については、依然として納得できない子どもが数名いたのである。特に、アの考えは根強く、確かめの実験後の考えを記述したワークシートにも、

・変化したんだけど…注射器ではかさは変わらなかった。

・したけどしない。ピストンの時は動かなかったから。などと書かれていたほどである。このような記述からは、実験によって水のかさが増えることは確認できていることが分かる。しかし、教師から「前の注射器の実験では、手の力で押したのだから、違うのではない?」と話してみたのでは、納得できないでいたのだ。

#### (5) 話し合いから納得へ

そこで、「どうすればお互いが納得できるようになるか」について、確かめの実験グループでの話し合い②において意見を出し合っていた。ここでは、特にアの考えについて、教師が話し合いに加わった場面の会話を二例挙げる。

##### 1) 確かめの実験グループでの話し合い

このグループでは、5人の子どものうち、Pz児、Po児、Pm児の3人が確かめの実験後も水のかさが増えることを納得できないままであった。話し合いでは意見がいくつか出されたものの、解決への糸口は見い出せないでいた。そこで、教師側から、メンバーの一人であるPw児のノートに書かれていた考えを紹介してみた。

T1: このグループのWさんが面白いことを書いていたよ。注射器の時にならなかったのは力だからで、今回は温度を変えたのだから、この前と今回とは違う、と書いてなかった?

Ph: 注射器に水を入れて、熱いお湯につけたらどうなるの?

T2: やる?

Pz: あ! やる!

Po: それいいね!

T3: それなら、「注射器の実験でこうだったから」

と言っている人との話が解決できるよね。

Pz : うんできる。

Po : よしやってみよう

Ph : イエーイ!

Pm : イエーイ!

Pw : できるぞー! できるぞー!

Pz : よっしゃ、できるぞー!

Pm : やっとできるぞ!

Pw児は、ノートに書いていた考えがこれほど重要な考えであるとは思ってもいなかったのか、自ら発言を行ってはいなかった。しかし、教師からグループへ紹介されたことによって、Ph児の「注射器に水入れて、熱いお湯につけたらどうなるの?」という解決への糸口が引き出されている。確かに、Pw児の考えだけでは解決への糸口とはならなかったかもしれないが、Ph児がPw児の見方・考え方を受け入れたことで、新たな見方・考え方が生まれたものと考えられる。両者共に大変嬉しそうであり、また、グループ全体として問題解決への見通しがもて、意欲が高まった様子が見えかけた。

さらに、子どもたちが納得できない原因であったイの考えについても、「ポンプは力で、今回は温度だから関係ない。」との意見が他の子どもから出され、本単元では熱と水のかさの変化とを関係付けて学習していることが再確認された。

## 2) 交流グループでの話し合い

確かめの実験グループ毎に考えを出し合わせた後、異なる実験グループの4、5名によって交流グループを新たに構成し、話し合いを行わせた。本学級では、このようなグループを交流グループと呼んでおり、少人数でそれぞれの考えについて交流・検討できるようにすることを目的としている。特に今回のグループ作りでは、水のかさの変化について、納得できていない子どもや確かめの実験後に納得できるようになった子どもと、最初に行った実験グループでの実験の時から納得していた子どもとを組み合わせさせた。

ここでは、先の1)で挙げたPm児が所属した交流グループを紹介する。このグループの子どもたちのうち、Pm児以外の3人は、水のかさが増えることをすでに納得していた。Pm児は、自分の考えを述べた後で、納得できない原因であったアの考えについて、注射器を使った実験を行えばよいと提案した。その時点では、その実験を行うことが合意されたため、教師は何も働きかけを行わずに他のグループへ移動した。しかし、その後の話し合いでは、水のかさの変化について意見が対立していた。以下は、教師が他のグルー

プから戻ってきた場面の会話である。

Pm : でも、水って膨らまないのじゃないの?

T : なぜ?

Pm : 注射器のときに・・・。

T : 注射器の時?

Pg : みんなそう言うのよ。

T : そうよね。さっき何か言ってなかったっけ?

Pg : Pnちゃん(他グループの子ども)も言ってる。注射器のこと。

Pt : 注射器のこと話した。

T : だったら、Pmさんや他の人たちもそうだけど、注射器でやっても膨らんだという実験ができれば、納得できるかもしれないね。

Py : でも、空気の時ちょっと動いたのじゃない?

T : 空気るときはね。水るときは?全然動かなかったよね。押しても、引いても。

Pg : あー、そうそうそう。それでね、

Py : だから、それは人間の力で押したからだ。

T : そうよ。

Py : だから、お湯をかけたりしたら動くかもしれない!

T : そうだね。温めたり冷やしたりしたらかさが変わるかもしれないよ。

Pg : そう!

T : 「人間の力とは違う」ということだよね。なるほど。

Pm : 実験やってみる!

Pg : やる!

T : 今の話は全体にも言った方がいいかもしれないよ。他にもそういう考えの人がいるから。

Pt : 分かった。私が言う! 私が言う!

Pg : 私も! じゃあ、二人で言おう。

Py児も、実験グループでの話し合いで注射器を使った実験を行えばよいと提案していたが、水に加える条件である力と熱の違いが十分に区別されていなかったものと思われる。Pm児が水のかさが増えないことに拘ったことで、Py児自身が自分の考えの曖昧さに気づき、力と熱という条件の区別がはっきりとなされたものと考えられる。また、Pt児・Pg児の最後の発言からは、解決への糸口を発見できた喜びと共に、みんなで納得していきいたいという気持ちがうかがえ

る。

(6) 子どもたちなりに「納得」を求めて

それぞれの交流グループでは、様々な考えが出されていた。ある交流グループでは、納得できないでいるメンバーに対して、何とか説明しようとする話し合いがなされていた。そのグループでは、一人の子どもが、空気と水の両方のかさが変化することはないという、ウの考えで悩んでいたのである。

Pn：水のせいもあると思う人、手を挙げて。

P：はい（Pk児以外の3名）

Pk：無理、無理。絶対ない。

Pn：空気のせいだけだと思う人？

Pk：はい。

Pn：あのね、K君じゃんか今は。K君はね、この前のプリントに「両方のせいにはならない。」と書いていたよね。でもね、みんなポテチ知ってる？知らない人？みんなポテトチップス知っているね。ポテトチップスは、塩が付いてると、パリパリ感があるからおいしいんだよね？

Pk：うん、そうよ。

Pn：梅干も、好きな人はすっぱいのとカリカリしているところがおいしいんだよね。

P：ああ、ああ！（複数の発言）

（中略）

Pk：俺は何にも納得しないぜ。

Pn：さっきのポテチと梅干の話で、そうじゃねと思った人？

Pk：梅干は酸っぱいだけでいいよ。ポテチは塩だけでいいよ。

Pn：好きな物教えて。（後略）

Pn児は、Pk児の好きな食べ物をいくつも例に挙げて説明を続けた。この話し合いは、この後も約10分間続けられたが、Pk児が納得したと思われる発言はなかった。しかし、その後、交流グループでの話し合いの内容を全体で確認した時には、Pk児から「納得したよ。」との発言があった。何がPk児に作用したのかは、グループの会話からは明らかにならなかったが、Pn児とのかかわりが大きなきっかけとなったものと思われる。また、他の2名の子どもたちは、初めはただPn児とPk児の話を聞いているだけであったが、途中からは会話に加わり、変化が起きる物の一つとは限らないという見方や考え方が深まったようであった。

(7) その後の授業展開

交流グループでの話し合いを行っても、「納得できない。」と言い続ける子どもがいた。その後、各グループで出された「どうすればお互いが納得できるようになるか」について学級全体で交流したところ、注射器を使って実験すればよいとの考えが多数出された。納得できていない子どもたちからも、是非やりたいとの声が多数あったので、注射器に水を満たして温めたり冷やしたりする実験を行い、ピストンが動く様子を観察した。

実験後の学級全体でのまとめでは、それまで納得できなかった子どもたちも納得できたようであった。と同時に、今度は、同じ水でも力を加えた場合にはかさが変化しないのに、熱を作用させた場合にはかさが変化するということが、子どもたちにとって新たな疑問となった。

(8) 実践を終えて

食べ物を例に挙げて説明したPn児が、学級全体へ自分たちが話し合ったことを発表した時、子どもたちは皆その話に聞き入っていた。子どもたちは、「そういう説明の仕方もあるのか。」と気づき、また、「そう考えれば納得できる。」という新たな見方や考え方を獲得したものである。この例は、見方や考え方は教師から与えられるものではなく、子どもたち自身が学び合いによって共有していくものであることを示している。

子どもたち自身も、何とかして解決への糸口を探そうとしていることが確認できた。また、教師が「それは〇〇なんだ。」「こうすればよい。」と押し付けても、それでは子どもたちは納得できないことも分かった。教師側から一方的に解決方法を与えるのではなく、教師も話し合いに加わり、子どもたちの思考や納得の仕方に合わせて、問題解決への糸口に気づかせていくことが必要であると感じた。

(9) 今後の課題

子どもたちの会話や話し合いを、いつも詳細に分析することは難しい。しかし、個々の子どもの見方や考え方を教師が把握するためには、大変有効であると改めて感じた。そしてこれからも、子どもたちなりの視点による「納得」への可能性を大切に授業づくりを追究していきたい。

また、力・熱といった加える条件が異なっても、かさが変化するかどうかは、水や空気自体の固有の性質であるという見方や考え方が子どもには強いことが分かった。熱に比べ力は、子ども自身が直接空気や水に働きかけるため、その印象は強いようである。このため、単元の配列に工夫が必要であると考えられる。

IV. 地学的な時間・空間概念の育成について—中学校  
理科第2分野「大地の変化」に関する授業実践から—

1. はじめに

中学校では、「大地の変化」・「天気とその変化」・「地球と宇宙」の3つの地学領域の単元を学習する。いずれの単元も生徒は、日常生活にはない時間軸上の移動や空間における視点の移動を行いながら学習を進めることになる。そして、これらの移動を頭の中で行うことは、指導者が考えている以上に生徒にとっては難しいことである。

理科学習において、単に多くの知識を生徒に与えても、それらの知識が問題解決に生きてはたらくとは限らない。学習したことを、言葉や絵で表現したり、自分の生活体験と結びつけたり、それらを使って探究活動を行ったりすることを通して、はじめて問題解決に生きてはたらく教科学力に結びつくのである。

本研究では、問題解決に生きてはたらく地学的な時間・空間概念の育成のために、身近な自然の地史形成のシナリオを、生徒が考えた4つのキーワードをもとに4つの絵で表現させ、時間軸に沿ってそれらを配列させる指導を行った。そして、その指導を実施するために、生徒の地学的な時間・空間概念の実態把握とそれに基づく授業を構想し実践した。

2. 生徒の地学的な時間・空間概念の実態

小学校で学習した「地層」を題材にした自由記述によるアンケート調査を実施した5)。(平成15年10月,広島大学附属三原中学校第1学年2クラス,計83名)

生徒の連想した記述内容を表2のような視点で分類し、その中に出現する「時間」や「空間」に関する記述数を調査した。その結果、表3のようになった7)。

この表から、「地層」というキーワードから連想した「時間」に関する記述は合計324で、そのうち第1領域で連想した記述は79(24%)であることがわかる。しかし、「地層」から連想した時間概念は単に「古い」というものであり、過去から現在にいたる時間のつながりを表現したもの(例「何万年も前からある」や「歴史の積み重ね」)は少なかった。

また、「地層」から連想した「広がり」といった空間に関する記述は、14(4%)で、記述全体でも総計830に対して27(3.3%)と大変低い値であった。

以上の結果から、生徒が「地層」という言葉から連想する地学的な時間・空間に関する記述が少ないことが分かる。

表2

分類の視点	記述例
時間的なもの	古い、化石、歴史、アンモナイト、恐竜、昔
空間的なもの	つながっている、大地、海だった、自分より下の位置
視覚、触覚的なもの	土、砂、緑、色、緑、やわらかい、固い、カクカク、模様
地球の活動	海、川、水、火山、断層、プレート、重なる、堆積
人間の活動	調査隊、発掘、スコップ
学習や感情	おもしろい、テストに出る、おぼえるのが大変
まちがった知識	水がなくなって地層ができる、山が焼ける地層ができる
その他	生物の証

表3

分類の視点	第1領域	第2領域	枠外	合計	構成比
時間的なもの	79	119	46	244	29.4
空間的なもの	14	10	3	27	3.25
視覚的、触覚的なもの	163	180	53	396	47.71
地球の活動	60	44	19	123	14.82
人間の活動	3	11	1	15	1.81
学習や感情	1	5	2	8	0.96
まちがった知識	4	7	3	14	1.69
その他	0	2	1	3	0.36
合計	324	378	128	830	100

3. 「大地の変化」の学習内容とその配列

「大地の変化」の学習を通して、生徒に身につけさせたい地球的なスケールの時間・空間概念は、地球規模で物や人や情報が行き交う21世紀を生きる生徒たちにとって必要なものである。現在、地球の活動とその現象はプレートテクトニクスによって長大な時間、広大な空間を舞台に生き生きととらえることができるようになった。

しかし、自分たちの立っている大地が刻一刻と変化しているという認識は普段の生活の中ではなかなか得られない。小学校での学習を踏まえながら、身近な自然を発展的に扱うことで、生徒の興味・関心を高め、段階を追って地学的な時間・空間概念を育てていくことができると考える。

生徒の実態を踏まえ、地学的な時間・空間概念を育てていくためには、これまでに学習してきた、水が地形をつくるはたらきや地殻表面の事象を説明できるプレートテクトニクスについて学習を進めていくことが有効であると考えた。

「中学校学習指導要領解説—理科編—」<sup>8)</sup>では、「プレートテクトニクスには深入りしない。」とある。しかし、今日の情報化社会では、地震や火山の活動についての報道では、この理論に基づいてアニメーションなどを用いながら誰にでもわかりやすく解説がなされている。このことから、プレートテクトニクスによって、地球表面の大地の変化をとらえようとする学習は、21世紀に生きる生徒たちにとっては、身につけるべき科学の一般常識であると考えられる。

本研究で作成した学習計画(表4)の特徴は、大地の変化を演繹的にとらえることで、地学的な時間・空間概念を育てるとともに、科学的な思考をもとにした探究力を育成することにある。そのために、一般法則(プレートテクトニクスや水のはたらき)の学習から

個々の地学現象の学習へと進め、生徒に自然の見方が身につけられるように工夫した。

#### 4. 地域教材の開発

生徒に地史形成のシナリオを考えさせる地域教材として、広島大学附属三原中学校の裏にある「桜山」を選定した。「桜山」を教材に選んだ理由は、生徒にとって空間的に大きな存在であり、学校のすぐ後ろにあって生徒が身近な存在としてとらえやすいこと、登山道が整備されており、授業時間内に観察できることの2点である。

地質図や事前調査により「桜山」の地質は2つに分けられることが明らかになった。学校側の裾野には、中生代白亜紀の終わりから新生代第三紀の始めの広島変動と呼ばれる大規模な火成活動によって形成された花こう岩が露出している。これらの花こう岩は、表面は風化されて真砂土に変化しているが、岩石の組織を残した所が多く見られるため、生徒が岩石の種類を同定しやすい。もうひとつは、「桜山」の学校側の中腹から山頂、北側の山腹にかけて見られる高田流紋岩類と呼ばれる火山活動によって形成された非常に固い岩である。これらは、中生代白亜紀におこった中国地方を中心とした大規模な火山活動によって噴出した流紋岩質の溶岩や火山灰が固まってできたものである。流紋岩質凝灰岩という分類で、新鮮な部分は白～明るい灰色をしており、緻密な石基に磨耗していない粒が見られる。生徒による種類の同定は難しいが、火山活動によって形成されたこととらえることはできると思われる。

これらの2種類の岩石は花こう岩が貫入して接触し

たと思われるが、境界面付近が表土に覆われており、はっきり確認することはできない。しかし、登山道を登っていくと風化した花こう岩から、高田流紋岩類が風化した土や岩肌に変化していく様子がとらえられ、境界面の存在を推定することができる。

マグマに由来する2つの異なる成因の岩石から「桜山」ができている不思議さを感じさせ、そこをスタートとして「桜山」の成因や歴史を考えさせる授業を展開していくことで、地学的な時間・空間概念を育てられると考えた。

#### 5. 地史形成のシナリオを絵で表現することの学習効果

生徒がこれまでに学んだことがらをもとにキーワードをあげさせ、作画のテーマを決めることで1人1人の生徒が取り組みやすいようにした。

地形や地下構造を絵で描くことで、これまでの学習で獲得された知識が目に見える形で表現される。この活動は、生徒が自分の空間概念を明らかにするとともに、再認識する場になる。これによって、生徒1人1人に地質の広がりやその境界を強く意識させることができる。

また、4枚の絵を時系列に沿って配置し、その流れを文章で説明させることで、地学事象の過去から現在へのつながりも意識させることができる。

そして、絵によるシナリオ作りを、個人から班、クラスへと発展させることで、この活動が協同的な学習としても機能すると考えられる。まず、個人の作画という創作活動から、班でのシナリオ作成という創作活動に発展させることで、地学的な時間・空間概念の獲

表4 「大地の変化」学習計画

小単元	時	学習内容	学習目標
地球を学ぼう	1	地球とは何だろうか？	地球についての一人一人が理解していることを出し合うことで、地球について学ぼうとする意欲をもつ。
	2	地球はシステム	地球上のすべての物質が循環していることを理解する。
	3	宇宙の中の地球	宇宙における地球の存在を考え、そのイメージを絵で表現することができる。
	4	地球の生い立ちと地球の構造	地球の構造や誕生を科学的に考えようとする。
プレートテクトニクスを学ぼう	5	大陸移動説からプレートテクトニクスへ	プレートテクトニクスが登場した過程を理解する。
	6	地球上の地形とプレートテクトニクス	地形の成因を、プレートテクトニクスを用いて説明できる。
	7	世界の震央・火山分布とプレートテクトニクス	地震や火山の原因を、プレートテクトニクスを用いて説明できる。
	8	日本列島の特徴とプレートテクトニクス	日本列島の震央・火山分布・活断層を、プレートテクトニクスを用いて説明できる。
火山を学ぼう	9	日本列島の火山	日本列島の火山の分布をプレートテクトニクスによって説明できる。
	10	火山の形と噴火のようす	火山の形と噴火のようすをマグマのおねりけの進いによって説明できる。
	11	火山の噴出物	火山の噴出物を説明できるとともに、鉱物の結晶に関心を持つ。
	12	マグマと火成岩	マグマの冷え方と火成岩の組織との関係を説明できる。
身近な自然から学ぼう	13	火成岩と鉱物	火成岩が鉱物からできていることや火成岩の色は含まれている鉱物の種類やその量によって決まることを説明できる。
	14	学校周辺の地形と水のはたらき	地形と水のはたらきについて理解するとともに、地形は内部の地質構造が反映されていることも理解する。
	15	野外観察（桜山）	これまでの学習を踏まえて、岩石や地形を観察しようとする。
	16	桜山の特徴と岩石の分布	地形の特徴や分布していた岩石の特徴を説明できる。
	17	桜山の地史を考えるキーワード	野外観察のまとめから、桜山の地史を考えるキーワードを決定する。
	18	桜山の地史のシナリオ	シナリオの考察を通して、地学的な時間・空間の感覚や科学的な思考をもとにした探究力を身につける。
	19	桜山の地史のシナリオ	シナリオの考察を通して、地学的な時間・空間の感覚や科学的な思考をもとにした探究力を身につける。
地震について学ぼう	20	堆積岩のつくりと特徴	堆積岩のつくりと特徴から、その成因を説明できる。
	21	地層や堆積岩の露頭の見方	地層や堆積岩から様々な情報を読み取ることができる。
	22	花石が語ること	地球の歴史に興味を持つとともに、化石の種類から地質時代や堆積当時の環境を推定できる。
	23	一原市の地質図から考えよう	地質図をもとに、三原の地史を推定することができる。
	24	地震のゆれとその伝わり方	地震のゆれの特徴や伝わり方を説明できる。
	25	地震のゆれとその伝わり方	地震のゆれの伝わり方を図やグラフを用いて説明できる。
	26	地震とその災害	地震の際に安全に行動できる。
	27	地震のメカニズムとプレートテクトニクス	地震の発生を、プレートテクトニクスを用いて説明できる。



得がより効果的になると考えられる。次に、シナリオをクラスで交流する場面では、絵が情報伝達の媒介となることで、自分の持っているイメージとの比較が容易になり、発表されたシナリオに対する意見の交換が活発になると考えられる。

#### 6. 生徒が作成したシナリオについて

表4の学習計画に従って、平成15年12月上旬に第18、19時限目を実施した。

生徒が地史形成のシナリオ作りのために考えたキーワードは、「深成岩」・「火山活動」・「プレートの運動」・「水のはたらき」の4つであった。このキーワードをもとに、班で最も現在の地質構造にあてはまるシナリオを作り、時系列に沿って、1人が1枚ずつ地学事象を矛盾ないように作画していった(図1)。

生徒の描いた絵について、人物が表現されているかと、動的な表現(矢印や擬音語)がかかっているかの2点に注目してその出現数をカウントした(表5)。

人物を絵の中に表現した生徒は、83名中46名であった。人物を表現することは、絵に表現した空間内における視点や地学事象とそれを描いている自分とのスケールの大きさとの対比を伝えるのに役立つ。また、動的な表現を加えた生徒は、83名中62名であった。地球の活動を動的にとらえ、それを表現しようと試みることは、地球が活着しているということを実感し、地学事象の連続性をとらえたと評価した。

表5 人物を表現した生徒数と動的表現をした生徒数

	人数
絵の中に人物が描かれていた生徒	46
絵の中に動きを表す表現を入れた生徒	62

班で作ったシナリオについては、クラスで交流会を行い、相互評価を行った。評価は、絵の表現の分かりやすさと観察された地学事象とシナリオが矛盾していないかの2点について、生徒1人1人が行った。

この交流会を行ったところ、1つ1つのシナリオに対して、良い点や疑問に思う点が活発に交流された。特に、シナリオと観察された地学事象の矛盾点がある場合については、その矛盾点を、シナリオを作った班に説明を求めていた。この交流会によって、クラスの中に、桜山の形成についての意見の集約ができたと思われる。

生徒の作ったシナリオでは、水のはたらきによって侵食された土砂が、現在自分たちの足元に広がっていることを表現しているかに注目した。生徒が作った合

計20のシナリオのうち、13のシナリオに地層の広がりが描かれていた。これは、「地層」から連想した空間に関する記述(総計830のうち27)に比べて、その割合が多くなっている。こうした結果が得られたことは、地層の形成を水のはたらきと関連させ、地史形成のシナリオを絵で表現したことによるものと考えられる。地学事象の空間的な広がりを生徒にとらえさせる方法として、身近な自然の地史形成のシナリオを絵で表現させる指導は有効であったと考えられる。

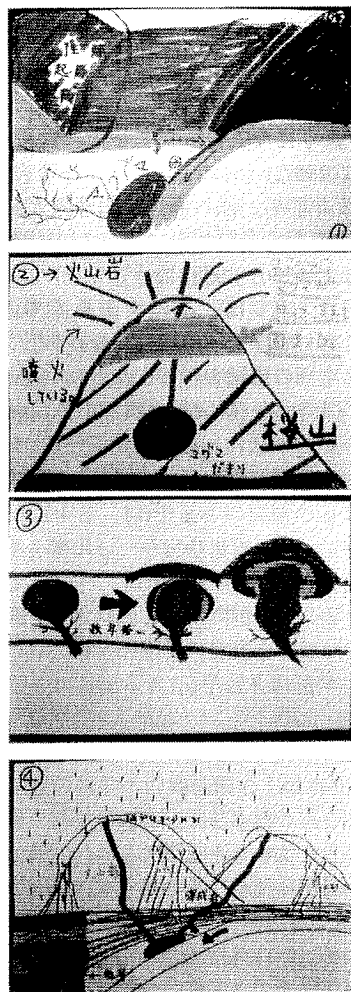


図1 生徒の考えたシナリオの例

#### 7. 今後の取り組みについて

地学事象のシナリオを考え、それを絵で表現することは、地学的な時間・空間概念の獲得に有効にはたらくと考えられる。また、理科学習において、絵を使って学習したことがらを表現することは、自分の考えを確認する作業として学びの創造につながると考えられ

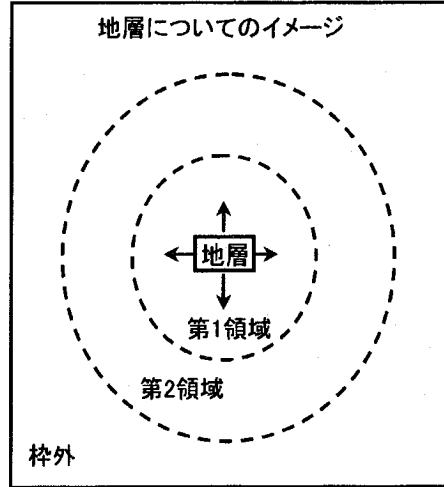
る。

今後は、中学校理科指導において、諸概念の獲得の1つの手段として、絵や図などの表現活動を活用した学習活動をカリキュラムの中に位置づけていきたい。

【注および引用文献】

- 1) 国立教育研究所「小学校の算数教育・理科教育の国際比較」, 東洋館出版社, pp.167-171, 1997.
- 2) 国立教育研究所「中学校の数学教育・理科教育の国際比較」, 東洋館出版社, pp.131-136, 1997.
- 3) 同上書, pp.203-205.
- 4) 西川純, 新井郁男, 熊谷光一, 田部俊充, 松本修「生涯教育から見た各科教育」学校教育研究, 12, pp.139-147, 1997.
- 5) 西川純, 新井郁男, 熊谷光一, 田部俊充, 松本修「生涯教育から見た各科教育(その2)」学校教育研究, 13, pp.124-136, 1998.
- 6) 調査方法については、次の文献を参考とした。星加泰昭, 西村彰洋, 横山義人, 森谷浩巳:「地学的な時間と空間の感覚を育てるための指導の工夫」, 岡山県教育センター研究紀要第244号, pp.7-15, 2003.
- 7) ここでは、2重円の中心に「地層」というキーワー

ドを配置した下のような図を生徒に示し、連想することがらを自由に書かせるというものであった。「第1領域」には、生徒が「地層」から直接連想したことがらを書かせ、「第2領域」には「第1領域」に書いた言葉から連想したことがらを書かせた。さらに、「第2領域」に書いた言葉から連想したことがらは、「枠外」に書かせた。



- 8) 文部省:「中学校学習指導要領解説—理科編—」, 大日本図書, pp.71, 1999