

# 対話を活性化させる理科学習指導

藤 崎 博 隆 [鹿児島大学教育学部附属小学校]

## Educational guidance of science class to activate dialogue

FUJISAKI Hiroataka

キーワード：理科学習指導、対話、教材、発問、板書

### 1 はじめに

平成20年版学習指導要領では「知識基盤社会」における持続可能な発展を見据えつつ、「理数教育の充実」を、その改訂の大きなポイントとして示している。小学校理科では目標の中で、「科学的な見方や考え方を養う。」として、児童が既にもっている自然についての素朴な見方や考え方を、観察、実験などによる事実を基にした問題解決の活動を通して、少しずつ科学的なものに変容させていくことをねらっている。科学的とは、実証性、再現性、客観性であることが条件としてあげられ、これらの条件を他者とかかわりの中で検討する手続きが必要となってくる。したがって、この他者とかかわりの中で問題を解決していく子どもの姿を具体化し、その子ども像に迫るための理科授業を充実させる研究を行うことが必要であると考えた。

### 2 目指す授業像

子どもは、新たな自然事象に出会うことで「あれ、どうしてだろう。」「すごい。どういうことだろう。」といった問題意識をもち、自然や他者との事実や情報のやりとりを基に、思考することを繰り返す

ことで科学的な見方や考え方を構築できる存在であると考えられる。

#### 【自然との対話とは】

子どもが自分の考えを基に、観点をもって自然事象に対して働きかけ(①)、事実を獲得する(②)というやりとり。

#### 【他者との対話とは】

子どもが事実を基にした考えを他者と比較するために可視化し(③)、自分の考えを広げたり、深めたりするために情報を獲得する(④)というやりとり。

#### 【自然の対話とは】

自分の考えを批判的に見つめ、自然から獲得した事実や他者から獲得した情報を基に、考えを修正する自分とのやりとり。

このような、科学的な見方や考え方を構築する問題解決の過程において、常に図1にあるように、子どもは、自然や他者との対話を基に、自分との対話において思考し、表現するというサイクルを繰り返していると考えられる。この「対話」のサイクルを通して、一人一人が考えを表現するため

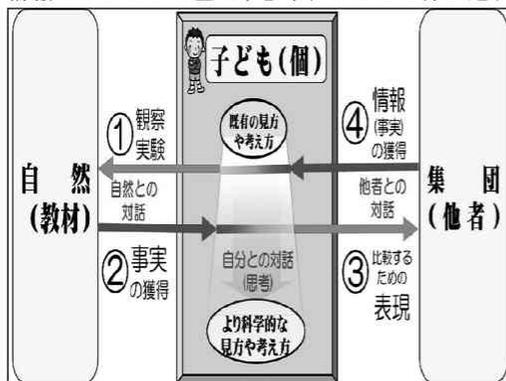


図1 理科学習で子どもが繰り返し行う対話

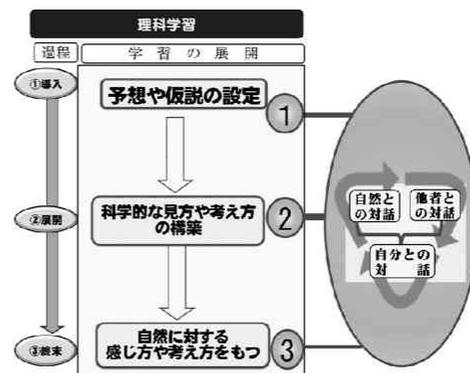


図2 理科学習において考えを表現する3つの場

には、事実や情報を整理する思考が重要になる。そのため、比較や関係付けを基盤とした思考の型を身に付けさせることが大切になる。さらに、学び合いの場を設定し、「対話」における事実や情報のやりとりをより活性化させる。対話が活性化することで、互いの仮説をより批判的に検証するようになるとともに、一人一人の考えがさらに科学的な見方や考え方へと高められると考える。

理科の学習において、一人一人が考えをもつ場が図2に示すように3つある。それは、「予想や仮説を設定」する場、予想や仮説を批判的に振り返り、「科学的な見方や考え方の構築」をする場、そして、自然に対して新たなとらえ方やかわり方を考える「自然に対する感じ方や考え方をもつ」場の3つである。この3つの場で子どもが、対話を通して思考、表現し、問題を解決していく様相を授業像として設定する。

### 3 対話を活性化させる学習指導の具体化

一人一人が考えをもつ3つの場を連続させ、科学的な見方や考え方を構築した上で、自分と自然とのつながりにかかわる感じ方や考え方をもつためには、図3のような学習指導の考え方で対話を活性化させることが大事であると考えた。



図3 対話を活性化させる学習内容と指導方法

理科授業においては、子どもが「あれ、どうして。」「うわ、すごい。どうなっているのかな。」

といった問題意識をもつだけでなく、「たぶん、○○のように●●だと思うよ。」「予想を確かめるには△△の方法が使えるよ。」といった自然や他者にかかわる意欲が高まる必要がある。そのために、子どもが、『『驚き、感動』する教材』、これまでの知識を基盤として生かせる「単元構成」という2点から学習内容について検討した。また、獲得した多様な事実や情報から考えを構築する場面では、子どもが比較や関係づけを基盤として思考し、「自分」との対話において、整理された考えとして表現されることが大事である。そのために、子どもが、何を、どのように考えればよいかわかる「発問」や「板書」の工夫によって指導方法を改善した。

### 4 対話を活性化させる学習指導の具体化

#### (1) 基盤となる知識をいかす単元構成

理科学習において、子どもは多くの事実や情報を獲得したり、それまでに獲得した既有知識をもち出したりして、それらをつなげて解決を考えていく。したがって、理科学習においては既有知識につなげて考えるための新たな事実や情報を獲得していくことが必要になる。そこで、単元内容を構成するに当たっ



図4 学年間で共通教材を用いた場合の思考

ては、新たな学習内容を数多く付加するのではなく、現在置かれている学習内容を事実や

情報をつなげて考えることができるようになるという視点が必要になる。

具体的には、図4で示すように前学年や前単元などで学んだことを共通教材として設定する。そうすることで、既存の知識を生かして新たな問題を説明することができる。

このように、基盤となる既有知識がつながるような単元構成にすることで、対話が活性化される学習を展開していけると考えた。

## (2) 対話を活性化させる教材とは

子どもは、自然との対話を通して、「○○はきれいななあ。」「△△のようになるなんてすごいな。」と驚き、感動することができる存在である。そのような自然事象に出合うための教材は、身近にあって多様な活動ができ、既有知識とのずれを感じることで疑問や問題が生じ、問題の解決のために繰り返し観察や実験ができるといった図5のような要素をもつと考えた。この教材の要素は、3つの場で意欲的に自然と対話させるために非常に重要な要素になると考えた。

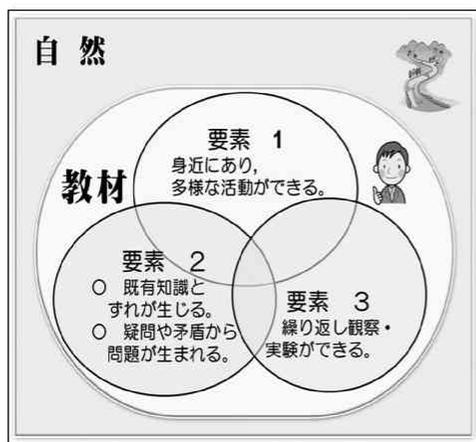


図5 「驚き・感動」する教材の要素

まず、教材を通して対話した身近な自然事象とこれまでの学習経験や生活経験に説明できないようなずれや矛盾が生じた際には、「なぜ、□□のようになるのかな。」「◆◆のときには、どうなるのか調べてみたい。」などの問題意識が高まる。したがって、教材の要素

は全て仮説を設定する場で重要になる。

次に、教材が、改良や試行錯誤できるものであれば、子どもは様々な視点から教材にアプローチして「●●の場合は、どうなるのか確かめてみよう。」と多面的・総合的に思考する場が保証されることになり、科学的な考えを構築していくために重要な要素になる。

さらに、構築した自然に対する見方や考え方を基に、自然に対する感じ方や考え方の表出につなげるためには、これまでの学習を想起させたり、問題の解決に関連する新たな情報を補足して与えたりすることが重要である。したがって、自然に対する感じ方や考え方もつ場では、それまでの場で用いた3つの要素を含む教材を再度用いることが有効になってくると考えた。

## (3) 3つの場における教師の働きかけ

予想や仮説を設定する場においては、子どもにも問題意識をもたせるために、「何が違うの。」「どうしてそれが問題なの。」といった発問をする。このように問うことで、既存の見方や考え方とのずれから問題意識をもつ。そして、立場が明確な予想や仮説をもたせるために「何について比べればいいの。」「それは、どうして。」と発問する。このように問うことで、他者の予想や仮説との差異点や共通点が明らかになり、「何について」「どのように」調べることが明確な予想や仮説を設定することができるようになる。さらに、「これまでの学習で説明できることはないかな。」と問うことで、見通しをもつことができ、既習内容を関係付けて根拠のある予想や仮説を設定させることができると考える。

科学的な見方や考え方を構築する場においては、自分の予想や仮説の妥当性を検証させるために「他の人と同じなのかな。」「自分の予想と比べてどうだったの。」といった発問をする。このように問うことで、多面的・総合的に思考することができ、自分の予想や仮説と自他の獲得した事実を比較したり、関係付けたりしながら思考させることができると

考える。そして、「どの事実から分かったの。」などのように子どもに考えの根拠を問うことで、批判的に思考させ、自分の予想や仮説を見直し、より科学的な見方や考え方の構築につなげることができると考える。また、子どもに具体的に思考させるためには、発問だけでなく板

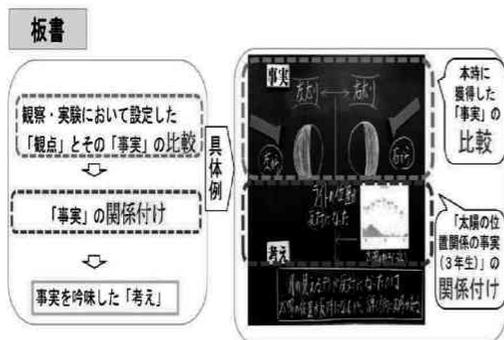


図6 第6学年「太陽と月」での板書例

書により、可視化された事実や情報が重要になると考える。図6は、矢印を使って「何と何」を「比較」し、「関係付け」るのかを明確に示した板書の例である。このように視覚的に関係性を示すことで、子どもが共通の事実や情報を基に思考できるようになり、対話の活性化につながると考える。

自然に対する感じ方や考え方もつ場においては「考えはどう変わったの。」「考えは、何によって変わったの。」などのように導入と終末の自分の考えを比較したり、それまでの対話した内容を振り返らせる発問をする。このように問い、多面的・総合的に思考させたり、批判的に思考させたりすることによって科学的な見方や考え方を構築するまでの考えの変容に気付け、その違いに他者の関わりを関係付けて考えさせることができると考える。また、「自然のきまり(科学的に構築した見方や考え方)が当てはまることはないかな。」「どうして当てはまると考えたのかな。」などと問うことで、自分と自然とのかかわりについて説明することにつなげることができると考えた。

#### (4) 学び方や他者とのかかわりを価値付ける振り返り

自然や他者、自分との対話を通して、予想や仮説や科学的な見方や考え方、自然に対する感じ方や考え方を表現するためには、比較や関係付けを基盤とした考え方を身に付けることが重要であると考え。したがって、そ

**学び方や他者とのかかわりを振り返らせる発問**

**学び方の視点**

- 何と何をどのような観点で比べたから調べることが明らかになったのかな。
- いろいろな予想をすることができたのは、どうしてかな。
- 自分の予想が変わったのは、何がポイントだったのかな。
- どうして、自分の力で考えを書くことができたのかな。
- 今日の学習を振り返って、自分にとって科学的な考えを書くために、大事なポイントはどの場面だったかな。

**他者とのかかわりの視点**

- 友達との学び合いで自分に影響があったのは、どのような情報だったかな。
- 友達の考えを聞いて、自分の考えに自信をもてたり、他の考えに気づいた場面はあったかな。

図7 学び方や他者とのかかわりを振り返らせる発問

れぞれの場において、自分の考えを表現できたときには、その際の学び方を振り返らせる図7のような発問を行ってそれまでの対話を価値付けることで学び方を身に付けさせていく。また、他者との対話において、問題解決に必要な事実を獲得することができたり、他者に有益な事実を伝えたりできたことについても価値付けていく。

#### (5) 実践(第4学年「水の姿とゆくえ」)

ここでは、第4学年「水の姿とゆくえ」において学習指導の具体化を図り、図8のように単元の指導計画を考えた。ここでは、特に第二次について実践の内容を報告する。

## 1 目 標

- (1) 水が自然蒸発したり、空気中の水蒸気が水に変わったりすることや水が温度によって状態を変えることについて、興味・関心をもって意欲的に調べ、自分と水とのかかわりに生かそうとすることができる。
- (2) 水の状態変化に蒸発や温度の変化を関係付けて考えたことを、図や言葉を使って表現することができる。
- (3) 水の状態変化を調べ、記録したり表やグラフに表したりすることができる。
- (4) 水是水蒸気になって空気中に含まれるとともに、結露して再び水になって現れることから、水は循環していることや、水は温度によって水蒸気や水に変わることを説明できる。

## 2 指導計画（全13時間）

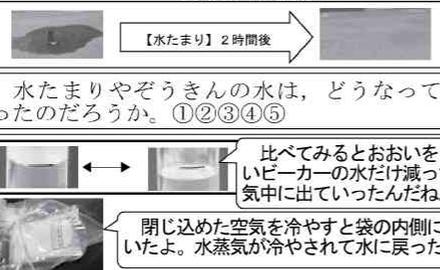
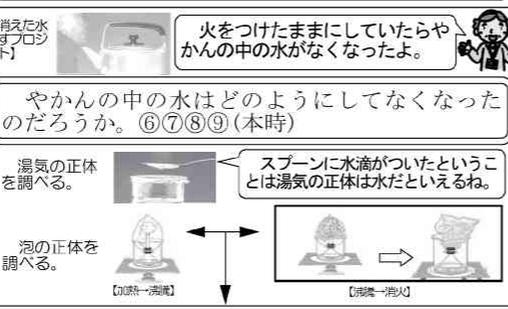
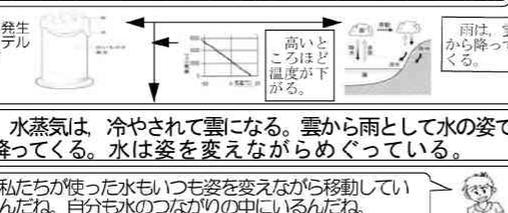
次	主な学習活動	教師の具体的な働きかけ
第一次 水の自然蒸発と結露⑤	 <p>【水たまり】2時間後</p> <p>水たまりやぞうきんの水は、どうなってしまったのだろうか。①②③④⑤</p> <p>比べてみるとおおいをしていないピーカーの水だけ減ったよ。空気中に出ていったんだね。</p> <p>閉じ込めた空気を冷やすと袋の内側に水滴が付いたよ。水蒸気が冷やされて水に戻ったんだね。</p> <p>水をふくむ様々なものから水が蒸発し、水蒸気として常に空気中にある。水蒸気は、冷やされると結露して水になってでてる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 身の回りで起こっている自然蒸発について問題意識をもたせるために、時間が経過することで水が無くなった事実を比較させるための写真を並べて提示する。</li> <li>○ 定量的に比較する実験の必要性に気付かせるために、「水が空気中に出て行くことを説明するにはどんな事実が必要かな。」と問う。そして、結果を見通した予想や仮説を検証させていく。</li> <li>○ 結露に温度の変化を関係付けて予想させるために、保冷剤に水が付く現象を提示しながら「どうして水がついたのだろうか。」と問い、その要因を話し合わせる。</li> <li>○ 加熱による水の状態変化を調べる意欲を高めるために、加熱したやかんの水が無くなっていく現象を提示し、「やかんの水は消えてしまったのかな。」と問う。そして、水が無くなるまでの過程の予想を比較した話し合いにより、根拠が不明確であることに気付かせる。</li> <li>○ 泡が水蒸気であることを水温変化と関係付けてとらえさせるために、膨らみ始めた袋と泡を集めて消火した後の袋の様子を比較する際の「袋の膨らみ」「水滴の有無」の観点に気付かせる学び合いの場を設定する。</li> </ul>
第二次 水の加熱④	 <p>【消えた水を探そう】エレクト</p> <p>火をつけたままにしていたらやかんの中の水がなくなったよ。</p> <p>やかんの中の水はどのようにしてなくなったのだろうか。⑥⑦⑧⑨（本時）</p> <p>湯気の正体を調べる。</p> <p>泡の正体を調べる。</p> <p>【加熱→沸騰】</p> <p>【沸騰→泡立】</p> <p>スプーンに水滴がついたということは湯気の正体は水だといえるね。</p> <p>水は、約100度で沸騰する。温度が上がると水蒸気の泡が出て、湯気になった後、水蒸気として空気中に出ていくことでやかんの中の水はなくなる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 水の温度が下がった際の変化を「状態」「体積」の観点で調べさせるために、氷になることで容器が破損した物を提示する。</li> <li>○ 水蒸気が上空で冷やされて雲になることをとらえさせるために、雲発生のモデル実験を演示し、保冷剤の近くで霧状に見える水の粒の存在を観察させる。</li> <li>○ 自分たちが、地球の中で様々な物と水の循環を通してつながっていることをとらえさせるために、自分を含めた水の循環モデルを考えさせ、自分たちの行動が地球の環境に与える影響を予測させる活動を設定する。</li> </ul>
第三次 水の冷却②	 <p>水を冷やし続けるとどうなるのだろうか。⑩⑪</p> <p>水になると水面が高くなったよ。</p> <p>温度が下がった後、約0度でしばらく止まったよ。</p> <p>水を冷やし続けると約0℃で氷になり、体積が増える。</p>	
第四次 自然界の水②	 <p>水は、自然の中でどのように変化しているのだろうか。⑫⑬</p> <p>雲発生のモデル実験</p> <p>高いところほど温度が下がる。</p> <p>雨は、雲から降ってくる。</p> <p>水蒸気は、冷やされて雲になる。雲から雨として水の姿で降ってくる。水は姿を変えながらめぐっている。</p> <p>私たちが使った水もいつも姿を変えながら移動しているんだね。自分も水の一つの中にいるんだね。</p>	

図8 第4学年「水の姿とゆくえ」の指導計画

(6) 実践の結果

ア 第二次の問題設定【第6時】



図9 やかんの中の水がなくなったことを確認する子ども

ここでは、子どもたちの生活経験の中で身近に感じている事象として、やかんの中に水を入れて加熱することによる変化を教材として取り上げ、図9のように観察させた。その際、「やっぱり、けむりが出てきた。」「え、違うよ湯気だよ。だって水が出てきているんだもん。」と加熱している水の入ったやかんに起こる変化についてこれまでの経験を基にした対話が行われる姿があった。また、「あれ、白い物がでなくなってきた。音もしなくなってきたよ。」「あ、何も出なくなったよ。」とそれまでと異なる大きな変化に気付き、驚きつつもやかんの中の事実を確認していた。

やかんの中の事実を全員が獲得したところで、「やかんの中の水は消えてしまったのかな?」と発問すると、図10のように「なくなっていないよ。だって、窓に水滴が付いているから。これは、水たまりと同じようにやかんから出てきた水蒸気が水になったんだと思うよ。」と第一次で学習した知識を基に考える姿が見られた。この一連の対話によって、「やかんの中の水はどのようにしてなくなったのだろうか」という第二次で解決する問題が設定された。



図10 窓の結露を根拠に説明する子ども

イ 水を加熱した際の温度変化を調べる活動【第7時】



図11 やかんの中の様子をビーカーで再現した装置

前時にたてた問題を解決するために、まずは、やかんの中で起こっている現象を中が見えるように図11のような装置で再現して観察した。「最初と比べて何が変わりましたか。」という発問に対して、

子ども達は、「水の中から泡がでてきた。どんどん増えていった。」「アルミホイルの上から湯気が出ている。」と発言し、事実の確認ができた。この比較した事実を基に、「水は、温度を上げることでどのように変化するのだろうか。」「湯気の正体は何だろうか。」「泡の正体は何だろうか。」という問題意識が生じた。

まずは、「水は、温度を上げることでどのように変化するのだろうか。」という問題を解決することになった。子ども達は、水の様子の変化と温度を測定し、その事実を基に、他の班と比較することで、「水は、約100度で沸騰する。」というきまりを見いだした。

ウ 湯気の正体を調べる活動【第8時】

前時に生じた問題のうち、まず「湯気の正体は何だろうか。」から解決することになった。「見通す」過程で予想を立てる際には、ほぼ全ての子が、「水に決まっている。だって・・・。」と根拠を明確にした発言をしていた。ノートには、「触ると手が湿ったから」「温度計に水滴が付いていたから」などと前時まで獲得した事実を基に予想が書いてあった。調べる方法についても、それまでの学習で用いた方法や生活経験を基に様々な方法を考えていた。

「見通す」過程で実験の結果について確認した際には、「湯気の正体が水なら、どの方法でも結果は、水滴がつくはずだよ。」と図

12のように、それぞれの班において他者との対話で確認できていた。実験の結果、どの



図12 様々な方法で湯気の正体を調べる子ども

実験でも水滴が付いたという事実から「湯気の正体は水(液体)である。」という考えでまとめることができた。

この時間の学習において、アルミホイルの下は何も見えないのにアルミホイルの上には湯気が見えるという違いに気付いて疑問をもった子ども達が、「温度が下がったから小さな水滴になって見えるようになったと思うよ。」という予想を立て、



図13 加熱している水中や湯気の温度を調べる子ども

図13のように実際に温度の違いを調べた。すると、湯気の方が温度が低く、子ども達の予想通りだった。その後、他のグループも同じように事実を確認した。アルミホイルの下は、目に見えないが水が姿を変えて有るはずだということから「水蒸気だろう。」という考えでまとまった。

#### エ 泡の正体を調べる活動【第9時】

第7時に生じた問題で未解決である「泡の正体は何だろうか。」について明らかにする

ことを確認した。

「見通す」過程では、子ども達の予想は「泡の正体は、空気である。」「泡の正体は、水が気体になった水蒸気である。」の二つに大きく分けられた。ここで、「どうしてそのように考えたの。」と根拠を問う発問をした。「泡の正体は空気である。」と考える子ども達は、「空気の泡と同じように見えるから。」とこれまでの生活経験による見目を根拠にした。「泡の正体は水蒸気である。」と考える子ども達は、「大量の湯気が出ていて、その下には水蒸気があるということは、大量の水蒸気の基は泡としか考えられない」「温度が上がって水の中でも蒸発が起こったに違いない。」とそれまでの学習での知識を根拠にしていた。そこで、傘袋に沸騰した泡を集めれば正体が確かめられることを確認し、結果の見通しまでもたせることができた。

「調べる」過程で、子ども達は、図14のよ



図14 沸騰した泡の正体を調べる子ども

うに「やっぱり膨らんだから空気だ。」「でも、袋がくもってきているよ。」「うわ！閉じ込めて火を消したら一気にしぼんで水がたまってきた。」と気付いたことを他者に伝えながら観察していた。子どもにとって、膨らんでいた袋が、

火を消した後に急激にしぼみ水がたまるといふ事実は非常に驚きであったようである。また、「泡の正体が水蒸気である。」と予想していた子ども達は、予想を確認できる事実が得られて感動していた。

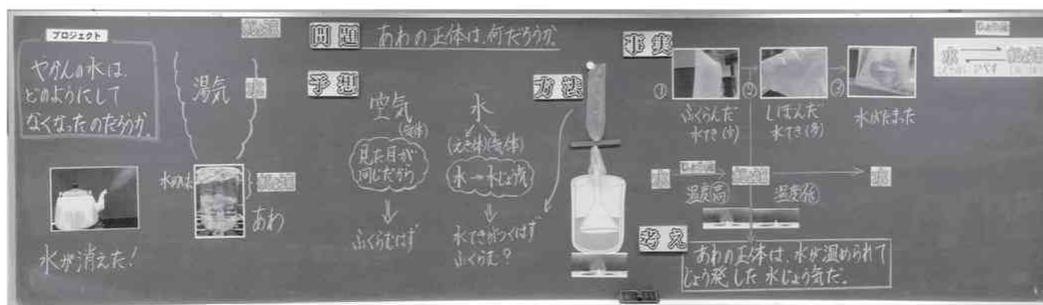


図 15 泡の正体について調べた事実の順序性と関係性を示した板書

「吟味する」過程では、黒板には図 15 のようにそれまでに獲得した事実を整理し、予想と比較しながら考えられるように可視化した。子どもたちは、図 16 のようにノートに書いた事実を予想や仮説と照合し、他者と対話しながら考えを構築していた。



図 16 事実を基にした考え及び対話する子ども

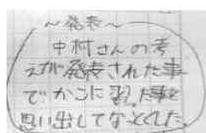


図 17 子どもの記述

「振り返る」過程では、図 17 のように他者との対話を学びに生かしたことを記述するなど自分ができるようになって考えを構築することができたのかを振り返ることができていた。また、「水って温度が変わると空気のように見えなくなったりするんだね。まるで忍者みたいだよ。きっとこのへんにはたくさん水蒸気があるんだろうなあ。」と自然に対する感じ方や考え方を表出している子どももいた。

### (7) 実践の考察

○ 身近に起こる自然事象の中で、子どもの既有知識を生かすことができ、それまでの経験や他者の考えとずれが生じるものを教材として用いることで、子どもに問題意識や解決の見通しをもたせることにつながるようになった。

○ 沸騰した泡を集めるために用いた教材は、子ども達が驚くだけでなく、そこで獲得した事実に既習内容が関係付けられ、泡の正体について説明することが可能になった。したがって、「驚き・感動」する教材は、獲得した事実と既有知識とが関係付けられると想定される場面で使用することが効果的であることが明らかになった。

## 5 研究の成果と課題

### (1) 成果

自然や他者との対話を活性化させるための「驚き・感動」する教材の要件や指導計画への位置付け方を明らかにすることができた。

自分との対話において、予想や考えを書かせるために比較、関係付けを基盤とした思考をさせる働きかけを具体化できた。また、「振り返る」過程において対話の内容を振り返らせ、自分の考えの変容に他者の関わりを関係付けて考えさせる働きかけを具体化することができた。

### (2) 課題

発達の特性或個に応じてより多くの子どもが考えを表現するための学習内容の設定、指導方法の在り方を具体化していく必要がある。

### 主な参考文献

猿田祐嗣(2012)：論理的思考に基づいた科学的表現力に関する研究、東洋館出版社  
 日本理科教育学会編著(2012)：今こそ理科の学力を問う、東洋館出版社