

# 「実験が楽しい」だけの理科学習脱却を目指して

## ～実験の工夫とイメージ図によって～

久保 文人

平成 24 年度全国学力・学習状況調査の結果では理科の学習が好きと答えた小学生の子どもが全体の 82% であり、子どもたちの多くは理科の学習を前向きにとらえている。しかし、子どもたちは理科が好きな理由としては「実験・観察が楽しいから」というものが最も多い。一方で、事象に対して考えることに楽しいと感じたり、実験・観察を何のために行っているのかという意識をもちながら活動に取り組んだりする子どもの割合はぐっと下がる。そこで、子どもたちが対象の本質をさぐること・考えること・考えを交流することにおもしろみを感じられる授業を目指した。そのために、子どもの思考の流れに沿った単元構成や実験計画とイメージ図による見えないう事象を可視化することによってお互いの考えを交流していくことを取り入れて研究を進めた。

キーワード：前提・矛盾・再構成，イメージ図，可視化，交流，実験の工夫

### 1. 研究目的

#### 1. 1. 学びをデザインする子どもたち

本校研究テーマは「学びをデザインする子どもたち～課題意識の深化～」である。子どもが頻繁に発言したり、ノートへの記述量が増えたりしたことだけを見て「学びをデザインする子どもたち」と見ることはできない。理科における「学びをデザインする子どもたち」とは、子どもたち自身が興味をもち、見通しをもって課題を解決していこうとする姿である。

理科における学びをデザインしていく姿が見られるのは、課題解決の過程においてである。自ら課題を見つけ、それを解決したいと思うことから始まり、「こうなるのではないか。」「きっとこうだろう。」と予想し、それを確かめるために観察・実験を行う。そこから明らかになった結果をもとに予想と照らし合わせることで新たな自分の考えをもち、進んで結論を導きだそうとするのである。

しかし、上記の学習状況調査の結果同様、担当学級の子どもたちも、実験や観察を楽しんでいるもののそれを何のために行っているのかという意識が薄い子どもがいることが 4 月にとった意識調査の結果からわかった。(表 1)

また、理科で学習したことと生活との関わりを感じることができていない子どももいることがわかった。子どもたちがそのように感じている要因として、「自然に親しみ、見通しをもった観察・実験」ができていないからである。「自然に親しむ」とは子どもたちが関心や意欲をもって対象とかかわることにより、自ら課題を見だし、それ以降の学習活動の基盤を構築することである。与えられた課題や実験では子どもたちは理

科の学習におもしろみを感じることはないだろう。もちろん、目新しい実験器具をあつかうことや現象を発生させること自体におもしろみを感じることはあるかもしれないが、実験に頼らず、考えることや不思議を発見することにおもしろみを感じる姿を目指したい。子どもたち自ら見いだした課題と向き合っているからこそ、子どもたちは予想や仮説をもって観察、実験しようという意欲をもつであろう。子どもの思考の流れに沿った学習を探っていく。

理科の授業は好きですか？	すき 80%	きらい 20%
理科の学習の楽しいとおもうところはなんですか？	実験 87%	その他 23%
理科の授業で「なぜだろう」と不思議に思うことはありますか？	ある 60%	ない 40%
理科で学習したことを使って家でもやってみたいですか？	そう思う 73%	そう思わない 27%

(表 1 4 月に行った理科学習への意識調査)

#### 1. 2. 理科についての教師の意識

先で述べたように、小学生の子どもが多くが理科の学習を前向きにとらえていることが分かる。一方で、科学技術振興機構と国立教育政策研究所が実施した、小学校で理科を教える教員を対象とした「平成 20 年度小学校理科教育実態調査」においては、「学級担任として理科を教える教員の約 5 割は、理科の指導に苦手意識を感じており、その中でも教職経験が 10 年未満の教員では、6 割を超えている」という結果が出た。子ども

もたちにとっては比較的に関心のある教科である理科は、指導者が負担に感じている教科でもある。負担に感じている要因としては、「専門的な知識がない」「準備や片づけが大変」「設備備品や消耗品が十分に設置されていない」などが挙げられる。

これらの実情を受けて、子どもたちの科学的な見方・考え方の育成に即した実験だけでなく、どの学校・どの教員でも実施できる実験の研究を探っていく。

## 2. 研究の方法

以下の4つの観点に沿って研究を進めていきたい。

### 2. 1. 対象との出合わせ方の工夫

自ら問題を見いだすためには、単元導入で対象とどのように出合うのかということが大切になる。しかし、実際には子どもが自発的に問題をもつというのは難しい場合も多い。子どもたちが自ら問題をもつような教師側からの働きかけが必要である。そのためには、二つの共通の視点をもつようにしないとけない。一つめは、追究すべき事象に子どもの目が向いていることである。二つめは、追究対象となっている事象に、子どもが何らかの思いをもつことである。言い換えれば、「子どもの目が向く」「子どもの気持ちに向く」ことが大切である。単元の導入や事象の提示時にはこういった視点をもつことができるような出会いを探っていく。

### 2. 2. 前提・矛盾・再構成を取り入れる

子どもたちの「知りたい」「学びたい」と感じる瞬間の一つは「なぜ」や「不思議」といった思いが生まれたときである。子どもたちに「なぜ」を生み出すには、1時間の授業の中に、もしくは単元全体の中に、前提・矛盾・再構成を組み込むことが大切である。前提とは子どもがそれまでもっている経験の総体(先行経験、素朴概念)のことである。事象に対する子どもたちの前提の矛盾を作ることで、子どもたちの論理を授業のときに崩し、新しい考や気づきを再構成するよう単元を計画する。

「矛盾は自然の事象自体にはない。事象に矛盾があるのではなく、人間の認識と事象の間に矛盾は存在する。身近な自然の事象が学習の対象となり、子どもの思考の発展の契機となるような問題を含んだ事象は、はじめから存在するのではない。」(露木, 2007)子どもが矛盾を見つけられるように教師が事象を教材化する必要がある。子どもたちが矛盾を感じた時にどのような反応をするのか探っていく。

### 2. 3. 実験の工夫

子どもたちの立てた予想が正しいかどうかを検証するために実験・観察を行う。各単元に応じた実験や観察が教科書等に出ているが、それらが本当に子ども

たちの理解の助けになっているのか、思考の流れに即したもののなにかを検証し、見直しが必要であれば、教材や教具の開発を検討していきたい。子どもたちにとって、よりわかりやすい実験であればあるほど実感を持った理解につながっていくであろう。

また、実験方法を考える際にどの教師も行うことができるという点も重視したい。例えば実験器具に特殊な器具や高価なものに頼るのではなく、誰でも準備できる安価なものを用いて効果的な実験ができないのかを探っていく。

### 2. 4. イメージ図の活用

子どもたちの思考を絵や図、言葉、発言で表現させる。特に、目に見えない現象についてはかく活動(絵や図と言葉)を通して表出させたい。表出させることで、自分たちの思考を他者に伝え、共感したり比較したりできる。その中で素朴概念を科学的な概念へと変容していくと考えている。また、子どもたちが考えたイメージを教師がみとることができる。そのために、思考を表出する時間を確保したり、表出の方法を共有したりしていきたい。

## 3. 授業の実際

### 4年生「ものの温まり方」より

4年生「ものの温まり方」の単元にて研究を進めた。本項では、2の項に対応させながら4つの観点で実際の授業の様子について述べる。以下は本単元の単元構成である。(表2)

第1時	(導入)水を入れた鍋を熱する。
第2時	(金属)金属棒に蝋を塗って熱し、金属の温まり方を調べる。また、金属棒に示温テープをはって熱し、金属の温まり方を調べる。
第3時	(金属)金属板に蝋を塗って熱し、金属の温まり方を調べる。また、金属板に示温テープをはって熱し金属の温まり方を調べる。。
第4時	(水)試験管内の水を熱する。温度変化の様子は示温テープで確認した。
第5時	(水)ビーカー内の水をおがくずと液体洗剤を加えて熱することで水の温まり方を調べる。。
第6時	(空気)線香を熱することで空気の温まり方を調べる。
第7時	(空気)ストーブで部屋を温めることで、空気の温まり方を調べる。

(表2 「ものの温まり方」の単元構成)

### 3. 1. 対象との出会い

子どもたちは前単元で「ものの温度とかさ」を学習

した。その際に、金属も水も空気もあたためられると体積が大きくなり冷やされると体積が小さくなること、また、ものによって体積の変化の度合いがちがうことを学習している。単元の終わりごろに、「ものの温度とかさ」の性質を利用した身近なものを探す活動を行った。その中で、あつおは線路にあるレールの隙間に着目をしていた。学級でレールにはどのような工夫があるのか確認していると、あいが「金属は温度が高くないと変化しないけど…」と発言をした。金属をあたためる実験から、十分に熱しないと体積が変化しないことを想起しての発言である。以下は、その後の記録である。

教師：夏ってレールはそんなに熱くなるの？  
 しんや：むっちゃ熱い。車のボンネットとか。  
 そうた：マンホールとか。やけどするぐらい。  
 教師：何度ぐらい？  
 ねね：60℃かな。  
 ゆい：70℃くらい。  
 教師：でも、気温ってそんなに熱くないよね？  
 こう：30℃。  
 あい：35℃。  
 教師：じゃあ、水は？プールとか。  
 なおた：25℃  
 れい：30℃。  
 れな：ものによってあたためり方がちがうのかな。

下線部のれなのように、「ものの温度とかさ」の学習中に、「ものあたためり方」に課題を意識する児童が見られていた。

しかし、その課題意識が全体では共有できていないと感じた。本単元導入の時間では、全体で課題を共有することをねらいとした。

子どもたち自身で課題を見つけるために、鍋が温まる様子を観察することにした。鍋を温めることで、金属(鍋)、お湯(水)、部屋(空気)の温まり方に目をつけやすいと考えたからである。(図1)



(図1 鍋を温めている様子)

鍋を温める際に、児童から「温度計をつかってもいいか？」との確認があったため使用の許可を認めた。

結局、全ての班が温度計を用いていた。鍋を観察する際には、時間ごとにお湯の温度の記録をとる児童や手で触って確かめる児童などの姿が見られた。鍋が温まる様子の観察後、子どもたちに気づいたことを出させた。

気づいたことを出し合う中で、鍋とお湯を比べると「鍋の方が熱い」「鍋とお湯は同じ熱さ」「お湯の方が熱い」と班によって結果が異なった。さらに、部屋の温度が高くなった気がするがお湯や鍋ほどは温かくは感じない、と感じた班もあったことから、鍋(金属)とお湯(水)と部屋(空気)の「温まり方は違うのだろうか」という本単元に結ぶ課題を子どもたちの意見から設定することができた。次時からは、金属・水・空気の順に温まり方を調べていくことを伝えた。

### 3. 2. 本単元における前提・矛盾・再構成

本単元における前提・矛盾・再構成を以下のように定義した。(表3)

前提	金属は熱したところから順に温まっていくのと同様に水も熱したところと温まっていく。
矛盾	水を入れた試験管の底を温めたときに、熱源に近い底から温まらずに、上から温まっていく。
再構成	水は金属とは違い、上から温まっていく。

(表3 本単元における前提・矛盾・再構成)

子どもたちの実態に合わせて、本単元の学習を、①金属の棒の温まり方(前提)→②金属の板の温まり方(前提)→③試験管内の水の温まり方(矛盾)→④ビーカー内の水の温まり方(再構成)と設定した。

以下は、第4時「試験管の中の水の温まり方の様子を調べよう」の授業である。

まずは、試験管とガラス管に貼った示温テープを子どもに見せ、これからする実験に見通しをもたせた後、矢印(→)を使って温まり方のイメージを表出させた。底を熱する実験を行うことを伝え、各自の予想のイメージを交流した。



(図2 試験管の底を熱して中の水を温める実験)

子どもたちの予想は、大きく分けて「金属と同じ様に、水も熱したところから順に温まる」という考えと「水はぐるぐる回りながら温まる」という考えに分かれた。ほとんどの子どもが、金属と同じように温まる

と考えていた。

実験から、水が上から温まることを確認できた。子どもたちからは「実験がおかしい。どこかでまちがったのかな」と結果を受け入れられないといったつぶやきや「予想と全然ちがった」と驚いた声が聞こえた。子どもたちの中にはもやもやとしたものが大きく残った時間になった。

### 3. 3. 本單元における実験

ここでは、本校研究会に行った実験について述べる。本校研究会では、水の温まり方について調べる実験を行った。第4時までの学習により、金属は熱したところから順に温まること、水は金属とは異なる温まり方であるということ子どもたちは理解している。しかし、子どもたちは、水がどのような温まり方をするのかをとらえることができていない。

教科書に扱われている水の温まり方に関する実験を以下に紹介する。(表4)なお、全ての実験でビーカーに水ともう一つの物質を加えて熱している。

教科書会社	実験方法
啓林館	赤色の絵の具を入れる。 示温インクを入れる。
学校図書	コーヒーの出がらしを入れる。 示温インクを入れる。
教育出版	銀色の絵具を入れる。 茶葉を入れる。 示温インクを入れる。
大日本図書	けずりぶしを入れる。 示温インクを入れる。

(表4 各教科書に記載されている実験方法)

私は今回、以下の理由から教科書会社に記載されている実験を行わなかった。まず、絵の具とコーヒーの出がらし、茶葉、けずりぶしでは水が上から温まることが確認できない。本学級の子どもの中には、前時で水は上から温まる事実を見ても受け入れられていない子どももいたので、再度水が上から温まる様子を見せた方がよいと判断したためである。また、示温インクでは水が上から温まる様子はわかるものの温まった部分が上へいき、上にあった部分が下へ動く動きが見えない。

そこで、用意したのは無色の液体洗剤とおがくずである。おがくずはコーヒーの出がらし、茶葉、けずりぶしと同じように水の動きが分かる。ここで、元々色がある示温インクを加えてしまうとのおがくずにどのような変化があったのかが見えない。一方、液体洗剤は無色なのでおがくずの動きが見える。さらに、液体洗剤の中にはポリオキシエチレンアルキルエーテルが含まれており、70℃前後から白濁するので、おがくずの動きを観察した後に液体洗剤の変化を観察することができる。水を入れたビーカーにおがくずと液体洗剤

を加えて熱することで、水の動きと水の温まり方を同時に観察できる実験である。実際に子どもと実験を行ったときは、まずはおがくずが対流の動きをし、その後、熱したところから上に白濁し、水面全体が白濁した後はビーカーの底に向かって白濁が下がる変化が見られた。



(図3 おがくずと液体洗剤で

水の温まり方を調べる実験している様子)

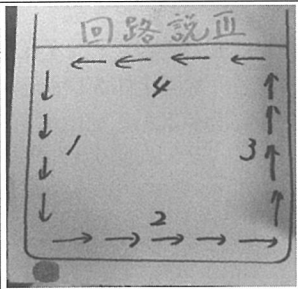
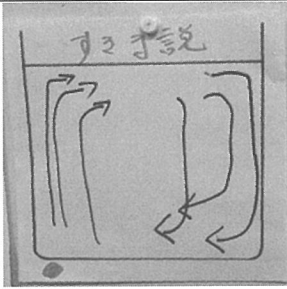
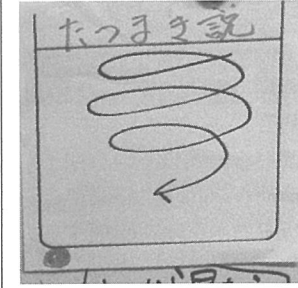
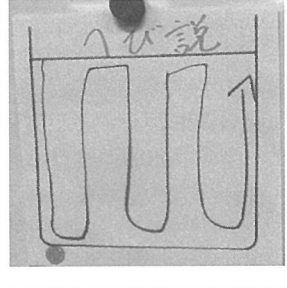
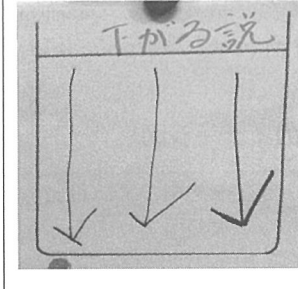

他に、水の温まり方と水の動きを同時に観察できる実験という条件で限れば、サーモイクラを使用する方法もあった。サーモイクラとは塩化カルシウムとアルギン酸ナトリウムを加えてできる人工イクラ作成の過程で、サーモインクを加えたものである。このサーモイクラをビーカーに入れて熱すると、サーモイクラは青色(元々の色)のまま上へ上がり、水面、底の順に動くが、しばらくすると熱しているところの近くから赤色(温まった色)に変化しながら動く。ただ、今回の実験では、こちらの実験で用いた薬品よりもどの教師も用意がしやすいおがくずと液体洗剤を用いることにした。

### 3. 4. 水の温まり方のイメージ図

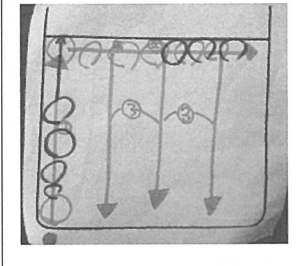
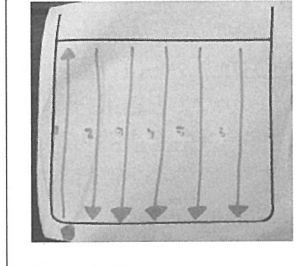
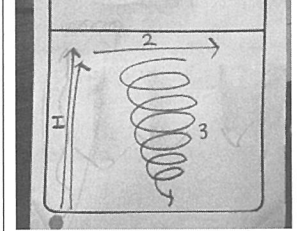
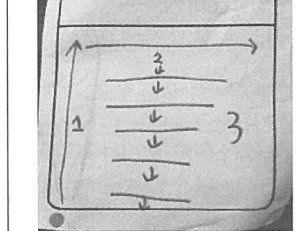
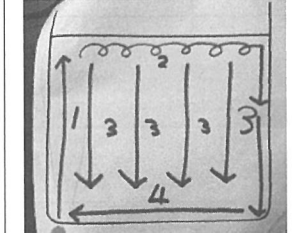
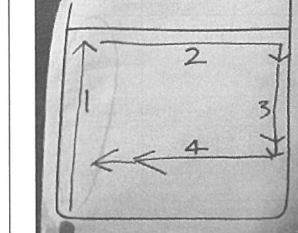
本單元では、ものの温まり方を→を用いて、自分の考えを表出させた。例えば本時の水の温まり方の予想では、子どもたちから以下の予想が出た

回路説	回路説Ⅱ
<p>熱したところから上においてぐるぐる回って温まる。            &lt;&lt;14人&gt;&gt;</p>	<p>上から温まって下においてくるくる回って温まる。            &lt;&lt;1人&gt;&gt;</p>



<p>回路説Ⅲ</p> 	<p>すきま説</p> 
<p>上からあたままって下に下りてきて、ぐるぐる回って温まる。 《2人》</p>	<p>温かい水は上に上がり、冷たい水は下に下がりぐるぐる回って温まる。 《2人》</p>
<p>たつまき説</p> 	<p>へび説</p> 
<p>上から見るとたつまきのような形のうずをまきながら下へいくように温まる。 《4人》</p>	<p>上から温まってくねくね曲がりながら温まる。 《1人》</p>
<p>下がる説</p> 	<p>エレベーター説</p> 
<p>上から下に向かって温まる。 《5人》</p>	<p>先に真ん中から下にあたままる。その後、上の方が温まる。 《1人》</p>

(図4 水の温まり方の様子での予想のイメージ)  
この予想をもとに子どもたちは、実験を行った。子どもたちは実験から得た水の温まり方をイメージ図で表した。以下に子どもたちの実験後のイメージを記す。(図5)  
ほとんどの子どもたちは、水を熱すると、熱した部分から上にいき、その後全体が温まる様子を図で表すことができていた。

	
<p>熱したところから上にいって横に移動しながら下に下りて温まる。</p>	<p>熱したところから上にいって下に下りて温まる。</p>
	
<p>熱したところから上にいって横に移動してぐるぐる回って温まる。</p>	<p>熱したところから上にいって横に移動してから下に下りて温まる。</p>
	
<p>熱したところから上にいってぐるぐる回って温まる。</p>	<p>熱したところから上にいって横に移動してから下に降りて、ぐるぐる回りながら温まる。</p>

(図5 水の温まり方の様子の実験後のイメージ)  
以下は実験後のイメージ図を検証する場面である。

教師：水はどんなふう温まっている？  
れい：温めたところから上へいって、その後全体的に下へいった。  
つよし：左下のおがくずが動かず、回路図のように動いた。  
あつし：とちゅうまではおいくんと一緒だけど、最後は渦巻きながらあたままる。  
あい：温めたところから上へいって、上へいったら渦を巻いた。その後下へ行って、最後に底から温めているところへいった。  
らい：温められているところは上へ、温められていないところは下へいった。

教師：みんなの考えで同じところや違うところは？

あつし：温めたところから上へいってるのはみんな同じ。

ちなつ：うずまいているものとうずまいていないものがある。

## 4. 授業の考察

### 4. 1. 対象との出合わせ方

今回は前単元とのつながりから、鍋を温める様子を観察した。子どもたち自ら「ものの温まり方」についての課題を設定することができたものの、今回の授業には必要な疑問も多く出てきた。例えば、湯気や沸騰に興味をもち「なぜ湯気が出てくるの？」や「何度から沸騰して起こるの？」などである。対象との出合わせ方によっては表出した課題が自分事ととらえることができる。また、先行学習や既有経験の差による知識のちがいがもたらえることができる。

一方で、対象と出合わせる前に、どんなものと出合わせるのか、どういう風に出合わせるのかを事前に精選しておかないと子どもたちの課題意識と教師の意図しているものにズレが生じ、教師主導の授業に陥ってしまい、与えられたものになってしまう。

### 4. 2. 新たな矛盾に気づく子ども

本単元における前提・矛盾・再構成を概ね狙い通り行うことができた。さらに、第5時の次の授業で、熱された水が上へ上がっていく事実を確かめた後、「水が上へ上がっていくのはなぜだろう」と新たな課題が生まれた子どもがいた。その子どもの考えは前単元の学習で「水は温められたら体積が大きくなる」ことを学んだことからきており、体積が大きくなるから重くなるはずだと考えているようである。この考えは実際とは矛盾しているが、その子どもにとってはしっかりと既有経験から導き出した考えである。「前提・矛盾・再構成は教師が用意していたもの以外でも生まれる」という当然の事実子どもたちから気づかされた。

### 4. 3. 液体洗剤とおがくずを用いた実験

熱したところから水は上に移動することと上から温まることは共通理解を図ることができた。しかし、水の温まり方と水の動いている様子を同時に観察することができたものの、子どもたちは2つのものを同時に観察する必要があり、どこに目をつければいいのか曖昧になってしまった。また、今回、実験を終えた後に結果をかく子どもも観察しながら結果をかく子どもも見られた。おがくずは加熱後すぐに反応し、液体洗剤は約70℃で変化するので、2つの変化に誤差があり、記録の時間に余裕があった。よって全員に変化が

起こるたびにすぐに記録をとらせるべきであった。実験の液体洗剤・おがくず共に実験に適したものであったが、実験の進め方をもっと検証すべきであった。

## 4. 4. イメージ図をもとにした交流

本時では多様な意見が出てきた。そこを焦点化するために3. 4. にある下線部の発問をしたが、この発問だけでは子どもたちは他者の意見と自分の意見を比較するだけで終わり、どのように水は温まるのかその本質に迫ることはできなかった。ここでは、温まった水が上へいったあとどうなるのかを考えさせたり、元々上にあった冷たい水が温まった水が上にくることによってどうなっていくのかを考えさせたりすべきであった。そういった発問をすることで、子どもたちの視点も焦点化され、同じ部分について考え、深めることで自分の考えや他者の考えの矛盾や確かさを追及できたと考える。

## 5. 成果と課題

「実験が楽しい」だけの理科学習脱却を目指して研究を進めた。

今回の研究で、はっきりと自覚させられたことは、学び手の中心は子どもたちであるということである。子どもたちが課題として感じたことであれば、子どもたちは自ら考え、自ら動き出す。実験が予想通りいけば納得し、予想と違えば「なぜだろう」と考える。そこに教師の手が加わっていることに子どもたちが気づくと子どもたちの意欲は急激に低下していく。しかし、何でもかんでも子どもたち主導で授業を行うと時間がいくらあっても足りない。肝心なのは、精選である。「子どもたちならこんな疑問をもちこういう風に考え、こんな実験なら納得できる」ということを教師がしっかりみとることである。

今回は、液体洗剤とおがくずを用いることで水の温まり方を確認する実験を提案した。子どもたちは普段の生活でも使う洗剤の色の変化の様子を楽しそうにまなざしで観察する姿が見られた。楽しいで終わらず、結果を受けて、新たな矛盾に気づいたり、疑問がうまれたりした子どもがいたことから、「実験が楽しかった」だけで終わらなかったといえる。1. 2で挙げたようにどの学校、どの教員でも行える実験を今後も各学年・各単元それぞれで開発していきたい。

### 参考文献

- 露木和夫 (2007) 「矛盾をうまく取り入れて学力を伸ばす学習指導案」 学事出版
- 森本信也 (2007) 「考え・表現する子どもを育む理科授業」 東洋館出版社
- 森本信也・八嶋真理子 (2009) 「子どもが意欲的に考察する理科授業」 東洋館出版社