

【原 著】

児童の予測と推論をうながす教材と活動構成の工夫

山崎 光洋

Designing Teaching Materials and Activities to Facilitate
School Children's Prediction and Reasoning

Mitsuhiro YAMASAKI

2012

岡山大学教師教育開発センター紀要 第2号 別冊

Reprinted from Bulletin of Center for Teacher Education
and Development, Okayama University, Vol.2, March 2012

児童の予測と推論をうながす教材と活動構成の工夫

山崎 光洋*

要旨：平成20年の学習指導要領の改訂を受けて、小学校理科では自然の事物・現象についての要因や規則性、関係を推論しながら調べたり、考察したりすることが重視されている。一般的な問題解決の過程では、予想や仮説、考察による結論がこれに当たるが、これらが形骸化しているという指摘がある。明確な予想と仮説を持つことができるようにしたり、推論としての結論を一般化された要因や規則性、関係としてとらえることができるようにするためには、推論を基にした予測の場面を意図的かつ合理的に授業に位置付けることが望ましいと考えた。本稿では、予測の場面を意図的かつ合理的に授業に位置付けるための教材と学習活動を二つの授業場面で工夫し、実践の中で明らかになった児童の実態と工夫した教材と学習活動の成果と課題について述べることにする。

キーワード：理科教育, 予測, 推論, 教材, 学習活動

※山崎光洋 (岡山大学教師教育開発センター)

I はじめに

平成20年3月の小学校学習指導要領の改訂に当たり、理科では同年1月の中央教育審議会の答申において、IEA (国際教育到達度評価学会) のTIMSS (国際数学・理科教育動向調査)、OECD (経済協力開発機構) のPISA (生徒の学習到達度調査)、教育課程実施状況調査等から明らかになった課題を踏まえ、「小・中・高等学校を通じ、発達の段階に応じて、子どもたちが知的好奇心や探究心をもって、自然に親しみ、目的意識をもった観察・実験を行うことにより、科学的に調べる能力や態度を育てるとともに、科学的な認識の定着を図り、科学的な見方や考え方を養うことができるよう改善を図る。」という改善の基本方針が示された¹⁾。

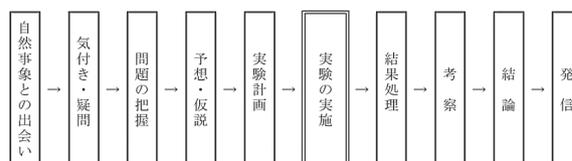
小学校理科においては、改善の具体的事項の中で「観察・実験の結果を整理し考察し表現する学習活動」の重視と、各学年で重点を置いて育成すべき「問題解決の能力」の見直しが授業実施に直接かかわるものとして注目される。具体的には、観察、実験において結果を表やグラフに整理し、予想や仮説と関係付けながら考察を言語化し表現することが重視され、第6学年に位置付けられていた問題解決の能力が「多面的な追究」から「自然の事物・現象についての要因や規則性、関係を推論しながら調べること」に変更された²⁾。

予想や仮説と関係付けながら考察を言語化し表現したり、要因や規則性、関係を推論しながら調べたり

することを重視するという考え方は、改訂前の学習指導要領理科の目標から示されるようになった「見通し」、つまり、要因や規則性、関係を推論した児童の予想や仮説を重視したこれまでの理科の学習指導の延長線上にある。学校現場で実施されている授業では、学習指導要領が改訂される前から観察、実験の前に予想するという学習活動が一般的に位置付けられるようになってきている。では、なぜ改めて推論を重視することが求められているのか。ここに小学校理科における学習指導の改善すべき課題が見えてくる。

II 「予想や仮説」と「推論」のもつ課題

中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会小学校・中学校理科専門部会で示された資料「理科で育成する問題解決の能力の指導重点例 (案)」では、次のような問題解決の過程の例が示されている³⁾。



「見通し」について、小学校学習指導要領解説理科編 (以下、指導要領解説という。) では、次のように解説されている。小学校理科の目標に「見通し」が記述されたのを受けて、平成11年に刊行された指導要領解説では、「『見通しをもって』とは、児童が無

目的に観察、実験などを行うのではなく、問題に対して予想や仮説、構想をもち、それらのもとに観察、実験などの方法を工夫し、実際にそれを行うことである。」と述べられている⁴⁾。平成20年に刊行された現行の指導要領解説には、『見通しをもつ』とは、児童が自然に親しむことによって見いだした問題に対して、予想や仮説をもち、それらを基にして観察、実験などの計画や方法を工夫して考えること」と述べられている⁵⁾。これらを基にすると、「見通しを持つ」とは、前出の問題解決の過程の例の「予想・仮説」「実験計画」がこれに当たる。

小学校理科の授業では、長期的に問題解決を行うことはなく、一つの問題について1～2単位時間で結論を得る場合がほとんどである。そして、問題をすぐに行動に移せる具体的なものにすることが多い。そのため、解決の予想や仮説、構想までもを含んだものが問題として位置付けられ、予想する学習活動では問題に対する予想ではなく実験結果に対する予想になることもある。問題解決の過程の例に示されるような「問題の把握」や「予想・仮説」、「実験計画」の構想を明確に分離することは困難である。

また、問題解決の後半では、処理した結果を基に考察し、結論を持つ過程が重視されているが、小学校理科の授業を行ってみると結果と結論が曖昧になるケースが多い。観察、実験の結果には様々な解釈をする余地がなく、結論としてそのまま受け入れられてしまう結果になることが多いからである。さらに、限られた事象や条件で検証したにすぎない結果を結論として性質や規則性、法則などとして一般化しにくいことも、結果と結論の違いが曖昧になる一つの要因として考えられる。ここで得られる結論は、観察、実験によって一つの根拠を得た推論の段階であるということが出来る。

日置(2006)は、「読解力」の育成に向けた学習指導の改善について述べた中で、自らの経験や学習履歴などに基づいた予想や仮説を明確に位置付けることの重要性と観察や実験のデータや結果に基づいて解釈を行う際に実証性や再現性、客観性を基にして検討することの重要性を指摘している⁶⁾。

要因や規則性、関係を推論した予想や仮説、観察や実験のデータや結果に基づいて解釈し推論した結論、いずれにしても、授業の中で児童に推論をいかに体験させるかということが、学習指導の重要な課題といえよう。

Ⅲ 児童の予測と推論をうながす教材と活動構成の工夫

児童が予想や仮説、結論をもつためには、要因や規則性、関係などの推論をより明確なものにする必要があると考え、次の二つのねらいを達成するための教材と活動構成の工夫をし、実践を行った。

- ・実験、観察をすることによって得られる現象や数値などを予測させることによって、児童の推論を明確にしたり表現したりできるようにする。
- ・得られた結論を他の事象や条件に当てはめたときに起きる現象や数値を予測し、結論が適用できることを確認させることによって、推論を一般化した結論として確かにできるようにする。

安彦(2007)は、「知識・技能は使ってみて、始めてその意義や文脈上の位置などが分かる」と述べている⁷⁾。予想や仮説、結論の基になる推論も実際の現象や数値を予測させることで、その意義や文脈上の位置などが分かるといえないだろうか。

実際には、観察、実験を中心にした授業を実施しようとする時、これら二つのねらいを達成するような授業を実現することは容易ではない。予測の場面を意図的かつ合理的に位置付ける必要があり、そのための教材と学習活動を工夫しなければならない。

ここでは、第4学年「物の温まり方」で、温度が高くなっていく順番を予測し、温まり方を推論する授業と、第6学年「てこの規則性」で、見いだした結論を未検証の条件に当てはめて数値を予測し検証する授業に対して行った教材や学習活動の工夫について述べる。

Ⅳ 実践事例を通しての考察

1 実践事例Ⅰ

① 単元名 物の温まり方

② 単元目標

金属、水及び空気の温まり方を熱の働きと関係付けながら調べ、見いだした問題を興味・関心をもって追究したりものづくりをしたりする活動を通して、金属、水及び空気の性質についての見方や考え方をもちつことができるようにする。

③ 単元構成

第一次 金属の温まり方を調べる。

第1時 湯を沸かすやかんの様子から、金属と水の温まっていく順を話し合う。

第2時 金属の温まっていく様子を金属棒を加熱して調べる。

第3時 金属の温まっていく様子を金属板を加熱して調べる。(実践場面)

第二次 水の温まり方を調べる。

第三次 空気の温まり方を調べる。

第四次 生活の中で使われている道具の工夫を調べる。

④ 実践場面の目標

場所を考えていくつかのサーモテープを金属板に貼り、金属板を加熱してそれらの色が変化する順番を調べ、変化した順番や変化にかかった時間から金属板の温まり方についての考えをもつことができる。

⑤ 実践場面の主な学習活動(図1)

活動1 正方形の金属板の温まり方を推論し、サーモテープの薄片をどこに貼ればよいか話し合い、色が変わっていく順番を予測する。

活動2 金属板を加熱し、色が変わっていく順番を調べたり色が変わるまでにかかる時間を計測したりする。

活動3 コの字型の金属板の温まり方を推論し、サーモテープの色が変わっていく順番を予測し、調べる。

活動4 金属板の中央を加熱・冷却したとき(演示実験)の温度変化の様子を観察する。

⑥ 推論を促すための工夫

本授業場面は、「金属はその一端を熱しても、中央を熱しても、熱した部分から順に温まっていく」という考えをもつことができることをねらいとしている。

金属板の温度が高くなっていく様子を確かめなければ、金属板前面にロウを塗ったり、サーモテープなどの示温テープを貼ったりすればよい。しかし、これでは

金属板がどのように温まっていくかという推論が漠然としたものになりやすい。また、結果を見れば結論が出るという状況では、結果を基に考察し結論を導き出すという一つ一つの過程が明確になりにくい。

本実践では、50℃で黄色から赤色に変色するサーモテープを直径6mmの円形に切り抜いた小片5枚を用い、児童に金属板の温まり方を調べるためにそれらをどこに貼ればよいかを考えさせている。自分たちの推論した金属板の温まり方を検証するために、限られた数のサーモテープの薄片をどこに貼ればよいかを検討させる。その上で、金属板の任意の位置に貼ったサーモテープの色が変わっていく順番を予測させることで、金属板の温まり方についての推論が具体的なものになり、検証が主体的なものになる。また、温度が50℃を超えた順番とそれにかかった時間を結果として用いることで、金属板がどのように温まっていったかを考察するという過程が生じ、事実ではなく考え方としての結論を得ることができる。ここで導き出した金属板の温まり方という規則性は、目に見えない熱の伝わり方を推論した結論である。この推論を形の異なる金属板に当てはめて調べるとい活動3や、大きな金属板の中央を加熱したり、氷で冷却したりしたときの温度変化の広がりを観察するという活動4を通じて、金属板の温まり方について規則性としての考えをもつことができるものと考えた。なお、実践では、活動1～活動4が行えるように60分で授業を実施し、活動3ではサーモテープの薄片を教師が事前に貼った金属板を使用する、活動4では30℃で黒色から透明色に変化する大きめの示温シールを使用するなどの工夫を行っている。

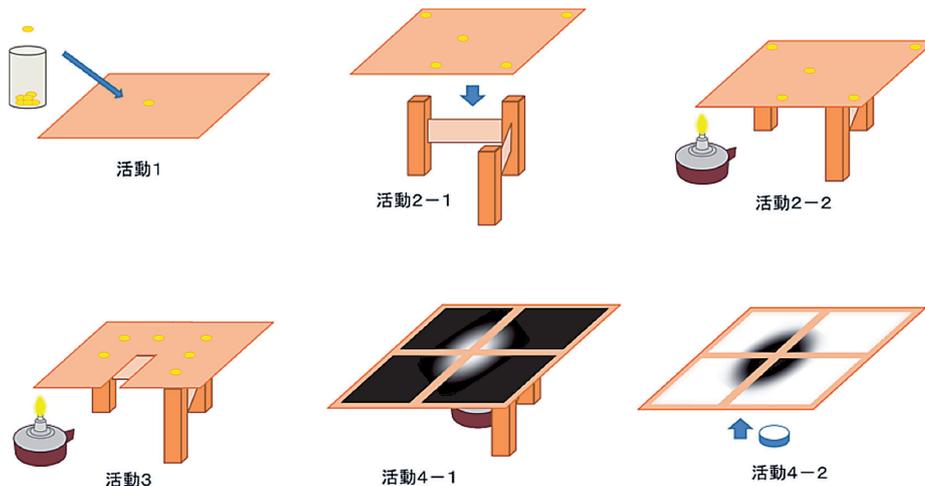


図1 実践事例Iにおける主な活動

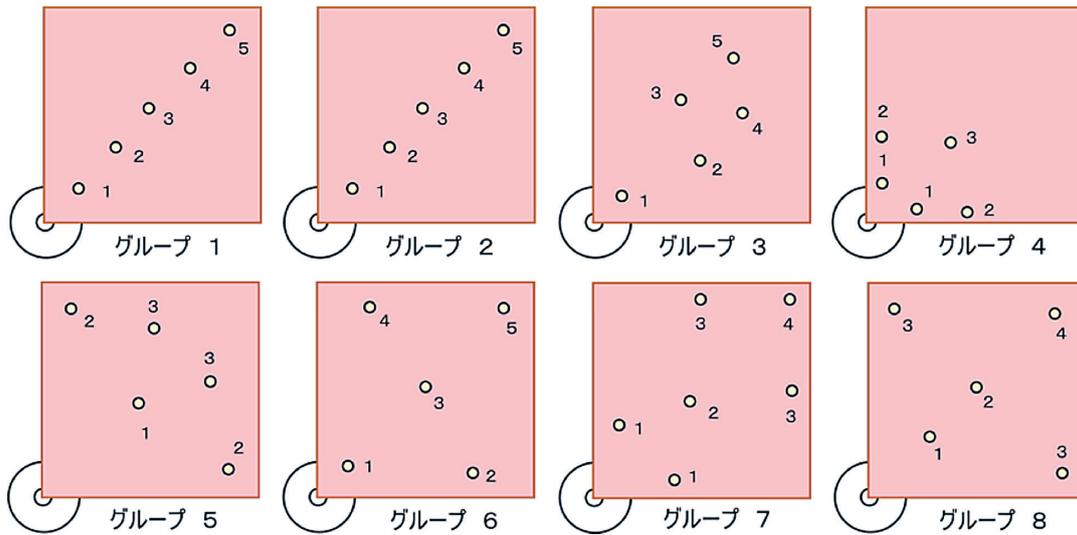


図2 金属板の温度が高くなっていく順番についての児童の予想

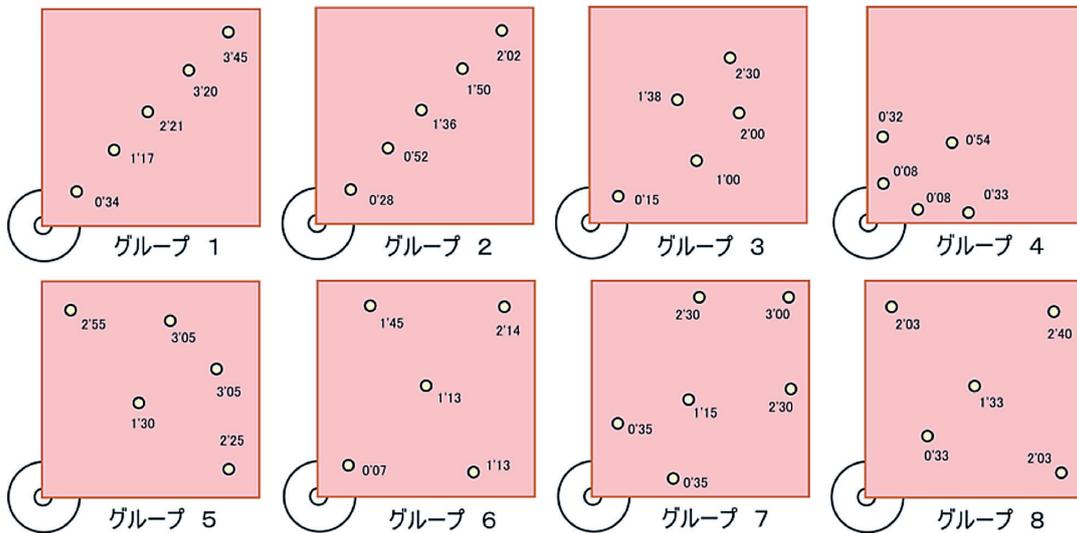


図3 金属板に貼ったサーモテープの色が変わるまで時間（児童の実験結果）

⑦ 実践の結果と考察

活動1で児童が金属板の温度がどのように高くなっていくかを推論し、サーモテープの小片をどこに貼ったのか、それらの色がどのような順番で変わってくと予測したのかを図2に示す（筆者が任意に並び変え便宜上のグループ名をつけた）。4～5人のグループで協議させ、貼る位置や予測した順番を決定させている。

グループ1と2は、金属棒を使って調べた前時の学習の影響が見られ、加熱した部分から熱が直線的に伝わり温度が高くなっていくことに興味を持っている。グループ4～8は、これとは対照的に加熱した部分から熱がどのように広がって温度が高くなっていくのか

に関心があることが分かる。グループ3は、両者の中間といえるだろう。また、グループ4は熱がそれほど遠くに伝わりとは考えていない。なお、グループ4～8はサーモテープの小片を概ね左右対称に貼っており、熱が金属板全体に伝わっていくことをイメージしている。

児童が予測したサーモテープの色が変わっていく順番を見ると、全てのグループが過熱した部分から遠くに熱が伝わり温度が高くなっていくと考えている。また、グループ4, 5, 7, 8に見られるように、左右対称に貼ったサーモテープは同時に色が変わると予測しており、どの方向にも熱が同じ速さで伝わっていくと推論していることが分かる。

活動1で児童は、どこにサーモテープを貼るか、ど

の順番に色が変わっていくと予測するかで活発な議論を行った。考えや予測の異なる児童が協議をすることで、それぞれの児童が自分の推論を基に考えや推論を主張したためと考えられる。サーモテープを貼った位置と予測はグループとしてたどり着いた明確な推論に他ならない。

活動2によって得られた結果を図3に示す。グループによってサーモテープの色が変わるまでに要した時間は大きくことなる。全てのグループが同じ位置にサーモテープを貼るなどして同じ条件で実験を実施すると、このことが問題になることもある。しかし、サーモテープを貼る位置をそれぞれのグループに任せているということが影響したのか、そのことは問題にならなかった。この実験結果によると、左右同じ位置に貼ったサーモテープの色が変わるのに要した時間はほとんど同じである。児童が行う実験では、ここまで同じになることは少ない。活動2で金属板を乗せる専用の台を用いて金属板が水平に保たれるようにしたことや（一般的には鉄製スタンドなどに固定するため水平に保ちにくい）、アルコールランプの炎をゆらぎが起きないように小さくしたこと、サーモテープを小片にしたことなどの工夫が影響したものと考えられる。

全てのグループの結果を基に話し合わせると「加熱している部分から順に遠くに熱が伝わって、時間をかけて温度が高くなっていく。」という結論が導き出された。サーモテープを貼る位置や色が変わるまでに要する時間がグループによって異なるため、それらの結果を基にどのような傾向があるかを推論し、結論としている。全て同じ条件で実験を行ってれば、結果の違いが問題になったり、結果のままを結論にしたとも考えられる。

活動3で、図4のようなコの字型の金属板の温まり方を推論させ、サーモテープの色の変わる順を推論させると、予測Aのように予測した児童が28人だったのに対し、予測Bのように正方形の金属板と同じように予測した児童が1人、予測Cのように混乱した児童が5名いた。活動3として位置付ける意味は十分あるものと考えられる。

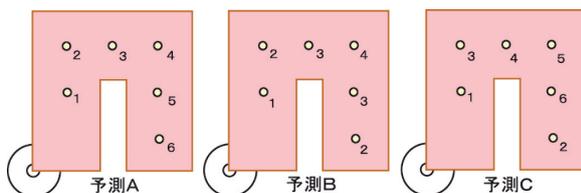


図4 コの字型の金属板で色の変わる順番の予測

本授業では、最後に活動4として低温で色に変化する示温シールを用いて、金属板の中央を加熱した場合と冷却した場合を演示し、熱の伝わり方のイメージを視覚的に確かめることができるようにした。これまでの学習で予測はできるはずだが、加熱と冷却によつて円形に色が変わっていく様子に感動する児童に、納得するまでの道のりの遠さを感じた。

2 実践事例Ⅱ

① 単元名 てこの規則性

② 単元目標

てこを使い、その仕組みや働きをそれにかかわる要因や規則性を推論しながら調べ、見いだした問題を計画的に追究したりものづくりをしたりする活動を通して、てこの規則性についての見方や考え方もつようにする。

③ 単元構成

第一次 棒で重いものを持ち上げよう。

第二次 てこのはたらきのきまりを調べよう。

第1時 てこが水平につり合うときのおもりの数と位置を調べよう。

第2時 おもりをつくらせててこが水平につり合うか調べよう。(実践場面)

第3時 てこが水平につり合うときのきまりをまとめよう。

第三次 てこやてんびんを使ってものの重さをくらべよう。

第四次 てこを利用した道具をさがそう。

④ 実践場面の目標

20gのおもりではつり合わせることのできなかつた位置に、いくらの重さのおもりをつり下げるとつり合うかを予測し、おもりを作っててこを水平につり合わせるができる。

⑤ 実践場面の主な学習活動

活動1 20gのおもりをつるしてもつり合わせることのできなかつた位置に、いくらの重さのおもりをつり下げるとつり合うか予測する。

活動2 予測した重さのおもりをつくり、それぞれの位置につるしてつり合うかどうか確かめる。

⑥ 推論を促すための工夫

本授業場面は、「力を加える位置や力の大きさを変えると、てこを傾ける働きが変わり、てこがつり合うときにはそれらの間に規則性がある」という考えをもつことができることをねらいとしている。

この場合、一般的には「てこ実験器などを用いてて

この両側におもりをつるし、おもりの重さやおもりの位置を変えて、てこのつり合いの条件を調べるようにする。その際、てこ実験器の左側のおもりの数と右側のおもりの数が異なってもつり合っている場合に、『左側の（力点にかかるおもりの重さ）×（支点から力点までの距離）＝右側の（力点にかかるおもりの重さ）×（支点から力点までの距離）』という関係式が成立することをとらえるようにする。このことから、てこを傾ける働きが大きさが、（力点にかかるおもりの重さ）×（支点から力点までの距離）できまり、両側でてこを傾ける働きが大きさが等しいときにつり合うことをとらえるようにする。」とされている⁸⁾。

本授業では、実践場面の前時に、図5に示すような、左側の3の位置におもり2個（40g）をのりしたてこを提示し、右側のどこに何個のおもりをつるすと水平につり合うかを児童に調べさせている。また、その結果、（力点にかかるおもりの重さ）×（支点から力点までの距離）が左右等しいときてこが水平につり合うというきまりも導き出している。

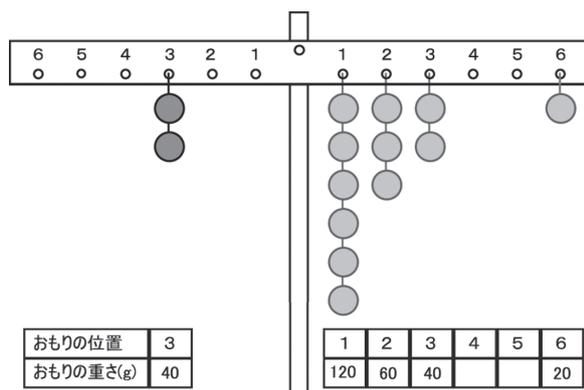


図5 前時のてこの実験結果

本来ならここでこの規則性を見つける学習は終わることになるが、児童は一般化された規則性としてとらえているのであろうか。本授業でも、左側につるすおもりの位置と数を変えて、水平につり合うときのおもりの重さや位置を確かめてはいるが、2つのケースを調べた程度では、結果の域を出ない推論の状況にあるのではないだろうか。

そこで、本実践では前時の実験結果の右うでの4と5の位置に20gのおもりをつるしてもつり合わせることができなかったことに注目させ、自分たちが必要な重さのおもりをつくることで4と5の位置でもてこを水平につり合わせることができないか問い掛け、実際におもりを作ってつり合わせるという活動を工夫している。

⑦ 実践の結果と考察

29人の児童に対して、4と5のそれぞれの位置につるしててこを水平につり合わせることができるおもりの重さを予測させると表1のような結果になった。

表1 児童が予測したおもりの重さと人数

おもりの位置	推測した重さ(g)	人(人)
4	15	1
	25	3
	30	22
	35	2
	推測できず	1
5	12	2
	15	3
	24	18
	25	2
	30	1
	推測できず	3

てこがつり合うときのおもりの数であれば容易に答えることができた児童も、（力点にかかるおもりの重さ）×（支点から力点までの距離）という言葉の式を実際の計算に用いるとなると、意外に困難なことが分かる。4の位置で1/4、5の位置で1/3以上の児童が学習した規則性を適用して正しく予測することができていない。特に4のおもりの重さは容易に計算できる条件に設定しているため、計算力の問題ということはない。

正しく推測できた児童は、「右腕と左腕をかたむけるはたらきが同じになると水平につり合うから、左腕をかたむける働きは3×40で120なので、右腕も120にすればいいから、120÷4=30で30gのおもりをつりさげる」「おもりの位置×おもりの重さ=120だから、4×□=120になればよい。」などのように、前時の学習で得られた結論を基に予測した重さの根拠を説明することができている。しかし、正しく予測できなかった児童は、説明できなかつたり「なんとなくそう思った」というように根拠をもつことができなかったりしている。

4の位置につるすおもりの重さを3の位置の40gより重いと予測した児童はいなかったが、5の位置につるすおもりの重さを6の位置の20gより軽く予測する児童が5人おり、言葉の式を適用しようとする中でこれまで学習してきたことに混乱が生じている児童もいる。

本実践では、児童のこのような状況を想定し、グループで予測を話し合わせ、つくるおもりの重さを決定させている。また、児童が予測した重さのおもりを容易に作ったり作り直したりできるように図6のようなおもりとおもりを作る活動を工夫している。

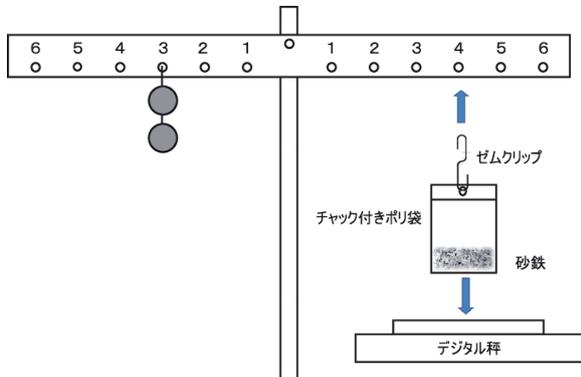


図6 児童がつくるおもりと学習活動

この活動を終了後の児童のまとめには、「自分でおもりをつくってとても楽しかった。〇〇くんの発表でなるほどと思った。またやりたいです。」「おもりの重さやおもりの位置で（積が）120になれば（てこが水平に）つり合うから不思議だと思った。理科の問題にもいろいろなきまりがあるんだなあと思いました。今日の授業はとても楽しかった。」などの記述が見られた。特に正しい予測ができなかった児童が「式で分かるなんて思ってもいなかったから、式でできるってすごいなと思いました。むずかしいと思っていたけど式だととても簡単にできるなと思いました。」「算数みたいにやればできるなんてすごい。」と記述していることからすると、特定の条件で導き出したきまりが他の条件に適用できるものとして必ずしも認識されていないことが分かる。

V おわりに

二つの実践事例を通して分かるように、児童の要因や規則性、関係などの推論が明確になるようにしておかなければ予想や仮説、結論が形骸化されたものになってしまう恐れがある。曖昧な推論による予想や仮説のまま観察、実験に進むのではなく、実験、観察をすることによって得られる現象や数値などを具体的に予測させることによって、児童の推論を明確にしたり表現したりできるようにすることが可能になる。また、限られた現象や条件で導いた結論は必ずしも本当の意味での結論として納得されているだけでなく、得られた結論を他の事象や条件に当てはめたときに起きる現象や数値を予測し、結論が適用できることを確認させ

ることによって、一般化された要因や規則性、関係として納得できるようになる。

このような予測の場面を意図的かつ合理的に位置付けるためには、そのための教材と学習活動の工夫が求められる。そうでなければ、日々の学習指導の中にこのような予測を容易に位置付けることはできない。児童の一連の学習活動の中に無理なく取り入れることのできる教材や学習活動の工夫や開発があつてこそ、児童に意味のある推論を体験させることができるものと思われる。

小学校理科の授業で扱う対象は様々で、これらの対象全てに、このような工夫ができるとはいえない。しかし、可能な限りこれらの工夫を検討することには意味があるはずである。

<謝辞>

本稿の実践事例は、総社市立常磐小学校の池上宗一郎教諭の協力を得ている。学校長をはじめとする常磐小学校の先生方に大変お世話になったことに感謝を申し上げる。

なお、本研究は、科研費（22530973）の助成を受けたものである。

<引用参考文献>

- 1) 中央教育審議会「幼稚園、小学校、中学校、高等学校、特別支援学校の学習指導要領等の改善について」（答申）、2007年
- 2) 文部科学省「小学校学習指導要領解説理科編」大日本図書、2008年、p12
- 3) 中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会小学校・中学校理科専門部会「理科で育成する問題解決の能力の指導重点例（案）」、2007年
- 4) 文部科学省「小学校学習指導要領解説理科編」東洋館出版者、1999年、p13
- 5) 上掲書 3), p7
- 6) 井上一郎、日置光久ほか「読解力向上をめざした授業づくり-国語・社会・算数・理科生活からの発信- 中学年」東洋館出版社、2006年
- 7) 浅沼 茂「新教育課程の学習プロセス No.2『活用型』の学習をどう進めるか」教育開発研修所、2007年、p10
- 8) 上掲書 2), p59

Designing Teaching Materials and Activities to Facilitate School Children's Prediction and Reasoning

Key Words : Science Education, Prediction, Reasoning, Teaching materials, Activities

Mitsuhiro YAMASAKI (Center for Teacher Education and Development, Okayama University)
