Design, Performance and Evaluation of Science Instruction based on Actual Conditions of Children (1)

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/24869

子どもの実態に即した 理科授業の設計・実施・評価(第1報)

—— 事象をありのままに捉える深める授業 ——
〈単元「光の進み方」(小5)の実践を通して〉

山崎　豊*・理科教育研究グループ**

I　これからの理科の授業のめざすもの

従来，私たちのグループでは，子どもの実態に即する授業を展開するために，教材の内容構造（概念構造）と，それを獲得していくための科学的技能の項目を洗い出し，その概念と技能の交点を行動目標としてきた。(1)

また，子どもの立場から単元構成を実施するために，その単元の学習を子ども自らおし進める力となる概念や問題解決力を探る目的で，診断テスト(2)や三人バズ(3)を実施してきた。そのことによって，子どもの問題解決の可能性と限界を見定め，それに基いて，単元構成の仮設を立ててきた。

この手順は設計の裏側に常に評価を位置づけ，ひとりひとりの子どもの到達度をチエックしながら学習を展開できる有効な手段ではあったが，子どもに即するといいながらも，教師側の路線が強くでるきらいがあった。

授業の設計が細部にわたるために柔軟性に欠ける点や，授業における子どもの情意面が充分に授業にとり入れがたい面があった。このことは概念形成ばかりに重点を入れると，授業が楽しいものにならないことや，同じような事の見直しがくり返される点で意欲が阻害されていくためと考えられる。

子どもが楽しく学習を進めるためには，その子どもたちが取り組む事象に対する意欲が新鮮なうちに，ある程度のスピードをもって，解決されながら問題を見つけ，仮説を立てながら検証していけるようでなければならない。

幸い，新しい理科のカリキュラムでは，子どもが検証できない内容が省かれていることや，五官を通す実験観察や自然とのふれ合う中でのもののとらえ方，見方，考え方をより重視する方向が出されてきている。

そこで，私たちは，これからの新しい理科の授業をより子どもの側に立って，展開するために，次の諸点を掲げて実践していくこととした。

(1)　五官を通す実験観察をする中で子どもの経験の拡大を図りながら，子どもひとりひとりの実態を基盤として授業を設計していく姿勢をとる。

小学校理科の授業は実験観察で始まり，実験観察で

*　山崎　豊　金沢大学教育学部
**広田専精　金沢市立弥生小学校
宮崎直二　金沢市立南小立野小学校
槇野輝義　金沢市立菊川町小学校
野村祐治　金沢市立味噌蔵町小学校
堀田　修　金沢市立三馬小学校
彦野東洋男　金沢市立森山町小学校
戸田教一　金沢市立瓢箪町小学校
藤井昭久　金沢市立小坂小学校
前川儀男　金沢市立馬場小学校
木本重史　金沢市立木曳野小学校
森　真治　金沢市立千坂小学校

終わるのであるが，この実験観察において，一つの視点で深く事象をとらえていくタイプと，いくつかの視点で浅く広く事象をとらえていくタイプがみられる。この両方の能力は必要で大切であるが，このように，観察の視点のとらえ方や観察力のレベルや実験技能やもののとらえ方も，子どもひとりひとりの深浅が見られる。このスタートの実験観察力の差がそのままで授業が進められると，意欲や興味，問題意識に差がでて，ひとりひとりを生かす授業が展開できない。そこで，私たちは，診断テストやバズで用いた方法を学級全体にかけ，そこでの実験観察の徹底をはかりながら，子どもの認識を拡大して，問題意識を高め，その中での問題解決力の可能性と限界に探りを入れることにした。

この実態をもとに，どこに問題があるのか，どんなことを調べていくかという単元のオリエンテーションが実施されて，子どもと共に単元構成が作成されて，見通しを持った上で授業が実施されていく。子どもに密着した授業設計の姿勢を強調したいのである。子どもの追究にそうために，途中では単元の流れからそれたり，カリキュラムの内容からはみ出すことがあっても，良しとする考え方である。

(2)　理科の授業での考え方や実験観察の能力が他の学習や自然に触れる時に活用され，問題解決力の輪が広がっていくことをめざす。

理科の授業で学習する内容は精選されたエキスであり，条件規制の下に純粋培養されているものである。この内容の学習だけでは，理科の観察実験能力が身につかないと思われる。この事は系統学習時代の既有経験が何ら授業に働かなかった事からも自明である。科学的能力は，それを適用できる場を広げていく中で鍛えられ，補強されていくものと考える。そこで，今後は一単元の学習だけで終わることなく，学校生活の中で経験を拡大する場を設定して複合的に総合的に取り扱っていかねばならない。この事がゆとりの時間の活用であり，合科学習であり，総合学習の場であると考える。そのためにも実験観察力を重視して，五官を通して，物のとらえ方や見方，考え方を強化することを大切にしていきたいのである。

(3)　子どもの概念形成がなされていく形成過程をさぐり，子どもの側に立った新しいマトリックスの作成をめざす。

子どもの概念形成は，どのような事象や実験観察によって，つくられていくのであるか。いろいろな事象は結びつけられても，概念の高まりはみられなかったり，さまざまであろう。

同じ実験観察を通しても，そこにとらえられる認識は子どもによって様々である。子どもの認識をモデル図やチェックカードを利用して，単元の節で調査して，その実態から，認識を整理するための事象を観察させていく指導を加えながら，授業設計を改善していかねばならない。そうすることで教師側からだけの単元のマトリックスではなく，子どもと共につくり上げるマトリックスが作成できると考える。このマトリックスを基にして，新しい授業の実践が可能になると思われる。

以上の三点は今年度からの授業研究の展望を述べたものであり，本年度はその第一年目に当り，(1)の実践内容について報告する。

II　単元の特性を生かす手だて

低・中学年理科では，それほど明確ではないが，高学年になると，単元によって展開の仕方にある種の型があらわれてくる。自然の事物現象を捉え理解していく場合に①事象をありのままに捉え，捉えた事実と事実から自然のきまりを発見していくというタイプ，いわゆる事象の観察に重点をおいた展開と②物の変化のようすから推論し，論理を積み上げ，その中から一つのきまりを発見していくタイプ，即ち，論理構成に重点をおいた展開をしていく場合の二つがある。

これら二つのタイプは単元の内容構造によって，必然的に性格を異にすることから，我々はこれを単元の特性と名づけ，その特性を最大限に生かす方法を考えた。

(1)　事象をありのままに捉え深める授業

事象をありのままに捉える学習は理科の全単元に共通する要素であるが，ありのままに捉えた事実から推論し，次の事実への足がかりを得るのに困難と思われるものがある。生物教材が一般的にこれにあてはまるだろう。その他に，天体教材，地学教材なども，あまり推論し論理を積み上げたものを実証していくことはできない。

本報でとりあげた「光の進み方」の単元は，光の進む通り道を詳しく観察し，ありのままに捉えた事実から，光の性質を知り，光の法則を

知るものであって，適切な単元といえる。

(2) 物の変化のようすから，論理を積みあげる授業

論理を積み上げる場は，どの単元にも，どの教材にも多少はあるのだが，ここでは，単元全体がその方向に仕組まれていると考えてよい内容構造のものを重点的にとり上げていると思って欲しい。

この典型例は第２報でのべる「物の燃え方」の単元で，炎となっているものは何か，ロウがなぜ炎になるのか，固体のロウ，液体のロウ，気化したロウなどの観察から，ロウの状態変化を子どもなりに，論理構成し，ロウの気体の粒が熱によって発光し，光を出して輝き，あとにCO_2とH_2Oとすすを作るのだと言うことを，類推するまでに子どもをおとし入れていくことのできる展開内容をもっている。

Ⅲ　事象をありのままに捉え深める授業

1　単元の授業設計手順

新指導要領が発表され，現在移行期にあたるので新しい内容を含む「光教材」について研究を進めることにした。

「光の進み方」の単元は，従来光が物に当たった時の様子をくわしく調べ，光の進み方をとらえさせることであったが，今回の改訂においては，６年より「とつレンズと光の進み方」「日光による物の温まり方」が付加され，光の進み方を分析的に捉えるだけでなく，光のエネルギー的な見方にまで高めることを意図している。

そこで，このような内容改訂をいかに指導していくか，また児童をどのようにして主体的な学習にさせるかが大切である。私たちは，このことを達成させるために，次のような手順で取り組むことにした。

① 目標分類
　マトリックスを作成する。
② 児童の実態把握
　これをもとにして単元構成を設計する。
③ 単元構成
　児童の実態をもとにして，主体的な学習が進められるよう配慮して作成する。
④ 授業細案
⑤ 実施
　授業中，評価しながら本時の目標へ到達する最適の過程を選択して実施する。
⑥ 評価
　いかに学習を進めるかという授業中の評価と，次時の授業細案検討の資料となる学習後の評価がある。
⑦ 理想的な改善案
　評価を基にして，更に良い授業細案を作成する。

以上のように，目標分類から改善案の作成まで，児童を中心にして設計し，児童が主体的に事象を捉え，深められる授業をめざした。

2　児童の実態把握

単元構成，目標分類をするためには，児童がこれまでにどんな経験をしてきているか，またどんな点に疑問を抱いているかを調べねばならない。そこで，子どもの実態の捉え方についてまず述べたい。

テストのように問題を出す方法もあるが，主体的な学習に着眼して，今回は，実際に体を動かして，子どもがどんなことを見つけるか調べる方法にした。ただ，学習内容に深入りしないように配慮して，与える道具を吟味した。児童は３年生の時，鏡を使った学習をしているので，鏡を用いての遊びから，光の性質，進み方など，どんなことを見つけたり，気づいたりするか調べることにした。

○鏡を使っての自由実験（遊びの工夫）

子ども達の光の進み方に対する考え方の実態を知るために，各自の学校（市内４校）の５年生を対象にして以下の様な要領で調査した。

天気の良い６月のある日　全員に一枚ずつの鏡を持たせ，約30分間，自由に遊びを工夫する様に指示し，経過後，それぞれの「やったこと」「わかったこと」「ふしぎに思ったこと」を記述させて集計した。子ども達は，光の鬼ごっこ

をして「光の直進」を知り，また，水面の所で屈折することをも遊びの中で見つけている。このように遊ばせながら，児童はどんなことを，どのように見つけるか調査できた。

結果は次の通りである。

視点＼調査校	光の進み方			虫めがね		対象物	
	直進	反射	屈折	一点にあつまる（焦点）	軸からはなれると屈折大きい	光を通すもの（あたたまりにくい）	光を通さないもの（あたたまりやすい）
A　校	6	43	0	2	0	1	17
B　校	9	30	1	5	0	2	19
C　校	10	18	0	4	0	2	10
D　校	8	25	1	7	0	1	21

この様な実験の中で，子どもたちが考え出した「光を利用した遊び」のいくつかを以下に付記する。

	子どもたちが考えた遊びの種類と内容
直進・反射	かがみおに，鏡ドライブ，鏡かくれんぼ，光ふみ，鏡絵つくり，分身ゲーム，数あて，万華鏡あそび，もよう反射，かがみの中の鏡，水ぬらし数あて
明　る　さ	光あつめ，あかるさくらべ
あたたかさ	氷とかし，かわきかがみ，かみこがし，黒紙こがし
屈　　折	反射する水
物・その他	にじつくり

上表から，光の反射に興味が集中しており，また下表からも光の反射に関する遊びが多くあがっている。

この様な子どもたちの実態と関心の方向を考えて，光の進み方を単元の主軸におき，その性質を一つ一つ探究的に追求する過程を次の様に設計することにした。

従来とかく知的理解だけをおさえることにとらわれ，学習問題が本当に子ども達のものになっていたかどうか疑問である。そこで，子ども達の興味・追求意欲を高めるために「光の的あて」を糸口に単元構成を試みた。このことを基本に光を水やガラスに当てる当て方によって光の進み方が変わることを光と物との関係や当たり方というように分析的なとらえ方から関係的な物の見方へと深め，光の進み方を総合的にとらえさせるようにしたい。

とつレンズに平行な光（日光）を当てると一ヶ所に光が集まるが，その集まる位置はレンズのふくらみの大小で違うことなどは，光の屈折のきまりを適用して考えられるようにしたい。また，とつレンズで光を集めると焦点の部分は高温になり，物をこがすのにレンズ自体は温まらない。このことから，太陽と物との結びつきを考えることができるようにしたい。

3　単元構成 ——5年　光の進み方 ——

(1)　単元の目標

光が物に当たったときの様子から光の進み方を理解させ，すすんで物の性質，はたらきを調べる能力や態度を養う。

ア．質の同じ物の中では，光は直進することを理解させる。

イ．質の違う物の中へ光が進むとき，その境で反射したりすることを理解させる。

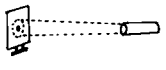
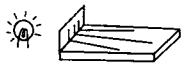
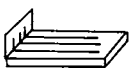
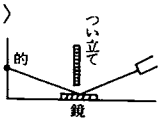
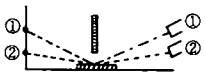
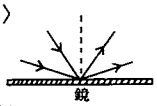
ウ．とつレンズの軸に平行な光の集まる位置は，レンズによってきまっていることを理解させる。

エ．日光を通しやすい物は日光に当たっても温まりにくいことを理解させる。

(2)　指導計画　（総時数　13時限）

第1次　日光と電燈の光の進み方　　2時限
第2次　光の反射　　2時限
第3次　水やガラスでの光の進み方　　4時限
第4次　とつレンズと光の進み方　　3時限
第5次　日光による物の温まり方　　2時限

(3) 学習計画表[4]

項目	指導目標	学習の流れ	留意事項及び評価
第一次 日光と電灯の光の進み方（2時間）	空気中を進む日光や懐中電灯の光は，空気中をまっすぐに進むことに気づく。	懐中電燈でまとあてをしよう  途中につい立て（穴あき）を置いても出来るかな  〈電灯の光はどのように進んだのだろうか。〉 まっすぐ進んだ　広がっている　弱くなる  実験1.－豆電球の光の進み方を調べる。 広がった光。まっすぐに進む スリットを光源から遠ざけると，平行に近くなっていく	○まとあてにより学習意欲を換起させる。 ○光の進む道すじをさぐるためのくふうをさせる。 ○つい立てを前後，左右に動かしながら，まとに光があたるようにさせる。 ○まとあてにより予習出来ることをたしかめる方法を考えさせる。 ○光源からの距離をかえる時，スリット台を動かす。 ○光源はスリットに正対面する位置におき，充分に光源が得られるようにする。
	太陽の光と，豆電球の光の進み方のちがいに気づく。	〈太陽の光も同じだろうか〉 実験2.－太陽の光の進み方を調べる  まっすぐに進む 平行に進む 明るさはあまりかわらない どんな光も直進する 太陽の光は平行線である 電灯の光は，広がって進む	○スリット台を動かして，台上にうつる光線のようすに注目させる。 ○二つの実験結果について類似点，差異点をしっかり把握させる。
第二次 光の反射（2時間）	鏡にあたった光は，入射方向によって，反射方向がきまることを，実験によって確かめ，鏡に入る角度と反射する角度が等しいことに気づく。	〈途中につい立てを置いても光の的あてができるだろうか。〉 鏡を使えばできるよ  的に光があたるように光源の位置や角度を変えて光を反射させる  的を①，②と移動させると光源も①，②と移動させるとよい 光の進み方に何かきまりがありそうだよ 〈光の進み方のきまりをみつけよう〉 実験－作図をしてくわしく調べてみる  光の反射にはきまりがある。鏡に入る角度と反射する角度は等しい。	○光源と的との間に障害物を置いて的あてをさせる。 ○鏡による反射に気づかせる。 ○的の位置を移動させ，光源の位置や角度に目を向けさせる。 ○的あてから光の進み方のきまりに気づかせる。 ○入射方向によって，反射方向がきまることに気づかせる。

光の反射　コミニケーション分析表

板書　かがみを使って光のまとあて
まと　①　②　③
〈光源をどの様に動さなければならないか。〉

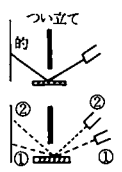
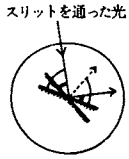
授業分節	教師 発言要旨	教師 行動メモ	分	児童 活動メモ	児童 発言要旨
a	1. 今日は何の勉強は？　児童の返答を板書する。 2. 復唱 3. ＯＨＰで前時の学習の復習 4. ＯＨＰで本時の学習の確認 5. 的にあてるとき光源をどうしたらいいのか。やってみてください。わかったことはメモすること。 6. あの時計で25分までです。	問題把握 机間巡視	5		1. 鏡を使って光のまとあてをします 2. そうです（一同） 3.（光の的あてをする） 光の的がしぼりにくい 光の平行移動困難 光源に気付かない
b	7. チョット　ヤメテ！ 8. 今までに見つかった人，手をあげて 9. 光源をどうしたらいい？ 10. だれか光源をもつ人の手を見なさい 11. 光源をどの様に動かせばよいかかいて下さい 12. 書けたかな 13. 5分でシートに直接かいて下さい 14. 言ってもらうよ　Tさん！	机間巡視	10 15 20		4. ハイ 5. エー（疑問の様子） 6. ハイ　実験してメモをとる 7. 時間です 8. みなさんこの実験をしましたね（ＯＨＰ （ＯＨＰで説明） 右に動かすと①②③とあたります わかったことは右に動かすと①②③にあたることです 9. 私たちは……　ＯＨＰで説明（角度が同じことを説明する）
c	15. エライな！　みんなわかった 16.（他の子に聞くが反応がないので男女児1人ずつに説明させる） 17. 男児の考えを確認 光線とまとを線で結ぶ 18. 教師ＯＨＰシートで再確認 挙手確認	意見交換	25 30		10. わかりません　（一同） 11. 再度説明 12. 男児説明 13. 女児説明 14. 男児説明 （や、不明確）
d	19. 光が見えた？ 20. スリットを使って調べよう（実物提示） 鏡にあたるこの角度とこの角度を調べよう 21. チョット前に出ておいで （子どもたちを見えるように前に出す） 22. やり方を説明する 23. できそうですか 24. 45分までやってごらん		35 40		15. 見えない （前に出て教師の説明をきく） 16. 出来る （スリットを使って光の進み方を調べている）
e	25. 電気つけてもいい？ 26. 電気つけるぞー 27. できたグループはもってきて！ 28. よしタイムアップや！チョット見て！ 29. みんな一緒か？ 30. 先生の実験を一つ見せてあげる（実物提示） 31. 角度をはかってみる （鏡でうごかし光を反射させて作図する） 32. 角度測定，確認 〈60°をはかる〉	確認実験	45 50 55		17. まだ 18. たのしみや 19. アー（感嘆）かっこいい！ 20. 角度確認

学習指導案　単元「光の進み方」

1．小題目　　光の反しゃ（第２次中の１時）

2．本時のねらい　光は鏡など平らな面に当たると反射する。その光は，入射方向によって，反射方向がきまることを実験によって確かめ，鏡に入る角度と反射する角度が等しいことに気づかせる。

3．学習展開　　（２次中１時）

学習事項	配時	教師の働きと指導上の留意点	形態	児童の思考と活動	評価観点
鏡を使った光の的あて	15	○前時を受けて光源と的との間に障害物を置いた場合の的あてに興味をもたせる ○鏡による反射に気づかせる ○光の道筋を予測しながら工夫して楽しく的あて遊びをさせる ○的の位置を移動させ，光源の位置や角度に目を向けさせる	(ク)	〈途中につい立てを置いても，光の的あてができるだろうか〉 鏡を使えばできるよ 実験　1  ○的に光があたるように光源の位置や角度を変えて光を反射させ，光の的あてをする。	
学習問題の把握	10		(個)	的の位置が変わると光源の位置も変えなければだめだ 鏡に光をあてる角度が関係しているようだぞ 的が①②と移動すると光源も①②と移動させるとよい	○的あて実験の結果を作図して説明できるか
		○的あてから光の進み方のきまりに気づかせる	(ク)	原　案 （光の進み方に何かきまりがありそうだよ） 《光の進み方のきまりをみつけよう》	
			(全)	改善案 〈鏡に光をあてる角度と反射する角度と同じだろうか〉	
検証	15	○実験結果を作図させ，分析的に調べさせる	(ク)	スリットを通った光  実験　2 ○鏡にあたった光について観察し，作図をして確かめる	○実験の結果を作図できるか
結果の話し合い	5	○入射方向によって，反射方向がきまることに気づかせる	(全)	光が鏡に入る角度と反射する角度は等しい	

(2) 水での光の進み方　（第3次中の1時）

金沢市立松ヶ枝小学校（宮井学級）

この授業では，第二次と同じ様な〝的あて〟を中心に置いての展開がなされた。

しかし，前と違っていることは，水面に光をあてて〝的あて〟をするところである。

ここで感じられたのは，二度目である〝的あて〟にも子どもたちの興味，関心が薄れず楽しく自然に学習の要点に入っていったことである。水そうの中のシールの的に光をあてるこの授業では，前の話し合いの中から光源の位置を固定して臨んでみた。

学習展開は，一次の慣れや，〝的あて〟という学習目的の明瞭さもあってか無駄のない軽快なテンポで進められていった。。

以下に授業後の話合いの中から明らかになってきた子どもの考え方をあげてみたい。

○光の進み方についての子どもの考え方

次頁の授業記録でもわかる様に二通りの考え方が出てきた。





一つは，左上図に見られる水面段差平行説である。確かにこの図でも硬貨は上に浮いて見えるのだが……。

また，一方では，左下図に見られる水面屈折説という児童もいた。さすがにこれには賛同者が多く居たように思われたが，本当に自分の目でたしかめた経験のある子は何人いたことであろうか……。しかし，これらの意見を動機として，学習が展開されていたのである。

○光源水そうを使った時の子どもの考え方

この授業では光源水そうを使って確かめたのであるが結果をはっきり捉える意味ではよかったと思われる。

ただ，この種の授業では，角度をはかり，その屈折率まで気付かせてみたいと思う欲望にかられて深入りしてしまうことがある。この様なことのない様に，子どもの到達しうる無理のない線でとどめておくことが大切だと考えられた。

水での光の進み方　コミニケーション分析表

	教師 発言要旨	行動メモ	分	児童 活動メモ	児童 発言要旨
光の的あて	1. 水そうの中のシール（金色）に的あてをしてもらう。	1	2:15		（机上には水そうあり，1グループ3～4人男女別）
	2. できたかな。		5		1. できました。
	3. その中に水を入れたらどうなる。ボヤーとなるのからな。		2		2. 水の中に入れるとぼやける。
	4. 的にあたっている光はどうなるかな。		10		3. 金色のシールからずれてくる。 4. 前の空気中と同じにあたる。 5. 光は水面でまがる。ストローでやったら，まがったから。
	5. じゃやってみよう。		2:20		（実験）
	6. いいかな！さあどうなった？		15		6. 先生ずれたー！ 7. 少しばけて光があたった。 8. 同じです。
	7. どっちにずれていた？		20		ＯＨＰで説明 9. や、ずれている。
	8. なぜ的にあたらなかったのだろう。	7		9	10. ―――
	9. 水面でおれたという考えがあるね。		25		11. さっき花園君のいったように水面でおれてあたらなかった。
光の屈折	10. 今日勉強することは。	10			12. どうしてかわからないが水に関係がある。
	11. それでいいかい。 板書		30		13. 水の中を通る光はどのように進むだろうか。 14. ハイ。
	12. じゃノートに自分の考えをまとめてください。				（自分の考えを書く。）

（軽快なテンポで展開）

（以下略）

注：このあと，光の水中での進み方，光の屈折の大きさの指導へと進行。子どもは，まがり方方を言葉で表現するのに苦労したり，屈折率を出すのに苦労し，時間が予定よりながくかかる。

学習指導案

(1) 小題目　　水での光の進み方（第３次中の１時）

(2) めあて　光が空気中から水中に入るとき，角度によって屈折することを見つけ出すことができる。

(3) 指導過程

	学習事項	T	教師の働きと留意事項			児童の思考と活動	評価の立場
つかむ	光の的あて	5	水を入れても的あてはできるかな	空の水そうを用いて的あてをした後発問により見通しを持たせる	㋐ ㊉	〈水を入れても的あてができるだろうか〉 的に光が当らなくなった／光が横へずれてしまった	
見通しをもつ		7	どうして光が的に当たらなくなったのだろう	水面から下の光路の変化に目を向けさせたい	㊊ ㊉	〈どうして光が的に当たらなくなったのだろう〉 光は水中に入ると曲がって　むのだろう／水面近くで折れ曲ったのではないか 光は水に入ると進み方が変わるらしい 光は水に入るとその進み方はどのように変わるのだろう	
たしかめる	光の屈折 水中での光の進み方	15	どのように曲がったのだろうか	意見点 ・曲がる場所 ・曲がる方向 ・曲がる大きさ 一方向からだけでなく左右両方から光を入れ確かめさせる	㋐ ㊉	（実　験） ・空気中から光線を水にあてて進み方を観察する ・いろいろな方向から光をあてる 水面で折れ曲って進んだ／水中では光はまっすぐんでいる／水面のところで少し反射している 左右どちらから入れても水面から遠ざかるように折れ曲った 光は空気中から水中に入ると水面から遠ざかるように水面で屈折する。	観察事実を正確にとらえているか
深める	光の屈折の大きさ	15 3	どうして曲がる角度がちがうのだろう	屈折の大きさに目を向けていないときは，発問により目を向けさせたい 10° 単位に刻まれた分度器を使って変化の量を測る 入射角の変化による屈折の度合の変化を総合的に考えさせる	㋐ ㊉ ㊊	入れる角度を変えたら曲がる角度も変わった／水面に垂直に入れたらまっすぐに進んだ 〈光が水面に入る角度により曲がる大きさはちがうのだろうか〉 （実　験） いろいろな方向から光を水にあて目盛を使って屈折のようすを調べる 水面に近い角度から入ると大きく屈折する／垂直に近いと屈折も少い／垂直では直進する 光の入射する方向が水面に近いほど大きく屈折し，垂直ではそのまま直進する	色々角度をかえ，入射角の違いによる屈折の違いをみつけようとしているか 定量的に分析し総合的に解釈しようとしているか
本時の問題点			問題意識が追究過程まで持続され生かされているだろうか。				

改善案　原案中の波線の部分をカットし，時間配当を考える。

(3)　とつレンズと光の進み方（第4次の第1時）

金沢市立瓢箪町小学校（山形学級）

一連の学習の流れの中で，本時の学習では，〝的あて〟の経験を生かしつつレンズを通る光の進み方について学習が進められた。いくつかの授業の中で本時は，子どもたちの更に主体的な活動を期待された。以下にその展開でなされた子どもの考え方について述べてみたい。

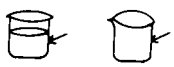
○形と進み方についての子どもの考え方



例　1

子どもが最初に気付いたのは，進み方と形の関係であった。形が違うと光の進み方が違うことは，子どもの発達段階にあった自然な発見だと思う。

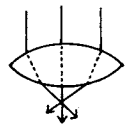
○形＋中味についての子どもの考え方



例　2

これは，前時の学習経験の中から生まれたもので価値ある発言であると思われる。学習のつみ上げの大切さを教えられた。

○光のあて方と進み方についての考え方



例　3

学習経験を多くしてくると，光線をいろいろな角度からすることになる。そこでいくつかの光線の進み方を見ているうちにその光線の進み方のちがいに気がついてくるのである。

この様に単元を〝的あて〟で通して展開してみて感じたことは下記の通りである。

- ●的あては子どもにとって興味ある素材
- ●的あては単元を通して使える素材
- ●的あては子どもが操作しやすい素材
- ●的あては子どもの思考を深めやすく発達段階に通じた素材

であることがわかった。

また，注意すべき点として，興味本位に流れず，視点の転換を明確にして展開することが対立点の少ない本単元展開の要点となろう。

とつレンズと光の進み方　コミニケーション分析表

授業分節	教師							児童						
		F 診断・評価	E K・R・助言	D 方向づけ・誘導	C 思考要求	B 説明・確認・まとめ	A 単純制御	経過時間	a 単純反応	b 質疑・確認	c 意見・批判	d 発議・提案・集約	e グループ活動・相談	f 個人活動学習
	発言要旨	行動メモ						分	活動メモ					発言要旨
a	1. 光の進み方で光を通すもの通さないもの　通すもの 2. とつレンズで調べる。 3. やってみて気のついたこと。 4. 一点になって広がるのを見たね。 5. 机上の三つ穴のレンズでは一点に集まるか。 6. セットでいろいろどのようにして集まるか。調べてみよう。 7. やめます。							5 10						1. 水 2. ガラス 3. レンズ  4. 5. 熱い中心 6. 太陽から熱が集中　明るく熱い  7. 集まる　多，わからない　集まらない0人
b	8. さあどうだった。 9. いいぞ。 10. みんなこんなのに光が(シート)進んだね。 11. なんで光がこんなふうに進むのか　今日勉強したい 12. レンズのことをくわしく調べる 13. (注意) スリットもまず3本　観察用紙　レンズ 14. 時間が短いから手ぎわよく　机間巡視							15 20						8. ノートをたてる　レンズに近づくとはっきり中ほどに一点 鉛筆で穴を一つづつかくすとかげになるだから真中の点はまっすぐすすむ 横についた立ておく　すすんだ班手をあげてだいたいすすむ   10. 穴なしレンズ　穴があってもなくても光が進んでいるといえる。  11. 集まった点の温度高い。 12. 真中の点が熱いのは，いっぱい熱が集まってきたから。 13. はい

以下略

学習指導案

(1) 題　　目　とつレンズの光の進み方（第4次の1時）

(2) 目　　標　内　容　レンズを通る光は角度が少しずつ違って入るから一点に集まるのだということを説明できる。

方　法　検証の結果を正確にとらえ，その事実を関係づけて考えを発表することができる。

項目	学習事項	配事	教師の働きと指導上の留意点	学形態	子どもの予想される思考の流れ	評価　観点
A	㊀を使った的あて 共通実験 自由実験	10	・実験装置の配置の仕方をシートに示す ・自由実験は各グループで考えたものにまかす	(ク)	㊀黒紙をつけたレンズで光を一点に集めることができるか できる　できない 提示　共通実験 一点に集まったよ 自由実験 ・黒紙の穴を順番にかくす ついたての光 ・ついたて前後移動	(方) ・実験方法を工夫しているか
B	・とつレンズを通る光 学習問題の把握	5	・実験から学習問題へと高めていく	(全)	光はレンズ内で屈折する　レンズのふくらみのため光が屈折し一点に集まる 〈とつレンズはどうして光を一点に集めることができるのだろうか〉	(方) ・どれだけ結果を処理できるか
C	検　　証	15	・実験装置をシートに示す ・規定記録用紙を配布しそれに作図させる ・定量的な見方ができるように正確に作図する	(ク)	共通実験 提示 作図 自由実験 ・屈折角を側る ・スリットを一本にする 端は屈折してまん中の先はまっすぐ進む	(方) ・どれだけ正確に作図できるか (方) ・実験方法に工夫がみられるか
D	レンズの光の屈折 結果の話し合い	15	・シートに書きながら説明する ・実験結果をGでまとめる ・Gから全体へ考えを深めきまりを見付 ・きまりを㊀の実験にあてはめて説明する	(ク) (全)	レンズに垂直に入るとまっすぐ進む　レンズの端の方へ行くほど屈折は大きい　レンズに入る光の角度がちがうので屈折角もちがう レンズに入った光のうち，中心に垂直に入った光はそのままっすぐ進み，端にいくほど大きく屈折するため一点に集まる ㊀を使って光を通すと のようになる	(方) ・事実を関係づけて論理的に組み立てて説明しているか (内) ・きまりを見とつけることができるか (方) ・きまりを応用して説明できるか

5　改善案

前述の反省をもとにして，授業案を再検討し改善案を作成することにした。

(1)　単元構成について

この単元構成は，子ども達に「光の的あて」を通して，学習に興味を持たせることをねらって作成されたが，このねらいはほぼ達せられたと思われる。それは，実際の授業において，子どもの「的あて」に対する意欲の高まりがみられ，それがただ単に遊びで終るのでなく，教師の意図している中心概念に子ども自らの力で迫っていったことからも明らかである。

また，単元の流れを，光の直進→光の反射→光の屈折→屈折の応用→光の熱エネルギーとしたことについては，光を線としてとらえることに相当に困難を覚えていたことから妥当な線であったと思われる。

以上のことから，この単元構成を手直しする必要性がほとんどないと判断し，改善案を作成しなかった。

(2)　第2次の第1時限

的あてのあと，学習のおさえとして，スリットを通しての確認作業があったことによる学習意欲の減退について，特に考えてみた。これは，子どもたちが「的あて」によって，光の反射について相当意識している段階における教師の出場（発問）に問題があったことが原因となっていると思われる。「的あて」後の子どもたちの考えの中には，入る角度と出る角度が同じというものが表れてきており，この段階で「スリットを使って調べよう」と言うよりも，「鏡に光をあてる角度と反射する角度と同じだろうか」とずばり追求していく方が効果があり，しかも子どもの意識も中断せずに学習が展開されるのではないかと考えた。この考えをもとに，細案の中の学習問題を変更し，P.31の資料のように，改善案を作成した。

(3)　第3次の第1時限

前述の実施後の反省にもあったように，この細案には改善すべき点が二箇所あると思われる。その一つは，「的あて」には普通の水そうを使用し，「屈折現象の確認」には光学水そうを使用して子どもの意識にズレを誘発させたことである。もう一つは，5年生としては非常に高度と思われる屈折率の究明にまで深入りし，子どもたちがとまどってしまったことである。そこで，第一点目のことについては，同一水そうで一時限を通すようにし，第二点目については，思い切ってカットすることにして改善案をP.33の資料のように作成した。

(4)　第4次の第1時限

ここでは，これまで6年生で学習していた内容を5年生が実施したのであり，いくつかの大きな問題点が表われるのでないかと考えていた。しかし，結果は，前述の反省のとおりであり，どうしても改善しなければならないという点は見あたらなかった。こうなった裏には，「的あて」の有効性や発達段階を考えて，あまり深入りしないようにした教師の配慮がうかがえる。さらに，大きな対立がなく学習に強い盛り上がりが欠けていたのでないかという点については，指導案に問題があると言うよりも，この光という教材が持つ特性がそうさせたのではないかと考えた。

このような考えから本時については改善案を作成しなかった。

6　考　察

移行期にあたり，新内容を含む「光教材」を取り上げて授業設計を試みその実施を通してより子ども側に立った主体的な学習をめざして研究を進めてきた。

5年「光の進み方」の単元は，従来の同質の物の中での光の進み方，異質な物の中へ光が進むときの反射や屈折の他に新しく「B　ウ　とつレンズの軸に平行な光の集まる位置は，レンズによってきまっていること」，「B　エ　日光を通しやすい物は，日光に当たっても温まりにくいこと」の二項が付加されてきている。これらは，現行の6年で取り扱われてきているも

のであり，５年へ下りたかたちとしてどのような取り扱い方が最も適したものであるかは今後の大きな課題となろう。

光については，今までに光を物でさえぎると反対側に影ができること（１年）や，日光による地面のあたたまり方，太陽の動きにより日影の位置がかわること（２年），鏡や虫めがねを使うと日光が集められること（３年）を学習している。

本単元は，従来光が物に当たったときの様子をくわしく調べ，光の進み方にきまりがあることを理解させることが主なねらいであった。しかし新しく二項が付加されたことによって単なる光の進み方を分析的にとらえるだけでなく，さらに進んで，光のエネルギー的見方にまで高めようとしているように思われる。しかも，そのねらい達成に当たっては，自らはたらきかけ，問題を見出し，多面的に調べたり，事実に即して考えたりして性質や規則性をとらえる自主的な解決能力をも願っている。

今までの光教材の取り扱い方では，とかく知的理解に走りがちで，問題設定もほんとうに子ども達のものになっていたかどうかは疑問である。これらの反省のもとに，先ず子ども達の光に対する実態をつかみ，その上に立って自ら事象に対する疑問を持ち，進んで解決していく態度を大切にした学習を願って設計した。

また，この設計の唯一の特色として「光の的あて」を糸口に単元構成を試みたことである。個々の一時限における効果的な導入実験としては，いろいろな手法が考えられるが，ここでは単元を通して一貫して子どもの興味や追求意欲を高め，自ら問題を見出し，その解決の手法を自らの手で探り出すために，次レベルごとに，「光の的あて」という内発的な動機づけをねらった実験を取り入れたことである。

光の反射では，的を次々と移動するごとに光源も同じ方向に次々と移動させねばならない事実から，光の反射のきまりに気づき，本実験が子どもたちの意識にしっかりと結びついた結果を生みだしている。また，水槽の底面に的があり，空中から光をあてることができるが，その中へ水を入れると光が的からはずれてしまう子どもの意外性から，問題を明確にし，予想を立てて調べようとする主体的な学習への意欲が生まれてくる。また，新しいとつレンズの学習においても，反射や屈折の学習が主体的に受け止められており，的あてではその事が大いに生かされ，既習（３年）の学習をも加わって本実験での生きた問題を産み出し，規則性を見い出すのみでなく，さらに進んで光の進み方を総合的にとらえるところにまで発展してきている。

このように，子ども内に，知的な認識の構造や体系をつくりだすためには「光の的あて」の手法を取り入れたことは，内からの意欲をもたせるゆさぶりの場面の構成としてたいへん効果的な役割を果たし得たと考える。

（謝辞）　本研究を進めるにあたり，終始ご協力を頂き，貴重な実践例をご提供下さった，金沢市立瓢箪町小学校　山形喜一郎氏，金沢市立松ヶ枝町小学校　宮井豊晴氏に厚くお礼申し上げます。

文　献

(1) 水越敏行・山崎　豊・金沢市理科教育研究グループ：「理科の発見学習の設計・実施・評価に関する実証研究」（第３報），金沢大学教育学部紀要第24号（1975）

(2) 水越敏行・金沢市理科教育研究グループ：「理科の発見学習の設計・実施・評価に関する実証研究」（第４報），金沢大学教育学部付属教育工学センター教育工学研究第１号（1976）P. 21

(3) 金沢市理科教育研究グループ：「診断バズによる理科授業の設計」同誌，第３号（1978）P. 1

(4) 竹村重和：「第５学年の新内容および移行期の授業設計(1)」，理科教育，No.126（1978），P. 117，明治図書

ほか，以下の成書を参考とした。

山崎　豊・水越敏行（編）：「理科教育の構造・
・過程・評価」黎明書房（1973）
水越敏行：「発見学習の研究」明治図書（1975）
水越敏行：「授業の設計と評価の技術」明治図書
（1976）
水越敏行：「授業評価の研究」明治図書（1976）