

理科教育における 言語力育成のための指導デザインの開発

研究代表者：寺本 貴啓
(國學院大學人間開発学部専任講師)

共同研究者：井上 弘
(静岡県熱海市立多賀小学校校長)

木下 博義
(広島大学大学院教育学研究科准教授)

福島 千恵子
(広島県東広島市立河内小学校教諭)

志田 正訓
(広島大学附属小学校教諭)

福地 孝倫
(広島県広島市立矢野南小学校教諭)

研究成果要約

研究活動概要

本研究は、理科教育における原動力を育成するために、問題解決過程に沿った指導デザインについて検討した。まず、事前調査として、第6学年で指導法やテスト作成に関して検討を行った。その後、その検討を踏まえ、本研究の本調査（第5学年）を実施した。本研究を実施するにあたり、研究経過を学会発表し、専門家にも妥当性や日本の小学校理科教育の方向性に関して指導を受けながら、より実践に適用可能な形になるように検討した。

成果概要

本研究では、理科の問題解決の過程における言語力の育成が求められる場面（「仮説の設定」「実験結果のまとめ」「考察」）についてダイナミック・アセスメントを活用し、子どもたちに実感をもって表現の技術を身につけるための手立てを行った。

【研究1】では、先行研究で言語力育成に効果があることが明らかになったダイナミック・アセスメントの手法をさらに改善し、先行研究の言語技術のアセスメントに加え、「反応の変化に対する意識」という、記録に対する意識づけに関する指導を実施した。そしてこれまで以上に記述の精度を高めることができた。

【研究2】では、これまで全く検討がなされていなかった理科の問題解決過程の一場面である、「仮説の設定」と「考察」の場面における記述について、どのような記述がよいのか記述モデルを作成した。また、その記述モデルをもとに評価テストを作成し、同時に評価基準も作成した。

【研究3】では、問題解決過程の「仮説の設定」、「考察」の場面において、【研究2】で設定した記述モデルのように記述させることを目的とし、ダイナミック・アセスメントにより段階的に指導を行った。その結果、各場面におけるダイナミック・アセスメントの効果が確認された。

以上の結果から、小学校理科における言語力育成は、これまでの学校教育で行われている「問題解決の過程」に沿って指導が可能であることが証明された。また、ダイナミック・アセスメントによって、これまで指導が難しいとされた「仮説の設定」の場面においても有効な指導法であることが確認された。

成果活用について

本研究は、これからの小学校理科教育における指導法や、言語力育成の方向性を具体的な単元に活用して検討したものである。本研究の成果は、学会、出版物に反映させ、多く先生方に理解していただく形で広めていく。

今後の研究課題

今後の課題として、本研究の評価基準に関して、今回の【研究2】で設定した評価基準では対応できない解答が多数出てきた。本研究では、複数の専門家によって検討し、点数化した。今後は、評価の基準作成に関して子どもたちの記述をさらに分析する必要がある。また、ダイナミック・アセスメントの指導法は、子どもたちの状況に応じて変化するため、他の実践者に本指導法を伝えることが難しい。そのため、実践事例を多くまとめることが重要であると考えられる。

研究成果論文

1. 研究の背景

学習指導要領の改訂に伴って、小学校理科では、(1)「実感を伴った理解」をより一層充実させること、(2)「言語活動の充実」を図ること、が特に重視されるようになった。中でも、「言語活動の充実」に関しては、平成20年1月に「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について」（文部科学省、2008）において、学習指導要領の改訂に当たって充実すべき重要事項の第1として挙げている。このような背景のもと、小学校理科においても「言語活動の充実」を図るための方法や目標について検討することが急務となっているのである。

さて、小学校理科における「言語力」とは、「自然事象について、問題解決過程に沿って客観性をもって論理的に説明できること」であると考えられる。そして、小学校理科における「言語活動の充実」を図ることによる言語力の育成により、自然事象をより精緻にみることができ、因果関係や時系列の関係など、物事の関係性を文字化することで思考過程を明確にしていくことができる。思考過程を明確にすることは、理解がさらに深まることにつながり、先述の「実感を伴った理解」を充実させるという目的も達成できると考えられる。

理科において言語活動を積極的に導入できる場面は、いくつかの学習場面に限られてくる。小学校理科は、一般的に問題解決過程（図1）に沿って授業が展開される。そのため、理科において言語活動が設定できる場面は、図1の問題解決過程の場面と言うと、子どもたちが自然の事象から疑問をもつ①「問題の発見」の場面、子どもの疑問から実験で検証する上での実験方法を検討したりその実験の結果を予想したりする③「仮説の設定」の場面、行った実験の結果をまとめる⑥「実験結果のまとめ」の場面、当初感じた疑問やその疑問から設定した学習課題を振り返り、実験結果をもとに考えられることをまとめる⑦「考察」の場面であると考えられる。

一般的な授業において、①「問題の発見」場面では、子どもたちの考えが引き出されている実践が行われているようである。しかしながら、それ以外の3つの場面では、そもそも③「仮説の設定」場面が設定されていない場合や、問題解決過程

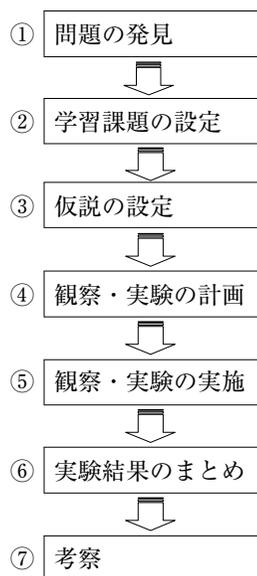


図1 問題解決過程

に沿って授業が行われたとしても、言語力を高めるための指導（精緻な記述、課題が意識された一貫性のある記述のための指導）が意識されない実践が見受けられる。この要因として、教師の指導で、ア）問題解決過程が意識されていない、イ）学習課題が意識されていないために、実験結果や考察と本来の課題が一致していない、ウ）理科は自然を対象とするため、自然と関わる事が重視され、言語活動のように国語的な学習が避けられる、エ）理科の文脈における言語の使用方法がわからない、オ）どの程度まで詳細に書いていかかわからない、などがある。このように、小学校理科教育においては、言語力育成のための課題が多く、このような課題に対応する研究は意義があると考えた。

このような課題に対応するため、本研究では、問題解決過程における③「仮説の設定」、⑥「実験結果のまとめ」、⑦「考察」の3つの場面において、上述のエ）オ）の課題に対する言語力の育成に関して、どのような記述が妥当なのか検討し、検討したことを身につけさせるために「ダイナミック・アセスメント」という手法を適用し、実感をもって理解させながら、段階的に指導を行った。

ダイナミック・アセスメント (dynamic assessment) とは、これまでのテストのように、正誤の結果のみで子どもの評価を行うことに対する批判として考え出されたものであり、子ども個々の学習状態を常に確認しながら、子どもの考え方や、表現方法、解答など、様々な間違いに対して、指導者がその場で、リアルタイムに改善の方法や考え方を示し、繰り返し改善を促す評価法である。また、この考え方は、教科や学習場面、学習者の学習レベルによって制限されることがなく、あらゆる場面や対象で適用可能なものである。一般的に認められているダイナミック・アセスメントのルーツは、Vygotsky(1978)の「発達の最近接領域 (ZPD: Zone of Proximal Development)」を代表とする社会的構成主義に依拠する考え方と、Feuerstein(1979)の「認知構造変容理論 (SCM: Theory of Structural Cognitive Modifiability)」の考え方の2つがあるとされている (Lidz, 1991)。

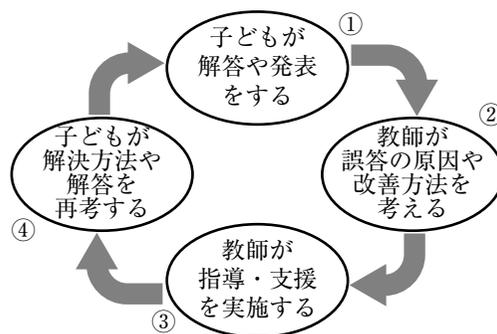


図2 ダイナミック・アセスメントの過程

理科教育におけるダイナミック・アセスメントに関するこれまでの研究では、⑤「観察・実験の実施」場面における言語力の育成などに対して効果があることが明らかになっている（寺本、2009）。しかしながら、これまでの研究では、基礎研究として、ごく限られた場面でしか効果が検証されていないため、実践的な授業場面としての検証が不十分である。

2. 研究の目的と方法

2.1 研究の目的

小学校理科教育における言語力の育成のためのダイナミック・アセスメントについて、先行研究をもとに複数の学年や単元、学習場面において教育現場で適用しやすい形になるように実践的研究を行い、教育実践へ適用するための指導方法を開発し、その効果の検証をすること。

2.2 研究の方法

本研究は、問題解決過程に沿って研究され、3つの研究によって構成されている。

まず【研究1】では、先行研究の課題を検証し、問題解決過程の⑥「実験結果のまとめ」場面において言語力の育成を図り、ダイナミック・アセスメントによる教師の支援と子どもの反応について述べ、子どもたちのノートの記録からその変容を明らかにする。

次に【研究2】では、言語による表現指導が十分でない、問題解決過程の③「仮説の設定」、⑦「考察」の場面に関して、記述における必要条件を検討し、問題解決過程における位置づけを明らかにする。

最後に【研究3】では、【研究2】で明らかにした、各場面における記述の必要条件を満たすためのダイナミック・アセスメントによる指導のあり方を検討し、その効果を明らかにする。

3. 【研究1】「実験結果のまとめ」の場面におけるダイナミック・アセスメント

3.1 本研究の目的

【研究1】では、先行研究（寺本、2009）で「実験結果のまとめ」の場面における言語力育成に効果があることが明らかになったダイナミック・アセスメントの手法をさらに改善し、指導を実施する。先行研究からの改善は、「反応に対する意識」をより高めることである。本研究において、⑥「実験結果のまとめ」の場面から検討する理由として、まず

観察や実験の結果を精緻に記述させることによって、その後の「考察」の場面や、その後の問題解決の過程に沿った学習において、自然をみる質を高めることができると考えられることにある。つまり、観察や実験で視点をもって詳細に観察しなければ、考察の記述も質が不十分になり、目的に応じた記述ができないことが考えられるためである。

そこで、本研究の目的を、

小学校第6学年理科「水溶液の性質」の「実験結果のまとめ」場面において、記録における3つの指導の視点（①反応の変化に対する意識・②メタファ・③具体的なスケール）を明確に記述することの重要性を意識させることを通して、ダイナミック・アセスメントによる「記録の繰り返し指導」の指導方略の在り方を、子どもたちの実験場面のノート記録、発言の記録から検証していくこと。

とし、ダイナミック・アセスメントによる教師の支援（発言）によって、子どもたちのノート記録がどのように変容したか検証した。

3.2 対象と方法

対象は、東広島市内の小学校第6学年22名（男子15名、女子7名）とした。学習場面は、第6学年「水溶液の性質」の単元における「水溶液と金属の反応」の実験場面である。

そして、うすい塩酸にアルミニウムを反応させる実験において、反応の様子を時間を追って詳細に記録させた。子どもたちには、「アルミニウムの様子が少しでも変化したら、時間とその様子を詳しく記録しよう。」と指示した。

3.3 結果

3.3.1 「反応の変化に対する意識づけ」に対する支援

実験を開始して、30秒くらいたつと、泡が出始めた。そして泡の出る様子は、刻々と変化する、次第に泡の量も増えていった。しかし、子どもたちは、その様子を「泡の出る様子が刻々と変化した」とはみておらず、「ただ変わらず泡が出続けている」とみており、最初の2分くらいまでは次のようにペースが遅い記録になっていた（1回目の実験ノート※途中まで参照）。

(1回目の実験ノート A 児) ※途中まで

31秒 あわ 出始める (少しずつ)

1分09秒 あわ、アルミニウムに付く

1分35秒 あわ たくさん出る。

最初2分程度記録された段階で教師は、金属の溶ける細かな泡の様子の変化(量や大きさなど)や、その周辺の様子の変化に対して、子どもたちが精緻に記録しようとする意識が全くないことに気付いた。また、子どもたちにとって、初めて行う実験はどの程度まで精緻に記録していいかわからないようであった。そこで、ダイナミック・アセスメントとして、次のような支援を行った。

T: (子どもの記録を見て・・・) 泡が出始めたのは、いつなの?

C: 30秒くらいたったところからです。

T: もう1分たつけど、泡が出始めたときと、泡の出方は同じなの?

C: いいえ、さっきより泡がたくさん出てきました。

T: 少しでも変化したら、時間とその様子を記録するんだよねえ。記録が30秒のころから止まっているよ。

C: ほんとだ!

(あわてて、そのときの反応の様子を記録する)

T: もう一度言うけど、反応が少しでも変化したら、時間とその様子を記録していこうね。

プロトコルにもあるように、教師の支援(言葉がけ)により、泡の出る様子が出始めの時に比べて変化していることに気付いている。また、反応の様子を再確認すると時間がたつて変化しているにもかかわらず、記録していなかったことにも気付いている。この2点を記述と関連させることを、子ども自身が気付くことにより、反応の変化に対する意識が高まり、これ以降の記録がより詳しくなっていた。

なお、一般的な支援であれば、「反応がさっきより変化しているのに、記録が止まっているよ。泡の出方が変わってきた様子を詳しく記録しておかないといけないね。」というような声かけが考えられる。それを聞いて、子どもは新たに記録を増やすであろうが、これでは変化の視点をもって実験の様子をみるという意識はつかない。場当たりの記録に過ぎず、今後も同じようなことを繰り返すことが多い。

ダイナミック・アセスメント以降のA児のノート記録を以下に示す。

(1回目の実験ノート A児) ◎ うすい塩酸 — アルミニウム

	6分12秒	あわが激しく出てくる	
31秒	泡 出始める (少しずつ)	7分05秒	あわがさらに出てくる
1分09秒	あわ、アルミニウムに付く。	8分25秒	大つぶのあわが出てくる
1分31秒	あわ たくさん出る。	9分33秒	アルミニウム 小さくなる
2分04秒	とけ始める	10分30秒	2つに分かれる
2分32秒	ういてきた	10分43秒	3つに分かれる
4分02秒	あわが はりつく	12分11秒	すべてとける
4分26秒	あわが裏にたまる	12分25秒	まだあわが残っている
4分43秒	しわしわになる	12分41秒	あわ 止まる

このA児の実験ノートのように、後半は記録のペースが上がり、観察の視点も記録当初よりも詳細な記録に変化していることがわかる。このように、当初は記録のペースや質のレベルがつかみきれず、単に「気になったことを記録していればいい」という場当たり的な記録として進んでいたものが、記録途中の教師の意識づけのためのダイナミック・アセスメントによって、「刻々と変化する」「小さい変化も記録する」ということが意識されるようになったと考えられる。

3.3.2 「メタファ」「具体的なスケール」を使った記録を意識させる支援

うすい塩酸とアルミニウムを反応させる実験を行った後、うすい塩酸と鉄を反応させる実験を行った。この実験を行う前に、前回のノート記録を振り返らせた。

ノート記録によると、「あわ たくさん出る」や「あわが激しく出てくる」など、泡が盛んに出てくる様子は伝わってくるものの、変化の詳細をとらえるという点では、曖昧な記録である。また、「大つぶのあわ」とあるが、実際の大きさはどのくらいなのか、また、出始めの泡とくらべてどのくらい大きくなっているのかなど、具体性に欠ける。そのため、本時では、前時に欠席した子どもが偶然いたため、この子どもに問う形から入り、子どもたちの記述の不備に気付かせていった。なお、欠席者がいない当初の計画では、1時間経つと内容を忘れている子どもも多いこともあり、子どもたちに実際に問う形であった。

ちなみに、子どもたちに支援する方法として、泡が盛んに出てくる様子を、「ビールの泡みたいに……。」など、「メタファ」を使って表現するとわかりやすい。また、大きさに関しても「〇cmくらいの大きさの……。」など、「具体的なスケール」について明確であるとイメージしやすい。

次のプロトコルは、前時に欠席していた子どもに、前時で行った「うすい塩酸とアルミニウムを反応させる実験」の、友だちのノート記録を読ませた後のB児とのやりとりである。

T：どんな実験だったと思う？
B：大きな泡が出てきた？
T：どのくらいの大きさの泡？
B：1cmくらいかな？
T：ほんと？
B：・・・・。
T：どんなふうに泡が出てきたと思う？
B：シュワシュワと
T：どこでわかったの？
B：「シュワシュワ」と書いてあったからです。
T：じゃあ、何分くらいから「シュワシュワ」と泡が出始めたの？
B：それは、わからない・・・・。

欠席していたこの子どもは、友だちのノート記録を読むことで、だいだいの反応の様子はつかめたものの、実験について具体的な質問をすると、答えにくくなり首をかしげる場面もあった。はじめ、B児は、友だちのノート記録をみて、「実験の様子がイメージできました。」と答えていた。しかし、実際には、このノート記録だけでは十分に実験の様子がイメージできているという状況ではなかった。そこで、「メタファ」や「具体的なスケール」を使った記録について意識づけをするために、ダイナミック・アセスメントとして、次のような支援（言葉がけ）を行った。

T：このみんなの記録では、欠席していたB君が実験の様子がよくわからなかったようですね。
T：どんな泡が出てきたか、人に分かるように書いている人はいる？
C：います！
T：いるの！
C：「出てきた泡は、炭酸水みたい。」と書いてありました。
T：炭酸水みたいってことは、どんなふう？
(つづく)

(つづき)

C：(「シュワシュワ。」と言いながら、動作で泡が出る様子を表す。)

T：たとえがあると、分かりやすいね。みんなが同じようにイメージできるね。

T：もう1つ、B君に聞いたときに、答えられないことがありました。

T：どのくらいの大きさの泡が出てきたの？ みんなの記録ではどうでしょうか？

C：ほくたちの班は、「泡が、ふわふわした」と、あと・・・、それだけです。

C：(同じ班の別の子が)あと、もう1つあって、「大粒の泡が出てきた」と書いてあります。

C：細かいのと、大粒の泡。

C：「小さくなっていくと、大きい泡が出てきた」と書いてあります。

T：B君に聞きます。大きいとか、細かいとか、小さいとか・・・でましたけど、実際にはどのくらい大きさの泡なんですか？

B：・・・。

T：「どのくらいの大きさ？」って言われて、このくらいって言えますか。

T：後で、分かるためにとるんですから、やっぱり見て分かる記録にならないとダメですね。

T：なので、たとえを使って「BB弾3つくらい」とか、それから・・・。

C：1cmくらいの？

T：数字を入れる。「1cmくらいの・・・」とかね。そういう風に、数字を入れると確実に分かりますね。

T：今日の「うすい塩酸に鉄を反応させる実験」では、あとで読んで、実験の様子が具体的に
よみがえってくる記録が書けるよう、工夫してみてください。

子ども自身は、反応の様子を時間を追って詳細に記録しているつもりになっているようである。だからこそ、教師の支援により「たしかにこの記録では、具体的な反応の様子がイメージできない。」と子ども自身が実感できなければ、次に記録の仕方を改善することはできない。そこで、子ども自身が自分の記録の不十分なところに気づき、具体的に改善できる支援が必要となる。例えば、「どのくらいの大きさの泡ですかと聞かれて、この記録をもとに答えられますか？」という言葉がけをする。そうすると、「大きい」と一言だけ書いたのでは、自分が実際にみた大きさは伝わらないことが実感できる。そして、たとえや数字を使って表すと具体的であることに気付く。これらのことを意識づけることにより、次の「うすい塩酸に鉄を反応させる実験」の記録の仕方に変容がみられた。

(2回目の実験ノート A児) ◎ うすい塩酸 — 鉄

04秒	しずむ		
08秒	うく。	11分08秒	大きいあわが出ない
36秒	1mm (めだかの目のよう)	11分40秒	せんいが分かれ
49秒	白いあわ (上の方)		あんまり変化なし
54秒	白いこなのようなあわ	13分54秒	下にメダカの目のようなあわがたまる
1分45秒	上が白くにごる		(5分くらい前から)
2分24秒	少し小さくなった	14分20秒	白くにごる (ふったら)
2分50秒	3分の1とけた	14分30秒	あわが上に行く
3分29秒	あわが出るのがゆっくりになった	15分00秒	2つに分かれる (せんいが)
3分45秒	あわが動きまわる (1mmのあわ)	15分55秒	まわりにくつつく (あわが)
5分06秒	(3分の1のあわ) より半分	16分04秒	バラバラになる (せんいが)
5分33秒	(動き回るのが) さっきよりゆっくり	19分15秒	下にせんいがかたまる
5分38秒	2mmくらいのあわ	19分45秒	バラバラに上に浮かぶ (せんいが)
6分10秒	ビールのあわのように上にたまる	20分30秒	下から、細かいあわ (炭酸のよう)
6分46秒	あわ4mmぐらい、はじける	22分10秒	ふったら下にしずむ (あわが)
7分30秒	(5分06秒) のときの2/3とけた	24分00秒	だんだん小さくなる
8分20秒	においがくさくなる	25分18秒	上に1mmの層のようなもの

子どものノート記録から、「メダカの目のようなあわ」や「ビールのあわのように」などの、「メタファ」を使った記述がみられる。また、あわの大きさを示すのに、1mm、2mmくらいという記述もみられた。

3.4 考察

本研究では、観察や実験の結果を精緻に記述させることによって、その後の「考察」の場面や、その後の問題解決過程に沿った学習において、自然をみるための質を高めるために、記録における3つの指導の視点(①反応の変化に対する意識・②メタファ・③具体的なスケール)を明確に記述することの重要性を意識させた。このことにより、子どもたちは場当たり的な記録から、視点をもった詳細な記録のあり方に気付いていった。特に、①の反応に対する意識を活性化することで、子どもたちの自然事象をみる視点がより精緻になった。本研究の結果より、リアルタイムに段階的に繰り返し指導することで、子どもたちの思考に沿って、実感をもった修正が可能となった。また、⑥「実験結果のまとめ」の場面から指導を実施したことで、今後の考察もより精緻になることが期待できる。

4. 【研究2】 小学校理科の問題解決過程における言語表現のあり方の検討と測定テストの作成

4.1 本研究の目的

【研究1】では、問題解決過程⑥「実験結果のまとめ」の場面において、教師が子どもたちの学習状況を把握し、子どもたちの課題に応じて、ダイナミック・アセスメントを活用して段階的に指導した。その結果、子どもたちだけで記録させるよりも、より精緻に記録をとる方法を習得した。また、教師が段階的に子どもたちに記録における課題に気付かせることによって、子どもたちは自らの記録を振り返り、批判的に記録を検討することで自らの記録の不十分さに実感をもって理解することができた。

【研究2】では、問題解決過程の③「仮説の設定」、⑦「考察のまとめ」の場面について、ダイナミック・アセスメントを行うにあたり、各場面でのどのような記述が妥当か検討しなければならない。また、この2つの場面でダイナミック・アセスメントの効果があるかどうか検討するに当たり、測定テスト並びに評価基準を設定する必要がある。

これまでの、小学生の問題解決過程における「仮説」や「考察」の書き方についての研究について、過去20年分の「理科教育学研究」「日本教科教育学会誌」「科学教育学研究」「教育心理学研究」を調査した結果、これらに関する研究は見当たらないようである。そのため、本研究により「仮説の設定」や「考察」の場面における記述モデルを作成することは意義があると考えた。

上述の背景より本研究では、

理科の問題解決過程において、言語による表現指導が十分でない、③「仮説の設定」、⑦「考察のまとめ」の場面に関して、記述における必要条件を検討し、記述モデルを作成することで、問題解決過程における位置づけを明らかにし、2つの場面の測定テストを作成する。

ことを目的とした。

4.2 方法

本研究では、③「仮説の設定」、⑦「考察のまとめ」の場面において、子どもたちに記述させる文章のあり方を検討するために、小学校理科の専門家5名によって、任意の単元をもとに記述モデルの作成を行った。また、検討した記述モデルを測定テスト形式に置き換え、同時に評価基準も作成した。

作成したテスト形式の記述モデルは、インタビューにより、文部科学省教科調査官、指導

要領作成協力者、国立大学法人の附属小学校の先生方にその妥当性について意見を求めた。

4.3 結果

すでに習っている「ものの溶けかた」単元における「予想」「仮説」「考察」の記述をセットとして、問題を2セット作成した(図3参照)。図3を例にとって解説すると、評価は「仮説」と「考察」の2つにおいて行い、「予想」は前述のように、すでに子どもたちの記述能力が十分であると判断したため、評価を行わないこととした。しかし、第5学年にとって問題からすぐに仮説を書くことが難しい現状を踏まえ、「予想」を書く欄は、「仮説」を記述する上で理解を助けるために記述欄を設定した。評価基準は、「仮説」「考察」ともに3点満点とし、「仮説」は「予想・方法・結果の予想」の3つが、「考察」は「方法・結果・結論」の3つが含まれることとし、1つ欠けるごとに1点減点とした。

理科テスト 2 ページ目

(1) 次の問いに答えましょう。

① 「水にとけた食塩は、水の中にあるのだろうか、それともなくなったのだろうか」という課題を解決するために、実験を行います。
この実験の自分の予想と仮説を書きましょう。

自分の予想

水にとけた食塩は、水の中にある。

仮説

水にとけた食塩は、水の中にあるならば(予想)、
食塩を水にとかして重さをはかっても(方法)、
全体の重さは変わらないだろう(結果の予想)。

理科テスト 3 ページ目

② 「水にとけた食塩は、水の中にあるのだろうか、それともなくなったのだろうか」という課題について実験を行うと、以下の結果が得られました。

とかす前 (水+食塩)	とかした後 (食塩水)
115.4g	115.4g

課題に対する考察を書きましょう。

考察

食塩を水にとかして重さをはかっても(方法)、
全体の重さは変わらなかったことから(結果)、
水にとけた食塩は、水のなかにある(結論)。

図3 作成したテスト問題 ※記述モデル(解答)入り

5. 【研究3】「仮説の設定」「考察」場面におけるダイナミック・アセスメントと学習効果

5.1 本研究の目的

【研究1】では、先行研究で言語力育成に効果があることが明らかになったダイナミック・アセスメントの手法をさらに改善し、先行研究の言語技術のアセスメントに加え、「反応の変化に対する意識」という、記録に対する意識づけに関する指導を実施した。そ

して【研究2】では、実験結果が精緻に記録できる技能を身につけた状況で、「仮説の設定」と「考察」の場面において、具体的に小学校理科の単元に置き換えたとき、どのような記述がよいのか記述モデルを検討した。また、それらを評価するとき、どのような基準で行ったらよいのかについて検討を行った。

【研究3】では、問題解決過程の③「仮説の設定」、⑦「考察」の場面において、【研究2】で設定した記述モデルのように記述できることを目的とし、ダイナミック・アセスメントにより段階的に指導を行った。そして、【研究2】で設定した記述モデルが指導上可能かどうかについて検討を行った。さらに、これらの2つの場面におけるダイナミック・アセスメントがどの程度効果があるのか、実験群、統制群を設定して検証した。

そこで、本研究の目的を、

小学校第6学年理科「水溶液の性質」の「仮説の設定」「考察」場面において、【研究2】で設定した記述モデルに示した視点（「仮説の設定」の場面：①予想・②方法・③結果の予想、「考察」の場面：①方法・②結果・③結論）を明確に記述することの重要性を意識させることを通して、ダイナミック・アセスメントによる「繰り返し指導」の効果や指導方略の在り方を、子どもたちの実験場面のノート記録、発言の記録や統計的な分析により検証すること。

とした。

5.2 対象と方法

（実験群）広島市内の小学校 A（男子16名、女子11名、合計27名） B（男子16名、女子14名、合計30名）

（統制群）静岡県内の小学校（男子22名、女子16名、合計38名）

学習効果の検討に関しては、欠席などの欠損値をのぞき、実験群 52 名、統制群 35 名に対して分析を行った。

時期は、2011年1月～2011年3月に、小学校第5学年「振り子」の単元で実施した。【研究2】で検討した記述モデルは、実験群、統制群ともに授業者に伝え、記述の方向性を示した。実験群は、子どもたちの記述の状況に応じてリアルタイムに指導する「ダイナミック・アセスメント」を活用する群であり、統制群は、一般的な授業を行う群である。なお、3つの学校の指導者の経験年数は、4年目～5年目の教員経験である。

指導効果のテストは、プレテスト、ポストテストを作成（内容は同じ）し、いずれの学校も単元前と単元後にそれぞれ仮説と考察の記述レベルを検証する大問を、2つ（1テス

ト：仮説問題1問、考察問題1問ずつ) 実施した。テストの評価に関しては、4名の専門家による個別の採点を行い、採点者の点数を集約後、同意が得られていない問題に対して再検討を行った。

5.3 結果

5.3.1 「仮説の設定」の場面

5.3.1.1 ダイナミック・アセスメントによる支援について

子どもたちが抱いた自然事象に対する疑問(問題)を、理科室で行うことができる実験に置き換えて学習課題を設定したときに、「仮説の設定」の場面では、子どもの「疑問」から「実験方法」、そして「実験を行った場合の予想」という一連の流れを整理することになる。そのため、子どもたちが記述する仮説は、「予想」「実験方法」「実験結果の予想」の3つが書かれていることが必要であると【研究2】で設定した。以下、仮説設定の場面での指導である。

「振り子の振れ幅と振り子が1往復する時間は関係があるのか？」という課題で、仮説を書かせた。仮説を書かせる前には、教師が「予想は?」「予想がそうなるならば、どうすればいい?」「その実験をして、どうなったら自分の予想が正しいといえるの?」と子どもの状況をみながら質問し、書き始めさせた。

書いている途中に子どもたちの理解状況をモニタリングしたところ、子どもたちは、「予想」—「実験方法」—「結果の予想」については書けているものの、それらがつながっておらず、1つ1つが別々の文章になっている子どもが多いという課題がみえてきた。そこで、「予想」と「実験方法」の文章につながりをもたせる言葉に気付かせるために、次のような支援を行った。

T：まず、Dさん、大きな声で読んでください。みなさんはよく聞いて、どちらが仮説の本来の意味、もしこうだったら(予想) こうこうして(実験方法) こうなる(結果の予想) という意味になっているかを聞いてみてください。それではDさん、お願いします。

D：振り子の振れ幅と1往復する時間は関係があると思います。もしこの予想が正しいならば、ストップウォッチで振れ幅を変えて測ったら、振り子が1往復する時間がそれぞれちがうと思います。

T：振り子の振れ幅と振り子の1往復する時間には関係がある。振れ幅を変えて実験をすると、振り子が1往復する時間は変わるだろう。

ちょっと分かりにくかったかな? もう1回よく聞いてみてね。Dさんにあって先生にないものが隠れています。それを見つけてください。

(つづく)

(つづき)

D：振り子の振れ幅と1往復する時間は関係があると思います。もしこの予想が正しいならば、ストップウォッチで振れ幅を変えて測ったら、振り子が1往復する時間がそれぞれちがうと思います。

T：振り子の振れ幅と振り子の1往復する時間には関係がある。振れ幅を変えて実験をすると、振り子が1往復する時間は変わるだろう。さて、Dさんにとって、先生にないもの見つけた？ はい、Eさん。

E：Dさんは、「この予想が正しければ」と言っていて、先生は何も言わずにそのまま実験方法を言っていたと思います。

T：「ならば」という言葉が入っているか入っていないかの違いです。実験をするのは、仮説でみんなが予想をもっているからやるんでしょ。自分は予想をしているならば、こうすると（実験方法のこと）こうなるってこと（結果の予想のこと）でしょ。ということは、「ならば」という言葉、あった方がいいね。

このように、子どもが「予想」と「実験方法」の間につながりがみられないときに、教師がその時、その場で教えるのではなく、子どもたちに気付かせる。そして、同じ間違いをしないように意識させた上で、もう一度書かせた。

5.3.1.2 「仮説の設定」の場面のダイナミック・アセスメントの効果について

ダイナミック・アセスメントの有無による実験群、統制群で共分散分析を行った結果、プレテストを共変量（問題1：2.37、問題2：2.31）としたときのポストテストの得点は、問題1（推定平均値：実験群 4.54、統制群 0.95）、問題2（推定平均値：実験群 5.83、統制群 1.05）であり、問題1、問題2ともに、実験群の得点は統制群の得点と比べ、有意（問題1： $F(1, 84)=49.31$ 、 $p<.05$ 、問題2： $F(1, 83)=70.04$ 、 $p<.05$ ）に高いといえる。このことから、「仮説の設定」の場面において、ダイナミック・アセスメントが有効であることがいえる。

5.3.2 「考察」の場面

5.3.2.1 ダイナミック・アセスメントによる支援について

「振り子」の單元では、「振り子が1往復する時間を変える条件は何か？」という課題について、「おもりの重さ」「振り子の振れ幅」「糸の長さ」をそれぞれ条件制御しながら追究していく。学習はいずれも、仮説を立て、調べたい条件を制御して、振り子の1往復する時間を測定する実験を行い、考察をまとめていくという流れである。そのため、それぞれの「仮説の設定」の場面、「考察」の場面において、ダイナミック・アセスメントの手法を用いた支援が可能であると考えた。

「考察」の場面では、考察までの問題解決の一連の過程（子どもたちが抱いた自然事象に対する疑問（問題）、学習課題や仮説）を振り返り、それに対応する（答える）形で考えを整理する。そのため、子どもが記述する「考察」は、「実験方法」「結果」「結論」という3つが書かれていることが必要であると【研究2】で設定した。

【事例1】

「おもりの重さと振り子が1往復する時間は関係があるのか？」という課題で、考察を書かせた。考察を書かせる前には、教師が「どんな実験をした?」「その実験をしてどうなったの?」「その実験をして、どんなことがいえるの?」と聞いてから書き始めさせた。書いている途中に子どもたちの理解状況をモニタリングしたところ、子どもたちは、「実験結果」「結論」については書いているものの、何をしてようになったのかという「実験方法」が書いていないという課題がみえてきた。そこで、「実験方法」の記述に気付かせるために、次のような支援を行った。

T：G君の方に何が書いてあるか、先生のところに無いものは何か、これに気を付けながら聞いてください。

G：振り子の実験をして、重さ以外そろえて実験をします。1往復当たりの時間はどちらも同じで、おもりの重さと振り子が1往復する時間は関係がない。

T：次です。おもり1個分もおもり2個分も振り子が1往復する時間は同じ。このことから、おもりの重さと振り子が1往復する時間は関係がない。

さあ、G君にあって先生にないものは分かりましたかね。

H：G君は実験方法を言っていて、先生は言っていないです。

このように、子どもが「実験方法」を書くということに課題があるとみられるときに、教師がその時、その場で教えるのではなく、子どもたちに気付かせる。そして、同じ間違いをしないように意識させた上で、もう一度書かせた。

【事例2】

「振り子が1往復する時間は、○○によって変わるのだろうか」という課題に対して、考察を書かせたところ、「結果より、振り子が1往復する時間はおもりの重さによっては変わらないことが分かった」のように、「実験方法」-「結果」-「結論」の内、「結論」のみを書いている子どもが多かった。そこで、考察を書く際には、仮説を参照して「実験方法」と「結果」を考察に入れることに気付かせるために、以下のような支援を行った。（なお、教師は、板書の仮説「もしも振り子が1往復する時間は、振り子の重さによって

は変わらないならば、おもりの重さを変えても、振り子が1往復する時間は変わらないだろう」を指しながら説明している。)

第2次 第1・2時 振り子が1往復する時間は、おもりの重さによって変わるのだろうか。

T：I君、考察を言ってくれる？

I：結果より、振り子が1往復する時間は、おもりの重さによっては変わらないことが分かった。

T：同じ人。(数人が手を挙げる) これは、仮説のどの部分かな。

C：最初の部分。

T：そうだね。I君は、仮説のここ(教師が、板書「もしも振り子が1往復する時間は、おもりの重さによっては変わらないならば」の部分)を指しながら)の部分を書いたんだね。じゃあ、ここ(教師が、板書「おもりの重さを変えても、振り子が1往復する時間は変わらないだろう」の部分)を指しながら)はいらないの？ J君、あなたが書いた考察を言ってみて。

J：結果より、おもりの重さを変えても、振り子が1往復する時間は変わらなかった。よって、振り子が1往復する時間は、おもりの重さによっては変わらないことが分かった。

T：みんな今の2人の違い分かった？ J君は、仮説のここ(教師が、板書「もしも振り子が1往復する時間はおもりの重さによっては変わらないならば」の部分)を指しながら)だけじゃなくて、どこも書いてたの？

J：おもりの重さを変えても、振り子が1往復する時間は変わらないだろう。

T：そうだね。K君はここ(教師が、板書「おもりの重さを変えても、振り子が1往復する時間は変わらないだろう」の部分)を指しながら)も書いたんだね。

以上のように、2人の子どもが書いた考察を比較させることで、子どもがその違いに気付いた。そして、その違いから、考察を書く際は、仮説を参照して書けばよいことに気付かせた。

考察は仮説を参照して書くことに子どもが気付けば、実験前に仮説をきちんと設定することの必要性を実感させることが可能であるといえるだろう。

5.3.2.2 「考察」の場面のダイナミック・アセスメントの効果について

ダイナミック・アセスメントの有無による実験群、統制群で共分散分析を行った結果、プレテストを共変量(問題1:3.29、問題2:3.83)としたときのポストテストの得点は、問題1(推定平均値:実験群4.61、統制群2.29)、問題2(推定平均値:実験群5.73、統制群2.11)であり、問題1、問題2ともに、実験群の得点は統制群の得点と比べ、有意(問題1: $F(1, 84)=16.63$ 、 $p<.05$ 、問題2: $F(1, 83)=38.68$ 、 $p<.05$)に高いといえる。このこ

とから、「考察」の場面において、ダイナミック・アセスメントが有効であることがいえる。

5.4 考察

【研究3】では、「仮説の設定」「考察」の場面について、ダイナミック・アセスメントの指導過程と、その効果について検証した。その結果、今回行った「振り子」とは別の課題であるポストテストでも、実験群の方が記述モデルにより近い書き方で解答していた。このことは、ダイナミック・アセスメントの特徴である、リアルタイムに子どもたちに間違いに気付かせ、実感を持たせながら指導する効果を実証したものである。

また、共分散分析の推定平均でもわかるように、「考察」の場面では比較的統制群も成績が高かったものの、「仮説の設定」の場面では、実験群と極端に成績が異なった。このことは、「仮説の設定」の場面を子どもたちに理解させることが教師にとって非常に難しいことを意味する。

6. 総合考察

本研究では、理科の問題解決の過程における言語力の育成が求められる場面（③「仮説の設定」、⑥「実験結果のまとめ」、⑦「考察」）についてダイナミック・アセスメントを活用し、子どもたちに実感をもって表現の技術を身につけるための手立てを行った。

【研究1】では、先行研究で言語力育成に効果があることが明らかになったダイナミック・アセスメントの手法をさらに改善し、先行研究の言語技術のアセスメントに加え、「反応の変化に対する意識」という、記録に対する意識づけに関する指導を実施し、これまで以上に記述の精度を高めることができた。

【研究2】では、これまで全く検討がなされていなかった「仮説の設定」と「考察」の場面における記述について、どのような記述がよいのか記述モデルを作成した。また、その記述モデルをもとに評価テストを作成し、同時に評価基準も作成した。

【研究3】では、問題解決過程の③「仮説の設定」、⑦「考察」の場面において、【研究2】で設定した記述モデルのように記述できることを目的とし、ダイナミック・アセスメントにより段階的に指導を行った。その結果、各場面におけるダイナミック・アセスメントの効果が確認された。

以上の結果から、小学校理科における言語力育成は、これまでの学校教育で行われている「問題解決の過程」に沿って指導が可能であることが証明された。また、ダイナミック・アセスメントによって、これまで指導が難しいとされた「仮説の設定」の場面においても有効な指導法であることが確認された。

7. 参考文献

- Feuerstein (1979) *The Dynamic Assessment of Retarded Performers: The Learning Potential Assessment Device, Theory, Instruments, and Techniques*, University Park Press.
- Lidz (1991) *Practitioner's Guide to Dynamic Assessment*, The Guilford Press.
- 文部科学省 (2008) 「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について」
- 寺本貴啓 (2009) 「授業実践場面におけるダイナミック・アセスメントの効果に関する研究 —小学校第6学年「水溶液の性質」における知識再生力、知識表現力の育成について—」 (広島大学大学院教育学研究科紀要、第一部、学習開発関連領域)
- Vygotsky (1978) *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*, Harvard University Press.