

An Experimental Study of Teaching Elementary Science by Discovery : Its Design, Teaching Process and Evaluation

| | |
|-------|---|
| 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/2297/47653 |

理科の発見学習の設計・実施・評価に 関する実証研究*

水越敏行 山形喜一郎** 吉田貞介***

I 研究の目的

発見学習のこれまでの研究には、「あいまいさ」がたえずつきまとっていたように思う。そのあいまいさを分析してみると、鍵概念になるようなことがらの解釈についての統一見解が出ていないこと——たとえば「導かれた発見」という場合に、教師による誘導・制御がどの範囲までかという境界線がさだかでないこと——が、まず第一にあげられると思う。

それは見方を変えれば、授業の設計・実施(過程)・評価という一連の授業活動についての方法論が、必ずしも十分に明らかにされてこなかった、ということになる。学習過程における教師の制御がゆるいということは、こうした方法論が明確でなくてもよいということには、つながらない。いやむしろ逆であって、子どもが自分で予想をたて、選び、たしかめていくという過程で学習するのであればなおさらのこと、そういう授業の方法論が明確でなければならないであろう。そうでないと、発見学習の実証研究や実践のくりかえしが、必ずしも研究の累積とはならないし、科学的な吟味の対象にもならないのである。

こうした反省に立って、私たちは今回の実証研究を企画した。発見学習にもっとも適した教科といわれる理科を選び、発言も含めてオーバートな行為がもっとも顕著と思われる小学校高

学年を対象としたのは、発見学習の典型というか、原型にたちかえて、その授業設計、実施、事後処理に関する方法論を、少しでも一般化してみたいと考えたからである。

II 研究の概要

題 材 「種子の発芽」(小5)
対 象 金沢市立材木町小学校5年1組、
男子21名、女子18名、計39名
授 業 者 山形喜一郎
時 期 昭和48年5月第2週～第5週

実施手順 これは発見学習の設計・実施・評価に関する方法論の骨子をのべることにもなるので、三つの段階に分けて、手順を列挙する。

(A) 設計段階

①目標分類 ②レディネステスト ③単元構成
④思考のモデル図 ⑤前提テスト ⑥事前テスト
⑦思考の流れ図(授業細案)

(B) 実施段階

⑧授業の実施 ⑨授業記録 ⑩プロセスの評価

(C) 事後処理段階

⑪事後テスト ⑫授業コミュニケーションの量的・質的分析
⑬授業の分節についての検討 ⑭ズレの究明
⑮定着テスト ⑯設計段階へのフィードバック

*昭和48年9月17日受理

**金沢市立材木町小学校教諭

***石川県教育センター研修指導主事

表 2 授 業 目 標

| 上位概念 | 下位概念 | 授 業 目 標 | |
|---|--------------------------|----------|---|
| 生物の成長の変化から生物の生命をとらえる ・植物は環境条件によって種子の内部に変化が起り発芽や成長をする | ・種子が発芽するには必要な環境条件がある | 内容 方法 | <ul style="list-style-type: none"> ダイズの種子が発芽するには適当な水や温度と空気が必要であること (A-a-1・2・3) 条件の統一された実験を構成することによって発見する (⑧⑨⑩⑭⑮) |
| | ・種子が発芽するとき種子は呼吸している | 内容 方法 | <ul style="list-style-type: none"> ダイズやインゲンの種子が発芽するとき空気をとり二酸化炭素と水を出して呼吸していること (A-b-3・4) 既習の実験方法を転移して検証し、その結果をモデル図を使って論理を構成し推理する (⑧⑨⑩⑬⑭⑮⑯) |
| | ・種子の内部には発芽や成長のもとになるものがある | 内容 方法 | <ul style="list-style-type: none"> 種子は種皮と胚からできており、胚には根・葉・茎になる部分がある (A-c-5) 発芽した種子と発芽していない種子を比較観察し各部分の種子のつくりを区分する (②④⑦) |
| | | 内容 方法 | <ul style="list-style-type: none"> 種子の子葉には養分があり発芽や成長に使われること (A-c-6) 条件を統一された実験を構成し、養分が使われたことを発見する (⑧⑨⑩⑭) |
| | ・幼芽・幼根の成長は日光の当り方で伸び方は違う | 内容 方法 | <ul style="list-style-type: none"> 幼芽は明るい方へ伸び、幼根は暗い方へ伸びること (A-d-8・9) 条件を統一された実験によって、幼芽・幼根の日光に対する性質を発見する (⑩⑭⑯) |

2 単 元 構 成

単元の構成にあたってレディネステストを実施した。その結果から発芽条件に関する部分の主なものを整理してみると

・種子の発芽の条件としてあげたもの

- 水分—86.6% 温度—68.6% 日光—65.3%
- 養分—31.5% 土 —44.7% 肥料—13.1%
- その他 (場所・草とり・植え方) —34.2%
- その他 (風当りなどを記載)

これらの条件の中の日光・肥料・土は不都合な条件であるが、授業ではこれらも含めて条件を統一した検証によって比較させる。そしてその中で不都合な条件であることに気付かせていきたい。

・育ち方と育つ環境条件について

ここでも日光と水が上位にあげられた。子どもは育ち方にも日光が必要だから発芽でも必要だととらえ、発芽と育ち方の条件を同一にみている。発芽・育ち方の条件に「空気」をだした子どもはいない。しかし、これは子どもの意識がないというよりも、空気は当然あるものとし

て、前提にくみ込まれているのでなかろうか。

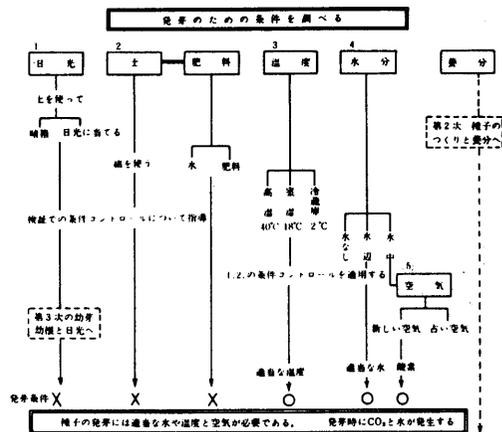


図1 単元構成 —その1—

| 計画 | 授業目標 | 配時 | 指導形態 | 学習過程 | |
|-----------|---|-----|--|---|--------------------------|
| 第一次 発芽 | A-a 種子が発芽するには必要な条件を明らかにする ○種子が発芽するには適当な水や温度と空気が必要であること ○条件の統一された実験を構成することによって発見する ・条件統制の指導 ・検証方法と条件統制 | 30分 | C-3 | <p>問1 たねが発芽するときに必要なものだろうか (予想する)</p> <p>日光 土 水分 温度 肥料 空気 養分</p> <p>学習計画をたてる</p> | |
| | C-2 | | <p>問2 発芽するとき日光が必要だろうか</p> <p>条件の統制</p> <p>日なた 暗箱</p> <p>結 日光があたなくても発芽する</p> | | |
| | 30分 | D-4 | <p>問3 発芽するとき土や肥料が必要だろうか</p> <p>グループで検証方法を考え検証する</p> <p>結 土や肥料がなくても発芽する</p> | | |
| | | D-4 | <p>問4 発芽するとき温度は関係するだろうか</p> <p>グループで検証方法を考え検証する</p> <p>結 適当な温度のとき種子は発芽する</p> | | |
| | 30分 | C-3 | <p>問5 発芽するとき水分は関係があるだろうか</p> <p>検証方法を指示</p> <p>A 水を与えない B 蒸発しても水はそれ以上与えない C いつも種子がひたるほど与える D 水を多く与える</p> <p>検証結果から推理する</p> <p>結 適当な水分のとき種子は発芽する</p> <p>問6 なぜ水中では発芽しないのだろうか</p> <p>子 空気がないからでは?</p> <p>空気量をえて検証</p> <p>空気が使われたのだろうか</p> <p>結 発芽には空気が必要でありそのとき二酸化炭素を出す</p> | TV 理科教室 小5 「発芽の秘密」1(VTR) | |
| 七時限 | A-b 発芽するとき種子は呼吸することを理解する ○種子が発芽するとき空気をとり二酸化炭素と水を出して呼吸していること ○既習の実験方法を転移して検証しその結果をモデル図を使って論理を構成し推理する | 30分 | C-3 | | TV 理科教室 小5 「発芽の秘密」2(VTR) |

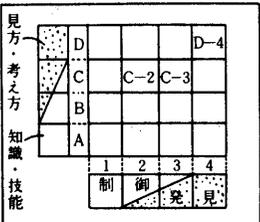


図 2 単 元 構 成 — その 2 —

3 思考のモデル図

単元構成で、各時のスタート（学習問題）や学習事項とゴール（その学習によって到達する目標）が決定された。これをさらに1時限ごとの授業細案に微分化していくのであるが、本稿では紙面の関係で、問5「発芽するとき水分は関係があるだろうか」以後の3時限だけをとり

あげてみる。その授業細案づくりにかかる前提として、次に示すような「思考過程のモデル図」を作成した。これは、スタートからゴールにいたるまでに、子どもがたどると予想される思考の変容過程のフルコースである。

（注）思考のモデル図作成のくわしい手順については水越敏行他「授業の評価に関する考察」金沢大学教育学部教科教育研究第6号、1973を参照されたい）

4 指導細案

(1) 前提テスト

発芽時の「空気」の発見では、既習の酸素と二酸化炭素の性質と検証法が転移されることが学習の基盤となる。そこで前提テストでは、この既習事項の定着度を調べた。

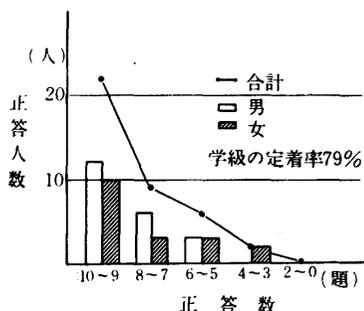


図4 酸素と二酸化炭素の理解

結果は図4のように、定着率79%で、本時の学習を支えるだけの土台は、一応もたれているとみなした。なお、酸素と二酸化炭素の製法で、薬品名に誤答が多かったが、このことは、今回の学習展開には支障をきたすとは思えない。

(2) 事前テスト (テスト問題は資料参照)

事前テストは ①本時の学習の糸口となる共通実験 (全グループが実験するもの) と自由実験 (各グループで自由に考えられたもの) の方法および意味, ②前時と本時の渡りとなる「水と発芽」の関係, ③本時のねらいである「空気と発芽」の関係など3点について調べた。結果は図7の通りである。

- ① 共通実験はよく理解されていたが、自由実験は各グループで考えられる応用的な実験方法であるため、事前テストで正答率が低いのはやむをえまい。換言すれば、この自由実験についての理解の伸びが、授業効果をうらなう決め手の一つともいえよう。
- ② 水と発芽の関係は前時の学習内容であるため、その正答率が高い。
- ③ 空気と発芽の関係は正答率が低い、これはレディネステストでも、発芽条件として「空気」が出てないのだから、当然の結果だろう。

(3) 授業細案

授業細案は図3の思考のモデル図をもとにし、それを簡略化したり、アレンジしたものが思考の流れとして真中にすわる。メインルートやサブルート、逃げのルートなどの対策も検討して、細案を構成していった。

授 業 細 案

1973. 5. 22

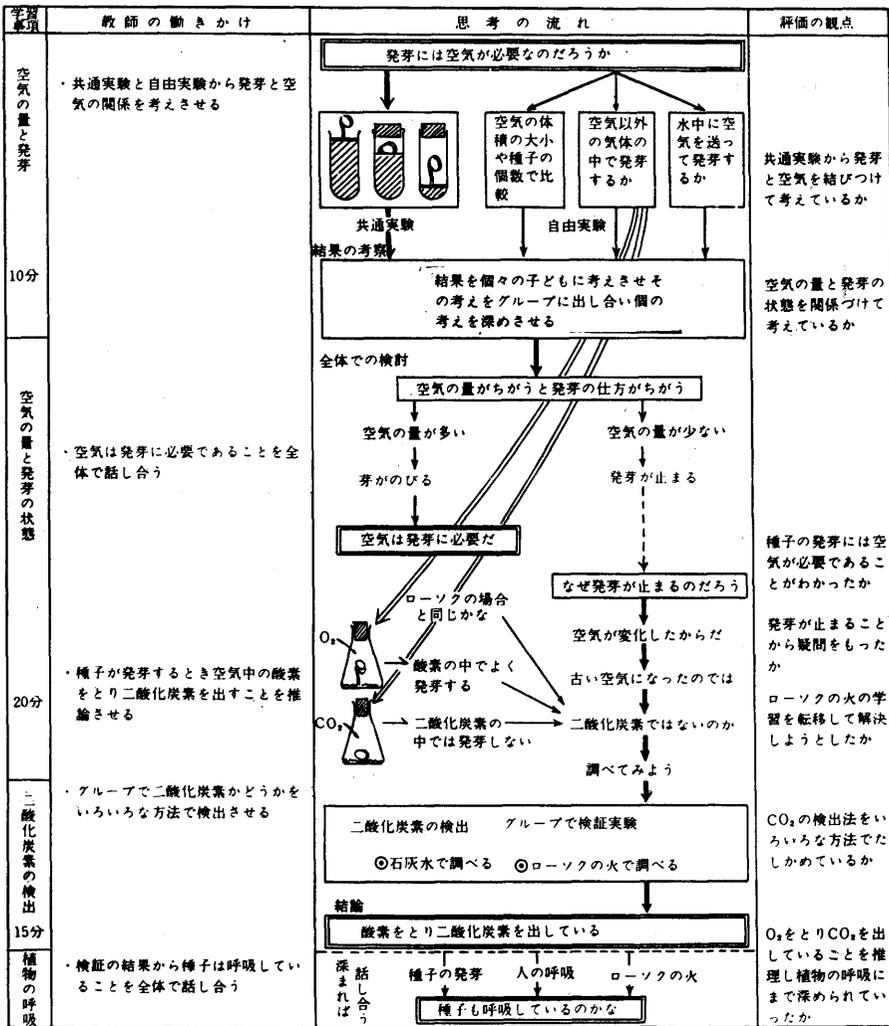
1 題 目 種子の発芽 (発芽条件としての空気の発見)

2 目 標 A-b-3・4-⑪・⑫・⑬

・種子が発芽するとき空気を吸収し二酸化炭素を出し呼吸していることを既習の実験方法を転移して検証し、その結果をモデル図を使って論理を構成し推理する

3 学習展開

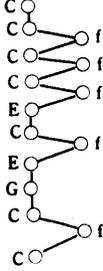
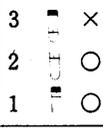
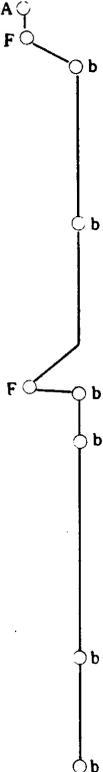
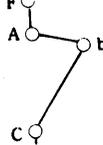
(47ページ)



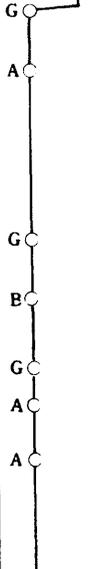
IV 授業の実施

| 分節時間 | 教師の活動と自己評価 | 教師のおもな発言 | 発言タイプとサイクル | 児童のおもな発言 | 発言の評価 0 100% |
|---------|----------------------------------|--|-----------------------|---|-----------------|
| 0' 第1分節 | 問題把握 予想 ・板書 ・発芽には空気が必要か | T ₁ きょうは何の学習をするのかな T ₂ それではこの実験を見て空気が必要かどうか1人勉強してください。つぎにグループで話し合いましょう。 | F C E A F | (全員手をあげる) C ₁ 発芽するには空気が必要かという事です。 | II:10 |
| 5' | うでをくんでゆっくり巡回 | T ₃ はい、やめて。今から結果を聞きます。 | F C | (1人勉強をする) ↓ (つづいてグループ学習) | |

| 分節時間 | 教師の活動と自己評価 | 教師のおもな発言 | 発言タイプとサイクル | 児童のおもな発言 | 発言の評価 0 100% |
|---------------|--|---|------------|---|---|
| | | T ₄ : まず手をあげてください。 空気が必要だという人。 空気が必要でないという人。 わからないという人。 | | (ほとんど挙手) (1人だけ挙手) | |
| 第2分節の1 10' | <ul style="list-style-type: none"> 意見を聞きながらだまって板書 すみの椅子に坐って意見を聞く TP投映 | T ₅ : では話しあいましょう。 T ₆ : 先生のかいたこのTPを使って説明しなさい。 | | <p>C₂ たとえばこれは空気がこれだけしかないけれどちゃんと芽が出ている。空気はあってもなくても育つと思います。</p> <p>C₃ だけど水がいっぱいはいっているのはなかなか芽が出ません。空気がないからです。発芽にはぜったい空気が必要です。</p> <p>C₄ 空気といってもそのうちの酸素が大切なのではないですか。</p> <p>C₅ ぼくたちの班では酸素だけのものと、空気を入れたもので育ち方を比較しました。その結果空気の方が少し成長が早かったので、酸素と窒素が必要です。</p> <p>C₆ 空気中の酸素や窒素を吸って二酸化炭素を出すのだと思う。</p> <p>C₇ ぼくのやった実験から考えると酸素が4%ぐらい、窒素が1%ぐらいが一番よく、二酸化炭素はいらないのではないですか。</p> | <p>II/10</p> <p>IIII/40</p> <p>IIII/12</p> <p>IIII/15</p> <p>IIII/20</p> <p>IIII/35</p> |
| 第2分節の2 15' | <p>(いやなところにひっかかった。何かのきっかけで脱出したい)</p> <p>(よい質問だこれで抜けれるか)</p> | T ₇ : はい、立ってみんなに見せてください。 | | <p>C₈ 酸素だけでもよく育っているのに窒素はいらないと思います。</p> <p>C₉ それは窒素が絶対にいらぬのではなく、私の実験から考えると水が多すぎたのではないか。</p> <p>C₁₀ 僕らの班の実験で窒素入れてやってみたら、バラバラになってしまった。だから僕は窒素はいらないと思う。</p> <p>C₁₁ 空気の中ではどんどん発芽します。その空気の4%は窒素からなっているのだから、やはり窒素も使うはずだ。</p> <p>C₁₂ だけど窒素だけでは発芽しなかったのはどうしてですか。</p> <p>C₁₃ 空気の中には窒素が4%もあって</p> | <p>IIII/40</p> <p>IIII/20</p> <p>IIII/50</p> <p>IIII/15</p> <p>II/8</p> <p>IIII/40</p> |

| 分節時間 | 教師の活動と自己評価 | 教師のおもな発言 | 発言タイプとサイクル | 児童のおもな発言 | 発言の評価 0 100% |
|-------------|--|--|---|---|--|
| | (だめだ。これでは話にならない) | | | その割合が多いのに、酸素と空気では同じくらい育っているのはどうしてですか。 | |
| 第3分節 20' | ・OHPをさして | T ₈ 気づいたか。発芽は。窒素でやった人で発芽した班。発芽しない班。酸素で発芽した班。全部か。発芽しない班。いないな。 T ₉ これは完全に発芽しているな。CO ₂ は全然だめかどうか。はいこれはちよっとこのままにしておこう。 |  | (各自ばらばらな発言がつづく) | |
| 第4分節 25' | ・発言を聞きながらOHPの図を指して助ける ・OHPをノートに写させる ・だまって意見を聞く。板書に○×をつける 板書  (時間が無い) | T ₁₀ まだほかのことで空気が必要でないかどうか。それについて発言してください。C ₁₄ 君。 T ₁₁ 図が書いてあるのではありませんか。見せなさい。 |  | C ₁₄ たねの量をかえてということでもわかったのですが、たねを30個入れた方はあまり、よく発芽しないのに、10個の方はたくさん発芽しました。だから1つ分の空気量の多い方が発芽しやすいことがわかりました。 C ₁₅ ぼくたちの班も豆の多い方は芽の長さ5mmぐらい、少ない方は15mmぐらいあります。豆の量が少ないと空気にあたる量が多くなるからだと思います。 C ₁₆ 空気の多い方は芽ばかりではなく、根も長くのびています。 C ₁₇ ①番はたくさん空気が入りしている方で、芽の長さは11mm、根は12.5mmもあります。②番は芽は2mmしかなく、根は全然ありません。③番は芽も根もでていない。ということから空気が必要だということがわかります。 C ₁₈ ①番は空気の出入りができるので芽が長くのびたのだが、②③番は空気のある分だけしか芽が出ないのです。 |  |
| 第5分節 | 仮説設定 ・板書をおさえて  | T ₁₂ (急に) よし、ではなぜこれは成長しないのですか。 T ₁₃ 空気が使われるのか。 |  | C ₁₉ それは栓をすると、この中で発芽する時間帯である空気を全部使ってしまうからです。 | |

| 分節時間 | 教師の活動と自己評価 | 教師のおもな発言 | 発言タイプとサイクル | 児童のおもな発言 | 発言の評価 0 100% |
|--------------------|---|---|------------|--|---|
| 30' | <p>(古い空気にかわったという答を期待して)</p> <ul style="list-style-type: none"> 椅子に坐って意見をだまって聞く | <p>それでみんないいか。そうするとここはどうなる。 T₁₄ グループで話しあってみてください。 T₁₅ はい、やめて。C₂₁君。</p> | | <p>C₂₀ 真空…… (グループ討論)</p> <p>C₂₁ 空気を全部すうのではないと思います。もしそうなら真空になるはずです。私は空気の何かをすって、汚れたものをだして、空気の量はかわらないと思います。</p> <p>C₂₂ 豆も人間のように呼吸をするのだと思います。</p> <p>C₂₃ そうならば豆もO₂を吸ってCO₂をだすのではないですか。はじめO₂があったところを豆が全部吸ってしまってCO₂だけになってしまい、そのため芽がでなくなってしまったのだと思う。</p> | <p> 50</p> <p> 30</p> <p> 70</p> |
| 第6分節 40' | <p>検証計画</p> <ul style="list-style-type: none"> 椅子から立ちあがって(石灰水をつっこむと自主性をそこなう) | <p>T₁₆ どうですか。今の意見のようにやってみるか。</p> <p>T₁₇ よしわかった。その議論をするよりも、ここにあるものが何か調べてみよう。</p> <p>T₁₉ 何の石灰水……人間のか。それはグループにまかせる。</p> | | <p>C₂₄ 発芽して成長がとまった空気を調べてみる必要がある。集気瓶にとってローソクなどを入れて調べ、前に入っていたものと違っていれば呼吸しているといえるし、違っていなければ呼吸していないといえると思う。</p> <p>C₂₅ 空気の量はかわらないといっていたが、豆がはじめよりすこしくれた分だけへっている。</p> <p>C₂₆ 呼吸しているか調べるのなら人間の息も調べたらよい。</p> <p>C₂₇ もしそれがCO₂と同じものならば石灰水が白くにごって……</p> | <p> 50</p> <p> 10</p> <p> 35</p> <p> 10</p> |
| 第7分節 45' 55' | <p>検証</p> <ul style="list-style-type: none"> 試験管を手にもちあげて 机間巡視 意見を聞きながら板書する <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> 発芽 → 二酸化炭素 ヒトの息 ↗ </div> | <p>T₂₀ ここにも豆を入れてふたをしておきました。この中の空気が何か調べなさい。</p> <p>T₂₁ さあ、やめて。はい、どうですか。</p> | | <p>(各グループで実験)</p> <p>C₂₈ とりだして石灰水を入れてみると白く濁ったし、ローソクの火もすぐ消えたのでCO₂である。</p> <p>C₂₉ こちらは豆の入っていた方でふると少し白くなった。こちらの人間の息の方も同じように白くなった。だから豆が入っていた気体はCO₂だといえる。</p> | <p> 30</p> <p> 50</p> |

| 分節 時間 | 教師の活動 と自己評価 | 教師のおもな発言 | 発言タイプ とサイクル | 児童のおもな発言 | 発言の内容 0 100% |
|-----------------|--|--|---|----------|--------------------|
| 第8分節 60' | ま と め • 水中へ空気を送りこんで発芽のようすを調べる実験を見せながら | T ₂₂ 豆もCO ₂ をだし人の息もCO ₂ をだす。呼吸とよくなってきたなあ。だが吸うとするものは何かわからない。O ₂ をとるか、N ₂ をとるか、空気全部なのか、この問題は解決できなかったが、豆も人もCO ₂ をだすことはわかったね。 T ₂₃ この実験では水中でも空気さえやれば発芽することがわかる。発芽には空気が必要なのだ。その空気の中の何をとりかということがまだよくわからない。このことについてはつぎの時間に考えてみましょう。 |  | | |

△ 授業の評価

(1) 授業の考察

設計との大きなズレはなく、思考のモデル図でわたしたちが予想したもののうち、鍵になるものは、ほとんど全部、子どもから出ている。しかしこの授業にもピンチがなかったわけではない。裏返せば、それがこの授業のやま場ともいえるわけだが、C₅の発言あたりがひき金となって出てきた「窒素論」がそれである。発芽に窒素が必要かどうかをめぐる論議が展開されていくところである（第2分節の2）。

C₇、C₈あたりの発言には、35および40%とかなり高い評価を与えていた授業分析者たちも、C₁₀の50をピークにして、しだいに下降させている。授業者自身は、C₁₀の発言のときすでに「いやなところひっかかった。何かのきっかけで脱出したい」と考えている。そしてC₁₂の質問（支持は8%）に「よい質問だ、これで抜けれるか」と期待しているが、続くC₁₃の発言（支持は40%）で、「だめだ！これでは話にならん」と判断し、やや突飛な形でT₈の誘導に出ている。このあたり、授業者と授業分析者の評価の間にもズレが生じている。

こうして第3分節に入るわけだが、授業コミュニケーションの形は、これまでのような子どもの意見中心の展開から一変して、教師の誘導やまとめに対し、子どもはバラバラな発言で反応する形になっている。教師の誘導やまとめも、かなり支離滅裂で、「窒素論から早く抜け出して、発芽に空気が必要かどうかという本筋にもどしたい」という焦りがうかがえる。

このピンチを救ったのはC₁₄の発言である。T₁₀「空気が必要でないかどうか、それについて発言してください」という枠づけをしたうえで、この教師としては珍らしく指名して発言させたのが、このC₁₄である。彼はその期待に十分にこたえて、種子の箇数と空気の体積との関係を指摘し、「1つ分の空気量の多い方が発芽しやすい」と明快な説明をしている。授業分析者も100%の支持を示しており、このC₁₄の発言で、授業のリズムは急速に回復している。

このリズムは、第4分節の間、ずっと続くのだが、後半は停滞気味となる。C₁₈の発言あたりから教師は、「もう時間がない。空気が必要だ→酸素を吸って二酸化炭素を出す。へと早く移りたいが」という焦りを感じ出している。そこでふたたび前面に出て、T₁₂「(急に)よし

では……」と、焦点化と方向づけの発言をしている。これがきっかけで、再び討論のリズムがもどり、 C_{25} の「 $豆もO_2$ を吸って CO_2 を出すのでないか」(支持75%)という蓋然的推論が引き出されている。

要するにこの教師は、極端なまでに発言が少なく、子どもの意見や提案が主となって授業を進めている。しかしそのリズムが狂い、下降線を取り出すと、前面に出て、方向づけや誘導をやり、再び子どもにバトン・タッチをするという手法をとっていることがわかる。子どもを常に前面に立てながら、もう一段たかい次元で、制御が加わっている。終末(第6末~第7分節)にかけてのまとめでは、一転して教師が正面に出ていることとあわせて、この授業は「導かれた発見」の典型例とみるべきであろう。

(2) 発言のタイプとサイクルの検討

授業におけるコミュニケーションの量を分節

ごとに「発言回数」(発言の長さ)から検討を加えた。また教師・児童の発言内容を分析し、それぞれ7つのパターンに類別してみた。これをまとめたものが表3である。この表からもわかるように、教師の発言は短く回数も決して多くはないが、授業のポイントでは方向づけ、誘導、指示などの発言でもって的確に目標にせまるようにしむけている。一方児童発表は意見が多く、しかも1発言あたりの行数も相当に長い。このことが授業の質的深化に大きく役立っている。

つぎに各分節の発言サイクルの分析を行なった。それが図6である。この図からわかることは分節2, 4, 5のように児童間で発言内容が累加的につみかさなっていく場面と、分節3, 8のように教師が中心となって展開しているところがあることだ。学習過程における両者の組み合わせ方に、発見学習の重要なポイントがあるといえよう。

表 3 教師と児童のコミュニケーションの集計

| 授業過程 | 授業分節 | 教 師 | | | | | | | 一の発言平均行数 | 児 童 | | | | | | | 授 業 の 要 点 | | | | | |
|-----------------|------|------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|----------|--------|------|----------|-----|-----|-----|-----|-----------|-------|---------------------------|----------------------------------|------|----------|
| | | 発言回数 | A方向づけ | B解説提示 | C誘導 | D質問 | E評価KR | F指示指名 | | G確認まとめ | 発言行数 | 一の発言平均行数 | a提案 | b意見 | c提示 | d質問 | | e評価批判 | f反応 | g相談 | 発言行数 | 一の発言平均行数 |
| 問題把握 予 想 | 1 | 11 | 1 | | 5 | 1 | 4 | 18 | 1.6 | 5 | | | | | | 4 | 1 | 2 | 0.4 | 発芽するには空気が必要かという問題をつかみ、グループ討論で考える | | |
| | 2の1 | 3 | | | | | 3 | 4 | 1.3 | 8 | 6 | | | 1 | 1 | | | 62 | 7.8 | 空気の中で必要なものは酸素か二酸化炭素か考える | | |
| | 2の2 | 1 | | | | | 1 | 1 | 1.0 | 10 | 8 | 2 | | | | | | 78 | 7.8 | 空気の中にある窒素の問題を考える | | |
| | 3 | 11 | | | 8 | 2 | 1 | 14 | 1.3 | 6 | | | | | 6 | | | 6 | 1.0 | 教師により発言内容を整理する | | |
| | 4 | 4 | 1 | | | | | 3 | 6 | 1.5 | 9 | 8 | | | | 1 | | 90 | 10.0 | 空気の量の多小によって成長がちがうことを考える | | |
| 仮設定 検証 計画 | 5 | 8 | 2 | 1 | | | 4 | 12 | 1.5 | 8 | 5 | | | | 2 | 1 | 60 | 7.5 | たねの呼吸作用についてグループ討論を行ない検討する | | | |
| | 6 | 8 | 1 | | | 3 | 1 | 3 | 1.9 | 6 | 1 | 3 | | | 2 | | 39 | 6.5 | 呼吸作用について調べる方法を考える | | | |
| 検証 | 7 | 4 | 1 | 1 | | | 2 | 8 | 2.0 | 5 | 3 | | | | 1 | 1 | 20 | 4.0 | 石灰水の白濁の実験を通して呼吸作用について調べる | | | |
| まとめ | 8 | 11 | 3 | 1 | | | 1 | 6 | 4.0 | 0 | | | | | | | 0 | 0 | 教師により本時のまとめ、次時予告を行なう | | | |
| 合計 | | 61 | 9 | 2 | 14 | 3 | 4 | 21 | 8 | 122 | 2.0 | 57 | 1 | 33 | 0 | 2 | 1 | 17 | 3 | 357 | 6.3 | |

(註) 本表の作成は授業実践記録の素データによるもので、簡略化した本記録とは一致していない。

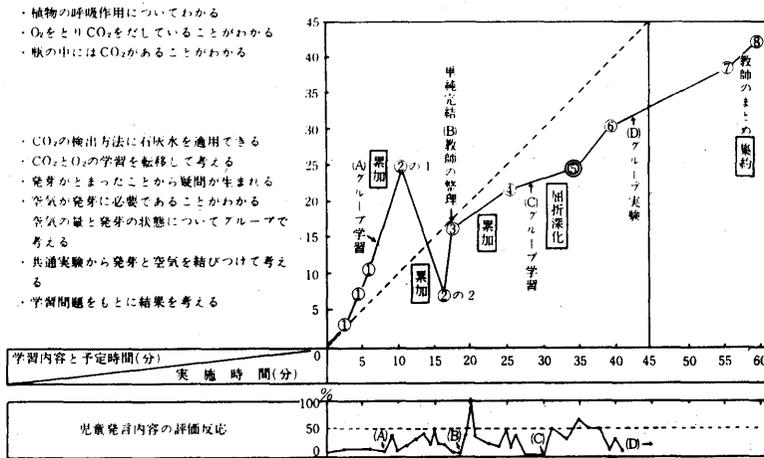


図 5 授業の分節における発言のサイクル

(3) 授業分節の検討

授業のプロセスの評価をする場合、単に個々の発言を分析するだけでなく、分節相互間の関係を見きわめ、その時間の目標にどうせまっていたかを検討することがより重要である。図5はそれについてまとめたものである。まず発芽には空気が必要というか問題のもとに2分節の1、2分節の2、4分節と思考が累加的に積みかさなっていた。途中2分節の2では空素

問題で横道へそれた。そのため時間のロスが生じ、最後の8分節で目標へ近づくに15分のタイムオーバーをきたした。しかし5分節においてそれまでの累加の上に立って、呼吸作用という方向へ大きく屈折深化していった。ここにこの授業のやま場があり、質的にも高度な深まりを持つ授業となっていた。教師発言⑫⑬による方向づけがこのような効果を生みだした要因である。

また授業の途中で児童の思考が停滞し、発言内容が低調になった時点(A~D点)においてはグループ活動や、教師の意図的な誘導によって思考を盛りあげていくための処置をとっている。このような配慮が分節における学習効果を高め、目標まで意欲的に到達できたもうひとつの大きな要因と思われる。

5 事後テスト

事後テストは事前テストと同じものを、授業終了後、直ちに実施した。結果は図7の通りである。
① 共通実験の理解(図7-1)は事前でも高い正答率を示した

| 授業過程 | 時間分節 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|------|------|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|---|
| f | 問題把握 | T | C | ② グループ学習 | | | | | | | | | | | | | 教師の方向づけの発問②にもとづくグループコミュニケーション |
| | 2の1 | T | C | ③ | | | | | | | | | | | | | 発芽に必要なものは何かという点での「累加型」コミュニケーション |
| | 2の2 | T | C | ⑧ ⑩ | | | | | | | | | | | | | 発芽に必要かどうかという点での「屈折深化型」コミュニケーション |
| | 3 | T | C | ⑪ ⑫ ⑬ | | | | | | | | | | | | | 学習方向の修正を誘導を中心にした「単純完結型」コミュニケーション |
| g | 4 | T | C | ⑭ ⑮ ⑯ | | | | | | | | | | | | | 発芽に対して空気の量の観点からの「累加型」コミュニケーション |
| | 仮説設定 | T | C | ⑰ ⑱ ⑲ | | | | | | | | | | | | | グループコミュニケーションのち呼吸作用という観点からの「累加型」コミュニケーション |
| h | 検証計画 | T | C | ⑳ | | | | | | | | | | | | | 児童の発言等により、実験法についての「累加型」コミュニケーション |
| | 検証 | T | C | ㉑ | | | | | | | | | | | | | グループ実験 |
| まとめ | A | T | C | ㉒ ㉓ ㉔ | | | | | | | | | | | | | 学習のまとめに関して、教師中心の「集約型」コミュニケーション |

(注) 〇の印のついたものは効果的発言である。
コミュニケーションの型は河部文男「授業の分析その理論と方法」明治図書1973を参考にした

図 6 授業分節の流れ

が、事後は更にそれをうわまわる。自由実験の理解が非常にアップしていることは、先に述べたような理由で、授業効果のあったことを物語っている。

② 水と発芽の関係も、事前テストを大きくうまわっている。本時の学習によって更に理解が深められたようである。(図7-3)

③ 本時の学習内容である空気の発見は、一応成功したと考えられる。総合(図7-6)は事前の正答率68%から事後の92%と上がっている。しかし、本時で問題となった「窒素論」は、まだ解決されていないし、発芽と空気一呼吸の関係についても、まだ充分本質にふれたとはいえない(図7-4)

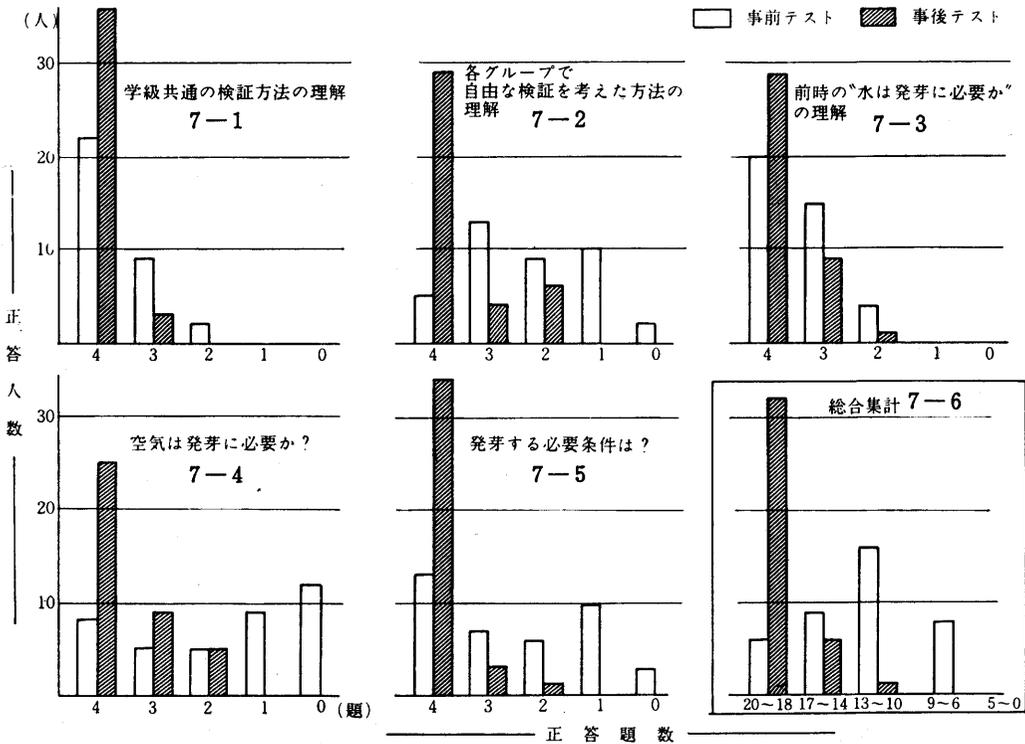


図 7 事前・事後テスト

VI 全体考察

研究の目的および概要のところでのべたように、小学5年理科「種子の発芽」を題材として、発見学習の設計・実施・評価のほぼフルコースをたどってみた。紙面の都合で、定着テスト(事後テストの問題を含むが、さらに転移を検定する問題などをいくつか付加)は、本稿では省略したが、実際にはこの定着テストを、授業終了の1カ月後に実施している。また、設計段階へのフィードバックは、この全体考察を含

めて、本稿そのものがそれに相当すると考える。さてこの実証研究をふりかえてみると、次のようなことがいえるように思う。

(1) 発見学習の一連の教授活動についての方法論は、これまでも理科や社会科を中心にして何回もその手順を修正してきたのであるが、今回の実証研究において、一応は妥当と思われる線が出せたようである。今後はこの一連の手順をさらに吟味するとともに、その簡略化をもはかっていきたい。

(2) 発見学習——とくに「導かれた発見」のタイプに入るものでは、教師による誘導・制御は、量的および質的にどのくらいの範囲のものであるのかという問題についても、ある程度の答は出せたようである。私たちはかねがね、こうした教師の誘導・制御や子どもの自主性といったものは、理論から演繹的に規定してかかるよりも、具体的な授業のコミュニケーションから、帰納的に見定め、それを一般化していく方が、はるかに生産的であろうとの仮説をもってきた。今回の実証研究で、発見学習の実践経験が豊富な山形喜一郎の理科をとりあげ、その授業コミュニケーションの分析、授業のプロセスの評価に大きなウエイトをおいたのも、そのためである。

さて上記の問題について、私たちが今回出せる一応の結論はこうである。すなわち、教師の教授作用は大きくわけて二つの特徴的なことがとり出せる。一つは、学習活動に対する方向づけである。それは言葉で、板書で、あるいは資料の提示などで、方向づけていく。今回の授業の各分節のアタマの部分に、この方向づけを示すAの記号がきいていることに注目してほしい。二つには、逸脱や誤りに対するフィードバック機能である。窒素論の堂々めぐりから発芽の主要条件としての空気論への方向転換、さらには空気論からもう一段のぼって、酸素と二酸化炭素への着目という2回の場面で、このフィードバック機能が発揮されている。しかもこの教師の場合は、直接自分が正面に出ず、子どもの発言を借りて、間接的に軌道修正をしていく形をとっている。以上の二つの主要機能以外には、教師の発言はきわめて少なく、それも指示・指名のFの記号が多く、誘導Cが少ないことがわかる(表3)。

一方子どもの例からすれば、意見Cがきわめて多い。それも阿部文男の表現を借りれば、累加型および屈折深化型のコミュニケーションとなっていることがわかる(表3および図6)。

(3) 今回の実証研究の問題点の一つとして、授業コミュニケーションの分析やプロセスの評価に枚数をさいた割に、レディネステスト、前提テスト、事前・事後テスト、定着テストと5

回にわたって実施したテストの吟味が詳述できなかったことがあげられよう。プロセスの評価と今回深められなかった5回のテストによる評価とが両輪をなしてはじめて、授業の評価が成立し、したがって設計段階へのフィードバックも充実なものとなるのであろう。

(4) もう一つの問題は、個々の子どもの変容過程にまでおいて、チェックがなされていないという点である。たとえば思考のモデル図と授業の実際の流れとを照合するときでも、個の次元にまでおいてズレを追究してこそ、モデル図をつくったことの意味が本当に生きてくるものとする。残された一番大きな課題であろう。

(付 記)

今回の実証研究に当って、全面的な協力をいただいた金沢市立材木町小学校、金沢市理科教育研究グループの先生方、および分析作業を終始ひきうけてもらった金沢大学教育学部の教育方法特殊講義(水越担当)の受講学生諸君に、心からの謝意を表したい。

資 料 5年 番 氏名
前提テスト

1) 次の□の中の ことばを えらんで ()の中へ入れて まとまりのある文をつくりなさい。同じことばを二回使ってもよい。

ちっ素・酸 素・二酸化炭素・石灰水・石灰岩・塩 酸・あがる・さがる・とける・もえる・白く

④ 左の図のように 二酸化炭素と水を入れ 強くふり 左の水槽の中で ゆびをはなすと 水は ()。これは 水に二酸化炭素が ()ということである。

⑤ 右の図のように ローソクがもえるとき 空気中の ()を使ってもえ ()ができる

⑥ 右の図のような実験で ローソクに火をつけ もやすと ローソクは しばらくもえているが しばらくして 火は消えた このときできた気体を () とい ()を入れて ふってみると その液体は ()にさる。

2) 左の図のように 二酸化炭素を入れてみた 正しい方を○でかきみなさい。

① 二酸化炭素は 空気より (重い・かるい)ので ローソクの火は(上から・下から)じゅんじゅんに きえる。

3) 次の気体を作るとき どのようなもので作りますか ()の中へ 物の名をかきなさい。

4) 二酸化炭素かどうかを調べる方法を 2つ かきなさい。

() ()

5) 空気の中には次のものが空気の体積のどれだけ含まれているか

| | |
|-----------|-----------|
| 酸 素 () | 酸 素 () |
| 二酸化炭素 () | 二酸化炭素 () |
| ちっ 素 () | ちっ 素 () |

6) ちっ素は 石灰水を ()

()

ちっ素の中へ ローソクの火を入れると 火は ()

7) どんな気体か とれたのでしょうか

広口びんの中に 水と空気を入れてから ローソクに火をつけ きえるまでもやす(ピン)の中で それを よくふる。よくふってから 水槽の中で 別の広口びんの中へ移す この移した気体は ()です。

5年 組 ばん 氏名

1 共通実験装置について 下の問題に答えなさい。

A) この実験は何をたしかめるための実験なのだろうか

B) (1)と(2)の試験管の実験は 条件が 何が違うのか

C) (3)の実験に ゴムせんがないのは どうしてなのか

D) (1)と(2)の実験で 1ばん 豆がよくのびるのは 何ぼんで そのわけを 書き

そのわけ

ばん

2 自由実験装置について 下の問いに答えなさい。

(1) について 二酸化炭素を 入れたわけを 書きなさい

二酸化炭素を入れたわけ

発芽しますか わけもかく

(2) について この実験の条件は どこが違いますか そのちがいがたわけも書きなさい

条件のちがい

わけ

5 5. 次の()の中の適切な ことばを○で かこんで 正しい文にしなさい。

1 の実験をやったわかったこと

豆は (水中) (土中) (空気中) (豆の中) の (肥料) (二酸化炭素) (水) をとり (肥料) (二酸化炭素) (水) を出していることがわかる。

発芽には (光・水・空気・温度) が必要である

{ 50°C
20°C
1°C

1 共通実験 4 3 2 1 0

2 自由実験 4 3 2 1 0

3 水と発芽 4 3 2 1 0

4 空気と発芽 4 3 2 1 0

5 まとめ 4 3 2 1 0

定 合 100~90 89~70 69~50 49~30 29~0

3 水と発芽の関係

1 1ばん よく発芽したのは 何ぼんの ビーカーですか

2 発芽しない 発芽しにくい ビーカーは何ぼんですか

3 ①・②・③のビーカーから 水は発芽には必要だといえますか

4 ④のビーカーは 発芽しないのはなぜなのでしょうかわけも 書きなさい。

4 発芽と空気の関係

4. 次の実験から 下の問いに答えなさい。

空気を入れた広口ビンの中に 豆と水を入れて 1日おきました。

A) ⑦の部分の気体は どんなものですか

B) それを (気体) 調べる 方法は

C) ゴムせんをしたまま ほうっておくと 豆はどうなるでしょうか その わけも書き

D) 上の実験から どんなことがわかりますか

「種子の発芽」——事前・事後および定着テストの分析 (翌日) (1ヵ月後)

(注. 児童数は3回とも39人。テストはすべて自由記述方式による。※は注目すべき変化)

| 問 | 題 | 事前 | 事後 | 定着 | 備考 | |
|------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------|--------------|--------------|---|
| I | CO ₂ を入れたわけ 発芽するか | O ₂ | 8 | 15 | 18 | O ₂ , CO ₂ , 発芽(青つ)の三つを Key words とみなし、これが書いてある数をしらべたもの |
| | | CO ₂ | 32 | 52 | 53 | |
| II | 実験条件のちがい 実験のねらいは | 空気の数 | 10 | 23 | 31 | 空気の数、豆の数の二つを Key words とみなし、これが書いてある数をしらべた (II全体から) |
| | | 豆の数 | 37 | 46 | 39 | |
| III | ⑦の気体は | N ₂ とCO ₂ | 2人 | ※3人 | ※25人 | CO ₂ , O ₂ , N ₂ , 呼吸, 石灰水, 火の六つを Key words とみなし、これが書いてある数をしらべた (III全体からえらん) |
| | | CO ₂ | 12 | ※36 | ※9 | |
| | 調べ方 豆はどうなる | CO ₂ | 27 | ※87 | 77 | |
| | | O ₂ | 13 | 35 | 46 | |
| | | N ₂ | 9 | 4 | ※47 | |
| | | 呼吸 石灰水 火 | 8 8 8 | 6 28 9 | 4 20 9 | |
| 実験からわかったこと | 豆は呼吸している | 5人 | 6人 | 5人 | | |
| | 豆はCO ₂ を出している | 1人 | 10人 | 21人 | | |