

先行オーガナイザを使った理科授業の実証的研究

4年生「三態変化」を例にして

日下部教子[※] 北川祥子^{※※} 川上昭吾^{※※※}

*岡崎市立細川小学校

**武豊町立緑丘小学校

***愛知教育大学名誉教授

Practical Study on the Science Classes Using the Advance Organizer

Case study on the unit “the three states of water” in the 4th grade

Noriko KUSAKABE[※] Shoko KITAGAWA^{※※} Shogo KAWAKAMI^{※※※}

*Hosokawa Primary School. Okazaki 444-2149, Japan

**Midorigaoka Primary School. Taketoyo 470-2389, Japan

*** Professor Emeritus, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan

Keywords : 有意味受容学習 先行オーガナイザ 理科授業 水の三態変化

I 目的

有意味受容学習は、どの子もよくわかり楽しい学習形態であるから、教育の今日的な課題である「主体的・対話的で深い学び」が実現できることが期待できる。そこで、本研究では、有意味受容学習による授業によりこの目的を達成することを目指す。

まず、本研究で使う有意味受容学習のわが国の理科授業論の中での位置を明らかにしておく。

理科の授業における発見的な問題解決学習は、1968年の学習指導要領で唱導され、それ以降一貫して発見学習中心主義を続けてきた。

そのような流れの中で、有意味受容学習の研究が1985年に初めて発表された(川上・杉浦、1985)。川上はこの研究を引き続き進めた(川上・多鹿、1987、1990、多鹿・川上、1988)。これら一連の研究において、有意味受容学習による授業では、すべての子どもに基礎的な内容が定着すること、それは成績下位の子ども

に特に有効であること、さらに応用力がついていることを明らかにした。

川上らの研究は継続され、有意味受容学習が適応できる10の単元が示された(川上ら、2002)。

日高と進藤ら(2002)も、川上らのグループと同じ年に、「さようなら、発見主義」と、教えることの大切さを指摘した。

川上(2003)は、有意味受容学習の研究をまとめた『教えの復権をめざす理科授業』を刊行し、学習内容に応じて発見による問題解決学習と受容による問題解決学習が使いわけされるべきことを示した。

鎗木(2004)の提案は予備的知識を与える「先行学習」である。

市川(2005)の場合は、「教えて考えさせる授業」を出版社発行の単行本として各種提案するようになった。

川上らは、有意味受容学習の研究をつづけ、成果を発表した(鈴木・八木・川上、2006)。

日高(2007)は『教えることをためらわない理科授業』を出版するに至っている。

川上(2008)は有意味受容学習について、東洋館出版社発行の『理科の教育』誌で解説した。

以上のように発見的な問題解決学習以外の授業研究が進んできた。

中央教育審議会は2008年の「教育課程改定の基本方針」の中で、思考力・判断力・表現力等の育成の観点から、「帰納的な考え方や演繹的な考え方などを活用して説明する」と、それまでの帰納法一辺倒であった方針を転換して、演繹的思考も活用することが特記された(文部科学省、2008)。

2008年のこの答申で、発見学習以外の研究に勢いがつくことになった。

川上・渡邊・松本(2009)は、理科の授業で有意味受容学習を実証した。

益田(2009)は、中学校学習指導要領解説理科編、当時の理科教科書、教師が作成した理科学習指導案のほとんどが帰納的推論による授業構成であると指摘し、教師が帰納的な方略のみを授業方略として考えず、演繹的な方略も取り入れ、指導過程を柔軟に構築する必要性を述べている。

川上と渡邊(2010)は、有意味受容学習の一連の研究を、「理科教育研究」誌(日本理科教育学会発行)に総説としてまとめるに至った。

栗原と益田(2010)は、演繹的推論が質量保存の科学的概念形成に効果的であること示した。

鶴岡ら(2013)は、市川、鎗木、進藤の演繹的な指導法の検討を行った。

江川(2015)は、市川の「教えて考えさせる授業」は問題解決学習を達成しているが、児童が自由な考えで実験を進めることができないと指摘している。その解決策として、小学校4学年「ものの温度とかさ」の単元において、演繹的に問題解決して学習する過程を導入した授業方法を提案し、その有効性を示している。

田平・世波ら(2015)は、理科の授業における実験・観察は演繹的推論に加え、帰納的推論を行うように構成すべきであると説いた。

井野と鶴岡(2015)は演繹的な思考過程を使う学習論を検討した。

吉村ら(2016)は帰納推理と演繹推理を用いた授業の在り方について検討している。演繹推理にも注目したのが新しい観点である。

植原と川上(綾)(2017)は、演繹的推論と帰納的推論を促す学習活動として、「知識の検証による学習」モデルを提案した。学習者は既存の知識をもっており、知識を与えただけでは知識が自分の考えと結びつかないことに着目し、操作的思考課題を導入した科学的知識の読み取りの段階を設定し、学習者の知識に対する信頼度を高める工夫をしている。

川上(昭)(2018)は、有意味受容学習による授業を21校で44回行い、この授業の有効性を実証するに

いたった。

稲留と江川(2018)は、第5学年「電磁石のはたらき」の単元で、演繹法を使った理科授業の実践を報告している。

以上概観したように、2008年の中央教育審議会答申以降は、演繹的な思考をとり入れた授業が広く研究されるようになり、「有意味受容学習」、「教えることをためらわない理科」、「先行学習」、「教えて考えさせる授業」のように提案され、授業方法は大きく改善されつつある。

直近の中央教育審議会答申(2016)は、「主体的・対話的で深い学びの実現」を求めている。

この課題に対して、有意味受容学習は非常に有効であると考えられる。なぜなら、有意味受容学習では、教師が与える先行オーガナイザを子どもは仮説として使い、この仮説を新しい事象に適用していくため、抽象的な概念を発見するという困難な過程がなくなるため、子どもは容易に授業に取り組むことができる。容易ということは、すなわち、この学習は子どもが主体的に進めていきやすく、「主体的・対話的で深い学びの実現」が期待できるのである。

そこで、有意味受容学習により、主体的な学習と対話のある時間を多くとる新しい理科の授業形態を提案することと、その提案授業の効果を明らかにすることを本研究の目的とする。

Ⅱ 実施授業

- (1) 学校 愛知県岡崎市立 H 小学校
- (2) 学年 4 学年
- (3) 人数 34 名
- (4) 単元名 すがたをかえる水(全7時間)
- (5) 単元の構想

子ども達が先行オーガナイザを利用しながら、見通しをもち、主体的・対話的で深い学びがある学習を進めることを目指す。

第1校時に先行オーガナイザを教示する。その後の授業では、子ども達は先行オーガナイザを使いながらグループで学習を進めさせる。これが本研究のポイントである。

先行オーガナイザは「水は、固体、液体、気体に変化する」である。

授業者は子ども達が自ら学習を進めることを基本に、机間をまわり、個々の子どもの実態を踏まえながら指導を適宜行う。

- (6) 単元の目的(子ども)

先行オーガナイザ「水は、固体、液体、気体に変化する」を使い、水の姿の変化を追及していく

数種類の実験を進めながら、三態変化を確実に理解する。

また、本授業は、問題を解決するために何をすべきかを自分で考え、友達と話し合って進めると学習内容がしっかりと分かることを理解する。

(7) 実施時期 2018年9月10日～28日

(8) 授業者 日下部教子

Ⅲ 授業評価の方法

(1) 子どもの評価と指導

1) 子どもの評価を記録

グループ学習であるため、授業者は黒板の前に立つ時間が少なくなり、子ども達の観察と指導に多くの時間を割くことができた。

また、個々の子どもの「観察記録」に書かれた内容を、思考、判断、表現、技能及び主体的な取り組みの観点から分析し、指導に生かした。

2) 指導

子ども達がグループ学習を進めている時、下記の観点から、個々の子ども達への指導は常に実施した。

○【主体的態度】 水の温度による変化について、進んで調べようとする。

○【主体的態度】 他の子の考えを聞いたり、自分の考えを伝えたりしようとする。グループをまとめようとする。

○【知識・技能】 器具などを正しく安全に操作して、水の状態変化を調べ、結果を記録することができる。

○【思考・判断・表現】 水が水蒸気になったり、水蒸気が水になったりすることと温度を関係付けて考察し、説明することができる。

○【思考・判断・表現】 水が氷にある状態変化と温度を関係付けて、考察し、説明することができる。

○【主体的態度】 水に関する実験について、進んで調べ、実験計画から実験のまとめまでをしようとする。

(2) 事前・事後・把持テスト

知識・技能（ペーパーテスト）、思考・判断・表現（ペーパーテストで可能な点）についての調査（図1）を行った。

事前テストは単元の開始直前、事後テストは単元の全7時間が終了した直後、把持テストは授業の3週間後に実施した。

事前、事後、把持テストともに使用

- ①水をあたためつづけると何になりますか。
- ②水をあたためつづけると温度は何度になりますか。
- ③水をひやしつづけると何になりますか。
- ④水をひやしつづけると温度は何度になりますか。
- ⑤水じょう気を知っていますか。
- ⑥水じょう気はどんな時に見えますか。
- ⑦ゆげを知っていますか。
- ⑧ゆげはどんな時に見えますか。

事後、把持テストに使用（上の内容に下記を追加する）

- ⑨氷のようなすがたのことを何と言いますか。
- ⑩水のようなすがたのことを何と言いますか。
- ⑪水じょう気のようなすがたのことを何と言いますか。
- ⑫次の言葉を使って、水をねっしたとき、ひやしたときのようすについて書きましょう。

(1) 水をあたためつづけると・・・

(2) 水をひやすと・・・

- ⑬グラフは、水をひやしたときの温度のかわり方を表したものです。水のようなすがたのように見られるのは、グラフ中のア～ウのどのときか、記号で答えましょう。

(1) 全部水である。()

(2) 全部が氷になっている。()

(3) 水と氷がまざっている。()

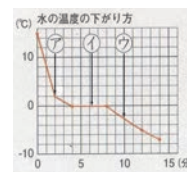


図1 事前、事後、把持テスト

(3) 子どもによる授業評価

授業について子どもの率直な感想を総括的に知るために、授業の感想を毎時間実施した（図2）。

- 1 この授業は勉強になりましたか。一つ○を付けてください。
「とても勉強になった」「勉強になった」「勉強にならなかった」「全く勉強にならなかった」
- 2 この授業はわかりましたか。一つ選択。
「とても良くわかった」「わかった」「あまりわからなかった」「全くわからなかった」
- 3 この授業はおもしろかったですか。一つ選択。
「とてもおもしろかった」「おもしろかった」「おもしろくなかった」「全然おもしろくなかった」
- 4 授業で特に思ったことがあったら、それを書きなさい。

図2 授業の感想（授業後に実施）

IV 結果

結果について、(1) 授業と子どもの感想、(2) テスト結果、(3) アンケート結果、の小節に分けて述べる。

(1) 実施授業の内容と指導、および子どもの感想

実施した授業の内容と指導、および授業についての子どもの感想は以下のである。

なお、全7時間を代表すると思われる児童Aを抽出し、児童Aの記録、活動の様子、及び授業の感想から本研究の有効性を検証していく。

児童Aは、理科が好きであり、知識も豊富である。しかし、事前テストの正解率はクラスで中位であり、実感を伴った理解をしているとは言えない。本実践を通して、児童Aがグループのリーダー役として話し合いや実験に積極的に参加し、先行オーガナイザを使いながら、三態変化を正しく理解することを期待する。

第1時 水の三態変化を見ることができる図3に示す実験装置を水の事件現場として提示し、「何が起きているのか知りたい」「調べてみたい、分きたい」という意欲をもたせた。



図3 水の事件現場(左端:水を凍らせる、中央:蒸発、右端:水蒸気を冷やして水に戻す装置)

次いで、「博士の言葉」として、水のすがたの見方を「水は、固体、液体、気体に変化する」ことを教えた。これが先行オーガナイザである。

子どもは、図3に示す水の事件現場に興味をもった。そこで、どの事件現場を調べてみたいかのアンケートを行った。その結果、水の事件現場を調べていく順を、①中央:蒸発実験、②右端:水蒸気を冷やして水に戻す実験、③左端:水を凍らせる実験の順に調べていくことにした。この順番は、教科書と同じ順番である。

児童Aはこの授業で活発に発言し、意欲的に活動していた。授業者が観察した授業態度は、意欲的であり(○)、発言も活発であった(○)。本時の感想

には不思議に思えたことと調べたいことが書かれていた。

態度:意欲○ 発言○

感想:湯気が容器に当たって、水がぼたぼた落ちてきて、不思議に思った。どうして水になったのか知りたい。

第2時 水の温度が100℃ぐらいになるとさかんに泡が出る状態を観察させ、この状態を「沸騰」ということを教えた。

さらに、沸騰している水温は100℃ぐらいで、この時水は液体から気体に変化することを学ばせた。

子どもにとって、複数の器具と火気を使用した初めての実験であったため、実験時における注意事項について指導した。実験器具の組み立て方や進め方は、4～5人が1つのグループを作りクラス全体で8グループが、相談したり、教科書を参考にしたりして、実験を進めていった(図4)。



図4 実験装置を組み立てる子ども達の様子

児童Aの記録は次のようである。グループ活動を積極的にけん引し、発言回数も多かった。

態度:意欲○ 発言○ グループ活動○

感想:98～100℃ぐらいになると水はふつとうする。水を温め続けると最終的になくなるから、ふしぎだなと思った。

第2時以降の授業は、これまで授業者が行ってきたスタイルと大きく異なり、グループ内で子ども達が話し合いながら、実験手順を確認したり、実験結果をまとめたりするなど、子ども達の主体的な学び合いが中心となる進め方であった。

第3時 8グループに分かれ、沸騰する水から出てくる泡の正体を調べる実験を行った。

5グループがビーカーの口に直接ビニール袋を取り付けてお湯を沸かし、水蒸気を集める方法であった。2グループが、ロートにビニール袋を取り付け逆さにして沸騰中のビーカーに入れ水蒸気を集める方法を取り、1グループはやかんの口にビニール袋

を取り付けてお湯を沸かし水蒸気を集める方法であった。

なお、学習への参加を促すため、実験前にグループ内の役割分担を確認する時間を設けた。

児童Aは非常に積極的にグループ活動を引っ張っていた(◎)。記録をみると「水じょう気は目に見えないだけでなく、なくなったわけではない。」と、確かな理解をしていることがわかる。

態度：意欲○ 発言○ グループ活動◎

感想：水の中のあわは、水じょう気。水じょう気は冷やされると湯気になる。湯気と水じょう気のちがいが分かった。水じょう気は目に見えないだけでなく、なくなったわけではない。

第4時 水を凍らせる実験を行った。子どもたちは博士の言葉(先行オーガナイザ)をよく覚えており、温度を下げれば、液体から固体に変わるという考えを実験前にもっていた。教科書を実験方法のガイドとして使い、各グループで話し合いながら、実験を進めた。児童Aは、温度計が0℃以下を示すとその驚きを友達に伝え、興味深く観察していた。

態度：意欲○ 発言○ グループ活動◎

感想：水を冷やし続けると氷になった。もとの体積より少し大きくなった。氷が0℃よりつめたくなるのを初めて知った。

第5時 水の三態変化を見ることができる実験装置(図3)で起きている事件についてまとめ、グループ発表を行った。図5はグループでまとめを行っている様子である。



図5 事件報告書をまとめる子ども達の様子

全てのグループとも、図3の①中央：蒸発実験は、「水の温度が上がっていくと約100℃で沸騰すること」、②右端：水蒸気を冷やして水に戻す実験は、「水蒸気を冷やしていくと、湯気から水になること」、③左端：水を凍らせる実験は、「水の温度を下げっていくと氷になっていき、体積が大きくなること」を記述することができた。その際、すべてのグループが、

固体、液体、気体の言葉を用いてまとめていた。

児童Aの記録には「自分でまとめるときよりも、みんなの言葉を付け足したりして、くわしくまとめた。」とある。話し合いを通して理解が深まっている様子がうかがえる。

態度：意欲○ 発言◎ グループ活動◎

感想：グループでこれまで習ったことを思い出しながら、事件報告書を書いていった。自分でまとめるときよりも、みんなの言葉を付け足したりして、くわしくまとめた。固体、液体、気体という言葉も事件と結びつけて考えた。

第6・7時連続 子どもが水について興味・関心をもった内容(いろいろな液体の凍り方調べ、どの氷が一番早く溶けるか調べ、水蒸気は何度か調べ、水蒸気で火はつくのか調べ、一瞬で氷を作れるか調べ、水の凍り方調べ、冷蔵庫なしでアイスを作れるのか調べ)について追究学習を行った。

追究学習のテーマは、個別のアンケートで把握した。アンケート結果と子どもの様子(理解度、活動の様子、意欲)から、授業者がペアを作り、追究学習を進めた。

子どもたちはペアで相談しながら、実験で必要なものを考えたり、計画を練ったりした。授業者は、各ペアの様子や問題点を座席表に記録し、座席表をもとに、各ペアとの対話を通じて、実験計画の見直しや安全面における注意点を伝えるなどして、サポートしていった。

児童Aは水蒸気と湯気の温度を調べてみたいと思った。iPadを使ったが答えを見つけ出すことができない。水蒸気は100℃だと思っていたが、実際測定をしたところ74～81℃となり、結果に疑問を感じている。児童Aはペア活動も意欲的であった。

態度：意欲○ 発言○ ペア活動◎

感想：水じょう気が何度くらいで、湯気が何度くらいか知りたいから、友達と相談した。前にやったふつとの実験そうちと温度計を使って、温度をはかってみる。iPadを使って、湯気が何度か調べてみたけど、答えが分からなかった。

予想は、水じょう気は100℃だと思っていたけど、実験してみたら、水じょう気は74～81℃だった。とてもふしぎだった。

(2) 事前・事後・把持テスト

事前テスト、事後・把持テストの集計結果を表1にまとめた。

事前テストでは、問7「ゆげを知っているか」は全員が肯定し、問8「ゆげはどんな時に見えるか」(88%)、問3「水をひやしつづけると何になるか」と

問5「水じょう気を知っているか」の2問とも68%と正答率が高い。これら日常的な経験を問う問題の正答率が高い。

逆に、問1「水をあたためつづけると何になるか」と、問6「水じょう気はどんな時に見えるか」は正答率6%、問2「水をあたためつづけると温度は何度になるか」(9%)、問4「水をひやしつづけると温度は何度になるか」(27%)と正答率が低い。これらはいずれもこれから学習することである。

**表1 事前、事後、把持テストの結果 左：正答率%、
右：カッコ内は人数**

	事前テスト	事後テスト	把持テスト	事後と把持の比較
問1	6 (2)	94 (32)	50 (17)	▼ 44
問2	9 (3)	100 (34)	94 (32)	▼ 6
問3	68 (23)	100 (34)	100 (34)	
問4	27 (9)	100 (34)	100 (34)	
問5	68 (23)	100 (34)	100 (34)	
問6	6 (2)	100 (34)	79 (27)	▼ 21
問7	100 (34)	100 (34)	97 (33)	▼ 3
問8	88 (30)	94 (32)	94 (32)	
問9	—	100 (34)	97 (33)	▼ 3
問10	—	100 (34)	97 (33)	▼ 3
問11	—	97 (33)	97 (33)	
問12	—	88 (30)	82 (28)	▼ 6
問13	—	97 (33)	82 (28)	▼ 15

問1～13までの各問の結果は次のようである。

問1 水をあたためつづけると何になりますか。
(答：水蒸気)

事前テストで正答した者は2名、6%であった。事後テストでは2名を除いた32名が「水蒸気」と記すことができている。授業直後は「水蒸気」という言葉が記憶されていた。ところが、把持テストでは半分の50%に落ちており、言葉の定着ができていない。

問2 水をあたためつづけると温度は何度になりますか。(答：100℃)

この問いは把持テストでも正答者32名、正答率94%と高く、よく理解されている。

問3 水をひやしつづけると何になりますか。(答：氷)

問4 水をひやしつづけると温度は何度になりますか。
(答：0℃)

問5 水じょう気を知っていますか。(答：知っている)

この3問は事前テストでも高い正答率であったが、事後、把持テストでも全員が正答している。

問6 水じょう気はどんな時に見えますか。

(答：水が沸騰したとき)

事後テスト100%であったが、把持テストでは79%に落ちている。問1の結果から水蒸気概念が十分に定着していない児童が7名いることがわかる。

問7 ゆげを知っていますか。(答：知っている)

ゆげは日常見ているためか、正答率が高い。

問8 ゆげはどんな時に見えますか。(答：風呂、等)

「ゆげ」はほとんどの子どもが知っているが、2名であるがきちんと理解できていない。

問9 氷のようなすがたのことを何と言いますか。

(答：固体)

問10 水のようなすがたのことを何と言いますか。

(答：液体)

問11 水じょう気のようなすがたのことを何と言いますか。(答：気体)

この3問で、固体、液体、気体という言葉を使うことができない子が1名あった。

問12 次の言葉を使って、水をねっしたとき、ひやしたときのようすについて書きましょう。

(1) 水をあたためつづけると・・・

(答：気体になる)

(2) 水をひやすと・・・ (答：固体になる)

2問とも正答であったものが事後テストで4名、事後テストでは1名増えて5名であった。

問13 グラフは、水をひやしたときの温度のかわり方を表したものです。水のようなすがたのように見られるのは、グラフ中のア～ウのどのときか、記号で答えましょう。

(1) 全部水である。(答：ア)

(2) 全部が氷になっている。(答：ウ)

(3) 水と氷がまざっている。(答：イ)

これは第4時の実験結果を尋ねたものである。事後テストでは1名が不正解であったが、把持テストでは6名に増えている。

(3) 子どもによる授業評価

アンケートは授業ごと6回行い、授業についての感想の集計結果は、表2、3、4のようであった。

1) 勉強になったか(表2)

「この授業は勉強になりましたか」の問いに、「とても勉強になった」は91-77%と最も多く、「勉強になった」は18-9%であった。二つを合わせると全員が勉強になったと思っている。

2) わかったか(表3)

「この授業はわかりましたか」では、「とてもよく」は88-68%となり、「分かった」は26-12%であった。5回目の授業以外は全員が「とてもよく分かった」

か「分かった」と思っている。

表2 この授業は勉強になりましたか（左：％、右：人数）

授業 (回)	とても 勉強に なった	勉強に なった	勉強に ならな かった	全く勉 強にな らなか った	合計
1	88 (30)	12 (4)	0 (0)	0 (0)	100(34)
2	85 (29)	15 (5)	0 (0)	0 (0)	100(34)
3	85 (29)	15 (5)	0 (0)	0 (0)	100(34)
4	88 (30)	12 (4)	0 (0)	0 (0)	100(34)
5	77 (26)	18 (6)	6 (2)	0 (0)	100(34)
6	91 (31)	9 (3)	0 (0)	0 (0)	100(34)

表3 この授業は分かりましたか（左：％、右：人数）

授業 (回)	とても よく 分かっ た	分かっ た	あまり 分から なかつ た	全く分 からな かった	合計
1	77 (26)	24 (8)	0 (0)	0 (0)	100(34)
2	82 (28)	18 (6)	0 (0)	0 (0)	100(34)
3	85 (29)	15 (5)	0 (0)	0 (0)	100(34)
4	85 (29)	15 (5)	0 (0)	0 (0)	100(34)
5	68 (23)	26 (9)	6 (2)	0 (0)	100(34)
6	88 (30)	12 (4)	0 (0)	0 (0)	100(34)

3) おもしろかったか（表4）

「この授業はおもしろかったですか」では、「とてもおもしろかった」は94－79％となり、「おもしろかった」は18－3％であった。

表4 この授業はおもしろかったか（左：％、右：人数）

授業 (回)	とても おもし ろかつ た	おもし ろかつ た	あまり おもし ろくな かった	全くお もしろ くなかつ た	合計
1	91 (31)	9 (3)	0 (0)	0 (0)	100(34)
2	94 (32)	6 (2)	0 (0)	0 (0)	100(34)
3	91 (31)	9 (3)	0 (0)	0 (0)	100(34)
4	94 (32)	6 (2)	0 (0)	0 (0)	100(34)
5	79 (27)	18 (6)	0 (0)	3 (1)	100(34)
6	94 (32)	3 (1)	3 (1)	0 (0)	100(34)

4) 自由記述（表5、表6）

この単元全体についての、抽出児児童Aの授業感想を表5に示す。

表5 抽出児児童Aの授業感想

知っていることもあったけど、知らないことがいっぱいあった。最後の追究学習では、水じょう気が100℃になると思ったけど、調べた結果74～81℃だった。なぜ、74～81℃なのかもっと調べてみたい。
--

また、授業の様子を的確に表現していると授業者が感じた抽出児児童A以外の子どもの感想を表6にまとめた。

表6 抽出児以外の子どもの授業感想

水の実験をしていて、水はまほうがかかったようなものだった。とても不思議だと思った。
知っていることもあったが、知らないことがいっぱいあった。学習をしてよかった。
水はいろいろな変化があることが分かった。
いろいろ勉強した中でとくにおもしろかったのは、水を冷やし続けたらどうなるだろうかだった。れいとうこじやなくても、試験管の中で氷ができて、びっくりした。
水はこおると、体積が大きくなることが不思議に思いました。
となりの席の子といっしょに話しをしながら、実験の計画をしたので、実験を早くやってみたいと思っていた。
グループの子と協力して、実験をたくさんやれたから、とても楽しかった。
さいしょは、水のことをぜんぜんしらなかったけど、たくさん勉強してきて、いろいろなことが分かった。この勉強をして、よかったなと思いました。
このじゅぎょうをして、ふつうと水じょう気を初めて知りました。どちらもとてもおもしろかったです。この勉強をして、水がとても好きになりました。
水は、本当にいろいろなすがたに変化することが分かりました。
毎回の授業で、博士のことばを見ながら実験や観察をした。博士のことばは、本当だったんだとびっくりした。

V 考察

（1）授業方法の工夫

有意味受容学習とは、学習に先立ちこれから学ぶ内容を総括するような情報—これを「先行オーガナイザ」という—を与えて、子どもが楽しく学ぶ情報を既存の知識に結び付けていく学習方法である（Ausubel, D. P. & F. G. Robinson, 1969、川上、2003、川上・渡邊、2010）。

本研究では、第1時に水の三態変化を見ることができ実験装置を「水の事件現場」として提示したことで、子ども達は、「この実験はどうなっているのだろう」という疑問を感じ、「どうなっているのか、調べてみたい、実験をしてみたい」という学習への意欲をもつことができていた。

次いで、「水の事件現場」（図3）を使いながら水のすがたの見方を「水は、固体、液体、気体に変化する」ことを（これが先行オーガナイザである）教えた。

子ども達は、学習を段階的に進めていく中で、常に先行オーガナイザを確認し、使いながら学習を進めていった。毎時、子ども達は、教科書を熟読し、グループで話し合いをしながら協力して実験装置を組み立て、実験を進めていった。

授業者の立場でこの授業を振り返ると、子どもが自主的に学習を進めるため、子どものグループ活動の様子や意見の関わり合いの様子を座席表に記録することができ、指導と評価に集中することができた。

(2) 理解について

従来の授業方法では、帰納的な考え方で学習が進められ、授業のまとめの段階で、「水は、固体、液体、気体に変化する」ということを学ぶことになる。

しかし、本研究では先行オーガナイザ「水は、固体、液体、気体に変化する」を博士の言葉として単元のはじめに与えた。そのため、子どもたちは、実験で水の正体を明らかにしていく際に、「水は、今、どの状態にあるのか」ということを意識しながら、学習を進めることができていた。

先行オーガナイザを使用したことで、学習中に子どもが理科的用語を繰り返し見返し、意識づけられたことが、表1問3～5の正答率が把持テストにおいて100%であったことに裏付けられている。第5時のA児の記録には「固体、液体、気体という言葉も事件と結びつけて考えた。」とあるが、グループ全員が「固体、液体、気体」の言葉を用いてまとめていたことを授業者は確認しており、理科的用語を全員が正しく使用することができるようになっていたことが分かる。

一方、把持テストにおいて、正答率の低下した問1については、「水じょう気」と答えず「お湯」と回答した子どもが15名、44%であった。同様に、正答率の低下した問6については、水じょう気の状態について記述するものであり、「湯気のように見える」と回答した子どもが21%であった。この結果から、「水じょう気」や「水じょう気の状態」について、理科用語を繰り返し意識して使用しておらず、子どもの記憶に残りづらいものであったと考えられる。

この問題を改善する方策としては、先行オーガナイザとして、水蒸気に関する内容を追加することで、学習の定着度が上がると考えられる。

先行オーガナイザによって学習を総括する内容を始めに与えたが、これは水の三態変化を見ることが出来る実験装置(図3)があることで具体物と結びついて概念的な理解ができ、結果にあるように、各グループが水の姿を「水は、固体、液体、気体に変化する」と記述できるようになっている。

(3) 子どもの感想

表4にあるように「とてもおもしろかった」「おもしろかった」の割合が全授業について約100%になったことから、子どもが主体的に進める授業形態に満足したことを読み取ることができる。

全ての子どもが、わかり、おもしろいと思えることが理想である。その理想に近づいた授業を実施できたといえる。

(4) 有意味受容学習の効果

「発見的な学習」や「探究的な学習」というと、学習の最初から、子どもに学習を任せてしまい、多くの

時間がかかるにも関わらず、子どもの学習内容の定着はあまり期待できないとか、個人差が顕著に出る場合があったと思われる(川上、2003)。

本授業で演繹法を使う受容的な問題解決学習をとったことで確かな学習効果をどの子どももあげることができていた(表1)。また、表6の子どもの授業感想には、「となりの席の子といっしょに話しをしながら、実験の計画をしたので、実験を早くやってみたく思っていた」「グループの子と協力して、実験をたくさんやれたから、とても楽しかった」のように、子ども自身が主体的対話的で深い学びに向かう姿が様々な場面で見取ることができていたと考える。

また、授業者は、授業時間内で学習内容が留まることなく、追究学習を自宅でも行い、興味をもったことを調べたり、実験で使う材料を家族に相談して収集したりするなど、学習への意識が常に継続していた子どもの姿も見取ることができた。これも子どもの主体的な学びが実現した証左の一つといえよう。

なお、子どもが見通しをもてる、魅力ある授業や、主体的対話的で深い学びのある授業を実現するためには、子ども一人ひとりが、授業中に間違えた意見や考えを言っても受け入れられるような人間関係、他者の意見や考えにいつでも耳を傾けられる態度が必要となってくる。授業を受ける子ども全員が、一つのチームとしての意識をもち、学びに向かえるような学級経営を行わなければならない。授業者は、その方法の1つとして、先行オーガナイザを用いた授業の有用性を確かなものとして感じる事ができた。

(5) まとめ—研究の目的について

研究目的である「主体的・対話的で深い学びの実現」が実現できたかの観点で全7時間の授業を鳥瞰しながら総合的に考察する。

第一は、1時間目に先行オーガナイザを教示したことで、2時以降は、子ども達が先行オーガナイザを使いながら、主体的に実験観察を行い、自分でまとめをすることができていた。

第二には、問題解決を子どもが進めたために、必然的に子どもたち同士の対話が活発になった。

第三は、事前、事後、把持テストの結果(表1)で認められるように、水蒸気概念については完璧でないものの、水の「三態変化」はよく理解されている。

第四として、授業は勉強になったか(表2)、分かったか(表3)、面白かったか(表4)の評定はいずれも極めて高い値を示している。達成感、満足感、興味関心は非常に高い。

第五として、児童Aが「水じょう気が100℃になると思ったけど、調べた結果74～81℃だった。なぜ、74～81℃なのかもっと調べてみたい。」と書いているように(表5)、また、その他の子どもの感想にみられるよ

うに（表6）、子どもは自ら問題を見つけている。さらに、問題解決に向けて自ら追究する子どもの姿を授業者として多く見ることができた。これらのことから、子ども達は主体的に学ぶ確かな能力を身に着けたことがわかる。

以上のことから、本研究の目的「主体的・対話的で深い学びの実現」は達成されたと考える。

VI 他の授業への適用

川上(2008)は、「受容学習は発見学習にとって代わるものではなく、発見学習が適した内容では発見学習を使い、受容学習が適した内容では受容学習を使うべき」と、二つの学習理論を授業内容に応じて使い分けることを提案した。その後、川上の研究グループは、受容学習に適した単元を見つけ、これまでに多くの単元で有意義受容学習を実践し、成果を挙げてきた（川上・渡邊、2010）。

今回は新たに有意義受容学習が適した単元として小学校5年「発芽と成長」の例を提案する。

この単元では、植物の発芽の条件、成長の条件を学習する。成長の条件を子どもたちに尋ねると、「太陽の光、光、土、水分、肥料、空気、酸素、栄養、温度」と様々な予想が挙がる。

発見学習の流れで、予想を基に授業を進めていくと子どもたちは主体的に活動することができるが、学校で行う実験には限界があるため、結論にたどり着かせることが難しいことがある（図6）。例えば、空気の有無が植物の成長に影響があるか確かめる場合、植物が大きければ種子のときのように水に沈める実験方法は困難である。また、土の影響の有無についても同様である。

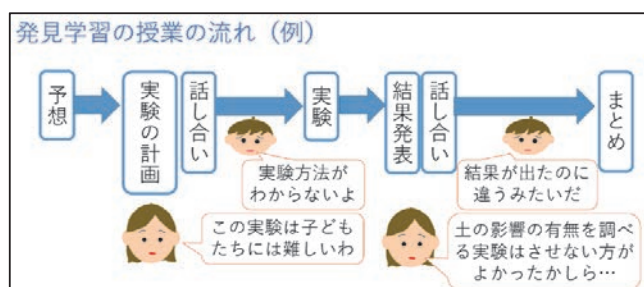


図6 発見学習の授業の流れの例

図7は「植物の成長の条件」の単元における受容学習の場合の授業展開例である。

最初に2種類の先行オーガナイザ（AO）を投入する。AO1は「植物の成長に必要なものは、水、日光、肥料である」、AO2は「実験で確かめる場合、1つの条件のみを変えて、残りの条件は同じにする」である。

条件を変えて実験を行う流れとなる。ゴールは決まっているが、そこにたどり着くまでの自由度は高い。日光の影響の有無を調べるにも、「日向と日陰で植物を置く場所を変える」「葉に覆いをかける」「箱をかぶせる」等実験方法は様々である。自分たちで実験方法を考え、明らかにしていくので、受容学習でも子どもたちが主体的に活動できる。

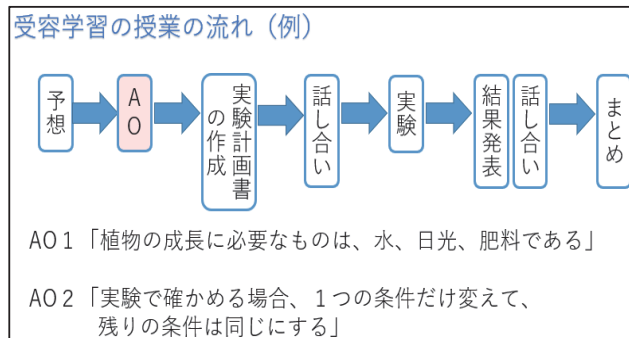


図7 受容学習の授業の流れの例

次に、AO投入前の問題意識づくりが大切であるとされているが（川上、2003）、子どもが問題意識を持たない状態でAOを投入すると、印象に残らず、子どもたちがAOを覚えていない状況になってしまう可能性があり、確かに問題意識づくりは子どもが学習を進めるために非常に大切なことである。

そこで、この単元での問題意識づくりに関連して2つの提案をする。

1つ目は、自分の考えの「見える化」である。例えば、名刺サイズの紙に成長に必要な条件を書かせ、必要と考える条件を机の上部に並べさせる。友達の意見を聞いて、「この条件はやっぱりやめよう」と思えば、下部に並べ、新たに追加したいと思えば、紙を追加して上部に並べる活動を取り入れれば、自分の考えを整理しやすくなる。

2つ目は、今までの生活体験を基にした考えを表出させることである。「アサガオに水をやらなかったら、枯れてしまった」「庭の木に元気がなかったけれど、お父さんが肥料をあげたら元気になった」等の意見を引き出すことは授業を成功させるための大切なポイントである。

このようにすれば、子どもが持っている考えとAOとの異同をはっきりさせることができ、問題意識を高めることができる。

新学習指導要領では、教師が子どもたちに付ける力を見極め、カリキュラムや授業を改善することが求められている。単元や内容、子どもの実態に応じて、授業をマネジメントする教師の力を一層高めていく必要があることを強く感じる。

付記

この研究は3名が共同で進め、授業の実施と評価は日下部が担当した。授業計画を立案するにあたって、三態変化を同時に示す実験（図3）は北川の授業実践を踏まえた提案である。

本論は、日下部が「2 実施授業」「3 授業評価の方法」「4 結果」「5 考察」を執筆し、北川は「1 目的」と「6 他の授業への適用」を担当した。川上は全体を統括した。

参考文献

- Ausubel, D. P. & F. G. Robinson (1969), “School leaning” Holt, Rinehart & Winson. 吉田章宏・松田弥生訳(1984), 『教室学習の心理学』黎明書房.
- 江川克弘(2015), 「演繹的に問題を解決して学習する過程についての一考察」、鳴門教育大学学校教育研究紀要 29:99-107.
- 日高晃昭・進藤公夫(2002), 『日本理科教育学会第52回全国大会（横浜国立大学）発表要項』: 98.
- 日高晃昭(2007), 『教えることをためらわない理科授業』, ぎょうせい出版.
- 井野真奈美・鶴岡義彦(2015), 「教師の指導性を重視した理科指導法に関する基礎研究—小中学校教師対象調査を主な手がかりとして—」千葉大学教育学部研究紀要 63:241-252.
- 稲留愛・江川克弘(2018), 「児童の学びに向かう力の育成について—小学校理科「演繹的な問題解決学習プロセス」の活用を通して—」, 鳴門教育大学授業実践研究 17: 129-135.
- 市川伸一(2005), 「認知カウンセリングからみた理科教育」, 理科の教育 Vol. 54(9):8-11.
- 鏑木良夫(2004), 『理科を大好きにするラクラク予備知識の与え方』, 学事出版.
- 川上昭吾・杉浦義徳(1985), 「『3年花のつくり』における先行オーガナイザーの効果に関する実証的研究」, 日本理科教育学会研究紀要 25(3):15-25.
- 川上昭吾・多鹿秀継 (1987), 「理科教授における先行オーガナイザーの効果第1報—中学校第1学年, 花のつくりの学習において」, 日本教科教育学会誌 12(2):25-30.
- 川上昭吾・多鹿秀継(1990), 「理科教授における先行オーガナイザーの効果第3報—花のつくりの学習における中学校第3学年生徒の反応, ならびに授業への適用」, 愛知教育大学教科教育センター研究報告第14号:197-202.
- 川上昭吾ら(2002), 『日本理科教育学会第52回全国大会（横浜国立大学）発表要項』: 217-226.
- 川上昭吾(2003), 『教えの復権をめざす理科授業』, 東洋館出版社.
- 川上昭吾(2008), 「有意味受容学習・受容学習」, 理科の教育. 57:40-43.
- 川上昭吾・渡邊康一郎・松本織(2009), 「有意味受容学習の研究」, 愛知教育大学教育実践総合センター紀要. 57:183-190.
- 川上昭吾・渡邊康一郎(2010), 「日本における有意味受容学習の展開」, 理科教育学研究 36(3):1-14.
- 川上昭吾(2018), 「先行オーガナイザを使った理科授業の実践報告」, 教職キャリアセンター紀要 Vol. 3:101-108.
- 栗原純一・益田裕充(2010), 「演繹的推論に基づく課題解決学習が質量保存の科学的な概念の形成に与える影響」, 教材学研究 21:49-56.
- 益田裕充(2009), 「理科授業における推論過程の分析とその背景となる教師の価値観の考察」, 群馬大学教育実践研究 26:47-55.
- 文部科学省(2008), (中央教育審議会答申): 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(2016), (中央教育審議会答申) 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及び必要な方策等について.
- 田平陽子・秋次祐輔・阿久根康太郎・世波敏嗣(2015), 「理科教育における帰納的・演繹的思考力の育成についての教授論的考察—実践例と単元例に焦点を当てて—」, 日本科学教育学会研究会研究報告 30(2):47-50.
- 鈴木智一・八木弘幸・川上昭吾(2006), 「受容学習を取り入れ, 科学的思考力の育成をめざした理科授業の実践—小学校5学年単元「てことつりあい」の実践を通して」, 日本理科教育学会全国大会論文集第4号(奈良教育大学):96.
- 多鹿秀継・川上昭吾(1988), 「理科教授における先行オーガナイザーの効果第2報—小学校第5学年, 花のつくりの学習において」, 日本理科教育学会研究紀要 29(1):29-37.
- 鶴岡義彦・井野真奈美・佐藤将大(2013), 「理科教育における帰納的・発見的アプローチに対する諸見解について—理科教育方法論に関する問題提起—」, 千葉大学教育学部研究紀要 61:271-282.
- 植原俊晴・川上綾子(2017), 「操作的思考による演繹推論の促進—「知識の検証による学習」モデルの提案—」, 鳴門教育大学学校教育研究紀要 31:119-125.
- 吉村基・前田珠里・棟田一章・中城満(2016), 「子どもの考えを抽象化に導く教師の働きかけに関する研究—理科授業における推論方法に着目して—」, 日本科学教育学会研究会研究報告 30(7):35-38.