

「指導と評価の一体化」を図る 小学校第4学年「水のすがた」,「水のゆくえ」単元の理科授業づくり —イメージマップの活用を通して—

栢野 彰秀*・山代 佳菜美**・廣島 亨***・森 健一郎****

Akihide KAYANO and Kanami YAMASHIRO and Tooru HIROSHIMA and Ken-ichiro MORI
Elementary School Science Class to Unify Instruction and Assessments Using Image Mapping Test
-Through Lessons of the 4th Grade Unit on "Water and Its Changes of State"-

要 旨

本研究は、イメージマップ（以下、IMと略）を活用した「指導と評価の一体化」を図る小学校理科授業の実際を報告するとともに、その枠組みでの授業づくりの在り方に検討を加えることを目的として行った。

授業は、教師の授業づくりを含んで次のように展開された。①授業前に約2時間かけて、各次の学習内容が網羅されたIMを教師が予め作成した。②各次の学習の後、子どもはIMを作成するとともに、教師が予め作成したIMとの比較を行った。③簡潔な授業評価方法を用いて、教師は子どもが書いたIMを約1時間かけて集計し、学習途中における形成的評価を15～20分間で行なった。④形成的評価によって明らかになった課題を、次時の授業の冒頭で10～15分間かけて指導した。⑤単元の授業は、標準時数に加えゆとりの時数の範囲内で行われた。行われた授業に検討を加えると、各次の学習の後現れた諸課題は単元末テストにおいては概ね減少していることが明らかになった。

今後、IMの活用した「指導と評価の一体化」を図る小学校理科の授業づくりのためには、授業前の準備（教師が予め作成するIMの準備）に加え、IMの集計のために要する時間短縮を行い、授業づくりに対する教師の負担感を軽減する必要があるという結論が得られた。前者の克服のためには、教師のIMの取り扱い習熟のための取り組みが必要と考えられる。後者については、教師のIMの取り扱いが習熟すれば、子どもが書いたIMを直接読み取れる可能性が考えられる。

【キーワード：小学校理科，指導と評価の一体化，イメージマップ，授業実践，形成的評価】

はじめに

教育課程審議会（2000）の答申では、「指導と評価とは別物ではなく、評価の結果によって後の指導を改善し、さらに新しい指導の成果を再度評価するという、指導に生かす評価を充実させることが重要である。」と明記され、「指導と評価の一体化」が強調された¹⁾。さらに同答申では、「学習指導の過程における評価の工夫を一層進めることが大切である。」と記載され、児童生徒の学習途中の到達度を適切に評価し、その評価を後の学習指導に活かすことの重要性が指摘されている。

ところで、IMは本来、映像視聴能力測定・評価ツールとして開発された²⁾。IMは、中心に示された語句から連想された言葉を同心円上に書き込んで線を結ぶだけで作成できる簡便さから、小・中・高等学校の理科授業の評価ツールや小・中学校における理科学習の学習支援

ツールとしても活用されている³⁻⁷⁾。

しかしIMは、授業の評価ツールとして活用する際や学習支援ツールとしての有効性を評価する場合において、IMから得られるデータを分析し、解釈するためある程度まとまった時間が必要である。そのため、公立学校の日々の授業における継続的な使用や評価に課題が残されていた。IMから得られるデータを分析し、解釈する手続きを簡潔にすれば、単元の学習指導の途中においても子どもの理解が把握でき、それが後の学習指導にも活用できるのではないかと、これが筆者らが本研究に取り組んだ問題意識である。

上述した問題意識を解決するための最初の取り組みとして、筆者らが行ったこれまでのIMの活用に関する研究で得られた知見を活かしつつ「指導と評価の一体化」を図る理科授業を行うために、授業方法や授業中におけるIMの使用法にどのような工夫・改善を加えたらよ

* 島根大学教育学部自然環境教育講座

** 北海道釧路市立大楽毛小学校

*** 北海道釧路市立共栄小学校

**** 北海道教育大学釧路校

いか」という点に検討を加え、前報において報告した⁸⁾。

その結果、次の諸点が工夫・改善点として提案された。
①子どもによるIMの比較方法。②教師による授業評価方法(子どもが作成したIM等の分析方法)。以上の2点である。しかし前報では、子どもによるIMの比較方法にしても教師による授業評価方法にしても、提案の段階に留まっている。すなわち、提案に基づく授業実践がなされていないのである。

そこで本研究では、前報において筆者らにより提案された枠組みでの、IMの活用による「指導と評価の一体化」を図る小学校理科の授業を実践することを第一の目的とした。行われた授業の実際を報告するとともに授業評価を行い、IMの活用による「指導と評価の一体化」を図る小学校理科の授業づくりの在り方に検討を加えることを第二の目的とした。

I. IMの活用による

「指導と評価の一体化」を図る授業づくりの概要

1. IMの概略

図1には、IMの例が示されている。

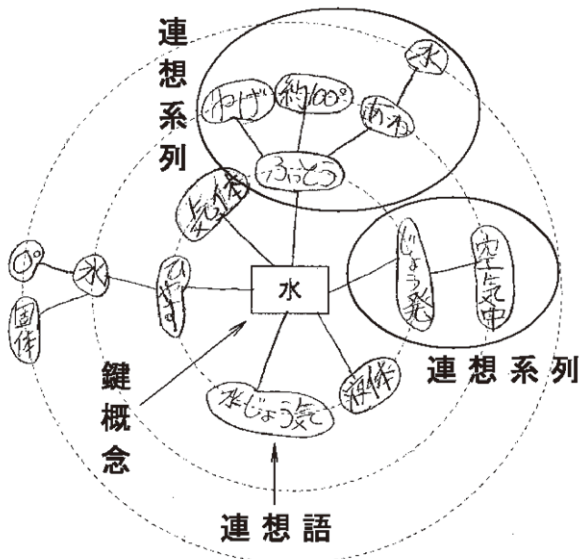


図1 IMの例

図1中に示された「水」は、鍵概念(以下、鍵概念を表すときは【 】内に言葉を書き込む)という。子どもは、【水】からイメージしたり連想したりした言葉を同心円(図1中の点線)上に書く。鍵概念からイメージしたり連想したりして書き出した言葉は連想語(以下、連想語を表すときは()内に言葉を書き込む)という。鍵概念と連想語、または連想語間には実線で結ぶ。鍵概念から連続して2つ以上の連想語が書き出された系列を連想系列という。図1のように、連想系列には、連想語が直線的に連続して書き出される系列と、分岐して書き出される系列がある。

2. 授業づくりの流れ

筆者らが前報において提案した枠組みでの授業づくりは次のような流れとなる⁸⁾。

①『小学校学習指導要領解説理科編』(2009)及び教科書を参考にしながら、教師がこれから教える単元における内容のまとめ(以下、「内容のまとめ」は文脈によって「各次」、「次」、「〇次」などと略)ごとに、IMを作成する。

これによって、単元における各次の学習内容とそのつながりがIMによって可視化される。

②単元の授業を行い、1次の授業を終えた後、子どもにこれまでの学習内容とそのつながりを表すIMを作成させる。その後、子どもが作成したIMと①で教師が予め作成したIMを子どもが比較し、自己の学習をふりかえり、何が一番大切だったか、分かったことや分からなかったこと、気づいたことを文章で表現する。

これらによって、子ども自らの学習のふりかえりが可能となる。すなわち、教師が作成したIMと自ら作成したIMの学習内容に関する質的相違が子ども自身でモニターできるため、自由に連想語が記入できるIMでありながらも、目指すべき方向性が具体的に子どもが理解できるのである。

③授業後に、子どもが作成したIM及びIMを比較して書いた文章に教師が形成的評価を加え、各次におけるクラス全体の学習成果と後の学習指導に生かすための課題を明らかにする。明らかになった成果と課題に基づいて、次時の授業の冒頭において、子どもがよく分かっていないと評価された学習内容について指導を加える。難しい学習内容にも関わらずよく理解できていた場合は、子どもをほめる。

④以下、②～③を繰り返し、単元の学習を終える。

なお、子どもがIMを作成するとき及びIMを比較するときに、教師が子どもに対して口頭で行った説明は、次章において詳述する。

3. 授業づくりと授業展開の概要

実践されたのは、小学校理科第4学年「水のすがた」単元及びそれに続く「水のゆくえ」単元の授業である。授業は全15時間で構成され、2014年1～3月に行われた。授業実践の対象者は公立小学校第4学年1クラス27人(男子15人、女子12人)である。使用した教科書は『地球となかよし小学理科4』(教育出版、2012)である。なお、本クラスの子どもはIMを作成し、比較するのは初めてである。単元の学習に先立ち、HR等の学級活動の間に何度か時間を取り、IMの書き方やIMの比較のしかたを練習した。表1には、教師の授業づくりを含む単元の授業展開の概要が示されている⁹⁾。なお、表1における斜体文字は授業づくりのための授業外における教師の活動である。

表1から分かるように、次のような授業計画となる。

①教師が予め第1～3次の学習内容とそのつながりを可視化したIM1, 2, 3を作成した後、教科書を使用し

表1 教師の授業づくりを含む授業展開の概要

単元	次	時	授業展開の概要
<i>IM1, 2, 3の作成</i>			
水のすがた	1 水の凝固	1 3	○ 水を冷やしたときの変化 ? 水を冷やしたとき、水は、どのように変化するのだろうか。 実験1；水を冷やしたときの様子を調べる ・ 水を冷やしたときの変化をまとめる ◎ IM1の作成と教師の作成したIM1との比較(比較1)
<i>IM1とIM1を比較した文章の分析・検討に基づいた形成的評価の実施(形成的評価1)</i>			
水のすがた	2 水の沸騰 水の三態	4 8	☆ 形成的評価1に基づく指導 ○ 水をあたためたときの変化 ? 水をあたためたとき、水は、どのような変化をするのだろうか。 実験2；水をあたためたときの様子を調べる ・ 温度による水のすがたの変化をまとめる ◎ IM2の作成と教師の作成したIM2との比較(比較2)
<i>IM2とIM2を比較した文章の分析・検討に基づいた形成的評価の実施(形成的評価2)</i>			
水のゆくえ	3 水の蒸発と凝縮	9 10 15	☆ 形成的評価2に基づく指導 □ 「水のすがた」単元末テスト ? ビニールシートにたまった水は、どこにいったのだろうか。 実験3；水をためた容器の水のへり方を調べる ・ 容器の水のへり方をまとめる ? 冷たい飲み物を注いだコップがぬれるのは、どうしてだろうか。 実験4；コップの外側がぬれる前後の重さをくらべる ・ コップの重さの変化をまとめる ◎ IM3の作成と教師の作成したIM3との比較(比較3)
<i>IM3とIM3を比較した文章の分析・検討に基づいた形成的評価の実施(形成的評価3)</i>			
単元末テスト		16	☆ 形成的評価3に基づく指導 □ 「水のゆくえ」単元末テスト

て単元の授業を行う。

② 各次の学習の最後に子どもがIMを作成する活動を導入し、作成したIMと教師が予め作成したIMを比較する(比較1, 2, 3)。

③ 子どもが作成したIMとIMを比較した文章に分析・検討を加え、各次の子どもの理解に関する形成的評価を行い、次時の授業において適切な指導を行う。

さらに表1より本単元は、次のような3つの学習内容のまとまりに分けられることが分かる。

第1次(第1～3時)は、水を冷やしたときの温度と水のすがたの変化との関係を調べる実験を行い、その結果をグラフに表して水を冷やしたときの変化を捉える学習内容である。すなわち、水の凝固が取り扱われている。

第2次(第4～8時)は、水をあたためたときの温度

と水のすがたの変化との関係を調べる実験を行い、その結果をグラフに表して水をあたためたときの変化を捉える学習内容である。加えて、水は温度によってすがたが変わることも学習内容となっている。すなわち、水の沸騰と水の三態が取り扱われている。

第3次(第9～16時)は、「水は沸騰しなくとも気体になって空気中へ出ていくか調べる実験」と「冷たい水を注いだコップがぬれるのはどうしてか調べる実験」が学習内容となっている。すなわち、水の蒸発と凝縮が取り扱われている。そこで、子どもが作成するIM及び予め教師が作成するIMの鍵概念は【水】とした。

第1次「水の凝固」に関する学習の最後に、子どもにIM1を作成させるときに行った口頭での説明は以下の通りである。「これまでの授業では、水を冷やした時の変化についての観察と実験を行いました。これまでの授業をよく思い出して、これまでの授業でどんなことを習ったか、何が一番大切だったかをイメージマップに書きましょう。」子どもが書いたIM1と予め教師が作成したIM1を比較するときに行った口頭での説明は以下の通りである。「皆さんの書いたイメージマップと先生が書いた2枚のイメージマップを比べて、「水を冷やしたときの変化」で勉強したことに関連することで、何が一番大切だったか、分かったことや分からなかったこと、気づいたことをたくさん書いてください。」これら一連の子どもの活動が比較1である。以下、比較2、比較3の時にも同様な口頭による指示を行っている。

なお、いずれの場合でも、子どもによるIMの作成及び比較の時間は、それぞれ短くて5分、長くても10分を超えない範囲で行った。

II. 行われた授業の実際と「指導と評価の一体化」

1. 第1次「水の凝固」

(1) 予め教師が作成したIM1

第1次では、「水を冷やしたとき、水は、どのように変化するのだろうか」が学習課題となり、水を冷やしたときの変化を調べる実験を行う。授業を行う教師が『小学校学習指導要領解説理科編』及び教科書の該当部分を参照しながら、予め教師が作成して子どもに提示するIM1, 2, 3を作成した。3枚のIM作成のために要した時間は約2時間であった。図2には、予め教師が作成して子どもに提示したIM1が示されている。

図2には、第1次の学習内容である水の凝固に関連する2つの連想系列が書き表されている。【水】から(冷やす)を経てつながる連想系列には、「【水】は(冷やす)と(0℃)で(氷)になる」という学習内容が示されている。【水】から(液体)を経てつながる連想系列には、「(液体)の【水】は(冷やす)と(固体)の(氷)になり、この時(体積が増える)」と「(液体)の【水】を(冷やし)ていくと(水から氷になるときは0℃のまま)で、(全部こおると0℃より下がる)」という学習内容が示されている。

(2) 一覧表の作成

教師が作成したIM1、子どもが作成したIM1に加え、IM1を比較して書いた文章記述をもとに、第1次の学習終了後における学習者ごとの連想の状況と時期に関する一覧表を作成し、表2に示した。

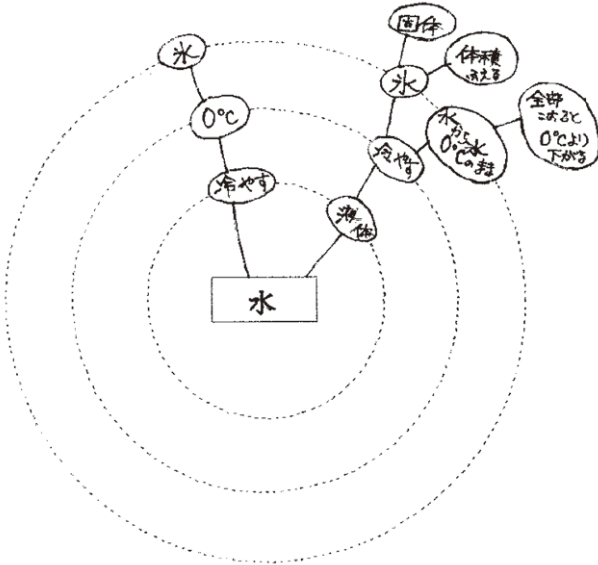


図2 予め教師が作成して提示したIM1

表2 第1次の学習終了後における学習者ごとの連想の状況と時期一覧表

学習者番号	連想語	液体	冷やす	0°C	氷	固体	体積増える	水から水0°Cのまま	全部こおると0°Cより下がる
1		○			○	○			▽
2		○			○	○			○
3								▽	
4		○	▽	▽	○	○			
5		○	▽	○	○	○	○	▽	◎
6		○			○	○			
7		◎			○	○	▽		
8		○			○	○	○		○
9			○		○	○			
10		○			○	○			
11		○		○	○	○			
12									
13					○	○			
14		○			○	○		○	
15		○			○	○			
16		○	○		○	○			
17		○		○	○	○			○
18		○			○	○			
19		◎		○	○	○			
20		○			○	○	○		○
21		○			○	○			
22		○	○	○	○	○	○		
23		○	○	○	○	○			
24							○		
25		○		○	○	○	○		
26		○			○	○			
27		○							

表2に示した一覧表を作成するために要した時間は60分程度であった。なお、表2を作成するための一覧表の作成と集計方法については、筆者らの前報⁸⁾を参照されたい。表2中に示された○印、◎印、▽印、空欄は次のような意味をもつ。○印；子どもがIM中に連想語及び連想系列を書き出している。◎印；子どもが作成したIM中に加え、子どもが作成したIMと教師が予め作成したIMを比較して書いた文章にも記述がある。▽印；子どもが作成したIM中には書き出されなかったが、IMを比較した文章中には書き出している。空欄；IMにも比較した文章にも書き出していない。

(3) 形成的評価1の実施

a) クラス全体の理解状況の読み取り

クラス全体の学習内容の理解状況は、表2全体を教師が俯瞰すれば分かる。図2には「【水】は(冷やす)と(0°C)で(氷)になる」、「(液体)の【水】は(冷やす)と(固体)の(氷)になり、この時(体積が増える)」、「(液体)の【水】を(冷やし)ていくと(水から氷になるときは0°Cのまま)で、(全部こおると0°Cより下がる)」という第1次の学習内容に関する連想系列が書かれている。

これらの連想系列のうち、筆者らが上の文章に下線を施した部分に相当する表2の箇所には多くの○印が書き込まれていることが分かる。二重下線を施した部分に相当する表2の箇所に書き込まれた記号の数は多くないことが分かる。

このことからこのクラスは、a) 水は固体の水になることについては捉えているといえる(以下、捉えている点については、アルファベットの連番を付す)。しかし、ア) 水を冷やした時の水の様子の変化と温度の関係に加え、イ) その時の体積変化に関する理解に課題が見えることもいえる(以下、課題については半角カタカナの連番を付す)。

b) 形成的評価1に基づく指導事項の検討

表2の読み取りから明らかになった課題(上記ア～イ)をもとに子どもへの指導事項を検討した。

「水を冷やした時の水の様子の変化と温度の関係」の理解に関する課題が明らかになった。この点の課題を克服するために次回の授業の冒頭で、水を冷やしたときの水の様子の変化と温度の関係を調べた結果を表したグラフを再度子どもが見ながら、グラフの読み取りと教師による説明を行うことにした。

「水を冷やしたときの体積変化」の理解に関する課題が現れたのは、実験操作上の混乱のためであると筆者らは考えた。この実験では、水がこおったときに体積増加があることを観察するために、印をつけたところまで水を入れた試験管を冷やす。ところが教師の指示不徹底のため、印をつけたところまで水を入れた試験管を寒剤の中に入れて冷やさなかった班が少なからずあった。この点の課題を克服するために次回の授業の冒頭で、他クラスの実験結果を保持しておき、子どもに改めて観察させ

ることとした。

その他、表2に○印以外の印の数が少ない点が筆者らの間で話題となった。表2に○印以外の印の数が少ないということは、IMを比較して書いた子どもの文章に、教師が作成したIMと子どもが作成したIMの学習内容に関する質的相違が子ども自身でモニターできたという意味内容の文章記述が少ないことである。この点克服のために次回の授業の冒頭で、学習内容に関する質的相違に及んでいる文章を書いていた2人の子どもの文章を大きな紙に書いて表示し、このような視点で今後比較した文章を書くような追加の指導を行うことにした。なお、表示した2人の子どもの文章は次の通りである。児童A「全部こおると0℃より下がるといことを書いていなかった。」児童B「水から氷0℃のままはきづかなかった。」加えて、これ以降の授業におけるIMの比較の際にも同様な口頭による指導を加えることにした。

なお、表2に示した一覧表の俯瞰から、子どもへの指導事項に検討を加えた形成的評価に要した時間は約15分であった。それに基づいて、第4時の冒頭において子どもに対して行った指導のために要した時間は10～15分であった。

2. 第2次「水の沸騰、水の三態」

(1) 予め教師が作成したIM2

第2次では、①水をあたためたときの温度と水のすがたの変化との関係を調べる実験を行い、その結果をグラフに表して水をあたためたときの温度変化を捉える。②水は温度によってすがたが変わる。以上の2点が学習課題となる。図3には、予め教師が作成して子どもに提示したIM2が示されている。

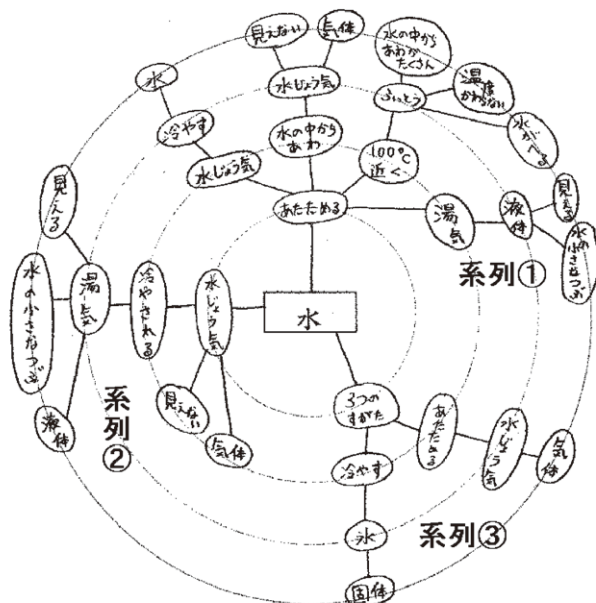


図3 予め教師が作成したIM2

図3には、第2次の学習内容である水の沸騰と水の三態に関連する3つの連想系列(系列①～③)が書き表されていることが分かる。図3中に示された3つの連想系列はそれぞれ次のような第2次の学習内容が示されている。

系列①;【水】を(あたためる)と(水じょう気)になり、(冷やす)と(水)になる。【水】を(あたためる)と(水の中からあわ)が出てきて、そのあわの正体は目に(見えない)(気体)の(水じょう気)である。【水】を(あたためる)と(100℃近く)で(ふっとう)し(水の中からあわがたくさん)出てくる。(ふっとう)しているときは(温度が変わらず)、後に(水がへる)。【水】を(あたためる)とき出てくる(湯気)は目に(見える)(液体)の(水の小さなつぶ)である。

系列②;【水】は(見えない)(気体)の(水じょう気)になり、それが(冷やされる)と目に(見える)(液体)の(水の小さなつぶ)のできた(湯気)になる。

系列③;【水】は(3つのすがた)があり、(あたためる)と(気体)の(水じょう気)になり、(冷やす)と(固体)の(氷)になる。

(2) 一覧表の作成

教師が作成したIM2、子どもが作成したIM2に加え、IM2を比較して書き出した文章記述をもとに、第2次の学習終了後における学習者ごとの連想の状況と時期に関する一覧表を作成し、表3、表4にまとめた。表3、4に示した一覧表を作成するために要した時間は70分程度であった。

(3) 形成的評価2の実施

a) クラス全体の理解状況の読み取り

クラス全体の学習内容の理解状況を読み取るために、表3、4全体を教師が俯瞰した。

図3における系列①には「【水】を(あたためる)と(水じょう気)なり、(冷やす)と(水)になる。」、【水】を(あたためる)と(水の中からあわ)が出てきて、そのあわの正体は目に(見えない)(気体)の(水じょう気)である。」、【水】を(あたためる)と(100℃近く)で(ふっとう)し(水の中からあわがたくさん)出てくる。(ふっとう)しているときは(温度が変わらず)、後に(水がへる)。、【水】を(あたためる)とき出てくる(湯気)は目に(見える)(液体)の(水の小さなつぶ)である。という第2次の学習内容が書かれている。

同様に系列②には、「【水】は(見えない)(気体)の(水じょう気)になり、それが(冷やされる)と目に(見える)(液体)の(水の小さなつぶ)のできた(湯気)になる。」という学習内容が書かれている。

同様に系列③には、「【水】は(3つのすがた)があり、(あたためる)と(気体)の(水じょう気)になり、(冷やす)と(固体)の(氷)になる。」という学習内容が書かれている。

これらの連想系列のうち、筆者らが上の文章に下線を

表3 第2次の学習終了後における系列①に関する学習者ごとの連想の状況と時期に関する一覧表

連想語 学習者 番号	あたためる	水じょう気	冷やす	水	水の中からあわ	水じょう気	見えない	気体	100℃近く	ふとう	水の中からあわがたぐさん	温度変わらない	水がへる	湯気	液体	見える	水の小さなつぶ
1									○	○			○	○			√
2	○	○			○			○		○	◎						
3						○	○	○									
4	○													○			
5	○	○							○	○			○	◎	√	√	√
6					○				○	○	√			○			
7						◎	○	◎		√			√	○			○
8																	
9																	
10		○		○											√		√
11	○	○												○			
12														○		○	○
13		○												○			
14		○					√		○	○				○		√	
15									○	○	○		√				
16	○	√	√	√		○	○		○	○	○	√	√	◎	√	○	
17	○	√	√	√		◎		◎	○	○		○		○			
18					○	◎	√	○	○	○				○			
19	○	○				√		√	√	○	○	○	○	○			
20	○								○	○	√	√	○	○		○	
21	○								○	○		○	○	○			○
22		○							○	○			√	○			√
23	○					○	○	○	√		√	√	○	○		○	√
24																	
25		○				√	√		○	○				◎			
26						○	○	○	○	○		○		○		○	
27	○	○							○	○				○			○

表4 第2次の学習終了後における系列②及び系列③に関する学習者ごとの連想の状況と時期に関する一覧表

連想語 学習者 番号	系列②								系列③						
	水じょう気	見えない	気体	冷やされる	湯気	見える	水の小さなつぶ	液体	3つのすがた	あたためる	水じょう気	気体	冷やす	氷	固体
1	○		○	○	○		√		√						
2									√	○	○	○	○	○	○
3									◎		○	○		○	○
4													○	○	○
5					√	√	√	√							
6															
7	◎	○	◎		○		○				◎	◎	○	○	○
8															
9															
10	○								√		○			○	√
11							√		○						
12					○	○			○		○	○		○	○
13															
14		√				√									
15												○			○
16					√				√	√					
17	◎		◎								◎	◎	○	○	○
18	◎	√			○				√					○	○
19	◎		√		○				√		√	√	○	○	○
20	○	○	○	○	○	○								○	○
21					○		○							○	○
22	○				○		√		○	○	○	○	○	○	○
23	○	○	○		○	○	√		○						
24															
25	√	√			√										
26	○	○	○		○	○			◎		○	○	√	○	○
27	○		○	○	○		○		○					○	○

施した部分に相当する表3, 4の箇所には、○印だけを数えても他の箇所に比べて多く書き込まれていることが分かる。その一方、二重下線を施した部分に相当する表3, 4の箇所には、○印、◎印、▽印を合わせても書き込まれた数は、下線を施した箇所に比べて多くないことが分かる。

系列①の検討からこのクラスは、b) 水を温めると100℃近くで沸騰し、水蒸気になること、c) を温めると湯気も出てくること、の2点については捉えていることが分かる。しかし、ウ) 沸騰する以前から水の中からあわが出ていること、エ) 沸騰しているときには水の中から盛んに泡が出ていること、オ) 水が沸騰しているときは温度が変わらないこと、カ) 沸騰した後は水が減ること、水蒸気を冷やすと水になること、の4点に関する理解に課題が見えるといえる。

系列②の検討からは、d) 水は見えない気体の水蒸気になること、e) 湯気は見えること、の2点については捉えていることが分かる。しかし、キ) 水蒸気は見えない気体であること、ク) 蒸気を冷やすと目に見える液体の水の小さなつぶの湯気になること、の2点に関する理解に課題が見えるといえる。

系列③の検討からは、f) 水には3つのすがたがあること、g) 水蒸気は気体で、水は固体であること、の2点については捉えていることが分かる。しかし、ケ) 水をあたためると水蒸気なること、コ) 水を冷やすと氷になること、の2点に関する理解に課題が見えるといえる。

b) 形成的評価2に基づく指導事項の検討

表3, 4の読み取りから明らかになった課題(上記ウ～コ)をもとに子どもへの指導事項を検討した。

「水を温めたとき、水は、どのように変化するのだろうか」という本次の学習課題に対する理解に相当する「水をあたためた時の水の様子の変化と温度の関連づけ」についての課題が見られ、それに対する追加の指導が必要であると考えた。具体的には、水の温度が上昇するにつれて湯気が出てきて、次第にあわが出てくるようになり、わきたつときは温度が100℃付近で変わらずに水の中から大きなあわが盛んに出てくるようになる点である。この点の指導を行うために次回の授業の冒頭で、「水をあたためたときの水の様子の変化と温度の関係を表したグラフ」と「教科書」を再度子どもが見ながら、グラフの読み取りと教師による説明を行うことにした。

加えて、「水が沸騰した時に出てくるあわは水蒸気であり、目に見えない水であること。湯気は、水蒸気が冷やされて目に見える水の小さなつぶである。」という本次の知識に関する課題が見られ、それに対する追加の指導が必要であると考えた。この点の支援を行うために次回の授業の冒頭で、教科書に記載されている図と写真を見せながら、該当の知識に関する教師による指導を行うことにした。

その他、第1次で生じた「教師が作成したIMと子どもが作成したIMの学習内容に関する質的相違が、子ども

も自身で比較した文章中にあまり見られない」という点については、追加の指導の効果が見られた。本次においては「せんせいのほうがいっぱいかいてる。」のような質的相違に関する記述に及んでいない子どもは13人から6人に減少した。この点をさらに確実にするために、次回の授業の冒頭で、学習内容に関する質的相違に及んでいる1人の子どもの文章を表示し、このような視点で比較の文章が書けたことをほめるとともに、今後も同様な文章を書くような指導を加えることにした。なお、紹介した子どもの文章は次の通りである。児童C「気体や、100°近くなどを書いてなかったの、「あ～それもあったか!」と思いました。・中略・その他、3つのすがたのことを忘れていたりしていたので、書きたしたかったです。」

なお、表3, 4に示した一覧表の俯瞰から、子どもへの指導事項に検討を加えた形成的評価に要した時間は約20分であった。それに基づいて、第9時の冒頭において子どもに対して行った指導のために要した時間は10～15分であった。

3. 第3次「水の沸騰、水の三態」

(1) 予め教師が作成したIM3

第3次では、水の蒸発と凝縮が取り扱われている。図4には、予め教師が作成して子どもに提示したIM3が示されている。

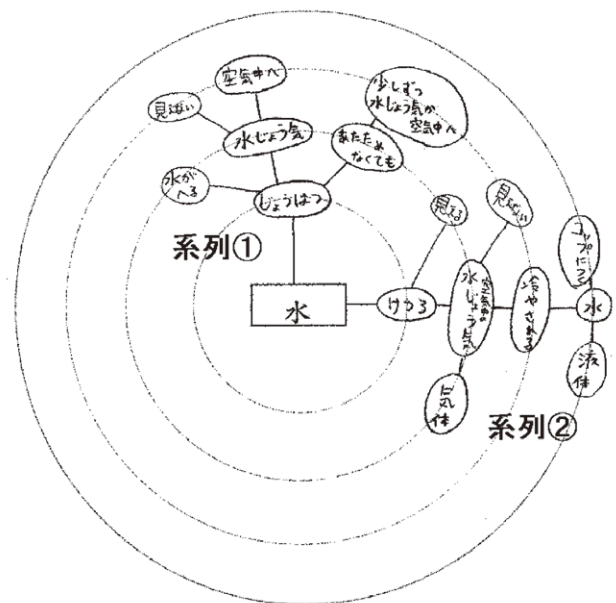


図4 予め教師が作成したIM3

図4には、第3次の学習内容である水の蒸発と凝縮に関連する2つの連想系列(系列①～②)が書き表されていることが分かる。図4中に示された2つの連想系列はそれぞれ次のような第3次の学習内容が示されている。

系列①:【水】は(あたためなくても)(空気中へ)(見えない)(水じょう気)となって(じょうはつ)していく。【水】は(あたためなくても)(少しづつ水蒸気が空気中へ)(じょうはつ)していくので、コップの中の(水がへる)。

加え、目に見えない水蒸気を介在させて理解する」の2点に課題が見られ、それに対する追加の指導が必要であると考へた。前者については「水の蒸発と結露は、水を沸騰させたり寒剤を用いて冷却したりするような大きな温度変化を伴わなくても生じる現象であることへの理解。」に関する課題に対する指導である。具体的には、水の蒸発については、室温において観察した実体験の再確認である。結露については、室温と冷水程度の温度差の条件において観察した実体験の再確認である。この点の指導を行うために次回の授業の冒頭で、観察記録及び教科書を再度子どもに見させながら、教師による指導を加えることにした。

後者については、「目に見える液体の水が目に見えない気体の水蒸気となって蒸発して空気の中に出ていくので、コップの水が減少する点と、目に見えない空気中の気体の水蒸気が結露して目に見える液体の水になってコップにつく点」に関する課題に対する指導である。この点の指導を行うために次回の授業の冒頭で、教科書に記載された第2次で学習した水の三態を表した図に加え、本次において学習した水の三態を実際の状態に置き換えた図を再度子どもが見ながら、教師による指導を加えることにした。

その他、「IMを比較して書いた子どもの文章に、教師が作成したIMと子どもが作成したIMの学習内容に関する質的相違が子ども自身でモニターできた文章記述が少ない」という点についての、1次、2次における2度の指導の効果が見られた。本次においても「同じのがあったけどほぼちがってやっぱ先生だな～と思いました。」のような質的相違に関する記述に及んでいない子どもは依然6人いた。しかし、わずか3名ではあるが「～を書くのを忘れていた。」のような、教師の書いたIMと子どもが書いたIMの連想語の有無だけではなく「おぼえるようにおさらいする。」、「少ししか書けなかったから勉強しようと思う。」のような学習意欲に通じる文章を書き出した子どもがいた。さらに加えて、わずか1名の子どもではあるけれど「この勉強で新しく習ったのは、「けつろ」、「じょうはつ」の2つ！」と明確に学習の到達点を書きだした子どもがいた。

この点をさらに確実にするために、次回の授業の冒頭で、学習内容に関する質的相違だけではなく、学習意欲や学習の到達点に及んでいる子どもの文章を表示し、このような視点で比較の文章が書けたことを大いにほめるとともに、今後も同様な文章を書くような指導を加えることにした。

なお、表5に示した一覧表の俯瞰から、子どもへの指導事項に検討を加えた形成的評価に要した時間は約20分であった。それに基づいて、第16時の冒頭において子どもに対して行った指導のために要した時間は10～15分であった。

Ⅲ. クラス全体に見られる理解状況の分析・検討

1. 形成的評価1, 2, 3に見られる課題

前章において各次ごとに実施した形成的評価により、クラス全体の理解状況に関して次の13の課題が見られることが分かった。

- ア) 水を冷やした時の水の様子の変化と温度の関係。
- イ) 水を冷やした時の体積変化。
- ウ) 沸騰する以前から水の中からあわが出ている。
- エ) 沸騰しているときには水の中から盛んにあわが出ている。
- オ) 水が沸騰しているときは温度が変わらない。
- カ) 沸騰した後は水が減ること、水蒸気を冷やすと水になる。
- キ) 水蒸気は見えない気体である。
- ク) 蒸気を冷やすと目に見える液体の水の小さなつぶの湯気になる。
- ケ) 水をあたためると水蒸気なる。
- コ) 水を冷やすと氷になる。
- サ) 水は温めなくても少しずつ水蒸気となって空気中に蒸発していく。
- シ) コップの中の水が蒸発したのだからコップの水が減る。
- ス) コップについたのは、水蒸気が冷やされた水である。

2. 単元末テストに見られる課題

(1) 単元末テストの正答率

各単元の学習終了後、学習者に単元末テストを課した。「水のすがた」単元のテストは全20問、「水のゆくえ」単元のテストは全15問で構成されている¹⁰⁾。表6には、テストの問題番号とそれぞれの問題の趣旨及び正答率が示されている。

表6より、単元末テストの小問中において正答率が80%を下回る設問は7問であり、それらの単元名と問題番号及び問題の趣旨は下のようであることが分かる。

- i) (水のすがた14) 0℃の間は液体と固体が存在
- ii) (水のすがた15) 0℃より低い温度の読み方
- iii) (水のすがた16) 沸騰時は温度は変わらない
- iv) (水のすがた18) 沸騰後は水が減る理由
- v) (水のすがた20) 水蒸気が凝縮して水になりガラス棒についた理由
- vi) (水のゆくえ13) 部屋の中にある氷水を入れたコップがぬれた理由
- vii) (水のゆくえ14) 屋外に氷水を入れたコップを置いたらコップがぬれるか否か

なお、括弧内に示されているのは、単元名と問題番号である。

(2) 単元末テストにおいてみられた課題に関する分析・検討

単元末テストの小問中において、正答率が80%を下回る問題について検討を加える。

表6 単元末テストの問題番号とそれぞれの問題の趣旨及び正答率

単元	問題番号	問題の趣旨	正答率 (%)
水のすがた	1	湯気の状態	92
	2	水蒸気の状態	96
	3	水から出るあわの状態	89
	4	水の沸点 (科学的知識)	100
	5	水が液体の状態の時のすがた	96
	6	水が気体の時のすがた	89
	7	水がおおった時の状態	96
	8	水蒸気の状態	92
	9	水を状態変化させる時の温度変化	100
	10	水が凍った時の体積増加	89
	11	寒剤の作り方	100
	12	水の凝固点をグラフから読む	100
	13	0℃までは液体だけが存在	85
	14	0℃の間は液体と固体が存在	67
	15	0℃より低い温度の読み方	63
	16	沸騰時は温度は変わらない	74
	17	沸騰後は水が減少	92
	18	沸騰後は水が減少する理由	78
	19	水蒸気が凝縮してガラス棒についた物質	82
	20	水蒸気が凝縮して水になりガラス棒についた理由	59
水のゆくえ	1	水を入れた容器に覆いをしたら水は減らない	96
	2	蒸発した水は空気中へ出ていく	96
	3	蒸発 (科学的知識)	93
	4	地面にたまった水は蒸発してなくなる	100
	5	ビニールシート上にたまった水は蒸発してなくなる	96
	6	電子天秤の置き方	100
	7	電子天秤の使い方	100
	8	結露したらコップの全体の重さが重くなる	93
	9	結露した水の出所	85
	10	結露 (科学的知識)	100
	11	水槽の水が水蒸気となって出ていく	93
	12	上記の問題と同じ身近な現象	93
	13	部屋の中にある氷水を入れたコップがぬれた理由	56
	14	上記の問題で、コップを屋外に置いた場合	63
	15	空気中の水蒸気存在	89

i) (水のすがた14) 0℃の間は液体と固体が存在

この問題は次のような内容であった。水を冷やしていくと0℃付近でしばらく温度が一定となる。この時の水の様子を選択肢 (写真とそれを説明する短い文章) から選ぶ。正答は、「氷と水がまざっている」である。表6より、正答率は67%であり、27人中9人が誤答を答えたことに

なる (以下、67%、9/27と略)。

水を冷やしたときの温度と水の様子を調べる実験では、時間の経過と水の温度及び、水の温度と水の様子を観察し、グラフを書いて時間の経過と水の温度、水の様子子の3者を関連づけて子どもに考えさせることが必要となる。形成的評価に基づいた指導を子どもに加えた時に、0℃で温度が変わらない点を重点的に説明したため、正答率が67%に留まったのではないかと考えられる。

加えて、本実験を子どもに行わせる際には、この点の観察は極めて難しい。試験管の中の水がおおる時は多くの場合、一気にこおり始めるのに加え、その時は全部こおってしまったように見える。さらに加えて、『学習指導要領解説理科編』にはこの点の観察を行うような記載は見られない。教科書には、こおり始めたときに氷と水が共存している写真は掲載されているが、この点の観察結果の例示は見られない。教科内容の視点から言うと、この時に固体の氷と液体の水が共存するのを観察させるのが望ましい。しかし、上述したことからこの時には、氷と水が共存する水の様子を観察させるのは難しいと考え、この正答率も致し方ないとも捉えられる。

次の教育実践時には、実験の場面において、氷と水が共存する場面を観察できるような工夫を加え、子どもに指示を与えたい。

ii) (水のすがた15) 0℃より低い温度の読み方

-3℃を示している温度計の写真が示され、温度を答える問題であった。表6より、63%、10/27であることが分かる。

誤答を詳細に検討した。誤答の内訳は-7℃と解答したのが1人、-17℃が2人、-4℃が1人、17℃が3人、0.7℃が2人、3℃が1人であった。これらの誤答を答えた子どもは、下に示す3つの要因が1つまたは重複したため誤答を答えたと考えられる。①温度計は0℃を境に、それより上側は0℃より高い温度を表し、それより下側は0℃より低い温度を表す。②0℃より低い温度を表記する時には、数値の前に「-」という記号を付すか、あるいは「れいか」という言葉を付す。③温度計で0℃より低い温度を示す目盛りは、下に行けば行くほど大きな値を示す。すなわち、下に行けば行くほど温度が低くなる。

-7℃または-17℃と解答した子どもに対しては、上記③が理解できる指導が必要である。17℃と解答した子どもに対しては、①、②、③が理解できる指導が必要である。0.7℃と解答した子どもに対しては、①、②、③に加え、最小目盛りの間隔が理解できる指導が必要である。3℃と解答した子どもに対しては、①、②が理解できる指導が必要である。-4℃と解答した子どもは、温度計の目盛りの読み間違えと考えられる。

この問題については、筆者らは先行研究を通して正答率が高くはならないことを予想していた⁸⁾。さらにこの点は、子どもにIMを比較させたり授業をふりかえらせたりしても、IMやふりかえりに現れにくい点である。

そのため筆者らは、実験の際にクラスの子ども全員に教師が直接指導を加えるように計画していた。しかし、突然の実験の混乱によって、直接指導が徹底しなかったため、この正答率に留まったと考えられる。実験が順調に行われれば、正答率は向上すると筆者らは考えている。

iii) (水のすがた16) 沸騰時は温度は変わらない

ビーカーに入れた水を熱したときの時間と温度の関係を表したグラフが示され、水が沸騰した後、しばらく熱し続けると、水の温度はどうなるかという問題であった。表6より、74%、7/27であることが分かる。

前述したとおり、この点についての課題は形成的評価2においても明らかになっていた。子どもへの指導を加えたにもかかわらず、単元末テストでも依然として課題として残された。

誤答を答えた7人がIMにどのような連想語を書いたのか、表3を再度検討した。7人のうち4人が、IM上に(100℃近く)及び(温度変わらない)という2つの連想語を書きだしていない。この4人は、表3中にV印がないため、IMを比較した文章記述にもこの点が見られない。同様にして表3を検討すると、残る3人のうち1人は、(温度変わらない)が見られなかった。IMを比較した文章記述も見られない。2人目は、IM上に2つの連想語を書き出していた。3人目は、IM上にはどちらの連想語も書き出していなかったが、IMを比較した文章記述に該当の意味内容の記述がある。このことから、IM上に(100℃近く)及び(温度変わらない)という連想語が見られなかったり、IMを比較した文章記述にこのことを書き出していなかった場合、この問題に誤答を答える可能性があるといえる。

今回の授業実践時には、実験結果をグラフに表して、温度が100℃近くで変わらなくなった時には、水の中から大きなあわを出しながら水が沸騰していること。すなわち、時間の変化と温度との関連づけ、温度と水のすがたとの関連づけを実験の実験の場面を含めて子どもが想起できるような時間を充分設け、IMに(100℃近く)及び(温度変わらない)という連想語を書き出すような授業展開を行いたい。

iv) (水のすがた18) 沸騰後は水が減少する理由

ビーカーに入れた水を熱した後は水の量が減る。この理由を「水」、「水じょう気」という言葉を使って文章で説明する問題であった。正答例は「熱せられた水が水じょう気となって空気中に出ていったから。」である。表6より、78%、6/27であることが分かる。

前述したとおり、この点についての課題は形成的評価2においても明らかになっていた。子どもへの指導を加えたにもかかわらず、単元末テストでも依然として課題として残された。しかし、筆者らはこの結果を予想していた。文章で書き表す問題だからである。文章で書き表す問題は子どもにとっては大変難しい。この面から考えると、6人しか誤答を答えなかったとも捉えられる。

6つの誤答を検討した。そのうち2つの誤答は次のような文章記述であった。「水をあたためてふっとしたら、水じょう気になって冷やされて湯気になったから。」この文章は、沸騰した水と湯気の間にある目に見えない部分にガラス棒を近づけたときのような文脈では妥当であるが、本問題の文脈では妥当ではない。その他2つの文章記述は、「水」と「水じょう気」という言葉は用いているが、文章中に誤概念を含む記述であった。残りの2つの文章は、無答と指定された言葉を用いていなかった。

誤答を答えた6人がIMにどのような連想語を書いたのか、表3を再度検討した。6人のうち4人に3つの連想語(水じょう気)、(見えない)、(気体)の全てがみられなかった。この4人は、表3中にV印もないため、IMを比較した文章記述にもこの点が見られない。このことから、IM上に先に挙げた3つの連想語が見られなかったり、IMを比較した文章記述にこのことを書き出さなかった場合、この問題に誤答を答える可能性があるといえる。

今回の授業実践時には、実験結果を子どもに分析・解釈させた後の結論を文章で書き表すような指導を加え、IM上に先に挙げた3つの連想語を書き出すような授業展開を行いたい。

v) (水のすがた20) 水蒸気が凝縮して水になりガラス棒について理由

「沸騰した水と湯気の間にある目に見えない部分に、ガラス棒を近づけたらガラス棒に水がつく理由について、選択肢から考える問題」であった。正答は「目に見えない部分にある[水じょう気]が、ガラス棒に[冷やされ]たから」となる。完答で正答となる。表6より、59%、11/27であることが分かる。

前述したとおり、この点についての課題は形成的評価2においても明らかになっていた。子どもへの指導を加えたにもかかわらず、単元末テストでも依然として課題として残された。

誤答を検討した。「目に見えない部分にある[水じょう気]がガラス棒に[熱せられ]たから。」という水蒸気がガラス棒で熱せられたという誤答が7人であった。その他の誤答は水が熱せられた、水が冷やされた、がそれぞれ2人ずつであった。

誤答を答えた11人がIMにどのような連想語を書いたのか、表3を再度検討した。そのうち6人はIM上に3つの連想語(水じょう気)、(冷やす)、(水)の全てが見られなかった。3人には、連想語(冷やす)、(水)2つが見られなかった。この9人は、表3中にV印が見られないため、IMを比較した文章記述もない。このことから、IM上に先に挙げた3つの連想語が見られなかったり、IMを比較した文章記述にこのことが書き出されなかった場合、この問題に誤答を答える可能性があるといえる。

今回の授業実践時には、「沸騰した水から出てきた目

に見えない水蒸気を冷やすと目に見える水になって出てくる」という実験結果を解釈するときに、実際の実験の場面を含めて子どもが想起できるような時間を充分設け、IMに水蒸気の温度変化と水のすがたの関連を書き出すような授業展開を行いたい。

vi) (水のゆくえ13) 部屋の中にある氷水を入れたコップがぬれた理由

部屋の中に氷水を入れたコップを置くとコップの外側がぬれる理由を「空気中」、「水じょう気」、「水」という言葉を使って文章で説明する問題であった。正答例は「空気中の水蒸気が氷水が入ったコップに冷やされて、水になってついたから。」となる。表6より、56%、12/27であることが分かる。

前述したとおり、この点についての課題は形成的評価3においても明らかになっていた。子どもへの指導を加えたにもかかわらず、単元末テストでも依然として課題として残された。

誤答を検討した。そのうちの1つは「空気中の水じょう気が氷水に冷やされたから。」であった。この解答は、「水」という言葉を使って説明していなかったため誤答となる。5人が答えた誤答は「空気中の水じょう気が液体の水になってくっついた。」のような文章であった。この文章には「氷水に冷やされて」という記述がないため誤答となる。「水がやがて空気中においてその水じょう気がコップのまわりにつく。」のような文章も3つあった。コップに入っていた水が一旦蒸発して水蒸気になり、それが水になってついた、と考えられる誤答である。この場合も温度変化の記述はない。その他、解釈不能の解答1、無答2があった。

上述した誤答の検討からは、正答「空気中の水蒸気が氷水が入ったコップに冷やされて、水になってついたから。」に施した下線部に相当する冷やすという温度変化に加え、二重下線部に相当する「空気中の見えない気体状態の水蒸気が見える液体の水になってでてきた」という点の理解の困難さが考えられる。

誤答を答えた12人がIMにどのような連想語を書いたのか、表5を再検討した。そのうち9人はIM上に連想語(冷やされる)が見られない。この9人は、表5中にV印が見られないため、IMを比較した文章記述もない。2つの連想語(空気中の水じょう気)及び(見えない)が見られなかったのは8人であった。IMを比較した文章記述も見られない。連想語(コップにつく)が見られなかったのは、10人であった。IMを比較した文章記述も見られない。このことから、IM上に(冷やされる)、(空気中の水じょう気)、(見えない)、(コップにつく)という連想語が見られなかったり少なかったり、IMを比較した文章記述にこのことが書き出されなかった場合、この問題に誤答を答える可能性があるといえる。

次回の教育実践時には、この場合の「冷やす」は常温から0℃付近への温度変化であることが実体験できる授業展開を工夫したい。加えて、温度変化と空気中の見え

ない水蒸気が見える液体の水にすがたを変えることがより関連づけられるような実験結果の分析・解釈の場を設け、IM上に連想語(冷やされる)、(空気中の水じょう気)、(見えない)、(コップにつく)が書き出されるような授業展開を行いたい。

vii) (水のゆくえ14) 屋外に氷水を入れたコップを置いたらコップがぬれるか否か

氷水を入れたコップを屋外に置くとコップの外側がぬれるか否かを問う問題であった。正答は「ぬれる」である。表6より、63%、10/27であることが分かる。

前述したとおり、この点についての課題は形成的評価3においても明らかになっていた。子どもへの指導を加えたにもかかわらず、単元末テストでも依然として課題として残された。

誤答を検討した。10人のうち5人は前の問題(水のゆくえ13)に続いて誤答を答えていた。残る5人は、前の問題には正答を答え、この問題は誤答であった。そのうち3人は次の問題(水のゆくえ14)では正答を答えていた。このことから、部屋の中に存在する見えない水蒸気の存在が捉えられていない場合、屋外にその考え方を適用するのは難しいことが分かる。しかしそのことが捉えられていた場合でも、設問により、状況依存的な考え方をを行う子どもも少なからずいるともいえる。

誤答を答えた10人がIMにどのような連想語を書いたのか、表5を再検討した。そのうち5人は表5における系列①において2つの連想語(水じょう気)及び(見えない)が見られない。同様に系列②においては、8人が2つの連想語(空気中の水じょう気)及び(見えない)が見られない。これらの子どもは、表5中にV印が見られないため、IMを比較した文章記述も見られない。このことから、IM上に連想語(水じょう気)、(見えない)や(空気中の水じょう気)、(見えない)が見られなかったり、IMを比較した文章記述にこのことが書き出されなかった場合、この問題に誤答を答える可能性があるといえる。

次回の教育実践時には、空気中には見えない気体状態の水である水蒸気が存在していることを、単元学習時の該当するそれぞれの箇所で子どもに捉えさせるような授業展開を行い、子どもがIM上に連想語(水じょう気)、(見えない)、(空気中の水じょう気)、(見えない)を書き出すようにしたい。

3. 単元末テストと形成的評価1, 2, 3とに見られる課題の比較・検討

ここで、単元末テストにおいて見られるクラス全体の課題(i~vii)と各次の学習後に行った形成的評価1, 2, 3に見られるクラス全体の課題(ア~ス)とを比較する。

単元末テストにおけるクラス全体の課題i)及びii)についてはア)~ス)に分類が難しい。iii)についての意味内容は、各次の学習後に行った形成的評価における

クラス全体の有する課題オ)に相当すると考えられる。同様に、iv)のそれに相当するのはカ)といえる。v)についてはク)、vi)及びvii)については、ス)といえる。

このことから、次の諸点がいえる。①形成的評価1の段階においてみられた課題ア)及びイ)は、単元末テストにおいては見られなかった。②形成的評価2の段階においてみられた課題ウ)～コ)8つの課題のうちオ)、カ)、ク)は、単元末テスト後も依然として課題として残された。③形成的評価3の段階においてみられた課題サ)～ス)のうち、ス)が単元末テスト後も依然として課題として残された。以上の3点である。

これらのことから、第1次の学習内容である「水の凝固」に関しては、形成的評価1とそれに基づく後の学習指導によって、単元末テスト時においては課題として現れてこなかったといえる。第2次の学習内容である「水の沸騰、水の三態」に関しては、形成的評価2とそれに基づく後の学習指導によって、8つあった課題のうち5つの課題については理解が進み、これらの点については、期末テスト時においては課題となっていなかった。しかし、オ)「水が沸騰しているときは温度が変わらない。」、カ)「沸騰した後は水が減ること、水蒸気を冷やすと水になる。」、ク)「蒸気を冷やすと目に見える液体の水の小さなつぶの湯気になる。」についての3点は、単元末テスト時においても依然として課題となっていた。第3次の学習内容である「水の蒸発と凝縮」に関しては、形成的評価3とそれに基づく後の学習指導によって、3つあった課題のうち2つの課題については理解が進み、これらの点については、単元末テスト時においては課題となっていなかった。しかし、ス)「コップについたのは水蒸気が冷やされた水である。」については、単元末テスト時においても依然として課題となっていた。

おわりに

1. 授業実践全体を俯瞰する観点から

(1) 授業時数

授業実践に要した授業時数の面から授業のまとめを行う。本授業実践において「水のすがた」単元は、標準7時間扱いのところ、単元末テストを含めて9時間の授業時数で行われた。同様に「水のゆくえ」単元は、標準6時間のところ7時間であった。2つの単元を合わせて標準13時間のところ、16時間を要している。3時間の追加の授業時数となった。

ここで追加された3時間の内訳を検討する。表1に示されているように、「水のすがた」単元では2度、形成的評価に基づく指導をそれぞれ10～15分の時間を取って行っている。「水のゆくえ」単元では、1度の形成的評価に基づいて10～15分の時間を取って、子どもに指導を加えた。仮に、3度の形成的評価の後に子どもに加えた指導時間をそれぞれ最大の15分とした場合、合計で45分である。すなわち1回分の授業の追加といえる。単元末テストは、1回45分の授業時間を全て使っては行わない。

2度の単元末テストを行った時間を、1.5回分の授業時間を費やしたと仮定すると、2つの単元の合計の標準時数に加えて、1.5回分の授業時数の追加に留まっている。「水のすがた」単元は7時間扱い、「水のゆくえ」単元は6時間扱いなので、双方の単元における標準時数にプラス1回のゆとりの時数の範囲内で授業を終えている。この面からは、筆者らの提案した枠組みでの授業展開は、公立学校の日々の授業においても無理のない授業時数で単元の授業を終える可能性があるといえる。

この点について、授業を担当した小学校教師と意見交換を行った。ここでは「そんなに多い時数オーバーではないので、ゆとりの時数の範囲内で授業を終えられると思います。」「子どもの実態と指導者の考え方によっては、もう少し短くまとめても良いし、もう少し多くの時数を使っても良いのではないか。」という意見が得られた。

(2) 学習内容の理解

単元の学習内容が子どもにとってどれだけ理解されたのかという面から授業のまとめを行う。形成的評価1, 2, 3を行った時に見られた課題の数はそれぞれ2, 8, 3であった。形成的評価に基づいて行った後の学習指導にもかかわらず、単元末テストにおいても現れた課題の数は依然としてそれぞれ0, 3, 1となっており、13のあった課題が4に減少したとも考えられる。それとともに、0℃の間は液体と固体が存在する点の理解に加え、0℃より低い温度の読み方の理解に関する課題の2つが付け加えられたといえる。

その結果、2つの単元全35問全体を通した単元末テストの平均正答率は88%であった。小学校における単元末テストでは、一般的に正答率80%以上が求められる。加えて、筆者らが行った先行研究において、他の年度、他の小学校で、IMを子どもが自らの学習をふりかえるためのツールとしてのみ使ったクラスの単元末テストの平均正答率83%よりも大きな値が得られている⁸⁾。集団が異なるので直接的な比較は極めて難しいが、筆者らの受けた印象からも、形成的評価に基づいて指導を加えたクラスの方が理解度がよいように思われた。しかし本研究では、実験群と統制群をつくり子どもの理解に関する評価を行っていない。加えて、本授業実践において子どもが書いたIMに定法による分析も加えていない。このことから、明らかになった子どもの学習状況が妥当であるとは確定できない。このような本研究の限界を克服するために、筆者らがこれまでに確立した授業評価方法で、IM及びIMを比較した文章記述に検討を加え、両者が合致した結果になるか否かの検討が今後の課題として残された。

この点について、授業を担当した小学校教師と意見交換を行った。「単元末テストの平均点が、悪くなく良かったです。子どもが(単元の学習内容)をどこまで理解できたのか、どういう捉えをしているのかということ把握した上で、後の学習指導で課題を指導できたのが、

テストの点が良かった原因だと思います。」という意見であった。

2. 「指導と評価の一体化」を図る授業展開の観点から

「指導と評価の一体化」という観点から、実践された授業に検討を加える。

(1) 教師が予め作成するIM

単元の授業の前に教師が予めIM1, 2, 3をまとめて作成した。この時、3枚で約2時間の作成時間が必要であった。しかし、筆者らはこのことを予想していた。なぜならば、教師も子どももIMを書くのが初めてだったからである。これを機会に、理科の時間に限らず授業の場面において、子どもにある程度継続的にIMを書かせると子どものIMの書き方が上達する。そして、そのIMを教師が見ていると、子どもがどのような意図でどのような言葉とそのつながりをIM上に書き出すかが分かるようになる。そうすると、教師自身がIMを書く時でも、IM上に何を意図してどのような言葉をどのように書き出せばよいか簡単に分かり、IMを書く時間が短縮できると考えている。

この点について、授業を担当した小学校教師と意見交換を行った所、「その通りです。」という意見が返された。

(2) IMの作成と教師が作成したIMとの比較

連想語の一部が蜘蛛の巣のようにつながったIMや、連想ゲームのように連想語が連なったIMも一部には見られたが、それらは筆者らの想定範囲内であった。そのため、子どもが作成したIMは概ね妥当であると筆者らは判断した。この面からは、IMを作成する際に子どもに対して口頭で行った指示が妥当であったと考えられる。

IMの比較の際には、教師が作成したIMを子どもが一つのゴールとして見据えながら、自分の書いたIMと比較して、学習内容に関する質的な違いを連想語と連想系列からみつけさせようと、口頭でI章3.のような指示を子どもに与えた。しかしながら、形成的評価1の段階において、子ども自身で質的相違がモニターできた文章記述が少なかった。そのため、IMを比較させる際に、子どもに口頭で与える指示については検討の余地が残されたと考える。

この点について、授業を担当した小学校教師と意見交換を行った。「どのような声かけをすれば、子どもたちが妥当な比較の文を書くかが課題でした。でも、今すぐには（どのような声かけをすればいいのかが）分からないので、（同じような授業を）何回かやってみたくて思っています。」という意見であった。

(3) 形成的評価の実施と指導事項の検討

形成的評価を実施するために、子どもがIM上に書いた連想語を一覧表にまとめるために要した時間は60~70分であった。その後の子どもに加える指導事項の検討に

は15分程度要している。すなわち、形成的評価の実施と指導事項の検討で75~85分の時間を要している。この所要時間についても、筆者らの予想通りであった。教師がIMの集計に習熟すると、所要時間の短縮が見込まれて1時間（60分）内外の所要時間で、形成的評価と指導事項の検討ができると考えられる。だが筆者らは、形成的評価と指導事項の検討が1時間内外の時間で終わるとしても、平日頃の授業への適用は難しいと考えた。なぜならば、筆者らが提案した枠組みでの授業実践のためには、予め教師が各次のIMを作成する時間の確保も必要であるからである。これらのことを考え合わせると、年に一度、単元または小単元の研究授業を行うくらいの頻度が妥当ではないかと考えた。

この点について、授業を担当した小学校教師と意見交換を行った。教師がIMの集計に習熟すると時間短縮が行われるという点に加え、年に一度程度の頻度が良いという点の双方とも筆者らの考えと同様であった。さらに加えて、授業を担当した小学校教師から、筆者らが提案した枠組みでの授業実践を日々の授業で行うに当たって、次のような提案があった。（予め教師がIMを作って学習内容を把握しているのだから）「今回のようにIMに書き出された連想語と連想系列を一つ一つ丁寧にチェックできなかったとしても、子どもの（書いた）IMを目を通す程度でもどこが足りないか分かり、後の学習指導に生かせるのではないかと思います。感覚的なところもあるかもしれませんが。」という提案である。さらに続けて（前に言ったように簡潔にIMを読み取っても良いのなら）「普段のより多くの授業でできるのではないかと考えています。」という提案もあった。これは、筆者らが予想しない一歩踏み込んだ提案であった。この点については、今後、実施可能か否かについて早急に検討を加えたい。

(4) 形成的評価に基づく後の学習指導

この部分は通常の授業による指導を行った後、形成的評価を行い、明らかになった課題を補充するための後の学習指導である。本研究において最も主要な部分ともいえる。学習内容の理解に対する指導と、IMを比較して子どもが学習内容をふりかえる部分に対する指導に分けられる。

前者については、明らかになった学習内容の理解に対する課題について指導を加えるわけであるから、教科書やノート、あるいはワークシートを用いた口頭による学習内容の想起が指導の中心となる。口頭による教師の一方的な知識の伝達を子どもが受容するだけの指導にならないように、可能な限り実物の実験結果やグラフ、ワークシート、ノート上に書かれた授業の結論を用いて、子どもが学習内容をよく思い出した上、子ども自身が納得するような指導が必要である。

後者については(2)において既に言及している。比較1, 2, 3の際の口頭による子どもへの指示のしかたに加え、指導の際に教師がどのような比較の文章を書くこ

とを期待しているのか、という点が子どもによく分かるような指導が必要である。そのため、子どもへの声かけの改善とともに、子どもが書いた望ましい文章記述を子どもに例示した上共有して、教師が書いたIMと子どもが書いたIMとの質的相違が分かるような指導を加えたい。

3. まとめ

IMの活用による「指導と評価の一体化」を図る小学校理科の授業を実践した。

教師の授業づくりを含む指導と評価を一体化する授業は次のように展開された。①授業前に約2時間の時間をかけて、各次の学習内容が網羅されたIMを教師が予め作成した。②各次の学習の後、子どもはIMを作成するとともに、教師が予め作成したIMとの比較を行った。③簡潔な授業評価方法を用いて、教師は子どもが書いたIMを約1時間かけて集計し、それに基づいて学習途中における形成的評価を15～20分間で行なった。④形成的評価によって明らかになった課題を、次時の授業の冒頭で10～15分間かけて指導した。⑤単元の授業は、標準時数に加えゆとりの時数の範囲内で行われた。行われた授業に検討を加えると、各次の学習の後現れた諸課題は単元末テストにおいては概ね減少していることが明らかになった。

これらの面から捉えると、筆者らが提案した枠組みでのIMの活用による「指導と評価の一体化」を図る小学校理科授業の実践は、概ね所期の意図を達成したと思われる。しかし、前にも述べているが本研究では、授業データに量的検討を加えていないという評価に関する研究上の課題が残されている。この点は、著者4名のうち大学教員に残された今後の課題といえる。だが、子どもを前にして教壇に立つのは小学校教師である。この面から、IMの活用による「指導と評価の一体化」を図る小学校理科の授業づくりの在り方について、検討を加えたい。

小学校教師が「指導と評価の一体化」を図る授業を日常のかつ継続的に行うために解決すべき点は、授業外で教師が行う2つの活動に対する時間短縮であると考えられる。一点目は、予め教師がIM作成するために必要な時間。二点目は、IMを集計するために必要な時間。

前者について筆者らは教員研修の場において、IMを活用した小学校理科単元の授業づくりを支援する取り組みも行っている¹¹⁾。この研修を終えた小学校教師のIMに対する代表的な考えは次のようであった。一つは、IMを単元のねらいや学習内容、観察・実験の内容と方法が明確にできるツールとして捉えている。今一つは、IMは自分が指導するために作るマップであるが、自分自身の単元の捉えをふりかえるツールとしても使えると捉えている。このことから、IMは授業づくりの際に便利に活用できるツールであることを小学校教師自身が捉えれば、IMを活用した授業づくりが多くの教師によって行われる可能性があるということである。今後、IMの活用による「指導と評価の一体化」を図る小学校理科

の授業づくりのためには、IMを活用する授業づくりの良さが教師自身が実体験するような啓蒙活動をより多く行うことが必要である。一度でよいので、IMを活用した授業づくりの実体験を通してIMの扱いに習熟する。これによって、予め教師が作成するIMのために必要な時間が短縮でき、さらにIMを活用した授業づくりの負担感が軽減されると考えられる。

後者については、本章2-(3)において既に述べているように、筆者らが提案した枠組みでの簡潔な授業評価方法ではなく、IMの扱いに習熟した教師によって、子どもが書いたIMを直接読み取る方法が考えられる。今後、IMの活用による「指導と評価の一体化」を図る小学校理科の授業づくりのために、教師がIMの取り扱いに習熟しているとの制限はつくが、IMに書き出された連想語と連想系列を直接読み取っていくことを検討したい。これによって、子どもが書いたIMの集計のために必要な時間が短縮でき、さらにIMを活用した授業づくりの負担感が軽減されると考えられる。

註

- 1) 教育課程審議会：「児童生徒の学習と教育課程の実施状況の評価の在り方について（答申）」,2000. (http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/old_chukyo/old_katei2000_index/toushin/1310309.htm, 2014年6月30日確認)
- 2) 水越敏行他：「映像視聴能力の形成と評価に関する実証的研究」,『放送教育研究』,Vol.10,pp.1-20,1980.
- 3) 栢野彰秀：「いろいろなエネルギーを実感をもって理解させる小学校エネルギー教育カリキュラムの開発」,『エネルギー環境教育研究』,Vol.2,No.2,pp.1-9,2008.
- 4) 栢野彰秀,森健一郎：「いろいろなエネルギーを実感をもって理解させる中学校理科実験教材の開発」,『エネルギー環境教育研究』,Vol.3,No.2,pp.11-18,2009.
- 5) 栢野彰秀他：「エネルギー・環境教育的アプローチを導入した高等学校化学に関する実践的研究」,『科学教育研究』,Vol.24,No.1,pp.40-48,2000.
- 6) 栢野彰秀,森健一郎他：「イメージマップを用いた学習支援に関する実践的研究」,『北海道教育大学紀要（教育科学編）』,Vol.61,No.2,pp.229-241,2011.
- 7) 廣島亨,栢野彰秀,森健一郎：「イメージマップを利用した学習のふりかえり」,『北海道教育大学教職大学院研究紀要』,Vol.5,印刷中.
- 8) 栢野彰秀,廣島亨,森健一郎：「イメージマップを活用した形成的評価に基づく授業づくりのための基礎的研究—小学校理科第4学年「水のすがた」,「水のゆくえ」単元を事例として—」,『島根大学教育学部紀要』,Vol.47,pp.29-40,2013.
- 9) 表中の○印は学習内容の概略、?印は学習課題、・印はまとめ、◎印は比較、☆印は形成的評価に基づく指導、□印は単元末テストを示す。
- 10) 授業対象となった公立小学校が採択する教科書に準拠させて作成された市販の業者テストである。

- 11) 栢野彰秀,森健一郎:「イメージマップを用いた小学校教員の授業づくり支援の試み」,『島根大学教育臨床総合研究』,Vol.13,pp.125-138,2014.