

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—

栢野 彰秀*・廣島 亨**・森 健一郎***

Akhide KAYANO and Tooru HIROSHIMA and Ken-ichiro MORI
Fundamental Study of a Lesson-Making Using Image Mapping Test by Formative Assessment
-Through Lessons of an Elementary School Science Unit on "Water and Its Changes of State"-

要 旨

本研究の目的は、イメージマップを分析するためのデータ処理方法に工夫・改善を加えて、教師がこれから行う小学校理科授業の授業づくりにイメージマップの分析に基づいた形成的評価が活用できるようにするための第一次資料を得ることである。上述した目的を達成するために、まず最初に各小単元の学習終了後、子どもが書いたイメージマップと予め教師が書いたイメージマップを比較させた。次いで、それから得られたデータに、本研究において筆者らが新たに提案した簡潔な授業評価方法に基づいた授業評価を行った。

その結果、本研究において筆者らが新たに提案した簡潔な授業評価方法は、次の2点の特徴を持つことが明らかになった。第一に、単元の学習内容に関する知識・理解に関する子どもの学習状況がモニターできるだけでなく、観察・実験時の技能やグラフの読み取りといった、単元の学習内容に関する技能・表現についての学習状況もモニターできる可能性がある。第二に、単元末テストにおいて測定される知識やスキルだけでなく、テストに出題されなかった単元の学習内容をより広くモニターできる可能性がある。

これらのことから、本研究において筆者らの提案した文脈で、教師がこれから行う小学校理科授業の授業づくりにイメージマップが活用できる可能性が明らかになった。今後研究を進めて検討を加える価値があり、教師がこれから行う小学校理科授業の授業づくりにイメージマップを活用するための第一次資料が得られた。

【キーワード：小学校理科，イメージマップ，授業づくり，形成的評価】

はじめに

筆者らはこれまで、「イメージマップ（以下、IMTと略）を授業中に学習支援ツールとして活用できないか」という問題意識の下で実践研究¹⁻⁶⁾を進め、小学校及び中学校の理科授業においてIMTが学習支援ツールとして授業中に有効に作用することを明らかにした^{7,8)}。

これら一連の研究のまとめとして、筆者らは次の2点の報告を行った⁶⁾。第一に、IMTを授業中に学習支援ツールとして活用する時、子どもがIMTを比較するが、このときの比較の仕方について今後検討の余地がある。第二に、IMTは授業づくりに活用できる可能性がある。前者についてはこれまでの研究の早い段階で、先輩が書いたIMTを推薦されるマップとして子どもに提示し、子どもが書いたIMTと比較させるという手法を提案した⁵⁾。しかし、先輩が書いた多くのIMTの中から、推薦されるマップとして何枚かを抽出するのが極めて難しかったことを報告している⁶⁾。後者について筆者らのこれまでの研究では、IMTが学習支援ツールとして授業

中において有効に作用するか否かを明らかにするのが主眼となっていた。そのため、授業後に膨大なデータを分析・解釈する必要があった。この点から、IMTに加えるデータ処理方法に工夫・改善を加えて、教師がこれから行う授業の授業づくりにIMTを活用できるようにする必要性が今後の課題として導出できる。

これまでの研究で得られた知見を活かしつつ研究をさらに深め、「教師がこれから行う授業の授業づくりにIMTを活用できるようにするにはどのような工夫・改善を加えたらよいか」という点を検討し、今後の研究の方向性を明らかにしたいという点が筆者らが本研究に取り組んだ問題意識である。すなわち、教師がこれから行う授業の授業づくりにIMTを活用するための第一次資料を得ることが本研究の目的となる。

上述した研究目的を達成するために、次のような研究方法をとった。

第一に、筆者らのこれまでの研究で得られた知見を活かし、子どもが授業中にIMTを比較する方法について、筆者らの先行研究よりさらに工夫・改善を加えた小学校

* 島根大学教育学部自然環境教育講座

** 北海道釧路市立共栄小学校

*** 北海道教育大学釧路校

理科授業を実践した。

第二に、筆者らは本研究において、子どもが作成した I M T と子どもが I M T を比較した際に得られるデータに簡潔に分析・検討が加えられる新たな授業評価法を提案した。

第三に、筆者らが提案した新たな授業評価方法に基づき、実践された小学校理科授業の評価を行った。

第四に、筆者らが提案した文脈に基づいて行われた授業評価を筆者らの先行研究及び単元末テストの結果と照らし合わせ、筆者らが提案した授業評価方法に検討を加えることで、教師がこれから行う授業の授業づくりに I M T を活用するための第一次資料を導出した。

I. I M T の比較方法に関する検討

1. I M T の概略

図 1 には、I M T の例が示されている。

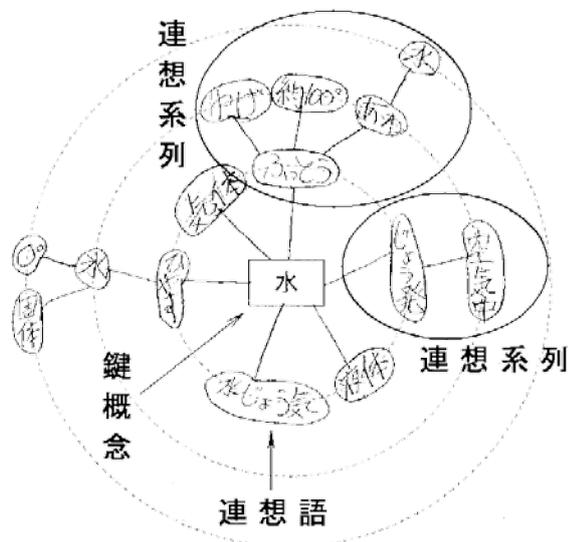


図 1 I M T の例

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. 筆者らの先行研究における I M T の作成時期と比較方法

(1) I M T の作成時期

筆者らの先行研究では、次の時期に子どもに I M T を作成させていた。第一に、単元学習における最初の小単

元の学習前。第二に、各小単元の学習の終了ごと。第二に、最後の小単元の学習終了後。

すなわち、ある単元が 2 つの小単元から構成されている場合、子どもは 3 度 I M T を作成することになる。なお、子どもが何度か作成する I M T の鍵概念は全て統一していた。

(2) I M T の比較方法

I M T の比較方法は次の通りであった。第一に、子どもが単元学習における最初の小単元の学習前に作成した I M T と最初の小単元の学習後に作成した I M T を比較し、自分の学習をふりかえり気づいたこと、わかったことを自己評価し文章で書き表す。第二に、最初の小単元の学習後に作成した I M T と 2 番目の小単元の学習後に作成した I M T を比較し、自分の学習をふりかえり気づいたこと、わかったことを自己評価し文章で書き表す。第三に、単元の学習で作成した全ての I M T を比較し、自分の学習をふりかえり気づいたこと、わかったことを自己評価し文章で書き表す。

単元が 3 つ以上の小単元で構成される場合、同様に比較を繰り返す。だが、筆者らの先行研究では、1 つの単元が 4 つ以上の小単元で構成されていた場合、幾つかの小単元のまとまりごとに I M T の鍵概念を変更した I M T を作成させていた。すなわち、同じ鍵概念での I M T の作成は 4 回を上限としていた。I M T を 4 回作成した場合は、最初の小単元の学習前に作成した I M T は、全ての I M T を比較する際には用いなかった。すなわち、子どもが比較するのは 3 枚の I M T が上限となっていた。

3. 本研究において採用した I M T の作成時期と比較方法

(1) I M T の作成時期

筆者らの先行研究において、単元学習における最初の小単元の学習前に子どもに I M T を作成させるのは、単元学習に臨む子どもが授業に持ち込む既有知識や既有概念を明らかにするためであった。この点は、これまでの先行研究において、対象となる鍵概念に対して、それまでの子どもの生活体験から連想するイメージや考えが中心となった連想系列を含む I M T を作成することが明らかになっている^{3, 5, 6)}。そこで本研究においては、最初の小単元の学習前には I M T を作成させないことにした。すなわち、各小単元の終了後だけに子どもに I M T を作成させるのである。このことにより、I M T の鍵概念が各小単元ごとに変更可能となるとともに、より小単元の学習内容に合致した鍵概念が設定できる。

(2) I M T の比較方法

前述したように、筆者らのこれまでの研究の早い段階で、I M T の比較方法については検討を加える必要があることは認識していた。これは次の 2 点からの考えからである。

第一に、子どもが作成したIMTは、必ずしも小単元の学習内容全てが書き表されているとは限らない。そのため、充分とはいえない複数枚のIMTを比較させても良いのであろうか。

第二に、単元学習における最初の小単元の学習前に作成したIMTと最初の小単元の学習後に作成したIMTの比較の時期には、子どもが学習前に有していた既知知識や既存概念と最初の小単元の学習内容の差異点が比較できた。しかし、それ以降の比較の時期では、前の小単元の学習内容と今学習を終えた小単元の学習内容との比較に留まるのではない。

そこで本研究では、前者の点を克服するための工夫として、各小単元の学習終了後に子どもが作成したIMTと比較するIMTは、授業前に予め教師が作成したIMTを提示することにした。このことにより子どもは、小単元の学習内容が網羅されたIMTと自分が作成したIMTとの比較が可能となる。後者の点を克服するための工夫としては、各小単元の学習の終了後に、子どもが作成したIMTと予め教師が作成したIMTを比較し、自分の学習をふりかえり気づいたこと、わかったことを自己評価し文章で書き表して、IMTを比較することにした。このことにより、各小単元の学習内容そのものを可視化した2枚のIMTを子どもが比較可能となる。

II. 授業展開の概要

子どもが授業中にIMTを比較する時期と方法について、筆者らのこれまでの研究よりさらに工夫・改善を加えた小学校理科授業の実践を行った。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14時間で構成され、2013年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26人（男子13人、女子13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、第3学年時からIMTを活用した理科授業に慣れており、IMTの作成には習熟している。表1には、授業展開の概要が示されている。

表1から分かるように、教科書に基づいた単元の授業に、IMTを作成する活動を導入し、作成したIMTと教師が予め作成したIMTを比較する授業計画である。

表1より、学習内容は3つの部分に分けられる。

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4～7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。

表1 授業展開の概要

単元	次	時	授業展開の概要
水のすがた	1	1 5 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 ◎ IMT1の作成と教師の作成したIMT1との比較
	2	4 5 7	○ 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 ◎ IMT2の作成と教師の作成したIMT2との比較
水のゆくえ	3	8 5 14	? 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 ◎ IMT3の作成と教師の作成したIMT3との比較

第3次（第8～14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IMT及び予め教師が作成するIMTの鍵概念は【水】とした。

III. 簡潔な授業評価方法の提案

1. 授業評価の視点

筆者らの先行研究では、子どもが作成したIMTやIMTを比較して書き出した文章を授業当日や次回の授業において、クラス内に紹介して共有したり、子どもが作成したIMTや比較して書き出した文章に対して教師がコメントを加えることは行わなかった。子どもが単元や小単元の学習内容を自分なりに可視化したIMTを作成するとともに、それらを比較し、自分の学習をふりかえり気づいたことや分かったことを自己評価し文章で書き表しただけであった。

子どもが作成したIMTやIMTを比較して書いた文章は、子どもの今の状態の考えや知識の獲得状況が示されている。これらを次時の授業や続く小単元における形

成的評価の材料として活用できるならば、単元学習の結果子どもに育成すべき考えや知識がより身につくような授業づくりが可能となると考えられる。すなわち、子どもが作成したIMTやIMTを比較して書いた文章を次時の授業や続く小単元の授業にフィードバックできる簡潔なIMTの評価やIMTを比較して書いた文章の評価が可能となればよいのである。

2. 授業評価の手順

本研究では、IMT及びIMTを比較して子どもが書き出した文章が簡潔に評価でき、次の授業や続く小単元の授業づくりに活用できる次のような方法を提案する。本授業実践における、水の凝固が学習内容となっている第1次を例にしてその手順を説明する。

(1) 小単元の学習内容が書かれたIMTの準備

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。図2には、予め教師が作成して子どもに提示したIMT 1が示されている。

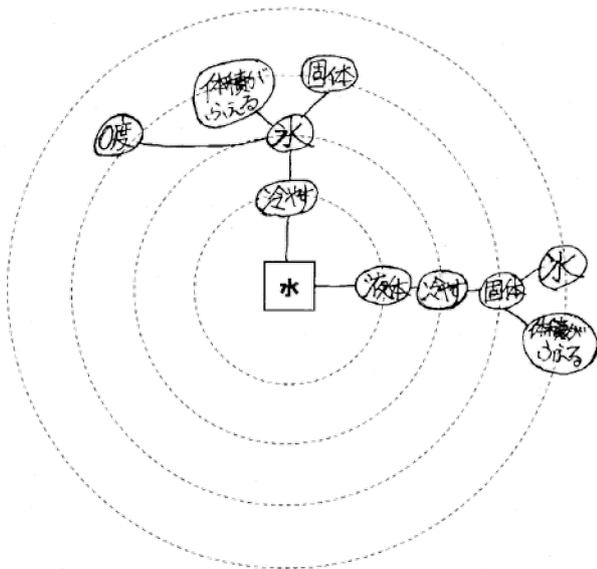


図2 予め教師が作成して提示したIMT 1

図2には、本小単元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ことが分かる。【水】から(冷やす)を経て書かれている連想系列には、「【水】は(液体)で(冷やす)と(固体)の(氷)になり(体積がふえる)」という学習内容が示されている。【水】から(液体)を経て書かれている連想系列には、「【水】を冷やすと(0度)で(固体)の(氷)になり(体積がふえる)」という学習内容が示されている。このように小単元の学習内容が書き表されたIMTを授業前に予め教師が準備する。

(2) 学習者ごとの連想の状況と時期を書き込む一覧表の準備

上記(1)で論じたように、予め教師が作成して子どもに提示したIMTには、小単元の学習内容が網羅された連想系列が書き込まれている。予め教師が作成したIMTに書き込まれていた連想語を表の横に並べ、学習者番号が縦に並ぶ表2のような一覧表の書き込み枠を作成する。

表2 学習者ごとの連想の状況と時期を書き込む一覧表

連想語 学習者番号	0度	液体	氷	固体	体積が 増える	冷やす
1						
2						
3						
4						
5						

(3) 子どもが作成したIMTとIMTを比較して自己評価した文章の回収

小単元の授業終了後に予め教師が準備したIMTと同じ鍵概念(図2の場合、【水】)が書き込まれたIMTを子どもが作成する。その後、子どもが作成したIMTと予め教師が作成したIMTを比較し、自分の学習をふりかえり気づいたこと、わかったことを自己評価し文章で書き表させる。

授業終了後に、子どもが作成したIMTとIMTを比較して自己評価した文章を教師が回収する。

(4) 学習者ごとの連想の状況と時期を書き込む一覧表の作成

上記(3)において回収した、子どもが作成したIMTを教師が見ながら、クラスの子もそれぞれについて一覧表に書かれた連想語が書かれていれば○印を記入する。ただし、子どもが作成したIMT上に一覧表に書かれている連想語があった場合でも、IMT上に書き出された連想系列を教師が俯瞰して、教師の意図する単元の学習内容と異なっている連想を子どもがしている教師が判断した場合、○印は記入しない。

次に、上記(3)において回収したIMTを比較して書いた文章について、一覧表に書かれた連想語とそれに基づく連想系列と関連する意味内容の文章があるか否かを、教師がそれぞれの子どもの文章を読みながら検討を加える。この時、子どもが既にIMTにも書いており、さらにIMTを比較して書いた文章中にも記述がある連想語・連想系列の場合、先ほど一覧表に書き込んだ○印の中に小さな○印を書き込み、◎とする。子どもがIMT中には連想語として書かなかったが、予め教師が準備したIMTと子どもが書いたIMTを比較して書いた文章中に、一覧表に書かれた連想語とそれに基づく連想系列に関連する意味内容の記述があった場合、√印を表中に書き込む。表3に、作成した一覧表の例を示す。

表3 学習者ごとの連想の状況と時期一覧表の例

連想語 学習者番号	0度	液体	氷	固体	体積が 増える	冷やす
1	○	○	○	○	○	
2						○
3		○	○			○
4	◎	◎	◎	◎		▽
5	▽		○		▽	

すなわち、一覧表中の○印、◎印、▽印、空欄は次のような意味となる。○印；子どもがIMT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IMTに加え、子どもが作成したIMTと教師が予め作成したIMT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IMT中には書き出されなかったが、IMTを比較した文章中には書き出している。空欄；IMTにも比較した文章にも書き出していない。

(5) 学習者ごとの連想の状況と時期に関する一覧表から個人及びクラス全体の理解の状況を読み取る

上記(4)で作成した一覧表を教師が見ながら、小単元の学習内容に対する個人の理解状況とクラス全体のそれを読み取る。

(6) 一覧表から読み取った個人及びクラス全体の理解の状況を次時の授業や続く小単元の授業に活用する

子どもが作成したIMTやIMTを比較して書きだした文章は、子どもの今の状態の考えや知識の獲得状況が示されている。クラス全体の傾向も同様である。上記(5)で読み取った個人及びクラス全体の理解の状況を、次時の授業や続く小単元の学習のための形成的評価の材料として利用する。ただし、(6)は本授業実践においては行っていない。

IV. 簡潔な授業評価のための一覧表の作成とクラス全体の理解状況の読み取り

表1から分かるように、学習者ごとの連想の状況と時期に関する一覧表は第1次及び2次、3次の学習の最後に子どもが書いたIMTに加え、教師が予め作成したIMTを比較し書き出した文章から作成される。

1. 第1次(水の凝固)の学習終了後

(1) 一覧表の作成

第1次の学習内容が示されている予め教師が作成して子ども提示したIMT1は図2に示されている。図2及び、第1次の学習終了後回収した子どもが作成したIMT1及びIMT1を比較して書き出した文章をもとに、第三章2.に基づいて、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4に示した。

表4 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

連想語 学習者番号	0度	液体	氷	固体	体積が 増える	冷やす
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		○	○	○		

(2) クラス全体の理解状況の読み取り

クラス全体の理解の理解状況は、表4全体を教師が俯瞰すれば傾向が分かる。

図2には、「【水】は(液体)で(冷やす)と(固体)の(氷)になり(体積がふえる)。」及び「【水】を冷やすと(0度)で(固体)の(氷)になり(体積がふえる)。」という第2次の学習内容に関する連想系列が書き出されている。

これらの連想系列のうち、筆者らが上の文章に二重下線を施した箇所に関する記号が表4中に書き込まれている数が他より少ないことが分かる。加えて、筆者らが上の文章に下線を施した箇所に関する記号が表4中に書き込まれている数は、下線及び二重下線が施された箇所より少ない傾向が見られる。

このことからこのクラスは、水は固体の氷になることについては捉えているといえる。しかし、水を冷やした時の水の様子の変化と温度の関係を書き表したグラフの読み取りに加え、その時の体積変化と体積変化に関する理解に課題が見えることもいえる。

本論文の文脈からは離れるが、個人の理解状況の読み取りについて簡単に論じる。表4より、学習者番号1番の子どもは、「液体の水は水は0度で固体の氷になり、この時体積が増える」を意味する連想系列をIMT中に書きだしているが、水を冷やして(温度を変化させると)

氷になる、点は書き出していないことが分かる。さらに、IMTを比較した文章中には、単元の学習内容に関連する文章は書き出していないことも分かる。同様に、学習者番号9番の子どものIMTには、「【水】は(液体)で(冷やす)と(固体)の(氷)になり(体積がふえる)」という連想系列が書き出されていることが分かる。加えて、自らが作成したIMTには、水が0度でこおることを書き出していなかったが、IMTを比較した際にこの点に気づいて、比較した文章中に書き出したことも分かる。その他、学習者番号11番の子どもは、自らが作成したIMTにも、IMTを比較した文章中にも、第1次の学習内容を書き出していないことが分かる。

同様に、このクラスの全ての子どもそれぞれの第1次の理解状況については、表4の学習者番号の行を横に見ていけばその状況を教師は読み取れる。以後、学習者ごとの連想の状況と時期に関する一覧表の読み取りに当たっては、紙幅の都合で学習者ごとの理解状況の記載は割愛する。

2. 第2次(水の沸騰と水の三態)の学習終了後

(1) 一覧表の作成

第2次の学習内容が示されている予め教師が作成して子どもに提示したIMT2を図3に示す。



図3 第2次の学習終了の際に予め教師が作成し子どもに提示したIMT2

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4つの連想系列(①~④)が書き表されることが分かる。図3中に示された4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)と目に(見える)(液体)の(湯気)になる。【水】を(あたためる)と(あわ)が出てきてその(あわ)はだんだん(大きくなる)。(あわ)は(水蒸気)で(見えない)(気体)。【水】を(あたためる)と(100℃)で(ふつと)する。

系列②;【水】は(水じょう気)になり、(冷やされる)と目に(見える)(水の小さなつぶ)でできた(湯気)になる。

系列③;【水】を(冷やす)と(0℃)で(こおる)。【水】は(固体)になる時に(体積が大きくなる)。

系列④;【水】の(温度)を(変える)と、(水じょう気)や(氷)に姿を変える。

図3及び、第2次の学習終了後回収したIMT2及びIMT2を比較して書き出した文章をもとに、表4を作成したのと同様な手続きを経て、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を作成し、表5に示した。以後同様な手続きを経て、系列②に関する一覧表を表6に、系列③に関する一覧表を表7に、系列④に関する一覧表を表8に示した。

(2) クラス全体の理解状況の読み取り

① 系列①

クラス全体の理解の状況傾向を表5全体を俯瞰して読み取る。

表5中の系列①には、「【水】を(あたためる)と目に(見える)(液体)の(湯気)になる。【水】を(あたためる)と(あわ)が出てきて(あわ)はだんだん(大きくなる)。(あわ)は(水蒸気)で(見えない)(気体)。【水】を(あたためる)と(100℃)で(ふつと)する。」という連想系列が書き出されている。

これらの連想系列のうち、筆者らが上の文章に二重下線を施した箇所に関する記号が表5中に書き込まれている数が他より少ないことが分かる。このことからこのクラスは、次の3点については、概ね適切に捉えているといえる。1) 湯気は目に見える液体であること。2) 沸騰する時に出る泡は水蒸気で見えない気体であること。3) 水を温めると約100度で沸騰すること。

しかし、水を温めると泡が出てきて、その泡は温度が上昇するにつれてだんだん大きくなることの捉えについて、課題を有しているといえる。すなわち、あわがだんだん大きくなるという実験時の観察に課題があるのではないか、ということがいえる。

② 系列②

クラス全体の理解の状況傾向を表6全体を俯瞰して読み取る。

表6中の系列②には、「【水】は(水じょう気)になり、(冷やされる)と目に(見える)(水の小さなつぶ)でできた(湯気)になる。」という連想系列が書き出されている。

系列②に書き出された連想語は全般的に少ないことが分かる。例えば、表5(系列①)と比べると、表6中に書き込まれている記号の数が少ない。このことからこのクラスは、水蒸気は冷やされると目に見える水の小さなつぶでできた湯気になる点の学習内容の理解に課題が見られると捉えられる。すなわち、次の3点の理解に課題を有しているといえるのである。1) 水の様子が変わり

表5 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	100℃	沸騰	あわ	水蒸気	見えない	気体	大きくなる	湯気	見える	液体
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	○	○	○	○	◎	○	○		○	○	

表6 第2次の学習終了後における系列②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	水蒸気	冷やされる	湯気	水の小さなつぶ	見える
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					

たときの温度との関連づけ。2) 水蒸気を冷やすという温度変化があると水の状態が変化する。3) 湯気は目に見える水のつぶである点の理解。

③ 系列③

クラス全体の理解の状況傾向を表7全体を俯瞰して読み取る。

表7中の系列③には、「【水】を(冷やす)と(0℃)で(こおる)。【水】は(固体)になる時に(体積が大きくなる)」という連想系列が書き出されている。

この連想系列のうち、筆者らが上の文章に二重下線を施した箇所に関する記号が表7中に書き込まれている数が他より少ないことが分かる。加えて、筆者らが上の文章に下線を施した箇所に関する∇印の数が、他より多いことも分かる。このことからこのクラスは、水は0度でこおってその時に体積が大きくなる、という点の学習内容について、多くの学習者は自らがIMTを書くときには書き出さなかったが、教師が予め用意したIMTと自らのマップ比較したときに気がついたといえる。

④ 系列④

クラス全体の理解の状況傾向を表8全体を俯瞰して読み取る。

表8中の系列④には、「【水】の(温度)を(変える)と、(水じょう気)や(氷)に姿を変える。」という連想系列が書き出されている。

表7 第2次の学習終了後における系列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	冷やす	0℃	こおる	固体	体積が大きくなる
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	○	○	○	○	

表8 第2次の学習終了後における系列④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	温度	変える	水蒸気	氷
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				○

この連想系列のうち、筆者らが上の文章に二重下線を施した箇所に関する記号が表8中に書き込まれている数が少ないことが分かる。このことからこのクラスは、水の温度変化に伴う状態変化に関する学習内容の理解に課題を有しているといえる。

3. 第3次（水の蒸発と凝縮）の学習終了後

(1) 一覧表の作成

第3次の学習内容が示されている予め教師が作成して子どもに提示したIMT3を図4に示す。

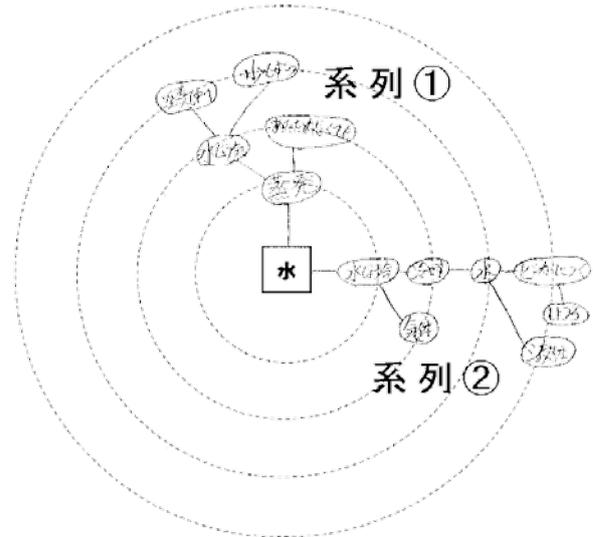


図4 第3次の学習終了の際に予め教師が作成し子どもに提示したIMT3

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小単元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) (蒸発)して(少しずつ) (水じょう気)になって(空気中へ)出ていく。

系列②;【水】は(気体)の(水じょう気)になり、(冷やす)と(液体)の(水)になつて(けつろ)して(ベーカーにつく)。

図4及び、第3次の学習終了後回収したIMT及びIMTを比較して書き出した文章をもとに、表4と同様な手続きを経て、第3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を作成し、表9に示した。系列②に関する一覧表を表10に示した。

(2) クラス全体の理解状況の読み取り

① 系列①

クラス全体の理解の状況傾向を表9全体を俯瞰して読み取る。

表9中の系列①には、「【水】は(あたためなくても) (蒸発)して(少しずつ) (水じょう気)になって(空気中へ)出ていく。」という連想系列が書き出されている。

この連想系列のうち、二重下線を施した箇所に記号が

表9 第3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	蒸発	水蒸気	空気 中へ	少し ずつ	あたため なくても
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	○	○			

表10 第3次の学習終了後における系列②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	気 体	水蒸 気	冷や す	液 体	水	結 露	ビーカ ーにつ く
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			○	○		○	○

表9中に書き込まれている数が少ないことが分かる。中でも(少しずつ)に記号が書き込まれている数が少ない。

このことからこのクラスは、水は蒸発して水蒸気なることは概ね捉えているが、あたためなくても少しずつ空気中に蒸発していくことの理解に課題を有するといえる。

② 系列②

クラス全体の理解の状況傾向を表10全体を俯瞰して読み取る。

表10中の系列②には、「【水】は(気体)の(水じょう気)になり、(冷やす)と(液体)の(水)になって(けつろ)して(ビーカーにつく)。」という連想系列が書き出されている。この連想系列のうち、二重下線を施した箇所記号が表10中に書き込まれている数が少ないことが分かる。このことからこのクラスは、水蒸気を冷やすという温度変化と水の状態が変化する点の理解に課題を有しているといえる。

4. クラス全体の理解状況の読み取りから見られた課題とその検討

(1) クラス全体の有する課題

筆者らが提案した簡潔な授業評価方法により、「水のすがた」及び「水のゆくえ」単元におけるクラス全体の理解状況を読み取った結果、次の10の課題が見られた。

- 1) 水を冷やした時の水の様子の変化と温度の関係を書き表したグラフの読み取り。
- 2) 水を冷やして氷(固体)になった時の体積増加に関する理解。
- 3) あわがだんだん大きくなるという実験時の観察。
- 4) 水蒸気から湯気へと水の様子が変化する時の温度との関連づけ。
- 5) 水蒸気を冷やす時の状態変化と温度変化の関連づけ。
- 6) 湯気は日に見える水つぶである点の理解。
- 7) 水の温度変化に伴う状態変化(水の三態)に関する理解。
- 8) 蒸発の概念理解。
- 9) あたためなくても水の状態が変化する点の理解。
- 10) 水蒸気を冷やす(温度変化)と状態が変化する点の理解。

(2) クラス全体の有する課題についての検討

① 筆者らの先行研究により明らかになっている本単元における子どもの理解が難しい学習内容との比較

これまでに筆者らは、IMTを学習支援ツールとして用いた本単元の授業実践を2010年度と2011年度に行っている。すなわち、本研究での実践を含めると3年連続して同一単元で授業実践を行っているのである。2010年度及び2011年度の授業実践から分かった本単元における子どもの理解が難しい点は次の5点であった^{6,9)}。

- ア. 水が水蒸気に姿を変えることを蒸発という。
 イ. 水蒸気が冷えるとゆげになる。
 ウ. 温度を上げなくても蒸発は起こる。
 エ. 水蒸気を凝縮させるには冷やさなければならない。
 オ. 水の3つの姿を物質の三態として捉える。

ここで、筆者らが提案した簡潔な授業評価方法により明らかになった課題と、筆者らの先行研究により明らかにしている本単元の理解が難しい学習内容を比較する。筆者らの先行研究により明らかにしている子どもの理解が難しい学習内容ア. についての意味内容は、筆者らが提案した簡潔な授業評価方法により明らかになっクラス全体の課題の8)と同様であると考えられる。同様にイ. のそれに相当するのは4)及び10)といえる。ウ. については9)、エ. は5)と6)、オ. は7)といえる。

ここで、筆者らが提案した簡潔な授業評価方法により明らかになったクラス全体の10の課題1)～10)のうち、筆者らの先行研究により明らかになっている子どもの理解が難しい5つの学習内容ア～オに分類されなかった3つの課題1)、2)、3)を検討する。1)は、グラフの読み取りに関するスキルに関する課題と捉えられる。2)及び3)は、実験中における観察に関する課題と捉えられる。

このことから、筆者らが提案した簡潔な授業評価方法は、単元の学習内容に関する知識。理解に関する子どもの学習状況がモニターできるだけでなく、観察・実験時の技能やグラフの読み取りといった、単元の学習内容に関する技能・表現についての学習状況もモニターできる可能性があるといえる。

② 単元末テストの結果との比較

授業実践の後、日を改めて学習者に単元末テストを課した。この単元末テストは、授業実践が行われた2つの単元をまとめた1枚のテストである¹⁰⁾。単元末テストは全25問で構成されている。表11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11より、単元末テストの小問中において正答率が80%を下回る問題の内容は次の5点であることが分かる。

- a) 温度が変化すると水の状態が変化する。
 b) 水が水面や地面などから空気中へ出ていくことを蒸発という。
 c) 水蒸気がガラス棒で冷やされて結露してついた。
 d) 0℃より低い温度の読み方。
 e) さかんに泡が出る箇所をグラフから読み取る。

ここで、筆者らが提案した簡潔な授業評価方法により明らかになった課題と単元末テストにおいて正答率が80%を下回った問題の学習内容を比較する。単元末テストにおいて正答率が80%を下回った学習内容a) についての意味内容は、筆者らが提案した簡潔な授業評価方法により明らかになったクラス全体の課題の7)と同様であると考えられる。同様にb) のそれに相当するのは8)といえる。c) については5)、e) は3)といえる。

筆者らが提案した簡潔な授業評価方法により明らかに

表11 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

問題番号	問題の趣旨	正答率 (%)
1	水の三態のうち固体	96
2	水の三態のうち液体	96
3	水の三態のうち気体	96
4	水(液体)を温めると気体になる	100
5	水の温度が変わると状態が変化する	63
6	水を入れた容器に覆いをしなかったら水は空気中へ蒸発していく	100
7	水を入れた容器に覆いをしたら空気中へ蒸発していかない	92
8	水たまりに覆いをしたら水は減らない	89
9	水の蒸発	78
10	水は空気中に気体になって出ていく	92
11	沸騰させたら水の量は減る	100
12	熱せられた水は湯気になって空気中に出ていく	100
13	熱せられて水蒸気になった水がガラス棒で冷やされて結露する	46
14	空気中の水蒸気が冷やされて水になつてコップの回りにつく	96
15	水蒸気が結露して窓ガラスが曇る	92
16	氷と食塩を混ぜる	82
17	水の凝固点	82
18	水は氷になると体積が増加する	89
19	0℃より低い温度の読み方	23
20	0℃より低い温度の読み方	28
21	沸騰石	100
22	沸騰に伴う水の体積の減少	92
23	さかんに泡が出る箇所のグラフからの読み取り	73
24	水の沸点	96
25	沸点では水の温度は変わらないことのグラフからの読み取り	85

なっクラス全体の10の課題1)～10)のうち、単元末テストにおいて正答率が80%を下回った学習内容5つの学習内容a)～e)に分類されなかった問題d)を検討する。d)は、0℃より低い温度の温度計からの読み取りに関するスキルに関する課題と捉えられる。

このことから、筆者らが提案した簡潔な授業評価方法は、単元末テストにおいて測定される知識やスキルだけではなく、テストに出題されなかった単元の学習内容をより広くモニターできる可能性があるといえる。

おわりに

1. 筆者らが提案した簡潔な授業評価方法に関して

筆者らが提案した簡潔な授業評価方法によって得られた授業評価結果を、筆者らの先行研究より明らかになっている本単元における子どもの理解が難しい学習内容及

び単元末テスト結果と比較した結果、次の2点が明らかになった。

第一に、筆者らが提案した簡潔な授業評価方法は、単元の学習内容に関する知識・理解に関する子どもの学習状況がモニターできるだけでなく、観察・実験時の技能やグラフの読み取りといった、単元の学習内容に関する技能・表現についての学習状況もモニターできる可能性がある。

第二に、筆者らが提案した簡潔な授業評価方法は、単元末テストにおいて測定される知識やスキルだけではなく、テストに出題されなかった単元の学習内容をより広くモニターできる可能性がある。

これらのことから、筆者らの提案した簡潔な授業評価方法について、今後研究を進めて検討を加える価値があるといえる。この面から、教師が行う授業の授業づくりにIMTを活用するための第一次資料が得られた。

しかし、本研究において筆者らが新たに提案した授業評価方法は、確立された方法ではない。この点の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IMTとIMTを比較した文章に検討を加え、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。

ここで、現時点で公立学校における授業づくりに適用可能と筆者らは考えている簡潔な授業評価方法について、その内容と方法を実際に教壇に立って授業を行う教師に説明した上で意見交換を行った。意見交換を行った小学校教師から出された考えは次の通りであった。

第1に、自分が担任するクラスだけであれば、小単元の学習ごとの時期の授業後に子どもが作成したIMTとIMTを比較した書いた文章を元データとして、学習者ごとの連想の状況と時期の一覧表を作成した上、一覧表からクラス全体の理解状況及びクラスの子どもそれぞれの理解状況の読み取りは可能である。この方法は、子どもが提出したワークシートそれぞれにコメントをつけるよりも短時間でデータ処理ができ、教師に対する負担が少ないと思われる。

第2に、読み取った理解状況をもとに、次回の授業で小単元の学習内容について理解できている点、理解に課題が残される点の子どもやクラスへの追加指導などが構想できるような授業づくりは可能である。加えて、次の小単元の内容が前の小単元の学習内容を踏まえたものである場合、読み取った前の小単元の学習状況を素朴概念とした授業づくりが構想できる。

第3に、小学校の教師が、筆者らが提案する簡潔な授業評価方法を実際に行うに当たっては、授業を行う教師自身が作成したIMTを子どもに提示することが必須の条件となる。その理由は、教師によってそれぞれ授業スタイルが異なるとともに、授業対象となる子どもの集団が、クラスや学校によつて異なるためである。すなわち、一つの小単元に対して一つの完成型のIMTは存在しないのではないかとということである。

第4に、学習者ごとの連想の状況と時期に関する一覧

表については、紙媒体に印刷されたものに教師が書き込み、集計するのが良いと思われる。この時可能ならば、表計算ソフトに○印、◎印、▽印を入力し、連想語ごとに表に書き込まれた3つの印の頻度がそれぞれ積み上げグラフに自動的に表されると、そのグラフを用いてより正確に理解状況が読み取れる可能性がある。

上述した教師の意見からは、本研究において筆者らが提案した簡潔な授業評価方法が実際の公立学校の授業で使用可能と捉えていることが分かる。しかしこの考えは、一人の教師の考えである。他の教師も同様な考えを持つか否かを確認するために、多数の教師による他の単元や他学年において同様な実践を行う必要がある点が今後の課題として残された。

このことから、筆者らの提案した簡潔な授業評価方法について、今後研究を進めて検討を加える価値があるといえる。この面からも、教師が行う授業の授業づくりにIMTを活用するための第一次資料が得られた。

2. 実践された理科授業に関して

筆者らのこれまでの研究よりさらに工夫・改善を加えた上で実践された小学校理科授業の実際について、まとめを行う。筆者らがさらに工夫・改善を加えた点は、子どもが授業中にIMTを比較する時期と方法に関する以下の諸点であった。

- ① 各小単元の終了後の時期だけに子どもにIMTを作成させる。
- ② 小単元の学習内容が網羅されたIMTを予め教師が作成する。
- ③ 各小単元の終了後に子どもが作成したIMTと予め教師が作成したIMTを比較させる。

本研究において筆者らが新たに提案した簡潔な授業評価方法による授業評価の面からは、授業実践の対象となったクラスの単元の学習内容に関する知識・理解に関する学習状況が広く把握できただけではなく、単元の学習内容に関する技能・表現についての学習状況も広く把握できた。

しかし、本研究において筆者らが新たに提案した簡潔な授業評価方法は、確立された方法ではないため、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。この点の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IMTとIMTを比較した文章に検討を加え、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。

ここで上述した工夫・改善点①～③について、実際に授業を行った小学校教師はどのように考えているのか、意見交換を行った。

①については、次のような考えであった。

第1に、最初の小単元の学習前に子どもにIMTを作成させるのは、単元学習に臨む子どもの既有知識や既有概念を明らかにした上で教師が単元の授業ができる利点は認められる。しかしこのIMTには、対象となる鍵概念に対してこれまでの子どもの生活体験から連想するイ

メージや考えが圧倒的に多く書き出されるため、以後の授業に参考にできる点が多くは見られないので、授業時間の確保の観点からも省略した方がよい。

第2に、最初の小単元の学習前に子どもにIMTを作成させると、対象となる鍵概念に対してこれまでの子どもの生活体験から連想するイメージや考えを書き出すIMTの状態に留まっているため、子どもがそれ以降に作成したIMTと比較するとき、連想語や連想系列の数の増減に関しての文章が多くなるのではないかと考えている。この面からも、最初の小単元の学習前に子どもにIMTを作成させるのは省略した方がよい。

第3に、最初の小単元の学習前に子どもが作成したIMTと最初の小単元の学習後に子どもが作成したIMTを比較した時、最初の小単元の学習後に子どもが作成したIMTに書き出された連想語や連想系列が学習前に比べて質的に変わっていることを子どもがモニターできるので、子どもがマップを比較することの有用性を感じ取ることができる。だが、子どもの書いた比較の文章を見ていると、具体的にどのようなところが分かったのか、それとも分からなかったのかが明確にならない場合が多い。そのため、その後も同じような文章を書き続ける傾向がある。この面からも、最初の小単元の学習前に子どもにIMTを作成させるのは省略した方がよい。

第4に、IMTの鍵概念が各小単元ごとに設定可能となるので、より小単元の学習内容に合致したIMTが作成できる。この面からも、最初の小単元の学習前に子どもにIMTを作成させるのは省略した方がよい。

②については、次のような考えであった。

第1に、IMTを予め教師が作成することによって、これから教えようとする小単元の学習内容と学習方法の予習ができるという教師側の利点が大いである。これは、同じ学年の授業を何年も続けて担当することが多くはない、小学校の教師にとって授業づくりのために大切な点である。

第2に、単元の学習内容が網羅されたIMTが子どもに提供できる。

③については、次のような考えであった。

第1に、教師が作成して単元の学習内容が網羅されているIMTと子どもが作成したIMTを比較することによって、小単元の学習内容そのものが比較できるようになるとともに、そのことに子どもが気がつく。そのため、子ども自身が分かっていないところが可視化できる。

第2に、今回の実践では、「(教師のマップと比べて)ふっとうは書けた。」或いは「先生のに、じょう発はあるけど、ほくのマップには書けなかった。」のようなIMTを比較した文章が多く見られた。子どもは、教師が予め書いたIMTを一つのゴールとして見据えながら、IMT作成をすすめていた。すなわち、自由に連想語が記入できるIMTでありながらも、IMT作成時におい

て目指すべき方向を具体的に子どもに提示できる。

上述した教師の意見からは、この教員は本研究において筆者ら加えた工夫・改善点は概ね妥当と捉えていることが分かる。しかしこの考えは、一人の教師の考えである。他の教師も同様な考えを持つか否かを確かめるために、多数の教師による他の単元や他学年において同様な実践を行う必要がある点が今後の課題として残された。

註

- 1) 栢野彰秀,森健一郎:「イメージマップを知識獲得を促進するための学習支援ツールとして利用する試み」,『北海道教育大学紀要(教育科学編)』,Vol.60,No.2,pp.109-124,2010.
- 2) 栢野彰秀,森健一郎:「イメージマップを知識獲得を促進するための学習支援ツールとして利用する試み(2)」,『北海道教育大学紀要(教育科学編)』,Vol.61,No.1,pp.197-207,2010.
- 3) 館英樹,栢野彰秀,佐藤未菜,三宅正太郎:「イメージマップを知識獲得を促進するための学習支援ツールとして利用する試み(3)」,『北海道教育大学紀要(教育科学編)』,Vol.62,No.1,pp.39-48,2011.
- 4) 綿谷泰,栢野彰秀,三宅正太郎:「イメージマップを用いた学習支援に関する実践的研究—小学校第5学年「国語」説明文教材を事例として—」,『釧路論集』,Vol.43,pp.121-128,2011.
- 5) 栢野彰秀,森健一郎,三宅正太郎:「イメージマップを用いた中学校理科学習支援に関する事例的研究—第2分野「天気の変化」単元を事例として—」,『北海道教育大学紀要(教育科学編)』,Vol.62,No.2,pp.105-118,2012.
- 6) 栢野彰秀,佐藤未菜,三宅正太郎:「イメージマップを用いた小学校第4学年「水のすがたとゆくえ」単元の学習支援に関する抽出事例研究」,『北海道教育大学教職大学院研究紀要』,Vol.2,pp.85-97,2012.
- 7) 栢野彰秀,廣島亨,森健一郎,三宅正太郎:「イメージマップを用いた学習支援に関する実践的研究—小学校理科第6学年「水溶液の性質」単元を事例として—」,『日本教科教育学会誌』(投稿中)。
- 8) 栢野彰秀,森健一郎,三宅正太郎:「イメージマップを用いた学習支援に関する実践的研究—中学校理科「天気の変化」単元を事例として—」,『北海道教育大学紀要(教育科学編)』,Vol.61,No.2,pp.229-241,2011.
- 9) 栢野彰秀,佐藤未菜,三宅正太郎:「イメージマップを用いた小学校第4学年「水のすがたとゆくえ」単元の学習支援に関する事例的研究」,『日本科学教育学会年会論文集35』,pp.371f,2011.
- 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。