

「指導と評価の一体化」を図った中学校理科の授業実践 ～第2学年「空気中の水蒸気の変化」～

大 山 朋 江

はじめに

本実践は、イメージマップを活用した「指導と評価の一体化」を図った中学校の理科の授業実践である。これまで、「雲のでき方と水蒸気」の単元において、イメージマップを学習支援ツールとして活用した実践的研究が5つ報告されている。これらの研究では、イメージマップが学習内容のふりかえり等に関して有効であることが報告されている。このことを踏まえ、本校においても実践を進めた。本実践は、同単元におけるイメージマップを用いた5つの実践的研究に携わられた栢野彰秀氏の協力を得ながら進めたものである。

1 実践の方法

(1) 対象単元 雲のでき方と水蒸気

(2) 対象生徒 2年 32名

(3) 単元のねらい

窓や鏡、コップの結露などの日常的な現象の観察や露点の測定実験などを行い、水蒸気の凝結現象について理解する。気圧の高度による変化について理解し、減圧実験などにより水蒸気水滴に変化することを体験からとらえる。雲ができるときの気圧、気温及び湿度の変化を相互に関連づけて理解する。また、降水現象から地球の水の循環について考察し、循環が太陽のエネルギーによって引き起こされることを理解する。

(4) 教師の授業づくりを含む授業展開の概要（授業時数：全14時間）

※斜字は、授業時間外の教師による準備等

次	学習内容	時	授業展開の概要
イメージマップ1, 2, 3の作成			
1	○オリエンテーション	1	・イメージマップの活用の目的、方法を聞き、記入の仕方、ふりかえりの仕方の練習を行う。
	1 水蒸気の水に変化するとき	2	・霧や露はどのようなときにどのような場所で生じるか、また、霧や露が消えるのはどのようなときか考える。 ・水蒸気水滴になる条件について話し合う。
		3	・実験 空気中の水蒸気を取り出す。 ・飽和水蒸気量についての説明を聞く。 ◇イメージマップ1を作成する。 教師の作成したイメージマップ1と比較し、ふりかえりを書く。
イメージマップ1とふりかえりの分析・検討に基づいた形成的評価1の実施			
2	飽和水蒸気量と湿度	4	☆形成的評価1に基づく指導 ・湿度についての説明を聞く。 ・「例題」湿度を計算で求める例題を行う。 ・「考えよう」既知の飽和水蒸気量から、湿度や空気中の水蒸気の質量などを計算で求める。

		<ul style="list-style-type: none"> ・飽和水蒸気量が気温によって決まっていることの説明を聞く。 ・「課題」 空気湿度が100%になるとどのようなことが起きるのか話し合う。 <p>◇イメージマップ2を作成する。</p> <p>5 教師の作成したイメージマップ2と比較し、ふりかえりを書く。</p>
<p>イメージマップ2とふりかえりの分析・検討に基づいた形成的評価2の実施</p>		
3 湿度が100%になる温度	6 7	<p>☆形成的評価2に基づく指導</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実験 水滴がつき始める温度を調べる。 ・露点や露点変化することについての説明を聞く。 ・気温が下がるときや気温が上がる時の水蒸気の変化について、飽和水蒸気量、湿度、露点との関係について考える。 <p>8 8</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ふくまれる水蒸気の質量が同じでも気温が異なる二つの空気湿度のちがいや、湿度が同じで気温の異なる二つの空気にふくまれる水蒸気の質量のちがいが生じる理由を説明する。
4 雲はなぜできるのか	9	<ul style="list-style-type: none"> ・雲のできる高さや見え方などにより、雲にはいろいろな種類があることの説明を聞く。 ・上昇する空気が膨張することや雲の底面の高さがそろっていることについて説明を聞く。
5 雲のでき方	10 11 12 13	<ul style="list-style-type: none"> ・気圧が低くなると、空気の温度はどのように変化するのか話し合う。 ・実験 気圧を下げたときの、気温や水蒸気の変化、雲のできるようすを調べる。 ・実験の結果から、空気は膨張して気圧が下がると気温が下がり、水蒸気が凝結することを見いだす。 ・空気の膨張と雲の発生について、実験の結果と関連づけながら、説明する。 ・雲のできる高さや露点の関係について説明を聞く。 ・降水や霧の発生についての説明を聞く。 <p>◇イメージマップ3を作成する。</p> <p>教師の作成したイメージマップ3と比較し、ふりかえりを書く。</p>
<p>イメージマップ3とふりかえりの分析・検討に基づいた形成的評価3の実施</p>		
6 水の循環	14	<p>☆形成的評価3に基づく指導</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地球上の水は常に循環しており、この循環をもたらしているのが太陽のエネルギーであることの説明を聞く。 ・地球上の水が循環しなければ、地球はどのような環境になるか考える。

(5) イメージマップについて

イメージマップでは、中心となる概念(鍵概念)から連想される言葉を記述していく。記述された言葉の種類や数、つながりから、生徒の理解の状況をとらえることができるため、授業評価を行う手法として取り入れられることが多い。本実践におけるイメージマップの活用は、授業で学んだ学習内容の定着を目的とする。

本校の生徒は、各教科等の授業においてイメージマップを記入する経験をしてきている。それ

らのイメージマップは、各授業者の意図により、記入の仕方、記入時間、その後の扱い方も様々である。そのため、本単元の初めには、生徒自身にイメージマップの活用を説明する場を設定する必要があると考えた。本実践では、第1時に研究協力者の栢野先生にイメージマップについての説明をしていただいた。図1は、その説明会（オリエンテーション）で用いた配布資料である。

本実践でのイメージマップの記入は、3回とした。具体的には、授業展開の概要に示したとおりである。中心となる概念（鍵概念）はいずれも「水蒸気」とした(図2～4)。

生徒は、イメージマップ記入後、あらかじめ教師が作成していたイメージマップの例と生徒自身のイメージマップを比較し、ふりかえりを行う。生徒が自分で二つのイメージマップを比較し、自分の学習の整理の仕方のよさに気付いたり、さらに付け加えた方がよいことを考えたりすることで、学習した事柄をより正しく整理していけるのではないかと考えている。

また教師は、生徒が記入したイメージマップを分析・検討し、形成的評価を行うことにより、生徒が学習内容をよく理解している点とそうではない点を明らかにし、次の時間に補充をする。さらに、次への授業改善にも生かしていく。分析に当たっては、あらかじめ授業者が作成していたイメージマップの連想語を、生徒がどの程度連想することができたかに注目する。



図1 イメージマップ説明資料

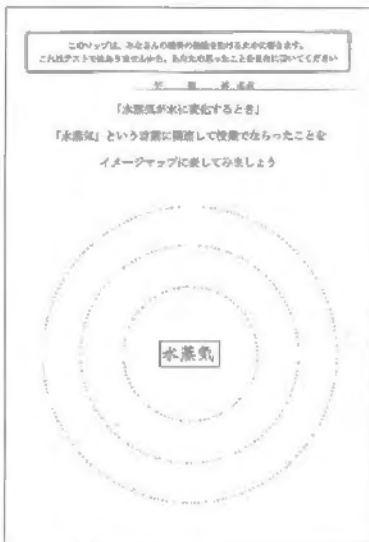


図2 イメージマップ
「水蒸気が水に変化するとき」



図3 イメージマップ
「飽和水蒸気と湿度」

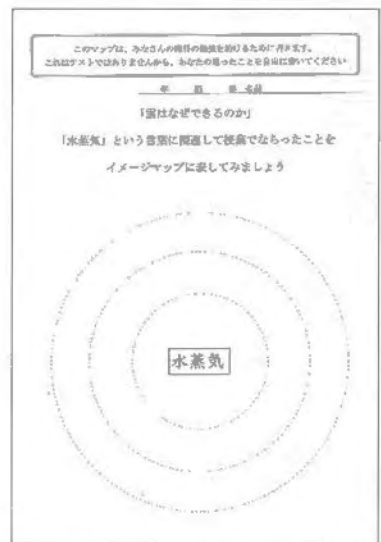


図4 イメージマップ
「雲はなぜできるのか」

④ 理解状況の評価とその後の指導

クラス全体の学習内容の理解状況は、次の3点については、生徒の連想状況一覧表(①)のように概ね理解できているといえる。「水蒸気は気体であり、目には見えないが、液体の水滴になると見えるようになる」「1m³の空気中に含むことのできる水蒸気の質量の限度が飽和水蒸気量である」「湿度が高いと水で冷やすと、水滴が生じやすい」。しかし、「空気」という語句を用いて、温度変化について記入している生徒は少なかった。「温度が下がれば水滴が生じる」という表現は、誤りではないものの、何の温度が下がったから水滴が生じたのか理解できていないのではないかと推測した。つまり、水でコップを冷やすとことで、そのまわりの空気の温度が下がったということであることを十分に理解できていないと考えた。この点については、この單元の中で、大変重要なことであると同時に、生徒がとらえにくいところでもある。そこで次の時間、何が冷えたことで水滴が生じたのかということを確認する時間を設けた。また、生徒Aのイメージマップを見ても分かるように、イメージマップに実験の内容について書いている生徒も少なかった。イメージマップに実験したことや具体的な事象も書くことで、学習内容を整理することが必要であることを生徒に伝えた。

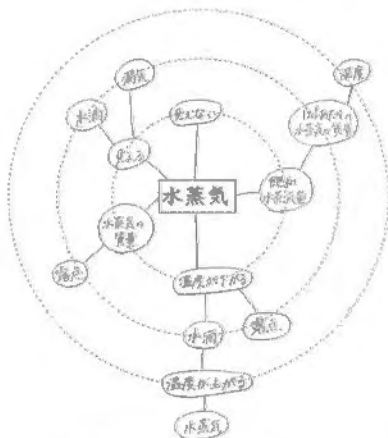
(2) イメージマップ2の実施の概要

① 生徒の連想状況一覧表

1m ³ の空気中の水蒸気量	同じ	湿度100%	飽和水蒸気量	割合	湿度	異なる	湿度がある	湿度が高い	湿度が低い	飽和水蒸気量が多い	湿度が高い	飽和水蒸気量が多い	水で冷やす	水滴	露点	露点100%	露点	異なる	水蒸気量が少ない	露点が高い	露点が多い	露点が高い	露点	湿度が下がる	露点に達する	湿度100%	湿度下がる	水滴くもる						
1	○		○	○									○	○	○		V	V	V					○	○		V	V						
2	○		○	○									○	○	○				○					○	○	○	○	○	○					
3	○	○	○	○									○	○	○	○	○	○	○					○	○	○	○	○	○					
4			○				○						○	○	V																			
5			○				○						○	○										○	○	○	○							
6	○		○	○			○																	○	○	○			○					
7		○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○																				
8	○		○	○									○	○	○									○	○	○	○	○	○					
9	○		○	○					V			V	○	○	○									○	○	○	○	○	○					
10	○	V	○	○									○	○		V	○		○															
11		○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○									V											
12			○																					○	○	○	○							
13	○			○																				○	○	○								
14			○	○			○	○	○	○	○	○												○	○	○								
15				○			○																	○	○	○								
16				○			○	○	○	○	○	○	○	○	○									○	○	○								
17			○	○			○						○	○																				
18			○				○						○	○																				
19		○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○									○	○	○	○	○	○	○	○				
20	V												○	○		○	V	V					○	○	○	○								
21	○		○																					○	○	○	○							
22	○		○	○			○																	V	○	○	○							
23		○	○				○	○	○	○	○	○	○	○		○			V					○	○	○	○		○					
24	○						○	○	○	○	○	○							○	○	○	○		V	○	○	○	○						
25	○		○			○	○						○	○		○	V							○	○	○	○					○		
26	○		○	○									○	○	○	○								○	○	○	○	○	○	○				
27		○	○										○	○										○	○	○	○							
28													○	○										○	○	○	○							
29	○		○										○	○	○									○	○	○	○							
30		V		○		○																		○	○	○	○							
31	○		○	○									○	○	○									○	○	○	○	○	○	○				
32	○		○	○			V																	○	○	○	○	○	○	○				

② 生徒Aのイメージマップ

「飽和水蒸気量と湿度」
「水蒸気」という言葉に関連して使われてきたことを
イメージマップに表してみよう



③ 生徒Aのふりかえり

先生のマップには、飽和水蒸気量と1 m³の空気中の水蒸気の質量が同じなら、湿度100%だということなど、語句と語句の関係性が書かれていた。実験の内容と結果もマップに書かれていて分かりやすかった。

④ 理解状況の評価とその後の指導

ほとんどの生徒が、新しく学習した用語を用いてイメージマップを作成していた。特に、「水蒸気は、空気の温度が下がることによって露点に達し、凝結し、水滴になる」ことについて、概ね理解できていた。また、生徒Aのイメージマップにもみられるように、「飽和水蒸気量」「空気1 m³あたりの水蒸気の質量」という語句もほぼ記入している。しかし、生徒Aがふりかえりに記述しているように、その語句と語句の関係性がいまいで、正しく理解しているとはいえない難かった。生徒Aのように、授業者のイメージマップと比較する活動を通して、改めて語句と語句の関係性について振り返る生徒も見られた。この「飽和水蒸気量」「空気1 m³あたりの水蒸気の質量」については、生徒にとっては難しいところであることが、あらためて明らかになったので、次の時間、気温と飽和水蒸気量との関係を表したグラフを用いながら、再度考える時間を設けた。

(3) イメージマップ3の実施の概要

① 生徒の連想状況一覧表

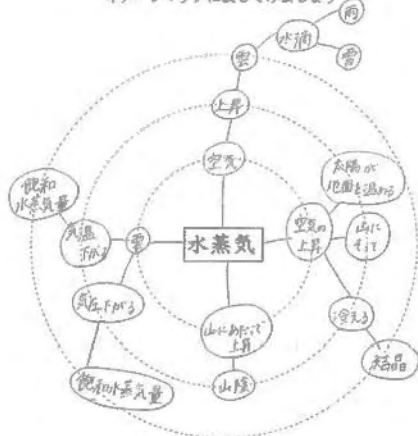
生徒番号	空気	上昇	凝結	湿度が下がる	露点	水	飽和水蒸気量	湿度	水蒸気	温度が上がる	水滴	露点	温度が下がる	水蒸気	凝結	凝露	露	水蒸気の質量	湿度	温度が上がる	水滴	露点	温度が下がる	水蒸気
1																								
2		○	○	V		○	○			○	○													
3			○	○		○	○	○		○	○													
4							○																	
5	○	○	○							○														
6								○	○															
7	○	○	○				○	○		○	○													
8							○																	
9	○	○	○					○																
10	○	○	○					○																
11	○	○	○					○																
12			○	○																				
13	○		○																					
14	○		○					○	○															
15									V	○	○													
16	○	○	○					○																
17		○	○	○				○																
18																								
19																								
20	○		○																					
21		○																						
22		○	○																					
23		○	○						V		○													
24		○	○																					
25		○	○																					
26			○							V														
27										○	○													
28																								
29		○	○																					
30		○	○																					
31																								
32		○	○																					

② 生徒Aのイメージマップ

「雲はなぜできるのか」

「水蒸気」という言葉に関連して授業で学んだことを

イメージマップに表してみよう



にとつとらえにくく、「空気中の水蒸気」の概念が定着しにくいものと思われる。一方、現象としてとらえやすい「雲が発達することで、雨や雪ができる」については、ほとんどの生徒が理解していた。また、雲のできる要因となる事柄については、記入している生徒が少なかった。これらのことを踏まえて、次の時間に「雲はなぜできるのか」について、生徒がよく理解している点とあいまいな点を伝え、再度解説を行った。

③ 生徒Aのふりかえり

先生のマップと私が書いたものとを比べて、言葉の数が多かったので、とても驚きました。どんな時に雲ができるのか、実験に使った用具のことも書いた方が、もっと分かりやすいと思いました。

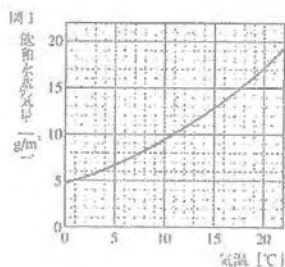
④ 理解状況の評価とその後の指導

クラス全体としては、「(空気が) 上昇することで膨張し、気温が下がり、露点に達し、水滴が生じ、雲ができる」という学習内容を概ね理解していた。生徒Aのように、空気の上昇を意識して記入している生徒は10名にとどまった。「空気」の語句が表出されにくいのは、イメージマップ1の時と同じ傾向である。空気も水蒸気も目には見えないため、生徒

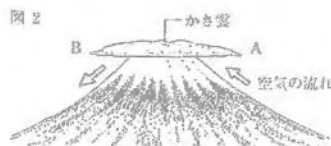
3 単元末テストの結果から

本単元終了後の定期試験に次の問題を含め、定着を確かめた。なおこの問題は、栢野先生による先行研究の中で実施されている問題と同じものである。

次の図1は、気温と飽和水蒸気量の関係を表している。また、図2は次の実験をおこなったときの様子である。



次の図1のように、水を入れたフラスコに注射器をつなぎ、注射器のピストンをすばやく引くと、フラスコの中が白くもった。また、図2は、山にできた雲の様子である。



【実験】室温21℃の部屋で、金属製のコップに水を入れ、水を入れた試験管をかき混ぜて水温を下げていくと、水温が11℃になったとき、コップの表面に水滴がつきはじめた。

- (1) この実験をおこなうとき、コップの表面に息を吹きかけてはいけない。その理由を書け。
- (2) この実験をおこなったときの室内の湿度は約何%か。小数第2位を四捨五入して、小数第1位まで答えよ。
- (3) この実験をおこなった部屋の空気1ccを、3℃まで冷やした場合、約何gの水滴ができるか。

- (4) この実験では、フラスコの中に線香のけむりを少量入れる。その理由を書け。
- (5) 注射器のピストンをすばやく引いたときにできる白いもりは何か。物質名を書け。
- (6) 図2の空気の流れA、Bのうち、図1のピストンをすばやく引いたときにあたるのはどちらか。
- (7) 次の文の①～③にあてはまる言葉を書け。
空気が山の斜面にそって上昇すると、空気が【 ① 】して温度が【 ② 】がる。空気の温度が【 ② 】が【 ③ 】以下になると、図2のように雲ができる。

資料 定期試験問題

イメージマップ実施クラスと未実施クラスのそれぞれの正答率を右の表1に示した。イメージマップ実施クラスでは、学習した語句を用いて回答する問題(5)～(7)において、正答率が8割を超えた。それに対して、イメージマップ未実施クラスでは、問題(5)の正答率が46%、(7)③の正答率が63%とやや低めであった。

また、イメージマップ実施クラスの平均点は6.3点、未実施クラスの平均点は、5.2点であった。これらの平均点にt検定を加えたところ、平均点の差は有意であった($t=2.3$, $df=65$, $p<.05$)。このことからテストの平均点はイメージマップ実施クラスの方が有意に高いことが分かる。

問題(5)、(7)③についてイメージマップ実施クラスと未実施クラスの誤解答について比較したところ、次の表2、3のような状況が見られた。

問題番号	正答率(%)		
	実施クラス	未実施クラス	
(1)	44	34	
(2)	63	51	
(3)	63	46	
(4)	38	31	
(5)	84	46	
(6)	81	83	
(7)	㊶	84	77
	㊷	100	89
	㊸	81	63

表1 問題の正答率

実施クラス	水蒸気(9%)、雲(6%)
未実施クラス	水蒸気(34%)、雲・霧(11%)

表2 問題(5)の主な誤解答

実施クラス	0℃(12%)
未実施クラス	0℃(30%)

表3 問題(7)③の主な誤解答

問題(5)では、イメージマップ未実施のクラスに「水蒸気」という誤解答が多いことが分かる。このことから、全体的に「水蒸気は気体であり、目には見えない」という学習内容が、小学校での既習事項であるにもかかわらず、依然として正しく定着していない傾向が強いことがいえる。一方、イメージマップ実施クラスでは、「水蒸気」と解答した生徒は、9%(3人)であった。

問題(7)③を「0℃」ととらえる生徒が多いことは、先行研究からも明らかになっている。そのことも踏まえて、ていねいに授業を進めてきた。しかし、イメージマップ未実施クラスでは、30%もの生徒が「0℃」と解答していた。一方、イメージマップ実施クラスでは、「0℃」と解答した生徒は、12%(4人)であった。

イメージマップ実施クラス、未実施クラスともに、授業の流れは全く同じであった。ちがいは、前述した通り、実施クラスにおいては、生徒がイメージマップを作成した上で、教師のイメージマップと比較し、ふりかえりを行ったこと、教師が生徒のイメージマップとふりかえりを分析・検討し、それに基づいた形成的評価を行い、次の時間に指導を行ったことである。このことから、生徒自身がイメージマップを活用することは、学習内容を正しく理解することに有効であることがいえる。また、教師が、生徒の実態を予測して指導を加えるのではなく、目の前の生徒の実態を的確に把握した上で指導してきたことも学習内容の定着に大きく影響したのではないだろうか。

問題(1)、(4)の実験操作に関わる問題では、いずれのクラスも定着の低さがうかがえた。イメージマップに実験したことや現象面も書くように支援する必要があるが、それ以上に目的意識をもって実験にのぞむことが必要であると思われる。常に学習課題が自分の調べたい課題となりえるようなはたらきかけが必要である。

4 本実践の成果と課題

(1) 成果

- 教師が予め教科書をもとにイメージマップを作成することにより、教科書に記述されている問いや説明文、使用されている図の意図することやつながりをより深く理解できた。そして、実際の本単元の授業づくりに生かすことができた。
- 生徒がイメージマップを書くことを通して、学習したことを自分なりに整理し、理解を深め

ることができた。

- 生徒が自分のイメージマップと教師のイメージマップを比較し、ふりかえりを行うことで、ねらいに即した自己評価を行い、理解を深めることができた。
- 教師が生徒のイメージマップとふりかえりをその日のうちに分析・検討することで、生徒がよく理解している点はどこか、あいまいな点はどこかを的確に把握し、次の授業でほめたり、補足したりすることができた。

(2) 課題

- イメージマップの記入、ふりかえりの時間に15分間程度かかる。1時間(50分間)の授業の中で15分間とすることは難しい面があるので、どの単元のどこでイメージマップを活用していくかを吟味する必要がある。
- 学習内容をていねいに連想語でつないでいくことを指導した。その結果、充実感をもった生徒が多かった一方、窮屈な時間であると感じる生徒(学習者番号5, 18, 27)もあった。そうした生徒の感想には、「イメージマップは、もっと自由に書きたい。水蒸気から思いつく身の回りのいろいろなことをどんどん書いていきたい。」とあった。授業の枠の中で学んだ内容は既に納得しているにもかかわらず、再度ていねいに語句でつなぐことに必要感を感じていないようであった。このことは、生徒の連想状況一覧表からもうかがえる。実際の理解度も大変高い生徒達である。どの生徒にとっても充実した学習活動となるようなイメージマップの活用について考えていきたい。
- 今回、教師自身がイメージマップの活用と学習内容の定着に重点を置いたため、実験に関わる授業において、生徒を主体とした授業づくりを怠った面があった。実験方法をともに考える活動を通して、生徒が目的意識をもって実験、観察にのぞめるように支援することを忘れてはいけないと感じた。

おわりに

今回、イメージマップの活用による「指導と評価の一体化」を図った授業を実践した。成果に挙げた通り、イメージマップの活用は、短時間での確に生徒の状況をとらえることができ、即座に指導に生かせる点で有効であるといえる。本実践では、イメージマップやふりかえりの分析・検討の部分も、栢野先生に御協力いただいた。今後は、教師一人で進める場合も同様に短時間での確に評価をし、指導に生かせるような実践を進めていきたい。

参考文献

- ・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 第61巻 第2号 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(北海道教育大学 第62巻 第2号 栢野彰秀・森健一郎・三宅正太郎)
- ・小・中学校理科における学習内容のつながりを重視した授業構成に関する実践的研究(島根大学紀要 第46巻抜粋 館野ひかり・栢野彰秀)
- ・中学校「理科」の分野目標「実験結果を分析して解釈する」を達成する授業の在り方に関する事例的研究(北海道教育大学大学院高度教職実践専攻研究紀要 第3号 館野ひかり・栢野彰秀)

(おおやま ともえ 理科 ohyama@edu.shimane-u.ac.jp)