

小学校における熱概念の指導法研究（I）

——熱伝導と対流に関する実態調査——

川 原 寄 人

Yorihito KAWAHARA

A Study on Teaching Method about Concepts
of Heat in the Elementary School (I)

——Research on Actual Conditions about
Heat Conduction and Convection——

Abstract: About heat conduction and convection, the following two investigations were pursued.

A; What sort of conceptions about heat conduction would be brought by children, when the teacher varied the inclination or the form of copper wires to be heated?

B; How many children have recognized the relation between mass conservation and changes of volume after heating or cooling?

The results of investigations are summarized as follows:

A: 1) The four different ratio of answers were obtained on the speedness of heat conductivity on straight wire;
upward; ca. 20%, horizon; ca. 30%, downward; ca. 20%, and the other 30% answers; same speed in all cases.

2) When the notched copper wire was used, about 30% of answers indicated the heat conduction would be delayed.

B: The majority of children have recognized about the changes of volume after heating, but have not done about the relation mentioned above.

はじめに

最近、「新幹線教育」あるいは「見切り発車」とかいう言葉でもって学校教育の実態が憂慮されている。この背景には種々な要因が錯綜しており、事態の改善はなかなか容易ではない。しかし、個々の授業場面を構成するに際して、まず、学習の成立しうる前提が到達されているかどうかの実態を吟味し、実態に即した授業場面を構成し、すべての児童の学習の成立を保証してやる努力こそ、現在の状況下では急務である。この努力の積み重ねをとおして、児童のつまずきはどこか、認識困難な教材は何か明らかになり、指導法の改善あるいは教材精選への道が自と開かれるであろう。

現在、熱に関連した物理・化学的な事象は主に4学年より取り扱われており、この事象の学習をとおして熱に関する基礎概念の啓培が図られている。しかし、熱は抽象的な概念であり、取り扱われている教材にはかなり学習困難なもの、混乱を招くような取り扱い等、改善を要

する問題点がある。

たとえば、5学年の「物のあたたまり方」で熱という語がはじめて用いられているが、熱の伝導に対して「温度が伝わる」と考える児童がいて、温度と熱の混乱が見られる。また、対流現象の学習は指導しにくい教材であるとよく耳にする。これを理解するためには、熱による体積変化と質量の保存および物の浮き沈みの関係づけが必要である。しかし、水や空気の対流つまり浮き沈みは、固体のそれとはちがって直観的ではなく、加熱された部分の水とそうでない部分の水の単位体積の質量を比較することによって、つまり固体とは異って一定の形を有しない水の浮き沈みを理解せねばならない点で高度な思考を要する教材であると考えられる。

そこで、筆者は熱概念の指導法を改善するために、まず、(1)熱伝導に関して、児童の熱に対する実態、(2)対流現象を学習するための前提が成立しているかどうか、また対流の学習後ではどうかの実態を調査した。本稿では、調査の結果と問題点および指導法の改善について考

察する。

第一部 熱の伝導に関する調査

1. 調査の内容および調査方法

熱は材質の同じ金属棒であれば、水平方向であろうと鉛直方向であろうと傾きに関係なく一様な伝わり方をする。しかし、児童は必ずしもそうではなく、生活経験から類推して上向きがはやく伝わりと考える者、あるいは下向きがはやく伝わりと考える者もいることが白枝清氏によって報告されている。(理科の教育, 1968, 12, 36 p) しかし、白枝氏の場合は調査人数が少数であり、必ずしも児童の一般的な実態は明らかにされていない。本調査は白枝氏の調査の発展的拡大として調査対象学年および人数を拡大し、いろいろに形を変えた時の児童の考え方の一般的な傾向を調査した点に特徴がある。

調査内容は第1図のとおりである。尚、装置を演示し、1対1の面接法による予備調査を大学の附属小学校で実施した後、装置の演示を併用した質問紙法で調査した。

2. 調査の対象および時期

調査の対象および調査の時期は第1表のとおりである。

3. 調査の結果および解説

(1) 調査の結果は第2表のとおりである。尚、第2図はこれをグラフ化したものである。

(2) 児童の考え方は第3表のとおりである。尚、全問をとおして共通した考え方をしているので、問1、問2および問4を掲げた。

(3) 解説

1. 調査結果は、全問をとおして学年による大きな

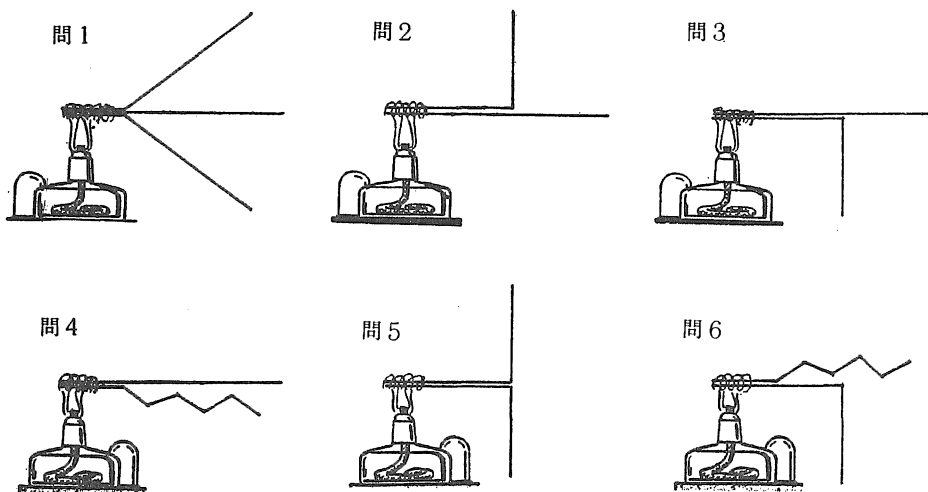
第1表 調査の対象および時期

	4年生(名)	5年生(名)	6年生(名)	計
松江市立川津小学校	66	42	—	108
鹿島町立恵曇小学校	79	63	—	142
鹿島町立佐太小学校	33	28	—	61
松江市立城北小学校	71	73	84	228
計	249	206	84	539

調査時期; 昭和49年6月~7月

調査内容

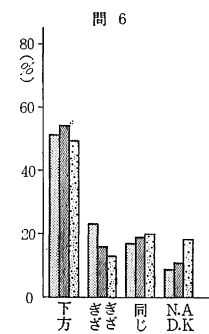
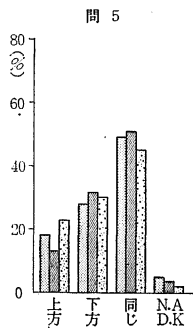
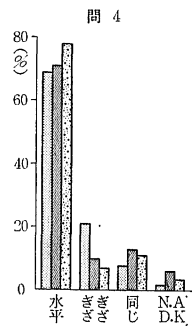
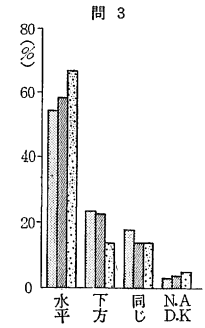
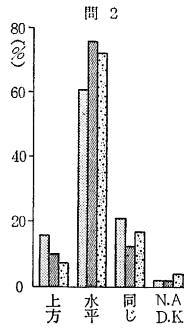
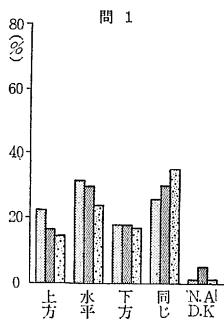
長さも太さも同じ銅線を下図のように形を変えて、一方のはしを同時にあたためます。そうすると、他のはしがあたたまるとはやはどれが一番はやいだろうか。あるいは同じだろうか。そのわけも書いて下さい。



第2表 調 査 の 結 果

		1					2				3			
		上方	水平	下方	同じ	N.A D.K	上方	水平	同じ	N.A D.K	水平	下方	同じ	N.A D.K
4年生	人数	58	79	46	64	2	40	152	51	6	137	59	46	7
	%	23	32	18	26	1	16	61	21	2	55	24	18	3
5年生	人数	34	62	38	61	11	20	156	25	5	122	48	29	7
	%	17	30	18	30	5	10	76	12	2	59	23	14	4
6年生	人数	13	24	17	29	1	6	61	14	3	56	12	12	4
	%	15	29	20	35	1	7	72	17	4	67	14	14	5

		4				5				6			
		水平	さ さ さ	さ さ さ	同じ	N.A D.K	上方	下方	同じ	N.A D.K	下方	さ さ さ	さ さ さ
4年生	人数	171	51	21	6	44	71	122	12	128	58	42	21
	%	69	21	8	2	18	28	49	5	51	23	17	9
5年生	人数	147	20	26	13	26	65	106	9	111	33	39	23
	%	71	10	13	6	13	32	51	4	54	16	19	11
6年生	人数	66	6	9	3	19	25	38	2	41	11	17	15
	%	78	7	11	4	23	30	45	2	49	13	20	18



第 2 図

差異は認められない。たとえば、問1では上方と答えた者が約2割、水平と答えた者が約3割、下方と答えた者が約2割、同じと答えた者が約3割である。

ロ. 上方がはやいと答えた者の中で、「炎は上昇する」という生活経験より推測した者が圧倒的に多い。

ハ. 水平がはやいと答えた者の中では、約9割の者が「まっすぐだから」、「角がないから」と考えている。また、下方がはやいと答えた者の中では、「物は下に落ちる」、「下向きの坂になっているから」と考えている。これは球をころがした時、まがり角があれば突き当って速力が落ちるというように、熱にも「かさ」と「重さ」があると考えているようだ。

ニ. 問5のみ「同じはやさ」と考える者の割合が他に比べて高いが、これはどちらも同じように曲がっているからというように、対称な形に着目したためであろう。

ホ. 一貫して上方がはやい、下方がはやい、同じはやさと答えた者は、4年生、5年生、6年生をとおして大差なく、それぞれ1割程度である。水平と答えた者は約2割である。これらのことから、約半数の者は場面に応じて判断していると思われる。

4. 考察

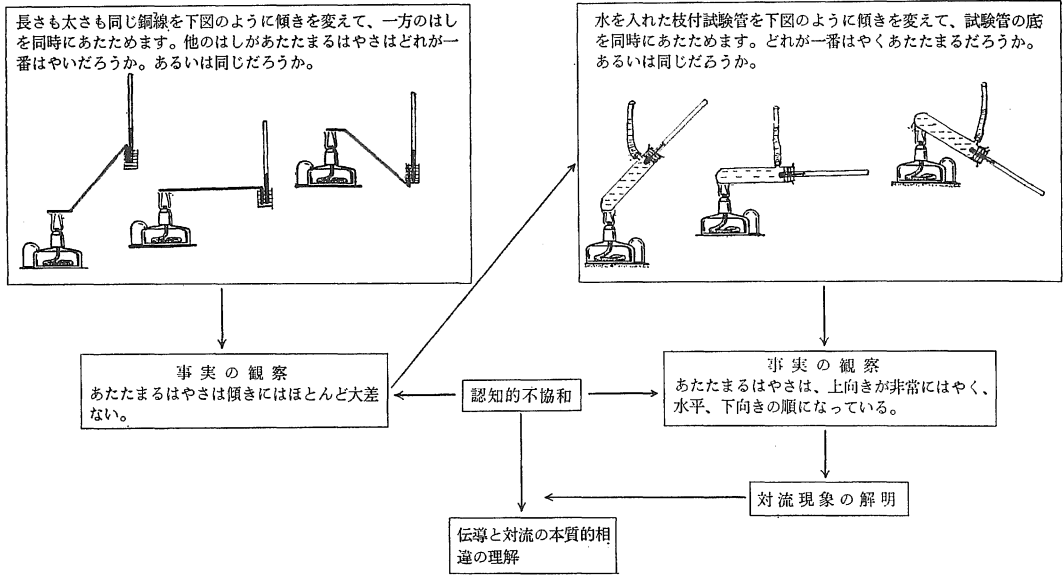
調査結果から、金属棒の傾きや形を変えた時、炎が上昇することやふろの湯は上の方がはやく熱くなる事実から類推したり、物体は一般に下方に落ちることから、熱にも「かさ」と「重さ」があると考えている児童が多数いることが明らかになった。こうした考えを持つ児童に対しては、金属棒の傾きに関係なく、熱の伝導は一樣に進む事実を観察させてやり、熱には「かさや重さ」はないことを推論させる必要がある。

熱の伝導と水のあたたまり方における対流とは本質的に異なることを認識させるため、上記の事実観察を水の対流現象解明への動機づけとして提案したい(第3図に概括的場面構成を示した)。金属(固体)の場合は傾

第3表 児童の考え方

	児童の考え方	4年		5年		6年	
		人数	%	人数	%	人数	%
問1	上方	48	19	31	15	12	14
		—	—	3	2	—	—
	水平	50	20	47	23	20	24
		21	8	4	2	—	—
問2	下方	33	13	32	16	16	19
	同じ	36	14	41	19	16	19
		22	9	9	4	—	—
		2	1	7	3	6	7
問3	上方	30	12	12	6	6	7
		7	3	5	3	—	—
	水平	78	31	82	40	23	27
		40	16	65	32	35	42
問4	同じ	26	10	18	9	5	6
		6	2	4	2	4	5
		4	2	2	1	—	—
	水平	80	32	75	36	43	51
問5		60	24	65	32	22	26
	ぎざぎざ	27	11	9	4	4	5
		8	3	6	3	1	—
	同じ	14	6	16	7	3	4
	4	2	7	3	5	6	

注 児童の考え方については、頻度の高いもののみを掲げた。尚、パーセントの値は、各学年の調査総数に対する割合である。



第 3 図

第4表 調査の対象および時期

	5年生(名)	6年生(名)	計
松江市内の小学校 A校	38	40	78
〃 B校	39	37	76
〃 C校	32	41	73
計	109	118	227

調査時期；昭和50年7月上旬

きに関係なく一様なあたまり方をするが、水のような液体の場合は上方が非常にはやくあたまり、両者には大きな差異が見られる。ここに認知的な不協和あるいは必理的葛藤が惹起され、児童は不協和を低減して協和を獲得するように動機づけられると期待されるからである。

児童は対流現象の解明へと進み、加熱された水は体積が膨張し、単位体積あたりの質量が小さくなり、加熱された水そのものが上昇するから対流が生ずることを認識する。その結果、水の場合は上方が非常にはやくあたまることを理解する。

次に、児童は再び熱の伝導の場合に帰り、水の場合は加熱された部分の水そのものが移動して上方がはやくあたまったが、金属などの固体は加熱された部分は移動せず、熱そのものが伝わって行くから傾きに関係なく一様にあたまったのだらうという認識が期待される。

第二部 水の対流に関する調査

1. 調査内容および調査方法

水の対流現象を学習するためには、加熱・冷却による体積変化と質量保存の関係、また物の浮き沈みの原理の学習が前提条件になる。この前提が対流を学習する以前の児童にどの程度成立しているか、また対流を学習した児童にはどうかを調査するため、第4図の内容に関する質問紙を施した。尚、装置の演示を併用し、項目ごとに説明を与えた。

2. 調査の対象および時期

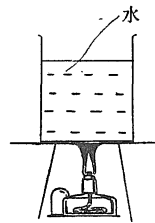
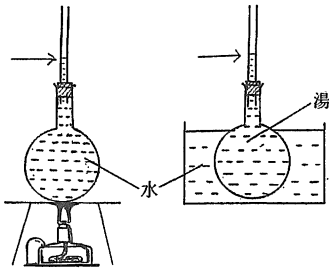
調査の対象（本調査は知識調査でもあるので調査対象校の公表は差控える）と調査の時期は第4表のとおりである。

3. 調査の結果と解説

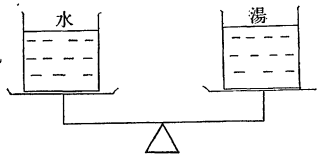
(1) 調査の結果は第5表のとおりである。

調査の内容

1. (1) 下の左の図のように、ガラスかんの矢印のところまで水が入ったフラスコがあります。このフラスコをあたためると、くだのなかの水面の高さはどうなりますか。
- (2) 下の右の図のように、ガラスかんの矢印のところまで湯が入ったフラスコがあります。このフラスコをひやしてやるとくだの中の水面の高さはどうなりますか。
- (1) ア. あがる
イ. さがる
ウ. かわらない
エ. わからない
- (2) ア. あがる
イ. さがる
ウ. かわらない
エ. わからない



3. 体積が 30cm^3 、重さが 28g のゴムがあります。このゴムを水の中に入れるとうくでしようか。水 60cm^3 の重さは約 60g です。
- ア. うく
イ. しずむ
ウ. どちらともいえない
エ. わからない
わけ、式
4. 体積が 100cm^3 、重さが 90g のえき体があります。このえき体は水とはまぎりません。このえき体を水の中に入れると、えき体はうくでしようか。水 10cm^3 の重さは約 10g です。
- ア. うく
イ. しずむ
ウ. どちらともいえない
エ. わからない
わけ、式
5. 同じ重さの2つのビーカーに、同じ体積の水と湯とを入れて重さをくらべると、どうなるでしょう。
- ア. 水が重い
イ. 湯が重い
ウ. 同じ
エ. わからない。



第 4 図

(2) 解説

加熱・冷却による体積変化について

- イ. 4 学年で学習する問 1 の加熱による体積膨張は、5 年生で約 8 割、6 年生で約 6 割の正答率であり、一応学習は成立していたと考えられる。しかし、6 年生の 6 割しか正答率がないのは忘却による原因も考えられるが、5 学年で対流を学習し、加熱による体積膨張を再度学習しているはずであるのに体積は変わらないと答えた者が約 4 割もいるのは問題であ

る。

- ロ. 冷却による体積収縮の正答率は、5 年生で約 7 割、6 年生で約 5 割であり、そのうち加熱・冷却による体積の膨張・収縮の関連が把握されていない者が、5・6 年生とも約 1 割いる。
- ハ. 問 2 の(1)の加熱による体積膨張の正答率は、5 年生で約 5 割、6 年生では約 4 割、体積が変化しないと答えた者は 5・6 年生平均すると約 4 割もいる。問 1 の(1)と比較して正答率が低い原因としては、問

第5表 調査の結果

	1								2								3				
	(1)				(2)				(1)				(2)				ア	イ	ウ	エ	わけ
	ア	イ	ウ	エ	ア	イ	ウ	エ	ア	イ	ウ	エ	ア	イ	ウ	エ					
5年生 人数	91	16	2	0	11	75	23	0	50	18	38	3	30	28	48	3	65	22	10	12	42
5年生 %	83	15	2	0	10	69	21	0	46	17	35	3	28	26	44	3	60	20	9	11	39
6年生 人数	71	41	5	1	21	58	33	6	49	23	43	3	10	38	65	5	55	18	21	24	34
6年生 %	60	35	4	1	18	49	28	5	42	19	36	3	8	32	55	4	47	15	18	20	29
合計 人数	162	57	7	1	32	133	56	6	99	41	81	6	40	66	113	8	120	40	31	36	76
合計 %	71	25	3	0	14	59	25	3	44	18	36	3	18	29	50	4	53	18	14	16	33

	4					5					1 (1)	2 (2)	1 5	3
	ア	イ	ウ	エ	わけ	ア	イ	ウ	エ	わけ	の	の	の	の
5年生 人数	86	18	3	2	35	41	30	35	5	9	39	15	6	26
5年生 %	79	17	3	2	32	38	28	30	5	8	36	14	6	24
6年生 人数	73	23	4	18	43	76	11	27	4	14	34	31	10	30
6年生 %	62	19	3	15	36	64	9	23	3	12	29	26	8	25
合計 人数	159	41	7	20	78	117	41	60	9	23	73	46	16	56
合計 %	70	18	3	9	34	52	18	26	4	10	32	20	7	25

注 右端の欄のうち、「1・2の(1)」は問1と問2の(1)をとおして正答を示した人数とその割合を示している。他についても同様である。

1が直観的であるのに対して、問2はそうでないからであると考えられる。しかし、これは加熱による体積膨張の一般化が成立していないことを物語っている。また、問1と問2の(1)をとうして正答を示した者は、5年生で約4割、6年生で約3割しかないのも、このことを示している。

加熱・冷却による体積変化と質量保存の関係について、

- イ. 問2の(2)の正答率は5年生で約4割、6年生で約6割であるが、問2の(1)と(2)をとおして正答を示した者、つまり体積変化と質量の保存が把握されている者は、5年生で約1割、6年生で約3割しかない。
- ロ. 問5に関しては、水が重いと答えた者は5年生で約4割、6年生で約6割いるが、湯と水の重さは同じと答えた者は平均して約3割いる。さらに、正答者のうち、その理由として体積変化と質量保存の関係で説明できた者は、5・6年生とも約1割である。
- ハ. 問1, 2, 5を一貫して正答を示した者、つま

り、一応体積変化と質量保存の関係が認識されているとみなされる者は、5・6年生とも約1割程度である。

物の浮き沈みについて、

- イ. 問3の正答率は5年生で約6割、6年生で約4割であるが、このうちゴムの浮く理由を同体積における2つの重さの比較によって説明した者は5年生で約4割、6年生で約3割である。問4もほぼ同様である。
- ロ. 問3と問4をとうして、わけあるいは式で正答を示した者、つまり、一応物の浮き沈みの原理が認識されているとみなされる者は、5・6年生ともたかだか3割程度である。

4. 考察

本調査では、対流を学習する以前の5年生と、これを学習した6年生の児童に対して、加熱冷却による体積変化と質量保存および物の浮き沈みの原理について、どの程度学習が成立しているかを調べたのであるが、この結

果からは、学習が一応成立しているときみなされるのは問1の(1)の装置による体積膨張のみである。他の事項に関しては、約半数以上の者が不消化のままである。特に6年の水の対流現象を一応認識しているとみなされる者は約1割にすぎない。

この調査のみから一般的な結論を出すことは危険であるが、最近、「新幹線教育」という言葉でもって学校教育の実態を憂慮している事実からして推察すれば、現場の多くの児童の実態は、この調査結果に近い状況にあるのではなからうか。

新幹線教育をもたらしたのは、指導要領の中身が盛りだくさんで、程度が高いことが最大の原因とされ、教材の精選を訴える声も強くなっている。しかし、少なくとも現況下にあっては、まず指導法を改善してみることが先決問題ではないかと考え、本調査結果から次の諸点に十分配慮した指導の必要性を提案したい。

1. 加熱による体積膨張のみでなく、冷却による収縮の事実を観察させること。
2. 視覚的には把握難い場合の体積変化については、上の事実より推論、確認させ、加熱冷却による体積変化の一般化をはかること。
3. 体積変化と質量保存の事実を観察させ、熱は物質の温度を高めたり、体積を膨張させたりするが、熱そのものには「かさも重さもない」ことを理解させること。
4. 物の浮き沈みに関しては、水と固体、他の液体と固体、混合しない液体同士へと展開し、どの場合に

おいても同体積あたりの質量の軽重によって浮き沈みが決定されることを学習させること。尚、混合しない液体同士の浮き沈みは、温度差のある水同士の浮き沈み、つまり水の対流を学習させる前段階として欠かすことのできない教材であると考え。

おわりに

一般に、小学校、中学校、高等学校へと進むにつれて、理科ぎらいの増える傾向にあったが、最近、特に小学校の段階において著しくなっている。授業についていけない児童、落ちこぼれる児童が続出していることが最大の原因であろう。今回の水の対流に関する調査結果もこの事実を物語っているようだ。

義務教育である小学校段階にあっては、基本的事項をすべての児童に確実に学習させてやらねばならない。そのためには常に児童の実態を明らかにし、それに応じた個々の指導場面を構成する必要がある。今後は、本調査結果をもとにして指導法改善の実践的研究を試みるつもりである。

尚、本稿は舟木一利、高木広明、菊地正勝等との共同研究を筆者が整理したものである。

最後に、本研究の調査にご協力賜った下記の学校および担当教官各位に対し深く感謝の意を表したい。

島根大学附属小学校、松江市立川津小学校
松江市立城北小学校、鹿島町立恵曇小学校
鹿島町立佐太小学校、松江市立A校、B校
およびC校