

## 微小概念の発達と指導の可能性について

佐川紀子・井藤芳喜

### THE DEVELOPMENT OF CONCEPT OF SMALL MATTER AND ITS POSSIBILITY OF TEACHING

Noriko SAGAWA : Yoshiki ITOH

#### はじめに

1956年のPSSCを初めとするアメリカの理科教育現代化運動は、いち早く物理以外の化学・生物等の横の分野に普及し、しだいに小学校・中学校の縦の分野のカリキュラムの現代化へと影響を及ぼしてきた。その内容や実施後の成果等は次々とわが国でも紹介され、同時に研究もされてきている。<sup>\*1~7</sup>

化学教育における現代化は、まず化学の本質となる基本概念として物質の変化、エネルギー、原子・分子の概念等を取り挙げて内容を整理統合して系統性を持たせ、これらの基本的概念に沿った新しい教材のくふうがなされてきている。このうち、原子・分子等の微小概念について、児童・生徒はどの程度まで概念把握が可能なのか、まだ明確に認識されていない。小学校の段階でも、物質の変化、電気の流れ等を粒子的取り扱いで指導しようとする動きもみられる。<sup>\*8</sup>

筆者はかつて、第3回理科教育学会が昭和28年11月に広島大学で開かれた際に、故三村剛昂博士の講演を拝聴したことがある。氏は湯川秀樹博士と並んで、素粒子論の権威である。この講演にはしばしば子供の実態を握んだ例がでてくるが、子供の微粒子の認識の話が含まれていた。<sup>\*9</sup> 氏は戦前から非常に熱心な教育家であった。終戦直後、竹原市（広島県）の理論物理研究所で10名ばかりの子供（この中に筆者の弟がいたので特に事情をよく知っている。）を集め、微小粒子の概念をいかにして子供達に得させるかを相当熱心に努力された。この報告では小学校6年生の児童が微小粒子として認識できる大きさは、せいぜい「あずき粒」か「米粒」程度であり、さらに子供同士の討論によって、「砂糖粒」（終戦直後に初めて口に入れた砂糖が特に印象深かったとのことである。）か、「塩粒」（竹原市には当時広い製塩田があった。）位にしか考えが及ばなかったと述べられている。

最近では教育内容も当時よりは格段と程度があがり、テレビ等の普及により少なくとも当時の子供より知能や理解の程度が進んでいるので、6年生ではもっと微小な粒子概念の把握が可能であり、もっと低学年でも微小な粒子概念の把握が可能ではなからうかと思われる。

このような微小粒子の概念把握の実態は、教育課程の編成上大切なことである。また、現時点で、仮に認識が不可能であっても、これを可能とする思考ができるか否かも重要である。

本研究は、児童・生徒の微小粒子の概念の限界の実態と、これを原子・分子のような微小粒子の概念に導くことが可能であるか否かを実態調査の結果から導こうとするものである。

## I 研究の概要

### 1・1 研究の目的および範囲

本研究では、まず児童・生徒の微小粒子の認識がどの程度であるか、これを原子・分子等の大きさの概念形成に導くことが可能であるか否かを調査し、この調査に基づいて、適切な指導の方法を導き出そうとしている。今回は主として、この目的のための調査に主眼を置いている。調査の対象は小学校3年生から中学校3年生までとし、その範囲は次のとおりである。

	郡 部	市 部	付 属	計
小 学 校	9校 (995名)	7 (1,004)	1 (156)	17 (2,155)
中 学 校	6 (762)	7 (814)	1 (140)	14 (1,716)

### 1・2 研究の方法および内容

この研究のための調査は、付表1に示す質問紙法の形式によった。調査に要した時間は、中学校で15分程度・小学校で15～30分で、生徒の解答の状態により、直接調査を担当した教師によって伸縮できるように取り計らった。小学校においては、調査担当者が内容を読みながら解答させた。調査法を均一にするため、注意事項は印刷物により調査担当者に徹底させてある。付表2にこれを示す。

調査内容は調査担当者の能力を考慮して、小学校と中学校とを別々の形式としたが、の中には同じ内容のものも含まれている。

調査内容は次のような目的をもっている。

#### 小学校用調査

1. 物体の大小関係が把握できるか。
  - ア. 日常よく使われる物体の大小関係
  - イ. やや小さい物体の大小関係
  - ウ. 極めて大きい物体の大小関係（太陽・月・地球の大小関係については見かけ上の大きさと真の大きさととの区別ができるか否かも含めて調査する。）
  - エ. 日常見うけられる最小と思われる物体の大小関係
2. 原子・分子的な「粒」を認識しているか否か。最小の「粒」の大きさをどの程度に認識しているか。
3. 4. 肉眼の世界よりも小さい物体を実際に見た経験があるか。
5. 可視的な「粒」の最小のもの認識

6. 非可視的な「粒」の最小のもの認識
7. 分子ということばの認識
8. 9. 分子と「湯気の粒」の大きさの比較
10. 分子の認識（大きさも含む）
- 11~14. 比喻による大きさの認識の可否

#### 中学校用調査

1. 分子の大きさの認識
2. 3. 分子に関する知識
4. 5. 分子の大きさの認識
- 6~9. 比喻による大きさの認識の可否（小学校と共通で 11~14. に相当する。）
10. 分子・原子に関する若干の知識（他の調査内容との相関を求めるための資料とする。）

## II 調査の結果および説明

### 2・1 大小関係の把握

物体の大小関係の把握に関する調査は小学校問1で、その正解率を表1に示す。

(ア) はほとんど全員が正しく答えており、大小関係の把握は3年生で十分可能である。この程度の大小関係はピアジェの調査では4, 5才頃より可能とされている。

(イ) のやや小さい物体の大小の比較も、(ア) よりはやや率は下がるが、十分可能である。

(ウ) の非常に大きい物体の比較は、6年生では可能と考えられるが、5年生以下では著しく率が下がっている。この中には見かけ上の大きさを考えて、地球をもっとも大きいとして比較しているものが、表1下部に記している率だけ含まれている。この率を加えると、3~5年生でも約70%の正解率となり、一応この程度の比較は可能と考えてよい。

(エ) は肉眼で見える程度の、もっとも小さい物体の大小関係を比較させたものである。チョークの粉とは、日中にほこりのように空中に浮んで見えるチョークの粉をいう。これは、同じ空中に浮んでいる霧の粒よりやや大きいつもりであったが、霧の粒もチョークの粉より大きいものがあるので、よい問題とはいえない。しかし、一応 霧<チョークの粉<小麦粉 を正解とした。約50%以上の正解であるので、上記のことを考慮して、一応比較は可能とみられる。

表1. 大 き さ の 比 較

学 年 (人 数)	小学校			
	3 (545)	4 (569)	5 (528)	6 (513)
野球のボール, ピンポン玉, ドッジボール	97.2	98.8	99.8	99.4
だいたず粒, 米粒, ごま粒	78.3	84.5	90.2	92.6
太陽, 月, 地球	36.3	47.1	51.5	74.1
チョーク粉, 霧の粒, 小麦粉	45.0	52.2	65.5	60.4
地球>月, 地球>太陽 (誤答)	35.8	26.4	14.0	7.4

## 2・2 粒の集合体としての物質の認識

物体を粒の集合体と考えているか否かの調査は小学校問2で、その結果を表2に示す。

肉眼で見て明らかに粉末とわかる物体、すなわち塩・砂糖・砂・小麦粉については、粒の集合体と考えているが、「湯気」については5年生以上で粒の集合体と考えているようである。

煙・水・鉄・ガラス等を分子の集合と考えれば粒子の集合体と考えられるが、これらをすべて集合体と考えた児童は一人も

いない。これらの20%位までの選択者は煙・水・鉄（砂鉄の集合と考えている者もいる。）等が分割可能であるので、粒の集合と考えている者が多い。特に「湯気」については、学年が進むにつれて率が増加しているが、これは「湯気」が小さい水の粒の集りであることを、何らかの方法で学習するためと考えられる。

## 2・3 最小の粒子の認識

### 2・3・1 目に見える最小の粒子

目に見える最小の粒子の調査は小学校問5で、その解答を分類したものを表3に示す。ほこり、チョークの粉を書いているものが多いが、これは問1の中に「空中に浮いているチョークの粉」という項目があったことによるものと思われる。これより大きい粉と考えられる1～4項までのものの計が、3年生で50%、6年生で30%位あるので、大体可視的領域での最小粒子は、三村剛昂氏の調査とあまり大差はないと考えてよい。

表3. 目に見える最小の「粒」

学 年	小学校3	4	5	6	全体
豆、米	%	%	%	%	%
	5.0	1.9	1.7	1.2	2.5
種	5.3	5.8	4.4	4.1	4.9
石、砂	25.5	13.2	8.7	9.2	14.2
塩、砂糖	14.1	17.0	14.8	12.1	14.6
計	49.9	37.9	29.6	26.6	36.2
ほこり、 チョーク粉	24.6	33.0	26.9	36.5	30.2
花 粉	2.0	4.0	13.8	9.2	7.1
湯 気	4.0	6.2	11.6	17.5	9.7
不明瞭	0.2	3.0	1.1	1.6	1.5
その他	3.7	2.5	1.5	1.2	2.2
無 答	15.6	13.4	15.5	7.6	13.1

注. 同程度の大きさと考えられるものはまとめてある。

表2. 粒の集合体

学 年	小学校3	4	5	6
	%	%	%	%
塩	71.7	72.2	77.7	72.9
小麦粉	64.8	58.5	58.9	58.5
ガラス	17.2	14.2	10.4	7.2
煙	22.9	21.4	23.1	30.4
水	10.3	11.1	16.7	16.4
砂	68.3	69.6	71.6	45.2
湯 気	28.1	39.0	51.1	60.2
鉄	21.5	18.8	14.8	12.5
砂 糖	73.9	75.0	72.7	67.3

表4. 目に見えない最小の「粒」

学 年	小学校3	4	5	6	全体
	%	%	%	%	%
石、砂	7.7	3.7	1.3	1.8	3.7
塩、砂糖	2.4	3.5	3.4	2.3	2.9
ほこり	10.6	12.5	8.0	9.7	10.3
霧	9.5	15.3	11.2	23.4	14.8
花 粉	5.7	4.7	10.6	15.0	8.9
菌	13.9	19.0	22.3	12.7	17.0
計	49.8	58.7	56.8	64.9	57.6
煙	15.6	12.7	8.7	8.8	11.5
分子、原子	0.7	1.1	1.5	4.5	1.9
不明瞭	1.1	2.6	1.9	3.9	2.4
その他	1.1	0.4	0.2	1.0	0.6
無 答	31.6	24.6	30.9	17.0	26.1

### 2・3・2 目に見えない最小の粒子

目に見えない最小の粒子の調査は小学校問6で、それに対する解答を分類したものを表4に示す。石・砂の中には、米、ごま等を含ませた。子供の反応の文意だけからは判然としないが、石・砂・米等は目に見えない位に小さく砕いたものを意味するものと思われる。1～6項目までは、ビールスを除いて、一応顕微鏡下で見える範囲のもので、この率が45～65%であり、小学生の微小粒子の限界は、一応「顕微鏡的微小概念」とみることができよう。これより小さいものとして煙（空気を含む）という者が5～15%程度あるが、原子・分子等と答えた者は5年生までで1～2%程度、6年生で5%程度にすぎない。

### 2・3・3 細胞の認識と細胞より微小な粒子の認識

児童が顕微鏡下で見たことのある共通な微小物は、一応細胞と考えられる。表5は小学校問3の解答で、この率を示す。細胞については5年生で学習するので、6年生で細胞を見た者が急に増加している。表6は小学校問4の解答である。細胞について知っている者は3～5年で30～40%であるが、このうち細胞よりさらに小さい粒子のあることを認めている者は、全体の10～20%程度である。細胞より小さい物体を認めない者がこの半数で、全体の10%前後あり、残り半数の者は細胞について知らないので解答できない。6年生では約半数が細胞より小さい粒子のあることを認めているが、3、4年生と同じ位の割合で、これより小さい物体の存在は認めていない。

表5. 「細胞」を見たか

学 年	小学校3	4	5	6
	%	%	%	%
知らない	47.7	33.2	38.1	6.8
見たことがない	20.6	13.4	15.9	8.6
聞いたが見ない	22.4	31.8	36.4	21.4
見たことがある	6.6	15.6	9.1	62.8

表6. 細胞より小さい「粒」の有無

学 年	小学校3	4	5	6
	%	%	%	%
あると思う	10.8	20.9	13.4	53.6
ないと思う	6.1	10.9	9.5	14.2
わからない	66.6	60.8	56.3	30.4

### 2・4 分子の大きさの認識

石の粉と分子の大きさの比較は中学校問1でその解答を表7に示す。分子を石の最小の粉より小さいと答えた者が各学年とも60%以上で、分子はミクロン程度のオーダーより小さいことを認識しているといえる。

分子と「湯気」の大きさの比較は小学校問9、中学校問5で、その解答をそれぞれ表8に示す。

小学校6年生以上では一応40%以上の者が、分子の大きさを、肉眼で見える最小の限界と

表7. 最小の石の粉と分子の大きさの比較

学 年	中学校1	2	3
	%	%	%
石の粉>分子	59.3	70.0	65.9
石の粉=分子	16.4	11.3	13.0
石の粉<分子	15.7	8.6	12.3
わからない	8.5	7.2	8.3

表 8. 分子と「湯気」の大きさの比較

学 年	小学校3	4	5	6	中学校1	2	3
分子 > 湯気	4.2	6.2	5.1	6.6	7.4	6.8	7.1
分子 ≤ 湯気					8.6	7.2	7.0
分子 = 湯気	7.3	9.3	5.7	6.4	13.0	11.5	10.7
分子 < 湯気	14.1	28.3	29.5	43.5	26.5	25.5	18.5
分子 ≪ 湯気					42.7	47.7	54.4
わからない	60.0	55.7	59.1	42.7			

≤ は大きいものも小さいものもあるという意

考えられる「湯気」よりも、小さい物体であると認識しているが、5年生以下では、分子というものの自体を知らないためか、解答率が非常に低い。ここで注目すべきことは、中学生の1、2年で半数以上、3年で40%程度の者が、分子の大きさを可視的な湯気の大きさ程度か、これよりも大きいと考えていることである。

分子の大きさの認識の自覚は中学校問4で、これに対する解答を表9に示す。この表によると、約70%以上の者が、分子の大きさがどの程度かを自分で知っていると答えている。この中で、「知っている」「よく知っている」という者の中には、実際の分子の大きさが、どの程度の大きさであるかを、誤って理解しているものがかなりあることが、表8 1～4項の数の合計から推定できる。

表 9. 分子の大きさの認識

学 年	中学校1	2	3
	%	%	%
ぜんぜん知らない	26.8	20.4	25.5
はっきりわからない	52.4	55.1	55.7
知っている	17.5	22.0	16.3
よく知っている	3.1	2.1	2.1

### 2・5 分子という「ことば」と「意味」の認識

中学生は大多数が分子ということばを一応知っていると思われるので、小学生に対してのみ問7で調べた。3、4年生では半数以上の者が、分子ということばを知らない。6年生でも、60%程度の者しか知らない。さらに分子についてよく知っている者は5%以下であり、表4に現われた率と大体同じである。

分子の「意味」は小学校問10で、これに対する解答を表10に示す。

「小さい粒」という解答が多いが、これは算数で用いる分数の分子とまちがえないように、「小さい粒という意味の」と書いたためで、無意味の解答である。3、4項の「一番小さいもの」「物のもとなっているもの」が、一応正しく理解していると考えられるが、この割合は、表4、表9で示される5%以下の率と同程度である。「分けられたもの」は分子という字によって答えたもの、分数の分子とまちがえたもの、いずれも無意味な解答であるが、目に見えない小さい粒という解答も、問4、6、9の暗示によって解答されたものようである。

表 10. 分 子 と は

学 年	小学校 3	4	5	6	全体
	%	%	%	%	%
小 さ い 粒	18.3	26.0	27.1	20.1	22.9
見 え な い 粒	2.6	4.6	6.6	11.3	6.2
最 小 の 粒	0.9	1.4	1.9	2.1	1.6
物 質 の も と	0.2	0.5	0.4	3.5	1.1
分 け ら れ た も の	—	1.2	2.5	5.3	2.2
粒 の 集 合	0.7	3.5	4.7	2.1	2.8
誤 っ た 表 現	6.2	15.1	15.3	13.1	12.4
分 数 の 分 子	1.5	0.4	0.6	1.9	1.1
元 素 の 集 合	0.2	0.2	—	1.0	0.3
無 答	69.4	47.1	40.9	39.6	49.4

分子の大きさとは関係のない分子の性質や状態等の問題は中学校問 2, 3, 10で, この解答を表11~13に示す。

表 11. 分子の種類, 形, 大きさ, 重さ

学 年	中学校 1	2	3
	%	%	%
種類, 形, 大きさ	56.6	66.7	68.0
大きさ, 重さ	58.6	65.6	62.5
種類, 大きさ	63.6	66.5	66.5
異種類, 大きさ	57.7	63.2	60.1

表 12. 分 子 の 結 合

学 年	中学校 1	2	3
	%	%	%
か ら み 合 い	6.8	4.5	4.1
摩 擦	12.4	6.4	7.9
セメントのように	11.4	11.5	14.2
電 気, 磁 気	52.3	59.1	58.1
わ か ら な い	13.2	12.3	13.2

表 13. 分 子 の 知 識

学 年	中学校 1	2	3
	%	%	%
H <sub>2</sub> O (H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> の燃焼)	20.9	33.1	28.1
H <sub>2</sub> O (H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> の溶解)	73.9	62.8	60.4
H <sub>2</sub> O(H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> の分子からなる)	38.0	46.7	30.1
H <sub>2</sub> O→H <sub>2</sub> +O <sub>2</sub>	47.9	69.8	65.0
H <sub>2</sub> Oに溶けるO <sub>2</sub>	15.7	24.9	22.2
H <sub>2</sub> Oの蒸発: H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> の蒸発	29.9	45.7	40.4

分子の種類, 形, 大きさ, 重さの相互関係および分子の結合状態については, 約 60% の者が正しく答えている。問10は分子の結合に伴う若干の知識問題を課したが, この結果は後で述

べるように、他の解答との間の相関を調べる資料に主として用いた。

## 2・6 比較のための比喩の可能性

### 2・6・1 比喩の可能性

具体的な比喩の可能性の調査は小学校問11, 12, 中学校問6, 7で、その解答は図14のA列, B列に示す。具体的に大きさが示される物体の比喩は、小学校6年生で50%の者が可能である。しかし、やや小さい具体性に乏しい物体の比喩は、中学校1年生以上で50%の者が可能となる。このことは、小学校6年生頃までは抽象的思考が困難であることを示している。しかし、約30%の者は3年生以上で可能であるので、訓練によって可能にすることはできよう。

### 2・6・2 分子の大きさの比喩

分子の大きさの認識を比喩によって調査したものは、小学校問13, 14, 中学校問8, 9で、この解答を、表15, 16に示す。表15の正解は、小, 中学校間で極端な差があり、中学校では50%程度の正解である。しかし、残りの50%位は分子の大きさを極めて大きく認識していることが推定できる。すなわち、表8から同様のことがいえる。

表14. 大 き さ の 比 喩  
A; だ い ず 粒 → 野 球 の ボ ー ル      B; 米 粒 → 野 球 の ボ ー ル  
あ ず き 粒 → ?      エ ン ド ウ の 種 → ?

学 年	小学校 3	4	5	6	中学校 1	2	3
A	% 29.5	% 41.1	% 42.2	% 50.3	% 47.6	% 57.0	% 58.5
B	23.1	25.0	34.8	38.0	57.3	58.8	67.9

表15. 大 き さ の 比 喩  
水 の ひ と し ず く → ド ッ ジ ボ ー ル の 大 き さ に ふ く ら す と  
分 子 → ?

学 年	小学校 3	4	5	6	中学校 1	2	3
	%	%	%	%	%	%	%
野 球 の ボ ー ル	16.7	19.5	18.4	15.8	9.4	7.6	5.5
ピ ン ポ ン 玉	13.2	20.7	17.6	14.8	10.6	9.7	6.4
ア ブ ラ ナ の 種	18.0	22.0	24.8	25.1	20.4	22.0	17.0
も っ と 小 さ い	5.1	13.9	11.6	26.9	46.5	47.1	50.8
わ か ら な い	47.0	21.6	23.7	16.4	12.1	13.0	20.0

表16の水の一滴を地球に喩えた解答は、もっとも小さい分子がドッジボール位であり、実際の分子はこれよりかなり大きいものがあるので、1項, 2項とも正解である。(子供の身近にある物体で適当な例が見当たらないので、止むなくこのような表現となった。)中学生の中でドッ



ジボールより大きいと答えた者、およびよくわからない者を合せた 40~50% は、はるかに大きい分子を想像しているようである。このことは、表 8 および表 15 から推定できる。

表 16. 大 き さ の 比 喩  
水のひとつく→地球の大きさにふくらすと  
分 子 → ?

学 年	小学校 3	4	5	6 中学校 1	2	3	
	%	%	%	%	%	%	
ドッジボール <	35.6	51.1	54.5	47.2	35.0	37.4	28.4
ドッジボール =	13.4	21.4	18.8	23.8	29.7	22.4	22.4
ピンポン玉	5.1	6.5	2.8	6.4	9.9	14.4	15.3
アブラナの種	2.8	2.3	3.2	6.0	8.3	8.4	11.1
見えない位小さい	1.5	1.9	3.0	3.1	6.3	6.2	7.7
わからない	33.2	16.3	15.9	12.9	9.9	11.3	15.1

## 2・7 その他の関連

### 2・7・1 微小粒子の認識と知能との相関

調査対象校の中で知能指数が入手できる範囲は極めて少なかったが、入手できた範囲で各問の正解と知能偏差値との連関を調べたところ、この間には大きな連関はみられない。

小学校では問13、中学校では問10について、0.3程度の連関があるが、これは単に知能と学力（知識）との相関にすぎない。従って、微小粒子の認識程度、比喻の可能性等は、知能とは関係ないとみてよい。

### 2・7・2 微小粒子の認識と学力との相関

微小粒子の認識の程度を知る資料として、中学校問1、5を、学力の資料として、問10を用いた。両者の連関係数は0~0.2の範囲内である。従って、これら微小粒子の認識と学力との相関はほとんどないものとみられる。

### 2・7・3 地域による概念把握の相異

調査結果の地域別相異を分子と湯気の大きさの比較を例に挙げて調べた。小学校問9、中学校問5を資料として、それぞれ表17A、Bにその結果を示す。データが少ないのではっきりいえないが、大都市と中都市との率は学年によって入れ違いはあるが、大差ないものと思われる。一方、都市部と郡部では、郡部がどの学年とも一様に低い。従って、都市部と郡部では一応差があるものと考えてよい。

表 17. 地域別正解数 分子と湯気の大きさの比較

A.				B.			
	大都市	中都市	郡 部		大都市	中都市	郡 部
小学校				中学校			
3	18% 19 (104)	14% 21 (155)	10% 25 (247)	1	46% 77 (166)	49% 62 (126)	33% 71 (216)
4	27% 32 (117)	39% 54 (140)	24% 66 (278)	2	49% 83 (170)	61% 43 (71)	37% 73 (198)
5	47% 54 (116)	26% 35 (136)	22% 52 (236)	3	58% 94 (161)	58% 69 (120)	49% 170 (348)
6	45% 45 (100)	55% 75 (136)	35% 83 (234)	計	51% 254 (497)	55% 174 (317)	41% 314 (762)
計	34% 150 (437)	33% 185 (567)	23% 226 (995)				

( ) 内は調査人数を示す

### III 結論および考察

本研究の結果から次のことがいえる。

- (1) 可視的な微小量の概念は、小学校では塩、砂糖粒程度の微小量が限度である。
- (2) 非可視的な微小量の概念は、小学校では顕微鏡的微小量が限度であり、6年生でようやく5%程度が分子の微小量を認識できる。中学生では約50%程度が分子の微小量を限度と考え、残りの大部分は顕微鏡的微小量を限度として認識している。
- (3) 分子の大きさを推定するのに必要な具体的な比喩は、小学校3年生で30%、4、5年生で50%程度である。しかし、やや小さい物体による比喩は6年生までは40%以下、中学生で60%程度である。
- (4) 微小量の認識の限界の程度は、知能や学力と大きな連関はない。
- (5) 微小量の認識の限界の程度は、地域による大きな連関はない。

この調査の結果から次のような考察ができる。

小学校の段階では思考が具体的であるので、やや小さい物体の比喩をすることに少し抵抗があり、小学校6年生でも可能な者は40%にすぎない。従って、分子の大きさを喩で示すことは、かなり困難と思われる。しかし、中学校では60%とかなり高いので、例えばPSSCで取り扱っているオレイン酸の分子の大きさの測定（オレイン酸の溶液を水上に拡散させて、分子の大きさを推定する。）等のやや複雑な思考も訓練次第では可能と思われる。<sup>\*1</sup>

原子・分子等については、小学校では今のところ教材として取り入れていない。このためか微小物体の存在も、実際に顕微鏡等で見るような、何らかの形で直接経験する範囲内にとどまっているようである。原子・分子については、僅かの者が話で聞いて知っている程度であり、分子的な粒子を認識することは一応困難と思われる。従って、原子の結合とか、電流の電子的取り扱いとかのミクロ的取り扱い方は、一応不可能と考えてよい。

分子的な微小概念の把握の困難な小学校では、微小世界の認識を急ぐよりは、むしろマクロ

的な諸現象を十分に認識させ、ミクロ的諸現象のうち、マクロ的に置換できる現象について十分理解させ、ミクロの世界を理解するための素地を培うことが大切と思われる。例えば電子の流れは、マクロ的電流としての諸現象として把握させる。一方、電子の運動の基本として、質点の運動を理解させる。静電的引力は、磁石遊びで“場”の存在を認識する等、ミクロ的取り扱い以前に必要な、基本的諸法則を理解させるように心掛けたいものである。

## おわりに

本研究は、一度に多数の要素を調査しようとしたため、調査内容の順序配列に多少の無理があったようである。また調査後のデータ整理の段階で、不備な点を発見したりしている。この点は今後注意しながら、指導法の改善の糸口としたいと考えている。

最後に本研究の調査にあたり、調査方法や内容について広島大学教育学部古浦一郎先生にご指導賜わったこと、またこの調査に際し、ご協力くださった各学校に対し深く感謝の意を表したい。

## 要約

最近、原子・分子の概念を小学校の段階でも教えようとする傾向がある。小学校ではどの学年から原子・分子的な物質概念を得ることが可能であるかを知ることは興味ある問題である。筆者らは、小・中学校児童・生徒を対象に微小粒子の概念がどの程度であり、どの段階から指導が可能であるかを知ることを目的として調査した。その結果、次のような結論を得た。

1. 可視的な微小量の概念は、小学生では塩、砂糖の粒程度の微小量が限度である。
2. 非可視的な微小量の概念は、小学生では顕微鏡的微小量が限度であり、6年生で5%程度が分子的微小量を認識でき、中学生では約半数が分子的微小量を認識し、残り半数は小学生と同様に顕微鏡的微小量しか認識していない。
3. 分子の大きさを比較するための具体的な比喻は、小学生で30~40%、中学生では60%が可能である。しかし、目に見えない物体による比喻はこれより極めて少ない。
4. 微小量認識の程度は、知能、学力に連関はなく、また地域にも大きな連関はない。

## 参考文献

1. 岩波書店 PSSC物理上 1962.
2. 共立出版 ケムス化学 1965.
3. 学習研究社 BSCS生物 1966.
4. 岩波書店 CBA化学 1966.
5. 栗田一良 “E S S理科” 科学の実験 第16巻 第11号 1965. (p. 45)
6. 北沢弥吉郎 “I P S科学(1)” 科学の実験 第17巻 第3号 1966. (p. 11)
7. AAAS理科研究委員会 “AAAS理科(1)” 科学の実験 第19巻 第1号 1968. (p. 71)
8. 日本教職員組合 日本の教育 1964. 7月号 (p. 135-136)

- 9. 三村剛昂 “理科教育のむずかしさ” 理科の教育 第17号 1954. (p. 47-49)
- 10. J. S. ブルーナー 鈴木祥蔵・佐藤三郎訳 教育の過程 1963.
- 11. 寺田晃 “数量観念の発達と幼児教育” 幼児と保育 1967. 12月号

付 表 1.

小学校用

**テスト用紙**

(小学生用)

姓 \_\_\_\_\_ 名 \_\_\_\_\_

ちやうい

つぎのものだけ、番号や○で答えることになっています。□のところに  
はことばを入れます。

先生に読んでもらいますから、番号順に答えてください。一度書いた答をあと  
もどりしてなおしてはいけません。

ためしものんだい

1. 小さい順に番号をつけなさい。

	小さい順	
ゼ	う	
ね	ず	み
う	さ	ぎ

2. いちばん小さいものはどれですか。

ア ビンポン玉    イ やきやうのボール    ウ ドッジボール  
エ アブラナのたね    オ てまり

-1-

1. ア, イ, ウ, エにそれぞれ大きさのちがう3つのものがなっています。  
3つの中の小さいものから順に1, 2, 3と番号をつけなさい。  
(わからない人は空かなくてよい。)

ア

	小さい順	
やきやうのボール		
ピンポン玉		
ドッジボール		

イ

	小さい順	
だいちのつぶ		
こめつぶ		
ごまつぶ		

ウ

	小さい順	
たいよう		
つ		き
ち		きやう

エ

	小さい順	
やんぱにらかんでい るちやうのつぶ		
やんぱにかんでい るつぶ		
こむぎ		つ

2. つぎの中から「つぶ」のあまりと思われるものをえらびなさい。

ア しお    イ こむぎ    ウ ガラス    エ けむり    オ めず  
カ すな    キ けむり    ク てつ    ケ さとら

3. けんぴやうをつかつか「さいばう」を見たことがありますか。

ア さいばうとは、なにか知らない。  
イ 見たことがない。  
ウ 見たことはあるが、よく知らない。  
エ 見たことがある。

4. さいばうを知っているのは、これよりも小さい「つぶ」があると  
思いますか。

ア あると思う    イ ないと思う    ウ わからない

-2-

5. 目に見える大きさの「つぶ」で、もっとも小さいものはどんなものを見ま  
したか。1つだけ書きなさい。

□

6. 目に見えない大きさの「つぶ」で、小さいものはどんなものがあると  
思いましたか。1つだけ書きなさい。

□

7. 小さい「つぶ」といふの分子といふことを聞いたことがありますか。

ア ぜんぜん知らない。  
イ 聞いたことがない。  
ウ 聞いたことはあるが、よく知らない。  
エ よく知っている。

8. ゆげは小さい水の「つぶ」のあまりであるということを知っていますか。

ア 知っている。  
イ 聞いたことがある。  
ウ ぜんぜん知らない。  
エ 水のつぶではない。

9. 分子は、小さい「つぶ」といわれますが、このつぶの大きさはゆげの「つぶ」  
とくらべると大きいか、小さいか。

ア ゆげのつぶより大きい。  
イ ゆげのつぶと同じくらい。  
ウ ゆげのつぶより小さい。  
エ よくわからない。

10. 分子とは、どんなものだとおもいますか。

□

-3-

11. だいちの「つぶ」をやきやうのボールの大きさにくらしました。同じよ  
うにあずきのつぶをふくらしたとしたらつぎのどの大きさになりますか。

ア ドッジボール  
イ てまり (直径10センチくらい)  
ウ ビンポン玉  
エ コノぼしのたね  
オ わからない。

12. こめの「つぶ」の大きさをやきやうのボールにたとえると、エンドウのたね  
はつぎのどの大きさになりますか。

ア ドッジボール  
イ てまり (直径10センチくらい)  
ウ ビンポン玉  
エ コノぼしのたね  
オ わからない。

13. 水のひとしずくをドッジボールくらいにふくらました。同じように分子を  
ふくらしたとしたら、つぎのどの大きさになりますか。

ア やきやうのボール  
イ ビンポン玉  
ウ アブラナのたね  
エ もっと小さい  
オ わからない。

14. 水のひとしずくを直径の大きさにくらしたとくらべて、同じように分子を  
ふくらしたとしたら、つぎのどの大きさになりますか。

ア ドッジボールより大きい。  
イ ドッジボールくらい。  
ウ ビンポン玉  
エ アブラナのたね  
オ 目に見えないくらい小さい。  
カ わからない。

-4-

中学校用

<p><b>テスト用紙</b></p> <p>(中学生用)</p> <p>学年 _____ 組 _____ 氏名 _____</p> <p>次の正しいものをえらんで○印をつける。</p> <p style="text-align: center;">-1-</p>	<p>1 百を小さくくだいでいくと、ひじょうに細かい粒になる。この粒のもっとも小さいのは分子の大きさといえるか。</p> <p>ア 分子よりも大きい。</p> <p>イ 分子と同じくらい。</p> <p>ウ 分子よりも小さい。</p> <p>エ わからない。</p> <p>2 次のうち、正しいものに○ まちがっているものに×印をつけよ。わからないときは印をつけるな。</p> <p>ア どんな分子でも、分子の形や大きさはだいたい同じである。</p> <p>イ 分子には大きさがだいたい同じでも重さの異なるものもある。</p> <p>ウ 分子の質量が同じならば分子の大きさはだいたい同じである。</p> <p>エ 分子の質量がちがっても、分子の大きさはだいたい同じである。</p> <p>3 分子は小さい「粒」だといわれます。気体や液体は分子が動きまわっており、固体は位置がまっています。固体の位置がまっているのは、どのように結びついているからと考えますか。</p> <p>ア 近いほど強く、でこぼこしていてもからみあっている。</p> <p>イ さとから内ごうを作っているように、わりやりにかためられない。</p> <p>ウ 石がきをセメントでつなぐように、分子の間になかへつものが入ってくっついている。</p> <p>エ 電気とか、磁石の力のような 力にみえない力で分子どうしが引きあっている。</p> <p>オ よくわからない。</p> <p style="text-align: center;">-2-</p>
--	--

<p>4. 分子の大きさがどのくらいか知っていますか。</p> <p>ア ぜんぜん知らない。</p> <p>イ 読んだり聞いたりしたことはあるがはっきりわからない。</p> <p>ウ 知っているが、はっきりいえない。</p> <p>エ よく知っている。</p> <p>6 「ゆげ」は水の小さい「粒」だといわれます。分子の大きさは、</p> <p>ア ゆげよりも少し大きい。</p> <p>イ ゆげよりも大きいものも小さいものもある。</p> <p>ウ ゆげと同じくらい。</p> <p>エ ゆげと同じくらいだが少し小さい。</p> <p>オ ゆげとは比較にならないくらい小さい。</p> <p>6 だいたいの粒を野球のボールの大きさにふくらしたとする。同じような割合で分子をふくらしたら、次のどの大きさに近いか。</p> <p>ア ドッジボール</p> <p>イ てまり(直径10cmくらい)</p> <p>ウ ビンゴの玉</p> <p>エ ウマぼしの餌</p> <p>オ わからない</p> <p>7 米粒の大きさを野球のボールにたとえたと、エンドウの粒は次のどの大きさに近いですか。</p> <p>ア ドッジボール</p> <p>イ てまり(直径10cmくらい)</p> <p>ウ ビンゴの玉</p> <p>エ ウマぼしの餌</p> <p>オ わからない</p>	<p>8 水のひとしずくをドッジボールくらいにふくらしたとする。同じような割合で分子をふくらしたら、次のどの大きさに近いか。</p> <p>ア 野球のボール</p> <p>イ ビンゴの玉</p> <p>ウ アブナノ餌</p> <p>エ もっと小さい。</p> <p>オ わからない。</p> <p>9 水のひとしずくを地球の大きさにふくらしたとする。同じような割合で分子をふくらしたら、次のどの大きさに近いか。</p> <p>ア ドッジボールよりも大きい。</p> <p>イ ドッジボールくらい。</p> <p>ウ ビンゴの玉</p> <p>エ アブナノ餌</p> <p>オ 粒にみえないくらい小さい。</p> <p>カ わからない。</p> <p>11 次の正しいものに○ まちがっているものに×印をつけよ。</p> <p>ア 水は氷と氷をまぜても水とできる。</p> <p>イ 水には氷と氷をまぜておける。</p> <p>ウ 水の分子には氷の分子と氷の分子が入っている。</p> <p>エ 水から氷を解凍を作り出すことができる。</p> <p>オ 氷が水でできているのは水の分子中の酸素を母核につかっているからである。</p> <p>カ 氷を熱すれば、とけている氷と氷が混ざって水がなくなる。</p>
---	--

付 表 2.

**注意書**

小学校用

解答法 a. 内容を先生が読みながら答えさせる。  
 b. 解答は全生徒が終るまで待って次の問に移る。  
 c. 表紙の例題を本問にとりかかると前にさせる。

注 意 例題2.のアブナノたねの大きさのわからない生徒にはゴマ粒とかジンタン粒などを例に挙げてわからせる。同様にてまりの大きさは直径10cm位の大きさとして手で示す。問題の意味がよくわからないものは指示する。

### Summary

#### Development of Concept of the Small Matter and its Possibility of Teaching

by Noriko SAGAWA : Yoshiki ITOH

Recently, even the elementary schools have a tendency to teach the students in the classroom some aspects on atoms and molecules. It is rather interesting to find out what grade is most appropriate to start having the students gain knowledge on atomic and molecular physics.

As a subject of my study, I started out with the elementary and junior high school students making a survey as to the extent of knowledge they had on the concept of the small matter and to find out as to when was the best time to start teaching these students this subject. After following my study, I came to the following conclusion :

1. Concept towards *visible* small matter at elementary school level was at the most, that of salt and sugar.
2. Concept towards *invisible* small matter at elementary school level was at the most, microscopic small matter. At the sixth grade level, approximately 5% were able to understand molecular small matter while at the junior high school level, 50% understood molecular small matter. The other 50% together with the majority of the elementary school students were not able to grasp the concept of molecular small matter, that is, they understood only microscopic small matter.
3. Comparison of the visible size for infer the molecules metaphorically was comprehended by 30-40% of elementary school children and 60% of junior high school students.

But in the case of the comparison of the invisible size of molecules metaphorically with that of visible molecules metaphorically, the percentage of comprehension was much smaller.

4. The extent of understanding small matter did not have any relation to the student's intelligence or scholary ability, nor did it have any relation to regional differences.