

## 小学校理科における粒子概念育成の試み

### －「二酸化炭素学習」へのドライアイス活用の授業実践－

森下 浩史，市瀬 智嗣（長崎大学教育学部）

森内 秀学（長崎大学教育学部附属小学校）

#### 1. はじめに

我々はここ数年長崎県内の小・中学校や長崎市科学館などで、「出前実験」と称し、小学生の子ども達を主対象に様々な実験タイトルで教育支援活動を行ってきた。この中の実験タイトル「ドライアイスに触ってみよう!」、「空気を液体にしてみよう!」などで気体の性質に関する事柄について、参加体験型学習支援を行ってきた。

小学校理科で取り扱われる空気や気体は透明であり無味無臭で、子ども達にとってはその実体は理解し難いもの<sup>1), 2)</sup>であることから、気体についての授業研究はこれまで「もの」として①弾力性<sup>1), 3)</sup>、②重さ<sup>1), 2), 4)</sup>、③体積<sup>1), 2), 5)</sup>の基本学習項目を重視した学習展開が提案されてきた。

物質を分析的に探求する物質科学において、気体の学習は化学史的にも極めて重要な役割を担った。さらに、中学校理科において原子・分子概念を学習することに備えて、小学校理科「気体の学習」の中で粒子概念のイメージ化を図らなければならない。本報告では小学校理科の「気体の学習」の中に教材としてドライアイスを活用し、気体を「もの」として取り扱う学習を重視する観点から教材開発研究に取り組んだ。「気体の学習」にドライアイスを活用した授業実践による教育活動を試みたので、これらの実践活動の概容を報告する。気体の学習の一助としたい。

#### 2. 小学校理科「気体の学習」についての現状分析<sup>6), 7)</sup>

昭和 20 年代の理科は生活理科、経験主義の理科が行われた。昭和 30 年代になると学問の系統性を重視する理科が見直され、高度成長期の昭和 40 年代ではさらに自然科学的な見方や考え方が発展的、系統的に取り入れられた。昭和 50 年代では系統性や論理性重視による「理科嫌い・理科離れ」が社会問題化したため、昭和 52 年改訂の学習指導要領（以後指導要領と略）からは「ゆとりと充実」を基調とした学習指導内容へと移行し、「身近なもの」の教材化や、人間と自然の関わりを扱った学習内容の導入などが積極的に推進され、学習内容の大幅な削減が図られた。その後、環境教育の導入、平成元年の改訂では「生活科」が新設され、低学年理科が廃止された。また、生活経験と学問の系統性とを融合する動きから、平成 10 年の「総合的な学習の時間」の新設をみた。近年における理科に対する授業時間の削減、小学校低学年理科の廃止、理科教育の中への環境教育、総合的

な学習内容の導入など、急激な変革が進められている中で、現代社会に沿った理科教育の在り方が求められている。

昭和 52 年度，平成元年度，平成 10 年度（現行）の小学校理科学習指導要領<sup>8)</sup>に示された気体の学習に関する内容を項目ごとに拾い上げ，以下現行指導要領の内容と比較した。さらに，表 1 に気体の学習に関する内容をまとめて示した。

i) 学習内容「空気の存在を知る」

現行指導要領では，気体について第 4 学年で初めて取り上げている。ここでは空気をビニール袋などに閉じ込めて力を加え，弾力を感じることで空気の存在を実感させることになっている。昭和 52 年度および平成元年度指導要領では，この学習はそれぞれ第 2 学年と第 3 学年で行うことになっていた。

ii) 学習内容「温度変化による体積変化および三態変化」

『温度の変化によって「もの」の体積が変化する』ことについて，いずれの指導要領でも第 4 学年で学習することになっている。また，三態変化の学習について昭和 52 年度，平成元年度指導要領では同「体積変化」単元で取り扱われていたのに対して，現行のそれでは全く別の「気象」単元で学習するようになっている。尚，この単元の中で「気体」という用語が取り上げられている。さらに注視

表 1 「気体の学習」に関する内容の変遷<sup>9)</sup>

	昭和 52 年度	平成元年度	平成 10 年度（現行）
第 2 学年	空気の存在		
第 3 学年	空気の弾性	閉じ込めた空気 (空気の弾性)	
第 4 学年	温度による体積変化 三態変化	温度による体積変化 三態変化	閉じ込めた空気 (空気の弾性) 温度による体積変化 三態変化
第 5 学年	植物の発芽と空気 ものの燃焼(※1) 音(※2)		植物の発芽と空気
第 6 学年	呼吸 水溶液 気体の燃焼(※3) ものの温まり方(※4)	呼吸 生物と環境のかかわり 水溶液 ものの燃焼	呼吸 生物と環境のかかわり 水溶液 ものの燃焼

表中の※は，現行の学習指導要領における「気体の学習」で取り扱っていない内容を示す。

※1…二酸化炭素は空気より重い ※2…空気は音を伝える媒体

※3…気体の燃焼(炎) ※4…体積の変化によって起こる空気や水の移動による

されることとして、現行指導要領では日常生活で使っている「体積」という用語を使わず、「かさ」という用語を用いていることがある。

iii) 学習内容「燃焼」

燃焼について昭和 52 年度指導要領では第 5 学年で、平成元年度および現行指導要領では第 6 学年で学習することになっている。尚、昭和 52 年度指導要領では、現行指導要領で取り扱っていない二酸化炭素は空気より重いこと、炎は気体が燃えるときに出ることも学習するようになっていた。

iv) 学習内容「呼吸および水溶液」

呼吸および水溶液の学習における水に溶ける気体に関しては、何れの指導要領でも第 6 学年で学習することになっている。

v) 昭和 52 年度の学習指導要領における学習内容の特記事項

「ものの温まり方」について平成元年度および現行指導要領では第 4 学年で学習するのに対して、昭和 52 年度指導要領では第 6 学年で学習することになっていた。ここでは「体積の変化によって起こる空気や水の移動による」という比重の概念を取り入れて学習を進めていた。また、同単元同学習の中で、「物は温度によって体積は変わるが、全体の重さは変わらない」ことも学習し、「もの」の本質的な概念が明確に取り上げられていた。

### 3. 現行の小学校理科学習指導要領の問題点と対応策

i) 「気体の学習」の時間数の減少

理科の授業時数が、昭和 52 年度 558 時間から、平成元年度 420 時間、平成 10 年度 350 時間に減少したことに伴って、気体について学習する時間が減少した。気体について学習し始める学年が学習指導要領の改訂ごとに上がってきたこととも関わるが、割り振られた理科の授業時数を有効に活用して授業を行わなければならない。

このためには、理科教科における学習内容の系統化と精選が不可欠である。科学的な知識を獲得させる上で、子どもの生活体験と実験・観察などを通して得られた科学的な概念を結びつけること、そしてそれらが知識として身に付く手立てを用意することが必要である。科学的な知識を獲得させる過程と教育の効率化の問題とでは議論の次元を異にするが、それにしても近年の短期間における急激な授業時数の圧縮は、理科教育上の大問題である。このことについての認識不足が根底にあったと考える。

ii) 気体の「かさ」と「体積」

温度変化による気体の体積変化の学習において、これまでの学習指導要領は全て「体積」の用語を使用していた。現行の学習指導要領では「体積」は使わず「かさ」という用語が用いられている。これは、第 6 学年の算数で学習する「体積」と対応させたためである。小学校算数ではいずれも目に見える液体の「もの」に対して「かさ」を使い、立方体や直方体などの箱型の固体の「もの」に対して「体

積」を使っている。用語の画一的な統一の見直しが望まれる。

### iii) 気体の性質についての学習

「もの」として取り扱い難い「気体」学習だからこそ、種々の気体を取り扱うことが必要である。現在の小学校理科では、燃える気体の化学的性質について学習することにはなっていない。酸素のみを取り上げてものを燃やす実験をすると、子ども達は「酸素はよく燃える気体だ」と誤る場合が多いとの報告<sup>5)</sup>がある。様々な気体を対比して取り上げることで、気体にはそれぞれ固有の性質があることを学習させる必要がある。

また、昭和 52 年度の学習指導要領では、二酸化炭素は空気より重いことを学習することになっていた。これは二酸化炭素固有の性質についての知識と気体に重さがあることを認識していなければ理解できないことである。現行の学習指導要領では気体の「重さ」について触れていない。液体や固体と同様に、「もの」として気体にも「重さ」があることを学習させる必要がある。

「もの」を「もの」として認識させるために粒子概念の重要性は述べるまでもない。「もの」として、「気体の学習」を通して粒子概念が作り上げられることを考えると、小学校段階の理科学習の中で粒子概念を育て上げなければならない。小学校における「気体の学習」が基礎となって、物質科学が創り上げられていくと考える。

## 4. 小学校理科「気体の学習」にドライアイスを活用した授業実践

「気体の学習」においてドライアイスを教材として活用した授業を下の小学校 2 校で実践した（資料 1：学習指導案）ので、以下報告する。これまで教育支援として行ってきた数多くの出前授業の経験から、ドライアイスは子ども達の興味を引く物質であることが分かっている。<sup>10)</sup>ドライアイスは視認できることから、目に見えない「気体の学習」にこれが使用できれば、教材として教育的に大変効果的であると考ええる。

### 授業実践実施校

- ・長崎市立村松小学校，長崎市郊外(2007年12月18日)…対象6年生(31名)
  - ・長崎大学附属小学校，長崎市市内(2007年12月20日)…対象6年生(28名)
- 長崎大学附属小学校(事後アンケート実施日2007年12月21日)

### 4-1. 小学校6年生の子ども達をもつ気体のイメージ

授業中、小学校6年生の子ども達へ「気体とはどういうものだと考えているか」、「どのようにして存在しているか」を問うた。この発問に対して両小学校の子ども達は酸素、二酸化炭素、窒素、水素、一酸化炭素といった気体の名前を挙げ、附属小学校ではさらに「目に見えない」、「ホワホワしている」、「小さな粒」という気体のイメージを挙げた。これらの気体のイメージに対して、附属小学校の半数以上の子どもは挙手による確認で「気体は小さな粒である」と答えた。しかしながら、この考えに対する裏付けとなる説明は持ち合わせていなかった。

#### 4-2. 「気体の学習」の実践授業における学習の目標

以下の3点に「気体の学習」の実践授業における学習の目標を置いた。

1. 気体には重さがあること。
2. 気体には体積があること。
3. 気体は目に見えないほど小さな粒から構成されていること。

#### 4-3. 「気体の学習」の実践授業にドライアイスを活用した実験および観察

##### 実験1 理科実験用てこを用いた気体の重さ調べ

本実験では写真1に示した理科実験用てこの右側にドライアイスを入れたビニール袋を吊るし、ドライアイスが昇華しても実験用てこの釣り合いが変わらないことを利用して、気体に重さがあることを視覚的に捉えさせることを目的とした。

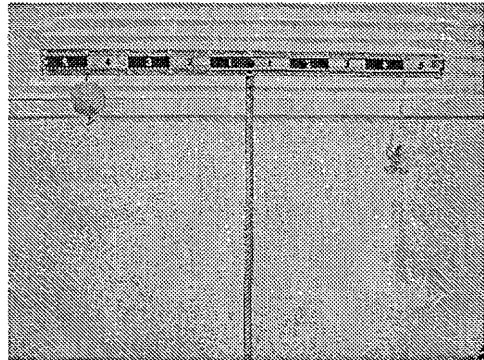


写真1 実験用てこを用いた実験装置

実験中、ビニール袋が膨らんでいく様子を観察させる中で、子ども達が「体積」という用語に馴染みがないことに気付いた。第4学年で、温度による空気の体積変化については学習済みで、気体が空間を占めることについては理解できている。ただし、この体積変化の学習では先の3-ii)で記したように「体積」に替えて「かさ」という用語を用いている。このため、気体の体積を「体積」あるいは「かさ」で表すのか、用いる用語の問題が残った。

##### 実験2 ドライアイスの昇華により生成した二酸化炭素によるフィルムケースの破裂実験

フィルムケース中のドライアイスの昇華により生成した二酸化炭素によって、フィルムケースの蓋が吹き飛ぶ。この実験観察により、気体に体積があることを感覚的に捉えさせることを目的とした。

この実験では、次の①、②の問題が残った。

- ①フィルムケースの蓋が飛ぶのは、気体の粒子の数が増えるからなのか、または粒子自体の大きさが大きくなるからなのか。
- ②ドライアイスから生成した二酸化炭素がフィルムケース全体に広がるのではなく、フィルムケースの蓋の方向に進むからと捉える子どもがいる可能性がある。つまり、フィルムケース内への充満の意味が子どもによって種々あったのではないか。

##### 実験3-① 二酸化炭素の水への溶解によるシュリーレン現象の観察 (村松小)

ドライアイスから発生した二酸化炭素(写真2)を水酸化ナトリウム水溶液に吹きつけ(写真3)、水面直下でシュリーレン現象を観察させた。気体を構成する目に見えない小さな粒が水へ溶解することを視覚的に捉えさせることを目的とし

た。

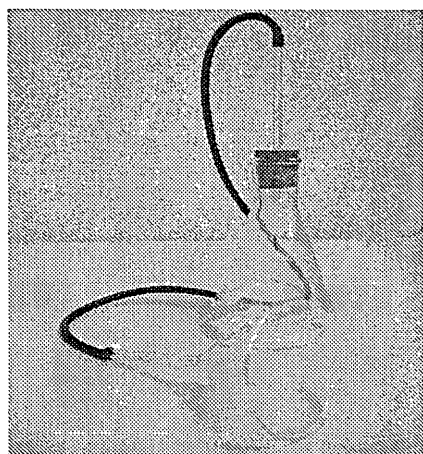


写真2 実験装置

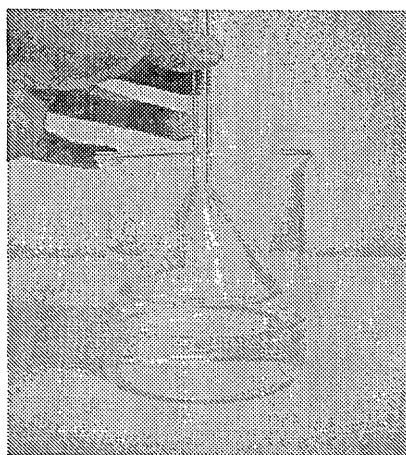


写真3 二酸化炭素を吹きつける様子

この実験ではシュリーレン現象を観察してもらうことがポイントである。この現象の観察のためには、二酸化炭素を溶解させる水溶液の濃度として  $0.1\text{mol/}$ 濃度以上の水酸化ナトリウム水溶液が必要であること、また、子ども達にこの現象の観察ポイントは水溶液の水面下中心付近であることを指導して欲しい。

#### 実験3-② 二酸化炭素の石灰水への溶解による白色沈殿の観察（附属小）

本実験の実験装置・方法は実験3-①と同一である。ビーカーの中身を水酸化ナトリウム水溶液から石灰水に変え、ドライアイスから発生した二酸化炭素を石灰水に吹き付けると、石灰水表面が白濁してくる。生成した炭酸カルシウムの小さな粒が凝集して次第に目に見える大きさになる

（写真4）。この事象を通して、気体が小さな粒からできていることを理解させることを目的とした。

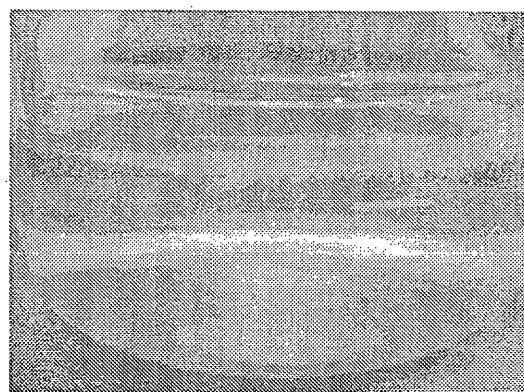


写真4 炭酸カルシウムの白沈

この実験では二酸化炭素が石灰水に溶け込むとき、炭酸カルシウムの白濁が生成する様子を観察させることがポイントである。このためには、水面近くに発生してその後沈降する白い筋は炭酸カルシウムの凝集物であることを子どもに確認することが必要である。

この白濁が生成する様子の接写スコープ映写では、実験前の写真5の状態から次第に白く曇り始め（写真6）、白い塊ができていく過程（写真7）を逐次観察できる。従って、この観察では、目に見えない小さな粒の生成から目に見える大きさの粒になる過程を観察するという学習ポイントを伝えておくことが望ましい。

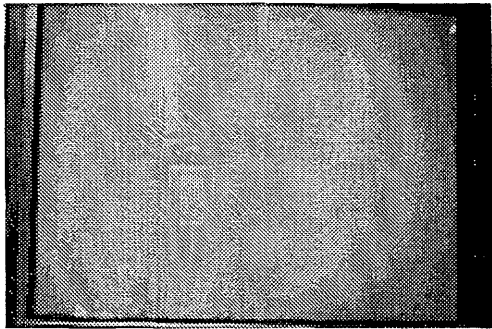


写真5 ビデオ映像 (実験開始直後)

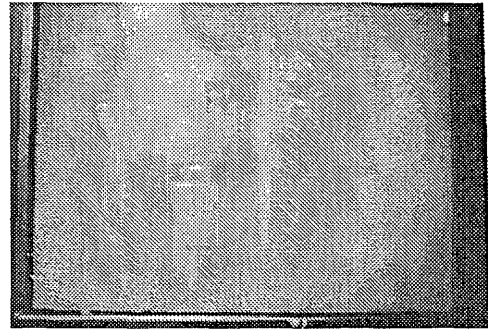


写真6 ビデオ映像 (実験中)



写真7 ビデオ映像 (実験後)

#### 4-4. 粒子概念形成の凝集・分散モデル

二酸化炭素を水に溶かしたときの「シュリーレン現象」や「炭酸カルシウムの白色沈殿」と粒子概念との関係づけには、上の実験観察からだけでは不十分である。事象の説明のために、気体粒子をイメージ化させるためのモデルが必要である。図1に粒子概念育成のための凝集・分散モデルを示した。実験3-①および実験3-②終了後、なぜドライアイスは見えないのに、気体の二酸化炭素になると見えなくなるのかの説明に、この凝集・分散の粒子モデルを使用した。

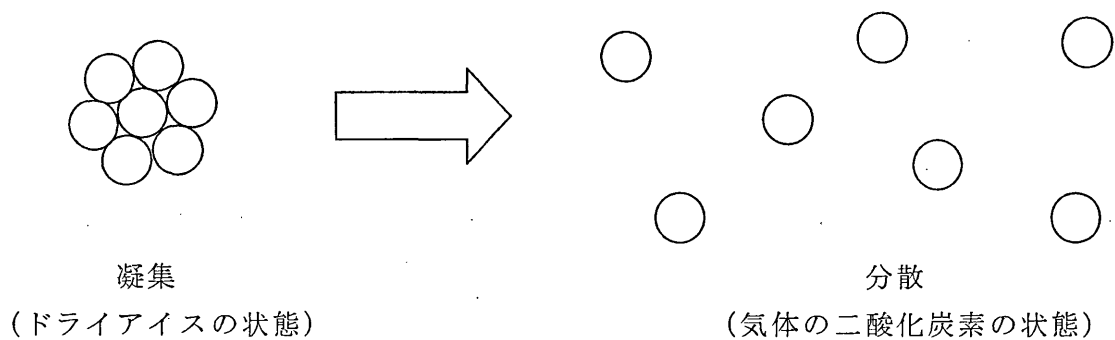


図1 凝集・分散粒子モデル

## 5. ドライアイスを活用した「気体の学習」の実践授業に対するアンケート

ドライアイスの取り扱いを通して子ども達が気体を「もの」としてどれ程認識できたかを判断する目的で事前・事後アンケート調査を行った。

### 5-1. 実践授業に対するアンケート結果

以下アンケート調査項目の各質問①～⑤に関する結果および考察を示す。

質問① あなたはこれまでにドライアイスを見たことがありますか。

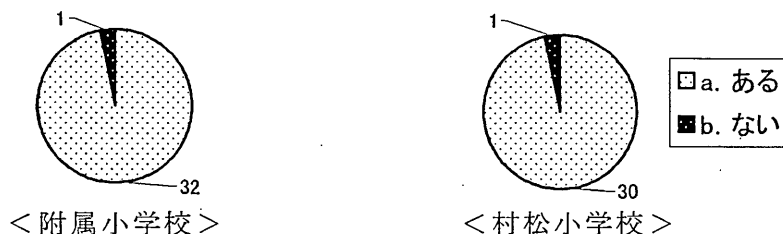
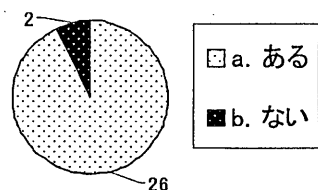


図2 ドライアイスに対する見聞の調査

図2の結果は殆どの子どもがドライアイスを見た経験があることを示した。だが、ドライアイスに触った経験は、両校とも多くの子どもが今回初めてであった(表2(8), 表3(2))。

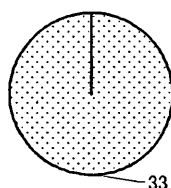
質問② 気体には重さがありますか。

《事前》

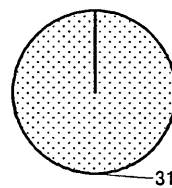


<附属小学校>

《事後》



<附属小学校>



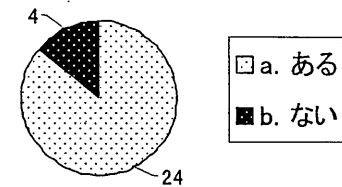
<村松小学校>

図3 気体の重さ調査

図3の結果は「気体に重さがあること」が理解できたことを示した。ただし、実践授業前では、授業中の質問および感想文(表2(4), 表3(4))から、気体に重さがあると確信できていなかった子どもが存在していたことは明らかであった。

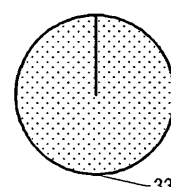
質問③ 気体には体積がありますか。

《事前》

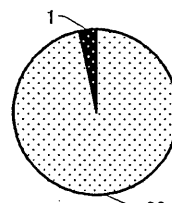


<附属小学校>

《事後》



<附属小学校>



<村松小学校>

図4 気体の体積調査

図4は気体に体積があることが理解できたかどうかの結果を示す。附属小学校の事前アンケートでは28名中4名の子どもが気体に体積は「ない」と回答した。事後アンケートの結果では、附属小学校・村松小学校共に気体に体積が「ある」



との回答をほぼ全員から得た。実験 1, 2 を通して、子ども達は気体に体積があることを理解できたと考える。

質問④ 気体の二酸化炭素が水に溶ける様子を確認できましたか。

図 5 はシュリーレン現象を 31 名中 4 名の子どもが確認できなかったことを示す。今回の実験では 0.1mol/濃度の水酸化ナトリウム水溶液を使用したために、よく観察できなかった子どもがいた。シュリーレン現象の観察のための実験準備および実験指導の面での改善点・工夫点が残った。

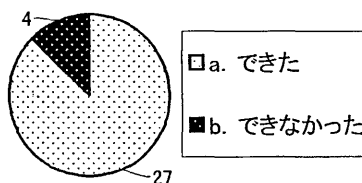
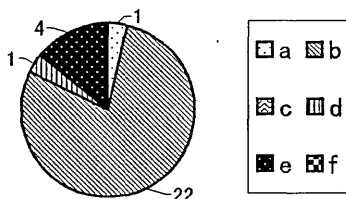


図 5 気体の二酸化炭素が水に溶ける様子の確認調査<村松小学校>

質問⑤ 気体は空気中でどのようなものとして存在していると思いますか。

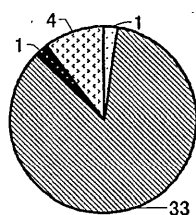
<事前>



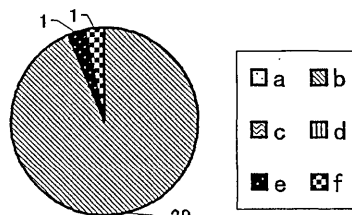
<附属小学校>

- a. 泡のようなもの
- b. 小さな粒
- c. 四角いかたまり
- d. まくのようなもの
- e. ふわふわした雲のようなもの
- f. その他

<事後>



<附属小学校>



<村松小学校>

図 6 気体の存在状態調査

附属小学校での事前アンケート結果では、「小さな粒」という回答が 28 名中 22 名から得られた (図 6 上)。ついで「ふわふわした雲のようなもの」が 4 名であった。これに対して、事後アンケート結果では、「小さな粒」という回答が 33 名であった (図 6 左下)。「その他」を回答した 4 名は「小さい粒」と回答した上で、別に「目に見えない」ことを付け加える形で複数回答をしていた。授業後の感想で「小さい粒であることを知って気体のイメージが変わったが、本当かどうかまだわからないので知りたい」(表 3 (21)) と粒子の具体像が把握できないと記述した子どももいた。村松小学校の結果も附属小学校と似た状況であった。これらの結果は、今回の実践授業で行った実験やモデルでの説明だけで、気体が「小さな粒」から構成されているということを理解させるには不十分であることを示している。

## 5-2. ドライアイスを活用した授業に対する子ども達の観察力

表 2, 表 3 に, 今回行った授業に対する村松小学校および附属小学校それぞれの子ども達から寄せてもらった感想を挙げた。

表 2 実践授業に対する村松小学校における子ども達の感想

(1)楽しかった。	11 人
(2)ドライアイスが二酸化炭素であることを初めて知った。(氷だと思っていた。)	9 人(4 人)
(3)勉強になった。(ドライアイスの安全な扱い方がわかって勉強になった。)	7 人(1 人)
(4)気体に重さがあることを知った。	5 人
(5)フィルムケースの実験に驚いた。	5 人
(6)気体に体積があることを知った。	3 人
(7)理科が好きになった。(興味を持つことができた。)	3 人
(8)ドライアイスに初めて触った。	2 人
(9)気体は小さな粒であることを知った。(1 億分の 1 cm だと知って驚いた。)	2 人(1 人)
(10)水に入れるとブクブク泡(白い煙)が出て面白かった。	2 人
(11)また実験をしたい。	2 人
(12)今度フィルムケースに入れて遊びたい。	2 人
(13)中学校(高校)でも役に立つと思った。	2 人
(14)気体についていろいろ実験できて楽しかった。	1 人
(15)フィルムケースの実験が楽しかった。	1 人
(16)いつもしている実験より, ドライアイスの実験の方が楽しかった。	1 人
(17)ドライアイスの水に入れると, 二酸化炭素が出てきて, 水があっという間に冷たくなった。	1 人
(18)実験をして結果が出て初めて実験になるんだなあと感じました。	1 人
(19)シュリーレン現象の実験がうまくいかなかったので, 成功したところを見たい。	1 人
(20)ドライアイスのことをもっと知りたい。	1 人
(21)他の気体についても調べたい。	1 人

表 3 実践授業に対する附属小学校における子ども達の感想

(1)面白かった。(楽しかった。)	15 人
(2)ドライアイスに初めて触った。	9 人
(3)フィルムケースの実験が面白かった。	6 人
(4)気体に重さがあることがわかった。	5 人
(5)気体に体積があることがわかった。	5 人
(6)気体が小さい粒である(1 億分の 1 cm くらい小さい)ことを知った。	4 人
(7)気体についてわかった。	4 人
(8)ドライアイスが二酸化炭素であることを知った。	4 人

(9)ドライアイスの正しい扱い方がわかった。	4人
(10)いろいろなことを知れてよかった。	3人
(11)フィルムケースの実験に驚いた。	2人
(12)3回もおもしろい実験ができてよかった。	2人
(13)ドライアイスはすごいと思った。	1人
(14)ドライアイスが気体になって見えなくなってしまうことに驚いた。	1人
(15)ドライアイスを密閉容器に入れると危ないことがわかった。	1人
(16)ドライアイスを袋に入れて、膨らんで割れたのが面白かった。	1人
(17)ドライアイスで冷やすだけでなく、いろいろなことができることがわかってよかった。	1人
(18)二酸化炭素を石灰水に吹きつけたものを拡大したとき、蜘蛛の巣のように見えてすごかった。	1人
(19)フィルムケースの蓋を飛ばす実験が、二酸化炭素という気体のイメージを変えたと思う。	1人
(20)曖昧な覚え方をしていた気体の存在をはっきりすることができてよかった。	1人
(21)小さい粒であることを知って気体のイメージが変わったが、本当かどうかまだわからないので知りたい。	1人
(22)家でドライアイスの実験をしてみたい。	1人
(23)他の実験もしてみたい。	1人
(24)これからいろいろなものに興味を持っていきたい。	1人
(25)今日の学習をもとに、これからの学習を楽しみたい。	1人
(26)固体や液体についても詳しく知りたい。	1人
(27)二酸化炭素が液体にならずに固体になる理由を知りたい。	1人
(28)白い気体が二酸化炭素だと初めて知った。	1人
(29)このことについて調べるために、こんな実験をして、その結果から、こんなことがわかる、という流れがよくつかめなかった。	1人

上の表には、両校における子ども達の率直で自由な感想と鋭い観察力を示す感想文が詰まっている。「ドライアイスのことをもっと知りたい(表2(20))」、「他の気体についても調べたい(表2(21))」・・・などの、「もの」について発展的に理解しようとする子どもたちの探究心や貴重な意見が述べてある。これらの子ども達の声に注意深く耳を傾け真摯に対応しなければならない。これらの日頃からの積み重ねが、物質科学を目指す理科教育の改善に繋がると考える。

### 5-3. ドライアイスを活用した「気体の学習」の授業実践活動と粒子概念の育成

#### (1) ドライアイスに触れる直接経験と物質観の育成

本授業実践では、子ども達にドライアイスを実際に触れて知ってもらい、この体験を通して気体について学習してもらうことを重視した。ドライアイスを割り、机の上で小さな粉状になったドライアイスの粒が「うごめき」ながら昇華してい

く様子を観察させた。

実践授業後の子ども達の感想からは、「楽しかった（面白かった）」、「気体について（重さがあること、体積があること、小さな粒であること）わかった」という肯定的な意見が多く見られた。さらに、「ドライアイスに初めて触った」、「ドライアイスが冷たいことを知った」という体験や、「他の気体についても調べたい(表 2 (21))」などの学習意欲を示す記述も見られた。ドライアスを授業に活用したことは、ドライアイス自体を知る機会になっただけでなく、子ども達の学習意欲を喚起するなど、「もの」についての物質観の育成に効果的であったと考える。

### (2) ドライアイスを利用した実験と粒子概念の育成

実験 3-①では、氷砂糖が水に溶解するときに観察されるシュリーレン現象と、二酸化炭素が水に溶け込むときに観察されるこの現象を対比させながら、目に見えない気体の小さな粒が水に溶け込んでいくときに示す「もやもや」の様子を視覚的に捉えさせた。

実験 3-②では、ドライアイス（目に見える「もの」）→二酸化炭素（目に見えない「もの」）→炭酸カルシウム（目に見える「もの」）、の「粒の行方」を観察・考察させた。二酸化炭素が石灰水に溶け込み、化学反応によって発生する炭酸カルシウムの白濁物の様子を観察させることで、目に見えない気体の小さな粒が水に溶け込んでいくときに示す「白濁」の様子をドラスティックに視覚的に捉えさせた。二酸化炭素の粒子と炭酸カルシウム粒子の白沈（塊）とを関係づけるために接写スコープを利用するのも一方法（写真 5, 6, 7）であろう。このスコープによる拡大した「もの」の観察は、目に見える大きさの粒になる瞬間を見せることが目的である。実験 3 では、これらの事象を観察させることによって粒子概念の育成を試みたものである。

### (3) 粒子概念の育成への粒子モデルの活用

上に示した実験の結果だけで粒子概念を形成させることに繋がることはない。ここには粒子モデルが必要である。気体の粒の大きさをイメージさせるために、10m の紙テープを 1cm に見立てるなどの操作で二酸化炭素粒子の大きさを具体的に示した。さらにこの粒子のイメージを想像させるために、固体のドライアイスが目に見えて、気体の二酸化炭素が目に見えない理由を図 1 に示した粒子モデルを用いて説明した。

附属小学校の事後アンケートの結果では、選択肢「泡のようなもの」、「小さな粒」、「ふわふわした雲のようなもの」を複数回答している子どもが 1 人いた他、選択肢「小さな粒」を選択していながら、感想で「小さい粒であることを知って気体のイメージが変わったが、本当かどうかまだわからないので知りたい(表 3 (21))」と記述していた子どももいた。村松小学校においても同様な状況であると推察できる。両小学校における事後アンケートの結果および感想文についての考察から、今回の授業だけでは子ども達に「気体の粒子概念」の形成までに至っていないと考えている。

## 6. むすび

授業後の感想に「曖昧な覚え方をしていた気体の存在をはっきりすることができた（表 3 (20)）」という記述があり、本実践授業を通して、気体が重さを持った「小さな粒」であると確信できた子どもがいたことが明らかとなった。定性的に「もの」を扱う場合においても、具体的な形や大きさなどの情報を定量的にできるだけ正確に与えることの必要性を感じた。子ども達の目線に立った、子ども達のこれまでの「もの」経験や具体的な「もの」の取り扱い方、「もの」に対する子ども達の疑問・興味の吸い上げ方が、「もの」の理解に通じると考える。表 4、表 5 に本授業実践に対する子ども達からの質問を示す。子ども達の目線に立って、このような質問に答えることが、いま将に理科教育の在り方に必要とされている「子ども達が主体的に学ぶ意欲と方法を育むこと」に通じると考える。

表 4 実践授業に対する村松小学校における子ども達の質問

(1)水に入れたとき、なぜ白い煙が出てきたのか知りたい。	1人
(2)ドライアイスは二酸化炭素でできているが、どうしてあんな大きな塊になるのか。私達でも作れるのか。	1人

表 5 実践授業に対する附属小学校における子ども達の質問

(1)ドライアイス以外にも気体が固まったものがあるのですか。	1人
--------------------------------	----

### 参考文献

- 1) 池田和夫, 理科教室 2005年9月号 Vol.48 No.9, p.p.26-31, 星の環会, 2005年9月1日
- 2) 池田和夫, 理科教室 2005年6月号 Vol.48 No.6, p.p.8-15, 星の環会, 2005年6月1日
- 3) 左巻健男, 理科教室 1981年12月号 Vol.24 No.14, p.p.4-5, 新生出版, 1981年12月1日
- 4) 園部勝章, 理科教室 1977年11月号 Vol.20 No.12, p.p.20-25, 新生出版, 1977年11月1日
- 5) 玉田泰太郎, 理科教室 1981年12月号 Vol.24 No.14, p.p.12-17, 新生出版, 1981年12月1日
- 6) 藤間信夫, 初等理科教育 4月増刊号, p.p.1, 農山漁村文化協会, 2006年
- 7) 八田明夫著者代表, 「理科教育学—教師とこれから教師になる人のために—, p.p.179-181, 東京教学社, 2004年4月20日
- 8) 小学校理科学習指導要領 (昭和52年度, 平成元年度, 平成10年度), <http://www.nicer.go.jp/guideline/old/>
- 9) 市瀬智嗣, 平成19年度長崎大学教育学部修士論文, 2008年
- 10) 下村周子, 平成16年度長崎大学教育学部修士論文, 2006年

# 資料 1 学習指導案（附属小学校）

第6学年1組

理科学習案

自 8:55

平成 19 年 12 月 20 日 (木) 至 9:40

授業者 市瀬 智 嗣

## I 気体学習へのドライアイスの活用

### II 授業設定の趣旨

#### ○ 気体について

空気をはじめとする気体は、子どもの身のまわりにある身近なものである。また、酸素や二酸化炭素は、人間の呼吸に関係するだけでなく、ものの燃焼にも関係しており、子どもの生活と密接に関係している。

#### ○ 子どもの実態

第4学年の「とじこめた空気や水をおしてみよう」の単元において、子どもは空気をビニール袋などでつかまえる活動を通して、目に見えなくても空気は存在していることを理解している。さらに、第6学年では「ものの燃え方と空気」や「水よう液の性質」の単元などで、酸素や二酸化炭素などの様々な気体についても学習している。

しかし、気体に重さや体積があることは知識としてもっているものの、目に見えず実感を伴っていないため、この理解は十分でないと考えられる。そのことから、子どもは気体を「もの」として認識できにくいと考えられる。

#### ○ 教師のかかわり

気体学習の展開にあたってはドライアイスを取り上げ、ドライアイスに触れる中で、ドライアイスの重さや気体の発生から、気体にも質量があること、また体積があることを実感させる。このことを通して、気体も「もの」であることを再認識できるようにする。

本授業では特に、気体の中の二酸化炭素を取り上げ、固体と気体による体積の違い、二酸化炭素の水への溶解などの学習を通して、気体についての理解を深めたい。

子どもの生活の中には、取り扱いを間違えると危険な物もあることから安全指導も重要である。最近では、保冷剤としてドライアイスを家庭でも入手する機会がある。そこでこの機会にドライアイスの安全な取り扱いについて学ぶことができるようにしたい。

## III 学習指導

### (1) ねらい

- ①ドライアイスを利用することで、気体を「もの」として認識できるようにする。
- ②気体は小さな粒であるという粒子概念を形成する。

### (2) 展開

過程	子どもの取り組み	教師のかかわり	時間
導入	1 「気体」について自分がもっているイメージ、考えを発表する。	○ 「気体」にどのようなイメージ、考えをもっているか尋ねる。 予想される子どもの意見としては、 ・目に見えない、つかめない ・軽い ・気体の名前（酸素、二酸化炭素など）といったものが挙げられるであろう。	5
	気体について理解を深めよう		
	2 ドライアイスに触れ、その冷たさを確認するとともに、ドライアイスを持ち、重さがあることを確認する。 さらに、演示実験でドライアイスが二酸化炭素でできていることを確認する。	学習材 1 ・ドライアイス ・石灰水 ・木槌 ・軍手	○ ドライアイスを提示し、子どもにドライアイスを持って重さを確認してもらおう。 その後、ドライアイスを粉々にし、次第に小さくなってやがて消えてしまうことから、気体になることに着目させる。この際、ドライアイスのかけらを石灰水に入れ、ドライアイスが二酸化炭素でできていることを確認する。 子どもはドライアイスを持った時の感触で、固体の二酸化炭素には重さがあることを認識できるであろう。ここで気体の二酸化炭素の重さはどうだろうかと発問し、実験用でこの実験を確認することを提案する。 ＜留意点＞ 安全のため、児童に必ず軍手を着用させる。
3 実験用でこを用いて、気体の二酸化炭素にも重さがあることを確認する実験を行う。	学習材 2 ・ドライアイス ・実験用でこ ・ビニール袋 ・分銅	○ 実験用でこによる実験の説明を行う。ドライアイスをビニール袋に入れ密閉したものをおらかじめ分銅とつり合わせておく。ドライアイスが気化し、ビニール袋が膨らんでも、てこがつり合った状態であることから、気体になっても重さがあることを理解できるようにする。 ＜留意点＞ ・短時間で実験を行う。(長時間ドライアイスを袋に入れておくと水滴がついてしまい、つ	

展 開	4 フィルムケースにドライアイスのかけらを入れ、蓋を飛ばす実験を行う。	<p>学習材3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドライアイス</li> <li>・フィルムケース</li> </ul>	<p>り合わなくなる。)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ビニール袋が膨らみすぎると、浮力のためにこのつり合いが取れなくなるので、膨らんだことが確認できたらそこからはずすように指示する。</li> </ul> <p>○ 3で行ったこの実験から、気体には体積があり、ドライアイスが気体になったとき体積が増加することを確認する。</p> <p>これを利用してフィルムケースの中にドライアイスを入れ、蓋を飛ばす実験を行う。このとき、フィルムケースの体積より二酸化炭素の体積が大きくなったため、二酸化炭素が入りきれなくなって蓋が飛んだという考えができるようにする。</p> <p>フィルムケースの実験を行った上で、ペットボトルの破裂事故などにも触れ、安全指導を行う。</p>	15
	5 二酸化炭素を石灰水に吹きつけ、白色沈殿が生じる様子を観察する。	<p>学習材4</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・破裂したペットボトルの写真</li> </ul> <p>学習材5</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドライアイス</li> <li>・石灰水</li> <li>・三角フラスコ</li> <li>・ピーカー</li> <li>・ろうと</li> <li>・拡大スコープ</li> </ul> <p>学習材6</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・紙テープ</li> <li>・モデル図</li> </ul>	<p>○ 石灰水に二酸化炭素を吹きつけると白色沈殿(炭酸カルシウム)が発生する。このことから、目に見えなかった二酸化炭素と水酸化カルシウムの粒がくっついて、水に溶けない目に見える大きさの粒になったことをイメージさせる。</p> <p>子どもが実験を終えた後、拡大スコープで拡大したものを観察し、そのイメージをより強いものにする。</p> <p>さらに、紙テープで粒の大きさをイメージさせ、モデル図でなぜ固体は見えて気体は見えないのかを説明する。</p>	10
ま と め	6 本時の学習についてふりかえる。		<p>○ 本時の学習のふりかえりを行い、以下の3点について確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・気体には重さがある。</li> <li>・気体には体積がある。</li> <li>・気体は小さな粒である。</li> </ul>	5